

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΦΥΛΛΑΔΙΟ 5^{ης} ΑΣΚΗΣΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ: Ευστάθεια βραχωδών πρηνών με χρήση δικτύου Schmidt. Κινηματική ανάλυση. Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας από ανάλυση δυνάμεων. Επίδραση νερού. Αντιστηρίξεις πρηνών.

1. ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η εύρεση των δυνητικών δομικών (επίπεδες, σφηνοειδείς, ανατροπές) ολισθήσεων κατά μήκος πρηνούς. Η κινηματική ανάλυση γίνεται με τη χρήση των στερεοδιαγραμμάτων Schmidt. Ο **τελικός σκοπός** όμως είναι ο ακριβής υπολογισμός αν πράγματι θα συμβεί η ολίσθηση-αστοχία. Αυτό γίνεται μέσω του υπολογισμού της σχέσης των δυνάμεων που κρατούν το υπό ολίσθηση μπλοκ και των δυνάμεων που ωθούν το υπό ολίσθηση μπλοκ, δηλαδή μέσω του συντελεστή ασφαλείας (F).

Κινηματική Ανάλυση Βραχωδών Πρηνών

Ο πιθανός μηχανισμός αστοχίας εδώ είναι η ολίσθηση τεμάχους πάνω σε μία ή περισσότερες ασυνέχειες που ο προσανατολισμός του καθοδηγεί τη θραύση. Όταν, δηλαδή, η βραχώμαζα **δεν** συμπεριφέρεται ως ισότροπο υλικό αλλά ανισότροπα.

Μηχανισμοί αστοχιών σε βραχώδη πρηνή

- Επίπεδες αστοχίες (planar failures) ελέγχονται από μία μόνο επιφάνεια ασυνέχειας που προβάλλει στο πρόσωπο του πρηνούς σχήμα
- Σφηνοειδείς αστοχίες (wedge failures) περιλαμβάνουν μια αστοχούσα μάζα που καθορίζεται από δύο επιφάνειες ασυνεχειών που τέμνονται κατά μία γραμμή με κατηφορική κλίση προς το μέτωπο του πρηνούς
- Αστοχίες ανατροπής (toppling failures) περιλαμβάνουν πλάκες ή κολώνες (στύλους) βράχου που οριοθετούνται από ασυνέχειες που βυθίζονται απότομα στο μέτωπο του πρηνούς (αντίρροπα με το πρηνές)
- Κυκλικές αστοχίες (circular failures) πραγματοποιούνται σε βραχώμαζες που είτε είναι έντονα διακλασμένες (χωρίς να προβάλλει κάποια σαφώς επικρατούσα και δυσμενής προσανατολισμός), ή αποτελούνται από υλικά με χαμηλή αντοχή του άρρηκτου πετρώματος

Την ευστάθεια του πρηνούς θα καθορίσει η **αντοχή των ασυνεχειών**. Το υλικό συμπεριφέρεται αυστηρά ανισότροπα αν ευνοείται ο προσανατολισμός των ασυνεχειών σε σχέση με τον προσανατολισμό του πρηνούς.

Σημειώνεται στους φοιτητές ότι πριν από τα δύο αυτά στάδια υπάρχουν 3 ακόμα στάδια. Συνοπτικά η διαδικασία κινηματικής ανάλυσης δομικών ολισθήσεων βράχου είναι:

- Αξιολόγηση αν η βραχώμαζα θα συμπεριφερθεί **ανισότροπα**, δηλαδή θα παρουσιάσει δομικές αστάθειες (επίπεδες και σφηνοειδείς ολισθήσεις και ανατροπές). Αν ναι προχωράμε στη συνέχεια....
- **Σύνταξη Τεκτονικού Διαγράμματος:** Λήψη μετρήσεων με γεωλογική πυξίδα σε ασυνέχειες κατά μήκος του υπό μελέτη πρηνούς. Οι μετρήσεις πρέπει να είναι 60-100. Εκτός από την κλίση και την διεύθυνση κλίσης σημειώνονται στοιχεία όπως ο τύπος της ασυνέχειας (π.χ. στρώση, διάκλαση, ρήγμα κλπ.), τραχύτητα, εμμόνη, απόσταση, υλικό πλήρωσης, παρουσία νερού.



- Επεξεργασία μετρήσεων στο γραφείο και ορισμός αντιπροσωπευτικών συστημάτων ασυνεχειών.
- Εκτίμηση πιθανών ολισθήσεων και ανατροπών μέσω του στερεοδιαγράμματος Schmidt. Εδώ προκρίνονται οι πιθανές ολισθήσεις με κριτήρια την γεωμετρία και την γωνία τριβής.
- Τέλος, υπολογίζουμε τον συντελεστή ασφαλείας για τα τεμάχια (επίπεδα ή σφήνες) που προκρίθηκαν από το προηγούμενο στάδιο. Εδώ πραγματοποιείται ανάλυση δυνάμεων (βάρους, υδατικών πιέσεων, αγκύρωσης, σεισμού).

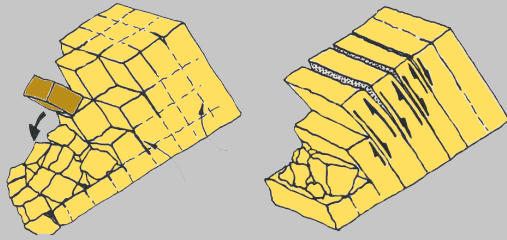
F = Δυνάμεις που συγκρατούν έναντι ολίσθησης / Δυνάμεις που ωθούν προς ολίσθηση

Προσοχή: Όλα τα παρακάτω έχουν αξία και σημασία αν η βραχώμαζα συμπεριφέρεται ανισότροπα. Δηλαδή αν έχουμε προβλέψει ότι η αστοχία θα γίνει σε προϋπάρχουσα ασυνέχεια (επίπεδη ολίσθηση ή ανατροπή) ή ασυνέχειες (σφηνοειδής ολίσθηση). Για παράδειγμα αν η βραχώμαζα είναι ένας κατακλαστίτης ή ένας πολυπτυχωμένος σχηματισμός τότε δεν επικρατούν συγκεκριμένα συστήματα ασυνεχειών και δεν έχει νόημα η κινηματική ανάλυση δομικών αστοχιών. Τότε πρέπει να δουλέψουμε την συμπεριφορά της συνολικής βραχώμαζας μέσω και του GSI και του κριτηρίου Hoek & Brown.

2. “ΚΛΕΙΔΙΑ” ΕΠΙΛΥΣΗΣ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

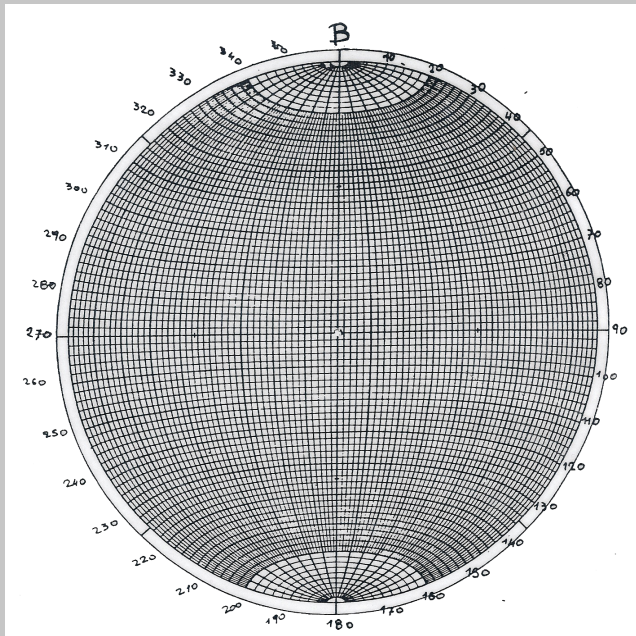
A. “Κλειδιά” άσκησης:

i Μηχανισμοί ολίσθησης στα πρανά (τύποι αστοχίας)



ii Εκτίμηση συμπεριφοράς: Ισότροπη ή Ανισότροπη;

iii Στερεοδιάγραμμα Schmidt

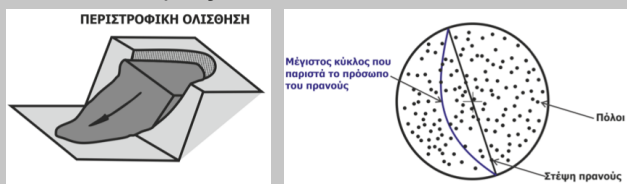


iv Κριτήρια ολίσθησης για επίπεδες ολισθήσεις

v Κριτήρια ολίσθησης για σφηνοειδείς ολισθήσεις

vi Κριτήρια για ανατροπές βράχων

vii Κριτήρια ολίσθησης για περιστροφικές ολισθήσεις

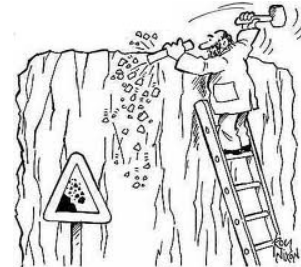


viii Συντελεστής ασφάλειας

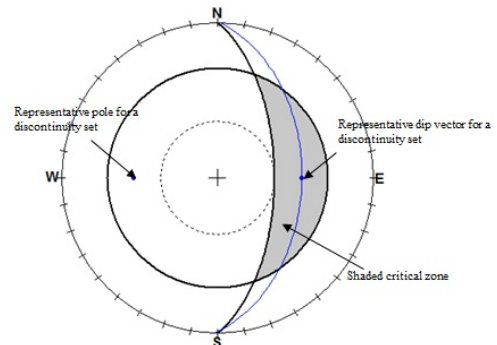
ix Αποδεκτές τιμές συντελεστή ασφάλειας

B. Θεωρητικές γνώσεις για την επίλυση (Προσοχή: βρείτε τις αντίστοιχες διαφάνειες στην σχετική παρουσίαση!!!)

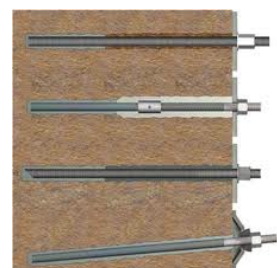
1. Ευστάθεια βραχωδών πρανών
2. Πως μπορεί να αστοχήσει η βραχώμαζα;



3. Τι είναι ισότροπη και τι ανισότροπη συμπεριφορά;
4. Πως υπολογίζουμε την διατμητική αντοχή ασυνέχειας;
5. Πότε χρησιμοποιούμε το κριτήριο αστοχίας Hoek & Brown και πότε το κριτήριο αστοχίας Barton;
6. Κινηματική ανάλυση δομικών ολισθήσεων
7. Χρήση στερεοδιαγράμματος Schmidt.



8. Συντελεστής ασφάλειας
9. Ανάλυση δυνάμεων σε βράχο
10. Πίεση πόρων-υδροστατικές δυνάμεις
11. Μέτρα αντιστήριξης
12. Παθητικά-ενεργητικά μέτρα αντιστήριξης
13. Αγκυρώσεις

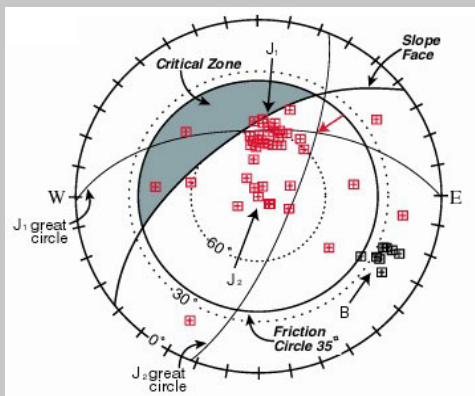


3. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Η άσκηση εδώ έχει δύο στάδια (Α και Β). Το πρώτο στάδιο είναι η εκτίμηση των δυνητικών ολισθήσεων και γίνεται μέσα από το στερεοδιάγραμμα Schmidt. Το δεύτερο στάδιο αφορά την ανάλυση των δυνάμεων ώστε να βρούμε αν πράγματι θα γίνει η ολίσθηση. Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό του συντελεστή ασφαλείας F.

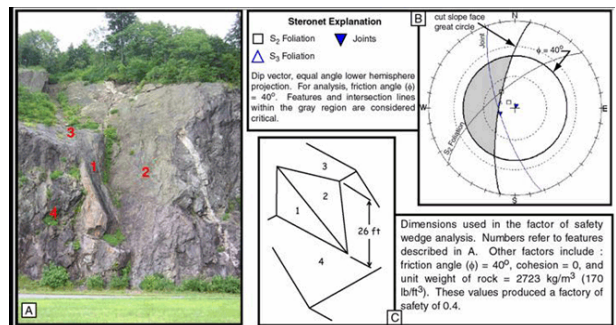
Πάμε στην άσκηση Α...

1. Θα βρείτε τις επίπεδες και σφηνοειδείς ολισθήσεις και ανατροπές με βάση τα κριτήρια που σας έχουν αναλυθεί (βλέπε παρουσίαση).
 - i. Προβολές στοιχείων:
 - a) Πρέπει πρώτα να προβάλετε στο στερεοδιάγραμμα τα **επίπεδα των ασυνεχειών** (B, J1, κλπ) εδώ σας δίνονται ως εξής: μέτρο κλίσης /διεύθυνση κλίσης π.χ. $40^\circ/280^\circ$, βέβαια μπορείτε να το γράψετε και ανάποδα αρκεί πάντα η διεύθυνση κλίσης να γράφεται με τριψήφιο αριθμό π.χ. 040°).
 - b) Στη συνέχεια πρέπει να προβάλετε τα πρανά (αφού και αυτό επίπεδο είναι). Πόσα είναι;;; Δείτε τις πλευρές της εκσκαφής! Πρέπει να βρείτε τη διεύθυνση κλίσης κάθε πρανούς. Αυτή είναι κάθετη πάντα στη διεύθυνση (+/- 90°). Το μέτρο κλίσης σας δίνεται. Αφού το βρείτε θα προβάλετε το πρανές ως ένα επίπεδο.
 - c) Τέλος θα προβάλετε τη **γωνία τριβής**. Η γωνία τριβής είναι διαφορετική για δύο βάθη (0-4m που είναι η αποσαθρωμένη ζώνη, και 4-10m). Θα προβληθεί ως κύκλος με ακτίνα $90-\phi$ από το κέντρο του δικτύου. Δύο κύκλοι λοιπόν (ένας 0-4m και ένας 4-10)



Προσοχή: Θα προβάλετε τις ασυνέχειες οι οποίες έχουν συστηματικότητα στην ρωγμάτωση της βραχώμαζας. Δηλαδή αφορούν συγκεκριμένο σύστημα ασυνεχειών και συνέχεια και εμμονή. Αν μια ασυνέχεια δεν έχει συνέχεια μέσα στο βράχο και την λάβουμε υπόψη στις αναλύσεις μας, μπορεί να μας δώσει γεωμετρικές σφήνες ή επίπεδες ολισθήσεις που στην πραγματικότητα δεν δημιουργούνται. Πρέπει λοιπόν να μεταφέρουμε τις πραγματικές συνθήκες της υπαίθρου στο στερεοδιάγραμμα. Σε αυτή την περίπτωση δεν λαμβάνω υπόψη αυτές τις ασυνέχειες.

2. Θα αναλύσετε για το πρανές όλες τις πιθανές επίπεδες και σφηνοειδείς ολισθήσεις και ανατροπές. Αυτό που θα βρείτε είναι πιθανές ολισθήσεις.
 - a. Θα ελέγξετε μία-μία τις ασυνέχειες για **επίπεδη ολίσθηση**. Τον έλεγχο θα τον κάνετε έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια επίπεδης ολίσθησης (βλέπε παρουσίαση).
 - b. Στη συνέχεια για το ίδιο πρανές θα ελέγξετε **ανά δύο τις ασυνέχειες για σφηνοειδείς ολισθήσεις** (π.χ. B-J1, B-J2, B-J3, J1-J2, κλπ.). Τον έλεγχο θα τον κάνετε έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια σφηνοειδούς ολίσθησης.
 - c. Όμοια για τις ανατροπές.
 - d. Όλα τα αποτελέσματά σας δώστε τα σε πίνακες (βλέπε παράδειγμα στη συνέχεια του φυλλαδίου) και αιτιολογήστε τα στο κείμενο.



3. Για να βρείτε την γωνία του πρανούς εκείνη που δεν θα έχω καθόλου ολισθήσεις θα πρέπει να αλλάξετε την κλίση (όχι τη διεύθυνση κλίσης) τόσες μοίρες ώστε να μην ισχύουν τα κριτήρια ολίσθησης (κριτήρια ανισότητας γωνιών) τόσο για την επίπεδη ολίσθηση, όσο και για τις σφηνοειδείς ολισθήσεις.



4. ΜΟΡΦΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

1. Δώστε τα αποτελέσματά σας σε πίνακα (βλέπε παράδειγμα)

Επίπεδες ολισθήσεις:	Αριστερό Πρανές: Αναμένονται επίπεδες ολισθήσεις στο πρανές κατά μήκος της διάκλασης J4, Δεξιό Πρανές: Δεν σχηματίζονται δυνητικές ολισθήσεις.
Σφηνοειδείς αποκολλήσεις:	Αριστερό Πρανές: Τα ζεύγη των επιπέδων J4 – J5 σχηματίζουν προς ολίσθηση σφήνες οι οποίες σταθεροποιούνται με τα μέτρα αντιστήριξης. Δεξιό Πρανές: Δεν σχηματίζονται δυνητικές ολισθήσεις.
Ανατροπές:	Για το δεξιό πρανές και κατά μήκος της διάκλασης J3 είναι δυνατόν να γίνει ανατροπή αλλά λόγω της μικρής εμμονής της ασυνέχειας J3, δίνει μικρού μεγέθους μπλοκ τα οποία σταθεροποιούνται με τα μέτρα αντιστήριξης.

Συντελ. Ασφάλ. F	Αποδεκτός Συντελεστής Ασφαλείας	Περιγραφή- Παρατηρήσεις
3.87	1.3	Επίπεση ολίσθηση κατά μήκος της J7. Υδατικές συνθήκες: Ξηρές συνθήκες
2.81	1.00	Επίπεση ολίσθηση κατά μήκος της J7. Υδατικές συνθήκες: Πίεση νερού σε όλη τη στήλη (ρωγμά πληρωμένη κατά 100%)

2. Οι απαντήσεις να αιτιολογούνται! Δηλαδή αν έχετε βάλει στον πίνακα ότι έχουμε αυτή την επίπεδη ολίσθηση, να περιγράψετε μέσα στο κείμενο γιατί (π.χ. ικανοποιείται αυτή η συνθήκη-βλέπε παρουσίαση).
3. **Πολύ σημαντικό!** Προτιμήστε σε αυτή την άσκηση να δουλέψετε τις απαντήσεις σε υπολογιστή. Έτσι θα φτιάξετε εύκολα πίνακες. Οι απαντήσεις να είναι συνοπτικές αλλά πλήρεις.



4. Οι πλήρεις απαντήσεις σας θα σας βοηθήσουν στο διάβασμα για τις τελικές εξετάσεις (θα κατανοείτε τι διαβάζετε!!!).
5. Μην αντιγράψετε τα θεωρητικά στοιχεία που σας δίνονται στις παρουσιάσεις!! Αυτά αποτελούν μόνο τη βάση για τις πιο εξειδικευμένες για την άσκηση απαντήσεις.
6. Οι καλές έως πολύ καλές ασκήσεις αξιολογούνται με ακόμα καλύτερο συντελεστή για τη τελική βαθμολογία (αυτό ισχύει τόσο για τους «οριακούς» όσο και για τους «υψηλότερους» βαθμούς).
7. Οι απαντήσεις δεν πρέπει να δίνονται πρόχειρα και επιγραμματικά. Οι ασκήσεις αυτές θα βαθμολογούνται αρκετά χαμηλά και δεν θα λαμβάνονται - θετικά – υπόψη στο τέλος.



8. Οι «αντιγραφές» δεν θα λαμβάνονται βέβαια υπόψη.

6. Βιβλιογραφία Άσκησης

- Barton, N. and Choubey, V., 1977. The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics*, 10(1-2), pp. 1-54.
- Hoek, E & Bray J.W. (1981). *Rock Slope Engineering*.
- Hoek, E., 2007. *Practical Rock Engineering*. Notes on Internet (www.rocscience.com/hoek/hoek.asp).
- Hudson A.J, and Harrison P.J, 1997. *Engineering rock mechanics*.
- Δημόπουλος Γ. (2008). *Τεχνική Γεωλογία*. Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη.
- Δημόπουλος Γ & Μακεδών Θ., (2008). *Προβλήματα Τεχνικής Γεωλογίας*. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

5. ΔΕΝΔΡΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

