ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 4

ΔΑΠΕΔΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
(ΠΛΑΚΕΣ ΕΠΙ ΕΔΑΦΟΥΣ)

ΣΠΜΕ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Έκδοση 1η

Ιούνιος 2013

ΣΥΛΛΟΓΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΑΣ
Ιπποκράτους 9, 106 79 Αθήνα
Τηλ. 210 – 9238170
Fax: 210 – 9235959
E-mail: spme@tee.gr

Αγαπητοί συνάδελφοι,

Το παρόν τεύχος αποτελεί την τέταρτη έκδοση της Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας.

Μετά από τις τρεις πρώτες εκδόσεις με γενικό αντικείμενο τη σκυροδέτηση και συντήρηση του σκυροδέματος σε σχέση με τις «εξωτερικές» καιρικές συνθήκες, ως πεδίο της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας επιλέχθηκε μια πιο ειδική εφαρμογή της Τεχνολογίας Σκυροδέματος: η κατασκευή δαπέδων από σκυρόδεμα και, κατ' επέκταση, πλακών επί εδάφους. Ενδεχομένως, το πεδίο αυτό να φαίνεται εκ πρώτης όψεως πιο εξειδικευμένο από πλευράς εφαρμογής στην καθημερινότητα των συναδέλφων, γεγονός που αντανακλάται και στην έλλειψη μεγάλου όγκου σχετικής βιβλιογραφίας και πηγών στα ελληνικά. Ωστόσο, ακριβώς για αυτό το λόγο θεωρούμε πως η παρούσα Τ.Ο. θα αποτελέσει σημαντικό βοήθημα για όσους ασχολούνται -συστηματικά ή μη- με σχετικές εργασίες.

Για μια ακόμα φορά, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ μέρους του Δ.Σ. του Σ.Π.Μ.Ε. τα μέλη της Επιτροπής για την αφιλοκερδή αυτή προσπάθεια που συντελεί στην επιμόρφωση των συναδέλφων μέσω της διάχυσης της επιστημονικής γνώσης και τεχνικής εμπειρίας.

Στόχος των εκδόσεων αυτών, είναι η συλλογή και παράθεση πληροφοριών με αναφορές σε κείμενα εφαρμογής και συστάσεις οι οποίες ισχύουν τόσο στην χώρα μας όσο και σε άλλες προηγμένες τεχνολογικά χώρες του εξωτερικού. Οποιεσδήποτε παρατηρήσεις και επιστημονικές τοποθετήσεις επί του κειμένου είναι ευπρόσδεκτες και θα ληφθούν υπόψη σε μελλοντική έκδοση.

Το παρόν κείμενο σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί κανονιστικό κείμενο με υποχρεωτική εφαρμογή και δεν υποκαθιστά κανονισμούς οι οποίοι βρίσκονται σε ισχύ ή θα ισχύσουν στο μέλλον.

Συναδελφικά

Γιώργος Πιττός

Β' Αντιπρόεδρος Σ.Π.Μ.Ε.

Η Επιτροπή Τεχνολογίας Σκυροδέματος Σ.Π.Μ.Ε. αποτελείται από:

Α. Σακελλαρίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός (Πρόεδρος Επιτροπής)

Χ. Ζέρης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π. (Αντιπρόεδρος Επιτροπής)

Ν. Μαρσέλλος, Πολιτικός Μηχανικός, MSc (Γραμματέας Επιτροπής)

Χ. Βογιατζής, Πολ. Μηχανικός

Ν. Ζυγούρης, Πολ. Μηχανικός, MSc

Β. Μπαρδάκης, Δρ. Πολ. Μηχανικός

Κ. Παπανικολάου, Επίκουρη Καθηγήτρια Παν. Πατρών

Γ. Πιττός, Πολ. Μηχανικός, MSc

Ι. Σφήκας, Πολ. Μηχανικός, MSc, Υπ.Δρ. Ε.Μ.Π.

ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(ΣΠΜΕ)

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τεχνική Οδηγία 4: Δάπεδα από σκυρόδεμα
(πλάκες επί εδάφους)

Έκδοση 1η

ΑΘΗΝΑ –2013

Πίνακας Περιεχομένων

Διάγραμμα Νο 1: Οδηγίες για την κατασκευή δαπέδων από σκυρόδεμα
1. Εισαγωγή

2. Πως κατηγοριοποιούνται τα δάπεδα ως προς τη χρήση τους;

3. Ποιο το κατάλληλο πάχος δαπέδου;

4. Ποιος ο κατάλληλος οπλισμός για μείωση της ρηγμάτωσης;

5. Τι είδους αρμοί χρησιμοποιούνται στα δάπεδα σκυροδέματος;

6. Πώς γίνεται η προετοιμασία του χώρου διάστρωσης του δαπέδου;

7. Τι τύπος σκυροδέματος χρησιμοποιείται και ποια συστατικά του είναι τα πλέον κατάλληλα;

8. Ποιες είναι οι κρίσιμες ιδιότητες του σκυροδέματος;

9. Πως γίνεται η διάστρωση του σκυροδέματος;

10. Πώς γίνεται η συμπύκνωση του σκυροδέματος;

11. Πώς γίνεται η διαμόρφωση της επιφάνειας του σκυροδέματος (τελειώματα) και ποιος ο εξοπλισμός και τα αντίστοιχα εργαλεία;

12. Πώς ορίζονται οι διάφορες κατηγορίες δαπέδων σε σχέση με (τη χρήση τους και) το τελείωμα της επιφάνειας του σκυροδέματος;

13. Τι ορίζουμε ως ομαλότητα (flatness) ενός δαπέδου;

14. Τι ορίζουμε ως επιπεδότητα (levelness) ενός δαπέδου;

15. Πώς ταξινομούνται τα δάπεδα ανάλογα με τις απαιτήσεις ομαλότητας και επιπεδότητάς τους;

16. Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εξίδρωσης κατά την σκυροδέτηση των δαπέδων;

17. Πώς γίνεται η συντήρηση των σκυροδεμάτων των δαπέδων;

18. Πώς γίνεται η προστασία των δαπέδων;

19. Πώς εμποδίζεται η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής;

20. Πώς γίνεται η (πλήρωση ή/και) σφράγιση των αρμών του σκυροδέματος των δαπέδων;

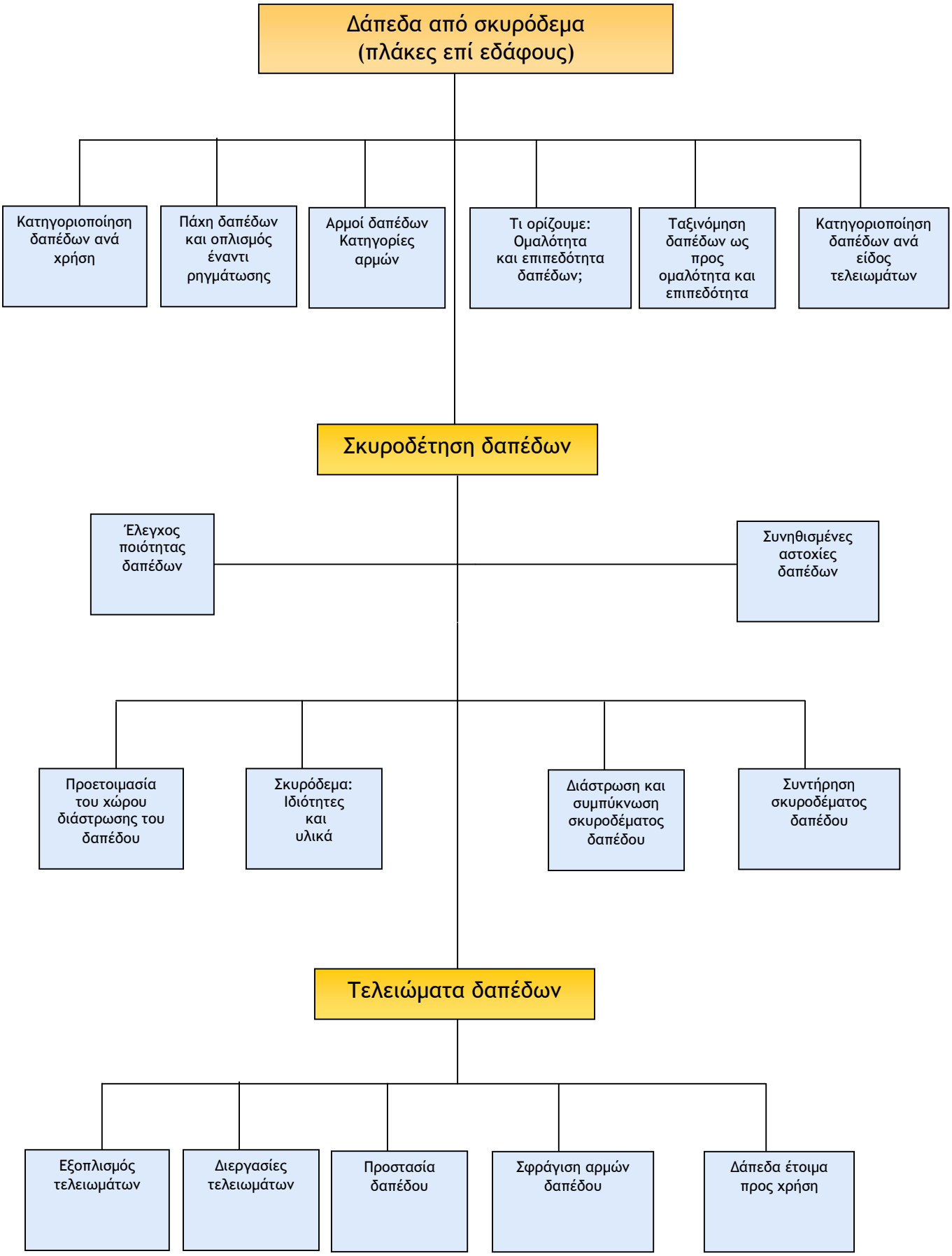
21. Πότε το δάπεδο είναι έτοιμο για χρήση;

22. Πώς γίνεται ο έλεγχος ποιότητας των δαπέδων από σκυρόδεμα;

23. Ποιες είναι οι συνηθισμένες αστοχίες των δαπέδων από σκυρόδεμα;

24. Πηγές

Διάγραμμα Νο 1: Οδηγίες για την κατασκευή δαπέδων από σκυρόδεμα



1. Εισαγωγή

- Η Τεχνική αυτή Οδηγία, περιγράφει τους τρόπους για την κατασκευή ποιοτικών δαπέδων από σκυρόδεμα. Τα δάπεδα αυτά εξετάζονται κατά τη φιλοσοφία της οδηγίας: ACI 302.1R-04: Guide for Concrete Floor and Slab Construction˙ δεν είναι δομικά υπερυψωμένα δάπεδα, εδράζονται επί εδάφους και έχουν σχεδιαστεί για φέρουσα ικανότητα (πλην της περιοχής των αρμών) ως μη οπλισμένες διατομές. Συχνά περιέχουν μια ελάχιστη ποσότητα χάλυβα οπλισμού (σε μορφή δομικού πλέγματος) ή ίνες με σκοπό τη μείωση του εύρους των ρωγμών από συστολή ξήρανσης. Στα δάπεδα αυτά κατασκευάζονται αρμοί (συνήθως: αρμοί απομόνωσης, συστολοδιαστολής και κατασκευαστικοί - εργασίας) κατά τις γενικές αρχές σχεδιασμού διαμόρφωσης αρμών σε πλάκες επί εδάφους με ή χωρίς κυκλοφορία οχημάτων.

- Τα δάπεδα αυτά, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται, ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες π.χ. δάπεδα γραφείων, δάπεδα στάθμευσης οχημάτων (σκεπασμένα ή ανοικτά πάρκιγκ, γκαράζ), βιομηχανικά δάπεδα αποθήκευσης, βιομηχανικά δάπεδα που υπόκεινται σε βαριά κυκλοφορία οχημάτων κ.λπ.. Ανάλογα δε με την κατηγοριοποίηση των δαπέδων, ορίζονται και οι αντίστοιχες απαιτήσεις και ιδιότητές τους (πάχη, αρμοί, είδος και κατηγορία σκυροδέματος, κ.λπ.).

- Η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς στο σκυρόδεμα υπάρχει ιδιαίτερη απαίτηση πέραν των βασικών ιδιοτήτων του, δηλαδή: αντοχή, ανθεκτικότητα στο χρόνο, αντοχή σε τριβή - απότριψη, εργασιμότητα - διαστρωσιμότητα (workability – placeability) και για το φινίρισμα – τελείωμα (finishing) της τελικής του επιφάνειας. Ως προς την τελευταία ιδιότητα, δηλαδή το φινίρισμα, ας σημειωθεί ότι, τα χαρακτηριστικά της τελικής επιφάνειας του σκυροδέματος, καθορίζουν και τη λειτουργικότητα των δαπέδων.

- Το κατάλληλο τελείωμα μιας πλάκας δαπέδου απαιτεί πολύ περισσότερη προσπάθεια και χρόνο από ότι χρειάζεται για όποιο άλλο έργο από σκυρόδεμα. Ο κατασκευαστής του δαπέδου θα πρέπει να γνωρίζει όλες τις λεπτομέρειες της εργασίας και τις απαιτήσεις της καλής κατασκευαστικής τεχνικής. Ιδιαίτερα, οι απαιτήσεις: των τελειωμάτων, της επεξεργασίας, της επιπεδότητας και της ομαλότητας των επιφανειών, και το κόψιμο των αρμών, υπαγορεύουν το είδος και το πλήθος των διαδικασιών τελειωμάτων, τα οποία δε, πρέπει να υλοποιούνται εντός της κατάλληλης χρονικής περιόδου (που συνήθως αποτελεί ένα κρίσιμο και περιορισμένο χρονικό διάστημα - επιτρεπτό «παράθυρο» χρόνου). Είναι λογικό κάθε κατηγορία δαπέδων να ακολουθείται από αντίστοιχου είδους εξειδικευμένες διαδικασίες τελειωμάτων.

- Σημαντικές διεργασίες για την επιτυχημένη κατασκευή ποιοτικών δαπέδων αποδεικνύονται τόσο η συντήρηση του σκυροδέματος (τρόπος συντήρησης και διάρκεια συντήρησης ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας) όσο η λείανση και το σφράγισμα των αρμών.

- Η ποιότητα των δαπέδων πέραν των άλλων απειλείται από μια σειρά αστοχιών της επιφανείας τους, λόγω υιοθέτησης κακών τεχνικών ή ανυπαρξίας σαφών οδηγιών. Εξίδρωση νερού στην επιφάνεια, έλλειψη έγκαιρης ή/και ανεπαρκής διάρκεια συντήρησης, αργοπορημένη επεξεργασία τελειωμάτων, ανεπαρκείς αρμοί ή καθυστέρηση στη δημιουργία τους, ακατάλληλα μίγματα σκυροδέματος, προβληματική έδραση στο έδαφος κ.λπ. είναι συνήθεις αιτίες για δημιουργία αστοχιών. Οι αστοχίες αυτές μπορεί να είναι πολλές όπως: ρηγμάτωση κάθε είδους, στρέβλωση, επιφανειακή φθορά, απολέπιση, αποφλοίωση, κ.λπ.

2. Πως κατηγοριοποιούνται τα δάπεδα ως προς τη χρήση τους;

- Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο ACI302.1R-04 η κατηγοριοποίηση των δαπέδων ανάλογα με την χρήση τους είναι κρίσιμη για την επιλογή της σύνθεσης, της ποιότητας και των ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Επίσης, η κατηγοριοποίηση αυτή καθορίζει τον τρόπο σκυροδέτησης, τη διάστρωση, συμπύκνωση και συντήρηση του νωπού σκυροδέματος, καθώς και την διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας (finishing).

- Οι βασικές κατηγορίες δαπέδων με βάση την χρήση τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 1 ο οποίος βασίζεται στο ACI302.1R-5.

Κατηγορία δαπέδου	Χρήση	Αναμενόμενη κυκλοφορία
1	**Δάπεδα μιας στρώσης** για χρήση γραφείων, εκκλησίες, εμπορικές χρήσεις, χώροι συνάθροισης, πολυκατοικίες. *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι χωρίς επικάλυψη και μπορεί να διαμορφωθεί με την δημιουργία κατάλληλου χρώματος.*	Κυκλοφορία ατόμων
2	**Δάπεδα μιας στρώσης** για χρήση γραφείων, εκκλησίες, εμπορικές χρήσεις, χώρους συνάθροισης κοινού, πολυκατοικίες. *Επί της επιφάνειας του δαπέδου είναι τοποθετημένη μη φέρουσα επικάλυψη*	Κυκλοφορία ατόμων
3	**Δάπεδα δύο στρώσεων** (είτε συνδεδεμένα, είτε όχι μεταξύ τους) με εμπορική χρήση ή με μη βιομηχανική χρήση. *Η επιφάνεια του δαπέδου (άνω στρώση) είναι είτε με επικάλυψη είτε χωρίς.*	Κυκλοφορία ατόμων
4	**Δάπεδα μιας στρώσης** για εμπορική χρήση ή χώροι συνάθροισης κοινού. *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι είτε με επικάλυψη είτε χωρίς.*	Κυκλοφορία ατόμων και ελαφρών οχημάτων
5	**Δάπεδα μιας στρώσης** για βιομηχανική χρήση *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι είτε με επικάλυψη είτε χωρίς.*	Κυκλοφορία βιομηχανικών οχημάτων
6	**Δάπεδα μιας στρώσης** για βιομηχανική χρήση με αυξημένη κυκλοφορία και ανθεκτικά σε φορτία κρούσης. *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι χωρίς επικάλυψη.*	Κυκλοφορία βαρέων οχημάτων
7	**Δάπεδα δύο στρώσεων** συνδεδεμένων μεταξύ τους, για βιομηχανική χρήση με αυξημένη κυκλοφορία τα οποία μπορούν να δεχτούν φορτία κρούσης. *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι χωρίς επικάλυψη.*	Κυκλοφορία βαρέων οχημάτων
8	**Δάπεδα δύο στρώσεων** μη συνδεδεμένων μεταξύ τους (συμπεριλαμβάνεται και η περίπτωση κατασκευής νέας στρώσης πάνω από υφιστάμενο δάπεδο) *Η επιφάνεια του δαπέδου (άνω στρώση) είναι είτε με επικάλυψη είτε χωρίς.*	Κυκλοφορία ατόμων, ελαφρών και βαρέων οχημάτων
9	**Δάπεδα μιας στρώσης** για χρήση σε αποθήκες με στενούς διαδρόμους και μεγάλο ύψος, τηλεοπτικά στούντιο, παγοδρόμια, γυμναστήρια. *Η επιφάνεια του δαπέδου είναι χωρίς επικάλυψη. Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις κατασκευής, όπως επιπεδότητα της επιφάνειας κ.λπ.*	Ειδικά φορτία

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση δαπέδων ανάλογα με τη χρήση τους.

3. Ποιο το κατάλληλο πάχος δαπέδου;

3.1 Γενικά

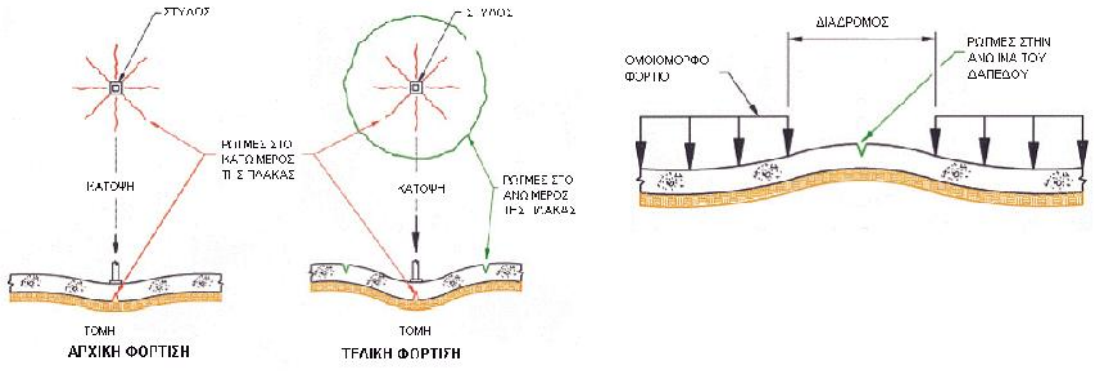
- Το πάχος του δαπέδου καθορίζεται από την απαίτηση σε περιορισμό της ρηγμάτωσης, η οποία προκαλείται λόγω των εφελκυστικών τάσεων που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του. Λόγω του επαναλαμβανόμενου φαινομένου από τη συχνή διέλευση οχημάτων, ο ελαστικός σχεδιασμός βασίζεται στην εφελκυστική αντοχή σε κόπωση. Το δάπεδο θεωρείται ότι λειτουργεί σαν δίσκος επί ελαστικού εδάφους με σύνδεση χωρίς δυνατότητα παραλαβής εφελκυσμών (αποκόλληση).

- Καθοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό του πάχους του δαπέδου είναι ο προσδιορισμός του μεγέθους των ωφέλιμων φορτίων (φορτίων λειτουργίας), τα οποία μπορεί να είναι είτε κατανεμημένα, είτε συγκεντρωμένα, είτε σε τυποποιημένες διατάξεις τροχών/αξόνων σύμφωνα με τα οχήματα σχεδιασμού.
- Σύμφωνα με την οδηγία ACI360R-06, τα δάπεδα ανάλογα με τον τρόπο σχεδιασμού μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες είναι καθοριστικές για τον προσδιορισμό του πάχους του: άοπλα δάπεδα, δάπεδα οπλισμένα κατάλληλα για περιορισμό του εύρους των ρωγμών, δάπεδα οπλισμένα κατάλληλα για αποφυγή ρηγμάτωσης και φέρουσες πλάκες (βλ. Παράρτημα).
- Τα άοπλα δάπεδα σχεδιάζονται ως άοπλα στοιχεία σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή, το πάχος του δαπέδου επιλέγεται έτσι ώστε η πλάκα να μην ρηγματώνεται κατά την λειτουργία της υπό εφελκυστική κόπωση.

3.2 Σχεδιασμός δαπέδων

- Για τον προσδιορισμό του πάχους του δαπέδου θα πρέπει να προηγηθεί ο σχεδιασμός του. Προκειμένου να είναι κατανοητός ο τρόπος σχεδιασμού και προσδιορισμού του πάχους του δαπέδου, θα πρέπει να είναι κατανοητές οι μορφές αστοχίας οι οποίες μπορούν να προκληθούν στο δάπεδο λόγω επιβολής εξωτερικών φορτίων. Τα φορτία τα οποία επιβάλλονται στο δάπεδο μπορεί να είναι είτε συγκεντρωμένα (π.χ. τροχοί, στηρίξεις ραφιών, βάσεις μηχανών), είτε ομοιόμορφα κατανεμημένα (π.χ. εμπορεύματα). Για δάπεδα εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη και οι θερμοκρασιακές δράσεις (φορτία λειτουργίας με ή χωρίς ταυτόχρονη κύρτωση λόγω της διαφορικής θερμοκρασίας).
- Τα επιβαλλόμενα φορτία προκαλούν ένταση στο δάπεδο, με αποτέλεσμα την δημιουργία εφελκυστικών και θλιπτικών τάσεων. Οι εντάσεις που αναπτύσσονται δεν περιορίζονται μόνο στην περιοχή της φόρτισης, αλλά και σε άλλες περιοχές του δαπέδου, με χαρακτηριστική περίπτωση αυτή των διαδρόμων. Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει η θέση των φορτίων (ειδικά των συγκεντρωμένων) σε σχέση με τις γωνίες και τα άκρα του δαπέδου (ως άκρο θεωρείται και η περιοχή του αρμού).

- Οι θλιπτικές τάσεις που αναπτύσσονται είναι μικρές σε σχέση με την αντοχή του σκυροδέματος και δεν ελέγχονται, ενώ κρίσιμες είναι οι εφελκυστικές τάσεις οι οποίες τείνουν να προκαλέσουν ρηγμάτωση του δαπέδου. Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. σημειακές εδράσεις παταριών) λαμβάνεται υπόψη και η διάτρηση.
- Στο σχήμα 1 που ακολουθεί φαίνονται χαρακτηριστικά οι περιοχές όπου προκαλείται εφελκυσμός λόγω διαφορετικής μορφής επιβαλλόμενων φορτίων.



Σχήμα 1 : Περιοχές όπου η επιβαλλόμενη φόρτιση δημιουργεί εφελκυστικές τάσεις στο δάπεδο.

- Άλλες δράσεις οι οποίες προκαλούν εντάσεις, οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, είναι αυτές που προκαλούνται λόγω της παρεμπόδισης του δαπέδου να κινηθεί ελεύθερα κατά την επιβαλλόμενη μεταβολή του όγκου του. Κύριοι λόγοι οι οποίοι προκαλούν μεταβολή του όγκου του δαπέδου είναι η συστολή ξήρανσης και οι θερμοκρασιακές μεταβολές (κυρίως για δάπεδα εξωτερικών χώρων).

- Πέραν όμως της ομοιόμορφης μεταβολής όγκου, ενυπάρχει και η θερμοκρασιακή φόρτιση, η οποία δημιουργεί μια μέση αλλαγή του μήκος του δαπέδου στον άξονά του και μια καμπύλωση, λόγω διαφορικής σε πάχος θερμοκρασίας: θεωρώντας ότι το εν επαφή με το έδαφος τμήμα του δαπέδου παραμένει υπό σταθερή θερμοκρασία (μονωμένο τμήμα), η έκθεση της άνω παρειάς του δαπέδου σε θερμοκρασιακές μεταβολές λόγω του περιβάλλοντος συνεπάγεται τη σταδιακή κύρτωση του δαπέδου (εκτεθειμένο τμήμα), γεγονός που ισοδυναμεί με μια μήκυνση στον άξονα και μια κύρτωση (και εφελκυσμό) προς τα άνω.

- Ανεμοπίεση και τυχηματικές δράσεις σεισμού. Αφορούν κυρίως τις περιπτώσεις αντιδράσεων από υπερκείμενες κατασκευές που εδράζουν στο δάπεδο (πατάρια και ράφια) με σεισμική απόκριση καθώς και αντιδράσεις από το φέροντα οργανισμό (π.χ. τα μεταλλικά υποστυλώματα βιομηχανικών κτιρίων) στην περίπτωση που το δάπεδο καλείται - με κατάλληλη σύνδεση και όπλιση - να λειτουργήσει είτε σαν συνδετήριο θεμελίωσης μεταξύ υποστυλωμάτων (για βιομηχανικά έργα με μεγάλα ανοίγματα) ή, εξίσου συχνά, σαν πρόσθετο αντίβαρο στα πέδιλα στο συνδυασμό με δράση υφαρπαγής λόγω ανεμοπίεσης της μεταλλικής κατασκευής.

3.3 Ανάλυση Δαπέδων: Μέθοδοι ανάλυσης

- Για τον προσδιορισμό του πάχους του δαπέδου απαιτείται κατάλληλος υπολογισμός της κατανομής της έντασης που αναπτύσσεται στο δάπεδο υπό συγκεκριμένη φόρτιση. Η ανάλυση μπορεί να γίνει με βάση διάφορες θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί οι οποίες βασίζονται είτε στην ελαστική είτε στην ελαστο-πλαστική συμπεριφορά του δαπέδου και/ή της βάσης. Αναλυτικά οι μέθοδοι υπολογισμού περιγράφονται στο Παράρτημα.

4. Ποιος ο κατάλληλος οπλισμός για μείωση της ρηγμάτωσης;

4.1 Γενικά

- Στην περίπτωση πλακών επί εδάφους οι οποίες έχουν σχεδιασθεί ως άοπλες φέρουσες πλάκες από σκυρόδεμα, δεν προβλέπεται οπλισμός στη διατομή, οι δε πλάκες έχουν

μελετηθεί ως προς το πάχος τους ώστε να παραλάβουν τα φορτία λειτουργίας, είτε από κινητά φορτία (φορτία τροχών κατευθυνόμενης[1] ή μη διέλευσης) είτε από τα σταθερά φορτία (αντιδράσεις από κινητά, μόνιμα ή τυχηματικά φορτία που προκύπτουν από μόνιμες κατασκευές εδραζόμενες επί της πλάκας, όπως ράφια ή πατάρια) με περιορισμό της εφελκυστικής απαίτησης (αν και στην περίπτωση των τελευταίων συνήθως γίνονται τοπικές παχύνσεις της διατομής του δαπέδου όπου τίθεται εφελκυόμενος οπλισμός εν είδει πεδίλου).

- Πλάκες επί εδάφους οι οποίες έχουν οπλισθεί (είτε με συμβατικό χαλαρό οπλισμό είτε με προένταση) για να παραλάβουν τα φορτία σχεδιασμού, με πιθανό σκοπό την αύξηση του μήκους μεταξύ αρμών, ο οπλισμός της πλάκας θα πρέπει να είναι υπό μορφή εσχάρας οπλισμού άνω και κάτω, και θα προκύπτει από κατάλληλο υπολογισμό ώστε να παραληφθούν με τον απαιτούμενο συντελεστή ασφαλείας τα φορτία λειτουργίας της πλάκας σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (τάση λειτουργίας και έλεγχος του εύρους ρωγμής). Επί πλέον, τηρούνται και τα ελάχιστα (βάσει κανονισμού) ποσοστά οπλισμού για περιορισμό του εύρους ρωγμών.
- Πλάκες επί εδάφους από ινοπλισμένο σκυρόδεμα, οπλισμένες με χαλύβδινες ίνες στη μάζα και σχεδιασμένες με τη μέθοδο του συντελεστού ασφαλείας επί της οριακής αντοχής που υπολογίζεται σύμφωνα με την πλαστική θεωρία (μέθοδος του Meyerhoff). Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζεται ένας προκαθορισμένος συντελεστής επαύξησης του φορτίου λειτουργίας έως την οριακή αντοχή του δαπέδου (εκτός της παρούσης Οδηγίας).

4.2 Αιτίες ρηγμάτωσης των πλακών επί εδάφους

- Ρηγμάτωση των πλακών επί εδάφους θα προκύψει όταν εφελκυστικές τάσεις, οι οποίες προκύπτουν στο σώμα της πλάκας σε οιαδήποτε φάση της λειτουργίας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και μετά, κατά τη διάρκεια ζωής του έργου, ξεπεράσουν την τρέχουσα στη δεδομένη στιγμή εφελκυστική αντοχή του υλικού, στην περιοχή που δρα η εφελκυστική τάση, και για τη δεδομένη φάση ωρίμανσης του σκυροδέματος.
- Ρηγματώσεις σε μια πλάκα επί εδάφους σχεδιασμένης σαν άοπλη πλάκα μπορεί να προκύψουν λόγω των παρακάτω φαινομένων, αρχικά ή σε βάθος χρόνου (κατά περίπτωση):

  - Λόγω κακής συντήρησης.
  - Λόγω της παρεμποδιζόμενης από τις συνοριακές συνθήκες και των τριβών από το έδαφος συστολής ξήρανσης.
  - Λόγω της διαφορικής συστολής ξήρανσης.
  - Λόγω των θερμοκρασιακών φαινομένων ή παγοπληξίας.
  - Λόγω παραμορφώσεων – καθιζήσεων της βάσης.
  - Λόγω των δράσεων στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.
  - Λόγω αστοχιών και κατασκευαστικών ατελειών στην τοποθέτηση των βλήτρων, στους αρμούς.
  - Λόγω τοπικής κρούσης του φορτίου τροχού στους αρμούς.
- Αναλυτική περιγραφή αυτών των φαινομένων δίνεται στο Παράρτημα.

4.3 Οπλισμός ρηγμάτωσης

- Ο οπλισμός για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης, σε πλάκες σχεδιασμένες κατά τα άλλα σαν άοπλες, χρησιμεύει για έλεγχο της ρηγμάτωσης που προκύπτει κυρίως λόγω συστολής ξήρανσης και θερμοκρασιακών δράσεων. Ως εκ τούτου, ο οπλισμός για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης θα πρέπει να τοποθετείται στο τμήμα της πλάκας άνω του μέσου του πάχους, τηρώντας όμως και τις απαιτήσεις για επικάλυψη έναντι ανθεκτικότητας.

[1] Κατευθυνόμενη θεωρείται η διέλευση που δεν έχει ουσιαστική χωρική κατανομή με τη λήψη κατάλληλων μέτρων (διαγράμμιση, εμπόδια κλπ.).

- Στην πράξη, ο οπλισμός αυτός αποτελείται από δομικό πλέγμα ίσου ποσοστού οπλισμού σε κάθε διεύθυνση, το δε ποσοστό του εξαρτάται από την απόσταση των αρμών ελέγχου, το πάχος της πλάκας και το απαιτούμενο εύρος ρωγμής.
- Σύμφωνα με το ACI 360, η συνήθης πρακτική είναι να τοποθετείται ο οπλισμός 30 mm έως 50 mm κάτω από την άνω επιφάνεια της εδαφόπλακας και όχι κάτω από το μέσον της πλάκας, με κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (π.χ. απόσταση μεταξύ ράβδων, διάσταση βρόχου δομικού πλέγματος, δυσκαμψία της σχάρας οπλισμού, στήριξη με αποστατήρες ή καβαλέτα, κ.λπ.) ώστε να μην πατιέται κατά τη σκυροδέτηση ο οπλισμός προς τα κάτω (όπως συνήθως γίνεται) και έτσι να τηρείται η στάθμη τοποθέτησής του. Παρόμοια θέση τοποθέτησης του οπλισμού προδιαγράφεται και στην ΕΤΕΠ για πλάκες δαπέδων στάθμευσης αεροσκαφών.
- Για την αποφυγή τοπικής ρηγμάτωσης λόγω πλαστικής καθίζησης του σκυροδέματος επάνω από τις ράβδους θα πρέπει να τηρούνται τα κατάλληλα μέτρα (π.χ. μεγαλύτερο πάχος επικάλυψης, επαρκής δόνηση, προστασία έναντι υψηλών θερμοκρασιών, μικρές διάμετροι οπλισμού, κ.λπ.).

5. Τι είδους αρμοί χρησιμοποιούνται στα δάπεδα σκυροδέματος;

5.1 Γενικά

- Πέραν της ανάγκης να ελεγχθεί η συστολή ξήρανσης που προκαλεί ρηγμάτωση του σκυροδέματος κατά την ωρίμανσή του, στα έργα από σκυρόδεμα ενσωματώνονται αρμοί παντός είδους για την ανακούφιση από ανεπιθύμητες εσωτερικές εφελκυστικές τάσεις που μπορεί να προκύψουν (π.χ. από δράσεις, από χρόνιες παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού, από θερμοκρασιακές συστολο-διαστολές[1], από παραμορφώσεις λόγω των δράσεων και άλλων μετατοπίσεων στα όρια, όπως διαφορικές καθιζήσεις, ή στο σώμα του δομήματος όπως σεισμικές μετατοπίσεις υπερκειμένων παταριών κ.λπ.).

- Οι απαιτήσεις που καθορίζουν τα είδη αρμών που θα ενσωματωθούν στο έργο ταξινομούνται σε:

  - Απαιτήσεις που αφορούν την κατασκευή του έργου ή του δομικού στοιχείου.
  - Απαιτήσεις για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης στα τμήματα του έργου μεταξύ αρμών.
  - Απαιτήσεις κινηματικής απομόνωσης τμημάτων της κατασκευής.

- Η περιγραφή των απαιτήσεων αυτών δίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα.

5.2 Κατηγορίες αρμών

- Λόγω της πληθώρας των τύπων, οι αρμοί ταξινομούνται με βάση τα εξής χαρακτηριστικά τους:
  - Τον οπλισμό παραλαβής του φορτίου: Αρμός άοπλος, οπλισμένος, οπλισμένος με βλήτρο, χωρίς βλήτρο.
  - Τη γεωμετρία του αρμού: Πρόσωπο, επικαλυπτόμενος, με διατμητική κλείδα, με εγκοπές.
  - Τον τρόπο μόρφωσης του αρμού: Πριονισμένος με τροχό, τραβηχτός με το χέρι, τραβηχτός με εργαλείο, αυλακωτός, με ενσωματωμένο τεμάχιο κατά τη σκυροδέτηση.
  - Τη θέση του αρμού: Εγκάρσιος, διαμήκης, κάθετος, οριζόντιος.

[1] Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ 2000, ο συντελεστής διαστολής του σκυροδέματος λαμβάνεται ίσος προς $10\times10^{-6}/^{o}C$.

- Το είδος του δομήματος: Μεταξύ άλλων, γέφυρα, οδόστρωμα, πλάκα επί εδάφους, κτιριακό, υδραυλικό ή λιμενικό έργο, δεξαμενή αποθήκευσης υγρών, σήραγγα, προκατασκευασμένο τμήμα, σκυρόδεμα μάζας.
- Τη λειτουργία του αρμού [1] : κατασκευής, διαστολής, συστολής, κινηματικής απομόνωσης, άρθρωσης. Η ταξινόμηση των αρμών ανάλογα με τη λειτουργία τους δίνεται στο Παράρτημα.

- Πρέπει να σημειωθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις, ένας τύπος αρμού εξυπηρετεί ταυτόχρονα πέραν από μία από τις παραπάνω απαιτήσεις, κάτι που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό και στο πρόγραμμα συντήρησης του αρμού.

5.3 Λειτουργία των αρμών στα δάπεδα

- Οι αρμοί έχουν ως σκοπό:
  - Να απομονώνονται τμήματα της πλάκας σε ορθογωνική κατά το δυνατόν διάταξη κανάβου, έτσι ώστε να μη δημιουργούνται τμήματα του δαπέδου με εισέχουσες γωνίες,

  - Να μην απέχει η αναλογία των πλευρών των ορθογωνικών τμημάτων από το 1,50:1, με βέλτιστη χρήση της αναλογίας 1:1 εφόσον είναι δυνατόν (για δάπεδα βαρειάς χρήσης),

  - Να μην δημιουργούνται τμήματα του δαπέδου (ανάλογα με το πάχος και τον οπλισμό του) με μέγιστη διάσταση μεγαλύτερη μίας μέγιστης διάστασης σχεδιασμού το οποίο σχετίζεται με το πάχος και τον οπλισμό (ή μη) του δαπέδου, ώστε να περιορίζονται: i) το μήκος συστολής που επηρεάζει το μέγεθος των εφελκυστικών τάσεων σε σχέση με την αναπτυσσόμενη εφελκυστική αντοχή (φάση ωρίμανσης) και ii) η θερμοκρασιακή απόκριση του δαπέδου (φάση λειτουργίας) ώστε να περιορισθούν έτσι οι ρηγματώσεις στα τμήματα μεταξύ αρμών,

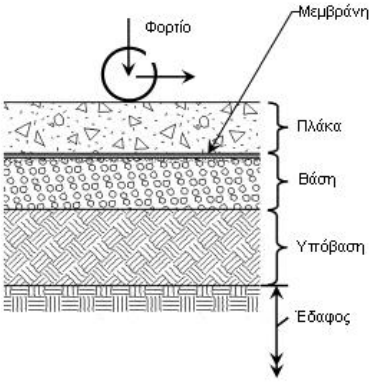
  - Να απομονώνονται με αρμούς διαστολής ασυνέχειες στη γεωμετρία του δαπέδου ή τμήματα του δαπέδου που εφάπτονται με στοιχεία που διαπερνούν την πλάκα επί εδάφους, είναι ήδη σκυροδετημένα ή πρόκειται να σκυροδετηθούν αργότερα: π.χ. τοιχεία, υποστυλώματα, κλιμακοστάσια, θεμελιώσεις σε επαφή ή κοντά στην κάτω στάθμη του δαπέδου, φρεάτια, στηθαία, αναβαθμοί του δαπέδου, ράμπες ή αλλαγές κλίσης, αυξήσεις ή μειώσεις του πάχους του δαπέδου - παχύνσεις (λόγω αλλαγής του φορτίου σχεδιασμού), τμήματα του δαπέδου με υποχρεωτική γεωμετρία εισέχουσας μορφής, τμήματα που σκυροδετούνται εν επαφή με δάπεδο που έχει ήδη κατασκευασθεί, τμήματα που διέρχονται επάνω από αλλαγή του υποβάθρου θεμελίωσης (π.χ. υπόγεια γαλαρία επίσκεψης) είτε γεφυρώνουν άλλες κατασκευές υποδομής (οχετοί, σωλήνες, οδεύσεις Η/Μ, υπόγειες γαλαρίες επίσκεψης κ.ά.).

6. Πώς γίνεται η προετοιμασία του χώρου διάστρωσης του δαπέδου;

- Η προετοιμασία για τη διάστρωση του δαπέδου παίζει καθοριστικό ρόλο στη μετέπειτα συμπεριφορά του δαπέδου και ευθύνεται για πολλές αστοχίες ή βλάβες που ενδεχομένως θα υποστεί αυτό στο μέλλον κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

[1] Σύμφωνα με το ACI 224.3R-95, ο συνήθης όρος '*αρμός ελέγχου*' δεν έχει μία αποκλειστική σημασία στην εφαρμογή και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται σαν ξεχωριστή ορολογία. Στις περισσότερες χρήσεις του, πρόκειται για (καλώς ή κακώς κατασκευασμένο) αρμό συστολής.

- Η ορολογία η οποία θα χρησιμοποιηθεί και αφορά δάπεδα κατασκευασμένα επί εδάφους φαίνεται στην χαρακτηριστική τομή στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2 : Χαρακτηριστική τομή δαπέδου επί εδάφους

- Η προετοιμασία του χώρου διάστρωσης του δαπέδου περιλαμβάνει την προετοιμασία της υπόβασης και βάσης, την τοποθέτηση οδηγών διάστρωσης, καλουπιών και αρμών καθώς και την εγκατάσταση βοηθητικών υλικών και εγκαταστάσεων (π.χ. μεμβράνη σκυροδέτησης ή φράγμα υδρατμών, αγωγοί θέρμανσης, λοιπές σωληνώσεις, κ.λπ.).

Προετοιμασία υπόβασης και βάσης

- Η υπόβαση και βάση πρέπει να είναι στεγνή και συμπυκνωμένη. Η επί τόπου πυκνότητα του εδάφους της υπόβασης και βάσης θα πρέπει να είναι η ελάχιστη απαιτούμενη από τις προδιαγραφές. Το επίπεδο της στεγνής άνω στρώσης του εδάφους δεν πρέπει να είναι σε χαμηλότερο υψόμετρο από τον παρακείμενο διαμορφωμένο χώρο. Διαφορετικά, η στρώση βάσης γίνεται συλλέκτης νερού. Λεπτομέρειες για την προετοιμασία της υπόβασης και βάσης δίνονται από την Οδηγία 330R-08 της Επιτροπής 330 του ACI. Όταν προκύψουν διογκούμενα εδάφη, θα πρέπει να ακολουθηθούν οι συστάσεις ενός γεωτεχνικού μηχανικού. Εφόσον απαιτηθεί στη Μελέτη, ενδέχεται να γίνει επί τόπου μέτρηση του μέτρου ελαστικότητας της υπόβασης πριν την κατασκευή του δαπέδου με δοκιμαστικές φορτίσεις.

- Η βάση θα πρέπει να είναι υγρή την ώρα της σκυροδέτησης. Εάν είναι απαραίτητο, θα πρέπει να διαβραχεί με νερό πριν από τη σκυροδέτηση, αλλά δεν θα πρέπει να υπάρχει ελεύθερο νερό στην επιφάνεια, ούτε και λάσπες ή μαλακά σημεία την ώρα της σκυροδέτησης. Ειδικότερες απαιτήσεις καθορίζονται για την προετοιμασία της βάσης σε χαμηλή και υψηλή θερμοκρασία, (βλ. Τ.Ο. 1 και Τ.Ο. 2 (ΣΠΜΕ)).

- Για δάπεδα από υδατοπερατό σκυρόδεμα (σκυρόδεμα ανοικτής δομής - pervious concrete), που επιτρέπουν την απορροή του επιφανειακού νερού μέσω του δαπέδου προς τον υδροφόρο ορίζοντα, πρέπει να προηγηθεί κατάλληλη υδραυλική μελέτη της στρώσης βάσης και αντίστοιχη κατασκευή υπόγειου δικτύου απορροής ομβρίων.

Διαφράγματα και αρμοί

- Τα διαφράγματα και οι οδηγοί διάστρωσης πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλο υψόμετρο γύρω από την περιοχή που θα σκυροδετηθεί. Ξύλινοι ή μεταλλικοί οδηγοί για τους αρμούς θα πρέπει να προσαρμόζονται στο εσωτερικό των καλουπιών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλούπια για να απομονώνουν τα υποστυλώματα. Τα τοιχεία και τα

πέδιλα θα πρέπει να απομονώνονται από τις πλάκες με κατάλληλα κατασκευασμένους αρμούς κινηματικής απομόνωσης.

Τοποθέτηση οδηγών διάστρωσης

- Οι κορυφές των ακμών των καλουπιών και των οδηγών διάστρωσης θα πρέπει να είναι στο προκαθορισμένο υψόμετρο. Οι οδηγοί διάστρωσης μπορεί να είναι ξύλα, τεμάχια σωλήνα, ή ράβδοι σχήματος Τ, οι κορυφές των οποίων καθορίζονται από την τελική στάθμη σκυροδέτησης. Το υψόμετρο του δαπέδου της πλάκας μπορεί να οριστεί τοποθετώντας δείκτες ισοσταθμίας στη βάση σε προκαθορισμένα διαστήματα. Οι κορυφές αυτών των δεικτών θα πρέπει να τοποθετηθούν στο απαιτούμενο υψόμετρο.

Ειδικές εγκαταστάσεις και βοηθητικά υλικά

- *Φράγματα υδρατμών* – Όταν χρησιμοποιούνται μεμβράνες σκυροδέτησης (φράγματα υδρατμών ή επιφανειακής υγρασίας), αυτά θα πρέπει να αλληλεπικαλύπτονται στους αρμούς τους, και θα πρέπει να συναρμολογούνται προσεκτικά γύρω από τα ανοίγματα. Εάν το διαβαθμισμένο αμμοχάλικο της υπόβασης είναι χονδρόκοκκο και σκληρό, η μεμβράνη που θα χρησιμοποιηθεί θα τρυπήσει κατά τις εργασίες σκυροδέτησης. Για να αποφευχθεί αυτό, μπορεί να είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί ένα στρώμα άμμου πάνω από την υπόβαση και κάτω από τη μεμβράνη. Είναι αυτονόητο ότι το πάχος της μεμβράνης πρέπει να είναι βαρέως τύπου.

- *Θερμομονωτικές πλάκες* – Η θερμομόνωση είναι απαραίτητη στα περισσότερα θερμαινόμενα κτίρια. Η θερμομόνωση θα πρέπει κατά προτίμηση να τοποθετείται κατακόρυφα στο εσωτερικό της θεμελίωσης. Μπορεί επίσης να τοποθετείται σε σχήμα ανεστραμένου L πάνω στη θεμελίωση και κάτω από την πλάκα.

- *Αγωγοί ενδοδαπέδιας θέρμανσης* – Οι αγωγοί θερμότητας που εγκιβωτίζονται στο δάπεδο μπορεί να είναι μεταλλικοί, χάρτινοι αγωγοί από σκληρό πλαστικό και εμποτισμένοι με κερί, εφοδιασμένοι με αδιάβροχες συνδέσεις. Μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε ένα στρώμα επίπεδης άμμου. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε να εξασφαλιστεί ότι η θέση των αγωγών δεν διαταράσσεται κατά τη σκυροδέτηση και ότι είναι επαρκώς προστατευμένοι από τη διάβρωση. Εάν η πλάκα δεν είναι οπλισμένη, θα πρέπει να τοποθετείται ένα πλέγμα οπλισμού στην πλάκα και να κεντράρεται πάνω από κάθε ενσωματωμένο αγωγό. Το πλάτος του πλέγματος θα πρέπει να είναι περίπου τουλάχιστον 2 φορές το πλάτος του αγωγού.

- *Θέρμανση με ακτινοβολία* – σωληνώσεις με θερμαινόμενα υγρά. Το δάπεδο μπορεί να θερμανθεί με κυκλοφορούμενα θερμαντικά υγρά (συνήθως γλυκόλη) μέσω εγκλεισμένων σωληνώσεων. Συνήθως χρησιμοποιούνται σιδερένιες ή χάλκινες σωληνώσεις με σκυρόδεμα κάτω από αυτές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα έδρασης, μονωτικό σκυρόδεμα από βερμικουλίτη, περλίτη ή αφρομπετόν. Τα στηρίγματα των σωληνώσεων κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης θα πρέπει να είναι ανόργανα και μη απορροφητικά. Για στηρίγματα και αποστατήρες, προτιμούνται συμπαγείς κύβοι σκυροδέματος σε τυχαίες θέσεις. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ξύλα, τούβλα ή θραύσματα από σκυρόδεμα ή τεμάχια οπλισμού.

7. Τι τύπος σκυροδέματος χρησιμοποιείται και ποια συστατικά του είναι τα πλέον κατάλληλα;

- Τα συστατικά του σκυροδέματος είναι:
  - Τσιμέντο: σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 197-1, (αντίστοιχα του ASTM C 150, ASTM C 595 κ.λπ.) συνήθως οι τύποι I και II.
  - Αδρανή: Τα αδρανή πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις των ΚΤΣ-97, του ΕΛΟΤ-408 και του ΕΛΟΤ ΕΝ 12620 (αντίστοιχα του ASTM C33).
  - Νερό: Το νερό πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 345 και του ΕΛΟΤ ΕΝ 1008. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πόσιμο νερό ή/και μη πόσιμο νερό οι αντοχές των αναμιγμάτων του οποίου, σε 7 και 28 ημέρες δεν υπολείπονται του 90% των αντοχών, αντίστοιχων σκυροδεμάτων αναφοράς με απεσταγμένο νερό (ASTM C109).
  - Πρόσθετα: Τα χημικά πρόσθετα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ ΕΝ 934-2 (αντίστοιχο το ASTM C494, και ASTM C260/αερακτικά) και της ΣΚ-308 (ΚΕΔΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ).
    Η περιεκτικότητα σε χλωριόντα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ACI 212.1R και ACI 212.2R και τα όρια του ACI 222R και του ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν και χρωστικές ουσίες -πιγμέντα [coloring admixtures (pigments)], σύμφωνα με ASTM C979.

- Για τη συντήρηση του σκυροδέματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί υλικό που σχηματίζει μεμβράνη (liquid membrane – forming curing compounds), σύμφωνα με το ASTM C 309, με μέγιστη απώλεια υγρασίας 0,55kg/m^2 σε 72 ώρες, όταν ψεκάζεται με εφαρμογή περίπου: 5m^2/lit, σύμφωνα με το ASTM C156.

- Το σκυρόδεμα ανά κατηγορία δαπέδου πρέπει να έχει τις αντοχές και τα χαρακτηριστικά εργασιμότητας του πίνακα 2.

Κατηγορία Δαπέδου	**Θλιπτική Αντοχή 28 ημερών (MPa)**	**Μέγιστη κάθιση κατά τη διάστρωση[1] (mm)**
1, 2, 3	21	125
4, 5, 6	24	125
7 (κάτω στρώση, βάση)	24	125
7 (συνδεδεμένη άνω στρώση[2])	35	75
8 (ασύνδετη άνω στρώση[3])	28	75
9 υπερ-επίπεδο	28	125

[1] η μέγιστη κάθιση υποτίθεται ότι επιτυγχάνεται με χρήση χημικού πρόσθετου μειωτή νερού τύπου Α
[2] η ορισθείσα αντοχή εξαρτάται από την βαρύτητα της χρήσης
[3] η ονομαστική διάσταση μέγιστου κόκκου αδρανών δεν είναι μεγαλύτερο από 1/3 του πάχους της ασύνδετης άνω στρώσης

Πίνακας 2. Συνιστώμενες αντοχές και μέγιστες τιμές κάθισης για δάπεδα.

8. Ποιες είναι οι κρίσιμες ιδιότητες του σκυροδέματος;

- Γενικά, το σκυρόδεμα που προορίζεται για την κατασκευή δαπέδων και πλακών επί εδάφους, θα πρέπει να συνίσταται από ένα βέλτιστο συνδυασμό τοπικά διαθέσιμων υλικών, τα οποία θα είναι ικανά να αναπαράγουν με συστηματικό τρόπο τα προδιαγεγραμμένα και απαιτούμενα χαρακτηριστικά εργασιμότητας και συμπεριφοράς του υλικού κατά τις εργασίες φινιρίσματος, για όσο χρονικό διάστημα αυτό βρίσκεται στην πλαστική του φάση. Επί πλέον, σε δάπεδα μεγάλου πάχους, θα πρέπει να ελέγχεται και ο ρυθμός έκλυσης θερμότητας κατά την πρώιμη ηλικία λόγω της ενυδάτωσης.

- Μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος, θα πρέπει να ικανοποιούνται όλες εκείνες οι προδιαγεγραμμένες και απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες αφορούν κυρίως στην αντίστασή του έναντι επιφανειακής τριβής και απότριψης, στην αντοχή του έναντι κρουστικών φορτίων, στην εφελκυστική του αντοχή, αλλά και στη συμπεριφορά του έναντι συστολής, η οποία θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρηγμάτωσης λόγω παρεμποδιζόμενης συστολής.

- Πρόσθετες κρίσιμες ιδιότητες του σκυροδέματος για την κατασκευή δαπέδων και πλακών θεωρούνται η εφελκυστική αντοχή του (άρα και έμμεσα η θλιπτική) και η ανθεκτικότητά του στο χρόνο. Το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 προδιαγράφει τις απαιτήσεις ελέγχου που αφορούν στην προδιαγεγραμμένη εφελκυστική αντοχή σε κάμψη.

9. Πως γίνεται η διάστρωση του σκυροδέματος;

9.1 Γενικά

- Υπάρχουν διάφορες τεχνικές διάστρωσης – συμπύκνωσης του σκυροδέματος, εντός της κατάλληλης χρονικής περιόδου, στη διαδικασία «σκλήρυνσης του σκυροδέματος». Η περίοδος αυτή ονομάζεται «χρονικό παράθυρο επεξεργασίας» (window of finishability).

- Το χρονικό αυτό παράθυρο εξαρτάται από το ρυθμό σκλήρυνσης του σκυροδέματος π.χ. συνθήκες περιβάλλοντος υψηλών θερμοκρασιών δημιουργούν μικρό εύρος στο χρονικό διάστημα επεξεργασίας κ.λπ.

9.2 Διαδικασίες διάστρωσης

- Όλες οι διαδικασίες διάστρωσης πρέπει να ελαχιστοποιήσουν τους παράγοντες που προκαλούν απόμιξη του σκυροδέματος, δεδομένου ότι είναι δύσκολο να αναμιχθεί εκ νέου το σκυρόδεμα όταν αυτό έχει ήδη διαστρωθεί.

- Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τη διάστρωση του σκυροδέματος σε ένα δάπεδο, σε μεγάλες επιφάνειες, είναι σε μεγάλου μήκους λωρίδες όπως στο παρακάτω σχήμα 3. Σε αυτήν την περίπτωση η σκυροδέτηση μπορεί να γίνει και με μηχανές διάστρωσης σε οδηγούς.

Σχήμα 3. Διαδικασία διάστρωσης με λωρίδες μεγάλου μήκους.

- Η εκφόρτωση του σκυροδέματος από το αυτοκίνητο – αναμικτήρα, μπορεί να ρυθμιστεί, μεταβάλλοντας την ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου.

- Οι σέσουλες πρέπει να είναι μεταλλικές, και με κλίση αρκετά μεγάλη ώστε να μην χρειάζεται σκυρόδεμα μεγάλης εργασιμότητας που μπορεί να οδηγήσει σε απόμιξη του σκυροδέματος. Η σέσουλα θα πρέπει να κινείται δεξιά – αριστερά με τέτοιο ρυθμό ώστε να εμποδίζεται ο σχηματισμός μεγάλων «σωρών» από σκυρόδεμα, το δε άκρο της να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά σε προηγούμενα διαστρωμένο σκυρόδεμα.

10. Πώς γίνεται η συμπύκνωση του σκυροδέματος;

- Η συμπύκνωση του σκυροδέματος είναι η διαδικασία που ακολουθείται για την απομάκρυνση (αφαίρεση, μείωση) του εγκλωβισμένου αέρα στο νωπό σκυρόδεμα, συνήθως με δόνηση. Η εσωτερική δόνηση και οι δονητές επιφανείας είναι οι πιο συνήθεις μέθοδοι για συμπύκνωση του σκυροδέματος σε πλάκες και πλάκες επί εδάφους. Σε πλάκες επί εδάφους, συνήθως χρησιμοποιείται η επιφανειακή δόνηση.
- Με τη χρήση δονητικού πήχη, το συνεργείο μπορεί να διαστρώσει σκυρόδεμα με μικρή κάθιση. Συνήθως, μια κάθιση μέχρι 120-130 mm συνιστάται για δόνηση με αυτόν τον τρόπο. Εάν η κάθιση είναι μεγαλύτερη από 100 mm, το εύρος δόνησης του δονητή θα πρέπει να ρυθμίζεται, ώστε να μην έχουμε περίσσεια κονιάματος στην επιφάνεια του σκυροδέματος μετά τη δόνηση.
- Η αρχική συμπύκνωση του σκυροδέματος σε δάπεδα, με εξαίρεση σε αυτά που υπάρχει πυκνός οπλισμός, πραγματοποιείται συνήθως κατά τις αρχικές φάσεις της σκυροδέτησης και επιπέδωσης της επιφάνειας. Οι τεχνικές και συστάσεις για τη συμπύκνωση του σκυροδέματος περιγράφονται γενικά στο ACI 309.

11. Πώς γίνεται η διαμόρφωση της επιφάνειας του σκυροδέματος (τελειώματα) και ποιός ο εξοπλισμός και τα αντίστοιχα εργαλεία;

11.1 Γενικά

- Η διαδικασία του τελειώματος είναι σημαντική, καθότι αφορά τη διαμόρφωση του δαπέδου από την αρχική του νωπή κατάσταση μόλις έχει διαστρωθεί, μέχρι την τελική του διαμορφωμένη μορφή, τις διαστάσεις, την επιπεδότητα, την υφή και μερικώς τη σκληρυμένη μορφή του τελειωμένου δομικού συστήματος. Το τελείωμα έπεται της διάστρωσης και της συμπύκνωσης του δαπέδου.
- Λόγω της κατασκευής και της γεωμετρίας του δαπέδου, το ανώτερο τμήμα της πλάκας έχει περισσότερο νερό, και επομένως τείνει να υφίσταται μεγαλύτερη συστολή ξήρανσης, αλλά και να έχει χαμηλότερη αντοχή σε σχέση και με το κατώτερο τμήμα της πλάκας. Οι διαφορικές θερμοκρασιακές παραμορφώσεις που προκύπτουν λόγω και του

παρεμποδισμού από το έδαφος (ή από το κατώτερο - παλαιότερο τμήμα της πλάκας, εφόσον πρόκειται για επίστρωση), συνεπάγονται συχνά και ρηγμάτωση.

- Οι διάφορες φάσεις των τελειωμάτων και ο χρόνος υλοποίησής τους επηρεάζουν και το χρόνο δημιουργίας των αρμών ελέγχου και της έναρξης συντήρησης, που με τη σειρά τους επηρεάζουν το σύνολο της πλάκας στην τελική της μορφή (επιφανειακή υφή, αντοχή και ανθεκτικότητα).
- Επί πλέον, οι επιλεγείσες διεργασίες του τελειώματος (καθώς και η επιφανειακή σύνθεση του σκυροδέματος, π.χ.λόγος Ν/Τ και είδος αδρανών) επιδρούν άμεσα και στην αντίσταση σε τριβή – απότριψη της τελικής επιφάνειας, είτε αυτή θα είναι η τελική επιφάνεια οπότε θα υποστεί άμεσα τα φορτία λειτουργίας (που περιλαμβάνουν και τριβή – απότριψη) είτε οι δράσεις αυτές θα παραλειφθούν μέσω μίας επόμενης επίστρωσης που θα φέρει τα φορτία αυτά.

11.2 Διεργασίες και εξοπλισμός τελειωμάτων

- Το τελείωμα των δαπέδων είναι οι ενέργειες εκείνες που συμπυκνώνουν τη μη-διαμορφωμένη επιφάνεια του σκυροδέματος. Το αρχικό τελείωμα γίνεται αμέσως μετά την διάστρωση του σκυροδέματος με την επιπέδωση ή πήχιασμα (screeding) και την επιφανειακή συμπύκνωση ή το σπατουλάρισμα (floating) και το τελικό, επεξεργαζόμενοι την επιφάνεια με μυστρί ή τρίψιμο (troweling) και τη λείανση (grinding) αν χρειαστεί. Ενδιάμεσα, παρεμβαίνει η κατάλληλη χρονική αναμονή για την έναρξη πήξης και σκλήρυνσης του σκυροδέματος. Παράλληλα με τις διεργασίες αυτές, πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την απομάκρυνση του νερού εξίδρωσης (bleeding) από την επιφάνεια του δαπέδου.
- Αναλυτικά οι διεργασίες τελειωμάτων έχουν ως εξής:
- **Επιπέδωση ή πήχιασμα (screeding)**

  Είναι η διαδικασία κατά την οποία απομακρύνεται το πλεονάζον νωπό σκυρόδεμα ώστε να διαμορφωθεί η επιφάνεια στο επιθυμητό επίπεδο με τη ζητούμενη κλίση.

  Πραγματοποιείται με ευθύγραμμη πήχη (με ή χωρίς ηλεκτρική υποβοήθηση) που ανήκει στην κατηγορία των δονητών επιφανείας (πλατύ εργαλείο που μεταδίδει -μηχανικά ή ηλεκτρικά- παλμικές κινήσεις στο σκυρόδεμα, χωρίς να εισέρχεται στη μάζα του). Η πήχης σύρεται στην επιφάνεια έτσι ώστε αυτή να αποκτήσει την προκαθορισμένη επιθυμητή στάθμη, ενώ ταυτόχρονα μετακινείται πάνω-κάτω, παρασύροντας έτσι το σκυρόδεμα από περιοχές που περισσεύει προς τυχόν κοιλότητες. Το στάδιο αυτό αποτελεί την πρώτη εξομάλυνση της επιφάνειας του δαπέδου, με σκοπό τη στάθμισή του σε σχέση με τα προκαθορισμένα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να δημιουργηθεί.

  Για χειροκίνητη εφαρμογή (χωρίς ηλεκτρική υποβοήθηση), ο πήχης έχει κοίλη ή συμπαγή διατομή και κατασκευάζεται από μαγνήσιο ή ξύλο. Το συνολικό του μήκος φτάνει τα 6 m και η διατομή του έχει πλάτος από 25 έως 50 mm και ύψος από 100 έως 150mm. Για μηχανική εφαρμογή (με ηλεκτρική υποβοήθηση) χρησιμοποιείται δονούμενος πήχης μονής διατομής ή διπλής διατομής ή πλαισιακός. Η συχνότητα λειτουργίας είναι χαμηλή (3000 έως 6000 δονήσεις ανά λεπτό, 50 έως 100 Hz) με υψηλό πλάτος (amplitude) για τον περιορισμό της φθοράς της συσκευής και την παροχή ικανού βάθους συμπύκνωσης, χωρίς να δημιουργείται στρώμα λεπτόκοκκων στην επιφάνεια. Η ενσωμάτωση δέσμης λέιζερ στον πήχη είναι επίσης συχνή για την επίτευξη βελτιωμένης επιπεδότητας.

- **Επιφανειακή συμπύκνωση ή σπατουλάρισμα (Floating)**

  Κατά τη φάση αυτή στερεοποιείται και συμπυκνώνεται η αδιαμόρφωτη επιφάνεια του σκυροδέματος, ώστε να προετοιμαστεί για τις ακόλουθες φάσεις τελειώματος.

  Σκοπός του σταδίου αυτού είναι η επιπέδωση και συμπύκνωση της ακατέργαστης άνω επιφάνειας σκυροδέματος, ώστε να προετοιμαστεί για επόμενα στάδια διαμόρφωσης (τελειώματος). Έπεται της διαδικασίας εξομάλυνσης (πήχιασμα) και προτού το νερό της

εξίδρωσης ανέλθει στην επιφάνεια, αποδίδοντας μια σχετικώς ομαλή αλλά ακόμα ανοιχτή υφή στη νωπή επιφάνεια σκυροδέματος.

Πραγματοποιείται με εργαλείο φινιρίσματος, γνωστό ως σπάτουλα (ή πλωτή σπάτουλα) που οριακά επιπλέει στην νωπή επιφάνεια του σκυροδέματος. Ανήκει στην κατηγορία των δονητών επιφανείας (πλατύ εργαλείο που μεταδίδει παλμικές κινήσεις στο σκυρόδεμα, χωρίς να εισέρχεται στη μάζα του). Το υλικό κατασκευής του εργαλείου είναι ξύλο ή μαγνήσιο και η ορθογωνική επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του σκυροδέματος έχει διαστάσεις 100 έως 200 mm κατά πλάτος και 1 έως 3 m κατά μήκος. Το εργαλείο κατευθύνεται με ευθύγραμμη λαβή μήκους από 1.2 έως 6 m, η οποία είναι συνδεδεμένη αρθρωτά στο επιπλέον τμήμα.

Η αρχική επιπέδωση (bull – floating), πρέπει να προωθήσει τα επιφανειακά χονδρόκοκκα αδρανή, μόνο ελαφρά μέσα στο σώμα του δαπέδου. Η διαδικασία αυτή προετοιμάζει την επιφάνεια για την κανονική επιπέδωση. Είναι χρήσιμη για την αποκατάσταση ανωμαλιών περισσότερο από 6 mm /στα 300 mm (F_F20 number – βλ. § 15). Πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν εξοπλισμό 2,5 – 3,0 m, για την διόρθωση εξογκωμάτων. Με αυτά τα απλά εργαλεία μπορεί να διορθωθεί κατά 50% η επιπέδωση.

Άλλα παρεμφερούς λειτουργίας, αλλά μικρότερων διαστάσεων εργαλεία χειρός χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση των ακραίων τμημάτων των στοιχείων σκυροδέματος.

- **Αναμονή για έναρξη πήξης του σκυροδέματος**

Μετά τις αρχικές εργασίες επεξεργασίας της επιφάνειας, θα πρέπει να υπάρξει ένας χρόνος αναμονής για να γίνει μια αρχική σκλήρυνση του σκυροδέματος, που συνήθως είναι αρκετός, αν η υποχώρηση της επιφάνειας σε πίεση από κυκλοφορία προσωπικού δεν είναι παραπάνω από 6mm.

- **Τελείωμα με μυστρί ή τρίψιμο (Trowelling)**

Πρόκειται για τις διαδικασίες που εφαρμόζονται στο τέλος του τελειώματος, για να αποκτήσει η επιφάνεια του δαπέδου μία σχετικά σκληρυμένη μορφή με συμπυκνωμένη υφή και (αν απαιτείται) να μορφωθούν οι ακμές του δαπέδου στους αρμούς κατασκευής (αν π.χ., σπανίως, απαιτούνται λοξοτμήσεις). Είναι η συνήθης εργασία τελειώματος για κάθε ελεύθερη επιφάνεια και όχι μόνο για τα δάπεδα.

Η διαδικασία του τελειώματος με επίπεδο εργαλείο (συνήθως τριβείο, ή μυστρί) γίνεται με πολλαπλή εφαρμογή του μυστρίσματος στην επιφάνεια χρησιμοποιώντας εργαλεία με επίπεδες επιφάνειες (πήχεις και μυστριά) σταδιακά μειούμενης διάστασης που εφαρμόζονται με σταδιακά μειούμενη γωνία εφαρμογής και αυξανόμενη πίεση, ώστε να συμπυκνωθεί η επιφάνεια και να αποκτήσει σκληρυμένη και στερεοποιημένη υφή. Πέραν της χειρωνακτικής εφαρμογής, μπορεί να γίνει και μηχανικά, με εφαρμογή δονητικών μηχανισμών στους πήχεις τελειώματος ή και με ελικόπτερο.

Η επεξεργασία αυτής της επιπέδωσης απαιτείται ώστε:
- Να γίνει έμπηξη των χονδρόκοκκων αδρανών, κάτω από την επιφάνεια του κονιάματος.
- Να απομακρυνθούν ελαφρές ατέλειες, κενά και διογκώσεις.
- Να συμπυκνωθεί το σκυρόδεμα και το κονίαμα στην επιφάνεια για την τελική επεξεργασία.

Πραγματοποιείται με επίπεδο εργαλείο χειρός, γνωστό ως «τριβίδι» ή «τριβείο», που αποτελείται από πλατειά μεταλλική λεπίδα. Οι διαστάσεις του κυμαίνονται από 75 έως 125 mm κατά πλάτος και από 250 έως 500 mm κατά μήκος. Μεγαλύτερες διαστάσεις χρησιμοποιούνται για την αρχική εξομάλυνση, ώστε να μεταδοθεί η εφαρμοζόμενη ενέργεια σε μεγαλύτερη επιφάνεια.

- Για το στάδιο μετά την εξάτμιση του νερού εξίδρωσης, χρησιμοποιούνται και μηχανοκίνητες σαρώστρες περιστροφικού τύπου, με δίσκο ή λεπίδες, οι οποίες συχνά έχουν και τη δυνατότητα μετάδοσης δόνησης.

- Μετά την εξάτμιση του νερού εξίδρωσης, πρόσθετες διαδικασίες λείανσης – επιφανειακής σάρωσης (floating) προετοιμάζουν την επιφάνεια για το στάδιο του τριψίματος (trowelling).

- Κατά τη σκλήρυνση της επιφάνειας, χρησιμοποιούνται διαδοχικά μικρότερων διαστάσεων τριβεία. Κατά περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μηχανικά τριβεία πετρελαιοκίνησης, τα οποία αποτελούνται από ομάδα τριών, τεσσάρων ή και περισσοτέρων λεπίδων ή δύο ή τριών ομάδων των τεσσάρων λεπίδων.

- Κάθε φορά η διεύθυνση του μηχανήματος πρέπει να διασταυρώνεται κάθετα με τη διεύθυνση της προηγούμενης επιπέδωσης.

- **Λείανση (Grinding)**

  - Η κατεργασία αυτή κατατάσσεται χρονικά στα τελευταία στάδια των διαδικασιών διαμόρφωσης και στοχεύει στη δημιουργία μιας σχετικώς σκληρής και πυκνής επιφάνειας των δαπέδων ή άλλων επιφανειών σκυροδέματος.

  - Η εφαρμογή του σταδίου αυτού πραγματοποιείται με λειαντήρες (τροχοί λείανσης, τύπου ελικόπτερο, ή παρεμφερείς), που στην ελληνική αγορά είναι περισσότερο γνωστοί ως εργαλεία φινιρίσματος. Οι λειαντήρες αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των δονητών επιφανείας (πλατύ εργαλείο που μεταδίδει παλμικές κινήσεις στο σκυρόδεμα, χωρίς να εισέρχεται στη μάζα του).

  - Κατά την αρχική χρήση, πρέπει η κατεργασία να γίνεται παράλληλα στην επιφάνεια και όχι υπό γωνία. Σε μηχανική χρήση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η χαμηλή ταχύτητα. Μεταξύ διαδοχικών εργασιών, να αφήνεται κάποιο χρονικό διάστημα, για να γίνει πιο σκληρή η επιφάνεια που επεξεργάζεται ο λειαντής. Σε κάθε νέο κύκλο επεξεργασίας πρέπει να αυξάνει η γωνία μεταξύ επιφάνειας/λεπίδων, για να εξασκηθεί όλο και μεγαλύτερη πίεση στην επιφάνεια.

  - Τέλος, αν απαιτείται, μπορεί να γίνει “αγρίεμα” της επιφάνειας με μεταλλική σκούπα (broom), που θα δημιουργήσει μικρές χαραγές στην επιφάνεια, για να μην είναι ολισθηρή.

  - Μετά και αυτήν την φάση, επακολουθεί η συντήρηση της επιφάνειας (ιδιαίτερα το καλοκαίρι όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλά επίπεδα υγρασίας και ισχυροί άνεμοι, η λείανση πρέπει να γίνει σε όσο το δυνατό μικρότερο χρόνο). Κάθε καθυστέρηση στην συντήρηση, μπορεί να αυξήσει την συστολή ξήρανσης, τη ρηγμάτωση, να μειώσει την επιφανειακή αντοχή, κ.λπ.

- **Δημιουργία ή διαμόρφωση αρμών (Jointing, cutting, grooving)**

  - Οι επιθυμητοί αρμοί συστολής μπορούν να δημιουργηθούν με χρήση κατάλληλων εργαλείων χειρός ή συρόμενων. Οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από 50 έως 120 mm πλάτος, 150 έως 190 mm μήκος και 5 έως 38 mm βάθος για τα εργαλεία χειρός και από 90 έως 200 mm πλάτος, 150 έως 250 mm μήκος και 13 έως 25 mm βάθος για τα συρόμενα εργαλεία. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατάλληλα εργαλεία υγρής ή ξηράς κοπής. Ο κατάλληλος χρόνος κοπής διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή του εργαλείου.

- Η διαμόρφωση των αρμών συνήθως ξεκινάει μέσα σε 4 έως 12 ώρες από το τέλος επεξεργασίας της πλάκας. Για «κόφτες» ή τροχούς ξηράς κοπής, η περίοδος αναμονής μπορεί να είναι από 1 ώρα σε σκυροδέτηση σε υψηλή θερμοκρασία, έως 4 ώρες σε σκυροδέτηση σε χαμηλές θερμοκρασίες μετά το τέλος της επεξεργασίας της πλάκας. Το βάθος κοπής πρέπει να είναι τουλάχιστον 25mm ή το ¼ του πάχους της πλάκας, όποιο είναι μεγαλύτερο. Σε ινοπλισμένο σκυρόδεμα το βάθος κοπής πρέπει να είναι το 1/3 του πάχους της πλάκας. Θα πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σκυροδέματος πάνω από 10°C.

- Συνοπτικά, οι διεργασίες τελειωμάτων μαζί με τους αγγλικούς όρους δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.

α/α	**Περιγραφή διεργασίας**	**Εξοπλισμός**	**Αγγλικοί όροι**
1	Επιπέδωση ή Πήχιασμα *Διεργασία διαμόρφωσης και συμπύκνωσης της άνω επιφάνειας του σκυροδέματος με χρήση οδηγών και απομάκρυνση του περισσευούμενου σκυροδέματος με πριονωτή κίνηση.*	Ευθύγραμμος πήχης και οδηγοί πηχιάσματος	screeding and strikeoff
2	Επιφανειακή συμπύκνωση ή Σπατουλάρισμα *Διεργασία τελειώματος και συμπύκνωσης της άνω επιφάνειας του σκυροδέματος με τη χρήση σπάτουλας διαφόρων μορφών για να προσδώσει στο σκυρόδεμα μια ομοιόμορφη, αλλά ακόμη ακατέργαστη υφή* που προηγείται του τριψίματος.*	Σπάτουλες διαφόρων μορφών	Floating float bull float darby** straightedging
3	Τελείωμα με μυστρί ή Τρίψιμο *Φινίρισμα και συμπύκνωση του νωπού ακόμα σκυροδέματος με ένα τριβείο, πλατιάς λεπίδας στην αρχή ως εργαλείο χειρός και μετά με μηχανοκίνητο εξοπλισμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στα τελικά στάδια των εργασιών τελειωμάτων για να προσδώσει ομαλή επιφάνεια.*	Τριβείο	Trowelling
4	Λείανση*** *Λείανση και συμπύκνωση του σκυροδέματος που έχει αρχίσει και σκληραίνει αισθητά με το ίδιο το μηχανοκίνητο τριβείο (power trowelling) της φάσης Νο 3: τρίψιμο. Η συσκευή λειτουργεί θέτοντας σε κυκλική τροχιά μεταλλικά τριβεία σε ακτινικές θέσεις περί έναν κατακόρυφο άξονα.*	Λειαντήρας - Τριβείο (π.χ. τύπου μηχανοκίνητου ελικοπτέρου)	Grinding Power trowelling
5	Δημιουργία ή διαμόρφωση αρμών *Δημιουργία αρμών συστολής στις θέσεις σχεδιασμού για αποφυγή ανεξέλεγκτης ρηγμάτωσης με δημιουργία ορθογωνικού κάνναβου*	Κόφτες ή τροχοί	Jointing Saw cutting Groover grooving

(*).Υφή: η δημιουργία υφής σε μια ελεύθερη επιφάνεια σκυροδέματος συμπεριλαμβάνει: την τραχύτητα, τις ραβδώσεις, τις γραμμώσεις και τις αποκλίσεις από την επιπεδότητα.
(**). Στα πρώτα στάδια του σπατουλαρίσματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιπέδωση και ένα άλλο εργαλείο που αγγλικά ονομάζεται darby το οποίο ελέγχει την επιπεδότητα της επιφάνειας (straightedging)
(***). Η φάση Νο 4: Λείανση δεν διαφέρει ουσιαστικά από τη φάση Νο 3: Τρίψιμο αλλά τίθεται εδώ ξεχωριστά, περισσότερο για λόγους έμφασης των διαδοχικών φάσεων τριψίματος και σκλήρυνσης του σκυροδέματος που συνεχίζεται επί ώρες, παρά ως ξεχωριστή διεργασία.

Πίνακας 3. Διεργασίες για τη διαμόρφωση της επιφάνειας του σκυροδέματος (τελειώματα) και ο αντίστοιχος εξοπλισμός.

12. Πώς ορίζονται οι διάφορες κατηγορίες δαπέδων σε σχέση με (τη χρήση τους και) το τελείωμα της επιφάνειας του σκυροδέματος;

- Οι διάφορες κατηγορίες δαπέδων σε σχέση με τη χρήση τους και το τελείωμά τους σύμφωνα με το ACI 302.1R-04, δίνονται στο παρακάτω πίνακα 4. Ανάλυση αυτών των χρήσεων και των τελειωμάτων τους δίνονται στο Παράρτημα.

Κατηγορία	**Χρήση**	**Προτεινόμενοι τρόποι τελειωμάτων**
1. Μονή στρώση	Γραφεία, εκκλησίες, εμπορικά, ιδρύματα, εργατικές εστίες	Κανονικό τελείωμα με μεταλλικό τριβείο Αντιολισθητικό τελείωμα όπου απαιτείται
	Διακοσμητικά	Όπως απαιτείται
2. Μονή στρώση	Γραφεία, εκκλησίες, εμπορικά, εργατικές εστίες, ιδρύματα με επιστρώσεις δαπέδων	Ελαφρύ τελείωμα με μεταλλικό τριβείο
3. Διπλή στρώση	Προσωρινές ή μόνιμες επιστρώσεις άνωθεν πλάκας βάσης για εμπορικά ή μη βιομηχανικά κτήρια	Πλάκα βάσης: τελείωμα με τριβείο για μη σύνδεση με άνω στρώση, καθαρή τραχεία επιφάνεια για σύνδεση με άνω στρώση Άνω στρώση: Κανονικό τελείωμα με μεταλλικό τριβείο για εκτεθειμένη επιφάνεια, ελαφρό τελείωμα με μεταλλικό τριβείο για καλυμμένη επιφάνεια
4. Μονή στρώση	Χώροι συνάθροισης κοινού ή εμπορικά	Κανονικό τελείωμα με μεταλλικό τριβείο
5. Μονή στρώση	Βιομηχανικά δάπεδα για κατασκευή, επεξεργασία και αποθήκευση	Βαρύ τελείωμα με μεταλλικό τριβείο
6. Μονή στρώση	Βιομηχανικά δάπεδα εκτεθειμένα σε βαρειά κυκλοφορία, ενδεχόμενη έκθεση σε κρουστικά φορτία	Χρήση ειδικών σκληρυντικών. Επαναλαμβανόμενο βαρύ τελείωμα με μεταλλικό τριβείο
7. Διπλή στρώση	Δάπεδα συνδεδεμένων στρώσεων εκτεθειμένα σε βαρειά κυκλοφορία και κρούσεις	Καθαρή τραχεία επιφάνεια κατάλληλη για σύνδεση με άνω στρώση. Ειδικές μηχανοκίνητες σαρώστρες προαιρετικά, βαρύ τελείωμα με μεταλλικό τριβείο
8. Διπλή στρώση	Μη μόνιμη / συνδεδεμένη επίστρωση - σε νέα ή παλαιά δάπεδα	Όπως στις κατηγορίες 4, 5 και 6
9. Μονή στρώση ή επίστρωση	Αποθήκες μεγάλου ύψους και μικρών διαδρόμων, στούντιο τηλεόρασης, παγοδρόμια ή χώροι άθλησης. Για σχεδιαστικές λεπτομέρειες ανατρέξατε στην οδηγία ACI 360R.	Ειδικές τεχνικές

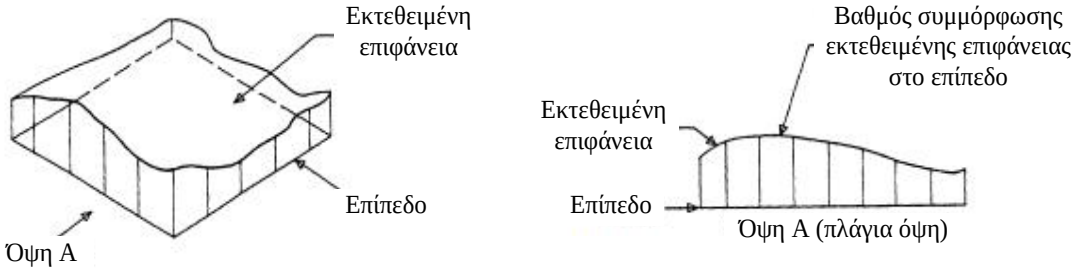
Πίνακας 4. Πίνακας αντιστοίχισης κατηγορίας δαπέδων με τη χρήση τους και τους προτεινόμενους τρόπους τελειωμάτων.

- Η κατηγοριοποίηση των δαπέδων (κατηγορίες: 1, 2, …, 9) συνοδεύεται και από απαιτήσεις ως προς τις σημαντικές ιδιότητες του σκυροδέματος με το οποίο κατασκευάζονται, (π.χ. θλιπτική αντοχή, εργασιμότητα, κ.λπ.). Οι απαιτήσεις αυτές δίνονται υπό μορφή πίνακα στο Παράρτημα.

13. Τι ορίζουμε ως ομαλότητα (flatness) ενός δαπέδου;

- Ως ομαλότητα (flatness, evenness) ορίζεται ο βαθμός, στον οποίο μία επιφάνεια προσεγγίζει το τέλειο επίπεδο (βλ. σχήμα 4).

- Ένα δάπεδο απαιτείται να έχει την κατάλληλη ομαλότητα, ώστε να περιορίζονται, για παράδειγμα, οι λακούβες και να διασφαλίζεται γενική σταθερότητα στη λειτουργία εξοπλισμού διαχείρισης υλικών και εμπορευμάτων. Η ομαλότητα σχετίζεται με τις μεταβολές στάθμης εντός μικρών αποστάσεων, έως 300 mm.



Σχήμα 4. *Ορισμός ομαλότητας*

- Οι λόγοι που οδηγούν στην απαίτηση για βέλτιστη ομαλότητα συνοψίζονται ως εξής:

  - ασφαλής διέλευση ατόμων, δηλαδή μείωση κινδύνου πτώσεων, αποσταθεροποίησης βηματισμού, κ.λπ.
  - ασφαλής διέλευση κινούμενων οχημάτων και ασφάλεια μεταφερόμενου εμπορεύματος
  - περιορισμός συγκέντρωσης νερών ή λυμάτων

- Στις περιπτώσεις έργων, κατά τις οποίες η ομαλότητα αποτελεί κρίσιμο παράγοντα, πρέπει να διασφαλίζονται επαρκείς κατασκευαστικές προϋποθέσεις που αφορούν τόσο στις επιτρεπόμενες ανοχές, όσο και στις συνθήκες και στη μέθοδο κατασκευής των δαπέδων. Συγκεκριμένα, στη βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν προτεινόμενα αποδεκτά όρια για την ανεκτή απόκλιση (ανοχή) της σκοπούμενης ομαλότητας. Τέτοιες οριακές τιμές δίνονται στους παρακάτω πίνακες 5 και 6.

Σκοπούμενη χρήση δαπέδου	Μήκος ευθείας ακμής σε m				
	0,1	1	4	10	15
Τυπική	2	4	10	12	15
Αυξημένες απαιτήσεις	1	3	9	12	15

Πίνακας 5. Οριακές τιμές σε mm για την ανεκτή απόκλιση από την ομαλότητα

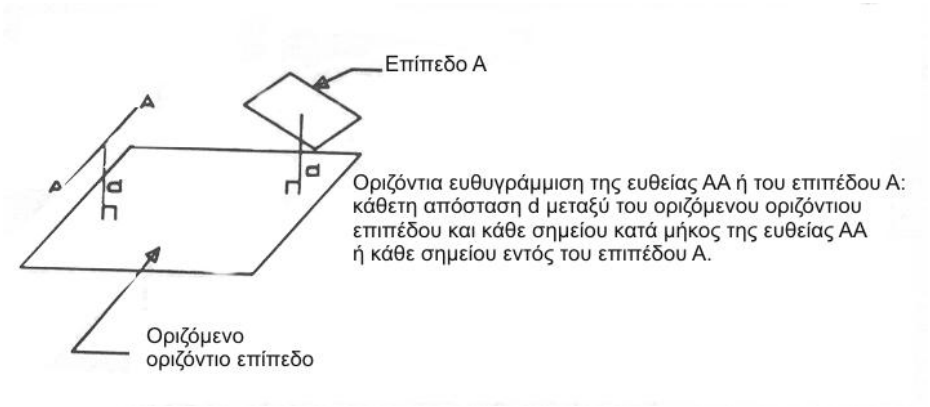
Σκοπούμενη χρήση δαπέδου	Μήκος ευθείας ακμής 2,0 m
Ακατάλληλη	> 6
Χαμηλών απαιτήσεων	4 … 6
Συνήθης	2 … 4
Υψηλών απαιτήσεων	< 2

Πίνακας 6. Οριακές τιμές σε mm για την ανεκτή απόκλιση από την ομαλότητα

- Ένα ειδικό πρόβλημα της ομαλότητας αποτελεί η συστροφή των γωνιών και των άκρων πλακών, ως αποτέλεσμα των διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία ή στις θερμοκρασίες μεταξύ άνω και κάτω παρειάς (φαινόμενα curling / warping). Αυτό έχει ως συνέπεια τη δημιουργία τοπικών ασυνεχειών μεταξύ δύο διαδοχικών πλακών στα σημεία των αρμών (εφόσον οι πλάκες δεν έχουν συνδεθεί αποτελεσματικά μεταξύ τους) εφόσον και τα τμήματα του δαπέδου εκατέρωθεν του αρμού δεν έχουν συνδεθεί αποτελεσματικά με οπλισμό ή βλήτρα και μπορεί να συμβεί έως και δύο χρόνια μετά την κατασκευή του δαπέδου. Το φαινόμενο αυτό είναι πρακτικά σχεδόν αναπόφευκτο και δεν μπορεί ουσιαστικά να προβλεφθεί, αν και μπορεί να περιοριστεί μέσω του περιορισμού της στοχευόμενης συστολής ξήρανσης του σκυροδέματος. Υψομετρικές διαφορές άνω των 3-4mm θεωρούνται προβληματικές, ενώ κατά περίπτωση μπορεί να απαιτηθούν ακόμα μικρότερα όρια.

14. Τι ορίζουμε ως επιπεδότητα (levelness) ενός δαπέδου;

- Ως επιπεδότητα (levelness) ορίζεται ο βαθμός, στον οποίο μια ευθεία ή επιφάνεια ευθυγραμμίζεται οριζόντια στην επιθυμητή στάθμη (βλ. σχήμα 5).

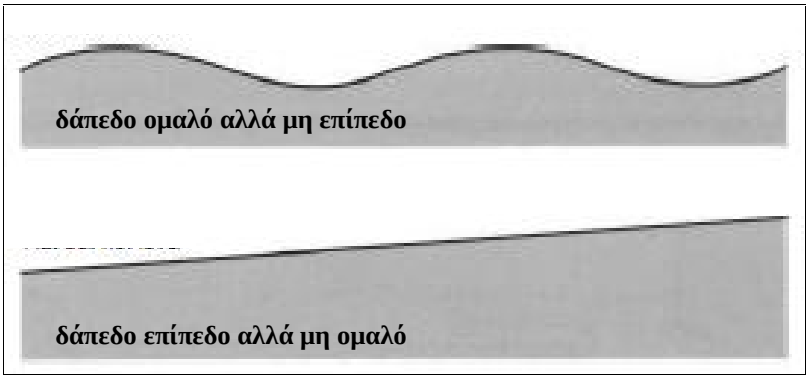


Σχήμα 5. *Ορισμός επιπεδότητας*

- Ένα δάπεδο απαιτείται να έχει την κατάλληλη επιπεδότητα, ώστε να διασφαλίζεται η ορθή λειτουργία της κατασκευής στο σύνολό της, συμπεριλαμβανομένου όλου του στατικού και κινητού εξοπλισμού. Η επιπεδότητα σχετίζεται με τις μεταβολές εντός μεγαλύτερων αποστάσεων (έως 3 μέτρα) αλλά και με τη γενικότερη κατάσταση του δαπέδου.

- Η διαφορά μεταξύ επιπεδότητας και ομαλότητας ενός δαπέδου μπορεί να γίνει κατανοητή με τη βοήθεια του σχήματος 6.

.



Σχήμα 6. *Διαφορά ομαλού και επίπεδου δαπέδου*

- Για πλάκες επί εδάφους, η ακρίβεια των τύπων (ξυλότυπων, μεταλλότυπων) και η φάση διαμόρφωσης της τελικής επιφάνειας του νωπού σκυροδέματος διασφαλίζουν την συνολική επιπεδότητα των επιφανειών. Ως εκ τούτου, η διάταξη των τύπων αλλά και η μέθοδος διαμόρφωσης της τελικής επιφάνειας του νωπού σκυροδέματος είναι κρίσιμοι παράγοντες για την απόδοση της επιθυμητής ποιότητας.

15. Πώς ταξινομούνται τα δάπεδα ανάλογα με τις απαιτήσεις ομαλότητας και επιπεδότητάς τους;

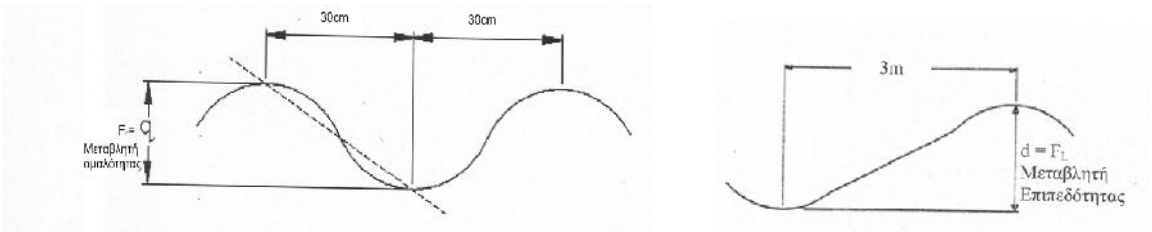
- Η ταξινόμηση των δαπέδων πραγματοποιείται, για δεδομένες μέγιστες επιθυμητές ανοχές, μέσω ενός συστήματος δεικτών, γνωστό ως σύστημα F_F/F_L. Το εν λόγω σύστημα ταξινόμησης αποτελεί έναν ασφαλή και ακριβή τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών (εργοδότης, ανάδοχος), καθώς προσδιορίζει με ακρίβεια την μέθοδο μέτρησης και τον προσδιορισμό του βαθμού συμμορφώσεως μεταξύ των απαιτούμενων από το σχεδιασμό και των τελικώς κατασκευασμένων επιφανειών, με βάση τις διαδικασίες που περιγράφονται στο πρότυπο ASTM E 1155.

- Η ποιότητα του προφίλ του δαπέδου προσδιορίζεται μέσω της ελαχιστοποίησης του μεγέθους των κενών μεταξύ τελικής επιφάνειας και πρότυπου πήχη μήκους 3 μέτρων. Πάντως, πρέπει να αναφερθεί ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί πιο ακριβείς μέθοδοι προσδιορισμού της τελικής ποιότητας (προφιλόμετρο, κλισιόμετρο, κ.λπ.)

- Οι δείκτες F αποτελούν έναν εύκολο τρόπο προσδιορισμού του τοπικού προφίλ του δαπέδου. Ελέγχονται δύο ξεχωριστά μεγέθη: η τοπική επιπεδότητα d για τμήμα του δαπέδου μήκους 3 m περίπου και η τοπική ομαλότητα q για δύο διαδοχικά τμήματα των 300 mm. Αναλυτικά:

  - Τοπική ομαλότητα. Η τοπική ομαλότητα με **δείκτη F_F**, ενός δαπέδου μετράται με τη αύξηση της καμπυλότητας q σε απόσταση 300 mm (12 in) (βλ. σχήμα 7) κατά τον ορισμό των ανοχών σε δάπεδα του κατά ACI 117.

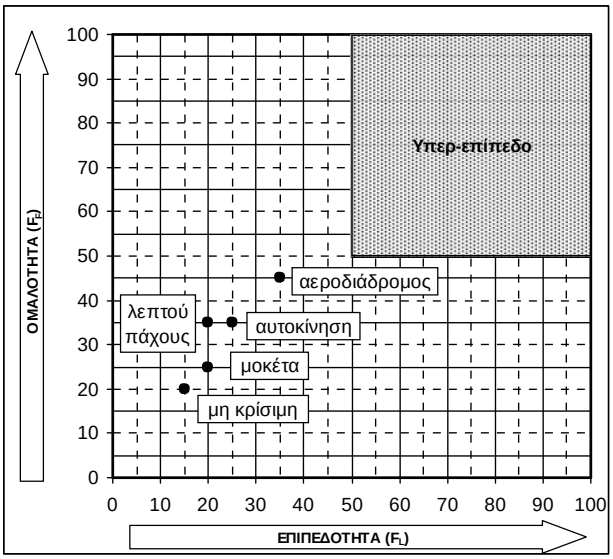
  - Τοπική επιπεδότητα. Η τοπική επιπεδότητα, με **δείκτη F_L**, ενός δαπέδου, μετράται με την υψομετρική διαφορά σε απόσταση 3 m (120 in) (βλ. σχήμα 7) κατά τον ορισμό των ανοχών σε δάπεδα κατά ACI 117.



Σχήμα 7. *Ορισμός δεικτών F_F και F_L που ελέγχουν την τοπική ομαλότητα και τοπική επιπεδότητα, αντίστοιχα.*

- Το ζεύγος των δεικτών F αναφέρεται πάντα με τη σειρά F_F/F_L. Θεωρητικώς, το εύρος των τιμών των δεικτών κυμαίνεται από μηδέν έως άπειρο. Πρακτικώς όμως, οι δείκτες λαμβάνουν τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 12 και 45. Ενδεικτικά ζεύγη δεικτών για διάφορες περιπτώσεις δαπέδων παρουσιάζονται στο σχήμα 8. Πρέπει να τονισθεί ότι η κλίμακα είναι γραμμική και, συνεπώς, η σχετική ομαλότητα και επιπεδότητα δύο

διαφορετικών δαπέδων θα είναι ανάλογη του λόγου των δεικτών τους. Για παράδειγμα, ένα δάπεδο με δείκτες F_F 30/F_L 24 είναι διπλάσιο σε ομαλότητα και επιπεδότητα από ένα δάπεδο με δείκτες F_F 15/F_L 12.



Σχήμα 8. *Τυπικός οδηγός ομαλότητας / επιπεδότητας*

16. Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εξίδρωσης κατά την σκυροδέτηση των δαπέδων;

- Η υπερβολική εξίδρωση (μεταξύ άλλων) ευθύνεται για την απομείωση της ποιότητας δαπέδων από σκυρόδεμα.

- Η παρατεταμένη εξίδρωση μπορεί να οφείλεται σε πλείστους παράγοντες, όπως: ανεπαρκής ή εσφαλμένη μελέτη σύνθεσης, ακατάλληλη κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών, μεγαλύτερη της απαιτούμενης κάθιση, χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, υψηλά επίπεδα υγρασίας, άπνοια κατά τη σκυροδέτηση, κ.λπ. Εάν το επιφανειακό νερό που οφείλεται σε εξίδρωση δεν εξατμιστεί, εργασίες όπως η αρχική επιπέδωση και το σπατουλάρισμα της διαστρωμένης επιφάνειας σκυροδέματος δεν μπορούν να εκτελεστούν.

- Η τάση του σκυροδέματος για υπερβολική εξίδρωση μπορεί να περιοριστεί σημαντικά, εάν ληφθούν τα παρακάτω μέτρα:
  - Υιοθέτηση μίας κατάλληλης κοκκομετρίας αδρανών.
  - Προσθήκη περισσότερου τσιμέντου, εάν η περιεκτικότητα σε τσιμεντοπολτό είναι μικρή, ή μείωση του νερού ανάμιξης.
  - Χρήση κονιών με ποζολανικές ιδιότητες (λεπτότερων του τσιμέντου) για τη μερική αντικατάσταση του τσιμέντου, ή ως πρόσθετων κονιών.
  - Προσθήκη της κατάλληλης ποσότητας αερακτικού.
  - Αύξηση της ποσότητας των λεπτόκοκκων αδρανών.
  - Προσθήκη της ελάχιστης δυνατής ποσότητας νερού ανάμιξης.
  - Αποφυγή χρήσης χημικών προσθέτων που αυξάνουν την τάση για εξίδρωση.
  - Πιθανή χρήση επιταχυντή (χημικώς συμβατού με τα τσιμεντοειδή υλικά στο μίγμα) σε χαμηλές θερμοκρασίες.
  - Σκυροδέτηση με θερμοκρασία μίγματος η οποία να πλησιάζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη για το συγκεκριμένο έργο.
  - Χρήση μεθόδων απομάκρυνσης του επιφανειακού νερού.

17. Πώς γίνεται η συντήρηση των σκυροδεμάτων των δαπέδων;

17.1 Μέθοδοι συντήρησης

Η συντήρηση του σκυροδέματος των δαπέδων γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους. Αναλυτική περιγραφή αυτών των μεθόδων γίνεται στο Παράρτημα.

- Υγρή συντήρηση: Μέσω πλημμυρίσματος, ψεκασμού ή εκνέφωσης.
- Κάλυψη με υγρά σκεπάσματα.
- Κάλυψη με αδιαπέρατα σκεπάσματα για τη συγκράτηση της προς διαφυγή υγρασίας.
- Ψεκασμός με χημικά που δημιουργούν αντιεξατμιστικές μεμβράνες.

17.2 Συντήρηση αρμών

- Οι ακμές των αρμών θα πρέπει να συντηρούνται με επιμέλεια, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αντοχή του σκυροδέματος, όπως και η μέγιστη δυνατή ανθεκτικότητα των αρμών, ιδιαίτερα έναντι της κυκλοφορίας τροχοφόρων με συμπαγείς τροχούς. Επίσης, με τη σωστή συντήρηση των αρμών αποφεύγονται φαινόμενα κύρτωσης των δαπέδων ή των πλακών.

- Επαρκής συντήρηση των αρμών εξασφαλίζεται με την κάλυψή τους με υγρά ή με αδιαπέρατα σκεπάσματα. Εάν χρησιμοποιούνται χημικά που σχηματίζουν αντιεξατμιστικές μεμβράνες, τότε αυτά θα πρέπει να ψεκάζονται και στις εσωτερικές ακμές των αρμών. Σε περίπτωση μετέπειτα σφράγισης των αρμών, είναι πιθανώς αναγκαία η απομάκρυνση της ποσότητας της χημικής ουσίας που έχει απομείνει σε αυτούς μέσω απόξεσης. Εναλλακτικά, κατά την περίοδο της συντήρησης, οι αρμοί δύναται να πληρωθούν προσωρινά με υγρή άμμο, η οποία θα διαβρέχεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα.

17.3 Διάρκεια συντήρησης

- Ανεξάρτητα από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο, η συντήρηση θα πρέπει να ξεκινά αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εργασιών τελειωμάτων (φινιρίσματος). Εάν τμήματα της επιφάνειας σκυροδέματος αρχίσουν να στεγνώνουν πριν την ολοκλήρωση των εργασιών φινιρίσματος, τότε αυτά θα πρέπει να προστατεύονται μέσω εκνέφωσης ή ψεκασμού διαλύματος χημικών ουσιών που δημιουργούν μονομοριακά φιλμ.

- Η διάρκεια της συντήρησης διαφέρει ανάλογα με τη μέθοδο συντήρησης, τη θερμοκρασία και την υγρασία περιβάλλοντος και τον τύπο του τσιμέντου της σύνθεσης. Για οποιονδήποτε τύπο τσιμέντου και για θερμοκρασίες πάνω από 5 °C, συνιστώνται επτά (7) ημέρες απρόσκοπτης υγρής συντήρησης (ή συντήρησης με αδιαπέρατα σκεπάσματα).

- Εάν πρόκειται να γίνει λείανση της επιφάνειας του δαπέδου (όταν το σκυρόδεμα έχει αναπτύξει ικανή αντοχή, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος αποκόλλησης των αδρανών που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια), η συντήρηση πρέπει να διατηρείται τόσο πριν όσο και μετά από τις εργασίες λείανσης.

18. Πώς γίνεται η προστασία των δαπέδων;

- Κατά τη διάρκεια κατασκευής τους, τα δάπεδα πρέπει να προφυλάσσονται έναντι:
  - Πυκνής κυκλοφορίας εργοταξιακών οχημάτων
  - Κυκλοφορίας οχημάτων με συμπαγείς τροχούς

- Κρούσης και μηχανικής απότριψης
- Φορτίων (π.χ. από γερανούς, πύργους)
- Κηλίδωσης (π.χ. από γράσο, έλαια, χημικούς παράγοντες, χρωστικές ουσίες, σοβά)
- Ιχνών από την κίνηση οχημάτων με ελαστικούς τροχούς
- Δράσης αντιπαγωτικών αλάτων
- Έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και ισχυρών ανέμων
- Παγοποίησης/παγοπληξίας

- Είναι απαραίτητη η ειδική προστασία του σκυροδέματος κατά τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού του δαπέδου σε έργα ειδικών απαιτήσεων, όπου το δάπεδο πρέπει να είναι, για παράδειγμα, ανθεκτικό έναντι χημικής προσβολής (π.χ. σε μία μονάδα επεξεργασίας τροφίμων), πολύ χαμηλών θερμοκρασιών (π.χ. σε χώρους κατάψυξης) ή δράσης αντιπαγωτικών αλάτων (π.χ. σε χώρους στάθμευσης, όπου οι τροχοί των αυτοκινήτων λόγω παγετού γίνεται χρήση αντιπαγωτικών αλάτων ή αυτά μεταφέρονται μέσω των τροχών από τις παρακείμενες οδούς).

- Ο κάθε συνδυασμός ειδικών απαιτήσεων αντιμετωπίζεται με τα αντίστοιχα ειδικά μέσα, αλλά στην πλειονότητα των περιπτώσεων η προστασία του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με την πλήρη επικάλυψη του δαπέδου είτε με κάποιου είδους μεμβράνη, είτε με στοιχεία (π.χ. πλακίδια) επικάλυψης. Παραδείγματα επικαλύψεων αποτελούν: οι βαφές πολυουρεθάνης, οι εποξειδικές βαφές, τα εποξειδικά κονιάματα/σκυροδέματα, τα πολυεστερικά κονιάματα, τα σκυροδέματα τροποποιημένα με πολυμερή, τα ασφαλτικά υλικά. Δεν υπάρχει κάποιο υλικό που να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της οποιασδήποτε εφαρμογής και η ύπαρξη σχετικών (κατά περίπτωση) προδιαγραφών είναι αμφίβολη.

19. Πώς εμποδίζεται η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής;

- Η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής σε πρόσφατα επεξεργασμένες επιφάνειες προκαλείται όταν ο ρυθμός ξήρανσης της επιφάνειας είναι πιο γρήγορος από την προς τα πάνω κίνηση του εξιδρούμενου νερού. Οι ρηγματώσεις λόγω πλαστικής συστολής εμφανίζονται με την παρουσία παραγόντων όπως είναι οι άνεμοι, η χαμηλή σχετική υγρασία, και οι υψηλές θερμοκρασίες σκυροδέματος και περιβάλλοντος. Η χρήση στο σκυρόδεμα υλικών που μειώνουν το ρυθμό εξίδρωσης οδηγεί στην αύξηση της ρηγμάτωσης λόγω πλαστικής συστολής.

- Οι ρηγματώσεις από πλαστική συστολή είναι σχετικά μικρές, ρηχές, τυχαίες (αλλά μερικές φορές παράλληλες) ρωγμές που μπορεί να εμφανιστούν πριν από τα τελειώματα.

- Τη ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής (και συστολής ξήρανσης) μπορεί να επιδεινώσουν οι αδιαπέρατες μεμβράνες (φράγματα υδρατμών) κάτω από το σκυρόδεμα. Επίσης, ας σημειωθεί επιπρόσθετα, ότι η πλάκα στρεβλώνει επειδή η βάση της δεν χάνει υγρασία, ενώ το πάνω τμήμα της ξηραίνεται και συστέλλεται σε πιο γρήγορο ρυθμό.

- Εάν η ταχύτητα εξάτμισης του νερού από την επιφάνεια του σκυροδέματος υπερβεί το 1,0 $kg/m^2/h$, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη μείωση της ταχύτητας εξάτμισης.

- Μερικά μέτρα για την αποφυγή ή τη μείωση της ρηγμάτωσης λόγω πλαστικής συστολής είναι τα παρακάτω:

  - Ύγρανση της υπόβασης
  - Αποφυγή της χρήσης των φραγμάτων υδρατμών όπου δεν χρειάζονται
  - Χρήση «ψυχρού» σκυροδέματος σε σκυροδέτηση με ζεστό καιρό
  - Ανέγερση ανεμοφρακτών και σκιάστρων

- Αποφυγή της ταχείας ξήρανσης (π.χ. προστασία σκυροδέματος με στεγανοποιημένες καλύψεις νάυλον για τη συγκράτηση της υγρασίας, διαρκής κάλυψη με υγρές λινάτσες, εκνέφωση, κ.λπ.).

20. Πώς γίνεται η (πλήρωση ή/και) σφράγιση των αρμών του σκυροδέματος των δαπέδων;

- Η κατασκευή των αρμών περιλαμβάνει αρχικά τη σωστή συντήρησή τους, ώστε το σκυρόδεμα να είναι επαρκούς αντοχής και ανθεκτικότητας κατά τη λειτουργία του αρμού. Η φάση αυτή περιλαμβάνει εφαρμογή μεμβράνης συντήρησης και στις παρειές του αρμού (κατασκευής), καθώς και πλήρωση του αρμού με υγρή άμμο, η οποία πρέπει να επανυγραίνεται συχνά ώστε να γίνεται σωστή συντήρηση.

- Σε ότι αφορά την πλήρωση ή/και σφράγιση του αρμού μετά τη συντήρηση, αυτή περιλαμβάνει - ανάλογα με το είδος του αρμού - την τοποθέτηση ενός υλικού πλήρωσης (που υποστηρίζει το υλικό σφράγισης) είτε μέσα στην τομή (εφόσον πρόκειται για αρμούς ελέγχου) είτε επί του υλικού κατασκευής του αρμού (εφόσον πρόκειται για καλουπωμένους αρμούς διαστολής ή διακοπής σκυροδέτησης) και κατόπιν του υλικού σφράγισης.

- Μετά την τοποθέτηση του υλικού υποστήριξης γίνεται η σφράγιση της επιφάνειας της τομής του αρμού, έως λίγο πιο κάτω από την επιφάνεια (δημιουργία μηνίσκου) - ή σε τελείωμα με τα χείλη, με το υλικό σφράγισης του αρμού. Στα δάπεδα κυκλοφορίας το υλικό σφράγισης είναι συνήθως από ελαστομερική βάση. Τα ελαστομερικά υλικά τοποθετούνται πιο γρήγορα, καθότι δεν απαιτούν χρόνο συντήρησης και εφαρμόζουν στεγανά στα χείλη του αρμού σφραγίζοντάς τον σε κατοπινές συστολοδιαστολές του δαπέδου (μέσα στα όρια δυνατότητας παραλαβής παραμορφώσεων που δίνει ο κατασκευαστής).Πρόσθετες απαιτήσεις για τα υλικά σφράγισης δίνονται στο Παράρτημα.

21. Πότε το δάπεδο είναι έτοιμο για χρήση;

- Για να δοθεί σε χρήση ένα δάπεδο από σκυρόδεμα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί μια σειρά από εργασίες, καθώς και να πληρούνται οι προϋποθέσεις που εξαρτώνται και από τις συνθήκες που επικρατούν. Στο Παράρτημα δίνεται αναλυτική περιγραφή υπό μορφή διαδικασιών παραλαβής.

- Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η σωστή ολοκλήρωση των εργασιών τελειώματος (finishing), για τη διαμόρφωση της επιφάνειας του δαπέδου, σύμφωνα και με τις προδιαγραφές για την προβλεπόμενη κατηγορία χρήσης του.

- Μετά το τελείωμα, ακολουθεί η - ιδιαίτερα σημαντική - διαδικασία συντήρησης (curing). Ζητούμενο είναι η επιβράδυνση της απώλειας νερού από το νωπό σκυρόδεμα και της πρώιμης ενανθράκωσης της επιφάνειας. Η δυνατότητα παρατεταμένης διάρκειας αυτής της φάσης οδηγεί σε επαρκέστερη ενυδάτωση και άρα ανάπτυξη μεγαλύτερων αντοχών. Ο ακριβής απαιτούμενος χρόνος θα καθορισθεί από τη μελέτη σύνθεσης, τις προδιαγραφές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν κατά την εκτέλεση του έργου, όπως: επιλεγμένη μέθοδος συντήρησης (π.χ. διαβροχή, κάλυψη επιφάνειας με ειδικό υλικό που εμποδίζει τη διαφυγή νερού), θερμοκρασία, υγρασία και τύπος τσιμέντου. Γενικά, για κάθε τύπο τσιμέντου και για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 5° C, συνιστώνται 7 ημέρες συνεχούς ωρίμανσης είτε με διαβροχή είτε με κάλυψη από φύλο μη υδροπερατού υλικού. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται σκυρόδεμα που αναπτύσσει

γρήγορα αντοχή και η θερμοκρασία είναι άνω των 23° C το διάστημα μπορεί να περιοριστεί σε 3 ημέρες. Στην περίπτωση χαμηλών ή υψηλών θερμοκρασιών πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα, όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς.

- Άλλος παράγοντας που αφορά τις εργασίες εκείνες που καθορίζουν το πότε θα δοθεί στη χρήση το δάπεδο, είναι η πλήρωση-σφράγιση των αρμών με το εκάστοτε υλικό (συνήθως κάποιο ελαστομερές) που προβλέπεται από τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές για να αποφεύγεται η συσσώρευση υγρασίας και διαφόρων υπολειμμάτων. Συνιστάται η πλήρωση – σφράγιση να αναβάλλεται για όσο το δυνατόν περισσότερο, ώστε να περιοριστούν κατά το δυνατόν οι επιπτώσεις της πλαστικής συστολής, δηλαδή αποκόλληση του υλικού πλήρωσης – σφράγισης. Στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει αυτό, προβλέπεται η αποκατάσταση των αρμών αφού έχει ξεκινήσει η λειτουργία.

22. Πώς γίνεται ο έλεγχος ποιότητας των δαπέδων από σκυρόδεμα;

22.1 Γενικά

- Συνιστάται να περιλαμβάνεται στα συμβατικά τεύχη ένα Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας (Quality Control Program). Επίσης, είναι σημαντικό να υπάρχει ένα στέλεχος στο εργοτάξιο που να έχει την εμπειρία και τις γνώσεις για την παρακολούθηση της εφαρμογής του. Οι μεθοδολογίες κατασκευής μπορούν να παρουσιαστούν και να αναθεωρηθούν σε μια προκαταρκτική σύσκεψη (pre-construction meeting), παρουσία όλων των εμπλεκομένων μερών.

22.2 Κατάλογος ενεργειών

- Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν και απαιτείται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι οι εξής:

  - Έλεγχος εργασιμότητας με τη συμβατικά προβλεπόμενη μεθοδολογία και λοιπές δοκιμές:

    Παρόλη την κατ' αρχήν γενική απαγόρευση προσθήκης νερού στο σκυρόδεμα επί τόπου στο έργο (βλ. και §6.9/ΚΤΣ-97), μπορεί να γίνει μία προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας στο έργο (trim water), που θα αποτελεί ένα μικρό μέρος του νερού ανάμιξης το οποίο δεν θα έχει προστεθεί στο συγκρότημα παραγωγής, για να επιτρέψει επί τόπου προσαρμογές στην εργασιμότητα, διαστρωσιμότητα και δυνατότητα επεξεργασίας (workability, placeability and finishability).

    Για τον έλεγχο της κάθισης επί τόπου στο έργο, μόνο ένα συγκεκριμένο άτομο στο εργοτάξιο θα είναι υπεύθυνο για αυτές τις προσθήκες νερού και προσαρμογής της εργασιμότητας με την προβλεπόμενη μεθοδολογία.

  - Όλοι οι έλεγχοι (λήψη δοκιμίων, μέτρηση εργασιμότητας, θερμοκρασίας σκυροδέματος, περιεκτικότητας σε αέρα κ.λπ.) θα γίνονται σύμφωνα με τις τυποποιημένες μεθόδους ελέγχου (EN και αν όχι, ASTM, κ.λπ.)

  - Αποφυγή καθυστερήσεων:

    Οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει απώλεια κάθισης, πρέπει να αποφεύγεται όπως καθυστερήσεις σε παράδοση του σκυροδέματος, καθυστέρηση στη διάστρωση ή την επεξεργασία κ.λπ.

- Μεταλλότυποι, οπλισμοί, βλήτρα και αρμοί:

  Μεταλλότυποι, οπλισμοί και βλήτρα πρέπει να είναι τοποθετημένα και αγκυρωμένα (ακινητοποιημένα) καθόλη τη διάρκεια της διάστρωσης και επεξεργασίας της επιφανείας του δαπέδου στις προβλεπόμενες από τη μελέτη θέσεις.

- Τελειώματα επιφάνειας:

  Η διαδικασία τελειωμάτων της επιφανείας πρέπει να συζητηθεί με τον αρχιτεχνίτη του συνεργείου που θα σκυροδετήσει και θα τελειώσει το δάπεδο (finishing foreman), δεδομένου ότι καμία προδιαγραφή δεν μπορεί να είναι επαρκώς ακριβής για τη σωστή χρονική αλληλουχία των περισσότερων απαιτούμενων ενεργειών.

- Συντήρηση, κοπή αρμών, πλήρωση αρμών και ανοχές:

  Η προτεινόμενη μέθοδος συντήρησης, ο απαιτούμενος χρόνος για την κοπή των αρμών, η προστασία των ακμών των αρμών μέχρι να πληρωθούν, η χρονική στιγμή πλήρωσης των αρμών, και η προστασία που απαιτείται στο τελειωμένο δάπεδο, πρέπει να καθοριστούν λεπτομερώς και να προσαρμόζονται ανάλογα.

- Συσκέψεις εργοταξίου:

  Μετά την αρχική διάστρωση, μπορεί να απαιτηθούν επί τόπου συσκέψεις στο έργο για να αναθεωρηθούν τα πραγματικά στοιχεία και να συζητηθούν τυχόν προσαρμογές στο γενικό πλάνο δράσης. Επίσης, πρέπει να έχει υπάρξει πρόνοια για εναλλακτικές λύσεις/πηγές για εξοπλισμό που μπορεί να χαλάσει με τον προϊστάμενο σκυροδετήσεων, (π.χ. αντλίες, εξοπλισμός επιπέδωσης, διανομείς, αρμοκόπτες, κ.λπ.).

23. Ποιες είναι οι συνηθισμένες επιφανειακές αστοχίες των δαπέδων από σκυρόδεμα;

23.1 Γενικά

- Ως συνηθισμένες επιφανειακές αστοχίες των δαπέδων από σκυρόδεμα περιγράφονται αυτές που προκαλούν ατέλειες στην επιφάνεια των δαπέδων και όχι οι γενικότερες αστοχίες που αφορούν στις κατασκευές από σκυρόδεμα.

- Οι ατέλειες αυτές της επιφάνειας, στις περισσότερες των περιπτώσεων, συνδέονται με ενέργειες που γίνονται κατά την τελική επεξεργασία του δαπέδου, στη φάση τελειωμάτων. Οι συχνότερες αιτίες αυτών των αστοχιών στα δάπεδα, συνδέονται είτε με πλεονάζουσα υγρασία ή εξίδρωση νερού στην επιφάνεια, είτε ακατάλληλη χρονική στιγμή τελικής επεξεργασίας, είτε πρόωρη (π.χ. ενώ το σκυρόδεμα δεν έχει ακόμη πήξει), είτε – αντίθετα - καθυστερημένη (π.χ. ενώ ήδη το σκυρόδεμα έχει όχι μόνο πήξει αλλά και σκληρυνθεί και είναι ακατάλληλο να υποστεί οποιαδήποτε επιπλέον κατεργασία) είτε με ελλιπή συγκόλληση είτε αστοχία της στρώσης βάσης (για επιστρώσεις).

- Μια άλλη πολύ συχνή αιτία αστοχίας είναι η έλλειψη έγκαιρης συντήρησης. Η λέξη-κλειδί είναι «έγκαιρη», καθώς επίσης και ο βαθμός στον οποίο αυτό μπορεί να γίνει, (ιδιαίτερα σε ξηρές καιρικές συνθήκες). Η έγκαιρη και σωστή συντήρηση, θα βελτιώσει ουσιαστικά την

ποιότητα των επιφανειών του δαπέδου. Η μέθοδος συντήρησης με νερό είναι η καλύτερη, με την προϋπόθεση ότι η πλάκα παραμένει συνεχώς υγρή (πλημμυρισμός).

23.2 Τα διάφορα είδη αστοχιών

- Τα διάφορα είδη αστοχιών παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Ρηγμάτωση (λόγω συστολών).

- Το μέγεθος της συστολής ξήρανσης (cracking by drying shrinkage) μειώνεται με ελαχιστοποίηση του νερού ανάμιξης, καθώς και με χαμηλότερη κάθιση. Ωστόσο κακές πρακτικές μπορεί να επιτρέψουν την εμφάνιση τέτοιου είδους ρωγμών.

Ρηγματώσεις (που δεν οφείλονται σε συστολές)

- Μερικές άλλες αιτίες ρηγμάτωσης πλην των συστολών στη μάζα του σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες: αστοχία λόγω φορτίων, καθίζηση υπόβασης, ανισόπεδη στήριξη, διάβρωση οπλισμού, ψύξη – απόψυξη, καθίζηση μάζας σκυροδέματος, πρόωρες ρηγματώσεις πλαστικής συρρίκνωσης, μη επιμελημένος εγκιβωτισμός στον ξυλότυπο, κ.λπ.

Επιφανειακή φθορά

- Η μικρή αντίσταση σε τριβή - απότριψη οφείλεται κυρίως στη χαμηλή αντοχή του σκυροδέματος, ιδιαίτερα στην επιφάνεια. Αυτή η επιφανειακή εξασθένιση προκύπτει από κακή ποιότητα του σκυροδέματος (λίγο τσιμέντο, πολύ νερό, μεγάλη κάθιση με συνεπαγόμενη εξίδρωση), κακές πρακτικές επεξεργασίας (διαδικασίες τελειώματος σε πολύ υγρό σκυρόδεμα), ανεπαρκή συντήρηση, ελλιπής ανάπτυξη της επιφανειακής αντοχής ή σκληρότητας, πρόωρη χρήση του δαπέδου κ.λπ.

Απολέπιση

- Η απολέπιση είναι απομάκρυνση κατά τόπους από την άνω επιφάνεια του σκυροδέματος, τμημάτων του τσιμεντοκονιάματος, που μέσα του εγκιβωτίζονται τα μεγαλύτερα αδρανή. Η φθορά αυτή δημιουργείται μετά από έκθεση σε κύκλους ψύξης και απόψυξης της επιφάνειας. Το βάθος της απολέπισης συνήθως δεν υπερβαίνει τα 3 mm.

Θρυμματισμός επιφανειακών αδρανών

- Λόγω δημιουργίας στο σκυρόδεμα εσωτερικής πίεσης, ένα μικρό κομμάτι απομακρύνεται (διαρρηγνύεται) αφήνοντας στην επιφάνεια ένα κωνικό κοίλωμα, διαμέτρου 10 mm ή και μεγαλύτερο. Παρότι άσχημα στην εμφάνιση, αυτά τα κοιλώματα δεν απομειώνουν σημαντικά την ακεραιότητα του σκυροδέματος, ενώ μπορεί (υπό προϋποθέσεις) να γίνουν αποδεκτά αν και επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα που απαιτεί η επιφάνεια του δαπέδου να είναι λεία.

Κυψέλες (Φουσκάλες- Φυσαλλίδες)

- Οι φουσκάλες αυτές μπορεί να εμφανιστούν όταν η επιφάνεια του δαπέδου δεν επιτρέπει στον εγκλωβισμένο νερό και αέρα να δραπετεύσουν στην ατμόσφαιρα. Αν η επιφάνεια «κλείσει» πολύ νωρίς (σκλήρυνση και πήξη του επιφανειακού σκυροδέματος πριν γίνει αυτό στο υποκείμενο σκυρόδεμα), τότε γίνεται εγκλωβισμός της περίσσειας νερού και αέρα κάτω από το «δέρμα» της άνω επιφάνειας.

Αποφλοίωση

- Η αποφλοίωση είναι σοβαρότερη φθορά από την απολέπιση και τις φουσκάλες - φυσαλλίδες. Η φθορά αυτή διεισδύει βαθύτερα στην πλάκα και συχνά εκτείνεται μέχρι το ανώτερο στρώμα του χάλυβα οπλισμού όταν υπάρχει τέτοιος οπλισμός ή στον οριζόντιο αρμό μεταξύ βάσης και επίστρωσης όταν το δάπεδο είναι κατασκευασμένο

σε δύο στρώσεις. Λόγω αυτής της βαθύτερης διείσδυσης της φθοράς, η αποφλοίωση μπορεί να βλάψει σοβαρά την αντοχή και τη λειτουργικότητα της πλάκας.

Δυσχρωμίες

- Οι δυσχρωμίες παρατηρούνται συνήθως όταν εμφανίζονται σκουρόχρωμες περιοχές, μερικές φορές όμως και ανοιχτόχρωμες περιοχές.
  Σκουρόχρωμες περιοχές μπορεί να εμφανιστούν σε περιοχές χαμηλότερης στάθμης που το νερό παραμένει περισσότερο, σε περιοχές που έχουν υποστεί υπερβολική λείανση, αν αυτές οι περιοχές είχαν πριν την επεξεργασία προχωρημένη πήξη, σε περιοχές με αλλαγή των συστατικών του νωπού σκυροδέματος (τύπος τσιμέντου, περιεκτικότητα σε τσιμέντο, διαφορετικός λόγος Ν/Τ, κ.λπ.).

Κακή αποστράγγιση

- Η κακή αποστράγγιση μίας πλάκας σκυροδέματος οδηγεί σε απογοητευτικά αποτελέσματα. Αιτίες αυτής της πιθανής κακής αποστράγγισης μπορεί να είναι πολλές φορές: ακατάλληλη κλίση (π.χ. σωστή κλίση είναι τα 20 mm/m), ανακριβείς στάθμες πήχεων, χαμηλά κατασκευαστικά σημεία που συμπληρώνονται με επιπλέον πρόσθετο κονίαμα, έλλειψη ελέγχων επιπεδότητας και ομαλότητας, προεξοχές κονιαμάτων κατά τη δημιουργία αρμών, διάστρωσης σκυροδέματος σε κατωφέρεια κ.λπ.

Συστροφή

- Η συστροφή είναι στρέβλωση (ανύψωση) των γωνιών και ακμών της πλάκας. Έχει την αιτία της στις διαφορές υγρασίας ή/και θερμοκρασίας μεταξύ της κορυφής και της βάσης της πλάκας. Η άνω επιφάνεια ξηραίνεται και κρυώνει άρα και συστέλλεται περισσότερο από την υγρή και θερμή βάση. Το αποτέλεσμα αυτής της στρέβλωσης είναι, όταν η διατομή της πλάκας φορτιστεί πέραν της καμπτικής αντοχής του σκυροδέματος, να δημιουργηθούν ρηγματώσεις παράλληλα στους αρμούς στους οποίους εμφανίζεται η συστροφή.

- Συνοπτικά, τα διάφορα είδη αστοχιών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 7.

α/α	Είδος αστοχίας	Κύρια αιτία	Αγγλικοί όροι
1	Ρηγμάτωση (λόγω συστολών)	Παρεμποδιζόμενη συστολή*	Cracking by restraint
2	Ρηγμάτωση (που δεν οφείλεται σε συστολές συστολών)	Άλλη αιτία	Cracking by other causes
3	Επιφανειακή φθορά (μια ειδική μορφή αυτής της φθοράς είναι και η κονίωση ή επίπαση –dusting)	Χαμηλή αντοχή σκυροδέματος Κακή ποιότητα σκυροδέματος (κακή σκυροδέτηση, συμπύκνωση και συντήρηση)	Low wear resistance
4	Απολέπιση	Έκθεση σε ψύξη - απόψυξη	Scaling
5	Θρυμματισμός επιφανειακών αδρανών		Popouts
6	Κυψέλες (Φουσκάλες)	Λανθασμένη σύνθεση, ακατάλληλο ανάμιγμα, κακές τεχνικές διάστρωσης και τελειωμάτων	Blisters
7	Αποφλοίωση	Υποδεέστερης ποιότητας επιφανειακό σκυρόδεμα	Spalling
8	Δυσχρωμίες	Ακατάλληλες τεχνικές τελειωμάτων	Discoloration
9	Κακή αποστράγγιση	Ακατάλληλη κλίση	Poor drainage
10	Συστροφή	Στρέβλωση γωνιών και ακμών	Curling

(*). Κυρίως συστολή ξήρανσης αλλά και συρρίκνωση λόγω θερμοκρασιακής συστολής. Στα παραπάνω πολλές φορές προστίθενται και πρόωρες ρηγματώσεις πριν το σκυρόδεμα προλάβει να σκληρυνθεί, όπως η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής.

Πίνακας 7. Είδη επιφανειακών αστοχιών δαπέδων από σκυρόδεμα.

24. Πηγές

24.1. ACI 117/117-R: Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials & Commentary. American Concrete Institute. 1990.

24.2. ACI 212.1R: Admixtures for Concrete. American Concrete Institute.

24.3. ACI 212.2R: Guide For Admixtures In Concrete. American Concrete Institute.

24.4. ACI 222R: Protection of Metals in Concrete Against Corrosion. American Concrete Institute.

24.5. ACI 224.3R: Joints in concrete construction. American Concrete Institute. 1995.

24.6. ACI 302.1R: Guide for concrete floor and slab construction. American Concrete Institute. 2004.

24.7. ACI 309.R: Guide for consolidation of concrete. American Concrete Institute. 1996.

24.8. ACI 311.4R: Guide for concrete inspection. American Concrete Institute. 2005.

24.9. ACI 330: Concrete Parking Lot Design. American Concrete Institute.

24.10. ACI 360R: Guide to design of slabs on ground. American Concrete Institute. 2006.

24.11. ACI 504R: Guide to Sealing Joints in Concrete Structures. American Concrete Institute.

24.12. ASHRAE 90A-1980 Energy Conservation in New Building Design. American Concrete Institute.

24.13. ASTM Standard C 109 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, ASTM International.

24.14. ASTM Standard C 125-02 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. ASTM International.

24.15. ASTM Standard C 150 Standard Specification for Portland Cement , hydraulic cement, portland cement, ASTM International.

24.16. ASTM Standard C 156 Standard Test Method for Water Loss [from a Mortar Specimen] Through Liquid Membrane-Forming Curing Compounds for Concrete, ASTM International.

24.17. ASTM Standard C 260 Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete, ASTM International.

24.18. ASTM Standard C 309 Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete, ASTM International.

24.19. ASTM Standard C 33 Standard Specification for Concrete Aggregates, ASTM International.

24.20. ASTM Standard C 494 Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, ASTM International.

24.21. ASTM Standard C 595 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements,

ASTM International.

24.22. ASTM Standard C 979 Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete, ASTM International.

24.23. ASTM Standard E 1155 Standard Test Method for Determining FF Floor Flatness and FL Floor Levelness Numbers [Metric]. ASTM International.

24.24. Concrete Society TR-34 Concrete industrial ground floors, A guide to design and construction, Third Edition, Technical Report. 2003.

24.25. DIN 18202 04.97. Toleranzen im Hochbau; Bauwerke

24.26. http://www.concreteconstruction.net//images/Liquid%20Membrane%20Curing%20Compounds_tcm45-344834.pdf

24.27. http://www.pavingexpert.com/concjnt1.htm

24.28. RILEM Report 033: Industrial Floors - State-of-the-Art Report of RILEM TC 184-IFE. Edited by P. Seidler, ISBN: 2-35158-006-0, Pages: 158, Publication date: 2006.

24.29. Walker W.W., Holland J.A., Design of unreinforced slab-on-grade made easy, Concrete International, May 2001

24.30. Westergaard H. M., Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analysis, Public Roads, V. 7, No. 2, Apr. 1926

24.31. Yokoyama Y., Method of Grading the Flatness. Ostfildern : Technische Akademie Esslingen, 2003. - In: Industrieböden ’03, 5. Internationales Kolloquium, 21. - 23. Januar 2003, (Seidler, P. (Ed.)), Vol. I, S. 419-425

24.32. ΕΚΩΣ. Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος. 2000.

24.33. ΕΛΟΤ 345: Ποιοτικός έλεγχος νερού που χρησιμοποιείται στο σκυρόδεμα.

24.34. ΕΛΟΤ 408: Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα.

24.35. ΕΛΟΤ ΕΝ 1008: Νερό ανάμιξης σκυροδέματος.

24.36. ΕΛΟΤ ΕΝ 12620: Αδρανή για Σκυρόδεμα.

24.37. ΕΛΟΤ ΕΝ 197-1: Τσιμέντο-Μέρος 1:Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για κοινά τσιμέντα.

24.38. ΕΛΟΤ ΕΝ 934-2: Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 2: Πρόσθετα σκυροδέματος-Ορισμοί απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση.

24.39. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-06-01-01-00. Δάπεδα αεροδρομίων από σκυρόδεμα. 2009.

24.40. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-06-02-01-00. Αρμοί δαπέδων αεροδρομίων από σκυρόδεμα. 2009.

24.41. Ευρωκώδικας 2: Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα. 2004

24.42. ΚΤΣ-97: Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος

24.43. ΣΚ-308 (ΚΕΔΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ): Ειδική Προδιαγραφή για χημικά πρόσθετα σκυροδέματος.

24.44. ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 1. Σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Απρίλιος 2011.

24.45. ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 2. Σκυροδέτηση με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σεπτέμβριος 2011.

24.46. ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 3. Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες. Απρίλιος 2012.

- Ενδεικτική πρόσθετη βιβλιογραφία:

  - Garber G., Design and Construction of Concrete Floors, 2nd Ed. Butterworth-Heinemann. 2006.
  - Delatte N., Concrete Pavement Design, Construction, and Performance, Taylor & Francis. 2007.
  - Packard R.G., Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, Portland Cement Association. 1995.
  - Packard, R., Design of Concrete Airport Pavement, Portland Cement Association. 1973.
  - B. Ringo and R. Anderson, Designing Floor Slabs on Grade: Step-By-Step Procedures, Sample Solutions, and Commentary, 2nd. ed. 1996.
  - Huang Y. H., Pavement Analysis and Design (2nd Edition), Prentice Hall. 2003.
  - US Army Corps of Engineers, Concrete Floor Slabs on Grade Subjected to Heavy Loads, UFC-3-320-6A. 2005 (πρόκειται για το TM5-809-12, 1987).
  - Snyder M., Guide to Dowel Load Transfer Systems for Jointed Concrete Roadway Pavements. National Concrete Pavement technology Center, Iowa State University. 2011.
  - Advisory Circular 150/5320-6D, Airport Pavement Design and Evaluation, US Dept. of Ttransportation, FAA, Vol. 1-5. 7/7/1995.
  - Skarlatos, M.S., Deflections and stresses in concrete pavements of airfields with continuous elastic joints, Report AD628501, US Army Corps of Engineers, και D.Sc. Thesis, Harvard University, Cambridge, MA, 1949.
  - Ioannides, A. M. ’Concrete pavement analysis: the first eighty years’, International Journal of Pavement Engineering, 7: 4, 233 -249. 2006.

ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(ΣΠΜΕ)

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Παράρτημα
Τεχνικής Οδηγίας 4: Δάπεδα από σκυρόδεμα
(πλάκες επί εδάφους)

Έκδοση 1η

ΑΘΗΝΑ –2013

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή

2. Πως κατηγοριοποιούνται τα δάπεδα ως προς τη χρήση τους;

3. Ποιο το κατάλληλο πάχος δαπέδου;

4. Ποιος ο κατάλληλος οπλισμός για μείωση της ρηγμάτωσης;

5. Τι είδους αρμοί χρησιμοποιούνται στα δάπεδα σκυροδέματος;

6. Πώς γίνεται η προετοιμασία του χώρου διάστρωσης του δαπέδου;

7. Τι τύπος σκυροδέματος χρησιμοποιείται και ποια συστατικά του είναι τα πλέον κατάλληλα;

8. Ποιες είναι οι κρίσιμες ιδιότητες του σκυροδέματος;

9. Πως γίνεται η διάστρωση του σκυροδέματος;

10. Πώς γίνεται η συμπύκνωση του σκυροδέματος;

11. Πώς γίνεται η διαμόρφωση της επιφάνειας του σκυροδέματος (τελειώματα) και ποιος ο εξοπλισμός και τα αντίστοιχα εργαλεία;

12. Πώς ορίζονται οι διάφορες κατηγορίες δαπέδων σε σχέση με (τη χρήση τους και) το τελείωμα της επιφάνειας του σκυροδέματος;

13. Τι ορίζουμε ως ομαλότητα (flatness) ενός δαπέδου;

14. Τι ορίζουμε ως επιπεδότητα (levelness) ενός δαπέδου;

15. Πώς ταξινομούνται τα δάπεδα ανάλογα με τις απαιτήσεις ομαλότητας και επιπεδότητάς τους;

16. Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εξίδρωσης κατά την σκυροδέτηση των δαπέδων;

17. Πώς γίνεται η συντήρηση των σκυροδεμάτων των δαπέδων;

18. Πώς γίνεται η προστασία των δαπέδων;

19. Πώς εμποδίζεται η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής;

20. Πώς γίνεται η (πλήρωση ή/και) σφράγιση των αρμών του σκυροδέματος των δαπέδων;

21. Πότε το δάπεδο είναι έτοιμο για χρήση;

22. Πώς γίνεται ο έλεγχος ποιότητας των δαπέδων από σκυρόδεμα;

23. Ποιες είναι οι συνηθισμένες αστοχίες των δαπέδων από σκυρόδεμα;

1. Εισαγωγή

- Ας αναφερθεί ότι, η διασφάλιση της επιτυχίας της κατασκευής ποιοτικών δαπέδων, απαιτεί την υιοθέτηση συστήματος ελέγχων και επιθεωρήσεων πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την κατασκευή τους σε όλα τα κρίσιμα επί μέρους χαρακτηριστικά π.χ. στο νωπό σκυρόδεμα, (ποσότητες τσιμέντου, νερού, πρόσμικτα, κάθιση, θερμοκρασία, περιεκτικότητα σε αέρα, τρόπος διάστρωσης, καιρικές συνθήκες – κρύος καιρός, ζεστός καιρός, ξηρός ατμοσφαιρικός αέρας, εξίδρωση νερού κ.λπ.), στο σκληρυμένο σκυρόδεμα (αντοχές, καταλληλότητα στην εφαρμογή διαδικασιών τελειωμάτων), στα τελειώματα (σύμφωνα με σαφείς οδηγίες π.χ. για: πήχιασμα, τρίψιμο, συντήρηση, κοπή αρμών, προστασία τελικής επιφάνειας έως τη χρήση) και άλλα κατά περίπτωση χαρακτηριστικά.

- Ως βοήθημα για την εξασφάλιση ενός υψηλής ποιότητας τελειωμένου δαπέδου, ο μελετητής ή ο κύριος του έργου θα πρέπει να απαιτήσουν τη συμμετοχή πιστοποιημένων από πριν αναδόχων, προμηθευτών σκυροδέματος, πιστοποιημένων εργαστηρίων δοκιμών, και ειδικών για τα τελειώματα, που θα έχει η εμπειρία τους και η ικανότητά τους αξιολογηθεί από ένα πρόγραμμα πιστοποίησης, υλοποιημένο από μια τρίτη ανεξάρτητη αρχή.

2. Πως κατηγοριοποιούνται τα δάπεδα ως προς τη χρήση τους;

---

3. Ποιο το κατάλληλο πάχος δαπέδου;

3.1 Γενικά

- Διάκριση οπλισμένων δαπέδων ανάλογα με τον τρόπο σχεδιασμού τους κατά ACI 360R-06:

  1. **Δάπεδα οπλισμένα κατάλληλα για περιορισμό του εύρους των ρωγμών**. Σε αυτή την κατηγορία δαπέδων ανήκουν τα δάπεδα στα οποία τοποθετείται οπλισμός προκειμένου να περιορίζεται το εύρος των ρωγμών που θα δημιουργηθούν και οφείλονται στα φορτία λειτουργίας τους. Ως οπλισμός δαπέδου στην κατηγορία αυτή νοείται είτε ράβδοι οπλισμού, είτε δομικά πλέγματα, είτε ίνες από οποιοδήποτε υλικό.
  2. **Δάπεδα οπλισμένα κατάλληλα για αποφυγή ρηγμάτωσης**. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα δάπεδα τα οποία ανήκουν στην παρούσα κατηγορία σχεδιάζονται ώστε να αποφεύγεται η ρηγμάτωση. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με την επιβολή προέντασης η οποία εξασφαλίζει ότι δεν θα εμφανιστούν ρωγμές.
  3. **Φέρουσες πλάκες**. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι πλάκες οι οποίες μεταφέρουν κατακόρυφα ή/και πλευρικά φορτία από άλλα φέροντα στοιχεία της κατασκευής προς το έδαφος (π.χ. πλάκα γενικής κοιτόστρωσης). Αυτού του τύπου οι πλάκες δεν εμπίπτουν στον αντικείμενο του παρόντος και επιλύονται με τα προβλεπόμενα στους ισχύοντες κανονισμούς (σκυροδέματος, αντισεισμικό κ.λπ.).

- Τα δάπεδα σχεδιάζονται για δύο οριακές καταστάσεις: την οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (ΟΚΛ) στην οποία δεν επιτρέπεται ρηγμάτωση του δαπέδου και την

οριακή κατάσταση αστοχίας (ΟΚΑ) στην οποία η ρηγμάτωση είναι ελεγχόμενη όσον αφορά το εύρος και τη θέση των ρωγμών.

- Οι έλεγχοι οι οποίοι θα πρέπει να γίνονται στα δάπεδα και καθορίζουν το πάχος τους είναι οι ακόλουθοι :

  1. **Έλεγχος ρηγμάτωσης**. Γίνεται στην ΟΚΛ σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα και κατά κύριο λόγο καθορίζει το πάχος του δαπέδου.
  2. **Έλεγχος σε διάτρηση**. Γίνεται στην ΟΚΑ σύμφωνα με τις διατάξεις του EC2 για τις περιοχές όπου ασκούνται συγκεντρωμένα φορτία (πχ εδράσεις μηχανημάτων, στηρίξεις αποθηκευτικών ραφιών κ.λπ.)
  3. **Έλεγχος σε βύθιση**. Γίνεται στην ΟΚΛ και σύμφωνα με τις σχέσεις του Westergaard μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση ¢ $= c \cdot \frac{P}{kL^2}$, όπου $L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-«^2)k}}$ η ακτίνα σχετικής δυσκαμψίας του εδάφους, P το επιβαλλόμενο φορτίο, k (kN/m^3) ο δείκτης εδάφους και c σταθερά η οποία εξαρτάται από τη θέση του φορτίου ως προς τα όρια της πλάκας.
  4. **Σχεδιασμός σύνδεσης αρμών**. Οι αρμοί των δαπέδων θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρουν την τέμνουσα δύναμη που ασκείται στην περιοχή αυτή. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε μέσω της αλληλεμπλοκής των αδρανών (μηχανισμός ο οποίος δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστος και αποτελεσματικός) και μέσω βλήτρων. Τα βλήτρα θα πρέπει να σχεδιάζονται με βάση τα ισχύοντα στους κανονισμούς.

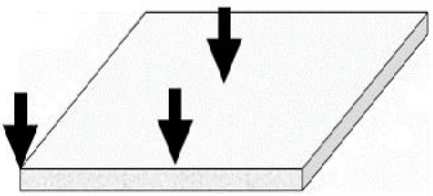
3.2 Σχεδιασμός δαπέδων

- Θεωρητικά εάν ένα δάπεδο ήταν φορτισμένο ομοιόμορφα σε όλη του την έκταση με το ίδιο φορτίο και εδραζόταν σε βάση με ομοιόμορφη δυσκαμψία, οι μοναδικές εφελκυστικές τάσεις οι οποίες πιθανά να προκαλούσαν ρηγμάτωση θα οφείλονταν μόνο στις δράσεις λόγω μεταβολών του όγκου του δαπέδου (συστολή ξήρανσης, θερμοκρασιακές μεταβολές κ.λπ). Άρα είναι κρίσιμη τόσο η κατανομή των φορτίων επί του δαπέδου, όσο και η ομοιομορφία της δυσκαμψίας της βάσης πάνω στην οποία εδράζεται.

3.3 Ανάλυση Δαπέδων: Μέθοδοι ανάλυσης

<u>Μέθοδος ACI360R-06</u>

- Σύμφωνα με την οδηγία ACI360R-06 η ανάλυση των δαπέδων υπό συγκεντρωμένα φορτία γίνεται με βάση την θεωρία του Westergaard, όπου ανάλογα με την θέση του φορτίου (βλ. Σχήμα 1) σχετικά με τις ελεύθερες γωνίες και τις ακμές του δαπέδου, διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις περιπτώσεις :



***Σχήμα 1**. Πιθανές θέσεις συγκεντρωμένων φορτίων*

- Για συγκεντρωμένο φορτίο P διαμέτρου α κοντά στην γωνία του δαπέδου, η προκαλούμενη εφελκυστική τάση δίνεται από την σχέση $f_t = \frac{3P}{h^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{L} \right)^{0.6} \right]$

- Για συγκεντρωμένο φορτίο σε απόσταση από την ακμή και τη γωνία του δαπέδου, η προκαλούμενη εφελκυστική τάση δίνεται από τη σχέση $f_t = 0.316 \cdot \frac{P}{h^2} \cdot \left[\log\left[(39.5h)^3\right] - 4 \cdot \log\left(39.5 \cdot \sqrt{1.6a^2 + h^2} - 26.2h\right) - \log\left(\frac{k}{271.4}\right) + 6.48 \right]$

- Για συγκεντρωμένο φορτίο κοντά στην ακμή αλλά μακριά από τη γωνία του δαπέδου, η προκαλούμενη εφελκυστική τάση δίνεται από τη σχέση $f_t = 0.572 \cdot \frac{P}{h^2} \cdot \left[\log\left[(39.5h)^3\right] - 4 \cdot \log\left(39.5 \cdot \sqrt{1.6\sim^2 + h^2} - 26.2h\right) - \log\left(\frac{k}{271.4}\right) + 5.77 \right]$

- Στις παραπάνω σχέσεις η τάση f_t προκύπτει σε kPa ενώ h(m) είναι το πάχος δαπέδου, P(kN) το επιβαλλόμενο φορτίο, E(kPa) το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος του δαπέδου, μ ο λόγος Poisson, k(kN/m^3) ο δείκτης εδάφους και η ακτίνα σχετικής δυσκαμψίας του εδάφους $L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-«^2)k}}$.

- Σε συνδυασμό με τα αναφερόμενα στα συγκεντρωμένα φορτία, η κρίσιμη ροπή ρηγμάτωσης M_c (kNm/m) στην άνω ίνα στο μέσο ενός διαδρόμου για ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία εκατέρωθεν, προκύπτει από την σχέση $M_c = \frac{w}{2\mathrm{a}^2} \cdot e^{-\mathrm{a}\sim} \cdot \left[\sin(\mathrm{a}\sim)\right]$, όπου $\mathrm{a} = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$, w(kN/m^2) το κατανεμημένο φορτίο, E(kPa) το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος του δαπέδου, I (m^4) η ροπή αδράνειας, α (m) η μισή απόσταση του διαδρόμου, k(kN/m^3) ο δείκτης εδάφους.
- Οι παραπάνω σχέσεις έχουν εφαρμογή είτε σε άοπλα δάπεδα, είτε σε δάπεδα οπλισμένα κατάλληλα για περιορισμό τους εύρους των ρωγμών. Ειδικά στην δεύτερη περίπτωση, ο σχεδιασμός των διατομών γίνεται με χρήση των αντίστοιχων (ισχυόντων) κανονισμών οπλισμένου σκυροδέματος.

<u>Μέθοδος PCI - Precast Concrete Institute</u>

- Η μέθοδος έχει εφαρμογή για φορτία που ασκούνται σε απόσταση από τις γωνίες και τα άκρα του δαπέδου. Καλύπτει δάπεδα που φορτίζονται με ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία, φορτία διαδρόμων, φορτία οχημάτων, συγκεντρωμένα φορτία. Η μέθοδος εφαρμόζεται με την χρήση νομογραφημάτων.

<u>Μέθοδος WRI - Wire Reinforcement Institute</u>

- Η μέθοδος έχει εφαρμογή για φορτία που ασκούνται σε απόσταση από τις γωνίες και τα άκρα του δαπέδου. Καλύπτει δάπεδα που φορτίζονται με ομοιόμορφα και συγκεντρωμένα φορτία τα οποία ασκούνται σε απόσταση από τις γωνίες και τα άκρα του δαπέδου. Η μέθοδος εφαρμόζεται με τη χρήση νομογραφημάτων.

Μέθοδος COE - Corps of Engineers και FAA – Federal Aviation Administration

- Η μέθοδος έχει εφαρμογή για συγκεντρωμένα (τροχοί οχημάτων ή αεροσκαφών) και φορτία κατά άξονα (ή διατάξεις τροχών αεροσκαφών) κοντά στα άκρα του δαπέδου ή στην περιοχή των αρμών. Η μέθοδος εφαρμόζεται με τη χρήση νομογραφημάτων.

Μέθοδος Concrete Society

- Η μέθοδος έχει εφαρμογή για κάθε τύπου φορτίο και ως βάση για την ανάλυση χρησιμοποιεί τη μέθοδο των γραμμών διαρροής. Η μέθοδος καλύπτει και δάπεδα οπλισμένα με ίνες.

- Να σημειωθεί δε ότι σε κάθε περίπτωση σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι τάσεις που αναπτύσσονται λόγω συστολής ξήρανσης ή οποιασδήποτε άλλης αιτίας η οποία προκαλεί μεταβολή του όγκου του δαπέδου.
- Φυσικά, εκτός των ανωτέρω αναφερομένων μεθόδων για τον προσδιορισμό της εντατικής κατάστασης των δαπέδων, υπάρχουν και άλλες αποδεκτές μέθοδοι ανάλυσης οι οποίες μπορούν να γίνουν με την βοήθεια προγραμμάτων Η/Υ, όπου ως τέτοια αναφέρεται η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Η πλέον πρόσφατη αναθεώρηση για διαστασιολόγηση δαπέδων αεροσκαφών της FAA βασίζεται πλέον σε αποτίμηση της μέγιστης εφελκυστικής τάσης σχεδιασμού με επίλυση δαπέδων επί ελαστικού συνεχούς με πεπερασμένα στοιχεία.
- Η αναλυτική παρουσίαση αυτών των μεθόδων βρίσκεται εκτός του αντικειμένου του παρόντος και ο χρήστης παραπέμπεται στη σχετική βιβλιογραφία.

4. Ποιος ο κατάλληλος οπλισμός για μείωση της ρηγμάτωσης;

4.1 Γενικά

- Κατά τη μελέτη παραλαβής των φορτίων λειτουργίας, όταν πρόκειται για φορτία τροχού, τίθεται και θέμα κόπωσης, οπότε ο υπολογισμός προκύπτει με αθροιστικό τρόπο από τον αριθμό των διελεύσεων και ένα αυξημένο συντελεστή ασφαλείας σε διάρρηξη (συνήθως ίσος προς 2,0). Εν τούτοις, και σε αυτές τις πλάκες τίθεται οπλισμός, είτε υπό μορφή πλέγματος (διακριτός) είτε υπό μορφή ινών χάλυβα ή σύνθετων πολυμερών στη μάζα, για τον περιορισμό του αριθμού και τη σταθεροποίηση των ρωγμών (περιορισμός εύρους και κατανομής) που αναγκαία θα προκύψουν στην πλάκα, λόγω κύρτωσης και/ή λόγω συστολοδιαστολών. Σε αυτή την περίπτωση, η χρήση οπλισμού δεν συνεπάγεται ότι δεν θα ρηγματωθεί η πλάκα, όμως οι ρωγμές θα είναι πλέον πυκνά κατανεμημένες και το εύρος των ρωγμών θα είναι μικρό.
- Σε κάθε περίπτωση, η μόρφωση και ειδική όπλιση των αρμών των πλακών (όπου ανάλογα με το είδος του αρμού υπάρχει συγκέντρωση τάσεων και αντιδράσεων, ενώ ένα τμήμα της πλάκας καλείται να συνεργασθεί με τα όμορα τμήματα της πλάκας - περιμετρικά ή γωνιακά), δεν αφορά την παρούσα Οδηγία.

4.2 Αιτίες ρηγμάτωσης των πλακών επί εδάφους

- Η ρηγμάτωση λόγω της παρεμποδιζόμενης συστολής ξήρανσης επέρχεται κατά τη διάρκεια συντήρησης, εφόσον δεν έχουν κοπεί εγκαίρως οι αρμοί ελέγχου ώστε να ελεγχθεί η χωροθέτηση των ρηγματώσεων.

- Η ρηγμάτωση λόγω της διαφορικής συστολής ξήρανσης, επέρχεται κατά τη φάση συντήρησης και προκύπτει από τη διαφορική διαφυγή της υγρασίας από τη μάζα της πλάκας προς τα δύο κύρια σύνορά της (δηλαδή την ελεύθερη επιφάνεια και την κάτω επιφάνεια έδρασης). Εφόσον η ξήρανση είναι εντονότερη στην άνω επιφάνεια, δημιουργούνται συνθήκες διαφορικής καμπύλωσης της πλάκας με κύρτωση προς τα κάτω, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα το ανασήκωμα των ορίων της πλάκας και της ρηγμάτωσής τους λόγω των κινητών φορτίων ακόμη και στη φάση συντήρησης[1].

- Η ρηγμάτωση λόγω των θερμοκρασιακών φαινομένων, επέρχεται τόσο κατά τη φάση συντήρησης όσο και μετά στη φάση λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει λόγω της έκθεσης της πλάκας σε καθημερινή βάση στην εναλλαγή της επιφανειακής θερμοκρασίας από τον ήλιο, σε αντιδιαστολή με τη σχετικά σταθερότερη θερμοκρασία της υπόβασης στο κάτω μέρος της πλάκας. Το γεγονός αυτό δημιουργεί συνθήκες διαφορικής καμπυλότητας και διαφορικής επιμήκυνσης στο μέσον της πλάκας, με δημιουργία αντιβέλους (εφελκυσμός άνω).

- Εφόσον προκύπτει τέτοιου είδους παραμόρφωση, και εφόσον η υπόβαση είναι επαρκώς άκαμπτη, ενδέχεται να προκύψει ανασήκωμα της πλάκας στο μέσον και δημιουργία εφελκυστικών τάσεων άνω, που υπερβαίνουν την αντοχή του υλικού.

- Η περίπτωση αυτή είναι προφανώς σημαντικότερη για πλάκες που εκτίθενται σε τέτοιου είδους θερμοκρασιακές εναλλαγές σε πρώιμο στάδιο από πλευράς ωρίμανσης, όπως πλάκες που είναι μονίμως εκτός κάλυψης, πλάκες που σκυροδετούνται το καλοκαίρι και πλάκες που σκυροδετούνται χωρίς να καλυφθούν και οι οποίες καλύπτονται μεταγενέστερα.

- Η ρηγμάτωση λόγω των σταδιακά αυξανόμενων παραμορφώσεων – καθιζήσεων της βάσης, επέρχεται στη φάση λειτουργίας, λόγω συγκέντρωσης τάσεων και μεταφοράς της υγρασίας στο έδαφος κατά τη λειτουργία της κατασκευής.

- Εμφάνιση ρηγμάτωσης λόγω των δράσεων στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, οι οποίες όμως έχουν (βάσει σχεδιασμού) ελεγχθεί και το πάχος έχει επιλεγεί ώστε να μην προκύψει εφελκυστική ρηγμάτωση (εφελκυστική κόπωση). Τέτοιες εφελκυστικές τάσεις είναι μέγιστες στο άνω ή στο κάτω μέρος της πλάκας, ανάλογα με τη δράση (π.χ., άνω στις γωνίες, κάτω στην περίμετρο και στο εσωτερικό των πλακών).

4.3 Οπλισμός ρηγμάτωσης

- Η εξασφάλιση του οπλισμού στο προβλεπόμενο ύψος γίνεται με στηρίγματα τύπου άνω οπλισμού (αναβολείς), ώστε να γίνεται ενιαία σκυροδέτηση της πλάκας, ή με άλλα μέτρα.
- Το σύνηθες ποσοστό οπλισμού για έλεγχο της ρηγμάτωσης κυμαίνεται περί το 1‰ του εμβαδού της πλάκας. Εν τούτοις, αναφέρεται ότι για τη μείωση του εύρους των ρωγμών σε επίπεδα που ελέγχουν οι Κανονισμοί (w = 0,3 mm) το εν λόγω ποσοστό δεν επαρκεί και το ποσοστό αυτό πρέπει να ανέλθει στο 4‰. Χαρακτηριστικά, το ACI 360 αναφέρει πως για την αποκατάσταση της ισοδυναμίας παραλαβής ροπής από την αρηγμάτωτη στη ρηγματωμένη διατομή μίας πλάκας απαιτείται οπλισμός ίσος προς 5‰, τοποθετημένος στη θέση του κέντρου βάρους της κατανομής των εφελκυστικών τάσεων πριν από τη ρηγμάτωση.

[1] Η ύπαρξη αυξημένης τριβής κάτω μεταξύ πλάκας και εδάφους λόγω απουσίας φράγματος υδρατμών και κατάλληλης προετοιμασίας της επιφάνειας των σκύρων κατά τη σκυροδέτηση αυξάνει το πρόβλημα.

5. Τι είδους αρμοί χρησιμοποιούνται στα δάπεδα σκυροδέματος;

5.1 Γενικά

- Η ύπαρξη αρμών δεν είναι πάντα υποχρεωτική: η μη ενσωμάτωση αρμών όμως σε ένα έργο συνεπάγεται ότι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στη μελέτη όλες οι εντατικές εκείνες καταστάσεις οι οποίες θα επιβαρύνουν το φέροντα οργανισμό. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση αρμών στο έργο έχει σαν συνέπεια τόσο τη σωστή λειτουργία όσο και την οικονομικότητα, στο βαθμό που γίνεται ορθή εκτέλεση των αρμών (μελέτη, κατασκευή, επίβλεψη και συντήρηση).

- Οι απαιτήσεις που καθορίζουν τα είδη αρμών που θα ενσωματωθούν στο έργο ταξινομούνται σε:

  α) Απαιτήσεις που αφορούν την κατασκευή του δαπέδου: i) το είδος και το μέγεθος αυτού, σε σχέση με το χρονοδιάγραμμα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά ή πλησίον του χρόνου σκυροδέτησης και ii) τη δυνατότητα παραγωγής και διάστρωσης ικανών ποσοτήτων σκυροδέματος για τη διάστρωση του έργου σε μία φάση.
  Πρόκειται για τους λεγόμενους αρμούς κατασκευής[1], οι οποίοι επί πλέον (πέραν του προγραμματισμού εκτέλεσης), είτε μετριάζουν είτε παραλαμβάνουν πλήρως κατόπιν μελέτης και ορθής εκτέλεσης τα αναμενόμενα αυτεντατικά μεγέθη στο φέροντα οργανισμό λόγω δράσεων στη φάση κατασκευής, όπως, π.χ., η συστολή ξήρανσης λόγω μεγάλου μήκους σκυροδέτησης ή η επαφή (παλαιότερα) σκληρυμένου με νωπό σκυρόδεμα. Ορθές πρακτικές εκτέλεσης αυτών των αρμών (μέσα και από την εμπειρία) έχουν εξελιχθεί σε προδιαγραφές και Οδηγίες οργανισμών άλλων κρατών και δίδονται στο παρόν.

  β) Απαιτήσεις για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης στα τμήματα του έργου μεταξύ αρμών. Πρόκειται για τους αρμούς συστολής (τους λεγόμενους και αρμούς ελέγχου), οι οποίοι καλούνται να καθορίσουν το πού θα δημιουργηθεί η αναμενόμενη ρηγμάτωση λόγω συστολής ξήρανσης ώστε να μετριασθούν οι εφελκυστικές τάσεις στα τμήματα μεταξύ αρμών. Οι αρμοί αυτοί αποσκοπούν επομένως στο να καταστεί εφικτή η ελεγχόμενη ανάπτυξη των ρηγματώσεων. Τα αίτια της δημιουργίας και εξέλιξης της ρηγμάτωσης στο σκυρόδεμα δεν αποτελούν αντικείμενο του παρόντος, αν και αναφέρονται περιληπτικά.

  γ) Απαιτήσεις κινηματικής απομόνωσης τμημάτων της κατασκευής. Πρόκειται για αρμούς συστολής ή διαστολής, αρθρώσεις, κυλίσεις και εδράσεις προς κάθε ένα από τους τρεις ορθογώνιους άξονες στο χώρο, τους λεγόμενους και σεισμικούς αρμούς. Τα τμήματα μεταξύ των αρμών αυτών αποσυνδέονται μεταξύ τους μερικώς ή ολικώς, ανάλογα με το είδος και τη στατική λειτουργία τους και για τα οποία τμήματα πρέπει να εξασφαλισθεί το συμβατό των παραμορφώσεων. Οι αρμοί αυτοί καλούνται να απομονώσουν τμήματα του έργου ώστε να μην δημιουργηθούν αυξημένα (αυτ)εντατικά μεγέθη λόγω των γενικευμένων δράσεων (φορτία ή κινήσεις) κατά τη φάση λειτουργίας του έργου.

5.2 Κατηγορίες αρμών

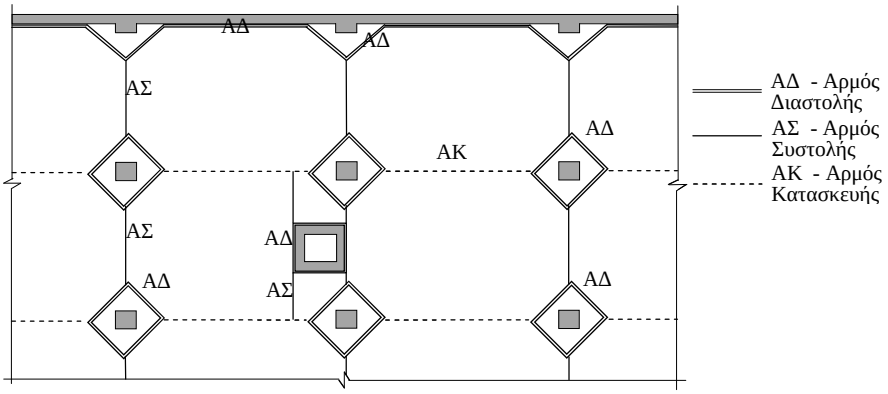
- Οι αρμοί ανάλογα με τη λειτουργία τους ταξινομούνται σε:
  - Κατασκευής: καλουπωμένος αρμός που απαιτείται λόγω προγραμματισμένης ή μη διακοπής εργασιών σκυροδέτησης.

[1] Λέγονται και αρμοί εργασίας.

- Διαστολής: καλουπωμένος αρμός κινηματικής απομόνωσης με δυνατότητα παραλαβής σχετικών μετατοπίσεων λόγω συστολο-διαστολής και/ή σεισμικών κινήσεων.
- Συστολής: αρμός που δημιουργείται σκόπιμα με τοπική μείωση της διατομής για την παραλαβή των αναπόφευκτων ρηγματώσεων λόγω αρχικής συστολής ξήρανσης (κυρίως επιφανειακοί φορείς, πλάκες, δάπεδα, οδοστρώματα και τοιχεία), για αυτό και λέγεται και αρμός ελέγχου. Δεν αποτελεί αρμό παραλαβής σχετικών μετατοπίσεων. Σαν τέτοιου είδους αρμοί θα λειτουργήσουν και σκόπιμα τοποθετημένοι διακοσμητικοί αρμοί (τοπικής μείωσης της διατομής) σε διακοσμητικά δάπεδα, προσόψεις και προκατασκευασμένα στοιχεία.
- Κινηματικής απομόνωσης (όπως είναι και ο σεισμικός στα κτιριακά): καλουπωμένος αρμός που απομονώνει κινηματικά δύο φορείς με διαφορετική στατική λειτουργία και/ή χρόνο σκυροδέτησης. Ως εκ τούτου σχεδιάζεται να παραλαμβάνει και σχετική κίνηση λόγω συστολο-διαστολών. Π.χ., πλάκα επί εδάφους όμορα με άλλη δύσκαμπτη κατασκευή (φρεάτιο, περιμετρικό τοιχείο), αρμός υπεράνω του θεμελίου μεταξύ δύο κτιρίων, τμημάτων κτιρίου ή γέφυρας. Συνήθως άοπλος αλλά όχι απαραίτητα (χρήση βλήτρου με διάσπαση συνάφειας και/ή χιτώνιο περικάλυψης).
- Άρθρωση: αρμός με δεδομένη κινηματική λειτουργία (κύλιση, ολίσθηση, στροφή, μερική δέσμευση κατά μία ή περισσότερες διευθύνσεις).

5.3 Λειτουργία των αρμών στα δάπεδα

- Για την αποφυγή και τον έλεγχο της ρηγμάτωσης ενσωματώνονται αρμοί κατασκευής, διαστολής και συστολής κάθετα και κατά μήκος του άξονα του οδοστρώματος ή κατά τις δύο κάθετες διευθύνσεις ενός δαπέδου[1] επί εδάφους (βλ. Σχήμα 2).



***Σχήμα 2**. Χάραξη αρμών διαστολής και συστολής σε δάπεδα επί εδάφους*

6. Πώς γίνεται η προετοιμασία του χώρου διάστρωσης του δαπέδου;

- Ως «βάση» του δαπέδου ορίζεται η στρώση η οποία βρίσκεται κάτω από την πλάκα (πλην τα όσα αναφέρθηκαν για τη μεμβράνη). Η «βάση» αποτελείται από κοκκώδες

[1] Ας σημειωθεί ότι για ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης, αποφυγή πιθανής αστοχίας και ελαχιστοποίηση του θορύβου κύλισης των οχημάτων όταν διέρχονται επάνω από έναν αρμό, αρκετά οδοστρώματα ή εδαφόπλακες από σκυρόδεμα κατασκευάζονται σαν συνεχώς οπλισμένα, χωρίς καθόλου ενσωμάτωση αρμών.

θραυστό υλικό το οποίο θα πρέπει να μην παραμορφώνεται περισσότερο από 13mm υπό το φορτίο του τροχού φορτηγού οχήματος με πλήρες φορτίο.

- Η άνω στάθμη της «βάσης» θα πρέπει να είναι επίπεδη και απαιτείται έλεγχος ο οποίος γίνεται είτε με ράμμα το οποίο τοποθετείται ανά 6,0 m σε κάθετες διευθύνσεις, είτε με τοπογραφικό όργανο. Οι αποδεκτές αποκλίσεις εξαρτώνται από την κατηγορία του δαπέδου και δίνονται αναλυτικά στην οδηγία ACI302.1.

- «Υπόβαση» ονομάζεται η στρώση η οποία βρίσκεται μεταξύ της «βάσης» και του εδάφους. Η «υπόβαση» θα πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστο 150 mm και συνήθως αποτελείται από διαβαθμισμένα θραυστά υλικά.

- Η «υπόβαση» γενικά θα πρέπει να είναι ισχυρότερη από το έδαφος. Στην περίπτωση όπου το έδαφος είναι ισχυρότερο, τότε η «υπόβαση» μπορεί να μην πραγματοποιείται.

- Η «βάση» και η «υπόβαση» θα πρέπει να συμπυκνώνονται με χρήση μηχανημάτων, ώστε να αποκτούν ικανή αντοχή η οποία αποτιμάται αριθμητικά με την εκτίμηση του δείκτη εδάφους k.

- Η υπόβαση δεν θα πρέπει να έχει καθόλου πάγο πριν την έναρξη της σκυροδέτησης. Εάν η θερμοκρασία μέσα στο κτίριο που θα διαστρωθεί το σκυρόδεμα είναι κάτω από τον παγετό, θα πρέπει να αυξηθεί και να διατηρηθεί πάνω από 10° C για τόσο χρονικό διάστημα ώστε να απομακρυνθεί όλος ο πάγος από την υπόβαση.

- Όταν είναι επιθυμητή κατάλληλη αποστράγγιση του δαπέδου, τα καλούπια και οι οδηγοί διάστρωσης θα πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να παρέχουν μια κλίση της τάξης των 20 mm/m για την αποφυγή λίμνασης. Η αποστράγγιση θα πρέπει πάντα να παρέχεται στις εξωτερικές πλάκες και μπορεί να είναι επιθυμητή και σε μερικές εσωτερικές.

- Εάν χρησιμοποιούνται μεταλλικοί ή χάρτινοι αγωγοί, αυτοί θα πρέπει να είναι πλήρως εγκιβωτισμένοι σε τουλάχιστον 50 mm σκυροδέματος για την αποφυγή συλλογής υγρασίας σε αυτούς. Όταν χρησιμοποιούνται μεταλλικοί αγωγοί, θα πρέπει να ελέγχεται το ποσοστό χλωριόντων στο σκυρόδεμα. Η καθαρή απόσταση μεταξύ των αγωγών δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη διάμετρο του αγωγού ή τη διάσταση της μικρότερης πλευράς του αγωγού.

- Η πλάκα του δαπέδου θα πρέπει να προστατεύεται από την ανερχόμενη από το έδαφος υγρασία. Για το λόγο αυτό, κάτω από την πλάκα σκυροδέματος τοποθετείται φράγμα υδρατμού (μεμβράνη σκυροδέτησης), η οποία καθυστερεί ή απαγορεύει τη διείσδυση υγρασίας από το έδαφος προς το δάπεδο.

- Το φράγμα υδρατμού τοποθετείται πάντοτε κάτω από την πλάκα και μπορεί να βρίσκεται είτε σε επαφή με αυτή, είτε μεταξύ τους μπορεί να μεσολαβεί μία στρώση θραυστού υλικού. Η επιλογή του τρόπου τοποθέτησης του φράγματος υδρατμού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες αλλά κυρίως έχει να κάνει με την υγρασία που αναμένεται να υπάρχει λόγω της χρήσης του χώρου. Στην περίπτωση όπου αναμένεται υψηλή υγρασία η τοποθέτηση ενδιάμεσης στρώσης θραυστού υλικού, βοηθάει στην γρηγορότερη αποβολή της υγρασίας, η οποία κατακρατείται στο σκυρόδεμα του δαπέδου.

- Η προστασία της υπόβασης έναντι κορεσμού είναι απαραίτητη για την αποφυγή φαινομένων κύρτωσης των δαπέδων λόγω διαφορικών υγρασιακών προφίλ μεταξύ υπόβασης και υπερκείμενης στρώσης σκυροδέματος, καθώς και για τη διατήρηση του βαθμού συμπύκνωσης του εδαφικού υλικού της υποβάσης.

- Ενσωμάτωση εξοπλισμού στο δάπεδο:
  Όταν πρόκειται για θερμαινόμενους χώρους, στην πλάκα του δαπέδου μπορούν να ενσωματωθούν αγωγοί θέρμανσης. Συνιστάται να χρησιμοποιούνται μεταλλικοί ή πλαστικοί σωλήνες με υδατοστεγανές ενώσεις.
  Εναλλακτικά, το δάπεδο έχει τη δυνατότητα να θερμαίνεται με τη διαρκή κυκλοφορία θερμών υγρών σε σωληνώσεις οι οποίες βρίσκονται μέσα στην μάζα του και συνιστάται να είναι είτε μεταλλικές, είτε χάλκινες, είτε πλαστικές. Σε αυτή την περίπτωση οι σωληνώσεις θα πρέπει να επικαλύπτονται με κατ' ελάχιστον από 50 mm σκυροδέματος.
  Εναλλακτικά, για τη θέρμανση του δαπέδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικά συστήματα ενσωματωμένα κατάλληλα στο δάπεδο, τα οποία γενικά αποφεύγονται λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας που απαιτούν.
  Όταν αναμένονται προβλήματα τα οποία προκαλούνται από την παρουσία χιονιού ή πάγου, είναι δυνατό να ενσωματωθούν στο δάπεδο συστήματα που λιώνουν τον πάγο ή το χιόνι.
  Τέλος στο δάπεδο μπορούν να ενσωματωθούν και άλλες σωληνώσεις ή ηλεκτρικές εγκαταστάσεις με την προϋπόθεση ότι θα επικαλύπτονται από σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 40 mm.

- Μονώσεις
  Στις περιπτώσεις όπου το κτίριο θερμαίνεται θα πρέπει να προβλέπεται μόνωση στα άκρα του δαπέδου ώστε να περιορίζονται οι απώλειες θερμότητας.

7. Τι τύπος σκυροδέματος χρησιμοποιείται και ποια συστατικά του είναι τα πλέον κατάλληλα;

- Η συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση των λεπτόκοκκων αδρανών για συνήθη αδρανή και για δάπεδα βαρειάς κυκλοφορίας, σύμφωνα με το ACI 302.1R, δίνεται στον παρακάτω πίνακα 1:

Κόσκινα	Διερχόμενο ποσοστό (%)	
	Σύνηθες σκυρόδεμα	Κατηγορία 7, Βαρειά κυκλοφορία
9,5 mm (3/8")	100	95
4.75 mm (No 4)	85-100	95-100
2.36 mm (No 8)	80-90	65-80
1.18 mm (No 16)	50-75	45-65
600 μm (No 30)	30-50	25-45
300 μm (No 50)	10-20	5-15
150 μm (No 100)	2-5	0-5

Πίνακας 1. Συνιστώμενη κοκκομετρική διαβάθμιση λεπτόκοκκων αδρανών, για δάπεδα βαρειάς κυκλοφορίας.

- Στα χονδρόκοκκα αδρανή η συνιστώμενη μέγιστη διάσταση κόκκου είναι 31,5 mm (11/2" – 38 mm). Όταν χρησιμοποιείται μέγιστος κόκκος άνω των 25 mm (1") τα χονδρόκοκκα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται σε δύο κλάσματα (γαρμπίλι – χαλίκι), για να μη γίνεται διαχωρισμός. Ο μέγιστος κόκκος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα ¾ της απόστασης των ράβδων οπλισμού ή το 1/3 του πάχους (σε άοπλο σκυρόδεμα) της πλάκας.

- Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν αδρανή ανθεκτικά στην απότριψη (wear-resistant aggregates), διακοσμητικά αδρανή (decorative) κ.λπ.

- Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι ελάχιστες περιεκτικότητες τσιμέντου για δάπεδα.

Μέγιστος κόκκος αδρανούς	Περιεκτικότητα τσιμεντοειδούς* κονίας
mm	kg/m^3
38	280
25	310
19	320
13	350
10	360

(*). Μπορεί να είναι τσιμέντο Portland, ποζολάνες, ιπτάμενες τέφρες Class F ή Class C κατά ASTM C 618 κ.λπ.

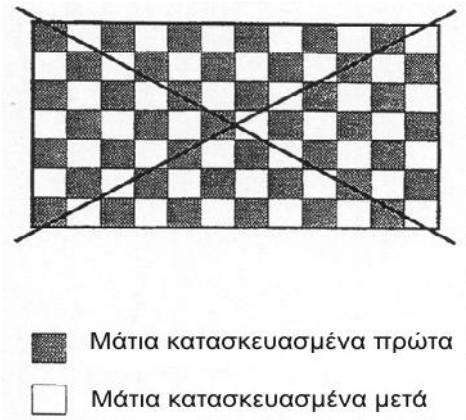
Πίνακας 2. Ελάχιστες περιεκτικότητες τσιμεντοειδών υλικών.

8. **Ποιες είναι οι κρίσιμες ιδιότητες του σκυροδέματος;**

---

9. **Πως γίνεται η διάστρωση του σκυροδέματος;**

- Δεν συνιστάται η διαδικασία διάστρωσης υπό μορφή «σκακιέρας» όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.

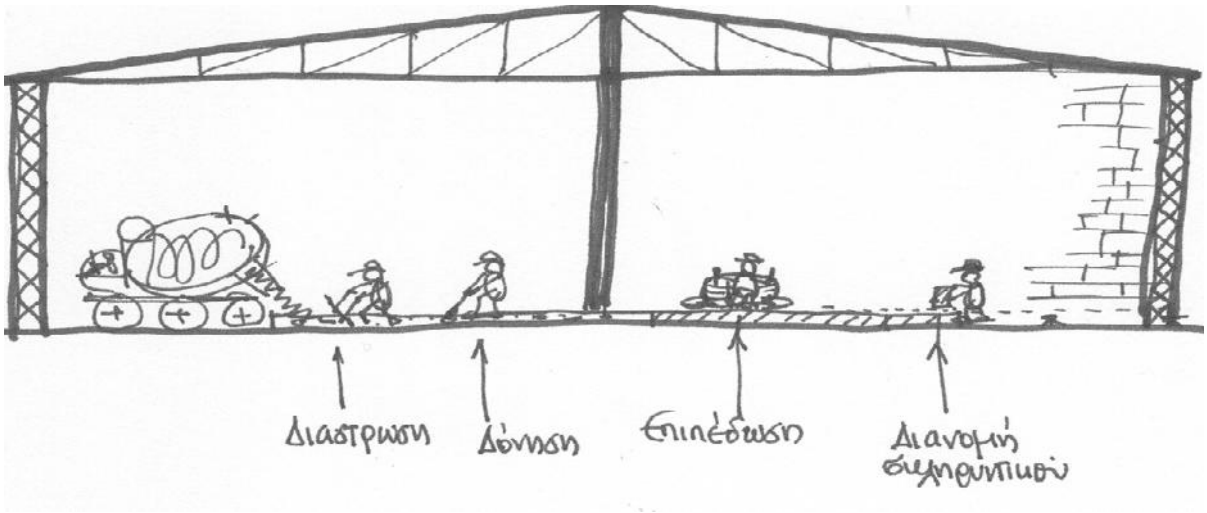


Σχήμα 3. *Λανθασμένη διάστρωση του σκυροδέματος υπό μορφή «σκακιέρας».*

10. Πώς γίνεται η συμπύκνωση του σκυροδέματος;

- Οι δονητικοί πήχεις συνιστώνται για οριζόντιες επιφάνειες, και πρέπει να είναι χαμηλής συχνότητας, 3000-6000 δονήσεις το λεπτό, (50-100Hz) και μεγάλου εύρους, ώστε να υπάρχει μεγάλο βάθος δόνησης, χωρίς δημιουργία λεπτόκοκκου κονιάματος στην επιφάνεια.

- Στο επόμενο Σχήμα 4, φαίνεται ένα σκαρίφημα των διεργασιών σκυροδέτησης δαπέδου επί εδάφους.



***Σχήμα 4**. Σκαρίφημα των διεργασιών σκυροδέτησης δαπέδου επί εδάφους.*

11. Πώς γίνεται η διαμόρφωση της επιφάνειας του σκυροδέματος (τελειώματα) και ποιος ο εξοπλισμός και τα αντίστοιχα εργαλεία;

11.1 Γενικά

- Λόγω της σταδιακής μετάβασης του σκυροδέματος από τη νωπή κατάσταση στη σταδιακή πήξη με ό,τι αυτό συνεπάγεται στην πλαστικότητα του υλικού, στην εξίδρωση του νερού στην επιφάνεια, στη διαμόρφωση της τελικής υφής της επιφάνειας και στη σταδιακή δυνατότητα παραλαβής από αυτήν των φορτίων κατά τη φάση κατασκευής , η διαδικασία του τελειώματος περιλαμβάνει χρονικά διάφορες φάσεις (κατά ACI 302.1). Ανάλογα με την κάθε φάση του τελειώματος, επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος εφαρμογής και ελέγχου καθώς και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.

- Πάντως, η εφαρμογή της εκάστοτε φάσης τελειώματος είναι συνάρτηση των απαιτήσεων του έργου, αν δηλαδή:
  α) Πρόκειται για δάπεδο που θα λάβει κάποια επίστρωση ή όχι, ή πρόκειται για επίστρωση υφισταμένου,
  β) Η επιφάνεια του δαπέδου θα είναι εκτεθειμένη ή όχι,
  γ) Πρόκειται για δάπεδο με κυκλοφορία (και σε τι βαθμό βαρύτητας),
  δ) Αν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για την τελειωμένη επιφάνεια π.χ. αρχιτεκτονικές απαιτήσεις χρωματισμού, υφής και εμφάνισης, χρήση βιομηχανικού δαπέδου, αντοχή της επιφάνειας σε χημικά, αντοχή του δαπέδου για λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες (δάπεδο ψυγείων), υψηλή επιφανειακή σκληρότητα και αντοχή σε τριβή – απότριψη, κλπ.

11.2 Διεργασίες και εξοπλισμός τελειωμάτων

Επιπέδωση ή πήχιασμα (screeding)

- Είναι η διαδικασία κατά την οποία η επιφάνεια του σκυροδέματος «κουρεύεται» ή «ξυρίζεται» με το χέρι ή μηχανικά στην απαιτούμενη επιπεδότητα και κλίση, λόγω του ότι η επιφάνεια αυτή ευρίσκεται σε στάθμη, σχήμα ή επιπέδωση που υπερβαίνουν την απαιτούμενη τελική στάθμη και/ή κλίση του δαπέδου. Το πήχιασμα γίνεται με το χέρι, με πήχεις ή με μηχανικά μέσα, με χρήση δονητικών δοκών, πλακών και στρωτήρων. Η εφαρμογή της ελέγχεται με μηχανικά μέσα διαφορετικής ακρίβειας, συνήθως ως προς τα όρια των περιμετρικών ξυλοτύπων είτε με αλφάδιασμα σε σχέση με κατασκευαστικούς οδηγούς που συνήθως εδράζουν στα περιμετρικά καλούπια στα όρια σκυροδέτησης (αρμούς κατασκευής) του τμήματος του δαπέδου και με τοπογραφικά εργαλεία με χρήση λέιζερ.

- Τα εργαλεία που περιλαμβάνονται για πήχιασμα με το χέρι δεν πρέπει να είναι απλές τάβλες καλουπώματος αλλά πλέον δύσκαμπτοι και ελαφροί αλφαδιασμένοι και γωνιασμένοι πήχεις ή χάρακες από μαγνήσιο (μέχρι 6,0 m μήκος και 250-500 mm πλάτος), κατασκευασμένοι με ακρίβεια μηχανής και σωστά συντηρημένοι, ώστε να επαρκούν για το σκοπό που απαιτούνται σε πολλαπλές εφαρμογές.

- Στα μηχανικά μέσα συμπεριλαμβάνονται ειδικοί δονητές επιφανείας που λειτουργούν με βάση την κρουστική, την κατακόρυφη, ή την περιστροφική δόνηση και σκοπεύουν στη σταδιακή συμπύκνωση της επιφάνειας προς το κάτω τμήμα της πλάκας. Για την επίτευξη οριζοντίων επιφανειών διατίθενται δονούμενες πλάκες και δοκοί με άκαμπτη διάταξη (μορφής εδραζόμενης ή τηλεσκοπικά αναρτημένης δοκού, πλάκας ή δικτυώματος) που λειτουργούν σε χαμηλή συχνότητα 50 – 100 Hz ώστε να έχουν αυξημένη ζώνη επιρροής προς το εσωτερικό του δαπέδου. Οι πλέον τεχνολογικά προχωρημένες μηχανές αυτού του τύπου χρησιμοποιούν έλεγχο με λέιζερ ώστε να επιτευχθεί επιπεδότητα εξαιρετικά μεγάλης ακρίβειας. Για πλέον ύφυγρα σκυροδέματα ή όταν απαιτείται να ενσωματωθούν σκληρά αδρανή στην τελική σύνθεση, χρησιμοποιούνται δονητικές πλάκες κατακόρυφης δόνησης, με χαμηλότερη συχνότητα λειτουργίας. Οι περιστροφικοί δονητές δουλεύουν καλύτερα στο «ξύρισμα» επιφανειών σκυροδέματος με χαμηλή κάθιση και πρέπει να περιστρέφονται αντίθετα από την κίνηση της δονητικής πλάκας.

Επιφανειακή συμπύκνωση ή σπατουλάρισμα (Floating)

- Είναι η διαδικασία συμπύκνωσης της επιφάνειας του σκυροδέματος όταν αυτή πρόκειται να παραλάβει μία επόμενη επίστρωση (π.χ. βιομηχανικό) και έπεται της επιπέδωσης ή του πηχιάσματος. Στην πρώτη φάση αφορά αρχικά την ομαλοποίηση της επιφάνειας που περιλαμβάνει την εξομάλυνση προεξοχών και γέμισμα τυχόν εσοχών, επανέμπηξη στη μάζα προεξεχόντων αδρανών κλπ. και εφαρμόζεται όσο το σκυρόδεμα είναι ακόμη πλαστικό και όχι πολύ υδαρές. Για αυτό το λόγο, πρέπει να εφαρμόζεται πριν να αρχίσει η εξίδρωση του επιφανειακού νερού μέσα από τη μάζα του σκυροδέματος του δαπέδου, που ενδέχεται έτσι να τροποποιήσει την υφή της υπό τελική επεξεργασία επιφάνειας.

- Μετά από την πάροδο χρόνου, σε δεύτερη φάση, το τελείωμα αυτό περιλαμβάνει τη διαμόρφωση της υφής της επιφάνειας μετά την εμφάνιση και εξάτμιση του νερού εξίδρωσης από τη μάζα. Ενδιαμέσως, στη φάση αυτή γίνεται με κατάλληλα επίπεδα εργαλεία και η επανευθυγράμμιση της επιφάνειας (restraightening) δηλαδή μια ομαλή επίπεδη επιφάνεια χωρίς διογκώσεις και κοιλότητες. Ανάλογα με το κόστος και τις απαιτήσεις του έργου, αλλά και τις ισχύουσες περιβαλλοντικές συνθήκες σκυροδέτησης σε υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (βλ. και Τ.Ο. 1 και Τ.Ο. 2), μπορεί σε αυτή τη φάση να εφαρμοσθεί είτε απομάκρυνση του επιφανειακού νερού με στεγανοποιημένη κάλυψη και αναρρόφηση μέσω υποπίεσης (σκυροδέτηση σε χαμηλή

θερμοκρασία) είτε και ο συνεχής επιφανειακός δροσισμός της επιφάνειας με μπεκ, εκνέφωση κ.λπ. (σκυροδέτηση σε υψηλή θερμοκρασία).

- Για χειρωνακτική εφαρμογή τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την επιφανειακή συμπύκνωση είναι μία επίπεδη επιφάνεια που αρθρώνει με ένα μακρύ κοντάρι, για εφαρμογή εξ αποστάσεως, είτε ένα εργαλείο επιπεδότητας για εργασία κοντά στον αρμό σκυροδέτησης. Η μηχανική επιφανειακή συμπύκνωση γίνεται με δονητικές περιστροφικές μηχανικά κινούμενες ομάδες λεπίδων, τα λεγόμενα και «ελικοπτεράκια», που έχουν σαν σκοπό να εξομαλύνουν και να συμπυκνώσουν την επιφάνεια του δαπέδου, ενώ συνεισφέρουν και στη βελτίωση της επιπεδότητας καθώς και στην ενσωμάτωση μέσα στο υλικό χρωστικών ουσιών επιφανειακής επίπασης.

Τελείωμα με μυστρί ή τρίψιμο (Trowelling)

- Το τελικό στάδιο των εργασιών τελειώματος, κατά το οποίο διαμορφώνεται μια στερεή και αρκούντως σκληρυμένη επιφάνεια.

Λείανση (grinding)

- Κατά τις παραπάνω εργασίες διαμορφώνεται μία κατά το δυνατόν ομαλή κι επίπεδη επιφάνεια, ανάλογα και με τις προδιαγραφές για την προβλεπόμενη χρήση του δαπέδου. Ωστόσο, ενδέχεται να υπάρχουν ελαττώματα στην επιφάνεια του δαπέδου, τα οποία να μην καλύπτουν τις απαιτήσεις. Στην περίπτωση αυτή προβλέπεται η λείανση.

- Αν απαιτείται λείανση, θα πρέπει να γίνεται μόλις το δάπεδο είναι αρκούντως σκληρυμένο, ώστε να αποφευχθεί η διατάραξη του μείγματος. Αυτό μπορεί να συμπίπτει με τη φάση συντήρησης, η οποία έχοντας ξεκινήσει πριν τη λείανση διατηρείται και μετά από αυτή.

- Η λείανση της επιφάνειας του δαπέδου αποτελεί τρόπο εξάλειψης διαφόρων ατελειών, όπως:

  - Μη επίτευξη επιθυμητής ομαλότητας κι επιπεδότητας
  - Αστοχία διαμόρφωσης ευθέων αρμών
  - Ανωμαλίες της επιφάνειας του δαπέδου ιδίως όταν δεν καλύπτονται λόγω λεπτού υλικού επικάλυψης
  - Μικρή αντοχή σε τριβή
  - Εξάλειψη φθορών στην επιφάνεια λόγω της βροχής.

- Σημειώνεται πως η διαδικασία αυτή δεν φέρνει σε κάθε περίπτωση τα επιθυμητά αποτελέσματα, καθώς ενδέχεται να χειροτερέψει την όψη του δαπέδου αλλά και την ανθεκτικότητά του σε τριβή, ιδίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου η καταπόνηση είναι έντονη. Γι’ αυτό και προτείνεται να εκτελείται δοκιμαστικά σε μια μικρή περιοχή του δαπέδου αρχικά.

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι συσκευών λείανσης. Οι πιο διαδεδομένες είναι αυτές με μεταλλικό δίσκο με επίστρωση διαμαντιού και οι λειαντήρες με κεφαλές πυριτικού καρβιδίου προσαρμοσμένες σε μεταλλικό δίσκο.

- Οι λειαντήρες δίσκου διαμαντιού αποτελούνται από έναν ή περισσότερους ατσάλινους δίσκους με ενσωματωμένη επίστρωση διαμαντιού. Η πιο συνήθης εκδοχή περιέχει ένα δίσκο και τροφοδοτείται από βενζινομηχανή ή ηλεκτρικό ρεύμα. Οι λειαντήρες διαμαντιού είναι οι αποδοτικότεροι και η καλύτερη επιλογή για τη διόρθωση της επιθυμητής ομαλότητας και διαμόρφωσης ευθέων αρμών.

- Προτείνεται η εφαρμογή λείανσης με παράλληλη διαβροχή τόσο για λόγους περιορισμού της αιώρησης σκόνης, όσο κι επειδή οι λειαντήρες διαμαντιού αποδίδουν καλύτερα με αυτό τον τρόπο.

- Οι λειαντήρες με κεφαλές πυριτικού καρβιδίου, αποτελούνται από δίσκους στους οποίους έχουν επικολληθεί κεφαλές από ειδικό υλικό. Ο αριθμός των δίσκων διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις. Ο τύπος αυτός είναι καταλληλότερος για προβλήματα όπως: ανωμαλίες της επιφάνειας, μικρή αντοχή σε τριβή και επιφανειακή φθορά, μικρή ανθεκτικότητα της επιφάνειας έναντι φθοράς από βροχή και γενικότερα για περιπτώσεις επιφανειών ηπιότερης σκληρότητας ή μικρής ποσότητας υλικού προς λείανση που θα αφαιρεθεί.

Δημιουργία ή διαμόρφωση αρμών (Jointing, cutting, grooving)

- Είναι η διαδικασία διαμόρφωσης των αρμών ελέγχου στο εσωτερικό του δαπέδου και γίνεται μετά την ολοκλήρωση του τελειώματος της επιφάνειας. Περιλαμβάνει (ανάλογα με το είδος, λειτουργία και τις διαστάσεις του αρμού) την απλή χάραξη του δαπέδου με κοπτικά εργαλεία (μαχαίρια) και/ή ανοξείδωτους πήχεις έως τη μηχανική κοπή με χρήση αδαμαντοτροχών. Εφαρμόζεται όταν το δάπεδο έχει αρχίσει να παραλαμβάνει αντοχές αλλά απαραίτητα πριν την ανάπτυξη παραμορφώσεων λόγω συστολής ξήρανσης.

12. **Πώς ορίζονται οι διάφορες κατηγορίες δαπέδων σε σχέση με (τη χρήση τους και) το τελείωμα της επιφάνειας του σκυροδέματος;**

- Τα δάπεδα ταξινομούνται σε 9 κατηγορίες. Η ταξινόμηση αυτή περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια:

Δάπεδα κατηγοριών 1, 2 και 3

Τα δάπεδα των κατηγοριών 1, 2 και 3 περιλαμβάνουν χώρους γραφείων, εκκλησίες, σχολεία, νοσοκομεία και χώρους στάθμευσης, με τελική επίστρωση. Προτείνεται η εφαρμογή πολλαπλών διαδοχικών λειάνσεων και αποξέσεων, ειδικά στις περιπτώσεις που το δάπεδο πρόκειται να επιστρωθεί με λεπτή ή ελαστική επίστρωση, ώστε να επιτευχθούν μικρότερες ανοχές στην επιφάνεια, καθιστώντας την καλύτερη για την εφαρμογή του υλικού επίστρωσης.

Δάπεδα κατηγοριών 4 και 5

Τα δάπεδα των κατηγοριών 4 και 5 αφορούν βιομηχανικά ή εμπορικά δάπεδα ελαφράς χρήσης. Τρεις εφαρμογές τελειωμάτων με μυστρί ή τρίψιμο (trowelling) είναι επαρκείς για την επίτευξη αυξημένης αντοχής σε φθορά.

Δάπεδα κατηγορίας 6

Τα βιομηχανικά δάπεδα που περιέχουν σκληρυντικά προορίζονται για μέση ή υψηλή κυκλοφορία και, σε κάποιες περιπτώσεις, πρέπει να είναι ανθεκτικά και σε κρούση. Αυτά τα σκληρυντικά πρέπει να ενσωματώνονται κοντά στην άνω επιφάνεια των δαπέδων, ώστε να αποδίδουν την απαιτούμενη σκληρότητα, ανθεκτικότητα και αντοχή σε κρούση. Η συνολική περιεκτικότητα σε αέρα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3%, εκτός από περιπτώσεις έκθεσης του δαπέδου σε κύκλους ψύξης-απόψυξης κατά τη φάση λειτουργίας. Ως εκ τούτου, στο δάπεδο δεν θα πρέπει να εφαρμοστεί έντονη λείανση – απόξεση. Ειδική μέριμνα θα πρέπει να δίδεται στην επίτευξη επίπεδων και ομαλών επιφανειών και αρμών.

Δάπεδα κατηγορίας 7

Η άνω στρώση (τελείωμα) βιομηχανικών δαπέδων βαριάς χρήσης πρέπει να έχει ελάχιστο πάχος περί τα 19 mm. Το σκυρόδεμα της άνω στρώσης θα πρέπει να έχει μια μέγιστη κάθιση 75 mm, εκτός εάν χρησιμοποιούνται ειδικά χημικά πρόσθετα (μειωτές νερού) για την αύξηση της κάθισης ή άλλες τεχνικές μείωσης νερού. Η κάτω στρώση πρέπει να επιπεδωθεί (screed) και να σπατουλαριστεί (bull-floating), με ιδιαίτερη προσοχή στην διατήρηση των ανοχών ύψους. Τα δάπεδα της κατηγορίας 7 μπορούν να κατασκευασθούν με δύο τρόπους: (1) η άνω στρώση μπορεί να ενωθεί μονολιθικά με την κάτω στρώση πριν την πήξη της κάτω στρώσης, ή (2) η σκυροδέτηση της άνω στρώσης μπορεί να καθυστερήσει αρκετές ημέρες.

Στην πρώτη περίπτωση (μονολιθική ένωση στρώσεων), προτείνεται η υγρή συντήρηση. Πρέπει να παρασχεθεί ειδική μέριμνα για την αποφυγή πρόωρης ξήρανσης των άκρων, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε ανασήκωση της άνω στρώσης και διαχωρισμό της από την κάτω στρώση. Για τα δάπεδα αυτά, η άνω στρώση τοποθετείται πριν την πήξη της κάτω στρώσης (εμπειρικά, όταν τα αποτυπώματα από το βάδισμα επί του σκυροδέματος είναι οριακά εμφανή).

Στη δεύτερη περίπτωση (σκυροδέτηση σε δύο στάδια), ειδική προσοχή πρέπει να δοθεί για την αποτελεσματικότητα της σύνδεσης των δύο στρώσεων. Τα σημεία αρμών της κάτω στρώσης πρέπει να σημειώνονται, ώστε οι αρμοί της άνω στρώσης να τοποθετούνται ακριβώς στα ίδια σημεία. Η βελτιωμένη σύνδεση των δύο στρώσεων επιτυγχάνεται με εκτράχυνση της κάτω στρώσης με μεταλλική σκούπα (brooming). Η κάτω στρώση πρέπει να συντηρηθεί (υγρή συντήρηση) για τουλάχιστον 3 ημέρες ή για 7 έως 10 ημέρες (ή έως την σκυροδέτηση της άνω στρώσης), εάν υπάρχει πιθανότητα συρρίκνωσης.

Δάπεδα κατηγορίας 8

Η ασύνδετη άνω στρώση των δίστρωτων δαπέδων της κατηγορίας 8 πρέπει να έχει ελάχιστο πάχος 100 mm. Ασύνδετες στρώσεις μικρότερου πάχους (75 mm) έχουν χρησιμοποιηθεί με σχετική επιτυχία για δάπεδα της κατηγορίας 3, αλλά το πάχος για την αντοχή και τον έλεγχο του ανασηκώματος λόγω κυρτώσεων (curling) είναι λιγότερο σημαντικές για τα δάπεδα της κατηγορίας 3, λόγω των ηπιότερων χρήσεων, φορτίων, αλλά και της δυνατότητάς τους να επιστρωθούν. Αντίθετα, στα δάπεδα της κατηγορίας 8, η αντοχή και ο έλεγχος των κυρτώσεων (curling) είναι πολύ σημαντικά. Η κάτω στρώση, είτε παλαιά είτε καινούρια, πρέπει να καλυφθεί με πλαστικά φύλλα, ύφασμα, ή στρώμα άμμου. Η άνω στρώση πρέπει να περιέχει ικανό οπλισμό για τον περιορισμό του εύρους ρωγμών λόγω συστολής και της ολίσθησης του σκυροδέματος εκατέρωθεν όποιων ρωγμών αναπτυχθούν. Η ελαχιστοποίηση του εύρους ρωγμών μπορεί να επιτευχθεί με χρήση μεταλλικών ινών ή μιγμάτων με υψηλή περιεκτικότητα κατ' όγκο συνθετικών ινών, σε κατάλληλη ποσότητα. Παρά το γεγονός ότι ο οπλισμός συνήθως σταματά στους αρμούς, με κατάλληλη τεκμηρίωση μπορεί να είναι επιθυμητή η συνέχειά του διαμέσου των αρμών σε συγκεκριμένα σημεία της άνω στρώσης, έτσι ώστε να περιοριστεί η ρηγμάτωση που αναπόφευκτα θα δημιουργηθεί λόγω των παραμορφώσεων. Συνήθως προτείνονται και απαιτούνται μηχανοκίνητοι σαρωτήρες ή μηχανοκίνητα τριβεία, ως πιο αποτελεσματικά για τη συμπύκνωση της επιφάνειας εν σχέσει με τα αντίστοιχα εργαλεία χειρός. Ειδικά σκληρυντικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όπως στην κατηγορία δαπέδων 6.

Δάπεδα κατηγορίας 9

Τα δάπεδα της κατηγορίας 9 μπορεί να είναι είτε υπερ-επίπεδα ή να υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις ανοχών. Οι επιφάνειες δαπέδων αυτής της κατηγορίας μπορούν να χωριστούν σε δύο υπο-ομάδες.

Η πιο συχνή χρήση τέτοιων επιφανειών πρέπει να υποστηρίζει κυκλοφορία οχημάτων κατά μήκος διαδρομών που ορίζονται πριν την κατασκευή και που δεν μεταβάλλονται κατά τη φάση λειτουργίας (καθορισμένη κυκλοφορία). Τυπικό παράδειγμα τέτοιου δαπέδου είναι ένα κέντρο διανομής που χρησιμοποιεί πολύ στενούς διαδρόμους και υψηλά πλαισιακά συστήματα αποθήκευσης. Σε αυτή την υπο-ομάδα, οι ανοχές κάθετα στους διαδρόμους και παράλληλων σε αυτούς αρμών είναι λιγότερο σημαντικές από τις ανοχές παράλληλα στον άξονα του διαδρόμου. Αυτές οι επιφάνειες δαπέδων συχνά αποκαλούνται υπερ-επίπεδες.

Οι επιφάνειες της δεύτερης υπο-ομάδας είναι λιγότερο συνηθισμένες, αλλά μπορούν να υποστηρίξουν κυκλοφορία σε όλες τις διευθύνσεις (τυχαία κυκλοφορία). Τυπικά παραδείγματα αποτελούν τα σχολικά κτήρια, τα παγοδρόμια και τα τηλεοπτικά στούντιο. Η τυχαιότητα της κυκλοφορίας σε τέτοιες εγκαταστάσεις απαιτεί ίδιες ανοχές και στις δύο διευθύνσεις και οι διαδικασίες τελειωμάτων είναι οι πλέον αυστηρές και απαιτητικές που μπορούν να εφαρμοστούν. Πάντως, η τήρηση συγκεκριμένων κανόνων (τήρηση χρόνων και εκτέλεσης διαφόρων διαδικασιών) μπορεί να διασφαλίσει, χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία, την επιθυμητή ποιότητα. Τέτοιοι κανόνες περιλαμβάνουν:

- την κατασκευή των δαπέδων σε μακρές λωρίδες μικρότερες των 6 m πλάτους,
- την επιτόπου ρύθμιση της κάθισης σε εύρος ±13 mm της στοχευόμενης κάθισης,
- την επιλογή κατάλληλης κάθισης ώστε να διατηρείται η εργασιμότητα κατά τη διάρκεια των διαδικασιών τελειωμάτων,
- την πρόβλεψη χρόνου για την εφαρμογή των τελειωμάτων και
- τη συνεχή παράδοση σκυροδέματος στο έργο με διασφάλιση επαρκούς πλήθους φορτηγών μεταφοράς πριν την έναρξη των εργασιών.

Σημαντικό ρόλο μπορούν, επιπλέον, να παίξουν οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες είναι δυνατό να επηρεάσουν το ρυθμό πήξης του σκυροδέματος.

13. Τι ορίζουμε ως ομαλότητα (flatness) ενός δαπέδου;

Σύμφωνα με την αμερικάνικη προδιαγραφή ACI 302.1R-04, τόσο για τις πλάκες επί εδάφους, όσο και για τις υπερυψωμένες πλάκες, σημαντικό ρόλο για την ορθή κατασκευή τους παίζουν τα παρακάτω:

- η εργασιμότητα, η διαμορφωσιμότητα και η ταχύτητα πήξης του σκυροδέματος
- η διάρκεια εργάσιμου
- οι περιβαλλοντικές συνθήκες έκθεσης (ηλιοφάνεια, άνεμος, βροχόπτωση, θερμοκρασία) και η επιρροή αυτών στο σκυρόδεμα, αλλά και στο τεχνικό-εργατικό προσωπικό
- η ποσότητα και η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας
- η απρόσκοπτη παράδοση σκυροδέματος
- η σταθερότητα παραδοτέας κάθισης
- η σταθερότητα τελικού χρόνου πήξεως (λήξη πήξεως)
- η προσβασιμότητα του εργοταξίου

14. Τι ορίζουμε ως επιπεδότητα (levelness) ενός δαπέδου;

---

15. **Πώς ταξινομούνται τα δάπεδα ανάλογα με τις απαιτήσεις ομαλότητας και επιπεδότητάς τους;**

- Η τοπική ομαλότητα, **δείκτης F_F**, ενός δαπέδου μετριέται με τη αύξηση της καμπυλότητας *q* σε απόσταση 12in (300 mm) και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$F_F = \frac{4.57}{(3.S_q + |\bar{q}|)}$$

Όπου:
***F_F* =** δείκτης ομαλότητας
***S_q*=** τυπική απόκλιση των τιμών q
$|\bar{q}|$ **=** απόλυτη τιμή του μέσου όρου των τιμών q

Ο στόχος για ομαλό δάπεδο είναι το q να μην υπερβαίνει το 1/22 in (1 mm) περίπου σε απόσταση 12 in (300 mm).

- Η τοπική επιπεδότητα, **δείκτης F_L**, ενός δαπέδου, μετριέται με την υψομετρική διαφορά σε απόσταση 120 in (3 m) και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$F_L = \frac{12.5}{(3.S_d + |\bar{d}|)}$$

Όπου:
***F_L* =** δείκτης επιπεδότητας
***S_d*=** τυπική απόκλιση των τιμών d
$|\bar{d}|$ **=** απόλυτη τιμή του μέσου όρου των τιμών d

Ο στόχος για επίπεδο δάπεδο είναι το d να μην υπερβαίνει το 1/8 in (3 mm) σε απόσταση 120 in. (3 m)

- Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα απαιτούμενα δεδομένα συλλέγονται με διάφορες μεθόδους, που περιλαμβάνουν μετρήσεις από σταθμισμένους πήχεις, οπτικές στάθμες και διάφορα ειδικά όργανα. Μέσω των συλλεχθέντων δεδομένων και κατόπιν στατιστικής ανάλυσης (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις), είναι δυνατόν να προσδιοριστούν οι ως άνω οριζόμενοι δείκτες F_F και F_L.

- Ο δείκτης F_L μετράται εντός 72 ωρών από την διάστρωση του δαπέδου και προτού αφαιρεθούν οι τύποι, καθώς έτσι διασφαλίζεται η επιπεδότητα, όπως αυτή κατασκευάζεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι φαινόμενα συστολής, συστροφής άκρων ή κυρτώσεων μπορούν να μεταβάλλουν σημαντικά την επιτευχθείσα, κατά την φάση κατασκευής, επιπεδότητα. Αντίθετα, καθώς η συστροφή άκρων ή οι κυρτώσεις δεν θα μεταβάλλουν ιδιαίτερα τον δείκτη F_F, δεν υπάρχει συγκεκριμένο χρονικό όριο προσδιορισμού του. Παρόλα αυτά, συνηθίζεται οι δύο δείκτες να προσδιορίζονται την ίδια χρονική περίοδο, ώστε να αποφευχθεί τυχόν διαφωνία για την αποδοχή ή μη του δαπέδου.

- Ενδεικτικές τιμές για τους δείκτες ομαλότητας, F_F, και επιπεδότητας, F_L, αναγράφονται στους Πίνακες 3 και 4 για την περίπτωση πλακών επί εδάφους ή υπερυψωμένων πλακών, αντίστοιχα.

Συνολική Ομαλότητα F_F	Συνολική Επιπεδότητα F_L	Τυπική Χρήση	Τυπική Κατηγορία
20	15	Μη κρίσιμη: μηχανοστάσια, μη προσβάσιμοι χώροι, χώροι που προορίζονται για υπερύψωση τελικού δαπέδου με μεταλλικούς σκελετούς ή με επιστρώσεις μεγάλου πάχους, χώροι στάθμευσης	1 ή 2
25	20	Επενδυμένοι χώροι εμπορικών γραφείων ή κτήρια γραφείων ή βιομηχανικά κτήρια με χαμηλή κυκλοφορία	2
35	25	Χώροι με επιστρώσεις μικρού πάχους ή αποθηκευτικοί χώροι με μεσαία ή υψηλή κυκλοφορία	2, 3, 4, 5, 6, 7 ή 8
45	35	Αποθηκευτικοί χώροι με χρήση περονοφόρων, αίθουσες, παγοδρόμια, αθλητικά κέντρα	9
> 50	> 50	Στούντιο κινηματογράφησης, τηλεόρασης	3 ή 9

Πίνακας 3. Τυπικός οδηγός ομαλότητας / επιπεδότητας για πλάκες επί εδάφους

Συνολική Ομαλότητα F_F	Συνολική Επιπεδότητα F_L	Τυπική Χρήση	Τυπική Κατηγορία
20	15 ή Μ.Δ.	Μη κρίσιμη: μηχανοστάσια, μη προσβάσιμοι χώροι, χώροι που προορίζονται για υπερύψωση τελικού δαπέδου με μεταλλικούς σκελετούς ή με επιστρώσεις μεγάλου πάχους, χώροι στάθμευσης	1 ή 2
25	20 ή Μ.Δ.	Επενδυμένοι χώροι εμπορικών γραφείων ή κτήρια γραφείων ή βιομηχανικά κτήρια με χαμηλή κυκλοφορία	2
35	20 ή Μ.Δ.	Χώροι με επιστρώσεις μικρού πάχους	2, 3 ή 4
45	35	Παγοδρόμια, αθλητικά κέντρα	3
>50	>50	Στούντιο κινηματογράφησης, τηλεόρασης	3 ή 9

Πίνακας 4. Τυπικός οδηγός ομαλότητας / επιπεδότητας για αναρτώμενες πλάκες

- Οι ελάχιστες τοπικές τιμές των δεικτών F_F και F_L αντιπροσωπεύουν, αντίστοιχα, την ελάχιστη αποδεκτή ομαλότητα και επιπεδότητα κάθε ξεχωριστής διατομής ενός δαπέδου. Οι ελάχιστες τοπικές τιμές τίθενται γενικώς στο 67% των συνολικών τιμών και δεν είναι ποτέ μικρότερες του 50% των απαιτούμενων συνολικών απαιτήσεων F_F/F_L. Οι ελάχιστες τοπικές τιμές δεν πρέπει να είναι μικρότερες από F_F 13/F_L 10, καθώς αυτές οι τιμές αντιπροσωπεύουν τις ελάχιστες τοπικές τιμές που μπορούν να επιτευχθούν μέσω οποιασδήποτε σύγχρονης μεθόδου κατασκευής.

- Η συνολική συμμόρφωση ενός δαπέδου βασίζεται στο συνδυασμό των μετρούμενων τιμών. Ως εκ τούτου, μια διατομή δαπέδου με οποιονδήποτε εκ των δύο δεικτών F μικρότερο των απαιτήσεων της μελέτης, απορρίπτεται. Αν, κατόπιν συνδυασμού όλων των επιμέρους τιμών των διαφόρων διατομών, οι τιμές των δεικτών F του συνολικού δαπέδου είναι μικρότερες από τις απαιτούμενες από τη μελέτη, όλο το δάπεδο απορρίπτεται. Σημειώνεται ότι κάθε τεχνική προδιαγραφή οφείλει να καθορίζει τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν σε μια τέτοια περίπτωση.

- Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η επίτευξη βελτιωμένης ομαλότητας και επιπεδότητας σε ένα δάπεδο απαιτεί σημαντική προσπάθεια, που συνεπάγεται αυξημένο κόστος επίβλεψης, εργατικών και κατασκευής.

16. Πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εξίδρωσης κατά την σκυροδέτηση των δαπέδων;

- Επίσπευση της εξάτμισης του νερού εξίδρωσης, όταν το σκυρόδεμα βρίσκεται ακόμα στην πλαστική του φάση, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ανεμιστήρων ή θερμαστρών θερμού αέρος. Η χρήση άλλου τύπου θερμαστρών (δίχως θερμό αέρα) θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς είναι δυνατόν να προκαλέσουν ενανθράκωση της επιφανειακής στρώσης του σκυροδέματος, με αποτέλεσμα αυτή να αποκτά μικρότερη αντοχή και να δείχνει «σκονισμένη».

- Το πασπάλισμα με καθαρό τσιμέντο (ως μέτρο απορρόφησης του εξιδρούμενου νερού) πρέπει να αποφεύγεται, καθώς δημιουργείται ένα επιδερμικό στρώμα στο δάπεδο που κάνει την επιφάνειά του να φαίνεται «σκονισμένη».

- Η χρήση αδρανών που χαρακτηρίζονται από ασυνεχείς κοκκομετρικές καμπύλες έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τάσης του σκυροδέματος για εξίδρωση. Σαν γενικός κανόνας, το ποσοστό των (συνδυασμένων) συγκρατούμενων αδρανών σε κάθε κόσκινο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 8% και 18%.

- Προσοχή πρέπει να δίνεται σε σκυροδέματα στα οποία (με τη βοήθεια αερακτικού πρόσθετου) η περιεκτικότητα σε αέρα υπερβαίνει το 3%, καθώς μετά το σπατουλάρισμα με μεταλλικό μυστρί είναι πιθανό να σχηματιστούν φυσαλίδες και να εμφανιστούν επιφανειακές αποφλοιώσεις.

- Αύξηση της ποσότητας των αδρανών που διέρχονται από τα κόσκινα με άνοιγμα βροχίδας 300, 150 και 75 μm (έως τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές), με επακόλουθη αύξηση της ποσότητας του νερού ανάμιξης (αλλά και πιθανότατα του τσιμέντου), έτσι ώστε να ικανοποιηθεί η απαίτηση για περισσότερο τσιμεντοπολτό (αφού τα λεπτόκοκκα υλικά αυξήθηκαν). Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να δοθεί προσοχή στην αποφυγή εμφάνισης ρηγματώσεων, λόγω αυξημένης τάσης για συστολή ξήρανσης.

- Εάν εξαιρεθεί το φαινόμενο της εξίδρωσης, τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η σκυροδέτηση με την ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία μίγματος είναι πλείστα.

- Η απομάκρυνση του επιφανειακού νερού γίνεται: (α) με το σύρσιμο ενός λάστιχου ποτίσματος πάνω από τη διαστρωμένη επιφάνεια (εάν αυτή είναι αρκετά «σφικτή»), και ειδικά για εδαφόπλακες (β) με κατάλληλους τάπητες κενού (vacuum mats), οι οποίοι πραγματοποιούν αναρρόφηση του εξιδρούμενου νερού με εφαρμογή κενού για 3 έως 5 min για κάθε 25 mm πάχους πλάκας, (γ) με απορροφητικές μεμβράνες τοποθετούμενες πάνω από λινάτσες που βρίσκονται σε άμεση επαφή με τη διαστρωμένη επιφάνεια. Οι μέθοδοι (β) και (γ) πρέπει να εφαρμόζονται μετά τη δόνηση και την πρώτη επιπέδωση του σκυροδέματος.

17. Πώς γίνεται η συντήρηση των σκυροδεμάτων των δαπέδων;

17.1 Μέθοδοι συντήρησης

- Υγρή συντήρηση: Μέσω πλημμυρισμού, ψεκασμού ή εκνέφωσης. Μέθοδος με πρακτικό ενδιαφέρον για περιοχές πλακών/δαπέδων δίχως αρμούς ή για περιοχές όπου το νερό

συγκρατείται με αναχώματα στο όριο της συντηρούμενης επιφάνειας, έτσι ώστε να προστατεύεται η υπόβαση από κορεσμό. Το νερό που χρησιμοποιείται για υγρή συντήρηση θα πρέπει να μη διαφέρει κατά περισσότερο από 7°C από τη θερμοκρασία του σκυροδέματος, για την αποφυγή θερμικού πλήγματος στο σκυρόδεμα. Επίσης, είναι απαραίτητη η συνεχής παροχή νερού, έτσι ώστε να μην στεγνώνουν μεμονωμένες περιοχές της σκυροδετημένης επιφάνειας.

- Κάλυψη με υγρά σκεπάσματα: Η μέθοδος αυτή είναι, γενικά, η πλέον πρακτική και αποτελεσματική για τη συντήρηση πλακών/δαπέδων, καθώς (όταν εφαρμοστεί σωστά) παρέχει αδιάλειπτα και ισομερώς υγρασία σε όλη τη σκυροδετημένη επιφάνεια.

- Κάλυψη με αδιαπέρατα σκεπάσματα για τη συγκράτηση της προς διαφυγή υγρασίας: Αν και η μέθοδος αυτή είναι, γενικά, λιγότερο αποτελεσματική από την υγρή συντήρηση ή την κάλυψη με υγρά σκεπάσματα, χρησιμοποιείται ευρέως εξαιτίας της ευχέρειας που προσφέρει. Τα υλικά που δύναται να χρησιμοποιηθούν είναι:
    - Φύλλα πολυουρεθάνης (πλαστικές μεμβράνες): Διατίθενται διαφανή, λευκά ή μαύρα φύλλα. Τα λευκά συστήνονται για την κάλυψη φρεσκοσκυροδετημένων επιφανειών, οι οποίες εκτίθενται σε έντονο ηλιακό φως. Οι πλαστικές μεμβράνες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τη συντήρηση επιφανειών οι οποίες πρόκειται να αποτελέσουν τη βάση για τη σκυροδέτηση νέας στρώσης σκυροδέματος ή την επιφάνεια για την επικόλληση πλακιδίων κάλυψης ανθεκτικών σε μηχανική φθορά, καθώς αποτρέπουν τον σχηματισμό επιδερμικής στρώσης σκυροδέματος μικρής αντοχής. Ωστόσο, είναι πιθανή η δημιουργία κηλίδων αποχρωματισμού, με αποτέλεσμα να αποφεύγονται οι πλαστικές μεμβράνες για τη συντήρηση πλακών/δαπέδων από έγχρωμο ή εμφανές σκυρόδεμα. Οι μεμβράνες θα πρέπει να τοποθετούνται αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εργασιών φινιρίσματος με προσοχή, ώστε να μην διαταράσσονται οι τελειωμένες επιφάνειες. Οι άκρες των μεμβρανών πρέπει να αλληλοεπικαλύπτονται σε επαρκές πλάτος και τα σημεία αλληλοεπικάλυψης πρέπει να σφραγίζονται με κολλητική ταινία, σφραγιστική μαστίχη ή κόλλα (ή να συγκρατούνται στη θέση τους με ξύλινες τάβλες ή άμμο), για την αποφυγή απώλειας υγρασίας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την κίνηση οχημάτων ή προσωπικού σε επιφάνειες που φέρουν πλαστικές μεμβράνες, λόγω της ολισθηρότητάς τους.
    - Αδιάβροχο χαρτί: Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση αδιάβροχου χαρτιού και πλαστικών μεμβρανών είναι κοινά, με τη διαφορά ότι η δημιουργία κηλίδων αποχρωματισμού είναι λιγότερο πιθανή στην πρώτη περίπτωση. Η απόχρωση του αδιάβροχου χαρτιού πρέπει να είναι ανοιχτή, ενώ η αλληλοεπικάλυψη των ξεχωριστών φύλλων πρέπει (όπως και στην περίπτωση των πλαστικών μεμβρανών) να γίνεται με επιμέλεια.

- Ψεκασμός με χημικά που δημιουργούν αντιεξατμιστικές μεμβράνες συντήρησης: Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη για τη συντήρηση μελών από σκυρόδεμα. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται: το σχετικά μικρό κόστος εφαρμογής, η δυνατότητα γρήγορης πρόσβασης στο φρεσκοσκυροδετημένο στοιχείο, η κατάργηση της ανάγκης για διαρκή παρακολούθηση της διαδικασίας συντήρησης και η δυνατότητα επέκτασης της περιόδου συντήρησης (η οποία είναι και απρόσκοπτη). Η σχηματιζόμενη μεμβράνη θα πρέπει να προστατεύεται έναντι βλάβης από την κίνηση οχημάτων ή προσωπικού. Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται: η πιθανότητα ανεπαρκούς ή ανισοπαχούς κάλυψης, προβλήματα που σχετίζονται με κανονιστικούς περιορισμούς που αφορούν στην απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων, η πιθανή αρνητική επίπτωση που μπορεί να έχουν οι σχηματιζόμενες μεμβράνες στη συνάφεια μεταξύ υφιστάμενου και νέου σκυροδέματος (ή άλλων υλικών επικάλυψης) και η διακύμανση που μπορεί να παρουσιάζει η ποιότητα των μεμβρανών και η περιεκτικότητά τους σε στερεά. Ο ψεκασμός με τις χημικές ουσίες (σε υγρή μορφή) που δημιουργούν αντιεξατμιστικές μεμβράνες πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εργασιών φινιρίσματος, όταν η επιφάνεια του σκυροδέματος είναι

ακόμα νωπή, απουσία όμως οποιασδήποτε ποσότητας λιμνάζοντος νερού. Προτιμάται ο ψεκασμός με μηχανικά μέσα, ενώ ο διά χειρός ψεκασμός μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματικός, εάν δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επίτευξη ισοπαχούς και πλήρους κάλυψης. Αντί (διά χειρός) ψεκασμού, οι χημικές ουσίες μπορούν να διασκορπιστούν με τη βοήθεια ρολού, με τρόπο ώστε αυτές να μην λιμνάζουν σε εσοχές στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

Το πάχος της σχηματιζόμενης μεμβράνης είναι της τάξης του 0.5 mm και η μεμβράνη είναι ικανή να συγκρατεί τουλάχιστον το 95% του περιεχόμενου ύδατος στο σκυρόδεμα κατά τη χρονική στιγμή εφαρμογής της χημικής ουσίας. Η μεμβράνη διατηρείται αναλλοίωτη για 28 ημέρες, ενώ μετά διαλύεται σταδιακά δίχως να αφήνει λεκέδες ή αποχρωματισμούς στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

Διακρίνονται δύο βασικοί τύποι χημικών (υγρής μορφής) που δημιουργούν άχρωμες αντιεξατμιστικές μεμβράνες: τύπου κηρός/ρητίνης και τύπου αμιγούς ρητίνης. Ο πρώτος τύπος είναι κατάλληλος προς χρήση σε επιφάνειες σκυροδέματος οι οποίες δεν θα βαφούν ή δεν θα λάβουν κάποιου είδους επικάλυψη ή περαιτέρω επεξεργασία. Το κερί που περιέχεται στα χημικά προϊόντα αυτού του είδους παραμένει στην επιφάνεια του σκυροδέματος και απομειώνει τη συνάφεια της οποιαδήποτε χρωστικής ή συγκολλητικής ουσίας. Ο τύπος των χημικών που βασίζεται εξ' ολοκλήρου σε ρητίνες δεν αφήνει υπολείμματα και, ως εκ τούτου, δύναται να χρησιμοποιηθεί σε επιφάνειες οι οποίες θα λάβουν κάποιου είδους περαιτέρω επεξεργασία. Οι χημικές ουσίες και των δύο τύπων διατίθενται και με χρωστικές, οι οποίες με το χρόνο ξεθωριάζουν. Οι χρωστικές βοηθούν στην επίτευξη ισοπαχούς κάλυψης κατά την εφαρμογή. Επιπλέον, οι χημικές ουσίες λευκού χρώματος ανακλούν το ηλιακό φως, προφυλάσσοντας πλάκες/δάπεδα σκυροδέματος που εκτίθενται σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία από την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες οδηγούν στην ανάπτυξη θερμικών τάσεων που δεν δύναται να παραληφθούν από το νεαρό σκυρόδεμα (στην αρχή, δηλαδή, της περιόδου συντήρησης του στοιχείου) δίχως βλάβες.

17.2 Συντήρηση αρμών

17.3 Διάρκεια συντήρησης

- Τα μονομοριακά φιλμ δεν πρέπει να συγχέονται με τις αντιεξατμιστικές μεμβράνες, καθώς η δράση τους διαρκεί για μία ή δύο ώρες, μετά την παρέλευση των οποίων εξατμίζονται δίχως να αφήσουν υπολείμματα.

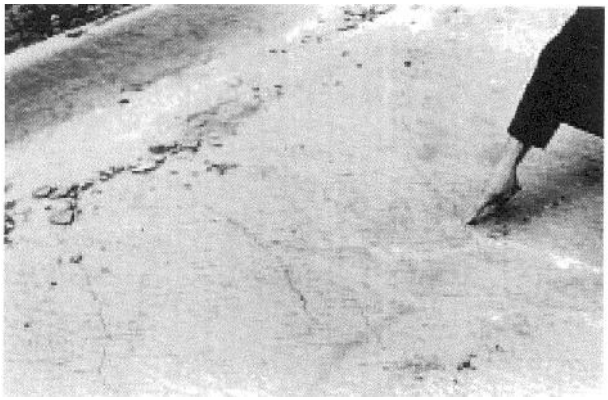
- Η περίοδος των 7 ημερών δύναται να περιοριστεί στις τρεις (3) ημέρες, όταν απαιτούνται υψηλές πρώιμες αντοχές και η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ίση ή μεγαλύτερη των 23 °C. Οι μέθοδοι και οι διαδικασίες συντήρησης πλακών και δαπέδων υπό συνθήκες χαμηλών ή υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος αναλύονται στις Τ.Ο. 1 και 2, αντίστοιχα.

18. Πώς γίνεται η προστασία των δαπέδων;

---

19. Πώς εμποδίζεται η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συστολής;

- Αυτές οι ρηγματώσεις μπορεί να είναι μήκους από 100 mm έως 1 m ή μεγαλύτερες. Μπορεί να είναι παράλληλες η μία στην άλλη σε απόσταση από 100 mm περίπου έως 2/3 m, αλλά συνήθως εμφανίζονται σε τυχαίο ακανόνιστο σχήμα (βλ. Σχήμα 5). Η δημιουργία των ρωγμών ξεκινάει στην επιφάνεια. Οι ρωγμές συνεχίζουν προς τα κάτω για μικρή απόσταση και στενεύουν προς τη βάση. Αν και συνήθως έχουν βάθος από 25 έως 75mm μπορεί να διατρέχουν όλη την πλάκα.



Σχήμα 5. *Οι ρηγματώσεις λόγω πλαστικής συστολής προκαλούνται από ταχεία απώλεια του νερού ανάμιξης από την επιφάνεια ενώ το σκυρόδεμα είναι ακόμη σε πλαστική κατάσταση.*

20. Πώς γίνεται η (πλήρωση ή/και) σφράγιση των αρμών του σκυροδέματος των δαπέδων;

- Τα υλικά πλήρωσης που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από τη χρήση του δαπέδου επί εδάφους κατά την κυκλοφορία:

  α) Εφόσον το δάπεδο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε βαρειά κυκλοφορία (δηλαδή κυκλοφορία από οχήματα με σκληρά ελαστικά, που είναι συνήθως τα περονοφόρα με τροχούς χωρίς αεροθάλαμο) τότε τα υλικά πλήρωσης των αρμών που λειτουργούν καλύτερα για τη στήριξη των χειλέων του αρμού και την αποφυγή της αστοχίας στις γωνίες της τομής, είναι υλικά που βασίζονται στις ρητίνες δύο συστατικών. Τα εν λόγω υλικά έχουν το πρόσθετο προσόν ότι μπορούν να συντηρηθούν και να ανακτήσουν τις ιδιότητές τους ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο έργο.

  β) Εφόσον δεν υφίσταται αυτή η περίπτωση όσον αφορά την κυκλοφορία, η συνήθης πρακτική για την πλήρωση των αρμών είναι να γίνεται πρώτα η τοποθέτηση στην τομή ενός προμορφωμένου συμπιεστού υλικού πλήρωσης, το οποίο είναι από πολυουρεθάνη, πολυαιθυλένιο, φελλό ή άλλη βάση και πρέπει να είναι συμβατό με το υλικό σφράγισης του αρμού, που έπεται και βρίσκεται σε επαφή με αυτό. Η μορφή του είναι, ανάλογα με το βάθος, το πάχος της τομής του αρμού και τη διεύθυνση του αρμού (κατακόρυφος ή οριζόντιος) είτε κορδόνι, είτε μορφής επίπεδης πλάκας, είτε άλλο σχήμα (πλέξη). Κατά περίπτωση, μπορεί να έχει και διογκωτικές ιδιότητες, εφόσον έλθει εν επαφή με το νερό, για να δημιουργεί και στεγάνωση της τομής.

- Ανάλογα με τη χρήση του δαπέδου επί εδάφους το υλικό πλήρωσης στην επιφάνεια του αρμού πρέπει να έχει και πρόσθετες κατάλληλες ιδιότητες, όπως είναι: η ανθεκτικότητα σε υπεριώδη ακτινοβολία (για δάπεδα που δεν είναι σε στεγασμένο χώρο), η

ανθεκτικότητα σε χημικά (για βιομηχανικά δάπεδα), η ανθεκτικότητα σε λάδια και καύσιμα για δάπεδα διέλευσης οχημάτων, η ανθεκτικότητα σε λάδια και κηροζίνη (jet propulsion fuels, εφόσον πρόκειται για δάπεδα αεροσκαφών) και η αντίσταση σε μυκητιακή δράση (εφόσον πρόκειται για χρήση σε δάπεδα επί εδάφους σε κατασκευές υγείας, τροφίμων, ψυγεία ή σε κατοικίες).

21. Πότε το δάπεδο είναι έτοιμο για χρήση;

- Στη συνέχεια περιγράφονται οι διαδικασίες για την παραλαβή των δαπέδων υπό μορφή: α) ποιοτικής παραλαβής, β) ποσοτικής παραλαβής, γ) δημιουργίας φακέλου ποιότητας του έργου και δ) έκθεσης επιτροπής παραλαβής με παρατηρήσεις για την αποκατάσταση τυχόν βλαβών και προτάσεις βελτίωσης.

- Οι παράγοντες που πρέπει να ελεγχθούν κατά την ποιοτική παραλαβή δαπέδων από σκυρόδεμα περιλαμβάνουν:
  α) γεωμετρικά στοιχεία – ανοχές
  β) ελέγχους ποιότητας – πιστοποιητικά υλικών

  Στα γεωμετρικά στοιχεία – ανοχές των δαπέδων ελέγχονται οι μετρήσεις που τεκμηριώνουν τη συμμόρφωση των δαπέδων σε:
  - Επιπεδότητα (δείκτες Flatness/Levelness – F_F/F_L)
  - Υφή επιφάνειας – επεξεργασία επιφάνειας (texture, toppings)

- Τα στοιχεία ελέγχου ποιότητας και πιστοποιητικών υλικών αφορούν τόσο στις α' ύλες, όσο και στο έτοιμο προς χρήση δάπεδο:
  - α' ύλες σκυροδέματος: έλεγχοι ποιότητας των υλικών παρασκευής σκυροδέματος (αδρανή, τσιμέντο, νερό, πρόσθετα, πρόσμικτα , κ.λπ.)
  - έλεγχοι ποιότητας νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος (κάθιση, συμβατικά δοκίμια, θερμοκρασία σκυροδέματος, αεροπεριεκτικότητα κ.λπ.) και αντίστοιχες εκθέσεις δοκιμών
  - έλεγχοι ποιότητας και πιστοποιητικά για χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος και βλήτρα (dowels), όπου αυτά απαιτούνται
  - υλικά πληρώσεως αρμών και επεξεργασίας δαπέδου (υλικά για βιομηχανικά δάπεδα, toppings)
  - έλεγχοι ποιότητας εδαφικού υποστρώματος

- Οι έλεγχοι για την ποσοτική παραλαβή του δαπέδου αφορούν σε μετρήσεις:
  - πάχους πλάκας δαπέδου σκυροδέματος
  - διαστάσεις δαπέδου (μήκος, πλάτος, εμβαδόν)
  - επιμετρήσεις δαπέδου και εργασιών κατασκευής (ποσότητες υλικών, μήκος αρμών, όγκος σκυροδέματος, βάρος χαλύβων, ινών, βλήτρων, κ.λπ.)

- Στο «Φάκελο ποιότητας του έργου» (ΦΠΕ) απαραίτητο είναι να περιέχονται:
  - όλα τα πιστοποιητικά ποιότητας υλικών
  - όλες οι Εκθέσεις/Επιθεωρήσεις Μονάδων Παραγωγής Σκυροδέματος
  - όλες οι δειγματοληψίες υλικών και οι αντίστοιχες εκθέσεις δοκιμών
  - τα τελικά σχέδια της κατασκευής (όπως κατεσκευάσθη - as-built)
  - φωτογραφίες από όλες τις φάσεις της κατασκευής
  - περιβαλλοντικά στοιχεία (ακραίες θερμοκρασίες και/ή ταχύτητα ανέμου)
  - τυχόν δοκιμαστικά τμήματα (trial slabs)
  - εκθέσεις από τυχόν επιτόπου δοκιμές (π.χ. βαθμός συμπύκνωσης, δυσκαμψία της υπόβασης, μέτρηση της θερμοκρασίας στη μάζα του δαπέδου και του δείκτη ωρίμανσης – maturity index)

- το πρόγραμμα συντήρησης των αρμών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου

- Μετά τη συγκέντρωση των ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων από την παραλαβή και τη συμπλήρωση του φακέλου ποιότητας του έργου (ΦΠΕ) απαραίτητο είναι να συντάσσεται έκθεση που θα περιλαμβάνει τις παρατηρήσεις από την αυτοψία στο υπό παραλαβή δάπεδο, καθώς και τις προτάσεις βελτιώσεων (corrective actions).
  Αν οι παρατηρήσεις είναι σημαντικές (φθορές, ρηγματώσεις, προβλήματα επιπεδότητας), δίνεται μια χρονική προθεσμία για την αποκατάσταση και πραγματοποιείται νέα αυτοψία για τον έλεγχο συμμόρφωσης των παρατηρήσεων. Πριν την αποκατάσταση ενδέχεται να απαιτηθεί να παρασχεθεί από τον Ανάδοχο και το Πρόγραμμα αποκατάστασης βλαβών, που θα περιλαμβάνει αποτύπωση των βλαβών, λεπτομέρειες, τεύχη υπολογισμών, σχέδια και σκαριφήματα της αποκατάστασης, τα πιστοποιητικά των υλικών επισκευής που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και προγραμματισμό απαιτούμενων εργασιών, κατά τη φάση επισκευής, που τυχόν να επηρεάζουν την όλη λειτουργία και ασφάλεια του υπό έλεγχο αλλά και του υπόλοιπου έργου. Το Πρόγραμμα αποκατάστασης βλαβών ελέγχεται και προσυμφωνείται.

  Αντίγραφο της έκθεσης παραλαβής, μαζί με οδηγίες χρήσης για το χρήστη (τυχόν τακτικών/έκτακτων συντηρήσεων), παραδίδεται στον Κύριο του Έργου, την Επιβλέπουσα Υπηρεσία και τον Ανάδοχο Κατασκευαστή του Έργου.

22. Πώς γίνεται ο έλεγχος ποιότητας των δαπέδων από σκυρόδεμα;

---

23. Ποιες είναι οι συνηθισμένες αστοχίες των δαπέδων από σκυρόδεμα;

23.1 Γενικά

- Στις γενικότερες αστοχίες που αφορούν στις κατασκευές από σκυρόδεμα, θα πρέπει να λαμβάνονται πάντοτε υπόψη ορισμένα από τα εγγενή χαρακτηριστικά του σκυροδέματος όπως είναι η ρηγμάτωση λόγω συστολής ξήρανσης. Επίσης από τη φύση του υλικού ορισμένες ρηγματώσεις και συστροφές, θα πρέπει να αναμένονται σε κάθε έργο.

- Σπάνια θα υπάρχει μια και μοναδική αιτία για κάποια αστοχία. Συνήθως ένας συνδυασμός μηχανισμών θα είναι υπεύθυνος. Η επιρροή οποιασδήποτε αιτίας, θα ποικίλλει ανάλογα με το βαθμό παρέκκλισης: από τη βέλτιστη πρακτική, λόγω κάποιων ιδιοτήτων των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς και από τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και τις άλλες καιρικές συνθήκες που υφίστανται κατά τη διάρκεια των εργασιών σκυροδέτησης και συντήρησης. Έτσι, ο πιθανός αριθμός των συνδυασμών είναι άπειρος. Ικανοποιητικά αποτελέσματα θα εξασφαλίζονται εάν θα αποφεύγονται προσεκτικά, όλες οι αιτίες που αναφέρονται στα διάφορα είδη αστοχιών.

23.2 Τα διάφορα είδη αστοχιών

- Τα διάφορα είδη αστοχιών παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Ρηγμάτωση (λόγω συστολών).

- Οι πρακτικές αυτές έχουν να κάνουν π.χ. με ακατάλληλο σχεδιασμό των αρμών (μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των, μικρού βάθους αρμοί, παραλείψεις αρμών γύρω από άκαμπτα στοιχεία, όπως υποστυλώματα, σε γωνίες κ.λπ.), με σκυρόδεμα μειωμένης αντοχής, με ανεπαρκή συντήρηση, με μη προστασία σε ακραίες καιρικές συνθήκες (ξηρασία, ηλιοφάνεια, θερμότητα, άνεμος, ψύξη, κ.λπ.), με αδυναμία μικροκινήσεων του δαπέδου (είτε στην περίμετρο, είτε στη σύνδεση με τη θεμελίωση κ.λπ.) με καθυστέρηση της έναρξης κοψίματος των αρμών ελέγχου της συστολής (βλ. Εδ. 12 της Τ.Ο. 2)

- Ρηγματώσεις λόγω συστολής, αλλά που συνήθως είναι επιφανειακές μικρού εύρους, αλλά ικανού μήκους οι λεγόμενες δικτυωτές (crazing cracks) και τυχαίες (map cracks) ρωγμές. Αυτές οφείλονται στην πολύ μεγαλύτερη συρρίκνωση της επιφάνειας προς όλες τις κατευθύνσεις. Τις ρωγμές αυτές ευνοούν ατελείς διαδικασίες συντήρησης και προστασίας του νωπού σκυροδέματος, υπερβολική επιφανειακή επεξεργασία αλλά και πρόωρη εφαρμογή της, καθώς και άλλες κακές πρακτικές (π.χ. επιφάνεια πολύ υγρή, διασπορά τσιμέντου πάνω στην επιφάνεια πριν την επεξεργασία κ.λπ.)

- Οι δικτυωτές ρηγματώσεις συνίστανται από σχεδόν αόρατες ρωγμές που περιβάλλουν τις γειτονικές περιοχές, μικρότερες σε διάσταση από 25 έως 50mm. Οι τυχαίες ρηγματώσεις είναι παρόμοιες, αλλά είναι πιο ορατές και οι περιοχές που περιβάλλονται από αυτές είναι μεγαλύτερες.

Ρηγματώσεις (που δεν οφείλονται σε συστολές)

- Η αποφυγή αυτών των ρηγματώσεων ξεφεύγει από τις συνήθεις αστοχίες των δαπέδων και εντάσσεται στους γενικούς κανόνες της τέχνης και της επιστήμης όπως και στη συμμόρφωση με τις σωστές πρακτικές της σκυροδέτησης κάθε δομικού μέλους έτσι όπως περιγράφονται στις αντίστοιχες οδηγίες και τεχνικές προδιαγραφές.

Ευαισθησία σε επιφανειακή φθορά

- Μια ιδιαίτερη μορφή ασθενούς επιφανειακού σκυροδέματος είναι η κονίωση ή επίπαση (dusting) δηλαδή η συσσώρευση στην άνω επιφάνεια του δαπέδου, γαλακτώματος τσιμέντου – laitance – που σκληρυνόμενο παρουσιάζει τη μορφή μιας πούδρας υλικού που τρίβεται εύκολα. Αυτό το γαλάκτωμα αποτελείται από νερό, τσιμέντο και παιπάλη αδρανών

Απολέπιση

- Αιτίες της βλάβης αυτής θεωρούνται η διαπερατότητα του επιφανειακού σκυροδέματος, η χαμηλή ποιότητά του (ανεπαρκής ποσότητα τσιμέντου, μεγάλος λόγος Ν/Τ, υπερβολική κάθιση, κακή συντήρηση, πρόωρες εργασίες τελειωμάτων, επιφανειακή αύξηση του Ν/Τ λόγω υπερβολικής εξίδρωσης, κ.λπ.), λίγος ή καθόλου εισηγμένος αέρας (αποτυχία χρήσης αερακτικού, παρατεταμένη ανάμιξη, υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ανεπαρκής θερμική προστασία σε κρύο καιρό, κ.λπ.) και τέλος έκθεση του νεαρού σκυροδέματος σε κύκλους ψύξης απόψυξης.

Θρυμματισμός επιφανειακών αδρανών

- Αιτία της διόγκωσης που καταλήγει σε αυτόν τον θρυμματισμό, μπορεί να είναι ορισμένες βλαπτικές ουσίες που βρίσκονται μέσα στα αδρανή (όπως μαλακός ασβεστόλιθος, σχιστόλιθος, δολομίτης, πυριτόλιθος κ.λπ. ή οργανικές ενώσεις που μπορεί να διογκωθούν μέσα στη μάζα του σκυροδέματος), είτε σαν φυσικά συστατικά τους είτε σαν προσμίξεις αυτών. Μερικές φορές αυτή η διόγκωση μπορεί να προκληθεί από απορρόφηση υγρασίας, μερικές άλλες από χημική μεταβολή. Κύρια μέτρα που μπορεί κανείς να λάβει για να αποφευχθεί αυτός ο θρυμματισμός είναι πρωτίστως η αναζήτηση πηγών κατάλληλων αδρανών και δευτερευόντως κατάλληλες τεχνικές, όπως η μη χρήση σφραγιστικών μεμβρανών στην άνω τελική

επιφάνεια, δύο στρώσεις δαπέδου με την άνω στρώση να εμπεριέχει πλήρως επιλεγμένα αδρανή, μείωση της έντασης των τελειωμάτων τριψίματος και λείανσης (π.χ. μέσω επιλογής χαμηλότερης κάθισης σκυροδέματος, κ.λπ.). Θρυμματισμός επί πλέον μπορεί να προκύψει όταν η επιφάνεια εκτίθεται σε παγετό σε συνδυασμό με επιφανειακή ποιότητα αυξημένου πορώδους. Σε αυτή την περίπτωση πάντα πρέπει να γίνεται προσθήκη αερακτικού πρόσθετου στο σκυρόδεμα.

Κυψέλες (Φουσκάλες - Φυσσαλίδες)

- Για να συμβεί βέβαια ο μηχανισμός δημιουργίας κυψελών θα υπάρχουν πολλές αποκλίσεις από τους κανόνες καλής πρακτικής τόσο στην παρασκευή του αναμίγματος (υπερβολικά μεγάλη ποσότητα παγιδευμένου αέρα, κακή διαβάθμιση αδρανών, πολλά λεπτόκοκκα συστατικά, μεγάλη κάθιση κ.λπ.) όσο και στις τεχνικές διάστρωσης (υπερβολική δόνηση) και τελειωμάτων (υπερβολικά περάσματα πήχεων δονητικών ή χειροκίνητων, υπερβολικό τρίψιμο, πρόωρη διεργασία τελειωμάτων, κ.λπ.) αλλά τέλος και των περιβαλλοντικών συνθηκών (γρήγορη ξήρανση επιφάνειας, αργή πήξη μάζας σκυροδέματος κ.λπ.).

Αποφλοίωση

- Συνήθεις αιτίες της αποφλοίωσης είναι για μεν την περίπτωση ύπαρξης οπλισμού το ανεπαρκές πάχος επικάλυψης ή το κατώτερης ποιότητας σκυρόδεμα που επικαλύπτει αυτόν τον οπλισμό (κυρίως λόγω χαμηλής πυκνότητας και υψηλής διαπερατότητας).
  Σε περίπτωση δαπέδων δύο στρώσεων, η εσωτερική αποφλοίωση είναι πολύ πιθανό να οφείλεται σε αστοχίες συνάφειας των δύο στρώσεων, είτε λόγω κατώτερης ποιότητας της επιφάνειας του σκυροδέματος στη στρώση βάσης, είτε λόγω ξήρανσης του κονιάματος συνάφειας πριν τοποθετηθεί η ανώτερη στρώση είτε λόγω υπερβολικής πίεσης που αναπτύσσεται στους αρμούς είτε λόγω περιορισμού των μικροκινήσεων της άνω πλάκας κυκλοφορίας σε όμορους τοίχους αντιστήριξης, θεμελιώσεις κ.λπ.

Δυσχρωμίες

- Οι σκουρόχρωμες περιοχές συνήθως δεν οδηγούν σε ασθενέστερη επιφάνεια εκτός και αν υπάρχουν στοιχεία ότι ξηρό τσιμέντο έχει διασκορπιστεί στην επιφάνεια για να απορροφήσει το νερό από πλεονάζουσα εξίδρωση και έχει υποστεί επεξεργασία τελειώματος.
  Ανοιχτόχρωμες περιοχές μπορεί να εμφανιστούν από τοπικά υπερβολική επεξεργασία πολύ υγρού σκυροδέματος (π.χ. λόγω μεγάλης κάθισης ή υπερβολικής εξίδρωσης) και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ασθενέστερη επιφάνεια.

Κακή αποστράγγιση

Συστροφή

- Η μείωση της συστροφής επιτυγχάνεται με προσπάθεια εξίσωσης των ποσοστών υγρασίας και θερμοκρασίας μεταξύ κορυφής και βάσης της πλάκας (π.χ. πολύ καλή συντήρηση, μίγματα με μειωμένη συρρίκνωση, διάστρωση σε όχι υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος κ.λπ.). Πλάκες υψηλής αντοχής έχουν μικρότερη ρηγμάτωση εξαιτίας υψηλότερων πρώιμων καμπτικών και εφελκυστικών αντοχών.

ISBN: 978 – 960 – 99996 – 4 - 9

ΣΠΜΕ

ΣΥΛΛΟΓΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΑΣ