

Πεδίο Ορισμού του Μέτρου Ελαστικότητας και του Μέτρου Παραμόρφωσης σε ομοιογενή εδαφικά υλικά

Α. Μουρατίδης
Καθηγητής ΑΠΘ

Λ. Παντελίδης
Πολιτικός Μηχανικός, Υποψήφιος Διδάκτορας ΑΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Το Μέτρο Ελαστικότητας και το Μέτρο Παραμόρφωσης είναι παράμετροι στενά συνδεδεμένες με τις δοκιμές φέρουσας ικανότητας στα έργα οδοποιίας, με σκοπό την αποτίμηση της συμπίεστικότητας και παραμορφωσιμότητας φυσικών εδαφικών ή θραυστών υλικών. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται διάκριση μεταξύ των δύο παραμέτρων, ως προς τις έννοιες και τα μεγέθη τους, ενώ το πρακτικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη δοκιμή της φορτιζόμενης πλάκας. Επίσης, εξετάζεται το κατά πόσο ο προσδιορισμός των Μέτρων Ελαστικότητας και Παραμόρφωσης επηρεάζεται από τη διάμετρο της άκαμπτης φορτιζόμενης πλάκας κατά την αντίστοιχη δοκιμή. Δίδονται επίσης στοιχεία και υπολογισμοί των αντίστοιχων μεγεθών από πραγματικές μετρήσεις σε γεωκατασκευές οδοποιίας. Παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων αριθμητικές τιμές των μέτρων ελαστικότητας και παραμόρφωσης, όπως έχουν προκύψει από ανάλυση πραγματικών δεδομένων επί τόπου δοκιμών.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συχνά στην ελληνική αλλά και στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται το μέτρο E εδαφικών υλικών και θραυστών αδρανών χωρίς να γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ Μέτρου Ελαστικότητας E_{Young} και Μέτρου Παραμόρφωσης E_{Def} . Εντονότερο και ιδιαίτερο είναι το πρόβλημα στη δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας για έλεγχο γεωκατασκευών οδοποιίας, όπου και γίνεται χρήση της σχέσης του Boussinesq για εξαγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων. Στο Εργαστήριο Οδοποιίας του ΑΠΘ, μία προσπάθεια σε επίπεδο θεωρητικών υπολογισμών και πειραματικών δοκιμών έχει ξεκινήσει με στόχο τον προσδιορισμό του πεδίου εφαρμογής, εννοιών και αντίστοιχων σχέσεων.

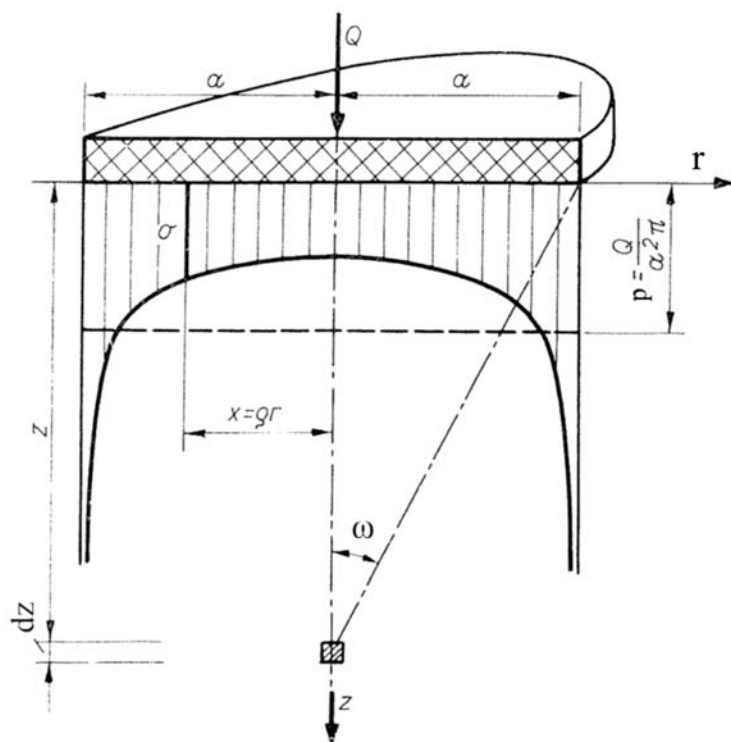
2. ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ BOUSSINESQ

Το ζήτημα των μετατοπίσεων και παραμορφώσεων ελαστικών μέσων υπό καταναμημένο φορτίο δίσκου είναι ένα κλασσικό πρόβλημα στην Οδοποιία, άμεσα συνδεδεμένο με τη διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων. Αναλυτικές και αριθμητικές μέθοδοι έχουν προταθεί για την επίλυση του προβλήματος αυτού. Εν έτει 1885 η θεωρία του Boussinesq έδωσε την πρώτη ολοκληρωμένη λύση στη μελέτη των κατακόρυφων μετατοπίσεων υπό σημειακή και καταναμημένη φόρτιση σε ελαστικά μέσα. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτήν, η λύση του προβλήματος ευρίσκεται μετά από ολοκλήρωση της συνάρτησης της κατακόρυφης τάσης σ_z στο κέντρο αξονοσυμμετρικής φόρτισης (Εικόνα 1).

$$\sigma_z = \frac{1}{E} \cdot [\sigma_z - \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)] = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_z - 2 \cdot \nu \cdot \sigma_r)$$

Η κατακόρυφη βύθιση Δz μιας ελαστικής μάζας που εκτείνεται από βάθος 0 έως z θα είναι:

$$\Delta z = \frac{1}{E} \int_0^{-z} (\sigma_z - 2\nu\sigma_r) dz$$



Εικόνα 1. Κατανομή της πίεσης επαφής (σ) κάτω από άκαμπτη κυκλική πλάκα, φορτιζόμενη με κατακόρυφο μοναχικό φορτίο (Q) στο κέντρο αυτής (Kezdi και Rethati 1988)

Στην περίπτωση της φόρτισης μέσω άκαμπτης κυκλικής πλάκας ($\sigma_x = \sigma_y$) ισχύει η σχέση (Kezdi και Rethati, 1988):

$$\sigma_z - 2 \cdot \nu \cdot \sigma_r = \frac{1}{2} (1 + \nu) p \sin^2 \omega \cdot (1 - 2\nu + 2 \cos^2 \omega) \quad \text{και}$$

$$z = a \cdot \cot \omega,$$

$$dz = -a \cdot d\omega / \sin^2 \omega$$

Από όπου

$$\begin{aligned} \Delta z &= \frac{1}{2} (1 + \nu) \frac{pa}{E} \int_{-\pi/2}^{-a} (1 - 2\nu - 2 \cos^2 \omega) d\omega = \\ &= (1 - \nu) \frac{pa}{2E} \left[2(1 - \nu) \left(\frac{\pi}{2} - \omega \right) - \sin \omega \cos \omega \right] \end{aligned}$$

Για ημιάπειρη ελαστική μάζα, $z \rightarrow \infty$ το $\omega \rightarrow 0$, η κατακόρυφη βύθιση θα είναι:

$$\Delta z_o = (1 - \nu^2) \frac{\pi pa}{2E}$$

όπου p : η κατακόρυφη κατανεμημένη πίεση που εφαρμόζεται στην πλάκα ($p=Q/\pi a^2$),
 a : η ακτίνα της πλάκας,
 ν : ο λόγος του Poisson και
 E : το Μέτρο Ελαστικότητας

Η βύθιση, συνεπώς, σύμφωνα με τη θεωρία του Boussinesq είναι ανάλογη της πίεσης και της ακτίνας της πλάκας και αντιστρόφως ανάλογη του μέτρου ελαστικότητας. Η χρήσιμη και συγχρόνως απλή αυτή σχέση που εκφράζει το νόμο μεταβολής πίεσης - βύθισης χρησιμοποιείται ευρέως στην Οδοποιία. Ορισμένες ενδιαφέρουσες πτυχές της αναπτύσσονται στη συνέχεια.

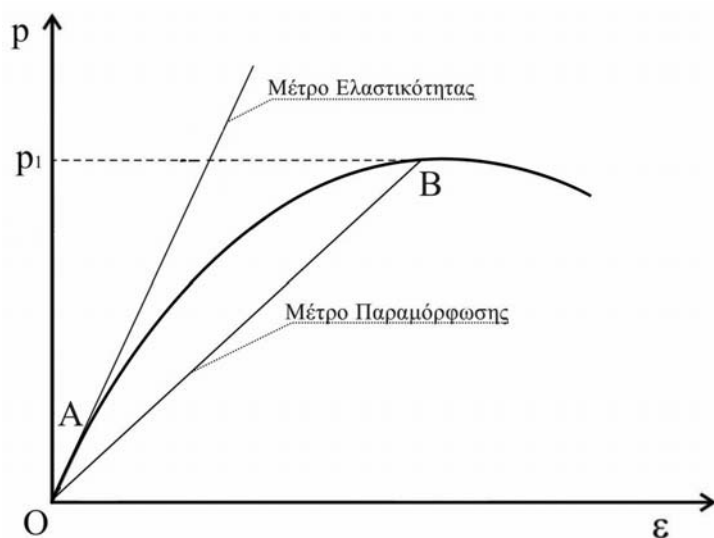
3 ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Εξ ορισμού το μέτρο ελαστικότητας ενός ισότροπου, ομοιογενούς υλικού δίδεται από τη σχέση: $E = \sigma/\varepsilon$. Η σχέση αυτή μπορεί να δίδεται υπό μορφή πινάκων σε περίπτωση τρισδιάστατης φόρτισης ή υπό απλή μορφή $E = \sigma_1/\varepsilon_1$ σε περίπτωση ανεμπόδιστης μονοαξονικής επιπόνησης.

Κατά την επιβολή συνήθων μεγεθών φορτίων και για το σύνολο σχεδόν των εδαφών οι παραμορφώσεις αυτών είναι ελαστοπλαστικές και όχι απολύτως ελαστικές.

Το Μέτρο Ελαστικότητας είναι δυνατό να προσδιορισθεί γραφικά από την κλίση της εφαπτομένης (tangent modulus) στη καμπύλη φόρτισης-παραμόρφωσης εντός της ελαστικής περιοχής, από την κλίση δηλαδή της εφαπτομένης OA (Εικ.2), υπό την προϋπόθεση ότι το σημείο A ορίζει το εύρος της ελαστικής περιοχής.

Το Μέτρο Παραμόρφωσης αναπαριστά τη σχέση μεταξύ της εφαρμοζόμενης φόρτισης και της συνολικής παραμόρφωσης. Γραφικά ευρίσκεται από την κλίση της χορδής της καμπύλης (secant modulus) με αφετηρία την αρχή των αξόνων O και πέρας το σημείο που ορίζεται από την ασκούμενη πίεση p και την αντίστοιχη παραμόρφωση (Εικ.2), από την κλίση, δηλαδή, της ευθείας OB.



Εικόνα 2. Γραφική παράσταση του Μέτρου Ελαστικότητας και του Μέτρου Παραμόρφωσης

Στη δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας, το μέτρο παραμόρφωσης προσδιορίζεται συνήθως κατά τη δεύτερη φόρτιση με σκοπό να μειωθεί η συνιστώσα της πλαστικής παραμόρφωσης. Το μέτρο αυτό θεωρείται ως αντιπροσωπευτικό της φέρουσας ικανότητας του εδάφους.

Σε κάθε περίπτωση πάντως το μέτρο E που προκύπτει από τη δοκιμή πλάκας, σύμφωνα με την εφαρμοζόμενη στην Ελλάδα μέθοδο, είναι το μέτρο παραμόρφωσης. Τα αποτελέσματα της δοκιμής έχουν συγκριτικό και μόνο χαρακτήρα και υπό το πρίσμα αυτό θα πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με κριτήρια καταλληλότητας (συμπύκνωσης, φέρουσας ικανότητας). Είναι πιθανόν, για μικρή τιμή επιβαλλόμενης φόρτισης σε θραυστό υλικό τύπου 3A ή σε χημικά σταθεροποιημένο έδαφος, οι μετατοπίσεις να είναι εξ ολοκλήρου αναιρέσιμες. Στην περίπτωση αυτήν το μέτρο ελαστικότητας συμπίπτει με το μέτρο παραμόρφωσης.



Εικόνα 3. Δοκμή φορτιζόμενης πλάκας

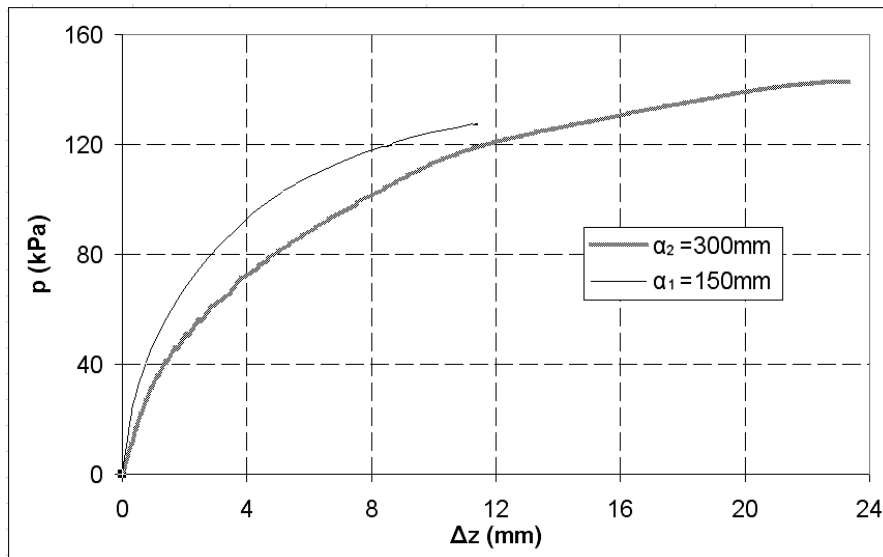
4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΕΤΡΟ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Το ζήτημα της επιρροής του μεγέθους της πλάκας φόρτισης στο Μέτρο Ελαστικότητας και στο Μέτρο Παραμόρφωσης διερευνήθηκε με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, υπό συνθήκες αξονοσυμμετρικής φόρτισης, για δύο μεγέθη πλάκας με ακτίνες $a_1=150\text{mm}$ και $a_2=300\text{mm}$.

Για τη διερεύνηση της επιρροής του μεγέθους της πλάκας στο Μέτρο Ελαστικότητας, χρησιμοποιήθηκε ιδεατός ελαστικός ημιχώρος για προσομοίωση αντίστοιχης εδαφικής δομής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ευθέως ανάλογη μεταβολή των κατακόρυφων βυθίσεων με το μέγεθος της πλάκας, όπως ακριβώς περιγράφεται από το νόμο του Boussinesq. Οπότε, εφόσον ο λόγος $\Delta z/a$ παραμένει σταθερός, το μέγεθος της ακτίνας a δεν επηρεάζει το μέτρο ελαστικότητας, σε επίπεδο θεωρητικών υπολογισμών.

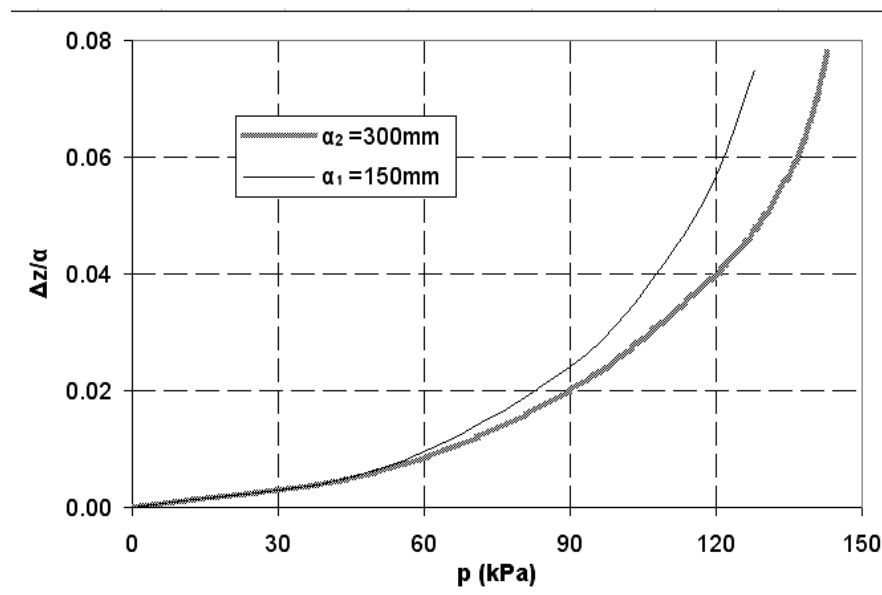
Για τη διερεύνηση της επιρροής του μεγέθους της πλάκας στο Μέτρο Παραμόρφωσης, επιλέχτηκε πλήθος εδαφών με διαφορετικά χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής. Ο καταστατικός νόμος συμπεριφοράς των υλικών θεωρείται ότι είναι η ελαστικότητα στο εσωτερικό του κριτηρίου Mohr-Coulomb. Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των εδαφών έδειξε ότι το Μέτρο Παραμόρφωσης επηρεάζεται από το μέγεθος της πλάκας τόσο πιο έντονα μάλιστα, όσο μεγαλύτερο είναι το επιβαλλόμενο φορτίο. Κατά την αναπαράσταση φόρτισης οργανικού αργιλικού εδάφους (OH), προέκυψε το διάγραμμα πίεσης-βύθισης της Εικόνας 4.

Χαρακτηριστικά διακρίνεται ότι για $p=100\text{kPa}$, η βύθιση για πλάκα $a_1=150\text{mm}$ είναι $\Delta z_1=4.8\text{mm}$, ενώ για πλάκα $a_2=300\text{mm}$ η βύθιση είναι $\Delta z_2=8\text{mm}$ και όχι 9.6mm όπως υπαγορεύει η ελαστική θεωρία.



Εικόνα 4. Διάγραμμα πίεσης-βύθισης για διαμέτρους πλακών $a_1=150\text{mm}$ και $a_2=300\text{mm}$. Έδαφος: οργανική άργιλος (OH)

Στην Εικόνα 5 (διάγραμμα πίεσης-λόγου $\Delta z/a$) φαίνεται η μεταβολή του λόγου $\Delta z/a$ ανάλογα με το φορτίο. Ο λόγος $\Delta z/a$ είναι συστηματικά μεγαλύτερος για την πλάκα της μικρότερης ακτίνας ($a_1=150\text{mm}$), ενώ η απόκλιση γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όταν μεγαλώνει το φορτίο.



Εικόνα 5. Συσχέτιση του λόγου $\Delta z/a$ με το μέγεθος της φόρτισης και με την ακτίνα της κυκλικής πλάκας. Έδαφος: οργανική άργιλος (OH)

Κατά συνέπεια σύμφωνα με τη σχέση $E_{Def} = \frac{\pi \cdot p}{2} \cdot \frac{1}{dz/a} \cdot (1 - \nu^2)$, για το ίδιο έδαφος και μέγεθος φόρτισης p , αλλά πλάκες διαφορετικών διαμέτρων, το μέτρο παραμόρφωσης προκύπτει μεγαλύτερο για τη μεγαλύτερη πλάκα, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη θεωρητική προσέγγιση. Αν και θα πρέπει να τεκμηριωθεί πειραματικά, η συγκεκριμένη διαπίστωση είναι εύλογη, στο βαθμό που, για συγκεκριμένο μέγεθος φόρτισης, η αύξηση του μεγέθους της φορτιζόμενης επιφάνειας δεν είναι δυνατό να προκαλεί ανάλογη αύξηση της βύθισης.

5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε απολύτως ελαστικά μέσα και ιδεατά εδαφικά υλικά, το μέτρο ελαστικότητας υπό συγκεκριμένες συνθήκες πυκνότητας και υγρασίας είναι ανεξάρτητο του μεγέθους της φόρτισης, σε αντίθεση με το μέτρο παραμόρφωσης που εξαρτάται άμεσα από αυτήν.

Σύμφωνα με τη γερμανική προδιαγραφή DIN 18134 και εν προκειμένω για την κυκλική δύσκαμπτη πλάκα διαμέτρου $2a=300\text{mm}$, ο υπολογισμός του μέτρου παραμόρφωσης γίνεται για κατανεμημένο φορτίο $p=500\text{kPa}$, εκτός εάν προηγουμένως επιτευχθεί βύθιση ίση με 5mm , οπότε και το μέτρο παραμόρφωσης υπολογίζεται με βάση το φορτίο που αντιστοιχεί στη βύθιση αυτήν (για την πλάκα διαμέτρου $2a=600\text{mm}$ τα όρια είναι $p=250\text{kPa}$ και 7mm). Αντίστοιχα όρια καθορίζονται για την πλάκα διαμέτρου $2a=762\text{mm}$, η οποία, γενικά, δεν τυγχάνει ευρείας χρήσης.

Ακόμη όμως και κατά την εφαρμογή της ίδιας προδιαγραφής, για πλάκες διαφορετικών διαμέτρων, είναι πολύ πιθανόν τα αποτελέσματα να διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ τους. Στον Πίνακα 1 δίδονται παραδείγματα υπολογισμού του μέτρου παραμόρφωσης κατά την πρώτη φόρτιση, σύμφωνα με τη γερμανική προδιαγραφή DIN 18134 για πλάκες ακτίνας 150 και 300mm , για το αργιλικό έδαφος που αναφέρθηκε παραπάνω (Εικ.3), καθώς και για έδαφος οργανικής αργιλώδους ιλύος (OL) και ιλυώδους αργίλου (CL).

Πίνακας 1. Υπολογισμός του E_{Def} κατά DIN 18134

Τύπος Εδάφους	Ακτίνα πλάκας (mm)	Βύθιση (mm)	$\Delta z/a$	E_{Def} (MPa)
OH	150	5.00	0.0333	4.60
	300	7.00	0.0233	6.17
OL	150	5.00	0.0333	12.44
	300	6.35	0.0212	16.28
CL	150	4.89	0.03226	21.16
	300	2.50	0.0083	41.35

Παρατηρείται ότι οι τιμές του Μέτρου Παραμόρφωσης, που υπολογίζονται για πλάκες διαφορετικών διαμέτρων, αποκλίνουν αρκετά μεταξύ τους.

Αυτό που προκύπτει γενικά είναι ότι, το μέτρο παραμόρφωσης, όπως αυτό υπολογίζεται από τη δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας (κατά DIN 18134), ακτίνας $a=300\text{mm}$, είναι πάντοτε μεγαλύτερο αυτού για πλάκα ακτίνας $a=150\text{mm}$. Για την ιλυώδη άργιλο η διαφορά είναι πολύ σημαντική, αφού όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1, το μέτρο παραμόρφωσης υπολογισμένο με την πλάκα ακτίνας $a=300\text{mm}$ προκύπτει διπλάσιο αυτού που προκύπτει με την πλάκα ακτίνας $a=150\text{mm}$. Στις δύο άλλες περιπτώσεις που παρουσιάζονται, η διαφορά είναι της τάξεως του 30%.

6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

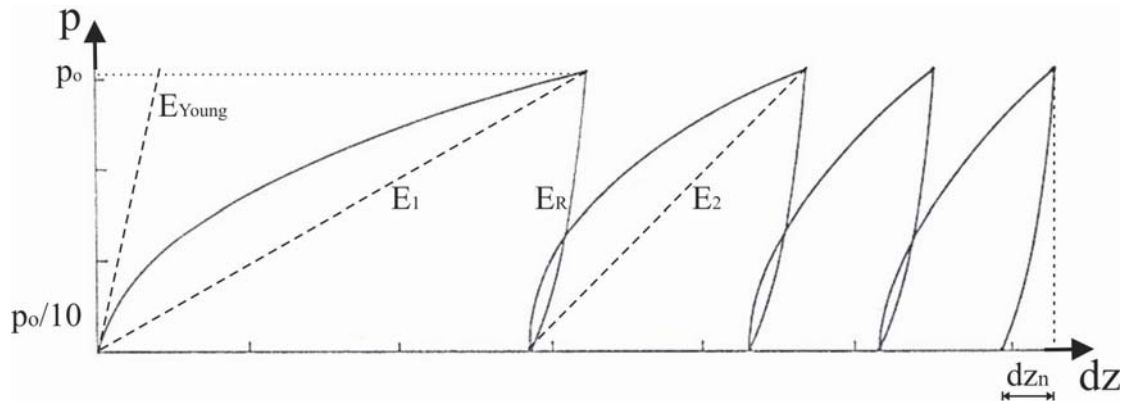
Ο ακριβής προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας είναι συχνά απαραίτητος για τον σωστό σχεδιασμό και τον έλεγχο των γεωτεχνικών έργων οδοποιίας. Θεωρητικά θα μπορούσε αυτό να προσδιοριστεί από το ελαστικό τμήμα της καμπύλης φόρτισης-κατακόρυφης βύθισης που λαμβάνεται κατά τη δοκιμή φορτιζόμενης πλάκας, αλλά αυτό είναι αδύνατον επειδή για μικρά μεγέθη φόρτισης οι τιμές της βύθισης κρίνονται αναξιόπιστες.

Συναφές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στη Γαλλία, προτείνουν προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας στη νειοστή αποφόρτιση του εδαφικού υλικού (σχέση 1), όταν το διάγραμμα πίεσης-βύθισης σταθεροποιείται (Εικόνα 6).

$$E_{Young} = E_R = \frac{1.5pa}{\Delta z_n} \quad (1)$$

Ακόμη προτείνεται για το μέτρο παραμόρφωσης της πρώτης φόρτισης E_{Def} μία εμπειρική σχέση:

$$E_1 = E_R/2.25 \text{ (η αναλογία θεωρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 1.9 και 2.6)} \quad (2)$$



Εικόνα 6. Προσδιορισμός του Μέτρου Ελαστικότητας κατά τη φάση της αποφόρτισης (Jeuffroy, 1983)

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται αριθμητικά αποτελέσματα δοκιμών φορτιζόμενης πλάκας διαμέτρου $2a=600\text{mm}$, που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα οδικά επιχώματα. Επίσης επιχειρήθηκε απόπειρα γραφικού υπολογισμού του Μέτρου Ελαστικότητας E_{Young} από την καμπύλη πίεσης-βύθισης της πρώτης φόρτισης για πίεση ίση προς το 10% της τελικής. Θεωρήθηκε, δηλαδή, ότι η περιοχή που ορίζει ένα φορτίο $p=0.1 \cdot p_0$, όπου p_0 η συνολική (τελική) φόρτιση, είναι η ελαστική περιοχή. Υπολογίστηκε επίσης το Μέτρο Ελαστικότητας κατά την φάση αποφόρτισης (E_R).

Πίνακας 3. Αριθμητικά αποτελέσματα δοκιμών φορτιζόμενης πλάκας

α/α	Θέση	2a (mm)	Πρώτη Φόρτιση			Δεύτερη Φόρτιση
			E_{Young} (MPa)	$E_{1,Def}$ (MPa)	E_R (MPa)	$E_{2,Def}$ (MPa)
1	Βραχώδες Επίχωμα	600	248	128	390	245
2	Βραχώδες Επίχωμα	600	174	104		339
3	Βραχώδες Επίχωμα	600	472	181		492
4	Βραχώδες Επίχωμα	600	421	148	625	416
5	Αργιλοχαλικώδες Επίχωμα	600	66	82	146	143
6	Αργιλοχαλικώδες Επίχωμα	600	23	25	54	28
7	Αργιλοχαλικώδες Επίχωμα	600	16	15	53	34
8	Αργιλοχαλικώδες Επίχωμα	600	7	13	73	86
9	Αμμοχαλικώδες Επίχωμα	760	104	54	85	125
10	Αμμοχαλικώδες Επίχωμα	760	74	66	153	117
11	Αμμοχαλικώδες Επίχωμα	760	68	67	145	140
12	Αμμοχαλικώδες Επίχωμα	760	120	74	133	151

Παρατηρείται ότι, όπως αναμενόταν, το Μέτρο Ελαστικότητας είναι πάντοτε μεγαλύτερο του Μέτρου Παραμόρφωσης ($E_{Young} > E_{Def}$). Παρόλα αυτά, στη γενική περίπτωση, εφόσον το Μέτρο Ελαστικότητας προσδιορισθεί γραφικά, μπορεί να προκύψει το αντίθετο. Η καμπύλη πίεσης-βύθισης (Εικ.4) είναι πιθανόν να στρέφει τα κοίλα προς τα άνω, πράγμα που σημαίνει

ότι ο ρυθμός αύξησης της μετατόπισης μικραίνει με την αύξηση του φορτίου. Ενδεχομένως ύστερα από έναν αριθμό φορτίσεων-αποφορτίσεων να είναι $E_{Def} = E_{Young}$.

Κατά τη μελέτη των μετρήσεων πεδίου επιβεβαιώθηκε η διαπίστωση ότι δεν είναι εφικτός ο ορθός γραφικός ή αριθμητικός υπολογισμός του E_{Young} , κυρίως για την πρώτη φόρτιση. Αυτό συμβαίνει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, λόγω του ότι για μικρές τιμές πιέσεων, η ακρίβεια είναι πολύ χαμηλή. Για τις πιέσεις αυτές, η διασπορά των τιμών στο διάγραμμα πίεσης-βύθισης είναι πολύ μεγάλες.

Παρατηρείται, γενικώς, μία μεγάλη διαφορά μεταξύ των τιμών των τεσσάρων παραμέτρων. Συστηματικά η τιμή E_1 είναι η μικρότερη και η E_R η μεγαλύτερη. Επίσης, παρατηρείται ότι, η τιμή του μέτρου παραμόρφωσης για τη δεύτερη φόρτιση E_2 είναι πολύ κοντά σ' αυτήν του μέτρου ελαστικότητας E_{Young} .

Όσον αφορά την αναλογία μεταξύ του μέτρου ελαστικότητας (E_R) και του μέτρου παραμόρφωσης, κατά την πρώτη φόρτιση (E_1), σύμφωνα με μελέτη και επεξεργασία των αριθμητικών αποτελεσμάτων μετρήσεων πεδίου, βρέθηκε ότι τα όρια διακύμανσης είναι μεγαλύτερα αυτών της σχέσεως των γαλλικών ερευνών. Η αναλογία κυμαίνεται μεταξύ 2 και 4.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ακριβής προσδιορισμός του μέτρου ελαστικότητας είναι συχνά απαραίτητος για τον σωστό σχεδιασμό και τον έλεγχο των γεωτεχνικών έργων οδοποιίας. Όπως προέκυψε από θεωρητικές επιλύσεις στον H/Y και από τη μελέτη πραγματικών αριθμητικών αποτελεσμάτων δοκιμής φορτιζόμενης πλάκας, οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας E_{Young} , του μέτρου παραμόρφωσης E_{Def} (της πρώτης και της δεύτερης φόρτισης), καθώς επίσης και του μέτρου ελαστικότητας E_R , όπως αυτό υπολογίζεται κατά την αποφόρτιση του εδαφικού υλικού, είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Συστηματικά η τιμή του E_{Def} της πρώτης φόρτισης είναι η μικρότερη και η E_R η μεγαλύτερη.

Σύμφωνα με τις θεωρητικές επιλύσεις, παρατηρήθηκε ότι η τιμή του μέτρου παραμόρφωσης για ένα εδαφικό υλικό εξαρτάται έντονα από τη διάμετρο της πλάκας που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία της δοκιμής φορτιζόμενης πλάκας. Μεταξύ δύο πλακών διαφορετικών διαμέτρων, ο λόγος $\Delta z/a$ είναι συστηματικά μεγαλύτερος για την πλάκα της μικρότερης διαμέτρου και άρα το μέτρο παραμόρφωσης σε αυτήν την περίπτωση είναι μικρότερο. Η απόκλιση γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όσο το φορτίο μεγαλώνει.

Σε περιπτώσεις ποιοτικού ελέγχου γαιωκατασκευών οδοποιίας με εφαρμογή της μεθόδου φορτιζόμενης πλάκας, τα αποτελέσματα των δοκιμών μπορούν να αξιολογηθούν εφόσον αναφέρονται σε συγκεκριμένες προδιαγραφές και συγκεκριμένα μεγέθη φόρτισης και μεγέθους πλάκας. Οποιοσδήποτε αποκλίσεις μπορεί να επιφέρουν μεταβολές στις αριθμητικές τιμές του μέτρου E και, κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα να μην είναι δυνατό να αξιολογηθούν.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Jeuffroy, G. 1983. Conception et construction des chaussées
Kezdi, A. and Rethati, L. 1988. Soil Mechanics of Earthworks, Foundations and Highway Engineering. Handbook of Soil Mechanics, Τόμος 3. Elsevier