

Ποσοτική σύγκριση αντοχών δοκιμίων σκυροδέματος από πυρηνοληψία με την 2^η αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Compare of cores drilling and repair Greek codes.

Βαδαλούκας Νικόλαος¹, Βαδαλούκα Νίκη-Μαρία²

Λέξεις κλειδιά : ΚΑΝ.ΕΠΕ, Πυρηνοληψία, Σκυρόδεμα, repair code, cores drilling, concrete

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία γίνεται ποσοτική σύγκριση θλιπτικών αντοχών δοκιμίων σκυροδέματος που λήφθηκαν από πυρηνοληψία σε κτίρια και η αντίστοιχη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η εφαρμογή των σύγχρονων κανονισμών ΚΑΝΕΠΕ σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα για τον έλεγχο επάρκειας σε σεισμικές δράσεις, απαιτούν την εφαρμογή ΜΚΕ τόσο έμμεσων όσο και άμεσων μεθόδων,. Η 2^η αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ επιτρέπει την χρήση «ερήμην» τιμών που οδηγούν σε υπερδιαστασιολόγη των επεμβάσεων. Η εταιρεία ΝΚ στα πλαίσια των εργασιών της, έχει συγκεντρώσει πλήθος τιμών αντοχών (άνω των 2000), από πυρηνοληψίες σε υπάρχοντα κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος και φέρουσας τοιχοποιίας. Οι τιμές αυτές προσφέρονται για αξιόλογα στατιστικά συμπεράσματα που μπορούν να συμβάλουν στην ακριβέστερη αξιολόγηση των «ερήμην» τιμών. Στην εργασία αυτή ένας μεγάλος αριθμός πυρήνων κατηγοριοποιείται ανάλογα με την θέση και το μήκος τους και συγκρίνεται με τις προτεινόμενες τιμές της 2^{ης} αναθεώρησης

ABSTRACT: In the present study a quantitative comparison of the compressive strengths of concrete specimens taken from the nozzles in buildings and the corresponding evaluation of the results are made. The application of the repair code for control of seismic action requires the application of both indirect and direct methods. The 2nd revision Greek repair code allows for the use of "absent" values leading to over dosage of interventions. NK has a number of strengths (over 2000), from nuclei to existing reinforced concrete and masonry buildings. These prices offer valuable statistical conclusions that can contribute to a more accurate assessment of "default" prices. In this work a large number of cores are categorized according to their location and length and compared with the proposed values of the 2nd revision.

¹ Μηχανολόγος Μηχανικός Πανεπιστημίου Πατρών, ΝΚ - ΒΑΔΑΛΟΥΚΑ
ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Τηλ. 210 6911506 , email: info@nnk.gr

² Φοιτήτρια Μηχανολόγος Μηχανικός Πανεπιστημίου Πατρών, ΝΚ - ΒΑΔΑΛΟΥΚΑ
ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Τηλ. 210 6911506 , email: info@nnk.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι για την ποιότητα του οπλισμένου σκυροδέματος έχει απασχολήσει αρκετούς επιστήμονες ιδιαίτερα στον Ελληνικό χώρο, λόγω της εξαιρετικής ανάγκης της εκτίμησης υπαρχόντων κατασκευών έναντι κυρίως του σεισμικού κινδύνου.

Η μέθοδος της πυρηνοληψίας με τους αντίστοιχους εργαστηριακούς ελέγχους των ληφθέντων δοκιμίων σε ανεμπόδιστη μονοαξονική θλίψη, αποτελεί έως σήμερα την ακριβέστερη άμεση μέθοδο εκτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος μίας κατασκευής. Η συνήθης πρακτική είναι η βαθμονόμηση μέσω της πυρηνοληψίας των έμμεσων μη καταστροφικών μεθόδων ελέγχου, (κρουσιμέτρηση, υπέρηχοι κλπ).

Για την ορθή εξαγωγή συμπερασμάτων από μία πυρηνοληψία θα πρέπει να έχει γίνει ένας ορθός προγραμματισμός. Συγκεκριμένα θα πρέπει να αποφασισθούν η διάμετρος και το ύψος των πυρήνων, τα δομικά στοιχεία από όπου θα γίνει η πυρηνοληψία και οι θέσεις των πυρήνων πάνω στα δομικά στοιχεία καθώς και ο αριθμός των πυρήνων. Αξίζει να επισημανθεί ότι τα μεγαλύτερης διαμέτρου δοκίμια δίνουν ακριβέστερα αποτελέσματα γιατί καταστρέφονται λιγότερο κατά τη διαδικασία κοπής και λείανσης τους, αλλά και επειδή είναι λιγότερο ευαίσθητα. Πυρήνες διαμέτρου 5cm χρησιμοποιούνται κυρίως για έλεγχο στο εσωτερικό της μάζας του σκυροδέματος (πχ αποτελεσματικότητα ενέσεων κόλλας). Για το επιδιωκόμενο μήκος, (ύψος), του πυρήνα, ή διαφορετικά την τιμή του λόγου ύψος/διάμετρο (L/D), δεν υπάρχει μία μονοσήμαντη συνιστώμενη τιμή, αλλά όπως προτείνεται, η τιμή L/D μπορεί να κυμανθεί από 0.95 έως 2.0. Οι μεγαλύτερες τιμές προσεγγίζουν τη γεωμετρία των συμβατικών δοκιμίων διαμέτρου 15 cm και ύψους 30cm. Η απόσταση των αποκοπτόμενων πυρήνων από τις ακμές των εξεταζόμενων στοιχείων πρέπει να είναι τουλάχιστον 8cm, ενώ η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 4D.

Ο συνιστώμενος αριθμός λήψης «καρότων» από κάθε έργο ποικίλει ανάλογα με τις απαιτήσεις του μηχανικού, του επιδιωκόμενου αποτελέσματος ελέγχου επάρκειας ή ανασχεδιασμού της εκάστοτε κατασκευής αλλά κατά βάση κυρίως με τους ισχύοντες κανονισμούς αποτίμησης της κατασκευής.

Έτσι για παράδειγμα έχουμε:

α) τον ΚΑΝ.ΕΠΕ ο οποίος απαιτεί λήψη τουλάχιστον τριών (3) δοκιμίων ανά δύο στάθμες με σκοπό τη βαθμονόμηση των έμμεσων μεθόδων ελέγχου,

β) Τον EC8-3 ο οποίος απαιτεί λήψη τουλάχιστον ενός έως και τριών (1-3) καρότων ανά όροφο και ανάλογα με το επιδιωκόμενο επίπεδο γνώσης που επιθυμείται,

γ) Τον ΚΤΣ ο οποίος σε περίπτωση αμφισβήτηση παρτίδας σκυροδέματος απαιτεί λήψη τουλάχιστον έξι (6) πυρήνων κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο και ανά 150m³ σκυροδέτησης .

Ο βασικός σκοπός εκπόνησης της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση και διερεύνηση, ποσοτικά, των σημαντικότερων παραγόντων, που επηρεάζουν τα αποτελέσματα στον έλεγχο αντοχής διατομών με ΚΑΝ.ΕΠΕ.



Σχήμα 1: Λήψη κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος από τοίχιο.



Σχήμα 2: Λήψη κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος από θολωτή πλάκα.



Σχήμα 3: Εργαστηριακός έλεγχος κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος που υπόκειται στο πείραμα της ανεμπόδιστης μονοαξονικής θλίψης. Εργαστήριο Αντοχής των Υλικών (ΕΜΠ)

Έλεγχος αντοχών πυρήνων διαφόρων τύπων στοιχείων.

Οι σύγχρονοι ισχύοντες κανονισμοί αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας των κτιρίων απαιτούν, υπό προϋποθέσεις, λήψη δοκιμών από ομοειδή δομικά στοιχεία. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με μία συνήθη αδυναμία αποκοπής πυρήνων από υποστυλώματα για την αποφυγή δημιουργίας βλάβης, γεννά πολλά ερωτηματικά για το εάν και πόσο είναι αντιπροσωπευτικές οι τιμές των θλιπτικών αντοχών για τις διαφορετικές ομάδες δομικών στοιχείων που ελέγχονται.

Έχουν ήδη εξεταστεί οι διαφορές στις αντοχές των πυρήνων που έχουν ληφθεί από κατακόρυφα στοιχεία Ο.Σ. (Βαδαλούκας Ν. 2015) δηλαδή υποστυλώματα και τοιχεία σε σχέση με τις αντίστοιχες των πυρήνων που έχουν αποκοπεί από οριζόντια στοιχεία Ο.Σ. δηλαδή από πλάκες (ή προβόλους) και σπανιότερα από δοκούς.

Για τις ανάγκες της έρευνας που εστιάζει η παρούσα εργασία αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν οι τιμές αντοχών από χίλιους (1000) πυρήνες. Οι πυρήνες αυτοί έχουν παρθεί μέσα στα τελευταία χρόνια στα πλαίσια προσεισμικών ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν από την εταιρεία «NK – ΒΑΔΑΛΟΥΚΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ» και αφορά φορείς οπλισμένου σκυροδέματος τόσο σε ιδιωτικά όσο και σε δημόσια κτίρια.

- Όλες οι δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο Αντοχής των Υλικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ).
- Όλοι οι πυρήνες ήταν κυλινδρικοί με σταθερή διάμετρο $d=9.45$ cm.

- Υποβλήθηκαν όλοι στο πείραμα της ανεμπόδιστης μονοαξονικής θλίψης
- Τα πειράματα έγιναν σε κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος.
- Η τεχνική προδιαγραφή της δοκιμής : ISO 4012 ΕΛΟΤ 722
- Οι δοκιμές εκτελέστηκαν σε κατακόρυφη μηχανή θλίψης μάρκας INSTRON UTM μέγιστης θλιπτικής ικανότητας 320 KN

Το δείγμα των 500 πυρήνων που χρησιμοποιήθηκε ανά ομάδα κρίνεται επαρκές για την ομογενοποίηση άρα και «απομόνωση» άλλων βασικών παραγόντων που επιδρούν στην επιρροή των αποτελεσμάτων.

Ενδεικτικά αναφέρεται ως παράδειγμα, ότι στους πυρήνες από υποστυλώματα, υπάρχουν δείγματα με μεγάλη ενανθράκωση, αλλά αντίστοιχα αναμένουμε στατιστικά όμοια ενανθράκωση και στα δοκίμια των πλακών. Ή ότι στις τιμές αντοχών πυρήνων από υποστυλώματα υπάρχουν δείγματα με τμήματα σιδηροπλισμού αλλά αντίστοιχα αναμένουμε στατιστικά αντίστοιχα δοκίμια με τμήματα σιδηροπλισμού που έχουν ληφθεί από πλάκες κοκ.

Σύγκριση αντοχών πυρήνων.

Στον παρακάτω πίνακα 1. παρατίθεται τμήμα των δεδομένων.

Στην πρώτη στήλη είναι ο αύξοντας αριθμός πυρήνων υποστυλωμάτων και τοιχείων, στην δεύτερη στήλη το ύψος του αντίστοιχου πυρήνα σε εκατοστά, στην τρίτη στήλη ο λόγος ύψους προς διάμετρο και στην τέταρτη στήλη η τάση θραύσης σε Μρα. Στην συνέχεια παρατίθενται οι αντίστοιχες στήλες για τα οριζόντια στοιχεία.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ανά είδος

Υποστυλώματα/Τοιχεία				Πλάκες/Δοκοί			
A/A	H (cm)	H/D	σ(Mpa)	A/A	H(cm)	H/D	σ(Mpa)
Π1	12.8	1,354	33,8	Π1	14,7	1,556	25,1
Π2	12.3	1,302	15,5	Π2	10,5	1,111	21,4
Π3	12.2	1,291	13,5	Π3	13,4	1,418	12,3
Π4	11.0	1,164	13,8	Π4	10,0	1,058	19,3
Π5	10.9	1,153	12,0	Π5	11,8	1,249	27,6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Π496	9,7	1,026	20,0	Π496	12,8	1,354	28,3
Π497	12,2	1,291	12,5	Π497	13,4	1,418	23,8
Π498	13,6	1,439	15,0	Π498	13,6	1,439	33,7
Π499	12,3	1,302	17,5	Π499	8,3	0,878	25,9
Π500	14,4	1,524	25,3	Π500	7,8	0,825	20,0

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 2.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανά είδος στοιχείου.

Κατακόρυφα στοιχεία	Οριζόντια στοιχεία
Αριθμός πυρήνων: Πεντακόσιοι (500)	Αριθμός πυρήνων: Πεντακόσιοι (500)
Μέση θλιπτική αντοχή $f_{c,m (500)} =$ 19.7 MPa	Μέση θλιπτική αντοχή $f_{c,m (500)} =$ 23.1 MPa
Τυπική Απόκλιση δειγμάτων $S_{(500)} =$ 7.1 MPa	Τυπική Απόκλιση δειγμάτων $S_{(500)} =$ 7.5 MPa
Μέση τιμή του λόγου Ύψος/διάμετρος $H/d_{(500)} =$ 1.401	Μέση τιμή του λόγου Ύψος/διάμετρος $H/d_{(500)} =$ 1.153

Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Παρατηρώντας τις τιμές της θλιπτικής αντοχής στον πίνακα 2, βλέπουμε ότι τα δοκίμια που έχουν ληφθεί από οριζόντια στοιχεία Ο.Σ. έχουν σαφώς μεγαλύτερη αντοχή από τα αντίστοιχα των κατακόρυφων στοιχείων, με διαφορά της τάξης του **16 %**.

Οι τυπικές αποκλίσεις των δύο δειγμάτων δεν διαφέρουν ιδιαίτερα. Προφανώς κρίνονται ιδιαίτερα υψηλές σαν τιμές $\approx 35\% f_{c,m}$, ωστόσο είναι αναμενόμενο, καθώς τα δείγματα ακολουθούν μη κανονική κατανομή.

Εξετάζοντας τώρα, τις μέσες τιμές του λόγου ύψους / διάμετρο (H/d) παρατηρούμε σημαντικές διαφορές. Οι πυρήνες των οριζοντίων στοιχείων δίνουν $H/d_{(500)} = 1.153$, ενώ των κατακόρυφων, $H/d_{(500)} = 1.401$.

Το παραπάνω είναι αναμενόμενο, καθώς οι διαθέσιμοι πυρήνες από πλάκες και προβόλους λόγω του περιορισμένου πάχους των στοιχείων αυτών, έχουν μικρότερο ύψος. Η διαφοροποίηση αυτή του H/d δεν επέτρεψε να γίνει απομόνωση του συγκεκριμένου παράγοντα.

Για την απομόνωση του συγκεκριμένου παράγοντα θα χρησιμοποιηθούν σχέσεις της εγκύκλιου Ε7 και του ΕΛΟΤ 344. Τα δύο προαναφερθέντα κείμενα συσχετίζουν την αντοχή πρότυπου κύβου με την αντοχή του πυρήνα μέσω σειράς συντελεστών ένας εκ των οποίων εξαρτάται από τον λόγο H/d . Σύμφωνα με την Εγκύκλιο Ε7 ο λόγος $H/d = 1.40$ εκτιμάει 6% χαμηλότερες αντοχές έναντι του λόγου $H/d = 1.15$. Σύμφωνα με ΕΛΟΤ 344 ο λόγος $H/d = 1.40$ εκτιμάει πάλι 6% χαμηλότερες αντοχές έναντι του λόγου $H/d = 1.15$.

Στο προαναφερθέν ποσοστό του 16% συμπεριλαμβάνεται η μεταβολή του 6%.. Επομένως ο Μ.Ο. των πυρήνων των πλακών απομονώνοντας το όρο H/d είναι τελικά **10%** περίπου μεγαλύτερος του Μ.Ο. των υποστυλωμάτων – τοιχωμάτων.

Τέλος αναφέρεται ότι καθώς το δείγμα των 1000 πυρήνων είναι στατιστικά ικανό προς εξαγωγή συμπερασμάτων, προκύπτει ότι από τυχαία ως προς την χρήση τους, (κατοικίες, πολυκατοικίες, σχολεία, ναούς, αποθήκες κλπ) και τυχαία ως

προς τον χρόνο κατασκευής τους υπάρχοντα κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος στον Ελλαδικό χώρο, η μέση αντοχή πυρήνα (μη αναγόμενου) που προκύπτει είναι της τάξης των 22 MPa.

Πίνακας 4. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση Τιμή f_{cm} (MPa)	Χαρακτηριστική Τιμή f_{ck} (MPa)
... <1954	10	6
1954<... <1985	12	8
1985<... <1995	16	12
1995<...	20	16

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση Τιμή f_{cm} (MPa)	Χαρακτηριστική Τιμή f_{ck} (MPa)
... <1954	18.0	11.5
1954<... <1985	15.5	11.5
1985<... <1995	19.5	14.5
1995<...	25.5	17.0

Σχήμα 4: Ο πίνακας της 2^{ης} αναθεώρησης του ΚΑΝ.ΕΠΕ και της κατάταξης πυρηνολήψιας της ΝΚ.

Σύγκριση ικανοτήτων που προκύπτουν:

Υποστώλωμα 30cm x 30cm

Ύψος 3m

Οπλισμός 4Φ16

Επικάλυψη 1 cm

Συνδετήρες Φ8/25cm

f_{ym}, f_{yw} 410Mpa

M 24Knm

V 15,2Kn

N 424 Kn

Με «ερήμην» τιμές, στάθμη αξιοπιστίας ανεκτή ($\gamma_m=1.2$)

Με μετρήσεις, στάθμη αξιοπιστίας υψηλή ($\gamma_m=1$)

Ικανότητα:

Προκύπτει διαφορετική μεταξύ ΚΑΝ,ΕΠΕ και EN 1998-3:2005

Η εξίσωση υπολογισμού του Θ_{um} που δίδεται στην εξίσωση Σ11α του ΚΑΝ.ΕΠΕ

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^V) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} f_c \right]^{0,225} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\frac{\alpha_{ps} f_{yw}}{f_c} \right) (1,25^{100} \rho_d)},$$

(Σ.11α)

Σχήμα 5. Εξίσωση όπως δείχνεται στο ΦΕΚ Β/2984/2017

είναι σχεδόν ίδια με την εξίσωση του EN 1998-3:2005 στο κυρίως κείμενο Α1.(Η εξίσωση Α1 έχει τροποποιηθεί στον EN 1998-3:2005 μετά την 10/3/2010, αλλάζοντας τον όρο $(\alpha_s)^{0,35}$ σε $[\min(9, \alpha_s)]^{0,35}$

Πίνακας 3: Ικανότητες από μετρήσεις και 2^η αναθεώρηση.

Εφαρμοσθέντες κανονισμοί	fc/γm από μετρήσεις	fc/γm 2η αναθεώρηση	Θu από μετρήσεις	Θu από 2 ^η αναθεώρηση
...<1954	18	8.3	0.0268	0.0158
1954<...<1985	15.5	10	0.0247	0.0184
1985<...<1995	19.5	13.3	0,0279	0.0225
1995<....	25.5	16.6	0.0317	0.0256

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εάν δεν ενδιαφέρει, ουσιαστικά, το αποτέλεσμα της αποτίμησης (όπως συμβαίνει συνήθως για τα αυθαίρετα) η χρήση των «ερήμην» τιμών αποτελεί μία διέξοδο προς την πλευρά της ασφάλειας για την εκπόνηση μελετών.

Εάν η εκπόνηση μελέτης γίνεται με στόχο και την ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων (προσθήκη, αλλαγή σπουδαιότητας κλπ) η προσφυγή σε πυρηνοληψία είναι αναπόφευκτη ειδικά σε κτίρια προ του 1985/

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Άρθρα

Βαδαλούκας Νικόλαος, Βαδαλούκας Κων/νος «Ποιοτική και ποσοτική σύγκριση αντοχών δοκιμίων σκυροδέματος από πυρηνοληψία», 8^ο Εθνικό Συνέδριο ΜΚΕ της Ελληνικής Εταιρείας Μη Καταστροφικών Ελέγχων, Αθήνα 2015

Τρέζος, Σπανός, Σπιθάκης: Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών Αθήνα Μάιος 2001

Πρασιανάκης Ι.Ν., Μη Καταστροφικοί Έλεγχοι των Υλικών - η Μέθοδος των Υπερήχων, ΕΜΠ, Αθήνα, Μάιος 1993.

Π. Σ. Θεοχάρης, Ι. Ν. Πρασιανάκης, “Μελέτη σκυροδέματος εις πολυαξονική καταπόνησιν”, Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Απρίλιος 1974, σελ. 293-302

Petersons N Recommendations for estimation of quality of concrete in finished structures Mater Constr vol 4 no 24 1971

Βιβλία

Κ. Γ. Τρέζος, Κ. Γεωργίου, Χ. Μαραβέλιας, “Προσδιορισμός της Επιτόπου Αντοχής του Σκυροδέματος με Έμμεσες Μεθόδους. Βαθμονόμηση του Κρουσίμετρου και των Υπερήχων”, Τεχνικά Χρονικά – Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Α, τόμος 13, τεύχος 2, 1993

Εγχειρίδια

SCHMIDT Concrete Test Hammer Types N and NR Operating instructions 1977

Κανονισμοί πρότυπα

EN 1998-3:2005 Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κτιρίων και επεμβάσεις ΕΛΟΤ

EN 12504-1:2009 Μέρος 1: Πυρήνες σκυροδέματος – Λήψη, επιθεώρηση και δοκιμή σε θλίψη

ISO Cores of hardened concrete - Taking, examination and testing in compression ISO/DIS7034 1983

ΕΓΚΥΛΙΟΣ Ε7 "Εκτίμηση της κατηγορίας αντοχής του σκυροδέματος υφιστάμενων κατασκευών" Ενημερωτικό Δελτίο" Τ.Ε.Ε. Τεύχος 1964 Δευτέρα 21 Ιουλίου 1997

Κανονισμός Επεμβάσεων, ΦΕΚ Β/2984/2017