



**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΟΑΣΠ:**

Μελέτη της συμπεριφοράς στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος, μετά από σεισμική καταπόνηση, κατά τις πρώτες ώρες, καθώς και 2-3 ημέρες μετά την σκυροδέτηση.

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΕΠΕ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΜΠ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΕΜΠ**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

**ΙΟΥΛΙΟΣ 2003**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν ερευνητικό έργο επιχειρείται η μελέτη των επιπτώσεων του σεισμού σε κατασκευές από σκυρόδεμα, όταν η σεισμική δράση εμφανίζεται τις πρώτες ώρες μετά την σκυροδέτηση και ενόσω το καλουπωμένο σκυρόδεμα είναι στο στάδιο της πήξης ή στην αρχή της σκλήρυνσης. Στο έργο συμμετείχαν, το Ελληνικό Κεντρο Ερευνών Τσιμέντου ΕΠΕ, το Εργαστήριο. Αντισεισμικής Τεχνολογίας ΕΜΠ και το Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας ΕΜΠ.

Το έργο περιλαμβάνει:

- Πειράματα μεγάλης κλίμακας για την μελέτη της συμπεριφοράς 7 πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος (κατηγορίας C20/25) διαστάσεων 3.30x3.30x3.00h mxmxm τα οποία κατά τα στάδια της πήξης ή της αρχικής σκλήρυνσης του σκυροδέματος έχουν υποστεί σεισμική διέγερση σε σεισμικό προσομοιωτήρα (Εργ. Αντισεισμικής Τεχνολογίας ΕΜΠ). Η δυναμική συμπεριφορά των μεγάλων αυτών δοκιμίων έγινε σε δύο φάσεις Κατά την **Φάση I**, οι σεισμικές διεγέρσεις πραγματοποιήθηκαν στα δοκίμια με ξυλότυπο κατά τα στάδια της πήξης ή της αρχικής σκλήρυνσης του σκυροδέματος 2, 4, 8, 12, και 24 (2 δοκίμια) h μετά την σκυροδέτηση. Κατά την **Φάση II**, μετά από παρέλευση τουλάχιστον 28 ημερών από την σκυροδέτηση (και απομάκρυνση των ξυλοτύπων) πραγματοποιούνταν σεισμικές δοκιμές μέχρι την αστοχία του δοκιμίου. Τα αποτελέσματα και των δύο Φάσεων συγκρίνονται με εκείνα ενός δοκιμίου αναφοράς το οποίο δεν δέχθηκε σεισμική διέγερση στη Φάση I. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι χρόνοι σεισμικής διέγερσης από την σκυροδέτηση των 7 μεγάλων δοκιμίων:

	<b>Χρόνος σεισμικής διέγερσης μετά την σκυροδέτηση</b>
<b>Δοκίμιο I</b>	2 h
<b>Δοκίμιο II</b>	4 h
<b>Δοκίμιο III</b>	8 h
<b>Δοκίμιο IV</b>	12 h
<b>Δοκίμιο V</b>	24 h
<b>Δοκίμιο VI</b>	Δοκίμιο αναφοράς χωρίς σεισμική διέγερση
<b>Δοκίμιο VII</b>	12 h Σεισμική διέγερση 25% εκείνης του Δοκιμίου IV

- Εργαστηριακές συνθέσεις για τον προσδιορισμό του συμβατικού χρόνου της αρχής και του τέλους της πήξης των συνθέσεων σκυροδέματος οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στα 7 δοκίμια των πειραμάτων μεγάλης κλίμακας (ΕΚΕΤ).
- Εργαστηριακές μετρήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος των πειραμάτων μεγάλης κλίμακας (ΕΚΕΤ).

- Μη καταστροφικούς και καταστροφικούς διερευνητικούς ελέγχους στα 7 δοκίμια των πειραμάτων μεγάλης κλίμακας (EKET).
- Μετρήσεις εξόλκευσης οπλισμού σε μικρά δοκίμια σκυροδέματος στα οποία ο οπλισμός έχει υποστεί εγκάρσια δόνηση κατά τα στάδια της πήξης ή της αρχικής σκλήρυνσης του σκυροδέματος (EKET).
- Μελέτη της προόδου ενυδάτωσης του τσιμέντου σε πρώιμες ηλικίες σε κονίαμα που προσομοιάζει στις συνθέσεις σκυροδέματος οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στα 7 δοκίμια των πειραμάτων μεγάλης κλίμακας (Εργ. Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας ΕΜΠ).

Τα κύρια συμπεράσματα που συνάγονται από το ερευνητικό έργο είναι:

- Οι αναπτυσσόμενες επιταχύνσεις στην κορυφή ενός δοκιμίου από οπλισμένο σκυρόδεμα σε σεισμική διέγερση κατά τη φάση ωρίμανσης του είναι μειωμένες σε σχέση με την αντίστοιχη κατασκευή όπου το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει την τελική του αντοχή.
- Τα δοκίμια στη Φάση I (διεγέρσεις κατά τη φάση ωρίμανσης του δοκιμίου) παρουσίασαν διαφορετικά δυναμικά χαρακτηριστικά από τη Φάση II (διεγέρσεις όταν το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει αντοχή). Τα δυναμικά χαρακτηριστικά που υπολογίστηκαν στο ξυλότυπο είχαν μικρή διαφορά από αυτά που υπολογίστηκαν στο νωπό σκυρόδεμα κατά τις δοκιμές στη Φάση I. Η ιδιοσυχνότητα των δοκιμίων κατά τη Φάση I αυξάνει με την αύξηση του χρόνου δοκιμής από τη λήξη της σκυροδέτησης λόγω της συμμετοχής του σκυροδέματος στην ακαμψία του δοκιμίου. Η υπολογιζόμενη απόσβεση στο τέλος της Φάσης I για τα Δοκίμια II – IV και VII αυξάνει λόγω των ρηγματώσεων που υπέστησαν.
- **Η επίδραση της σεισμικής διέγερσης στις 12 και 24h μετά τη σκυροδέτηση δημιουργεί βλάβες στα στοιχεία σκυροδέματος (εξαρτώμενες από τη σεισμική διέγερση).** Κατά τη Φάση II, παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση της ακαμψίας του Δοκιμίου IV (διέγερση 12 ώρες μετά τη σκυροδέτηση). Αντίστοιχη μείωση παρατηρείται και στην ακαμψία του Δοκιμίου VII (διέγερση 12 ώρες μετά τη σκυροδέτηση - επανάληψη) το οποίο κατά τη Φάση I διεγέρθηκε μόνο σε ποσοστό 25% του τεχνητού σεισμού.
- Σεισμική διέγερση σε δοκίμιο με νωπό σκυρόδεμα προκαλεί μετακίνηση του οπλισμού από την αρχική του θέση. Το πρόβλημα μπορεί να περιοριστεί με καλό δέσιμο του οπλισμού και στερέωση του ξυλοτύπου.
- Μετά το τέλος της Φάσης I και την απομάκρυνση των ξυλοτύπων παρατηρήθηκαν ρωγμές σε όλα τα δοκίμια (κόμβους δοκών –υποστυλωμάτων και στη διεπιφάνεια δοκού –υποστυλώματος. Γενικά οι ρωγμές ήταν μικρού εύρους, δύσκολα διακρινόμενες, οι οποίες συνήθως κατά τις επιθεωρήσεις κρίνονται ως ασήμαντες, ενώ η παραμένουσα αντοχή των δοκιμίων ήταν δυσανάλογα μικρή, όπως προέκυψε από τις δοκιμές της Φάσης II.
- Μετά το τέλος των δοκιμών, αφαιρέθηκαν με τη μέθοδο της αδιατάραχτης κοπής τμήματα των δοκών των δοκιμίων. Παρατηρήθηκε οριζόντια ρωγμή σε κάθε άκρο στη θέση αγκύρωσης του κεκαμένου οπλισμού της δοκού η οποία διέρχεται κατά μήκος του χάλυβα οπλισμού της πλάκας. Η ρωγμή δεν εμφανίζεται στην εξωτερική

επιφάνεια του σκυροδέματος με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνη μη ανιχνεύσιμη βλάβη του στοιχείου σκυροδέματος.

- Οι έλεγχοι (κρουσιμέτρηση, εξόλκευση ήλου, ταχύτητα υπερήχων, πυρηνοληψία) σε σκληρυμένο σκυρόδεμα που έχει υποστεί σεισμική διέγερση σε νεαρή ηλικία δεν παρέχουν συστηματικές ενδείξεις για τις τυχόν βλάβες που έχουν δημιουργηθεί (απώλεια συνάφειας οπλισμού σκυροδέματος, μικρορηγματώσεις).
- Τα αποτελέσματα της μελέτης ενυδάτωσης του τσιμέντου σε συνθήκες όμοιες με αυτές που επικρατούν στο σκυρόδεμα δείχνουν καλή συμφωνία μεταξύ συμβατικού χρόνου αρχής και τέλους πήξης όπως προσδιορίζεται από την μέθοδο ASTM C 403/C 403M – 95 και προόδου ενυδάτωσης όπως προσδιορίζεται από τις μεθόδους XRD και TGA.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα προτείνεται ότι η έρευνα για τις επιπτώσεις σεισμικών δονήσεων σε στοιχεία σκυροδέματος κατά το στάδιο της πήξης ή στην αρχή της σκλήρυνσης πρέπει να εστιασθεί:

- Στη μελέτη του συσχετισμού ανιχνεύσιμων βλαβών και παραμένουσας αντοχής των στοιχείων σκυροδέματος
- Στην επινόηση τεχνικών ανίχνευσης και αξιολόγησης μη ορατών βλαβών (απώλεια συνάφειας οπλισμού σκυροδέματος, εσωτερικές ρηγματώσεις) καθώς και στην επινόηση τεχνικών για την επισκευή τους.