

ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

ΤΡΟΠΟΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ, ΑΣΑΦΕΙΕΣ ΚΑΙ ΛΑΘΗ

Ο δείκτης εδάφους k προσομοιώνει την ενδοσιμότητα του εδάφους κάτω από το θεμέλιο και χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό του φορέα της ανωδομής και των θεμελίων (οπλισμός, διαστάσεις). Με το δείκτη k ορίζεται η πίεση που απαιτείται για να υποχωρήσει το θεμέλιο κατά μία μονάδα μήκους και έχει διαστάσεις δύναμης ανά μονάδα όγκου (kN/m^3):

$$k = q^*/s \quad (\text{kN/m}^3)$$

q^* = αύξηση της τάσης στη βάση του θεμελίου: ($q^* = q - \gamma' \times D_f$)

q = ολική τάση που μεταφέρεται στη βάση του θεμελίου

s = καθίζηση

D_f = βάθος θεμελίωσης

γ = ενεργό φαινόμενο βάρος του εδάφους

Η τιμή του δείκτη εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους, από τις διαστάσεις του θεμελίου, το σχήμα και το βάθος θεμελίωσής του καθώς και από την ακαμψία του και από το μέγεθος των φορτίων που εφαρμόζονται πάνω του.

Στην περίπτωση πολύ συμπίεστου εδάφους στην παραπάνω σχέση εισάγονται η ολική τάση q (αντί της αύξησης της τάσης q^*) και η καθίζηση που αυτή προκαλεί (DIN4017).

Τρόποι προσέγγισης του δείκτη εδάφους

Η καλή προσέγγιση του δείκτη εδάφους είναι καθοριστική στη μελέτη της δυναμικής απόκρισης του φορέα (σημαντική επιρροή στο μέγεθος των ιδιοπεριόδων ταλάντωσης). Κρίνεται για το λόγο αυτόν ιδιαίτερα χρήσιμο να μελετηθούν συστηματικά οι τρόποι που χρησιμοποιούνται για την προσέγγισή του και να φωτιστούν οι εγγενείς δυσκολίες και τα λάθη που εισάγονται εξαιτίας της χρήσης τους.

Η εκτίμηση του δείκτη εδάφους γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

α) Από τον υπολογισμό της καθίζησης s για τάση ίση με την επιτρεπόμενη τάση $q_{\text{επ}}^*$:

$$k = q_{\text{επ}}^*/s$$

s = υπολογιστική τελική καθίζηση

$q_{\text{επ}}^*$ = επιτρεπόμενη αύξηση της τάσης

β) Από δοκιμαστικές φορτίσεις πλάκας συγκεκριμένων διαστάσεων (συνήθως πλάκα: τετραγωνική, πλευράς 0,305m). Με τις δοκιμές αυτές προσδιορίζεται ο δείκτης εδαφικής αντίδρασης k_s . Για τον προσδιορισμό του k (από τον k_s) απαιτείται μία σειρά διορθωτικών συντελεστών ώστε να μπορεί να ληφθούν υπόψη οι επιρροές του πλάτους, του σχήματος και του βάθους του πραγματικού θεμελίου.

Οι διορθωτικοί συντελεστές υπολογίζονται από τις σχέσεις:

Συντελεστής διαστάσεων θεμελίου, η_δ :

$$\eta_\delta = \left(\frac{B + B_p}{2 \times B} \right)^2 : \text{για αμμώδη εδάφη}, \quad \eta_\delta = \frac{B_p}{B} : \text{για αργιλικά εδάφη}$$

B = πλάτος θεμελίου

B_p = διάσταση της δοκιμαστικής πλάκας, ίση συνήθως με 0,305 m

Συντελεστής σχήματος θεμελίου, $\eta_{σχ}$:

$$\eta_{σχ} = \frac{1}{3} \left(2 + \frac{B}{L} \right) : \text{για όλα τα εδάφη}$$

Συντελεστής βάθους θεμελίου, η_β :

$$\eta_\beta = 1 + 2 \frac{D_f}{B} : \text{για αμμώδη εδάφη}, \quad \eta_\beta = 1,0 \text{ για αργιλικά εδάφη}$$

Η τιμή του δείκτη εδάφους k προκύπτει από τη σχέση:

$$k = \eta_\delta \times \eta_{σχ} \times \eta_\beta \times k_s$$

γ) Από εμπειρικούς Πίνακες οι οποίοι συσχετίζουν το δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s με το είδος του εδάφους (άμμος, άργιλος) και τον αριθμό N της δοκιμής SPT ή την αστράγγιστη συνοχή c_u δοκιμών απλής θλίψης.

Τιμές του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m^3) σε αμμώδη εδάφη ($B_p = 0,305$ m). Terzaghi

Τύπος αμμώδους εδάφους	Όρια k_s	Μέση τιμή k_s
Χαλαρή άμμος ($N_{SPT} < 10$)	6,4-19,2	12,9
Μέση άμμος ($10 < N_{SPT} < 30$)	19,2-96,2	41,7
Πυκνή άμμος ($30 < N_{SPT}$)	96,2-321,0	161,0

Τιμές του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m^3) σε αργιλικά εδάφη ($B_p = 0,305$ m). Terzaghi

Τύπος αργιλικού εδάφους	Όρια k_s	Μέση τιμή k_s
Στιφρή άργιλος ($100 \text{ kPa} < c_u < 200 \text{ kPa}$)	16,2-32,1	24,1
Πολύ Στιφρή ($200 \text{ kPa} < c_u < 400 \text{ kPa}$)	32,1-64,2	48,2
Σκληρή άργιλος ($400 \text{ kPa} < c_u$)	>96,0	96,4

10 MN/m³=1 kp/cm³

Πρόταση *Bowles* για συνήθεις πεδילוδοκούς σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα:

Τιμές του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m^3) σε σχέση με το είδος του εδάφους για τετράγωνη πλάκα, $B_p = 0,305$ m

Είδος εδάφους	k_s
Άμμοι:	
Χαλαρές ($D_r < 50\%$)	4,8 – 16
Μέσης πυκνότητας ($D_r = 50 - 70\%$)	9,6 – 80
Πυκνές ($D_r > 75\%$)	64 - 128
Αργιλώδεις άμμοι μέσης πυκνότητας	32 – 80
Ιλυώδεις άμμοι μέσης πυκνότητας	24 – 48
Άργιλοι:	
Μαλακές ($q_u = 25 - 50 \text{ kPa}$)	5 – 12
Συνεκτικές ($q_u = 50 - 100 \text{ kPa}$)	12 – 18
Στιφρές ($q_u = 100 - 200 \text{ kPa}$)	18 – 24
Πολύ στιφρές ($q_u = 200 - 400 \text{ kPa}$)	24 – 48
Πολύ σκληρές ($q_u = > 800 \text{ kPa}$)	> 48

Πρόταση Retit:

Τιμές του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m³) σε σχέση με το είδος του εδάφους για τετράγωνη πλάκα, $B_p = 0,305m$. Retit

Είδος εδάφους	k_s
Τύρφη – οργανικά	6 – 18
Φρέσκο επίχωμα ή φυτική γη	10 – 15
Άργιλος υγρή μαλακή	20 – 35
λίγο υγρή	30 – 60
ξηρή	50 – 90
ξηρή και σκληρή	100 – 120
ξηρή με λίγη άμμο	80 – 100
Άμμος χαλαρή	20 – 40
μέση	80 – 100
πυκνή	120 – 150
πολύ πυκνή (ιλύς)	15 – 30
Χαλίκια λεπτά με άμμο	100 – 120
μεσαία με άμμο	120 – 150
χοντρά με άμμο	180 – 240

δ) Από θεωρητικές σχέσεις**1. Από την πρόταση του Vesic:**

$$k = \frac{0,90}{B} \times \frac{E}{(1 - \nu^2)} = \frac{E}{B}$$

E = Μέτρο παραμόρφωσης (μέτρο απλής θλίψης), ν = λόγος του *Poisson*

2. Πρόταση De Beer:

$$k = \frac{1,33}{B} \times \frac{E}{\sqrt[3]{(L/B)}}$$

3. Dimitrov:

$$k = \rho \times \frac{1}{B} \times \frac{E}{1 - \nu^2}$$

Τιμές του ρ σε συνάρτηση του λόγου L/B

L/B	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0
ρ	1,05	0,87	0,78	0,66	0,54	0,45	0,39	0,33	0,30

Δυσκολίες, ασάφειες και εγγενή λάθη στους τρόπους προσέγγισης του δείκτη εδάφους

α) Προσέγγιση του δείκτη εδάφους από υπολογισμό της καθίζησης

$$k = q_{\pi}^* / s$$

Υπάρχει αβεβαιότητα όσον αφορά στην ακρίβεια με την οποία προσεγγίζεται η τιμή της τελικής καθίζησης. Οφείλεται κυρίως σε δυσκολίες στην εκτίμηση της φορτικής ιστορίας του εδάφους (καθεστώς επαναφόρτισης ή πρωτοφόρτισης), στο βαθμό διακύμανσης των παραμέτρων παραμόρφωσης στην ίδια εδαφική ενότητα, αλλά και στο βαθμό εμπιστοσύνης που

υπάρχει στο τεχνικό προσωπικό που εκτελεί τις ερευνητικές εργασίες και στην εμπειρία και κρίση του γεωτεχνικού μηχανικού.

Μεγαλύτερο είναι το πρόβλημα στα αμμόδη εδάφη όπου η εφαρμογή διάφορων εμπειρικών μεθόδων (*Terzaghi, Meyerhof, D'Appolonia*, κ.λπ) οδηγεί σε πολύ μεγάλες διαφορές στο **υπολογιστικό** αποτέλεσμα της καθίζησης (Χρ. Μαραγκός 2020, «Επιτόπου Δοκιμές στη Γεωτεχνική Μηχανική. Εφαρμογές στο Σχεδιασμό Θεμελιώσεων»).

β) Προσέγγιση του δείκτη εδάφους από Πίνακες

Στους Πίνακες που ακολουθούν γίνεται σύγκριση των προτεινόμενων εμπειρικών προτάσεων και δείχνονται οι διαφορές τους.

Άμμος. Σύγκριση των τιμών του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m³) στις συσχετίσεις των Terzaghi, Bowles, Retit

Πυκνότητα άμμου	<i>Terzaghi</i>	<i>Bowles</i>	<i>Retit</i>
χαλαρή άμμος	6,4-19,2	4,8-16	20-40
μέσης πυκνότητας	19,2-96,2	9,6-80	80-100
πυκνή άμμος	96,2-321,0	64,0-128	120-150

Αργίλος. Σύγκριση των τιμών του δείκτη εδαφικής αντίδρασης k_s (MN/m³) στις συσχετίσεις των Terzaghi, Bowles, Retit

Είδος αργίλου	<i>Terzaghi</i>	<i>Bowles</i>	<i>Retit</i>
στιφρή: $100 < c_u < 200$ kPa	16,2-32,1	24-48	-
πολύ στιφρή: $200 < c_u < 400$ kPa	32,1-64,2	-	-
σκληρή: $400 < c_u$ kPa	>96	>48	100-120

Οι διάφορες προτάσεις (*Terzaghi, Bowles, Retit*) διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους, ο βαθμός διακύμανσης των τιμών, ακόμη και στην ίδια πρόταση, είναι μεγάλος: Σε βαθμό που να δυσκολεύεται ο μηχανικός να αποφασίσει τελικά ποιά από τις προτάσεις θα επιλέξει.

Η συσχέτιση, στα συνεκτικά εδάφη (που γίνεται στον παραπάνω Πίνακα), μιας παραμέτρου παραμόρφωσης (δείκτης k_s) με μία παράμετρο αντοχής (c_u) προβληματίζει κατά πόσο μπορεί να είναι «καλή».

γ) Προσέγγιση του δείκτη εδάφους από δοκιμές φόρτισης πλάκας

1. Οι δοκιμές εφαρμόζονται στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους και δίνουν στοιχεία για μικρά μόνο βάθη, της τάξης των 30 έως 50 cm, με αποτέλεσμα να ισχύουν μόνο σε περίπτωση ομοιογενούς εδάφους από τη βάση του θεμελίου μέχρι βάθος ίσο περίπου με το πλάτος του.

2. Ο δείκτης k_s προσδιορίζεται για φορτία μεγαλύτερα από το όριο ελαστικότητας (έδαφος στην πλαστική περιοχή). Όμως, στις σχετικές αναφορές δε διευκρινίζεται το μέγεθος του φορτίου στο οποίο αναφέρεται ο δείκτης (από την τιμή του οποίου και εξαρτάται), όπως δεν παρέχονται και πληροφορίες αναφορικά με τη διαδικασία φόρτισης: εάν πρόκειται για αποτέλεσμα της πρώτης διαδικασίας φόρτισης ή της επαναληπτικής διαδικασίας που βρίσκεται πιο κοντά στην ελαστική περιοχή.

Για παράδειγμα ένας συνήθης τρόπος ορισμού του δείκτη εδάφους είναι ο παρακάτω:

Η τιμή του προσδιορίζεται από τη χορδή που συνδέει το σημείο $p=0$ και $p=p_i/2$, όπου p_i το φορτίο στο οποίο το έδαφος αστοχεί κατά τη δοκιμή πλάκας.

δ) Προσέγγιση του δείκτη εδάφους από θεωρητικές σχέσεις

Οι θεωρητικές λύσεις προσδιορίζουν το k όχι από **υπολογιστικά μεγέθη** (υπολογισμός καθιζήσεων) ή από εμπειρικούς Πίνακες αλλά από **μετρήσιμα μεγέθη** (δοκιμές απλής θλίψης) και από μεγέθη τα οποία μπορούν να εκτιμηθούν ακριβέστερα και με περισσότερο ασφαλή τρόπο όπως το πάχος των στρώσεων που επηρεάζεται από τα φορτία του θεμελίου.

Ελαστικές σχέσεις που συνδέουν τα μέτρα παραμόρφωσης μεταξύ τους: Είναι χρήσιμο να δούμε τις αναλυτικές σχέσεις οι οποίες, για το **γραμμικά ελαστικό έδαφος**, συνδέουν τα διάφορα μέτρα μεταξύ τους: Το οιδημετρικό μέτρο, το μέτρο απλής θλίψης και το μέτρο μερικής παρεμπόδισης των παραμορφώσεων.

Σχέση μέτρου ελαστικότητας E και οιδημετρικού μέτρου E_s : Εκφράζουμε τη συνθήκη της πλευρικής παρεμπόδισης των παραμορφώσεων με τις θεμελιώδεις σχέσεις της θεωρίας Ελαστικότητας. Θέτουμε δηλαδή: $\epsilon_x = \epsilon_y = 0$:

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu (\sigma'_x + \sigma'_y)] \quad \epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma'_y - \nu (\sigma'_z + \sigma'_x)] = 0 \quad \epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma'_x - \nu (\sigma'_z + \sigma'_y)] = 0$$

$\sigma'_z, \sigma'_x, \sigma'_y$ = πρόσθετες ενεργές κύριες τάσεις λόγω των φορτίων της κατασκευής

E = μέτρο του *Young*

Λύνοντας το σύστημα των τριών αυτών εξισώσεων προκύπτουν οι τιμές των οριζόντιων τάσεων, σ'_x, σ'_y οι οποίες δεν επιτρέπουν την πραγματοποίηση πλευρικών παραμορφώσεων καθώς και η τιμή της ϵ_z :

$$\sigma'_x = \sigma'_y = \frac{\nu \sigma_z}{1 - \nu} \quad \epsilon_z = \frac{\sigma'_z}{E} \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Το οιδημετρικό μέτρο E_s είναι εξ ορισμού ίσο με: $E_s = \frac{\sigma'_z}{\epsilon_z}$

Θα έχουμε συνεπώς:

$$\epsilon_z = \frac{\sigma'_z}{E} \times \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} = \frac{\sigma'_z}{E_s} \quad \rightarrow \quad E_s = E \frac{(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} = E \frac{1 - \nu}{1 - \nu - 2\nu^2}$$

Σχέση μέτρου ελαστικότητας E και μέτρου υπό συνθήκες μερικής παρεμπόδισης των πλευρικών παραμορφώσεων, E_v : Με ανάλογο τρόπο προσδιορίζεται και η σχέση που συνδέει το μέτρο ελαστικότητας E με το μέτρο το οποίο προσδιορίζεται για συνθήκες πεδίου στην ελαστική περιοχή: Συνθήκες μερικής παρεμπόδισης των πλευρικών παραμορφώσεων, E_v . Δείχνεται ότι:

$$E_v = E \frac{1}{1 - \nu^2} \quad \rightarrow \quad E_v = E_s \frac{1 - \nu - 2\nu^2}{(1 - \nu)(1 - \nu^2)} \quad E_s = E_v \frac{(1 - \nu)(1 - \nu^2)}{1 - \nu - 2\nu^2}$$

Για μέση τιμή ν , ίση με $\nu = 0,33$:

$$E_v = 1,12 \times E \quad E_v = 0,76 \times E_s \quad E_s = 1,32 \times E_v \quad E = 0,67 \times E_s \quad E < E_v < E_s$$

E_v = Μέτρο ελαστικότητας για συνθήκες μερικής πλευρικής παρεμπόδισης (ελαστική περιοχή)

E_s = οιδημετρικό μέτρο, E = Μέτρο ελαστικότητας (δοκιμές απλής θλίψης, ελαστική περιοχή)

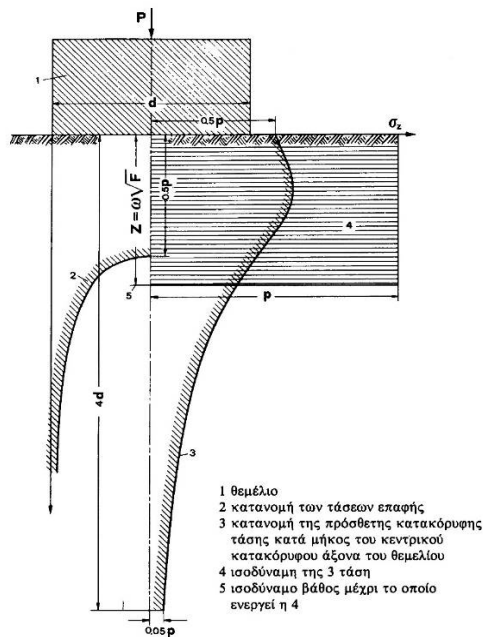
Προσέγγιση του πάχους της συμπίεστης στρώσης: Στην Εδαφομηχανική ως μέτρο παραμόρφωσης ορίζουμε πάντοτε (ανεξάρτητα εάν πρόκειται για το οιδημετρικό μέτρο ή για το μέτρο παραμόρφωσης της τριαξονικής δοκιμής ή το μέτρο της απλής θλίψης, κ.λπ.) το λόγο της κατακόρυφης τάσης που ασκούμε σε ένα δοκίμιο καθορισμένου ύψους προς την ανηγμένη παραμόρφωση. Για να είμαστε σε θέση λοιπόν να προσδιορίσουμε για ένα ενιαίο έδαφος το μέτρο παραμόρφωσης από δοκιμές φόρτισης που εκτελούνται στην επιφάνεια του εδάφους, θα πρέπει να γνωρίζουμε το πάχος z (= ύψος του δοκιμίου) της εδαφικής στρώσης που θα υποστεί

την καθίζηση. Το μέτρο παραμόρφωσης -για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εκτελείται η δοκιμή- θα είναι τότε ίσο με:

$$E_v = \frac{p}{s/z}$$

Πρόταση Schleicher: Ο *Schleicher* (1926) βασιζόμενος στην ελαστική λύση του *Boussinesq* για την κατανομή των τάσεων κάτω από μία θεμελίωση (επόμενο Σχήμα) ορίζει το πάχος αυτό με την εξίσωση:

$$Z = \omega \sqrt{F}$$



*Τάσεις κάτω από άκαμπτο κυκλικό θεμέλιο
κατά Boussinesq*

ω = συντελεστής του *Schleicher* εξαρτώμενος από το σχήμα του θεμελίου και -σε μικρότερο βαθμό- από το βαθμό ακαμψίας του. Για **άκαμπτα θεμέλια από μπετόν** κυκλικού ή ελαφρά ορθογωνικού σχήματος, η τιμή του συντελεστή αυτού είναι ίση με, $\omega = \sqrt{\pi/2} = 0,89$.

$F = B \times L =$ εμβαδόν της επιφάνειας φόρτισης

Πρόταση του συγγραφέα: Προχωρώντας τη σχέση του *Schleicher* που ορίζει το πάχος των συμπιεζόμενων στρώσεων: $z = \omega\sqrt{F}$, μπορούμε να ορίσουμε το μέτρο παραμόρφωσης υπό συνθήκες μερικής πλευρικής παρεμπόδισης των πλευρικών παραμορφώσεων:

$$E_v = \omega \sqrt{F} \frac{p}{s}$$

Προκύπτει έτσι η παρακάτω πρόταση προσδιορισμού του δείκτη εδάφους:

$$k = \frac{p}{s} = \frac{E_v}{\omega \sqrt{F}} = \frac{E}{(1 - \nu^2) \omega \sqrt{F}} = \frac{E}{(1 - \nu^2) 0,89 \sqrt{F}} = 1,12 \frac{E}{(1 - \nu^2) \sqrt{F}}$$

Λάθη στην εκτίμηση του δείκτη εδάφους στην περίπτωση εφαρμογής των θεωρητικών λύσεων

Οι θεωρητικές εξισώσεις χρησιμοποιούν παραδοχές οι οποίες συνεπάγονται λάθη στην εκτίμηση της τελικής τιμής του δείκτη εδάφους. Λάθη όπως:

α) Εξαιτίας της σύνδεσης των **μη γραμμικά ελαστικών μέτρων** E_v , E_s , E (ονομάζονται μέτρα παραμόρφωσης εξαιτίας του προσδιορισμού τους για τάσεις μεγαλύτερες από το όριο ελαστικότητας) με το λόγο του *Poisson* ν : ένα συντελεστή που αναφέρεται αποκλειστικά σε γραμμικά ελαστικό υλικό.

Επιπλέον λάθη προκύπτουν και εξαιτίας της θεώρησης που γίνεται για όλα τα εδάφη μιας μόνο τιμής του ν , της τιμής $\nu=0,33$.

β) Εξαιτίας της εφαρμογής εργαστηριακών δοκιμών απλής θλίψης υπό καθεστώς μηδενικών αρχικών τάσεων αντί υπό το καθεστώς τάσεων που επικρατούν κάτω από το θεμέλιο (όπως γίνεται με τις δοκιμές πεδίου, με τις οιδιμετρικές και με τις τριαξονικές δοκιμές CU).

γ) Λόγω εσφαλμένης (εξαιτίας ασαφειών στη σχετική αρθρογραφία), απευθείας εισαγωγής στις θεωρητικές σχέσεις, αντί του μέτρου E , του μέτρου E_s (χωρίς προηγούμενη μετατροπή του στο μέτρο E).

Για παράδειγμα στην εξίσωση του *De Beer*:

$$k = \frac{1,33}{B} \times \frac{E_s}{\sqrt[3]{(L/B)}} \rightarrow \text{λάθος}$$

δ) Κανονικότητα στρωματικής δομής: Οι διάφορες θεωρήσεις που γίνονται στις θεωρητικές λύσεις αναφορικά με το πάχος των συμπιεζόμενων στρώσεων θα οδηγούν σε λάθη σε περίπτωση έντονα ακανόνιστης εδαφικής/στρωματικής δομής (π.χ. παρουσία πολύ μαλακής, συμπιεστής στρώσης κάτω από ισχυρότερο έδαφος ή πάλι πολύ ισχυρής στρώσης εξυγίανσης άμεσα κάτω από το θεμέλιο: συγκέντρωση του μεγαλύτερου μέρους των εισαγόμενων -λόγω των φορτίων της κατασκευής- τάσεων).

Πρόταση του συγγραφέα

α) Στις θεωρητικές λύσεις (*Vesic, De Beer, Dimitrov*), το μέτρο E να εισάγεται από μετρήσεις που γίνονται υπό το καθεστώς των γεωστατικών τάσεων που επικρατούν κάτω από τη θεμελίωση: Επιτόπου δοκιμές SPT, δοκιμές στατικής πνευτρομέτρησης, τριαξονικές δοκιμές CU, οιδιμετρικές δοκιμές.

Με δοκιμές δηλαδή στις οποίες το μέτρο προσδιορίζεται για το καθεστώς τάσεων που επικρατεί στο πεδίο και όχι για αυτό που επικρατεί στο εργαστήριο, όπως συμβαίνει στην περίπτωση δοκιμών απλής θλίψης που εκτελούνται υπό μηδενικό πρακτικά αρχικό καθεστώς τάσεων.

Περίπτωση χρήσης του οιδιμετρικού μέτρου E_s : Για τη μετατροπή του E στο μέτρο E_s , θα εφαρμόζεται η ελαστική σχέση:

$$E = 0,67 \times E_s$$

Για παράδειγμα στην εξίσωση του *Dimitrov*:

$$(\nu=0,33) \quad k = \rho \times \frac{1}{B} \times \frac{0,67 E_s}{1 - 0,33^2}$$

E_s = ισοδύναμο οιδιμετρικό μέτρο στο μέσο των συμπιεζόμενων στρώσεων για φορτίο ίσο με το άθροισμα της γεωστατικής τάσης στη θέση αυτή και του μισού φορτίου της ανωδομής.

Τριαξονικές δοκιμές: Πριν την εφαρμογή του αξονικού φορτίου (στην τριαξονική μηχανή) να εκτελείται προστερεοποίηση του δοκιμίου στο καθεστώς τάσεων που επικρατεί στη θέση από την οποία πάρθηκε το δοκίμιο (προστερεοποίηση με την ισοδύναμη ολομερή πίεση, $\sigma_3 = \sigma_e$). Το μέτρο απλής θλίψης E θα προσδιορίζεται από τη χορδή που συνδέει το σημείο $p=0$ με το σημείο $p=p_1/2$, όπου p_1 το φορτίο στο οποίο το δοκίμιο αστοχεί κατά τη δοκιμή.

β) Πάχος συμπιεζόμενων στρώσεων: Σε ότι αφορά στον προσδιορισμό του δείκτη εδάφους, οι εργαστηριακές δοκιμές (οιδιμετρικές, τριαξονικές δοκιμές CU) θα γίνονται σε δοκίμια που παίρνονται από θέσεις που βρίσκονται στην περιοχή που περιλαμβάνεται κάτω από τη βάση του θεμελίου και μέχρι βάθος ίσο περίπου με το πλάτος του. Το ίδιο ισχύει και για τις επιτόπου δοκιμές. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συνεκτιμάται η κανονικότητα της στρωματικής δομής.

γ) Ισοδύναμο μέτρο: Ο υπολογισμός του ισοδύναμου μέτρου E_s ή του ισοδύναμου μέτρου δοκιμών CU θα βασίζεται στην καμπύλη κατανομής με το βάθος των τάσεων μεταφοράς στο έδαφος των φορτίων της κατασκευής που ορίζεται με την ελαστική λύση του *Boussinesq*.

δ) Να γίνεται διόρθωση του N λόγω ενεργειακού λόγου (διαφορετική αποδοτικότητα της μεταφερόμενης ενέργειας στο δειγματολήπτη στα σύγχρονα συστήματα δοκιμών SPT).

Σημείωση: Η προσέγγιση του δείκτη k με τη χρήση του οιδιμετρικού μέτρου διευκολύνεται εξαιτίας του ότι όλες σχεδόν οι υπάρχουσες εμπειρικές συσχετίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων των δοκιμών πεδίου και των εργαστηριακών παραμέτρων παραμόρφωσης αφορούν, σχεδόν αποκλειστικά, σε συσχετίσεις με το οιδιμετρικό μέτρο: $N-E_s$, q_c-E_s .

Η χρήση του E_s (αντί του μέτρου απλής θλίψης) συνιστάται κυρίως σε αμμώδεις σχηματισμούς και σε σύνθετα στρωματικά προφίλ (εναλλαγές άμμων-αργίλων).

Δυναμικός δείκτης εδαφικής αντίδρασης, k_s^{dyn}

Όταν η κατασκευή υπόκειται σε περιοδικές δυναμικές φορτίσεις εφαρμόζεται ο δυναμικός δείκτης εδάφους, k^{dyn} .

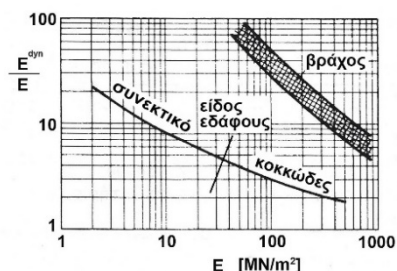
Ο δυναμικός δείκτης εδάφους μπορεί να προσδιοριστεί:

α) Από τον υπολογισμό της ελαστικής καθίζησης, s_e για τάση ίση με την επιτρεπόμενη τάση $q_{επ}^*$:

$$k^{dyn} = q_{επ}^* / s_e.$$

Η ελαστική καθίζηση s_e προσδιορίζεται από τον κλάδο αποφόρτισης της οιδιμετρικής καμπύλης ως ποσοστό της ολικής καθίζησης (ο προσδιορισμός γίνεται για τάση ίση με την επιτρεπόμενη $q_{επ}^*$).

β) Από το διάγραμμα του *Alpan*, με $v^{dyn}=0,5$ και εφαρμογή των σχέσεων των *Vesic*, *De Beer* και *Dimitrov*.



γ) Από δοκιμαστικές φορτίσεις πλάκας χρησιμοποιώντας την ελαστική καθίζηση, s_e .

$$k_s^{dyn} = p/s_e$$

$$k^{dyn} = k_s^{dyn} \times B_p/B \quad \text{συνεκτικό έδαφος}$$

$$k^{dyn} = k_s^{dyn} \times (B+B_p/2B_p)^2 \quad \text{κοκκώδες έδαφος}$$

δ) Από τον αριθμό N_1 της πρότυπης δοκιμής διείδυσης, SPT (πρόταση *Scott*):

$$k_s^{dyn} (0,305) [MN/m^3] = 1,8 \times N_1$$

$$N_1 = \text{διορθωμένος αριθμός } N: N_1 = C_N \times N$$

$$C_N = \text{διορθωτικός συντελεστής λόγω βάθους: } C_N = 9,78 \times (1/\sigma'_v)^{0,5}$$

$$\sigma'_v = \text{κατακόρυφη ενεργός γεωστατική τάση (kN/m²)}$$

Η χρησιμοποίηση του E_s στις παραπάνω σχέσεις ενδείκνυται περισσότερο σε αμμώδη έδαφη, σε μερικώς κορεσμένες αργίλους και σε μίγματα αργίλου-άμμου (διαπερατά έδαφη: $v < 0,5$).

k_s = Δείκτης εδαφικής αντίδρασης (Δοκιμές φόρτισης πλάκας)

k = Δείκτης εδάφους πραγματικού θεμελίου

E = Μέτρο παραμόρφωσης δοκιμής απλής θλίψης (πλαστική περιοχή)

E_s = Οιδιμετρικό Μέτρο = Μέτρο για συνθήκες παρεμποδιζόμενων πλευρικών μετατοπίσεων (πλαστική περιοχή)

E_v = Μέτρο παραμόρφωσης για συνθήκες μερικής παρεμπόδισης πλευρικών μετατοπίσεων (πλαστική περιοχή)

E^{dyn} = Δυναμικό Μέτρο Ελαστικότητας, k^{dyn} = Δυναμικός δείκτης εδάφους, $v^{dyn} = 0,5$ (ελαστική περιοχή)

καθ. Χρήστος Μαραγκός

Μάρτιος 2025