

Συγκριτική Μελέτη Αποτίμησης σε Κτίριο Οπλισμένου Σκυροδέματος με Εφαρμογή του EN 1998-3:2005 και ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Comparative Study of Retrofits in Reinforced Concrete Buildings according to EN 1998-3:2005 and code of structural interventions

Αριστείδης Γ. Παπαχρηστίδης¹, Κωνσταντίνος Γ. Βαδαλούκας²

Λέξεις κλειδιά: ΚΑΝ.ΕΠΕ, Αποτίμηση, EN 1998-3:2005, Code of Structural Interventions, Assessment

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία συγκρίνονται οι ανάγκες ενίσχυσης, από οικονομικής πλευράς, των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής από την εφαρμογή των δύο κανονισμών - προτύπων. Αναλύονται κτήρια, με διαφορετικό αριθμό ορόφων, διαφορετικούς καννάβους υποστηλωμάτων και αμιγώς πλαίσιακό ή τοιχωματικό σύστημα ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι τοιχωμάτων. Γίνεται εφαρμογή όλων των προβλεπόμενων αναλύσεων από τους 2 κανονισμούς – πρότυπα με έμφαση στη χρήση της μη γραμμικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα των ανωτέρω κτιρίων συγκρίνονται μεταξύ τους, αναφορικά με τις ανάγκες επεμβάσεων και ενισχύσεων σε κατακόρυφα στοιχεία και δοκούς. Μετρούμενα μεγέθη σε κάθε περίπτωση είναι ο όγκος σκυροδέματος και το βάρος χάλυβα ενίσχυσης των δομικών στοιχείων. Από τη σύγκριση των απαιτήσεων ενίσχυσης, σύμφωνα με τους 2 κανονισμούς – πρότυπα, εξάγονται συμπεράσματα για την «οικονομικότερη» χρήση τους.

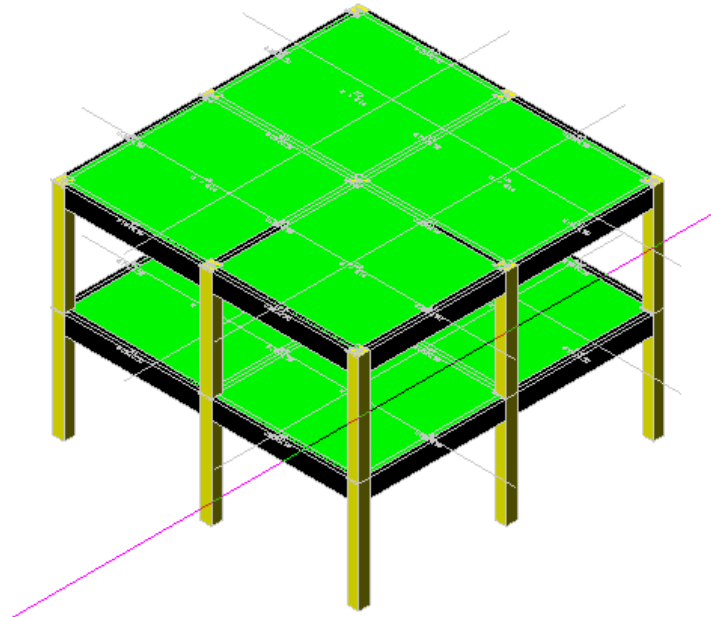
ABSTRACT: The present study compares the retrofit requirements of the structural elements of a structure in the basis of two regulations/standards, from a financial point of view. Buildings with different number of floors, different column grid systems and a purely framework or wall system depending on the presence of walls or not, are analyzed. All resulting analyses are applied from the two regulations/standards with special emphasis on the use of non-linear analysis. Comparisons in terms of retrofitting needs for vertical elements and beams are evaluated. Measured sizes in each case are the concrete volume and the reinforcing steel weight of the structural elements.

¹ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π. 3DR Προγράμματα Μηχανικού ΕΠΕ e-mail: aristidi@3dr.eu

² Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π. 3DR Προγράμματα Μηχανικού ΕΠΕ e-mail: kostasv@3dr.eu

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρώτο κτίριο που εξετάζεται βρίσκεται στην Αθήνα. Οι έλεγχοι γίνονται για τον ελάχιστο επιτρεπόμενο στόχο αποτίμησης με προσπάθεια να αποφευχθούν, εάν είναι δυνατόν, οι ενισχύσεις ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος. Το σύστημα είναι πλαισιακό.



Σχήμα 1: Πλαισιακός δώροφος φορέας που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση κανονισμών και προτύπων.

Δεδομένα

Έτος κατασκευής	1986
Υλικά κατασκευής	B225 STIII
Όροφοι	2
Κάναβος	4m
Έδαφος	B
Σπουδαιότητα	Σ2
Ζώνη	I

Παραδοχές

- Η θεμελίωση θεωρείται άκαμπτη με σχάρα πεδιλοδοκών.
- Δεν υπάρχουν βλάβες.
- Όλα τα στοιχεία θεωρούνται πρωτεύοντα.
- Δεν υπάρχουν οπτοπλινθοδομές άλλα εξωτερικά τσιμεντοσανίδες βαρέως τύπου και εσωτερικά χωρίσματα από γυψοσανίδες.

Στοιχεία αποτύπωσης

Οπλισμός υποστυλωμάτων 30 cm x 30 cm:

4Φ16 STII και συνδετήρες Φ8/25 STII

$f_c = 16 \text{ MPa}$, με απόκλιση 1.5 MPa με Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) Υψηλή

Για τον χάλυβα STIII με ΣΑΔ Ικανοποιητική

Για τα γεωμετρικά δεδομένα ΣΑΔ Ικανοποιητική

Δοκοί 20 cm x 50 cm με 4Φ12

Πλάκες 14 cm με Φ8/20

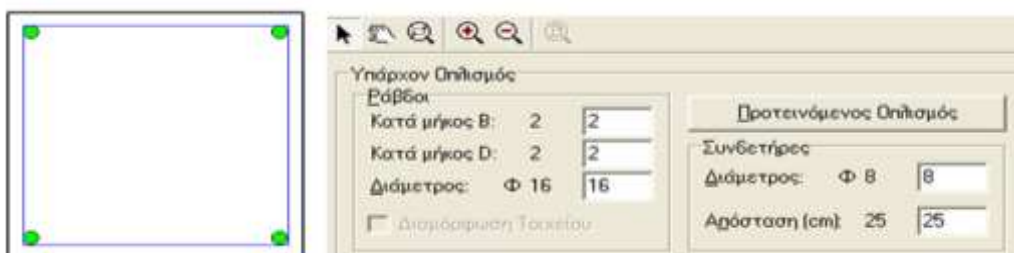
Με τον EN 1998-3:2005 επίπεδο γνώσης KL2 (ενιαίο)

Στόχος αποτίμησης Γ1 ή NC με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια. Με την 2^η αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. ο στόχος Γ1 είναι ο ελάχιστος αποδεκτός. Θα εξεταστεί περαιτέρω, μόνον ως προς τις διαφορές και η επιτελεστικότητα B,SD.

Πρόγραμμα ανάλυσης 3DR.STRAD της 3DR.

Χρησιμοποιήθηκε το κτίριο το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 1.

Η περιγραφή του οπλισμού φαίνεται στο Σχήμα 2.

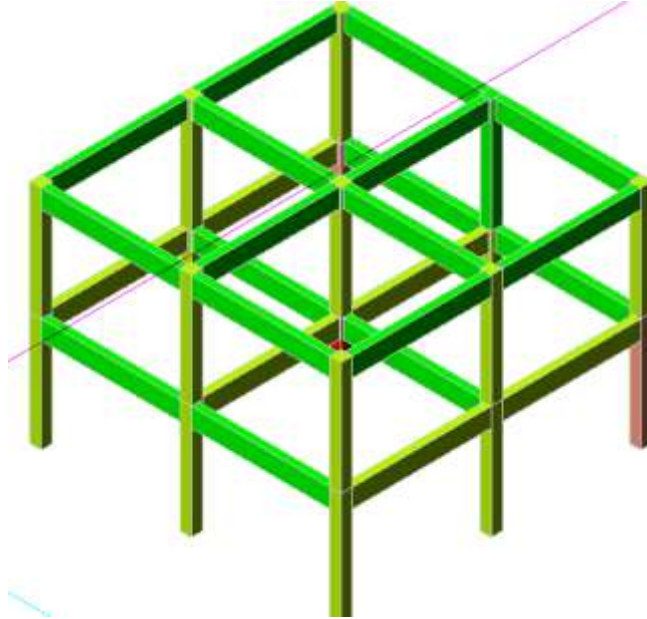


Σχήμα 2: Περιγραφή υπάρχοντος υποστυλώματος, διάταξη διαμήκους οπλισμού, διαμέτροι, συνδετήρες.

ΑΝΑΛΥΣΗ

Μη γραμμική ανάλυση

Κατά τον σχεδιασμό προέκυψε επάρκεια του κτιρίου με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.και ανεπάρκεια με τον ΕΝ 1998-3:2005.



Σχήμα 3: Εμφάνιση σειράς πλαστικών αρθρώσεων.

Απαίτηση: Υπολογίσθηκε σε όρους παραμόρφωσης στην επιδιωκόμενη μετατόπιση (στοχευμένη μετατόπιση)

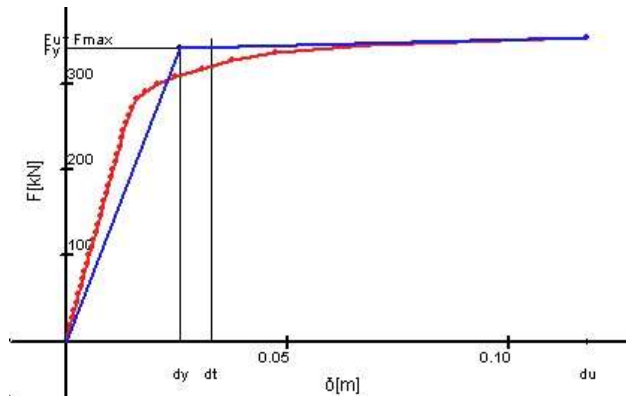
Προσδιορισμός της επιδιωκόμενης μετατόπισης det^* σύμφωνα με τον ΕΝ 1998-3:2005. Το πρότυπο κάνει αναφορά στο παράρτημα Β του ΕΝ 1998-1:2004.

Η μετακίνηση διαρροής dy^* δίδεται από στην σχέση $dy^* = 2\pi dm^* - \frac{Em^*}{Fy^*}$.

Με $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}}$ η $det^* = \Gamma \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)^2 Se(T^*)$ όπου Γ ο συντελεστής μετατροπής.

Στο συγκεκριμένο κτίριο για σεισμό στην Y διεύθυνση προκύπτει με $\Gamma = 1.27$, $m^* = 127.45$, $Fy^* = 269.00$, $dy^* = 0.02$ m, $d_{target} = 0.0254$ m.

Η καμπύλη δύναμης – μετακίνηση καθώς και η διγραμμοποίησή της φαίνεται στο **Σχήμα 4**.



Σχήμα 4: Καμπύλη δύναμης – μετατόπισης κατά τον EN 1998-3:2005.

Για το κτίριο που εξετάστηκε η στοχευμένη μετατόπιση κατά τον ΚΑΝ.ΕΠΕ είναι διαφορετική. Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ η στοχευόμενη μετατόπιση δίνεται από τη σχέση:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 \frac{T^2}{4\pi^2} S_e(T) \quad (1)$$

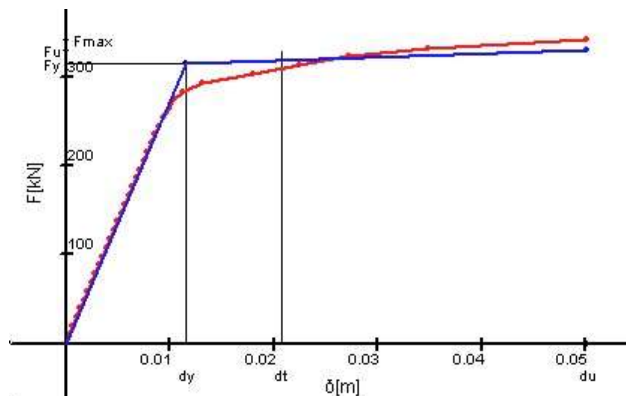
η οποία εξαρτάται από τον κανονισμό μελέτης του κτιρίου μέσω του συντελεστή C_2 . Το T προκύπτει με διαφορετική μεθοδολογία, έναντι του EN 1998-3:2005, με $T = T_{ελαστικής} \sqrt{K_0 / K_e}$.

Για την ελαστική ανάλυση οι ροπές αδράνειας που χρησιμοποιούνται από τους δύο κανονισμούς είναι διαφορετικές. Συγκεκριμένα, για τα υποστυλώματα κατά EN 1998-3:2005 είναι ίση με το 50% του I (ροπή αδράνειας Σταδίου I) ενώ κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ είναι ίση με το 80% έως 60% του I.

Η στοχευμένη μετατόπιση με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ προκύπτει με τιμές $T_{ελαστικής}$ ανάλυσης ίση με 0.42 sec και

C_0	C_1	C_2	C_3	$F_y [kN]$	$d_{target} [m]$
1.20	0.97	1.00	1.00	315.42	0.02

Η καμπύλη δύναμης – μετατόπισης καθώς και η διγραμικοποίησή της φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Καμπύλη δύναμης – μετατόπισης με ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Η διγραμμοποίηση μεταξύ ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-Μέρος 3 γίνεται με διαφορετικό τρόπο καθώς και ο υπολογισμός του F_y .

Ικανότητα: Προέκυψε διαφορετική μεταξύ ΚΑΝ.ΕΠΕ και EN 1998-3:2005. Η εξίσωση υπολογισμού του θ_{um} που δίδεται στην Εξ. (2) (εξίσωση Σ.11α του ΚΑΝ.ΕΠΕ, ΦΕΚ Β/2984/2017):

$$\theta_{um} = 0.016 \cdot (0.3^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega - \omega')} \right]^{0.225} (a_s)^{0.35} 25^{\left(a_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.25^{100\rho_d}) \quad (2)$$

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 $(a_s)^{0.35}$ σε $[\min(9, a_s)]^{0.35}$).

Στον EN 1998-3:2005 υπάρχει συντελεστής ασφάλειας γ_{el} ίσος με 1.5 για πρωτεύοντα στοιχεία. Επίσης στο EN 1998-3:2005 οι τιμές f_c και f_{yw} προκύπτουν από την μέση τιμή διηρημένη με τον συντελεστή εμπιστοσύνης. Μόνο για KL3 ο συντελεστής εμπιστοσύνης είναι ίσος με 1.

Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ, η τιμή του συντελεστή ασφάλειας εμφανίζεται στην Εξ. (3) του Κεφαλαίου 9 ίση με 1.5 όπως και στον EN 1998-3:2005. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί συντελεστής ασφάλειας τέτοιος ώστε: Η τιμή που θα προκύψει από την διαίρεση της αντίστασης (με μέση τιμή), με τον συντελεστή ασφάλειας, να είναι ίση με την αντίσταση που προκύπτει με την μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες ικανότητες, εάν χρησιμοποιηθούν μέσες τιμές για τα υλικά που έχουν προέλθει από μετρήσεις οι οποίες παρουσιάζουν μικρή τυπική απόκλιση.

Για παράδειγμα, για το υποστύλωμα Κ5 της Στάθμης 1 διαστάσεων 30 x 30 με

- 4Φ16, συνδετήρες Φ8/25, $f_c = 16 \text{ MPa}$
- επικάλυψη 1.0 cm
- εντατικά μεγέθη $N = 424 \text{ kN}$, $M = 23.4 \text{ kNm}$ και $V = 15.2 \text{ kN}$
- επίπεδο γνώσης KL3 (ευνοϊκότερη περίπτωση) και με συντελεστή εμπιστοσύνης ίσο με 1
- συντελεστή γ_{el} ίσο με 1.5

προκύπτει τιμή $\Theta_{um} = 0.0251$.

Η ίδια τιμή προκύπτει και στον ΚΑΝ.ΕΠΕ για στάθμη αξιοπιστίας υψηλή χρησιμοποιώντας συντελεστή $\gamma_{rd} = 1.5$. Εάν έχουν μετρηθεί αποκλίσεις στο σκυρόδεμα 1.5 MPa και στον χάλυβα 10 MPa τότε $\Theta_{usd} = 0.0346$. Αν χρησιμοποιηθούν οι αποκλίσεις που δίδονται στην δεύτερη αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ για τις μέσες τιμές που είναι για το σκυρόδεμα 4 MPa και για τον χάλυβα 40 MPa τότε η $\Theta_{usd} = 0.0315$, δηλαδή αρκετά υψηλότερη από την χρήση του συντελεστή ασφάλειας 1.5. Η χρήση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για επιτελεστικότητα Γ οδηγεί σε μικρότερη απαίτηση και μεγαλύτερη ικανότητα, αν δεν χρησιμοποιηθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 1.5 αλλά προκύψει από τις μέσες τιμές μείον μία τυπική απόκλιση.

Για την πληρότητα της σύγκρισης εξετάζεται και η επιτελεστικότητα Β. Κατά το EN 1998-3:2005 η $\Theta_{sd} = 3/4$ της Θ_u δηλαδή $0.0251 \times 0.75 = 0.0188$. Με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ η ικανότητα εκφράζεται με το ημίθροισμα Θ_y και Θ_u . Με αποκλίσεις στο σκυρόδεμα 1.5 MPa και στον χάλυβα 10 MPa , $\Theta_u = 0.0346$ το Θ_y από τις εξισώσεις Α.7α και Σ2α προκύπτει $\Theta_y = 0.01$ και ικανότητα 0.0223, σημαντικά μεγαλύτερη από τον EN 1998-3:2005. Με απόκλιση για το σκυρόδεμα 4 MPa και για τον χάλυβα 40 MPa τότε η $\Theta_u = 0.0315$ και η Θ_y είναι 0.0095 και η ικανότητα που προκύπτει είναι 0.0205. Η χρήση του ΚΑΝ.ΕΠΕ για επιτελεστικότητα Β οδηγεί σε μικρότερη απαίτηση και μεγαλύτερη ικανότητα αν δεν χρησιμοποιηθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 1.5, αλλά προκύψει από τις μέσες τιμές μείον μία τυπική απόκλιση.

Διάτμηση

$$V_R = \frac{h-x}{2L_o} \min(N, 0.55A_c f_c) + \left(1 - 0.05 \min(5, \mu_o^{pl})\right) \left[0.16 \max(0.5, 100\rho_{tot}) (1 - 0.16 \min(5, a_s)) \sqrt{f_c A_c + V_w}\right] \quad (4)$$

Η Εξ. (4) (εξίσωση Γ1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ, ΦΕΚ Β/2984/2017), είναι ίδια με την Α12 του EN 1998-3:2005. Στον EN 1998-3:2005 υπάρχει πολλαπλασιαστικός συντελεστής της τιμής αυτής για τα πρωτεύοντα στοιχεία ίσος με 1/1.15 ο οποίος οδηγεί σε τιμές κατά 15% χαμηλότερες του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στους υπολογισμούς το f_{yw} στον EN 1998-3:2005 εκφράζεται από την μέση τιμή διηρημένη με τον συντελεστή εμπιστοσύνης, που για KL2 είναι 1.2. Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ η αντίστοιχη τιμή προκύπτει από την αντιπροσωπευτική τιμή διηρημένη, για υψηλή στάθμη αξιοπιστίας, με 1.05. Τονίζεται ότι ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. προβλέπει πολλαπλές στάθμες αξιοπιστίας ανάλογα με φορτία, υλικά κλπ. Με μικρή απόκλιση πχ. 10 MPa για χάλυβα μέσης τιμής 480 MPa έχουμε $f_{yw} = 470/1.05 = 460 \text{ MPa}$ για χρήση στην Εξ.(4).

Ελαστική δυναμική ανάλυση με συντελεστή συμπεριφοράς q

Απαίτηση

Παρότι η μέθοδος αυτή δεν συνιστάται για την επιλεχθείσα επιτελεστικότητα, εφόσον όμως επιτρέπεται. θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για λόγους σύγκρισης.

Τέμνουσα βάσης κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.:

Με την χρήση του πίνακα Σ4.4 για κτίρια μεταξύ 1985 και 1995, με απουσία τοιχοπληρώσεων, χωρίς ουσιώδεις βλάβες στα πρωτεύοντα στοιχεία, το q για επιτελεστικότητα Β είναι 2.3. Από τον Πίνακα 4.1, η τιμή του q αυξάνεται κατά 40% για επιτελεστικότητα Γ δηλαδή $q = 3.22$.

Υπολογισμός μάζας:

Φορτίο από μόνιμα, στην στάθμη πάκτωσης 1742 kN και κινητά 239 kN.
Η μάζα θα είναι ίση με:
[1,1 (από παράγραφο 4.5.2 β) x 1742 kN + 0.3 x 239 kN]/g = 1985 kN/g

Για ιδιοπεριόδους στο πλατό του φάσματος η τέμνουσα θα είναι $0.16g \times S \times 2.5/q$
 $\times 1985 \text{ kN/g} = S \times 246 \text{ kN}$.

Σύμφωνα με τον EN 1998-3:2005 παράγραφος 4.2(3) το q , για κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος, λαμβάνεται ίσο με 1.5. Σύμφωνα με την παράγραφο 2.2.2(3), όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος q , τότε το q προσαυξάνεται κατά 1/3. Τελική τιμή του q για επιτελεστικότητα Γ είναι 2. Ο EN 1998-3:2005 δεν προβλέπει διαφοροποίηση ως προς την μάζα, $1742 \text{ kN} + 0.3 \times 239 \text{ kN/g} = 1813 \text{ kN/g}$, 9% περίπου μικρότερη έναντι του ΚΑΝ.ΕΠΕ με ΣΑΔ γεωμετρικών δεδομένων ικανοποιητική. Για ιδιοπεριόδους στο πλατό του φάσματος η τέμνουσα θα είναι $0.16g \times S \times 2.5/q \times 1813 \text{ kN/g} = S \times 362 \text{ kN}$ μεγαλύτερη δηλαδή κατά 47%. Η μεγαλύτερη αυτή τιμή προέρχεται από το μικρότερο q .

Ικανότητα

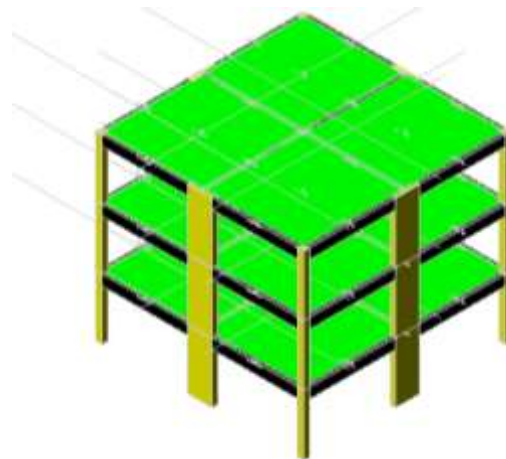
Για πλαστικούς τρόπους αστοχίας ο ΚΑΝ.ΕΠΕ δίνει αντιπροσωπευτική τιμή την μέση μείον μία τυπική απόκλιση και συντελεστή ασφάλειας για το σκυρόδεμα και τον χάλυβα ανάλογα με την στάθμη αξιοπιστίας.

Για το συγκεκριμένο κτίριο η αντιπροσωπευτική τιμή είναι $(16 - 1.5) \text{ MPa} = 14.5 \text{ MPa}$. Για υψηλή ΣΑΔ ο συντελεστής ασφάλειας σκυροδέματος είναι 1.15. Η αντοχή για τους υπολογισμούς θα είναι $14.5 \text{ MPa} / 1.15 = 12.6 \text{ MPa}$.

Με τον EN 1998-3:2005 χρησιμοποιείται η μέση τιμή αλλά διαιρούμενη με τον συντελεστή εμπιστοσύνης και τον επι μέρους συντελεστή. Η $f_c = 16 \text{ MPa} / (1.2 \times 1.5) = 8.9 \text{ MPa}$. Πολύ μικρότερη της αντίστοιχης του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Αν στον ΚΑΝ.ΕΠΕ δεν γίνει εργαστηριακός έλεγχος αλλά χρησιμοποιηθούν οι «ερήμην» αντιπροσωπευτικές τιμές τότε η f_c θα ήταν $12 \text{ MPa} / 1.45 = 8.3 \text{ MPa}$ αρκετά μικρότερη της αντίστοιχης τιμής του EN 1998-3:2005.

Το δεύτερο κτίριο είναι στην ίδια περιοχή, τριώροφο, με σύστημα τοιχωματικό.



Σχήμα 6: Τοιχωματικός τριώροφος φορέας που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση κανονισμών και προτύπων

Δεδομένα

Έτος κατασκευής	1986
Υλικά κατασκευής	B225 STIII
Όροφοι	3
Κάναβος	5m
Έδαφος	B
Σπουδαιότητα	Σ2
Ζώνη	I

Παραδοχές

- Η θεμελίωση είναι άκαμπτη από σχάρα πεδιλοδοκών
- Δεν υπάρχουν βλάβες
- Όλα τα στοιχεία θεωρούνται πρωτεύοντα
- Δεν υπάρχουν οπτοπλινθοδομές άλλα εξωτερικά τσιμεντοσανίδες βαρέως τύπου και εσωτερικά χωρίσματα από γυψοσανίδες

Στοιχεία αποτύπωσης

Οπλισμός υποστρωμάτων 30 cm x 30 cm
4Φ16 STII και συνδετήρες Φ8/25 STII

Οπλισμός τοιχωμάτων 25 cm x 120 cm
8 Φ14 και Σγάρα Φ8/20
 $f_c = 16 \text{ MPa}$, με απόκλιση 1.5 MPa Στάθμη αξιοπιστίας Υψηλή.

Για τον χάλυβα STIII με στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων Ικανοποιητική.

Για τα γεωμετρικά δεδομένα στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων Ικανοποιητική.
Δοκοί 20 cm x 50 cm με 4Φ12
Πλάκες 14 cm Φ8/20

Με τον EN 1998-3:2005 επίπεδο γνώσης KL2 (ενιαίο). Στόχος αποτίμησης Γ1 ή NC με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια. Με την 2^η αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ ο στόχος Γ1 είναι ο ελάχιστος αποδεκτός. Θα εξεταστεί περαιτέρω, μόνον ως προς τις διαφορές και η επιτελεσματικότητα B,SD.

Ο κάναβος που χρησιμοποιήθηκε εμφανίζεται στο Σχήμα 6.

ΑΝΑΛΥΣΗ

Μη γραμμική ανάλυση

Κατά τον σχεδιασμό προέκυψε επάρκεια του κτιρίου με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ και επάρκεια με τον EN 1998-3:2005.

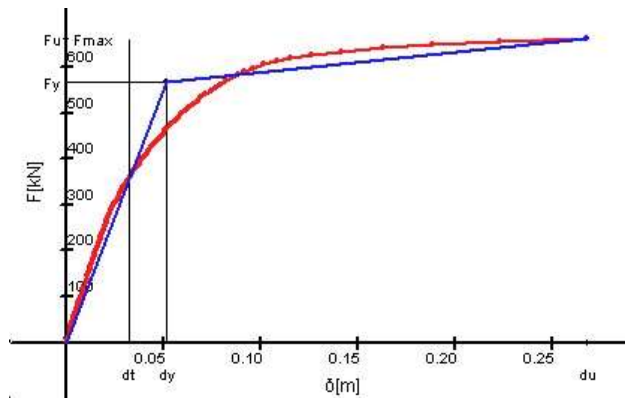


Σχήμα 7: Εμφάνιση σειράς πλαστικών αρθρώσεων.

Απαίτηση: Προκύπτει σε όρους παραμόρφωσης στην επιδιωκόμενη μετατόπιση (στοχευμένη μετατόπιση).

Προσδιορισμός της επιδιωκόμενης μετατόπισης d_{et}^* σύμφωνα με τον EN 1998-3:2005. Στο συγκεκριμένο κτίριο για σεισμό στην Y διεύθυνση προκύπτει με $\Gamma = 1.47$, $m^* = 200.27$, $F_y^* = 347.00$, $d_y^* = 0.05$ m το $d_{target} = 0.03$ m.

Η καμπύλη δύναμης – μετακίνηση καθώς και η διγραμμοποίησή της φαίνεται στο Σχήμα 8.

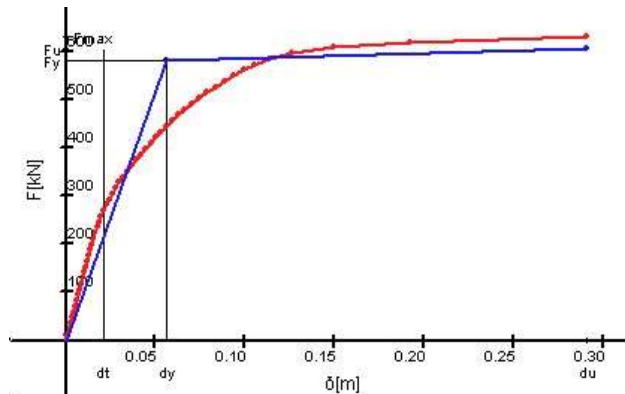


Σχήμα 8: Καμπύλη δύναμης – μετατόπισης κατά τον EN 1998-3:2005

Η στοχευμένη μετατόπιση με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ προκύπτει:

C_0	C_1	C_2	C_3	F_y [kN]	d_{target} [m]
1.30	0.97	1.00	1.00	581.68	0.02

Η καμπύλη δύναμης – μετατόπισης καθώς και η διγραμμοποίησή της φαίνεται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9: Καμπύλη δύναμης – μετατόπισης με ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για στάθμη επιτελεσματικότητας Β και Γ, οδηγεί σε μικρότερη απαίτηση στα πλαίσιακά συστήματα έναντι του ΕΝ 1998-3:2005 και σε μεγαλύτερη ικανότητα αν δεν χρησιμοποιηθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 1.5 αλλά προκύψει από τις μέσες τιμές μείον μία τυπική απόκλιση.

Στην περίπτωση προσπάθειας ελαχιστοποίησης του κόστους επεμβάσεων, το πλέον κατάλληλο κανονιστικό πλαίσιο είναι η χρήση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. αλλά μόνο εφόσον εξασφαλιστεί για τα υλικά (τουλάχιστον για το σκυρόδεμα) υψηλή στάθμη αξιοπιστίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Βιβλία

3DR Engineering Software, «Εγχειρίδιο χρήσης 3DR.STRAD», Αθήνα (2017)

Κανονισμοί/πρότυπα

ΕΛΟΤ ΕΝ 1998-3:2005 Ευρωκώδικας 8
ΦΕΚ 2984/Β/30-8-2017