

### Άσκηση 3Α (Ταξινόμηση Βραχομάζας – Ιδιότητες βραχομάζας)

Βαθμονομείστε την βραχομάζα, στις 4 εμφανίσεις της, με βάση το GSI, σύμφωνα με τον συνημμένο πίνακα (Hoek and Marinos 2000).

α/α	Κατάσταση ασυνεχειών
Βραχομάζα Φωτ.1	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι λείες και ελάχιστα αποσαθρωμένες.
Βραχομάζα Φωτ.2	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι ολισθηρές και μετρίως αποσαθρωμένες.
Βραχομάζα Φωτ.3	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι τραχείες και καθόλου αποσαθρωμένες.

### Βραχομάζα Φωτ. 1 (Άσκηση 3Α)



**Βραχόμαζα Φωτ. 2 (Άσκηση 3Α)**



**Βραχόμαζα Φωτ. 3 (Άσκηση 3Α)**



### Άσκηση 3B (Ταξινόμηση Βραχόμαζας – Διατμητική αντοχή βραχόμαζας)

Στην περιοχή των τριών γεωλογικών εμφανίσεων, που απεικονίζουν οι τρεις φωτογραφίες, πρόκειται να διανοιχθεί σήραγγα σε βάθος 100m. Το πέτρωμα και στις τρεις θέσεις είναι ασβεστόλιθος. Για την γεωτεχνική μελέτη της σήραγγας είναι απαραίτητη η γνώση του μοντέλου της βραχόμαζας, δηλαδή οι μηχανισμοί αστοχίας και οι παράμετροι σχεδιασμού των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

#### Ζητούνται

1. Βαθμονομείστε την βραχόμαζα, στις 3 εμφανίσεις της, με βάση το GSI, σύμφωνα με τον συνημμένο πίνακα (Hoek and Marinos 2000).

α/α	Κατάσταση ασυνεχειών
Βραχόμαζα Φωτ.1	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι κυματοειδείς, τραχείες και ελαφρά αποσαθρωμένες
Βραχόμαζα Φωτ.2	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι πολύ τραχείες, χωρίς αποσάθρωση.
Βραχόμαζα Φωτ.3	Οι επιφάνειες των ασυνεχειών είναι κυματοειδείς και τραχείες με οξειδωμένες επιφάνειες

2. Σε ποιούς από τους παραπάνω τύπους βραχόμαζας εκτιμάτε (πιθανότερα) ότι στο βάθος το GSI μπορεί να αλλάξει και γιατί (δηλαδή αν μπορεί να βελτιωθεί η δομή ή η ποιότητα των ασυνεχειών με το βάθος);
3. Στη συνέχεια υπολογίστε για κάθε βραχόμαζα το μέτρο παραμορφωσιμότητας  $E_m$  από τη σχέση του Hoek et al (2002):

$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci} (MPa)}{100}} \times 10^{(GSI-10)/40}$$

Όπου, D είναι συντελεστής που εξαρτάται από το βαθμό διαταραχής της βραχόμαζας ανάλογα με τη μέθοδο εκσκαφής γύρω από τη διάνοιξη της σήραγγας.

Η μονοαξονική θλίψη  $\sigma_{ci}$  του ασβεστόλιθου είναι 50 MPa. Να ληφθεί η τιμή D για αδιατάρακτη βραχόμαζα (D=0).

4. Εφαρμόστε το κριτήριο Hoek and Brown (2002) για τις τρεις βραχομάζες ξεχωριστά και λαμβάνοντας υπόψη ότι  $\sigma'_3 = 150$  KPa και  $\sigma'_3 = 350$  KPa υπολογίστε τις παραμέτρους αντοχής c και φ για κάθε περίπτωση. Το ειδικό βάρος του ασβεστόλιθου είναι 0,026 MN/m<sup>3</sup>.

$$\sigma_1' \square \sigma_3' \square \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} \square s \right)^a$$

Όπου τα  $m_b$ ,  $s$  και  $a$  δίνονται από τις σχέσεις:

$$m_b \square m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s \square \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$\alpha \square \frac{1}{2} \square \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

5. Ποιος είναι ο πιθανός κύριος μηχανισμός αστοχίας (σφηνοειδής ολίσθηση, καταρροή-κατάρρευση γεωυλικού, σημαντικές παραμορφώσεις) κατά τη διάνοιξη της σήραγγας για την κάθε βραχόμαζα; Είναι δυνατόν διαφορετικές βραχόμαζες του ίδιου πετρώματος, με ίδια τιμή GSI (άρα και παραμέτρους σχεδιασμού) και κάτω από την ίδια φόρτιση να εκδηλώσουν διαφορετικό μηχανισμό αστοχίας;

**Παρατήρηση 1:** Με την άσκηση αυτή επιθυμείται να τονιστεί με ποσοτικό χαρακτήρα η επίδραση της δομής της βραχόμαζας και της κατάστασης των ασυνεχειών στην διαμόρφωση των μηχανικών παραμέτρων ( $c$ ,  $\phi$ , και  $E$ ). Παρατηρήστε τη ριζική βελτίωση των παραμέτρων ανάλογα με τη θέση της βραχόμαζας κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

**Παρατήρηση 2:** Με την άσκηση αυτή επιθυμείται να τονιστεί ότι διαφορετικές βραχόμαζες είναι δυνατόν να έχουν διαφορετική γεωτεχνική συμπεριφορά συνεπώς και διαφορετικά μέτρα άμεσης υποστήριξης, αν και έχουν ίδιες παραμέτρους σχεδιασμού ( $c$ ,  $\phi$ , και  $E$ ).

**Σημείωση:** Τα αποτελέσματα των ερωτημάτων 3 (μέτρο παραμορφωσιμότητας  $E$ ) και 4 (συνοχή  $c$  και γωνία τριβής  $\phi^\circ$ ) παρουσιάστε **οπωσδήποτε** ομαδοποιημένα σε πίνακα.

**Προσοχή:** Για τον υπολογισμό του  $E_m$  χρησιμοποιείτε αποκλειστικά την παραπάνω σχέση (όχι μέσω του προγράμματος Roclab )

### **Βιβλιογραφία:**

- Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B., 2002. Hoek - Brown failure criterion - 2002 edition. In: Bawden H.R.W., Curran, J., Telesnicki, M. (eds). Proceedings of NARMS-TAC 2002, Toronto, pp. 267-273.
- Hoek, E. and Marinos, P. 2007. A brief history of the development of the Hoek-Brown failure criterion. Soils and Rocks, No. 2., November 2007.
- Marinos, P and Hoek, E. 2000 GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442
- Μαρίνος Β., (2007), «Γεωτεχνική ταξινόμηση και τεχνικογεωλογική συμπεριφορά ασθενών και σύνθετων γεωυλικών κατά τη διάνοιξη σηράγγων», Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Γεωτεχνικής, Ε.Μ.Π.

**Βραχώμαζα σχηματισμού 1 (Άσκηση 3B)**

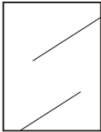
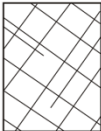
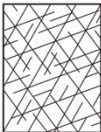





**Βραχώμαζα σχηματισμού 2 (Άσκηση 3B)**



### Βραχώμαζα σχηματισμού 3 (Άσκηση Γ)



<p><b>ΔΕΙΚΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI)</b> (E. Hoek, Π. Μαρίνος, 2000)</p> <p>Βασίζομενοι στην περιγραφή της λιθολογικής σύστασης, της δομής και της ποιότητας των ασυνεχειών της βραχώμαζας εκτιμήστε τη μέση τιμή του GSI από τις καμπύλες. Το να επιλέξετε ένα εύρος τιμών από 33 έως 37 είναι πιο ρεαλιστικό από το να δηλώσετε ότι το GSI = 35. Ο καθορισμός της δομής καθώς και της ποιότητας των ασυνεχειών μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ δύο γειτονικών πεδίων. Τονίζεται ιδιαίτερα ότι το κριτήριο Hoek - Brown δεν εφαρμόζεται σε αστάθειες που ελέγχονται από συγκεκριμένες ασυνέχειες όταν οι ασθενείς επίπεδες επιφάνειες (όπως διατημημένα επίπεδα στρώσης) έχουν δυσμενή προσανατολισμό σε σχέση με την εκσκαφή. Τότε αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της βραχώμαζας. Η αντοχή ορισμένων βραχομαζών μειώνεται από την παρουσία του υπόγειου νερού και αυτό μπορεί να ληφθεί υπόψη με μικρή μετακίνηση προς τα δεξιά στις στήλες της μέτριας, πτωχής και πολύ πτωχής κατάστασης ασυνεχειών. Η πίεση του νερού δεν μεταβάλλει την τιμή του GSI και λαμβάνεται υπόψη με την ανάλυση ενεργών τάσεων στους υπολογισμούς.</p> <p><b>ΔΟΜΗ</b></p>	<p><b>ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</b></p> <p><b>ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ</b> Πολύ τραχείες, υγείες, μη αποσπασθωμένες επιφάνειες</p> <p><b>ΚΑΛΗ</b> Τραχείες, ελαφρά αποσπασθωμένες και οξειδωμένες επιφάνειες</p> <p><b>ΜΕΤΡΙΑ</b> Λείες, μετρίως αποσπασθωμένες και εξαλλοιωμένες επιφάνειες</p> <p><b>ΠΤΩΧΗ</b> Πολύ λείες, κατά περίπτωση ολισθηρές επιφάνειες με συμπαγή επιφλοιώματα ή υλικό πλήρωσης με γωνιώδη θραύσματα</p> <p><b>ΠΟΛΥ ΠΤΩΧΗ</b> Πολύ ολισθηρές επιφάνειες ή πολύ αποσπασθωμένες με μαλακό αργιλικό υλικό πλήρωσης ή επιφλοιώσις</p> <p><b>ΜΕΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ</b> →</p>				
 <p><b>ΑΡΡΗΚΤΗ</b> Άρρηκτα βραχώδη τεμάχια ή άστρωτος βράχος με λίγες ασυνέχειες σε μεγάλη απόσταση</p>	90			N/A	N/A
 <p><b>ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ/ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ</b> Αδιατάρακτη βραχώμαζα με πολύ καλό αλληλοκλείδωμα που αποτελείται από κυβικά τεμάχια οριζόμενα από τρεις ορθογώνια τεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών</p>	80	70			
 <p><b>ΠΟΛΥ ΤΕΜΑΧΩΔΗΣ</b> Μερικώς διαταραγμένη βραχώμαζα με πολύπλευρα γωνιώδη τεμάχια (blocks) που σχηματίζονται από τέσσερις ή περισσότερες οικογένειες ασυνεχειών</p>		60	50		
 <p><b>ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΗ-ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΗΣ/ΠΤΥΧΩΜΕΝΗ</b> Πτυχωμένη με γωνιώδη τεμάχια που σχηματίζονται από αλληλοτεμνόμενες οικογένειες ασυνεχειών. Εμμονή στρώσης ή σχιστότητας</p>			40	30	
 <p><b>ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΜΕΝΗ</b> Ισχυρά κερματισμένη βραχώμαζα με πτωχό αλληλοκλείδωμα και με ταυτόχρονη παρουσία γωνιώδων και αποστραγγυλωμένων τεμαχίων</p>				20	
 <p><b>ΦΥΛΛΩΔΗΣ/ ΔΙΑΤΗΜΗΜΕΝΗ</b> Φυλλώδης ή σχιστοποιημένη και τεκτονικώς διατημημένη ασθενής βραχώμαζα. Η φύλλωση επικρατεί έναντι οποιαδήποτε άλλης οικογένειας ασυνεχειών εμποδίζοντας την δημιουργία γωνιώδων τεμαχίων (η κλίμακα σε αυτό το εικονίδιο δεν συγκρίνεται με αυτή των άλλων εικονιδίων)</p>	N/A	N/A			10

Σχήμα 2. Γεωλογικός Δείκτης Αντοχής – GSI (Geological Strength Index) (Hoek and Marinos, 2000)