

The top banner features a blue sky background with a drone in the upper right corner. The RTDT logo is prominently displayed in the center, with a stylized network diagram behind it. Below the logo, the text '技術研究發展小組' and 'Research and Technology Development Team' are written. The bottom of the banner shows a 3D wireframe map of a mountain range in red and yellow.

RTDT

技術研究發展小組

Research and Technology Development Team

數值分析軟體PLAXIS 2D介紹

-以大里垃圾掩埋場加勁擋土邊坡破壞為例

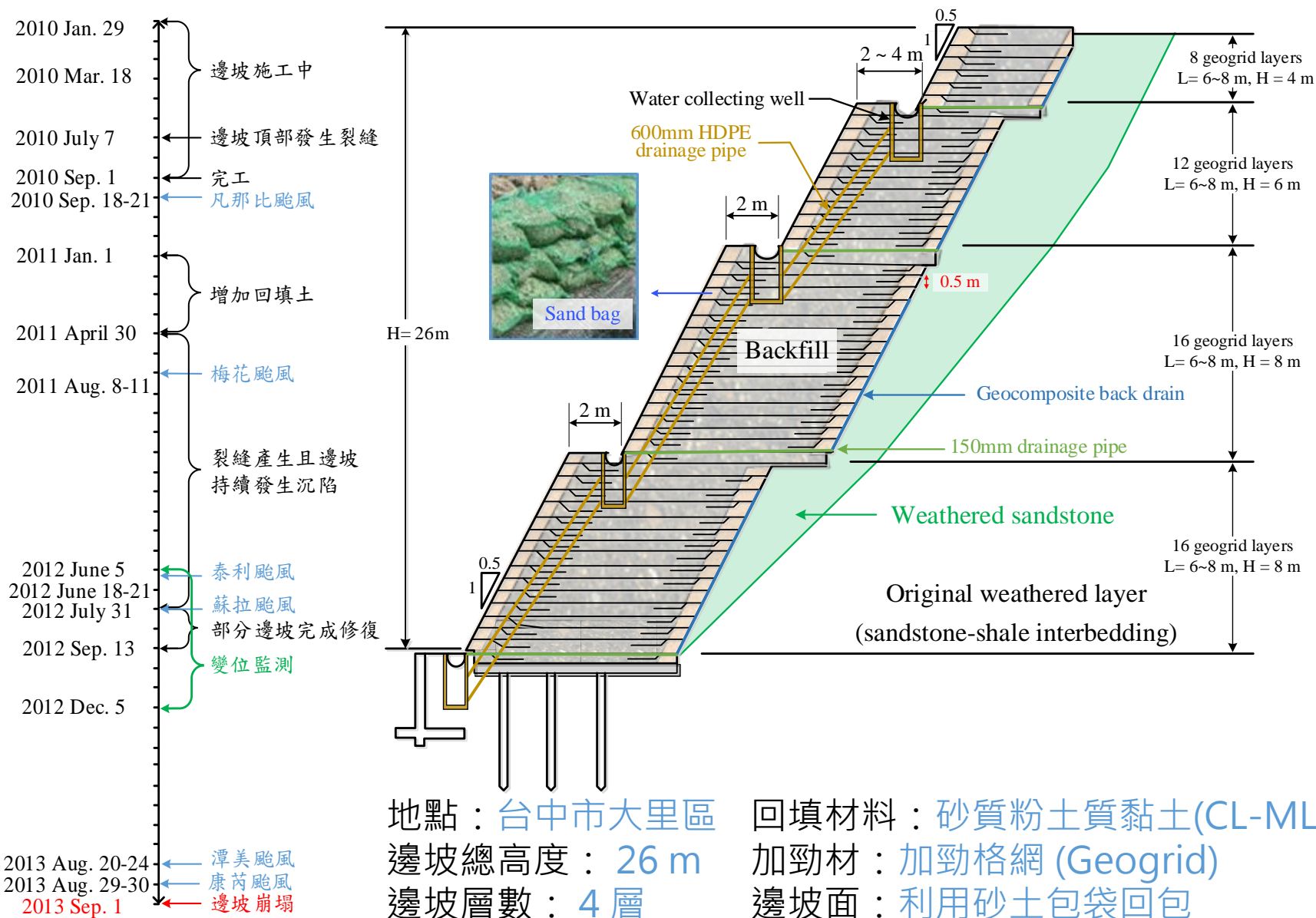
報告者：水保局技研小組 陳均維

2017年12月26日

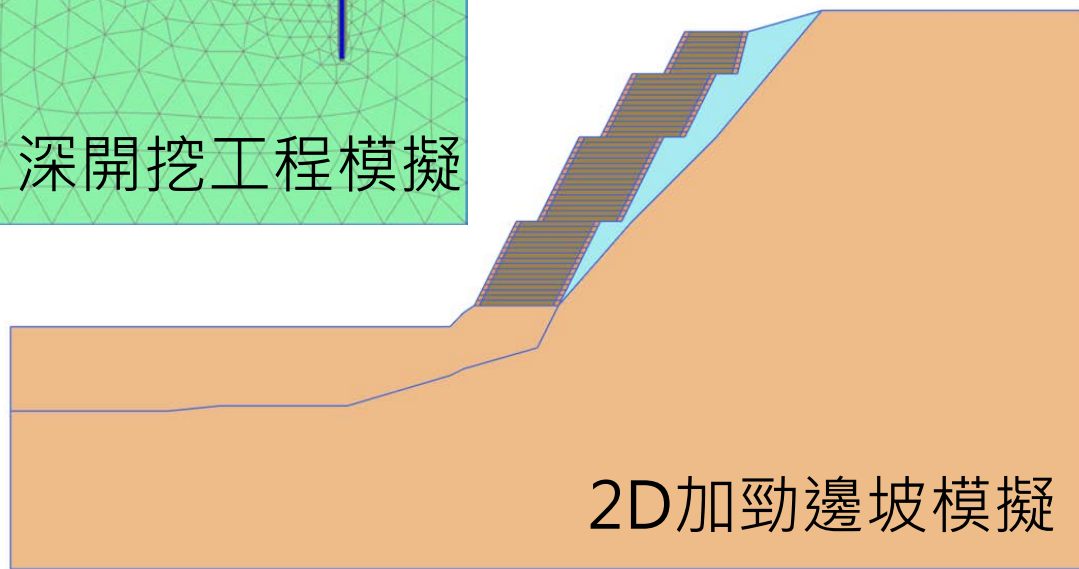
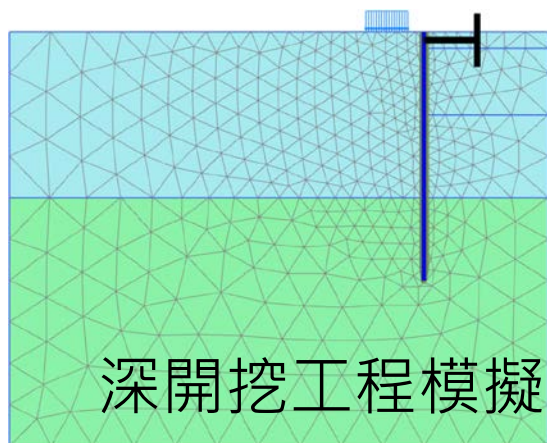
Outline

- 案例介紹
- PLAXIS介紹：基本功能及基礎理論
- 模擬成果：安全係數、變形(位)等等
- 結論

台中市大里垃圾掩埋場加勁邊坡



PLAXIS簡介



- 大地工程模擬分析：邊坡穩定、深開挖工程等
- 利用2D & 3D之有限元素法進行模擬
- 有教學手冊(Tutorial manual)可供練習

模擬流程

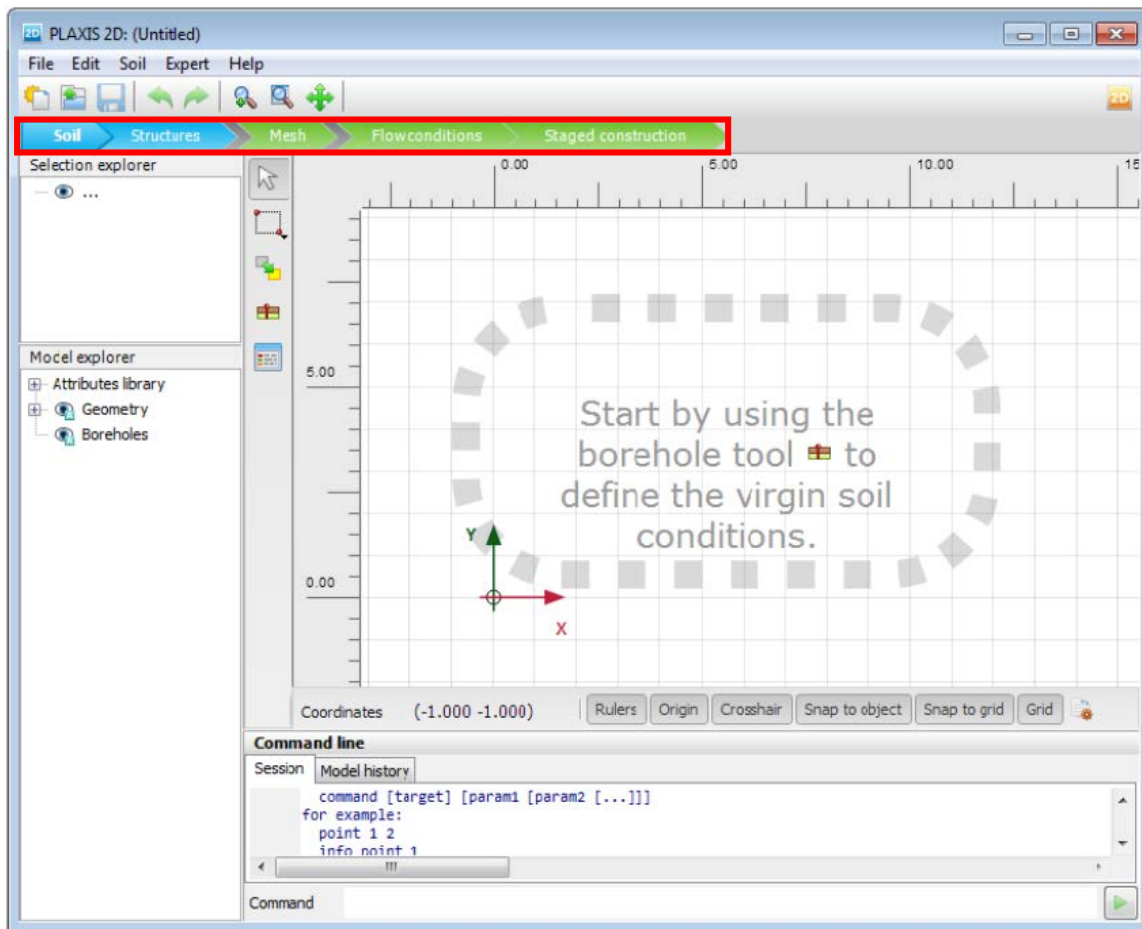
幾何模型建置

結構物建置

網格計算

滲流計算

模擬分析計算



一般性質與界面參數輸入視窗

Soil - Mohr-Coulomb - <NoName>

General Parameters Groundwater Thermal Interfaces Initial **土壤各性質**

一般性質、強度參數、地下水參數、熱學參數、界面參數、初始性質

Material set

Identification: <NoName>

Material model: Mohr-Coulomb **土壤模型**

Drainage type: Drained **排水模式**

Colour: RGB 161, 226, 232

Comments:

General properties

Y_{unsat}: kN/m³ 0.000 **單位重**

Y_{sat}: kN/m³ 0.000

Advanced

Next OK Cancel

General Parameters Groundwater Thermal Interfaces Initial

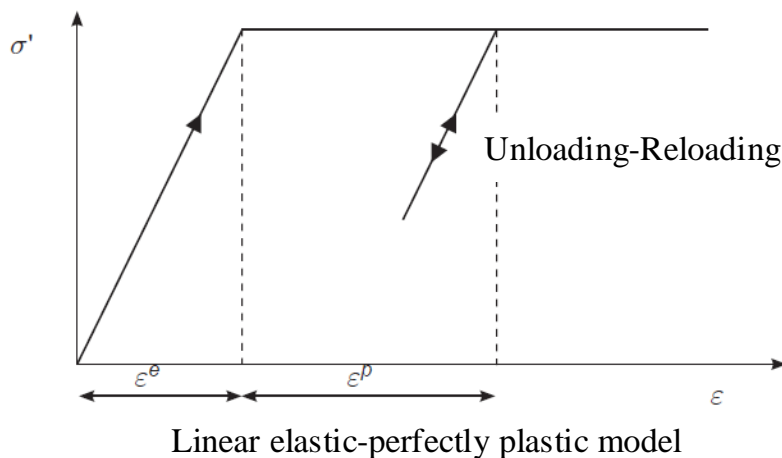
Property	Unit	Value
Strength		
Strength		Rigid
R _{inter}		1.000
Consider gap closure		<input checked="" type="checkbox"/>

1. Linear elastic model (LE)
2. Mohr-Coulomb model (MC)
3. Hardening soil model (HS)
4. Hardening soil model with small-strain stiffness (HSsmall).....

土壤與結構物之表面可更改界面參數 (通常會小於1)

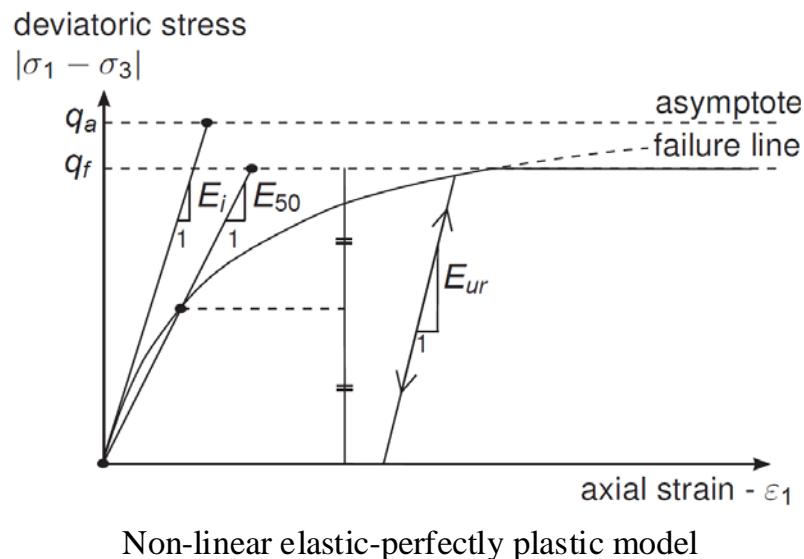
莫爾庫倫模型與硬化土壤模型 (MC model vs HS model)

MC Model



- 理想彈塑性
- 於PLAXIS中只需輸入一種楊氏系數E值
- 較不符合真實土壤狀態

HS Model



- 非線彈性與理想塑性
- 於PLAXIS中需輸入三種楊氏系數E： E_{ref}^{50} 、 E_{ur}^{50} 、 E_{oed}^{50}

排水模式(Drainage type)

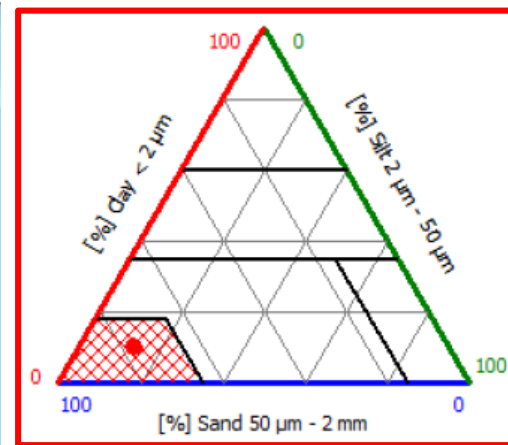
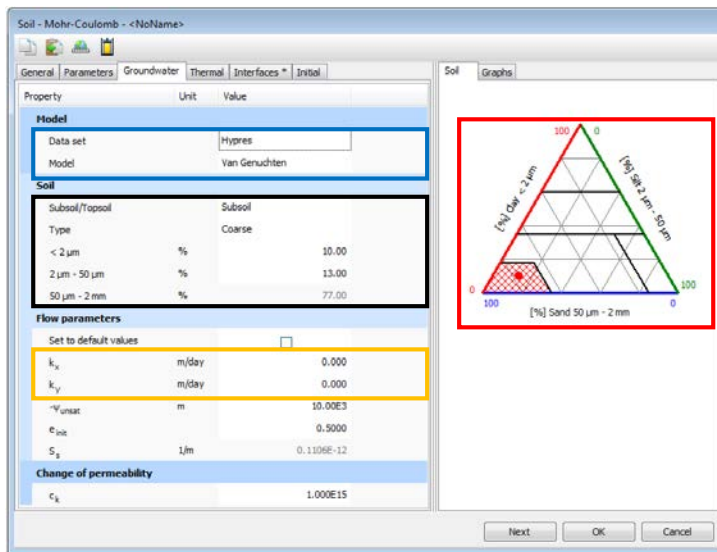
	排水	不排水		
	Drained	Undrained A	Undrained B	Undrained C
C	有效應力	有效應力	總應力	總應力(Su)
ϕ	有效應力	有效應力	總應力	-
E	有效應力	有效應力	有效應力	總應力

不飽和土壤模擬

不飽和土壤模型

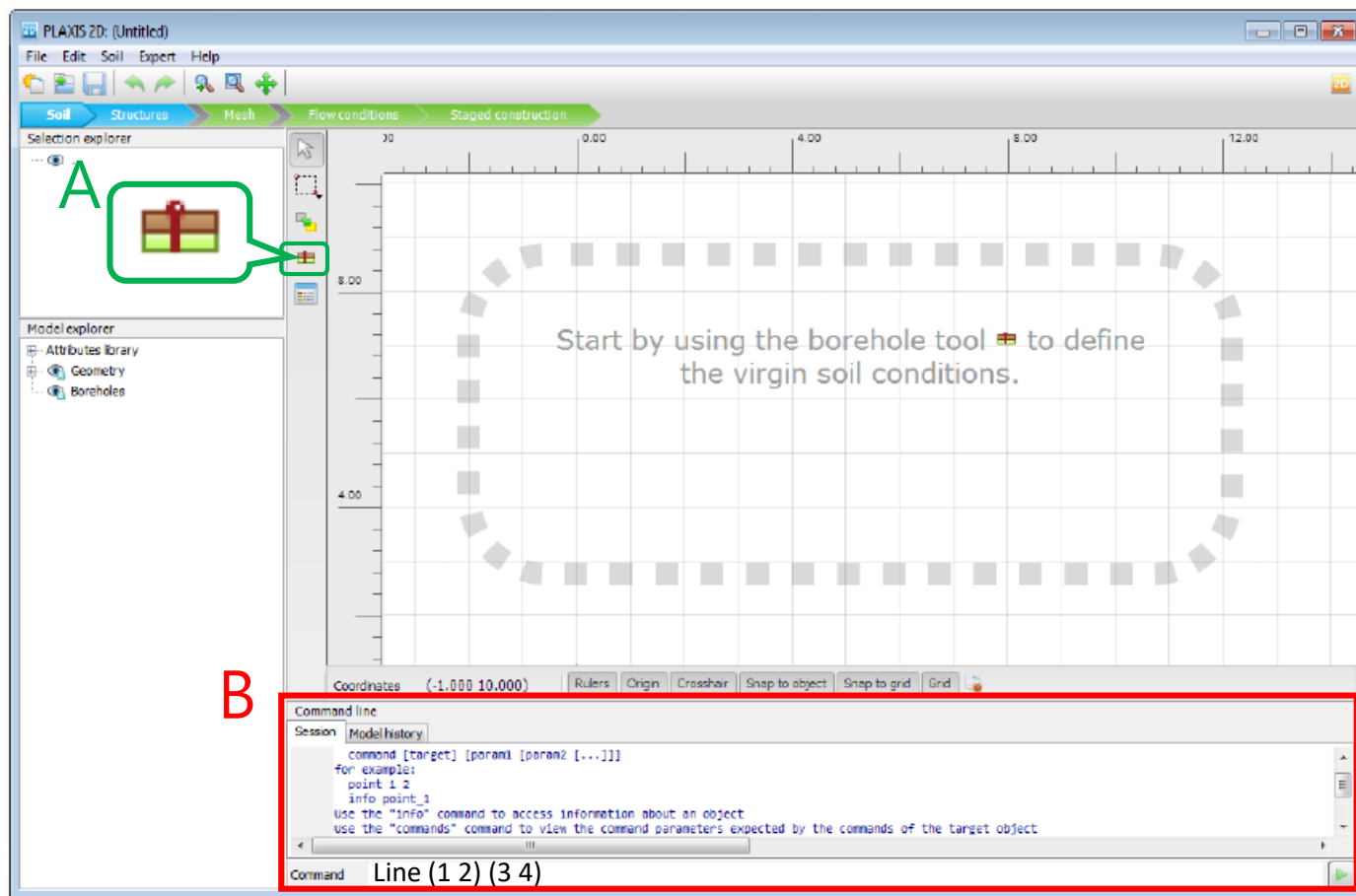
粒徑分布範圍

滲透係數 k_x 、 k_y



USDA土壤分類

邊坡幾何模型建置-1

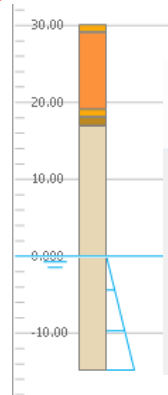
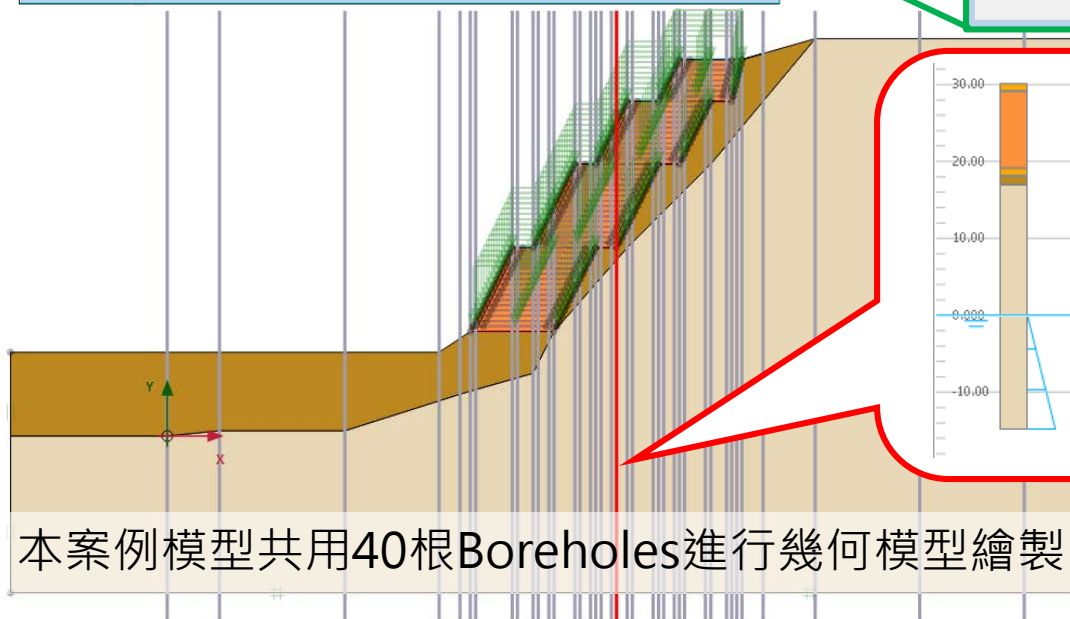
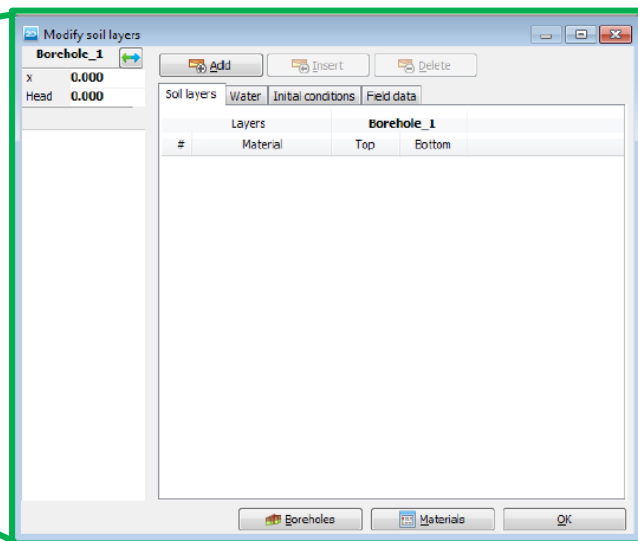
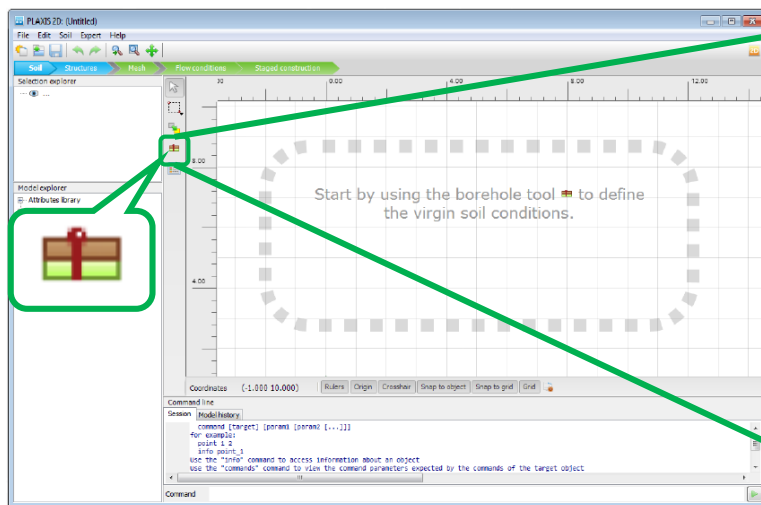


A. 利用Boreholes進行幾何模型建置

B. 於Commands輸入程式碼進行幾何模型繪製

邊坡幾何模型建置-2

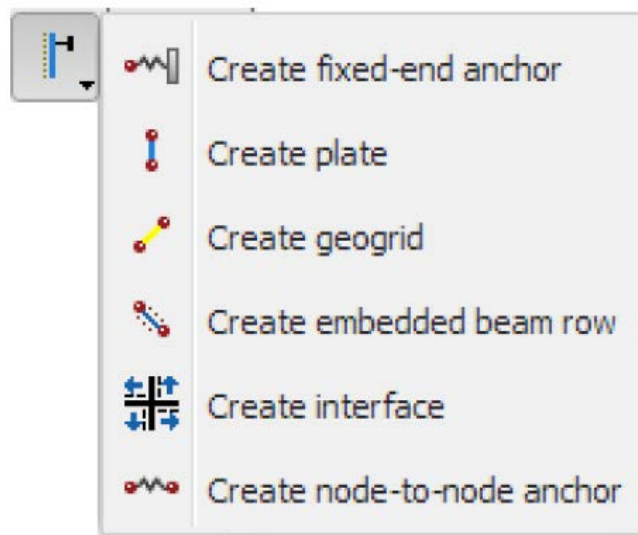
利用Boreholes進行幾何模型建置



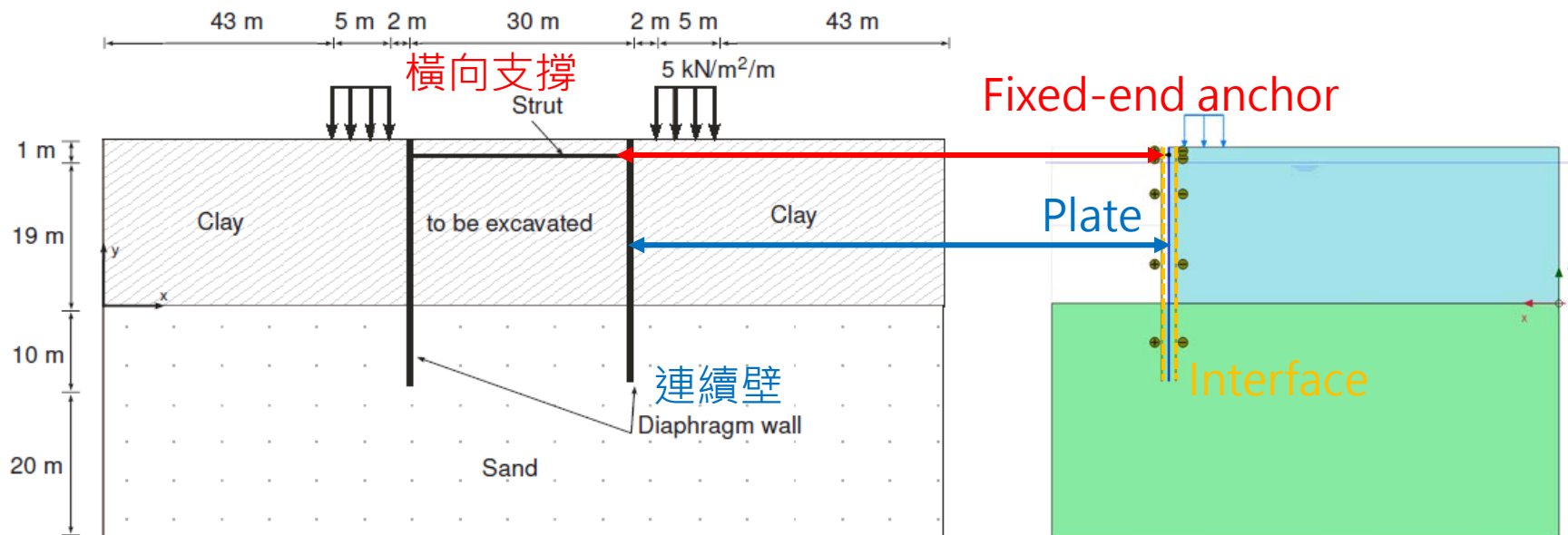
Layers		Borehole_20	
#	Water conditions	P _{top}	P _{bottom}
1	User-defined	50.00	50.00
2	User-defined	50.00	50.00
3	User-defined	50.00	50.00
4	User-defined	50.00	50.00
5	Head	[0]	-150.0

本案例模型共用40根Boreholes進行幾何模型繪製

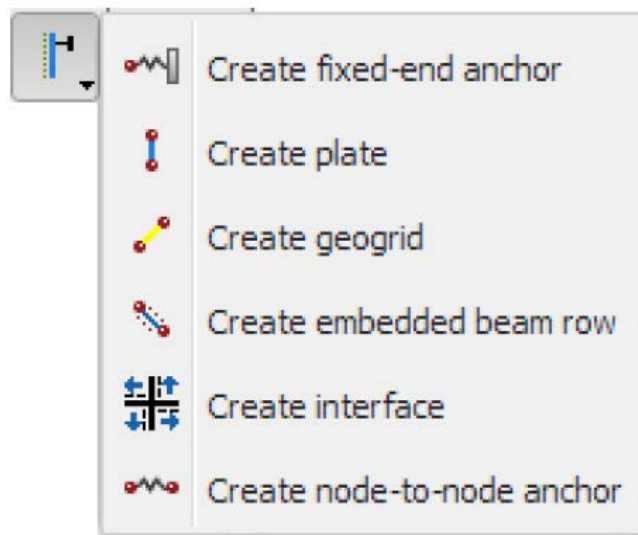
構造物模型 (Structural element)



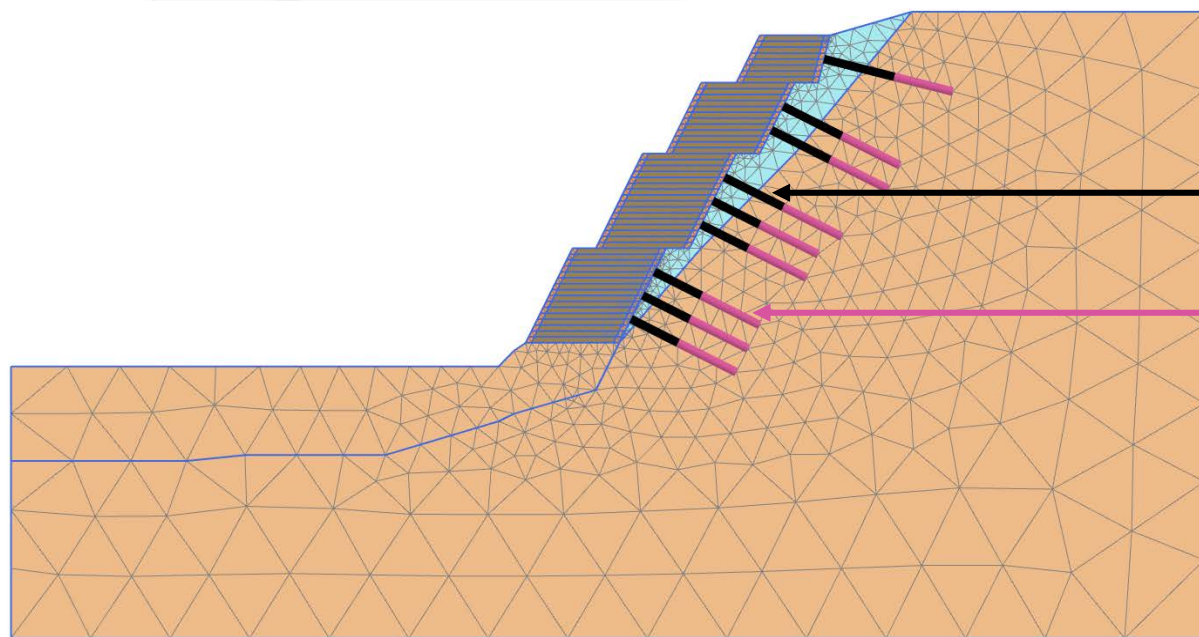
1. 鎖定端地錨
2. 版結構
3. 土工格網
4. 嵌入式樑結構
5. 土壤-結構物之界面
6. 點對點地錨



構造物模型 (Structural element)



1. 鎖定端地錨
2. 版結構
3. 土工格網
4. 嵌入式樑結構
5. 土壤-結構物之界面
6. 點對點地錨

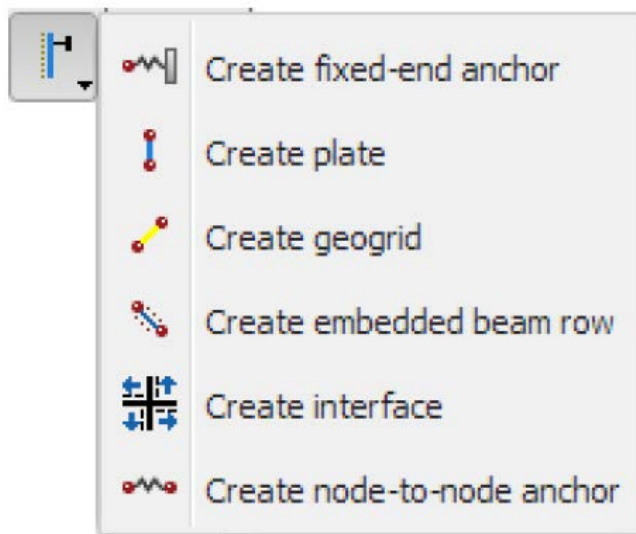


Node-to-node anchor

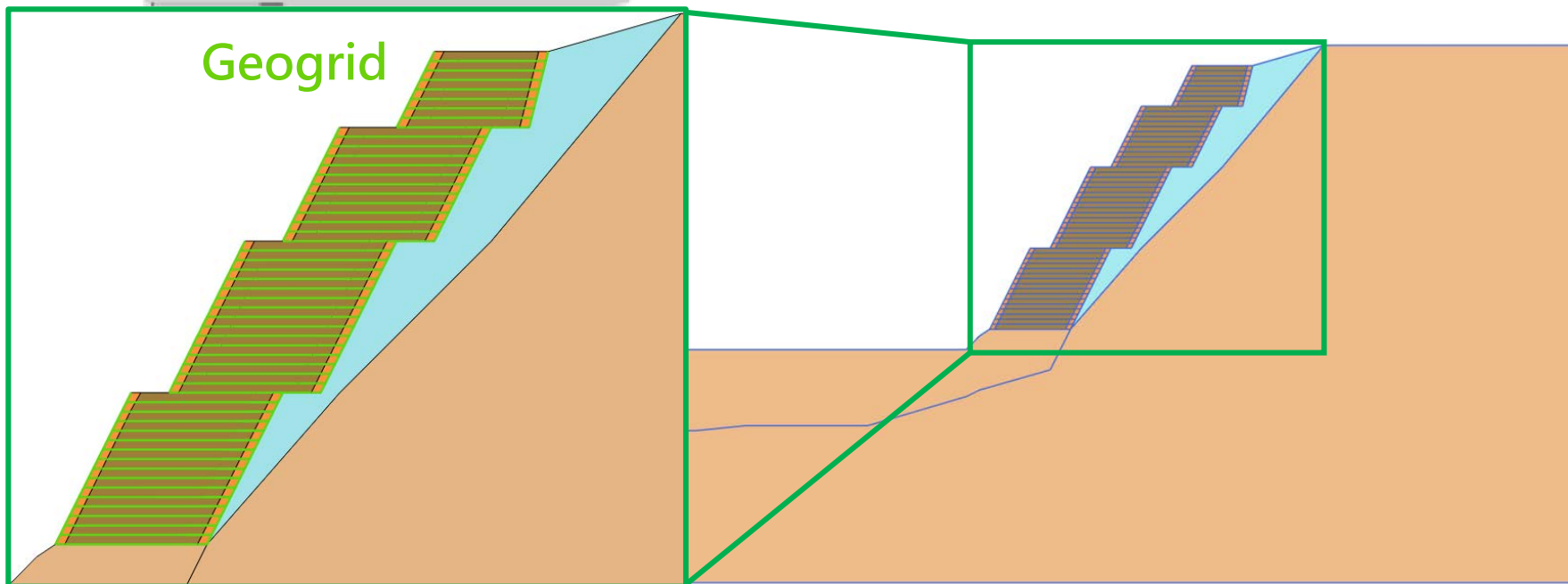
Embedded beam row

※ 嵌入式樑結構除可模擬地錨之錨定端外，亦可進行土釘之模擬。

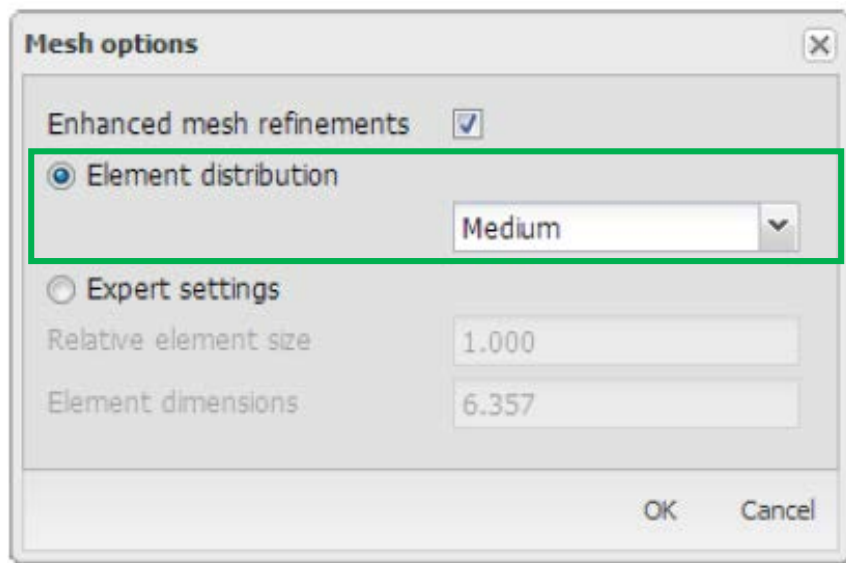
構造物模型(Structural element)



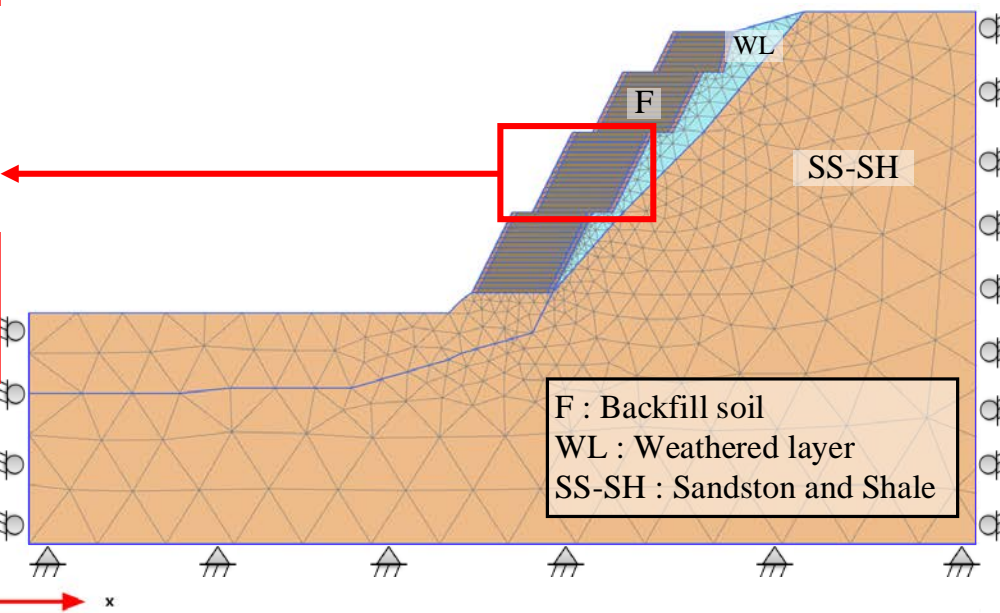
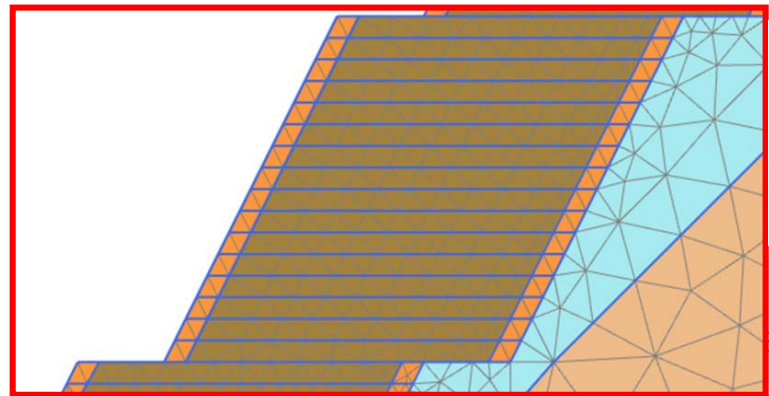
1. 鎖定端地錨
2. 版結構
3. 土工格網
4. 嵌入式樑結構
5. 土壤-結構物之界面
6. 點對點地錨



網格建立與計算(Meshing)



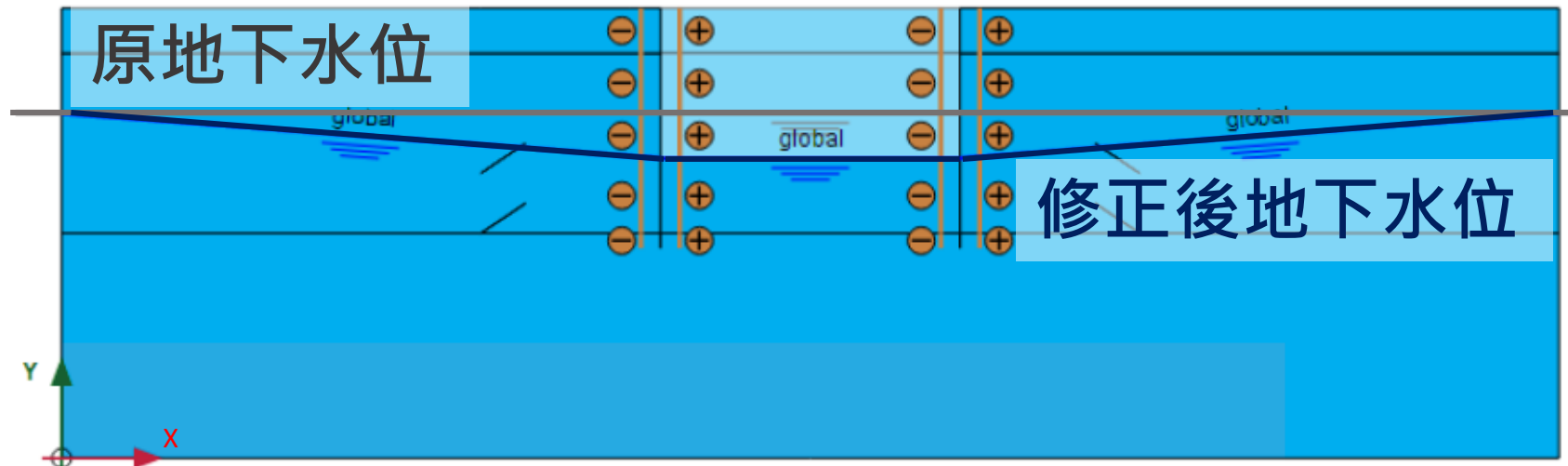
網格	大小	數量
Very coarse	大	少
Coarse		
Medium	↓	↓
Fine		
Very fine	小	多



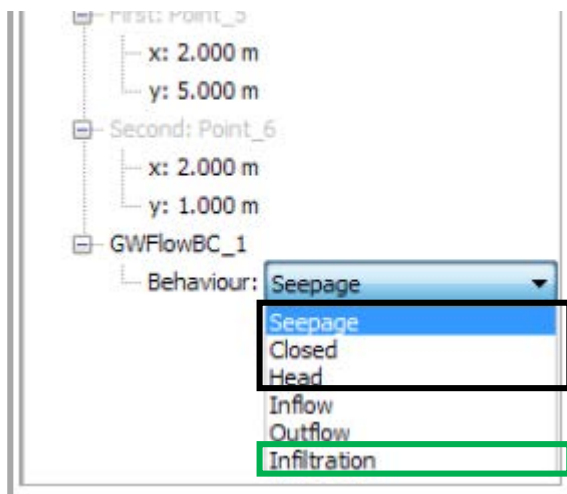
網格局部調整
(利用Coarseness factor)



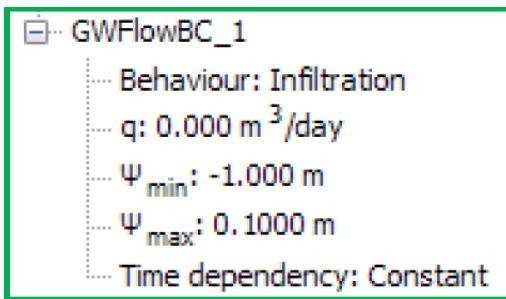
滲流計算階段 (Flow condition)



水力邊界條件








1. Seepage : 可自由進出
2. Closed : 完全不透水
3. Head : 與原設定水頭高相同

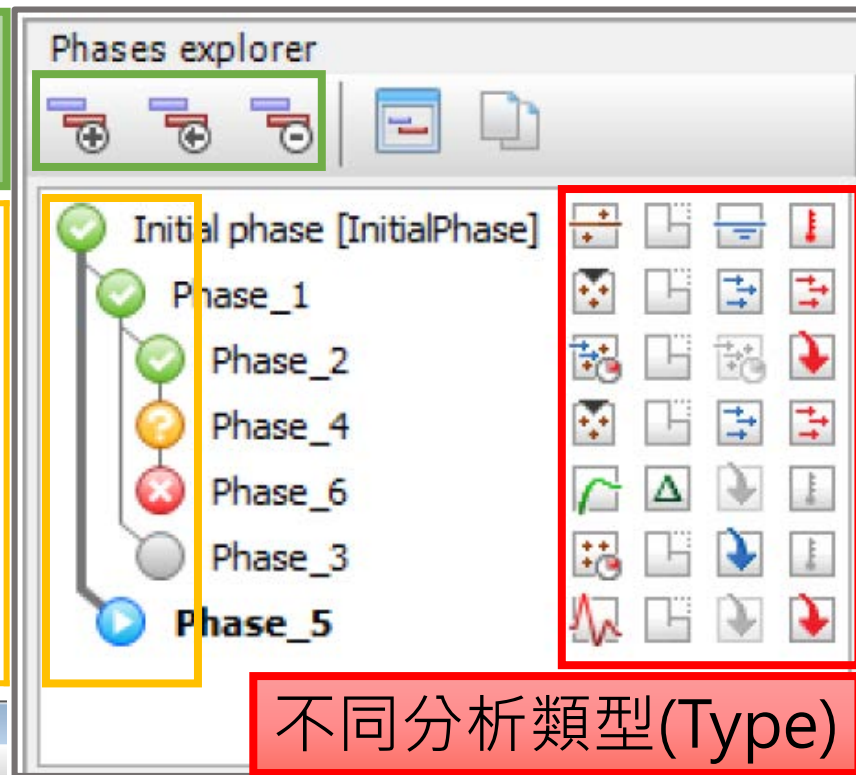


4. Infiltration : 利用真實雨量資料模擬降雨入滲行為

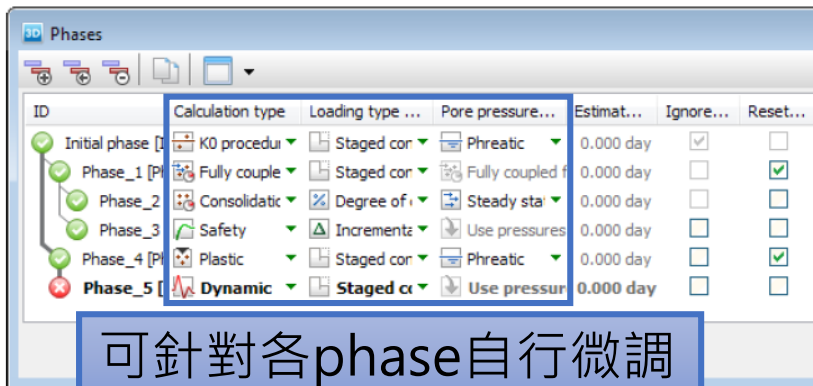
分析計算階段 (Staged construction)

1.增加phase 2.移動phase
3.刪除phase

-  : 需計算
-  : 不需計算
-  : 計算已完成
-  : 計算未完成(有成果)
-  : 計算未完成(失敗)








不同分析類型(Type)

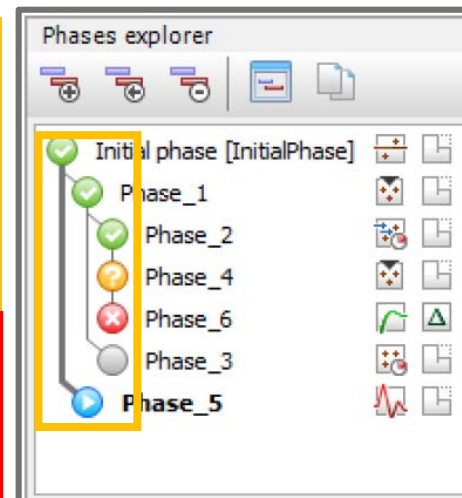


可針對各phase自行微調

- 1.Initial phase
- 2.Plastic calculation
- 3.Consolidation calculation
- 4.Fully coupled flow-deformation analysis
- 5.Dynamic calculation
- 6.Safety calculation (phi/c reduction)

計算結果

-  : 需計算
-  : 不需計算
-  : 計算已完成
-  : 計算未完成(有成果，但結果不可靠)
-  : 計算未完成(失敗)



Error code : 可了解該如何進行更改

Errors		
0	OK.	Calculation succeeded and converged
1, 8, 9	Stiffness matrix too big for reserved RAM memory	Decrease model size or use 64 bit kernel. If the problem persists, install more RAM in your computer
2, ..., 7	Problem too big for reserved RAM memory	Decrease model size or use 64 bit kernel. If the problem persists, install more RAM in your computer
10	Deformation not compatible in STRESBL.	Sometimes in <i>Updated mesh</i> calculations it may happen that elements are turned 'inside out'. Inspect the results. It might help to increase the stiffness in the problem area.

PLAXIS Reference Manual

分析計算類型(Analysis type)

➤ Initial phase :

-  1. K_0 分析(K_0 procedure) : 適用於平行土層
-  2. 自重分析(Gravity loading)

➤ Fully coupled flow-deformation analysis :

 輸入真實雨量資料進行滲流與應力耦合分析

➤ Safety calculation (phi/c reduction) :

 利用phi/c折減法進行安全係數計算

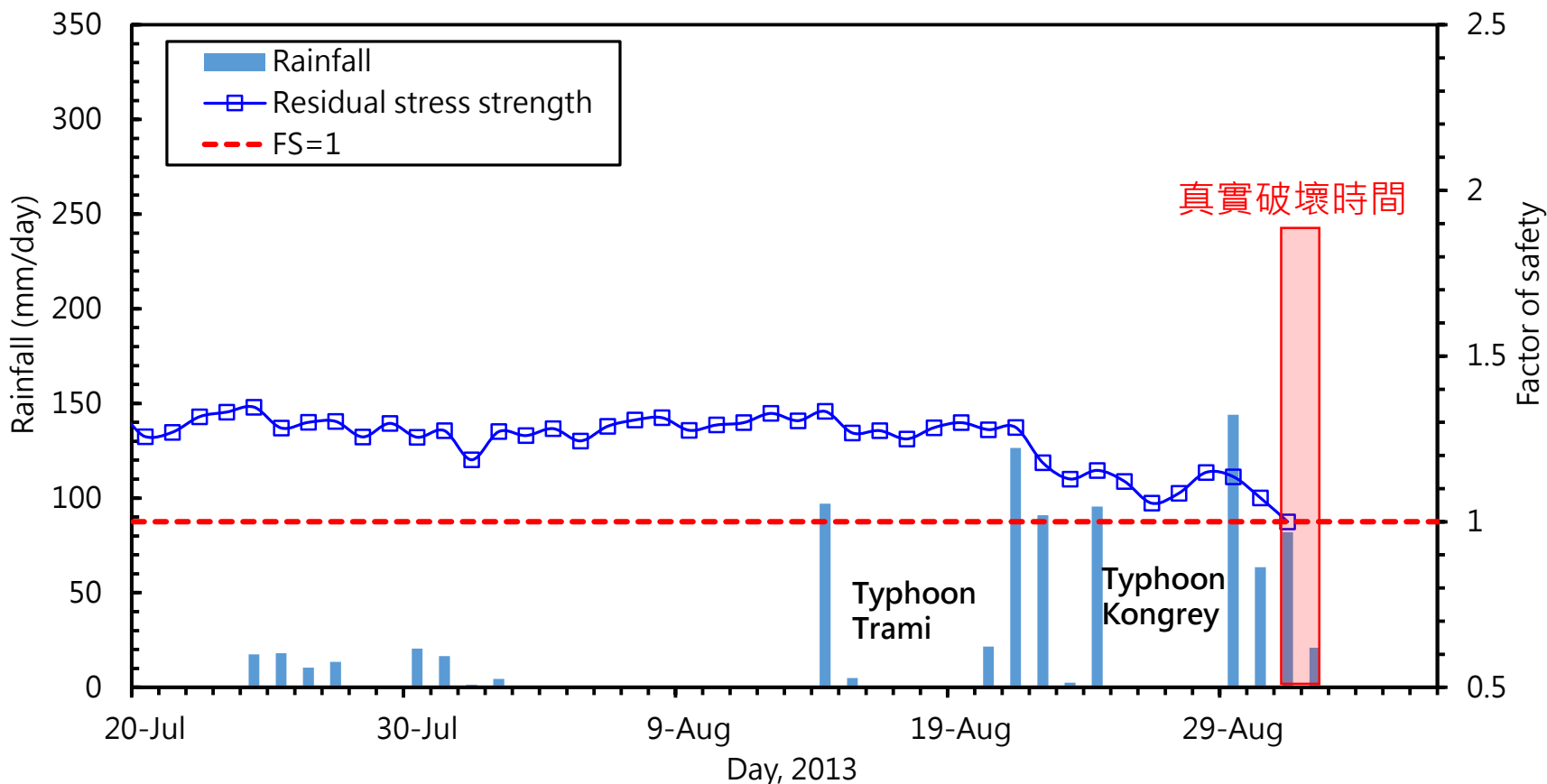
$$FS = \frac{\text{Peak shear strength}}{\text{Required shear strength for equilibrium}}$$

$$FS = \frac{c_{input} + \tan \phi_{input}}{c_{reduced} + \tan \phi_{reduced}}$$

於分析所得之參數

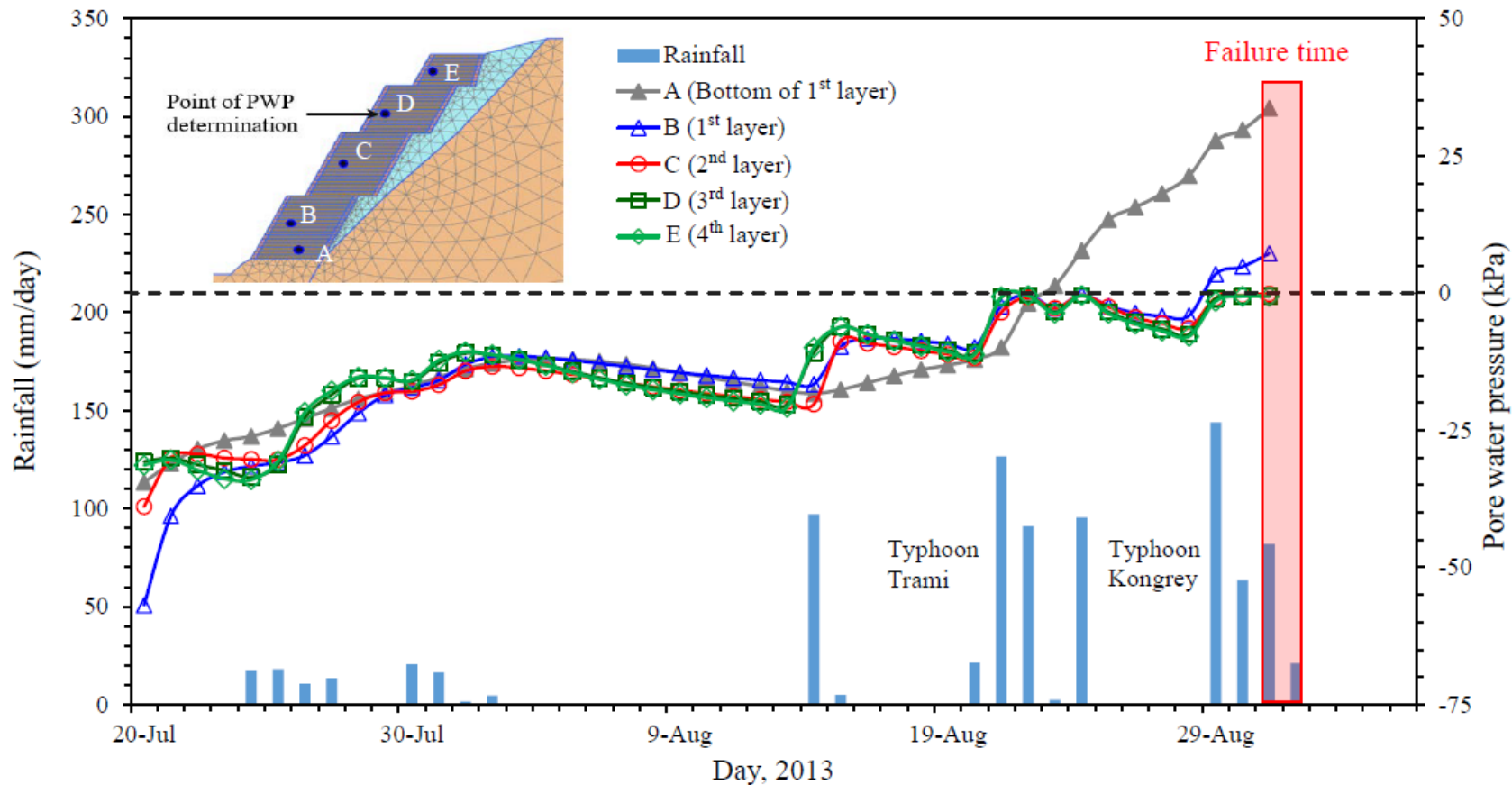
折減至破壞之參數

安全係數與時間關係



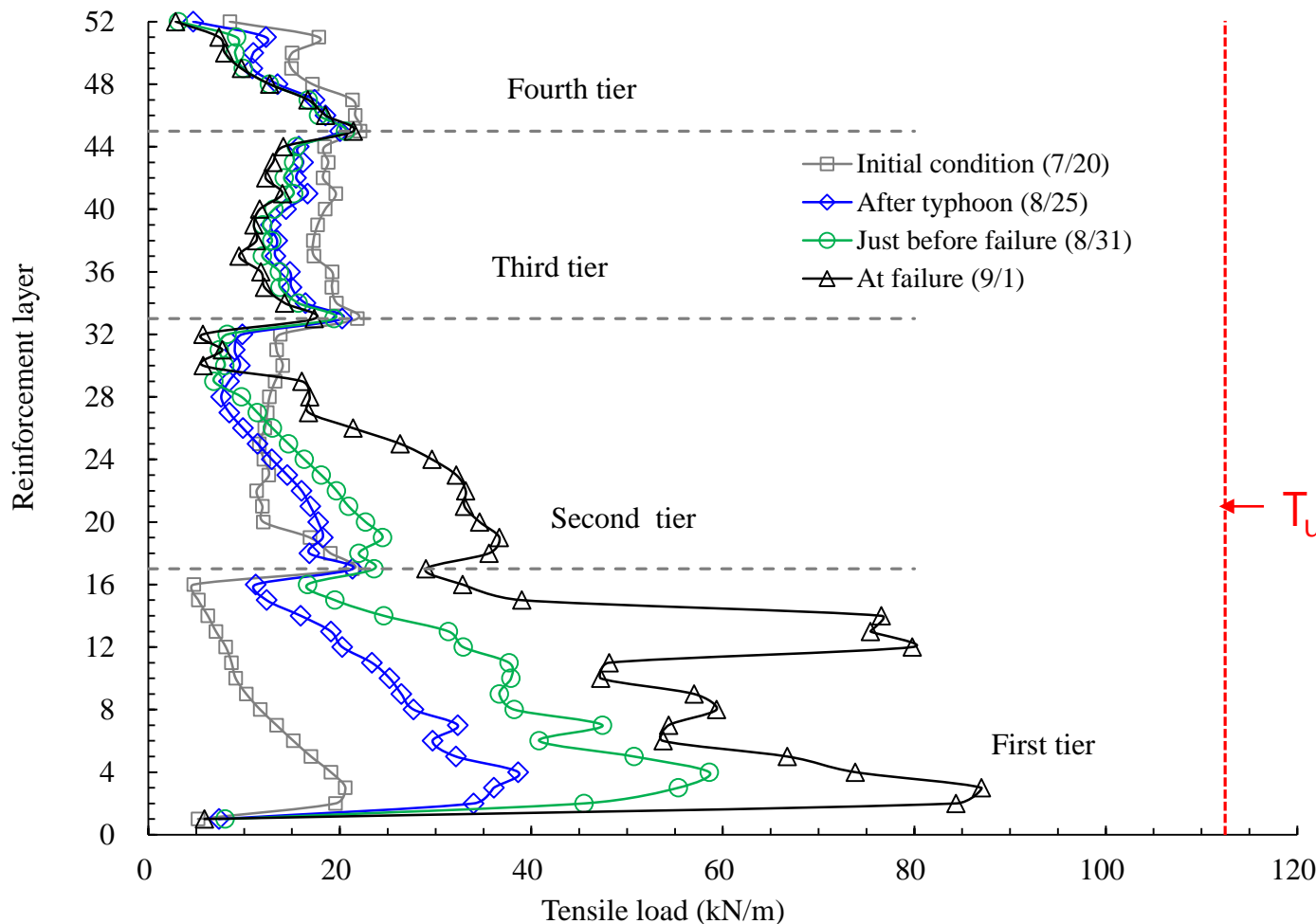
- 安全係數隨著降雨與蒸發變化而改變。
- 經歷兩颱風後導致大量降雨入滲，其安全係數明顯降低。
- 滲流與應力耦合分析數值模型能有效的預測破壞時間。

孔隙水壓變化



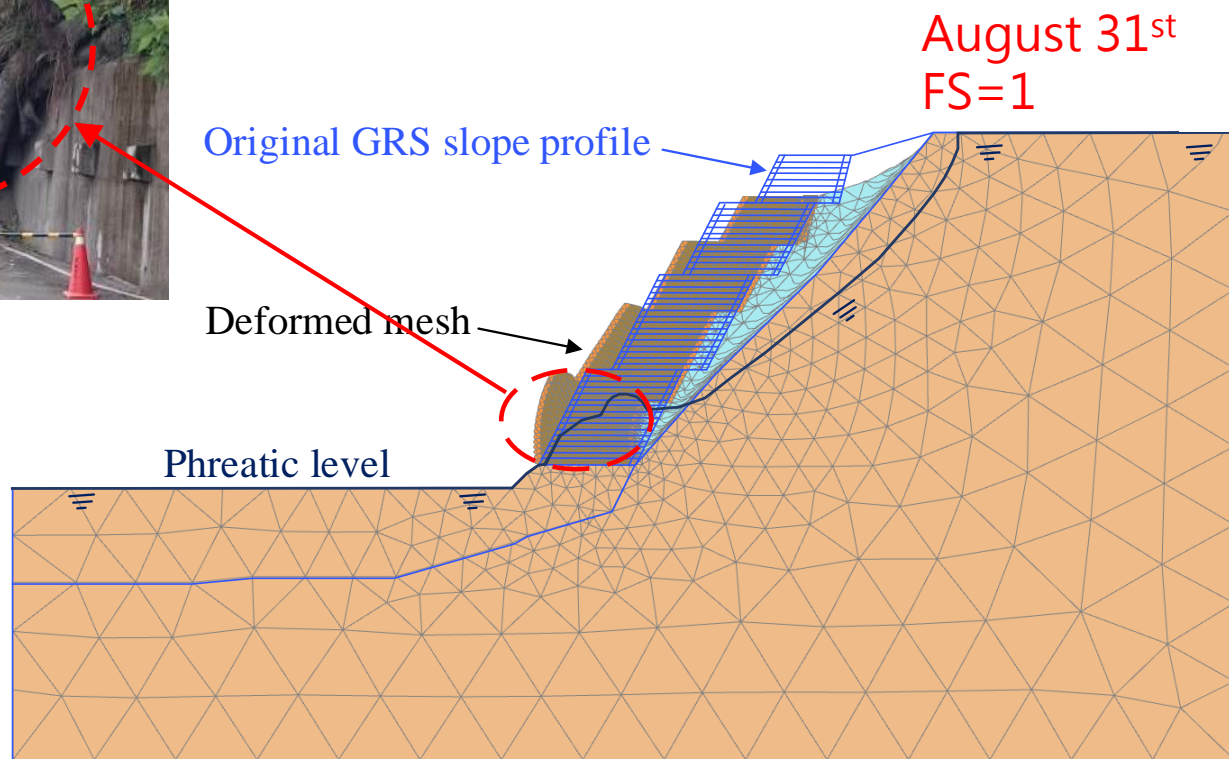
- 當降雨入滲發生時，其孔隙水壓隨之提高，加勁邊坡內土壤都**接近飽和**。
- 最底層土壤之孔隙水壓已**累積為正值**(約為35 kPa)。
※ 飽和狀態下，孔隙水壓為正值。

加勁材張力發展歷程



- 所有加勁材張力值皆小於極限張力值，故內部穩定性屬於安全狀態。

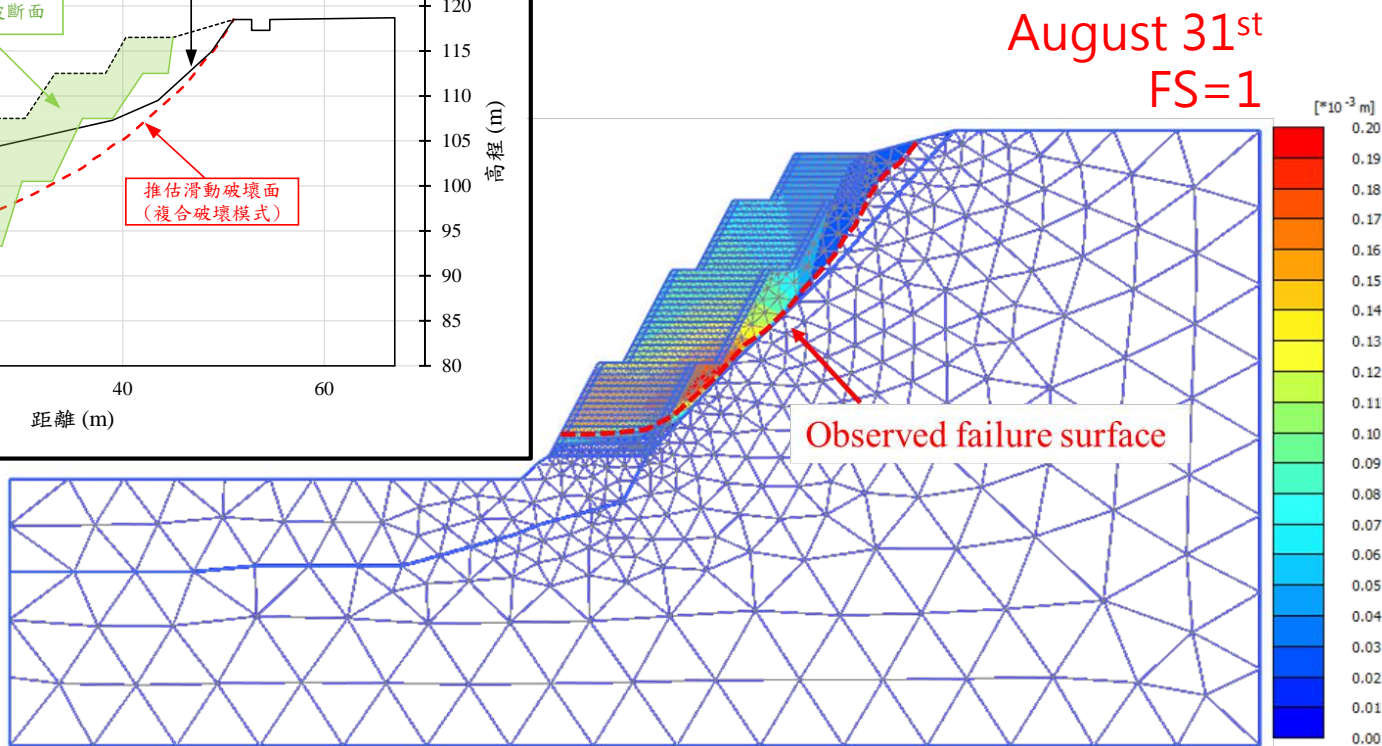
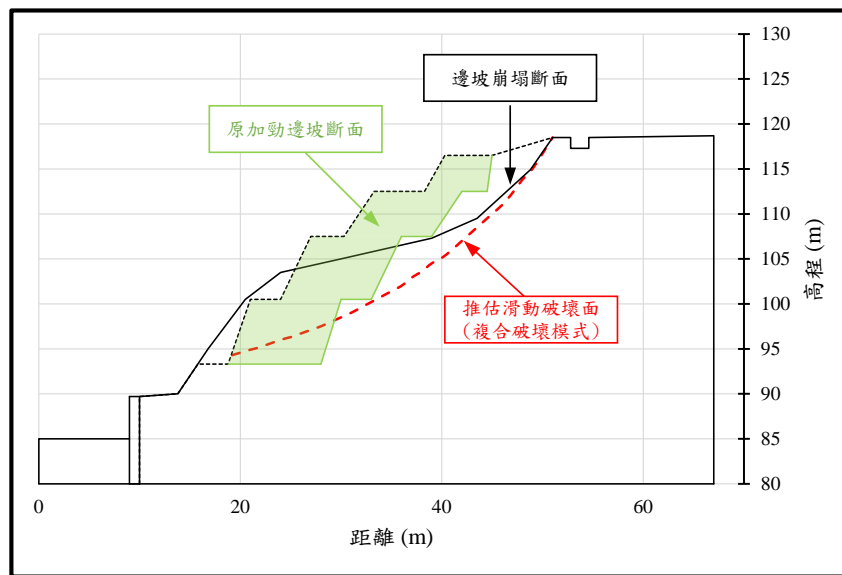
變形(位)驗證



- 利用數值模型預測變位形狀與現地實際破壞狀況吻合。
- 地下水位抬升導致坡底已有滲流流出，與實際狀況相符。

滑動面計算

實際崩塌斷面與推估滑動面



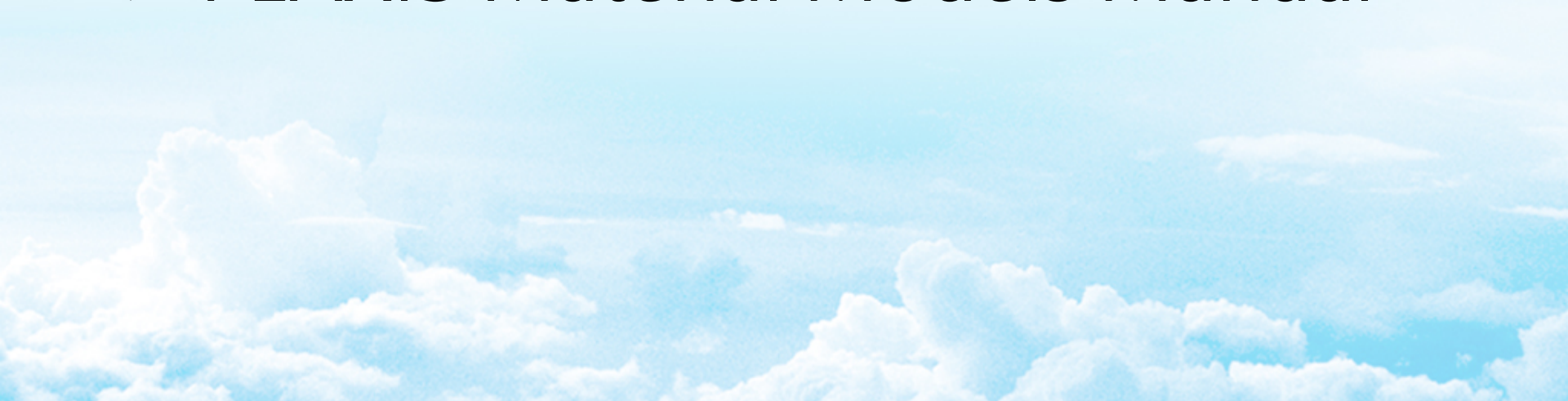
- 此為變位增加量圖，顏色越偏暖色系則變位越大。
- 用數值模型預測之破壞弧位置與現地實際破壞狀況吻合。
- 此加勁邊坡為複合破壞模式：破壞弧一部分穿過加勁邊坡底層；另一部份則切過風化砂岩層。

PLAXIS於邊坡穩定分析之優點

- ✓ 可使用2D或3D進行數值模擬
- ✓ 利用耦合分析能合理預測邊坡破壞時間
- ✓ 合理預測邊坡變形
- ✓ 合理預測滑動面位置
- ✓ 記錄孔隙水壓發展歷程
- ✓ 記錄結構物受力及變形狀態歷程

文獻及圖片來源

- PLAXIS Reference Manual
- PLAXIS Scientific Manual
- PLAXIS Material Models Manual





RTDT

技術研究發展小組

Research and Technology Development Team

Thank you for your attention

水保局技研小組 陳均維

聯絡資訊：jwchen0217@mail.swcb.gov.tw

