

ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΜΜΕΣΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΚΑΙ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ ΜΕΣΩ ΠΥΡΗΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Κων/νος Γ. Τρέζος, Εργ. Ωπλ. Σκυρ. ΕΜΠ
Π. Παπακυριακόπουλος, Επ. Καθ. ΔΠΘ
Χρ. Σπανός, Πολ. Μηχ.

1. Εισαγωγή

Για την εκτίμηση της επιτόπου θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος χρησιμοποιούνται πολύ συχνά έμμεσες, μή καταστροφικές μέθοδοι. Με τις έμμεσες μεθόδους, η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος δεν μετριέται άμεσα, αλλά εκτιμάται εμμέσως από τη συσχέτισή-της με κάποια άλλη ιδιότητα του σκυροδέματος, η οποία μετριέται σχετικώς εύκολα. Δύο από τις πλέον διαδεδομένες έμμεσες, μή καταστροφικές, μεθόδους για την εκτίμηση της επιτόπου θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος είναι η μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων δια μέσου της μάζας του σκυροδέματος (Μέθοδος υπερήχων) καθώς και η εκτίμηση της επιφανειακής σκληρότητας του σκυροδέματος (Μέθοδος κρουσιμέτρου).

Στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα σχέσεων [2] έως [9], [14] έως [19] με τις οποίες συσχετίζεται η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων ή/και την ένδειξη του κρουσιμέτρου. Η συνήθης πρακτική για δημιουργία τέτοιων σχέσεων βασίζεται στην παρασκευή συμβατικών δοκιμών σκυροδέματος στα οποία μετριέται η ταχύτητα των υπερήχων και καταγράφεται η ένδειξη του κρουσιμέτρου και στην συνέχεια τα δοκίμια δοκιμάζονται σε θλίψη για να προσδιορισθεί η θλιπτική αντοχή τους. Αν το πλήθος των δοκιμών και το εύρος της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος είναι ικανοποιητικά, τότε, από την επεξεργασία του νέφους των σημείων, προκύπτουν ερμηνευτικές καμπύλες που συσχετίζουν την μετρούμενη ιδιότητα (ταχύτητα υπερήχων ή ένδειξη του κρουσιμέτρου) με την θλιπτική αντοχή του συμβατικού δοκιμίου.

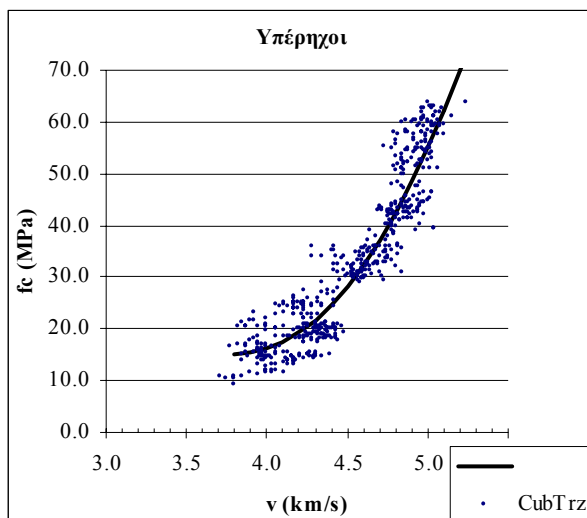
Βεβαίως το πρόβλημα στην πράξη γίνεται πιο περίπλοκο, μιας και εκείνο το οποίο ενδιαφέρει είναι η επιτόπου αντοχή του σκυροδέματος, η οποία διαφέρει από την αντίστοιχη αντοχή των συμβατικών δοκιμών. Πολλοί είναι οι λόγοι για την διαφοροποίηση των δύο αυτών αντοχών: η ενδεχόμενη απόμειξη κατά την διάσθρωση του σκυροδέματος, ο βαθμός συμπακνώσεως, οι συνθήκες συντηρήσεως, η ηλικία του σκυροδέματος, το είδος του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου (πλάκα, δοκός, υποστύλωμα) κ.α.. Από τους παραπάνω λόγους άλλοι έχουν συστηματικό χαρακτήρα και άλλοι τυχαίο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διασπορά και η εκτιμώμενη αντοχή να γίνεται πιο αβέβαιη.

Για την εκτίμηση αυτής της αυξημένης αβεβαιότητας της επιτόπου θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, στην παρούσα εργασία εξετάζονται στοιχεία τα οποία έχουν ληφθεί από πυρηνοληψίες που έγιναν σε πραγματικές κατασκευές. Στους πυρήνες, πριν από την δοκιμή τους σε θλίψη, έγινε μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων. Τα προκύπτοντα ζεύγη τιμών (αντοχής και ταχύτητας υπερήχων) από τους πυρήνες συγκρίνονται με τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών που είχαν προκύψει [19] εφαρμόζοντας την ίδια διαδικασία σε συμβατικά δοκίμια.

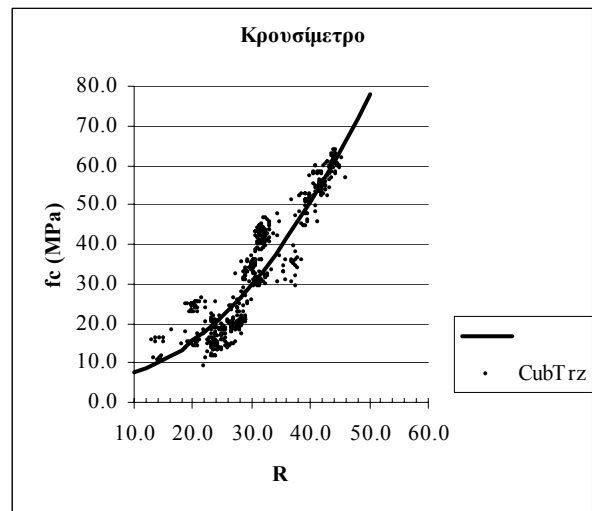
Τέλος, στην εργασία αυτή, τα δεδομένα από συμβατικά δοκίμια που είχαν παραχθεί εργαστηριακά και τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί στην εργασία [19] για τον προσδιορισμό των καμπυλών συσχέτισεως της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων καθώς και με την ένδειξη του κρουσιμέτρου, εμπλουτίζονται με στοιχεία από δοκιμές σε συμβατικά δοκίμια προερχόμενα από πραγματικές κατασκευές.

2. Δεδομένα

Στην εργασία [19] είχε χρησιμοποιηθεί ένας συνολικός αριθμός από 551 συμβατικά κυβικά δοκίμια σκυροδέματος (περίπτωση 1 του Πίνακα 1). Τα δοκίμια είχαν παρασκευασθεί ειδικώς στο ΕΩΣ/ΕΜΠ και στο ΚΕΔΕ για τον προσδιορισμό της συσχέτισης της θλιπτικής αντοχής των συμβατικών δοκιμίων με την ταχύτητα των υπερήχων καθώς και με την ένδειξη του κρουσιμέτρου. Για την παρασκευή των δοκιμίων χρησιμοποιήθηκαν ασβεστολιθικά αδρανή της περιοχής Αττικής. Τα τσιμέντα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Ελληνικού τύπου Ι/35 και ΙΙ/35. Ο λόγος w/c νερού προς τσιμέντο μεταβαλλόταν από 0.50-0.86. Οι αντοχές των δοκιμίων κυμάνθηκαν από 10-60 MPa. Η ηλικία θραύσεως των δοκιμίων ήταν, κατά κανόνα, 28 ημέρες. Πριν από την θραύση των δοκιμίων εκτελούνταν μετρήσεις με κρουσίμετρο και με συσκευή υπερήχων. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κρουσίμετρο Schmidt τύπου Ν και όργανο μέτρησης των υπερήχων Pundit. Το νέφος των σημείων και οι αντίστοιχες καμπύλες φαίνονται στα σχήματα 1 και 2.



Σχήμα 1: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων [19]



Σχήμα 2: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ένδειξη του κρουσιμέτρου [19]

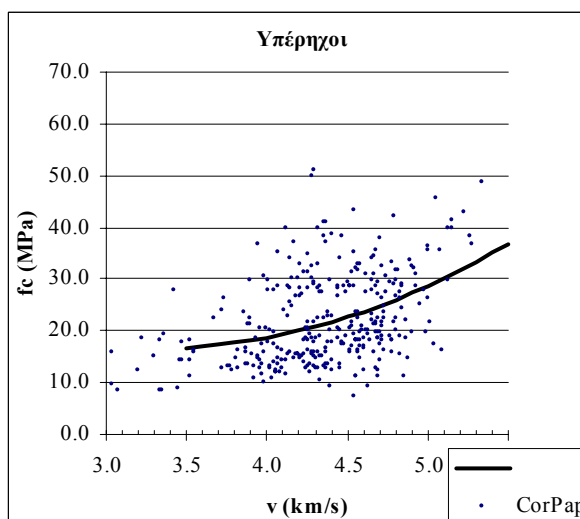
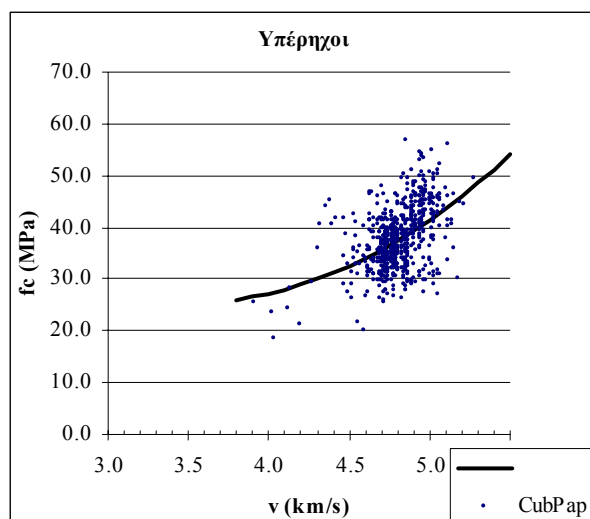
Τα δεδομένα αυτά εμπλουτίζονται, στην παρούσα εργασία, με τα εξής επιπλέον στοιχεία (βλ περιπτώσεις 2 έως και 4 του Πίνακα 1): **α)** με 655 κυβικά δοκίμια τα οποία προσκομίσθηκαν για έλεγχο στα εργαστήρια GEOTERRA. Πριν από την θραύση των δοκιμίων μετρούνταν η ταχύτητα των υπερήχων και η ένδειξη του κρουσιμέτρου, **β)** με 346 πυρήνες διαμέτρου 10cm οι οποίοι ελήφθησαν από το Εργαστήριο GEOTERRA. Πριν από την θραύση των πυρήνων γινόταν μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων διαμέσου του πυρήνα. **γ)** Με 451 πυρήνες διαμέτρου 10cm οι οποίοι ελήφθησαν από διάφορα εργαστήρια ελέγχου σκυροδέματος της Αθήνας. Ομοίως πριν από την θραύση των πυρήνων γινόταν μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων διαμέσου του πυρήνα. Βεβαίως, οι μετρήσεις υπερήχων σε πυρήνες διαμέτρου 10cm δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τις ελάχιστες εγκάρσιες αποστάσεις του δοκιμίου [20] γι' αυτό και τα αποτελέσματα από τους πυρήνες θα πρέπει να εξετασθούν με προσοχή. Όλα τα δοκίμια των περιπτώσεων 2, 3 και 4 του Πίνακα 1 προέρχονταν από διάφορα εργοτάξια του Ελληνικού χώρου και δεν ήταν γνωστή η σύνθεση των χρησιμοποιηθέντων σκυροδεμάτων.

Πίνακας 1 Δεδομένα ανά πηγή προελεύσεως και είδος δοκιμίων.

A/A	Είδος δοκιμίων	Πλήθος	Μετρούμενα μεγέθη	Προέλευση	Συμβολισμός
1	Κυβικά	551	f_c, v, R	Συμβατικά δοκίμια παρασκευασθέντα στα Εργ. Ω.Σ./ΕΜΠ και ΚΕΔΕ	CubTrz
2	Κυβικά	655	f_c, v, R	Συμβατικά δοκίμια προσκομισθέντα στο Εργ. GEOTERRA	CubPap
3	Πυρήνες	346	f_c, v	Πυρήνες από δημόσια και ιδιωτικά έργα ληφθέντες από Εργ. GEOTERRA	CorPap
4	Πυρήνες	451	f_c, v	Πυρήνες από δημόσια και ιδιωτικά έργα	CorSpa

3. Επεξεργασία

Στα σχήματα 3 έως 5 φαίνονται τα δεδομένα που αντιστοιχούν στις περιπτώσεις 2 έως και 4 του Πίνακα 1 τα οποία αναφέρονται στην συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος f_c με την ταχύτητα v των υπερήχων (προς σύγκριση με το σχήμα 1). Ειδικώς για τα σχήματα 4 και 5, ως αντοχή του σκυροδέματος f_c ελήφθη η αντοχή του πυρήνα χωρίς καμία διόρθωση η αναγωγή ώστε να προκύψει η αντοχή κύβου. Τέλος, στο σχήμα 6 φαίνονται τα δεδομένα που αντιστοιχούν στην περίπτωση 2 του Πίνακα 1 τα οποία αναφέρονται στην συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος f_c με την ένδειξη του κρουσιμέτρου R (προς σύγκριση με το σχήμα 2).



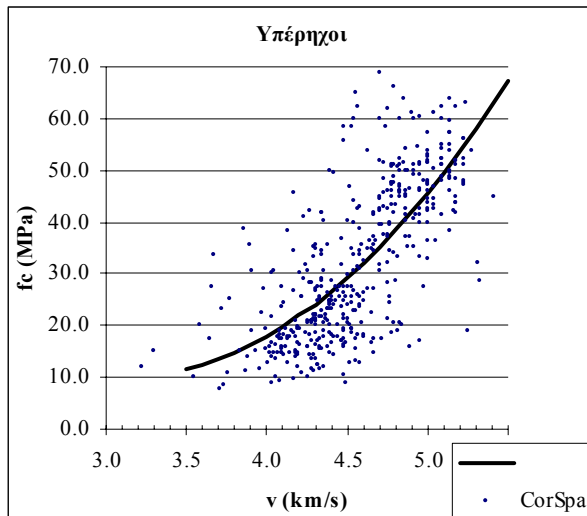
Σχήμα 3: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων (δεδομένα CubPap βλ Πιν 1)

Σχήμα 4: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων (δεδομένα CorPap βλ Πιν 1)

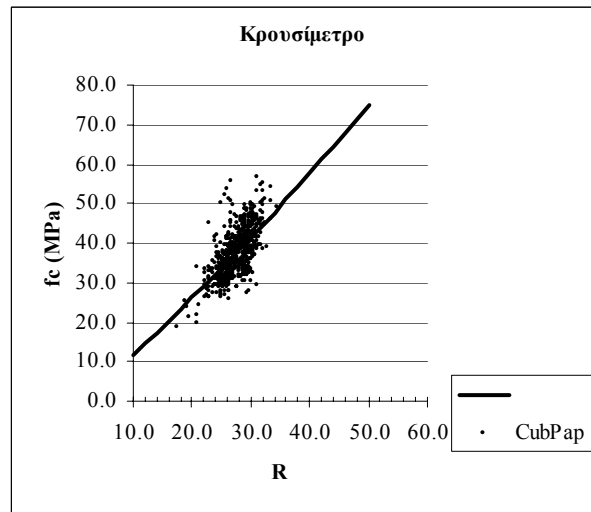
Για τον προσδιορισμό της σχέσεως μεταξύ θλιπτικής αντοχής και μετρούμενου μεγέθους (ταχύτητα υπερήχων v , ή ένδειξη κρουσιμέτρου R) έγιναν γραμμικές και μή γραμμικές παλινδρομήσεις. Εξετάστηκαν περίπου 75 προσομοιώματα από τα οποία, εδώ, παρουσιάζονται τρία:

1. το παραβολικό μορφής $f_c = ax^2 + bx + c$
2. το εκθετικό μορφής: $f_c = ae^{bx}$
3. και το μορφής δυνάμεως: $f_c = ax^b$

Τα προσομοιώματα αυτά δεν είναι κατ' ανάγκη τα τρία καλλίτερα (θεωρώντας ως κριτήριο τον συντελεστή συσχέτισης) αλλά είναι αυτά τα οποία συνιστώνται στην διεθνή βιβλιογραφία για την



Σχήμα 5: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων (δεδομένα CorSpa βλ Πιν 1)



Σχήμα 6: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ένδειξη του κρουσιμέτρου (δεδομένα CubPap βλ Πιν 1)

συσχέτιση θλιπτικής αντοχής με την ταχύτητα των υπερήχων ή/και την ένδειξη του κρουσιμέτρου. Πάντως ο συντελεστής συσχέτισης της βέλτιστης προσαρμογής (η οποία συνήθως ήταν πολυώνυμο 10^{ου} βαθμού) δεν διέφερε ουσιωδώς από τους συντελεστές συσχέτισης των τριών παραπάνω προσομοιωμάτων.

Στους επόμενους πίνακες φαίνονται συνοπτικώς τα αποτελέσματα των παλινδρομήσεων, για κάθε κατηγορία δεδομένων, συναρτήσει της ταχύτητας των υπερήχων v (Πιν. 2) και της ενδείξεως R του κρουσιμέτρου (Πιν. 3). Στο τέλος κάθε πίνακα φαίνονται και οι παλινδρομήσεις για όλα τα δεδομένα.

Πίνακας 2: Συσχέτιση θλιπτικής αντοχής f_c με την ταχύτητα v των υπερήχων.

A/A	Δεδομένα	Προσομοίωμα	Τυπική απόκλιση (MPa)	Συντελεστής συσχέτισης R^2
1.1	CubTrz	$f_c=29.0*v^2-221.7*v+439.2$	5.21	0.882
1.2		$f_c=0.093*e^{1.277*v}$	5.30	0.878
1.3		$f_c=0.00422*v^{5.88}$	5.33	0.876
2.1	CubPap	$f_c=7.16*v^2-50.1*v+113.2$	5.27	0.219
2.2		$f_c=3.64*e^{0.486*v}$	5.27	0.218
2.3		$f_c=0.994*v^{2.32}$	5.27	0.216
3.1	CorPap	$f_c=4.13*v^2-27.1*v+61.1$	7.79	0.167
3.2		$f_c=5.18a*e^{0.33*v}$	7.91	0.139
3.3		$f_c=3.26*v^{1.3}$	7.97	0.125
4.1	CorSpa	$f_c=10.0*v^2-62.3*v+106.8$	10.6	0.517
4.2		$f_c=0.565*e^{0.877*v}$	10.7	0.509
4.3		$f_c=0.059*v^{4.13}$	10.6	0.513
5.1	Όλα	$f_c=12.2*v^2-82.0*v+150.4$	8.4	0.577
5.2		$f_c=0.463*e^{0.914*v}$	8.5	0.567
5.3		$f_c=0.048*v^{4.25}$	8.6	0.565

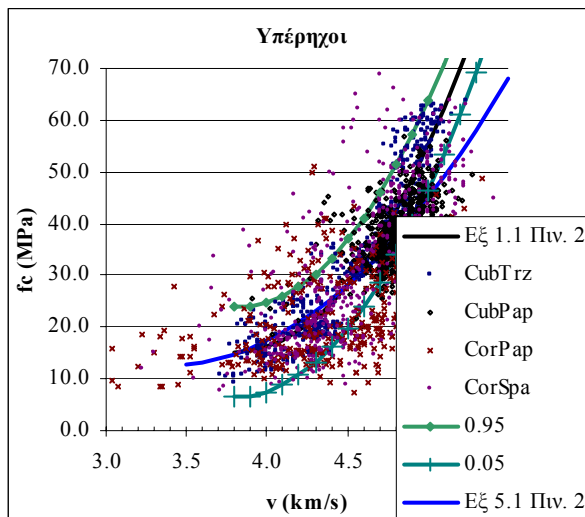
Πίνακας 3: Συσχέτιση θλιπτικής αντοχής f_c με την ένδειξη R του κρουσιμέτρου

A/A	Δεδομένα	Προσομοίωμα	Τυπική απόκλιση (MPa)	Συντελεστής συσχέτισεως R^2
1.1	CubTrz	$f_c=0.032*R^2-0.164*R+5.9$	5.86	0.851
1.2		$f_c=5.97*e^{0.053*R}$	6.04	0.841
1.3		$f_c=0.066*R^{1.80}$	5.87	0.850
2.1	CubPap	$f_c=0.005*R^2+1.27*R-1.37$	4.67	0.391
2.2		$f_c=11.90*e^{0.0416*R}$	4.67	0.390
2.3		$f_c=0.858*R^{1.14}$	4.67	0.390
3.1	Ολα	$f_c=0.008*R^2+2.12*R-18.7$	7.37	0.585
3.2		$f_c=11.58*e^{0.0378*R}$	7.59	0.560
3.3		$f_c=0.418*R^{1.25}$	7.41	0.581

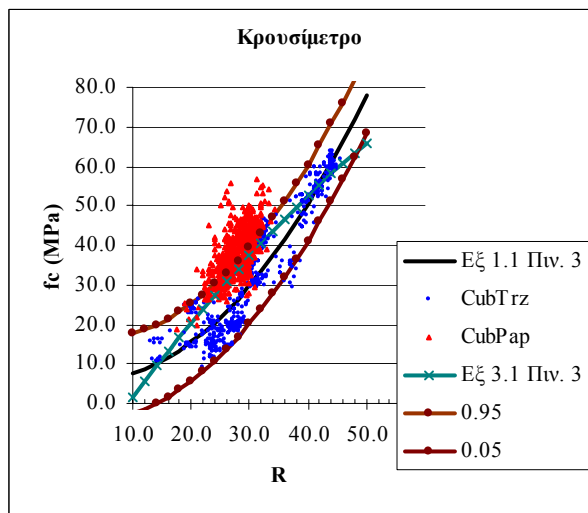
Οι καμπύλες που έχουν σχεδιασθεί στα σχήματα 1 έως 6 αντιστοιχούν στο παραβολικό προσομοίωμα.

Από τα σχήματα 1 έως 6 προκύπτει η αυξημένη διασπορά καθώς και ο μειωμένος συντελεστής συσχέτισεως ιδίως των δεδομένων που αντιστοιχούν στους πυρήνες.

Στα σχήματα 7 και 8 έχουν σχεδιασθεί όλα τα δεδομένα ανά πηγή προελεύσεως και οι καμπύλες παλινδρομήσεως που αντιστοιχούν στα εργαστηριακά δεδομένα CubTrz καθώς και στο σύνολο των δεδομένων. Επίσης έχει σχεδιασθεί το αμφίπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης [5%,95%] όπως προκύπτει από τα εργαστηριακά δεδομένα (CubTrz) (σχέσεις 1.1 των Πινάκων 1 και 2). Παρατηρείται ότι πολλά σημεία (ιδίως τα προερχόμενα από πυρήνες) βρίσκονται εκτός του διαστήματος εμπιστοσύνης γεγονός που υποδηλώνει την αυξημένη διασπορά των δεδομένων αυτών.

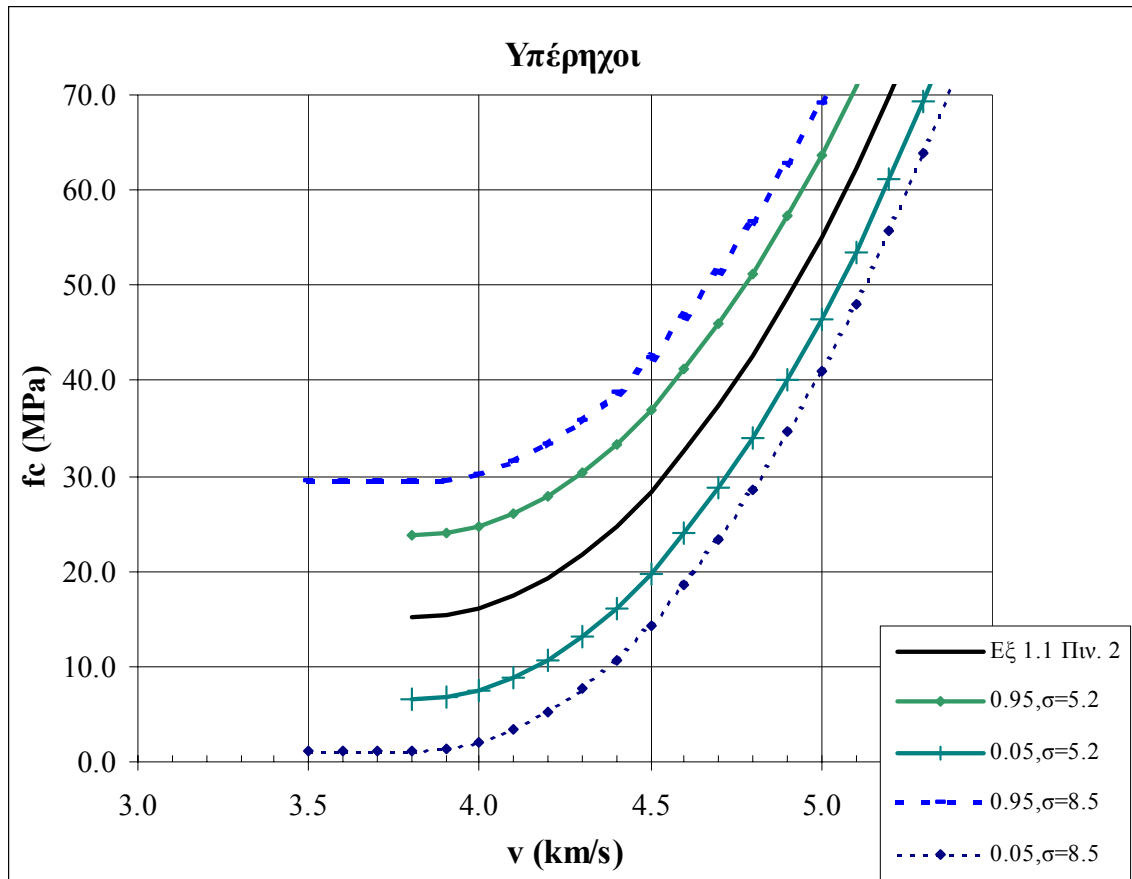


Σχήμα 7: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ταχύτητα των υπερήχων (όλα τα δεδομένα του Πίνακα 1), και διάστημα εμπιστοσύνης [5%, 95%]



Σχήμα 8: Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με την ένδειξη του κρουσιμέτρου (όλα τα δεδομένα του Πίνακα 1), και διάστημα εμπιστοσύνης [5%, 95%]

Στο Σχήμα 9 έχουν σχεδιασθεί τα διαστήματα εμπιστοσύνης [5%,95%] για δύο τιμές της τυπικής αποκλίσεως: **α)** για την τιμή $\sigma=5.21\text{MPa}$ που αντιστοιχεί στα εργαστηριακά δεδομένα (περίπτωση 1.1 του Πίνακα 2) και **β)** για την τιμή $\sigma=8.4\text{MPa}$ που αντιστοιχεί στο σύνολο των δεδομένων (περίπτωση 5.1 του Πίνακα 2).



Σχήμα 9: Σύγκριση των διαστημάτων εμπιστοσύνης [5%, 95%] για δύο τιμές της τυπικής αποκλίσεως: $\sigma=5.2\text{MPa}$ και $\sigma=8.5\text{MPa}$.

Είναι εμφανής η σημαντική διεύρυνση του διαστήματος εμπιστοσύνης με την αύξηση της τυπικής αποκλίσεως.

4. Συμπεράσματα

Από τα προηγούμενα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Οι μετρήσεις υπερήχων σε πυρήνες αυξάνουν την διασπορά των αποτελεσμάτων.
2. Οι αβεβαιότητες και τα σφάλματα των επιτόπου μετρήσεων είναι σημαντικώς μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα των εργαστηριακών μετρήσεων, ενώ οι μέσες καμπύλες δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλες διαφορές.
3. Κατά την εκτίμηση της επιτόπου αντοχής του σκυροδέματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Δεν αρκεί να δίνεται μόνον η μέση τιμή της εκτιμώμενης αντοχής, αλλά πρέπει να δίνεται και το διάστημα εμπιστοσύνης. Κατά τον υπολογισμό του διαστήματος εμπιστοσύνης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο οι μετρήσεις να παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά με αποτέλεσμα την διεύρυνση του διαστήματος εμπιστοσύνης (βλ. Σχ.9)

Βιβλιογραφία

- [1] Tassios T.P.: "A-posteriori estimation of conventional concrete strength from in-situ measurements", **RILEM workshop: "Testing during concrete construction"**, Mainz, Germany 5-7/3/1990

- [2] Logothetis L.: "A contribution to the in-situ assessment of concrete strength by means of combined non-destructive methods" (in Greek), **Dr Eng. Thesis** (Supervisor T. Tassios), Nat. Tech. University, Athens 1978.
- [3] Tomsett H.N.: "The practical use of ultrasonic pulse velocity measurements in the assessment of concrete quality", **Magazine of concrete research**, **32**, March 1980, pp 7-16
- [4] Facaoaru I.: "Contribution a l'étude de la relation entre la résistance du béton a la compression et de la vitesse de propagation longitudinale des ultrasons", **RILEM No 22**, 9/1961, pp 125-154
- [5] Mikulic D., Pause Z., Ukraincik V., "Determination of concrete quality in a structure by combination of destructive and non destructive methods", **Materials and Structures**, **25**, 1992, pp65-69
- [6] Mommens A., "La précision de l' estimation de la résistance du béton au moyen de l' indice sclerometrique", **Matériaux et Construction**, Vol **10** No **55**, 1977, pp 49-54
- [7] Malhotra V.M., Carette G., "Comparison of pullout strength of concrete with compressive strength of cylinders and cores, pulse velocity and rebound number", **ACI journal**, May-June 1980, pp 161-170
- [8] Chung H.W., Law K.S.: "Diagnosing in situ concrete by ultrasonic pulse technique", **Concrete International**, Oct. 1983.
- [9] Mitchell L., Hoagland G.: "Investigation of the impact type concrete test hammer", **Highway Research Board**, Bulletin **305**, 1961
- [10] Μαραβέλιας Χ. Ε.: "Συσχέτιση συμβατικής αντοχής και επί τόπου αντοχής του σκυροδέματος με χρήση έμμεσων μεθόδων και πυρήνων - διαφοροποίηση της αντοχής ανά δομικό στοιχείο", **Διπλωματική Εργασία**, Ιούνιος 1991.(ΕΩΣ/ΕΜΠ)
- [11] Τάσιος Θ., Τρέζος Κ., Μαραβέλιας ΧΡ. "Ανάπτυξη μεθόδου για την αξιοπιστία των έμμεσων μεθόδων επιτόπου προσδιορισμού της αντοχής σκυροδέματος σε δομήματα Ω.Σ.", **Εργαστήριο Ω.Σ/ΕΜΠ, 1η έκθεση προόδου**, Αθήνα, Αύγουστος 1991
- [12] Τάσιος Θ., Τρέζος Κ., Μαραβέλιας ΧΡ. "Επιτόπου προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος και συσχέτιση με την συμβατική αντοχή", **10ο Συνέδριο Σκυροδέματος**, Ρόδος, Οκτώβριος 1991, σελ 36-50
- [13] Trezos C., "Etude probabiliste de la résistance ultime des assemblages soudés en K", **Construction Métallique**, No **1**, 1978, pp 37-57
- [14] Mikulic D., Pause Z., Ukraincik V "Determination of concrete quality in a structure by combination of destructive and non destructive methods", **Materials and structures**, 1992, **25**, pp 65-69
- [15] Facaoaru I., "Contribution a l'étude de la relation entre la résistance du béton a la compression et la vitesse de propagation longitudinale des ultrasons", **RILEM Bulletin No 12**, septembre 1961, pp 125-154
- [16] DIN 1048
- [17] Nasser K., Almanaseer A., "Comparison of non-destructive testers of hardened concrete", **ACI materials journal**, Sep-Oct 1987, pp 374-380
- [18] User's manual of SCHMIDT hammer.
- [19] Τρέζος Κ, Γεωργίου Κ, Μαραβέλιας Χρ, «Προσδιορισμός της επιτόπου αντοχής του σκυροδέματος με έμμεσες μεθόδους. Βαθμονόμηση του κρουσιμέτρου και των υπερήχων», **Τεχνικά Χρονικά ΤΕΕ**, 1993-0406, σελ. 27-44
- [20] RILEM, Testing of concrete by the ultrasonic pulse method, RILEM NDT1, 1972, 10p

CALIBRATION OF REBOUND HAMMER AND PULSE VELOCITY METHODS THROUGH IN SITU CONCRETE CORES AND STANDARD CUBE SPECIMENS

C. Trezos, Lab Reinf. Concr NTUA
P. Papakyriakopoulos. Assist. Prof. DUTH
and Chr. Spanos, Civ. Eng

EXTENDED SUMMARY

The most frequent and popular non-destructive methods for estimating the in situ concrete strength are calibrated. Four databases, from different testing laboratories, are used to estimate the relation of concrete strength with the Rebound hammer index (R) and Pulse velocity (v). Specimens were of two types: specially prepared standard cubes and in situ drilled cores (10cm diameter). More over, the standard cubes were of two different types: specially prepared cubes in Laboratory and cubes from private and public works in Greece. Various mix design proportions were used for the standard cubes prepared in laboratory. Concrete strengths showed a discrepancy from 10 to 60MPa.

Prior to compression testing, the Rebound hammer index and Pulse velocity were measured on the cubes, while on the cores only the pulse velocity was measured.

Data are plotted in figures 1 to 6 (each figure corresponds to a different data base).

Regression analysis confirms that parabolic curves fit satisfactorily to the data.

The main results are summarised as follows:

1. Pulse velocity measurements in drilled cores exhibit considerably high dispersion
2. Scatter of in situ measurements are higher than the corresponding to the measurements in laboratory, while the mean curves do not differ considerably.
3. When estimating in situ concrete strength special care should be paid to the confidence interval, which is affected by the standard error of the observation.