

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ. ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ θ_d

ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ – ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στις επεμβάσεις αύξησης της τοπικής πλαστιμότητας, όταν ο στόχος ανασχεδιασμού εκφράζεται σε όρους επιθυμητής γωνίας στροφής χορδής θ_d . Για δεδομένη δηλαδή γωνία στροφής χορδής θ_d , ποιά είναι το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού περισφιγξης ω_{wd} που προκύπτει, ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται, όπως αυτή περιγράφεται στη παράγραφο 8.2.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση της τιμής αυτής ω_{wd} με την τιμή $\alpha_s f_{yw} / f_c \equiv \omega_{wd}$, όπως αυτή προκύπτει από την σχέση Σ.8α της παραγράφου 7.2.4.1 του εν λόγω κανονισμού. Αναζητούνται λοιπόν οι τυχόν διαφορές, μέσω αριθμητικών εφαρμογών που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή, και εξάγονται ανάλογα συμπεράσματα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας ραβδόμορφων δομικών στοιχείων επιτυγχάνεται με την επιβολή εξωτερικής περισφιγξης, ή με την εφαρμογή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Απαραίτητη προϋπόθεση εφαρμογής της μεθόδου είναι η εξασφάλιση της σύνδεσης και της συνεργασίας παλαιού και νέου στοιχείου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταβίβαση φορτίων από τον αρχικό φορέα.

Η τεχνική εφαρμόζεται κυρίως σε υποστυλώματα, κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής σχετικά μικρών διαστάσεων, με λόγο πλευρών που δεν ξεπερνά το 2:1. Μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως, με προθήκη επικολλητών ή προεντεταμένων κολλάρων(από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή), με χρήση σπειροειδούς οπλισμού(ομοίως από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή), με προσθήκη ολόσωμου μανδύα από φύλλα χαλύβδινων ελασμάτων ή από ινοπλισμένα υφάσματα, και τέλος με χρήση χαλύβδινου κλωβού.

Ο ανασχεδιασμός για την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας εκφράζεται με διάφορους τρόπους, καθένας από τους οποίους οδηγεί στο ποσοστό οπλισμού περισφιγξης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Έτσι λοιπόν, ο ανασχεδιασμός μπορεί να έχει ως στόχο συγκεκριμένη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας καμπυλοτήτων $\mu_{1/r}$, ή να εκφράζεται σε όρους καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q . Ακόμα, μπορεί να εκφράζεται σε όρους τοπικών δεικτών πλαστιμότητας m μέλους ή σε όρους επιθυμητής γωνίας στροφής χορδής θ_d . (§8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).



Σχήμα 1: Ολόσωμος μανδύας ΙΟΠ με ίνες άνθρακα [4].



Σχήμα 2: Χαλύβδινος μανδύας σε υποστύλωμα-δοκό[4].



Σχήμα 3: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με FRP [5].

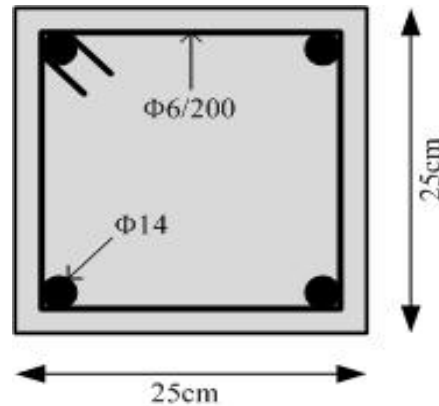


Σχήμα 4: Ενίσχυση Κ.Π. υποστυλώματος με FRP [5].

2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Έστω υποστύλωμα:

- Κατασκευής πριν το 1985.
- Από «κανονικό» σε κάτοψη και «κανονικό» καθ' ύψος κτίριο.
- Τετραγωνικό $d_c = b_c = 25\text{cm}$.
- Ύψους (καθαρό) $L = 3\text{m}$.
- Διαμήκη οπλισμό νευροχάλυβες $4\Phi 14$, S400.
- Εγκάρσιο $\Phi 6/200$, S220.
- Επικάλυψη $c = 25\text{mm}$.
- Η τιμή αντοχής του σκυροδέματος προέκυψε $f_c = 17\text{MPa}$.
- Αξονικό θλιπτικό φορτίο $N_d = 250\text{kN}$.



Απαίτηση $\theta_d = 1.30_{um}$ (30% αύξηση).

Λύση:

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., για τη μέση τιμή της γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία δοκών ή υποστυλωμάτων που έχουν διαστασιολογηθεί και κατασκευαστεί με τις πριν το 1985 διατάξεις αντισεισμικότητας και εφόσον οι διαμήκεις οπλισμοί είναι νευροχάλυβες, ισχύει η εμπειρική σχέση:

$$\theta_{um} = 0.016 \times (0.3)^v \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{0.225} \times (a_s)^{0.35} \times 25^{(a \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c})} \times (1.25^{100} \rho_d) \quad (\Sigma.8\alpha)$$

Διαιρεμένη με 1.2 .

Όπου:

- $a_s = M/Vh$, ο λόγος διάτμησης.
- ω, ω' : μηχανικό ποσοστό εφελκόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (ο ενδιάμεσος διαμήκης οπλισμός μεταξύ εφελκόμενου και θλιβόμενου πέλματος θεωρείται εφελκόμενος).

- $v = N / bhf_c$: b = πλάτος θλιβόμενης ζώνης.
- $\rho_s = A_{sh} / b_w s_h$: γεωμετρικό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση της φόρτισης.
- ρ_d : γεωμετρικό ποσοστό τυχόν δισδιαγώνιου οπλισμού.

$$\alpha_s = M/Vh = L_s / h = 1.5 / 0.25 = 6, L_s = L/2 = 3/2 = 1.5\text{m.}$$

$$\rho_d = 0$$

$$\rho_s = 2 \times 28 / (250 \times 200) = 0.00113$$

$$f_{yw} = 220 \text{ MPa.}$$

Η ανηγμένη αξονική θλιπτική δύναμη είναι:

$$v = N/(bhf_c) = 250/(0.25 \times 0.25 \times 17000) = 0.24$$

Οι διαστάσεις του περισφιγμένου πυρήνα είναι:

$$d_{cc} = d_c - d_1 - d_2 = 0.25 - 0.038 - 0.038 = 0.174 \text{ m} = b_{cc}$$

$$d_1 = d_2 = c + \Phi_L/2 + \Phi_h = 25 + 7 + 6 = 38\text{mm.}$$

$$\alpha = (1 - S_h/2b_{cc}) \times (1 - S_h/2d_{cc}) \times (1 - (2b_{cc}^2 + 2d_{cc}^2)/(6 d_{cc} b_{cc})) = (1 - 200/(2 \times 174))^2 \times (1 - 4 \times 174^2/(6 \times 174^2)) = 0.06 \quad (\Sigma.7\alpha \text{ §7.2.4.1. ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

$$\alpha \rho_s f_{yw} / f_c = 0.06 \times 0.00113 \times 220 / 17 = 0.000877$$

Έτσι έχουμε:

$$\theta_{um} = (0.016 \times 0.3^{0.24} \times 17^{0.225} \times 6^{0.35} \times 25^{0.000877} \times 1) / 1.2 = 0.0356$$

Άρα, απαίτηση $\theta_d = 1.3 \times 0.0356 = 0.0463$

Έλεγχος λόγων πλευρών(ΚΑΝ.ΕΠΕ §8.2.3(α)): $d_c / b_c = 1 < 2$ ok.

Γωνία στροφής χορδής στη καμπτική διαρροή:

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_y z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.15 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\Sigma.2 \text{ §7.2.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

Όπου:

- Ο 1^{ος} όρος εκφράζει την συμβολή των καμπτικών παραμορφώσεων.
- Ο 2^{ος} όρος εκφράζει τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος L_s .
- Ο 3^{ος} όρος εκφράζει την επιρροή της εξόλκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου.
- $(1/r)_y$: η καμπυλότητα διαρροής.
- L_s : είναι ο λόγος M/V στην ακραία διατομή του στοιχείου, δηλαδή η απόσταση της ακραίας διατομής από το σημείο μηδενισμού των ροπών. Πρακτικά, συνηθίζεται να λαμβάνεται ως το μισό του μήκους του στοιχείου.
- $a_y z$: εκφράζει την επιρροή του «μήκους μετάθεσης» ροπών κάμψης, z είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων και a_y ένας συντελεστής που ισούται με 1 εάν η τέμνουσα V_{R1} , που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση του στοιχείου, είναι μικρότερη της τέμνουσας κατά τη διαρροή $V_{Mu} = M_y / L_s$, και με 0 αν είναι μεγαλύτερη.
- d_b : $\min \Phi$ διαμήκους ράβδου.

Υπολογισμός $(1/r)_y$ – παράρτημα 7Α ΚΑΝ.ΕΠΕ.:

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού, τότε:

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (\text{A.1})$$

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη-γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος, τότε:

$$(1/r)_y = \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2)$$

Και λαμβάνεται η μικρότερη τιμή της $(1/r)_y$ από τις (A.1) και (A.2).

Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ξ_y , ανηγμένο στο στατικό ύψος d , είναι:

$$\xi_y = (\alpha^2 A^2 + 2\alpha B)^{1/2} - \alpha A \quad (A.3)$$

I. Διαρροή λόγω χάλυβα:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}, \quad B = \rho + \rho' \delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y} \quad (A.4)$$

II. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8abdf_c}, \quad B = \rho + \rho' \delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta') \quad (A.5)$$

Όπου:

- ρ, ρ' και ρ_v : ποσοστό εφελκόμενου, θλιβόμενου και ενδιάμεσου κατανεμημένου οπλισμού, αντίστοιχα, ανηγμένο στο bd .
- $\delta' = d'/d$, όπου d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος.
- b : το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης.
- N : το αξονικό φορτίο (θετικό σε θλίψη).
- $\alpha = E_s/E_c$

Έχουμε λοιπόν:

$$d_1 = d_2 = 38\text{mm} = d'$$

$$d = d_c - d_1 = 250 - 38 = 212\text{mm}$$

$$\rho = \rho' = 308/(250 \times 212) = 0.0058$$

$$\rho_v = 0$$

$$\delta' = 38/212 = 0.18$$

$$\alpha = E_s/E_c = 200/24.43 = 8.19, \quad E_c = 9.5 \times f_c^{1/3} \quad [4]$$

Άρα:

I. Διαρροή λόγω χάλυβα:

$$A = 2 \times 0.0058 + 250/(0.25 \times 0.212 \times 400000) = 0.0234$$

$$B = 0.0058 + 0.0058 \times 0.18 + 250/(0.25 \times 0.212 \times 400000) = 0.0186$$

$$\xi_y = (8.19^2 \times 0.0234^2 + 2 \times 8.19 \times 0.0186)^{1/2} - 8.19 \times 0.0234 = 0.39$$

$$(1/r)_y = 400/(200000 \times (1 - 0.39) \times 0.212) = 0.0155 \text{ m}^{-1}$$

II. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος:

$$A = 2 \times 0.0058 - 250/(1.8 \times 8.19 \times 0.25 \times 0.212 \times 17000) = -0.0072$$

$$B = 0.0058 + 0.0058 \times 0.18 = 0.0068$$

$$\xi_y = (8.19^2 \times 0.0072^2 + 2 \times 8.19 \times 0.0068)^{1/2} + 8.19 \times 0.0072 = 0.4$$

$$(1/r)_y = (1.8 \times 17)/(24430 \times 0.4 \times 0.212) = 0.0148 \text{ m}^{-1}$$

Επομένως παίρνουμε $(1/r)_y = \min(0.0155 \text{ m}^{-1}, 0.0148 \text{ m}^{-1}) = 0.0148 \text{ m}^{-1}$ και $\xi_y = 0.4$

Υπολογισμός $a_v z$:

$$z = 0.9d = 0.9 \times 0.212 = 0.19 \text{ m}$$

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left[E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left((1 - \xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta') \right) \times (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right] \quad \text{παράρτημα 7Α (A.6)}$$

$$\Leftrightarrow M_y / bd^3 = 0.0148 \times 10^6 \times \left((24.43 \times 0.4^2/2) \times (0.5 \times (1 + 0.18) - 0.4/3) + ((1 - 0.4) \times 0.0058 + (0.4 - 0.18) \times 0.0058) \times (1 - 0.18) \times 200/2 \right) = 18946$$

$$\Leftrightarrow M_y = 18946 \times 0.25 \times 0.212^3 = 45.13 \text{ kNm.}$$

$$V_{Mu} = M_y / L_s = 45.13 / 1.5 = 30.1 \text{ kN}$$

$$V_{R1} = \beta \times [\tau_{Rd} \times \min(2, 1.2 + \rho_l) \times \max(1, 1.6 - d) + 0.15 N_d / A_c] \times b_w \times d$$

$$\rho_1 = A_s/A_c = 616/62500 = 0.01$$

$$\tau_{Rd} = 0.035 \times f_c^{2/3} \times 1000 = 35 \times 17^{2/3} = 231.4 \text{ kPa.}$$

$$\Rightarrow V_{R1} = (231.4 \times 1.21 \times 1.39 + 0.15 \times 250 / 0.0625) \times 0.25 \times 0.212 = 52.39 \text{ kN}$$

Άρα $V_{R1} > V_{Mu} \rightarrow a_v = 0$.

Επομένως, από τη σχέση Σ.2 §7.2.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ., έχουμε:

$$\theta_y = 0.0148 \times 1.5/3 + 0.0014 \times (1 + 1.5 \times 0.25/1.5) + 0.0148 \times 0.014 \times 400 / (8 \times 17^{0.5}) = 0.0117$$

$$\text{§8.2.3(στ) ΚΑΝ.ΕΠΕ.: } \theta_d = \mu_\theta \theta_y \rightarrow \mu_\theta = \theta_d / \theta_y = 0.0463 / 0.0117 = 3.97$$

Το παράρτημα 4.2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. αναφέρει ότι για «κανονικά» κτίρια, η σχέση που συνδέει τον δείκτη πλαστιμότητας σε όρους γωνίας στροφής χορδής μ_θ με τον δείκτη πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων μ_δ , είναι:

$$\mu_\delta = \mu_\theta = 3.97$$

Ο δείκτης πλαστιμότητας σε όρους καμπυλοτήτων προκύπτει από τη σχέση:

$$\mu_{1/r} = 3\mu_\delta - 2 = 3 \times 3.97 - 2 = 9.92 \quad (\text{§8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

Η παραμόρφωση διαρροής ε_{sy} του διαμήκους οπλισμού, υπολογιζόμενη με τη μέση τιμή της τάσης διαρροής του χάλυβα $f_{ym} = 1.15f_y = 1.15 \times 400 = 460 \text{ MPa}$, είναι:

$$\varepsilon_{sy} = f_{ym} / E_s = 460 / 200000 = 0.0023$$

Η ανηγμένη αξονική θλιπτική δύναμη είναι:

$$v = 0.24 > 0.2$$

Επομένως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σχέση:

$$\varepsilon_{cu,c} = 2.2 \mu_{1/r} \varepsilon_{sy} v = 2.2 \times 9.92 \times 0.0023 \times 0.24 = 0.0118 \quad (\text{Σ8.11 §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

Διαφορετικά, για $v < 0.2$, «αναζητείται υπολογιστικώς η τιμή $\alpha\omega_{wd}$ με την οποία το διάγραμμα ροπών καμπυλοτήτων της υπόψη διατομής θα παρουσιάζει τιμή $(1/r)_u : (1/r)_y = \mu_{1/r, απ.}$ » §8.2.3(δ)(v) ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Επομένως, έγινε ανάλυση διατομής με χρήση του προγράμματος XTRACT, ώστε η απαιτούμενη καμπυλότητα στην αστοχία, $(1/r)_u = (1/r)_y \times \mu_{1/r, απ.}$ να συμπίπτει με την καμπυλότητα στην αστοχία του προγράμματος για διατομή με $\varepsilon_{cu,c} = f(\alpha\omega_{wd})$ ανάλογα με την επιλογή της τεχνικής περίσφιξης, σχέσεις (8.18) – (8.20) §8.2.3(δ)(v) ΚΑΝ.ΕΠΕ. Με αυτό τον τρόπο προκύπτουν οι τιμές $\alpha\omega_{wd}$ για την απαιτούμενη γωνία στροφής χορδής θ_d .

Τεχνικές Περίσφιξης:

- Χαλύβδινη Περίσφιξη:

$$\varepsilon_{cu,c} = 0.0035 + 0.1\alpha\omega_{wd} \quad (8.18 \text{ §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

$$0.0118 = 0.0035 + 0.1\alpha\omega_{wd} \rightarrow \alpha\omega_{wd} = 0.083$$

- Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακα:

$$\varepsilon_{cu,c} = 0.0035 \times (f_{c,c} : f_c)^2 \quad (8.19 \text{ §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

$$f_{c,c} = (1.125 + 1.25\alpha\omega_{wd})f_c$$

$$0.0118 = 0.0035 \times (f_{c,c} : 17)^2 \rightarrow f_{c,c} = 31.2 \text{ MPa.}$$

$$31.2 = (1.125 + 1.25\alpha\omega_{wd})17 \rightarrow \alpha\omega_{wd} = 0.57$$

- Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού:

$$\varepsilon_{cu,c} = 0.007 \times (f_{c,c} : f_c)^2 \quad (8.20 \text{ §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.})$$

$$f_{c,c} = (1.125 + 1.25\alpha\omega_{wd})f_c$$

$$0.0118 = 0.007 \times (f_{c,c} : 17)^2 \rightarrow f_{c,c} = 22.1 \text{ MPa.}$$

$$22.1 = (1.125 + 1.25\alpha\omega_{wd})17 \rightarrow \alpha\omega_{wd} = 0.139$$

Η τιμή $\alpha\omega_{wd}$ για το υλικό πέρισφιγξης μπορεί να προσδιοριστεί και από την παραπάνω σχέση (Σ.8α) της §7.2.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., θέτοντας $\theta_{um} = 0.0463$ και λύνοντας ως προς $\alpha\rho_s f_{yw} / f_c \equiv \alpha\omega_{wd}$. Όπου ο όρος $\alpha\rho_s f_{yw} / f_c$ αναφέρεται τώρα στο υλικό ενίσχυσης και όχι στον ήδη υπάρχον εγκάρσιο οπλισμό. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της ενίσχυσης σε πέρισφιγξη, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. αγνοεί την συνεισφορά του ήδη υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού στην πέρισφιγξη, γεγονός, που όπως θα διαπιστώθει παρακάτω, είναι εύστοχο, καθώς είναι αμελητέα.

$$\theta_{um} = 0.016 \times (0.3)^v \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{0.225} \times (a_s)^{0.35} \times 25^{(\alpha\rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} + \alpha\rho_f \frac{f_{yf}}{f_c})} \times (1.25^{100\rho_d})$$

- $\alpha\rho_s f_{yw} / f_c$: Συνεισφορά του ήδη υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού στην πέρισφιγξη, η οποία ως αμελητέα, αγνοείται.
- $\alpha\rho_f f_{yf} / f_c$: Συνεισφορά του υλικού ενίσχυσης στην πέρισφιγξη. [3]

Άρα προκύπτει,

$$0.0463 \times 1.2 = 0.016 \times 0.3^{0.24} \times 17^{0.225} \times 6^{0.35} \times 25^{(\alpha\rho_s f_{yc} / f_c)} \rightarrow 0.0555 = 0.0424 \times 25^{(\alpha\rho_s f_{yc} / f_c)}$$

$$\rightarrow 1.31 = 25^{(\alpha\rho_s f_{yc} / f_c)} \rightarrow \ln(1.31) = (\alpha\rho_s f_{yc} / f_c) \ln(25) \rightarrow \alpha\rho_s f_{yc} / f_c \equiv \alpha\omega_{wd} = 0.0823$$

Ακολουθεί πίνακας με τα αποτελέσματα της παραπάνω εφαρμογής. Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα που προκύπτουν αλλάζοντας κάθε φορά μία παράμετρο της παραπάνω εφαρμογής, ώστε να διαπιστωθεί η επιρροή της στα αποτελέσματα. Σημειώνεται ότι η υπολογιστική διαδικασία παραμένει ίδια. Η εκάστοτε αυτή αλλαγή αναφέρεται στην 1^η στήλη του εν λόγω πίνακα.

Απαιτούμενο Υλικό Περίσφιγξης. Σύγκριση Διατάξεων ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τον Προσδιορισμό Στοχευόμενης Γωνίας Στροφής Χορδής θ_d

Εφαρμογή (υποστυλώμα 25x25cm)	Ανηγμένη αξονική δύναμη ν	Αρχικό θ_{um}	Απαιτήση θ_d	ξ_y	$(1/r)_y$ (m ⁻¹)	M_y (kNm)	V_{Mu} (kN)	V_{R1} (kN)	θ_y	μ_δ = μ_θ	$\mu_{1/r}$	$\epsilon_{cu,c}$	Χαλύβδινη Περίσφιγξη $\alpha\omega_{wd}$	Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακα $\alpha\omega_{wd}$	Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες γαλιού $\alpha\omega_{wd}$	(Σ.8α) της §7.2.4.1 $\alpha\omega_{wd}$
	0.24	0.0356	0.0463	0.4	0.0148	45.13	30.1	52.39	0.0117	3.97	9.92	0.0118	0.083	0.57	0.139	0.0823
Παράμετρος που αλλάζει:																
4Φ18, S400 νευρογάλυβες	0.24	0.0356	0.0463	0.43	0.0138	53.15	35.43	52.04	0.0117	3.968	9.9	0.0118	0.083	0.568	0.138	0.0822
4Φ20, S400 νευρογάλυβες	0.24	0.0356	0.0463	0.45	0.0134	57.31	38.2	51.87	0.0117	3.95	9.86	0.0117	0.0824	0.565	0.136	0.0822
Παράληψη της ύπαρξης του ήδη υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού → $\rho_s=0$	0.24	0.0355	0.0462	0.4	0.0148	45.13	30.1	52.39	0.0117	3.96	9.89	0.0118	0.083	0.567	0.137	0.081
Επικάλυψη c=10mm	0.24	0.0357	0.0464	0.38	0.0142	48.85	32.57	55.86	0.0112	4.13	10.39	0.0124	0.0887	0.6	0.16	0.0826
αξονική θλιπτική δύναμη N = 110kN	0.1	0.042	0.054	0.33	0.014	34.1	22.7	34.59	0.011	4.87	12.63	0.0075	0.04	0.27	***	0.0823
αξονική θλιπτική δύναμη N = 215kN	0.2	0.037	0.0482	0.38	0.0152	43.5	29.0	47.94	0.012	4.05	10.14	0.01	0.0688	0.478	0.074	0.0823
αξονική θλιπτική δύναμη N = 320kN	0.3	0.0329	0.0428	0.45	0.0131	46.31	30.87	61.3	0.0105	4.08	10.24	0.0156	0.12	0.79	0.29	0.0823
αξονική θλιπτική δύναμη N = 425kN	0.4	0.0292	0.038	0.54	0.0109	48.25	32.17	74.65	0.009	4.19	10.58	0.021	0.179	1.08	0.5	0.0823

***Δεν μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση 8.20 §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.

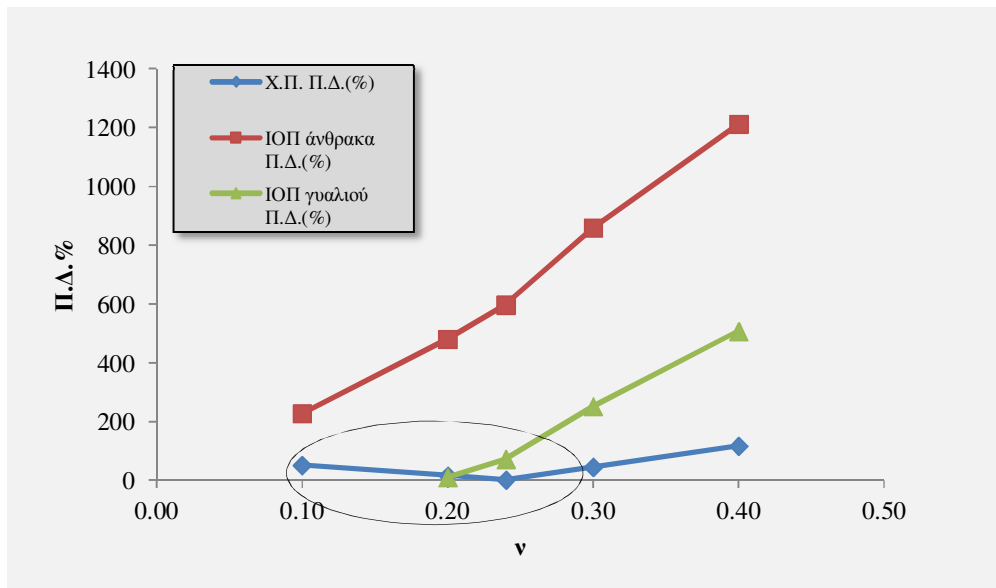
Πίνακας 1: Αποτελέσματα εφαρμογής υποστυλώματος 25x25cm.

Εφαρμογή (τόρα σε υποστώλωμα 40x40cm)	Ανηγμένη αξονική δύναμη ν	Αρχικό θ_{um}	Απαίτηση θ_d	ξ_y	$(1/r)_y$ (m ⁻¹)	M_y (kNm)	V_{Mu} (kN)	V_{RI} (kN)	θ_y	$\mu_\delta = \mu_\theta$	$\mu_{1/r}$	$\epsilon_{cu,c}$	Χαλύβδινη Περίσφιγξη α_{wd}	Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακα α_{wd}	Περίσφιγξη ΙΟΠ με ίνες γαλιού α_{wd}	(Σ.8α) της §7.2.4.1 α_{wd}
	0.092	0.036	0.0468	0.27	0.0075	82.39	54.93	83.87	0.007	6.68	18.03	0.006	0.025	0.148	***	0.0828
Παράμετρος που αλλάζει:																
4Φ18, S400 νευρογάλυβες	0.092	0.036	0.0468	0.29	0.0078	107.31	71.54	83.59	0.0075	6.2	16.6	0.006	0.025	0.148	***	0.0828
4Φ20, S400 νευρογάλυβες	0.092	0.036	0.0468	0.296	0.0079	122.1	81.4	83.46	0.0078	5.97	15.92	0.006	0.025	0.148	***	0.0828
Παράληψη της ύπαρξης του ήδη υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού → $\rho_s=0$	0.092	0.036	0.0466	0.27	0.0075	82.39	54.93	83.87	0.007	6.65	17.94	0.006	0.025	0.148	***	0.0814
Επικάλυψη c=10mm	0.092	0.036	0.0468	0.26	0.0072	84.53	56.35	86.72	0.0068	6.92	18.76	0.006	0.025	0.148	***	0.0829
αξονική θλιπτική δύναμη N = 500kN	0.18	0.032	0.042	0.33	0.0083	119.75	79.83	117.81	0.0075	5.59	14.78	0.011	0.075	0.516	0.1	0.0828
αξονική θλιπτική δύναμη N = 650kN	0.24	0.03	0.039	0.36	0.0086	141.15	94.1	138.17	0.0077	5.06	13.17	0.016	0.12	0.81	0.31	0.0828
αξονική θλιπτική δύναμη N = 820kN	0.3	0.028	0.036	0.4	0.0087	162	108	161.25	0.0078	4.67	12	0.018	0.148	0.93	0.39	0.0828
αξονική θλιπτική δύναμη N = 1100kN	0.4	0.025	0.032	0.5	0.0069	177.52	118.35	199.26	0.0066	4.89	12.69	0.026	0.22	1.28	0.64	0.0828

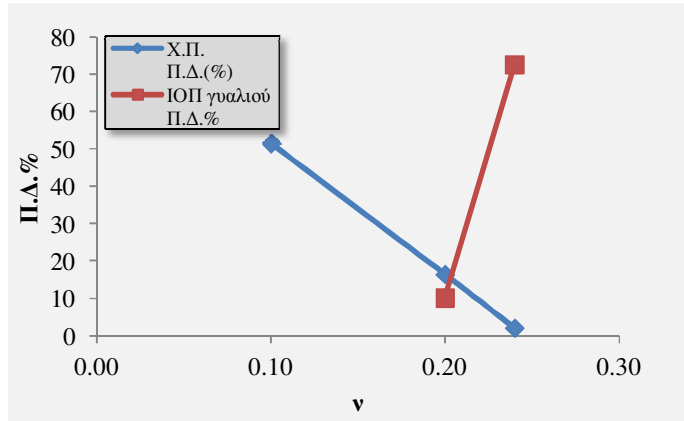
Πίνακας 2: Αποτελέσματα εφαρμογής υποστυλώματος 40x40cm. ***Δεν μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση 8.20 §8.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.

3. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

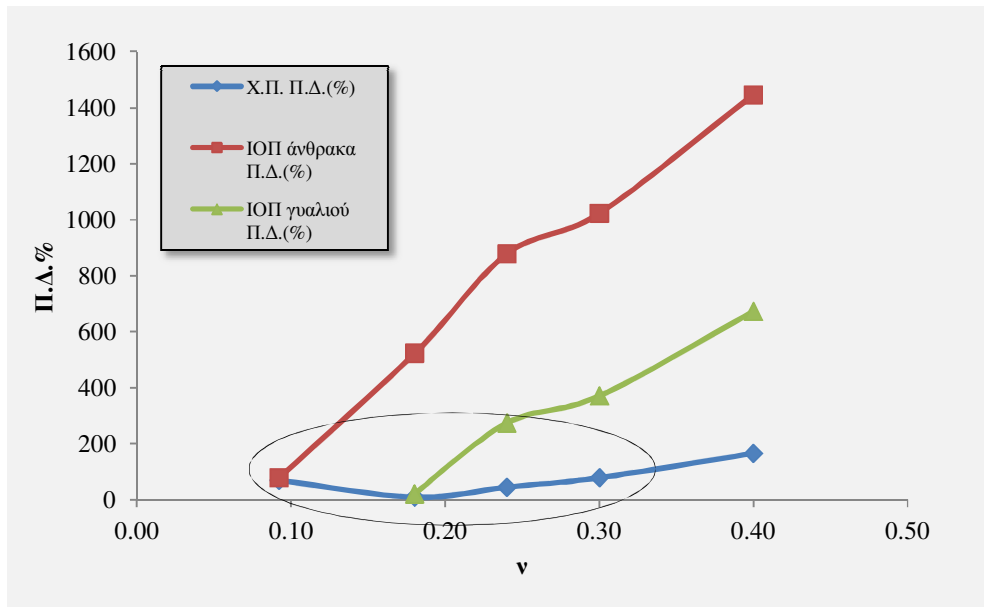
- Αρχικά στα αποτελέσματα της εφαρμογής, της οποίας η λύση παρουσιάστηκε αναλυτικά παραπάνω, παρατηρείται ότι η τιμή $\alpha\omega_{wd}$ που προκύπτει από την Σ.8^α της §7.2.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. συγκλίνει με την τιμή $\alpha\omega_{wd}$, η οποία προσδιορίζεται από την διαδικασία που περιγράφεται στη §8.2.3 για χαλύβδινη περίσφιξη, ενώ αποκλίνει στις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται για περίσφιξη, ΙΟΠ με ίνες γυαλιού, και σε μεγαλύτερο βαθμό ΙΟΠ με ίνες άνθρακα.
- Στη συνέχεια, γίνεται αντιληπτό ότι η διάμετρος των ράβδων του διαμήκους οπλισμού δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο για την γωνία στροφής χορδής και για την τιμή $\alpha\omega_{wd}$, καθώς δεν αλλάζει αισθητά τα αποτελέσματα και εξάγει το ίδιο συμπεράσματα με παραπάνω. Όπως είναι αναμενόμενο αλλάζει μόνο η τιμή της ροπής διαρροής M_y .
- Επίσης, παρατηρείται ότι η συνεισφορά του ήδη υπάρχοντος εγκάρσιου οπλισμού είναι όντως αμελητέα στην περίσφιξη του υποστυλώματος και μπορεί να αγνοηθεί.
- Ακόμη, είναι φανερό ότι ούτε η αλλαγή της επικάλυψης αλλάζει σημαντικά τα αποτελέσματα.
- Τελικώς, παρατηρείται ότι σημαντική παράμετρος αποτελεί η τιμή της αξονικής δύναμης καθώς επηρεάζει αισθητά τις τιμές $\alpha\omega_{wd}$ όπως αυτές προκύπτουν από την παράγραφο 8.2.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τις τεχνικές περίσφιξης, ενώ παράλληλα η τιμή αυτή εξηγόμενη από τη σχέση Σ.8α της παραγράφου 7.2.4.1 μοιάζει ανεξάρτητη της αξονικής δύναμης, αλλά και των άλλων παραμέτρων που εξετάστηκαν παραπάνω, και μάλιστα μπορούμε να πούμε κατά προσέγγιση ότι η τιμή αυτή είναι σταθερή. Γεγονός αναμενόμενο, καθώς η ποσοστιαία απαίτηση θ_d παραμένει ίδια ($\theta_d = 1.3\theta_{um}$).
- Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι για ανηγμένη αξονική δύναμη ν κοντά στο 0.2 ($0.18 \leq \nu \leq 0.24$), οι τιμές $\alpha\omega_{wd}$ της §8.2.3 συγκλίνουν με την τιμή $\alpha\omega_{wd}$ που προκύπτει από την σχέση Σ.8α της §7.2.4.1, μόνο όμως στην περίπτωση της Χαλύβδινης Περίσφιξης, και στην περίπτωση Περίσφιξης ΙΟΠ με ίνες γυαλιού, όπου εδώ η σύγκλιση περιορίζεται για $0.18 \leq \nu \leq 0.2$ Συμπέρασμα το οποίο μπορεί να φανεί καλύτερα με τα παρακάτω διαγράμματα:



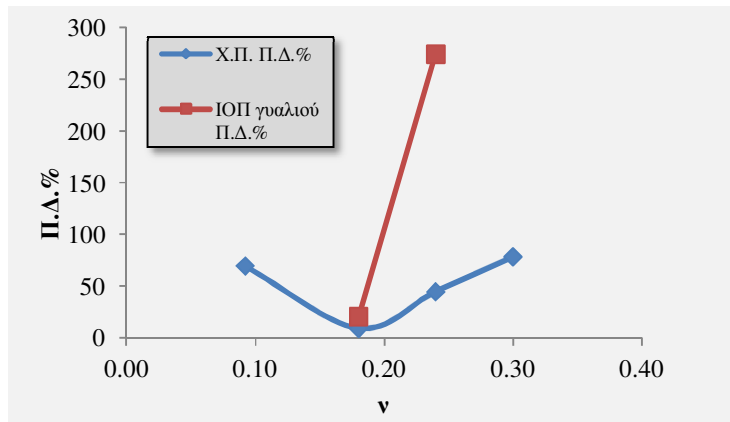
Διάγραμμα 1: Ποσοστιαία διαφορά (Π.Δ. %): $|\alpha\omega_{wd}^{\Sigma 8.2.3} - \alpha\omega_{wd}^{\Sigma 8\alpha}| / \alpha\omega_{wd}^{\Sigma 8\alpha}$ συναρτήσεως της ανηγμένης θλιπτικής αξονικής δύναμης ν , υποστυλώμα 25×25cm.



Διάγραμμα 2: Μεγένθυση περιοχής διαγράμματος 1 για καλύτερη εποπτεία.



Διάγραμμα 3: Ποσοστιαία διαφορά (Π.Δ.%) : $|\alpha\omega_{wd}^{8.2.3} - \alpha\omega_{wd}^{\Sigma.8\alpha}| / \alpha\omega_{wd}^{\Sigma.8\alpha}$ συναρτήσει της ανηγμένης θλιπτικής αξονικής δύναμης ν, υποστύλωμα 40x40cm.



Διάγραμμα 4: Μεγένθυση περιοχής διαγράμματος 3 για καλύτερη εποπτεία.

- Επιπλέον, από τα διαγράμματα, παρατηρείται καλύτερα ότι η αλλαγή των διαστάσεων του υποστυλώματος εξάγει διαφορετικά αποτελέσματα ποσοτικά και όχι ποιοτικά.
- Παρατηρώντας συνολικά τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτουν ως τελικό συμπέρασμα τα εξής:
Οι πειραματικές σχέσεις (8.18) – (8.20) της παραγράφου 8.2.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. όταν χρησιμοποιούνται αντίστροφα, διαπιστώνεται στη παρούσα εργασία, ότι δεν οδηγούν σε λογικά αποτελέσματα. Γεγονός που φαίνεται στο ότι δίνουν διαφορετικές τιμές α_{wd} για κάθε τεχνική περίσφιξης, ενώ η απαίτηση πλαστιμότητας σε όρους θ_d παραμένει ίδια. Κάτι το οποίο δεν θα έπρεπε να συμβαίνει καθώς το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού περίσφιξης α_{wd} είναι ανεξάρτητο της τεχνικής που χρησιμοποιείται και εξαρτάται κυρίως από την απαίτηση θ_d . Επομένως όταν η απαίτηση πλαστιμότητας σε όρους θ_d είναι συγκεκριμένη, είναι λογικό η τιμή α_{wd} που προκύπτει να είναι επίσης συγκεκριμένη. Πράγμα το οποίο παρατηρείται από τη σχέση Σ.8α της παραγράφου 7.2.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., καθώς η τιμή α_{wd} που προέκυπτε από αυτήν, ήταν κατά προσέγγιση σταθερή, σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν στην παραπάνω εφαρμογή, και αυτό γιατί η απαίτηση θ_d παρέμενε ίδια ($\theta_d = 1.3\theta_{um}$). Επομένως, για τον προσδιορισμό της τιμής α_{wd} όταν η απαίτηση πλαστιμότητας σε όρους θ_d είναι συγκεκριμένη, συνίσταται η χρήση της σχέσης Σ.8α της παραγράφου 7.2.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ..

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Δρίτσος Σ., “Ενισχύσεις – Επισκευές Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις 2012.
 - [2] ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012
 - [3] Τριανταφύλλου Α. “Προηγμένα Υλικά και Εφαρμογές σε νέες Κατασκευές & Ενισχύσεις”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις.
 - [4] Φαρδής Μ. “Μπετό Γ”, Πανεπιστημιακές σημειώσεις.
- ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**
- [5] <http://sideris-konstantinos.blogspot.gr/2010/09/blog-post.html>
 - [6] http://www.fibrwrapconstruction.com/fiber_reinforced_polymer_frp.html

