

ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΑΙ ΚΑΜΨΗ

(για θραυστά ασβεστολιθικά αδρανή Αττικής)

Βασ. Κυριακόπουλος

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc, vkyriako@gmail.com

Στνλ. Κόλιας

Δρ Πολιτικός Μηχανικός τ. Αναπλ. Καθ ΕΜΠ, skolias@central.ntua.gr

Είναι ευρύτατα γνωστό [1,2] ότι η αντοχή σε κάμψη του σκυροδέματος επηρεάζεται σημαντικά από ορισμένα φυσικά χαρακτηριστικά των αδρανών όπως, η ορυκτολογική σύσταση, το είδος της επιφάνειας των αδρανών (λεία ή ανώμαλη, θραυστιγενής ή όχι), ή η μορφή των κόκκων των αδρανών. Πολλές φορές παρουσιάζεται η ανάγκη να γίνει εκτίμηση της αντοχής σε κάμψη από την αντοχή σε θλίψη του σκυροδέματος και αυτό γίνεται με σχέσεις (π.χ. ΕΚΩΣ) που προέρχονται από σκυροδέματα με διαφορετικά αδρανή από αυτά που αφορούν την μελέτη. Αυτό αφορά ιδιαίτερα τη χώρα μας όπου η μεγάλη πλειοψηφία των αδρανών που χρησιμοποιούνται είναι θραυστά ασβεστολιθικά αδρανή τα οποία παρουσιάζουν διαφορετική σχέση “αντοχής σε θλίψη - αντοχής σε κάμψη” από σκυροδέματα με άλλα είδη αδρανών.

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποσκοπεί στο να συμβάλει στην διεύρυνση των πληροφοριών που διατίθενται στο θέμα αυτό.

Για τον σκοπό αυτό και για να δοθεί έμφαση στην πρακτική εφαρμογή των αποτελεσμάτων η εργασία δεν στηρίχθηκε σε δοκίμια που παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο, αλλά σε δοκίμια που λήφθηκαν από το αυτοκίνητο μεταφοράς του σκυροδέματος (βαρέλα) αμέσως μετά την φόρτωσή του από τον αναμικτήρα της μονάδας παραγωγής Έτοιμου Σκυροδέματος. Στην εργασία αυτή συμμετείχαν 3 εταιρείες παραγωγής Έτοιμου Σκυροδέματος. Κάθε δειγματοληψία περιελάμβανε την παρασκευή 3 κυβικών δοκιμίων ακμής 150 mm και 3 πρισματικών δοκιμίων διαστάσεων 100mmx100mmx500mm. Συνολικά παρασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν 222 κυβικά και 222 πρισματικά δοκίμια από 74 δειγματοληψίες. Η παρασκευή (συνπύκνωση) και η συντήρηση των δοκιμίων έγινε στα εργαστήρια των μονάδων παραγωγής του σκυροδέματος, ενώ η θραύση έγινε στο εργαστήριο του Ελληνικού Κέντρου Ερευνών Τσιμέντου (ΕΚΕΤ). Η μεταφορά των δοκιμίων γινόταν λίγες ημέρες πριν από την προγραμματισμένη θραύση σε 28 ημέρες. Σε ορισμένες περιπτώσεις που δεν ήταν δυνατόν η θραύση να γίνει σε 28 ημέρες έγινε σε 27 έως 32 ημέρες, αλλά αφορούσε τόσο την θλίψη όσο και την κάμψη και επομένως η μεταξύ τους σχέση δεν επηρεάστηκε [3].

Η εργασία περιελάμβανε σκυροδέματα κατηγορίας αντοχής C12/15 έως C45/55 με ονομαστική έγιστη διάσταση αδρανών max d=31.5 mm, αλλά και σημαντικό αριθμό γαρμπιλοσκυροδεμάτων (συνήθως max d=16 mm).

Η δοκιμή σε θλίψη και η δοκιμή σε κάμψη έγινε σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 12390-3 και ΕΛΟΤ EN 12390-5. Τα δύο τεμάχια σκυροδέματος που προέκυψαν από την δοκιμή σε κάμψη κάθε πρισματικού δοκιμίου υποβλήθηκαν σε δοκιμή σε θλίψη «ισοδύναμου κύβου» [BS1881part 119 1983 ASTM C 116-90] και ο μέσος όρος των δύο αυτών τιμών παρουσιάζεται ως αντοχή ισοδύναμου κύβου του συγκεκριμένου πρισματικού δοκιμίου. Έτσι από κάθε δειγματοληψία προέκυψαν 3 τιμές αντοχής σε κάμψη, 3 τιμές αντοχής κύβου ακμής 150 mm και 3 τιμές αντοχής ισοδύναμου κύβου (ως μέσος όρος των αντοχών κάθε τμήματος του πρισματικού δοκιμίου μετά την δοκιμή σε κάμψη).

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα σχήματα 1, 2, 3 και 4 υπό μορφή σχέσεων:

- Αντοχής σε θλίψη κύβου ακμής 150 mm και αντοχής ισοδύναμου κύβου ακμής 100 mm, Σχ. 1.

Είναι φανερό ότι δεν παρουσιάζεται σημαντική διαφορά μεταξύ αντοχής κύβων ακμής 150 mm και αντοχής «ισοδύναμων κύβων» ακμής 100 mm.

- Αντοχής σε κάμψη πρισμάτων (100mm 100mm 500mm) σε σχέση με την αντοχή σε θλίψη κύβου ακμής 150 mm, Σχ. 2.

Η σχέση που συνδέει την αντοχή σε κάμψη f_{cfl} με την αντοχή σε θλίψη κύβου f_{ccube} είναι :

$$f_{cfl} = 0.789 \times f_{ccube}^{0.531} \quad \text{μέση καμπύλη, (R}^2 = 0,791)$$

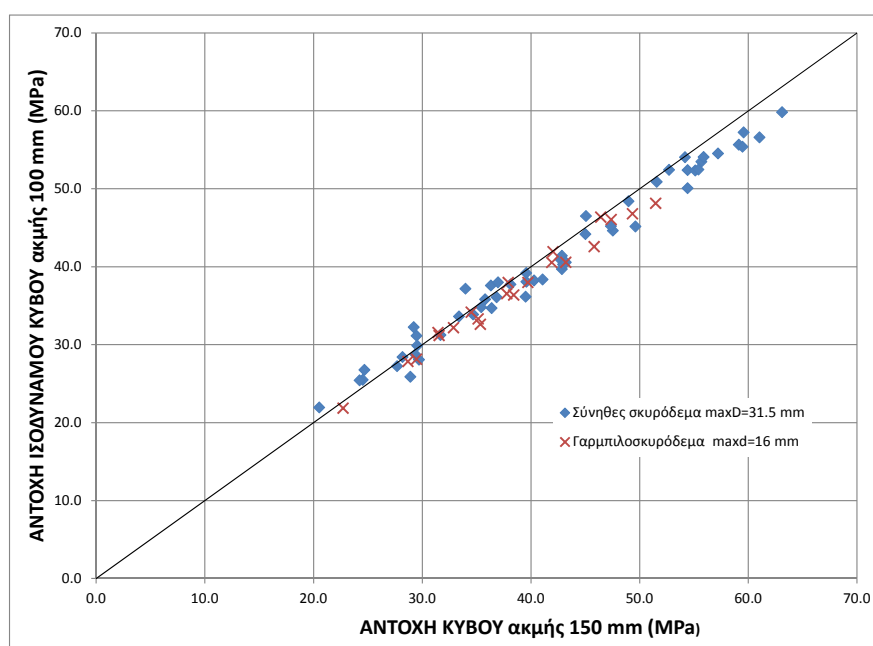
$$f_{cfl} = 0.696 \times f_{ccube}^{0.532} \quad \text{καμπύλη 95\% εμπιστοσύνης για μεμονωμένα αποτελέσματα (μέσος όρος 3 δοκιμίων)}$$

- Αντοχής σε κάμψη πρισμάτων (100mm 100mm 500mm) f_{cfl} σε σχέση με την αντοχή σε θλίψη ισοδύναμου κύβου ακμής 100 mm $f_{ceqcube}$, Σχ. 3.

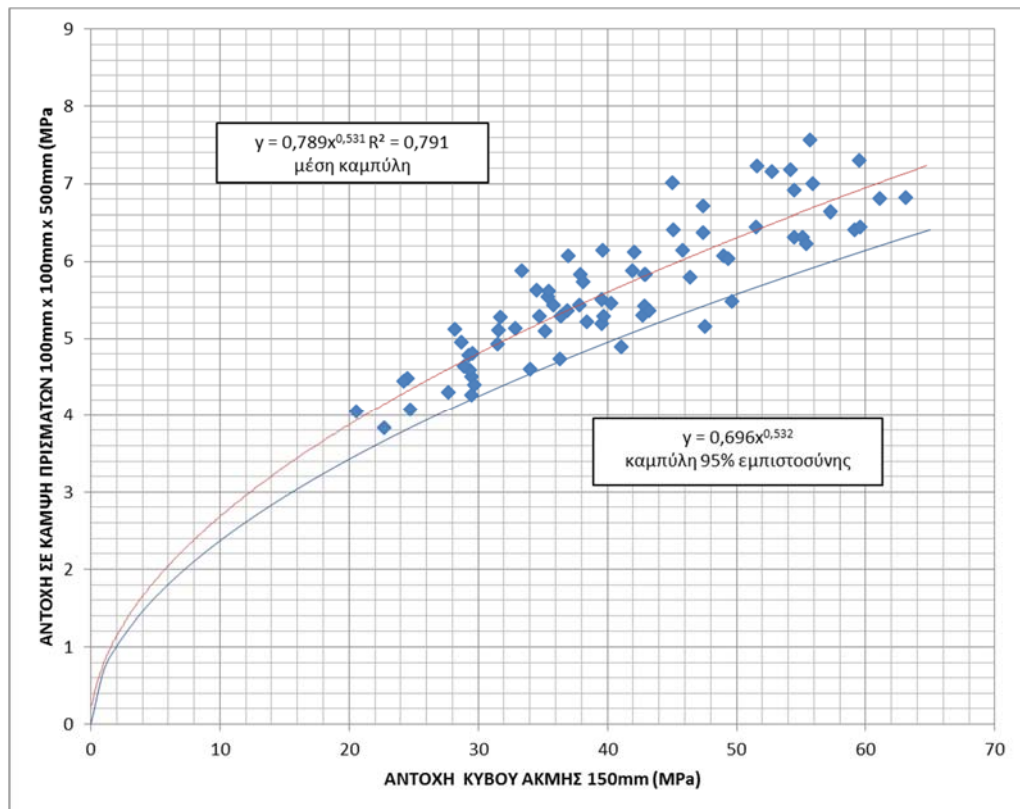
Η σχέση που συνδέει την αντοχή σε κάμψη f_{cfl} με την αντοχή σε θλίψη κύβου $f_{ceqcube}$ είναι :

$$f_{cfl} = 0.676 \times f_{ceqcube}^{0.577} \quad \text{μέση καμπύλη, (R}^2 = 0,808)$$

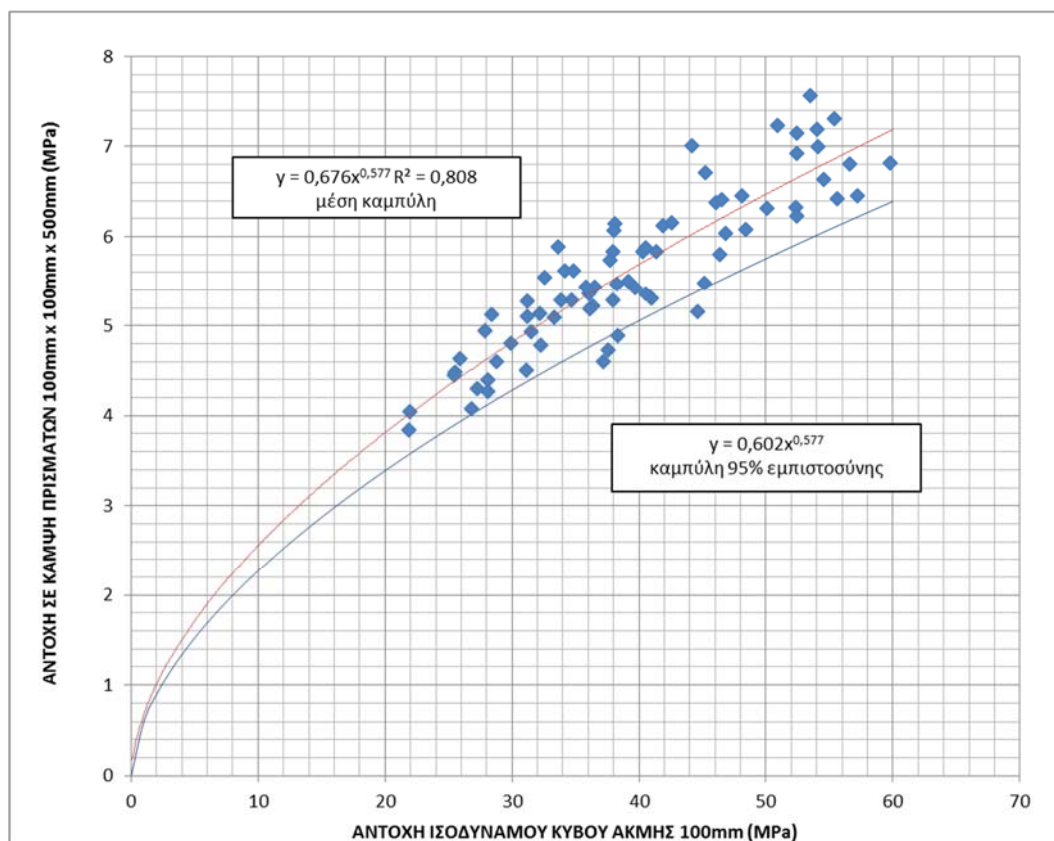
$$f_{cfl} = 0.602 \times f_{ceqcube}^{0.577} \quad \text{καμπύλη 95\% εμπιστοσύνης για μεμονωμένα αποτελέσματα (μέσος όρος 3 δοκιμίων)}$$



Σχ. 1: Σχέση αντοχής σε θλίψη κύβου ακμής 150 mm και αντοχής ισοδύναμου κύβου ακμής 100 mm.

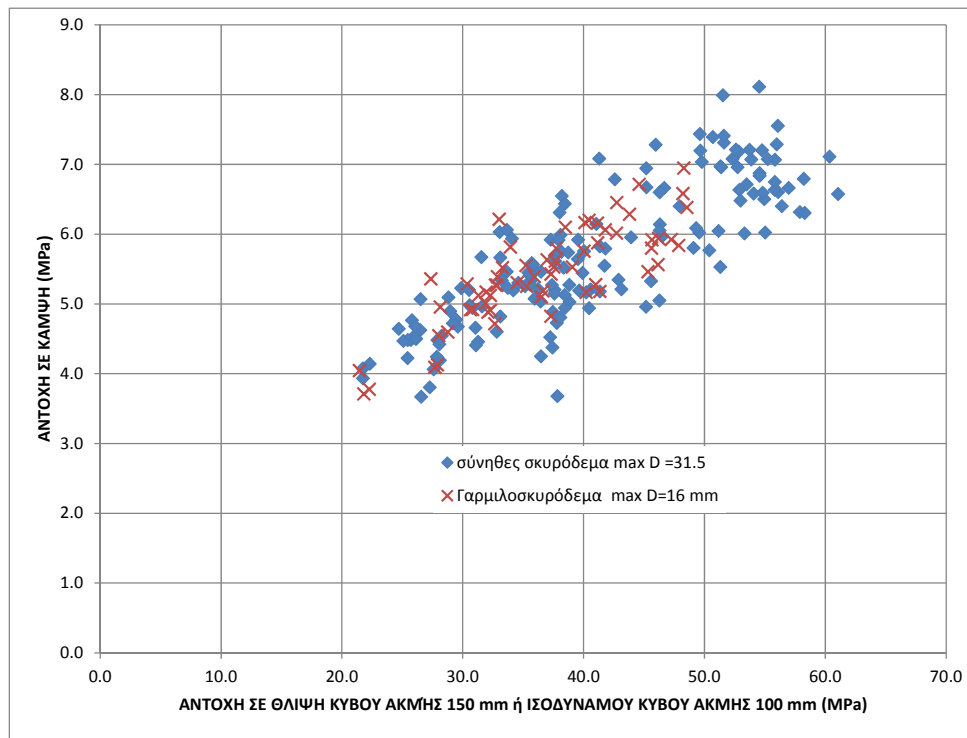


Σχ. 2: Αντοχή σε κάμψη σε σχέση με την αντοχή σε θλίψη κύβου ακμής 150 mm.



Σχ. 3: Αντοχή σε κάμψη σε σχέση με την αντοχή σε θλίψη ισοδύναμου κύβου ακμής 100 mm.

Στο Σχ. 4 φαίνεται ότι δεν παρουσιάζεται διαφορά στη σχέση αντοχής σε κάμψη και αντοχής σε θλίψη για συνήθη σκυροδέματα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 31,5 mm και για γαρμπλοσκυροδέματα με συνήθως μέγιστο κόκκο 16 mm.



Σχ. 4: Αντοχή σε κάμψη σε σχέση με την αντοχή σε θλίψη σκυροδεμάτων με μέγιστο κόκκο 31.5 mm και 16 mm

Βιβλιογραφία

1. M. Alexander, & S. Mindess “Aggregates in Concrete” Taylor and Francis 2005
2. A.M Neville” Properties of concrete “ Longan Group Limited 4th edition 1995
3. F. de Larrard and A. Belloc “ The influence of aggregate on the compressive strength of normal and high strength concrete” ACI Materials Journal 94(5)417-426