

Πειραματική και Αριθμητική Διερεύνηση μίας Εναλλακτικής Διάταξης για τον Προσδιορισμό της Θλιπτικής Αντοχής του Σκυροδέματος με τη Μέθοδο των Υπερήχων

Παναγιώτης Κακαβάς

Αναπλ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, kakavas@teiwest.gr

Δημήτριος Μπάρος

Πανεπιστημιακός Υπότροφος Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, dbaros@upatras.gr

Γεώργιος Γιαννόπουλος

Πανεπιστημιακός Υπότροφος Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας ggiannopoulos@teipat.gr

Νικόλαος Καλαπόδης

Υποψήφιος Διδάκτωρ, Πολιτικός Μηχανικός, Πανεπιστήμιο Πατρών nickal1986@hotmail.com

Νικόλαος Ανυφαντής

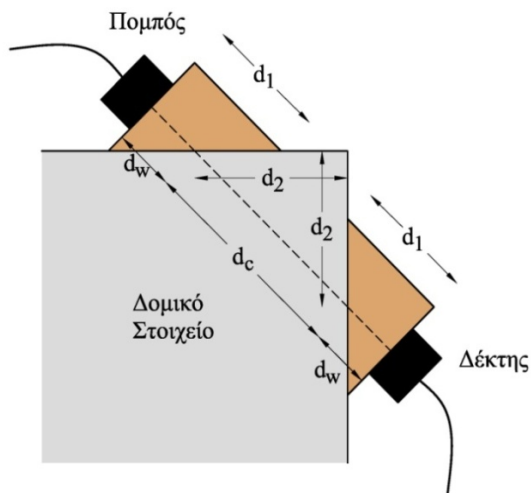
Καθηγητής Πανεπιστήμιο Πατρών, nanif@mech.upatras.gr

Εκτενής περίληψη

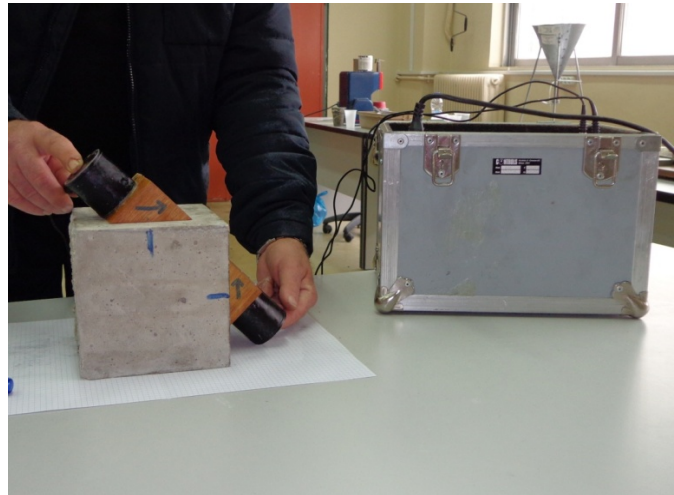
Οι μη-καταστροφικές, έμμεσες μέθοδοι έχουν αναδειχθεί σε πολύτιμο εργαλείο αποτίμησης των μηχανικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος σε υφιστάμενες κατασκευές, αποτελώντας απαραίτητο συμπλήρωμα των γνωστών άμεσων, ημικαταστρεπτικών μεθόδων (πυρηνοληψίες), ιδιαίτερα όταν απαιτείται υψηλή αξιοπιστία δεδομένων από επί τόπου μετρήσεις (ΚΑΝ.ΕΠΕ., ΟΑΣΠ, 2013). Μία από τις πλέον διαδεδομένες έμμεσες μη-καταστροφικές μεθόδους προσδιορισμού της αντοχής του σκυροδέματος είναι αυτή των υπερήχων, η οποία χαρακτηρίζεται από την ευκολία εφαρμογής της που καθιστά δυνατή την ταχεία λήψη μεγάλου αριθμού μετρήσεων σε μία κατασκευή.

Ως γνωστόν η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας διάδοσης των διαμήκων κυμάτων στην περιοχή της εστίας του πομπού υπερήχων (Κακαβάς και Λέμης, 2016). Για τη λήψη μετρήσεων υψηλής ακρίβειας απαιτείται η τοποθέτηση πομπού και δέκτη της συσκευής στις απέναντι παρειές του υπό εξέταση δομικού μέλους κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Ωστόσο η τοποθέτηση αυτή δεν είναι πάντοτε εφικτή π.χ. λόγω περιορισμένης πρόσβασης σε περιπτώσεις «συνεχούς» δόμησης («τυφλά» δομικά στοιχεία). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η ακρίβεια της μέτρησης προκύπτει μειωμένη σε στοιχεία μεγάλου πάχους (Κακαβάς κ.α., 2016).

Για την αντιμετώπιση των ανωτέρω πρακτικών προβλημάτων, στην παρούσα εργασία προτείνεται και εξετάζεται πειραματικά και αριθμητικά η αξιοπιστία μίας εναλλακτικής διάταξης πομπού και δέκτη της συσκευής υπερήχων, χρησιμοποιώντας κατάλληλα παρεμβλήματα (Σχ. 1). Η προτεινόμενη διάταξη επιτρέπει τη λήψη μετρήσεων με τη συσκευή υπερήχων ακόμα και σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η ιδανική τοποθέτηση πομπού και δέκτη σε απέναντι παρειές δομικών στοιχείων. Επιπροσθέτως, μπορεί να εφαρμοσθεί και σε στοιχεία μεγάλου πάχους μειώνοντας σημαντικά τη διαδρομή του κύματος εντός του δομικού μέλους οδηγώντας, συνεπώς, σε μετρήσεις αυξημένης αξιοπιστίας.



Σχ. 1 Η προτεινόμενη εναλλακτική διάταξη για τον προσδιορισμό της αντοχής του σκυροδέματος με τη μέθοδο των υπερήχων.



Σχ. 2 Εφαρμογή της προτεινόμενης διάταξης σε ελεγχόμενες, εργαστηριακές συνθήκες χρησιμοποιώντας τυπικά δοκίμια σκυροδέματος.

Οι σημαντικότερες παράμετροι που αναγνωρίστηκαν και διερευνήθηκαν για την περίπτωση που εξετάστηκε αφορούν την επίδραση του υλικού των παρεμβλημάτων και της υπό γωνία τοποθέτησης των στελεχών της συσκευής στις μετρήσεις. Τα παρεμβλήματα διαμορφώθηκαν από ξύλο, ώστε να εξετασθεί η επίδραση της ανισοτροπίας του υλικού στη διάδοση του κύματος. Η τοποθέτηση πομπού και δέκτη υπό κλίση αναμένεται να επηρεάσει τη μέτρηση λόγω της επίδρασης κυρίως των διατμητικών κυμάτων, η οποία στην περίπτωση αυτή είναι μη αμελητέα, συνεπώς πρέπει να ληφθεί άμεσα υπόψιν. Και στις δύο περιπτώσεις, το φαινόμενο προσεγγίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Hankinson, 1921, όπως εφαρμόζεται σε αντίστοιχα προβλήματα από τους Xu et al., 2014.

Η εφαρμογή της εξίσωσης και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της εξαρτάται από την επιλεγθείσα τιμή για την ημιεμπειρική σταθερά n που σχετίζεται με το υλικό. Για τη βαθμονόμηση της τιμής της σταθεράς αυτής σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές μετρήσεις υπερήχων με την προτεινόμενη διάταξη σε τυπικά κυβικά δοκίμια σκυροδέματος (Σχ. 2), γνωστής θλιπτικής αντοχής (προσδιορίστηκε έπειτα από δοκιμές άμεσης θλίψης). Αξιοποιώντας τα πειραματικά αποτελέσματα και τροποποιώντας κατάλληλα τις διαθέσιμες σχέσεις υπολογισμού προέκυψε μία σύντομη και πρακτική διαδικασία προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με βάση την εικονιζόμενη στο Σχ. 1 διάταξη των στελεχών της συσκευής υπερήχων.

Με σκοπό την επικύρωση της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με χρήση της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων και κατάλληλου λογισμικού. Κατά την προσομοίωση της διάταξης χρησιμοποιούνται κατάλληλα τρισδιάστατα στοιχεία σκυροδέματος. Αντίστοιχα τρισδιάστατα στοιχεία όγκου χρησιμοποιούνται επίσης και για να ξύλινα παρεμβλήματα, ώστε να ληφθεί υπόψιν στην ανάλυση η εγγενής ανισοτροπία του υλικού. Τέλος, κατάλληλα προσομοιώνεται η διεπιφάνεια μεταξύ ξύλινων παρεμβλημάτων και στοιχείου σκυροδέματος, ώστε να ληφθούν υπόψιν τα φαινόμενα ανάκλασης και διάθλασης των κυμάτων στην περιοχή αυτή (Nayfeh, 1995).

Αποτελέσματα που αφορούν κυρίως τη μεταβολή της ταχύτητας του υπερήχου εντός του δοκιμίου χρησιμοποιούνται για να ελεγχθούν οι πειραματικές μετρήσεις, καθώς και για να διερευνηθεί περαιτέρω η σχέση της ταχύτητας των κυμάτων με την αντοχή του σκυροδέματος.

Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) (2013), “ΚΑΝ.ΕΠΕ. – Κανονισμός Επεμβάσεων”, Αθήνα.
- Κακαβάς Π. Κ. και Λέμης - Πετρόπουλος Π. (2016) “Τεχνολογία Δομικών Υλικών (2^η έκδοση)”, Θεσσαλονίκη.
- Κακαβάς Π., Μπάρος Δ. και Ανυφαντής Ν. (2016), “Διακρίβωση παραμένουσας αντοχής τοιχοποιίας ιστορικών κτιρίων με τη μέθοδο των υπερήχων ”, *Πρακτικά 6^{ου} Τακτικού Εθνικού Συνεδρίου Μετρολογίας*, Αθήνα.
- Hankinson R. L. (1921), “Investigation of crushing strength of spruce at varying angles of grain”, *Air Service Information Circular*, 3(259).
- Xu H., Xu G., Wang L. and Yu L. (2014), “Propagation behavior of acoustic wave in wood”, *Journal of Forestry Research*, 25(3), p.p. 671-676, 2014.
- Nayfeh A. H. (1995), “Wave propagation in layered anisotropic media with applications to composites”, Elsevier.