

Συνοπτική Παρουσίαση Τεχνικών Οδηγιών ΤΟ1-ΤΟ8 Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος ΣΠΜΕ – Μέρος ΙΙ Short Presentation of Technical Recommendations TR1-TR8 of ACEG Concrete Technology Committee – Part II

Αντώνιος ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ¹, Χρήστος ΖΕΡΗΣ²,
Νικόλαος ΜΑΡΣΕΛΛΟΣ³, Χρήστος ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ⁴, Νικόλαος ΖΥΓΟΥΡΗΣ⁵,
Βασίλειος ΜΠΑΡΔΑΚΗΣ⁶, Αικατερίνη (Κορίνα) ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ⁷,
Γεώργιος ΠΙΤΤΟΣ⁸, Ιωάννης Π. ΣΦΗΚΑΣ⁹, Νικόλαος ΚΑΡΥΣΤΙΝΟΣ¹⁰,
Στυλιανή ΠΑΠΑΤΖΑΝΗ¹¹

*Λέξεις κλειδιά: Θερμοκρασία Περιβάλλοντος, Τεχνολογία Υλικών, Ανθεκτικότητα,
Ambient Temperature, Materials Technology, Durability*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Η παρούσα ανακοίνωση αφορά στη συνοπτική παρουσίαση του έργου και των μελλοντικών στόχων της Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΕΤΣ) του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας (ΣΠΜΕ), ενώ εστιάζει στα σχετικά προβλήματα του Μηχανικού και στα βασικά συμπεράσματα, όπως αυτά αναπτύσσονται εκτενώς στις αντίστοιχες Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟ) που διατίθενται ελεύθερα σε ηλεκτρονική μορφή από την ιστοσελίδα του ΣΠΜΕ. Παρά το γεγονός ότι οι ΤΟ δεν αποτελούν κανονιστικά κείμενα με υποχρεωτική εφαρμογή και δεν υποκαθιστούν ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα, θεωρείται ότι μπορούν να συμβάλουν θετικά στη διάχυση της γνώσης και τον επιστημονικό προβληματισμό και να προωθήσουν την Τεχνολογία Σκυροδέματος ως βασικό γνωστικό πεδίο της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης μηχανικών. Η ανακοίνωση

¹ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΚΔΕΠ/ΔΕΗ, email: sakellariou.antonios@gmail.com

² Αναπληρωτής Καθηγητής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, email: zeris@central.ntua.gr

³ Πολιτικός Μηχανικός, email: nikos.marsellos@gmail.com

⁴ Quality Control Manager, Larsinos S.A. Group of Companies, email: vogiatzis@larsinos.gr

⁵ Πολιτικός Μηχανικός, Λίθος Σύμβουλοι Μηχανικοί, email: nikos@lithos.com.gr

⁶ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΜΠΛΕΚΤΟΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί, email: vbardakis@eblecton.gr

⁷ Επίκουρος Καθηγήτρια, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Παν/μιο Πατρών, kpapanic@upatras.gr

⁸ Ingénieur d'études - Design Engineer, Géodynamique et Structure, email: gpittos@icloud.com

⁹ Chartered Engineer, PhD, CEng MICE MICT, Mott MacDonald Ltd. email: gsfikas@gmail.com

¹⁰ Corporate Materials Manager, Archirodon N.V., email: nikokary@hotmail.com

¹¹ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων, email: spatzani@gmail.com

χωρίζεται σε τρεις κύριες θεματικές ενότητες που αφορούν στην εκτέλεση έργων από σκυρόδεμα υπό διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος (Ενότητα Ι), στις τεχνολογίες και τα υλικά δόμησης, με ειδική μνεία σε ειδικές σκυροδετήσεις (Ενότητα ΙΙ) και στην ανθεκτικότητα και τις σχετιζόμενες επισκευές (Ενότητα ΙΙΙ), και συνοψίζουν βασικές πληροφορίες από τις οκτώ εκδοθείσες (ή υπό έκδοση) ΤΟ.

ABSTRACT : The present study is a short presentation of accomplished work and future aims of the Concrete Technology Committee (CTC) of the Association of Civil Engineers of Greece (ACEG), and focuses on the associated engineering problems and the major conclusions, as these are extensively discussed in the relevant Technical Recommendations (TRs), which are freely distributed in electronic format through the ACEG website. Despite the fact that the TRs do not form normative text with mandatory application and do not substitute current codes and standards, it is believed that they can positively contribute to the knowledge distribution and the scientific brainstorming and promote Concrete Technology as a key knowledge field of continuing education of engineers. The article is split into three key thematic fields, which relate to the execution of concrete structures under various environmental conditions (Field I), construction technologies and materials, with special reference to special concretes (Field II) and the durability and the associated repairs (Field III), and summarise key information from eight published (or under publication) TRs.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα ανακοίνωση περιλαμβάνει μία συνοπτική παρουσίαση του έργου και των μελλοντικών στόχων της Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΕΤΣ) του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας (ΣΠΜΕ), ενώ εστιάζει στα σχετικά προβλήματα του μηχανικού και στα βασικά συμπεράσματα, όπως αυτά αναπτύσσονται εκτενώς στις αντίστοιχες Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟ) που διατίθενται ελεύθερα σε ηλεκτρονική μορφή από την ιστοσελίδα του ΣΠΜΕ. Η ανακοίνωση χωρίζεται σε τρεις θεματικές ενότητες, εκ των οποίων, λόγω της εκτενούς της ανάπτυξης, η πρώτη ενότητα αναλύεται στο Μέρος Ι της παρουσίασης, ενώ οι άλλες δύο ενότητες στο παρόν Μέρος ΙΙ. Στο Μέρος Ι περιλαμβάνονται και εισαγωγικά στοιχεία περί της σπουδαιότητας της τεχνολογίας σκυροδέματος και του σχετικού κανονιστικού πλαισίου, καθώς και περί των στόχων της ΕΤΣ.

- ΕΝΟΤΗΤΑ Ι: Εκτέλεση έργων από σκυρόδεμα υπό διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος: χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (ΤΟ1, 2011), υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος (ΤΟ2, 2011) και συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος (ΤΟ3, 2012) (Μέρος Ι).
- ΕΝΟΤΗΤΑ ΙΙ: Τεχνολογίες και υλικά δόμησης – Ειδικές σκυροδετήσεις: Σκυροδέτηση με συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος (ΤΟ3, 2012), Δάπεδα από Σκυρόδεμα (Πλάκες επί εδάφους) (ΤΟ4, 2013) και Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (ΤΟ5, 2014) (Μέρος ΙΙ).

- ΕΝΟΤΗΤΑ III: Ανθεκτικότητα και σχετιζόμενες επισκευές: Ανθεκτικό σκυρόδεμα σε διάβρωση οπλισμού λόγω ενανθράκωσης ή/ και δράσης χλωριόντων (ΤΟ6, 2015), Διάβρωση οπλισμού (ΤΟ7, 2017) και Επισκευές ρωγμών (ΤΟ8, υπό έκδοση) (Μέρος II).

ΕΝΟΤΗΤΑ II: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣΗΣ – ΕΙΔΙΚΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΕΙΣ

Δομή Σχετικών Τεχνικών Οδηγιών

Η επιλογή κατάλληλων τεχνολογιών και υλικών δόμησης είναι ιδιαίτερα σημαντική ανθεκτικότητα και την τελική ποιότητα του έργου. Στην ΤΟ3, σχετική με τη Σκυροδέτηση υπό Κανονικές Συνθήκες Περιβάλλοντος, περιλαμβάνονται μία σειρά από ορθές πρακτικές που αφορούν τους ξυλότυπους, τη μόρφωση των αρμών, τη μεταφορά του σκυροδέματος κ.λπ. Στην ΤΟ4 γίνεται ειδική μνεία για την κατασκευή πλακών επί εδάφους, ενώ η ΤΟ5 αφορά στην παρασκευή Αυτοσυμπυκνούμενου Σκυροδέματος. Οι οδηγίες αυτές πρόκειται μελλοντικά να συμπληρωθούν με νέες ΤΟ που θα αφορούν άλλα ειδικά σκυροδέματα και τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Καλούπια (τύποι) και ικριώματα

Οι επιφάνειες υποδοχής (καλούπια - τύποι) του διαστρούμενου σκυροδέματος καλούνται: α) να εξασφαλίσουν ότι το σκυρόδεμα θα έχει την προβλεπόμενη μορφή (και υφή) και τις διαστάσεις της μελέτης, β) να εξασφαλίσουν ότι το σκυρόδεμα θα φέρει ασφαλώς τα φορτία κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης και έως την ωρίμανση και γ) να προστατεύουν το σκυρόδεμα και τις εν επαφή επιφάνειές του. Τα φορτία σχεδιασμού τύπων καθορίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1991-1-6, σε συνδυασμό και με τα ΕΛΟΤ EN 12812 και ΕΛΟΤ EN 12811.

Πριν τη σκυροδέτηση θα πρέπει να προηγηθεί κατάλληλη προετοιμασία των επιφανειών υποδοχής και έλεγχος των οπλισμών και των επιφανειών των τύπων. Ο έλεγχος των οπλισμών περιλαμβάνει έλεγχο στη γεωμετρία και διαστάσεις, επικαλύψεις, ματίσεις και στερότητα των κλωβών. Ο έλεγχος των τύπων περιλαμβάνει έλεγχο στερότητας, αντοχής και παραμορφωσιμότητας των τύπων και ικριωμάτων, έλεγχο της θεμελίωσης (σε μεγάλους όγκους), ελέγχους στεγανότητας των αρμών μεταξύ των στοιχείων. Η προετοιμασία περιλαμβάνει τοποθέτηση των πάσης φύσεως ενσωματούμενων εξαρτημάτων και/ή πρόσθετων μορφολογικών στοιχείων (τελειώματα, κορνίζες, σκοτίες κ.λπ.) σε συνεργασία με τους λοιπούς μελετητές, καθαρισμό και επάλειψη με αποκολλητικό υλικό.

Αρμοί

Το σκυρόδεμα ρηγματώνεται κατά την ωρίμανση λόγω της παρεμποδιζόμενης συστολής ξήρανσης, ανάλογα και με τη φύση του δομήματος (π.χ. πλάκα, ογκώδης κατασκευή, κλπ.) και τις συνθήκες συντήρησης, λαμβάνοντας υπόψη ότι και οι αντοχές σε εφελκυσμό δεν έχουν ακόμη επαρκώς αναπτυχθεί. Η αποφυγή

αυτής της ρηγμάτωσης επιτυγχάνεται με τη δημιουργία αρμών. Πέραν αυτού, οι αρμοί ενσωματώνονται για την ανακούφιση από οιοσδήποτε εσωτερικές εφελκυστικές τάσεις από δράσεις ή χρόνιες παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού, θερμοκρασιακών συστολο-διαστολών, παραμορφώσεων και άλλων μετατοπίσεων στα όρια (π.χ. διαφορικές καθιζήσεις) ή στο σώμα του δομήματος (σεισμός). Σε πολλές περιπτώσεις ένας αρμός εξυπηρετεί ταυτόχρονα πέραν από μία από τις παραπάνω απαιτήσεις, κάτι που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό και στο πρόγραμμα συντήρησης του αρμού.

Οι αρμοί ταξινομούνται με βάση: i) τον οπλισμό παραλαβής του φορτίου (π.χ. άοπλος, με ή χωρίς βλήτρο), ii) τη γεωμετρία (π.χ. πρόσωπο, με κλείδα), iii) τη θέση του (π.χ. διαμήκης, κάθετος), iv) το δόμημα (π.χ. αρμός γέφυρας, πλάκας επί εδάφους, κτιριακού) και v) τη λειτουργία του αρμού: κατασκευής, διαστολής, συστολής, κινηματικής απομόνωσης (π.χ. ο σεισμικός αρμός) και η άρθρωση.

Ο σχεδιασμός των αρμών πρέπει να εξασφαλίζει την αναμενόμενη λειτουργία που αναμένεται να έχουν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Τα κριτήρια σχεδιασμού του αρμού ελέγχουν την επαρκή φέρουσα ικανότητα, την επάρκεια των διαστάσεων, οπλισμών και υλικών (με τις ανοχές υλοποίησης και τις άμεσες και μακροχρόνιες μετακινήσεις που θα προκύψουν), την προσβασιμότητα στον αρμό για μελλοντική επιτήρηση και συντήρηση, την ανθεκτικότητα των υλικών και το πρόγραμμα συντήρησης και αντικατάστασης των υλικών και τεμαχίων του.

Εξοπλισμός μεταφοράς και διάστρωσης

Η μεταφορά του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με οχήματα αναδευτήρες (οι γνωστές βαρέλες), ανατρεπόμενα οχήματα χωρίς ανάδευση (για ύφυγρα σκυροδέματα) και με οχήματα αναμικτήρες. Η διάστρωση του σκυροδέματος επιτυγχάνεται με κάδους, χοάνες, καρότσια, σέσουλες και σωλήνες ρίψης, ταινιόδρομους, αντλίες, μεταλλικούς υποθαλάσσιους σωλήνες και διαστρωτήρες (οδοστρώματα). Οι απαιτήσεις για τον εξοπλισμό περιλαμβάνουν την οικονομικότητα, τη δυνατότητα για αποτελεσματική και εργονομική μεταφορά του σκυροδέματος, την ικανότητά του να επιτρέπει τη διάστρωση του σκυροδέματος στην επιθυμητή θέση χωρίς να αλλάζει η ποιότητά του και να υφίσταται απόμειξη, τη δυνατότητά του διατάσσεται έτσι ώστε το σκυρόδεμα να έχει ανεμπόδιστη κατακόρυφη ρίψη στο σημείο διάστρωσης και, τέλος, τη συμβατότητά του με τον ρυθμό παραγωγής και παράδοσης (αναμίγματα ή συνεχής παραγωγή).

Διάστρωση – Συμπύκνωση

Για την επιλογή του τρόπου διάστρωσης λαμβάνονται υπόψη ο τύπος του προς σκυροδέτηση μέλους (π.χ. ρηχή πλάκα, στενό τοιχείο), ο οπλισμός, τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος (εργασιμότητα και διατήρησή της στο χρόνο, εξίδρωση) και η εργονομία του εργοταξίου (προσβασιμότητα, περιορισμοί ασφάλειας, χρόνοι). Οι συνθήκες, το πρόγραμμα και ο εξοπλισμός διάστρωσης πρέπει να εγγυώνται ότι το διαστρώμενο σκυρόδεμα μπορεί να διατηρηθεί συνεκτικό χωρίς ψυχρούς αρμούς, ότι εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη κατακόρυφη έγχυσή του στους τύπους, ότι η ροή του σκυροδέματος δεν καταλήγει σε απόμειξη

ή διαχωρισμό στους οπλισμούς, ότι ο ρυθμός διάστρωσης είναι αρκετά γρήγορος (πλην όπου έχει προβλεφθεί αναστολή πήξης) ώστε η τελευταία στρώση να είναι ακόμα σε πλαστική κατάσταση όταν διαστρώνεται η επόμενη και ότι οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις, προσωπικό και εξοπλισμός για την άμεση έναρξη της συντήρησης θα είναι σε ετοιμότητα.

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος γίνεται με εσωτερικούς δονητές μάζας ή επιφανείας, σε είδος και αριθμό που εξαρτώνται από τη μορφή του στοιχείου, την εργασιμότητα του σκυροδέματος και τη διαδικασία διάστρωσης. Η εσωτερική δόνηση είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος συμπύκνωσης πλαστικού σκυροδέματος για τις περισσότερες εφαρμογές. Η αποτελεσματικότητα ενός εσωτερικού δονητή εξαρτάται κυρίως από τη διάμετρο κεφαλής, τη συχνότητα και το εύρος δόνησης.

Συντήρηση

Συντήρηση είναι η διαδικασία και τα απαιτούμενα μέτρα ώστε το σκυρόδεμα να αναπτύξει την απαιτούμενη αντοχή, παρουσία επαρκούς θερμότητας και υγρασίας. Αρχίζει από την έναρξη της διάστρωσης (περιλαμβανομένων της συμπύκνωσης και τελειωμάτων), ενώ προσωρινά μέτρα επιφανειακής συντήρησης απαιτούνται και πριν από το τελείωμα της επιφάνειας (ΕΛΟΤ EN 13670). Περαιτώνεται όταν αναπτυχθούν οι επιθυμητές ιδιότητες του σκυροδέματος στη μάζα (αντοχή) και στις ελεύθερες επιφάνειες (αντοχή, πορώδες, υδατοπερατότητα, αντοχή σε τριβή – απότριψη ή ψύξη – απόψυξη, σταθερότητα όγκου) δεν θα είναι υποδεέστερες των επιθυμητών λόγω έλλειψης με νερό.

Η συντήρηση περιλαμβάνει τρία στάδια: i) *Αρχικό*, από τη διάστρωση έως το επιφανειακό τελείωμα που, ουσιαστικά, είναι η φάση έναρξης της αρχικής πήξης και η λήξη της ικανότητας του σκυροδέματος να συμπυκνωθεί μηχανικά. Στο στάδιο αυτό συγκρατείται η επιφανειακή απώλεια υγρασίας με μεμβράνη συντήρηση, περιβάλλον κεκορεσμένων υδρατμών ή έλεγχο των συνθηκών στην επιφάνεια. ii) *Ενδιάμεσο*, από το τέλος του επιφανειακού τελειώματος έως και πριν το σκυρόδεμα να φτάσει στην τελική πήξη. Στο στάδιο αυτό, λαμβάνονται μέτρα περιορισμού της εξάτμισης καθώς το σκυρόδεμα δεν είναι σε θέση να δεχτεί υπερβολική ποσότητα νερού ή άλλα σκληρά υλικά στην επιφάνειά του. iii) *Τελικό*, μετά την αρχική πήξη και έως το πέρας της συντήρησης. Τα μέτρα συντήρησης ποικίλουν για κάθε στάδιο συντήρησης, τους κατασκευαστικούς περιορισμούς και την οικονομικότητα. Περιλαμβάνουν μέτρα ελέγχου ή αποκλεισμού της απώλειας επιφανειακής υγρασίας (μεμβράνες, νάιλον) και μέτρα τροφοδοσίας υγρασίας (κορεσμένες λινάτσες, πλημμυρισμός).

Πιθανές βλάβες κατά την κατασκευή

Πιθανές βλάβες μετά τη σκυροδέτηση που απαιτούν επισκευαστικές εργασίες σχετίζονται με μια σειρά αιτιών όπως: i) Προβλήματα με τα υλικά, ii) Κακές τεχνικές διάστρωσης, iii) Ανεπαρκή στεγάνωση και/ή σύνδεση των τύπων, iv) Έλλειψη συμπύκνωσης, v) Κακή συντήρηση, vi) Αντίξοες ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες και προσβολή από επιθετικούς παράγοντες, vii) Μετακινήσεις μεταξύ

των στοιχείων της κατασκευής, viii) Μετατόπιση μελών, ix) Μετακίνηση ή αφαίρεση τύπων, x) Βλάβες από κρούσεις και κακούς χειρισμούς, xi) Τοπικές βλάβες εξαιτίας υπερφόρτωσης, xii) Ανεπαρκή προγραμματισμό παράδοσης – διάστρωσης, xiii) Αστοχία εξοπλισμού (αντλία, δονητής) και xiv) Βλάβη από πυρκαγιά ή πλήγμα.

Ειδικές σκυροδετήσεις (υποθαλάσσιο, εκτόξευόμενο, μάζης, προκατασκευή)

Οι παραπάνω συμβατικές τεχνολογίες διάστρωσης, συμπύκνωσης και συντήρησης σε συνήθεις συνθήκες και περιβάλλον καλύπτουν τον μεγαλύτερο όγκο του σκυροδετούμενου πλούτου των δομικών έργων. Εκ της φύσεώς του όμως, το σκυρόδεμα έχει ευρύτατες περαιτέρω εφαρμογές όπως (εξ αρχής της χρήσης του) σκυροδέτηση μέσα σε νερό και στη θάλασσα, η σκυροδέτηση υπό πίεση εκτόξευσης σε δυσπρόσιτα σημεία (σήραγγες, επισκευή) καθώς και οι κατασκευές βαρύτητας (σκυρόδεμα μάζης), όπου η χρήση του σκυροδέματος είναι μονόδρομος έναντι των άλλων δομικών υλικών. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι παραπάνω μελέτες σύνθεσης και τεχνικές κατασκευής δέον να τροποποιούνται κατάλληλα, λόγω της ιδιαιτερότητας της εκάστοτε εφαρμογής, με βάση και τις απαιτήσεις που αναπτύσσονται περιληπτικά στην ΤΟ3.

Αυτοσυμπυκνόμενο σκυρόδεμα (ΤΟ5)

Η ΤΟ5, που περιλαμβάνεται στη δεύτερη ενότητα αφορά στο αυτοσυμπυκνόμενο σκυρόδεμα (ΑΣΣ). Παρότι ειδικό σκυρόδεμα, είναι σήμερα εξαιρετικά διαδεδομένο και εμφανίζεται σε πολλές κατασκευές, είτε για κάλυψη αναγκών αισθητικών αρχιτεκτονικών απαιτήσεων (π.χ. αρχιτεκτονικές προσόψεις σημαντικών κατασκευών) είτε για κατασκευαστικούς και επισκευαστικούς λόγους, όπου η χρήση του συνήθους – με συμπύκνωση – σκυροδέματος δεν είναι εφικτή ή κατάλληλη. Η δυνατότητα του ειδικού αυτού σκυροδέματος να διαστρώνεται χωρίς τη χρήση εξοπλισμού συμπυκνώσεως (ακόμη και υπό πίεση) του χαρίζει, πρόσθετα πλεονεκτήματα, όπως: αυξημένη παραγωγικότητα, μειωμένο εργατικό κόστος, υψηλή αισθητική, μειωμένο κίνδυνο αστοχιών εξοπλισμού (δονητή) και ατυχημάτων, αυξημένη ποιότητα και σαφώς μειωμένο κόστος αστοχιών και επισκευαστικών επεμβάσεων λόγω κακής συμπύκνωσης σε περιοχές πυκνής όπλισης όπως απαντώνται συνήθως σε αντισεισμικές κατασκευές, δυνατότητα εφαρμογής υπό πίεση για χύτευση δυσπρόσιτων επισκευαστικών μανδύων κ.λπ. Όμως το σκυρόδεμα αυτό απαιτεί μία σε βάθος γνώση της τεχνολογίας σκυροδέματος, τόσο κατά το σχεδιασμό (ειδικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες, ειδικοί έλεγχοι, νέου τύπου δοκιμές, κ.λπ.) όσο και κατά τη παραγωγή του και κατά τη σκυροδέτηση (π.χ. στεγανοί τύποι, παράθυρο χρόνου εφαρμογής κ.λπ.).

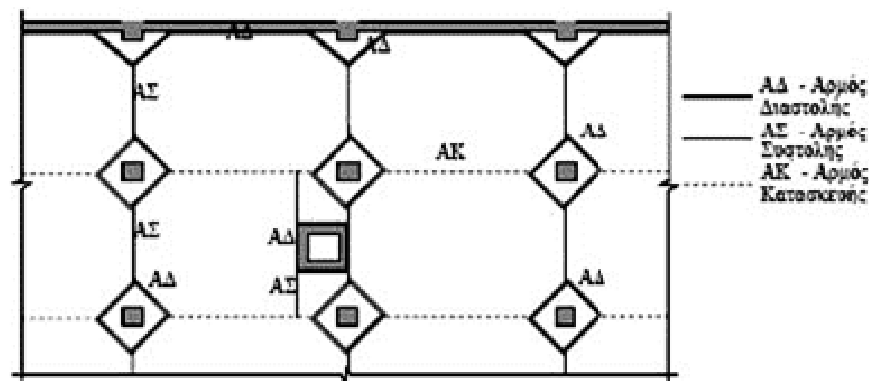
Πλάκες επί εδάφους (ΤΟ4)

Η τεχνική κατασκευής δαπέδων από σκυρόδεμα απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις, τόσο από τον κατασκευαστή (εξειδικευμένος εξοπλισμός και ειδικές πρακτικές) όσο και από τον επιβλέποντα μηχανικό (ειδικοί έλεγχοι και κριτήρια αποδοχής, κυρίως όμως αποφυγή αστοχιών που ελλοχεύουν). Τα δάπεδα από σκυρόδεμα,

παρά τον εξειδικευμένο χαρακτήρα τους, εφαρμόζονται ευρέως σήμερα και στη χώρα μας, στην κατασκευή κτιριακών έργων μεγάλων αποθηκευτικών χώρων, και σε συγκοινωνιακά έργα όπως τροχόδρομοι, στάθμευση και υπόστεγα συντήρησης αεροσκαφών και χώροι σώρευσης εμπορευματοκιβωτίων σε λιμένες.

Η ΤΟ4 περιγράφει τους τρόπους για τη μελέτη και κατασκευή ποιοτικών δαπέδων από σκυρόδεμα χωρίς οπλισμό (πλην των αρμών). Αρχικά ταξινομούνται τα δάπεδα ανάλογα με τη λειτουργία τους (γραφείων, στάθμευσης οχημάτων, βιομηχανικά δάπεδα αποθήκευσης) με τις αντίστοιχες απαιτήσεις αυτών. Ακολούθως, διερευνώνται οι ιδιαιτερότητες της μελέτης σύνθεσης ώστε να παρέχει τις λειτουργικές απαιτήσεις (πέραν των συνήθων έργων) σε ανθεκτικότητα στο χρόνο, εργασιμότητα και διαστρωσιμότητα, αντοχή σε τριβή – απότριψη και στο τελείωμα της τελικής επιφάνειας. Περιγράφονται οι ειδικές απαιτήσεις για τη διάστρωση, τη συντήρηση, το τελείωμα και την επιπεδοποίηση και ομαλότητα των τελικών επιφανειών, καθώς και τον τρόπο προδιαγραφής και ελέγχου της επιπεδότητας. Τέλος, περιγράφεται η παθολογία των δαπέδων με έμφαση στην επιφανειακή εξίδρωση και στη ρηγμάτωση και εξετάζονται οι τρόποι και τα αίτια ρηγμάτωσης, η όπλιση έναντι ρηγμάτωσης και οι ορθές πρακτικές κατασκευής (υπόβαση, αρμοί, συντήρηση) για την αποφυγή ρωγμών.

Ειδικότερα οι αρμοί στα δάπεδα επί εδάφους αναπτύσσονται σε μεγαλύτερη έκταση λόγω του σημαντικού ρόλου που έχουν στην ορθή λειτουργία και της σημασίας τους στην οικονομικότητα των δαπέδων (μέθοδος κατασκευής, όπλιση, χρόνος και τρόπος μόρφωσης αυτών). Οι αρμοί ταξινομούνται κατά τον τρόπο λειτουργίας (άοπλος, οπλισμένος, με και χωρίς βλήτρα), τη γεωμετρία (πρόσωπο, επικαλυπτόμενος, με διατμητική κλείδα, με εγκοπές), τον τρόπο μόρφωσης (πριονισμένος, τραβηχτός, αυλακωτός, με ενσωματωμένο τεμάχιο), τη θέση (εγκάρσιος, διαμήκης, κάθετος, οριζόντιος) και τη λειτουργία (κατασκευής, διακοπής, ελέγχου, διαστολής, συστολής κλπ., **Σχήμα 2**).



Σχήμα 2. Χάραξη αρμών σε δάπεδα επί εδάφους (ΤΟ4, 2013)

ΕΝΟΤΗΤΑ ΙΙΙ: ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

Δομή Σχετικών Τεχνικών Οδηγιών

Η ευρύτητα και πολυπλοκότητα του θέματος της ανθεκτικότητας απαιτήσε τη δημιουργία μιας τριλογίας Τεχνικών Οδηγιών που στοχεύουν στην περιγραφή των θεμάτων ανθεκτικότητας, των εξωτερικών παραγόντων που συμβάλουν στη διάβρωση (λόγω ενανθράκωσης ή/ και δράσης χλωριόντων) και των εσωτερικών παραγόντων αντίστασης στην προσβολή (ΤΟ6), των μηχανισμών διάβρωσης του οπλισμού (ΤΟ7), και την επισκευή σχετικών βλαβών, αλλά και τα συστήματα προστασίας (ΤΟ8).

Σπουδαιότητα Ανθεκτικότητας

Τα θέματα ανθεκτικότητας του σκυροδέματος είναι πολλά και σύνθετα όπως:

- Πολύπλοκες περιβαλλοντικές επιδράσεις στην κατασκευή.
- Διαφορετικοί μηχανισμοί δράσεων (χημικές δράσεις, φυσικές δράσεις, μηχανικές δράσεις, κ.λπ.)
- Ρηγματώσεις σκυροδέματος από διαφορετικές αιτίες και μηχανισμούς που δρουν κατά τη νωπή φάση του σκυροδέματος (π.χ. πλαστική συστολή, θερμικές συστολές) και μετά την σκλήρυνση (π.χ. συστολή ξήρανσης, θερμικές μεταβολές όγκου, διάβρωση οπλισμού, παγοπληξία, κ.λπ.)

Η αντιμετώπιση της διάβρωσης του οπλισμού και η προστασία του, απαιτεί πολύ καλή γνώση και ανάλυση: i) των μηχανισμών διάβρωσης, είτε πρόκειται για διάβρωση από αποπαθητικοποίηση του οπλισμού λόγω ενανθράκωσης του σκυροδέματος (γενικευμένη διάβρωση) είτε από διάβρωση λόγω χλωριόντων (διάβρωση κατά βελονισμό) είτε από συνδυασμό αυτών των μηχανισμών, και ii) του είδους και του βαθμού επιθετικότητας των περιβαλλοντικών δράσεων.

Αίτια Υποβάθμισης Ανθεκτικότητας Σκυροδέματος

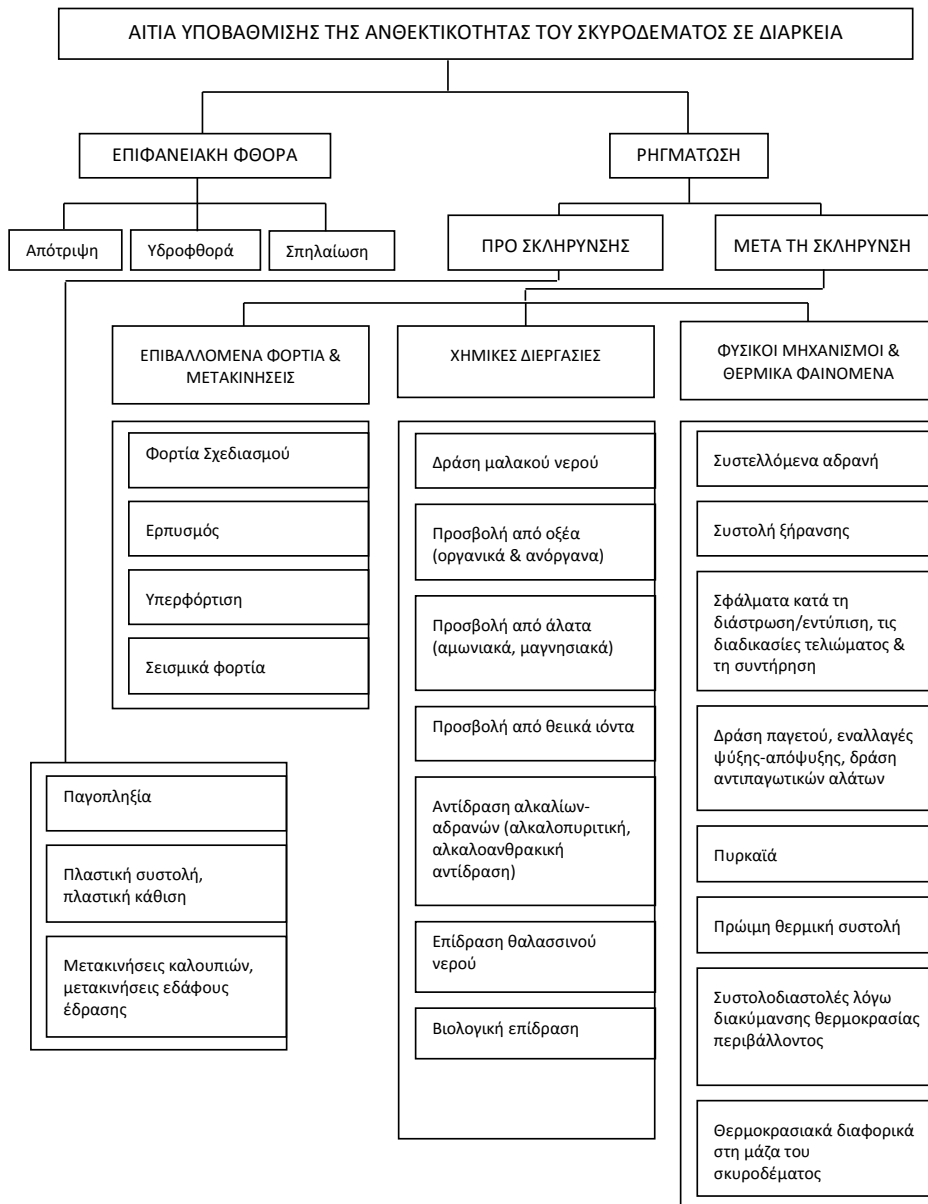
Τα βασικότερα αίτια υποβάθμισης της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος ομαδοποιούνται στο **Σχήμα 3**.

Μέθοδοι Διασφάλισης Ανθεκτικότητας

Η σχετική τριλογία ΤΟ (ΤΟ6, ΤΟ7 και ΤΟ8) δίνει οδηγίες και κατευθύνσεις για το σχεδιασμό και την παραγωγή νέων ανθεκτικών σκυροδεμάτων. Δηλαδή: κατάλληλες πρώτες ύλες σκυροδέματος (τύποι τσιμέντου, πρόσμικτα, χημικά πρόσθετα, κ.λπ.), απαιτήσεις μελετών σύνθεσης (μέγιστος λόγος Ν/Τ, ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, κ.λπ.), απαιτήσεις σχεδιασμού (πάχη επικάλυψης, κ.λπ.) καλές πρακτικές στο εργοτάξιο κατά την κατασκευή, συντήρηση και προστασία στη διάρκεια ζωής της κατασκευής, αλλά και συστήματα προστασίας που μπορούν συμπληρωματικώς να χρησιμοποιηθούν, ώστε τελικά η κατασκευή

να παραμείνει προστατευμένη από τις παραπάνω δράσεις, χωρίς να πέσει κάτω από ένα ελάχιστο επιθυμητό επίπεδο επιτελεστικότητας.

Τέλος, στις παραπάνω οδηγίες περιλαμβάνονται και προτάσεις επισκευών εκείνων των στοιχείων που έχουν υποστεί φθορές από τη διάβρωση του οπλισμού, βασιζόμενες στην ορθή αξιολόγηση της φθοράς, την επιλογή κατάλληλων τύπων και υλικών επισκευών και μεθόδων εφαρμογής.



Σχήμα 3. Βασικότερα αίτια υποβάθμισης της ανθεκτικότητας (ΤΟ6, 2015).

ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν άρθρο έγινε μία προσπάθεια να παρουσιαστούν συνοπτικά οι Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟ) της Επιτροπής Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΕΤΣ) του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας (ΣΠΜΕ). Αυτές οι ΤΟ φιλοδοξούν να καλύψουν ένα σημαντικό τμήμα της Τεχνολογίας Σκυροδέματος, που στο παρόν άρθρο, περιγράφηκε μέσα από τρεις θεματικές ενότητες.

- Η πρώτη ενότητα, που περιλαμβάνεται στο Μέρος Ι της ανακοίνωσης, αφορά στη περιγραφή των ορθών πρακτικών που πρέπει να εφαρμόζονται κατά τις σκυροδετήσεις των διαφόρων έργων, τόσο σε συνήθεις καιρικές συνθήκες (ΤΟ3), όσο και σε ακραίες (ΤΟ1 και ΤΟ2), όπου χρειάζεται να ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας. Η περιγραφή αυτή ενσωματώνει όλες τις σύγχρονες απαιτήσεις για το σχεδιασμό του σκυροδέματος, τη σωστή παραγωγή και παραλαβή του, καθώς και τις ορθές πρακτικές σκυροδέτησης.
- Η δεύτερη ενότητα, που περιλαμβάνεται στο Μέρος ΙΙ της ανακοίνωσης, αναφέρεται στις συνήθεις τεχνολογίες και υλικά δόμησης (ΤΟ3), ενώ περιλαμβάνει δύο ειδικές τεχνικές οδηγίες, αφιερωμένες στην κατασκευή δαπέδων (ΤΟ4) και το αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα (ΤΟ5). Η ενότητα αυτή φιλοδοξεί να καθοδηγήσει τους αναγνώστες σε θέματα που αφορούν τους τύπους, τους αρμούς και τον εξοπλισμό, αλλά και σε διαδικασίες όπως η διάστρωση, η συμπύκνωση και η συντήρηση, και πώς τα θέματα αυτά εξειδικεύονται στην περίπτωση των πλακών επί εδάφους και του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος.
- Η τρίτη ενότητα, που περιλαμβάνεται στο Μέρος ΙΙ της ανακοίνωσης, αφορά σε τρεις οδηγίες που είναι αφιερωμένες σε μία πολύ σημαντική απαίτηση των νέων κατασκευών από σκυρόδεμα: την ανθεκτικότητα. Μετά από τον ορισμό της και την σταχυολόγηση των τρόπων που επιτυγχάνεται (ΤΟ6), διερευνάται εις βάθος μία από τις βασικότερες αιτίες απώλειας της ανθεκτικότητας σε υφιστάμενες κατασκευές: η διάβρωση λόγω ενανθράκωσης ή/ και χλωριόντων (ΤΟ7). Η τελευταία οδηγία της τριλογίας (ΤΟ8) επιδιώκει να περιγράψει με απλό και κατανοητό τρόπο τη διαδικασία επισκευής ρωγμών σε οπλισμένα στοιχεία σκυροδέματος, λόγω της παραπάνω διάβρωσης του οπλισμού.

Ανακεφαλαιωτικά, οι ΤΟ του ΣΠΜΕ έχουν σκοπό να αποτελέσουν πηγή πληροφόρησης και τεχνικών γνώσεων εφαρμογής για όλους τους νέους μηχανικούς που εργάζονται στη κατασκευή έργων Πολιτικού Μηχανικού, τόσο στη χώρα μας όσο και στο εξωτερικό, και να τους εφοδιάσουν με τις σύγχρονες αντιλήψεις της Τεχνολογίας Σκυροδέματος, ώστε να ανταποκρίνονται αρτιότερα στο ρόλο τους, για ανθεκτικές και σύγχρονες κατασκευές.

Στους μελλοντικούς στόχους της ΕΤΣ περιλαμβάνεται η έκδοση νέων οδηγιών σε θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος σε ένα ευρύ πεδίο, αλλά και η αναθεώρηση των υπαρχόντων ΤΟ ώστε να συμπεριλάβουν και νεότερες πρακτικές.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες οφείλονται στα μέλη του ΔΣ του ΣΠΜΕ που από το 2010 έχουν στηρίξει αδιάκοπα το έργο της ΕΤΣ, στο παλαιότερο μέλος της ΕΤΣ Θ. Παναγιωτίδη για τη σημαντική συνεισφορά του στη συγγραφή των τριών πρώτων ΤΟ, στο Επιστημονικό Τεχνικό Επιμελητήριο Κύπρου (ΕΤΕΚ) Κύπρου για την διάχυση των ΤΟ στους Κύπριους συναδέλφους και σε όλους τους συναδέλφους που έχουν ήδη αποστείλει σχόλια επί των ΤΟ.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 1 (ΤΟ1). Σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Απρίλιος 2011.
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 2 (ΤΟ2). Σκυροδέτηση με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Σεπτέμβριος 2011.
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 3 (ΤΟ3). Σκυροδέτηση σε συνήθεις καιρικές συνθήκες. Απρίλιος 2012.
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 4 (ΤΟ4). Δάπεδα από σκυρόδεμα (Πλάκες επί Εδάφους). Ιούνιος 2013.
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 5 (ΤΟ5). Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα. Μάρτιος 2014.
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 6 (ΤΟ6). Ανθεκτικό Σκυρόδεμα (σε διάβρωση οπλισμού λόγω ενανθράκωσης ή/και δράσης χλωριόντων). Σεπτέμβριος 2015
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 7 (ΤΟ7). Διάβρωση χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (και δοκιμες πρακτικές για να μην επέλθει διάβρωση). Νοέμβριος 2016
ΣΠΜΕ. Τεχνική Οδηγία 8 (ΤΟ8). Επισκευές ρωγμών λόγω διάβρωσης οπλισμού από περιβαλλοντικές δράσεις.
ERMCO (2016). Ready-Mix Concrete Industry Statistics – Year 2015.
EN 206 (2013) Σκυρόδεμα - Προδιαγραφή, επιτελεστικότητα, παραγωγή και συμμόρφωση.
ΚΤΣ Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος Παλαιός (1954) ΚΤΣ (1985) ΚΤΣ-97 (1997, 2002), ΚΤΣ-16 (2016).
ΕΛΟΤ EN 197-1. Τσιμέντο - Μέρος 1 : Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για τα κοινά τσιμέντα.
ΕΛΟΤ EN 1991-1-6. Ευρωκώδικας 1: Δράσεις σε δομήματα - Μέρος 1-6: Γενικές δράσεις - Δράσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
ΕΛΟΤ EN 13670. Εκτέλεση έργων από σκυρόδεμα.
ΕΛΟΤ EN 12620. Αδρανή για σκυρόδεμα.
ΕΛΟΤ EN 12811-1. Εξοπλισμός προσωρινών εργασιών - Μέρος 1: Σκαλωσιές - Απαιτήσεις απόδοσης και γενικός σχεδιασμός
ΕΛΟΤ EN 12812. Κινητά ικριώματα - Απαιτήσεις απόδοσης και γενικός σχεδιασμός.
DIN 1045 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton.
ACI 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete.