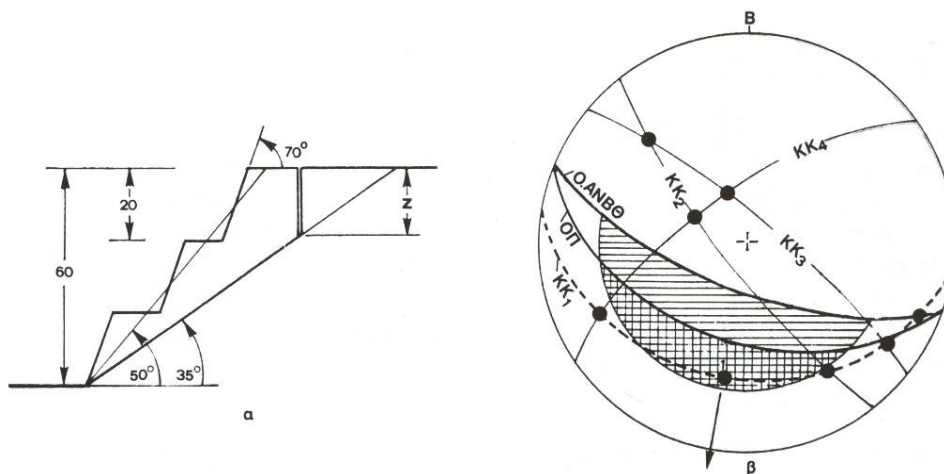


**ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΠΡΑΝΟΥΣ**  
**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ**

Ένα φυσικό πρανές ύψους 60 μέτρων παρουσιάζει τρεις αναβαθμούς, ύψους καθενός 20 μέτρων (Σχήμα α). Η μέση κλίση του πρανούς είναι  $50^\circ$ , η κλίση των αναβαθμών  $70^\circ$ . Ο βράχος είναι γρανίτης και χαρακτηρίζεται από τρεις δέσμες διακλάσεων οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη κλίση και από μία δέσμη με κλίση  $35^\circ$ . Η περιοχή στην οποία βρίσκεται το πρανές παρουσιάζει έντονες βροχοπτώσεις. Η σεισμικότητα της περιοχής είναι χαμηλή· ένας συντελεστής της τάξεως του  $\varepsilon=0,08$  εκτιμάται σαν μέγιστη σεισμική φόρτιση. Η γωνία τριβής των διακλάσεων είναι  $\varphi=30^\circ$ . Οι διακλάσεις παρουσιάζουν συνοχή.

Στον Πίνακα παρουσιάζεται η διάταξη των διακλάσεων και των ελεύθερων όψεων του πρανούς και των αναβαθμών.

	Μέγιστη κλίση °	Διεύθυνση μέγιστης κλίσης °
Όψη του πρανούς	50	200
Όψη των αναβαθμών	70	200
Δέσμη ΚΚ <sub>1</sub>	35	190
Δέσμη ΚΚ <sub>2</sub>	80	233
Δέσμη ΚΚ <sub>3</sub>	80	40
Δέσμη ΚΚ <sub>4</sub>	70	325



Σχήμα α) Η γεωμετρία του πρανούς και των αναβαθμών.

Σχήμα β) Στερεογράφημα που παρουσιάζει τη γεωμετρία του πρανούς, των αναβαθμών και του προσανατολισμού των οικογενειών των διακλάσεων με τους μεγάλους κύκλους (Hoek, Bray, 1981).

Ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

α) Σε στερεογράφημα σχεδιάζουμε τους μεγάλους κύκλους των οικογενειών των διακλάσεων, της όψης του πρανούς και των όψεων των αναβαθμών και εφαρμόζουμε τη μέθοδο του Markland (βλ. παρακάτω): Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή σημειώνουμε γωνιακή απόσταση από την περιφέρεια του κύκλου αναφοράς ίση με τη γωνία τριβής  $\varphi_r (=30^\circ)$  και σχεδιάζουμε τον κύκλο ο οποίος διέρχεται από το σημείο αυτό (Σχήμα β). Με κατακόρυφες γραμμές διαγραμμίζουμε την περιοχή που περικλείεται ανάμεσα στον κύκλο αυτόν και στο μεγάλο κύκλο της όψης του πρανούς· με οριζόντιες γραμμές διαγραμμίζουμε την περιοχή που περικλείεται ανάμεσα στον κύκλο που σχεδιάσαμε με βάση τη γωνία  $\varphi_r$  και στο μεγάλο κύκλο των όψεων των αναβαθμών. Οι περιοχές αυτές είναι οι κρίσιμες περιοχές· η πρώτη για την αστοχία του πρανούς, η δεύτερη για την αστοχία των αναβαθμών. Αν μέσα σε αυτές εμφανιστεί το σημείο το οποίο στο στερεογράφημα παριστάνει τη γραμμή αλληλοτομής των οικογενειών των

διακλάσεων ή η παράσταση στο στερεογράφημα της ευθείας μέγιστης κλίσης μιας δέσμης (=το μέσο του μεγάλου κυκλικού τόξου της δέσμης: σημείο 1 στο Σχήμα β) υπάρχει το ενδεχόμενο να έχουμε αστοχία (θα είχαμε αστοχία αν δεν υπήρχε η συνοχή).

Από το στερεογράφημα βρίσκουμε ότι μία ολίσθηση είναι πιθανή μόνο στη διεύθυνση μέγιστης κλίσης της δέσμης  $KK_1$ . Τα σημεία τα οποία παριστάνουν τις γραμμές αλληλοτομής όλων των άλλων ασυνεχειών βρίσκονται έξω από τις κρίσιμες περιοχές. Έχουμε δηλαδή να κάνουμε με πρόβλημα επίπεδης αστοχίας.

β) Με βάση τα παραπάνω καταρτίζουμε δύο πιθανά μοντέλα της επίπεδης μορφής αστοχίας.

**Μοντέλο I:** Η παρουσία των σχεδόν κατακόρυφων διακλάσεων ενισχύει την πιθανότητα να υπάρχει στη στέψη του πρανούς ένα κατακόρυφο εφελκυστικό ρήγμα (Σχήμα α). Γίνεται η θεώρηση δυσμενούς θέσης για το ρήγμα αυτό και δυσμενούς ανύψωσης του νερού μέσα σε αυτό και συνεκτιμάται η σεισμική επιβάρυνση. Στο Σχήμα α παρουσιάζεται το μοντέλο ανάλυσης που εφαρμόζεται για την περίπτωση αστοχίας του πρανού και οι σχέσεις υπολογισμού του συντελεστή ασφάλειας. Ανάλογο θα είναι και το μοντέλο και οι σχέσεις προσδιορισμού του συντελεστή ασφάλειας για αστοχία των αναβαθμών (δεν παρουσιάζεται στο παράδειγμα).

**Μοντέλο II:** Το μοντέλο αυτό εξετάζεται επειδή δεν υπάρχουν στοιχεία για το υπόγειο δίκτυο ροής (πιεζομετρικές γεωτρήσεις). Από το υπάρχον σύστημα διακλάσεων εκτιμάται ότι λόγω της μεγάλης διαπερατότητας του βράχου θα υπάρχει ανεπτυγμένος υπόγειος ορίζοντας. Στο μοντέλο γίνεται η θεώρηση ενός δυσμενούς φρεατίου ορίζοντα (Σχήμα β).

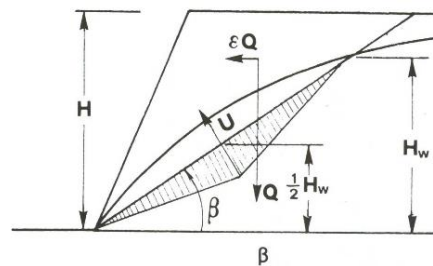
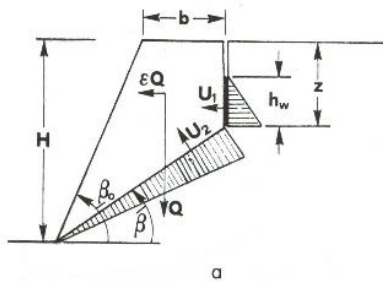
$$F.S. = \frac{c_r A + (Q \cos \beta - \varepsilon Q \sin \beta - U_2 - U_1 \sin \beta) \operatorname{tg} \varphi_r}{Q \sin \beta + \varepsilon Q \cos \beta + U_1 \cos \beta}$$

$$z = H \left( 1 - \sqrt{\operatorname{ctg} \beta_o \cdot \operatorname{tg} \beta} \right), \quad A = (H - z) \cos \varepsilon \beta, \quad U_1 = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \gamma_w h_w A, \quad Q = \frac{1}{2} \gamma_r H^2 \left[ 1 - \left( \frac{z}{H} \right)^2 \operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \beta_o \right]$$

$$U = \frac{1}{4} \gamma_w H_w^2 \cos \varepsilon \beta \quad \operatorname{cosec} \beta = 1 / \sin \beta$$

$$F.S. = \frac{c_r A + (Q \cos \beta - \varepsilon Q \sin \beta - U) \operatorname{tg} \varphi_r}{Q \sin \beta + \varepsilon Q \cos \beta}$$



Θεωρητικά μοντέλα τα οποία εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της ασφάλειας του πρανού του παραδείγματος.

Σχήμα α) Μοντέλο I: Θεώρηση για τον προσδιορισμό των υδροστατικών ωθήσεων ενός κατακόρυφου εφελκυστικού ρήγματος. Σχήμα β) Μοντέλο II: Θεώρηση ενός φρεατίου ορίζοντα (Hoek, Bray, 1981).

\* Επιλογή από το βιβλίο  
ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

καθ. Χρήστος Μαραγκός