

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Ενίσχυση θεμελίωσης ελαφράς κατασκευής στο άκρο απότομου πρανού με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Εξετάζεται η περίπτωση θεμελίωσης τοίχου αντιστήριξης στο άκρο υψηλού, απότομου πρανού. Ο τοίχος θεμελιώνεται σε πεδילוδοκό πλάτους B και αντιστηρίζει την επίχωση που χρειάζεται για να υπερυψωθεί η ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (Σχ. 1α). Στη βάση της πεδילוδοκού μεταφέρεται γραμμικό φορτίο Q , το έδαφος είναι ανθεκτικός χωμάτινος σχηματισμός και χαρακτηρίζεται με αντοχή σε απλή θλίψη, q_u . Στο μέτωπο του πρανού εφαρμόζεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η επένδυση του πρανού γίνεται μέχρι βάθος $1,5B$ κάτω από τη βάση του θεμελίου.

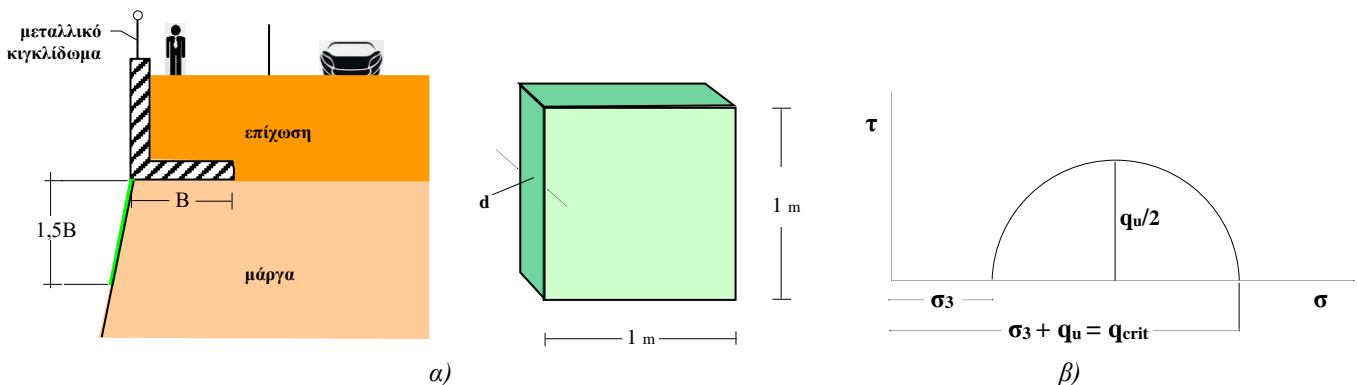
Παρουσιάζεται πρόταση υπολογισμού της πρόσθετης ευστάθειας που παρέχει το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στη φέρουσα ικανότητα της θεμελίωσης του τοίχου.

Φέρουσα ικανότητα: Στην οριακή κατάσταση αστοχίας, το έδαφος κάτω από το θεμέλιο 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 πρανού που βρίσκεται κάτω από το θεμέλιο να καταπονείται σε τριαξονική θλίψη.

Η φέρουσα ικανότητα του θεμελίου θα ορίζεται συνεπώς από τη σχέση (Σχ. 1β):

$$q_{crit} = \sigma_3 + q_u$$

q_{crit} = φέρουσα ικανότητα
 σ_3 = πλευρική οριζόντια τάση



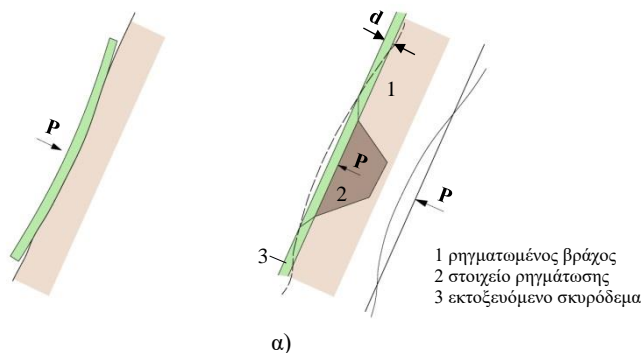
Σχ. 1. Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο μέτωπο πρανού.

α) Τοίχος αντιστήριξης θεμελιωμένος σε χωμάτινο σχηματισμό. β) Αύξηση της φέρουσας ικανότητας εξαιτίας της επένδυσης με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Προσδιορισμός της σ_3 : Για την προσέγγιση της σ_3 εφαρμόζεται η ανάλυση του L. Mueller η οποία αναφέρεται στη δράση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ως επιφανειακή επένδυση βραχιδών πρανών.

Στην ανάλυσή του, ο παραπάνω ερευνητής εξετάζει την περίπτωση ενός μεμονωμένου στοιχείου βράχου (στοιχείο ρηγμάτωσης) το οποίο τείνει να αποσπαστεί από τη βραχομάζα και να οδηγήσει με τον τρόπο αυτό στην προοδευτική χαλάρωσή της (Σχ. 2α). Δείχνει ότι στην εξώθηση του στοιχείου αυτού αντιστέκεται ο μανδύας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος με τη διαθέσιμη διατμητική αντίστασή του.

Τα παραπάνω τα στηρίζει στην εξής θεώρηση: Μία πλάκα η οποία πιέζεται με μία δύναμη P σε ελαστικό μέσο ανυψώνεται στην περιοχή που βρίσκεται γύρω και σε κοντινή απόσταση από το σημείο εφαρμογής της (Σχ. 2α). Αντίστροφα πάλι, όταν η δύναμη P ενεργεί με φορά προς τα έξω (λόγω της εξώθησης του στοιχείου ρηγμάτωσης), αυτό συνεπάγεται την ανάπτυξη θλιπτικών δυνάμεων στις κοντινές παρακείμενες ζώνες (τα άκρα της πλάκας πιέζουν τώρα το ελαστικό μέσο) οι οποίες σταθεροποιούν τις περιοχές αυτές. Η μέγιστη θλιπτική τάση (η τάση που αντιστέκεται στην εξώθηση του στοιχείου ρηγμάτωσης) που μπορεί να αναπτυχθεί είναι ίση με τη διαθέσιμη διατμητική αντίσταση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.



β)

Σχ. 2. α) Στατική λειτουργία του μανδύα σκυροδέματος, L. Mueller, 1963. β) Τοπική εξώθηση του εδάφους κατά τη θραύση του δοκιμίου στο πείραμα απλής θλίψης (φωτογραφικό αρχείο του Εργαστηρίου SoilLab Maragkos).

Εξετάζεται τετραγωνική εξωτερική επιφάνεια του επενδυμένου μετώπου, πλευράς ενός μέτρου (Σχ. 1α). Το πάχος του σκυροδέματος συμβολίζεται με d . Ο μανδύας του σκυροδέματος θα αστοχήσει όταν στις τέσσερις επιφάνειες, συνολικού εμβαδού $4 \times 1,0 \times d \times \sqrt{2}$, αναπτυχθεί διατμητική τάση ίση με τη διατμητική αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος (αστοχία σε επίπεδα με κλίση 45°) (Σχ. 2α). Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι συνεπώς σε θέση να προβάλλει μέγιστη αντίσταση P_{\max} (εκφρασμένη σε δύναμη) ίση με το άθροισμα των διατμητικών αντιστάσεων των επιμέρους τεσσάρων επιφανειών:

$$P_{\max} = 4 \times 1,0 \times d \times \sqrt{2} \times \tau_s$$

Μέγιστη οριζόντια αντίσταση H_{\max} :

$$H_{\max} = 4 \times 1,0 \times d \times \tau_s$$

τ_s = διατμητική αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Για τετραγωνική επιφάνεια στοιχείου ρηγμάτωσης, πλευράς a έχουμε:

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

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

Αύξηση της φέρουσας ικανότητας: Χρησιμοποιώντας τη σχέση του L. Mueller που ορίζει την αντίσταση H_{\max} στη σχέση της φέρουσας ικανότητας του θεμελίου έχουμε:

$$q_{\text{crit}} = \sigma_3 + q_u = H_{\max}/a^2 + q_u = (4 \times a \times d \times \tau_s / a^2) + q_u$$

Η φέρουσα ικανότητα του θεμελίου αυξάνεται συνεπώς κατά την τιμή της $\sigma_3 = (4 \times a \times d \times \tau_s / a^2)$.

Παράδειγμα: Εξετάζεται η περίπτωση τετραγωνικής επιφάνειας εκτοπιζόμενου εδαφικού όγκου πλευράς $a=1,0$ m, πάχους σκυροδέματος, $d=10$ cm και $q_u=220$ kPa.

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 $\tau_s = 0,2 \sqrt{35} = 1,18 \text{ MPa} = 1180 \text{ kPa}$.

Το σκυρόδεμα είναι σε θέση να προβάλλει οριζόντια αντίσταση:

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

$$\sigma_{3\max} = (4 \times 1,0 \times 0,1 \times 1180 / 1,0^2) = 472,0 \text{ kPa}$$

Προκύπτει συνεπώς διαθέσιμη αντίσταση ανά τετραγωνικό μέτρο πετάσματος:

$$q_{\text{crit}} = \sigma_3 + q_u = 472,0 + 220 = 692,0 \text{ kPa}$$

ή στη συγκεκριμένη περίπτωση (C35, $d=10$ cm κ.λπ):

$$692,0 / 220 = 3,15$$

πάνω από τρεις φορές μεγαλύτερη από τη φέρουσα ικανότητα χωρίς το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Σημείωση: Η εκτίμηση του μήκους της πλευράς a είναι υποκειμενική. Εκτιμάται με βάση την έκταση της επιφάνειας του πρανού και την οπτική εικόνα που παρουσιάζει το έδαφος: Για μεγάλη σχετικά έκταση και ομοιογενή εδαφική εικόνα συνιστάται να λαμβάνεται υψηλή τιμή του a , της τάξης του 1 έως 2 μέτρων. Σε έδαφος με ασυνέχειες σε περισσότερες διευθύνσεις, το μήκος της a θα είναι μικρότερο και θα εξαρτάται από την πυκνότητα των ασυνεχειών.

καθ. Χρήστος Μαραγκός