



農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA

專題討論案例分享

利用土釘修復鬆散填土邊坡的設計圖解

減災監測組
黃奉琦

113年3月05日

簡報大綱

- 定義鬆散填土邊坡修復內容
- 土釘在土層中的應力行為
- 不同情境下土釘的應用
- 結論與建議

Design Illustrations on the
Use of Soil Nails to
Upgrade Loose Fill Slopes

Geotechnical Engineering Office
and
The Hong Kong Institution of Engineers
(Geotechnical Division)

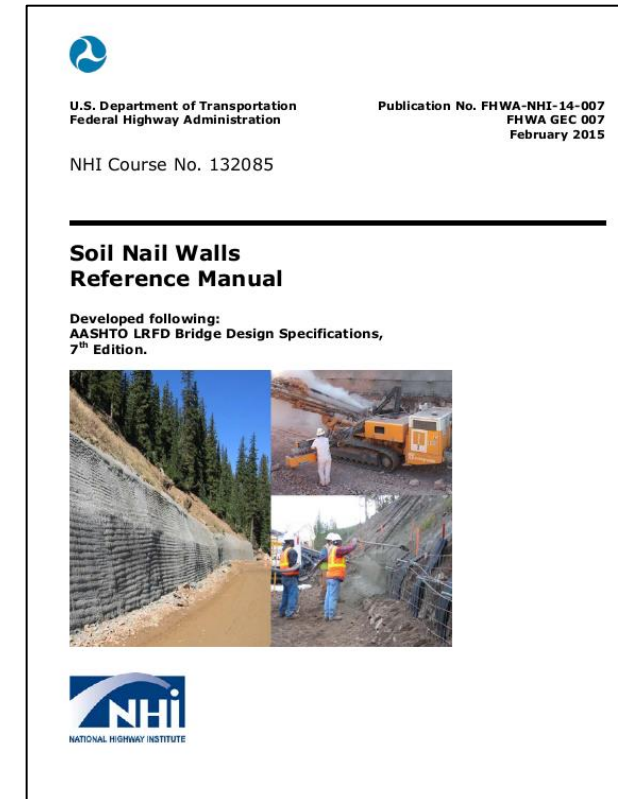


HKIE

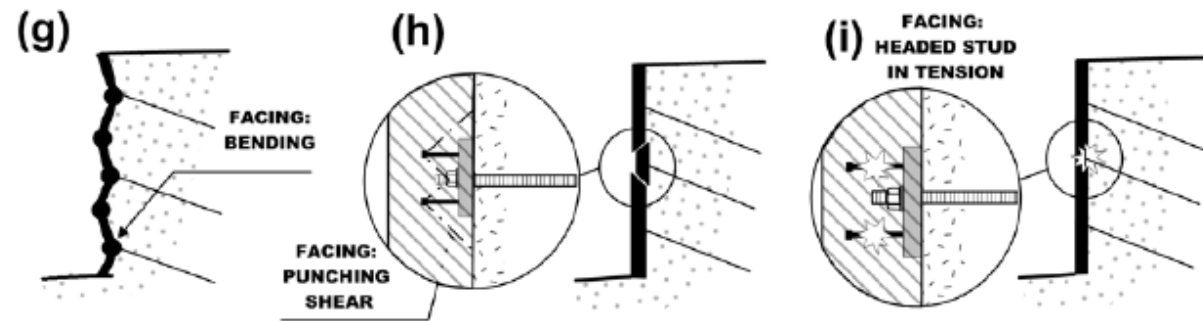
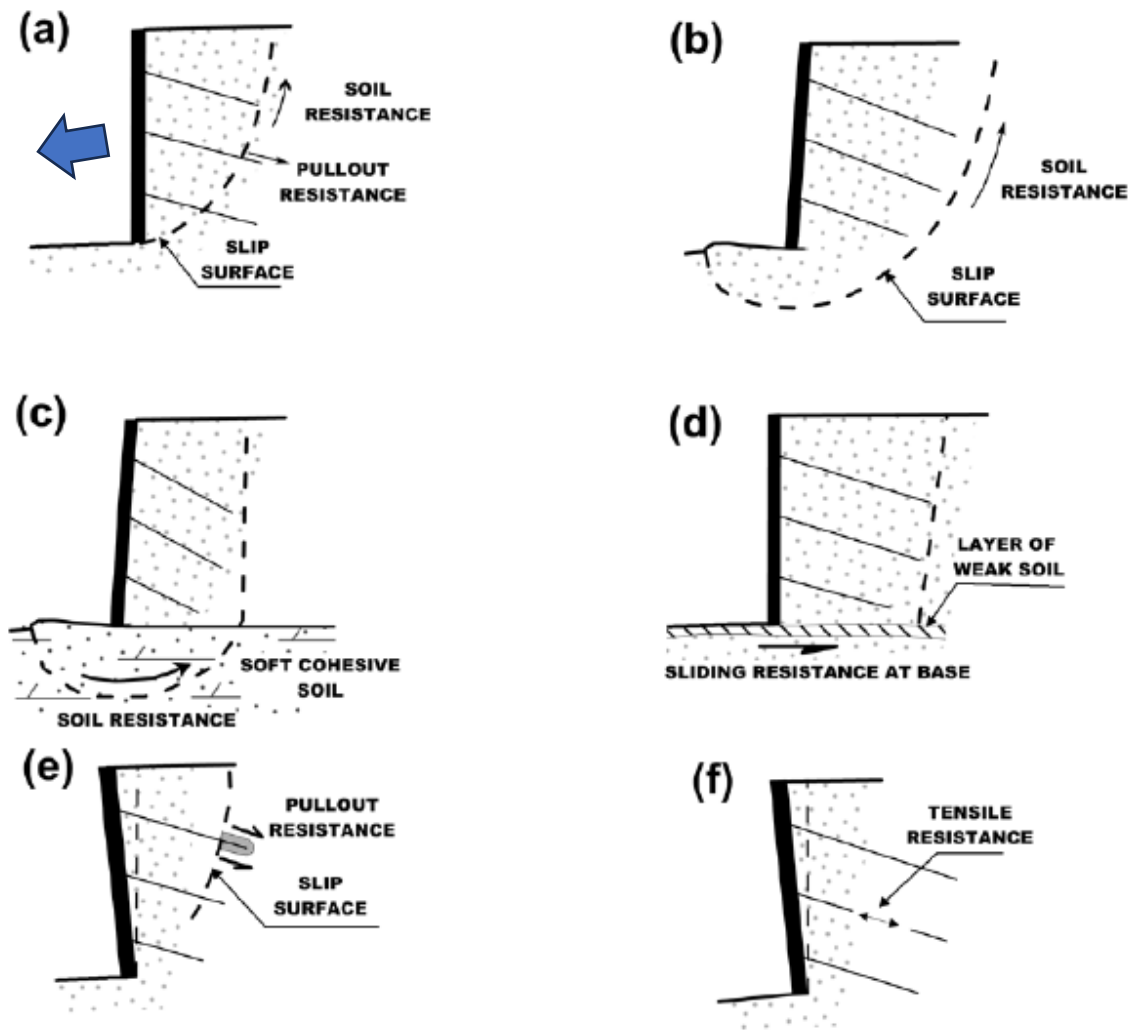
November 2013

■ 定義鬆散填土邊坡修復（補強）

香港土木工程拓展署土力工程處
（ Geotechnical Engineering Office of the
Civil Engineering and Development
Department, GEO/CEDD ）提出用於鬆散填
土邊坡土壤改良用土釘的設計指南補充內
容，藉此進行鬆散填土在邊坡的土壤改良
並探討設計方法中穩固性的改善細節。

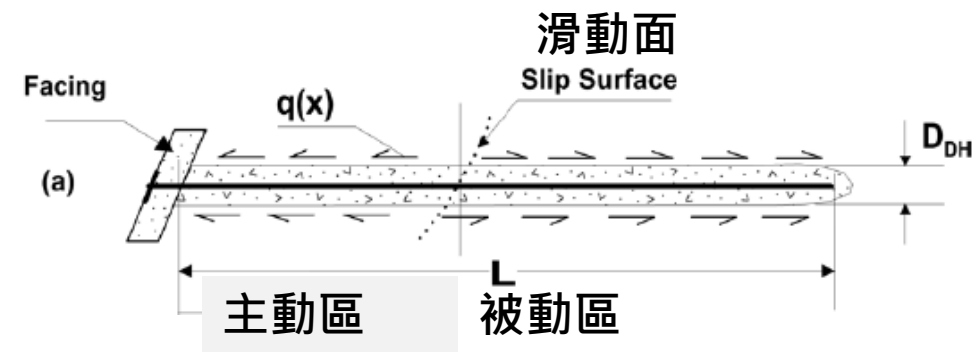
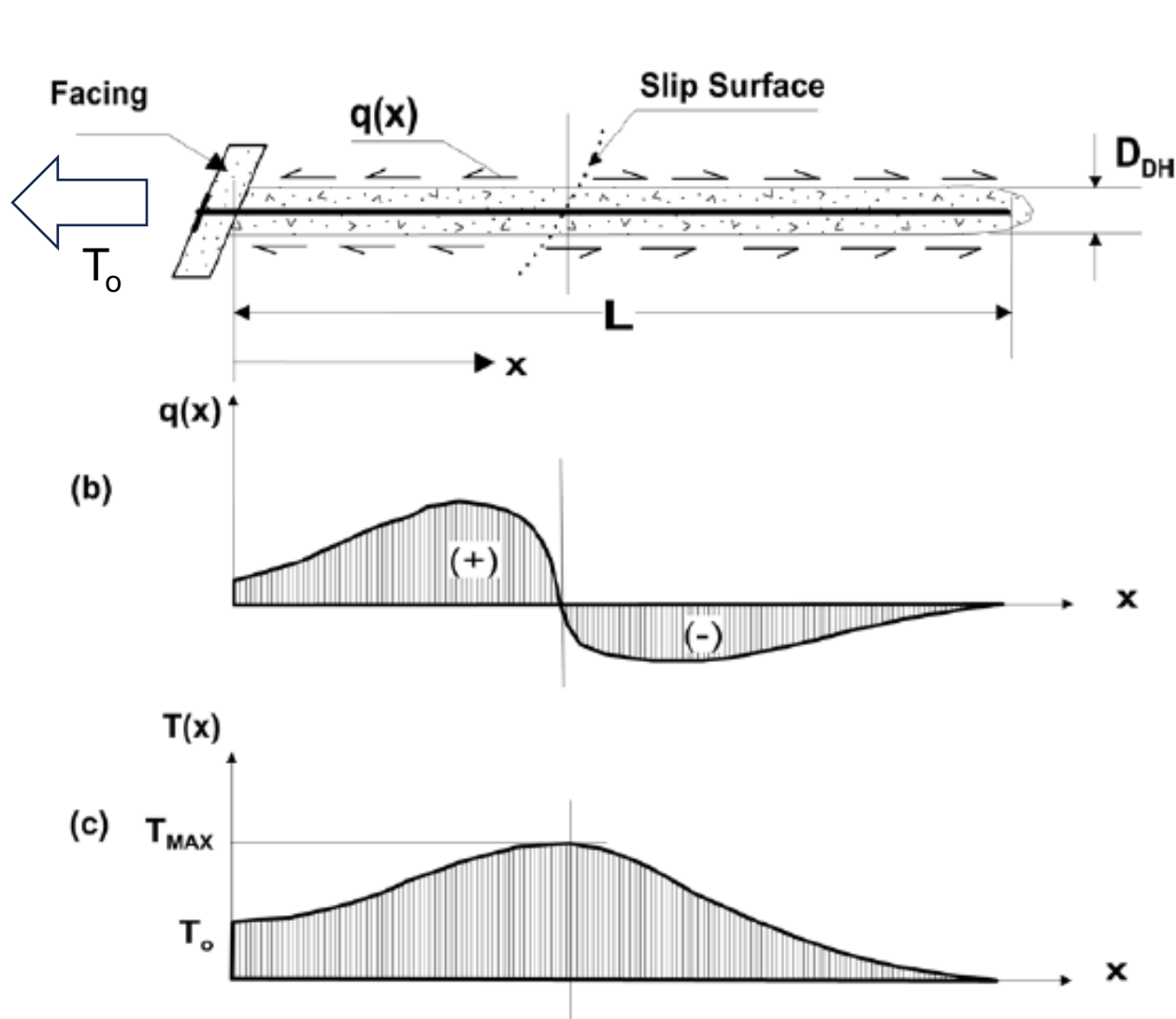


結構極限狀態



- 穩定性
(a)土釘拉出(b)整體滑動(c)基礎滑動
- 強度特性
(d)土壤橫向滑移(e)土壤與土定間土壤強度(f)土釘的拉力強度
- 飾(面)板破壞
(g)面板彎曲(h)衝剪(i)栓柱張力

土釘在土層中的應力行為

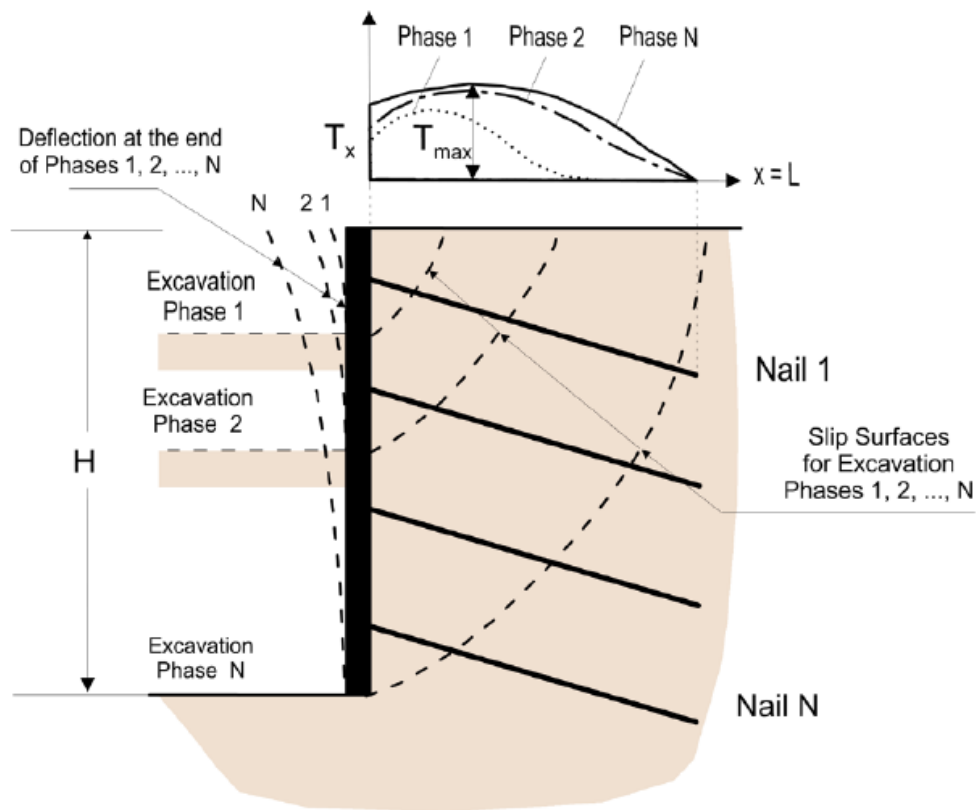


$q(x)$: 沿灌漿 - 土壤界面的移動剪應力與距離的函數

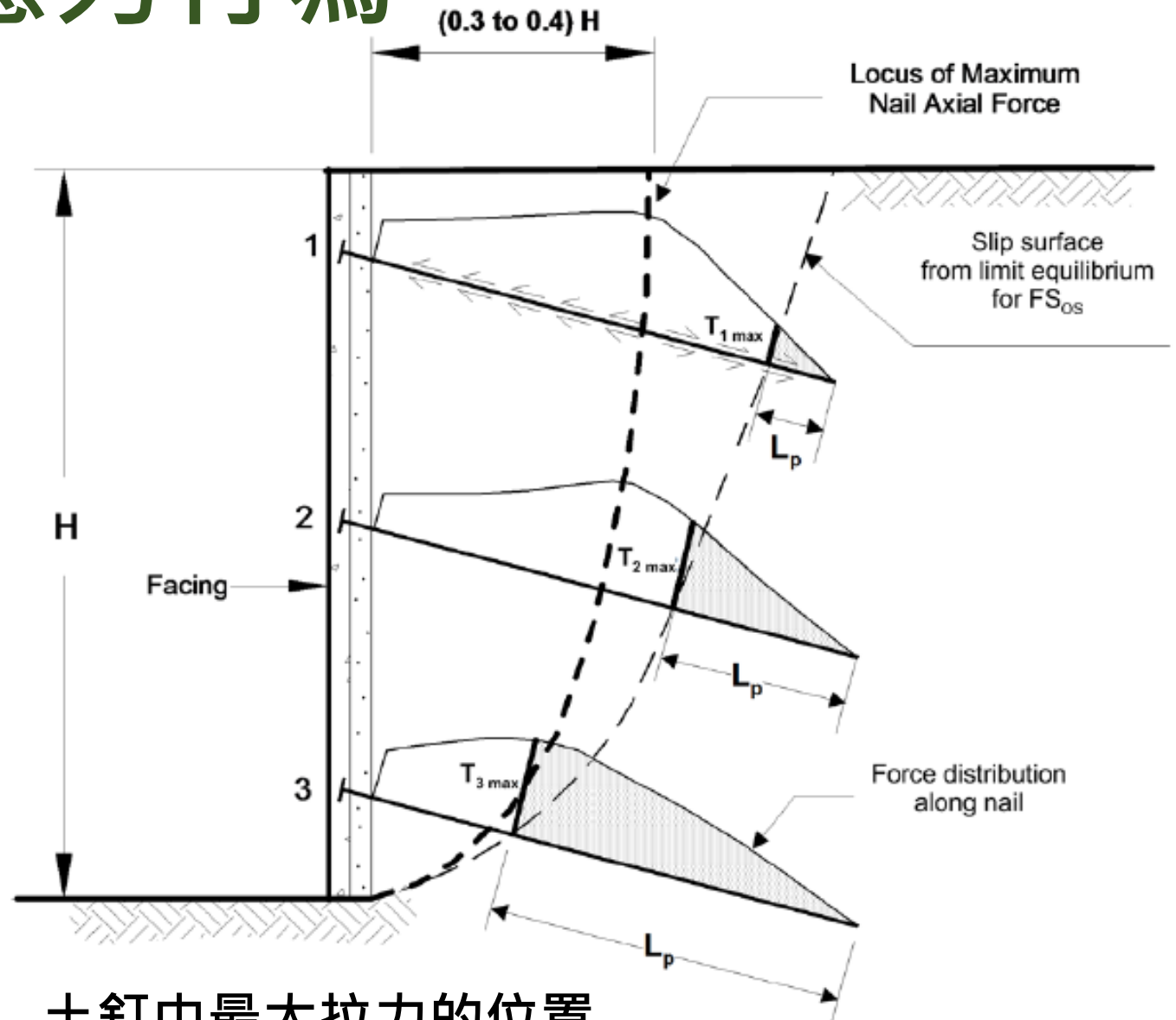
T_{max} : (Maximum nail force) 最大土釘作用力

T_0 : (Tensile force at the nail head) 土釘頂部的拉伸力

土釘在土層中的應力行為



潛在的滑移面和土釘拉力
(開挖施工至竣工)



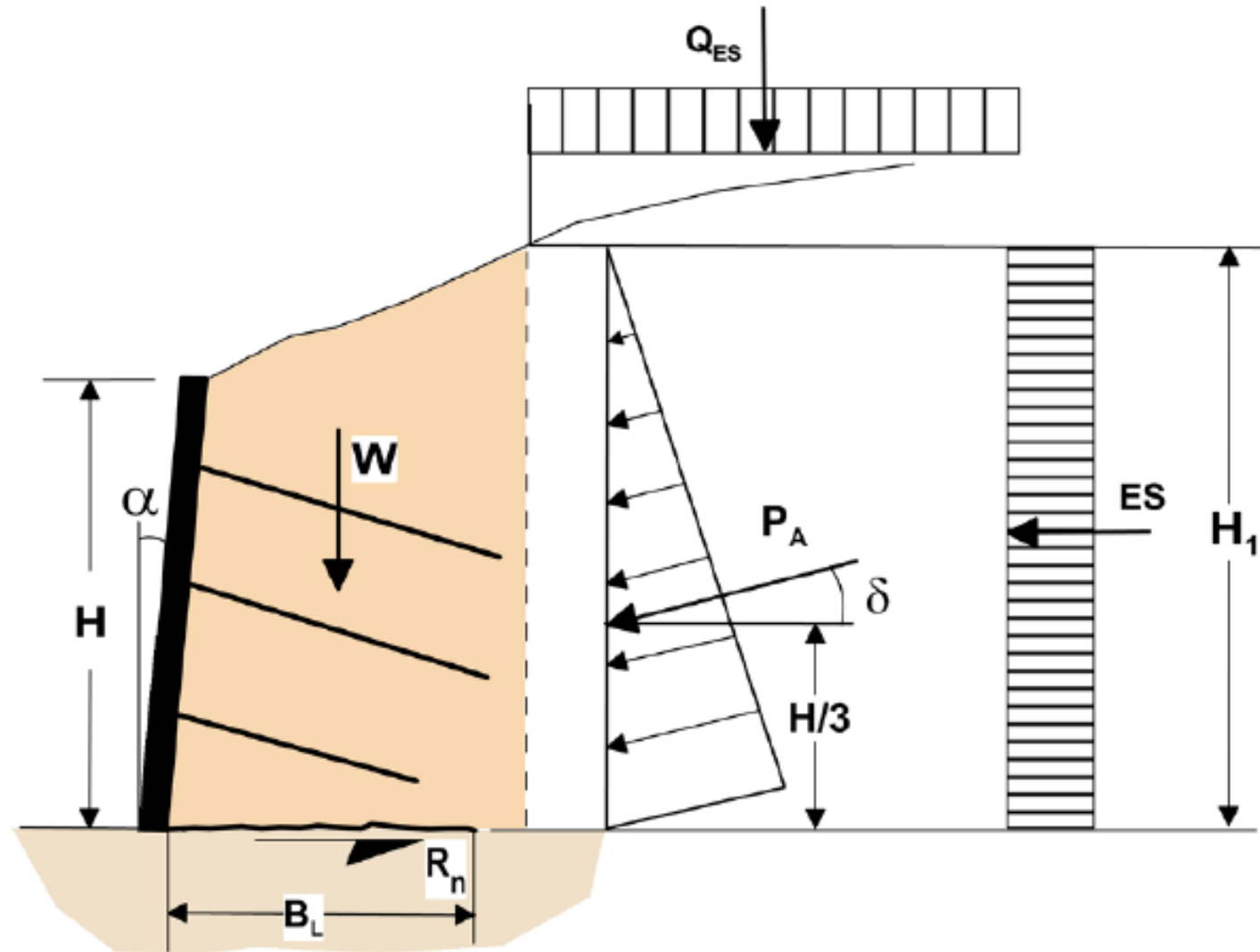
土釘中最大拉力的位置

不同情境下土釘的應用

ES: 水平分量

P_A : 主動土壓

Q_{ES} : 垂直影響力



檢查現有的**邊坡**穩定性- 施作實例1和2(不含土釘液化前的排水**情況**)

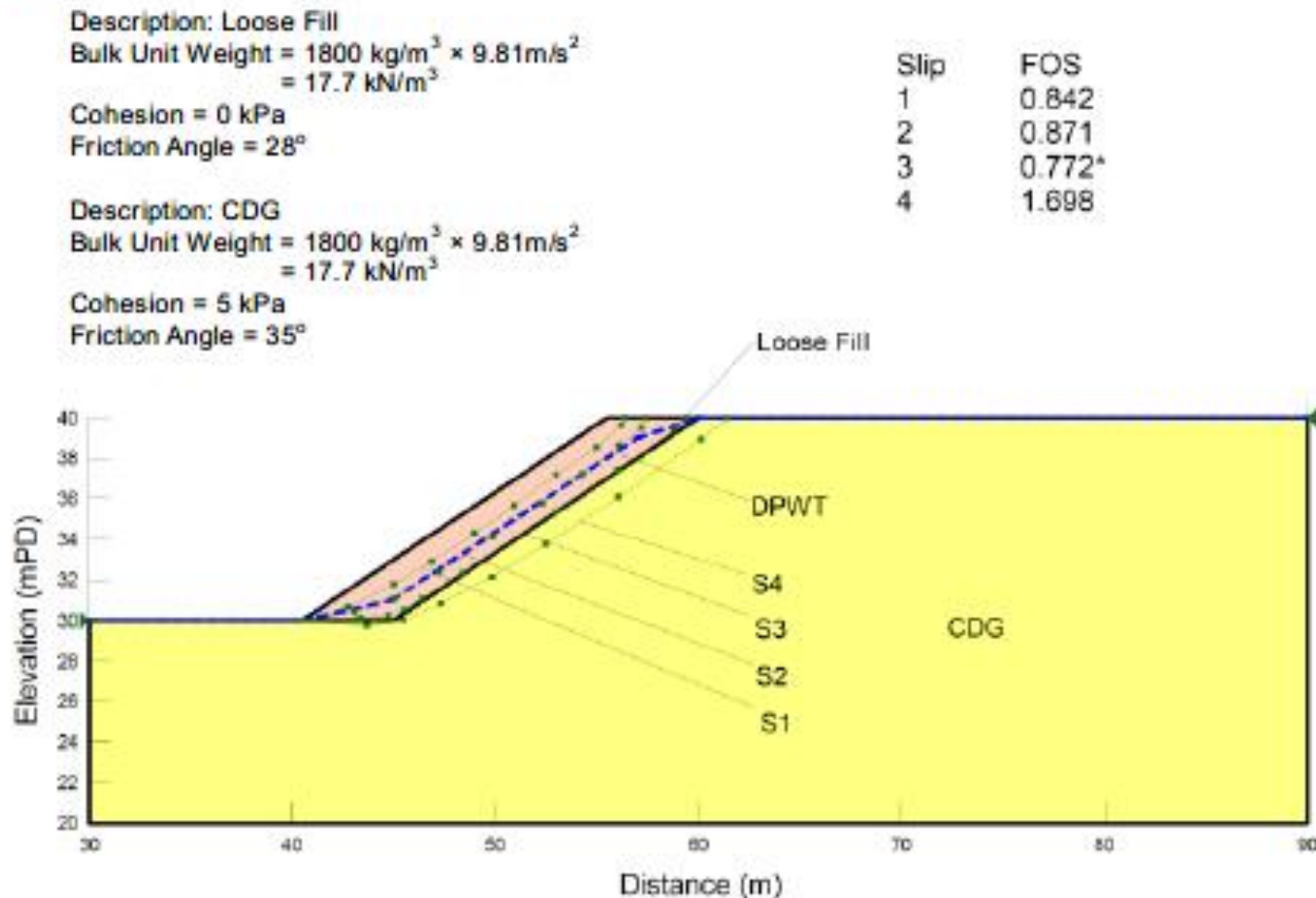
在靜態條件下確定是否需要進行邊坡改善工程



在靜態**不**排水條件下進行邊坡改善工程的穩定性



在靜態排水條件下進行邊坡改善工程的穩定性



在靜態條件下確定是否需要進行邊坡改善工程



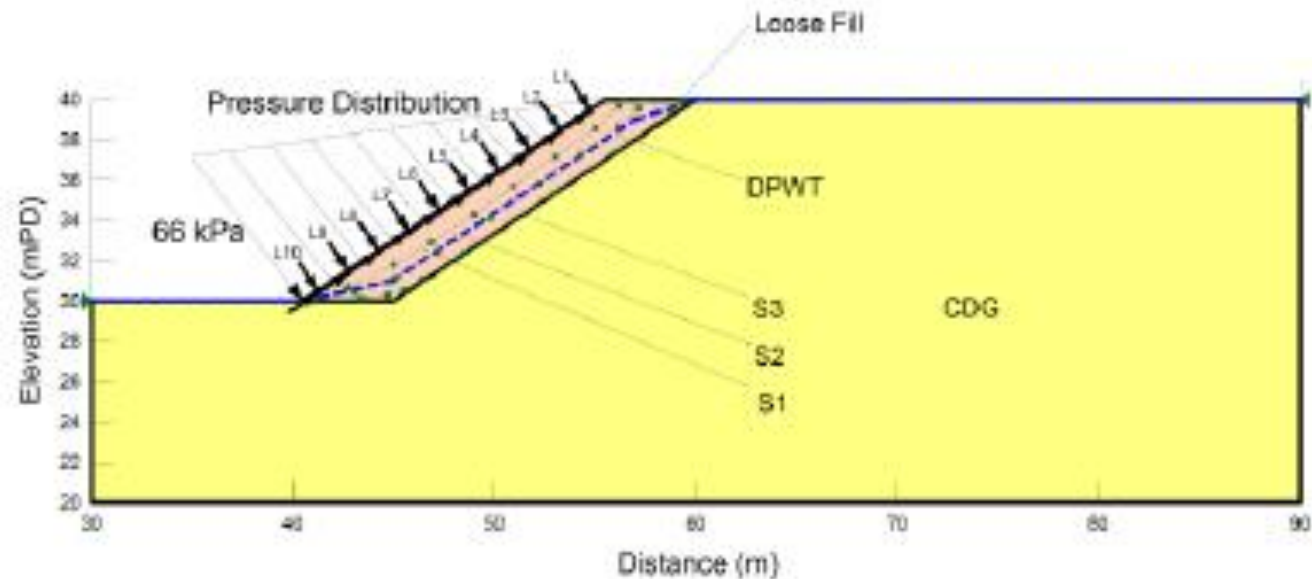
在靜態不排水條件下進行邊坡改善工程的穩定性



在靜態排水條件下進行邊坡改善工程的穩定性

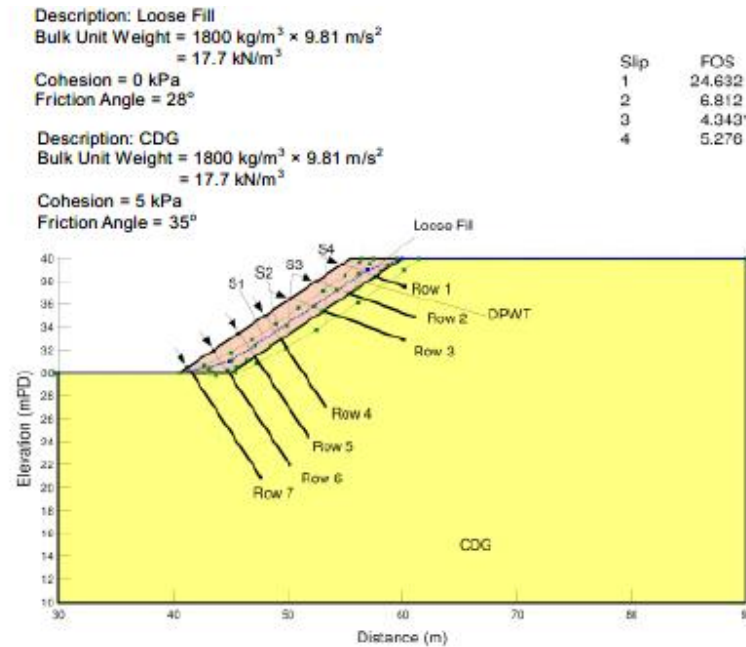
施作實例1(穩定狀態無排水條件)

Line Load Value1: 5.95 kN/m
Line Load Value2: 17.85 kN/m
Line Load Value3: 29.75 kN/m
Line Load Value4: 41.65 kN/m
Line Load Value5: 53.55 kN/m
Line Load Value6: 65.45 kN/m
Line Load Value7: 77.35 kN/m
Line Load Value8: 89.25 kN/m
Line Load Value9: 101.15 kN/m
Line Load Value10: 113.05 kN/m
(Total Required Load = 595 kN/m,
Equivalent Stabilizing Triangular Pressure = 66 kPa
Total Basal Shear Force = 3 kPa x 18.03 m = 54.08 kN/m
Basal Shear Force Acting with Each Line Load along Slope Surface = 5.4 kN/m)

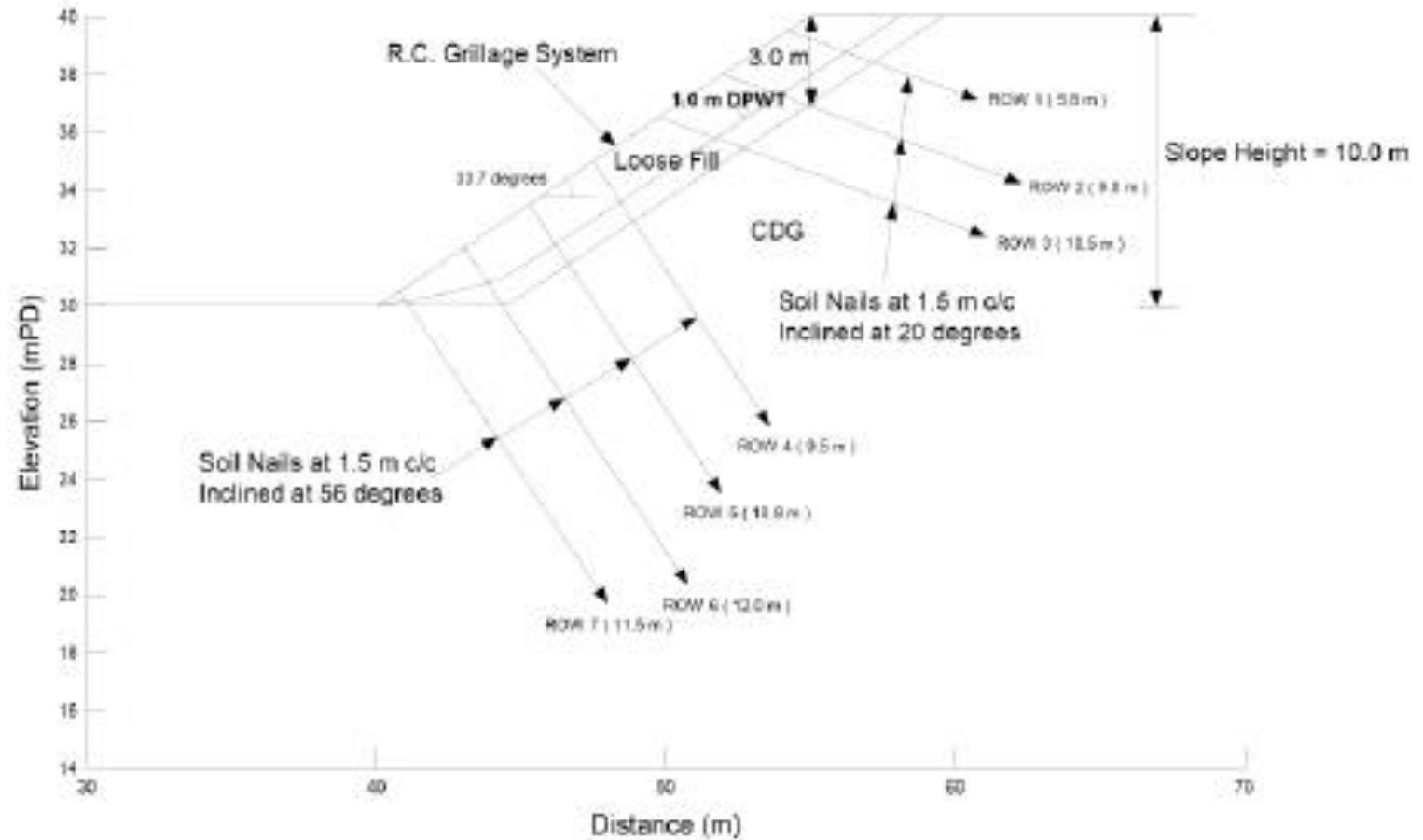




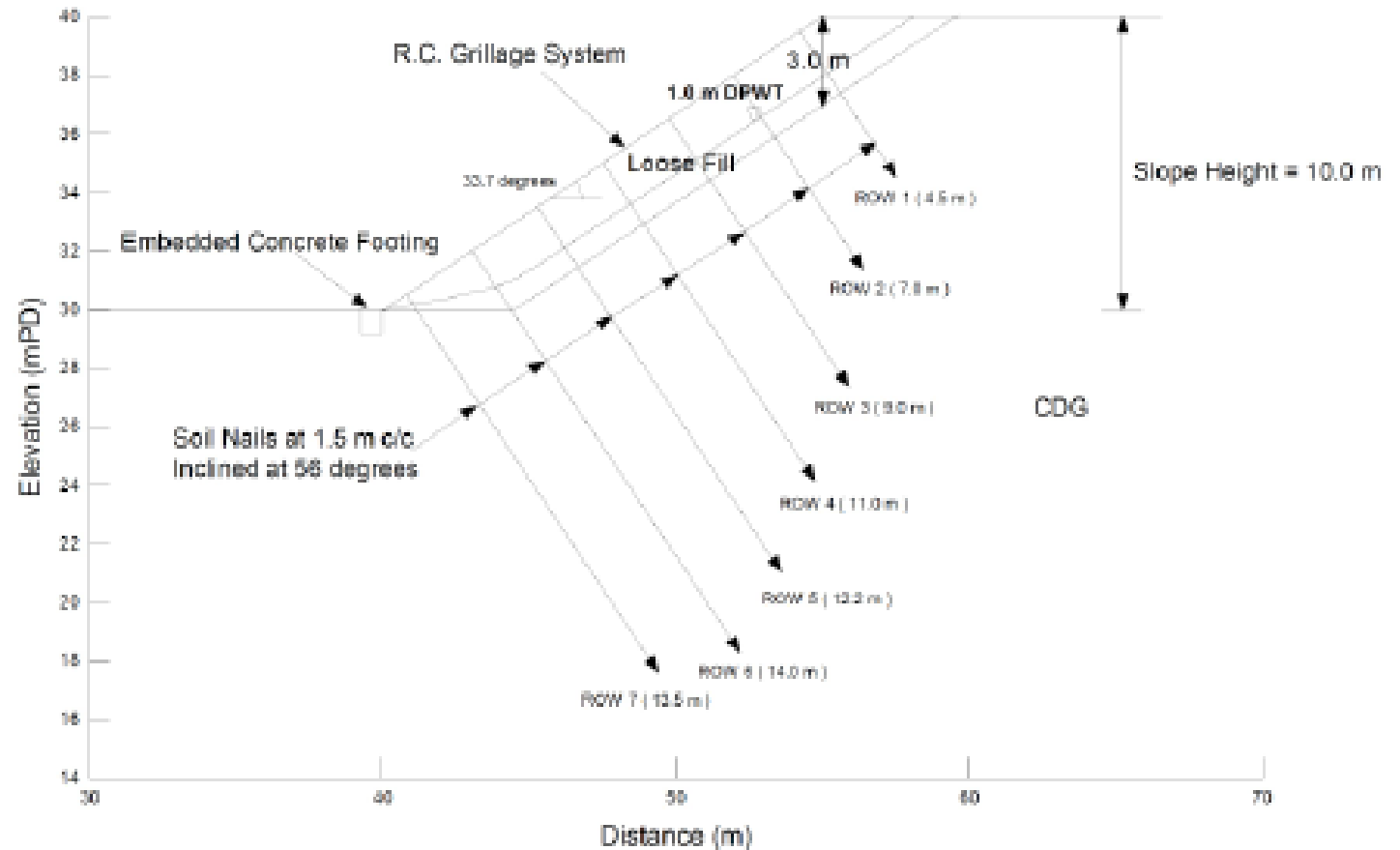
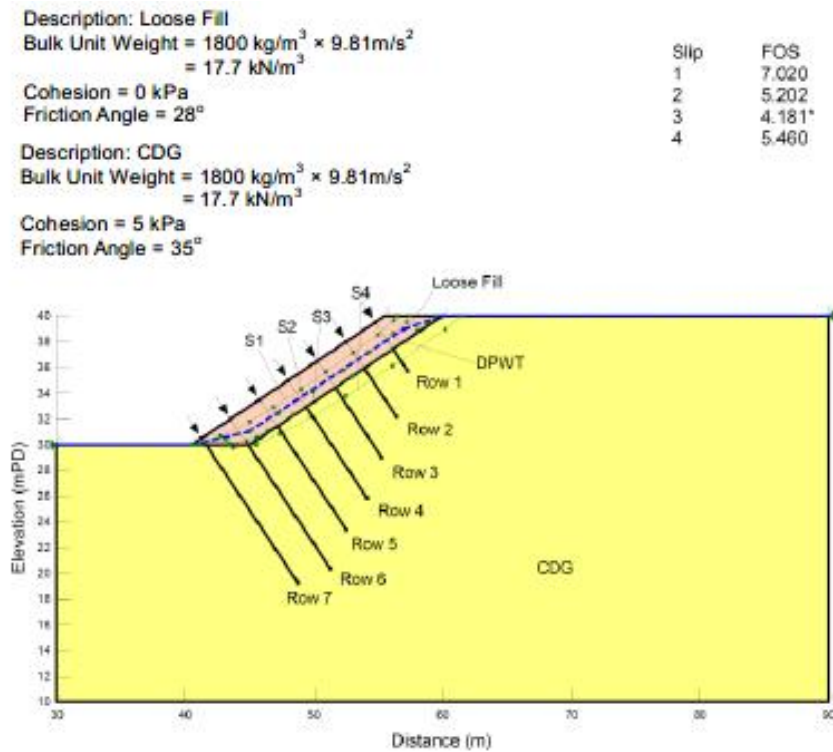
施作實例：案例(混合土釘裝設)



施作實例1(含土釘液化前的排水條件)

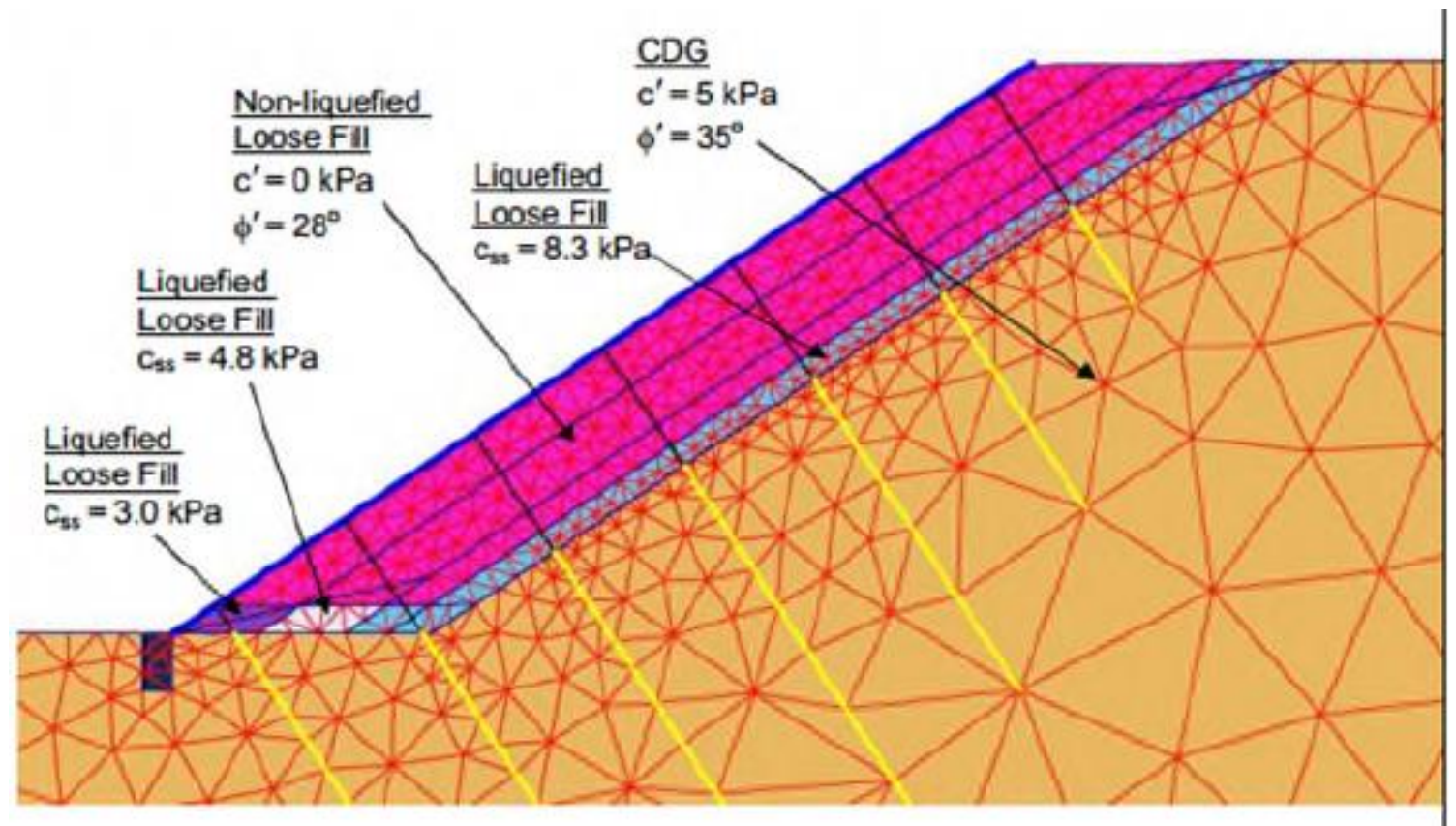
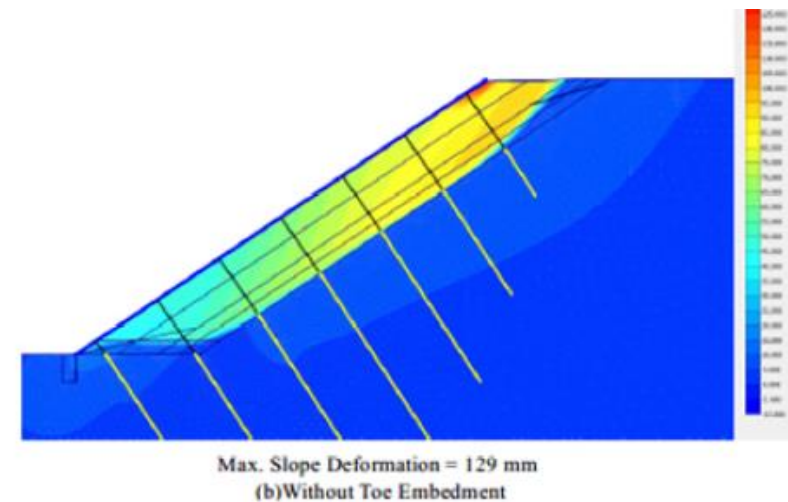
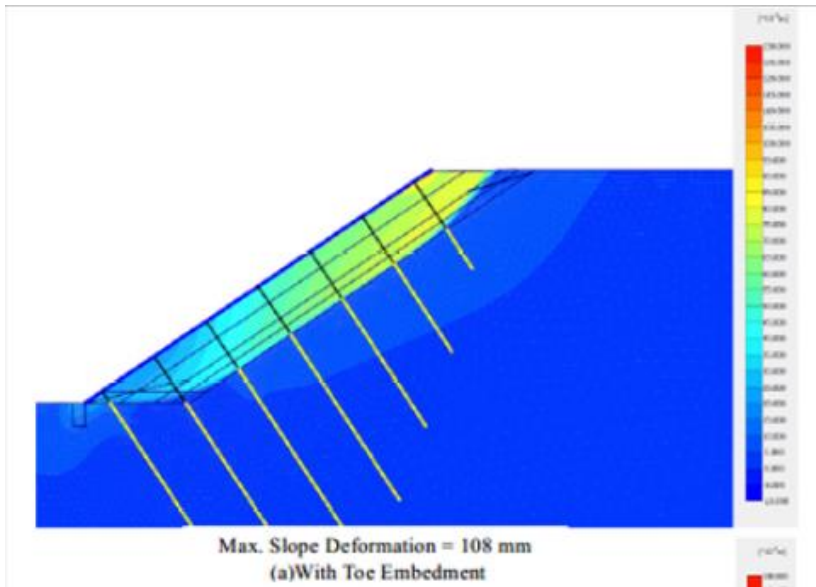


施作實例2(急劇傾斜土釘)



PLAXIS 2D

在數值模型中，鬆散填土和CDG的建模都具有摩爾-庫倫破壞準則彈性-塑性土壤模型

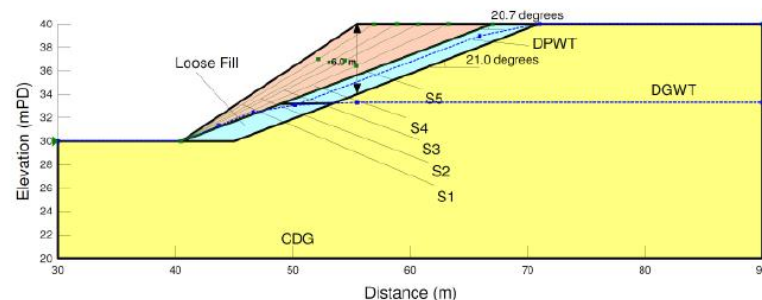




Description: Loose Fill
Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3
Cohesion = 0 kPa
Friction Angle = 28°

Slip	FOS
1	0.869
2	0.975
3	1.075
4	1.211
5	1.400

Description: CDG
Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3
Cohesion = 5 kPa
Friction Angle = 35°



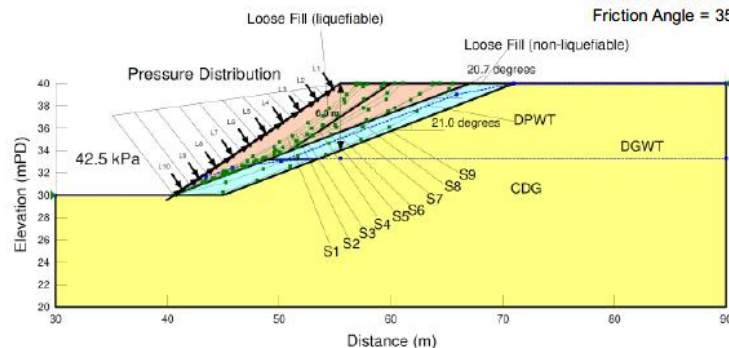
Line Load Value1: 3.83 kN/m
Line Load Value2: 11.49 kN/m
Line Load Value3: 19.16 kN/m
Line Load Value4: 26.82 kN/m
Line Load Value5: 34.48 kN/m
Line Load Value6: 42.15 kN/m
Line Load Value7: 49.81 kN/m
Line Load Value8: 57.47 kN/m
Line Load Value9: 65.13 kN/m
Line Load Value10: 72.80 kN/m
(Total Required Load = 383 kN/m,
Equivalent Stabilizing Triangular Pressure = 42.5 kPa
Total Basal Shear Force = 3 kPa x 18 m = 54 kN/m
Basal Shear Force Acting with Each Line Load along Slope Surface = 5.4 kN/m)

Slip	FOS
1	1.336
2	1.214
3	1.140
4	1.104*
5	1.126
6	1.144
7	2.378
8	1.227
9	2.271

Description: Loose Fill (non-liquefiable)
Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3
Cohesion = 0 kPa
Friction Angle = 28°

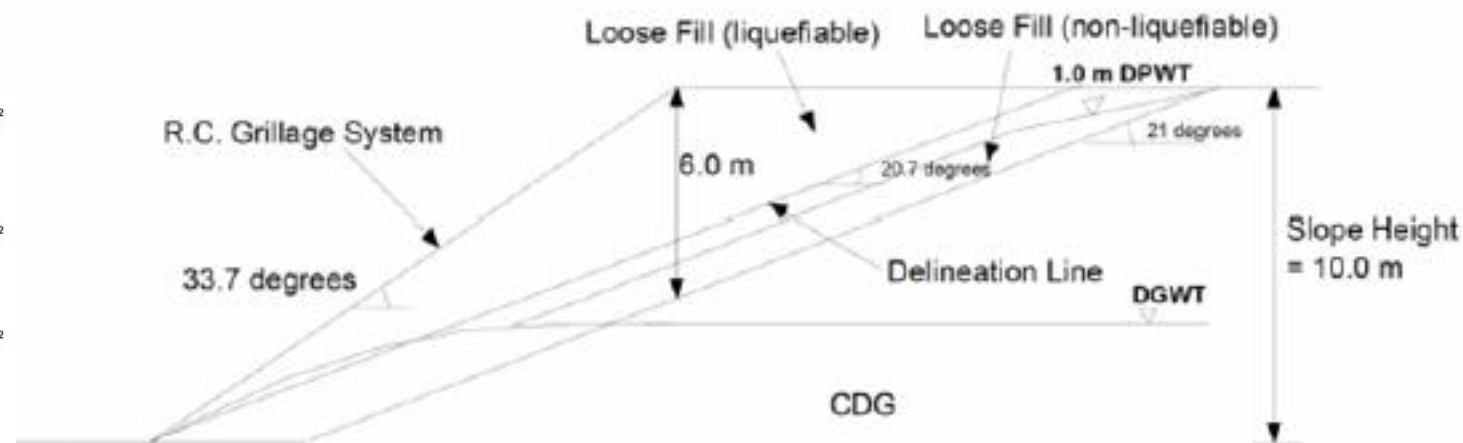
Description: Loose Fill (Liquefiable)
Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3
 $\tau/\sigma'_v = 0.267$

Description: CDG
Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3
Cohesion = 5 kPa
Friction Angle = 35°



邊坡幾何形狀變異 地下水位變異

- 常時地下水位
- 滲流水位





Description: Loose Fill

Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3

Cohesion = 0 kPa

Friction Angle = 28°

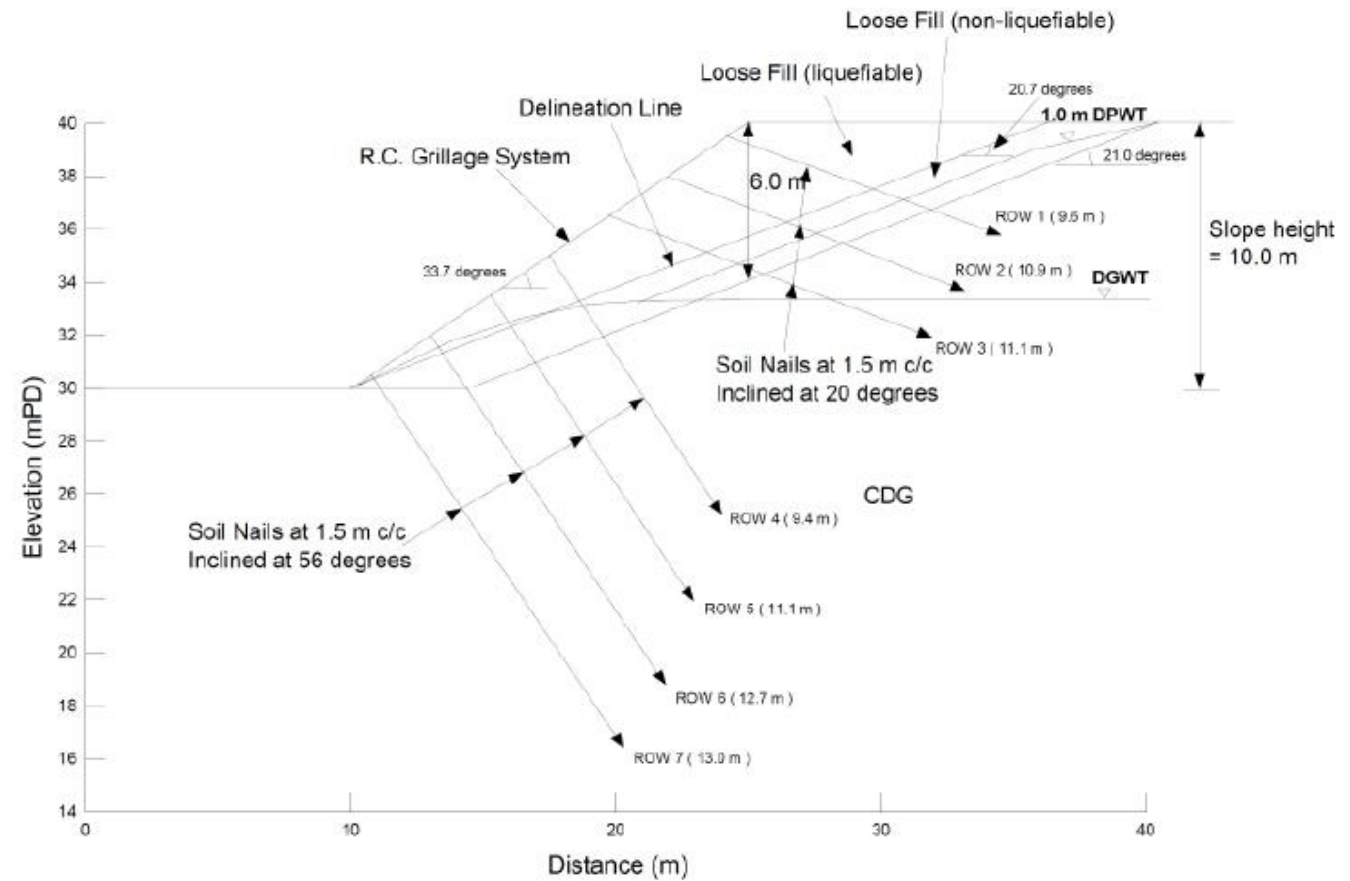
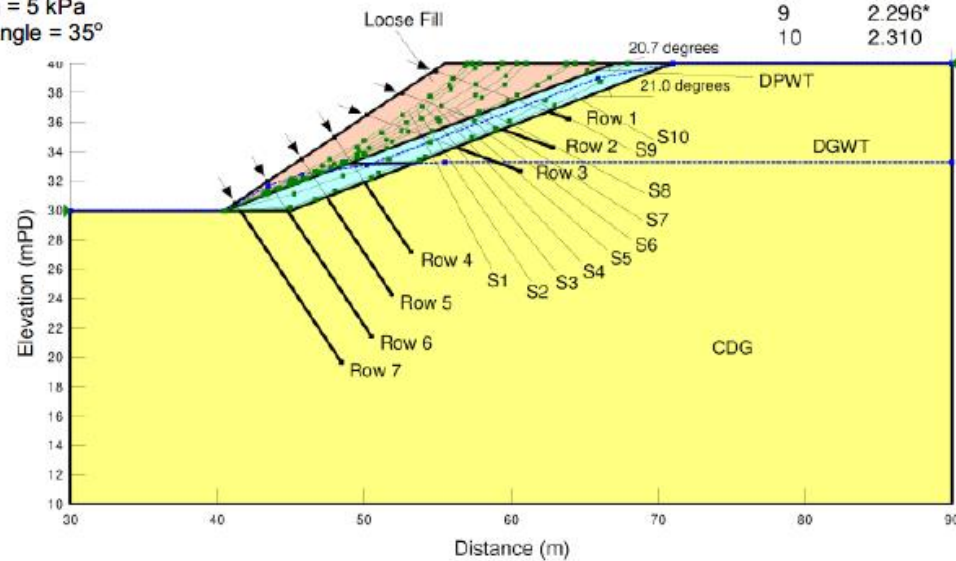
Description: CDG

Bulk Unit Weight = $1800 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$
= 17.7 kN/m^3

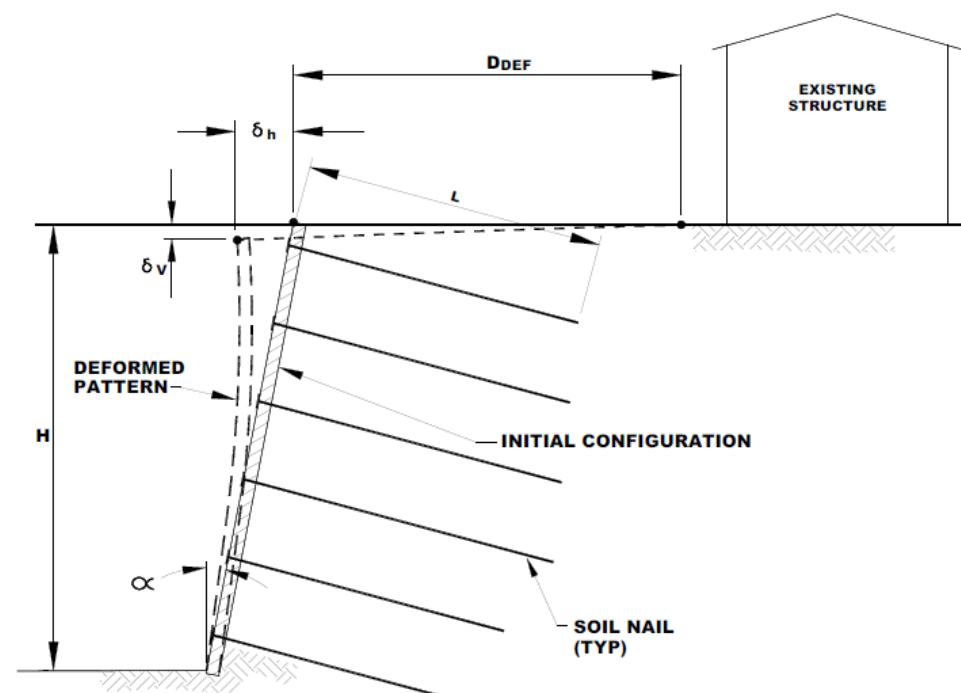
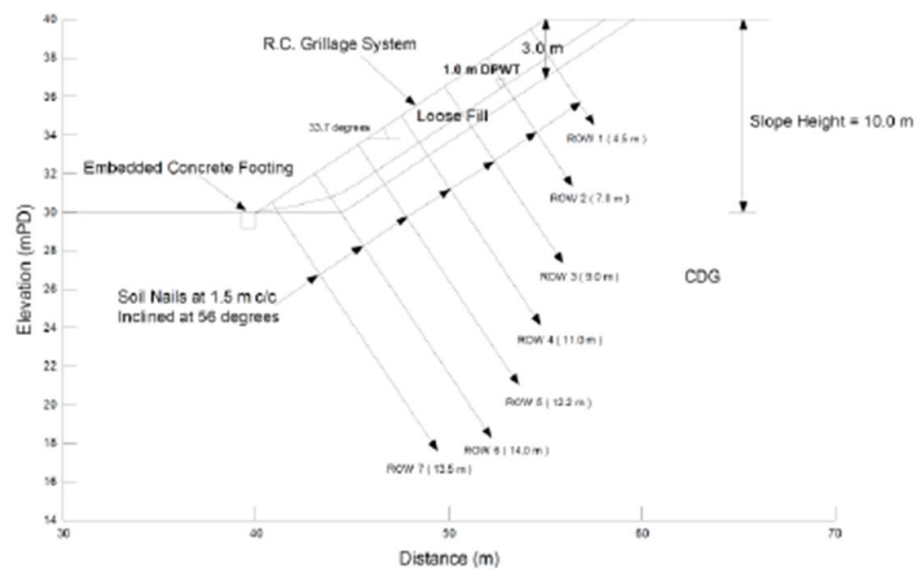
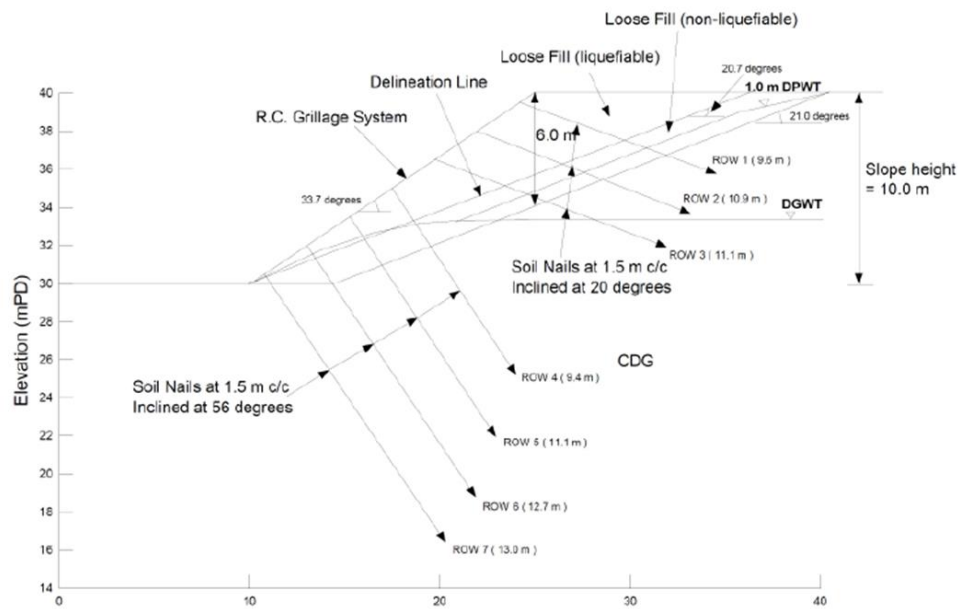
Cohesion = 5 kPa

Friction Angle = 35°

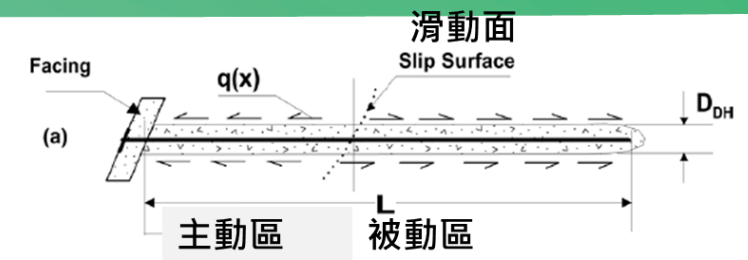
Slip	FOS
1	4.401
2	3.706
3	3.254
4	2.397
5	2.885
6	2.910
7	2.449
8	2.985
9	2.296*
10	2.310



施作實例3(混合土釘裝設)



結論



- 土釘屬於剛性材料，承受張力、剪力及彎矩必須藉由土壤的變形發揮加勁功能，因此土釘與土壤間之互制作用就顯得相當重要。
- 土釘加勁效應的發揮，主要與土釘和土壤間之相對勁度和兩者界面間之摩擦特性，以及土釘結構中之土壤變形有關。
 - 主動區產生下~~滑~~驅~~動~~由滑動塊內土壤與土釘摩擦之束制作用將土釘軸力~~傳遞~~至阻~~抗~~區。
 - 受潛在滑動面兩側土體之剪向相對位移，而發展出作用於土釘上之~~被動~~土~~壓~~力，使得土釘得以發揮剪力與彎矩以抵抗主動區之滑移。



建議-應用的限制

- 土釘不適合使用在軟弱或高潛變的黏土層，因無法提供界面足夠的握裹力，若在粘土層採用土釘加勁工法，則設計長度及密度需提高，故失去經濟效益。

土釘工法適用的地質條件

1. 堅實、低塑性且不具潛變之黏土質沈泥。
2. 視凝聚力小於 5 kN/m^2 ，且自然含水量大於5%之細或中細砂。
3. 具低凝聚力之緊密砂層或礫石層。
4. 殘餘土壤或沒有不利傾向之風化岩層。
5. 地下水位以上。



建議-應用的限制

土釘工法不適用的地質條件

1. 有機土或黏土液性指數大於0.2，及不排水剪力強度低於 50 kN/m^2 之黏土。
2. 標準貫入試驗 N 值低於10，或相對密度小於30%之鬆散潔淨砂。
3. 均勻係數(C_u)低於2 之不良級配礫石或砂(極緊密者除外)。
4. 高膨脹性之土壤。
5. 含水量極高或含有水袋(wet pocket)之地層。
6. 高度破碎且具有開口節理或蝕洞之岩石。
7. 礦渣堆積或具有不利弱面之岩石。

報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署
與您一起打拼