

انواع آزمایشات بتن

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه

تست بتن: انجام تست های تخصصی مقاومت سنجی بتن

تست های بتن به طور کلی به دو گروه عمده تقسیم می شوند. گروه اول تست ها و آزمایشاتی هستند که بر روی بتن تازه یا مخلوط بتن که شامل تست مواد تشکیل دهنده بتن می باشد انجام میگردد و گروه دوم شامل تست هایی هستند که بر روی بتن سخت شده و یا سازه های بتنی که وارد بهره برداری شده اند انجام می شود. هدف اصلی از آزمایشات و تست های بتن در گروه اول کنترل بتن تولید شده بر اساس معیارهای طراحی و طرح اختلاط بتن است و هدف از گروه دوم بررسی وضعیت بتن موجود، مطالعه، مطالعه پارامترهای مکانیکی و پایایی و دوام بتن بر اساس وظیفه خواسته شده از سازه بتنی است.

طبیعی است که آزمایش سیمان، نوع سنگدانه، بررسی ارزش ماسه ای، آزمایش اسلپ و نمونه گیری از بتن تازه در حین بتن ریزی آزمایش هایی هستند که برای متخصصان عمرانی آشنا و پرکار بودند. آزمایش های مخرب و غیر مخرب بر بتن سخت نیز تا حدودی نام آشنا هستند. نشریه ض-۳۱۶ مرکز تحقیقات مسکن ساختمان و برخی استانداردهای ملی به تعاریف و چگونگی و روش های این آزمایش ها پرداخته اند. آزمایش هایی مانند نحوه مغزه گیری از بتن سخت و آزمایش مقاومت فشاری بتن با استفاده از جک بتن شکن، آزمایش غیر مخرب پاندید یا چکش اشमित، **تست التراسونیک** و بررسی عمق ترک و سرعت نفوذ صوت در بتن، تست هافسل و هدایت الکتریکی بتن، نفوذ آب و یون کلر، تعیین عمق کربوناتاسیون و آزمایش واکنش قلیلی سنگدانه ها یا پتروگرافی، مجموعه آزمایش های فوق الذکر در تعیین شناسنامه سازه ای بتن سازه های مورد مطالعه و به دنبال آن انتخاب روش های ترمیم یا مقاوم سازی متناسب با آن موثر است و به این جهت اهمیت دارد.



خلاصه ای بر آزمایش های بتن پیش و در حین بتن ریزی

۱. آزمون ASTM C136-6 روش استاندارد آزمایش مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه با استفاده از الک

۲. آزمون ASTM C566-97 روش استاندارد آزمایش تعیین مقدار رطوبت قابل تبخیر مصالح سنگی با خشک کردن.
۳. آزمون ASTM C127-128 روش استاندارد آزمایش تعیین چگالی و جذب آب مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه.
۴. آزمون ASTM C131-06 روش استاندارد آزمایش پایداری سایشی مصالح سنگی با دستگاه لوس آنجلس
۵. آزمون ASTM C143 روش استاندارد **آزمایش تعیین اسلامپ بتن** و روانی بتن
۶. آزمون ASTM C162 روش استاندارد **آزمایش های بتن خود تراکم**
۷. آزمون ASTM C39 روش استاندارد آزمایش تعیین **مقاومت فشاری بتن**
۸. آزمون ASTM C293 روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت کششی
۹. آزمون ASTM C66 روش استاندارد آزمایش تعیین پایداری بتن در برابر سیکل ذوب و انجماد



برخی از تست های بتن سخت شده جهت تعیین شناسنامه سازه ای

۱. آزمایش و تست اولتراسونیک

این روش با نام سرعت امواج پالسی ماورای صوت نیز شناخته می شود. اساس آن بر مبنای تعیین سرعت عبور امواج پالسی ماورای صوت از میان اجسام قرار دارد. پالس های ماورای صوت با اعمال یک تغییر ناگهانی پتانسیل از یک فرستنده محرک به یک کریستال پیزوالکتریک مبدل که ارتعاشی با فرکانس اصلی خود صادر می نماید، ایجاد می شود. استفاده از مبدل هایی از جنس تیتانات باریم و تیتانات سرب برای این منظور مناسب می باشد. مبدل فرستنده در تماس با بتن و در امتداد ضخامت دیوار قرار می گیرد و لذا ارتعاشات پس از عبور از بتن توسط مبدل گیرنده که در تماس با سطح مقابل دیوار بتنی می باشد دریافت می شود. زمان عبور امواج پالسی از میان بتن توسط دستگاه گیرنده اندازه گیری شده و از تقسیم مسافت پیموده شده توسط پالس (که در حقیقت کوتاه ترین فاصله بین مبدل ها می باشد) به زمان ثبت شده، سرعت عبور امواج پالس تعیین می شود. داده های حاصل از این آزمایش شامل، تعیین عمق ترک و وجود حفره void در جسم بتن، تعیین میزان سرعت نفوذ صوت در بتن velocity speed که بر اساس استاندارد های ASTM C215 و ASTM C597 (Part 1) : 1992 و مطابق استاندارد ASTM C597 نیز می توان مقاومت فشاری بتن را بدست آورد. مرکز تحقیقات مسکن ایران پروسیجر مربوط را تحت عنوان نشریه ۳۱۶-ض

منتشر نموده است. از این آزمایش در تعیین فشاری بتن بالای ۲۸ روز (می بایست آب اشباع از بتن خارج شد باشد چرا که وجود آب سرعت صوت در بتن را بالا برده و در انجام آزمایش خطا وارد خواهد کرد) و بتن مسلح مشکوک و نیز بتن سازه هایی که در معرض سانحه آتش سوزی بوده و یا سازه های آبی مخازن و یا تصفیه خانه ها که مدت طولانی در مجاورت رطوبت و آب بوده اند، استفاده نمود.

۲. آزمایش و تست اسکن بتن:

در این روش سنسور prob دستگاه بر روی سطح بتن کشیده شده و با استفاده از میدان القایی حاصل از شار مغناطیسی و بررسی شدت میدان القایی به شناسایی اقطار میلگرد شبکه فولادی مجاور و کاور بتن می پردازد. حصول اطمینان در مورد ارنج و جاگذاری آرماتورها و نیز استفاده از اقطار صحیح متناسب با نقشه های طراحی از نتایج بدست آمده از این آزمایش می باشند. همچنین در مسائل مربوط به خوردگی شبکه فولادی نیز با توجه به کوچک شدن قطر هسته آرماتور در اثر اکسیداسیون و حرکت شبکه به سوی سطح و به تبع کاهش کاور بتن، می توان از این تست با مقایسه اقطار طراحی با شرایط فعلی در تشخیص نقاط دارای فرسودگی و انتخاب محل هایی از سازه که نیازمند ترمیم می باشند اقدام نمود.

۳. آزمایش و تست پاندول (چکش اشمیت)

آزمایش و تست پاندول یا آزمایش **چکش اشمیت** روشی است که بر اساس تحلیل نیروی برگشت ضربه، از سطح جسم مورد نظر استوار است. این روش از دسته آزمایشات غیر مخرب محسوب می شود و به عضو آسیمی وارد نمی کند اما از دقت کافی برخوردار نمی باشد و درصد خطا در این روش از روش های **تست بتن** بیشتر است.



۴. آزمایش نیم-پیل Half-cell

از جمله آزمایش های غیرمخرب بتن، هافسل (نیم پیل) می باشد. می دانیم یک جریان الکتریکی در بتن مسلح وجود دارد. پس باید بتوان آن را اندازه گیری نمود. اگر یک سر سیم را به میلگرد وصل کنیم و سر دیگر سیم را به کمک یک الکتروود به سطح بتن مرطوب بچسبانیم و در این فاصله ولت متری را قرار دهیم اختلاف پتانسیل را بر صفحه دستگاه مشاهده می نماییم که در حدود چند ده تا چند صد میلی ولت است. بسته به نوع الکتروود مصرفی ولتاژ قرائت شده متفاوت خواهد بود و قابل تبدیل به یکدیگر می باشند. آزمایش هافسل دارای دستورالعمل استاندارد برای کارگاه می باشد اما دستور استاندارد آزمایشگاهی ندارد. در کارگاه

ASTM الکترو دمس-سولفات را توصیه کرده است و در آزمایشگاه معمولاً از الکترو د کالومل اشباع استفاده می شود. باید دانست که این آزمایش فقط اختلاف پتانسیل موجود را به دست می دهد که پتانسیل خوردگی نام دارد و به هیچ وجه آهنگ خوردگی یا میزان خوردگی میلگرد را به نمایش می گذارد. این آزمایش با ارائه پتانسل خوردگی، به طراحان و کارشناسان فرآیند طرح و اجرای ترمیم و بازسازی سازه های بتنی امکان تصمیم گیری برای عملیات های انجामी را می دهد.

۵. آزمایش و تست مقاومت الکتریکی بتن

خوردگی پدیده الکتروشیمیایی است. عملاً میلگرد به صورت آند و بتن کاتد می شود و یک جریان الکتریکی بین میلگرد و سطح بتن به وجود می آید. مسلماً در این حالت تحرک یون ها را شاهد هستیم. هر چه این حرکت بیشتر و سهل تر انجام شود به مفهوم آن است که مقاومت در برابر تحرک یونی کمتر است و با هدایت الکتریکی بتن بیشتر باشد. بنابراین باید گفت یکی از راه های ساده آزمایش دوام بتن تعیین مقاومت ویژگی الکتریکی آن می باشد. مقاومت الکتریکی بتن نیز مانند مقاومت هر جسم مرکب دیگر تابع اجزا آن و ارتباط اجزا با یکدیگر است. مقاومت الکتریکی سنگدانه ها و خمیر سیمان سخت شده و نسبت مقدار هر یک در بتن و همچنین کیفیت وجه مشترک (ناحیه انتقالی) و مصرف افزودنی های پودری معدنی تاثیر زیادی در مقاومت الکتریکی بتن دارد. وجود رطوبت و اشباع مقاومت الکتریکی را کم می کند. وجود ترک های ریز که با آب پر شود به شدت مقاومت الکتریکی را کاهش می دهد. حتی اگر به جای آب از محلول آب نمک یا آب دریا استفاده کنیم افت شدیدی در مقاومت الکتریکی مشاهده خواهیم نمود. بنابراین سعی می شود مقاومت الکتریکی بتن های اشباع با آب نمک یا آب دریا اندازه گیری شود. اندازه گیری مقاومت الکتریکی ساده است. کافی است دو صفحه برنجی یا مسی را کاملاً در تماس با سطح نمونه بتن قرار دهیم و با یک اهم متر مخصوص مقاومت الکتریکی را به دست آوریم. اما این مقاومت الکتریکی باید بدون توجه به اثر ابعاد گزارش شود یعنی باید مقاومت ویژه الکتریکی تعیین و اعلام گردد تا بتوان آن را با سایر بتن ها مقایسه نمود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می شود:

- R مقاومت الکتریکی قرائت شده از دستگاه
- A سطح نمونه (سطح تماس صفحه برنجی با بتن)
- L فاصله بین دو صفحه تماس (طول نمونه)

اعتقاد بر آن است که هر چه مقاومت ویژه الکتریکی بیشتر باشد بتن با دوام تر و مطلوب تری داریم. برای اتصال مناسب صفحه برنجی با بتن معمولاً " لایه نازکی از خمیر سیمان نسبتاً شل " را به کار می برند و صفحه را با فشار به خمیر سیمان و سطح بتن چسبانیده و اندازه گیری را به انجام می رسانند:

مقاومت ویژه الکتریکی بتن اشباع شده	بتن از نظر دوام در برابر خوردگی
بیشتر از ۲۰۰	عالی
120-200	خوب
50-120	متوسط
کمتر از ۵۰	ضعیف

روش آزمایش و تست تیتراسیون پتانسیومتری-میزان یون کلر در پودرهای تهیه شده از نمونه

روش تیتراسیون پتانسیومتری برای اندازه گیری میزان یون کلراید بتن روش رایج تعیین درصد کلر در بتن یا سیمان است که به نام ۶ نقطه نیز شناخته می گردد. انجام تیتراسیون با نیترا ت نقره و طبق استانداردهای ASTM و AASHTO T269 انجام می گیرد. در استاندارد مقدار کل کلراید موجود در سیمان با آزمایش تیتراسیون با نیترا ت نقره اندازه گیری می شود. این روش برای بتن سخت شده، کلینکر و سیمان پرتلند خام قابل استفاده است.

در این آزمایش ۱۰ گرم پودر مورد نظر را در داخل ۷۵ میلی لیتر آب مقطر و سپس ۲۵ میلی لیتر اسید نیتریک حل کرده و پس از ۲ دقیقه آن را تا رسیدن به نقطه جوش حرارت می دهند. محلول پس از سرد شدن و عبور از صافی آماده آزمایش می گردد. پیش از آن ۲ میلی لیتر کلرید سدیم با نرمالیه ۵٪ به محلول افزوده می گردد. با تشکیل رسوب اختلاف پتانسیل زیاد می شود. در هر بار مقدار نیترا ت نقره اضافه شده و نتایج اختلاف پتانسیل ثبت می گردد. در حین آزمایش ابتدا تغییرات اختلاف پتانسیل کم بوده و سپس زیاد شده و دوباره کم می شود. افت مجدد تغییرات به معنی پایان آزمایش است.

پودره گیری از آزمون ها با دو نوع چرخش مته بر روی سطح پروفیل هایی با ضخامت ۵/ میلیمتر در مساحت های قابل تنظیم در سطوح دایره ای شکل آزمون ها صورت می پذیرد.

به علت تاثیر برخی آلاینده ها و شرایطی از قبیل شسته شدن کلرها یا بلوری شدن بتن یک لایه ۱ میلیمتری از سطح آزمون برداشته می شود. پس از خارج کردن پودر، عمق دقیق هر لایه در شش نقطه با کولیس دیجیتال اندازه گیری می گردد. تفاوت استانداردهای فوق الذکر در نحوه مدل سازی است.

آزمایش های دیگری همچون نفوذ آب، پتروگرافی و XRD و XRF وجود دارند که داده های خروجی از آن می تواند در درک صحیح از وضعیت بتن سازه های صنعتی پیش از ورود به فازهای تعمیراتی کمک کند. در پایان ذکر این نکته ضروری است که مجموعه ی آزمون ها و تست های مخرب و غیر مخرب بر بتن تازه یا سخت شده با ابزاری صورت می گیرد که یک اپراتور مسئول انجام عملیات و آزمایش است. شناخت الزامات و استانداردهای آزمایش ها به دقت بیشتر اعداد و نتایج به دست آمده منجر می گردد و در نهایت تصمیم بهتر از دل نتایج دقیقتر بیرون می آید.



کلینیک بتن ایران به عنوان یکی از تخصصی ترین مراکز فعال در عرصه بتن کشور، مفتخر است که در جایگاه ارائه دهنده خدمات اجرا و تفسیر آزمایش های غیر مخرب بتن، آزمایش های مشروح ذیل را به کارفرمایان ، مشاوران و پیمانکاران علاقمند تقدیم نماید.

۱. (آزمایشگاه بتن) مغزه گیری یا کرگیری:

نمونه گیری کارگاهی جهت اخذ مقاومت های کششی، فشاری، الکتریکی، جذب آب، تخلخل

۲. (آزمایشگاه بتن) چکش اشmitt:

- برداشت کیفیت و مقاومت بتن
۳. (آزمایشگاه بتن) نمونه گیری از میلگرد:
 - بررسی مشخصات آرماتورهای مصرفی
 ۴. (آزمایشگاه بتن) اسکن شبکه و اسکن آرماتورها
 - تعیین سازه، تعداد، محل استقرار، رسم پروفیل، کاور آرماتورها در سازه و ضخامت
 ۵. (آزمایشگاه بتن) تعیین عمل کرناسیون: تعیین عمق کرناسیون بتن
 ۶. (آزمایشگاه بتن) مقاومت چسبندگی Pull Off
 ۷. (آزمایشگاه بتن) تهیه پودر بتن: تعیین یون کلر، رسم پروفیل و ضریب انتشار
 ۸. (آزمایشگاه بتن) آزمایش هافسل: پتانسیل خوردگی
 ۹. (آزمایشگاه بتن) تعیین شدت خوردگی: تعیین شدت خوردگی آرماتور در بتن و امکان سنجی خوردگی در آینده
 ۱۰. (آزمایشگاه بتن) تعیین سرعت نفوذ یون کلر RCPT
 ۱۱. (آزمایشگاه بتن) پتروگرافی بتن:
 - وضعیت بهم پیوستگی سنگدانه و خمیرسیمان در بتن
 ۱۲. (آزمایشگاه بتن) تعیین عمق نفوذ آب تحت فشار
 ۱۳. (آزمایشگاه بتن) تعیین نفوذ پذیری بتن
 ۱۴. (آزمایشگاه بتن) تست و آزمایش التراسونیک بتن:
 - شناسایی ترک، ابعاد اعضا و تخلخل بتن و عمق ترک
 - افزودن این ماده به سیمان باعث می شود که این ماده با هیدروکسید کلسیم حاصل از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شود و کربنات کلسیم نامحلول و سود را تشکیل دهد که سود حاصل از واکنش موجب تسریع واکنش سیلیکات و آلومینات می شود.
 - کربنات کلسیم تولید شده از واکنش فوق، سخت شده و روی بافت بتنی اثر می گذارد و مقاومت آن را افزایش می دهد به محض اتصال بتن به دیواره یا سقف شروع به هیدراتاسیون نموده و با این روند حرارت تولید شده و گیرایی در چند ثانیه بعد از مخلوط نمودن در حدود ۸۰٪ افزایش می یابد و مانند یک کاتالیزور در واکنشهای هیدراتاسیون عمل می کند.
 - خصوصیات ویژه پودر تسریع کننده گیرش سیمان**
 - زودگیر پودری قابلیت مصرف در ۱۰ درجه بالا با سازگاری با انواع سیمان پرتلند که برای اسپری بتن در داخل تونلها و محل هایی که خط ریزش سقف یا دیوار، ممکن است و یا امکان قابل بندی به هر دلیل میسر نباشد مورد استفاده قرار میگیرد، زودگیر پودری عامل موثر در گیرایی بتن، ایجاد مقاومت مطلوب در زمان کوتاهتر، کاهش زمان لازم برای نگهداری حفاظت بتن، کاهش خطرات ناشی از تغییرات سریع در دما و استفاده هر چه سریعتر از یک سازه بتنی می باشد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
وزن مخصوص	gr/cm ³ 9/0- 5/0
رنگ	سفید مایل به خاکستری
حالت فیزیکی	پودر
یون کلر	ندارد
PH	13- 12

میزان مصرف پودر تسریع کننده گیرش سیمان

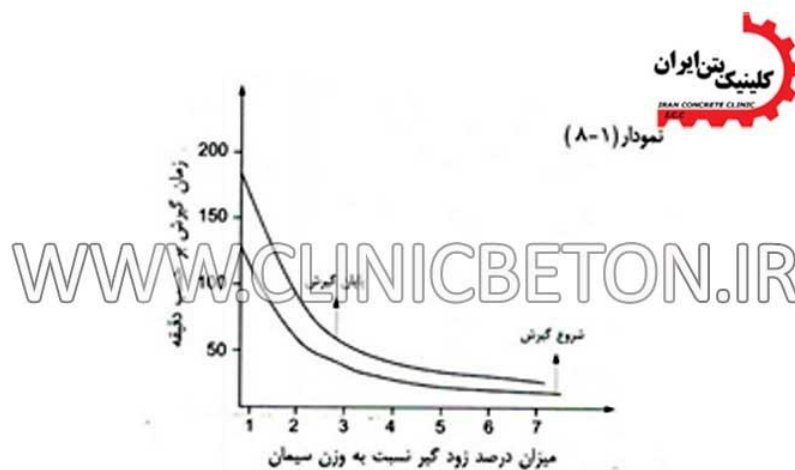
میزان مصرف زودگیر پودری برحسب دما و نوع بتن متغیر می باشد. در دمای 25°C و بتن ۳۵۰ میزان مصرف در حدود ۳ الی ۷ درصد وزن سیمان مصرفی بوده که باید به صورت خشک با **سیمان** و ماسه مخلوط نمود. بتن خشک توسط دستگاه شاتکریت تحت فشار پمپ، به طرف محل مورد نظر اسپری شده و باید از لوله جانبی دیگری که به مخزن آب متصل می باشد، مقدار آب مورد نیاز را تنظیم نمود. آب و بتن خشک در هوا مخلوط و قبل از برخورد به دیواره گیرایی بتن آغاز می گردد.

نحوه مصرف و نکات ضروری پودر تسریع کننده گیرش سیمان

در صورت استفاده از مصالح با درجه حرارت پایین یا پاشیدن مخلوط روی سطوح سرد، سرعت گیرش **ملات** طبعاً کند می گردد. نوع، تازگی و کهنگی سیمان نیز عامل موثری در مدت گیرش می باشد. لذا برای تعیین مقدار دقیق مصرف، تهیه مخلوط های آزمایشی توصیه می شود. ضمناً مقدار بیش از حد توصیه شده باعث کاهش مقاومت نهایی بتن می گردد. **شاتکریت** را می توان در ظروف در بسته و به دور از رطوبت به مدت یکسال نگهداری نمود.

آزمایشات مربوط به زودگیر پودری بتن

نمودار (۸-۱) ارتباط بین زمان گیرش و میزان مصرف پودر زودگیر می باشد. این منحنی نشان دهنده این مطلب است که در مقادیر کم زودگیر، مدت زمان گیرش زیاد بوده ولی در مقادیر بالای زودگیر، مدت زمان گیرش کاهش می یابد. (گیرش سریع)



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

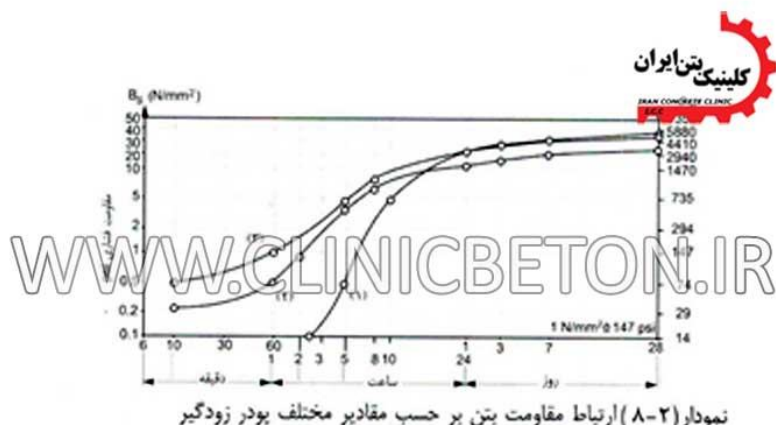
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

منحنی ۱: بتن شاهد

منحنی ۲: بتن با پودر زودگیر برحسب ۴ درصد وزن سیمان مصرفی

منحنی ۳: بتن با پودر زودگیر برحسب ۶ درصد وزن سیمان مصرفی

آزمایشات فوق در دمای 35°C و 350 kg/m^3 انجام گرفته است. منحنی بالا نشان دهنده این است که با مصرف پودر زودگیر به مقدار ۶٪ وزن سیمان مصرفی ضمن این که زمان اولیه گیرش کاهش می یابد بلکه مقاومت فشاری در زمان اولیه گیرش کاهش می یابد نهایت با مقاومت فشاری بتن شاهد به یک اندازه می رسد.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

بسته بندی

زودگیر پودری MTOMA-P در بسته های ۲۰ کیلوگرمی عرضه می شود.

بتن چیست ؟

بتن ترکیبی است از ماسه، شن و سیمان که پس از مخلوط شدن با آب در طول چند ساعت شروع به سفت شدن می کند. با تغییر نسبت سنگدانه های ریز (ماسه)، درشت (شن)، سیمان و آب، **مقاومت و کارایی بتن** تغییر می کند. مقدار آبی که برای مخلوط کردن یک حجم معین بتن به کار می رود با نسبت آب به سیمان W/C تعیین می شود که بر این پایه هر چند نسبت کوچکتر باشد، بتن مقاومت بیشتری خواهد داشت (با فرض اینکه بتن به خوبی متراکم شده باشد). تقسیم بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن پس از گذشت ۲۸ روز از به عمل آوری بتن (**کیورینگ بتن**) صورت می گیرد، به عنوان نمونه، بتن مخلوط کلاس C7.5 بتن نسبتاً ضعیفی است که به عنوان **بتن پرکننده** یا بتن روی بستر خاکی به کار می رود و بتن کلاس C40 مخلوط نسبتاً قوی است که برای کارهای بتن درجا و بتن باربر مناسب می باشد.

مقاومت بتن بر چه اساس تعیین می شود ؟

بتن بر حسب مقاومت فشاری نمونه به عمل آمده پس از ۲۸ روز تیپ بندی می شود. **مقاومت بتن** معمولاً بر حسب kg/cm^2 اندازه گیری می شود. تیپ بندی بتن بر حسب **مقاومت فشاری** و تعیین آن به شرح زیر می باشد:

• بتن های معمولی

C8/10, C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C28/35, C30/37, C32/40, C40/50, C50/60, C55/67, C60/75, C70/85, C90/105, C100/115

• بتن های سبک

LC8/9, LC12/13, LC16/18, LC20/22, LC25/28, LC30/33, LC35/38, LC40/44, LC50/55, LC55/60, LC60/66, LC70/77, LC80/88

اعداد مقدار مقاومت فشاری بر حسب MPa می باشد. 1) $\text{MPa} = 10.2 \text{ kg/cm}^2$ برای مثال بتن C25 بتنی است که مقاومت فشاری آن 25 MPa یا kg/cm^2 255 است.

بتن های ضعیف تر مانند **بتن بستر یا بتن مگر** در گروه C7.5 با مقاومت فشاری kg/cm^2 75 بعد از ۲۸ روز قرار دارد. در بیشتر موارد بتن تیپ C20 برای محوطه سازی کافی و مناسب می باشد. این بتن تقریباً معادل نسبت مخلوط قدیمی ۴:۲:۱

است. در امور مهندسی ساختمان می توان از بتن با مقاومت های بسیار بالا مثلا تیپ C40 استفاده نمود. در این خصوص می توانید با مشاوران فنی و تخصصی **کلینیک بتن ایران** در تماس باشید و از قیمت و هزینه انواع بتن مطلع شوید.

منظور از عیار بتن چیست؟

منظور از عیار بتن مقدار سیمان مصرفی بر حسب کیلوگرم در واحد حجم بتن می باشد (که واحد حجم بتن در ایران متر مکعب می باشد). عیار بتن با مقاومت نهایی آن رابطه ی مستقیم دارد. ولی با توجه به فرآیند ساخت بتن و واکنش هیدراتاسیون در آن با افزایش بی نهایت سیمان به مقاومت بتن در بی نهایت دست نخواهیم یافت. با توجه به روابط تجربی می توان مقدار سیمان مصرفی برای رسیدن به مقاومت مشخص را تعیین کرد علاوه بر این رایج است که بتن را بر حسب عیار سیمان مصرفی نامگذاری می کنند.

بررسی جدول عیار بتن

بر اساس نوع کار و مقاومت فشاری مورد نیاز جدول عیار بتن انتخاب می شود. به عنوان مثال برای بتن مگر که یک بتن نظافتی به منظور آماده سازی بستر خاکبرداری شده برای آرماتور بندی و صفحه گذاری اجرا می گردد عیار بتن کم و برابر ۱۵۰ Kg/m³ می باشد و برای ملات آجر کاری و بنایی عدد آن ۲۵۰ و برای بتن معمولی این عدد ۳۵۰ می باشد. این عدد برای بلوک های بتن سبک (گازی) بسیار کمتر از بلوک های سیمانی است، و ۲۵ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب بنایی با آن به کار می رود. برای دوغاب پشت کار نمای سنگی و کاشی کاری ۴۳۰ کیلوگرم سیمان استفاده می شود.

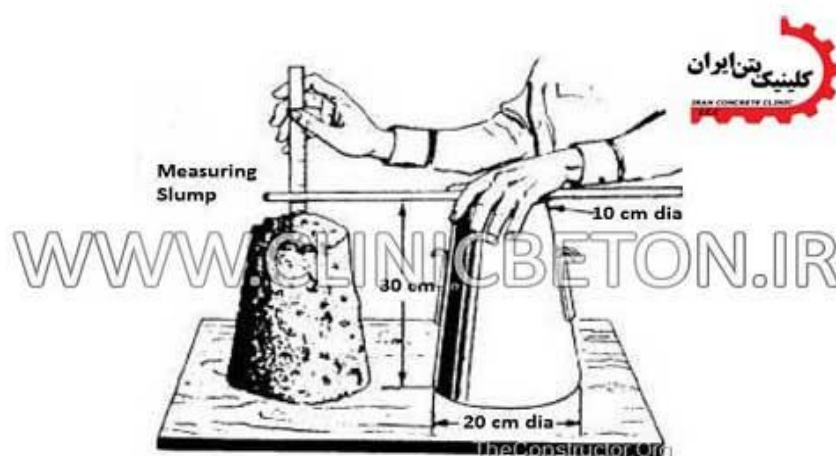
کلاس بتن	اندازه ماکزیمم مصالح سنگی (mm)	40		20		14		10	
		متوسط	بالا	متوسط	بالا	متوسط	بالا	متوسط	بالا
	اسلامپ (mm)	50-100	100-150	25-75	75-125	10-50	50-100	10-25	25-50
C7.5 (1:3:6)	سیمان (kg)	180	200	210	230	—	—	—	—
	وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1950	1850	1900	1800	—	—	—	—
	درصد ریزدانه (%)	30-45	30-45	35-50	35-50	—	—	—	—
C10	سیمان (Kg)	210	230	240	260	—	—	—	—
	وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1900	1850	1850	1800	—	—	—	—
	درصد ریزدانه (%)	30-45	30-45	35-50	35-50	—	—	—	—

C15	سیمان (Kg)	250	270	280	310	—	—	—	—
	وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1850	1800	1800	1750	—	—	—	—
	درصد ریزدانه (%)	30-45	30-45	35-50	35-50	—	—	—	—
C25 (1:2:4)	سیمان (Kg)	300	320	320	350	340	380	360	410
	وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1850	1750	1800	1750	1750	1700	1750	1650
	ناحیه ۱ درصد ریزدانه (%)	35	40	40	45	45	50	50	55
	ناحیه ۲ درصد ریزدانه (%)	30	35	35	40	40	45	45	50
	ناحیه ۳ درصد ریزدانه (%)	30	30	30	35	35	40	40	45
C30 (1:1 ½ :3)	سیمان (Kg)	340	360	360	390	380	420	400	450
	وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1800	1750	1750	1700	1700	1650	1700	1600
	ناحیه ۱ درصد ریزدانه (%)	35	40	40	45	45	50	50	55
	ناحیه ۲ درصد ریزدانه (%)	30	35	35	40	40	45	45	50
	ناحیه ۳ درصد ریزدانه (%)	30	30	30	35	35	40	40	45
C30 (1:1:2)	سیمان (Kg)	370	390	400	430	430	470	460	510

وزن کل مصالح سنگی (Kg)	1750	1700	1700	1650	1700	1600	1650	1550
ناحیه ۱ درصد ریزدانه (%)	35	40	40	45	45	50	50	55
ناحیه ۲ درصد ریزدانه (%)	30	35	35	40	40	45	45	50
ناحیه ۳ درصد ریزدانه (%)	30	30	30	35	35	40	40	45

سنجش مخروط اسلامپ وارونه (Concrete slump test)

اسلامپ بتن (یا ملات) یا **مخروط اسلامپ** وارونه به وسیله یک آزمایش نسبتا ساده و با استفاده از ابزار فوق العاده ساده ای تعیین می شود. این ابزار از یک مخروط ناقص فولادی توخالی دسته دار، یک میله فولادی برای متراکم کردن، یک صفحه فولادی کف و یک نوار متر برای اندازه گیری تشکیل می شود. **آزمایش اسلامپ بتن** یکی از راهکارها برای مشخص کردن مقدار کارایی و روانی بتن تازه می باشد. این آزمایش معمولا در **آزمایشگاه بتن** و تحت شرایط محیطی خاص یا در همان محل اجرای پروژه توسط دستگاه اسلامپ بتن انجام می گیرد. آزمایش و تست اسلامپ بتن معمولی یکی از آسان ترین آزمایش هایی است که بر روی بتن انجام می شود؛ هزینه ی بسیار کمی دارد و نتیجه ی آن فوراً به دست می آید. به همین دلیل، از سال ۱۹۲۲ میلادی تاکنون، آزمایش اسلامپ بتن **پرکاربرد ترین و معمول ترین آزمایش** در مورد کارایی و تعیین روانی بتن بوده است.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

آزمایش اسلامپ تکنولوژی بتن

عموما مقدار اسلامپ مناسب بتن برای به دست آوردن میزان کارایی آن نیاز است، که نشانگر نسبت آب به **سیمان** بتن می باشد. اما چندین عامل دیگر نیز در بتن وجود دارد که در اسلامپ آن تاثیر می گذارد؛ از جمله: نوع مواد مورد استفاده در بتن، روش های **مخلوط کردن بتن**، میزان مواد مورد استفاده، نوع و میزان سنگدانه ها و غیره. برای آزمایش اسلامپ از یک قالب که به شکل **مخروط ناقص** است استفاده می شود. قطر قاعده ی این مخروط ناقص، ۲۰ سانتی

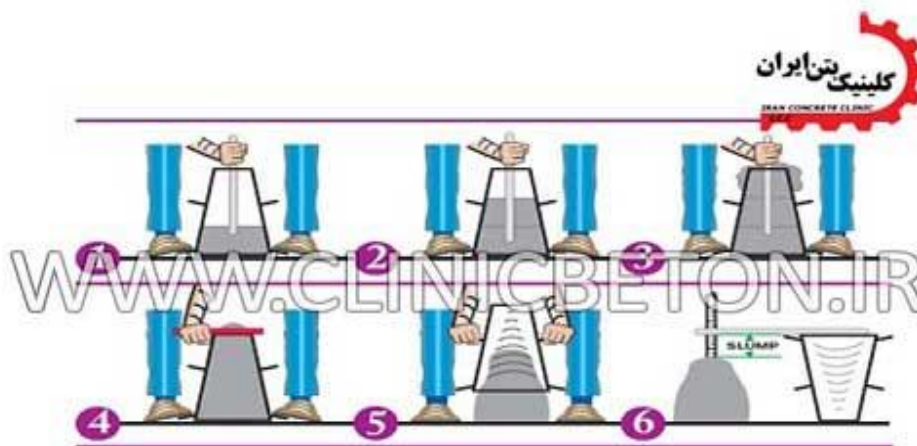
متر و ارتفاع آن ۳۰ سانتی متر است. بتن تازه به داخل این قالب ریخته می شود و سپس قالب را بر می دارند. مقدار افت و پایین آمدن بتن را اندازه گیری می کنند و آن را میزان اسلامپ بتن می نامند.

این وسایل آزمایش را به سادگی می توان تهیه نمود، هر چند تمامی تولید کنندگان بتن آماده بر حسب درخواست مشتری آزمایش اسلامپ را انجام خواهند داد.

✓ مراحل آزمایش اسلامپ بتن

شرح آزمایش اسلامپ بتن:

۱. مخروط را روی صفحه فولادی از طرف قاعده بزرگتر آن گذاشته.
۲. بتن تازه را داخل مخروط و تا حدود $\frac{1}{4}$ ارتفاع (۷۵ mm) آن ریخته.
۳. سپس بوسیله میله فولادی ۲۵ ضربه به بتن وارد و آن را بکوبید.
۴. مجدداً تا حدود نصف ارتفاع مخروط (۷۵ mm بعدی) را با بتن پر کنید.
۵. بار دیگر بتن را توسط ۲۵ ضربه میله فولادی متراکم کنید.
۶. بتن بیشتری به داخل مخروط ریخته تا تراز آن به $\frac{3}{4}$ ارتفاع (۷۵ mm دیگر) مخروط برسد.
۷. مجدداً با ۲۵ ضربه میله فولادی بتن را متراکم کنید.
۸. مخروط را با بتن پر کرده و با میله فولادی آخرین ۲۵ ضربه را برای تراکم آن وارد کنید.
۹. با کمچه کشی یا اضافه کردن مقداری بتن در صورت نیاز سطح بتن را برابر تراز لبه مخروط فلزی نمایید.
۱۰. مخروط را با دقت بالا کشیده و به صورت وارونه در کنار بتن بگذارید.
۱۱. پس از یک دقیقه یا کمی بیشتر ملاحظه خواهید کرد که بتن تحت اثر وزنش به سمت پایین نشست (اسلامپ) می کند.
۱۲. با استفاده از میله فولادی (یا یک قطعه با لبه مستقیم) ارتفاع مخروط وارونه را اندازه بگیرید.
۱۳. اختلاف ارتفاع بین مخروط فولادی و مخروط بتنی نشست کرده را اندازه بگیرید.
۱۴. به این اختلاف ارتفاع اندازه گیری شده که بر حسب میلی متر بیان می شود اسلامپ می گویند.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872

web: WWW.MTOCHEM.COM

آزمایش روانی بتن و اسلامپ تست کانکریت

✓ عوامل موثر بر روی آزمایش اسلامپ بتن

- ویژگی ها و جزئیات مواد مورد استفاده در بتن، مانند سنگدانه ها، عیار سیمان، نحوه ی مخلوط کردن و میزان رطوبت بتن.
- ویژگی های شیمیایی و مقدار استفاده از **انواع مواد افزودنی بتن**
- میزان هوای موجود در بتن
- نحوه ی مخلوط کردن و انتقال بتن
- روش مورد استفاده در آزمایش اسلامپ
- میزان آب مورد استفاده در بتن
- میزان زمان سپری شده از هنگام مخلوط کردن بتن



دستگاه اسلامپ بتن و نحوه ساخت مخروط فلزی

✓ نتایج آزمایش اسلامپ بتن

هنگام اندازه گیری میزان افت اسلامپ بتن باید از دقیق ترین ابزار اندازه گیری استفاده کرد، چرا که نتیجه آن، تا حد میلی متر هم اهمیت دارد. اگر میزان عدد اسلامپ بتن صفر بود و بتن هیچ گونه تغییر شکلی نداشت، معنی اش این است که نسبت آب به سیمان در بتن بسیار کم بوده است. از این نوع بتن معمولا در ساخت و ساز جاده ها و راه های بین شهری استفاده می شود. اگر بتن به صورت کامل فرو ریخت، معنی اش این است که مقدار آب به سیمان در بتن بسیار زیاد بوده. اگر بخشی از بتن فرو ریخت و بخش دیگری از آن تغییر شکلی نداد، آزمایش بایستی یک مرتبه ی دیگر تکرار شود. در تصویر زیر، مدل های مختلفی که ممکن است در آزمایش اسلامپ رخ بدهد را مشاهده می کنید. از سمت چپ، نمونه ی اول نمونه ای است که مورد قبول است و به این معنی است که آزمایش به درستی انجام شده و بتن مشکل خاصی ندارد. در نمونه ی دوم میزان اسلامپ بتن صفر است که دلایل و استفاده ی آن را در بالا شرح دادیم. نمونه ی سوم از سمت چپ، نمونه ای از بتن است که به علت نسبت آب به سیمان بالا در آزمایش اسلامپ کاملا گسیخته شده و فرو ریخته است. نمونه ی آخر اما، نمونه ای غیر قابل قبول در آزمایش اسلامپ است. ممکن است بتن مورد آزمایش همگن نبوده یا آزمایش به درستی انجام نشده باشد. به هر جهت آزمایش بایستی دوباره تکرار شود.

یکی از ویژگی های اساسی هر نوع مصالح سیمانی، اعم از ملات یا بتن، میزان قوام و روان بودن (کارایی) آنست، به عبارت دیگر میزان سهولت در فشار وارد کردن به آن در یک امتداد و کشیدن در امتداد دیگر است، و همچنین میزان شناوری آن در وجود آوردن یک سطح هموار می باشد. کارایی بر اساس تعیین مقدار خیزی ملات یا بتن تعیین می شود. اساساً هر چقدر بتن خیس تر باشد، اسلامپ آن بزرگتر خواهد شد. ملات ها یا بتن های با درصد رطوبت بالا اسلامپ بزرگی دارند، در حالی که با کاهش درصد رطوبت اسلامپ نیز کاهش می یابد. گرچه در اکثر مواقع اسلامپ نشان دهنده میزان آب مخلوط می باشد، بهتر است از آن به عنوان معیاری برای میزان روان بودن بتن تعبیر کرد.



✓ مزایای آزمایش اسلامپ بتن

- آزمایش مخروط اسلامپ وارونه یک آزمایش دینامیکی است که روانیت بالای بتن الیافی را در نظر می گیرد.
- آزمایش ساده است و نتایج مستقیمی بدست می دهد.
- وسایل آزمایش را به سادگی می توان تهیه نمود.

✓ معایب آزمایش اسلامپ بتن

- این آزمایش فقط برای مخلوط های بتنی با اسلامپ کمتر از ۵ cm مناسب می باشد.
- انجام آزمایش سخت می باشد. پر کردن مخروط وارونه اسلامپ توسط بتن بگونه ای که هیچ بتنی از سوراخ نگذرد نیاز به مهارت دارد. ضمناً، ویبراتور باید مستقیماً به سمت پایین و مرکز مخروط در یک مدت معین نصب شود.
- فاصله خالی در پایین مخروط وارونه برای بعضی از اندازه های سنگدانه ها و بعضی از طول های الیاف ها خیلی کوچک است.
- بعضی از تارها ممکن است به دور ویبراتور بپیچند.
- پارامترهای مهم آزمایش استاندارد نشده اند؛ بنابراین، آزمایشاتی که با ویبراتورهای متفاوت انجام شود را نمی توان با یکدیگر مقایسه نمود.
- خطای آزمایش کننده در تعیین واقعی زمان توقف آزمایش مطرح می باشد. کلینیک بتن ایران با روش های تخصصی تست بتن و ارائه بهترین اقزودنی های بتن در خدمت شما می باشد.



تست بتن و آزمایش بتن چیست

- چسب بتن چیست؟
- مبانی طرح اختلاط بتن
- تفاوت شن و ماسه

بتن چیست؟

بتن یک ماده مقاوم است که از استحکام و دوام بالایی برخوردار است. اما بر روی همین ماده مقاوم عوامل مختلفی وجود دارند که بر روی بتن تاثیر می گذارند و موجب تخریب بتن می شوند. ایجاد خرابی در سازه های بتنی استحکام آن را کاهش می دهد. به منظور جلوگیری از این رویداد باید به تعمیر و ترمیم بتن بپردازیم.

ترمیم کننده بتن چیست؟

تعمیر و ترمیم سازه های بتنی به عنوان جایگزین یا اصلاح مصالح، اعضای خراب شده و یا اجزای معیوب یک سازه است. در واقع به عبارتی دیگر می توان تعمیر را شیوه ای دانست که به طولانی تر شدن عمر مفید و واقعی یک سازه و رسیدن به عمر مفید آن سازه است. ساختار های بتنی و ترمیم کننده های بتن به مرور زمان و در طول فرآیند بهره برداری دچار آسیب و تخریب می شوند. کارفرمایان به منظور حفظ و نگهداری ویژگی ها و شرایط سازه های بتنی برای کاربرد کامل سازه های بتنی و ترمیم کننده بتن در طول دوره پیش بینی شده اقدام به تعمیرات و ترمیم آن ها می کنند. آسیب هایی که به سازه های بتنی در طول زمان و بنا به علت های مختلف وارد می شود دارای انواع مختلفی است. از عواملی که باعث تخریب سازه های بتنی می شود می توان به دلایلی چون خوردگی، سولفاته شدن، مشکلات اجرایی، اسیدها، واکنش قلیایی و... می باشند.

همچنین با توجه به شرایط فرآیند اجرایی، بهره برداری، محدودیت های زمانی و اقتصادی و همچنین آسیب مواد و روش های مختلفی مانند ترمیم کننده های بتنی و یا ترمیم سازه های بتنی وجود دارد که می توان از آن ها استفاده نمود ملات های ترمیم کننده بتن است. قیمت ملات **ترمیم کننده بتن** مخصوصا در تعمیرات های خاص و با وجود ابعاد کوچک و یا اینکه کاربرد زیادی در شرایط اجرایی و بهره برداری خاص دارند مناسب و بسیار به صرفه است.

ترمیم کننده بتن در انواع ملاتهای ترمیمی سیمانی و اپوکسی ارائه شده که برای خرید و دریافت اطلاعات قیمت پودر ترمیم کننده بتن و دیگر مواد می توانید به وب سایت کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

✓ مواد ترمیم کننده بتن

از انواع روش های ترمیم کننده بتن می توان به ابعاد منطقه ترمیم، مقاومت شیمیایی مورد نیاز، ضخامت ترمیم، سازه ای بودن یا غیر سازه ای بودن بتن و ... اشاره کرد.

✓ انواع مصالح ترمیم بتن

۱. ملات های ترمیم کننده پلیمری
۲. ملات های ترمیم کننده نیمه پلیمری
۳. ملات های ترمیم کننده پایه سیمانی اصلاح شده با پلیمر و الیاف
۴. چسب های لاتکس
۵. چسب های اپوکسی
۶. رزین های تزریقی



ترمیم بتن به روش ملات سیمانی

✓ ملات های ترمیمی سیمانی

ترمیم بتن به روش ملات سیمانی، زمانی که بر پایه سیمان باشد و آماده مصرف باشد پس از افزودن مقدار آب مورد نیاز خمیر تعمیراتی دارای الیاف و با مقاومت بالایی بوجود می آورد. همچنین ملاتی است که بدون انقباض است و از نفوذ پذیری و کم دوام و طولانی برخوردار است. ملات های ترمیمی سیمانی فاقد **گرانول های فلزی** است و عاری از یون کلر است. اینگونه ملات ها به جهت استفاده توسط سیستم **ماله کشی** طراحی شده و در یک مرحله اجرا می تواند تا ضخامت ۵۰ میلی متری را به وجود می آورند.

✓ ملات های ترمیم کننده اپوکسی

ملات های تعمیراتی بتن (ترمیم کننده بتن) اپوکسی دارای سه جز است و بدون حلال و بر پایه **رزین های اپوکسی** به همراه مصالح معدنی کم وزن است. اینگونه ملات های سه جزئی است و به منظور کار در سطوح افقی، عمودی و بالاسری مناسب است. این ملات ها علاوه بر **مقاومت مکانیکی بالا**، در برابر خیلی از مواد شیمیایی و اسیدها مقاوم است. از کاربردهای ملات اپوکسی به استفاده برای **بستر سازی** و تعمیرات سازه ای بتن جهت مقاصد ترمیم، تقویت و مقاوم سازی ساختمان ها اشاره کرد.

✓ چسب های پلیمری بتن

مورد استفاده چسب های پلیمری پس از استفاده از بتن است چرا که بتن را **سخت و مقاوم** می نماید و **مانع از نفوذ آب** و دیگر املاح به داخل آن می شود.

موارد کاربرد چسب های پلیمری بتن

۱. کفپوش های بتنی
 ۲. دوغاب کاشی کاری
 ۳. اتصال و ضد آب سازی پوشش های گچی
 ۴. ملات هایی بر پایه سیمان و آهک
 ۵. پوشش برای تراشه ها و لایه های سیمانی
- و ...

✓ پودر ترمیم کننده بتن

پودر ترمیم کننده بتن مختص ملاتی است که یک جزء آن پایه سیمانی است که با **الیاف پلی پروپیلن**، رزین های پودری محلول در آب و لاتکس تقویت شده و از محصولات **کلینیک بتن ایران** است فقط کافیست در زمان مصرف به آن آب اضافه گردد. ملات به دست آمده **قدرت چسبندگی** فوق العاده زیادی دارد و همچنین در برابر ترک خوردگی، حملات شیمیایی، نمک ها و سیکل های گرما و سرما مقاوم است. شما عزیزان می توانید برای دریافت **قیمت پودر ترمیم کننده بتن** به وب سایت کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.



ترمیم بتن کف

چسب بتن | انواع چسب بتن | کاربرد و مزایای چسب بتن

یکی از افزودنی های پر اهمیت صنعت بتن، چسب بتن است. از جمله مصارف چسب بتن می توان به ترمیم بتن، آب بندی، ترمیم بافت های قدیمی بتن، **افزایش مقاومت بتن**، جلوگیری از ترک بتن، افزایش خواص شیمیایی و مکانیکی و... اشاره کرد. چسب های بتن به دو دسته **اپوکسی و لاتکس** (پلیمری) قابل تقسیم هستند. همه ی چسب ها یا شامل پلیمر هستند یا هنگام واکنش شیمیایی حاصل می شوند. پلیمر ها موجب چسبندگی چسب ها می شوند.

چسب لاتکس امولسیون از کوپلیمر محلول در آب است. ظاهر این چسب مایعی شیری رنگ است. ترکیب چسب لاتکس با **سیمان پرتلند** و ماسه ترکیبی مقاوم در برابر آب و **مواد شیمیایی و ساییدگی** ایجاد می کند که برای **چسباندن کاشی**، سرامیک، سنگ های تزئینی و... به سطوح کاربرد دارد.

چسب اپوکسی بتن از پلیمریازسیون دو جزء اولیه رزین و سخت کننده ایجاد می شود. هنگام ترکیب رزین با کاتالیست پخت آغاز می شود. در فرآیند پخت زنجیره های مولکولی واکنش داده و حرارت ایجاد می شود. بیشترین مقدار مصرف چسب بتن

در تعمیرات بتن های فرسوده است. در ترمیم بتن هایی برای افزایش چسبندگی بتن به بافت قدیمی از چسب های بتن استفاده می شود. بهترین **چسب بتن** به دلیل خاصیت ضد آب در نماسازی روی بتن قدیمی و آب بندی استفاده می شود.

✓ کاربرد چسب بتن

مهم ترین کاربرد چسب بتن برای **افزایش میزان چسبندگی** بتن تازه برای چسبیدن به بتن قدیمی در پروژه های تعمیراتی است که **میزان چسبندگی بتن** را با سطح قدیمی بسیار افزایش می دهد. همچنین این خاصیت هنگام نماسازی بر روی بتن قدیمی کاربرد دارد. **چسب سیمان سفید** از تراوش آب جلوگیری کرده و مانع تفکیک دانه های ریز و درشت می شود و برای آب بندی بتن بکار می رود. اگر سازه های بتنی دچار آسیب دیدگی سطحی و عمقی شده باشند با چسب بتون می توان آنها را ترمیم نمود و به عنوان ترمیم کننده بتن استفاده کرد. از دیگر موارد **کاربرد چسب بتن** جهت آب بندی بتن مخازن، استخر های بتنی، ترمیم آسیب دیدگی بتن یا اغلب سازه های بتنی مانند کانال های آب، کف سالن های صنعتی، باند فرودگاه ها، سد ها، پایه پل ها و ستون ها:

- ترمیم بتن فرسوده
- آب بندی
- افزایش خاصیت چسبندگی
- جلوگیری از ایجاد ترک در بتن
- اتصال میلگرد به بتن
- افزایش مقاومت مکانیکی



چگونه از چسب بتن استفاده کنیم

✓ روش استفاده از چسب بتن

به منظور نحوه استفاده از چسب بتن باید ابتدا محل مورد استفاده باید از چربی، ذرات و گرد و غبار پاک شود. چسب بتن را با آب حل کرده و پس از رقیق شدن به سیمان و شن و ماسه مخلوط می شود که حاصل ملاتی خمیری شکل و روان است. درصد مناسب اخلاط ۵ تا ۲۰ درصد وزن سیمان مورد استفاده می باشد. قبل از مصرف ملات روی بتن یک لایه چسب مالیده شود. چسب بتن را با آب مخلوط و رقیق شده آن به قسمت های خشک بتن اضافه می شود. هرچه ضخامت کمتر و یا فشار وارده بر آن بیشتر باشد **مصرف چسب بتن** بالا می رود و لازم است قبل از کار یک لایه از **محلول چسب بتن** به سطح زیرین مالیده شود در ضخامت های بالا استفاده از چسب بتن بصورت لایه لایه مناسب تر می باشد.

✓ ویژگی های چسب بتن

از ویژگی های بارز چسب بتن افزایش چسبندگی بسیار زیاد در بتن است که این **خاصیت چسب بتن** باعث بالا بردن چسبندگی بتن جدید یا مصالح جدید بر روی بتن یا مصالح قدیمی است (رابط اتصال بتن قدیم به جدید).
از ویژگی های دیگر چسب بتن بالا بردن **مقاومت های کششی و خمشی بتن**، جلوگیری از ایجاد ترک در بتن و **تبله کردن** و افزایش عمر سازه های بتنی می باشد.

✓ خواص چسب بتن

۱. پر اهمیت ترین خاصیت چسب بتن، افزایش چسبندگی ملات متشکل از چسب است (حدود ۴ برابر)
۲. کاهش نفوذ پذیری در بتن (آب بندی)
۳. افزایش مقاومت مکانیکی و طول عمر بتن
۴. افزایش مقاومت در برابر مواد شیمیایی
۵. کاهش ترک و افزایش حجم بتن
۶. افزایش ۵۰ درصدی مقاومت خمشی بتن
۷. افزایش نفوذ پذیری و مقاومت بتن در برابر یخ زدگی

✓ انواع چسب بتن

چسب های بتن دارای انواع مختلفی است. به طور کلی چسب های بتن را می توان به دو تیپ چسب بتن اپوکسی و لاتکس یا پلیمری تقسیم کرد. از چسب های بتن برای ترمیم بتن، آب بندی بتن و افزایش خصوصیات شیمیایی و مکانیکی بتن، اتصال بتن قدیم به جدید و ... استفاده می شود. باید توجه داشت جهت اطلاع از قیمت چسب بتن و نحوه خرید **انواع چسب بتن** و همچنین استفاده از چسب های ساختمانی چه لاتکسی و چه اپوکسی حتما از کارشناسان مربوط **کلینیک بتن ایران** اطلاعات لازم را گرفت.

چسب بتن اپوکسی

چسب بتن اپوکسی محصول دو جزئی بسیار قدرتمند بر پایه **رزین اپوکسی** اصلاح شده می باشد که علاوه بر افزایش دوام بتن، از مقاومت مکانیکی و قدرت چسبندگی بسیار زیادی برخوردار بوده و می تواند برای پیوند دادن بتن جدید به بتن قدیم مورد استفاده قرار بگیرد. همچنین بنا بر سازه اجرایی می توان از چسب بتن اپوکسی به عنوان آب بند کننده قدرتمند داخلی بتن نیز استفاده نمود. بهترین روش استفاده این است که ابتدا این ۲ جز را با هم ترکیب و چند دقیقه میکس نمود و با برس بر روی سطح استفاده کرد و سپس بعد از ۱۰ دقیقه ترمیم را انجام داد. چسب بسیار قدرتمندی بر پایه رزین اپوکسی اصلاح شده است که علاوه بر دوام زیاد، از **مقاومت مکانیکی و قدرت چسبندگی** بسیار زیادی برخوردار بوده و می تواند برای پیوند دادن بتن جدید و قدیم مورد استفاده قرار بگیرد.

✓ خواص و اثرات چسب بتن اپوکسی

۱. چسبندگی فوق العاده زیاد به سطوح زیر کار
۲. مقاومت های فوق العاده زیاد کششی و مکانیکی
۳. قابلیت اجرا بر روی مقاطع زیر کار خشک
۴. حفظ خواص کیفی برابر با طول عمر بتن
۵. بدون حلال

✓ موارد کاربرد چسب بتن اپوکسی

- عملیات مرمت و ترمیم سازه های بتنی
- اتصال بتن به مقاطع فلزی

- قابلیت تزریق در انواع ترک
- امکان کاربرد در سازه های با کاربری غرقابی
- چسباندن بتن جدید به مقاطع بتنی قدیمی
- چسباندن ورق های FRP روی بتن

چسب بتن لاتکس

چسب بتن مایع با خواص آب بندی، افزایش چسبندگی ملات و بتن، افزایش الاستسیته بتن، مقاومت شیمیایی، پایداری در برابر ضربه و تغییرات دما و غیرسمی مناسب برای استفاده در ملات های ترمیمی بتن است. **چسب بتن بر پایه لاتکس** به عنوان یک افزودنی بر پایه لاتکس طراحی شده که همراه سیمان پرتلند و ماسه تشکیل ملات پر مقاومتی را برای نصب سرامیک روی دیوار و کف، سنگ مرمر، موزائیک، کاشی معدنی، آجر لعاب دار و سنگه ای طبیعی مهیا می سازند. همچنین به عنوان لایه پیوند را در **ترمیم سازه های بتنی** به کار می رود.

✓ چسب بتن لاتکس ویژه

این چسب مایع غلیظ امولسیون بر پایه پلیمرهای اصلاح شده است که جهت تهیه ملات آب بند و ساخت ملات های چسبنده بر روی بتن و ملات های قدیمی، جهت ترمیم سطوح بتنی و سیمانی کاربرد دارد.

✓ کاربرد چسب بتن لاتکس ویژه

در مکان هایی که نیاز به مقاومت در برابر آب، مواد شیمیایی و سایش است به کار می رود. به عنوان مثال در استخرها، کارخانه های لبنیات، صنایع غذایی، کشتارگاه و غیره. همچنین ممکن است برای بهبود خصوصیات ملات های سیمانی برای نصب کاشی یا اضافه شدن به **دوغاب** و چسب های پایه سیمانی به کار رود. به عنوان یک افزودنی به همراه چسب های پودری باعث ایجاد انعطاف می شود.

✓ موارد کاربرد چسب بتن لاتکس ویژه

- تهیه ملات و بتن آب بند جهت اجرای آب نما، استخر
- آب بندی و تقویت ملات های بندکشی
- تهیه ملات جهت نصب سرامیک و سنگ
- نماسازی و جهت صافکاری سطوح بتن اکسپوز
- جهت تقویت چسب کاشی های پودری

✓ مزایای چسب بتن لاتکس ویژه

- افزایش چسبندگی بتن یا ملات جدید به بتن یا ملات قدیمی
- کاهش نفوذ پذیری و آب بند کننده بتن
- جلوگیری از ترک خوردن و طبله شدن ملات
- افزایش مقاومت در مقابل سبکله های ذوب و انجماد
- افزایش مقاومت کششی، خمشی و مقاومت سایشی



مخلوط سیمان و چسب بتن

چسب بتن مخصوص آب بندی و تقویت ملات

چسب بتن مخصوص آب بندی به صورت مایع بوده و ظاهری شیری رنگ دارند که پس از مصرف (خالص یا ترکیب در ملات) کاملاً بی رنگ هستند. این محصولات در مقابل رطوبت، سرما و گرما، حریق، نور، آتش و ضربه کاملاً مقاوم بوده و عمر آنها همانند عمر سیمان در ملات است. البته در محصولات جدید کلینیک بتن ایران استفاده از این نوع متریال ها (لاتکس) به عنوان مواد اولیه استفاده می شود که این مواد به صورت پودر خشت در ترمیم کننده های ویژه لاتکسی پودری در آن استفاده و قابل مصرف خواهند بود. استفاده این محصولات در سازه ها ضمن صرفه اقتصادی، باعث ایجاد مقاومت و استحکام بیشتر سازه، بالا رفتن سرعت عملیات، سبک سازی نمودن سازه ها و آنتی باکتریال شدن (ضد خزه، جلبک و باکتری) سازه خواهد شد.

چسب بتن آب بندی

چسب بتن آب بندی مایع غلیظ پلیمری با حالت امولسیون است. این چسب ها محلول های کلوئیدی از پلیمرهای مختلف در آب هستند که مقاومت کششی و خمشی و همچنین دوام بتن را افزایش می دهند. بیشترین استفاده از این مواد مربوط به کارهای تعمیراتی است، زیرا چسب بتن با ملات، مخلوط همگن و یکنواختی تشکیل می دهد که مانع از تراوش آب و تفکیک دانه های ریز و درشت می شود و میزان چسبندگی بتن تازه را با ملات قدیمی زیر آن افزایش می دهد. این محصول پیش از خشک شدن قابلیت انحلال در آب را دارد و پس از خشک شدن به هیچ عنوان در آب حل نخواهد شد.

✓ کاربرد چسب بتن آب بندی

عمده مصرف چسب بتن در استخر، سر ستون، فونداسیون، ضد آب کردن چسب های کاشی خمیری و پودری و چسب های سنگ آنتیک جهت استفاده در سرویس های بهداشتی، ملات های سیمانی، نمای ساختمان، آب نما، نماهای بارانگیر، چاله آسانسور، انواع سقف (سیمانی، سنگی، آجری، سفالی، ایرانی سیمانی و...)، محوطه سازی، ساخت و آب بندی انواع بلوک، جداول، موزاییک و تمامی سازه هایی که در مجاورت مستقیم با آب، رطوبت، عوامل جوی و UV خورشیدی هستند استفاده می شوند و بهترین جایگزین برای مواد نفتی، قیر و گونی، ایزوگام و پوشش های قدیمی است.

✓ چسب کاشت میلگرد

چسب کاشت آرماتور و کاشت بولت به صورت دو جزیی می باشد که جزء A بر پایه اپوکسی اکریلات و جزء B به عنوان هاردنر بتن بر پایه پلی آمین است. از چسب کاشت آرماتور و بولت و لایه رابط و پراستحکام برای پیوند دادن بافت قدیمی بتن با بافت جدید بتن استفاده می شود باید در نظر داشت این نوع چسب ها در دو نوع در بازار ایران کاربرد دارند ۱ تولیدات شرکت ها به مانند کلینیک بتن ایران که این محصول را به صورت ۲ جزیی و سه جزیی تولید می کند ۲ محصولات کارتریجی که عموماً به صورت وارداتی وارد بازار ایران می آیند که البته کلینیک بتن ایران نیز جهت تولید این نوع چسب ها نیز اقدامات لازم را انجام داده و در

حال حاضر در مرحله آزمایش این محصول هستند که در کل باید گفت به صورت تزریقی به وسیله گان کاشت آرماتور استفاده می گردد.

✓ کاربرد چسب کاشت میلگرد

- کاشت آرماتور و بولت بر روی سطوح عمودی و افقی بتن
- پر کردن شکاف‌های موجود در دیوار، سقف و کف
- نصب صفحات فلزی بر روی سطوح عمودی (دیوار و سقف)

✓ مزایای چسب کاشت میلگرد

- چسبندگی عالی به انواع سطوحی بتنی، فلزی، سنگ و ...
- اجرای سریع و آسان
- بدون نیاز به حلال
- بدون شیره
- عدم تاثیرپذیری از عوامل جوی و محیطی
- قابل اجرا در محیط های مرطوب
- مهار میلگرد یا بولت در بتن سخت و در اصطلاح کاشت میلگرد یا بولت از جمله موارد کاربرد در صنعت ساخت ساز است و گستره وسیعی از **اتصالات سازه ای** و غیرسازه ای و همچنین تقویت و مقاوم سازی سازه های بتنی را در بر می گیرد.
- در کاشت میلگرد با چسب هیلتی، مته مورد استفاده از نوع مته **کرگیری بتن** است و بتن و آرماتور موجود در بتن را برش می زند. کاشت میلگرد در بتن توسط چسب مخصوص (کاشت شیمیایی) انجام می شود.
- از چسب کاشت میلگرد و بولت هیلتی می توان برای کاشت میلگرد در سطوح عمودی و افقی استفاده نمود. چسب هیلتی را می توان با استفاده از گان های مخصوص اعمال و اجرا نمود. چسب های کاشت میلگرد هیلتی در بسیاری از پروژه های معتبر کاشت میلگرد استفاده شده است.
- چسب های کاشت آرماتور و بولت هیلتی با وجود هزینه بالا امروزه در میان متخصصین و کارشناسان طرفداران زیادی دارد که به علت اطمینان از کیفیت محصول مورد نظر است.
- از چسب کاشت آرماتور و بولت هیلتی می توان برای کاشت آرماتور در سطوح عمودی و افقی و کاشت بولت استفاده نمود.
- چسب کاشت آرماتور و بولت هیلتی را می توان با استفاده از گان های مخصوص اعمال و اجرا نمود.
- چسب های کاشت آرماتور و بولت هیلتی در بسیاری از پروژه های معتبر کاشت آرماتور یا بولت استفاده شده است.
- برخی از موارد مصرف چسب کاشت آرماتور یا بولت هیلتی استفاده برای برای نصب ماشین آلات، گاردریل ها، بیس پلیت ها، بولت ها و ... است.

✓ ویژگی های خمیر اپوکسی کاشت بولت و میلگرد

قدرت چسبندگی بسیار زیاد به بتن و آرماتور، استحکام بسیار عالی در مقابل مواد اسیدی و قلیایی، امکان کاشت آرماتور در بتن های سبک، محافظت از آرماتور و انکربولت در مقابل خوردگی و زنگ زدگی، بدون شیره و فاقد انقباض، بدون نیاز به حلال، سهولت و سرعت اجرا.

✓ دامنه کاربرد خمیر اپوکسی

۱. اتصال انواع ملات ها یا پلاسترهای ساختمانی به سطوح زیر کار
۲. ترمیم و تعمیر کلیه سطوح زیر کار

۳. اتصال بتن یا ملات جدید به بتن قدیم
۴. آب بندی و نفوذ ناپذیر نمودن سطوح ساختمانی
۵. اتصال کفپوش‌های بر پایه سیمان بر روی سطوح زیر کار

✓ خواص و اثرات خمیر اپوکسی

- افزایش فوق العاده چسبندگی ملات یا بتن (تا ۴ برابر ملات معمولی)
- افزایش نفوذ ناپذیری بتن در برابر عوامل محیطی
- کاهش اثرات جمع شدگی و انقباض
- افزایش خاصیت الاستیسیته
- افزایش دوام در مقابل عوامل گوناگون فیزیکی و شیمیایی
- افزایش مقاومت سایشی، کششی و خمشی (تا ۲ برابر ملات معمولی)
- استفاده از چسب بتن برای لکه گیری و مرمت سطوح سیمانی

ماستیک چیست؟

ماستیک محصولی است که از آن برای آب بندی استفاده می شود. یکی از ویژگی های مهم و مثبت ماستیک ها این است که پس از **کیورینگ** نیز حالت انعطاف پذیر خود را حفظ می کند. همچنین ماستیک بر روی سطوحی از جنس دیگر نیز قابل استفاده است. بر روی سطوحی از چوب، آلومینیوم، شیشه و سنگ مرمر نیز می توان از ماستیک استفاده کرد. برخی پیمان کاران از ماستیک به عنوان نوعی اتصال دهنده استفاده می کنند. به طور مثال از آن برای اتصال پنجره ها به سازه ی اصلی ساختمان استفاده می شود. ترک های موجود در حمام و دستشویی را می توان به وسیله ی ماستیک پر کرد تا از درز آب و رطوبت جلوگیری شود. در کفپوش ها و کف بام نیز از محصولات مختلف و متنوع **ماستیک ها** می توان برای درزگیری و آب بندی بتن استفاده نمود. از انواع ماستیک ها می توان به ماستیک پایه قیری، **ماستیک درزبندی بتن**، ماستیک گرم، ماستیک پلی یورتان اشاره کرد. ماستیک ها معمولاً چیزی در حدود ۵ سال عمر دارند و پس از آن باید جایگزین شوند تا کیفیت مطلوب و مورد نظر از بین نرود. ضروری است که پیش از قرار دادن ماستیک در سطح مورد نظر، آن سطح کاملاً خشک و تمیز باشد. ماستیک و درزگیر بتن جهت جلوگیری از ترک خوردگی استفاده می شود. برای خرید انواع ماستیک و درزگیر بتن، ماستیک پلی یورتان، پایه قیری با قیمت مناسب به وب سایت کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

پوشش ماستیک انواع، مزایا و معایب ماستیک

درزبندهای متفاوتی در بازار موجود است که از میان آن ها می توان به **درز گیرهای سیلیکونی**، پلی سولفیدی، اکریلیک، ضد آب، ضد حریق و اپوکسی به عنوان پرکاربرد ترین درزبندها اشاره کرد. در میان درزبندها برخی به شکل مایع، برخی به شکل خمیری و همچنین به شکل چسب غلیظ وجود دارند. زمان خشک شدن چسب ماستیک به رطوبت، عمق درز بستگی دارد. ماستیک نوعی درزبند است که به هر ماده ای می چسبد و پس از خشک شدن حالت لاستیکی دارد، به همین دلیل در زمان چسباندن سطوح مورد نظر انعطاف خود را حفظ می کند. ماستیک پلی یورتان به شیشه، آلومینیوم، بتن، مرمر، استیل، تخته کانال و چوب به خوبی می چسبد. ماستیک **مقاومت گرمایی بالایی** دارد و از **کاربرد چسب ماستیک** در صنعت در تعمیر کانال گرمایشی و تهویه هوا می توان اشاره کرد. **روش استفاده از چسب ماستیک** با توجه به کاربرد آن ها متفاوت می باشد.

✓ مزایای ماستیک

ماستیک ها مزایای فراوانی دارند که همین موضوع باعث می شود تا یکی از **محصولات پرطرفدار** در بحث ماستیک آب بندی باشند. کیفیت بالای آن و همچنین حفظ سطحی صاف و نرم باعث شده تا ماستیک به یکی از پرطرفدار ترین مواد آب بندی بتن در **سطوح خارجی** تبدیل شود. با وجود داشتن سطحی نرم و صاف، ماستیک ها در داخل مدل جامد و محکم خود را حفظ

می‌کنند و آب بندی به نحو احسن انجام می‌شود. در سطوحی که در آن‌ها از ماستیک استفاده شده است، دیگر نیازی به بتونه کاری نیست. هم چنین از ماستیک‌ها به خاطر خاصیت آب بندی شان می‌توان در **فضاهای خارجی** مانند پشت بام یا حیاط نیز استفاده کرد؛ به طور آب بندی پشت بام و حیاط برای جلوگیری از نفوذ آب به داخل آن‌ها. همچنین ماستیک‌ها تقریباً تنها مواد مناسب موجود برای استفاده در قسمت‌هایی از ساختمان هستند که دماهای بالا یا پایین دارند. به طور مثال کانال‌های کولر یا کانال‌های هیترا. همچنین در ماستیک‌ها موادی موجود است که جلوی ضرر و خسارت **اشعه ماورا بنفش** نور خورشید را می‌گیرد. بنابراین استفاده از ماستیک‌ها بر روی پشت بام که در معرض نور مستقیم خورشید قرار دارند بسیار مناسب می‌باشند. همچنین استفاده از مواد دیگر آب بندی بر روی فلزات باعث ایجاد خوردگی می‌شود. ماستیک‌ها تنها نوعی هستند که در فلزات این مشکل را ایجاد نمی‌کنند. به علاوه ی این‌ها، به خاطر خاصیت **انعطاف پذیری ماستیک‌ها**، استفاده از آن‌ها در مفاصل و قسمت‌هایی که ممکن است لرزش و حرکت داشته باشند بسیار مناسب است.

✓ معایب ماستیک

هر چند ماستیک‌ها به عنوان **موادی انعطاف پذیر** شناخته می‌شوند، با این حال توصیه نمی‌شود که از آن‌ها بر روی مفاصلی استفاده شود که دارای حرکات زیاد و با طول بیش از حد می‌باشند. ماستیک‌ها تنها در زمانی به خوبی وظیفه ی خود را انجام می‌دهند که فشار ثابتی بر رویشان باشد. اما حرکات نباید ثابت باشند. همچنین برای این که ماستیک به خوبی کار کند، باید به صورت لایه ای کاملاً ضخیم در محل مورد نظر قرار بگیرد و اگر لایه نازک باشد، نتیجه ی خوبی حاصل نخواهد شد. جهت اطلاع از نحوه خرید و قیمت ماستیک می‌توانید با مشاوران فنی و تخصصی **کلینیک بتن ایران** تولید کننده **افزودنی‌های بتن** در ارتباط باشید. ماستیک دارای انواع مختلفی است: ماستیک پلی یورتان، ماستیک پایه قیری، ماستیک اپوکسی و

ماستیک پلی یورتان

ماستیک محصولی شیمیایی است که از آن برای آب بندی سطوح بتنی استفاده می‌شود. ماستیک پلی یورتان نوعی از ماستیک هاست که بر پایه ماده ی شیمیایی پلی یورتان تولید می‌شود. ماستیک پلی یورتان مزایای فراوانی دارد و یکی از آن‌ها **انعطاف پذیری** بالای آن‌ها می‌باشد. همچنین یکی از ویژگی‌های مهم و خوب در ماستیک پلی یورتان این است که حتی پس از **کیورینگ** نیز این حالت انعطاف پذیر در ماستیک حفظ می‌شود. استفاده از ماستیک پلی یورتان مختص به **سطوح بتنی** نیست و از آن می‌توان بر روی سطوحی نظیر چوب، آلومینیوم، شیشه و سنگ مرمر نیز استفاده کرد. در برخی مواقع نیز از ماستیک به عنوان نوعی اتصال دهنده یا چسب استفاده می‌شود. مثلاً از آن برای اتصال پنجره‌ها به سازه‌ی اصلی ساختمان استفاده می‌شود. از استفاده‌های دیگر از ماستیک پلی یورتان می‌توان به **پر کردن ترک‌های** موجود در حمام و دستشویی اشاره کرد که به این وسیله می‌توان از **نفوذ آب و رطوبت** جلوگیری کرد. در کفپوش‌ها، کف بام‌ها و پوشش دیوارها نیز ماستیک پلی یورتان یا از انواع دیگر ماستیک برای درزگیری و آب بندی استفاده می‌شود. ماستیک‌ها معمولاً عمر نسبتاً کوتاهی دارند و پس از مدت معینی (مثلاً ۵ سال) باید جایگزین شوند تا کارایی مطلوب آن‌ها حفظ شود. پیش از قرار دادن ماستیک پلی یورتان در سطح مورد نظر، باید اطمینان حاصل کنیم که آن سطح کاملاً خشک و عاری از هر گونه رطوبتی است، هم چنین سطح مورد نظر باید کاملاً تمیز باشد. این ماستیک نوعی درزگیر بر پایه پلی یورتان، **تک جزئی MOISTURE cure**، کاملاً **تیکسوتروپ** است که تحت تاثیر واکنش با **رطوبت خشک شده** و به **محصول الاستیک** و نرمی تبدیل می‌شود. زمان سخت شدن (**گیرش**) به رطوبت، دما و عمق درز وابسته است. بسته به نوع سطح استفاده از پرایمر مناسب توصیه می‌شود.

✓ خصوصیات و ویژگی‌های ماستیک پلی یورتان

مزایای بسیار زیاد ماستیک پلی یورتان باعث شده است تا این محصول یکی از محصولات پر طرفدار در بین ماستیک‌های مختلف باشد و همچنین به صورت کلی یکی از مواد پرطرفدار در زمینه ی آب بندی می‌باشد. کیفیت بالای این ماده و داشتن **سطحی نرم و صاف** باعث شده تا ماستیک پلی یورتان یکی از **پرطرفدارترین مواد آب بندی بتن** در **سطوح خارجی بتنی** و **غیر بتنی**

باشد. البته این سطح نرم و صاف باعث نمی شود که شکل جامد آن ها در داخل حفظ نشود، بلکه این حالت جامد در داخل ماده وجود خواهد داشت و به این شکل است که آب بندی به نحو احسن صورت می پذیرد. در سطوحی که از آن ها از ماستیک پلی یورتان استفاده شده است، دیگر نیازی به بتونه کاری و صافکاری از این دست نخواهد بود. از ماستیک های پلی یورتان به خاطر خاصیت آب بندی بالایشان می توان در فضاهای خارجی نظیر پشت بام یا حیاط نیز استفاده کرد. در واقع می توان با خیالی آسوده از این ماده در فضاهای باز استفاده کرد، چرا که طبیعتاً خاصیت آب بندی آن ها باعث می شود تا در برابر باد و باران و برف نیز مقاوم باشند. در قسمت های خاصی از ساختمان که دماهای بسیار پایین یا دماهای بسیار بالایی دارند، تنها ماده ای که می توان از آن برای آب بندی استفاده کرد ماستیک پلی یورتان می باشد. به طور مثال **کانال های کولر** یا **کانال های هیتر** فضاهای هستند که به طور معمول به ترتیب دماهای کم و پایینی دارند. در این فضاها صرفاً می توان از ماستیک پلی یورتان استفاده کرد. در حالی که استفاده از انواع دیگر مواد برای آب بندی باعث ایجاد خوردگی بر روی فلزات می شود اما ماستیک پلی یورتان چنین ویژگی ای ندارد و به هیچ وجه چنین مشکلی را برای فلزات ایجاد نمی کند. پیش از این نیز اشاره کردیم که ماستیک پلی یورتان دارای انعطاف پذیری خاصی است و همین موضوع باعث می شود تا استفاده از آن ها در مفاصل و جاهایی که ممکن است حرکت یا لرزش داشته باشند بسیار مناسب باشد. البته با این حال توصیه ی اکید و عمومی این است که در مفاصلی که دارای حرکات طولی و یا عرضی بسیار زیاد هستند، از این ماده استفاده نشود. ماستیک پلی یورتان هنگامی که تحت فشار ثابتی بر رویشان باشد **بهترین عملکرد خودشان** را به نمایش می گذارند. همچنین این نکته باید مورد توجه قرار بگیرد که برای این که ماستیک بهترین عملکرد خودش را به نمایش بگذارد، باید به صورت لایه ای ضخیم بر روی سطح مورد نظر قرار بگیرد و اگر لایه نازک باشد، ماستیک عملکرد مناسبی نخواهد داشت.

۱. سریع خشک

۲. مقاومت بالا در برابر اشعه UV

۳. دوام عالی

۴. چسبندگی عالی به بتن، شیشه، سرامیک، سطوح رنگ آمیزی شده و ...

۵. مقاومت بالا در برابر تنش های برشی

✓ **دلایل استفاده از ماستیک پلی یورتان**

- پر نمودن درزهای انبساط

- سیل نمودن ترک های تصادفی و ترمیم درزهای کنترل

- ترمیم بتن تخریب شده

- پر نمودن درز اطراف شیشه و در و... در وسایل نقلیه

✓ **نحوه استفاده از ماستیک پلی یورتان در اجرای درزگیری های بتن**

این ماستیک نوعی درزگیر بر پایه پلی یورتان، تک جزئی **MOISTURE cure**، کاملاً تیکسوتروپ است که تحت تاثیر واکنش با رطوبت خشک شده و به محصول الاستیک و نرمی تبدیل می شود. **زمان سخت شدن** (گیرش) به رطوبت، دما و عمق درز وابسته است. بسته به نوع سطح استفاده از پرایمر مناسب توصیه می شود.



TEL: +9821 44604438-44464877

ماستیک پلی یورتان

✓ آماده سازی سطح برای ماستیک پلی یورتان

در جهت آماده سازی سطح برای ماستیک پلی یورتان **ماستیک درزبند بتن MTOFLEX 360** به سطوح تمیز و آماده سازی شده چسبندگی خوبی دارد. بنابراین کلیه آلودگی ها، ذرات سست، گرد و غبار، گریس، روغن، رطوبت، درزگیرهای قبلی باید به طور کامل از سطح زدوده شود.

۱. بتن تازه – درزهای کنترل برای ماستیک پلی یورتان:

بتن تازه ریخته شده حداقل به مدت ۳۰ روز قبل از اجرای درزگیر **MTOFLEX 360** باید سخت گردد. برای آماده سازی درز با استفاده از تیغه الماس (با عرض مناسب) تماس مواد سست درون درز را خارج کرده و سطح داخل درز را تحت سایش قرار دهید. عملیات سایش را تا عمق ۲۵ میلیمتر انجام دهید. درز باید به آرامی عریض و عمیق گردد تا در بتن مادر عارضه ای ایجاد نشود. دیواره درزها باید عاری از رطوبت، مواد سست و غبار باشد. سطح داخل درز را با ایربلاست یا خلا تمیز کنید تا سطح عاری از مواد خارجی گردد. در شرایطی که بار ترافیکی سبک یا ملایم بر روی سطح وجود دارد **Backing Rod** باید قبل اجرای درزگیر در عمق درز بتن قرار گیرد. در شرایط بار ترافیکی سنگین **درزگیرهای بتن** در عمق زیاد اعمال گردد.

۲. بتن قدیمی – درزهای کنترل برای ماستیک پلی یورتان:

مواد کهنه باید به طور کامل از سطح زدوده گردد. به وسیله الماس یا سایر ابزار مناسب درز را تا زاویه ۹۰ درجه و عمق ۲۵ میلی متری بسابید. لبه های تیز باید به صورت عمودی ساییده شود. دیواره درز باید عاری از رطوبت، مواد خارجی و رطوبت باشد. سطح به وسیله ایربلاست یا خلا کاملاً تمیز شود.

۳. شکاف تصادفی برای ماستیک پلی یورتان :

به وسیله تیغه الماس یا وسیله مناسب دیگر درز را تا زاویه ۹۰ درجه و عمق ۲۵ میلی متر بسابید. لبه های تیز باید به صورت عمودی ساییده شود. دیواره درز باید عاری از رطوبت، مواد خارجی و رطوبت باشد. سطح به وسیله ایربلاست یا خلا کاملاً تمیز شود.

✓ اعمال پوشش ماستیک پلی یورتان

اعمال پوشش ماستیک پلی یورتان به شرح زیر می باشد:

۱. اعمال در سطوح داخل ساختمان برای پوشش ماستیک پلی یورتان:

سر کارتریج را در داخل درز قرار دهید. درز را در یک جهت و به صورت پیوسته پر کنید. طوری که میزان ۲ میلی متر از لبه درز به سمت خارج پر شود. خشک شدن سطحی به مدت ۳۰ دقیقه صورت می پذیرد. پس از این مدت زمان مقدار اضافی به وسیله اسکراچر مخصوص بریده و جدا کنید.

۲. اعمال در سطوح خارجی ساختمان برای پوشش ماستیک پلی یورتان:

سر پمپ کارتریج را در داخل درز قرار دهید. درز را در یک جهت و به صورت پیوسته پر کنید. در اعمال خارجی لبه درز به میزان ۲ میلی متر از لبه درز خالی باشد.

۳. موارد ایمنی برای پوشش ماستیک پلی یورتان:

این محصول حاوی عواملی است که در تماس با پوست و استنشاق بخارات ممکن است باعث آلرژی شود. پرسنل کاربر باید لباس و ماسک مخصوص و دستکش ضد مواد شیمیایی پوشیده و از کرم محافظتی روی پوست صورت و دست و سایر سطوح بدون پوشش استفاده گردد.

۴. توصیه های لازم برای استفاده از پوشش ماستیک پلی یورتان:

پیش از اعمال از بازکردن ظرف و تماس آن با رطوبت خودداری نماید و اطمینان از پر بودن کامل ظرف پس از مصرف الزامیست.

۵. نگهداری از پوشش ماستیک پلی یورتان:

نگهداری محصول تا ۱۸ ماه در ظروف دربسته، به دور از گرمای شدید، یخ زدگی و رطوبت امکان پذیر است. دمای مطلوب انبار دارای ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد.

ماستیک پایه قیری

ماستیک قیری بسته به نوع و کیفیت، عملکرد های متفاوتی دارند و در دو حالت پایه قیری سرد و گرم اجرا می شود.

ماستیک پایه قیری سرد: نوعی درزگیر الاستیک بر پایه بیتومن رابر است. این ماستیک به فرم طبیعی خشک می شود و مقاومت بالایی در برابر حرارت و شرایط جوی دارد.

ماستیک پایه قیری گرم: نوعی درزگیر الاستیک بر پایه بیتومن رابر است و برای درزهای اجرایی و انبساط مصرف می شود.

ماستیک پایه قیری | ماستیک درزگیر پایه قیری

ماستیک یکی از مواد و محصولات است که از آن برای آب بندی استفاده می شود. این آب بندی می تواند شامل سطوح مختلفی شود، اما معمولاً سطوح بتنی منظور است. ماستیک ها انواع مختلفی دارند و از نظر مواد تشکیل دهنده به موارد مختلفی تقسیم می شوند از جمله ماستیک قیری یا ماستیک بر پایه قیر، ماستیک های اپوکسی، ماستیک سیلیکون، ماستیک اکریلیکی، ماستیک پلی سولفید و ماستیک پلی یورتان. هر کدام از این ماستیک ها ویژگی های منحصر به خود را دارا هستند و بسته به این ویژگی هاست که کاربردهای مختلفی برایشان تعریف می شود. مثلاً برخی ماستیک ها برای آب بندی کانال های آب و فاضلاب می باشند. انواع دیگر ممکن است برای آب بندی مخازن آب و فاضلاب باشند و یا کف سازی و اجزای مختلف کانال های آبی توسط آن ها آب بندی شود. نوع دیگری از ماستیک ها نیز برای آب بندی دور پنجره ها و مصارف سبک به کار برده می شوند. ماستیک ها بسته به نوع اجرا به دو نوع ماستیک های سرد و ماستیک های گرم تقسیم می شوند. این موضوع مربوط به درجه حرارت ماستیک در هنگام اجرا می باشد. ماستیک بر پایه قیر یا ماستیک قیری یا ماستیک درزبندی بر پایه قیری نیز دارای دو نوع سرد و گرم می باشد که هر کدام در جاهای مخصوص به خود مورد استفاده قرار می گیرد. جهت اطلاع از نحوه خرید و قیمت انواع ماستیک پایه قیری، ماستیک پلی یورتان می توانید با کارشناسان فنی شرکت کلینیک بتن ایران در ارتباط باشید.



WWW.CLINICBETON.IR

کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

ماستیک پایه قیری یا بیوتمن

✓ انواع ماستیک بر پایه قیر

همان طور که پیش از این نیز اشاره شد، ماستیک بر پایه قیر به دو نوع تقسیم می شود:

۱. ماستیک بر پایه قیر گرم

۲. ماستیک بر پایه قیر سرد



ماستیک پایه قیری گرم و سرد

✓ ماستیک بر پایه قیر سرد

این نوع ماستیک یک درزگیر الاستیک است که بر پایه لاستیک بیتومن تولید می شود و به صورت طبیعی خشک می شود. این نوع ماستیک بعد از اجرا مقاومت بسیار بالایی در برابر حرارت و شرایط مختلف جوی دارد. از این نوع ماستیک بر پایه قیر می تواند در تمامی درزهای عمودی و افقی استفاده کرد. درزبندی کانال های آبرسانی دیگر مورد کاربرد این نوع ماستیک است. از ماستیک قیر سرد برای درزبندهای بتن پیاده روهای بتنی، پل ها، سقف ها و آسفالت ها استفاده می شود. برای پر کردن درز انقطاع میان ساختمان های مختلف در پشت بام ها نیز از این نوع ماستیک بر پایه قیر استفاده می شود.

ویژگی های ماستیک بر پایه قیر سرد

مهم ترین ویژگی ماستیک بر پایه قیر سرد مقاومت بالای آن در برابر حرارت و همچنین تغییرات مختلف جوی است. بعد از مصرف هیچ گونه شوره ای نخواهد داشت و چسبندگی آن به سطوح بتنی، سیمانی و فلزی عالی است. می تواند دمای بین منفی پنج درجه سانتی گراد تا مثبت هفتاد درجه سانتی گراد را تحمل کند. همچنین اگر در تماس با آب دریا باشد، هیچ گونه مشکلی برایش پیش نمی آید.

✓ ماستیک بر پایه قیر گرم

ماستیک بر پایه قیر گرم نیز یک نوع درزگیر الاستیک است که بر پایه لاستیک بیتومن تولید می شود. شکل مصرف آن نیز به این صورت است که تا حدی که کاملاً روان و جاری شود، گرم شده و سپس برای پوشش درزهای اجرایی مورد مصرف قرار می گیرد. حداکثر دمای مجاز استفاده از ماستیک بر پایه قیر گرم، ۱۹۰ درجه سانتی گراد است. تفاوت این ماستیک با ماستیک نوع سرد در مقاومت آن هاست. ماستیک بر پایه قیر گرم چون در حرارت و دمای بالا اجرا می شود، پس از اجرا نیز مقاومت بیشتری نسبت به نوع سرد آن داراست.



درزگیر بتن

ویژگی های ماستیک بر پایه قیر گرم

این نوع ماستیک نیز مقاومت بسیار خوبی در برابر شرایط جوی دارد و اگر در معرض آب دریا یا فاضلاب قرار بگیرد، هیچ گونه آسیبی در آن ایجاد نمی شود. **انعطاف پذیری** بسیار بالایی دارد و به سطوح مختلف بتنی، چوبی و آهنی به خوبی می چسبد. پیش از مصرف این محصول باید توجه داشت که تمامی سطوحی که می خواهیم ماستیک را بر روی آن ها اجرا کنیم، بایستی تمیز، خشک و عاری از هر گونه ذرات معلق باشند. ماستیک پیش از استفاده در بشکه های بزرگی ریخته می شوند و در دمایی بین ۱۴۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی گراد حرارت می بینند تا به حالت روان و با کارایی بالا در بیایند. توجه کنید که دمای ۱۹۰ درجه حد بالا می باشد و حرارت نباید از این عدد بالاتر برود.

کفپوش اپوکسی چیست؟

یکی از جدید ترین و مدرن ترین کفپوش ها، کفپوش اپوکسی می باشد. این کفپوش یک نوع **کفپوش مدرن** بدون درز می باشد که در طرح ها و رنگ های بسیار زیبا و متنوع قابل اجرا می باشد. این کفپوش به صورت یک مایع یکپارچه با ضخامت ۰.۵ تا ۵ میلی متر روی بتن کف، سنگ، فلز، موزائیک و سیمانی قابل پیاده سازی است. این کفپوش از کیفیت و مقاومت بالایی برخوردار است و برای هر محیطی مناسب می باشد. اگر به دنبال زیبایی و جذابیت فوق العاده در محیط هستید، می توانید از **کفپوش اپوکسی صنعتی** استفاده کنید. کفپوش اپوکسی و **کفپوش پلی یورتان** یکی از کاربردی ترین کفپوش ها در صنعت هستند. این کفپوش ها دارای ویژگی، مزایا، انواع و نحوه ی نصب و اجرای متفاوتی هستند. **کلینیک بتن ایران** ارائه دهنده بهترین کفپوش های اپوکسی و پلی یورتان، در خدمت شما همراهان گرامی می باشد. کفپوش اپوکسی و کفپوش پلی یورتان از انواع کفپوش ها در کف سازی صنعتی می باشد. جهت خرید انواع کفپوش اپوکسی و کفپوش پلی یورتان با قیمت مناسب به سایت کلینیک بتن ایران مراجعه کنید.

کاربرد های کفپوش اپوکسی

همان طور که گفتیم کفپوش اپوکسی، کاربری گسترده ای دارد و در خیلی از جاها می توان از آن استفاده کرد. **مهم ترین کاربرد های اپوکسی کف** به شرح زیر می باشد:

- برای کف فضا و مکان های صنعتی مثل کارخانجات و کارگاه ها
- برای کف انبار ها
- استفاده در فضاهای تجاری مثل فروشگاه ها و مراکز خرید
- کف خانه ها
- کف حمام و سرویس های بهداشتی
- کف استخر ها
- راهرو های اضطراری در برج های اداری و تجاری

- کف بیمارستان ها و درمانگاه ها
- سالن های زیبایی و آرایشی
- سالن و مراکز ورزشی
- کف فرودگاه ها

انواع کفپوش اپوکسی

کفپوش اپوکسی به علت کاربری گسترده ای که دارد در فضاهای مختلفی قابل اجرا و پیاده سازی می باشد. البته شما با توجه به انواع کفپوش اپوکسی می توانید آن را برای محیطی که می خواهید، انتخاب نمایید. **انواع کفپوش اپوکسی** به شرح زیر می باشد:

- کفپوش اپوکسی آنتی استاتیک
- کفپوش اپوکسی دکوراتیو
- کفپوش اپوکسی ضد اسید
- کفپوش اپوکسی گرانیات
- کفپوش اپوکسی آنتی داست
- کفپوش اپوکسی آنتی باکتریال

مزایای کفپوش اپوکسی

کفپوش اپوکسی دارای مزایای زیادی است. این مزایای به شرح زیر می باشد:

- قابل شستشو
- در دو نوع دو بعدی و سه بعدی قابل اجرا می باشد
- دارای سطح براق و صاف
- مقاومت بالا در برابر ضربه، فشار، خراشیدگی و ساییدگی
- تحمل بار ترافیکی بالا
- چسبندگی بالا
- مقاوم در برابر اسید ها و باز ها
- ایجاد یکپارچگی در فضا
- مقاوم در برابر آتش
- مقاوم در برابر نفوذ آب و رطوبت
- ایجاد یک سطح بدون درز
- مقاوم در برابر مواد شیمیایی
- نیاز به مراقبت ندارد
- غیر سمی
- عایق الکتریکی
- خاصیت ضد باکتریایی
- مقاوم در برابر فرسایش و تخریب
- قابل ترمیم

معایب کفپوش اپوکسی

با اینکه کفپوش اپوکسی مزایای زیادی دارد ولی معایب هم دارد که این معایب به شرح زیر می باشد:

- انعطاف پذیری پایین

- عدم چسبندگی به سطوح مرطوب و آلوده به مواد روغنی
- زمان اجرای طولانی
- لغزنده بودن کفپوش
- در برابر نور خورشید مقاوم نیست
- خش پذیر، سخت و شکننده می باشد
- چسبندگی و پیوستگی کفپوش اپوکسی به کف

نحوه اجرای کفپوش اپوکسی

کفپوش اپوکسی به دو روش **کفپوش اپوکسی دو بعدی** و **کفپوش اپوکسی سه بعدی** قابل اجرا می باشد. مراحل اجرای کف پوش اپوکسی به شرح زیر می باشد:

مرحله ی اول: اولین مرحله برای اجرای کفپوش اپوکسی، آماده سازی کف می باشد که مهم ترین مرحله نیز می باشد. سطح کف باید از هر نوع آلودگی، گرد و غبار، نمک و رسوبات پاکسازی شود. همچنین کف باید دارای یک زبری مناسبی باشد و اگر سطح خیلی صاف و صیقلی مثل بتن باشد، قابل اجرا نیست. اگر سطح خیلی صاف و صیقلی باشد، با استفاده از دستگاه ساب بتن، آن زبری را روی آن ایجاد می کند. سطح نباید لغزنده یا سست باشد.

مرحله ی دوم: در صورت وجود چربی مثل روغن، گریس، پلاستر و سایر مواد اسیدی و قلیایی و... باید جرم زدایی و چربی زدایی شود.

مرحله ی سوم: با کمک گروت اپوکسی که یک ماده ترکیبی جهت تعمیر و پوشش سطح آسیب دیده است، لکه گیری می کنیم. در این زمان یک سطح پلیمری صاف که چسبندگی مورد نیاز با اپوکسی را دارد، فراهم می شود.

مرحله ی چهارم: درصد رطوبت کف باید بررسی شود و نباید از ۴,۵ درصد بیشتر باشد. همچنین شما باید علاوه بر رطوبت دما را هم کنترل و بررسی کنید. دمای مطلوب برای اجرای اپوکسی، ۲۵ درجه سانتی گراد می باشد. اگر دما مناسب نباشد در اپوکسی حباب ایجاد می شود و کنده خواهد شد.

مرحله پنجم: کفپوش اپوکسی دارای لایه های پرایمر می باشد که این لایه ها با توجه به محصول انتخابی شما متفاوت می باشد. یک لایه پرایمر لایه ای که زیر لایه ی اصلی قرار دارد و لایه ی نهایی که در انتها، روی کار را می پوشاند. لایه ی پرایمر یک اطمینان برای کفپوش شما ایجاد می کند. پرایمر مثل رنگ های ساختمانی می باشد و چند ساعت قبل از اجرا روی کف ایجاد می شود. برای اجرای آن ابتدا یک لایه نازک آب روی سطح قرار می گیرد سپس رولر رنگ پرایمر روی کل سطح ریخته می شود. پس از خشک شدن لایه ی رزین اپوکسی ایجاد می شود.

مرحله شش: اپوکسی یک ماده مایع می باشد که از **رزین و هاردنر** تشکیل شده است. این دو قبل از اجرا با یکدیگر ترکیب می شوند. بعد از ترکیب شما تنها نیم ساعت فرصت دارید که کار کف را به پایان برسانید در غیر این صورت اپوکسی سخت می شود و دیگر قابل استفاده نیست.

مرحله ی هفتم: لایه ی نهایی نیز مثل پرایمر است ولی دیگر نیازی به خیس کردن سطح ندارید. بعضی از افراد برای اینکه سطح مقاوم تری ایجاد کنند قبل از اجرای پرایمر میانی، با استفاده از **الیاف پلیمری فایبرگلاس** روی درز ها اجرا می کنند. این مرحله اختیاری می باشد.

کفپوش اپوکسی اگر به صورت سه بعدی اجرا شود، ابتدا باید تصویر مورد نظر انتخاب شود و پس از انجام ویرایش های مربوطه، توسط دستگاه چاپ می شود. تصویر برش داده شده و سپس آن را روی کف می چسبانند. در آخر با یک لایه ی نازک رزین اپوکسی شفاف سطح را می پوشانند.

عوامل تاثیر گذار در قیمت اجرا و نصب کفپوش اپوکسی

قیمت کفپوش اپوکسی با توجه به نوع آن، مترائ و اندازه ی راه اندازی آن متفاوت می باشد. شما برای کسب اطلاعات بیشتر می توانید به مشاوران ما تماس حاصل نمایید. مهم ترین عوامل تاثیر گذار در اجرا و نصب کفپوش اپوکسی به شرح زیر می باشد:

- موقعیت اجرای پروژه
- حجم و مترائ پروژه
- نوع سطح زیرین و موارد مصرفی
- ضخامت اجرای پروژه
- مقدار مصرف کفپوش
- کیفیت کفپوش اپوکسی
- نیروی انسانی و عوامل اجرایی
- ماشین آلات مورد استفاده

کفپوش پلی یورتان چیست؟

پلی یورتان توسط آلمانی ها در اواسط دهه ی نود کشف شد و پس از مدتی اهمیت ویژه ای در صنعت پیدا کرد. پلی یورتان از واکنش دی ایزوسیانات تولید شد. الیتان ها ترکیب هایی هستند که در ساختار آن ها، پیوند یورتانی وجود دارد. پلی یورتان یک پلیمری است که در ساختار آن پیوند یورتانی وجود دارد. پیوند یورتانی از واکنش بین گروه ایزوسیانات و ترکیبات هیدروژنی فعال می شود. گروه ایزوسیانات به شدت واکنش پذیر می باشند و اصلا نیازی به افزایش دما ندارند. یکی از مهم ترین نکات در مورد این گروه، ساختار پایدار آن ها می باشد.

کفپوش پلی یورتان یک پلیمر مهندسی است که کاربرد فراوانی در صنایع تولید فوم و پوشش های صنعتی دارد این کفپوش دارای ویژگی های منحصر به فرد و کاربرد های گسترده می باشد. این کفپوش دو جزئی است و دارای ویژگی های خاصی می باشد. کفپوش پلی یورتان بدون حلال می باشد. همچنین به دلیل قدرت چسبندگی بالا، خوب به سطوح مختلف بتنی، فلزی و چوبی می چسبد و توانسته جایگاه خوبی میان کفپوش ها داشته باشد.

انواع کفپوش پلی یورتان

یکی از کاربردی ترین کفپوش ها، کفپوش پلی یورتان می باشد که کاربرد های فراوانی ارائه می دهد. این کفپوش انعطاف پذیری بالایی دارد و در مقابل ضربه نیز مقاوم می باشند. کفپوش پلی یورتان در انواع مختلفی ارائه می شود که این انواع به شرح زیر می باشد:

- کفپوش پلی یورتان آنتی استاتیک
- کفپوش پلی اورتان ضد خش

مزایای کفپوش پلی اورتان

کفپوش پلی یورتان دارای مزایای زیادی می باشد. این مزایا به شرح زیر است:

- براق و صاف بودن
- مقاوم در برابر سایش
- اجرای آسان
- چسبندگی عالی به سطح بتنی
- مقاومت بالا در برابر ضربه
- یکپارچگی

- تنوع رنگ و طرح
- خاصیت اکوستیک

نحوه اجرای کفپوش پلی یورتان

مراحل اجرای کفپوش پلی یورتان مثل مراحل اجرای کفپوش اپوکسی می باشد. مراحل اصلی اجرای کفپوش پلی یورتان به شرح زیر می باشد:

آماده سازی سطح: اولین مرحله برای اجرای کفپوش پلی یورتان، آماده سازی کف می باشد. کف باید زبری کافی داشته باشد که با استفاده از دستگاه ساب بتن این کار انجام می شود.

پرایمر اپوکسی: رزین اپوکسی بدون هیچ گونه ماده افزودنی به صورت رقیق یا حلالی روی سطح آماده شده، اجرا می شود.

لایه میانی: ایجاد مقاومت مکانیکی و چسبندگی کافی برای اجرای لایه ها

بتونه کاری: پس از اجرای لایه ی میانی، عملیات بتونه کاری اجرا می شود تا مشکلات ظاهری کفپوش و ترک خوردگی منافذ رفع شود.

اجرای لایه ی نهایی یا تاپ کوت: پس از اجرای پرایمر و لایه ی میانی و سیلیس پاشی لایه میانی، لایه ی نهایی یا تاپ کوت اجرا می شود که سطح را در مقابل سایش مقاوم می کند.

یک نکته مهم برای اجرای کفپوش پلی یورتان این است که لایه ی میانی حتما باید سیلیس پاشی شود تا علاوه بر چسبندگی شیمیایی، چسبندگی مکانیکی را نیز فراهم کند.

تفاوت های کفپوش پلی یورتان با کفپوش اپوکسی

دوتا از بهترین و کاربردی ترین کفپوش های صنعتی، کفپوش اپوکسی و پلی یورتان می باشد. این دو تفاوت هایی با یکدیگر دارند که این تفاوت ها به شرح زیر می باشد:

کفپوش اپوکسی مقاوم و با دوام تر از کفپوش پلی یورتان است به همین دلیل در صنعت کاربرد بهتری دارد.

کفپوش پلی یورتان **انعطاف پذیری** بهتری نسبت به کفپوش اپوکسی دارد به همین دلیل در برابر سایش و خراشیدگی مقاوم تر است.

کفپوش پلی یورتان و اپوکسی در مقابل مواد شیمیایی واکنش متفاوتی از خود نشان می دهند. کفپوش پلی یورتان در مقابل اسید ها لاکتیک مقاومت بهتری دارد و در صنایع تولید لبنیات انتخاب بهتری است و در مقابل کفپوش اپوکسی که در مقابل اسید های صنعتی مثل **اسید سولفوریک** مقاوم تر می باشد. همچنین کفپوش پلی یورتان در برابر ترک خوردگی هم مقاومت بهتری دارد.

رزین های اپوکسی به رطوبت حساس می باشند ولی مقاومت بهتری نسبت به پلی یورتان در مقابل رطوبت دارند.

نحوه ی اجرای پلی یورتان از اپوکسی راحت تر و سریع تر اجرا می شود. کفپوش پلی یورتان حساسیت بیشتری نسبت به رطوبت دارد.

عوامل تاثیر گذار بر قیمت کفپوش پلی یورتان

قیمت کفپوش پلی یورتان با توجه به نیاز و خواسته ی مشتری با ضخامت های متفاوتی اجرا می شود. قیمت این کفپوش ها با توجه به فرموله بندی، ضخامت و آماده سازی سطح متفاوت می باشد. **قیمت کفپوش پلی یورتان** در مقایسه با کفپوش اپوکسی گران تر می باشد ولی طول عمر و نگهداری آن بیشتر و آسان تر است. به طور کلی قیمت کفپوش پلی یورتان با توجه به سطح زیرین، ضخامت، مترای و... متفاوت می باشد. **عوامل تاثیر گذار** بر قیمت کفپوش پلی یورتان به شرح زیر می باشد:

- هزینه آماده سازی سطح
- هزینه تعمیر سطح
- مواد اولیه پرایمر

- مواد لایه میانی
- روکش پلی یورتان
- اجرای لایه های گوناگون
- مواد اولیه مورد نیاز
- تجهیزات اعمال لایه های متنوع

کف سازی چیست ؟

کف سازی بخش مهم و مشخص کننده در داخل و خارج ساختمان است و به انجام هر نوع عملیات ساختمانی که بر روی سطوح طبیعی زمین و همچنین سقف طبقات صورت می گیرد تا موجب کاربردی تر و عملکرد فضا شود گفته می شود که از انواع کفسازی ها می توان به کف سازی صنعتی بتن و کفپوش اپوکسی و کف سازی اپوکسی اشاره کرد.

کف سازی بتن چیست ؟

کف سازی از مباحث مهمی است که در عمران و ساختمان سازی به صورت جدی و تخصصی مورد استفاده قرار می گیرد و به دوام کف ساختمان کمک می کند. همان گونه که بعد از اجرای ساخت یک دیوار بر روی آن نازک کاری انجام می شود، به همان نسبت بعد از ساخت کف و سقف از عملیات کف سازی نیز انجام می شود. اجرای کف سازی از مهم ترین مباحث ساختمان سازی است و در واقع به نوعی اعتبار پروژه است. در کف سازی استفاده از سطوح دال بتنی به هیچ عنوان صحیح نیست و دچار آسیب می شود. هدف از این کار جلوگیری از اتلاف وقت است و مخصوصا هزینه هایی که در این سطح می توان به سهولت از آن جلوگیری نمود.

اجرای کف سازی بتنی

چگونگی انجام کف سازی بتن از مباحث کف پوش صنعتی است که از موارد استفاده آن ها می توان به پارکینگ ها و کارخانه ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از وسیله ای به نام ماله پروانه ای و ماله برقی در کف سازی سبب صاف شدن بتن می شود کف سازی بتن با ماله برقی سبب می شود که کف پوش از مقاومت سایشی بالایی برخوردار شود و سطح آینه ای به وجود می آورد. کف سازی بتن با ماله پروانه ای از یک لایه بتن تشکیل می شود و پس از تحت شدن به وسیله ماله و شمشه پخش می شود.

مراحل اجرای کف سازی بتنی

- در مرحله اول باید زیر سازی انجام شود.
- بتن مگریزی " بتنی کم عیار برای فونداسیون "
- انجام آرماتور بندی به منظور مسطح کردن بتن
- کف سازی بتن به وسیله ماله پروانه ای
- کف پوش بتن رنگی و انجام برش های انقباضی به وسیله کاتر

مزایای کف سازی بتنی

- طول عمر بالا
- نگهداری آسان
- سازگاری با محیط زیست
- همه کاره بودن
- عدم نیاز به سایر شیوه های پوشش کف
- گزینه های متعدد در طراحی

معایب کف سازی بتنی

۱. سختی
۲. سرد بودن
۳. رطوبت
۴. راحت نبودن

پودر سخت کننده بتن

افزایش مقاومت بتن در برابر سایش، از جمله مواردی است که به منظور بهره برداری با دوام نیازمند تقویت **ضعف بتن** در این زمینه می باشد. از این رو برای رفع نواقص و دوام بیشتر در بهره برداری روش های مختلفی امکان پذیر است. به منظور افزایش مقاومت سختی و آب بندی سطوح صنعتی از **پودرهای سخت کننده بتن** استفاده می کنند

میزان حباب هوا در بتن و محافظت از بتن

ایجاد حباب هوا باعث تشکیل فضاهای خالی داخل خمیر شده و نتیجه آن، آب اضافی می تواند حرکت نموده و بدون خسارت یخ بزند. حباب های هوا دارای احجام بزرگی تری از فضاهای مویینه داخل **خمیر سیمان** هستند و بنابراین آب داخل حباب ها در دمای حدود صفر درجه شروع به یخ زدن می کنند. حباب های هوا خالی هستند ولی ممکن است دارای فیلم نازکی از محلول در سطح خود باشند که ضخامت کافی برای یخ زدن را ایجاد کنند. تشکیل یخ زدن در حباب ها سبب ایجاد پدیده استمزی و جذبی شده و **کاهش سطح اشباع** در مجاورت خمیر سیمان و کاهش خطر را به همراه خواهد داشت. حباب ها همانند شیرهای اطمینان عمل نموده و آب را از خمیر سیمان مجاور به داخل خود کشیده و همانند مخزنی هم برای یخ و هم محلول تغلیظ شده آب حفره ای کار می کند. آب ذوب شده داخل حباب ها به دلیل کشش سطحی بالاتری که در **فضاهای مویینه و حفرات کوچک** وجود دارد به داخل خمیر سیمان بر می گردد. بنابراین خمیر سیمان تحت یخ زدن - آب شدن مادامی که رطوبت ثابت داشته باشد آسیب نمی بیند ولی اگر بتن به صورت کامل اشباع باشد و حباب های هوا از آب پر شوند سرانجام آسیب خواهد دید. با اضافه کردن مقدار کمی **مواد حباب هوازا به خمیر سیمان** (مثلاً به میزان پنج صدم درصد وزنی سیمان) می توان حباب های ۰/۵ تا یک میلیمتر را در خمیر سیمان به وجود آورد. در نتیجه برای یک حجم داده شده از هوا تعداد حفره های خالی، فاصله های حفره ای و درجه محافظت، در مقابل عمل یخ زدگی می تواند به مقدار زیادی تفاوت کنند، که این تغییرات به اندازه ی حباب های هوا بستگی دارند.

با آنکه حجم هوای بتن، ملاک مناسبی برای **محافظت بتن در برابر عمل یخ زدگی** نمی باشد ولی با فرض اینکه حباب های هوا اغلب ریز می باشند، آنگاه حجم هوای بتن راحت ترین معیار به منظور کنترل کیفیت مخلوط های بتنی می باشد. از آنجا که کلاً مقدار خمیر سیمان به حداکثر اندازه سنگدانه ها ارتباط دارد؛ لذا بتن های کم مایه با سنگدانه های بزرگ، دارای خمیر سیمان کمتری نسبت به بتن های پرمایه با سنگدانه های کوچک نیاز به حباب هوای بیشتری برای داشتن درجه مقاومت یکسان در برابر یخ زدگی، دارند. مقدار هوای کل تعیین شده توسط آیین نامه ساختمانی شماره ۳۱۸ موسسه بتن آمریکا **ACI** برای **مقاومت در برابر یخ زدگی بتن** در جدول (۸-۳) نشان داده شده است دانه بندی سنگدانه ها همچنین بر روی حجم حباب هوا که با اضافه کردن ذرات ماسه خیلی ریز کاهش می یابد، تاثیر می گذارد. اضافه کردن مواد افزودنی مثل خاکستر بادی یا استفاده از سیمان خیلی ریز آسیاب شده نیز مشابهی دارد. به طور کلی، **مخلوط بتنی با چسبندگی** بیشتر قادر به نگهداری هوای بیشتری نسبت به بتن خیلی خیس و یا خیلی خشک می باشد. همچنین مخلوط کردن ناکافی یا بیشتر از حد مخلوط کردن، زمان زیادتری صرف جابجایی با حمل و نقل بتن تازه کردن و ارتعاش بیش از حد دادن، موجب کاهش یافتن مقدار هوای بتن می شود.

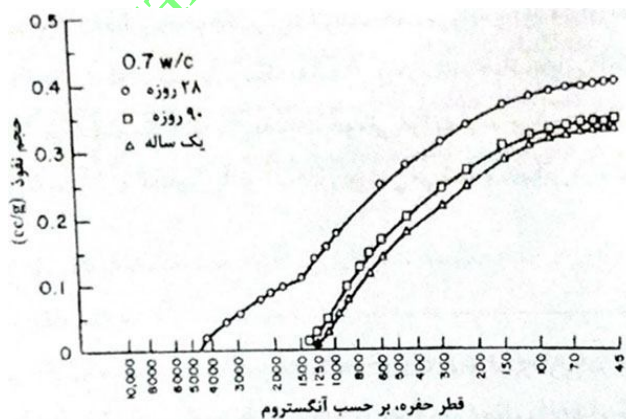
جدول ۳-۸- مقدار هوای کل برای مقاومت بتن در برابر یخ زدگی

درصد هوا (%)		حداکثر ابعادی اندازه
شرایط محیطی معتدل	شرایط محیطی شدید	سنگدانه in. (*) (mm)
6	$7 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$ (9)
$5 \frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$ (12/5)
5	6	$\frac{3}{4}$ (19)
$4 \frac{1}{2}$	6	1 (25)
$4 \frac{1}{2}$	$5 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2}$ (37/5)
4	5	2 (50)
$3 \frac{1}{2}$	$4 \frac{1}{2}$	3 (76)

جدول ۳-۸- مقدار هوای کل برای مقاومت بتن در برابر یخ زدگی

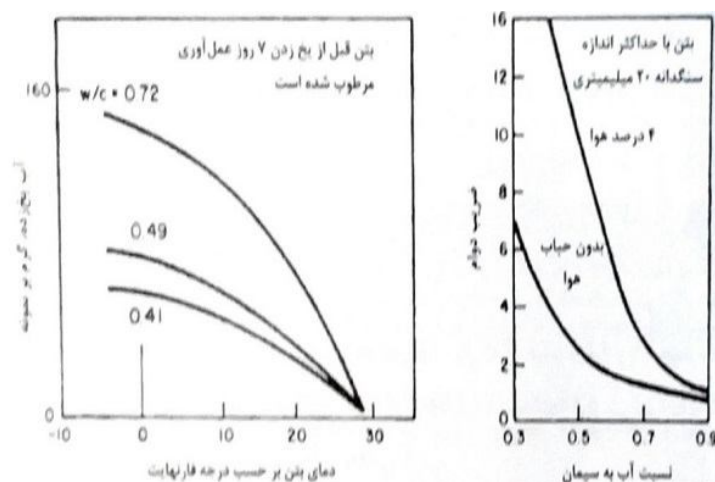
نسبت آب به سیمان و عمل آوری

به طور کلی، برای یک درجه هیدراتاسیون مشخص هر چه که نسبت آب به سیمان بیشتر باشد و یا برای یک نسبت آب به سیمان هر چه که درجه هیدراتاسیون کمتر باشد، حجم منافذ بزرگ در خمیر سیمان هیدراته بیشتر می شود (شکل ۸-۹).



شکل ۸-۹- منحنی توزیع فضاهای خالی در خمیر سیمان هیدراته شده

از آنجا که آب قابل یخ زدن به آسانی در منافذ بزرگ ته نشین می شود، می توان به این فرضیه رسید که در یک دمای یخ زدگی مشخص، مقدار آب قابل یخ زدن برای نسبت های آب به سیمان بالاتر و در زمان های اولیه **عمل آوری بتن**، بیشتر خواهد بود. داده های آزمایشی (وربک و کلیگر) این فرضیه را تایید می کنند. تاثیر نسبت آب به سیمان در مقاومت یخ زدگی بتن و همچنین نقش دما در شکل (۸-۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۰- تاثیر نسبت آب به سیمان و مقدار هوا بر روی دوام بتن در برابر عمل یخ زدگی

درجه اشباع

مقاومت بتن نسبت به یخ زدن - آب شدن به نفوذپذیری، درجه اشباع خمیر سیمان، مقدار آب قابل یخ زدن، نرخ یخ زدگی و فاصله حداکثر متوسط نقطه ای از خمیر تا سطح آزاد، جایی که یخ می تواند بدون خطر تشکیل شود، بستگی دارد. بتن نسبتاً خشک شده از پدیده یخ زدگی - آب شدن خسارت نمی بیند؛ زیرا فضاهای مویینه بزرگ تر خالی بوده و فضای آزاد لازم در خمیر را به وجود می آورند. بنابراین **هوازایی برای حفاظت بتن** هایی است که در شرایط نزدیک به اشباع یخ می زنند. حباب هوای داخل بتن با ماده هوازا معمولاً توسط آب پر نمی شوند، مگر آن که بتن به مدت طولانی در آب غوطه ور شود. هنگامی که حباب های هوا از آب پر می شوند، بتن دارای مقادیر زیادی آب قابل یخ زدن می شود و بنابراین در مقابل یخ زدگی بسیار حساس می شود.

مقاومت

اگر چه به طور کلی رابطه مستقیمی بین **مقاومت و دوام بتن** وجود دارد ولی در مورد آسیب ناشی از یخ زدگی این رابطه صدق نمی کند. برای مثال وقتی که بتن بدون حباب هوا و بتن دارای حباب هوا با یکدیگر مقایسه می شوند، ممکن است که بتن بدون حباب هوا مقاومت بیشتری داشته باشد ولی بتن با حباب هوا، به دلیل محافظت علیه توسعه فشارهای هیدرولیکی زیاد، دوام بهتری در مقابل عمل یخ زدگی از خود نشان می دهد. به عنوان یک قاعده معمول می توان اظهار داشت که برای هر یک درصد **افزایش در هوازایی بتن**، به طور متوسط در حدود ۵ درصد مقاومت بتن کاهش می یابد. بنابراین ۵ درصد هوازایی بدون تغییر نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن را ۲۵ درصد کاهش می دهد. به دلیل بهتر شدن کارایی در نتیجه هوازایی، می توان مقاومت کاهش یافته را از طریق کم کردن جزیی نسبت آب به سیمان، در ضمن نگه داشتن سطح کارایی در حد مورد نظر، جبران نمود. به هر حال، به طور کلی بتن دارای حباب هوا مقاومت کمتری از بتن مشابه بدون هوا دارد.

پوسته شدن با نمک

بتنی که برای مقاومت در برابر یخ زدگی به طور مناسب به ماده هوازا حباب دار شده است نیز در اثر کاربرد نمک های یخ زدا در کاربرد مکرر دچار خرابی شوند. بتنی که تحت اثر پوسته شدن نمک ها قرار می گیرد، با سطحی خشن ظاهر شده و تکه های کوچکی از ملات آن جدا می شود. به گفته هارنیک (Harnik)، استفاده از نمک یخ زدا هم تاثیر منفی و هم تاثیر مثبت بر روی آسیب ناشی از یخ زدگی دارد و خطرناک ترین آسیب دیدگی نمکی، نتیجه هر دو تاثیر می باشد. تاثیر نمک بر روی سرد کردن بیش از حد آب (یعنی پایین آوردن دمای تشکیل یخ) ممکن است به عنوان تاثیر مثبت دیده شود. از طرف دیگر تاثیرات منفی آن عبارتند از:

۱. افزایش درجه اشباع بتن به دلیل خصوصیت رطوبتی نمک ها.
 ۲. افزایش اثر گسیختگی هنگامی که آب فوق العاده سرد در منافذ نهایتاً یخ می زند.
 ۳. توسعه تنش های متفاوت که به علت لایه به لایه یخ زدن بتن بر اثر گرادیان غلظت نمک به وجود می آیند.
 ۴. شوک حرارتی در نتیجه کاربرد نمک های یخ زدا به صورت خشک در بتنی که با برف و یخ پوشیده شده است.
 ۵. رشد بلوری در محلول های فوق اشباع موجود در منافذ.
- در مجموع، تأثیرات منفی مربوط به **کاربرد نمک های یخ زدا** مهم تر از اثر مثبت آنها می باشد. در نتیجه مقاومت یخ زدگی بتن تحت تأثیر ترکیب یخ زدگی و نمک های یخ زدا به طور چشم گیری کاهش می یابد.
- بتنی با ماده هوازا، نسبت آب به سیمان کم و نفوذپذیری پایین، بهترین محافظت در پدیده پوسته شدن با نمک را فراهم می سازد. حباب هوا سبب آزادسازی فشار ایجاد شده در اثر **پدیده اسمزی** و اختلاف فشار روی آب مایع و یخ شده و آب و سیمان کم و نفوذپذیری پایین سبب **محدود کردن نفوذ آب** و ماده ضد یخ شده و بتنی مقاوم تر در مقابل تنش های ایجاد شده که منجر به پوسته شدن با نمک می شود را نتیجه می دهد.

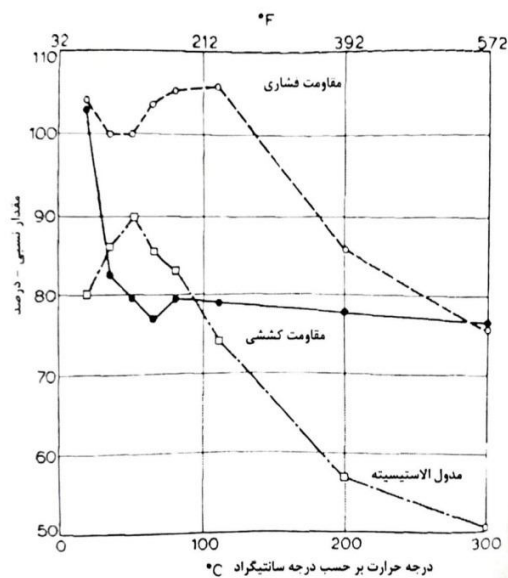


آزمایش درصد هوای بتن و روش تعیین آن مطابق استاندارد

بتن مقاومت خوبی در برابر آتش دارد یعنی مدت زمانی که بتن در مقابل آتش به طور رضایت بخش عمل می نماید نسبتاً زیاد است و هیچگونه گاز سمی تولید نمی کند. معیارهای مربوط به عملکرد در مقابل آتش عبارتند از: ظرفیت تحمل بار، مقاومت در برابر نفوذ شعله و مقاومت در برابر انتقال حرارت وقتی که از بتن به عنوان ماده محافظ روی فولاد استفاده می شود. در مل آنچه که از بتن ساختمانی مورد نیاز است حفظ قدرت باربری در طول مدت معین می باشد.

این عمل کاملاً متمایز از مقاوم بودن در برابر حرارت است. (شکل ۸-۱۱) رفتار بتن در دماهای بالا بستگی به عوامل چندی از جمله شرایط دما زایی، مساحت سطح بتن، طول مدت دمازایی، ترکیب بتن، میزان آب بتن، ساختمان منافذ سیمان و اندازه عضو سازه بتنی دارد. اضافه کردن افزودنی های معدنی به خصوص دوده سیلیسی ساختمان منافذ را در خمیر سیمان هیدراته بسیار ریز می کند. در نتیجه نرخ بخار شدن آب در خمیر سیمان می تواند کند شده و منجر به فشار داخلی در بتن و ایجاد آسیب گردد.

در این مقاله که توسط کارشناسان کلینیک بتن ایران تهیه شده است، با **تأثیر آتش و مواد شیمیایی بر بتن** آشنا خواهید شد.



شکل ۸-۱۱- اثر حرارت بر مقاومت فشاری، کششی و مدول الاستیسیته بتن

آسیب بتن در اثر حرارت ممکن است به صورت ترک خوردگی خود را نشان دهد و همچنین کاهش مقاومت گاهی به صورت ورقه ورقه شدن یا سطح خرد شدن به خصوص موقعی که در درصد آب بتن زیاد باشد از عوارض دیگر آن می باشد. در بتن سخت شده، آب به چند شکل وجود دارد: آب منافذ موئین (آب آزاد)، آب ژل یا زئولیتی (آب جذب شده) و آب وارد شده در ترکیب شیمیایی. براساس گزارش یکی از محققان، آب آزاد موجود در بتن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد از بین می رود و آب جذب شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد شروع به تبخیر می کند و در آخر ترکیبات هیدراته شده در اجزاء شیمیایی C-S-H در حرارت حدود ۷۰۰ درجه سانتی گراد شروع به تبخیر می کنند.

در دمای بالاتر پوسته پوسته شدن و خرد شدن بتن به علت کم شدن مقاومت خمیر سیمان و از هم پاشیدگی آن بر اثر تغییر شکل سنگدانه ها در اثر رارت و تنش های کششی زیاد در خمیر سیمان است. استفاده از مواد افزودنی معدنی برای بتن هایی که در معرض دما قرار می گیرند مطلوب نیست به ویژه در سازه های بتنی حجیم که بالا رفتن درجه حرارت باعث تغییراتی در سنگدانه ها شده و منتهی به تنش های کششی و ایجاد فشار داخلی زیادتر از تحمل بتن می شود.



021-45872

WWW.CLINICBETON.IR

کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران



رفتار بتن در برابر آتش تاثیر میکروسیلیس در بتن در برابر آتش

تاثیر آتش بر خمیر سیمان

تاثیر افزایش دما بر روی خمیر سیمان هیدراته شده، بستگی به درجه هیدراتاسیون و حالت رطوبتی خمیر سیمان دارد. خمیر سیمان پرتلند خوب هیدراته شده، همانگونه که قبلاً توضیح داده شد دما بر روی خمیر سیمان هیدراته شده، بستگی به درجه هیدراتاسیون و حالت رطوبتی خمیر سیمان دارد. خمیر سیمان پرتلند خوب هیدراته شده، همانگونه که قبلاً بیان شد، اساساً شامل سیلیکات کلسیم هیدراته، هیدروکسید کلسیم و سولفوآلومینات کلسیم هیدراته می باشد. خمیر سیمان اشباع شده دارای مقادیر زیادی آب آزاد و آب موینه، اضافه بر آب جذب شده سطحی، می باشد. انواع مختلف آب، به سهولت با افزایش دمای بتن از دست می روند. با این وجود، از نقطه نظر محافظت در مقابل آتش می باید یادآوری کرد که به علت نیاز به حرارت تبخیر زیاد برای تبدیل آب به بخار تا هنگامی که تمام آب قابل تبخیر از بین نرفته است دمای بتن افزایش نخواهد یافت.



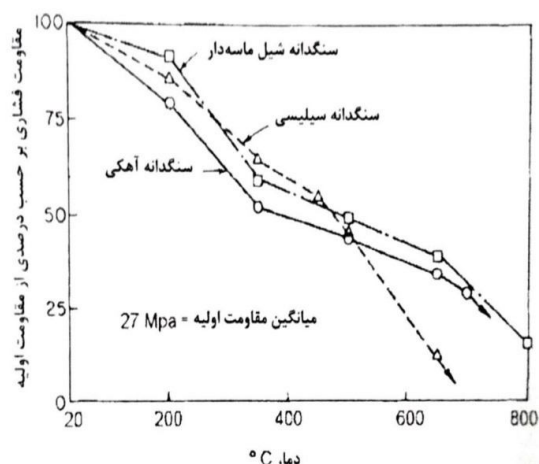
تاثیر آتش بر خمیر سیمان

وجود مقادیر زیادی از آب قابل تبخیر می تواند مشکل ساز شود. اگر سرعت گرم کردن زیاد و نفوذپذیری خمیر سیمان کم باشد، بتن ممکن است به صورت پکیدگی سطحی آسیب ببیند. پکیدن وقتی اتفاق می افتد که سرعت افزایش فشار گاز بخار داخل مصالح، بیش از سرعت کاهش فشار ناشی از آزاد شدن بخار به داخل جو باشد. تا زمانی که دما به ۳۰۰ درجه سانتی گراد می رسد، آب بین لایه ای C-S-H و نیز مقداری از آبی که به صورت شیمیایی ترکیب یافته و حاصل C-S-H و هیدرات های سولفوآلومینات است، از بین می رود. آب گیری بعدی خمیر سیمان به لت تجزیه هیدرواکسید کلسیم، در حدود دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد آغاز می شود؛ اما برای تجزیه کامل C-S-H به دمایی در حدود ۹۰۰ درجه سانتی گراد احتیاج است.

تاثیر آتش بر سنگدانه

مقاومت در برابر آتش و خواص حرارتی (ضریب رسانایی، ضریب پخش شونده و ضریب انبساط حرارتی) بتن به مقدار زیادی به مواد معدنی تشکیل دهنده سنگدانه های مصرفی بستگی دارد. سنگدانه های سبک مصنوعی و برخی سنگدانه های سبک طبیعی به علت خواص عایق بندی و ثبات شان در حرارت بالا، نسبت به سنگدانه های معمولی از مقاومت بالاتری در برابر آتش برخوردارند.

سنگدانه های سیلیسی حاوی کوارتز، مانند گرانیت و ماسه سنگ می توانند باعث بروز خطر در بتن در دمای حدود ۵۷۳ درجه سانتی گراد شوند. در مورد سنگ های کربناتی خطر مشابهی می تواند در دمای بالای ۷۰۰ درجه سانتی گراد در نتیجه واکنش کربنات زدایی آغاز گردد. علاوه بر انتقال احتمالی فاز و تجزیه حرارتی سنگدانه، پاسخ بتن به آتش، از سوی دیگر تحت تاثیر ترکیبات معدنی سنگدانه می باشد. برای مثال، شرایط کانی شناسی سنگدانه ها، تعیین کننده انبساط های حرارتی متفاوت بین سنگدانه و خمیر سیمان و نیز مقاومت نهایی ناحیه انتقال است.



شکل ۸-۱۲- اثر دمای بالا بر مقاومت فشاری انواع سنگدانه ها

تخریب شیمیایی

واکنش هایی که منجر به تشکیل محصولات انبساط زا می شوند، مانند انبساط سولفات، انبساط ناشی از واکنش قلیایی سنگدانه ها و انبساط ناشی از خوردگی فولاد در بتن، تمایز بین علل فیزیکی و شیمیایی آسیب دیدگی بتن کاملاً اختیاری است. در عمل، این دو اغلب مکمل هم می شوند. مثلاً کاهش جرم ناشی از فرسودگی سطحی و ترک خوردگی، نفوذپذیری بتن را افزایش می دهد که این خود بعداً علت اصلی یک یا چند فرآیند آسیب دیدگی شیمیایی می شود. همین طور، پدیده های شیمیایی دارای تاثیرات فیزیکی هستند. برای مثال، نشئی آب شیرین یا مایعات اسیدی به درون اجزای خمیر سیمان سخت شده موجب افزایش تخلخل بتن شده و بنابراین مصالح را در برابر سایش و فرسایش، بیشتر آسیب پذیر می سازد.

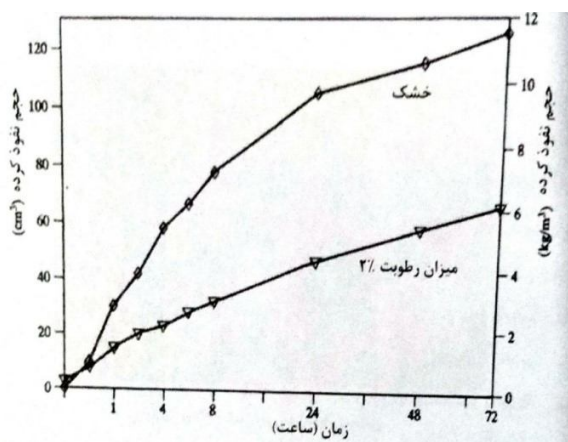


تاثیر آتش بر سنگدانه

انتقال شیمیایی

اغلب، بتن شامل موئینگی است و در نتیجه انتقال شیمیایی تحت تاثیر عکس العمل بین آب حفره ای و مواد شیمیایی قرار می گیرد. اسیدها می توانند اجزای خمیر سیمان و بعضی سنگدانه ها را حل کنند و بنابراین به نفوذپذیری و ضریب انتشار می افزایند. بعضی مواد آلی، صابون های کلسیمی تشکیل می دهند که اثر کاهنده در نفوذپذیری دارند؛ اما بیشتر هیدروکربورها با بتن واکنش نمی دهند. برخی نمک های معدنی همچون کلریدهای سدیم و کلسیم ممکن است اثر فیزیکی بر بتن داشته و با تشدید اثر یخ زدن - آب شدن با اثر روی آرماتور سبب خوردگی شوند. بعضی دیگر با داشتن سولفات خطرات جدی به علت تهاجم شیمیایی خواهند داشت.

تاثیر میزان رطوبت در نفوذ یک مایع آلی در شکل (۸-۱۳) نشان داده شده است. در این حالت نفوذ بوتانل در بتن خشک حدود ۲ تا ۲/۵ برابر نفوذ در بتن دارای ۲ درصد وزنی خواهد بود. مقدار رطوبت مشخص کننده ماهیت و سرعت نفوذ هر ماده شیمیایی به داخل بتن است.



شکل ۸-۱۳- جذب بوتانل در بتن با میزان رطوبت های مختلف

شوره زنی در بتن

زمانی که آب از بتنی با تراکم ضعیف، ترک ها یا درزهای اجرایی عبور می کند، آهک موجود در ترکیبات بتن شسته شده و باعث به وجود آمدن رسوب نمکی می شود که به شوره زدگی شناخته می شود. در ابتدا این امر توسط هیدروکسید کلسیم (یکی از محصولات هیدراتاسیون) ایجاد شده و به طور ملایم محلول در آب و از طریق ترک ها و حفره های موئینه بتن به سطح آن منتقل می شود. پس از تخریب آب، هیدروکسید کلسیم جامد با منواکسید کربن موجود در اتمسفر واکنش داده و کربنات کلسیم آهک (CaCO_3) را به وجود می آورد که رسوبات سفید رنگ روی سطح بتن است.

شوره زنی اولیه را می توان با استفاده از قلمو و آب زدود؛ اما برای حذف رسوبات سنگین ممکن است به اسیدشویی سطح بتن نیاز باشد. اسید مورد استفاده برای این کار هیدروکلرید اسید (HCl) با غلظت ۱:۱۰ یا ۱:۲۰ در هر دوره مصرف است. زمانی که اسید برای واکنش با آهک استفاده شد، عملکردش متوقف می شود؛ اما سطح بتن به منظور حذف نمک هایی که تشکیل شده باید با آب شسته شود.

شوره زنی و شستگی (Leaching) برای بتن مضر است. چرا که علاوه بر لکه دار کردن و ایجاد ظاهری زشت، موجب تسریع در روند کربناسیون نیز می شود. در بتن مسلح احتمال خوردگی فولاد، به دلیل کربناسیون و نفوذپذیری افزایش می یابد. بنابراین لازم است مواد ساخت بتن، سنگدانه و افزودنی های شیمیایی شده و به صورت صحیح اجرا و متراکم شود.



شکل ۸-۱۴- شوره زنی عامل تخریب بتن

تهاجم سولفاتی

شاید معمولی ترین و گسترده ترین شکل تهاجم شیمیایی به بتن را سولفات ها داشته باشند. سولفات ها اغلب در آب زیرزمینی به خصوص زمانی که مقادیر زیادی رس در خاک موجود است و در آب دریا که سولفات یون اصلی آن است وجود دارد. آب های زیرزمینی ممکن است در نزدیکی زائدات صنعتی مثل زائدات معادن، توده های انباشته شده سرباره و انباشته نخاله ها تجمعی از سولفات را دارا باشند. سولفات های موجود در آب باران در اثر آلودگی هوا و یا در اثر تولید و رشد مواد بیولوژیکی می توانند خرابی کندی حتی در بتن های بالای سطح زمین داشته باشند.



شکل ۸-۱۵- تخریب بتن به دلیل حمله یون های سولفات

اکثر خاک ها دارای مقداری سولفات به شکل گچ (به طور شاخص ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ درصد SO_4) می باشند. این مقدار برای بتن بی ضرر است. حلالیت گچ در آب در دماهای معمولی نسبتاً محدود است. ($1400 \text{ mg/liter SO}_4$) غلظت های بیشتر سولفات در آب های زیرزمینی، کلاً به علت وجود منیزیم و سولفات های قلیایی می باشد. سولفات آلومینیم غالباً در خاک و آب های کشاورزی موجود است. پساب کوره هایی که از سوخت هایی با گوگرد زیاد، استفاده می کنند و پساب صنایع شیمیایی، ممکن است دارای اسید سولفوریک باشند. از بین رفتن مواد آلی در مرداب ها، دریاچه های کم عمق، گودال ها استخراج معادن و لوله های فاضلاب اغلب منجر به تشکیل S_2H می شود که می تواند بر اثر کنش باکتریایی، به اسید سولفوریک تبدیل گردد.

کاهش کیفیت بتن، در نتیجه واکنش های شیمیایی بین سیمان پرتلند هیدراته شده و یون های سولفات ناشی از یک منبع خارجی، شناخته شده است، که این امر به دو شکل مشخصاً متفاوت از یکدیگر صورت می گیرد. اینکه کدامیک از فرآیندهای آسیب دیدگی در یک مورد مشخص غالب شود بستگی به غلظت و منبع یون های سولفات (یعنی کاتیون مربوط) در آب تحت

تماس و ترکیب خمیر سیمان در بتن دارد. حمله سولفات می تواند به شکل انبساط بتن ظاهر شود. وقتی که بتن ترک می خورد نفوذپذیری آن افزایش می یابد و آب مهاجم راحت تر به داخل آب نفوذ می کند و بنابراین آسیب دیدگی بتن تسریع می شود.

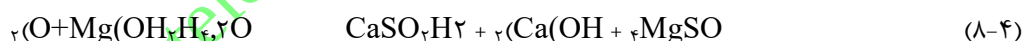
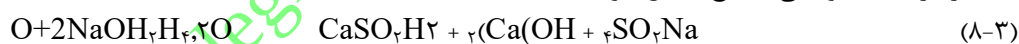
مکانیزم تهاجم سولفاتی

فازهایی از سیمان پرتلند هیدراته، که دارای هیدروکسید کلسیم و آلومین می باشند، آسیب پذیری بیشتری در برابر حمله یون های سولفات دارند. در هنگام هیدراتاسیون، در سیمان های پرتلند با بیش از ۵ درصد A_3C بیشتر آلومین به صورت هیدرات منوسولفات، $A.C_3C.H_{18}$ می باشد. اگر مقدار A_3C سیمان بیش از ۸ درصد باشد، محصولات هیدراتاسیون نیز شامل $A.C.H.H_2C$ خواهد بود. در خمیرهای سیمان پرتلند، در مجاورت هیدروکسید کلسیم وقتی که خمیر سیمان با یون سولفات تماس پیدا می کند، هر دوی هدرات ها دارای آلومین، به یک شکل پرسولفات (یعنی اترینگایت A_3C_3H یا A_3C_3C) تبدیل می شوند:



اعتقاد عمومی بر این است که انبساط های مرتبط با سولفات، در بتن مربوط به اترینگایت می باشد. با این وجود، مکانیزم هایی که از طریق آنها، تشکیل اترینگایت باعث انبساط می گردد هنوز موضوعی جدال برانگیز است. اعمال فشار ناشی از بلورهای در حال رشد اترینگایت، متورم شدن ناشی از جذب آب در محیط قلیایی توسط اترینگایت کم متبلور شده، دو نمونه از چندین فرضیه ای هستند که بیشتر پژوهشگران از آن دفاع می کنند.

گچ حاصل از واکنش های تبادل کاتیون نیز قادر به منبسط شدن است، با این وجود، مشاهده شده است که آسیب دیدگی خمیر سیمان پرتلند سخت شده بر اثر تشکیل گچ، شامل فرآیندی می شود که منجر به کاهش سختی و مقاومت می گردد. ادامه این فرآیند، انبساط و ترک خوردگی و تبدیل نهایی مصالح به خمیر نرم و غیر چسبنده می باشد. بسته به نوع کاتیون موجود در محلول سولفات (یعنی Na^+ یا Mg^{2+}) هم هیدروکسید کلسیم و هم $C-S-H$ خمیر سیمان پرتلند ممکن است بر اثر حمله سولفاتی، به گچ تبدیل شوند.



در مورد اول (یعنی حمله سولفات سدیم) تشکیل هیدروکسید سدیم (به عنوان محصول جنبی واکنش) تداوم قلیایی زیاد را (که برای پایداری فاز سیمانی اصلی، یعنی $C-S-H$ ضروری است) در سیستم تضمین می کند. از طرف دیگر، در مورد دوم یعنی حمله سولفات منیزیم) تبدیل هیدروکسید کلسیم به گچ، با تشکیل هیدروکسید منیزیم نسبتاً نامحلول و با قلیائیت کم همراه است. در نتیجه، پایداری $C-S-H$ در سیستم کاهش یافته و تحت تهاجم سولفات نیز قرار می گیرد. بنابراین حمله سولفات منیزیم به بتن، خیلی شدیدتر می باشد.

تأثیر آتش بر بتن

کنترل حمله سولفات

عوامل موثر در حمله سولفاتی عبارتند از:

۱. مقدار و ماهیت سولفات موجود
۲. سطح سفره آب زیرزمینی و تغییرات فصلی آن
۳. جریان آب زیرزمینی و تخلخل خاک

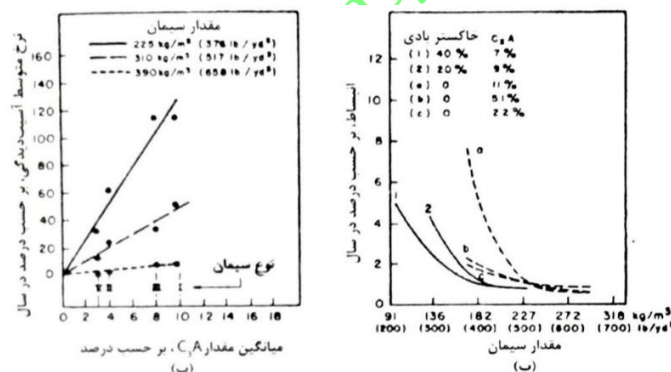
۴. شکل ساختمان

۵. کیفیت بتن

میزان حمله به یک سازه بتنی ای که از اطراف در معرض آب سولفاتی قرار دارد کمتر از وقتی است که رطوبت، بر اثر تبخیر از یک یا چند سطح آن از بین می رود. بنابراین، زیرزمین ها، آبروها، دیوارهای حائل و دال های واقع بر روی زمین آسیب پذیری بیشتری در مقایسه با پی و شمع ها دارند.

کیفیت بتن، به ویژه نفوذپذیری کم آن، بهترین محافظت در مقابل حمله سولفاتی می باشد. ضخامت کافی بتن، مقدار زیاد سیمان، نسبت آب به سیمان کم و تراکم و عمل آوری صحیح بتن تازه، از عوامل مهمی هستند که به نفوذپذیری بتن کمک می کنند. در صورت ترک خوردن بتن، بر اثر جمع شدگی ناشی از خشک شدن، مل یش زدگی و خوردگی میلگرد یا علل دیگر، با استفاده از سیمان های ضد سولفات، می توان ایمنی بیشتری را در مقابله با این موارد ایجاد نمود.

سیمان پرتلند دارای کمتر از ۵ درصد A_3C (سیمان نوع V) تحت شرایط ملایم حمله سولفاتی (یعنی هنگامی که فقط واکنش های تشکیل دهنده اترینگایت مورد توجه هستند) به قدر کافی در برابر حمله ی سولفات مقاوم می باشد. با این وجود، هنگامی که غلظت های زیاد سولفات در حد ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر بیشتر در میان باشد، تیپ V سیمان پرتلند ممکن است در برابر واکنش های تبادل کاتیون متضمن تشکیل گچ موثر نباشند مخصوصاً اگر مقدار A_3C سیمان زیاد باشد. تجربه نشان می دهد که تحت چنین شرایطی، سیمان هایی که دارای هیدروکسید کلسیم بوده و یا اصلاً دارای هیدروکسید کلسیم نمی باشند، در هیدراتاسیون خیلی بهتر عمل می نمایند. از جمله این سیمان ها، سیمان های پرآلومین، سیمان های پرتلند روباره ی آهن گذاری با بیشتر از ۷۰ درصد روباره، سیمان های پرتلند پوزولانی با حداقل ۲۵ درصد پوزولان (وزولان طبیعی، خاک رس کلسینه، یا خاکستر بادی با کلسیم کم). شکل ۸-۱۶



شکل ۸-۱۶- تاثیر نوع و مقدار سیمان و افزودن خاکستر بادی بر روی حمله سولفاتی در بتن

درحالی که کاربرد سیمان ضد سولفات برای کنترل تهاجم سولفاتی حیاتی است؛ اما این سیمان نمی تواند مقاومت سولفاتی بتن با نفوذپذیری زیاد را تضمین نماید. برای نفوذپذیری کم در بتن نیاز به نسبت آب به سیمان کم، تراکم کافی، عمل آوری کافی و طراحی برای حداقل ترک خوردگی می باشد.

واکنش شیمیایی در سنگدانه ها

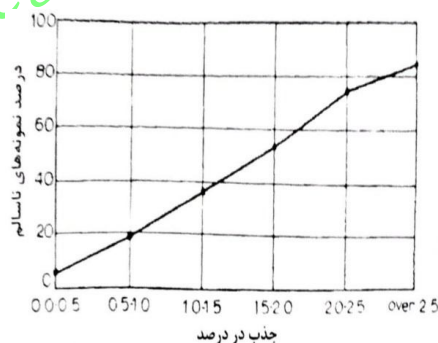
وجود حتی مقادیر اندک اجزاء مضر و ناخالصی در سنگدانه ها، می تواند اثر نامطلوب عمده ای بر عملکرد بتن داشته باشد و از این رو، شناسایی نوع و مدار این مواد نامطلوب، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در جدول (۸-۴) طیف وسیعی از انواع اجزاء مضر مورد توجه و اثرات احتمالی آنها بر روی بتن ارائه شده است. برخی رس ها می توانند اثر نامطلوبی بر کارایی داشته و می توانند با برخی فوق روان کننده های پلی کربوکسیلیت، بر هم کنش داشته باشند و منجر به افت کارایی آنها در عمل کاهش آب گردند (شکل ۸-۱۷). وجود میکا که مقدار آن را می توان به وسیله سنگ نگاری از طریق شمارش نقاط تعیین نمود، مهم می باشد؛ زیرا میکا (بیش از ۱۰ درصد نسبت به اندازه) ممکن است منجر به افزایش مصرف آب جداسدگی و آب انداختگی گردد.

جدول ۸-۴- اجزاء مضر در سنگدانه ها

اجزاء مضر	اثرات احتمالی بر بتن
ناخالصی های آلی	برگیرش و سخت شدن اثر می گذارد، ممکن است موجب آسیب گردد .
مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰ (یعنی ریزدانه های در ابعاد میکرون)	بر پیوستگی اثر می گذارد، نیاز آب را افزایش می دهد .
زغال سنگ، لیگنیت یا دیگر مصالح سبک	بر دوام اثر می گذارد، ممکن است موجب ایجاد لکه ها و بیرون پریدگی ها گردد .
ذرات نرم، کلوخه های رسی و ذرات ترد (شکننده)	بر کارایی و دوام اثر می گذارد، ممکن است موجب ایجاد بیرون پریدگی ها گردد .
سنگدانه واکنش پذیر با قلیا	انبساط غیرعادی، ترک خوردگی الگویی، بیرون پریدگی ها

اغلب اجزاء بالقوه مضر توصیف شده در جدول (۸-۴) دارای اثر غیر مستقیمی بر دوام بتن می باشند. یعنی اغلب آنها خواص سنین اولیه مانند زمان گیرش، کارای و مصرف آب را تحت تاثیر قرار می دهند که در برخی موارد اثر نامطلوبی بر کیفیت بتن سخت شده می باشد. اگر آب در محل مثلاً برای جبران تقاضای آب بیشتر اضافه گردد، آب اضافی منجر به کاهش مقاومت، افزایش نفوذپذیری و کاهش دوام بلند مدت می گردد. به طور مشابه، اگر این اثرات نامطلوب منجر به ترک خوردگی بتن گردند، عملکرد بلند مدت بتن کاهش می یابد.

انواع دیگر ناخاصی ها و مواد نامطلوب در سنگدانه ها ممکن است دارای اثر مستقیمی بر عملکرد بتن باشند. مانند چرت ها، سنگدانه های حساس به واکنش های قلیا - سیلیس (ASR) و قلیا - کربنات (ACR)، توده های رسی، محصولات شکننده و خرد شونده و زغال، همگی می توانند منجر به تخریب بتن گردند.



شکل ۸-۱۷- توزیع نمونه های سنگدانه های سالم و ناسالم به صورت تابعی از جذب آب واکنش قلیا - سیلیسی (ASR)

بسته به درجه بی نظمی ساختمان سنگدانه، تخلخل و اندازه ذرات آن، ژل های قلیایی - سیلیکاتی با ترکیب شیمیایی متغیر در حضور هیدروکسید و یون های فلز قلیایی تشکیل می شوند. نوع حمله بتن می تواند شامل پلیمریزاسیون زدایی یا شکستن ساختمان سیلیسی سنگدانه توسط یون های هیدروکسیل و به دنبال آن جذب یون های فلز قلیایی واقع بر روی سطح محصولات تازه به وجود آمده حاصل از واکنش، باشد. در اینجا نیز، مثل خاک های دریایی دارای سدیم یا پتاسیم، که در سطح آنها جذب

شده اند وقتی که ژل های سیلیکات قلیایی در تماس با آب قرار می گیرند، بر اثر جذب کردن مقدار زیادی آب از طریق اسمزی، متورم می شوند. فشار هیدرولیکی ای که به این صورت توسعه می یابد ممکن است منجر به انبساط و ترک خوردگی ذرات سنگدانه ای که تحت تاثیر قرار می گیرند، ماتریس خمیر سیمان احاطه کننده ی سنگدانه ها و بتن شود. حالیت ژل های سیلیکاتی قلیایی در آب، دلیل تحرک آنها از داخل سنگدانه به نواحی ریز ترک های موجود در داخل سنگدانه و هم داخل بتن، می باشد. در دسترس بودن پیوسته آب در داخل بتن، باعث بزرگ شدن و توسعه یافتن این ریز ترک ها می شود تا آنکه نهایتاً به سطح بیرونی بتن برسند. شکل ترک، نامنظم و بی قاعده است و در نتیجه با آن ترک نقشه ای گفته می شود. هرچند باید متذکر شد که شواهد بر واکنش قلیایی سنگدانه ها در بتن ترک خورده، لزوماً ثابت نمی کند که علت اصلی ترک خوردگی، این واکنش می باشد. در بین عوامل دیگر، توسعه تنش های داخلی بستگی به مقدار، اندازه و نوع سنگدانه واکنش زای موجود و ترکیب شیمیایی ژل سیلیکات قلیایی تشکیل شده، دارد. وقتی مقدار زیادی از مصالح واکنش زا به صورت ذرات ریز جدا از هم (یعنی کمتر از 75 μm) باشند، ممکن است شواهد قابل توجهی از واکنش وجود داشته باشد ولی انبساطی به اندازه قابل توجه، رخ ندهد. از طرف دیگر خیلی از سوابق مورد مطالعه در مورد انبساط و ترک خوردگی بتن، که به واکنش قلیایی سنگدانه ها نسبت داده می شوند، همراه با وجود ذرات واکنش زای قلیایی، به اندازه ماسه در سنگدانه، خصوصاً در اندازه بین ۱ تا ۵ میلیمتر هستند. توضیحات قانع کننده ای برای این مشاهدات به علت فعل و انفعال همزمان چندین عامل پیچیده در دسترس نمی باشد. به هر حال تمایل به جذب آب کمتر از ژل های قلیایی - سیلیسی با نسبت سیلیس به قلیایی بیشتر و آزاد شدن فشار هیدرولیکی در سطح ذره واکنش زا وقتی که اندازه آن خیلی کوچک است، ممکن است به طور جزئی این مشاهدات را توجیه نماید.



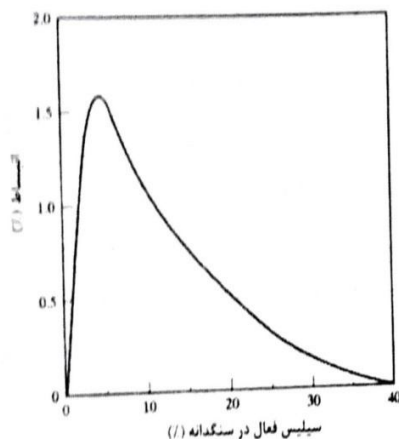
ساختمانی بتنی در آتش

عوامل تاثیرگذار انبساط

«استنتون» توانست عوامل کنترل کننده انبساط قلیایی - سنگدانه را به شرح زیر تعریف کند:

۱. سیلیس فعال طبیعی
۲. مقدار سیلیس واکنش کننده
۳. اندازه ذرات مصالح واکنش کننده
۴. مقدار قلیایی موجود
۵. مقدار رطوبت موجود

در واکنش قلیایی - سیلیس مقدار سیلیس اهمیت دارد با توجه شکل ۸-۱۸ مشخص می شود که انبساط حداکثر در یک مقدار معین سیلیس فعال رخ می دهد و در درصدهای بیشتر، انبساط کاهش می یابد. نامناسب ترین درصد تابع شکل سیلیس فعال، درجه قلیائیت و نسبت W/C است.

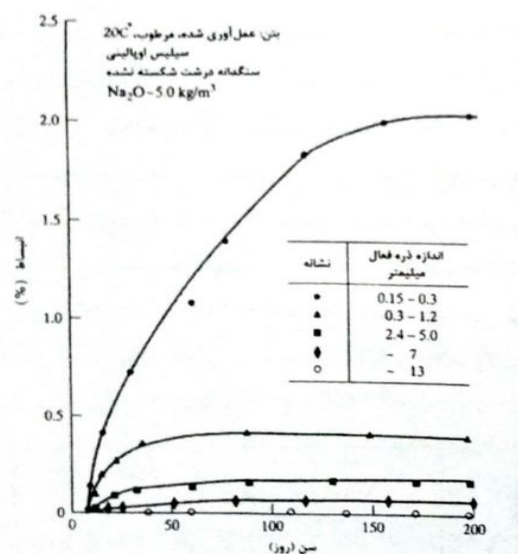


شکل ۸-۱۸- اثر مقدار سیلیس فعال در سنگدانه بر انبساط بتن ناشی از واکنش قلیایی - سنگدانه

نامناسب ترین درصد ممکن است در محدوده دو تا ده درصد باشد؛ اما می تواند به مقدار زیاد تا صد در صد هم برسد. همچنین نوع ذرات مصالح واکنش کننده (جدول ۵-۸) و اندازه عامل مهمی در واکنش نیز محسوب می گردند. (شکل ۸-۱۹)

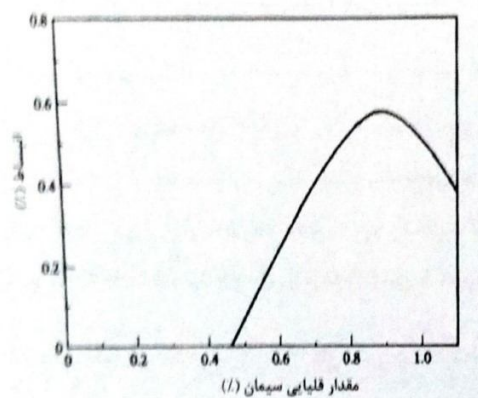
جدول ۵-۸- شکل سیلیس فعال در سنگ ها که در واکنش قلیایی - سیلیسی سهیم هستند

جزء فعال	شکل فیزیکی	در انواع سنگ ها که در آن پیدا می شود	رخداد
اوپال	غیر متبلور (بی شکل)	سیلیس دار (اوپالی، سنگ های آهک، چرت ها، شیت رسوبی فلینت ها)	گسترده
شیشه سیلیس	غیر متبلور	شیشه های آتشفشانی (رئولیت)، اندیبت (داسیت) و توف ها، شیشه های مصنوعی	مناطق با مبدا آتشفشانی، سنگریزه های رودخانه ای با مبدا مناطق آتشفشانی، محتوی شیشه
کلسدونی	کوارتز ضعیف بلوری شده	سنگ آهک های سیلیس دار و ماسه سنگ ها، چرت ها و فلینت ها	گسترده
کریستوبالیت تریدیمیت	بلوری	سنگ های اوپالی، سرامیک سوخته	غیر معمول
کوارتز	بلوری	کوارتزار، ماسه ها، بسیاری از سنگ های آذرین و دگرگونی (مانند گرانی ها و شیت ها)	معمول؛ اما فقط وقتی فعال است که تحت کرنش شدید قرار گیرد و یا ریزبلوری باشد.



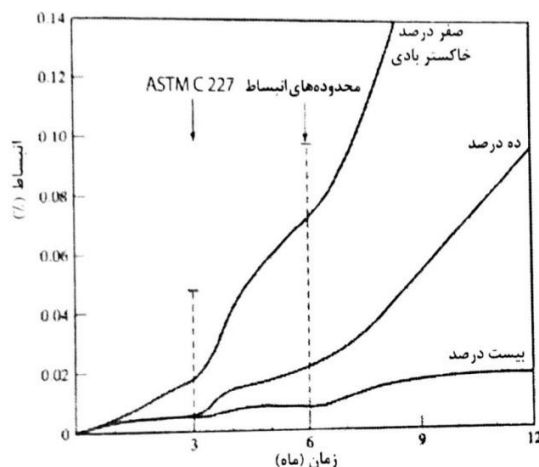
شکل ۸-۱۹- اثر اندازه ذره فعال بر ارتباط بین انبساط و بتن

هنگامی که سیمان تنها منبع یون های قلیایی بتن باشد و ضمناً به وجود اجزای تشکیل دهنده قلیایی واکنش زا در سنگدانه مکوک باشیم، تجربه نشان می دهد که استفاده از سیمان پرتلند با قلیایی کم (کمتر از ۰/۰۶ درصد معادل O_2Na) بهترین روش محافظت در برابر حمله قلیایی می باشد. (شکل ۸-۲۰)



شکل ۸-۲۰- اثر مقدار قلیایی سیمان بر انبساط قلیایی - سنگدانه

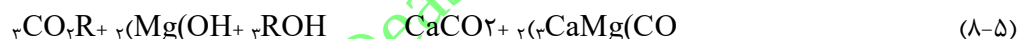
اگر قرار است که از ماسه ساحلی با ماسه و شن لایروبی شده از دریا استفاده شود، سنگدانه ها باید با آب شیرین شسته شوند تا این اطمینان حاصل شود که مقدار کل قلیایی های ناشی از سیمان و سنگدانه ها، از ۳ کیلوگرم بر متر مکعب بتن تجاوز نمی کند. در صورتی که سیمان پرتلند با قلیایی کم، در دسترس نباشد. برای کاهش مقدار قلیایی های بتن می توان از سیمان با قلیایی زیاد را با مواد افزودنی یا پوزولانی، نظیر روباره آهن گذاری دانه ای شده، شیشه آتشفشانی (پامیس آسیاب شده)، رس کلسینه، خاکستر بادی یا دوده سیلیس متراکم جایگزین کرد (شکل ۸-۱۲). استفاده از مواد افزودنی پوزولانی و همچنین هوای ها علاوه بر کاهش مقدار موثر قلیایی ها، موجب تشکیل محصولات قلیایی - سیلیکاتی با انبساط کم و نسبت سیلیس به قلیایی بالا می شود.



شکل ۸-۲۱- اثر پوزولان بر پیشرفت واکنش قلیایی - سنگدانه

واکنش قلیا - کربناتی (ACR)

واکنش قلیایی - کربناتی میان هیدروکسیدهای قلیایی و برخی سنگ آهک های دولومیتی شبه رسی اتفاق می افتد. این دولومیت ها با خمیری از مواد معدنی رسی و کلسیتی ریزدانه با لوزی های وجه های دولیمیتی پراکنده، قابل شناسایی می باشند. این واکنش از طریق انبساط سریع و ترک خوردگی گسترده بتن آشکار می شود و ساختارهای تحت تاثیر ACR معمولاً ترک خوردگی را در مدت ۵ سال یا کمتر نشان می دهند. هر چند درباره مکانیزم های دقیق موجود در این فرآیند، اتفاق نظر وجود ندارد؛ اما این موضوع به طور عام پذیرفته شده است که این واکنش، با فرآیند دولومیت زدایی به صورت زیر است:



در این معادله R نشان دهنده Na یا K می باشد؛ اما از آنجا که این واکنش منجر به کاهش حجم جامد می گردد، انبساط باید ناشی از یک مکانیزم دیگر باشد. چندین تئوری دیگری برای مکانیزم انبساط، ارائه شده است که عبارتند از:

- فشارهای هیدرولیکی ناشی از مهاجرت مولکول های آب و یون های قلیایی به سمت فضای محدود خمیر رس - کلسیت در اطراف لوزی های دولومیت.
- جذب یون های قلیایی و مولکول های آب بر روی سطح کانی های رسی «فعال» پراکنده شده در اطراف ذرات دولومیت.
- رشد و آرایش مجدد محصولات حاصل از دولومیت زدایی (یعنی بروسیت و کلسیت).

کربنات قلیایی تولید شده در واکنش دولومیت زدایی ممکن است با آهک موجود در خمیر سیمان به صورت زیر واکنش دهد:



به این ترتیب، تولید مجدد مواد قلیایی برای واکنش بیشتر صورت می گیرد. بنابراین، با فراهم شدن مواد قلیایی کافی جهت آغاز واکنش، این فرآیند ممکن است به طور مستقل از مقدار مواد قلیایی موجود در بتن ادامه یابد. این پدیده می تواند توضیح دهد که چرا سیمان های با خاصیت قلیایی پایین، در کنترل واکنش صدمه زننده در برخی موارد، موثر نمی باشند.

تهاجم اسیدها و بازها

خمیر سیمان هیدراته شده یک ماده قلیایی است و بنابراین تهاجم مواد قلیایی دیگر به آن اغلب انتظار نمی رود. خاصیت قلیایی با غلظت بالای مواد در تماس با بتن در فرآیندهای صنعتی می تواند موجب خرابی شود که فرآیند آن به غیر از واکنش شیمیایی مستقیم با یون های هیدروکسید می باشد. شرایط برای محلول های اسیدی کاملاً متفاوت است که اساساً این مواد سبب حمله به مواد قلیایی بتن می شوند. به طور کلی آب زیرزمینی اسیدی متداول نیست و تشکیل اسید محدود به نواحی لجنی و مردابی می شود که در آن تجزیه مواد آلی به طور وسیع صورت می گیرد. آب های اسیدی همچنین می تواند در محل های دفن زباله ها یا نزدیک آنها و در جاهایی که عملیات معدنی و انبار کردن مواد زائد معدنی در جریان است، تشکیل شود. شریط اسیدی حاد

ممکن است در زائدات صنعتی و کشاورزی و به ویژه در صنایع فرایند مواد غذایی و حیوانی وجود داشته باشد. یون هیدروژن آب شستگی هیدروکسید کلسیم را تسریع می نماید:



در غلظت بالای یون هیدروژن C-S-H مورد حمله واقع شده و ژل سیلیس شکل می گیرد.



طبیعت آنیون همراه با یون هیدروژن ممکن است، شرایط را تشدید کند. اسید سولفوریک و اسید کربنیک اجزای معمولی در آب زیرزمینی هستند. یون سولفات در حمله سولفاتی شرکت می کند و در نتیجه اسید سولفوریک اساساً خورنده است. اسید کربنیک هم می تواند بسیار خورنده باشد؛ زیرا می تواند سبب تشکیل بی کربنات کلسیم محلول شود.



هر اسیدی که بتواند نمک های محلول کلسیم ایجاد کند، می تواند مخرب باشد. درحالی که اسید تشکیل دهنده نمک کلسیم نامحلول سبب ایجاد رسوب شده و بتن را از خرابی بیشتر محافظت می کند. مثال هایی در جدول ۸-۶ آورده شده است.

جدول ۸-۶- تهاجم اسیدی به بتن		
اسید	فرمول	احتمال پیدایش در
اسید هیدروکلریک	HCl	صنعت شیمیایی
اسید نیتریک	HNO ₃	تولید کود
اسید استیک	CH ₃ CO ₂ H	فرآیند تخمیر
اسید فرمیک	H.CO ₂ H	فرآیند مواد غذایی و رنگرزی
اسید لاکتیک	C ₂ H ₄ (OH).CO ₂ H	صنعت لبنیات
اسید تانیک	C ₇₆ H ₅₂ O ₄₆ اسیدهایی که نمک غیرمحلول تولید می کنند.	صنعت دباغی، آب زغال
اسید فسفریک	H ₃ PO ₄	تولید کود
اسید تارتاریک	[CH(OH).CO ₂ H] ₂	تولید مشروبات

مقاومت یک ماده به توانایی و مقاومت آن در برابر تنش ها، بدون بروز شکست در آن، اتفاق می شود. شکست در پاره ای از مواقع با ظاهر شدن ترک ها اتفاق می افتد. به هر حال بایستی توجه داشت که بتن برخلاف بسیاری از مصالح ساختمانی حتی قبل از قرار گرفتن در زیر بارهای خارجی دارای ریز ترک هایی می باشد بنابراین در بتن، مقاومت به تنش مورد نیاز برای شکست آن گفته می شود که در واقع مترادف با درجه گسیختگی است که در آن تنش وارده به حداکثر خود می رسد.

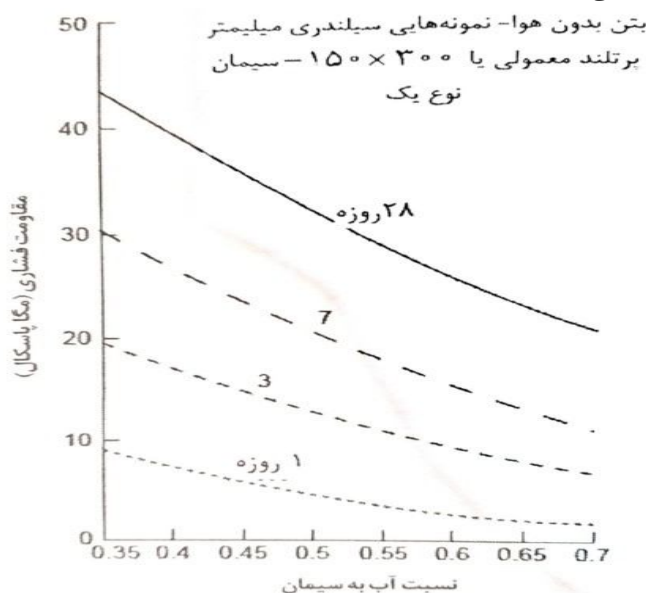
در نمونه های کششی شکست قطعه آزمایشی اغلب به صورت گسیختگی است، در حالی که در فشار، قطعه تحت آزمایش موقعی به شکست می رسد که هیچگونه علامتی از گسیختگی خارجی در آن مشهود نبوده ولی ترک های داخلی آنقدر پیشرفت نموده اند که نمونه دیگر قادر به تحمل باری بالاتر از بار وارد نیست. در طرح و کنترل کیفیت بتن، مقاومت خاصیتی است که اغلب، مقدار آن مشخص می گردد. دلیل این امر آن است که در مقایسه با سایر خواص، مقاومت بتن به آسانی قابل آزمایش و اندازه گیری است. علاوه بر این بسیاری از خواص بتن نظیر مدول ارتجاعی، ضد آب بودن یا نفوذ ناپذیری و مقاومت در مقابل هوازدهی و عوامل ایجاد

کننده آن، نظیر آب مستقیماً با مقاومت مربوط بوده و می توان از نتایج مقاومت به آن خواص پی برد. در ادامه این مقاله به **بررسی عوامل تاثیرگذار بر مقاومت بتن و آزمون های بتن** خواهیم پرداخت.

عوامل تاثیرگذار بر مقاومت

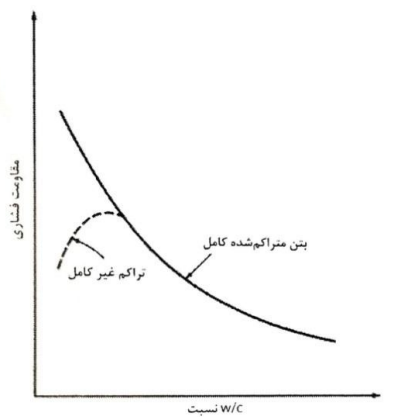
نسبت آب به سیمان

در بتن های با مقاومت پایین تا متوسط ساخته شده با سنگدانه های معمولی، هم تخلخل ناحیه انتقال و هم تخلخل خمیر، تعیین کننده هستند و رابطه مستقیمی بین نسبت آب به سیمان و مقاومت وجود دارد. (شکل ۷-۱). به نظر نمی رسد که این رابطه در حالت **بتن های با مقاومت بالا** (با نسبت آب به سیمان خیلی پایین) کاملاً صادق باشد. برای مخلوط های با نسبت آب به سیمان زیر ۳/۰ افزایش متناسب مقاومت بر اثر تغییر بسیار جزئی نسبت آب به سیمان حاصل می شود. این پدیده به بهبود مقاومت ناحیه انتقال در آب به سیمان های پایین نسبت داده می شود. استدلال دیگر آن است که با کاهش نسبت آب به سیمان اندازه بلورهای هیدروکسید کلسیم نیز کوچک تر می گردد.



تاثیر نسبت آب به سیمان و عمل آوری مرطوب بر مقاومت بتن

یکی از محدودیت های قانونی نسبت W/C در شکل (۷-۲) به تصویر کشیده شده است به این نکته باید توجه شود که اگر نسبت آب به سیمان به حدی پایین باشد که بتن نتواند خوب متراکم شود، این عدم تراکم مناسب باعث مقاومت پایین می گردد؛ زیرا بتنی که به خوبی متراکم نشده باشد حاوی منافذ بزرگ است که مربوط به تخلخل آن می باشد. بنابراین در نسبت های کمی آب به سیمان که تراکم کامل به دشواری انجام می شود، ما شاهد با مقاومت پایین هستیم. در جایی که این واقعیت رخ می دهد مقاومت تابع روش های تراکم است که به کار گرفته می شود. در این رابطه، بهتر است اشاره شود که بعضی روش های پیچیده تراکم (معمولاً در عملیات پیش تنیده به کار می رود) و استفاده از فوق روان کننده ها این امکان را فراهم می کند که بتن های مقاومت با استفاده از مقادیر معمول سیمان تولید شوند. به عبارت دیگر، اگر تراکم کامل بتواند به دست آید، حتی در نسبت های خیلی کم W/C مقاومت بالایی حاصل می گردد.



ارتباط بین مقاومت فشاری و نسبت W/C

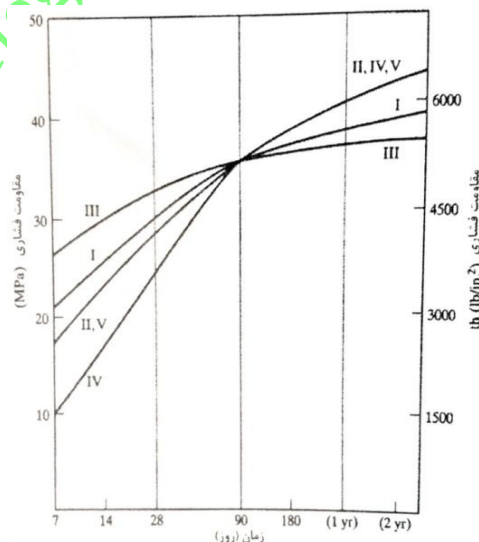
تست های مقاومت فشاری بتن

افزایش مقاومت بتن با عمل آوری

بررسی انواع گروت های اپوکسی روان با مقاومت زیاد

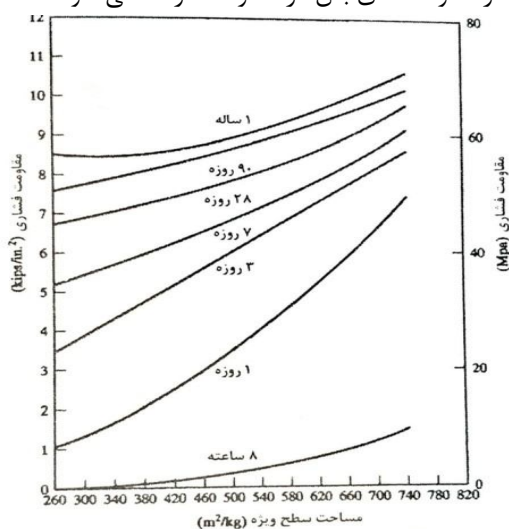
نوع سیمان

اثر سیمان پرتلند بر **مقاومت بتن** تابع ترکیبات شیمیایی و نرمی سیمان است. مقاومت خمیر سیمان سرد شده عمدتاً از C3S (مقاومت زودتر) و C3S (مقاومت دیرتر) تامین می شود و این اثرات در تمام درون بتن انتقال می یابد. بتن ساخته شده با مقادیر بالاتر C3S، خیلی سریع تر مقاومت کسب می کنند. اما ممکن است با کمی مقاومت کمتر در سنین دیرتر مواجه شود. مقاومت های نسبی به دست آمده با پنج نوع استاندارد سیمان پرتلند در شکل (۳-۷) نشان داده شده اند هرچند اختلافات قابل توجهی در کسب مقاومت تا حدود یک ماه وجود دارد، در سنین دیرتر اختلاف بین پنج نوع استاندارد سیمان از اهمیت کمتری برخوردار می شود. سیمان هایی که آهسته تر هیدراته می شوند به دلیل تغییرات در ترکیبات، شرایط عمل آوری و یا استفاده از مواد افزودنی است. این سیمان ها معمولاً تمایل بیشتر به کسب مقام نهایی دارند.



مقاومت فشاری بتن با سیمان های مختلف نسبت به زمان

اثرات نرمی سیمانی بر مقاومت بتن نیز قابل توجه هست؛ زیرا با افزایش نرمی، نرخ هیدراتاسیون افزایش می یابد و منجر به کسب مقاومت با نرخ زیادتر می شود؛ مانند آنچه در شکل (۷-۴) به نمایش گذاشته شده است معمولاً اندازه ذرات سیمان حداکثر حدود ۵۰ میکرون است، اگر چه در سیمان های آسیاب شده یا نرمی بیشتر، کسب مقاومت سریع تر است. اما باید از آسیاب کردن خیلی نرم اجتناب شود. با ذرات خیلی نرم، کلوخه شدن بیش از حد معمول ممکن است در بتن به نواحی موضعی با نسبت زیاد W/C منجر شود. از طرف دیگر، معلوم شده است که ذرات با قطر بزرگ تر از ۶۰ میکرومتر سهم کمتری در مقاومت دارند. در طول سال ها، تمایل به سمت تولید سیمان های پرتلند با افزایش نرمی بوده است. باید قبول کرد که متغیرهای ذاتی در سیمان منجر به متغیرهای نظیر در مقاومت بتن می شود در نتیجه نیاز به مقاومت میانگین طرح بالاتر خواهد بود. نه تنها سیمان هایی که به عنوان یک نوع ASTM تقسیم شده اند از کارخانه ای به کارخانه دیگر متفاوت اند بلکه در یک کارخانه معین خصوصیات سیمان به دلیل تغییرات مواد اولیه شرایط پخت و غیره در طول زمان متغیر می باشد. تخمین زده شده است که تغییرات در کیفیت سیمان منجر به ضریب تغییرات در مقاومت های بتن در حدود ۵ درصد می شود.

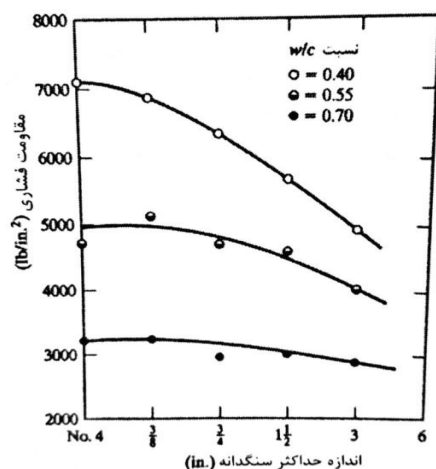


اثر نرمی سیمان بر مقاومت - نسبت آب به سیمان ۴/۰

سنگدانه

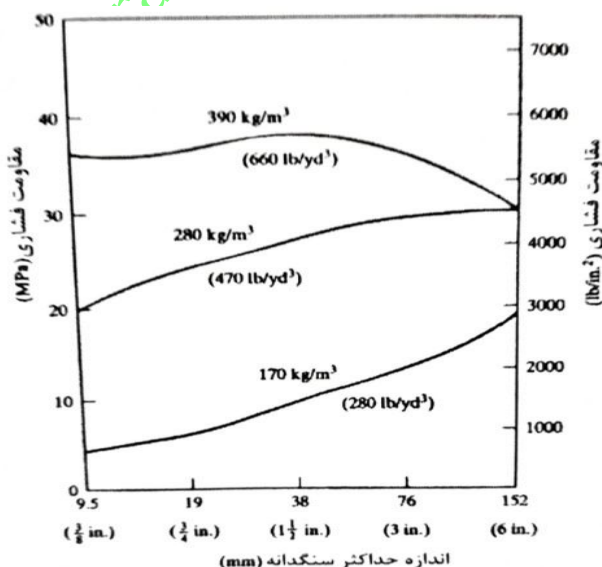
با وجود آنکه نسبت W/C مهم ترین عامل اثر گذاری در مقاومت است، نمی توان از خصوصیات سنگدانه به خصوص خواص کششی و شکست بتن صرف نظر کرد. برای بتن های با مقاومت معمولی، پارامترهای سنگدانه که مهمترین هستند شامل شکل، بافت و اندازه حداکثر سن سنگدانه می باشد. در نسبت های W/C سنگ های شکسته منجر به مقاومت بالاتر بتن می شوند؛ زیرا پیوستگی مکانیکی بهتر می باشد. اما با افزایش یافتن نسبت W/C این اثر محو می شود. هرچند اگر مخلوط ها برپایه کارایی مساوی در نظر گرفته می شوند، این اختلاف بی اهمیت می شود؛ زیرا به دلیل آب کمتر مورد نیاز سنگدانه صاف، نسبت W/C خمیر کمتر می شود، اثر پیوستگی کمتر را تعدیل می کند. استفاده از سنگدانه با اندازه بزرگ تر به چند طریق در مقاومت اثر گذار است. تحت بار فشاری، ذرات بزرگ تر سنگدانه تمایل به ایجاد تمرکز بیشتر تنش دارند و در نتیجه مقاومت فشاری کاهش می یابد. همچنین ذرات سنگدانه بزرگ تر قید بیشتری را برای تغییرات حجم خمیر ایجاد می کنند و بنابراین احتمال وجود تنش های اضافی در خمیر بیشتر است، که محتمل ضعیف شدن بتن می گردد. در شکل (۷-۵) اثر اندازه حداکثر سن سنگدانه در مقاومت بتن با سه نسبت مختلف W/C را نشان می دهد. برای مخلوط های نشان داده شده در این شکل، کارایی بتن با افزایش یافتن اندازه سنگدانه درشت، افزایش می یابد. هرچند، اگر با مقدار ثابت سیمان، آب مخلوط کاهش یابد، اثرات منفی ناشی از افزایش یافتن اندازه سنگدانه درشت در مقاومت تعدیل می شود همان طور که در شکل (۷-۶) نشان داده شده است، نتیجه شاید این باشد که برای کارایی تثبیت، چه بسا مقاومت بتن برای مخلوط ها با مقادیر کم سیمان واقعاً افزایش یابد و فقط برای مخلوط های غنی تر

کاهش یابد. بتن های ساخته شده با سنگدانه های درشت تر تمایل به نشان دادن نوسان بیشتری دارند که احتمالاً ناشی از مقداری تمایل به جداسازی ذرات می باشد.



شکل ۵-۷- اندازه حداکثر سنگدانه در مقاومت بتن برای سه نسبت W/C

در بازه مقادیر سنگدانه که معمولاً مواجه هستیم، حجم دقیق سنگدانه فقط اهمیت ثانوی در تعیین کردن مقاومت بتن دارد. البته تغییرات عمده در مقدار سنگدانه نسبت به مقدار سیمان (همچنین تغییرات در اندازه سنگدانه درشت) می تواند اثر قابل توجهی در مقاومت بتن داشته باشد. هرچند اگر این کارایی ثابت تامین شود، مقاومت بتن اساساً تابع مقدار سیمان است (شکل ۶-۷). زیرا با افزایش یافتن اندازه سنگدانه، آب مورد نیاز کاهش می یابد. این حقیقت برای هر بتن معمولی با مواد هوازا و یا بدون مواد هوازا صادق است. برخلاف مقاومت فشاری، افزایش در مقدار و اندازه سنگدانه درشت منتج به افزایش در مقاومت کششی و انرژی شکست می شود که این خود ناشی از تمایل بیشتر به پل زدن به مسیر طولانی تر، ترک در زمان است که ترک ها از پیرامون ذرات سنگدانه می گذرند. اگر چه در مورد شکست، این ترک ها نسبت به خواص مکانیکی سنگدانه اهمیت کمتری دارند. مقاومت زیادتر سنگدانه منتج بهبود خواص شکست می گردد.



شکل ۶-۷- تاثیر اندازه سنگدانه بر مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن با مقادیر متفاوت سیمان

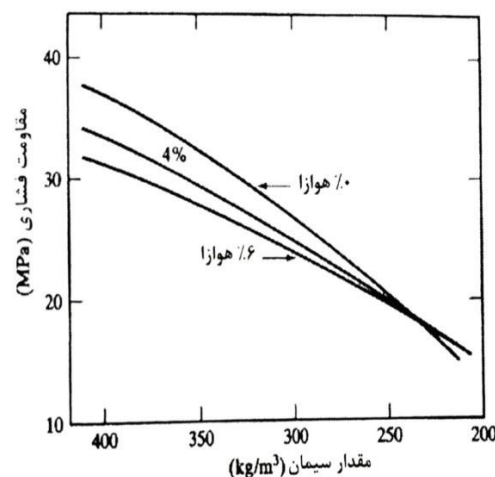
افزودنی های بتن

افزودنی های بتن به دو دسته کلی «مواد مضاعف شیمیایی» و «مواد مضاف معدنی» تقسیم می شوند. مواد مضاف شیمیایی آن دسته از افزودنی ها هستند که با یک ترکیب شیمیایی ویژه تنظیم شده به مقدار جزئی و احتمالاً در حد چند دهم درصد (تا حداکثر ۲ درصد) وزنی سیمان به بتن اضافه می شوند و خصوصیات قابل توجهی در آن ایجاد می کنند. در مقابل مورد مضاف معدنی پودرهای معدنی، هستند که به مقدار بسیار بیشتر مثلاً در محدوده ۱۰ تا ۲۰ درصد وزنی سیمان و یا حتی بیش از ۲۰ درصد، به بتن اضافه می شوند تا مقاومت، دوام و کارایی بتن را بهبود بخشند. پوزولان ها و سرباره عنوان افزودنی های معدنی به حساب می آیند. استفاده از مواد افزودنی معدنی منتج به اصلاح ساختار خمیر سیمان سخت شده، می شود و ممکن است به تغییرات در محدوده ناحیه لایه مرزی منجر شود. برای بتن هایی با مقاومت معمولی، مواد افزودنی مانند خاکستر بادی و سرباره کوره ذوب آهن با جایگزینی سیمان پرتلند، با اثر کم در مقاومت، قابل استفاده است. هرچند نرخ کسب مقاومت اولیه ممکن است کاهش یابد، درحالی که مقاومت دراز مدت افزایش خواهد داشت. یکی از پوزولان های مهم، دوده سیلیس است که به طور کلی برای افزایش مقاومت استفاده می شود و حتی با نسبت W/C یکسان، اینگونه عمل می کند.



مقاومت بتن

دوده سیلیس نه فقط با هیدروکسید کلسیم به دست آمده از هیدراتاسیون $C3S$ و $C2S$ ترکیب می شود، بلکه منافذ بین ذرات سیمان را پر می کند و اندازه نقص موجود برای شروع ترک کاهش می دهد. ترکیب پوزولانی و اثر پر کنندگی دوده سیلیس همچنین مقاومت را در مقایسه با آنچه از بتن های بدون مواد افزودنی حاصل می شود، افزایش می دهد و همچنین تا حد زیادی تخلخل ناحیه لایه مرزی را کاهش می دهد. مواد افزودنی شیمیایی به خودی خود اثر کمی در مقاومت بتن دارند، مگر آنکه آنها بر نسبت W/C یا تخلخل بتن اثر بگذارند. برای مثال، مواد هوازا اساساً به دلیل افزایش در تخلخل بر مقاومت بتن موثر هستند؛ مانند آنچه که در شکل (۷-۷) نشان داده شده است. در این مورد کاهش مقدار آب که با استفاده از هوازا قابل دسترسی است، برای بتن هایی با مقادیر کم سیمان که برای کارایی ثابت طراحی شده اند ممکن است در واقع به افزایش مقاومت منتج شود. مواد افزودنی کاهنده آب، به خصوص فوق روان کننده ها، ممکن است افزایش در مقاومت را حتی با نسبت یکسان W/C تامین کنند که این امر ناشی از هیدراتاسیون بیشتر سیمان است که این نیز خود منتج از بهبود پراکندگی ذرات سیمان و حذف منافذ بزرگ که چه بسا مانند عیوب داخلی عمل می کنند، است. مواد افزودنی شیمیایی بیشترین اثر خود را در کسب نرخ مقاومت، با تسریع کردن یا کند کردن هیدراتاسیون سیمان، می گذارند. هر چند در این رابطه ارزش دارد این مطلب تکرار شود که کاهش در نرخ اولیه کسب مقاومت بتن به طور کلی منجر به قدری افزایش مقاومت های دراز مدت می شود، درحالی که افزایش نرخ اولیه کسب مقاومت (مانند آنچه با تسریع کننده به دست می آید) همیشه منتج به کاهش در مقابل دراز مدت بتن می شود.



شکل ۷-۷- رابطه بین مقاومت فشاری و مقدار سیمان برای مقادیر متفاوت هوازا

آب اختلاط

اصولاً از دیرباز یک قاعده ساده جهت قبول آب برای مصرف در بتن وجود داشته است؛ اگر آب بتن قابل آشامیدن بوده و برای مصرف انسان مناسب باشد، برای مصرف در بتن نیز مناسب است. به بیان دیگر اگر آب بدون رنگ، طعم و بی بو بوده و در هنگام تکان دادن از آن گاز به کف خارج نشود، دلیلی ندارد که با مصرف در بتن مشکلی برای آن ایجاد کند. با این وجود، بعضی از آب های نامناسب برای آشامیدن نیز ممکن است برای مصرف در بتن مناسب باشند. بنابراین بهترین راه برای تعیین مناسب بودن آب ناشناخته برای ساخت بتن رجوع به بخش «آب غیر آشامیدنی» مبحث نهم، مقررات ملی ساختمان شود.

مقاومت فشاری

مقاومت فشاری یکی از اصلی ترین خصوصیات مکانیکی بتن سخت شده محسوب می شود. روند کسب مقاومت بتن هایی که با شرایط یکسان ولی با انواع مختلف سیمان پرتلند ساخته می شوند یکسان نیست. ولی در عین حال، مقاومت ۹۰ روزه تمامی اینها با یکدیگر برابر بوده و مساوی ۲/۱ برابر مقاومت نمونه ۲۸ روزه است که با سیمان نوع یک ساخته شده است. اگر چه غالباً رسد مقاومت بتن در سنین مختلف و از جمله ۱ روزه، ۷ روزه، ۲۸ روزه و ۹۰ روز مورد مطالعه و توجه قرار می گیرد ولی مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن، اصلی ترین مشخصه مکانیک بتن است. آزمایش نمونه مکعبی بتن در واقع یک ایده کلی از تمامی مشخصات بتن به ما ارائه می دهد.

با همین آزمایش می توان تشخیص داد که بتن به حد کافی مناسب کار ما است یا خیر. مقاومت فشاری بتن بر عوامل مختلفی همچون نسبت آب به سیمان، مقاومت سیمان، کیفیت مواد بتن، کنترل کیفیت در طول تولید بتن و غیره بستگی دارد. آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی قطعه های مکعب شکل از بتن انجام می شود. به همین دلیل آزمایش نمونه مکعبی نامیده می شود. این آزمایش بر روی قطعه های استوانه ای بتن نیز مرسوم است. بسته به اندازه سنگدانه های مورد استفاده در بتن از مکعب های ۱۰ × ۱۰ × ۱۰ سانتی متر یا ۱۵ × ۱۵ × ۱۵ سانتی متر استفاده می شود.



مقاومت کششی بتن

برای عمل آوری، قطعات بتن را بیست و چهار ساعت در هوای مرطوب قرار می دهند. سپس آنها را علامت گذاری کرده و در هوای تازه قرار می دهند تا زمان انجام آزمایش اصلی بر روی آنها فرا برسد. آب مورد استفاده در عمل آوری بتن باید هر هفت روز یکبار چک شود. همچنین دمای این آب باید حدود ۲۷ درجه سانتی گراد (دو درجه بیشتر یا کمتر) باشد. نمونه های بتن را پس از هفت یا بیست و هشت روز عمل آوری در ماشین های آزمایش مقاومت فشاری قرار می دهند. در این ماشین ها، بارگذاری به صورت دقیقه ای ۱۴۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع افزایش می یابد تا نمونه شکسته شود. مقدار بارگذاری در لحظه شکست بتن، میزان مقاومت فشاری بتن را به ما می گوید. حداقل از هر نمونه و در هر سن، بایستی ۳ نمونه بتن آزمایش شود. اگر در نتیجه مشاهده شود که مقاومت آنها بیش از ۱۵ درصد با یکدیگر اختلاف دارد، نتایج آزمایش رد می شود و بایستی دوباره انجام گیرد. در غیر اینصورت، میانگین مقاومت فشاری آن سه نمونه، مقاومت فشاری بتن محسوب خواهد شد.



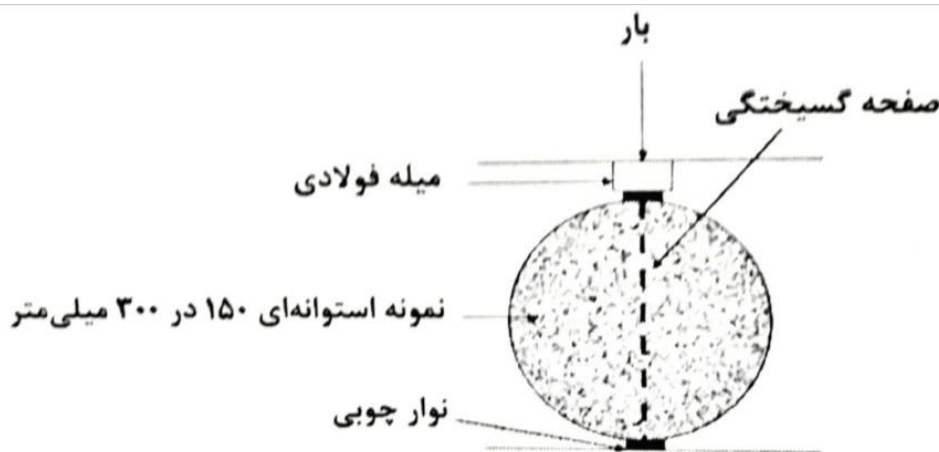
شکل ۷-۸- آزمایش مقاومت فشاری بتن

مقاومت کششی

مقاومت کششی بتن بسیار کمتر از مقاومت فشاری است؛ زیرا ترک ها تحت بارهای کششی به راحتی قادر به توسعه می باشند. معمولاً مقاومت کششی بتن در طراحی در نظر گرفته نمی شود (اغلب فرض می شود که صفر است) هر چند خاصیت مهمی است، زیرا ترک خوردگی در بتن اغلب ناشی از تنش های کششی است که تحت بار رخ می دهد یا ناشی از تغییرات محیطی است.

گسیختگی بتن در کشش همراه با ریز ترک خوردگی، به خصوص مربوط به ناحیه مرزی بین سیمان و ذرات سنگدانه است. ضعیف ترین رفتار بتن در کشش ظاهر می شود؛ به طوری که مقاومت کششی بتن در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری آن است. در اکثر مواقع مقاومت کششی بتن با استفاده از آزمایش همش بررسی می شود که در آن بتن ساده تحت همش بارگذاری می شود و یا آزمایش دو نیم شدن استوانه که در آن نمونه استوانه از وجه جانبی قرار داده شده و در فشار قطری بارگذاری می شود، تا کشش طولی ایجاد شود. با توسعه یافتن ترک در میان بتن، لبه جلو رونده آن اغلب شامل چندین شاخه ریز ترک است که با افزایش جابه جایی کششی سرانجام ترک ها در یک ترک بزرگ منفرد ادغام می شوند.

ظاهر ماکروسکوپی سطح گسیختگی ممکن است صاف یا زبر باشد که به مقاومت کششی نسلی ملات، سنگدانه و ناحیه لایه مرزی بستگی دارد. نسبت کم مقاومت سنگدانه به مقاومت ناحیه لایه مرزی منجر به سطح گسیختگی نسبتاً صاف می شود. با افزایش مقاومت نسبی سنگدانه، سطح گسیختگی به مرور، ناهموارتر و معمولاً منجر به مقاومت کششی بیشتر می شود و خواص گسیختگی بهبود می یابد. از آنجا که مقاومت فشاری از خاصیت اساسی مصالح است و برای بتن سخت شده اندازه گیری می شود، رابطه بین مقاومت کششی و فشاری از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۷-۹- آزمایش مقاومت کششی بتن یا تست برزیلی

در آزمایش مقاومت خمشی بتن، در واقع ما به صورت غیر مستقیم همان مقاومت کششی بتن را اندازه گیری می کنیم. در این آزمایش، مقاومت بتن در برابر نیروهای عمودی وارد بر آن سنجیده می شود. به طور ساده تر می توان گفت مقاومت بتن در برابر خم شدن اندازه گیری می شود. مقاومت خمشی بتن به عنوان مدول گسیختگی و یا یکای مگاپاسکال (MPa) یا psi به دست می آید. آزمایش مقاومت خمشی بتن معمولاً با استفاده از روش بار سه نقطه ای (ASTM C78) یا روش بار مرکزی (ASTM C293) انجام می شود. ذکر این نکته ضروری است که عدد به دست آمده از طریق روش بار مرکزی، حدود ۱۵ درصد کمتر از عدد به دست آمده از روش بار سه نقطه ای است. همچنین در آزمایش ها مشاهده زمانی که میزان بار افزایش پیدا می کند، این اختلاف بیشتر می شود. به همین دلیل آزمایش بار سه نقطه ای بیشتر معمول است. درجه گسیختگی یا مقاومت خمشی بتن معمولاً ۱۰ تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری بتن است.

مواد مخلوطی در بتن، کیفیت و اندازه سنگدانه ها از عوامل تاثیرگذار در میزان مقاومت خمشی بتن هستند. مقاومت خمشی بتن یکی از مقادیر بسیار مهم است که طراحان سازه برای طراحی قطعاً به مقدار آن احتیاج دارند. عوامل زیادی در مقاومت خمشی بتن تاثیر دارند که از مهم ترین آنها می توان به رطوبت هوا در هنگام عمل آوری و شیوه عمل آوری بتن به طور کلی اشاره کرد. برای آزمایش و به دست آوردن مقدار مقاومت خمشی، به نمونه مکعب مستطیل احتیاج داریم که در استانداردهای مختلف اندازه های مختلفی برای آن ذکر شده است. اما؛ معمول ترین اندازه ای که استفاده می شود و معمولاً مورد ترجیح مهندسان عمران است، نمونه ای با اندازه ی $150 \times 150 \times 750$ میلی متر می باشد. آزمایش بایستی بلافاصله پس از خارج کردن بتن از عمل آوری

صورت بگیرد تا هیچگونه جمع شدگی در سطح بتن رخ ندهد. آزمایش مقاومت خمشی بتن در دستگاه صورت می گیرد که تصویر آن را در ذیل مشاهده می کنید.



شکل ۷-۱۰- دستگاه آزمایش خمشی بتن

مقاومت پیچشی

مقاومت پیچشی بتن به مدول گسیختگی آن و ابعاد عضو بتنی بستگی دارد.

مقاومت خستگی

خستگی به پدیده ای اطلاق می گردد که توسط آن، مصالح با اعمال تکراری بارها که به آن اندازه هم بزرگ نیستند با یک مرتبه اعمال باعث گسیختگی ره و سبب شکست مصالحه می ود. این پدیده اشاره به آن دارد که تحت تنش تکرار شده، تغییر پیش رونده دائمی داخلی در بتن ایجاد می شود. این تغییر که ممکن است به آسیب خستگی ارتباط داده شود، نه تنها شامل رشد ریز ترک ها، بلکه همچنین شامل جریانی ویسکوز یا خزش می باشد. معلوم شده است که خستگی تحت بارگذاری فشاری، کششی و خمشی رخ می دهد. مانند فلزها، همان عواملی که بر مقاومت استاتیک بتن اثر دارند، اثر مشتبّه بر خستگی دارند. اگر یک عضو بتنی تحت بارهای متناوب و تکراری قرار گیرد، به طوری که هر کدام از آن بارها از مقاومت فشاری عضو کمتر باشد، ممکن است به ناگهان تحت باری کوچک تر از مقاومت عضو گسیخته شود؛ به این بار، بار خستگی و به مقاومت متناظر، مقاومت خستگی می گویند. اصولاً مقاومت خستگی بتن فقط برای اعضای بتنی که تحت بارهای تکراری قرار می گیرند نظیر پل ها و یا پی های بتنی مربوط به ماشین آلات ارتعاشی، حائز اهمیت می باشد.

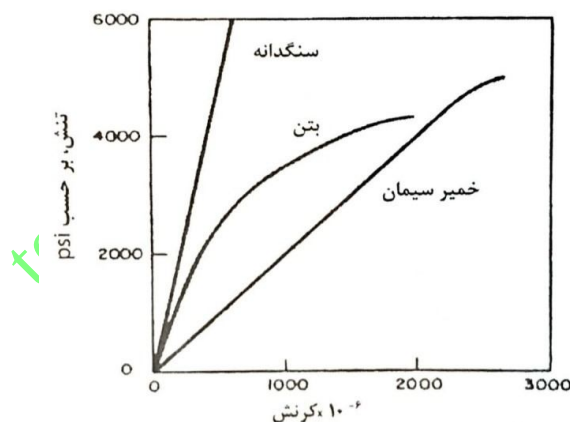
مقاومت ضربه ای

تحقیقات نشان داده است که هر چه مقاومت فشاری استاتیکی بتن بیشتر باشد، مقدار انرژی جذب شده در هر ضربه قبل از ترک برداشتن آن کمتر است؛ اگر مقاومت فشاری ثابت باشد هر چه در ساخت بتن از سنگدانه های درشت، گوشه دارتر و با سطوح ناصاف تر استفاده شده باشد، بتن مقاومت بیشتری در مقابل ضربه خواهد داشت. کاهش اندازه بزرگترین بعد دانه های مصرفی و استفاده از سنگدانه ها و مدول الاستیسیته و ضریب پواسون کوچک تر و نیز محدود کردن مقدار سیمان به حداکثر مقدار سیمان به حداکثر ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب تاثیرات مثبتی بر افزایش مقاومت بتن در مقابل ضربه از خود نشان داده است. بعضی از تحقیقات نشان داده است که مصرف مقدار بیشتر ماسه و نیز استفاده از ماسه خشن تر، مقاومت ضربه ای بهتری برای بتن فراهم می کند.

تأثیر شرایط نگهداری بتن بر مقاومت ضربه ای آن، تا حدودی متفاوت از تأثیر شرایط نگهداری بر مقاومت فشاری بتن است؛ مقاومت در مقابل ضربه برای بتنی که در آب نگهداری شده باشد، کمتر از مقاومت ضربه ای بتن خشک است؛ اگر چه بتن در آب نگهداری شده، می تواند ضربه های بیشتری را قبل از ترک خورد تحمل کند. همچنین تحت بارگذاری ضربه ای یکنواخت، مقاومت ضربه ای بتن به صورت چشمگیر بیش از مقاومت فشاری استاتیکی آن است؛ این بدان معناست که بتن قابلیت خوبی در جذب انرژی کرنشی تحت ضربه یکنواخت دارد.

رفتار ارتجاعی

خواص ارتجاعی مصالح در حقیقت شاخصی از سختی آن هاست، علی رغم رفتار غیر خطی بتن، تخمین مدول ارتجاعی بتن، برای تعیین تنش های ایجاد شده بر اثر کرنش های ناشی از اثرات محیطی، ضروری می باشد. همچنین این ضریب برای محاسبه تنش های طراحی ناشی از بار در اجزای ساده و نیز محاسبه ی لنگرها و تغییر شکل ها در سازه های پیچیده، لازم می باشد. باتوجه به منحنی های تنش کرنش برای سنگدانه، خمیر سیمان و بتن تحت فشار تک محوری نشان داده شده در شکل (۷-۱۱)، کاملاً مشهود است که بتن در مقایسه با سنگدانه و خمیر سیمان ماده ای ارتجاعی نیست. نه تنها کرنش ایجاد شده در بتن بر اثر بار آبی با تنش وارد شده به طور مستقیم رابطه ای ندارد؛ بلکه در باربرداری نیز کرنش ها کاملاً به حالت اولیه بر نمی گردند. در حال حاضر روشن شده است که حتی قبل از اعمال بار خارجی به بتن، ترک های ریزی در ناحیه انتقال بین خمیر سخت شده و شن وجود دارد. در شرایط عمل آوری معمولی به علت تفاوت ضرائب ارتجاعی، کرنش متفاوتی مابین خمیر و شن اتفاق می افتد که عامل ایجاد ترک ها در ناحیه انتقال می باشند. در بارهای کمتر از ۳۰ درصد بار نهایی، ترک ها در ناحیه انتقال پایدار مانده و در نتیجه منحنی تنش - کرنش خطی باقی می ماند. ولی در بارهای بیش از ۳۰ درصد نهایی منحنی تنش - کرنش از حالت خط راست خارج می شود. به هر حال تا تنش های حدود ۵۰ درصد تنش نهایی منحنی تنش نهایی می توان فرض کرد که حالت پایداری از ریز ترک ها در ناحیه انتقال وجود دارد و در این حالت ترک های ایجاد شده در خمیر سیمان قابل ملاحظه نیستند.



شکل ۷-۱۱- رفتار تنش - کرنش خمیر سیمان، سنگدانه و بتن

ضرایب پواسون

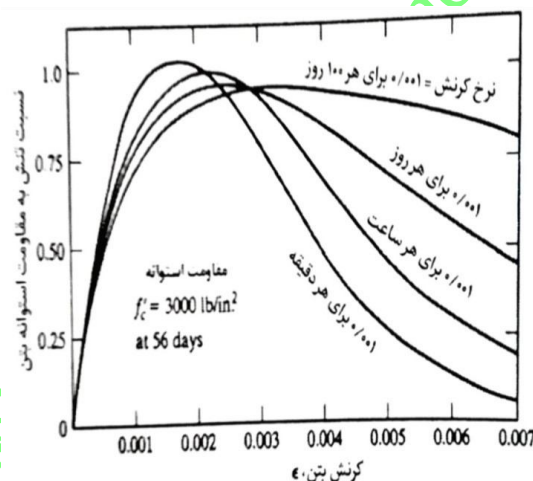
برای موادی که تحت بار محوری ساده قرار می گیرند نسبت تغییر شکل های نسبی (کرنش) جانبی به کرنش های محوری در محدوده ارتجاعی، ضریب پواسون نام دارد. ضریب پواسون اغلب برای بیشتر محاسبات طراحی بتن مورد نیاز نیست. در بتن های مختلف ضریب پواسون اغلب بین ۱۵/۰ تا ۲/۰ تغییر می کند. بررسی ها نشان می دهند که ارتباط ثابتی بین ضریب پواسون و مشخصات بتن، نظیر نسبت آب به سیمان، سن عمل آوری و دانه بندی سنگدانه وجود ندارد. به هر حال ضریب پواسون در بتن هایی با مقاومت زیاد، کمتر و در بتن های خیس و اشباع و بتن هایی که تحت بارگذاری دینامیکی قرار دارند بیشتر است.



مقاومت و افزودنی های بتن

نرخ بارگذاری

وقتی که نرخ بارگذاری افزایش می یابد، مقاومت های کششی و فشاری افزایش می یابد. اثر پاسخ فشاری در شکل (۷-۱۲) نشان داده شده است. حساسیت نرخ کرنش بتن به درجه اشباع شدن ارتباط نزدیکی دارد، بر این اساس بتن های خیس نسبت به بتن های خشک حساسیت کمتری به نرخ کرنش نشان می دهند.



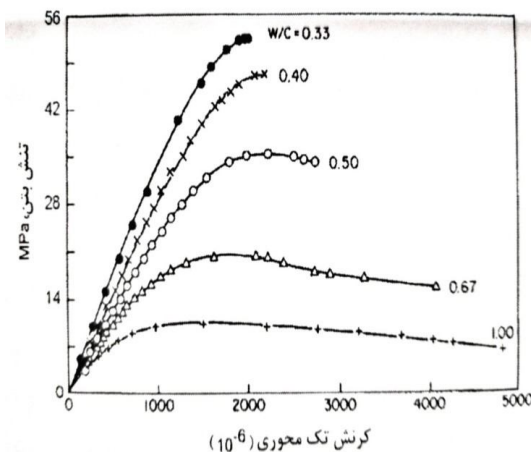
شکل ۷-۱۲ - منحنی تنش - کرنش برای نرخ های مختلف کرنش تحت بارگذاری فشاری

رفتار و عملکردی که بتن در طول زمان و در اثر تغییر و تحول داخلی و جابجایی آب در حفره های موئینه خمیر سیمان و احتمالاً خروج آن از خمیر سیمان هیدراته شده از خود نشان می دهد، رفتار فیزیکی بتن، خوانده می شود. **رفتار فیزیکی بتن** عمدتاً شامل پدیده های جمع شدگی، تغییر شکل کشسان و ناکشسان (تحت نرخ های بارگذاری زیاد) و خزش می شود.

تغییر شکل کشسان و ناکشسان

کرنش فشاری

در منحنی های شکل (۶-۱) مقدار تنش و کرنش فشاری را که به طور آبی بر اثر بارگذاری بتن غیر مسلح پدید می آیند، مشاهده می کنید. سه منحنی بالایی نشان می دهند که برای نسبت های آب به سیمان ۵۰ درصد یا کمتر و کرنش های تا یک میزان متناسب با تنش است. به بیان دیگر، بتن در این محدوده تقریباً کشسان است. منحنی ها یا بخش هایی از منحنی ها که در خارج این محدوده قرار داشته باشند، نمایانگر رفتار ناکشسان بتن هستند. منحنی های مربوط به بتن با مقاومت بالا دارای نقاط اوج نوک تیزی اند، در حالیکه منحنی های مربوط به بتن های با مقاومت پایین تر از ناحیه ی اوج طولانی و نسبتاً همواری برخوردارند.



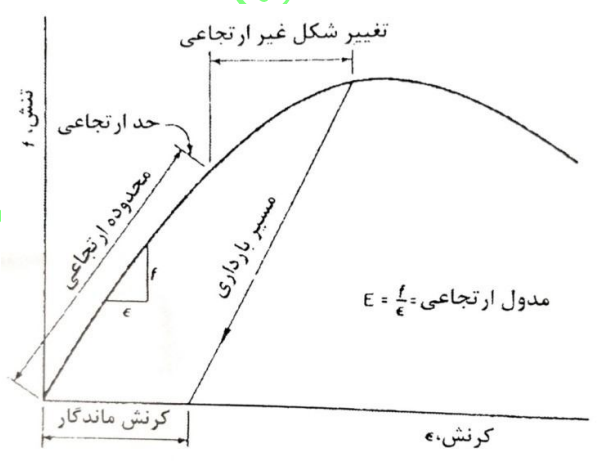
شکل ۱-۶- منحنی تنش- کرنش برای آزمایش فشاری

تست ها و آزمایش های غیر مخرب بتن

آزمایش هافسل بتن یا پتانسیل خوردگی در بتن

آشنایی با روش های تعمیر و مقاوم سازی سازی های بتنی

وقتی از بتن در ناحیه ی ناکشسان باربرداری معمولاً با مسیر اصلی بارگذاری اولیه موازی نخواهد بود. بنابراین مقدار تغییر شکل ماندگار پس از باربرداری با توجه به مقدار تغییر شکل ناکشسان بتن، تغییر خواهد داشت (شکل ۶-۲). اصطلاح «کشسان یا الاستیک» برای توصیف کلی رفتار بتن مناسب به نظر نمی رسد؛ زیرا کرنش غالباً ممکن است در ناحیه ی ناکشسان قرار داشته باشد. به همین دلیل، اغلب برای توصیف رفتار بتن از واژه «کرنش لحظه ای» استفاده می شود.



شکل ۲-۶- منحنی تعمیر یافته ی تنش- کرنش برای بتن

کرنش برشی

بتن تحت نیروهای برشی مثل سایر مصالح دیگر، تغییر شکل می دهد. کرنش برشی برای تعیین مسیرهای بار یا نحوه ی توزیع نیروهای در آره های نامعین، مانند موردی که هم دیوارها و هم ستون های یک قاب ساختمانی بتنی در تحمل بار جانبی سهم داشته باشند، دارای اهمیت است. هر چند که مقدار جابجایی برش خیلی زیاد نیست ولی در اعضای کوتاه و چاق مقدار آن قابل توجه است، در اعضای بزرگ تر مقدار کرنش برشی بسیار کوچک تر از کرنش های خمشی است و جابه جایی برشی تحت الشعاع جابجایی های خمشی قرار می گیرد.

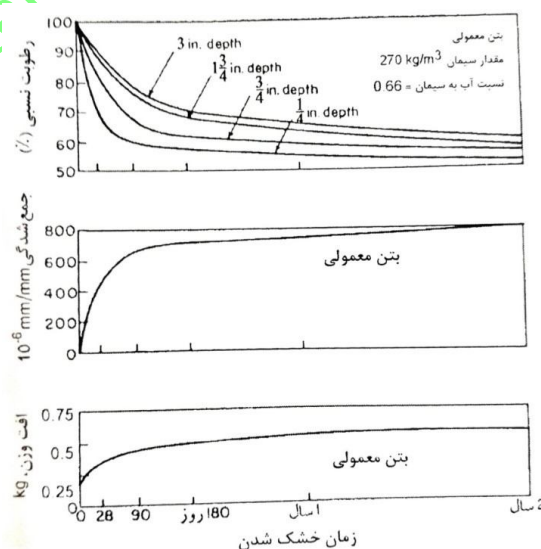


کرنش پیچشی

پیچش نیز می تواند باعث خرابی اعضای بتنی غیر مسلح مستطیل شکل شود. پیچش ر امتداد محور عضو باعث ایجاد خمش در حول محوری موازی با وجه بزرگتر عضو و تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور طولی عضو می شود که در نهایت می توان انهدام عضو انجامد. با وجودی که بتن تا مقدار نهایی لنگر پیچشی کشسان تا حد قابل قبولی رفتار ارتجاعی دارد ولی ریز ترک ها در لنگرهای پیچشی پایین پدید می آیند.

جمع شدگی

افت یا انقباض که به نام های آب رفتگی و یا جمع شدگی بتن نیز خوانده می شود، در حقیقت جمع شدگی و کاهش حجم بتن است که با خارج شدن آب جذب شده در ساختار داخلی بتن اتفاق می افتد در حقیقت نسبت آب به سیمان افزون بر ۲۵/۰ آب اضافی در خمیر سیمان ایجاد می کند که ظرفیت جذب برای انجام واکنش های شیمیایی را ندارد. این آب در فضای داخلی خمیر سیمان ایجاد حفره و روزه های موئین می کند ولی با خشک شدن تدریجی بتن، از آن خارج شده و تمایل به جمع کنی بتن را ایجاد می نماید. از طرفی برای بتن به دلیل قیود متعددی که آن را فرا گرفته است امکان جمع شدگی وجود ندارد و بنابراین تمایل به جمع شدگی، در بتن ایجاد تنش های کششی کرده و منجر به ترک خوردگی ناشی از انقباض می شود. بسته به اینکه پدیده جمع شدگی در چه مرحله ای از عمر بتن اتفاق بیفتد، انواع مختلفی از جمع شدگی واکسیناسیون و جمع شدگی حرارتی تعریف می شود.

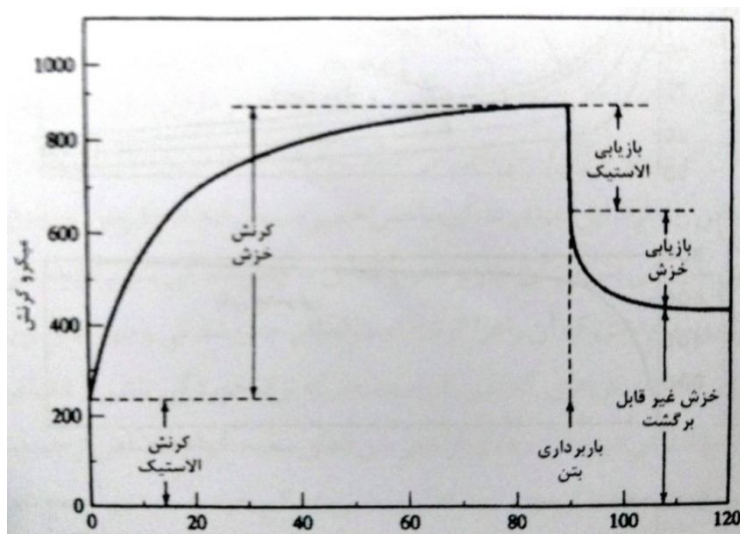


شکل ۶-۳- رابطه بین توزیع رطوبت نسلی محیط، جمع شدگی حین خشک شدن و کاهش وزن

خزش در بتن

بتن، آثار خزش (جمع شدگی) از خود به نمایش می گذارد. این خزش عبارت از تغییر شکل در فشار ثابت است که با گذشت زمان افزایش می یابد. جمع شدگی بتن (جمع شدگی پایه) را می توان با استفاده از روش ASTM C512 تحت فشار اندازه گیری نمود. دو نوع خزش (جمع شدگی) وجود دارد: جمع شدگی پایه که در آن نمونه تحت شرایط رطوبت ثابت است و جمع شدگی ناشی از خشک شدن که نمونه در طی یک دوره تحت بار، خشک گردیده است.

جمع شدگی خمیر سیمان با یک نرخ کاهش تدریجی، افزایش می یابد. این نرخ نزدیک به مقداری چندین برابر بزرگ تر از تغییر الاستیک است (شکل ۴-۶). بخشی از جمع ذگی، همان طور که در انقباض خشک دیده می شود قابل برگشت مجدد نیست. در باربری، تغییر شکل ناشی از برگشت الاستیک سریعاً کاهش می یابد. این برگشت سریع، با کاهش تدریجی تری در تغییر شکل ناشی از جمع شدگی طی می شود. باقی مانده تغییر شکل، تحت شرایط تعادل «خزش غیرقابل برگشت» نامیده می شود. جمع شدگی با افزایش نسبت آب به سیمان زیاد می شود و به رطوبت نسبی و میزان آب مخلوط بسیار حساس است.



شکل ۴-۶ - جمع شدگی و برگشت خمیر سیمان در حالت تعادل با محیط اطراف

رطوبت محیط هر چه بالاتر باشد و یا مقاومت بتن افزایش یابد، میزان خزش کاهش خواهد یافت. در مقابل با افزایش تنش فشاری، میزان خزش نیز افزایش می یابد. اصولاً تا ۳ ماه پس از بارگذاری بر بتن، حدود ۵۰ درصد از کل خزش و تا یک سال پس از آن حدود ۸۵ درصد کل خزش انجام می شود. در دراز مدت، کرنش ناشی از هر می تواند تا دو برابر کرنش پلاستیک اولیه باشد. از مواردی که خزش در سازه های بتن آرمه تاثیر گذار است، می توان به تغییر شکل یا خیز تیرها اشاره کرد؛ به طوری که خیز دراز مدت تیرهای بتن آرمه ممکن است تا دو برابر خیز آبی آنها باشد. به همین دلیل ممکن است در اثر چنین تغییر شکل های وابسته به زمان در اعضای خمشی بتن آرمه، ترک خوردگی هایی در نازک کاری و گچ بری زیر آنها با گذشت زمان مشاهده گردد.

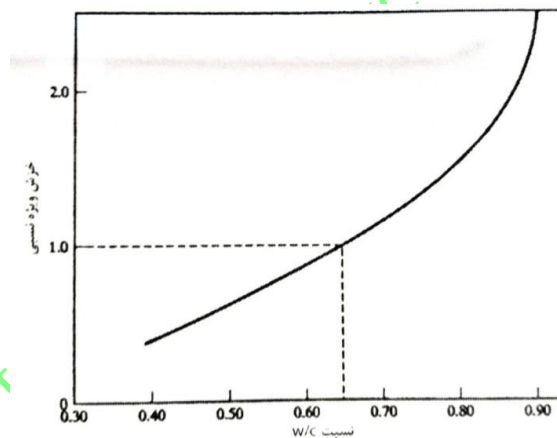


رفتار بتن تازه

عوامل موثر در خزش

نسبت آب به سیمان

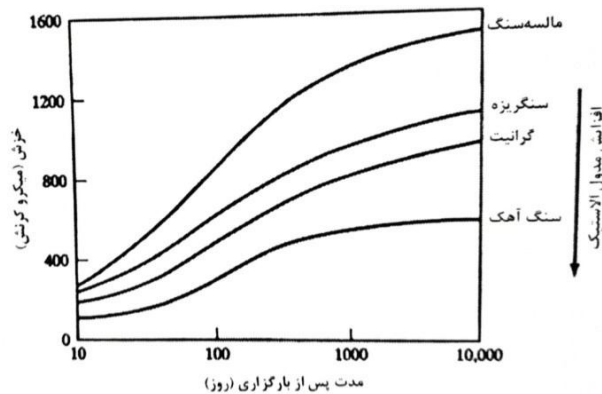
تغییر در نسبت آب به سیمان بتن به معنی تغییر در مقدار سیمان و مقاومت بتن می باشد. وقتی این عوامل منظور شوند، معلوم خواهد شد که با افزایش یافتن نسبت W/C خزش افزایش خواهد یافت (شکل ۶-۵). بر همین اساس، ممکن است این انتظار باشد که خزش بتن باید تابع مقاومت فشاری آن باشد؛ زیرا یکی از عوامل مهم مقاومت فشاری نسبت آب به سیمان است.



شکل ۶-۵- اثر نسبت W/C در خزش بتن

اثر سنگدانه

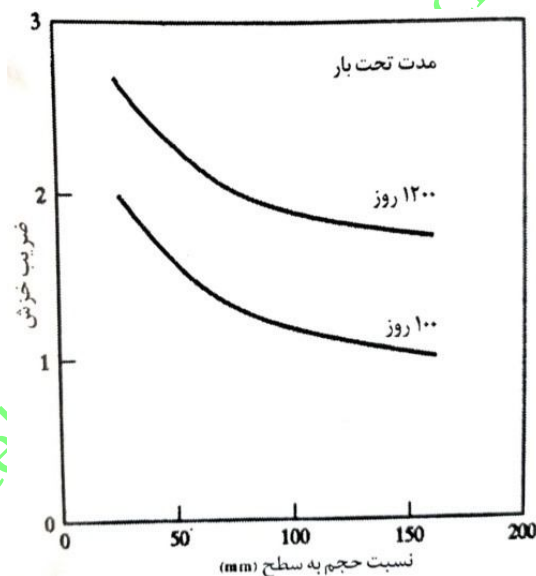
نقش سنگدانه در خزش، مشابه جمع شدگی است. آنها به عنوان قید، عمل می کنند تا پتانسیل تغییر شکل های خمیر سیمان را کاهش دهند. بنابراین، مقدار سنگدانه و مدول الاستیسیته (شکل ۶-۶) مهم ترین پارامترهای تاثیر گذار خزش بتن است. اندازه، دانه بندی و بافت سطح سنگدانه اثر کمی دارند.



شکل ۶-۶- اثر مدول سنگدانه در خزش

هندسه آزمون

مادامی که آزمون تحت بار است وقتی که خشک شدگی رخ می دهد، عواملی مانند اندازه و شکل آزمون اهمیت پیدا می کنند. بنابراین نسبت حجم به سطح و ضخامت آزمون بر کل خزش اثر می گذارند به همان ترتیب که بر جمع شدگی، خشک شدگی اثر گذار هستند. (شکل ۶-۷)



شکل ۶-۷- اثر حجم به سطح در خزش عضو بتنی



رفتار فیزیکی بتن

واتر پروف پودری MTOSEAL/P

پودر دفع کننده آب جهت آببندی

MTOSEAL/P ماده کاهش دهنده نفوذ پذیری بتن می باشد که برپایه اسیدهای چرب تولید گردیده است. در طراحی و تولید سازه های بتنی که در معرض شرایط سخت و آسیب های جوی قرار می گیرند، نفوذپذیری بتن عامل تعیین کننده ای برای پیش بینی و ارزیابی دوام آن است، هر اندازه قابلیت عبور آب کمتر باشد بتن از دوام و استحکام بیشتری برخوردار است. نفوذپذیری آب در بتن معمولاً ناشی از ایجاد فضای خالی و منافذ زیر به هم پیوسته ای است که عدم تراکم بتن و یا ترکهای انقباضی حاصل از تبخیر آب بتن در حالت های خمیری و سخت شدن بوجود می آید. لذا با توجه به این که بتن با طرح مخلوط صحیح و با نسبت آب به سیمان و مواد سنگی مرغوب تا حدودی غیرقابل نفوذ است اما عموماً بهتر است به جای تحمل هزینه اضافی در مصرف سیمان اضافی مقدار کنترل شده ای از مواد واترپروف به مخلوط افزوده و نسبت آب به سیمان را کاهش داد.

مصارف

- MTOSEAL/P جهت ساخت بتن های نفوذناپذیر و ملاتهایی که واترپروف بودن آنها الزامی می باشد.
- جهت جلوگیری از نفوذ محلول های شیمیایی
- جهت آب بندی مخازن، استرها، سدها و تونل ها
- فونداسیون اسکله های دریایی

خصوصیات ویژه

مواد MTOSEAL/P حاوی مواد پرکننده خلل و فرج و مواد دافع آب می باشد که طی واکنش با ترکیبات حاصل از هیدراتاسیون سیمان قشری هیدروفوبیک در داخل منافذ و حفره های بتن بوجود می آورد. این قشرها پایدار بوده و نقش دافع آب را ایفا می کند و دارای خصوصیات ذیل می باشد :

- شبکه مجاری ریز موجود در جسم بتن را که با یکدیگر مرتبط می باشند مسدود کرده و از این طریق بر نفوذناپذیری بتن می افزاید.
- ماده MTOSEAL/P بتن ر قطبی نموده و سبب روانی بتن می گردد بطوری که می توان تا ۱۰٪ از آب مصرفی بتن را کم نمود که این عمل سبب فشردگی بتن و افزایش مقاومت آن می گردد.
- نفوذ آب از سطح به عمق و بافت درونی را کاهش می دهد و از یخ زدگی آن پیشگیری می کند.

- مقاومت و دوام بتن را در مقابل تهاجم سولفات های محلول فزونی می بخشد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
وزن مخصوص	gr/cm ³ 01/1
رنگ	سفید
حالت فیزیکی	پودر
یون کلر	ندارد
PH	7- 6



نحوه مصرف و نکات ضروری

MTOSEAL/P جهت استفاده بایستی واتر پروف را به مقدار مناسب با سیمان، ماسه کاملاً مخلوط نمود (ماده واترپروف بایستی به طور یکنواخت در تمامی قسمت های بتن پخش شود) جهت حفظ سیالیت بهتر است از فوق روان کننده جهت حصول مقاومت بالا استفاده نمود ضروری است در هنگام تولید بتن نسبت آب به سیمان به دقت کنترل شده و از ۴۰٪ تجاوز ننماید، در غیر این صورت آب اضافی موجود باعث ایجاد تخلخل و در نتیجه نشت آب می گردد. استفاده بیش از ۳ برابر مذکور بدون استفاده از فوق روان کننده باعث ایجاد کاهش مقاومت بتن می گردد.

واترپروف را می توان در ظروف در بسته به دور از نور مستقیم آفتاب در دمای ۵ الی ۲۵°C به مدت ۲ سال نگهداری نمود.

میزان مصرف

میزان مصرف MTOSEAL/P به ضخامت بتن بستگی دارد. معمولاً برای بتن تا ضخامت ۱۵ سانتیمتر در حدود ۳ درصد وزن سیمان مصرفی و برای ضخامت بتن بالای ۱۵ سانتیمتر ۱/۵ الی ۲ درصد وزن سیمان مصرفی را می توان استفاده نمود.

بسته بندی

MTOSEAL/P در کیسه های ۲۰ کیلوگرمی عرضه می شود.

انبارداری

این محصول را به دور از تابش خورشید و بارندگی و روی پالت نگهداری نمایید. در ضمن تحت فشار زیاد قرار نگیرد. عدم رعایت روش انبارداری مناسب باعث صدمه دیدن محصل و یا بسته بندی آن می شود. عمر مفید MTOSEAL/P شش ماه می باشد.

احتیاط

همانند سایر محصولات شیمیایی، توجه خاصی در زمان انبارداری و حمل و نقل به عمل آید. از تماس با مواد غذایی، پوست بدن و چشم ها خودداری گردد. در صورت تماس احتمالی بلافاصله موضع را با آب بشویید. در صورت بلع ناگهانی به پزشک مراجعه نمایید. در ظروف را پس از مصرف ببندید.

افزودنی های زودگیر کننده و شتاب دهنده بتن

شتاب دهنده ها

به باور همگانی، واکنش های اولیه ترکیبات سیمان پرتلند با آب درون محلول رخ می دهند (درون محلولی اند) یعنی ترکیبات در ابتدا یونیزه می شوند و سپس محصولات آگیری در محلول شکل می گیرند. از آنجا که حلالیت محصولات آگیری محدود است، این محصولات به شکل بلور رسوب می کنند و از محلول خارج می شوند. پدیده های سفت شدگی، گیرش و سخت شدگی خمیر سیمان پرتلند از فرآیند بلوری شدن پیشرونده محصولات

آگیری سرچشمه می گیرند. بنابراین می توان چنین انگاشت که با افزودن برخی از مواد شیمیایی حل شونده به مخلوط سیمان پرتلند و آب می توان بر آهنگ یونیزه شدن ترکیبات سیمان بر روند بلوری شدن محصولات آگیری تاثیر گذاشت و در نتیجه، گیرش یا سخت شدن خمیر سیمان را دستخوش تغییر کرد. نیاز به سرعت بخشیدن روند کسب مقاومت، به ویژه برای بتن ریزی در هوای سرد، و کاهش زمان گیرش بتن موجب پیدایش و گسترش افزودنی های شتاب دهنده بتن شده است. در این بخش شتاب دهنده ها مورد بررسی قرار می گیرند.

شاب دهنده ها با تند کردن روند آگیری سیمان موجب کاهش زمان گیرش (زودگیری)، افزایش آهنگ کسب مقاومت (زودسخت شدن)، یا هر دو می شوند. برخی از افزودنی ها با افزایش چسبندگی خمیر، عملکردی مشابه شتاب دهنده ها دارند.

دسته بندی

شتاب دهنده ها براساس عملکرد و کاربریشان به چهار گروه اصلی تسریع کننده (تندگیر کننده)، زودگیر کننده، آنی گیر کننده، و زود سخت کننده تقسیم می شوند. ممکن است در برخی موارد در عملکرد این چهار گروه اصلی همپوشانی هایی وجود داشته باشد.

۱- تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها)

طبق تعریف تسریع کننده (تندگیر کننده) ماده افزودنی است که زمان گیرش و آغاز تغییر حالت مخلوط بتن از خمیری به جامد (صلب) را کاهش می دهد. به عبارت دیگر، تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) آهنگ سفت شدن بتن و افت روانی (اسلامپ) آن را سرعت می بخشند.

۲- زودگیر کننده ها

زودگیر کننده، که افزودنی زودگیر بتن پاشی (شاتکریت) نیز نامیده می شود، طبق تعریف افزودنی است که در حین پاشش یا پیش از پاشش به مخلوط افزوده می شود تا شتابی بسیار سریع در گیرش یا سخت شدن مخلوط پاشیده شده پدید آورد. محدوده زمانی عملکرد زودگیرهای بتن پاشی بسیار کوتاه تر از تسریع کننده های (تندگیر کننده های) متعارف بتن است.

۳- آنی گیر کننده ها

آنی گیر کننده ها نوعی **زودگیر کننده بتن** هستند که زمان گیرش خمیر سیمان (سفت شدن) را به شدت کاهش می دهند (حدود ۶۰ ثانیه) و گیرش آنی پدید می آورند. آنی گیرها برای انسداد نشت آب (نشت بندی) یا پاشیدن بتن بر روی جداره های مرطوب به کار می روند.

۴- زودسخت کننده ها

زودسخت کننده طبق تعریف ماده افزودنی است که، با یا بدون تاثیر بر روی زمان گیرش، روند کسب مقاومت های کوتاه مدت بتن را شتاب می دهد (تسریع می کند).

مکانیزم عملکرد شتاب دهنده ها

شتاب دهنده ها به طور عمده از نوع افزودنی های با عملکرد شیمیایی هستند و با تاثیر بر فرآیند آبیگری سیمان و ساختار محصولات آبیگری، این واکنش را تسریع می بخشند. آبیگری سیمان فرآیندی پیچیده است که در آن، ترکیبات مختلف سیمان علاوه بر واکنش با آب بر یکدیگر نیز اندر کنش دارند. سیلیکات ها ($C2S$, $C3S$) و آلومینات ها ($C4AF$, $C3S$) بیشترین بخش سیمان را تشکیل می دهند.

آلومینات ها با سرعت خیلی زیادتری نسبت به سیلیکات ها هیدراته می شوند. در واقع، مشخصه های سفت شدن (از دست دادن روانی) و گیرش (جامد شدن) خمیر سیمان پرتلند تا حدود زیادی به وسیله واکنش های آبیگری آلومینات ها کنترل می شوند. سیلیکات ها که حدود ۷۵ درصد سیمان پرتلند معمولی را تشکیل می دهند، نقش اصلی را در تعیین مشخصه های سخت شدن (روند کسب مقاومت) به عهده دارند.

واکنش های آبیگری سیلیکات ها و آلومینات ها اگر چه از نظر شیمیایی به دو شیوه جداگانه انجام یم شوند ولی در عمل مستقل از هم نیستند و بر یکدیگر اندرکنش دارند. برای مثال، تسریع واکنش آلومینات ها گرمای زیادی آزاد می کند که می تواند به تسریع واکنش سیلیکات ها منجر شود. برای درک مکانیزم واکنش شتاب دهنده ها، با یک فرض ساده انگارانه و برای سادگی می توان چنین انگاشت که در زمان شروع واکنش آبیگری، آلومینات ها بیشترین تاثیر را بر گیرش و رفتار سفت شدن و سیلیکات ها بیشترین تاثیر را بر سخت شدن و روند کسب **مقاومت سیمان** می گذارند. دوباره تاکید می شود که در عمل به دلیل پیچیدگی فرآیند آبیگری، مرز شفافی بین این واکنش ها به این صورت که بیان شد وجود ندارد.



۱- تسریع کننده های (تندگیر کننده های) بتن

تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) بسته به ترکیبات شیمیایی که دارند، ممکن است عملکرد متفاوتی از خود نشان دهند ولی انتظار می رود عملکرد کلی آنها تسریع واکنش آلومینات های سیمان باشد. در روند واکنش آبیگری سیمان، در همان ابتدا سولفات کلسیم (گچ) موجود در سیمان با سه کلسیم آلومینات ($C3A$) واکنش

نشان می دهد و اترینگایت پدید می آورد. اترینگایت های تشکیل شده دانه های سیمان را مانند یک پوشش متراکم در بر می گیرند و رسیدن آب به باقیمانده دانه های سیمان مانع می شوند و در نتیجه روند آگیری آنها را با تاخیر مواجه می کنند. این موضوع به حفظ کارآیی بتن در یک بازه ی زمانی محدود کمک می کند. زمانی که همه سولفات موجود واکنش نشان دادند و به اترینگایت ها چسبیدند، آلومینات اضافی موجود در محیط با اترینگایت ها واکنش نشان می دهند و سولفات ها را جدا می کنند و تشکیل مونوسولفات می دهند. نفوذپذیری مونوسولفات بیشتر از اترینگایت است و اجازه دسترسی آب به دانه های سیمان و ادامه روند واکنش آگیری را فراهم می کند. با افزودن تسریع کننده های (تندگیر کننده های) پایه آلومیناتی به سیمان، مقدار آلومینات در دسترس برای واکنش و تبدیل اترینگایت به مونوسولفات به طور ناگهانی افزایش می یابد و روند آگیری آلومینات ها و در نتیجه سرعت گیرش بتن شتاب می یابد. از دیدگاهی دیگر، تسریع کننده های (تندگیر کننده های) بتن، عمدتاً تبدیل اترینگایت به مونوسولفات را شتاب می دهند. ضوابط عملکردی و الزامات ویژه برای افزودنی های تسریع کننده (تندگیر کننده) بتن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ضوابط عملکردی و الزامات ویژه برای افزودنی های تسریع کننده (تندگیر کننده) بتن (در روانی یکسان)

ردیف	ویژگی	روش آزمون	الزامات
1	زمان گیرش	EN 480	زمان گیرش اولیه نباید بیشتر از ۱۰ دقیقه و زمان گیرش نهایی نباید بیشتر از ۶۰ دقیقه باشد (نتیجه دو آزمون از هر سه آزمون).
2	مقاومت فشاری	ISIRI 3206	-مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۷۵٪ مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد. -مقاومت فشاری ۹۰ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن باشد.

تسریع واکنش آلومینات ها معمولاً منجر به آزاد شدن گرمای زیادی می شود که بر واکنش آگیری سیلیکات ها نیز تاثیر می گذارد و آن را سرعت می بخشد ولی انواعی از تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) مانند تری اتانول آمین هم وجود دارند که واکنش آلومینات ها را با گچ (تشکیل اترینگایت) تسریع می کنند ولی بر واکنش سیلیکات ها تاثیری ندارند (در مواردی ممکن است حتی این واکنش کند هم بشود).

نکته- برخی از افزودنی های با عملکرد شیمیایی بسته به مقدار مصرف ممکن است اثر زودگیری یا کندگیری داشته باشند.

۲- زودگیر کننده های بتن پاشی

زودگیر کننده های بتن پاشی می توانند عملکرد شیمیایی یا فیزیکی داشته باشند. مکانیزم عملکرد زودگیر کننده های با عملکرد شیمیایی بسیار شبیه به تسریع کننده ها یعنی تسریع واکنش آلومینات ها است. بسیاری از زودگیر کننده های بتن پاشی علاوه بر شتاب دادن به فرآیند گیرش **سیمان**، روند سخت شدن (مقاومت زودرس) آن را نیز شتاب می دهند. ضوابط عملکردی برای افزودنی زودگیر کننده بتن پاشی در جدول زیر آورده شده است.

جدول ضوابط عملکردی برای افزودنی های زودگیر کننده بتن پاشی

ردیف	ویژگی	روش آزمون	الزامات
1	زمان گیرش	EN 480	زمان گیرش اولیه نباید بیشتر از ۱۰ دقیقه و زمان گیرش نهایی نباید بیشتر از ۶۰ دقیقه باشد (نتیجه دو آزمون از هر سه آزمون).

2	مقاومت فشاری	ISIRI 3206	-مقاومت فشاری ۲۸ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از ۷۵٪ مقاومت فشاری مخلوط شاهد باشد. -مقاومت فشاری ۹۰ روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن باشد.
---	--------------	------------	--

زودگیر کننده های با عملکرد فیزیکی نوعی اصلاح کننده رئولوژی هستند که بدون دخالت در واکنش آبیگری، موجب سفت شدن سریع بتن پاشیده می شوند. از جمله اصلاح کننده های رئولوژی می توان سیلیکات سدیم (آب شیشه) و سیلیس کلوییدی رسوبی را نام برد. در حال حاضر به دلیل اثرات کاهندگی که سیلیکات سدیم بر مقاومت دارد، از سیلیکات سدیم اصلاح شده استفاده می شود که در مقادیر مصرف متعارف (کمتر از ۲۰ درصد جرم سیمان) در واکنش آبیگری دخالت نمی کند و عملکردی شبیه چسب دارد و با افزایش آنی خاصیت چسبانندگی خمیر سیمان (در کمتر از ۱۰ ثانیه)، از طلبه کردن و واریز بتن پاشیده شده جلوگیری می کند. سیلیکات سدیم اصلاح شده آب درون مخلوط را بی درنگ جذب می کند (رفتاری مانند خشک کننده های جاذب آب) و سبب سفتی و افت سریع اسلامپ بتن می شود. بنابراین مقدار مصرف آن به مقدار آب مخلوط بستگی دارد یعنی هر چقدر آب اختلاط بیشتر باشد به سیلیکات سدیم اصلاح شده بیشتری برای در بند کشیدن آب مخلوط نیاز است.

۳- آنی گیرها

سه کلسیم آلومینات (C3A) به تنهایی در ترکیب با آب واکنش شدید و انفجار گونه ای پدید می آورد که منجر به گیرش آنی سیمان می شود. برای جلوگیری از گیرش آنی، در هنگام آسیاب کردن کلینکر مقداری سنگ گچ به آن اضافه و همزمان آسیاب می کنند. پس از ترکیب سیمان با آب، گچ موجود در سیمان با آلومینات های آن واکنش می دهد (تشکیل اترینگایت) و از ترکیب مستقیم آلومینات ها با آب (واکنش انفجار گونه) و در نتیجه از گیرش آنی جلوگیری می کند. برخی از آنی گیرها مانند آلومینات سدیم و پتاسیم به سرعت (بی درنگ) با گچ موجود در سیمان ترکیب می شوند و آن را از محیط خارج و از تشکیل اترینگایت (محصول واکنش گچ و آلومینات) در اطراف دانه های سیمان جلوگیری می کنند. این موضوع سبب می شود که سه کلسیم آلومینات (C3A) بتواند به طور مستقیم با آب ترکیب شود و گیرش آنی پدید آورد. دسته ای دیگر از آنی گیر کننده ها با افزایش بیش از اندازه آلومینات ها در محیط، واکنش آبیگری سه کلسیم آلومینات (C3A) و تشکیل اترینگایت را به شدت شتاب می دهند (واکنش انفجاری) و گیرش آنی پدید می آورند. این واکنش گرمای زیادی در همان ابتدا آزاد می کند که بر واکنش آبیگری دیگر ترکیبات سیمان پرتلند و رسوب کردن نمک های کلسیم در محلول (تسریع آبیگری سیلیکات ها) نیز تاثیر می گذارد. بسیاری از زودگیر کننده ها پایه آلومیناتی در مقادیر مصرف زیاد می توانند آنی گیر کننده نیز باشند.

نکته - برخی از آنی گیر کننده ها مانند هیدروکسیدهای فلزات قلیایی، میزان قلیایی محیط را به شدت افزایش می دهند و موجب تسریع انحلال و تجزیه سیلیکات ها و شتاب دادن به آبیگری سه کلسیم سیلیکات (C3A) می شوند. این رفتار که در حقیقت نوعی سخت شدن آنی به شمار می آید بر گیرش پیشی می گیرد و مخلوط مستقیماً از حالت خمیری به حالت جامد در می آید (حالت میانی سفت شدن نامحسوس می شود).

۴- زود سخت کننده ها

مکانیزم عملکرد زودسخت کننده ها تسریع آبیگری سیلیکات ها است. بخش اصلی فرآیند آبیگری سیلیکات ها از نوع واکنش درون محلولی است. در این نوع واکنش، ترکیبات سیلیکات دار آبیگری نکرده در محلول به یون های تشکیل دهنده شان تجزیه می شوند و در فرآیند آبیگری، سیلیکات های هیدراته را تشکیل می دهند. در ابتدا، آهنگ تجزیه سیلیکات های کلسیم، به ویژه سه کلسیم سیلیکات (C3A)، تندتر از آهنگ پخش و پراکنده شدن یون های ایجاد شده است بنابراین هاله ای با غلظت زیاد از سیلیکات های هیدراته (C-S-H) که انحلال پذیری کمی هم دارند، در مجاورت سطح ترکیبات سیلیکات کلسیم (C3A و C2S) تشکیل

می شود. این موضوع موجب می شود که بخش مایع به سرعت از سیلیکات های هیدراته (C-S-H) فوق اشباع شود و لایه ای از محصولات هیدراته شده که نفوذپذیری اندکی دارد، شروع به رسوب به سطح سیلیکات های سیمان کند. یکی از ویژگی های مهم آگیری سه کلسیم سیلیکات (C3S) آن است که پس از یک شروع خیلی سریع واکنش با آب در ابتدای اختلاط، این واکنش کند می شود و اینگونه به نظر می رسد که متوقف شده است. دلیل این توقف واکنش، نفوذپذیری اندک سیلیکات های هیدراته شده رسوب کرده بر سطح سیلیکات های هیدراته نشده است که ادامه واکنش آگیری سیلیکات ها را متوقف می کند. دوره سکون واکنش زمانی پایان می یابد که این لایه تخریب شود یا ساختار آن تغییر کند و نفوذپذیری آن افزایش یابد.

زودسخت کننده ها به دو شیوه سخت شدن را شتاب می دهند. این مواد از یک سو با افزایش مقدار یون کلسیوم در محلول، مقدار ترکیبات آگیری کلسیم دار را افزایش و زمان تشکیل آنها را کاهش و میزان رسوب آنها را افزایش می دهند. از سوی دیگر نسبت آهک به سیلیس (C/S) را در سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) افزایش و در نتیجه نفوذپذیری لایه رسوب کرده بر سطح سیلیکات ها را افزایش و دوره سکون واکنش آگیری سیلیکات ها را کاهش می دهند.

نکته - برخی از کاهنده های آب به ویژه فراروان کننده ها با پراکنده نمودن دانه های سیمان از یکدیگر، سطح بیشتری از دانه ها را در معرض واکنش آگیری قرار می دهند. بنابراین برای یک مقدار مشخص از محصولات آگیری (C-S-H)، اندر کنش بین دانه های سیمان تسریع می شود و در نتیجه مقاومت افزایش می یابد. این موضوع، همچنان که در فصل دوم نیز اشاره شد، سبب شتاب دادن به آهنگ کسب مقاومت و زودسخت شدن می شود.

ضوابط عملکردی و الزامات ویژه برای افزودنی های زودسخت کننده بتن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول - ضوابط عملکردی و الزامات ویژه برای افزودنی های زودسخت کننده بتن (در روانی یکسان)

ردیف	ویژگی	روش آزمون	الزامات
1	مقاومت فشاری	ISIRI 3206	-در دمای 20°C، مقاومت 24 ساعته مخلوط آزمایشی (حاوی زودسخت کننده) نباید کمتر از 120٪ مخلوط شاهد (بدون زودسخت کننده) باشد. -در دمای 20°C، مقاومت 28 روزه مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 90٪ مخلوط شاهد باشد. -در دمای 5°C، مقاومت 48 ساعته مخلوط آزمایشی نباید کمتر از 130٪ مخلوط شاهد باشد.
2	مقدار هوای بتن تازه	ISIRI 3520	مقدار هوای مخلوط آزمایشی می تواند حداکثر تا 2٪ بیشتر از مخلوط شاهد باشد، مگر تولید کننده مقدار دیگری را مشخص کرده باشد.

ترکیبات شیمیایی و مواد تشکیل دهنده

ترکیبات شیمیایی و مواد تشکیل دهنده شتاب دهنده ها معمولاً شامل مواد شیمیایی زیر هستند که ممکن است به تنهایی یا در ترکیب با سایر مواد آلی و غیر آلی، فعال یا خنثی مورد استفاده قرار گیرند.

۱- تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها)

شناخته شده ترین تسریع کننده (تندگیر کننده) بتن تری اتانل آمین است که معمولاً برای جبران اثر کندگیر کنندگی برخی از کاهنده های آب، به عنوان بخشی از این افزودنی ها و همراه با آنها مورد استفاده قرار می گیرد. تری اتانل آمین به دلیل آن که با

توجه به مقدار مصرف ممکن است اثر تندگیری (مقادیر مصرف کم) یا اثر کندگیری (مقادیر مصرف زیاد) داشته باشد و نیز به دلیل آنکه واکنش آبگیری سیلیکات ها را به تاخیر می اندازد، کمتر به تنهایی به عنوان یک تسریع کننده (تندگیر کننده) مورد استفاده قرار می گیرد.

برخی دیگر از ترکیبات آلی در نسبت های کمتر آب به مواد سیمانی اثر تندگیری دارند که از جمله این ترکیبات می توان به اوره، اسید اگزالیک، برخی از ترکیبات حلقوی، ترکیبات تغلیظ شده آمین ها و فرمالیدهای اشاره کرد. باید توجه داشت که برخی از این ترکیبات همانند تری اتانل آمین آبگیری سیلیکات ها را به تاخیر می اندازند و در مقادیر مصرف زیاد ممکن است اثر کندگیری و دیر سخت شدن از خود بروز دهند. با توجه به محدودیت های کاربردی که تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) دارند، معمولاً برای تسریع گیرش بتن بهتر است ترکیبی از زودگیر کننده (در مقدار مصرف کمتر) و زودسخت کننده را به کار برد.

۲- زودگیر کننده ها

زودگیر کننده های بتن پاشی (افزودنی های **شاتکریت**) می توانند خاصیت بازی، خنثی، یا اسیدی داشته باشند. زودگیر کننده ها را بر پایه مقدار pH آنها می توان به دو دسته سوزآور و ناسوزآور تقسیم کرد. زودگیر کننده های ناسوزآور که غیرخورنده نیز نامیده می شوند، دارای ماهیتی تقریباً خنثی با مقدار pH بین ۵ تا ۹ هستند. نوع سوزآور که خورنده نیز نامیده می شود، دارای pH بین صفر تا ۵ (اسیدی) یا بین ۹ تا ۱۴ (بازی) است. از جمله زودگیر کننده های سوزآور می توان به بسیاری از نمک های معدنی حل شونده مانند آلومینات ها، هیدروکسیدها، کربنات ها، فلوروسیلیکات ها، سولفات آهن، فلورید سدیم، سولفیت آلومینیم، سیلیکات های قلیایی، تیوسولفات ها، و تیوسولفات ها اشاره کرد. سیلیکات سدیم اصلاح شده و برخی از ترکیبات ویژه اسیدهای قندی در گروه زودگیر کننده های ناسوزآور جای می گیرند. زودگیر کننده های بتن پاشی از دیدگاهی دیگر به دو گروه قلیایی و بدون قلیایی دسته بندی می شوند. منظور از زودگیر کننده بدون قلیایی، افزودنی است که مقدار کاتیون های قلیایی ($+K$ و $+Na$) آن کمتر از ۱٪ باشد. این موضوع برای کنترل احتمال واکنش قلیایی سیلیسی در مخلوط های حاوی سنگدانه های مستعد این واکنش است.

نکته - توجه شود که "بدون قلیایی" بودن زودگیر کننده الزاماً به معنی "ناسوزآور" بودن آن نیست.



۳- آبی گیر کننده ها

بسیاری از زودگیر کننده ها مانند آلومینات ها، هیدروکسیدهای فلزهای قلیایی، کربنات ها و سیلیکات ها در مقدار مصرف زیاد می توانند موجب گیرش آنی شوند. یکی دیگر از آنی گیرها، سیمان بدون سنگ گچ (کلینکر آسیاب شده بدون سنگ گچ) است که برای انسداد نشت آب کاربرد فراوانی دارد.

۴-زودسخت کننده ها

کلسیم کلراید اولین زودسخت کننده ای است که از سال ۱۸۸۵ میلادی مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه این ماده به دلیل تسریع خوردگی میلگردهای فولادی، در بتن مسلح کاربرد ندارد ولی می تواند در بتن غیر مسلح به کار رود. از زودسخت کننده های بدون کلراید می توان به فرمات کلسیم، نیتريت ها و نیترات ها اشاره کرد. بسیاری از فراروان کننده ها، به ویژه پلی کربوکسیلات ها، آهنگ کسب مقاومت را شتاب می دهند.

کاربرد

تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) به تنهایی کاربرد محدودی دارند و بیشتر برای جبران اثر کندگیر کنندگی برخی از روان کننده ها و به عنوان بخشی از افزودنی کاهنده آب به کار می روند. کاربرد دیگر تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) در کفسازی های بتنی است که با ماله پروانه ای پرداخت می شوند. برای این کاربرد خاص، تسریع کننده ها (تندگیر کننده ها) در مخلوط هایی که در انتها ریخته می شوند به کار می روند به گونه ای که زمان گیرش مخلوط های انتهایی و ابتدایی به یکدیگر نزدیک شود و بتوان همزمان تمام کف را پرداخت کرد. در اجرای رولایه ها بر روی بتن تازه برای سرعت بخشیدن به گیرش و نزدیک شدن زمان گیرش آنها به بتن زیر، از تسریع کننده های گیرش (تندگیر کننده ها) بتن استفاده می شود.

زودگیر کننده ها در بتن پاشی، به شیوه خشک یا تر، و برای کاهش زمان گیرش یا افزایش روند کسب مقاومت در تثبیت جداره های حفاری شده به کار می روند. برخی از زودگیر کننده ها در عملیات تزریق دوغاب سیمان در جاهایی که جریان آب در درزه و شکاف وجود دارد و به منظور جلوگیری از شسته شدن دوغاب تزریق شده کاربرد دارند. کاربرد عمده آنیگیر کننده ها در برخی از موارد بتن پاشی به ویژه پاشیدن بتن یا ملات به جداره های مرطوب یا ریزشی نیز استفاده می شود.

با استفاده از زودسخت کننده ها امکان دستیابی به مقاومت های زودرس فراهم می شود. از زودسخت کننده ها برای بتن ریزی در هوای سرد یا به منظور زود باز کردن قالب ها در دمای معمولی محیط استفاده می شود. کاربرد دیگر زودسخت کننده ها در برخی از ملات های تعمیراتی پایه سیمانی است. این موضوع به ویژه در تعمیر نقاطی که زود هنگام تحت بارگذاری قرار می گیرند، مانند تعمیر روسازی بزرگراه ها مطرح

می شود.

نکته - به طور کلی شتاب دهنده ها برای افزایش آهنگ کسب مقاومت تا ۲۴ ساعت در دمای کم و تا ۱۲ ساعت در دمای معمولی توجیه اقتصادی دارند. برای شتاب دادن به آهنگ کسب مقاومت در سایر موارد، استفاده از فوق روان کننده یا فراروان کننده به تنهایی پاسخگو و به صرفه تر هستند.

نکته - به طور کلی شتاب دهنده ها را نباید به عنوان مواد ضدیخ بتن تلقی نمود زیرا در مقادیر مصرف متعارف، این مواد نقطه انجماد بتن را تنها به میزان اندکی (کمتر از ۲ درجه سانتی گرد) کاهش می دهند.

نکته - افزودنی های مورد استفاده برای بتن ریزی در هوای سرد که در ایران به نام "**ضدیخ بتن**" ارایه می شوند در حقیقت نوعی زودسخت کننده هستند که امکان دستیابی به مقاومت های زودرس را در هوای سرد فراهم می آورند. ضدیخ بتن که برای کاهش نقطه انجماد بتن تازه و جلوگیری از یخ زدن آن مورد استفاده قرار می گیرد در مبحث "افزودنی های متفرقه" مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

تأثیر شتاب دهنده ها بر ویژگی های بتن تازه

۱- زمان گیرش

زمان گیرش بتن به ترکیبات شیمیایی و اندازه ذرات سیمان، دما و نسبت آب به سیمان بستگی دارد. ستاب دهنده ها در مقادیر مصرف متعارف، زمان گیرش اولیه و نهایی را کاهش می دهند. با استفاده از آبی گیر کننده ها می توان زمان گیرش را به ۱۵ تا ۳۰ ثانیه کاهش داد.

برخی از ستاب دهنده ها در مقادیر زیاد نه تنها زمان گیرش را کاهش نمی دهند بلکه ممکن است باعث کندگیری هم شوند.

۲- مقدار هوا

برخی از ستاب دهنده ها احتمال تشکیل حباب های هوا را در بتن تازه افزایش می دهند، بنابراین برای دستیابی به یک مقدار هوای مشخص در بتن حاوی ستاب دهنده به مقدار کمتری افزودنی هوازا نیاز است. گو اینکه ممکن است اندازه حباب های هوا و ضریب فاصله بین آنها افزایش پیدا کند و کارآمدی هوازایی کاهش یابد.

۳- کارآیی و روانی

ستاب دهنده ها بر کارآیی و مقدار روانی بتن تاثیری ندارند ولی به دلیل کاهش زمان گیرش، آهنگ افت روانی (اسلامپ) را افزایش می دهند.

۴- آب انداختگی

ستاب دهنده ها به دلیل تسریع واکنش آبگیری، مقدار و آهنگ آب انداختن را کاهش می دهند.

۵- حرارت آبگیری

ستاب دهنده ها بر مقدار حرارت آبگیری (هیدراته شدن) سیمان تاثیر قابل ملاحظه ای ندارند ولی آهنگ آزاد شدن حرارت ناشی از آبگیری را ستاب می دهند. ستاب دهنده ها تاثیری بر واکنش پوزولانی ندارند بنابراین در سیمان های آمیخته، تنها بر حرارت آبگیری بخش سیمان پرتلند تاثیر می گذارند.

تاثیر بر ویژگی های بتن سخت شده

۱- مقاومت

تاثیر ستاب دهنده ها بر مقاومت های کوتاه مدت و درازمدت و آهنگ کسب مقاومت بتن بستگی به نوع و مقدار مصرف آنها دارد. تری اتانل آمین به دلیل کندکردن واکنش آبگیری سیلیکات های سیمان، آهنگ کسب مقاومت و مقاومت های کوتاه مدت و درازمدت را نسبت به نمونه شاهد (بتن بدون ستاب دهنده) تا حدودی کاهش می دهد. آبی گیر کننده ها مانند کربنات ها و هیدروکسیدهای فلزات قلیایی خاکی مقاومت فشاری ۲۸ روزه را نسبت به نمونه شاهد ممکن است تا ۴۰ درصد کاهش دهند. برخی دیگر از آبی گیر کننده ها مانند سیلیکات ها و آلومینات ها نه تنها مقاومت کوتاه مدت بلکه مقاومت های دراز مدت را نیز نسبت به نمونه شاهد کاهش می دهند. آلومینات سدیم و پتاسیم ممکن است مقاومت های دراز مدت را نسبت به نمونه شاهد تا ۲۰ درصد کاهش دهند.

زودگیر کننده های پایه آلومیناتی و قلیایی ها روند کسب مقاومت را افزایش می دهند (مقاومت زودرس) ولی مقاومت های دراز مدت را کاهش می دهند. سیلیکات سدیم بر آهنگ کسب مقاومت کوتاه مدت (مقاومت زودرس) تاثیری ندارد ولی مقاومت های دراز مدت را تا ۴۰ درصد کاهش می دهد. اصلاح کننده های رئولوژی، مانند سیلیکات سدیم اصلاح شده، اثری در کسب مقاومت های زودرس ندارند و مقاومت های درازمدت را نیز کاهش نمی دهند.

زودگیر کننده های بدون قلیایی مانند هیدروکسید آلومینیم، سولفات و سولفیت آلومینیم در مقادیر مصرف متعارف آهنگ کسب مقاومت (مقاومت زودرس) و مقاومت درازمدت را نسبت به نمونه شاهد بهبود می بخشند، هر چند که افزایش روند کسب مقاومت آنها کمتر از نوع قلیایی است. کلسیم کلراید در مقادیر مصرف تا ۲ درصد وزن سیمان، مقاومت های کوتاه مدت و درازمدت را نسبت به نمونه شاهد افزایش می دهد. در مقادیر مصرف بیش از ۴ درصد مقاومت فشاری درازمدت (بیش از یک سال) نسبت به

نمونه شاهد کاهش می یابد. فرمات کلسیم مقاومت های کوتاه مدت و درازمدت را نسبت به نمونه شاهد بهبود می بخشد. نیتريت کلسیم مقاومت های کوتاه مدت و درازمدت را نسبت به نمونه شاهد افزایش می دهد. تیوسولفات سدیم و فرمالدهاید ممکن است مقاومت فشاری دراز مدت را نسبت به نمونه شاهد اندکی کاهش دهند.

نکته - در مورد زودگیر کننده های بتن پاشی که در واکنش آبرگیری دخالت می کنند، انتظار می رود (نه به عنوان یک قانون کلی) که با افزایش تاثیر زودگیر بر زمان گیرش (کاهش هر چه بیشتر زمان گیرش)، مقاومت درازمدت دچار کاهش بیشتری شود. از جمله عوامل موثر در این کاهش مقاومت را می توان به تشکیل سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) با نسبت آهک به سیلیس (C/S) بیشتر، به هم خوردن نظم و آرامش فرآیند آبرگیری C3S، گیرش خیلی سریع که با آزاد شدن گرمای بیشتری همراه است، و ساختاری متخلخل اشاره کرد.

نکته - منظور از کاهش مقاومت ناشی از کاربرد شتاب دهنده ها در بتن، افت مقاومت نیست. یعنی اینگونه نیست که مقاومت درازمدت در بتن دارای شتاب دهنده نسبت به مقاومت کوتاه مدت آن افت پیدا کند. تاثیر بر افزایش یا کاهش مقاومت، نسبت به نمونه شاهد (بدون شتاب دهنده) سنجیده می شود.

۲- جمع شدگی (تیدگی) و خزش

شتاب دهنده هایی که در روند واکنش آبرگیری سیمان دخالت می کنند (عملکرد شیمیایی) عموماً جمع شدگی و خزش را در بتن سخت شده نسبت به نمونه شاهد افزایش می دهند. در مورد شتاب دهنده های با عملکرد فیزیکی (اصلاح کننده های رئولوژی) اطلاعات زیادی در دسترس نمی باشد.

۳- دوام (پایایی)

شتاب دهنده ها به ویژه زودسخت کننده ها، مقاومت در برابر خرابی ناشی از چرخه های یخ زدن و آب شدن و مقاومت در برابر پوسته شدن ناشی از کاربرد نمک های یخ زدا را در عمر اولیه افزایش می دهند ولی به دلیل افزایش اندازه و ضریب فاصله حباب های هوا (به بخش ۵-۶-۲ مراجعه شود) ممکن است در عمر زیاده تر موجب کاهش این مقاومت ها شوند. کلسیم کلراید مقاومت بتن های ساخته شده با سیمان های نوع I و II را در برابر حمله سولفاتی کاهش می دهد، این اثر به ویژه در مقادیر مصرف بیش از ۲ درصد، نمایان تر است. این شتاب دهنده در بتن های دارای سیمان ضدسولفات (نوع V) چنین اثری ندارد. در مورد تاثیر دیگر شتاب دهنده ها بر مقاومت در برابر حمله سولفات ها گزارشی در دسترس نمی باشد. کلسیم کلراید انبساط ناشی از واکنش قلیایی سیلیسی را افزایش می دهد. انتظار می رود که شتاب دهنده های قلیایی (دارای یون های Na^+ و K^+) احتمال واکنش قلیایی سیلیسی را در بتن های حاوی سنگدانه های مستعد این واکنش، افزایش دهند. شتاب دهنده های دارای یون کلر، احتمال خوردگی میلگردهای فولادی را در بتن افزایش می دهند. برخی از شتاب دهنده ها مانند فرمات کلسیم، تیوسولفات سدیم و نیتريت کلسیم واکنش خوردگی فولاد را کُند می کنند. استفاده از شتاب دهنده های برپایه تیوسیانات ها مانند تیوسیانات سدیم، تا مقدار مصرف کمتر از ۱٪ نقشی در تشدید خوردگی میلگردهای فولادی ندارند.

۴- شوره زدگی و تغییر رنگ سطح بتن

سدیم کلراید ممکن است موجب شوره زدگی سطح بتن شود. کلسیم کلراید می تواند سبب تغییر رنگ سطح بتن شود. دو نوع تغییر رنگ ممکن است بر اثر اندرکنش بین قلیایی های سیمان و کلسیم کلراید پدید آید. نوع نخست، پدیدار شدن لکه های روشن در زمینه تیره است که مشخصه مخلوط بتنی است که نسبت قلیایی های سیمان آن به کلسیم کلراید نسبتاً کم باشد. نوع دوم پدیدار شدن لکه های تیره در زمینه روشن است که مشخصه مخلوط بتنی است که در آن نسبت قلیایی های سیمان به کلسیم کلراید نسبتاً زیاد باشد.

تاثیر مواد متشکله بتن بر کارکرد شتاب دهنده ها

مقدار، نوع و ترکیبات سیمان بر کارکرد شتاب دهنده هایی که در واکنش آبرگیری دخالت می کنند (با عملکرد شیمیایی) تاثیر می گذارد. از آنجا که اصلاح کننده رئولوژی (زودگیر کننده های با عملکرد فیزیکی) در واکنش آبرگیری دخالت نمی کنند، انتظار می

رود که مواد متشکله بتن تاثیری بر کارکرد این نوع از شتاب دهنده ها نداشته باشد. با افزایش مقدار یا نرمی (ریزدانگی) سیمان، میزان تاثیرگذاری شتاب دهنده ها افزایش می یابد و بنابراین برای دستیابی به یک مقدار مشخص از کاهش زمان گیرش یا افزایش آهنگ کسب مقاومت (مقاومت زودرس)، مقدار مصرف آنها می تواند کاهش یابد.

سیمان های با مقدار بیشتر سه کلسیم آلومینات (C3A) مانند نوع I و II در مقایسه با سیمان های با مقدار کم (C3A) مانند نوع IV و V برای دستیابی به یک مقدار مشخص از کاهش زمان گیرش یا افزایش آهنگ کسب مقاومت (مقاومت زودرس)، به مقدار کمتری شتاب دهنده نیاز دارند. فرمات کلسیم آهنگ کسب مقاومت و دستیابی به مقاومت زودرس را در سیمان های با مقدار گچ کمتر، بیشتر افزایش می دهد. به عبارت دیگر، فرمات کلسیم هنگامی شتاب دهنده کارآمدتری است که نسبت C3A به SO3 در سیمان بزرگتر از ۴ باشد. در سیمان های زود سخت شونده بر پایه کلسیم فلوروآلومیناتی (CaF2 C11 A7)، کلسیم کلراید و کربنات پتاسیم زمان گیرش را افزایش و روند کسب مقاومت اولیه را کاهش می دهند گو اینکه ممکن است مقاومت ۲۴ ساعته تا حدودی تسریع یابد. اطلاعات محدودی درباره اثر شتاب دهنده ها بر مقدار انبساط بتن های حاوی سیمان های با جمع شدگی جبران شده در دسترس است و باید در خصوص تاثیر این افزودنی ها در مورد این نوع بتن ها بررسی بیشتری به عمل آید. تاثیر مواد متشکله بتن بر فراروان کننده ها، به عنوان یک زودسخت کننده با عملکرد فیزیکی، در فصل دوم بررسی شده است.

تاثیر عوامل محیطی و اجرایی

راندمان و میزان کارآمدی افزودنی های شتاب دهنده بر کاهش زمان گیرش و افزایش آهنگ کسب مقاومت (مقاومت زودرس) در دماهای کم (حدود ۵ درجه سانتی گراد) بیشتر از دماهای زیادتر است. هنگامی که از شتاب دهنده ها به همراه افزودنی های دیگر، یا از چند نوع شتاب دهنده استفاده می شود، این افزودنی ها باید به طور جداگانه به مخلوط اضافه شوند. در هم آمیختن افزودنی ها پیش از افزودن به مخلوط تنها در صورتی مجاز است که قبلاً آزمایش و تایید شده باشد. زودگیر کننده ها و اصلاح کننده های رئولوژی ممکن است با یکدیگر ناسازگار باشند و نباید با هم مخلوط شوند.

رهنمودهای اجرایی در کارگاه

کلسیم کلراید باید به شکل مایع مخلوط بتن افزوده شود. از افزودن کلسیم کلراید پودری به بتن پرهیز شود. شتاب دهنده های گوناگون باید در ظروف جداگانه در بسته و به دور از آلوده شدن با گرد و غبار نگه داری شوند. برای جلوگیری از تجزیه و به هم خوردن ترکیب، شتاب دهنده های مایع باید به دور از حرارت و یخزدگی نگه داری شوند. شتاب دهنده های مایع افزودنی هایی حاوی سوسپانسیون جامد در آب هستند که در انبارداری درازمدت ممکن است بخش جامد آنها ته نشین شود، در صورت رخ دادن چنین حالتی باید این افزودنی ها پیش از مصرف کاملاً به هم زده شوند. بسیاری از شتاب دهنده های پودری نسبت به رطوبت حساس هستند و به راحتی رطوبت محیط را جذب می کنند، این افزودنی ها باید در بسته های نم بند نگه داری شوند.

رهنمودهای کاربردی

حتی اگر اطلاعات کافی و معتبر از کاربرد یک شتاب دهنده با عملکرد شیمیایی در دسترس باشد، به دلیل تاثیر ترکیبات شیمیایی سیمان و عوامل محیطی بر کارکرد این نوع افزودنی، بهترین روش برای بررسی تاثیر آن بر خواص بتن انجام آزمایش های کارگاهی و آزمون های پیش از اجرا است. لازم است این آزمایش ها با توجه به اوضاع جوی پیش بینی شده، روش و امکانات عملی ساخت و اجرا یا پاشش بتن و با استفاده از مصالح مصرفی کارگاه انجام پذیرد. در مورد شتاب دهنده های با عملکرد فیزیکی (اصلاح کننده های رئولوژی) این موضوع از حساسیت کمتری برخوردار است. استفاده از شتاب دهنده های حاوی کلراید از جمله کلسیم کلراید در موارد زیر مجاز نیست.

۱- ساخت توقف گاه ها.

۲- بتن مسلح و پیش تنیده به دلیل امکان خطرات خوردگی فولاد.

۳- بتنی که حاوی آلومینیم مدفوع (مانند غلاف) باشد زیرا خوردگی شدید آلومینیم را می تواند در پی داشته باشد، به ویژه اگر

آلومینیم در تماس با فولاد مدفون و بتن در محیطی مرطوب قرار داشته باشد.

۴- بتن حاوی سنگدانه های واکنش زا.

۵- بتنی که در معرض آب یا خاک سولفاتی قرار داشته باشد.

۶- دال های کف که توسط خشکه پاشی دانه های فلزی پرداخت می شوند.

۷- بتن ریزی در هوای گرم.

۸- بتن ریزی های حجیم.

ارزیابی و انتخاب شتاب دهنده

در ارزیابی افزودنی های شتاب دهنده، باید در نظر داشت که به دلیل اندرکنش این افزودنی ها با آگیری سیمان، مناسب ترین روش برای ارزیابی و انتخاب شتاب دهنده ها استفاده از مخلوط های آزمایشی و آزمون های پیش از اجرا است. تکیه بر مدارک فنی و تجربیات پیشین استفاده از یک نوع شتاب دهنده به عنوان یک رهنمود و نه یک معیار برای ارزیابی می تواند مورد توجه قرار گیرد.

کنترل کیفیت

یکنواختی و ثابت بودن مواد افزودنی در مراحل مختلف پروژه و ارسال های متعدد به کارگاه بایستی کنترل شده و برابری آن با آزمایش های اولیه به اثبات برسد. آزمون های لازم برای شناسایی و تایید افزودنی ها شامل: تعیین درصد مواد جامد، غلظت ظاهری، طیف سنجی برای مواد آلی، مقدار کلراید، درصد قلیایی ها (یون سدیم و پتاسیم)، درجه قلیایی (pH)، و برخی از موارد دیگر هستند. آیین نامه های معتبر بین المللی و استانداردهای ساختمانی ایران راهنمایی های لازم برای تعیین یکنواختی افزودنی های شیمیایی را به تفصیل بیان نموده اند. معمولاً با کنترل رنگ، بو، شکل ظاهری و اندازه گیری غلظت و مقدار pH می توان یکنواختی محموله های مختلف افزودنی های وارده به کارگاه را تایید یا رد کرد. چنانچه شتاب دهنده ای برای مدت زمانی طولانی انبار شده باشد و گرانیوی، بو یا رنگ ناهنگار داشته باشد پیش از مصرف مورد آزمایش قرار گیرد. یکی از تحولات مثبت و تأثیر گذار در اجرای سازه های بتنی امکان کاشت بولت و بولت در بتن می باشد. نیاز به کاشت بولت و بولت در بتن به دلایل مختلفی به موجود می آید. کاشت بولت و بولت به علت تغییر مشخصات سازه، کاشت بولت و بولت به علت نقایص اجرا، کاشت بولت و بولت به علت شرایط بهره برداری، کاشت بولت و بولت به علت تغییرات در نقشه اجرایی، کاشت بولت و بولت به علت راحتی اجرا و ... از جمله از علت **کاشت میلگرد در بتن** می باشند.



انواع چسب کاشت بولت در بتن

امروز انواع مختلفی از چسب های کاشت بولت در بتن توسط شرکت های تولید کننده گوناگون ارائه می شود. این چسب های کاشت بولت دارای ترکیبات شیمیایی و مشخصات مقاومتی و شیمیایی مختلفی می باشند. چسب های کاشت بولت از نظر بسته بندی نیز دارای دو نوع می باشد. چسب های کاشت بولت با بسته بندی تزریق به روش گان و چسب های کاشت بولت با بسته بندی حجمی و کیلو گرمی. عمده بولتهای کاشت شده به این روش بسته به نوع چسب ، پس از گذشت ۴۸ ساعت از زمان اجرا قابل بهره برداری می باشند. عملیات کاشت بولت اجرایی از طریق آزمایش کشش بولت کاشته شده قابلیت کنترل کیفی را دارد. نتیجه مثبت در این آزمایش بریدگی بولت می باشد. لازم به ذکر است قلهو شدن بولت و یا خارج شدن بولت در تست عملیات کاشت بولت گزینه های دیگر ممکن می باشند. در صورت بروز این دو نتیجه این امر نشان از مشکلات اجرایی و یا محاسباتی در عملیات کاشت بولت در بتن دارد.

علت کاشت میلگرد در بتن بهترین روش برای تست کیفیت کاشت آرماتور انجام آزمایش مقاومت کششی آرماتور در بتن (گیرداری آرماتور در بتن) میباشد. این آزمایش با عنوان Pull Off شناخته میشود. عملکرد آرماتور در هنگام کشش بیانگر صحت اجرا می باشد. نتیجه این تست می تواند منجر به جاری شدن آرماتور یا میلگرد ، برآمدن آرماتور و یا قلهو کن شدن بتن گردد. بدیهی است بهترین نتیجه گزینه نخست یعنی جاری شدن میلگرد می باشد. شما می توانید جهت آشنایی بیشتر و عملکرد فنی این نوع مقاوم سازی با واحد فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید



علت کاشت میلگرد در بتن در پروژه های عمرانی بر طرف کردن خطاهای طراحی و اجرایی در ساختمانهای بتنی جابجایی ستون به دلیل تغییرات در نقشه معماری و سازه اجرای اضافه بنای ساختمان در کناره ساختمان، اضافه بنای طبقات و اجرای تیر اصلی و فرعی تقویت پای ستون متصل به پی جهت جلوگیری از برش پانچ اجرای کنسول در ساختمان ساخته شده و نیمه کاره اضافه کردن میلگرد جهت تقویت مقطع بتنی افزایش ابعاد پی جهت افزایش باربری نصب تیرهای برق یا گارد ریل کنار اتوبانها در پلهای بتنی نصب بولت روی فونداسیون جهت نصب سوله کاشت و اضافه کردن بولت های پلیت

نصب پلیت روی پیشانی تیر یا ستون
 کاشت بولت به صورت زیر سقفی
 اتصال قطعات پیش ساخته - کاشت آرماتور انتظار برای دیوار برشی
 نصب ماشین آلات سنگین صنعتی روی کف بتنی
 نصب تیر فلزی روی سازه های بتنی
 نصب سازه های دریایی
 تثبیت تأسیسات مکانیکی به بتن
 نبشی کشی داخل چاله آسانسور
 نصب فندر و تأسیسات پهلویی کشتی
 تثبیت و تحکیم سنگ نمای ساختمان
 تبدیل پی منفرد به پی نواری
 تقویت ستون و اتصالات .
 ایجاد دیوار حائل

روش های مقاوم سازی و تقویت سازه بتنی همانطور که قبلاً اشاره شد ، هنگامی که مقاومت سازه ی بتنی زیر مقدار تعیین شده در طراحی باشد (دقیق تر اینکه با حذف ضریب های اطمینان، رده ی مقاومتی بتن برابر از عدد طراحی شده ۱۵ درصد - یا بیشتر- پایینتر باشد) و این اعداد از طریق آزمون های مخرب یا غیر مخرب از بتن سخت به دست آمده و مورد اطمینان باشند. همینطور به دلایلی چون تغییر کاربری یک سازه ی بتنی و افزایش بارهای لرزه ای و دینامیکی یا قرار گرفتن در طرح توسعه بخشی از کارخانه، نیروگاه یا پالایشگاه، یا پایین آمدن مقاومت بتن به دلیل اجرای نامناسب بتن ریزی، یخ زدگی، فرسایش و خوردگی و هزینه بر بودن ساخت مجدد باعث می شود سازه نیازمند تعمیراتی پیشرفته تر و دقیق تر از ترمیم بتن باشد.

هرچند عدد مقاومت بتن موجود و صعوبت کار، هزینه و زمان اجرا در تعیین روش مقاوم سازی سازه های بتنی موثر است ، اما به طور کلی بازگرداندن **مقاوم سازی سازه های بتنی** به نحوی که منظور و خواسته کارفرما را تامین نماید ، به روشهای زیر صورت می گیرد:

الف - انجام عملیات مقاوم سازی با استفاده از الیاف FRP (fiber reinforced polymer)

ب- انجام عملیات مقاوم سازی به روش ژاکت بتنی (غلاف بتنی)

ج- انجام عملیات مقاوم سازی به روش تسمه یا ژاکت فلزی (غلاف فلزی)

بدیهی است هر کدام از این روش های مذکور دارای خواص و ویژگی هایی هستند که به تناسب موقعیت ، برتری و مزیت نسبی بر دیگر متد ها خواهند داشت و چه بسا در بعضی از پروژه ها، نیاز به اجرای ترکیبی از ۲ یا ۳ روش کلی ذکر شده وجود داشته باشد. هر کدام از این روشها، مستلزم آگاهی و شناخت از طیف وسیعی از استانداردها و مواد و ابزار و مهارت فنی در اجرای تکنیک های ویژه عمرانی از قبیل کاشت آرماتور و بولت، انکراژ، اجرای اوپنینگ و **کرگیری بتن** و برش بتن، ساب و اسکرابینگ سطوح بتنی ، تقویت شبکه فولادی و آرماتور بندی ، زهکشی و **شاتکریت** خواهد بود که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت .

الف - تقویت بتن با الیاف FRP

بهترین و سریعترین روش برای تقویت سازه ای با کاهش مقاومتی در بازه ۶۵ تا ۸۵ درصد طراحی روبروست، استفاده از الیاف و لمینت FRP است. الیاف پلیمر (یا پلاستیکی) FRP، هنگامی که با رزین (ژل) چسباننده اپوکسی ترکیب می شود، به عنوان یک ماده کامپوزیت (ماده مرکب که از ترکیب فیبر یا الیاف و ماتریس - ژل- تشکیل شده است) می تواند با افزایش لختی سازه، انتقال نیرو در راستای موثر، جلوگیری از واپاشی بتن و عضو ضعیف سازه بتنی عمل کند. برخی از این الیاف توانایی تحمل ۸ تن

کشش در هر سانتیمتر مربع را دارند. این خواص در کنار اقتصادی بودن این روش با سرعت یافتن روشهای ارزانتر تولید، سبکی، انعطاف و سرعت عمل اجرا، توانایی مکانیکی و شیمیایی بالا در برابر خوردگی باعث شده تا بسیاری از کارفرمایان و دستگاههای نظارت پروژه های عمرانی به عنوان اولین راه حل در فرآیند مقاوم سازی به آن توجه نمایند.

از لحاظ شکل و ساختار FRP به دو گروه G-FRP (الیاف پلیمری تقویت شده از نوع شیشه) و C-FRP (الیاف تقویت شده از نوع کربن) تقسیم شوند. همچنین بر اساس عملکرد نیز (۱) یک محوره (تحميل کشش را در یک جهت دارند) و (۲) دو محوره (در ۲ جهت کشش را تحمل می کنند) هستند. وزن و مشخصات FRP بر حسب گرم بر متر مربع محاسبه شده و در رول های ۵۰ متر مربعی (عرض ۵۰ سانتیمتر در طول ۱۰۰ متر) عرضه می شوند. این محصول وارداتی است و کشورهای آلمان، سوئیس و انگلستان برندهای مطرح تولید کننده ی آن هستند. برای مطالعه ی بیشتر به صفحه ۷ و ۱۵ کاتالوگ محصولات و جهت اطلاع از نحوه خرید و قیمت انواع محصولات بتن با مشاوران فنی **کلینیک بتن ایران** در تماس باشید.

الیاف شیشه یا GFRP رنگ روشنی دارند و برای استفاده در محیط های سرپوشیده مناسب ترند. (نسبت به اشعه UV نور خورشید مقاوم نیستند). معمولاً از ۴۰۰ تا ۸۰۰ گرم در متر مربع عرضه می شوند و بنابراین از مقاومت و انعطاف کمتری در هنگام دورپیچ عضو برخوردارند و البته نسبت به الیاف کربن ارزانتر هستند.

الیاف CFRP پرکاربرد ترند. ضخامت پایینتر - یعنی عرضه محصول از ۱۰۰ تا ۳۰۰ گرم در هر متر مربع - باعث می شود چسبندگی بیشتری به عضو سازه بتنی داشته و شکل هندسی مقطع بتنی را حفظ می کنند. نسبت به اشعه ی UV مقاومند و مشکی رنگند. بنابراین برای اکثر سازه های بتنی که در محیط باز قرار دارند، مانند پایپ راک ها، فونداسیون ها و عرشه های پل و سقف های باربر قابل استفاده هستند.

ژل FRP یک چسب اپوکسی است که خواص آن برای چسبندگی بیشتر (تحميل کشش بین ۱۱ تا ۱۵ تن) و با ترکیب ۲/۵ **هاردنر بتن** به ۷/۵ رزین در کلینیک بتن ایران طراحی و تولید شده است. هنگام اجرا لمینت FRP که به صورت حصیری بافته شده از ژل آغشته می شود. بنابراین در حین اجرا سطح بتنی با مقداری از چسب به و طرف اتصال لمینت FRP با بتن نیز مقداری دیگر آغشته می گردد. میزان مصرف چسب یا رزین FRP، بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم در هر متر مربع و بسته به سطح بتن (فیلم و ضخامت در حدود ۷۰۰ میکرون ایجاد می کند) است. روش اجرا و مدت زمان مصرف مطابق توضیحات **چسب اپوکسی MTOBOND P1800** است.



روش طراحی مقاومتی با الیاف FRP

الف - فرضیات طراحی

۱- فرض بر این است که مقاومت های بدست آمده از سازه بتنی در محدوده ۸۵ تا ۶۵ درصد رده مقاومتی طراحی شده باشند.

- ۲- الزامات و رواداری های استاندارد ACI2800 و آیین نامه بهسازی لرزه ای سازه ها، نشریه ۳۴۵، در نظر گرفته شده است.
- ۳- تعیین تعداد لایه FRP بر اساس عدد مقاومت فشاری موجود و نزدیکی و دوری آن به ابتدا و انتهای بیشینه و کمینه ی مقاومت استاندارد (فرض شماره ۱) صورت پذیرد.
- ۴- شاخص ضریب کاهش عملکرد، بر طبق شرایط محیطی تعریف شده (مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) در نظر گرفته شود.



ب- انتخاب مصالح و متد اجرای FRP

بنا بر نوع کاربری سازه ، توان مکانیکی الیاف FRP و نیز محیط و جغرافیای طبیعی ، تاثیر عوامل محیطی اسیدی و قلیایی و اشعه UV و درصد رطوبت زیاد و دمای کاری در انتخاب نوع و وزن در متر مربع FRP موثر است.

در انتخاب روش پیشنهادی فرضیات زیر موثرند:

- ۱- مقطع بتن تغییری نمی کند.
- ۲- لغزش نسبی بین الیاف FRP و سطح بتنی - بر اساس تمهیدات اجرایی- وجود نخواهد داشت.
- ۳- تغییر شکل پلاستیک رزین محاسبه نمی شود.
- ۴- به دلیل نوع سازه از مقاومت کششی بتن صرفنظر می شود.
- ۵- رابطه تنش و کرنش الیاف خطی فرض می شود.

ج- روش اجرای مقاوم سازی و تقویت سازه بتنی (سیستم چسباندن تر):

لازم است قبل از آن سطح زیر کار از چند منظر آماده گردد، ابتدا سطح بتن اسکراب می شود و یا به وسیله وایر براش شیرآبه های اضافی بتن ، عناصر سست برداشته شده و در نقاط شن نما با ملات های ترمیمی الیاف دار که در ضخامت های پایین دچار شکستگی نشده و چسبندگی مناسبی به بتن دارند تعمیر می گردد. با توجه به سهم بزرگ اتصال الیاف به بتن در سیستم **مقاوم سازی تقویت سازه بتنی** مذکور می بایست تراز زیر کار دارای تلورانسی کمتر از ۱ میلیمتر مطابق استاندارد ASTM

D4541 باشد. در صورت ضرورت شستشو به جهت زدودن داست و غبار موجود از روی سطح لازم است مطابق دستورالعمل ACI 503-4 پس از شستشو جسم بتن کاملاً خشک شده و آزمایش تست رطوبت اعمال شده تا خطر جدایش رزین و به تبع الیاف FRP در اثر دراگ بخار آب و نتیجتاً تاول زدن و دیلمینیت شدن رزین کاهش یابد.

در این روش لمینت FRP به رزین اپوکسی آغشته شده و پس از آغشته سازی سطح توسط رزین اپوکسی چسبانده می شوند. استاندارد های اجرا مطابق با ICR 03730 و ACI 546R خواهد بود.

تبصره: از آنجایی که گسترش ترک هایی با عرض $0/3$ میلیمتر می تواند بر عملکرد سیستم پوشش خارجی FRP اثر بگذارد به نحوی که منجر به جدایش لایه ای یا گسیختگی الیاف گردد. لازم است مطابق با الزامات ACI 224IR این ترک ها با تزریق رزین اپوکسی پر گردند.

پس از اجرا نیز ناحیه تقویت شده به جهت عمل آوری رزین می بایست به مدت ۷۲ ساعت بوسیله پوشش محافظتی چادر کشی گردد.



د- ضریب ور آمدگی (طول گیرایی و عدم دیلمینیت شدن FRP) :

در حالت دور پیچ و اجرای فلسی -قائم- الیاف FRP و برای سطوح ساده باید به اندازه طول موثر مقطع پس از نقطه ای در طول سازه که میزان لنگر معادل لنگر ترک خوردگی در آن نقطه تحت بار نهایی باشد یعنی بر اساس وضعیت سازه مورد بحث تا یک سوم فاصله از تکیه گاه یا هر گوشه ادامه یابد.

ب- مقاوم سازی و تقویت سازه بتنی با ژاکت بتنی

به این روش افزایش مقطع بتن یا extend نیز می گویند. هنگامی که مقاومت موثر بتن کاهش می یابد به این معنی است که مقطع بتن مسلح عضو سازه ای تاب مقاومت در برابر مجموعه نیروهای استاتیکی و دینامیکی را ندارد. بنابراین می توان با افزایش مقطع توان از دست رفته را جبران کرد. افزایش مقطع به معنی کاشت آرماتور دوخت، ریشه یا شبکه های فولادی به منظور افزایش کشش و قالب بندی و اجرای بتن مجدد است. این روش به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است اما معایبی چون افزایش حجم فضای اشغال شده توسط اسکلت سازه و نیازمند بودن به دانستن و اجرای بسیاری از استانداردها و الزامات مهندسی است. به صورت ساده تقویت شبکه ی فولادی عضو یا سازه با استفاده از کلاف میلگرد و اجرای بتن ریزی پس از قالب بندی بوسیله پمپ یا شاتکریت را تقویت سازه با ژاکت یا غلاف بتنی گویند.

کاشت میلگرد

کاشت میلگرد در بتن سخت به چند منظور صورت می گیرد:

- میلگرد ریشه ستون و دیوار برشی بر روی فونداسیون (ضعف طراحی یا عدم اجرای میلگرد های انتظار)
- میلگرد دوخت برای اتصال بتن قدیم و جدید در کفسازی ها و سقف های باربر یا اتصال شبکه فولادی به عضو
- میلگرد کششی شناژ در فونداسیون
- میلگرد برای جوش و اتصال براکت یا قطعه فلزی به جسم بتن

در تمامی موارد بالا الزاماتی چون طول مهاری برای اورلب دو میلگرد، عمق کاشت و قطر سوراخکاری که در فصل ۲ نشریه بهسازی لرزه ای ساختمان - نشریه ۳۴۵- به آن اشاره شده است الزامیست. حفره ها پیش از کاشت آرماتور باید از گرد و غبار با کمپرسور باد، بلوور یا کهنه خشک پاک شوند.

انکراژ شیمیایی یا چسب تزریقی کاشت آرماتور و خمیر کاشت آرماتور بر اساس قطر و نوع کاشت (عمودی یا افقی) اثر تعیین کننده ای بر دوام کاشت میلگرد دارد. MTO FIX 10 خمیر ۳ جزئی کاشت میلگرد بر پایه اپوکسی و دارای ترکیباتی مشابه گروت اپوکسی است. تقریباً برای میلگردهایی با سایز متوسط (۱۲ تا ۲۲) ۲۵۰ گرم در هر حفره کافیت. البته باید توجه داشت از

خمیر کاشت بیشتر در کاشت میلگرد های عمودی (ریشه ستون و دیوار برشی و در هنگام افزایش ارتفاع دیوارها و مخازن یا آرماتور دوخت در کف سازی ها) به دلیل ثقلی بودن و حرکت چسب به انتهای حفره استفاده کرد. MTO FIX ME چسب تزریق ۲ جزئی آماده در کارتریج های ۳۴۵ میلی لیتری است که در بالای خود نازل و میکسری پلاستیکی جهت ترکیب کپسولهای رزین و هادنر اپوکسی دارد. برای ترکیب و تزریق چسب کاشت در داخل حفره «گان تزریق» (injection gun) لازم است تا با فشار مخلوط چسب را به درون حفره هدایت کند. این چسب برای کاشت افقی مفید است. و برای میلگرد های سایز متوسط در هر حفره ۸۵ میلی لیتر کافی خواهد بود

تفاوت کاشت میلگرد با کاشت بولت

معمولا در تمامی موارد استفاده کاشت آرماتور که در بالا ذکر شد ، محل دقیق قرار گیری میلگرد (اینکه به نحوی کاشته شود که در راستای میلگرد های اصلی سازه باشد یا کاور و پوشش مناسب بتن و قالب بندی متناسب آن آسیب نبیند مورد بحث نیست) اهمیت چندانی ندارد ، یعنی اگر در هنگام سوراخکاری بوسیله مته برقی ، برخوردی با شبکه آرماتور موجود در بتن صورت گیرد ، می توان محل کاشت را تغییر داد و از کنار میلگرد ها عبور کرد تا عمق مناسب کاشت حاصل شود. برای کاشت بولت که معمولا برای صفحه ی ستون فلزی ، شاسی تجهیزات و تاسیسات مکانیکی و برقی است ، امکان تغییر محل سوراخ وجود ندارد و یا با دشواری قابل انجام است (شابلون گذاری بر اساس سوراخکاری سورت گرفته و پانچ صفحات و ورق ها و فلنج ها مطابق سوراخ های شابلون). لذا در این گونه موارد چاره ای جز برش میلگرد توسط مته های دستگاه کر گیری وجود ندارد. استفاده از انکر شیمیایی و انتخاب چسب و خمیر کاشت مناسب، مشابه عملیات کاشت میلگرد خواهد بود.

کرگیری و انجام اوپنینگ یا باز شو بر روی بتن

کرگیری یا مغزه گیری از بتن سخت ، به منظور اخذ نمونه بتن برای آزمایشگاه (کاربرد در آزمایش تعیین مقاومت فشاری و کششی و سه محوره ، آزمایش نفوذ پذیری آب و تعیین عمق کربناتاسیون و پتروگرافی) یا کاشت بولت ، یا اجرای باز شو برش بتن در ابعاد خاص برای کانال یا محل قرار گیری آسانسور ، اجرای کسینگ عبوری لوله و تاسیسات در دیوار ها و دیواره های مخازن و همچنین لوله پمپ بتن برای دسترسی به محل قالب بندی در مقاوم سازی ستون ها کاربرد دارد. دستگاه کرگیر دارای یک شاسی است که به کمک بولت در محل انجام عملیات کرگیری فیکس شده و قسمت متحرک آن با جلو رفتن سر مته ی توخالی الماسه ای را در سایزهای گوناگون در بتن پیش می راند. طول مته های استاندارد ۴۵ سانتیمتر است اما اگر نیاز باشد عمق بیشتری در ضخامت بتن پیش رفت ، رابط هایی برای انجام این عملیات وجود دارد.



باید توجه داشت اعضای مانند تیر بتنی دارای میلگرد های کششی هستند که بریده شدن آن به عملکرد سازه لطمه می زند ، بنابر این بهتر است حتی الامکان در اعضای دارای کابل یا میلگرد کششی، عملیات کرگیری صورت نپذیرد.

ج- مقاوم سازی با ژاکت فلزی

هنگامی که روش ژاکت بتنی به دلیل نبود فضای مناسب برای تقویت اعضا غیر ممکن باشد، یا زمان مناسب برای خشک شدن و **کیورینگ** و بارگذاری بتن در برنامه تعمیراتی دیده نشده باشد، و یا اعضای کششی مانند تیر و پوتر بتنی نیاز به تقویت داشته باشد، می توان از غلاف، تسمه یا ژاکت فلزی استفاده کرد.

وجود ترک های خمشی یا برشی خالص و خمشی - برشی، تعیین انرژی شکست سازه توسط محاسب، مقاومت پایین بتن در سازه و کاهش موثر لختی سازه از دیگر عوامل استفاده از مقاوم سازی به روش ژاکت بتنی است.

در واقع افزایش مقطع فولاد در بتن مسلح و تکیه بر خواص مکانیکی فلز، می تواند ارتقا سازه را در ضخامت محدود، تا حد قابل قبولی بالا ببرد.

فیکس شدن و پایداری فلز در اتصال با بتن بوسیله کاشت بولت صورت گرفته و باد خور ها و فضاهای خالی میان فلز و بتن پس از جک گذاری و جوشکاری، توسط **گروت اپوکسی MTOFLOW 650** پر می شود.

جزئیات اجرایی بر اساس هر پروژه متنوع و متفاوت است لذا پیش از انجام عملیات اجرایی بهتر است با کارشناسان فن مشورت گردد.

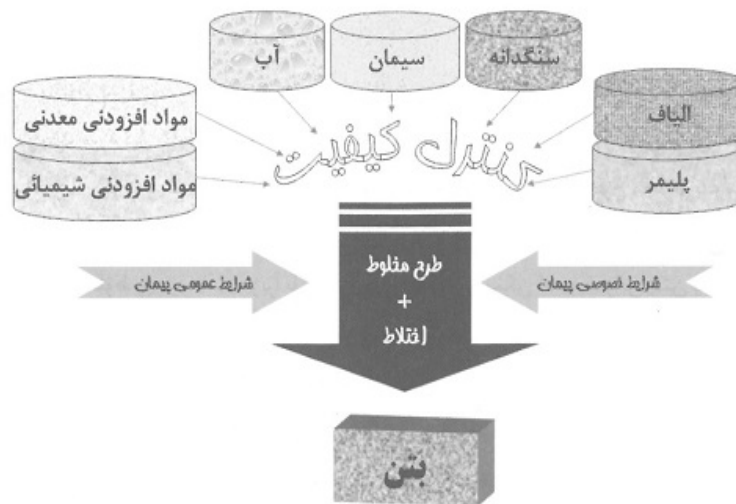


طرح اختلاط بتن چیست؟

طرح مخلوط بتن، روند تعیین نسبت اجزاء بتن است به نحوی که بتن تا حد امکان مقرون به صرفه شود و الزامات مورد نیاز شامل خواص فیزیکی، مکانیکی و دوام را برآورده نماید. روش طرح مخلوط بتن باعث ایجاد یک زبان مشترک برای دست اندر کاران این صنعت خواهد شد. طرح مخلوط به مفهوم فرآیندی است که طی آن ترکیب مناسب اجزای بتن، طبق مشخصات فنی داده شده، تعیین می گردد. سازوکار طرح مخلوط پیچیده است، زیرا با تغییر دادن یک متغیر ممکن است خواص بتن به صورت متضاد تحت تاثیر قرار گیرد. بنابراین، طرح مخلوط، هنر متعادل کردن این اثرهای متضاد است. البته، در طرح مخلوط ممکن است معیارهای دیگری مانند کاهش جکع شدگی، خزش و غیره در نظر گرفته شود. در ادامه، روش های طرح مخلوط ملی ایران، انگلیسی (BS)، آلمانی و نیز آمریکایی (ACI) به صورت راهنمای گام به گام معرفی شده اند. مبانی روش طرح مخلوط ایران برگرفته از روش آلمانی است. در روش ارائه شده به عنوان روش ملی طرح مخلوط بتن، تطابق با استاندارد سنگدانه های بتن (استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲) و همچنین آیین نامه بتن ایران و ویژگی های سیمان پرتلند (استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹) در نظر گرفته شده است. این روش برای طرح مخلوط بتن های ویژه مانند بتن های حجیم، بتن های سبک، بتن های سنگین و غیره مستقیماً قابل کاربرد نمی باشد بلکه نیاز به اعمال تمهیدات خاص و ایجاد تغییرات می باشد. در هر کدام از روش ها، جهت طرح مخلوط بتن می توان از نرم افزارهای ارائه شده نیز استفاده نمود. مثال طرح اختلاط بتن، نرم افزار طرح مخلوط بتن طبق روش ملی ایران، نسبت های مخلوط بتن را براساس روش ملی طرح مخلوط بتن ارائه می دهد.

مبانی تعیین نسبت های اختلاط بتن

طرح مخلوط بتن عبارتست از: فرایند انتخاب اجزای مناسب بتن، تعیین مقادیر نسبی، به گونه ای که طرح اقتصادی باشد، الزامات مورد نیاز از جمله مقاومت، دوام، روانی و غیره را برآورد نماید. شایان ذکر است که نسبت های حاصل از تمامی روش ها تنها جنبه راهنمایی دارند. به منظور تعیین نسبت های اختلاط در هر پروژه، باید در کارگاه، مخلوط های آزمایشی ساخته و مورد بررسی قرار گیرند تا اینکه طرح نهایی حاصل شود.



نمونه طرح اختلاط بتن کارگاهی

پارامترهای موثر در طرح مخلوط بتن

کارایی و روانی مناسب (۱- کارایی، ۲- روانی)

دوام (۱- نوع سیمان، ۲- نوع سنگدانه، ۳- حداقل و حداکثر سیمان، ۴- حداکثر نسبت آب به سیمان، ۵- استفاده از مواد افزودنی)

مقاومت (۱- مقاومت مشخصه، ۲- انحراف معیار، ۳- کنترل کیفیت)

سنگدانه ها (۱- ایجاد ساختار بتن، ۲- کاهش فضای خالی)

نسبت آب به مواد سیمانی

سیمان (۱- نوع سیمان، ۲- ترکیب شیمیایی، ۳- نرمی)

تعیین نسبت های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن

تعیین نسبت های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشد:

الف- کارایی و روانی بتن به اندازه کافی باشد تا بتن بتواند به سهولت در قالب ها ریخته شود و به خوبی میلگردها را در برگیرد بدون اینکه جدایی دانه ها یا آب انداختن زیاد روی دهد. جدول ۱-۲ حدود روانی بتن را برای مصارف مختلف نشان می دهد. در مواردی که از فوق روان کننده های بتن استفاده می شود می توان بتن های سفت و یا با حالت خمیری را به بتن روان تبدیل کرد. لازم به ذکر است که، نسبت های اختلاط مواد تشکیل دهنده بتن براساس تجربیات کارگاهی و استفاده از مخلوط های آزمایشی با مصالح مصرفی کارگاه تعیین می شوند.

جدول ۱ حدود روانی بتن در مصارف مختلف

طبقه بندی روانی	اسلامپ میلیمتر	کاربرد مناسب بتن
خیلی کم (سفت)	25-0	رویه بتنی که به وسیله غلتک لرزنده می شود. بتن های در حد کارایی زیادتر این گروه را در بعضی موارد می توان با ماشین های دستی نیز متراکم نمود .
کم (خمیری)	50-25	رویه بتنی که با غلتک های دستی و یا شمشه های فلزی دارای یبراتور لرزاننده می شود. بتن های در حد کارایی زیادتر این گروه را در مواردی که مواد سنگی گردگوشه و یا نامنظم مصرف شوند می توان برای ساختن رویه بتنی با دست نیز متراکم نمود. پی های با بتن انبوهی بدون لرزاندن و یا قطعات بتن مسلح با فولاد کم و یا لرزاندن خفیف .
متوسط (شل)	100-50	در حد کارایی کمتر این گروه دال های مسلحی که با بتن حاوی سنگ شکسته ساته می شوند و با دست متراکم می گردند. بتن مسلح معمولی که با دست متراکم می شود و یا قطعاتی که فولاد زیاد دارند و لرزنده می شود .
زیاد (روان)	175-100	برای قطعاتی که آرماتور زیاد نزدیک به هم دارند و معمولاً برای لرزاندن مناسب نمی باشد .

مقاومت فشاری مشخصه بتن، مقاومتی است که حداکثر ۵ درصد کلیه مقاومت های اندازه گیری شده برای رده بتن مورد نظر ممکن است کمتر از آن باشد. رده بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن به این ترتیب است:

C6, C8, C10, C16, C20, C25, C30, C40, C50 C120

اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب نیوتن بر میلی متر مربع می باشند. بتن های رده C16 و بالاتر در بتن آرمه به کار می روند و استفاده از بتن رده C12 در بتن آرمه تنها با داشتن توجیه کافی و با رعایت شرایط لازم مجاز است.

روش های تعیین نسبت های اختلاط بتن

برای بتن های رده C20 و پایین تر می توان نسبت های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد. برای بتن های رده C30 و بالاتر، تعیین نسبت های بهینه اختلاط باید از طریق مطالعات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی براساس دوام صورت گیرد. این مطالعات ممکن است قبل از شروع عملیات اجرایی به وسیله طراحی انجام پذیرد و نتیجه به دست آمده به عنوان نسبت های اختلاط مقرر در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شود، یا به وسیله مجری به انجام رسد و نتیجه به دست آمده به عنوان "نسبت های اختلاط تعیین شده" به کار رود.

جدول ۲ مقادیر تقریبی اختلاط بتن در رده های مقاومتی

ردیف	طبقه یا نوع بتن	اختلاط تقریبی بتن	مقدار مصالح برای مترمکعب بتن	اسلامپ بتن cm	مقدار آب برای مترمکعب بتن (لیتر)	سیمان Kg	ماسه Kg	شن Kg
1		5/2- 5/1	450	47/0	78/0	10- 5	170- 150	400
2		3-2	400	53/0	78/0	10- 5	160- 140	350
3		5/3- 5/2	350	53/0	83/0	10- 5	150- 130	300
4		5-2	300	53/0	88/0	5- 5/2	145- 130	250
5		7-4	250	53/0	93/0	5- 5/2	145- 125	200
6		6-4	200	53/0	97/0	5- 5/2	140- 125	150
7		13- 5/6	150	53/0	05/1	5- 5/2	140- 120	100

تدوین مدارک مربوط به مقاومت فشاری متوسط

مجموعه مدارکی که نشان می دهند نسبت های پیشنهادی اختلاط، مقاومت فشاری متوسطی، حداقل معادل مقاومت فشاری متوسط لازم را تامین می کند، می تواند مشتمل بر پرونده ای از آزمایش های مقاومت در شرایط کارگاهی یا چند پرونده از آزمایش های مقاومت یا مخلوط های آزمایشی آزمایشگاهی باشد.

الف: پرونده آزمایش های مقاومت باید معرف مصالح و شرایط مورد استفاده در عمل باشد. تئیرات در مصالح و نسبت های اختلاط نباید محدودیتی بیشتر از حدود تعیین شده در طرح مورد نظر داشته باشد. به منظور تدوین مدارکی که نشان دهد مخلوط بتن مقاومت متوسط لازم را خواهد داشت، می توان پرونده ای مشتمل بر حداقل ۱۰ آزمایش متوالی یا ۳۰ آزمایش متفرق را به کار برد مشروط بر آنکه این پرونده آزمایش های انجام شده در مدت حداقل ۴۵ روز را در برگیرد. نسبت های لازم برای اختلاط بتن را می توان براساس درون یابی خطی بین مقاومت ها و نسبت های اختلاط ذکر شده در حداقل ۲ پرونده آزمایش طرح اختلاط بتن، مطابق سایر ضوابط این بند به دست آورد.

ب: در صورتی که در کارگاه پرونده های قابل قبول از نتایج آزمایش ها موجود نباشد می توان نسبت های اختلاط را براساس مخلوط های آزمایشی آزمایشگاهی و با مراعات شرایط زیر تعیین کرد:

اختلاط مصالح باید همان باشد که در طرح مورد نظر به کار خواهد رفت.

مخلوط های آزمایشی آزمایشگاهی با نسبت های اختلاط و روانی لازم برای کار مورد نظر باید حداقل به سه نسبت مختلف آب به سیمان یا سه مقدار سیمان ساخته شوند، طوری که محدوده ای از مقاومت های فشاری متوسط لازم را در بگیرند.

مخلوط های آزمایشی آزمایشگاهی باید طوری طراحی شوند که اختلاف اسلامپ بتن با مقدار حداکثر مجاز اسلامپ در محدوده ۲ آنها با مقدار حداکثر مجاز اسلامپ در محدوده ± 2 میلیمتر باشد و برای بتن حباب دار، اختلاف مقدار هوا با هوای حداکثر مجاز در محدوده ± 0.5 درصد باشد. برای هر نسبت آب به سیمان یا هر مقدار سیمان باید حداقل سه نمونه، ساخته و عمل آورده شوند. نمونه ها باید در سن ۲۸ روز یا هر سن دیگری که در طرح برای تعیین مقاومت مشخصه بتن مقرر شده آزمایش شوند.

بعد از حصول نتایج آزمایش های فشاری آزمون ها باید نموداری رسم کرد که رابطه بین نسبت آب به سیمان با مقاومت فشاری در زمان آرایش را نشان دهد. حداکثر نسبت آب به سیمان یا حداقل مقدار سیمان برای بتن مورد استفاده در طرح، باید نظیر قسمتی از نمودار باشد که براساس آن مقاومت فشاری متوسط تامین شود.

انواع روش های طرح اختلاط بتن

با به کارگیری نسبت های صحیح آب، سیمان، شن و ماسه در ساخت بتن، اهداف زیر را دنبال می کنیم:

رسیدن به مقاومت کافی

تامین دوام کافی

رسیدن به اسلامپ مورد نظر

در کارگاه هایی که حجم بتن ریزی بالاست، طرح اختلاط براساس آزمایشگاه بتن تعیین می گردد. البته به شرطی که در مدت استفاده از طرح اختلاط محل تهیه مصالح از بیل شن و ماسه تغییر نکند. علاوه بر روش ملی طرح مخلوط، روش وزنی حجمی (ACI-211-89)، طرح اختلاط به روش آیین نامه BS و نیز روش آلمانی از رایج ترین روش های طرح اختلاط می باشند.

طرح مخلوط بتن براساس روش آلمانی

گام اول - انتخاب و تعیین نسبت های اختلاط سنگدانه

دانه بندی سنگدانه ها از طریق تعیین مقدار سهم هر فراکسیو از دانه ها در مخلوط سنگدانه حاصل می شود. علاوه بر دانه بندی مصالح سنگی، شکل و سطح دانه ها، میزان آب مورد نیاز برای دستیابی به کارایی مناسب، مقدار دوغاب سیمان مورد نیاز به منظور دستیابی به یک ساختار منسجم نیز باید مدنظر قرار گیرد. از این رو با فرض مشخص بودن مقدار سیمان نحوه توزیع دانه ها در مصالح سنگی عامل تعیین کننده نسبت آب به سیمان (W/C) و بسیاری از خصوصیات بتن می باشد. با معلوم بودن مقاومت فشاری و همچنین مقدار W/C ، توزیع دانه ها در مصالح سنگی نقش مهمی در تعیین مقدار سیمان مورد نیاز ایفا می نماید. توزیع دانه ها در مصالح سنگی تاثیر مستقیم روی بعضی از خصوصیات بتن سخت شده دارد به عنوان مثال، منحنی توزیع نیروهای داخلی بتن به بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه و نسبت درشت دانه به ریزدانه، بستگی دارد. این مطلب می تواند در مورد نسبت بین مقاومت کششی به فشاری، روی منحنی رفتار تنش - کرنش موثر باشد. در انتخاب نحوه توزیع دانه ها، اصول زیر باید مدنظر قرار گیرد: مخلوط های درشت دانه نیاز به آب کمی دارند و در واحد حجم دارای سطح جانبی کمی (در مقایسه با ریزدانه ها) می باشند که در نتیجه نیاز به دوغاب سیمان کمتری نیز برای پوشش سطح دانه ها دارند.

نحوه توزیع سنگدانه با دانه های پیوسته (ریز و درشت) دارای فضاهای خالی کمتری نسبت به مخلوط هایی با دانه های تقریباً هم اندازه (ناپیوسته) است، در نتیجه برای پرکردن فضاهای خالی، دوغاب سیمان کمتری در مقایسه با مخلوط های با دانه بندی هم اندازه می باشد و به این ترتیب دارای مزیت فنی و اقتصادی نیز می باشد. کاهش مقدار سیمان در بتن، باعث کاهش درجه حرارت ناشی از آگیری سیمان (هیدراتاسیون) و نهایتاً کاهش گرادیان حرارتی و همچنین مقدار جمع شدگی و خزش می گردد. افزایش بیش از حد اندازه اسمی سنگدانه، موجب کاهش کارایی و میل شدید به جدا شدگی در بتن تازه می گردد، همچنین در زبردانه های درشت، خطر آب انداختن بوجود می آید.

منحنی دانه بندی

توزیع دانه ها در مخلوط سنگدانه ها از روی منحنی دانه بندی به بهترین وجه قابل تشریح می باشد. در این منحنی روی محور افقی (Xها) اندازه الک ها و روی محور عمودی (Yها) درصد رد شده از الک مورد آزمایش درج شده است. سهم حجمی مصالح از طریق نسبت وزن مخصوص ناخالص دانه به سهم وزنی بدست می آید. در مخلوط های سنگدانه ای که وزن مخصوص ناخالص فراکسیون های مختلف دانه های مصرف شده تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند می توان سهم حجمی مصالح را تقریباً مساوی سهم وزنی آنها قرار داد. منحنی های دانه بندی به منحنی های پیوسته و ناپیوسته تقسیم می شوند.

جهت رشد و تکامل "منحنی دانه بندی ایده آل" آزمایش های متعددی روی اختلاط درشت دانه ها با قطر معین صورت گرفته است که از این طریق امکان دستیابی به حداکثر وزن مخصوص توده ای مخلوط دانه ها و در نتیجه حداقل سیمان مورد نیاز، کارایی مناسب بتن تازه و حداکثر مقاومت بتن حاصل گردد. قدیمی ترین مثال شناخته شده چنین منحنی دانه بندی ایده آل، منحنی فولر آمریکایی می باشد. این منحنی می تواند براساس معادله زیر نوشته شود:

$$n(A=100(d/n$$

که در آن $n=0.5$ و D (بزرگترین قطر دانه مخلوط سنگدانه برحسب میلی متر) و d (قطر سوراخ های سرند) و A (مقدار درصد کلیه مصالح جامد به انضمام سیمان رد شده از سرند با قطر سوراخ d می باشد).

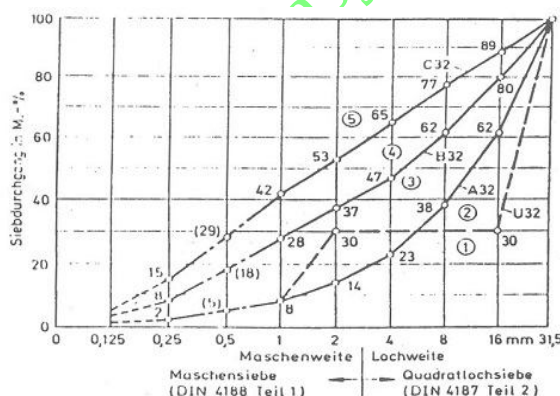
برای سنگدانه به تنهایی، منحنی فولر بیشترین وزن مخصوص توده ای را ارائه نمی دهد، تغییر نمای n می تواند بر وزن مخصوص توده ای چنین منحنی های دانه بندی سهمی شکل، که براساس مخلوط دانه ها بوجود آمده موثر باشد؛ مثلا درخصوص سنگدانه های گرد گوشه نظر شن و ماسه طبیعی (رودخانه ای)، حداکثر وزن مخصوص متراکم در $n = 0.4$ و در مورد مصالح شکسته با $n = 0.3$ بدست می آید.

مقدار دانه های کوچکتر از 0.125 میلیمتر در اکثر منحنی های دانه بندی ناچیز می باشد و در منحنی های دانه بندی عموما به صورت ویژه در نظر گرفته نمی شود بلکه همراه با سیمان به دانه های فیلر اضافه می شود.

اگر این مقدار سهم در نظر گرفته نشود منحنی سهمی مقدار سهم دانه ها می تواند به صورت زیر تغییر یابد.

$$[n(D/0.125)-n(d/n)]n(A=100/1-(0.125/D$$

تقریبا مستقل از بزرگترین اندازه دانه، نمای n برای منحنی دانه بندی A حدودا دو سوم و برای منحنی دانه بندی B تقریبا یک چهارم و برای منحنی دانه بندی C صفر می باشد.



گام دوم - تصمیم در مورد بکارگیری مواد جایگزین

مواد افزودنی شیمیایی:

امروزه مصرف انواع روان کننده های بتن به سرعت رو به افزایش می باشد. اثر کاهش مقدار آب مورد نیاز بر اثر استفاده از روان کننده های بتن، تابع مواد افزودنی مورد نظر و طرح اختلاط بتن دستی است. این خاصیت در بتن های سفت (با کرائی کم) کمتر از بتن های با ساختار پلاستیک یا شل می باشد و عموما بین ۵ تا ۱۵ درصد است.

با استفاده از فوق روان کننده ها مقدار کاهش آب بیشتری قابل حصول می باشد. برحسب مقدار مصرف، طرح اختلاط و درجه حرارت با حفظ ساتار اولیه می توان بین ۲۵ تا ۳۵ درصد میزان آب مورد نیاز را کاهش داد.

مواد افزودنی معدنی، مصنوعی و شبه سیمانی (مواد مضاف یا جایگزین سیمان):

مواد جایگزین سیمان روی مقدار آب مورد نیاز تاثیرات متفاوتی دارد. مواد جایگزین معدنی ریزدانه، دارای تاثیری شبیه به سیمان می باشند. در مخلوط هایی که سنگدانه آن دارای ریزدانه کمی است، افزودن مواد جایگزین موجب بهبود کارایی و به مقدار ناچیزی تقلیل مقدار آب مورد نیاز می گردد.

ولی چنین مواد جایگزینی می تواند با مخلوط های حاوی سنگدانه های ریز (فیلر) کافی به ویژه وقتی که مقدار سیمان موجود نیز زیاد باشد، مقدار آب مورد نیاز را برای روانی معینی افزایش دهد. دوده سیلیس، خاکستر بادی و غیره.

گام سوم - تعیین مقدار آب مورد نیاز

مقدار آب مورد نیاز بستگی به مصالح اولیه، مقادیر آنها، مواد افزودنی بتن و یا جایگزین سیمان، بویژه نحوه توزیع سنگدانه ها دارد. جذب آب سنگدانه ها نیز روی کل مقدار آب افزوده شده تاثیر می گذارد (مثلا سنگدانه های سبک متخلخل نیاز به آب بیشتری دارند). در این رابطه منظور از مقدار آب لازم همیشه مقدار آب آزاد یا موثر در دوغاب سیمان است که به صورت نسبت وزنی و یا حجمی بتن در نظر گرفته می شود و مقدار جذب آب سنگدانه ها باید به صورت جداگانه مدنظر قرار گیرد. دانه بندی سنگدانه ها و درصد اختلاط آنها:

مقدار آب مورد نیاز با ریز شدن سنگدانه ها افزایش می یابد. این مطلب در جدول زیر براساس مقادیر آب مورد نیاز W_a برای فراکسیون مختلف سنگدانه ارائه شده است.

جدول ۱ مقدار آب مورد نیاز برای فراکسیون مختلف سنگدانه براساس $200\text{mm}/3\text{mm}$

فراکسیون سنگدانه ها mm							
25/0- 0	25/0- 5/0	5/0- 1	1-2	2-4	4-8	8-16	بزرگتر از ۱۶
(dm ³ /100dm ³)w _a	45	18	13	10	8	7	6
5							

شکل دانه و خصوصیات سطح جانبی سنگدانه

برای ساختار مساوی و یا همچنین کارایی بتن تازه یکسان، سنگدانه های تیز گوشه و ریز شکسته شده نیاز به آب بیشتری در مقایسه با دانه های گرد شده و کوچک ولی صیقلی دارند. از نظر کمی تاثیر شکل دانه و خصوصیات سطح جانبی روی مقدار آب مورد نیاز فقط به صورت تقریبی قابل تخمین می باشد. مقدار افزایش آب مورد نیاز بین ۵ تا ۱۵ درصد می باشد. تاثیر نوع سنگدانه روی مقدار آب مورد نیاز تابع دانه بندی، بزرگترین اندازه سنگدانه، مقدار سیمان موجود و یا دانه های بسیار ریز (فیلر)، نرمی سیمان و ساختار بتن تازه می باشد. با ویژه برای سیمان هایی با نرمی زیاد، در بتن های با روانی زیاد یا پلاستیک تاثیر نوع سنگدانه کمتر از بتن با روانی کم می باشد.

مقدار و نوع سیمان

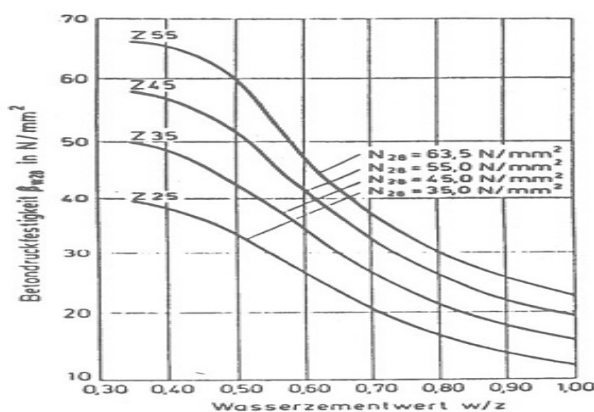
مقدار سیمان موجود (مثلا 3kg/m^3 و بیشتر)، در بتن با فیلر و ماسه کم، همانند منحنی دانه بندی A32 می تواند اثر قابل توجهی روی مقدار آب مورد نیاز از ۱۰ تا 25 Lit/m^3 بگذارد، ولی با افزایش مقدار سهم ماسه و دانه های فیلر، تاثیر مقدار سیمان موجود به ویژه در ناحیه روانی زیاد و پلاستیک کم می شود. در بتن های با سنگدانه های ریز شکسته شده تاثیر مقدار سیمان موجود بیشتر از بتن های شن و ماسه ای (گردگوشه) است. در مقادیر سیمان بین 270 kg/m^3 تا 330 kg/m^3 ، اختلاف سیمان موجود در بتن های با طرح اختلاط متداول عموماً تاثیری روی مقدار آب مورد نیاز نمی گذارد.

تاثیر نوع سیمان روی مقدار آب مورد نیاز در بتن حاوی سیمان کم، ناچیز می باشد. در بتن با مقدار سیمان موجود متوسط (حدود 300 kg/m^3) و سیمان خوب آسیاب نشده (PZ35F) می تواند مقدار آب مورد نیاز حدود 15 Lit/m^3 در مقایسه با سیمان خوب آسیاب شده (PZ55) افزایش یابد.

با ازدیاد مقدار سیمان موجود مثلاً بیش از 330 kg/m^3 نسبت ها معکوس می شود. در اینجا مقدار آب مورد نیاز با سیمان خیلی نرم به حداکثر می رسد و علت آن این است که سیمان نرم در مقادیر کم، کارایی بتن را با آب کمتر امکان پذیر می سازد ولی با افزایش مقدار سیمان به علت افزایش بیش از حد سطح جانبی، نیاز به مقدار آب بیشتری در مقایسه با سیمان معمولی می باشد. دو نوع سیمان مختلف می توانند در یک ناحیه روانی، نیاز به مقدار آب مساوی و در ناحیه روانی دیگری نیاز به مقدار آب متفاوتی داشته باشند.

گام چهارم - تعیین نسبت آب به سیمان

با توجه به مقاومت فشاری، نسبت آب به سیمان از نمودار زیر بدست می آید.



گام پنجم - تعیین مقدار سیمان $W/S/C=W$

گام ششم - تعیین مقدار سنگدانه

$$p).eRg-W-F/ef-G=(1000-c/ec$$

گام هفتم - کنترل میزان مواد ریزدانه و فیلر

مصالح ریزدانه متشکل از دانه های به اصطلاح پودر (فیلر) $0 - 0.125$ میلیمتر و ماسه ریزدانه $0.125 - 0.25$ میلی متر می باشد. دانه فیلر خود متشکل از سیمان، سهم مصالح ریزدانه $0 - 0.125$ میلیمتر و در صورت لزوم مواد افزودنی معدنی است. دانه های فیلر بویژه در خصوصیات بتن تازه دارای نقش مهمی می باشند. مقدار دانه فیلر کافی در بتن هایی که در مسیرهای طولانی بوسیله تراک میکسر یا لوله حمل می شود، آن هایی که در زیر آب بتن ریزی می شوند، بتن هایی که برای دیوارهای کم ضخامت با آرماتورهای نزدیک بهم بکار می روند و در بتن هایی که الزامات نفوذ پذیری باید در آنها رعایت شود بسیار حائز اهمیت است. از طرفی، مقدار ریزدانه کافی برای ایجاد کارایی و تولید بتن با ساختار منسجم و همگن لازم می باشد، و از طرف دیگر، باید افزایش بیش از حد آن را کنترل نمود، زیرا مقدار بیش از حد آن موجب افزایش آب مورد نیاز می گردد و در نتیجه برخی از خواص بتن را که وابسته به آن است، تبیر می دهد. از جمله این اثرات نامطلوب می توان، کاهش مقاومت در مقابل شرایط جوی به ویژه مقاومت یخ زدگی و شوره و همچنین مقاومت سایشی را نام برد.

جدول ۲ مقدار مجاز فیلر و ریزدانه در بتن

مقدار سیمان موجود kg/m ³		حداکثر مقدار مجاز فیلر یا ماسه ریزدانه برحسب kg/m ³	
کمتر از ۳۰۰ ۳۵۰		فیلر (> mm125/0)	فیلر + ماسه ریزدانه (> mm250/0)

400 500	350 400	
		مقادیر بین دو مقدار سیمان، به صورت معادله خطی قابل محاسبه می باشد. این مقادیر در موارد زیر می تواند افزایش داده شود: در مورد مقدار سیمان موجود بیش از 350 kg/m^3 در مورد مواد جایگزین پوزولانی در مورد بزرگترین دانه سنگدانه ۸ میلیمتر

طرح مخلوط بتن براساس روش ACI-211

آیین نامه آمریکا با ACI-211 از این مزیت برخوردار است که در مراحل پایانی طراحی، با ساخت یک نمونه آزمایشگاهی و انجام چند آزمایش ساده روی این نمونه، نتایج مراحل قبلی را اصلاح کرده و به این ترتیب تاثیر خواص ویژه مصالح هر منطقه را به نحو مناسبی در نتایج طراحی دخالت می دهد. به همین جهت روش این آیین نامه در مناطق مختلف و از جمله ایران، نتایج دقیق تری را به دنبال خواهد داشت.

تاثیر استفاده از انواع مواد افزودنی (شیمیایی و معدنی)

بنا به تعریف طبق ACI 116 R مواد افزودنی عبارتست از: مصالحی غیر از آب، سیمان هیدرولیکی، سنگدانه و الیاف. انواع مواد افزودنی شیمیایی عبارتند از: کاهنده آب (روان کننده)، کاهنده آب ممتاز (فوق روان کننده)، کندگیر کننده، زودگیر کننده بتن، حباب هواساز و غیره. انواع مواد افزودنی معدنی عبارتند از: پوزولان های طبیعی، میکروسیلیس، سرباره کوره آهن گدازی و خاکستر بادی.

گام اول - انتخاب اسلامپ

جدول ۱ اسلامپ های پیشنهادی برای انواع مختلف ساختمان ها

اسلامپ mm		موارد اجرایی مختلف (انواع سازه)
	حداقل	حداکثر
25	75	پی های دیوار و پی های مجزای مسلح
25	75	پی های مجزا، صندوقچه ها و دیوارهای زیرسازه ای غیر مسلح
25	100	تیرها و دیوارهای مسلح
25	100	ستون های ساختمانی
25	75	روسازی ها و دال ها
25	50	بتن حجیم

گام دوم - انتخاب بزرگترین اندازه سنگدانه

سنگدانه ها با دانه بندی مناسب و با بزرگترین اندازه اسمی بزرگتر، نسبت به سنگدانه های مشابه با بزرگترین اندازه اسمی کوچکتر، دارای فضای خالی کمتری هستند. بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه ها باید از مقادیر زیر کوچکتر باشند:

یک پنجم کوچکترین بعد قالب

یک سوم ضخامت دال ها

سه چهارم کمترین فاصله خالص بین تک میلگردها و یا دسته میلگردها

گام سوم - تخمین آب اختلاط و مقدار هوای محبوس

بزرگترین اندازه سنگدانه

شکل ذرات و دانه بندی آنها

دمای بتن

مقدار هوای ایجاد شده

کاربرد مواد افزودنی

جدول ۲ مقادیر تقریبی آب اختلاط و مقدار وای مورد نیاز برای اسلامپ های متفاوت براساس بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه ها

مقدار آب در واحد حجم بتن برای بزرگترین اندازه اسمی مشخص شده سنگدانه (kg/m ³)								
اسلامپ mm	5/9	5/12	19	25	5/37	50	75	150
بتن هوازایی نشده								
25 تا ۵۰	207	199	190	179	166	154	130	113
75 تا ۱۰۰	228	216	205	194	181	169	145	126
150 تا ۱۷۵	243	228	216	202	190	178	160	—
مقدار تقریبی هوای محبوس در بتن هوازایی نشده، برحسب درصد	3	5/2	2	5/1	1	5/0	3/0	2/0
بتن هوازایی شده								
25 تا ۵۰	181	175	168	160	150	142	122	107
75 تا ۱۰۰	202	193	184	175	165	157	123	119
150 تا ۱۷۵	216	205	197	184	174	166	154	—
درصد هوای کل میانگین پیشنهادی برای شرایط محیطی مختلف								
شرایط محیطی ملایم (مساعد)	5/4	0/4	5/3	0/3	5/2	0/2	5/1	0/1
شرایط محیطی متوسط (نیمه مساعد)	0/6	5/5	0/5	5/4	5/4	0/4	5/2	0/2
شرایط محیطی شدید (نا مساعد)	5/7	0/7	0/6	0/4	5/5	0/5	5/4	0/4

گام چهارم - انتخاب نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی

مقاومت

دوام

جدول ۳ تعیین نسبت آب به سیمان

نسبت وزنی آب به سیمان			مقاومت فشاری ۲۸ روزه MPa
	بتن هوازایی شده	بتن هوازایی نشده	
0	42/0	40	
39/0	47/0	35	
45/0	54/0	30	
52/0	61/0	25	
60/0	69/0	20	
70/0	79/0	15	

در استفاده از جدول طرح اختلاط بتن فوق باید موارد زیر را در نظر داشت:

رعایت حداکثر نسبت آب به سیمان در شرایط خاص

محاسبه نسبت آب به مواد سیمانی براساس رابطه هم ارزی جرمی و یا حجمی

گام پنجم - محاسبه مقدار سیمان

دوام

حداقل و یا حداکثر مقدار مشخص شده

گام ششم - تخمین مقدار سنگدانه درشت (شن)

نسبت اختلاط سنگدانه های درشت و ریز در تعیین روانی، کارایی و دستیایی به حداقل تخلخل و حداکثر وزن مخصوص تاثیر گذار

می باشد. در این روش، حداکثر اندازه اسمی سنگدانه درشت و مدول نرمی سنگدانه ریز معیار تعیین حجم سنگدانه های درشت در

حالت خشک میله خورده (متراکم) می باشد. جرم سنگدانه درشت مورد نیاز برابر است با حجم حاصل از جدول ضرب در جرم

حجمی سنگدانه.

جدول ۴ تخمین مقدار شن

حجم سنگدانه درشت در واحد حجم بتن					بزرگترین اندازه
برای مدول های نرمی متفاوت سنگدانه ریز (ماسه)					اسمی سنگدانه
					mm
	00/3	80/2	60/2	40/2	
44/0	46/0	48/0	50/0	5/9	

حجم سنگدانه درشت در واحد حجم بتن برای مدول های نرمی متفاوت سنگدانه ریز (ماسه)					بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه mm
53/0	55/0	57/0	59/0		5/12
60/0	62/0	64/0	66/0		19
65/0	67/0	69/0	71/0		25
69/0	71/0	73/0	85/0		5/37
72/0	74/0	76/0	78/0		50
76/0	78/0	80/0	82/0		75
81/0	83/0	85/0	87/0		150

در مورد جدول فوق قابل توجه است که در بتن ریزی به وسیله پمپ و یا نواحی با آرماتور بندی فشرده می توان ارقام را تا ۱۰ درصد کاهش داد.

گام هفتم - تخمین مقدار سنگدانه ریز (ماسه)

روش وزنی

روش حجم مطلق

روش اول:

$$(C/G_c) + (W/G_w) + (A/W_a) + (P/G_p) + a = 1000 \text{ lit}$$

جدول ۵ تخمین اولیه وزن یک مترمکعب بتن تازه

تخمین اولیه جرم واحد حجم بتن (kg/m ³)			بزرگترین اندازه سنگدانه بر حسب mm
بتن هوازایی نشده		بتن هوازایی شده	
2200	2280	2280	5/9
2230	2310	2310	5/12
2280	2350	2350	19
2285	2380	2380	25
2320	2415	2415	5/37
2345	2445	2445	50
2395	2490	2490	75
2435	2525	2525	150

این مقادیر برای عیار بتن ۳۳۰ و اسلامپ متوسط و وزن مخصوص سنگدانه ۲/۷ است.

روش دوم:

$$U=10Ga(100-A)+C(1-Ga/Gc)-W(Ga-1)$$

گام هشتم - اصلاح میزان رطوبت سنگدانه ها

(رطوبت موجود - جذب آب ssd) = رطوبت سطحی

$$(1 - 100 / \text{رطوبت سطحی}) = \text{ضریب تصحیح}$$

گام نهم، ساخت نمونه آزمایشی و انجام تصحیحات لازم می باشد.

طرح مخلوط بتن براساس روش انگلستان Road note no.4

طرح مخلوط بتن به روش BS نیز همانند روش ACI یکی از معتبرترین روش های طراحی مخلوط بتن محسوب می شود. مراحل طراحی در این روش به تفصیل روش ACI نبوده و به خصوص مرحله ساخت نمونه آزمایشی در این روش پیش بینی نشده است، اما در کل با مصالح تولیدی ایران سازگارتر است. این طرح توسط موسسه راهسازی انگلستان تهیه شده و به نام Road Note No.4 معروف است.

مبانی طرح اختلاط بتن

دستیابی به مقاومت فشاری مشخصه (نمونه مکعبی در سن مورد نظر)

$$S \text{ انحراف معیار و } k \text{ ضریب آماری } fm = fc + ks$$

در این روش به منظور تامین ضمنی دوام بتن از دو عامل حداقل و حداکثر مجاز نسبت آب به سیمان استفاده شده است. طرح براساس مقاومت خواسته شده و کارایی لازم انجام می شود و نیاز به مشخص بودن نوع سیمان، حداکثر اندازه سنگدانه و نوع آن و دانه بندی دارد.

داده های مورد نیاز:

الف) مقاومت فشاری مشخصه ۲۸ روزه نمونه مکعبی بتن مورد نظر (f_{cu})

ب) نوع سیمان: که آیا سیمان معمولی یا ضد سولفات یا زودگیر است.

پ) اسلامپ خواسته شده و مورد نظر طراح

ث) حداکثر نسبت آب آزاد به سیمان: معمولاً طراح، این عدد را با توجه به اهداف طرح، از نظر مقاومت و دوام، تعیین می کند.

ج) حداقل مقدار سیمان: اگر طراح حداقلی برای مقدار سیمان در نظر گرفته است، در هنگام طراحی، این حداقل را کنترل می کنیم.

چ) نوع مصالح سنگی: که شکسته یا شکسته است.

ح) نوع دانه بندی ماسه، مطابق BS 882

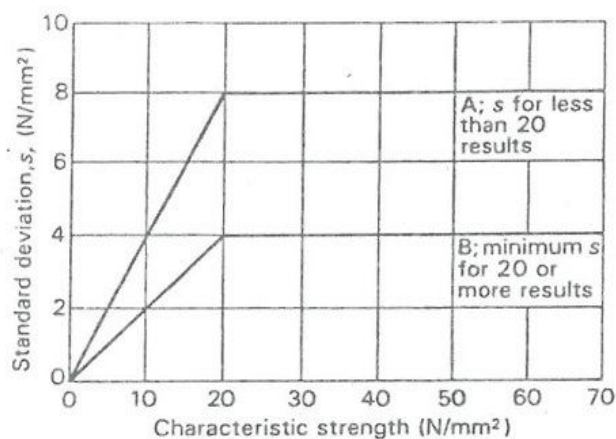
خ) وزن مخصوص دانه های سنگی: اگر اطلاعاتی در مورد وزن مخصوص دانه های سنگی نداشته باشیم، عدد ۲/۶ را برای مصالح شکسته و عدد ۲/۷ را برای مصالح شکسته انتخاب می کنیم (اعداد بر حسب ton/m^3).

گام اول - تعیین k به منظور استفاده در محاسبه حاشیه مقاومت

برای این کار باید بدانیم که از نظر آماری می خواهیم که مقاومت چند درصد نمونه های بتنی پایین تر از مقاومت مشخصه باشد. معمولاً هدف این است که مقاومت ۵ درصد نمونه های بتنی پایین تر از مقاومت بتن مشخصه باشد. k مربوط به این حالت برابر با ۱/۶۴ است. در غیر این صورت برای درصد های ۲/۱۰ و ۱۰، k را به ترتیب برابر با مقادیر ۲/۳۳، ۱/۹۶ و ۱/۲۸ در نظر می گیریم.

گام دوم - تعیین انحراف معیار S

بسته به اینکه تعداد نمونه های ما کمتر از ۲۰، یا ۲۰ و بیشتر باشد، از یکی از منحنی ها استفاده می کنیم. با توجه به مقاومت مشخصه و از روی منحنی های شکل زیر، انحراف معیار S را می یابیم.



شکل ۱ منحنی های انحراف معیار S

گام سوم - محاسبه حاشیه مقاومت

محاسبه طرح اختلاط بتن؛ حاشیه مقاومت M را از فرمول زیر محاسبه می کنیم: $M = ks =$ حاشیه مقاومت

گام چهارم - محاسبه مقاومت متوسط هدف

مقاومت متوسط هدف f_m را از فرمول زیر محاسبه می کنیم $f_m = f_{cu} + M$ مقاومت متوسط هدف

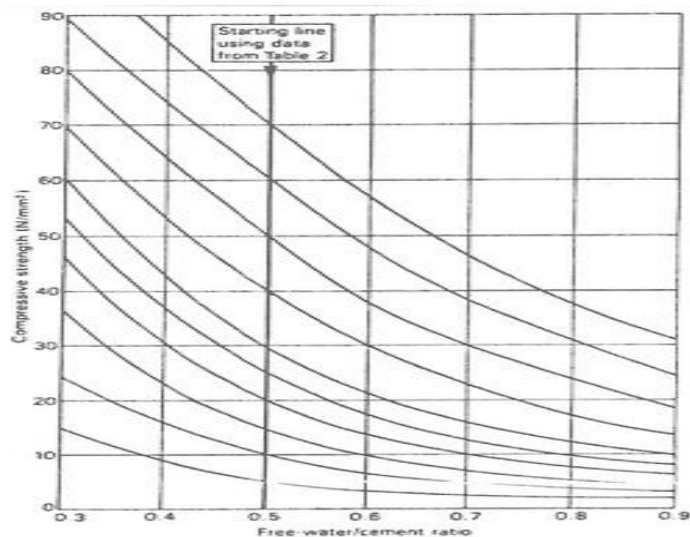
گام پنجم - تعیین مقاومت فشاری تقریبی بتن

برای سیمان و مصالح مورد نظر و برای نسبت آب به سیمان ۰/۵

Type of cement	Type of Coarse aggregate	Compressive Strengths (N/mm ²)			
		Age (days)			
Ordinary Portland (OPC) of Sulphate-Resisting Portland (SRPC)	Uncrushed Crushed	3	7	28	91
		22	30	42	49
		27	36	49	56
Rapid-Hardening Portland (RHPC)	Uncrushed	29	37	48	54
	Crushed	34	43	55	61

شکل ۲ تعیین مقاومت فشاری تقریبی بتن

گام ششم - تعیین W/C مناسب



شکل ۳ نمودار نسبت آب به سیمان

گام هفتم

با استفاده از جدول زیر و با توجه به حداکثر قطر سنگدانه، اسلایپ، و نوع مصالح سنگی مقدار تقریبی آب آزاد (Wfw) را محاسبه می کنیم.

Slump (mm) Vebe lime(s)		0-10 > 12	10-30 6-12	30-60 3-6	60-180 0-3
Maximum Size Aggregate (mm)	Type of aggregate				
10	Uncrushed	150	180	205	225
	Crushed	180	205	230	250
20	Uncrushed	135	160	180	195
	Crushed	170	190	210	225
40	Uncrushed	115	140	160	175
	Crushed	115	175	190	205

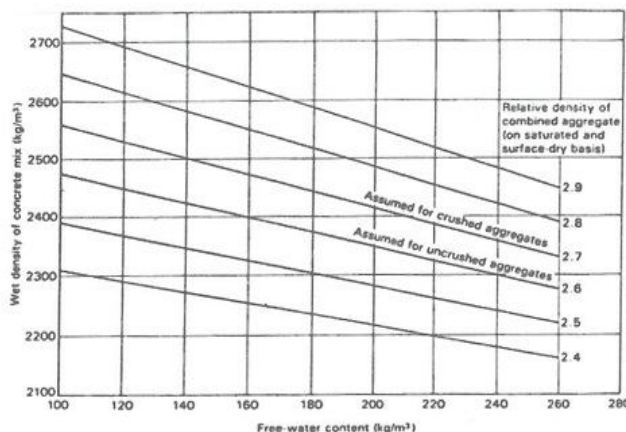
شکل ۴ تخمین مقدار تقریبی آب

گام هشتم با توجه به نسبت آب به سیمان به دست آمده از گام ششم و W به دست آمده از گام هفتم، مقدار (C) سیمان را محاسبه می کنیم. این مقدار را با حداقل سیمان مورد نظر طرح (در صورت وجود) مقایسه می کنیم و بزرگترین مقدار C را به عنوان C طرح انتخاب می کنیم.

$$C = W / (w/c)$$

گام نهم

با استفاده از شکل زیر و باتوجه به وزن مخصوص سنگدانه ها و وزن آب مصرفی، وزن مخصوص (وزن یک متر مکعب) بتن تازه (D) را به دست می آوریم.



شکل ۵ تخمین وزن مخصوص بتن تازه

گام دهم - تعیین وزن کل دانه های سنگی در حالت اشباع با سطح خشک (Wagg)

$$D - Wc - Wfw = Wagg$$

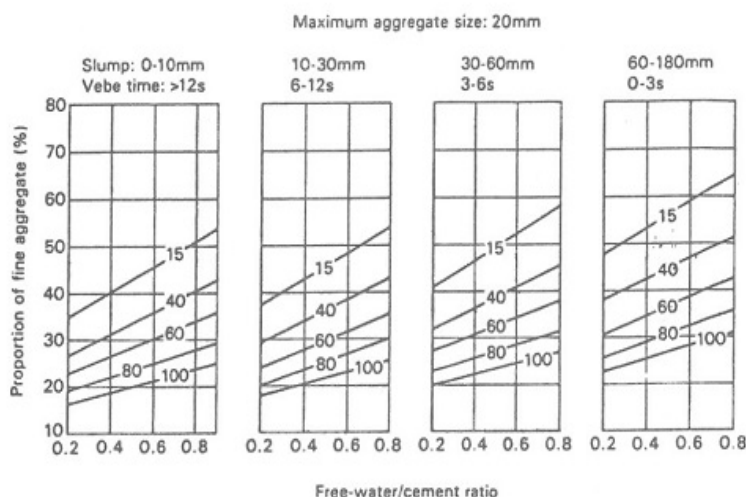
D = وزن مخصوص (وزن یک مترمکعب) بتن تازه (که در گام نهم بدست می آید)

Wc = مقدار سیمان مخلوط (که در گام هشتم به دست می آید)

Wfw = مقدار آب آزاد مخلوط (که در گام هفتم بدست می آید)

گام یازدهم - تعیین درصد وزنی ماسه (یا مصالح سنگی ریزدانه S)

برای این کار، می بایست با استفاده از شکل زیر و با توجه به مشخصات زیر، درصد ماسه را بیابیم. مشخصات مورد نیاز در این گام عبارتند از: حداکثر اندازه سنگدانه، نسبت آب به سیمان (به دست آمده در گام ششم)، میزان درصد گذشته از الک ۳۰۰ میکرون برای ماسه.



شکل ۶ نمودار درصد وزنی ماسه

گام دوازدهم - محاسبه وزن ماسه

نسبت درصد ریزدانه $\times$ وزن کل مصالح سنگی = وزن متسه (مصالح سنگی ریزدانه)

$$S'(\%) = W_{agg} - W_s$$

W_{agg} = وزن کل مصالح سنگی (مقداری که در گام دهم بدست آوردیم).

$S'(\%)$ = نسبت درصد ریزدانه (مقداری که در گام یازدهم بدست آوردیم).

W_s = وزن ماسه بدست آمده مربوطه به حالت اشباع با سطح خشک است.

گام سیزدهم - محاسبه وزن شن

وزن ماسه - وزن کل مصالح سنگی = وزن شن (مصالح سنگی درشت دانه)

$$W_s - W_{agg} = W_g$$

W_{agg} = وزن کل مصالح سنگی (مقداری که در گام دهم بدست آوردیم).

W_s = وزن ماسه (مقداری که در گام دوازدهم بدست آوردیم).

W_g = وزن شن بدست آمده، مربوط به حالت اشباع با سطح خشک است.

روش ملی طرح اختلاط

مقاومت فشاری متوسط لازم

مقاومت فشاری متوسط (f_{cm}) لازمی که به عنوان مبنای تعیین نسبت های اختلاط بتن بکار می رود می باید معادل مقدار

بزرگتر از بین دو مقدار به دست آمده از روابط زیر باشد که S انحراف استاندارد مقاومت فشاری نمونه ها می باشد.

$$s + 1/5 MPa^{3/4} + f_c = f_{cm}$$

$$s + 4 MPa^{3/2} + f_c = f_{cm}$$

تعیین انحراف استاندارد

الف - محاسبه انحراف استاندارد براساس نتایج آماری پروژه های قبلی: در این روش باید براساس نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها که

از پرونده آزمایش های پروژه های مشابه بدست آمده است، انحراف استاندارد را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$S = X \cdot m$$

نتایج آزمایش حداقل ۳۰ نمونه متوالی باید از پروژه مشابه قبلی موجود باشد در غیر اینصورت باید با ضریب اصلاحی، اصلاح گردد.

در هیچ شرایطی نباید انحراف استاندارد کارگاهی کمتر از ۲/۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

ب - تعیین انحراف استاندارد در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آماری:

در مواردی که نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها از نتایج آماری پروژه های قبلی، در دسترس نباشد، می توان براساس سطح نظارت و

کنترل کیفیت کارگاه و مقاومت مشخصه بتن، مقدار انحراف استاندارد را از جدول زیر تخمین زد. رتبه بندی کارگاه به شرایط

تولید، نظارت و کنترل کیفیت بستگی دارد.

جدول ۱ انحراف استاندارد براساس رتبه بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

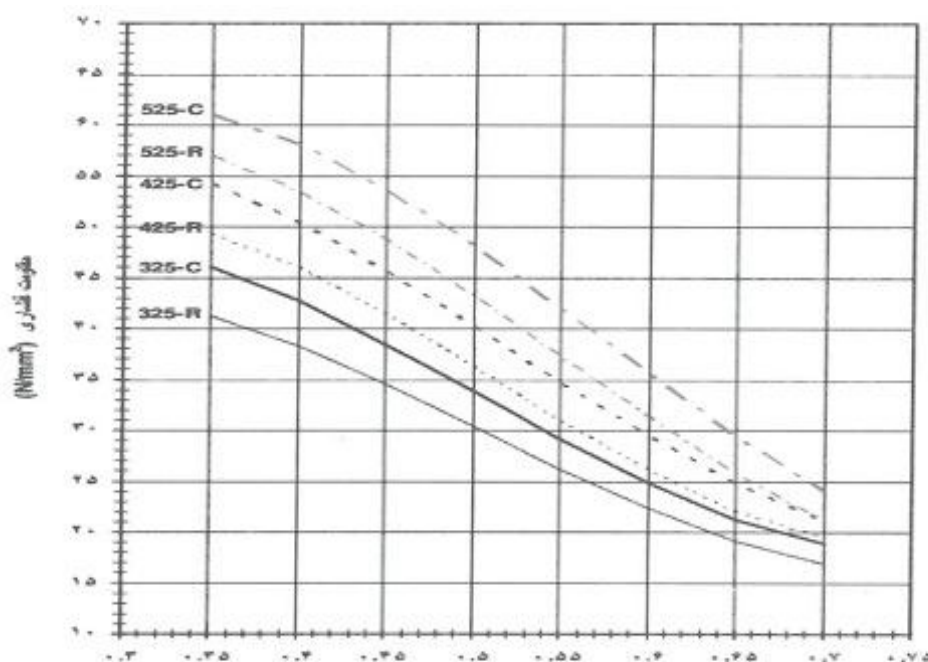
مقاومت مشخصه بتن (مگاپاسکال)					رتبه بندی کارگاه
	40 و بیشتر	30 و 35	25	20	16
5/4	4	5/3	3	5/2	الف
5/5	5	5/4	4	5/3	ب
5/6	6	5/5	5	5/4	ج

جدول ۲ رتبه بندی کارگاه براساس وضعیت تولید بتن، نظارت و کنترل کیفیت

وضعیت کنترل کیفیت			شرایط تولید و کنترل
الف	ب	ج	
توزین یا پیمانہ کردن سیمان	وزنی	وزنی	حجمی
توزین یا پیمانہ کردن سنگدانه	وزنی	حجمی	حجمی
کنترل دانه بندی سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
کنترل رطوبت سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل
نظارت بر تولید	در سطح عالی	در سطح خوب	در سطح ضعیف
امکانات آزمایشگاهی	موجود است	موجود است	در سطح محدود
تداوم در آزمایش	مداوم	گاهی اوقات	در سطح محدود
نیروی متخصص تولید بتن	وجود دارد	وجود دارد	در سطح محدود

گام اول - تعیین نسبت آب به سیمان

با استفاده از شکل زیر براساس مقاومت ملات استاندارد سیمان (رده مقاومتی سیمان) و مقاومت فشاری متوسط بتن، نسبت آب به سیمان تعیین می گردد. در منحنی های این شکل، مقدار هوای ناخواسته در بتن ۱ و ۲ درصد فرض شده است. همچنین در ارائه منحنی ها، حداکثر اندازه سنگدانه ها ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر فرض شده و در یک نسبت آب به سیمان برابر، با کاهش حداکثر اندازه سنگدانه، مقاومت فشاری افزایش می یابد. در صورت استفاده از مواد حباب ساز، به ازای هر یک درصد حباب هوای عمدی (مازاد بر هوای ناخواسته)، باید ۴ درصد از مقدار نسبت آب به سیمان (تعیین شده از شکل) کاسته شود تا مقاومت فشاری مورد نظر حاصل گردد. در این منحنی ها رده بندی سیمان ها براساس مقاومت اسانارد آنها و همچنین شکل سنگدانه های درشت از نظر تیز گوشه یا گرد گوشه بودن در نظر گرفته شده است. به این نکته باید دقت کرد که در طرح مخلوط بتن هایی که فقط معیار مقاومت و روانی باید کنترل شوند، استفاده از درشت دانه های تیز گوشه و یا گرد گوشه چندان تفاوتی ندارد، اما اگر نسبت آب به سیمان به عنوان معیار دوام محدود شده باشد، مخلوط بتن با سنگدانه گرد گوشه نیاز به سیمان کمتری دارد.



شکل ۲ منحنی های دانه بندی مخلوط سنگدانه های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر

نسبت آب به سیمان

سیمان رده ۳۲۵ و شن شکسته C سیمان رده ۳۲۵ و شن گردگوشه R
 سیمان رده ۴۲۵ و شن شکسته C سیمان رده ۴۲۵ و شن گردگوشه R
 سیمان رده ۳۲۵ و شن شکسته C سیمان رده ۳۲۵ و شن گردگوشه R

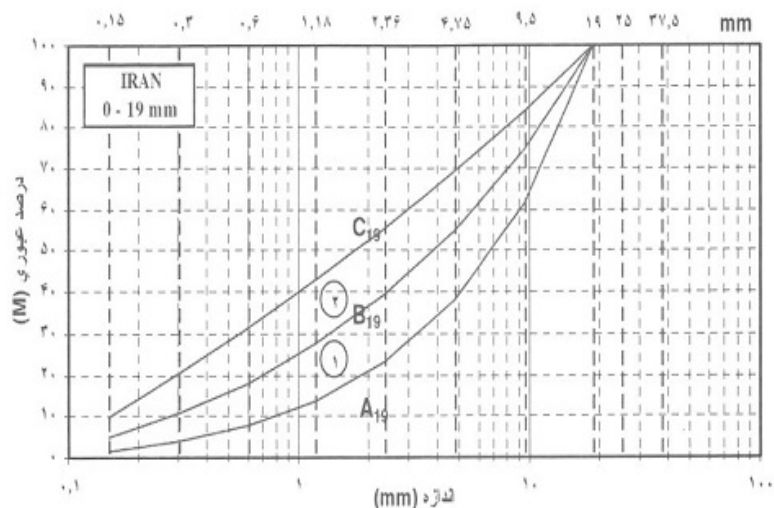
شکل ۱ رابطه نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بتن در سن ۲۸ روزه

گام دوم - انتخاب منحنی سنگدانه

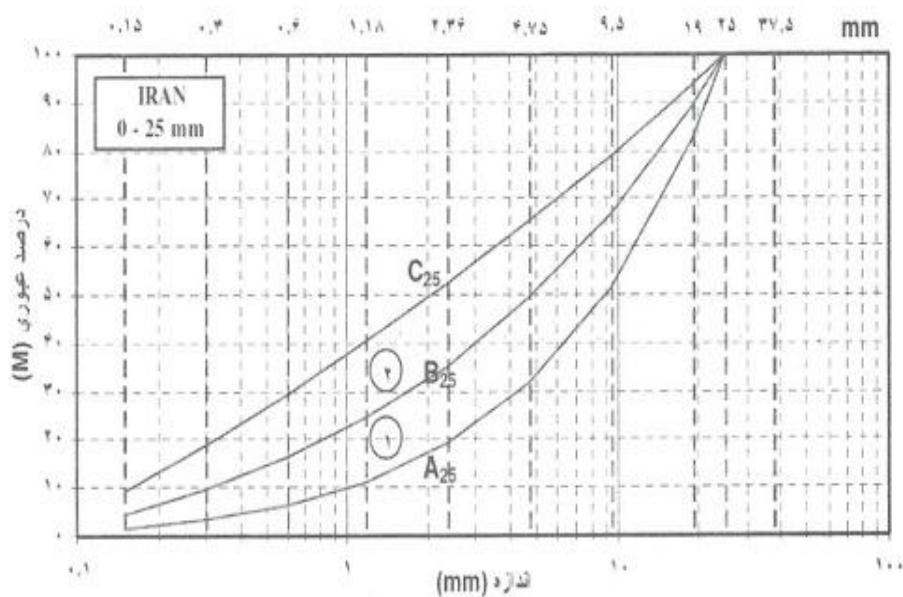
برای ساخت بتن همگن، ضروری است که سنگدانه های ریز و درشت به گونه ای با یکدیگر مخلوط شوند که ضمن ایجاد انسجام کافی، بتن نیز دارای کارایی مناسب باشد. بدین منظور براساس منحنی های شکل های زیر برای حداکثر اندازه سنگدانه های ۹/۵، ۱۹، ۲۵ و ۳۷/۵ میلیمتر، نسبت اختلاط ریزدانه ها و درشت دانه ها تعیین می گردد. سپس به منظور محاسبه مقدار آب لازم (گام سوم)، مدول نرمی سنگدانه ها محاسبه می شود. برای محاسبه مدول نرمی، باید مجموع تجمعی وزنی سنگدانه های مانده روی الک های ۳۷/۵، ۱۹، ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳ و ۰/۱۵ میلی متر را بر عدد ۱۰۰ تقسیم کرد. معمولاً تولید سنگدانه ها به نحوی است که دانه بدی آنها کاملاً با دانه بندی استاندارد مطابقت ندارد. لذا ضروری است که سنگدانه ها با دانه بندی های مختلف به گونه ای اصلاح شوند که در محدوده های استاندارد سنگدانه های ریز یا درشت و یا مخلوط آنها قرار گیرند.

مقاومت بتن ها، با نسبت یکسان آب به سیمان، به ویژه در مقادیر کم آن، با کاهش اندازه سنگدانه، معمولاً افزایش می یابد. براساس حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی در بتن، می توان از شکل های زیر، منحنی مورد نظر را انتخاب نمود. در شکل های مذکور، حروف A، B و C نشان دهنده محدوده دانه بندی درشت، متوسط و دانه بندی ریز است. چنانچه دانه بدی سنگدانه در محدوده ۱ قرار بگیرد، منحنی دانه بندی درشت و اگر دانه بندی مطابق محدوده ۲ باشد، منحنی دانه بندی ریز محسوب می گردد. در واقع تمایل به سمت فوقانی منحنی، باعث می شود که مخلوط دارای بافت ریزتر، چسبنده تر و دارای قابلیت پمپ پذیری بیشتری باشد. منحنی های دانه بندی شکل های مذکور، درصد تجمعی گذشته از هر الک را برحسب هم نشان می دهند. اگر چگالی ذرات

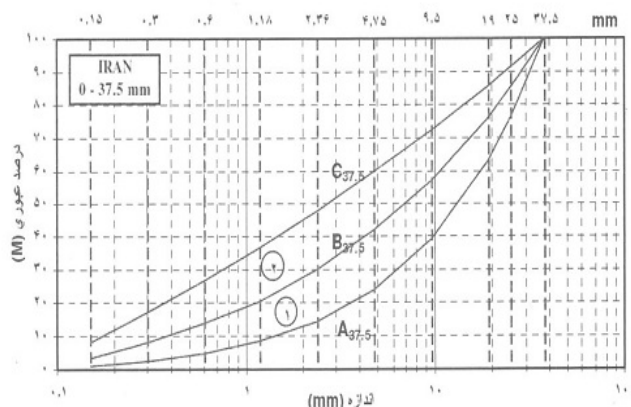
سنگدانه ها با اندازه های مختلف، یکسان باشد، می توان منحنی ها را به عنوان درصدهای تجمعی وزنی که در نظر گرفت اما اگر یکسان نباشند، لازم است منحنی های دانه بدی مخلوط سنگدانه به صورت حجمی منظور گردد.



شکل ۳ منحنی های دانه بندی مخلوط سنگدانه های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۱۹۹ میلیمتر



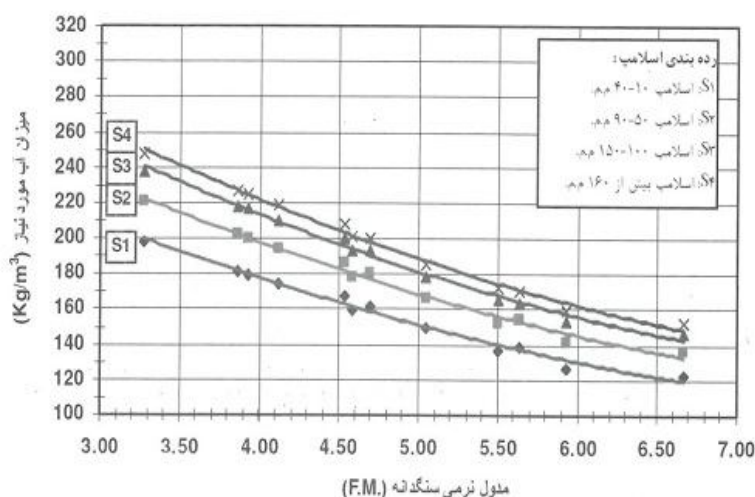
شکل ۴ منحنی های دانه بندی مخلوط سنگدانه های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر



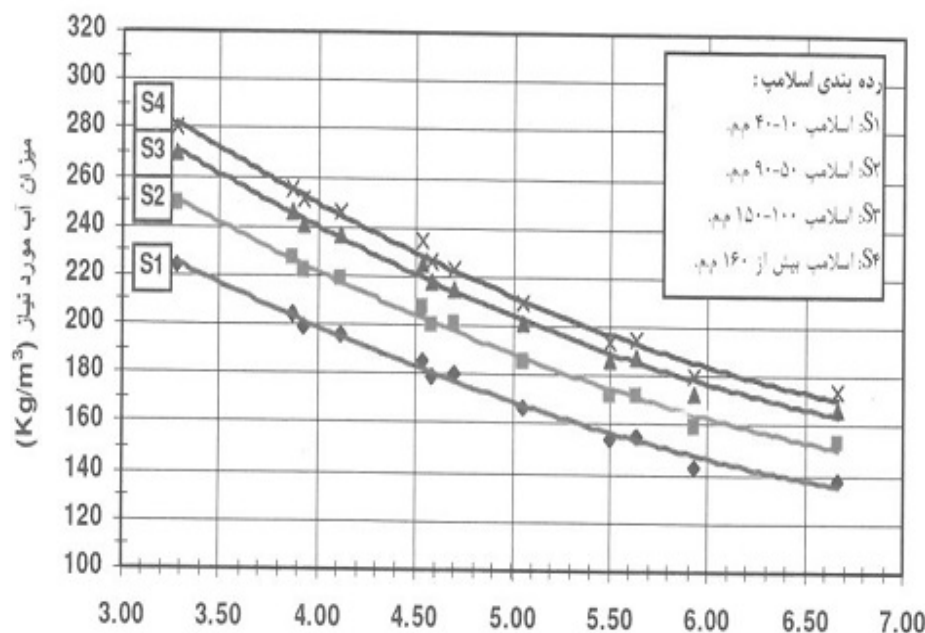
شکل ۵ منحنی های دانه بندی مخلوط سنگدانه های ریز و درشت، با حداکثر اندازه ۳۷/۵ میلیمتر

گام سوم - تعیین مقدار آب آزاد بتن

مقدار آب آزاد بتن، تابع عوامل متعددی مانند کارایی مورد نظر، حداکثر اندازه سنگدانه، دانه بندی و نوع سنگدانه های مصرفی از نظر بافت و شکل است. مقدار آب مهم ترین عامل تاثیرگذار در کارایی بتن می باشد. افزایش مقدار آب باعث افزایش سهولت ریختن بتن و تراکم پذیری آن می شود. هر چند افزایش آب، غیر از کاهش مقاومت، منجر به جداسازی ذرات و آب انداختن می گردد. مقدار آب مخلوط باید در حدی باشد که جذب ذرات سنگدانه شود و سپس فضای بین ذرات سنگدانه را اشغال کند تا با ایجاد لایه ای از دوغاب سیمان بر روی سنگدانه ها حالت روغنکاری را به وجود آورد. بر همین اساس ذرات ریزتر نیاز به آب بیشتری دارند. از طرف دیگر در صورت کمبود ذرات ریز (فیلر یا پرکننده)، بتن نمی تواند حالت خمیری نشان دهد، بنابراین نمی توان مقدار آب مخلوط را مستقل از دانه بندی سنگدانه در نظر گرفت. با استفاده از منحنی های شکل های ۳-۷ و ۳-۸ و براساس روانی مورد نظر و مدول نرمی سنگدانه می توان مقدار آب آزاد بتن را برحسب کیلوگرم بر متر مکعب تعیین نمود. شکل ۳-۷ را برای سنگدانه هایی که به مقدار نسبتا کمی آب نیاز دارند، می توان ملاک قرار داد (سنگدانه هایی گردگوشه با بافت سطحی کاملا صیقلی). شکل ۳-۸، در مواردی که سنگدانه ها به مقدار نسبتا زیادی آب نیاز دارد، به کار برده می شود (سنگدانه های شکسته و با بافت سطحی زبر). همان گونه که مشاهده می شود هر چه مدول نرمی بیشتر شود، مقدار آب کمتری در طرح لازم است.



شکل ۶ مقدار آب مورد نیاز بتن برحسب مقدار روانی و مدول نرمی سنگدانه ها (سنگدانه هایی که به دلیل شکل و بافت خود، به آب کمی نیاز دارند)



شکل ۷ مقدار آب مورد نیاز بتن برحسب مقدار روانی و مدول نرمی سنگدانه ها (سنگدانه هایی که به دلیل شکل و بافت خود، به آب زیادی نیاز دارند)

این منحنی ها برای بتن هایی با عیار سیمان 350 kg/m^3 تهیه شده است، در صورتی که عیار سیمان بیشتری به کار رود، لازم است به ازاء هر 350 kg/m^3 سیمان حدود $2-3 \text{ kg/m}^3$ آب را افزایش داد. در مواردی که از ماده شیمیایی روان کننده یا فوق روان کننده در مخلوط بتن استفاده می شود، می توان مقدار آب مخلوط را حدود ۵ تا ۳۰ درصد کاهش داد، بدون آن که در مقدار اسلامپ مورد نظر تغییری حاصل شود. مقدار آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت سنگدانه ها از حالت خشک یا مرطوب به حالت اشباع با سطح خشک باید نسبت به آب آزاد اصلاح شود. همچنین به طور کلی حباب هوای عمدی موجود در بتن باعث کاهش آب آزاد برای تامین کارایی می گردد. به ازاء هر یک درصد حباب هوای عمدی (مازاد بر هوای ناخواسته)، $2/5$ درصد از آب آزاد مورد نیاز در مخلوط کاسته می شود.

گام چهارم - تعیین مقدار سیمان در بتن

پس از تعیین مقدار آب آزاد و نسبت آب به سیمان می توان مقدار سیمان را برحسب 3 kg/m^3 از فرمول زیر محاسبه کرد.

نسبت آب به سیمان = مقدار آب آزاد ÷ مقدار سیمان

پس از تعیین مقدار سیمان، لازم است تصحیح مقدار آب باتوجه به گام قبل انجام شود و مجدداً مقدار سیمان تعیین گردد. این تصحیح فقط یک بار انجام می شود و نیازی به تکرار آن وجود ندارد. مقدار سیمانی که از فرمول فوق محاسبه می گردد، باید با مقدار حداکثر یا حداقل اعلام شده در مشخصات فنی و یا الزامات دوام مقایسه گردد. چنانچه مقدار سیمان محاسبه شده بیشتر یا کمتر از مقدار مورد نظر باشد، باید آن مقدار مورد نظر انتخاب گردد. در صورتی که از مواد افزودنی معدنی جایگزین سیمان (دوده سیلیسی و یا خاکستر بادی) استفاده می شود، باید مقدار آب مورد نیاز و مواد سیمانی با در نظر گرفتن فاکتور موثر k محاسبه گردد. اثر فاکتور k در تعیین دو عامل زیر در نظر گرفته می شود:

الف- در تعیین نسبت آب به مواد سیمانی، نسبت آب به سیمان به صورت (مواد افزودنی $k+c$)/ $w \times$ مطرح می شود.

ب- در محاسبه حداقل مقدار مواد سیمانی

در مخلوط های با عیار کم سیمان (330 kg/m^3) ممکن است مخلوط طراحی شده به علت کمبود ذرات زیر، خشن گردد. لذا در این موارد توصیه می شود از مواد زیر برای جبران کمبود ذرات ریز استفاده شود:

پوزولان استاندارد (استاندارد ملی ایران ۳۴۳۳)

پودر سنگ آهک استاندارد

فاکتور k برای خاکستر بادی

حداکثر مقدار خاکستر بادی باید مساوی و کمتر از ۳۳ درصد وزنی سیمان باشد. چنانچه مقدار جایگزینی بیشتر از ۳۳ درصد وزنی سیمان باشد، مقدار مازاد در تعیین رابطه $w/(C+kf)$ و محاسب حداقل مقدار مواد سیمانی منظور نمی گردد. در جدول زیر مقادیر k بر حسب نوع سیمان مصرفی مشخص گردیده است.

جدول ۳ مقادیر k بر حسب رده مقاومتی سیمان برای جایگزینی خاکستر بادی به جای سیمان

برای سیان ای با رده مقاومتی ۳۲۵	$2/0 = k$
برای سیان های با رده مقاومتی ۴۲۵ و بیشتر	$4/0 = k$

در مواردی که حداقل مقدار مواد سیمانی با در نظر داشت ویژگی های دوام تعیین می گردد، اجازه داده می شود حداکثر به مقدار 3kg/m^3 [۲۰۰-] حداقل مواد سیمانی K ، از مقدار سیمان کاسته شود، به شرط اینکه مقدار مواد سیمانی (سیمان + خاکستر بادی) کمتر از حداقل مقدار سیمان تعیین شده براساس دوام نباشد.

فاکتور k برای دوده سیلیسی

حداکثر مقدار دوده سیلیسی باید مساوی و کمتر از ۱۱ درصد وزنی سیمان باشد. چنانچه مقدار جایگزینی دوده سیلیسی بیش از ۱۱ درصد باشد، مقدار مازاد در تعیین رابطه $w/(C+ks)$ و تعیین حداقل مقدار مواد سیمانی منظور نمی گردد. در جدول زیر مقادیر فاکتور k بر حسب نسبت آب به سیمان مشخص گردیده است.

جدول ۴ مقادیر k بر حسب مقدار آب به سیمان برای جایگزینی دوده سیلیسی به جای سیمان

مقدار آب به سیمان	فاکتور k	توضیحات
کوچکتر یا مساوی ۰/۴۵	2	—
بزرگتر از ۰/۴۵	2	در مواردی که احتمال خوردگی ناشی از کربناتاسیون و تهاجم ناشی از یخ زدن و آب شدن بدون استفاده از مواد حباب ساز وجود داشته باشد، باید مقدار k مساوی ۱ در نظر گرفته شود.

مقدار (سیمان + $k \times$ دوده سیلیسی) نباید کمتر از حداقل سیمان مورد نیاز برای شرایط دوام باشد. در مواردی که به علت الزامات دوام، مقدار حداقل سیمان، مساوی یا کمتر از 330kg/m^3 در نظر گرفته شود، نباید مقدار کاهش سیمان محاسبه شده، در جایگزینی با دوده سیلیسی بیشتر از 30kg/m^3 در نظر گرفته شود.

گام پنجم - تعیین مقدار سنگدانه در بتن

مقدار سنگدانه های اشباع با سطح خشک، آخرین جزء مجهول بتن در این روش طرح مخلوط می باشد که طبق فرمول زیر تعیین می گردد.

$$V_{SSD} = (100 - w_f/pw + D/pD + Va)/c$$

که در آن:

VASSD = جم کل سنگدانه های اشباع با سطح خشک بر حسب kg/m^3

C = جم سیمان بر حسب kg/m^3

Wf = جرم آب آزاد بر حسب kg/m^3

D = جرم مواد جایگزین سیمان بر حسب kg/m^3

Va = حجم هوای موجود در بتن (عمدی و ناخواسته) بر حسب dm^3

Pc = جرم مخصوص سیمان بر حسب g/m^3

Pw = جرم مخصوص آب بر حسب g/m^3 که معادل ۱ منظور می شود

D = جرم مخصوص افزودنی معدنی بر حسب g/m^3

سپس با توجه به سهم بدست آمده برای سنگدانه های ریز و دشت در مخلوط سنگدانه و با در نظر گرفتن حجمی بودن دانه بندی های ارائه شده در گام دوم، مقدار حجم سنگدانه های ریز و درشت به تفکیک بدست می آید. با ضرب چگالی ذرات سنگدانه های ریز و درشت در حجم سنگدانه های متناظر آنها، وزن سنگدانه های ریز و درشت به تفکیک در حالت اشباع با سطح خشک تعیین می شود. همچنین در جدول زیر، مقدار درصد هوای ناخواسته موجود در بتن (Va) براساس حداکثر اندازه سنگدانه به عنوان راهنما، ارائه شده است.

جدول ۵- مقدار درصد هوای ناخواسته در بتن (Va)

حداکثر اندازه سنگدانه (mm)	5/9	5/12	19	25	38
درصد هوای ناخواسته	3-5/1	5/2-25/1	2-1	5/1-75/0	1-5/0

مثالی از طرح اختلاط به روش ملی

صورت مسئله: طح مخلوط اولیه بتنی برای ساخت تیر، ستون، دال و دیوار یک ساختمان بتنی مسلح مورد نیاز است. مقادیر سیمان، آب آزاد، آب کل، سنگدانه درشت و ریز خشک و اشباع با سطح خشک و وزن یک مترمکعب بتن متراکم تازه را باتوجه به اطلاعات زیر بدست آورید. ضمناً بتن به وسیله تراک میکسر حمل و به کمک پمپ و لوله به درون قطعات منتقل و ریخته می شود. بتن در یک کارخانه بتن آماده ساخته می شود که از نظر رتبه بندی در رده "ب" قرار دارد.

جدول ۱ اطلاعات و داده های مربوط به بتن آماده

مقاومت مشخصه مکعبی f_c ۲۸ روزه	Mpa	30
انحراف معیار بتن S	Mpa	—
اسلامپ متوسط پس از ۵ و ۳۰ دقیقه	mm	۱۱۰ و ۱۴۰
حداکثر مجاز نسبت آب به سیمان	W/C	—
حداقل سیمان مجاز	Kg/m ³	325
حداکثر سیمان مجاز	Kg/m ³	425
نمای لازم		متوسط

جدول ۲ اطلاعات و داده های مربوط به سیمان

نوع سیمان	چگالی ذرات سیمان	مقاومت فشاری ملات استاندارد
پرتلند ۲	15/3	—

جدول ۳ اطلاعات و داده های مربوط به سنگدانه ها

شن	ماسه	
چگالی ذرات SSD	600/2	500/2
درصد ظرفیت جذب آب	6/2	2/3
شکل	نیمه شکسته	گرد گوشه
درصد شکستگی	50	—
درصد پولکی	17	—
درصد کشیدگی	19	—

جدول ۴ دانه بندی سنگدانه ها

الک	25	19	5/12	5/9	75/4	38/2	19/1	6/0	3/0	15/0
شن	100	90	60	20	2	0				
ماسه	100	100	100	100	90	65	40	25	15	7

گام ۱- تعیین مقاومت فشاری متوسط لازم

مقاومت مشخصه به صورت مکعبی داده شده است. چون این مقدار بیش از Mps_{25} می باشد، کافی است $Mpa\ 5$ از آن کم نماییم تا مقاومت مشخصه استوانه ای حاصل گردد. بنابراین مقاومت مشخصه استوانه ای Mpa_{25} خواهد شد. به دلیل رتبه کارگاه، مقدار انحراف معیار معادل $4/5$ منظور می شود و مقاومت هدف، بزرگترین مقدار حاصله زیر می باشد:

$$Mpa_{32,5} = 5,5 + 4,1 * 25,34 + 1 = F_{cm}$$

$$Mpa_{31,5} = 4 - 4,5 * 25,33 + 2 = F_{cm}$$

بنابراین مقاومت فشاری متوسط لازم برای طرح مخلوط برابر $Mpa_{5/32}$ می شود. در مرحله بعدی می توان به سراغ تعیین سهم شن و ماسه رفت و یا نسبت آب به سیمان را بدست آورد.

گام ۲- تعیین نسبت آب به سیمان

باتوجه به عدم مصرف روان کننده و طبق حداقل های استاندارد ۳۸۹ ایران، کلینیک بتن ایران مقاومت ملات استاندارد سیمان نوع ۲ را ۳۱۵ منظور می کند و ضریب اصلاحی برای نسبت آب به سیمان ا بدست می آورد.

از آنجا که شن موجود دارای ۵۰ درصد شکستگی است. میانگین دو منحنی R-۳۲۵ و C-۳۲۴ بکار می آید. باتوجه به مقاومت هدف Mpa 5/32 نسبت به آب به سیمان از روی منحنی های مزبور تقریباً مقادیر ۰/۴۷ و ۰/۵۲ بدست می آید که میانگین آن ۰/۴۹ می گردد. $3W/C=0.495*315/325=0.48\text{Kg/m}$

گام ۳- تعیین سهم سنگدانه ها باتوجه به دانه بندی مطلوب

مشخص است که حداکثر اندازه اسمی مخلوط سنگدانه ۱۹ میلی متر می باشد؛ زیرا بیش از ۹۰ درصد آن از الک ۱۹ میلی متر می گذرد. بنابراین با توجه به پمپی بودن بتن، سعی می شود منحنی دانه بندی بین ۱۹A و ۱۹B و نزدیکتر به ۱۹B باشد. در این حالت n از ۰/۴ تا ۰/۵ مناسب به نظر می رسد. در وهله اول سهم شن و ماسه ۵۰ درصد انتخاب می شود. مشاهده می گردد دانه بندی حاصله کمی درشت می گردد لذا به نظر می رسد سهم شن ۴۰ درصد و ماسه ۶۰ درصد مناسب می باشد. به هر حال اگر دانه بندی ماسه به ویژه در مورد ذرات ریزتر از ۰/۶ میلیمتر درشت بود ممکن بود نتوانیم به دانه بندی مناسبی دست یابیم. باید گفت ماسه های موجود در ایران غالباً به دلیل شست شوی غلط و مکرر، ذرات ریز خود را از دست می دهند که با افزایش سهم ماسه نیز مشکل حل نخواهد شد. به هر حال از آنجا که حداکثر اندازه واقعی سنگدانه ۲۵ میلی متر نمی باشد ممکن است در الک اول یعنی ۱۹ میلیمتر تطابق خوبی حاصل نشود که منطقی است. لازم به ذکر است مقادیر سهم شن می تواند بین ۴۵ تا ۴۰ و سهم ماسه ۵۵ تا ۶۰ باشد. برای شن ۴۵ درصد و ماسه ۵۵ درصد مخلوط حاصله به ویژه در بخش های فوقانی کمی درشت به نظر می رسد. بنابراین همان سهم شن ۴۰ درصد و ماسه ۶۰ درصد مطلوب تر می باشد.

گام ۴- تعیین مدول نرمی مخلوط سنگدانه

مدول نرمی باتوجه به درصد تجمعی مانده روی الک های مختلف (بجز ۱۲/۵ میلی متر) بدست می آید.

$$F.M=((4+32+45+61+76+85+91+96)/100)-4.90$$

مدول نرمی برای ۱۹A برابر ۵/۴۹ و برای ۱۹B برابر ۴/۶۸ و برای منحنی n=۰/۴ برابر ۴/۸۵ و برای n=۰/۵ برابر ۵/۱۲ می باشد که مطلوب به نظر می رسد.

گام ۵- تعیین چگالی متوسط اشباع با سطح خشک مخلوط سنگدانه

$$PASSD=1/(0.40+0.60*2.60+0.40*2.54)=2.539$$

گام ۶- تعیین مقدار آب آزاد بتن

ابتدا باتوجه به سهم شن و ماسه، مقدار متوسط درصد شکستگی معادل را بدست می آوریم.

$$Ane=((0.6*2.0+0.4*1.2)/0.6*2.0+0.4*1.2)=1.25$$

درصد شکستگی معادل خیلی کم بدست آمده است. با توجه به مدول ریزی ۴/۹۰ و روانی مورد نظر (رده ۳S) برای مقدار آب کم حدود ۱۸۰ و برای آب زیاد حدود ۲۰۸ می باشد که مقدار آب باتوجه به درصد شکستگی معادل، حدود ۱۸۸ بدست می آید. بنابراین مقدار آب را در حدود ۱۸۸ کیلوگرم در نظر می گیریم.

گام ۷- تعیین عیار سیمان

مقدار سیمان طرح برابر است با:

$$3C=188/0.48=392\text{ Kg/m}$$

از آنجا که مقدار سیمان از ۳۵۰ کیلوگرم بیشتر می باشد لازم است اصلاحی بر روی آب انجام شود. برای اصلاح آب مقدار ۶ کیلوگرم به آب اضافه می شود و مقدار آب ۱۹۴ می شود. پس سیمان مصرفی حدود ۴۰۴ کیلوگرم خواهد شد.

گام ۸- تعیین مقدار سنگدانه اشباع با سطح خشک

مقدار هوای بتن در این بتن در حدود ۱/۲۵ درصد فرض می شود و با توجه به چگالی متوسط سنگدانه و چگالی سیمان داریم:

$$ASSD=2.54*(1000-(3.15/404)-(12.5-1/194))=1690\text{ Kg/m}$$

با توجه به سهم هر یک از سنگدانه ها داریم:

$$3\text{Kg/m } 1014 = \text{SSSD}$$

$$3\text{Kg/m } 676 = \text{GSSD}$$

می توان ابتدا حجم کل سنگدانه ها را بدست آورد و سپس وزن آنها را محاسبه نمود.

$$\text{Lit } 665,25 = \text{VSSD}$$

$$3\text{Kg/m } 998 = \text{SSSD}, 3\text{Kg/m } 692 = \text{Lit}, \text{GSSD } 399,15 = \text{Lit}, \text{Vs } 266,1 = \text{VG}$$

گام ۹- تعیین مقدار سنگدانه خشک و آب کل

مقدار سنگدانه خشک عبارتست از:

حالت اول:

$$3\text{Kg/m } 982,5 \approx (0,032 + 1) / 1014 = \text{Sd} \quad 3\text{Kg/m } 659 \approx (0,026 + 1) / 676 = \text{Gd}$$

حالت دوم:

$$3\text{Kg/m } 243 = 194 + 17 + 32 = \text{Wt} \quad 3\text{Kg/m } 976 \approx (0,032 + 1) 998 = \text{Sd} \quad 3\text{Kg/m } 674,5 \approx (0,026 + 1) 692 = \text{Gd}$$

گام ۱۰- تعیین وزن یک مترمکعب بتن تازه

وزن یک مترمکعب بتن تازه با ۱ درصد هوا برابر است با:

$$3\text{Kg/m } 2289 = 983 + 404 + 243 + 659 = \text{PB}$$

$$3\text{Kg/m } 2288 = 404 + 194 + 1690 = \text{PB}$$

اگر وزن سنگدانه ها 1690 kg باشد، درصد گذشته از الک $3/0$ میلیمتر و $15/0$ میلی متر به ترتیب برابر حدود 152 و 68 کیلوگرم خواهد بود و اگر آن را با مقدار سیمان یعنی 404 کیلوگرم جمع کنیم مقادیر 556 و 472 می شود. اما بهتر است با مصرف روان کننده مقدار سیمان و مجموع ذرات ریز را که به دلیل بالا بودن سیمان، افزایش یافته است کاهش داد.

مقاومت نمونه بتن مکعبی و استوانه ای

نمونه بتن مکعبی

در انگلستان انجام آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه مکعبی بسیار مرسوم می باشد. نمونه مکعبی از بتن به ابعاد 15 cm را پس از بعمل آمدن بین دو صفحه موازی دستگاه اندازه گیری مقاومت فشاری گذاشته و سپس تحت اثر نیروی فشاری قرار می دهند. تنش در مرحله خرابی بتن به عنوان مقاومت فشاری آن محسوب می گردد.

نمونه بتن استوانه ای

در آمریکا روش **تست بتن** و **مقاومت فشاری بتن** توسط نمونه استوانه ای بسیار متداول می باشد. بتن در قالب استوانه ای به ارتفاع 30 cm و قطر 15 cm ریخته شده، برای مدت معلومی به عمل آمده و سپس توسط دستگاه **سنجش مقاومت فشاری** بتن فشرده می گردد. در این حالت مقدار تنش در زمان خرابی نمونه به عنوان مقاومت فشاری بتن محسوب می شود. معمولاً برای یک نوع بتن، مقاومت فشاری نمونه بتن استوانه ای از نوع نظیر آن برای نمونه مکعبی کمتر می باشد که این اختلاف عمدتاً ناشی از تفاوت ابعاد و شکل دو نمونه بتنی می باشد.

ضریب تبدیل مقاومت بتن نمونه مکعبی و استوانه ای

عموماً مقاومت نمونه بتن استوانه ای بین $5-25$ درصد کمتر از مقاومت نمونه بتن مکعبی برای یک مخلوط بتن داده شده می باشد، درصد تفاوت با **افزایش مقاومت بتن** کاهش می یابد. مقدار ضریب تبدیل مقاومت از نمونه استوانه ای به مکعبی برای بتن سازه ای حدود $1,20-1,25$ می باشد. مقادیر تقریبی معادل مقاومت بتن نمونه استوانه ای با نظیر آن در نمونه مکعبی به شرح جدول ذیل می باشد.

مقاومت نمونه استوانه ای معادل		مقاومت نمونه مکعبی معادل	
Kg/cm^2	Psi	Kg/cm^2	Psi

120	1740	150	2175
160	2320	200	2900
200	2900	250	3625
250	3625	300	4350
300	4350	370	5365
350	5075	450	6525
500	7250	600	8700

تیپ بندی بتن براساس آیین نامه بتن ایران و نشریه ۱۰۱

در آیین نامه بتن ایران (آبا) رده بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن به ترتیب زیر است:

C6, C8, C10, C12, C16, C20, C25, C30, C40, C45, C50

اعداد بعد از C بیانگر مقاومت فشاری مشخصه بتن برحسب نیوتن بر میلی متر مربع می باشند.

(۱ N/mm² = ۱۰ kg/cm²)

(برای مثال بتن C20 مقاومت فشاری ۲۰۰ kg/cm² دارد.)

• کلیه ضوابط مربوط به **مقاومت فشاری** مشخصه بتن بر اساس آزمایش های نمونه های استوانه ای به ابعاد ۳۰۰×۱۵۰

mm استوار است. در صورت استفاده از **نمونه های استوانه ای یا مکعبی بتن** غیر استاندارد مقاومت آنها باید به

مقاومت نظیر نمونه های مورد نظر تبدیل شود.

• برای **بتن های رده C12** و پایین تر می توان نسبت های اختلاط را براساس تجارب قبلی و بدون مطالعه آزمایشگاهی تعیین کرد.

• برای **بتن های رده C25** و پایین تر می توان نسبت های **اختلاط بتن** استاندارد مطابق دفترچه مشخصات فنی عمومی را ملاک قرار داد مشروط بر آنکه مصالح مصرفی استاندارد باشند.

• برای **بتن های رده C30** و بالاتر نسبت های بهینه اختلاط مصالح باید از طریق **مطالعات آزمایشگاهی** بدست آید.

میزان تقریبی آب مصرفی بتن بر حسب لیتر در متر مکعب

اندازه بزرگترین دانه ها (میلیمتر)								اسلامپ (میلیمتر)	نوع بتن
		150 *	75 *	50 *	5/37	25	19	5/12	5/9
125	145	155	160	180	185	200	205	30 – 50	بتن معمولی
140	160	170	175	195	200	215	225	80 – 100	
—	170	180	185	205	210	230	240	1500- 180	
	2/0	3/0	5/0	1	5/1	2	5/2	3	درصد تقریبی هوای موجود در بتن
120	135	140	145	160	165	175	180	30 – 50	بتن هوادار
135	150	155	160	175	180	190	200	80 – 100	
—	160	165	170	185	190	205	215	150 - 180	
	3	5/3	4	5/4	5	6	7	8	متوسط هوای توصیه شده (درصد)

*میزان اسلامپ برای بتن هایی که حداکثر قطر دانه های بیش از ۳۷/۵ میلیمتر است، باید پس از حذف مصالح بزرگتر از ۳۷/۵ میلی متر تعیین شود.



تبدیل نمونه بتن مکعبی به استوانه ای

بتن ترکیبی است از ماسه، شن و سیمان که پس از مخلوط شدن با آب در طول چند ساعت شروع به سفت شدن می کند. با تغییر نسبت سنگدانه های ریز (ماسه)، درشت (شن)، سیمان و آب، مقاومت و کارایی بتن تغییر می کند. مقدار آبی که برای مخلوط کردن یک حجم معین بتن به کار می رود با نسبت آب به سیمان W/C تعیین می شود که بر این پایه هر چند نسبت W/C کوچکتر باشد، بتن مقاومت بیشتری خواهد داشت (با فرض اینکه بتن به خوبی متراکم شده باشد).

تقسیم بندی بتن براساس مقاومت مشخصه آن پس از گذشت ۲۸ روز از به عمل آوری آن (کیورینگ) صورت می گیرد، به عنوان نمونه، بتن مخلوط کلاس C 7,5 بتن نسبتاً ضعیفی است که به عنوان بتن پرکننده یا بتن روی بستر خاکی به کار می رود و بتن کلاس C40 مخلوط نسبتاً قوی است که برای کارهای بتن درجا و بتن باربر مناسب می باشد. در جدول BS882 اجزای مخلوط بتن برای کلاس های مختلف بتن داده شده است. بتن اکثراً به کمک ماشین های ویژه از کارخانه بتن، که تولید بتن انبوه و با کیفیت را براساس درخواست متقاضی به عهده دارد، به محل کارگاه حمل می شود. اکثر شرکت های بزرگ دارای گواهینامه کیفیت در ساخت بتن حاضری محصول خود را براساس مشخصات فنی خواسته شده تضمین می نمایند. در پروژه های بزرگتر، کارخانه ساخت بتن ممکن است صرفاً به منظور تامین بتن برای آن پروژه احداث شود. برای حجم های کوچکتر بتن را می توان در محل کارگاه به کمک میکسرهای مکانیکی کوچک مخلوط نمود که در هر نوبت توانایی ساخت ۰,۲۵ تا ۱ مترمکعب بتن را دارد.

بتن خود تراکم چه ویژگی هایی دارد

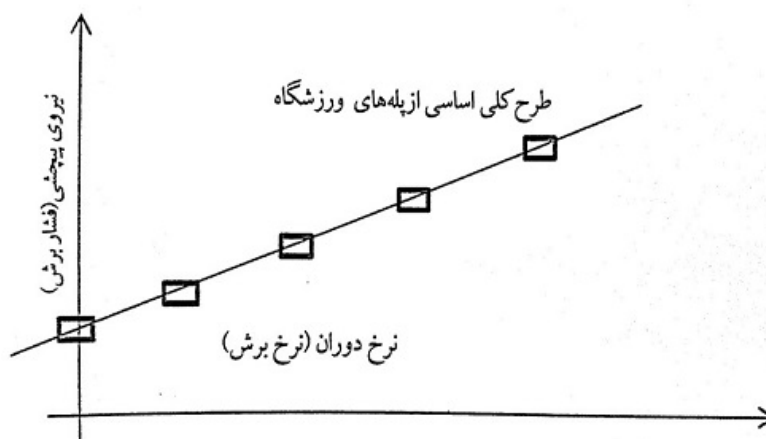
ویژگی های مهم بتن تازه در هر مبحثی از SCC، شامل آن ویژگی هایی است که بر بتن ریزی و مقاومت بتن تاثیر می گذارند. به خاطر وجود همین ویژگی است که SCC درخشید و از سایر مخلوط ها متمایز گشت. این که بگوییم ویژگی های سخت شدگی SCC باید فراموش شود، صحیح نمی باشد. آنها نباید مورد بی توجهی قرار گیرند، چرا که این ویژگی ها برای بتن SCC بسیار مهم هستند. با این وجود در اکثر فناوری های بتنی فعلی، یک درک واقعی درباره تنظیم نسبت بندی مواد برای دستیابی به ویژگی های سخت شدگی مخلوط وجود دارد. چنانچه این آگاهی وجود نداشته باشد، دستوالعمل های مشخص و یا منابع دیگری وجود دارند که می توانند به راحتی این روش ها را ارائه دهند. سطح آگاهی گسترده ای از صنعت بتن SCC و ویژگی های تازه آن هنوز وجود ندارد، زیرا اکثراً ویژگی عملکردهای جدید را نشنیده ایم و یا عملکردهای آن را تجربه نکرده ایم. بنابراین، اینکه درک صریح و روشنی از **ویژگی های بتن SCC** داشته باشیم دارای اهمیت است. ویژگی هایی که آن را با دیگر مخلوط ها متمایز می سازد و این که بدانیم چرا SCC مهم است و چگونه ویژگی ها با یکدیگر واکنش می دهند، چگونه اندازه گیری می شوند و معیار کلیدی برای کنترل SCC و ایجاد تعادل میان ویژگی های تازه آن چیست؟

SCC و رئولوژی بتن

مخلوط SCC سیال تر از مخلوط بتن معمولی است. بنابراین روشی که توسط آن شناسایی می شود نیازمند یک دیدگاه متفاوت و تکنیک اندازه گیری جدید می باشد. رئولوژی علمی است که به بررسی جریان مواد می پردازد.

SCC در حال حاضر بتنی به صنعت ارائه نموده است که مبنای واقعی آن براساس ویژگی های رئولوژیکی ساخته شده است. در SCC ویژگی های سیال یک مخلوط بتن شامل رئولوژی آن می باشد و مقادیر زیاد آن به ما کمک کرده تا عملکرد آن را در روش بنیادین شناخته و متمایز کنیم. مدل های رئولوژیکی متعددی وجود دارند، اما اکثر شواهد نشان می دهند رئولوژی بتن باید مطابق با مدل بینگهام توصیف شود. این مدل دو تعریف ثابت را در جریان (روانی) مواد پیشنهاد می دهد: تنش تسلیم که به مقدار نیروی لازم جهت شروع جریان یک ماده اطلاق می شود و ویسکوزیته پلاستیک که به عنوان مقاومت داخلی مواد در برابر جریان تعریف می شود. در مورد بتن، این پارامترها از طریق کاربرد یک رئومتر بتن اندازه گیری می شوند که چند نوع از آنها به صورت تجاری در دسترس می باشند. گرچه همه این رئومترها عملکرد نسبی مخلوط ها را با یک روش اندازه گیری می کنند ولی مقادیر ارائه شده از سوی هر کدام متفاوت است و این روند، مقایسه اطلاعات جمع آوری شده از رئومترهای مختلف در آزمایشگاه های مختلف را مشکل می سازد. با این وجود مطالعه عملکرد بتن از طریق آنها بسیار مفید است. رئومتر ویژه بتن، میزان گشتاور را در یک نمونه از بتن (که مقادیر مختلف برش خورده است) اندازه گیری می کند. این نوع از اندازه گیری طرح مشابه به آنچه که در تصویر ۱-۳ نشان داده شده را ارائه می دهد. طرح موجود در تصویر ۱-۳ نشان می دهد افزایش گشتاور در ایمپلر به اندازه ای است که با افزایش بتن به چرخش در می آید، این مترادف با تنش موجود در بازوی فرد است.

زمانی که فرد مایه کیک را در کاسه هم می زند، هرچه بخواهد سریع تر مخلوط را آماده کند، تنش بیشتری بر بازوی وی اعمال می شود و این هم زدن دشوارتر می شود. داده های رئولوژیکی از طریق طراحی یک خط مناسب بوسیله مجموعه ای از نقاط، به دست می آید. نقطه برون یابی شده نقطه ای است که در آن مخلوط در حالت تسلیم قرار گرفته و شروع به جاری شدن می کند.

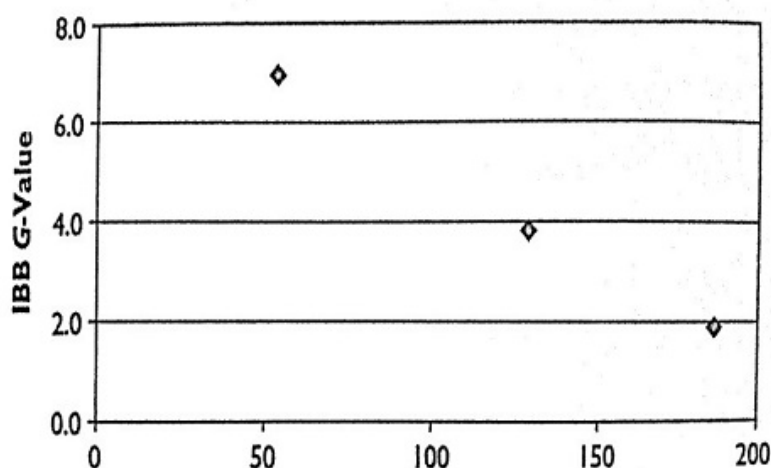


تصویر خروجی نمونه از یک رئومتر بتن

سطوح تنش به کار برده شده در بالای نقطه، منجر به جاری شدن بتن شده اما پایین تر از سطح بتن حرکت نمی کند. تنش تسلیم، رابطه نسبی معکوسی با **اسلامپ بتن** دارد. یک مقایسه اسلامپ در برابر تنش تسلیم را می توان در تصویر ۲-۳ مشاهده کرد. داده های رئولوژیکی در این تصویر با استفاده از رئومتر IBB ارائه شده اند. دو مخلوط بتن معمولی را در نظر بگیرید که یکی با اسلامپ پایین و دیگری با اسلامپ بالا، یک تنش بالاتر باید برای یک مخلوط بتن با اسلامپ پایین تر به کار رود تا آن را در طی جریان بتن ریزی حرکت دهد. در مقایسه با یک مخلوط با اسلامپ بالا که تنش لازم برای شروع حرکت، پایین تر است. در مورد SCC تنش تسلیم باید آنقدر پایین باشد تا مواد براساس وزن خود جریان یابند و تکنیک های ضروری برای بتن ریزی

مقاومت بتن معمولی در SCC ضروری نیست. به این دلیل تکنیک های اندازه گیری معمولی از قبیل اندازه گیری اسلامپ برای شناسایی SCC کفایت نمی کند.

زمان اندازه گیری اسلامپ SCC، این مقدار همیشه بسیار بالاست و فاقد توانایی تمایز میان مخلوط ها است. همان طور که قبلاً نیز ذکر شد، علاوه بر تنش تسلیم، میزان ویسکوزیته پلاستیک یک مخلوط بتن می تواند با استفاده از رئومتر بتن تعیین شود. ACI 238 ویسکوزیته را به صورت مقاومت یک سیال در برابر تغییر شکل، تحت تنش برش تعریف می کند. چیزی که در این مورد برای متخصص یا کارشناس بتن معنی می دهد این است که مخلوط اگرچه کم و بیش سیال است، کم و بیش چسبناک نیز می باشد. تفاوت بین آب و عسل را در نظر بگیرد، هر دو سیال هایی هستند با تنش تسلیم صفر یا نزدیک به صفر. اما عسل دارای ویسکوزیته بالاتر از آب است. ویسکوزیته بالاتر سیالاتی شبیه عسل، به دو دلیل برای SCC اهمیت دارد، آنها آرام تر از سیالاتی شبیه آب جریان می یابند. اگرچه فاصله جریان نهایی ممکن است مشابه باشد و حرکت مواد جامد در داخل سیالاتی شبیه عسل دشوارتر از حرکت در میان سیالاتی شبیه آب است. ویسکوزیته ترکیبات SCC بسته به نوع مواد، نسبت اختلاط مواد و افزودنی ها، متفاوت می باشد. بعضی از ترکیبات می توانند از ویسکوزیته پلاستیک بالاتر همانند عسل برخوردار باشند، در حالی که سایر ترکیبات ویسکوزیته پایین تری دارند و این زمانی مهم خواهد بود که بتواند ویژگی های عملکردی معینی از قبیل مقاومت در برابر تفکیک (جدا شدگی) را تحت تاثیر قرار دهد. پس به لحاظ رئولوژیکی ترکیبات SCC دارای یک تنش تسلیم پایین، همچنین ویسکوزیته ای که میزان آن برای کاربردهای مختلف، متفاوت است، می باشد.



تصویر مقدار IBB G در برابر اسلامپ بتن



تصویر ابزار قیفی V

جدا از کاربرد رئومتر بتن، سایر روش های آزمون دیگری نیز وجود دارند که می توانند شاخص ویسکوزیته پلاستیک را در اختیار متخصصین قرار دهد، یکی از آنها آزمون قیف ۷ است که در ذیل شرح داده می شود. در آزمون قیف ۷ درون قیف را که شبیه ۷ می باشد با مخلوط SCC پر می کنیم، سپس دریچه انتهایی قیف را باز میکنیم و زمان تخلیه کامل قیف را محاسبه می کنیم. این آزمون با ویسکوزیته بتن مرتبط بوده. چنانچه زمان تخلیه طولانی باشد و هیچ انسدادی رخ ندهد، بیانگر ویسکوزیته بالاتر است. آزمون دیگر برای ویسکوزیته همان آزمایش T50 است همراه با آزمون جریان اسلامپ برای ارزیابی قابلیت پر کردن که در همین بخش بیان خواهد شد.

ویژگی های تازه SCC

بیشتر مجریان بتن، به رئومتر دسترسی ندارند، بنابراین ویژگی هایی که راحت تر اندازه گیری می شود و برای توصیف کاربرد عملی SCC مفید است، جایگزین خواهد شد. سه ویژگی اولیه ای که عملکرد SCC را بیان می کنند عبارتند از قابلیت پر کردن، قابلیت عبور و قابلیت پایداری. این بخش به توضیح هر یک از این ویژگی ها می پردازد. سپس روش های آزمون ویژه ای را که برای اندازه گیری این ویژگی ها مورد استفاده قرار می گیرد ارائه می دهد. روش های ارائه شده استاندارد بوده و بطور معمول مورد استفاده قرار می گیرد.

قابلیت پر کردن

قابلیت پر کردن، توانایی مخلوط بتن تازه برای جاری شدن داخل قالب بندی و پر کردن آنها تحت وزن خود می باشد و واژه های «قابلیت پر کردن»، «سیالیت» و یا «روانی» چنانچه مربوط به SCC باشند، گاهی اوقات به جای یکدیگر به کار می روند. آزادانه روان شدن تحت وزن خود سرتاسر قالب، ویژگی هایی هستند که با دیدن آنها می توان به وجود مخلوط SCC پی برد و اکثر مردم معتقدند که اینها ویژگی های اولیه ای است که SCC توسط آنها توصیف می شود. اما دیگر ویژگی هایی ذکر شده که می توان مقدار وجود آن را در مخلوط بیشتر یا کمتر کرد، بستگی به لزوم وجود آن در کاربرد مورد نظر دارد. اما وجود ویژگی قابلیت پر کردن کافی در مخلوط SCC لازم و ضروری می باشد.

روش های آزمون

آزمون جریان اسلامپ

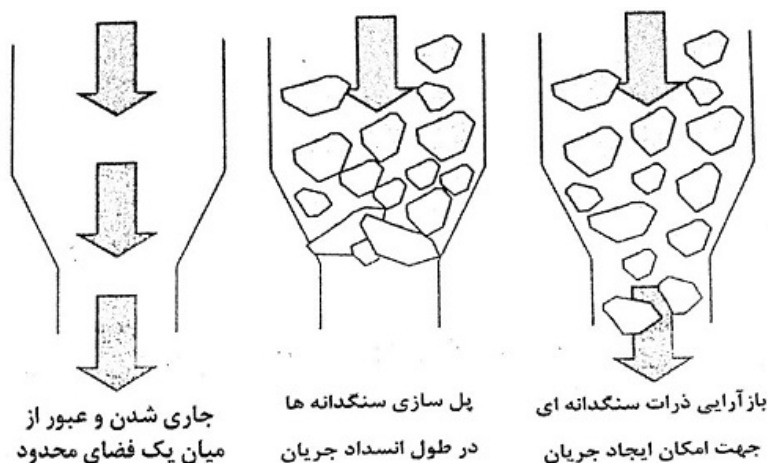
در این آزمون، مخروط استاندارد آبرامز را با یک حرکت و بدون به کارگیری میله ها پر می کنیم. زیرا بتن تحت اثر وزن خود متراکم می شود. می توان مخروط را به صورت استاندارد، قائم و یا در وضعیت معکوس قرار داد. زمانی که مخروط پر شد، آن را بلند می کنیم و به جای اندازه گیری ارتفاع بتن خالی شده، قطر بتن پخش شده را اندازه گیری می کنیم. در شکل ۳-۴ علاوه بر اندازه گیری بتن پخش شده دیگر شاخصه ها و مشاهدات را نیز می توان ارزیابی کرد. به محض اینکه مخروط برداشته می شود و تا زمانی که قطر مخلوط پخش شده به ۵۰ سانتی متر می رسد، زمان اندازه گیری می شود. معیارها، این اندازه ها را به صورت T20، T50 و T500 به ترتیب اینچ، سانتی متر و میلی متر ارزیابی کرده اند، که T50 از بقیه موارد معمول تر است. مخلوط هایی که میزان جریان اسلامپ مشابهی دارند، زمان جریان اسلامپ نشان دهنده میزان تقریبی ویسکوزیته مخلوط است. زمان بالای T50 جریان اسلامپ، بطور کلی نشان دهنده ویسکوزیته بالا می باشد (در شرایطی که میزان جریان اسلامپ نهایی مشابه باشد). پارامتر مهم دیگر که همراه با جریان اسلامپ قابل ارزیابی است، میزان شاخص پایداری (ثبات) چشمی است.

قابلیت عبور

به توانایی مخلوط SCC برای عبور از میان فضاهای محدود که دسترسی به آنها مشکل است، بدون انسداد، قابلیت عبور می گویند. این ویژگی شامل عبور سنگدانه ها از میان آرماتور، عبور جریان از میان بخش های باریک در قالب بندی و یا عبور جریان از داخل شیلنگ پمپ بتن زمانی که تبدیل سر راه آن قرار دارد، می باشد. جایی که ذرات جامد در بتن، به منظور عبور جریان (از موانع) مجبور به تغییر آرایش می شوند، ویژگی قابلیت عبور از اهمیت خاصی برخوردار می گردد.

آزمون حلقه J

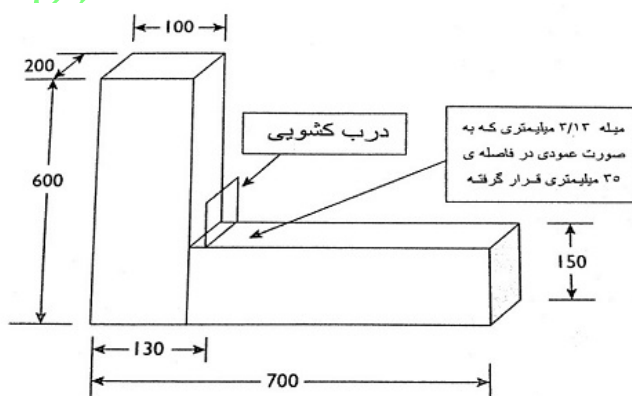
این آزمون شامل اجرای جریان اسلامپ با استفاده از یک حلقه که میله‌هایی را در اطراف پایه مخروط نگه می‌دارد، می‌باشد. (شکل ۳-۶) راه‌های مختلف برای اندازه‌گیری به وسیله این آزمون وجود دارد. می‌توان اختلاف ارتفاع را در داخل حلقه و بیرون حلقه به دست آورد و یا اختلاف میزان جریان اسلامپ را با حلقه و بدون حلقه محاسبه کرد. هر چه میزان اختلاف به دست آمده کمتر باشد، مخلوط SCC قابلیت عبور بهتری دارد. همچنین ارزیابی چشمی داخل و بیرون حلقه نشان‌دهنده پایداری و یا مقاومت ملات در مقابل تفکیک سنگدانه‌های درشت می‌باشد.



تصویر نمونه‌هایی از انسداد سنگدانه‌ای و عبور جریان از میان فضای محدود

آزمون جعبه L

این آزمون شامل یک جعبه به شکل L و یک دریچه کشویی است که بخش‌های عمودی و افقی جعبه را از هم جدا می‌کند. (شکل ۳-۷) در قسمت بیرون دریچه میله‌هایی وجود دارند، زمانی که بتن جریان پیدا می‌کند از قسمت عمودی وارد شده، از میله‌ها عبور کرده و وارد قسمت افقی می‌شود. میزان ارتفاع در قسمت مقابل انتهای بخش عمودی و نیز ارتفاع در قسمت افقی محاسبه می‌شود. هر چه این عدد بزرگتر باشد مخلوط از قابلیت عبور بهتری برخوردار است. سرعت عبور جریان از میان بخش افقی می‌تواند اندازه‌گیری شود که نشان‌دهنده ویسکوزیته مخلوط است.

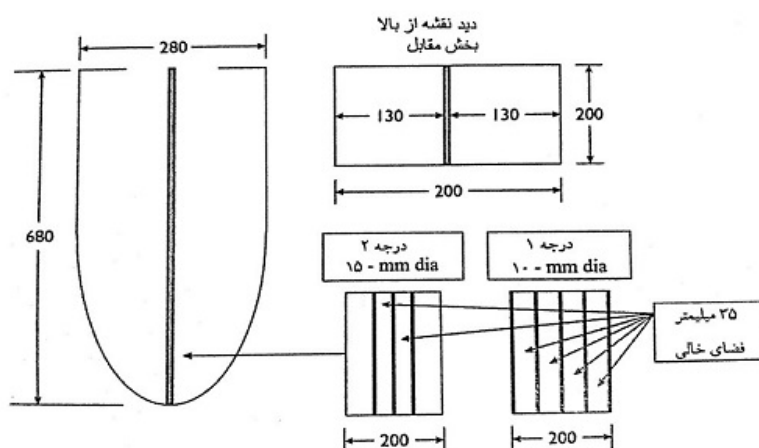


تصویر آزمون جعبه L (همه اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر می‌باشد)

آزمون جعبه U

این آزمون شامل یک جعبه U شکل می باشد، که به وسیله یک دیواره نازک عمودی و یک دریچه کشویی به دو قسمت تقسیم شده است. در انتهای دیواره، میله هایی کنار هم به عنوان مانع قرار گرفته، این میله ها هم می تواند فشرده تر و با فاصله کمتری کنار هم قرار گیرند (درجه ۱) و هم می توانند با فاصله بیشتری از یکدیگر قرار گیرند (درجه ۲، شکل ۳-۸). بتن در یک طرف جعبه ریخته می شود، سپس دریچه کشویی باز می شود، بتن جریان می یابد و از میان موانع میله ای وارد بخش مقابل می شود. ارتفاع بالا آمده بتن در طرف خالی جعبه (طرف مقابل) اندازه گیری می شود. میزان ارتفاع بیشتر، نشان دهنده قابلیت عبور بهتر مخلوط است. این آزمون می تواند بدون موانع میله ای نیز انجام شود. (درجه ۳)

انجمن دولتی مهندسين ژاپن، حداقل ارتفاع بالا آمده را ۳۰۰ میلی متر پیشنهاد کرده اند (۱۱/۸ اینچ).



تصویر آزمون جعبه U و موانع (اندازه ها بر حسب میلی متر است)

پایداری / مقاومت در برابر تفکیک

این ویژگی به توانایی یک **بتن خود تراکم** یا مخلوط SCC، برای مقاومت در برابر تفکیک اجزاء تشکیل دهنده اش اطلاق می شود. پایداری (ثبات) تحت دو شرایط دینامیک و استاتیک تعیین می شود. پایداری دینامیک مربوط می شود به مقاومت مخلوط در برابر تفکیک در طی انتقال و جابجایی تا مرحله ای که پایداری استاتیک (ثابت) ایجاد شود. دو مثال در این رابطه، یکی پایداری مخلوط در طی انتقال بتن در تجهیزات بدون همزن و دیگری پایداری (ثبات) در طی مسیرهای طولانی می باشد.

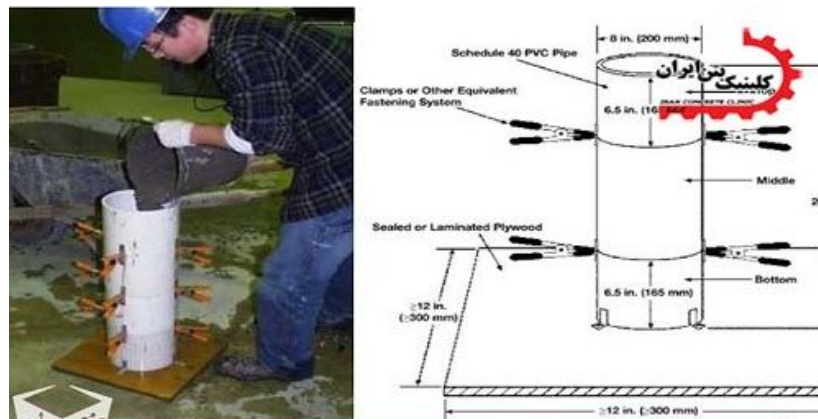
در بسیاری از کارخانه های تولیدات پیش ساخته، بتن به شکل قالب های مجزا و بدون تجهیزات همزن حمل می شود. اگر مخلوط بتن بطور مناسب طراحی نشود، بر اثر ارتعاش و ضربه در طی حمل و نقل، سنگدانه ها نشست می کنند. به علاوه، اگر یک مخلوط به درستی نسبت بندی نشود، بتن چنانچه در یک مسیر طولانی حمل شود، سنگدانه های ریز ملات از بتن جدا می شود. تکنیک توسعه پایداری دینامیک در SCC شامل کاهش میزان سطح جریان اسلامپ و نیز کاهش سنگدانه های درشت و چگالی می باشد. امروزه هیچ روش استاندارد برای اندازه گیری پایداری دینامیک وجود ندارد.

پایداری استاتیک به توانایی اجزاء تشکیل دهنده مخلوط برای مقاومت در مقابل تفکیک نشست، در زمانی که مخلوط بی حرکت رها می شود، اطلاق شده و این کار می تواند به شکل نشست سنگدانه ها و یا خروج آب و هوا از داخل به طرف سطح مخلوط انجام شود.

آزمون جدانشینی (تفکیک) ستون

در این آزمون، یک ستون ۶۵۰ میلی متر (۲۶ اینچ) استفاده می شود، این ستون طوری ساخته شده که یک چهارم فوقانی و تحتانی ستون می تواند برداشته شود. در طی این مرحله، ستون با مخلوط SCC پر می شود و اجازه می دهیم به مدت ۱۵ دقیقه

در این شرایط باقی بماند (شکل ۳-۹)، پس از این زمان بتن را از یک چهارم فوقانی و تحتانی بیرون آورده، شستشو می دهیم و از غربال ۴/۷۵ عبور می دهیم، بطوری که سنگدانه های درشت باقی بماند. اختلاف اندازه بین سنگدانه های درشت بین بخش فوقانی و تحتانی جدا شده مشخص می شود، در نتیجه درصد تفکیک (جدانشینی) محاسبه می شود.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران
TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

تصویر آزمون تفکیک ستون

آزمون مقاومت در برابر تفکیک (جدانشینی) غربال

در این روش، نمونه ای از مخلوط SCC تازه جمع آوری می گردد. به مدت ۱۵ دقیقه آن را رها می کنیم، سپس قسمت بالایی مخلوط را در الک (غربال) می ریزیم تا آب، خمیر و ملات از الک خارج شده و داخل ظرفی که زیر آن قرار دارد بریزد، سپس میزان مواد عبوری از الک را به عنوان درصدی از نمونه اصلی اندازه می گیریم.

آزمون نفوذ ابزار

در این آزمون یک لوله خالی را بر روی نمونه ای از یک بتن تازه که در قالب ریخته شده قرار می دهیم و عمق نفوذ لوله را به داخل بتن در زمان مشخص اندازه گیری می کنیم. معمولاً لوله به نفوذ در داخل مخلوط بتن ادامه می دهد تا زمانی که به سنگدانه های درشت برخورد کند، زمانی که سنگدانه های درشت نشست می کنند، به تدریج لوله به میزان بیشتری به داخل نمونه، نفوذ می کند. این روش برای درجه بندی کردن آزمون جدانشینی (تفکیک) ستون نیز استفاده می شود که در مورد آزمایش پایداری بسیار مفید است.

شاخص پایداری بصری (VSI)

این روش به عنوان بخشی از آزمون جریان اسلامپ می باشد که قبلاً توضیح داده شد. این آزمون شامل مشاهده چشمی است بر روی جریان اسلامپ لایه ای و عددی بین صفر تا ۳ به عنوان شاخص تعیین شده است که درجه پایداری را نشان می دهد. مخلوط با شاخص ثبات چشمی صفر، از میزان پایداری برخوردار است. درحالی که مخلوط به $VSI=3$ کاملاً ناپایدار است در این شیوه همچنین توصیه می شود که بتن در فرقون و میکسر مورد مشاهده و بررسی قرار بگیرد. این موضوع از آنجایی اهمیت دارد که عمق بتن در فرقون بیشتر از جریان اسلامپ پدی (لایه ای) بوده و نشست آن بیشتر قابل مشاهده است. این روش اصولاً به عنوان ابزار ثانویه برای کنترل پایداری و ثبات SCC در محل کار است و جایگزین آزمون ارزیابی عملکرد در آزمایشگاه می باشد. بیشتر اوقات می توان شواهد واضحی در مورد تفکیک در داخل فرقون ملاحظه نمود که در آزمون جریان اسلامپ لایه ای، قابل مشاهده نیست و آنچه را که در این روش تجربی مشاهده شد می توان طبقه بندی و ارائه کرد. اصولاً میزان مورد پذیرش VSI بین صفر و یک می باشد. معمولاً ترکیبات با VSI صفر یا ۳ نامناسب هستند (یا خیلی ناپایدارند و یا پایداری بیش از حد دارند). همچنین به راحتی قابل تشخیص هستند و توانایی تشخیص و درجه بندی مخلوط با میزان VSI یک و یا دو نیاز به تجربه

بیشتری در SCC دارد. به همین دلیل است که تصاویری در این زمینه به آزمایشگاه های کنترل کیفیت فرستاده می شود تا متخصصین مربوطه میزان VSI مخلوط را تعیین کنند.

آب دهی

اندازه گیری آب دهی در بتن معمولی یک آزمون کاملاً استاندارد است و می تواند در مورد بتن SCC نیز استفاده شود. آب دهی حالت دیگری از پایداری بتن SCC است. بعضی از مخلوط های SCC بیش از بقیه آب دهی دارند که بستگی به مواد، افزودنی ها، نسبت اختلاف استفاده شده در مخلوط دارد. به هر حال عدم وجود آب دهی تضمینی بر ثبات (پایداری) مخلوط نیست. زیرا نشست سنگدانه های درشت، چه آب دهی وجود داشته باشد و چه وجود نداشته باشد، اتفاق می افتد.

عوامل موثر بر ویژگی های SCC

تعدادی از مواد و نیز نسبت اختلاط مخلوط، عواملی هستند که بر ویژگی های تازه SCC تاثیر می گذارند. جدول زیر بیانگر یک رابطه کلی میان این عوامل و ویژگی های عملی بیشتری از SCC هستند. ACI 238. IR به تشریح مفصلی از چگونگی تاثیر مواد بر ویژگی های رئولوژیکی بتن ارائه می دهد.

قابلیت پرسیازی	قابلیت عبور	پایداری
پودرها	چگالی بسته بندی، شکل ذرات (زاویه دار یا کروی) و واکنش پذیری ترکیب پودرهای مورد استفاده می تواند بر روی آب و یا تقاضا در مورد افزودنی ها در یک SCC تاثیر بگذارد .	ریز بودن ذرات می تواند ویژگی های آب دهی و ویسکوزیته را تحت تاثیر قرار دهد و میزان ویسکوزیته به نوبه خود بر نشست سنگدانه ها تاثیر می گذارد .
سنگدانه ها	تراکم بسته بندی مطلوب و وجود ذرات کروی شکل بیشتر موجب افزایش قابلیت پرسیازی مخلوط SCC می شود .	وجود ذرات یا اشکال زاویه دار، موجب کاهش توانایی ذرات در آرایش جابجیری در میان فضای محدود می شوند. ذرات کوچکتر موجب سهولت عبور جریان از میان فضای محدود می شود .
کاهش دهنده آب طیف بالا (HRWR)	موجب افزایش سیالیت بخش خمیری مخلوط بتن می شود. در یک طراحی مناسب مخلوط SCC، این سیالیت بالاتر خمیر موجب افزایش قابلیت پرسیازی، قابلیت عبور و پایداری می شود. در یک طراحی ضعیف مخلوط SCC، مانند ناکافی بودن حجم خمیر، موجب ایجاد اوردوز (Ovedrdose) در HRWR شده و در نتیجه پایداری کاهش یافته، آب دهی افزایش می یابد و قابلیت پرسیازی کاهش می یابد .	
افزایش ویسکوزیته بخش خمیری مخلوط SCC	در یک نسبت بندی مناسب SCC، که موجب حداقل اثرگذاری بر روی قابلیت عبور شده و حتی باعث افزایش قابلیت عبور و پایداری خواهد شد. یک نسبت بندی ضعیف در مخلوط، موجب افزایش ویسکوزیته خمیر و در نتیجه کاهش قابلیت پرسیازی و قابلیت عبور می شود .	
پودرها	با یک میزان منطقی نسبت آب/پودر، محتوای پودری افزایش می یابد. در نتیجه حجم خمیر و ویسکوزیته خمیر نیز افزایش می یابد و این موجب افزایش قابلیت عبور، قابلیت پرسیازی و پایداری در مخلوط SCC	

می گردد. افزایش قابل توجه پودر بدون افزایش آب، موجب بالا رفتن ویسکوزیته مخلوط شده منجر به کاهش قابلیت پر کردن و قابلیت عبور می شود .			
سنگدانه ها	افزایش سنگدانه های مربوط به حجم خمیر باعث کاهش قابلیت عبور می شود .	تراکم خیلی بالای ذرات بزرگتر موجب انسداد و در نتیجه کاهش قابلیت عبور می شود. تراکم به وسیله توزیع اندازه ذرات همراه (درجه بندی) با نسبت بندی مخلوط تعیین می گردد .	میزان سنگدانه های ریز موجب کاهش آب دهی و نیز کاهش نشست سنگدانه ها می شود .
آب	افزایش آب موجب افزایش حجم خمیر و قابلیت پر کردن (تا زمانی که تفکیک رخ ندهد) می شود .	گاهی اوقات افزایش در میزان آب از طریق افزایش حجم خمیر و بهبود قابلیت پرسیازی، قابلیت عبور را افزایش می دهد و در بعضی دیگر از موارد، می تواند موجب کاهش خیلی زیاد ویسکوزیته و در نتیجه کاهش قابلیت عبور شود .	سطح بسیار بالای آب می تواند آب دهی و ناپایداری را افزایش دهد .

ارتباط میان ویژگی های SCC و روش های آزمون

وقتی یک تغییر کوچک در مخلوط SCC به وجود آید، تقریباً هیچ تغییری در پارامتر عملکردی به وجود نمی آید. درک اینکه چگونه تغییر در یک پارامتر (شاخص) دیگر پارامترها را تحت تاثیر قرار می دهد و همچنین تغییر اساسی رئولوژیکی، به شما کمک می کند تا اطلاعات داده شده در مورد SCC را بطور موثرتری تفسیر کنید. به علاوه، توجه به این موضوع که اندازه های به دست آمده از روش های آزمون براساس یک ویژگی است و یا چندین ویژگی، دارای اهمیت است.

ارتباط جریان اسلامپ، تنش تسلیم و ویسکوزیته پلاستیکی

مانند جریان اسلامپ در بتن معمولی، چنانچه تسلیم کاهش یابد، میزان روانی اسلامپ در SCC افزایش می یابد. به هر حال، همه ترکیبات SCC نسبتاً دارای میزان تنش تسلیم پایین هستند و به منظور رسیدن به مرحله خود متراکمی باید میزان آن پایین تر از مقدار ماکزیمم معین باشد و برعکس میزان ویسکوزیته در SCC باید نسبتاً زیاد باشد. بنابراین با توجه به پارامترهای رئولوژیکی، زمانی که سطح جریان اسلامپ شکل می گیرد، به دنبال آن ویسکوزیته پلاستیک به منظور کنترل عملکرد مخلوط ایجاد می شود. ارتباط قیف V و T50 قبلاً تشریح شده است. بطور کلی هر چه میزان قیف V یا آزمون T50 افزایش یابد، ویسکوزیته نیز افزایش می یابد. اگر چه این آزمون ها میزان ویسکوزیته واقعی را نشان نمی دهند، اما روشی ارائه می دهند که بدون نیاز به رئومتر، می توان تغییرات به وجود آمده در ویسکوزیته که خود موجب ایجاد تغییراتی در مخلوط SCC نیز می شود، را ارزیابی کرد.

ویسکوزیته و مقاومت در برابر تفکیک (جدانشینی)

قانون استوکز بیان می کند که نیروی اصطکاک بر روی کره باعث افزایش حرکت سیال می شود و ویسکوزیته سیال افزایش می یابد. افزایش نیروی اصطکاک باعث کاهش میزان تفکیک می شود. مدل سازی تفکیک سنگدانه های بتن بسیار پیچیده تر از اینهاست. به ویژه وقتی ذرات متعددی با شکل ها و سایزهای مختلف ارائه می شود و همچنین ویژگی های رئولوژیکی بتن که وابسته به مقیاس زمان است. بطور کلی می توان گفت که افزایش ویسکوزیته SCC موجب بهبود پایداری مخلوط می شود.

میزان جریان اسلامپ و مقاومت در برابر تفکیک

زمانی که یک مخلوط نسبت بندی شده و پیمانه می شود، با افزودن کاهنده آب با طیف بالا، جریان اسلامپ به میزان قابل توجهی افزایش می یابد. در مخلوط مورد نظر، هر چه جریان اسلامپ افزایش می یابد، میزان تفکیک سنگدانه ها نیز افزایش می یابد. رابطه میان جریان اسلامپ و تفکیک در گروهی از مواد و نسبت آنها در مخلوط ارائه شده، منحصر به فرد است. با افزایش تفکیک هر جزء، افزایش جریان اسلامپ به وسیله مخلوط متفاوت خواهد بود.

جدول زیر (رکود جریان و استقامت مواد) نشان دهنده اطلاعات ارائه شده در مورد دو گروه ۴ تایی مخلوط SCC است. هر گروه ۴ تایی مخلوط ها، بطور مشخص نسبت بندی شده اند. ۴ جریان اسلامپی با میزان متفاوت که با افزایش HRWR (کاهش دهنده آب با طیف بالا) افزایش می یابد. دو گروه در میزان استفاده از **سیمان** (۴۳۵ کیلوگرم در هر متر مکعب) با دو گروه دیگر (۴۹۸ کیلوگرم در هر مترمکعب) متمایز شده اند.

توجه داشته باشید زمانی که میزان جریان اسلامپ از مخلوط ۱ تا مخلوط ۴ و نیز از مخلوط ۵ تا مخلوط ۸ افزایش می یابد، ضریب تفکیک هر ASTM C 1610، درصد آب دهی هر ASTM C 262 و نیز VSI، همگی افزایش می یابند.

میزان درجه تغییر بین دو گروه نسبت های مخلوط متفاوت است، در این مورد تنها تفاوت در میزان محتوای بیشتر سیمان در مخلوط های ۵ تا ۸ می باشد. مخلوط SCC می تواند طوری نسبت بندی شود که در تمامی سوح، جریان اسلامپ دارای پایین ترین میزان تفکیک در سنگدانه ها و آب دهی کنترل شده باشد. آگاهی از این ارتباطات برای استفاده در مخلوط مهم و ضروری است.

اطلاعات ارائه شده در جدول بیانگر این است که تنها اندازه گیری میزان جریان اسلامپ برای شناسایی ویژگی های SCC کافی نیست، به منظور شناسایی کامل یک مخلوط SCC و کنترل تولید و عملکرد آن، علاوه بر جریان اسلامپ، آزمون های ویژگی تازه نیز باید به کار گرفته شود.

ویسکوزیته، جریان اسلامپ و قابلیت عبور

قابلیت عبور در مخلوط SCC نه تنها تحت تاثیر تغییر در نسبت بندی مخلوط است بلکه تعادل بین جریان اسلامپ و ویسکوزیته مخلوط نیز بر روی آن تاثیر می گذارد. در برخی از کشورها میزان نرمال جریان اسلامپ بین ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلی متر، و در برخی دیگر این میزان ۶۵۰ تا ۷۰۰ می باشد.

قابلیت عبور خوب، که از طریق اختلاف میزان جریان اسلامپ با حلقه J و نیز بدون آب اندازه گیری می شود، نیازمند میزان ویسکوزیته متفاوت است، (بر این اساس که کدام میزان جریان اسلامپ مورد استفاده قرار گیرد). یک جریان اسلامپ بالا، برای ایجاد توانایی در قابلیت عبور مناسب، نیازمند ویسکوزیته نسبتاً بالایی می باشد.

چنانچه ویسکوزیته مخلوط خیلی پایین باشد تفکیک (جدانشینی) سنگدانه ها از ملات راحت تر اتفاق می افتد، که این خود موجب مهار شدن و مسدود شدن جریان می شود.

به عبارت دیگر مخلوطی با میزان جریان اسلامپ پایین تر برای ایجاد تغییر شکل لازم بتن در اطراف موانع، نیازمند ویسکوزیته نسبتاً پایین تری می باشد.

چنانچه میزان ویسکوزیته یک مخلوط خیلی بالا باشد، درحالی که میزان جریان اسلامپ این مخلوط پایین تر باشد، قابلیت عبور و قابلیت پر کردن کافی نخواهد داشت.

شماره مخلوط	1	2	3	4	5	6	7	8
سیمان	431	433	437	439	493	496	496	498
سنگدانه درشت	967	970	980	983	970	977	977	980
سنگدانه ریز	859	862	871	873	812	817	817	820

آب (kg/m^3)	178	179	181	181	179	180	180	181
اثر پلی کریکسی لیت (HRWR)(ML/100KG)(PCE)	631	683	767	956	553	611	696	865
هوا (%)	5/2	3/1	2/1	5/0	6/1	3/1	3/1	2/1
افت جریان	514	610	660	743	514	584	660	737
عامل تفکیک (%)	1/8	3/10	3/21	2/31	0/0	6/6	9/15	8/30
bleed	62/0	1/1	96/0	8/1	5/0	4/0	9/0	9/0
T50(s)	3	5/1	4/1	2/1	5/2	8/2	5/1	1/1
VSI	0	5/0	5/1	3	0	5/0	5/1	3

جدول رکود جریان و استقامت مواد

موضوع اساسی در SCC، کنترل و تعادل میان ویژگی های تازه آن می باشد. درک اساسی از علم رئولوژی ضروری نبوده بلکه تنها آگاهی از مفهوم کلی آن کافی است. در عمل، کنترل روزه، قابلیت پر کردن، قابلیت عبور و پایداری مهمترین اصول می باشند و آگاهی از فعل و انفعالات در فرآیند عیب یابی مفید خواهد بود. در طی توسعه مخلوط، می توان تعدادی آزمون انجام داد و ارتباط آنها با سایر آزمون ها و ویژگی ها را مشخص کرد و بتوان فرآیند کنترل کیفیت را انجام داد و آزمون های موثرتری نیز بدست آورد.

همه آن چیزی که باید درباره الزامات اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن بدانید

این استاندارد الزاماتی که برای تمامی افزودنی های متداول هستند را در بر می گیرد، الزامات عمومی جایگزین مواردی شده است که از قبل در قسمت های ۲ تا ۵ استانداردهای EN 934 آمده بود. آنها الزاماتی برای اثر رفتار خوردگی هنگامی که افزودنی ها در بتن، ملات یا دوغاب دارای فلز مدفون استفاده می شوند را در بر می گیرند. **الزامات رفتار خوردگی افزودنی های بتن** در این استاندارد مشتمل بر یک فهرست مصوب و یک فهرست اظهار شده از اجزای فعال به کار برده شده در برخی از افزودنی ها است. این فهرست ها بر مبنای تجربیاتی هستند که نشان می دهند استفاده از افزودنی هایی که فقط دارای اجزای مندرج در فهرست مصوب هستند، منجر به پیشرفت خوردگی فولاد مدفون نمی شوند. الزامات خاص که مشخص کننده ی عملکرد افزودنی در یک مخلوط سیمانی است، به تفصیل در قسمت های ۲ تا ۵ این استاندارد آورده شده است. الزامات ویژه موضوع جدیدی بوده و با استفاده ی خاص از افزودنی ها و یا اثر آنها بر محیط، مرتبط است. این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای **افزودنی های بتن**، ملات و دوغاب است.



افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - قسمت ۱: الزامات مشترک

✓ ۱- هدف و دامنه کاربرد الزامات اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات مشترک برای تمامی انواع افزودنی های بتن، ملات و دوغاب که در استانداردهای ملی ۲۹۳۰-۳، ۲۹۳۰-۴ و ۲۹۳۰-۵ آورده شده است می باشد. استانداردهای ذکر شده شامل الزامات اختصاصی برای هر نوع از افزودنی ها است.

✓ ۲- مراجع الزامی اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است.



استفاده از مراجع الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است :

- ۱-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۶، پلاستیک - اندازه گیری مقدار کلر در پلیمرها و کوپلیمرهای وینیل کلراید
- ۲-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۲، سیمان های هیدرولیکی - روش های آزمون شیمیایی - اندازه گیری عناصر اصلی
- ۳-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۴۶، فرآورده های شیمیایی مایع مورد مصرف در صنعت - روش اندازه گیری دانسیته در ۲۰ درجه سانتیگراد
- ۴-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰-۲، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - قسمت ۲: افزودنی های بتن - ویژگی ها
- ۵-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰-۳، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - قسمت ۳: افزودنی های ملات بنایی - ویژگی ها
- ۶-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰-۴، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - قسمت ۴: افزودنی های دوغاب تاندون های پیش تنیده - ویژگی ها
- ۷-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰-۵، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - قسمت ۵: افزودنی های بتن پاششی - ویژگی ها
- ۸-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۷۸-۱۸، زاینده ها - روش اندازه گیری PH محلول های آبی - روش پتانسیومتری
- ۹-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۱۷-۶، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - طیف سنجی مادون قرمز - روش آزمون
- ۱۰-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۱۷-۸، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - تعیین مقدار مواد خشک - روش آزمون
- ۱۱-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۱۷-۱۰، افزودنی های بتن، ملات و دوغاب - تعیین مقدار کلراید محلول در آب - روش آزمون

- ۱۲-۲- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۲۲۸۴، بتن- قسمت دوم: مشخصات مواد تشکیل دهنده، تولید و انتقال بتن
- ۱۳-۲- EN 480-12, Admixtures for concrete, mortar and grout – Test methods- Part 12: Determination of the alkali content of admixtures
- ۱۴-۲- EN 480-14, Admixtures for concrete, mortar and grout – Test methods- Part 14: Determination of the effect on corrosion susceptibility of reinforcing steel by potentiostatic electro-chemical test

✓ ۳- اصطلاحات و تعاریف الزامات اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

۳-۱- الزامات مشترک

الزاماتی که به تمامی افزودنی های مورد اشاره در استانداردهای ملی ۲-۲۹۳۰، ۳-۲۹۳۰، ۴-۲۹۳۰، ۵-۲۹۳۰ اعمال می شود.

۳-۲- الزامات عمومی

الزاماتی که افزودنی را با اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی توصیف می کند و به تمامی افزودنی های مورد اشاره در استانداردهای ملی ۲-۲۹۳۰، ۳-۲۹۳۰، ۴-۲۹۳۰، ۵-۲۹۳۰ اعمال می شود.

۳-۳- الزامات اختصاصی

الزامات شرح داده شده در استانداردهای ملی ۲-۲۹۳۰، ۳-۲۹۳۰، ۴-۲۹۳۰، ۵-۲۹۳۰ که عملکرد افزودنی را در مخلوط سیمانی توصیف می کند.

۳-۴- الزامات ویژه

الزاماتی که به افزودنی های مورد اشاره در استانداردهای ملی ۲-۲۹۳۰، ۳-۲۹۳۰، ۴-۲۹۳۰، ۵-۲۹۳۰ در ارتباط با اثر آنها بر محیط یا هنگام استفاده برای کاربردهای مشخص اعمال می شود.

۳-۵- فهرست مصوب

فهرستی از اجزای به کار برده شده به عنوان ماده تشکیل دهنده ی افزودنی ها که برای استفاده بدون نیاز به آزمون بیشتر مرتبط با ویژگی بیان شده در فهرست، مورد پذیرش است. یادآوری- فهرست های مصوب برای یک الزام تشریح شده در این استاندارد، اختصاصی هستند.

۳-۶- فهرست اظهار شده

فهرستی از اجزای به کار برده شده به عنوان ماده تشکیل دهنده ی افزودنی ها که در ارتباط با ویژگی بیان شده در این فهرست، الزامی برای آزمون وجود ندارد، اما باید اظهار شود، زیرا مقررات و آیین نامه های ملی برای به کارگیری آنها در کاربری های خاص می تواند وجود داشته باشد.

✓ ۴- الزامات عمومی اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن

تمامی افزودنی های مورد اشاره در استانداردهای ملی ۲-۲۹۳۰، ۳-۲۹۳۰، ۴-۲۹۳۰، ۵-۲۹۳۰ باید با الزامات جدول ۱ منطبق باشند.

جدول ۱- الزامات عمومی

	ویژگی	روش آزمون	الزامات
1	یکنواختی الف	چشمی	در هنگام استفاده باید یکنواخت باشد. جداسدگی آن نباید بیشتر از حد اعلام شده توسط تولید کننده باشد .

2	رنگ الف	چشمی	یکنواخت و مشابه با توصیف اظهار شده توسط تولید کننده باشد .
3	ترکیب موثر الف	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۶ ب	هنگامی که طیف مادون قرمز با طیف مرجع ارایه شده توسط تولید کننده مقایسه شود، تغییر با اهمیتی نشان ندهد .
4	چگالی خالص الف (فقط برای افزودنی های مایع)	استاندارد ملی ۲۶۴۶ پ	چگالی بیان شده توسط تولید کننده را D فرض می کنیم: اگر $D < 1/1 \text{ kg/l}$ باشد: چگالی اندازه گیری شده باید $\pm 03/0 \text{ kg/l}$ (D باشد؛ اگر $D < 1/1 \text{ kg/l}$ باشد: چگالی اندازه گیری شده باید $\pm 02/0 \text{ kg/l}$ (D باشد .
	ویژگی	روش آزمون	الزامات
5	مقدار ماده خشک الف (درصد جرمی)	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۸ ت	مقدار بیان شده توسط تولید کننده را T و مقدار اندازه گیری شده را X فرض می کنیم، اگر $T \leq 20\%$ باشد T : $05/1 \geq X \geq T95/0$ اگر $T > 20\%$ باشد: $T10/1 \geq X \geq T90/0$
6	مقدار PH الف (فقط برای افزودنی های مایع)	استاندارد ملی ۳۱۷۸-۱۸	مقدار اندازه گیری شده در محدوده ی ۱ $\pm$ نسبت به مقدار بیان شده توسط تولید کننده و یا درون گستره ی بیان شده توسط تولید کننده باشد .
7	کلر کل الف،ج	استاندارد ملی ۹۱۶ چ	کمتر یا مساوی ۰/۱۰ درصد جرمی باشد و یا این که بیشتر از مقدار بیان شده توسط تولید کننده نباشد .
8	کلرید محلول در آب الف	استاندارد ملی ۸۱۱۷-۱۰	کمتر یا مساوی ۰/۱۰ درصد جرمی باشد و یا این که بیشتر از مقدار بیان شده توسط تولید کننده نباشد .
9	قلیایی (معادل سدیم اکسید) الف- درصد جرمی	استاندارد EN 480-12	بیشتر از مقدار بیان شده توسط تولید کننده نباشد .
10	رفتار خوردگی	استاندارد EN 480-14	بند ۵ را ببینید .
11	مقدار سیلیسیم دی اکسید	استاندارد ملی ۱۶۹۲	بیشتر از ماکسیمم مقدار بیان شده توسط تولید کننده نباشد .
	الف،ح،خ		

الف- این مقادیر را باید تولید کننده مشخص کرده و به صورت اطلاعات فنی به مصرف کننده ارائه کند.
ب- اگر استاندارد ۶-۸۱۱۷ مناسب نباشد، تولید کننده باید یک استاندارد روش آزمون جایگزین را مشخص کند.
پ- استاندارد ۲۶۴۶ روش مرجع است. روش دیگر ممکن است به کار برده شود در صورتی که بتواند نشان داده شود نتایجی مشابه با استاندارد ۲۶۴۶ را می دهد.

ت- اگر روش استاندارد ۸-۸۱۱۷ مناسب نباشد، تولید کننده باید یک استاندارد روش آزمون جایگزین را مشخص کند.
ث- در صورتی که مقدار کلرید کمتر یا مساوی ۰/۱۰ درصد جرمی باشد، ممکن است افزودنی تحت عنوان «بدون کلرید» توصیف شود.

ج- اگر مقدار کلرین کل و کلرید محلول در آب اختلاف زیادی با هم نداشته باشند، توصیه می شود در آزمون های بعدی فقط کلرید محلول در آب تعیین شود.

چ- روش استاندارد ۹۱۶ باید طبق موارد زیر اصلاح شود :

- افزایش اندازه ی نمونه به روش ب تا ۰/۱ گرم از افزودنی خشک؛

- استفاده از محلول های ۰/۰۱ نرمال نقره نیترات و آمونیوم تیوسیانات.

ح- مقدار سیلیسیم دی اکسید فقط زمانی الزامی است که سیلیس (جدول الف ۱) به عنوان یک ماده ی تشکیل دهنده ی افزودنی بوده و مقدار آن نیز بیش از ۵ درصد جرمی افزودنی باشد.

خ- این الزام به ماسه ی طبیعی اعمال نمی شود.

✓ ۵- رفتار خوردگی افزودنی های بتن

۱-۵- آزمون و برچسب گذاری

برای افزودنی هایی که فقط از مواد فهرست مصوب الف-۱ و فهرست اظهار شده الف-۲ ساخته شده اند، هیچ آزمونی برای رفتار خوردگی لازم نیست.

افزودنی هایی که دارای هر نوع تشکیل دهنده ای به جز آنچه در فهرست مصوب الف-۱ یا فهرست اظهار شده الف-۲ آمده است باشند، باید طبق استاندارد EN 480-14 آزمون شوند و الزام بند ۵-۲ را برآورده کنند.

بر روی برچسب افزودنی هایی که دارای تشکیل دهنده هایی از فهرست اظهار شده الف-۲ هستند باید نام آن تشکیل دهنده ها درج شود.

یادآوری- برای افزودنی های دارای کلرید و کلرین، الزامات ردیف های ۷ و ۸ جداول ۱ اعمال می شود.

۲-۵- الزام آزمون

وقتی که طبق استاندارد EN 480-14 آزمون انجام شود چگالی جریان محاسبه شده ی هر کدام از سه مخلوط آزمایش در هر زمانی بین یک ساعت و ۲۴ ساعت نباید بیش از $10 \mu A/cm^2$ باشد. علاوه بر آن، روند پیشروی منحنی چگالی جریان در برابر زمان، برای مخلوط کنترل و مخلوط آزمایش باید مشابه باشد.

✓ ۶- الزامات ویژه اثر رفتار خوردگی افزودنی های بتن

یادآوری- الزامات ویژه برای بتن در تماس با آب آشامیدنی موضوعیت دارد که در حال تهیه است. الزامات افزودنی هایی که در **بتن** مورد مصرف در ارتباط با آب آشامیدنی به کار برده می شوند، زمانی که در دسترس قرار گرفت، به عنوان اصلاحیه به این استاندارد اضافه خواهد شد.

پیوست الف

الف-۱ فهرست مصوب

فهرست تشکیل دهنده های مصوب شامل موارد زیر است:

استات ها (Acetates)
آلکانول آمینه (Alkanolamine)
شبهه های آنیونی و کاتیونی (Anionic and cationic lattices)
آلومینات ها (Aluminates)
پودر آلومینیوم (Aluminium powder)
بنزوات ها (Benzoates)
بورات ها (Borates)
کربنات ها (Carbonates)
سیترات ها (Citrates)
سلولز و اترهای سلولز (Cellulose and cellulose ethers)
آمین های اتوکسیلات (Ethoxylated amines)
اسیدهای چرب و نمک ها/استرهای اسید چرب
پرکننده ها (سیمان و اجزای اصلی آن و مکمل های منطبق با بند ۵-۳ استاندارد ملی ۱۲۲۸۴-۲)
فرمالدهید (Formaldehyde)
گلوکونات ها (Gluconates)
گلیکول ها و مشتقات (Glycols and derivatives)
هیدروکسیدها (Hydroxides)
هیدروکسی کربوکسیلیک اسیدها و نمک های هیدروکسی کربوکسیلیک اسید
(Hydroxycarboxylic acids and hydroxycarboxylic acid salts)
لاکتات ها (Lactates)
لیگنوسولفونات (Lignosulfonate)
مالیک اسید (Malic acid)
مالتودکسترین ها (Maltodextrins)
ملامین فرمالدهید سولفونات (Naphthalene formaldehyde sulfonate)، نمک های نفتالین سولفونیک اسید نیز گفته می شود.
فوسفونیک اسید و نمک های آن (Phosphonic acid and salts thereof)
فسفات ها (Phosphates)
پلی اکریلات (پلیمرهای اکریلیک استر) ((Poly acrylate) (acrylic ester polymers)
پلیمرهای پلی کربوکسیلات (poly carboxylate polymers)، پلی مرهای کربوکسیلیک اسید نیز گفته می شود.
پلی کربوکسیلات اترها (Poly carboxylate ethers)
پلی ساکاریدها (Poly saccharides)
پلی اترها (Poly ethers)
پلی وینیل ها و مشتقات آنها (Polyvinyls and their derivatives)
ساکارز (Sacchates)
نشاسته و نشاسته اتر (Starch and starch ether)
شکر (Sugar)

سولفات ها (Sulfates)

فعال کننده های سطح (Surfactants)

تارتارات ها (Tartarates)

آب شیشه (Waterglass)

یادآوری- اجزای آلی جزئی، برای مثال مواد جلوگیری کننده از فساد یا تغییر شکل دهنده ها ممکن است در مقادیر مشخص حداکثر ۰/۵۰ درصد جرم افزودنی به افزودنی های نهایی اضافه شود.

الف-۲ فهرست اظهار شده

فهرست تشکیل دهنده های اظهار شده شامل موارد زیر است :

- فرمات ها (Formates)

- نیترات ها (Nitrates)

- نیتريت ها (Nitrites)

- سولفیدها (Sulfides)

- تیوسیانات ها (Thiocyanates)

یادآوری ۱- ردیف ۷ از جدول ۱ را در ارتباط با اظهار کلرید محلول در آب ببینید.

یادآوری ۲- حدود مقدار کلرید بتن و ملات در حضور فلزات مدفون در استانداردهای مرتبط با استفاده از افزودنی ها مطرح می شوند.

یادآوری ۳- جایی که استفاده از اجزای موجود در فهرست اظهار شده تنظیم می شود، به طور معمول به استفاده در بتن پس کشیده مرتبط می شود.

خواص الیاف های بتن

یکی از معایب بتن، شکنندگی آن (مقاومت کششی پایین و مقاومت کم در برابر بازشدگی و گسترش ترکها) است. در گسترش و توسعه مصالح شبیه بتن، الیاف های مسلح کننده نقش مهمی داشته اند. بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق العاده افزایش می یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پړانحنا را فراهم می آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه ای به راحتی از هم پاشیده نمی شود. شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی می باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده اند از حدود ۳۵۰۰ سال قبل، مصالح ساختمانی شکننده مثل آجرهای رسی خشک شده با آفتاب با الیاف هایی مثل موی اسب و کاه و... مسلح می شده اند. مفهوم الیاف مسلح کننده نوین در سالیان اخیر مطرح شده است و در ابتدا خمیرهای سیمانی شکننده با الیاف پشم شیشه مسلح گشتند. هنگامی که در سال ۱۹۹۰ تکنولوژی تولید صفحات سقفی و لوله ها ایجاد شد، الیاف شیشه ای دیگری نیز تهیه گردید و به کار رفت. الیافهای شیشه ای معمولی در محیط قلیایی سیمان مقاوم نیستند و لذا با افزودن دی اکسید زیرکونیوم الیافهای مقاوم در برابر این محیط شکل گرفتند تاثیر مهم الیاف فولادی بر گسترش سیمانهای مسلح در سالهای ۱۹۶۳ و ۱۹۶۴ مطرح گردید.



انواع الیاف بتن

نقش اصلی الیاف با طول کوتاه پخش شده، کنترل بازشدگی و انتشار ترک هاست. **انواع الیاف های بتن** مورد استفاده در بتن های سازه ای به شرح زیر میباشد.

- ۱- الیاف های فولادی در شکلهای و ابعاد مختلف و نیز ریز الیاف ها
- ۲- الیاف شیشه ای که در ملاتهای سیمانی فقط به عنوان الیاف مقاوم در برابر محیط قلیایی به کار میرود.
- ۳- الیاف مصنوعی شامل پلی پروپیلن ، پلی اتیلن ، پلی الفین ، پلی وینیل الکل و ...
- ۴- الیاف کربنی ، قیری و پلی اکریلونیتریل

خواص الیاف های بتن

چگونگی تاثیر الیاف بر ترک خوردگی ملات سیمانی بدین صورت است که به علت وجود الیاف ترکهای جداگانه بزرگ توسط مجموعه ای متراکم از میکرو ترک ها جایگزین می شود که از دیدگاه ایمنی و دوام قابل قبول است.

الیاف های طبیعی گیاهی برای بتنهای توانمند مناسب نیستند. الیافهای پشم شیشه به علت اثرات مخرب بر سلامت انسان و محیط زیست به طور کلی ممنوع شده و با الیاف های پلیمری جایگزین شده اند الیاف های فولادی در بتن های سازه ای و قدرتمند مهم هستند و قلابهای انتهایی و تغییرات مختلف انجام شده بر روی شکل این الیاف سبب افزایش پیوستگی بین الیاف و ملات و افزایش تاثیر ملات میگردد الیافهای با سختی زیاد و الیافهای پلی پروپیلن رشته ای با طولهای متغیر از ۱۰ تا ۸۰ میلی متر و قطرهای از ۰٫۵ تا ۱٫۵ میلی متر در احجام بالا (۵، ۲۰ تا ۲ درصد) به منظور افزایش مقاومت، طاقت و نیز مقاومت در برابر ضربه و خستگی در المانهای بتنی بکار می روند. الیاف پلی پروپیلن با مدول الاستیسیته پایین دارای دو کاربرد هستند. این الیاف در مقادیر کم (۱ کیلو گرم بر متر مکعب) برای کنترل ترکهای جمع شدگی بتن تازه در ساعات اولیه گیرش استفاده می شود. در زمانهای اولیه، مدول یانگ بتن تازه مشابه مدول یانگ این الیاف است. الیافهای پلی پروپیلن در دیوارهای بتنی ساختمانهای آپارتمانی نیز استفاده می شوند زیرا در مجاورت آتش و حرارتهای بالا ذوب شده و کانالهایی را برای تخلیه فشار داخلی ایجاد شده، فراهم می کنند و تخریب سازه را به تعویق می اندازند به بتنی که در مخلوط سیمان آن از فیبرهای شیشه ای مخصوص استفاده می شود، بتن تقویت شده توسط فیبر شیشه ای (Glass Fiber Reinforced Concrete یا به اختصار GFRC) می گویند. فیبرهای شیشه ای باعث تقویت ویژگی های مختلف بتن از جمله مقاومت و دوام می گردند. اولین بار در کشور روسیه از فیبرهای شیشه ای در بتن استفاده شد. اما ترکیب آن با سیمان پرتلند ترکیب قلیایی قوی ای را تشکیل داد و باعث خوردگی بتن شد. در پی این رویداد و با انجام تحقیقات بیش تر، فیبرهای شیشه ای مقاوم در برابر قلیا در بریتانیا و دیگر کشورها تولید شد. همچنین از ترکیب های مختلف اپوکسی رزین برای پوشش فیبر شیشه و مقاوم کردنش در برابر حملات قلیایی سیمان پرتلند استفاده می شود.

فیبرهای شیشه‌ای در انواع و شکل‌های مختلف از جمله خرد شده، پشم شیشه، طنابی و بافته شده وجود دارند که از هر کدام بنا بر ویژگی خاصی که به بتن می‌بخشند، استفاده می‌شود.

تهیه‌ی بتن تقویت شده به وسیله فیبر شیشه‌ای (GFRC)

فیبرهای شیشه‌ای با طول ۱۰ تا ۵۰ میلی متر و قطری در حد چند میکرون، با نسبت وزنی ۵ درصد نسبت به وزن سیمان به آب یا مخلوط بتن اضافه می‌شود. همچنین برای تسهیل ترکیب شدن این مواد مقداری پلی‌اتیلن اکسید یا متیل سلولز به مخلوط بتن اضافه می‌کنند.

ویژگی‌های بتن تقویت شده توسط فیبر شیشه‌ای

اضافه کردن فیبر شیشه‌ای با نسبتی در حدود ۱۰ درصد حجم کل بتن، باعث می‌شود تا مقاومت کششی بتن تا دو برابر و مقاومت ضربه‌ای بتن تا ۱۰ برابر افزایش یابد. افزایش مقاومت کششی بتن اهمیت ویژه و خاصی دارد. چرا که بتن در مقابل مقاومت فشاری بسیار خوبش، در برابر نیروی کششی مقاومت بسیار کمی دارد و به شدت شکننده است. از همین رو ضروری است که در مورد آن تصمیماتی اتخاذ شود؛ زیرا در هر سازه‌ای علاوه بر نیروهای فشاری، نیروهای کششی نیز داریم و حیاتی است که بتن در برابر آن‌ها هم مقاوم باشد. یکی از اصلی‌ترین اهداف تقویت بتن به وسیله‌ی مواد دیگر از جمله شیشه، همین افزایش مقاومت کششی آن می‌باشد. همچنین آزمایش‌ها نشان داده که مقاومت **بتن تقویت شده توسط فیبر شیشه‌ای** در برابر خستگی (fatigue یا فاتیگ) قابل مقایسه و برابر با بتن تقویت شده به وسیله‌ی فولاد می‌باشد. به مقاومت بتن در برابر فشارها و نیروهایی که مکرراً بر آن وارد می‌شود مقاومت در برابر خستگی گفته می‌شود.

استفاده از بتن تقویت شده توسط فیبر شیشه‌ای

استفاده از فیبر شیشه‌ای در بتن بسیار محدود است؛ چرا که با حرکات سنگدانه‌ها در میکسر و در اثر فرسایش، باعث از دست رفتن مقاومت و فرسایش می‌شوند. معمولاً در مواردی که در ذیل آمده از بتن تقویت شده توسط فیبر شیشه‌ای استفاده می‌شود:

نوسازی ساختمان‌ها

پروژه‌های مربوط به آب و زهکشی

پنل‌های پل‌ها و تونل‌ها

ساخت موانع و دیوارهای آکوستیک (عایق صدا)

روکش‌های تزئینی (معماری)

در مجموع می‌توان گفت که استفاده از بتن‌های تقویت شده توسط فیبر شیشه‌ای مزایا و معایب خود را دارد که بایستی با توجه به ویژگی‌های مختلف پروژه و امکاناتی که این نوع بتن فراهم می‌آورد، در مورد استفاده یا عدم استفاده از آن تصمیم‌گیری کرد.



حمله‌ی اسیدی

معمولاً حمله‌ی اسیدی در سازه‌هایی رخ می‌دهد که در نزدیکی معادن زیرزمینی ساخته شده‌اند. آب زهکشی شده و خارج شده از این معادن می‌توانند حاوی اسیدهای با pH بسیار پایین باشند. اگر pH محلولی ۷ باشد آن محلول خنثی است. بزرگ‌تر از ۷ قلایبی است و کوچک‌تر از آن اسیدی. ۱۵ تا ۲۰ درصد محلول‌های سولفوریک اسید دارای pH نزدیک ۱ هستند. چنین محلولی به سرعت به بتن آسیب می‌زند. محلول‌های اسیدی دارای pH ۵ تا ۶ نیز به بتن آسیب می‌زنند، اما به زمان بیشتری احتیاج دارند. شناسایی بتنی که به وسیله‌ی اسید آسیب دیده است بسیار آسان است. اسیدها با سیمان پرتلند موجود در بتن واکنش می‌دهند و نمک‌های کلسیم را به وجود می‌آورند. آب‌های جاری به آسانی این نمک‌ها را شسته و با خود حمل می‌کند. به مرور سنگدانه‌های موجود در بتن در معرض دید قرار می‌گیرند. ظاهر بتنی که به وسیله‌ی اسید آسیب دیده است، بسیار شبیه به آسیب دیدگی به وسیله‌ی سایش است، با این تفاوت که سنگدانه‌هایی که در معرض دید قرار گرفته‌اند، صاف و صیقلی نیستند. تصویر پایین، شکل عمومی بتن آسیب دیده به وسیله حمله‌ی اسیدی را نشان می‌دهد. آسیب دیدگی بر اثر حمله‌ی اسیدی، معمولاً بر روی سطح بتن آغاز می‌شود و ادامه می‌یابد، با این حال می‌تواند به لایه‌های دیگر بتن نیز نفوذ کند. زمانی که اسید به سطح بتن می‌رسد یا به داخل آن نفوذ می‌کند با سیمان داخل مخلوط بتن واکنش می‌دهد. این واکنش باعث می‌شود تا اسید خنثی شود. اگر اسید محلول در آب جاری باشد، آسیب دیدگی می‌تواند به سرعت پیشروی کند؛ چرا که بتن آسیب دیده به وسیله آب جاری شسته و برده می‌شود و اسید تازه به قسمت‌های آسیب ندیده راه می‌یابد. برای ترمیم بتن آسیب دیده به وسیله‌ی اسید، معمولاً باید کمی بیشتر از جایی که بتن آسیب دیده پاکسازی شود. اگر چنین نشود، احتمال ضعیف شدن و شکست مواد ترمیمی بالاست.



مانند بقیه‌ی آسیب دیدگی‌ها، پیش از آغاز ترمیم بایستی منبع اصلی ایجاد آسیب دیدگی از بین برود. متداول تکنیک برای حمله‌ی اسیدی، رقیق کردن اسید به وسیله‌ی آب است. با این کار، pH اسید بالاتر می‌رود و پتانسیل آن برای آسیب زدن به بتن کم‌تر می‌شود. اگر اسید خیلی قوی باشد، معمولاً از یک لایه‌ی پوششی برای محافظت از مواد ترمیمی استفاده می‌شود. ترمیم بتن آسیب دیده با اسید، می‌تواند با جایگزینی بتن با بتن پلیمری صورت گیرد. بتن پلیمری و ملات اپوکسی (که در آن سیمان پرتلند وجود ندارد) مقاومت بالایی در برابر حملات اسیدی دارد. همچنین ملات‌ها و موادهای ترمیمی دیگری نیز وجود دارد که در آن‌ها سیمان پرتلند استفاده نشده و در برابر اسید مقاوم‌اند. شستشوی بتن به وسیله‌ی اسید، زمانی راه حلی برای آماده‌سازی بتن پیش از شروع ترمیم بود. اما بعدها متوجه شدند که بعد از شستشو، خود اسید نیز باید به صورت کامل از بتن پاک شود؛ برای همین امروزه این کار ممنوع است. در نهایت باید این نکته نیز ذکر شود که آسیب دیدگی بتن به وسیله‌ی آب خالص خیلی شبیه حمله‌ی اسیدی است. این نوع آسیب دیدگی معمولاً در ارتفاعات زیاد و در جایی که آب کاملاً خالص است رخ می‌دهد. آب خالص حلالیت بالایی برای مواد مورد استفاده در بتن دارد؛ آن‌ها را در خود حل می‌کند و به بتن آسیب می‌زند.



این استاندارد درباره ی ارزیابی بتن براساس روش هایی که در لایه سطحی بتن شکست موضعی ایجاد می کنند ، توصیه هایی را ارائه می دهد. این توصیه ها شامل روش های آزمایشی به شرح زیر است:

الف- آزمایش بیرون کشیدن

ب- آزمایش کشیدن از سطح

2- کلیات

باید توجه داشت ، روش هایی که در این استاندارد ارائه شده است فقط کیفیت بتن ، در نزدیک سطح را نشان می دهد و احتمال دارد که بتن در لایه سطحی نماینده ی بتن در عمق های بیشتر نباشد. احتمال دارد که لایه سطحی بتن توسط عوامل مخرب ، مانند آتش سوزی ، یخ یزدگی ف نفوذ عناصر شیمیایی و غیره آسیب دیده باشد. در چنین موارد ، لایه سطحی بتن نماینده ی توده بتن نیست و نباید از روش های ارائه شده در این استاندارد برای ارزیابی مقاومت بتن در سازه استفاده شود. مگر آنکه منظور از آزمایش ارزیابی مقاومت لایه آسیب دیده باشد.

3- دامنه ی کاربرد

1- تخمین مقاومت بتن در سازه

برای تخمین مقاومت بتن در سازه می توان از روش های «نزدیک به سطح» استفاده کرد. رابطه ی بین نتایج آزمایش و مقاومت فشاری بتن به صورت منحنی توسط سازنده دستگاه ارائه می شود که به منحنی همبستگی عمومی موسوم است. برای تخمین مقاومت بتن ، استفاده از منحنی همبستگی عمومی بلامانع است ولی برای طرح بزرگ و با اهمیت توصیه می شود که از منحنی همبستگی خاص استفاده گردد. نحوه ی تهیه منحنی همبستگی خاص در بند ۷ ارائه شده است.

2- بررسی همگنی (یکنواختی) بتن

تعیین قسمت هایی از عضو سازه ای که از لحاظ کیفیت متفاوت هستند با استفاده از روش های نزدیک به سطح امکان پذیر است. همچنین این آزمایش ها برای بررسی یکنواختی بتن در بین اعضای یک سازه قابل استفاده است. برای این منظور باید آزمایش روی بتن های مشابه از نظر سن و شرایط رطوبت انجام گردد. به طور کلی ، این روش ها را ی توان برای بررسی یکنواختی بتن های درجا و پیش ساخته به کار برد.

3- تعیین مقاومت پیوستگی

به منظور تعیین مقاومت پیوستگی بین مصالح تعمیری و بتن سازه ، روش های نزدیک به سطح موثر و مناسب است.

4-3 تعیین روند خرابی

در مواردی که انتظار می رود خرابی سطح بتن در طول زمان افزایش یابد می توان با انجام دادن آزمایش های نزدیک به سطح به صورت دوره ای ، روند خرابی را معین کرد.

5-3 کاربردهای دیگر

برای تعیین زمان قالب برداری ، زمان حمل قطعات پیش ساخته و زمان اعمال نیروی پیش تنیدگی ، آزمایش های نزدیک به سطح مناسب است. این زمانها براساس حداقل مقاومت مورد نیاز در هنگام فعالیت های یاد شده مشخص می شود.

برای کنترل کیفیت یا پذیرش مقاومت بتن ، روش های نزدیک به سطح می تواند جایگزین نمونه های مغزه گردد زیرا این روشها نسبت به مغزه گیری سریعتر است و آسیب کمتری به سازه وارد می کند.

4-4 انتخاب روش آزمایش

انتخاب نوع آزمایش به عوامل متعددی مانند ؛ هدف از آزمایش ، چگونه دسترس به محل آزمایش ، اندازه عضو تحت آزمایش ، دقت مورد انتظار از نتایج و غیره بستگی دارد.

تاکنون تجربیات به دست آمده از انواع روش های ارائه شده براساس بتن هایی است که با حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ میلیمتر ساخته شده اند. در صورتی که اندازه ی سنگدانه در بتن تحت آزمایش بزرگتر از اندازه مذکور است باید نتیجه گیری و ارزیابی با احتیاط همراه باشد.

جدول ۱- خلاصه ای از روش های آزمایش نزدیک به سطح

روش آزمایش	تعداد نمونه مورد نیاز در هر محل	دقت در تخمین مقاومت بتن در سازه با قابلیت اعتماد در محدوده ۹۵ درصد	نحوه ی آماده سازی
بیرون کشیدن	4	$\pm 20\%$ درصد با استفاده از منحنی همبستگی عمومی $\pm 10\%$ درصد با استفاده از منحنی همبستگی خاص	به دو روش انجام می شود: 1- نصب در قالب بتن سازه 2- نصب در بتن سخت شده
کشیدن از سطح	6	$\pm 15\%$ درصد با استفاده از منحنی خاص	به دو روش انجام می شود: 1- بدون مغزه گیری 2- با مغزه گیری

5-5 آزمایش بیرون کشیدن

1-5 کلیات

ماهیت آزمایش بیرون کشیدن بر این اصل استوار است که حداکثر نیروی کششی که به قطعه نصب شده در داخل بتن اعمال می گردد و قبل از آنکه بتن کسیخته شود با مقاومت فشاری بتن ، همبستگی دارد.

در آزمایش بیرون کشیدن ، زاویه گسیختگی حدود ۳۱ درجه است و از آنجایی که این زاویه حدوداً مساوی زاویه اصطکاک بتن ۳۷ درجه است می توان نتیجه گرفت که نیروی مورد نیاز برای بیرون کشیدن نسبت مستقیم با مقاومت فشاری بتن دارد. به طور کلی

تخمین مقاومت بتن براساس آزمایش بیرون کشیدن در مقایسه با آزمایش کشیدن از سطح دارای دقت و قابلیت اطمینان بیشتری است.

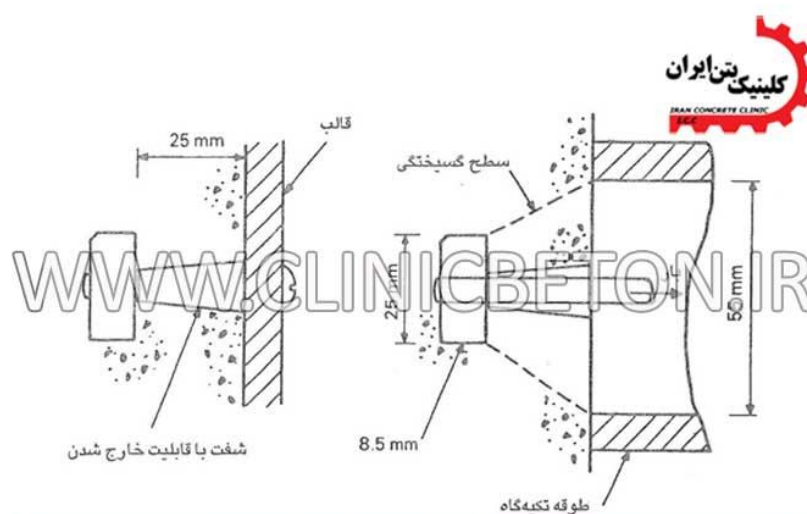
معمولاً آزمایش بیرون کشیدن به دو روش انجام می شود:

-نصب در قالب یا آزمایش LOK

-نصب در بتن سخت شده یا آزمایش CaPo

در روش اول ف قطعه فلزی به قالب نصب می شود و سپس بتن ریزی می گردد. بنابراین قبل از ساخت سازه باید نسبت به انجام دادن آزمایش برنامه ریزی شود. در روش دوم ، در بتن سخت شده مته زنی

می شود و در داخل حفره ایجاد شده ، قطعه فلزی تعبیه می گردد. در نتیجه ، این روش از لحاظ تصمیم گیری برای انجام دادن آزمایش در هر سنی از سازه ، انعطاف بیشتری دارد. در شکل ۱ قطعه فلزی و خط گسیختگی بتن نشان داده شده است.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

شکل ۱- آزمایش بیرون کشیدن

2-5 ابزار

1-2-5 مغزی یا قطعه فلزی

این قطعه باید ضخامت و مقاومت کافی را دارا باشد ، که هنگام اعمال نیروی کششی به حد جاری نرسد. در روش نصب در قالب قطعه فلزی از دو قسمت صفحه مهاري و شفت تشکیل شده است.

برای کاهش اصطکاک بدنه مغزی یا بتن، در هنگام آزمایش باید صفحه مهاري دایره ای شکل و شفت مخروطی باشد. معمولاً قطر صفحه ی مهاري ۲۵ میلیمتر و ضخامت آن ۱ میلیمتر است. قطر شفت باید کمتر از ۰/۶ قطر صفحه مهاري باشد. شفت قابل جدا شدن از صفحه مهاري است و هنگام آزمایش با میله مخصوص سیستم بارگذاری جایگزین می شود. برای کاهش پیوستگی بین قطعه مغزی و بتن می توان از ماده جداکننده مانند روغن استفاده کرد و بر روی مغزی اعمال نمود.

در صورتی که از روش نصب در بتن سخت شده استفاد می شود ، قطعه فلزی دارای حلقه منبسط شونده است.

2-2-5 دستگاه مته زنی و گشاد کننده زیرین

دستگاه مته زنی برای ایجاد حفره در بتن استفاده می شود و دستگاه گشاد کننده قطر در انتهای حفره برای گشاد کردن پایین حفره به کار می رود. محل گشاد شده در پایین حفره برای نصب قطعه فلزی مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه ها در روش نصب در بتن سخت شده یا Capo کاربرد دارد.

3-2-5 حلقه تکیه گاه

این حلقه بر روی سطح بتن و به صورت متقارن حول محور مغزی قرار داده می شود. قطر داخلی آن ۲ تا ۲/۴ برابر قطر صفحه مهارى و قطر خارجی حلقه حداقل ۱/۲۵ برابر قطر داخلی آن است.

4-2-5 سیستم بارگذاری

این سیستم قادر است به نحوی نیروی کششی را بر مغزی اعمال کند که نیروی عکس العمل از طریق حلقه تکیه گاه به سطح بتن منتقل شود. هنگام آزمایش باید اطمینان حاصل کرد که حلقه تکیه گاه کاملاً هم محور شفت و نیروی اعمال شده ، کاملاً عمود بر صفحه مهارى است. سیستم بارگذاری باید مجهز به ابزاری باشد که بتواند حداکثر نیروی کششی را با دقت ۲ درصد نشان دهد.

3-3-5 روش آزمایش

1-3-5 نقاط آزمایش

نقاط آزمایش باید حداقل ۲۰۰ میلیمتر از یکدیگر فاصله داشته باشند. همچنین فاصله مراکز تا لبه عضو بتنی تحت آزمایش باید حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد. قطعه فلزی باید در وضعیتی نصب گردد که آرماتور خارج از مخروط گسیختگی قرار بگیرد. ضخامت عضو بتنی تحت آزمایش باید حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد.

2-3-5 نصب قطعه مغزی

در روش نصب در قالب (آزمایش LOK ، قطعه مغزی باید به قالب محکم اتصال داده شود. اگر هدف از آزمایش تعیین زمان قالب برداری است باید قسمتی از قالب که قطعه مغزی نصب می شود ، قابل جدا شدن از قالب باشد. قبل از قالب برداری باید از جدا شدن شفت از قالب اطمینان حاصل کرد.

در روش نصب در بتن سخت شده (آزمایش Capo ، برای نصب مغزی باید در بتن ، حفره ای شود و سپس در پایین حفره نیز شکاف ایجاد گردد. معمولاً قطر حفره باید ۱۸ میلیمتر و عمق آن ۴۵ میلیمتر باشد و شکاف در عمق ۲۵ میلیمتر از سطح بتن و به قط ۲۵ میلیمتر ایجاد گردد. سپس حلقه منبسط شونده در داخل شکاف قرار داده می شود.

3-3-5 بارگذاری

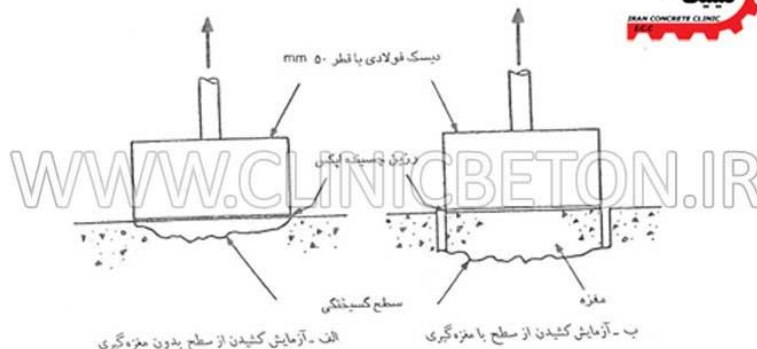
پس از به هم پیوستن سیستم بارگذاری به قطعه مغزی ، بار باید با سرعت یکنواخت اعمال گردد. توصیه می شود ، سرعت بارگذاری 0.2 ± 0.5 باشد. بارگذاری باید تا گسیختگی بتن ادامه یابد.

4-3-5 نتایج آزمایش

نتایج باید برحسب مقاومت گسیختگی به کیلو نیوتن و به نزدیکترین KN5/0 گزارش شود.

5-3-5 رابطه بین مقاومت بتن و نیروی بیرون کشیدن

معمولاً منحنی رابطه همبستگی بین مقاومت بتن و نیروی بیرون کشیدن توسط کارخانه سازنده دستگاه ارائه می شود. این منحنی محدوده ی وسیعی از انواع بتن ها را در بر می گیرد و از دقت کافی برخوردار است. ولی به هر حال برای افزایش دقت در نتایج می توان رابطه همبستگی خاص را برای نوع بتن تحت آزمایش برقرار نمود. اگر برای تخمین مقاومت بتن از منحنی رابطه عمومی استفاده شود ، دقت نتایج $20 \pm$ درصد است ، ولی در مواردی که منحنی رابطه خاص به کار می رود ، دقت در محدوده ی $10 \pm$ درصد خواهد بود.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

6- آزمایش کشیدن از سطح

1-6 کلیات

ماهیت آزمایش کشیدن از سطح بر این اصل استوار است که مقدار نیروی کششی که لازم است بر دیسک فولادی اعمال شود تا دیسک همراه با لایه سطحی بتن جدا گردد، با مقاومت بتن رابطه همبستگی دارد. آزمایش کشیدن از سطح به دو روش انجام می شود (شکل ۲).

- بدون مغزه گیری

- با مغزه گیری

در روش بدون مغزه گیری؛ دیسک فولادی مستقیماً بر سطح بتن متصل می شود. در این حالت فقط سطح بتن تحت تنش قرار دارد و نتایج به دست آمده با مقاومت کل بتن رابطه ضعیفی خواهد داشت.

در روش با مغزه گیری؛ ابتدا مغزه گیری نسبی (مغزه ای که از بتن جدا نشده است) انجام و سپس دیسک فولادی با چسب مخصوص بر سطح مغزه چسبانده می شود. مزین این روش در ایجاد سطح گسیختگی در عمق بتن است.

2-6 ابزار

1-2-6 دیسک فولادی

این دیسک باید سطحی کاملاً صاف داشته باشد و برای اتصال بتن از چسب رزین مناسب استفاده شود. سیستم بارگذاری به دیسک فولادی متصل می شود و نیروی کششی عمود بر سطح مشترک بتن و دیسک اعمال می گردد. ضخامت دیسک نباید کمتر از ۴۰ درصد قطر آن باشد.

2-2-6 حلقه تکیه گاه

این حلقه وظیفه انتقال نیروی عکس العمل از سیستم بارگذاری به سطح بتن را دارد. حلقه تکیه گاه روی سطح بتن قرار داده می شود به نحوی که هم محور با دیسک فولادی باشد. قطر حلقه باید به اندازه ای باشد که امکان حرکت آزاد به دیسک را بدهد.

3-2-6 سیستم بارگذاری

این سیستم باید قابلیت اعمال نیرو از طریق حلقه تکیه گاه بر دیسک را داشته و مجهز به وسیله نشان دهنده نیرو باشد. همچنین سیستم باید قادر باشد که پس از گسیختگی بتن، حداکثر نیرو را ثبت کند (به عبارت دیگر درجه نیرو ثابت باقی بماند).

شکل ۲- آزمایش کشیدن از سطح

3-6 روش آزمایش

1-3-6 نقاط آزمایش

نقاط آزمایش باید حداقل دو برابر قطر دیست فولادی و از لبه های عضو تحت آزمایش حداقل به اندازه قطر دیسک فاصله داشته باشد. اگر آزمایش بر اساس روش بدون مغزه گیری انجام می شود، وجود آرماتور در نتیجه آزمایش بی اثر است، اما در روش با مغزه گیری باید حفره ایجاد شده با آرماتور به اندازه ی بزرگترین سنگدانه فاصله داشته باشد.

2-3-6 آماده سازی

آماده سازی سطح بتن و دیسک فولادی ضروری است تا اتصال مناسب بین آنها برقرار گردد. سطح بتن باید از هر نوع شیره سیمان پاک شود و سپس با وسیله ای مناسب ساییده گردد. سطح دیسک فولادی باید عاری از هر نوع مواد زاید، مثل گریس و گرد و غبار باشد. باید رزین چسب به صورت لایه ای نازک و یکنواخت بر تمام سطح تماس اعمال شود و چسب اضافی در اطراف دیسک پاک گردد. زمان مورد نیاز برای سخت شدن رزین متفاوت است و بسته به نوع چسب و دما بین ۱/۵ تا ۲۴ ساعت است.

3-3-6 بارگذاری

سیستم بارگذاری باید به دیسک فولادی متصل گردد و نیرو با سرعت یکنواخت اعمال شود. در هر ثانیه مقدار افزایش تنش باید $0.05 \pm 0.03 \text{ mm}^2/\text{N}$ باشد.

حداکثر نیرو (نیروی گسیختگی) و چگونگی گسیخته شدن (گسیختگی در بتن یا چسب) باید ثبت گردد. اگر گسیختگی در چسب ایجاد شود، نتیجه آزمایش باید حذف گردد. برای محاسبه تنش کششی باید حداکثر نیرو بر سطح مقطع دیسک تقسیم گردد.

4-3-6 نتایج آزمایش

نتایج باید برحسب تنش گسیختگی برحسب نیوتن بر میلیمتر مربع و با گرد کردن آن به نزدیکتر ۰/۱ گزارش شود.

5-3-6 رابطه بین مقاومت فشاری و نتایج آزمایش

آزمایش کشیدن از سطح باعث گسیختگی کششی در بتن می شود. ولی نتایج بدست آمده را نمی توان مستقیماً با آزمایش استاندارد مقاومت کششی مساوی دانست. رابطه همبستگی سرعت فشاری و نتایج آزمایش تحت تاثیر نوع سنگدانه، ضخامت و جنس دیسک است. بنابراین همبستگی خاص برای بتن تحت آزمایش و نوع دیسک ضروری است. ولی در بعضی موارد امکان دارد که منحنی همبستگی عمومی مناسب باشد.

معمولاً نتایج آزمایش به دو روش بدون مغزه گیری و با مغزه گیری مساوی نیست و تحقیقات نشان می دهد که در شرایط آزمایشگاهی، میانگین نتیجه ۶ نمونه دارای دقت $\pm 15\%$ درصد است.

7-3-6 روش های تهیه منحنی همبستگی بین مقاومت فشاری و نتایج آزمایش نزدیک به سطح

1-7-3 مقدمه

برقراری رابطه همبستگی بین مقاومت فشاری و نتایج آزمایش های نزدیک به سطح امکان پذیر است. تعیین محدوده ی کاربرد منحنی همبستگی عمومی (تهیه شده توسط سازنده) به آسانی امکان پذیر نیست. ولی به طور کلی توصیه می شود که برای آزمایش بیرون کشیدن در پروژه های حائز اهمیت از منحنی همبستگی خاص استفاده شود و در بقیه موارد استفاده از منحنی همبستگی عمومی بلامانع است. برای آزمایش کشیدن از سطح بهتر است که در اکثر موارد از همبستگی خاص استفاده شود زیرا عوامل متعددی از قبیل نوع سنگدانه در منحنی اثر می گذارد.

برای به دست آوردن منحنی همبستگی خاص باید نمونه های متعددی ساخت و تغییرات در مقاومت نمونه ها باید در محدوده ی مقاومت بتن در سازه باشد. دقت در نتایج به دست آمده از نمونه هاست.

7-2 منحنی همبستگی آزمایشگاهی

برای تهیه منحنی همبستگی تعدادی نمونه بتنی ساخته می شود و روی نمونه ها آزمایش نزدیک به سطح و مقاومت فشاری آن انجام می گردد. مقاومت نمونه ها باید متغیر بوده و در محدوده ی بتن در سازه باشد. نحوه ی عمل آوری نمونه ها باید مشابه عمل آوری بتن در سازه باشد. روش تغییر دادن مقاومت نمونه ها بستگی به هدف دارد. مثلاً اگر روند کسب مقاومت بتن در طول زمان مورد نظر است، بهتر است که نمونه ها با مقاومت ثابت ساخته شوند و در حد امکان با مقاومت بتن، در سازه برابر باشد. در این حالت، نمونه ها در سنین مختلف تحت آزمایش قرار داده می شوند. اگر منظور از تهیه منحنی همبستگی، ارزیابی مقاومت بتن در سازه است، بهتر است که مقاومت نمونه ها متغیر باشد. برای تهیه منحنی نیاز به هشت نقطه (هشت مقاومت مختلف) است. ولی اگر منحنی همبستگی عمومی موجود است می توان تعداد نقاط را کاهش داد.

7-3 منحنی همبستگی سازه ای

بتن نمونه های آزمایشگاهی ممکن است با بتن سازه تفاوت داشته باشد، در این حالت نتایج به دست آمده چندان دقیق نخواهد بود. در این صورت می توان منحنی همبستگی را با استفاده از مقاومت مغزه ها به دست آورد. به همین منظور تعداد مغزه نزدیک به محل آزمایش نزدیک به سطح تهیه می شود و مقاومت فشاری مغزه ها در آزمایشگاه تعیین می گردد، سپس رابطه بین نتایج آزمایش نزدیک به سطح و مغزه ها به دست می آید.

8- گزارش

8-1 گزارش باید شامل اطلاعات به شرح زیر باشد:

8-2 اطلاعات ضروری

الف- تاریخ، زمان و محل آزمایش

ب- شرح سازه و محل آزمایش در سازه (در صورت نیاز با رسم ارائه شود)

ج- جزئیات بتن و شرایط آزمایش

د- جزئیات آزمایش شامل نوع دستگاه و غیره

ه- نتایج آزمایش به صورت منفرد و میانگین آنها و ضریب تغییرات در هر محل آزمایش

8-3 اطلاعات اضافی

در صورت اعلام نیاز، اطلاعات زیر نیز باید گزارش شود:

الف- دقت در تخمین مقاومت، نوع منحنی همبستگی استفاده شده

ب- نتایج آزمایش های تکمیلی با استفاده از روش های دیگر

ج- ظاهر سطح گسیخته شده و بتن مجاور آن

مراجع:

1- BS 1881, Part 207. "Recommendations for the Assessment of Concrete Strength by Near for Surface Tests", British Standards Institution, London, 1992.

2- CRC. "Handbook on Destructive Testing of Concrete", Editor, V.M. Malhotra; N.J. Carino. CRC Prem., 1991.

3- Bungey, G.H. "The Testing of Concrete in Structure", Surrey University Press, New York, 1989

عمل آوری یا کیورینگ بتن و نقش آن در مقاومت بتن

برای دستیابی به بتنی با کیفیت خوب باید عملیات بتن ریزی مخلوط مناسب همراه با عمل آوری در یک محیط مناسب طی مراحل اولیه سخت شدن دنبال شود. به روش های مورد استفاده برای پیشروی هیدراسیون سیمان عمل آوری گفته می شود و از این رو، روش های عمل آوری برای راه های افزایش مقاومت بتن، دما و انتقال رطوبتی از داخل به خارج بتن را کنترل می کنند. مورد آخر نه تنها بر مقاومت بلکه بر دوام بتن نیز تاثیر می گذارد. در این فصل به روش های مختلف عمل آوری در دماهای عادی و بالا می پردازیم. عمل آوری در دمای بالا موجب افزایش نرخ واکنش های شیمیایی هیدراسیون و کسب مقاومت می شود. به هر حال، باید به این نکته توجه شود که استفاده از دمای بالا در سنین اولیه می تواند تاثیر نامطلوبی بر مقاومت های بعدی بتن داشته باشد. در نتیجه، تاثیر دما باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد.



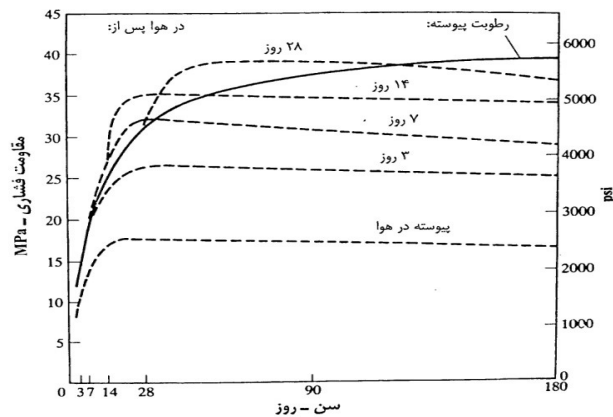
آیین نامه کیورینگ بتن

۱- عمل آوری عادی

هدف از عمل آوری در دمای عادی، حفظ بتن در حالت اشباع یا تا حد ممکن نزدیک به حالت اشباع تا زمانی است که فضاهای پر از آب موجود در خمیر سیمان تازه تا حد مطلوب با فرآورده های هیدراسیون سیمان اشغال شوند. در مورد بتن کارگاهی، تقریباً همواره فرآیند کیورینگ بتن فعال پیش از آنکه فرآیند هیدراسیون به حداکثر مقدار ممکن خود برسد، متوقف می شود. تاثیر عمل آوری مرطوب بر مقاومت را می توان از شکل ۱ اندازه گیری کرد. مقاومت های کششی و فشاری به یک شکل، تحت تاثیر قرار می گیرند. عدم موفقیت در کسب مقاومت در نتیجه مقاومت ناکافی، یا به عبارتی اثر افت آب ناشی از تبخیر در مولفه های باریکتر و مخلوط های با عیار بیشتر مشهودتر می باشد، اما در بتن های ساخته شده با مصالح سنگی سبک کمتر دیده می شود. تاثیر شرایط عمل آوری بر مقاومت در بتن های دارای حباب هوا کمتر از بتن های بدون حباب هوا می باشد.

لزوم عمل آوری برخاسته از این حقیقت است که هیدراسیون سیمان تنها در منافذ موئینه پر از آب اتفاق می افتد. به این دلیل باید از افت آب از منافذ موئینه جلوگیری کرد. علاوه بر این، افت درونی آب به دلیل خود خشک شوندگی نیز با آب خارجی جبران می شود. به عبارت دیگر آب باید از یک منشاء خارجی به داخل بتن راه یابد. خشک شوندگی در بتن آب بندی شده زمانی اتفاق می افتد که نسبت آب به سیمان کمتر از حدود ۰/۵ باشد، زیرا رطوبت نسبی داخل در منافذ موئینه از حداقل مقدار لازم برای وقوع هیدراسیون یعنی ۸۰ درصد کمتر می شود. باید بر این نکته تاکید شود که الزاماً نباید برای افزایش رضایت بخش مقاومت تمامی دانه های سیمان هیدراته شوند، و در عمل نیز این اتفاق به ندرت پیش می آید. به هر حال، در صورتی که عمل آوری تا زمانی که منافذ موئینه موجود در خمیر سیمان هیدراته شده قطعه بندی شود ادامه یابد، آنگاه بتن نفوذ ناپذیر شده (و همین طور

دارای مقاومت کافی بوده) که این خصلت برای دوام بتن حیاتی است.

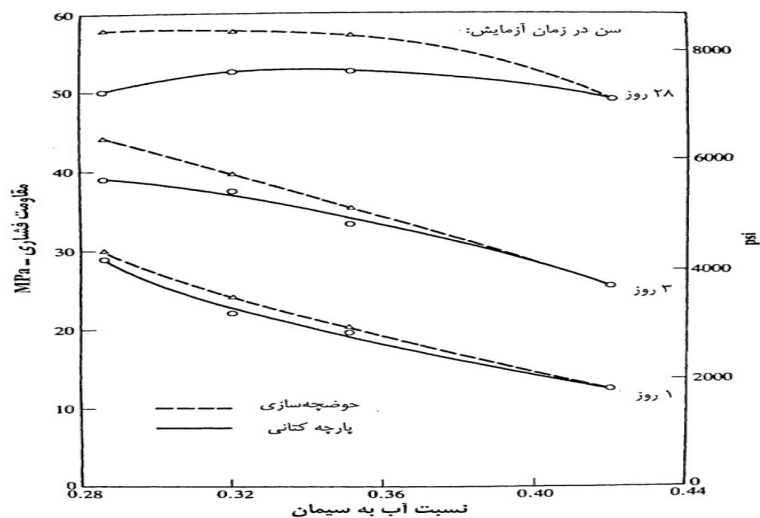


شکل ۱ تاثیر عمل آوری مرطوب بر بتن ساخته شده با نسبت آب به سیمان ۰/۵۰.

برای رسیدن به این شرایط باید از تبخیر آب از سطح بتن جلوگیری شود. تبخیر در مراحل اولیه پس از بتن ریزی به دما و رطوبت نسبی هوای اطراف و سرعت باد که بر تغییر هوا بر سطح بتن تاثیر می گذارد، بستگی دارد. همان گونه که بیان شد، باید از نرخ های تبخیر بیشتر از ۰/۵ کیلوگرم بر مترمربع در ساعت (۰/۱ پوند بر فوت مربع در ساعت) اجتناب شود.

۲- روش های عمل آوری

در اینجا تنها کلیاتی در مورد ابزارهای مختلف عمل آوری به عنوان روشی که به طور بسیار گسترده بسته به شرایط کارگاه و اندازه، شکل و موقعیت بتن مورد نظر استفاده می شود، بحث خواهد شد. روغن کاری یا مرطوب کردن قالب ها پیش از قالب گیری می تواند به عمل آوری اعضای بتنی با نسبت سطح به حجم کم کمک کند. می توان قالب ها را برای مدتی باز نکرده و در صورتی که جنس قالب مناسب باشد، آنها را طی سخت شدن بتن، مرطوب نگه داشت. در صورتی که قالب ها در سنین اولیه باز شده باشد، باید بتن را آب پاشی کرده و در یک ورقه پلی اتیلن یا سایر پوشش های مناسب پیچاند. سطوح افقی بزرگ بتنی از قبیل دال های روسازی بزرگراه ها، مشکلات جدی تری را نشان می دهند. برای جلوگیری از ترک خوردگی سطحی و کم عمق در سطحی که در حال خشک شدن است باید از افت آب حتی پیش از گیرش، جلوگیری کرد. از آنجا که در این لحظه بتن از نظر مکانیکی ضعیف می باشد، الزامی است که پوشش بر روی سطح آن آویزان شود. این نوع محافظت، تنها در شرایط آب و هوایی خشک الزامی است، اما در جلوگیری کردن از ریزش باران بر سطح بتن تازه نیز می تواند مفید باشد. به محض اینکه بتن گیرش می یابد، می توان شرایط عمل آوری مرطوب بتن را با حفظ تماس آب با بتن فراهم کرد. این کار را می توان با آب پاشی یا غرقاب سازی (حوضچه سازی) و یا با پوشاندن بتن با ماسه، خاک، خاک اره یا پوشال مرطوب انجام داد. از پارچه های کتان یا کرباسی که به طور متناوب مرطوب می شوند، نیز می توان استفاده کرد. همچنین می توان یک پوشش جاذب آب را بر روی بتن قرار داد و جریان آب را بر روی آن باز کرد. طبیعتاً تامین پیوسته آب موثرتر از تامین دوره ای آن است. شکل ۲، افزایش مقاومت استوانه ای بتنی که سطح فوقانی آن ها طی ۲۴ ساعت اول غرقاب سازی شده است، را با استوانه های پوشانده شده با کرباس مرطوب مقایسه می کند. این اختلاف در نسبت های آب به سیمان پایین که خشک شوندگی هم به طور سریع اتفاق می افتد، بیشترین مقدار خود را دارد.



شکل ۲: تاثیر شرایط عمل آوری بر مقاومت استوانه های آزمایشی

یک روش دیگر برای عمل آوری، آب بندی سطح بتن به وسیله یک غشای قابل نفوذ یا کاغذ ضد آب تقویت شده و یا ورقه های پلاستیکی است. یک غشا به شرط اینکه سوراخ نشده و آسیب ندیده باشد، به نحو موثری از تبخیر آب از سطح بتن جلوگیری می کند، اما از نفوذ آب از یک منشاء خارجی برای جبران مقدار افت آب ناشی از خشک شدگی نیز ممانعت می کند. این غشا از ترکیبات آب بندی مایع تشکیل می شود. ترکیبات آب بندی مایع را پس از اینکه اثر آب آزاد از سطح بتن ناپدید شد و پیش از اینکه آب موجود در منافذ بتن به اندازه ای خشک شود که امکان جذب این ترکیبات وجود داشته باشد، با استفاده از ابزار دستی مانند قلم مو و یا با پاشیدن بر روی سطح بتن پخش می کنند. ممکن است، این غشا شفاف و به رنگ سفید یا سیاه باشد. ترکیبات تیره رنگ دارای این خاصیت هستند که بر روی بتن سایه می اندازند و ترکیبات با رنگ روشن منجر به جذب گرمای کمتر از خورشید شده و در نتیجه دمای بتن کمتر افزایش پیدا می کند. مشاهدات مختلف در مورد مقاومت نمونه های مختلف بتن نشان داده اند که تاثیر غشاهای سفید و ورقه های نیمه شفاف سفید پلی اتیلن مشابه است. در ایالات متحده، مشخصات فنی ASTM C 309-06، ترکیبات عمل آوری غشایی و مشخصات فنی ASTM C 171-03، مواد ورقه ای، کاغذ تقویت شده و پلاستیک مخصوص عمل آوری را توصیف کرده اند. آزمایش های سودمندی و تاثیر مواد عمل آوری در روش استاندارد ASTM C 156-05 شرح داده شده اند. مشخصات فنی عملیات راهسازی و پل سازی، BS 8110-1: 1997، سودمندی عمل آوری ۹۰ درصد را برای هر نوع غشای عمل آوری الزامی می داند. کارایی عمل آوری با مقایسه افت رطوبت از نمونه آب بندی شده با افت آب از نمونه آب بندی نشده که تحت شرایط توصیف شده ساخته و عمل آوری شده اند، ارزیابی می شود. غشاهای آب بندی به استثنای زمانی که از بتن با نسبت آب به سیمان بالا استفاده می شود، درجه و نرخ هیدراسیون را در مقایسه عمل آوری مرطوب موثر کاهش می دهند. به هر حال، در اغلب موارد، عمل آوری مرطوب تنها به صورت دوره ای و غیر پیوسته انجام می شود، به طوری که در عمل ممکن است، آب بندی منجر به نتایج بهتری نسبت به سایر روش ها گردد. کاغذ های تقویت شده که یک مرتبه برداشته می شوند، مداخله ای در چسبندگی لایه بعدی بتن ایجاد نمی کنند، اما اثر غشاها در این مورد باید در هر حالت بررسی شود. ورقه های پلاستیکی به دلیل تجمع غیریکنواخت آب در زیر ورقه ها می توانند سبب تغییر رنگ یا لکه دار شدن سطح بتن شوند. برای جلوگیری از این وضعیت و همچنین جلوگیری از افت آب باید این ورقه ها به طور محکم بر روی سطح بتن کشیده شوند. بدیهی است که نمی توان به سادگی برای دوره عمل آوری نسخه پیچید، اما در صورتی که دما بیش از ۱۰ درجه سلسیوس (۵۰ درجه فارنهایت) باشد، آیین نامه ACI 308.R-01، حداقل دوره های عمل آوری: ۳ روزه را برای سیمان پرتلند و دگر (نوع III، 7 روزه را برای سیمان پرتلند معمولی (نوع I)، و ۱۴ روزه را برای سیمان با حرارت زایی پایین (نوع IV) مشخص کرده است. به هر

حال، دما نیز بر طول دوره زمانی عمل آوری تاثیر می گذارد. استاندارد BS 8110-1: 1997 حداقل دوره های عمل آوری برای سیمان ها و شرایط عمل آوری مختلف را مطابق با جدول ۱ مشخص کرده است. احتیاط های ویژه در دماهای کمتر از ۵ درجه سلسیوس (۴۱ درجه فارنهایت) ضروری هستند. همچنین استاندارد ACI 308-01، اطلاعات وسیعی را در مورد عمل آوری ارائه می دهد. زمان باز کردن قالب ها در گزارش ۶۷ انجمن اطلاعات و تحقیقات ساخت و سازهای صنعتی (CIRIA) ارائه شده است. این گزارش در سال ۱۹۹۷ در انگلستان منتشر شده است.

جدول ۱ حداقل دوره محافظت لازم (روز) برای سیمان ها و شرایط عمل آوری مختلف، مطابق با BS8110-1: 1997

شرایط عمل آوری		نوع سیمان	حداقل دوره عمل آوری و نگهداری (روز) برای دمای متوسط سطحی بتن
			هر دمایی، °t، بین ۵ تا ۴۱ (۱۰۴ تا ۵۰°F)
			بین ۵ تا ۱۰°C (41 تا ۵۰°F)
خوب: مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی > ۸۰ درصد، محافظت شده از باد و خورشید)		همه نوع	بدون هیچ الزام خاص
متوسط: بین خوب و ضعیف		پرتلند رده ۴۲/۵ یا ۵۲/۵ و پرتلند ضدسولفات رده ۴۲/۵	4
		تمامی انواع به استثنای سیمان های فوق	6
ضعیف: خشک یا محافظت نشده (رطوبت نسبی > ۵۰ درصد، محافظت نشده از باد و خورشید)		پرتلند رده ۴۲/۵ یا ۵۲/۵ و پرتلند ضدسولفات رده ۴۲/۵	6
		تمامی انواع به استثنای سیمان های فوق	10
			(10+ t)/60
			(10+ t)/80
			(10+ t)/80
			(10+ t)/140

* t = دما (°C) در فرمول برای محاسبه حداقل دوره نگهداری برحسب روز.

بتن با مقاومت بالا باید در سنین اولیه عمل آوری شود، در غیر این صورت ممکن است، هیدراسیون جزئی ارتباط بین منافذ را قطع کرده و آب نتواند در عمل آوری مجدد به قسمت های داخلی بتن راه یابد و در نتیجه هیدراسیون بیشتر اتفاق نخواهد افتاد. به هر حال، همواره در مخلوط های با نسبت آب به سیمان بالا، حجم زیادی از منافذ پوسته باقی خواهند ماند، به طوری که بتوان عمل آوری را بعدا به طور موثری از سر گرفت. با این وجود، توصیه می شود که عمل آوری در اولین فرصت ممکن شروع می شود، زیرا در عمل ممکن است، خشک شدن اولیه منجر به جمع شدگی و ترک خوردگی شود.

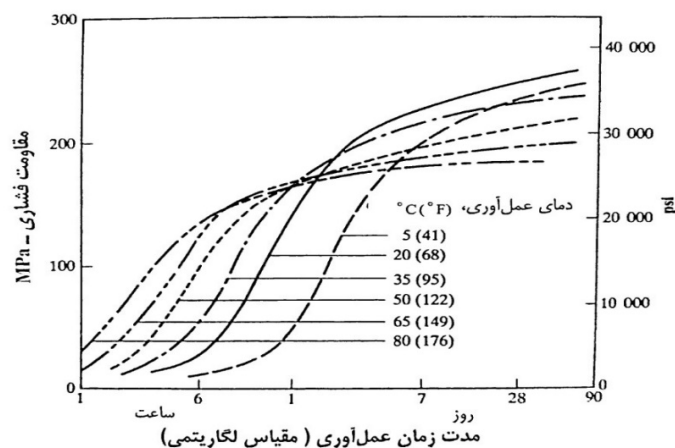
۳- تاثیر دما

به طور کلی، هر چه دمای بتن در زمان بتن ریزی بالاتر باشد، نرخ اولیه کسب مقاومت بیشتر بوده، اما مقاومت بلند مدت کمتر خواهد بود. به همین دلیل کاهش دمای بتن تازه در زمان بتن ریزی در اقلیم های گرمسیری حائز اهمیت است. این موضوع را اینگونه می توان توضیح داد که هیدراسون سریع اولیه سبب توزیع غیریکنواخت ژل سیمانی با یک ساختار فیزیکی ضعیف می شود که احتمالا متخلخل تر از ساختار ژل سیمانی توسعه یافته در دمای معمولی است. همچنین در دماهای اولیه بالا، فرصت کافی برای محصولات هیدراسیون وجود نخواهد داشت تا از سطح دانه های سیمان پراکنده شده و به طور یکنواخت در فضاهای خالی

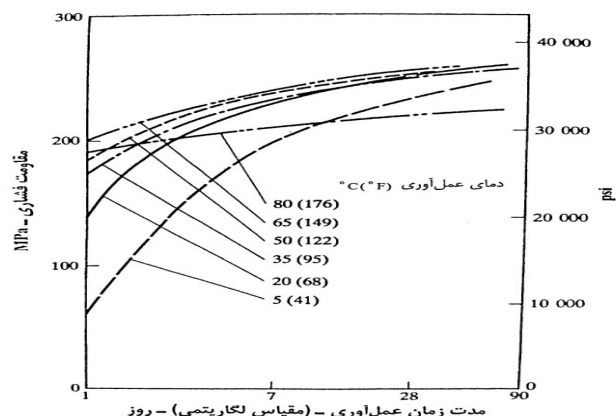
جای گیرند. نتیجه این وضعیت، تمرکز محصولات هیدراسیون در مجاورت دانه های سیمان در حال هیدراته شدن است که در آن هیدراسیون بعدی سیمان و در نتیجه کسب مقاومت بلندمدت به تاخیر می افتد.

تاثیر دمای عمل آوری بر مقاومت در شکل ۳ شرح داده شده است که به طور واضح کسب مقاومت اولیه بالاتر و مقاومت ۲۸ روزه کمتر را با گذشت زمان نشان می دهد. باید به این نکته توجه شود که دما برای آزمایش های گزارش شده در این شکل تا زمان آزمایش و همچنین طی آن ثابت نگه داشته شده است. به هر حال، زمانی که بتن طی بازه زمانی ۲ ساعته پیش از آزمایش تا ۲۰ درجه سلسیوس (۶۸ درجه فارنهایت) سرد شود، تنها دماهای بالای ۶۵ درجه سلسیوس (۱۵۰ درجه فارنهایت) تاثیر مخرب دارند (شکل ۴). از این رو، چنین به نظر می رسد که دما در لحظه آزمایش نیز بر مقاومت بتن تاثیر می گذارد.

نتایج شکل های ۳ و ۴ برای خمیر خالص سیمان پرتلند معمولی (نوع I) می باشد که البته شبیه به تاثیر دما بر مقاومت بتن هستند. شکل ۵ نشان می دهد که دمای بالاتر، مقاومت بیشتری را طی روز اول ایجاد می کند، اما این شرایط برای سنین ۳ تا ۲۸ روزه به طور اساسی تغییر می کند. در هر سن معین یک دمای بهینه وجود دارد که یک مقاومت حداکثر را تولید می کند. این دمای بهینه با افزایش دوره عمل آوری کاهش می یابد. دمای بهینه برای ایجاد حداکثر مقاومت ۲۸ روزه در سیمان پرتلند معمولی (نوع I) یا سیمان پرتلند اصلاح شده (نوع II)، حدود ۱۳ درجه سلسیوس (۵۵ درجه فارنهایت) است. دمای بهینه متناظر برای سیمان پرتلند زودگیر کمتر می باشد. لازم به یادآوری است که حتی الامکان هیدراسیون در بتن هایی که در ۴ درجه سلسیوس (۴۰ درجه فارنهایت) قالب گیری شده و در دمایی کمتر از نقطه انجماد آب نگهداری شده اند، نیز وجود دارد (شکل ۵، ۱۰). علاوه بر این، زمانی که همین بتن در کمتر از ۲۸ روز در ۲۳ درجه سلسیوس (۷۳ درجه فارنهایت) نگهداری می شود، مقاومت سه ماهه اش بیش از بتن مشابهی است که به طور پیوسته در دمای ۲۳ درجه سلسیوس (۷۳ درجه فارنهایت) نگهداری شده است،



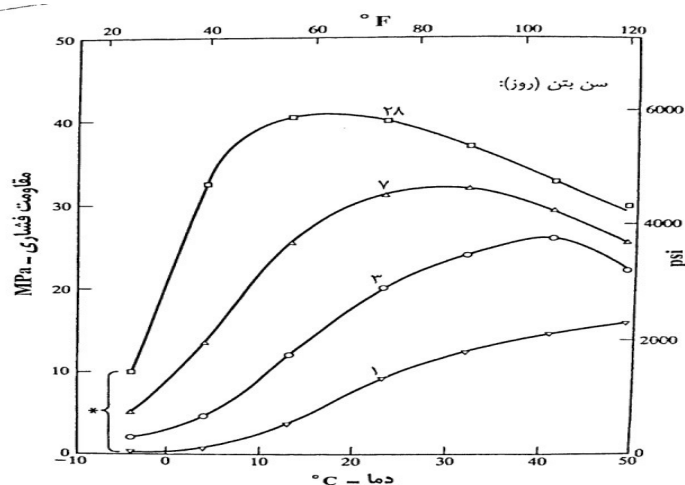
شکل ۳ رابطه بین مقاومت فشاری و زمان عمل آوری خمیر سیمان خالص



شکل ۴ رابطه بین مقاومت فشاری و زمان عمل آوری خمیر سیمان

شکل ۴ رابطه بین مقاومت فشاری و زمان عمل آوری خمیر سیمان خالص در دماهای مختلف عمل آوری. دمای نمونه ها با یک نرخ ثابت در بازه زمانی ۲ ساعته پیش از آزمایش به ۲۰ درجه سلسیوس (۶۸ درجه فارنهایت) رسانده شده است. [نسبت آب به سیمان = ۰/۱۴، سیمان پرتلند معمولی (نوع I)].

آنچه تا اینجا بیان شد، مربوط به بتن های ساخته شده در آزمایشگاه بود. به نظر می رسد که رفتار بتن ساخته شده در یک کارگاه مقیم در اقلیم گرمسیری نمی تواند مشابه با موارد فوق باشد. در این خصوص چند عامل موثر دیگر نیز از جمله رطوبت محیطی، تابش مستقیم خورشید، سرعت باد و روش عمل آوری وجود دارند. همچنین باید به یاد داشت که کیفیت بتن به دمای آن بستگی دارد و مستقل از دمای محیط اطراف آن می باشد، به طوری که اندازه عضو نیز یک عامل تاثیرگذار بر حرارت هیدراسیون سیمان می باشد. علاوه بر این، عمل آوری به روش غرقاب سازی در هنگام وزش باد منجر به افت گرما در اثر تبخیر می شود، به نحوی که دمای بتن کاهش می یابد و در نتیجه مقاومت بتن بیشتر از زمانی خواهد بود که از ترکیبات آب بندی استفاده شده است. همچنین تبخیر بلافاصله پس از قالب گیری در کسب مقاومت مخلوط های با نسبت آب به سیمان بالا مفید است، زیرا آب در حالی از بتن خارج می شود که منافذ مویینه در حال بسته شدن هستند و در نتیجه نسبت آب به سیمان موثر و تخلخل بتن کاهش می یابد. به هر حال، در صورتی که تبخیر منجر به خشک شدن سطح بتن شود، ممکن است، جمع شدگی پلاستیک و ترک خوردگی را به بار آورد. به هر حال، به بیان کلی می توان انتظار داشت که بتن ساخته شده و قالب گیری شده در فصل تابستان دارای مقاومت کمتری نسبت به مخلوط مشابه قالب گیری شده در زمستان باشد.

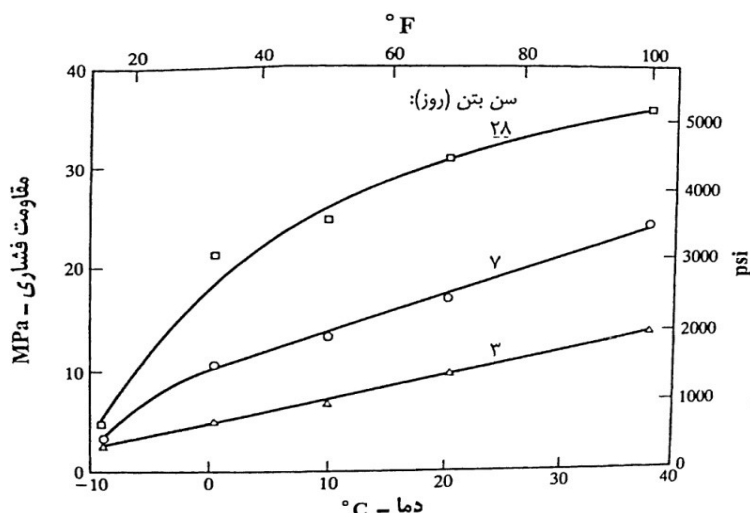


شکل ۵ تاثیر دما بر مقاومت بتن قالب گیری و عمل آوری شده

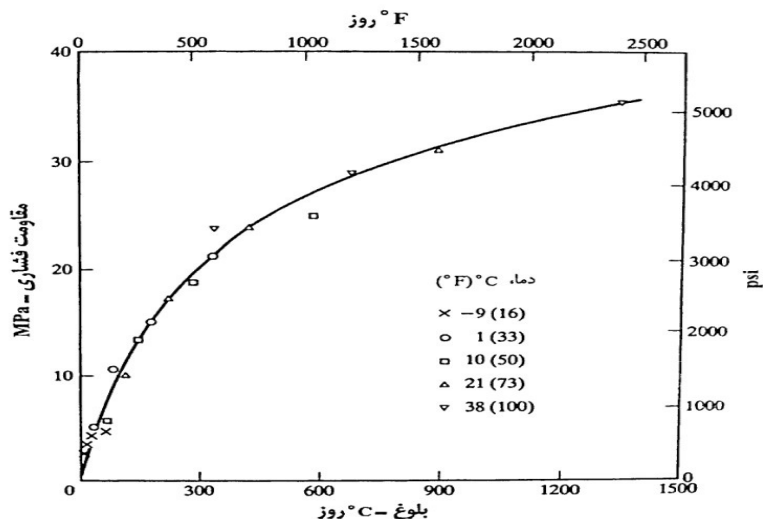
* بتن در دمای ۴ درجه سلسیوس (۳۹ درجه فارنهایت) قالب گیری و از سن یک روزه در دمای ۴- درجه سلسیوس (۲۵ درجه فارنهایت) عمل آوری شده است.

۴- نقش بلوغ بتن

در بخش قبل، اثر سودمند دما را برکسب مقاومت بتن ملاحظه کردیم، همچنین به لزوم یک دوره عمل آوری ابتدایی در دمای عادی نیز اشاره شد. شکل ۶ برخی از این داده های متداول را نشان می دهد. تاثیر دما، تجمعی می باشد و می تواند به صورت حاصل ضرب دما در مدت زمانی که این دما وجود داشته است، بیان کرد. این امر تحت عنوان بلوغ شناخته می شود.



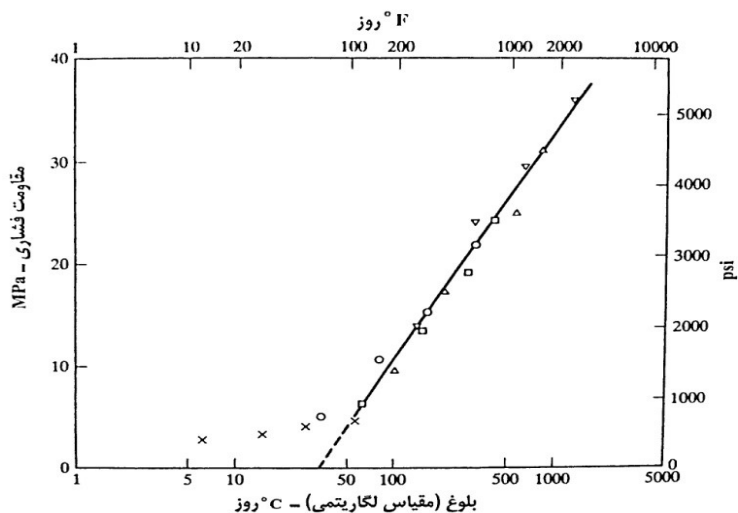
شکل ۶ تاثیر دمای عمل آوری بر مقاومت بتن عمل آوری شده در ۱۰ درجه سلسیوس (۵۰ درجه فارنهایت)



شکل ۷ مقاومت فشاری به عنوان تابعی از بلوغ برای داده های شکل ۶، ۱۰

از این رو، واحدهای بلوغ عبارت از درجه سلسیوس روز (درجه فارنهایت روز) یا درجه سلسیوس ساعت (یا درجه فارنهایت ساعت) هستند. شکل ۷، همان داده های شکل ۶ را نشان می دهند. با این تفاوت که مقاومت به صورت تابعی از بلوغ بیان شده است. در صورتی که داده های بلوغ بر روی مقیاس لگاریتمی رسم شوند، رابطه دوره عمل آوری ابتدایی تقریباً به صورت خطی خواهد بود (شکل ۸). قانون "بلوغ" را می توان به طور خاص در تخمین مقاومت بتن به کار برد. بر هر حال، رابطه بین مقاومت و بلوغ به مقدار

واقعی سیمان مصرفی، نسبت آب به سیمان و نوع افت آبی که طی عمل آوری اتفاق می افتد، بستگی دارد. علاوه بر این، تاثیر مضر دماهای اولیه بالا، قانون بلوغ را ناکارآمد می سازد. به این دلیل، راهکار بلوغ کاربرد گسترده ای ندارد و تنها در سیستم های بتن ریزی دقیق و برنامه ریزی شده مفید می باشد.



شکل ۸ مقاومت فشاری به عنوان تابع لگاریتمی از بلوغ برای داده های شکل ۶،۱۰.

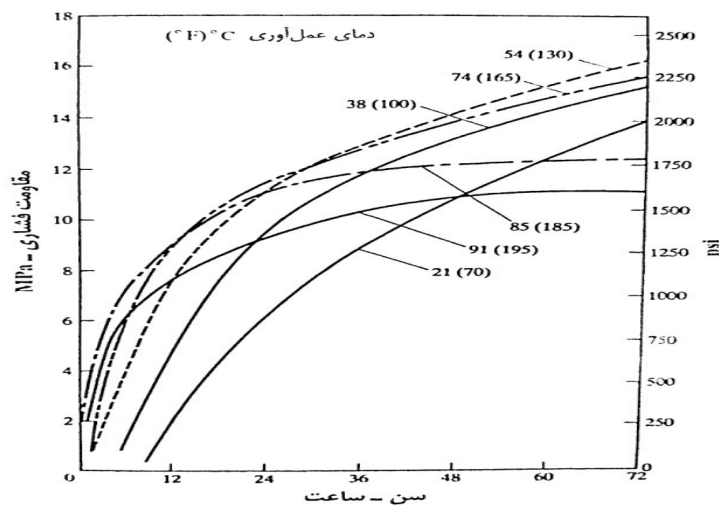
۵- عمل آوری با بخار

از آنجا که افزایش در دمای عمل آوری بتن نرخ کسب مقاومت را افزایش می دهد، می توان کسب مقاومت بتن را به وسیله عمل آوری با بخار تسریع کرد. در ظرایفی که بتن در بخار تحت فشار جو یعنی زمانی که دمای بخار کمتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس (۲۱۲ درجه فارنهایت) است، قرار می گیرد، رطوبت به حدی است که می توان این روش را حالت خاصی از عمل آوری مرطوب دانست که تحت عنوان عمل آوری با بخار آب شناخته می شود. عمل آوری با بخار پر فشار که به عنوان اتوکلاو معروف است، و توضیح آن خارج از هدف این کتاب می باشد.

هدف اصلی از عمل آوری با بخار حصول مقاومت اولیه کافی است، به طوری که بتوان محصولات بتنی را بلافاصله پس از قالب گیری جابه جا کرد و یا اینکه قالب ها را سریع تر باز کرد و یا اینکه تجهیزات پیش تنیدگی را زودتر از حالت عمل آوری مرطوب معمولی برچید. همچنین در این روش به فضای کمتری برای نگهداری بتن نیاز است که همگی این موارد یک مزیت اقتصادی به شمار می روند.

این روش عمدتاً با توجه به ماهیت عملیات مقتضی در عمل آوری با بخار، در محصولات پیش ساخته کاربرد دارد. معمولاً، عمل آوری با بخار در تونل ها یا محفظه های ویژه انجام می شود که اعضای بتنی به وسیله تسمه نقاله به درون آن حمل می شوند. یک روش دیگر، استفاده از جعبه های قابل حمل و پوشش های پلاستیکی است که می توانند بر روی اعضای پیش ساخته قرار گیرند و بخار به وسیله اتصالات انعطاف پذیر به درون آنها راه یابد.

البته به دلیل تاثیر نامطلوب دما طی مراحل اولیه سخت شدن بر مقاومت های بعدی (شکل ۹) نباید افزایش سریع دما مجاز شمرده شود. این تاثیر نامطلوب در نسبت آب به سیمان بالاتر مخلوط مشهود تر است و همچنین در سیمان زودگیر (نوع III) مشخصتر از سیمان پرتلند معمولی (نوع I) می باشد. تاخیر در انجام عمل آوری با بخار با توجه به مقاومت بعدی بتن یک مزیت محسوب می شود. به طوری که هر چه دما بیشتر باشد، به تاخیر بیشتری نیاز است. در این حالت رابطه مقاومت - بلوغ برقرار است. به هر حال، در برخی از موارد ممکن است که مقاومت بعدی از اهمیت کمتری نسبت به ملزومات اولیه برخوردار باشد.

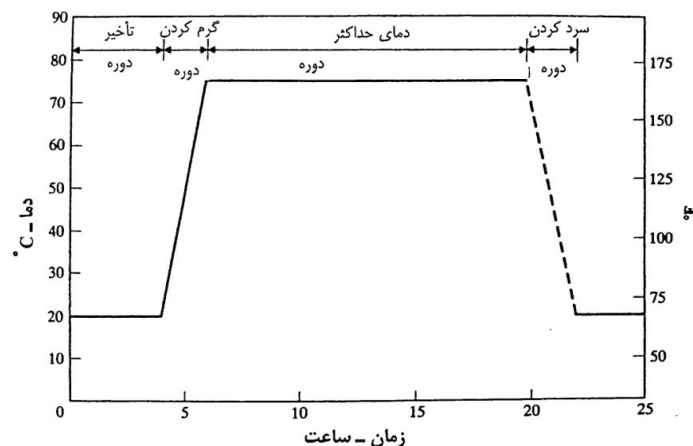


شکل ۹ مقاومت بتن عمل آوری شده در دماهای مختلف

(نسبت آب به سیمان = ۰/۵۰، عمل آوری با بخار بلافاصله پس از قالب گیری اعمال شده است.)

اگرچه دوره های اجرایی عمل آوری براساس تعادل بین ملزومات مقاومت اولیه و مقاومت بلند مدت انتخاب می شود، اما مدت زمان عمل آوری بتن موجود (به طور مثال مدت دوره های کاری) نیز بر این امر تاثیر می گذارد. ملاحظات اقتصادی تعیین کننده این مطلب خواهند بود که آیا دوره عمل آوری باید متناسب با یک مخلوط بتنی معین باشد یا اینکه مخلوط باید متناسب با دوره معمول عمل آوری با بخار انتخاب شود. هر چند که جزئیات یک دوره عمل آوری بهینه به نوع محصول بتنی مورد نظر بستگی دارد، اما با این حال یک دوره متداول عمل آوری در شکل ۱۰ نشان داده شده است. پس از یک دوره تاخیر (عمل آوری مرطوب معمولی) ۳ تا ۵ ساعته، دما با نرخ ۲۲ تا ۲۳ درجه سلسیوس (۴۰ تا ۶۰ درجه فارنهایت) بر ساعت تا حداکثر ۶۶ تا ۸۲ درجه سلسیوس (۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه فارنهایت) بالا می رود. این دما حفظ شده و احتمالاً این دوره با دوره خیس کردن " بتن ادامه می یابد که در آن بتن پیش از آنکه با یک نرخ متوسط سرد شود، بدون اضافه شدن هیچ حرارتی در دما و رطوبت موجود باقی می ماند. کل مدت دوره عمل آوری (بدون دوره تاخیر) ترجیحاً نباید بیش از ۱۸ ساعت باشد. بتن ساخته شده با مصالح سنگی می تواند بین ۸۲ تا ۸۸ درجه سلسیوس (۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه فارنهایت) گرما ببیند، اما دوره عمل آوری این نوع بتن نیز تفاوت چندانی با دوره عمل آوری بتن ساخته شده با مصالح سنگی معمولی ندارد.

دماهای ذکر شده مربوط به بخار بوده و الزاماً نباید بتن نیز دارای همین دما باشد. دمای قطعات بتنی طی یک یا دو ساعت اول پس از قرارگیری در محفظه عمل آوری کمتر از دمای هوا بوده، اما بعداً دمای بتن در اثر حرارت هیدراسیون سیمان از دمای هوا بیشتر خواهد شد. در صورتی که جریان بخار به داخل محفظه بسیار زود قطع شود و یک دوره عمل آوری طولانی فراهم شود، می توان حداکثر بهره را از بخار نگهداری شده در محفظه برد. نرخ آهسته گرم شدن و سرد شدن از این مطلوب است که گرادیان های دمایی بالا در بتن سبب تنش های داخلی شده و احتمالاً منجر به ترک خوردگی در اثر تغییر ناگهانی دما می شود. این بدین معنی است که اگر دوره تاخیر کاهش یابد، آنگاه باید نرخ گرم شدن آهسته تری اعمال شود و این امر نه تنها به دلیل تغییر ناگهانی دما، بلکه به خاطر حصول اطمینان از مقاومت کافی بلند مدت می باشد. هرگز نباید از عمل آوری با بخار برای سیمان پرآلومین استفاده کرد، زیرا شرایط گرم و مرطوب تاثیر مخربی بر مقاومت این نوع سیمان دارد.



شکل ۱۰. دوره متداول عمل آوری با بخار

ترمیم سازه های بتنی | مشکلات و معایب ترمیم سازه های بتن

زلزله موجب گردیده است تا مشکلات سازه بتنی و بهسازی آن در سالهای اخیر از روشهای نوین و مصالحی جدید بهره گیرد که در پیشینه طولانی ساخت و ساز سابقه نداشته است در میان این نوآوری ها FRP (مواد کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف) از جایگاه ویژه برخوردار می باشد تا آنجا که به نظر برخی از متخصصان FRP را باید مصالح ساختمانی هزاره سوم نامید. که در **مقاوم سازی سازه های بتنی** موثر میباشد.

✓ بهسازی مشکلات سازه بتنی :

کامپوزیت FRP که ابتدا در صنایع هوا و فضا بکار برده شد با داشتن ویژگی های ممتاز چون نسبت بالای مقاومت به وزن، به وزن، دوام در برابر خوردگی، سرعت و سهولت در حمل و نصب، دریچه ای نو پیش روی مهندسين عمران گشوده است به گونه ای که امروز سازه های متعددی در سرتاسر دنیا با استفاده از این مواد تقویت شدند استفاده از مصالح کامپوزیت به طور قابل توجهی در صنعت ساختمان یک بازار تکان دهنده و با سرعت در حال توسعه می باشد. اولین تحقیقات انجام شده در این زمینه از اوایل دهه ۱۹۸۰ آغاز شده است، زلزله ۱۹۹۰ کالیفرنیا و ۱۹۹۵ کوبه ژاپن نیز از جمله عوامل موثرتری برای بررسی کاربرد کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف FRP جهت تقویت و مقاوم سازی سازه های بتنی و بنایی در مناطق زلزله خیز گردید.

✓ کاربرد کامپوزیت FRP در مقاوم سازی سازه های بتن مسلح :

امروزه نگهداری از سازه ها به دلیل هزینه ساخت و تعمیر بسیار حائز اهمیت می باشد با مطالعه رفتار و مشکلات سازه بتنی و بهسازی آن مشخص می شود عوامل متعددی مانند: اشتباهات طراحی و محاسبه، عدم اجرای مناسب تغییر کاربری سازه ها، آسیب دیدگی ناشی از وارد شدن بارهای تصادفی، خوردگی بتن و فولاد و شرایط محیطی از دوام آنها می کاهد ضمناً تغییر آیین نامه های ساختمانی (باعث تغییر در بارگذاری و ضرایب اطمینان می شود) نیز سبب ارزیابی و بازنگری مجدد طرح و سازه می گردد تا در صورت لزوم **ترمیم سازه های بتنی** و تقویت شود. سیستمهای الیاف مسلح شده پلیمری FRP برای تقویت سازه های بتنی پدیدار شده و به عنوان یک جانشین برای روش های سنتی از قبیل چسباندن صفحات فولادی، افزایش سطح مقطع با بتن ریزی مجدد و پیش تنیدگی خارجی می باشد.

✓ معایب و مشکلات سازه بتنی و ترمیم آن:

با توجه به معایب این روش ها مانند بازدهی کم و یا نیاز به امکانات و فن آوری خاص امروزه روش های مقاوم سازی با استفاده از کامپوزیت توسعه روز افزون دارد. محدودیت استفاده و کاربرد کامپوزیت در مهندسی ساختمان به قیمت بالای آنها برمی گردد البته هزینه و قیمت آنها به تدریج رو به کاهش میباشد به این ترتیب استفاده از آنها بیشتر و بیشتر خواهد شد. استفاده از FRP در زمینه

مقاوم سازی، هر چند که هزینه بالایی در بردارد، اما با توجه به هزینه اجرای کم و نیز سایر مزایای FRP، در کل به صرفه ترین و مؤثرترین راه مقاوم سازی سازه های بتنی امروزه به شمار می رود. در این حین، جهت استفاده صحیح و مناسب از این ماده و طراحی مقاوم سازی سازه های بتنی، آیین نامه ها، راهنماها و گزارشهایی در سراسر جهان منتشر گردید با توجه به شروع رشد و استفاده از مواد FRP، در ایران تدوین راهنمایی برای طراحی مقاوم سازی به کمک این مواد، بسیار ضروری است. می توانید به عنوان مثال فصل چهارم نشریه ۳۴۵ (بهبود لرزه ای سازه ها) و ACI 2800 را مطالعه کنید. می توان جهت کلیت ترمیم این سازه ها (بتنی) موادی که مورد استفاده هستند عبارتند از: **ترمیم کننده های بتن** به عنوان مثال MTOSIVE1020 و به عنوان مثالی دیگر جهت **مشکلات ترمیم سازه بتنی** از ترمیم کننده اپوکسی یا گروت های اپوکسی MTOFLOW650 جهت زیر سازی کار استفاده نمود و سپس از لمینت های اف آر پی نسبت به طراحی به صورت یکطرفه یا ۲ طرفه در جهت تیر یا ستون استفاده کرد. شایان ذکر است جهت آزمایش و تست پول آف اف آر پی باید مدت زمان ۶ روز از استفاده رزین و لمینت گذشته باشد.

میزان تاثیرگذاری فوق روان کننده بر مقاومت فشاری بتنهای سازه های و غیرسازه های در سنین مختلف

در این تحقیق سعی بر این شده است با کار آزمایشگاهی و ساخت نمونه های بتنی در دو بخش سازه ای و غیر سازه ای، میزان تاثیر گذاری استفاده از افزودنی فوق روان کننده در مقاومت فشاری نمونه ها در سنین مختلف (۷، ۲۸ و ۵۶ روزه) مورد بررسی قرار گیرد. برای رسیدن به کارایی مورد نظر در یک مرحله از آب شرب (روش سنتی و رایج در کشور) و در مرحله دیگر از فوق روان کننده برای رسیدن به کارایی معین استفاده شده است. نتایج مقاومت فشاری در تمامی سنین حاکی از این می باشد که استفاده از فوق روان کننده باعث افزایش چشمگیر مقاومت در بتن های سازه ای می شود. برای مثال با به کارگیری فوق روان کننده مقاومت فشاری نمونه های بتنی سازه ای و غیر سازه ای در سنین ۵۶ روزه به ترتیب ۲۴ و ۱۳ درصد افزایش یافته است.

۱- مقدمه

آب مصرفی در مخلوط بتن صرف ایجاد روانی و کارایی می شود. محبوس شدن آب اضافی در بتن منجر به پیدایش حفره ها و حباب های بزرگ در بتن سخت شده می شود و کاهش مقاومت های مکانیکی و پایداری (دوام) بتن را به همراه دارد. از سوی دیگر، تولید و به کارگیری بتن با حداقل آب، باعث افزایش مشکلات و هزینه های اجرایی می گردد. راهکار رایج، اقتصادی و آسان برای حل این معضلات، استفاده از افزودنی های کاهنده آب است.

افزودنی های کاهنده ی آب، مواد آلی و یا ترکیبی از مواد آلی و معدنی هستند که برای افزایش روانی بتن در مقدار آب معین، یا کاهش مقدار آب مصرفی با حفظ روانی و یا هر دو به کار می روند. کاهنده های آب از نوع افزودنی های با عملکرد فیزیکی هستند و تاثیر مستقیمی بر فرآیند آگیری سیمان ندارند. بخش اصلی افزودنی های کاهنده آب، عوامل اثر کننده بر سطح هستند. عوامل موثر بر سطح موادی هستند که در سطح مشترک بین دو فاز آمیخته نشدنی متمرکز می شوند و نیروهای فیزیکی شیمیایی موثر بر این سطح را تغییر می دهند. در مخلوطی که از مواد کاهنده آب استفاده نشود، ذرات سیمان به یکدیگر می چسبند و لخته می شوند. مکانیزم کلی عملکرد این افزودنی ها، کاهش نیروهای جاذبه بین ذرات و کمک به جدایش و بهبود پخش شونده گی دانه های سیمان از یکدیگر است. این مکانیزم علاوه بر فراهم کردن حرکت آزادانه ذرات سیمان به دلیل جدایش آنها از یکدیگر، آب محبوس در لخته های سیمانی را نیز آزاد و صرف بهبود روانی مخلوط بتن می کند.

۱-۱- مکانیزم عملکرد کاهنده آب

مکانیزم کلی عملکرد فوق روان کننده ها، جدایش و پراکندن دانه های سیمان از یکدیگر به کمک نیروهای دافعه ناشی از بارهای الکتروستاتیکی است. در بتن و ملات، دانه های سیمان و سنگدانه در اثر ترکیب با آب دارای بار سطحی الکتروستاتیکی می شوند، بطوری که ذرات سیمان در این حالت تمایل دارند که به یکدیگر بچسبند. فوق روان کننده ها در زمان اختلاط، جذب سطح دانه

های سیمان می شوند و به آنها بار منفی می دهند که منجر به ایجاد نیروی دافعه بین ذرات سیمان و پراکندن آنها می شوند. این اثر به نام "پخش کنندگی" شناخته می شود. مکانیزم پخش کنندگی الکتروستاتیکی علاوه بر پخش کردن دانه های سیمان، آب محبوس در لخته های سیمانی را نیز آزاد و صرف بهبود روانی مخلوط بتن می کند. کاهنده های آب به یکی از شیوه های زیر نیروی جاذبه بین ذرات سیمان را کاهش می دهند و به پراکندن شدن آنها کمک می کنند.

- ۱- کاهش کشش بین سطحی
- ۲- جذب چند لایه ای مولکول های آلی
- ۳- افزایش پتانسیل الکتروستاتیکی
- ۴- ایجاد لایه ای از مولکول های آب احاطه کننده ذرات
- ۵- تغییر در ساختار ترکیبات هیدراته شده سیمان

۱-۲- فوق روان کننده ها
به فوق روان کننده ها، کاهنده های قوی آب نیز گفته می شود. این مواد در دهه ۱۹۶۰ برپایه فوق روان کننده های سولفونات نفتالین فرمالدئید (SNF) و سولفونات ملامین فرمالدئید (SMF) در ژاپن و آلمان توسعه پیدا کردند. در اوایل دهه ۱۹۸۰ کار طراحی روی پلیمرهای پلی اکریلیت، برای فرموله کردن روان کننده ها شروع شد و بعد از برطرف شدن برخی مشکلات مربوط به کندگیری شدید و در بعضی موارد زیادی حباب های هوا، این محصولات ابتدا به تدریج وارد بازار آلمان و بعد بازار ژاپن و ایالات متحده آمریکا شدند. اساس تولیدات ساخته شده از پلی اکریلیت سه نوع پلیمر می باشند، که به عنوان نسل بعدی فوق روان کننده ها در حال گسترش بوده و پذیرش وسیعی در صنعت ساختمان سازی بتنی پیدا کردند. این مواد، حاوی ترسازهای آنیونی زنجیر بلند با وزن مولکولی زیاد (20000 تا 30000) با تعداد زیادی از گروه های قطبی در زنجیر هیدروکربنی هستند. آنها، وقتی که در سطح ذرات سیمان جذب شوند، موجب می شوند که ترساز، یک بار منفی قوی را بوجود بیاورد که به کاهش کشش سطحی اطراف، کمک قابل توجهی کند و روانی سیستم را به میزان زیادی افزایش دهد.

نتایج مطالعه انجام پذیرفته توسط پیرصاحب نشان می دهد که، استفاده از فوق روان کننده باعث بهبود مقاومت و کاهش میزان فولاد مصرفی می شود، ولی هیچ تحقیقی در ارتباط با میزان تفاوت تاثیر فوق روان کننده در بتن های سازه ای و غیر سازه ای در سنین مختلف صورت نگرفته است. در این تحقیق سعی بر این شده است که میزان تاثیر گذاری استفاده از فوق روان کننده در مقاومت های فشاری بتن سازه ای و غیر سازه ای در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه مورد بررسی قرار گیرد و مشخص شود که استفاده از فوق روان کننده، تا چه اندازه در مقاومت فشاری انواع بتن در سنین مختلف برای رسیدن به یک اسلامپ معین می تواند تاثیرگذار باشد.

۲- مصالح مصرفی

۲-۱- سیمان

در این پژوهش، از سیمان تیپ دو کارخانه سیمان نکا واقع در استان مازندران استفاده شده است. خواص سیمان مصرفی در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خواص سیمان مصرفی

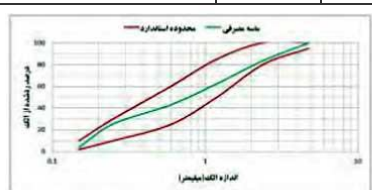
ترکیب	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	LOI
درصد	21/5	4/9	3/2	0/55	63/7	1/17	2/07	0/37	2/5

۲-۲- فوق وان کننده

برای ساخت بخشی از بتن های سازه ای و غیرسازه ای از فوق روان کننده، محصول کارخانه وندشیمی استفاده شده است که برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی آن در جدول شماره ۳ بیان شده است.

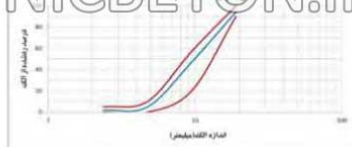
جدول ۳: خواص فیزیکی و شیمیایی فوق روان کننده

وزن مخصوص gr/cm3	حالت فیزیکی	رنگ	PH	مقدار کلر	مقدار نیترات
1/1	مایع	قهوه ای تیره	7- 8	کمتر از ۰/۱ درصد	فاقد نیترات



شکل ۱: نمودار دانه بندی ماسه مصرفی

WWW.CLINICBETON.IR



شکل ۲: نمودار دانه بندی شن مصرفی

کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

۲-۳- سنگدانه

در این تحقیق، از سنگدانه خرد شده و لبه تیز برای ساخت بتن استفاده شده است. دانه بندی سنگدانه ها پیوسته، با حداکثر بعد ۲۵ میلیمتر می باشد. شکل های شماره ۱ و ۲، منحنی دانه بندی ماسه و شن مصرفی با حدود مجاز استاندارد [ASTM C33 15] و در جدول شماره ۲، خواص فیزیکی شن و ماسه مصرفی ارائه شده است.

جدول ۲: خصوصیات مکانیکی سنگدانه مورد استفاده در بتن

خصوصیات	ماسه	شن
مدول نرمی	3/1	—
ارزش اسمی ماسه	84	—
جذب رطوبت (%)	0/5	0/5
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm3)	2/7	2/73

۳- طرح های اختلاط بتن

براساس آیین نامه ACI-211-1-89 [16] طرح اختلاط بتن معمولی برای نسبت آب به سیمان های ۰/۵۷ (طرح های ۱ و ۲) و ۰/۷ (طرح های ۳ و ۴) تعیین گردید. آب مورد استفاده برای ساخت نمونه ها پس از محاسبه جذب آب مربوط به سنگدانه ها برای

رسیدن به حالت اشباع با سطح خشک (SSD) و تفاوت آن با رطوبت طبیعی (NH) سنگدانه ها، به مخلوط اضافه شده است. برای طرح های Stc 1 و Nstc 1، از آب اضافی و طرح های Stc 2 و Nstc 2، از فوق روان کننده برای رسیدن به اسلامپ معین استفاده شده است.

جدول ۴: طرح های اختلاط بتن

شماره	طرح اختلاط	آب (kg/m ³)	ماسه (kg/m ³)	شن (kg/m ³)	سیمان (kg/m ³)	فوق روان کننده %	اسلامپ (cm)
1	Stc 1	226	857	942	370	—	10
2	Stc 2	200	857	942	370	0/5	10
3	Nstc 1	216	1120	740	293	—	4/5
4	Nstc 2	205	1120	740	293	0/3	4/5

۴- آزمایشات مقاومت فشاری
آزمایش مقاومت فشاری بر اساس استاندارد ASTM C39 [17] انجام پذیرفت. آزمایش مقاومت فشاری معمولترین آزمایش برای ارزیابی نمونه های بتنی و ملات است. مقاومت فشاری نمونه بتنی می تواند نمایانگر روند فعالیتهای سیمانی و کیفیت ماتریس سیمانی بتن و پیوستگی آن با سنگدانه ها باشد. نتایج مقاومت های فشاری در شکل های شماره ۳ و ۴ ارائه شده است.



شکل ۳: مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه

کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM



شکل ۴: مقاومت فشاری ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه

کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.MTOCHEM.COM

۵- نتایج و بحث

شکل شماره ۳، نتایج مقاومت های فشاری نمونه های بتنی سازه ای در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه را نشان می دهند. طرح های Stc1 و Stc2، هر دو در شرایط کاملاً یکسان ولی با افزودنی های متفاوت برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر ساخته شده اند. در طرح Stc2 نسبت به طرح Stc1 که از فوق روان کننده به جای آب شرب برای رسیدن به اسلامپ معین استفاده شده است، مشاهده می شود مقاومت فشاری در تمامی سنین نسبت به طرح Stc1، افزایش یافته است. مقاومت فشاری طرح Stc2 در مقابل طرح Stc1 در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه به ترتیب ۲۰/۱ و ۲۲/۳ و ۲۴ درصد افزایش یافته است. شکل شماره ۴، نتایج مقاومت های فشاری نمونه های بتنی غیرسازه ای در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه را نشان می دهند. طرح های Nstc 1 و Nstc 2، نیز هر دو در شرایط کاملاً یکسان ولی با افزودنی های متفاوت برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر ساخته شده اند. در طرح Nstc2، نسب به طرح Nstc1 که از فوق روان کننده به جای آب شرب برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر استفاده شده است، مشاهده می شود مقاومت فشاری در تمامی سنین نسبت به طرح Nstc1، افزایش یافته است. در نمونه ای غیر سازه ای مشاهده می شود که استفاده از فوق روان کننده باعث افزایش مقاومت می شود ولی این افزایش مقاومت نسبت به نمونه های بتن سازه ای، چشمگیر نمی باشد. برای مثال مقاومت فشاری طرح Nstc2 در مقابل طرح Nstc1 در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روزه به ترتیب، ۰/۸ و ۶/۶ و ۱۳ درصد افزایش یافته است.

۶- نتیجه گیری

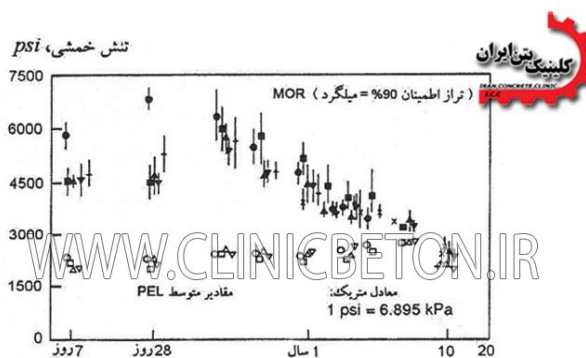
براساس نتایج بدست آمده، استفاده از فوق روان کننده به جای آب شرب برای بهبود کارایی و رسیدن به اسلامپ معین، باعث افزایش مقاومت فشاری می شود. فوق روان کننده باعث پخش کردن بهتر ذرات سیمن و بهبود فرآیند آبگیری و ثابت نگه داشتن نسبت آب به سیمن و افزایش مقاومت شده است. این افزایش مقاومت در بتن های سازه ای نسبت به بتن های غیر سازه ای بیشتر می باشد. عامل اصلی این افزایش مقاومت، بهبود کیفیت ماتریس سیمانی بتن و پیوستگی آن با سنگدانه های درشت می باشد. با بکارگیری فوق روان کننده به جای آب شرب اضافی، مقاومت فشاری در بتن سازه ای و غیر سازه ای در سن ۵۶ روزه به ترتیب ۲۴ و ۱۳ درصد افزایش پیدا کرده است.

۷- منابع

۱- حامی احمد، "سیمان های طبیعی"، نشریه ۱۴۷ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول، ۱۳۷۱

- ۲- (Mehta, P. K. "concrete, structure, properties and materials", prentice – hall, (1985
 - ۳- (Technical, (1987 & Neville, A. M. and brooks, J. I., "Concrete Technology Longman Scientific
 - ۴- (Neville, A. M., "Properties of Concrete", Pitman, (1981
 - ۵- (Mendess, S. and Young, J. F., "Concrete" Prentice-Hall, (1981
 - ۶- (Orchard D. F., "concrete technology", applied science publisher's ltd, (1998
 - ۷- نویل؛ آدام، "بتن شناسی"، ترجمه دکتر هرمز فامیلی، بازنگری چهارم، انتشارات جهاد دانشگاهی علم و صنعت، ۱۳۸۷.
 - ۸- اسماعیل پور؛ اسماعیل، افزودنی های بتن و استانداردهای ملی و بین المللی، مجموعه مقالات نخستین سمینار نقش مواد افزودنی در توسعه تکنولوژی بتن - دانشگاه صنعتی امیر کبیر و شرکت بتون شیمی خاورمیانه، تهران، صفحه ی ۹۰ الی ۱۴۷، ۱۳۶۸.
 - ۹- ماجدی اردکانی؛ محمدحسین، رمضانپور؛ علی اکبر، طاهری؛ افشین، ترکیبات و ویژگی های فوق روان کننده های بتن، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۹۳۲، چاپ اول، ۱۳۷۴.
 - ۱۰- امید، کامران و عارف امیدی، بررسی مقاومت بتن پرمقاومت تحت مواد افزودنی فوق روان کننده، اولین کنگره علمی پژوهشی افق های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین، ۱۳۹۴.
 - ۱۱- آریان، کمال و محمدعلی دشتی، اثر روان کننده بر ریز ساختار بتن، اولین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، یزد، موسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی، ۱۳۹۴.
 - ۱۲- پیرصاحب، هیوا و حسن افشین، بررسی نقش فوق روان کننده ها در مشخصات مکانیکی و دوام بتن و تاثیر استفاده از آنها در هزینه و رفتار سازه ساختمان های بتنی، پنجمین کنفرانس ملی بتن ایران، تهران، انجمن بتن ایران، ۱۳۹۲.
 - ۱۳- اشابوندپوری، محمدعلی؛ رامین بیات؛ احمد فرزادمنش و آرمین شمس، عملکرد فوق روان کننده های نوین بر مقاومت فشاری و کارایی بتن، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۱۳۹۲.
 - ۱۴- پیرصاحب، هیوا؛ حسن افشین و فرهاد فرهودی، بررسی نقش فوق روان کننده ها درمقاومت فشاری بتن و تاثیر آنها برهزینه بتن و مقدار فولاد مصرفی اسکلت ساختمان های بتنی، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۲.
 - ۱۵- ASTM C33: Standard specification for concrete aggregates
 - ۱۶- ACI-211.1-89: Standard practice for selecting proportions normal, heavy weight, and mass concrete. American Concrete Institute
 - ۱۷- ASTM C39. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- دنبال عرضه الیاف شیشه ای ضد قلیای Cem-FIL در سال ۱۹۷۱، دو رکت BRE و برادران پیلکینگتون به طور مستقل دست به آزمایش هایی در مقیاس بزرگ زدند تا پایداری مقاومت مخلوط های Cem-FIL را در دراز مدت و در معرض شرایط محیطی مختلف، تعیین کنند. در حال حاضر داده های آزمایش های پایایی مقاومت در مدت زمان ۱۰ سال منتشر شده است. این داده ها در اشکال ۱ تا ۳ موجودند همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، تحت شرایط آب و هوایی طبیعی، مدول گسیختگی با زمان کاهش می یابد. پس از ۱۰ سال از قرار گیری این نمونه ها در شرایط آب و هوای انگلستان، مشاهده شد که مدول گسیختگی تا مقداری نزدیک به مقاومت در حد تناسب الاستیک کاهش یافته است. به علاوه داده های نشان داده شده در شکل ۲ حاکی از آن هستند که مخلوط های Cem-FIL که در آب 18°C تا 20°C قرار داده شده اند، در مدت زمان مشابه، کاهش مشابه قبل در

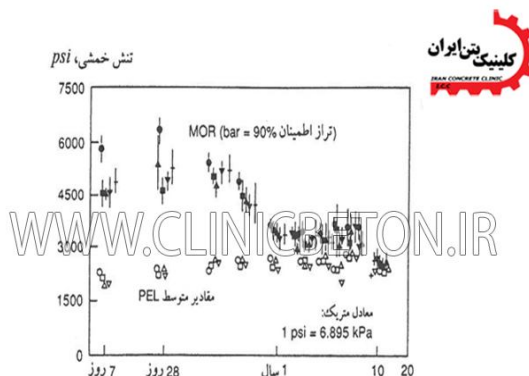
میزان MOR از خود نشان داده اند. با این حال همان طور که در شکل ۳ دیده می شود، مخلوط های قرار گرفته در دمای 20°C و رطوبت نسبی ۴۰٪، با افزایش سن، افت نسبتاً کمی در مقاومت MOR نشان می دهند. علاوه بر برنامه افزایش طبیعی سن نمونه ها در دراز مدت، برنامه هایی برای تسریع کهنگی نمونه ها ترتیب داده شد به طوری که با آن بتوان مشخص دراز مدت نمونه ها را پیش از داده های کهنگی طبیعی ارائه نمود. کهنگی تسریع شده به این صورت انجام می شود که مخلوط تا اتمام فرایند هیدراسیون سیمان در آبی با دمای افزایش یابنده شناور گردد. در هر حال کهنگی واقعی یک قطعه GFRC خاص، تنها با کاربری آن در شرایط محیطی واقعی محل، ممکن می شود. هر تلاشی که جهت تعیین خصوصیات رفتاری GFRC مسن با روش های تسریع کننده انجام شود، جواب های تقریبی به دست می دهد.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

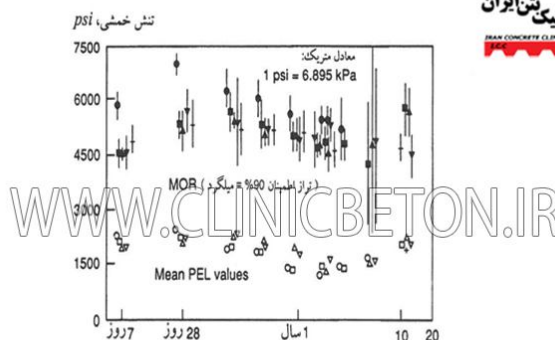
شکل ۱ مدول گسیختگی و حد تناسب الاستیک در مقابل سن برای مخلوط های ضدقلیای Cem-FIL1 که در شرایط آب و هوایی انگلستان قرار گرفته اند.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۲ مدول گسیختگی و حد تناسب الاستیک در مقابل سن برای مخلوط های ضدقلیای Cem-FIL1 که در آب ۱۸ تا 20°C قرار گرفته اند.



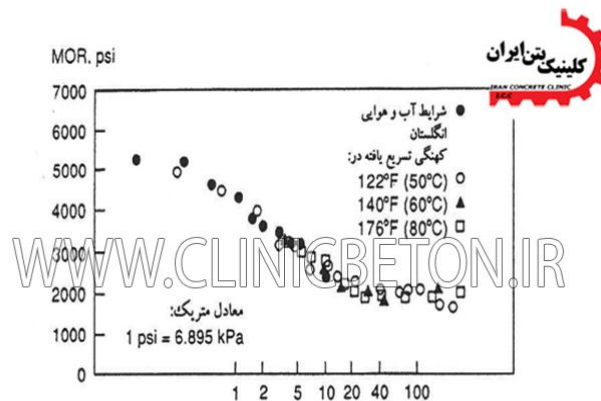
کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۳ مدول گسیختگی و حد تناسب الاستیک در مقابل سن برای مخلوط های ضد قلیای

Cem-FIL1 که در هوای 20°C با رطوبت نسبی ۴۰٪ قرار گرفته اند.

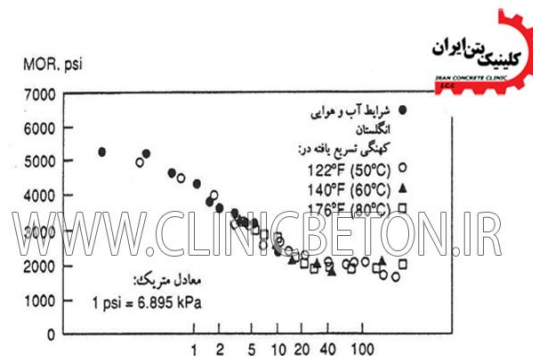
داده های آزمایش کهنگی تسریع یافته برای صفحات GFRC، با داده های به دست آمده از نمونه های واقع در شرایط آب و هوایی طبیعی، همبستگی داده شده اند تا از این طریق بتوان پایایی دراز مدت را پیش بینی نمود. در تحقیقی که برادران پیلکینگتون انجام دادند این همبستگی برای اقلیمهای مختلف آب و هوایی در سراسر جهان صورت گرفت. براساس این تحقیقات می توان چنین پیش بینی نمود که در بسیاری از شرایط محیطی، MOR مخلوط های GFRC تا مقداری نزدیک به مقاومت PEL کاهش خواهد یافت. برای بسیاری از محصولات GFRC که در معرض شرایط بیرون قرار گرفته اند، این کاهش مقاومت می تواند تعیین کننده عمر مفید سازه باشد. با این حال تاریخچه بارگذاری صفحات GFRC و نیز تاثیر اصلاح سطوح این صفحات در این تحقیقات مدنظر قرار نگرفته اند. به علاوه نشان داده شده است که کاهش مقاومت در اقلیم های گرم تر، با سرعت بیشتری صورت می گیرد. در شکل ۴، داده های مقاومت خمشی برای مخلوط هایی که در انگلستان در معرض شرایط آب و هوایی قرار گرفته اند و مخلوط هایی که در آب با دمای فزاینده، دستخوش کهنگی تسریع شده بوده اند نشان داده شده است. این داده ها حاکی از آن هستند که به موازات آنکه دمای فرایند کهنگی تسریع شده، افزایش می یابد، افت مقاومت MOR سرعت بیشتری به خود می گیرد. لازم به توجه است که یک حد پایین تر برای مقاومت MOR وجود دارد. این حد پایین تر ذاتاً با PEL مخلوط، که خود معیاری از مقاومت ترک خوردگی ماتریس بتن مسلح است، برابر می باشد. سالهای بسیاری است که استفاده از روش های کهنگی تسریع یافته وسیله ای برای پیش بینی مقاومت شده است. مقاومت مدول گسیختگی که در شکل ۴ نشان داده شده، برای مخلوط هایی است که در دماهای 50°C ، 60°C و 80°C تحت فرایند کهنگی تسریع یافته قرار گرفته اند. این مقادیر با نتایج نمونه هایی که به مدت ۱۰ سال در معرض شرایط واقعی آب و هوای انگلستان قرار گرفته اند، ترکیب شده اند. این کار با جایگزین کردن نتایج مقاومت تسریع یافته در دماهای بالاتر در طول محور لگاریتمی زمان انجام می شود، به طوری که نتایج یاد شده با نتایج مقاومت مخلوط های قرار گرفته در شرایط آب و هوایی انگلستان مطابق و سازگار شوند.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۴ MOR در مقابل سن برای مخلوط های Cem-FIL در شرایط آب و هوایی انگلستان



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

شکل ۵ داده های کهنگی تسریع یافته که برای پیشبینی مقاومت دراز مدت مخلوط های ضد قلیایی Cem-FIL1 که در شرایط آب و هوایی انگلستان گرفته اند.

• تجهیزات سند بلاستینگ • وایر براش مکانیکی و دستی • جک هممر مکانیکی • قلم برش بتن دستی • کمپروسور باد و بلوور • دستگاه فرز برقی، برش و سایش بتن • مته و دریل • دستگاه و پمپ تزریق مواد ۲ جزئی - اپوکسی • ماله تخت و برس • تجهیزات شات کریت	تجهیزات مورد نیاز
---	------------------------------

• پوشش های محافظ، عینک، دستکش و کلاه	
• چسب بتن پایه لاتکس • گروت پایه سیمانی • ترمیم کننده پایه سیمانی الیاف دار • چسب بتن ۲ جزئی اپوکسی • رزین ۲ جزئی اپوکسی • ترمیم کننده ۳ جزئی اپوکسی	مواد مورد نیاز
1- در نقاطی که خوردگی بتن وجود دارد ، سطح شن نما و یا متورق گردیده شکل هندسی با زوایای مشخص محاط می شود. 2- مانند لکه گیری آسفالت لبه ها به صورت قائم با کمی زاویه به داخل تا بتن بکر تراشیده می شود. سطحهای زیاد و دارای شیرابه با سند بلاست یا وایر براش تنظیف می گردد. 3- در صورتی که شبکه آرماتور تا بیش از نیمی از قطر آرماتور نمایان شده تا ۱ سانتیمتر پشت ترک آزاد می گردد. 4- قسمتهایی از شبکه آرماتور که اکسید شده یا کاهش قطر پیدا کرده می باید تعویض گردد. 5- ترکهایی با عرض بیش از ۶ میلیمتر بهتر است به صورت V cut - گوه ای- باز شده و تنظیف گردد. 6- ترکهایی که رزین اپوکسی تزریق می گردد با زاویه حمله (۱۸ تا ۳۰) درجه به منظور پکر گذاری و همپنین کنترل خروج مواد ، تا پس از آکس بتن دریلینگ می گردد. 7- کل قسمت های تراشیده شده ، به جهت حذف آلودگی ها و تریس ها با آب و در موارد خاص کمپرسور هوا تنظیف می گردد. 8- برای عمق کم ترمیم ملات ترمیمی پایه ی سیمانی با آب به صورت dry pack ملات نیمه خشک - مخلوط شده و با فشار در محل اجرا می شود. در سطوح زیاد از شات استفاده شود. 9- محلهایی با ضخامت بیشتر یا نیروها و تنش های زیاد از ملات اپوکسی و یا ترکیب چسب اپوکسی و ترمیم کننده پایه سیمانی پر می شوند. 10- کیورینگ به وسیله اسپری آب - در ملاتهای پایه سیمانی- خواهد بود. 11- برای انجام تزریق ، بسته به نوع پمپ ، اجزاء ترکیبی رزین و هادنر اپوکسی با نسبت مناسب مخلوط شده و به وسیله پمپ تزریق می شوند. این عملیات تا خروج رزین از سوراخهای کنترل ادامه می یابد .	روش انجام عملیات
• برای ضخامت های بالاتر از ۵ سانتیمتر ، به جهت عدم ریزش مواد ترمیمی بهتر است ترمیم در چند لایه صورت بگیرد. • در گوشه ها ، محلهای اتصال و مناطقی که مدت زمان اورهال ، زمان کیورینگ پایینتری را می طلبد ، بهتر است از مواد اپوکسی استفاده کرد. • بخشهایی که در معرض خشک و تر شدن مداوم قرار دارند ، به جهت تغییر ضرایب هدایت الکتریکی و افزایش پتانسیل خوردگی ، نباید از مواد ترمیمی پایه اپوکسی استفاده نمود.	رواداری ها

• برای اتصال چسب اپوکسی زمان ژل شدن بسیار مهم است بنابراین ، در صورت خشک شدن چسب اپوکسی، پیش از اعمال ملات ترمیمی باید سطوح مجدداً تراشیده شود. • از آنجا که پوشش های پلیمری - اپوکسی - اجازه تبخیر آب را نمی دهند ، تطیف در آن نقاط با هوا و بدون آب صورت می گیرد. در صورت مرطوب بودن جسم بتن ناگزیر از اپوکسی های آب دوست استفاده گردد.	
--	--

تاریخچه بتن مسلح به الیاف پلیمری

انواع مختلف الیاف پلیمری به منظور تقویت مواد با پایه سیمانی به کار گرفته شده است. بسیاری از این الیاف از قبیل پلی پروپیلن، پلی اتیلن و پلی استر و اکریلیک نشان داده اند که به طور چشمگیری امکان تقویت را دارند و در حال حاضر به صورت تجاری در دسترس می باشند. انواع دیگر الیاف پلاستیکی از قبیل پلی آمیدهای با مقاومت بالا (نایلون)، الیاف آرامید و الیاف پلی اتیلن با مدول الاستیسیته بالا، کمتر مورد استفاده قرار می گیرد اما نباید نقش تجاری حال حاضر آنها برای تقویت ملات های با پایه سیمانی، ناچیز و بی اهمیت شمرده شود.

بتن مسلح به الیاف پلی پروپیلن

در سال ۱۹۶۵ گروه مهندسين ارتش آمریکا الیاف پلی پروپیلن را به عنوان تقویت کننده بتن در ساخت سازه های مقاوم در برابر انفجار به کار بردند. آنها دریافتند که اضافه کردن مقدار کمی از الیاف پلی پروپیلن به بتن (کمتر از ۰.۵٪ حجمی) منجر به افزایشی اساسی در انعطاف پذیری و مقاومت ضربه ای می شود. از زمان کار گلدفین در سال ۱۹۶۵ الیاف پلی پروپیلن نه تنها به عنوان یک منبع اولیه در تقویت بتن، بلکه به عنوان مکملی جهت بهبود برخی خصوصیات مصالح بتن به کار رفته است.

الیاف پلی پروپیلن

پلی پروپیلن نوعی پلیمر مصنوعی هیدروکربنی است. با فرایند بیرون کشیدن مصالح به حالت داغ از میان روزنه های قالب ساخته می شود. نسبت کشش که میزان کشیدگی است در طول ساخت الیاف اعمال می شود، عامل جهت گیری مولکولی و تبلوری است، که خصوصیات فیزیکی الیاف را مشخص می کند. نسبت های کشش معمولاً برای الیاف پلی پروپیلن در حدود ۸ می باشد. الیاف پلی پروپیلن یا به شکل تک رشته های استوانه ای پیوسته است که می توانند در طول های خاصی قطعه قطعه شوند تولید می گردد و یا به شکل صفحات نازک یا نوارهایی هستند که می توانند به صورت الیاف کوچکی با مقطع عرضی مستطیلی رشته رشته شوند. منظور از رشته رشته کردن صفحات نازک پلی پروپیلن، قسمت کردن به قطعات باریک است به طوری که به صورت شبکه باز شده ای از الیاف گسترش یابند. الیاف تک رشته ای پلی پروپیلن گرانتر از الیاف حاصل از صفحات نازک رشته ای یا الیاف نواری هستند و به دلیل سطح نسبتاً کوچکشان، پیوستگی ضعیفی با ملات سیمان دارند. در حال حاضر چندین تولید کننده از جمله شرکت فرتا و شرکت فایبرمش، الیاف پلی پروپیلن به طور شیمیایی بی اثر و سبک وزن هستند و از نظر هزینه با سایر انواع الیاف رقابت می کنند. علاوه بر آن الیاف پلی پروپیلن آبریز هستند بنابراین نمی توانند آب جذب کنند و تاثیری بر روی آب لازم برای مخلوط بتن ندارند. با این حال برخی معایب الیاف پلی پروپیلن پیوستگی شیمیایی ضعیف با ملات سیمانی، نقطه ذوب پایین (تقریباً ۱۶۵°C، ۳۲۹°F)، قابلیت احتراق و مدول الاستیسیته نسبتاً پایین می باشند. برخی از خصوصیات الیاف پلی پروپیلن در جدول ۱ داده شده اند :

جدول ۱ ویژگی های شاخص الیاف پلی پروپیلن

الیاف	مدول ینگ (kg/cm ²)	مقاومت کششی (kg/cm ²)	وزن مخصوص
پلی پروپیلن	34475	7000500	9/0

معادل متریک : $\text{ksi}=6.895\text{MPa}$



درزهای انبساط

درز انبساط بدون مهاري خصوصاً بين دو دهانه جديد بتني معمول نمي باشد، وليكن گاهي اوقات اين نوع درز بين يك دال بتني جديد و يك قطعه ثابت ديگر، مانند يك ديوار اجرا مي شود. در اين حالت در ديوار يا قطعه مورد نظر نمي توان آرماتور مهاري بكار برد. در سه شكل زير نحوه ساخت درز انبساط بين دو دال جديد نشان داد شده، ياد آور مي گردد اصول اجراي درز انبساط بين ديوار و دال نيز مشابه همين روشها مي باشد. نوارهاي انعطاف پذير بايد به صورت قائم در داخل درز گذاشته شود بطوري كه روي آن ۳۰ mm پايين تر از تراز سطح تمام شد بتن باشد و باقيمانده درز را بايد با يك درزگير پر نمود. ممكن است ز يك نوار پر كننده وقتي در محل درز و در بالاي صفحه انعطاف پذير استفاده شود تا مانع پر شدن درز با بتن بهنگام ريختن آب در قالب گردد. نوار پر كننده موقت را پس از آنكه بتن سخت شد برداشته و فضاي خالي بوجود آمده را با درزگير پر كنيد.

بالاي درز بايد با يك درزگير مناسب پر شود و روي آن كمى پايين تر از تراز دال نگه داشته مي شود. براي پر كردن درز انبساط بين يك دال و يك ديوار، درزگير سرد بكار مي رود. ساده ترين روش در اين حالت استفاده از تفنگ بتونه ماستيك مي باشد.

- درزهاي انقباض

درزهاي انقباض ساده ترين نوع درزها هستند زيرا فقط بصورت يك قطع در بتن اجرا مي شوند و اين امكان به بتن داده شده تا به صورت طبيعي (در اثر بعمل آوري و يا تغيير درجه حرارت) منقبض گردد بدون آنكه سبب گردد نيروهاي كششي بوجود آورنده ترك در دال بوجود آيد. براي ساخت اين درز يك زهوار چوبي يا قالب پلاستيكي به مقطع ۲۵ mm x 25 در لبه دال بتني كه هنوز تر است گذاشته مي شود، و بمحض آنكه بتن سخت شد آنرا بيرون كشيده و فضاي خالي بجا مانده در بتن را با يك درزگير مناسب پر مي كنند.

- درزهاي كنترل ترك (درزهاي ساختگي)

اين نوع درز عمدتاً در دال هاي بتني نقشدار بچشم مي خورند، خصوصاً در جاده ارتباطي بين پاركنگ ساختمان و خيابان اصلي و پاسيوها. براي ساخت درز در حين اجرا، درزهاي كنترل را ممكن است با استفاده از يك زهوار چوبي و يا ماله شيارزني از پيش اجرا نمود. با بكارگيري ترك ساز مي توان از وقع ترك دقيقاً در محل مورد نظر اطمينان نمود. بسته به نوع درز مورد نياز، به محض آنكه بتن بعمل آمده ممكن است نياز به انجام كار اضافي باشد. اگر از چوب يا قالبهاي موقتي ديگري براي شكل دهی درز تر استفاده شود، بايد بعداً برداشته شده و يا يك درزگير مناسب درزگيري شود كه معمولاً مواد پلي سولفيد مانند تيوفلكس يا نظاير آن مناسب است.

برش درزها توسط اره معمولاً پس از یک هفته یا بیشتر از زمان آبیندی سطح انجام می شود، تا بتن فرصت کافی برای بعمل آمدن داشته باشد و مانع خرد شدن و شکسته شدن لبه ای درز شود، ماده آبیندی نیز از سطح دال در برابر نشستن گرد بتن روی آن محافظت می کند. یاد آور می گردد، بهیچ وجه نباید اجازه داد تا گرد بتن روی سطح دال بتنی را بپوشاند زیرا بتدریج سفت شده و در صورتی که بخواهیم به زور آنرا برداریم ممکن است به سطح بتن صدم وارد شود. پس از آنکه بتن بعمل آمد به کمک اره موتوری یا سنگ فرز دارای تیغه الماسه تا عمق ۲۵-۳۳ درصد عمق دال بریده می شود. با استفاده از اره چرخدار قابل حرکت روی کف می توان یک برش تمیز و یکدست بوجود آورد، در صورتی که با بکارگیری اره های دستی ممکن است محل برش خورده بصورت غیر یکنواخت در آید. اگر اره دستی تنها گزینه در اختیار باشد، باید ریل راهنما نصب شود تا عملیات برشکاری بصورت مستقیم و تمیز میسر گردد. - درزهای اجرایی همچنان که قبلاً اشاره شد، درزهای ساختمانی (اجرایی) شکستهایی در یکپارچگی سازه بتنی محسوب می شوند و بعنوان درز انبساط، انقباض و کنترل ترک در نظر گرفته نمی شوند بلکه وجود آنها ناشی از ضرورت کار اجرایی و براساس قضاوت مهندسی در حالت بحرانی صورت می گیرد.

- درزهای اجرایی قائم ساده

مهمترین دلیل وجود یک درز اجرایی متوقف شدن عملیات اجرایی در طول روز می باشد. یک دال بزرگ را، که قسمتی از طرح یک جاده می باشد در حال ریختن بتن در نظر گرفته، باتوجه به اینکه نمی توان ۲۴ ساعته کار کرد، لذا در پایان شیفت کاری انتهای بتن ریخته شده تبدیل به یک درز شده که به انتهای قطع یا درز روزانه نیز گفت می شود و می بایست ظاهر نسبتاً تمیز و پاکی داشته باشد، بگونه ای که کار را بتوان روز بعد ادامه داد. در شکل بالا، ساده ترین یک درز اجرایی در این حالت نشان داده شده است.

- درزهای فاق و زبانه

در بعضی موارد، بهتر است دالها در عرض مقطع در محل درز اجرایی به یکدیگر قفل شود بگونه ای که نیروهای برشی در محل درز بتوانند منتقل شوند. اکثراً این حالت با اجرای درز مهار شده که قبلاً اشاره شد صورت می گیرد، روش دیگر، بکارگیری درز موسوم به فاق و زبانه می باشد. درزهای فاق و زبانه به اشکال متفاوتی وجود دارند. در بعضی یک درز همپوشانی کامل ایجاد می شود و در انواع دیگر این درز بجای دوزنقه بصورت یک مربع می باشد، ولیکن ساده ترین نوع آن مدلیست که در شکل بالا نشان داده شده است. در این نوع درز اجرایی یک کلید دوزنقه ای در محل قطع بتن برداشته شود، لذا روی آن باید صیقلی بوده و روغنکاری شود. هنگامی که بتن ریزی از سر گرفته می شود، خمیر بتن به داخل فضای خالی ساخته شده توسط قالب جریان یافته و به این ترتیب بتن تازه به بتنی که روز قبل ریخته شد درگیر و متصل می شود.

- درز اجرایی با آرماتورهای شروع کننده

یک روش نسبتاً معمول درز اجرایی کاربرد آرماتورهای آغازگر می باشد که دو قسمت بتن ریزی شده مجزا را به یکدیگر می دوزد. آرماتورهای فولادی شروع کننده عموماً بطول ۶۰۰ mm و قطر ۱۲-۲۰ mm هستند، گرچه در بعضی موارد، مش فولادی بکار برد می شود. آرماتورها معمولاً بفواصل ۴۵۰-۶۰۰ mm از هم در محل قطع بتن کار گذاشته می شوند بطوری که نیمی از طول آن در دال قبلی و نیمی در دال جدید قرار گیرد. با ادامه کار بتن ریزی، نیمه دیگر این آرماتورهای مهاری کاملاً پوشیده از بتن می گردد، و به این ترتیب هر دو دهانه به یکدیگر قفل می شوند. بدیهی است این نوع درز شباهتی زیادی به درز انبساط مهار شده که قبلاً نشان داده شد دارد با این تفاوت که هیچ تمهیدی برای انبساط یا تغییر مکان دیگری همانند درز انبساط در آن در نظر گرفته نشده است، و اصولاً این نوع درز از نقطه نظر مهندسی نسبت به موارد ذکر شده قبلی کیفیت نازلتری دارد. در حالتی که ارزش این نوع خاص درز به همراه آرماتورهای شروع کننده در اجرای دال افقی کم اهمیت تر جلوه می کند، کاربرد آن در اجرای بتن ریزی قائم متداول می باشد، در جایی که یک دیوار بتنی یا حایل لازم است در چند مرحله با ریختن بتن و یا باز کردن قالبها صورت گیرد و هر مقطع باید با مقطع قبلی از لحاظ سازه ای یکپارچه باشد.

بهنگام استفاده از این درز در سازه های قائم، خود درز بتنهایی، طبیعتاً به شکل افقی بوده، و ممکن است روی آن اگر برای مدتی در معرض شرایط محیطی قرار گیرد آب یا مواد دیگر جمع شود. بنابراین ضروریست سطح درز قبل از مرحله بعدی بتن ریزی بوسیله یک برس سیمی یا وسایل مشابه کاملاً تمیز شود.

بررسی تفاوت های گروت پایه اپوکسی با گروت پایه سیمانی

گروت های پایه سیمانی و گروت های پایه اپوکسی از تفاوت های زیادی دارند که یکی از مهمترین تفاوت این دو را می توان تنها کیفیت و مقاوت آنها دانست. مقاوت گروت اپوکسی در مقایسه با گروت سیمانی از مقاومت بالاتری برخوردار بود و جهت ساخت گروت سیمانی می توانید تنها با اضافه کردن گروت به سیمان می توانید مقاومت آن را به طرز چشمگیری افزایش دهید. در ادامه بهتر است ابتدا شما را با مشخصات و ویژگی های گروت سیمانی و همینطور **گروت اپوکسی** آشنا کرده و سپس به بررسی تفاوت های هر یک خواهیم پرداخت.

گروت پایه اپوکسی چیست؟

گروت اپوکسی در حال حاضر توسط طیف گسترده ای از پیمانکاران مورد استفاده قرار می گیرد و روز به روز نیز به میزان مصرف آن اضافه می شود. در گروت اپوکسی بر خلاف **گروت پایه سیمانی**، از رزین های اپوکسی و پودر فیلر یا پر کننده استفاده شده است. گروت اپوکسی به شدت بادوام است و سطح صاف و بدون هیچ گونه لکه ای را به شما تحویل می دهد. به طور کلی گروت اپوکسی ویژگی های بسیار مثبتی دارد که آن را از موارد مشابه خصوصاً گروت پایه سیمانی متمایز می سازد. لازم است تا پیش از انتخاب مواد مورد نظر خود با ویژگی های آن آشنایی کامل حاصل کنیم تا بتوانیم بهترین گروت اپوکسی انتخاب را رقم بزنیم. گروت اپوکسی شکل پذیر و بدون حلال و شامل ۳ جز می باشد. گروت اپوکسی دارای رزین اپوکسی، سخت کننده، عمل آورنده آمین و دانه بندی ویژه سیلیسی است. در هنگام مصرف **گروت اپوکسی** کفایت سه جز آن با هم مخلوط شوند.

فواید گروت اپوکسی

گروت اپوکسی باعث سخت شدن سریع سازه می شود که بستگی به دمای اطراف دارد. گروت اپوکسی دارای قابلیت بالای چسبندگی به زیر کار های معدنی و فولادی دارد. گروت اپوکسی دارای مقاومت در برابر ارتعاشات شدید است. گروت اپوکسی باعث سخت شدن بدون جمع شدگی است. گروت اپوکسی دارای مقاومت بالا در برابر حملات مواد شیمیایی است. گروت اپوکسی دارای مقاومت مکانیکی بسیار بالایی است.

بررسی انواع گروت های اپوکسی روان با مقاومت زیاد

گروت ها و نحوه استفاده آنها

گروت پایه سیمانی چیست؟

گروت مخلوطی از مواد سیمانی، سیمان پرتلند معمولی یا سیمان بسیار ریز (بلین بالا) و آب با یا بدون ماسه یا افزودنی هاست. این مخلوط در ترکیبی با قوام و پمپ پذیر بدون جداشدگی زیاد اجزای تشکیل دهنده آن نسبت بندی می شود. گروت از داخل بازشدگی ها سطح سازه یا از سوراخ های دریل شده بازشوها به داخل، تزریق می شود. گروت سیمانی منبسط شونده چیست؟ گروت سیمانی منبسط شونده با مقاومت اولیه و نهایی بالا و زودرس است که بستگی به دمای آب و هوایی محیط و زمان مصرفی دارد. این پودر گروت به صورت خشک بسته بندی شده، آماده مصرف می باشد و در هنگام ترکیب با آب، دارای خصوصیات انبساط حجمی دو مرحله است. انبساط اولیه گروت حاصل تصعید گازها بوده و هنگامی به وقوع می آید که پودر آن با آب ترکیب شود و به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به طول انجامد. فاز دوم انبساط گروت نیز در اثر واکنش شیمیایی گیرش ملات است که یک یا دو روز بعد از اختلاط ملات آغاز می شود. به منظور حصول انبساط اولیه بهینه باید ملات را پس از اختلاط با آب سریعاً مورد استفاده قرارداد. گروت مخلوط آماده ای از نوع گروت ضد سولفات بوده و دارای سیمان پرتلند ضد سولفات بر طبق نوع و پودر میکروسیلیکا می باشد. این گروت

مخصوص دمای بالای ۴۰ - ۱۰ سانتی گراد بوده و چنانچه گروت ریزی در زیر دمای گفته شده صورت گیرد میزان کسب مقاومت کند تر خواهد شد. جهت کسب اطلاع از انواع گروت سیمانی و قیمت و نحوه خرید بهترین گروت پایه سیمانی می توانید با قسمت بازرگانی کلینیک بتن ایران تماس حاصل نمایید.

فواید گروت سیمانی

گروت سیمانی متشکل از کلیه مواد افزودنی لازم و مواد مورد نیاز سیمان و سنگدانه است و نیاز به هیچ نوع مواد دیگری به جز آب ندارد. این نوع از گروت دارای افزایش حجم کنترل شده است که با ایجاد سیستم انبساط گازی در مرحله بتن تازه، جمع شدگی و نشست در مواد را قابل جبران است.



تفاوت های گروت اپوکسی و گروت سیمانی

از کدام محصول بهتر است استفاده کنیم؟ گروت های اپوکسی و یا گروت های سیمانی؟

این یک سؤال تکراری است. گروت های اپوکسی و گروت های سیمانی هر کدام در ساخت و ساز و پروژه های عمرانی و صنعتی در مواردی همپوشانی و در مواردی هم کاربردهای خاص و مد نظر خود را دارند. گروت های سیمانی و اپوکسی مواد و ساختار شیمیایی کاملاً متفاوتی نسبت به هم داشته و در هنگام تولید دستور العمل اجرای مختلفی دارند. انتخاب اینکه در یک پروژه خاص کدام گروت باید انتخاب شود به مسائل زیادی بستگی دارد اما به طور کلی در جاهایی که اولویت با صرفه اقتصادی و نیرو استاتیکی است گروت پایه سیمانی و در نصب تجهیزات صنعتی یا مهار نیروهای دینامیکی و سرعت بخشیدن به بهره برداری گروت های اپوکسی توصیه می شود.

به این ترتیب دسته بندی انتخاب برای گروت اپوکسی شامل موارد زیر می شود:

- سازه هایی که در آن نیاز به کسب مقاومت اولیه سریع و بسیار زیاد که منجر به کمترین خرابی گردد.
- جلوگیری از خوردگی و مقاومت شیمیایی مورد نیاز باشد.
- سازه لرزش داشته باشد.
- کمپرسورها و پمپ های دوار.
- ایجاد یکپارچگی کامل بین سازه و تجهیز نصب شده.
- پیچ و مهره های کابل، انکر یا بولت هایی که بارهای کششی زیادی را متحمل شود.
- تزریق سیستم های اپوکسی بدون فیلر (پودر- جزء سوم) به ترک ها و نفوذ عمیق برای تعمیر بتن.
- مقاومت در برابر بار دینامیکی بالا



موارد استفاده از گروت سیمانی و اپوکسی

گروت های سیمانی هم برای موارد زیر توصیه می شود:

- ساخت و ساز عمومی
- بولت ها و انکر ها و کابل ها یی نیازی به تحمل بارهای کششی بالا ندارد
- سازه هایی که نسبت به بار استاتیکی مقاوم است.
- محیط هایی با دمای بهره برداری بالای ۹۰ درجه سانتیگراد (۲۰۰ درجه فارنهایت)

موارد استفاده از گروت های اپوکسی و سیمان

پروژه هایی که می توانند از هر دو گروت سیمانی و یا اپوکسی استفاده کنند عبارتند از:

- هرگونه نصب تجهیزات چرخشی با بار دینامیکی پایین یا در مواردی که قابلیت اطمینان و بهره برداری تجهیزات طولانی مدت از اهمیت خاصی برخوردار نباشد.
- عناصر سازه ای که در تجهیز نصب شده بار دینامیکی یا چرخشی توسط بلبرینگ ها یا فلکسیبل جوینت ها دفع می شود.

ویژگی های گروت های اپوکسی و گروت سیمانی

ویژگی های عملکردی گروت های اپوکسی و سیمانی ذکر شده در زیر به منظور تعیین استفاده از مناسب ترین محصول برای یک پروژه در نظر گرفته شده است. یک خاصیت یا نیاز به ندرت تنها عامل تعیین کننده است. قبل از انتخاب یک محصول ، دو یا چند ویژگی و بر اساس اولویت باید در نظر گرفته شود:

• الف - مقاومت فشاری و استحکام اولیه بالا

برای شرایط دمایی ۲۱ تا ۲۲ درجه سانتیگراد گروت های اپوکسی به طور کلی نسبت به محصولات سیمانی برتر هستند. بیشتر گروه های اپوکسی مقاومت فشاری ۵۰ تا ۷۰ Mpa را بسته به ضخامت گروت ریزی در طی ۲۴ تا ۴۸ ساعت به دست می آورند ، در حالی که مقاومت فشاری در یک دوره سه روزه چس از اجرا برای گروت پایه سیمانی ۳۰ Mpa است. مقاومت نهایی گروت اپوکسی بر خلاف ماسه های سیمانی ، در مدت هفت روز به ۸۰ تا ۱۰۰ Mpa می رسد در حالی که این رقم پس از ۲۸ روز برای گروت پایه سیمانی عددی نزدیک به ۶۰ تا ۷۰ Mpa است. البته که هر دو محصول به نسبت بتن سازه از مقاومت بالاتری برخوردارند اما در شرایط دمای محیط مقاومت گروت اپوکسی به مراتب بالاتر است.

• ب- کمترین تخریب (تعمیر و نگهداری)

ب- ۱- از آنجا که گروت های اپوکسی مقاومت اولیه بسیار بالایی را ایجاد می کنند ، استفاده از آنها ممکن است منجر به کاهش خرابی برای ماشین آلات و تجهیزات نصب شده در دوره های اورهال و تعمیر و نگهداری شود.
ب- ۲- در صورت گرما و دمای بالای شرایط بهره برداری می توان از **گروت های سیمانی هیدرولیک یا ریز دانه** با قابلیت انبساط سطح برای کاهش خرابی تجهیزات استفاده کرد اما متأسفانه ، مصالح سنگی گروت های سیمان پیوند خوبی با فولاد، مشابه آنچه که در عملکرد گروت های اپوکسی می بینیم ایجاد نمی کند.



ویژگی های گروت اپوکسی و سیمانی

• ج- مقاومت شیمیایی

هیچ گروت سیمانی از لحاظ ویژگی مقاومت در برابر مواد شیمیایی با گروت اپوکسی قابل رقابت نیست. گروت های اپوکسی در برابر اسید های رقیق بسیار مقاومند و در برابر اسید های قوی تر هم از توانایی قابل قبولی برخوردارند اما به دلیل ذات قلیایی گروت های پایه سیمانی، این مواد بلافاصله در محیط های اسیدی شروع به واکنش کرده و کارایی خود را از دست می دهند. لذا در صورت استفاده از گروت های پایه سیمانی باید به منظور ایجاد مقاومت و محافظت با اثرات خوردگی از یک لایه پوشش یا ملات اپوکسی بر روی گروت استفاده کرد. مونیتورینگ و کنترل این قبیل تمهیدات در دوره تعمیر و نگهداری صورت می گیرد و برآیند موفقیت عملیات بسته به ظاهر شدن یا نشدن ترک بر روی سطح اندود شده است.

• د- تغییر حجم

د- ۱- گروت های اپوکسی شیرینکیج و جمع شدگی کمی در مدت زمان عمل آوری و کیورینگ دارند. اما حدود ۹۵ تا ۸۰ درصد سطح صفحه تکیه گاهی با حجم گروت است درگیر می شود. علت شیرینکیج هم به حبس هوا در هنگام اختلاط رزین و هاردنر و فیلر بر می گردد، که می توان با دقت بیشتر در حین اختلاط و ضربه های محکم ماله فلزی بر روی سطح گروت در هنگام اجرا تا حدودی آن را بر طرف کرد، هر چند این نرخ جمع شدگی در صنعت قابل قبول است و معمولاً طراحی ها بر اساس این مشخصه و با توجه به مشخصات فنی ذکر شده در غالب محصولات مشابه که توسط تولید کنندگان گروت اپوکسی ارائه شده، تهیه می گردد.

در اجرای گروت اپوکسی کاهش حجم به دلیل خشک شدن و از دست دادن یا تبخیر مواد اتفاق نمی افتد. بلکه در زمان پخت شدن صورت می پذیرد که معمولاً نیم تا یک درصد حجم گروت اولیه است. علی رغم آن، بر اساس مطالعات و نتایج آزمایشگاهی و تجربیات میدانی می توان گفت برای مقاومت در برابر بارهای دینامیکی متوسط و سازه هایی با لرزش های دائمی اگر ۷۵ درصد سطح صفحه ی تکیه گاه و فلنچ تجهیز با گروت در تماس باشد، کافیت.

د-۲- بیشتر گروت های سیمانی بر اساس استاندارد ASTM C 1107 طراحی شده اند. در نتیجه در حالت سخت شده باید از لحاظ کاهش حجم سنجیده شود و این به آن معناست که امکان دارد در هنگام بارگذاری با خالی ماندن فضای زیر صفحه، بیس پلیت دفرمه و معوج شود. پیشنهاد می شود با استفاده از آزمایشگاه نتایج عملکرد گروت پایه سیمانی پیش از استفاده از محصول بررسی گردد.

• ه- ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی گروت های اپوکسی با ترکیب بندی محصول نسبت مستقیم دارد اما این رقم باید با رقم انبساط حرارتی ترکیب بتن و فولاد مطابقت داشته باشد. در بدینانه ترین گزارشات ۱۰ میلیونیم اینچ در اینچ مربع به ازای هر یک درجه فارنهایت افزایش دما می باشد ضریب انبساط حرارتی برای گروت هایی با پایه سیمان پرتلند تقریباً ۵/۵ است.

نتیجه اینکه در جایی که اتصال بتن به فولاد یا درزهای انبساطی وجود دارد به دلیل ضریب انبساط حرارتی بالاتر که متصل کننده ی ۲ عضو نا متجانس یا محل حرکت اعضای سازه ای است، استفاده از گروت اپوکسی اولویت دارد.

• و- بررسی هزینه ها

هزینه تامین گروت اپوکسی، آماده سازی فونداسیون، تهیه ابزار مناسب برای اجرا، مخلوط کردن و اجرای گروت اپوکسی بطور قابل توجهی بیشتر از گروت های سیمانی است. از آن طرف با توجه به هزینه تامین و تهیه پایینتر و مدت زمان نگهداری، امکان انبارش گروت پایه سیمانی وجود دارد. بنابراین نحوه انبار داری و کنترل عدم آلودگی و رطوبت گروت های پایه سیمانی در هنگام اجرا موضوع مهمی است. قابلیت اطمینان از خرابی کمتر تجهیزات صنعتی برای دوره بهره برداری طولانی ارزش هزینه اضافی و استفاده از گروت های اپوکسی را دارد.

• ز- میرایی یا دمپ نیرو

اصطلاح میرایی به ظرفیت جذب انرژی در بارهای چرخشی مانند لرزش و کوبش یا رزونانس اشاره دارد. گروت های اپوکسی ویژگی عالی میرایی نیروهای دینامیکی را نسبت به گروت سیمانی دارا هستند.

• ح- مدول الاستیسیته

ح-۱- مدول الاستیسیته برای ترکیبات اپوکسی از ۸ تا ۱۰ هزار کیلوگرم بر سانتیمتر مربع قابل تغییر است. مزیت این محصول امکان تهیه گروت نهایی با درجه ی خاصی از مدول الاستیسیته است.

ح-۲- گروت سیمانی دارای مدول الاستیسیته ای معادل ۲۸۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است، البته در حالت های روان به نسبت حالت خمیری (تغییر میزان آب به پودر سیمانی گروت) این مقدار متفاوت است.

• ط- محدوده محدودیت دما

ط-۱- هنگامی که دمای صفحه و فونداسیون به هر دلیلی نزدیک به هم نیستند و نیز در دمای اجرای بالای ۲۰ درجه سانتیگراد باید تمهیدات مناسبی برای اجرا در زمینه حجم ترکیب مواد و نحوه اجرا در نظر گرفت. برای دماهای بهره برداری بیش از ۸۰ درجه توصیه نمی شود، هرچند در برخی ترکیبات اپوکسی تا دمای ۱۲۰ درجه کاری امکان اجرا وجود دارد اما کلاً در دمای بالا اپوکسی مستعد تردی و شکنندگی و ترک است.

ط-۲- بر خلاف اپوکسی ها گروت های پایه سیمانی در بازه ۵ تا ۴۰ درجه بدون محدودیت یا استفاده از تمهید خاصی مانند بتن

قابل اجرا هستند. دمای بهره برداری هم می تواند تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد (قریب به ۴۰۰ درجه فارنهایت) باشد. همچنین دمای تغییر فاز سیمان هیدراته در گروت پایه سیمانی مانند بتن، ۳۵۰ درجه سیلیسیوس است.

• ی- محدودیت های ضخامت

ی-۱- اگر امکان ترکیب و ابزار آلات لازم وجود داشته باشد می توان گروت اپوکسی را در ابعاد ۲۵۰ × ۲۵۰ × ۵۰ سانتیمتر - یعنی به عنوان یک فونداسیون کامل جایگزین- در تعمیرات و ترمیمات بتن اجرا کرد.

ی-۲- در مورد گروت های پایه سیمانی وضع کمی متفاوت است. تا مرز عدم ترک پذیری به مشابه بتن میتوان پیش رفت . بطور کلی اجرای گروت پایه سیمانی به تنهایی در یک لایه تا حداکثر ۱۲ سانتیمتر مجاز است اما اگر به صورت کاشت بولت ، انکر و یا میلگرد باشد، به آن جهت که خود قطعه فلزی به عنوان هادی حرارت ناشی از هیدراتاسیون یا یک heat sinks عمل می کند ضخامت پر کردن حفره با گروت سیمانی را می توان تا ۳۵ سانتیمتر در نظر گرفت.

• ک- حمل و انبارش

ک-۱- محصولات اپوکسی تحت تأثیر دمای محیط یا زیر صفر کارایی خود را از دست نمی دهد. اما بهتر است پیش از اجرا و ترکیب از روانی مناسب رزین و هاردنر اطمینان حاصل گردد. در صورت نیاز به روانی می توان ظرف در بسته را درون یک مخزن کوچک آب گرم - تا ۸۰ درجه سانتیگراد- برای چند دقیقه ای غوطه ور کرد.

ک-۲- گروت های پایه سیمانی هم، در حالت پودر، از تغییرات دمایی متاثر نمی شوند اما به دلیل استفاده از آب در فرآیند ترکیب و عمل آوری همانطور که پیشتر گفته شد، دمای اجرا مشابه اجرای بتن و بین ۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد.

• ل- کیورینگ و عمل آوری

ل-۱- گروت های اپوکسی به غیر از تمهیدات استفاده از پوشش محافظ برای دماهای بالای ۲۰ درجه یا سایبان به هیچ کیورینگ احتیاج ندارند.

ل-۲- کیورینگ گروت پایه سیمانی با استفاده از پاشش آب در ۵ ساعت اول اجرا و یا استفاده از ماده عمل آوری و **کیورینگ بتن** صورت می پذیرد.



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

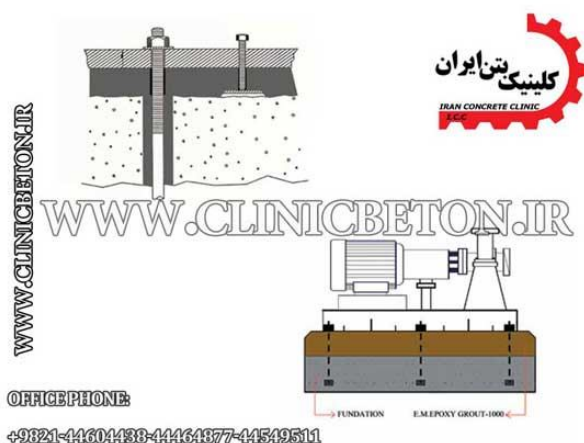
انواع ویژگی ها و تفاوت های گروت های اپوکسی و سیمانی

تفاوت گروت های سیمانی و گروت های اپوکسی

تفاوت گروت های سیمانی و گروت های اپوکسی در ساختار آنها می باشد. همانطور که در توضیحات بالا بیان شد، گروت سیمانی نوعی از گروت ها بوده که باید به آنها سیمان اضافه شود. همچنین گروت سیمانی از مقاومت بالاتری برخوردار بوده و همین امر موجب شده تا محبوبیت بیشتری داشته باشد.

گروت های سیمانی طرز تهیه راحت تر داشته اما گروت های اپوکسی را با مخلوط کردن سه ماده باهم درست شده و در هنگام طرز تهیه با سختی های بیشتری روبه رو خواهید شد. از تفاوت های گروت اپوکسی و سیمانی می توان به هر یک از موارد زیر اشاره کرد:

- گروت های اپوکسی از گروت های سیمانی سریع تر خشک خواهند شد.
- گروت های اپوکسی در مقایسه با گروت سیمانی از قدرت بیشتری برخوردار است و همین امر موجب شده تا از گروت اپوکسی در سازه های سفت و مقاوم تر استفاده شود.



ویژگی و تفاوت گروت پایه سیمانی و گروت پایه اپوکسی

دیگر تفاوت های گروت پایه اپوکسی با گروت پایه سیمانی

- زمان کارپذیری و روانی اولیه: تقریباً مشابه می باشند.
- مقاومت فشاری، خمشی و کششی: گروت های اپوکسی دارای مقاومت فشاری، خمشی و کششی بسیار بالاتری در همه سنین نسبت به گروت های سیمانی می باشند.
- مقاومت چسبندگی به سطوح: گروت های اپوکسی دارای مقاومت چسبندگی بسیار بالاتری نسبت به گروت سیمانی می باشند و به همین دلیل می تواند نیروهای برشی را تحمل کند و در صفحه ستون ها نیروهای جانبی ناشی از باد، زلزله و ... را از صفحه به پی منتقل کند. ضعف اصلی گروت سیمانی نسبت به گروت اپوکسی در همین مشخصه می باشد. مقاومت چسبندگی گروت اپوکسی به بتن بیشتر از ۵/۲ مگاپاسکال که برابر است با مقاومت چسبندگی اجزای بتن به هم (مقاومت کششی بتن) می باشد.
- پایداری در برابر بارهای دینامیکی: با توجه به مقاومت خمشی و برشی بالای گروت اپوکسی، این نوع گروت پایداری بسیار بالایی در برابر این نوع بارها دارد و برای این شرایط گروت سیمانی توصیه نمی گردد.
- مقاومت شیمیایی: مقاومت شیمیایی گروت اپوکسی در برابر مواد نفتی، آب دریا، روغن، آمونیاک، اسید و ... به مراتب بالاتر از گروت سیمانی می باشد.
- روش اجرا: در گروت پایه سیمانی MTOFLOW2500 یا تیپ G2 معمولاً سه جهت از بیس پلیت را می بندیم و دوغاب را به زیر بیس پلیت هدایت می کنیم در گروت اپوکسی MTOFLOW650 یا تیپ G3 باید در مورد مدیریت صحیحی بکار برد چون بعد از اختلاط ۳ جزء ۲۵ دقیقه به ما مهلت می دهد تا آن را مصرف کنیم، جهت اطلاع بیشتر با بخش فنی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

- قیمت: قیمت گروت‌های اپوکسی به مراتب بیشتر از گروت‌های سیمانی می‌باشد، جهت دریافت قیمت این محصولات با قسمت بازرگانی کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.

امتیازات گروت اپوکسی در مقایسه با گروت پایه سیمانی

- گروت اپوکسی اتصال و چسبندگی بهتری بین بتن فونداسیون و فلنچ یا صفحه فولادی ایجاد می‌کند.
 - مقاومت کششی گروت اپوکسی به نسبت گروت سیمانی بیشتر است.
 - گروت اپوکسی بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از قرارگیری مقاومت فشاری مطلوبی برای بارگذاری ایجاد می‌کند.
 - هنگامی که به درستی مخلوط و اعمال شود، گروت اپوکسی تا بیش از ۹۰ درصد با سطح صفحه فولادی درگیر می‌شود.
 - گروت اپوکسی از مقاومت شیمیایی و روغنی بالایی برخوردار است، که بسیار بیشتر از بتن و گروت پایه سیمانی است.
 - تحمل بار دینامیکی و استاتیکی گروت اپوکسی بالاتر از گروت پایه سیمانی است.
 - گروت اپوکسی تجهیزات و پد استال بتنی را یکپارچه کرده و به لختی سازه زیر فشار بار دائم کمک می‌کند.
- چون به طور کلی فرآیند اجرای گروت پایه سیمانی نزدیک به بتن است، سهل گیری زیادی از طرف مجری، کارفرما و دستگاه نظارت اعمال می‌شود، طرح اختلاط به درستی چک نمی‌شود و یک کارگر به راحتی در صورت مشاهده ی عدم روانی به هر میزان آب اضافه می‌کند، پودر های دارای رطوبت یا مصالح بسیار درشت از چرخه ی اجرا بیرون نمی‌روند و دمای بالا تر از استاندارد در شرایط اجرا با توجه به نیاز به سرعت در اجرای پروژه در نظر گرفته نمی‌شود.

نتیجه گیری

استفاده از گروت ها، خواه گروت پایه سیمانی و یا گروت ۲ جزئی اپوکسی بر اساس نیازمندی هر پروژه عمرانی - صنعتی خواهد بود. در سازه های صنعتی و در هنگام نصب تجهیزات بر اساس ویژگی های گروت اپوکسی در ایجاد شرایط پایدار بهره برداری و کوتاه شدن دوره های تعمیرات و نگهداری، بهتر است انتخاب اول کارفرمایان گروت اپوکسی باشد. البته با توجه به توسعه ساخت ساز و وفور سایت های کوچکتر عمرانی و در بخش هایی که ضرورت مقاومت شیمیایی و دمپ بارهای دینامیکی در اولویت نباشد، به حکم اصل کنترل هزینه می توان از گروت های پایه سیمانی استفاده کرد. در صنعت ذوب فلزات و در خصوص تجهیزات نزدیک به کوره و انتقال حرارت های تابشی یا همرفت گروت های پایه سیمانی اصلاح شده با پودر آلومینات یا سیمان نسوز می توانند کارآمد باشند.

ترک ساختمان

یکی از مشکلات موجود در ساختمان سازی، ترک خوردگی است. ترک های ساختمان بسته به عرض و عمق ترک، به دو دسته سازه ای و غیر سازه ای تقسیم می شود. ترک های کم عمق و با عرض کم، که خطرات تخریب زیادی به دنبال ندارد ترک های غیر سازه ای نامیده می شود. ترک هایی با عمق ۱،۵ تا ۲ سانتیمتر و عرض ۱،۵ تا ۲ میلیمتر ترک های سازه ای نامیده می شوند که امکان تخریب سازه را به دنبال دارند.

ترک های ساختمان در سه جهت عمودی و افقی و مورب ایجاد می شوند که هر یک دلایلی دارد. ترک های افقی به دلیل مشکلات اجرایی در ساخت دیوار ها روی می دهند. نشست پی و اجرای نادرست هشتگیر و عدم وجود شناژ یا فاصله نامناسب بین شناژها می تواند موجب ایجاد ترک های عمودی شود. ترک های مورب که با زاویه ۴۵ درجه رخ می دهند به دلیل نشت دیوار بوده که بسیار خطرناک می باشد.

نشست مداوم پی باعث به وجود آمدن ترک های عمیق می شود. پس از نشست پی و پایان تحکیم سازه ترک های ثابت به وجود می آیند. ترک های مویی نیز بسته به نوع مصالح، نفوذ آب، تغییرات دمایی بتن (انقباض و انبساط) و افت های کوچک اسکلت بنا پدید می آیند.



ترک بتن

ترک بتن می تواند در بازه های زمانی مختلف (بلافاصله پس از بتن ریزی، ۴ تا ۴۸ ساعت پس از بتن ریزی و یا ۷ روز پس از بتن ریزی) رخ دهد. علت ترک خوردگی می تواند مشکلات و شرایط اجرایی سازه باشد. تنوع رفتار فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بین بتن و محیط موجب ایجاد ترک می شود. ترک ها موجب افزایش نفوذ مواد خورنده و سولفاتی می شود. از آنجایی که ترک ها می توانند موجب خوردگی آما تور ها شوند، پیشگیری از انتشار ترک، از اهمیت زیادی برخوردار است.

عوامل ایجاد ترک در بتن

ترک ها می توانند ناشی از بارهای خارجی، جابجایی و یا عوامل داخلی بتن باشند.

ترک های تحت تاثیر بارهای خارجی

انواع ترک بتن

از انواع ترک خوردگی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ترک هایی که عمود بر محور طراحی ایجاد می شوند و تا نزدیکی تار خنثی می روند، ترک خمشی نامیده می شوند. این ترک ها در سلامت سازه تاثیر گذار است و باید بررسی شود.
- ترک های موجود در ناحیه ای که برش خالص وجود دارد، ایجاد می شوند و در وسط با زاویه ۴۵ درجه ایجاد می شوند ترک برشی نامیده می شوند. این ترک به سمت بالا و پایین انتشار پیدا می کند.
- در برخی موارد لغزش میلگرد ها موجب پیدایش ترک ها می شوند.
- ترک های ایجاد شده به دلیل آرماتور بندی و کیفیت نامناسب بتن ایاد می شود ترک کششی نامیده می شود.
- در کل ضخامت، ترک های ناشی از کشش مستقیم نامیده می شوند.
- ترک های مارپیچ که به دلیل مقاومت پیچشی پایین ایجاد می شود ترک پیچشی نامیده می شود.
- گاهی مشکلات اجرایی و عدم مهارت و مشکلات قالب بندی ترک هایی در طول تیر ایجاد می شود.
- و....

دلایل ترک خوردگی سطحی بتن

از دلایل ترک خوردگی سطحی بتن می توان به ترک های خمیری، ترک های جمع شدگی، ترک های انقباضی، ترک های جمع شدگی ناشی از کریناتاسیون و ترک های حرارتی اشاره کرد. هر یک از این ترک خوردگی ها در بازه خاصی از بتن ریزی رخ می دهند که به تفصیل به آنها می پردازیم.



- گاهی ترک خوردگی بلافاصله پس از بتن ریزی رخ می دهد. این ترک خوردگی که در زمان خمیری بودن بتن رخ می دهد می توان به دلایل جمع شدگی خمیر و نشست خمیر رخ دهد.
- ترک خوردگی هایی در مرحله گیرش بتن ظاهر می شود. این ترک ها در ۴ تا ۴۸ ساعت پس از بتن ریزی رخ می دهد. ترک های این مرحله می تواند به دلایل محدودیت تغییر شکل های حرارتی کوتاه مدت، انبساط ناشی از خشک شدن زود هنگام بتن، نشست های غیر متوازن و وزش باد رخ دهد.
- ترک هایی که در مرحله سخت شدن بتن رخ می دهد می تواند به دلایل اجرای نامناسب، بارگذاری بیش از ظرفیت، حمله سولفاتی و جمع شدگی های ناشی از خشک شدن دراز مدت باشد.
- آزمایش PULL OFF یا بیرون کشیدگی، یک تست بتن کارگاهی برای ارزیابی مقدار نیروی کششی مورد نیاز برای کشیدن دیسک چسبیده به سطح بتن با رزین اپوکسی یا پلی استر می باشد و در مقاوم سازی ساختمان کاربرد زیادی دارد.



- پر کاربرد ترین تست pull off (پول آف) تست چسب ۰۰۷ می باشد. در این تست دیسک بوسیله چسب با مقاومت بالابه بتن می چسبد و سپس توسط اهرم کشیده می شود.
- انجام آزمونهای کششی Pull-off پول آف در کارگاه شامل مواد، تجهیزات و عملیات خطرناکی می باشد و بهتر است که کاربر قبل از اقدام ، موارد ایمنی مناسب را رعایت نماید.
- تست PULL OFF تست PULL OFF
- مرور کلی روش آزمون:
- برای اجرای آزمون Pull-Off یا بیرون کشیدگی:
- محل و سطح مورد تست pull off را آماده نمایید.
- از یک مته کرگیری برای سوراخ کردن سطح بتن آماده شده یا مواد تعمیراتی موجود در بتن سیستم ترکیبی استفاده کنید.
- با استفاده از چسب با مقاومت بالا یک دیسک صلب را به روی حفره ایجاد شده متصل کنید.
- توسط دستگاه تست pull off ، از طریق دیسک صلب یک بار کششی عمود بر هسته اعمال نمایید.
- استحکام اتصال کششی، به عنوان بار شکست تقسیم بر مساحت سطح مقطع هسته گزارش و نوع حالت شکست نیز شناسایی می شود.
- تجهیزات و مواد مورد نیاز برای تست: PULL OFF
- ماشین کر گیری یا دریل:
- ماشین کرگیری این قابلیت را دارد که بصورت عمود بر سطح مورد تست pull off و بدون فشار آوردن به هسته مورد حفاری کار کند. مته حفاری باید آلیاژ الماسه باشد.
- دیسک صلب:
- قطر دیسک باید حداقل ۵۰ میلیمتر و با ضخامت مناسب جهت توزیع نیروی وارده بدون تاب خوردگی باشد.
- برای دیسک فولادی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت باید ۲۰ میلیمتر و دیسک با قطر ۷۵ میلیمتر باید دارای ضخامت ۳۰۰ میلیمتری باشد.

- برای دیسک آلومینیمی با قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل ضخامت لازم ۲۵ میلیمتر و صفحه به قطر ۷۵ میلیمتر باید ۳۸ میلیمتر ضخامت داشته باشد.
- قطر سوراخ حفاری شده باید با قطر دیسک متناسب باشد.
- چسب:
- مقاومت کششی اتصال بین دیسک و سطح مورد تست pull off باید بالاتر از مقاومت بتن یا مواد تعمیراتی باشد،
- لذا برای چسباندن دیسک سخت به مغزه حفاری شده، از چسب خمیری یا ژل مخصوص استفاده می گردد.
- دستگاه تست: Pull-Off
- حداقل ظرفیت دستگاه باید حداقل دو برابر بارگذاری مجاز باشد. بعنوان مثال برای یک مغزه با قطر ۵۰ میلی متر، دستگاه مورد نیاز باید دارای ظرفیت حداقل ۱۵۰۰ پوند یا ۷۵۰۰ نیوتن باشد که مطابق سفارش تولید کننده کالیبره شود.
- تجهیزات دیگر: دماسنج و کولیس
- انتخاب محل آزمون:
- محل باید سالم و عاری از لایه لایه شدگی (جدایش لایه ای) و فاقد اقلام تعبیه شده ای مثل شیر آلات و لوله و کابل و... باشد.
- آماده سازی سطح:
- سطح باید تمیز و عاری از آلودگی بوده و فاقد بتن تخریب شده و یا سست باشد.
- آماده سازی سطح باید مطابق الزامات پروژه و توصیه های کارخانه سازنده دستگاه صورت گیرد.
- برای تست pull off سطوح نامنظم، باید سطحی که اجازه می دهد.
- تا دستگاه تست pull off استقرار یکنواخت و محکم و با جهت گیری مناسب به نمونه آزمون داشته باشد ایجاد گردد.
- برخی شرکتهای سازنده، ساب زنی و تسطیح محل آزمون را توصیه کرده اند.
- آماده سازی نمونه آزمون:
- مغزه گیری: برای سطح بتن موجود یک استوانه قائم به عمق حداقل ۲۵ میلیمتر یا نصف قطر مغزه ایجاد کنید (هرکدام بزرگتر است). برای مغزه به قطر ۵۰ میلیمتر، حداقل عمق باید ۲۵ میلیمتر و برای قطر مغزه ۷۵ میلیمتر حداقل عمق حفاری باید ۳۸ میلیمتر باشد. برای بتن ترمیم شده کامپوزیتی نیز به همین شیوه عمل می شود. سپس تمام ضایعات ناشی از حفاری همچون گرد و غبار و آب را تمیز نموده و اجازه می دهیم تا کاملاً خشک شود.
- دیسک را روی مغزه حفاری شده توسط چسب مناسب بچسبانید. سطح باید کاملاً تمیز و دیسک در وسط قاعده مغزه قرار گیرد.
- چسب مورد استفاده را مطابق دستورالعمل سازنده عمل آوری کنید. چسب مورد استفاده نباید به داخل شیارهای اطراف مغزه بلغزد. در صورت چنین آمدمی نمونه را رها کرده و حفاری دیگری را انجام دهید. در دمای زیر ۲۰ درجه سلسیوس، برای تسریع در گیرش و عمل آوری چسب، میتوانید به آرامی دیسک را تا حداکثر ۵۰ درجه سلسیوس گرم کنید. برای اینکار هرگز از شعله مستقیم استفاده نکنید، ششوار گزینه مناسب تری است. نمونه مورد نظر باید مطابق تصویر زیر آماده شده باشد.
- بارگذاری و تست pull off
- پس از آماده سازی، دستگاه آزمون Pull-Off را روی دیسک نصب نمایید. برای ایجاد یک بار کششی عمودی و بدون خروج از محوریت، قالب عکس العمل یا همان تکیه گاه دستگاه باید بصورت یکنواخت بر روی سطح قرار گیرد. پس از تعبیه، سیستم را با رنج حدود ۰.۰۴ مگاپاسکال در ثانیه مورد بارگذاری کششی قرار دهید. پس از بارگذاری، شکل جدایش صورت گرفته و عدد نیرو اطلاعات مورد نظر این تست خواهند بود.

- راهکار:
- اگر پیوند اتصال مناسب باشد باید گسیختگی در بستر بتنی صورت گیرد که در نتیجه آن حد پایین مقاومت چسبندگی بدست می آید.
- اگر ظرفیت اتصال ضعیف بوده و منجر به گسیختگی از نوع دیگری شود، این آزمایش میتواند بینشی کلی نسبت به رفتار اتصال و مکانیزم شکست بدست دهد. طبقه بندی نوع شکست به ارزیابی کیفی اتصال و شناسایی ماهیت تخریب کمک می نماید. در این آزمایش چون این الیاف به دو صورت چسبندگی لمینیت های FRP و الیاف اشباع شده FRP در ترمیم بتن مورد استفاده قرار می گیرد.
- بهترین راهکار برای مقاوم سازی افزایش مقاومت کششی و چسبندگی الیاف اشباع در بتن ، تزریق رزین هایی با کیفیت بالا به بتن مورد آزمایش می باشد و در حالت لمینیت مناسب ترین روش استفاده از الیاف کارآمد و مناسب شرایط سازه ای و اجرایی می باشد.
- نتیجه: جهت انجام این آزمایش باید برای هر لایه اف آرپی ۶ روز زمان بگذارند تا کیورینگ و عملیات رزین ها به خوبی انجام پذیرفته باشد، می توانید جهت سوالات بیشتر با واحد فنی کلینیک بتن ایران (مهندسین مشاور مهرآزان پایدار) تماس حاصل فرمایید.



پوشش ضد حریق پایه معدنی با چگالی کم (Low Density Fireproof Coating) ملاتی برای حفاظت از فولاد و بتن در برابر آتش سوزی و حریق می باشد. پوشش ضد حریق می تواند برای محیط های داخلی و خارجی سطوح فولادی و بتنی به کار رود و به این ترتیب مانع رسیدن حرارت ناشی از آتش سوزی به سطح ماده اصلی شود. حرارت آتش سوزی در صورت رسیدن به سازه ی فولادی یا بتنی، منجر به کاهش مقاومت سازه و در نتیجه گسیختن آن از هم می شود. ساختمان هایی که بر اثر آتش سوزی فرو می ریزند، اگر از مواد ضد حریق استفاده می کردند، احتمالاً این اتفاق برایشان نمی افتاد. پایه آبی بودن این پوشش در محیط هایی که محدودیت هایی دارند مانند بیمارستان ها، می تواند فواید زیادی داشته باشد. بعد از اجرا، پوشش ضد حریق منبسط می شود و ضخامت آن کمی افزایش می یابد تا آتش سوزی کمترین اثر را بر روی سطح زیر آن داشته باشد. ضمناً با توجه به پایه آبی بودن پوشش ضد حریق، در هنگام حریق این ملات از خود گاز خطرناک متصاعد نمی کند و باعث خفگی نمی شود. این **عایق های ضد حریق** را می توان علاوه بر بتن و فولاد در سطوح چوبی نیز به کار برد. مواد اصلی سازنده و شش ضد حریق با چگالی کم شامل ماسه منبسط شونده ی سبک، پرلیت، ورمیکولیت و گچ می باشد. استفاده از گچ در این محصول باعث می شود تا هزینه های صرف شده برای آن نسبت به بقیه محصولات کم تر شود. ضمناً محصولات پایه گچی وزن بسیار کمتری را به سازه وارد می کنند و در نتیجه بار مرده ی

کمتری بر ساختمان اعمال می‌کنند. پوشش ضد حریق چگالی کم، مقاومت فشاری بسیار بالایی دارد. عملکرد آن در مواقع حوادث و حریق فوق العاده است. این ملات را می‌توان در هر نقطه‌ای از سازه که خواستیم استفاده کرد. همچنین این ملات بیشتر از ۱۰ سال عمر دارد و در طول زمان حتی ذره‌ای از کیفیت آن کاسته نمی‌شود. همچنین ضخامت این ملات نسبت به دیگر محصولات سیمانی بسیار کمتر است.

از پوشش ضد حریق چگالی کم در ساختمان‌های مسکونی، مراکز آموزشی، مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، نیروگاه‌های برق، مراکز صنعتی و کارخانه‌ها، انبارها، سالن‌های سینما و مراکزهای تفریحی و فرهنگی، ایستگاه‌های پمپ بنزین و به طور کلی در کلیه مکان‌هایی که احتمال آتش سوزی و ایجاد حریق در آن‌ها وجود دارد، می‌توان (و باید) استفاده کرد.



رنگ پوشش ضد حریق خاکستری است. چگالی این ملات بین ۰/۶ تا ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب است. ضریب انتقال حرارت آن ۰/۱ وات بر متر بر درجه سانتی گراد است. میزان مقاومت فشاری آن ۰/۱ مگاپاسکال است و به ازای ضخامت ۱ سانتی متر در سطحی به اندازه‌ی ۱ متر مربع بایستی ۶ کیلوگرم از آن را مصرف کرد. سطحی که قرار است پوشش ضد حریق بر روی آن اجرا شود، بایستی خشک و عاری از هر گونه روغن و چربی باشد. هم چنین روی سطح نباید هیچ گونه گرد و غباری وجود داشته باشد. در صورتی که کیفیت سطح زیر کار مناسب نباشد، باید قبل از اجرا آن را مش بندی کرد. طراحی و اجرای پوشش ضد حریق حتماً باید توسط یک تیم متخصص و مجرب انجام بگیرد.

نسبت آب به سیمان چه ارتباطی با مقاومت بتن دارد؟

نسبت آب به سیمان

نسبت آب به سیمان، وزن آب موجود در یک ترکیب تقسیم بر وزن مواد سیمانی است. وزن کل آب شامل تمام آب مخلوط بتن و آب سطح مصالح است. مواد سیمانی شامل سیمان پرتلند، سیمان مخلوط و مواد افزودنی سیمانی مانند خاکستر بادی، سیلیکا فوم و سرباره می‌باشد. به این دلیل، نسبت آب به سیمان ممکن است به عنوان نسبت آب به مصالح سیمانی (W/C) نامیده شود.

مقاومت بتن

نسبت آب به سیمان یکی از بزرگترین عواملی است که بر مقاومت بتن خوب متراکم شده بستگی دارد. مقاومت بتن عمل آوری شده به دو عامل اصلی بستگی دارد:

1-نسبت آب به سیمان

2-درجه تراکم

حفره های هوا در بتن به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. افزایش حفره های هوا با افزایش وزن آب رابطه مستقیم دارد. زمانی که چنین وضعیتی اتفاق می افتد، مقاومت بتن پایین می آید. بتن سخت شده حدود ۱٪ حفره هوا دارد. در بتن سخت شده، مقاومت با نسبت آب به سیمان رابطه عکس دارد.

دامنه اعتبار نسبت آب به سیمان بسیار محدود است. هنگامی که نسبت آب به سیمان کم باشد، مقاومت فشاری حداکثر میزان را دارد. آغاز منحنی بستگی به ابزار متراکم کننده دارد. اگر سنگدانه هایی با اندازه بزرگ، نسبت آب به سیمان کم و مقادیر زیاد سیمان استفاده شود؛ مقاومت بتن کاهش می یابد. اگر نسبت آب به سیمان در مخلوط تازه کمتر از بتن سخت شده باشد، نسبت آب به سیمان نمیتواند مقاومت بالتری در بتن به همراه داشته باشد. این شرایط به علت افزایش تنشهای کششی ناشی از انقباض و خزش اتفاق می افتد. این امر منجر به ترک خوردگی سیمان و یا از دست رفتن چسبندگی (که بین سیمان و سنگدانه وجود دارد) میشود چرا که سنگدانه سعی میکند تنشهای کششی را مهار کند. اجازه دهید تا دو حالت را در نظر بگیریم:

حالت ۱: هنگامی که نسبت آب به سیمان بالا است.

اگر نسبت W/C بالا باشد، مقدار زیادی آب به ازای هر واحد وزن سیمان در مخلوط بتن وجود دارد؛ بنابراین اگر یک حجم ثابت از بتن به صورت یک مکعب بتن ریزی شود، تعداد زیادی حفره آب در مکعب بتنی وجود خواهد داشت؛ بنابراین هنگامی که واکنش هیدراتاسیون در سطح ذرات سیمان شروع میشود، فرآورده های ژل مانند هیدراتاسیون در آب به دور از سطح ذرات سیمان رسوب میکنند. دو دلیل وجود دارد که چرا مقاومت بتن در این مورد کم است:

1- از آنجایی که یک فضای بزرگی برای فرآورده های خارجی هیدراتاسیون وجود دارد، فرآورده های خارجی هیدراتاسیون ابعاد بزرگی دارند. از قانون اثر اندازه میدانیم که ذرات بزرگتر مقاومت پایینتری در مقایسه با ذرات با اندازه کوچکتر دارند.

2- اهمیتی ندارد که چقدر نرخ مصرف آب در واکنش زیاد است، با توجه به مقدار زیاد آب موجود در مخلوط، مقداری آب همچنان زمانی که بتن به سخت شدگی رسید و آماده استفاده شد باقی می ماند. این آب محبوس شده به تدریج تبخیر میشود و فضاهای خالی را در بلوک بتنی برجای می گذارد. حضور این حفره ها منجر به کاهش زیاد مقاومت میشود.

حالت ۲: هنگامی که نسبت آب به سیمان کم است.

در این حالت، زمانی که بتن به داخل قالب ریخته میشود، مقدار بسیار کمی آب در بلوک قالب باقی می ماند و بنابراین حفرات کمتری خواهیم داشت. هنگامی که واکنش هیدراتاسیون انجام می گیرد، ژلهای تشکیل شده فضای کافی برای انتقال و رسوب در حفرات را ندارد؛ بنابراین آنها در سطح ذرات سیمان رسوب خواهند کرد. فرآورده های اینچنینی هیدراتاسیون به عنوان فرآورده های داخلی هیدراتاسیون نامیده میشوند. فضای در دسترس برای رشد کریستالها محدود است، به طوری که آنها در مقایسه با فرآورده های خارجی هیدراتاسیون با اندازه بسیار کوچکتری باقی می مانند.

زمانی که نسبت W/C کم باشد، به دلایل زیر مقاومت بتن بیشتر خواهد بود:

1- همانطور که در قانون تأثیر اندازه گفته شد، ژلهای تشکیل شده با اندازه کوچکتر در این مورد مقاومت بسیار بیشتری در مقایسه با زمانی که نسبت W/C بالا است، دارند.

2- از آنجایی که آب موجود برای هیدراتاسیون بسیار کمتر است، تقریباً همه آن در طول واکنش استفاده میشود؛ بنابراین آبی برای تبخیر شدن باقی نمی ماند و از این رو کاهش مقاومت به علت تشکیل حفرات نیز هنگامی که نسبت W/C کم است، بسیار پایینتر خواهد بود.

بتن های مسلح به الیاف فولادی

تحقیقات انجام شده توسط رومالدی و بتون، و رومالدی و مندل در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ نشانگر اولین گام های عمده به سوی توسعه تکنولوژی ساخت بتن های مسلح به الیاف فولادی (SFRC) بود. هر چند که از ابتدای قرن بیستم مجوز رسمی برای انواع مختلف بتن های مسلح فولاد، صادر گردید، اما توسعه فناوری SFRC تا اواخر دهه ۱۹۵۰ پیشرفت چندانی نکرد.

از آن زمان الیاف فولادی برای مصرف در بتن تا حدودی بهینه سازی شدند. علاوه بر آن تکنولوژی های اختلاط، بتن ریزی، سخت کردن و پرداخت این نوع بتن ها بهبود پیدا کرد.

الیاف فولادی

اولین الیاف فولادی مورد استفاده در بتن، گرد و صاف بودند. این الیاف با بریدن یا خرد کردن سیم ساخته می شدند. این کار در مواردی به این دلیل انجام می شد که بتوان از مواد زاید، بار دیگر در صنعت فولاد استفاده به عمل آورد. در سال های اخیر استفاد از الیاف صاف مستقیم تا حدود زیادی منسوخ شده است. بیشتر الیافی که هم اکنون مورد استفاده قرار می گیرند، دارای سطوح زبر با دو انتهای قلاب شده می باشند و یا در طول خود، به صورت موج دار در آمده اند. این مشخصه ها باعث می شود که قابلیت مقاومت در برابر بیرون کشیدگی الیاف از درون ماتریس های با پایه سیمانی بهبود یابد.



بیشتر الیاف فولادی تجاری موجود، از سیم های فولادی کشیده شده، تولید شده اند. با این حال همان طور که معدودی از تولید کنندگان الیاف نشان داده اند، می توان الیاف فولادی را از صفحه های فولادی (به روش بریدن صفحه به قطعات باریک) و با فرایند استخراج در حالت مذاب نیز تولید نمود. الیاف بریده شده از صفحات فولادی دقیقاً به همان طریقی که از نام آنها بر می آید، تولید می شوند؛ الیاف فولادی دقیقاً برش هایی از صفحات فولادی هستند. روش استخراج در حالت مذاب یک فرایند نسبتاً پیچیده در تولید الیاف فولادی می باشد. در این فرایند یک چرخ گردنده برای بالا بردن فلز مایع از سطح فلز مذاب توسط عمل میپینگ به کار می رود. سپس فلز مذاب به سرعت به صورت الیاف، منجمد شد و در نهایت توسط نیروی گریز از مرکز از چرخ بیرون می آید. الیاف به دست آمده دارای مقطع عرضی نیم دایره می باشند.

به طور معمول الیاف فولادی دارای قطرهای معادلی (بر مبنای مساحت مقطع عرضی) در بازه $0.10/0$ تا $0.40/0$ in تا $02/1$ mm می باشند. نسبت ظاهری که به صورت طول الیاف تقسیم بر قطر آنها تعریف می شود، عموماً از ۳۰ تا ۱۰۰ تغییر می کند. طول الیاف نیز بین $0.5/$ تا $3/13$ in تا $76/76$ mm می باشد. استفاده از الیاف فلزی کوتاه باعث تسهیل در عمل اختلاط و توزیع یکنواخت در بتن تازه مخلوط شده می گردد. بعضی تولید کنندگان، الیاف خود را به وسیله چسب در آب به صورت دسته های الیاف ساماندهی می کنند تا از این طریق، عملیات جابجایی و اختلاط آسان گردد.

معمولاً الیاف فولاد کربنی، در SFRC های با پایه سیمان پرتلند به کار می روند با این حال بعضی الیاف که در آنها از آلیاژهای ضد خوردگی استفاده شده موجود می باشند. استفاده از این انواع به لحاظ هزینه و شرایط هوا دیدگی، اجباری شده است. الیاف فولادی ضد زنگ در بیشتر مواردی که درجه حرارت بالاست، کاربرد دارد. مقاومت تسلیم الیاف فولادی تجاری موجود، از ۵۰۰۰ تا $1725-345$ (Mpa) 250000 (psi) تغییر می کند.

طراحی دال بتنی

دالهای بتنی روی زمین اغلب به صورت بتن ساده طراحی می شوند و در صورتی که آرماتور گذاری شوند، میزان آرماتوری که بکار می رود، مانند کارکرد درزها، به منظور کنترل ترک و ممانعت از باز شدن ترکها یا پلکانی شدن دال در مجاورت درز می باشد. هدف از استفاده از دال بتنی ساده روی زمین انتقال بارها از منبع اصلی به بستر روسازی با حداقل خسارت می باشد. روش های طراحی بیان شده مقاومت بتن دال را با فرض اینکه ترک نخورده و بدون آرماتور می باشد در نظر گرفته است. طراحی دال متکی بر زمین براساس آیین نامه ACI360 برای کف هایی قابل استفاده است که به عنوان محل انبار سبک و سنگین صنعتی، کف مسکونی و تجاری و نظایر آن بکار برده شود و شامل بارهای استاتیکی و دینامیکی است که ممکن است توسط ماشین های حمل و جابجایی بار به دال بتنی کف وارد می شود. تنشهای بوجود آمده در دال متکی بر زمین ناشی از بارهای وارد بر آن و همچنین تغییرات حجمی بتن می باشد. اندازه این تنشها بستگی به پارامترهایی مانند درجه یکسره گی، مقاومت خاک بستر و یکنواختی، روش اجرا، کیفیت ساخت و مقدار و موقعیت بارها دارد. در اغلب حالات، اثرات این پارامترها را فقط می توان با در نظر گرفتن فرضیات ساده ای مرتبط با خصوصیات مصالح و اندرکنش خاک - سازه ارزیابی نمود. دال بتنی در اثر حرارت، انقباض و رطوبت ممکن است انحنای پیدا کند. اثرات حرارتی بر دال در حالتی که دال در داخل ساختمان قرار داشته باشد و محصور باشد معمولاً در نظر گرفته نمی شود. در ادامه بطور خلاصه به تئوری پیشنهادی برای طراحی دالهای بتنی روی زمین اشاره می گردد. روش طراحی کلاسیک عمدتاً بر پایه تئوری های بکار رفته برای روسازی بزرگراه ها و فرودگاه ها می باشد. وسترگارد برای اولین بار تئوری رفتار سازه ای روسازی صلب را در دهه ۱۹۲۰ بنا نهاد. بر این اساس دال به صورت همگن، ایزوتروپ و الاستیک بر روی بستر خاک ایده آل قرار گرفته است به طوری که به هر نقطه آن یک فشار قائم متناسب با تغییر شکل دال وارد می شود. در این حالت رفتار خاک بستر مانند یک فنر خطی فرض شده است و ضریب ثابت فنر k برحسب فشار (kg/cm^2) به ازای تغییر شکل واحد (cm) تعریف می شود. واحد k به صورت kg/cm^2 نشان داده می شود. این ضریب ثابت امروزه بنام مدول عکس العمل خاک بستر خوانده می شود. یادآوری می گردد که روش المان محدود فقط برای مدل های ساده عملی می باشد، به عبارت دیگر در حالتی که دال و خاک بستر یکسره و همگن باشند. ولیکن، در یک دال واقعی متکی بر زمین معمولاً محل های قطع وجود دارد، مانند محل درزها و ترکها، و ممکن است خاک بستر یکنواخت نباشد. لذا، در صورت عدم مدلسازی دقیق کاربرد این روش نسبتاً محدود می باشد. از روش های زیر می توان در حالات متعارف (به استثنای زمانی که خاک خیلی تراکم پذیر است و تنش فشاری مجاز خاک خیلی کوچک باشد) برای انتخاب ضخامت **دال بتنی** ساده متکی بر زمین استفاده نمود :

روش موسسه سیمان پرتلند PCA^{۱۱}

روش انستیتوی آرماتور گذاری سیمی WRI^{۱۲}

روش انجمن مهندسين COE^{۱۳}

شرکت دوپونت، آروماتیک پلی آمید (که به اختصار آرامید نامیده می شود) را اولین بار در اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی و با نام تجاری نومکس معرفی کرد. ویژگی اصلی این محصول داشتن مقاومت بالا در مقابل حرارت بالا بود. از این محصول در تهیه پوشاک حفاظتی، تصفیه هوا، عایق حرارتی و الکتریکی و به عنوان جایگزینی برای پنبه ی نسوز استفاده می شد. در حال حاضر الیف آرامید با نام تجاری کولار (Kevlar) در صنعت شناخته می شود. به طور کلی تعریف تجاری آرامید به شرح زیر است: محصولی که در آن ماده فیبری شکل می گیرد که زنجیره بلندی از پلی آمید سینتتیک که حداقل ۸۵٪ پیوندهای آرامید مستقیماً به دو حلقه آروماتیک، متصل شده باشند.



به طور کلی پاراآرامیدها شامل کولار، تواران، و نیولون، آرنکا می شود. متاآرامیدها نیز شامل نومکس، فنیلون، کنکس، تیجین کنکس، KM-21، دورت و اپییل می باشند. مهمترین نوع ODA/PPPT نیز تکنورا می باشد.

الیاف کولار سبک تر از الیاف کربن و الیاف شیشه بوده و بیشترین مقدار مقاومت کششی نسبت به وزن را در میان آنها داراست. فیبر این الیاف تقریباً چهل و سه درصد سبک تر از الیاف شیشه و بیست درصد سبک تر از الیاف کربن می باشد. جلیقه ضد گلوله از موفقیت آمیزترین و معروفترین کاربردهای الیاف آرامید می باشد؛ به طوری که در اصطلاح پلیسی و نظامی، به جای جلیقه ای ضد گلوله از نام کولار استفاده می شود. مقاومت کششی الیاف کولار تقریباً ۵۵ درصد مقاومت کششی الیاف شیشه ای و مقاومت برشی آن ۱۸۰ درصد الیاف شیشه ای می باشد. مقاومت کششی الیاف کولار، همچنین ۱۰ درصد از مقاومت فیبر کربنی کمتر است. الیاف آرامید اگرچه رفتاری الاستیک تحت نیروهای کششی دارند، اما تحت بارهایی فشاری رفتاری غیرخطی دارند و در کرنش فشاری ۳ تا ۵۵،۰ درصد، به نقطه تسلیم می رسند. پلیمر کولار خصوصیتی نظیر نقطه ذوب بالا، پایداری حرارتی عالی، مقاومت در برابر شعله و غیر قابل حل بودن در بسیاری از حلال های آلی دارند. نور ماورای بنفش UV سبب تخریب الیاف آرامید می گردد. میزان این تخریب بستگی به ضخامت فیبر کولار دارد، زیرا الیاف کولار نقش خود حفاظ داشته و تخریب لایه های رویی از تخریب لایه های زیرین جلوگیری می کند. این مشکل در سازه های کامپوزیتی حایز اهمیت کمتری است. زیرا ماتریس یا رزین کامپوزیت تا حدودی نقشش محافظت از الیاف را ایفا می کند. همچنین با افزودن مواد جاذب UV به رزین، این مشکل تا حد زیادی کاهش می یابد. از نقطه نظر مقاومت شیمیایی نیز بیشتر حلال های آلی تاثیر کمی بر الیاف کولار داشته و اکثر محلول های آبی نمک ها بر آن تاثیر ندارند. اما اسیدهای قوی و بازها در دمای بالا و یا در غلظت های زیاد بر الیاف کولار اثر می گذارند. الیاف آرامید و کولار رنگ زرد مات داشته و مشابه الیاف کربن و شیشه مورد استفاده در کامپوزیت ها در اشکال مختلف مانند نخ، رشته الیاف نتابیده، پارچه، الیاف کوتاه و غیره وجود دارند. لازم به ذکر است که برش الیاف آرامید با وسایل برش معمولی به سختی انجام می شود و به وسایل برشی مخصوصی احتیاج است.



در مورد بازار فروش الیاف کولار و قیمت الیاف کولار نیز در کشور ایران می‌توان به این نکته اشاره کرد که قیمت الیاف آرامید بالا بوده و ترجیحاً در ساخت مصالحی نظیر جلیقه ضدگلوله به جای عملیات مقاوم‌سازی ساختمان استفاده می‌گردد.

مقدمه و ملاحظات کلی

تدوین: واحد فنی کلینیک بتن ایران: مقایسه بین ویژگی‌های مواد ترمیمی و شرایط لایه زیرین بتن، از ملاحظات مهم است. برای مثال در بسیاری از عملیات جایگزین کردن بتن، ویژگی‌های مواد ترمیمی بتن از قبیل ضریب انبساط حرارتی و خزش، باید مشابه لایه زیرین باشد. برخلاف آن موفقیت در بسیاری از عملیات ترمیم ترک، بستگی به مواد ترمیمی دارد که دارای ویژگی‌های متفاوت قابل ملاحظه‌ای از قبیل کشسانی بالا و مدول کشسانی پایین نسبت به لایه زیرین باشد و عملکرد مطلوب تری از بتن پایه در بهره‌برداری‌های محیطی داشته باشد. در بسیاری از حالت‌ها، این ضروری است که ویژگی‌های مواد ترمیمی و لایه زیرین قبل از تصمیم‌گیری براساس دیدگاه انجام ترمیم ویژه، شناخته شود.



بسیاری از ویژگی‌های مواد ترمیمی و بتن به هم بستگی دارند. در همه حالت‌ها در ترمیم ویژگی‌های مواد مهم است، از جمله، سن مواد باید یادداشت شود. ملاک برای جایگزین بتن تا سال ۱۹۸۷ این بود که دوام مواد بتن جایگزین شرایط بهتری نسبت به ویژگی‌های فیزیکی دراز مدت (یکسال یا بیشتر بعد از جایگزینی) نسبت به ویژگی‌های فیزیکی کوتاه مدت (۲۴ ساعت تا ۲۸ روز) داشته باشد. کاربر باید بیشترین روش‌های آزمون در محل در این راهنما را که در شرایط استاندارد انجام می‌شود ثبت کند، به ویژه دمای اتاق در بسیاری از حالت‌ها، با نمونه‌های با اندازه استاندارد و خصوصیات گزارش شده ممکن است منعکس کننده ویژگی‌های واقعی مواد ترمیمی در ترمیم‌های با اندازه و شرایط بهره‌برداری مختلف، نباشد. برخی روش‌های آزمون کاربرد ویژه برای مواد ترمیمی معین با کاربردهای ترمیمی ندارد، اما برای مقایسه مواد ترمیمی مفید است. کارخانه تولیدی مواد باید داده‌ها یا انجام آزمون‌ها را بر پایه استانداردهای ASTM و دیگر روش‌های آزمون استاندارد

شده، مهیا کند ICRI. راهنمایی برای مواد ترمیمی دارد که بیشتر ویژگی‌ها و اصلاحات مناسب روش های آزمون استاندارد شده برای مواد ترمیمی سیمانی MTOSIVE1020 را دربردارد.

پایداری حجم

پایداری حجم به تغییرات خطی، ابتدایی دراز مدت حجم مواد ترمیمی بعد از جابدهی گفته می‌شود. ویژگی‌های پایداری حجم بر سازگاری مواد ترمیمی MTOSIVE1020 با لایه زیرین بتن موثر است. لایه زیرین بتن معمولاً نسبتاً پایدار است، با حداقل خزش باقیمانده و تغییرات شکلی ناشی از جمع شدگی، اما به هر حال بتن زیرین ممکن است دارای سابقه ناپایداری حجم به دلایل مختلف، شامل تغییرات محیطی فصلی مانند انبساط حرارتی و انقباض، داشته باشد. هر جمع شدگی یا انبساط مواد ترمیمی MTOSIVE1020 باید قبل از رسیدن مواد ترمیمی به گیرش نهایی (وقتی خزش بالاست) اتفاق بیفتد، یا باید مطابق با برخی روندها در طراحی ترمیم مانند استفاده از درزهای کنترلی، عمل آوری، دوری از زاویه مقعر در گوشه ها و دوری از شکلی با نسبت طول به عرض بالا باشد. اغلب مواد سیمانی تحمل جمع شدگی اولیه در ساعات کم نخستین تا روزهای بعد از کاربرد را دارد. مواد غیر سیمانی، از قبیل چسبنده‌های پلیمری، فراهم کننده پایداری بیشتر با حداقل یا بدون جمع شدگی‌اند. این مواد تحمل تحت تغییرات حجمی بیشتر از حد ناشی از تغییرات دما را دارند. تغییرات چشمگیری در حجم مواد ترمیمی می تواند باعث تنش های برشی بالا در محل اتصالات، نچسبیدن لایه زیرین بتن و ترک خوردگی مواد ترمیمی شود. تنش های ایجاد شده در مواد ترمیمی، ممکن است با گیرداری در انقباض و انبساط، بهره گیری از مواد ترمیمی کلینیک بتن ایران با مدول کشسانی کمتر، و نرخ خزش بیشتر (بالا تر) کاهش یابد. مقاومت در برابر انبساط مواد ترمیمی ممکن است با نگهداشتن، بستن لایه زیرین بتن، و گیرداری و حبس کردن میسر شود. ترک خوردگی مواد ترمیمی برای کمک به جلوگیری از جمع شدگی باید پیش بینی شود، بنابراین امکان دارد در این شرایط، ترمیم های بیشتری نیاز باشد. شش روش آزمون برای ارزیابی پایداری حجم عبارتند از:

— ASTM C157/C157M

— ASTM C157/C 157M — اصلاح شده با « ICRI راهنمایی برای مواد ترمیمی »

— ASTM C596

— ASTM C806

— ASTM C827

— ASTM C1581

ASTM C157/C157M, C596, C806 روش های آزمون برای مشاهده طول نمونه های آزمایشی در شرایط عمل آوری مختلف هستند. قفسه ای گیردار داده شده با قراردادن میله فولادی برای جلوگیری از انبساط در ASTM C806 استفاده می شود. روش آزمونی است که باعث می شود تا ارتفاع نمونه های آزمایشی استوانه ای تا حد سخت شدن، مشاهده شود ASTM C1518. روند آزمونی است که اندازه گیری کرنش و مشاهده ترک خوردگی در نمونه های با شکل شخصی روغنی با حلقه های فولادی داخلی را مد نظر قرار می دهد. انجام ابتدایی همه روش های آزمون منجر به مقایسه نسبی مواد مختلف می شود، زیرا همه مواد از طریق مشابهی آزمایش می شوند. تجربه نشان می دهد که جمع شدگی واقعی در کارگاه بیشتر از جمع شدگی گزارش شده در آزمایشگاه است ASTM C157. عمل آوری و خواندن دستگاه اندازه گیری در این روش آزمون، برای ملات های ترمیم و بتن کاربردی نیست. نمونه های آزمون mm285 طول و در مقاطع مختلف از mm25 برای نمونه های ملات و mm75 یا ۱۰۰ برای نمونه های بتنی است. ابتدا نمونه های آزمون در اتاق رطوبت برپا ۲۴ ساعت نگهداری و از قالب باز می شوند. سپس در آب اشباع شده آهک به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه قرار می گیرد. آنگاه طول اولیه دستگاه مقایسه کننده اندازه گیری و سپس قالب گیری می شود. بالاخره نمونه ها برای ۲۷ روز دیگر در آب آهک اشباع، نگهداری می شود و طول دیگر دستگاه مقایسه کننده را اندازه گیری و قالب گیری می کنند. تحت این اندازه گیری نمونه ها در آب آهک اشباع شده یا در اتاق خشک و طول دستگاه مقایسه کننده در ۴، ۷، ۱۴، و ۲۹ روز صرفاً در درون اتاق خشک و ۸،

۱۶، ۳۲، و ۶۴ هفته‌ای اندازه‌گیری می‌شود. سپس تغییرات طول به درصد در هر سن محاسبه می‌شود. کرنش‌های جمع شدگی معمول در محدوده ۰/۰۲ درصد انبساط تا ۰/۱۲ درصد جمع شدگی است. پرهیز از عمل آوری در شرایط کارگاهی برای اکثر ملات‌های ترمیم منجر می‌شود که طول اولیه دستگاه اندازه‌گیری مقایسه کننده در ۲۴ ساعت قالب‌گیری، بدون تغییرات حجمی در طول ۲۴ ساعت اول باشد. بنابراین عمل آوری باید با رطوبت زیاد استفاده شود و نمونه‌ها نباید گیردار باشند. در شرایط کارگاهی اتصال مواد ترمیمی به لایه زیرین بتن به گیرداری جمع شدگی منجر می‌شود. توصیه می‌شود جهت اطلاعات بیشتر با کارشناسان مجموعه کلینیک بتن ایران تماس حاصل فرمایید.



دستگاه مقایسه کننده طول با میله کالیبره شده برای استاندارد ASTM C 157/C 157M

OFFICEPHONE:

+9821-44604438-44464877-44549511

خصوصیات مکانیکی

خصوصیات مکانیکی مواد ترمیمی تاثیر متقابلی بر لایه زیرین بتن دارد. در بسیاری از حالتها لازم است که مواد ترمیمی باقیمانده به بتن بچسبد. همچنین مهم است مواد ترمیمی و ویژگی‌های مکانیکی سازگاری با لایه زیرین بتن برای اطمینان از عملکرد مواد و بدون گسیختگی مواد، داشته باشد. اگر برخی ویژگی‌های مواد ترمیمی تفاوت زیادی با لایه زیرین بتن داشته باشد، مانند ضریب انبساط حرارتی، دیگر ویژگی‌های باید جبران این تفاوت‌ها را داشته باشند. برای مثال مدول کشسانی کمتر برای کاهش تنش‌های حرارتی است. این معمولاً ضروری یا مد نظر نیست، که برای مواد ترمیمی که دارای برخی ویژگی‌های مکانیکی، از قبیل مقاومت فشاری، مقاومت کششی یا مقاومت چسبندگی بیشتر از لایه زیرین هستند، اساساً هر گسیختگی بعدی لایه زیرین به سادگی در لایه بتنی زیرین اتفاق بیفتد.

کشسانی

کشسانی یکی از ویژگی‌های موادی است که باعث احیای مجدد اندازه و شکل اصلی بعد از اعمال تغییر شکل یا حذف نیرو می‌شود. کشسانی در وهله اول برای انتخاب مواد به منظور ترکهای فعال پلها، از قبیل برخی عایق بندی ترکها و پوشش سطوح، مهم است. کشسانی نوعاً به وسیله اندازه‌گیری ازدیاد طول مواد در کشش مطابق ASTM C638 مشخص می‌شود.

مدول کشسانی

مدول کشسانی نسبت به تنش نرمال بر طبق کرنش ناشی از کشش یا تنش‌های فشاری تحت محدودیتی نسبی مواد است. اگر ترمیم سازه ای نباشد (که این مستلزم انتقال ندادن بار به بتن لایه زیرین است)، در این صورت باید مواد ترمیم دارای مدول کشسانی کمتر از لایه زیرین بتن باشد، همچنین این مواد می‌تواند سهولت بیشتری در تطبیق جابجایی‌های آینده هم درون مواد ترمیمی و هم در محل اتصال بین مواد ترمیمی و بتن لایه زیرین داشته باشد. مخصوصاً اگر مواد ترمیمی دارای تفاوت چشمگیری در پایداری حجم و خصوصیات سازگاری حرارتی با بتن لایه زیرین باشد. اگر ترمیم در تحمل بار با سازه موجود،

نقش داشته باشد (ترمیم سازه‌ای)، تطابق هر چه دقیق‌تر مدول کشسانی هر دو مواد، مد نظر است. اگر مواد ترمیمی دارای مدول کشسانی بیشتر باشد، می‌تواند بار بیشتری جذب کند. اگر مواد ترمیم دارای مدول کشسانی کمتری باشد، تحت تنش و انتقال بار در داخل لایه زیرین، تغییر شکل خواهد داد. تطابق نداشتن منجر به توزیع نامناسب بار و گسیختگی سیستم می‌شود. معمولاً مطابق با دو روش آزمون ASTM C469,580 می‌توان اندازه‌گیری مدول کشسانی مواد ترمیمی را انجام داد. در ASTM C469 تغییر شکل محوری، نمونه‌های استوانه‌ای قالب‌گیری شده یا مغزه‌گیری نمونه‌های استوانه‌ای تحت بارگذاری در فشار، اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های تغییر شکل نسبت به بار به دست می‌آید و مدول کشسانی اصلی برای تنش مطابق با ۴۰ درصد بار نهایی، محاسبه می‌شود. در ASTM C580 میانه دهانه نمونه‌های تیر مربعی شکل، تحت خمش بارگذاری شده و تغییر شکل‌های وسط دهانه اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های تغییر شکل نسبت به بار محاسبه شده و مدول کشسانی برای تغییر شکلی برابر ۵۰ درصد حداکثر تغییر شکل، محاسبه می‌شود.

ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی به صورت خطی بر مبنای تغییر طول مواد به ازای تغییرات هر دماست. در این حالت در جایی که دما قابل کنترل نیست، از جمله در کاربردهای بیرونی و برخی کارهای درونی، برای مواد ترمیمی که دارای ضریب انبساط حرارتی مشابه لایه زیرین بتنی هستند، دو ماده در روز و در دماهای متفاوت فصلی، رفتار مشابهی دارند. اگر ضرایب انبساط حرارتی به طور چشمگیری متفاوت باشد، انتقال مختلف ناشی از تغییرات حرارتی می‌تواند در عملکرد ترمیم ایجاد اختلال کند و باید برای طراحی ترمیم محاسبه شود. ضریب انبساط حرارتی برای بتن‌های معمول در محدوده‌ای از $10 \times 4 \text{ } ^\circ\text{C}/6$ تا $6 \text{ } ^\circ\text{C}/6$ 10×14 نسبت به نوع سنگدانه‌های آن است.

برای تعیین ضرایب انبساط حرارتی، چهار روش آزمون ASTM C884, CRD C39, ASTM C531, ASTM C496 استفاده می‌شود. در این روش‌های آزمونی ضریب انبساط حرارتی به وسیله تغییرات طولی مواد در رطوبتی ثابت بین دو دمای مختلف (معمولاً ۴ و ۶۰ درجه سانتیگراد) تعیین می‌شود. نتایج براساس کرنش در واحد تغییر دما، گزارش می‌شود. ASTM C884 روش آزمونی است که سازگاری حرارتی بین بتن و لایه رویی رزین اپوکسی با روش مشابهی تعیین می‌شود. در این حالت لایه زیرین بتنی با لایه رویی رزین اپوکسی در ۵ زمان مختلف با دمایی در محدوده بین ۲۵ و ۲۱- درجه سانتیگراد، محاسبه می‌شود. اگر رزین اپوکسی نچسبد، یا دیگر مواد ترک بخورند، رزین اپوکسی در این آزمون مردود، می‌شود.

خیز

تغییر شکل در طول زمان ناشی از بار متحمل شده است. به علت اینکه بسیاری از ترمیم‌ها تحت نیروهای فشاری قرار نمی‌گیرند و خیر در فشار جزو خصوصیات مهم مواد ترمیمی قرار نمی‌گیرد. اگر تنش در مواد ترمیمی ناشی از گیرداری کرنش‌های جمع‌شدگی یا ناشی از المان‌هایی از قبیل انتقال حرارت یا اعمال بارهای زنده باشد، خیز می‌تواند مهم باشد. دو روش آزمون ASTM C512, 1181 برای ارزیابی خیز فشاری استفاده می‌شود. ASTM C512 خیز به وسیله قراردادن مواد تحت فشارهای پایدار معمولاً ۴۰ درصد مقاومت فشاری، اندازه‌گیری می‌شود و نتایج کرنش تحت زمان اندازه‌گیری می‌شود و با کرنش اندازه‌گیری شده با باربرداری نمونه‌های کنترلی مقایسه می‌شود. نمونه‌های آزمون در سن‌های ۲ و ۷ و ۲۸ یا ۹۰ روز از شروع آزمون و کرنش‌های خیز آنها در طول مدت یکسال اندازه‌گیری می‌شود. نتایج بر پایه درصد کرنش در سن‌های مشخص برای تنش‌های متحمل شده مشخص می‌شود. در ASTM C1181 نمونه‌های آزمون در شرایط ۷ روزه و سپس آزمون در سن ۳۵ روزه است. آزمون تنش انتخاب و به نمونه‌ها اعمال می‌شود. تغییر شکل نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری می‌شود. نمونه‌ها در دمای مشخص طی ۲۴ ساعت دو اون قرار داده می‌شوند، سپس در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد برای ۲۴ ساعت سرد می‌شوند، سپس دوباره بارگذاری می‌شوند و طی تنش انتخاب شده قرار گرفته و تغییر شکل آنها اندازه‌گیری می‌شود این حرارت دهی، سرد کردن، بارگذاری و تغییر شکل

اندازه‌گیری و در ۵ زمان گزارشدهی می‌شود. در دوره‌های حرارتدهی ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعت و ۷ روزه و ۲۸ روزه خیز از نموداری از کرنش- زمان در اون مشخص می‌شود.

مقاومت پیوند (چسبندگی)

مقاومت پیوند، مقاومتی است که مواد ترمیمی نسبت به جدا شدن از لایه زیرین بتنی، از میلگردهای فولادی یا از دیگر مواد متصل به آنها، دارند که بهتر است در ترمیم این نوع بتن استفاده از ملات پیوندی اپوکسی MTOBOND P 1800 استفاده شود و عد از ترمیم کننده MTOSIVE 1020 اعمال گردد. این به توانایی دو ماده نسبت به این عمل مرتبط است. مقاومت های پیوند از مقاومت کششی لایه زیرین در زمان گسیختگی لایه زیرین اگر تنش های متقابل (محل اتصال) مناسب ناشی از جمع شدگی، انتقال حرارتی یا دیگر شاخص ها روی دهد، تجاوز می‌کند. روش‌های آزمون برای اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی عبارتند از، ACI 503, ASTM C1404, ASTM C1402, ASTM C882 , MDOT , ICRI 0379, CSA, A23.2-6B, ASTM C1583



OFFICE PHONE:

+9821-44604438-44464877-44549511



OFFICE PHONE:

+9821-44604438-44464877-44549511

مقاومت فشاری

مقاومت فشاری به مقاومت حداکثر در برابر بار محوری اندازه گیری و بر پایه نیرو بر واحد سطح مقطع، بیان می شود. دو روش آزمون ASTM C39 , ASTM 109 برای اندازه گیری مقاومت فشار توصیه شده است .



OFFICE PHONE:

+9821-44604438-44464377-44549511

مقاومت کششی

برای اندازه گیری مقاومت کششی آزمایش های ASTM C190, CRD 164, ASTM C307, 496 وجود دارد .



OFFICE PHONE:

+9821-44604438-44464377-44549511

مقاومت خمشی و مدول خمشی

برای اندازه گیری مقاومت خمشی و مدول خمشی آزمایش های ASTM D790, C520, C348, C78 وجود دارد .



OFFICEPHONE:

+9821-44604438-44464377-44549511

مفهوم مقاومت های فشاری، کششی و خمشی

مقاومت های فشاری و خمشی معمولاً ویژگی های محدود کننده ای در عملکرد مواد ترمیمی ندارند، اما ممکن است به طور کلی برای نشان دادن کیفیت مواد در نظر گرفته شوند. معمولاً لازم است که مقاومت کششی، منطبق یا کمی بیشتر نسبت به لایه زیرین بتنی (اندازه گیری شده در زمان ترمیم، نه مقدار مشخص شده اصلی) مد نظر باشد. ممکن است برای کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی گیردار و انقباض حرارتی نیز مفید باشد.

ویژگی های قابلیت اجرا

ویژگی های قابلیت اجرا ویژگی هایی است که نشان می دهد مواد تحت تاثیر چه عواملی هستند و یا چه محدودیت هایی برای اجرا یا کاربرد مواد ترمیمی در شرایط مختلف کارگاهی دارند.

چسبندگی

چسبندگی مواد ترمیمی قابلیتی است که برای دست نخورده ماندن یا بدون جداشدگی، در طول کاربرد به کار می آید. چسبندگی مواد ترمیمی برای سهولت ساخت و ساز و یکنواختی ترمیم مهم است. مثلاً در جایگزینی (تعویض) بتن در سطوح عمودی و بالای سر، چسبندگی بیشتر مواد می تواند منجر به اعمال، لایه های نازکتر، بدون از دست دادن شانس جداشدگی داخلی یا نجسیدن بعد از گیرش شود.

گرانروی (ویسکوزیته)

گرانروی مقاومتی در برابر جلوه کردن جریان به وسیله مواد است. مقدار گرانروی به عواملی از قبیل روش اندازه گیری (گرانروی سنج یا رئومتر)، دما و نرخ کرنش برشی اعمال شده بستگی دارد. مواد با گرانروی پایین، جریان آزاد بیشتری نسبت به مواد با گرانروی بالاتر دارند. بطور کلی، مواد با گرانروی کم برای ترمیم ترکها و برای نفوذ به داخل سوراخهای بتن، قابلیت جاری شدن مواد و همچنین جایگزینی بتن استفاده می شود.

ملاحظات محیطی

لازم است که مواد ترمیمی برای اعمال ترمیم های ویژه محیطی مناسب باشند. برای مثال، برخی محدودیت های محیطی در زمان ساخت و ساز شامل هوا و دمای بتن، رطوبت سطح لایه زیرین بتن، رطوبت نسبی، سرعت باد، نور مستقیم آفتاب یا سایه بودن و پیش بینی شرایط آب هوایی که قبل از ترمیم مواد برای رسیدن به گیرش نهایی اتفاق می افتد. انتخاب مواد ترمیمی خاص و ویژگی های آنها به شرایط اجرایی پروژه بستگی دارد. شرایط اجرایی باید به تناسب ویژگی مواد ترمیمی اصلاح شود. خصوصیات هنری (زیبایی)

بدیهی است که ظاهر مواد ترمیمی بسیار مهم است.

بافت سطح

بافتس طرح ترمیم باید به طور کلی همسان با مواد مجاور باشد.

رنگ

مواد ترمیمی باید به طور کلی متناسب با مواد مجاور باشد، بجز ترمیم‌هایی که در معرض دید نباشد، مانند کارهایی را که بعد از اجرا پوشش میدهند.

سن

ظاهر برخی مواد ترمیمی بر اثر مرور زمان ناشی از فرسایش بر اثر در معرض قرار گرفتن مواد در نور فرابنفش، خشک شدگی یا عمل آوری، تغییر می‌کند.

جذب رطوبت

وقتی رطوبت از مواد گرفته می‌شود، ظاهر آنها تغییر می‌کند و تغییرات اصلی ظاهر می‌شود، براساس خشک شدگی ممکن است ظاهر بخش ترمیم شده با ظاهر بخش مجاور آن متفاوت باشد.

عوامل تاثیرگذار بر دوام

شرایط بهره برداری می‌توند تقاضاهای مختلف از مواد ترمیمی داشته باشد. مواد ترمیمی نیز ممکن است نیاز به بهبودی خصوصیات دوام دراز مدت بتن داشته باشد. این شرایط می‌تواند شامل قرار گرفتن در معرض رطوبت، اختلافات دما، عوامل شیمیایی و بارهای مکانیکی باشد.

مقاومت در برابر دوره انجماد و ذوب

برخی مواد ترمیمی، شامل بتن در شرایط اشباع، وقتی در معرض دوره های انجماد و ذوب قرار می‌گیرند، مستعد خراب شدن می‌شوند. انبساط و جابجایی آب می‌تواند باعث فشار داخلی مخربی بشود، مگر اینکه مقداری حباب هوا به بتن داده شود تا تامین کننده دوام باشد. روش های آزمون ASTM C 672, 666 C 672, ASTM اصلاح شده به وسیله راهنمای ICRI 03733 برای ارزیابی مقاومت در برابر دوره انجماد و ذوب موجود است.

دوام مواد در شرایط محیطی انجماد، به وسیله ASTM C 666، ارزیابی می‌شود. همچنین اثر پوسته پوسته شدن سطح بوسیله ASTM C 672 و روش اصلاح شده بوسیله ICRI 03733 بررسی می‌شود. روش مطرح شده در ASTM C 666 در بتن یا مواد سیمانی درباره دوره انجماد و ذوب و ثبت تغییرات در مدل کشسانی دینامیکی و جرم از دست رفته نمونه هاست. ASTM C 672 که بر بازرسی ظاهری سطح آسیب دیده در دوره های انجماد و ذوب غوطه‌ور در محلول نمک دارد، طوری که در راهنمای ICRI اصلاح شده شامل اندازه‌گیری جرم از دست رفته است.

ASTM C 666 این روش آزمون شامل دو روند متفاوت است: روند الف- انجماد و ذوب در آب، روند الف معمولاً بیشترین استفاده را دارد، زیرا به خودی خود و به راحتی کار می‌کند. تکمیل آزمون شامل ۳۰۰ دوره انجماد و ذوب است. ضریب دوام (با روند آزمون ایجاد می‌شود) بیشتر از ۸۰، نشاندهنده دوام موادی است که در شرایط انجماد و ذوب قرار داشتند. اگر این آزمون نتواند ۳۰۰ دوره انجام شود، باید تعداد کل دوره ها گزارش شود.

ASTM C 672 این روش آزمون، بطور معمول به آزمون نمک های یخ زدا ارجاع داده می‌شود. در این روش مواد در معرض دوره های انجماد و ذوب در محیط نمک یخ زدا قرار می‌گیرند. سطح نمونه ها در چهاردرصد محلول کلراید کلسیم، غوطه‌ور می‌شود و تحت دوره انجماد و ذوب قرار می‌گیرند. نتایج در مقیاس های ظاهری ۰ تا ۵۰ تعیین می‌شوند و عدد صفر نشاندهنده بدون پوسته شدن و ۵ نشاندهنده پوسته پوسته شدن، شدید است.



OFFICEPHONE:

+9821-44604438-44464377-44549511

نفوذ پذیری

نفوذ پذیری توانایی مود در انتقال یا مقاومت در برابر نفوذ آب و مواد شیمیایی است. نفوذ پذیری مواد ترمیمی در شرایط محیطی در جایی که مواد ترمیمی یا لایه زیر بتن قابلیت نفوذ رطوبت و به تبع آن خرابی دارد، از قبیل آسیب در دوره انجماد و ذوب بتن اشباع شده، خوردگی فولاد مسلح کننده مهار شده، واکنش‌های قلیایی، یا سولفات ها، مهم است. نفوذ پذیری مخصوصا به سن مواد در زمان آزمون حساس است. بطور کلی نفوذ پذیری هیدراته شدن مواد سیمانی را کاهش و حد کربناسیون را افزایش می‌دهد. آزمون ها باید همواره نشاندهنده سن نمونه ها در زمان آزمون باشند. چهار آزمون ASTM C 642- C1202-AASHTO T 259-T277 برای اندازه گیری نفوذ پذیری، استفاده می‌شوند.



OFFICEPHONE:

+9821-44604438-44464377-44549511

واکنش قلیایی سنگدانه

برخی سنگدانه ها مستعد خرابی و واکنش هایی بادگیر اجزای مواد ترمیمی، به ویژه قلیایی بودن سیمان پرتلندی یا مواد شیمیایی به وسیله محیطی هستند که منجر به انبساط می‌شود. مستعد بودن واکنش سنگدانه‌ها می‌تواند با یک یا چند آزمون، از قبل، شناسایی شود. استفاده از سنگدانه های واکنش زا در محیط‌هایی که واکنش های مخرب ممکن است اتفاق

بیفتد باید با اقدامات همراه باشد. گام هایی باید برای جلوگیری از واکنش های خرابی سنگدانه ها استفاده شود، مانند اصلاح اجزای اختلاط مواد ترمیمی یا محافظت مواد از شرایط طبیعی و محافظت از عوامل محیطی. محافظت از محیط می تواند با دفع آب و پوشش های ضد آب صورت گیرد. پنج روش آزمون ASTM C295, 289, 1293, 1260, 227 برای ارزیابی واکنش قلیایی سنگدانه ها، استفاده می شود.

مقاومت ویژه الکتریکی

مقاومت ویژه الکتریکی مقاومت مواد در برابر تغییرات جریان الکتریکی در حضور پتانسیل ولتاژ بین دو نقطه است. خوردگی روندی الکتروشیمیایی است. بنابراین، خوردگی فولاد مسلح کننده مهار شده بستگی به مقاومت ویژه الکتریکی مواد ترمیمی دارد. به ویژه این مسئله برای بتن های جایگزین شده مهم است. نسبت به روش های خوردگی، ارزش بالا یا پایین این ویژگی ها ممکن است، مورد نظر باشد. سیستم های حفاظت کاتدی، هم فعال و هم غیر فعال بطور کلی مورد نیاز است و حتی ممکن است با ارزش پایین تر) در حدود (ohms300 بیشتر از ارزش مقاومت بالاتر 1000 ohms) تا 1500 (در ترمیم های مورد نیاز باشد. (ASTM C1202). برای راهنمایی بیشتر به ACI 222R مراجعه شود. یک غشا برای مقاومت ویژه مواد ترمیمی که می تواند پاسخگوی الزامات AASHTO 277 یا ACI 202 باشد.

مقاومت در برابر سایش

بسیاری ترمیم ها در دوره بهره برداری، تحت سایش هستند. سایش می تواند از طریق وزش و دمیدن وایزه ها، تماس مکانیکی یا دیگر منابع ایجاد شود. در اصل، ترافیک ماشین آلات و سایش روی سازه های هیدرولیکی انواع حمله های سایشی است. مواد ترمیمی باید دارای مقاومت سایش مناسب برای بهره برداری در شرایط محیطی باشد. چهار روش برای اندازه گیری مقاومت در برابر سایش ASTM C779, C944, C418, C1138 است.

مقاومت در برابر حمله شیمیایی

مواد ترمیمی ممکن است در معرض مواد شیمیایی مختلف در شرایط بهره برداری باشند. عملکرد دراز مدت مواد ترمیمی ممکن است به انتخاب صحیح مواد ترمیمی و امکانپذیری، استفاده از آنها و اقدامات محافظتی مناسب بستگی داشته باشد. در همه شرایط محیطی، مهم است که مانع عاری از سوراخچه و منفذ باشد. در برخی شرایط محیطی، مهم است که حصار عادی از سوراخچه و منفذهای ریز باشد. برخی مواد ترمیمی ممکن است با مواد حلال، آسیب ببینند. جزئیات مبحث مقاومت در برابر حمله شیمیایی در PCA IS001, ACI 201, 2R, 515, IR آورده شده است. به علاوه، تعداد مواد و محلول های مهاجم بتن در PCA IS001 فهرست شده است. مواد شیمیایی مهاجم به سولفات ها، مواد غیر آلی، محلول های قلیایی، محلول های نمک، حلال ها و دیگر موارد، طبقه بندی می شود. ملات سیمان پرتلندی و بتن وقتی در معرض سولفات ها در آب های زیرزمینی یا در جای دیگر قرار می گیرد، فرسوده می شود ASTM C1012. ارزیابی استعداد ملات سیمان برای حمله سولفات ها به وسیله اندازه گیری تغییر طول نمونه ها در دوره زمانی که به طور کامل در معرض محلول سولفات سدیم است، نشان می دهد. نتایج براساس درصد کرنش در زمان مشخصی در معرض سولفات بون مطرح می شود. موادی با کرنش 0.5٪ درصد یا کمتر مقاومت بالایی در برابر حمله سولفات ها دارند. اسیدها) مواد با PH پایین تر از 7 (از اجزایی که در آب حمل می شوند با بتن و مواد ترمیم بر پایه سیمان واکنش می دهند. اسیدها همچنین به سنگدانه های کربناتی (سنگ آهک و دولومیت) حمله می کنند. اسیدها نه تنها با در معرض قرار داشتن در دراز مدت، بلکه به وسیله انواع شیمیایی آن، مدت در معرض بودن و دمای هوا تاثیر گذارند. محلول های قلیایی (مواد با PH پایین تر از 7) نسبت به اسیدها به مواد پایه سیمانی، تهاجم کمی دارند اما ممکن است با دیگر انواع مواد ترمیمی، نسبت به تمرکز، نوع شیمیایی، دما و ترکیب شیمیایی مواد ترمیمی واکنش دهند. هیدراته شدن سیمان، قلیایی است. همچنین اکثر مواد ترمیمی دارای حداقل کمی مقاومت در برابر محیط های با PH بالا هستند. تمرکز قوی قلیایی های سدیم یا پتاسیم، البته اگر سنگدانه های مستعد وجود داشته باشد، می تواند واکنش های قلیایی سیلیسی را مهیا کند. محلول های نمک ممکن است اسیدی ملایم یا قلیایی باشند و نسبت به ترکیبات شیمیایی آنها،

ممکن است به بتن و مواد ترمیمی بتن حمله کنند. پوسته شدگی ناشی از محلول های نمک یک نوع حمله شیمیایی است. برخی حلالها به مواد پلیمری هجوم می آورند و برخی به بتن حمله آهسته ای دارند. مشکل اساسی و معمول نفوذ محلول به داخل لایه زیرین بتن است و می تواند تاثیر بدی بر پیوستگی مواد ترمیمی داشته باشد. دیگر مواد شیمیایی هم می توانند به بتن و هم به مواد ترمیمی حمله کنند، البته بی نهایت ملایم. آب تصفیه شده نیز می تواند به آهستگی کلسیم را از ملات و بتن بر پایه سیمان بشوید .



ترکیب شیمیایی

برخی اوقات مقتضی است که تولیدات مواد شیمیایی ترمیمی بسته به آزمون های انجام شده برای فشار، قابلیت رقابت (مقرون به صرفه گی)، برای تولید با اهداف مورد پسند، یا مطمئن برای باقیماندن با ترکیب بندی مشابه در آینده باشند.

انتخاب مواد ترمیمی

انجام عملیات ترمیم با برآوردن خواسته های متفاوتی از مواد ترمیمی همراه است. مواد ترمیمی باید دارای ویژگی های مناسب برای انطباق با کل تقاضاهایی باشند که در طول بهره برداری نیاز است. همه مواد ترمیمی دارای محدودیت ها و مشخصه های متفاوت مواد ترمیمی هستند و کاربر باید مواد را به بهترین عملکرد در شرایط مورد نظر، انتخاب کند. برای مقایسه ویژگی های ترمیمی مواد مختلف، هزینه مواد اغلب شاخصه ای برای تصمیم گیری بین مواد ترمیمی قابل مقایسه است. هزینه دوره بهره برداری مقایسه بهتری بین مواد ترمیمی مختلف ارائه می دهد. هزینه های دوره بهره برداری اغلب موجود نیست یا بهترین آنها هم معمولاً تقریبی است. انتخاب مواد ترمیمی باید بر پایه هزینه اولیه و کاربرد مواد با پیش بینی دوام مشابه هر یک از مواد در نظر گرفته شود. بسیاری از محصولات ترمیم بتن که در بازار موجود است مرکب از چند نوع مواد است به مانند MTOSIVE1020 که تشکیل شده از متریال ها متفاوت است. چون این مواد توسط شرکت های خصوصی تولید می شوند، اجزای تشکیل دهند آنها معمولاً برای طراح شفاف نیست، و ممکن است برخی اصلاحات کلی در خصوص مواد تشکیل دهنده آنها توسط تولیدکنندگان، ارائه شود. تجربیات استفاده قبلی محصولات ویژه و نتایج حاصل از بهره گیری از آنها و همچنین انجام آزمون های مرتبط بر روی محصولات بسیار مفید است. در ارزیابی برخی محصولات، بسیاری از کشورها فهرستهای اصلی از مواد ترمیمی بتن تایید شده اختصاصی از قبیل مواد ترمیمی سطح و ترک دارند. این فهرست ها وابسته به ارزیابی های دوره ای محصول است، زیرا محصولات ترمیمی مجدداً فرمول دهی می شوند (تنظیم شوند) و خصوصیات فیزیکی آنها در طول زمان تغییر می کند. برخی کشورها به طور مستمر فهرست تایید شده خود را بر پایه آزمون های منظم و مجدد به روزرسانی می کنند AASHTO. مجله ای برای درج داوطلبانه گزارش اطلاعات جدید از آزمون محصولات مهیا کرده است.

انواع ترمیم و بررسی مواد ترمیمی در دو طبقه‌بندی زیر صورت می‌گیرد:

— بتن جایگزین شده و رویه‌ها

— ترمیم ترک‌ها

بتن جایگزین شده (تعویضی) و رویه‌ها
مواد

اغلب موادی که به طور معمول برای جایگزینی بتن و رویه‌ها استفاده می‌شود، بر پایه چسبنده‌های هیدرولیکی از قبیل موارد زیر است:

— بتن بر پایه سیمان پرتلند یا آمیخته

— بتن بر پایه سیمان پرتلند یا آمیخته ارتقاء یافته با میکروسیلیس، بتن ارتقاء یافته الیافی، یا هر دو (بتن مسلح شده الیافی و بتن میکروسیلیسی)

— بتن سیمان - پلیمری بر پایه پرتلند یا سیمان آمیخته (بتن سیمان پلیمری)

— بتن با سیمان - منیزیم آمونیوم فسفات (MAPCC)

— بتن بر پایه پیلر (بتن پلیمری)

— ملات بر پایه سیمان پرتلند یا آمیخته (ملات سیمانی)

— ملات بر پایه سیمان پرتلند یا آمیخته ارتقاء یافته با میکروسیلیس، ملات ارتقاء یافته الیافی یا هر دو

— ملات سیمان - پلیمری بر پایه پرتلند یا آمیخته

— ملات با سیمان - منیزیم آمونیوم فسفات (MAPCM)

— ملات بر پایه پیلر (ملات پلیمری)



بتن از نظر اجزای ترکیبی از سیمان پرتلند یا آمیخته، سنگدانه‌های ریز و درشت و آب است. البته برای بررسی ساختار و خصوصیات بتن باید رویکرد سیستمی داشت. زیر سیستم‌های بتن شامل سیستم سنگدانه، خمیر سیمان و سیستم حد فاصل اجزای آن می‌باشد. افزودنی‌هایی نیز هستند که به طور متناوب برای اضافه کردن حباب هوا، زودگیری یا دیرگیر کردن هیدراتاسیون، اصلاح کارایی، کاهش آب اختلاط مورد نیاز، افزایش مقاومت یا دیگر خصوصیات بتن تازه اختلاط و سخت شده استفاده می‌شوند. مواد پوزولانی، از قبیل خاکستر بادی، ممکن است برای صرفه جویی سیمان پرتلند یا بهره‌گیری از ویژگی‌های خاصی از قبیل کاهش حرارت هیدراتاسیون، اصلاح رشد مقاومت در سنین بالا، کاهش

نفوذپذیری، و افزایش مقاومت در برابر واکنش های قلیایی و حمله سولفات ها، اضافه شوند.

نسبت بندی بتن به منظور برآورده شدن ویژگی های ضروری از قبیل کارایی، وزن، مقاومت، دوام، برای کاربردهای ویژه باید به دقت انتخاب شود. ACI 211.1، برای حداقل کردن جمع شدگی ناشی از خشک شدن، بتن ترمیمی باید دارای مقدار آب کم، حداقل مقدار خمیر، و بیشترین مقدار سنگدانه های درشت باشد. همچنین افزودنی های کاهش دهنده جمع شدگی یا سیمان های جبران کننده جمع شدگی ممکن است. وقتی که مخلوط بتن نسبت بندی می شود، مورد ملاحظه قرار گیرند. مطابق با ACI 201.2R، برای مقاومت در یخبندان، بتن باید حباب هوا داشته باشد و بتن با وزن معمول، باید دارای حداکثر نسبت W/CM برابر 0.45 برای مقاطع نازک و 0.5 برای دیگر سازه ها باشد. اختلاط، حمل، جایدگی و عمل آوری باید مطابق راهنماهای ACI 304, 304.1, 304R, 304.5, 304.6R, 308R باشد.

بسیاری از ویژگی های بتن (وقتی از مواد ترمیمی استفاده می شود)، از قبیل مدول کشسانی و ضرایب انبساط حرارتی، معمولاً باید مشابه لایه زیرین بتن باشد. حباب هوای داده شده می توانند با توزیع مناسب در بتن ترمیمی مهیا کننده مقاومت در برابر دوره انجماد و ذوب شوند. کیفیت بتن، به ویژه نفوذپذیری و ارتقای محافظت در برابر خوردگی مسلح کننده های مهار شده (میلگردها)، به طور موثر به وسیله کاهش نسبت W/CM تا 0.4 یا ب استفاده از افزودنی های با محدوده بالا کاهش دهنده آب (فوق روان کننده ها) تامین می شود.

معمولاً در قرارداد، بتن یا ملات ترمیمی باید حاوی نتایج جمع شدگی، سردشدگی و تغییرات حجم طبیعی باشد. اگر انقباض با چسبیدن به لایه زیرین که پایدار است، گیردار شده باشد، کرنش کششی در مواد ترمیمی زیاد می شود. وقتی این کرنش از ظرفیت کرنش کششی بتن سخت شده تجاوز کند، ترکها زیاد می شوند. این ترک خوردگی ممکن است نیاز به ترمیم بیشتر یا نگهداری در آینده داشته باشد، زیرا امکان نفوذ مواد زیان آور، از دست رفتن چسبندگی به لایه زیرین، پوست پوسته شدن کناره ترک، قرار گرفتن در شرایط ترافیکی، از بین رفتن زیبایی و دیگر عوامل وجود دارد. جمع شدگی ناشی از خشک شدن می تواند با نسبت بندی صحیح مخلوط، از قبیل حداکثر کردن اندازه سنگدانه ها درشت با در نظر گرفتن عمق کاربردی مقطع و همچنین ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک یا عمل آوری صحیح، می تواند حداقل شود. برخی افزودنی ها از قبیل زودگیرها می توانند افزایش جمع شدگی مود ترمیمی و ترک خوردگی ناشی از آنها را موجب شوند. در حالی که نسبت بندی صحیح بتن، دوام خوبی دارد، برخی دیگر از مواد ترمیمی نیز، مانند بتن پلیمری و بتن منیزیم-آمونیم-فسفات، مقاومت بیشتری نسبت به حمله شیمیایی دارند.

بتن با میکروسیلیس

میکروسیلیس به وسیله تولید صنعت فروسیلیکون، ویژگی پوزولانی بالایی دارد و برای بهبود و ارتقای ویژگی های مکانیکی و دوام بتن استفاده می شود. بتن با میکروسیلیس بتن متداولی است که میکروسیلیس و افزودنی های بتن فوق روان کننده MTOBUILD D10 و MTOCRETE N540 (با محدوده بالا کاهش دهنده آب) به آن اضافه شده است همچنین می توان از ژل میکروسیلیس با کارایی بالا در بتن استفاده نمود MTOMIX4500 و یا MTOMIX P 4500 که از نظر مصرف متفاوت هستند استفاده کرد. معمولاً میکروسیلیس در محدوده ۵ تا ۱۰ درصد وزن سیمان استفاده می شود. بتن با میکروسیلیس ویژگی های مشابهی دارد، اما به طور کلی مقاومت تراز بتن معمولی است زیرا مقاومت آن افزایش یافته است و در مقایسه با بتن معمولی دارای مقاومت چسبندگی بیشتری است. همچنین نفوذپذیری کمتر، توانایی افزایش مقاومت در برابر خوردگی مسلح کننده مهار شده را مهیا می کند. این مقاومت بیشتر در حمله به وسیله برخی مواد شیمیایی و شایش ناشی از مواد جامد حمل شده در سازه های هیدرولیکی با سرعت جریان زیاد نیز مفید خواهد بود ACI 1234R. بتن با میکروسیلیس چسبندگی بیشتر و اب انداختگی کمتری نسبت به بتن معمولی دارد. در نتیجه، احتمال زیادی وجود دارد که در پرداخت کاری و یا در صورت محافظت نادرست در طول جایدگی و در زمان عمل آوری، مستعد جمع شدگی پلاستیک بیشتر نسبت به بتن با نسبت W/CM متوسط باشد. پتانسیل ترک خوردگی

بتن ترمیمی گیردار شده، با و بدون میکروسیلیس باید ثبت شود. هر تغییر در مواد بتنی و نسبت بندی مخلوط و مراحل ساخت و ساز که می تواند منجر به حداقل کردن جمع شدگی یا کاهش تفاوت دما شود، باید انجام شود. ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی مهار شده یا جابجایی دما، ممکن است به ترمیم بیشتر نیاز داشته باشد. بتن با میکروسیلیس رنگ خاکستری تا سیاه دارد و ممکن است از لحاظ ظاهری با بتن اصلی مجاور خود یک جور نباشد ACI 1234R

بتن پلیمری سیمانی

این نوع بتن، بتنی است بر پایه سیمان پرتلند یا آمیخته با پلیمر اصلاح کننده که به آن اضافه شده است، استفاده از چسب های بتن یا لاتکس به میزان ۱۵ تا ۲۵ درصد زن سیمان مصرفی MTOBOND 2200 معمولاً پلیمرهای اصلاح کننده شامل استایرن بوتادین، اکریلیک، وینیل-استات-اتیلن-استایرن اکریلیک و اپوکسی است. به طور کلی پلیمرهای اصلاح کننده در محدوده ۱۰ تا ۲۰ درصد جرم سیمان اضافه می شوند. نسبت W/CM برای بتن با اصلاح کننده لاتکس معمولاً ۰/۳۰ تا ۰/۴۰ است که شامل آب داخل لاتکس نیز هست و ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ برای بتن با اصلاح کننده های اپوکسی است به مانند MTOBOND P1800 در مقایسه با بتن معمولی، بتن پلیمری دارای مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی، کاهش نفوذپذیری و مهیا کردن افزایش مقاومت در برابر خوردگی مسلح کننده های مهار شده است. بتن سیمان پلیمری مشکلات بیشتری برای جابجایی و پرداخت کاری، نسبت به بتن معمولی دارد و دارای زمان کار نسبتاً کوتاهتری تقریباً ۱۵ تا ۳۰ دقیقه (قبل از پخش پلیمر برای آمیختن آنها) است. اگر چه می توان کار را پیش از آمیختن پلیمرها متوقف کرد، اما ویژگی های مفید پلیمر اصلاح کننده کاهش می یابد. هرگز مخلوط سخت شده نباید مجدداً آمیخته شود. دستورالعمل تولید کننده ممکن است مطلب مذکور و محدودیت های ساخت و اجرای آنها را، تصدیق کند ACI 548R. زمان کوتاه کار در مواد پلیمری سیمانی به دلیل پیمانه و مخلوط شدن در محل کار است. وقتی مخلوط کن بتن در ترمیم های کوچک استفاده می شود، اندازه پیمانه باید به مقداری که می توان در محدوده زمان کار کردن جابجایی و پرداخت کاری کرد، محدود شود. زمان مخلوط کردن طولانی تر باعث افزایش مقدار کل حباب هوا و کاهش چشمگیر فشاری می شود. تولید کننده ممکن است که عنصر حباب دهنده ای به پلیمر اضافه کند، یا نکند. بنابراین باید به توصیه و مشورت الزامات روند اختلاط و زمانی که توسط تولید کننده توصیه می شود، توجه کرد. مخلوط کن های پیوسته معمولاً در جاهایی که مقادیر زیادی بتن پلیمری سیمانی نیاز است، استفاده می شوند. توصیه می شود که آزمون های تعیین مقدار حباب هوا انجام شود. بتن پلیمری سیمانی بطور معمول برای یک تا دو روز به طور مرطوب، عمل آوری و سپس در هوا خشک می شود. در حالی که جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن به وسیله اضافه کردن پلیمر زیاد نمی شود، اما به طور صحیح عمل آوری نشود، بتن پلیمری سیمانی حساسیت بیشتری به جمع شدگی پلاستیک دارد. بتن اصلاح شده با استایرن بوتادین یا برخی اپوکسی ها وقتی در معرض نور فرابنفش قرار می گیرند، تغییر رنگ نشان می دهند ACI 548R, 548.3R.

بتن سیمانی منیزیم-آمونیم-فسفات MAPCC

این بتن جایگزینی برای سیمان آمیخته یا پرتلند است. چسبندگی عالی، جمع شدگی کم ناشی از خشک شدن، داشتن مقاومت سریع و نفوذپذیری کم از ویژگی های این نوع بتن است. به علت اینکه ماده چسبنده این بتن پایه سیمان پرتلندی ندارد، ملزومات آماده سازی سطح، کاربرد و عمل آوری آن متفاوت است. این نوع بتن نباید بر روی لایه های زیرین کربنات شده (که PH پایین تر از ۱۰ دارند) اجرا شود، زیرا منجر به مقاومت چسبندگی پایین آنها می شود (PH). آنها باید قبل از به کار بردن آزمایش شود. (این بتن سریع سخت می شود و تولید بخار آمونیاک و مقادیر زیادی حرارت در طول عمل آوری تولید می کند. در جاهایی که از سنگدانه برای مکان های بزرگ یا عمیق استفاده می شود، واکنش حرارت زایی باید کنترل شود. سنگدانه ها نباید حاوی کانی های کربناتی برای جلوگیری از واکنش های شیمیایی نامربوط با ملات باشند. روش های جابجایی باید از حبس بخار آمونیاک در درون این نوع بتن جلوگیری کنند. تنها عمل آوری

ملایم از ترکیبات عمل آوری کننده در شرایط خشک شدگی نهایی ضروری است. نور مستقیم خورشید، باد قوی، دمای بالا یا رطوبت پایین برای عمل آوری مرطوب توصیه نمی شود. این نوع بتن برای کاربردهای ویژه استفاده می شود. کسب مقاومت سریع و پایداری حجم این مواد ترمیمی را گزینه خوبی برای کاربردهای سریع و برای ترمیم های باریک طولی، قرار می دهد. معمولاً جمع شدگی ناشی از خشک شدن این نوع بتن کمتر از دیگر مواد ترمیمی با گیرش سریع است. مشاور و کاربر باید با تولید کننده مواد برای ویژگی های مواد به منظور تعیین قابلیت های کاربرد و نحوه استفاده مواد مشورت کنند.

بتن پلیمری

بتن پلیمری بتنی است که در آن پلیمرهای آلی نقش چسبنده را دارد. ACI 548.1R. معمولاً پلیمرهای مورد استفاده شامل اپوکسی، پلی استر، فوران، وینیل استر یا متیل اکریلیت ACI 548.1R است. سیمان پرتلند در برخی اوقات نقش پر کننده دارد. بتن پلیمری ممکن است با عمل آوری دارای جمع شدگی کم شود و مقاومت چسبندگی خوب به لایه زیرین بتنی، مقاومت کششی و مقاومت خمشی زیاد، نفوذپذیری کم، افزایش محافظت در برابر خوردگی، فولاد مسلح کننده مهار شده و مقاومت خوب در برابر حمله شیمیایی را داراست. ACI 548.1R همچنین گیرش سریع آن باعث کاهش زمان ترمیم می شود. به دلیل زمان گیرش سریع باید در محل پیمانه شود. زمان عمل آوری بتن پلیمری به طور مستقیم مرتبط با پلیمر و دیگر عناصری است که مورد استفاده قرار می گیرد. دمای پایین یا انتخاب ناصحیح پلیمر ممکن است سبب افزایش چشمگیر زمان گیرش شود. در نتیجه، دمای بالا ممکن است باعث کاهش زمان کار کردن تراز قابل قبول باشد. بتن پلیمری به طور چشمگیری ضریب انبساط حرارتی بالاتر از لایه زیرین بتنی دارد و در این محل پروژه دما قابل کنترل نیست، سنگدانه ها در مخلوط بتن پلیمری باید به دقت دانه بندی شوند و برای حداقل کردن فاصله بین ذرات سنگدانه ها نسبت بندی شوند. این مسئله مهم است که برای کاهش ترک خوردگی و تنش های داخلی حاصل از دوره های تنش حرارتی دراز مدت، جابدهی بتن پلیمری در نزدیک محدوده متوسط دمای بهره برداری باشد. در بسیاری حالت ها برخی ترک خوردگی ها باید پیش بینی شود و ترمیم بیشتری نیاز باشد. بتن پلیمری همچنین دارای مدول کشسانی با تفاوت چشمگیری نسبت به لایه زیرین است. بیشتر بتن های پلیمری دارای مدول کشسانی پایین است و می تواند در جهت کاهش تنش هایی که رشد کرده اند، مفید باشد. دیگر ویژگی های متفاوت مواد، به ویژه ضریب انبساط حرارتی، ممکن است مواد غیر مناسبی برای سازه های ترمیمی بوجود آورد. بیشتر پلیمرهای استفاده شده در بتن پلیمری با حرارت دهی نرم می شوند. ویژگی های مکانیکی به طور چشمگیری بعد از دماهای تغییر شک دهنده حرارتی، تغییر می کند HDT. HDT. برای هر ترکیب بندی (فرمول) متفاوت است، اما برای این سیستم های قابل استفاده در ساخت بتن محدوده ای از ۱۶ تا ۷۱ درجه سانتیگراد دارد. برخی پلیمرها در دماهای بالاتر به صورت مناسبی عمل آوری نمی شوند و در آتش گسیخته می شوند. ACI 503R محلول های پوشش دهنده سطحی و عایقهای بتن پلیمری ممکن است نرم شوند. کارگران اجرایی معمولاً تجربه ای در کار کردن با بتن پلیمری ندارند و آموزش ویژه برای آنها نیاز است. رطوبت در سنگدانه ها یا روی سطح بتن، تاثیر معکوس بر بتن پلیمری دارد و تمیز کردن دقیق حلال ها ضروری است. این حلالها به روش های خاصی برای دور انداختن مواد مضر نیاز دارند.

تجهیزات ویژه در برابر بخار و قابلیت انتقال برخی مواد ضروری است. بتن پلیمری معمولاً با ظاهر بتن مجاور خود آمیخته و یکدست نمی شود ACI 503,548.1R

خصوصیات بتن پلیمری به طور چشمگیری متفاوت از بتن لایه زیرین است. چون هزینه مواد و اجرای بتن پلیمری بالاست فقط برای ترمیم هایی با الزامات غیر معمول و در شرایط محیطی مورد تقاضا برای ارتقای بهبود ویژگی های بتن پلیمری استفاده می شود.

ملات سیمانی

ملات سیمان پرتلند، حاوی سیمان پرتلند، سنگدانه های ریز و آب است. ملات سیمانی به طور مستمر در پیمانهای کوچک در محل کارگاه، مخلوط می شود، بنابراین مشکلاتی برای نگهداری یکنواخت خصوصیات آن رخ می دهد. به علت نبود سنگدانه های درشت، حجم آب زیاد، مقدار سیمان بالا و نسبت بالای خمیر به سنگدانه، ملات سیمانی جمع شدگی بیشتری نسبت به بتن خواهد داشت و اغلب منجر به ترک خوردگی بیشتری می شود. همچنین ترمیم بیشتری نیاز است. افزودنی های کاهش دهنده آب (روان کننده ها)، اجزای منبسط شونده و دیگر اصلاح کننده ها برخی اوقات برای کاهش جمع شدگی استفاده می شوند. ضریب انبساط حرارتی بستگی به مقدار سنگدانه ها، نوع و اندازه و مقدار سیمان دارد. بنابراین، برخی تفاوتها در خصوصیات حرارتی بین ملات و بتن مشابه است.

ملاتهای ترمیمی از پیش بسته بندی شده در بازار موجود است. سیمان، سنگدانه های ریز، افزودنی های خشک به تناوب، اجزایی هستند که در ایستگاه مرکزی ترکیب و تولید و با اندازه های مختلف بسته بندی می شوند. مواد بسته بندی شده دارای تقاضا بیشتر، سازگارتر و قابل پیش بینی برای عملکرد مناسب در کارگاه است. مزایای دیگر آن شامل موارد زیر است، البته تنها محدود به این موارد نمی شود.

— اختلاط و کنترل کیفیت بهتر در محل کار. معمولاً فقط در محل کار آب به آن اضافه می شود.

— کنترل کیفیت در طول تولید اغلب تولید کننده ها بازرسی می شوند و آزمون از مواد برای مطابقت آنها با مشخصات فنی قبل از ترک مواد از کارخانه، صورت می گیرد. برخی تولید کنندگان توسط سازمان بین المللی استاندارد (ISO) تایید شده اند، به این معنی که روند تولید و روش های آنها با این اسناد سازگار است. باید توجه شود که گواهینامه ISO به معنی تولید موفق است، نه تضمین تولید خوب

— مواد بر پایه عملکرد، نسبت بندی مخلوط اغلب شامل افزودنی ها با خصوصیات اجزای طرحی شده برای انطباق با نیازهای خاص از قبیل تأیید برای انطباق با آب آشامیدنی است (گواهینامه NSF مقاومت در برابر ذوب و انجماد، گیرش سریع، مقاومت سایش و جمع شدگی کم است).

— داده ها به سهولت در دسترس است. نتایج آزمون عملکرد تولید کننده معمولاً موجود است. صفحه داده های اطلاعات تولید، برای ارزیابی کاربر (اعمال کننده) و برای مقایسه مشاور با آزمون در محل کارگاه، تهیه می شود. البته تفاوت در روشهای آزمون باعث ایجاد اختلافاتی در ویژگی مواد می شود. روش های آزمون های اصلاح شده ممکن است گمراه کننده باشد.

— برخی مخلوط ها می تواند حاوی سنگدانه های درشت برای تولید بتن با ضخامت بالا در ترمیم باشد. این مخلوطها دارای خصوصیات مشابه بیشتری به بتن نسبت به ملاتها هستند.

این مواد بسته بندی شده دارای محدودیت زمانی و دوره نگهداری اند و نباید بعد از انقضای محدودیت زمانی مصرف شوند.

ملات میکروسیلیس

ملات میکروسیلیس، ملات سیمانی است که میکروسیلیس به آن اضافه شده است. میکروسیلیس افزایش دهنده مقاومت چسبندگی و چسبندگی ملات است. ملات میکروسیلیس همچنین دارای مقاومت فشاری و کششی افزایش یافته، کاهش نفوذپذیری و افزایش خصوصیات مقاومت ویژه الکتریکی است. همچنین مقاومت بیشتری در برابر حمله شیمیایی دارد. نداشتن سنگدانه های درشت باعث افزایش جمع شدگی و تمایل بیشتر به ترک خوردگی است.

این مخلوط مزایای استفاده از مواد بسته بندی شده را دارد علاوه بر آن مزایای ترکیب شدگی میکروسیلیس در داخل ترمیمی را نیز شامل می شود. میکروسیلیس اضافه شده در کارگاه ممکن است مشکلاتی در پخش دقیق به همراه داشته باشد.

ملات سیمان پلیمری

ملات سیمان پلیمری شامل ملات سیمان با اصلاح کننده های پلیمری اضافه شده به آن است. در مقایسه با ملات سیمان، ملات سیمانی پلیمری دارای مقاومت اتصال عالی و چسبندگی، مقاومت اصلاح شده در برابر ذوب شدن و انجماد و کاهش نفوذپذیری، افزایش مقاومت ویژه الکتریکی و مقاومت در برابر حمله های شیمیایی ها است. البته انتظار می رود در کار کردن با هر ملات، جمع شدگی و ترک خوردگی افزایش یابد. این مسئله به علت وجود نداشتن سنگدانه های درشت و مقدار سیمان و آب بالا اتفاق می افتد. ملاتهای ترمیمی بسته بندی شده حاوی پلیمر خشک کاربردهای فراوانی دارد. پلیمر ممکن است همچنین بعنوان جزء ثانویه به صورت مایع پخش شود. در آن صورت حاوی پلیمر مایع، آب و معمولاً دیگر مواد مضاعف نسبت بندی و جهت تولید مواد ترمیمی بسته بندی شود.

ملات سیمانی - فسفات - آمونیوم - منیزیم MAPCM

ملاتی است که به طور کامل جانشین سیمان پرتلند شده است. این ملات در ترمیم های ویژه از قبیل جایی که احتیاج به رشد مقاومت بسیار سریع، جمع شدگی کم، کاربرد در شرایط زیر یخبندان، یا مقاومت چسبندگی (اتصال) خیلی بالا دارد، استفاده می شود.

ملات پلیمری

ملات پلیمری شامل سنگدانه ریز با پوشش (چسبنده ای) از پلیمر است. ملات پلیمری دارای خصوصیات چسبندگی قابل قبول، پایداری حجم خوب، مقاومت فشاری و کششی نسبتاً بالا، مقاومت در برابر انجماد و ذوب شدن نسبی، نفوذپذیری پایین، مقاومت ویژه الکتریکی بالا و مقاومت شیمیایی بالاست. همچنین گیرش سریع این ملات اجازه می دهد ناحیه ترمیم در مدت زمان کوتاهی به حالت بهره برداری برگردد. همانند بتن پلیمری، زمان عمل آوری ملات پلیمری با پلیمر، دمای لایه زیرین بتنی و دمای هوا نسبت مستقیم دارد. ملات پلیمری به طور کلی گیرش بسیار سریع تر از ملات سیمان هیدرولیکی دارد، دمای کم یا انتخاب پلیمر برای کاربردهای ترمیم خاص مناسب نیست و ممکن است افزایش چشمگیری در زمان گیرش ایجاد شود. ضریب انبساط حرارتی و مدول کشسانی ملاتهای پلیمری با لایه زیرین بتن بسیار متفاوت است. تفاوت کرنش بین ملات ترمیمی و لایه زیرین بتن، ناشی از حرارت بالای برخی ترکیبات پلیمری، دمای متفاوت خارجی و تفاوت در مدول کشسانی، می تواند باعث ترک خوردگی و نجسبیدن ترمیم ها شود. این مسئله به ترمیم های اضافی منجر می شود. پلیمرها وقتی در ملات پلیمری در حالت خمیری حرارت دهی می شوند، در هنگام سرد شدن سخت می گردند. خصوصیات مکانیکی آنها پس از HDT تغییرات چشمگیری دارد HDT. هر فرمولاسیون (ترکیب بندی) متفاوت است، اما برای هر سیستم مورد استفاده در اجرای بتن، در محدوده ۱۶ تا ۷۱ درجه سانتیگراد است. برخی پلیمرها در دماهای بالا عمل آوری نمی شوند و در آتش نرم می شوند. به ACI 503R مراجعه شود. کارگران اجرایی معمولاً در کار با ملات پلیمر تجربه ندارند و نیاز به آموزش های ویژه دارند. رطوبت در سنگدانه یا بر روی سطح لایه زیرین بتنی تاثیر معکوس بر ملات پلیمری دارد. تمیز کردن ویژه محلولها ضروری است. تجهیزات ایمنی خاص و احتیاطات برای بخار و قابلیت اشتغال برخی مواد ضروری است. ملات پلیمری معمولاً از نظر ظاهری با بتن موجود مجاور خود همخوانی ندارد.

انواع بتن های جایگزین شده و لایه های رویی

بر پایه ضخامت معمول ترمیم و روش های معمول برای اجرا و اعمال این مواد، در این بند بر روی بتن جایگزین شده و رویه ها بحث می شود که در سه رده (طبقه) بتن های جایگزین شده با ضخامت بالا ۰ شامل کل مقطع جایگزین شده) به علاوه رویه، بتن جایگزین شده با ضخامت کم به علاوه رویه و رویه های نازک تقسیم بندی می شوند. هدف مشخص مواد ترمیمی، بتن جایگزین شده با ضخامت زیاد و رویه نازکتر از ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر است و مواد ترمیمی شامل سنگدانه های ریز و درشت، بتن جایگزین شده با ضخامت کم و رویه با حداقل ۱/۶ تا ۳/۲ میلیمتر ضخامت است. این کار به این جهت است که بافت و رنگ اطراف بتن مناسب باشد. اگر به کمک تجربه قبلی پرداخت کاری مشکل و بحرانی است. راهکارهای

ویژه از قبیل استفاده از سیمان سفید، رنگ زدن مواد ترمیمی، مواد اختصاصی یا اجرای ترمیم های سطحی مفید است.

جایگزینی بتن با ضخامت بالا و رویه ها

بتن با ضخامت بالا جایگزین و رویه، با ضخامت کمتر ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر، تعریف می شود. معمولاً مواد ترمیمی که شامل سنگدانه های ریز و درشت است برای بتن جایگزین شده با ضخامت بالا به علاوه رویه اجرا می شود، کاربرد و اجرا در سطح افقی دارای الزامات متفاوتی نسبت به اجرا آنها در کاربردهای عمودی و بالای سر است.

کاربرد (اجرا) در سطوح فوقانی (افقی)

موادی که برای جایگزینی بتن با ضخامت بالا و رویه ها در کاربردهای سطوح فوقانی استفاده می شود شامل بتن، بتن با میکروسیلیس، بتن پلیمری سیمانی، MAPCC و بتن پلیمری است. بتن معمولاً بیشترین استفاده مواد را دارد، زیرا هزینه کمتر، سهولت در اجرا و سازگاری کافی با بتن لایه زیرین دارد. هزینه بتن یا میکروسیلیس به طور متوسط بیشتر از هزینه بتن متداول است و از آن برای لایه های رویی محافظ و برای بتن جایگزین در جاهایی که ارتقای خصوصیات مد نظر است، به کار می رود. بتن سیمان پلیمری برای رویه های محافظ و برای جایگزینی با در نظر گرفتن هزینه بالای آنها استفاده می شود MAPCC، برای بتن جایگزین به عنوان راه حل هایی که هزینه آن با الزامات ترمیم ویژه از قبیل حداقل تعطیل شدن کار، ارزش دارد، استفاده می شود. بتن پلیمری نیز برای جایگزینی بتن و رویه ها به عنوان راه حل در جاهایی که هزینه آن به وسیله الزامات ترمیم ویژه ارزش دارد، از قبیل حداقل تعطیل شدن کار یا مقاومت در برابر حمله شیمیایی، استفاده می شود.

کاربرد در شرایط قائم و بالای سر

برای این نوع کاربردها دو مفهوم معمول برای ترمیم پیروی نمی شود و چسبندگی مواد ترمیم در طول کاربرد آن و عمل آوری مواد ترمیمی، برای مقاومت نیروی جاذبه تعیین کننده هستند. همچنین، جایگزینی بتن به صورت قائم و بالای سر معمولاً در معرض تهاجم عوامل محیطی در جایی که مواد واکنش زا، گازها، شیمیایی ها و رطوبت بالا یا آب، از قبیل ترمیم ایستگاه فاضلاب، ایستگاههای تولید مواد شیمیایی، قرار داشته باشد. بیشتر اوقات، مواد ترمیمی اصلاح شده دارای چسبندگی و کیفیت بالای مواد و اصلاح خصوصیات دوامی است. خصوصیات طراحی شده ترمیم دارای روش اجراهای مشخص است. روش های اجرا معمولاً شامل قالب و قالبگیری، سنگدانه های پیش آکنده، جایدهی یا گرانیروی بالا و فشار بادی (بتن پاششی) و اعمال با ماله است.

ترمیم های با قالب و قالبگیری

در ترمیم های با قالب، ناحیه ترمیم قالب بندی شده و مواد ترمیم براساس جریان ثقلی یا پمپ کردن از میان بازشویی در قالب یا از میان سوراخی در لایه زیرین بتن، جایدهی می شوند. موادی که برای ترمیم با قالب و قالبگیری استفاده می شود، شامل بتن، بتن با میکروسیلیس، بتن پلیمری سیمانی و بتن پلیمری است. این نوع ترمیم بتن مخصوص مواردی است که برای جایگزینی بتن به صورت قائم در جایی است که مقاومت کمی در برابر نیروی ثقلی احتیاج است به علت هزینه کم، سهولت اجرا و سازگاری کافی با بتن لایه زیرین. بتن میکروسیلیسی یا بتن سیمان پلیمری برخی اوقات جایگزینی برای بتن است، زیرا مقاومت چسبندگی آنها افزایش یافته است. ترمیم های قائم و بالای سر دارای زحمت بیشتر و برخی اوقات دارای مقادیر ترمیم کوچکتری است. هزینه متوسط برای بتن های سیمانی- پلیمری اغلب عامل کنترل کننده ای نیست، زیرا ترمیم های با قالب و قالبگیری دارای عمل آوری خود به خود است. ترک خوردگی جمع شدگی پلاستیک و ترک خوردگی سخت شدگی به طور معمول کاهش می یابد. بتن پلیمری تنها راه حل های ویژه ای در جایی که مقاومت چسبندگی خوب و خصوصیات دوام با توجه به هزینه آن مورد استفاده قرار می گیرد و الزامات روش اجرای آن احتیاج به آموزش های ویژه ای دارد. همچنین الزامات قالب بندی آن ویژه است، زیرا اکثر مواد پلیمری، دارای چسبندگی قوی است.

ترمیم های بتن با سنگدانه های پیش آکنده

در فرآیند بتن با سنگدانه های پیش آکنده، سنگدانه های درشت از پیش در قالب قرار داده می شود و گروت سیمان- ماسه (معمولا با افزودنی ها) یا مواد رزینی با تزریق در داخل قالب از پایین ترین نقطه صورت می گیرد. در نتیجه بتن یا بتن پلیمری ترمیم، حاصل می شود. بتن با سنگدانه های پیش آکنده حاوی درصد زیادتری سنگدانه های درشت نسبت به بتن است که با قالب اجرا می شود ACI 304.1R , 304R. به علت اینکه سنگدانه های درشت از پیش قرار داده می شود و گروت و رزین با فشار پمپ می شود جداسازی به ندرت مشکل ساز می شود و در واقع همه فضاهای خالی لایه زیرین را با گروت و رزین پر می کند. جمع شدگی ناشی از خشک شدگی بتن با سنگدانه های پیش آکنده کمتر از نصف بتن های متداول است چرا که اتصال نقطه به نقطه سنگدانه های درشت وجود دارد ACI 304.1R .

سنگدانه های پیش آکنده احتیاج به مهارت اجرایی ویژه برای اجرا و نصب قالب ها با حداقل نشت، برای جابجایی مطلوب سنگدانه های درشت متراکم شده و برای تزریق صحیح گروت یا رزین دارند. تجهیزات ویژه ای برای پمپ کردن گروت احتیاج است. ترمیم ها همچنین باید با لرزش خارجی متراکم شوند. مواد از پیش بسته بندی شده حاوی افزودنی های کاهش دهنده زیاد آب (فوق روان کننده) و میکروسیلیس، بطور ویژه برای ترمیم های با سنگدانه های پیش آکنده ساخته می شود و کاربردهای گروت پلیمری سیمانی بدون، چون و چرا موفقیت آمیز است.

ترمیم های بتن پاششی

بتن پاششی ملات یا بتنی است که به طور بادی در گرانیوی بالایی در داخل سطح قرار می گیرد. ACI 506R بتن پاششی می تواند حاوی الیاف مسلح کننده و افزودنی ها باشد. بتن متداول و ملات، بتن با میکروسیلیس و ملات بتن و بتن سیمانی- پلیمری و ملات می تواند همگی به وسیله بتن پاششی جابجایی شوند. همه اجزای بتن پاششی می تواند در مخلوط کن ترکیب شود (در مخلوط تر) یا اجزای جامد می تواند در مخلوط کن ترکیب شود و سپس در نازل بتن پاششی آب به آنها اضافه شود (مخلوط خشک). همه موادی که برای بتن پاششی در کارگاه مخلوط می شود باید مطابق با ASTM C1436 و بتن پاششی از پیش بسته بندی شده مطابق با ASTM C1480 باشد. برای اضافه کردن و کنترل دقیق افزودنی ها در بتن پاششی مخلوط خشک مشکلات بیشتری پدید می آورد. جابجایی صحیح بتن پاششی دارای شرایط قابل مقایسه ای به جهت هزینه اجرا و قالب بندی بتن مشابه است. اگر چه عملیات بتن پاششی ممکن است باعث کاهش مقدار هوای داده و محبوس بتن شود. جمع شدگی ناشی از خشک شدن و ترکهای ناشی از آن مشکل برخی مخلوطهای بتن پاششی است. این مشکل به دلیل دانه بندی نامناسب ماسه، آب خیلی زیاد، و وجود نداشتن سنگدانه های درشت تر از mm13 است. الیاف مسلح کننده یا مسلح کننده های سیمی- جوش شده برای کنترل ترک خوردگی استفاده می شود. برای اطلاعات بیشتر به ACI 506.1R مراجعه شود .

راهنمای انتخاب مواد ترمیمی برای جایگزینی بتن و رویه‌ها

توضیحات	خصوصیات مورد نظر	خصوصیات غیر قابل نظر
۱. جایگزینی بتن با ضخامت بالا و رویه‌ها		
الف- کاربرد در روی سطوح		
بتن	۸-۷-۳-۲	۱۱-۱۰-۹-۱
بتن با نسبت آب به سیمان کم	۸-۷-۳-۲	۱۱-۱
بتن میکروسیلیسی	۱۱-۱۰-۹-۸-۵-۴-۳-۲	۷-۱
بتن سیمانی - پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۵-۴-۳-۲	۷-۱
بتن پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۵-۴-۳-۲-۱	۱۲-۷-۴-۳-۱
MAPCC	۱۰-۹-۶-۵-۴-۳-۲-۱	۱۱
ب- کاربردهای بالای سر و قائم		
بتن	۸-۳-۲	۵-۴-۱
بتن میکروسیلیسی	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴-۳-۲	۷-۱
بتن سیمانی پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴-۳-۲	۱
بتن پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴	۱۲-۷-۳-۱
ملات سیمانی	۳-۲	۱
ملات میکروسیلیسی	۱۱-۱۰-۹-۶-۵-۴-۳-۲	۷-۱
ملات پلیمری سیمانی	۱۱-۱۰-۹-۷-۶-۵-۴-۳-۲	۱
ملات پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴	۱۲-۳-۱
۲. کاربرد در جایگزینی بتن و رویه‌ها		
ملات سیمان	۳	۸-۳-۱
ملات میکروسیلیسی	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴-۳-۲	۳-۱
ملات سیمان پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴-۳-۲	۳-۱
ملات پلیمری	۱۱-۱۰-۹-۸-۶-۵-۴	۱۲-۳-۲-۱
MAPCM	۱۰-۹-۶-۵-۴-۳-۲-۱	۱۱
۳. رویه‌های تارک		
ملات سیمانی	-	۸-۳-۱
ملات میکروسیلیسی	۱۱-۹-۸-۶-۴	۳-۱
ملات سیمانی - پلیمری	۱۱-۹-۸-۶-۴	۳-۱
ملات پلیمری	۱۱-۹-۸-۶-۵-۴	۱۲-۳-۲-۱

OFFICE PHONE:

+9821-44604438-44464877-44549511

خصوصیات مواد

- 1 پایداری
- خصوصیات مکانیکی:
- 2 مدول کشسانی
- 3 ضریب انبساط حرارتی
- 4 مقاومت چسبندگی
- 5 مقاومت کششی
- خصوصیات اجرا:

6-چسبندگی

7-راحتی اجرا

8-دوام در برابر ذوب و انجماد

9-نفوذپذیری

10-مقاومت الکتریکی

11-مقاومت در برابر حمله شیمیایی

12-تغییر شکل حرارتی کم یا انتقال دما

برای اعمال بتن پاشی، تجهیزات ویژه‌ای نیاز است و مهارت کاربر نازل نیز به دلیل وضعیت کاربرد، بسیار تعیین کننده است. روند بتن پاششی کردن یا ایجاد غبار، پخش شدگی زیاد و بازگشت بتن همراه است که می تواند موجب بهم زدن نواحی اطراف و تجهیزات شود. بازگشت بتن نباید در داخل مواد ترمیمی مخلوط شود. بتن بر پایه سیمان و ملات معمولاً برای بتن پاششی استفاده می شود، زیرا هزینه کمی دارد و آسان اجرا می شود، همچنین سازگاری دقیق با لایه بتن زیرین دارد. بتن با میکروسیلیس و ملات به طور متناوب استفاده می شود، زیرا مقاومت چسبندگی افزایش و چسبندگی خوبی درمقایسه با بتن سیمانی و ملات سیمانی دارد. در نتیجه سودمندی اجرا افزایش می یابد و از دست رفتن بتن به دلیل بازگشت مصالح کاهش می یابد. تجربه نشان می دهد که عمل آوری زود هنگام با رطوبت کامل بتن پاششی و با میکروسیلیس تا حد زیادی از ترک خوردگی زیاد در طول دوره عمل آوری جلوگیری می کند. به علت مشکلات در اختلاط، حمل و تمیز کردن، بتن سیمان- پلیمری و ملات معمولاً برای بتن پاششی، استفاده نمی شود.

ترمیم های اعمال شده با ماله

در این نوع ترمیم ها، مواد ترمیمی به طور مستقیم به مکان ترمیم با ماله (یا برخی از اوقات با دست). اعمال می شود. مواد اعمال شده در خلاف جهت لایه زیرین برای اتصال بدون هوا و مطلوب تر با ماله فشرده می شود. این ترمیم ها بسته به چسبندگی ابتدایی بین مواد ترمیم تازه و لایه زیرین بتنی برای جادهدی رضایت بخش است. این ترمیم ها مزایای قالب بندی برای حمایت مواد تا گیرش نهایی با فشار بادی برای افزایش فشار و چسبندگی بیشتر و پیوند مواد اعمال شده را ندارد. سنگدانه های درشت معمولاً در مواد ترمیمی وجود ندارند، زیرا سنگدانه های درشت باعث کاهش چسبندگی در نقاطی که مواد تحت کشیدن ثقلی و جدا شدن از ناحیه ترمیم قبل از اینکه مواد بتوانند بگیرند (گیرش کنند)، می شود. مواد ترمیمی شامل ملات سیمان، ملات پلیمری و ملات پلیمری است که در ترمیم های اعمال شده با ماله استفاده می شود. برای بتن جایگزین با ضخامت بالا تنها در شرایط خاص غیر معمول، از قبیل وقتی که بتن جایگزین دارای محدودیت در اندازه و تعداد یا در مکان های نسبتاً دسترس ناپذیر است، استفاده می شود. نبود سنگدانه های درشت در برخی خصوصیات بسیار مهم لایه زیرین بتنی تاثیر دارد، مانند جمع شدگی ناشی از خشک شدن، ضریب انبساط حرارتی، و مدول کشسانی.



بتن جایگزین شده با ضخامت کم و رویه ها

مواد ترمیمی برای این مورد (این راهنما حداقل دارای ضخامت mm6/1 تا ۳/۲ و کمتر از mm19 تا ۲۵ تعریف می شود) شامل سنگدانه های ریز، بتن جایگزین شده و رویه هایی که حداقل mm19 ضخامت دارند. به طور معمول حاوی کمی سنگدانه های درشت هستند. بتن جایگزین شده که با ضخامت کم و رویه ها نسبت به بتن های جایگزین شده با ضخامت بالا و رویه ها که در ملاتهای ترمیمی استفاده می شود، متفاوت هستند. موادی که در این شرایط استفاده می شود ملات سیمان، ملات با میکروسیلیس، ملات سیمان- پرتلندی، MAPCM و ملات پلیمری است.

خصوصیات ملاتهای ترمیمی سازش کمتری با خصوصیات لایه زیرین بتنی و نسبت به مخلوط های بتنی در ترمیم های که با ضخامت بالا استفاده می شود، دارد. جمع شدگی و ترک خوردگی افزایش می یابد که مشکلات معمولی برای بتن های جایگزین شده کم ضخامت و رویه ها به بار می آورد و ممکن است به ترمیم بیشتری نیاز باشد. ملاتهای مواد پلیمری دارای ضریب انبساط حرارتی متفاوتی نسبت به لایه زیرین بتنی است و باعث می شود جابجایی نسبی بین ملات ترمیمی و لایه زیرین اتفاق بیفتد. اختلاط و جایدگی صحیح و شروع فرآیند عمل آوری بسیار مهم در ترمیم هایی است که ضخامت آنها کاهش یافته است. ملات های ترمیم به طور متناوب در محل کارگاه پیمانه می شود و نگهداری قوام و حفظ کیفیت آنها مشکل است. برای رسیدن به کاربرد رضایتبخش، تجربه کارگر بسیار مهم است. عمل آوری به موقع و کافی بجز برای ملات پلیمری که احتیاج به عمل آوری ندارد، بسیار مهم است. اضافه کردن شن نخودی (با اندازه ۶ تا ۱۰ میلیمتر) می تواند برای عملکرد ترمیم مفید باشد. ملات سیمان برخی اوقات برای بتن جایگزین با ضخامت کم و رویه ها استفاده می شود، اما مستعد ترک خوردگی ناشی از جلوگیری جمع شدگی و جمع شدگی بیشتر ناشی از خشک شدگی است. ملات با میکروسیلیس و ملات سیمان- پلیمری به طور معمول استفاده می شود، زیرا باعث افزایش پیوند و مقاومت کششی برای اعمال در لایه های ضخیم تر در سطوح قائم و بالای سر و افزایش سودمندی می شود. ملات پلیمری برخی اوقات استفاده می شود، ولی باید در نسبت بندی مخلوط آن و جزئیات ترمیم توجه کرد. لایه زیرینی بتنی به ندرت باعث ترک خوردگی و نجسبیدن بتن جایگزین می شود. این حالت ممکن است زمانی اتفاق بیفتد که بهره برداری از مواد ترمیمی در گستره زیادی از دماهای مختلف باشد. به علاوه، پیوند و چسبندگی، مقاومت کششی و خصوصیات دوام مطلوب، اکثراً در ترمیم های نازک حاصل می شود ACI.

548.1R

رویه های نازک

رویه های نازک تعریف شده کمتر ۱/۶ تا ۳/۲ میلیمتر ضخامت دارد. برای کاربرد در جاهایی که ملزومات ویژه ای بر روی مواد ترمیمی، از قبیل تاثیرات شدید سطح در معرض بخار آب و جذب بیشتر لایه زیرین وجود دارد. این رویه ها در بدو طراحی برای ترمیم خرابی ها و ناهمواریهای سطحی به کار می رود. معمولاً بیشترین استفاده مواد از ملات سیمانی، ملات با

میکروسیلیس، ملات سیمان پلیمری و ملات پلیمری است. مواد ترمیمی نازک تر رفتار متفاوتی با لایه زیرین بتنی ندارد و خصوصیات مواد ترمیمی، از قبیل مقاومت کششی و پیوند، بسیار مهم است. برای عملکرد ترمیم رضایتبخش، به کار بردن صحیح مواد مهم و تعیین کننده است و کارگرهای اجرایی بطور متناوب احتیاج به آموزش ویژه در اختلاط و جایدگی مواد ترمیمی دارند. عمل آوری به موقع و دقیق نیز بسیار مهم. برخی اوقات ملات سیمان در رویه های نازک استفاده می شود. موارد مورد نظر مختلف است و مواد با چسبندگی و مقاومت های کششی بالاتر دارای رفتار متفاوت با لایه زیرین است. ملات میکروسیلیس، ملات پلیمری- سیمانی و ملات پلیمری معمولاً استفاده می شوند، زیرا آنها دارای چسبندگی، مقاومت های کششی، و خصوصیات اصلاح شده داومی مطلوب هستن. از نظر پایداری ملات پلیمری عملکرد اصلاح کننده ای دارند. همچنین ترمیم در مقاطع نازک تر، مدول کشسانی کم ملات پلیمری، کاهش دهنده تنش های تولید شده به وسیله تفاوت انتقال حرارت و پیوند و مقاومت های کششی و چسبندگی ملات پلیمری، اغلب جبران کننده تنش های تولید شده است.

تهاجم محیطی و کاربردهای بیرونی

در تهاجم محیطی و کاربردهای بیرونی دیدگاه، ترمیم ممکن است شامل پوشش دادن میلگردهای مسلح کننده در بتن های جایگزین شده یا عایق کردن (پوشش) سطح یا پوشش دادن روی جایگزین شده ها و سازه به جهت اصلاح دوام بیشتر باشد. محافظت کاتدی، محیط های فعال و غیر فعال برای سازه ها در محیط های خورنده قابل ملاحظه است. ACI 222R در دیدگاه ترمیم باید به حلقه آند، یا هالو، تاثیر آن در اطراف بتن موجود جایگزین شده ای که لازم است ترمیم شود و تحت خوردگی مسلح کننده هاست، توجه شود. در تهاجم محیط های شیمیایی یا دیگر کاربردهای معمول، عایق کننده های سطح، پوشش دهنده ها، رویه بتنی با میکروسیلیس، بتن ملات سیمانی پلیمری، و بتن پلیمری استفاده می شود ACI 201.2R.

دوام ترک

ترک ها در بتن به چند دلیل ناخوشایندند، اگر ترک ها زنده نباشند می توان از ترمیم کننده های بتن به مانند MTOSIVE 1020 یا ترمیم کننده بر پایه اپوکسی MTOFLOW650 استفاده نمود، در نظر داشته باشید برای تست اینکه ترک زنده است یا مرده باید از ترک سنج ها یا استفاده از مهر گچی پیشنهاد می گردد، در صورت اینکه ترک زنده باشد حتماً پیشنهاد می گردد از تست ها و آزمایش های غیر مخرب به مانند التراسونیک بتن (اولتراسونیک بتن) انجام گردد که میزان و تعیین عمق ترک در بتن مشخص شود جهت الاعات بیشتر با واحد خدمات آزمایشگاهی بتن ایران تماس حاصل فرمایید.



و اما از نظر زیبایی ممکن است زشتی و بدنمایی قابل ملاحظه ای داشته باشند. ترکها ممکن است اجازه دهند عوامل آسیب رسان سریع تر و بیشتر وارد بتن شوند، خوردگی فولاد مسلح کننده (میلگردها) با سهولت دسترسی به وسیله رطوبت، اکسیژن، کلراید، اکسید کربن و دیگر شیمیایی های مهاجم و گازها به داخل بتن میسر شود. ترکها ممکن است سرانجام موجب

آسیب‌های جدی سازه یا گسیختگی ترکیبات و اجزای سازه شوند. هدف از ترمیم ترکها، برآورده شدن یک یا چند هدف زیر است ACI 224.1R .

1-مرمت کردن و افزایش مقاومت اعضای ترک خورده

2-مرمت کردن و افزایش سختی اعضای ترک خورده

3-اصلاح عملکرد

4-جلوگیری از نفوذ مایعات

5-اصلاح ظاهر سطوح بتنی

6-اصلاح دوام

7-جلوگیری از رشد و توسعه محیط خورنده در مسلح کننده ها

به علاوه، ترمیم ترکها ممکن است موارد زیر را نیز فراهم کند:

—اصلاح شرایط بهداشتی و پاکیزگی

—کاهش نفوذ پذیری گاز

—کاهش انتقال صدا

برای ارزیابی ترمیم، ترکها بر پایه عوامل ایجاد شدن، عرض، پایداری (ترکهای فعال یا بی اثر)، شرایط محیطی که ترک در معرض آن است (اگر مرطوب باشد، نشأت گرفتن به طور فعال یا در معرض عوامل شیمیایی مضر) و ملزومات سازه‌ای طبقه‌بندی می شوند. فقط یک طرح جامع و استاندارد و تایید شده می‌تواند تعیین کند که ترکهای سازه مشکلات مهمی ایجاد می کند و باید ترمیم شود. ترکهای سازه‌ای به وسیله بارهای اعمال شده، نیروها و دیگر جزئیات خارجی ایجاد می‌شود. هرگاه طرح استاندارد برای الزامات تعیین شده داشته باشیم، انتخاب مواد ترمیم ترک عملی است، ACI 1224.1R . USACE تعداد زیادی مواد ترمیم برای ترک موجود است. اطلاعات اضافی درباره هر مواد، از قبیل مزایا، محدودیتها، کاربردهای ویژه و استانداردها برای کمک به تعیین مشاور است.

ترکهای با عرض کمتر mm 05/0

بطور کلی ترکهای با عرض کمتر mm 05/0 مشهود نیستند. ترکهای خیلی نازک ممکن است در هنگام هیدراته شدن سیمان به صورت خودبخودی بهبود یابند و یا ممکن است با کربناته شدن، به شکل کربنات کلسیم و بلورهای هیدروکسید کلسیم سبب عایق شدن ترکها شوند. سازه باید به طور دوره‌ای برای بررسی پتانسیل افزایش یابنده‌ای در عرض ترکها، در طول مدت بهره‌برداری، بازرسی شود. با گذشت زمان افزایش عرض ترکها نشان می دهد که مشکلات دیگری نیز وجود دارد که باید ارزیابی و سپس ترمیم شوند .

ترکهای با عرض بیشتر از mm 05/0

رزین اپوکسی

اپوکسی ها در گروه رزین های مصنوعی اند. رزین های اپوکسی MTOBONDP1800 همواره نیاز به مخلوط کردن کامل با سخت کننده یا ترکیبات عمل آوری دارند. معمولاً آمین ها، برای شروع واکنش شیمیایی منجر به نتایج غیر معمول در خصوصیات چسبندگی می شوند.

به دلیل مقاومت چسبندگی بالا، تعداد زیادی از اپوکسی ها برای چسبندگی MTOBOND P 1800 و آب بندی

MTOTOP 107 ترمیم سازه‌ای مورد استفاده قرار می گیرند در بعضی از موارد نیز استفاده از مواد آب بندی نفوذگر

MTOPAN IC. پرخی اپوکسی ها طاقت رطوبت را دارند به مانند MTOBOND P1800 و عمل آوری در حضور رطوبت

است یا از مواد عمل آوری (کیورینگ مواد) از MTOCURE D550 استفاده می گردد استفاده از این مواد برای کیورینگ

متریال های پایه سیمانی یا بتن پیشنهاد می گردد. در حالیکه تعداد کمی از اپوکسی ها ممکن است با حضور کمی رطوبت در

حفره‌های بتن به طور موثر چسبندگی با بتن داشته باشند. اغلب اپوکسی ها در حضور رطوبت دچار نچسبیدن به بتن خواهند شد. گستره وسیعی از گرانیرو، مدول و نرخ واکنش اپوکسی ها وجود دارد که با ترکیب‌بندی‌های مختلف و سازگاری با الزامات کاربردی حاصل می‌شوند. اپوکسی ها تحمل ناچیزی در جمع شدگی دارند و این در اجرای آنها مهم است. رزین سخت کننده باید به طور دقیق نسبت بندی و به خوبی مخلوط شود. هر انحرافی ممکن است ناشی از مواد باقیمانده نرم یا چسبناک مواد و عدم انطباق، در ملزومات مشخص شده باشد. در نتیجه، تجارب شخصی کاربر ضروری و تجهیزات تزریق ویژه مورد نیاز است. اگر ترکها دارای کثیفی یادیدگر آلاینده‌ها بر روی سطح داخلی باشند، اپوکسی ممکن است پیوند کافی با سطوح نداشته باشد و کاهش تاثیر مواد ترمیمی را به همراه داشته باشد. اغلب اپوکسی ها دارای محدودیت زیاد در قابلیت انعطاف پذیری اند و می توانند تحمل خیلی ناچیزی در جابجایی ترکها، داشته باشد. اگر احتمال پهن تر شدن ترک وجود دارد، احتمالاً بتن اطراف ترک ترمیم شده، ترک می خورد. عمل آوری اطراف اپوکسی ها باید مطابق با ملزومات ASTM C881/C881M نوع ۴ باشد. برای ترمیم ترکها با عرض بیشتر از mm05/0 حداقل دمای ۵۰ درجه سانتیگراد نیاز است. اگر ترمیم به منظور نگهداری و مرمت و یا افزایش مقاومت و سختی عضو باشد، لازم است که نکات ایمنی مرتبط با آتش سوزی بررسی شود. معمولاً دمایی که مواد ترک خورده در معرض آن هستند، کمتر از سطح آنهاست و در معرض قرار گرفتن در دمای بالا نباید باعث از بین رفتن کل مواد سازه در ترک ناشی از خصوصیات عایق کردن اطراف بتن شود. همچنین اغلب در هر ترمیمی، مهارت و تجربه کارکنان منجر به بهترین کیفیت می‌شود و سطح بالای مهارت برای تزریق در اغلب اوقات برای ترمیم ها نیاز است.

اپوکسی

اپوکسی هایی که برای ترمیم ترکها استفاده می شود در محدوده mm6 تا ۰/۰۵ در عرض است. اغلب روش‌های معمول به کار رفته در محدوده mm05/0 تا ۰/۱۲ با فشار تزریق مواد به داخل ترک صورت می‌گیرد. رزین های اپوکسی اغلب موادی هستند که در تزریق با فشار برای ترمیم ترکها در این محدوده عرضی استفاده می شوند. تشریح جزئیات ویژه و روش های تخصصی در این مقوله نمی گنجد. جزئیات روش‌های تخصصی کاربردی در ACI 224.1R, 503R مطرح شده است. ترکها در دالهای افقی بین mm10/0 تا ۶ است که می تواند با نیروی ثقلی یا قرار دادن در استخری از اپوکسی روی ترک پر شود. عمق نفوذ به وسیله گرانیرو و کشش سطح رزین اپوکسی تعیین می شود. آزمایش کردن در محل پروژه، از قبیل تخمین هسته و بررسی تراوش به درون، باید راهبری شود. برای انطباق کافی نفوذ موارد بالای سر و افقی نازک تر با فشار تزریق می‌شود. اپوکسی ها ممکن است با گروت همراه با ماسه برای ترمیم ترکهای بزرگتر به کار رود. ASTM C881 طبقه بندی اپوکسی ها را براساس گرانیرو و محدودیت های دمایی انجام داده است. طبقه بندی استاندارد اپوکسی ها در ۷ نوع متفاوت اپوکسی است. رزین های تزریق معمولاً در نوع ۱، طبقه بندی می‌شود. کاربرد آنها در پیوند بتن سخت شده با بتن سخت شده در حالت غیر باربر است اما می‌توان به نوع ۴ آنها نیز اشاره کرد که کاربرد آنها پیوند بتن سخت شده با بتن سخت شده اما در حالت باربر است.

متاکریلیت با وزن مولکولی بالا HMWM

HMWM استری است از اسید متاکریلیت حاوی اتم های کربن با پیوند دو تایی جدا شده است. وزن مولکولی بالا اصطلاحاً متاکریلیتهای متفاوت با مقدار ناپایداری نقطه اشتعال آن استفاده می‌شود. وزن مولکولی به طور اختیاری ۱۵۰ انتخاب می‌شود. با توجه به مقاومت چسبندگی بالای این مواد، آنها برای ترمیم سازه ای مناسب اند. گرانیروی پایین (۲۵ cp و کمتر) و سهولت بیشتر مخلوط نسبت به اپوکسی ها مخلوط کردن این مواد را آسان می‌کند HMWMS. با بسیاری مدول و نرخ های واکنش وجود دارد و به این دلیل در کاربردهای مختلفی قابل استفاده است.

گروت پلی یورتان شیمیایی

پلی یورتان شکل دیگری از گروت‌های شیمیایی است. پلی یورتان ها اغلب به طور معمول برای مواد ترمیم ترکها نسبت به

گروت های شیمیایی انتخاب می شوند و در داخل انواع آب دست و غیر آب دوست طبقه بندی می شوند. گروت شیمیایی پلی یورتان شامل رزین پلی یورتان که با آب واکنش می دهد و گران تر از آن است و به صورت کف (انواع آب گریز) یا ژل (نوع آب دوست) موجود است. انواع آب گریز برای کارهایی که متناوباً مرطوب یا خشک می شوند، توصیه می شود. نوع آب دوست آنها باید به طور مستمر مرطوب باشد USACE 1110-1-3500. گروت های شیمیایی پلی یورتان معمولاً برای ترمیم ترک های مهم که مرطوب و فعال هستند و نشأت قابل ملاحظه ای دارند، استفاده می شود. این گروت ها کمی انعطاف پذیرند، بنابراین ممکن است تحمل برخی تعمیرات در عرض ترک را داشته باشند. زمان واکنش در حالت کف مانند باید کنترل شود. معمولاً از چند ثانیه تا چندین دقیقه متفاوت است. برای مثال در جایی که ترک نشست زیادی دارد، گروت شیمیایی پلی یورتان ممکن است واکنش خیلی سریعی برای توقف نشست ایجاد کند. این گروت ها نفوذی موثر دارند و روش های تخصصی اجرای گروت های شیمیایی روش محافظت خوبی برای ترمیم ترک ها است. گروت شیمیایی پلی یورتان برای ترمیم سازه ای مناسب نیست، بعلاوه مهارت بالای کارکنان در طول مدت کار با تجهیزات ویژه تزریق نیاز است. نهایتاً، این مواد به طور معمول وقتی در معرض پرتو فرابنفش قرار می گیرند، پایدار نیستند. البته این مورد معمولاً مورد توجه قرار نمی گیرد. زیرا مواد تزریق شده به داخل ترک های تنگ در معرض کمترین پرتو فرابنفش است. گروت های شیمیایی پلی یورتان ممکن است برای ترمیم ترک هایی که عرضی برابر $12/0\text{ mm}$ و بیشتر دارند، استفاده شود. این مواد با تزریق بر اثر فشار در فشارهای بالا، صورت می گیرد. رزین های اپوکسی برای ترک های پنهان، مرطوب یا خشک مناسب است، اما گروت های شیمیایی پلی یورتان برای تزریق های قائم، بالای سر و ترک های افقی فعال یا نشأت کننده مفید است. این ویژگی مخصوص کاربردهای قائم، بالای سر و افقی است. برای نگهداری مایعات، سدها، تونل ها، مجرای فاضلاب و دیگر سازه های نگهدارنده آب نیز مفید است.

استانداردهای رایجی برای گروت های شیمیایی پلی یورتان موجود نیست. ASTM C1623. برای تعیین مقاومت های کششی و خصوصیات ازدیاد طول گروت در همه نسبت های یورتان از آب استفاده می کند.

درزگیر پلی یورتان

محصولات پلی یورتان (MTOFLEX360) ناشی از واکنش بین گروه ایزوسیانات و گروه هیدروسیل است. درزهای پلی یورتان نوعاً حاوی پلیمر، پرکننده ها، رنگین سازها، عوامل عمل آوری، مواد مضاف چسبیده، روان کننده ها و حلالهاست ACI 504R. عایق های پلی یورتان به طور کلی تهیه کننده بهترین چسبندگی برای بتن و سطوح بنایی تمیز است و معمولاً نیازی به آستر برای به دست آمدن این چسبندگی نیست. استفاده از آستر در بسیاری از کاربردها مفید است و چسبندگی را افزایش می دهد. خصوصیات مقاومت سایش آن بسیار عالی است. در مخزن آب و مخازن دیگر به علت اینکه خواص فیزیکی آنها در حالت فرو رفتن و غوطه ور شدن ثابت است، می تواند استفاده شود. عملکرد مواد تحت تاثیر پرتو فرابنفش، سطح درزگیر تمایل به سفید شدن و خاک مانند دارند (مانند گچ خوردگی). در صورت در معرض قرار گرفتن زیاد، برای عملکرد بهینه درزگیرهای پلی یورتان باید مورد بازرسی های منظم و نگهداری قرار داشته باشد. درزگیرهای پلی یورتان برای عایق کردن ترک هایی که عرضی آنها از $2/5$ تا 50 میلیمتر است، استفاده می شود. طراحی صحیح اتصال و جزئیات اجرای درزگیر برای اطمینان از نتیجه مطلوب، مهم و تعیین کننده است. جابجایی اتصال معمولاً نیاز به عملکرد خوب درزگیر دارد و شکنندگی در پیوند و اتصال خیلی اوقات ایجاد می شود. قرار دادن درزگیر به صورت قائم در زمانی که کشیدگی افقی داریم، وقتی مجاز است که چسبنده پلاستیکی نازک تر باشد. حداقل کردن تنش های ایجاد شده در درزگیر در نسبت عرض به ضخامت 2 به 1 است.

حداکثر عرض اتصال به طور کلی 25 mm است. برخی تولید کنندگان ممکن است با عرض تا 50 mm را اجازه دهند. حداقل عرض اتصال 6 mm است. بنابراین ترک ها باید دارای مطابقت با این محدودیت ها باشند. حداقل ضخامت اتصال حدود 6 mm و حداکثر 13 mm است. درزگیرهای موجود یک یا دو جزئی اند. یک جزئی ها به طور آماده قابل استفاده اند و نیاز به مخلوط کردن ندارند. انتخاب رنگ آنها محدودیت دارد. رطوبت مناسب برای عمل آوری صحیح باید وجود داشته باشد. تولیدات دو جزئی قبل از استفاده باید به طور کامل مخلوط شوند. ممکن است عمل آوری سریعتری در شرایط سرد نیاز باشد. درزگیرهای

پلی یورتان قوام ها و سختی های متفاوتی دارد. کاربرد آنها برای کاربردهای قائم و بالای سر مناسب است. درزگیرهای پلی یورتان برای کاربردهای افقی در معرض ترافیک وسایل نقلیه در محدوده سختی بین ۲۵ و ۵۰، وقتی مطابق با ASTM C661 می باشد، مناسب است.

درزگیر سیلیکونی

درزگیرهای سیلیکونی بر پایه پلیمرهایی شامل اتمهای اکسیژن و کربن حاوی گروههای کربن است. آنها نسبت به گروه بندی پلیمرها، دارای ساز و کار متفاوتی برای عمل آوری اند. نوعاً درزگیرهای سیلیکونی حاوی پلیمرهای سیلیکون، میکروسیلیس، فوق روان کننده ها، پرکننده های کربنات کلسیم و سیلن ها برای چسبندگی است. عمر عملکرد درزگیرها معمولاً ۳ تا ۱۰ سال است. درزگیرهای سیلیکونی دارای مقاومت زیاد در برابر پرتو فرابنفش است و در دراز مدت سفید نمی شود و تغییر رنگ نمی دهد. درزگیرهای سیلیکونی دارای خصوصیات دراز شدگی بالاست (۱۰۰۰ درصد و بیشتر). آنها برای اتصالات فعال، مناسب اند. چسبندگی آنها به بتن و ملات مشکل است، بجز اینکه لایه استری استفاده شود. درزگیرهای سیلیکونی برای غوطه ور شدن توصیه نمی شود. بنابراین آنها نباید برای درزگیری درزهایی که درون مخزن های آب، سدها، منع ها و شبیه به اینها هستند، مصرف شوند. درزهای سیلیکونی رفتار ضعیفی در مواجهه با تنش های ملایم دارند. وقتی اتصال پهن تر می شود، تنش بیشتری ایجاد می شود. این امر در خط پیوند، ممکن است منجر به چسبندگی کمتر یا سخت شدن درزگیر شود. این مواد ممکن است فقط بر روی پوشش با پوشش دهنده ای بر پایه سیلیکون باشند. نهایتاً روغن ها در سیلیکون اغلب به داخل حفره های لایه زیرین جابجا می شوند. در نتیجه ممکن است بر روی لایه زیرین باقی بمانند. از نظر نما و شکل ظاهری قابل قبول اند. داده های آزمایشات دراز مدت باید همواره قبل از مشخص شدن این مواد بررسی شود. برای عملکرد بهینه، درزگیرهای سیلیکون باید دارای بازرسی های منظم و نگهداری باشند. درزگیرهای سیلیکون به طور کلی برای علق کردن ترکهایی که عرض آنها از ۲/۵ تا ۵۰ میلی متر است، استفاده می شود. مشابه حالت پلی یورتان ها طراحی اتصال برای اطمینان از اینکه عایق بودن مواد رفتار مناسبی دارد، تعیین کننده است. نسبت عرض به ضخامت درز باید ۲ به ۱ باشد. عرض درز باید در محدوده ۶ تا ۱۶ mm و عمق آن در محدوده ۶ تا ۱۳ mm باشد. درزگیرهای سیلیکونی برای کارهای قائم بالای سر مناسب اند. برخی کارخانه های تولیدی، درزگیرهایی دارند که برای ترافیک مناسب است. وقتی این درزگیرها افقی اجرا شود، باید از بارهای ترافیکی، محافظت شوند. درزگیرهای سیلیکون در بسته بندی یک جزئی و دو جزئی موجود است.

گروت پلیمری

گروت پلیمری مخلوطی از پلیمر است، از قبیل رزین اپوکسی. به عنوان ملات و معمولاً ماسه خشک شده سیلیسی با نسبت بندی ۰/۴ تا ۸/۰ mm به صورت پر کننده است. قوام این مواد ممکن است خیلی خشک باشد و در کاربردهای دستی ترکهای بزرگ بر روی بالای سر و سطوح قائم مناسب است. همچنین برای پر کردن ترکها در دالهای افقی با توجه به قوام مناسب بر اثر نیروی ثقلی، کاربرد دارد. گروت های پلیمری چسبندگی خیلی خوبی به بتن دارند و دارای جمع شدگی کم و ترکهای ساکن اند. مشابه رزین اپوکسی، گروت های پلیمری برای ترکهای مورد نیاز ترمیم های سازه ای مناسب اند. مواد با قوام متفاوت به راحتی برای ترمیم ترکها در کاربردهای قائم، بالای سر و افقی موجود هستند. برخی گروت های پلیمری، نسبت به ملات استفاده شده، طاقت رطوبت را دارند و با وجود رطوبت عمل آوری می شوند. مقدار کمی گروت پلیمری ممکن است چسبندگی با بتن با مقدار رطوبت موجود در فضاهای خالی بتن را به طور موثر، داشته باشند. اغلب گروت های پلیمری برای اجرا در صورتی که در پیوند با بتن رطوبت وجود نخواهد داشت، انتخاب می شوند. مقاومت شیمیایی گروت پلیمری به طور کلی بسیار بهتر از لایه زیرین بتنی است. نهایتاً این مواد ممکن است به دلیل حداقل شدن تعطیلی به علت ترمیم با عمل آوری سریع، طراحی شوند. همچنین در کار با رزین های اپوکسی، نسبت بندی صحیح و مخلوط کردن کامل گروت های پلیمری مهم و تعیین کننده است. ضعف در ترمیمی که عمل آوری نشده است یا عمل آوری آن پراکنده و به ندرت صورت گرفته است، ایجاد می شود. بطور کلی، دمای در معرض این مواد نباید از ۸۲ تا ۹۳ درجه سانتیگراد تجاوز کند. این دماها

کاهش مقاومت را در بردارد. پلیمرهای گرونی نوعاً به دلیل ترمیم ترکهای ساکن که دارای عرض mm6 یا بیشتر هستند به کار می‌روند. گروت‌های پلیمری می‌توانند با دست اجرا و به داخل ترکهای بزرگ شوند. فارغ از جهت و موقعیت آنها می‌توانند به داخل ترکها ریخته شوند و در بین دالهای افقی قرار بگیرند. تجهیزات ویژه‌ای در اجرای مواد نیاز نیست و رده مهارت کاربرها باید کم تا متوسط باشد. رزین و سخت‌کننده‌ها مخلوط می‌شوند و سپس پرکننده‌ها به تدریج اضافه می‌شوند. در حالیکه مخلوط کردن تا زمانی که مخلوط همگن به دست آید، ادامه دارد. مخلوط کردن معمولاً با همزن مخلوط‌کن تیغه دار و با نگهداشتن دریل الکتریکی به صورت دستی انجام می‌شود. برای هر کاربرد، زمان کار ممکن است متفاوت باشد. محصولات جدید می‌توانند برای اختلاط مقادیر زیاد، کاربرد داشته باشند. عمل آوری سریع محصولات اجازه دگرگونی سریع را می‌دهد. باید مراقبت بود مخلوط تنها با مواد مناسب اعمال شود. استاندارد رایجی برای گروت‌های پلیمری مناسب ترمیم ترک موجود نیست ASTM C882, D638, D695. آزمایشاتی است که برای ارزیابی این مواد توصیه می‌شوند.

گروت سیمانی - پلیمری

این گروتها مخلوطی شامل سیمان، سنگدانه های ریز، آب و پلیمر از قبیل اکریلیک، استایرن اکریلیک، استایرن بوتادین یا اپوکسی در بردارنده آب است. قوام این مواد ممکن است از مواد خشک بسته بندی شده دستی مناسب برای ترکهای بزرگ روی سطوح بالای سر و قائم تا قوام زیاد مناسب برای پر کردن ثقلی ترکهای دالهای افقی، متفاوت باشد. این مواد در قوام های متفاوتی برای بسیاری از کاربردهای مناسب موجودند و ابزار و تجهیزات ویژه‌ای نیاز ندارند و سطح مهارت پایین تا متوسط برای کاربرها نیاز است. این مواد به طور کلی نسبت به گروت های پلیمری اقتصادی‌ترند و عملکرد آنها در مقاومت پیوند، مقاومت کششی و مقاومت خمشی اصلاح شده در مقایسه با مواد بر پایه سیمان که حاوی پلیمر نیستند، بهتر می‌باشند. پتانسیل جمع شدگی بالای گروت‌های سیمانی- پلیمری در مقایسه با گروت های پلیمری ممکن است ایجاد مشکلاتی بکند. به علاوه، این مواد مقاومت شیمیایی گروت های پلیمری را ندارند. گروت های پلیمری سیمانی به طور کلی به جهت ترمیم ترکهایی که عرض mm 60 یا بیشتر دارند، استفاده می‌شوند. سطوح باید برای اطمینان از تمیز و آب بند بودن حفره های لایه زیرین آماده شوند. لایه زیرین باید با شرایط اشباع با سطح خشک (SSD)، بدون ایستادن آب در کل زمان در اجرا باشد. برای مخلوط کردن ممکن است از دریل و بیل یا مخلوط کن استفاده شود. مواد باید کمی به داخل لایه زیرین برای پر کردن همه سوراخ ها و فضاهای خالی وارد شود و سپس در داخل ترکها قرار گیرد. آنگاه پرداخت کاری سطح بتن انجام شود. اجزا باید مطابق با ملزومات ASTM C1438، نوع ۲ باشد. هیچ استاندردی برای مخلوط‌های با اجزای پلیمری با گروت وجود ندارد. توصیه می‌شود اجرای آزمایش این مواد در ASTM C531، 496,469,293,157,1439 پیدا شود.

گروت سیمانی MTOFLOW2500

گروت مخلوطی از مواد سیمانی و آب با یا بدون سنگدانه است. نسبت بندی برای تولید قوام بدون بالا بردن جداسازی مد نظر است ACI 116R. گروتها بر پایه سیمان در گستره وسیعی از قوام وجود دارند بنابراین روش اجرای آنها مختلف است. این مواد ممکن است اقتصادی‌ترین انتخاب در این کتاب باشد. آنها نیاز به مهارت غیر معمول یا تجهیزات ویژه برای اجرا ندارند و به طور معقول و مطمئن به کار می‌روند. این مواد دارای خصوصیات مشابه بتن اصلی اند و توانایی تحمل علاج، بهبود خود به خودی ناشی از هیدراسیون متوالی مواد سیمانی در ترکهای سطوح را دارند. گروت های بر پایه سیمان مناسب برای ترمیم سازه ای برای ترکها فعال نیستند. گروت سیمانی ممکن است برای ترمیم ترکهایی که عرض mm6 یا بیشتر دارند، استفاده شود. بطور کلی، برخی از آماده سازی سطوح و مسیریابی از قبیل برداشتن مواد زاید (واریزه های سست) و از پیش مرطوب کردن برای رسیدن به شرایط SSD، به جهت رسیدن به عرض حداقل مورد نیاز است و به عنوان زیر لایه مناسبی برای استفاده این مواد شایسته است. یک موردی که اغلب از گروت‌های بر پایه سیمانی استفاده می‌شود، آماده کردن برای پر کردن ترک قبل از اعمال پوشش هاست. گروتها بطور کلی مخلوط می‌شوند. قوام ممکن است برای کاربردهایی که با دست

ماله کشیده می شود، تنظیم شود، یا در داخل بسته بندی خشک برای ترکهای قائم و بالای سر باشد. هیچ استاندارد مستدل و دقیقی برای گروتیهایی که برای ترمیم ترک استفاده می شوند، وجود ندارد.

سیستم کندن و بستن

این سیستم شامل صفحه انعطاف پذیر، از قبیل لاستیک مصنوعی است که در دهانه های بزرگتری از ترک بر روی هر وجه ترک چسبندگی مناسب ایجاد می کند و تابع سازه است. این سیستم ها برای دهانه های مختلف ترک و جلوگیری از نشت مایعات در ترکهایی که خودش پر یا ترمیم طراحی می شوند. برخی سیستم ها حاوی مقاومت بالا در برابر حمله شیمیایی است. این سیستم ها دارای محدودیت برای عرض ترک نیستند. اپوکسی های غیر حساس به رطوبت ممکن است برای استفاده در چسبندگی بر روی سطوح مرطوب، استفاده شود. ویژگی کش آمدگی این سیستم ها عالی است. اجرای آنها مناسب برای استفاده در درزهای فعال است. برخی سیستم های کندن و بستن مقاومت زیادی در برابر پرتو فرابنفش دارند. بنابراین دچار سفید شدگی یا تغییر رنگ نمی شوند. بطور کلی این سیستم ها برای ترمیم سازه های مناسب نیستند. سیستم های کندن و بستن برای اعمال فشار فعال سازه ای طراحی می شود، بنابراین از نشت مایع به داخل یا سیستم های بیرونی سازه محافظت می کند. کندن - بستن در ترمیم ترکها با عرض 6 mm یا بیشتر استفاده می شود. سیستم های بستن و کندن مخصوصاً برای توقف نشت که ممکن است با درزگیری با دیگر مواد مشکلاتی ایجاد کند، استفاده می شود. این سیستم ها ممکن است بطور قائم، افقی یا بالای سر اجرا شود.

ASTM D412 ممکن است برای تعیین مقاومت کششی و درصد کش آمدگی و گسیختگی ورق استفاده شود ASTM .

D903 ممکن است برای تعیین مقاومت چسبندگی ورق به منظور چسبندگی به بتن، استاندارد شود .

- در این تحقیق به بررسی نقش انواع رزین ها، الیاف و مواد کامپوزیت در مقاوم سازی سازه های بتنی پرداخته شده است. تقویت کننده ها الزاماً به شکل الیاف بلند نیستند، بلکه ممکن است بشکل ذره، پولک، موی (Whisker) و الیاف غیر مداوم، الیاف مداوم و ورقه باشند. اکثر مواد در شکل لیفی خود محکمتر و سفت تر از دیگر اشکال هستند و به این دلیل تقویت کننده های لیفی مصرف بیشتری دارند.
- در دهه اخیر مواد کامپوزیت ها، پیشرفت شایانی کرده اند این به دلیل ویژگی های منحصر به فردی است که در این مواد به چشم می خورد. امکان بکارگیری کامپوزیت ها در بسیاری از زمینه های صنعتی فراهم شده است.
- در این میان می توان به موارد ذیل اشاره کرد: استفاده از کامپوزیت ها در صنعت هوا فضا بخاطر خواص استثنایی از قبیل مقاومت، سختی، سبکی، پایداری حرارتی و غیره ای است که این مواد از خود نشان می دهند و این امکان را فراهم می سازند که بتوان به افزایش کارایی و عملکرد ساختار هوا فضا کمک کرد
- یکی دیگر از کاربرد های الیاف در ساخت فضاییما های شاتل است. همانطور که می دانیم شاتل در پروازهای خود متحمل انواع شوک های حرارتی می شود، بویژه هنگام ورود به اتمسفر تفاضل دما در دماغه مخروطی شکل آن در صورت بکارگیری هر نوع فلز سبب ذوب شدن آن می شود. اما بکارگیری الیاف کربن (گرافیت) در کنار رزین گرما سخت از نوع اپوکسی نه تنها موجب حل مشکل فوق گردید بلکه منجر به کاهش وزن شاتل به میزان ۴۰۰ کیلوگرم نیز شد که این خود به تنهایی موفقیت بزرگی بود. از کاربرد های دیگر کامپوزیت ها می توان به ساخت بدنه قطارها و لوکوموتیو ها اشاره نمود.
- بسیاری از انواع مواد مهندسی، نوعی کامپوزیت محسوب می شوند. هم مواد ترموست (گرما سخت) و هم مواد ترموپلاستیک (گرما نرم) جهت فراهم نمودن خواص فیزیکی بهتر برای کامپوزیت های حاصل مورد مصرف در صنایع شیمیایی قابل تقویت شدن می باشند.
- پلی استر ها ترکیبات فنولیک، اپوکسی ها، وینیل استر ها و فوران ها بعنوان رزین دامنه وسیعی از کاربرد ها را بخود اختصاص می دهند. از مواد تقویت کننده متداول نیز می توان به شیشه، آزیست، گرافیت، الیاف آلی و فلزی اشاره نمود. اصولاً هدف از استفاده کامپوزیت ها در صنایع شیمیایی را می توان بطور خلاصه بصورت دستیابی به موادی با خواص

فیزیکی و شیمیایی بهتر خلاصه نمود. از متداول ترین و پرمصرف ترین تقویت کننده های این صنعت (شیمیایی) می توان به شیشه اشاره نمود. مهمترین ماتریس های مورد استفاده نیز عبارتند از: پلی استر های با مصرف عمومی، پلی استرهای ایزوفتالیک، پلی استرهای بیس فنل، پلی استر های مقاوم شیمیایی هالوژنه، رزینهای وینیل استر، اپوکسی ها و فوران ها.

کاربرد مواد کامپوزیت در صنعت ساختمان

- کاربرد کامپوزیت را می توان در محیط زیست، هیدرولیک، سازه و حتی ژئوتکنیک مشاهده کرد. مواد کامپوزیت استفاده شده در مهندسی ساختمان را می توان به سه دسته تقسیم کرد:
- الف) ملات - الیاف
- ب) بتن - الیاف
- ج) سیمان - الیاف
- امروزه در مهندسی ساختمان استفاده از آرماتور ها و کابل های غیرفلزی FRP تهیه شده از مواد کامپوزیت جهت مسلح کردن سازه ها مطرح شده است. این مواد جهت سازه های بتنی به خصوص پل ها، سازه های دریایی و ... کاربرد دارند
- کامپوزیت ترکیبی از دو ماده الیاف و ماتریس می باشد. الیاف می تواند از جنس های گوناگون بوده و به صورت منظم و یکنواخت و یا به صورت غیرمنظم و پراکنده در محیط ماتریس قرار گیرد.
- در واقع سه نوع از الیاف در مهندسی ساختمان متداول ترند که عبارتند از: الیاف شیشه ای، آرامید و الیاف کربن. ماتریس های معمول در کاربردهای مهندسی ساختمان عموماً از خانواده ماتریس های پلیمری بوده که مهمترین آن ها اپوکسی و پلی استر می باشند. در ضمن مواد کامپوزیت جهت مقاوم سازی سازه های بتون مسلح نیز کاربرد دارند که با استفاده از ورق های کامپوزیت که در سطح خارجی سازه بتنی اتصال داده می شود عمل مقاوم سازی انجام می گیرد. این ورقه ها از جنس الیاف شیشه، آرامید، و یا کربن هستند.
- اصولاً عمل مقاوم سازی به منظور بهبود رفتار مکانیکی دال ها، شاه تیر ها، تیر ها و ستون ها که میزان آن بستگی به نوع الیاف و مقدار لایه پوششی دارد. که این عمل با استفاده از ماسه پاشی جهت زیر کردن سطح و برداشتن لایه غیرمقاوم سپس اتصال به دو صورت پلیمریزاسیون پس از آغشته شدن در محل و یا استفاده از چند لایه کامپوزیتی که با رزین واسط به سطح چسبانده می شود صورت می گیرد. این روش جهت مقاوم سازی سازه در مناطق زلزله خیز شناخته شده است و هم اکنون در کشور های صنعتی جهت مسلح کردن تیر ها و ستون ها و ... استفاده می شود.
- در اینجا بیشتر به بحث پیرامون انواع رزین ها و تقویت کننده های مورد مصرف در صنعت فوق می پردازیم.
- الف) تقویت کننده های لیفی
- در صنایع ساختمانی به منظور بالا بردن میزان مقاومت و سختی سازه ها، تقویت کننده های مختلفی استفاده می شود.
- تقویت کننده ها الزاماً به شکل الیاف بلند نیستند ممکن است بشکل ذره، پولک، موی (Whisker) و الیاف کوتاه، الیاف پیوسته و ورقه باشند. اکثر مواد در شکل لیفی خود محکمتر و سفت تر از دیگر اشکال خود هستند و به این دلیل تقویت کننده های لیفی مصرف بیشتری دارند.
- در حقیقت نباتات بزرگترین مواد اولیه الیاف هستند. مثلاً الیاف سلولزی به شکل پنبه، کتان و کنف در صنعت نساجی به کار می روند و چوب و کاه در صنعت کاغذسازی مصرف می شوند. سایر الیاف طبیعی مانند مو، پشم و ابریشم شامل اشکال مختلفی از پروتئین هستند الیاف شیشه در اشکال مختلف خود، معمولی ترین تقویت کننده برای ماتریس های پلیمری اند، الیاف کولار (نوعی آرامید) که توسط شرکت دوپونت در سال ۱۹۶۰ ساخته شد بسیار سفت تر و سبکتر از الیاف شیشه هستند. سایر الیاف که ترکیبی از استحکام بالا و سفتی زیاد در آنها وجود دارد عبارتند از الیاف بور، سیلیکون کاربید، کربن و آلومینا (Al₂O₃) تمام این الیاف در نیمه دوم قرن بیستم توسعه یافتند از طرفی الیاف سرامیکی بین سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ به روش های جدید تکامل یافته است.

- کاربرد الیاف به عنوان یک ماده موثر مهندسی مبتنی بر سه خصوصیت مهم است:
- 1- قطر کوچک نسبت اندازه دانه ها یا واحدهای ساختاری ریز (Microstructural)، این امر باعث می شود که پخش بیشتری از استحکام نسبت به حالتی که به شکل توده ای است به دست آید.
- این نتیجه مستقیم اثر اندازه است، بدین معنی که اندازه کوچکتر عامل نقص کمتر در ماده می شود.
- ۲ - نسبت طول به قطر زیاد، که این امر سبب می شود که بخش بسیار زیادی از بار به کار رفته از طریق ماتریس به الیاف قوی و سفت منتقل شود.
- 3- درجه انعطاف پذیری بسیار بالا که مشخصه مدول بالای ماده و قطر کوچک آن است. این انعطاف پذیری کاربرد روشهای مختلف برای ساخت کامپوزیت ها با الیاف را امکان پذیر می سازد.
- متداولترین انواع تقویت کننده هایی که در ساخت این کامپوزیت ها بکار می روند. شیشه می باشد که بدلیل خواص ویژه ای که دارد در اغلب سازه ها از آن به اشکال گوناگون استفاده می شود.
- به هر حال کامپوزیت های تقویت شده با الیاف شیشه ای بزرگترین گروه را در بین کامپوزیت های با ماتریس پلیمری به خود اختصاص داده اند.
- ب) رزین ها
- تقریباً کلیه پلاستیک ها میتوانند بعنوان ماتریس سازه های کامپوزیتی مورد استفاده واقع شوند از متداولترین و پرمصرف ترین آنها در صنایع ساختمانی بعلاوه ارزش قیمت بودن و سهولت ساخت می توان به رزین های پلی استر غیر اشباع، اپوکسی ها و تا حدی آکریلیک ها اشاره نمود. از گروه های اتصال دهنده آکریلیک می توان جهت بالا بردن مقاومت محیطی سازه استفاده نمود.

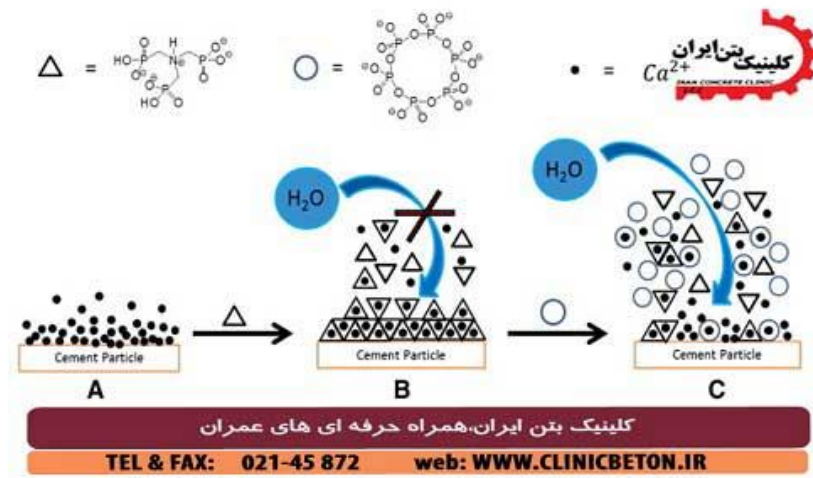
نتیجه گیری

- وجود الیاف در ماتریس سیمانی شکننده سبب کاهش عرض ترک خوردگی و افزایش مقاومت های خمشی و کششی می شود و در نتیجه طاقت شکست افزایش می یابد. آگاهی از ویژگی های الیاف اهمیت زیادی در طراحی سازه ها دارد.
- عوامل مهمتر انتخاب الیاف عبارتند از مقاومت کششی، بالا بودن نسبت ضریب ارتجاعی الیاف به ضریب ارتجاعی ماتریس که انتقال تنش را از ماتریس ممکن می سازد.

هیدراسیون بتن | هیدراتاسیون بتن | هیدراته شدن بتن

ترکیب شیمیایی سیمان با آب را هیدراسیون سیمان می نامند. بلافاصله پس از مخلوط شدن سیمان با آب، خمیری تشکیل می شود که در آن حفره های واقع بین ذرات سیمان مرتبط با یکدیگر هستند و به وسیله آب پر شده اند. این آب که دارای حالت نسبتاً پخش شده ایست بنام آب موئین موسوم است.

ماده ی مورد نظر ما خمیر سیمان است که با اختلاط آب و پودر سیمان ماده ی چسباننده ای می شود. در واقع سیلیکات ها و آلومینات های سیمان در مجاورت آب محصولی هیدراسیونی را تشکیل می دهند که کم کم با گذشت زمان جسم سختی به وجود می آید. دو ترکیب عمده ی سیلیکاتی سیمان یعنی C3S و C2S عوامل عمده ی سخت شدن سیمان هستند و عمل هیدراسیون روی C3S سریعتر از C2S انجام می گیرد. C3S در ۴ هفته اولیه و C2S پس از آن مقاومت سیمان را ایجاد می کنند. نقش این دو ترکیب در مقاومت سیمان پس از یکسال تقریباً مساوی می شود.



✓ هیدراسیون چیست ؟

هیدراسیون یا هیدراتاسیون ترکیبات سیمان گرما زا است و به میزان حرارتی که در هر گرم از سیمان هیدراته در اثر **هیدراسیون بتن** در دمای معینی تولید می گردد، حرارت هیدراسیون گفته می شود. حرارت هیدراسیون بستگی به ترکیب شیمیایی سیمان دارد.

✓ نرمی سیمان، عاملی موثر بر هیدراسیون بتن:

هیدراسیون از سطح ذرات سیمان شروع می شود و مساحت تمامی سطح سیمان در هیدراسیون شرکت دارند. بنابراین نرخ هیدراسیون بستگی به ریزی سیمان دارد و برای کسب مقاومت سریعتر نیز، نیاز به سیمان نرم تر یا ریزتر می باشد. اما باید توجه داشت که همیشه یک سیمان نرم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. زیرا هزینه ی آسیاب کردن و اثرات بیش از حد نرم بودن سیمان بر خواص دیگر آن مانند نیاز بیشتر به گچ برای تنظیم گیرش، کارایی بتن تازه و سایر موارد نیز باید مد نظر باشد.

✓ گیرش (سخت شدگی) سیمان :

وقتی پودر سیمان با مقدار مناسبی آب مخلوط می شود تبدیل به خمیر نرمی می شود که در اثر مرور زمان حالت خمیری خود را از دست می دهد و به جسم سختی تبدیل می شود. گیرش و سخت شدن خمیر سیمان نتیجه ی یک سلسله واکنش های همزمان و پی در پی بین آب و اجزای تشکیل دهنده ی سیمان است. گیرش سیمان با درجه حرارت و رطوبت محیط اطراف تغییر میکند. زمان گیرش سیمان به دو مرحله تقسیم می شود که عبارتست از گیرش اولیه و گیرش نهایی. بعد از گیرش نهایی سختی و مقاومت خمیر سیمان مرتباً افزایش می یابد. جهت اطلاع از قیمت و نحوه خرید بتن می توانید با کارشناسان **کلینیک بتن ایران** در ارتباط باشید .

✓ افزودنی های کنترل کننده ی هیدراسیون

افزودنی های کنترل کننده ی هیدراسیون در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی معرفی شدند. این مواد از دو بخش شیمیایی تشکیل شده اند: (۱) قسمتی که فرایند واکنش هیدراسیون مواد سیمانی را به تاخیر می اندازد یا به طور کلی متوقف می کند؛ (۲) قسمتی که فرایند هیدراسیون را از حالت کند شده یا متوقف شده به حالت عادی باز می گرداند (فعال کننده). قسمت اول می تواند واکنش هیدراسیون را تا ۷۲ ساعت به حالت تعلیق در بیاورد و فعال کننده درست پیش از عملیات بتن ریزی به بتن اضافه می شود. به طور مثال این **افزودنی های بتن** در تراک میکسر ها اضافه می شود تا در طول حمل و نقل بتن، هیدراسیون صورت نگیرد و بتن سفت نشود. هنگام رسیدن بتن به محل پروژه، فعال کننده به آن اضافه می شود تا بتوانند از آن در محل استفاده کنند.

دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی ساختمان های فولادی در حدود ۱۵ سال اخیر مورد توجه خاص مهندسان سازه قرار گرفته است. ویژگی های منحصر به فرد آن باعث جلب توجه بیشتر همگان شده است، از ویژگی های آن اقتصادی بودن، اجرای آسان، وزن کم نسبت به سیستم های مشابه، شکل پذیری زیاد، نصب سریع، جذب انرژی بالا و کاهش قابل ملاحظه تنش پسماند در سازه را می توان نام برد. تمام دلایل ما را به این فکر آن وا داشت که استفاده از آن را در ترمیم ساختمان های بتنی مورد مطالعه قرار دهیم. چون این سیستم دارای وزن کم بوده، به سازه بار اضافی وارد نکرده و حتی با اتصالاتش باعث تقویت تیر و ستونهای اطراف خود می شود. همچنین این سیستم نیازی به تجهیزات خاص ندارد و می توان بدون تخلیه ساختمان و تخریب اعضا سازه ای به بقیه اجزای سازه ای وصل شود. البته طراحی این سیستم در ساختمان های بتنی بغیر از حالت ترمیمی اقتصادی به نظر نمی آید. در این مقاله توضیحات اولیه ای از دیوار برشی فولادی جهت آشنایی بیشتر ارائه شده، و در قسمت های بعدی بررسی رفتار پانلهای برشی فولادی LYP1 در تقویت و ترمیم سازه های بتنی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت و تفاوت آن با سیستم بادیبتی مشابه مورد توجه قرار خواهد گرفت، و در آخر نتایج آزمایشات بررسی خواهند شد. دیوارهای برشی فولادی SSW2 برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمان های بلند در سالهای اخیر مطرح و مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده نوین که در جهان به سرعت رو به گسترش می باشد در ساخت ساختمان های جدید و همچنین تقویت ساختمان های موجود به خصوص در کشورهای زلزله خیزی همچون آمریکا و ژاپن بکار گرفته شده است. استفاده از آنها در مقایسه با قابهای ممان گیر تا حدود ۵۰٪ صرفه جویی در مصرف فولاد را در ساختمان ها به همراه دارد.



دیوار های برشی فولادی از نظر اجرائی، سیستمی بسیار ساده بوده و هیچگونه پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. لذا مهندسان، تکنسین ها و کارگران فنی با دانش فنی موجود و بدون نیاز به کسب مهارت جدید می توانند آنرا اجرا نمایند. دقت انجام کار در حد دقت های متعارف در اجرای سازه های فولادی بوده و با رعایت آن ضریب اطمینان اجرائی به مراتب بالاتر از انواع سیستم های دیگر می باشد. با توجه به سادگی و امکان ساخت آن در کارخانه و نصب آن در محل، سرعت اجرای سیستم بالا بوده و از هزینه های اجرائی تا حد بالایی زیادی کاسته می شود.



سیستم از نظر سختی برشی از سخت ترین سیستم های مهاربندی که X شکل می باشد، سخت تر بوده و با توجه به امکان ایجاد بازشو در هر نقطه از آن، کارائی همه سیستم های مهاربندی را از این نظر دارا می باشد. همچنین رفتار سیستم در محیط پلاستیک و میزان جذب انرژی آن نسبت به سیستم های مهاربندی بهتر است. در سیستم دیوار های برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنش ها به مراتب بهتر از سیستم های مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قاب ها و انواع مهاربندی که معمولاً در آنها مصالح به صورت دسته شده و اتصالات متمرکز می باشند، صورت گرفته و رفتار سیستم بخصوص در محیط پلاستیک مناسب تر می باشد. گزارش اولیه تحقیقات انجام شده در تابستان سال ۲۰۰۰ میلادی در آزمایشگاه سازه دیویس هال دانشگاه برکلی کالیفرنیا نشان می دهد، ظرفیت دیوار های برشی فولادی برای مقابله با خطرانی مانند زلزله، طوفان و انفجار در مقایسه با دیگر سیستم ها مثل قابهای ممان گیر ویژه حداقل ۲۵٪ بیشتر می باشد. در آزمایشگاههای تحقیقاتی استفاده گردیده است که ظرفیت آن حدوداً ۶۶۷۰ KN می باشد. آزمایش های مذکور نشان می دهد، دیوارهای برشی فولادی دارای شکل پذیری بسیار بالایی هستند. به لحاظ اهمیت موضوع بودجه این تحقیقات که به منظور دستیابی به یک سیستم مطمئن جهت ساخت ساختمان های فدرال آمریکا برای آنکه بتوانند در مقابل خطرانی مانند زلزله، طوفان و بمب مقاومت نمایند، توسط بنیاد ملی علوم آمریکا و اداره خدمات عمومی آمریکا تامین گردیده است.



۱- شکلی از دیوار برشی فولادی در سازه های فولادی (با سخت کننده و بدون سخت)

۲- ساختمان های ساخته شده با استفاده از دیوار برشی فولادی

اولین ساختمان ساخته شده با استفاده از این روش بیمارستانی در لس آنجلس به نام بیمارستان Sylmar بود. یکی از بزرگترین سازه های ساخته شده با سیستم دیوار برشی فولادی ساختمان شینجوکونومورا ۳ در توکیو است که این ساختمان دارای ۵۱ طبقه بوده و ارتفاع آن از سطح زمین ۲۱۱ متر است. ۵ طبقه آن در زیر زمین واقع بوده و ۲۷,۵ متر آن پایین تر از سطح زمین قرار دارد و، برای اجتناب از بکارگیری دیوار برشی بتنی، از سیستم دیوار برشی فولادی در هسته های مرکزی ساختمان که اطراف آسانسور ها، پله ها و رایزرهای تاسیساتی می باشد، استفاده گردید.

یکی از کاربردهای این پانلها در **تقویت سازه های بتنی** در ساختمان مرکز درمانی در چارلستون می باشد این سازه در اثر زلزله ۱۹۶۳ آسیب دیده بود این ساختمان متشکل از ساختمان های متعددی از یک تا پنج طبقه می باشد که زیر بنای آنها نزدیک به ۳۲۵۰۰ متر مربع است. برای تقویت این سازه از بهترین تیم طراحی و تحقیقاتی استفاده گردید. بعد از بررسی های فراوان این سیستم را با توجه به دلایل زیر مناسب دانستند:

جلوگیری از اخلال در کار روزانه و کاهش مشکلات برای بیماران، بعثت سرعت نصب آن

جلوگیری از کاهش زیر بنای مفید و اتلاف فضاها

پیش بینی امکان تغییرات در آینده، زیرا در دیوار برشی فولادی به سادگی می توان تغییرات مورد نظر را اعم از جابجائی معماری و یا ایجاد بازشو به خاطر عبور تاسیسات داد

جلوگیری از ازدیاد وزن سازه

به جز ساختمان های بالا سازه های فراوانی از جمله

ساختمان مرکزی ۵۴ طبقه بانک وان ملون در پیتسبورگ پنسیلوانیای آمریکا

ساختمان مسکونی ۵۱ طبقه واقع در سان فرانسیسکو

ساختمان ۲۵ طبقه در ادمونتون کانادا

ساختمان ۳۲ طبقه بایرهویچ هوس در لورکوزن آلمان (Byer-Hochhaus)

ساختمان ۲۰ طبقه دادگاه فدرال در سیاتل آمریکا

برای تقویت ساختمان بتنی کتابخانه ایالتی اورگ (Oregon state library) را می توان نام برد که در آن برای تقویت از دیوار برشی فولادی برشی فولادی استفاده شده است.

۳- معرفی سیستم دیوار برشی فولادی برای تقویت سازه های بتنی ساخته شده [۳]

سال ۱۹۹۵ زلزله در Hugoken-Nanbu4 که زلزله مهیبی بود، باعث کشته و مجروح شدن انسانهای زیادی شد. ساختمان های بسیاری آسیب جدی دیدند و ساختمان هایی که قبل از سال ۱۹۸۱ و مخصوصا قبل از ۱۹۷۱ ساخته شده بودند، خسارت شدیدی را متحمل گردیدند و حتی برخی از آنها فرو ریختند.

این امر نشانگر این است که آیین نامه و مقررات قدیمی برای طراحی ساختمان به نحو مناسبی نیروهای زلزله و شکل پذیری سازه ای را در نظر نگرفته اند.

در سال ۱۹۹۹ زلزله در chi-chi تایوان نیز باعث زیان فراوان و تخریب بسیاری از سازه ها شد. دوباره این ساختمان هایی که قبل از سال ۱۹۸۳ طراحی و ساخته شده بودند، تخریب شدند و بعد از زمین لرزه ۱۹۹۹ تمام مقررات و آیین نامه های زلزله مورد باز بینی قرار گرفته و همه مقررات قبلی لغو شدند. ضرایب لرزه ای منطقه ای در هرناحیه تایوان تولید و ایجاد گردید. برای مثال شتاب زمین لرزه در منطقه Taichung از ۰,۲۳ g به ۰,۳۳ g افزایش یافت.

در نتیجه تقریبا همه ساختمانها در Taichung مطابق با مقررات طراحی جدید احتیاج به مقاوم سازی پیدا کردند. هدف این پروژه افزایش و بهبود بخشیدن مقاومت لرزه ای ساختمان های بتن مسلح می باشد. این پروژه شامل سه زیر مجموعه است که شامل:

پیدا کردن و پی بردن به میزان کمبود مقاومت لرزه ای ساختمان های بتن آرمه موجود بر اساس آیین نامه جدید

مساله نیروهای وارد بر سازه کناری و همجوار بعثت تغییر مکانهای بیش از اندازه جانبی آنها تحقیق در مورد دو روش برای جذب انرژی توسط پانلهای برشی فولادی و بادبند فولادی برای بهبود مقاومت لرزه ای سازه های موجود .

۴- مشخصات لرزه ای پانلهای برشی فولادی با نقطه تسلیم پایین (LYP)
استفاده از دیوار برشی فولادی باعث بهبود مقاومت لرزه ای سیستم در طراحی ساختمان های جدید و مقاوم کردن ساختمان های ساخته شده می شود . صفحات فولادی نازک تمایل به کمانش دارند و از این رو ظرفیت جذب انرژی در این رو صفحات محدود است .

اخیرا روشهای جدید و تکنولوژی های بدست آمده در زمینه فلزات ، صفحات فولادی جدید را در دسترس ما گذاشته است. این نوع فولاد دارای تنش تسلیم کمتر افزایش طول بالا می باشند و توانایی تغییر شکل دادن و جذب انرژی بیشتری را قبل از شکستن از خود نشان می دهند . یکی دیگر از ویژگی های آن پایین بودن نقطه تسلیم است که این باعث افزایش ناحیه پلاستیک آن می شود و باعث جذب بیشتر تنش می شود .



پانلهای برشی فولادی ساخته شده از LYP توانایی جذب و اتلاف انرژی زیادی را دارند، و می توانند در ساختمان های جدید مورد استفاده قرار گیرد . این نوع پانلهای همانند دیوار برشی فولادی نسبت به نیروهای زلزله طراحی و ساخته می شوند . چون این پانلهای دارای ویژگی جذب و اتلاف انرژی بالایی هستند ، می توان از آنها بعنوان میراگر برای میرا کردن انرژی لرزه ای استفاده کرد . این نوع میراگر فلزی در هنگام جذب انرژی استحکام کافی را دارند و همچنین نسبت به میراگرهای که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند ، نیاز به نگهداری و تعمیر ندارد .

نقطه تسلیم و نقطه نهایی صفحات LYP هر دو تحت تاثیر میزان کرنش وارده است . در این تحقیق تاثیر میزان کرنش و نحوه بارگذاری بر روی مشخصات مقاومت لرزه ای پانل صفحه ای مورد آزمایش قرار گرفته است .
مجموعه آزمایشات انجام شده ، مطالعه روی رفتار پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP تحت سرعت های بارگذاری متفاوت و جابجایی های نموی ، است .

مطالعات آزمایشگاهی بر روی پانل برشی فولاد LYP

پانل فولادی برشی ، ساخته شده از فولاد با نقطه تسلیم پایین ، عامل موثری برای جذب انرژی زیادی است . با طراحی و ساخت مناسب پانلهای برشی فولادی می توان در جذب و تلف کردن مقدار زیادی از انرژی لرزه ای بهره برد . اما رفتار سازه ای این نوع پانل برشی متأثر از شدت کرنشی است .

در ۹ نمونه تست شده در آزمایش، می‌خواهیم رفتار آنها را در هر یک از نحوه بارگذاری متفاوت مورد ارزیابی قرار دهیم. شکل ۲ نحوه طراحی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. شکل ۳ چگونگی آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. در این نمونه‌ها نسبت عرض به ضخامت پانل ۵۰ گرفته شده است. لبه‌های بیرونی اعضا به خاطر جلوگیری از ترک خوردن اتصالات بین لبه و پانل و صفحه پای ستون تراشیده شده است. این کار به خاطر اجتناب تمرکز تنش و سوق دادن صفحه به ناحیه پلاستیک که قبلاً بحث آن را کردیم. در این تحقیق تاریخچه بارگذاری پانل برشی فولادی آزمایش و بررسی شده است. سه سرعت بارگذاری ۲،۵، ۵ و ۱۰ mm/sec انتخاب شده است.

برای دستیابی به سرعت کرنشی این نمونه‌ها بارگذاری تدریجی به جای بار لرزه‌ای اعمال می‌شود. برای هر سه حالت متفاوت جابه جایی δy ، $2\delta y$ و $3\delta y$ را در هر دوره بارگذاری آزمایش را می‌پذیریم. آزمایش روی سازه تا زمانی که مقاومت به زیر ۸۰٪ مقاومت نهایی رسید متوقف می‌شود.

بررسی ترمیم و تقویت سازه‌های بتنی توسط دیوار برشی در نتایج آزمایشات:

مطالعات نشان می‌دهد که چرخش نسبی ۵ آن‌ها بیشتر از ۵٪ است که بیشتر از زاویه تغییر مکان جانبی مورد نیاز سازه می‌باشد که معمولاً چرخش نسبی سازه‌ها را ۲،۵٪ که بیشتر از آن موجب تخریب در سازه می‌شود، در نظر می‌گیرند. با تغییر شکل اطراف المان و تغییر شکل مورد انتظار و زاویه تغییر شکل جانبی ۵٪ به نظر می‌رسد که برای پانل برشی کافی می‌باشد. بدیهی است که تمام نمونه‌های آزمایش شده زاویه تغییر مکان جانبی آنها بیشتر از ۵٪ خواهد بود که در جدول ۱ نشان داده شده است. در آنها می‌توان دید که بارگذاری سریع و کند حدوداً ۱۶٪ تفاوت ایجاد کرده است.

تفاوت روی مقاومت نهایی پانل فولادی برشی LYP با افزایش بارگذاری یکنواخت، تاثیر نسبت بارگذاری بر روی مجموع ظرفیت استهلاک انرژی قابل صرف نظر کردن است. از شکل ۴ می‌توان دریافت که پانل فولادی آزمایش شده دارای استحکام و جذب انرژی قابل توجهی است و نسبت به دامنه تغییر مکان در شرایط بارگذاری یا تغییر در دامنه حرکت بی تفاوت است. مقدار انرژی تلف شده پانلهای برشی در هر شرایط بارگذاری لرزه‌ای ثابت می‌ماند. مشخصات نمودار بار - جابه جایی پانل برشی شدیداً تحت تاثیر کمناش برشی صفحات نازک فولادی است. معمولاً مقاومت نهایی به تدریج بعد از اینکه کمناش برشی اتفاق افتاد، کاهش می‌یابد.

ظرفیت تغییر شکل نهایی پانل برشی متأثر از نسبت عرض به ضخامت پانل است. در این مطالعه نسبت عرض به ضخامت نمونه آزمایش شده را ۵۰ می‌گیریم و شروع کمناش برشی وقتی اتفاق می‌افتد که زاویه تغییر شکل جانبی آن به ۴٪ برسد. تاخیر در کمناش برشی به تنهایی نشان دهنده افزایش ظرفیت شکل پذیری پانل برشی نیست اما کم شدن آسیب المان‌های غیر سازه‌ای وابسته و مربوط به پانل برشی است.

مجموع انرژی تلف شده بستگی به بارگذاری و افزایش جابه جایی ندارد. چون که پرود لرزشی طبیعت تصادفی دارد این مطالعات نشان می‌دهد انرژی به نسبت تاریخچه بارگذاری بی تفاوت است و این یکی از مزایای پانل برشی همانند میراگرهای لرزه‌ای است. در پانلهای برشی استهلاک انرژی موثر تحت چرخه بارگذاری تصادفی ثابت می‌ماند. پانل فولادی می‌تواند برای تقویت ساختمان‌های موجود موثر باشد. مطالعات آزمایشی برای تقویت قابهای بتنی توسط میراگرهای برشی فولادی در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود.

۵- مقاومت لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از مقاومت نهایی پایین در قابهای مهاربندی و پانلهای برشی کمناش قاب مهاربندی شده (بادبند)

تجربیات قبلی نشان می‌دهد که ساختمان‌هایی که مطابق مقررات امروزی طراحی و ساخته نشده‌اند، نمی‌توانند در مقابل نیروی زلزله مقاومت کرده و متحمل خسارت‌هایی می‌شوند. در تایوان این ساختمانها اکثراً سازه‌های بتن آرمه هستند و نیاز به ترمیم برای بهبود مقاومت لرزه‌ای دارند. قابهای ممان گیر (BIB) و پانلهای برشی فولادی ثابت شده که دارای مقاومت بالا و شکل پذیری

بالا و حلقه های هیستریسیس ثابتی و پایداری دارد. قاب مهار شده با بادبند شامل المانهای باربر و المانهای مهاربندی برای بارهای جانبی هستند.

بارهای محوری توسط المانهای حمال (تیر) مهار می شوند و که تکیه گاههای جانبی المان کار جلوگیری از کمانش عضو را به عهده دارند. دیوار برشی فولادی ساخته شده از LYP مانند یک المان باربر برشی زمانی که به خوبی، طراحی شود، می تواند رفتار خوبی در برابر نیروهای لرزه ای داشته باشد. در این تحقیق قابهای ممان گیر و دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی قابهای بتنی مورد استفاده شده اند و کارایی هر یک از آنها مورد آزمایش قرار می گیرد.

روش آزمایش ترمیم و تقویت سازه های بتنی توسط دیوار برشی:

قاب بتنی با مقیاس ۰,۸ ساخته شده است. شکل ۶ نشان دهنده جزئیات قاب بتنی را نشان می دهد. یکی از قابهای بتنی بدون تقویت تست می شود که طبق MRF طراحی شده است. دومین نمونه توسط بادبند، ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده که طبق BIBLYP طراحی شده است. سومین نمونه بادبند از فولاد A36 و طبق BIBA36 طراحی شده است. چهارمین نمونه توسط دیوار برشی فولادی ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده است.

هر عضو تقویت کننده همانند بادبند و دیوار برشی فولادی متصل به قالب فولادی شکل که به بتن بسته است واز چهار تا $12 \times 8 \times 200 \times H200$ شکل ساخته شده در شکل ۸ نشان داده شده است. که محور کوچکتر H در قاب بتنی فرو رفته است. گل میخ های برشی به صفحات جان H شکل جوش داده می شوند. بادبند ها و دیوار برشی فولادی به این صورت در طول قاب فولادی به قاب بتنی متصل می شود، که درون قاب فولادی و بتنی قرار می گیرد.

مشخصات مکانیکی فولاد استفاده شده در لیستی در جدول ۲ آمده است و مقاومت فشاری بتن در هنگام آزمایش ۲۱,۸ و ۲۰,۷ و ۲۵ و ۲۳,۷ Mpa به ترتیب برای MRF و BIB-LYP و BIB-A36 و SSW-LYP بدست آمده است. بارگذاری چرخه ای بطور رفت و برگشت از طریق جک که کاملاً به تیر محکم گشته وارد می شود.

نتیجه آزمایش و تحقیق ترمیم و تقویت سازه های بتنی توسط دیوار برشی

جمع شدگی قطری بادبند از نوع LYP و A36 که هر دو تحت فشار و کشش قرار می گیرند در نتیجه ترکهای گسترده ای در ستون ایجاد می شود. دیوار برشی فولادی از نوع LYP تغییر شکل غیر متقارنی از خود نشان داده است. زمانی که بار از طرف راست اعمال می شود در اثر لنگر خمشی قاب فولادی از قاب بتنی جدا می شود. نتایج آزمایشات نشان می دهد که ممانعت از کمانش بادبند و دیوار برشی فولادی در تقویت قابها موثر است. سختی و مقاومت و شکل پذیری قاب ها بعد از تقویت کردن آنها بصورت جزئیات اتصال بین قاب بتنی و قاب فولادی بادبند عامل موثر است. و ساخت آسانی دارد. بادبند ها باعث بهبود مقاومت و شکل پذیری می شود. بهر حال جزئیات تقویت کننده های قابها برای دیوار برشی فولادی نیاز به مطالعات زیادی دارد.

نتیجه گیری کلی ترمیم و تقویت سازه های بتنی توسط دیوار برشی

۱- مقاومت تسلیم و مقاومت نهایی فولاد LYP متاثر از نسبت کرنشی است. مقاومت نهایی پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP به سرعت بارگذاری آن بستگی دارد. در این مطالعه اختلاف مقاومت نهایی با سرعت بالا و کم حدوداً ۱۶٪ است. یعنی اگر سرعت بارگذاری به طور سریع باشد ۱۶٪ بیشتر از حالتی است که بطور کند بارگذاری شود.

۲- ساخت و طراحی صحیح پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP فولاد به چرخش نسبی ۵٪ رسیده است که لازمه اتلاف انرژی بالایی است.

۳- تحت بار پانل برشی ابتدا تسلیم موضعی رخ می دهد و با افزایش بار کمان شپانل رخ می دهد و در نتیجه پانل به بیرون قوس برداشته و باعث کشش مقطع می شود. بعد از تسلیم شدن کامل پانل نوارهای بیرونی صفحه از همه آخر باعث جذب انرژی می شود. یعنی ابتدا وسط صفحه باعث جذب انرژی شده و کم کم که به نقطه تسلیم می رسند این جذب انرژی به طرف پانل منتقل می شود که در آخر تمام صفحه به نقطه تسلیم می رسند. که باعث اتلاف و جذب انرژی بسیار زیادی می شوند.

مراجع

- ۱- کتاب مقدمه ای بر دیوار برشی فولادی نوشته دکتر سعید صبوری
- ۲- Astaneh-Asl, A. (2000). "Steel plate shear walls," U. S.-Japan Workshop on Seismic Fracture Issues in Steel Structure, San Francisco
- ۳- Seismic Assessment and Strengthening Method of Existing RC Buildings in Response to Code Revision Shun-Tyan Chen -Van Jeng- Sheng-Jin Chen-Cheng-Cheng Chen



خوردگی بتن

۱. علل فرسودگی و تخریب سازه های بتنی (CAUSES OF DETERIORATIONS)
علل مختلفی که باعث فرسودگی و تخریب سازه های بتنی می شود همراه با علائم هشدار دهنده دیگری که کار تعمیرات را الزامی می دارند در نخستین بخش از تحقیق مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرند:
- ۱.۱. نفوذ نمک ها به بتن (INGRESS OF SALTS)
نمک های ته نشین شده که حاصل تبخیر و یا جریان آب های دارای املاح می باشند و همچنین نمک هایی که توسط باد در خلل و فرج و ترک ها جمع می شوند. هنگام کریستالیزه شدن می توانند فشار مخربی به سازه ها وارد کنند که این عمل علاوه بر تسریع و شدید زنگ زدگی و خوردگی آرماتور ها به واسطه وجود مکهات، تر و خشک شدن متناوب نیز می تواند تمرکز نمک ها را شدت بخشد زیرا آب دارای املاح پس از تبخیر املاح خود را به جا می گذارد.
- ۱.۲. اشتباهات طراحی (SPECIFICATION ERRORS)
به کارگیری استاندارد های مناسب و مشخصات فنی غلط در رابه با انتخاب مواد روش های اجرایی و عملکرد خود سازه می تواند به خرابی بتن منجر شود. به عنوان مثال استفاده از استانداردهای اروپایی و آمریکایی جهت اجرای پروژه در مناطق خلیج فارس، جایی که آب و هوا و مواد و مصالح ساختمانی و مهارت افراد متفاوت با همه این عوامل در شمال اروپا و آمریکا است، باعث می شود تا دوام و پایداری سازه های بتنی در مناطق یاد شده کاهش یافته و در بهره برداری از سازه نیز با مسائل بسیار جدی مواجه گردیم.
- ۱.۳. اشتباهات اجرایی (CONSTRUCTION ERRORS)

کم کاری ها، اشباهات و نقص هایی که به هنگام اجرای پروژه ها رخ می دهد ممکن است باعث گرد تا آسیب هایی چون پدیده ی لانه زنبوری، حفره های آب انداختگی جدا شدگی، ترک های جمع شدگی، فضا های خالی اضافی یا بتن آلوده شده، به وجود آید که همگی آنها به مشکلات جدی می انجامند. این گونه نقص ها و اشکالات را می توان زاینده ی کارایی در جه ی فشردگی سیستم عمل آوری، آب مخلوط آلوده، سنگدانه های آلوده و استفاده غلط از افزودنی ها به صورت فردی و یا گروهی دانست. وجود کلرید آزاد در بتن می تواند به لایه ی حفاظتی غیر فعالی که در اطراف آرماتور ها قرار دارد آسیب وارد نموده و آن را از بین ببرد. خوردگی کلریدی آرماتور هایی که درون بتن قرار دارند، یک عمل الکتروشیمیایی است که بنا به خاصیتش، جهت انجام این فرآیند، غلظت مورد نیاز یون کلرید، نواحی آندی و کاتدی، وجود الکتروولیت و رسیدن اکسیژن به مناطق کاتد در سل (CELL) خوردگی را فراهم می کند. گفته می شود که خوردگی کلریدی وقتی حاصل می شود که مقدار کلرید موجود در بتن بیش از ۰/۶ کلیوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. ولی این مقدار به کیفیت بتن نیز بستگی دارد. خوردگی آبله رویی حاصل از کلرید می تواند موضعی و عمیق باشد که این عمل در صورت وجود یک سطح بسیار کوچک آندی و یک سطح بسیار وسیع کاتدی به وقوع می پیوندد که خوردگی آن نیز با شدت بسیار صورت می گیرد از جمله مشخصات (FEATURES) خوردگی کلریدی، می توان موارد زیر را نام برد:

الف) هنگامی که کلرید در مراحل میانی ترکیبات (عمل و عکس العمل) شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته ولی در انتها کلرید مصرف نشده باشد. ب) هنگامی که تشکیل همزمان اسید هیدروکلریک، درجه PH مناطق خورده شده را پایین بیاورد. وجود کلریدها هم می تواند به علت استفاده از افزودنی های کلرید باشد و هم می تواند ناشی از نفوذ یابی کلرید از هوای اطراف باشد. فرض بر این است که مقدار نفوذ یون های کلریی تابعیت از قانون نفوذ FICK دارد. ولی علاوه بر انتشار (DIFFUSION) به نفوذ (PENETRATION) کلرید احتمال دارد به خاطر مکش مویینه (CAPILARY SUCTION) نیز انجام پذیرد.

۱،۴. حملات سولفاتی (SULPHATE ATTACK)

محلول نمک های سولفاتی از قبیل سولفات های سدیم و منیزیم به دو طریق می توانند بتن را مورد حمله و تخریب قرار دهند. در طریق اول یون سولفات ممکن است آلومینات سیمان را مورد حمله قرار داده و ضمن ترکیب، نمک های دوتایی از قبیل: ETTRINGITE , THAUMASITE تولید نماید که در اب محلول می باشند. وجود این گونه نمک ها در حضور هیدروکسید کلسیم، طبیعت کلونیدی (COLLOIDAL) داشته که می تواند منبسط شده و با از دیاد حجم، تخریب بتن را باعث گردد. طریق دومی که محلول های سولفاتی قادر به آسیب رسانی به بتن هستند عبارتست از: تبدیل هیدروکسید کلسیم به نمک های محلول در آب مانند گچ (GYPSUM) و میر ابلیت MIRABILITE که باعث تجزیه و نرم شدن سطوح بتن می شود و عمل LEACHING یا خل و فرج دار شدن بتن به واسطه یک مایع حلال، به وقوع می پیوندد.

۱،۵. علل دیگر (OTHER CAUSES)

علل بسیار دیگری نیز باعث آسیب دیدگی و خرابی بتن می شوند که در سال های اخیر شناسایی شده اند. بعضی از این عوامل دارای مشخصات خاصی بوده و کاربرد بسیار موضعی دارند. مانند تاثیر مخرب چربی ها بر حاصله از عوارض مخرب فاضلاب ها و مورد استفاده قرار دادن سازه هایی که برای منظور ها و مقاصد دیگری ساخته شده باشند، نه آنچه که مورد بهره برداری است. مانند تبدیل ساختمان معمولی به سردخانه، محل شستشو، انباری، آشپزخانه، کتابخانه وغیره. با این همه اکثر آنها را می توان در گروه های ذیل طبقه بندی نمود :

الف) ضربات و بار های وارده (ناگهانی وغیره) در صورتی که موقع طراحی سازه برای این گونه بار گذاری ها پیش بینی های لازم صورت نگرفته باشد.

ب) اثرات جوی و محیطی

پ) اثرات نامطلوب مواد شیمیایی مخرب

راه حل ها :

فرسودگی بتن باید توسط کارشناسان با توجه به آزمایش های غیر مخرب بررسی گردد، استفاده از ترمیم کننده بتن و ملات ترمیمی بتن.

بتن حجیم: هر حجمی از بتن با ابعادی به اندازه کافی بزرگ که نیاز به تمهیداتی جهت جلوگیری از ایجاد ترک های حرارتی دارد. درک بتن حجیم کلید کنترل دما و در نهایت حفظ زمن و هزینه های مصرفی می باشد. مشخصات فنی عموماً محدود کننده دمای بتن حجیم جهت جلوگیری از ترک خوردگی و مشکلات عدیده دوام آن می باشد. این طور که به نظر می رسد دمای بتن حجیم بر اساس تجربه و به طور دلخواه به صورت C57 به عنوان داکثر دمای مجاز بتن و C19 (F35) به عنوان حداکثر پیمانکار باید تمام مشخصات فنی و نیازمندی های آن را بدون چون و چرا رعایت نماید. ولی بدون درک صحیح و کامل از بتن حجیم نگهداری دمای بتن در آن محدوده تعیین شده کاری بسیار دشوار می باشد. اغلب اوقات در هر پروژه ای مشخصات فنی آن، به خوبی تمهیدات وسیعی را در جهت کنترل دما و پاسخگویی به نیاز های آن مطرح کرده است. به هر حال، چنانچه به این موضوع توجه کافی نشود یا به خوبی درک نگردد. معین به مقدار قابل ملاحظه بیشتر است، شده و منجر به صدمه دیدن بتن و به تاخیر افتادن برنامه ساختمانی خواهد شد. به علاوه در روند امروزی، افزایش اندازه سطح مقطع بتن در نتیجه نیاز به حداقل مقدار سیمان مصرفی زیاد با نسبت آب به مواد سیمانی پایین می باشد و آن نیز کنترل دمای بتن را چندین برابر دشوارتر می نماید. درک بتن حجیم کلید کنترل دما و در نهایت حفظ زمان و هزینه های مصرفی می باشد.

بتن حجیم چیست؟

سوالی که اغلب اوقات مطرح می شود این است که به طور مشخص بتن حجیم به چه نوع بتنی اطلاق می شو. طبق آیین نامه موسسه بین المللی بتن Acl کمیته R116 Acl تعریف بتن حجیم بدین گونه است هر حجمی از بتن با ابعادی به اندازه کافی بزرگ باشد که نیاز به تمهیداتی جهت جلوگیری از ایجاد ترک های حرارتی که در بتن حجیم بر اثر حرارت زایی حاصل از واکنش شیمیایی هیدراسیون آب با سیمان و پیامد تغییرات هم شکل می گیرد دارد از آنجایی که این تعریف از نظر تعدادی سازمان ها کافی اطلاق نشده بنابر این تعریف های خود را از بتن حجیم مطرح نموده اند. به طور مثال بعضی ها آن را بدین گونه تعریف نموده اند هر قطعه بتنی که بعد از آن حداقل بزرگتر از ۹۰ سانتی متر باشد بتن حجیم نامیده می شود. طبق این تعریف یک پی بتنی با بزرگی ضخامت ۹۰ سانتی متر بتن حجیم خوانده نمی شود، ولی یک پی بتنی با بزرگی ضخامت ۱ متر بتن حجیم در نظر گرفته می شود. در سازمان ها، حداقل ابعاد بکار گرفته در محدوده های ۰/۴۶ متر تا ۲ متر را در نظر می گیرند که بستگی به تجارب کار گاهی گذشته آنان را در نظر می گیرند ک بستگی به تجارب کارگاهی گذشته آنان دارد توجه اینکه هیچ کدام از این تعاریف مقدار مواد سیمانی مصرفی در بتن مورد ملاحظه قرار نداده است. آن چه با عملکرد بالا یا پایین وزود مقاومت رس در یک آلمان بتنی استفاده دمای این آلمان بسیار متفاوت تر از بتن مرسوم یک سازه بتنی باشد.

کنترل دمای بتن الزامی است؟

حرارت زایی بتن به علت واکنش شیمیایی هیدراسیون مواد سیمانی می شد بیشترین مقدار حرارت حاصل در روز های اولیه استقرار بتن می باشد مقاطع بتنی نازک همچون سس روکش کف ها تقریباً به مجرد ایجاد حرارت بتن به همان سرعت نیز درمحیط اطراف پراکنده می شود در مقاطع بتنی ضخیم تر (بتن حجیم) حرارت بسیار آهسته تر از تولید آن در اطراف پراکنده می شود در مقاطع بتنی ضخیم تر (بتن حجیم) حرارت بسیار آهسته تر از تولید آن در محیط اطراف پراکنده می شود و در نتیجه گرم شدن بتن حجیم را باعث می گردد. مدیریت کنترل دما جهت جلوگیری از صدمات حاصل از ترک خوردگی، به حداقل رساندن تاخیر برنامه کاری و رعایت مشخصات فنی پروژه الزامی می باشد. به خاطر کمبود تعریف استاندارد متحد هر المانی بتنی را که ابعاد آن برابر ۹۰ سانتی متر یا بزرگتر باشد به عنوان بتن حجیم مورد ملاحظه قرار می دهیم ملاحظات مشابه باید درباره آلمان های بتنی که تحت چنین تعریفی قرار نگرفته ولی دارای سیمان تیپ III با مواد سیمانی بیش از ۳۵۵ کیلوگرم در هر متر مکتن می باشد، اعمال گردد.

۲. در بسیاری مواقع، در المانهای بتنی غیر حجیم نیز مقدار قابل ملاحظه ای حرارت تولید می شود.

۲.۱. حد اکثر دمای بتن و اختلاف دمای آن

اغلب اوقات جهت اطمینان بهتر و برنامه ریزی مناسب قبل از استقرار بتن حداکثر دمای مجاز بتن و اختلاف دمای آن مشخص می شود. در بسیاری مواقع گستره های مشخص شده به طور اتفاقی و خود به خود انتخاب شده و مشخصات فنی پروژه را شامل نمی گردد. برای مثال، مشخصات فنی خاص از پروژه حداکثر دمای بتن را به (1354) C75 و دمای بتن را به (۳۵) C19 محدود می نماید. محدودیت های دیگر اغلب شامل مواردی مثل محدودیت های حداکثر و حداقل دمای بتن در زمان تحویل باشد.

حداکثر دمای بتن

دمای بتن به دلایل بسیاری محدود شده است. دلیل اصلی آن برای جلوگیری از صدمه دیدن بتن می باشد. مطالعات نشان داده است که چنان چه حداکثر دمای بتن از استقرار آن صورت گیرد و بیش از اندازه محدود ۷ تا ۶۸ درجه سانتیگراد ۱۶۵ به ۱۵۵ باشد دوام طولانی مدت بتن های خاصی مورد سازش قرار می گیرد. مکانیزم صدمه اولیه، شکل گیری اترینگایت تاخیر افتاده DFF می باشد، که باعث انبساط داخلی و ترک خوردگی بتن می شود که امکان مشاهده آن در سال های متمادی پس از استقرار بتن موجود می باشد. از دلایل دیگر محدود کننده حداکثر دمای بتن شامل کاهش زمان خنک کردن، تاخیر های مرتبط و به حداقل رساندن پتانسیل ترک خوردگی مربوط به انقباض و انبساط حرارتی است. درجه حرارت بالای تراز ۸۸ سانتی گراد (F1950) می تواند سبب کاهش مقاوم فشاری مورد نظر شود.

حداکثر اختلاف دما

حداکثر اختلاف دمای مجاز بتن اغلب مشخص کننده حداقل پتانسیل ترک خوردگی حرارتی می باشد. این اختلاف دما، تفاوت بین دمای گرم ترین بخش بتن و سطح آن می باشد. ترک خوردگی حرارتی و فنی که انقباض مربوط به خنک شدن در سطح بتن باعث تنش های کششی بیش از مقاومت کششی بتن باشد، ایجاد شود. حداکثر اختلاف دمای مجاز ۱۹ c سانتی گراد (f35) اغلب اوقات در اسناد پیمانکار مشخص شده است. این اختلاف دما یک راهنمای تجربی بر اساس بتن حجیم غیر مسلحی که در حدود ۵۰ سال پیش در اروپا اجرا شده، تعیین گردیده است. در بسیاری موارد، محدودیت اختلاف دمای C19 سانتی گراد (f35) بیش از اندازه محدود شده است و ترک خوردگی حرارتی ممکن است حتی در اختلاف دمای بالا تر بوجود نیابد. حداکثر اختلاف دمای مجاز تابعی از خواص مکانیکی بتن همچون انبساط حرارتی، مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و نیز اندازه تنش های المان های بتنی می باشد. کمیته R/2/207/AC مهیا کننده دستور العمل جهت محاسبه حداکثر اختلاف دمای مجاز برای جلوگیری ترک خوردگی حرارتی مبتنی بر خواص بتن برای سازه های مشخص می باشد. در زمانی که بتن به مقاومت طراحی شده خود می رسد، حداکثر اختلاف دمای مجاز محاسبه شده بسیار بیشتر از C19 سانتی گراد (F35) می باشد. کاربرد حداکثر اختلاف دمای مجاز محاسبه شده می تواند سبب کاهش قابل ملاحظه مدت زمان تمهیدات محافظتی، همچون ایزوله کردن سطوح و نگهداری آن باشد.

۲.۲. پیش بینی دمای بتن

اغلب اوقات مشخصات فنی مربوط به بتن حجیم به نوع سیمان خاص، حداقل مقدار سیمان مصرفی و حداکثر مواد سیمانی جایگزین سیمان نیاز دارد به مجرد اینکه این اطلاعات جمع آوری شدند. فرآیند پیش بینی لازم جهت حداکثر دمای بتن و حداکثر اختلاف دمای آن شروع می شود. چندین روش پیش بینی حداکثر دما های بتن موجود می باشد. وائراستاپ پی وی سی به نواری به رنگ های مختلف که عموماً به صورت زرد رنگ هستند می گویند (البته رنگ ها در کشورهای مختلف متفاوت است که با توجه به تولیدات کلینیک بتن ایران و صادرات آن به کشورهای همسایه می توان گفت کشور عراق باتوجه به اینکه پیمانکاران آمریکایی در آنجا مشغول به فعالیت هستند بیشتر از وائراستاپ های آبی رنگ استفاده می کنند، همچنین در افغانستان نیز پیمانکاران انگلیسی و سوئیسی در آنجا مشغول سد سازی هستند که وائراستاپ های ارسالی بنا به درخواست مشتریان

مشابه ایران به رنگ زرد هستند و سایر کشور ها نیز بنا به درخواست می توان واتراستاپ را با رنگ های مختلف تولید و عرضه نمود اما هدف این نوع نوار پی وی سی در اجرای سازه های بتنی و با هدف آب بندی درزهای اجرایی و انبساطی سازه های هیدرولیکی و یا در معرض آب تعبیه می گردد از گذشته دور به دلایل مختلف فنی و اقتصادی از بتن و سازه های بتنی برای ذخیره، هدایت و انتقال آب استفاده شده است. تعبیه نمودن درزهای انقباض و انبساط برای کنترل رفتارهای سازه های بتن و جلوگیری از بروز ترک در مقاطع حجیم و بزرگ از یک سو، همچنین محدودیت های اجرایی و لزوم قرار دادن درزهای اجرایی یا قطع بتن از سوی دیگر عوامل اصلی نیاز سازه های بتنی آبی یا مستغرق به استفاده از مواد و مصالح آب بند کننده در مقاطع یاد شده می باشند. به همین منظور نوارهای آب بند کننده واتراستاپ (واتراستاپ پی وی سی) به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد.



نوارهای آب بند کننده واتراستاپ باید دارای انعطاف پذیری زیاد بوده تا با ابعاد و حجم سازه های بتنی و با پیچیده شدن نوع مقاطع و شرایط اجرا تغییر شکل یافته و متناسب با ابعاد و اندازه های سازه از نظر ضخامت، پهنا، نوع آج ها و تغییرات حفره و تخت و آمریکایی و نوع های دنبلی طراحی گردند. از جمله مهمترین ویژگی های کیفیتی واتراستاپ درصد ازدیاد طول، مقاومت کششی و سختی آن بوده که باید با الزامات استاندارد مطابقت داشته باشد. و همچنین ماندگاری واتراستاپ در شرایط مختلف از جمله محیط های قلیایی حائز اهمیت است و باید مورد توجه قرار گیرد، در غیر این صورت واتراستاپ در محیط قلیایی بتن کیفیت خود را به سرعت از دست داده و دچار تغییر حالت گشته و منجر به نشت و بروز سایر مشکلات کیفی نظیر ترک خوردگی و نشست تکیه گاهی سازه و ... می گردد. واتراستاپ PVC در آب بندی سد، تصفیه خانه، تونل انتقال آب، مخازن و کانال ها، سازه های مدفون، نیمه مدفون و سازه های پایین تر از سطح آب های زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرد. واتراستاپ ها از مواد مختلفی ساخته می شوند که هر کدام ویژگی های منحصر به فرد خود را دارند. بنابر همین ویژگی ها و متناسب با ویژگی های هر سازه جنس و اتر استاپ مورد نظر انتخاب می گردد. واتراستاپ ها در واقع به این صورت عمل می کنند که طول مسیر جریان آب و مایعات دیگر را طولانی می کنند تا نتوانند به بتن نفوذ کنند. واتراستاپ ها دارای آج هایی هستند که باعث چسبندگی بیشتر و افزایش مسیر می شود .



واتراستاپ های تولیدی توسط شرکت کلینیک بتن ایران بر پایه مواد خام پلی ونیل کلراید پی وی سی درجه یک با ضخامت انعطاف پذیری و الاستیسیته به همراه افزودنی های روان کننده و تثبیت کننده در ساخت پروژه های صنایع آب و فاضلاب، سد ها، استخر ها و کانال ها جهت جلوگیری از خروج آب و نیز نفوذ آب های تحت الارضی و زیرزمینی به داخل سازه بکار می رود این نوار براساس نیاز سازه در دو مورد درز های انبساطی (EXPANSION) و اجرایی (COSTRACTION) در تیپ های EM، OM، OF، EF، O، E، U، در سایز های مختلف تولید می شود. واتر استاپ پی وی سی PVC Waterstops شرکت کلینیک بتن ایران در سایز های مختلف و ضخامت های ۴ میلیمتر و ۶ میلیمتر در سه نوع تخت، حفره دار و کف خواب قابل ارائه می باشند.



موارد مصرف واتراستاپ پی وی سی و استفاده آنها در درز های سازه های بتنی که در معرض فشار های هیدرواستاتیکی و در تماس مستقیم آب و مایعات قرار دارند بکار می رود مانند استخر های شنی، منابع آب زمینی، فاضلاب ها، تونل، سد، کانال های آبرسانی و انواع فونداسیون ها پیشنهاد می شود اما در کنار این محصول حتما باید از گیره واتراستاپ جهت مهار کردن واتراستاپ ها به میلگردها استفاده نمود و حتما پیشنهاد می شود در بتن از مواد افزودنی بتن به مانند ژل میکروسیلیکا، ژل میکروسلیس، مکمل بتن یا پاور ژل استفاده شود. دلیل این پیشنهاد این است که این مواد قابلیت نفوذناپذیر کردن و افزایش ۳۵ درصدی مقاومت بتن را در پی دارند.



اما نکته ای که بسیار مهم است نحوه اتصال واتراستاپ ها به یکدیگر هستند که بهترین و اولین پیشنهاد استفاده از هویه یا همان اتوی واتراستاپ است که تصاویر آن را در این مقاله خواهید دید. بهترین راه برای چسباندن واتراستاپ ها این است که باید شیار های متصل به واتراستاپ کنده شوند و سپس به اندازه نیم تر با هویه واتراستاپ روی سطح کشیده و ۲ واتراستاپ را به هم بچسبانید. در

صورت هرگونه ابهام می توانید با شرکت کلینیک بتن ایران تولید کننده و صادرکننده واتراستاپ ها با گرید های استاندارد و بنا به درخواست سفارش مشتری تماس حاصل فرمایید .



ابتدا لازم می دانیم صرف جهت یادآوری، توضیحات مختصری را در خصوص عمل آوری بتن ارائه نماییم. عمل آوری به مجموعه عملیاتی گفته می شود که برای حفظ رطوبت و دمای بتن انجام می گیرد که بایستی بلافاصله بعد از عملیات بتن ریزی انجام گیرد. عمل آوری در قسمت هایی از سازه که در معرض تابش مستقیم آفتاب و یا وزش باد می باشد از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار است چرا که بعد از انجام بتن ریزی بر اساس خواص عمومی بتن، بخشی از آب بتن خود را بر روی سطح آن رسانده و در آنجا جمع و مشاهده می شود. در صورتیکه در اثر بی توجهی این مقدار آب از سطح بتن تبخیر شود با توجه به تاثیر مستقیم آن بر میزان W/C نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط ضمن کاهش این نسبت، متقابلا اثرات مخربی بر مقاومت فشاری، سایشی و دوام بتن خواهد داشت که این اتفاق در چند روز اولیه بتن ریزی بیشتر مشاهده می شود و بنابراین از حساسیت فوق العاده ای برخوردار است.

شرایط محیطی پروژه و آب و هوای منطقه در نوع عمل آوری بتن بسیار تاثیر گذار می باشد بدین مفهوم که در مناطق حاره ای و گرم و یا مناطق سردسیر که از برودت غیر معمول برخوردار هستند باید در اجرای عمل آوری دقت بیشتری لحاظ نمود.

تابش مستقیم آفتاب و گرمای هوا در ماه های گرم سال موجب تبخیر آب سطحی بتن شده که می تواند موجب جمع شدگی بتن (shrinkage)

و پدیدار شدن ترک هایی (crack) در بتن گردد. این ترک ها همانند ترک های صحرایی به صورت پیوسته در تمام سطح بتن قابل رویت می باشد که در بعضی مواقع عرض ترک ها به چندین میلی متر رسیده و دارای عمقی نزدیک به ضخامت بتن می باشند که این مسئله موجب کاهش مقاومت، دوام و افت مقاومت در برابر تنش های کششی بتن می گردد. در مواردی مشاهده شده است که برای مقابله با این مشکل از مواد افزودنی بتن، **دیرگیر کننده بتن** استفاده می نمایند که این برداشت کاملا اشتباه می باشد، زیرا مواد افزودنی بتن دیرگیر فقط زمان گیرش را به تعویق انداخته و هیچگونه تاثیری در تبخیر شدن آب سطحی بتن ندارد.

برای دستیابی به بتن هایی با مقاومت و کیفیت مطلوب باید بعد از انجام عملیات بتن ریزی شرایط مناسبی را جهت رسیدن به مقاومت و دوام مطلوب فراهم نمود.

کیورینگ به مجموعه اقداماتی گفته می شود که موجب هرچه بهتر انجام شدن عمل هیدراتاسیون سیمان می گردد. متداولترین روش برای این منظور پوشاندن سطح بتن با یک لایه نازک می باشد که از تبخیر آب سطحی بتن جلوگیری می نماید و به مرور زمان بر اثر عوامل جوی از روی سطح بتن پاک می شود و هیچ اثر سویی بر عمر بتن نخواهد داشت. این ماده با ایجاد یک لایه شفاف بر روی بتن موجب می گردد که نور آفتاب از سطح آن منعکس شده و با ایجاد یک محوطه بسته، موجب گردد تا آب سطحی بتن از سطح آن تبخیر نگردد و تمام این آب صرف عمل هیدراتاسیون سیمان شود. البته لازم به ذکر می باشد که کیورینگ، بخشی از مرحله عمل آوری می باشد و نباید از دیگر روشهای مراقبتی بتن غافل شد.

مواد عمل آورنده بر اساس نوع پروژه به دو صورت تهیه می گردد.

۱. در بعضی از مواقع ارتفاع بتن ریزی از حالت استاندارد بیشتر شده و مجبور به بتن ریزی در دو مرحله می باشیم که در صورت استفاده از کیورینگ در پایان مرحله باید حتماً از موادی استفاده شود که در هنگام بتن ریزی مرحله دوم هیچگونه اختلالی در bonding دو بتن ایجاد نکند و بتوان به راحتی بتن ریزی را انجام داد. در این حالت مواد استفاده شده بوسیله آب با فشار زیاد قابل شستشو بوده و بنابر این هیچ گونه فیلمی از مواد عمل آورنده مانع دوخت بتن قدیم و جدید نمی شود.
 ۲. در مواقعی که بتن ریزی در یک مرحله انجام می گیرد از نوع دیگری از مواد عمل آورنده بتن استفاده می شود که پایه ترکیبی آن مواد پلیمری بوده و بعد از انجام بتن ریزی بر روی سطح ریخته یا اسپری می شود. این مواد به مرور زمان نیز بر اثر عوامل جوی از روی سطح پاک می شود. در این گونه موارد می توان خاصیت curing و sealing را بصورت مواد ترکیبی همزمان داشت.
 ۳. مقدار مصرف مواد عمل آورنده بستگی به صیقلی بودن سطح بتن دارد که هرچه سطح صاف تر و صیقلی تر باشد میزان مصرف آن نیز کمتر است.
- در هنگام کیورینگ باید دقت شود که تمام سطح با مواد عمل آورنده پوشش داده شود تا هیچگونه راه فراری برای بخار آب های ایجاد شده وجود نداشته باشد در صورت وجود سوراخ در سطح **کیورینگ بتن** در همان محل سوراخ ها ترک هایی در سطح بتن مشاهده خواهد شد که مقاومت، کارایی و دوام بتن را کاهش خواهد داد. اجرای عمل آوری بتن در سرما مقوله دیگری است. در محیط های سرد و امکان یخ زدگی بتن بخشی از ساز و کارهای عمل آوری با استفاده از ضد یخ بتن در درون بتن انجام خواهد گرفت. همانگونه که گفته شد هدف از عمل آوری ایجاد شرایط بهتر برای هیدراته شدن کامل تر و سالمتر ذرات سیمان در بتن می باشد. ضد یخ بتن با تسریع در انجام عمل هیدراتاسیون موجب مصرف سریعتر آب بتن در واکنش های شیمیایی آب و سیمان شده و بدین ترتیب از یخ زدگی بتن در اثر وجود آب مازاد جلوگیری می کند. واکنش هیدراتاسیون سیمان یک واکنش گرما زا بوده و تسریع در عملیات هیدراتاسیون باعث افزایش دمای بتن در اثر وجود ضد یخ بتن خواهد شد. عمل آوری یا کیورینگ در گرما از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است و لازم است که با اشاعه و آموزش انجام این کار با استفاده از مواد عمل آورنده، روش های سنتی همچون استفاده از آب زیاد و روش گونی خیس و ... به مرور کمرنگ شود. هزینه بالای آب در پاره ای از مناطق کم آب و مصرف گونی خیس برای پروژه های بزرگ چند نمونه از مواردی می باشد که اجرای عمل آوری را با مشکل ایجاد کرده و در پاره ای از مواقع ناممکن می نماید ...
- انجام عملیات بخار زنی نیز از روش های متداول قدیمی بوده است که با بسط، ترویج و آموزش تکنولوژی های جدید تر می توان با دقت بالاتری عمل آوری بتن را انجام داد تا بدین وسیله گام های بلندتری در افزایش دوام و مقاومت سازه های بتنی برداشته شود. آزمایش های وسیع اولیه Aramid FRC در موسسه تحقیقات ساختمان (BRE) انجام شدند. نمونه های آزمایشی به روش افشانه- مکش که در همین موسسه توسعه یافته بود، آماده سازی شدند. نسبت های اختلاط همان طور که ذیلاً آمده است، متغیر بود :

۱. برای نمونه های اتوکلاو، دوغاب از ۳۰٪ ماسه و ۷۰٪ سیمان پرتلند تشکیل شده بود. مقدار الیاف آرامید ۱/۷۸٪ حجمی بود.

۲. برای نمونه های آزمایش فشاری عمل آوری شده بدون اتوکلاو، ۱۰۰٪ دوغاب از سیمان پرتلند تشکیل شده و مقدار الیاف آرامید ۱/۹۳٪ بود.

نتایج آزمایش های کششی، خمشی و ضربه ای ایزد برای نمونه های آزمایشی در شرایط مختلف عمل آوری در جدول ۱ نشان داده شده است.

در آزمایش های کشش، حد تناسب الاستیک PEL بین ۵۳۰ و ۳۷۱۳۴۰ psi (۳۷۱۳۴۰ و ۹۲۳۹۰ Mpa) و مدول الاستیسیته کششی بین ۲۳۳۵ و ۱۶۱۵۳۸۰ ksi (۱۶۱۵۳۸۰ و ۳۷۱۳۴۰ Gpa) قرار داشت. در آزمایش های خمشی، PEL بین ۱۳۹۵ و ۹۶۲۹۹۰ psi (۹۶۲۹۹۰ و ۲۰۶ Mpa)، مدول گسیختگی Mor بین ۳۶۱۰ و ۶۷۷۵ psi (۶۷۷۵ و ۲۴۰۹ Mpa) و مدول الاستیسیته خمشی بین ۱۵۳۵ و ۱۰۶۳۳۲۰ ksi (۱۰۶۳۳۲۰ و ۲۲۹ Gpa) قرار داشت. بزرگی محدوده نتایج آزمایشی ممکن است به توزیع غیر یکنواخت الیاف آرامید درون مخلوط و مخلوط متفاوت به کار رفته برای نمونه های اتوکلاو نسبت داده شوند. همان طور که در جدول ۱ مشخص شده، شرایط عمل آوری-افزایش سن برای نمونه های آزمایشی متفاوت بود. نتایج آزمایش نمونه های واقع شده در شرایط مختلف عمل آوری-افزایش سن با نتایج انجام شده روی نمونه های کنترلی مقایسه شدند تا از این طریق پایداری مقاومت ترکیبات Aramid FRC در دراز مدت ارزیابی گردد. نمونه های کنترل قبل از آزمایش ۲۸ روز در شرایط عمل آوری مرطوب قرار گرفتند. نتایج آزمایش بیان شده در جدول ۱ نشان می دهد که :

به منظور مطالعه اثرات محیطی پس از دوسال کهنگی، سه محیط مختلف انتخاب شدند. اولین گروه در آب ۶۸°F یا ۲۰°C مسن شدند، گروه دوم در هوای ۶۸°F یا ۲۰°C مسن شدند و گروه سوم در آب و هوای طبیعی در گارستن انگلستان قرار گرفتند. برای این سه گروه UTS و MOR کاهش نیافت. در شرایط نگهداری نمونه در هوا، کرنش تا لحظه شکست و نیز مقاومت ضربه ای کاهش یافت.

۱. بعد از قرارگیری نمونه ها در آب ۱۴۰°F یا ۶۰°C، رفتار مصالح شبیه به نتایج نمونه های قرار گرفته در آب ۶۸°F یا ۲۰°C بود.

۲. -پس از ۴۵ روز قرار گرفتن در هوای ۳۰۰°F یا ۱۵۰°C، UTS و کششی کمی کاهش یافتند.

۳. مقاومت های کششی، خمشی و ضربه ای برای نمونه های قرار گرفته در اتوکلاو تقریباً ۳۰ درصد کمتر از مقاومت های نمونه های کنترل بود.

جدول ۱ ویژگیهای شاخص ترکیبات Aramid FRC

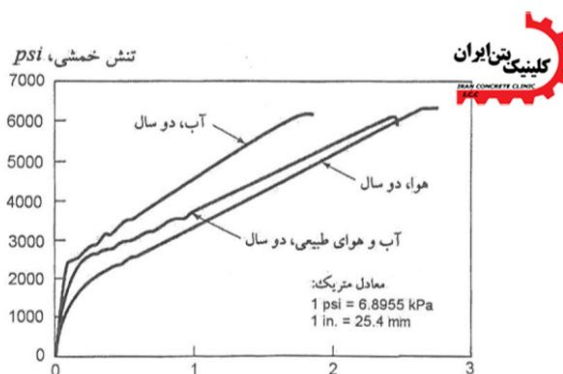
مقاومت ضربه ای Ft- lb/in ²	خصوصیات خمشی				خصوصیات کششی				شرایط عمل آوری - سن
	مدول الاستیسی ته خمشی ksi	PEL کرنش millionth s	PEL کرنش millionth s	MOR psi	مدول یانگ ksi	PEL کرنش millionth s	PEL کرنش psi	UTS کرنش %	UTS تنش psi

F°68 آب	28 روز 18 0 روز 2 سال	2335 2178 1970	53/1 28/1 08/1	1285 1340 1030	318 252 210	4045 5380 4915	6440 6440 6310	2235 2365 2565	819 773 850	2900 3115 3250	1/8 0/7 7/5
F°68 هوا	18 0 روز 2 سال	2088 2146	79/1 69/1	1050 554	265 167	3990 3495	6775 6585	1825 1395	853 587	2235 2540	4/8 5/10
آب و هوای طبیعی انگلستان	2 سال	2088	40/1	685	168	4105	6315	2275	768	3205	7/6
آب F°140	7 روز 50 روز 18 0 روز	2130 2390 1780	24/1 26/1 11/1	1295 1045 910	258 230 158	4945 4555 4915	5730 6020 5540	1915 1855 2305	713 785 710	2725 2320 3320	1/8 9/5 2/5
F°30 هوا 0	7 روز 45 روز	1900 1755	69/1 91/1	1075 530	348 252	3335 2335	4990 5455	1985 2990	1300 964	1665 2405	1/7 5/9
16 ساعت در اتوکلاو F°180		1365	14/1	805	212	3990	3610	1915	1290	1535	5/7
کنترل		1940	41/1	1110	283	3930	5280	1740	883	1985	9/10

معادل متریک 1ksi=6.895MPa :

شکل ۱ رفتار ترکیب در خمشی را پس از ۲ سال از افزایش سن نمونه در محیط های مختلف نشان می دهد. شکل ۲ رفتار ترکیب در خمشی را پس از اتوکلاو کردن و پس از گذشت چند هفته از افزایش سن در محیط های مختلف نشان می دهد. نتایج این آزمایش

نشان داد که می توان انتظار داشت ترکیبات Aramid FRC بیشتر مقاومت اولیه و انعطاف پذیری خود را پس از مدت طولانی قرار گرفتن در محیط های نامطلوب حفظ کند.

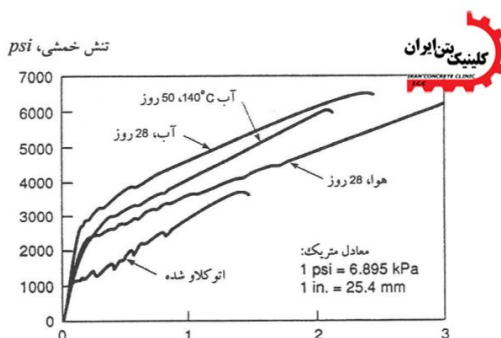


کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

تغییر مکانیچ، in

شکل ۱ مقاومت کششی پس از ۲ سال کهنگی



کلینیک بتن ایران، همراه حرفه ای های عمران

TEL & FAX: 021-45 872 web: WWW.CLINICBETON.IR

تغییر مکانیچ، in

شکل ۲ مقاومت خمشی پس از ۲ تا ۵۰ روز کهنگی

آزمایش های بیشتری در BRE برای ارزیابی مقاومت در برابر آتش و مقاومت خستگی Aramid FRC انجام شده است. نتایج آزمایش های مقاومت در مقابل آتش در حداکثر دمای 920°C (1688°F) نشان داده است که ترکیبات Aramid FRC مقاومت کمتری نسبت به ترکیبات SFRC و GFRC داشته اند. آزمایش نمونه ها نشان داد که بیشتر الیاف واقع بر روی سطوحی که در معرض حرارت قرار گرفته بود، تبدیل به زغال شدند. یکپارچگی نمونه آنقدر حفظ شده بود که بتوان پس از آزمایش آن را جابجا کرد. در طی آزمایش گازهای سمی مشاهده نشد. البته باید آزمایش های بیشتر برای تعیین مقاومت در برابر آتش ترکیبات Aramid FRC انجام شود.

به منظور ارزیابی مقاومت خستگی ترکیب Aramid FRC، لازم است بارگذاری خمشی چرخه ای اعمال گردد. نتیجه آزمایش ها نشان داد که ترکیب در برابر خستگی در تنش هایی بسیار بزرگتر از حد تناسب الاستیک (PEL) کاملاً مقاوم بوده است. هیچ گسیختگی در زیر حد تناسب الاستیک (تقریباً 15 Mpa یا 2175 psi) بعد از یک میلیون چرخه بارگذاری ثبت نشد.

به منظور ارزیابی اثرات مختلف مقادیر الیاف روی مقاومت کششی ترکیبات **خصوصیات**

، آزمایش های کششی در دانشگاه واترلو و انتاریو انجام شد. مقادیر الیاف بین ۰ و ۲ درصد حجمی قرار داشت و جهت گیری الیاف در ترکیبات آزمایشی، تک راستا بود. نتایج آزمایش نشان داد که نقطه غیر خطی شدن (BOP) برای مقادیر الیاف بیشتر از ۱/۴۵٪ کاهش یافت. البته UTS، مدول یانگ و طاقت با افزایش مقدار الیاف کاهش یافت.

نتایج موجود نشان می دهند که ترکیبات Aramid FRC خصوصیات مصالحی بسیار مطلوبی از خود نشان می دهند. هر چند که الیاف آرامید در مقایسه با سایر الیافی که در حال حاضر برای تولید ترکیبات FRC به کار می روند گرانترند، اما استفاده وسیع از آنها در کاربردهایی که نیازمند مقاومت، دوام و خصوصیات مقاومتی الیاف آرامید هستند، سبب افزایش تقاضا و در نتیجه کاهش قیمت آنها خواهد شد.

مشخصات سیمان های پرتلند رده های ۴۲۵-۱ و ۵۲۵-۱ با اقتباس از رده های مقاومتی سیمان استاندارد EN 197-1 در استاندارد ۳۸۹ ایران از سال ۱۳۷۷ ارائه شده است.

مقدمه

تولید سیمان نیاز به ۱/۴۵ تا ۱/۵۰ تن سنگ آهک، خاک رس و سنگ گچ و در مواردی سیلیس، بوکسیت و سنگ آهن دارد. همچنین خردایش و آسیاب کردن مواد اولیه و آسیاب کردن کلینکر و سنگ گچ و راه اندازی دستگاه های مختلف کوره و خنک کن و غیره نیاز به انرژی برق زیادی وجود دارد که در حدود ۱۱۰ تا ۱۳۰ کیلو وات ساعت در هر تن می باشد. کوره پخت کلینکر به سوخت نیاز دارد که در حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ متر مکعب گاز طبیعی برای هر تن کلینکر است و معادل ۹۰ تا ۱۱۰ لیتر مازوت (نفت کوره) می باشد.

اگر انرژی های مصرفی در معدن و برای حمل مواد اولیه به کارخانه و حمل سیمان به کارگاه ها و محل مصرف نیز در نظر گرفته شود وضعیت مصرفی انرژی در این صنعت روشن تر می گردد. گفته می شود کل انرژی مصرفی در کارخانه برای هر تن کلینکر در روش خشک با پیش تکلیس ۳/۱۶ گیگا ژول و با پیش گرم کن ۳/۴۴ گیگا ژول می باشد که ۸ درصد آن انرژی الکتریسیته است. در هنگام پخت مواد اولیه و یا در کلسینه کردن سنگ آهک و سوزاندن مواد سوختی در مراحل مختلف از معدن تا محل کارگاه نزدیک به یک تن دی اکسید کربن به ازای هر تن سیمان تولید می شود که بسیار وحشتناک است.

امروزه با تولید ۶۰ میلیون تن سیمان و بیش از ۵۵ میلیون تن کلینکر بیش از ۷ درصد انرژی برق کشور صرف تولید سیمان می شود و برای تولید سیمان (در صورت مصرف مازوت) در حدود ۴ تا ۵ درصد سوخت مایع مصرفی کشور را می بلعد که با احتساب تولید انرژی برق این مقدار به ۷ درصد بالغ می گردد.

بنابراین دیده می شود برای توسعه پایدار و حفظ محیط زیست و منابع طبیعی تجدید ناپذیر نیاز به کاهش تولید کلینکر یا سیمان می باشد و یا حداقل باید افزایش تولید را متوقف نمود. به هر حال آنچه مسلم است باید مصرف سیمان برای تولید هر متر مکعب بتن را کاهش داد و یا نسبت مصرف سیمان به مقاومت بتن را پایین آورد.

راه حل های مختلفی برای کاهش مصرف سیمان وجود دارد که یکی از موثرترین آنها افزایش سطح مقاومتی سیمان های مصرفی می باشد که سال ها است از این روش در کشور های پیشرفته دنیا بهره گیری می شود.

در برخی کشور های اروپایی سال ها است از سه رده مقاومتی سیمان استفاده می شود که در نهایت در سال ۱۹۹۲ در مشخصات استاندارد سیمان ها یعنی EN 197-1 سه رده ۳۲/۵، ۴۲/۵ و ۵۲/۵ مگا پاسکال پیش بینی شده است. این رده ها می تواند برای همه انواع سیمان های پرتلند و آمیخته و مرکب برقرار باشد و محدودیتی از این نظر وجود ندارد.

در سال ۱۳۷۷ در مشخصات فنی سیمان های پرتلند ISIRI 389 صرفاً برای سیمان پرتلند نوع ۱ سه رده مقاومتی ۳۲۵، ۴۲۵ و

۵۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در نظر گرفته شد و سایر انواع سیمان ها فاقد این رده بندی بودند که سوال برانگیز است و لازم است اصلاحاتی در این مورد صورت گیرد.

رده های مقاومتی، نمایانگر حداقل مقاومت فشاری ملات ۲۸ روزه ماسه سیمان استاندارد طبق EN 196 یا ISIRI 393 می باشد.

در ابتدای دهه ۸۰ هجری برخی کارخانه های سیمان اقدام به تولید سیمان ۴۲۵-۱ نمودند و به تدریج بر تعداد آنها افزوده شده است. از نیمه دوم دهه ۸۰ به تدریج تعداد بسیار اندکی از آنها به تولید آزمایشی سیمان ۵۲۵-۱ دست زدند و شاهد آن هستیم که در طول سه سال گذشته تعداد آنها به تعداد انگشتان یک دست یا بیشتر می رسد.

سوال های اساسی آن است که تولید این سیمان ها چگونه می تواند به کاهش مصرف سیمان در بتن های کشور منجر شود. آیا بطور کلی این کاهش مصرف در همه موارد از جمله ساخت ملات های بنایی و بتن های پرکننده و یا کم مقاومت و یا متوسط و زیاد بطور یکسان وجود دارد.

آیا بدون فرهنگ سازی و زمینه سازی برای مصرف صحیح سیمان های پر مقاومت می توان موفقیتی را انتظار داشت.

آیا با استفاده از روش های طرح مخلوط بتن در طرح اولیه می توان تاثیر مقاومت سیمان ها را دید و در نهایت آیا این کاهش مصرف سیمان اتفاق می افتد.

در این نوشته سعی می شود پاسخ این سوالات به نحو مقننی ارائه گردد.

معرفی روش ملی طرح مخلوط بتن

در سال های ۸۴ و ۸۵ در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ایده ارائه یک روش متحد طرح مخلوط بتون در کشور مطرح شد و بر این اساس روش های مختلف و معروف طرح مخلوط در دنیا بررسی شد. پس از بحث های مفصل و تبادل نظر های فراوان و طرح مزایا و معایب روش های مختلف قرار شد از روش آلمانی به عنوان روش مرجع استفاده شود. به هر حال امکان استفاده از روش آلمانی بطور کامل وجود نداشت. بنابراین سعی شد با اعمال تغییراتی اندک و یا گاه تغییراتی وسیع از این روش بهره گیری شود و در پایان سال ۸۶ اولین ویرایش روش ملی طرح مخلوط بتن ارائه شد و یک سال بعد ویرایش دوم آن ارائه گشت. همچنین راهنمایی برای بکارگیری آن نوشته و به صورت محدود منتشر گشت که بزودی در مقیاس وسیع تر ارائه خواهد شد. ضمناً نرم افزاری نیز برای آن تهیه شده است که سهولت بکارگیری از این روش را تضمین می کند.

یکی از مزایای این روش، مشاهده تاثیر رده های مختلف مقاومتی سیمان در مقاومت بتن است. همچنین می توان تاثیر شکل سنگدانه درشت در مقاومت را دید. امکان استفاده از دانه بندی های مختلف شن و ماسه حتی به صورت غیر استاندارد، ارائه دانه بندی های مطلوب برای کاربرد های مختلف، دقت در تعیین آب آزاد بتن با توجه به بافت دانه بندی و شکل سنگدانه های درشت و ریز با سطوح مختلف کارایی از ۱۰ تا ۲۱۰ میلی متر و توجه به تاثیر عیار سیمان و مصرف دوده سیلیسی و مواد پوزولانی و سرباره ای در مقدار آب و استفاده از رابطه حجم مطلق برای تعیین آخرین مجهول طرح مخلوط بتن و ایجاد امکان برای تهیه نرم افزار از جمله این مزایا به حساب می آید که این روش را بسیار کارا و پیشرفته نموده است.

مواردی که باید بررسی شود: رابطه نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری بدون مصرف روان کننده بتن، فوق روان کننده بتن، ژل میکروسیلیس. مواردی که باید بررسی شود: رابطه نسبت آب به سیمان و مقاومت فشاری با توجه به مصرف روان کننده بتن، فوق روان کننده بتن، ژل میکروسیلیس. رابطه اصلاح شده فولر - تامسون، در صورتیکه مرز سنگدانه و مواد ریز دانه ۰/۰۷۵ میلی متر فرض شود، عبارت است از: رابطه حجم مطلق برای بدست آوردن حجم سنگدانه های اشباع با سطح خشک به صورت زیر می باشد. که در آن:

c: جرم سیمان بر حسب kg/m^3
 wf: جرم آب آزاد بر حسب kg/m^3
 D: جرم مواد جایگزین سیمان بر حسب kg/m^3
 Va: حجم هوای موجود در بتن (عمدی و ناخواسته) بر حسب dm^3
 pc: جرم مخصوص سیمان بر حسب kg/dm^3
 pw: جرم مخصوص آب بر حسب kg/dm^3 که معادل ۱ منظور می‌شود
 pD: جرم مخصوص افزودنی معدنی بر حسب kg/dm^3

بررسی روش های رایج دیگر و مقایسه با روش ملی

در روش طرح مخلوط ACI 211.1 امکان استفاده از یک رده مقاومتی سیمان یعنی پرتلند نوع ۱ در طرح مخلوط اولیه بتن وجود دارد و روشن نیست که شکل سنگدانه های درشت مصرفی در هنگام تعیین نسبت آب به سیمان چیست. در روش جدید طرح مخلوط BRE انگلیس امکان بکارگیری سه رده مقاومتی اروپایی برای سیمان وجود دارد و شکل سنگدانه های درشت تا حدودی قابل استفاده در تعیین نسبت آب به سیمان می باشد. به هر حال اگر به صورت اصولی از ساخت مخلوط آزمون طرح مخلوط اولیه بهره گیری نماییم، تاثیر رده های مقاومتی سیمان را در مقاومت بتن حاصله خواهیم بود و می توانیم در نسبت آب به سیمان و سایر اجزا به ویژه سیمان اصلاحات لازم را به عمل آوریم و طرح مخلوط تعدیل شده نهایی را مشخص کنیم. در روش ملی طرح مخلوط بتن می توان انتظار داشت مخلوط آزمون، مقاومتی نزدیک به مقاومت هدف را با در نظر گرفتن مقاومت واقعی سیمان بدست دهد.

ارائه طرح های مخلوط رده های مقاومتی بتن با رده های مختلف مقاومتی سیمان

فرضیات

با استفاده از سه رده مقاومتی سیمان یعنی ۳۲۵-۱، ۴۲۵-۱ و ۵۲۵-۱، طرح مخلوط اولیه بتن بر اساس روش ملی برای رده های مقاومتی C12، C16، C20، C25، C30، C35، C40 و C45 ارائه می شود. در این طرح ها حداکثر اندازه شن ۲۵ میلی متر و به صورت شن صد درصد شکسته منظور می گردد. در حالی که ماسه ها به صورت کاملاً گرد گوشه رودخانه ای در نظر گرفته می شود. برای محاسبه مقاومت هدف (متوسط لازم) طرح اختلاط، از حاشیه امنیت ارائه شده در آیین نامه بتن ایران استفاده شده است و فرض آن است که انحراف معیار مقاومتی کارگاه مشخص نیست.

* بتن مصرفی برای پمپاژ در نظر گرفته شده است و اسلامپ بتن آن پس از ساخت، ۱۲۵ میلی متر فرض شده است.

دانه بندی شن و ماسه به صورت زیر منظور شده است و برای دانه بندی مطلوب مخلوط سنگدانه آن جهت بتن پمپی، دانه بندی متوسط با توان $n=0.4-0.5$ در نظر گرفته شده است.

جدول ۲- دانه بندی شن و ماسه مصرفی و دانه بندی مورد استفاده و دانه بندی های مطلوب پمپی

الک	25	19	5/9	75/4	38/2	2/1	6/0	3/0	15/0
شن مخلوط	100	70	20	0					
ماسه	100	100	100	90	60	40	20	15	5
مخلوط سنگدانه (50% شن + 50% ماسه)	100	85	60	45	30	20	10	5/7	5/2
دانه بندی $n=0.5$	100	85	59	40	27	17	11	6	2
دانه بندی $n=0.4$	100	88	64	46	32	22	14	8	3

در طرح های اختلاط بتن ها از مواد روان کننده بتن استفاده نمی شود.

روند تهیه طرح های اختلاط با توجه به فرضیات موجود

طبق روش ملی طرح مخلوط، مدول ریزی مخلوط سنگدانه ۵/۴۰ بدست می آید. بر اساس این روش درصد شکستگی متوسط

معادل سنگدانه برای محاسبه مقدار آب ۳۳ درصد محاسبه می شود.

برای تعیین نسبت آب به سیمان از منحنی های نسبت آب به سیمان - مقاومت فشاری که برای رده های مختلف مقاومتی سیمان و سنگدانه های درشت گرد گوشه و شکسته تهیه شده است استفاده می شود. با توجه به شکستگی کامل شن ها از منحنی های

C-۳۲۵، C-۴۲۵ و C-۵۲۵ استفاده می گردد.

مقدار آب مورد نیاز بتن با استفاده از مدول ریزی و درصد شکستگی معادل و اسلامپ مورد نیاز بدست می آید که پس از تعیین مقدار سیمان، مقدار آب اصلاح می گردد و سپس مجدداً مقدار سیمان طرح اختلاط اولیه بتن محاسبه می شود. در نهایت مقدار شن و ماسه مصرفی با توجه به رابطه حجم مطلق و درصد هوای غیر عمدی یک درصد و با در نظر گرفتن چگالی اشباع با سطح خشک آنها بدست می آید.

طرح های اختلاط اولیه بدست آمده

اطلاعات و نتایج زیر پس از محاسبات انجام شده بر اساس فرضیات و داده های فوق بدست آمده است.

جدول ۴- نتایج طرح های اختلاط اولیه بتن رده های مقاومتی مختلف برای رده سیمان ۱-۳۲۵

رده مقاومتی بتن	C12	C16	C20	C25	C30	C35
مقاومت هدف طرح	۱۸	۲۳/۵	۲۸/۵	۳۴/۵	۴۰/۵	۴۵/۵
نسبت آب به سیمان	۰/۷	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۳۶
آب آزاد	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۸۰	۱۸۹	۱۹۸
سیمان مصرفی	۲۵۴	۲۸۵	۳۱۸	۳۷۲	۴۵۶	۵۵۲
شن SSD	۹۴۹	۹۳۶	۹۲۲	۸۹۶	۸۴۹	۷۹۷
ماسه SSD	۹۳۰	۹۱۸	۹۰۴	۸۷۹	۸۳۳	۷۸۱
وزن مخصوص بتن تازه متراکم	۲۳۱۱	۲۳۱۶	۲۳۲۲	۲۳۲۷	۲۳۲۷	۲۳۲۹

برای رده مقاومتی C40 و بالاتر با حاشیه امنیت مفروض، نسبت آب به سیمان لازم در محدوده روش ملی طرح مخلوط نمی باشد.

جدول ۵- نتایج طرح های اختلاط اولیه بتن رده های مقاومتی مختلف برای رده سیمان ۱-۴۲۵

رده مقاومتی بتن	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40
مقاومت هدف طرح	۱۸	۲۳/۵	۲۸/۵	۳۴/۵	۴۰/۵	۴۵/۵	۵۱
نسبت آب به سیمان	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۳۹
آب آزاد	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۹	۱۸۵	۱۹۳
سیمان مصرفی	۲۴۶	۲۶۷	۲۸۹	۳۲۱	۳۶۴	۴۱۹	۵۰۲
شن SSD	۹۵۲	۹۴۳	۹۳۴	۹۲۱	۹۰۱	۸۷۰	۸۲۴
ماسه SSD	۹۳۴	۹۲۵	۹۱۶	۹۰۳	۸۸۳	۸۵۳	۸۰۸
وزن مخصوص بتن تازه متراکم	۲۳۰۹	۲۳۱۳	۲۳۱۷	۲۳۲۲	۲۳۲۷	۲۳۲۷	۲۳۲۸

برای رده مقاومتی C45 و بالاتر با حاشیه امنیت مفروض، نسبت آب به سیمان لازم در محدوده روش ملی طرح مخلوط نمی باشد.

جدول ۶- نتایج طرح های اختلاط اولیه بتن رده های مقاومتی مختلف برای رده سیمان ۱-۵۲۵

C45	C40	C35	C30	C25	C20	C16	C12	رده مقاومتی بتن
۵۶	۵۱	۴۵/۵	۴۰/۵	۳۴/۵	۲۸/۵	۲۳/۵	۱۸	مقاومت هدف طرح
۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۷۰	۰/۷۴	نسبت آب به سیمان
۱۸۲	۱۸۲	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	آب آزاد
۴۴۸	۳۸۷	۳۴۱	۳۱۴	۲۸۸	۲۶۸	۲۵۴	۲۴۲	سیمان مصرفی
۸۵۴	۸۸۸	۹۱۲	۹۲۳	۹۳۴	۹۴۳	۹۴۸	۹۵۴	شن SSD
۸۳۷	۸۷۱	۸۹۵	۹۰۶	۹۱۶	۹۲۵	۹۳۰	۹۳۵	ماسه SSD
۲۳۲۷	۲۳۲۷	۲۳۲۵	۲۳۲۱	۲۳۱۷	۲۳۱۳	۲۳۱۱	۲۳۰۹	وزن مخصوص بتن تازه متراکم

تفسیر نتایج و بحث

همانگونه که مشاهده می شود، با تغییر رده مقاومتی سیمان و افزایش آن، با توجه به فرض های انجام شده، عیار سیمان مصرفی در بتن کاهش می یابد.

همچنین با افزایش رده مقاومتی بتن، تاثیر افزایش رده مقاومتی سیمان در کاهش عیار سیمان بیشتر می گردد.

جدول ۷- درصد کاهش عیار سیمان مصرفی بتن رده های مختلف مقاومتی برای سیمان های ۱-۴۲۵ و ۱-۵۲۵ در مقایسه با سیمان ۱-۳۲۵

C45	C40	C35	C30	C25	C20	C16	C12	رده مقاومتی بتن
بیشتر از ۳۵	بیشتر از ۳۰	۲۴/۱	۲۰/۱	۱۳/۷	۹/۱	۶/۳	۳/۱	درصد کاهش برای سیمان ۱-۴۲۵
بیشتر از ۵۰	بیشتر از ۴۵	۳۸/۲	۳۱/۱	۲۲/۶	۱۵/۷	۱۰/۹	۴/۷	درصد کاهش برای سیمان ۱-۵۲۵

در صورتی که در طرح های اختلاط فوق، محدودیت نسبت آب به سیمان و حداقل عیار سیمان یا حداکثر عیار سیمان وجود داشته باشد، وضعیت طرح ها متفاوت خواهد بود.

در صورتی که حداقل عیار سیمان مجاز مطرح شود، اگر این حداقل مجاز بیشتر از مقدار سیمان حاصل از محاسبه باشد نمی توان به کاهش عیار سیمان امید داشت. فرض کنید در طرح مخلوط بتن C25 موضوع رویارویی با حمله سولفات ها ایجاب کند که حداقل ۳۷۰ کیلوگرم سیمان بکار رود. هنگامی که از سیمان ۱-۳۲۵ استفاده شود عیار سیمان ۳۷۲ و با بکارگیری سیمان های ۱-۴۲۵ و ۱-۵۲۵ به ترتیب عیار سیمان ۳۲۱ و ۲۸۸ بدست می آید که به دلیل محدودیت فوق مجبور خواهیم شد تا عیار سیمان ۳۷۰ را بکار ببریم. بنابراین بالا بردن رده مقاومتی سیمان، کمکی به کاهش عیار سیمان نخواهد کرد.

با وجود محدودیت نسبت آب به سیمان و بکارگیری حداکثر مجاز برای آن و کمتر بودن این نسبت آب به سیمان در مقایسه با نسبت آب به سیمان حاصل از مقاومت، کاهش عیار سیمان به صورت جدی ممکن است حاصل نشود. اگر در این طرح مخلوط قرار باشد به دلیل محدودیت حداکثر نسبت آب به سیمان برابر ۰/۵، طرح اختلاط کامل شود، از آنجا که با سیمان ۱-۳۲۵، نسبت آب به سیمان ۰/۴۸ و با سیمان های ۱-۴۲۵ و ۱-۵۲۵ به ترتیب نسبت آب به سیمان ۰/۵۵ و ۰/۶۲ بدست می آید. با محدودیت فوق مجبور هستیم نسبت آب به سیمان را به ۰/۵ محدود کنیم. هنگام بکارگیری سیمان های ۱-۴۲۵ و ۱-۵۲۵ عیار سیمان برابر ۳۵۶ بدست می آید و صرفه جویی چندانی در مقایسه با عیار سیمان ۳۷۲ برای سیمان های رده ۱-۳۲۵ حاصل نمی شود.

اگر حداکثر عیار سیمان مجاز اعمال گردد، بکارگیری رده سیمانی بالاتر کمک می کند در بسیاری از موارد محدودیت مزبور رعایت شود و تهیه طرح مخلوط بدون بکارگیری روان کننده تسهیل گردد. فرض کنید در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان قرار باشد طرح مخلوط بتن با رده C35 با حداکثر نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ و حداقل سیمان ۳۵۰ و حداکثر عیار سیمان ۴۲۵ کیلوگرم در متر مکعب بتن طبق آیین نامه پیشنهادی پایایی بتن در خلیج فارس و دریای عمان را ارائه دهیم. طبق جداول فوق برای سیمان ۱-۳۲۵، نسبت آب به سیمان ۰/۳۶ و عیار سیمان ۵۵۲ کیلوگرم حاصل می شود که نمی توان از آن استفاده کرد زیرا عیار سیمانی

بیش از ۴۲۵ کیلوگرم دارد و لذا با مصرف فوق روان کننده، مقدار آب و در نتیجه سیمان مصرفی را می توان کاهش داد. در حالی که با مصرف سیمان ۴۲۵-۱، نسبت آب به سیمان ۰/۴۴ و عیار سیمان ۴۱۹ کیلوگرم را داریم و بدون مصرف روان کننده به نتیجه می رسیم. با مصرف سیمان ۵۲۵-۱، نسبت آب به سیمان ۰/۵۲ و عیار سیمان ۳۴۱ کیلوگرم می شود که نیاز به تغییر دارد. اولاً نسبت آب به سیمان باید به ۰/۴۵ تبدیل شود و بدین ترتیب عیار سیمان اولیه ۳۹۶ کیلوگرم می شود که با اصلاح مقدار آب از ۱۷۸ به ۱۸۴ مقدار سیمان طرح ۴۰۹ کیلوگرم در متر مکعب خواهد شد و بدون مصرف روان کننده همه چیز قابل قبول خواهد بود. همان گونه که در بتن هایی با رده مقاومتی کم، تاثیر رده سیمانی بر مصرف سیمان جدی نیست، در ملات های بنایی نیز نمی توان به کاهش جدی مصرف سیمان امیدوار بود بویژه اینکه کاهش شدید عیار سیمان، ملات را از کارایی مناسب دور می کند و نمی توان عیار سیمان را در این ملات ها از ۲۰۰ کیلوگرم در متر مکعب و حتی در مواردی از ۲۵۰ کیلوگرم در متر مکعب کمتر در نظر گرفت. در واقع محدودیت مصرف حداقل سیمان در این ملات ها و کم اهمیت بودن مقاومت در اینگونه موارد، کاهش مصرف سیمان را به دنبال نخواهد داشت.

مخلوط های تجویزی در نشریه ۱۰۱ و ۵۵ (مشخصات فنی عمومی راه و کار های ساختمانی) ارائه شده است. در نشریه ۱۰۱ مقادیر عیار سیمان با توجه به طبقه بتن (رده بتن) به صورت زیر ارائه شده است.

جدول ۸- رده های مقاومتی و عیار سیمان در مخلوط های تجویزی

رده مقاومتی بتن	C12	C16	C20	C25	C30	C35
عیار سیمان	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰
اسلامپ (cm)	۲/۵-۵	۲/۵-۵	۲/۵-۵	۵-۱۰	۵-۱۰	۵-۱۰

لازم به ذکر است که این عیار ها بدون توجه به حداکثر اندازه سنگدانه، شکل سنگدانه ها و نوع و رده مقاومتی سیمان ارائه شده است و اگر قرار باشد از این مخلوط های تجویزی استفاده شود، مصرف سیمان بر مقاومت در کاهش عیار سیمان تاثیری نخواهد داشت. تاثیر افزایش اسلامپ در عیار بتن نیز طرح نشده است. ضمناً لازم به ذکر است در این نشریه به صراحت اعلام شده است که جدول مخلوط های تجویزی برای بتن های با رده بالاتر از C25 کاربردی ندارد و باید نسبت های اختلاط از طریق مطالعات آزمایشگاهی بدست آید اما متأسفانه در جدول مزبور نسبت ها و مقاومت های رده C30 و C35 ارائه شده است.

نتیجه گیری

- رده های مقاومتی بالاتر در سیمان (مصرف سیمان بر مقاومت تر) به کاهش مصرف سیمان در بتن ها منجر می گردد.
- در بتن های پر مقاومت، تاثیر مصرف سیمان بر مقاومت در کاهش مصرف سیمان بیشتر خواهد بود.
- در صورتی که مصرف بتن های پر مقاومت در کشور رایج تر شود، سیمان های پر مقاومت می تواند مفید تر واقع گردد.
- مصرف سیمان های پر مقاومت در ملات های بنایی توصیه نمی شود و به هدر رفتن پتانسیل های این نوع سیمان ها منجر می شود.
- در صورتی که محدودیت نسبت آب به سیمان موجب شود تا نتوان از نسبت آب به سیمان بالاتر استفاده نمود، مصرف سیمان های پر مقاومت به کاهش عیار سیمان منجر نمی گردد.
- در صورتی که حداقل مجاز برای عیار سیمان مشخص شده باشد، در مواردی که عیار سیمان کمتر از حداقل عیار مجاز بدست آید، کاهش عیار سیمان میسر نیست.
- در مواردی که حداکثر مجاز عیار سیمان شود، به دلیل امکان مصرف نسبت آب به سیمان بالاتر و پایین آمدن عیار سیمان مصرفی، ممکن است نیاز به مصرف روان کننده منتفی شود.
- به دلیل پیچیدگی های موجود، کاهش مصرف سیمان در صورت مصرف سیمان های پر مقاومت وقتی میسر است که طرح اختلاط آزمایشگاهی تهیه شود و در این صورت ساخت مخلوط آزمون در آزمایشگاه ضرورت دارد.
- در صورت استفاده از مخلوط های تجویزی موجود، مصرف سیمان های پر مقاومت به کاهش عیار سیمان منجر نمی شود.

- برای بهره گیری از پتانسیل های سیمان های پر مقاومت باید آموزش های لازم به مهندسين و دست اندرکاران داده شود و زمینه مصرف آنها فراهم گردد.

- کاهش مصرف سیمان به کاهش مصرف انرژی و مواد اولیه منجر می شود و به حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلودگی و از بین رفتن منابع طبیعی تجدید ناپذیر می انجامد.

منابع و مراجع

- ۱- عزیزیان، محمدرضا، "تکنولوژی سیمان"، سیمان اکباتان
- ۲- بکائیان، منوچهر، "هندبوك مهندسی سیمان، مواد نسوز و مصالح ساختمانی"، سیمان آبیک
- ۳- قدوسی، پرویز، همکاران، "روش ملی طرح مخلوط بتن"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- ۴- تدین، محسن، همکاران، "راهنمای روش ملی طرح مخلوط بتن"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- ۵- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی، "ویژگی های استاندارد سیمان های پرتلند"، استاندارد ملی شماره ۳۸۹ ایران
- ۶- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، "آیین نامه (پیشنهادی) پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان"، نشریه شماره ۴۲۸
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه ریزی، "آیین نامه بتن ایران (آبا)"، نشریه شماره ۱۳۷۹، ۱۳۰
- ۸- سازمان مدیریت و برنامه ریزی، "مشخصات فنی عمومی راه"، نشریه شماره ۱۰۱، ۱۳۸۲
- ۹- سازمان مدیریت و برنامه ریزی، "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی"، نشریه شماره ۵۵
- ۱۰- نویل، مترجم: هرمز فامیلی، "هرمز فامیلی"، ویرایش چهارم
- ۱۱- EN 197-1, "Cement; Part1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements"
- ۱۲- American Concrete Institute, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete", ACI 211.1
- ۱۳- Building Research Establishment, "Design of Normal Concrete Mixes", second edition