

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ (5)

ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΕΚΔΗΛΩΣΗ

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

27 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2001

ΘΕΜΑ: << Έλεγχος Εκτοξευομένου Σκυροδέματος μέσω των δεικτών δυσθραυστότητας >>

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Α.Σακελλαρίου, Δρ. ΠΜ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2001

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ
ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ
(FLEXURAL TOUGHNESS INDEX)**

Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ



Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

“ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ”

ΤΕΕ/ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2001

ΑΘΗΝΑ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

• Για την μέτρηση και τον ποσοτικό προσδιορισμό της πλαστιμότητας (*ductility*) έχουν αναπτυχθεί διάφορες δοκιμές.

• Δύο χώρες (*USA* και *Ιαπωνία*) έχουν εδώ και καιρό δημιουργήσει προδιαγραφές δοκιμών, ώστε να μετρούν την επίδραση των ινών στην δυσθραυστότητα του σκυροδέματος (*toughness*).

• Στις δοκιμές αυτές (πρόκειται για δύο παρόμοιες καμπτικές δοκιμές) καταγράφεται το φορτίο και η αντίστοιχη παραμόρφωση (μετατόπιση – *deflection*).

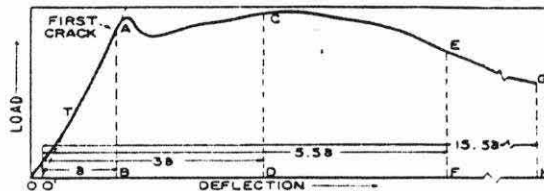
Είναι οι δοκιμές:

USA → ASTM C 1018/85

Japan → JCI-SF4/84

ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΤΑ ASTM C 1018/85

Ένα πρισματικό δοκίμιο διαστάσεων 10x10x35 cm υφίσταται καμπτική φόρτιση στα τρίτα και καταγράφεται το διάγραμμα φορτίου-παραμόρφωσης (σχήμα No 1).



Σχήμα Νο 1. Γραφικό διάγραμμα φορτίου - παραμόρφωσης για σκυρόδεμα με μεταλλικές ίνες

Βάσει του σχήματος Νο 1 ορίζονται τα μεγέθη :

- Πρώτη ρωγμή
- Καμπτική αντοχή πρώτης ρωγμής : f_0
- Παραμόρφωση πρώτης ρωγμής : δ
- Δυσθραυστότητα πρώτης ρωγμής : E_δ

ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

• Βάσει της έννοιας της δυσθραυστότητας (ενέργεια ισοδύναμη με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φορτίο - παραμόρφωση μέχρι μια ΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΗ παραμόρφωση)

ορίζονται οι δείκτες δυσθραυστότητας: $I_5, I_{10}, I_{20}, I_{30}$.

• Οι δείκτες: I_i είναι αριθμοί (αδιάστατα μεγέθη) που λαμβάνονται διαιρώντας το εμβαδόν μέχρι μια καθορισμένη παραμόρφωση δια του εμβαδού μέχρι την πρώτη ρωγμή:

$$I_i = E_i / E_\delta$$

ΔΕΙΚΤΕΣ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΟΣ ΤΕΛΕΙΑ ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

• Για ένα υποθετικό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με μεταλλικές ίνες με τέλεια ελαστοπλαστική συμπεριφορά (δηλαδή ικανότητα μετά την πρώτη ρηγμάτωση, να συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς ούτε να χάνει ούτε να αυξάνει το φορτίο του)

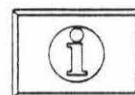
οι τιμές των δεικτών δυσθραυστότητας

I_5 , I_{10} , I_{20} και I_{30}

θα είναι αντίστοιχα:

5, 10, 20 και 30

όπως φαίνεται στο σχήμα Νο 2.



ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

• Εδώ παρουσιάζονται περιληπτικά μερικά αποτελέσματα δυσθραυστότητας κατά ASTM C 1018 από μεγάλα δημόσια έργα. Για τις μετρήσεις αυτές εκτιμούνται οι δείκτες δυσθραυστότητας I_5 , I_{10} , I_{20} , I_{30} και η καμπτική αντοχή.

• Οι δοκιμές αυτές εκτελούνται στο Εργαστήριο Σκυροδέματος της ΔΕΗ την τελευταία δεκαετία. Προς τούτο χρησιμοποιείται μια συσκευή επιβολής σταθερής ταχύτητας παραμόρφωσης (ταχύτητα μετατόπισης: $0,05\text{mm/min}$). Το φορτίο καταγράφεται μέσω ενός ηλεκτρικού μοφοτροπέα (transducer) φορτίου 500KN και η μεταβολή του βέλους κάμψης μέσω ενός μοφοτροπέα μετατόπισης 4 – 5mm. Η διάταξη φαίνεται στις φωτ. Νο 1, έως Νο 7.



...ΔΟΚΙΜΕΣ
ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

• Τα διαγράμματα φορτίου (F) – παραμόρφωσης (δ) που επιτυγχάνονται φαίνονται στα παρακάτω σχήματα No 4, No 5, και No 6.

• Στα σχήματα αυτά δίνονται τα διαγράμματα F- δ για ίδιο τύπο σκυροδέματος, αλλά για διαφορετικούς τύπους ινών, ίδιας δοσολογίας.



...ΔΟΚΙΜΕΣ
ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

• Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα οι καμπύλες F – δ διαφέρουν σημαντικά από την κλασική καμπύλη που δίνεται στο **σχήμα No 1** και βέβαια από αυτή των ελαστοπλαστικών σωμάτων (**σχήμα No 2**).

• Το σημαντικότερο όμως είναι ότι οι καμπύλες F- δ διαφέρουν ουσιαστικά και μεταξύ τους επαληθεύοντας έτσι ότι: **οι ίνες είναι εκείνες που χαρακτηρίζουν τις επιδόσεις των ινοσκυροδεμάτων ως προς την πλαστιμότητα (ductility).**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

• Η ενσωμάτωση μεταλλικών ιών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μεταβάλλει την συμπεριφορά του από ψαθυρή σε πλαστική. Ο βασικός ποιοτικός έλεγχος των εκτοξευόμενων ινοσκυροδεμάτων έγκειται στον έλεγχο της πλαστιμότητας (*ductility*) μέσω διαγραμμάτων ($F - \delta$) φορτίου - παραμόρφωσης (*load - deflection*).



➤ Οι επιδόσεις των ινοσκυροδεμάτων ως προς την πλαστιμότητα αποτιμούνται κατά ASTM με τους δείκτες δυσθραυστότητας I_i . Οι δείκτες I_i αναφέρονται σε συγκεκριμένες παραμορφώσεις (δ , 3δ , $5,5\delta$, $15,5\delta$)

ΤΙ ΘΑ ΓΙΝΕΙ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ;

α) Τα μεγέθη των δεικτών I_i όπως και οι παράγοντες R_i που υπολογίζονται βάσει της προδιαγραφής ASTM C1018 εξαρτώνται σημαντικά από την ακριβή καταγραφή της παραμόρφωσης δ , δηλαδή της πρώτης ρηγμάτωσης. Αυτή η τιμή είναι όμως πολύ μικρή (*θεωρητικά της τάξης του 0,1mm*). Πέραν δε από πιθανά πειραματικά λάθη μετρήσεων, η εμφάνιση της πρώτης ρωγμής, μπορεί να γίνει σε θέση μετατόπισης πέραν των 2δ ή 3δ και έτσι η καταγραφόμενη καμπύλη να είναι πλέον αμφίβολη και να εξαρτάται και από την πειραματική διάταξη.

β) Στην προηγούμενη παρατήρηση οφείλεται μια γενικότερα αυξανόμενη δυσπιστία υιοθέτησης αυτού του προτύπου από πολλούς Κανονισμούς εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Ας σημειωθεί ότι ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός EFNARC προτείνει άλλες μεθόδους εκτίμησης της δυσθραυστότητας απομακρυνόμενος από την έννοια της πρώτης ρηγμάτωσης.

γ) Ο νέος Ελληνικός Κανονισμός Ινοπλισμένου Σκυροδέματος (*που βρίσκεται προ των πυλών*) πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη του τις νέες τάσεις και να τις ενσωματώσει από τώρα.