

Επίδραση των απαιτήσεων του ΚΤΣ-2016 και των τάσεων της αγοράς στον σχεδιασμό συνθέσεων σκυροδέματος. Μεταβολή του κόστους ως συνάρτηση των απαιτήσεων ποιότητας.

Influence of the requirements of HRCT-2016 and of the market trends to the design of concrete mixes. Alteration of cost as function of quality requirements.

Κάρολος ΣΤΕΡΓΙΟΠΟΥΛΟΣ¹, Ελευθέριος ΣΚΟΔΡΑΣ²

Λέξεις κλειδιά: συνθέσεις σκυροδέματος, ποιότητα, κόστος, ΚΤΣ-2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Στα πλαίσια της προσαρμογής της παραγωγής σκυροδέματος όχι μόνο στον ΚΤΣ-2016 αλλά και στις νέες τάσεις της αγοράς σκυροδέματος, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί μετά την τεκτονική μεταβολή της των τελευταίων δέκα ετών, απαιτούνται πέρα από οργανωτικές αλλαγές σε μονάδες παραγωγής και εργοτάξια και νέες συνθέσεις σκυροδέματος. Στην παρούσα εργασία γίνεται σύγκριση παλαιότερων και νέων συνθέσεων σκυροδέματος που προορίζονται για παρόμοια έργα και επιχειρείται σύνδεση των διαφορετικών ιδιοτήτων με το κόστος. Επιχειρείται ερμηνεία του κόστους, αναλύοντας τι πληρώνεται για ποιον σκοπό, η οποία συμβάλλει στην κατανόηση της μεταβολής. Εξετάζονται νέες προοπτικές αλλά και χαμένες ευκαιρίες.

ABSTRACT: In the context of adapting concrete production not only to HRCT-2016 but also to the new concrete market trends, as they have been shaped during the dramatic market change of the last ten years, apart of the organizational changes that are required in concrete production and job-sites, also new concrete mix-designs are needed. In the current work we compare older with new concrete mix-designs destined for similar projects and we attempt to connect the different properties with cost. An intrpretation of cost is attempted, analysing what is being paid for what purpose, contributing to the better understanding of the differences. New perspectives, but also missed opportunities, are being considered.

¹ Χημικός Μηχανικός, DOMYLCO Ltd., email: karolos.stergiopoulos@domylco.gr

² Χημικός, DOMYLCO Ltd., email: skodras@domylco.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσαρμογή της παραγωγής σκυροδέματος από τον ΚΤΣ-97 στον ΚΤΣ-2016 απαιτεί νέες συνθέσεις σκυροδέματος. Οι νέες συνθέσεις κατά ΚΤΣ-2016 έχουν συνήθως μεγαλύτερο κόστος από τις συνθέσεις κατά ΚΤΣ-97. Η αύξηση του κόστους οφείλεται αφ' ενός στις αυξημένες άμεσες και έμμεσες απαιτήσεις του νέου ΚΤΣ, αφ' εταίρου όμως στις νέες απαιτήσεις της αγοράς σκυροδέματος.

Στην εργασία αυτή, μέσω σύγκρισης παραδειγμάτων, γίνεται μία προσπάθεια να επιμεριστεί το επιπλέον κόστος των συνθέσεων σκυροδέματος σε δύο σκέλη: Το κόστος συμμόρφωσης με την νέα νομοθεσία και το κόστος βελτίωσης χαρακτηριστικών σύμφωνα με τις ανάγκες της αγοράς.

Αναζητήθηκαν συνθέσεις σκυροδέματος από παλαιότερα έργα, σε συμμόρφωση με τον ΚΤΣ-97 και τον πίνακα 5.2.5.1., έτσι ώστε να υπάρχει πραγματική και όχι απλά θεωρητική εικόνα, και συγκρίνονται με συνθέσεις που πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του πίνακα Β2-7 του ΚΤΣ-2016.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Επιχρισμένο σκυρόδεμα

Το επιχρισμένο σκυρόδεμα είναι η κατηγορία σκυροδέματος όπου με βάση τους κανονισμούς υπάρχουν οι ελάχιστες απαιτήσεις. Στον ΚΤΣ-97 δεν υπήρχε απαίτηση ελάχιστης αντοχής, χρησιμοποιούνταν παλαιότερα ανάλογα με τις στατικές απαιτήσεις του έργου C 16/20 και πιο πρόσφατα C20/25. Κατά ΚΤΣ-2016 προδιαγράφεται συνήθως XC1 και όχι X0.

Πίνακας 1. Απαιτήσεις επιχρισμένου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97	EN 206:2013	ΚΤΣ-2016
Ονομασία	επιχρισμένο	XC1	XC1
Μέγιστο N/T	0,7	0,65	0,65
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m ³)	270	260	280
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής		C 20/25	C 20/25

Ενδεικτικά, συνθέσεις από την πράξη που πληρούν τις παραπάνω απαιτήσεις είναι

οι ακόλουθες:

Πίνακας 2. Στοιχεία συνθέσεων επιχρισμένου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97 C 16/20 επιχρ. S3 30'	ΚΤΣ-97 C 20/25 επιχρ. S3 30'	ΚΤΣ-2016 C 20/25 XC1 S3 30'	ΚΤΣ-2016 C 20/25 XC1 S5 60'
Τσιμέντο CEM ..-42,5 (kg/m ³)	-	-	-	-
Τσιμέντο CEM ..-32,5 (kg/m ³)	270	280	280	280
Πρόσθετο 1 (kg/m ³)	1,08	1,12		0,85
Πρόσθετο 2 (kg/m ³)	-	1,4	-	-
Πρόσθετο 3 (kg/m ³)	-	-	2,3	3,5
Ενδεικτικό κόστος τσιμέντου και προσθέτων (eur/m ³)	23,81	26,1	25,97	27,07

Παρατηρείται ότι εάν η στατική απαίτηση είναι πράγματι C20/25 τότε το σύγχρονο σκυρόδεμα είναι φθηνότερο κατά 0,13 eur/m³, δηλαδή πρακτικά δεν υπάρχει μεταβολή κόστους.

Στην περίπτωση όμως που δεν υπάρχει στατική απαίτηση για C 20/25 παρατηρείται αύξηση κόστους 2,16 eur/m³. Περαιτέρω αύξηση 1,10 eur/m³ (συνολική αύξηση 3,26 eur/m³) παρατηρείται εφόσον προσαρμοστούν οι απαιτήσεις κάθισης στην τρέχουσα πρακτική των υπέρρευστων σκυροδεμάτων για μακρό χρονικό διάστημα.

Ανεπίχριστο σκυρόδεμα

Στον ΚΤΣ-97 δεν υπήρχε απαίτηση ελάχιστης αντοχής, χρησιμοποιούνταν παλαιότερα ανάλογα με τις στατικές απαιτήσεις του έργου C 16/20 και πιο πρόσφατα C20/25, σπανίως δε, σε έργα υποδομών κυρίως, C 30/37. Κατά ΚΤΣ-

2016 προδιαγράφεται από XC2 έως XC4, με συχνότερη την χρήση του XC3.

Πίνακας 3. Απαιτήσεις ανεπίχριστου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97	EN 206:2013	ΚΤΣ-2016
Ονομασία	ανεπίχριστο	XC3	XC3
Μέγιστο N/T	0,67	0,55	0,55
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m ³)	300	280	300
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής		C 30/37	C 25/30

Ενδεικτικά, συνθέσεις από την πράξη που πληρούν τις παραπάνω απαιτήσεις είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 4. Στοιχεία συνθέσεων ανεπίχριστου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97 C20/25 ανεπίχρ. S3 30'	ΚΤΣ-2016 C25/30 XC3 S3 30'	ΚΤΣ-2016 C25/30 XC3 S5 60'
Τσιμέντο CEM ..-42,5 (kg/m ³)	-	70	70
Τσιμέντο CEM ..-32,5 (kg/m ³)	300	230	230
Πρόσθετο 1 (kg/m ³)	1,2	-	1
Πρόσθετο 2 (kg/m ³)	0,9	-	-
Πρόσθετο 3 (kg/m ³)	-	4	5,2
Ενδεικτικό κόστος τσιμέντου και προσθέτων (eur/m ³)	27,36	29,81	31,01

Εδώ συγκρίνονται ανόμοια σκυροδέματα: C 20/25 κατά ΚΤΣ-97, το οποίο ήταν το πιο συνηθισμένο για αυτή την κατηγορία έκθεσης, με C 25/30 κατά ΚΤΣ-2016,

το οποίο αποτελεί ελάχιστη απαίτηση. Να σημειωθεί ότι το EN 206:2013 έχει απαίτηση C 30/37. Θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη ότι θεωρητικά για την ίδια στατική απαίτηση θα χρειαστεί μικρότερη ποσότητα C 25/30 απ' ότι C 20/25. Παρατηρείται αύξηση κόστους 2,45 eur/m³. Περαιτέρω αύξηση 1,20 eur/m³ (συνολική αύξηση 3,02 eur/m³) παρατηρείται εφόσον προσαρμοστούν οι απαιτήσεις κάθισης στην τρέχουσα πρακτική των υπέρρευστων σκυροδεμάτων για μακρό χρονικό διάστημα.

Παραθαλάσσιο σκυρόδεμα

Στον ΚΤΣ-97 δεν υπήρχε για το παραθαλάσσιο σκυρόδεμα απαίτηση ελάχιστης αντοχής, χρησιμοποιούνταν συνήθως C20/25. Κατά ΚΤΣ-2016 προδιαγράφεται συνήθως XS2 και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τσιμέντα τύπου CEM II/B-M.

Πίνακας 5. Απαιτήσεις παραθαλάσσιου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97	EN 206:2013	ΚΤΣ-2016
Ονομασία	παραθαλάσσιο	XS2	XS2 (CEM II/B-M)
Μέγιστο N/T	0,6	0,45	0,5
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m ³)	330	320	330
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής		C 35/45	C 25/30

Ενδεικτικά, συνθέσεις από την πράξη που πληρούν τις παραπάνω απαιτήσεις είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 6. Στοιχεία συνθέσεων παραθαλάσσιου σκυροδέματος

	ΚΤΣ-97 C20/25 παραθαλ. S3 30'	ΚΤΣ-2016 C25/30 XS2 S3 30'	ΚΤΣ-2016 C25/30 XS2 S5 60'
Τσιμέντο CEM ..-42,5 (kg/m ³)	-	-	-
Τσιμέντο CEM ..-32,5 (kg/m ³)	330	330	330
Πρόσθετο 1 (kg/m ³)	1,32	-	1,3
Πρόσθετο 2 (kg/m ³)	-	-	-
Πρόσθετο 3 (kg/m ³)	-	3,3	4,3
Ενδεικτικό κόστος τσιμέντου και προσθέτων (eur/m ³)	29,11	31,02	32,11

Και εδώ συγκρίνονται ανόμοια σκυροδέματα: C 20/25 κατά ΚΤΣ-97, το οποίο ήταν το πιο συνηθισμένο για αυτή την κατηγορία έκθεσης, με C 25/30 κατά ΚΤΣ-2016, το οποίο αποτελεί ελάχιστη απαίτηση. Να σημειωθεί εδώ ότι η ελάχιστη απαίτηση του EN 206:2013 είναι C 35/45.

Θα πρέπει κι εδώ να ληφθεί υπ' όψη ότι θεωρητικά για την ίδια στατική απαίτηση θα χρειαστεί μικρότερη ποσότητα C 25/30 απ' ότι C 20/25. Παρατηρείται αύξηση κόστους 1,91 eur/m³. Περαιτέρω αύξηση 1,09 eur/m³ (συνολική αύξηση 3,00 eur/m³) παρατηρείται εφόσον προσαρμοστούν οι απαιτήσεις κάθισης στην τρέχουσα πρακτική των υπέρρευστων σκυροδεμάτων για μακρό χρονικό διάστημα.

Να σημειωθεί εδώ ότι η αύξηση του κόστους δεν οφείλεται σε απαίτηση για επιπλέον τσιμέντο, αλλά στην αλλαγή του μέγιστου λόγου N/T και την απαίτηση για ελάχιστη αντοχή που δημιουργούν την ανάγκη για ισχυρό υπερρευστοποιητή.

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Συνοπτικά τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 7.:

Πίνακας 7. Σύνοψη κόστους τσιμέντου – προσθέτων σκυροδεμάτων (eur/m³)

Σκυρόδεμα	ΚΤΣ-97	ΚΤΣ-2016	ΚΤΣ-2016 S5 60'	Δ ΚΤΣ 2016-97	Δ S5-S3	Δ ολικό
Επιχρισμένο α)	23,81	25,97	27,07	2,16	1,1	3,26
Επιχρισμένο β)	26,1	25,97	27,07	-0,13	1,1	0,97
Ανεπίχριστο	27,36	29,81	31,01	2,45	1,20	3,65
Παραθαλάσσιο	29,11	31,02	32,11	1,91	1,09	3,00

Διαπιστώνεται ότι η απαίτηση για ελάχιστη αντοχή του ΚΤΣ-2016 δημιουργεί στην παραγωγή ένα επιπλέον κόστος της τάξεως των 2 eur/m³. Όπου η απαίτηση αυτή δεν μεταβάλλει την ήδη χρησιμοποιούμενη κατηγορία αντοχής δεν υπάρχει μεταβολή του κόστους.

Η απαίτηση της αγοράς για ρευστά σκυροδέματα και μεγάλη διάρκεια ρευστότητας, χωρίς χρήση υπερρρευστοποιητών επί τόπου στο έργο, δημιουργεί ένα επιπλέον κόστος της τάξεως του 1 eur/kg.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δύο παράγοντες έχουν επιρρεάσει αυξητικά το κόστος α' υλών του παραγόμενου σκυροδέματος: Οι απαιτήσεις ελάχιστων αντοχών ανά κατηγορία έκθεσης του ΚΤΣ-2016 και η τάση της αγοράς για χρήση υπέρρρευστων σκυροδεμάτων. Ποσοτικοποιήθηκε η συνεισφορά του κειμένου από αυτούς στην αύξηση του κόστους.

Η σύγκριση σκυροδεμάτων κατά ΚΤΣ-2016 με ΚΤΣ-97 αφορά καθαρά ποσοτικά χαρακτηριστικά, ποιοτικά το σκυρόδεμα κατά τον νέο τρόπο παραγωγής υπερτερεί σαφώς.

Ο ΚΤΣ-2016 και οι αναλυτικές απαιτήσεις του ανά κατηγορία έκθεσης δίνουν νέα

προοπτική στην ανθεκτικότητα των κατασκευών, εναρμονίζοντας σε σημαντικό βαθμό το τεχνολογικό επίπεδο της παραγωγής σκυροδέματος στην Ελλάδα με αυτό των προηγμένων χωρών της Ε.Ε.

Η αύξηση των ελαχίστων ποσοτήτων τσιμέντου σε σχέση με το EN 206:2013, η οποία απαντάται σχεδόν ταυτόσημη και στο Εθνικό Προσάρτημα ΕΛΟΤ EN206:2007, δεν έχει ουσιώδη συμβολή στην αύξηση του κόστους. Είναι η απαίτηση ελάχιστων θλιπτικών αντοχών ανά κατηγορία έκθεσης αυτή που δημιουργεί αύξηση του κόστους.

Ο ΚΤΣ-2016 παρόλη την πάροδο σχεδόν εικοσαετίας από τον προηγούμενο ΚΤΣ-97, αφήνει εκτός δύο πολύ σημαντικά ζητήματα με πληθώρα εφαρμογών:

1. Την απαίτηση για μέτρηση των επιθυμητών ιδιοτήτων: Αντί να οριστούν όρια για μετρήσεις ποιοτικού ελέγχου για μεγέθη που αφορούν στις επιθυμητές ιδιότητες ανθεκτικότητας, π.χ. υδατοπερατότητα, ανθεκτικότητα σε κύκλους ψύξης απόψυξης, διείσδυση χλωριδίων, ανθεκτικότητα σε χημικά κλπ., να γίνεται δηλαδή επαλήθευση της επίτευξης του στόχου με ελεύθερο τον τρόπο επίτευξης, επιλέχθηκε ο έμμεσος τρόπος της απαίτησης ελάχιστων αντοχών. Ο τρόπος αυτός επιφέρει μια συνολική αύξηση κόστους χωρίς η επίτευξη των στόχων να είναι αποδεδειγμένη.
2. Την τεχνολογία αδρανοποίησης (επιβράδυνσης) σκυροδέματος για μεταγενέστερη χρήση: Μέσω του περιορισμού στον χρόνο μεταφοράς σκυροδέματος ακόμα και με την χρήση επιβραδυντή στις δύο ώρες, δεν επιτρέπεται η χρήση προηγμένων συστημάτων επιβραδυντών που επιτρέπουν την χρήση του επιστρεφόμενου σκυροδέματος σε μεταγενέστερο δρομολόγιο μειώνοντας έτσι τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της δραστηριότητας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

BS EN 206:2013, BSI

BDC EN 206:2014/NA:2015

ΕΛΟΤ EN 206-1:2000/A2:2005 ΕΠ:2007, ΕΛΟΤ

ΚΤΣ-2016

ΚΤΣ-97