



STRAD 2018

Αναθεώρηση βάσει
ΚΑΝΕΠΕ 2017 και EC8-3

Έκδοση Προγράμματος: 2018 (18.0.10.0) October 17, 2018
Τελευταία Ενημέρωση: 17 Οκτωβρίου 2018

3DR Προγράμματα Μηχανικού
Λ. Κηφισίας 340, 152 33 Χαλάνδρι,
Αθήνα

© Copyright 2018
3DR Civil Engineering Software Ltd.
(Βαδαλούκας – Παπαχρηστίδης)
All Rights Reserved
www.3dr.eu

Πίνακας Περιεχομένων

1.	Η φόρμα ενημέρωσης παραμέτρων ΚΑΝΕΠΕ ή EC8-3.....	8
1.1	Νέα φόρμα για ΚΑΝΕΠΕ και EC83 για την ενημέρωση παραμέτρων και τιμών, συμπεριλαμβανομένων των προεπιλεγμένων τιμών αντοχής	9
1.2	Αλλαγή τιμών φασματικής επιτάχυνσης SA για μέθοδο m για $T < T_1$	10
1.3	Αλλαγή συντελεστή σπουδαιότητας γ_i	10
1.4	Ενημέρωση συντελεστών δυσκαμψίας βάσει του EC8-1 για τη μέθοδο q.....	10
1.5	Νέα κατηγορία για κτίρια με έτος κατασκευής πριν το 1954 και έλεγχος ικανότητας για τα κτίρια με έτος κατασκευής στο διάστημα 1985 έως 1995.....	11
1.6	Μετελαστικός κατιών κλάδος στους υπολογισμούς ροπών-καμπυλοτήτων	11
1.7	Νέες εξισώσεις για τη φέρουσα ικανότητα διατομής	12
1.8	Κατιών κλάδος στους υπολογισμούς ροπών-καμπυλοτήτων για τοιχοποιία (όταν οι τοιχοπληρώσεις προσομοιώνονται με υποστυλώματα ή όταν υπάρχουν φέροντες τοίχοι) 18	
2.	Αρχείο ροπών-καμπυλοτήτων	20
2.1	Υπολογισμοί για την εξαγωγή των αρχείων ροπών-καμπυλοτήτων	20

Τι νέο υπάρχει

Η νέα έκδοση 3DR.STRAD 2018 ενσωματώνει όλες τις αλλαγές που προέκυψαν κατά τη 2^η Αναθεώρηση 2017 του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) και τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 8 - Μέρος 3.

Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει τα εξής:

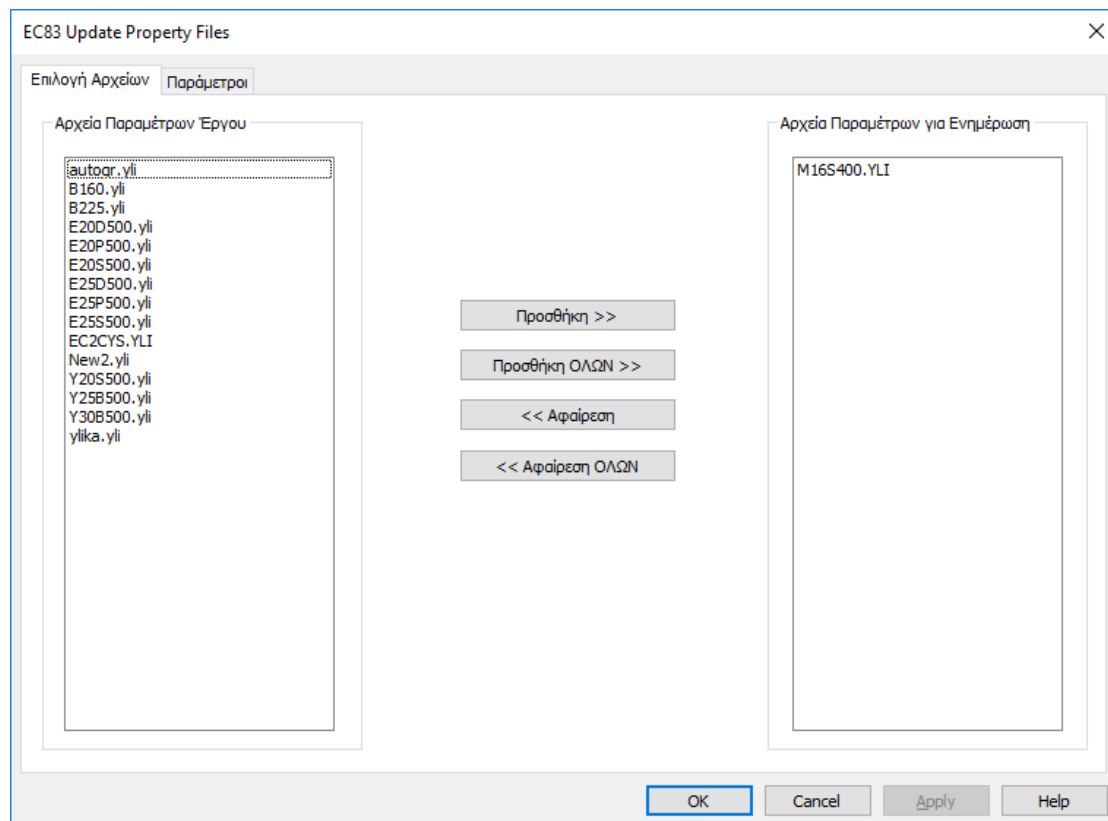
- Προσθήκη νέας φόρμας για την ενημέρωση των παραμέτρων (υλικών, συνδυασμών φορτίσεων και δυσκαμψιών) κατά ΚΑΝΕΠΕ ή EC8-3
- Νέες εξισώσεις για τη φέρουσα ικανότητα διατομής σχετικές με:
 - αντοχή περισφιγμένου σκυροδέματος
 - τιμές καμπυλοτήτων ελέγχου
 - διάτμηση σε σχέση με τη καμπυλότητα ελέγχου
 - βράχυνση σκυροδέματος
 - γωνία στροφής χορδής στην αστοχία
 - διάτμηση τοιχωμάτων
 - μήκος πλαστικής άρθρωσης
 - περίσφιγξη από ενίσχυση
 - διάτμηση μανδύα υποστυλώματων
- Κατιών κλάδος στους υπολογισμούς ροπών-καμπυλοτήτων

EC83Update

1. Η φόρμα ενημέρωσης παραμέτρων ΚΑΝΕΠΕ ή EC8-3

Η φόρμα Ενημέρωσης Παραμέτρων κατά ΚΑΝΕΠΕ ή EC8-3 εμφανίζεται με την πληκτρολόγηση στην γραμμή εντολών **EC83Update** ή από το μενού Υπολογισμοί → Ενημέρωση Παραμέτρων ΚΑΝΕΠΕ ή EC8-3.

Η φόρμα περιλαμβάνει δύο καρτέλες: «Επιλογή αρχείων» (**Εικόνα 1**) και «Παράμετροι» (**Εικόνα 2**).



Εικόνα 1: Φόρμα επιλογής αρχείων παραμέτρων έργου για ενημέρωση.

Εικόνα 2: Φόρμα επιλογής παραμέτρων για ενημέρωση.

1.1 Νέα φόρμα για ΚΑΝΕΠΕ και EC83 για την ενημέρωση παραμέτρων και τιμών, συμπεριλαμβανομένων των προεπιλεγμένων τιμών αντοχής

Κατ' εφαρμογή της §Σ3.7 και υπό τις προϋποθέσεις που εκεί αναφέρονται, επιτρέπεται η χρήση των παρακάτω «ερήμην» αντιπροσωπευτικών τιμών αντοχής υλικών (σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού και τοιχοπληρώσεων). Στην περίπτωση αυτή η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) θεωρείται «ανεκτή». Οι ονομαστικές και χαρακτηριστικές τιμές των υλικών ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής και την ποιότητα του οπλισμού λαμβάνονται από τους πίνακες που ακολουθούν.

Με το πάτημα του πλήκτρου Ενημέρωση Ιδιοτήτων Ομ. 3 συμπληρώνονται οι τιμές στις Εργαστηριακές Ιδιότητες Υλικού (Ομάδα 3) και αλλάζει η ΣΑΔ σε "Ανεκτή".

Για το σκυρόδεμα		
Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή f_{cm} (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση f_{cm} (MPa)
... < 1954	10	6
1954 < ... < 1985	12	8
1985 < ... < 1995	16	12
1995 < ...	20	16

Για το χάλυβα οπλισμού		
Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση τιμή f_{ym} (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση f_{ym} (MPa)
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

Για τις τοιχοπληρώσεις				
Αντοχή	Τοιχοπλήρωση	Ποιότητα Δόμησης και Σφήνωσης		
		Καλή	Μέση	Κακή
Λοξή Θλίψη $f_{yw,s}$ (MPa)	Μπατικός	2.00	1.50	1.00
	Δρομικός	1.50	1.00	0.75
Διαγώνια Ρηγμάτωση $f_{yw,s}$ (MPa)	Μπατικός	0.25	0.20	0.15
	Δρομικός	0.20	0.15	0.10

1.2 Αλλαγή τιμών φασματικής επιτάχυνσης SA για μέθοδο m για $T < T_1$

Στην περίπτωση εφαρμογής μη - γραμμικών μεθόδων ανάλυσης, καθώς και γραμμικών μεθόδων με χρήση τοπικού δείκτη m, χρησιμοποιούνται τα «ελαστικά φάσματα», $S_e(T)$ όπως ορίζεται στην §4.4.1.3 με αντίστοιχη τροποποίηση των φασματικών τιμών για $T < T_1$.

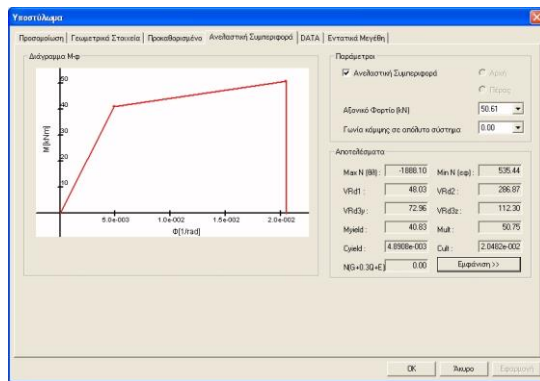
1.3 Αλλαγή συντελεστή σπουδαιότητας γ_i

Για οποιαδήποτε τιμή Σπουδαιότητας ($\Sigma 1, \Sigma 2, \Sigma 3, \Sigma 4$) στην φόρμα επιλογής παραμέτρων ΚΑΝΕΠΕ (βλ. **Εικόνα 3**) ο συντελεστής σπουδαιότητας γ_i ισούται με τη μονάδα, βάσει της §4.4.1.3.

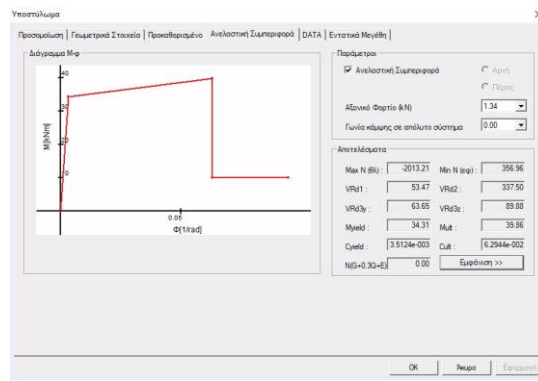
1.4 Ενημέρωση συντελεστών δυσκαμψίας βάσει του EC8-1 για τη μέθοδο q

Στην περίπτωση εφαρμογής ελαστικών μεθόδων, με χρήση του ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς q, η δυσκαμψία εκτιμάται ως ποσοστό αυτής του σταδίου I (μη-ρηγματωμένα στοιχεία). Η ενημέρωση των δυσκαμψιών για τις δοκούς και τα υποστυλώματα γι' αυτήν την περίπτωση, γίνεται με το πλήκτρο για την ενημέρωση **Δυσκαμψιών για Δοκούς και Υποστυλώματα** της φόρμας όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2**, βάσει των συντελεστών του Πίνακα Σ4.1 του Κανονισμού, για τις δυσκαμψίες του εκάστοτε δομικού στοιχείου.

α/α	Δομικό στοιχείο	Δυσκαμψία
1.1	Υποστύλωμα εσωτερικό	0,8 * ($E_c I_g$)
1.2	Υποστύλωμα περιμετρικό	0,6 * ($E_c I_g$)
2.1	Τοίχωμα, μη-ρηγματωμένο	0,7 * ($E_c I_g$)
2.2	Τοίχωμα, ρηγματωμένο	0,5 * ($E_c I_g$)
3	Δοκός	0,4 * ($E_c I_g$)



(α)



(β)

Εικόνα 4: Διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων (α) παλιά και (β) νέα μορφή.

1.7 Νέες εξισώσεις για τη φέρουσα ικανότητα διατομής

Η φέρουσα ικανότητα διατομής υπολογίζεται σύμφωνα με νέες εξισώσεις σχετικές με τα ακόλουθα:

- αντοχή περισφιγμένου σκυροδέματος
- τιμές καμπυλοτήτων ελέγχου
- διάτμηση σε σχέση με τη καμπυλότητα ελέγχου
- βράχυνση σκυροδέματος
- γωνία στροφής χορδής στην αστοχία
- διάτμηση τοιχωμάτων
- μήκος πλαστικής άρθρωσης
- περίσφιξη από ενίσχυση
- διάτμηση μανδύα υποστυλώματος

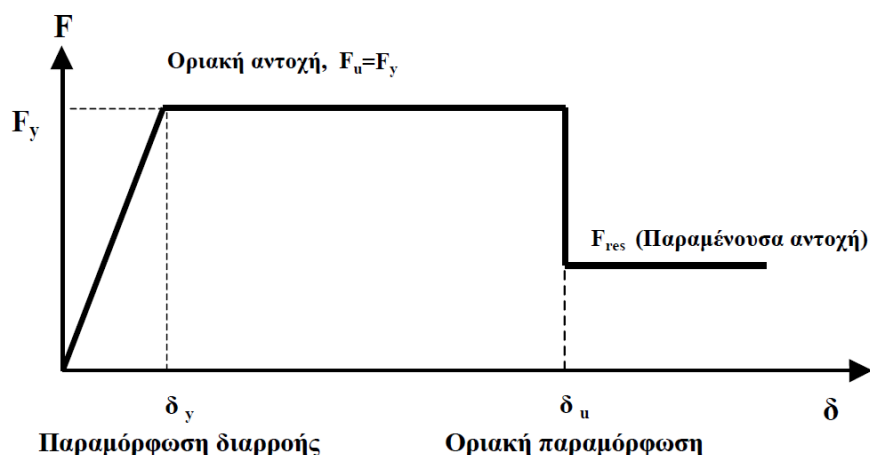
Πιο συγκεκριμένα, έγινε ενσωμάτωση των ακόλουθων παραγράφων του Κανονισμού:

• §6.4α Διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων

Το διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων ($M-1/r$) μιάς διατομής στοιχείου από ωπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο υποβάλλεται σε δεδομένη αξονική δύναμη, παράγεται με βάση τα προσομοιώματα συμπεριφοράς (υλικών και διατομών) που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό για τον Σχεδιασμό Έργων από Ω.Σ.

• §7.1.2.2α Οιονεί ελαστικός κλάδος και διαρροή

Η προσέγγιση της πραγματικής καμπύλης $F-\delta$ μέσω ενός πολυγραμμικού διαγράμματος είναι γενικώς επαρκής για τις ανάγκες του σχεδιασμού. Ο πρώτος ευθύγραμμος κλάδος εκτείνεται από την αρχή των αξόνων μέχρι τη συμβατική (ή ενεργό) "διαρροή" του στοιχείου (ή της κρίσιμης περιοχής του στοιχείου, ή της σύνδεσης δύο ή περισσότερων στοιχείων), μετά την οποία η καμπύλη $F-\delta$ μπορεί να λαμβάνεται περίπου οριζόντια.



- **§7.1.2.3β Μετελαστικός κλάδος**

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη τυχόν αναμενόμενη έντονη εξασθένηση της απόκρισης με την ανακύκλιση της παραμόρφωσης, ή φαινόμενα 2ας τάξεως, ο μετελαστικός κλάδος οφείλει να λαμβάνεται με αρνητική κλίση.

Αν χρησιμοποιείται ανελαστική μέθοδος ανάλυσης της σεισμικής απόκρισης (βλ. §§5.7 και 5.8), η χρήση αρνητικής κλίσης της καμπύλης F-δ μπορεί να οδηγήσει σε αριθμητικά προβλήματα και λανθασμένα αποτελέσματα. Έτσι, σε αυτές τις περιπτώσεις, συνιστάται μια κατάλληλη μείωση της F_y , ώστε ένας συντηρητικότερος οριζόντιος μετελαστικός κλάδος, να λαμβάνει προσεγγιστικώς υπόψη και την εξασθένηση απόκρισης υπό μεγαλύτερες παραμορφώσεις.

- **§7.2.3 Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος**

Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με:

$$K = M_y L_s / 3\theta_y \quad (2)$$

όπου όπου M_y και θ_y η τιμή της ροπής και της γωνίας στροφής χορδής, αντίστοιχα, στη διαρροή της ακραίας διατομής του στοιχείου. Η ενεργός δυσκαμψία K του συνολικού μήκους του στοιχείου μπορεί να λαμβάνεται ίση με τον μέσο όρο των τιμών που υπολογίζονται από την Εξ. (2) στις δύο ακραίες διατομές το στοιχείου. Αν οι διατομές αυτές έχουν μη-συμμετρικό σχήμα ή οπλισμό (δηλαδή, διαφορετικό για θετική ή αρνητική ροπή κάμψης), λαμβάνονται οι μέσοι όροι των τιμών του K από την Εξ. (2) για τις δύο φορές της κάμψης (θετική ή αρνητική).

Η Εξ. (2) εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της ενεργού δυσκαμψίας, ακόμη και αν η διατμητική αστοχία του στοιχείου προηγείται της καμπτικής διαρροής του άκρου του. Ο υπολογισμός της δυσκαμψίας κατά την Εξ. (2) μέσω των M_y , θ_y μπορεί να βασίζεται σε σταθερή τιμή του L_s , ως εξής:

- Σε δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού.
- Σε δοκούς που συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα της δοκού.

- Σε υποστυλώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό του καθαρού ύψους μέσα στο υπόψη κατακόρυφο επίπεδο κάμψης όπως αυτό ορίζεται, π.χ., από το κάτω πέλμα υπερκείμενης δοκού μέχρι το άνω πέλμα της υποκείμενης δοκού, ή την ποδιά τοιχοποιίας ή τοιχώματος στο επίπεδο αυτό σε επαφή με μέρος του ύψους του υποστυλώματος (κοντό υποστυλόμετρο).
- Στα τοιχώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται σε κάθε όροφο διαφορετικό και ίσο με το μισό της απόστασης της διατομής βάσης ορόφου από την κορυφή του τοιχώματος στο κτίριο.

• **§7.2.41 Παραμορφώσεις κατά την αστοχία από κάμψη**

α) Καμπυλότητα διατομής ΟΣ κατά την αστοχία

Η καμπυλότητα αστοχίας διατομής οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να υπολογισθεί συντάσσοντας διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων της διατομής μέχρι την “αστοχία”, λαμβάνοντας υπόψη ότι η διατομή μπορεί να αστοχήσει είτε λόγω θραύσης του εφελκόμενου οπλισμού είτε λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη, και μάλιστα (ανάλογα με την περίσφιγξη της θλιβόμενης ζώνης) πριν ή μετά την αποφλοιώση του απερίσφιγκτου τμήματος της διατομής. Η καμπυλότητα στην αστοχία μπορεί επίσης να υπολογίζεται με ανάλυση διατομής – σύμφωνα με το Παράρτημα 7Ε – χωρίς να απαιτείται το πλήρες διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων.

Για αστοχία πριν απ’ την αποφλοιώση, η καμπυλότητα αστοχίας λόγω θραύσης του εφελκόμενου χάλυβα είναι:

$$(1/r)_{su} = \frac{\varepsilon_{su}}{(1 - \xi_{su})d} \quad (\Sigma.4)$$

ενώ λόγω αστοχίας θλιβόμενου σκυροδέματος είναι:

$$(1/r)_{cu} = \frac{\varepsilon_{su}}{\xi_{cu}d} \quad (\Sigma.5)$$

Στις Εξ. (Σ.4) και (Σ.5), ξ_{su} και ξ_{cu} είναι το ανηγμένο στο d ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του χάλυβα και του σκυροδέματος, αντίστοιχα, ε_{su} η ομοιόμορφη μήκυνση αστοχίας του εφελκόμενου οπλισμού και ε_{cu} η βράχυνση αστοχίας της ακραίας θλιβόμενης ίνας σκυροδέματος, η οποία για απερίσφικτο σκυρόδεμα λαμβάνει την τιμή $\varepsilon_{cu} = 0.004$.

Η βράχυνση αστοχίας της ακραίας ίνας του περισφιγμένου πυρήνα $\varepsilon_{cu,c}$ μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$\varepsilon_{cu,c} = 0,004 + 0,4 \frac{\alpha \rho_{sx} f_{yw}}{f_{cc}} \quad (\Sigma.6)$$

όπου f_{yw} είναι η τάση διαρροής των συνδετήρων, $\rho_{sx} = A_{sx}/b_w s_h$ είναι το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα προς την κατεύθυνση x της φόρτισης (s_h η απόσταση μεταξύ συνδετήρων), f_{cc} είναι η αντοχή περισφιγμένου σκυροδέματος η

οποία μπορεί να υπολογίζεται απ' την Εξ. (Σ.8) και α ο συντελεστής αποδοτικότητάς της περίσφιγξης, ως εξής:

$$a = \left(1 - \frac{s_h}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o h_o}\right) \quad (\Sigma.7)$$

όπου s_h η αξονική απόσταση συνδετήρων, b_o και h_o οι διαστάσεις του πυρήνα και b_i οι αποστάσεις μεταξύ διαμήκων ράβδων που συγκρατούνται από συνδετήρα ή άγκιστρο σιγμοειδούς εγκάρσιου συνδέσμου, κατά την περίμετρο της διατομής.

Εναλλακτικώς, στην Εξ. (Σ.7α) μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του h_o το ύψος της θλιβόμενης ζώνης εντός του περισφιγμένου πυρήνα, οπότε ως b_i θα λαμβάνονται οι αποστάσεις μεταξύ διαμήκων ράβδων κατά την εξωτερική περίμετρο της θλιβόμενης ζώνης, με αφετηρία τον ουδέτερο άξονα.

Αν οι συνδετήρες δεν κλείνουν με άγκιστρο προς το εσωτερικό του σκυροδέματος ($\geq 135^\circ$ στις γωνίες και $\geq 90^\circ$ στο ενδιάμεσο των πλευρών), συνιστάται να αμελείται η περίσφιγξη (ο συντελεστής α να λαμβάνεται ίσος με 0). Η αντοχή του περισφιγμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται απ' την εξίσωση:

$$f_{cc} = f_c (1 + K) = f_c \left(1 + 3,5 \left(\frac{a \rho_{sx} f_{yw}}{f_c}\right)^{3/4}\right) \quad (\Sigma.8)$$

όπου τα f_{yw} και f_{sx} έχουν ορισθεί παραπάνω. Το διάγραμμα σ-ε του περισφιγμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται παραβολικό μέχρι παραμόρφωση ε_{cc} :

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} (1 + 5K) \quad (\Sigma.9)$$

όπου επιτυγχάνεται η αντοχή f_{cc} , και στη συνέχεια ορθογωνικό μέχρι παραμόρφωση $\varepsilon_{cu,c}$ από Εξ.(Σ.6).

β) Πλαστική γωνία στροφής χορδής και συνολική γωνία στροφής χορδής

iii) Είναι δυνατή η εμπειρική εκτίμηση της διαθέσιμης τιμής της πλαστικής γωνίας στροφής ή της συνολικής γωνίας στροφής χορδής στοιχείων ΟΣ συναρτήσει των γεωμετρικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των στοιχείων και των οπλισμών τους, με τη βοήθεια εμπειρικών σχέσεων ή πινάκων.

Ως τέτοιες σχέσεις επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται οι εξής, εφόσον οι διαμήκεις οπλισμοί είναι νευροχάλυβες:

i) Για τη μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία δοκών ή υποστυλωμάτων που έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευασθεί με τις μετά το 1985 διατάξεις για αντισεισμικότητα:

$$\theta_{um} = 0,016(0,3') \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} f_c \right]^{0,225} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(a \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100 \rho_d}) \quad (\Sigma.11\alpha)$$

όπου:

$\alpha_s = M/V_{Rr}$, ο λόγος διάτμησης.

ω, ω' : ολικό μηχανικό ποσοστό οπλισμού και μηχανικό ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού).

$\nu = N/b_h f_c$: (b = πλάτος θλιβόμενης ζώνης)

$\rho_s = A_s h / b_w s_h$: γεωμετρικό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση της φόρτισης.

ρ_d : γεωμετρικό ποσοστό τυχόν δισδιαγώνιου οπλισμού.

- **Παράρτημα 7Γ**

Διατμητική αντοχή στοιχείων ΟΣ υπό ανακυκλιζόμενες δράσεις

Η διατμητική αντοχή, V_R , ενός δομικού στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος (υποστυλώματος, δοκού, τοιχώματος) το οποίο υποβάλλεται σε ανακυκλιζόμενες παραμορφώσεις μειώνεται ανάλογα με το μέγεθος του πλαστικού τμήματος της γωνίας στροφής χορδής στη διατομή της μέγιστης ροπής. Αν το μέγεθος αυτό αναχθεί στο μέγεθος της γωνίας στροφής χορδής στη διαρροή στο ίδιο σημείο, προκύπτει $\mu_{\theta}^{pl} = \mu_{\theta} - 1$. Το πλαστικό τμήμα του δείκτη πλαστιμότητας γωνίας στροφής χορδής: $\mu_{\theta}^{pl} = \mu_{\theta} - 1$, ισούται με τον λόγο του πλαστικού μέρους της μέγιστης τιμής της γωνίας στροφής χορδής (συνολική γωνία μείον γωνία στην διαρροή) προς την υπολογιζόμενη γωνία στροφής στην διαρροή θ_y κατά τις Εξ. (Σ.2α) και (Σ.2β).

Η διατμητική αντοχή δομικού στοιχείου, όπως αυτή καθορίζεται από τη διαρροή των συνδετήρων, επιτρέπεται να θεωρείται ότι μειώνεται με την τιμή του μ_{θ}^{pl} ως ακολούθως (μονάδες MN και m):

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1-0,05 \min(5; \mu_{\theta}^{pl})) \left[0,1 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1-0,16 \min(5; a_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \quad (\Gamma.1)$$

Ειδικότερα η διατμητική αντοχή, V_R , τοιχώματος δεν μπορεί να ξεπεράσει την οριακή τιμή που αντιστοιχεί σε αστοχία του κορμού σε λοξή θλίψη, $V_{R,max}$, η οποία, υπό ανακυκλιζόμενες παραμορφώσεις, ελαστικές ή μετελαστικές, μπορεί να λαμβάνεται από τη σχέση (μονάδες MN και m):

$$V_R = 0,85 (1-0,06 \min(5; \mu_{\theta}^{pl})) \left(1+1,8 \min \left(0,15; \frac{N}{A_c f_c} \right) \right) (1+0,25 \max(1,75; 100\rho_{tot})) (1-0,2 \min(2; a_s)) \sqrt{f_c} b_w z \quad (\Gamma.4)$$

- **§8.2.2.2 Ανεπάρκεια οπλισμού διάτμησης**

ii) Στην περίπτωση ενίσχυσης με νέες στρώσεις ή μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω του συνολικού οπλισμού διάτμησης, $V_{Rd,s}^{tot}$ προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$V_{Rd,s}^{tot} = V_{Rd,s}^o + V_{Rd,s}^n$$

όπου $V_{Rd,s}^o$ και $V_{Rd,s}^n$ είναι οι τέμνουσες που αναλαμβάνουν οι συνδετήρες του αρχικού στοιχείου και της ενίσχυσης αντιστοίχως.

iii) Στην περίπτωση ενίσχυσης με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή, η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης $V_{Rd,s}^{tot}$ προσδιορίζεται από την σχέση::

$$V_{Rd,s}^{tot} = V_{Rd,s}^o + V_{jd}$$

όπου

$V_{Rd,s}^o$ είναι η τέμνουσα που αναλαμβάνουν οι συνδετήρες του αρχικού στοιχείου

V_{jd} είναι η τέμνουσα που αναλαμβάνει ο νέος οπλισμός διάτμησης

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w h_{j,ef} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin^2 \alpha \quad (8.13)$$

όπου

σ_{jd} είναι η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης, όπως προσδιορίζεται στην συνέχεια.

$h_{j,ef}$ είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού.

θ είναι η γωνία μεταξύ του άξονα του στοιχείου και της διεύθυνσης των αναμενόμενων λοξών ρωγμών, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ίση προς 45° .

α είναι η γωνία του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου.

iv) Η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσεως σ_{jd} του νέου οπλισμού διάτμησης, εκτιμάται με βάση μια κρίσιμη τιμή της τάσης $\sigma_{j,crit}$ ή της παραμορφώσεως $\varepsilon_{j,crit}$ του υλικού ενίσχυσης, η οποία εξαρτάται από την μορφή αστοχίας. Ως τιμή σχεδιασμού σ_{jd} θεωρείται αυτή που αντιστοιχεί στη δυσμενέστερη από τις ακόλουθες δύο μορφές αστοχίας:

A) Αστοχία του ιδίου του υλικού ενίσχυσης.
Έναντι αυτής, πρέπει

$$\sigma_{jd} \leq \frac{1}{\gamma_m} f_{jk} \quad (8.14)$$

όπου f_{jk} είναι η χαρακτηριστική τιμή αντοχής του υλικού ενίσχυσης και γ_m είναι ο συντελεστής ασφαλείας για το υλικό ενίσχυσης.

B) Πρόωρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης λόγω ανεπαρκούς αγκύρωσης των άκρων του. Έναντι αυτής, πρέπει

$$\sigma_{jd} \leq \sigma_{j,crit} \cdot \gamma_{Rd} \quad (8.15)$$

όπου γ_{Rd} είναι κατάλληλος συντελεστής αβεβαιότητας του προσομοιώματος.

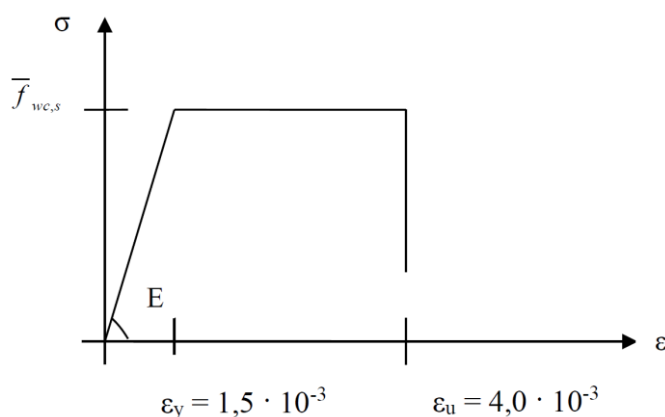
1.8 Κατιών κλάδος στους υπολογισμούς ροπών-καμπυλοτήτων για τοιχοποιία (όταν οι τοιχοπληρώσεις προσομοιώνονται με υποστυλώματα ή όταν υπάρχουν φέροντες τοίχοι)

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας πλήρωσης εκτιμώνται βάσει των μηχανικών χαρακτηριστικών των πλινθοσωμάτων και του κονιάματος (τα οποία έχουν προκύψει κατά τα προβλεπόμενα στο Κεφάλαιο 3 του Κανονισμού), λαμβάνοντας καταλλήλως υπόψη και τον τρόπο δόμησης της τοιχοποιίας. Η αντίσταση της τοιχοπλήρωσης είναι συνάρτηση και του μήκους επαφής μεταξύ τοιχοπλήρωσης και στοιχείων του περιβάλλοντος πλαισίου. Αυτό δε το μήκος επαφής με την σειρά του, εξαρτάται απ' το μέγεθος της οριζόντιας επιβαλλόμενης μετακίνησης και τις βλάβες. Έτσι, τα γεωμετρικά μεγέθη που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις, και, τελικώς οι αντιστάσεις καθ' εαυτές, εκτιμώνται και αναλόγως της σκοπούμενης στάθμης επιτελεστικότητας (Α ή Β), δηλ. αναλόγως των μετακινήσεων και του ανεκτού βαθμού βλάβης της τοιχοπλήρωσης.

Πιο συγκεκριμένα η τοιχοπλήρωση προσομοιώνεται ως ισοδύναμη (προς το φάτνωμα, βλ. πριν) θλιβόμενη διαγώνια ράβδος με την ενσωμάτωση της §7.4.1 ζ(2). Τα μεγέθη που υπεισέρχονται στο σχεδιασμό και στους υπολογισμούς εκτιμώνται καταλλήλως, ως ακολούθως:

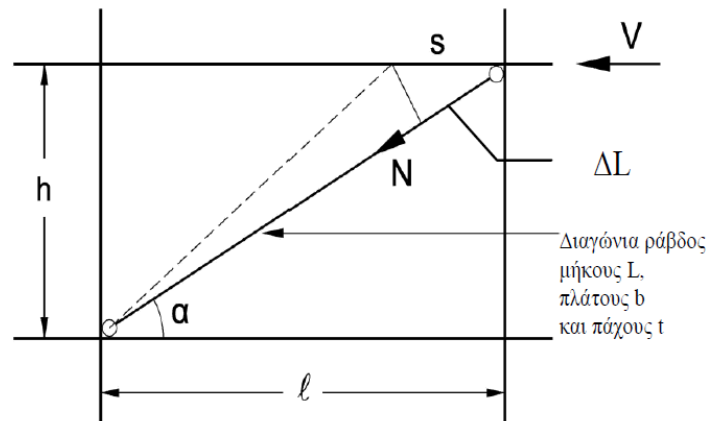
- Το πάχος t της θλιβομένης διαγωνίου, εκτιμάται όπως και για το προσομοίωμα του διατμητικού φανώματος,
- Το πλάτος b της θλιβομένης διαγωνίου, εκτιμάται με βάση την ισοδυναμία και το συμβιβαστό παραμορφώσεων και δυνάμεων (τάσεων), ενώ
- Η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοπλήρωσης κατά την διεύθυνση της διαγώνιας, $f_{wc,s}$, συνεκτιμάται με βάση τη μέση θλιπτική αντοχή κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, λαμβάνοντας υπόψη και την εξαιτίας εγκάρσιων (οριζοντίων) εφελκυστικών τάσεων απομείωσή της.

Το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων ισοδύναμης θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου άοπλης τοιχοπλήρωσης φαίνεται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων ισοδύναμης θλιβόμενης διαγώνιας ράβδου άοπλης τοιχοπλήρωσης

Όσον αφορά το συμβιβαστό των παραμορφώσεων και δυνάμεων (τάσεων) ενσωματώθηκε το ακόλουθο προσομοίωμα:



- Ανάλυση δυνάμεων

$$N = V \cdot \cos \alpha \quad \text{και} \quad L = l \cdot \cos \alpha (= \sqrt{l^2 + h^2}),$$

$$\text{με } N = (t \cdot b) \cdot \bar{f}_{wc,s} \quad \text{και} \quad V = (t \cdot l) \cdot \bar{f}_{wv}$$

$$\text{Άρα: } b \approx L \cdot (\bar{f}_{wv} / \bar{f}_{wc,s}),$$

οπότε για μέσες τιμές αντοχών πριν ή κατά τη ρηγμάτωση, προκύπτει :

$$\underline{b \approx 0,15 \cdot L}.$$

(Σ.18)

2. Αρχείο ροπών-καμπυλοτήτων

Για τους υπολογισμούς που ακολουθούν λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

fc_factor_1	: συντελεστής σκυροδέματος 1ης ομάδας
sf_c_1	: συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος 1ης ομάδας
sf_s_1	: συντελεστής ασφαλείας χάλυβα 1ης ομάδας
fc_factor_2	: συντελεστής σκυροδέματος 2ης ομάδας
sf_c_2	: συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος 2ης ομάδας
sf_s_2	: συντελεστής ασφαλείας χάλυβα 2ης ομάδας
fc_factor_3	: συντελεστής σκυροδέματος 3ης ομάδας
sf_c_3	: συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος 3ης ομάδας
sf_s_3	: συντελεστής ασφαλείας χάλυβα 3ης ομάδας
ec	: παραμόρφωση σκυροδέματος
ecy	: παραμόρφωση διαρροής σκυροδέματος
esy	: παραμόρφωση διαρροής χάλυβα
fc_dev_3	: απόκλιση σκυροδέματος 3ης ομάδας
fy_dev_3	: απόκλιση χάλυβα 3ης ομάδας
fc_ratio	: ποσοστό υπάρχοντος σκυροδέματος ως προς το νέο
fs_ratio	: ποσοστό υπάρχοντος χάλυβα ως προς το νέο
coef_h	: Σταθερό μήκος σε cm: (45: EC8-1 Εξ. (5.14) / 60: ΕΚΟΣ παρ. 18.4.5)
coef_b	: Συντελεστής πλάτους
coef_lcr	: Συντελεστής κρίσιμης περιοχής υποστυλώματος (6.0: EC8-1 Εξ. (5.14) / 5.0: ΕΚΟΣ παρ. 18.4.5)

2.1 Υπολογισμοί για την εξαγωγή των αρχείων ροπών-καμπυλοτήτων

Οι μέσες τιμές **Fcm_1**, **Fcm_3**, **Fym_1**, **Fym_3** σκυροδέματος και χάλυβα για τις Ομάδες Υλικών 1 και 3 υπολογίζονται ως εξής:

Μέση τιμή τάσης σκυροδέματος 1ης ομάδας (με απόκλιση 0.5 kN/cm²)

$$F_{cm_1} = (f_{ck} + 0.5) / fc_factor_1$$

Μέση τιμή τάσης σκυροδέματος 3ης ομάδας

$$F_{cm_3} = (fc_ratio * f_{ck} + fc_dev_3) / fc_factor_1$$

Μέση τιμή τάσης χάλυβα 1ης ομάδας

$$F_{ym_1} = (f_{yk} * 1.15) / sf_s_1$$

Μέση τιμή τάσης χάλυβα 3ης ομάδας

$$F_{ym_3} = (fs_ratio * f_{yk} + fy_dev_3) / sf_s_3$$

Η **ανηγμένη παραμόρφωση** ϵ_{ys} **χάλυβα** ράβδου υπολογίζεται ως εξής:

Αν η ράβδος είναι πλήρως αγκυρωμένη ή το ποσοστό αγκύρωσης της ράβδου είναι ίσο με 0 τότε $\epsilon_{ys} = \epsilon_{sy} + 0.03$ (προσαυξημένη μέγιστη ανηγμένη παραμόρφωση χάλυβα)

Σε διαφορετική περίπτωση το $\epsilon_{ys} = (\text{ποσοστό αγκύρωσης ράβδου} \times F_{ym} \text{ ράβδου})$
όπου το F_{ym} είναι ίσο με:

Αν δεν έχει μανδύα: $F_{ym} = F_{ym_3}$

Αν έχει μανδύα εξαρτάται αν η ράβδος βρίσκεται εντός ή εκτός μανδύα:

Αν είναι εντός μανδύα: $F_{ym} = F_{ym_1}$ (νέα ράβδος)

Αν είναι εκτός μανδύα: $F_{ym} = F_{ym_3}$ (υπάρχουσα ράβδος)

Η τιμή του **Fcm** υπολογίζεται ως εξής:

Αν δεν υπάρχει μανδύας ή υπάρχει μανδύας διάτμησης τότε: $F_{cm} = F_{cm_3}$

Αν υπάρχει μανδύας τότε:

$$F_{cm} = (E_{\mu\beta\alpha\delta\acute{o}\nu\ 1\omicron\upsilon\ \tau\mu\acute{\eta}\mu\alpha\tau\omicron\varsigma\ * F_{cm_3} + E_{\mu\beta\alpha\delta\acute{o}\nu\ \acute{o}\lambda\omega\nu\ \tau\omega\nu\ \upsilon\pi\omicron\lambda\omicron\iota\pi\omega\nu\ \tau\mu\eta\mu\acute{\alpha}\tau\omega\nu\ * F_{cm_1}) / \text{Ολικό εμβαδόν υποστυλώματος}$$

Για τον υπολογισμό του κρίσιμου μήκους **lcrit** ισχύει:

```
lcrit = max(lcrit1, lcrit2)
```

όπου:

```
lcrit1 = max(100 * H/ coef_lcr,  coef_b * BFMAXTMH, coef_h)
```

```
lcrit2 = min(lcrit1, 100 * H / 2 - 5)
```

KαL

H = μήκος υποστυλώματος (σε m)

BFMAXTMH = μέγιστη διάσταση τμημάτων διατομής (σε cm)

coef h = 45 cm ή 50 cm (ανάλογα τον κανονισμό)

Η τιμή του **As_s** (Εμβαδόν ανά απόσταση συνδετήρων) υπολογίζεται ως εξής:

Αν υπάρχει μανδουας (περίσφιξης, όχι διάτμησης) λαμβάνονται οι τιμές στο μαύρο πλαίσιο.

Αν δεν υπάρχει μανδύας λαμβάνονται οι τιμές είναι στο κόκκινο πλαίσιο.

OXI ΜΑΝΔΥΣ

Υπάρχουν Οδηγούς
Επίθετο:

Κατά μέγεθος B:	4	
Κατά μέγεθος D:	3	
Διάμετρος: Φ	14	14

☐ Διαφορετικό Τοποστό

Πέδιλο

Ύψος πεδίου: [0] Ύψος κοιλτού: [0]

Αντιστροφή Οδηγού

Στάθμη: [] Υποστήριξη: [] Αντιστροφή: []

Εξαγωγή Οδηγού

Εναλλακτικές

Πεδίο	Nat/Oxi	Σταθμάδα	Τύπος	Πλάτος (cm)
1				
2				
3				
4				

☒ Πόλινες **ΜΑΝΔΥΣ** ☒ Διπλή όληση μανδύων

☐ Μονόβια Περίσφιξη

Συντελεστής Φ:	8
Απόσταση (cm):	25

☐ Τρίπλα Αγκυρώσεις

☒ 0 ☐ 1 ☐ 2

Ρυθμός Ενίσχυσης Φ: [20]

Εφαρμογή Εξισωτικών

[OK] [Χειρο]

Βιβλιογραφία

- ΚΑΝ.ΕΠΕ Κανονισμός Επεμβάσεων 2^η Αναθεώρηση 2017, ΟΑΣΠ.
- EN 1998-3 (2005) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.