

## آشنایی با ضوابط کاربردی طراحی نیلینگ

### 1-1- کلیات

برای طراحی و کنترل طرح میخ کوبی و انکراژ، از آئین‌نامه وزارت راه ایالات متحده (FHWA0-IF-03-017) و (FHWA-IF-99-015) استفاده گردیده است. با توجه به این آیین‌نامه، به منظور استفاده از سیستم Nailing به عنوان سازه نگهبان موقت، ضریب اطمینان مطلوب در حالت استاتیکی بین  $1/3$  الی  $1/35$  می‌باشد و در صورتی که سازه نگهبان مورد نظر دائمی باشد از ضریب اطمینان  $1/5$  جهت طراحی استفاده می‌شود. (جدول 1-2). با توجه به معیارهای کنترلی سازمان محترم نظام و مهندسی، حداقل ضریب اطمینان پایداری کلی در دیواره‌های مجاور ساختمانهای موجود بدون فاصله یا با فاصله کم،  $FS > 1.50$  و در سایر دیواره‌ها معادل  $1/35$  می‌باشد. تغییرمکانهای کلی مجاز دیواره‌های گود در اضلاع مجاور ساختمان‌ها 2 سانتیمتر و در بقیه موارد با توجه به جنس خاک پروژه میزان  $1/300$  ارتفاع دیواره (سانتیمتر) در نظر گرفته می‌شود.

جدول 1-1- حداقل ضرایب اطمینان توصیه شده برای مدهای گسیختگی مختلف (FHWA0-IF-03-017)

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

در این گزارش، معیارهای طراحی به شرح زیر است:

1- جهت کنترل پایداری کلی شیروانی از نرم افزار Geo-Studio و PLAXIS استفاده می‌شود. کنترل نیروی کششی آرماتور، نیروی برون کششی Nail، دیوار رویه (Facing Wall)، حداقل و حداکثر تسلیح و حداکثر تغییر مکان افقی و قائم لبه گود با استفاده از کدهای موجود در آئین‌نامه و نرم‌افزار PLAXIS انجام می‌گیرد.

2- در صورت بالا بودن ارتفاع گود از سیستم انکراژ جهت کنترل تغییر مکان‌ها استفاده می‌کنیم.

به منظور مدلسازی برای اعمال وزن سازه‌ی مجاور گود برای هر طبقه‌ی سازه، 10 کیلوپاسکال یا یک تن بر مترمربع را در نظر می‌گیرند. به عبارتی اگر سازه‌ی مجاور گود 5 طبقه باشد باید بار 50 کیلو پاسکال در نظر گرفته شود، اما

سوالی که مطرح است اینکه آیا بار 50 کیلوپاسکال را دقیقا در بالای گود قرار دهیم یا خیر؟ در صورتی که سازه‌ی مجاور زیرزمین نداشته باشد می‌توان این بار را بر روی گود اعمال کرد اما اگر یک طبقه زیرزمین موجود باشد باید بار در تراز مثلا 3 متر اعمال شود. در صورتیکه در مجاورت یک ضلع گود خیابان وجود داشته باشد بالای آن ضلع بار 10 کیلوپاسکال در نظر گرفته می‌شود، البته براساس FHWA بار ترافیکی خیابانها 12 کیلوپاسکال پیشنهاد شده است ولی در ایران اعمال بار 10 کیلوپاسکال رایج است. همچنین اگر در مجاورت یک ضلع گود حیاط خانه قرار داشته باشد می‌توان بار 5 کیلوپاسکال برای آن در نظر گرفت. با توجه به آزمایشهای شناسایی ژئوتکنیکی و پارامترهای خاک  $C$ ،  $\phi$  و وزن مخصوص، مدول الاستیسیته، لایه بندی خاک مشخص می‌شود و با اطلاع از لایه-بندی خاک مدلسازی در دو نرم‌افزار ممکن می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار Geo-Studio، گود، مدلسازی شده و بارها اعمال می‌شود و با تحلیل گود حداقل ضریب اطمینان به دست می‌آید و با ضریب اطمینان آیین‌نامه مقایسه می‌شود.

اما با رجوع به آیین‌نامه‌ی FHWA می‌توانیم به ضوابط ذیل به منظور طراحی دست یابیم:

### 1-2- فاصله‌ی میخها در میخگذاری

فاصله‌ی میخها در میخگذاری باید براساس رابطه  $S_h * S_v \leq 4m^2$  به دست آید که در آن  $S_v$  فاصله‌ی قائم میخها و  $S_h$  فاصله‌ی افقی میخها از یکدیگرند. در عین حال حداقل فاصله‌ی افقی میخها 1 متر و حداکثر فاصله‌ی افقی میخها 2 متر در نظر گرفته می‌شود. حداقل فاصله‌ی میخها باید یک متر باشد تا در صورتیکه حفاری گمانه مجاور با انحراف روبرو شد با میخ کناری برخورد نکند، در ثانی در صورتی که فاصله‌ی دو میخ مجاور کمتر از 1 متر باشد می‌تواند به دلیل همپوشانی حباب تنش در انتقال بار، مشابه شمع‌های نزدیک به هم در گروه شمع باعث کاهش ظرفیت باربری گروه می‌شود.

### 1-3- زاویه‌ی میخها

زاویه‌ی میخها معمولا 10 تا 20 درجه نسبت به افق می‌باشد، اما غالبا تحت زاویه‌ی 15 درجه اجرا می‌شود. مساله‌ی مهم اجرایی در این خصوص آن است که زاویه‌ی کمتر از 10 درجه پتانسیل ایجاد خلل و فرج در دوغاب را به شدت افزایش می‌دهد و دوغاب‌ریزی با کیفیت مناسبی انجام نخواهد شد. وجود حفره در میخ بر ظرفیت باربری آن تاثیر منفی خواهد گذاشت.

### 1-4- طول میخها در ارتفاع دیوار

به منظور طراحی میخها به عنوان پیشنهاد اولیه توصیه می‌شود در هفتاد درصد فوقانی دیوار از طول میخ یکنواخت استفاده شود و در سی درصد پایینی می‌توان طول میخها را کاهش داد اما نباید طول میخ از  $0/5 H$  کمتر شود. به

عنوان مثال برای گود به عمق 10 متر میخهای پایینی نباید طولی کمتر از 5 متر داشته باشند. در غیر این صورت ممکن است شرط لغزش دیوار را ارضاء نکند. اگر طول میخها در 70 درصد فوقانی دیوار بلندتر از بخش تحتانی باشد تغییر شکل دیوار به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به عنوان پیشنهاد اولیه می‌توان طول میخ را  $0/7 H$  در نظر گرفت. اگر بار ناشی از سازه‌های مجاور زیاد باشد یا عمق گود بیش از 10 متر باشد و یا جنس خاک مناسب نباشد می‌توان طول اولیه را بیشتر کرد.

در صورتیکه در طراحی، طول میخ از  $1/2 H$  بیشتر شود می‌توان به این نتیجه رسید که میخگذاری روش چندان مناسبی با توجه به مشخصات خاک نیست. میخهای با طول کوچکتر از  $0/6 H$  کمتر دیده می‌شوند زیرا عمدتاً جواب نمی‌دهند. از طرفی میخ با طول کمتر از  $0/5 H$  پایداری لغزشی را تامین نمی‌کند.

### **1-5- بیشترین فاصله‌ی ردیف اول میخها از بالای دیوار و ردیف آخر میخها از کف گود**

ردیف اول میخها نباید از 1 متر از بالای گود بیشتر فاصله داشته باشد تا اثر ناپایداری ناشی از حالت طره را کاهش دهد. البته در صورتی که در این یک متر مشکل تاسیسات شهری وجود نداشته باشد. همچنین بیشترین فاصله‌ی ردیف آخر میخ نیز نباید بیشتر از یک متر از کف گود باشد.

### **1-6- آرایش میخها در زمینهای شیبدار**

در زمینهایی که شیبدار هستند به منظور آرایش مناسب میخها می‌توان ردیف اول یا دو ردیف اول را به موازات شیب زمین و ردیفهای بعدی را به گونه‌ای که فاصله‌ی هر دو میخ از 2 متر بیشتر نشود مطابق شکل به طور افقی حفاری نمود. این روند در مورد ردیف آخر میخها نیز وجود دارد.

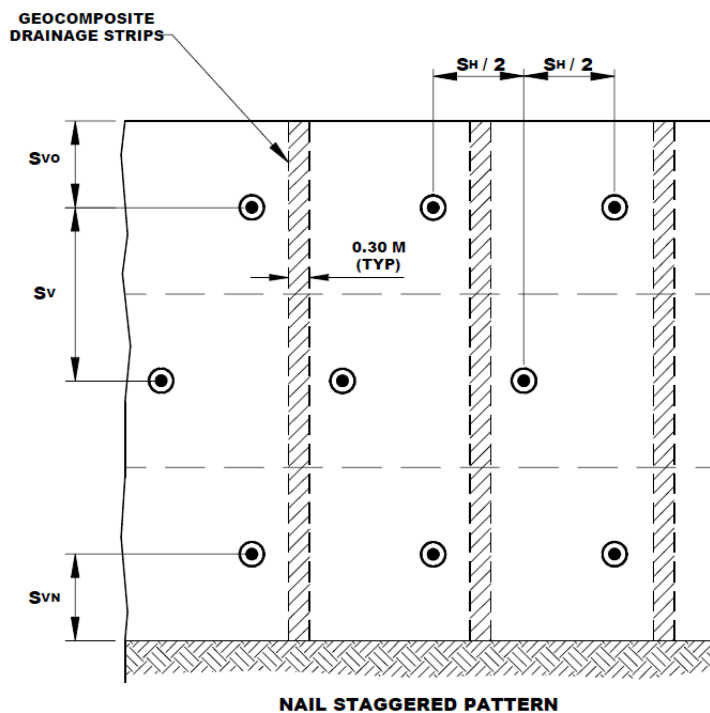
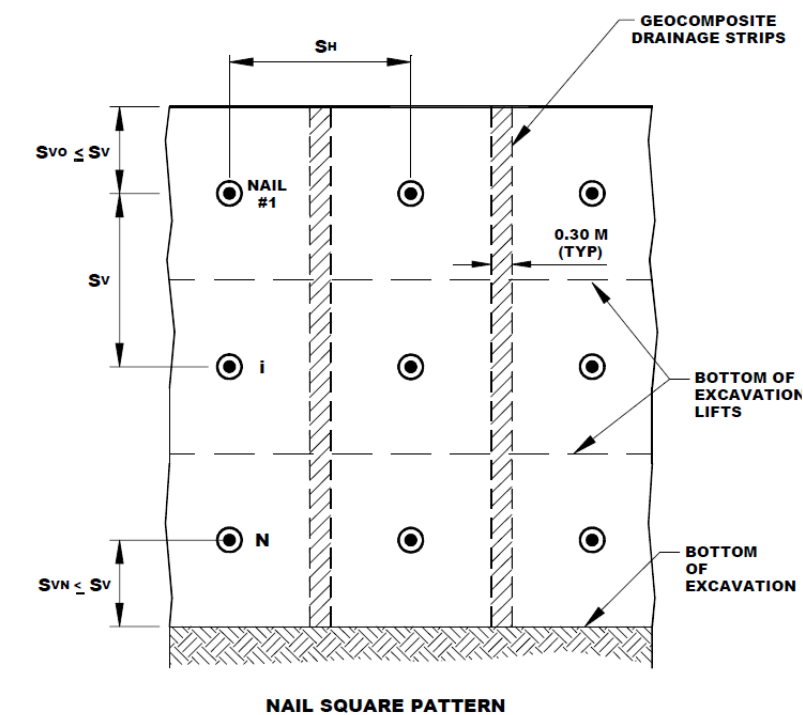
همچنین *FHWA* برای کنجهای محدب حفاری با آزمون را پیشنهاد کرده است تا میخها با یکدیگر تداخل نکنند. در مواردی که این امر راهگشا نباشد می‌توان از پیشنهاد دیگری که پیش از این دادیم استفاده نمود.

### **1-7- آرایش یکنواخت و غیر یکنواخت میخها**

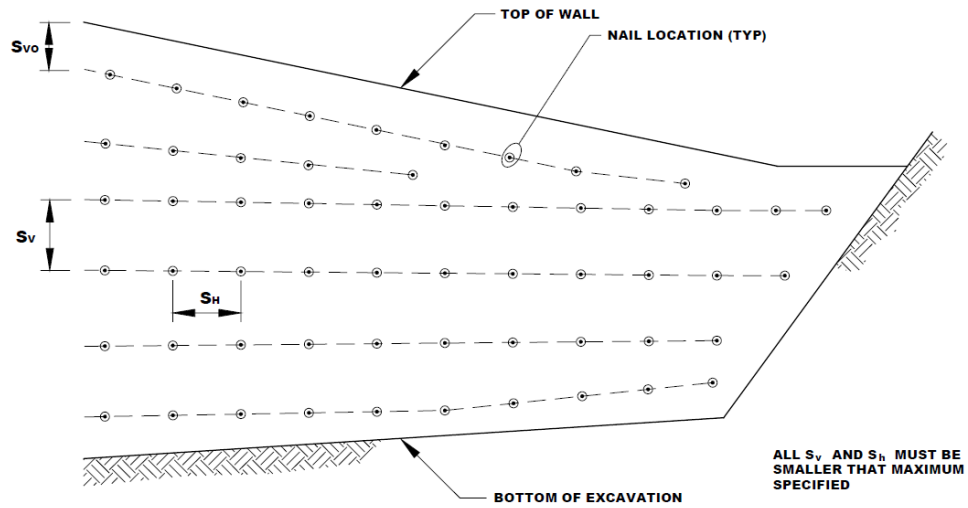
باید توجه داشت آرایش یکنواخت میخها متاسفانه طرح بهینه‌ای را برای کاهش تغییرشکل‌های دیوار ارائه نمی‌کند. برای حل مشکل می‌توان میخهای بخش پایینی دیوار را کوتاهتر در نظر گرفت، به گونه‌ای که هرچه به سمت پایین دیوار می‌رویم طول میخ کوتاهتر شود. این آرایش که میخهای نیمه بالایی دیوار بلندتر و میخهای نیمه پایینی کوتاهتر باشند باعث کاهش تغییرشکل دیوار می‌شود. دو الگو به این منظور پیشنهاد می‌گردد: الگوی اول اینکه نیمه-ی بالایی دارای طول میخ یکنواخت یعنی ثابت باشد و نیمه‌ی پایینی دیوار دارای طول کمتر باشد به گونه‌ای که هرچه به سمت پایین دیوار می‌رویم طول میخها کاهش یابد. الگوی دوم به این صورت پیشنهاد می‌گردد که یک سوم بالای دیوار میخهایی با طول بیشتر، یک سوم وسط دیوار میخهایی با طول متوسط و یک سوم پایین دیوار میخهایی با طول کمتر اجرا شود.

باید توجه داشت در صورتیکه از الگوی طول یکنواخت در کل ارتفاع دیوار استفاده کنیم مقدار نیروی ماکسیمم بیشتری در میخها به وجود می‌آید.

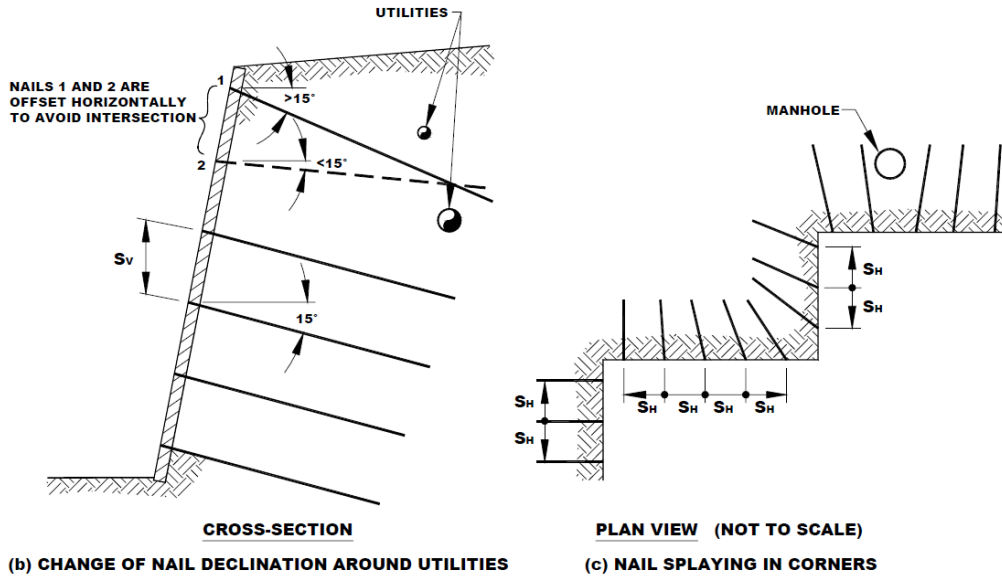
همچنین در تحلیلهای تغییرشکل پیشنهاد می‌گردد از مدل رفتاری خاک سخت‌شونده به جای مور کولمب استفاده شود زیرا این مدل اثر باربرداری را در تحلیل به خوبی در نظر می‌گیرد و بنابراین گوده‌های مدلش ده با این مدل بالازدگی کمتری را در کف گود نتیجه می‌دهد که در نهایت تغییرشکلهای کلی مدل واقع‌بینانه‌تر است.



شکل 1-1-آرایش نیل ها روی دیواره



(a) EXAMPLE OF NAIL ARRANGEMENT FOR NONHORIZONTAL GROUND



(b) CHANGE OF NAIL DECLINATION AROUND UTILITIES

(c) NAIL SPLAYING IN CORNERS

شکل 1-2- آرایش متغیر نیل‌ها