

Διερεύνηση, τεκμηρίωση και αποτύπωση φέροντος οργανισμού προεντεταμένων οδικών γεφυρών στην περιοχή του Αιγίου – Γέφυρα ποταμού Σελινούντα - Γέφυρα Νοσοκομείου Αιγίου

Κωνσταντίνος Αντωνόπουλος, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Επίκουρος Καθηγητής Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Kantonopoulos@aspete.gr

Εισαγωγή - Περιγραφή γεφυρών

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τη διερεύνηση, τεκμηρίωση και αποτύπωση των φερόντων οργανισμών δύο οδικών γεφυρών της Εθνικής οδού Αθηνών – Πατρών στην περιοχή του Αιγίου. Η πρώτη βρίσκεται στην περιοχή των Βαλιμιτικών και αποτελεί κύρια γέφυρα της Εθνικής οδού. Η γέφυρα διέρχεται πάνω από το Σελινούντα ποταμό και αποτελείται από 3 ίσα ανοίγματα (ανά κλάδο) με μήκος κάθε ανοίγματος περίπου 47m. Κάθε άνοιγμα αποτελείται από 5 προεντεταμένες δοκούς που έχουν σκυροδετηθεί επιτόπου. Κάθε δοκός στηρίζεται σε απλά ελαστομερή εφέδρανα.

Η δεύτερη γέφυρα αποτελεί άνω διάβαση της Εθνικής οδού και ενώνει την πόλη του Αιγίου με το τοπικό Νοσοκομείο. Η γέφυρα αποτελείται από 3 ανοίγματα. Το κεντρικό άνοιγμα έχει μήκος περίπου 77m και είναι μονολιθικά συνδεδεμένο με τα μεσόβαθρα ενώ τα δύο πλευρικά ανοίγματα έχουν μήκος 4,5m έκαστο και ενώνονται με το κεντρικό άνοιγμα και τα ακρόβαθρα μέσω αρθρώσεων. Το κατάστρωμα του κεντρικού ανοίγματος της γέφυρας αποτελείται από πλάκα με κυκλικά κενά ενώ τα πλευρικά ανοίγματα από συμπαγή πλάκα.



Φωτ. 1 Η γέφυρα πάνω από τον ποταμό Σελινούντα.



Φωτ. 2 Η άνω διάβαση του νοσοκομείου Αιγίου.

Στόχος των διερευνητικών εργασιών

Ο στόχος όλων των διερευνητικών εργασιών ήταν η ανασύσταση των ξυλοτυπικών σχεδίων και η εκτίμηση της κατάστασης των υλικών που απαρτίζουν το φέροντα οργανισμό του κάθε τεχνικού. Έτσι οι κύριες εργασίες που εκτελέστηκαν και θα παρουσιαστούν, με συντομία, στην παρούσα εργασία είχαν σαν βασικό σκοπό πέρα από την αποτύπωση της γεωμετρίας κάθε τεχνικού την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος μέσω μη καταστροφικών δοκιμών και λήψης και θραύσης πυρήνων, την εκτίμηση της ενανθράκωσης και της περιεκτικότητας χλωριόντων στο σκυρόδεμα, της διερεύνησης της διάταξης του χαλαρού οπλισμού αλλά και της τεκμηρίωσης της χάραξης των τενόντων. Εξίσου σημαντική εργασία ήταν η ενδεδειγμένη οπτική επιθεώρησή τους για την καταγραφή της παθολογίας τους. Τα αποτελέσματα των διερευνητικών εργασιών και της τεκμηρίωσης του φέροντος οργανισμού χρησιμοποιήθηκαν για τη στατική και δυναμική αποτίμηση της συμπεριφοράς των τεχνικών και τελικά την κατάλληλη ενίσχυση και διατήρησή ως βασικά τμήματα του νέου αυτοκινητοδρόμου του άξονα Π.Α.Θ.Ε.

Περιγραφή διερευνητικών εργασιών

Οι μη καταστροφικές δοκιμές αποτελούνταν από κρουσιμετρήσεις, υπερηχοσκοπήσεις και δοκιμή άμεσης επιφανειακής εφελκυστικής αντοχής (Pull – off). Η εκτίμηση των ελαστικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του χαλαρού οπλισμού έγινε με την αποκοπή και εκτέλεση δοκιμής εφελκυσμού σε κατάλληλα τεμάχια χάλυβα καθώς και με εκτέλεση της δοκιμής σκληρομέτρησης. Η καταγραφή της τροχιάς των τενόντων έγινε με τη χρήση μαγνητικών ανιχνεύσεων, γεωραντάρ και τομών. Σημαντική επίσης εργασία ήταν και η εκτίμηση του ρυθμού οξείδωσης των χαλύβδινων οπλισμών μέσω επιτόπου ηλεκτρικών μεθόδων. Για την ακριβέστερη εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος και για τις ανάγκες της βαθμονόμησης των μη καταστροφικών δοκιμών πραγματοποιήθηκαν στις θέσεις λήψης δοκιμών κρουσιμετρήσεις ενώ μετά τη διαμόρφωση των πυρήνων και πριν τη θραύση τους στο εργαστήριο διενεργήθηκαν σε αυτούς υπερηχοσκοπήσεις με σκοπό τη βαθμονόμηση της συσκευής υπερήχων και τη χάραξη καμπύλης βαθμονόμησης για κάθε τεχνικό ξεχωριστά. Η δοκιμή θραύσης των πυρήνων πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής και Τεχνολογίας Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών υπό την εποπτεία του Καθηγητή κυρίου Θανάση Τριανταφύλλου. Για τις ανάγκες των επιτόπου δοκιμών λόγω της γεωμετρίας αλλά και της διάταξης

των τεχνικών χρησιμοποιήθηκαν ειδικά καλαθοφόρα οχήματα και σκαλωσιές. Τόσο οι θέσεις όσο και ο αριθμός των δοκιμών που εκτελέστηκαν σε κάθε τεχνικό ήταν αντιπροσωπευτικές του μεγέθους και τις σπουδαιότητας κάθε τεχνικού. Ως παράδειγμα, στον επόμενο πίνακα φαίνεται για κάθε τεχνικό ο αριθμός και το είδος των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών που διενεργήθηκαν για την εκτίμηση κατ' αρχήν της θλιπτικής και της άμεσης εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος.

Στοιχείο	Μη καταστροφικές δοκιμές (N.D.T.) και Πυρήνες			
	Κρουσιμετρήσεις	Υπέρηχοι	Λήψη πυρήνων σκυροδέματος	Pull – off
Γέφυρα ποταμού Σελινούντα				
Διαμήκεις Δοκοί	9	32	14	20
Εγκάρσιες δοκοί	--	4	2	--
Πλάκες	20	--	--	--
Ανω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου				
Ακρόβαθρα	9	--	2	--
Μεσόβαθρα	31	39	15	6
Κεντρικό άνοιγμα	16	16	10	12
Πλευρικά ανοίγματα	2	--	--	2

Πίνακας 1: Πλήθος, είδος και θέση δοκιμών εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 2 που ακολουθεί. Η εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος που προέρχεται από τις μη καταστροφικές δοκιμές έχει γίνει μετά από τη βαθμονόμηση των συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν στο έργο. Επίσης έχει ληφθεί υπόψη και η επίδραση της ενανθράκωσης του σκυροδέματος ειδικά στις δοκιμές επιφανειακής σκληρότητας όπως οι κρουσιμετρήσεις. Ο πίνακας παρουσιάζει μέσες τιμές εκφρασμένες σε κυβικό δοκίμιο ακμής 150mm. Η τελική μέση θλιπτική αντοχή που λήφθηκε υπόψη στην αποτίμηση της συμπεριφοράς κάθε τεχνικού προέκυψε από στατιστική επεξεργασία των μέσων τιμών όλων των δοκιμών (έμμεσων και πυρήνων) ανά στοιχείο.

Στοιχείο	Μη καταστροφικές δοκιμές (N.D.T.) και Πυρήνες			
	Θλιπτική αντοχή κύβου ακμής 150mm, MPa			Εφελκυστική αντοχή, MPa
	Κρουσιμετρήσεις	Υπέρηχοι	Λήψη πυρήνων σκυροδέματος	Pull – off
Γέφυρα ποταμού Σελινούντα				
Διαμήκεις Δοκοί	34.95	29.05	34.40	3.37
Εγκάρσιες δοκοί	--	28.86	35.30	--
Πλάκες	30.87	--	--	--
Ανω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου				
Ακρόβαθρα	30.98	--	21.30	--
Μεσόβαθρα	46.52	35.78	47.68	3.50
Κεντρικό άνοιγμα	45.27	45.03	52.40	3.89
Πλευρικά ανοίγματα	46.93	--	--	2.57

Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμών εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος.

Για την ανασύνταξη των ξυλοτυπικών σχεδίων των τεχνικών πραγματοποιήθηκαν μαγνητικές ανιχνεύσεις, τομές για τον οπτικό έλεγχο και την καταγραφή ιδιαίτερων λεπτομερειών όπως ματίσεις

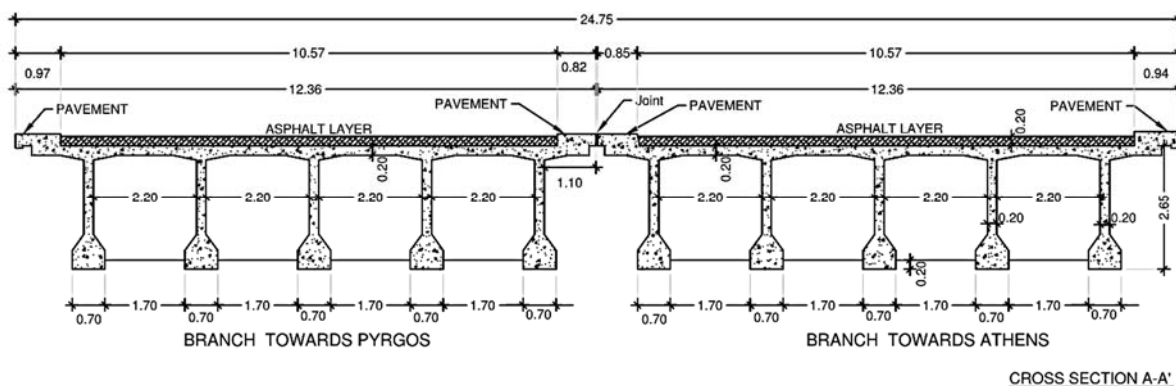
και αγκυρώσεις και χρήση συστήματος γεωραντάρ σκυροδέματος για την παρακολούθηση και καταγραφή τις τροχιάς των οπλισμών προέντασης. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι θέσεις και ο αριθμός μαγνητικών ανιχνεύσεων και τομών που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εντοπιστούν και να καταγραφούν οι οπλισμοί των τεχνικών (χαλαροί και τένοντες προέντασης). Όλες οι τομές μετά την ολοκλήρωση της καταγραφής των ευρημάτων όπως και οι οπές των πυρήνων πληρώθηκαν με κατάλληλο μη συρρικνούμενο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα.

Στοιχείο	Μαγνητική ανίχνευση χαλύβδινων οπλισμών	Τομές αποκάλυψης χαλύβδινων οπλισμών
Γέφυρα ποταμού Σελινούντα		
Διαμήκεις Δοκοί	17	15
Εγκάρσιες δοκοί	4	4
Πλάκες	4	3
Ανω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου		
Ακρόβαθρα	2	--
Μεσόβαθρα	23	18
Κεντρικό άνοιγμα	15	22
Πλευρικά ανοίγματα	3	4

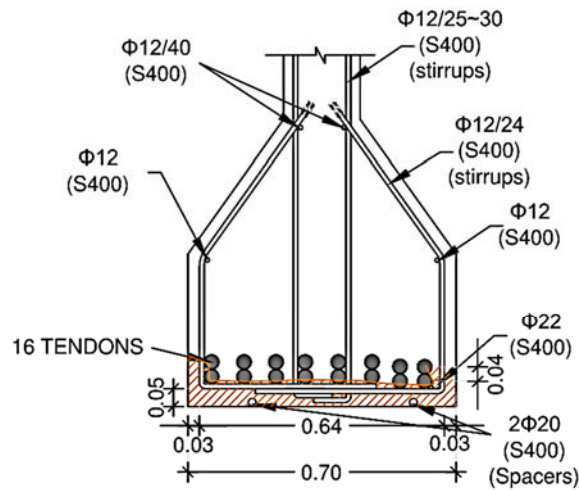
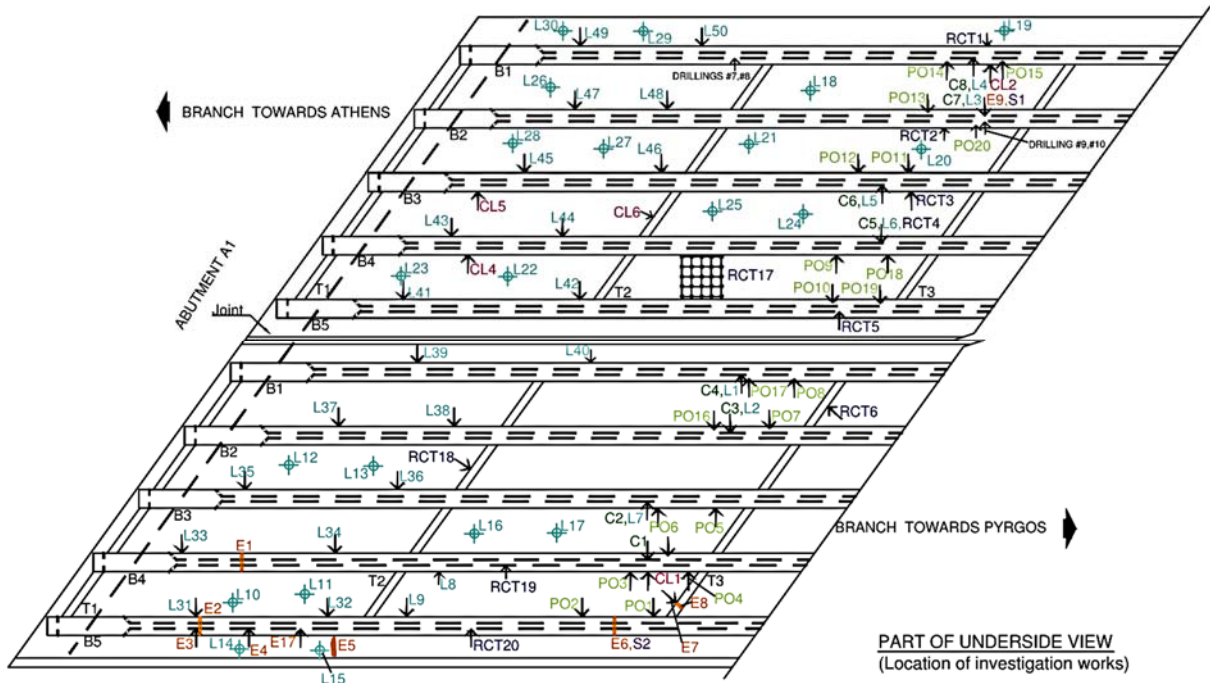
Πίνακας 3: Πλήθος και θέση μη καταστροφικών – ελάχιστα καταστροφικών δοκιμών για την τεκμηρίωση των χαλαρών και προεντεταμένων χαλύβδινων οπλισμών.

Με βάση τις γεωμετρικές /τοπογραφικές αποτυπώσεις αλλά και τα αποτελέσματα της διερεύνησης και τεκμηρίωσης των εσωτερικών χαλύβδινων οπλισμών των τεχνικών συντάχθηκαν τα “as build” σχέδια των τεχνικών.

Στα επόμενα δύο σχήματα που ακολουθούν (Σχ. 1 και Σχ. 2) παρουσιάζονται κάποιες χαρακτηριστικές λεπτομέρειες των παραδοτέων σχεδίων της γέφυρας του ποταμού Σελινούντα. Έτσι στο Σχ.1 παρουσιάζεται η γεωμετρία του καταστρώματος, ενώ στο Σχ.2 τμήμα της άνοψης ενός από τα ακραία ανοίγματα με τις θέσεις των δοκιμών και μια χαρακτηριστική τομή με την διάταξη των τενόντων, κύριας δοκού στη θέση που αυτοί αποτυπώθηκαν.



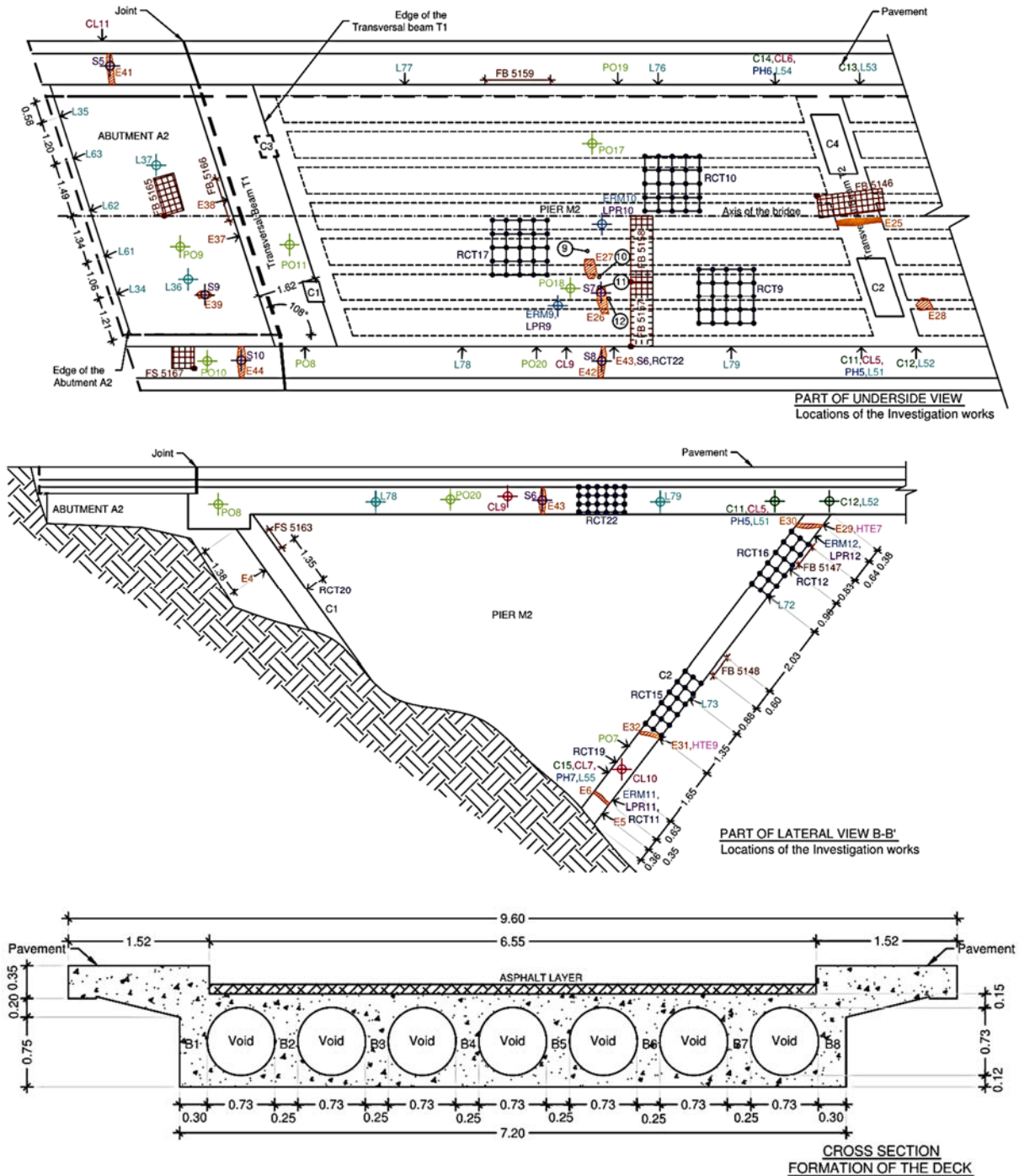
Σχ. 1 Σκαριφηματική τομή καταστρώματος γέφυρας ποταμού Σελινούντα.



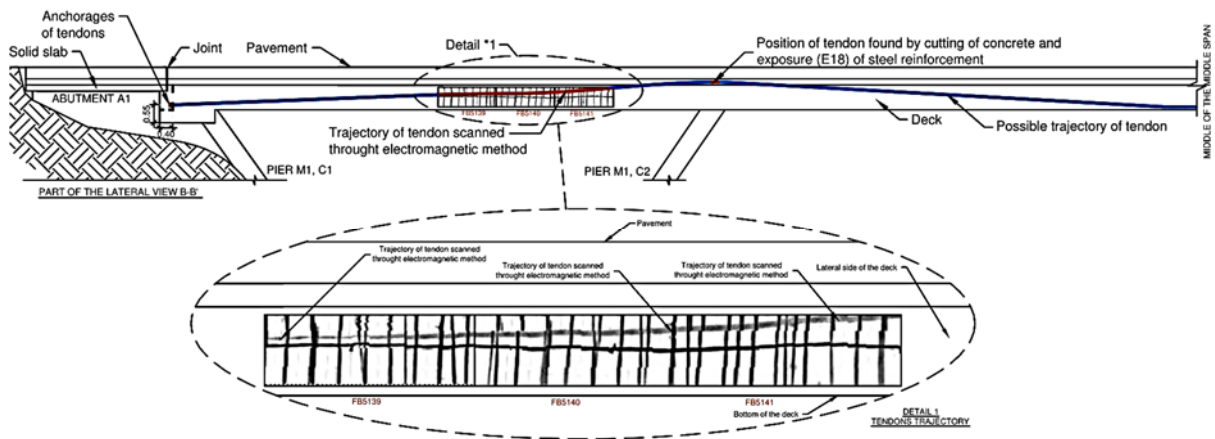
DETAIL OF REINFORCEMENT
EXPOSURE AREA E6
(BEAM B5 BETWEEN A1-M1- BRANCH
TOWARDS PYRGOS)

Σχ. 2 Ενδεικτικά σκαριφηματικά σχέδια δοκιμών και ευρημάτων γέφυρας ποταμού Σελινούντα.

Τα επόμενα σχήματα αναφέρονται στη γέφυρα της Άνω διάβασης νοσοκομείου Αγίου και παρουσιάζουν τμήμα του μεσαίου κεντρικού ανοίγματος της γέφυρας με τις θέσεις των διερευνητικών δοκιμών στο κατάστρωμα, τη διατομή του κεντρικού ανοίγματος (Σχ.3) αλλά και τη χάραξη του ακραίου τένοντα (Σχ.4). Για την εύρεση της θέσης και του μεγέθους των οπών του καταστρώματος χρησιμοποιήθηκε γεωραντάρ σκυροδέματος με ταυτόχρονη πραγματοποίηση διερευνητικών οπών.



Σχ. 3 Ενδεικτικά σκαριφηματικά σχέδια δοκιμών και ευρημάτων Άνω διάβασης νοσοκομείου Αγίου.



Σχ. 4 Χάραξη του ακραίου τένοντα της Άνω διάβασης νοσοκομείου Αιγίου.

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στιγμιότυπα από τις εκτελεσθείσες επιτόπου μη καταστροφικές δοκιμές και διερευνητικές εργασίες.



Φωτ. 3 Δοκιμή Pull – off
(Γέφυρα ποταμού Σελινούντα).



Φωτ. 4 Διερευνητική τομή και δοκιμή ενανθράκωσης
(Γέφυρα ποταμού Σελινούντα).



Φωτ. 5 Μαγνητικές ανιχνεύσεις χαλύβδινων
οπλισμών
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 6 Δοκιμή κρουσιμέτρου σε θέση λήψης πυρήνα
για βαθμονόμηση των N.D.T.
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 7 Μέτρηση δυναμικού ημιστοιχείου χαλκού
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 8 Δοκιμή μέτρησης ταχύτητας υπερήχων
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 9 Μέτρηση ηλεκτρικής αντίστασης
σκυροδέματος
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 10 Δοκιμή σκληρομέτρησης χαλαρού οπλισμού
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 11 Πυρήνες σκυροδέματος διαβρεγμένοι με
διάλυμα φαινολοφθαλείνης
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).



Φωτ. 12 Αποκάλυψη οπλισμών στην άνω παρειά του
καταστρώματος
(Άνω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου).

Για τη εκτίμηση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος πραγματοποιήθηκαν επιτόπου ηλεκτρικές δοκιμές, εκτίμηση της συγκέντρωσης ιόντων Cl^- και ενανθράκωσης σκυροδέματος. Κάποιες από τις δοκιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Σε κάποιες θέσεις των τεχνικών η οξείδωση των χαλύβδινων οπλισμών ήταν προχωρημένη και κρίθηκε ως απαραίτητη η λήψη μέτρων αντιμετώπισής της.

Στοιχείο	Μη καταστροφικές δοκιμές (N.D.T.)		
	Μέτρησης δυναμικού ημιστοιχείου χαλκού (HCP) mV	Μέτρησης συγκέντρωσης χλωριόντων % Cl^- κατά βάρος ξηρού σκυροδέματος	Μετρήσεις βάθους ενανθράκωσης mm
Γέφυρα ποταμού Σελινούντα			
Διαμήκειες Δοκοί	-200 ÷ -420	0.007 ÷ 0.041	5 ÷ 40
Εγκάρσιες δοκοί	-200 ÷ -420	0.006 ÷ 0,050	5 ÷ 30
Πλάκες	-200 ÷ -420	--	10 ÷ 20
Ανω διάβαση νοσοκομείου Αιγίου			
Ακρόβαθρα	-180 ÷ -400	--	55
Μεσόβαθρα	-160 ÷ -350	0.012 ÷ 0.036	25 ÷ 30
Κεντρικό άνοιγμα	-160 ÷ -350	0.006 ÷ 0.005	5 ÷ 10
Πλευρικά ανοίγματα	-180 ÷ -400	--	5 ÷ 12

Πίνακας 4: Αποτελέσματα δοκιμών που αφορούν την ανθεκτικότητα του φέροντος οργανισμού.

Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα των διερευνητικών εργασιών που εκτελέστηκε στις δύο γέφυρες και παρουσιάστηκε με συντομία στην παρούσα εργασία αποτέλεσε μια ικανοποιητική βάση για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας των τεχνικών, της αποκατάστασης τους, της ενίσχυσής τους και τελικά τις διατήρησής τους σε πλήρη λειτουργία ως βασικές γέφυρες του αυτοκινητόδρομου της Π.Α.Θ.Ε.

Βιβλιογραφία

- Χρ. Σπανός, Μ. Σπιθάκης, Κ. Τρέζος, Πρακτικά – Διδακτικά εγχειρίδια Μέθοδοι Για Την Επιτόπου Αποτίμηση Των Χαρακτηριστικών Των Υλικών, ΤΕΕ, Αθήνα, 2002.
- Guidebook on non-destructive testing of concrete structures, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002.
- Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), ΟΑΣΠ, Αθήνα 2011.
- V. M. Malhotra and N.J.Carino, “Handbook on nondestructive testing of concrete”, CRC Press, 2004.
- Θ.Π. Τάσιος, Κ. Αλιγζάκη : “Ανθεκτικότητα Οπλισμένου Σκυροδέματος”, Αθήνα, 1992.