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»

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ - ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

Δεδομένα

Κυκλική σήραγγα διαμέτρου D=8m 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 GPa και αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ20 μήκους L=5m από χάλυβα S 500 σε κάνναβο 1.5 x 1.5m.

Η γεωτεχνική έκθεση έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- ✓ γ= 23 kN/m³
- ✓ c= 320 KPa
- ✓ φ= 30°
- ✓ δ= (1/4)φ= 7.5°
- 🗸 E= 350 Mpa
- $\checkmark K_o = 0.6$

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

- 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)

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





ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ - ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

- **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

Circle Options	? ×
Circle definition method <u>C</u> enter and point on circle Center and radius. <u>R</u> adius is: 4	OK Cancel
Circle to polyline conversion method	
● <u>N</u> umber of segments: 40	
○ Approximate segment length: 0.1	



ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ - ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

Στάδιο 2° – Στάδια Προσομοίωσης

•Συνολικά χρειαζόμαστε τρία (3) στάδια:

- 1. 1° Στάδιο: Γεωστατικό Πεδίο (Geostatic)
- 2. 2° Στάδιο: Αποτόνωση (Deconfinement)
- 3. 3° 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° – Στάδια Προσομοίωσης

- **1.** Analysis \rightarrow Project Settings \rightarrow Stages
- **2.** Number of Stages \rightarrow 3
- 3. Ονομάζουμε τα στάδια

Project Settings		? ×
General Stages Stress Analysis Groundwater Statistics Strength Reduction	Stages # Name 1 Geostatic 2 Deconfinement	Number of Stages
Project Summary	3 Support	Edit Stages Insert Before Insert After Clean Delete Stage(s) Inserted stages are shown in red
		OK Cancel

Στάδιο 3° – 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° – Mesh

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



Στάδιο 4° – Γεωυλικό

- **1.** Properties \rightarrow Define Materials
- 2. Initial element loading: Field Stress & Body Force
- **3.** Unit Weight: 0.023 MN/ 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	Material 1
Material 2	
Material 3	Name: Material 1 Material Color:
Material 4	
Material S	Initial Element Loading: Field Stress & Body Force V Unit Weight: (MN/m3): 0.023
Material 6	Elastic Droportion
Material 7	
Material O	Elastic Lype: Isotropic V Poisson's Ratio: 0.3
Material 10	Yound's Modulus (MPa): 350 Yound's Modulus (resid) (MPa): 20000
Material 11	
Material 12	E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000
Material 13	
Material 14	v12; 0.2 v1z; 0.2 v2z; 0.2
Material 15	
Material 16	Strength Parameters
Material 17	a the an in the Carlant in 1/4 1/20 Matriel Trans at a
Material 18	Failure Criterion: Monr Coulomb V Material Type: Plastic V
Material 19	
Material 20	Tensile Strength (peak) (MPa): 0 Dilation Angle (deg): 7.5
Material 21	
Material 22	Fric, Angle (peak) (deg):
Material 23	Cohesion (peak) (MPa): 0.32 Cohesion (resid) (MPa): 0.32
Material 24	
Material 25	Tensile Strength (resid) (MPa):
Material 26	
Material 27	Stage Properties Datum Dependent Unsaturated Shear Strength
Material 28	Define Factors Define Properties Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0
Copy To Statistics,	Show only properties used in model OK Cancel

Στάδιο 5° – Υποστήριξη (Εκτ. Σκυρόδεμα)

- **1.** Properties → Define Liners
- **2.** Liner Type \rightarrow 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

Shotcrete	Shotcrete			
Liner 3	Name: Shotcrete	Color:	Liner Type: Reinforced Concrete	
Liner 5	Reinforcement	Common Types 📫 🗃 🚽		
🔲 Liner 6				
Liner 7	I Spacing (m);	0.6	I nickness (m):	0.
Liner 8	Section Depth (m):	0.162	Young's Modulus (MPa):	15000
Liner 9	Area (m2);	0.00474	Poisson Ratio:	0.2
Liner 11	Moment of Inertia (m4):	2.22e-005	Compressive Strength (MPa):	20
Liner 12	Vound's Modulus (MPa):	200000	Tensile Strength (MPa):	
Liner 13	roang s noadas (ni-a),	200000	rensie suengur (mra).	· · · ·
Liner 14	Poisson Ratio:	0.25	Unit Weight (MN/m3):	0.024
Liner 15	Compressive Strength (MPa):	400		
Liner 17	Tensile Strength (MPa):	400	Material Type: Elastic Pla	astic
Liner 18	Weight (ka/m):	37.1	Include Weight in Analysis	
Liner 19	in origine (rigging)		Sliding Gap	
Liner 21				5
Liner 22	Stage Concrete Properties		Strain at Locking;	5
Liner 23	Define Factors			
🔲 Liner 24	Denne Factors		Beam Element Formulation: Timoshen	iko
Iner 25				

Στάδιο 5° – Υποστήριξη (Εκτ. Σκυρόδεμα)

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





Στάδιο 5° – Υποστήριξη (Αγκύρια)

- **1.** Properties \rightarrow Define Bolts
- 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)

efine Bolt Properties		? ×
Fully Bonded	Fully Bonded	
Bolt 3	Name: Fully Bonded	Bolt Color:
Bolt 5	Bolt Properties	Face Plates
Bolt 6	Bolt Type: Fully Bonded	Attached Face Plates
Bolt 8	Bolt Diameter (mm):	20 Add Pull-Out Force
Bolt 9	Bolt Modulus E (MPa): 2000	00 Force (MN); 0
Bolt 11	Tensile Capacity (MN):	Constant Shear Stiffness
Bolt 12 Bolt 13	Residual Tensile Capacity (MN): 0.	01 Stiffness (MN/m/m); 0
Bolt 14	Out-of-plane Spacing (m):	2 Add Bulges
Bolt 15 Bolt 16		Define Bulges
Bolt 17		Bond Length
Bolt 18 Bolt 19		OPercent of Length: 20
Bolt 20		Length (m): 1
Bolt 21 Bolt 22	Bolt Model	Secondary Bond Length Define
Bolt 23		
Bolt 25	Pre-Tensioning	
Bolt 26	Pre-Tensioning Force (MIN):	
Сору То	Show only properties used in model	OK Cancel

Στάδιο 5° – Υποστήριξη (Αγκύρια)

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





Στάδιο 6° - Αποτόνωση

- **1.** Loading → Distributed Loads → Add Uniform Load
- 2. Orientation → Induces Stress
- 3. Stage Load
- 4. Stage Factor
- 5. Λαμβάνει υπόψιν το (1- λ) = 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° – 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° – Φόρτιση Μοντέλου

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

Field Stress Properties		? ×
Field Stress Type: Gravity VIse actual ground surface Use effective stress ratio	le stress ratio	ОК
Ground Surface Elevation (m);	0	Cancel
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	Statistics
Locked-in horizontal stress (out-of-plane) (MPa, Comp. +) :	0	<u>A</u> dvanced >>