GTS NX_標準教學系列

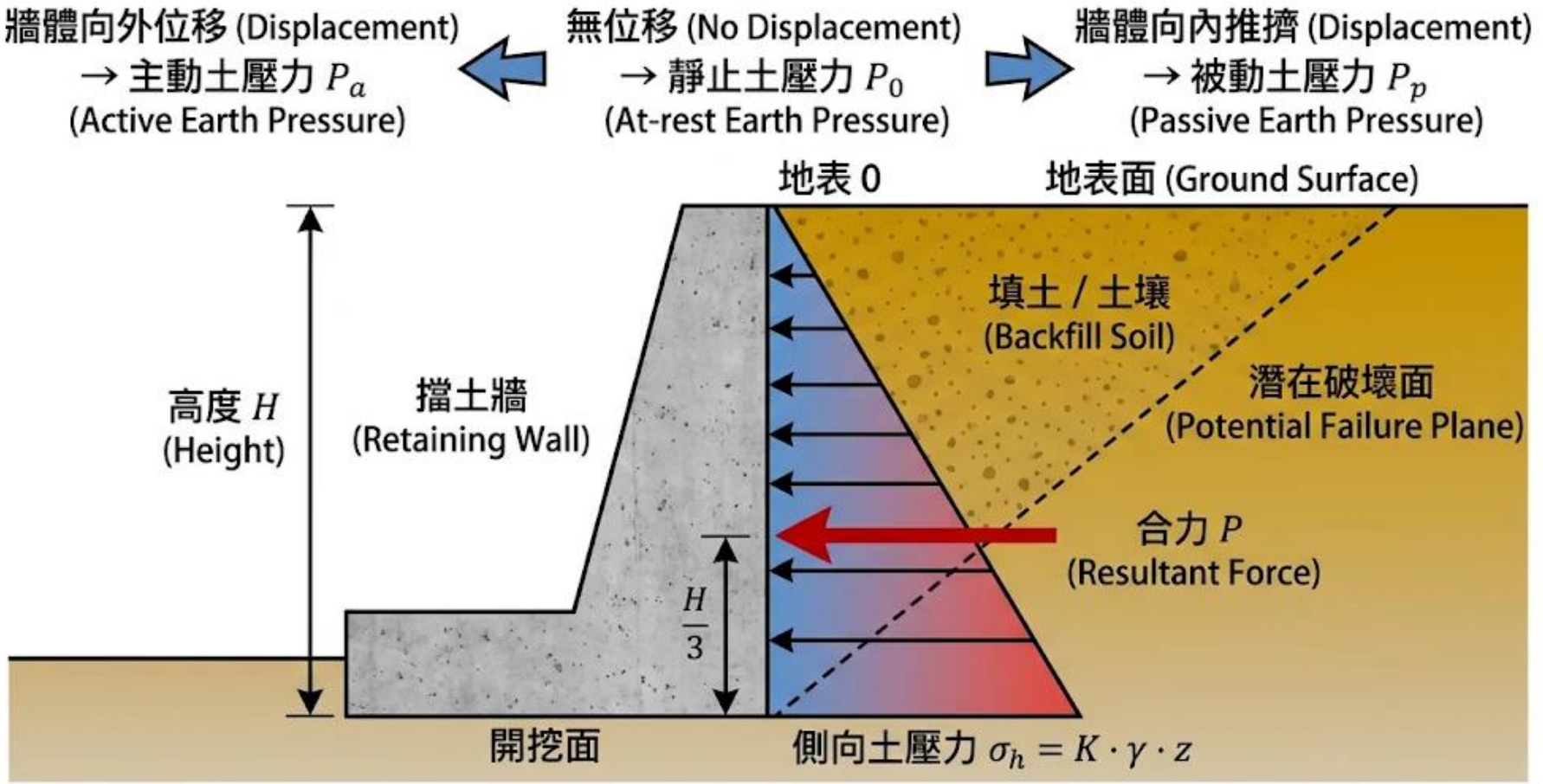
側向土壓力

台灣邁達斯



側向土壓力
(Lateral Earth Pressure)

側向土壓力是土壤對擋土結構(如擋土牆、地下室外牆、深開挖擋土支撐系統)所施加的水平向壓力。在工程設計與數值分析中，準確評估側向土壓力是確保擋土結構穩定與安全的關鍵。



側向土壓力係數
(Lateral Earth Pressure Coefficient)

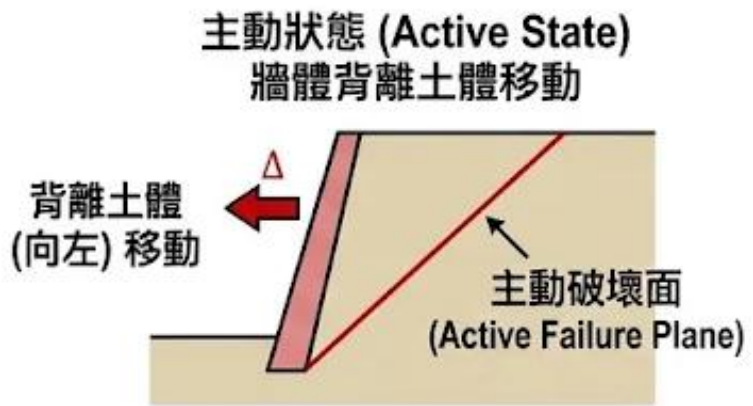
側向土壓力係數（Lateral Earth Pressure Coefficient）是土壤力學與岩土工程中用來表示水平有效應力與垂直有效應力比值的重要參數。

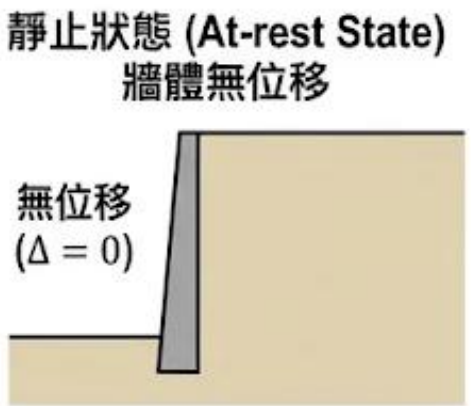
$$K = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}$$

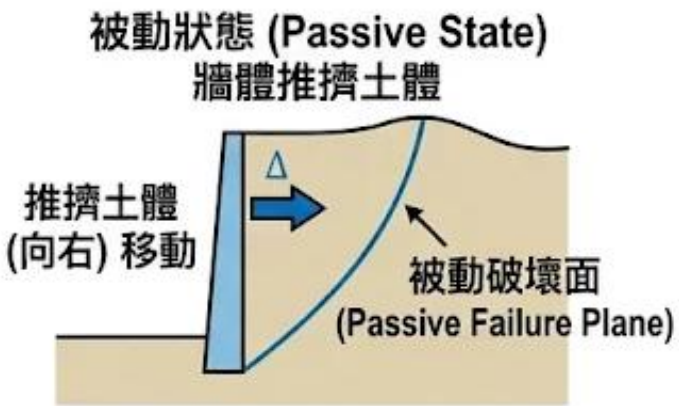
K :側向土壓力係數 (Lateral Earth Pressure Coefficient)
σ'_h :水平有效應力 (Horizontal Effective Stress)
σ'_V :垂直有效應力 (Vertical Effective Stress)

$$K_a < K_0 < K_p$$

靜止土壓力係數(K0): 土體沒有水平變形時
主動土壓力係數(Ka):擋土牆向外移動，土體鬆弛
被動土壓力係數(Kp):擋土牆向內推擠土體







現地應力計算-重力加載法
(In-situ Stress Calculation-Gravity Loading Method)

計算機制：
在模型邊界設定約束（底面固定、側面滾支）後，對全域網格施加重力加速度（g），讓土體在彈性狀態下因自重產生壓縮與側向膨脹，達到全域力學平衡。

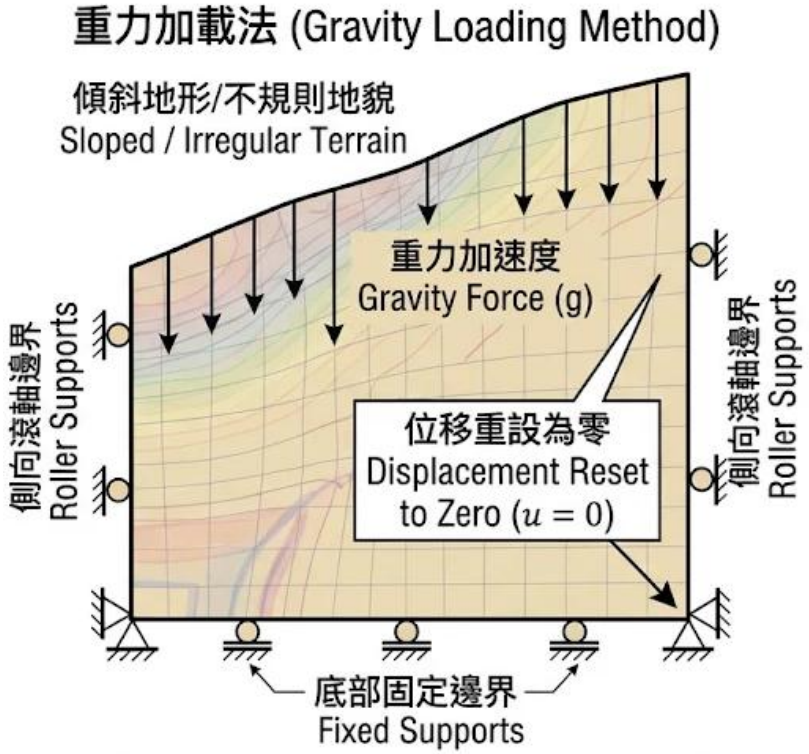
應力關係與限制：
在彈性虎克定律下，重力加載導出的側向土壓力係數由泊松比（Poisson's ratio, ν）完全控制：

$$K_0^{\text{FEA}} = \frac{\sigma_h'}{\sigma_v'} = \frac{\nu}{1-\nu}$$

適用條件：傾斜地形（如邊坡、河谷）、不規則斜切地層或包含既存構造的複雜 2D/3D 模型。

關鍵操作：

1. **泊松比校正**：必須確認輸入的泊松比能匹配現地真實的 K_0。例如若砂土 $K_0 = 0.5$，則泊松比應設定為 $\nu = \frac{K_0}{1+K_0} = 0.333$。
2. **位移歸零（Reset Displacements）**：重力加載會使模型產生自重彈性沉陷。計算完成後**必須強制將位移場歸零（$\mathbf{u} = \mathbf{0}$）**，使後續開挖階段所計算出的變形完全來自施工解壓。



現地應力計算-K0法

(In-situ Stress Calculation-K0 Procedure)

計算機制：

軟體直接沿深度方向累積土重計算有效垂直應力 $\sigma'_v = \int \gamma' dz$，再依據材料設定的 K_0 值（如 Jaky 公式 $K_0 = 1 - \sin\phi'$ 或 Mayne & Kulhawy 公式 $K_0(OC)$），直接乘算出有效水平應力：

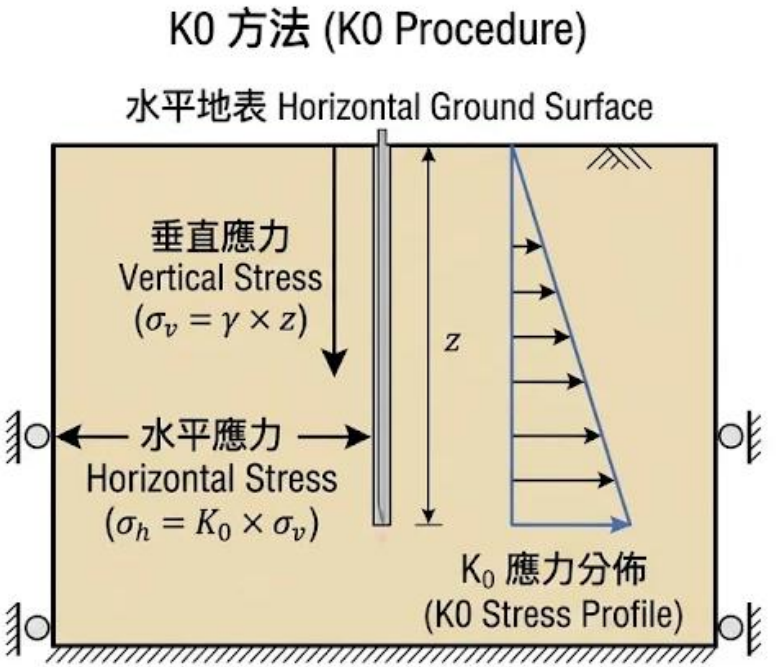
$$\sigma'_h = K_0 \times \sigma'_v$$

同時自動生成與地下水位匹配的靜水壓力場 u。

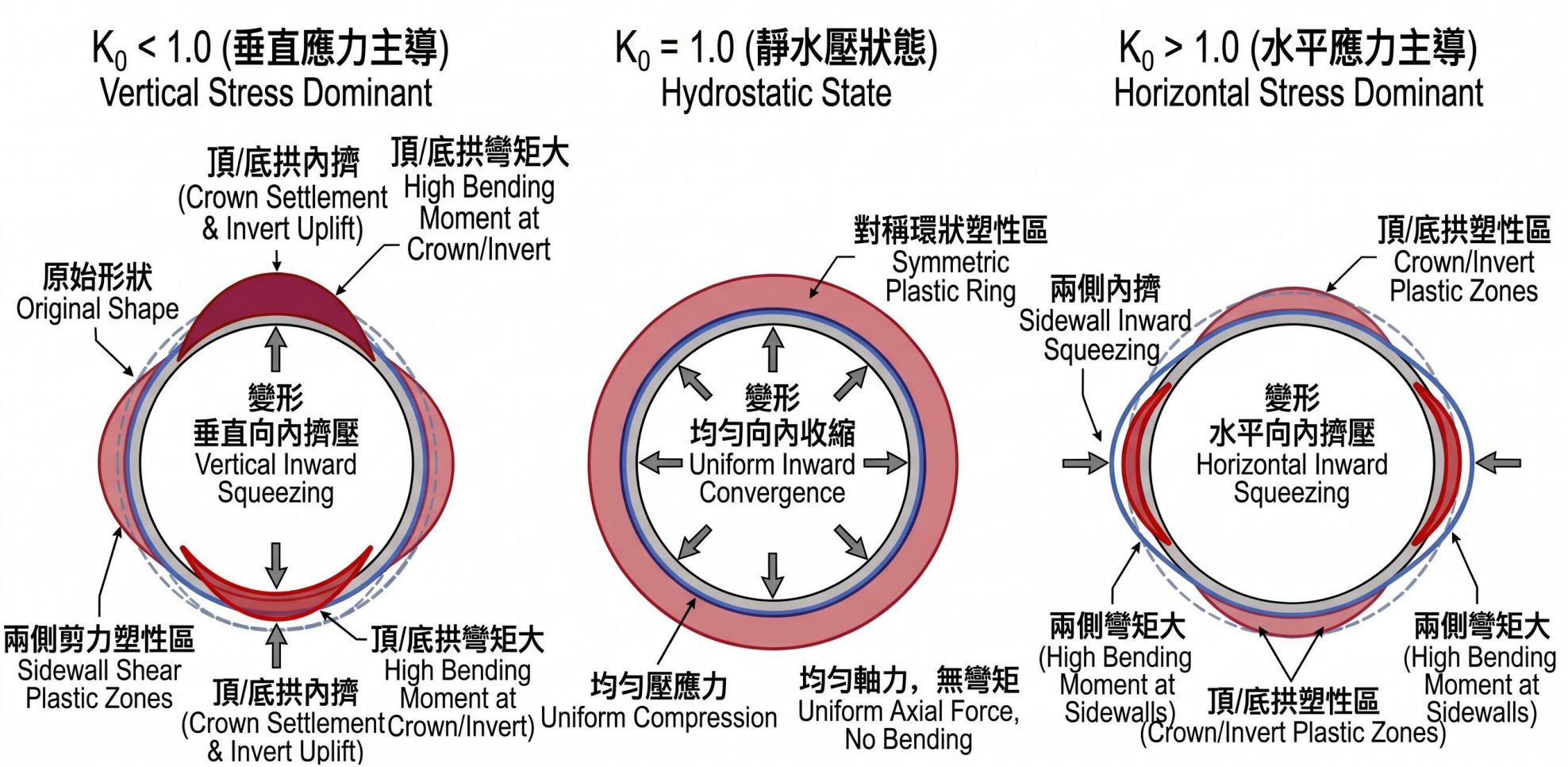
適用條件：平坦地表且**地層呈平行水平分布**的標準斷面。

優缺點與注意事項：

- **優點**：產生的水平應力精準符合目標 K_0，且**完全不會產生假性初始位移**。
- **限制**：無法用於邊坡、地下構造物或傾斜地層；若在不平整網格上強制套用，會造成節點殘餘不平衡力（Unbalanced Forces）而無法收斂。



不同K0值對於隧道開挖影響

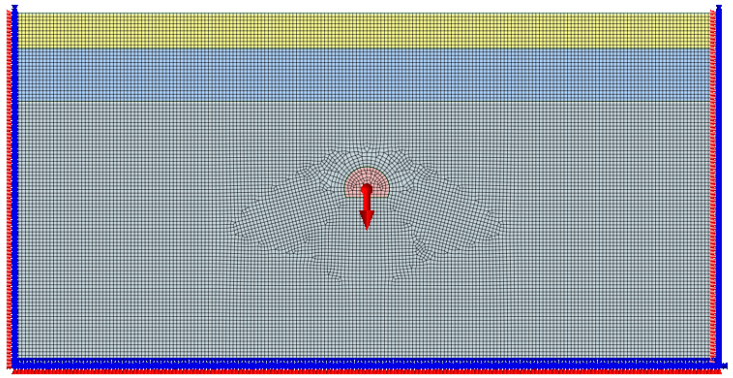


隧道開挖側向土壓力影響

(K0 method)

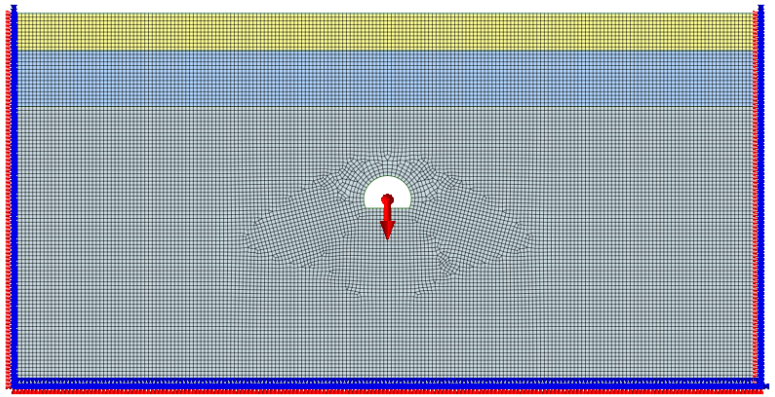
In-Situ Test

(K0 method)



隧道開挖

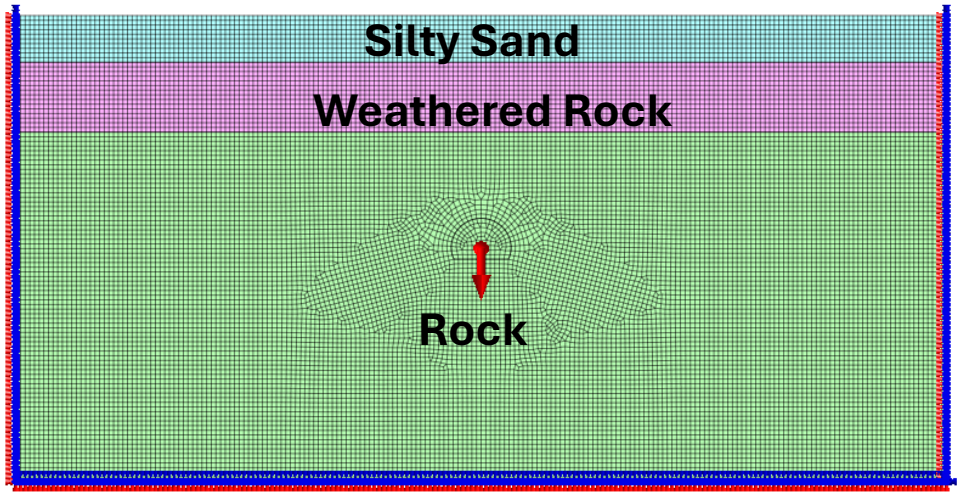
(側向土壓力K0=0.5/1/1.5計算)



Stage0 Initial Stage(K0 method)

Stage1.Null Stage

Stage2.Tunnel Excavation



註:範例相關參數使用假設條件。

大綱

- **Part1. 2D隧道特徵模型**
- **Part2.** 有限元素模型
- **Part3.**邊界和載荷條件
- **Part4.** 施工階段
- **Part5.** 分析計算
- **Part6.** 分析結果

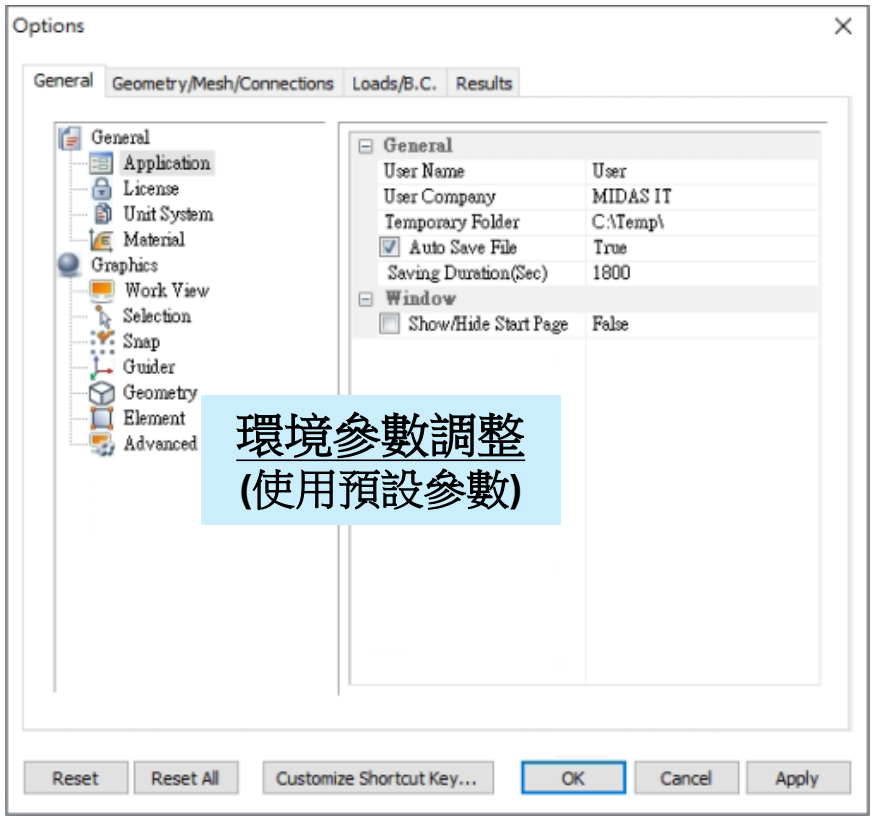


Part1. 2D隧道特徵模型



環境





環境參數調整
(使用預設參數)



新文件



2D操作

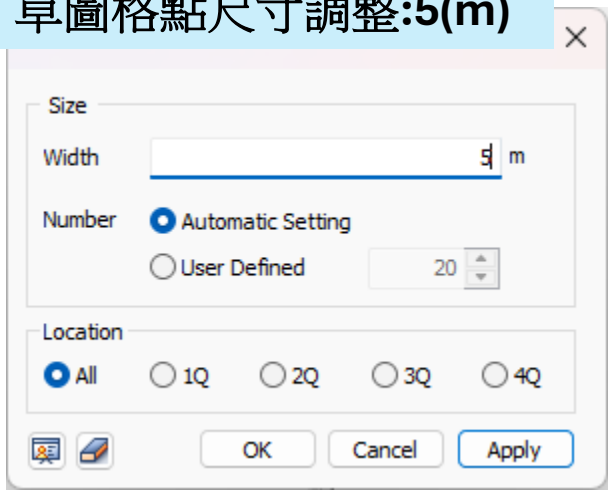
切換單位

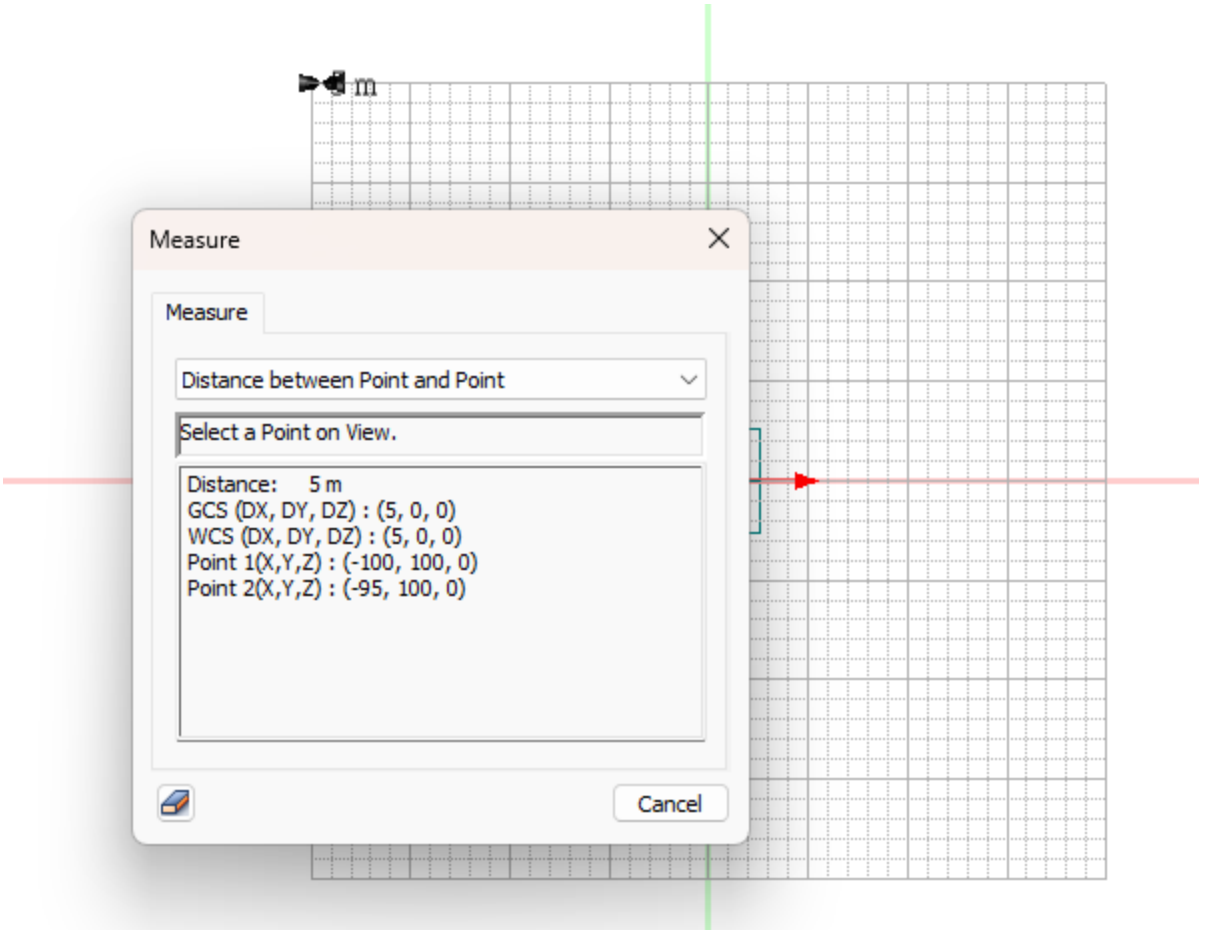
單位使用KN/m/J/sec

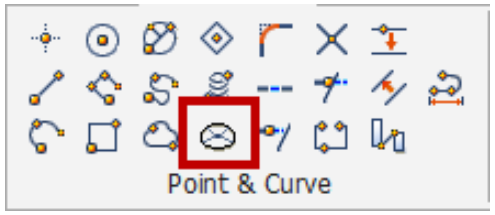
草圖格點尺



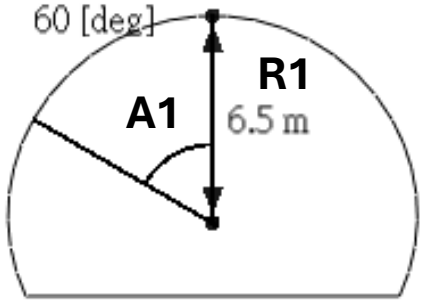
草圖格點尺寸調整:5(m)

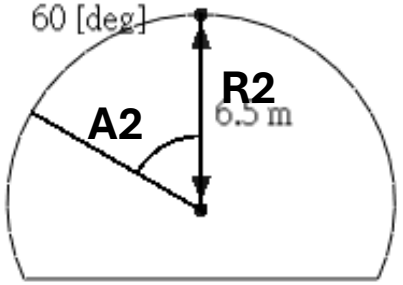


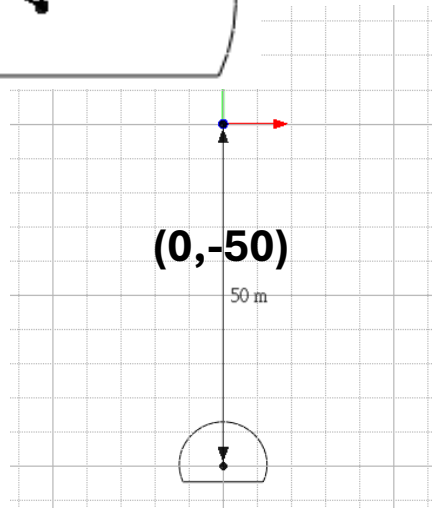




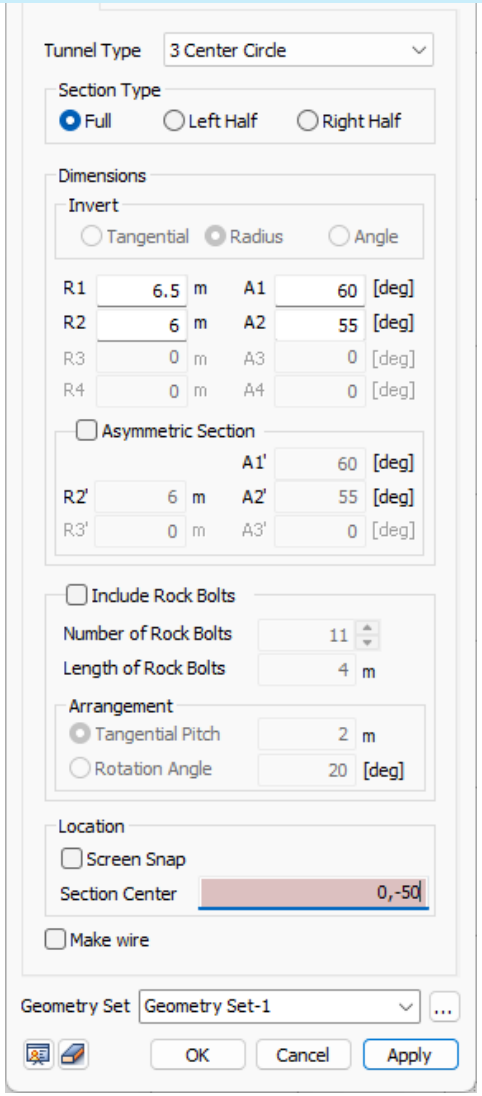
隧道草圖繪製



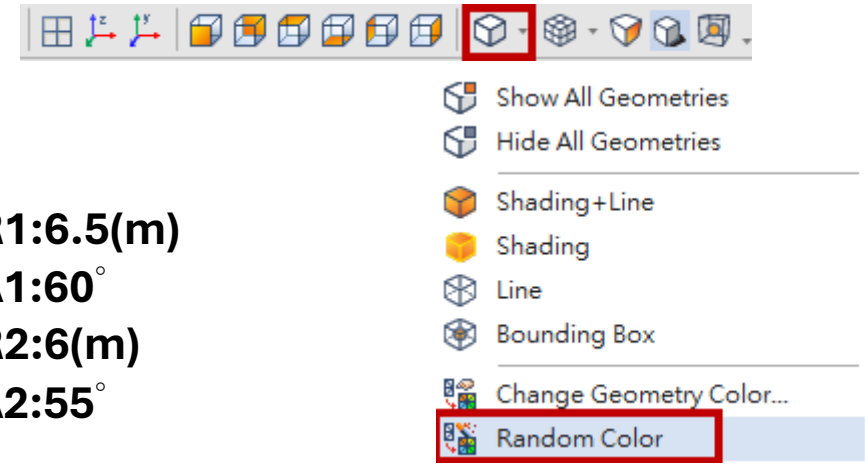




Tunnel Type
3 Center Circle



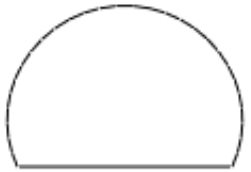
幾何顯示控制



R1:6.5(m)
A1:60°
R2:6(m)
A2:55°

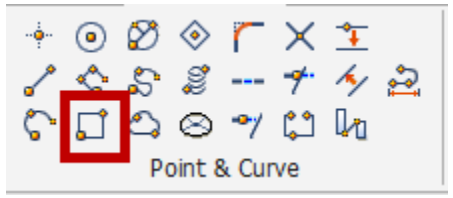
拱頂Crown

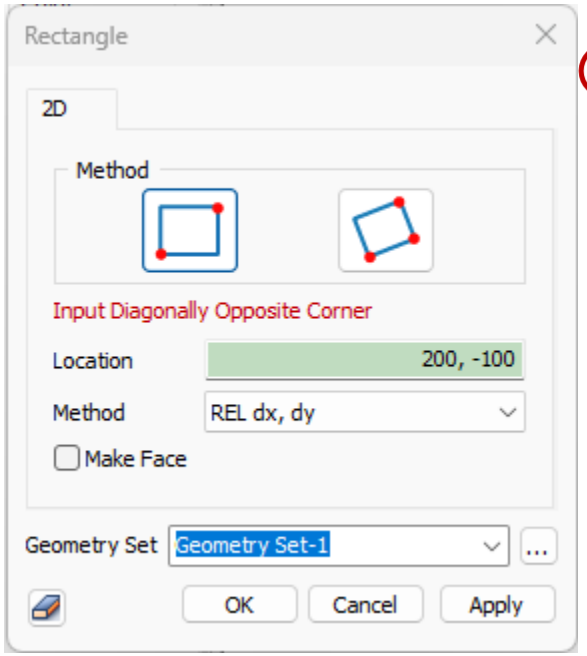
左側邊
Left Wall

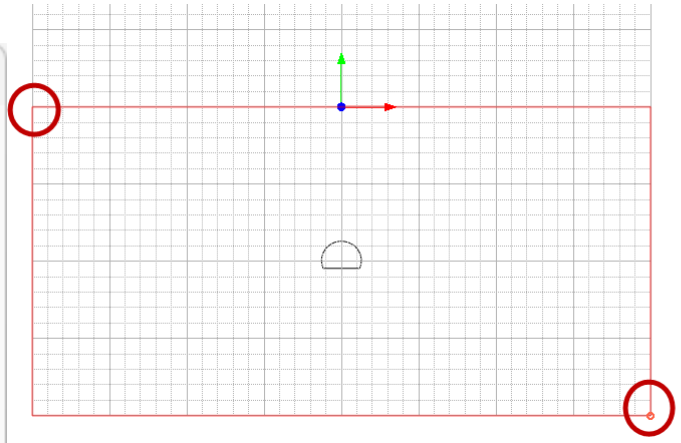


右側邊
Right Wall

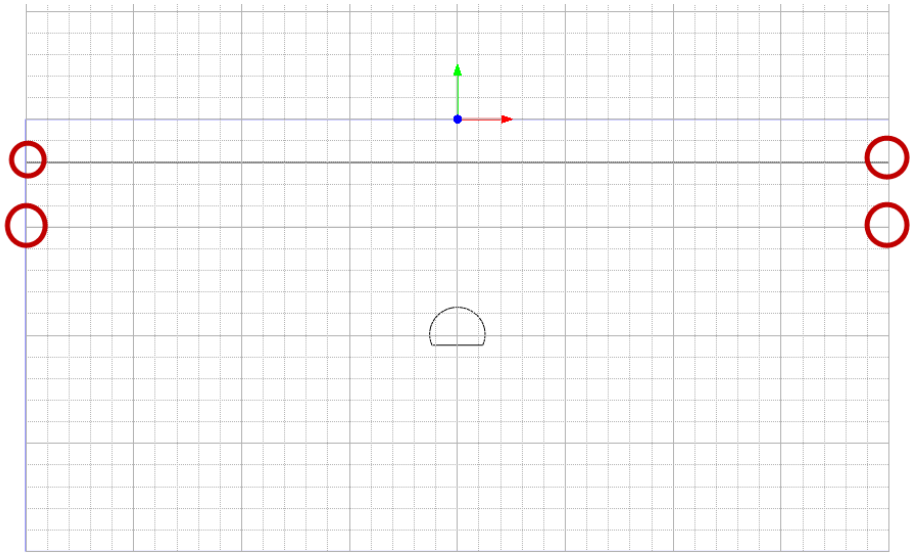
土壤層線特徵繪製


Point & Curve

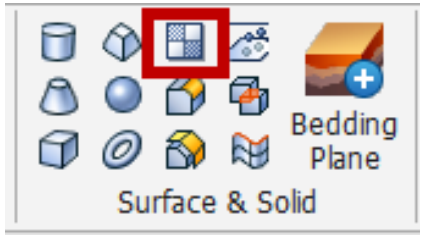

Rectangle
2D
Method
Input Diagonally Opposite Corner
Location
200, -100
Method
REL dx, dy
Make Face
Geometry Set
Geometry Set-1
OK
Cancel
Apply

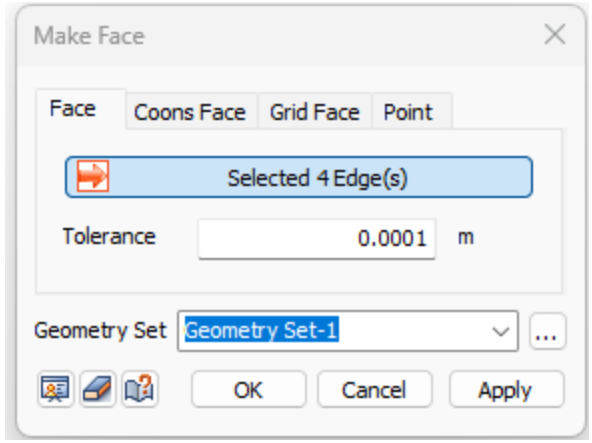


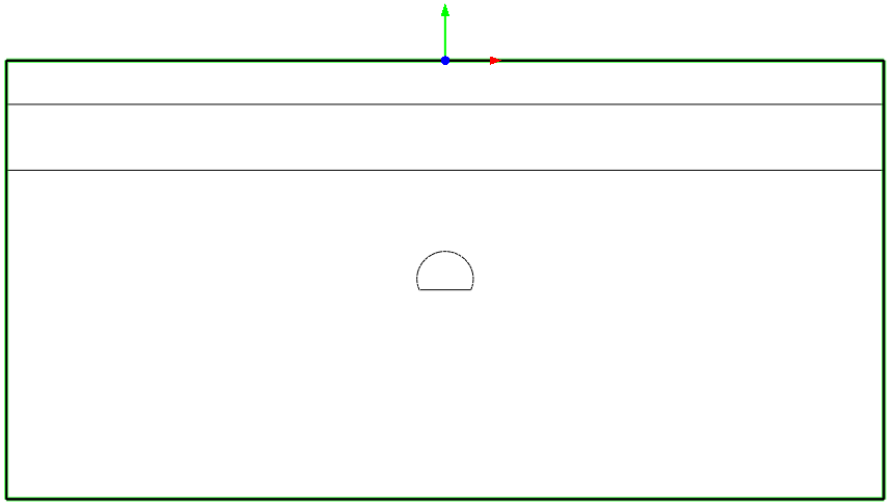

Point & Curve

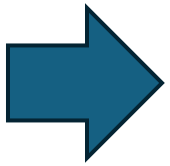


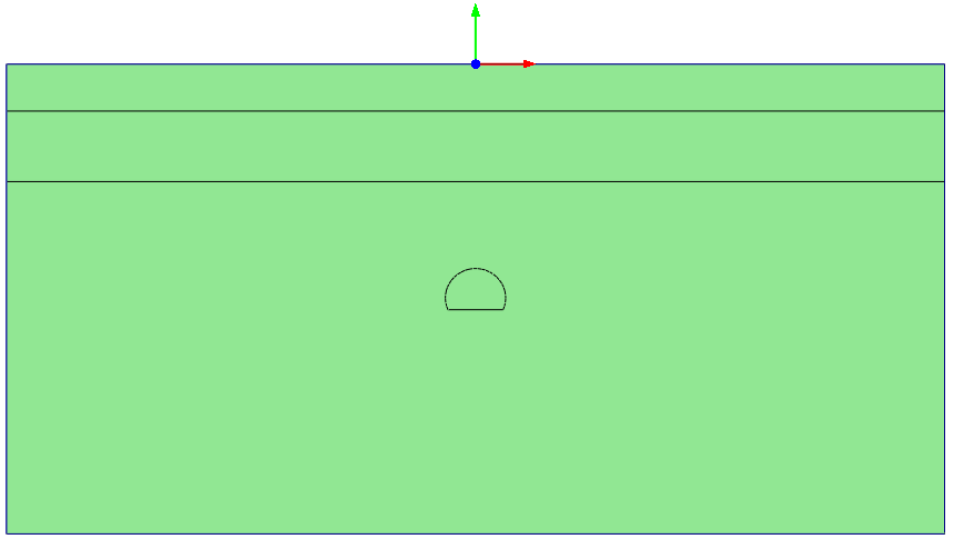
圍岩繪製


Bedding
Plane
Surface & Solid


Make Face
Face
Coons Face
Grid Face
Point
Selected 4 Edge(s)
Tolerance
0.0001
m
Geometry Set
Geometry Set-1
OK
Cancel
Apply

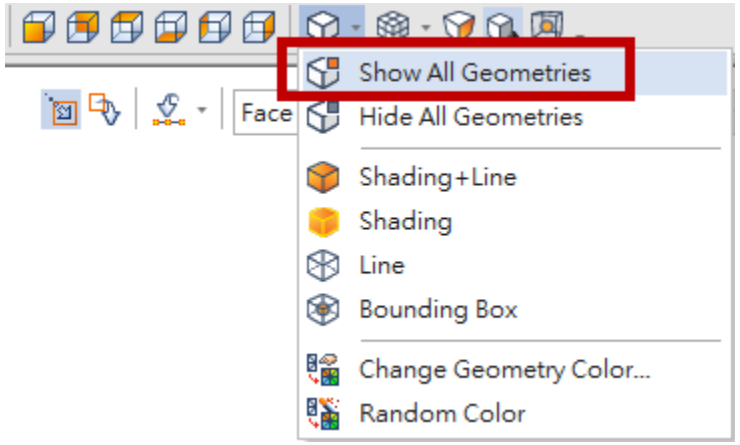






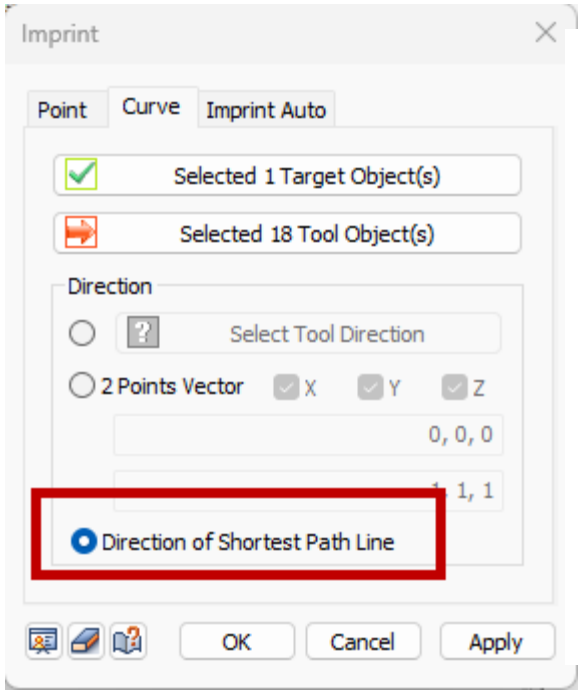

GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
NFX 多物理場
CFD 散熱流場

投影線特徵



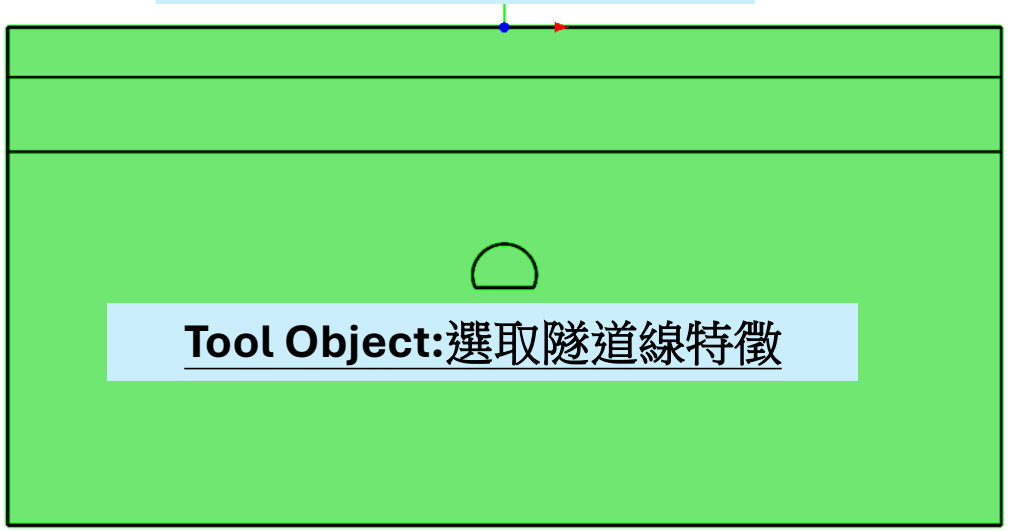
顯示所有幾何特徵





使用最短距離投影特徵

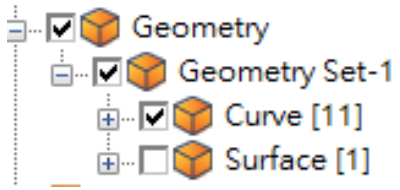
Target Object:選取特徵面



Tool Object:選取隧道線特徵

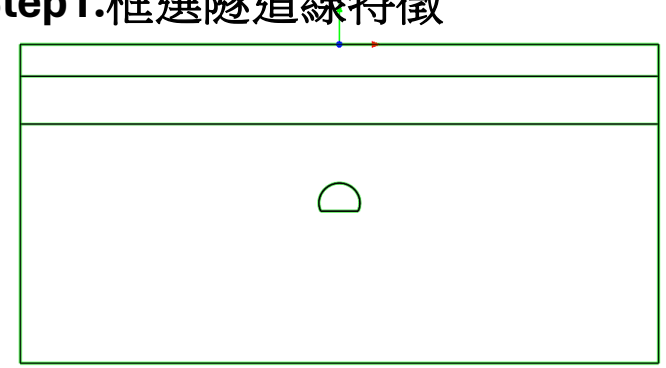
刪除線幾何特徵

顯示線特徵幾何集

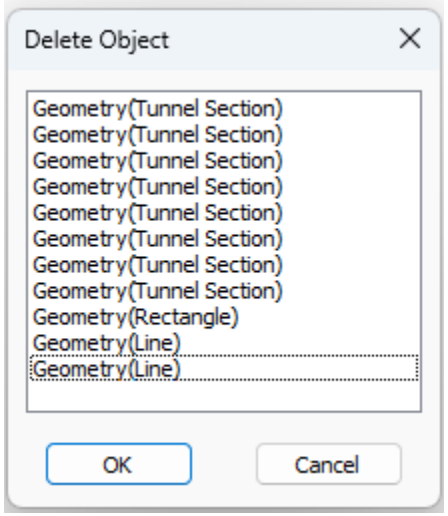


隱藏面特徵幾何集

Step1.框選隧道線特徵



Step2.鍵盤DELETE

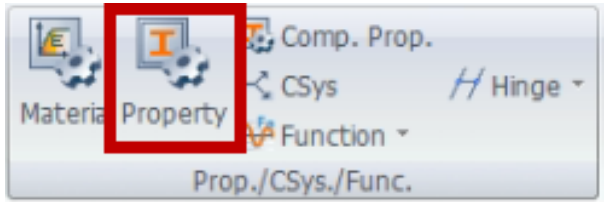


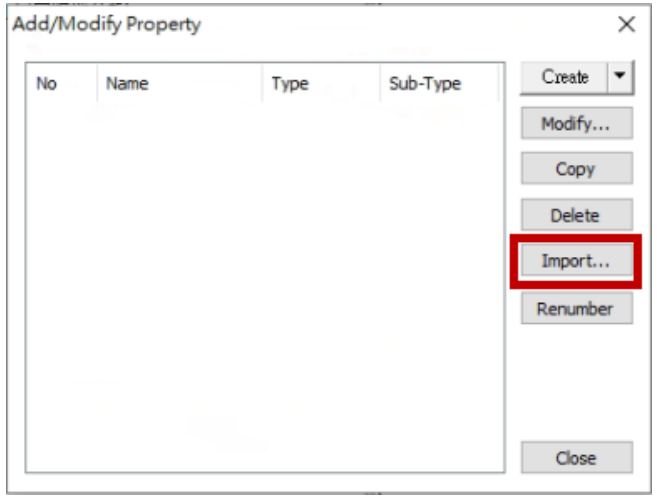
File:GTS NX_側向土壓力_part1

Part2.有限元素模型



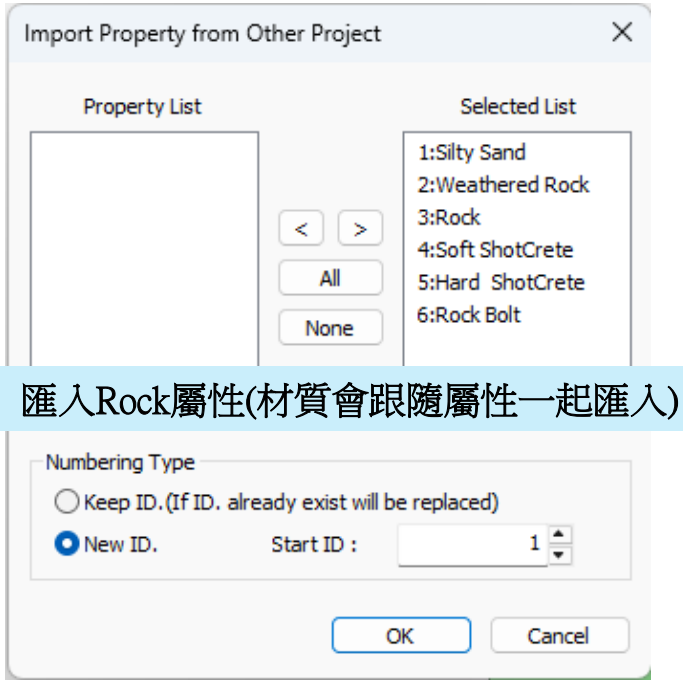
屬性匯入







選擇_GTS NX_側向土壓力_MAT&Prop.gts



匯入Rock屬性(材質會跟隨屬性一起匯入)

大地土壤-2D網格



Mesh Set=Layer1

Property : Silty Sand/網格尺寸: 1/ 合併節點

Mesh Set=Layer2

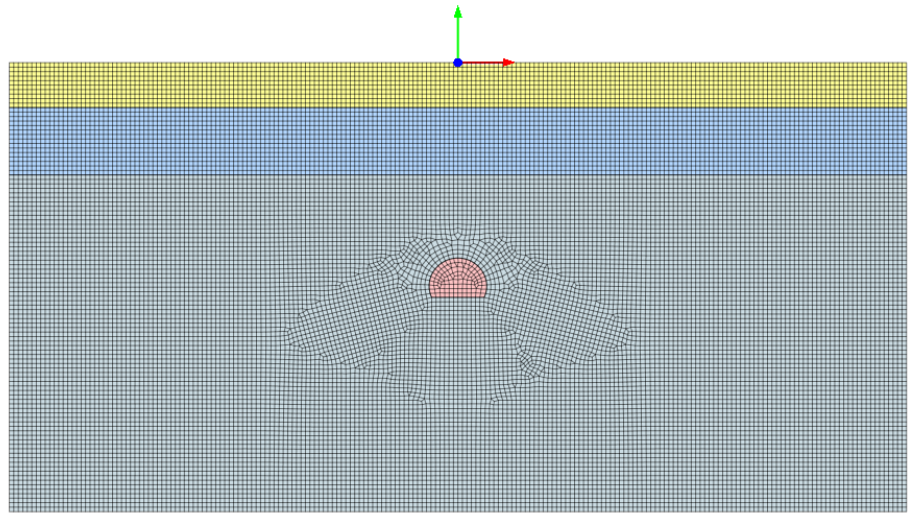
Property : Weathered Rock/網格尺寸: 1/ 合併節點

Mesh Set=Tunnel

Property : Rock/網格尺寸: 1/ 合併節點

Mesh Set=Layer3

Property : Rock/網格尺寸: 1/ 合併節點



File:GTS NX_側向土壓力_part2

Part3.邊界和載荷條件

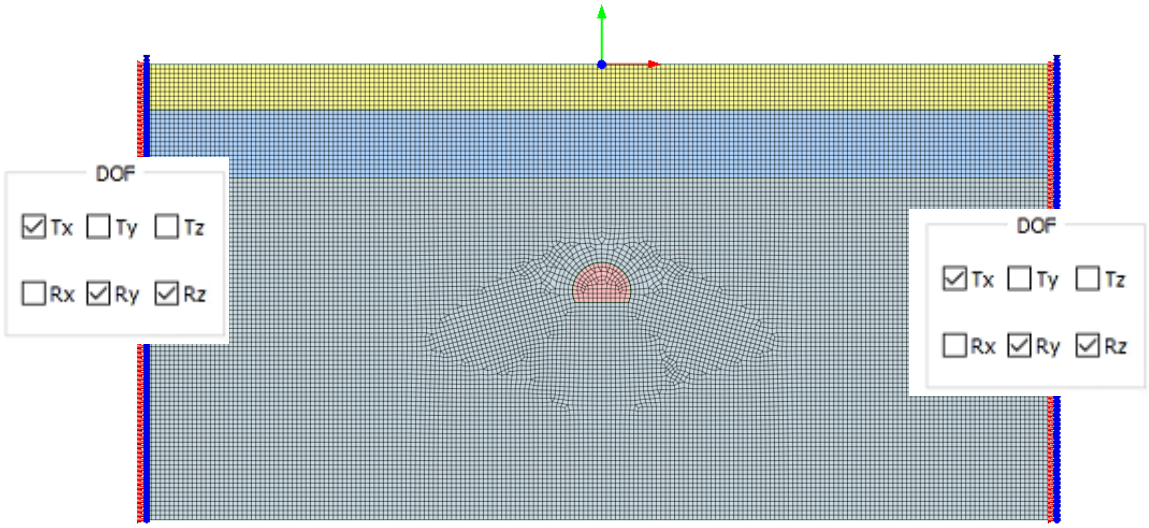


邊界-拘束

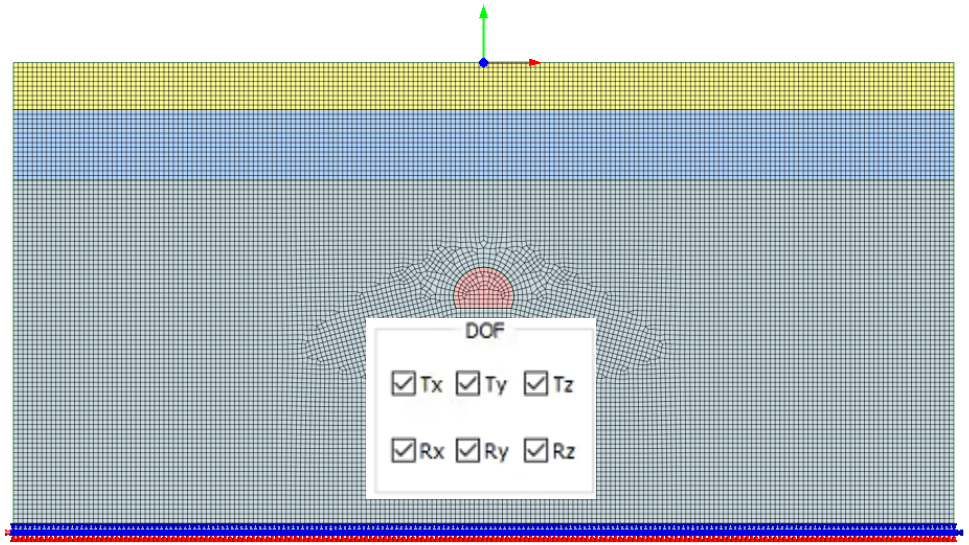


使用Edge特徵選取節點





Boundary Set-1



Boundary Set-2

File:GTS NX_側向土壓力_part3

Part4.施工階段


GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

施工階段定義-1
(新增施工階段計算類型)

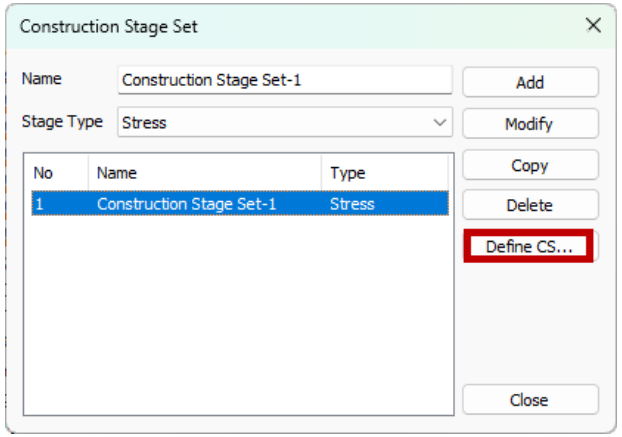


GTS NX提供多種施工階段類型

Stress
Seepage
Stress-Seepage-Slope

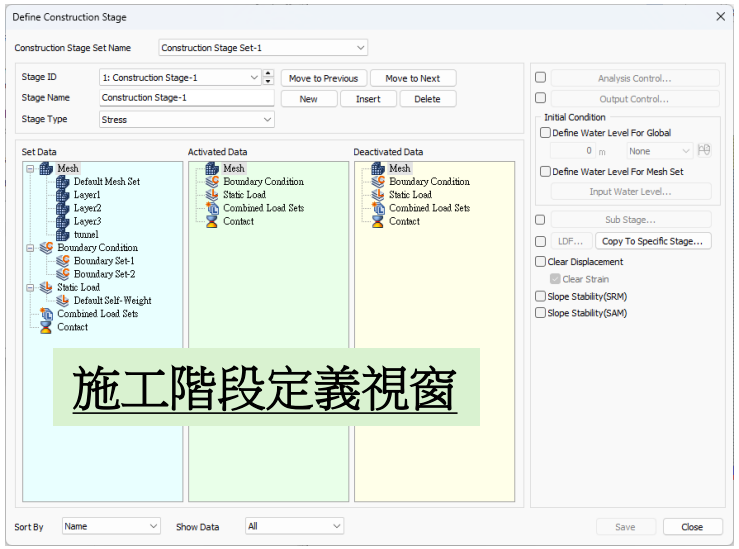
施工階段選擇 Stress

Heat Transfer
Seepage-Thermal Stress
Heat of Hydration(Thermal Stress)
Fully Coupled Stress Seepage Heat
Stress-Seepage-Slope-Nonlinear Time History

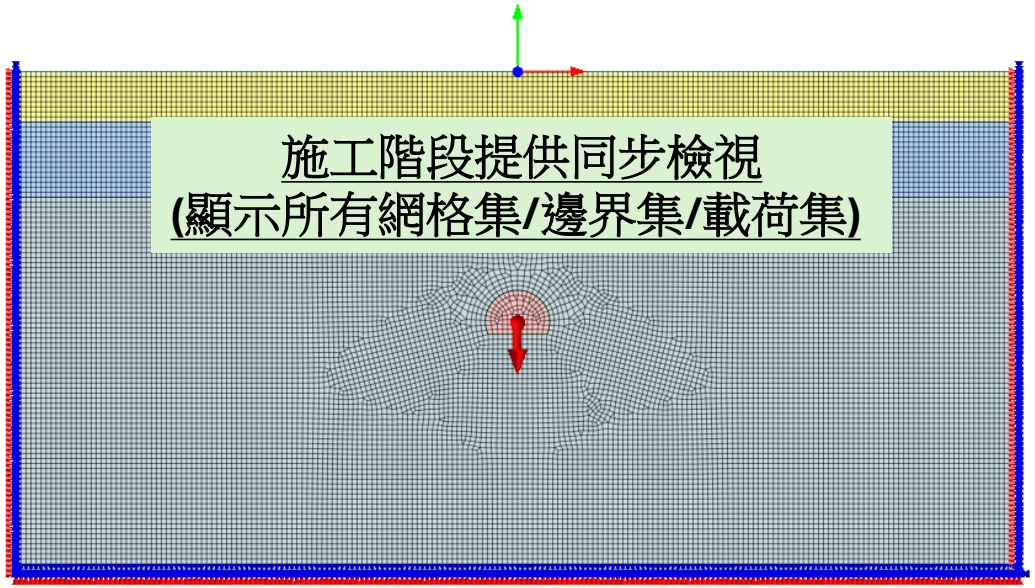


Step1.新增

Step2.編輯定義



施工階段定義視窗

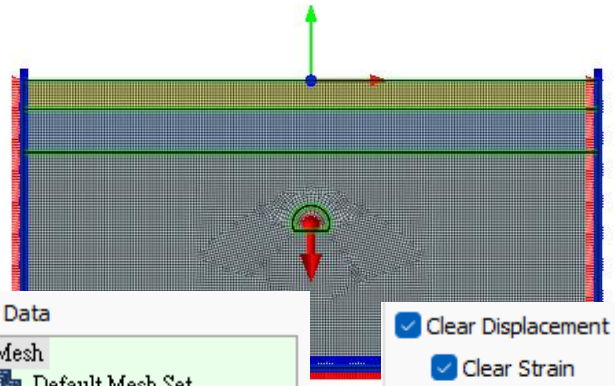


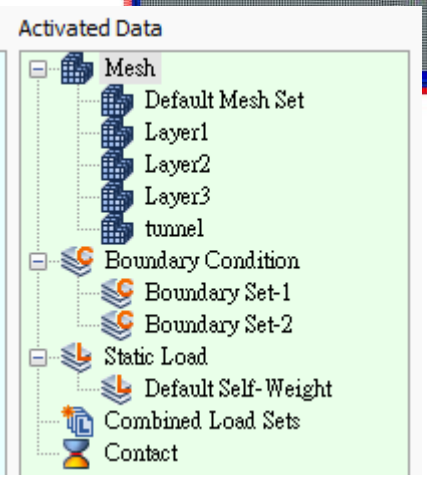
施工階段提供同步檢視
(顯示所有網格集/邊界集/載荷集)

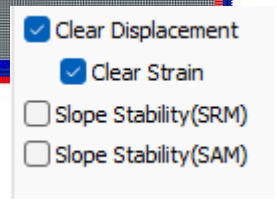
施工階段定義-2

(施工階段定義)

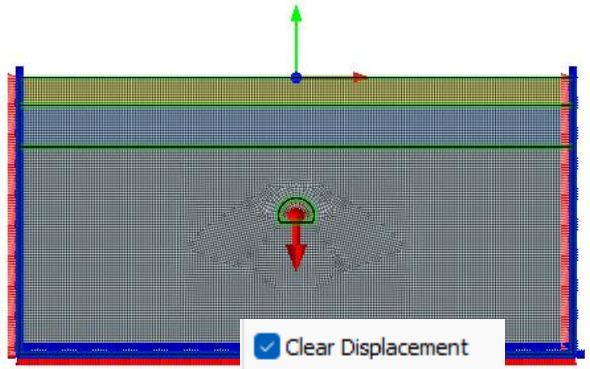
Stage0. Initial Stage

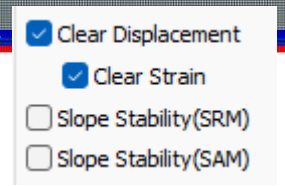




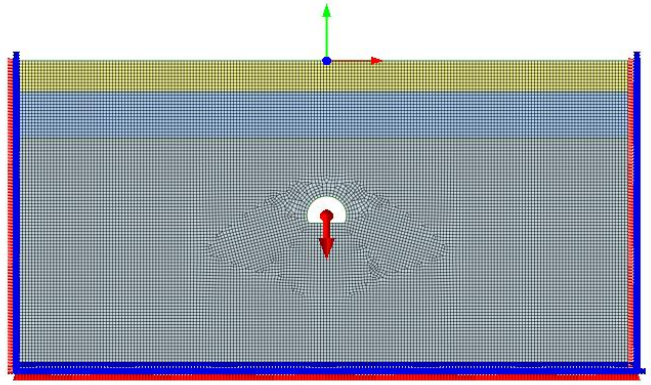


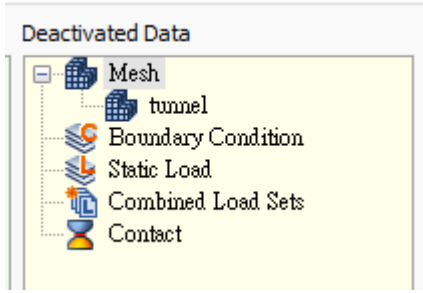
Stage1.Null Stage





Stage2. Tunnel



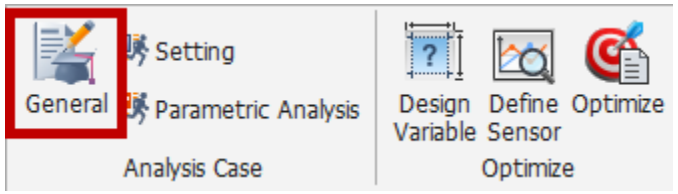


File:GTS NX_側向土壓力_part4

Part5.分析計算

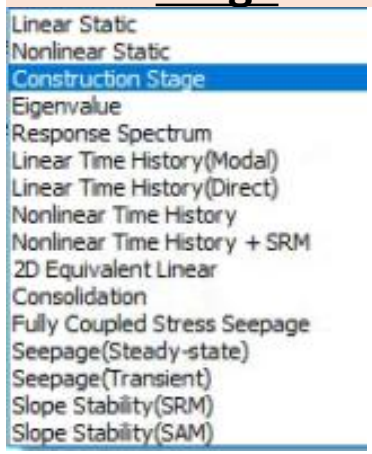

GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

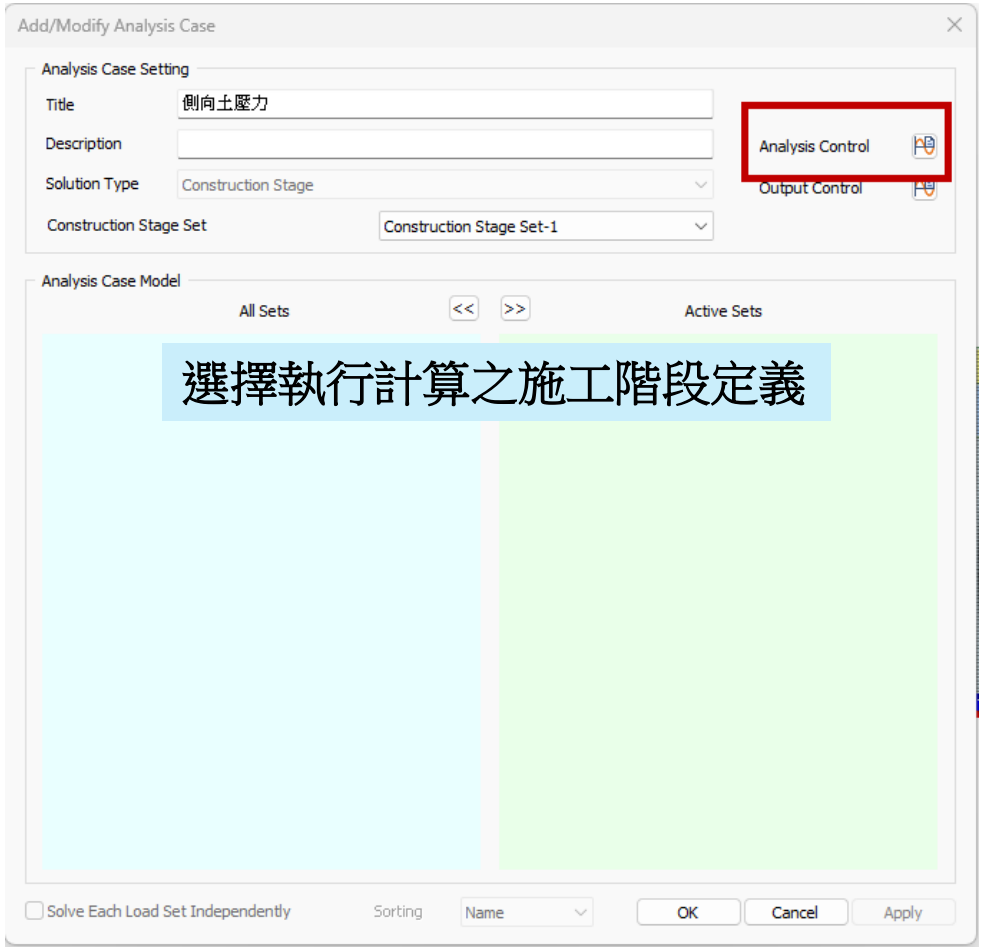
分析定義



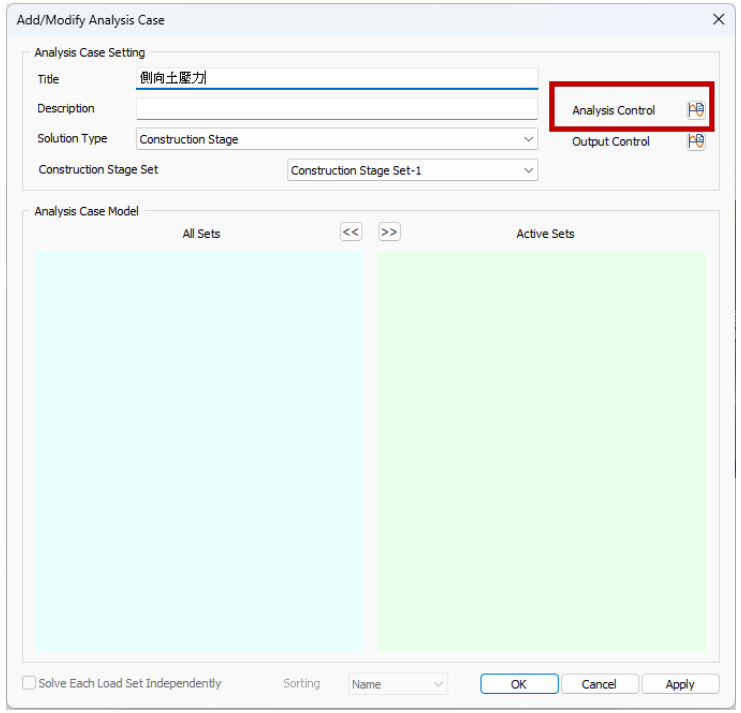
分析名稱:側向土壓力
分析類型:**Construction Stage**

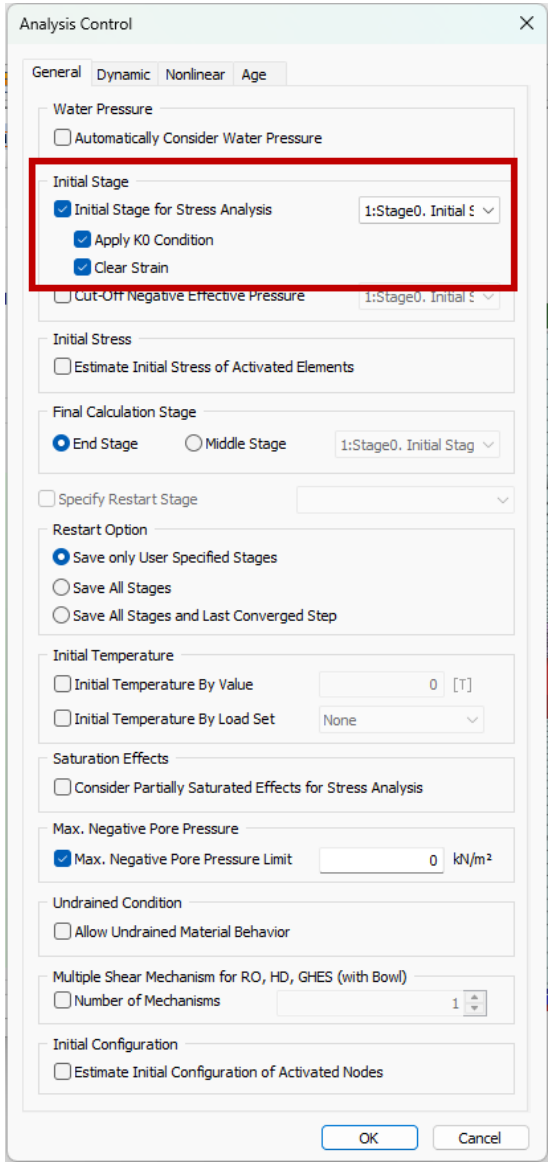
Construction Stage





整體分析控制

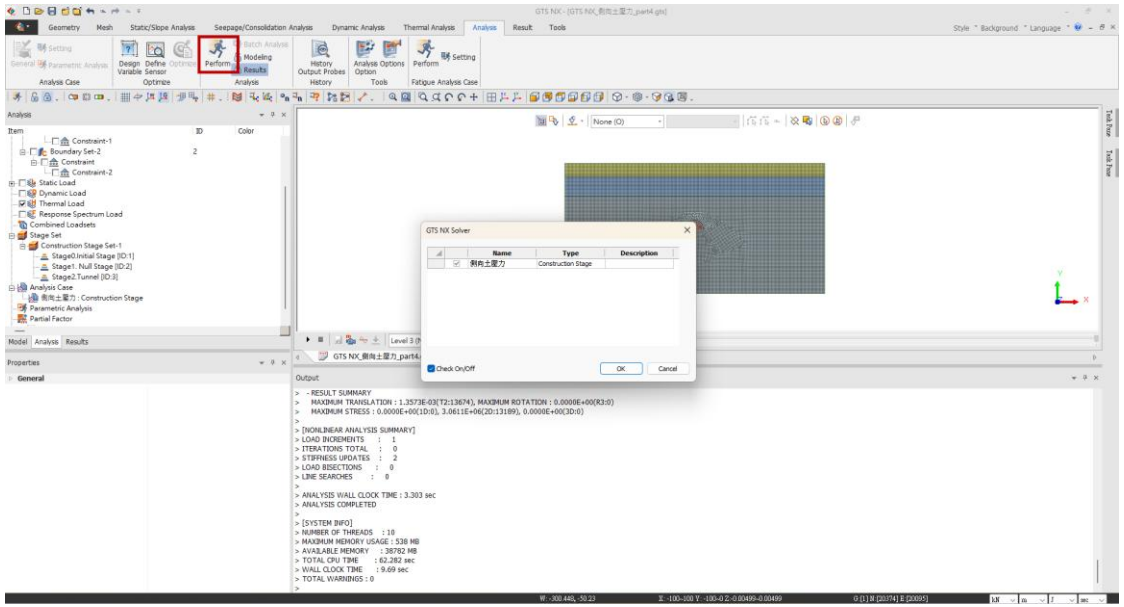




指定k0法
(未指定K0法,則採預設自重法)

計算

執行求解



計算迭代過程

```
Output
>    MAXIMUM STRESS : 0.0000E+00(1D:0), 1.2160E+06(2D:13178), 0.0000E+00(3D:0)
>
> [NONLINEAR ANALYSIS SUMMARY]
> LOAD INCREMENTS     :    1
> ITERATIONS TOTAL    :    0
> STIFFNESS UPDATES   :    2
> LOAD BISECTIONS     :    0
> LINE SEARCHES       :    0
>
> ANALYSIS WALL CLOCK TIME : 3.294 sec
> ANALYSIS COMPLETED
>
> PERFORMING ANALYSIS TYPE=[StageNonlinearStatic] LABEL=[Stage2.Tunnel]
> - SETUP ANALYSIS
>  MULTI-FRONTAL SOLVER (AUTO SELECTED)
>  [PROBLEM INFO]
>  NUMBER OF NODES     : 20284
>  NUMBER OF ELEMENTS  : 19985
>  NUMBER OF DOFS      : 60852
>  NUMBER OF EQUATIONS : 39966
> - RUN ANALYSIS
> INCREMENT=  1 (100.00%),  ITERATION=  0, ERROR NORMS: P(  2.12E-14/  1.0E-03) W(  5.02E-15/  1.0E-06)
```

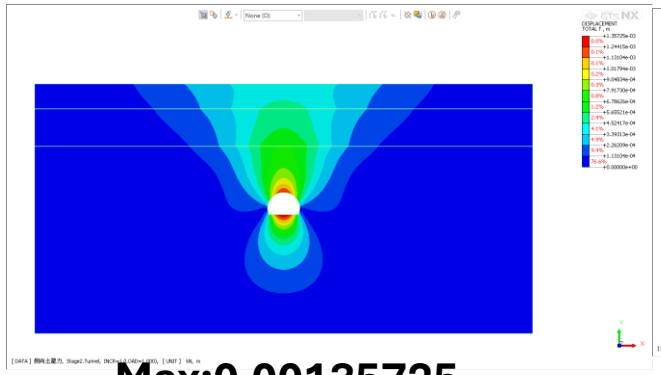
Part6. 分析結果


GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

分析結果
(Total Translation, m)

K0 method

K0=0.5

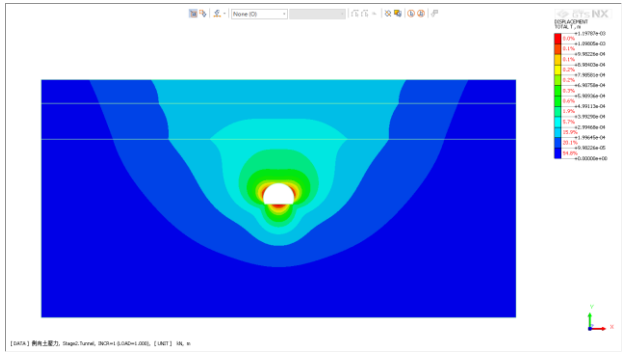


Max:0.00135725

K0=1.0

Max:0.00127756

K0=1.5

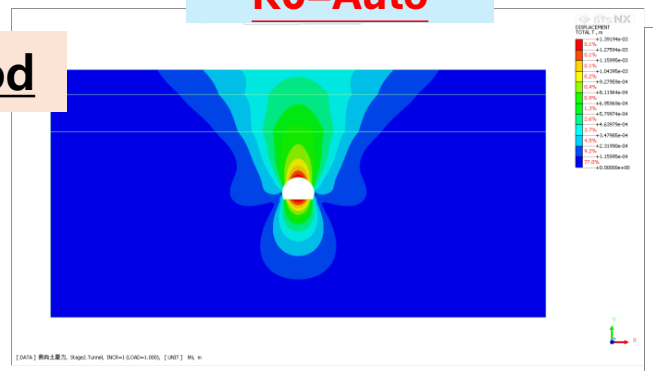


Max:0.00119787

Self Weight method

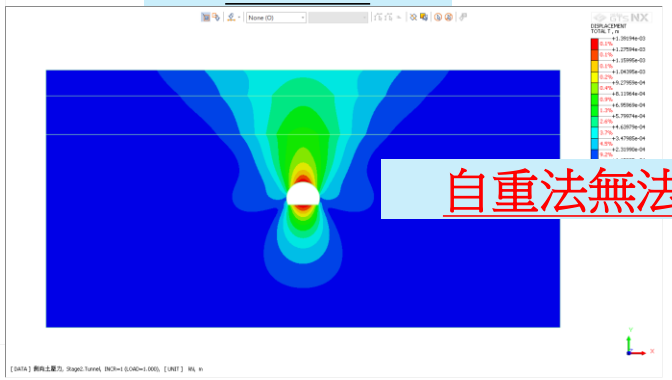
$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}$$

K0=Auto



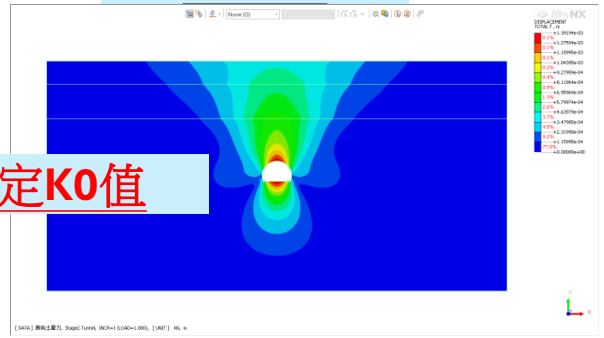
Max:0.00139194

K0=0.5



Max:0.00139194

K0=1.5



Max:0.00139194

自重法無法指定K0值

GTS NX_標準教學系列

載重分配係數

台灣邁達斯



隧道開挖支撐安裝時機

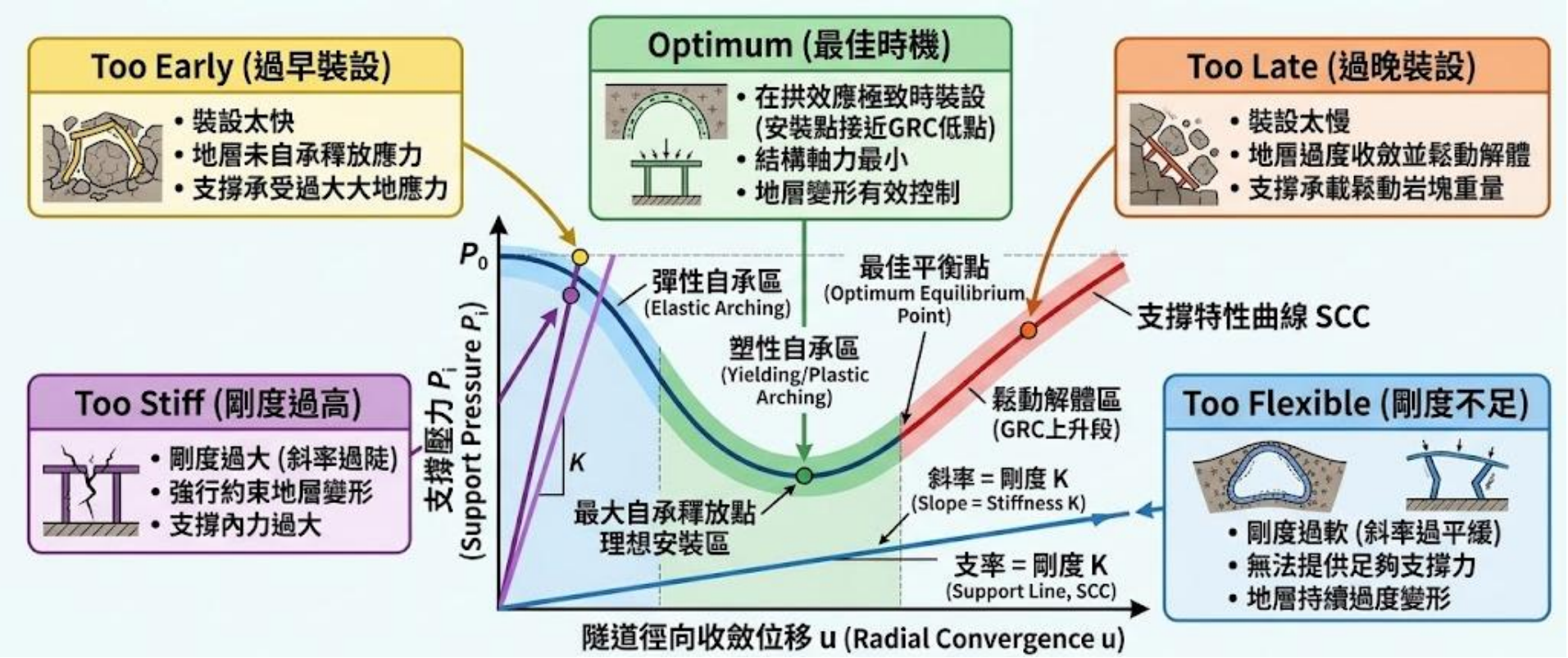
隧道開挖是3D空間行為，在3D 分析，支撐安裝時機取決於開挖進階長度與無支撐距離的真實幾何設定。；但在2D平面模擬中，必須靠設定「**載重分配係數**」來模擬這個時間差與壓力釋放的過程。

支撐太早架(分配係數太低)

地盤還來不及發揮自身的承載力，土壓全落在支撐結構上，容易把支撐壓壞。

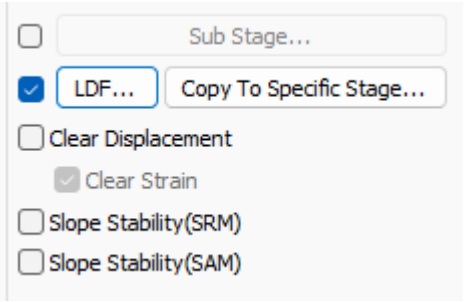
支撐太晚架(分配係數太高)

地盤單獨承受壓力太久，導致變形過大，甚至會直接崩塌。



載重分配係數
(Load distribution factor)

載重分配係數（Load Release / Distribution Factor，符號常用 λ 或 α）
2D 平面應變模型無法直接捕捉 3D 開挖面的空間開挖進程（Face Effect），用以定量描述開挖後地層初始大地應力（In-situ Stress）在地層自承能力、一次襯砌(初期支撐)與二次襯砌(永久襯砌)三者之間分配比例的關鍵參數。



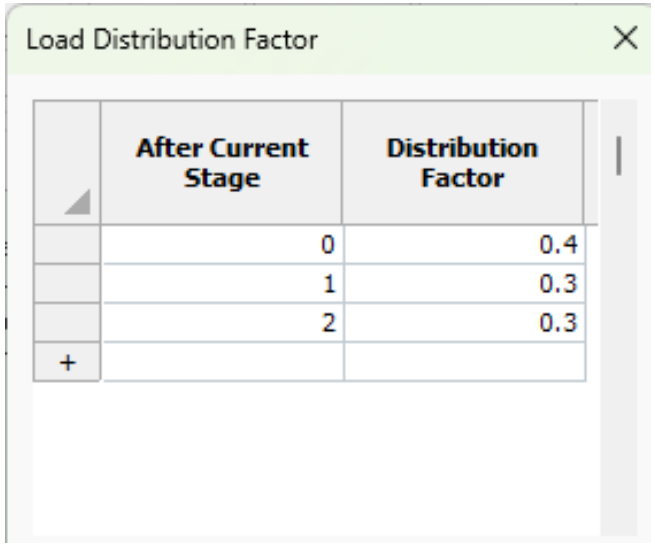
載重分配之三分法架構

(1)開挖前置釋放係數(λ0)-地層自承階段
開挖完成至初期支撐裝設前，開挖面前方與周邊地層產生初步收斂變形，藉由地層內部的「拱效應(Arching Effect)」自行吸收並釋放的應力比例。

(2)一次襯砌分配係數(λ1)-初期支撐承載階段
噴凝土(Shotcrete)、鋼拱架(Steel Ribs)及岩栓(Rock Bolts)安裝後，繼續承載地層後續收斂變形所傳遞的應力比例。

(3)二次襯砌分配係數(λ2)-永久支撐承載階段
模注混凝土襯砌施工後，承受之殘餘地層載重、長期地層蠕變、水壓及周圍環境擾動載重比例。

$$\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2 = 1.0 \quad (100\%)$$



收斂約束法(CCM)
(Convergence-Confinement Method)

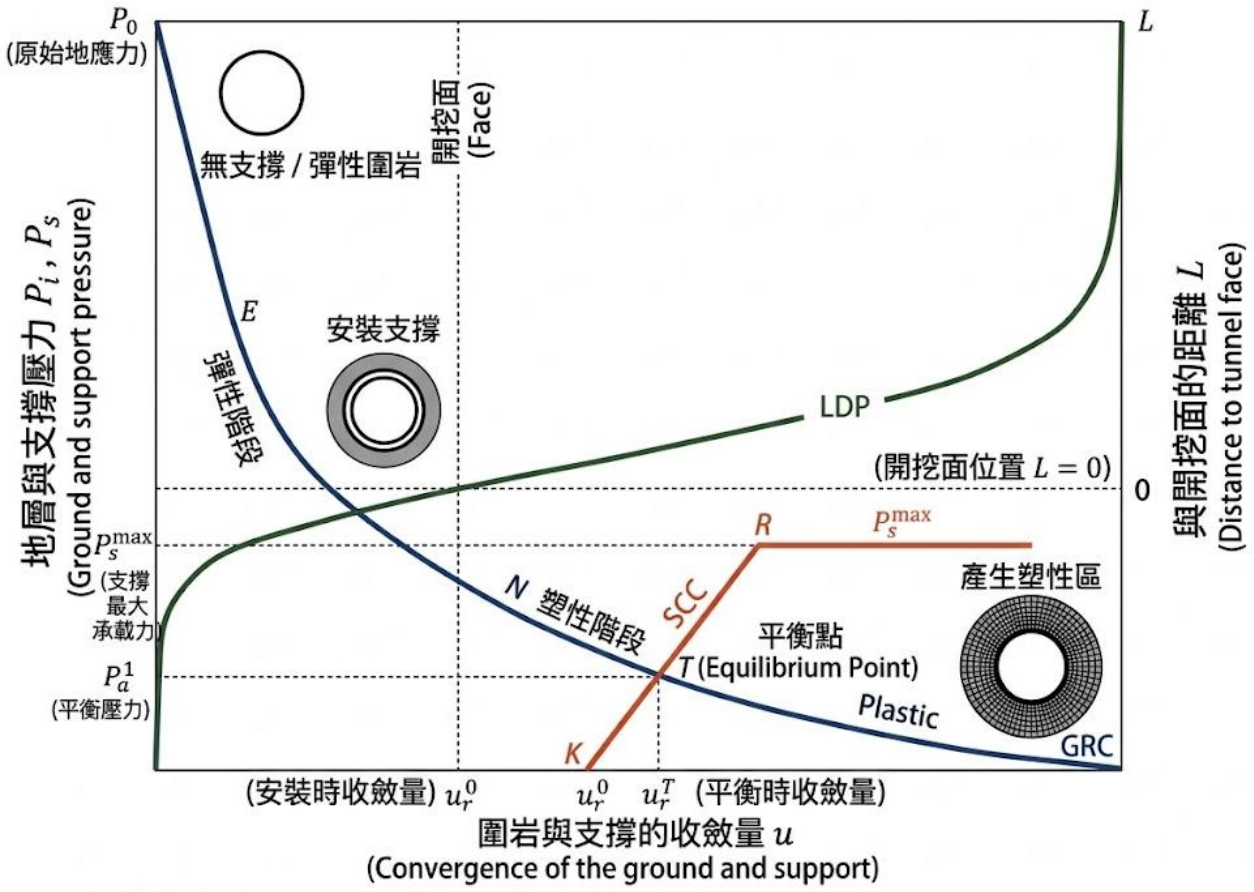
隧道工程中常用的分析方法，主要用於評估隧道開挖後，圍岩變形與支撐系統之間的互制關係。
核心概念是：隧道開挖後，圍岩會逐漸向隧道內部變形(收斂)，而支撐系統則提供拘束力，限制圍岩變形。
兩者達到平衡時，即形成最終的變形與支撐受力狀態。

收斂約束法(CCM) 主要由三個部分組成

(1)地層反應曲線 (Ground Reaction Curve, GRC)
=>地層本身的力學反應

(2)支撐特性曲線 (Support Characteristic Curve, SCC)
=>支撐系統的力學反應。

(3)縱向變形剖面 (Longitudinal Deformation Profile, LDP)
=>隧道開挖造成的三維縱向變形發展。

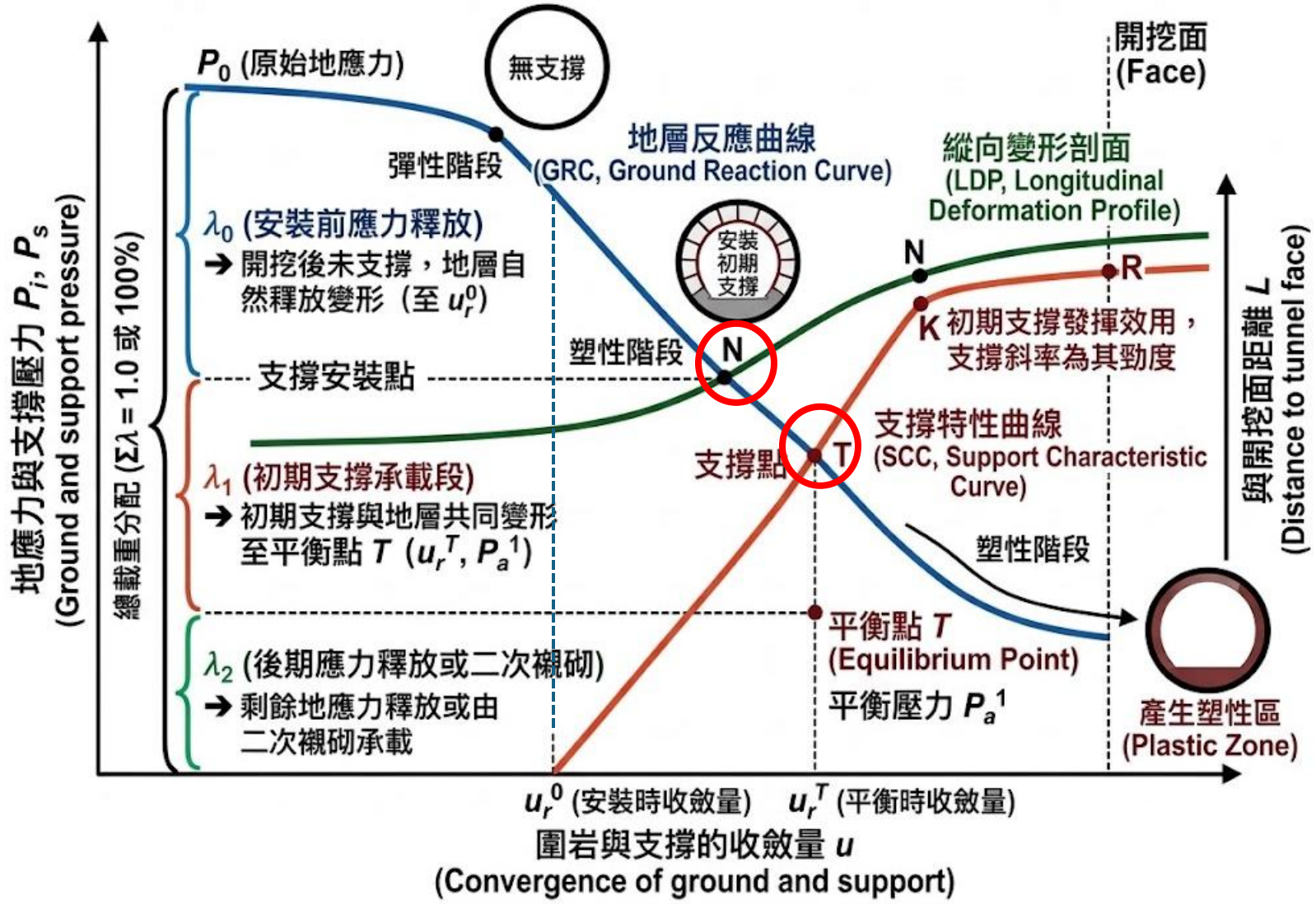


收斂約束法 (CCM) 原理示意圖 (Convergence-Confinement Method)

收斂約束法(CCM)與載重分配係數

N:載重分配係數係數(λ0)

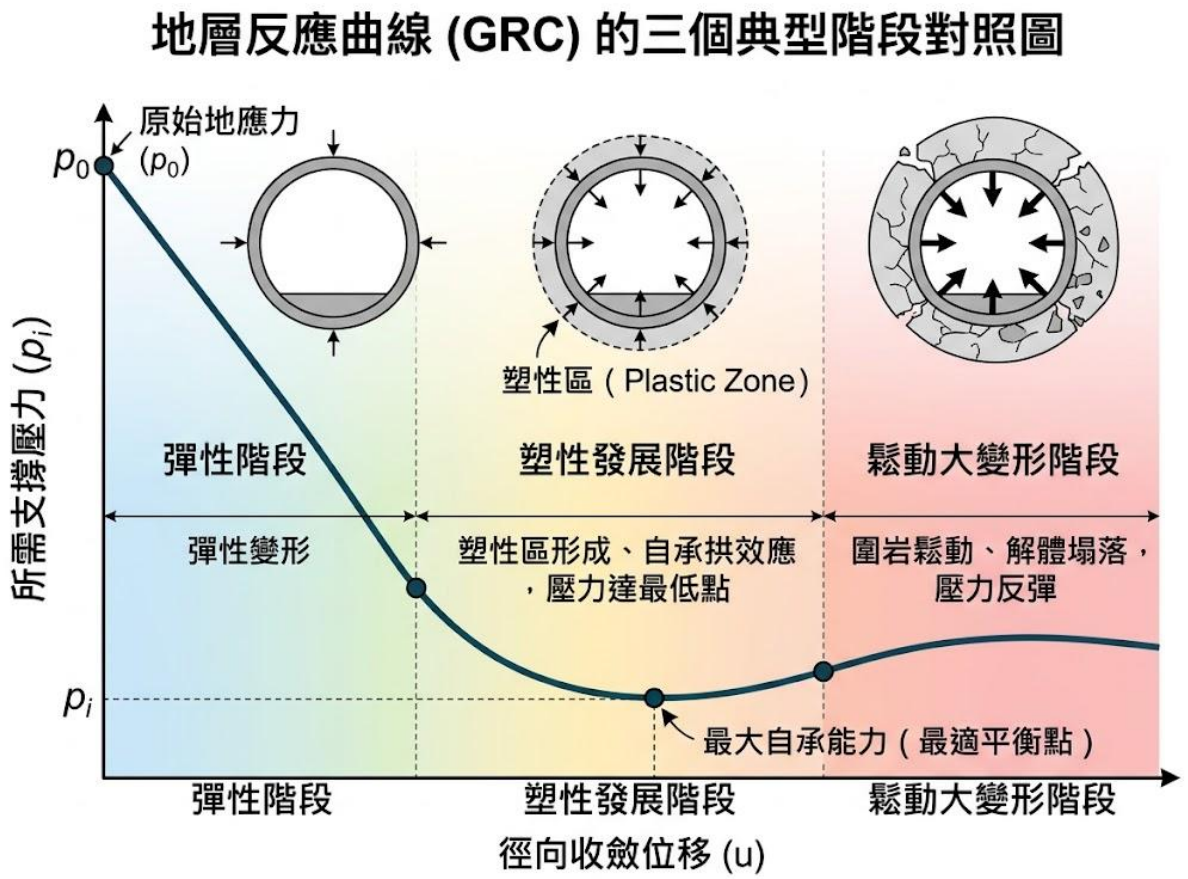
T:載重分配係數係數(λ1)



地層反應曲線 GRC
(Ground Reaction Curve)

地層反應曲線(Ground Reaction Curve, GRC)

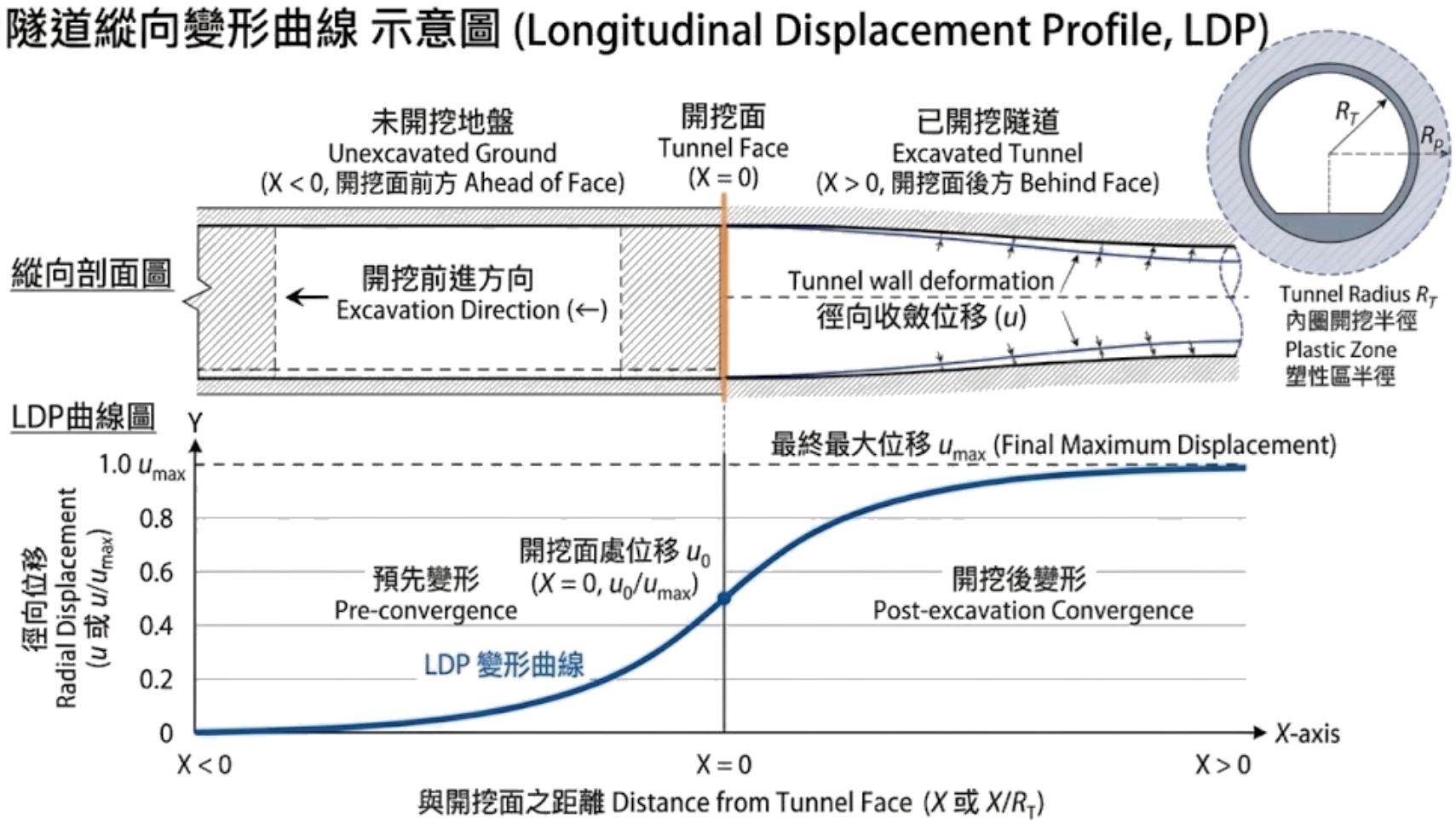
隧道開挖會造成圍岩原有應力釋放，隨著支撐壓力逐漸降低，圍岩會向隧道內部變形；GRC 就是描述隧道開挖後，圍岩的支撐壓力(Support Pressure)與隧道徑向收斂變形(Radial Displacement)之間的關係。



縱向變形曲線LDP-1
(Longitudinal Deformation Profile)

縱向變形曲線(Longitudinal Deformation Profile, LDP)

描述隧道開挖過程中，圍岩沿著隧道縱向(Tunnel Axis)不同位置所產生的變形量。



縱向變形曲線LDP-2

(Longitudinal Deformation Profile)

Vlachopoulos & Diederichs (2009) 公式與縱向變形曲線 (LDP)

計算公式 (Equations)

1. 開挖面處的位移比例 ($X = 0$)：在計算前後方變形前，需先求出開挖面當下的位移佔最終位移的比例：

$$u_0^* = \frac{1}{3} e^{-0.15R^*}$$

2. 開挖面前方（未開挖區，$X \leq 0$）：
反映隧道開挖前，地盤受應力重新分佈而產生的預先變形 (Pre-convergence)：

$$\frac{u}{u_{max}} = u_0^* \cdot e^{X^*}$$

3. 開挖面後方（已開挖區，$X \geq 0$）：
反映開挖後隧道管壁的變形收斂過程：

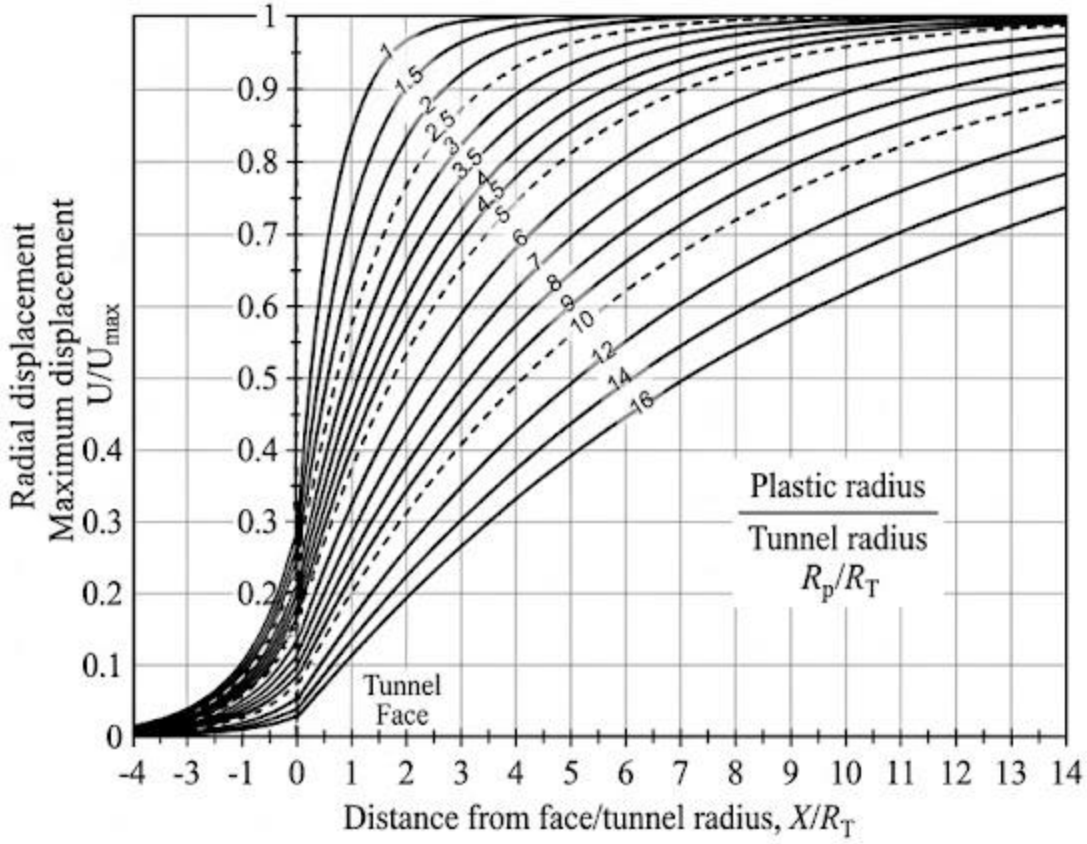
$$\frac{u}{u_{max}} = 1 - (1 - u_0^*) \cdot e^{\frac{-3X^*}{2R^*}}$$

公式定義與參數 (Parameters)

該公式將隧道管壁的徑向位移 u 與距離開挖面的縱向位置 X 建立關聯：

- R_T：隧道開挖半徑
- R_p：極限狀態下的最大塑性區半徑（由無支撐的 2D 分析取得）
- R^*：正規化塑性區半徑 ($R^* = R_p/R_T$)
- X：距開挖面的縱向距離（$X > 0$ 為開挖面後方的已開挖區；$X < 0$ 為前方未開挖區）
- X^*：正規化縱向距離 ($X^* = X/R_T$)
- u_{max}：無支撐條件下，離開挖面極遠處的最終最大徑向位移
- u_0：正好位於開挖面位置 ($X = 0$) 的徑向位移
- u_0^*：正規化開挖面位移 ($u_0^* = u_0/u_{max}$)

縱向變形曲線圖 (Longitudinal Displacement Profile)

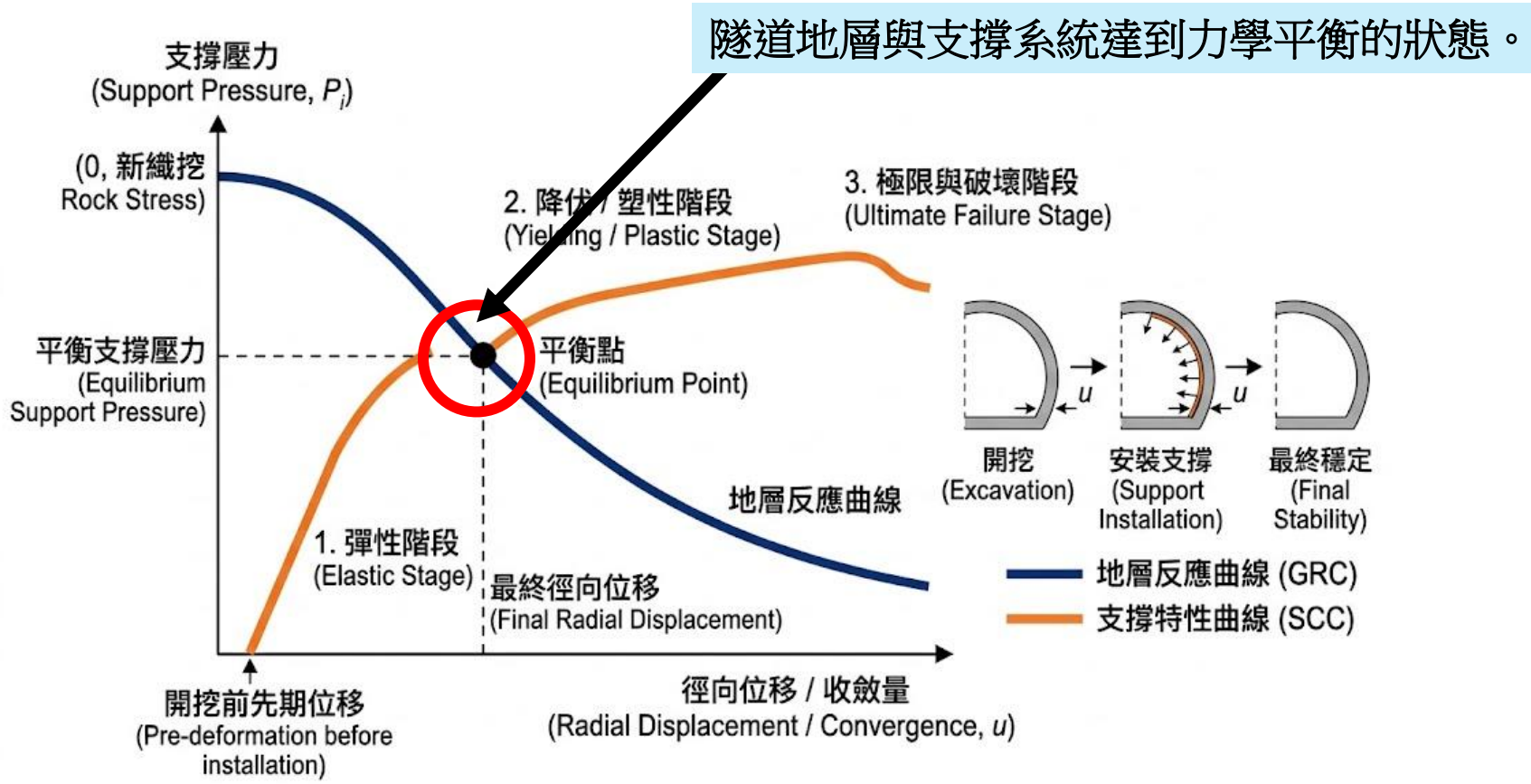


支撐特性曲線 (SCC)

(Support characteristic Curve)

支撐特性曲線(Support characteristic Curve ,SCC)

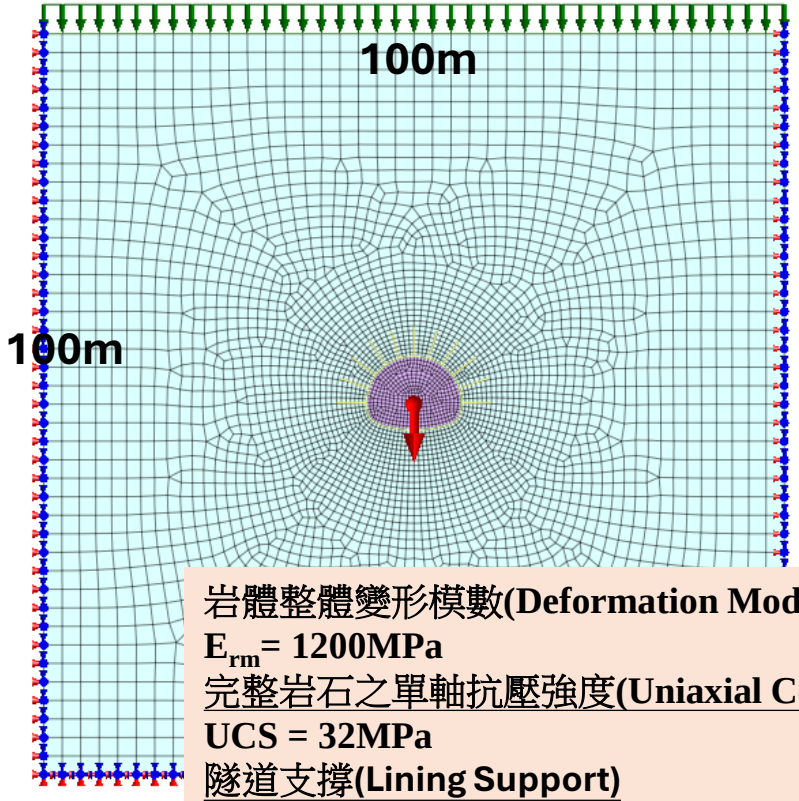
用來描述隧道支撐系統受到圍岩變形作用時，其支撐剛度、支撐壓力及承載能力之間的關係。
是一條描述支撐系統所提供的抗力(Support Pressure , Pi) 與隧道周邊牆面徑向位移/收斂量(Radial Displacement / Convergence ,u)之間函數關係的曲線。



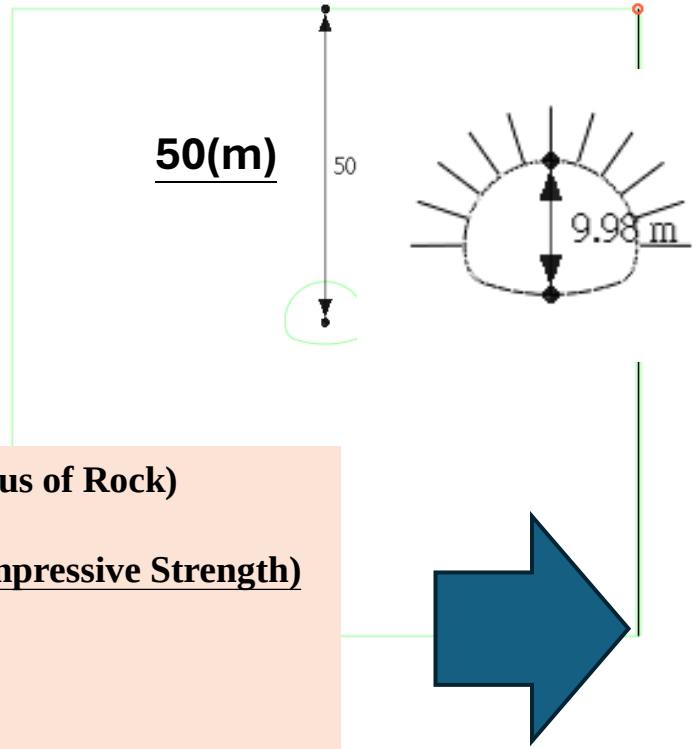
載重分配係數計算

覆土深度

自隧道中心軸算起的覆土深度為 75 公尺



上方覆土25(m)使用等效壓力定義



岩體整體變形模數(Deformation Modulus of Rock)

E_{rm}= 1200MPa

完整岩石之單軸抗壓強度(Uniaxial Compressive Strength)

UCS = 32MPa

隧道支撐(Lining Support)

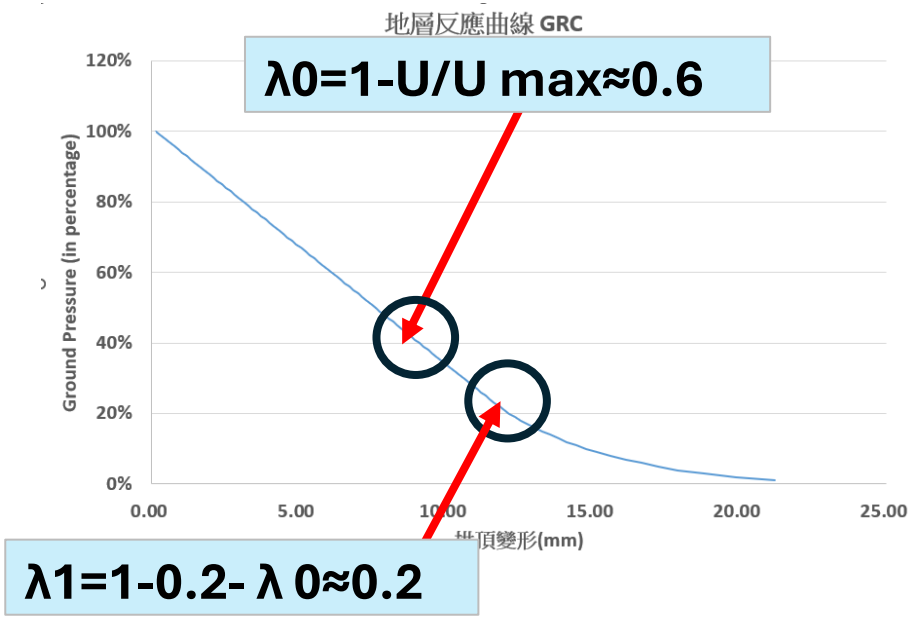
噴凝土(250)mm　格子鋼拱(95-20-25)

Hoek & Brown (2002) 經驗公式

完整岩石參數Intact Rock Parameter (mi) = 7

地質強度指標Geological Strength Index (GSI) = 32

擾動因子Disturbance Factor(D) = 0



註:範例相關參數使用假設條件。

大綱

- **Part1. 2D隧道特徵模型**
- **Part2. 有限元素模型**
- **Part3.邊界和載荷條件**
- **Part4. 施工階段(GRC)**
- **Part5. 分析計算(GRC)**
- **Part6. 分析結果(GRC)**
- **Part7. 支擋平衡點(SCC)**

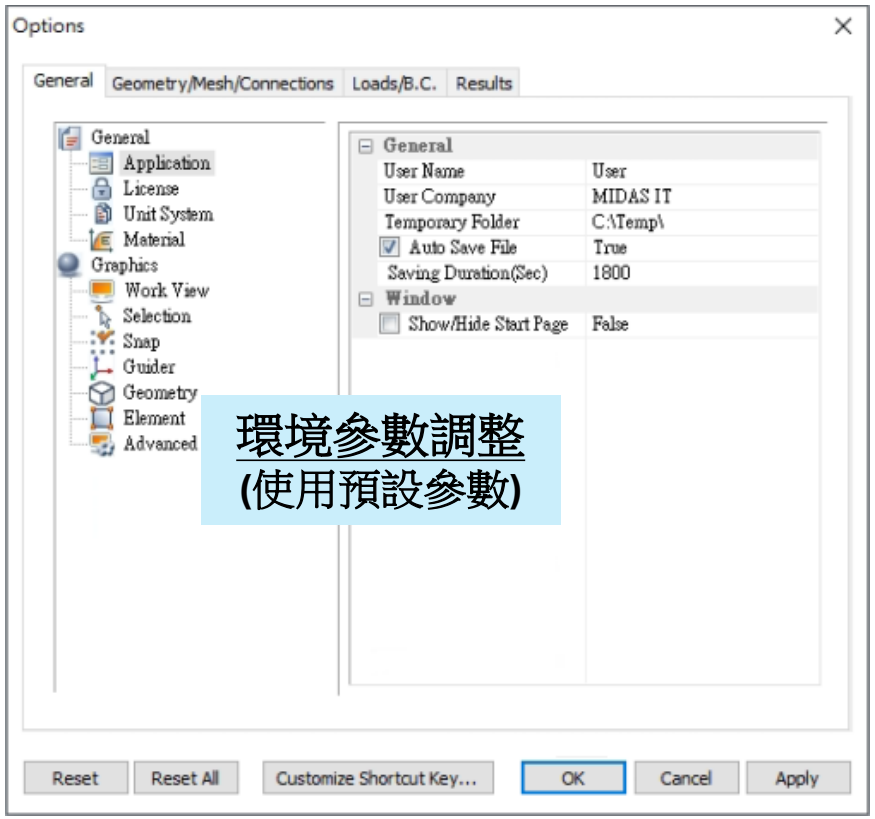


Part1. 2D隧道特徵模型



環境





環境參數調整
(使用預設參數)



新文件



2D操作

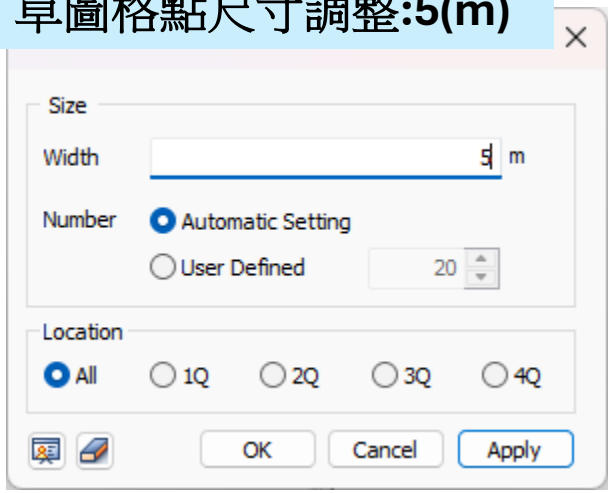
切換單位

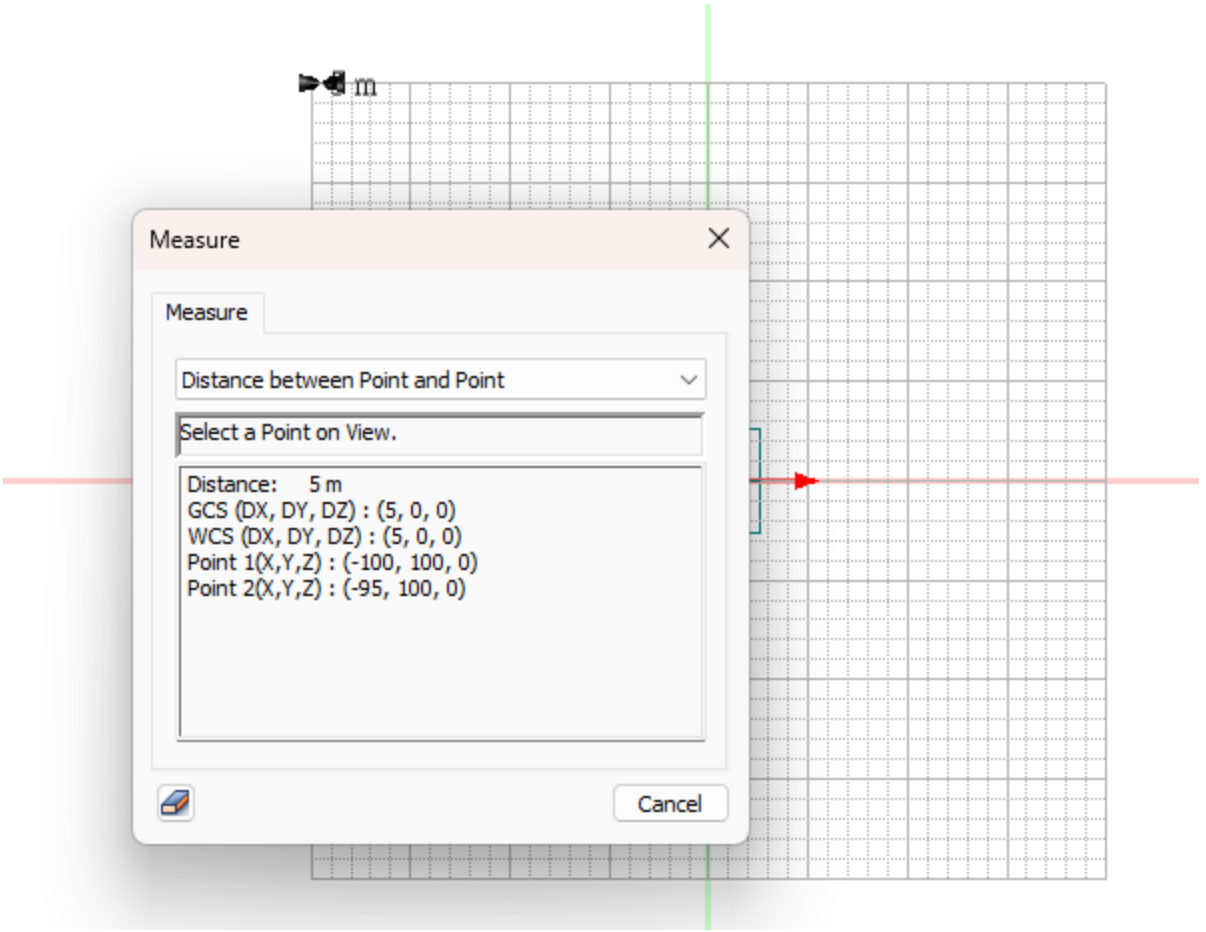
單位使用KN/m/J/sec

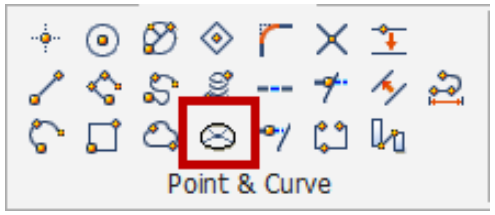
草圖格點尺



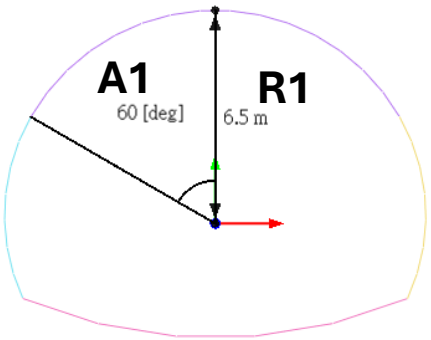
草圖格點尺寸調整:5(m)

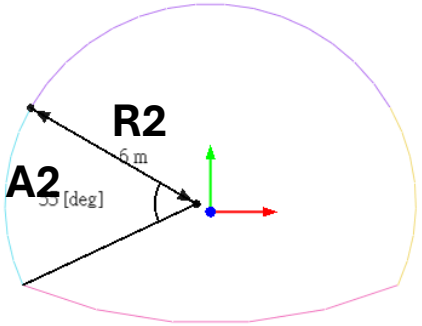


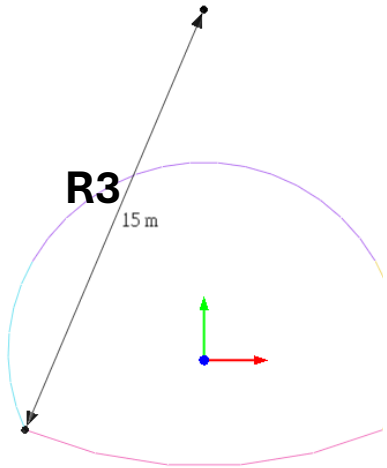


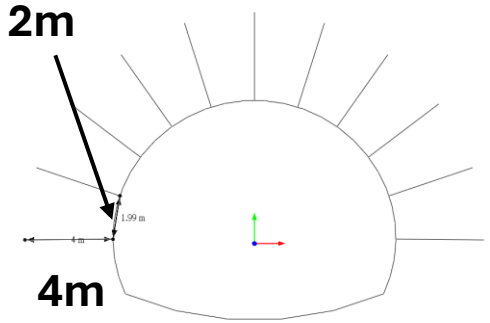


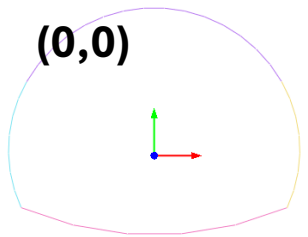
隧道草圖繪製



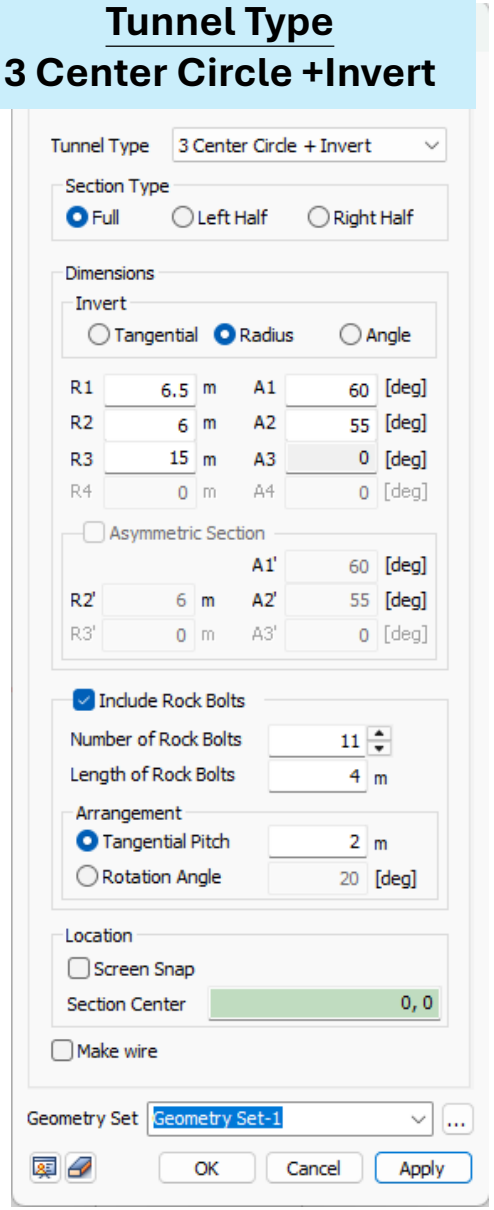




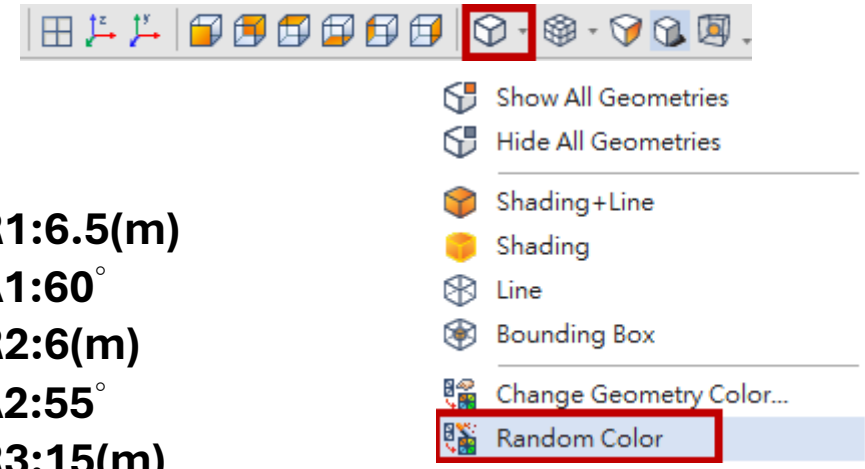




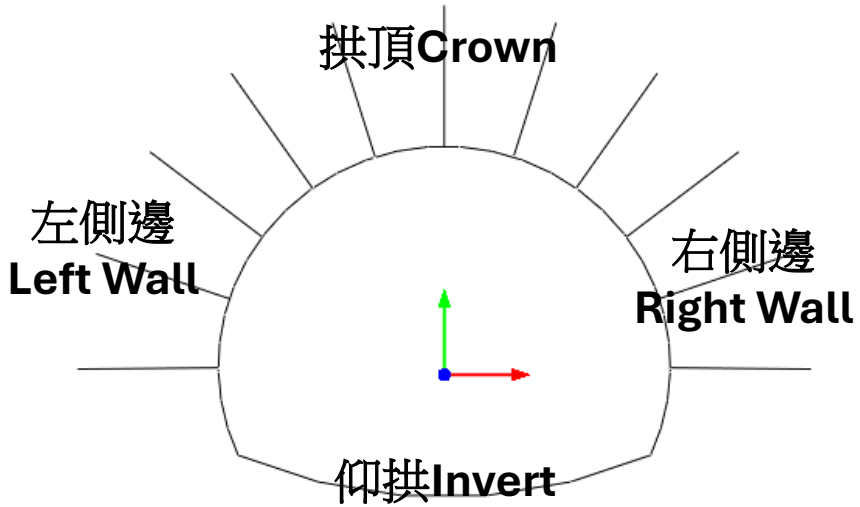
Tunnel Type
3 Center Circle +Invert



幾何顯示控制

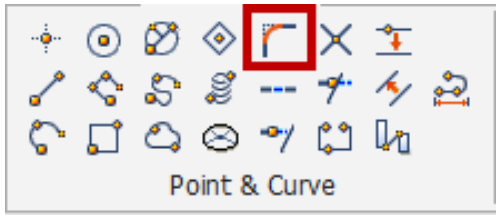


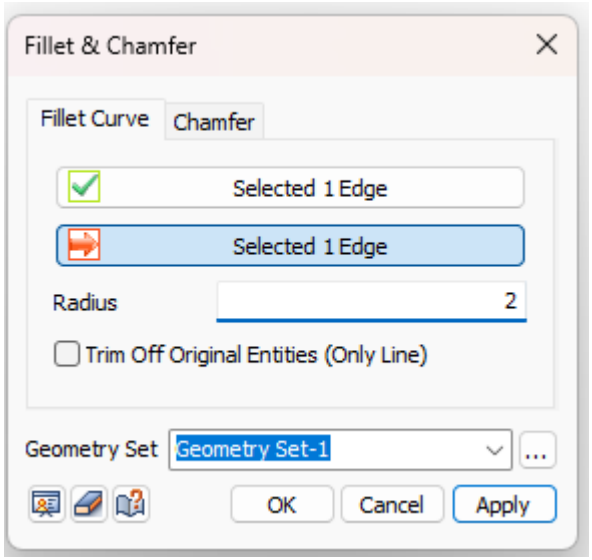
R1:6.5(m)
A1:60°
R2:6(m)
A2:55°
R3:15(m)

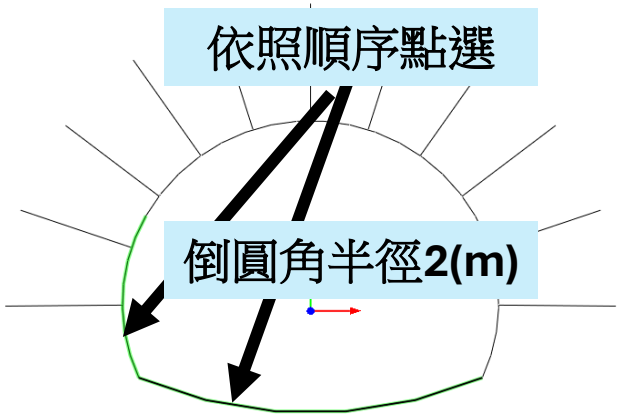




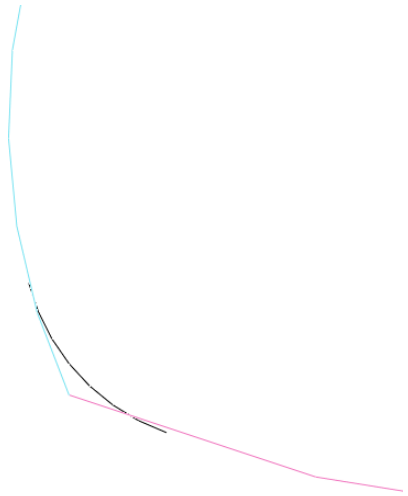
仰拱和側邊倒圓角

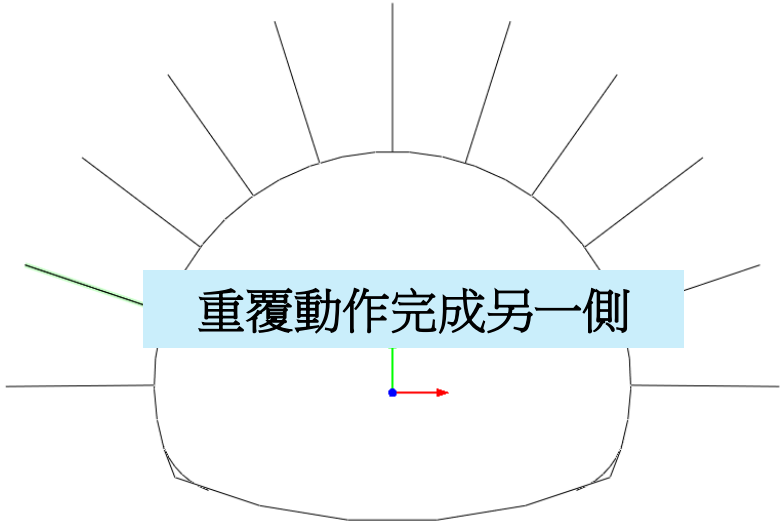

Point & Curve


Fillet & Chamfer
Fillet Curve
Chamfer
Selected 1 Edge
Selected 1 Edge
Radius
2
Trim Off Original Entities (Only Line)
Geometry Set
Geometry Set-1
OK
Cancel
Apply

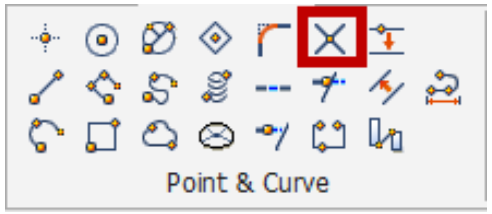

依照順序點選
倒圓角半徑2(m)



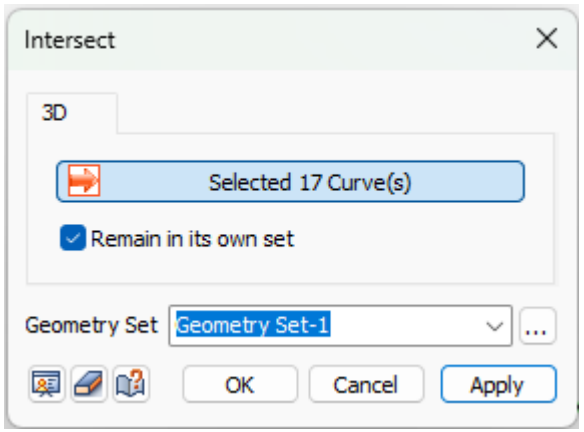


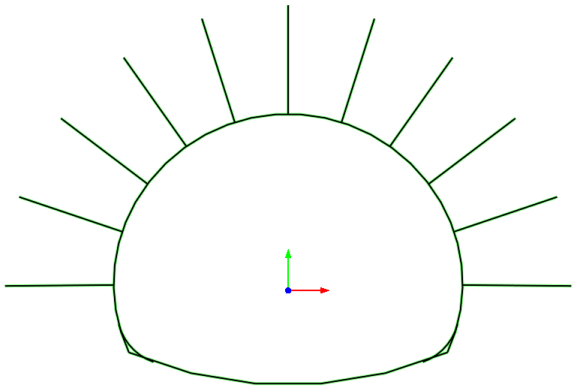

重覆動作完成另一側

線特徵編輯

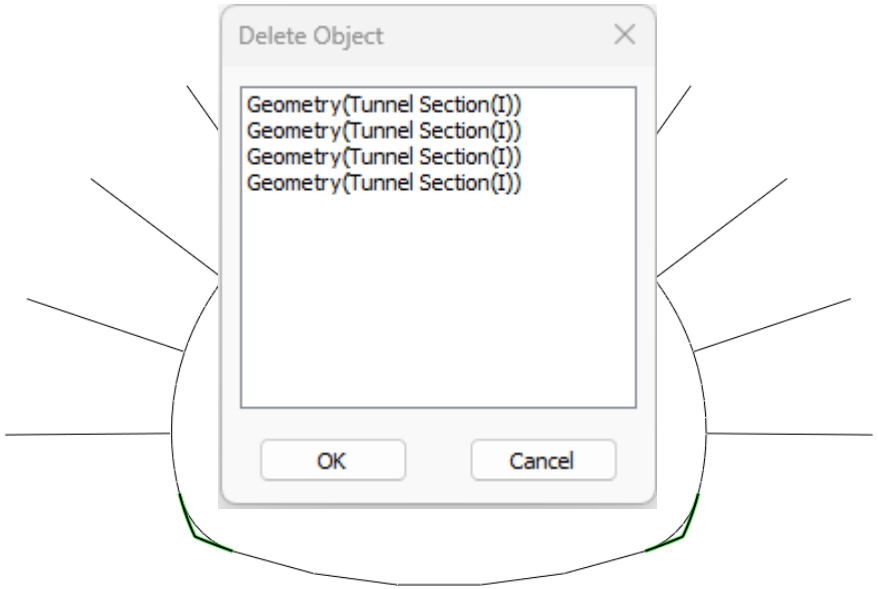


所有線特徵相交



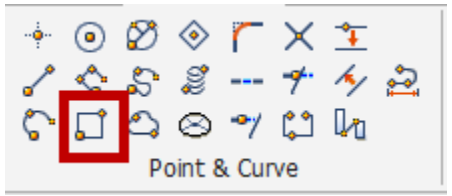


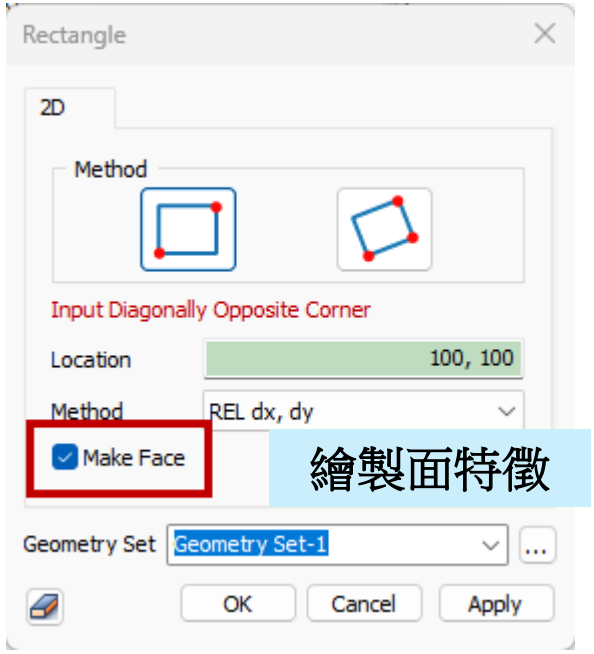
刪除多餘特徵



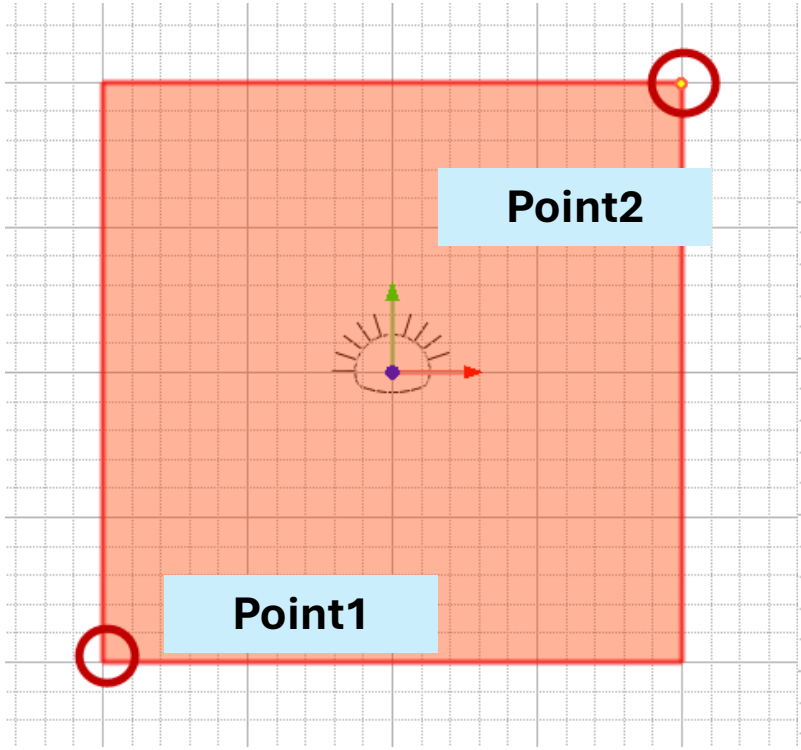
點選多餘特徵,鍵盤Delete鍵刪除

圍岩繪製

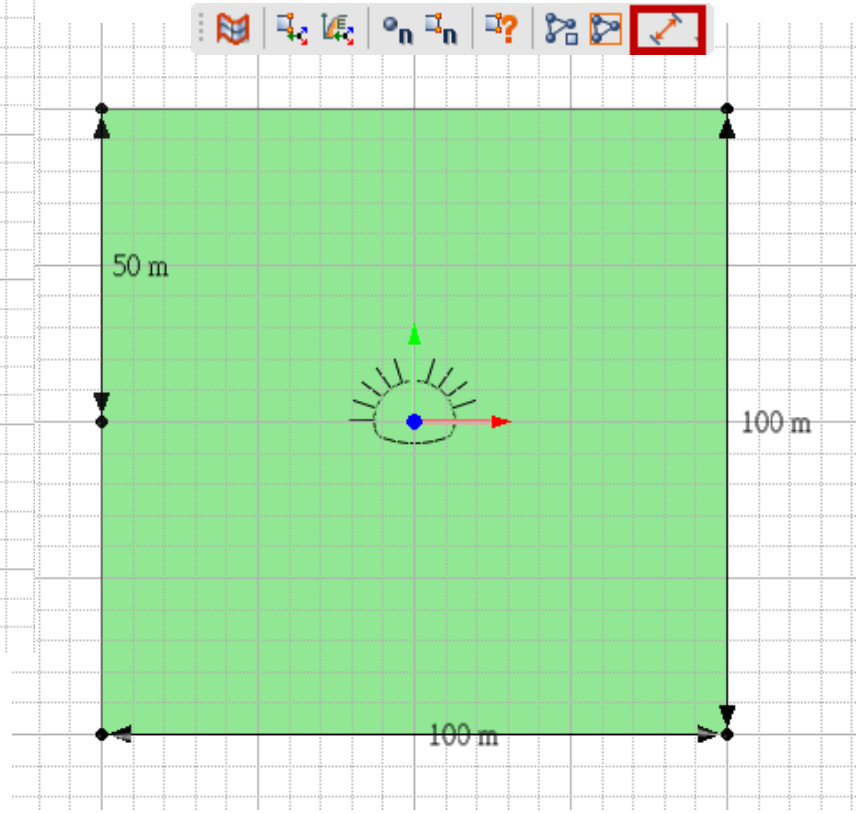




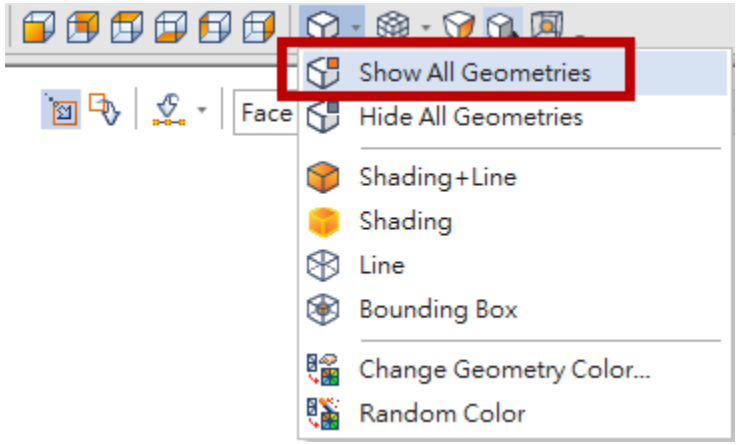
繪製面特徵



補充:量測工具

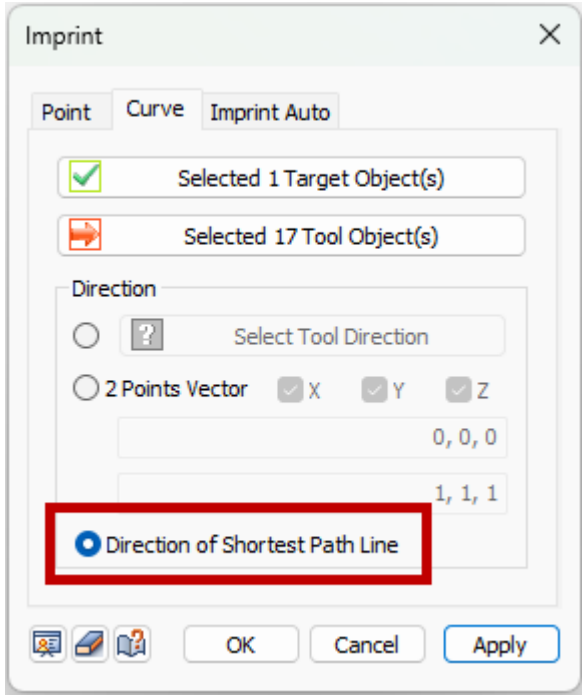


投影線特徵



顯示所有幾何特徵





使用最短距離投影特徵

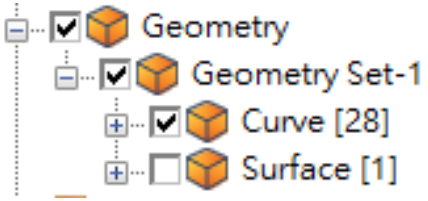
Target Object:選取特徵面



Tool Object:選取隧道線特徵

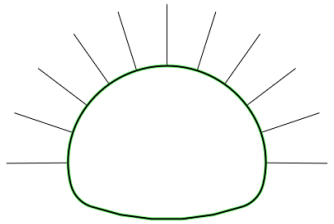
刪除線幾何特徵

顯示線特徵幾何集

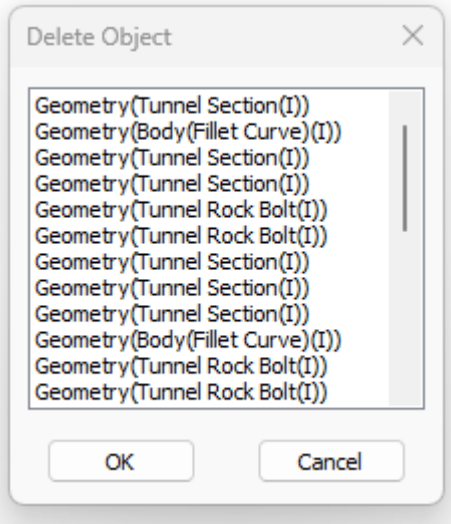


隱藏面特徵幾何集

Step1.框選隧道線特徵



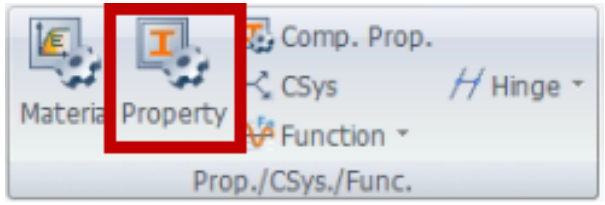
Step2.鍵盤DELETE

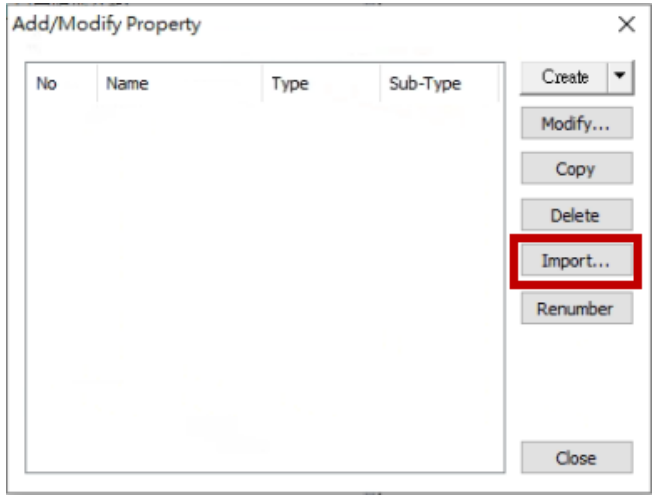


Part2.有限元素模型



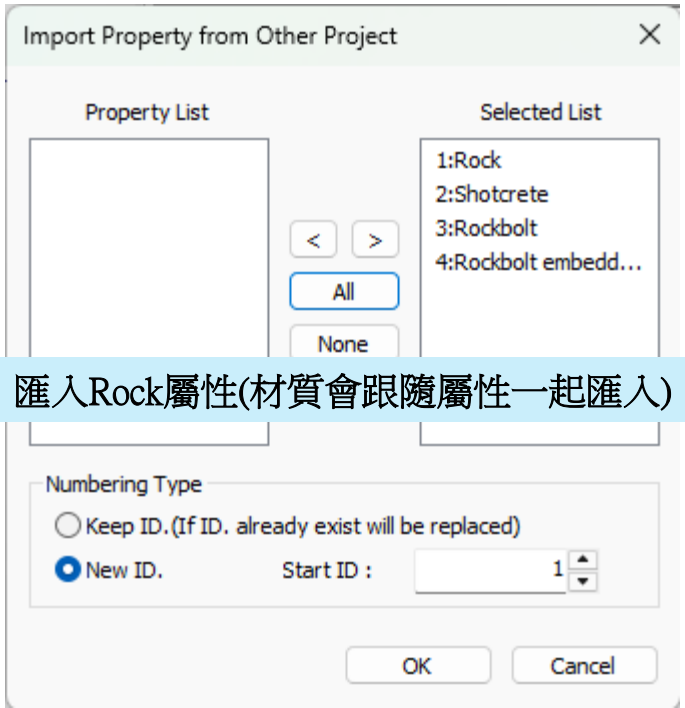
屬性匯入







選擇_GTS NX_載重分配係數_MAT&Prop.gts



匯入Rock屬性(材質會跟隨屬性一起匯入)

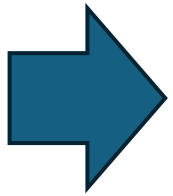
大地土壤-2D網格

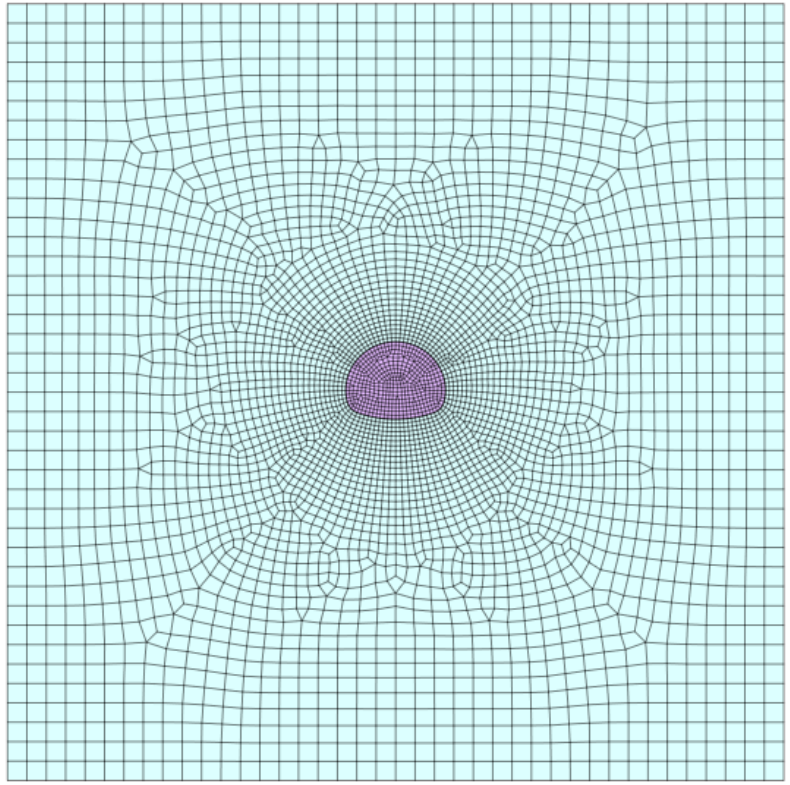


Mesh Set=Tunnel
網格尺寸: 0.5/ 合併節點



Mesh Set=Surrounding Rock
網格尺寸: 2.5/ 合併節點





File:GTS NX_載重分配係數_Part2

Part3.邊界和載荷條件

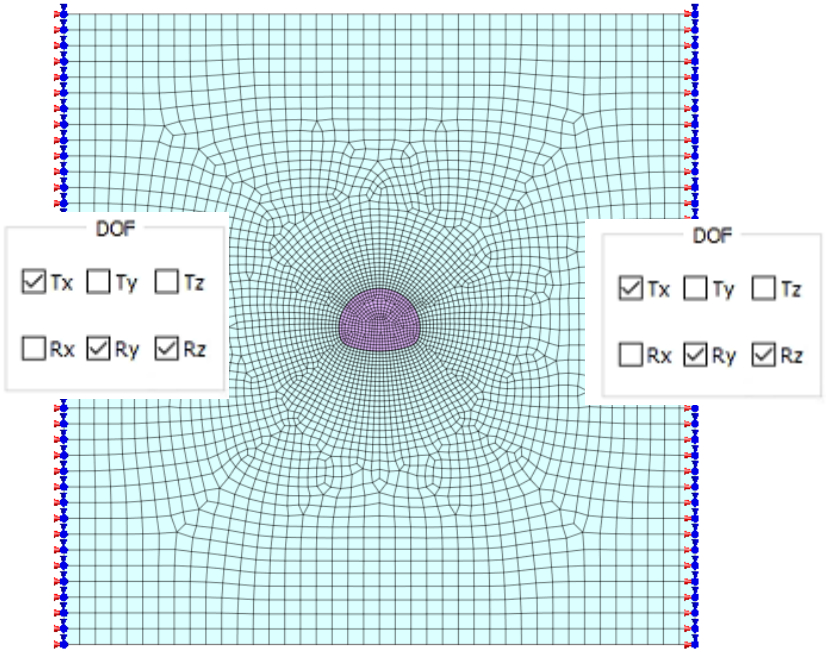


邊界-拘束

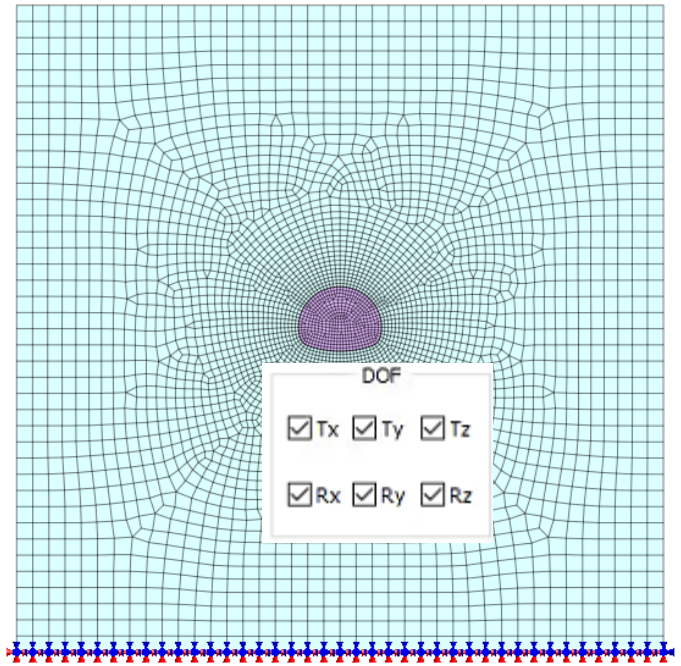


使用Edge特徵選取節點

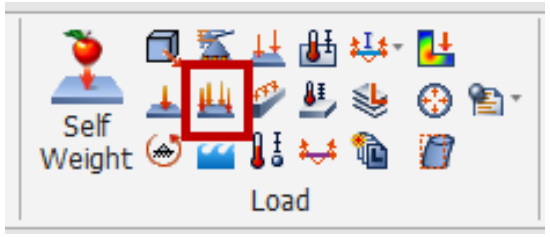




Boundary Set-1



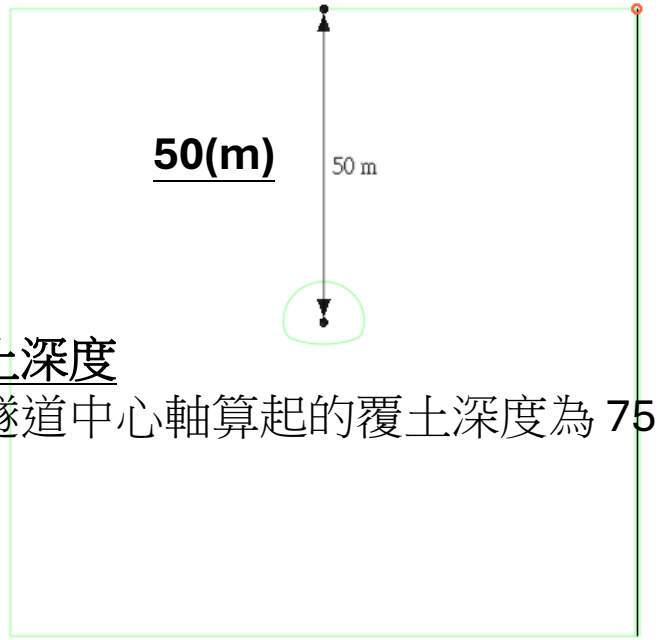
Boundary Set-2



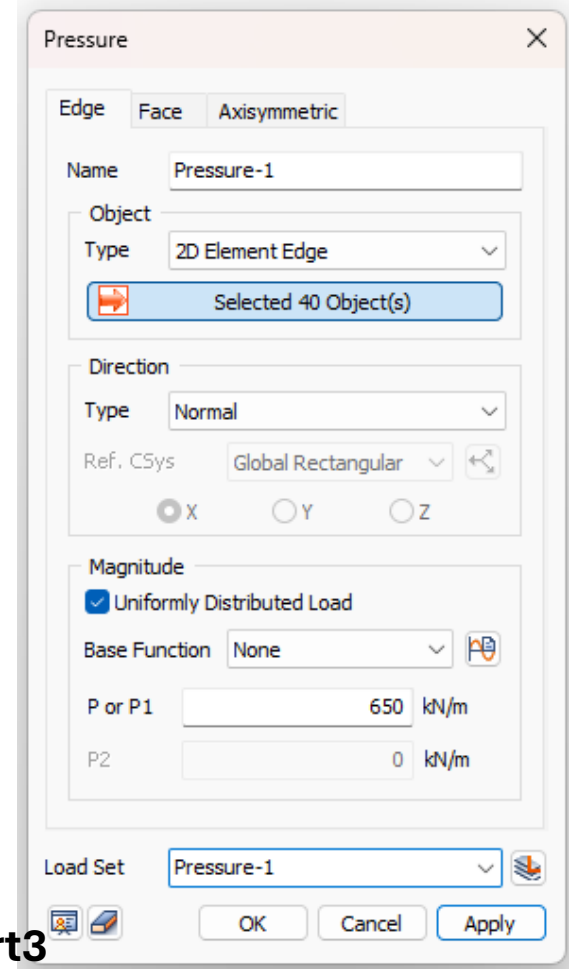
覆土等效壓力

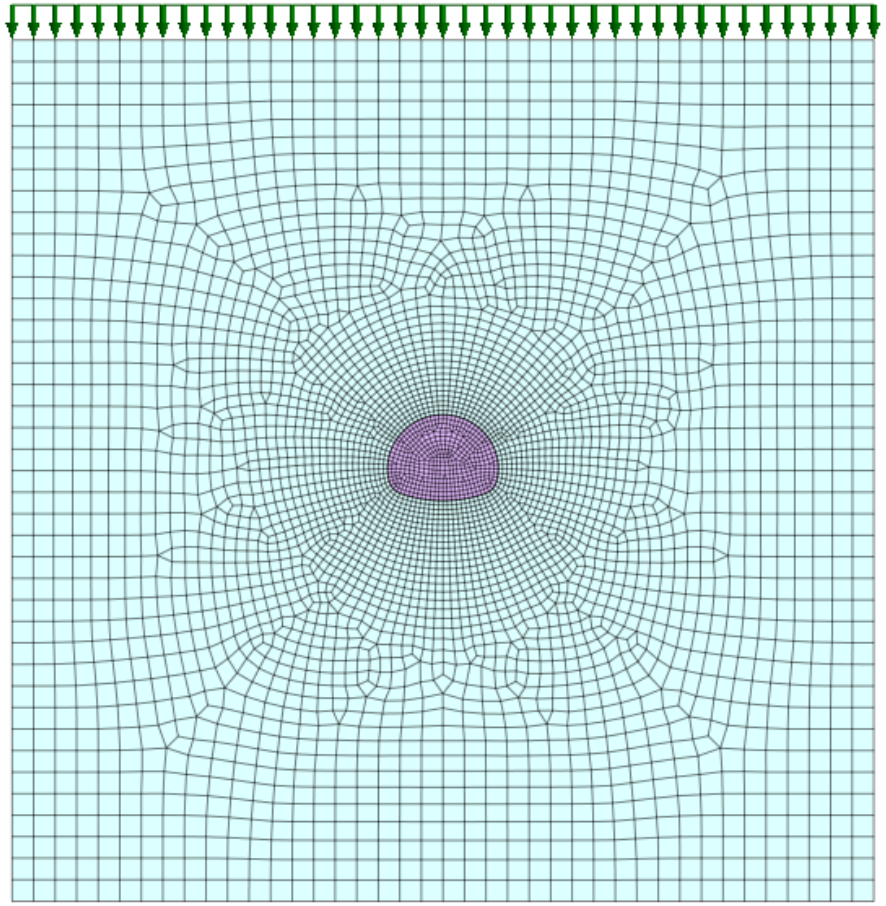
均布載重 (P) = 單位重 (γ) × 覆蓋層厚度 (H)
假設覆土單位重 (Unit Weight, γ)：26 (kN/m^3)
施加載重 (Magnitude)：650 (kN/m) (單位長度1m)

上方覆土25(m)
使用等效壓力定義



覆土深度
自隧道中心軸算起的覆土深度為 75 公尺





自訂載荷集名稱:垂直土壓力-1

File:GTS NX_載重分配係數_Part3

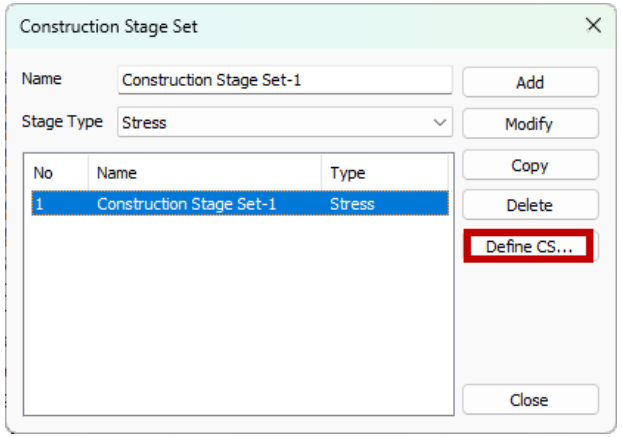
Part4.施工階段(GRC)



施工階段定義-1

(新增施工階段計算類型)

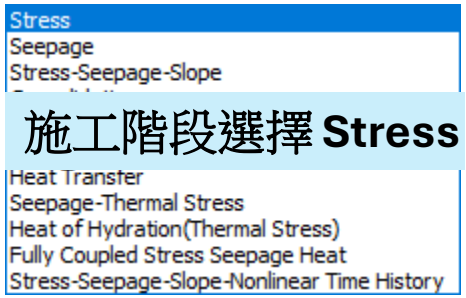




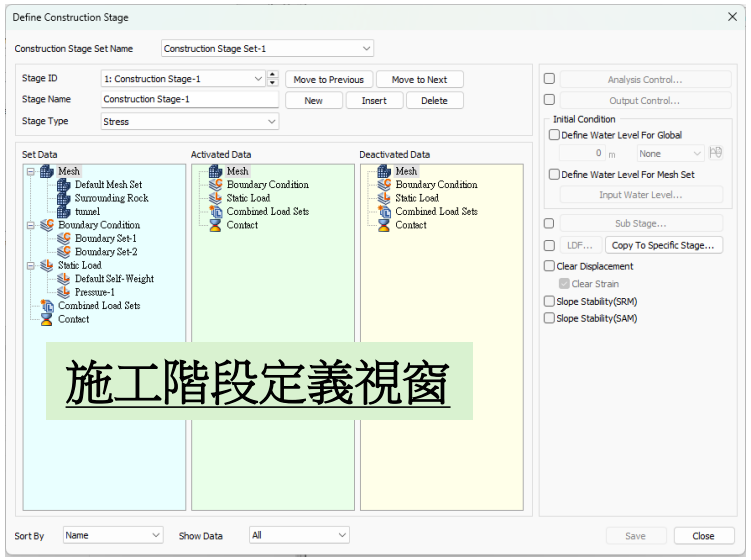
Step1.新增

Step2.編輯定義

GTS NX提供多種施工階段類型

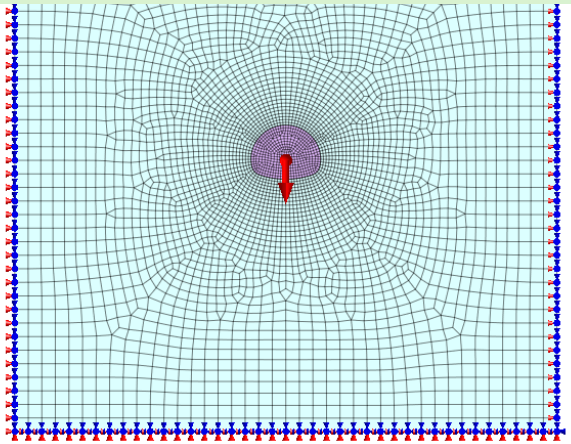


施工階段選擇 **Stress**



施工階段定義視窗

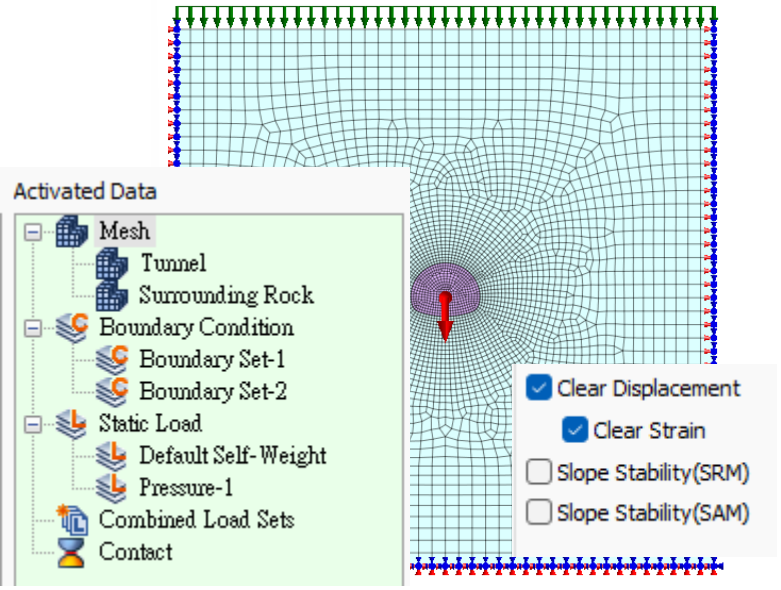
施工階段提供同步檢視
(顯示所有網格集/邊界集/載荷集)



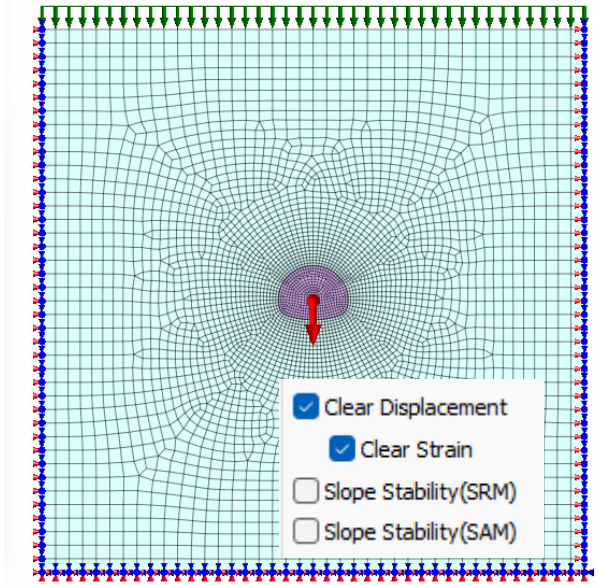
施工階段定義-2

(施工階段定義)

Stage0. Initial Stage

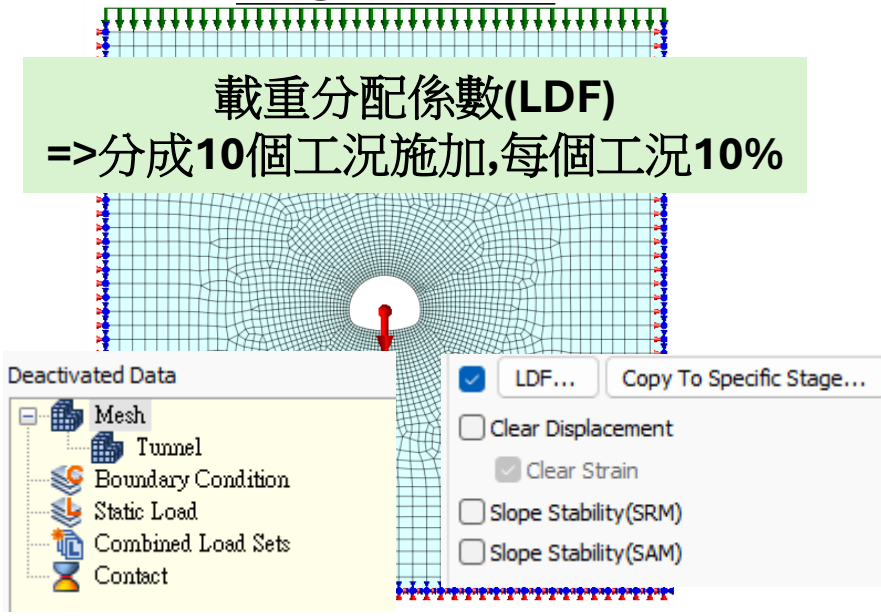


Stage1.Null Stage



Stage2. Tunnel

載重分配係數(LDF)
=>分成10個工況施加,每個工況10%



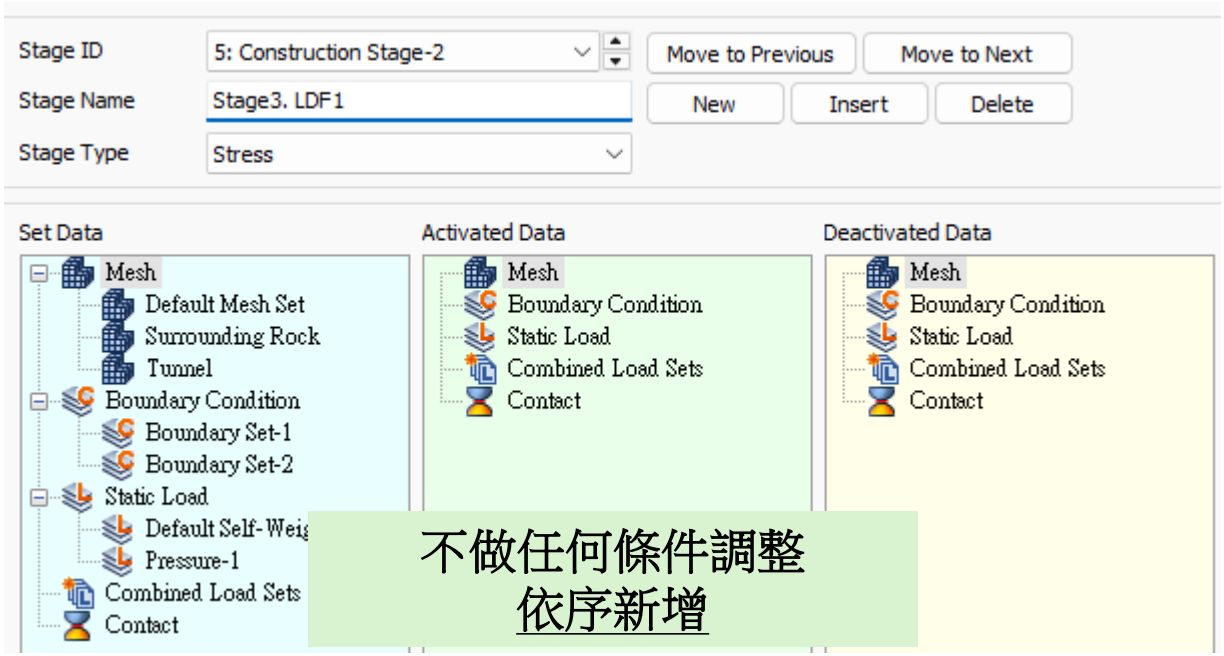
Load Distribution Factor

After Current Stage	Distribution Factor
0	0.1
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
Total	1

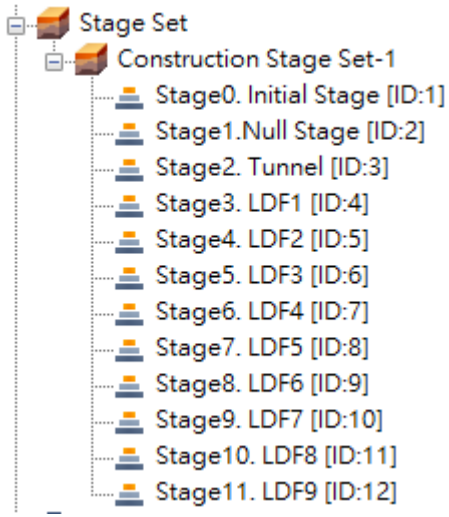
施工階段定義-4

(施工階段定義)

Stage3. LDF1~Stage11.LDF9



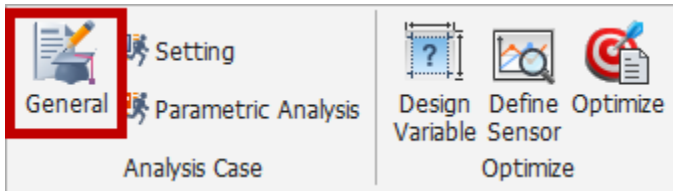
不做任何條件調整
依序新增



Part5.分析計算(GRC)

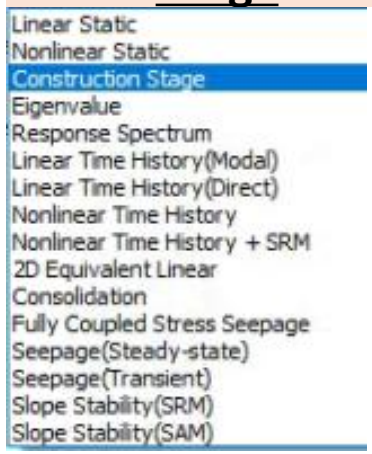


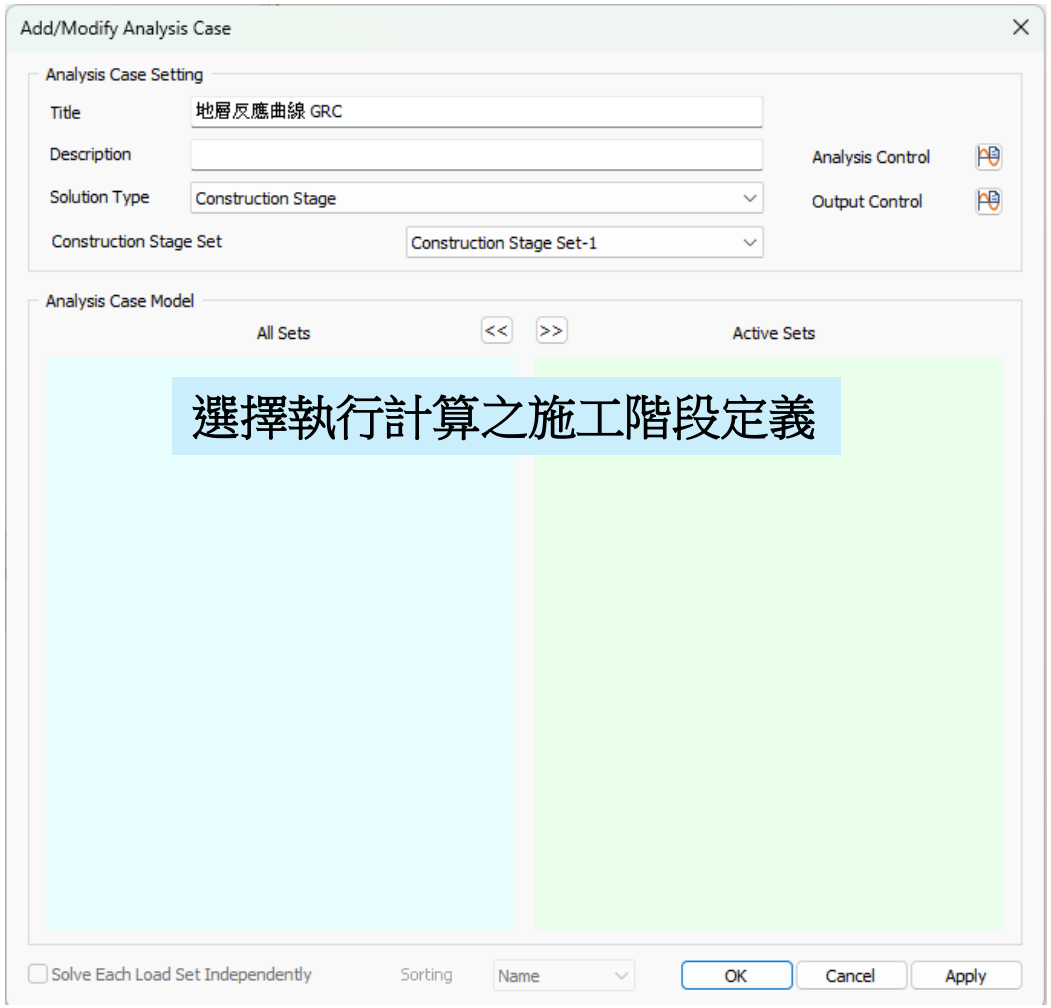
分析定義



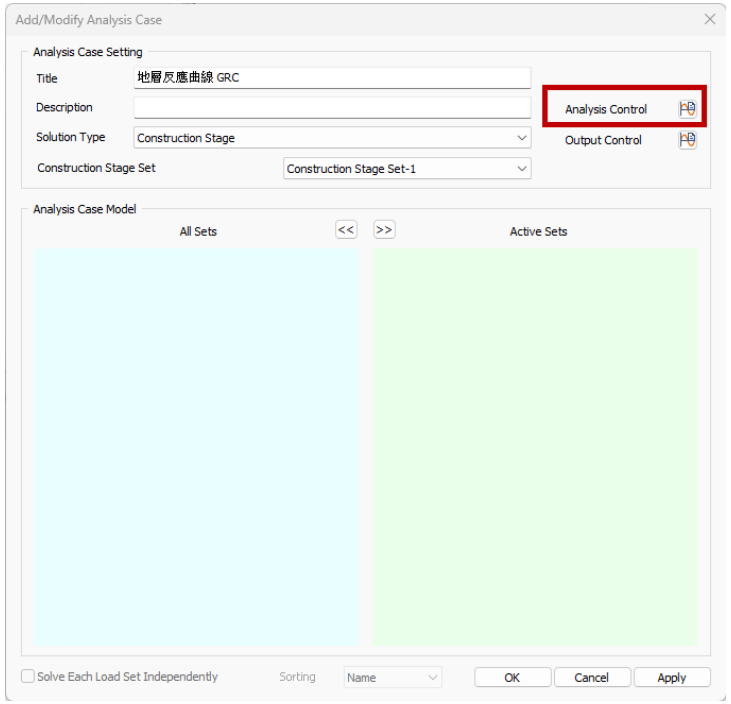
分析名稱:地層反應曲線 GRC
分析類型:Construction Stage

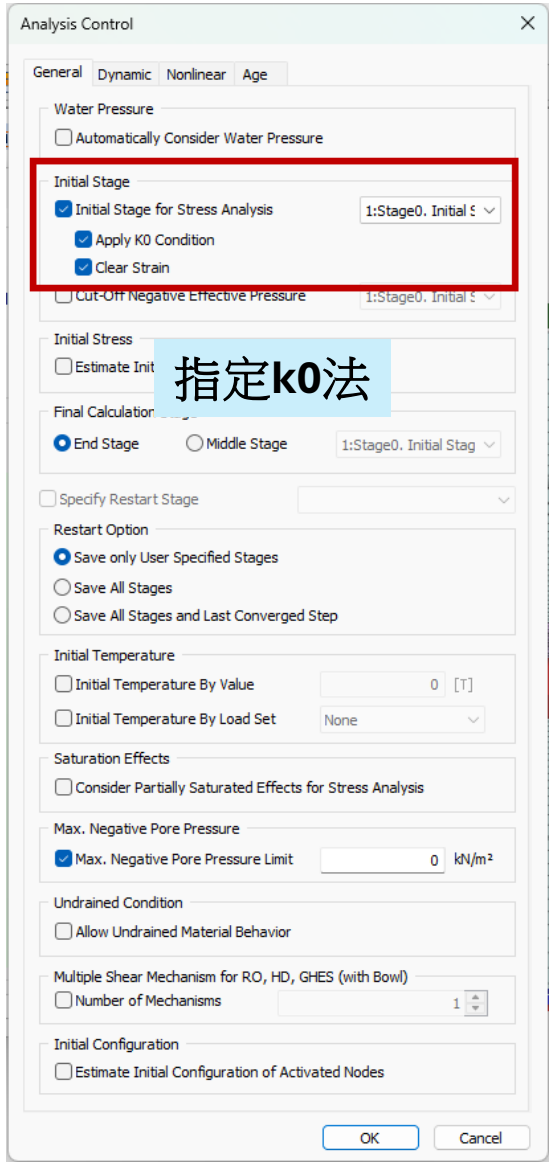
Construction Stage



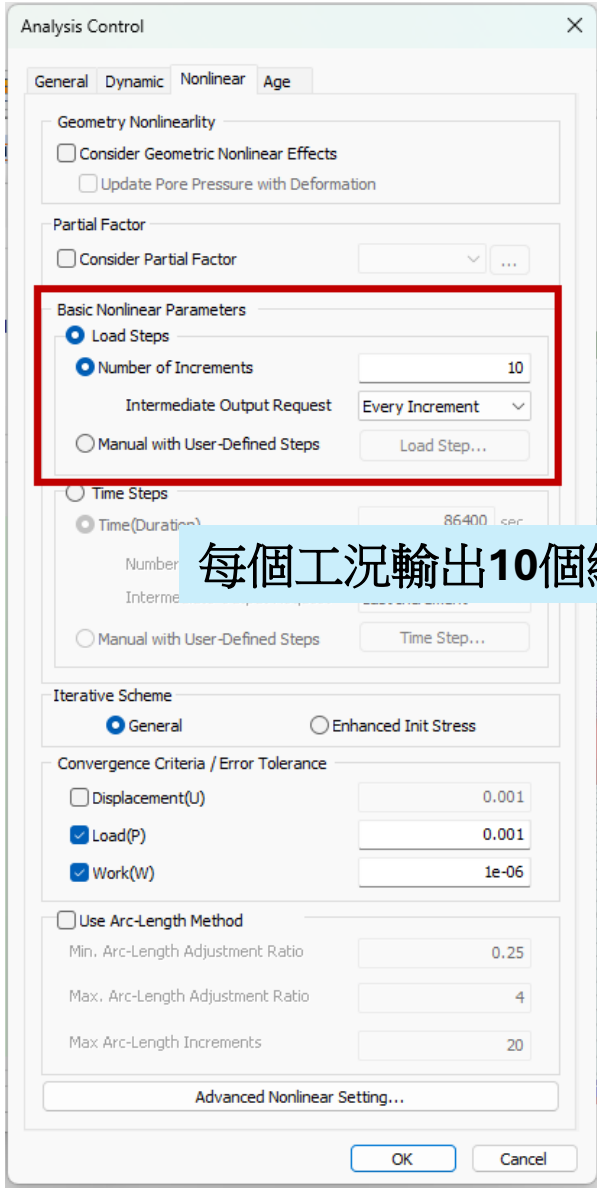


整體分析控制





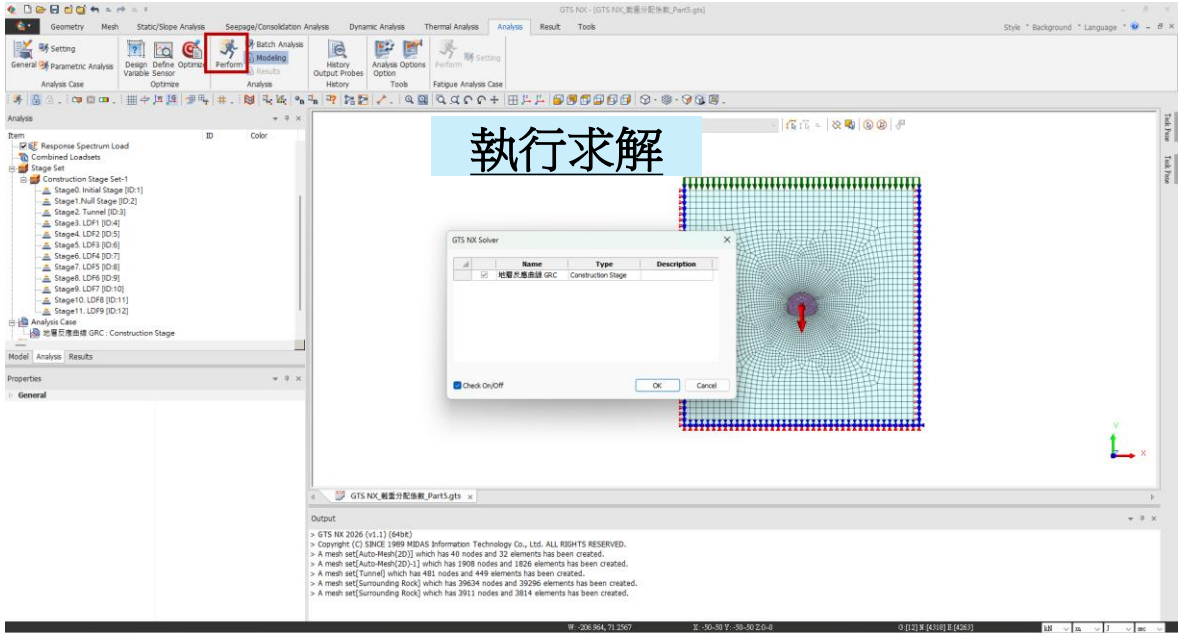
指定k0法



每個工況輸出10個結果



計算



計算迭代過程

```
Output
>    MAXIMUM TRANSLATION : 2.7891E-06(T1:44570), MAXIMUM ROTATION : 0.0000E+00(R3:0)
>    MAXIMUM STRESS : 0.0000E+00(1D:0), 1.7020E+03(2D:45342), 0.0000E+00(3D:0)
> INCREMENT=  5 ( 50.00%),  ITERATION=  0, ERROR NORMS: P(  6.97E-15/  1.0E-03) W(  1.96E-13/  1.0E-06)  CONVERGED
>  - RESULT SUMMARY
>    MAXIMUM TRANSLATION : 3.4864E-06(T1:44570), MAXIMUM ROTATION : 0.0000E+00(R3:0)
>    MAXIMUM STRESS : 0.0000E+00(1D:0), 2.1275E+03(2D:45342), 0.0000E+00(3D:0)
> INCREMENT=  6 ( 60.00%),  ITERATION=  0, ERROR NORMS: P(  6.95E-15/  1.0E-03) W(  3.98E-13/  1.0E-06)  CONVERGED
>  - RESULT SUMMARY
>    MAXIMUM TRANSLATION : 4.1836E-06(T1:44570), MAXIMUM ROTATION : 0.0000E+00(R3:0)
>    MAXIMUM STRESS : 0.0000E+00(1D:0), 2.5530E+03(2D:45342), 0.0000E+00(3D:0)
> INCREMENT=  7 ( 70.00%),  ITERATION=  0, ERROR NORMS: P(  6.96E-15/  1.0E-03) W(  2.64E-14/  1.0E-06)  CONVERGED
>  - RESULT SUMMARY
>    MAXIMUM TRANSLATION : 4.8809E-06(T1:44570), MAXIMUM ROTATION : 0.0000E+00(R3:0)
>    MAXIMUM STRESS : 0.0000E+00(1D:0), 2.9785E+03(2D:45342), 0.0000E+00(3D:0)
> INCREMENT=  8 ( 80.00%),  ITERATION=  0, ERROR NORMS: P(  7.02E-15/  1.0E-03) W(  6.02E-14/  1.0E-06)
```

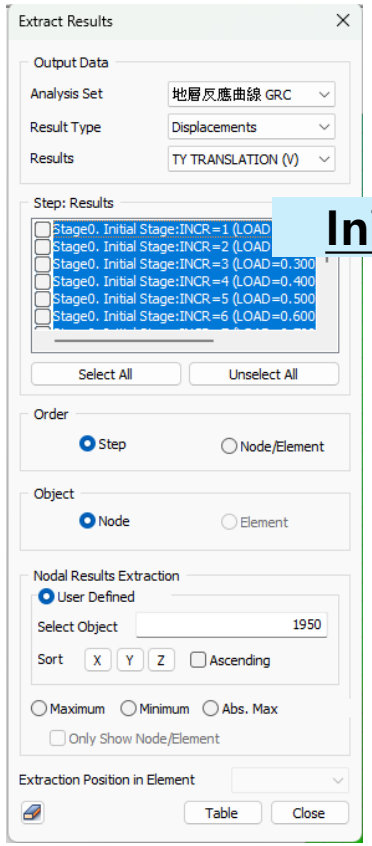
Part6. 分析結果(GRC)

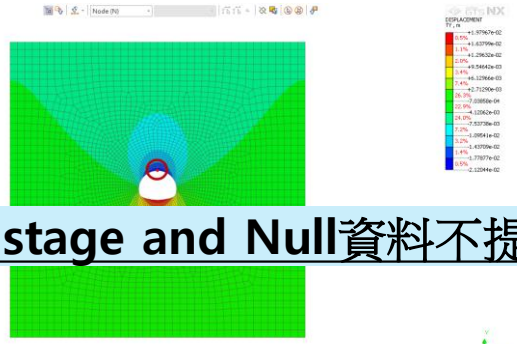


地層反應曲線 GRC
(拱頂歷時變形)



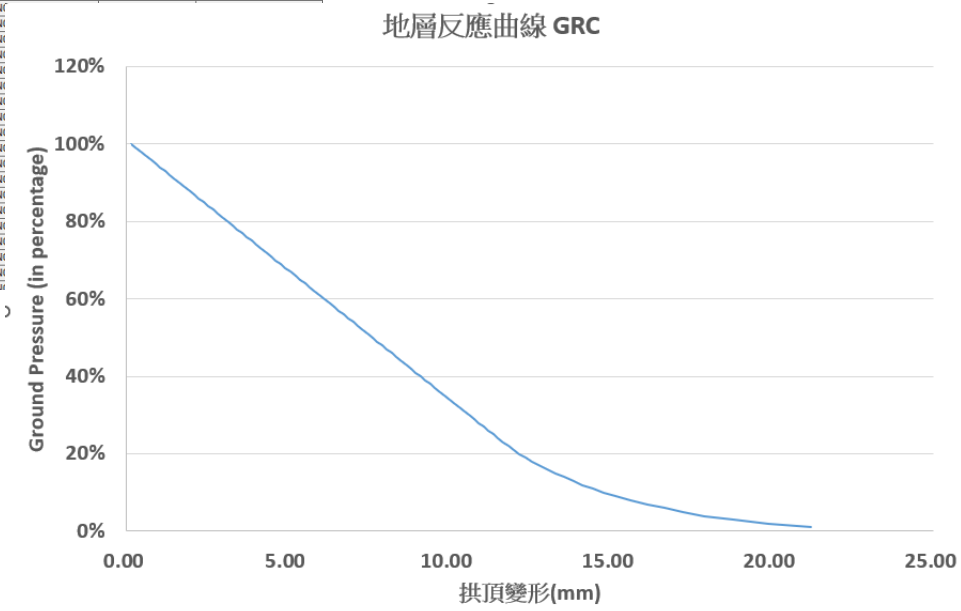
拱頂節點Ty方向





Initial stage and Null資料不提取

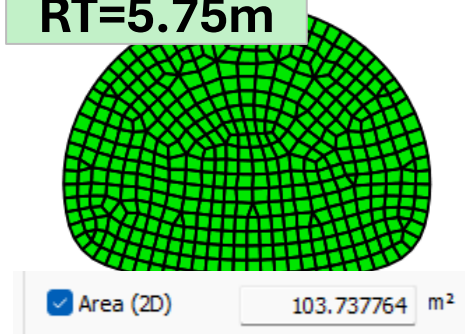
No	Step	Step Value	Node: 1950 TY TRANSLATION (V) (m)
1	Stage2. Tunnel:INCR=1 (LOAD=0.10	1.000000e-01	-1.495203e-04
2	Stage2. Tunnel:INCR=2 (LOAD=0.20	2.000000e-01	-2.990406e-04
3	Stage2. Tunnel:INCR=3 (LOAD=0.30	3.000000e-01	-4.485610e-04
4	Stage2. Tunnel:INCR=4 (LOAD=0.40	4.000000e-01	-5.980813e-04
5	Stage2. Tunnel:INCR=5 (LOAD=0.50	5.000000e-01	-7.476016e-04
6	Stage2. Tunnel:INCR=6 (LOAD=0.60	6.000000e-01	-8.971219e-04
7	Stage2. Tunnel:INCR=7 (LOAD=0.70	7.000000e-01	-1.046642e-03
8	Stage2. Tunnel:INCR=8 (LOAD=0.80	8.000000e-01	-1.196163e-03
9	Stage2. Tunnel:INCR=9 (LOAD=0.90	9.000000e-01	-1.345683e-03
10	Stage2. Tunnel:INCR=10 (LOAD=1.0	1.000000e+00	-1.495203e-03
11	Stage3. LDF1:INCR=1 (LOAD=0.100	1.000000e-01	-1.644723e-03
12	Stage3. LDF1:INCR=2 (LOAD=0.200	2.000000e-01	-1.794244e-03
13	Stage3. LDF1:INCR=3 (LOAD=0.300	3.000000e-01	-1.943764e-03
14	Stage3. LDF1:INCR=4 (LOAD=0.400	4.000000e-01	-2.093284e-03
15	Stage3. LDF1:INCR=5 (LOAD=0.500	5.000000e-01	-2.242805e-03
16	Stage3. LDF1:INCR=6 (LOAD=0.600	6.000000e-01	-2.392325e-03
17	Stage3. LDF1:INCR=7 (LOAD=0.700	7.000000e-01	-2.541845e-03
18	Stage3. LDF1:INCR=8 (LOAD=0.800	8.000000e-01	-2.691366e-03
19	Stage3. LDF1:INCR=9 (LOAD=0.900	9.000000e-01	-2.840886e-03
20	Stage3. LDF1:INCR=10 (LOAD=1.00	1.000000e+00	-2.990406e-03
21	Stage4. LDF2:INCR=1 (LOAD=0.100	1.000000e-01	-3.139927e-03
22	Stage4. LDF2:INCR=2 (LOAD=0.200	2.000000e-01	-3.289447e-03
23	Stage4. LDF2:INCR=3 (LOAD=0.300	3.000000e-01	-3.438967e-03
24	Stage4. LDF2:INCR=4 (LOAD=0.400	4.000000e-01	-3.588488e-03
25	Stage4. LDF2:INCR=5 (LOAD=0.500	5.000000e-01	-3.738008e-03
26	Stage4. LDF2:INCR=6 (LOAD=0.600	6.000000e-01	-3.887528e-03
27	Stage4. LDF2:IN		
28	Stage4. LDF2:IN		
29	Stage4. LDF2:IN		
30	Stage4. LDF2:IN		
31	Stage5. LDF3:IN		
32	Stage5. LDF3:IN		
33	Stage5. LDF3:IN		
34	Stage5. LDF3:IN		
35	Stage5. LDF3:IN		
36	Stage5. LDF3:IN		
37	Stage5. LDF3:IN		
38	Stage5. LDF3:IN		
39	Stage5. LDF3:IN		
40	Stage5. LDF3:IN		
41	Stage6. LDF4:IN		
42	Stage6. LDF4:IN		
43	Stage6. LDF4:IN		
44	Stage6. LDF4:IN		



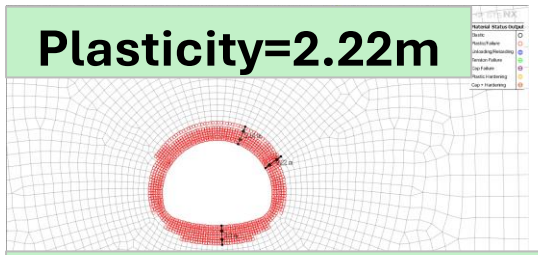
載重分配係數係數(λO)計算

襯砌施作距離 (x=1m)

RT=5.75m



Plasticity=2.22m



Rp
=RT + Plasticity
=5.75+2.22=7.97(m)

Rp/RT=1.386

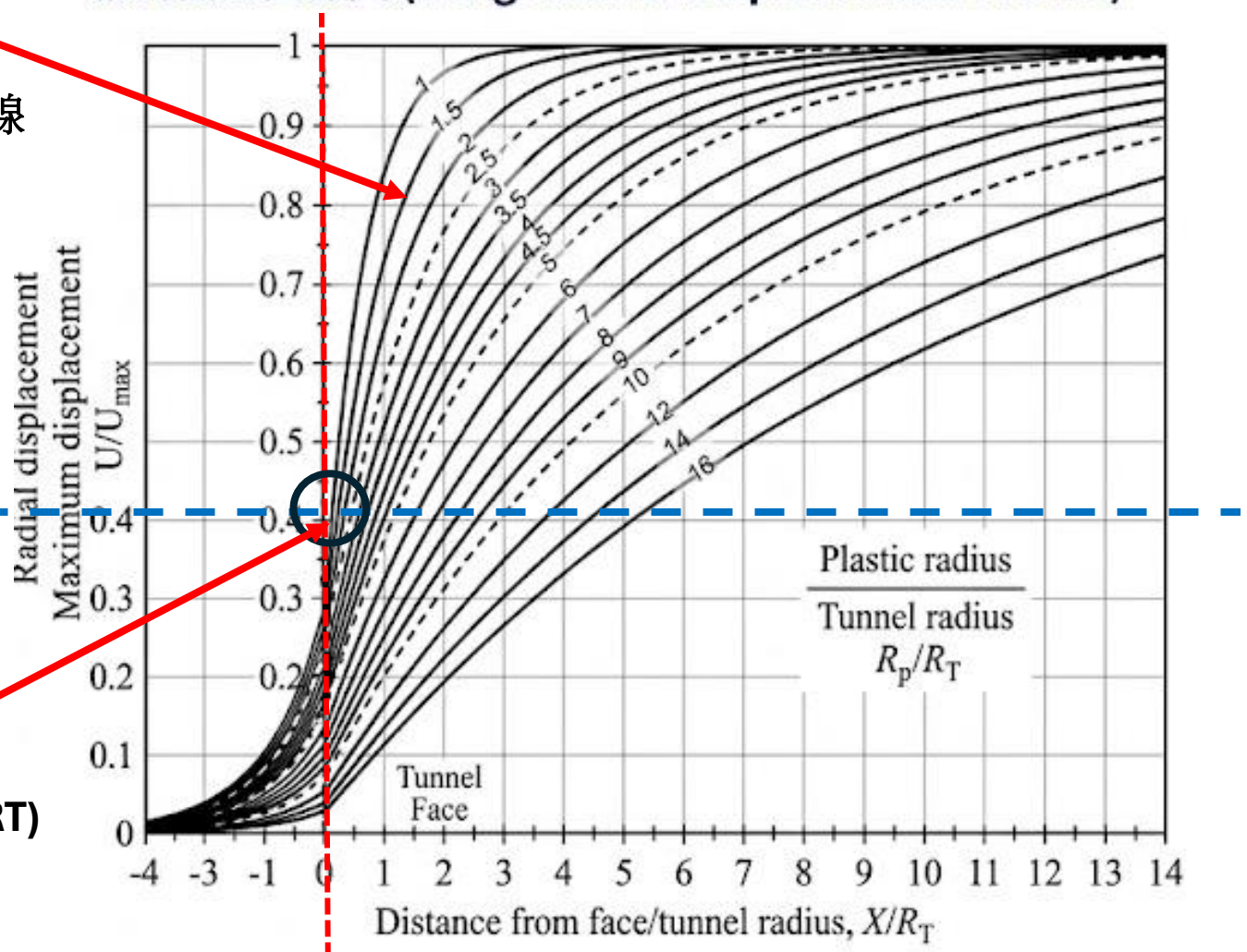
表格1 AND 1.5曲線

U/U max≈0.42

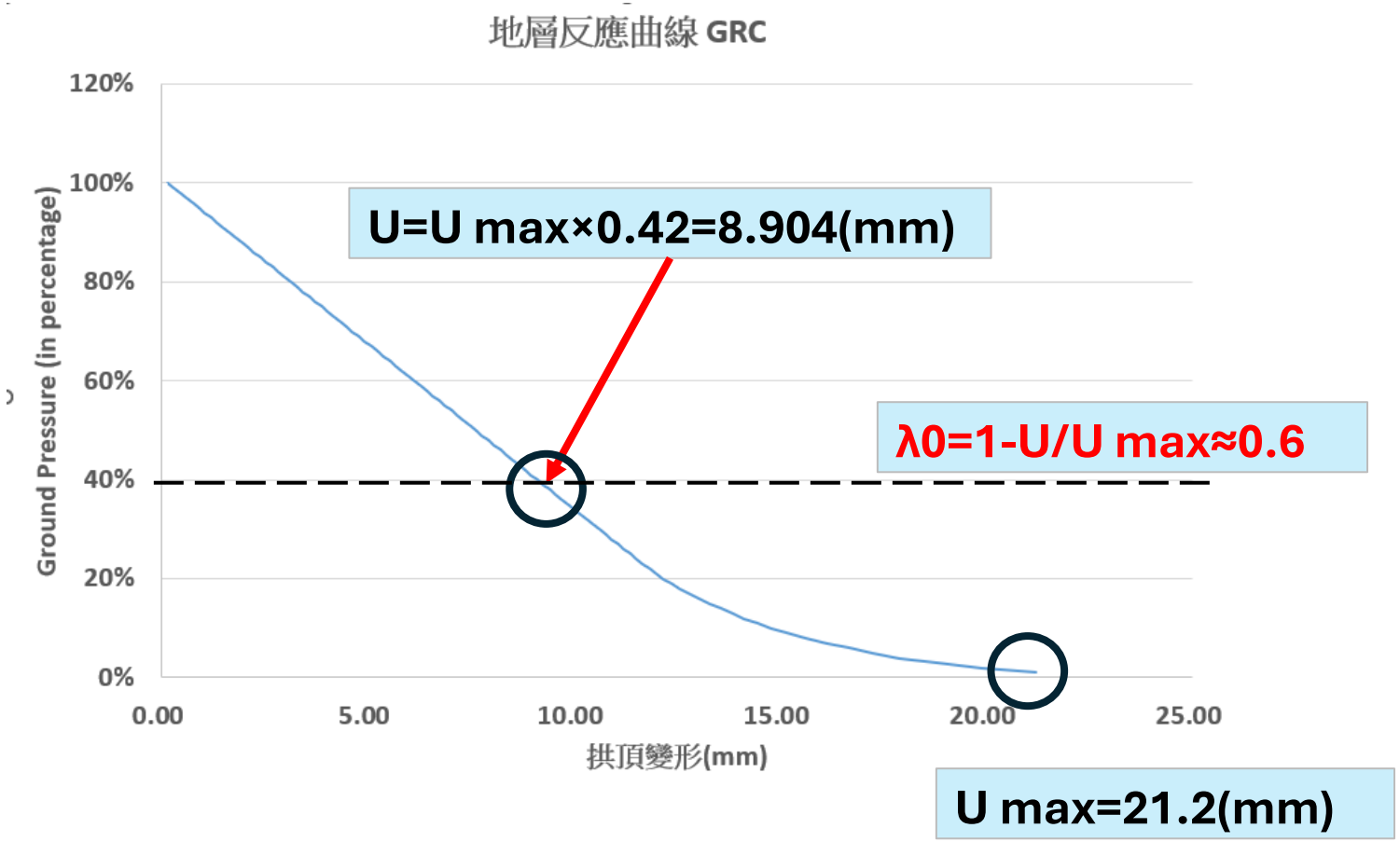
查表(Rp/RT and X/RT)

X/RT=0.174

縱向變形曲線圖 (Longitudinal Displacement Profile)



載重分配係數係數(λ0)計算



Part7. 支擋平衡點(SCC)

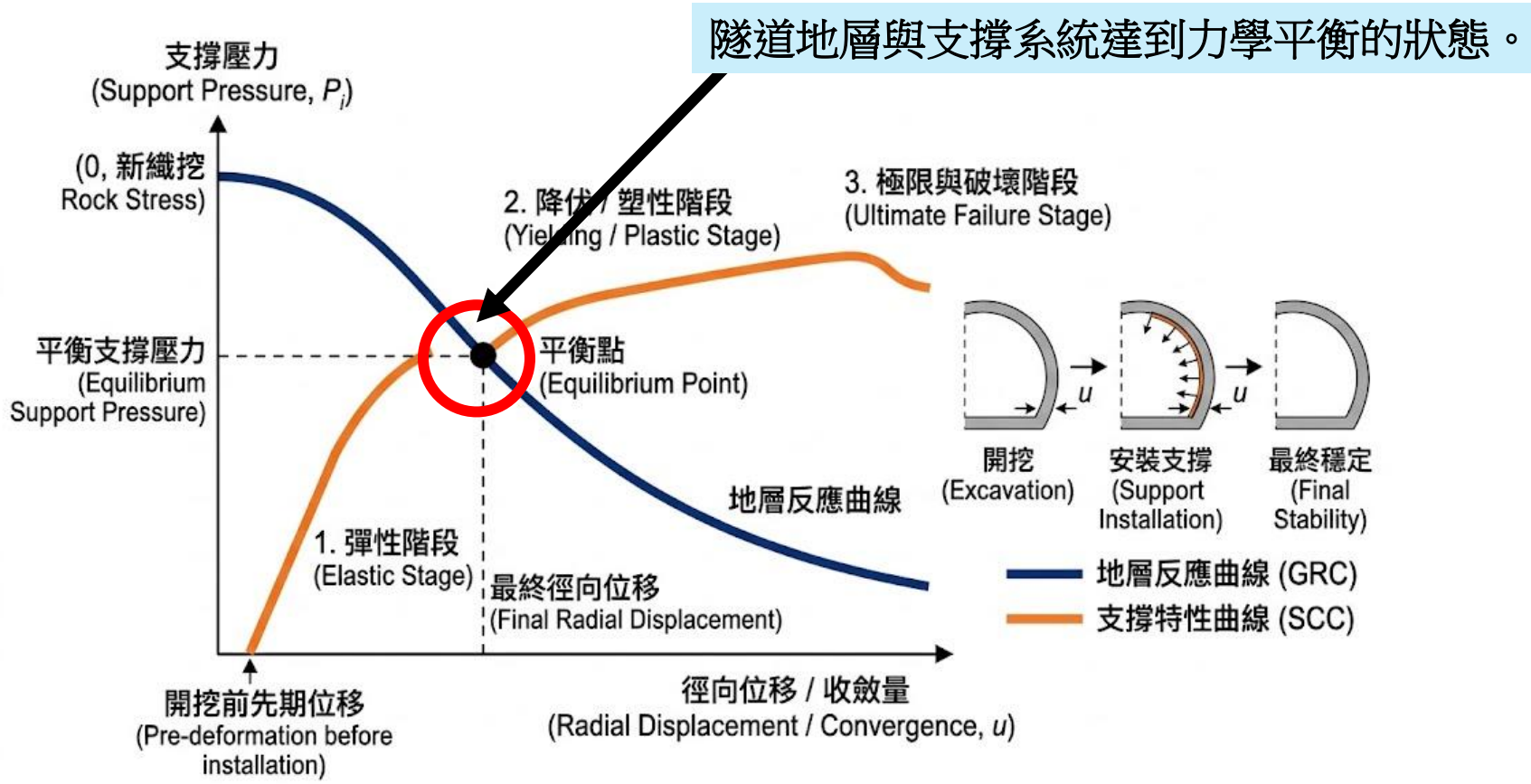


支撐特性曲線 (SCC)

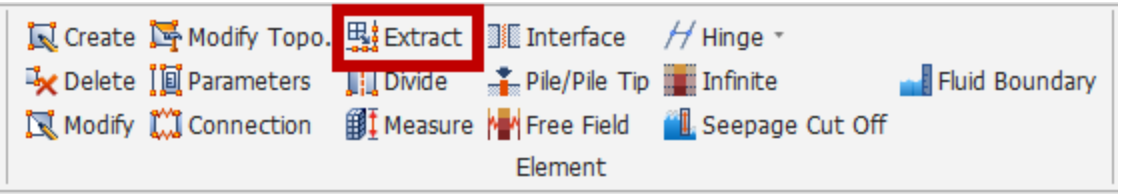
(Support characteristic Curve)

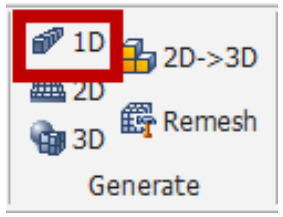
支撐特性曲線(Support characteristic Curve ,SCC)

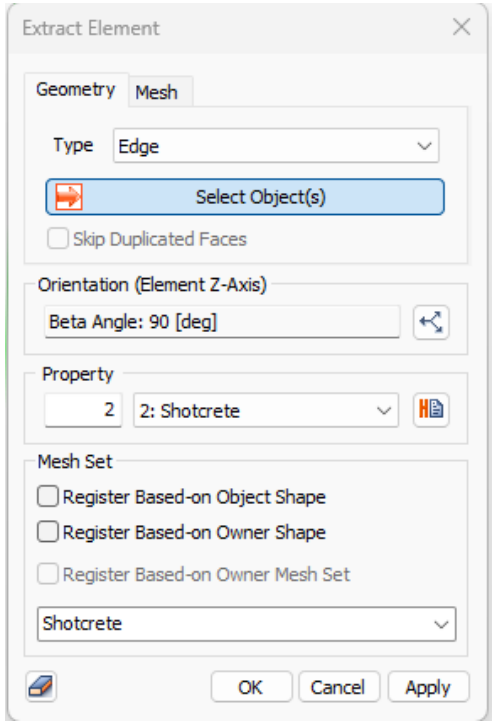
用來描述隧道支撐系統受到圍岩變形作用時，其支撐剛度、支撐壓力及承載能力之間的關係。
是一條描述支撐系統所提供的抗力(Support Pressure , Pi) 與隧道周邊牆面徑向位移/收斂量(Radial Displacement / Convergence ,u)之間函數關係的曲線。

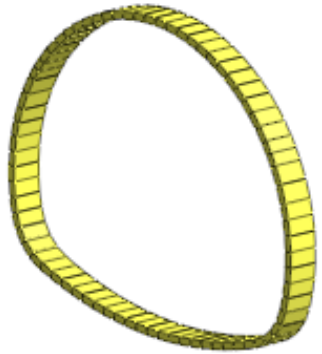


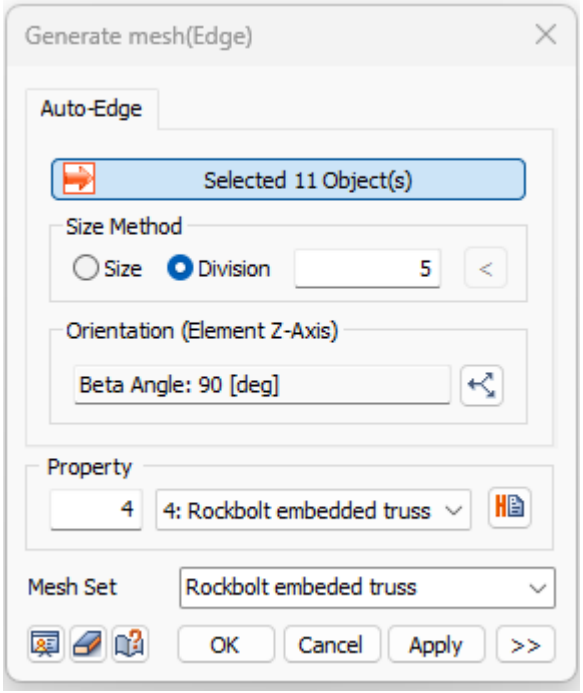
噴射混凝土和岩栓

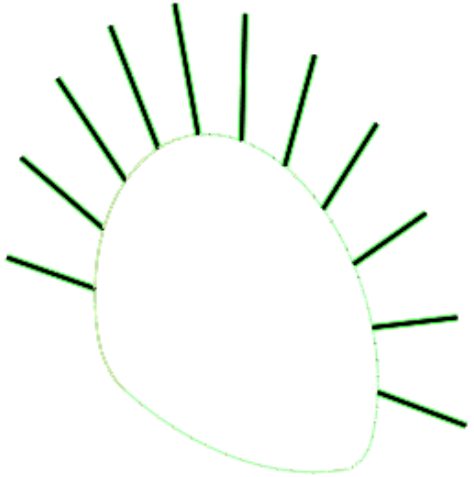

Create
Modify Topo.
Extract
Interface
Hinge
Delete
Parameters
Divide
Pile/Pile Tip
Infinite
Fluid Boundary
Modify
Connection
Measure
Free Field
Seepage Cut Off
Element


1D
2D->3D
2D
3D
Remesh
Generate


Extract Element
Geometry
Mesh
Type
Edge
Select Object(s)
Skip Duplicated Faces
Orientation (Element Z-Axis)
Beta Angle: 90 [deg]
Property
2
2: Shotcrete
Mesh Set
Register Based-on Object Shape
Register Based-on Owner Shape
Register Based-on Owner Mesh Set
Shotcrete
OK
Cancel
Apply




Generate mesh(Edge)
Auto-Edge
Selected 11 Object(s)
Size Method
Size
Division
5
Orientation (Element Z-Axis)
Beta Angle: 90 [deg]
Property
4
4: Rockbolt embedded truss
Mesh Set
Rockbolt embeded truss
OK
Cancel
Apply
>>

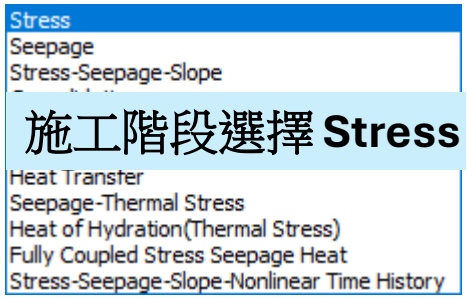



GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
NFX 多物理場
CFD 散熱流場

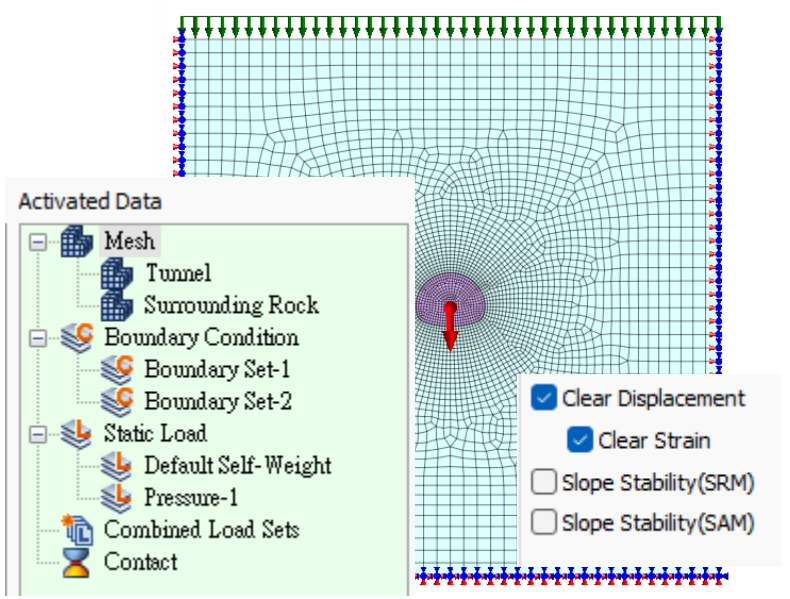
支擋平衡點施工階段定義-1



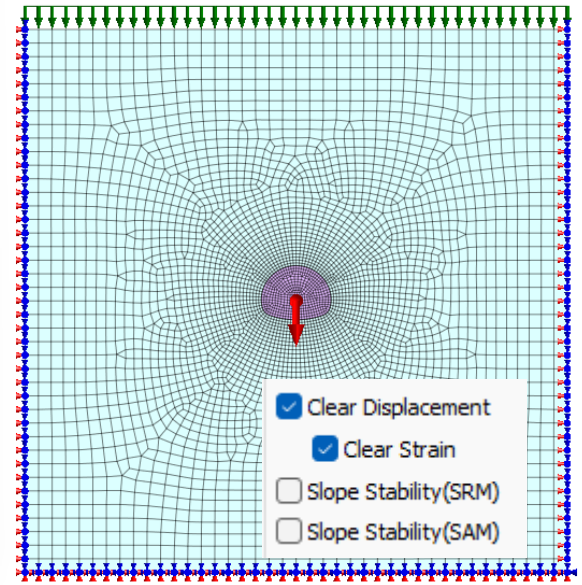
GTS NX提供多種施工階段類型



Stage0. Initial Stage

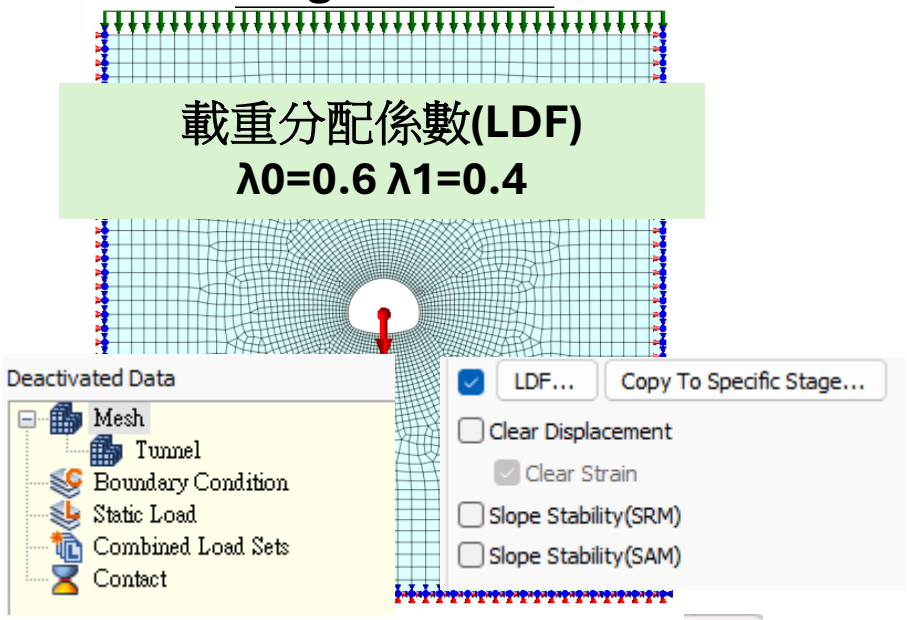


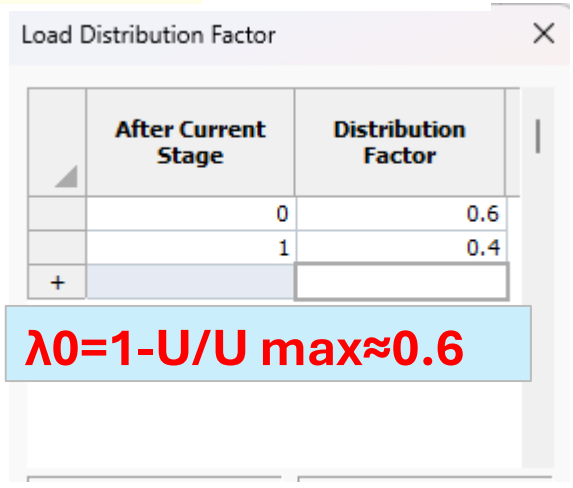
Stage1.Null Stage



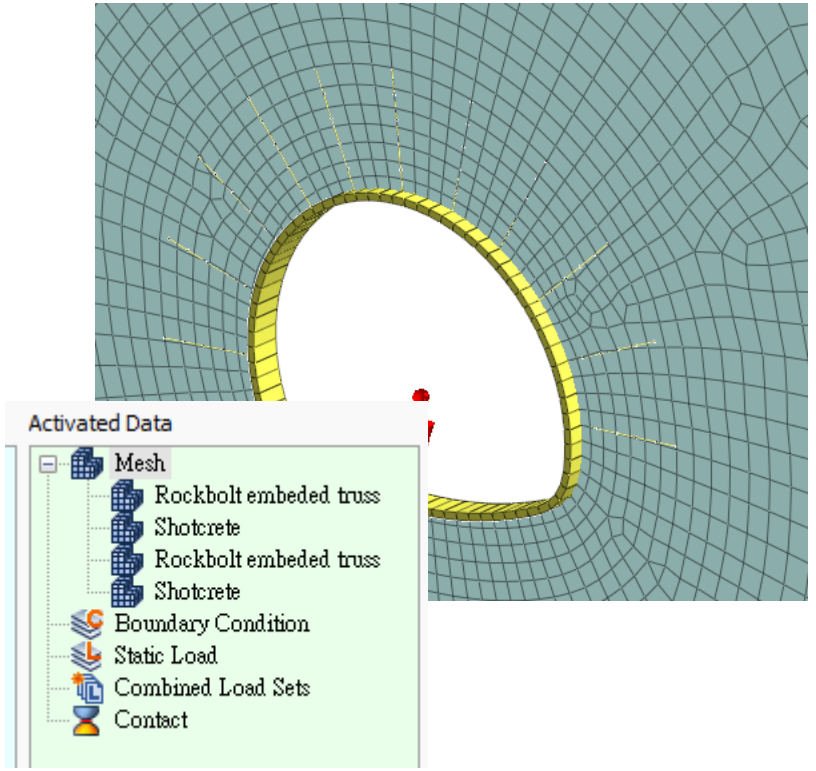
支擋平衡點施工階段定義-2

Stage2. Tunnel

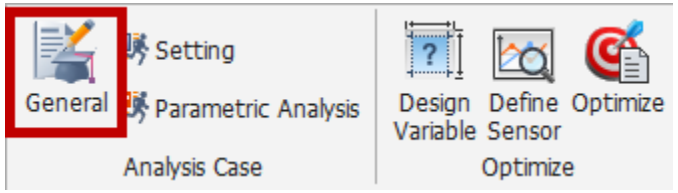




Stage3. Shotcrete and Rock Bolt

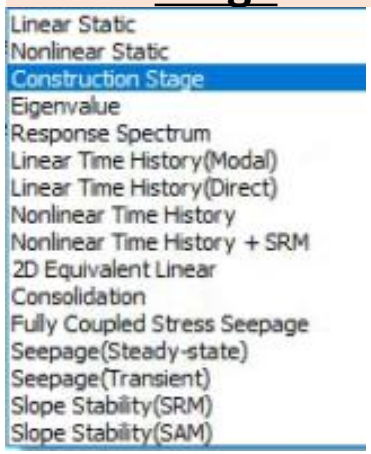


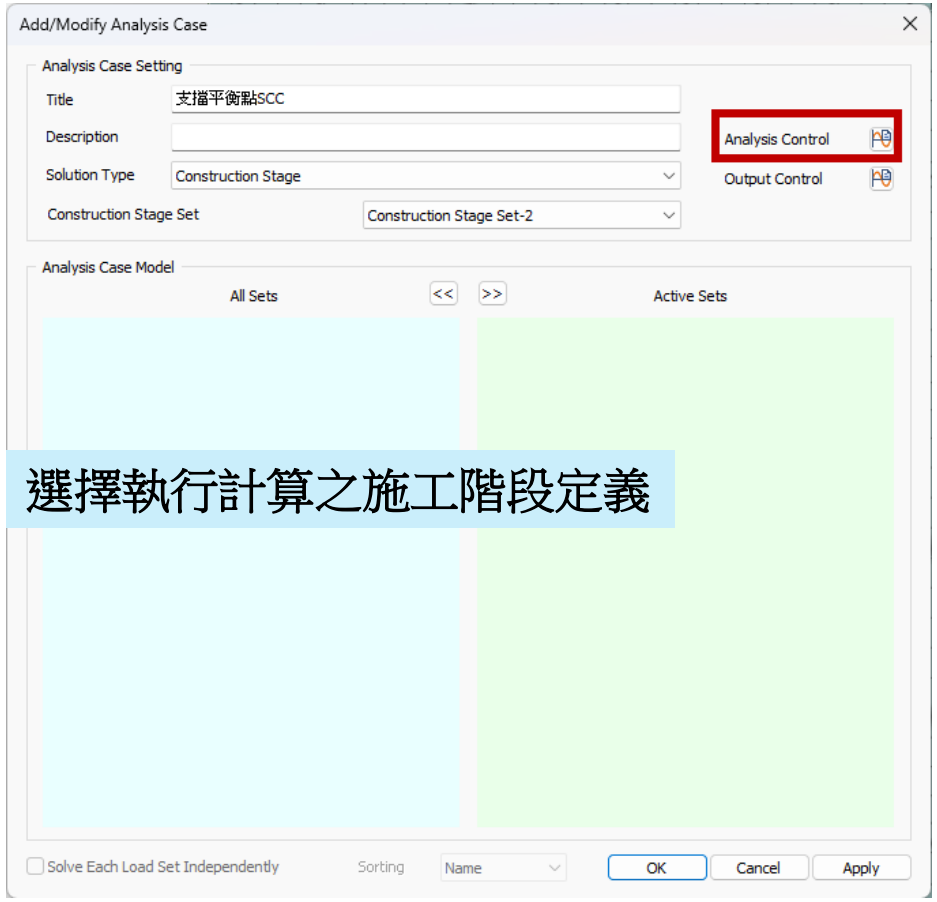
分析定義



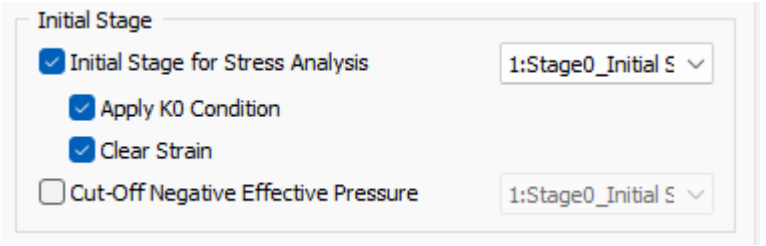
分析名稱:支擋平衡點SCC
分析類型:**Construction Stage**

Construction Stage





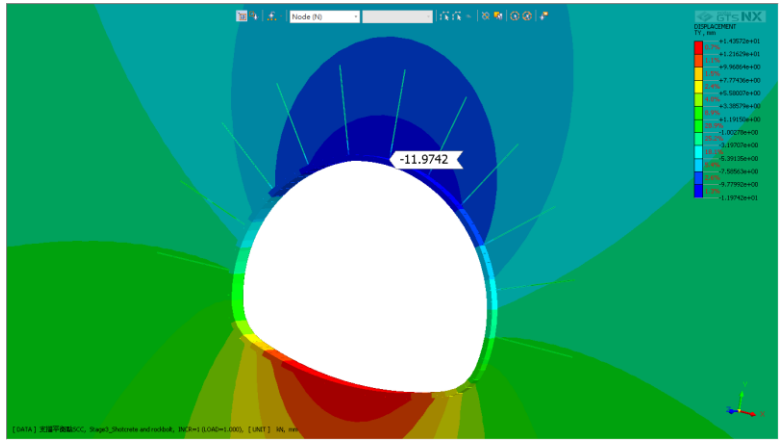
選擇執行計算之施工階段定義

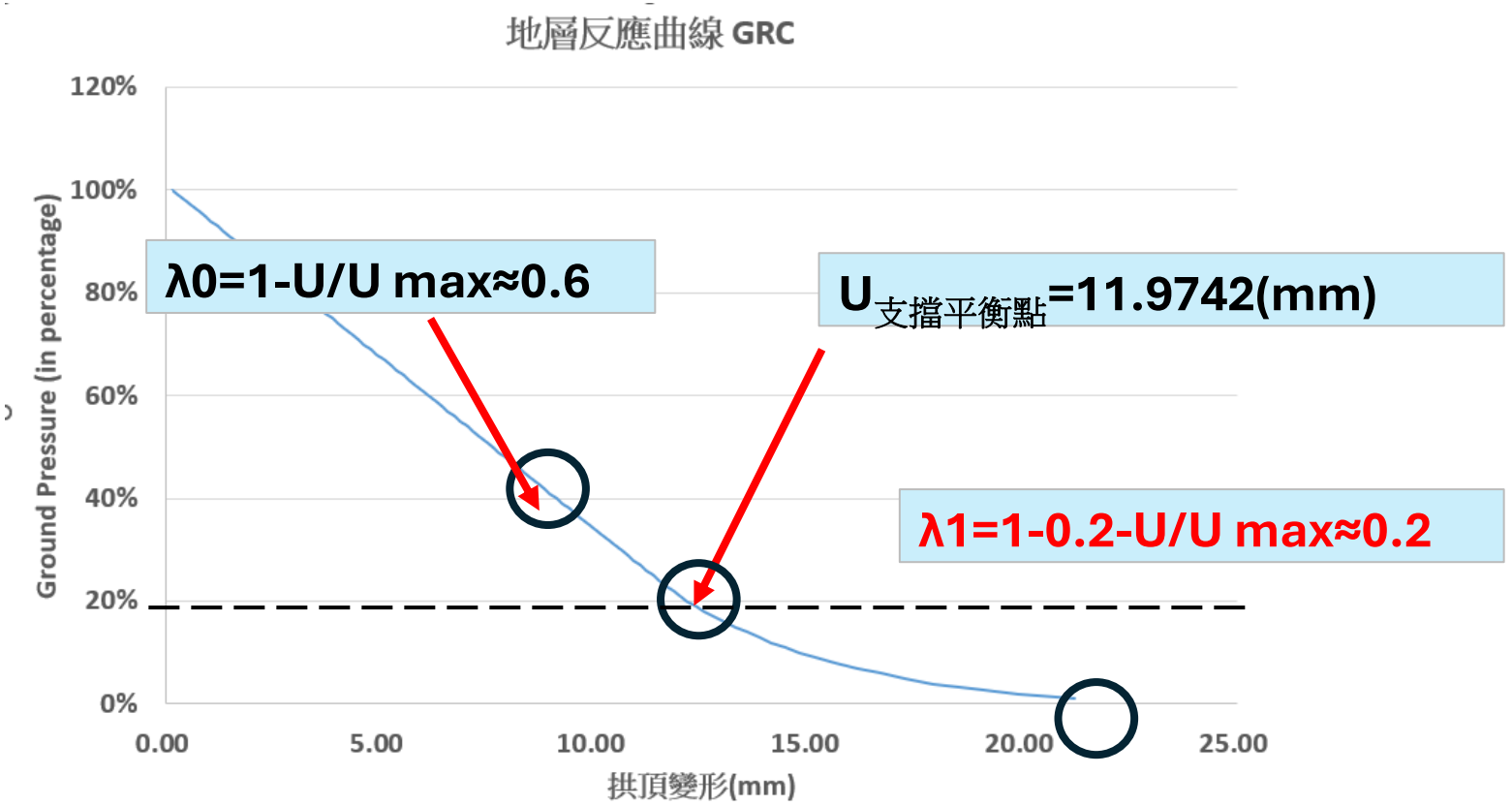


載重分配係數係數(λ1)計算

(支擋平衡點(SCC))

$U_{支擋平衡點}$=11.9742(mm)





GTS NX_標準教學系列

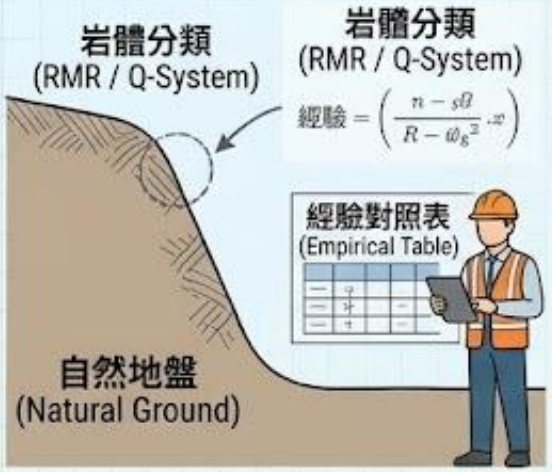
隧道襯砌設計

台灣邁達斯

註:範例相關參數使用假設條件。

隧道襯砌設計方法

隧道襯砌設計的四種方法



1. 經驗法
(Empirical Method)

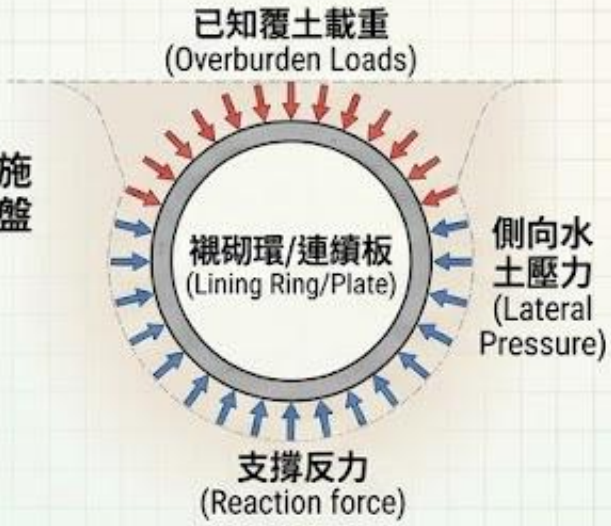
依據歷史經驗與地質分類，直接查表決定襯砌厚度與支撐配置。

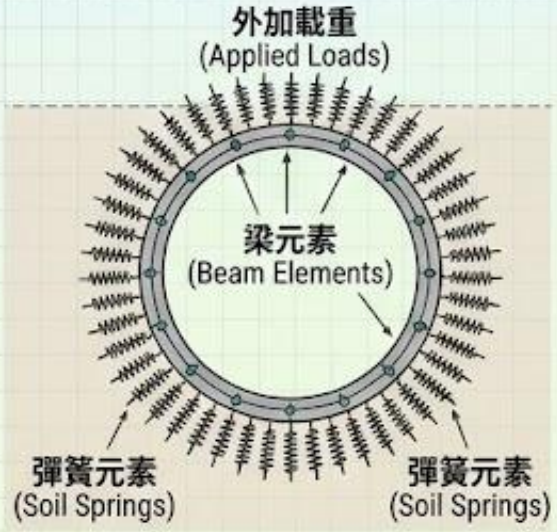
- 歷史案例與分類數據 (Historical & Class Data)
- 無複雜力學計算 (No complex structural calc)
- 襯砌厚度與支撐 (Lining thickness & Support)

2. 環板模型
(Ring & Plate Model)

將襯砌視為獨立環或板，施估算的已知載重，忽略地盤的連續反應。

- 獨立結構環 (Isolated Structural Ring)
- 已知外加載重 (Prescribed External Loads)
- 忽略地盤反力 (Soil reaction neglected)





3. 地中構架模型 / 梁-彈簧模型
(In-ground Frame Model / Beam & Spring Model)

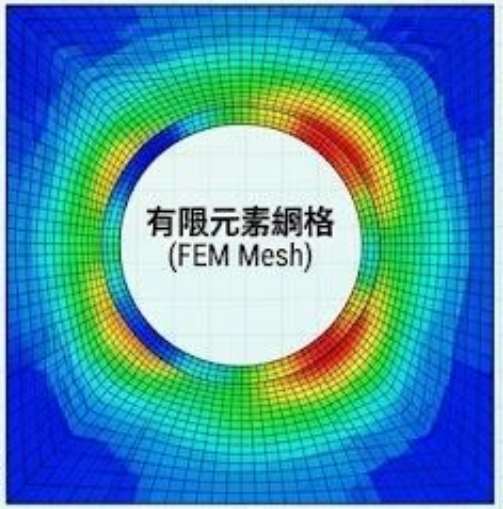
以梁模擬襯砌，以彈簧模擬地盤抗力，呈現地盤–結構相互作用 (SSI)。

- 梁元素 (Beam Elements)
- 地盤反力彈簧 (Soil Springs)
- 地盤–結構相互作用 (Soil-Structure Interaction)

4. 數值分析法
(Numerical Analysis Method)

將襯砌與地盤視為連續體，建立微細網格，模擬複雜的力學、開挖及非線性行為。

- 連續體網格 (FEM/FDM Mesh)
- 應力與變形雲圖 (Stress & Deformation Contours)
- 多階段模擬 (Multi-stage analysis)



MIDAS 全方位工程模擬
GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與結構
Solid Simulation
MESHFREE 快速設計
NFX 多物理場
CFD 散熱流場
One Platform, Every Solution

襯砌設計載荷條件

施加於隧道混凝土襯砌之載重，應視覆土深度、地質條件及施工方法決定。主要載重項目包括混凝土自重、鬆弛載重（或全土壓）、殘餘水壓、溫度變化及混凝土收縮徐變等。

(1) 自重(Self weight)

(2)地盤土壓力 (Ground Pressure)

a.覆土深度H ≥(2~3)xD　鬆弛載重 (Relaxation Load)
b.覆土深度H<(2~3)xD　全原位土壓 (In-situ Pressure)

(3)殘餘水壓(Residual water pressure)

(4)溫度載重 (Temperature Load)

(5)混凝土收縮與徐變 (Shrinkage & Creep)



Reference

Soilworks and GTS NX Manual

隧道襯砌組合載荷規範

內政部《混凝土結構設計規範》

出處章節： 現行規範「第 5 章：載重與分析」中的「第 5.3 節 要求強度」（載重組合公式）。

自重（靜載重 D）： 現行版（參考 ACI 318-05 以後版本）的載重係數為 **1.2**（早期舊版為 1.4）。

土壓力（H）： 若土壓力會加劇結構應力，須乘上 **1.6** 的載重係數（例如常見的組合U = 1.2D + 1.6L + 1.6H）；若土壓力具有抵抗外力、減輕應力的作用，則係數降為 **0.9**。

交通部《公路橋梁設計規範》 針對公路隧道、地下道或橋梁下部結構，通常依循此規範的 LRFD（載重與阻抗因數設計法）。

出處章節： 規範中的「第 3 章：載重與載重因數」。

靜載重（DC / DW）： 結構本身靜載重（DC）的最大值通常取 **1.25**；附加靜載重（DW）則取 **1.5**。

土壓力（EH / EV）： 水平主動土壓力（EH）為 **1.5**，靜止土壓力為 **1.35**；垂直土壓力（EV，如結構上方填土）通常為 **1.35**。



地盤反應係數-1
(Subgrade Reaction Modulus)

基本定義與物理意義

地盤反應係數表示地盤受到單位下陷或側向位移時，地層所能產生的抗力大小：

$$K = \frac{p}{\delta} \quad (\mathrm{kN/m^3} \text{ 或 } \mathrm{kgf/cm^3})$$

p：地層抗力或接觸壓力（$\mathrm{kN/m^2}$）

δ：基礎或樁身向地盤擠壓之位移量（m）

垂直地盤反應係數 (kv)： 用於淺基礎沉陷量、版基（Raft）或樁端承載力分析。
水平地盤反應係數 (kh)： 用於受地震力、風力或車輛煞車力作用下之樁基側向受力（p-y 曲線法或彈性梁法）分析。

地盤反應係數-2

(水平地盤反應係數(Kh))

規範通常提供根據標準貫入試驗(SPT-N 值)或地盤彈性模數(Es)推算之經驗公式：

1. 水平地盤反應係數(Kh)

基於地盤模數推算：

$$k_{h0} = \frac{1}{0.3} E_0 \quad (\mathrm{kN/m^3})$$

其中 E0 可由 SPT-N 值估算（例如砂土層 E0 ≈2800 N，黏土層 E0 ≈ 1400 N，單位 (kN/m2)

考慮基礎載重寬度/樁徑影響（尺寸效應調整）

$$k_h = k_{h0} \cdot \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

BH:相當於載重作用面之有效寬度（對單樁而言，通常以樁徑 D 或虛擬剛體寬度帶入）。

地盤反應係數-3

(垂直地盤反應係數(Kv))

2. 垂直地盤反應係數(Kv)

基於地盤模數推算：

$$k_{v0} = \frac{1}{0.3} E_0 \quad (\mathrm{kN/m^3})$$

Kv0:直徑 0.3(m) 剛性圓盤載重試驗之基準垂直地盤反應係數(KN/m3)

E0:地盤變形模數(KN/m2) ，常由鑽孔N值或平板載重試驗估算（例如砂土層 E0 ≈2800 N，黏土層 E0 ≈ 1400 N)

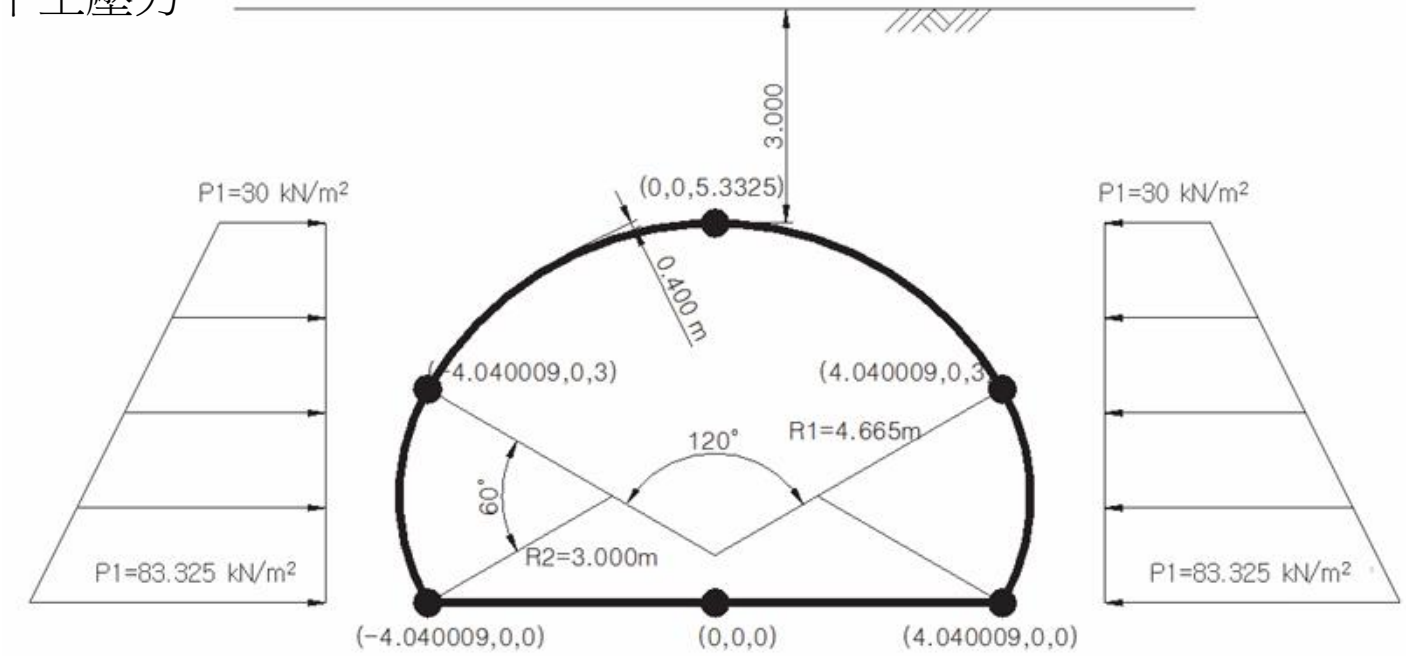
考慮基礎載重寬度/樁徑影響（尺寸效應調整）

$$k_v = k_{v0} \cdot \left(\frac{B_V}{0.3} \right)^{-3/4}$$

Bv=√A (A為基礎承壓面積）

2D 隧道襯砌設計-1

隧道結構承受自重、全原位土壓 (In-situ Pressure)豎向土壓力和水平土壓力。



土壤參數

Unit Weight (γ s)	20 kN/m³
Internal Friction Angle (ϕ)	30°
Coefficient of Earth Pressure (K0=1-sinϕ)	0.5

註:範例相關參數使用假設條件。

垂直土壓力P_v

$P_v=Y\times h$

土壤的單位重(Y)=20(KN/m³)
深度(h)

隧道頂拱 (深度為 3m) =60 (KN/m2)

側牆底端 (深度6.8325m) =136.65 (KN/m2)

水平土壓力P_h

$$P_h = K \times P_v = K \times \gamma \times h$$

側壓力係數K0= 0.5

隧道頂拱 (深度為 3m)
=60 (KN/m2)×0.5=30(KN/m2)

側牆底端 (深度6.8325m)
=136.65 (KN/m2))×0.5=(83.325 KN/m2)

2D 隧道襯砌設計-2

LCB 1 = 1.2D + 1.6 P_v + 1.6 P_h

內政部《混凝土結構設計規範》

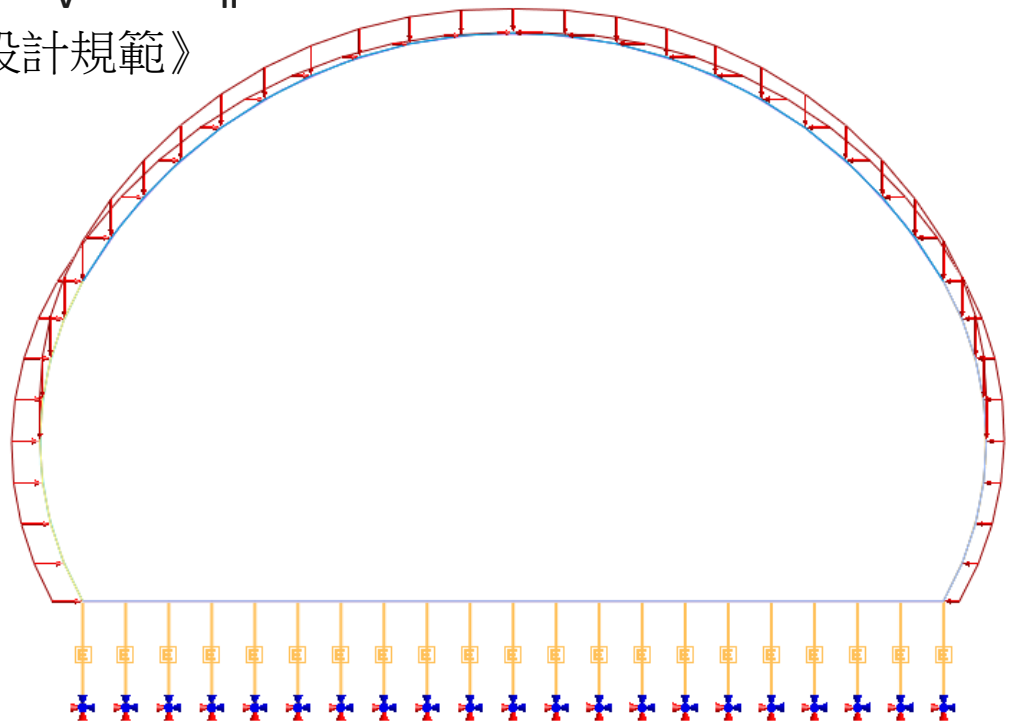
LCB 2 = 1.25D + 1.35 P_v + 1.5 P_h

交通部《公路橋梁設計規範》

D:靜載重

P_v:垂直土壓力

P_h:水平土壓力



垂直地盤反應係數(Kv)

$$E_0 = 2800N = 2800 \times 50 = 140000\ \mathrm{kN/m^2}$$

$$K_{v0} = \frac{1}{0.3}\alpha E_0 = \frac{1}{0.3} \times 1 \times 140000 = 466667\ \mathrm{kN/m^3}$$

$$B_v = \sqrt{A_v} = \sqrt{8 \times 14} = 10.583\ \mathrm{m}$$

$$K_v = K_{v0}\left(\frac{B_v}{0.3}\right)^{-3/4} = 466667 \times \left(\frac{10.583}{0.3}\right)^{-3/4} = 32137\ \mathrm{kN/m^3}$$

註:範例相關參數使用假設條件。

大綱

- **Part1.** 有限元素模型
- **Part2.** 載荷條件
- **Part3.**邊界條件
- **Part4.** 載重組合
- **Part5.** 分析計算
- **Part6.** 分析結果

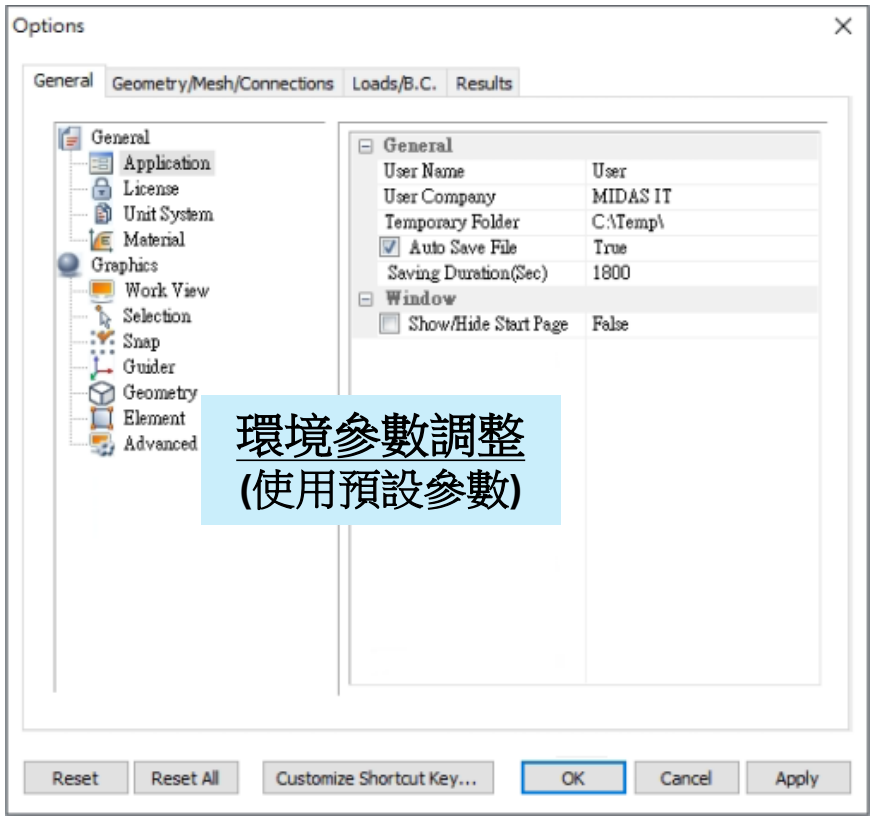


Part1. 有限元素模型



環境





環境參數調整
(使用預設參數)



新文件

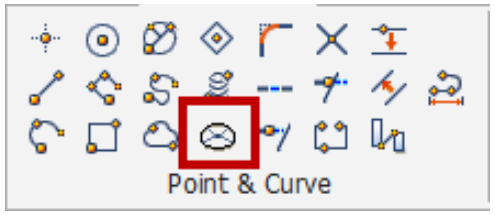


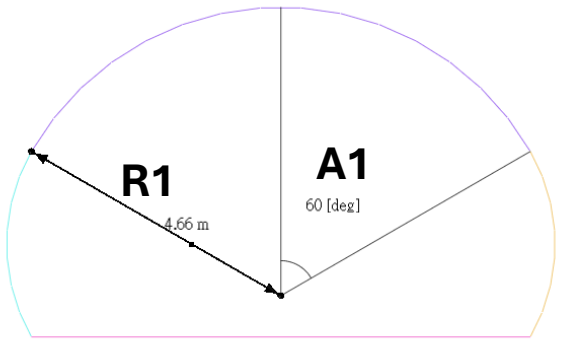
2D操作

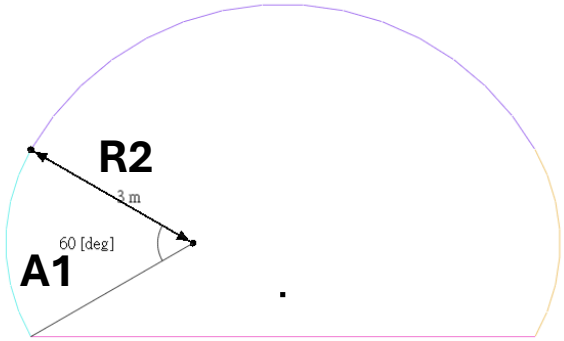
切換單位

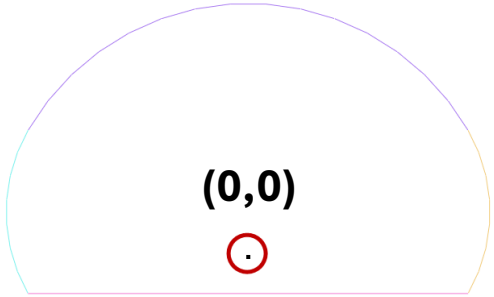
單位使用KN/m/J/sec

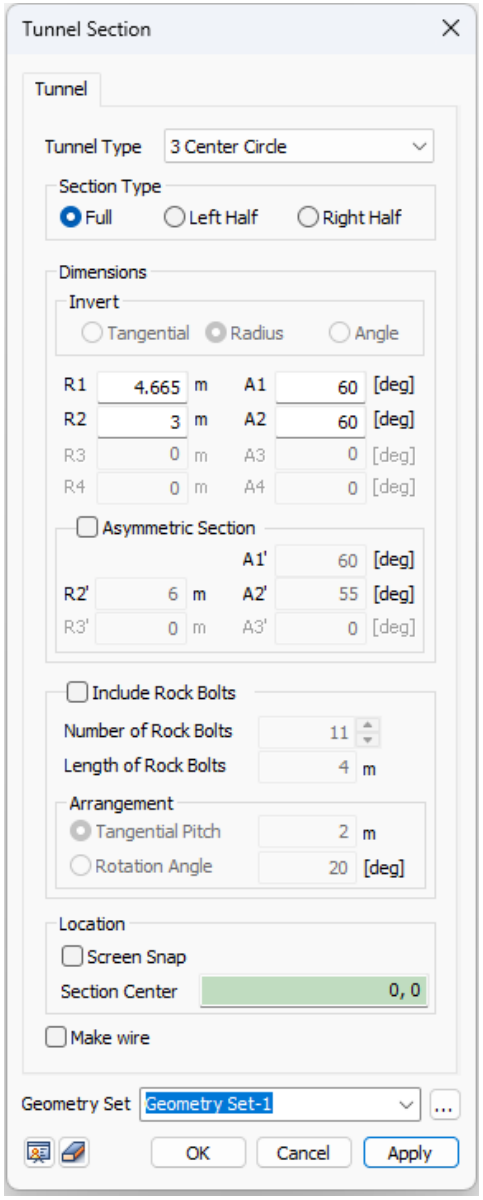
隧道繪製





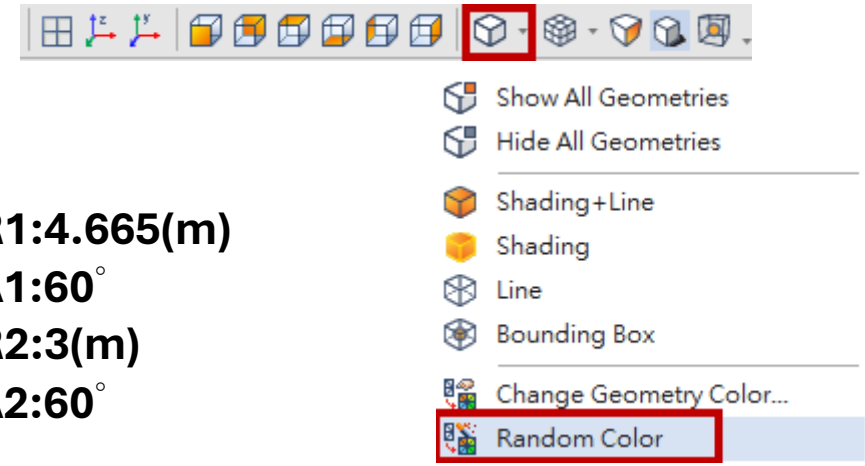


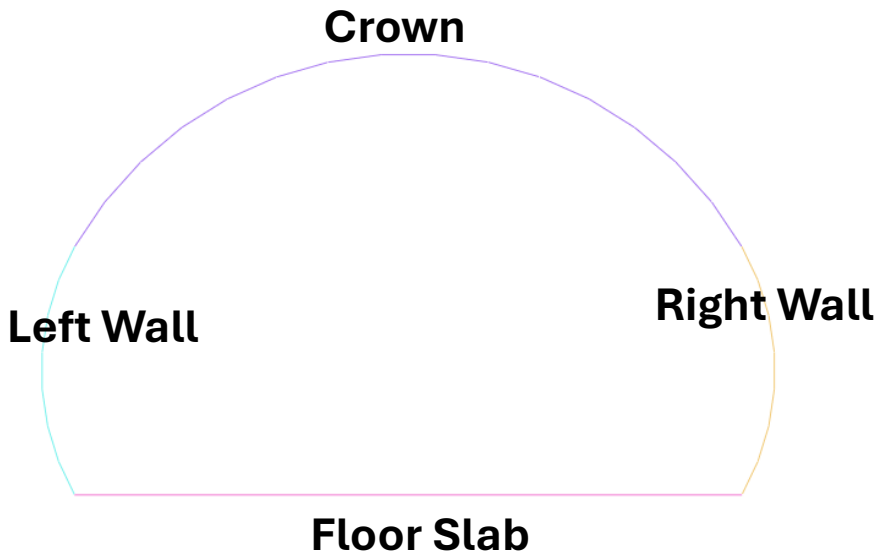




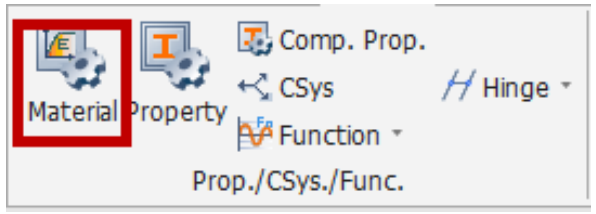
R1:4.665(m)
A1:60°
R2:3(m)
A2:60°

幾何顯示控制





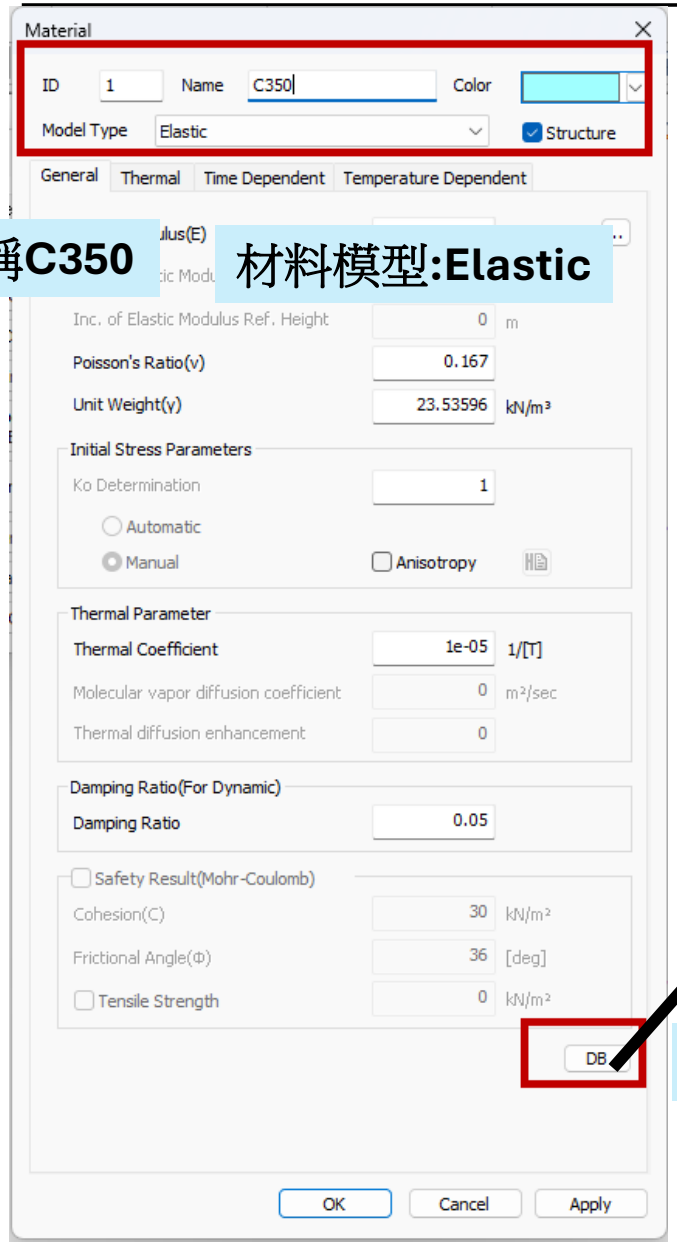
結構材料-C350

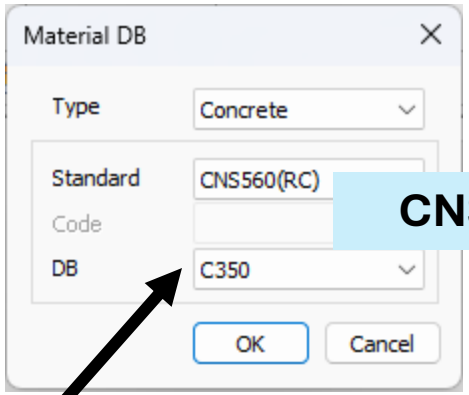


自訂名稱C350

材料模型:Elastic

勾選Structure

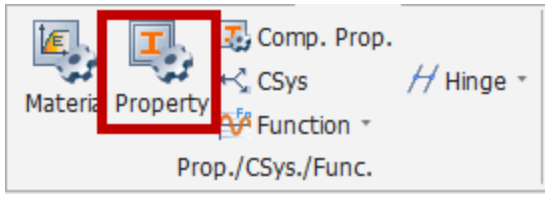




CNS/C350

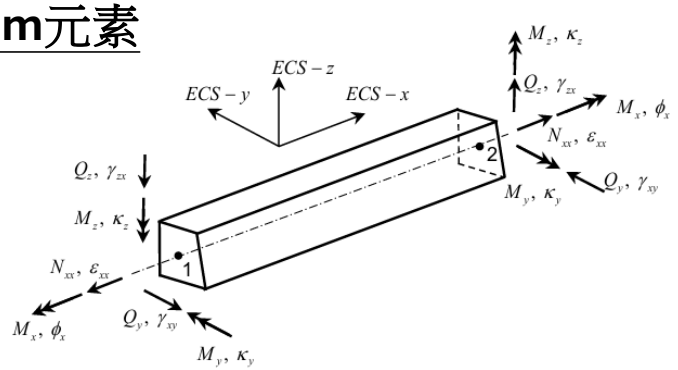
Structure DB

Beam元素-襯砌結構

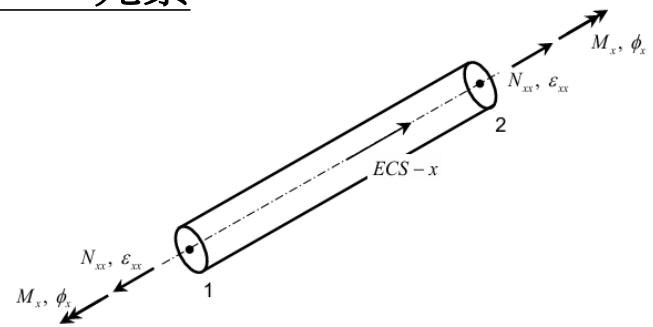


自訂名稱Lining

Beam元素

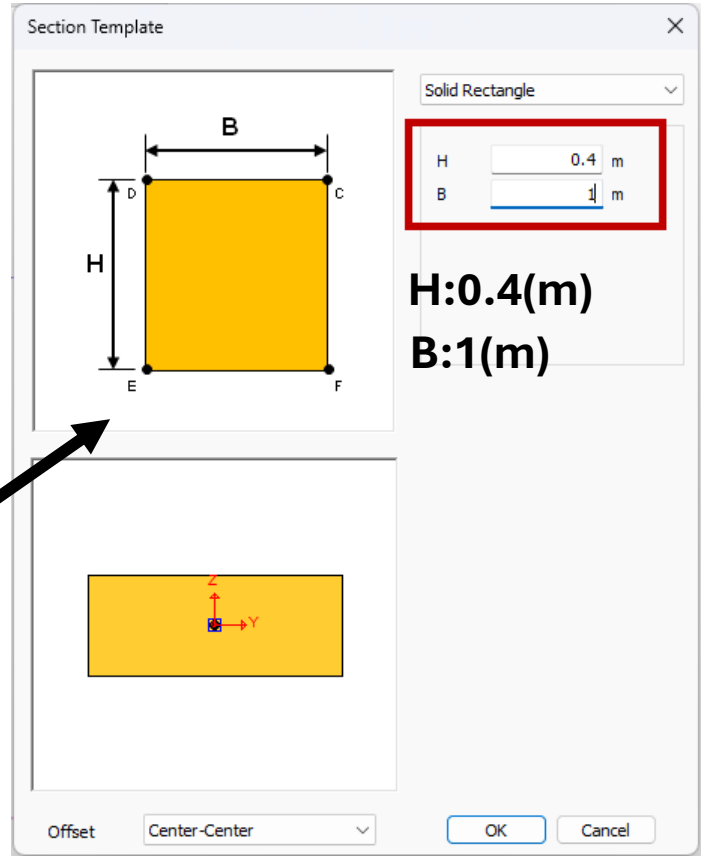


Truss 元素



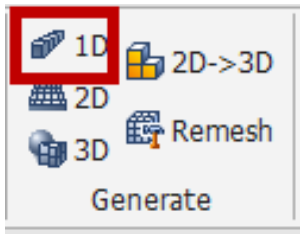


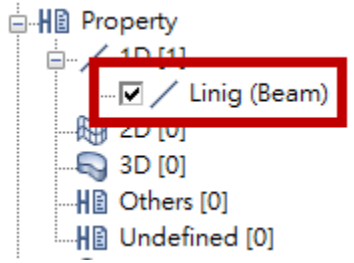
材料選C350



H:0.4(m)
B:1(m)

1D元素建立





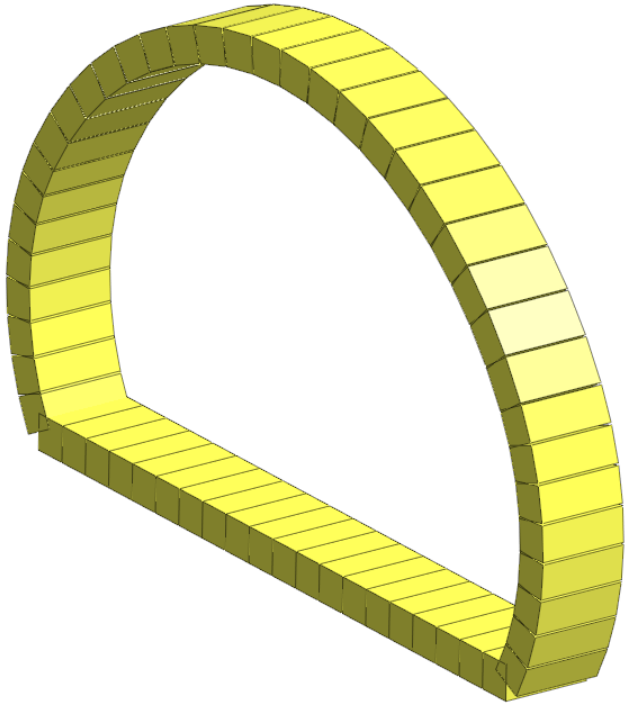
顯示截面尺寸

Mesh Set : Crown/20段
Property : Lining

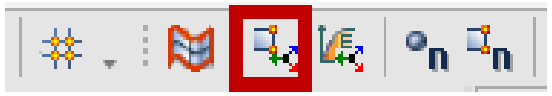
Mesh Set : Left Wall/ 8段
Property : Lining

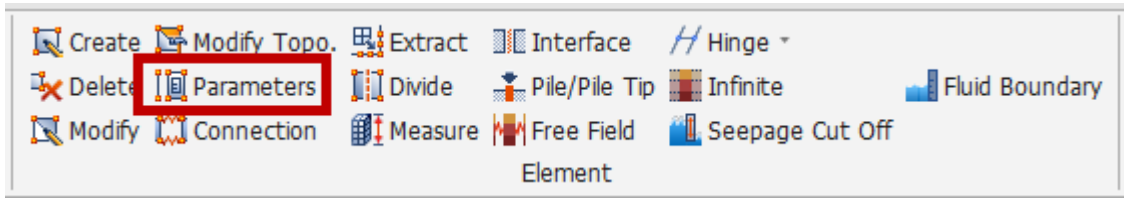
Mesh Set : Right Wall / 8段
Property : Lining

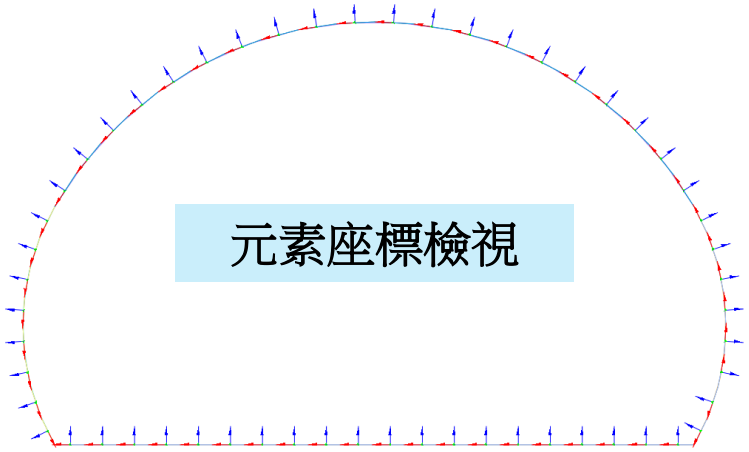
Mesh Set : Floor Slab/ 20段
Property : Lining



1D元素方向



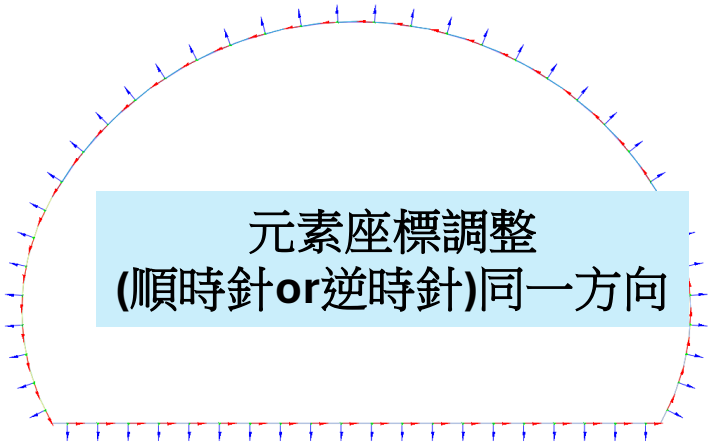




元素座標檢視



元素座標參數修改

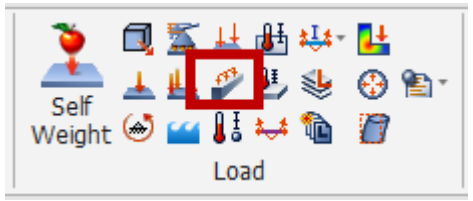


元素座標調整
(順時針or逆時針)同一方向

File:GTS NX_隧道襯砌設計_Part1

Part2.載荷條件


GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場



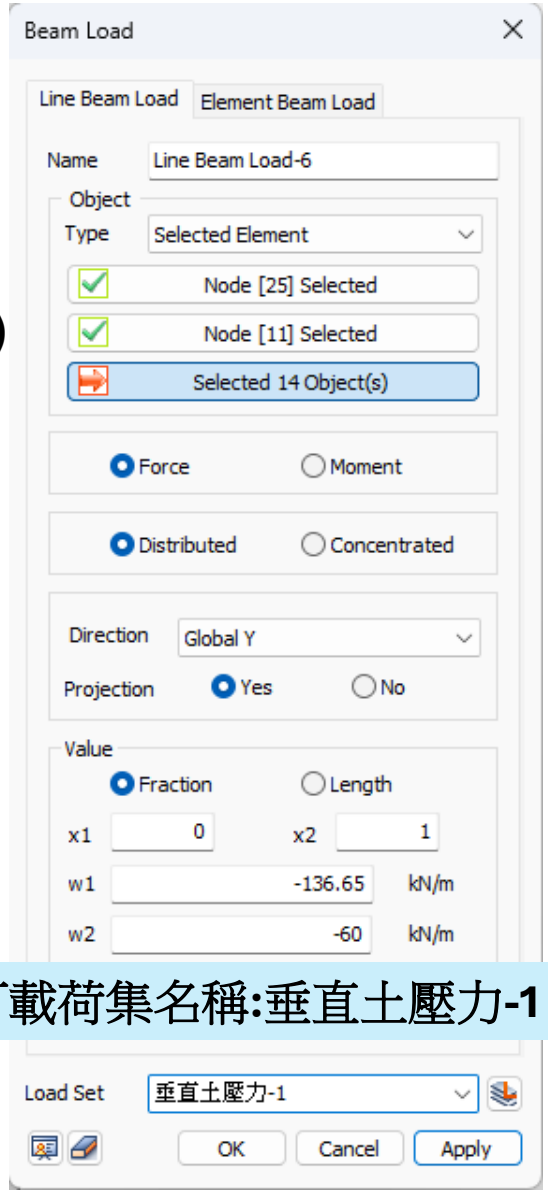
垂直土壓力-1

(Beam Load-Vertical earth pressure)

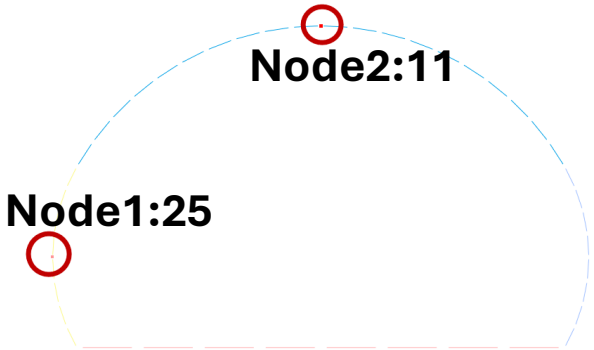
垂直土壓力P_v

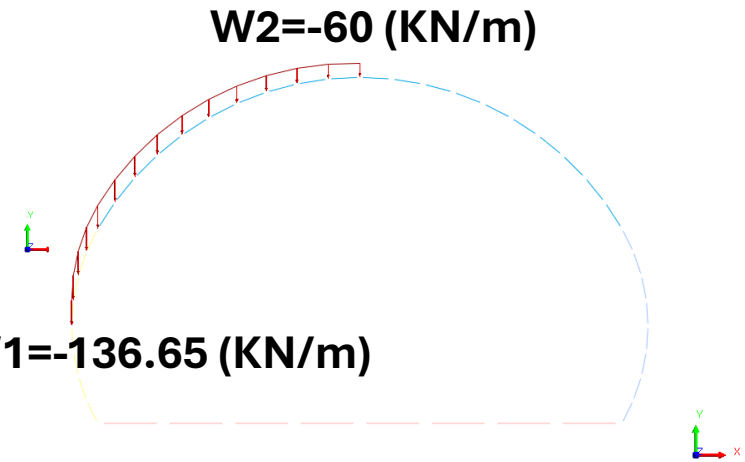
隧道頂拱 (深度為 3m)
60 (KN/m2)

側牆底端 (深度6.8325m)
136.65 (KN/m2)



自訂載荷集名稱:垂直土壓力-1



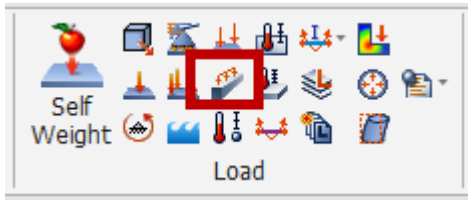




選取元素
Selected 14 objects

垂直土壓力-2

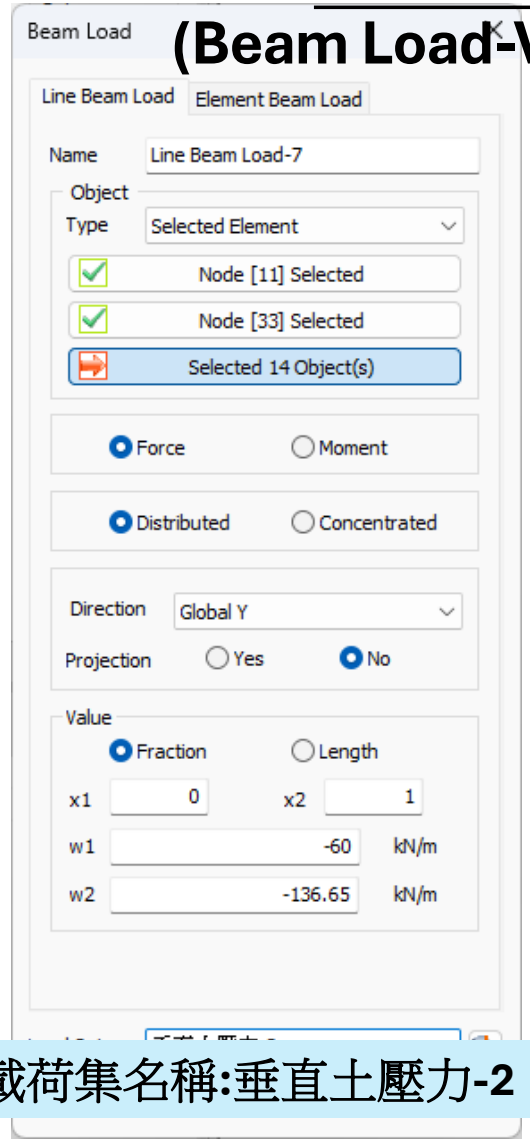
(Beam Load-Vertical earth pressure)



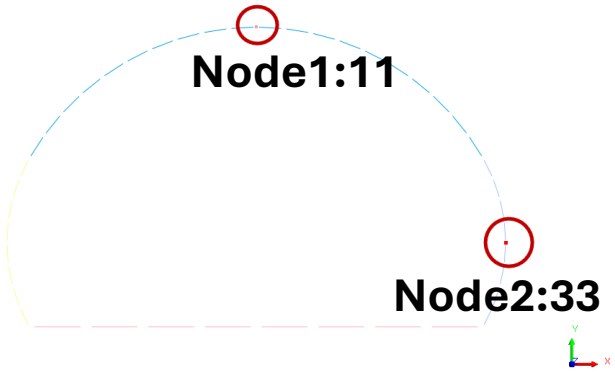
垂直土壓力P_v

隧道頂拱 (深度為 3m)
60 (KN/m2)

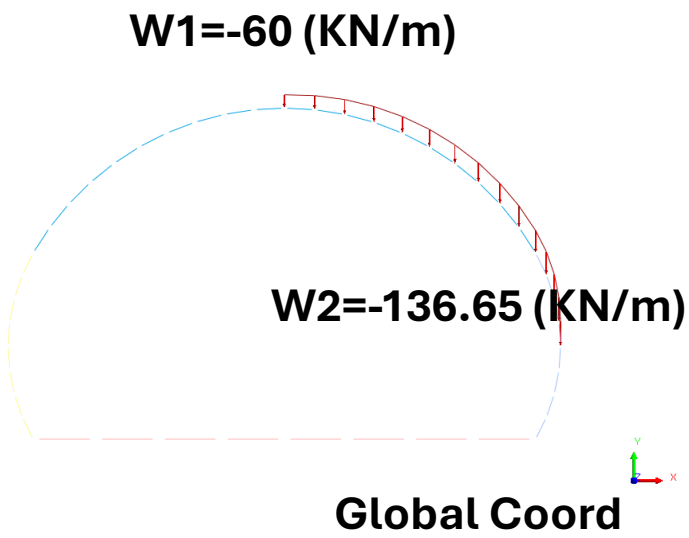
側牆底端 (深度6.8325m)
136.65 (KN/m2)

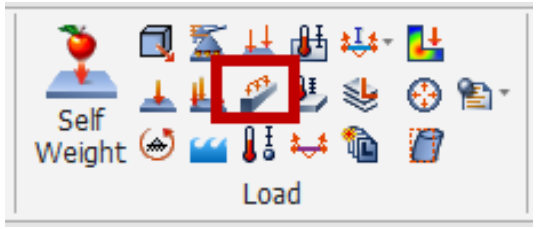


自訂載荷集名稱:垂直土壓力-2









水平土壓力-1

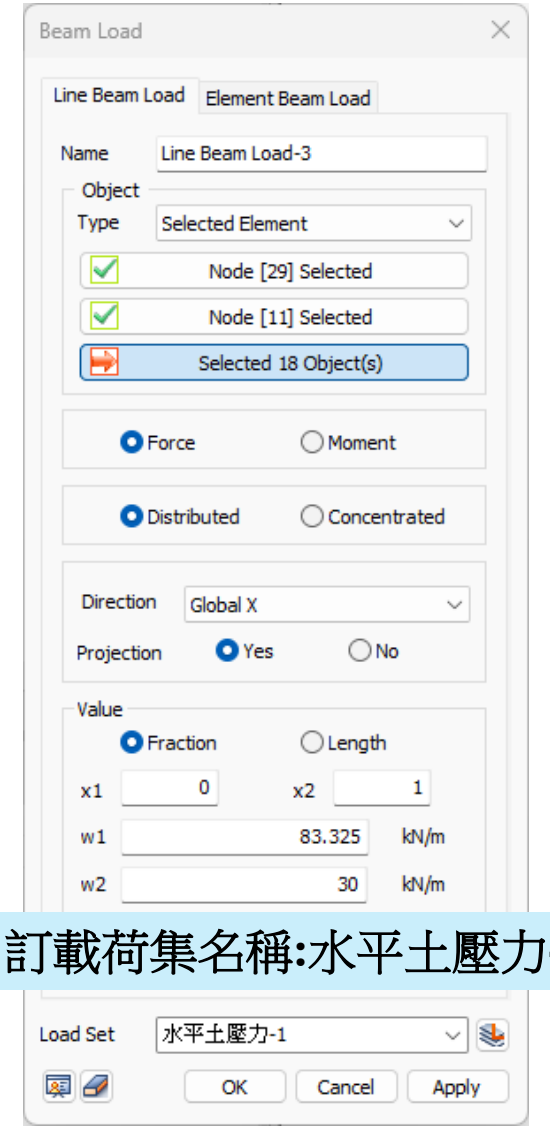
(Beam Load-Horizontal earth pressure)

水平土壓力P_h

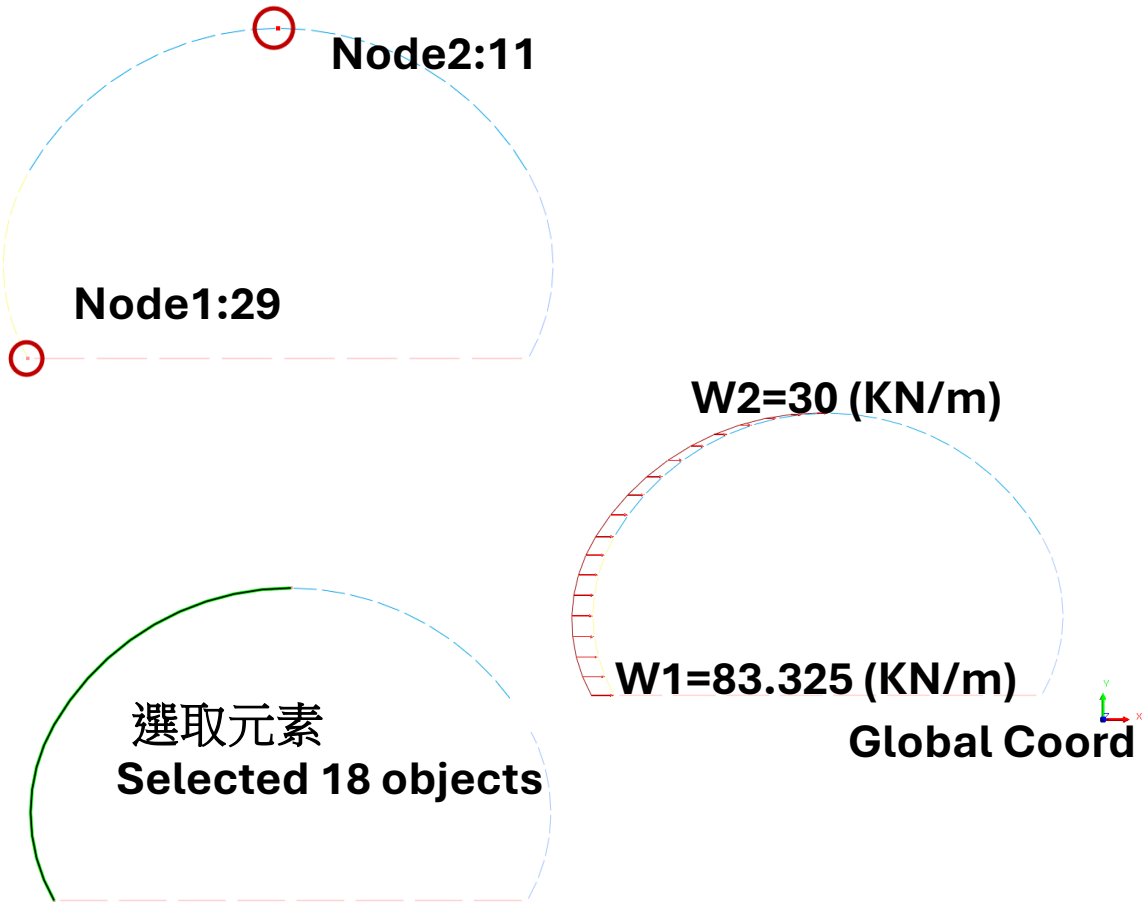
K0=0.5

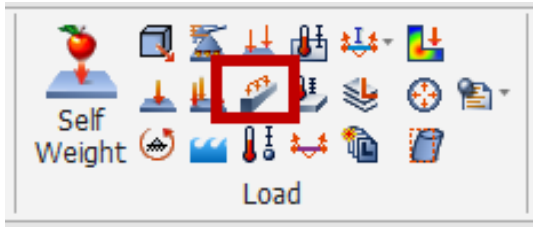
隧道頂拱 (深度為 3m)
=60 (KN/m2)x0.5
=30(KN/m2)

側牆底端 (深度6.8325m)
=136.65 (KN/m2))x0.5
=(83.325 KN/m2)



自訂載荷集名稱:水平土壓力-1





水平土壓力-2

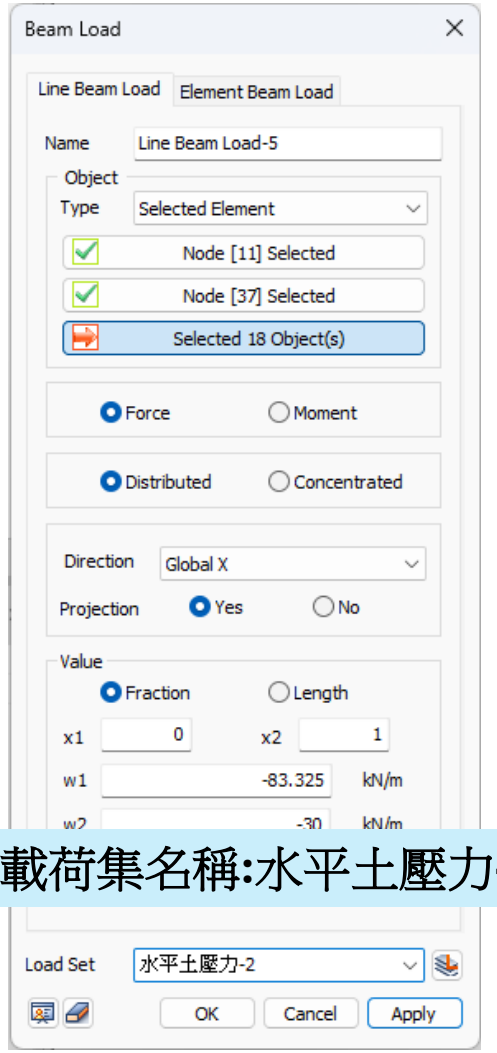
(Beam Load-Horizontal earth pressure)

水平土壓力P_h

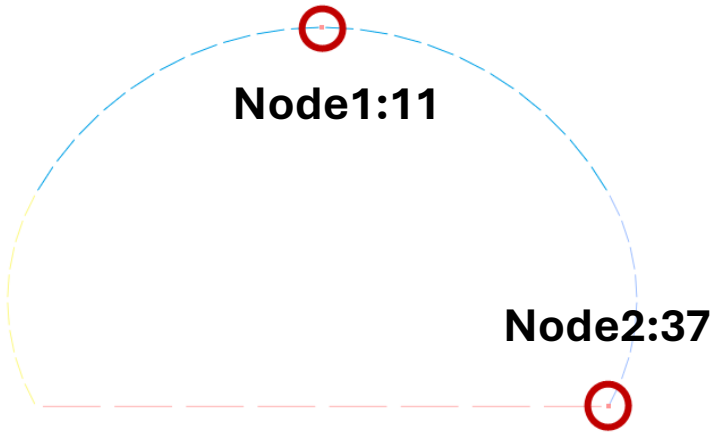
K0=0.5

隧道頂拱 (深度為 3m)
=60 (KN/m2)x0.5
=30(KN/m2)

側牆底端 (深度6.8325m)
=136.65 (KN/m2))x0.5
=83.325 (KN/m2)

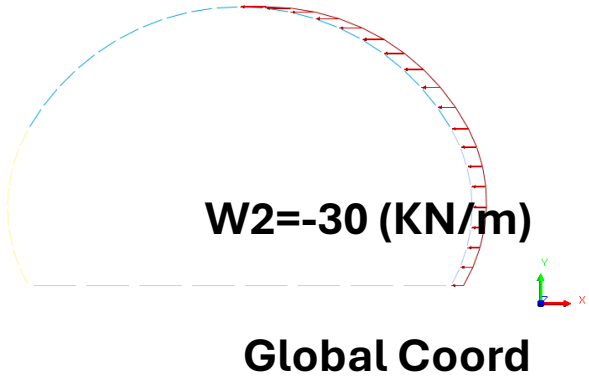


自訂載荷集名稱:水平土壓力-2





W1=-83.325 (KN/m)



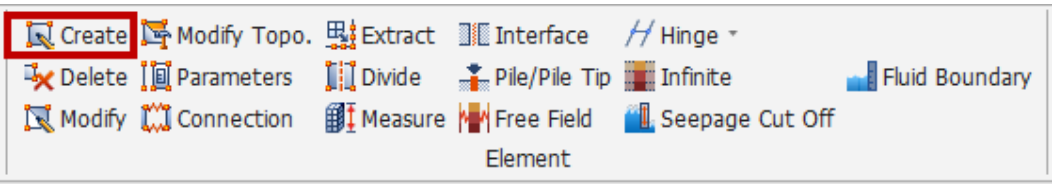
File:GTS NX_隧道襯砌設計_Part2

Part3.邊界條件


GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

Surface Spring-1

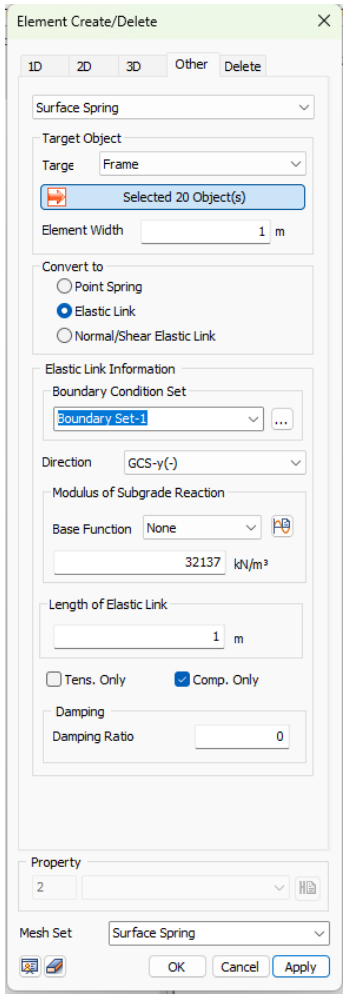
(地盤反力係數)



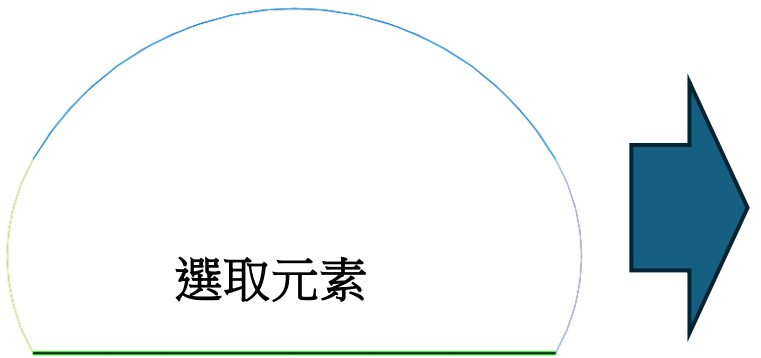
Elastic Link

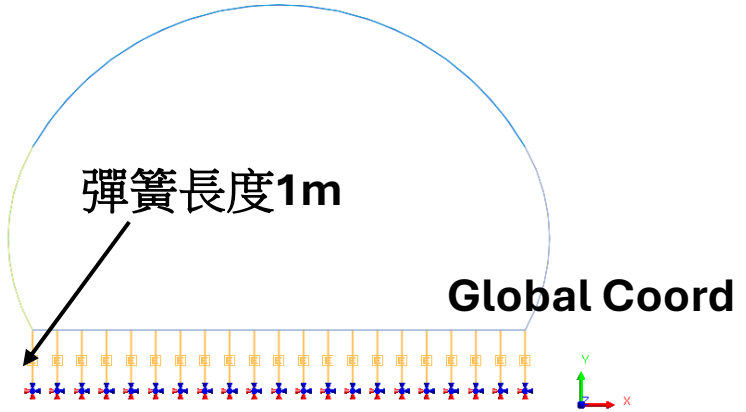
Global -Y方向

使用壓縮彈簧



Modulus of Subgrade Reaction=32137 (kN/m^3)





自動施加彈簧拘束條件
(Boundary Set-1)

Surface Spring-2

(地盤反力係數-補充)



- Show All Meshes
- Hide All Meshes
- Shading+Wireframe Edge
- Shading+Feature Edge
- Shading
- Wireframe Edge
- Free-Face Wireframe Edge
- Feature Edge
- Mesh Set Color
- Element Type Color
- Property Color
- Material Color

使用元屬性分布顯示元素



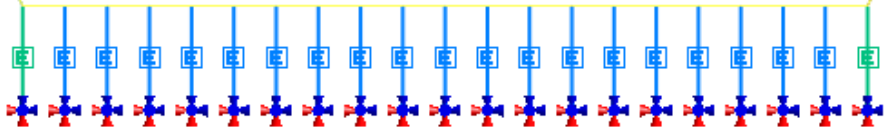
Type	Compression Only	
Hinge Property		
X-Direction Spring Constant(Kx)	6491.68767	kN/m
Y-Direction Spring Constant(Ky)	0	kN/m
Z-Direction Spring Constant(Kz)	0	kN/m
X-Direction Spring Constant(Krx)	0	kN·m/[rad]
Y-Direction Spring Constant(Kry)	0	kN·m/[rad]
Z-Direction Spring Constant(Krz)	0	kN·m/[rad]



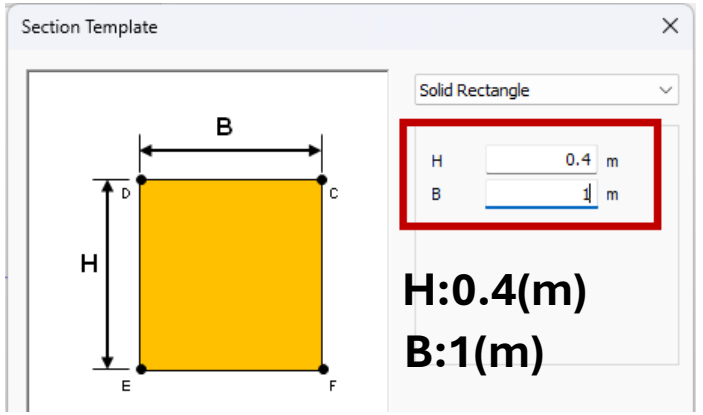
Type	Compression Only	
Hinge Property		
X-Direction Spring Constant(Kx)	12983.3753	kN/m
Y-Direction Spring Constant(Ky)	0	kN/m
Z-Direction Spring Constant(Kz)	0	kN/m
X-Direction Spring Constant(Krx)	0	kN·m/[rad]
Y-Direction Spring Constant(Kry)	0	kN·m/[rad]
Z-Direction Spring Constant(Krz)	0	kN·m/[rad]

Modulus of Subgrade Reaction=32137 (kN/m^3)

Spring Constant
=Modulus of Subgrade Reaction × Area



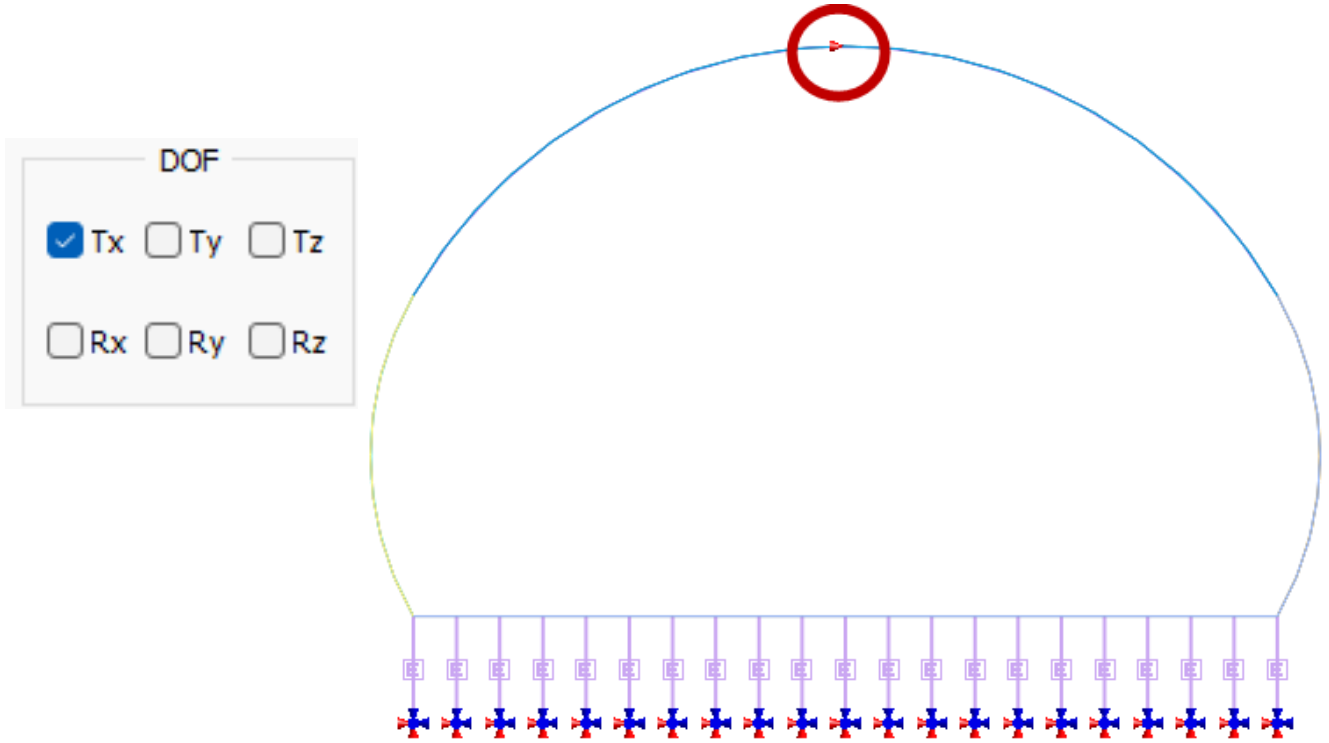
Area



H:0.4(m)
B:1(m)

Crown邊界條件

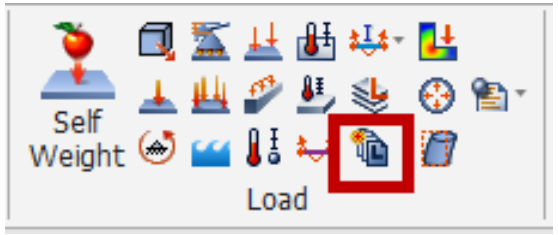
兩邊的土壓力是對稱的，本不一定要限制 X 方向（水平方向）的移動，但為了怕軟體計算時產生誤差和計算穩定，建議在隧道頂冠加上 X 方向條件。



Part4. 載重組合


GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

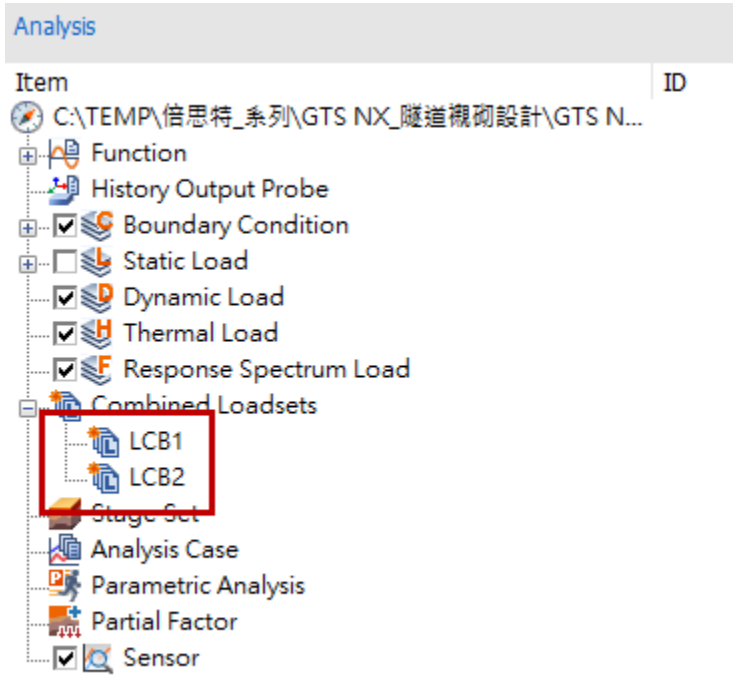
載重組合

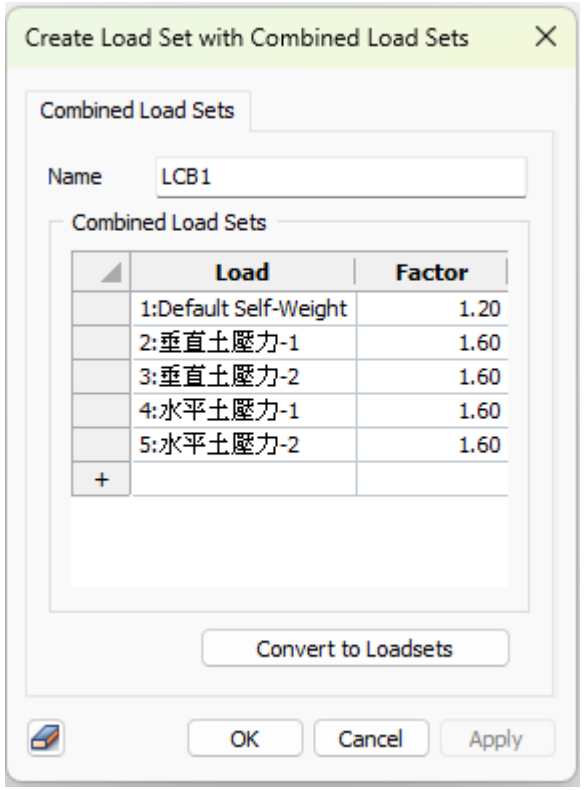


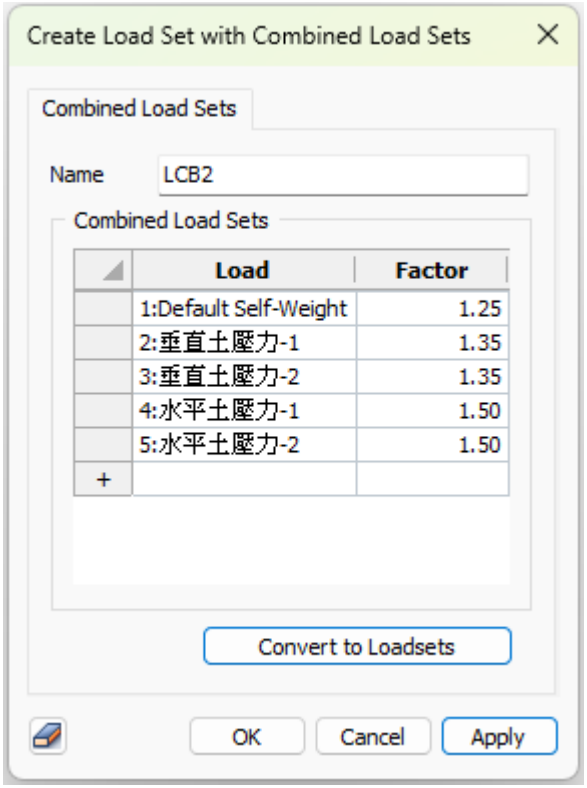
$LCB\ 1 = 1.2D + 1.6\ P_v + 1.6\ P_h$

$LCB\ 2 = 1.25D + 1.35\ P_v + 1.5\ P_h$

D:靜載重
P_v:垂直土壓力
P_h:水平土壓力





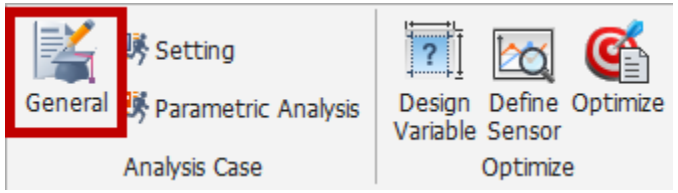


File:GTS NX_隧道襯砌設計_Part4

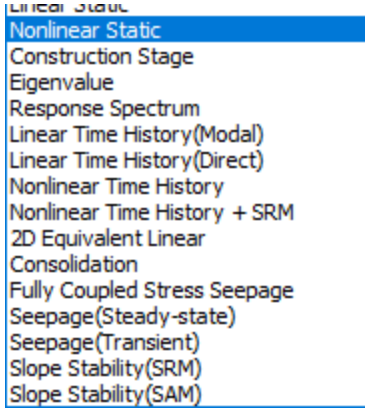
Part5. 分析計算

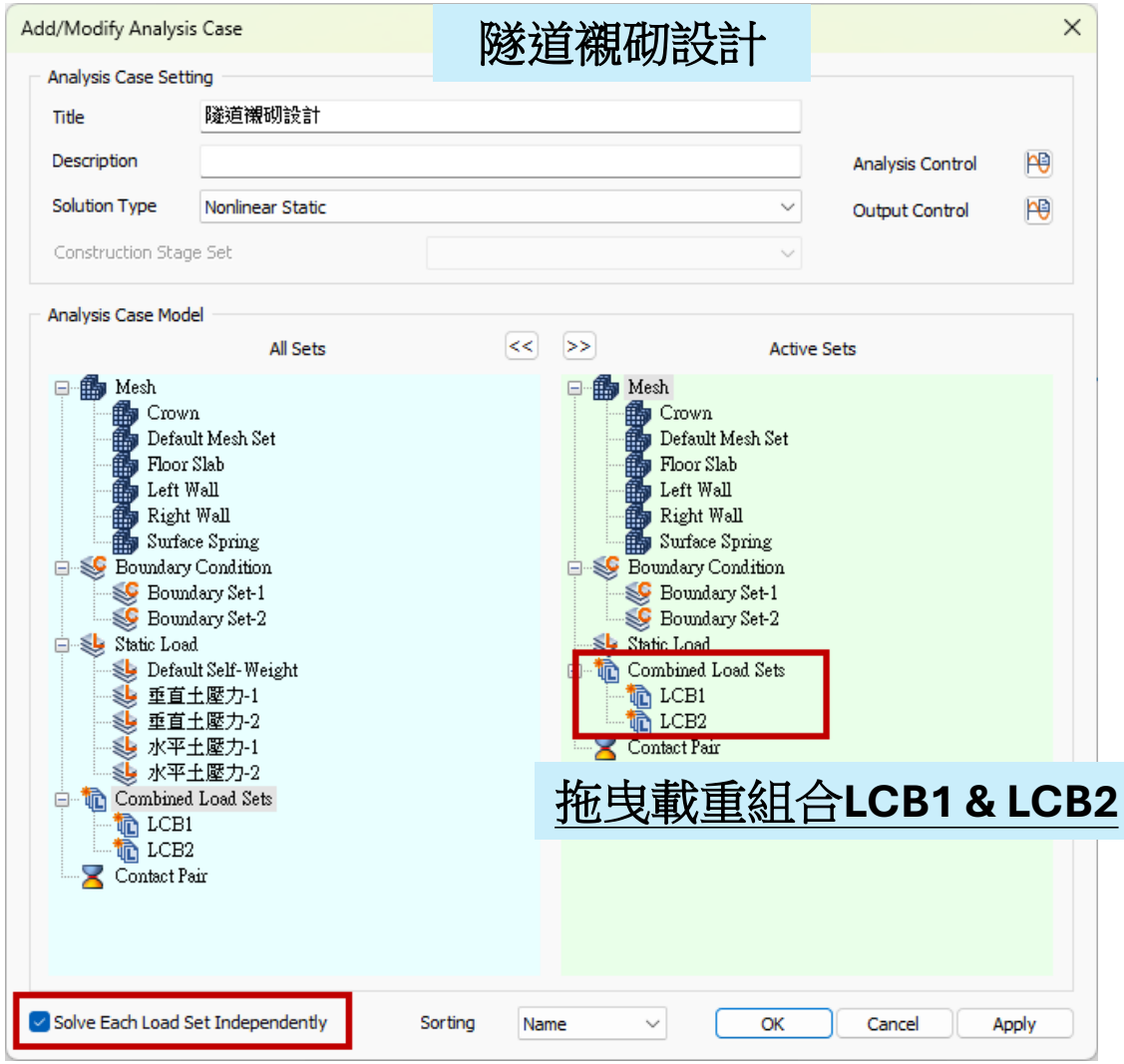

GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

分析定義



Nonlinear Static

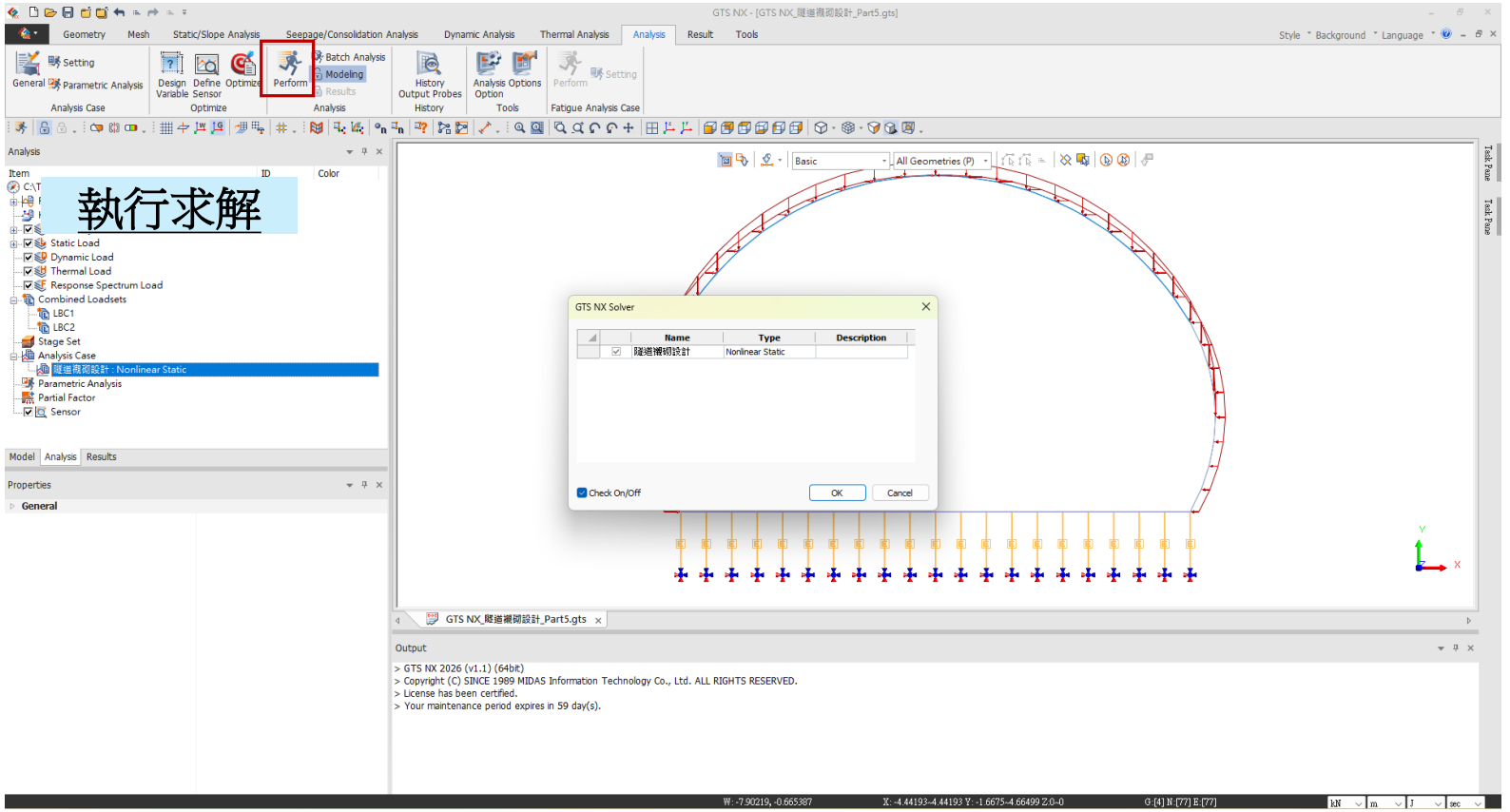




拖曳載重組合LCB1 & LCB2

勾選分別計算各種載荷

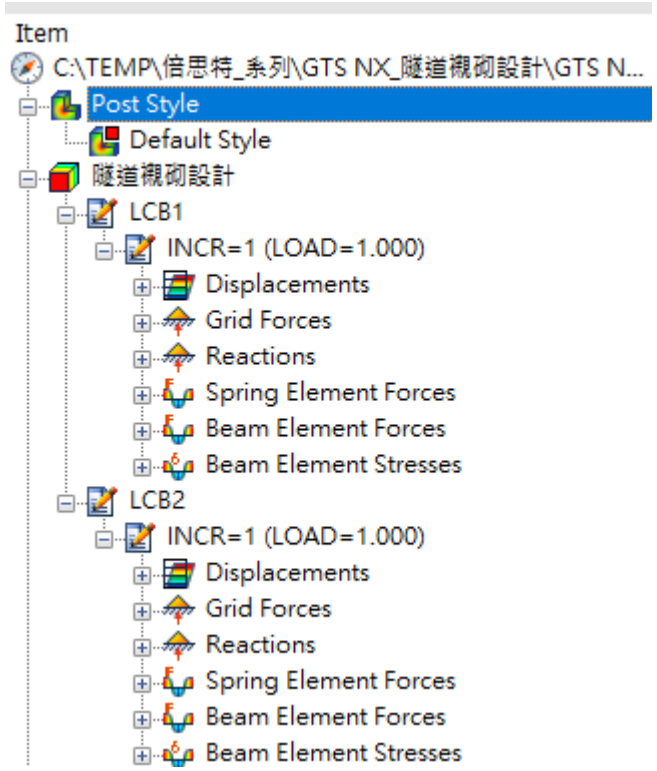
計算

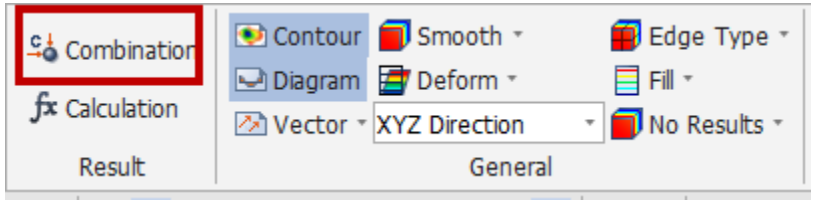

執行求解
GTS NX Solver
Name
Type
Description
隧道襯砌設計
Nonlinear Static
Check On/Off
OK
Cancel

Part6. 分析結果

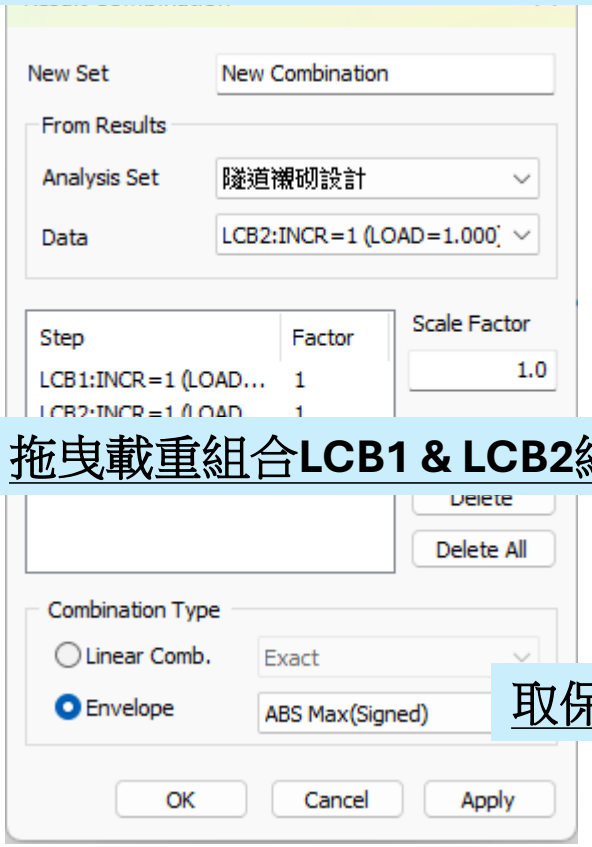

GTS NX 大地計算
FEA NX 建築與橋梁
Solid Simulation
MIDAS
全方位工程模擬
One Platform, Every Solution
MESHFREE 快速設計
CFD 散熱流場
NFX 多物理場

分析結果-1





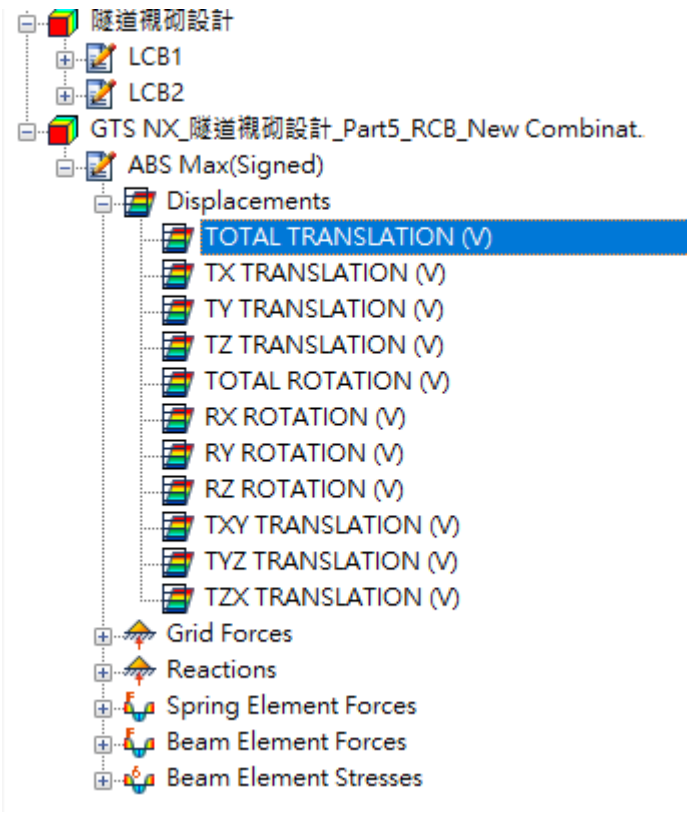
新增分析結果(取**LCB1 & LCB2**最大值)



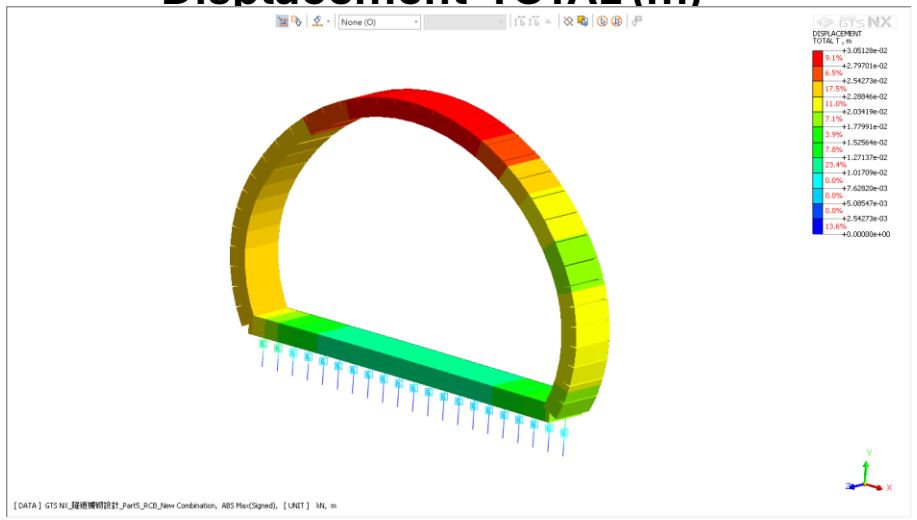
拖曳載重組合**LCB1 & LCB2**結果

取保留正負號的絕對值最大值

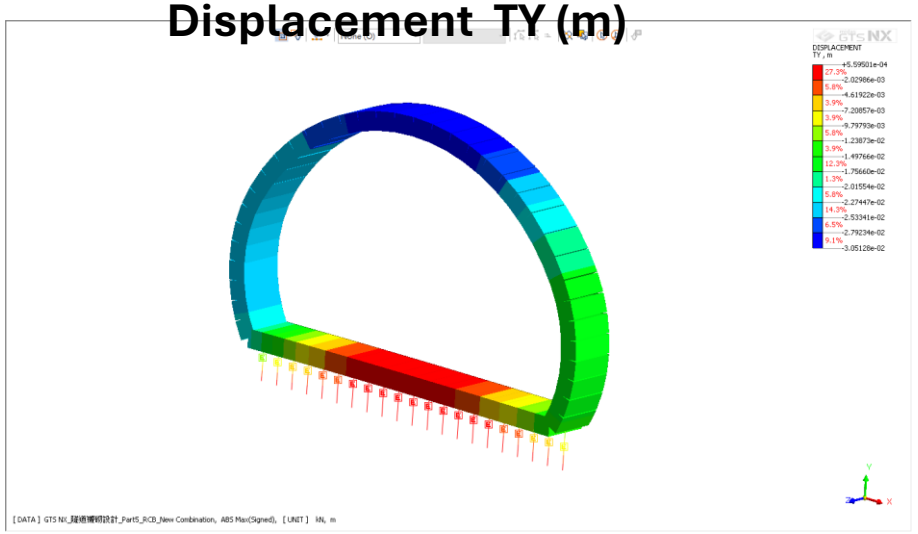
分析結果-2
(New Combination)



Displacement TOTAL (m)



Displacement TY (m)

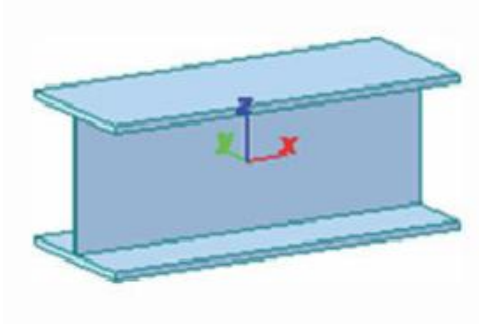


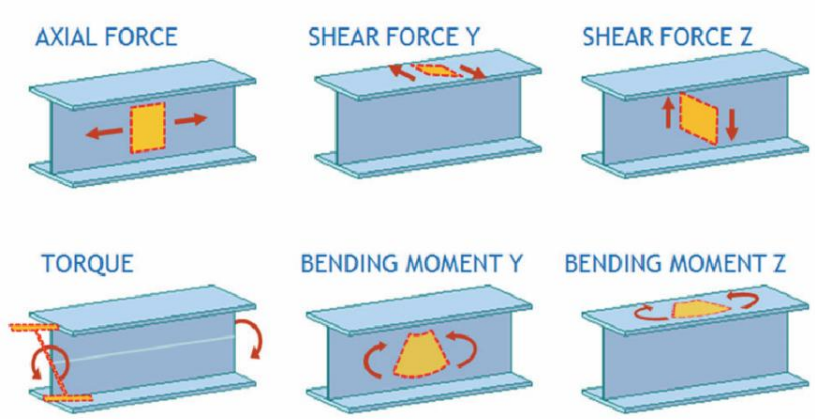
顯示截面



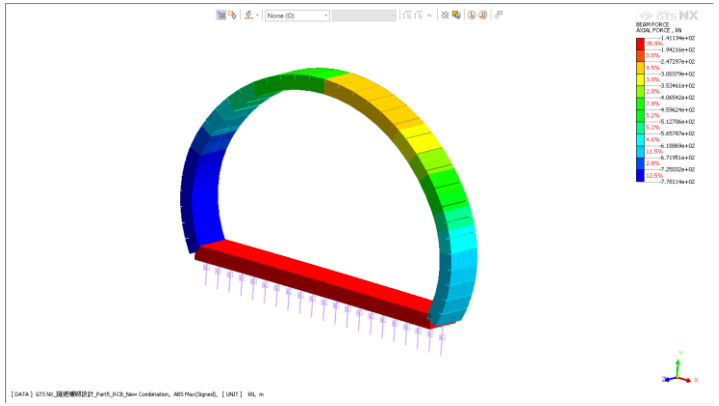


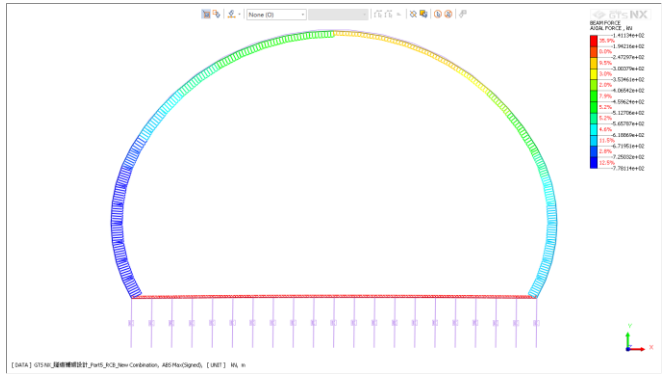
分析結果-2
(New Combination)





AXIAL Force(KN)





BENDING MOMENT Y (KN-m)

