ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 3

Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες

ΣΠΜΕ
ΣΥΛΛΟΓΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΑΣ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Έκδοση 1η
Απρίλιος 2012

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 προϊόν εργασίας της Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας.
Βασικός άξονας των ενεργειών του Σ.Π.Μ.Ε. ήταν και είναι η συνεχιζόμενη εκπαίδευση και δια βίου μάθηση των Πολιτικών Μηχανικών. Στο πλαίσιο αυτό συγκροτήθηκε η Επιτροπή Τεχνολογίας Σκυροδέματος του Σ.Π.Μ.Ε. η οποία εργάστηκε χωρίς αμοιβή με κύριο σκοπό τη σύνταξη επιστημονικών εργασιών, όπως η παρούσα Τεχνική Οδηγία και τα μέλη της οποίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για το έργο τους.
Η έκδοση αυτή αποτελεί το τρίτο τεύχος μιας σειράς εκδόσεων που έχουν προγραμματιστεί και αφορούν σε θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος. Στόχος 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.

Φιλικά

Νίκος Ζυγούρης
Πρόεδρος Σ.Π.Μ.Ε.

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

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, εκπρόσωπος ΣΕΒΕΣ

Ν. Ζυγούρης Πολ. Μηχανικός, MSc

Β. Μπαρδάκης Δρ. Πολ. Μηχανικός

Θ. Παναγιωτίδης Πολ. Μηχανικός, εκπρόσωπος συνδέσμου εταιρειών προσμίκτων

Κ. Παπανικολάου Επίκουρη Καθηγήτρια Παν. Πατρών

Γ. Πιττός Πολ. Μηχανικός, MSc

Πίνακας Περιεχομένων

Διάγραμμα Νο 1: Διεργασίες κατά τη σκυροδέτηση δομικών μελών σε συνήθεις καιρικές συνθήκες

1. Εισαγωγή

2. Τι σημαίνει «σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες»;

3. Πριν τη σκυροδέτηση τί;

4. Πώς γίνεται η προετοιμασία των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος,

και πώς σχεδιάζονται και κατασκευάζονται οι αρμοί;

5. Ποιος είναι ο εξοπλισμός μεταφοράς και τοποθέτησης του προς διάστρωση σκυροδέματος;

(αντλίες, ταινίες, σωληνώσεις, κουβάδες, γερανοί, σέσουλες, κ.λπ.)

6. Πώς διαστρώνεται το σκυρόδεμα;

7. Πώς συμπυκνώνεται το διαστρωνόμενο νωπό σκυρόδεμα;

8. Πώς γίνεται η συντήρηση του διαστρωμένου σκυροδέματος;

9. Υπάρχουν ειδικές επισημάνσεις σκυροδέτησης ανά δομικό μέλος;

10. Μετά τη σκυροδέτηση τι;

11. Υπάρχουν ειδικές σκυροδετήσεις;

12. Πηγές

ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(ΣΠΜΕ)

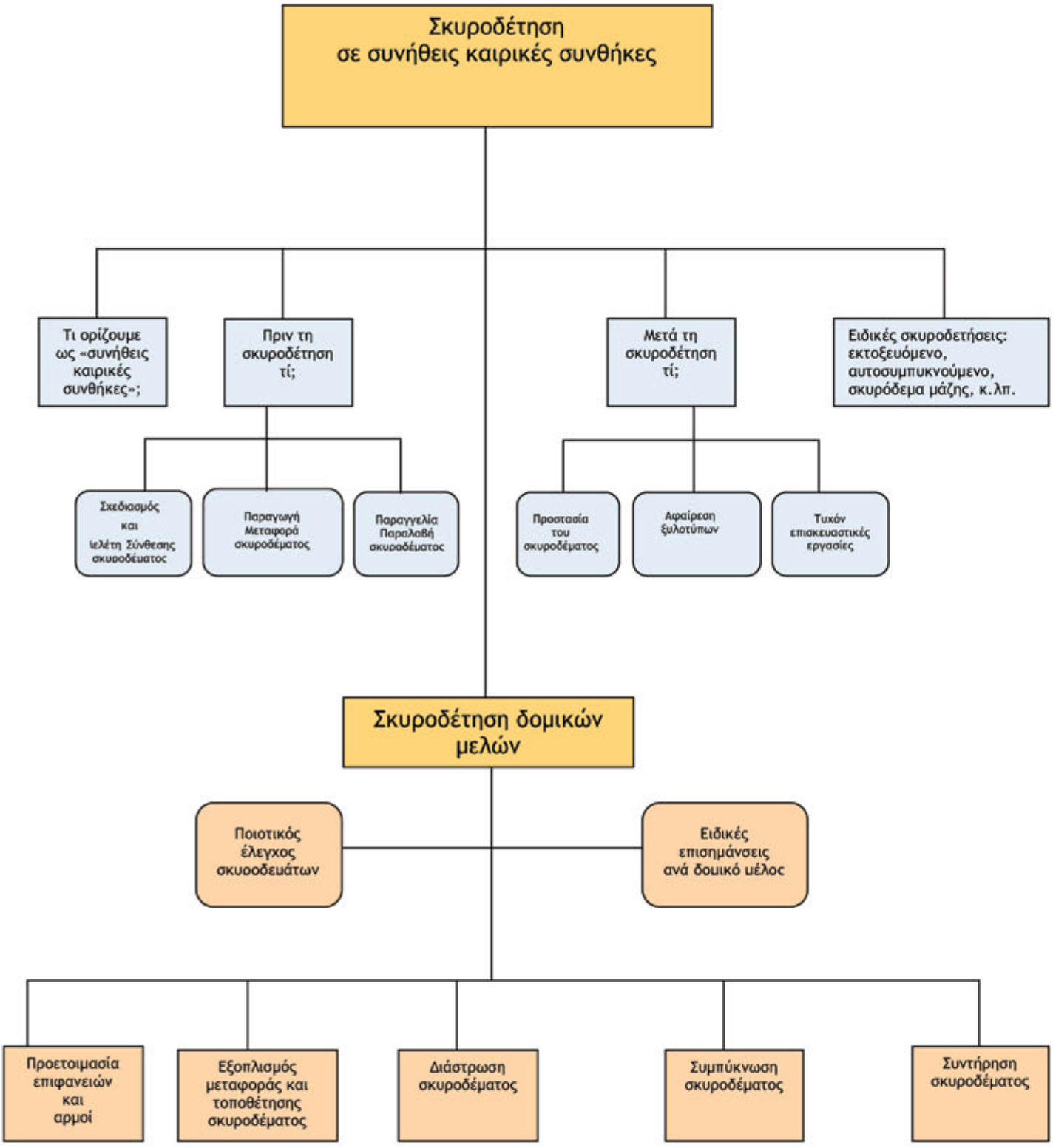
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τεχνική Οδηγία 3: Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες

Έκδοση 1η

ΑΘΗΝΑ -2012

Διάγραμμα Νο 1: Διεργασίες κατά τη σκυροδέτηση δομικών μελών σε συνήθεις καιρικές συνθήκες



1. Εισαγωγή

• Στο κείμενο αυτό συνοψίζονται οι πρακτικές σκυροδέτησης και συντήρησης του σκυροδέματος σε συνήθεις καιρικές συνθήκες. Απαλλαγμένη η οδηγία αυτή από προβλήματα και δυνητικές βλάβες που φέρνουν μαζί τους οι σκυροδετήσεις σε ακραίες καιρικές συνθήκες (όπως σκυροδετήσεις τόσο σε κρύο όσο και σε ζεστό καιρό) έρχεται να προτείνει κανόνες και πρακτικές που στοχεύουν στη δημιουργία ενός άρτιου και υψηλής ποιότητας δομικού μέλους από οπλισμένο σκυρόδεμα.

• Περισσότερες πληροφορίες παρέχονται στο Παράρτημα της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

2. Τι σημαίνει «σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες»;

• Οι συνήθεις καιρικές συνθήκες περιληπτικά υπονοούν κυρίως συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος εννοούνται κυρίως αυτές που βρίσκονται μέσα στη ζώνη: 5oC έως 35oC.

• Παρά το γεγονός ότι το σκυρόδεμα σε μια σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες απαλλάσσεται από τον κίνδυνο όλων των παραπάνω βλαβών, για να επιτευχθεί σκυρόδεμα υψηλής ποιότητας, απαιτείται να εφαρμόζονται μια σειρά από καλές πρακτικές σε όλες τις φάσεις κατά τη διαδικασία κατασκευής του εκάστοτε δομικού μέλους. Οι φάσεις αυτές περιλαμβάνουν από τη σωστή και συμμορφούμενη βάσει υψηλών προδιαγραφών παραγωγή του σκυροδέματος (π.χ. κατάλληλα υλικά, κατάλληλες διαδικασίες ζύγισης, ανάμιξης κ.λπ.) τη μεταφορά στο έργο, τη διάστρωση και συμπύκνωση μέχρι την κατάλληλη συντήρηση και τα απαιτούμενα τελειώματα.

• Όλους τους παραπάνω κανόνες, προσπαθεί να αναδείξει η παρούσα Τεχνική Οδηγία 3, υπενθυμίζοντας ότι: στις πλείστες των περιπτώσεων, οι πρακτικές και οι τεχνικές που έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλής ποιότητας σκυρόδεμα (τόσο στην παραγωγή του σκυροδέματος όσο και στην σκυροδέτησή του), μπορούν να υλοποιηθούν το ίδιο οικονομικά όσο απαιτούν και οι κακές πρακτικές και παραλείψεις που θα καταλήξουν σε σκυρόδεμα κακής ποιότητας.

• Πολλές από τις πρακτικές που περιγράφονται εδώ βελτιώνουν τόσο την ομοιομορφία όσο και την ποιότητα του σκυροδέματος και αποδίδουν ταχύτερες, περισσότερο εύρυθμες και απρόσκοπτες διεργασίες και συνεπώς και οικονομικότερες διαδικασίες.

3. Πριν τη σκυροδέτηση τί;

3.1 Σχεδιασμός σκυροδέματος

• Το νέο πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 υιοθετεί τη λογική του σχεδιασμού του σκυροδέματος με βάση τις ιδιότητες του υλικού. Το πρότυπο περιλαμβάνει δύο κατηγορίες του προϊόντος «σκυρόδεμα»: μία κυρίαρχη (που είναι το σχεδιαζόμενο σκυρόδεμα) και μια εναλλακτική (που είναι το προδιαγραφόμενο σκυρόδεμα). Έτσι:
1.Το σκυρόδεμα προδιαγεγραμμένων χαρακτηριστικών (σχεδιαζόμενο σκυρόδεμα), είναι ένα σκυρόδεμα για το οποίο προδιαγράφονται στον Παραγωγό οι ιδιότητες και τα τυχόν πρόσθετα χαρακτηριστικά του που απαιτούνται. Στην περίπτωση αυτή, ο Παραγωγός έχει την ευθύνη να παράγει σκυρόδεμα σύμφωνα με τις παραπάνω απαιτήσεις.

2. Το σκυρόδεμα προδιαγεγραμμένης σύνθεσης (προδιαγραφόμενο σκυρόδεμα), είναι ένα σκυρόδεμα του οποίου τόσο η σύνθεση όσο και τα συστατικά υλικά συνταγογραφούνται επακριβώς στον Παραγωγό, ο οποίος έχει την ευθύνη να παράγει το συγκεκριμένο προϊόν, ενώ την ευθύνη για τις ιδιότητές του την έχει ο προδιαγράφων τη σύνθεση.

• Με βάση την παραπάνω λογική, το σκυρόδεμα αντιμετωπίζεται σαν ένα προϊόν που προκύπτει βάσει σχεδιασμού. Ο σχε-

διασμός αυτός θα είναι τέτοιος ώστε να ικανοποιούνται συγκεκριμένες απαιτήσεις που αφορούν:
α) Στα προδιαγραφόμενα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος (ιδιότητες του υλικού) τόσο στη νωπή όσο και στη σκληρυμένη φάση και
β) Στην ανθεκτικότητα[1] του σκυροδέματος σε περιβαλλοντικές δράσεις που καθορίζονται από τη μελέτη, για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

• Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στη συνέχεια αλλά και στο συνημμένο Παράρτημα.

3.2 Μελέτη Σύνθεσης

• Η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος είναι η επιστημονική μεθοδολογία προσδιορισμού των σχετικών αναλογιών των συστατικών του, οι οποίες είναι ικανές να προσδώσουν στο υλικό προκαθορισμένες επιθυμητές ιδιότητες (να ικανοποιήσουν δηλαδή συγκεκριμένες απαιτήσεις επιτελεστικότητας[2], τόσο κατά τη νωπή, όσο και κατά τη σκληρυμένη του φάση), με τον πλέον οικονομικό τρόπο.

• Για κάθε εφαρμογή/έργο, η στοχοθέτηση των κατάλληλων επιτελεστικοτήτων και του χρόνου επίτευξής τους είναι μέγιστης σημασίας.

• Βάσει του ΚΤΣ-97, το σκυρόδεμα πρέπει να μελετάται και να παρασκευάζεται ώστε να έχει: ομοιογένεια, την εργασιμότητα εκείνη που θα επιτρέψει να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά με τα διαθέσιμα μέσα και την αντοχή, την ανθεκτικότητα και όλες τις άλλες πρόσθετες ιδιότητες, οι οποίες προδιαγράφονται για το έργο. Οι αναλογίες των υλικών για την παρασκευή του σκυροδέματος (κάθε ποιότητας, συμπεριλαμβανομένων των σκυροδεμάτων ειδικών απαιτήσεων) καθορίζονται από εργαστηριακή[3] μελέτη σύνθεσης. Η μελέτη σύνθεσης για κάθε ποιότητα σκυροδέματος πρέπει να γίνεται στην αρχή του έργου και πρέπει να επαναλαμβάνεται: (α) όταν αλλάζει η πηγή λήψης αδρανών, (β) όταν τα αδρανή παρουσιάζουν διαφορετική διαβάθμιση από εκείνη που είχαν στη μελέτη σύνθεσης, (γ) όταν αλλάζουν τα πρόσμικτα/πρόσθετα ή/και ο τύπος του τσιμέντου και (δ) όταν το μίγμα παρουσιάζει τάσεις απόμιξης ή η κάθισή του αποκλίνει από την απαιτούμενη.

• Με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΝ 206-1, ο προδιαγράφων το σκυρόδεμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε ένα τεχνικό έργο (συνήθως ο μελετητής μηχανικός) καθορίζει όλες τις απαιτήσεις για το σκυρόδεμα με βάση το είδος της εφαρμογής, τις συνθήκες συντήρησης, τις διαστάσεις της κατασκευής, τις περιβαλλοντικές δράσεις και τους περιορισμούς λόγω κατηγορίας έκθεσης. Το σκυρόδεμα μπορεί να προδιαγράφεται ως σχεδιαζόμενο ή ως προδιαγραφόμενο με βάση είτε προκαταρκτικές δοκιμές (δοκιμαστικά αναμίγματα) είτε τη γνώση και εμπειρία που έχει αποκτηθεί για σκυροδέματα παρομοίων προδιαγραφών.

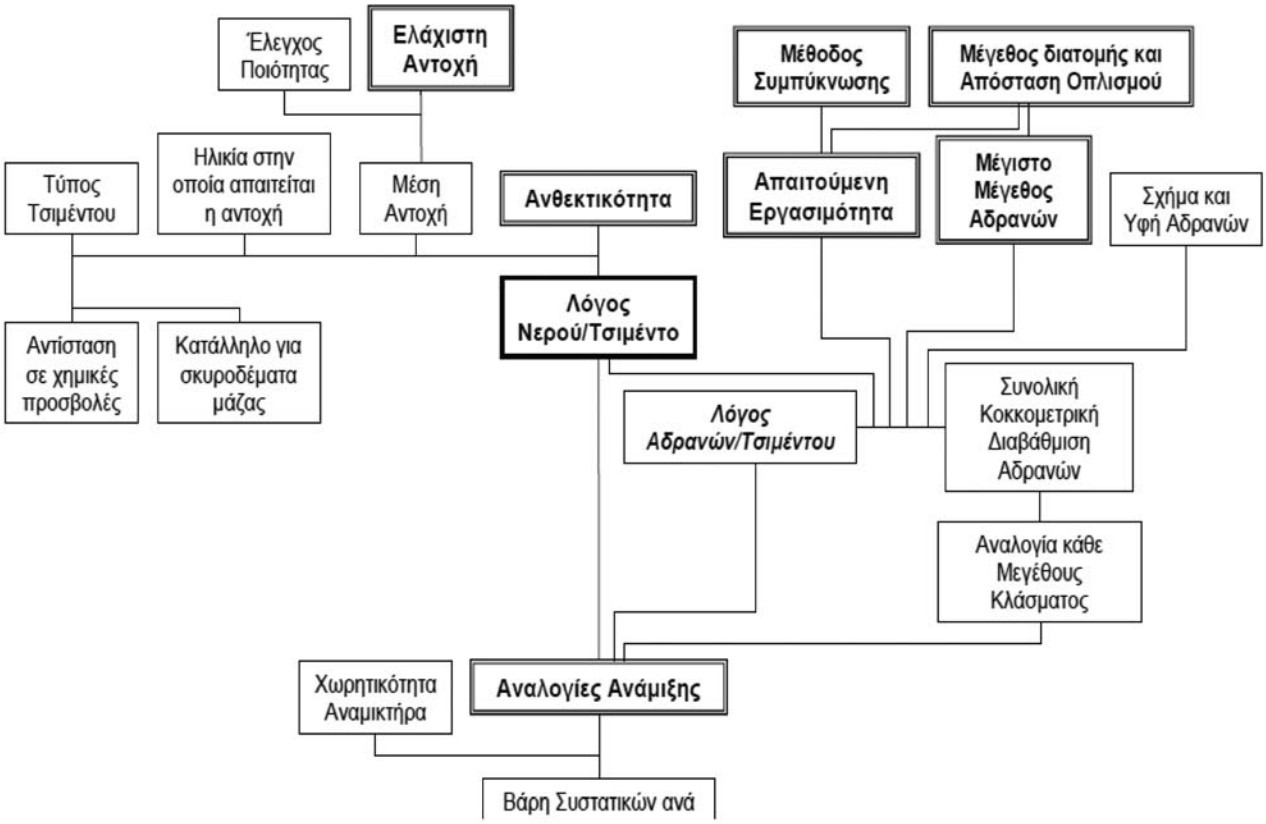
• Οι προδιαγραφές για το σχεδιαζόμενο σκυρόδεμα περιλαμβάνουν την κατηγορία αντοχής, την κατηγορία έκθεσης, το μέγιστο κόκκο αδρανών, την κατηγορία εργασιμότητας και τη μέγιστη περιεκτικότητα σε χλωριόντα, καθώς επίσης και τυχόν πρόσθετες απαιτήσεις σχετικές με: ειδικούς τύπους τσιμέντων ή και αδρανών, αντοχή σε παγετό (π.χ. μέσω της χρήσης αερακτικών), θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος, ρυθμό ανάπτυξης αντοχής, επιβράδυνση της πήξης, χαμηλή διαπερατότητα, αντοχή σε απότριψη, αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη, ειδικό τελείωμα επιφανειών, κ.τ.λ.

• Οι βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή των συστατικών του σκυροδέματος και των εκάστοτε κατάλληλων αναλογιών τους, υπακούουν στην επίλυση ενός βασικού προβλήματος: να προσδιοριστούν αναλογίες και συστατικά ενός αναμίγματος με το χαμηλότερο κόστος το οποίο θα ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις.

• Οι βασικοί αυτοί παράγοντες μπορούν να αποτυπωθούν και στο παρακάτω Σχήμα 1.

1 Στην ανθεκτικότητα του σκυροδέματος κυρίαρχο λόγο κατέχει η προστασία έναντι διάβρωσης του χάλυβα σε έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα.
2 Με τον όρο επιτελεστικότητα αποδίδεται, προς το παρόν, στη γλώσσα μας ο αγγλικός όρος: performance.
3 Εργαστηριακή σύνθεση η οποία γίνεται είτε από τα εργαστήρια ΥΠΕΧΩΔΕ (βλ. ΥΠΕΚΑ), είτε από εργαστήρια ΑΕΙ, είτε από άλλα αναγνωρισμένα εργαστήρια.

Σχήμα 1. *Βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος.*



3.3 Παραγγελία σκυροδέματος

• Σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97, ο «παραγγέλων έτοιμο σκυρόδεμα (Επιβλέπων, Υπηρεσία, ιδιοκτήτης με τη συνεργασία του Μελετητή ή του Επιβλέποντα)», πρέπει μεταξύ άλλων να προδιαγράφει:
• Την κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος και την ποσότητα του σκυροδέματος
• Την κατηγορία κάθισης (S1, S2, S3, S4, S5)
• Την ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m3)
• Το μέγιστο λόγο νερό/τσιμέντο (N/T)

• Τα στοιχεία αυτά θα αναγράφονται και στο Δελτίο Αποστολής του εργοστασίου καθώς επίσης:
• Ο τύπος του τσιμέντου, και
• Αν έχει προστεθεί επιβραδυντικό

• Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1+ΕΠ στις βασικές απαιτήσεις, περιλαμβάνονται επιπλέον και τα εξής:
• Απαίτηση για συμμόρφωση με το ΕΝ 206-1
• Κατηγορία έκθεσης (exposure class)
• Μέγιστη ονομαστική διάσταση κόκκου του χονδρότερου κλάσματος των αδρανών (Dmax)
• Κατηγορία περιεκτικότητας σε χλωριόντα

• Πρόσθετες απαιτήσεις κατά το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 μπορούν μεταξύ άλλων να προδιαγραφούν αν αυτό είναι απαραίτητο, όπως:
• Ειδικοί τύποι τσιμέντων
• Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για την ανθεκτικότητα σε ψύξη/απόψυξη

• Απαιτήσεις για τη θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος
• Ανάπτυξη αντοχής
• Υδατοστεγανότητα
• Ανθεκτικότητα σε επιφανειακή φθορά
• Αντοχή σε εφελκυσμό διάρρηξης του σκυροδέματος αν αυτό απαιτείται από το είδος του έργου
• Χρήση ειδικής μεθόδου διάστρωσης κ.λπ.

• Συνιστάται, αν αυτό είναι δυνατό, να προδιαγραφεί και ο ρυθμός παράδοσης του σκυροδέματος στο έργο (π.χ. 10m3/h, για κολώνες, 30m3/h για πλάκες, 60m3/h για γενική κοιτόστρωση πάχους: 0,60m – 1,0 m κ.λπ.).

3.4 Ημερήσια παραγωγή σκυροδέματος

• Το σκυρόδεμα πρέπει να έχει μελετηθεί και να παρασκευάζεται έτσι ώστε:
α) να έχει ομοιογένεια
β) να έχει την εργασιμότητα εκείνη που θα του επιτρέψει να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά με τα διαθέσιμα μέσα και
γ) να έχει την αντοχή, την ανθεκτικότητα και όλες τις πρόσθετες ιδιότητες οι οποίες προδιαγράφονται για το έργο

• Ένας σωστός σχεδιασμός εξασφαλίζει επαρκή παραγωγή συνεκτικού σκυροδέματος.

• Η παραγωγή κάθε κατηγορίας σκυροδέματος θα κυβερνάται από τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τη Μελέτη Σύνθεσης τόσο για την καταλληλότητα των υλικών, όσο και για τις αναλογίες τους. Η επαλήθευση των απαιτήσεων των προδιαγραφών τόσο για το νωπό σκυρόδεμα, όσο και για το σκληρυμένο, θα γίνεται με την υλοποίηση σειράς δοκιμών κατά το στάδιο της παραγωγής. Αναλυτικές οδηγίες και κριτήρια αποδοχής για τις δοκιμές αυτές δίνονται τόσο στον ΚΤΣ-97, όσο και στο πρότυπο ΕΝ 206-1.

• Σε όλα τα αντίστοιχα κανονιστικά κείμενα και πρότυπα, δίνονται οι απαιτήσεις για το προσωπικό που εμπλέκεται στην παραγωγή, καθώς και για τον εξοπλισμό παραγωγής και τις αναγκαίες υποδομές. Σε αυτές τις απαιτούμενες διαδικασίες, κυρίαρχης σημασίας είναι ο τρόπος ζύγισης των υλικών, καθώς και ο τρόπος ανάμιξης του σκυροδέματος.

• Κατά το πρότυπο ΕΝ 206-1, κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή αξιόπιστου σκυροδέματος παίζει πλέον ο έλεγχος της παραγωγής μέσω συστημάτων ελέγχου παραγωγής, τήρησης στοιχείων και εγγράφων, μεθόδων ελέγχου και καταγεγραμμένων διαδικασιών ελέγχου. Ο αυτοέλεγχος αυτός λαμβάνει υπόψη όλες τις αρχές του EN ISO 9001. Όλα τα σκυροδέματα υποβάλλονται σε έλεγχο παραγωγής[1] με ευθύνη του παραγωγού.

• Σύμφωνα με τις νέες αυτές απαιτήσεις μαζί με τον έλεγχο παραγωγής ο παραγωγός εφαρμόζει και έλεγχο συμμόρφωσης. Ο έλεγχος συμμόρφωσης περιλαμβάνει το συνδυασμό ενεργειών και αποφάσεων που απορρέουν από κανόνες συμμόρφωσης καθορισμένους εκ των προτέρων για τον έλεγχο της συμμόρφωσης του σκυροδέματος με την παραγγελία (προδιαγραφή). Η συμμόρφωση, ή η μη συμμόρφωση, κρίνονται βάσει κριτηρίων συμμόρφωσης. Η παραπάνω εκτίμηση της συμμόρφωσης βασίζεται σε αποτελέσματα ελέγχων (συνήθως για μια χρονική περίοδο ενός έτους) για όλες τις απαιτούμενες ιδιότητες (π.χ. θλιπτική αντοχή, εφελκυσμός μέσω διάρρηξης, πυκνότητα, λόγος Ν/Τ, περιεκτικότητα σε τσιμέντο, περιεκτικότητα σε αέρα, περιεκτικότητα σε χλωριόντα, κάθιση, εξάπλωση κ.λπ.).

• Πέραν του ελέγχου παραγωγής και του ελέγχου συμμόρφωσης ο παραγωγός του σκυροδέματος (κατά το ΕΝ 206-1) είναι υπεύθυνος και για την αξιολόγηση της συμμόρφωσης του σκυροδέματος με τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις. Η αξιολόγηση αυτή της συμμόρφωσης γίνεται όπως ήδη αναφέρθηκε μέσω αρχικών δοκιμών, ελέγχου παραγωγής και ελέγχου συμμόρφωσης.

• Συνιστάται δε από τα πρότυπα η εκτίμηση, επίβλεψη και η πιστοποίηση των όσων εφαρμόζει ο παραγωγός για τον έλεγχο παραγωγής του για κάθε κατηγορία σκυροδέματος να γίνεται από αναγνωρισμένο φορέα ή φορέα πιστοποίησης.

1 Factory Production Control – FPC

• Τα καθήκοντα του φορέα αυτού έχουν να κάνουν:
α) με τον αρχικό έλεγχο της μονάδας σκυροδέματος και του εσωτερικού ελέγχου παραγωγής,
β) με τη συνεχή επίβλεψη του ελέγχου παραγωγής,
γ) με εκτάκτους ελέγχους.

• Με βάση όλα τα παραπάνω, ο αναγνωρισμένος φορέας θα αποφασίσει για την πιστοποίηση του ελέγχου παραγωγής κάθε κατηγορίας σκυροδέματος.

3.5 Μεταφορά σκυροδέματος στο έργο

• Κατά τη μεταφορά του το σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή ή τη πρόσμιξή του με ξένα υλικά και δε πρέπει να χάνει την ομοιογένειά του.

• Τα φορτηγά αναμικτήρες σκυροδέματος, θα πρέπει να είναι βαμμένα σε λευκό χρώμα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση του σκυροδέματος στις χαμηλότερες δυνατές θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

• Οι οδηγοί των φορτηγών αναμικτήρων, θα πρέπει οπωσδήποτε να φέρουν μαζί τους δοχείο με πρόσμικτο υπερρευστοποιητή[1] είτε υπερρευστοποιητή με επιβράδυνση[2], έτσι ώστε σε περίπτωση καθυστέρησης άφιξης στο έργο για διάφορους λόγους (κίνηση δρόμων, ατύχημα κλπ), να είναι σε θέση να αυξήσουν την εργασιμότητα του σκυροδέματος επί τόπου στο εργοτάξιο, ώστε αυτό να παραδοθεί στο έργο, σύμφωνα με την απαίτηση παραγγελίας του μηχανικού αναφορικά με τη κάθιση, υπό την προϋπόθεση ότι η προσθήκη του προσμίκτου έχει συμπεριληφθεί στη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να υπάρχουν σαφείς και γραπτές οδηγίες του υπευθύνου ποιότητας παραγωγής της μονάδας σκυροδέματος, αναφορικά με τη δοσολογία του προσμίκτου αυτού ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος. Η προσθήκη αυτή γίνεται με ευθύνη του παραγωγού. Σε κάθε περίπτωση, η ποσότητα αυτή του προσμίκτου που προστίθεται στο φορτίο του οχήματος θα καταγράφεται στο δελτίο αποστολής.

3.6 Παραλαβή σκυροδέματος (και ποιοτικός έλεγχος)

• Έτοιμο σκυρόδεμα
Κατά την παραλαβή του ετοίμου σκυροδέματος στο έργο, πρέπει να γίνονται οι έλεγχοι που προβλέπονται[3]. Συνοπτικά, οι έλεγχοι αφορούν τόσο στα στοιχεία του Δελτίου Αποστολής, όσο και στην ποιότητα του νωπού σκυροδέματος. Αναλυτικότερα:

-Έλεγχος του Δελτίου Αποστολής
1. Στοιχεία Δελτίου Αποστολής
2. Κατηγορία αντοχής, κατηγορία κάθισης, τύπος/ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, προσθήκη επιβραδυντικού
3. Χρόνος φόρτωσης/άφιξης/εκφόρτωσης

-Έλεγχοι νωπού σκυροδέματος
1. Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος
2. Μέτρηση εργασιμότητας (κάθιση).
3. Έλεγχοι ανοχών κάθισης σε σύγκριση με την προδιαγραφόμενη τιμή
4. Μέτρηση θερμοκρασίας σκυροδέματος
5. Λήψη συμβατικών 3 ή 6 ή 12 δοκιμίων, αναλόγως της ημερήσιας ποσότητας της σκυροδέτησης (από διαφορετικά αυτοκίνητα/αναδευτήρες- βαρέλες)
6. Προσθήκη υπερρευστοποιητικού και επανάμιξη (π.χ. 3 λεπτά)
7. Απαγόρευση προσθήκης νερού ή στεγανωτικών, επί τόπου

-Όλοι αυτοί οι έλεγχοι και οι αντίστοιχες ενέργειες προτείνεται να καταγράφονται σε έντυπο/έκθεση αποδοχής (acceptance) σκυροδέματος. Μια μορφή παρόμοιου εντύπου δίνεται στο συνημμένο Παράρτημα.

1 EN 934-2, Πιν 3.1 & 3.2.
2 EN 934-2, Πιν 11.1 & 11.2.
3 π.χ. από τον ΚΤΣ-97, το ΕΛΟΤ-346, τα αντίστοιχα ΕΤΕΠ/ΕΛΟΤ κ.λπ.

• Εργοταξιακό σκυρόδεμα
Στην περίπτωση εργοταξιακού σκυροδέματος, γίνεται έλεγχος του Δελτίου Παραγωγής σκυροδέματος και συμπλήρωση του εντύπου σκυροδέτησης[1]. Επίσης γίνονται έλεγχοι – μετρήσεις εργασιμότητας (κάθισης) και θερμοκρασίας σκυροδέματος καθώς και λήψη δοκιμίων από διαφορετικά αναμίγματα, στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος. Αναλόγως, εάν είναι εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων (6 ή 12 δοκίμια) ή εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων, (15-60 δοκιμαστικά αναμίγματα που πρέπει να έχουν προηγηθεί και μετά ακολουθεί η λήψη 12 δοκιμίων τις πρώτες 3 ημέρες σκυροδετήσεων και στη συνέχεια: 3 δοκίμια ημερησίως από διαφορετικό ανάμιγμα το καθένα), σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97.

• Ο συνολικός χρόνος μεταξύ του χρόνου φόρτωσης και του χρόνου πέρατος εκφόρτωσης, να μην υπερβαίνει την 1 ώρα + 30 λεπτά ή 1 ώρα +50 λεπτά, εάν έχει προστεθεί επιβραδυντικό και να μην είναι ο συνολικός αριθμός περιστροφών του αυτοκινήτου –αναδευτήρα (βαρέλας) μεγαλύτερος των 300.

3.7 Αντλήσιμο σκυρόδεμα: ένα εξειδικευμένο σκυρόδεμα;

• Η άντληση του σκυροδέματος είναι γενικά αποδεκτή σαν μια από τις κύριες μεθόδους της διανομής και διάστρωσης του σκυροδέματος. Αν και η άντληση μπορεί να μην είναι πάντα η πιο προτιμητέα εκλογή διάστρωσης, προσφέρει σίγουρα πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων όπως είναι ο γερανός και το βαγονέτο, οι ανυψωτήρες και οι ταινιόδρομοι. Η χρήση αντλιών σκυροδέματος είναι αυξανόμενη σε όλο τον κόσμο καθώς οι αντλίες γίνονται όλο και πιο αξιόπιστες. Έτσι, τα αναμίγματα που καθιστούν ικανή την άντληση του σκυροδέματος είναι πολύ περισσότερο γνωστά.

• Η χρήση αντλίας προσφέρει πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων διάστρωσης. Μεταφέροντας το σκυρόδεμα με μια σταθερή ροή από το σημείο παραλαβής κατευθείαν στο σημείο χύτευσης απομακρύνει την ανάγκη για μακρές διαδρομές με καρότσια, ικριώματα, ανυψωτικά, ανατρεπόμενα, κλπ. ή συνδυασμό των παραπάνω. Έτσι, η αντλία σκυροδέματος υπερνικάει προβλήματα πρόσβασης, γεγονός που αποτελεί ένα καθαρό πλεονέκτημα έναντι άλλων επιλογών διάστρωσης.

• Για να επιτευχθεί η καλύτερη απόδοση από μια αντλία σκυροδέματος, ο πραγματικός χρόνος άντλησης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομος. Για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν τέσσερα κύρια σημεία που απαιτούν προσοχή. Αυτά είναι τα παρακάτω:

(α) Το νωπό σκυρόδεμα πρέπει να είναι έτοιμο εγκαίρως
(β) Πρέπει να υπάρχει επαρκής αριθμός από έμπειρα άτομα στο προσωπικό του εργοταξίου για τη διάστρωση και τη συμπύκνωση
(γ) Ο απαραίτητος εξοπλισμός πρέπει να είναι διαθέσιμος από την αρχή και καθόλη τη διάρκεια της χύτευσης
(δ) Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι αντλήσιμο

• Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα που σχετίζεται με την άντληση του σκυροδέματος είναι η έμφραξη (το «μπλοκάρισμα»). Είναι σημαντική η έγκαιρη αναγνώριση μιας έμφραξης, η γνώση των αιτιών που το προκαλούν και η άμεση ικανότητα αντιμετώπισής τους.

• Οι τρεις κύριες αιτίες εμφράξεων, με σειρά σπουδαιότητας, είναι: παραλείψεις στη μελέτη σύνθεσης, ελαττώματα στο σωλήνα και στις συνδέσεις και λάθος του χειριστή ή απροσεξία στη χρήση του ακροφύσιου.

4. Πώς γίνεται η προετοιμασία των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος και πώς σχεδιάζονται και κατασκευάζονται οι αρμοί;

4.1 Καλούπια Σκυροδέματος: Σχεδιασμός – Έλεγχος

• Οι επιφάνειες υποδοχής (καλούπια - τύποι) του προς διάστρωση σκυροδέματος αποτελούν τμήμα ενός ολόκληρου συστήματος το οποίο καλείται:
α) να εξασφαλίσει ότι το σκυρόδεμα θα έχει τη μορφή και τις διαστάσεις οι οποίες προβλέπονται από την μελέτη και
β) να φέρει ασφαλώς τα φορτία τα οποία προκαλούνται κατά την διάρκεια της σκυροδέτησης και έως την ωρίμανση του

1 Έτσι όπως περιγράφεται π.χ. στο αντίστοιχο ΕΤΕΠ/ΕΛΟΤ

σκυροδέματος (μέσω των στηρίξεων των τύπων)
γ) να προστατεύει το σκυρόδεμα και τις εν επαφή επιφάνειές του.
• Για να εξασφαλιστεί η δεύτερη απαίτηση θα πρέπει να προηγηθεί μελέτη σχεδιασμού των ικριωμάτων και των επιφανειών υποδοχής.

4.2 Γενικά μέτρα προετοιμασίας των επιφανειών

• Η προετοιμασία και ο έλεγχος των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος εξαρτάται άμεσα από το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται.

• Ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής, τα βασικά στοιχεία της προετοιμασίας των επιφανειών υποδοχής (καλουπιών) πριν την τοποθέτηση του προς διάστρωση σκυροδέματος είναι τα ακόλουθα:
- Η εξασφάλιση της στεγανότητας των αρμών μεταξύ των στοιχείων των καλουπιών.
- Η τοποθέτηση τυχόν σωληνώσεων, αγωγών και λοιπών εξαρτημάτων των εγκαταστάσεων πάσης φύσης που τυχόν προορίζονται να ενσωματωθούν στο σκυρόδεμα.
- Η τοποθέτηση όλων των πρόσθετων μορφολογικών στοιχείων, τα οποία προβλέπονται στις λεπτομέρειες της μελέτης (τελειώματα, κορνίζες κ.λ.π.)
- Η επάλειψη των καλουπιών (ξυλοτύπων) με αποκολλητικό υλικό σκυροδέματος. Θα γίνεται μετά από ενδελεχή καθαρισμό τους μια ημέρα πριν από την τοποθέτηση των οπλισμών και με υλικό κατάλληλο για τον συγκεκριμένο τύπο καλουπιών. Δεν επιτρέπεται να έλθει σε επαφή το αποκολλητικό υλικό με τον οπλισμό.

4.3 Ειδικά μέτρα προετοιμασίας των επιφανειών

• Κατά τη διάρκεια της διάστρωσης του σκυροδέματος, ο χαλύβδινος οπλισμός και τα ενσωματούμενα τεμάχια θα πρέπει να είναι καθαρά και ελεύθερα από λάσπη, λάδι και άλλες επικαλύψεις οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την αντοχή συνάφειας.

• Φροντίδα θα πρέπει να ληφθεί για να εξασφαλιστεί ότι όλος ο χαλύβδινος οπλισμός είναι σωστού μεγέθους και μήκους και ότι είναι τοποθετημένος στη σωστή θέση και είναι ματισμένος σύμφωνα με τα σχέδια. Θα πρέπει να διατηρείται η επαρκής επικάλυψη σκυροδέματος του χαλύβδινου οπλισμού.

• Απαιτείται, ένας τελικός λεπτομερής έλεγχος της θεμελίωσης, των αρμών (κατασκευαστικών και άλλων), των ξυλοτύπων, των στεγανοποιητικών, του οπλισμού και άλλων τμημάτων των οποίων η τοποθέτηση θα πρέπει να έχει γίνει αμέσως πριν από τη διάστρωση του σκυροδέματος.

• Θα πρέπει να αναπτυχθεί μια μέθοδος καταγραφής της κατάλληλης επιθεώρησης- επίβλεψης και να εγκριθεί από όλους τους συμβαλλόμενους πριν από την έναρξη των εργασιών. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά για να εξασφαλιστεί ότι είναι σε συμφωνία με τα σχέδια, τις προδιαγραφές και την καλή πρακτική.

4.4 Αρμοί σε έργα από σκυρόδεμα

4.4.1 Εισαγωγή

• Το σκυρόδεμα αναπτύσσει λόγω της σταδιακής απώλειας του νερού της ανάμιξης μία παραμόρφωση (συστολή ξήρανσης) περίπου 0,60 ‰, όταν η παραμόρφωση σε αντοχή εφελκυσμού που μπορεί να υποστεί σε πλήρη ωρίμανση είναι περίπου 0,15‰. Εφόσον η ομαλή μείωση του όγκου του μέλους παρεμποδίζεται, ανάλογα και με τη φύση του και τις συνθήκες συντήρησης (πλάκα επί εδάφους, υπέργεια κατασκευή, προσθήκη νωπού σε υφιστάμενο σκυρόδεμα, σκυροδέτηση σε υψηλή θερμοκρασία[1]), το σκυρόδεμα ρηγματώνεται κατά την ωρίμανση, λαμβάνοντας υπόψη ότι και οι αντοχές σε εφελκυσμό δεν έχουν ακόμη επαρκώς αναπτυχθεί. Η αποφυγή αυτής της ρηγμάτωσης επιτυγχάνεται με τη δημιουργία αρμών.

• Πέραν της ανάγκης να ελεγχθεί η συστολή αυτή, στα έργα από σκυρόδεμα ενσωματώνονται αρμοί παντός είδους για την ανακούφιση από οιεσδήποτε ανεπιθύμητες εσωτερικές εφελκυστικές τάσεις που προκύπτουν από δράσεις ή χρόνιες παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού, θερμοκρασιακών συστολο-διαστολών[2], παρα-μορφώσεων λόγω των δράσεων και άλλων μετατοπίσεων στα όρια (π.χ. ολικές ή διαφορικές καθιζήσεις) ή στο σώμα του δομήματος (σεισμικές μετατοπίσεις).

1 Βλέπε και ΣΠΜΕ, Τεχνική Οδηγία Νο. 1, «Σκυροδέτηση σε υψηλή θερμοκρασία», 2011.
2 Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ 2000, ο συντελεστής διαστολής του σκυροδέματος λαμβάνεται $10 \times 10^{-6}/°C$.

• 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 προκύψουν στο φέροντα οργανισμό λόγω των παραπάνω εντατικών καταστάσεων. 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).

4.4.2 Κατηγορίες αρμών

• 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. Λόγω της πληθώρας των τύπων, οι αρμοί ταξινομούνται με βάση τα χαρακτηριστικά τους έτσι όπως περιγράφονται στο συνημμένο Παράρτημα.

4.4.3 Σχεδιασμός των αρμών

• Ο σχεδιασμός των αρμών πρέπει να εξασφαλίζει την αναμενόμενη ξεκάθαρη λειτουργία που αναμένεται να έχουν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Τα κριτήρια σχεδιασμού θα αφορούν:

1. Την επάρκεια των οπλισμών και υλικών για επαρκή φέρουσα ικανότητα (όπου απαιτείται) με ενδεχόμενη επίδραση της κόπωσης,
2. Την επάρκεια των διαστάσεων, οπλισμών και υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τις κατασκευαστικές ανοχές υλοποίησης και τις άμεσες και μακροχρόνιες μετακινήσεις που θα προκύψουν σύμφωνα με τις οριακές και τυχηματικές δράσεις και παραμορφώσεις του φορέα,
3. Την προσβασιμότητα στον αρμό για μελλοντική επιτήρηση και συντήρηση,
4. Την ανθεκτικότητα των υλικών κατασκευής (σφραγιστικά υλικά και υλικά πλήρωσης αρμού, αρμοκάλυπτρα, ειδικά ένθετα τεμάχια, εφέδρανα μεταφοράς φορτίου) για τις προδιαγραφόμενες συνθήκες περιβαλλοντικής έκθεσης από θερμοκρασία, ακτινοβολία, έκθεση σε χημικές και μηχανικές δράσεις,
5. Το πρόγραμμα συντήρησης και αντικατάστασης των υλικών και τεμαχίων του αρμού.

4.4.4 Μη προγραμματισμένοι αρμοί κατασκευής

• Είναι αρμοί κατασκευής που προκύπτουν κατά τη σκυροδέτηση. Πρόκειται για μη προγραμματισμένους αρμούς κατασκευής που προκύπτουν λόγω απρόβλεπτων συνθηκών κατά τη σκυροδέτηση. Ο κατασκευαστής θα πρέπει να καθορίσει σε συνεργασία με τον επιβλέποντα και/ή το μελετητή τη χωροθέτηση των αρμών και να διαθέτει επαρκή μέσα για να τους κατασκευάσει. Η εκτέλεση του αρμού (προετοιμασία, δόνηση, καλούπωμα, όπλιση, στεγάνωση) πρέπει να ακολουθεί την πρακτική των αρμών κατασκευής.

4.4.5 Κατασκευή των αρμών

• Σε κατακόρυφους ή κεκλιμένους αρμούς εν επαφή (αρμοί συστολής και αρμοί κατασκευής), για να επιτευχθεί η σωστή δόνηση και συντήρηση του σκυροδέματος αυτό θα πρέπει να είναι καλουπωμένο και να μην αφήνεται απλά να δονηθεί σε κεκλιμένη ελεύθερη επιφάνεια από κακώς δονημένο πορώδες υλικό, το οποίο θα συνδεθεί κατόπιν με το νέο σκυρόδεμα. Αυτό επομένως προϋποθέτει, όπως και οι αρμοί συστολής και διαστολής, και οι αρμοί αυτοί να είναι καλουπωμένοι κάθετα στη διεύθυνση των οπλισμών.

• Στους αρμούς εν επαφή, χρησιμοποιείται ένα ξύλινο καλούπι (ενδεχομένως με οπές για τη διέλευση των οπλισμών που απαιτεί η μελέτη) και κατόπιν μηχανική κατεργασία τράχυνσης της διεπιφάνειας ή νευρομετάλ (το οποίο επιτρέπει τη διέλευση οπλισμού) ενώ συγχρόνως αποδίδει μία επαρκώς δύσκαμπτη και ισχυρή καλουπωμένη επιφάνεια που επιτρέπει να τηρείται η τραχύτητα του σκυροδέματος για καλύτερη πρόσφυση.

• Τα καλούπια που οριοθετούν τα πλαϊνά ενός δομικού στοιχείου με αρμό εν επαφή θα πρέπει να επεκτείνονται και να στερεώνονται και στο υφιστάμενο σκληρυμένο τμήμα του αρμού, όπου πρέπει να γίνεται επαρκής σφράγιση του καλουπιού, ώστε να μη δημιουργηθεί φούσκωμα, μετάθεση του καλουπιού ή απώλεια της (νωπής) τσιμεντοκονίας κατά τη δεύτερη σκυροδέτηση – και άρα ατελής κατασκευή του αρμού.

4.4.6 Υλικά μόρφωσης και κατασκευής αρμών

• Η βιομηχανία δομικών υλικών και η κατασκευαστική τεχνολογία περιλαμβάνει μία πληθώρα δομικών υλικών – προσθέ-

των και προσμίκτων, εντοιχιζόμενων ειδικών τεμαχίων και υλικών κατασκευής ή μόρφωσης αρμών τα οποία απλά αναφέρονται στην παρούσα Τ.Ο. χωρίς ειδικότερη περιγραφή και τα οποία ο Μηχανικός μπορεί να αναζητήσει σε εξειδικευμένα Τεχνικά Περιοδικά (βλ. π.χ. το Δελτίο του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος) και στον παγκόσμιο ιστό, λόγω του ότι εξελίσσονται συνεχώς.

• Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων:
1. Υλικά βελτίωσης του σκυροδέματος στη διεπιφάνεια (υλικά συγκόλλησης ή στεγανοποίησης της διεπιφάνειας μεταξύ του νωπού με το σκληρυμένο σκυρόδεμα) και βελτιωτικά μάζης (π.χ. στεγανωτικά ή χημικά πρόσθετα για μη συρρικνούμενο σκυρόδεμα[1]). Χρησιμοποιούνται σε αρμούς κατασκευής.
2. Υλικά πλήρωσης και διαμόρφωσης του αρμού: περιλαμβάνονται τα υλικά πλήρωσης και στεγάνωσης του αρμού, είτε στην επιφάνεια (εσωτερικά ή εξωτερικά) ή και στο εσωτερικό του αρμού, σκωτίες και ενσωματούμενα τεμάχια μόρφωσης της επιφάνειας του αρμού σε δάπεδα και όψεις, λωρίδες, συνθετικά ελάσματα ή υφάσματα και λάμες για τη φραγή, συλλογή και αποβολή δια μέσου του αρμού της υγρασίας και του νερού που τυχόν να εισέλθει (χρησιμοποιούνται σε αρμούς συστολής και διαστολής (ή κινηματικής απομόνωσης), σε τοιχοπλήρωση ή σε προκατασκευασμένα τεμάχια όψης από σκυρόδεμα). Επί πλέον, ειδικά καλούπια μόρφωσης αρμών κατασκευής, συστήματα για τη στερέωση του διερχόμενου οπλισμού ή βλήτρων επάνω στο καλούπι ενός αρμού κατασκευής, καλούπια με προμορφωμένες εντορμίες ή διατμητικές κλείδες για χρήση στην οδοποιία και στα υδραυλικά έργα.
3. Διάφορα ειδικά τεμάχια σύνδεσης και μόρφωσης τμημάτων του αρμού και του οπλισμού για συγκεκριμένες εφαρμογές. Τέτοια είναι μεταξύ άλλων: αρμοκάλυπτρα με δυνατότητα παραλαβής σχετικής κίνησης ως προς μία έως τρεις ανεξάρτητες κατευθύνσεις, μηχανικές συνδέσεις συνέχειας των οπλισμών δια μέσου του αρμού (αρμοκλείδες), υλικά που χρησιμοποιούνται στην προένταση κατά τη διέλευση τενόντων δια μέσου των αρμών κατασκευής, ειδικές αρθρώσεις, ειδικές κυλίσεις και εφέδρανα, διατάξεις διαμορφωμένων εκ των προτέρων οπλισμών για τη διατμητική σύνδεση τμημάτων του αρμού (σκυροδέτηση με πρόπλακες), μούφες ή αρμοκλείδες στερεούμενες στο καλούπι του αρμού κατασκευής για την εξασφάλιση της συνέχειας των οπλισμών δια μέσου των αρμών, και άλλα.

5. Ποιος είναι ο εξοπλισμός μεταφοράς και τοποθέτησης του προς διάστρωση σκυροδέματος; (αντλίες, ταινίες, σωληνώσεις, κουβάδες, γερανοί, σέσουλες, κ.λπ.)

• Η διάστρωση του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με κάδους (buckets), χοάνες (hoppers), χειροκίνητα ή μηχανοκίνητα καρότσια, σέσουλες (chutes) και σωλήνες ρίψης (μπούμες- drop pipes), ταινιόδρομους (conveyor belts), αντλίες (pumps) μεταλλικούς υποθαλάσσιους σωλήνες (tremies) και εξοπλισμό επιστρώσεων (paving equipment).

• Η επιλογή του εξοπλισμού μεταφοράς θα πρέπει να βασίζεται στη δυνατότητά του για αποτελεσματική και εργονομική μεταφορά του σκυροδέματος.

• Όλος ο εξοπλισμός για τη διάστρωση θα πρέπει να είναι καθαρός και σε καλή κατάσταση. Ο εξοπλισμός διάστρωσης θα πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε να διαστρώνεται το σκυρόδεμα στην τελική του θέση χωρίς απόμιξη.

• Ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι διατεταγμένος έτσι ώστε το σκυρόδεμα να έχει ανεμπόδιστη κατακόρυφη ρίψη στο σημείο της διάστρωσής του ή μέσα στο δοχείο που το παραλαμβάνει.

• Ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι επαρκώς και σωστά διατεταγμένος ώστε η διάστρωση να μπορεί να προχωρήσει χωρίς αδικαιολόγητες καθυστερήσεις και το ανθρώπινο δυναμικό θα πρέπει να είναι επαρκές ώστε να εξασφαλίσει τη σωστή διάστρωση, συμπύκνωση και το τελείωμα του σκυροδέματος.

• Όταν επιλέγεται ο εξοπλισμός διάστρωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα του εξοπλισμού να διαστρώνεται το σκυρόδεμα στη σωστή θέση οικονομικά και χωρίς να αλλάζει η ποιότητά του.

1 Πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση μη συρρικνούμενου σκυροδέματος πρακτικά προϋποθέτει μια αρχική διόγκωση του σκυροδέματος, ώστε να εξισορροπηθούν οι μελλοντικές συστολές λόγω ξήρανσης. Σε αυτή την περίπτωση, ο σχεδιασμός του αρμού διαστολής – για απομόνωση έργων μεγάλης έκτασης – πρέπει να λάβει υπόψη αυτή την αρχική αύξηση του όγκου.

• Η επιλογή του εξοπλισμού επηρεάζεται από τη μέθοδο της παραγωγής του σκυροδέματος. Συγκεκριμένοι τύποι εξοπλισμού όπως κάδοι, χοάνες, καρότσια (buggies), κλπ. ταιριάζουν περισσότερο στην παραγωγή με παρτίδες, ενώ άλλος εξοπλισμός όπως ταινιόδρομοι και αντλίες είναι πιο κατάλληλοι για συνεχή παραγωγή.

6. Πώς διαστρώνεται το σκυρόδεμα;

6.1 Γενικά

• Για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου σκυροδέτησης πλείστοι παράγοντες πρέπει να συνεκτιμηθούν, όπως: ο τύπος του σκυροδετούμενου μέλους [π.χ. ρηχά στοιχεία (πλάκες, δοκοί), ή στενά στοιχεία μεγάλου βάθους (τοιχεία, υποστυλώματα)], οι λεπτομέρειες όπλισης, ο τύπος του σκυροδέματος (π.χ. εργασιμότητα και διατήρησή της στο χρόνο, χαρακτηριστικά εξίδρωσης), η εργονομία του εργοταξίου (π.χ. προσβασιμότητα στα σκυροδετούμενα στοιχεία, περιορισμοί λόγω ασφάλειας, χρονικοί περιορισμοί), κ.ά.

• Ένας σωστός σχεδιασμός, παρέχει ικανοποιητική δυνατότητα διάστρωσης έτσι ώστε το σκυρόδεμα όταν διαστρώνεται να μπορεί να διατηρηθεί συνεκτικό (plastic) και χωρίς ψυχρούς αρμούς.

• Πρώτη φροντίδα, πριν τη σκυροδέτηση είναι ο σχολαστικός καθαρισμός των καλουπιών από κάθε είδους ρύπο.

• Ο εξοπλισμός πρέπει να διατάσσεται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται στην κατακόρυφη διεύθυνση η ανεμπόδιστη έγχυση του σκυροδέματος εντός των τύπων.

• Η εκφόρτωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται στην τελική του θέση ή πλησίον αυτής.

• Η ροή του σκυροδέματος δεν θα πρέπει να καταλήγει σε διαχωρισμό και απόμιξη επιτρέποντας στο σκυρόδεμα να πέφτει ελεύθερα πάνω από τις ράβδους, τους αποστάτες, τον οπλισμό ή άλλα εγκιβωτισμένα υλικά.

• Η ροή του σκυροδέματος δεν θα πρέπει να διαχωρίζεται από βλήτρα, ράβδους οπλισμού, αποστατήρες, ή άλλα εγκλείσματα.

• Για να αποφευχθεί απόμιξη των συστατικών του σκυροδέματος κατά τη διάστρωση (τοιχείων, υποστυλωμάτων και δοκών) το σκυρόδεμα πρέπει να αδειάζεται σε οριζόντιες στρώσεις του ιδίου περίπου πάχους (κάθε μία από τις οποίες συμπυκνώνεται επαρκώς προτού διαστρωθεί η επόμενη) ή σε κοντινούς σωρούς. Τονίζεται ότι η διάστρωση σε μεγάλους σωρούς και το άπλωμα κατόπιν με δονητή προκαλεί απόμιξη.

• Ο ρυθμός διάστρωσης πρέπει να είναι αρκετά γρήγορος ώστε η τελευταία στρώση να είναι ακόμα σε πλαστική κατάσταση όταν διαστρώνεται η επόμενη, ώστε να εμποδίζεται ο σχηματισμός επιφανειών αδυναμίας, όπως αυτές που σχηματίζονται όταν γίνεται διάστρωση νωπού σκυροδέματος σε ήδη σκληρυμένο (αρμοί εργασίας).

• Εγκαταστάσεις για άμεση έναρξη της συντήρησης ή για εφαρμογή στεγανοποιητικών μεμβρανών θα πρέπει να είναι σε ετοιμότητα για να χρησιμοποιηθούν την κατάλληλη στιγμή.

6.2 Ειδικές επισημάνσεις διάστρωσης

• Όπου είναι πρακτικό, είναι ωφέλιμο να υπάρχει ασύρματη ή τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ του εργοταξίου μεγάλων σκυροδετήσεων και του συγκροτήματος παραγωγής και ανάμιξης ώστε να υπάρχει καλύτερος έλεγχος στα προγράμματα παράδοσης και να αποφεύγονται υπερβολικές καθυστερήσεις και σπατάλη σκυροδέματος.

• Εάν η διάστρωση του σκυροδέματος πρόκειται να γίνει τη νύχτα, το σύστημα φωτισμού θα πρέπει να είναι επαρκές ώστε να φωτίζει το εσωτερικό των ξυλοτύπων και να εξασφαλίζει ασφαλή χώρο εργασίας.

• Η διάστρωση του σκυροδέματος δεν θα πρέπει να ξεκινά όταν υπάρχει πιθανότητα να προκύψουν θερμοκρασίες παγετού, εκτός εάν υπάρχει μέριμνα για σκυροδέτηση σε κρύο καιρό (βλέπε Τεχνική Οδηγία 1).

• Είναι ενδεδειγμένο, το σκυρόδεμα να παραδίδεται στο εργοτάξιο με ομοιόμορφο ρυθμό, συμβατό με το ανθρώπινο δυναμικό και τον εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιείται στη διαδικασία διάστρωσης και διαμόρφωσης της τελικής επιφάνειας. Όπου μια διακοπή στη διαδικασία σκυροδέτησης θα μπορούσε να είναι πρόβλημα, θα πρέπει να έχει ληφθεί υπόψη, ώστε να έχει εξασφαλιστεί εφεδρικός εξοπλισμός.

• Εάν οι ξυλότυποι είναι επαρκώς ανοιχτοί και καθαροί έτσι ώστε να μην διακόπτεται η κατακόρυφη πτώση του σκυροδέματος, είναι συνήθως επιτρεπτή η άμεση εκφόρτωση, χωρίς τη χρήση χοανών, σωλήνων ή σεσουλών.

• Το σκυρόδεμα θα πρέπει να εναποτίθεται κοντά στην τελική θέση της διάστρωσης διότι έχει την τάση να απομιγνύεται όταν η ροή του προς την τελική του θέση γίνεται ελεύθερα.

• Το ύψος ελεύθερης πτώσης του σκυροδέματος κατά τη διάστρωση πρέπει να περιορίζεται για μεν τις πλάκες, τις δοκούς και τις στέγες σε 1 m, για δε τα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα, τοιχώματα) σε καμία περίπτωση πάνω από 2,5 m. Βέβαια αυτό το ύψος είναι μεγάλο και πρέπει να αποφεύγεται, με συνιστούμενο ύψος ελεύθερης πτώσης, αυτό του 1 m.

• Τέλος, μια αποτελεσματική τεχνική διάστρωσης τόσο για κονίαμα όσο και για σκυρόδεμα είναι η διαδικασία εκτόξευσης στην οποία λεπτές στρώσεις διαστρώνονται με πίεση, σε περιπτώσεις όπου η τοποθέτηση ξυλοτύπων είναι ακατάλληλη ή μη πρακτική, η πρόσβαση ή η τοποθεσία παρουσιάζει δυσκολίες ή οι συνήθεις τεχνικές χύτευσης δεν μπορούν να εφαρμοστούν.

7. Πώς συμπυκνώνεται το διαστρωνόμενο νωπό σκυρόδεμα;

7.1 Γενικά

• Η συμπύκνωση του σκυροδέματος γίνεται με δονητές μάζας ή επιφανείας. Το είδος του δονητή και ο αριθμός των δονητών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από τη μορφή του στοιχείου, την εργασιμότητα του σκυροδέματος και τη διαδικασία διάστρωσης.

• Η δόνηση πρέπει να εφαρμόζεται σε σκυρόδεμα που έχει διαστρωθεί πρόσφατα. Οι εσωτερικοί δονητές πρέπει να διεισδύουν γρήγορα στο σκυρόδεμα, να βγαίνουν από το σκυρόδεμα βραδέως και να διατηρούνται κατά το δυνατόν σε κατακόρυφη περίπου θέση, εκτός από ειδικές περιπτώσεις (ρηχές διατομές, ή δύσκολα προσπελάσιμες). Η δόνηση πρέπει να έχει τέτοια διάρκεια και έκταση ώστε να επέρχεται ικανοποιητική συμπύκνωση του σκυροδέματος χωρίς να προκαλείται απόμιξη.

• Τα ακόλουθα κριτήρια μπορούν να εφαρμόζονται για να κριθεί αν η συμπύκνωση είναι ικανοποιητική.

α) Τα αδρανή έχουν εισχωρήσει στη μάζα του σκυροδέματος και δεν είναι ευθέως ορατά γιατί καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα τσιμεντοκονιάματος.

β) Έχει παύσει η εμφάνιση μεγάλων φυσαλίδων. Σημειώνεται ότι σε περιπτώσεις μεγάλου σχετικώς πάχους σκυροδέματος οι φυσαλίδες χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φθάσουν στην επιφάνεια.

γ) Παρακολουθούνται προσεκτικά οι μεταβολές του ήχου του δονητή δεδομένου ότι η συχνότητα μειώνεται όταν ο δονητής εισέρχεται στο σκυρόδεμα στη συνέχεια μεγαλώνει και τελικά, όταν το μεγαλύτερο μέρος των φυσαλίδων έχει εξέλθει, γίνεται σταθερή. Τη στιγμή αυτή ο δονητής μπορεί να εξαχθεί αργά από το σκυρόδεμα.

• Οι δονητές επιφανείας θα εφαρμόζονται τόσο χρόνο, όσος απαιτείται για να βυθιστούν τα χονδρόκοκκα αδρανή μέσα στην υποκείμενη μάζα του σκυροδέματος και να προκύψει ομοιόμορφη εμφάνιση επαρκούς πολτού για τη διαμόρφωση ομαλής επιφάνειας, χωρίς επιφανειακά ελαττώματα, όπως συγκεντρώσεις αδρανών, τα οποία δεν περιβάλλονται από επαρκές κονίαμα κ.ά.

• Οι δονητές που εφαρμόζονται πάνω στα καλούπια θα προσαρμόζονται σε αυτά κατά τρόπο ώστε να μεταδίδουν επαρκή δόνηση στο σκυρόδεμα και θα μετακινούνται κατακόρυφα από κάτω προς τα πάνω, παράλληλα με το ανέβασμα των στρώ-

σεων του σκυροδέματος. Το ύψος μετακίνησης δεν θα υπερβαίνει το ύψος του σκυροδέματος που έχει επηρεασθεί από τη δόνηση. Οι δονητές μάζας πρέπει να βυθίζονται σε αποστάσεις μεταξύ τους, όσο η ακτίνα ενέργειας του δονητή.

7.2 Δονητές μάζας

• Η εσωτερική δόνηση είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος συμπύκνωσης πλαστικού σκυροδέματος για τις περισσότερες εφαρμογές. Η αποτελεσματικότητα ενός εσωτερικού δονητή (δονητή μάζας) εξαρτάται κυρίως από τη διάμετρο κεφαλής, τη συχνότητα και το εύρος δόνησης.

• Οι δονητές δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για να μετακινηθεί το σκυρόδεμα πλευρικά. Θα πρέπει να εισάγονται και να αποσύρονται κατακόρυφα σε κοντινά διαστήματα, χρησιμοποιώντας ένα συστηματικό σχέδιο δόνησης ώστε να εξασφαλιστεί ότι όλο το σκυρόδεμα έχει συμπυκνωθεί επαρκώς.

• Εφόσον ένας δονητής υπό λειτουργία θα βυθιστεί μέσα στο σκυρόδεμα από το βάρος του, δεν είναι πολύ αργά για το σκυρόδεμα να επωφεληθεί από την επαναδόνηση, η οποία θα βελτιώσει τη θλιπτική αντοχή και την αντοχή συνάφειας. Δεν υπάρχουν αποδείξεις αρνητικής επίδρασης είτε στον εγκιβωτισμένο οπλισμό είτε στο σκυρόδεμα σε μερικώς σκληρυμένες στρώσεις, όταν επαναδονούνται από τις προσπάθειες συμπύκνωσης στο ανώτερο νωπό σκυρόδεμα.

• Στις κατακόρυφες επιφάνειες όπου κυψέλες αέρα δεν είναι αποδεκτές, η εμπειρία έχει δείξει ότι τα κενά μπορούν να μειωθούν χρησιμοποιώντας πρόσθετη δόνηση.

• Παρ' όλ' αυτά, σε κεκλιμένους ξυλοτύπους, επιπλέον δόνηση, φτυάρισμα ή μηχανικός χειρισμός του σκυροδέματος δεν θα αφαιρέσουν τις κυψέλες αέρα από τις καλουπωμένες επιφάνειες.

• Η χρήση έμπειρων και ικανών χειριστών δονητών οι οποίοι εργάζονται με καλο-συντηρημένους δονητές και με ικανοποιητικά αποθέματα εφεδρικών μονάδων είναι απαραίτητα στοιχεία για ικανοποιητική και επιτυχημένη συμπύκνωση του νωπού σκυροδέματος.

8. Πώς γίνεται η συντήρηση του διαστρωμένου σκυροδέματος;

8.1 Τι είναι και σε τι αποσκοπεί η συντήρηση;

• Με τον όρο συντήρηση νοείται η διαδικασία καθώς και τα απαιτούμενα μέτρα ώστε το σκυρόδεμα να ωριμάσει και να αναπτύξει την απαιτούμενη αντοχή μέσα από την ενυδάτωση και τις ποζολανικές αντιδράσεις, παρουσία επαρκούς θερμότητας και υγρασίας.

• Αν και θεωρείται ότι η συντήρηση αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση (ΚΤΣ-97) κανονικά ο χρόνος συντήρησης θα πρέπει να αρχίζει από την έναρξη της διάστρωσης, περιλαμβάνοντας και τους χρόνους συμπύκνωσης και του τελειώματος της ελεύθερης επιφάνειας. Ειδικότερα, σύμφωνα με το EN 13670, εφόσον οι επικρατούσες συνθήκες κατά τη σκυροδέτηση ενδέχεται να επιταχύνουν την έναρξη συστολής ξήρανσης, απαιτούνται να λαμβάνονται προσωρινά μέτρα επιφανειακής συντήρησης ακόμη και πριν από το τελείωμα της επιφάνειας.

• Η λήξη της συντήρησης περατώνεται i) όταν έχουν αναπτυχθεί οι επιθυμητές ιδιότητες του σκυροδέματος στη μάζα του και ii) όταν οι επιθυμητές ιδιότητες στις ελεύθερες επιφάνειες δεν διατρέχουν κίνδυνο να είναι υποδεέστερες των απαιτήσεων λόγω ανεπαρκούς ύγρανσης. Τέτοιες ιδιότητες, πέραν της θλιπτικής αντοχής (συνολική και επιφανειακή) που επηρεάζεται άμεσα από τη συντήρηση, είναι το πορώδες, η υδατοπερατότητα, η αντοχή σε τριβή – απότριψη, η αντοχή σε ψύξη-απόψυξη και η σταθερότητα όγκου. Σημειώνεται επιπρόσθετα ότι το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 παρέχει επί πλέον ειδικές απαιτήσεις για τη μελέτη σύνθεσης για την επίτευξη των ιδιοτήτων αυτών, τόσο στη μάζα, όσο και στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

8.2 Τα στάδια της συντήρησης

• Σύμφωνα με το ACI 308R-01, η διαδικασία της συντήρησης περιλαμβάνει τρία στάδια: το αρχικό, το ενδιάμεσο και το τελικό στάδιο.

1. Το αρχικό στάδιο. Περιλαμβάνει το χρόνο από τη διάστρωση έως το τελείωμα. Ουσιαστικά είναι η φάση έναρξης της αρχικής πήξης και η λήξη της ικανότητας του σκυροδέματος να συμπυκνωθεί μηχανικά. Στη φάση αυτή συγκρατείται η επιφανειακή απώλεια υγρασίας μέσω εφαρμογής μεμβράνης συντήρησης, δημιουργία περιβάλλοντος κεκορεσμένων υδρατμών στην επιφάνεια, ή ελέγχου των περιβαλλοντικών συνθηκών στην επιφάνεια (σκίαστρα, ανεμοφράκτες ή κάλυψη).
2. Το ενδιάμεσο στάδιο. Περιλαμβάνει το χρόνο από το τέλος του επιφανειακού τελειώματος έως και πριν το σκυρόδεμα να φτάσει στην τελική πήξη[1]. Λαμβάνονται μέτρα περιορισμού της εξάτμισης αλλά το σκυρόδεμα δεν είναι σε θέση να δεχτεί υπερβολική ποσότητα νερού ή άλλα σκληρά υλικά στην επιφάνειά του (πλαστικά φύλλα, λινάτσες). Εφαρμόζονται μεμβράνες συντήρησης σε μορφή σπρέι, ώστε να μην πατιέται η νωπή τελειωμένη επιφάνεια, έως ότου αυτά αντικατασταθούν με άλλης μορφής μέτρα, εφόσον προβλέπεται, στο τελικό στάδιο συντήρησης. Σε πλαϊνές επιφάνειες, οι ξυλότυποι διατηρούνται κορεσμένοι.
3. Το τελικό στάδιο. Αρχίζει μετά την αρχική πήξη και διαρκεί έως το πέρας της συντήρησης. Εφαρμόζονται τα μέτρα που προβλέπονται, ακόμη και με απευθείας εφαρμογή ποσότητας νερού (πλημμύρισμα), σπρέι υγρών μεμβρανών συντήρησης ή χρήση σκληρών υλικών στην επιφάνεια (πλαστικά φύλλα, κορεσμένες λινάτσες).

• Μία ένδειξη του ρυθμού απώλειας της υγρασίας από την επιφάνεια του σκυροδέματος συναρτήσει των περιβαλλοντικών παραγόντων δίδεται από το νομογράφημα του NRMCA (1960), που απεικονίζεται στο Σχ. 4 του Παραρτήματος της Τεχνικής Οδηγίας 2 του ΣΠΜΕ (2011), όπου δίδονται και οι σχετικές εξισώσεις (Uno, 1998). Με την υπόθεση ότι η ρηγμάτωση λόγω πλαστικής συρρίκνωσης αρχίζει όταν ο ρυθμός εξίδρωσης εξισωθεί με το ρυθμό επιφανειακής εξάτμισης και λαμβάνοντας μια μέση τιμή της εξίδρωσης ίση προς 1,0 kg/m2/h, μπορεί να ποσοτικοποιηθούν οι συνθήκες εκείνες στην επιφάνεια του σκυροδέματος, ακόμη και σε κανονικές συνθήκες σκυροδέτησης, όπου η επιφάνεια θα κινδυνεύει να ρηγματωθεί.

8.3 Μέτρα που λαμβάνονται κατά τη συντήρηση

• Τα μέτρα συντήρησης ποικίλουν ανάλογα με το εκάστοτε στάδιο συντήρησης, τους κατασκευαστικούς περιορισμούς και την οικονομικότητα. Αφορούν ελεύθερες επιφάνειες της σκυροδέτησης (και αρμούς) καθώς και καλουπωμένες επιφάνειες μετά την αφαίρεση των τύπων. Περιλαμβάνουν:
1. Μέτρα που ελέγχουν, χωρίς όμως να αποκλείουν πλήρως, την απώλεια της επιφανειακής υγρασίας. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται χημικές ενώσεις ψεκασμού οι οποίες: α) μειώνουν τον ρυθμό επιφανειακής εξάτμισης και άρα χρησιμοποιούνται στα αρχικά στάδια, όπου πρέπει να είναι εφικτή η μερική εξάτμιση του αρχικού νερού εξίδρωσης που παράγεται, είτε β) δημιουργίας μεμβράνης που στεγανώνει πλήρως την επιφάνεια, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα μεταγενέστερα στάδια όπου ο ρυθμός εξίδρωσης είναι μειωμένος ή ανύπαρκτος (λέγονται και μεμβράνες συντήρησης).
2. Μέτρα που αποκλείουν την απώλεια της επιφανειακής υγρασίας. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται φύλλα επικάλυψης από πλαστικό νάιλον ή αδιάβροχο χαρτί (ενισχυμένο ή μη), τα οποία πρέπει να αλληλεπικαλύπτονται και να στερεώνονται επαρκώς στα πλαϊνά και στους αρμούς.
3. Μέτρα που τροφοδοτούν ενεργά την επιφάνεια με υγρασία ή νερό μέσω συνεχώς ελεγχόμενου κορεσμού. Σε αυτή την κατηγορία είναι:
α) η κάλυψη με κεκορεσμένες λινάτσες, υφάσματα από βαμβάκι, ή άλλο κατάλληλο υλικό, άμμο, άχυρα κ.λπ.
β) η διαρκής πόντιση της επιφάνειας (πλημμυρισμός).

9. Υπάρχουν ειδικές επισημάνσεις σκυροδέτησης ανά δομικό μέλος;

9.1 Γενικά

• Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει ειδικές οδηγίες για τη μεταφορά, τοποθέτηση και διάστρωση του σκυροδέματος από τον εξοπλισμό μεταφοράς στην οριστική του θέση στο υπό κατασκευή δομικό μέλος.

1 Οι χρόνοι της έναρξης και λήξης της πήξης (αρχική και τελική πήξη) μπορούν να καθορισθούν κατά ASTM C403M με εφαρμογή της δοκιμής αντίστασης σε επιφανειακή διείσδυση.

• Μια βασική απαίτηση στη διάστρωση όλων των σκυροδεμάτων είναι ότι πρέπει να διατηρούνται σταθερά τόσο η ποιότητα όσο και η ομοιομορφία του σκυροδέματος, με όρους λόγου Νερό προς Τσιμέντο, κάθισης, περιεχόμενου αέρα και ομοιογένειας.

9.2 Γενικά για επίπεδα στοιχεία

• Ανεξαρτήτως του τρόπου εκφόρτωσης και εντύπισης του σκυροδέματος, το νωπό σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται εντός ήδη διαστρωμένου υλικού.

9.3 Για υποστυλώματα

• Για τη σκυροδέτηση υποστυλωμάτων απαιτείται κατάλληλο διάκενο, διαμέτρου περίπου 180 mm, σε περίπτωση εισόδου της μπούμας, ή 160 mm σε περίπτωση εισόδου βοηθητικού σωλήνα. Εναλλακτικά, ανοίγονται θυρίδες με ικανοποιητικό μέγεθος (παραθυράκια, π.χ. στο καθ' ύψος μέσον του ξυλοτύπου) από τα οποία γίνεται η έγχυση του σκυροδέματος (δυσχερής εφαρμογή).

• Αν σκυροδετούνται υποστυλώματα ή κατακόρυφα τοιχώματα ταυτόχρονα με οριζόντια στοιχεία – με πλάκες ή και δοκούς – προηγείται η διάστρωση και η συμπύκνωση των κατακόρυφων στοιχείων. Η διάστρωση των οριζόντιων στοιχείων πρέπει να καθυστερήσει για κάποιο χρονικό διάστημα σε σχέση με τη συμπύκνωση των κατακόρυφων στοιχείων για να λάβουν χώρα τυχόν καθιζήσεις – υποχωρήσεις του σκυροδέματος των κατακόρυφων στοιχείων. Η καθυστέρηση αυτή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος και την θερμοκρασία διάστρωσης αλλά δεν υπερβαίνει συνήθως την 1 ώρα. Ακολουθεί η διάστρωση των οριζόντιων στοιχείων. Η συμπύκνωση του σκυροδέματος στα σημεία επαφής κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων γίνεται με εισαγωγή του δονητή στο ήδη συμπυκνωμένο – αλλά επιδεχόμενο ακόμη συμπύκνωση – σκυρόδεμα του κατακόρυφου στοιχείου.

9.4 Για τοιχεία

• Συνήθως, το ύψος των σκυροδετούμενων τοιχείων δεν υπερβαίνει αυτό του ενός ορόφου κατά τη διάρκεια μίας σκυροδέτησης. Η έγχυση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται κατά τρόπον απρόσκοπτο, σε ισοπαχείς (και ει δυνατόν επίπεδες) στρώσεις της τάξης του 0,5 m αλλά όχι παχύτερες των 1,2 μέτρων. Πρέπει να εξασφαλίζεται ικανή ποσότητα σκυροδέματος, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ολοκλήρωση της εντύπισης του προβλεπόμενου όγκου σκυροδέματος. Συστήνεται η χρήση σκυροδέματος μεγάλης κάθισης (κατηγορίας S4 ή 150 ± 25 mm) με σύνθεση ωστόσο τέτοια που να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα απόμιξης ή/και έντονης εξίδρωσης (π.χ. με χρήση υπερρευστοποιητών). Η επαναδόνηση της κορυφής των τοιχείων συμβάλλει στην απομάκρυνση των φυσαλίδων αέρα και στην επίτευξη ομοιόμορφων κατακόρυφων επιφανειών.

9.5 Για δοκούς

• Εάν είναι επιθυμητή μια μονολιθική διάστρωση μιας δοκού με μεγάλο ύψος κορμού, ή τοιχείου ή υποστυλώματος, με από πάνω τους μια πλάκα ή με το κάτω μέρος ενός δομικού στοιχείου, θα πρέπει να προγραμματιστεί μια καθυστέρηση ώστε να επιτραπεί η στερεοποίηση (settlement) του σκυροδέματος που βρίσκεται στο βάθος πριν τη διάστρωση της πλάκας ή του κάτω μέρους του δομικού στοιχείου. Το μέγεθος της καθυστέρησης θα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τα χαρακτηριστικά πήξης του χρησιμοποιούμενου σκυροδέματος (συνήθως 1 ώρα περίπου), αλλά η σκυροδέτηση θα πρέπει να αρχίσει αρκετά νωρίς ώστε να επιτραπεί μια σύνδεση της νέας στρώσης με την παλιά στρώση με δόνηση.

• Σε δοκούς και τοιχεία, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται δύο δονητές: ένας για ισοστάθμιση του αναμίγματος αμέσως μετά τη διάστρωση και ο άλλος για επιπλέον συστηματική συμπύκνωση. Σε μεγαλύτερες και πιο κρίσιμες εργασίες, μια τρίτη συσκευή, η οποία μπορεί να είναι λιγότερο ισχυρή από τις άλλες δύο, μπορεί να είναι χρήσιμη. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε μια σειρά από διεισδύσεις μικρών αποστάσεων περίπου 10 cm από τον ξυλότυπο και επίσης στην κορυφή της άνω στρώσης της σκυροδέτησης για να βοηθήσει τις φυσσαλίδες του αέρα να ανέβουν και να εκτονωθούν.

9.6 Για πλάκες

• Η διάστρωση πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) πρέπει να αποφεύγεται εφόσον το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 0,60

m. Αυτό γιατί, σε περίπτωση διακοπής της σκυροδέτησης για μεγάλο χρονικό διάστημα, αν επιχειρηθεί να συμπληρωθεί η πλάκα κατά το πάχος της, δεν θα δέσει το παλιό με το νέο σκυρόδεμα και θα δημιουργηθεί οριζόντιος αρμός. Στην περίπτωση που δεν σταρώνεται η πλάκα και προκύψει διακοπή σκυροδέτησης, τότε θα δημιουργηθεί κατακόρυφος αρμός.

• Λεπτές πλάκες που στηρίζονται σε δοκούς που σκυροδετούνται ταυτόχρονα θα πρέπει να δονούνται σε δύο στάδια: πρώτον, μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος της δοκού, και ξανά όταν το σκυρόδεμα έχει τοποθετηθεί στην τελική του θέση.

• Για πλάκες επί εδάφους: Η κεφαλή του δονητή θα πρέπει να βυθίζεται εξ΄ ολοκλήρου στο σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια της δόνησης. Για πλάκες μεγάλου πάχους, είναι δυνατή η κάθετη διείσδυση του δονητή, ενώ για λεπτότερες πλάκες, θα πρέπει να διεισδύει με μια γωνία ή ακόμη και οριζόντια. Η επαφή του δονητή με την υπόβαση θα πρέπει να είναι ελάχιστη για την αποφυγή της μόλυνσης του σκυροδέματος με ξένα υλικά (εάν η υπόβαση δεν έχει καλυφτεί με νάιλον σκυροδέτησης βαρέως τύπου).

9.7 Για δάπεδα

• Οι εργασίες σκυροδέτησης ενός δαπέδου, γενικώς, δεν διαφέρουν από εκείνες μίας πλάκας, εκτός (ενδεχομένως) από κάποιες εργασίες τελειώματος για δάπεδα με ειδικές απαιτήσεις αρχιτεκτονικού σχεδιασμού (π.χ. σταμπωτά δάπεδα) ή/ και αντοχής έναντι επιφανειακής φθοράς (π.χ. βιομηχανικά δάπεδα).
• Για τη σκυροδέτηση δαπέδων, η ανάμιξη και η διάστρωση του σκυροδέματος είναι εργασίες οι οποίες πρέπει να συντονίζονται με μεγάλη ακρίβεια με τις εργασίες τελειώματος. Ο ρυθμός εκφόρτωσης του σκυροδέματος στο καλούπι δεν πρέπει να υπερβαίνει το ρυθμό με τον οποίον το σκυρόδεμα δύναται να απλωθεί, να επιπεδωθεί και να εξομαλυνθεί επιφανειακά, καθώς οι τελευταίες αυτές εργασίες πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί πριν την άνοδο και λίμναση του νερού εξίδρωσης στην επιφάνεια του στοιχείου.

• Εάν οι εργασίες εξομάλυνσης και τελειώματος καθυστερήσουν, η ελεύθερη επιφάνεια του στοιχείου (μετά την πήξη και σκλήρυνσή του) κινδυνεύει να έχει μία «σκονισμένη» όψη, επιρρεπή στην απολέπιση.

• Μετά την εκφόρτωση και τη διανομή του σκυροδέματος, ακολουθεί δόνησή του με τη χρήση δονητών μάζας (εσωτερική δόνηση) για υποστηριζόμενα καλουπωμένα δάπεδα και επιφανειακών δονητών για δάπεδα επί εδάφους (εδαφόπλακες). Στη συνέχεια, μία πρώτη εξομάλυνση (screeding) επιτυγχάνεται με τη χρήση ευθύγραμμης δοκού ορθογωνικής διατομής (π.χ. καδρόνι), που σύρεται στην επιφάνεια έτσι ώστε αυτή να αποκτήσει την επιθυμητή στάθμη, ενώ ταυτόχρονα μετακινείται πάνω-κάτω, παρασύροντας έτσι το σκυρόδεμα από περιοχές που περισσεύει προς τυχόν κοιλότητες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επιπεδότητα βελτιώνεται περαιτέρω (floating) με επίπεδες «σαρώστρες» (bull-floats ή darbies) ή διατάξεις που «πατικώνουν» την επιφάνεια του σκυροδέματος (tampers) βυθίζοντας τα αδρανή που προεξέχουν και πληρώνοντας τις μικροκοιλότητες.

• Υπάρχει μία πληθώρα εργαλείων και διατάξεων για την εκτέλεση των παραπάνω εργασιών (από μέταλλο ή ξύλο, χειροκίνητα ή μηχανοκίνητα). Η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου εξαρτάται από πλείστους παράγοντες (απαιτήσεις του έργου, ποιότητα σκυροδέματος, αριθμός ατόμων συνεργείου σκυροδέτησης, περιβαλλοντικές συνθήκες) και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα.

9.8 Για κλίμακες

• Μία κλίμακα ενώνει τον υποκείμενο όροφο με τον υπερκείμενο, επομένως δεν μπορεί να κατασκευαστεί μονολιθικά με τους δύο ορόφους, δεδομένου ότι πρώτα καλουπώνεται, οπλίζεται και σκυροδετείται ο υποκείμενος όροφος και μετά από κάποιες ημέρες ο υπερκείμενος. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατασκευής της κλίμακας είναι μαζί με τον υπερκείμενο όροφο, ενώ η σκυροδέτηση αρχίζει από κάτω προς τα πάνω. Το σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται σε μία στρώση καθ' όλο το ύψος των ριχτιών μίας σκάλας. Μετά τη συμπύκνωση πρέπει να ακολουθεί προσεκτική επιπέδωση των πατημάτων, έτσι ώστε να διευκολύνονται αργότερα οι εργασίες επίστρωσης της κλίμακας με τα κατά περίπτωση επιλεγέντα υλικά (π.χ. μάρμαρο, μωσαϊκό ή φυσικές πλάκες).

9.9 Για στέγες και άλλες κεκλιμένες επιφάνειες

• Εάν μία από τις δύο επιφάνειες του στοιχείου είναι κεκλιμένη, τότε η σκυροδέτηση πρέπει να ξεκινήσει από το χαμηλότερο σημείο του.

10. Μετά τη σκυροδέτηση τι;

10.1 Ειδικά μέτρα προστασίας κατά τη φάση της συντήρησης

• Κατά τη φάση της συντήρησης, το ΕΝ 13670, εμπλέκει επιπλέον και την προστασία του σκυροδέματος (στη φάση ωρίμανσης), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι θα επιτευχθούν: α) η απαιτούμενη αντοχή και ανθεκτικότητα του σκυροδέματος στην ελεύθερη επιφάνεια, β) να ελαχιστοποιηθεί η συστολή ξήρανσης και γ) να προστατευθεί το σκυρόδεμα από τραυματισμούς στη φάση αυτή.

• Μέτρα προστασίας των καλυμμένων επιφανειών. Σε αυτή την περίπτωση εντάσσονται τα μέτρα προστασίας που θα ληφθούν ώστε και οι καλυμμένες επιφάνειες να παρέχουν, αρχικά, πρόσθετη απαιτούμενη υγρασία και να μην αφαιρούν το νερό που έρχεται στις επιφάνειες αυτές σε βάθος χρόνου. Ισχύουν και για τους αρμούς κατασκευής.

• Μέτρα για τα καλούπια. Γίνεται διαβροχή μέχρι κορεσμού των ξυλοτύπων. Σε ειδικές περιπτώσεις (σε υψηλή θερμοκρασία) έχουν προταθεί και ειδικοί ξυλότυποι με εσωτερική ασυμπίεστη επίστρωση, η οποία διαβρέχεται μέχρι κορεσμού πριν τη σκυροδέτηση και προσθέτει νερό στην καλουπωμένη επιφάνεια για να αυξήσει την πυκνότητα του σκυροδέματος στην επιφάνεια μέχρι την αφαίρεση των τύπων και εφαρμογή των συμβατικών μέτρων συντήρησης παραπάνω. Η λύση αυτή είναι ιδεώδης και για σιδηροτύπους.

• Μέτρα για την υπόβαση σε πλάκες επί εδάφους ή την κάτω πλάκα σε επιστρώσεις. Η στρώση κάτω από το νέο σκυρόδεμα πρέπει να ποτίζεται επιμελώς ώστε να έχει αυξημένη υγρασία. Επί πλέον, κάτω από την πλάκα επί εδάφους τοποθετείται νάιλον σκυροδέτησης βαρέως τύπου, ώστε να κατακρατά την υγρασία και τα λεπτόκοκκα από τη σκυροδέτηση και να μην δημιουργείται απόμιξη μέσα από την υπόβαση. Το νάιλον αυτό συνεισφέρει και στην ελαχιστοποίηση των τριβών όταν αρχίζει η συστολή ξήρανσης άρα στην αποφυγή ρηγματώσεων.

• Μέτρα συντήρησης της μάζας. Αφορά σκυροδέματα μάζης και επιτυγχάνεται (εκτός από τα παραπάνω και) με έλεγχο της εσωτερικής εξέλιξης της θερμοκρασίας της μάζας κατά τη διάρκεια της ενυδάτωσης σε συνδυασμό με τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες. Ο έλεγχος είναι είτε με κατάλληλη μελέτη σύνθεσης και / είτε με θερμοδυναμικά μέσα. Αφορά ειδικές κατασκευές ή μη συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

• Εσωτερική συντήρηση σκυροδεμάτων υψηλής επιτελεστικότητας. Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή, σε αυτή την κατηγορία εμπίπτουν μέτρα μέσω προσθήκης ειδικών χημικών προσθέτων στη μάζα, που έχουν ως σκοπό την εσωτερική συντήρηση του σκυροδέματος απελευθερώνοντας το απαιτούμενο νερό στο εσωτερικό για τη συνέχιση της ενυδάτωσης.

• Συντήρηση σκυροδέματος σε ειδικά έργα. Αφορά ειδικά μέτρα για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, κατασκευές με ολισθαίνοντα σιδηρότυπο, αρχιτεκτονικά σκυροδέματα, ινοπλισμένα, και άλλα, τα οποία δεν καλύπτονται από την παρούσα Τεχνική Οδηγία.

10.2 Αφαίρεση ξυλοτύπων

• Κατά τον κανονισμό ΚΤΣ-97 σε τροποποίηση το 2002[1], ο χρόνος αφαίρεσης των ξυλοτύπων γίνεται σύμφωνα με την κατηγορία αντοχής του τσιμέντου (32,5 – 42,5 – 52,5 MPa) και έχει όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα 1:

Στοιχεία κατασκευής	Χρόνος αφαίρεσης ξυλοτύπων (σε ημέρες)		
	Κατηγορία αντοχής τσιμέντου		
	32,5 N 32,5 R	42,5 N	42,5 R 52.5 N 52.5 R
Πλευρικά: δοκών, πλακών, υποστυλωμάτων και τοιχείων	3	2	2
Ξυλότυποι πλακών και δοκών ανοίγματος μικρότερου των 5m	8	5	4
Ξυλότυποι πλακών και δοκών ανοίγματος μεγαλύτερου των 5m	16	10	8
Υποστυλώματα ασφαλείας: δοκών πλαισίων και πλακών ανοίγματος μεγαλύτερου των 5m	28	28	22

Πίνακας 1. *Ενδεδειγμένοι χρόνοι αφαίρεσης ξυλοτύπων σε ημέρες.*

1 ΦΕΚ/537/Β/1.5.2002

• Οι τιμές του Πίνακα 1 είναι προσεγγιστικές. Εξαρτώνται, μεταξύ των άλλων, από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά και από την ενδεχόμενη πρώιμη φόρτιση των υπόψη στοιχείων. Σε στοιχεία τα οποία μπορούν να παρουσιάσουν μεγάλες ερπυστικές παραμορφώσεις, οι χρόνοι του πίνακα 1 δεν παρέχουν ασφάλεια.

• Οι χρόνοι αφαίρεσης των ξυλοτύπων του πίνακα 1 σε ημέρες, θα αυξάνονται κατάλληλα αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατέβει κάτω από +5oC.

10.3 Επισκευαστικές εργασίες (μετά τη σκυροδέτηση)

10.3.1 Γενικά

• Μετά το τέλος της σκυροδέτησης μπορεί να απαιτούνται επισκευαστικές εργασίες αποκατάστασης εξαιτίας μιας σειράς αιτιών όπως οι παρακάτω:

- Εγγενή προβλήματα με τα υλικά
- Κακές τεχνικές διάστρωσης σκυροδέματος
- Ανεπαρκής στεγάνωση και/ή σύνδεση των τμημάτων των τύπων μεταξύ τους
- Έλλειψη συμπύκνωσης
- Κακή συντήρηση
- Αντίξοες ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες και προσβολή από επιθετικούς παράγοντες
- Μετακινήσεις μεταξύ των στοιχείων της κατασκευής
- Από μετατόπιση
- Βλάβες από κρούση και βλάβες που προκύπτουν από κακούς χειρισμούς
- Τοπικές βλάβες εξαιτίας υπερφόρτωσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής, είτε ως αποτέλεσμα φόρτισης με υλικά ή εξοπλισμό
- Βλάβη από πυρκαγιά
- Βλάβη από κρούση

• Η ανάλυση όλων των παραπάνω αιτιών είναι έξω από το σκοπό αυτής της Οδηγίας. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να αναφερθούν εδώ, οι συνήθεις βλάβες που συναντώνται στο εργοτάξιο μετά τη σκυροδέτηση. Αυτές είναι οι παρακάτω:

- Βλάβες λόγω μετακίνησης του ξυλοτύπου
- Βλάβες κατά το ξεκαλούπωμα
- Βλάβες από το δονητή
- Βλάβες μετά τη χύτευση

Αναλυτικότερα:

10.3.2 Βλάβες λόγω μετακίνησης ή παραμόρφωσης του ξυλοτύπου

• Η μετακίνηση ή παραμόρφωση του ξυλοτύπου, οφείλεται γενικά στον ανεπαρκή σχεδιασμό, στην κακή επιλογή υλικών, στις συνθήκες θεμελίωσης των τύπων ή στις κακές τεχνικές σκυροδέτησης. Προβλήματα επίσης επικοινωνίας μπορεί να οδηγήσουν σε πολύ γρήγορη διάστρωση του σκυροδέματος και ο ελλιπής έλεγχος μπορεί να επιτρέψει τοπική εκφόρτωση του σκυροδέματος μέσα στον ξυλότυπο με αποτέλεσμα την παραμόρφωση ή τη μετατόπισή του. Ένα άλλο πρόβλημα μπορεί να είναι η κακή χρήση των προσμίκτων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν επιβράδυνση της διαδικασίας πήξης και σκλήρυνσης, αυξάνοντας έτσι τις πιέσεις, με επακόλουθο την υπερβολική παραμόρφωση. Οι μετακινήσεις μπορούν να εντοπιστούν και να ελεγχθούν κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης, υπό την προϋπόθεση ότι γίνεται συνεχής παρακολούθηση στοιχείων για χαλάρωση που διατρέχουν κίνδυνο όπως σφήνες, σύνδεσμοι, κ.λπ.

10.3.3 Βλάβες κατά το ξεκαλούπωμα

• Ένα σημαντικό ποσοστό βλαβών εμφανίζεται την στιγμή του ξεκαλουπώματος. Οι πιο πολλές αυτού του τύπου βλάβες δημιουργούνται από παραλείψεις στα προηγούμενα στάδια του αρχιτεκτονικού και δομικού σχεδιασμού και της κατασκευής του ξυλοτύπου, όπου κατά πάσα πιθανότητα έχει δοθεί ανεπαρκής προσοχή. Λεπτομέρειες π.χ. από ακμές και προεξοχές είναι συνήθως τέτοιες που προκαλούν παγίδευση του ξυλοτύπου. Κακός σχεδιασμός και άσχημα τοποθετημένες αυ-

λακώσεις και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά επίσης προκαλούν δυσκολίες και απαιτείται προσοχή στο μέγεθος και τη θέση τέτοιων λεπτομερειών.

10.3.4 Βλάβες από το δονητή

• Βλάβες ή ελαττώματα που προέρχονται από ελλιπή δόνηση γενικά έχουν τη μορφή θυλάκων εγκλωβισμένου αέρα ή νερού ή κενών όπου το σκυρόδεμα έχει παγιδευτεί και συγκρατηθεί από τον οπλισμό.

10.3.5 Βλάβες μετά τη χύτευση

• Το σκυρόδεμα συχνά χυτεύεται σωστά αλλά στη συνέχεια προκαλείται βλάβη ή ακόμη και καταστροφή από απρόσεκτες ενέργειες κατά τη διάρκεια των μετέπειτα εργασιών. Η τοποθέτηση σανίδων ή κόντρα πλακέ ή άλλων διευκολύνσεων μπορεί να αποτρέψει φθορές που επισκευάζονται δύσκολα.

10.3.6 Μικρές επισκευές με κονίαμα

• Μικρές επισκευές γίνονται καλύτερα με σκυρόδεμα, κονίαμα και τσιμεντοειδή αναμίγματα. Αυτές είναι γενικά πιο οικονομικές και μπορούν να πραγματοποιηθούν στο εργοτάξιο χρησιμοποιώντας άμεσα διαθέσιμα υλικά, προσωπικό και δεξιότητες. Οι περισσότερες από τις άμεσα απαιτούμενες επισκευές σχετίζονται με τη βελτίωση της εμφάνισης του σκυροδέματος το οποίο εμφανίζει μικρά ελαττώματα, που προκαλούνται από εγκλωβισμό αέρα και νερού κατά τη διάρκεια της χύτευσης, κυψελίδες που προκλήθηκαν από απώλεια ενέματος στους αρμούς και παρόμοια δευτερεύοντα προβλήματα.

10.3.7 Μεγάλες επισκευές με σκυρόδεμα

• Όταν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βλαβών, όπως σπασμένες γωνίες ή ακμές, εκτεθειμένος οπλισμός, και όπου υπάρχει παρουσία ρωγμών γύρω από την περιοχή με βλάβη, θα πρέπει να γίνει προσεκτική διερευνητική εργασία σε συνεργασία με έναν εξειδικευμένο μηχανικό. Αυτή η διερευνητική εργασία μπορεί να απαιτεί μια μεγάλη διαδικασία σε περίπτωση σοβαρής κατασκευαστικής βλάβης. Όταν υπάρχει κάποια αμφιβολία για την έκταση του προβλήματος, για παράδειγμα, εάν υπάρχουν εκτεταμένες κυψελώσεις ή σημάδια ρηγμάτωσης, μπορεί να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν κάποια μέσα όπως υπέρηχοι ή ραδιογραφίες για να προσδιοριστεί η έκταση της βλάβης.

11. Υπάρχουν ειδικές σκυροδετήσεις;

11.1 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση μέσα σε νερό;

• Βάσει του κανονισμού ΚΤΣ-97, όταν το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από 1 m, το σκυρόδεμα δεν πρέπει να αφήνεται ελεύθερο μέσα στο νερό, αλλά να διαστρώνεται με μία από τις επόμενες μεθόδους:
α) Μέσω μεταφοράς του σκυροδέματος στη θέση διαστρώσεως μέσα σε κάδο με κινητό πυθμένα, ο οποίος θα ανοίγει μόνο όταν ο κάδος έρθει σε επαφή με το ήδη διαστρωμένο σκυρόδεμα.
β) Μέσω συνεχούς ροής μέσα από κατακόρυφους σωλήνες με διάμετρο τουλάχιστον 200 mm (tremie)· αυτή είναι και η πλέον συνήθης μέθοδος σκυροδέτησης μέσα σε νερό. Το κάτω μέρος των σωλήνων πρέπει να παραμένει βυθισμένο στο σκυρόδεμα (σε βάθος 1 m – 1,5 m), το υλικό δε που κατεβαίνει μέσα από τους σωλήνες, πρέπει να εκτοπίζει το ήδη διαστρωμένο, μετακινώντας την ελεύθερη επιφάνεια προς τα πλάγια και προς τα πάνω.
γ) Μέσω αντλίας, της οποίας ο σωλήνας εξόδου έχει κινητό πώμα που δεν επιτρέπει την έξοδο του σκυροδέματος, παρά μόνο όταν αυτό πιέζεται.

• Ανάλογα με τις περιπτώσεις, μπορεί να γίνεται συνδυασμός των προηγούμενων μεθόδων διαστρώσεως. Όταν το νερό, κάτω από την επιφάνεια του οποίου διαστρώνεται σκυρόδεμα, είναι διαβρωτικό, τότε πρέπει να ικανοποιούνται και οι απαιτήσεις για σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές.

• Σε κάθε περίπτωση, η επιτυχία μίας υποβρύχιας διάστρωσης έγκειται στην παρεμπόδιση εισροής ύδατος διαμέσω του σκυροδετημένου/ σκυροδετούμενου όγκου. Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται μέσα στο νερό δεν δονείται και δεν μετακινείται από τη θέση που πήρε μετά την έξοδό του από τον κάδο ή το σωλήνα.

11.2 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση μέσα σε θάλασσα;

• Αν η σκυροδέτηση γίνεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, γενικά ισχύουν όσα απαιτούνται για σκυροδέτηση μέσα σε νερό. Το σκυρόδεμα (εάν πρόκειται για έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα) πρέπει επιπλέον να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για προστασία του χαλύβδινου οπλισμού έναντι διάβρωσης λόγω χλωριόντων (βλ. §12.3 Κ.Τ.Σ. «Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας» με λόγο νερού προς τσιμέντο ίσο με 0,48 και περιεκτικότητα σε τσιμέντο 400 kg/m3 και βλ. κατηγορίες έκθεσης XS2 και XS3 κατά ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1). Πρόσθετες πληροφορίες παρέχονται στο κείμενο ΠΕΤΕΠ 09-10-01-00 (Λιμενικά και Λοιπά Θαλάσσια Έργα-Υφαλα σκυροδέματα-Κατασκευές Έργων Βαρύτητας με Υφαλη Σκυροδέτηση).

11.3 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση σε μη καλουπωμένες επιφάνειες; (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα)

• Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ονομάζεται ένα σκυρόδεμα (ή κονίαμα) που μεταφέρεται μέσα από έναν εύκαμπτο σωλήνα και εκτοξεύεται πνευματικά (με πίεση) με μεγάλη ταχύτητα πάνω σε μία επιφάνεια. Η ταχύτητα πρόσκρουσης του πίδακα κάνει το υλικό να κολλάει συμπαγώς πάνω στην επιφάνεια έτσι ώστε να μπορεί να φέρει το ίδιο βάρος του χωρίς να πέφτει ή να αποκολλάται, ακόμα και όταν πρόκειται για κατακόρυφη επιφάνεια ή επιφάνεια οροφής.

• Οι ιδιότητες του εκτοξευόμενου[1] σκυροδέματος δεν είναι διαφορετικές από τις ιδιότητες που έχει ένα συμβατικά διαστρωνόμενο σκυρόδεμα (ή κονίαμα) με όμοιες αναλογίες. Η ειδική όμως αυτή μέθοδος διάστρωσης (και συμπύκνωσης μαζί) προσδίδει στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα βελτιωμένα χαρακτηριστικά στις περισσότερες εφαρμογές. Την ίδια στιγμή, όμως, η εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος απαιτεί αξιοσημείωτες ικανότητες και εμπειρία, έτσι ώστε η ποιότητά του να εξαρτάται (κατά το μεγαλύτερο μέρος) από την ικανότητα των εμπλεκομένων, ιδιαίτερα δε αυτών που χειρίζονται το ακροφύσιο εκτόξευσης.

• Το πάχος μιας στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος φθάνει συνήθως μέχρι 10cm.

• Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει δύο τεχνικές εφαρμογής: Την υγρή ανάμιξη και την ξηρή ανάμιξη. Στα υπόγεια έργα έχει επικρατήσει η τεχνική της υγρής ανάμιξης. Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό της υγρής ανάμιξης είναι ότι όλα τα συστατικά συμπεριλαμβανομένου και του νερού αναμίξεως αναμιγνύονται μαζί από την αρχή. Το έτοιμο λοιπόν ανάμιγμα εισάγεται στον κάδο τροφοδοσίας και από εκεί μεταφέρεται (παλιότερα με πεπιεσμένο αέρα) με έμβολα και αντλίες στο ακροφύσιο. Στο ακροφύσιο εγχύεται πεπιεσμένος αέρας και το σκυρόδεμα εκτοξεύεται πάνω στην προς διάστρωση επιφάνεια με μεγάλη ταχύτητα. Ας σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της υγρής μεθόδου είναι ο πλήρης έλεγχος αναλογίας Νερό – Τσιμέντο που είναι ζωτικής σημασίας για την αντοχή και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

• Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να είναι σχετικά πυκνής σύστασης ώστε το υλικό να μπορεί να φέρει το ίδιο βάρος του σε κάθε θέση, ταυτόχρονα δε το ανάμιγμα πρέπει να είναι αρκετά υγρό ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης συμπύκνωση χωρίς υπερβολική αναπήδηση. Οι συνήθεις λόγοι νερό προς τσιμέντο είναι της τάξης: 0,35 έως 0,50 και οι συνήθεις αντοχές 28 ημερών της τάξης των: 20 έως 50 MPa. Ο μέγιστος κόκκος των αδρανών δεν υπερβαίνει συνήθως τα 8 mm.

• Η συντήρηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα σημαντική εξαιτίας πρωτίστως του μεγάλου λόγου: επιφάνεια προς όγκο ο οποίος μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτατη ξήρανση του σκυροδέματος.

11.4 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση χωρίς συμπύκνωση; (αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα)

• Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα δύναται να εγχυθεί εντός των τύπων με τον ίδιο τρόπο, όπως και το σύνηθες σκυρόδεμα (π.χ. για κατακόρυφα στοιχεία, από το ελεύθερο άνω τμήμα του ξυλότυπου μέσω εύκαμπτου σωλήνα, μέσω καρούτας, κάδου ή αντλίας). Ωστόσο, η μεταφορά του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος στη θέση σκυροδέτησης με ταινιολωρίδα ή καδοφόρα αμαξίδα πρέπει να αποφεύγεται εξαιτίας του κινδύνου απόμιξης του μεταφερόμενου υλικού λόγω δονήσεων κατά τη λειτουργία της ταινιολωρίδας ή της κίνησης του αμαξιδίου.

• Για την αποφυγή της πιθανότητας διαχωρισμού, συνιστάται ο περιορισμός του ελεύθερου ύψους ρίψης του αυτοσυμπυ-

1 Στη Διεθνή Βιβλιογραφία απαντάται ως: shotcrete ή gunite ή sprayed concrete

κνούμενου σκυροδέματος στα 5 m, ή η εισχώρηση του σωλήνα εντός του στοιχείου και η βαθμιαία ανύψωσή του, καθώς ο όγκος του νωπού σκυροδέματος αυξάνεται. Η σκυροδέτηση δύναται να πραγματοποιηθεί και μέσω εισπίεσης από το κατώτερο τμήμα των ξυλοτύπων (κατακόρυφα στοιχεία). Σημαντική είναι επίσης και η εξασφάλιση της στεγανότητας των ξυλοτύπων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διαρροή του κυρίως από τις αρμολογήσεις.

• Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα είναι ένα αντλήσιμο σκυρόδεμα. Η διάμετρος των σωληνώσεων άντλησης πρέπει να είναι 100-125 mm και το μέγιστο μήκος τους 300 m. Αύξηση του ρυθμού άντλησης του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος τείνει να επιφέρει μεγαλύτερες απώλειες πίεσης, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες απώλειες που σημειώνονται κατά την αύξηση της ταχύτητας άντλησης του συμβατικού σκυροδέματος.

• Η δόνηση του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος δεν είναι μόνο ή απλά περιττή, αλλά εξαιρετικά επιβλαβής, καθώς επιφέρει διαχωρισμό του μίγματος, με καθίζηση των χονδρών αδρανών στον πυθμένα των τύπων και επίπλευση του τσιμεντοπολτού. Συνεργεία δίχως κατάλληλη εκπαίδευση σχετική με την τεχνολογία αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος είναι δυνατό να προβούν σε «προληπτική» δόνηση των στοιχείων, ως (κατά την αντίληψή τους) πρόσθετο μέτρο εξασφάλισης της ικανοποιητικής πλήρωσης των τύπων, σε περίπτωση που το «νέο σκυρόδεμα» δεν είναι «καλό». Η Επίβλεψη του έργου πρέπει να αποτρέπει εγκαίρως τέτοιες ενέργειες.

• Ο ρυθμός σκυροδέτησης πρέπει να επιλέγεται βάσει της σύνθεσης του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος, του σχήματος και του μεγέθους των στοιχείων, καθώς και της πυκνότητας/διάταξης του οπλισμού, μετά από δοκιμές πεδίου. Ο ρυθμός σκυροδέτησης σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι και μικρότερος από εκείνον με συμβατικό σκυρόδεμα, προκειμένου να αποφευχθούν κατασκευαστικές ατέλειες και αστοχίες. Στο περίπου 50% των περιπτώσεων, ο ρυθμός σκυροδέτησης με αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα κυμαίνεται από 10 έως 40 m3/h, ενώ ένας μέσος ρυθμός σκυροδέτησης είναι ίσος με 30 m3/h.

• Οι εργασίες τελειώματος των ελεύθερων επιφανειών αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος είναι (σχετικά με το συμβατικό σκυρόδεμα) περισσότερο δυσχερείς, εξαιτίας του μεγαλύτερου ιξώδους και της ιδιαίτερα περιορισμένης εξίδρωσής του. Είναι επομένως απαραίτητη η έγκαιρη λήψη μέτρων, ώστε να αποτραπεί το στέγνωμα της επιφάνειας (ή μέρους αυτής), έως ότου να έρθει η ώρα των εργασιών τελειώματος.

• Τέλος, άμεση και ενδελεχής συντήρηση των ελεύθερων επιφανειών είναι απαραίτητη για την αποφυγή ρηγματώσεων λόγω πλαστικής συρρίκνωσης, η οποία είναι εντονότερη στο αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα, σε σύγκριση με το κοινό σκυρόδεμα. Το πρόβλημα της έντονης συρρίκνωσης δύναται να αντιμετωπισθεί με την προσθήκη διογκωτικών μέσων.

11.5 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση σε ογκώδεις κατασκευές; (σκυρόδεμα μάζης)

• Το σκυρόδεμα θα πρέπει να διαστρώνεται σε οριζόντιες στρώσεις οι οποίες δεν ξεπερνούν τα 60 cm σε βάθος και οι κεκλιμένες στρώσεις και οι ψυχροί αρμοί θα πρέπει να αποφεύγονται. Για μονολιθική κατασκευή, κάθε στρώση σκυροδέματος θα πρέπει να διαστρώνεται ενώ η υποκείμενη στρώση ανταποκρίνεται ακόμα στη δόνηση και οι στρώσεις θα πρέπει να είναι ικανοποιητικά ρηχές ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση των δύο στρώσεων με σωστή δόνηση.

• Η μέθοδος διάστρωσης με αναβαθμούς (step method) θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε ογκώδεις κατασκευές όπου εμπλέκονται μεγάλες περιοχές με σκοπό την ελαχιστοποίηση της δημιουργίας ψυχρών αρμών. Σ' αυτήν τη μέθοδο η στρώση κατασκευάζεται με μία σειρά οριζόντιων στρώσεων πάχους 40 cm περίπου. Η διάστρωση του σκυροδέματος σε κάθε στρώση εκτείνεται σε ολόκληρο το πλάτος του στοιχείου και οι εργασίες διάστρωσης προχωρούν από τη μια άκρη της στρώσης στην άλλη, αφήνοντας εκτεθειμένες κάθε φορά μόνο μικρές περιοχές του σκυροδέματος. Καθώς η διάστρωση προχωρά, μέρος της στρώσης θα ολοκληρωθεί ενώ η σκυροδέτηση συνεχίζεται στο υπόλοιπο.

• Ο εξοπλισμός και η μέθοδος που χρησιμοποιούνται για τη διάστρωση σκυροδέματος μάζας θα πρέπει να αποφεύγει τον διαχωρισμό των χονδρόκοκκων αδρανών από το σκυρόδεμα. Παρόλο που διασκορπισμένα τεμάχια χονδρόκοκκων αδρανών είναι αποδεκτά, συσσωματώματα και κοιλότητες χονδρόκοκκων αδρανών δεν είναι αποδεκτά και πρέπει να διασκορπιστούν πριν από τη διάστρωση του σκυροδέματος από πάνω τους. Διαχωρισμένα αδρανή δεν θα εξαλειφθούν με διαδοχικές διαστρώσεις και διαδικασίες συμπύκνωσης.

• Στις περιπτώσεις σκυροδετήσεων ογκωδών κατασκευών από σκυρόδεμα, το πρόβλημα που αντιμετωπίζεται είναι ο κίνδυνος ρηγμάτωσης του σκυροδέματος λόγω της ανάπτυξης θερμοκρασίας από την ενυδάτωση του τσιμέντου.
Σύμφωνα με τον A.M. Neville, για ογκώδεις σκυροδετήσεις, υπάρχουν δύο κατηγορίες παραμορφώσεων, που προέρχονται από τη θερμότητα ενυδάτωσης μεγάλων μαζών σκυροδέματος: η εσωτερική και η εξωτερική παραμόρφωση. Στη περίπτωση αυτή μας ενδιαφέρει η εσωτερική παραμόρφωση.

• Η εσωτερική παραμόρφωση προέρχεται από το γεγονός ότι, καθώς η εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος, διοχετεύει τη θερμοκρασία στο περιβάλλον, αναπτύσσεται ένα διαφορικό θερμοκρασιακό προφίλ μεταξύ του «κρύου» εξωτερικού και του «ζεστού» πυρήνα του στοιχείου από σκυρόδεμα, καθώς η θερμοκρασία του πυρήνα δε διοχετεύεται αρκετά γρήγορα προς την εξωτερική επιφάνεια, ως συνέπεια του χαμηλού συντελεστή θερμικής διάχυσης του σκυροδέματος. Σαν αποτέλεσμα, η ελεύθερη θερμική διαστολή οδηγεί στην ανάπτυξη τάσεων, θλιπτικών σε ένα μέρος του στοιχείου και εφελκυστικών σε άλλο.

• Αν οι εφελκυστικές τάσεις στην επιφάνεια του στοιχείου λόγω της διόγκωσης του πυρήνα, ξεπεράσουν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, ή αν ξεπεραστεί η εφελκυστική αντοχή παραμόρφωσης, τότε έχουμε την εμφάνιση επιφανειακών ρηγματώσεων. Έχουν αναπτυχθεί λογισμικά, τα οποία προβλέπουν τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας και του πυρήνα ενός ογκώδους στοιχείου από σκυρόδεμα.

11.6 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση στην προκατασκευή;

• Για την παραγωγή περιορισμένου αριθμού και μικρού μεγέθους προκατασκευασμένων στοιχείων, η σκυροδέτηση γίνεται συνήθως με χειροκίνητα μέσα: μία ποσότητα νωπού σκυροδέματος παραδίδεται στο συνεργείο σκυροδέτησης, το οποίο εντυπίζει το σκυρόδεμα με τη χρήση φτυαριών και σεσουλών. Στη συνέχεια, το σκυρόδεμα (ανάλογα με το πάχος του σκυροδετούμενου στοιχείου) συμπυκνώνεται είτε χειροκίνητα, είτε με τη χρήση δονητών μάζας.

• Για την παραγωγή μεγάλου πλήθους ομοειδών (τυποποιημένων) προκατασκευασμένων στοιχείων χρησιμοποιούνται μερικώς ή και πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής (συναρμογή μεταλλοτύπων και τοποθέτηση οπλισμών με τη χρήση CAD/CAM τεχνολογίας, μεταφορά και εντύπιση σκυροδέματος, δονητική συμπύκνωση, τελείωμα, μεταφορά σε θάλαμο επιταχυμένης ωρίμανσης και αποθήκευση). Ειδικά για τη μεταφορά και τη διάστρωση του σκυροδέματος, πλείστα μέσα διατίθενται (στατικά, κινούμενα σε γερανογέφυρα, σε ράγες, ή αυτοκινούμενα), όπως: κοχλιοφόρα συστήματα (screw systems – για μίγματα ύφυγρα ή μέτριας ρευστότητας), ταινιολωρίδες (belt conveyors – για ύφυγρα μίγματα) και κάδοι διανομής (εκφόρτωση μέσω ελεύθερης ροής λόγω βαρύτητας – ή μέσω ανατροπής – για ρευστά ή αυτοσυμπυκνούμενα μίγματα).

• Ειδικά συστήματα μορφοποίησης προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων περιλαμβάνουν διατάξεις εξώθησης (extruders – για την παραγωγή πλακών/δοκών με διάκενα), στρωτήρων (slip-formers – για την παραγωγή στρωτήρων σιδηροτροχιών), φυγοκεντρικής σκυροδέτησης (centrifugal concreting – για την παραγωγή στύλων κοίλης διατομής) και μηχανικά επιβαλλόμενης πίεσης (π.χ. για την παραγωγή κυβολίθων).

• Η συμπύκνωση του νωπού σκυροδέματος γίνεται είτε με συμβατικούς δονητές μάζας, είτε με ηλεκτρικούς δονητές ή δονητές αέρος συνδεδεμένους πάνω στο καλούπι [μόνιμους (δονητικές τράπεζες) ή αποσπώμενους/μεταφερόμενους], είτε με συνδυασμό και των δύο μεθόδων.

• Στα εργοστάσια παραγωγής προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων οι υψηλοί ρυθμοί παραγωγής απαιτούν τη γρήγορη απομάκρυνση των φρεσκοσκυροδετημένων στοιχείων από τη γραμμή παραγωγής. Για το λόγο αυτό (δηλ. για την επίτευξη υψηλών μηχανικών αντοχών σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα), ακολουθούνται μέθοδοι ταχείας ωρίμανσης, με την εφαρμογή τόσο φυσικομηχανικών διεργασιών (αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας περιβάλλοντος συντήρησης), όσο και με τη χρήση ορυκτών/χημικών παραγόντων (πρόσθετα και πρόσμικτα) που χρησιμοποιούνται ως καταλύτες κατά τη διαδικασία ενυδάτωσης των τσιμεντοειδών υλικών.

• Η διαδικασία άρχεται μετά από μία περίοδο τριών ή τεσσάρων ωρών (μετά από την έναρξη της αρχικής πήξης του σκυροδέματος) και ακολουθεί η περίοδος θέρμανσης, κατά την οποία σημειώνεται αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος

με ρυθμό 5°C-15°C ανά ώρα, έως μέγιστη θερμοκρασία 60°C-70°C. Ακολουθεί μία (τυπικά εξάωρη) περίοδος επιβολής ατμού, κατά την οποία διατηρείται η μέγιστη θερμοκρασία στο χώρο, ενώ η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη φάση ψύξης (εντός του θαλάμου ή διατηρώντας πάνω από τα στοιχεία τα όποια συστήματα κάλυψης, για την αποφυγή ταχείας απώλειας υγρασίας).

• Τέλος, όταν αποκατασταθεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα στοιχεία αφήνονται να ξηρανθούν για χρονικό διάστημα που καθορίζεται από τον κύκλο παραγωγής του εκάστοτε εργοστασίου.

11.7 Πώς σκυροδετούνται τμήματα που απαιτούν επισκευή; (επισκευαστικά κονιάματα και σκυροδέματα)

• Η επισκευή αποσκοπεί κυρίως στην αποκατάσταση είτε της δομικής ακεραιότητας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος, είτε της ανθεκτικότητάς τους (π.χ. με την αποκατάσταση της επικάλυψης των οπλισμών), ή και των δύο.

• Η τεχνική της σκυροδέτησης τμημάτων δομικών στοιχείων που απαιτούν επισκευή περιλαμβάνει μία σειρά εργασιών, όπως: προετοιμασία του υπό επισκευή υποστρώματος, καλούπωμα, σκυροδέτηση επισκευαστικών κονιαμάτων ή σκυροδεμάτων και συντήρηση του επισκευασμένου τμήματος. Τα βασικά βήματα της προετοιμασίας του υποστρώματος είναι εν γένει ανεξάρτητα της μεθόδου επισκευής. Αρχικά, αποσαρθρωμένα τεμάχια σκυροδέματος απομακρύνονται, έτσι ώστε το υπόστρωμα να αποτελείται αποκλειστικά από υγιές σκυρόδεμα.

• Ακολούθως, οριοθετείται με ανεξίτηλη βαφή η περίμετρος της προς επισκευή περιοχής (υιοθετώντας απλά τετραγωνικά ή ορθογωνικά περιγράμματα) και το στοιχείο εγχαράσσεται επί του ορίου με τη χρήση διαμαντοτροχού σε βάθος μικρότερο από το πάχος επικάλυψης των οπλισμών, ενώ αφαιρείται και το σκυρόδεμα από το μέτωπο της εγχάραξης μέχρι την (ήδη προετοιμασμένη) προς επισκευή περιοχή.

• Κατά το επόμενο βήμα, ελέγχεται ο υφιστάμενος οπλισμός, ο οποίος καθαρίζεται με αμμοβολή στην περίπτωση που είναι οξειδωμένος ή ματίζεται με πρόσθετο οπλισμό (σύμφωνα με τις υποδείξεις της μελέτης), εάν κριθεί ανεπαρκής.

• Η επιλογή του κατάλληλου υλικού για την πλήρωση της επισκευαζόμενης περιοχής εξαρτάται κυρίως από την κατασκευασιμότητα που παρέχει, δηλαδή από την ευχέρεια και την αποτελεσματικότητα της εντύπισής του. Άλλοι παράγοντες αφορούν σε απαιτήσεις: αντοχής (θλιπτική, εφελκυστική, αντοχή σε πρόσφυση), μέτρου ελαστικότητας, συντελεστή θερμικής διαστολής, μεταβολών όγκου (π.χ. λόγω συστολής ξήρανσης, ή λόγω διόγκωσης), ανθεκτικότητας (έναντι ενανθράκωσης, επιφανειακής φθοράς, κύκλων ψύξης-απόψυξης, υγροθερμικών κύκλων) και υδαταπορροφητικότητας. Συνήθως, ο μέγιστος κόκκος των επισκευαστικών μιγμάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 25% της ελάχιστης απόστασης μεταξύ υποστρώματος και καλουπιού, ή το 50% της ελάχιστης απόστασης μεταξύ υποστρώματος και οπλισμού (υπόψη λαμβάνεται η μικρότερη εκ των δύο διάσταση).

• Το Μέρος 3 του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN1504 «Προϊόντα και συστήματα για την προστασία και την επισκευή κατασκευών από σκυρόδεμα – Ορισμοί, απαιτήσεις, ποιοτικός έλεγχος και εκτίμηση συμμόρφωσης» κατηγοριοποιεί τα επισκευαστικά κονιάματα και σκυροδέματα σε κλάσεις (R1, R2, R3 και R4) ανάλογα με το σκοπό της επέμβασης (αποκατάσταση, ενίσχυση και διατήρηση/αποκατάσταση παθητικοποιημένου οπλισμού) και το είδος (π.χ. για επεμβάσεις αποκατάστασης: εφαρμογή με το χέρι, προσθήκη νέας στρώσης σκυροδέματος, εκτόξευση κονιάματος ή σκυροδέματος) και θέτει συγκεκριμένες απαιτήσεις επιτελεστικότητας για κάθε κλάση.

12.Πηγές

12.1 ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 1. Σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Απρίλιος 2011.

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

12.3 American Concrete Institute (ACI) 304R: Guide for measuring, mixing, transporting and placing concrete.

12.4 American Concrete Institute (ACI) 309R: Guide for consolidation of concrete.

12.5 American Concrete Institute (ACI) 308R-01 Guide to Curing Concrete. ACI Comm. 308. Skokie Illinois.

12.6 American Concrete Institute (ACI) 224.3R-95: Joints in Concrete Construction.

12.7 American Concrete Institute (ACI) 301: Specifications for Standard Concrete for buildings.

12.8 ΚΤΣ – 97. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ -97.

12.9 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-01-01-02-00:2009: Διάστρωση σκυροδέματος.

12.10 ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 Σκυρόδεμα Μέρος 1: Προδιαγραφή, επιτελεστικότητα, παραγωγή και συμμόρφωση. ΕΛΟΤ 2010.

12.11 Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου. Ελληνικό Προσάρτημα στο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1
Σκυρόδεμα Μέρος 1: Προδιαγραφή, επιτελεστικότητα, παραγωγή και συμμόρφωση. ΕΛΟΤ 2008.

12.12 ΕΛΟΤ ΕΝ 13670: 2010. Κατασκευές έργων από σκυρόδεμα.

12.13 Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 346: Το έτοιμο σκυρόδεμα.

12.14 ΕΚΩΣ 2000: Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος 2000.

12.15 Ευρωκώδικας 2, 2004: Φορείς από Σκυρόδεμα.

12.16 HETEK, Recommendation for poker vibration/ Report No 81/1997.

12.17 A. M. Neville: Properties of concrete.

12.18 Recommendation for self-compacting concrete, JSCE concrete engineering series 31, Edited by Taketo UOMOTO, University of Tokyo Kazumasa OZAWA, University of Tokyo, August 1999.

12.19 EN 1504 Products and systems for the repair and protection of concrete structures
EN 1504 Part 1 Definitions
EN 1504 Part 2-7 Products

12.20 ΠΕΤΕΠ 14-01-01-02: Επεμβάσεις (επισκευές-ενισχύσεις) – Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα – Επεξεργασία επιφανειακής στρώσης σκυροδέματος – Προετοιμασία επιφανείας σκυροδέματος/ 2008.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή

2. Τι σημαίνει «σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες»;

3. Πριν τη σκυροδέτηση τί;

4. Πώς γίνεται η προετοιμασία των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος, και πώς σχεδιάζονται και κατασκευάζονται οι αρμοί;

5. Ποιος είναι ο εξοπλισμός μετακίνησης και τοποθέτησης του προς διάστρωση σκυροδέματος; (αντλίες, ταινίες, σωληνώσεις, κουβάδες, γερανοί, σέσουλες, κ.λπ.)

6. Πώς διαστρώνεται το σκυρόδεμα;

7. Πώς συμπυκνώνεται το διαστρωνόμενο νωπό σκυρόδεμα;

8. Πώς γίνεται η συντήρηση του διαστρωμένου σκυροδέματος;

9. Υπάρχουν ειδικές επισημάνσεις σκυροδέτησης ανά δομικό μέλος;

10. Μετά τη σκυροδέτηση τι;

11. Υπάρχουν ειδικές σκυροδετήσεις;

12. Πηγές

ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(ΣΠΜΕ)

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Παράρτημα Τεχνικής Οδηγίας 3: Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες

Έκδοση 1η

ΑΘΗΝΑ –2012

1. Εισαγωγή

Οι πρακτικές που περιέχονται σε αυτή την Οδηγία στοχεύουν:

• Στο σωστό σχεδιασμό του σκυροδέματος (επιλογή κατηγορίας έκθεσης σε εξωτερικό περιβάλλον, κατάλληλη μελέτη σύνθεσης, απαιτήσεις συστατικών, εφαρμογή των αρχών του FPC και του ISO 9001 στην παραγωγή του σκυροδέματος, σωστή παραγγελία σκυροδέματος από το χρήστη κ.λπ.)

• Στη σωστή μεταφορά του σκυροδέματος, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς

• Στην παραλαβή και τον ποιοτικό έλεγχο του σκυροδέματος στο έργο

• Στις σωστές πρακτικές διάστρωσης του σκυροδέματος

• Στην κατάλληλη συμπύκνωσή του

• Στην κατάλληλη και αποτελεσματική του συντήρηση

• Στα μέτρα που λαμβάνονται κατά τη σκυροδέτηση για κάθε δομικό μέλος που σκυροδετείται καθώς και την απαίτηση και ενσωμάτωση του κάθε είδους αρμών.

• Και τέλος ενδεικτικά στην ανάδειξη των ιδιαιτεροτήτων που έχουν οι ειδικές σκυροδετήσεις (π.χ. εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα, ογκώδεις κατασκευές κ.λπ)

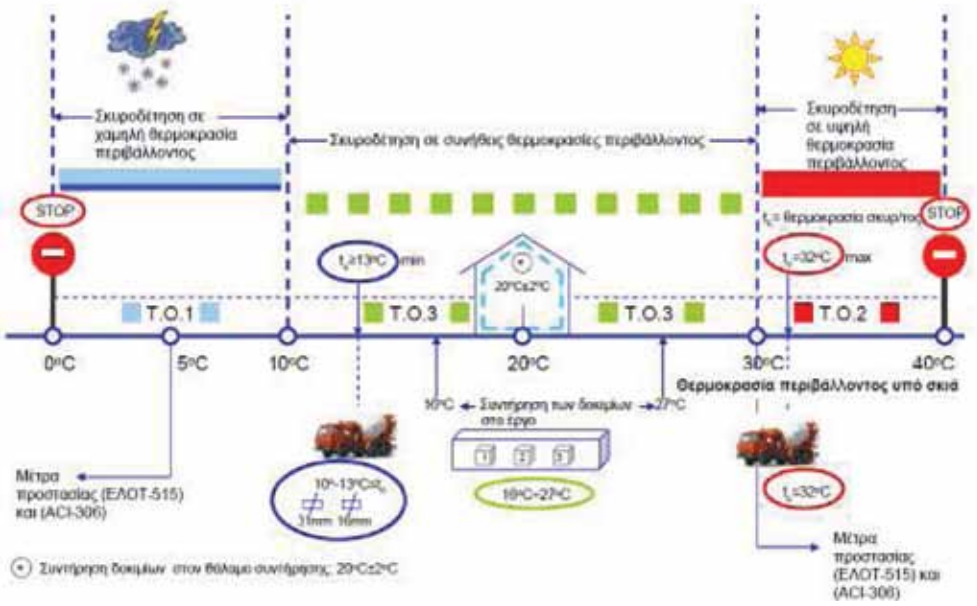
2. Τι σημαίνει «σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες»;

• Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες σημαίνει κατ' αρχήν δύο πράγματα:

α) ότι η σκυροδέτηση δεν γίνεται υπό συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος, (έτσι όπως ορίζονται αυτές στην Τεχνική Οδηγία Νο 1 του ΣΠΜΕ) και επομένως απαλλάσσεται το σκυρόδεμα από τους κινδύνους που ακολουθούν μια σκυροδέτηση με κρύο καιρό (παγοπληξία, καθυστέρηση πήξης, μείωση του ρυθμού ανάπτυξης αντοχών, κίνδυνος ρηγμάτωσης λόγω χαμηλών αντοχών σε μικρές ηλικίες κ.λπ.) και

β) ότι η σκυροδέτηση δεν γίνεται υπό συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος, (έτσι όπως ορίζονται στην Τεχνική Οδηγία Νο 2 του ΣΠΜΕ) και επομένως το σκυρόδεμα απαλλάσσεται από τους κινδύνους που ακολουθούν μια σκυροδέτηση με ζεστό καιρό (περίσσεια νερού, απώλεια κάθισης, μείωση τελικής αντοχής, γρήγορη πήξη, κίνδυνος ρηγμάτωσης από πλαστική συστολή, συστολή ξήρανσης, ανεπιθύμητοι ψυχροί αρμοί, ταχεία εξάτμιση ελεύθερου νερού, αύξηση διαπερατότητας του σκυροδέματος επιφανείας κ.λπ.)

• Διάγραμμα σκυροδετήσεων σε συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος:



Σχήμα 1.
Διάγραμμα σκυροδετήσεων σε συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος

3. Πριν τη σκυροδέτηση τί;

3.1 Σχεδιασμός σκυροδέματος

• Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (EN 1992-1-1), η βασική Κατηγορία δομήματος το οποίο χαρακτηρίζουν οι απαιτήσεις σχεδιασμού που αναπτύσσονται στο EN 206-1, καθορίζεται η Κατηγορία S4, η δε διάρκεια ζωής σχεδιασμού του έργου συμβατή με τις απαιτήσεις αυτές είναι 50 έτη (EN 1990). Ο μελετητής μπορεί να υιοθετήσει αύξηση ή μείωση Κατηγορίας (μέσα στα όρια μεταξύ S1 έως S6): αν πρόκειται για δομικά μέλη τύπου πλάκας (μείωση Κατηγορίας κατά μία μονάδα), επιλέγοντας διάρκεια ζωής του έργου 100 έτη (αύξηση Κατηγορίας κατά δύο μονάδες), επιλέγοντας σκυρόδεμα καλύτερης ποιότητας– με κριτήριο τη θλιπτική αντοχή (μείωση Κατηγορίας κατά μία μονάδα), ή για ειδικό έλεγχο ποιότητας, π.χ. μέσω εργοστασιακής παραγωγής (μείωση Κατηγορίας κατά μία μονάδα).

• Είναι αυτονόητο ότι η ανθεκτικότητα έναντι διάβρωσης του έργου επ' ουδενί δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη χωρίς να γίνει σωστή εκτέλεση του έργου (μεταφορά, διάστρωση, συμπύκνωση και συντήρηση τόσο του σκυροδέματος όσο και του έργου του ίδιου στη διάρκεια ζωής σχεδιασμού). Ο τρόπος κατασκευής των έργων από σκυρόδεμα αποτελεί αντικείμενο ξεχωριστού προτύπου, του EN 13670-1, γεγονός που υφίσταται από την τρέχουσα Ελληνική πρακτική, όπου και οι δύο τομείς - παραγωγή σκυροδέματος και εκτέλεση έργου - καλύπτονται από τον εκάστοτε ισχύοντα ΚΤΣ.

• Κατά το πρότυπο EN 206-1, οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του σκυροδέματος που πρέπει να προδιαγράφονται στη μελέτη και να ελέγχονται είναι τόσο οι ιδιότητες του νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος, όσο και οι κατηγορίες περιβαλλοντικής έκθεσης.

1. Ιδιότητες νωπού σκυροδέματος:

• Η μέγιστη ονομαστική διάσταση κόκκου του χονδρόκοκκου κλάσματος του αδρανούς (Dmax). Η μελέτη του σκυροδέματος θα πρέπει να καθορίσει τη συγκεκριμένη παράμετρο ανάλογα με τις ελάχιστες αποστάσεις των οπλισμών και την επικάλυψη αυτών στο έργο, με τα οποία η Dmax είναι απευθείας συνυφασμένη, αλλά και με το είδος του έργου, λόγω του ότι σε ειδικές περιπτώσεις η Dmax ενδέχεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό.

• Η κατηγορία συνεκτικότητας του σκυροδέματος. Όπως αναφέρεται στο Εθνικό Προσάρτημα, συνεκτικότητα είναι η φυσική ιδιότητα του σκυροδέματος που καθορίζει τη συνοχή του νωπού μείγματος και σχετίζεται έμμεσα με τις μετρήσεις εργασιμότητας, που αφορά το απαιτούμενο έργο για τη μεταφορά, διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος, ποσότητα που μετράται έμμεσα με διάφορες πρότυπες μεθόδους. Ανάλογα με την εφαρμογή, η μελέτη μπορεί να καθορίσει διαφορετική πρότυπη μέθοδο μέτρησης της συνεκτικότητας και ποσοτική κατηγορία συνεκτικότητας: το EN 206-1 υιοθετεί τις τυποποιημένες δοκιμές κάθισης, χρόνου Vebe, συμπύκνωσης και διάμετρο εξάπλωσης.

2. Ιδιότητες σκληρυμένου σκυροδέματος:

• Η πρότυπη χαρακτηριστική αντοχή σε θλίψη κύβου ή κυλίνδρου στις 28 ημέρες. Ο μελετητής θα καθορίζει στο σχεδιασμό του υλικού τη χαρακτηριστική αντοχή, μέσα από τις προτεινόμενες κατηγορίες του προτύπου. Όπως σχολιάζεται και στο EN 1992-1-1, η κατηγορία θλιπτικής αντοχής του υλικού θεωρείται ότι σχετίζεται με την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, καθώς σχετίζεται έμμεσα με το πορώδες του προϊόντος – ενώ είναι ένας δείκτης που μπορεί να ελεγχθεί εύκολα και με αξιοπιστία.

• Η πρότυπη χαρακτηριστική αντοχή σε διάρρηξη κυλίνδρου (λέγεται και Βραζιλιανή δοκιμή), όπως προδιαγράφεται στο πρότυπο EN 12390-5.

• Επί πλέον, στο Εθνικό Προσάρτημα, υπάρχει η δυνατότητα να προδιαγραφεί και να ελεγχθεί και η πρότυπη εφελκυστική αντοχή σε κάμψη, που αποτελεί μια σημαντική παράμετρο σχεδιασμού σε δάπεδα επί εδάφους και οδοστρώματα από σκυρόδεμα. Ο έλεγχος της αντοχής σε κάμψη προκύπτει από πρότυπη δοκιμή πρισμάτων σε κάμψη, όπως προδιαγράφεται στο πρότυπο EN 12390-5.
• Εφόσον πρόκειται για ελαφροσκυρόδεμα, καθορίζεται στη μελέτη και η κατηγορία της πυκνότητας του σκυροδέματος.

3. Είδη και Κατηγορίες περιβαλλοντικής έκθεσης.

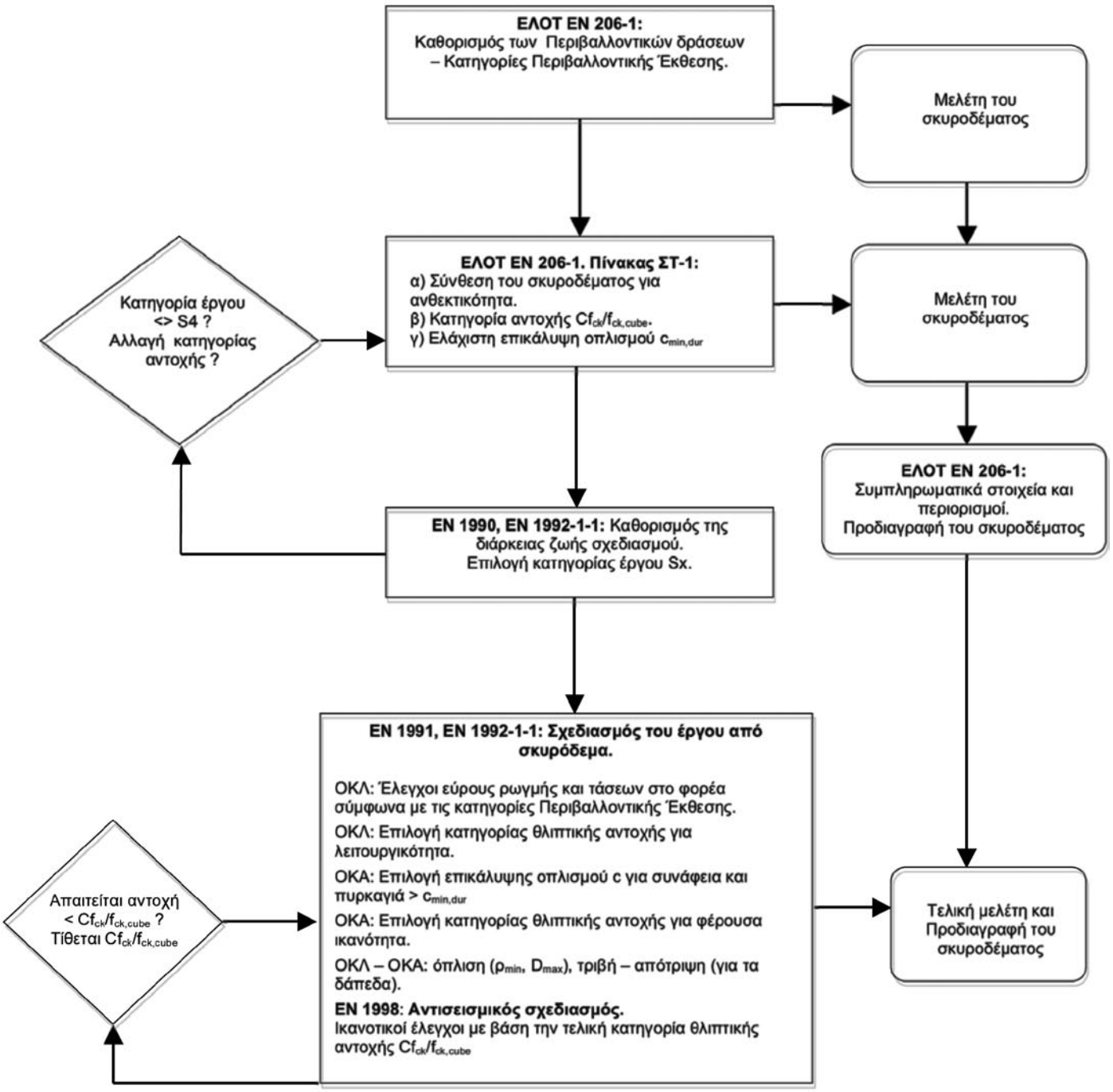
• Σαν δράση σχεδιασμού θεωρείται η περιβαλλοντική έκθεση σε διάφορες Κατηγορίες διάβρωτικού περιβάλλοντος, η οποίες περιλαμβάνουν: το μη διαβρωτικό περιβάλλον (κατηγορία X0), την έκθεση που προκαλεί η ενανθράκωση (κατηγορία XC), την έκθεση σε χλωριόντα πλην θαλασσινού νερού (κατηγορία XD), την έκθεση σε χλωριόντα από θαλασσινό νερό (κατηγορία XS), την έκθεση σε παγετό (κατηγορία XF), την έκθεση σε χημική προσβολή (κατηγορία XA) και (το Εθνικό Προσάρτημα) την έκθεση σε τριβή – απότριψη (κατηγορία XM).

• Υιοθετείται άρα η λογική των κανονισμών σχεδιασμού, όπου το σκυρόδεμα υπόκειται σε (περιβαλλοντικές) δράσεις, οπότε και καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ανθεκτικότητα. Σε μελλοντική αναθεώρηση του προτύπου, ο σχεδιασμός για περιβαλλοντική έκθεση θα επεκταθεί στον καθορισμό και των δύο σκελών της θεωρητικής ανίσωσης σχεδιασμού, όπου η μελέτη του σκυροδέματος θα καθορίζει τις περιβαλλοντικές δράσεις (X – exposure) - κάτι που ήδη γίνεται - αλλά, πλέον, και την απαιτούμενη αντίσταση (R – resistance) για την εκάστοτε κατηγορία Περιβαλλοντικής Έκθεσης: για παράδειγμα, ο σχεδιασμός θα καθορίζει τις απαιτούμενες παραμέτρους για αντίσταση σε χλωριόντα θαλάσσης κατηγορίας, π.χ., RS2.

• Στην περίπτωση αυτή, ο σχεδιασμός βάσει επιτελεστικότητας για συγκεκριμένες Κατηγορίες Έκθεσης σε περιβαλλοντικές δράσεις προκύπτει από καθορισμό: i) των επιτρεπόμενων συστατικών υλικών (τσιμέντο), ii) της ελάχιστης κατηγορίας θλιπτικής αντοχής και iii) περιορισμούς στη μελέτη σύνθεσης[1] (ανάλογα και με το τσιμέντο που χρησιμοποιείται): ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο, μέγιστος επιτρεπόμενος λόγος Νερό / Τσιμέντο, ελάχιστη επικάλυψη των οπλισμών (για λόγους περιβαλλοντικούς, cmin,dur, κατά EN 1992-1-1) και ελάχιστο περιεχόμενο ποσοστό σκόπιμα εισηγμένου αέρα (ειδικά για την Κατηγορία XM).

• Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1 παρακάτω, είναι βασικό να σημειωθεί ότι πλέον, αντίθετα με προηγούμενες πρακτικές, η Κατηγορία θλιπτικής αντοχής του έργου καθορίζεται αρχικά με βάση τις συνθήκες περιβαλλοντικής έκθεσης και ανθεκτικότητας και κατόπιν αυτή κατ' ελάχιστον υιοθετείται στο σχεδιασμό. Επί πλέον, η ρήτρα του EN 1992-1-1 στο Παράρτημα E, παράγραφος E.1 (2), ότι είναι δυνατόν να υιοθετηθεί μεγαλύτερη απαίτηση της Κατηγορίας αντοχής σχεδιασμού, λόγω ανθεκτικότητας, με μοναδική τήρηση των αναθεωρημένων απαιτήσεων στο ελάχιστο ποσοστό οπλισμού λόγω κάμψης (ρmin) και στον έλεγχο εύρους ρωγμής είναι λάθος. Για έργα σχεδιαζόμενα σε σεισμό με απαιτήσεις πλάστιμης συμπεριφοράς, η οποιαδήποτε αυξημένη αντοχή που τυχόν θα υιοθετηθεί για λόγους ανθεκτικότητας, θα πρέπει να τηρηθεί σε όλο το σχεδιασμό του δομήματος, συμπεριλαμβανομένων και των ικανοτικών ελέγχων που προβλέπει ο αντισεισμικός σχεδιασμός κατά EN 1998-1.

1 Εκτός αν προδιαγραφεί κάποια άλλη μέθοδος βάσει δοκιμών, οι περιορισμοί στη μελέτη σύνθεσης θεωρούνται ότι μπορούν έμμεσα να οδηγήσουν και σε περιορισμούς στην υδατοπερατότητα του σκυροδέματος.



Πίνακας 1. *Διαδικασία σχεδιασμού δομήματος από σκυρόδεμα στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών προτύπων και Ευρωκωδίκων.*

3.2 Μελέτη Σύνθεσης

• Το σκυρόδεμα έχει εξελιχθεί και συνεχίζει να εξελίσσεται πέραν της παραδοσιακής του σύνθεσης (τσιμέντο + λεπτόκοκκα αδρανή + χονδρόκοκκα αδρανή + νερό) , με την εισαγωγή πλειάδας τσιμεντοειδών υλικών και προσθέτων (π.χ. τσιμέντα υψηλής πρώιμης αντοχής, ή χαμηλής θερμότητας ενυδάτωσης, ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικαμίνων, πυριτική παιπάλη, κ.ά.), αλλά και πλείστων χημικών προσμίκτων (π.χ. για τη μείωση στην απαίτηση σε νερό ανάμιξης, για την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση της πήξης, για τη μείωση της διαπερατότητας, κ.ά.). Ομοίως, το αντικείμενο της μελέτης σύνθεσης σκυροδέματος δεν δύναται πλέον να συνοψιστεί απλώς στον προσδιορισμό των βέλτιστων αναλογιών των συστατικών του για την επίτευξη συγκεκριμένης αντοχής και κάθισης.

• Για χάριν οικονομίας (και για συνήθη έργα), είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται τοπικώς διαθέσιμα αδρανή, παρά να αναζητούνται τα πλέον κατάλληλα αδρανή, τα οποία όμως συνοδεύονται από μεγάλο κόστος μεταφοράς. Επίσης, καθώς το κάθε έργο χαρακτηρίζεται από μοναδικότητα, έτσι και το σκυρόδεμα που θα πρέπει να προδιαγραφεί και να χρησιμοποιηθεί για το εν λόγω έργο θα πρέπει να είναι το κατάλληλο. Η πρακτική της άκριτης χρήσης ενός και μόνο τύπου σκυροδέματος για όλες τις εφαρμογές δεν είναι μόνο λανθασμένη, αλλά και αντιοικονομική. Λόγω της πληθώρας διαθέσιμων χημικών προσμίκτων και ορυκτών προσθέτων, είναι πιθανή η κατάστρωση τεχνολογικά ισοδύναμων και οικονομικά ανταγωνιστικών συνθέσεων σκυροδέματος για το ίδιο έργο.

• Τα προδιαγραφόμενα από τον Μελετητή ή τον Επιβλέποντα Μηχανικό στοχόσημα της μελέτης σύνθεσης σκυροδέματος αφορούν: (α) στην εργασιμότητά του [ως μέτρο της εργασιμότητας του σκυροδέματος συνήθως χρησιμοποιείται η κάθιση, η οποία δύναται να μετρηθεί σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΝ 12350-2 Testing fresh concrete: Slump test (Μέθοδος Ελέγχου ΣΚ-309). Ωστόσο, εκτός από την κάθιση, μπορεί να προδιαγράφεται και η εξάπλωση, όπως αυτή περιγράφεται στο Πρότυπο ΕΝ 12350-5:2009 Testing fresh concrete: Flow table test (Μέθοδος Ελέγχου ΣΚ-318) ή – για ύφυγρα σκυροδέματα – και ο χρόνος Vebe, όπως αυτός περιγράφεται στο Πρότυπο ΕΝ 12350-3:2009 Testing fresh concrete: Vebe test (Μέθοδος Ελέγχου ΣΚ-310), (β) στις πρόσθετες πιθανές ιδιότητές του (π.χ. αντλησιμότητα, στεγανότητα, ανθεκτικότητα, κτλ.), (γ) στην απαιτούμενη αντοχή του (η μέση αντοχή του σκυροδέματος πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη αντοχή) και (δ) σε άλλες αντοχές αυτού (π.χ. αντοχή σε κάμψη, αντοχή σε διάρρηξη κτλ.). Ο ΚΤΣ-97 θέτει συγκεκριμένες (κατά περίπτωση) απαιτήσεις για τον τύπο τσιμέντου, τον μέγιστο λόγο νερού προς τσιμέντο, την ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο, την ελάχιστη κατηγορία αντοχής και την κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος αδρανών για σκυρόδεμα δίχως ειδικές απαιτήσεις (επιχρισμένο ή ανεπίχριστο) και για ειδικά σκυροδέματα [ανθεκτικά σε επιφανειακή φθορά, μειωμένης υδατοπερατότητας, εντός ύδατος (όχι διαβρωτικού), εντός της θάλασσας, σε παραθαλάσσιο περιβάλλον, ανθεκτικά σε χημικές προσβολές].

Συστατικό	**Συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του:**	
Νερό	ΕΛΟΤ 345	ΕΝ 1008
Τσιμέντο	Π.Δ.224/29.2.80 «Περί Κανονισμού Τσιμέντου για έργα από Σκυρόδεμα» (ΦΕΚ 69Α/28.3.1980)	ΕΝ 197-1:2000
Θραυστά αδρανή	ΕΛΟΤ 408 «Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα»	ΕΝ 12620:2002
Παιπάλη πετρωμάτων	-	ΕΝ 12620:2002
Ιπτάμενη τέφρα	-	ΕΝ 450-1:2005
Πυριτική παιπάλη	-	ΕΝ 13263-1:2005
Σκωρία υψικαμίνων	-	BS 6699:1992
Χημικά πρόσμικτα	Αερακτικά: Ειδική Προδιαγραφή ΣΚ-307 Επιταχυντικά,Επιβραδυντικά, ρευστοποιητικά ή άλλα: Ειδική Προδιαγραφή ΣΚ-308 Υπερρευστοποιητικά: Ειδική Προδιαγραφή ΣΚ-316	ΕΝ 934-2:2001
Χρωστικές ουσίες	-	ΕΝ 12878:2005

Πίνακας 2.
Ευρωπαϊκά και Ελληνικά Πρότυπα που αναφέρονται στα διάφορα συστατικά του σκυροδέματος.

• Οι προδιαγραφές για το προδιαγραφόμενο σκυρόδεμα περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα, τον τύπο και την αντοχή του τσιμέντου, το λόγο Ν/Τ ή την κατηγορία εργασιμότητας (σπανιότερα δε συγκεκριμένη τιμή για τον δείκτη μέτρησης της εργασιμότητας), την κατηγορία, το μέγιστο κόκκο και τη μέγιστη περιεκτικότητα χλωρίου στα αδρανή, καθώς επίσης τον τύπο και την ποσότητα τυχόν προσμίκτων ή προσθέτων.

• Με βάση το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΝ 206-1, η σύνθεση του σχεδιαζόμενου ή του προδιαγραφόμενου σκυροδέματος και τα συστατικά του υλικά επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούνται προδιαγραφόμενες απαιτήσεις τόσο για τη νωπή όσο και για τη σκληρυμένη του φάση, οι οποίες αφορούν στη συνοχή και τη σταθερότητα του μίγματος, στην πυκνότητά του, στην αντοχή του, στην ανθεκτικότητά του και στην προστασία που πρέπει να παρέχει στον χαλύβδινο οπλισμό έναντι διάβρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις διαδικασίες παραγωγής σκυροδέματος και τις μεθόδους εκτέλεσης εργασιών του εκάστοτε έργου.

3.3 Παραγγελία σκυροδέματος

• Εκτός από όσα αναφέρονται στο κυρίως κείμενο της Οδηγίας είναι απαραίτητο να δηλώνονται:

• Μέγιστος κόκκος αδρανών (31,5mm, 16mm,…) (έχει άμεση σχέση με το μέγεθος της διατομής που σκυροδετείται καθώς και την πυκνότητα του οπλισμού)
• Τυχόν ειδικές απαιτήσεις (πιν 5.2.5.1 ΚΤΣ-97) (όπως ανεπίχριστο, παραθαλάσσιο, μειωμένης υδατοπερατότητας, ανθεκτικότητα σε χημικές προσβολές, κλπ.)
• Αν απαιτείται ή όχι αντλία, καθώς και το μέγεθος της σε περίπτωση που απαιτείται (31m, 36m, 42m, 52m, δίκτυο, κλπ.) (και επομένως και αν το σκυρόδεμα πρέπει να είναι αντλήσιμο, ή όχι)
• Ρυθμός σκυροδέτησης – ανά πόση ώρα χρειαζόμαστε τα αυτοκίνητα, ώστε να μην υπάρχουν καθυστερήσεις στη σκυροδέτηση (και πιθανοί αρμοί διακοπής), αλλά ούτε και πολλά αυτοκίνητα να περιμένουν (καθυστέρηση και πιθανή υπέρβαση του χρόνου ζωής του σκυροδέματος, ειδικά τους θερινούς μήνες). Ο ρυθμός εξαρτάται από τον τύπο του στοιχείου που σκυροδετείται (κολώνες, πλάκα, θεμελίωση, σκάλες, κλπ.) αλλά και από τη δυνατότητα του συνεργείου (αριθμός ατόμων, δονητών, κλπ.)
• Άλλες ειδικές απαιτήσεις, όπως χρήση ινών (πολυπροπυλενίου ή μεταλλικών), η μη χρήση επιβραδυντικού προσθέτου για ταχύτερη έναρξη πήξης (π.χ. βιομηχανικά δάπεδα), ή άλλων απαιτήσεων (ταχεία ανάπτυξη αντοχών, αυξημένη στεγανότητα, χρήση αερακτικού για προστασία από παγετό, κλπ.) Για τις περισσότερες περιπτώσεις θα πρέπει να έχει προηγηθεί συνεννόηση με την εταιρεία (και εύλογο χρονικό διάστημα για την παραγγελία).

3.4 Ημερήσια παραγωγή σκυροδέματος

• Η ημερήσια παραγωγή μιας μονάδας παραγωγής σκυροδέματος είναι συνάρτηση της παραγωγικότητας του συγκροτήματος παραγωγής (χωρητικότητα αναμικτήρα, διάταξη συγκροτήματος, χρόνος ανάμιξης και βέβαια αριθμός αναμικτήρων) καθώς και του αριθμού των αυτοκινήτων αλλά και σε σχέση με την απόσταση των έργων και τον ρυθμό σκυροδέτησης. Συνήθως μπορεί να κυμαίνεται από 30-150 m3/h αλλά σε περιπτώσεις με περισσότερους αναμικτήρες ανά μονάδα παραγωγής μπορεί να είναι πολλαπλάσια.

• Οι εταιρείες παραγωγής είναι υποχρεωμένες να κάνουν ελέγχους και να τους καταγράφουν μαζί με τα αποτελέσματα σε Ημερολόγιο-Μητρώο το οποίο πρέπει να είναι θεωρημένο από τα κατά τόπους Περιφερειακά εργαστήρια ή το Κεντρικό Εργαστήριο του ΥΠΟΜΕΔΙ (ΚΕΔΕ). Σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97 πρέπει να γίνεται λήψη ενός δοκιμίου για κάθε παραγόμενη κατηγορία σκυροδέματος ανά ημέρα και ο έλεγχος πρέπει να ικανοποιεί το κριτήριο $f_a \geq f_{ck}+1,64s$.

• Σύμφωνα με το ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 οι απαιτούμενες δειγματοληψίες διαφοροποιούνται αν πρόκειται για εταιρεία με πιστοποιημένο ή μη-πιστοποιημένο έλεγχο παραγωγής. Σε περίπτωση που είναι πιστοποιημένος, τότε απαιτείται 1 δείγμα για κάθε 400 m3 παραγωγής ή 1 δείγμα ανά ημέρα (το δυσμενέστερο) για την κανονική περίοδο (μετά την αρχική που είναι συχνότερες – κάθε 150 m3), ενώ για μη-πιστοποιημένο έλεγχο παραγωγής είναι 1 δείγμα για κάθε 150 m3 παραγωγής ή 1 δείγμα ανά ημέρα.

• Επίσης στο πρότυπο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 εισάγεται η έννοια του έλεγχου παραγωγής (Factory Production Control) με σειρά ελέγχων που πρέπει να κάνει η εταιρεία με μακροσκελείς λίστες σχετικά με:

• καταγραφή δεδομένων και εγγράφων,
• έλεγχο των υλικών παρασκευής,
• έλεγχο του εξοπλισμού, και
• έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής και των ιδιοτήτων του σκυροδέματος
• Άλλη μια σημαντική αλλαγή που εισάγει το ΕΝ 206-1 είναι η απαίτηση συμμόρφωσης (και με σχετικά κριτήρια) και για άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος πέραν της αντοχής, όπως για την πυκνότητα, τον λόγο Ν/Τ, την περιεκτικότητα σε τσιμέντο, την κάθιση, την περιεκτικότητα σε αέρα, κλπ.

• Η πιστοποίηση θα γίνεται από εξωτερικό φορέα.

• Μέχρι σήμερα ισχύει και ο Κανονισμός Πιστοποίησης Εργοστασιακού Σκυροδέματος που εκδόθηκε από τον ΕΛΟΤ το 2001 και αφορά το Σήμα Ποιότητας Σκυροδέματος. Βάσει αυτού του κανονισμού πιστοποιείται συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής για συγκεκριμένη κατηγορία σκυροδέματος, με κριτήρια που περιλαμβάνουν την επιθεώρηση της μονάδας όσον αφορά την τήρηση διαδικασιών/αρχείων (βάσει ISO 9001), την τήρηση των απαιτήσεων του ΚΤΣ-97 (μητρώα, ύπαρξη Διπλ. Μηχανικού, μελέτες σύνθεσης, υλικά, εργαστήριο, διακριβώσεις, κλπ.) και στη συνέχεια με ελέγχους και κριτήρια που βασίζονται στον εσωτερικό έλεγχο του εργοστασίου και σε ελέγχους (1 ανά μήνα στην μονάδα και 1 ανά χρόνο σε έργο) που πραγματοποιούνται από επιθεωρητή του ΕΛΟΤ. Αποτελεί δε ένα εργαλείο εξασφάλισης του καταναλωτή καθώς ο παραγωγός ελέγχεται τακτικά από 3ο φορέα και υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια αποδοχής, αλλά και συσχέτισης μεταξύ εσωτερικών αποτελεσμάτων και αποτελεσμάτων των εξωτερικών δειγματοληψιών.

3.5 Μεταφορά σκυροδέματος στο έργο

• Θα πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος του τυμπάνου των φορτηγών αναμικτήρων σκυροδέματος, για τη ποιότητα των φτερών εσωτερικά του τυμπάνου (μαχαίρια), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι κατά τη μεταφορά θα υπάρχει ομοιογενής ανάμιξη του σκυροδέματος.

• Στη περίπτωση που το φορτηγό αναμικτήρας υποστεί βλάβη τέτοια που είναι αδύνατη η μετακίνησή του, ενώ αυτό είναι ήδη φορτωμένο με σκυρόδεμα, θα πρέπει ο οδηγός να διαθέτει πρόσμικτο αδρανοποιητικό – αναστολέα ενυδάτωσης σε σκόνη ή σε υγρή μορφή, το οποίο θα του επιτρέψει να αναστείλει πλήρως τη χημική διεργασία ενυδάτωσης του τσιμέντου, μέχρι το φορτηγό να μπορέσει να επιστρέψει πίσω στη μονάδα παραγωγής και να γίνει δυνατή η απόρριψη του σκυροδέματος σύμφωνα με τη κείμενη νομοθεσία. Σε αντίθετη περίπτωση όπου το σκυρόδεμα παρουσιάσει τελική πήξη, τότε η απομάκρυνσή του από το τύμπανο, θα πρέπει να γίνει με μηχανικά μέσα (κομπρεσέρ), γεγονός που θα προκαλέσει α) κινδύνους για την υγεία αυτού που θα εκτελέσει την εργασία, λόγω της θερμότητας αλλά και της αλκαλικότητας του τσιμέντου (εγκαύματα) και β) αμφιβολίες για τη πλήρη αποκατάσταση / καθαρισμό των εσωτερικών μεταλλικών επιφανειών του τυμπάνου, οι οποίες θα θέτουν εν αμφιβόλω τη σωστή ανάμιξη κάθε επόμενης παρτίδας σκυροδέματος που πρόκειται να μεταφέρει το συγκεκριμένο φορτηγό αναμικτήρας.

3.6 Παραλαβή σκυροδέματος (και ποιοτικός έλεγχος)

• Το έντυπο παραλαβής του σκυροδέματος φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3:

3.7 Αντλήσιμο σκυρόδεμα: ένα εξειδικευμένο σκυρόδεμα;

• Η χρήση αντλίας σκυροδέματος είναι ένα μέσο επιτάχυνσης της κατασκευής. Αυτό από μόνο του είναι σίγουρα μια καλή ένδειξη του γιατί υπάρχει ανάγκη άντλησης του σκυροδέματος.

• Οι παραλείψεις στη μελέτη σύνθεσης γίνονται εμφανείς κυρίως με την απόμιξη και την εξίδρωση. Η μηχανική άντλησης του σκυροδέματος περιγράφει πως μια ομοιογενής μάζα σκυροδέματος κινείται κατά μήκος του σωλήνα, το εσωτερικό τοίχωμα του οποίου έχει ένα λιπαντικό κάλυμμα από τσιμεντοπολτό. Αν το νερό φύγει από τη μάζα αυτή, το λεπτό στρώμα του πολτού χάνεται και τότε εμφανίζεται μπλοκάρισμα. Το νερό είναι το μόνο από τα συστατικά του σκυροδέματος που μπορεί να αντληθεί. Αφαιρώντας το νερό η άντληση είναι αδύνατη. Καθώς το νερό αναγκάζεται να προχωρήσει μπροστά και το λεπτό στρώμα του τσιμεντοπολτού χάνεται, τα αδρανή πιέζονται προς το τοίχωμα του σωλήνα, δημιουργώντας υπερβολι-

Αποδοχή ετοίμου σκυροδέματος (Έκθεση παραλαβής)		
Εργοτάξιο:	Τμήμα κτιρίου: Υπεύθυνος Μηχανικός:	
Απαίτηση / Οδηγία		
Α. Έλεγχοι στο Δελτίο Αποστολής		
☐ Στοιχεία Εργοταξίου	☐ Υπογραφή Υπευθύνου Εργοστασίου	
☐ Αριθμός Δελτίου Αποστολής	☐ Αριθμός Κυκλοφορίας οχήματος	
☐ Ημερομηνία παραγωγής		
☐ Χρόνος φόρτωσης		
☐ Χρόνος άφιξης	☐ Χρόνος έναρξης εκφόρτωσης	
	☐ Χρόνος πέρατος εκφόρτωσης	
☐ Συνολικός χρόνος ≤ 1h +30' ή 1h +50' (προσθήκη επιβραδυντή) (ΕΛΟΤ 346)		
☐ Ποσότητα σε t και m^3 (§12.1.1.15/ΚΤΣ-97)		
☐ Κατηγορία σκυροδέματος (§12.1.1.16/ΚΤΣ-97)	☐ Κατηγορία κάθισης (§12.1.16/ΚΤΣ-97)	
☐ Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m^3)	☐ Τύπος τσιμέντου (§12.1.16/ΚΤΣ-97)	
☐ Σύνθεση του σκυροδέματος, εφόσον ζητηθεί (§12.1.1.18/ΚΤΣ-97)		
☐ Προσθήκη επιβραδυντικού		
Β. Έλεγχοι στο νωπό σκυρόδεμα κατά την παραλαβή		
☐ Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος		
☐ Έλεγχος εργασιμότητας (κάθισης), μετά από εκφόρτωση 1/3 του φορτίου (§8.6/ΚΤΣ-97)		
☐ Σύγκριση τιμής κάθισης, με τιμή από μελέτη συνθέσεως (§8.6/ΚΤΣ-97)		
☐ Επανάληψη μέτρησης κάθισης ☐ Εντός ορίων ανοχών. Τιμή κάθισης ……..cm		
☐ Μέτρηση θερμοκρασίας σκυροδέματος: t_c (§12.8/min: $t_c \geq 10^oC$) (§12.8/max: $t_c \leq 32^oC$)		
☐ Λήψη δοκιμίων σκυροδέματος (§13.3.1/ΚΤΣ-97)		
	☐ 6 συμβατικά δοκίμια (20-150m^3)	
	☐ 12 συμβατικά δοκίμια (>150m^3)	
	☐ 3 ή 6 δοκίμια (0-20 m^3/(§13.3.10)	
☐ Αναγραφή ώρας λήψης και α/α δοκιμίου στο Δελτίο Αποστολής (§13.3.9/ΚΤΣ-97)		
☐ Σημειώνεται το δοκίμιο, το αυτοκίνητο δειγματοληψίας και η περιοχή διάστρωσης του σκυροδέματος		
☐ Μέτρηση αεροπεριεκτικότητας, όταν προστεθεί αερακτικό (§12.8.4/ΚΤΣ-97))		
☐ Δειγματοληψίες παρουσία ενδιαφερομένων μερών (§15.2.1/ΚΤΣ-97))		
☐ Προσθήκη υπερρεστποιητικού στο Έργο και επανάμιξη για 3 min (§6.9/ΚΤΣ-97))		
☐ Συμπλήρωση πίνακα παραλαβής σκυροδέματος (ΠΕΤΕΠ/ΕΛΟΤ ΤΟ: 1501-01-01-02-00:2009		
Τοποθεσία	Ημερομηνία	Υπογραφή *(στοιχεία Υπευθύνου)*

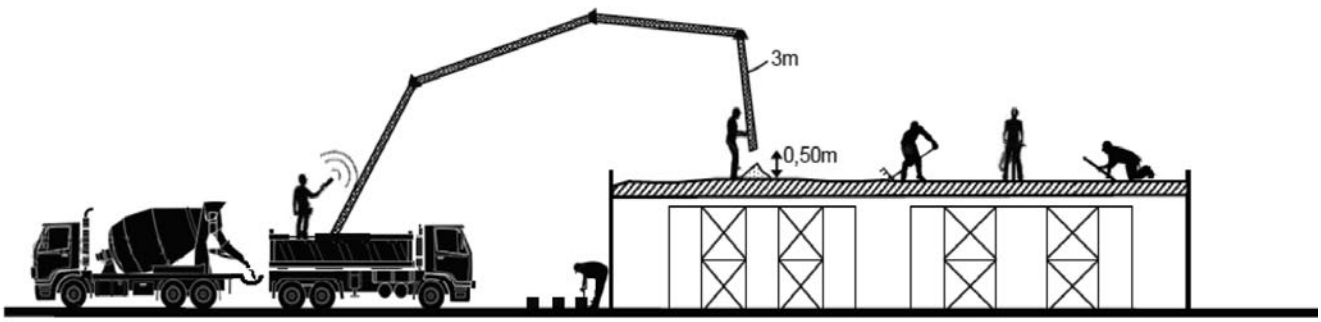
Πίνακας 3. *Έντυπο παραλαβής σκυροδέματος*

κή τριβή που είναι επαρκής να δημιουργήσει μπλοκάρισμα. Η ξηρή μάζα θα δείξει τα αδρανή στη φυσική τους κατάσταση και χρώμα, επειδή ο τσιμεντοπολτός θα έχει στιφτεί και απομακρυνθεί προς τα έξω καθώς σχηματίζεται το μπλοκάρισμα.

• Μια άλλη αιτία απόμιξης είναι η ανεπαρκής ανάμιξη. Ακόμη και ένα καλά σχεδιασμένο ανάμιγμα με κατάλληλη διαβάθμιση αδρανών μπορεί να επηρεαστεί. Επαρκής χρόνος ανάμιξης είναι σημαντικός σε όλα τα σκυροδέματα και στην περίπτωση αντλητού σκυροδέματος είναι αναγκαιότητα αν θέλουμε επιτυχή άντληση. Οι λόγοι είναι καθαροί: τα αδρανή πρέπει να έχουν πλήρη κάλυψη από τσιμεντοπολτό αν είναι να παραχθεί η απαιτούμενη ομογενοποιημένη μάζα.

• Στο ACI 304.2R, προδιαγράφονται συνιστώμενες κοκκομετρικές καμπύλες της άμμου και του μίγματος των αδρανών για αντλήσιμο σκυρόδεμα καθώς και στο Build Research Est: BRE Report Y9/T6, όπου στο κλάσμα μεταξύ 4mm-8mm, παρατηρείται μια σχετική ασυνέχεια της καμπύλης (οριζόντιο/ελαφρά κεκλιμένο τμήμα) που υποδεικνύει μείωση της ποσότητας του μικρότερου κλάσματος του χονδρόκοκκου υλικού (ρυζάκι ή γαρμπίλι) για καλύτερη συμπεριφορά σε αντλησιμότητα. Παρόμοιες είναι και οι συνιστώμενες τιμές κάθισης (π.χ. κατηγορία κάθισης S3 ή S4, τιμές κάθισης≥12,0cm), που εξαρτώνται και από το συνολικό άθροισμα λεπτόκοκκων (Mehlkorn/DIN 1045, που συνιστάται να είναι ≥450kg/m3 (ποσότητα τσιμέντου και ποσότητα άμμου διερχόμενη από το κόσκινο: 0,2mm). Συστάσεις υπάρχουν και από τους κατασκευαστές αντλιών, που έχουν εκδώσει σχετικά εγχειρίδια.

• Οι απαιτήσεις που περιλαμβάνονται στην παράγραφο 12.10 του ΚΤΣ-97 είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Επιτρέπεται στην κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών, να βρίσκεται ολόκληρη ή κατά μόνο ένα τμήμα της, στην Υποζώνη Ε για κατηγορία C30/37 ή μικρότερη που δεν έχει ειδικές απαιτήσεις στεγανότητας ή ανθεκτικότητας, όπου η κοκκομετρική καμπύλη πρέπει να βρίσκεται, κατά το δυνατόν, κοντά στη μέση γραμμή της Υποζώνης Δ. Επίσης, προδιαγράφεται ότι η απόσταση του στομίου εκροής από το τελευταίο στέλεχος των σωλήνων της αντλίας, δεν επιτρέπεται να απέχει από την επιφάνεια διάστρωσης, περισσότερο από 0,50m, για συνολικό μήκος του τελευταίου κατακόρυφου στελέχους (και του εύκαμπτου τελευταίου τμήματος) μέχρι 3m (δες σχήμα 2).



Σχήμα 2. *Σκυροδέτηση με αντλήσιμο σκυρόδεμα.*

α/α	Χώρα	διάστρωση με άντληση (%)	α/α	Χώρα	διάστρωση με άντληση (%)
1	Αυστρία	18	9	Ισραήλ	40
2	Βέλγιο	20	10	Ιταλία	28
3	Φινλανδία	20	11	Ολλανδία	15
4	Γαλλία	28	12	Νορβηγία	19
5	Δυτική Γερμανία	35	13	Ισπανία	12
6	Μ. Βρετανία	10	14	Σουηδία	28
7	Ελλάδα	85	15	Ελβετία	15
8	Ιρλανδία	5			

Πίνακας 4. *Ποσοστό σκυροδέματος που διαστρώνεται με άντληση συνολικά σε εργοτάξια σε διάφορες χώρες*

• Είναι ενδιαφέρον να καταγράψουμε το ποσοστό του εργοταξιακού διαστρωμένου σκυροδέματος το οποίο αντλείται σε διαφορετικές χώρες. Οι μόνες καταγραφές από αυτό βρέθηκαν στα αρχεία των τελευταίων χρόνων της ERMCO. Τα ποσοστά αναφέρονται μόνο σε εταιρείες της ERMCO αλλά μπορούν να θεωρηθούν ένας λογικός οδηγός. Οι καταγραφές αυτές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.

• Η άντληση δεν είναι δυνατή αν η συνεκτικότητα του αναμίγματος είναι είτε πολύ ρευστή είτε πολύ ύφυγρη. Ο παρακάτω πίνακας 5 δείχνει την διακύμανση της συνεκτικότητας από ύφυγρο έως ρευστό.

Συνεκτικότητα	Εξάπλωση (cm)	Ισοδύναμη κάθιση (cm)	Εμφάνιση σκυροδέματος	"αντλησιμότητα"
Ύφυγρο	Μη μετρήσιμο		Κομμάτια όταν χυτεύεται	Μη αντλήσιμο
Πλαστικό	36-42	6-10	Επιφάνεια γυαλιστερή, σταθερό/μαλακό	Αντλήσιμο
Ρευστό	42-50	8-20	Ελεύθερη ροή	Μη αντλήσιμο

Πίνακας 5. *Βασική κλίμακα συνεκτικότητας και αντλησιμότητας σκυροδέματος*

• Το ύφυγρο σκυρόδεμα δεν αντλείται επειδή δεν μπορεί να αναρροφηθεί μέσα στον κύλινδρο ενώ το υπερβολικά ρευστό προκαλεί απόμιξη και εξίδρωση όταν επιχειρείται άντληση. Υπό τον όρο ότι το σχεδιαζόμενο ανάμιγμα είναι στην πραγματικότητα ένα αντλήσιμο ανάμιγμα, η κατηγορία «πλαστικό» θα είναι αντλήσιμη, καθώς επίσης και το ελάχιστα ύφυγρο σκυρόδεμα όπως και το μεγαλύτερο τμήμα του ρευστού σκυροδέματος. Ο έμπειρος χειριστής αντλίας γνωρίζει ότι αν το σκυρόδεμα περάσει μέσα στον κύλινδρο τότε υπάρχει 90 % πιθανότητα τουλάχιστον να αντληθεί.

• Συνεπώς το σκυρόδεμα ακραίων κατηγοριών συνεκτικότητας, μπορεί να προκαλέσει μπλοκαρίσματα, στο μηχανισμό της βαλβίδας, αν το σκυρόδεμα είναι πολύ ρευστό ή αμέσως πίσω από την αντλία αν είναι πολύ ύφυγρο, π.χ. στο λεπτό τμήμα του σωλήνα. Μπλοκαρίσματα αυτού του τύπου μπορεί επίσης να βρεθούν στις στροφές μέσα στο σωλήνα ή στη μπούμα μιας μηχανοκίνητης αντλίας.

4. Πώς γίνεται η προετοιμασία των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος και πώς σχεδιάζονται οι αρμοί;

4.1 Καλούπια Σκυροδέματος: Σχεδιασμός - Έλεγχος

• Η μελέτη και η κατασκευή των ικριωμάτων και των τύπων, θα γίνεται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

• Μετά την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των επιφανειών υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος και του συστήματος στήριξης αυτού, γίνεται έλεγχος των ικριωμάτων.

• Ο έλεγχος περιλαμβάνει τις ακόλουθες δύο διακριτές φάσεις :
• τον έλεγχο των διαστάσεων της διάταξης και
• τον έλεγχο για τυχόν ατέλειες και την ασφαλή παραλαβή των φορτίων.

• Η πρώτη φάση αφορά επαλήθευση ότι το σύστημα έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε να είναι σύμφωνο με την μελέτη του έργου (διαστάσεις, διάταξη κ.λπ.).

• Η δεύτερη φάση ελέγχου πραγματοποιείται προκειμένου να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχουν κακοτεχνίες ή ατέλειες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν δομική αστοχία στοιχείων του συστήματος στήριξης ή των τύπων.

• Ενδεικτικά ελέγχεται η διάταξη :
• για την στερεότητα των ξυλοτύπων και των ικριωμάτων,

• για σφάλματα σύνδεσης,
• για τυχόν ύπαρξη στοιχείων τα οποία έχουν υποστεί βλάβη και παρουσιάζουν μειωμένη αντοχή
• για την ορθή τοποθέτηση των στοιχείων σύνδεσης π.χ. σφηνών, βιδών, πείρων κ.λπ.

4.2 Γενικά μέτρα προετοιμασίας των επιφανειών

• Οι επιφάνειες υποδοχής του προς διάστρωση σκυροδέματος (τύποι ή καλούπια) μπορούν να είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά. Τέτοια υλικά ενδεικτικά είναι το ξύλο, μέταλλο, αλουμίνιο, πλαστικό κ.λπ.

• Οι πλέον συνήθεις τρόποι δημιουργίας καλουπιών σκυροδέματος είναι αυτοί που είναι κατασκευασμένοι από ξύλο (ξυλότυποι) και αυτοί που είναι κατασκευασμένοι από μέταλλο (μεταλλότυποι) ενώ για τις πλάκες (ειδικά τις δοκιδωτές) πολλές φορές χρησιμοποιούνται και οι πλαστικοί τύποι (πλαστικότυποι).

4.3 Ειδικά μέτρα προετοιμασίας των επιφανειών

• Η μέθοδος συγκράτησης των στεγανοποιητικών (water stops) μέσα στους ξυλοτύπους θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι δεν θα λυγίσουν ώστε να σχηματίσουν κοιλότητες κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

• Οι ράβδοι και τα εγκιβωτισμένα αντικείμενα θα πρέπει να συγκρατούνται με ασφάλεια στη σωστή θέση από κατάλληλα στηρίγματα και δεσμούς ώστε να αποφευχθεί η μετατόπισή τους κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης. Μερικές φορές για τη στήριξη του χάλυβα χρησιμοποιούνται κατάλληλα τεμάχια από τσιμεντοκονίαμα. Πιο συχνά χρησιμοποιούνται αποστάτες από μεταλλικές ράβδους με ή χωρίς προστατευμένες πλαστικές άκρες ή αποστάτες από πλαστικές ράβδους. Οποιοδήποτε σύστημα και αν χρησιμοποιείται, πρέπει να υπάρχει διασφάλιση ότι οι στηρίξεις θα είναι επαρκείς να φέρουν τα αναμενόμενα φορτία κατά τη διάρκεια της διάστρωσης και δεν θα είναι εμφανείς στις εκτιθέμενες επιφάνειες σκυροδέματος, δεν θα εκτοπίσουν μεγάλη ποσότητα σκυροδέματος ούτε θα επιτρέψουν στις ράβδους να μετακινηθούν από την κανονική τους θέση.

4.4 Αρμοί σε έργα από σκυρόδεμα

4.4.1 Εισαγωγή

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

α) Απαιτήσεις που αφορούν την κατασκευή του έργου ή του δομικού στοιχείου: i) το είδος και το μέγεθος αυτών, σε σχέση με το χρονοδιάγραμμα και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά ή πλησίον του χρόνου σκυροδέτησης, ii) τη διάσταση του δομικού στοιχείου που επιτρέπεται να διακινηθεί κατά την ανέγερση και iii) 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 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 εν μέρει και 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. Αποσκοπούν άρα στο να καταστεί εφικτή η ελεγχόμενη χωροθέτηση των ρηγματώσεων και έτσι η ορθή συντήρηση της ρηγμάτωσης. 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

1 Λέγονται και αρμοί εργασίας.

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 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.

4.4.2 Κατηγορίες αρμών

Λόγω της πληθώρας των τύπων, οι αρμοί ταξινομούνται με βάση τα εξής χαρακτηριστικά τους [ACI 224.3R-95]:
• 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: Πριονιστός, τραβηχτός με το χέρι, τραβηχτός με εργαλείο, αυλακωτός, με ενσωματωμένο τεμάχιο.
• Τη θέση του αρμού: Εγκάρσιος, διαμήκης, κάθετος, οριζόντιος.
• 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 :
ο Κατασκευής: καλουπωμένος αρμός που απαιτείται λόγω προγραμματισμένης ή μη διακοπής εργασιών σκυροδέτησης.
ο Διαστολής: καλουπωμένος αρμός κινηματικής απομόνωσης με δυνατότητα παραλαβής σχετικών μετατοπίσεων λόγω συστολο-διαστολής και/ή σεισμικών κινήσεων.
ο 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 τοιχία), για αυτό και λέγονται και αρμοί 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.
ο 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 τοιχίο), 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).
ο Άρθρωση: αρμός με δεδομένη κινηματική λειτουργία (κύλιση, ολίσθηση, στροφή, μερική δέσμευση κατά μία ή περισσότερες διευθύνσεις).

4.4.3 Σχεδιασμός των αρμών

• Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός αρμού (είδος, όπλιση, θέση, λειτουργία και μόρφωση) είναι συνυφασμένος με την προσδοκώμενη συμπεριφορά του έργου - δομικού στοιχείου στις Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας και Αστοχίας και στην ανθεκτικότητά. Ως εκ τούτου, οι αρμοί πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα τόσο της Μελέτης (υπολογισμοί, λεπτομερής παρουσίαση στα σχέδια τόσο σε ότι αφορά την τοποθέτηση όσο και τις σχετικές λεπτομέρειες) όσο και της Εκτέλεσης (προδιαγραφή, επίβλεψη και συντήρηση της κατασκευής). Συχνά, η χωροθέτηση των αρμών (ειδικά οι αρμοί κατασκευής ή οι αρμοί συστολής) θα πρέπει να προαποφασισθούν από κοινού μεταξύ του μελετητή και του κατασκευαστή του έργου, ενώ θα πρέπει να γίνει και ειδική μνεία στην προδιαγραφή και τα Συμβατικά Τεύχη για την εκτέλεση των αρμών κατασκευής που ενδέχεται να προκύψουν χωρίς προγραμματισμό κατά την κατασκευή (και τις ενδεχόμενες καθαιρέσεις ή επισκευές που θα συνεπάγεται αυτό).

• Όπως φαίνεται από την παραπάνω ταξινόμηση, υπάρχει μια πληθώρα αρμών που υιοθετούνται στην πράξη και με πολλαπλά συχνά κριτήρια εφαρμογής τους. Ανάλογα με τον τύπο του δομήματος έχουν προταθεί εναλλακτικές πρακτικές ορθής υλοποίησης για συγκεκριμένους αρμούς ίδιας λειτουργίας, οι οποίοι με βάση την εμπειρία καλύπτουν τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης κατασκευής. Όμως, ανεξάρτητα από το είδος του αρμού, υπάρχουν ορισμένες κατασκευαστικές απαιτήσεις ορθής εκτέλεσης που πρέπει να τηρούνται για τη σωστή λειτουργία και μακροβιότητα του αρμού, σαν ένα κατ εξο-

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. Στις περισσότερες χρήσεις του, πρόκειται για καλώς ή κακώς κατασκευασμένο αρμό συστολής.

χήν ευπαθές σημείο στην κατασκευή. Αρχικά λοιπόν, παρατίθενται οι βασικές κοινές απαιτήσεις για την κατασκευή των διαφόρων ειδών αρμών, είτε αφορούν κυρίως παλαιό με νέο σκυρόδεμα εν επαφή είτε καλουπωμένους αρμούς διαστολής - συστολής, για σωστή λειτουργία και ανθεκτικότητα του έργου.

4.4.4 Μη προγραμματισμένοι αρμοί κατασκευής

4.4.5 Κατασκευή των αρμών

• Λόγω της απαίτησης για φέρουσα λειτουργία και της ενδεχόμενα πρόσθετης απαίτησης για αδιαπερατότητα των αρμών (έργα αποθήκευσης υγρών, ή αρμοί σε κτιριακά ή τοίχους αντιστήριξης εν επαφή με τον υδροφόρο ορίζοντα) η μελέτη και εκτέλεση ενός αρμού πρέπει να επιτυγχάνει:
α) Φέρουσα ικανότητα, άρα (εφόσον το έργο είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα) συνέχεια των οπλισμών, αλλά ακόμη και αν είναι από άοπλο σκυρόδεμα μερική παραλαβή φορτίου στον αρμό με οπλισμό,
β) Σωστή σκυροδέτηση, είτε πρόκειται για σκυροδέτηση παλαιού και νέου σκυροδέματος εν επαφή είτε πρόκειται για σκυροδέτηση καλουπωμένου αρμού κινηματικής απομόνωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με σωστή δόνηση - συντήρηση του σκυροδέματος που σκυροδετείται σε κάθε φάση και, πριν τη σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος, με κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας του αρμού για επαρκή πρόσφυση και στεγάνωση μεταξύ σκληρυμένου και νωπού σκυροδέματος, αν πρόκειται για αρμό όπου τα τμήματα του έργου είναι εν επαφή, τόσο άμεσα κατά την αρχική συστολή ξήρανσης αλλά και μακροπρόθεσμα στη φάση λειτουργίας.
γ) Προστασία του αρμού (επιφανειακά και στο εσωτερικό του) κατά τη λειτουργία με ειδικά τεμάχια με επαρκή προσβασιμότητα και συντήρηση.

4.4.6 Υλικά μόρφωσης και κατασκευής αρμών

---

5. Ποιος είναι ο εξοπλισμός μετακίνησης και τοποθέτησης του προς διάστρωση σκυροδέματος; (αντλίες, ταινίες, σωληνώσεις, κουβάδες, γερανοί, σέσουλες, κ.λπ.)

• Κάδοι και χοάνες: Η χρήση σωστά σχεδιασμένων κάδων με άνοιγμα στον πυθμένα επιτρέπει τη διάστρωση του σκυροδέματος με την ελάχιστη πρακτικώς κάθιση (που συνδέεται βέβαια με συμπύκνωση με επαρκή δόνηση). Ο κάδος θα πρέπει να είναι αυτοκαθαριζόμενος μετά την εκφόρτωση και η ροή του σκυροδέματος θα πρέπει να ξεκινήσει με το άνοιγμα της θύρας εκφόρτωσης. Οι θύρες εκφόρτωσης θα πρέπει να έχουν το κατάλληλων διαστάσεων άνοιγμα. Οι πλαϊνές πλευρές θα πρέπει να έχουν από την οριζόντιο την κατάλληλη κλίση.
Ο χειρισμός του κάδου και του ανοίγματος της θύρας θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ροή σκυροδέματος εκφόρτωσης, έναντι προηγούμενου διαστρωμένου σκυροδέματος, όπου είναι δυνατό. Στοίβαγμα του σκυροδέματος εκφορτώνοντας τον κάδο πολύ κοντά στην επιφάνεια της στρώσης και εκφόρτωση των κάδων ενώ κινούνται είναι πολύ συνηθισμένες αιτίες απόμιξης. Για την επίσπευση του προγράμματος διάστρωσης προτείνεται η χρήση δύο ή και περισσότερων κάδων ανά γερανό.

• Χειροκίνητα ή μηχανοκίνητα καρότσια: Τα καρότσια θα πρέπει να κινούνται σε λείους, άκαμπτους διαδρόμους με ανεξάρτητη στήριξη και καλά τοποθετημένους πάνω από τον χαλύβδινο οπλισμό. Το σκυρόδεμα το οποίο μεταφέρεται με καρότσια τείνει να απομιγνύεται κατά την κίνηση και το σανίδωμα θα πρέπει να είναι συνδεδεμένο παρά αλληλεπικαλυπτόμενο ώστε να διατηρηθεί μια λεία επιφάνεια και να αποφευχθεί ο διαχωρισμός των υλικών του σκυροδέματος κατά τη μεταφορά.
Η προτεινόμενη μέγιστη οριζόντια απόσταση παράδοσης για μεταφορά σκυροδέματος με χειροκίνητα καρότσια είναι 60m και για μηχανοκίνητα καρότσια τα 300m. Χειροκίνητα καρότσια ποικίλλουν στη χωρητικότητα περίπου 200l με δυνατότητα διάστρωσης με μέσο όρο 3m3 ανά ώρα. Μηχανοκίνητα καρότσια είναι διαθέσιμα σε μεγέθη 300l με δυνατότητα διάστρωσης 12m3 περίπου ανά ώρα ανάλογα με τη διανυόμενη απόσταση.

• Σέσουλες και σωλήνες ρίψης:
- Σέσουλες χρησιμοποιούνται συχνά για τη μεταφορά σκυροδέματος από υψηλότερα σε χαμηλότερα επίπεδα. Θα πρέπει να έχουν στρογγυλεμένες γωνίες, να είναι κατασκευασμένες από μέταλλο ή να είναι επιμεταλλωμένες και θα πρέπει να έχουν επαρκή χωρητικότητα για την αποφυγή της υπερχείλισης. Η κλίση θα πρέπει να είναι σταθερή και αρκετά απότομη ώστε να επιτρέπεται στο σκυρόδεμα της απαιτούμενης κάθισης να ρέει συνεχόμενα κάτω στη σέσουλα χωρίς διαχωρισμό. Η ροή του σκυροδέματος στο τέλος της σέσουλας θα πρέπει να ελέγχεται για να αποφευχθεί ο διαχωρισμός.
- Οι σωλήνες ρίψης είναι κυκλικοί σωλήνες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την κατακόρυφη μεταφορά του σκυροδέματος από υψηλότερα σε χαμηλότερα επίπεδα. Ο σωλήνας θα πρέπει να έχει την κατάλληλη διάμετρο στην κορυφή του σωλήνα αλλά μπορεί να ελαττώνεται ελαφρά στο κάτω μέρος του.
Θα πρέπει να είναι κατακόρυφος, ασφαλής και να είναι τοποθετημένος έτσι ώστε το σκυρόδεμα να πέφτει κατακόρυφα. Πλαστικοί ή λαστιχένιοι σωλήνες ρίψης ή μεταλλικοί υποθαλάσσιους σωλήνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν και μπορεί να βραχυνθούν, κόβοντάς τους σε αντικατάσταση της ανύψωσής τους καθώς προχωρά η διάστρωση. Κατά τη χρήση πλαστικού σωλήνα ρίψης θα πρέπει να προσεχθεί ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα διπλώσει ούτε θα κλωτσήσει.

• Εξοπλισμός επίστρωσης:
Η χρήση μεγάλων αναμικτήρων, υψηλής δυνατότητας στρωτήρων και ολισθαινόντων καλουπιών (slipform pavers) επίστρωσης έχει καταστήσει δυνατή τη διάστρωση μεγάλων όγκων επιστρώσεων με γρήγορο ρυθμό. Οι περισσότερες από τις ίδιες αρχές του ποιοτικού ελέγχου απαιτούνται για επιτυχή επίστρωση όπως και στις άλλες μορφές διάστρωσης σκυροδέματος. Λόγω της ταχύτητας διάστρωσης, οι διαδικασίες ρουτίνας επιθεώρησης πρέπει να είναι πιο συχνές ώστε οι εντοπιζόμενες αποκλίσεις από την αποδεκτή ποιότητα να μπορούν να διορθωθούν.
Ορισμένα από τα πιο συχνά προβλήματα τα οποία μπορούν να επηρεάσουν επιβλαβώς την επιθυμητή ποιότητα του σκυροδέματος στην επίστρωση είναι επίσης κοινά με άλλους τύπους διάστρωσης, δηλαδή, κακή ομοιομορφία ανάμιξης παρτίδα με παρτίδα, ανεπίτρεπτη μεταβολή στην κάθιση και στον περιεχόμενο αέρα, και ακατάλληλη κατανομή του κονιάματος στα χονδρά αδρανή κατά τη διάστρωση.

• Ολισθαίνον καλούπι (Slipforming):
Με αυτή τη μέθοδο το σκυρόδεμα διαστρώνεται σε προκατασκευασμένα καλούπια τα οποία ολισθαίνουν από το σημείο της διάστρωσης αμέσως μόλις το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει σταθερότητα διαστάσεων και ακαμψία ώστε να διατηρήσει το σχήμα του σχεδιασμού.
Απαιτείται προσεκτικός έλεγχος της συνεκτικότητας του σκυροδέματος με κατάλληλες ρυθμίσεις των συστατικών του αναμίγματος ως προς τις αλλαγές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

6. Πώς διαστρώνεται το σκυρόδεμα;

Σε κάθε σκυροδέτηση και κατά την διάρκεια της διάστρωσης θα συμπληρώνεται επί τόπου ένα "Έντυπο Σκυροδετήσεων", ενδεικτική μορφή του οποίου παρατίθεται στη συνέχεια, το οποίο θα φυλάσσεται στο Αρχείο-Φάκελος Ποιότητας Έργου μαζί με τα αντίστοιχα αποτελέσματα αντοχής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α/ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-01-01-02-00:2009

Ενδεικτική μορφή **ΕΝΤΥΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ**

ονοματεπώνυμο, υπογραφή του υπεύθυνου δειγματοληψίας:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Έργο:

Μέθοδος δειγματοληψίας:						Ονοματεπώνυμο:									
Ημερομηνία:						Σκυροδετούμενο Στοιχείο:									
Κατηγορία σκυροδέματος:						Περιοχή/Στάθμη:									
Αριθμός Σειράς Δειγματοληψίας:						Συνολικά Κυβικά Σκυροδέματος:									
α/α	Θέση		Χρόνοι				Κάθιση (cm) (ΣΚ 309)	Δοκίμιο		Θερμοκρασία (°C)		Πρόσθετο			
		Αρ.Αυτοκ. / Αρ.Δελ.Απ.	Φόρτωσης	Άφιξης	Έναρξη εκφόρτωσης	Πέρας εκφόρτωσης		Από αναμικτήρα	Από αυτοκίνητο	Περιβάλλοντος	Σκυροδέματος	Επιβραδυντής			
1.															
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															
7.															

Πίνακας 6. *Έντυπο σκυροδέτησης*

7. Πώς συμπυκνώνεται το διαστρωνόμενο νωπό σκυρόδεμα;

7.1 Γενικά

• Οι αποστάσεις μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων του δονητή θα είναι ίσες με 1,5Α περίπου, όπου "Α" η ακτίνα ενέργειας του δονητή. Μια εκτίμηση του πεδίου εφαρμογής κάθε δονητή φαίνεται στον Πίνακα 7: Χαρακτηριστικά δονητών, που περιέχεται στην ΠΕΤΕΠ: 01-01-02-00 του Ι.Ο.Κ., ως εξής:

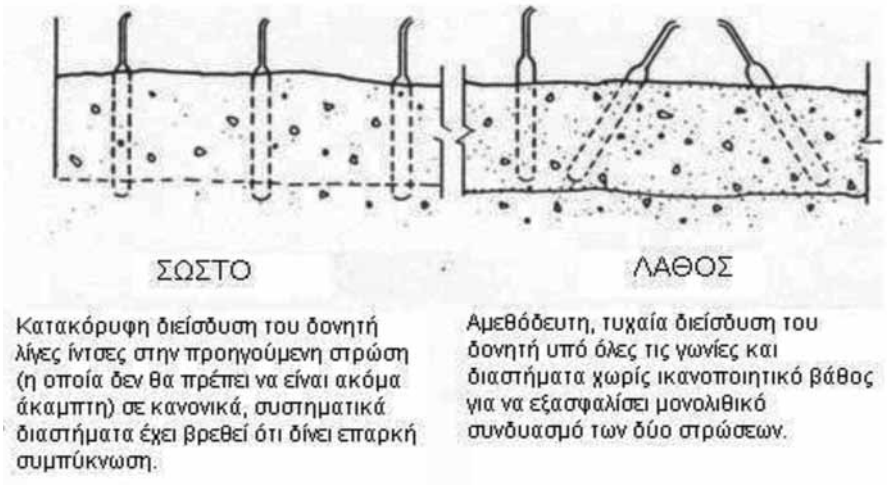
Διά-μετρος [cm]	Συχνότητα [Hz]	Μέσο εύρος ταλάντωσης [cm]	Φυγόκεντρος δύναμη [N]	Ακτίνα ενέργειας [cm]	Ρυθμός Διάστρωσης [m^3/h]	Πεδίο Εφαρμογής
1	2	3	4	5	6	7
2 έως 4	150 έως 200	0,04 έως 0,08	450 έως 1800	8 έως 15	0,8 έως 4	Για πλαστικό και ρευστό σκυρόδεμα σε λεπτές διατομές ή σε διατομές με πυκνό οπλισμό ή σαν επιπρόσθετος δονητής σε προεντεταμένο σκυρόδεμα. Για συμπύκνωση δοκιμίων.
3 έως 6	140 έως 210	0,05 έως 0,10	1400 έως 4000	13 έως 25	2,3 έως 8	Για πλαστικό σκυρόδεμα σε λεπτές διατομές, σε αρμούς διακοπής εργασίας. Επιπρόσθετος δονητής σε δύσκολες περιοχές.
5 έως 9	130 έως 200	0,06 έως 0,13	3200 έως 9200	18 έως 36	4,6 έως 15	Για κάθιση <8cm σε κοινού τύπου διατομές. Βοηθητικό μέσο συμπύκνωσης σε οδοστρώματα και ογκώδεις διατομές. Σε μηχανήματα διάστρωσης-συμπύκνωσης οδοστρωμάτων.
8 έως 15	120 έως 180	0,08 έως 0,15	6800 έως 18000	30 έως 51	11 έως 31	Για κάθιση <5cm σε μεγάλες και ανοιχτές διατομές. Βοηθητικός δονητής σε διάστρωση φραγμάτων ή άλλων μεγάλου όγκου διατομών.
13 έως 18	90 έως 140	0,10 έως 0,20	11000 έως 27000	40 έως 61	19 έως 38	Διατομές μεγάλου όγκου (φράγματα, βάθρα κ.α.)

Πίνακας 7. *Χαρακτηριστικά δονητών*

• Στη συνέχεια γίνεται επεξήγηση των τιμών του Πίνακα 7 ανά στήλη:

Στήλη 2: Συχνότητα λειτουργίας μέσα στη μάζα του σκυροδέματος (συνιστώμενες τιμές)
Στήλη 3: Για λειτουργία στον αέρα (το μισό της τιμής από κορυφή σε κορυφή)
Στήλη 3 και 4: Οι αναγραφόμενες τιμές είναι προτεινόμενες
Στήλη 5: Απόσταση από το κέντρο του δονητή στην οποία το σκυρόδεμα συμπυκνώνεται
Στήλη 5 και 6: Οι αναγραφόμενες τιμές είναι τιμές κατά προσέγγιση και εξαρτώνται από την εργασιμότητα του σκυροδέματος, την ποσότητα του αέρα που πρέπει να εξαχθεί, και άλλα χαρακτηριστικά της κατασκευής.

• Στο επόμενο σχήμα 3 παρέχονται οδηγίες για τη χρήση των δονητών.

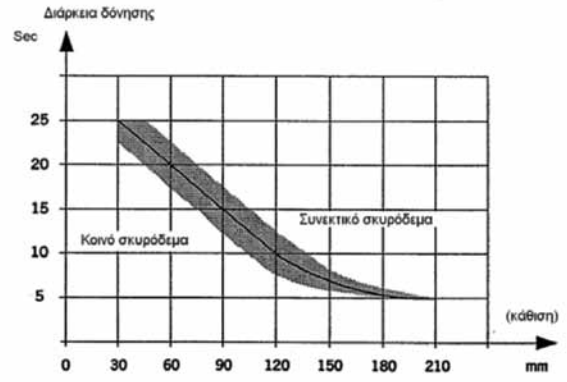


Σχήμα 3. *Συμπύκνωση με δονητές μάζας, υπό τη μορφή παράθεσης: σωστό - λάθος..*

• Ο δονητής θα πρέπει να εισχωρήσει σχεδόν κατακόρυφα στο σκυρόδεμα μέχρι περίπου 5cm μέσα στη μάζα της προηγούμενης στρώσης, (η οποία πρέπει να είναι σε κατάσταση που να επιδέχεται συμπύκνωση) παραμένει σε λειτουργία στο βάθος αυτό για ορισμένο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια ανασύρεται αργά. Οι αποστάσεις θέσεων δόνησης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερες από την ακτίνα δράσης του δονητή αυξημένη κατά 50%.

• Η εισχώρηση του δονητή με μεγάλη απόκλιση από την κατακόρυφο χωρίς να τηρούνται οι ορθές αποστάσεις και χωρίς να διεισδύει ο δονητής στη μάζα της προηγούμενης στρώσης είναι λάθος. Χρήση του δονητή για οριζόντια μετακίνηση του σκυροδέματος προκαλεί απόμιξη και δεν πρέπει να εφαρμόζεται.

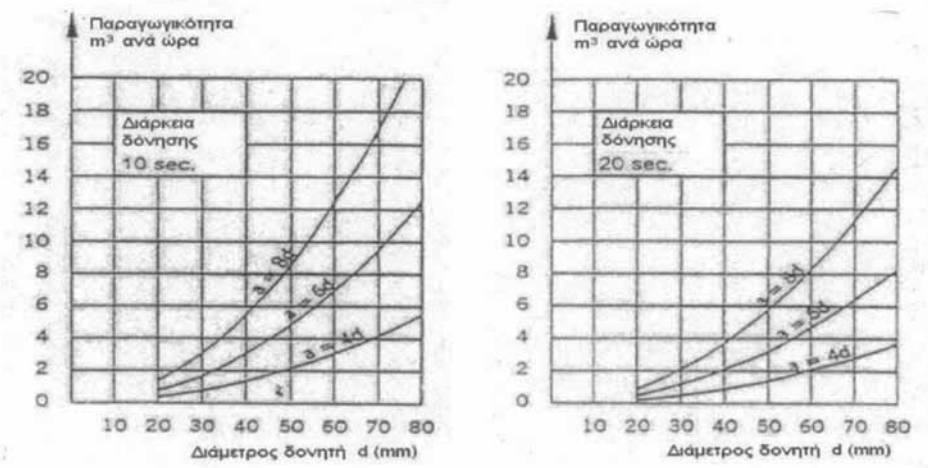
• Η σχέση μεταξύ του χρόνου δόνησης και της εργασιμότητας του σκυροδέματος, φαίνεται ενδεικτικά στο παρακάτω Σχήμα 4.



Σχήμα 4. *Σχέση μεταξύ χρόνου δόνησης και εργασιμότητας (κάθισης) [12.18]*

• Η απόσταση εισόδου μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων του δονητή είναι της μορφής: a = n d, όπου d = n διάμετρος του δονητή και n = συντελεστής που εξαρτάται από το ποσοστό οπλισμού, όπως: n=10 για άοπλο σκυρόδεμα, n=8 για φυσιολογικά ποσοστά οπλισμού (π.χ. 80-120kg/m3), n=6, για ισχυρά οπλισμένο σκυρόδεμα (π.χ. 120-160kg/m3), n=2÷4, για οπλισμό σε κορεσμένη επιφάνεια (π.χ. 180-240kg/m3) (congested area), όπου μπορεί να συνιστάται σκυρόδεμα με κάθιση S4 προς S5, ή/και αυτοεπιπεδούμενο σκυρόδεμα (self-compacted concrete).

• Στο σχήμα 5, στα επόμενα διαγράμματα φαίνεται η σχέση μεταξύ: α) της παραγωγικότητας στη διάστρωση: Υ σε : (m3/h), β) της διαμέτρου του δονητή: d σε: (mm), γ) του χρόνου δόνησης σε: sec, για: 5, 10, 15 και 20sec, δ) του πάχους στρώσεως, που λαμβάνεται: 0,30m και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία κατ' αρχήν εκτίμηση του αριθμού των δονητών.

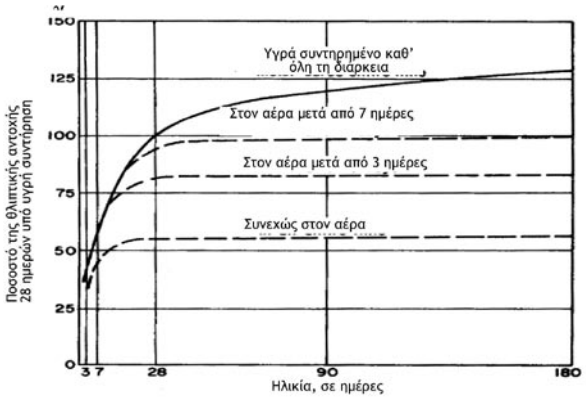


Σχήμα 5.
Παραγωγικότητα ανά ώρα στη διάστρωση για διάρκεια δόνησης 10 και 20sec.

8. Πώς γίνεται η συντήρηση του διαστρωμένου σκυροδέματος;

8.1 Τι είναι και σε τι αποσκοπεί η συντήρηση

• Η διαδικασία συντήρησης (ή ωρίμανση) στη μικροκλίμακα καταναλώνει νερό για τη σταδιακή ανάπτυξη των προϊόντων της ενυδάτωσης (κατανάλωση νερού για τις χημικές αντιδράσεις ενυδάτωσης) και κατά τη σταδιακή πλήρωση των μικροπόρων μεταξύ των κρυσταλλικών ενώσεων και/ή των αδρανών (σε ποσοστό 20% περίπου της μάζας του ενυδατωμένου τσιμέντου). Έλλειψη υγρασίας από το σκυρόδεμα κατά τη συντήρηση επηρεάζει την τελική αντοχή (Σχ.6).



Σχήμα 6.
Επίδραση της συντήρησης στη θλιπτική αντοχή 28 ημερών (Kosmatka and Panarese, 1988).

• Πέραν της ενυδάτωσης και του αναγκαίου νερού παραπάνω, τόσο η αντοχή όσο και η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος (κυρίως), εξαρτώνται από το βαθμό πλήρωσης των πόρων με διαρκώς ενυδατωνόμενο υλικό, γεγονός που συναρτάται άμεσα με το βαθμό κορεσμού των πόρων αυτών με νερό στη φάση της συντήρησης.
• Επί πλέον, εκτός από την παρουσία υγρασίας ο ρυθμός της ενυδάτωσης είναι άμεσα εξαρτημένος και από τη θερμοκρασίας της μάζας. Έτσι, για σκυροδέματα με ταχεία έκκληση θερμότητας (π.χ. υψηλής πρώιμης αντοχής), η ορθή συντήρηση θα πρέπει να τέτοια ώστε να συντηρείται χαμηλή η εσωτερική θερμοκρασία του μείγματος στη νεαρή ηλικία, ώστε να μην αναπτυχθεί ένα υλικό με υψηλό πορώδες και άρα χαμηλή αντοχή. Σε συνθήκες συντήρησης με ταχεία πήξη, πάλι[1], ο ρυθμός δεν θα πρέπει να είναι τόσο ταχύς στην πρώιμη ηλικία, ώστε να έχει σαν αποτέλεσμα το τελικό σκυρόδεμα να είναι υποδεέστερης αντοχής λόγω υψηλού σχετικά πορώδους και χαμηλής αντοχής.
• Άσχετα από την επάρκεια υγρασίας για διαρκή ενυδάτωση των πόρων, ο αρχικός όγκος των πόρων στο σκυρόδεμα εξαρτάται από το λόγο ενεργό Νερό/Τσιμέντο. Για λιγότερο Ν/Τ, το αρχικό πορώδες του υλικού είναι μικρότερο. Ο κίνδυνος πάντως ελοχεύει σε μείγματα με χαμηλό Ν/Τ (κάτω από 0,40) να σταματήσουν να ενυδατώνονται λόγω έλλειψης νερού στο εσωτερικό τους. Πρόβλημα διακοπής ενυδάτωσης αντιμετωπίζουν επίσης και οι ελεύθερες επιφάνειες που ξηραίνονται ταχύτατα λόγω ανέμου, θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας.

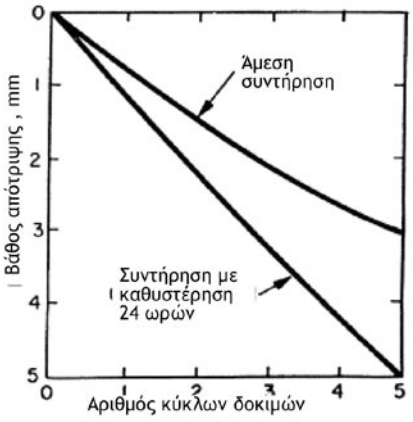
1 Βλέπε και Τεχνική Οδηγία 1, ΣΠΜΕ «Σκυροδέτηση σε χαμηλή θερμοκρασία».

• Η διατήρηση της συντήρησης άρα απαιτεί με κατάλληλα μέτρα (και αυτά ορίζονται ως συντήρηση) την απρόσκοπτη παροχή ικανής ποσότητας υγρασίας τόσο στη μάζα όσο και στους πόρους που τείνουν να δημιουργηθούν και για τις δύο παραπάνω χρήσεις, καθώς και τη διατήρηση επαρκούς θερμοκρασίας στη μάζα, με σκοπό να συνεχίζεται η ενυδάτωση στον επιθυμητό ρυθμό, ώστε να αναπτύσσονται οι επιθυμητές ιδιότητες ακόμη και στην περίπτωση που οι εξωτερικές συνθήκες αλλοιώνουν το ποσοστό υγρασίας και/ή τη θερμοκρασία που θα απαιτείτο σύμφωνα και με τη μελέτη σύνθεσης και τις απαιτήσεις του έργου.

8.2 Τα στάδια της συντήρησης

• Ο χρόνος και η διάρκεια του κάθε σταδίου συντήρησης εξαρτάται τόσο από παράγοντες που αφορούν το έργο (η μελέτη σύνθεσης - που καθορίζει την έκκληση θερμότητας ενυδάτωσης, τους χρόνους αρχικής και τελικής πήξης και, μαζί με το πάχος του στοιχείου, το ρυθμό εξίδρωσης), αλλά και από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους που επηρεάζουν την επιφανειακή εξάτμιση και ξήρανση: η διαφορά της πίεσης των υδρατμών στην επιφάνεια και στον αέρα, η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια και η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια του έργου.

• Η επαρκής συντήρηση επηρεάζει όλες τις ιδιότητες του σκυροδέματος, και ιδιαίτερα στην επιφάνεια ή στους αρμούς. Η επίδραση της συντήρησης, π.χ., στην αντίσταση σε επιφανειακή τριβή – απότριψη δίδεται στο παρακάτω διάγραμμα του Σχ. 7, από πειράματα του Sawyer (1975).



Σχήμα 7.
Επιρροή της καθυστέρησης στην έναρξη συντήρησης στην επιφανειακή αντίσταση σε τριβή – απότριψη.

8.3 Μέτρα που λαμβάνονται κατά τη συντήρηση

• Οι ισχύοντες Κανονισμοί (ΚΤΣ-97) και πρότυπα (EN 13670) καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις για τα μέτρα συντήρησης που πρέπει να ληφθούν. Γενικά, τα μέτρα συντήρησης που θα ληφθούν διαφέρουν σε κόστος και αποτελεσματικότητα και εξαρτώνται από κατασκευαστικούς παράγοντες όπως η επάρκεια νερού και η δυνατότητα να ελεγχθεί η απορροή του νερού, η επάρκεια προσωπικού, καθώς και οι διαδοχικές εργασίες ή τελειώματα στο στοιχείο υπό σκυροδέτηση (σταμπωτό, πρόσθετη επίστρωση, βιομηχανικό δάπεδο, χρωματισμός κλπ.).

• Σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97 η συντήρηση αρχίζει μετά τη διάστρωση και περιλαμβάνει μέτρα αφενός παρεμποδισμού της εξάτμισης της υγρασίας (μεμβράνες, σύμφωνα με την ΣΚ-314, επικάλυψη με λινάτσες που διατηρούνται υγρές σε 24ωρη βάση, άμμο, αδιάβροχα φύλλα) είτε με αντικατάσταση του νερού που εξατμίζεται (κατάβρεγμα, πλημμύρισμα).
Η συντήρηση με λινάτσες διαρκεί 14 ημέρες (φάση κύριας συντηρήσεως) αλλά τουλάχιστον για 7 ημέρες (πρώτη φάση συντήρησης). Αν διακοπεί η συντήρηση στις 7 ημέρες, ο ΚΤΣ-97 να συνεχισθεί η συντήρηση με διαβροχή μέχρι κορεσμού, δύο φορές την ημέρα μέχρι την 14η ημέρα και μία φορά την ημέρα, εφεξής, έως τις 28 ημέρες. Διαβροχή λίγης ώρας που δεν συνεχίζεται όλο το 24ωρο (για τις μικρές ηλικίες) δεν θεωρείται ικανοποιητική. Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης ελέγχεται με δοκίμια που συντηρούνται με τον ίδιο τρόπο όπως το έργο και δεν συμμετέχουν στην αποτίμηση της αντοχής. Η χρήση τους επιβάλλεται σε έργα από προεντεταμένο σκυρόδεμα, άλλως είναι δυνητική.

• Αντίστοιχες μέθοδοι συντήρησης προβλέπονται και στο EN 13670, ενώ, όπως αναφέρθηκε, το πρότυπο εισάγει και απαιτήσεις για προστασία της ελεύθερης επιφάνειας κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Για τον καθορισμό της συντήρησης στο έργο το EN 13670 εισάγει τέσσερεις Κλάσεις Συντήρησης: η Κλάση 1 στις 12 ώρες (για συνήθεις χρόνους πήξης και εφό-

σον δεν γίνεται σκυροδέτηση σε χαμηλή θερμοκρασία), και οι λοιπές τρεις Κλάσεις στους χρόνους που θα αναπτύξει το σκυρόδεμα στην ελεύθερη επιφάνεια ένα συγκεκριμένο ποσοστό της απαιτούμενης fck,28 (35%, 50% και 70%, αντίστοιχα).

• Η επαλήθευση της εκάστοτε αντοχής επιφανείας για τη δεδομένη Κλάση Συντήρησης θα πρέπει να βασίζεται σε μία συνάρτηση θλιπτικής αντοχής προς το βαθμό ωρίμανσης[1] του σκυροδέματος (για τα δεδομένα συστατικά στοιχεία της σύνθεσης – τσιμέντο και χημικά πρόσθετα), η οποία θα βασίζεται σε i) υπολογισμούς με βάση μετρήσεις της θερμοκρασίας σε ένα μέγιστο βάθος 10mm κάτω από την επιφάνεια, ii) υπολογισμούς με βάση τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα, iii) ιστορικό θέρμανσης του σκυροδέματος, iv) μετρήσεις με κρουσίμετρο κατόπιν βαθμονόμησης ή v) άλλη μέθοδο αποδεκτής αποτελεσματικότητας.

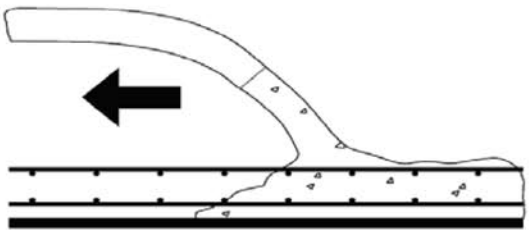
• Η επιλογή της Κλάσης Συντήρησης κατά ΕΝ 13670 είναι συνάρτηση της Κατηγορίας Έκθεσης κατά το ΕΝ 206-1, της μελέτης σύνθεσης, του μεγέθους του δομικού στοιχείου και της επικάλυψης του οπλισμού, αλλά και των κλιματικών συνθηκών. Ειδικά μέτρα που αφορούν το σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και τα αυτοσυμπυκνούμενα σκυροδέματα καθώς και τεχνικές επιταχυνόμενης συντήρησης με τεχνητή θέρμανση του στοιχείου δεν καλύπτονται.

1 Ο βαθμός ωρίμανσης ορίζεται σαν το γινόμενο χρόνος επί θερμοκρασία της μάζας σκυροδέματος, βλέπε και Τεχνική Οδηγία 1, ΣΠΜΕ, Απρίλιος 2011.

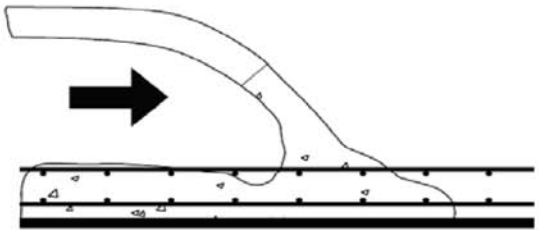
9. Υπάρχουν ειδικές επισημάνσεις σκυροδέτησης ανά δομικό μέλος;

9.1 Γενικά

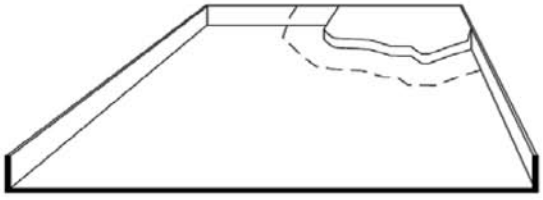
9.1.1 Γενικά για επίπεδα στοιχεία



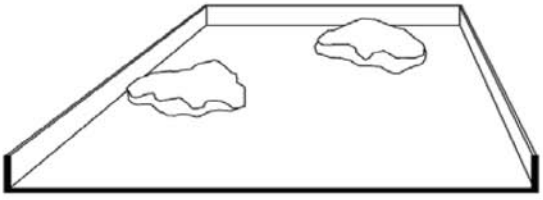
ΣΩΣΤΟ
Ανεξαρτήτως του τρόπου εκφόρτωσης και εντύπισης του σκυροδέματος, το νωπό σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται εντός ήδη διαστρωμένου υλικού.



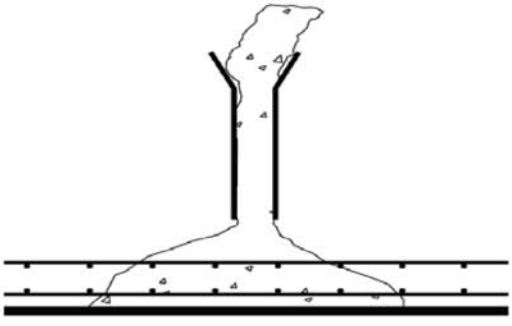
ΛΑΘΟΣ
Εκφόρτωση του σκυροδέματος μακριά από το μέτωπο του ήδη διαστρωμένου υλικού οδηγεί σε πτωχή συρραφή εντυπισμένου και νέου σκυροδέματος δημιουργώντας περιοχές αδυναμίας.



ΣΩΣΤΟ
Η πλήρωση του τύπου πρέπει να ξεκινήσει από μία εκ των γωνιών του (κατά προτίμηση από την περισσότερο απομακρυσμένη).

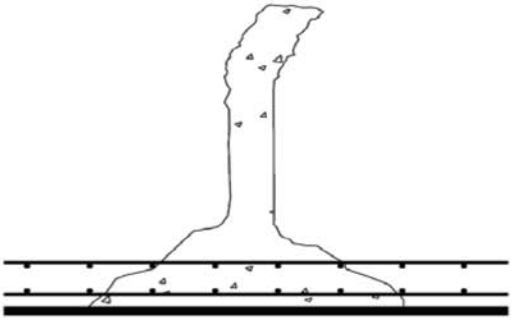


ΛΑΘΟΣ
Εκφόρτωση του σκυροδέματος σε απομακρυσμένες μεμονωμένες σωρούς δύναται να προκαλέσει απόμιξη και δυσχεραίνει την επίτευξη των επιθυμητών στάθμεων.



ΣΩΣΤΟ

Εάν το ύψος ελεύθερης πτώσης του σκυροδέματος αναμένεται να είναι μεγαλύτερο των 1m (2 m κατά ACI), πρέπει να γίνεται χρήση κατακόρυφου σωλήνα που τροφοδοτείται στην κορυφή του μέσω χοάνης.

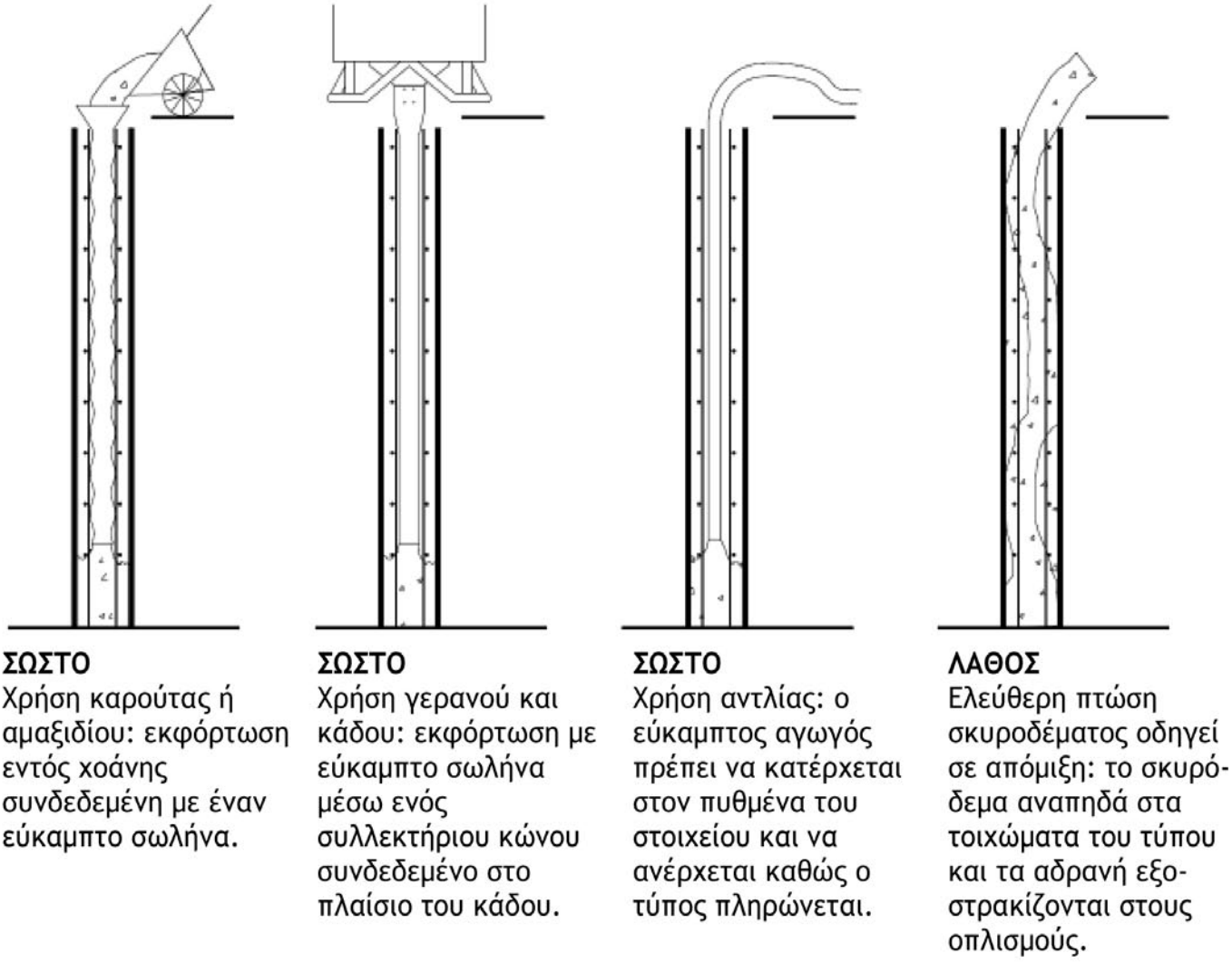


ΛΑΘΟΣ

Ελεύθερη πτώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2 m δύναται να μετατοπίσει μέρος του οπλισμού, να προκαλέσει φθορές στους τύπους και να οδηγήσει σε απόμιξη του σκυροδέματος.

Σχήμα 8. *Τρόποι σκυροδέτησης επίπεδων στοιχείων με παρουσίαση τεχνικών διαδικασιών υπό τη μορφή παράθεσης: σωστό - λάθος*

9.2 Για υποστυλώματα



***Σχήμα 9**. Τρόποι σκυροδέτησης υποστυλωμάτων με παρουσίαση τεχνικών διαδικασιών υπό τη μορφή παράθεσης: σωστό - λάθος*

9.3 Για τοιχεία

9.4 Για δοκούς

9.5 Για πλάκες

• Πλάκες που τοποθετούνται ενιαία με ενσωματωμένες δοκούς πρέπει να κατασκευάζονται κατά τον ακόλουθο τρόπο: όλες οι ενσωματωμένες δοκοί πρέπει να τοποθετούνται και να δονούνται πριν από την ίδια την πλάκα. Ένα χρονικό διάστημα περίπου μιας ώρας, θα επιτρέψει την πήξη και την επακόλουθη εξίδρωση να λάβει μέρος σε αυτά τα στοιχεία πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος στη διατομή της πλάκας. Το σκυρόδεμα της πλάκας θα πρέπει να διαστρώνεται και να δονείται πριν το σκυρόδεμα των δοκών αρχίσει να πήζει.

• Οι δονητές θα πρέπει να διεισδύουν στην πλάκα μέσα στο προηγούμενα διαστρωμένο σκυρόδεμα των δοκών για να συμπυκνώσουν και να δέσουν τα δομικά στοιχεία.

9.6 Για δάπεδα

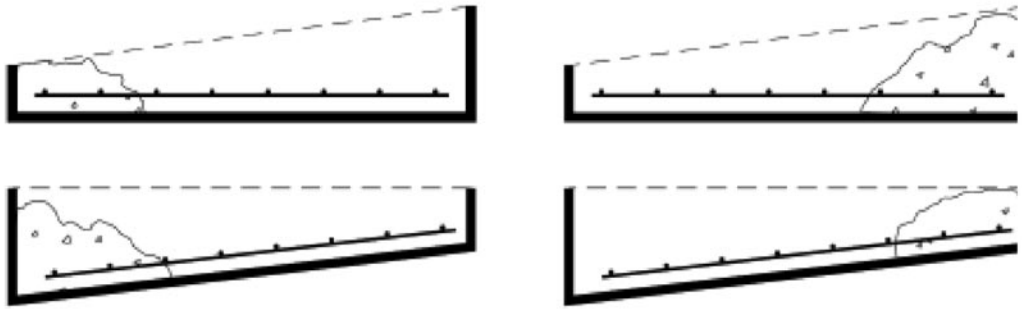
• Η διανομή του σκυροδέματος από τη θέση εκφόρτωσης δεν πρέπει να γίνεται με τη χρήση φτυαριών ή τσουγκρανών.

• Όταν η πρώτη εξομάλυνση γίνεται με χειροκίνητα μέσα, η εργασία διευκολύνεται εάν το σκυρόδεμα έχει σχετικά υψηλή κάθιση (13cm, ή μεγαλύτερη). Το μήκος του εργαλείου που χρησιμοποιείται για τη χειροκίνητη εξομάλυνση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5 m, ενώ θα πρέπει κατά τη χρήση του να επικαλύπτει την αμέσως προηγούμενη διαστρωμένη και εξομαλυμένη στρώση σκυροδέματος κατ'ελάχιστον σε πλάτος ίσο με 600 mm.

• Εισπίεση των αδρανών που προεξέχουν της ελεύθερης νωπής επιφάνειας του δαπέδου θα πρέπει να γίνεται εάν το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από χαμηλές τιμές κάθισης. Για τιμές κάθισης μεγαλύτερες των 7,5 cm, εισπίεση των αδρανών δημιουργεί ένα παχύ στρώμα τσιμεντοπολτού στην επιφάνεια του στοιχείου, το οποίο έχει την τάση να συστέλλεται περισσότερο από την υποκείμενη στρώση σκυροδέματος, με αποτέλεσμα να αναπτύξει αλληλοσυνδεόμενες ρηγματώσεις (map-cracking).

9.7 Για κλίμακες

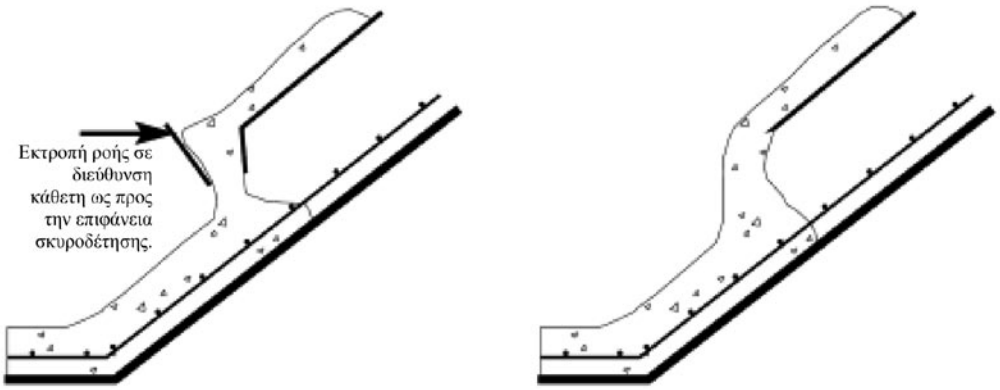
9.8 Για στέγες και άλλες κεκλιμένες επιφάνειες



ΣΩΣΤΟ
Εάν μία από τις δύο επιφάνειες του στοιχείου είναι κεκλιμένη, τότε η σκυροδέτηση πρέπει να ξεκινήσει από το χαμηλότερο σημείο του.

ΛΑΘΟΣ
Εάν η σκυροδέτηση ξεκινήσει από το υψηλότερο σημείο του στοιχείου, τότε δυσχεραίνεται η επίτευξη των επιθυμητών στάθμεων, ενώ πιθανή είναι η απόμιξη του σκυροδέματος, καθώς αυτό 'ρέει' στην κατωφέρεια λόγω βαρύτητας.

Σχήμα 10. *Τρόποι σκυροδέτησης κεκλιμένων επιφανειών με παρουσίαση τεχνικών διαδικασιών υπό τη μορφή παράθεσης: σωστό - λάθος*



ΣΩΣΤΟ
Στην περίπτωση σκυροδέτησης κεκλιμένης επιφάνειας με τη χρήση 'τσουλήθρας' η ροή του σκυροδέματος πρέπει να εκτρέπεται με τη χρήση επίπεδης πλάκας.

ΛΑΘΟΣ
Μη περιορισμένη και ταχεία ροή σκυροδέματος ενδέχεται να οδηγήσει σε απόμιξη λόγω διαχωρισμού των αδρανών από το μίγμα.

Σχήμα 11. *Τρόποι σκυροδέτησης κεκλιμένων επιφανειών με παρουσίαση τεχνικών διαδικασιών υπό τη μορφή παράθεσης: σωστό - λάθος*

10. Μετά τη σκυροδέτηση τι;

10.1 Ειδικά μέτρα προστασίας κατά τη φάση της συντήρησης

• Τα ειδικά μέτρα που λαμβάνονται για τη συντήρηση ελεύθερων και καλουπωμένων επιφανειών, μετά από την αφαίρεση των τύπων, ανάλογα με το χρόνο εφαρμογής τους ανάλογα εάν αφορούν στο αρχικό και ενδιάμεσο στάδιο ή στο τελικό στάδιο περιγράφονται στη συνέχεια:

• Μέτρα στο αρχικό και ενδιάμεσο στάδιο

1. Ο καταιονισμός με υδρατμούς μέχρι κορεσμό του αέρα επάνω από το σκυρόδεμα υπό μορφή (ψεκασμός σπρέι μορφής ομίχλης) αποτελεί έναν ιδανικό τρόπο αρχικής συντήρησης. Πρέπει να σκοπεύει προς τα επάνω, στοχεύοντας στην αύξηση της υγρασίας επάνω από την επιφάνεια του στοιχείου όσο διατηρείται η ομίχλη επάνω από το στοιχείο. Άρα, απαιτείται συχνή επανάληψη, ώστε να συντηρείται η παραπάνω συνθήκη (συχνότερα όσο υψηλότερη η ταχύτητα του ανέμου). Το οιοδήποτε νερό επικαθήσει στο στοιχείο θα αφαιρείται πριν τις εργασίες τελειώματος.

2. Οργανικές ενώσεις υγρής μορφής για μείωση του ρυθμού επιφανειακής εξάτμισης. Λειτουργούν μέσω της δημιουργίας ενός λεπτού στρώματος (φιλμ) στο επιφανειακό νερό εξίδρωσης που καθυστερεί την εξάτμιση. Δεν θα πρέπει να λειτουργούν σαν βοηθήματα για τις εργασίες τελειώματος.

• Μέτρα στο τελικό στάδιο

1. Πόντιση. Πρόκειται για την πλέον ενδεδειγμένη μέθοδο συντήρησης σε οριζόντιες επιφάνειες, εφόσον είναι τεχνικά εφικτή να υλοποιηθεί, λαμβάνοντας υπόψη την απορροή των υδάτων. Σε περίπτωση που εφαρμοσθεί νωρίς μπορεί να προκύψει αραίωση της νωπής τσιμεντόπαστας, οπότε ενδέχεται να υπάρξει μείωση της ποιότητας του επιφανειακού σκυροδέματος.

2. Καταιονισμός ή πότισμα των επιφανειών. Όπου δεν είναι εφικτή η παραπάνω μέθοδος γίνεται επιμελής και συνεχής διαβροχή με καταιονιστήρες ποτίσματος κήπου ή λάστιχο. Σε αντίθεση με την παραπάνω το κόστος του νερού μπορεί να είναι καθοριστικό. Δεν πρέπει να εφαρμόζεται έτσι ώστε να υπάρχουν χρονικά κενά τέτοια ώστε η επιφάνειες να ξεραθούν.

3. Κορεσμένες λινάτσες, βαμβακερά υφάσματα, κουρελούδες. Θα πρέπει να είναι καθαρά από οργανικές ή ανόργανες ενώσεις, άρα να είναι πλυμένα μεταξύ εφαρμογών. Δεν θα πρέπει να αφήνονται να στεγνώνουν, ενώ πρέπει να αλληλεπικαλύπτονται για να μην υπάρχουν απώλειες. Λινάτσες με μεγαλύτερο βάρος έχουν και μεγαλύτερη δυνατότητα κατακράτησης υγρασίας και άρα λιγότερο συχνή εφαρμογή κορεσμού. Οι κουρελούδες και υφάσματα, λόγω του μεγάλου σχετικά βάρους τους δεν πρέπει να εφαρμόζονται όσο η επιφάνεια είναι ακόμη νωπή. Είναι βασικό να αλληλεπικαλύπτονται για να μην ξεραίνεται τοπικά η επιφάνεια.

4. Άμμος, σανός. Ειδικά η άμμος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε χαμηλές θερμοκρασίες λόγω της μονωτικής της ιδιότητας. Στην εφαρμογή τους τα υλικά αυτά απαιτούν ειδικές συνθήκες εφαρμογής (αντίβαρα, κάλυψη με πλέγματα ή υφάσματα) για να μην τα διασπείρει ο αέρας.

5. Φύλλα από νάιλον ή χαρτί, αδιάβροχο ενισχυμένο με ίνες. Όπως και τα υφάσματα, πρέπει να αλληλεπικαλύπτονται στις ενώσεις και να ασφαλίζονται στα όρια και στους αρμούς, ενώ και αυτά χρειάζονται στερέωση στην επιφάνεια καθώς και προστασία για να μην τραυματισθούν. Γενικά, τα λευκόχρωμα φύλλα παρέχουν την ελάχιστη απορρόφηση θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία (άρα χρησιμοποιούνται σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία), ενώ, αντίθετα, τα σκουρόχρωμα θερμαίνουν την επιφάνεια υπό ηλιοφάνεια (άρα χρησιμοποιούνται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία). Μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν αν δεν τραυματισθούν.

6. Υγρές ενώσεις που δημιουργούν μεμβράνη (λέγονται και μεμβράνες συντήρησης). Πρόκειται για χημικές ενώσεις από διαφορετική σύσταση που ψεκάζονται στην επιφάνεια με σκοπό να παρεμποδίσουν την απώλεια υγρασίας. Είναι προτιμητέες σε περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή η πρόσβαση στο εσωτερικό της επιφάνειας λόγω καθυστερημένη πήξης, ενώ δεν απαιτούν συχνή επανατροφοδότηση υγρασίας.

Εφαρμόζονται αμέσως μετά την εξαφάνιση της επιφανειακής υγρασίας στην επιφάνεια. Αν εφαρμοσθούν ενόσω συνεχίζεται η εξίδρωση η οποία πλέον παρεμποδίζεται πλήρως θα εμφανισθούν ρηγματώσεις: χρειάζεται προσοχή γιατί σε περιπτώσεις όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες απομακρύνουν γρηγορότερα απ' ότι παράγεται το επιφανειακό νερό, η επιφάνεια εμφανίζεται να έχει ξεραθεί ενώ η εξίδρωση δεν έχει ακόμη τελειώσει. Πρέπει να είναι ανθεκτικές στην ηλιακή ακτινοβολία. Ορισμένες οργανικές ρητινούχες ενώσεις σταδιακά αποσυντίθενται σε έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία, οπότε δεν είναι κατάλληλες σε αυτές τις χρήσεις.

10.2 Αφαίρεση ξυλοτύπων

10.3 Επισκευαστικές εργασίες (μετά τη σκυροδέτηση)

10.3.1 Γενικά

10.3.2 Βλάβες λόγω μετακίνησης ή παραμόρφωσης του ξυλοτύπου

• Οι καιρικές συνθήκες συνήθως μπορεί να επηρεάσουν την ταχύτητα των εργασιών, το ρυθμό πήξης και σκλήρυνσης και κατά συνέπεια τις τάσεις που αναπτύσσονται στον ξυλότυπο.

• Η υγρασία επίσης επηρεάζει την επίδοση των ξύλων – οι παραμορφώσεις τείνουν να αυξηθούν καθώς τα υλικά του ξυλοτύπου γίνονται κορεσμένα και υπόκεινται σε πιέσεις συνδυαζόμενες με την θερμότητα από τις εξώθερμες αντιδράσεις του τσιμέντου. Οι διορθωτικές ενέργειες που γίνονται στους ξυλοτύπους θα πρέπει να καταγράφονται για να εξακριβωθεί κατά πόσο το αποτέλεσμα της διόρθωσης είναι ικανοποιητικό. Όπου εμφανίζονται μεγάλες παραμορφώσεις ή όπου, για παράδειγμα κρίσιμα στοιχεία του ξυλοτύπου έχουν μετατοπιστεί σημαντικά, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για να αποτρέψουν μεγαλύτερα προβλήματα. Ας σημειωθεί ότι οι μετακινήσεις γενικά είναι αποτέλεσμα περισσότερων από μιας αιτίες, έτσι είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος.

• Σημαντικοί παράγοντες στη λήψη απόφασης θα είναι η θέση του οπλισμού σε σχέση με την επιφάνεια του σκυροδέματος και φυσικά η ικανότητα του σκυροδέματος να εκτελέσει τη λειτουργία σχεδιασμού του. Ο οπλισμός μπορεί να διερευνηθεί όσον αφορά στο πάχος επικάλυψης και τη θέση του χρησιμοποιώντας κατάλληλη συσκευή (covermeter).

10.3.3 Βλάβες κατά το ξεκαλούπωμα

• Όπου σχετίζονται λεπτές διατομές με αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες μπορεί να είναι απαραίτητη η αλλαγή των αναλογιών ανάμιξης και του μεγέθους των αδρανών για να εξασφαλιστεί η διάστρωση και η επαρκής συμπύκνωση του σκυροδέματος. Ελλιπής προσοχή στην επιλογή του λαδιού των καλουπιών και των διαχωριστικών μέσων (λιπαντικά, σιλικόνες κ.λπ.), και η παράλειψη τοποθέτησης κατάλληλων βαφών ή άλλων επεξεργασιών, επηρεάζουν δυσμενώς την αφαίρεση του ξυλοτύπου και απαιτείται άμεσος έλεγχος όλων των παραπάνω περιοχών.

10.3.4 Βλάβες από το δονητή

• Οι δονητές είναι μια πηγή βλάβης των επιφανειών των ξυλοτύπων. Εγκαύματα ή χτυπήματα του ξυλοτύπου επιτρέπουν το σχηματισμό ακμών ή εξογκωμάτων από σκυρόδεμα τα οποία την ώρα του ξεκαλουπώματος, μεγαλώνουν τη φθορά των ξυλοτύπων. Σ' αυτήν την περίπτωση, είναι ουσιώδης η εκπαίδευση των χειριστών που χρησιμοποιούν τους δονητές για την αποφυγή χτυπημάτων και ειδικά τον έλεγχο του δονητή να μην διεισδύει μεταξύ του οπλισμού και του ξυλοτύπου γεγονός που προκαλεί τέτοια προβλήματα.

• Κάθε ένα από αυτά τα ελαττώματα μπορεί να απαιτεί επεξεργασία που κυμαίνεται από απλό «μπάλωμα», με κονίαμα, έως μια εξ΄ολοκλήρου αφαίρεση και επανασκυροδέτηση. Για τη μείωση των προβλημάτων θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη μέθοδο σκυροδέτησης και θα πρέπει να δοθούν οδηγίες στους χειριστές που ασχολούνται με την σκυροδέτηση και συμπύκνωση.

10.3.5 Βλάβες μετά τη χύτευση

10.3.6 Μικρές επισκευές με κονίαμα

• Ο επιβλέπων θα πρέπει να προσέχει ώστε οι βλάβες στις ακμές και τις γωνίες να επισκευάζονται κατάλληλα χρησιμοποιώντας σκυρόδεμα ή τροποποιημένα κονιάματα.

10.3.7 Μεγάλες επισκευές με σκυρόδεμα

---

11. Υπάρχουν ειδικές σκυροδετήσεις;

11.1 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση μέσα σε νερό;

• Για έργα όχι μεγάλων απαιτήσεων, πλαστικό σκυρόδεμα τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκους, οι οποίοι δεν πρέπει να είναι γεμάτοι. Οι σάκοι τοποθετούνται ο ένας μετά τον άλλον, όπως οι τσιμεντόλιθοι στη δόμηση τοίχων. Η σύνδεση των σάκων μεταξύ τους γίνεται μέσω της κονίας που διαφεύγει από την πλέξη του υφάσματος.

• Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται σε σκυροδετήσεις μέσα στο νερό πρέπει να ικανοποιεί έναν συνδυασμό απαιτήσεων, όπως: διατήρηση χαρακτηριστικών εργασιμότητας για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η σκυροδέτηση, συνοχή [αντίσταση έναντι απόπλυσης, διαχωρισμού και δημιουργίας ασθενούς επιδερμικού τσιμεντοειδούς στρώματος (laitance)], περιορισμένη εξίδρωση, χαμηλή θερμότητα ενυδάτωσης, ελεγχόμενο χρόνο πήξης, επαρκή θλιπτική αντοχή και ικανότητα πρόσφυσης.

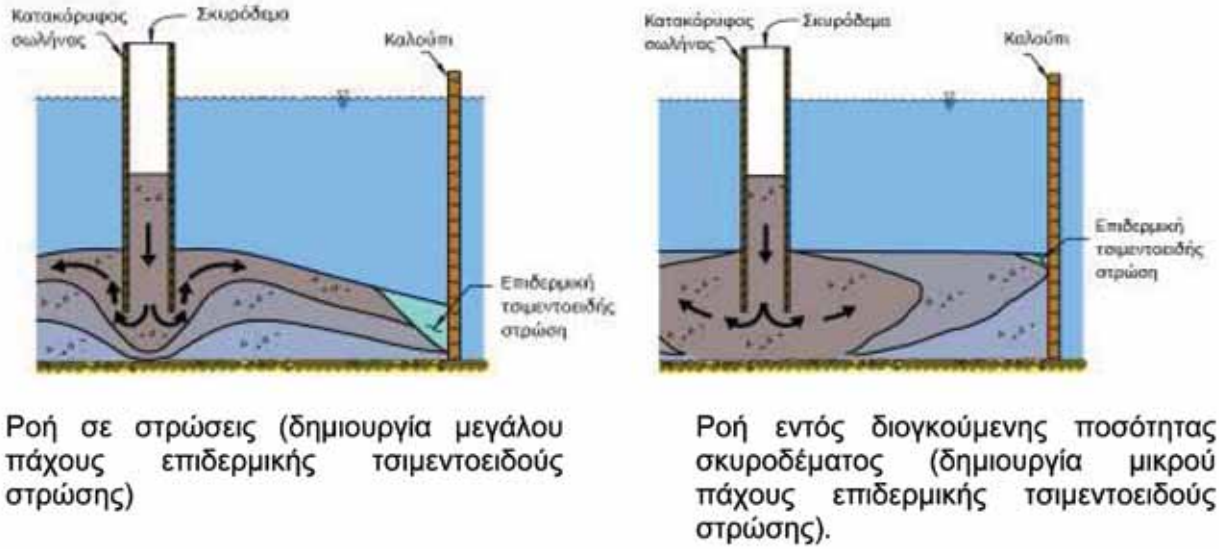
• Η μελέτη σύνθεσης τέτοιων σκυροδεμάτων βασίζεται εν γένει στις ακόλουθες αρχές: Ο μέγιστος κόκκος αδρανών, όταν πρόκειται για οπλισμένο σκυρόδεμα, πρέπει να περιορίζεται στα 19 mm (κατά ACI), ή στα 31,5 mm (κατά Κ.Τ.Σ.). Εάν η διάστρωση γίνεται με σάκους, ο μέγιστος κόκκος δεν ενδιαφέρει. Βάσει Κ.Τ.Σ., η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ και κατά το δυνατόν, κοντά στη μέση γραμμή αυτής της περιοχής. Το κατά βάρος ποσοστό των χονδρόκοκκων αδρανών ως προς το σύνολο των αδρανών πρέπει να κυμαίνεται από 50% έως 55%.

• Επίσης, συστήνονται υψηλές περιεκτικότητες σε τσιμεντοειδή υλικά (π.χ. 350 kg/m3 τσιμέντο χαμηλής θερμότητας ενυδάτωσης ή και περισσότερο, κατά ACI και Κ.Τ.Σ.), με μέγιστο λόγο νερού προς τσιμέντο ίσο με 0,45 (κατά ACI), ή 0,60 (κατά Κ.Τ.Σ.). Η χρήση υπερευστοποιητών αντενδείκνυται.

• Η πρώτη ποσότητα σκυροδέματος που τοποθετείται στον κατακόρυφο (βυθισμένο) σωλήνα (tremie) προστατεύεται έναντι απευθείας επαφής της με το νερό με τη χρήση ενός αποφρακτικού μηχανικού μέσου εντός του σωλήνα («λαγού»), το οποίο προπορεύεται του σκυροδέματος. Εναλλακτικά, το στόμιο του σωλήνα φέρει αεροστεγές, αλλά εύκολα αποσπώμενο (με την άσκηση εσωτερικής πίεσης), κλείστρο. Όταν γεμίσει με σκυρόδεμα, ο σωλήνας μετακινείται ελαφρά προς τα πάνω επιτρέποντας τη διαφυγή του «λαγού», ή την απομάκρυνση του κλείστρου. Το σκυρόδεμα εκρέει από τον σωλήνα και σχηματίζει γύρω από το στόμιό του έναν «λοφίσκο», τη λεγόμενη «σφράγιση».

• Η σκυροδέτηση ξεκινά με το στόμιο του σωλήνα εντός της «σφράγισης» και συνεχίζει με το στόμιο πάντα βυθισμένο στο ήδη διαστρωμένο υλικό. Με τον τρόπο αυτό, το μεγαλύτερο ποσοστό του σκυροδέματος δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με το νερό. (Gerwick, Holland, and Kommendant 1981).

• Στη συνέχεια στο σχήμα 12 δίνονται δύο σκαριφήματα όπου φαίνονται τρόποι διάστρωσης του σκυροδέματος μέσα στο νερό.



Ροή σε στρώσεις (δημιουργία μεγάλου πάχους επιδερμικής τσιμεντοειδούς στρώσης)

Ροή εντός διογκούμενης ποσότητας σκυροδέματος (δημιουργία μικρού πάχους επιδερμικής τσιμεντοειδούς στρώσης).

Σχήμα 12. *Τρόποι διάστρωσης του σκυροδέματος μέσα στο νερό.*

11.2 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση μέσα σε θάλασσα;

11.3 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση σε μη καλουπωμένες επιφάνειες; (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα)

• Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως στους παρακάτω τύπους κατασκευής:

Λεπτές διατομές, όχι πυκνά οπλισμένες (π.χ. οροφές, κελύφη κλπ)
Επενδύσεις σηράγγων
Προκατασκευασμένες δεξαμενές
Επισκευές σκυροδεμάτων που έχουν υποστεί βλάβες
Σταθεροποίηση πρανών
Εγκιβωτισμός χαλύβων για πυροπροστασία, λεπτό στρώμα επικάλυψης σκυροδέματος, χαλύβων, τούβλων κλπ.

• Παρότι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν χρειάζεται ξυλοτύπους για να διαστρωθεί μιας και δομείται λίγο – λίγο καθώς εκτοξεύεται πάνω σε μια επιφάνεια, είναι πιο ακριβό από το συμβατικό σκυρόδεμα, επειδή η περιεκτικότητά του σε τσιμέντο είναι υψηλή και ο απαραίτητος εξοπλισμός και τρόπος εκτόξευσης είναι πιο δαπανηρά.

• Λόγω της πολύ μεγάλης ταχύτητας του πίδακα πρόσκρουσης, δεν παραμένει στην προς διάστρωση επιφάνεια όλο το εκτοξευμένο σκυρόδεμα. μέρος του υλικού αναπηδά. Αυτό το υλικό συνήθως συνίσταται από τους μεγαλύτερους κόκκους του αναμίγματος. Έτσι το σκυρόδεμα που απομένει δεν έχει την ίδια δομή με το αρχικό ανάμιγμα. Το υλικό αναπήδησης είναι περισσότερο στα αρχικά στρώματα διάστρωσης και μειώνεται όσο διαστρώνεται το σκυρόδεμα.

• Μια δεύτερη ανησυχία ως προς το υλικό αναπήδησης δεν είναι τόσο η απώλεια υλικού όσο ο κίνδυνος από την συσσώρευση του υλικού αναπήδησης (π.χ. άμμου) σε κάποια θέση όπου και θα ενσωματωθεί στις επόμενες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Αυτό μπορεί να συμβεί αν το υλικό αναπήδησης συλλεχθεί σε εσωτερικές γωνίες όπως βάσεις τοίχων, πίσω από οπλισμούς ή ενσωματωμένους σωλήνες κλπ.

• Όταν το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα εφαρμόζεται πάνω σε επιφάνειες που καλύπτονται από τρεχούμενο νερό, χρησιμοποιείται ειδικός επιταχυντής, που δημιουργεί στιγμιαία πήξη (flash set). Η χρήση βέβαια αυτή ελαττώνει ουσιαστικά τις αντοχές όμως κάνει δυνατή τη διαδικασία επισκευής.

• Ας προστεθεί τέλος ότι στην τεχνική της ξηρής ανάμιξης, τσιμέντο και νωπά αδρανή αναμιγνύονται πλήρως και προωθούνται σε ένα μηχανικό τροφοδότη. Το ανάμιγμα μεταφέρεται με ένα διανεμητή γνωστής ταχύτητας μέσα σε ένα σωλήνα και περαιτέρω μέσω ενός ρεύματος πεπιεσμένου αέρα στο ακροφύσιο με μεγάλη ταχύτητα. Το ακροφύσιο συνδέεται

εσωτερικά με μια βαλβίδα μέσω της οποίας εισάγεται νερό υπό πίεση το οποίο αναμιγνύεται πλήρως με τα λοιπά συστατικά του ξηρού μίγματος. Το ανάμιγμα έτσι εκτοξεύεται στην υπό διάστρωση επιφάνεια.

11.4 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση χωρίς συμπύκνωση; (αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα)

• Η σκυροδέτηση δύναται να πραγματοποιηθεί μέσω εισπίεσης από το κατώτερο τμήμα των ξυλοτύπων (κατακόρυφα στοιχεία). Σε αυτή την περίπτωση η θυρίδα εισόδου θα πρέπει να τοποθετείται όσο το δυνατόν κεντρικότερα ως προς την κάτοψη του προς σκυροδέτηση στοιχείου και να σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να φέρει όχι μόνο τις μέγιστες αναμενόμενες υδροστατικού τύπου πιέσεις του υπερκείμενου νωπού αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος, αλλά και τις πιέσεις από τη λειτουργία της αντλίας.

• Ως μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση οριζόντιας ροής του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος συνιστώνται τα 10 m, ενώ μόνο ένα προτείνεται να είναι το σημείο έγχυσης του σκυροδέματος. Τέλος, όσο ταχύτερος είναι ο ρυθμός σκυροδέτησης, τόσο οι πλευρικές πιέσεις στον ξυλότυπο προσεγγίζουν την υδροστατική κατανομή.

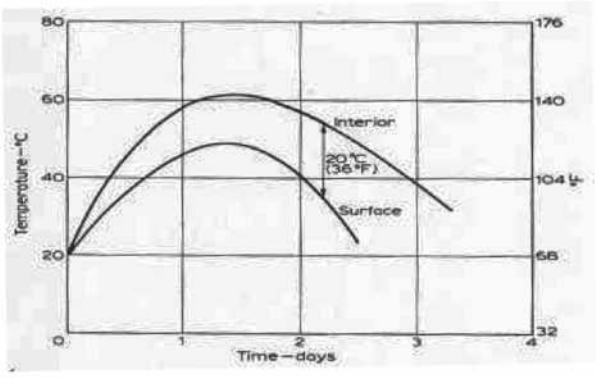
• Το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα πρέπει να εγχυθεί με τέτοιον τρόπο ώστε να υπάρχει επαρκής απόσταση οριζόντιας ροής αυτού, για να διευκολυνθεί η απομάκρυνση του εγκλωβισμένου αέρα.

• Εκτός από τα στάδια ποιοτικού ελέγχου που αφορούν στο υλικό (αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα), στις μεθόδους σκυροδέτησης και στην τεχνική δεξιότητα του εργατικού δυναμικού, ο σωστός σχεδιασμός και η προσεκτική συναρμογή των τύπων αποτελούν εξαιρετικά κρίσιμους παράγοντες που καθορίζουν το αποτέλεσμα σε μία εφαρμογή αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος. Πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξασφαλίζεται η στεγανότητα των πάσης φύσεως χρησιμοποιούμενων τύπων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διαρροή του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (κυρίως από τις αρμολογήσεις). Επίσης, οι τύποι (συμπεριλαμβανομένων των εγκάρσιων συνδέσμων τους) πρέπει να σχεδιάζονται κατά τρόπον ώστε να αντέχουν τις ταχέως αναπτυσσόμενες (λόγω του υψηλού ρυθμού σκυροδέτησης) υδροστατικού τύπου πλευρικές πιέσεις.

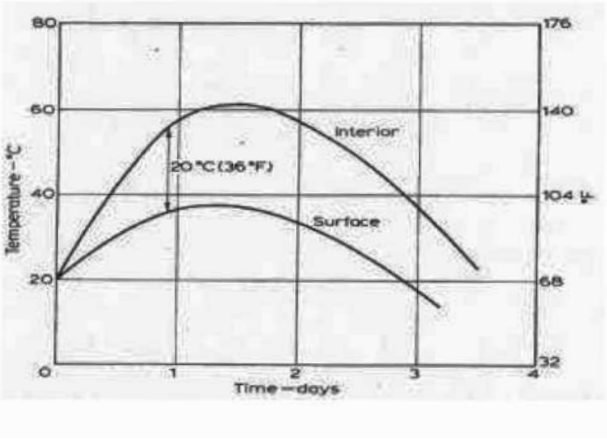
• Όταν αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα εντυπίζεται σε πανταχόθεν κλειστά καλούπια, θα πρέπει τα τελευταία να φέρουν στην κορυφή τους οπές εξαερισμού. Τέτοιου τύπου κλειστά καλούπια απαιτούνται στις περιπτώσεις σκυροδέτησης επικλινών στοιχείων. Οπλισμοί, αγωγοί καλωδιώσεων, τεμάχια διογκωμένης πολυστερίνης για τη δημιουργία κενών και οποιαδήποτε άλλα εγκλείσματα θα πρέπει να είναι απολύτως στερεωμένα στη θέση τους πριν την έναρξη της σκυροδέτησης, καθώς ο κίνδυνος μετατόπισής τους (κυρίως μέσω επίπλευσης) κατά τη ροή του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα μεγάλος.

11.5 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση σε ογκώδεις κατασκευές; (σκυρόδεμα μάζης)

• Στα σχήματα 13 και 14, φαίνονται παραδείγματα θερμοκρασιακών διαφορών τα οποία δείχνουν ότι η ρηγμάτωση θα συμβεί αν η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξωτερικής επιφάνειας και πυρήνα στοιχείου θα συμβεί, αν η διαφορά αυτή ξεπεράσει τους 20oC. Η διαφορά αυτά έχει προταθεί από τον FitzGibbon και ενσωματώθηκε στο ENV 206. Για θερμοκρασιακή διαφορά 20oC, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόγκωσης του σκυροδέματος είναι 10 x 10-6 ανά oC, η διαφορική παραμόρφωση είναι 200 x 10-6. Αυτή αποτελεί μια ρεαλιστική εκτίμηση εφελκυστικής παραμόρφωσης κατά τη ρηγμάτωση.



Σχήμα 13. *Παράδειγμα του τρόπου ανάπτυξης της θερμοκρασίας που προκαλεί εξωτερική ρηγμάτωση σε μια μεγάλη μάζα σκυροδέματος. Η κρίσιμη θερμοκρασιακή διαφορά των 20oC εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της ψύξης.*



Σχήμα 14. *Παράδειγμα του τρόπου ανάπτυξης της θερμοκρασίας που προκαλεί εσωτερική ρηγμάτωση σε μια μεγάλη μάζα σκυροδέματος. Η κρίσιμη θερμοκρασιακή διαφορά των 20oC εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης.*

• Για την εξομοίωση της ανάπτυξης των θερμοκρασιών από τα λογισμικά αυτά, είναι απαραίτητη η εισαγωγή διάφορων στοιχείων, όπως:

α) Τα ορυκτολογικά χαρακτηριστικά του τσιμέντου που θα χρησιμοποιηθεί, όπως η ποσότητα C3S, C2S, C4AF και C3A (το σημαντικότερο όλων),

β) Το Blaine του τσιμέντου

γ) Η χρήση προσθέτων, όπως ασβεστολιθικό φίλλερ, ιπτάμενη τέφρα, σκωρία

δ) Ο λόγος N/T

ε) Τα χημικά πρόσμικτα που θα χρησιμοποιηθούν

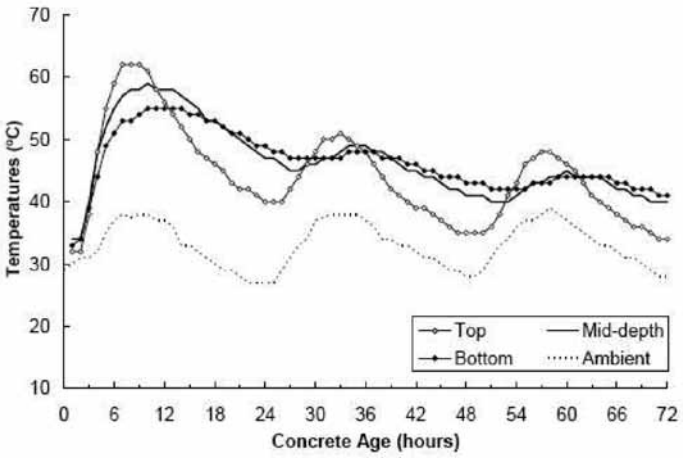
στ) Το πάχος και η γεωμετρία του στοιχείου σκυροδέματος

ζ) Ο ρυθμός ενυδάτωσης του τσιμέντου

η) Οι καιρικές συνθήκες που θα επικρατούν κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης και αμέσως μετά από αυτήν

θ) Η κατηγορία κάθισης

Το τελικό αποτέλεσμα που μας δίνουν τα διάφορα λογισμικά, είναι ένα διάγραμμα της παρακάτω μορφής όπως φαίνεται στο σχήμα 15 και το οποίο μας επιτρέπει να ελέγξουμε αν υπάρχει πιθανότητα ρηγμάτωσης ή όχι.



Σχήμα 15.
Ανάπτυξη θερμοκρασιών σε διάφορες θέσεις στη διατομή του σκυροδέματος.

11.6 Πώς γίνεται η σκυροδέτηση στην προκατασκευή;

• Οι δονητικές τράπεζες είναι στοιβαρές επιφάνειες εδραζόμενες σε εύκαμπτες στηρίξεις οι οποίες τίθενται σε μικρού εύρους κίνηση με 3.000 έως 6.000 δονήσεις το λεπτό (vibrations per minute – vpm). Οι εξωτερικοί δονητές τοποθετούνται ακριβώς κάτω από τις σκυροδετημένες επιφάνειες και λειτουργούν σε συχνότητες που κυμαίνονται από 2.000 vpm έως 6.000 vpm. Σπανιότερα, χρησιμοποιούνται τράπεζες αναπήδησης (drop tables), οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να πέφτουν ελεύθερα κατά ένα ορισμένο (πολύ μικρό) ύψος (με μικρή συχνότητα) μεταδίδοντας την κρούση στη μάζα του σκυροδέματος που με τον τρόπο αυτό συμπυκνώνεται.

• Ένας άλλος (λιγότερο συνήθης) τρόπος συμπύκνωσης του σκυροδέματος (αλλά και μεταβολής του πορώδους του) είναι η συμπύκνωση υπό κενό (vacuum compaction), μία συσκευή κενού σε συνδυασμό με έναν ειδικό ηθμό τοποθετείται στην ελεύθερη επιφάνεια του σκυροδετημένου στοιχείου και αναρροφεί το νερό εξίδρωσης. Είναι προφανές ότι συμπύκνωση με μηχανικά μέσα δεν χρησιμοποιείται στην περίπτωση χρήσης αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος.

• Πλείστες μέθοδοι και πληθώρα βιομηχανικών συστημάτων έχουν αναπτυχθεί για τη θέρμανση μέσω μεταφοράς θερμότητας με: (1) αγωγή ή/και συναγωγή, κάνοντας χρήση συστήματος σωληνώσεων (είτε σε επαφή με τους μεταλλότυπους ή ακόμα και διερχόμενο από διάκενα των ίδιων των στοιχείων) για τη ροή θερμού ύδατος ή ελαίου, (2) ακτινοβολία, κάνοντας χρήση ηλεκτρικών θερμαντικών σωμάτων (π.χ. θερμάστρες υγραερίου με ή δίχως αερόθερμη λειτουργία). Αύξηση της θερμοκρασίας του νεαρού σκυροδέματος δύναται να επιτευχθεί με τη χρήση ειδικά για αυτόν το σκοπό τοποθετημένων στο εσωτερικό των προκατασκευασμένων στοιχείων ηλεκτρικών αντιστάσεων (σπείρες από λεπτό σύρμα), ακόμα και ο ίδιος ο οπλισμός των στοιχείων μπορεί να λειτουργήσει κατ'αυτόν τον τρόπο ως ηλεκτρική αντίσταση. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται μεταλλότυποι, ηλεκτρικές αντιστάσεις μπορούν να εφαρμοστούν απευθείας στους τύπους. Τέλος, καθώς το ίδιο το νωπό σκυρόδεμα παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα (ή αλλιώς ειδική ηλεκτρική αντίσταση) περίπου ίση με 100 Ω·m, είναι δυνατόν να θερμανθεί ωμικά όταν εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από τη μάζα του (άμεση ηλεκτρική συντήρηση). Με τον τρόπο αυτό, ελαχιστοποιείται η ποσότητα ηλεκτρικών αντιστάσεων που πρέπει να ενσωματωθούν στα στοιχεία.

• Ένα από τα μειονεκτήματα της αύξησης της θερμοκρασίας (περιβάλλοντος ή/και σκυροδέματος) κατά τη φάση της συντήρησης είναι ο ταχύς ρυθμός απώλειας της υγρασίας από το νωπό σκυρόδεμα (εάν πρόνοια δεν ληφθεί ενάντια στο φαινόμενο αυτό), γεγονός το οποίο δύναται να οδηγήσει σε έντονη ρηγμάτωση λόγω συστολής ξήρανσης ή/και μειωμένες αντοχές 28 ημερών. Πρόσθετο πρόβλημα αποτελούν οι διαφορικές μεταβολές θερμοκρασίας εντός της μάζας του σκυροδέματος, ιδιαίτερα σε στοιχεία μεγάλου πάχους (π.χ. >450 mm). Ως αποτέλεσμα, ο κίνδυνος ρηγμάτωσης λόγω της ανάπτυξης υψηλών θερμικών τάσεων αυξάνεται.

• Όταν χρησιμοποιούνται υψηλές θερμοκρασίες για την επιτάχυνση της ωρίμανσης στοιχείων σκυροδέματος, τρεις σημαντικοί παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψιν: ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας, η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος ή/και σκυροδέματος και η διάρκεια της θέρμανσης. Ενδεικτικά, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι περίπου ίσος με 10°C/h. Μία τυπική τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας συντήρησης προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων ισούται με 70°C.

• Η έναρξη της φάσης αύξησης της θερμοκρασίας ενός φρεσκοσκυροδετημένου στοιχείου πρέπει γενικά να γίνεται κατά την έναρξη της αρχικής πήξης του σκυροδέματος, όταν ο ρυθμός με τον οποίο συντελείται η ενυδάτωση (και επομένως όταν ο ρυθμός ανάπτυξης μηχανικών αντοχών) είναι υψηλός. Αυτό συμβαίνει περίπου 3 με 4 ώρες μετά από την ανάμιξη του σκυροδέματος. Η θέρμανση διαρκεί συνήθως 6 με 8 ώρες και ο αναμενόμενος ρυθμός αύξησης της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος εντός αυτού του χρονικού διατήματος κυμαίνεται μεταξύ 3.5 και 5.0 MPa την ώρα.

• Άλλες μέθοδοι επιταχυνόμενης συντήρησης περιλαμβάνουν (παράλληλα με την επιβολή υψηλής θερμοκρασίας) την εντός ειδικού θαλάμου χρήση ατμού (steam curing) είτε υπό ατμοσφαιρική, είτε υπό υψηλότερη πίεση (σε αυτή την περίπτωση, εντός αυτόκλειστου – autoclave). Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας στο χώρο συντήρησης επιτυγχάνεται είτε με ένα από τα προαναφερθέντα μέσα (με επακόλουθη εισαγωγή ατμού), είτε ως απόρροια της ίδιας της εκνέφωσης ατμού.

• Η επιλογή της μεθόδου συμπύκνωσης ανάλογα με τον τύπο του σκυροδετούμενου στοιχείου, το είδος της σύνθεσης και τη μέθοδο μεταφοράς και εντύπισης σκυροδέματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 8.

Τύπος στοιχείου	Είδος σύνθεσης	Υλικό τύπων	Μέθοδος μεταφοράς και εντύπισης σκυροδέματος	Μέθοδος συμπύκνωσης
Σωλήνας σκυροδέματος	α - δ	Χάλυβας	Άντληση ή κάδος (για λεπτότοιχα στοιχεία)	Δονητές μάζας ή εξωτερικοί δονητές, φυγοκέντριση, χτυπήματα στην εξωτερική επιφάνεια των τύπων
Στύλοι και πάσσαλοι σκυροδέματος	γ, δ	Χάλυβας	Άντληση ή εποχούμενοι αναμικτήρες	Φυγοκέντριση, υψίσυχνοι δονητές μάζας ή εξωτερικοί δονητές, μικρού εύρους δόνηση, κυλίνδριση
Μπλοκ σκυροδέματος (δομικοί λίθοι)	β	Χάλυβας	Χοάνη συνδεδεμένη με αναμικτήρα	Χαμηλής συχνότητας μεγάλου εύρους δόνηση και επιβολή πίεσης
Πλάκες και δοκοί	β, γ	Χάλυβας	Κινητή χοάνη, εποχούμενοι αναμικτήρες, ταινιολωρίδες	Εξωτερικοί δονητές, δονητές μάζας με δονούμενες σαρώστρες επιφάνειας
Τοιχεία	α, β, γ	Οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβας, ξύλο	Κάδοι και ταινιολωρίδες	Δονητές μάζας ή εξωτερικοί δονητές

Πίνακας 8. *Επιλογή μεθόδου συμπύκνωσης προκατασκευασμένων στοιχείων*

Σημείωση:

α. Εξαιρετικά ύφυγρα μίγματα με κ.β. λόγο νερού προς τσιμέντο ίσο με 0.30, ή μικρότερο

β.Ύφυγρα μίγματα με κ.β. λόγο νερού προς τσιμέντο μεγαλύτερο από 0.30, αλλά κάθιση μικρότερη των 25 mm.

γ. Μίγματα με (συμμετρικά) ασυνεχείς κοκκομετρικές καμπύλες και κάθιση μεταξύ 25 mm και 100 mm.

δ. Ρευστά μίγματα με κάθιση μεγαλύτερη των 100 mm και τάση για απόμιξη όταν χρησιμοποιείται δόνηση με μηχανικά μέσα.

11.7 Πώς σκυροδετούνται τμήματα που απαιτούν επισκευή; (επισκευαστικά κονιάματα και σκυροδέματα)

• Οι προβληματικές περιοχές ταυτοποιούνται μέσω του υπόκωφου ήχου που παράγουν μετά από επιφανειακά χτυπήματα με αμβλύ εργαλείο χειρός. Η απομάκρυνση του σαθρού σκυροδέματος γίνεται με τη χρήση ηλεκτροσφυρών ή αεροσφυρών διαφόρων δυναμικοτήτων [ανάλογα με το βάθος του προς απομάκρυνση σκυροδέματος – βλ. ΠΕΤΕΠ 14-01-01-02 Επεμβάσεις (επισκευές-ενισχύσεις) – Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα – Επεξεργασία επιφανειακής στρώσης σκυροδέματος – Προετοιμασία επιφανείας σκυροδέματος].

• Η εφαρμογή των επισκευαστικών κονιαμάτων και σκυροδεμάτων (τα οποία παρασκευάζονται είτε επιτόπου, είτε σε εργοστάσιο παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος) μπορεί να γίνει με τη χρήση κάδων, αντλιών, καρούτας ή εύκαμπτων σωλήνων. Στην περίπτωση χρήσης κάδων, καρούτας ή εύκαμπτων σωλήνων, δόνηση μπορεί να γίνει με τη χρήση ιδιαίτερα λεπτών δονητών μάζας (pencil pocker) ή επιφανειακών δονητών. Η χρήση αυτοσυμπυκνούμενων μιγμάτων παρέχει λύσεις στα προβλήματα εμπλοκής των αδρανών πίσω από το πλέγμα οπλισμού και καταργεί την ανάγκη για δόνηση. Στην περίπτωση χρήσης αντλίας, τα μηχανολογικά της χαρακτηριστικά θα πρέπει να επιλέγονται βάσει του τύπου του αντλούμενου υλικού.

• Απαιτήσεις απόδοσης για τσιμεντοειδή δομικά και μη δομικά επισκευαστικά προϊόντα φαίνονται στον πίνακα 9.

Ιδιότητες	Μέθοδος δοκιμής	Απαίτηση (Πίν. 3 στο EN 1504, part 3)			
		Φέρον στοιχείο		Μη φέρον στοιχείο	
		Κατηγορία R4	Κατηγορία R3	Κατηγορία R2	Κατηγορία R1
Θλιπτική αντοχή	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥ 15 MPa	≥ 10 MPa
Περιεκτικότητα σε χλωριόντα	EN 1015-17	≤ 0.05%		≤ 0.05%	
Πρόσφυση συγκόλλησης	EN 1542	≥ 2 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Εμποδιζόμενη συστολή/διαστολή	EN 12617-4	Αντοχή πρόσφυσης μετά τη δοκιμή			Καμμία απαίτηση
		≥ 2 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Ανθεκτικότητα – αντίσταση στην ενανθράκωση	EN 13295	d_k ≤ σκυρόδεμα αναφοράς		Καμμία απαίτηση	
Ανθεκτικότητα – συμβατότητα πήξης/τήξης	EN 12617-4	Αντοχή πρόσφυσης μετά από 50 κύκλους			Οπτική επιθεώρηση
		≥ 2 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Ανθεκτικότητα – συμβατότητα με καταιγίδα (θερμικό σοκ)	EN 12617-4	Αντοχή πρόσφυσης μετά από 30 κύκλους			Οπτική επιθεώρηση
		≥ 2 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Ανθεκτικότητα – συμβατότητα με κύκλο ξήρανσης	EN 12617-4	Αντοχή πρόσφυσης μετά από 30 κύκλους			Οπτική επιθεώρηση
		≥ 2 MPa	≥ 1.5 MPa	≥ 0.8 MPa	
Μέτρο ελαστικότητας	EN 13412	≥ 20 GPa	≥ 15 GPa	Καμμία απαίτηση	
Αντίσταση ολίσθησης	EN 13036-4	Κατηγορία I:>40 μονάδες (κορεσμένη δοκιμή) Κατηγορία II:>40 μονάδες (ξηρή δοκιμή) Κατηγορία III:>55 μονάδες (κορεσμένηδοκιμή)		Κατηγορία I:>40 μονάδες (κορεσμένη δοκιμή) Κατηγορία II:>40 μονάδες (ξηρή δοκιμή) Κατηγορία III:>55 μονάδες (κορεσμένη δοκιμή)	
Τριχοειδής ρόφηση	EN 13057	≤ 0.5 kg/m^2.h$^{0.5}$		≤ 0.5 kg/m^2.h$^{0.5}$	Καμμία απαίτηση

Πίνακας 9. *Απαιτήσεις απόδοσης για τα επισκευαστικά προϊόντα.*

12.Πηγές

12.1 ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 1. Σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Απρίλιος 2011.

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

12.3 American Concrete Institute (ACI) 304R: Guide for measuring, mixing, transporting and placing concrete

12.4 American Concrete Institute (ACI) 309R: Guide for consolidation of concrete

12.5 American Concrete Institute (ACI) 308R-01 Guide to Curing Concrete. ACI Comm. 308. Skokie Illinois.

12.6 American Concrete Institute (ACI) 224.3R-95: Joints in Concrete Construction

12.7 American Concrete Institute (ACI) 301: Specifications for Standard Concrete for buildings

12.8 ΚΤΣ – 97. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ -97

12.9 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-01-01-02-00:2009: Διάστρωση σκυροδέματος

12.10 ΕΛΟΤ EN 206-1 Σκυρόδεμα Μέρος 1: Προδιαγραφή, επιτελεστικότητα, παραγωγή και συμμόρφωση. ΕΛΟΤ 2010

12.11 Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου. Ελληνικό Προσάρτημα στο ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1 Σκυρόδεμα Μέρος 1: Προδιαγραφή, επιτελεστικότητα, παραγωγή και συμμόρφωση. ΕΛΟΤ 2008

12.12 ΕΛΟΤ EN 13670: 2010. Κατασκευές έργων από σκυρόδεμα

12.13 Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου ΕΛΟΤ 346: Το έτοιμο σκυρόδεμα

12.14 ΕΚΩΣ 2000: Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος 2000

12.15 Ευρωκώδικας 2, 2004: Φορείς από Σκυρόδεμα

12.16 HETEK, Recommendation for poker vibration/ Report No 81/1997

12.17 A. M. Neville: Properties of concrete

12.18 Recommendation for self-compacting concrete, JSCE concrete engineering series 31, Edited by Taketo UOMOTO, University of Tokyo Kazumasa OZAWA, University of Tokyo, August 1999.

12.19 EN 1504 Products and systems for the repair and protection of concrete structures

EN 1504 Part 1 Definitions

EN 1504 Part 2-7 Products

12.20 ΠΕΤΕΠ 14-01-01-02: Επεμβάσεις (επισκευές-ενισχύσεις) – Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα – Επεξεργασία επιφανειακής στρώσης σκυροδέματος – Προετοιμασία επιφανείας σκυροδέματος/ 2008

ΣΠΜΕ

ΣΥΛΛΟΓΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΑΣ