

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΕΠΕΝΔΥΜΕΝΟΥ ΓΑΙΩΔΟΥΣ ΠΡΑΝΟΥΣ

Παρουσιάζεται πρόταση προσέγγισης της ασφάλειας υψηλού, ομοιογενούς γαιώδους πρανούς έναντι αστοχίας του. Η πρόταση παρουσιάζεται με παράδειγμα εφαρμογής στην πράξη.

Ύψος πρανούς: 12,3 m
Μήκος μετώπου: 190,0 m
Αντοχή σε απλή θλίψη: $q_u=260,0$ kPa
 $\gamma = 20,0$ kN/m³

Έλεγχος ευστάθειας

Γίνεται η θεώρηση ότι το γαιώδες πρανές αστοχεί στη θέση βάρους στην οποία η κατακόρυφη γεωστατική τάση γίνεται ίση με τη αντοχή του εδάφους σε απλή θλίψη, q_u .

Για $q_u=260,0$ kPa και $\gamma=20,0$ kN/m³ το κρίσιμο βάθος κάτω από το οποίο το πρανές θα αστοχήσει, προκαλώντας τη γενικότερη κατάρρευσή του, είναι:

$$H_{crit} = q_u / \gamma = 260,0 / 20,0 = 13,0 \text{ m}$$

Για τα δεδομένα του προβλήματός μας: $H=12,3$ m, το πρανές είναι οριακά ευσταθές και θα πρέπει να αντιστηριχθεί. Το επιτρεπόμενο ύψος του ελεύθερου (μη επενδυμένου) πρανούς για συντελεστή ασφάλειας $F.S.=3$ έχει τιμή $13,0/3=4,3$ m.

Εξετάζεται η εφαρμογή πετάσματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Στην οριακή κατάσταση αστοχίας, το έδαφος στην επιφάνεια του πρανούς αρχίζει να αστοχεί και τείνει (ξεκινώντας από τις ασθενέστερες, από πλευράς αντοχής, θέσεις), να εκτοπιστεί τοπικά προς τα έξω (σε σχετικά, μικρής έκτασης, περιορισμένες περιοχές).

Στην εξώθηση αυτή αντιστέκεται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα το οποίο εμποδίζει την επέκταση του φαινομένου στις άμεσα παρακείμενες ζώνες, με αποτέλεσμα το έδαφος στο μέτωπο του πρανούς να καταπονείται σε τριαξονική θλίψη.

Η οριακή κατάσταση ευστάθειας του πρανούς θα ορίζεται συνεπώς από τη σχέση:

$$q_{crit} = \sigma_{3max} + q_u$$

q_{crit} =κατακόρυφη γεωστατική τάση στην οποία το πρανές αστοχεί

σ_{3max} = οριακή πλευρική οριζόντια τάση (τάση στην κατάσταση αστοχίας)

Προσδιορισμός της σ_{3max}

Η σ_{3max} θα προκύψει από την αντίσταση που θα προβάλλει το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε τοπική αστοχία.

Για τον προσδιορισμό της σ_{3max} εφαρμόζουμε τη σχέση του Mueller (βλ. «Ενίσχυση θεμελίωσης ελαφράς κατασκευής στο άκρο απότομου πρανούς με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα» στα Επιστημονικά Θέματα της παρούσας ιστοσελίδας).

Θεωρούμε την περίπτωση κατά την οποία αστοχεί τετραγωνική εξωτερική επιφάνεια πετάσματος σκυροδέματος πλευράς a . Το πάχος του πετάσματος σκυροδέματος συμβολίζεται με d .

Ο μανδύας του σκυροδέματος θα αστοχήσει όταν στις τέσσερις επιφάνειες συνολικού εμβαδού: $F=4 \times a \times d \times \sqrt{2}$ αναπτυχθεί διατμητική τάση ίση με τη διατμητική αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (αστοχία σε επίπεδα με κλίση 45°).

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι συνεπώς σε θέση να προβάλει μέγιστη αντίσταση, εκφρασμένη σε δύναμη, P_{\max} ίση με:

$$P_{\max} = 4 \times a \times d \times \sqrt{2} \times \tau_s$$

Μέγιστη οριζόντια αντίσταση, H_{\max} :

$$H_{\max} = 4 \times a \times d \times \tau_s$$

τ_s = διατμητική αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Για τη μεγάλη, σχετικά, έκταση του μετώπου του πρανούς (2337 m²) και την ομοιογενή γαιώδη σύστασή του δεχόμεστε, $a=1,0$ m. Εξετάζεται η περίπτωση πάχους πετάσματος ίσου με $d=10$ cm.

Η τιμή της τ_s μπορεί να προσδιοριστεί με τη σχέση: $\tau_s = 0,2\sqrt{f_c}$ όπου f_c είναι η αντοχή 28 ημερών σε απλή θλίψη του άοπλου σκυροδέματος σε MPa.

Για ποιότητα σκυροδέματος C35, είναι $\tau_s = 0,2\sqrt{35}=1,18\text{MPa}=1180$ kPa.

Το σκυρόδεμα είναι σε θέση να προβάλει αντίσταση:

$$P_{\max} = 4 \times a \times d \times \sqrt{2} \times \tau_s = 4 \times 1,0 \times 0,1 \times \sqrt{2} \times 1180 = 667,5 \text{ kN}$$

Μέγιστη οριζόντια αντίσταση, H_{\max} :

$$H_{\max} = 4 \times 1,0 \times 0,1 \times 1180 = 472,0 \text{ kN}$$

Προκύπτει συνεπώς διαθέσιμη αντίσταση ανά τετραγωνικό μέτρο πετάσματος, $\sigma_{3\max}$:

$$\sigma_{3\max} = (4 \times a \times d \times \tau_s) / a^2$$

$$\sigma_{3\max} = (4 \times 1,0 \times 0,1 \times 1180) / 1,0^2$$

$$\sigma_{3\max} = 472,0 / 1,0^2 = 472,0 \text{ kPa}$$

$$q_{\text{crit}} = \sigma_{3\max} + q_u = 472,0 + 260,0 = 732,0 \text{ kPa}$$

Βαθμός ευστάθειας του πρανούς

Η κατακόρυφη γεωστατική τάση στο βάθος της εκσκαφής, σ_1 είναι ίση με:

$$\sigma_{1\text{υπάρχουσα}} = 12,30 \times 20,0 = 246,0 \text{ kPa}$$

$$q_{\text{crit}} = 732,0 \text{ kPa}$$

Ο συντελεστής ασφάλειας F.S. του επενδυμένου πρανούς, ύψους 12,3 m είναι:

$$F.S. = 732,0 / 246,0 = 3,0$$

Σημείωση: Το επιτρεπόμενο ύψος του επενδυμένου πρανούς, από 4,0 μέτρα που είναι για το μη επενδυμένο πρανές ξεπερνάει (στη συγκεκριμένη περίπτωση: σκυρόδεμα C35, $d=10$ cm, $a=1,0$ m) με τον ίδιο συντελεστή ασφάλειας τα 13 μέτρα για το επενδυμένο πρανές.

καθ. Χρήστος Μαραγκός
Ιούνιος 2021