

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΦΡΑΓΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Περίληψη

Η διάβρωση των οπλισμών είναι το κύριο, αν όχι το μόνο, πρόβλημα του οπλισμένου σκυροδέματος από άποψης ανθεκτικότητας σε διάρκεια. Οι μέχρι τώρα προσπάθειες της έρευνας για την ποσοτική έκφραση του ρυθμού εξέλιξης των φαινομένων διάβρωσης συναρτήσει των παραμέτρων που τις καθορίζουν είναι σχετικά περιορισμένες. Έτσι δεν υπάρχει ακόμα ένα γενικά αποδεκτό μαθηματικό προσομοίωμα των μηχανισμών διάβρωσης που να επιτρέπει την πρόβλεψη της εξέλιξής τους με το χρόνο (Φαρδής 2000)[5]. Η διάγνωση λοιπόν του προβλήματος, η καταλληλότητα του χρόνου και εν γένη της επιλογής του τρόπου επέμβασης σε σχέση με το κόστος και τα μηχανικά αποτελέσματα είναι διαδικασία απαραίτητη και χρίζει ιδιαίτερης προσοχής. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται να γίνει μια ανάλυση των στρατηγικών συντήρησης στη διάρκεια του κύκλου ζωής κατασκευών γεφυρών.

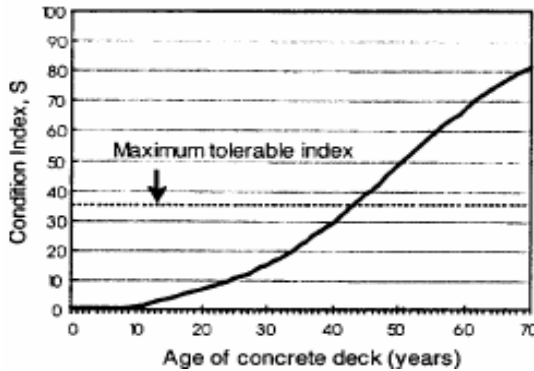
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γέφυρες αποτελούν ειδικές κατασκευές μεγάλης οικονομικής και στρατηγικής σημασίας όχι μόνο λόγω του κόστους κατασκευής τους, αλλά παράλληλα γιατί αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα χερσαίων αξόνων μεταφοράς. Έτσι η ανάλυσή τους γίνεται για ένα κύκλο ζωής σαφώς μεγαλύτερο από αυτό των απλών οικοδομικών έργων. Στη διάρκεια αυτού του χρόνου ζωής είναι αναπόφευκτη η φθορά λόγω διάβρωσης των οπλισμών ή σαν αποτέλεσμα έντονης σεισμικής δράσης, και χρειάζεται να γίνει συντήρηση ούτως ώστε να είναι δυνατή η χρήση της γέφυρας για το σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε. Οι επιπτώσεις της διάβρωσης των οπλισμών, που είναι και η αιτία φθοράς για την οποία θα γίνει λόγος στην παρούσα εργασία, είναι ο διαστρωματικός διαχωρισμός των υλικών, η απώλεια περιοχών σκυροδέματος και η μείωση της διατομής των οπλισμών.

Συχνά λοιπόν καλείται ο μηχανικός να επιλέξει, ανάμεσα σε πολλούς, τον καλύτερο τρόπο επέμβασης για την επισκευή και συντήρηση του υφιστάμενου καταστρώματος της γέφυρας. Η βέλτιστη τελική επιλογή του είδους της επέμβασης είναι αρκετά περίπλοκη διαδικασία και αυτό επειδή εξαρτάται από διάφορους αλληλοεμπλεκόμενους παράγοντες, όπως για παράδειγμα το βαθμό της φθοράς του καταστρώματος, το ρυθμό με τον οποίο επεκτείνεται η διάβρωση, το χρονικό σημείο που θα λάβει χώρα η επέμβαση και το χρόνο λειτουργικής ζωής, όρος που θα επεξηγηθεί παρακάτω. Είναι απαραίτητο λοιπόν να εισάγουμε στην παρούσα φάση ένα μηχανικό μοντέλο φθοράς βάση του οποίου θα μπορούμε να προβλέψουμε τη φθορά από τη διάβρωση σε σχέση με την ηλικία του καταστρώματος σε κάθε στιγμή της ζωής της γέφυρας.

Το μοντέλο αυτό (σχ.1) που προτάθηκε από τον Babaei et. al.(1996)[3] συνδυάζει την ηλικία του καταστρώματος με ένα δείκτη S ευθέως ανάλογο με την κατάστασή του, και ο υπολογισμός του βασίζεται στο ποσοστό των περιοχών του σκυροδέματος που έχουν αποκολληθεί, στο διαστρωματικό διαχωρισμό και στην περιεκτικότητα των ράβδων οπλισμού σε χλωριόντα. Ο δείκτης αυτός κινείται από την τιμή 0 (καμία φθορά – διάβρωση) ως την τιμή 100 που αντιστοιχεί σε πλήρως κατεστραμένο κατάστρωμα. Με το πέρασμα του χρόνου το κατάστρωμα της γέφυρας φθείρεται συνεχώς και ο δείκτης κατάστασης S φτάνει σε κάποιο σημείο S_m , όπου πλέον το κατάστρωμα πρέπει να επισκευαστεί ή να

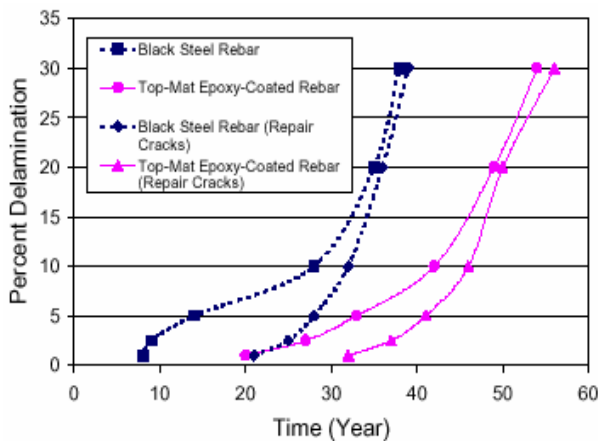
αντικατασταθεί. Αυτό είναι το ανώτατο όριο μέχρι το οποίο η φθορά μπορεί να χαρακτηριστεί ανεκτή. Στο σημείο αυτό οι περιοχές που έχουν χάσει τμήματα σκυροδέματος και οι περιοχές που έχουν υποστεί διαστρωματικό διαχωρισμό περιγράφονται σαν ένα ποσοστό των υπό ένταση περιοχών. Το μοντέλο φθοράς ωστόσο θεωρεί το διαστρωματικό διαχωρισμό και την απώλεια περιοχών σκυροδέματος σαν ξεχωριστές φάσεις της διαδικασίας αλλοίωσης. Ο λόγος μεταξύ αυτών των περιοχών θεωρείται 3:1.



Όπως φαίνεται και στο διπλανό διάγραμμα ο δείκτης κατάστασης αρχικά και για διάστημα περίπου 10 ετών παραμένει σε μηδενικά επίπεδα. Ύστερα και για περίπου 40 έτη η διάβρωση επέρχεται με ένα περίπου σταθερό προς αυξανόμενο ρυθμό ο οποίος μειώνεται τα 20 τελευταία χρόνια.

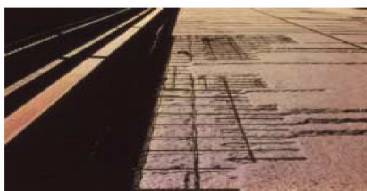
Σχ. 1 Τυπικό διάγραμμα δείκτη κατάστασης.

Στην εργασία τους οι Mark Yunovich, Neil G. Thompson, Ph.D. Tunde Balvanyos, Ph.D. and Lester Lave, Ph.D. παραθέτουν ένα μοντέλο φθοράς (σχ. 2)[4] το οποίο περιλαμβάνει δύο τύπους οπλισμών, έναν κανονικό και έναν με εποξειδική επίστρωση και λαμβάνει υπόψη το αν γίνεται συντήρηση της φθοράς του σκυροδέματος. Ως δείκτη κατάστασης θεωρεί το διαστρωματικό διαχωρισμό. Στην εν λόγω εργασία προτείνεται να αρχίζουν να γίνονται τοπικές επισκευές όταν το 2,5% του καταστρώματος έχει υποστεί διαστρωματικό διαχωρισμό και απώλεια σκυροδέματος, όταν οι πληροφορίες βασίζονται στην τακτική επιθεώρηση του καταστρώματος της γέφυρας. Η συντήρηση με τοπική επισκευή συνεχίζεται ετησίως μέχρι το ποσοστό αυτό να φτάσει το 10% έχοντας δυο εναλλακτικές για αυτό το χρονικό διάστημα. Την επισκευή ή όχι του σκυροδέματος που έχει απολεσθεί και ανάλογα επιλέγεται το μοντέλο φθοράς. Όταν το ποσοστό αυτό φτάσει την τιμή 10% τότε γίνεται επίστρωση σκυροδέματος. Η ωφέλιμη ζωή της τελευταίας επέμβασης υπολογίζεται στα 18 έτη και μετά την έλευσή τους λαμβάνει χώρα η αντικατάσταση του καταστρώματος.



Το διπλανό διάγραμμα δείχνει πως η ωφέλιμη ζωή της κατασκευής εξαρτάται από το αν χρησιμοποιείται εποξειδική επικάλυψη στις ράβδους και κάτι τέτοιο δείχνει να αυξάνει την ωφέλιμη ζωή του καταστρώματος κατά 20 έτη. Η πλήρωση του σκυροδέματος που χάθηκε έχει επίσης ευεργετικά αποτελέσματα.

Σχ. 2 Μοντέλα φθοράς για απλό και εποξειδικό οπλισμό.



Προχωρημένη διάβρωση οπλισμών καταστρώματων γεφυρών με έντονα τα σημάδια της απώλειας περιοχών σκυροδέματος και του διαστρωματικού διαχωρισμού.

2. ΩΦΕΛΙΜΗ ΖΩΗ (SERVICE LIFE)

Η ωφέλιμη ή λειτουργική ή υπηρεσιακή ζωή μιας κατασκευής όπως αυτή ορίζεται στο ASTM E632-82 (1991)[2] είναι η χρονική περίοδος μετά την εγκατάσταση (πέρας κατασκευής) κατά την οποία όλα τα χαρακτηριστικά ξεπερνούν τις ελάχιστες αποδεκτές τιμές τους ενώ γίνεται η συντήρηση ρουτίνας. Για τους σκοπούς της ανάλυσης του κόστους ζωής των καταστρώματων γεφυρών, όπως περιγράφουν και στο άρθρο τους οι Philips D. Cady and Richard E. Weyers έχουμε τρεις τύπους ωφέλιμης ζωής. Πρώτα έχουμε τη χρήσιμη ζωή της κατασκευής η οποία τερματίζεται είτε από την ικανότητα παροχής υπηρεσιών της κατασκευής ή από την παύση της χρήσης της (που σχεδόν ποτέ δεν λαμβάνουν χώρα). Βάσει αυτής της χρονικής περιόδου συντάσσεται ο ορίζοντας σχεδιασμού πέρα από τον οποίο οι στρατηγικές συντήρησης των υλικών της γέφυρας που έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής πρέπει να υπολογιστούν. Δύο άλλες χρονικές περίοδοι που συνδέονται με τα υλικά του καταστρώματος της γέφυρας είναι σημαντικές και πρέπει να καθοριστούν για να εκτιμηθεί το κόστος του κύκλου ζωής της γέφυρας. Υπάρχει μια χρονική περίοδος που ακολουθεί την αρχική κατασκευή της γέφυρας ή την αντικατάσταση του καταστρώματος όπου δεν χρειάζεται συντήρηση. Αυτή η περίοδος ακολουθείται από μια περίοδο σταθερού ρυθμού αλλοίωσης μέχρι που φτάνουμε στο σημείο να πρέπει να επέμβουμε.

Σύμφωνα με το προαναφερθέν μοντέλο (Babaei et al. 1996)[3] για τον προσδιορισμό της ωφέλιμης ζωής E.S.L. (Estimate Service Life) εισάγεται ένας συντελεστής K που ορίζεται ως ο λόγος του ρυθμού αύξησης της διάβρωσης μετά την επέμβαση προς αυτόν πριν αυτή γίνει. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή της επέμβασης. Ο συντελεστής λαμβάνει τιμές από το $-\infty$ έως το 1.

1. $K=1$ Αν ο ρυθμός διάβρωσης συνεχίζει να αυξάνει με τον ίδιο ρυθμό και μετά τη συντήρηση
2. $0 \leq K < 1$ Αν ο ρυθμός της διάβρωσης συνεχίζει να αυξάνει μετά τη συντήρηση αλλά με μικρότερο ρυθμό. Οι περισσότεροι κοινά χρησιμοποιούμενοι τρόποι επέμβασης όπως τοπικές επιδιορθώσεις, ασφαλτικές ή επιστρώσεις σκυροδέματος βρίσκονται σε αυτή την κατηγορία
3. $K < 0$ Αν ο ρυθμός της διάβρωσης μειώνεται μετά την επέμβαση
4. $K \rightarrow -\infty$ Αν ο ρυθμός της διάβρωσης παίρνει τιμές κοντά στο 0 μετά την επέμβαση.

Η ωφέλιμη ζωή μετά το πέρας της οποίας χρειάζεται να γίνει ξανά συντήρηση δεν εξαρτάται μόνο από το συντελεστή K αλλά και από άλλους χρονικούς παράγοντες. Από το χρόνο t_m που χρειάζεται για να φτάσει ο δείκτης κατάστασης στην τιμή S_m , από το χρόνο t_0 στον οποίο

εμφανίζεται το πρώτο σημάδι διάβρωσης και από τον χρόνο t^* στον οποίο λαμβάνει χώρα η επέμβαση. Οι μαθηματικές εκφράσεις που δίνουν την ωφέλιμη ζωή και προτάθηκαν από τον Adam et al. (2001)[3] είναι οι ακόλουθες.

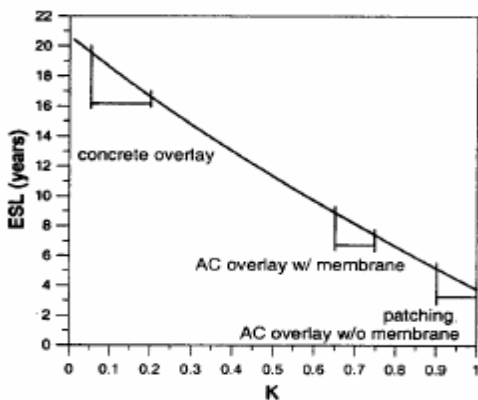
$$E.S.L = \{[(t^* - t_0)^2 + K*(t_m - t_0)^2]^{0.5} - (t^* - t_0)\} / K * (-5.37*K + 6.88) \quad \text{για } K \neq 0 \quad (1)$$

$$E.S.L = 0.5*(t_m - t_0)^2 / (t^* - t_0) * 6.88 \quad \text{για } K = 0 \quad (2)$$

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΣΤΙΓΜΗΣ ΤΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΩΦΕΛΙΜΗ ΖΩΗ

Καθώς οι περισσότερες επεμβάσεις επιφέρουν ένα ρυθμό μείωσης της διάβρωσης του σπλισμού, η χρονική στιγμή που θα επιλεγθεί να λάβουν χώρα παίζει ρόλο στη μεταβολή της ωφέλιμης ζωής. Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα τριών συνήθων τρόπων συντήρησης καταστρώματος μιας γέφυρας όπως αυτό περιγράφεται στην εργασία των Ying-Hua Huang, Teresa M. Adams, και Jose A. Pincheira[3]. Ο συντελεστής K είναι τυχαίος στα λογικά πλαίσια που αυτός κινείται σε κάθε τρόπο επέμβασης. Ως μέγιστος δείκτης κατάστασης S_m χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές 23 & 35.

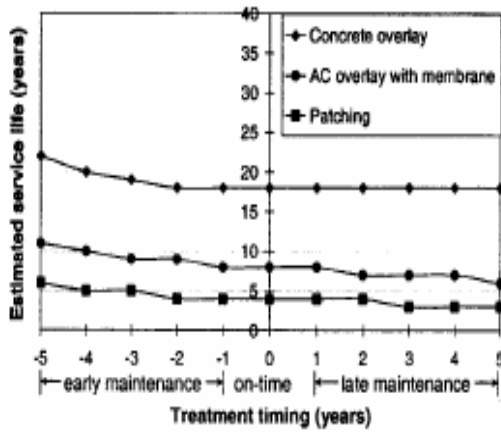
Συγκρίνονται τιμές της ωφέλιμης ζωής για επέμβαση που έγινε σε εύρος δέκα ετών από -5 (πρόωρη) έως +5 (καθυστερημένη).



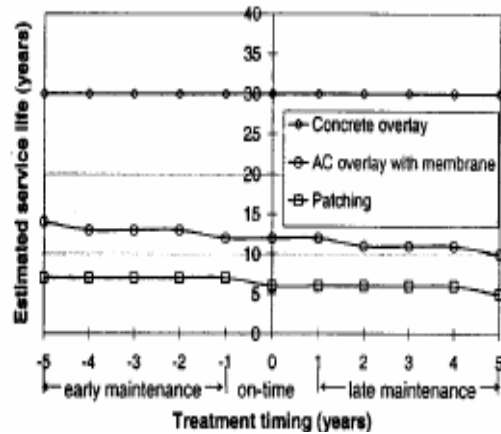
Το Σχ. 3 δείχνει το γράφημα της ωφέλιμης ζωής καταστρώματος γέφυρας, σε συνάρτηση με το συντελεστή K , όπου έχουν υποτεθεί λογικές τιμές για t^* , t_0 , t_m . Ας σημειωθεί ότι οι επεμβάσεις με χαμηλό δείκτη K έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της ωφέλιμης ζωής κατά σειρά: α) Επίστρωση σκυροδέματος, β) Επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος με μεμβράνη και γ) Επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος χωρίς μεμβράνη η οποία έπεται τοπικών επιδιορθώσεων.

Σχ. 3 Ωφέλιμη ζωή συναρτήσει του συντελεστή K .

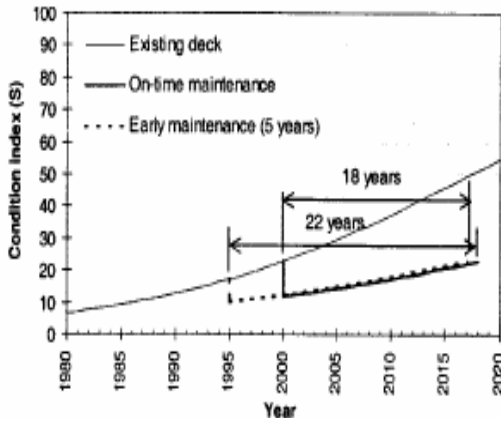
Για πρόωρη επέμβαση και για συντήρηση με επίστρωση σκυροδέματος, για παράδειγμα όταν $S_m=23$, η ωφέλιμη ζωή αυξάνει κατά 4 χρόνια, ενώ για $S_m=35$, η νωρίτερη συντήρηση δεν έχει επίπτωση στην ωφέλιμη ζωή. Για τοπική επισκευή ή επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος με μεμβράνη, η ωφέλιμη ζωή αυξάνει για $S_m=23$, όπως και για $S_m=35$ σε μικρότερο όμως βαθμό. Για καθυστερημένη επέμβαση με τοπική επισκευή ή επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος με μεμβράνη, η ωφέλιμη ζωή μειώνεται κατά δύο χρόνια, ενώ καμία επίδραση δεν υπάρχει για επίστρωση με σκυρόδεμα. Όταν όμως γίνεται τοπική επισκευή 5 έτη αργότερα από το κανονικό, η κατάσταση του καταστρώματος αμέσως μετά την επισκευή δεν είναι το ίδιο καλή με αυτή που θα είχαμε αν η συντήρηση γίνονταν στην ώρα της. Συμπερασματικά η πρόωρη συντήρηση αυξάνει την ωφέλιμη ζωή ενώ η καθυστερημένη τείνει να τη μειώσει. Παρ'όλα αυτά, η ωφέλιμη ζωή του καταστρώματος μιας γέφυρας εξαρτάται και από τον τρόπο επέμβασης αλλά και από την κατάσταση του καταστρώματος πριν από την επέμβαση. Αναλυτικότερα τα παραπάνω συμπεράσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα[3].



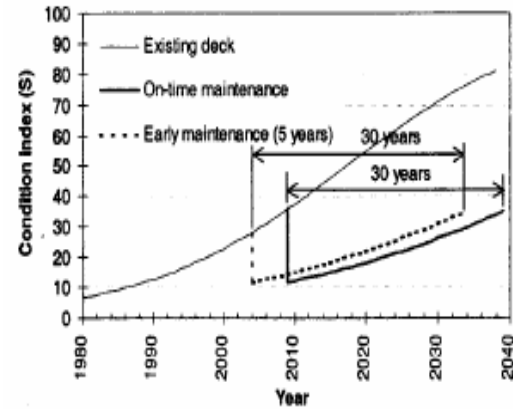
Σχ. 4 Επίδραση του χρόνου επέμβασης στην ωφέλιμη ζωή για διάφορες επεμβάσεις. (Sm=23)



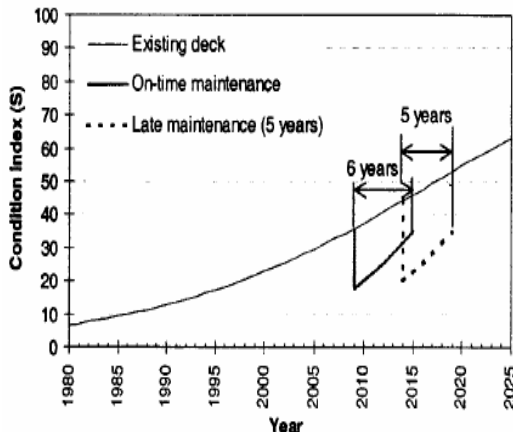
Σχ. 5 Επίδραση του χρόνου επέμβασης στην ωφέλιμη ζωή για διάφορες επεμβάσεις. (Sm=35)



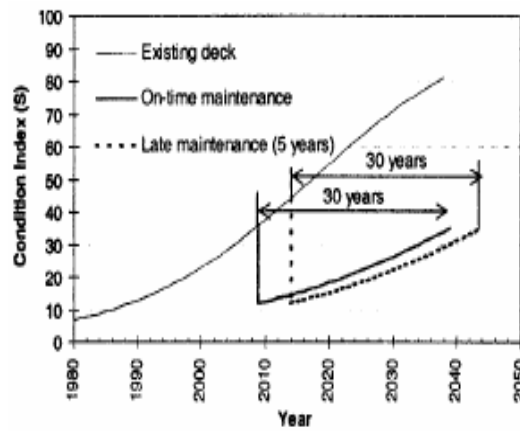
Σχ. 6 Καμπύλες δείκτη κατάστασης για επίστρωση σκυροδέματος. (Sm=23)



Σχ. 7 Καμπύλες δείκτη κατάστασης για επίστρωση σκυροδέματος. (Sm=35)



Σχ. 8 Καμπύλες δείκτη κατάστασης για τοπική επισκευή (Sm=23)



Σχ. 9 Καμπύλες δείκτη κατάστασης για επίστρωση σκυροδέματος. (Sm=35)

4. ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Οι τρόποι επέμβασης, όπως γίνεται μέχρι τώρα αντιληπτό, ποικίλουν και ανάλογα με την στρατηγική που θα επιλεγεί, λαμβάνει χώρα και διαφορετικός συνδιασμός αυτών. Παρατείνονται παρακάτω διάφορα είδη επεμβάσεων με στοιχεία, όπου αυτά είναι διαθέσιμα, για την ωφέλιμη ζωή, την παραγωγικότητα και την αναμενόμενη τιμή του συντελεστή Κ, όπως αυτά προκύπτουν από την εργασία των Philips D. Cady and Richard E. Weyers[2] λαμβάνοντας υπόψη τη συντήρηση διαφόρων καταστρωμάτων γεφυρών στο Wisconsin.

Τρόπος επέμβασης	Ωφέλιμη ζωή (έτη)	Παραγωγικότητα	Συντελεστής Κ
Τοπικές επιδιορθώσεις με αντισκωριακή προστασία	-	3 m ² /ημέρα	0.900
Επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος χωρίς μεμβράνη	3	550 m ² /ημέρα	0.900
Επίστρωση ασφαλτικού σκυροδέματος με μεμβράνη	7	550 m ² /ημέρα	0.700
Επίστρωση σκυροδέματος	20	350-400 m ² /μήνα	0.125
Αντικατάσταση του καταστρώματος με εποξειδικό οπλισμό	>30	-	-

5. ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Η χρήση των ινοπλισμένων πολυμερών επεκτείνεται και είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση στις μέρες μας, για την κατασκευή καταστρωμάτων γεφυρών ή και αντικατάσταση αυτών. Τα ευμενή χαρακτηριστικά αυτής της εναλλακτικής είναι η μεγάλη αντοχή του υλικού συνδυαζόμενη με το μικρό ίδιο βάρος, η μεγάλη ανοχή στον πάγο καθώς και στα άλατα που χρησιμοποιούνται για αντιπαγωτικές διαδικασίες. Το μικρό ίδιο βάρος, περίπου το 20% ενός καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθιστά ικανή τη γρήγορη τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων με την ελάχιστη κυκλοφοριακή παρενόχληση. Ταυτόχρονα αυξάνεται η ικανότητα ανάληψης μεγαλύτερων κινητών φορτίων στις προυπάρχουσες γέφυρες μέσω της αντικατάστασης των πολύ βαρύτερων καταστρωμάτων από Ο.Σ. Επιπροσθέτως οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες είναι εφικτό να υλοποιηθούν πιο εύκολα σε σύγκριση με αυτές των καταστρωμάτων από Ο.Σ.

Στην αγορά διατίθενται ως προκατασκευασμένα στοιχεία (Π.Σ.) και διακρίνονται σε δύο τύπους. Πολυκυψελικά στοιχεία κολλημένων μεταξύ τους στρώσεων και Π.Σ. τύπου Sandwich με διαφορετικές κατασκευές του πυρήνα. Σκληρημμένα ή λεπτότοιχα κυψελωτά υλικά είναι τα πλέον διαδεδομένα για την κατασκευή πυρήνων[1]. Για την κατασκευή καταστρωμάτων γεφυρών, πιο διαδεδομένα στις μέρες μας είναι τα πολυκυψελικά Π.Σ. Τα τελευταία αποτελούνται από διαμήκης διατομές διαφόρων σχημάτων τύπου Ζ, τύπου C ή V, σχήματος μισού τραπεζίου, τραπεζοειδείς ή ακόμα και ορθογωνικής μορφής. Η ανάληψη φορτίων στα τύπου Sandwich Π.Σ. γίνεται κατά τις δύο διευθύνσεις, ενώ αυτή των πολυκυψελικών στοιχείων μόνο κατά την μια (αυτή της διαμήκους διεύθυνσης των διατομών που περιγραφισαν πιο πάνω). Όσον αφορά τα συγκεντρωμένα φορτία, η ικανότητα ανάληψης φορτίων και στις δύο διευθύνσεις είναι η επιθυμητή. Τα τύπου Sandwich Π.Σ. μπορούν να γεφυρώσουν μικρά ανοίγματα περί τα 20m, ανοίγματα όμως που αφορούν ένα μεγάλο ποσοστό των υπαρχουσών γεφυρών. Αντιθέτως, τα καταστρώματα από πολυκυψελικά Π.Σ. δεν έχουν την ίδια δυνατότητα. Συγχρόνως τα τελευταία απαιτούν

περισσότερες κύριες δοκούς στον κατά μήκος άξονα. Συνεπώς, οι μεγάλοι πρόβολοι στα άκρα του καταστρώματος δεν είναι δυνατοί έχοντας άμεση αρνητική συνέπεια στον αισθητικό τομέα, εφόσον δεν μπορεί, οπτικά τουλάχιστον, να μειωθεί το πάχος του φορέα αποκρύπτοντας ουσιαστικά τις κύριες δοκούς στη “σκιά” των μεγάλων προβόλων.

Καθοριστικός της διαστασιολόγησης και των ορίων των ανοιγμάτων είναι ο έλεγχος λειτουργικότητας. Μια βύθιση της τάξης μικρότερη ή ίση με το άνοιγμα/300 συμπεριλαμβανομένης και της διατμητικής παραμόρφωσης μπορεί να θεωρηθεί ανεκτή[1]. Αν και η αντοχή των Π.Σ. είναι μεγάλη, αστοχίες δεν αποφεύγονται, παρουσιάζονται δε αρκετά πριν η κατασκευή φτάσει στην αντοχή της και είναι τοπικού χαρακτήρα. Εμφανίζονται με τη μορφή τοπικού λυγισμού στην θλιβόμενη περιοχή. Όσον αφορά την αντοχή σε κόπωση τα πολυκυψελικά στοιχεία δεν έδειξαν κανένα σημάδι αστοχίας ή φθοράς μετά από 10^6 κύκλους φόρτισης. Τα τύπου Sandwich καταστρώματα φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητα στην ανακυκλιζόμενη φόρτιση. Αστοχίες ξεκολήματος μεταξύ των υλικών της επιφάνειας και του ιστού, οφειλόμενες πιθανώς σε έλλειψη ποιοτικού ελέγχου κατά τη φάση της κατασκευής, συναντώνται όχι όμως τόσο συχνά.

Για να είναι ανταγωνιστικό ένα Π.Σ. από ινοπλισμένα πολυμερή στην περίπτωση που αντικαθιστά ένα κατάστρωμα από Ο.Σ. θα πρέπει να μπορεί να αναλάβει τις τάσεις, εκείνες που προκύπτουν από την εντατική κατάσταση στην κατά μήκος διεύθυνση, σαν θλιβόμενο πέλμα της διατομής. Για ανοίγματα της τάξης των 20m το προκατασκευασμένο στοιχείο έχει καλή συμπεριφορά σαν άνω θλιβόμενο πέλμα. Για ανοίγματα που ξεπερνούν την προαναφερθείσα τιμή η συμμετοχή του Π.Σ. στη δυσκαμψία της διατομής μειώνεται στο 5~10%. Επιπροσθέτως πειραματικές διαδικασίες έδειξαν πως το συνεργαζόμενο πλάτος των δοκών καταστρωμάτων με Π.Σ είναι μικρότερο συγκρινόμενο με αυτό των καταστρωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στην περίπτωση βέβαια που τα Π.Σ. καλούνται να αναλάβουν εντατικές καταστάσεις μόνο κατά την εγκάρσια διεύθυνση, τότε δεν υπάρχει περιορισμός για το μήκος του ανοίγματος.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Σημαντικός παράγοντας στην σωστή αντιμετώπιση και εκλογή της κατάλληλης στρατηγικής για τη συντήρηση καταστρωμάτων γεφυρών όπως αντιλαμβανόμαστε, είναι ο καθορισμός ενός μοντέλου φθοράς, ικανού να προσομοιώσει το βαθμό της αλλοίωσης, σχετιζόμενο με το χρόνο.
2. Ο χρόνος που θα λάβει χώρα μια επέμβαση δεν είναι τόσο καθοριστικός για την ωφέλιμη ζωή της, αν και μια πρόωρη χρονικά επέμβαση τείνει να την αυξήσει ενώ μια καθυστερημένη να τη μειώσει. Η ωφέλιμη ζωή επηρεάζεται επίσης από την κατάσταση του καταστρώματος πριν την συντήρηση αλλά και από την ίδια την επέμβαση.
3. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται, όσον αφορά την επιλογή της στρατηγικής, στο ποσοστό του προεξοφλητικού επιτοκίου που θα χρησιμοποιηθεί, για τους υπολογισμούς της καταλληλότερης από οικονομικής άποψης επέμβασης.
4. Τα Π.Σ. από ινοπλισμένα πολυμερή είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση κυρίως λόγω του μικρού ίδιου βάρους τους και της μεγάλης αντοχής τους. Υστερούν όμως σε σχέση με τα καταστρώματα γεφυρών από Ο.Σ. καθώς έχουν μικρότερη δυσκαμψία και δεν μπορούν να γεφυρώσουν μεγάλα ανοίγματα παίζοντας το ρόλο του πάνω θλιβόμενου πέλματος για ένταση στη διαμήκη διεύθυνση. Συμπερασματικά λοιπόν ώστε να είναι αυτή η ανταγωνιστική λύση, για μεγαλύτερα ανοίγματα θα πρέπει να βρεθούν τρόποι αύξησης της δυσκαμψίας στη διαμήκη διεύθυνση αλλά και να αναπτυχθούν τα υλικά κατασκευής των Π.Σ. ούτως ώστε να μειωθεί το κόστος της λύσης αυτής.

5. Η έγκαιρη διάγνωση του προβλήματος και των συνεπειών της διάβρωσης των οπλισμών, και η σωστή εκλογή της στρατηγικής της επέμβασης μπορούν να μειώσουν το συνολικό κόστος συντήρησης, να αυξήσουν την ωφέλιμη ζωή και να διατηρήσουν ένα αρκετά σταθερό επίπεδο του δείκτη κατάστασης των καταστρωμάτων. Επιτακτική λοιπόν είναι η ανάγκη για έλεγχο, συντήρηση και επιστημονική προσέγγιση στο δίκτυο των γεφυρών που δημιουργήθηκε και συνεχίζει να δημιουργείται στη χώρα μας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **‘Fiber Reinforced Polymer Bridge Decks-Status Report and Future Prospects.’** Bridge Design & Engineering, Prof. Dr. Thomas Keller, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne.
2. **‘Predicting Service Life of Concrete Bridge Decks Subject to Reinforcement Corrosion.’** Philip D. Cady and Richard E. Weyers (1992), ASTM Spec. Tech. Publ. No1137, 328-338.
3. **‘Analysis of Life-Cycle Maintenance Strategies for Concrete Bridge Decks.’** Ying-Hua Huang, Teresa M. Adams and Jose A. Pincheira, Journal of Bridge Engineering ASCE May/June 2004, 250-258.
4. **‘Highway Bridges Appendix D.’** Marc Yunovich, Neil G. Thompson, Tunde Balvanos and Lester Lave, D46-D48.
5. **‘Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος III.’** Ανθεκτικότητα του Σκυροδέματος σε Διάρκεια, Μιχαήλ Ν. Φαρδής.