

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την παρουσίαση διαφόρων συστημάτων παρακολούθησης και διαχείρισης γεφυρών καθώς και την πρόταση ενός γενικού πλάνου στρατηγικής διαχείρισης γεφυρών (bridge management system). Η εργασία αποτελείται από τρία σκέλη. Στο πρώτο σκέλος παρουσιάζονται διάφοροι μέθοδοι ελέγχου και επιθεωρήσεων των γεφυρών. Στο δεύτερο σκέλος γίνεται μια αναφορά σε ορισμένα συστήματα διαχείρισης γεφυρών που εφαρμόζονται στον κόσμο. Τέλος στο τρίτο σκέλος αναφέρονται κάποια σχόλια και παρατηρήσεις πάνω στα συστήματα διαχείρισης γεφυρών που παρουσιάστηκαν και γίνεται μια πρόταση ενός ενιαίου συστήματος διαχείρισης που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην Ελλάδα.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γέφυρες είναι σημαντικά τεχνικά έργα τα οποία συνιστούν ένα τεράστιο κεφάλαιο για κάθε χώρα. Ωστόσο, όπως κάθε τεχνικό έργο φθείρεται με την πάροδο του χρόνου με αποτέλεσμα τόσο ο χρόνος ζωής του όσο και το επίπεδο εξυπηρέτησής του να μειώνεται συνεχώς. Η φθορά με το χρόνο οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η γήρανση των υλικών κατασκευής, επιδράσεις περιβαλλοντικών συνθηκών (πχ διάβρωση) , αύξηση του φόρτου κυκλοφορίας , εκτεταμένη χρήση, ανεπαρκής συντήρηση ή ακόμη και ατέλειες της αρχικής μελέτης και κακοτεχνίες στη διάρκεια της κατασκευής.

Η συστηματική παρακολούθηση της κατάστασης τέτοιων κατασκευών και ο καθορισμός των απαραίτητων διορθωτικών κινήσεων (συντήρηση , επισκευές) στα τμήματα που έχουν υποστεί φθορές είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα.

Το παρόν ζήτημα, σε πρώτο επίπεδο, καθορίζει την προσέγγιση και την επιλογή ενός κατάλληλου συστήματος επιθεώρησης της κατασκευής. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές παρακολούθησης της κατάστασης των γεφυρών. Ένας είναι ο απλός οπτικός έλεγχος μέσω επιφανειακής επιθεώρησης των διαφόρων στοιχείων του δομήματος και συμπλήρωσης κατάλληλων ερωτηματολογίων τα οποία μέσω βαθμολογίας θα οδηγούν στην αποτίμηση της κατάστασης της κατασκευής. Μια άλλη τεχνική είναι ο ενόργανος οπτικός έλεγχος , ο οποίος είναι ένα βήμα πιο μπροστά από τον απλό οπτικό έλεγχο. Η διαφορά αυτής της τεχνικής είναι ότι οι εκτιμήσεις της κατάστασης των διαφόρων μελών τεκμηριώνονται μέσα από πειραματικά στοιχεία.. Τέλος , υπάρχει και ένας τρίτος τρόπος παρακολούθησης γεφυρών ο οποίος στηρίζεται σε σύγχρονα τεχνολογικά μέσα (‘έξυπνα συστήματα παρακολούθησης’) και κατάλληλη επεξεργασία των μετρητικών δεδομένων μέσα από προσομοιώματα σε υπολογιστές.

Τα στοιχεία που προκύπτουν από τους παραπάνω ελέγχους συγκεντρώνονται σε βάσεις δεδομένων , οι οποίες μετά από κατάλληλη επεξεργασία καταλήγουν στην τελική εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του δομήματος. Οι βάσεις δεδομένων που δημιουργούνται έχουν και μια επιπλέον χρησιμότητα καθώς συγκεντρώνουν και τις πιθανές μορφές που μπορούν να παρουσιαστούν σε μια κατασκευή και τους τρόπους συντήρησης που μπορούν να λάβουν χώρα , ανάλογα με τη βλάβη του στοιχείου.

Η χρησιμότητα των παραπάνω βάσεων δεδομένων είναι πολύ σημαντική τόσο για την ίδια την κατασκευή και τους ελέγχους που μπορεί να λάβουν χώρα στο μέλλον , όσο και στην πρόληψη και τον έλεγχο άλλων γεφυρών. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει συγκεντρωμένο το ιστορικό της κατασκευής, το οποίο να περιλαμβάνει όλους τους ελέγχους και τις εργασίες συντήρησης που έχουν γίνει στο δόμημα.

Σε ένα δεύτερο επίπεδο είναι πολύ σημαντικό να ακολουθείται ένα συγκεκριμένο πλάνο παρακολούθησης των γεφυρών , το οποίο θα καθορίζει τη σειρά και το μέγεθος των

ελέγχων που πρέπει να γίνουν για την αποτίμηση της κατάστασης της κατασκευής. Συνήθως κάθε κράτος φροντίζει να παρέχει στους μηχανικούς μια ενιαία στρατηγική διαχείρισης της παρακολούθησης των γεφυρών , η οποία έχει οφέλη τόσο στον τομέα των εργασιών συντήρησης όσο και στον τομέα του κόστους και του χρόνου των εργασιών επισκευών και συντήρησης.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται κάποια ενδεικτικά συστήματα διαχείρισης γεφυρών που εφαρμόζονται σε διάφορες χώρες στον κόσμο ενώ γίνεται και μια προσπάθεια προσδιορισμού μιας βέλτιστης στρατηγικής παρακολούθησης και διαχείρισης γεφυρών.

2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως υπάρχουν τρία βασικά είδη παρακολούθησης και επιθεώρησης των γεφυρών. Ένα είδος είναι ο απλός ‘επιφανειακός’ έλεγχος ο οποίος είναι παρεμφερής του Ταχύ Οπτικού Ελέγχου. Ένας δεύτερος τρόπος είναι ο ενόργανος έλεγχος και ένας τρίτος είναι ο έλεγχος που στηρίζεται στα λεγόμενα ‘έξυπνα μέσα παρακολούθησης’. Τα τρία αυτά είδη ελέγχου παρουσιάζονται πιο αναλυτικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

2.1 ΑΠΛΟΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο απλός οπτικός έλεγχος των γεφυρών έχει πολλά κοινά στοιχεία με τον Ταχύ Οπτικό Έλεγχο που λαμβάνει χώρα σε συνήθη δομήματα. Εφαρμόζεται από έμπειρους μηχανικούς οι οποίοι ,μέσα από επιφανειακές επιθεωρήσεις στα διάφορα τμήματα της γέφυρας, εντοπίζουν πιθανές βλάβες ή φθορές που έχει υποστεί η κατασκευή. Για να περιορίζεται ο παράγοντας της υποκειμενικότητας και της εσφαλμένης κρίσης του ελεγκτή, η διάγνωση των βλαβών συνοδεύεται από βοηθητικά ερωτηματολόγια τα οποία κατατάσσουν το κτίριο σε συγκεκριμένη κατηγορία ανάλογα με τις βλάβες που παρουσιάστηκαν. Αφού βαθμολογηθούν τα τμήματα που εξετάστηκαν ανάλογα με την κατάστασή τους γίνεται μια αποτίμηση της κατάστασης της γέφυρας και μια εκτίμηση του κατά πόσον απαιτούνται εργασίες συντήρησης ή και επισκευής των βλαμμένων τμημάτων[1][3].

Όπως ήδη επισημάνθηκε, ο απλός οπτικός έλεγχος στηρίζεται στην εμπειρία και την κρίση του μηχανικού πράγμα που τον καθιστά αρκετά εύχρηστο και γρήγορο εργαλείο , αλλά ορισμένες φορές ανεπαρκή στη διάγνωση ορισμένων μη επιφανειακών φθορών. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες φωτογραφίες που έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια τέτοιων επιθεωρήσεων.



φωτογραφία 1 διαβρωμένοι τένοντες σε κατάστρωμα γέφυρας[3]



φωτογραφία 2 διάβρωση σε γέφυρα από οπλισμένο σκυρόδεμα[3]



φωτογραφία 3 κατεστραμμένη δοκός στήριξης σε κατάστρομα γέφυρας[3]

2.2 ΕΝΟΡΓΑΝΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ένα βήμα πιο μπροστά από τον απλό οπτικό έλεγχο έρχεται ο ενόργανος οπτικός έλεγχος. Σε αυτό το επίπεδο ελέγχου δεν είναι απαραίτητη η παρουσία ενός έμπειρου μηχανικού. Αρκεί ένα συνεργείο με εξειδικευμένο προσωπικό και εφοδιασμένο με τα απαραίτητα εργαλεία και κάποιος επιβλέπων μηχανικός που θα ορίζει τα σημεία ελέγχου[3].

Σε αυτό το είδος ελέγχου η κρίση του μηχανικού στηρίζεται πάνω σε πειραματικά δεδομένα , επομένως η αποτίμηση των διαφόρων στοιχείων της γέφυρας τεκμηριώνεται εργαστηριακά. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των ενόργανων ελέγχων είναι η σημαντική διασπορά τιμών που εμφανίζουν τα αποτελέσματα από τους ελέγχους , τα οποία όμως ελέγχονται στατιστικά και γι' αυτό τον λόγο απαιτείται πληθώρα μετρήσεων και σε διαφορετικά τμήματα της κατασκευής , πριν εξέλθουν συμπεράσματα για την κατάσταση των βλαμμένων στοιχείων.

Και σε αυτό το στάδιο συνιστάται η χρήση ερωτηματολογίων και συμπλήρωση πινάκων ώστε τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν να είναι τυποποιημένα και άμεσα συγκρίσιμα με παρόμοιους ελέγχους που διεξάγονται σε άλλες γέφυρες[1].

Σε αυτό το επίπεδο ελέγχου γίνεται χρήση διάφορων συσκευών οι οποίες δίνουν μια πιο κοντινή στην πραγματικότητα εικόνα της κατασκευής και των οπλισμών της σε σχέση με τα σχέδια και τις προδιαγραφές της αρχικής μελέτης. Για αυτό το λόγο θα ήταν πολύ σημαντικό κάθε έργο κατά την παράδοση του να υφίσταται ένα λεπτομερή ενόργανο έλεγχο ώστε να εντοπίζονται τυχόν παραλείψεις, λάθος θεωρήσεις ή ατέλειες που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του ενόργανου ελέγχου είναι οι εξής

- Κρουσίμετρο,
- Σετ υπερήχων,
- Συσκευές ανίχνευσης θέσεως οπλισμού,
- Συσκευές ανίχνευσης βαθμού διάβρωσης οπλισμού,
- Σκληρόμετρα, Διατάξεις τύπου “pull off” ,
- συσκευές εξόλκευσης ήλου και
- διατάξεις μέτρησης διαπερατότητας.



φωτογραφία 3 λεπτομερής επιθεώρηση σε πυλώνα γέφυρας[3]

2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ “ΕΞΥΠΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ”

Το τρίτο είδος ελέγχων που γίνεται σε γέφυρες είναι το πιο λεπτομερές αλλά και το πιο σύνθετο από όλα τα είδη ελέγχων που προαναφέρθηκαν. Στηρίζεται σε σύγχρονα τεχνολογικά μέσα τα οποία όμως μετά για να είναι δυνατή η αξιοποίηση των δεδομένων που δίνουν πρέπει να επεξεργαστούν κατάλληλα μέσα από μαθηματικά προσομοιώματα[1].

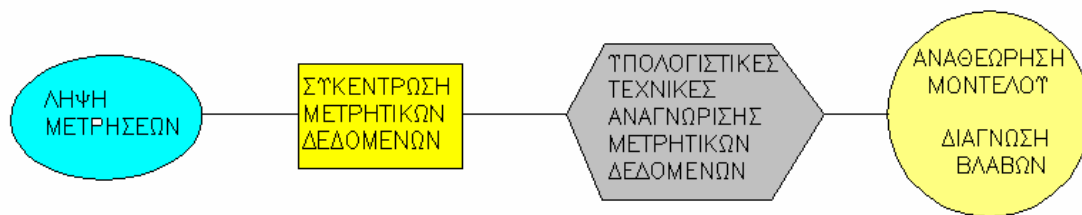
Πάνω στο ζήτημα των έξυπνων συστημάτων παρακολούθησης ή αλλιώς “Health Monitoring of Structures” έχουν σημειωθεί τα τελευταία χρόνια τεράστιες εξελίξεις. Υπάρχουν χιλιάδες τρόποι παρακολούθησης γεφυρών με σύγχρονα τεχνολογικά μέσα, οι οποίοι είναι αδύνατο να παρουσιαστούν στην παρούσα εργασία. Ως εκ τούτου σε αυτή την παράγραφο θα γίνει μια παρουσίαση της γενικής φιλοσοφίας που ακολουθούν οι έλεγχοι τέτοιου επιπέδου, καθώς και μια μικρή ονομαστική αναφορά σε διάφορα συστήματα που χρησιμοποιούνται σήμερα. Η μεθοδολογία καταγραφής των δεδομένων που ακολουθείται σε αυτό το είδος ελέγχων είναι η εξής.

Αρχικά γίνεται η λήψη μετρήσεων μέσα από τα διάφορα ενόργανα συστήματα που έχουν επιλεγεί για το συγκεκριμένο έργο. Απαραίτητο στάδιο, για να είναι δυνατή η λήψη μετρήσεων, είναι η ενεργοποίηση των συστημάτων που χρησιμοποιούνται μέσα από κάποια διέγερση. Ένας τεχνητός τρόπος διέγερσης, είναι η εξαναγκασμένη ταλάντωση του έργου μέσα από αυξημένη κυκλοφορία φορτηγών κατά τη διάρκεια λειτουργίας της γέφυρας ή κατά τη διάρκεια συνεχούς οδικής κυκλοφορίας[2]. Επίσης μια άλλη πηγή διέγερσης είναι και ο άνεμος, ο οποίος όμως προϋποθέτει μια πιο συστηματική λήψη μετρήσεων καθώς θεωρείται τυχηματική διέγερση.

Η λήψη μετρήσεων χωρίζεται σε δυο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση λαμβάνεται ένας ενδεικτικός αριθμός μετρήσεων. Στη συνέχεια αυτές οι μετρήσεις περνούν μέσα από μια διαδικασία επεξεργασίας η οποία χαρακτηρίζεται ως “βαθμονόμηση μεθοδολογίας λήψης των μετρήσεων”. Με αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνεται ο έλεγχος όλων των μετρήσεων καθώς και η απαλοιφή τυχόν λαθών από όλη τη διαδικασία καταγραφής (πχ διορθώσεις baseline, offset, διόρθωση σφαλμάτων από θορύβους των οργάνων). Στη δεύτερη φάση συνεχίζονται οι μετρήσεις με τη σειρά που έχει επιλεγεί και κατόπιν διορθώνονται μέσα από τη βαθμονόμηση που είχε επιτευχθεί στο προηγούμενο στάδιο. Στο τέλος συγκεντρώνονται όλα τα μετρητικά δεδομένα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της φάσης καταγραφής των μετρήσεων των οργάνων, ώστε να επεξεργαστούν κατάλληλα στη συνέχεια[1].

Αφού συγκεντρωθούν όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων ακολουθούν οι υπολογιστικές τεχνικές αναγνώρισης των μετρητικών δεδομένων. Αρχικά προσδιορίζεται η δυναμική απόκριση της γέφυρας λόγω τυχαίων διεγέρσεων. Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία υπολογισμού των ιδιοσυχνοτήτων και ιδιομορφών της κατασκευής, η οποία είναι γνωστή και ως “Μορφική Αναγνώριση” (Modal Identification)[1]. Η διαδικασία της Μορφικής Αναγνώρισης πραγματοποιείται μέσα από πολύπλοκους μαθηματικούς τύπους ή με χρήση αριθμητικών μεθόδων και για τη διεκπεραίωση της απαιτείται επιστημονικά καταρτισμένο προσωπικό.

Τέλος ακολουθεί το στάδιο της αναθεώρησης του αρχικού μοντέλου (Model Updating), μέσα από το οποίο θα προχωρήσει η διαδικασία της διάγνωσης των βλαβών και της στατικής ανεπάρκειας της κατασκευής. Αρχικά χρησιμοποιείται ένα μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων της γέφυρας στο οποίο προσδιορίζονται όλες οι αρχικές παράμετροι ακαμψίας. Στη συνέχεια το αρχικό μοντέλο τροποποιείται για να προκύψουν οι τελικοί παράμετροι ακαμψίας της κατασκευής, έτσι ώστε να υπάρχει όσο το δυνατό ταύτιση των μετρούμενων ιδιομορφών και ιδιοτιμών με τα αποτελέσματα του μοντέλου τα οποία θα υποδείξουν το βαθμό ανεπάρκειας της κατασκευής[1][3].



σχήμα 1 σχηματική απεικόνιση της φιλοσοφίας του ελέγχου με ‘έξυπνα συστήματα παρακολούθησης’

Η γενική φιλοσοφία του τρίτου είδους ελέγχου και παρακολούθησης γεφυρών ,όπως παρουσιάστηκε παραπάνω απεικονίζεται σχηματικά στο σχήμα (1). Για το στάδιο της λήψης και καταγραφής των μετρήσεων χρησιμοποιούνται διάφορα τεχνολογικά συστήματα τα οποία διαφέρουν από κατασκευή σε κατασκευή. Συνήθως γίνεται χρήση κινητών δικτύων επιταχυνσιομέτρων ή διαφόρων δυναμικών αισθητήρων συνδεδεμένων με μια μονάδα παρακολούθησης και καταγραφής των μετρήσεων. Άλλο ένα διαδεδομένο και αρκετά αξιόπιστο σύστημα καταγραφής των δυναμικών χαρακτηριστικών των γεφυρών είναι η παρακολούθηση μέσω δορυφόρων με GPS[5].Τελευταία για τη συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή των φθορών στις γέφυρες χρησιμοποιούνται τεχνολογικά συστήματα που λειτουργούν με οπτικές ίνες ,τα οποία τοποθετούνται στη γέφυρα κατά τη διάρκεια κατασκευής της[4]. Τα συστήματα αυτά βοηθούν στην καταγραφή φθορών που οφείλονται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες καθώς και στον προσδιορισμό της εντατικής κατάστασης σε επιλεκτικά τμήματα του δομήματος. Παρόμοια συστήματα για την παρακολούθηση γεφυρών είναι και οι αισθητήρες που λειτουργούν με ακουστικά κύματα και συνδέονται μέσω υπολογιστών με τη μονάδα ελέγχου και παρακολούθησης. Αυτοί οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν ρωγμές στο σκυρόδεμα και να προειδοποιούν πότε υπάρχει κίνδυνος αστοχίας σε καλώδια αγκύρωσης ή σε μεταλλικές συνδέσεις[4][6].

Γενικά υπάρχουν πολλά τεχνολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση μεγάλων τεχνικών έργων όπως είναι οι γέφυρες. Τα συστήματα αυτά είναι δυο κατηγοριών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτά τα οποία συνδέονται με τις μονάδες παρακολούθησης μέσω καλωδίων ενώ στη δεύτερη και πιο σύγχρονη κατηγορία ανήκουν αυτά τα οποία συνδέονται με τις θόνες ελέγχου με ραδιενεργά ή ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Και οι δυο κατηγορίες πάντως έχουν το μειονέκτημα του υψηλού κόστους τοποθέτησης και διατήρησης πράγμα που καθιστά το τρίτο είδος ελέγχων τελευταίο σε προτεραιότητα από όλους τους ελέγχους που γίνονται σε μια κατασκευή.

Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες ορισμένων από τα συστήματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



φωτογραφία 4 αισθητήρας που λειτουργεί με ηχητικά κύματα[6]



φωτογραφία 5 τοποθέτηση δικτύου αισθητήρων κατά τη διάρκεια σκυροδέτησης[4]



φωτογραφία 6 ακουστική μονάδα συστήματος παρακολούθησης[6]



φωτογραφία 7 λεπτομέρεια δικτύου αισθητήρων σε μεταλλική γέφυρα

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια παρουσίαση ορισμένων από τα πιο βασικά συστήματα διαχείρισης γεφυρών, που εφαρμόζονται ανά τον κόσμο[1][3]. Το κάθε σύστημα ουσιαστικά καθορίζει με ένα συγκεκριμένο συνδυασμό ελέγχων που θα πρέπει να υπόκειται κάθε γέφυρα, καθώς και τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία θα δίνεται προτεραιότητα σε κάποιους ελέγχους πριν την εφαρμογή πιο λεπτομερών μεθόδων διάγνωσης της στατικής ανεπάρκειας ή επάρκειας της κατασκευής.

3.1 ΔΑΝΙΑ

Στη Δανία η μεθοδολογία ελέγχου και συντήρησης που εφαρμόζεται περιγράφεται με τον όρο DANBRO (Danish Bridge Management System). Πρόκειται για ένα υπολογιστικό σύστημα σύμφωνα με το οποίο κάθε γέφυρα χαρακτηρίζεται από ένα μητρώο σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή. Το κάθε μητρώο περιέχει σημαντικές πληροφορίες για τα γεωγραφικά, γεωμετρικά, οδικά και ιστορικά δεδομένα της κάθε γέφυρας. Όλα τα επιμέρους μητρώα συνδέονται ηλεκτρονικά με έναν ευρύτερο χάρτη, ο οποίος δίνει συνολικά στοιχεία για όλες τις γέφυρες της χώρας ανά περιοχή.

Σύμφωνα με το Δανέζικο Σύστημα Διαχείρισης Γεφυρών πραγματοποιούνται τριών ειδών έλεγχοι σε κάθε γέφυρα., οι οποίοι αναφέρονται ακολούθως.

➤ κύριοι έλεγχοι

Είναι ανάλογοι του απλού οπτικού ελέγχου όπως αυτός παρουσιάστηκε στην παράγραφο 2.1. Αρχικά η γέφυρα χωρίζεται σε 15 τμήματα. Ανάλογα την κατάσταση που εκτιμά για το κάθε τμήμα ο μηχανικός βαθμολογεί με κλίμακα από το 0 έως το 5, όπου ο βαθμός 0 υποδηλώνει πως το εξεταζόμενο τμήμα ήταν σε άριστη κατάσταση ενώ ο βαθμός 5 υποδηλώνει την παρουσία εκτεταμένων βλαβών.

Ο μηχανικός αφού εντοπίσει φθορές ή βλάβες τις περιγράφει συνοπτικά, καταγράφει αν απαιτούνται εργασίες συντήρησης ή επισκευής και ποιες θα είναι αυτές και καθορίζει αν απαιτείται περαιτέρω έλεγχος.

Κάθε κύριος έλεγχος γίνεται σε διάστημα από 1 έως 6 χρόνια ανάλογα με την εκτίμηση του μηχανικού μετά το πέρας του προηγούμενου ελέγχου. Τα αποτελέσματα που συλλέγονται είναι στατιστικά στοιχεία για την κατάσταση των γεφυρών, το συνολικό κόστος των εργασιών αποκατάστασης και τα αποτελέσματα της συστηματικής συντήρησης. Επίσης όλα τα στοιχεία που προκύπτουν συγκεντρώνονται σε λίστες σύμφωνα με τις οποίες κατηγοριοποιούνται οι γέφυρες που ελέγχονται ανά έτος καθώς και αυτές που στις οποίες απαιτείται περαιτέρω έλεγχος.

➤ προγραμματισμένοι έλεγχοι

Οι προγραμματισμένοι έλεγχοι πραγματοποιούνται σε ετήσια βάση. Σκοπός τους είναι η συστηματική συντήρηση του έργου με γνώμονα την καλή λειτουργικότητα της γέφυρας σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος συντήρησης με προοπτική πέντε χρόνων. Στους προγραμματισμένους ελέγχους γίνονται αναφορές σε κάθε τμήμα της γέφυρας τόσο για τις εργασίες συντήρησης που πρέπει να γίνουν, όσο και για τα κόστη των εργασιών. Μετά τη συλλογή των αποτελεσμάτων ανά γέφυρα γίνονται οι παραγγελίες όλων των απαραίτητων υλικών για την εκτέλεση των εργασιών. Τέλος δημιουργείται μια

βάση δεδομένων στην οποία καταγράφονται όλα τα υλικά κατασκευής και το κόστος για κάθε εργασία συντήρησης.

➤ ειδικοί έλεγχοι

Οι ειδικοί έλεγχοι γίνονται όταν ο μηχανικός διαπιστώσει ότι ο απλός οπτικός έλεγχος δεν αρκεί. Δηλαδή, όταν εντοπίζονται εκτεταμένες βλάβες που το αίτιο και το εύρος τους είναι δύσκολο να οριστούν εκτελούνται πιο λεπτομερείς έλεγχοι με χρήση των έξυπνων συστημάτων παρακολούθησης που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.3.

Το σύστημα διαχείρισης γεφυρών της Δανίας λόγω της αποτελεσματικότητάς του έχει υιοθετηθεί και από άλλες χώρες στον κόσμο όπως είναι η Σαουδική Αραβία, το Μεξικό ,η Κολομβία ,η Ονδούρα, η Κροατία και η Μαλαισία.

3.2 ΗΠΑ

Το γενικό σύστημα διαχείρισης και συντήρησης γεφυρών που χρησιμοποιείται σε 45 πολιτείες των ΗΠΑ είναι γνωστό με την ονομασία PONTIS και πρωτοεφαρμόστηκε στην πολιτεία του Michigan. Σύμφωνα με το σύστημα αυτό οι επιθεωρήσεις που γίνονται βασίζονται κυρίως στον συστηματικό Οπτικό Έλεγχο. Όποτε κρίνεται ότι αυτός δεν επαρκεί ακολουθούνται ενόργανες παρακολουθήσεις με χρήση ‘έξυπνων τεχνολογικών μέσων παρακολούθησης’.

Από του παραπάνω ελέγχους δημιουργείται μια βάση δεδομένων, σύμφωνα με την οποία γίνεται μια πρώτη αποτίμηση της κατάστασης της γέφυρας. Κατόπιν ακολουθούν προβλέψεις για την εξέλιξη της κατάστασης των διαφόρων τμημάτων της γέφυρας. Οι προβλέψεις αυτές δίνουν τη δυνατότητα στους μηχανικούς να αποφασίσουν για τις εργασίες συντήρησης και επισκευών της γέφυρας ανάλογα με τα κονδύλια και το κόστος του επιπέδου εξυπηρέτησης που στοχεύει να ικανοποιηθεί από τη λειτουργία της γέφυρας. Ότι καινούριο στοιχείο προκύπτει, καταγράφεται πλήρως, με τελικό σκοπό να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων η οποία θα λειτουργεί σαν ένα χρήσιμο εργαλείο για μελλοντικές εκτιμήσεις της κατάστασης και του φόρτου κυκλοφορίας της γέφυρας.

3.3 ΙΤΑΛΙΑ

Στην Ιταλία ισχύει το σύστημα παρακολούθησης γεφυρών SAMOA (Surveillance, Auscultation and Maintenance of Structures). Η στρατηγική του συστήματος SAMOA βασίζεται στο εξής πλάνο. Αρχικά δημιουργείται μια βάση δεδομένων για την κατάσταση της γέφυρας καθώς και για τις δυνατές επεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Στη συνέχεια γίνεται η μελέτη και η ανάπτυξη ενός συστήματος απόκτησης και ελέγχου αυτών των πληροφοριών. Τέλος αναπτύσσονται προγράμματα επαλήθευσης του επιπέδου ασφαλείας και της στατικής επάρκειας της κατασκευής.

Σύμφωνα με το ιταλικό σχέδιο διαχείρισης γεφυρών δεν εφαρμόζεται καθόλου το πρώτο είδος ελέγχων που αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.1. Αντιθέτως όλοι οι έλεγχοι που εφαρμόζονται στηρίζονται σε επιθεωρήσεις και παρακολουθήσεις με ενόργανα συστήματα στα διάφορα τμήματα της γέφυρας (εφέδρανα, στηρίξεις, οδικό δίκτυο, αρμοί, σημεία στεγάνωσης).

Τα δεδομένα που προκύπτουν από τις ενόργανες παρακολουθήσεις και μετρήσεις μοντελοποιούνται μαθηματικά ώστε να αποτελέσουν τη βάση για την αποτίμηση της ποιότητας του τεχνικού έργου. Ακολουθούν συνήθειες και συστηματικές εργασίες συντήρησης όλων των τμημάτων της γέφυρας και αποκατάστασης των βλαμμένων στοιχείων.

Σταδιακά αναβαθμίζεται το επίπεδο των προδιαγραφών της γέφυρας με στόχο την ασφάλεια , τη διάρκεια ζωής , το χαμηλό κόστος αλλά και τον τρόπο συντήρησης της γέφυρας στο μέλλον.

Τα κονδύλια για τη συντήρηση των οδικών αρτηριών και των τεχνικών έργων προέρχονται από τα διόδια , η τιμή των οποίων εξαρτάται από το επίπεδο της ποιότητας του οδικού άξονα.

3.4 ΓΕΡΜΑΝΙΑ

Σύμφωνα με το γερμανικό σύστημα διαχείρισης γεφυρών οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται, εκτελούνται σε τέσσερα επίπεδα και είναι συνδυασμοί και των τριών ειδών ελέγχου που αναφέρθηκαν στη δεύτερη παράγραφο. Τα επίπεδα ελέγχων που ακολουθούνται είναι τα εξής.

➤ συστηματική επιτήρηση ανά τρίμηνο

Σε αυτό το επίπεδο η επιτήρηση στηρίζεται στην τακτική του ταχύ οπτικού ελέγχου και στόχος είναι ο εντοπισμός φθορών και ελλείψεων σε μη δομικά στοιχεία (επικαλύψεις, αρμοί ,προστατευτικοί τοίχοι ,πινακίδες σήμανσης) καθώς και η αναζήτηση τυχόν μετατοπίσεων ή καθιζήσεων σε δομικά στοιχεία.

➤ έκτακτες επιθεωρήσεις

Είναι απλοί οπτικοί έλεγχοι οι οποίοι διεξάγονται μετά από θεομηνίες, κατολισθήσεις ή σοβαρά αυτοκινητιστικά ατυχήματα και οι οποίοι δεν διαφέρουν από τις επιτηρήσεις του πρώτου επιπέδου.

➤ απλός έλεγχος

Ο απλός έλεγχος του γερμανικού συστήματος διεξάγεται ανά τριετία και έχει σαν σκοπό τη διάγνωση βλαβών σε φέροντα στοιχεία καθώς και τον έλεγχο της στατικής επάρκειας της κατασκευής. Σε αυτό το επίπεδο απαιτείται ειδικευμένος μηχανικός και κατάλληλα όργανα ελέγχου με τα οποία ελέγχονται η αντοχή, η επίδραση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, καθιζήσεις, αποκολλήσεις, κατάσταση εφεδράνων, αρμών, μονώσεων, η κατάσταση του οδοστρώματος και των αποχετεύσεων και οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

➤ κύριος έλεγχος

Ο κύριος έλεγχος λαμβάνει χώρα για πρώτη φορά πριν την παραλαβή του έργου. Στη συνέχεια εκτελείται ακριβώς πριν τη λήξη του χρόνου εγγύησης και μετά τη λήξη του χρόνου εγγύησης επαναλαμβάνεται ανά έξι έτη. Στο επίπεδο αυτό ελέγχονται με ενόργανα συστήματα η διάβρωση και το βάθος ενανθράκωσης των οπλισμών, η ύπαρξη ρωγμών παράλληλων στα καλώδια προέντασης, παραμορφώσεις και στρεβλώσεις μεταλλικών στοιχείων, θέση και κλίση θεμελίων, γεωμετρικές αποκλίσεις και μέσα σύνδεσης.

3.5 ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ

Το σύστημα διαχείρισης γεφυρών που διενεργείται στη Φινλανδία είναι σχετικά απλό. Οι επιθεωρήσεις που γίνονται είναι συστηματικοί οπτικοί έλεγχοι και τα στοιχεία που προκύπτουν καταγράφονται σε πίνακες. Μέσα από τους πίνακες βαθμολογούνται τα διάφορα τμήματα της γέφυρας και με χρήση μαθηματικών μοντέλων γίνεται η αποτίμηση της κατασκευής. Στη συνέχεια γίνεται κατηγοριοποίηση των γεφυρών ανάλογα με την κατάστασή τους. Κατόπιν καθορίζονται όλες οι δυνατές εργασίες συντήρησης και επισκευής οι οποίες προσομοιώνονται σε υπολογιστή με στόχο τον προσδιορισμό της βέλτιστης από πλευράς κόστους και χρόνου εργασίας. Τέλος ανάλογα με τις ανάγκες συντήρησης ή αποκατάστασης των γεφυρών γίνεται καταμερισμός των χρηματικών αποθεμάτων που έχουν συγκεντρωθεί συνολικά για το σκοπό αυτό.

3.6 ΓΑΛΛΙΑ

Η γενική πολιτική της διεύθυνσης οδικών έργων της Γαλλίας έχει σαν πρωταρχικό στόχο την εκτέλεση των επιθεωρήσεων σε τέσσερα στάδια, τα οποία αναφέρονται ακολούθως.

➤ συνεχής επιθεώρηση

Αντίστοιχη του ταχύ οπτικού ελέγχου χωρίς να απαιτείται εξειδικευμένος μηχανικός. Οι επιθεωρητές γράφουν τεχνικές εκθέσεις πάνω στις επιθεωρήσεις αναφέροντας παράγοντες που έχουν πιθανές επιπτώσεις στα έργα (καιρικά φαινόμενα, απότομη αύξηση φόρτου κυκλοφορίας, σοβαρά ατυχήματα)

➤ περιοδική επιθεώρηση

Όπου επισημανθούν προβλήματα σύμφωνα με τις αναφορές των συνεχών επιθεωρήσεων διενεργούνται έκτακτες επιθεωρήσεις οι οποίες καταλήγουν στη διαμόρφωση συγκεκριμένης εκτίμησης για την κατάσταση της γέφυρας.

➤ Ειδικές λεπτομερείς επιθεωρήσεις

Η πρώτη ειδική λεπτομερής επιθεώρηση σε μια γέφυρα γίνεται μετά το πέρας της κατασκευής και αποτελεί μέρος της διαδικασίας παραλαβής του έργου. Έχει τη χρησιμότητα ότι συγκεντρώνει όλες τις παρατηρήσεις και τις κακοτεχνίες που έγιναν βάσει του αρχικού σχεδίου. Μετά τη λήξη του χρόνου εγγύησης του έργου διενεργούνται συστηματικά ειδικές λεπτομερείς επιθεωρήσεις ανάλογες του οπτικού ελέγχου, από ειδικευμένο προσωπικό.

➤ Ενισχυμένη επιθεώρηση

Όπου τα προηγούμενα στάδια επιθεωρήσεων δείξουν την ύπαρξη κάποιου προβλήματος, ακολουθούνται ενόργανοι έλεγχοι για τον εντοπισμό και την εκτίμηση των βλαβών. Στη συνέχεια γίνεται προγραμματισμός λήψης άμεσων μέτρων για την αποκατάσταση και συντήρηση των βλαβών.

Μετά τις επιθεωρήσεις ακολουθεί το στάδιο της αξιοποίησης των δεδομένων που προέκυψαν. Γίνεται συντήρηση ανάλογα με το μέγεθος των φθορών που εντοπίστηκαν. Στη

συνέχεια εκτιμάται η φέρουσα ικανότητα του έργου και γίνεται μια προσέγγιση των γενεσιουργών αιτιών των βλαβών.

Αφού συγκεντρωθούν όλα τα παραπάνω στοιχεία για όλα τα τμήματα που ελέγχθησαν δίνεται προτεραιότητα σε έργα και εργασίες που πρέπει να διεκπεραιωθούν ανάλογα με το επίπεδο αναβάθμισης που απαιτείται. Τέλος γίνεται χαρτογράφηση των παραγόντων που πιθανόν κωλυσιοεργούν στη συντήρηση για να ληφθούν υπόψη σε ανάλογα έργα στο μέλλον.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία που προκύπτουν , συγκεντρώνονται στο φάκελο του τεχνικού έργου με σκοπό την ύπαρξη ενός πλήρους ιστορικού της κατασκευής , το οποίο θα παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις εργασίες συντήρησης και τους ελέγχους που έχουν γίνει ή πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο μέλλον.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τα παραπάνω προκύπτουν πολλά και χρήσιμα συμπεράσματα για την ανάπτυξη μιας ενιαίας στρατηγικής ελέγχου σε ένα κράτος.

Καταρχήν είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ένας φάκελος της κατασκευής στον οποίο θα συμπεριλαμβάνεται το ιστορικό της γέφυρας από την κατασκευή έως την παράδοση της. Στον ίδιο φάκελο θα συγκεντρώνονται επίσης όλα τα αποτελέσματα των ελέγχων καθώς και οι επεμβάσεις που έχουν λάβει χώρα στη γέφυρα .

Στον παραπάνω φάκελο θα περιλαμβάνονται δύο ειδών πληροφορίες. Το πρώτο είδος θα αφορά όλες τις πληροφορίες που αναφέρονται στην κατασκευή της γέφυρας. Δηλαδή θα υπάρχουν

- α) όλα τα στοιχεία της αρχικής μελέτης,
- β) διάφορες πληροφορίες αναφορικά με τη μόνωση και την προστασία από διάβρωση της κατασκευής ,
- γ) όλα τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το σκυρόδεμα, τους οπλισμούς, τους αρμούς και τα αγκύρια του δομήματος,
- δ) το κόστος και ο συνολικός χρόνος αποπεράτωσης της κατασκευής και
- ε) πρόσθετες παραδοχές φορτίσεων.

Το δεύτερο είδος θα αφορά τον τομέα της διαχείρισης της γέφυρας και θα αναφέρονται οι εξής πληροφορίες

- α) πληροφορίες σχετικά με τους ελέγχους που γίνονται και τα έντυπα που συμπληρώνονται,
- β) πληροφορίες για τις μεθόδους συντήρησης και αποκατάστασης των ζημιών καθώς και για τα κόστη των διαφόρων επεμβάσεων,
- γ) στοιχεία για όλες τις εργασίες συντήρησης , ενίσχυσης και ανακατασκευών που έχουν διεκπεραιωθεί και τέλος,
- δ) στοιχεία για την επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων στη γέφυρα.

Με βάση τα παραπάνω, η τελική πρόταση για τη στρατηγική διαχείρισης γεφυρών που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην Ελλάδα αφορά ελέγχους τριών μορφών. Θα διενεργούνται απλοί έλεγχοι , τακτικοί έλεγχοι και έκτακτοι έλεγχοι. Οι τρεις αυτές μορφές ελέγχων παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω.

1) Απλοί έλεγχοι

Η φιλοσοφία αυτών των ελέγχων στηρίζεται στις επιθεωρήσεις τύπου απλών οπτικών ελέγχων και συμπλήρωση τεχνικών ερωτηματολογίων για τον προσδιορισμό της κατάστασης των διαφόρων τμημάτων του φορέα. Οι επιθεωρήσεις που θα διενεργούνται ανά γέφυρα θα γίνονται σε δυο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο θα εκτελείται ο έλεγχος κατά την παραλαβή του έργου. Στον έλεγχο αυτό περιλαμβάνεται μια λεπτομερής επιθεώρηση όλων των τμημάτων της γέφυρας. Τα στοιχεία που προκύπτουν αναγράφονται σε τεχνική έκθεση η οποία θα είναι συμπληρωματική της αρχικής μελέτης της κατασκευής ώστε να υποσκελίζονται τυχόν παρασπονδίες και αποκλίσεις που σημειώθηκαν.

Σε δεύτερο στάδιο θα εκτελούνται οι λεγόμενοι περιοδικοί οπτικοί έλεγχοι. Ο πρώτος έλεγχος θα γίνεται μετά τη λήξη του χρόνου εγγύησης της κατασκευής και θα επαναλαμβάνεται ανά δυο χρόνια. Οι έλεγχοι αυτοί θα εκτελούνται από έμπειρους Μηχανικούς οι οποίοι με τη βοήθεια προκατασκευασμένων εντύπων που θα περιέχουν τυποποιημένες ερωτήσεις, θα καταλήγουν σε μια αρχική αποτίμηση του έργου. Στα έντυπα αυτά συνίσταται να υπάρχει μια βαθμολογία με κλίμακα από 0 έως 5 ανάλογα με τις φθορές και τις βλάβες που εντοπίζονται, έτσι ώστε η κατάταξη των γεφυρών σε διάφορες κατηγορίες να πραγματοποιείται με μια ενιαία μεθοδολογία.

2) Τακτικοί Έλεγχοι

Οι τακτικοί έλεγχοι είναι ενόργανοι έλεγχοι που θα πραγματοποιούνται ανά πενταετία σε όλα τα τμήματα της γέφυρας. Για του έλεγχους αυτούς απαιτείται ειδικευμένο προσωπικό και ειδικός εξοπλισμός, όπως υπερηχογράφοι, ενδοσκόπια, επιταχυνσιόμετρα, ηλεκτρικό δυναμικό, κρουσίμετρα. Ο μηχανικός μετά την επιθεώρηση θα αναφέρει σε μια τεχνική έκθεση όλους τους ελέγχους που έγιναν και όλα τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν.

Για την εκτίμηση των μετρητικών αποτελεσμάτων που προκύπτουν θα χρησιμοποιούνται ενιαία μαθηματικά προσομοιώματα τα οποία έχουν τη δυνατότητα να δίνουν μια ακριβή εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του έργου. Στη συνέχεια ο μηχανικός με τη βοήθεια του φακέλου του έργου που αναφέρθηκε προηγουμένως, θα προτείνει τους κατάλληλους τρόπους συντήρησης και αποκατάστασης των βλαβών που πρέπει να επιδιορθωθούν, καθώς και τις εργασίες ενίσχυσης που απαιτούνται για την αναβάθμιση της γέφυρας στην περίπτωση που παρατηρηθεί στατική ανεπάρκεια. Τέλος, σε μία ξεχωριστή τεχνική έκθεση θα γίνεται διερεύνηση όλων των πιθανών αιτίων που έχουν προκαλέσει τις φθορές στη γέφυρα και πρόβλεψη των μελλοντικών βλαβών που πρόκειται να εντοπιστούν στην κατασκευή.

3) Έκτακτοι Έλεγχοι

Οι έκτακτοι έλεγχοι θα πραγματοποιούνται μετά από γεγονότα που πιθανόν να μεταβάλλουν τη δομική κατάσταση της γέφυρας, όπως είναι οι σεισμοί, οι πλημμύρες και οι κατολισθήσεις. Αρχικά θα γίνεται ένας Ταχύς Οπτικός Έλεγχος ώστε να εντοπιστούν οι κύριες φθορές που έχουν προκληθεί. Όπου ο οπτικός έλεγχος δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ακριβή εικόνα της κατάστασης της γέφυρας, ή υπάρχουν υποψίες για ύπαρξη βλαβών, τότε θα πραγματοποιείται ενόργανος έλεγχος σύμφωνα με την λεγόμενα της παραγράφου 2.3 της παρούσας εργασίας.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και ΙΤΣΑΚ “Ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης και διάγνωσης στατικής ανεπάρκειας σημαντικών γεφυρών της Ε.Ο.Α.Ε ”, αναφορά για την ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., (2003)
2. Joint Research Centre of European Commission {ELSA} “Health Monitoring of Structures by Vibrating Tests” , report of ELSA (2004)
3. Dr R J Woodward “Project funded by the European commission under the transport RTD programme of the 4th Framework Programme”, Deliverable D14 final report of BRIME , Contract No : RO-97-sc.2220 (2000)
4. Farhad Ansari , “Fiber optic health monitoring of civil structures using long gage and acoustic sensors”, Institute of Physics Publishing, smart materials and structures, (2005)
5. Sridhar , Ravisankar , Parivallal , Kesavan , Sreeshylam , S.G.N. Murthy “Remote Health Monitoring of Civil Engineering Structures”, (2005)
6. Alan Kowalik “Acoustic Monitoring on the Fred Hartmans Bridge’ Bridge Division, Texas Department of Transportation, 118 E. Riverside Drive, Austin, TX 78701, (512) 416-2208.(1995)