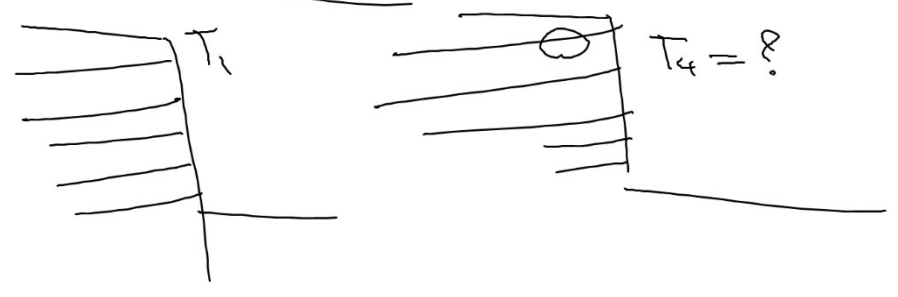
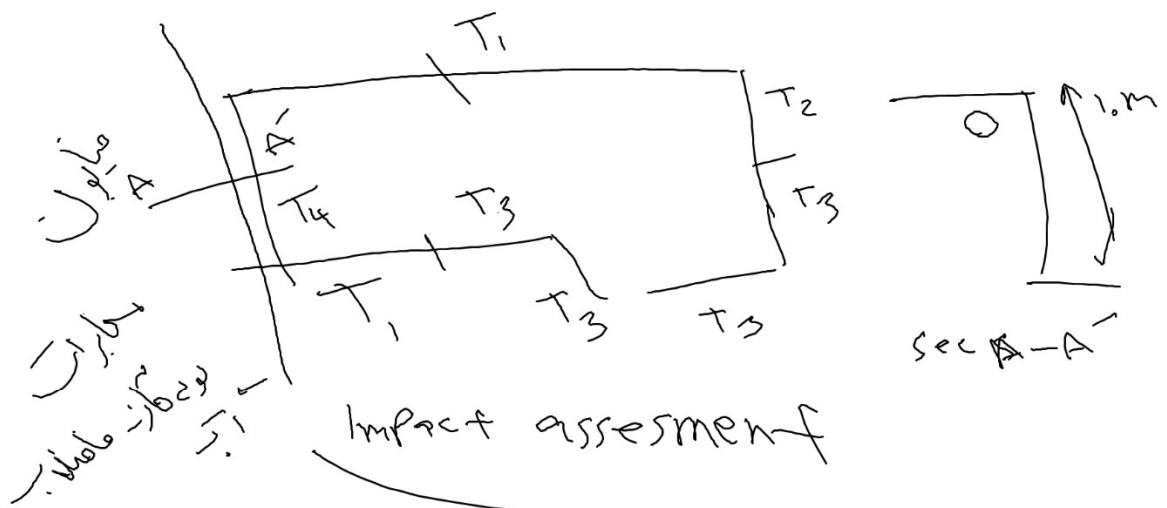
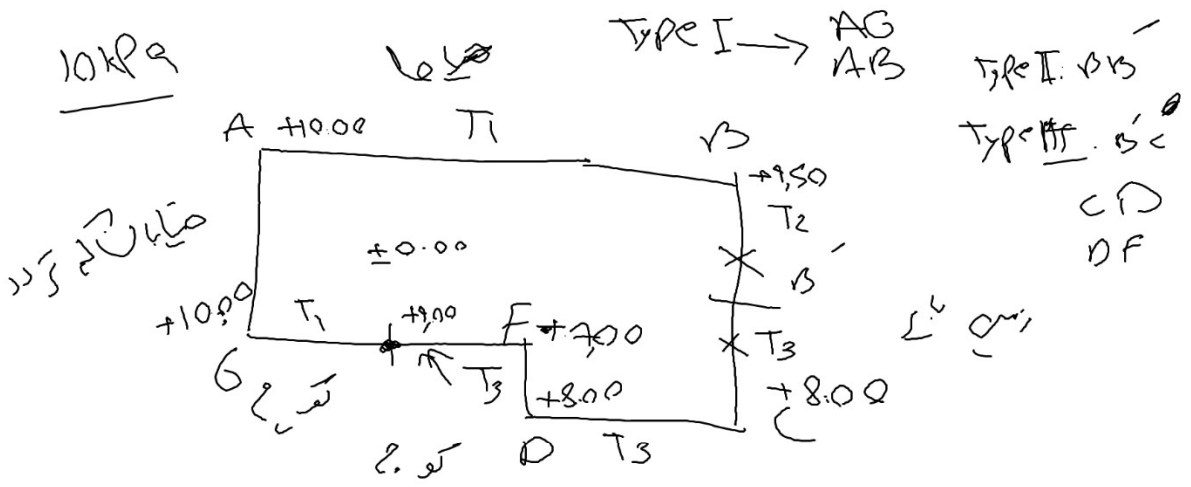


جزوه جلسه اول طراحی نیلینگ:



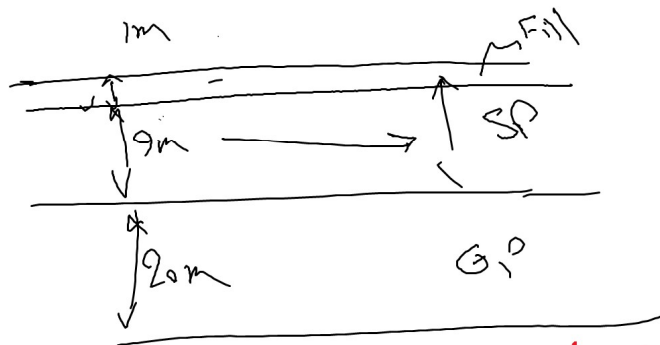
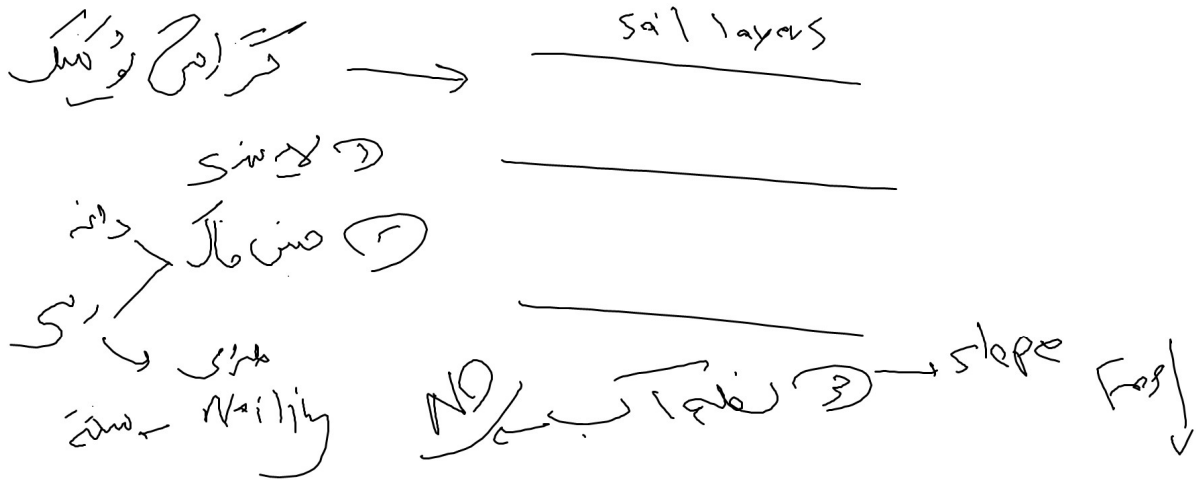
SPT (N)	Consistency	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
0 - 2	Very soft		0 - 12,5
2 - 4	Soft	1,6	12,5 - 25
4 - 8	Medium stiff	1,7	25 - 50
8 - 16	Stiff	1,9	50 - 100
16 - 32	Very Stiff	2,2	100 - 200
> 32	Hard		> 200

[14]

	Japan (MPa)	USA and Russia Es (KPa)	Mongolia (MPa)
Sand (normally consolidated)	$E_s = 1.4N$	$E_s = 0.5(N+0.015)$	$E = 0.976N$ It is found in case of all sandy and gravelly soils in Ulaanbaatar area
Sand (over consolidated)	$E_s = 2.8N$	$E_s = 40 + 1.05N$	
Gravelly sand		IF, $N > 15$ $E_s = 0.6(N + 0.06) + 2$ IF, $N < 15$ $E_s = 0.6(N + 0.06)$	
Clayey sand		$E_s = 0.32(N+0.015)$	
Silts, sandy silt, or clayey silt		$E_s = 0.3(N+0.006)$	

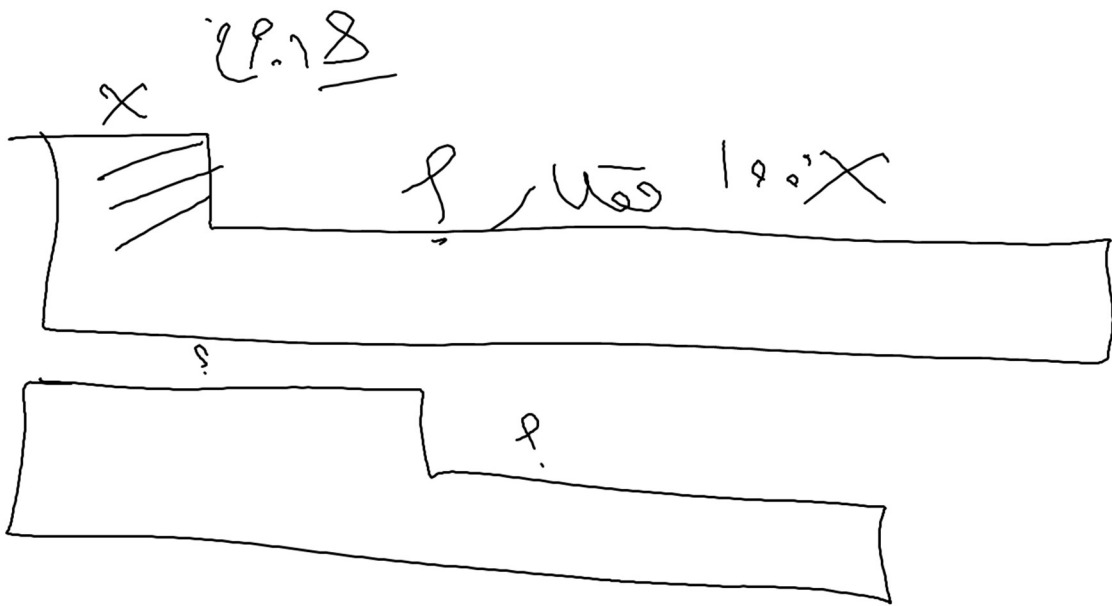
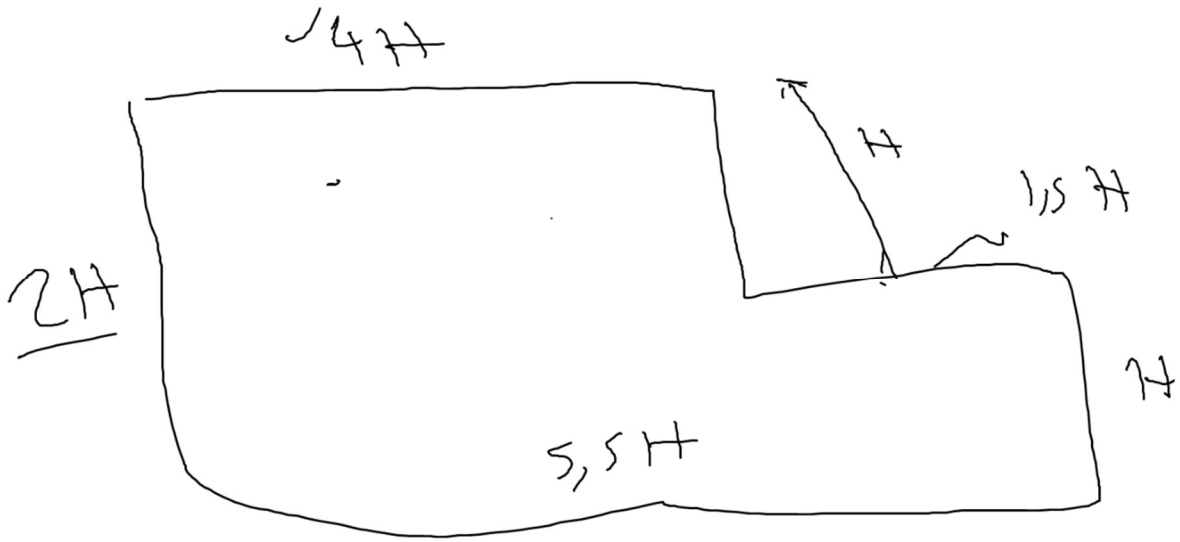
Type of Soil	Modulus Elasticity ( $E_s$ ) (kN/m <sup>2</sup> )
Gravelly sand	$E_s = 1200 (N + 6)$
Sand normally consolidated	$E_s = 500 (N + 15)$
Sand saturated	$E_s = 250 (N + 15)$
Sand overconsolidated	$E_s = 40000 + 1050 N$
Clayey sand	$E_s = 320 (N + 6)$
Silts, sandy silt, clayey silt	$E_s = 300 (N + 6)$
Clay, clayey silt	$E_s = 300 (N + 6)$

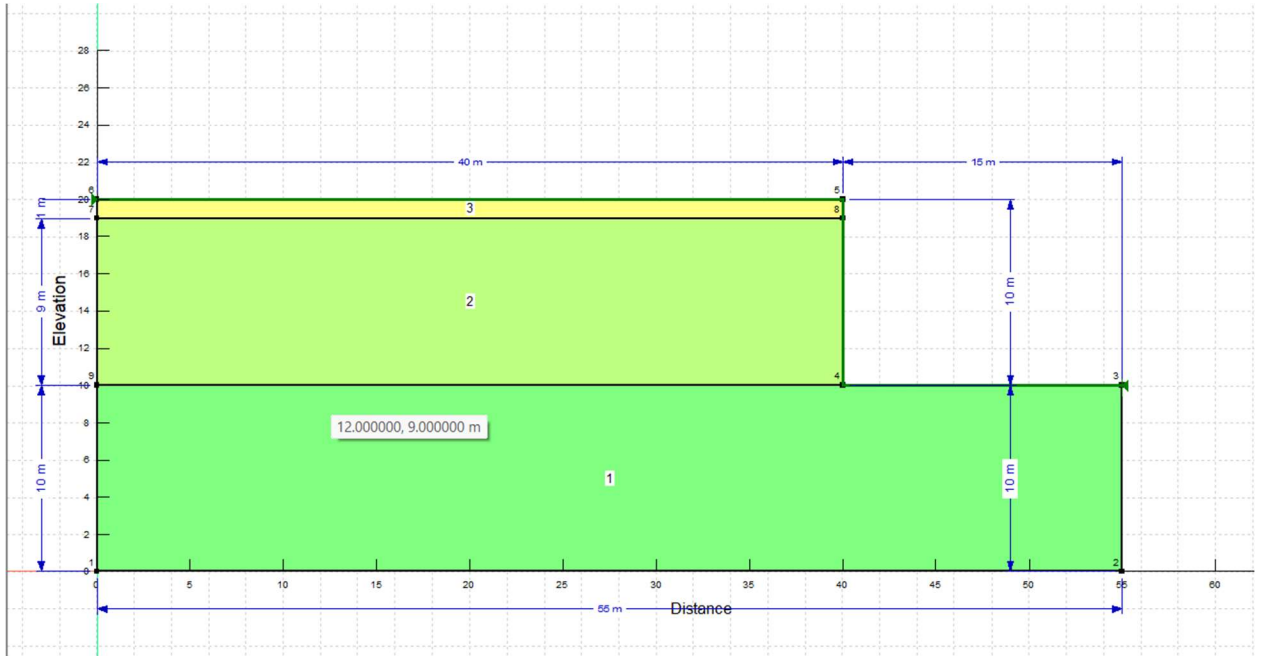
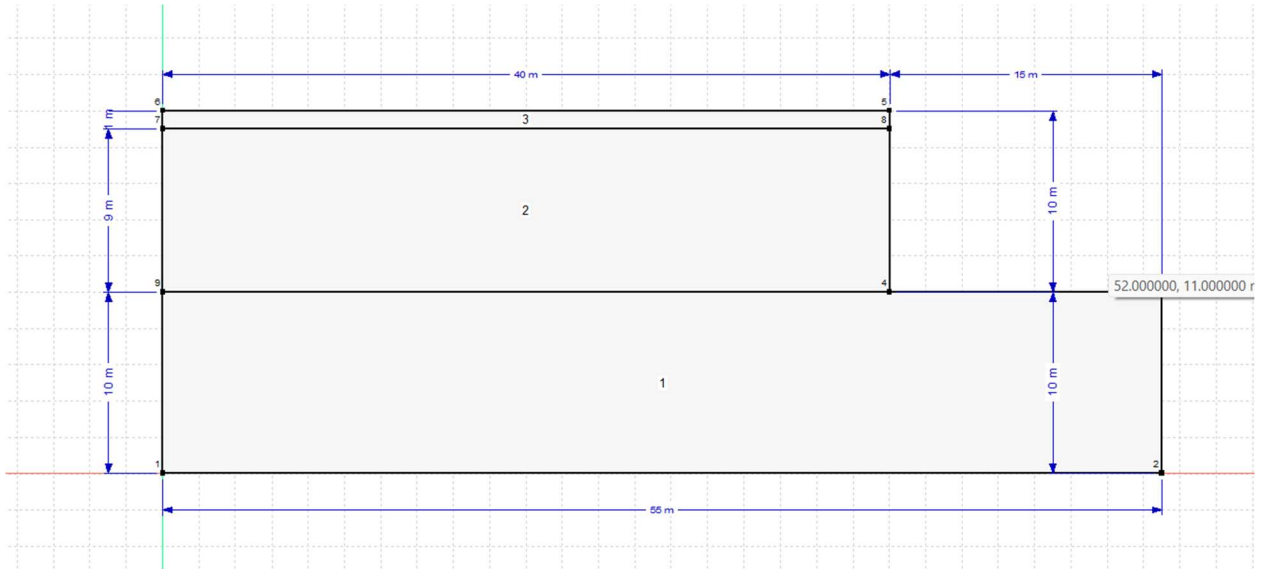
**NOVOSPT**



- 0 - 1m - fill  $\rightarrow \phi' = 18^\circ$   
 $c' = 5 \text{ kPa}$   
 $E = 8 \text{ MPa}$
- 1 - 9m - SP  $\left| \phi' = 32^\circ \right.$   
 $c' = 92 \text{ kPa}$  PLT  
 $E_s \rightarrow 24 \text{ MPa}$  NLT
- 9 - 20 - GP  $\left| \phi' = 34^\circ \right.$   
 $c' = 1.2$ ,  $E_s = 36 \text{ MPa}$

مدول تغییر شکل kPa	وزن واحد حجم kN/m <sup>3</sup>	چسبندگی به kPa	زاویه اصطکاک داخلی به درجه	طبقه بندی خاک	ضخامت لایه به متر
8000	17	5	18	Fill	۱-۰
24000	18.5	0	32	SP	۹-۱
36000	19.02	0	34	GP	۲۰-۹



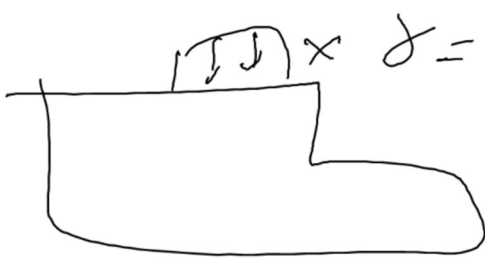




$$\delta = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$10 \text{ kPa} \rightarrow x=1$$

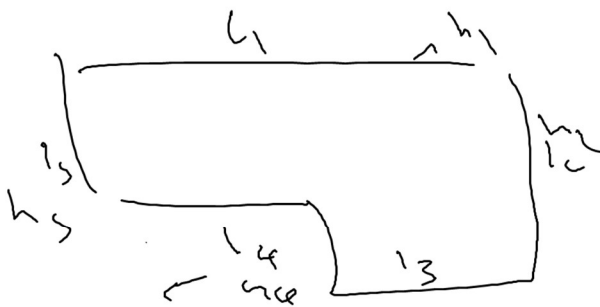
$$20 \text{ kPa} \rightarrow x=2$$



$$\delta = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$x=1 \rightarrow p = 50 \text{ kPa}$$

$$x=2 \rightarrow p = 100 \text{ kPa}$$



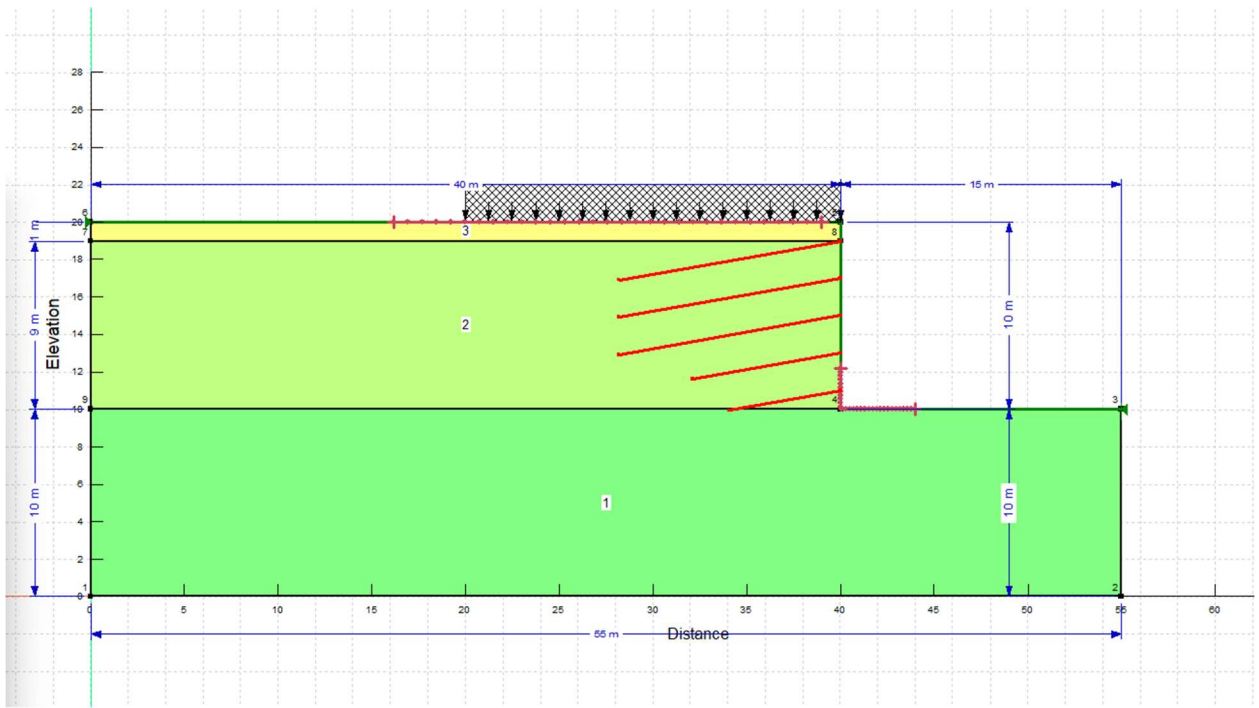
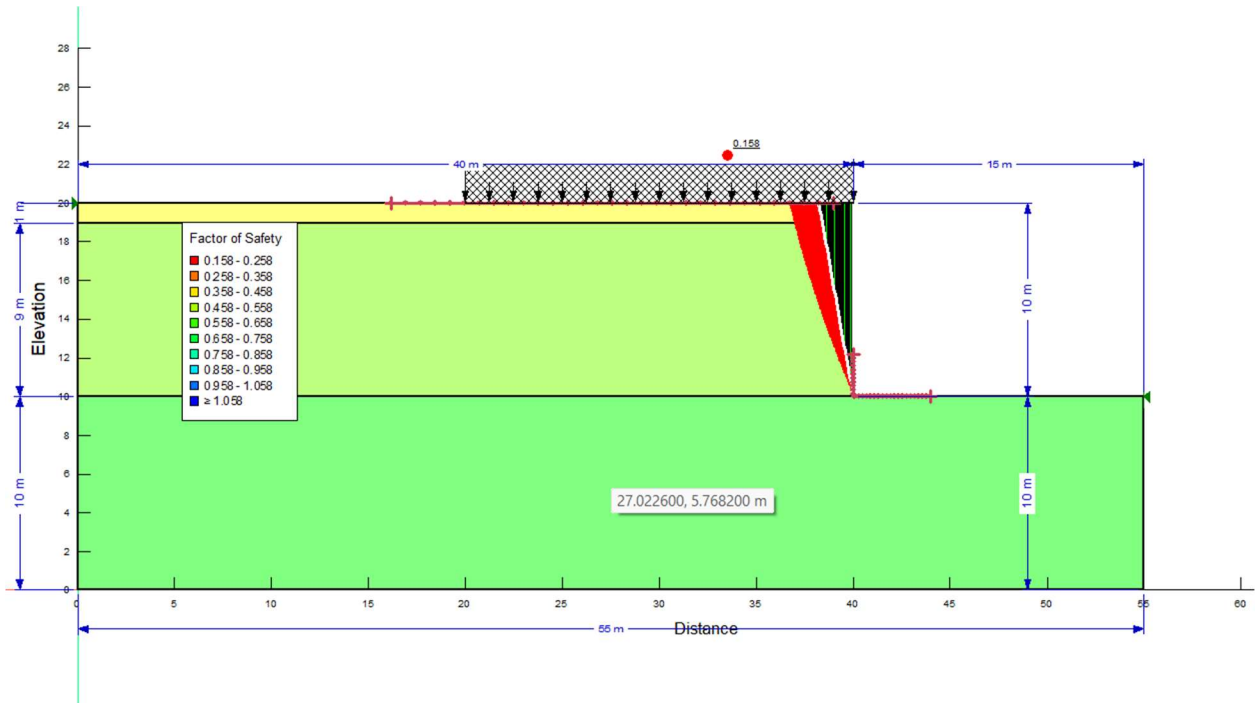
plane strain

$$\epsilon_x = \epsilon_y = \epsilon_z$$

$$\frac{l_4}{h_5} = 2, 3$$

$$h_3 \left( \frac{l_i}{h_i} \geq 3 \right)$$







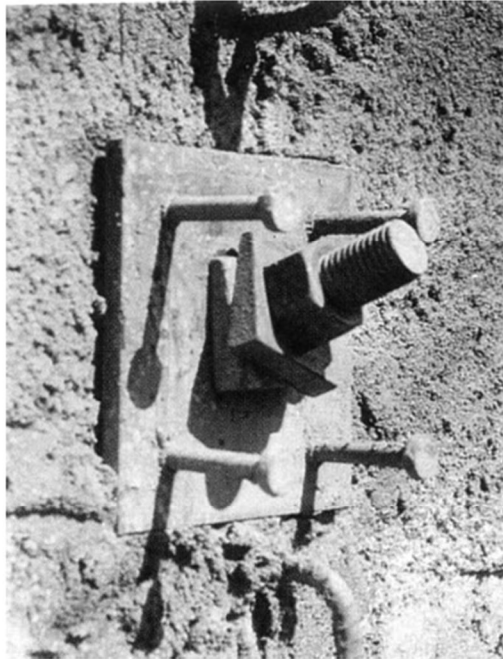
Source: Porterfield et al. (1994).

**Figure 4.3: Typical PVC Centralizers Attached to a Nail Bar Prior to Nail Installation.**



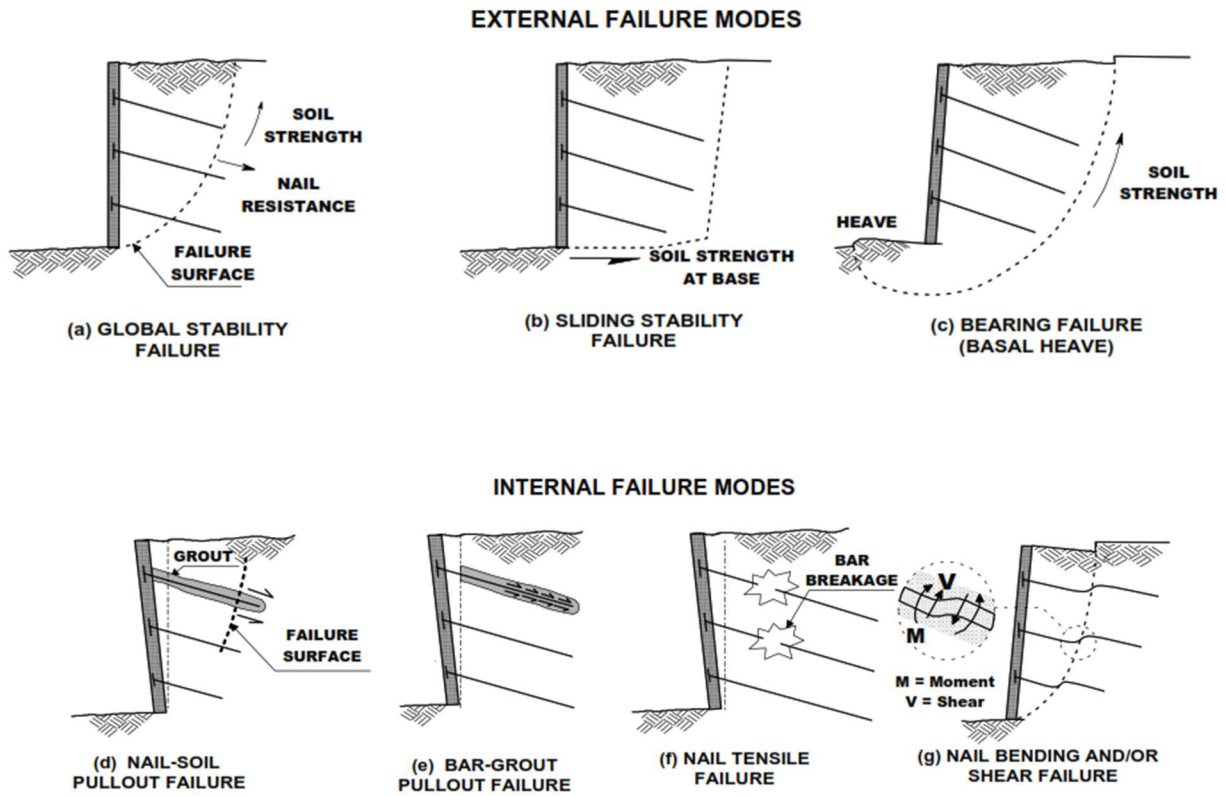
Source: Porterfield et al. (1994).

**Figure 4.4: Nail Bars (in light color at end of nails) Encapsulated by Sheathing (dark color) Prior to Nail Installation.**



Source: Porterfield et al. (1994).

Figure 4.10: Headed-Studs Welded to Bearing Plate.



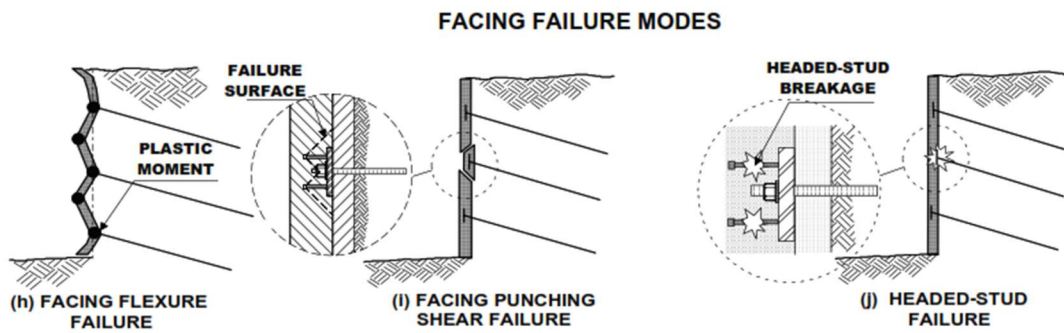


Figure 5.3: Principal Modes of Failure of Soil Nail Wall Systems.

Failure Mode	Resisting Component	Symbol	Minimum Recommended Factors of Safety
External Stability	Global Stability	$FS_G$	1.35
	Global Stability	$FS_G$	1.2-1.3
	Sliding	$FS_{SL}$	1.3
	Bearing Capacity	$FS_H$	2.5
Internal Stability	Pullout Resistance	$FS_P$	2.0
	Nail Bar Tensile Strength	$FS_T$	1.5
Facing Strength	Facing Flexure	$FS_{FF}$	1.35
	Facing Punching Shear	$FS_{FP}$	1.35
	Headed-Stud Tensile (A307 Bolt)	$FS_{HT}$	1.8

Empirical data show that for soil nail walls with typical L/H between 0.7 and 1.0, negligible surcharge loading, and typical global factors of safety ( $FS_G$ ) values of 1.5, the maximum long-term horizontal and vertical wall displacements at the top of the wall,  $\delta_h$  and  $\delta_v$ , respectively, can be estimated as follows:

$$\delta_h = \left( \frac{\delta_h}{H} \right)_i \times H \quad (\text{Equation 5.65})$$

where:

$(\delta_h/H)_i$  = a ratio dependant on the soil conditions “i” indicated in the table below; and  
 $H$  = wall height.

The size of the zone of influence (Figure 5.3), where noticeable ground deformation may take place, is defined by a horizontal distance behind the soil nail wall ( $D_{DEF}$ ) and can be estimated with the following expression:

$$\frac{D_{DEF}}{H} = C (1 - \tan \alpha) \quad (\text{Equation 5.66})$$

where  $\alpha$ : is the wall batter angle; and C coefficient indicated in Table 5.2.

**Table 5.2: Values of  $(\delta_h/H)_i$  and C as Functions of Soil Conditions.**

Variable	Weathered Rock and Stiff Soil	Sandy Soil	Fine-Grained Soil
$\delta_h/H$ and $\delta_v/H$	1/1,000	1/500	1/333
C	1.25	0.8	0.7

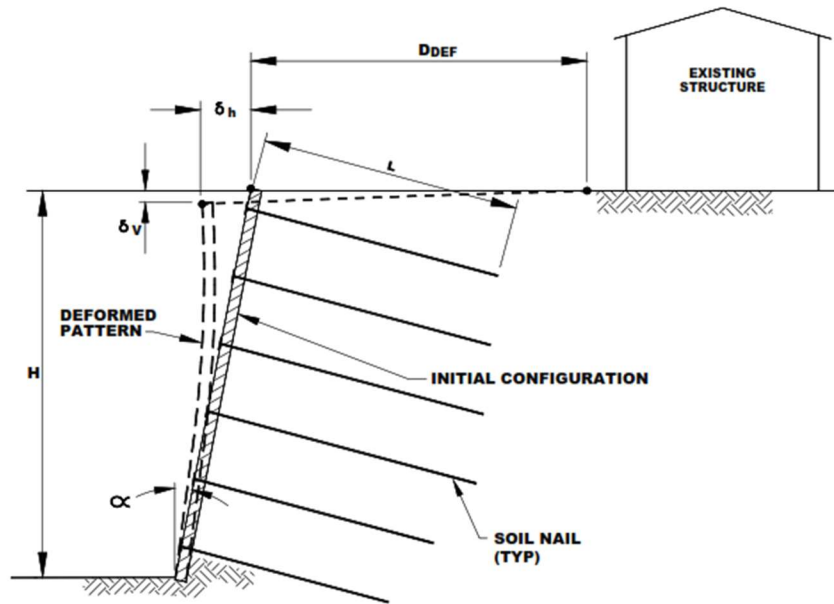
۳-۲-۳-۲

### ۳-۲-۳-۲ روش کاهش مقاومت برشی (SRM) Strength Reduction Method

در این روش پارامترهای مقاومتی خاک به حدی کاهش می‌یابند تا مدل در آستانه‌ی ناپایداری قرار گیرد؛ ضریب اطمینان پایداری از نسبت بین پارامتر مقاومتی اولیه و پارامتر مقاومتی شرایط گسیختگی حاصل می‌شود.

حداقل ضریب اطمینان پایداری کلی برای سازه‌های موقت در مجاورت ساختمان و سازه‌های دائم برابر ۱/۵ و برای سایر سازه‌های موقت برابر ۱/۳۵ می‌باشد.

برای شرایط حین ساخت ضریب اطمینان پایداری حداقل برابر با ۱/۳۵ می‌توان در نظر گرفت.



Modified after Byrne et al. (1998).

**Figure 5.23: Deformation of Soil Nail Walls.**

### ۵-۳- معیار ارزیابی تغییرشکلها

در ارزیابی تغییرشکلهای گود باید موارد زیر رعایت گردد:

- به منظور حفظ عملکرد سازه‌نگهبان گود، جابجایی هیچ نقطه از دیواره گود نباید از  $0/005$  عمق گود تجاوز نماید.
- در صورت وجود تاسیسات یا مستحذاتی که محدودیتی از بابت جابجایی داشته باشند، یا الزامات و خواسته‌های کارفرما، باید محدودیت مرتبط در طرح مدنظر قرار گیرد.
- در مجاورت حیاط همسایه و خیابان و ... که الزام خاصی برای محدودیت جابه‌جایی وجود نداشته باشد، نسبت‌های جابه‌جایی افقی ( $\delta_x$ ) بالای دیوار و جابجایی عمودی ( $\delta_y$ ) سطح زمین نسبت به ارتفاع گود ( $H$ ) به حداکثر  $0/003$  محدود شود.
- در صورت وجود سازه در کنار گود، چرخش زاویه‌ای ( $\beta$ ) و کرنش افقی ( $\epsilon_x$ ) که در اثر گودبرداری بین ستون‌های مجاور آن سازه ایجاد می‌شود، باید در محدوده قابل تحمل سازه باشند؛ مقادیر مجاز براساس سطح آسیب‌دیدگی مورد انتظار برای سازه که از عواملی مانند هزینه گودبرداری، اهمیت سازه، وجود فونداسیون و نوع آن، کیفیت ساخت سازه، قدیمی یا نوساز بودن سازه، انتظار کارفرما و ... تعیین می‌شود، مطابق جدول ۲-۳ و شکل ۲-۳ پیشنهاد می‌شود. در جدول ۳-۳، آسیب‌دیدگی‌های مورد انتظار برای سطوح مختلف بیان شده‌اند. اگر جابه‌جایی افقی و عمودی ناشی از گودبرداری در زیر پی دو ستون ۱ و ۲ از سازه که به فاصله‌ی  $L$  و در مجاور هم هستند، به ترتیب  $\delta x_1, \delta x_2$  و  $\delta y_1, \delta y_2$  باشد، چرخش زاویه‌ای و کرنش افقی برای این دو ستون مجاور از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$\beta = \frac{|\delta y_2 - \delta y_1|}{L}, \quad \varepsilon_h = \frac{|\delta x_2 - \delta x_1|}{L}$$



جدول ۳-۲: معیار آسیب‌دیدگی سازه‌ها براساس مقدار جابه‌جایی نسبی فونداسیون‌ها

محدوده‌ی کرنش افقی مجاز ( $\varepsilon_h$ )	محدوده‌ی چرخش زاویه‌ای مجاز ( $\beta$ )	سطح آسیب‌دیدگی
$\varepsilon_h < 0.0005$	$\beta < 0.001$	قابل صرف‌نظر
$0.0005 < \varepsilon_h < 0.00075$	$0.001 < \beta < 0.0015$	خیلی جزئی
$0.00075 < \varepsilon_h < 0.0015$	$0.0015 < \beta < 0.003$	جزئی
$0.0015 < \varepsilon_h < 0.0022$	$0.003 < \beta < 0.0045$	متوسط
$0.0022 < \varepsilon_h < 0.003$	$0.0045 < \beta < 0.006$	شدید
$\varepsilon_h > 0.003$	$\beta > 0.006$	بسیار شدید

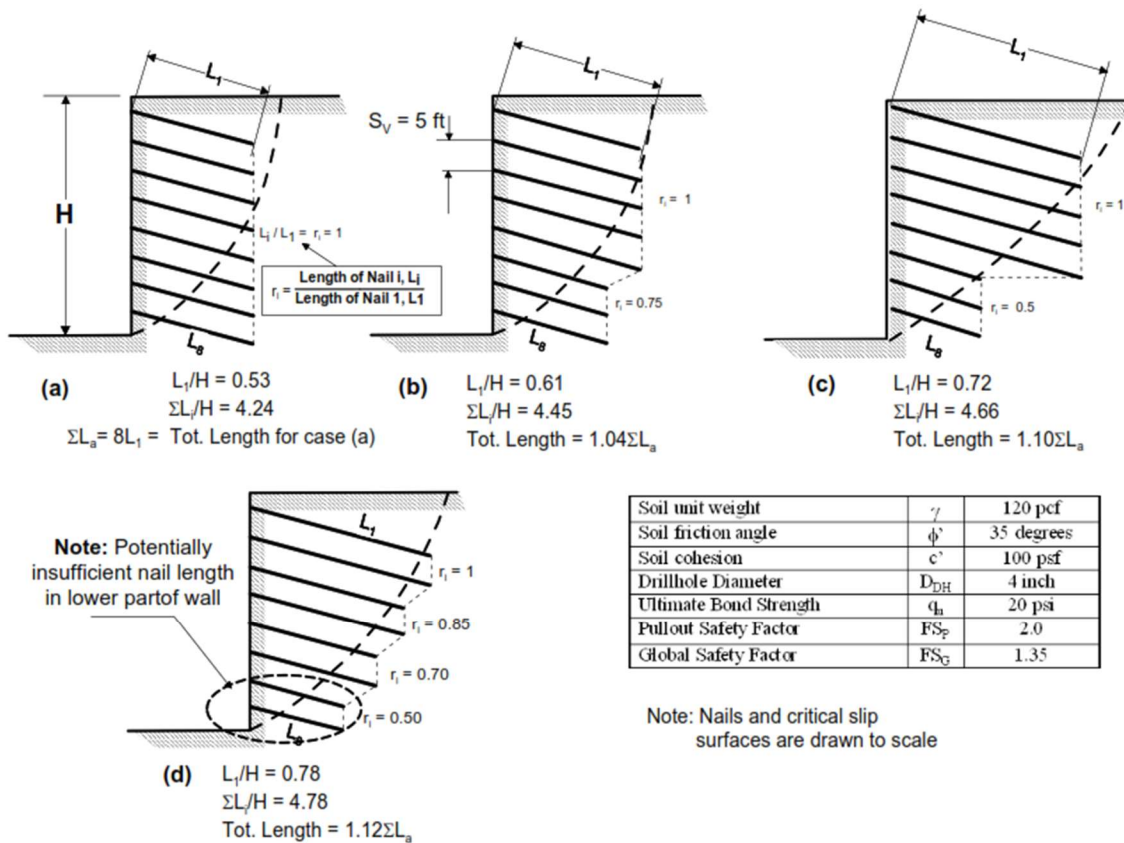


Figure 6.3: Effect of Different Nail-Length Patterns.

**Table 5.3: Minimum Recommended Factors of Safety  
for the Design of Soil Nail Walls using the ASD Method.**

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

Step 1.	<p><b>INITIAL SOIL NAIL WALL DESIGN CONSIDERATIONS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Wall layout (e.g., wall height, wall length, face batter)</li> <li>B. Soil nail vertical and horizontal spacing</li> <li>C. Soil nail pattern on wall face (e.g., square, staggered, other irregular patterns)</li> <li>D. Soil nail inclination</li> <li>E. Soil nail length and distribution</li> <li>F. Soil nail material type (e.g., selection of steel bar grade)</li> <li>G. Selection of relevant ground properties for design (e.g., soil shear strength; location of groundwater table, etc.)</li> <li>H. Other initial considerations</li> </ul>
Step 2.	<p><b>PRELIMINARY DESIGN USING SIMPLIFIED CHARTS</b>  These charts are used to preliminarily evaluate nail length and maximum nail force.</p>
Step 3.	<p><b>FINAL DESIGN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. External Failure Modes <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Global stability</li> <li>2) Sliding stability</li> <li>3) Bearing capacity</li> </ul> </li> <li>B. Seismic Considerations</li> <li>C. Internal Failure Modes <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Nail pullout resistance</li> <li>2) Nail tensile resistance</li> </ul> </li> <li>D. Facing Design <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Nail head load</li> <li>2) Wall facing type and thickness</li> <li>3) Facing materials</li> <li>4) Flexural resistance</li> <li>5) Facing punching shear <b>resistance</b></li> <li>6) Facing head stud resistance</li> <li>7) Other design facing considerations</li> </ul> </li> </ul>
Step 4.	<p><b>ESTIMATE MAXIMUM WALL DEFORMATIONS</b></p>
Step 5.	<p><b>OTHER DESIGN CONSIDERATIONS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. Drainage</li> <li>B. Frost protection</li> <li>C. External loads</li> <li>D. Support for facing dead load (e.g., foundation support for precast wall facing)</li> </ul>

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 Colluvium	380 - 480 100 - 180
	Augered	Silty sand fill	20 - 40
		Silty fine sand Silty clayey sand	55 - 90 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	

