

5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

5.1 Κατασκευή των κλωβών οπλισμών

Το πρώτο σκέλος των εργασιών περιλάμβανε τη σύνδεση των διαμήκων οπλισμών με τους εγκάρσιους συνδετήρες. Η κατασκευή του σιδηροκλωβού έγινε με προκεκαμμένες ράβδους ή μανδύες του εμπορίου, από το προσωπικό του Εργ. ΟΣ ΕΜΠ. Για τη σύνδεση των οπλισμών, τοποθετήθηκαν καταρχήν οι διαμήκεις οπλισμοί στη διάταξη της Φωτογραφίας 5.1, κατόπιν τέθηκαν οι αποστάσεις και σημειώθηκαν εμφανώς οι θέσεις όπου έπρεπε να δεθούν οι συνδετήρες και κατόπιν δέθηκε ο εγκάρσιος οπλισμός με τις επιμήκεις ράβδους, χρησιμοποιώντας μαλακό σύρμα σκυροδέτησης.



Φωτογραφία 5.1 Διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνδεση διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού.

Οι τελειωμένοι κλωβοί οπλισμού, έτοιμοι για τοποθέτηση στο αντίστοιχο καλούπι πριν τη διαδικασία της σκυροδέτησης, δείχνονται στη Φωτογραφία 5.2. Στη φάση αυτή κατασκευάστηκε και ο πρόσθετος κλωβός του τετράγωνου

υποστυλώματος ΧΠ305 – όπως φαίνεται και στη Φωτογραφία 5.2 - για να αντικατασταθεί το υποστυλώμα ΧΠ301, το οποίο είχε καταστραφεί μετά την επισκευή του και του οποίου η δοκιμή επαναλήφθηκε (βλ. και τον Πρώτο Τόμο της παρούσης).



Φωτογραφία 5.2 Έτοιμοι κλωβοί οπλισμών στο παρασκευαστήριο του Εργαστηρίου ΟΣ ΕΜΠ.

5.2 Κατασκευή ξυλοτύπων

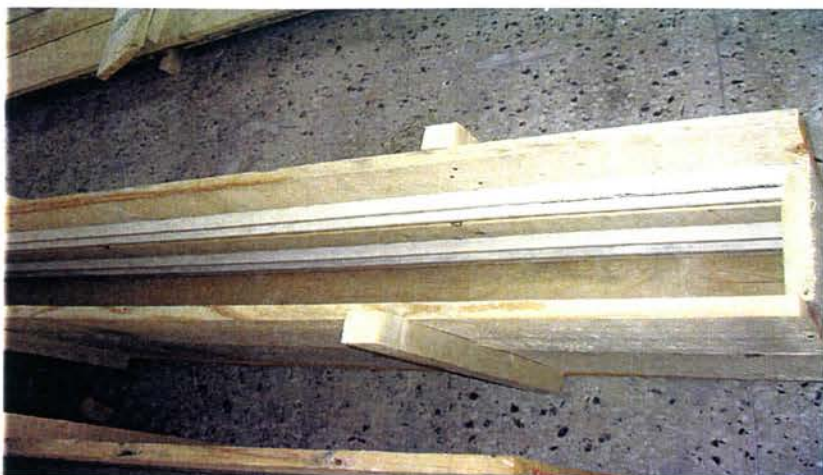
Οι τελικές διαστάσεις όλων των δοκιμίων ήταν $40 \times 20 \text{ cm}^2 \times 340 \text{ cm}$ μήκος. Για την κατασκευή τους έγινε προμήθεια από τα αναλώσιμα του Προγράμματος καθαρής ξυλείας σε τάβλες πλάτους 10 cm, οι οποίες κόπηκαν στις κατάλληλες διαστάσεις και καρφώθηκαν μεταξύ τους με πλαϊνά, στηρίγματα και κόντρες, όπως δείχνεται στη Φωτογραφία 5.3. Η εργασία έγινε από το προσωπικό του Εργ ΟΣ ΕΜΠ εντός του χώρου του Εργαστηρίου, με επιμέλεια, με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν τα κενά μεταξύ των συνδεομένων τεμαχίων ώστε τα σκυροδετούμενα δοκίμια να αποκτήσουν όσο το δυνατόν ομαλότερες επιφάνειες κατά το ξεκαλούπωμα.

Επίσης, για να δημιουργηθούν οι απαραίτητες χαραγές κατά μήκος των δοκιμίων δοκών στον οποίων τις πλαϊνές παρειές¹ προβλεπόταν να τοποθετηθούν οι επιμήκεις ράβδοι ΙΝΟΠ από άνθρακα τύπου Mbar, χρησιμοποιήθηκαν πρισματικές λοξοτμήσεις από PVC, τριγωνικής διατομής, οι οποίες καρφώθηκαν απευθείας στον ξυλότυπο, δημιουργώντας τις υποδοχές των Mbar στις εξωτερικές επιφάνειες (φαίνονται στη Φωτογραφία 5.4, με λευκό χρώμα). Σημειώνεται, ότι ο αρχικός σχεδιασμός περιελάμβανε να κατασκευασθούν δύο περισσότερα δοκίμια με οπλισμό ενίσχυσης Mbar άνω και κάτω, τα οποία όμως αργότερα τροποποιήθηκαν στο να ελεγχθούν με οριζόντια ενίσχυση ΙΝΟΠ από ίνες ύαλου (με εγκατάλειψη και γέμισμα των διαμήκων χαραγών με τσιμεντοκονία).



Φωτογραφία 5.3 Σύνδεση ξύλινων στοιχείων για τη κατασκευή ξυλοτύπου.

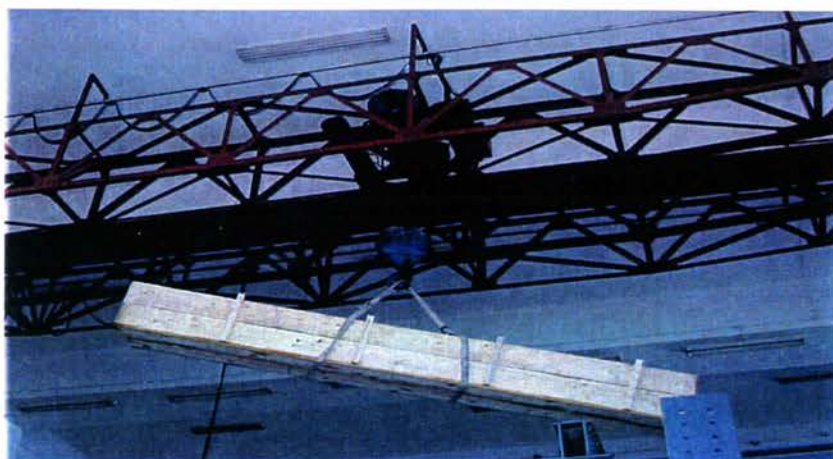
¹ Αρχικά είχαν προβλεφθεί να σκυροδετηθούν και δύο δοκίμια (Φωτογραφία 5.3) με όπλιση ΙΝΟΠ Mbar στην άνω και κάτω παρειά, τα οποία, όμως, αργότερα εγκαταλείφθηκαν λόγω κόστους του ΙΝΟΠ αυτού και ενισχύθηκαν αντί αυτών με ΙΝΟΠ ύαλου στις πλαϊνές παρειές – τα δοκίμια G60. Οι προμορφωμένες άνω και κάτω κοιλότητες πληρώθηκαν με EMACO πριν την τελική επκόλληση των ΙΝΟΠ.



Φωτογραφία 5.4
Άποψη ξυλοτύπου όπου διακρίνονται τα πρισματικά στοιχεία PVC που τοποθετήθηκαν για τη δημιουργία των απαιτούμενων χαραγών.



Φωτογραφία 5.5
Τελική άποψη περατωμένου ξυλοτύπου.



Φωτογραφία 5.6
Μεταφορά καλουπιών με τη γερανογέφυρα στο χώρο σκυροδέτησης.

Μετά τη κατασκευή όλων των απαιτούμενων τύπων ξυλοτύπου, έγινε η μεταφορά τους στο χώρο σκυροδέτησης με τη χρήση της γερανογέφυρας του Εργ. ΟΣ ΕΜΠ (Φωτογραφία 5.6).

5.3 Διαδικασία σκυροδέτησης δοκιμίων

Προτού γίνει η σκυροδέτηση τοποθετήθηκαν οι κλωβοί μέσα στα καλούπια τα οποία συνδέθηκαν μεταξύ τους με ξύλινα στοιχεία για να ενισχυθούν οι πλαϊνές τους επιφάνειες, ώστε το σύνολο του ξυλοτύπου να έχει περαιτέρω ευστάθεια και για να ελαχιστοποιηθούν οι παραμορφώσεις των τύπων, ώστε να αποφευχθεί η ανεπιθύμητη ανομοιόμορφη διόγκωση των δοκιμίων κατά την έγχυση του σκυροδέματος (βλ. Φωτογραφίες 5.7 (α) και (β)).

Για να εξασφαλισθεί η απαιτούμενη επικάλυψη στην κάτω παρειά των δοκών, οι κλωβοί τοποθετήθηκαν επάνω σε πλαστικούς αποστάτες ύψους 2,5 cm. Πριν την τοποθέτηση του σκυροδέματος στον ξυλότυπο, έγινε διαβροχή των καλουπιών με νερό, ώστε να επέλθει η διαστολή τους και να κλείσουν κατά το δυνατόν, οι αρμοί μεταξύ των συνδεομένων τεμαχίων (Φωτογραφία 5.8). Στην παραπάνω φωτογραφία διακρίνεται και ο ξυλότυπος του δοκιμίου υποστυλώματος ΧΠ305, το οποίο σκυροδετήθηκε μαζί με τις δοκούς και ελέγχθηκε ταυτόχρονα με τις δοκούς σε αυτή τη φάση του πειράματος, αλλά στην κατακόρυφη διάταξη. Με την ολοκλήρωση και αυτής της εργασίας, ολοκληρώθηκαν τα προκαταρκτικά βήματα πριν τη σκυροδέτηση.

Το έτοιμο σκυρόδεμα παραδόθηκε στο χώρο του Εργαστηρίου με αναμικτήρα (Φωτογραφία 5.10). Αφού έγινε ο απαραίτητος έλεγχος για τη καταλληλότητα του σκυροδέματος από άποψη εργασιμότητας, ξεκίνησε η σκυροδέτηση (Φωτογραφία 5.9).



Φωτογραφία 5.7(α) Σύνδεση των τύπων στο χώρο σκυροδέτησης.



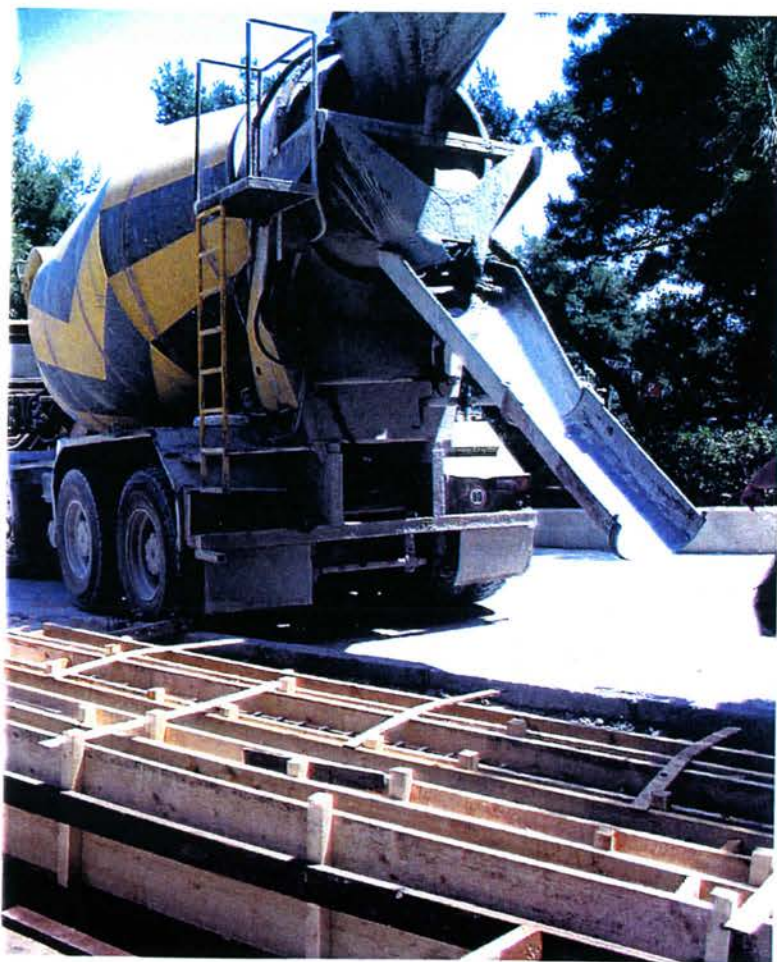
Φωτογραφία 5.7(β) Τοποθέτηση των κλωβών των οπλισμών στους ξυλοτύπους.



Φωτογραφία 5.8 Διαβροχή ξυλοτύπου πριν από τη σκυροδέτηση.



Φωτογραφία 5.9 Διαδικασία σκυροδέτησης.



Φωτογραφία 5.10
Παράδοση έτοιμου
σκυροδέματος με
αναμικτήρα.



Φωτογραφία 5.11 Ηλεκ-
τρική συσκευή δόνησης
μάζας σκυροδέματος.



Φωτογραφία 5.12
Συμπύκνωση του σκυροδέ-
ματος με χειροκίνητο
ηλεκτρικό εσωτερικό δο-
νητή.



Φωτογραφία 5.13 Ολοκλήρωση της φάσης σκυροδέτησης-άποψη ξυλοτύπου.



Φωτογραφία 5.14
Εργαλεία για την εξο-
μάλυνση των επιφανειών
των δοκών.

Κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης, το σκυρόδεμα εδονείται εσωτερικά ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη συμπύκνωση του υλικού και να αποφευχθούν κενά αέρα και σπηλαιώσεις κάτω από τους οπλισμούς. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτρικοί χειροκίνητοι εσωτερικοί δονητές διαμέτρου 5 cm. (Φωτογραφία 5.11). Μετά το πέρας της σκυροδέτησης, έγινε εξομάλυνση (τελειώμα) των εμφανών επιφανειών των δοκιμίων, οι οποίες παρουσίαζαν αρκετές ανωμαλίες (Φωτογραφία 5.13). Χρησιμοποιώντας μυστρί και με τη βοήθεια ενός μεταλλικού κυλίνδρου (Φωτογραφία 5.14) επετεύχθη επαρκώς ικανοποιητική εξομάλυνση των επιφανειών αυτών, για να τελειωθούν αργότερα με εξομαλυντική εποξειδική πάστα, ώστε να εφαρμοσθούν τα υφάσματα ενίσχυσης.

Η εξομάλυνση αυτή καθίσταται απαραίτητη για δύο λόγους : α) καταρχήν για την κατά το δυνατόν καλύτερη πρόσφυση των υφασμάτων που επικολλήθηκαν αργότερα, στο σκυρόδεμα β) για την καλύτερη προσαρμογή κάθε δοκιμίου στην πειραματική διάταξη του εργαστηρίου. Με την ολοκλήρωση και αυτής της εργασίας, έγινε η διαβροχή των δοκών με νερό και έπειτα σκεπάστηκαν με υγρές λινάτσες και καλύφθηκαν πανταχόθεν με νάυλον σκυροδέτησης, για συγκράτηση της υγρασίας κατά τη φάση της ωρίμανσης (Φωτογραφία 5.14) .



Φωτογραφία 5.14 Άποψη των δοκών μετά το τέλος των εργασιών εξομάλυνσης.



Φωτογραφία 5.15 Έγχυση σκυροδέματος στις μεταλλικές «μήτρες» τυποποιημένων διαστάσεων.

Με το πέρας της σκυροδέτησης ελήφθησαν δοκίμια ελέγχου ποιότητας του σκυροδέματος σε τυποποιημένες κυλινδρικές μήτρες διαμέτρου 15 και ύψους 30 cm για τον μετέπειτα έλεγχο της αντοχής σε θλίψη του σκυροδέματος, πριν την έναρξη των πειραμάτων (Φωτογραφία 5.15). Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών δόθηκαν στο Κεφάλαιο 3.2.



Φωτογραφία. 5.16
Δοκίμια δοκών μετά το πέρας της περιόδου ωρίμανσης (στο πρώτο δοκίμιο φαίνονται οι προμορφωμένες αύλακες τοποθέτησης των ράβδων ΙΝΟΠ άνθρακα).

Μετά από παρέλευση διαστήματος πέντε ημερών, αφαιρέθηκαν τα ξύλινα πλαϊνά και αποκαλύφθηκαν τα δοκίμια, τα οποία έμειναν έξω από το Εργ ΟΣ έως ότου να παρέλθει το ελάχιστο συμβατικό διάστημα των 28 ημερών, ώστε να αποκτήσει το σκυρόδεμα τη συμβατική του αντοχή, προτού ξεκινήσουν οι πειραματικές διαδικασίες (Φωτογραφία 5.16). Ουσιαστικά, το διάστημα που μεσολάβησε μέχρι την έναρξη των πειραμάτων ήταν περίπου 2 μήνες, λόγω της μεσολάβησης του Αυγούστου, όπου το ΕΟΣ είναι κλειστό και της Εξεταστικής Περιόδου του Σεπτεμβρίου 2003, οπότε και έγινε η επικόλληση των υφασμάτων.

5.4 Εφαρμογή των ΙΝΟΠ ενίσχυσης στα δοκίμια

5.4.1 Διόρθωση επιφανειακών ανωμαλιών του σκυροδέματος

Πριν από την επικόλληση των ΙΝΟΠ στα δοκίμια έγινε εξομάλυνση της επιφάνειας του σκυροδέματος ώστε να υπάρχει πλήρης επαφή του σκυροδέματος



Φωτογραφία. 5.17 Καλούπι επισκευής και πλήρωση με EMACO S66.



Φωτογραφία 5.18 Τελική επισκευασμένη επιφάνεια.

της υπόβασης με τα ΙΝΟΠ και να αποφευχθεί ο εγκλωβισμός αέρα μεταξύ των δυο υλικών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρικός τροχός με δίσκο λειάνσεως σκληρών επιφανειών, έως ότου οι διαφορές των παρακείμενων επισκευασμένων επιφανειών να μην ξεπερνούν το ένα χιλιοστόμετρο. Λόγω όμως του ότι σε δύο δοκίμια υπήρξε μικρή αποκόλληση ενός μικρού τμήματος του άοπλου σκυροδέματος της επικάλυψης κατά την απομάκρυνση των ξυλοτύπων, το τμήμα επισκευάσθηκε με πρόσθετη σκυροδέτηση τοπικά, σε καλούπι που δημιουργήθηκε ειδικά για αυτό το σκοπό με σφιγκτήρες και τάβλες, χρησιμοποιώντας κονίαμα EMACO S66 (Φωτογραφίες 5.17 και 5.18).

Κατόπιν, για την ορθή εφαρμογή των ΙΝΟΠ ενίσχυσης σε τέμνουσα με επικόλληση των ΙΝΟΠ περιμετρικά της διατομής των δοκιμίων, στρογγυλοποιήθηκαν οι ακμές των δοκιμίων για να μην υπάρξει συγκέντρωση τάσεων στη γωνία που θα μπορούσε να οδηγήσει σε πρόωρη διάρρηξη του υφάσματος κατά την διαδικασία της φόρτισης. Τέλος, έγινε καθαρισμός των επιφανειών των δοκιμίων από τη σκόνη που προέκυψε από τη λείανση με αέρα υπό πίεση.

5.4.2 Επάλειψη δοκιμίων με αστάρι και τοποθέτηση εποξικού στόκου

Έπειτα από τη λείανση των επιφανειών ακολούθησε επάλειψή τους με αστάρι MBrace Primer, για να πληρωθούν οι επιφανειακοί πόροι του σκυροδέματος και να εξασφαλισθεί η κατάλληλη πρόσφυση μεταξύ των ΙΝΟΠ και της υπόβασης. Η παρασκευή έγινε με την ανάμιξη της ρητίνης και του σκληρυντή με ηλεκτρικό αναδευτήρα χειρός (Φωτογραφία 5.19). Η εργασία έγινε σε περιβάλλον θερμοκρασίας περίπου 20 °C και σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή. Σημειώνεται ότι η επάλειψη έπρεπε να αποπερατωθεί μέσα σε διάστημα 45 λεπτών λόγω του ότι από εκεί και πέρα το υλικό έπαυε να είναι εργάσιμο και σταδιακά σκλήρυνε, παράλληλα με την δημιουργία αναθυμιάσεων. Η επάλειψη έγινε με ρολό χειρός εμπορίου.



Φωτογραφία 5.19
Ανάμιξη των δύο
συστατικών του
MBrace Primer.

Φωτογραφία 5.20
Άποψη δοκιμίων
μετά το αστάρωμα.

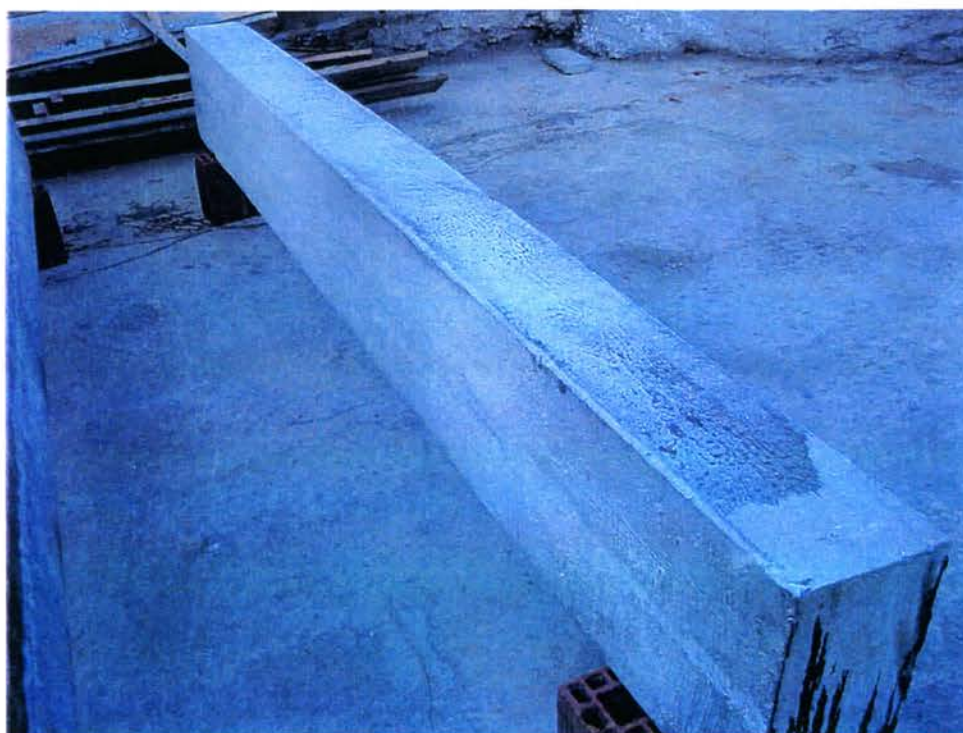


Το αστάρι αφέθηκε να στεγνώσει ένα 24ωρο, αν και, σύμφωνα με την Προδιαγραφή, υπό την συγκεκριμένη θερμοκρασία ο χρόνος στεγνώματος του είναι 5 ώρες (Φωτογραφία 5.20). Τέλος τοποθετήθηκε με μυστρί εποξειδικός, συγκολλητικός στόκος MBrace Putty για την εξομάλυνση των επιφανειών των δοκιμίων έτσι ώστε να δημιουργηθεί η ομαλότερη δυνατή επιφάνεια πριν την τοποθέτηση των υφασμάτων (Φωτογραφία 5.21 και 5.22). Σημειώνεται ότι η χρήση του στόκου δεν είναι υποχρεωτική παρά μόνο σε περιπτώσεις όπου η

ομαλότητα των επιφανειών δεν εξασφαλίζεται από τη σκυροδέτηση και τη μετέπειτα λείανση.



**Φωτογραφία
5.21**
Τοποθέτηση
του MBace
Putty στην
άνω παρειά.



**Φωτογραφία
5.22**
Τελική
επιφάνεια
δοκιμίου
πριν την
ενίσχυση.



Φωτογραφία
5.23 Κοπή
 INOPI από
 ύαλο G60-AR.

5.4.3 Εφαρμογή των υφασμάτων INOPI

Η ενίσχυση με INOPI σε κάμψη πραγματοποιήθηκε είτε με τρόπους. Στην πρώτη τρεις στρώσεις υφάσματος INOPI υάλου G60-AR, τοποθετούμενου διαμήκως στις δυο πλαϊνές παρειές των δοκιμίων **G60 MONO** και **G60 CYCLIC**, είτε με μία στρώση υφάσματος από INOPI άνθρακα C1-30, τοποθετούμενου στην άνω και κάτω παρειά των δοκιμίων **C1 MONO** και **C1 CYCLIC**.

Η ενίσχυση σε διάτμηση έγινε με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα δοκίμια, με στρώματα INOPI υάλου G60-AR στις περιοχές που κρίθηκε απαραίτητο, σύμφωνα με το σχεδιασμό των ενισχύσεων. Τόσο τα INOPI υάλου όσο και τα INOPI άνθρακα, κόπηκαν στις επιθυμητές διαστάσεις πριν την εφαρμογή τους στα δοκίμια (Φωτογραφία 5.23) . Για την καμπτική ενίσχυση τα INOPI κόπηκαν σε τεμάχια ίσα με το μήκος των δοκιμίων ενώ για την διατμητική ενίσχυση κόπηκαν σε τεμάχια αρκετού μήκους ώστε, ανάλογα με τον αριθμό των περιελίξεων γύρω από την διατομή, να εξασφαλιστούν και 20 cm επί πλέον, για την υπερκάλυψη στη στενή πλευρά της δοκού.



Φωτογραφία 5.24 Ανάμειξη δύο συστατικών MBRACE Saturant.

Η επικόλληση των υφασμάτων ΙΝΟΠ έγινε σε κάθε περίπτωση με την εποξειδική ρητίνη δύο συστατικών MBrace Saturant (Φωτογραφία 5.24). Η εργασιμότητα της εποξειδικής ρητίνης στις συνθήκες εργασίες κατασκευής (εργασία στο ύπαιθρο, σε θερμοκρασία περίπου 20°C) ήταν το πολύ 45 λεπτά, γι αυτό και παρασκευάστηκαν ανάλογες δόσεις ρητίνης κάθε φορά ώστε η εφαρμογή τους να είναι εφικτή εντός του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Η τοποθέτηση των ΙΝΟΠ έγινε με τη συνεργασία δύο ατόμων ανά δοκίμιο, ώστε να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός αέρα σε θύλακες ή φυσαλίδες κάτω από τα ΙΝΟΠ, και περιελάμβανε τα παρακάτω βήματα:

- Πρώτα επαλείφθηκε μία στρώση ρητίνης με κοινό ρολό χειρός του εμπορίου επάνω στο ασταρωμένο σκυρόδεμα, και στη συνέχεια τοποθετήθηκε με προσοχή η άκρη του υφάσματος στην αρχή του δοκιμίου και συγκρατήθηκε εκεί.
- Έπειτα ασκήθηκε στο ύφασμα εφελκυσμός με διεύθυνση παράλληλη στις ίνες του, οπότε και πιεζόμενο, ξετυλίχθηκε επάνω στη ρητινωμένη

επιφάνεια με τρόπο ώστε να μην δημιουργηθούν πτυχώσεις στο ύφασμα (Φωτογραφία 5.25). Ακολούθως, επικολλήθηκαν (όπου απαιτείτο) οι πρόσθετες στρώσεις υφάσματος, με νέα επάλειψη ρητίνης (Φωτογραφία 5.26).

- Όταν επικολλήθηκε όλο το ύφασμα, ξαναπιέστηκε σταθερά το νήμα με ειδικό μεταλλικό ρολό κατά την διεύθυνση τοποθέτησής του σε όλο το μήκος και πλάτος του, για την απομάκρυνση του αέρα (Φωτογραφία 5.27).
- Τέλος, το ύφασμα επαλείφθηκε με μία νέα στρώση ρητίνης κατά τη φορά τοποθέτησής του, για εμποτισμό και δημιουργία επαρκούς πρόσφυσης με την επόμενη στρώση, εφόσον προβλέπετο.



Φωτογραφία 5.25 Επικόλληση διαμήκους ΙΝΟΠ υάλου G60AR στο δοκίμιο G60.



Φωτογραφία 5.26 Εμποτισμός με ρητίνη και τοποθέτηση της δεύτερης στρώσης διαμήκους ΙΝΟΠ υάλου στο δοκίμιο G60.

- Σημειώνεται εδώ ότι η επάλειψη με μεγάλη ποσότητα ρητίνης (ειδικά στις διαμήκεις στρώσεις) της δεύτερης ή τρίτης στρώσης ΙΝΟΠ, στα πλαίσια της δοκού, είχε σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή ερπυστική μετατόπιση του νήματος προς τα κάτω λόγω του εμποτισμένου βάρους του, για όσο χρόνο η ρητίνη δεν είχε σταθεροποιηθεί. Αποτέλεσμα αυτής της κίνησης ήταν το νήμα να 'κρεμάει' στο κάτω μέρος της δοκού και να χρειάζεται ανάταξη. Το πρόβλημα λύθηκε με απομάκρυνση της περισσευούμενης ρητίνης, κάτω από το ΙΝΟΠ, χρησιμοποιώντας το ρολό με πίεση.
- Για την εφαρμογή της ρητίνης, χρησιμοποιήθηκαν γάντια μιας χρήσης και μάσκες, λόγω των αναθυμιάσεων και της τοξικότητας της ρητίνης, αλλά

και της δυσκολίας της να απομακρυνθεί κατόπιν από τα χέρια με διαλυτές. Καλόν είναι να χρησιμοποιούνται και ειδικές στολές.

Η τοποθέτηση των υφασμάτων για διατμητική ενίσχυση έγινε και αυτή σύμφωνα με τον τρόπο που περιγράφηκε προηγουμένως, με τη διαφορά ότι κόπηκε ολόκληρο το απαιτούμενο μήκος υφάσματος και περιτυλίχθηκε σταδιακά γύρω από την ορθογωνική διατομή. Στον τερματισμό, έγινε αλληλεπικάλυψη 20cm σε κάθε κομμάτι υφάσματος που τοποθετήθηκε, στο μήκος της στενής παρειάς της δοκού. Ο τρόπος τοποθέτησης των υφασμάτων έγινε με ιδιαίτερη προσοχή γιατί είναι πολύ σημαντικός ως προς την απαιτούμενη αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης των δοκιμίων. Από την κατάλληλη τοποθέτηση, εξαρτάται και η αξιοπιστία των πειραμάτων.



Φωτογραφία 5.27 Απομάκρυνση φυσαλίδων αέρα κάτω από το ΙΝΟΠ με μεταλλικό ρολό, δοκίμιο G60.

5.4.4 Εφαρμογή ΙΝΟΠ ράβδων άνθρακα στα δοκίμια MBAR

Η ενίσχυση σε κάμψη για τα δυο δοκίμια **MBAR** έγινε με την τοποθέτηση σε κάθε δοκίμιο οκτώ ΙΝΟΠ ινών άνθρακα Mbar σε μορφή ράβδου οπλισμού (τέσσερις ανά παρειά). Οι ράβδοι τοποθετήθηκαν μέσα στις προμορφωμένες υποδοχές που δημιουργήθηκαν στα δοκίμια κατά τη σκυροδέτηση τους. Η διαδικασία εφαρμογής έγινε με την μέθοδο QNSM (*Quasi Near Surface Method*) σύμφωνα με την οποία αναμιγνύεται μηχανικά η εποξειδική τσιμεντοκονία EMACO R908 και εφαρμόζεται σε στρώμα πάχους περίπου 2,0 cm μέσα στις χαραγές του δοκιμίου (Φωτογραφία 5.28). Κατόπιν, τοποθετούνται οι ράβδοι



Φωτογραφία 5.28 Τοποθέτηση της δεύτερης στρώσης διαμήκους ΙΝΟΠ υάλου στο δοκίμιο **G60** από το προσωπικό του ΕΟΣ ΕΜΠ.

Mbar, οι οποίες σπρώχνονται με το χέρι και με τη βοήθεια αιχμηρού εργαλείου στη θέση τους μέσα στην νωπή τσιμεντόπαστα. Στη συνέχεια, επάνω από τις ράβδους σπατουλάρεται πρόσθετο EMACO R908, στο συνολικό πάχος των δύο



Φωτογραφία 5.29 Εφαρμογή EMACO R908 στις χαραγές επάνω από το ΙΝΟΠ ράβδου γραφίτη.



Φωτογραφία 5.30 Τελείωμα της επιφάνειας του δοκιμίου MBAR για την εφαρμογή των ΙΝΟΠ εγκάρσιας ενίσχυσης.

περίπου cm, για την πλήρη κάλυψη των ράβδων και την πλήρωση των υποδοχών, αφαιρώντας οιοσδήποτε φυσαλίδες που τείνουν να δημιουργηθούν με σταδιακή προσθήκη πρόσθετης πάστας και ίσιωμα με το μυστρί. Όλη η επιφάνεια του δοκιμίου, τέλος, τελειώθηκε με μυστρί και αφέθηκε για 24 ώρες να σκληρύνει (περισσότερο από την ελάχιστη προδιαγεγραμμένη διάρκεια) ώστε να τοποθετηθούν τα G60-AR για τη διατμητική ενίσχυση (Φωτογραφίες 5.29 και 5.30). Η τοποθέτηση των ΙΝΟΠ έγινε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στα προηγούμενα δοκίμια που περιγράφηκε.

Όλες οι εργασίες έγιναν με βάση τις οδηγίες της προμηθεύτριας εταιρίας Mac Beton / Degussa Hellas ΑΕ, από το προσωπικό του Εργαστηρίου ΟΣ ΕΜΠ. Καθ' όλη τη διαδικασία ενίσχυσης δόθηκε μεγάλη προσοχή στα μέτρα προστασίας του προσωπικού: χρησιμοποιήθηκαν γάντια και προστατευτικές μάσκες ώστε να μην



Φωτογραφία 5.31 Αναγνώριση της θέσης των εγκάρσιων οπλισμών του δοκιμίου πριν την εγκάρσια ενίσχυση.

έρθει σε επαφή το δέρμα με τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ οι επικολλήσεις (καιρού επιτρέποντος) έγιναν εξολοκλήρου στο ύπαιθρο.

5.5 Τοποθέτηση των ηλεκτρονικών μηχανοσυστημάτων στα δοκίμια

Για την ακριβέστερη τοποθέτησή του δοκιμίου και την σωστή εννοργάνωσή του, πριν από την επικόλληση των ΙΝΟΠ έγινε ηλεκτρονική αναγνώριση της ακριβούς θέσης των διαμήκων και εγκάρσιων οπλισμών στο κάθε δοκίμιο, ώστε να αποσαφηνισθεί η ακριβής θέση τοποθέτησης τόσο των οργάνων όσο και του σημείου εφαρμογής του φορτίου ως προς τις στηρίξεις (Φωτογραφία 5.31).

Η περιμετρική κάλυψη των δοκιμίων με τα σύνθετα υλικά θα καθιστούσε ανέφικτη την παρακολούθηση της ρηγμάτωσης του σκυροδέματος με απλά βελοόμετρα. Για αυτό το λόγο πριν την εφαρμογή της ενίσχυσης, τοποθετήθηκαν οκτώ ηλεκτρονικά μηχανοσυστήματα (*strain gauges* - SG) στην κρίσιμη ζώνη του δοκιμίου (ανά δύο σε τέσσερις διατομές) κατά τη διαμήκη διεύθυνση των δοκιμίων, στη θέση των άνω και κάτω οπλισμών, όπως περιγράφηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο.



Φωτογραφία 5.32
Τοποθέτηση διαμήκων SG στο ΙΝΟΠ G-60AR, στο δοκίμιο G60.

Στην περίπτωση των δοκιμίων **G60**, τα SG τοποθετήθηκαν επάνω στο διαμήκες ΙΝΟΠ, στην τελική στρώση, χρησιμοποιώντας την ίδια ρητίνη δύο συστατικών όπως και για την επικόλληση του ΙΝΟΠ² (Φωτογραφία 5.32). Στα δοκίμια **C1-30**, τα SG τοποθετήθηκαν απευθείας επάνω στο σκυρόδεμα, με την ειδική ρητίνη που προβλέπει ο προμηθευτής τους, πάλι στην ίδια θέση ως προς τους οπλισμούς. Τέλος, στα δοκίμια **MBAR**, τα SG επικολλήθηκαν επάνω στον εποξικό στόκο που κάλυψε τις ράβδους Mbar, ώστε να μετρούν την ανηγμένη παραμόρφωση στη θέση αυτή, περίπου 1,0 cm κάτω από τη συμβατική ράβδο οπλισμού (στη διεύθυνση καθ' ύψος της διατομής).



Φωτογραφία 5.33 Τελική χωροθέτηση διαμήκων και εγκάρσιων SG στο ΙΝΟΠ G-60AR. Ενδεικτικά δείχνεται το δοκίμιο **G60**.

Επί πλέον, σε όλα τα παραπάνω δοκίμια, μετά το πέρας της διαδικασίας εφαρμογής της διατμητικής ενίσχυσης με τα εγκάρσια ΙΝΟΠ εφαρμόστηκαν

² Παρατηρήθηκε ότι η χρήση της ρητίνης του προμηθευτή επάνω στα ΙΝΟΠ δεν είχε αποτελέσματα, σε αντίθεση με τη χρήση της επάνω σε επιφάνειες σκυροδέματος ή χάλυβα.

ακόμη δύο ηλεκτρονικά μηκυνσιόμετρα επάνω στο εγκάρσιο ΙΝΟΠ, κατά την εγκάρσια διεύθυνση, ώστε να καταγραφεί και η διαμήκης παραμόρφωση των εγκάρσια τοποθετημένων υφασμάτων (Φωτογραφία 5.33). Οι θέσεις, αρίθμηση και καταγραφή των μηκυνσιομέτρων περιγράφονται για το κάθε δοκίμιο στο Κεφάλαιο 6.