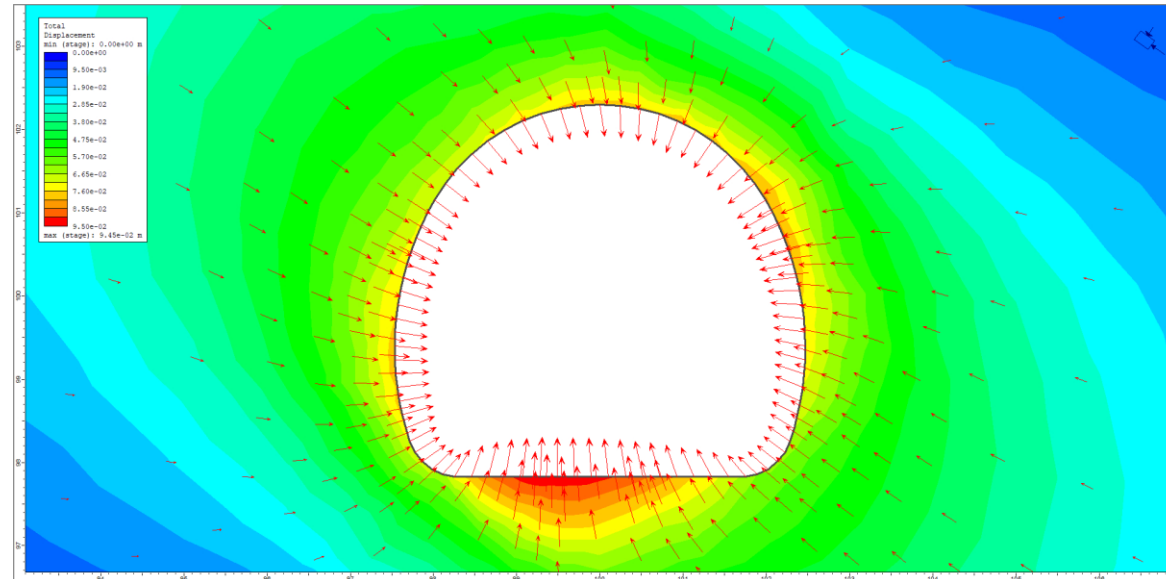


Υπολογιστικές Μέθοδοι Ανάλυσης Υπογείων Έργων

Δ.Π.Μ.Σ. «Σ.Κ.Υ.Ε.» – «Δ.Σ.Α.Κ.»



ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ PHASE 2.8 (ROCSCIENCE)
«ΟΛΟΜΕΤΩΠΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ»

Δεδομένα

Κυκλική σήραγγα διαμέτρου $D=8\text{m}$ διανοίγεται σε βάθος 40m από την επιφάνεια του εδάφους (ύψος από στέψη σήραγγας). Η διάνοιξη θα είναι ολομέτωπη, ενώ η προσωρινή υποστήριξη περιλαμβάνει εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C20/25 πάχους 20cm με μέτρο ελαστικότητας νωπού σκυροδέματος $E=15\text{ GPa}$ και αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης $\Phi 20$ μήκους $L=5\text{m}$ από χάλυβα S 500 σε κάρνα $1.5 \times 1.5\text{m}$.

Η γεωτεχνική έκθεση έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- ✓ $\gamma = 23\text{ kN/m}^3$
- ✓ $c = 320\text{ kPa}$
- ✓ $\phi = 30^\circ$
- ✓ $\delta = (1/4)\phi = 7.5^\circ$
- ✓ $E = 350\text{ Mpa}$
- ✓ $K_o = 0.6$

Η ανάλυση θα γίνει με το κριτήριο αστοχίας Mohr Coulomb. Θεωρούμε αποτόνωση 65%.

Στάδιο 1^ο – Όρια και γεωμετρία μοντέλου

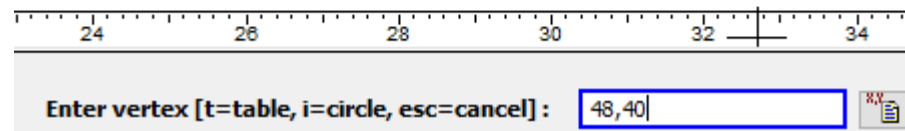
- Θα πρέπει τα περιμετρικά όρια του μοντέλου να έχουν απόσταση τουλάχιστον 5-6 D για αποφυγή boundary effect.
- Αυτό δεν ισχύει για το άνω όριο που είναι η επιφάνεια του εδάφους και ορίζεται στο πραγματικό ύψος.
- Θα πρέπει ο άξονας της σήραγγας για λογούς ευκολίας να βρίσκεται στο σημείο (0,0).
- Με βάση της ανωτέρω παραδοχές:
 - ✓ Άνω όριο: +40m
 - ✓ Πλευρικά όρια: 48m (6xD) έκαστο από άξονα σήραγγας
 - ✓ Κάτω όριο: -48m (6xD)

Συνεπώς τα περιμετρικά όρια του μοντέλου θα ορίζονται από τα σημεία:

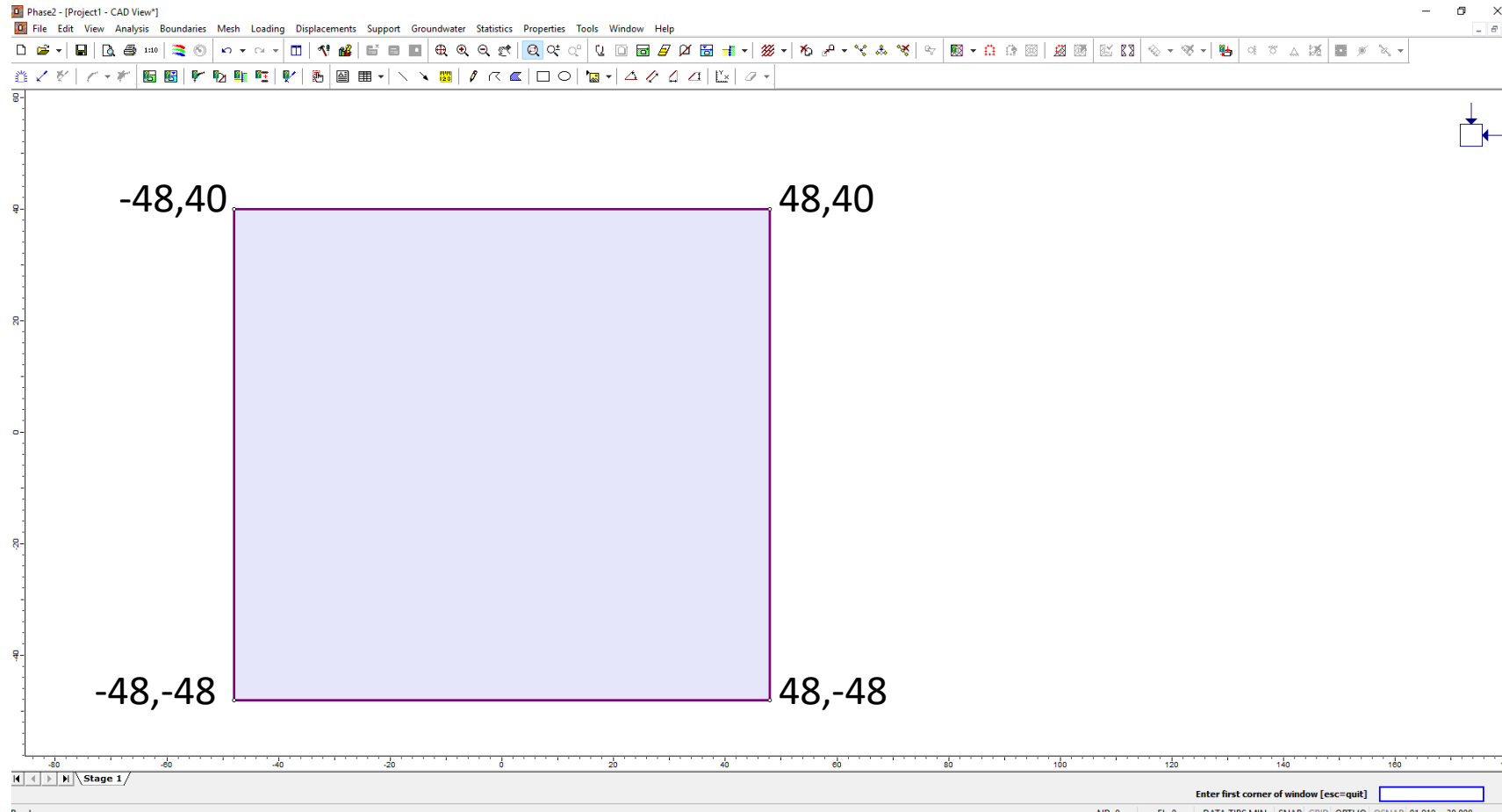
1. (48,40)
2. (48,-48)
3. (-48,-48)
4. (-48,40)

Στάδιο 1^ο – Όρια και γεωμετρία μοντέλου

1. Boundaries → Add External
2. Γράφουμε τις συντεταγμένες κάτω δεξιά και μετά από κάθε μια ENTER
3. Το ίδιο για όλες τις συντεταγμένες

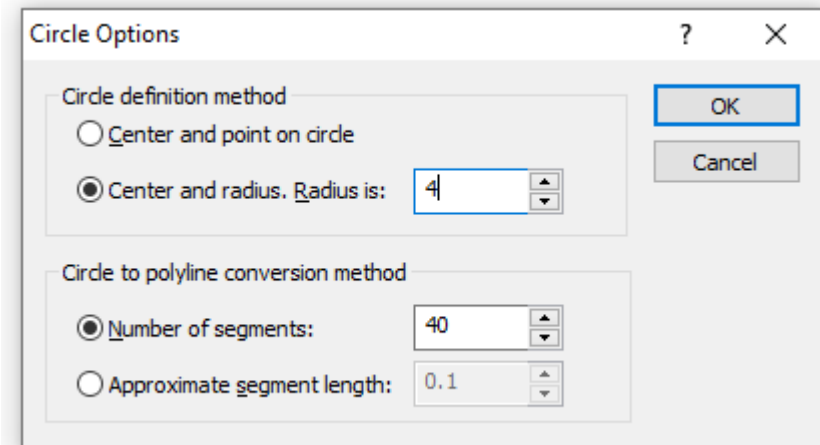
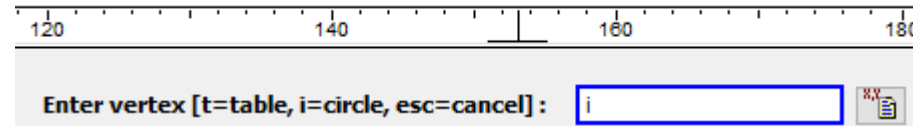


Στάδιο 1^ο – Όρια και γεωμετρία μοντέλου

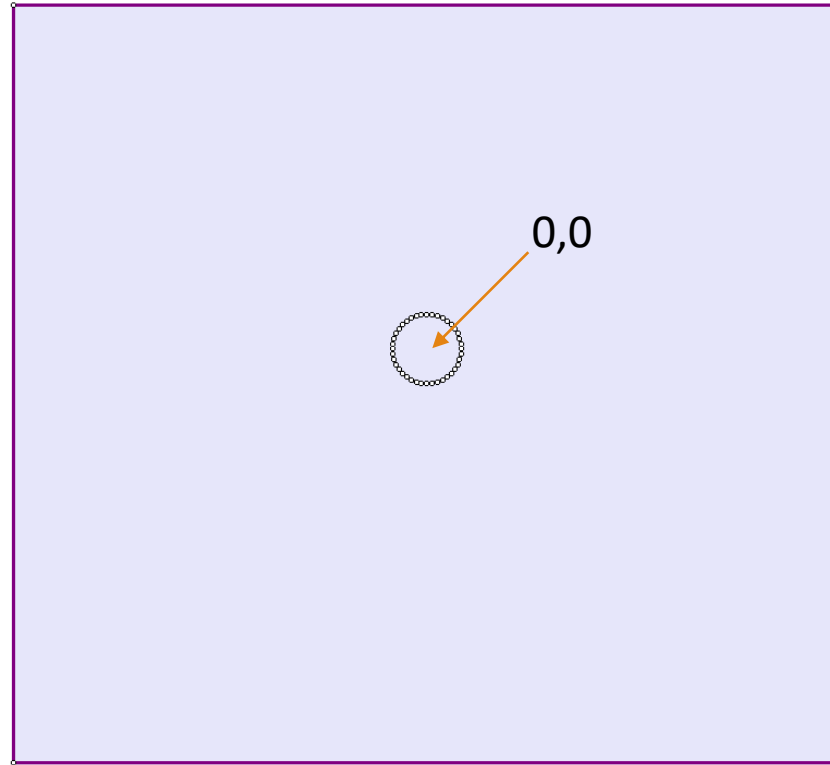


Στάδιο 1^ο – Όρια και γεωμετρία μοντέλου

1. Boundaries → Add Excavation
2. Κάτω δεξιά πατάμε i για κύκλο
3. Ορίζουμε ακτίνα κύκλου (δεύτερη επιλογή) και Enter
4. Ορίζουμε κέντρο κύκλου (0,0) και Enter



Στάδιο 1^ο – Όρια και γεωμετρία μοντέλου



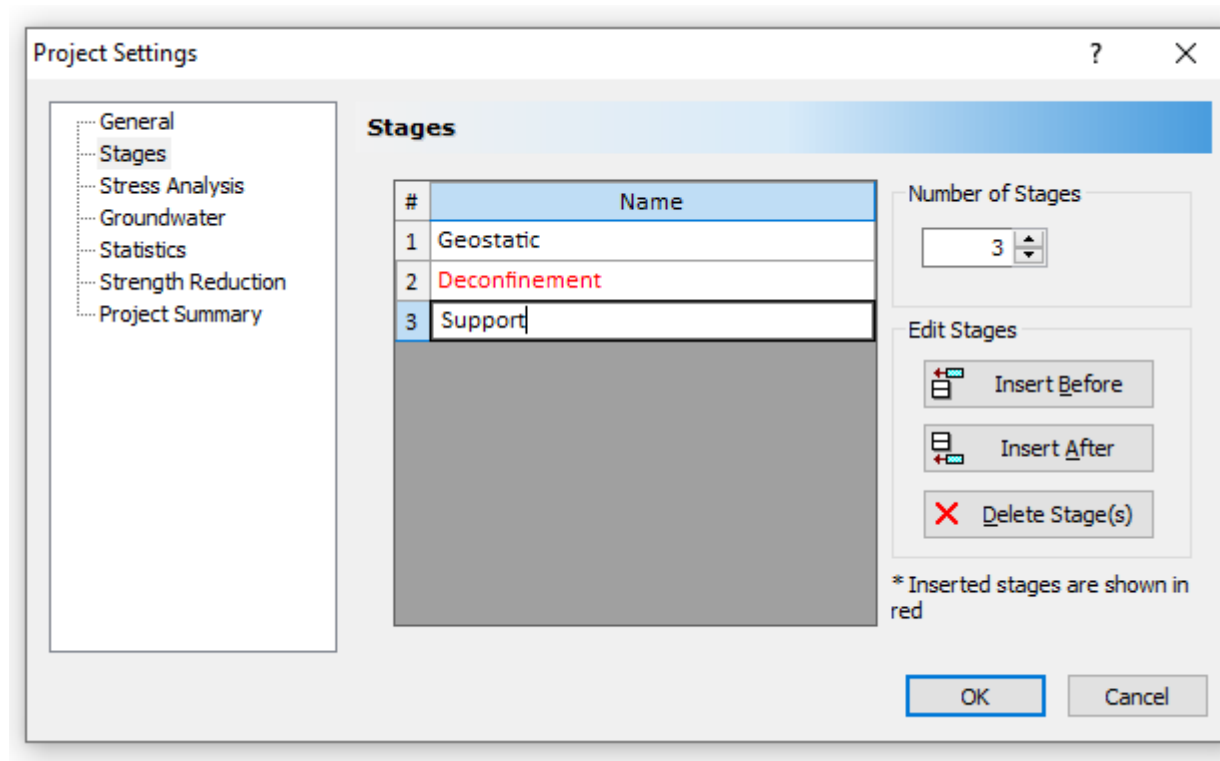
Στάδιο 2^ο – Στάδια Προσομοίωσης

- Συνολικά χρειαζόμαστε τρία (3) στάδια:
 1. 1^ο Στάδιο: Γεωστατικό Πεδίο (Geostatic)
 2. 2^ο Στάδιο: Αποτόνωση (Deconfinement)
 3. 3^ο Στάδιο: Τοποθέτηση Υποστήριξης (Support)

Προσοχή: Εάν η σήραγγα διανοίγεται σε περισσότερες φάσεις, τότε τα στάδια 2 και 3 επαναλαμβάνονται για τις άλλες φάσεις!!!

Στάδιο 2^ο – Στάδια Προσομοίωσης

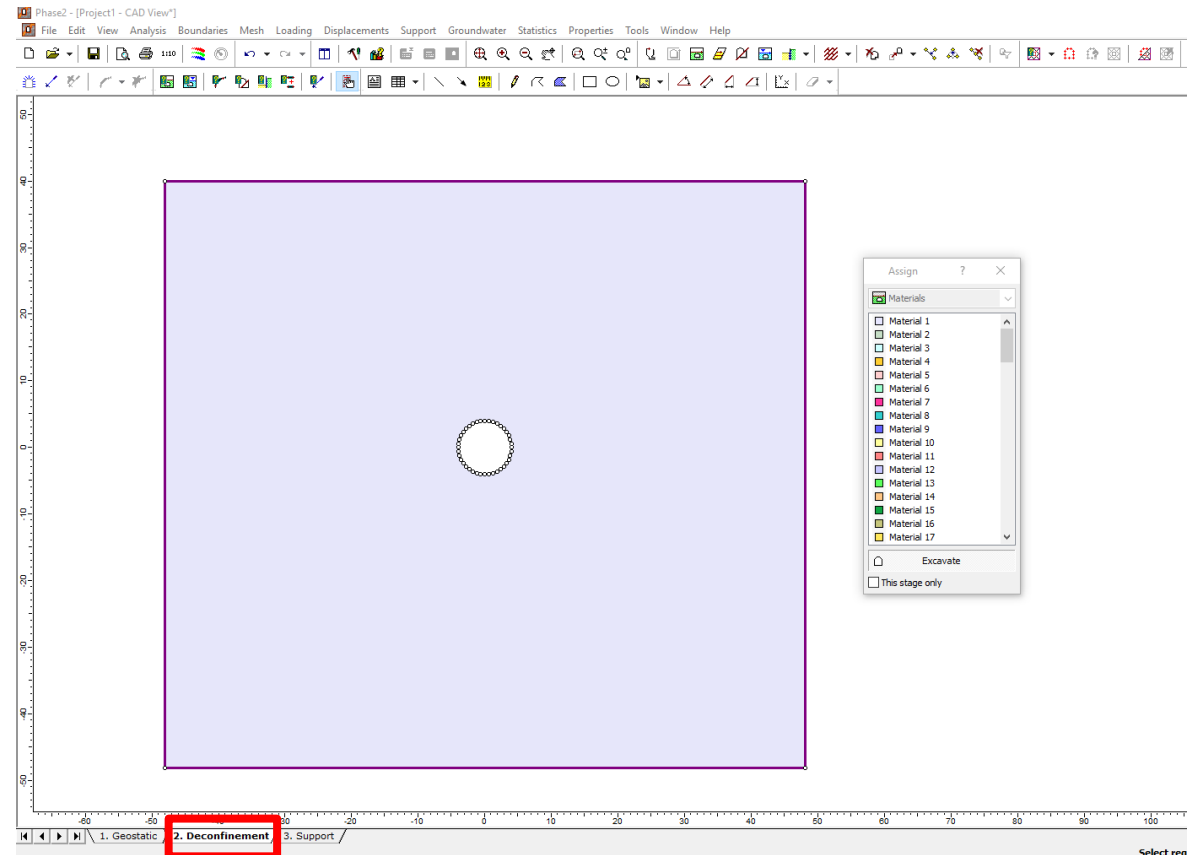
1. Analysis → Project Settings → Stages
2. Number of Stages → 3
3. Ονομάζουμε τα στάδια



Στάδιο 3^ο – Εκσκαφή

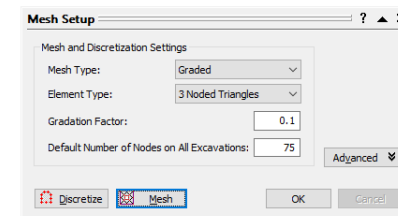
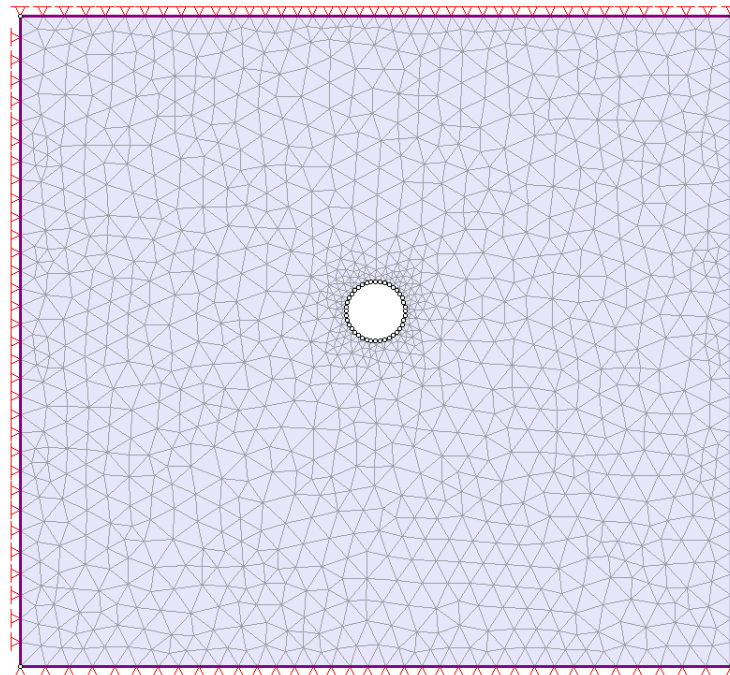
- Η εκσκαφή της σήραγγας θα πραγματοποιηθεί στο στάδιο της αποτόνωσης (**Deconfinement**) **προσοχή να είμαι σε αυτό τα στάδιο!!!**

1. Properties → Assign Properties
2. Επιλέγω το Excavate
3. Επιλέγω το εσωτερικό της σήραγγας



Στάδιο 3^ο – Mesh

1. Mesh → Mesh Setup
2. Ορίζουμε ανάλογα το πρόβλημα το είδος , μέγεθος και πυκνότητα των στοιχείων.
3. Discretize
4. Mesh



Στάδιο 4^ο – Γεωυλικό

1. Properties → Define Materials
2. Initial element loading: Field Stress & Body Force
3. Unit Weight: $0.023 \text{ MN}/\text{m}^3$
4. Young Modulus: 350 MPa
5. Failure Criterion: Mohr Coulomb
6. Material Type: Plastic
7. Tensile Strength: 0
8. Frig Angle: 30
9. Cohesion: 0.32 Mpa
10. Dilation Angle: 7.5

Προσοχή: οι ίδιες τιμές και για residual

Define Material Properties

Material 1

Name: Material 1 Material Color: [Color]

Initial Element Loading: Field Stress & Body Force Unit Weight: (MN/m³): 0.023

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 350 Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Mohr Coulomb Material Type: Plastic

Tensile Strength (peak) (MPa): 0 Dilation Angle (deg): 7.5

Fric. Angle (peak) (deg): 30 Fric. Angle (resid) (deg): 30

Cohesion (peak) (MPa): 0.32 Cohesion (resid) (MPa): 0.32

Tensile Strength (resid) (MPa): 0

Stage Properties Datum Dependent **Unsaturated Shear Strength**

Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... Show only properties used in model OK Cancel

Στάδιο 5^ο – Υποστήριξη (Εκτ. Σκυρόδεμα)

1. Properties → Define Liners
2. Liner Type → Reinforced Concrete
3. Name: Shotcrete
4. Επιλεγμένο μόνο το Concrete
5. Thickness: 0.2m
6. Young Modulus: 15000 MPa
7. Poisson Ratio: 0.25
8. Compressive Strength: 20 (από C20/25)
9. Material Type: Elastic

Define Liner Properties

Shotcrete

Name: Shotcrete Color: [Color Selection]

Liner Type: Reinforced Concrete

Reinforcement

Spacing (m): 0.6

Section Depth (m): 0.162

Area (m²): 0.00474

Moment of Inertia (m⁴): 2.22e-005

Young's Modulus (MPa): 200000

Poisson Ratio: 0.25

Compressive Strength (MPa): 400

Tensile Strength (MPa): 400

Weight (kg/m): 37.1

Stage Concrete Properties

Concrete

Thickness (m): 0.2

Young's Modulus (MPa): 15000

Poisson Ratio: 0.25

Compressive Strength (MPa): 20

Tensile Strength (MPa): 3

Unit Weight (MN/m³): 0.024

Material Type: Elastic Plastic

Include Weight in Analysis

Sliding Gap

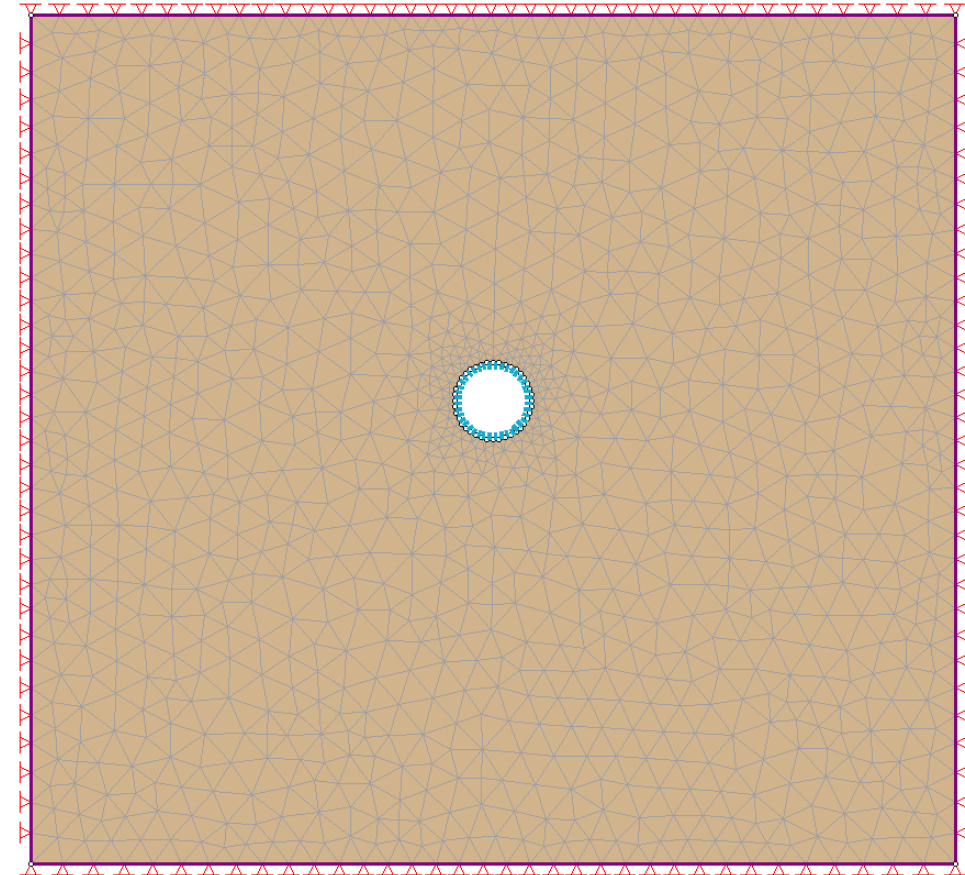
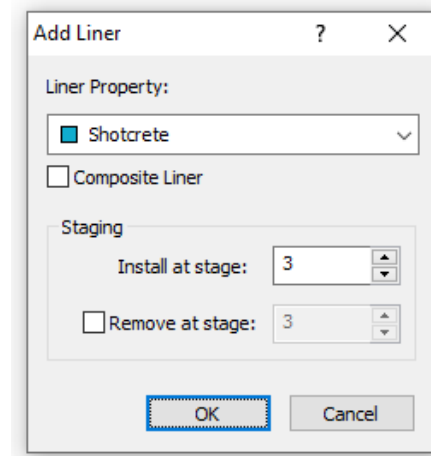
Strain at Locking: 5 %

Beam Element Formulation: Timoshenko

Copy To... Show only properties used in model OK Cancel

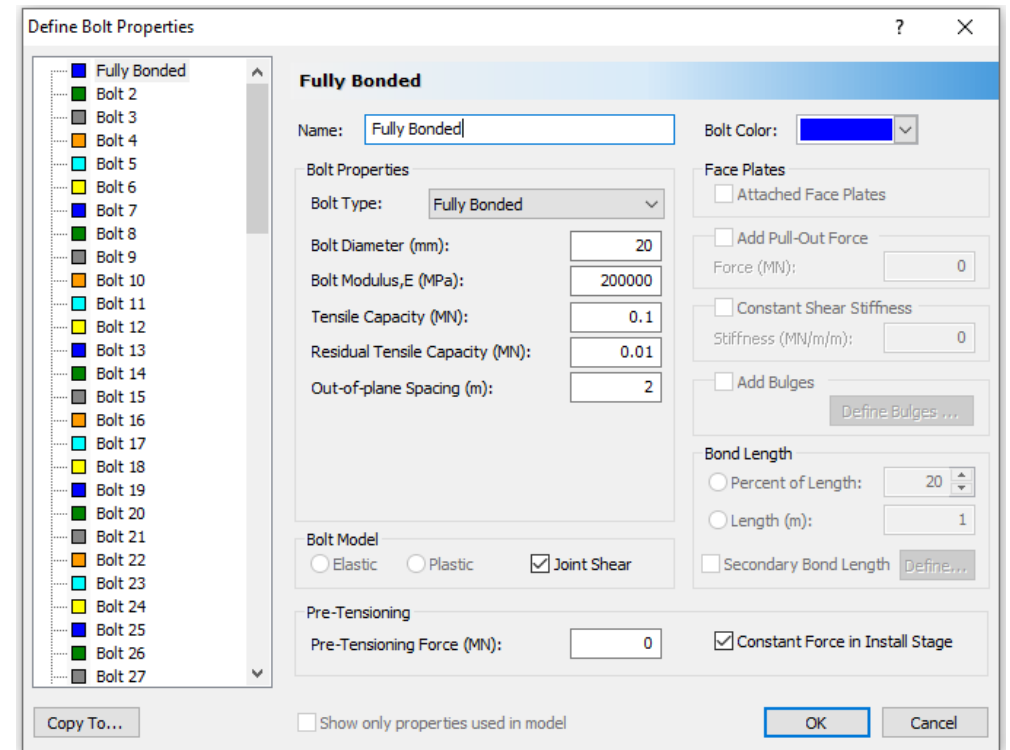
Στάδιο 5^ο – Υποστήριξη (Εκτ. Σκυρόδεμα)

1. Support → Add Liner
2. Liner Property → Shotcrete
3. Install at stage: 3 (Προσοχή: Το στάδιο της υποστήριξης – Support)
4. Enter
5. Επιλεγώ όλη την περιφέρεια της σήραγγας
6. Enter



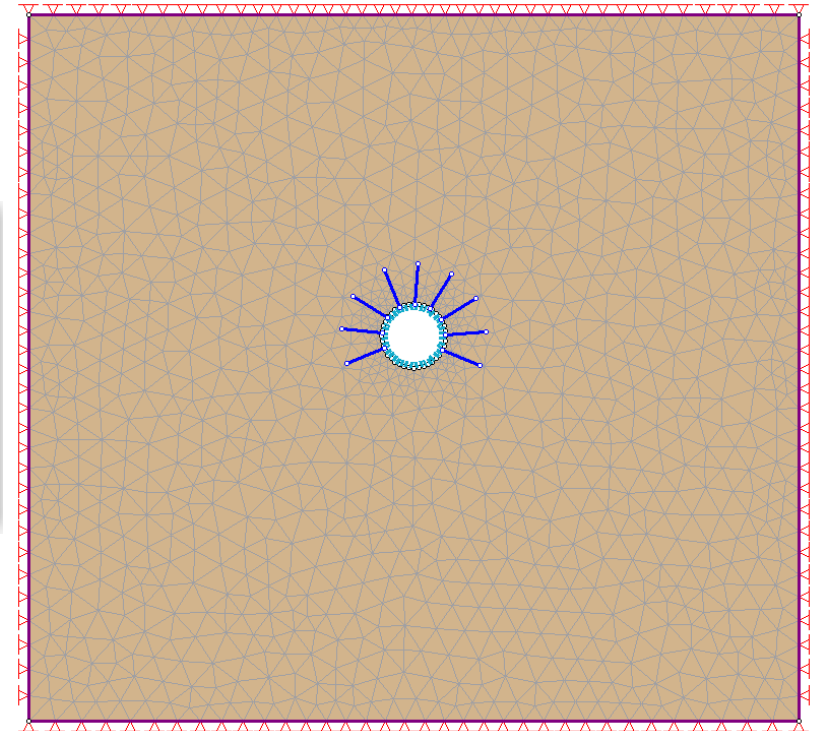
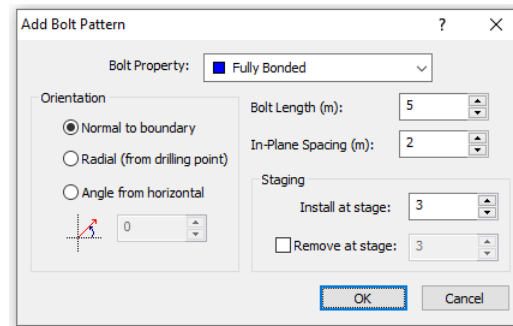
Στάδιο 5^ο – Υποστήριξη (Αγκύρια)

1. Properties → Define Bolts
2. Bolt Type → Fully Bonded (ολόσωμης πάκτωσης)
3. Name: Fully Bonded
4. Bolt Diameter: 20mm
5. Bolt Modulus: 200000MPa
6. Tensile Capacity: 0.157 MN (προκύπτει για χάλυβα S500)
7. Out of plane Spacing: 2 (κάνναβος 2x2)



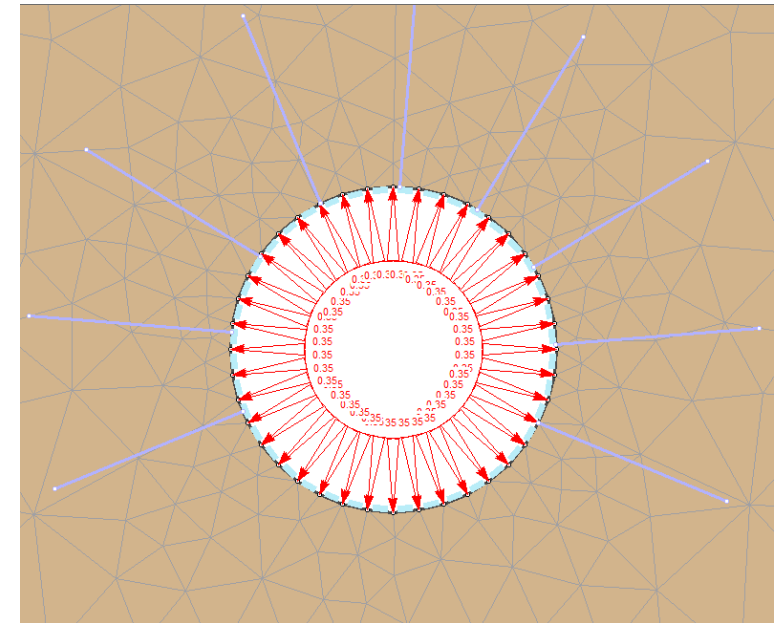
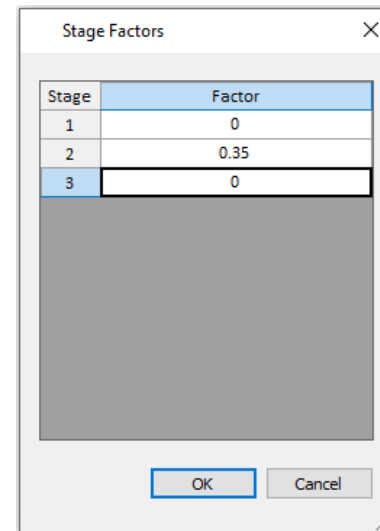
Στάδιο 5^ο – Υποστήριξη (Αγκύρια)

1. Support → Add Bolt Pattern
2. Orientation → Normal to boundary
3. Bolt Length → 5m
4. In plane Spacing: 2 (κάνναβος 2x2)
5. Install at stage: 3 (Προσοχή: Το στάδιο της υποστήριξης – Support)
6. Enter
7. Επιλεγώ την περιοχή της σήραγγας που θέλω τα αγκύρια
8. Enter



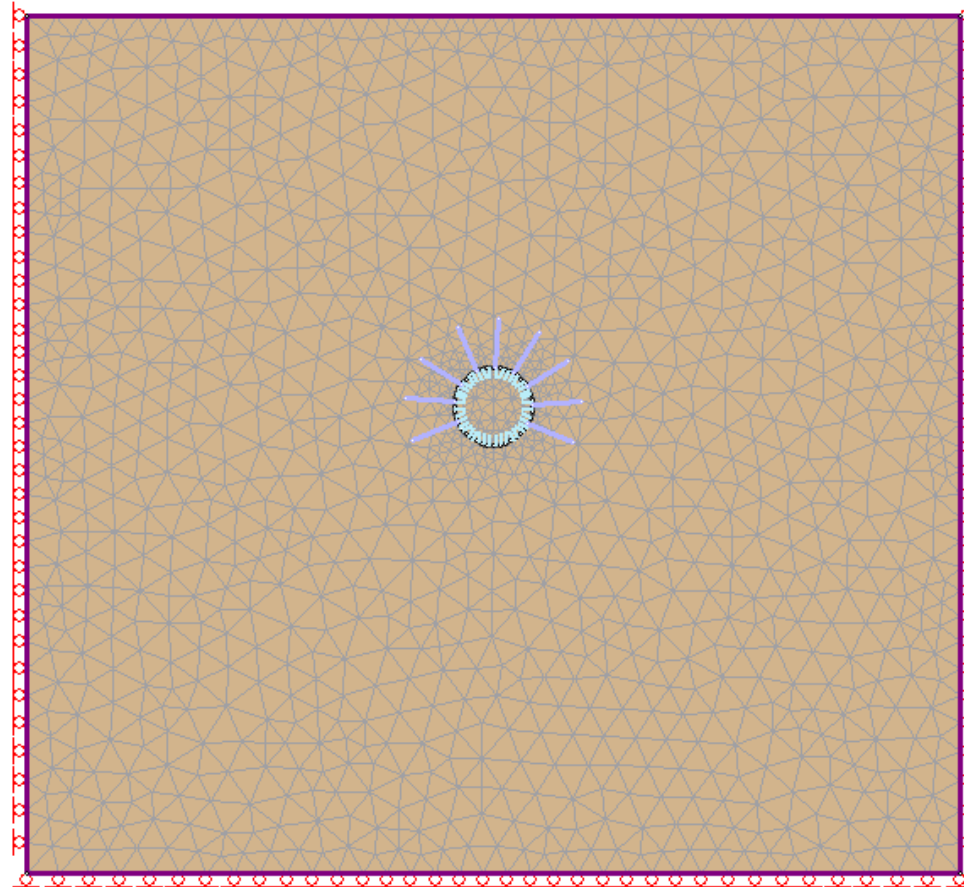
Στάδιο 6^ο – Αποτόνωση

1. Loading → Distributed Loads → Add Uniform Load
2. Orientation → Induces Stress
3. Stage Load
4. Stage Factor
5. Λαμβάνει υπόψιν το $(1 - \lambda) = 0.35$
6. Ορίζω μόνο στο στάδιο της αποτόνωσης (Stage 2 – Deconfinement)
7. Enter
8. Επιλεγώ όλη την περιφέρεια της σήραγγας
9. Enter



Στάδιο 7^ο – Συνοριακές Συνθήκες

1. Displacements → Free
2. Επιλέγω όλο το μοντέλο
3. Enter
4. Τοποθέτηση κυλίσεων
 - ✓ Displacements → Restrain X →
Επιλεγώ τα πλευρικά όρια του μοντέλου → Enter
 - ✓ Displacements → Restrain Y →
Επιλεγώ το κάτω όριο του μοντέλου → Enter



Στάδιο 8^ο – Φόρτιση Μοντέλου

1. Loading → Field Stress
2. Field Stress Type: Gravity
3. Επιλογή Use actual ground surface
4. Total stress ratio (in plane & out of plane): 0.6 (K_o=0.6)

Field Stress Properties

Field Stress Type: Gravity

Use actual ground surface Use effective stress ratio Use variable stress ratio

Ground Surface Elevation (m): 0

Unit Weight of Overburden (MN/m³): 0.027

Total Stress Ratio (horiz/vert in plane): 0.6

Total Stress Ratio (horiz/vert out-of-plane): 0.6

Locked-in horizontal stress (in plane) (MPa, Comp. +): 0

Locked-in horizontal stress (out-of-plane) (MPa, Comp. +): 0

OK

Cancel

Statistics...

Advanced >>