

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΠΑΡΚΩΝ ΜΗΚΩΝ ΠΑΡΑΘΕΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ.

ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΛΑΝΤΖΗΣ

Περίληψη.

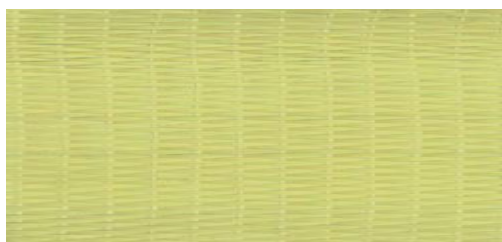
Με αφορμή την έλευση του κανονισμού επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ 2012) η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο αφενός να επεξεργαστεί αλλά και να αναλύσει τις σχέσεις που εισάγει ο κανονισμός για ένα σημαντικό θέμα όπως αυτό των ανεπαρκών μηκών παράθεσης και αφετέρου να επιχειρήσει μια σύγκριση των αποτελεσμάτων του κανονισμού με αυτά του Ευρωκώδικα 8 . Ταυτόχρονα γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των σύνθετων υλικών , των δυνατοτήτων τους , των χαρακτηριστικών τους και του τρόπου εφαρμογής τους.

1.Εισαγωγή

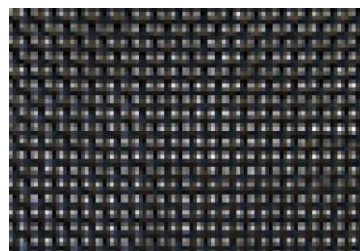
Τα μήκη παράθεσης ράβδων οπλισμού είναι ένα σημαντικό κομμάτι στη φιλοσοφία του αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών , είναι δε επιβεβλημένα για λόγους λειτουργικούς , επεξεργασίας , και επιβάλλονται συχνά απο την ίδια τη βιομηχανία των υλικών . Στη χώρα μας η έλλειψη ενός σύγχρονου αντισεισμικού κανονισμού , τα προηγούμενα χρόνια , οδήγησε μελέτες που απέδιδαν λανθασμένα και συχνά ανεπαρκή μήκη παράθεσης ράβδων οπλισμού. Η αποκατάστασή τους με ένα νέο και σύγχρονο κανονισμό επεμβάσεων όπως ο ΚΑΝ.ΕΠΕ που λαμβάνει υπόψιν του πληθώρα διατάξεων , νέα υλικά, μηχανισμούς αλληλεπίδρασης υλικών, και δεν εστιάζει μόνο στα κυρίως χαρακτηριστικά των υλικών, είναι επιτακτική.

2.ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

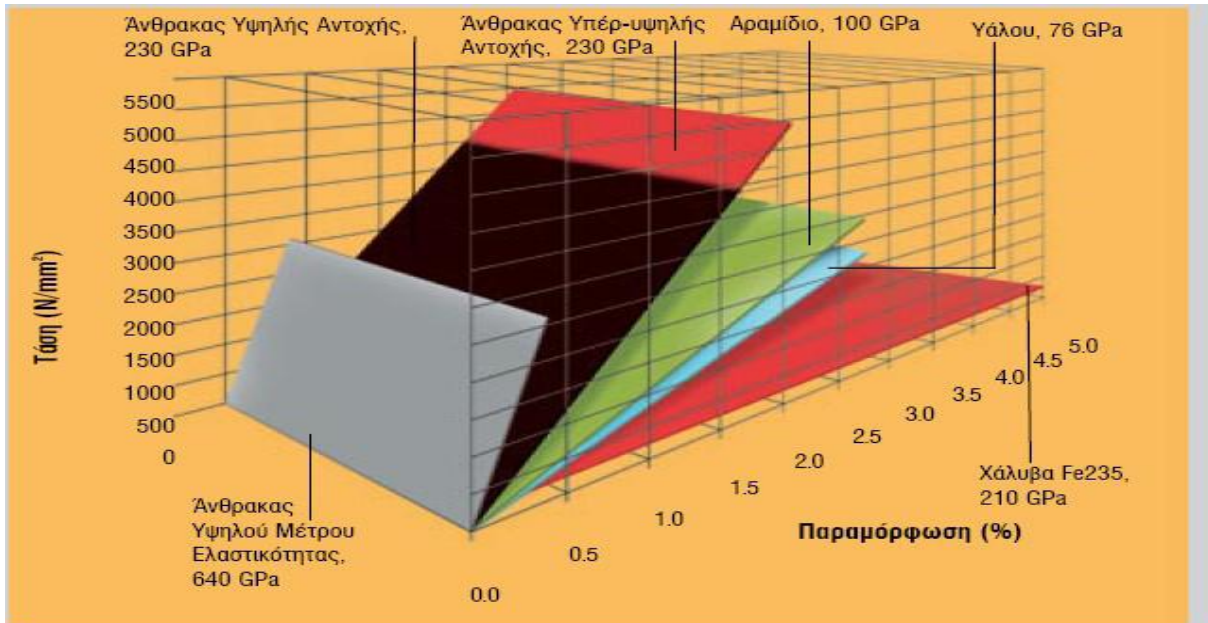
Τα τελευταία 15 χρόνια έχει αναπτυχθεί μια νέα τεχνική ενίσχυσης η οποία βασίζεται στη χρήση προηγμένων υλικών που αποτελούνται απο συνδιασμό ινών(π.χ. άνθρακα, γυαλιού, αραμιδίου)σε μήτρα εποξειδικής ρητίνης . Τα υλικά αυτά , γνωστά ως ινοπλισμένα πολυμερή(Fibre Reinforced Polymers-FRP) ή απλά σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται απο εξαιρετικές ιδιότητες που κάνουν την εφαρμογή τους στα τεχνικά έργα και ιδιαίτερα στον τομέα των ενισχύσεων-επισκευών ιδιαίτερα ελκυστική(Αθανάσιος Τριανταφύλλου , Ενισχύσεις Κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος με σύνθετα υλικά , 2003 [3]) . Τα βασικά πλεονεκτήματα των υλικών αυτών είναι η ανθεκτικότητα σε διάβρωση, το χαμηλό βάρος , η εξαιρετικά υψηλή εφελκυστική αντοχή η εργασιμότητα και η ταχύτητα εφαρμογής.(Sika Hellas [7]).



εικ 2.1 ίνες αραμιδίου macon.gr[15]



εικ 2.2 ίνες άνθρακα Sika hellas[7]



εικ 2.3 Διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σύνθετων υλικών Sika Hellas[7]



εικ 2.4 ίνες άνθρακα Sika hellas[7]



εικ 2.5 ίνες γυαλιού macon.gr[15]

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την εφαρμογή και την χρήση των υλικών αυτών .Τα υλικά που εφαρμόζονται στο πεδίο των ενισχύσεων είναι υφάσματα απο ίνες άνθρακα ,αραμίδιου ή γυαλιού δύο διευθύνσεων πάχους απο 0,1 mm εως 0,46 mm τα οποία εφαρμόζουν (τυλίγουν) το προς ενίσχυση στοιχείο αφολυ τα έχουμε προεμποτίσει με ρητίνη και τα επικολλούμε .



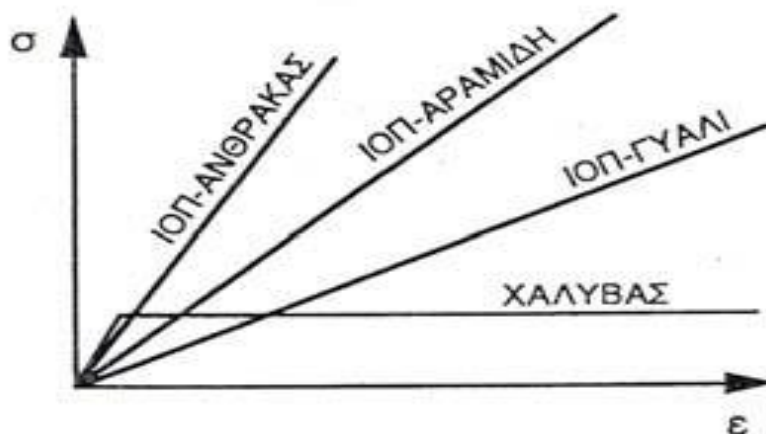
εικ 2.6 Εφαρμογή υφασμάτων σύνθετων υλικών σε υποστύλωμα[15]



εικ 2.7 Εφαρμογή υφασμάτων σύνθετων υλικών σε υποστύλωμα[15]



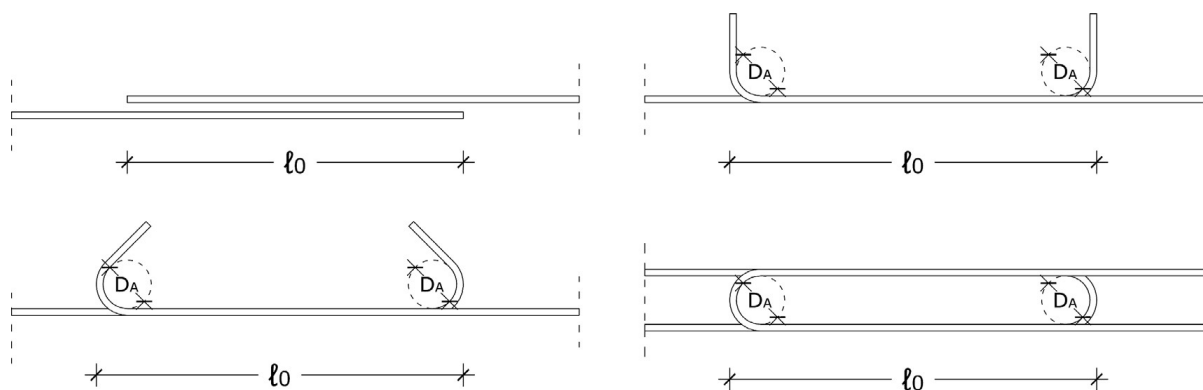
εικ 2.8 Τύλιγμα υποστυλώματος με σύνθετα υλικά[15]



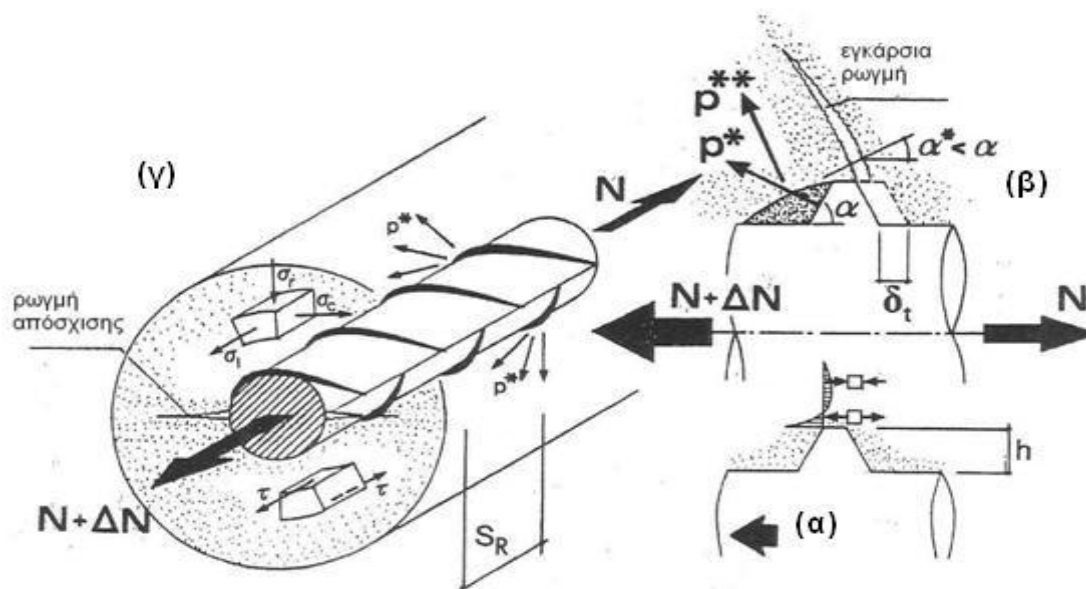
εικ 2.9 Διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων για σύνθετα υλικά και χάλυβα, Ενίσχυση στοιχείων με ινοπλισμένο σκυρόδεμα από χάλυβα και πλαστικά υλικά, Γεωργακοπούλου Μαριάννα[9]

3.ΕΝΩΣΕΙΣ ΡΑΒΔΩΝ.

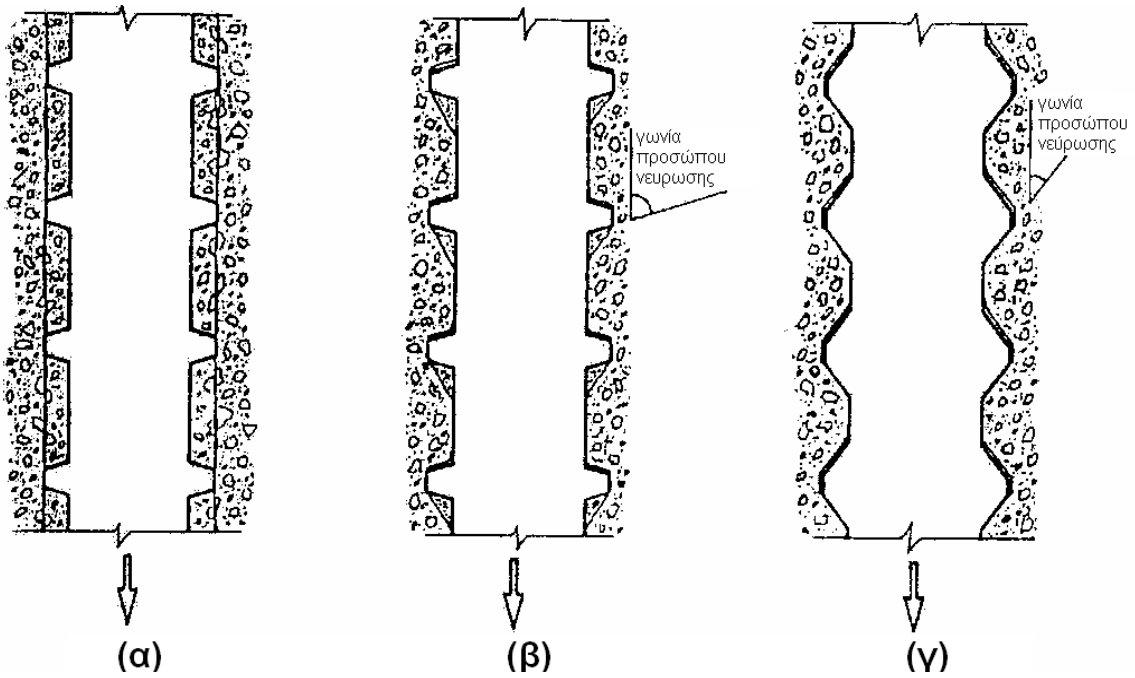
Οι ενώσεις των ράβδων απαιτούνται προκειμένου να εξασφαλιστεί, μέσω του μηχανισμού συνάφειας, η μεταβίβαση των δυνάμεων από τη μια ράβδο στην άλλη όταν για κατασκευαστικούς λόγους (π.χ. μεγάλα ανοίγματα στοιχείων, οι χαλυβουργίες προσφέρουν συγκεκριμένα μήκη ράβδων, επεξεργασία και τοποθέτηση ράβδων στο εγστάσιο) αναγκάζομαστε να διακόψουμε τον διαμήκη οπλισμό και να τον συνεχίσουμε σε παράθεση με άλλη ράβδο ίδιας διατομής (π.χ. συνέχεια διαμήκη οπλισμού υποστυλώματος από όροφο σε όροφο). Σε ράβδους με νευρώσεις η συνάφεια οφείλεται στις λοξές θλιπτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια επαφής των νευρώσεων με το σκυρόδεμα. Μπροστά από τις νευρώσεις της ράβδου δημιουργείται πολυαξονική εντατική κατάσταση, με θλίψη σε διεύθυνση 45° ως προς τον άξονα της ράβδου και εφελκυσμός κάθετα στη διεύθυνση της θλίψης. Οι θλιπτικές από το χάλυβα στο σκυρόδεμα προκαλούν εφελκυσμό στο σκυρόδεμα που τείνει να ρηγματωθεί (Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος, Μιχαήλ Φαρδής, Πανεπιστήμιο Πατρών[5]).



εικ 3.1 Ενώσεις με υπερκάλυψη, ευθύγραμμες και με άγκιστρα, Ε.Κ.Ο.Σ[4]



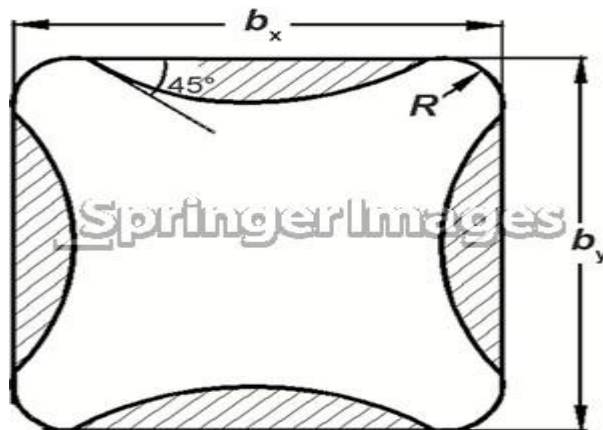
εικ 3.2 Θλιπτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην επιφάνεια επαφής με το σκυρόδεμα, Διπλωματική εργασία, Μπουγιούκας Ιωάννης[8]



εικ 3.2 Μορφή αστοχίας της συνάφειας : α) εξόλκευση, β) απόσχιση, γ) απόσχιση σε συνδυασμό με ολίσθηση Διπλωματική εργασία Μπουγιούκα Ιωάννη[8]

4.ΚΑΝ.ΕΠΕ:ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΠΑΡΚΩΝ ΜΗΚΩΝ ΠΑΡΑΘΕΣΗΣ.

Όταν το διατιθέμενο μήκος παράθεσης (l_s) των ράβδων οπλισμού δεν επαρκεί, επιτρέπεται η βελτίωση των συνθηκών μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των ράβδων με εφαρμογή εξωτερικής περίσφυξης στο στοιχείο. Σκοπός της εξωτερικής περίσφυξης είναι η παρεμπόδιση της αστοχίας της περιοχής μάτισης από θράυση του σκυροδέματος που την περιβάλλει και της ολίσθησης των ράβδων κατά μήκος της ρωγμής.



εικ 4.1 Επιβολή περίσφυξης σε στοιχείο, Springer Images[11]

$$t_j = A_j/s = \gamma r d (1 - \lambda_s) \geq 1 f_{yk} A_b / \beta \mu \sigma_{jd} l_s \quad (\text{ΚΑΝ.ΕΠΕ παραγ.8.2.1.2} \\ \text{σχέση 8.3 [1]})$$

t_j πάχος σύνθετου υλικού που θα απαιτηθεί , ενώ για $K \geq 4$ στρώσεων $t_j = \psi K t_j$ όπου

$\psi = K^{-1/4}$, K ο αριθμός των στρώσεων και t_j το ονομαστικό πάχος του υλικού (ΚΑΝ.ΕΠΕ παραγ

6.2.3).

γ_{rd} συντελεστής που μπορεί να ληφθεί 1,5

λ_s είναι ο συντελεστής που εκφράζει το μέγεθος της συνεισφοράς της συνάφειας του ήδη ματιζόμενου μήκους μάτισης .

f_{yk} η χαρακτηριστική αντοχή των ράβδων οπλισμού

A_b η διάμετρος μιας ματιζόμενης ράβδου

β το πλάτος της ζώνης τριβής πάνω στη ρωγμή των ματιζόμενων ράβδων προς το πλάτος κατανομής της συνολικής θλιπτικής δύναμης απο την αξονική δύναμη του υλικού περίσφιξης.

μ ο συντελεστής τριβής στην δυνιτική επιφάνεια ολίσθησης στη θέση της ρωγμής

$\sigma_{jd} = E_{jd} \epsilon_{jd}$ η αξονική τάση σχεδιασμού των στοιχείων περίσφιξης, όπου $\epsilon_{jd} = \sqrt{2} Wd/b$

$Wd = 0.6 Sd^{2/3}$, b το ημι-άθροισμα των δύο πλευρών και Sd 0.3 και 0.4 για στάθμη επιτελεστι-

κότητας A και B,Γ

l_s το διατιθέμενο μήκος αλληλοκάλυψης

5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ

Τα παραδείγματα που ακολουθούν έχουν υπολογιστεί σε υποστύλωμα διατομής 200 x 400 με κατηγορία σκυροδέματος C16/20, διατομή οπλισμών Φ18, ενώ το διατιθέμενο μήκος παραθεσης είναι οριακά μικρότερο απο το ελάχιστο που θέτει ο Ε.Κ.Ο.Σ ($l_s = 218\text{mm} < l_{s, \min} = 234.78\text{mm}$).

1. Υλικό Sika Wrap 600C/120 : $t_j = 0.337\text{mm}$, $E = 242\text{GPa}$, σταθ. επιτ $A_s d = 0.3$, $f_{yk} = 400\text{MPa}$

η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j = 2.29\text{mm}$ αρα $2.29\text{mm}/0.337\text{mm} = 7$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j = \psi K t_j = 2.44\text{mm} > 2.29\text{mm}$ για $K = 14$ στρώσεις

2.Υλικό Sika Wrap 600C/120 : $t_j=0.337\text{mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $B_s d=0.4$, $\Phi 18$, $f_{yk}=400\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.90\text{ mm}$ αρα $1.90\text{mm}/0.337\text{mm}=6$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=2.03\text{mm}>1.90\text{mm}$ για $\kappa=11$ στρώσεις

3.Υλικό Sika Wrap 450 C/120 : $t_j=0.255\text{ mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $A_s d=0.3$, $\Phi 18$, $f_{yk}=400\text{MPa}$

η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=2.29\text{ mm}$ αρα $2.29\text{mm}/0.255\text{mm}=9$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=2.32\text{mm}>2.29\text{mm}$ για $\kappa=18$ στρώσεις

4.Υλικό Sika Wrap 450 C/120 : $t_j=0.255\text{ mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $B_s d=0.4$, $\Phi 18$, $f_{yk}=400\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.88\text{ mm}$ αρα $1.88\text{mm}/0.255\text{mm}=8$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=1.90\text{mm}>1.88\text{mm}$ για $\kappa=15$ στρώσεις

5.Υλικό Sika Wrap 600C/120 : $t_j=0.337\text{mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $A_s d=0.3$, $\Phi 18$, $f_{yk}=235\text{MPa}$

η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.34\text{ mm}$ αρα $1.34\text{mm}/0.337\text{mm}=4$ στρώσεις

6.Υλικό Sika Wrap600C/120 : $t_j=0.337\text{mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $B_s d=0.4$, $\Phi 18$, $f_{yk}=235\text{MPa}$

η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.10\text{ mm}$ αρα $1.10\text{mm}/0.337\text{mm}=3.3$ στρώσεις

7.Υλικό Sika Wrap 450 C/ 190 : $t_j=0.255\text{ mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $A_s d=0.3$, $\Phi 18$, $f_{yk}=235\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.34\text{ mm}$ αρα $1.34\text{mm}/0.255\text{mm}=5$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=1.35\text{mm}>1.34\text{mm}$ για $\kappa=9$ στρώσεις

8.Υλικό Sika Wrap 450 C/ 190 : $t_j=0.255\text{ mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $B_s d=0.4$, $\Phi 18$, $f_{yk}=235\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.10\text{mm}$ αρα $1.10\text{mm}/0.255\text{mm}=4.35$ στρώσεις

παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=1.22\text{mm}>1.10\text{mm}$ για $\kappa=7$ στρώσεις

9.Υλικό Sika Wrap600C/120 : $t_j=0.337\text{mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $A_s d=0.3$, $\Phi 18$, $f_{yk}=330\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.89\text{mm}$ αρα $1.89\text{mm}/0.337\text{mm}=5.61$ στρώσεις σύμφωνα με τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j=\psi \kappa t_j=2.13\text{mm}>1.89\text{mm}$ για $\kappa=11$ στρώσεις

10.Υλικό SikaWrap600C/120 : $t_j=0.337\text{mm}$, $E=242\text{GPa}$, σταθ.επιτ $B_s d=0.4$, $\Phi 18$, $f_{yk}=330\text{MPa}$

η σχέση(8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j=1.57\text{mm}$ αρα $1.57\text{mm}/0.337\text{mm}=4.62$ στρώσεις σύμφωνα με

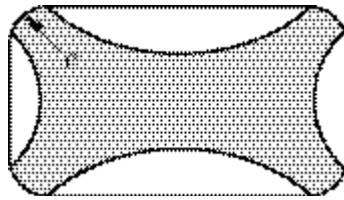
τη παράγραφο (6.2.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ) : $t_j = \psi \cdot k \cdot t_j = 1.59\text{mm} > 1.57\text{mm}$ για $k=9$ στρώσεις

6.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ EC8

Η ολίσθηση των ενώσεων με υπερκάλυψη μπορεί να αποφευχθεί εφαρμόζοντας μια πλευρική πίεση μέσω των μανδύων FRP. Για κυκλικά υποστυλώματα με διάμετρο D το απαραίτητο πάχος μπορεί να υπολογίζεται ως :

$$t_f = \frac{D(\sigma_1 - \sigma_{sw})}{2E_f \cdot \omega \omega} \quad (\text{A4.4.4 ,σχέση A.37 ,EC8[10]})$$

όπου σ_{sw} είναι η τάση σύσφιξης η οποία οφείλεται στους συνδετήρες υπο ανηγμένη παραμόρφωση $0,001$ ($\sigma_{sw} = 0,001 \rho_w E_s$) ή η ενεργός πίεση από την τσιμεντένεση μεταξύ του FRP και του υποστυλώματος εάν υπάρχει , ενώ το σ_1 αντιπροσωπεύει την τάση σύσφιξης σε όλο το μήκος υπερκάλυψης l_s (A4.4.4(1) , EC8 [10]) . Για ορθογωνικά υποστυλώματα, οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντικαθιστώντας το D με b_w το πλάτος διατομής (A4.4.4(2) , EC8 [10]) . Επίσης για την περίπτωση των ορθογωνικών διατομών στις οποίες οι γωνίες είναι (εικ.6.1 A.4.4.3 EC8 [10]) στρογγυλεμένες έτσι ώστε να επιτρέπουν την τύλιξη του FRP γύρω από αυτές (βλέπε Σχήμα 4.1) , η πίεση περίσφιξης η οποία εφαρμόζεται από το φύλλο FRP υπολογίζεται ως : $f_1 = k_s f_l$ με $k_s = 2 R_c / D$ και $f_l = 2 E_f \epsilon_{ju} t_f / D$, όπου D είναι το μεγαλύτερο πλάτος διατομής , R_c η ακτίνα καμπυλότητας και $\rho_w = 2 t_f / b_w$ (EC8,(A4.4.3(4)[10])).



εικ 6.1 A.4.4.3 EC8[10]

1. Υλικό Sika Wrap 600C/120 : $t_j = 0.337\text{mm}$, $E = 242\text{GPa}$, $\epsilon_{ju} = 1.25\%$, $R_c = 220\text{mm}$

η σχέση (A4.4.4 ,σχέση A.37 ,EC8) δίνει $t_f = 1.44\text{mm}$, άρα $2.05/0.337 = 6$ στρώσεις

2. Υλικό Sika Wrap 450C /90 : $t_j = 0.255\text{mm}$, $E = 242\text{GPa}$, $\epsilon_{ju} = 1.25\%$, $R_c = 220\text{mm}$

η σχέση (A4.4.4 ,σχέση A.37 ,EC8) δίνει $t_f = 0.83\text{mm}$, άρα $1.95/0.255 = 7$ στρώσεις

όπου για τον υπολογισμό των παραπάνω :

- $\epsilon_j = 75\% \epsilon_{ju}$
- $k_s = 2 R_c / D$ (A.4.4.3(4) , EC8[10])

- $\sigma_1 = f_1 = (2E \epsilon_j t_f)$ (A.4.4.3(4) , EC8[10])
- $\sigma_w = 0.001 \rho_w E s$ (A.4.4.4(1) , EC8[10])
- $\rho_w = 2t_f/bw$ (A.4.4.3(6) , EC8[10])

7.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

α.Υλικό Sika Wrap 600C/120 : $t_j = 0.337 \text{ mm}$, $E = 242 \text{ GPa}$, στάθμη επιτελεστικότητας B η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j = 1.90 \text{ mm}$, ενώ

η σχέση (A4.4.4 ,σχέση A.37 ,EC8) δίνει $t_f = 2.05 \text{ mm}$

β.Υλικό Sika Wrap 450C/190 : $t_j = 0.255 \text{ mm}$, $E = 242 \text{ GPa}$, στάθμη επιτελεστικότητας B :

η σχέση (8.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ) δίνει : $t_j = 1.88 \text{ mm}$ αρα 1.88 mm , ενώ

η σχέση (A4.4.4 ,σχέση A.37 ,EC8) δίνει $t_f = 1.95 \text{ mm}$

8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Πιο μεγάλο ονομαστικό πάχος υλικού οδηγεί σε μικρότερο αριθμό στρώσεων
- Οι στάθμες επιτελεστικότητας Β,Γ ($s_d = 0.4$) είναι πιο ευεργετικές απο Α($s_d = 0.3$) και οδηγούν σε μεγαλύτερο ποσοστό παραμόρφωσης ϵ_{jd} .
- Ο ευροκώδικας λαμβάνει άμεσα την συνεισφορά των συνδετήρων στη σχέση A.38 EC8 , σε αντίθεση με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ που την αγνοεί.
- Βάσει των αποτελεσμάτων ο EC8 δίνει λίγο μεγαλύτερα πάχη υλικού .
- Ο ευροκώδικας δεν λαμβάνει υπ' όψιν του τη μείωση αποδοτικότητας πολλών στρώσεων.

9.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

[1].ΚΑΝ.ΕΠΕ 2012 , Κανονισμός Επεμβάσεων

[2]. Στέφανος Δρίτσος Ενισχύσεις – Επισκευές Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος Πάτρα 2012.

[3]. Αθ.Τριανταφύλλου , Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος με Σύνθετα Υλικά Πάτρα 2001,

.

[4].Ε.Κ.Ο.Σ

[5]. Μιχαήλ Φαρδής Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος μέρος 1 και 2 ,Πάτρα 2012

[6]. Ευρωκώδικας 8 .

[7]. Sika Hellas

[8].Μπουγιούκας Ιωάννης , Πειραματική διερεύνηση της συνάφειας ράβδων οπλισμού σκυροδέματος σε μονότονη φόρτιση,Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2009

[9]. Γεωργακοπούλου Μαριάννα,Ενίσχυση στοιχείων με ινοπλισμένο σκυρόδεμα απο χάλυβα και πλαστικά υλικά , Πανεπιστήμιο Πατρών 2006

[10]. Ευρωκώδικας 2

[11].Springer Images,(<http://www.springer.com/environment/sustainable+development>

[12]. Qing-Sheng Yang , Qing-Hua Qin , Dai-Hua Zheng, Analytical and numerical investigation of interfacial stresses of FRP–concrete hybrid structure,2002
<http://users.cecs.anu.edu.au/~Qinghua.Qin/publications/pap67E-CS.pdf>

[13].Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας , Κανόνες Διαμόρφωσης Δομικών στοιχείων

[14]. Ιγνατάκης Χρήστος , Διαμόρφωση και λεπτομέρειες όπλισης δομικών στοιχείων απο σκυρόδεμα , Θεσσαλονίκη 2006 .

[15].Macon.gr (<http://macon.gr/index.php>)

