

Ερευνητικού Προγράμματος Ο.Α.Σ.Π.

**«Ανάπτυξη Συστήματος Παρακολούθησης Δυναμικής
Συμπεριφοράς και Αποτίμηση Επάρκειας Γεφυρών»**

Ενότητα 3: «Ανάλυση Σεισμικής Απόκρισης»

ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ:

- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
και
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας
- ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Φίλιππος Κ. Περδικάρης, Καθηγητής

**Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
38334 Βόλος**

Οκτώβριος 2003

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν ερευνητικό πρόγραμμα-μελέτη «*Ανάπτυξη Συστήματος Παρακολούθησης Δυναμικής Συμπεριφοράς και Αποτίμηση Επάρκειας Γεφυρών*» ανατέθηκε από τον Ο.Α.Σ.Π. στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Τμήματα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας) και το Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών.

Οι κύριοι στόχοι του προτεινόμενου ερευνητικού προγράμματος ήταν:

1. Ο καθορισμός των γενικών απαιτήσεων ενός ευφυούς συστήματος δικτύου αισθητήρων το οποίο αξιοποιεί κατά το μέγιστο δυνατό τις πληροφορίες που θα προέρχονται από τις μετρήσεις των δυναμικών χαρακτηριστικών γεφυρών
2. Η δυνατότητα αναθεώρησης του μοντέλου μιας γέφυρας με βάση τα μετρητικά δεδομένα
3. Η ανάπτυξη λογισμικού διάγνωσης της κατάστασης μιας γέφυρας με βάση τα μετρητικά στοιχεία

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στο ερευνητικό αυτό πρόγραμμα περιλαμβάνει ένα αξιόπιστο μοντέλο για την αποτίμηση της επάρκειας μιας συγκεκριμένης γέφυρας, παρακολούθηση της αλλοίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών της και με βάση αυτή τη πληροφορία λήψη απόφασης πιθανής συντήρησης και επισκευής της.

Το πειραματικό τμήμα περιλαμβάνει δύο περιόδους μετρήσεων (1^η και 2^η φάση) στη 2η χαραδρογέφυρα της παράκαμψης Καβάλας στην Εγνατία Οδό με ένα κινητό δίκτυο αισθητήρων (επιταχυνσιόμετρων). Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από 10 αισθητήρες, κατανομημένους σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων. Κάθε ομάδα καλύπτει μία συγκεκριμένη διατομή της γέφυρας και διαθέτει επιταχυνσιόμετρα οριζόντιας (εγκάρσια και κατά μήκος) και κατακόρυφης κατεύθυνσης. Η μεθοδολογία των μετρήσεων βασίζεται σε ορισμένες σταθερές θέσεις μετρήσεων από ορισμένους αισθητήρες (θέσεις αναφοράς), ενώ οι υπόλοιποι σαρώνουν το υπόψη άνοιγμα της γέφυρας για τον καλύτερο προσδιορισμό των πειραματικών ιδιομορφών. Οι διέγερση της χαραδρογέφυρας της Καβάλας προήλθε είτε από λειτουργικά φορτία της που οφείλονται σε τυχαίες διεγέρσεις λόγω της κίνησης οχημάτων είτε από ελεύθερη ταλάντωση της κατασκευής μετά την έξοδο του οχήματος από τη γέφυρα.

Στα πλαίσια του παρόντος προγράμματος αναπτύχθηκαν οι βασικές τεχνικές αναγνώρισης και αναθεώρησης-διάγνωσης κατασκευών και παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα αναγνώρισης και αναθεώρησης της χαραδρογέφυρας της Καβάλας με βάση πραγματικές μετρήσεις και τα αποτελέσματα διάγνωσης βλαβών με βάση προσομοιωμένες μετρήσεις. Τα δυναμικά χαρακτηριστικά της χαραδρογέφυρας της Καβάλας (ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές) με βάση τις μετρήσεις συγκρίθηκαν με τα αναλυτικά προσδιορισμένα από τη δυναμική ανάλυσή της και μέσω μίας διαδικασίας βελτιστοποίησης ακολούθησε αναθεώρηση του δυναμικού μοντέλου της οριστικής μελέτης της.

Αναπτύχθηκε επίσης ένα εύχρηστο λογισμικό Η/Υ σε περιβάλλον Matlab προκειμένου να υπολογίζονται και να αποτιμώνται: 1) οι ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές μιας γέφυρας με βάση την επεξεργασία των δυναμικών μετρήσεων των αισθητήρων (επιταχυνσιόμετρων) τοποθετημένων στη συγκεκριμένη γέφυρα, 2) τα εκάστοτε δυναμικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις εκάστοτε μετρήσεις με δεδομένο ότι έχει αναπτυχθεί το αναθεωρημένο μοντέλο της γέφυρας και 3) η ύπαρξη και

πιθανή θέση αστοχιών, βλαβών ή φθορών στη γέφυρα συγκρίνοντας τις μετρούμενες ιδιομορφές με τις προβλεπόμενες ιδιομορφές από το αναθεωρημένο μοντέλο της γέφυρας.

Ο χρήστης του λογισμικού έχει πλήρεις οδηγίες χρήσεως για την επεξεργασία των μετρητικών δεδομένων και την αναγνώριση των μορφικών μοντέλων της κατασκευής (IDEMO) και τη δημιουργία του μοντέλου προς αναθεώρηση και τη διάγνωση της κατάστασης της γέφυρας ακολουθώντας μια διαδικασία βελτιστοποίησης (FEMUpdating). Ο χρήστης δεν επεμβαίνει στον προγραμματισμό της διαδικασίας αναθεώρησης, αλλά θα πρέπει να δώσει ως «input» το αντίστοιχο μοντέλο της γέφυρας προς εξέταση και να επιλέξει τις παραμέτρους που θέλει να αναθεωρήσει.

Το σύστημα παρακολούθησης είναι πολύ χρήσιμο στην περίπτωση σεισμικής καταπόνησης της γέφυρας ή καταπόνησης σε δυναμικά φορτία όπως ισχυρή ανεμοθύελλα ή κόπωση λόγω λειτουργικών φορτίων. Το πλεονέκτημα ενός τέτοιου συστήματος είναι η άμεση παροχή πληροφορίας για τη λειτουργικότητα και ασφάλεια μίας γέφυρας. Στην περίπτωση που η διάγνωση διαπιστώνει την ύπαρξη πιθανής βλάβης, το σύστημα λαμβάνοντας υπόψη το αναλυτικό προσομοίωμα της κατασκευής (είτε αυτό στο οποίο βασίστηκε η μελέτη είτε κάποιο αναθεωρημένο μοντέλο) θα παρέχει την δυνατότητα ταχείας εκτίμησης της λειτουργικότητας γεφυρών και επιπλέον πληροφορίες για το μέγεθος της βλάβης και τη δυνατότητα εντοπισμού της που θα βοηθήσουν στη αποτελεσματική συντήρησή των. Οι πληροφορίες που θα παρέχονται είναι απαραίτητες στη ταχεία λήψη κρίσιμων αποφάσεων όπως ανάπτυξη διαδικασιών έκτακτης ανάγκης, εφαρμογή σχεδίου διακοπής λειτουργίας μιας γέφυρας και προγραμματισμό άμεσων επιδιορθώσεων που αποσκοπούν στην κάλυψη των βασικών αναγκών του οδικού δικτύου. Η τεχνική αυτή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνδυασμό με άλλες μη-καταστροφικές τεχνικές αποτίμησης της επάρκειας γεφυρών, οι οποίες συνήθως απαιτούν επί τόπου μετάβαση, επιτυγχάνοντας έτσι το βέλτιστο αποτέλεσμα στη διάγνωση. Τα τεράστια οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα λόγω διακοπής της λειτουργίας του δικτύου γεφυρών στις ΗΠΑ, στο Μεξικό και την Ιαπωνία αμέσως μετά από ισχυρούς σεισμούς καθιστούν την άμεση πληροφόρηση για την κατάσταση κατασκευών όπως οι γέφυρες επιτακτική.