

۱- ۳ مشخصات خاک محل

با توجه به مطالعات ژئوتکنیک انجام گرفته و بر اساس نتایج حاصل از حفر ۵ گمانه ماشینی به طول کل ۱۶۷/۳ متر لایه های مختلف خاک شناسایی شده است. بر اساس این مطالعات ، تنها زاویه اصطکاک داخلی بر اساس جدول زیر (جدول شماره ۱) ارائه شده است .

جدول شماره ۱: زوایای اصطکاک لایه های مختلف خاک براساس گزارش ژئوتکنیک

پارامتر	۰-۴ متر	۴-۸ متر	۸-۱۴ متر
زاویه اصطکاک داخلی ϕ	۲۸	۲۵	۱۸

طبق گزارش ژئوتکنیک، سطح آب زیرزمینی تا عمق ۴۵ متری از سطح زمین قرار دارد و با توجه به عمق گودبرداری ۱۶ متر برای این پروژه، در طراحی لحاظ نشده است.

لازم بذکر است پارامترهای فوق همراه با لایه بندی پیشنهادی و تراز آب زیرزمینی بر اساس حفره

گمانه ماشینی تعیین گردیده است. بدیهی است در حین عملیات گودبرداری و در صورت مشاهده هرگونه تغییر در لایه بندی و سطح آب، پارامترها و در نتیجه طرح پایداری مورد بازنگری قرار خواهد گرفت.

۱- ۴ کلیات طرح دیواره ها

جهت پایداری دیواره های گود این پروژه از سیستم تلفیقی انکرینگ با استفاده از شمع های بتنی سیستم انکرینگ و بلوک بتنی و سیستم نیلینگ استفاده خواهد شد. بدین صورت که در دیواره های شمالی و جنوبی به دلیل وجود خیابان و عدم نیاز به کنترل دقیق تغییر شکل های دیواره از سیستم دیواره های نیلینگ استفاده می شود. در دیواره شرقی بدلیل وجود ساختمان های ۴ طبقه قدیمی و و در دیواره غربی بدلیل وجود هتل ۶ طبقه در محدوده تاثیر گودبرداری همچنین فشارهای بیشتر خاک بدلیل گودبرداری قائم و لزوم کاستن از میزان تغییر شکل های دیواره و نشست تفاضلی شالوده این سازه، به ترتیب از سیستم تلفیقی دیواره انکرینگ و شمع های بتنی در ضلع شرقی و سیستم تلفیقی دیواره انکرینگ و بلوک های بتنی در ضلع غربی استفاده خواهد شد.

فصل دوم معرفی روش میخکوبی خاک

۲-۱ مقدمه

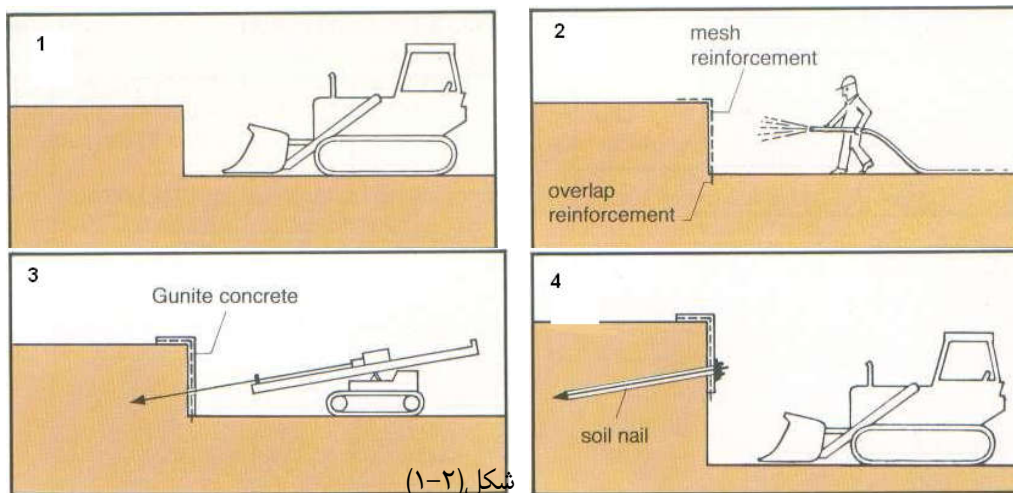
با توجه به عمق زیاد گودبرداری و عدم امکان گودبرداری بصورت مایل و پله ای و استفاده بهینه از زمین و همچنین انجام عملیات گودبرداری در کوتاه‌ترین زمان ممکن، استفاده از یکی از روش‌های پایدارسازی الزامی می‌باشد. در این فصل روش مناسب پایدارسازی (میخکوبی خاک) همراه با معرفی کلیاتی از آن ارائه می‌گردد.

۲-۲ معرفی روش میخکوبی خاک (Soil Nailing)

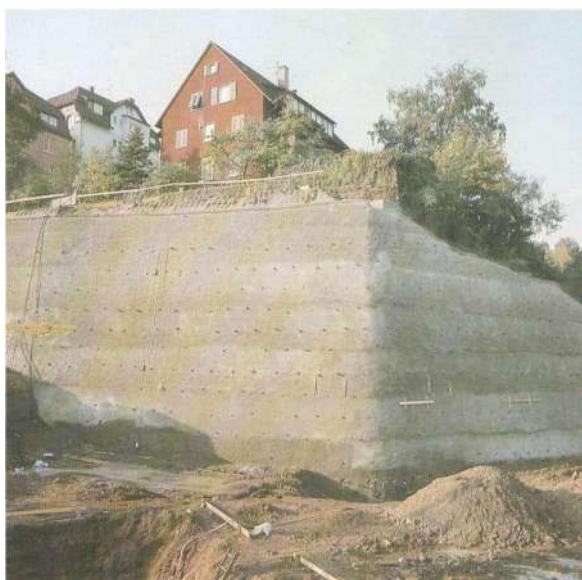
۲-۲-۱ کلیات

استفاده از روش میخکوبی در خاک‌ها اولین بار در سال ۱۹۷۲ و جهت پایدارسازی ترانشه ماسه‌ای راه آهن به عمق ۱۸ متر و در فرانسه مورد استفاده قرار گرفت. پیش از آن استفاده از روش میخکوبی در سنگ‌ها (جداره تونل‌ها) از سال ۱۹۶۵ آغاز گردیده بود. امروزه بدلیل انجام پروژه‌های متعدد و تحقیقات بیشتر استفاده از این روش در پایدارسازی موقت (Temporary) یا دائم (Permanent) گودها و شیب‌ها گستردگی زیادی یافته است. تحقیقات انجام شده نشان دهنده صرفه جویی ۵۰ درصد زمان و ۱۵ تا ۲۰ درصدی هزینه‌ها نسبت به روش‌های سنتی می‌باشد.

در این روش پس از خاکبرداری پله اول (خاک محل باید قابلیت پایداری تا عمق حدود ۱/۵ متر را داشته باشد)، اولین ردیف میخ‌ها اجرا و سپس رویه بتنی نازکی تحت عنوان شاتکریت (Shotcrete) اجرا می‌گردد و در انتها صفحه سر و مهره مربوطه بسته می‌شود. این روند تا رسیدن به تراز نهایی گودبرداری و طی پله‌های خاکبرداری باقیمانده ادامه خواهد یافت. شکل صفحه بعد مراحل اجرای عملیات میخکوبی را بصورت شماتیک نشان می‌دهد.



در شکل زیر نمایی از دیواره میخکوبی شده ارائه شده است.



از مزایای روش میخکوبی خاک می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امکان اجرا در مجاورت سازه های موجود.
- روش ساخت مطابق با معیارهای زیست محیطی است (بدون لرزش و سر و صدا).
- روش اجرا ، سازگار با عوارض زمین و وضعیت طرح و محل می باشد(انعطاف پذیری روش).
- تغییر شکلهای کم دیوار (امکان اجرا در مجاورت سازه های حساس به نشست).
- صرفه جویی اقتصادی در مقایسه با دیگر روشهای ساخت خصوصاً سازه های نگهدار

- امکان کار حتی در فضا های محدود که وسایل کوچکتر می توانند استفاده شوند.

- مناسب برای کاربردهای موقتی و دائمی.

۲-۲-۲ روش های اجرایی

۱-۲-۲-۲ حفاری

- حفاری بصورت چرخشی (Rotary Drilling) با هوا یا آب. این روش متداول ترین روش در حفاری میخ ها می باشد
- حفاری با لوله جدار (Driven Casing) . استفاده از این روش در خاک های ریزشی توصیه می گردد.
- حفاری با سیستم خود حفر (Self Drilling Method) . استفاده از این روش در خاک های ریزشی مناسب بوده و دارای سرعت قابل قبول اجرایی نیز می باشد.
- حفاری با سیستم اوگر (Auger)
- در گذشته استفاده از روش های کوبشی میخ ها نیز مرسوم بوده است که امروزه بدلیل راندمان کم و مشکلات فنی و اطمینان کم منسوخ شده است.

۲-۲-۲-۲ تزریق

- تزریق ثقلی دوغاب. این روش متداول ترین و سریع ترین روش تزریق می باشد.
- تزریق تحت فشار. از این روش جهت دستیابی به حداکثر اصطکاک بین دوغاب و خاک استفاده می شود و معمولاً دارای کاربرد کمتری می باشد.

۳-۲-۲ جزییات اجرایی

- قطر حفاری میخ ها معمولاً بین ۷۶ تا ۲۰۰ میلیمتر می باشد.
- دوغاب مورد استفاده معمولاً از اختلاط آب و سیمان با نسبت وزنی ۰/۴ تا ۰/۷ می باشد. در برخی موارد نیز از افزودنی هایی مانند ماسه و یا مواد شیمیایی استفاده می شود.

- قطر آرماتور مورد استفاده معمولاً بین ۱۸ تا ۴۰ میلیمتر می باشد.
- فواصل قائم و افقی میخ ها بین ۱/۲۵ تا ۲ متر متغیر می باشد و معمولاً بطور مساوی انتخاب می شوند.
- زاویه حفاری و قرارگیری میخ ها نسبت به افق بین ۱۰ تا ۲۰ درجه بوده که در اکثر موارد ۱۵ درجه در نظر گرفته می شود.
- حداکثر طول میخ ها جهت دارا بودن کارایی کافی برابر با ۱۸ متر می باشد.

۴-۲-۲ مکانیزم های گسیختگی

مکانیزم های گسیختگی و در نتیجه موارد لازم جهت کنترل در طراحی ها بطور خلاصه به سه گروه اصلی زیر طبقه بندی می شوند:

۱-۴-۲-۲ گسیختگی های داخلی (Internal Failure Modes)

- بیرون آمدن میخ (Pullout Failure)
- گسیختگی بین دوغاب و خاک (Bar-Grout Pullout Failure)
- گسیختگی کششی میخ (Nail Tensile Failure)
- گسیختگی خمشی یا برشی میخ (Bending/Shear Failure)

۲-۴-۲-۲ گسیختگی های خارجی (External Failure Modes)

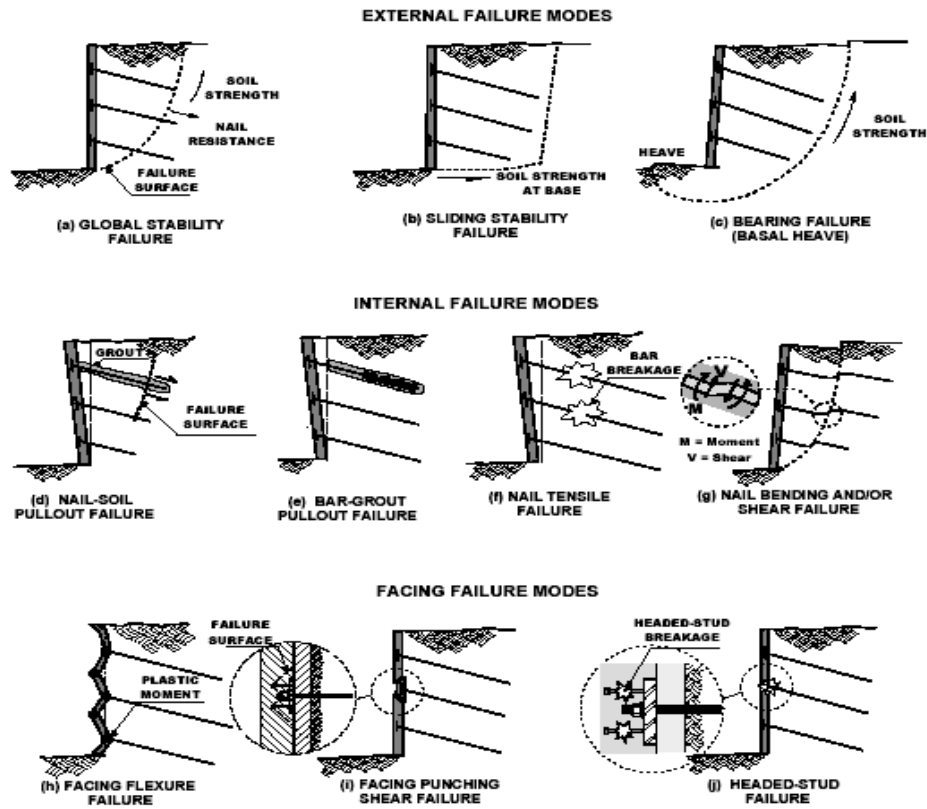
- تشکیل گوه گسیختگی (Global Stability Failure)
- لغزش (Sliding Failure)
- ظرفیت باربری کف گود (Bearing Capacity Failure)

۳-۴-۲-۲ گسیختگی های روبه (Facing Failure Modes)

- گسیختگی خمشی (Flexural Failure)

- سوراخ شدگی (Punching Shear Failure)
- گسیختگی گل میخ ها (Headed Stud Failure) تنها برای حالت دائم.

شکل زیر گسیختگی های فوق را بصورت شماتیک نشان می دهد.



شکل (۳-۲)

معرفی روش پایدارسازی با استفاده از مهار های اصطکاکی و بلوک

۳- ۱ مقدمه

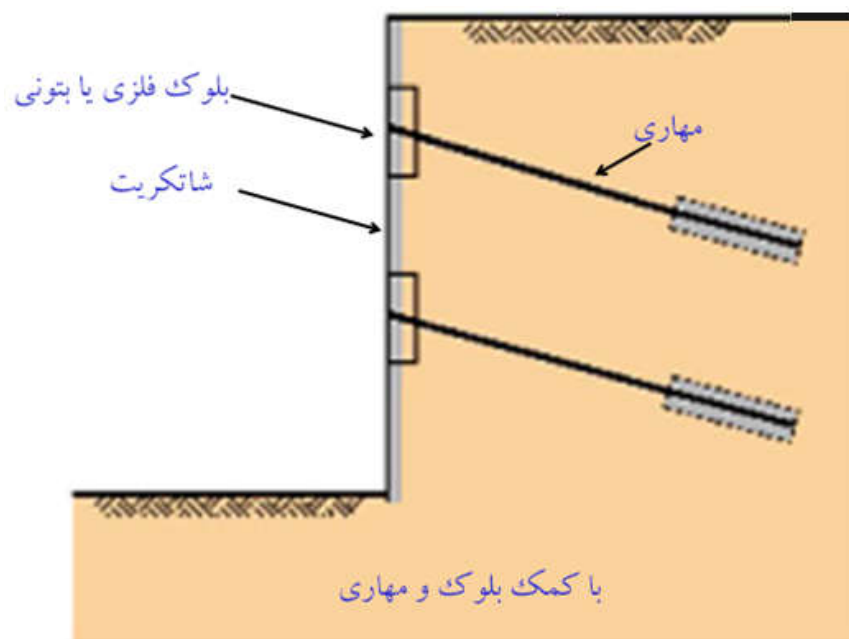
با توجه به عمق زیاد گودبرداری و عدم امکان گودبرداری بصورت مایل و پله ای و استفاده بهینه از زمین و همچنین انجام عملیات گودبرداری در کوتاه ترین زمان ممکن استفاده از روش های پایدارسازی الزامی می باشد. در این فصل روش های مناسب پایدارسازی (مهار اصطکاکی و بلوک) همراه با معرفی کلیاتی از آن ارائه می گردد.

۳- ۲ معرفی روش مهار (anchoring)

تفاوت اصلی روش مهار اصطکاکی با روش میخکوبی در پیش تنیده کردن مهارها می باشد که باعث کاهش تغییر شکل گود می گردد. به دلیل عمق زیاد گودبرداری لزوم بکار گیری مهار های اصطکاکی پیش تنیده جهت کاهش تغییر شکل ها وجود دارد.

۳- ۳ خلاصه روش اجرای بلوک و مهاری

- خاکبرداری و مراحل اجرا مشابه میخ گذاری
- مهاری ها در فواصل بیشتر جانشین میخ ها می شوند.
- نیروی کششی مهاری ها توسط بلوک های بتنی یا فلزی به خاک منتقل می شود.
- سطح خاک بین بلوک ها با شاتکریت به ضخامت ۱۰ سانتی متر پوشانده می شود. در شرایط خاص ضخامت شاتکریت افزایش می یابد.
- مشابه میخ گذاری از زهکش های نواری عمودی ، افقی و در صورت بالا بودن سطح آب از چاه های پمپاژ استفاده می شود.

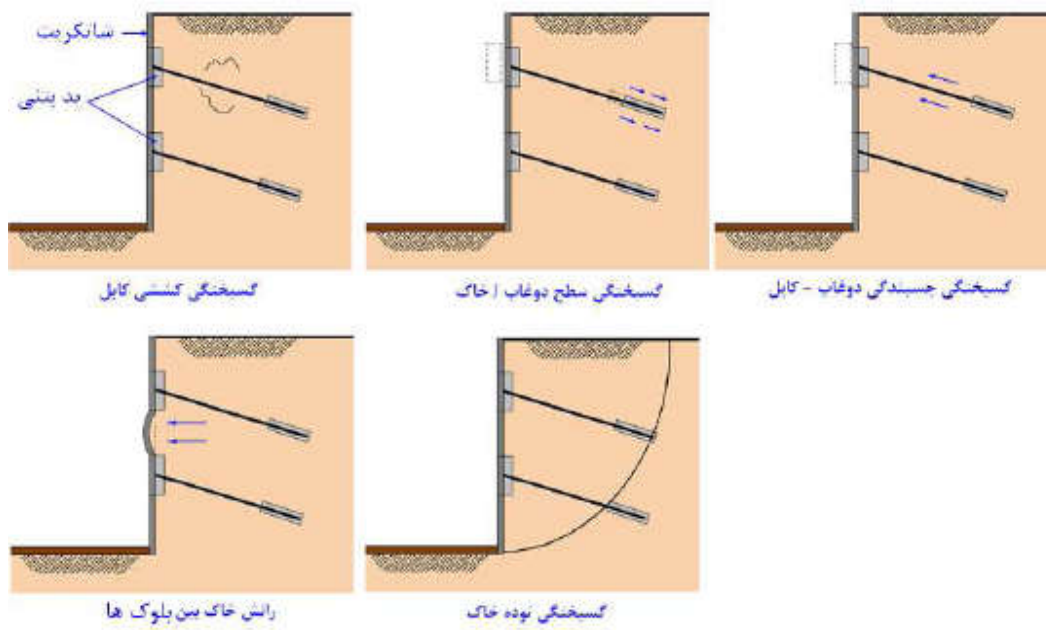


شکل (۳-۱)

۳-۴ طراحی دیواره های بلوک و مهاري

- مشابه روش مهار گذاری
- بلوک ها طبق پی های سطحی
- اتصال اصولی مش شاتکریت به بلوک ها
- زهکشی مشابه مینخ گذاری

۳-۵ دلایل اصلی ناپایداری در دیواره های بلوک و مهاري



شکل (۲-۳)



شکل (۳-۳)

فصل چهارم

معرفی روش پایدارسازی با استفاده از مهارهای اصطکاکی و شمع درجا

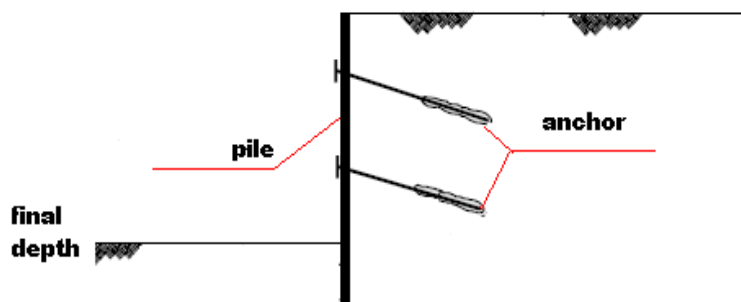
۴-۱ مقدمه

با توجه به عمق زیاد گودبرداری و عدم امکان گودبرداری بصورت مایل و پله ای و استفاده بهینه از زمین و همچنین انجام عملیات گودبرداری در کوتاه ترین زمان ممکن استفاده از روشهای پایدارسازی الزامی می باشد. در این فصل روش های مناسب پایدارسازی (مهار اصطکاکی و شمع) همراه با معرفی کلیاتی از آن ارائه می گردد.

۴-۲ معرفی روش مهار اصطکاکی و شمع (bored pile walls and anchoring)

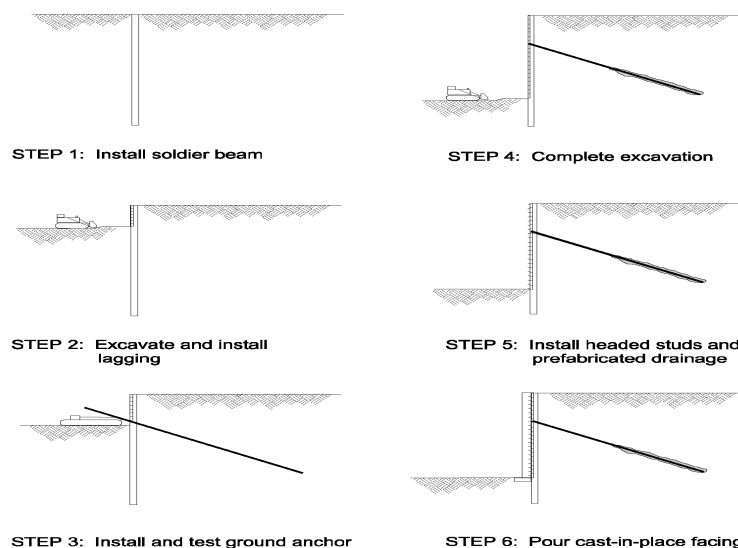
تفاوت اصلی روش مهار اصطکاکی با روش میخکوبی در پیش تنیده کردن مهارها می باشد که باعث کاهش تغییر شکل گود می گردد. به دلیل عمق زیاد گودبرداری و وجود لنگرهای خمشی بیش از حد در شمعهای اجرا شده لزوم بکار گیری مهارهای اصطکاکی پیش تنیده در محل شمع ها جهت کاهش تغییر شکل ها و ممان های خمشی وجود دارد. در این روش ابتدا دیوار نگهبان (bored pile) بصورت در جا اجرا شده و پس از اتمام مرحله اول گودبرداری ردیف اول مهارها اجرا و پیش تنیده می شوند. این روند تا رسیدن به تراز نهایی گود ادامه خواهد داشت. در انتها دیواره دائمی (شاتکریت) و زهکشها اجرا می گردند.

در شکل زیر (شکل ۴-۲) مراحل اجرای سیستم مهار اصطکاکی بصورت شماتیک نشان داده شده است. لازم بذکر است زهکش ها در بین شمعهای اجرا شده و به ضخامت ۳۰ سانتی متر از بالا تا پایین گود اجرا شده و در دیواره جنوبی که در آن طرح پایدارسازی تنها با استفاده از مهارهای اصطکاکی است، زهکشها در بین ستونهای انکر مجاور و با مشخصات یکسان روش شمع و انکر اجرا خواهد گردید. شمع های اجرا شده با مقاطع دایره ای به قطر ۸۵ سانتی متر و طول های گیرداری ۴ متر اجرا خواهند شد.



شکل ۴-۱: روش ترکیبی مهار های اصطکاکی و شمع

از سیستم مهار اصطکاکی به منظور پایدارسازی گودها، شیب ها، شیب لغزها (Land Slide)، جلوگیری از نیروی بالا برنده و ... استفاده می شود. در شکل زیر موارد استفاده این روش ارائه شده است. این روش کلیه مزایای و معایب روش میخکوبی را داشته با این تفاوت که تغییر شکل های گود به علت اعمال نیروی پیش تنیدگی بسیار کمتر از روش میخکوبی بوده که در نتیجه استفاده از این روش در مجاورت سازه های حساس بسیار مفید خواهد بود.



شکل (۴-۲): مراحل اجرای روش مهار های خاک (anchoring)

فصل پنجم

تحلیل پایداری و طراحی

۵-۱ مقدمه

در این فصل به تحلیل پایداری و طراحی روش میخکوبی و مهار اصطکاکی با شمع و بلوک بتنی جهت پایداریسازی گود مورد نظر پرداخته می شود.

۵-۲ نرم افزارهای مورد استفاده

به منظور تحلیل پایداری و طراحی میخهای مورد نیاز گود از نرم افزار Snailz.win استفاده شده است. نرم افزار Snailz.win با استفاده از روش تعادل حدی (Limit Equilibrium) و گوه های ۲ خطی پایداری دیواره میخکوبی شده را مورد بررسی قرار می دهد. این نرم افزار بطور تخصصی جهت تحلیل پایداری دیواره های میخکوبی شده مورد استفاده قرار می گیرد و به عنوان یکی از معتبرترین نرم افزارهای میخکوبی خاک شناخته می شود. به منظور تخمین مقدار تغییر شکل دیواره ها در اثر گودبرداری در دیواره های ضلع شرقی و غربی بدلیل وجود ساختمان ۴ طبقه قدیمی و هتل ۶ طبقه از نرم افزار Plaxis استفاده شده است. این نرم افزار به روش اجزاء محدود (Finite Element) به تحلیل دیواره می پردازد. لازم بذکر است نرم افزار یاد شده دارای کاربردهای متعددی در مهندسی ژئوتکنیک بوده و تنها جهت تحلیل سیستم میخکوبی خاک بکار نمی رود. همچنین بمنظور تعیین ضریب اطمینان پایداری کلی دیواره های مذکور با توجه به اینکه در این دیواره ها از سیستم انکر استفاده شده است، نرم افزار تعادل حدی Geo-Slope مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۵ پارامترهای خاک

همانطور که در فصل اول ذکر گردید، پارامترهای ارائه شده براساس گزارش بر اساس حفر ۵ گمانه ماشینی تعیین گردیده است. لذا با توجه به برگه های پیمایش گمانه های حفاری شده و نتایج آزمایش نفوذ استاندارد، لایه بندی خاک براساس شکل شماره ۱ در نظر گرفته شده است.

لایه بندی خاک	BH1		BH2		BH5		BH4		BH3	
	Nr	Nc	Nr	Nc	Nr	Nc	Nr	Nc	Nr	Nc
ریزدانه 5m	30	48	30	41	33	49	22	26	31	37
	31	37	24	29	38	45	25	27		
	44	42	23	24	32	33			22	20
درشت دانه 4m	31	28	28	25	50	44	36	31		
	45	40	33	29	31	24	34	27	43	34
	28	24			34	28				
ریزدانه 4m	48	35	35	25	30	22	23	17		
	30	21	32	21	46	32	31	21	29	20
			33	21	30	20	20	13		
درشت دانه 3m	28	18	54	32	32	20			46	29
	30	18			37	22			46	27
					30	17				

(شکل ۵-۱)

با توجه به لایه بندی خاک صورت گرفته و نتایج آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) و قضاوت مهندسی،

پارامترهای مورد نیاز در جدول زیر (جدول ۵-۱) ارائه شده است.

جدول (۵-۱): پارامتر های استفاده شده در طراحی

پارامتر	۵-۰ متر	۹-۵ متر	۱۳-۹ متر	۱۶-۱۳ متر	واحد
دانسیتة طبیعی γ	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	kg/cm ³
زاویه اصطکاک داخلی ϕ	۳۰	۳۶	۳۰	۳۶	Degree
چسبندگی C	۰/۲	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	Kg/cm ²
مدول الاستیسیتة E	۵۰۰	۸۰۰	۵۰۰	۸۰۰	Kg/cm ²
ضریب پواسون ν	۰/۳۵	۰/۳	۰/۳۵	۰/۳	-

بدیهی است پس از انجام پله اول گودبرداری و مشاهده خاک زیر سازه های مجاور، در صورت نیاز و

برخورد با لایه خاک متفاوت طرح مورد بازنگری قرار خواهد گرفت.

۵-۴ چسبندگی بین دوغاب و خاک

یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده درطول و فاصله میخ ها تعیین مقدار چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک (Ultimate Bond Strength) می باشد. تعیین این پارامترتها با استفاده از انجام آزمایش های کشش نهایی (Pullout /Sacrification Test) و کارایی (در طول اجرا) (Proof Test) میخ امکان پذیر خواهد بود. به منظور تخمین اولیه با توجه به جدول زیر (جدول شماره ۵-۲) (Elias & Juran, 1991, FHWA)، برای خاک های مشابه با جنس غالب لایه های خاک پروژه و تجربیات قبلی این شرکت، مقدار چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک، برابر با جدول ۵-۳ فرض شده است.

جدول ۵-۳: مقدار چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک

پارامتر	۰-۵ متر	۵-۹ متر	۹-۱۳ متر	۱۳-۱۶ متر	واحد
چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک	۱۱۰	۲۴۰	۱۵۰	۲۴۰	kPa

تعیین مقدار چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک در محل انکر ها با توجه به تزریق تحت فشاری که صورت می گیرد (Ultimate Bond Strength) و در نتیجه تعیین طول گیرداری انکر تنها با استفاده از انجام آزمایش‌های کشش نهایی (Pullout /Sacrification Test) و کارایی (در طول اجرا) (Proof Test) میخ امکان پذیر خواهد بود. به منظور تخمین اولیه با توجه به جداول‌های زیر (جدول ۲-۵ و ۴-۵) (Soil Nail Walls FHWA0-IF-03-017)، (Ground Anchors & Anchored System FHWA-IF-99-015) مقدار چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک برای قطر حفاری ۱۳۰ میلیمتر و با توجه به رابطه زیر برابر با ۳۲۱ کیلوپاسکال فرض شده است.

Material	Construction Method	Soil/Rock Type	Ultimate Bond Strength, q_u (kPa)
Rock	Rotary Drilled	Marl/limestone	300 - 400
		Phyllite	100 - 300
		Chalk	500 - 600
		Soft dolomite	400 - 600
		Fissured dolomite	600 - 1000
		Weathered sandstone	200 - 300
		Weathered shale	100 - 150
		Weathered schist	100 - 175
		Basalt	500 - 600
		Slate/Hard shale	300 - 400
Cohesionless Soils	Rotary Drilled	Sand/gravel	100 - 180
		Silty sand	100 - 150
		Silt	60 - 75
		Piedmont residual	40 - 120
		Fine colluvium	75 - 150
	Driven Casing	Sand/gravel	
		low overburden	190 - 240
		high overburden	280 - 430
		Dense Moraine	380 - 480
		Colluvium	100 - 180
	Augered	Silty sand fill	20 - 40
		Silty fine sand	55 - 90
		Silty clayey sand	60 - 140
	Jet Grouted	Sand	380
		Sand/gravel	700
Fine-Grained Soils	Rotary Drilled	Silty clay	35 - 50
	Driven Casing	Clayey silt	90 - 140
	Augered	Loess	25 - 75
		Soft clay	20 - 30
		Stiff clay	40 - 60
		Stiff clayey silt	40 - 100
		Calcareous sandy clay	90 - 140

جدول (۴-۵): چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک (Ground Anchors & Anchored System FHWA-IF-99-015)

Soil type	Relative density/Consistency (SPT range) ⁽¹⁾	Estimated ultimate transfer load (kN/m)
Sand and Gravel	Loose (4-10)	145
	Medium dense (11-30)	220
	Dense (31-50)	290
Sand	Loose (4-10)	100
	Medium dense (11-30)	145
	Dense (31-50)	190
Sand and Silt	Loose (4-10)	70
	Medium dense (11-30)	100
	Dense (31-50)	130
Silt-clay mixture with low plasticity or fine micaceous sand or silt mixtures	Stiff (10-20)	30
	Hard (21-40)	60

با گرفتن میانگین از مقادیر اشاره شده در جداول بالا:

$$\tau = \frac{(190 + 240) + \left(\frac{60 + 290}{\pi \times 0.13} \right)}{4} = 321 \text{ kPa}$$

لازم بذکر است تعیین پارامتر چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک منوط به نتایج آزمایش کشش

نهایی میخ ها بوده و لذا انجام یک تا دو آزمایش کشش میخ توصیه می گردد. بدیهی است در صورت عدم

انجام آزمایش کشش میخ، امکان تعیین کفایت ضرایب اطمینان طرح وجود نداشته و امکان بروز خطرات

ناشی از گودبرداری محتمل می باشد.

۵-۵ ضرایب اطمینان

با توجه به موقت بودن دوره گودبرداری و لزوم احداث سازه نگهدارنده اصلی در اسرع وقت و پس از

اتمام عملیات گودبرداری و در نتیجه کوتاه بودن دوره طرح، از طراحی دیواره برای حالت زلزله در جهت کاهش

هزینه های اجرایی صرف نظر شده است. لذا ضرایب اطمینان بدست آمده در نرم افزار plaxis ضرایب اطمینان

در حالت گود برداری موقت می باشد. لذا مقادیر پیشنهادی ضرایب اطمینان توسط FHWA به شرح جدول

(۵-۵) در مراحل طراحی در نظر گرفته شده است. ضریب اطمینان پایداری در نظر گرفته شده در پروژه فوق

الذکر در دیواره هایی که از سیستم نیلینگ استفاده شده است ۱/۳۵ می باشد. همچنین ضریب اطمینان جهت

پایداری کلی دیواره های شرقی و غربی با توجه به وجود ساختمان در لبه گود بیش از ۱/۳۵ (حداکثر ۱/۵) در نظر گرفته شده است. نتایج تحلیل دیواره های گود پروژه مذکور در پیوست شماره ۲ ارائه شده است.

جدول (۵-۵): مقادیر ضرائب اطمینان

Failure Mode	Resisting Component	Symbol	Minimum Recommended Factors of Safety		
			Static Loads ⁽¹⁾		Seismic Loads ⁽²⁾ (Temporary and Permanent Structures)
			Temporary Structure	Permanent Structure	
External Stability	Global Stability (long-term)	FS _G	1.35	1.5 ⁽¹⁾	1.1
	Global Stability (excavation)	FS _G	1.2-1.3 ⁽²⁾		NA
	Sliding	FS _{SL}	1.3	1.5	1.1
	Bearing Capacity	FS _H	2.5 ⁽³⁾	3.0 ⁽³⁾	2.3 ⁽⁵⁾
Internal Stability	Pullout Resistance	FS _P	2.0		1.5
	Nail Bar Tensile Strength	FS _T	1.8		1.35
Facing Strength	Facing Flexure	FS _{FF}	1.35	1.5	1.1
	Facing Punching Shear	FS _{FP}	1.35	1.5	1.1
	H-Stud Tensile (A307 Bolt)	FS _{HT}	1.8	2.0	1.5
	H-Stud Tensile (A325 Bolt)	FS _{HT}	1.5	1.7	1.3

۵-۶ مقادیر سربار

با توجه به نوع و جانمایی سازه های مجاور، دیواره شمالی و جنوبی با عمق گودبرداری ۱۶ متر با سربار ۴۰ کیلو پاسکال بصورت اثر ساختمان ۴ طبقه به فاصله ۶ متر از لب گود، در دیواره شرقی با عمق گودبرداری ۱۶ متر و سربار ۴۰ کیلو پاسکال به عنوان اثر ساختمان ۴ طبقه قدیمی و در دیواره غربی با عمق گودبرداری ۱۲/۵ متر و سربار ۶۰ کیلو پاسکال به عنوان اثر ساختمان ۶ طبقه با ۱ طبقه زیر زمین مدل گردید.

۵-۷ نتایج تحلیل ها

با توجه به موارد فوق و انجام تحلیل های متعدد، مشخصات کلی کلیه دیواره ها به شرح زیر تعیین

گردید.

- قطر حفاری انکرها: بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر
- فواصل قائم و افقی انکرها : مطابق نقشه های پیوست

- زاویه حفاری : ۱۵ درجه نسبت به افق
- قطر المان انکر: ۳ رشته استرند ۰/۶ اینچ
- مقاومت نهایی هر رشته استرند: ۱۸۷۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع
- ضخامت شاتکریت : ۱۰ سانتیمتر
- نوع مش : AII
- ابعاد مش : 8mm@15x15cm
- ابعاد بالشتک بتنی در محل اتصال انکر ها: 80x80x30 cm
- قطر و فاصله آرماتورهای موجود در بالشتک بتنی: 16mm@15x15 cm
- نوع آرماتور بالشتک بتنی: AIII
- ابعاد صفحه کمکی در محل اتصال انکر به بالشتک بتنی : PL25x25x2 cm
- قطر شمعها : ۸۵ سانتی متر
- طول گیرداری شمع ها : ۴متر
- آرماتور مورد استفاده در شمع ها : مطابق نقشه های پیوست
- طول شمع ها : ۲۰ متر
- ابعاد صفحه کمکی در محل اتصال انکر به شمع : PL30x30x2, PL20x20x2 cm
- قطر حفاری نیل ها: ۷۶ تا ۹۳ میلیمتر
- فواصل قائم و افقی نیل ها : مطابق نقشه های پیوست
- قطر آرماتور نیل: ۳۲ میلیمتر
- نوع آرماتور نیل: AIII
- ابعاد صفحه کمکی در محل اتصال نیل به شاتکریت : PL25x25x2 cm
- نوع و قطر آرماتور صلیبی (کمکی) در محل اتصال نیل به شاتکریت: ۱۴ میلیمتر، AIII
- تعداد و طول آرماتورهای صلیبی: ۴ عدد، ۷۵ سانتیمتر

لازم بذکر است مشخصات مربوط به استرندها با توجه به توصیه مراجع (FHWA-IF-99-015) در

جدول زیر ارائه شده است:

جدول (۵-۵)

Number of 15-mm diameter strands	Cross section area		Ultimate strength		Prestressing force					
					$0.8 f_{pu} A_{ps}$		$0.7 f_{pu} A_{ps}$		$0.6 f_{pu} A_{ps}$	
	(in. ²)	(mm ²)	(kips)	(kN)	(kips)	(kN)	(kips)	(kN)	(kips)	(kN)
1	0.217	140	58.6	260.7	46.9	209	41.0	182	35.2	156
3	0.651	420	175.8	782.1	140.6	626	123.1	547	105.5	469
4	0.868	560	234.4	1043	187.5	834	164.1	730	140.6	626
5	1.085	700	293.0	1304	234.4	1043	205.1	912	175.8	782
7	1.519	980	410.2	1825	328.2	1460	287.1	1277	246.1	1095
9	1.953	1260	527.4	2346	421.9	1877	369.2	1642	316.4	1408
12	2.604	1680	703.2	3128	562.6	2503	492.2	2190	421.9	1877
15	3.255	2100	879.0	3911	703.2	3128	615.3	2737	527.4	2346
19	4.123	2660	1113.4	4953	890.7	3963	779.4	3467	668.0	2972

۵-۷-۱ کنترل طول گیرداری انکر

به منظور تعیین طول گیرداری انکر با فرض پیش تنیدگی ۴۵ تن از رابطه زیر استفاده می شود:

$$T(kN) = U.B.S / F.S_p (kN/m^2) \times \pi \times D \times L$$

T ، نیروی پیش تنیدگی

$U.B.S$ ، چسبندگی نهایی بین دوغاب و خاک

D ، قطر حفاری انکر

L ، طول گیرداری انکر

$F.S_p$ ، ضریب اطمینان در برابر مقاومت کششی که ۲ در نظر گرفته می شود

در طرح شمع و انکر و بلوک بتنی و انکر:

$$450(kN) = 370/2 (kN/m^2) \times \pi \times 0.13 \times L$$

در نتیجه طول گیرداری مورد نیاز برای انکر با فرض نیروی پیش تنیدگی ۴۵ تن برابر خواهد بود با:

$$L = 5.95 m$$

در نتیجه استفاده از طول گیرداری ۶ متر بهینه بوده و کفایت لازم را نیز دارا می باشد.

نقشه ها و جزییات طرح پایدارسازی در شکل های ۲ الی ۵ پیوست ارائه شده است.

۲-۷-۵ کنترل قطر آرماتور

به منظور بهینه کردن قطر آرماتور حداکثر نیروی میخ در بحرانی ترین ناحیه طرح با استفاده از روش

معادل سازی یا Normalized Method و به شرح زیر تعیین می گردد:

$$T_{\max} = 218.5kN$$

$$T_{ave} = 171.4kN$$

$$T_{ave-s} = 127.484kN$$

$$T_{\max-s} = \frac{T_{ave-s}}{T_{ave}} \cdot T_{\max} = 162.5kN$$

در نتیجه قطر مورد نیاز آرماتور برابر خواهد بود با:

$$A_T = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{T_{\max-s} \times FS_T}{f_y} = \frac{162.5 \times 1.8}{0.4(kN/mm^2)} = 731.25 \Rightarrow D = 30.5mm$$

لذا استفاده از میلگرد AIII سایز ۳۲ میلیمتر کفایت لازم را دارا می باشد.

۳-۷-۵ کنترل مقاومت خمشی شاکریت (مسلح کننده ها)

نیروی وارد به سر میخ برابر است با:

$$T_0 = T_{\max-s} (0.6 + 0.2(S_{\max} - 1)) = 162.5(0.6 + 0.2(1.75 - 1)) = 122kN$$

در نتیجه کفایت مش و آرماتور صلیبی تقویتی طبق روابط زیر کنترل می گردد:

$$R_{FF}(kN) = \frac{C_F}{265} \times (a_{sn} + a_{sm}) [mm^2/m] \times \left(\frac{S_h}{S_v} \right) \times h[m] \times f_y [MPa]$$

$$a_{sm} = 335 mm^2/m$$

$$a_{sn} = a_{sm} + \frac{A_s}{S_M} = 335 + \frac{0}{1.8} = 335 \text{ mm}^2/m$$

$$\Rightarrow R_{FF} (kN) = \frac{2}{265} \times (335 + 335) \times \left(\frac{1.7}{1.75} \right) \times 0.1 \times 240 = 117.9 kN$$

کنترل نیروی مقاوم با نیروی وارده:

$$T_0 \times FS_{FF} = 122 \times 1.35 = 164.5 > R_{FF}$$

با توجه به بزرگتر بودن نیروی وارده از نیروی مقاوم، جهت تأمین نیروی مقاوم بیشتر نیاز به استفاده از

آرماتورهای صلیبی می باشد. لذا قطر و طول آرماتورهای صلیبی به شرح زیر بدست می آیند:

$$164.5 - 117.9 (kN) = \frac{2}{265} \times \frac{A_w}{1.75} \times \left(\frac{1.7}{1.75} \right) \times 0.1 \times 400$$

$$A_w = 270 \text{ mm}^2$$

با توجه به استفاده از مقطع دابل آرماتور صلیبی:

$$\frac{A_w}{2} = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow \frac{270}{2} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = 13 \text{ mm}$$

لذا استفاده از آرماتور با قطر ۱۴ میلیمتر با طول ۷۵ سانتیمتر بعنوان آرماتور صلیبی کفایت می کند.

در نهایت با توجه به روابط فوق، مش $\Phi 8 @ 15 \times 15 \text{ cm}$ انتخاب گردیده و جهت تقویت از آرماتور صلیبی ۱۴

میلیمتر با طول ۷۵ سانتیمتر استفاده شده است.

۵-۷-۴ کنترل مقاومت سوراخ شدگی شاکریت (ابعاد صفحه سر)

ابعاد صفحه سر طبق روابط زیر کنترل می گردد:

$$R_{FP} = 330 \sqrt{f'_c [MPa]} \pi \cdot D'_C [m] \cdot h [m]$$

$$R_{FP} = T_0 FS_{FP} = 122 \times 1.35 = 164.5 (kN)$$

$$D'_C = L_{plate} + h$$

$$\Rightarrow 164.5 = 330\sqrt{21} \times \pi \times D'_C \times 0.1 \Rightarrow D'_C = 0.35m \Rightarrow L_{plate} = 25cm$$

۵-۷-۵ ضخامت صفحه سر

تنش وارد شده بر صفحه ناشی از:

$$W = \frac{T_0}{L_{plat} \times L_{plat}}$$

$$W = \frac{12500}{25 \times 25} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

لنگر خمشی M در لبه صفحه:

$$M = \frac{W \times \left(\frac{L_{plat}}{2} - 2.5\right)^2}{2} = \frac{20 \times 100}{2} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

t ضخامت صفحه:

$$t = \sqrt{\frac{M \times 6}{1440}} = 2.03 \Rightarrow t = 2cm$$

نقشه ها و جزییات طرح پایدارسازی در پیوست شماره ۱، در شکل های ۲ الی ۵ پیوست ارائه شده است.

۵-۸ کنترل لغزش (Sliding)

کنترل لغزش به عنوان یکی از عوامل گسیختگی خارجی الزامی می باشد.

ضریب اطمینان در مقابل لغزش عبارتست از نسبت نیروی مقاوم (اصطکاک کف دیواره) به نیروی

محرک (فشار جانبی خاک) ، که به شرح زیر محاسبه می شود:

$$FS_{SL} = \frac{\sum R}{\sum D}$$

$$\sum R = cB + W \times \tan \phi$$

مقدار وزن خاک برای واحد طول دیواره در محافظه کارانه ترین حالت برابر و با فرض لغزش بلوک به عمق کوتاه ترین میخ (۶ متر) برابر است با :

$$W = B \times H \times \gamma = 6 \times 16 \times 19 = 1824 \text{ kN}$$

و مقدار نیروی محرک برابر است با :

$$\Sigma D = K_a \times \gamma \times \frac{H^2}{2} = \frac{\tan^2 \left(45 - \frac{36}{2} \right) \times 19 \times 16^2}{2} = 631.4 \text{ kN}$$

$$FS_{SL} = \frac{\Sigma R}{\Sigma D} = \frac{1824}{631.4} = 2.88 > 1.3 \Rightarrow OK$$

۹-۵ کنترل ظرفیت باربری (Bearing Capacity)

کنترل ظرفیت باربری دیواره های میخکوبی شده تنها در صورت وجود خاک های سست و با تراکم کم الزامی می باشد. لذا در این پروژه نیازی به کنترل آن نخواهد بود.

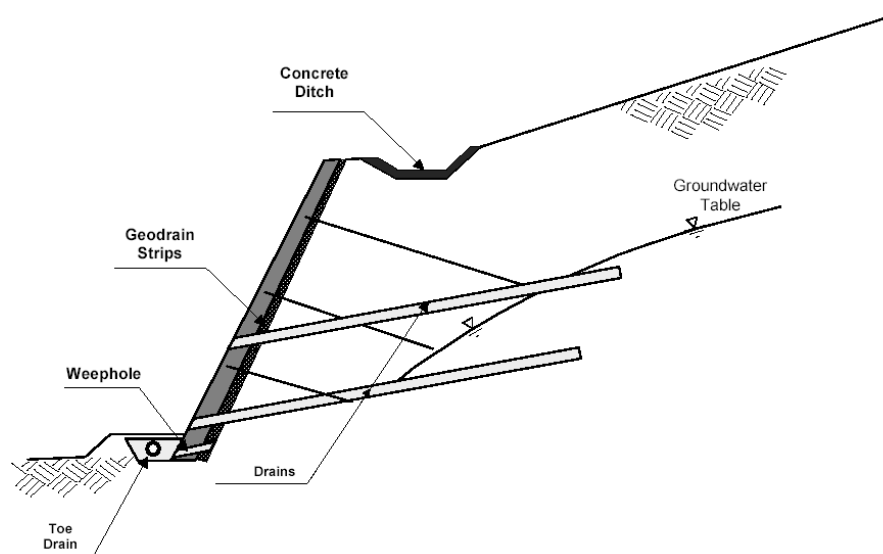
۱۰-۵ کنترل تغییر شکل ها

به منظور کنترل تغییر شکل افقی دیواره های شرقی و غربی (در مجاورت ساختمان همسایه)، تحلیل اجزاء محدود با استفاده از نرم افزار Plaxis انجام گرفته است. تغییر شکل افقی دیواره های شرقی و غربی بترتیب در لبه گود برابر با ۱/۶ و ۱/۱ سانتیمتر می باشد. نتایج تحلیل تغییر شکل قسمتی از دیواره های فوق الذکر، در پیوست شماره ۳ ارائه شده است.

۵-۱۱: زهکشی

به منظور جلوگیری از نفوذ آب های سطحی به پشت شاتکریت و در نتیجه ایجاد فشار آب حفره ای اجرای نوارهای زهکش ژئوکامپوزیت یا ژئودرین (Geocomposite/Geodrain) به عرض ۳۰ سانتیمتر و در وسط ردیف انکر ها الزامی می باشد.

شایان ذکر است در صورت برخورد به آب در رقوم بالاتر، اجرای زهکش هایی مطابق با شکل زیر (Drains) و در نتیجه پایین انداختن سطح آب الزامی می باشد.



فصل ششم آزمایشات و کنترل در حین اجرا

۶-۱ آزمایشات و اثبات فرضیات طراحی

با توجه به وجود پارامترهای مختلف در آنالیز و طراحی پایداری دیواره ها لزوم مانیتورینگ دیواره و انجام آزمایش های کنترلی درطول اجرای پروژه و اثبات فرضیات مورد استفاده در طراحی المان های مقاومتی (انکرها) و شمع ها وجود داشته که در صورت عدم اثبات این فرضیات لزوم بازنگری در طرح و تعدیل این پارامتر ها وجود خواهد داشت . به طور کلی پارامتر های کنترل کننده میزان کفایت ، کارایی و پایداری دیواره در حین و پس از اجرا را می توان طبق موارد زیر معرفی کرد :

- چسبندگی خاک و دوغاب (تنش چسبندگی)

- مدول الاستیسیته

- میزان تغییر شکل دیواره ها

- نیروی محوری موجود در مهار های اصطکاکی

با توجه به موارد ذکر شده و از میان آزمایش های مرسوم جهت کنترل و ارزیابی این موارد می توان

به آزمایش های :

- آزمایش بارگذاری صفحه جهت تعیین مدول الاستیسیته خاک

- آزمایش کشش (proof test) جهت کنترل میزان چسبندگی خاک و دوغاب

جهت مانیتورینگ در میزان نیروهای محوری با نصب ابزار و تجهیزاتی مانند نیرو سنج ها

(Cell Load) در محل های مناسب این نیرو ها را می توان ارزیابی نموده و با مقادیر حاصل از نرم افزار

plaxis مقایسه نمود همچنین از طریق نقشه برداری در حین اجرای دیواره و مقایسه این نتایج با نقشه برداری های صورت گرفته قبل از آغاز عملیات می توان تغییر شکل های دیواره را ارزیابی و عملکرد دیواره را بررسی نمود.

در خاتمه امید است که گزارش حاضر پاسخگوی مراحل نیازهای طرح بوده باشد، چنانچه هر گونه سئوالی در خصوص این گزارش مطرح می باشد لطفاً مراتب را اعلام تا اقدام مقتضی به عمل آید.