

Αστοχίες άοπλων δαπέδων σκυροδέματος
Εμπειρίες από παθήματα που πρέπει να γίνουν μαθήματα
Failures of plain concrete slabs
Lessons from bad experiences

Ευτέρπη Κυρκιλή¹

άοπλα δάπεδα σκυροδέματος, αρμοί, ρηγματώση, συστολή, βλήτρα, αγκύρια
plain concrete slabs on ground, joints, cracking, contraction, dowels, tie bars

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην εργασία επισημαίνονται και σχολιάζονται ορισμένες παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη, κατασκευή, επισκευή και συντήρηση άοπλων δαπέδων σκυροδέματος με αρμούς, οι οποίες δεν έχουν έως τώρα αναδειχθεί επαρκώς και παραμένουν υποεκτιμημένες. Περιλαμβάνονται περιπτώσεις δαπέδων διοδίων και βιομηχανικών δαπέδων από τις οποίες αποκτήθηκε προσωπική εμπειρία. Σκοπός είναι η ανάδειξη της αναγκαιότητας και σκοπιμότητας των σχετικών οδηγιών/προδιαγραφών και η σπουδαιότητα της σωστής επίβλεψης εφαρμογής τους.

ABSTRACT: This paper points out and discusses certain parameters that must be taken into consideration during the design, construction, repair and maintenance, of plain concrete slabs with joints, which have not yet been sufficiently highlighted and remain underestimated. It includes cases of rigid pavement for toll stations and industrial floors from which personal experience was gained. The purpose is to emphasize the necessity and feasibility of the relevant guides/specifications and the importance of proper supervising of their implementation.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα άοπλα δάπεδα σκυροδέματος (πλάκες επί εδάφους) έχουν ευρεία εφαρμογή στη κατασκευή δύσκαμπτων οδοστρωμάτων οδών, λιμένων, αεροδρομίων, βιομηχανικών δαπέδων, δαπέδων στάθμευσης οχημάτων κλπ. Σήμερα, η μελέτη και διαστασιολόγησή τους γίνεται με αναλυτικές μεθόδους υπολογισμού, όπου καταρχήν απαιτείται η περιγραφή του στατικού προσομοιώματος της διατομής και κατόπιν ο προσδιορισμός του μεγέθους, του είδους και της θέσης των φορτίων που επιβάλλονται στην πλάκα. Το τυπικό προσομοίωμα της διατομής είναι ένα σύστημα επάλληλων ελαστικών στρώσεων και στην ανάλυση

¹ Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, email: kirkipep@otenet.gr

λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως, οι διαφορές θερμοκρασίας, οι συνθήκες συνάφειας κλπ. Η βασική μορφή αστοχίας είναι η κόπωση, δηλαδή η αστοχία υπό την επαναλαμβανόμενη φόρτιση, που επιβάλλεται από τα διερχόμενα οχήματα και από τις ημερήσιες θερμοκρασιακές αλλαγές και προκαλεί την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων κάμψης στον πυθμένα, ή στην επιφάνεια της πλάκας. Συνεπώς, η μελέτη υπολογισμού, εάν γίνει σωστά, πρέπει να εξασφαλίζει την δομική επάρκεια έναντι κόπωσης της πλάκας και ως εκ τούτου την αποφυγή εμφάνισης ρωγμών. Όμως, η αποκτηθείσα εμπειρία από τη μελέτη πλακών δύσκαμπτων οδοστρωμάτων διοδίων και βιομηχανικών δαπέδων σε διάφορα έργα στην Ελλάδα, αποδεικνύει ότι υπάρχουν και άλλες παράμετροι που οδηγούν στην εμφάνιση ρωγμών, ή/και στην εν γένει αστοχία. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι παράμετροι που επισημάνθηκαν κατά τη μελέτη και κατασκευή νέων, την καταγραφή φθορών υφιστάμενων, και την μελέτη ανακατασκευής παλαιών δαπέδων. Οι παράμετροι αυτές μπορούν και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, κατά τη μελέτη, την κατασκευή, και κατά τη συντήρηση.

ΑΡΜΟΙ

Οι αρμοί των δαπέδων από σκυρόδεμα διακρίνονται στους εξής τύπους:

Διαμήκεις αρμοί εργασίας οι οποίοι διαμορφώνονται στα διαμήκη πέρατα των λωρίδων διάστρωσης και πρέπει να είναι παράλληλοι με τον άξονα της οδού και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στα όρια των λωρίδων κυκλοφορίας. Το πλάτος κάθε διαμορφούμενης λωρίδας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6m. Πρέπει, επίσης, να είναι συνεχείς και ευθύγραμμοι σε όλο το μήκος του έργου και η παρειά τους κατακόρυφη σε όλο το πάχος της πλάκας. Οι αρμοί αυτοί επιτρέπουν την κύρτωση και την περιστροφή των πλακών και κατά συνέπεια την σημαντική μείωση των αντίστοιχων τάσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για την εξασφάλιση συνεργασίας μεταξύ των πλακών και τον περιορισμό της τυχόν απομάκρυνσης τους, οι αρμοί οπλίζονται με αγκύρια (συνδετήριες ράβδους), οι οποίες τοποθετούνται κάθετα στη παρειά του αρμού, στο μέσο του πάχους της πλάκας και αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές του αρμού.

Αρμοί συστολής οι οποίοι διαμορφώνονται ανά αποστάσεις εγκάρσια των διαμήκων αρμών εργασίας και κατά το δυνατόν κάθετα προς την διεύθυνση κίνησης των οχημάτων. Πρέπει να είναι τελείως ευθύγραμμοι και συνεχείς σε όλο το πλάτος της οδού (από οριογραμμή σε οριογραμμή) και να σχηματίζουν ορθή γωνία με τους διαμήκεις αρμούς εργασίας, ή τουλάχιστον γωνία $>70^\circ$. Η παρειά τους πρέπει να είναι κατακόρυφη και να φθάνει σε βάθος ίσο προς το 1/3 του πάχους της πλάκας. Διατάσσονται ανά αποστάσεις περίπου ίσες προς το πλάτος της λωρίδας έτσι ώστε το φάτνωμα που δημιουργείται να έχει κατά το δυνατόν τετράγωνο, ή ορθογώνιο παραλληλόγραμμο σχήμα, με λόγο πλευρών περίπου $0,8 < (\text{πλάτος}/\text{μήκος}) < 1,2$. Οι αποστάσεις μεταξύ των αρμών συστολής δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5-και σπανίως τα 6m. Οι αρμοί αυτοί αποσκοπούν στην τοπική μείωση του πάχους της πλάκας ώστε οι εγκάρσιες ρωγμές λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών και της συστολής ξήρανσης να δημιουργηθούν στην προκαθορισμένη θέση της εγκοπής και όχι σε άλλη τυχαία περιοχή της πλάκας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για την εξασφάλιση επιπλέον συνεργασίας μεταξύ των

πλακών, οι αρμοί οπλίζονται με βλήτρα (λείες ράβδους συνεργασίας), τα οποία τοποθετούνται κάθετα στη παρειά του αρμού, στο μέσο του πάχους της πλάκας και είναι στη μία πλάκα αγκυρωμένα, ενώ στη γειτονική πλάκα ελεύθερα να κινηθούν οριζόντια χωρίς να υπάρχει συνάφεια με το σκυρόδεμα.

Αρμοί διαστολής οι οποίοι διαμορφώνονται ανά αποστάσεις εγκάρσια των διαμήκων αρμών εργασίας και κατά το δυνατόν κάθετα προς την διεύθυνση κίνησης των οχημάτων. Πρέπει να είναι τελείως ευθύγραμμοι και συνεχείς σε όλο το πλάτος της οδού (από οριογραμμή σε οριογραμμή) και να σχηματίζουν ορθή γωνία με τους διαμήκους αρμούς εργασίας, ή τουλάχιστον γωνία $>70^\circ$. Η παρειά τους είναι κατακόρυφη σε όλο το πάχος της πλάκας. Η εφαρμογή τους είναι περιορισμένη και κατά τη κρίση του μελετητή, ενώ η θέση τους συμπίπτει με τον προβλεπόμενο εγκάρσιο αρμό συστολής. Οι αρμοί αυτοί εξασφαλίζουν την ανεμπόδιστη εγκάρσια διαστολή των πλακών λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών, ώστε να αποφεύγονται αστοχίες λόγω της σύνθλιψης τους (ύβωση ή/και θραύση πλακών), ή οι πτυχώσεις του ασφαλτικού υλικού στην περιοχή μετάβασης από εύκαμπτο σε δύσκαμπτο οδόστρωμα. Επειδή οι αρμοί διαμορφώνονται σε όλο το πάχος της πλάκας και ως εκ τούτου δεν εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συνεργασία των πλακών, οπλίζονται με βλήτρα, όπως οι αρμοί συστολής. Η απορρόφηση των εγκάρσιων διαστολών επιτυγχάνεται με την πλήρωση του αρμού με συμπιέσιμο υλικό.

Εγκάρσιοι Αρμοί διακοπής εργασίας οι οποίοι διαμορφώνονται στη θέση του εγκάρσιου αρμού, όταν η σκυροδέτηση πρέπει να διακοπεί, ή γίνεται σε διαφορετικούς χρόνους (με διαφορά μεγαλύτερη των 30min). Πρέπει να είναι τελείως ευθύγραμμοι και να σχηματίζουν ορθή γωνία με τους διαμήκους αρμούς εργασίας, ή τουλάχιστον γωνία $>70^\circ$. Η παρειά τους είναι κατακόρυφη σε όλο το πάχος της πλάκας και επειδή δεν εξασφαλίζουν την απαιτούμενη συνεργασία των πλακών οπλίζονται με βλήτρα, όπως οι αρμοί συστολής και διαστολής.

Αρμοί διαχωρισμού/απομόνωσης οι οποίοι διαμορφώνονται σε κάθε δι-επιφάνεια επαφής μεταξύ των άκαμπτων στοιχείων (υποστρώματα, οχετοί, φρεάτια, νησίδες κλπ) και των πλακών. Κατά προτίμηση οι αρμοί πρέπει να συμπίπτουν, ή να βρίσκονται στην ίδια ευθεία, με τον προβλεπόμενο εγκάρσιο, ή διαμήκη αρμό. Οι αρμοί αυτοί χρησιμεύουν για να απομονώσουν τα άκαμπτα στοιχεία από το δάπεδο και να επιτρέπουν τις δύο κατασκευές να παραμορφωθούν ανεξάρτητα, χωρίς να επηρεάσουν η μία την άλλη. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, διαμορφώνονται και για να απομονώσουν κατά μήκος μία σειρά πλακών από τις επιδράσεις της γειτονικής τους σειράς. Η παρειά τους είναι κατακόρυφη σε όλο το πάχος της πλάκας. Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται με την πλήρωση του αρμού με συμπιέσιμο υλικό.

Δυστυχώς δεν υπάρχει, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή σχετική με την κατασκευή δαπέδων οδών από σκυρόδεμα ή/και την κατασκευή των απαραίτητων αρμών (ενώ υπάρχει για τα δάπεδα αεροδρομίων: ΕΤΕΠ 06-01-01-00, 06-02-01-00). Ως εκ τούτου, οι περιορισμοί και οι οδηγίες που αναφέρονται προέκυψαν μετά από ανασκόπηση οδηγιών και τεχνικών που εφαρμόζονται διεθνώς (MCDHW series1000 Road Pavements Concrete Materials, ZTV Beton-StB und Richtlinien für bau von Fahrbahndecken aus

Beton, ACI 360R Design of Slabs-on-Ground and FHWA reports) σε συνδυασμό με την ελληνική πραγματικότητα.

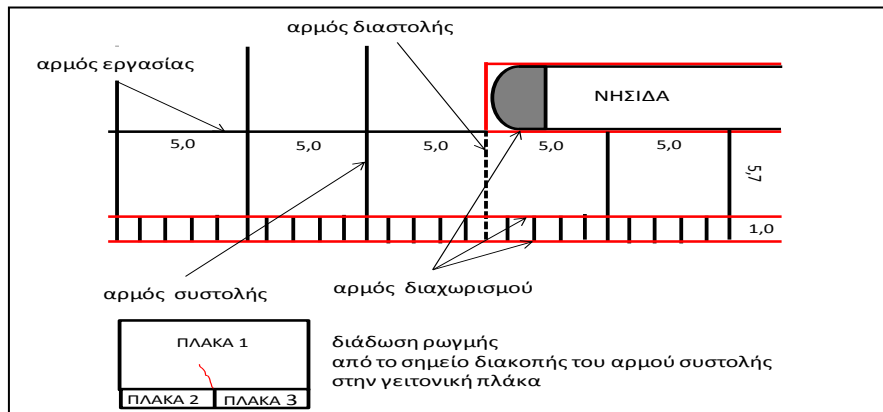
Προβλήματα με τη διάταξη αρμών

Οι παραπάνω περιορισμοί σε συνδυασμό με την γεωμετρία της κάτοψης του έργου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην μελέτη, διότι με βάση αυτά τα στοιχεία θα προκύψουν οι διαστάσεις και το σχήμα των φανωμάτων των πλακών. Ο υπολογισμός, για λόγους ασφαλείας, προκύπτει για την δυσμενέστερη πλάκα (αυτή με τις μεγαλύτερες διαστάσεις), η οποία όμως μπορεί να είναι τετραγωνική, ή ορθογωνική, διότι το στατικό προσομοίωμα της πλάκας συνήθως έχει μόνο αυτά τα σχήματα. Συνεπώς, η μελέτη υπολογισμού αφορά πλάκες «κανονικού» σχήματος, οι οποίες προσαρμόζονται πλήρως στην κάτοψη του έργου. Γεγονός που μπορεί να συμβαίνει π.χ. όταν η περιοχή των διοδίων κατασκευάζεται πάνω στην ευθυγραμμία, ή όταν ο χώρος διακίνησης εμπορευμάτων είναι τετραγωνικός και ενιαίος. Τι γίνεται όμως σε άλλες περιπτώσεις όπου π.χ. οι πλάκες δεν προσαρμόζονται, ή έχουν ακανόνιστα σχήματα, ή οι αρμοί διακόπτονται, ή ακλόνητα στοιχεία παρεμβάλλονται μέσα στα δάπεδα κλπ; Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται και σχολιάζονται ορισμένες από αυτές τις περιπτώσεις.

Πλάκες μεγάλων διαστάσεων, ή με λόγο (μήκος/πλάτος) > 1,2

Σε μία πλάκα μικρών διαστάσεων το ίδιο βάρος δεν παρεμποδίζει σημαντικά την μετακίνηση λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής της πλάκας, οπότε και οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι σχετικά μικρές. Αντίθετα, σε μία πλάκα μεγάλων διαστάσεων ή με λόγο (μήκος/πλάτος)>1,2, η επίδραση του ίδιου βάρους παρεμποδίζει σχεδόν ολοκληρωτικά την μετακίνηση της κεντρικής περιοχής της πλάκας και οι τάσεις είναι πολύ μεγαλύτερες. Συνεπώς πλάκες τέτοιων διαστάσεων πρέπει να αποφεύγονται και εάν αυτό δεν είναι δυνατόν πρέπει να χωρίζονται σε μικρότερες πλάκες, διαφορετικά οι πλάκες θα ρηγματωθούν, όπως άλλωστε έχει παρατηρηθεί σε υφιστάμενα δάπεδα διοδίων. Σημειώνεται επίσης, ότι, συνήθως συνιστάται η ενίσχυση τέτοιων πλακών με δομικό πλέγμα το οποίο όμως τονίζεται ότι δεν αποτρέπει την ρηγμάτωση αλλά απλώς διατηρεί τις ρωγμές κατά το δυνατόν κλειστές (εφόσον η κυκλοφορία των οχημάτων δεν προκαλέσει διαρροή στον οπλισμό).

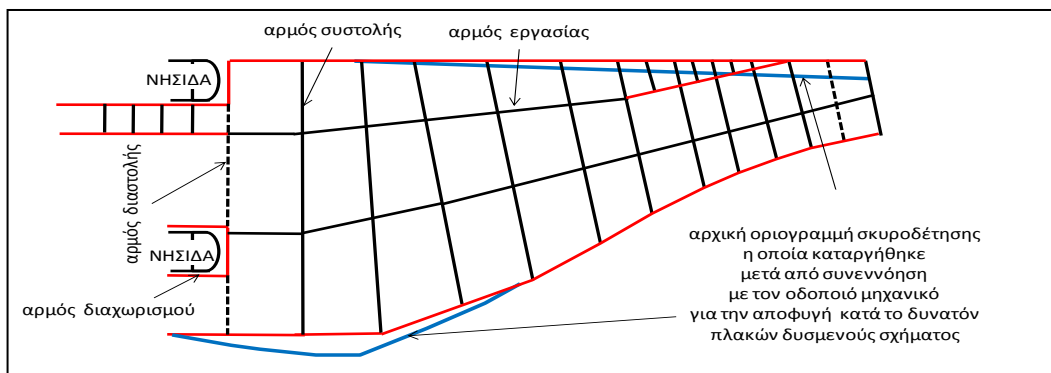
Στο **Σχήμα 1** παρουσιάζεται μία τέτοια περίπτωση όπου σύμφωνα με την οριζοντιογραφία των διοδίων η δεξιά λωρίδα προβλέπεται να έχει πλάτος 6,7m. Σκόπιμο είναι ο χωρισμός των πλακών να γίνει έτσι ώστε ο ενδιάμεσος επιπλέον αρμός να είναι σε απόσταση από τη τροχιά των τροχών και όχι πάνω στη τροχιά όπως έχει παρατηρηθεί. Έτσι προκύπτει η λύση δύο πλακών πλάτους 5,7m και 1m αντίστοιχα. Η διάταξη αυτή όμως δημιουργεί μία σειρά πλακών (5x1) με μήκος πολύ μεγαλύτερο του πλάτους οπότε και οι πλάκες αυτές χωρίζονται στα πέντε με αρμούς συστολής (5 πλάκες 1x1). Οι εγκάρσιοι αρμοί συστολής όμως πρέπει να διακοπούν, ειδάλως η ρωγμή που αναπτύσσεται κάτω από την εγκοπή του αρμού μπορεί να μεταδοθεί στην γειτονική πλάκα. Σκόπιμο επομένως είναι ο διαμήκης αρμός να είναι και αρμός απομόνωσης.



Σχήμα 1. Κάτοψη διάταξης αρμών στην εξωτερική λωρίδα διοδίων μεγάλου πλάτους

Πλάκες με σχήμα τριγωνικό ή σχήμα τραπεζίου

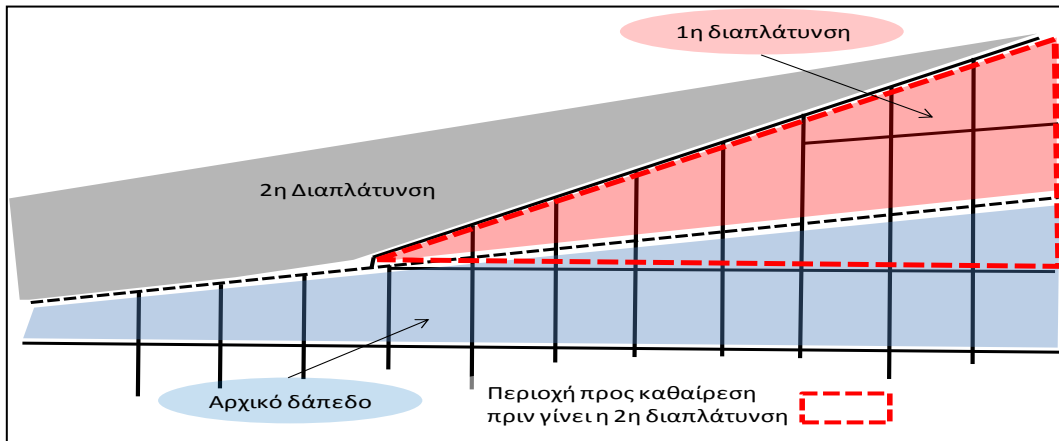
Οι τάσεις από τα φορτία και τις θερμοκρασιακές μεταβολές που αναπτύσσονται στην οξεία γωνία μίας πλάκας είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις τάσεις σε γωνία 90° . Αυτός είναι και ο λόγος που πρέπει να αποφεύγονται τριγωνικά ή τραπεζοειδή σχήματα πλακών. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν τότε πρέπει οι πλάκες αυτές να περιορίζονται στις περιοχές που σπάνια φορτίζονται από τα διερχόμενα οχήματα, π.χ. στις παρειές του δύσκαμπτου οδοστρώματος και όχι στις κεντρικές λωρίδες κυκλοφορίας όπως έχει παρατηρηθεί.



Σχήμα 2. Κάτοψη διάταξης αρμών σε δίοδια με έντονη καμπυλότητα. Καταβλήθηκε κάθε προσπάθεια διαμόρφωσης «κανονικών» πλακών η οποία όμως, αφενός δεν έλυσε εξολοκλήρου το πρόβλημα, αφετέρου αύξησε την δυσκολία κατασκευής.

Η βασική αιτία διαμόρφωσης τέτοιων πλακών είναι η χάραξη της οδού (σταθμοί διοδίων σε τμήματα έντονης καμπυλότητας, ή με απότομη κλίση της χοάνης), βλ. **Σχήμα 2**, ή ακόμη και λόγω διαπλάτυνσης των σταθμών διοδίων, βλ. **Σχήμα 3**. Η

εμπειρία όμως έδειξε ότι η βασικότερη αιτία είναι η υποεκτίμηση της σοβαρότητας του φαινομένου.



Σχήμα 3. Κάτοψη διάταξης αρμών υφιστάμενου οδοστρώματος διοδίων. Παρατηρείται ότι κατά την 1^η διαπλάτυνση δεν υπήρξε μέριμνα για την αποφυγή «ακανόνιστων» πλακών. Σε αντίθεση η 2^η διαπλάτυνση ορθώς απαιτεί καταρχήν την καθαίρεση και αντικατάσταση αυτών των πλακών.

Πλάκες με εσοχές και εγχοπές

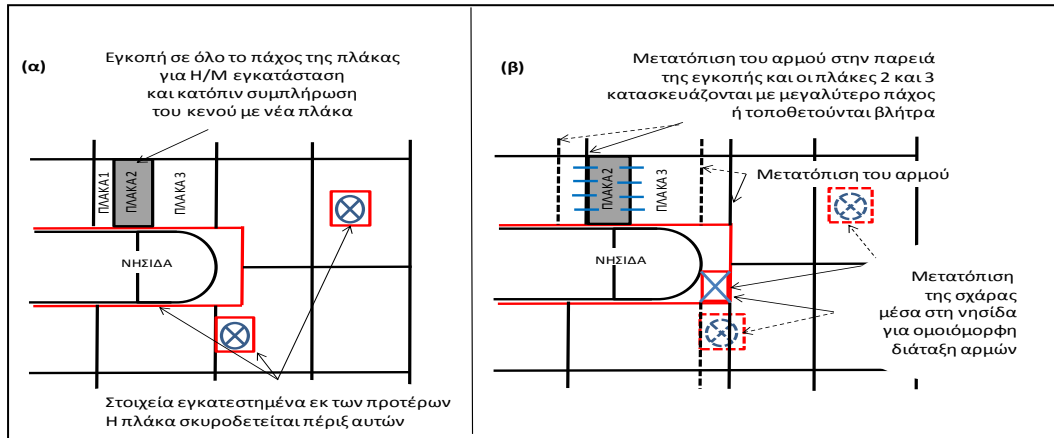
Είναι σαφές ότι στη περιοχή των δαπέδων εγκαθίστανται διάφορες απαραίτητες διατάξεις όπως φρεάτια υδροσυλλογής, Η/Μ εγκαταστάσεις, ή υπάρχουν σταθερά και ακλόνητα στοιχεία όπως τοιχία, υποστυλώματα κλπ. Καταρχήν τα στοιχεία αυτά πρέπει να περιχαρακωθούν από έναν αρμό διαχωρισμού. Όμως αυτή η γενική οδηγία δεν είναι αρκετή, γιατί πρέπει ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται η συνέχεια των δαπέδων και των αρμών και να αποφεύγεται η πρακτική που συχνά εφαρμόζεται, της κατασκευής πλακών με εσοχές καθώς και της εκ των υστέρων εγχοπής των πλακών. Όπως παρατηρείται στο **Σχήμα 4** η αρχικά προτεινόμενη διάταξη (α) ενέχει τους εξής κινδύνους:

- η ενσωμάτωση των ακλόνητων στοιχείων δημιουργεί εσοχές/οπές στην πλάκα, η οποία στις περιοχές περίξ των κορυφών της κάθε εσοχής/οπής θα ρηγματωθεί λόγω της συγκέντρωσης τάσεων
- η εγχοπή στη θέση/πλάκα 2 δημιουργεί τρεις πλάκες δυσμενούς σχήματος οι οποίες θα ρηγματωθούν λόγω θερμοκρασιακών τάσεων και κυκλοφορίας

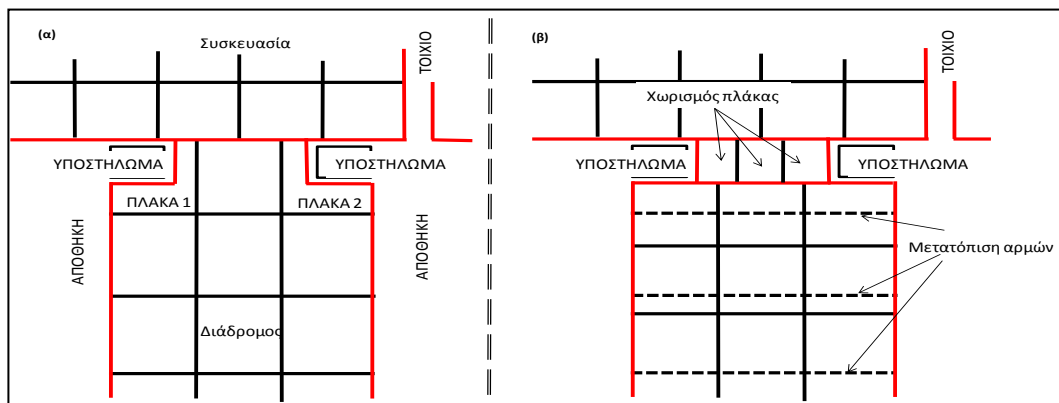
Αντίθετα η πρόταση (β) μετατοπίζοντας τους εγκάρσιους αρμούς απαλείφει τον κίνδυνο ρηγμάτωσης διότι:

- εξασφαλίζει ενιαίες πλάκες χωρίς εσοχές ή οπές
- ακυρώνει την πλάκα 1 και εξασφαλίζει ευνοϊκότερο σχήμα για τη πλάκα 3
- παράλληλα, προβλέπει την αύξηση του πάχους των πλακών 2 και 3 με το εξής σκεπτικό: Η πλάκα 2 ότι και να γίνει θα έχει δυσμενές σχήμα, ενώ παράλληλα ο αρμός μεταξύ της 2 και 3 είναι αρμός επαφής με μηδενική συνεργασία

μεταξύ πλακών. Έτσι αποφασίστηκε η αύξηση του πάχους των πλακών αυτών ώστε να μειωθούν οι θερμοκρασιακές τάσεις και οι τάσεις στην ακμή. Η εφαρμογή βλήτρων για την εξασφάλιση συνεργασίας, δεν εφαρμόστηκε λόγω παρεμβολής τους στην λειτουργία της Η/Μ διάταξης.



Σχήμα 4. Κάτοψη διάταξης αρμών διοδίων με ενσωμάτωση ακλόνητων στοιχείων και εγκοπή εγκατάστασης (α) αρχική πρόταση, (β) τελική πρόταση



Σχήμα 5. Κάτοψη διάταξης αρμών διαδρόμου βιομηχανικού δαπέδου με παρεμβολή υποστρωμάτων (α) αρχική πρόταση, (β) τελική πρόταση

Πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόταση του **Σχήματος 4(β)** προέκυψε μετά από συνεργασία μεταξύ του οδοποιού, του υδραυλικού, του μηχανολόγου μηχανικού και του μελετητή του οδοστρώματος. Γεγονός που αναδεικνύει καταρχήν την ανάγκη συνεργασίας και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των εμπλεκόμενων ειδικοτήτων και ταυτόχρονα τη σημασία της έγκαιρης πληροφορίας. Εάν η

διάταξη των αρμών γίνει χωρίς ο μελετητής να γνωρίζει π.χ. τις θέσεις των ακλόνητων στοιχείων, ή τις τομές που σχεδιάζεται να γίνουν μετά την κατασκευή των δαπέδων, ή γενικά οποιαδήποτε άλλη παρέμβαση που μπορεί να διαταράξει την συνέχεια της κατασκευής, τότε θα προκύπτουν διαμορφώσεις όπως των **Σχημάτων 4(α) και 5(α)**. Η τελευταία περίπτωση του **Σχήματος 5(α)** αφορά βιομηχανικό δάπεδο που η παρουσία υποστρωμάτων στην είσοδο/έξοδο από τον κεντρικό διάδρομο προς/από τον χώρο συσκευασίας προϊόντων δημιουργεί μία εσοχή στις πλάκες 1 και 2. Η λύση του **Σχήματος 5(β)** απαλείφει το πρόβλημα με την μετατόπιση των αρμών, το χωρισμό της δυσμενούς πλάκας και διαμόρφωση αρμού απομόνωσης. Προφανώς, επειδή θα υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η προσαρμογή της διάταξης των αρμών δεν μπορεί να λύσει το πρόβλημα, συνιστάται τα στοιχεία αυτά να εγκαθίστανται στις περιοχές με σπάνια διέλευση οχημάτων και επιπλέον η ενίσχυση των πλακών με δομικό πλέγμα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθούν οι πιθανές επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν από την εγκοπή σε όλο το πάχος της πλάκας, είτε γίνεται εκ των υστέρων (κακώς διότι μπορεί να καταστρέψει την υποδομή της πλάκας, ή τις διπλανές πλάκες), είτε διαμορφώνεται κατά την σκυροδέτηση (συνιστάται). Όπως είναι φυσικό δημιουργείται ένα άνοιγμα το οποίο θα παραμένει έως ότου ολοκληρωθεί η απαιτούμενη εργασία. Πρέπει λοιπόν, σε όλο αυτό το διάστημα, να υπάρξει μέριμνα κάλυψης του ανοίγματος για την αποφυγή της εισόδου και συσσώρευσης του νερού της βροχόπτωσης. Η εμπειρία αφορά μία περίπτωση αμέλειας κάλυψης, όπου το συσσωρευμένο νερό κινήθηκε οριζόντια κάτω από τις γειτονικές πλάκες (ακολούθησε την επίκληση και διαχύθηκε μεταξύ του πυθμένα της πλάκας και της πλαστικής μεμβράνης που υπήρχε) και όταν συνάντησε κενά, ή ασυνέχειες, στη μεμβράνη προχώρησε προς τα κάτω. Δηλαδή εισχώρησε στο ασύνδετο αμμοχάλικο της υπόβασης και λόγω των στραγγιστικών της χαρακτηριστικών προχώρησε στην εδαφική στρώση έδρασης. Η αναπόφευκτη διόγκωση και συρρίκνωση της έδρασης είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υποχωρήσεων στην επιφάνεια της, που ακολούθησε και η υπόβαση. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν η εμφάνιση κενών κάτω από τις πλάκες της ευρύτερης περιοχής και επομένως η απώλεια στήριξης τους (μεγάλη πιθανότητα ρηγμάτωσης).

Οι επιφανειακές εγκοπές π.χ. εγκατάστασης επαγωγικών καλωδίων, συνήθως δεν δημιουργούν πρόβλημα στη δομική επάρκεια της πλάκας. Συνιστάται όμως, κάθε βρόγχος να διαμορφώνεται σε απόσταση από τους αρμούς, ή στην παρειά τους.

Προβλήματα με την όπλιση των αρμών (αγκύρια και βλήτρα)

Τα αγκύρια είναι μεταλλικές συνδετήριοι ράβδοι (~Ø14) με ραβδώσεις, που πρέπει να στερεώνονται κάθετα και ακλόνητα και στις δύο πλευρές του αρμού. Τα αγκύρια συνιστάται να τοποθετούνται σε ορισμένους διαμήκεις αρμούς π.χ. στο δύσκαμπτο οδόστρωμα μετωπικών σταθμών διοδίων με πολλές λωρίδες, συνήθως αγκυρώνονται μόνο οι δύο, ή τρεις, εξωτερικοί αρμοί. Ο λόγος γι αυτήν την επιλογή είναι ότι δεν είναι εκ των προτέρων βέβαιο το πρόγραμμα σκυροδέτησης. Δηλαδή, εάν η διάστρωση γίνει σε ενιαίες κατά μήκος αλλά όχι

επάλληλες λωρίδες (π.χ. διάστρωση μία παρά μία) τότε υπάρχει ο κίνδυνος το νεαρό σκυρόδεμα της ενδιάμεσης λωρίδας να βρεθεί αγκυρωμένο στο σκληρυμένο σκυρόδεμα των εκατέρωθεν λωρίδων και λόγω εφελκυσμού να ρηγματωθεί. Τα βλήτρα είναι λείες χαλύβδινοι ράβδοι (τουλάχιστον $\varnothing 25$), που πρέπει να στερεώνονται κάθετα και ακλόνητα στην μία πλευρά του αρμού, ενώ πρέπει να είναι ελεύθερα να ολισθαίνουν οριζόντια στην άλλη πλευρά.

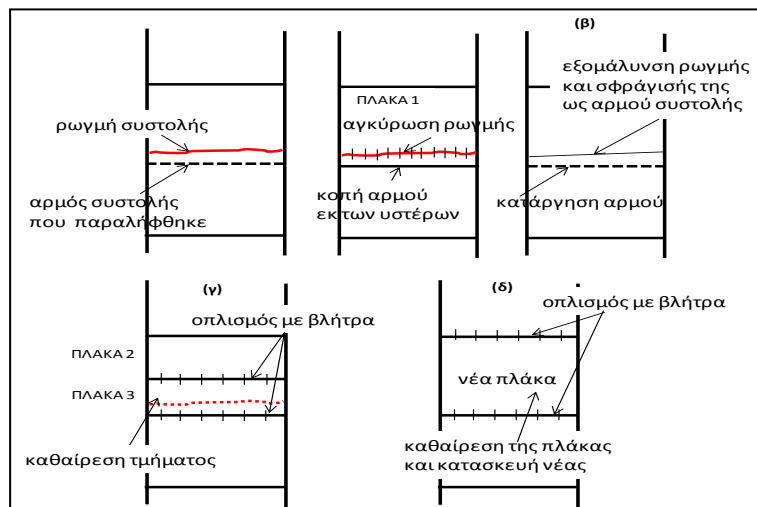
Τονίζεται η βασική διαφορά των δύο τύπων οπλισμού: τα αγκύρια συνδέουν και αγκυρώνουν τις πλάκες μεταξύ τους, ενώ τα βλήτρα συνδέουν χωρίς να αγκυρώνουν τις πλάκες μεταξύ τους (επιμερίζουν την κατακόρυφη υποχώρηση στις δύο πλάκες και επιτρέπουν την οριζόντια μετακίνηση). Η άγνοια αυτής της βασικής διαφοράς είναι ίσως ένας από τους λόγους που υπάρχουν περιπτώσεις σύγχυσης και χρήσης αγκυρίων αντί βλήτρων, ή η αντικατάστασή ορισμένων βλήτρων (λόγω έλλειψης) με κοινό οπλισμό ίδιου πάχους με ραβδώσεις. Γεγονός που σημαίνει ότι, ο αρμός συστολής δεν λειτουργεί, διότι είναι αγκυρωμένος, και οι εκατέρωθεν πλάκες θα ρηγματωθούν λόγω συστολής σε άλλο τυχαίο σημείο. Ένα είδος ανεπιθύμητης αγκύρωσης των αρμών συστολής συμβαίνει και όταν τα βλήτρα, λόγω ελλειπούς στήριξης τους ή απροσεξίας του συνεργείου χάσουν την παραλληλία μεταξύ τους και με την επιφάνεια της πλάκας. Είναι επομένως αντιληπτό ότι η όπλιση με βλήτρα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, εξειδικευμένο συνεργείο και πάνω από όλα έλεγχο και σωστή επίβλεψη.

Προβλήματα με την κοπή αρμών συστολής

Οι αρμοί συστολής είναι οι μόνοι αρμοί που δεν γίνονται σε όλο το πάχος της πλάκας αλλά σε βάθος $\sim 1/3$ του πάχους, η δε κοπή τους γίνεται σε δύο στάδια. Η βέλτιστη χρονική στιγμή της 1^{ης} εγκοπής (κρισιμότερη εγκοπή με άνοιγμα περίπου ίσο με το πάχος του τροχού κοπής) εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, την κατηγορία του σκυροδέματος, το είδος των αδρανών, τον τύπο της υπόβασης και συνήθως συνιστάται να γίνεται 10-18 ώρες μετά τη σκυροδέτηση. Η 1^η εγκοπή δεν πρέπει να γίνεται πολύ νωρίς, γιατί προκαλεί αποκόλληση των αδρανών και η ακμή του αρμού θα έχει ακανόνιστη (οδοντωτή) μορφή που δυσχεραίνει την επιτυχή μόνωση και στεγάνωσή του. Παράλληλα όμως η 1^η εγκοπή δεν πρέπει να γίνεται και πολύ αργά, διότι τότε είναι τελείως άσκοπη (σαν να μην έγινε ποτέ). Η 2^η εγκοπή (διεύρυνση του ανοίγματος) γίνεται αργότερα για την εισαγωγή των υλικών σφράγισης του αρμού. Όταν ξεκινάει η συρρίκνωση του σκυροδέματος (λόγω της συστολής ξήρανσης, ή της θερμοκρασιακής συστολής) η παρεμπόδιση των μετακινήσεων (ίδιο βάρος και τριβές) έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων και όταν αυτές υπερβούν την εφελκυστική αντοχή του νεαρού σκυροδέματος τότε η πλάκα ρηγματώνεται. Εάν αυτό συμβεί πριν την 1^η εγκοπή, της οποίας σκοπός είναι να «προσελκύσει» εγκαίρως τη ρηγμάτωση στο σημείο του αρμού, τότε οι ρωγμές θα αναπτυχθούν σε άλλη μη ελεγχόμενη περιοχή. Τονίζεται δε ότι οι ρωγμές συστολής, ακόμη και εάν δεν διακρίνονται, δεν είναι επιφανειακές αλλά εκτείνονται σε όλο το πάχος της πλάκας και είναι προτιμότερο η 1^η εγκοπή να γίνει πρόωρα από το να καθυστερήσει, διότι ο ακανόνιστος αρμός μπορεί να αποκατασταθεί, ενώ η ρηγμάτωση απαιτεί καθαίρεση της πλάκας. Η άγνοια της σπουδαιότητας αυτής

της κατασκευαστικής «λεπτομέρειας» είναι ο βασικότερος λόγος των περιπτώσεων καθυστέρησης, ή παράλειψης της εγκοπής και του γενικότερου κακού προγραμματισμού των εργασιών αρμοκοπής και επίβλεψης, π.χ. κακός συντονισμός ελικοπτέρωσης και αρμοκοπής, ή η μη πρόβλεψη εφεδρικού αρμοκόφτη. Μάλιστα δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου η κακοτεχνία αυτή δεν επισημαίνεται στην ώρα της, αλλά συγκαλύπτεται από την 2^η διευρυμένη εγκοπή. Ως επί το πλείστον οι ρωγμές που εμφανίζονται παράλληλα και κοντά στους εγκάρσιους αρμούς οφείλονται στις παραπάνω αμέλειες/συγκαλύψεις. Η μορφή των ρωγμών είναι τέτοια ώστε συχνά συγχέονται με τις ρωγμές κόπωσης και κακώς αποδίδονται σε λάθος της μελέτης υπολογισμού.

Στο **Σχήμα 6** παρουσιάζονται οι εναλλακτικές λύσεις αποκατάστασης της ρωγμής που εμφανίστηκε λόγω παράλειψης του αρμού συστολής. Η εκ των υστέρων κοπή του αρμού της λύσης (α) είναι άσκοπη, και ισοδυναμεί με μία απλή εγκοπή η οποία σε καμία περίπτωση δεν πρόκειται να λειτουργήσει ως αρμός συστολής. Το ρόλο αρμού συστολής παίζει πλέον η ρωγμή που εμφανίστηκε και επομένως αν αυτή αγκυρωθεί τότε ο αρμός δεν θα μπορεί να ανοιγοκλείσει, οπότε η πλάκα θα ρηγματωθεί εκ νέου. Η λύση (β) εξομάλυνσης, καθαρισμού και σφράγισης της ρωγμής στο ρόλο πλέον του αρμού (κατάργηση του προβλεπόμενου) είναι μία τεχνικά αποδεκτή λύση. Η καθαίρεση του τμήματος εκατέρωθεν της ρωγμής - λύση (γ), μειονεκτεί διότι δημιουργεί δύο πλάκες (2 & 3) δυσμενούς σχήματος. Η πλέον ενδεδειγμένη λύση είναι η καθαίρεση της πλάκας (λύση (δ)) και η κατασκευή νέας με οπλισμό βλήτρων για την εξασφάλιση συνεργασίας.

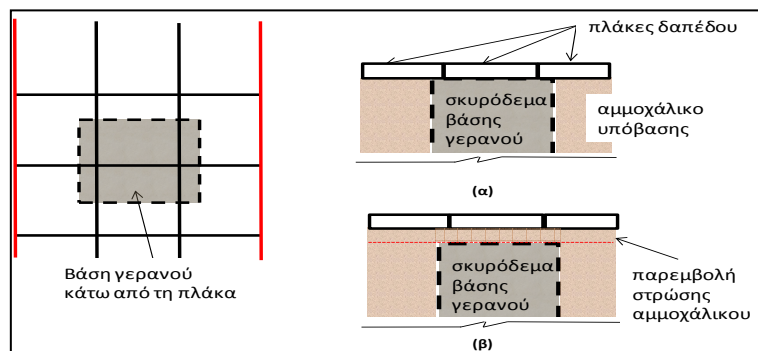


Σχήμα 6. Εναλλακτικές λύσεις επισκευής ρωγμής συστολής

ΑΛΛΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Πλάκες με ανομοιομορφία στήριξης ή δύσκαμπτη στήριξη

Η στήριξη μίας πλάκας επί εδάφους πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη και αυτό εξασφαλίζεται από την ομοιομορφία της υπόβασης. Η εμπειρία όμως περιλαμβάνει και περιπτώσεις ύπαρξης δύσκαμπτων στοιχείων κάτω από την πλάκα, τα οποία επειδή δημιουργούν σημαντική ανομοιομορφία στήριξης πρέπει να αποφεύγονται, ή να βρίσκονται σε βάθος για να μειωθεί η επιρροή τους και όχι να είναι σε επαφή με τον πυθμένα της πλάκας. Στο **Σχήμα 7(α)** παρουσιάζεται η περίπτωση βιομηχανικού δαπέδου το οποίο εδράζεται μερικώς πάνω στην εύκαμπτη ασύνδετη στρώση αμμοχαλίκων και μερικώς στη δύσκαμπτη και ακλόνητη βάση ενός γερανού. Η διαφορετική φέρουσα ικανότητα της υπόβασης εγκυμονεί τον κίνδυνο ρηγμάτωσης - το τμήμα της πλάκας που εδράζεται στο αμμοχάλικο έχει τη δυνατότητα να υποχωρήσει σε αντίθεση με το τμήμα πάνω από τη βάση του γερανού το οποίο δεν μπορεί να υποχωρήσει. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται η προσθήκη μίας επιπλέον στρώσης από ασύνδετο αμμοχάλικο πάχους $\geq 15\text{cm}$ που παρεμβάλλεται και απομακρύνει τη πλάκα από τη ακλόνητη βάση του γερανού διαμορφώνοντας έτσι μία σχεδόν ενιαία υπόβαση, **Σχήμα 7(β)**. Σημειώνεται όμως ότι αυτή η παρεμβολή μπορεί να είναι αδύνατη, ειδικά στην περίπτωση που ο μελετητής ενημερωθεί εκ των υστέρων.



Σχήμα 7. Διάταξη αρμών διαδρόμου βιομηχανικού δαπέδου με δύσκαμπτη υποδομή

Προβλήματα λόγω συστολής ξήρανσης πριν από τη πήξη

Το σκυρόδεμα, μετά τη διάστρωσή του και ενώ είναι μικρής ηλικίας, συστέλλεται. Η παρεμπόδιση των συνεπαγόμενων παραμορφώσεων του οδηγεί στην ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων, τις οποίες δεν μπορεί να παραλάβει διότι δεν έχει ακόμη αναπτύξει την εφελκυστική αντοχή του, με αποτέλεσμα να ρηγματωθεί - ρωγμές συστολής ξήρανσης πριν τη πήξη. Σημειώνεται ότι, οι ρωγμές αυτές διαφέρουν από τις ρωγμές λόγω συστολοδιαστολής του σκληρυμένου σκυροδέματος και εξαρτώνται άμεσα από την ταχύτητα εξάτμισης του νερού από την επιφάνειά του σκυροδέματος και ως εκ τούτου από την

ταχύτητα του ανέμου, τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος και τη θερμοκρασία του σκυροδέματος (ΚΤΣ 2017). Η συστολή λόγω εξάτμισης ελέγχεται κυρίως με την κάλυψη της επιφάνειας με αδιάβροχα πλαστικά φύλλα ή/και χημικά υγρά συντήρησης. Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται αρκετά συχνά λόγω αδυναμίας ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών κατά την σκυροδέτηση, ή/και ελλιπούς συντήρησης και είναι ρωγμές λεπτές, επιφανειακές, ακανόνιστου σχήματος και διεύθυνσης, που δεν αποτελούν ένδειξη δομικής αστοχίας. Παρατηρήθηκαν όμως περιπτώσεις που, λόγω έντονης πτώσης της θερμοκρασίας οι ρωγμές προχώρησαν εις βάθος καταργώντας την μονολιθικότητα της πλάκας.

Σφράγιση αρμών

Σε όλους τους αρμούς, ανεξαιρέτως, γίνεται μία εγκοπή με αρμοκόφτη μικρού βάθους προκειμένου να δημιουργηθεί η κατάλληλη υποδοχή σφράγισης. Οι διαστάσεις των υποδοχών αυτών καθορίζονται από τον τύπο του αρμού σε συνδυασμό με τις οδηγίες του κατασκευαστή του υλικού σφράγισης. Η εμπειρία αφορά εγκοπές μεγαλύτερου εύρους από το ενδεδειγμένο, οι οποίες πρέπει να αποφεύγονται διότι οδηγούν σε αναγκαστική χρήση περισσότερου σφραγιστικού υλικού με μειωμένη διάρκεια ζωής και αυξημένο κόστος συντήρησης. Πρέπει επίσης, να αποφεύγεται η χρήση ιδιοκατασκευών που εγκαθίστανται για τη δημιουργία της εγκοπής, διότι η αποκόλληση τους εξασθενεί τοπικά το σκυρόδεμα με κίνδυνο να ρηγματωθεί αργότερα από την κυκλοφορία. Τονίζεται λοιπόν ότι, οι εγκοπές δεν πρέπει να διαμορφώνονται κατά την σκυροδέτηση, αλλά να σχηματίζονται με αρμοκόφτη που θα απομακρύνει το ασθενές σκυρόδεμα και θα δημιουργήσει την σωστή υποδοχή σφράγισης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται περιπτώσεις κακής διάταξης, κοπής, όπλισης και σφράγισης των αρμών, ανομοιόμορφης στήριξης των πλακών και ελλιπούς συντήρησης του σκυροδέματος, που οδηγούν σε αστοχίες. Οι αστοχίες αυτές συνήθως κρίνονται ως λειτουργικού χαρακτήρα και μικρής σημασίας, ή δεν διακρίνονται καν από την αρχή. Στη συνέχεια όμως εξελίσσονται, ή προκαλούν αστοχίες δομικού χαρακτήρα, και κακώς αποδίδονται σε λάθη της μελέτης υπολογισμού. Όπως αποδεικνύεται, οι αστοχίες αυτές δεν οφείλονται στην υποδιαστασιολόγηση των πλακών, αλλά στην υποεκτίμηση και άγνοια της σοβαρότητας των σχετικών παραμέτρων σχεδιασμού και κατασκευής, στην κακή εφαρμογή των οδηγιών και στην ελλιπή επίβλεψη. Συνεπώς, πρέπει καταρχήν να καταστεί σαφές ότι, η κατασκευή άοπλων δαπέδων επί εδάφους έχει ιδιαίτερες δυσκολίες και απαιτήσεις και διαφέρει ουσιαστικά από τις άλλες κατασκευές σκυροδέματος. Η εμπειρία, ιδιαίτερα των τελευταίων ετών, από την μελέτη και κατασκευή σταθμών διοδίων των αυτοκινητοδρόμων, δεν πρέπει να μείνει ανεκμετάλλευτη, τουναντίον πρέπει να βοηθήσει στην κατανόηση και στην σωστή εφαρμογή. Τονίζεται μάλιστα η ανάγκη σύνταξης Εθνικών Προδιαγραφών κατασκευής εναρμονισμένων με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την αποκτηθείσα εμπειρία.