



ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΑΠΟ ΙΝΕΣ ΧΑΛΥΒΑ

Σαλονικιός Ν. Θωμάς, Κύριος Ερευνητής Ι.Τ.Σ.Α.Κ .

1/30

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ινοπλισμένων πολυμερών είναι πολύ σημαντικά επειδή σε αυτά βασίζεται όλη η μεθοδολογία υπολογισμού της καμπτικής και διατμητικής ενίσχυσης που επέρχεται με την χρήση τους.

Μία συνήθη σχέση για τον υπολογισμό της καμπτικής αντοχής είναι $M=N \cdot I$:

$$M=N_j \cdot I_i = n \cdot t \cdot b \cdot E_f \cdot \epsilon_f \cdot 0.8 \cdot I_w, \quad \epsilon_f = \min\{5\epsilon_{sy}, \epsilon_{fu}/2, 0.008\} \quad \text{Τριανταφύλλου 1998}$$

$$M=N_j \cdot I_i = \alpha \cdot c_1 \cdot k_b \cdot k_c \cdot b_f \cdot \sqrt{(E_f \cdot t_f \cdot f_{tm})} \cdot 0.8 \cdot I_w \quad \text{Neubauer \& Rostasy (fib, 2001)}$$

$$M=N_j \cdot I_i = n \cdot t \cdot b \cdot E_f \cdot \epsilon_f \cdot 0.8 \cdot I_w, \quad \epsilon_f = \epsilon_{cu} \cdot (I_w - c) / c \leq k_m \cdot \epsilon_{fu} \quad \text{ACI 2002}$$

Για τον υπολογισμό της διατμητικής αντοχής εφαρμόζονται ομοίως απλουστευμένες σχέσεις:

$$V_f = 2 \cdot t_f \cdot \sigma_{fe} \cdot d \cdot (1 + \cot \beta) \cdot \sin^2 \beta, \quad \sigma_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{f,e}, \quad \epsilon_{f,e} = 0.75 \cdot \epsilon_{fu}, \quad \text{ACI 2002}$$

$$V_f = 2 \cdot t_f \cdot d_f \cdot (\epsilon_{f,e} \cdot E_f) \cdot \cot \theta, \quad \epsilon_{f,e} : \text{θραύση υλικού, αποκόλληση υλικού, Τριανταφύλλου 2003}$$

$$V_f = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \rho_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{f,e} \cdot (1 + \cot \beta) \cdot \sin \beta \quad \text{Eurocode 8}$$

$$V_f = 2 \cdot t_f \cdot \sigma_{fe} \cdot d, \quad \sigma_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{f,e} \quad \text{ΚΑΝΕΠΕ 2004}$$

2/30

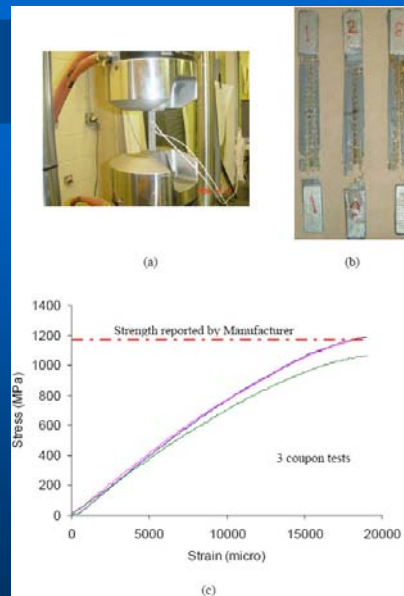
ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

3/30

Οι Kim et al (2005) μελέτησαν πειραματικά τις μηχανικές ιδιότητες των ΙΟΠ από ίνες χάλυβα του τύπου 3X2. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν σύμφωνα με τις συστάσεις ASTM D3039 “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials” τρία δοκίμια πλάτους 25mm και μήκους 250mm εμποτισμένων με εποξειδική ρητίνη του τύπου Sikadur 330 (Εικόνα 2.4). Για την καταγραφή των πειραματικών επιμηκύνσεων των δοκιμίων τοποθετήθηκαν δυο ταινίες μήκυνσης (strain gauges) παράλληλα και κάθετα στη διεύθυνση των ινών του ΙΟΠ.

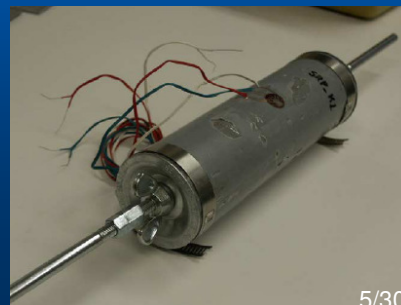
	Elastic modulus (GPa)		Tensile strength (MPa)		Poisson's ratio		Rupture strain (%)	
	E	S ⁽²⁾	σ	S ⁽²⁾	μ	S ⁽²⁾	ε	S ⁽²⁾
Manufacturer ⁽¹⁾	77.9	-	1,171	-	-	-	-	-
Coupon tests	80.2	4.5	1,137	65	0.32	0.03	1.87	0.06

⁽¹⁾ Hardwire® (Hardwire LLC, 2004); ⁽²⁾ standard deviation



4/30

Οι **Barton et al (2005)** [2] προσδιόρισαν πειραματικά τις ιδιότητες των ΙΟΠ από ίνες χάλυβα εμποτισμένων με πολυμερείς ρητίνες (SRP) και πολυμερώς τροποποιημένα τζιμεντοειδή κονιάματα (SRG) σύμφωνα με τις συστάσεις του ASTM D3039. Οι ίνες χάλυβα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των SRP και SRG δοκιμίων ήταν οι 3X2 και 3SX αντίστοιχα. Ως μήτρα εμποτισμού επιλέχθηκε η εποξειδική ρητίνη SikaDur_330 για τα SRP και το τσιμεντοειδές κονίαμα SikaTop_121 για τα SRG.



	SRP ($\nu_f = 16\%$)	SRG ($\nu_f = 6.5\%$)
Longitudinal modulus, E_1	27.0 GPa (5160 ksi)	14.6 GPa (2120 ksi)
Transverse modulus, E_2	5.86 GPa (850 ksi)	3.45 GPa (500 ksi)
Shear modulus, G_{12} and G_{13}	3.03 GPa (440 ksi)	2.07 GPa (300 ksi)
Major Poisson's ratio, ν_{12}	0.32	0.35
Minor Poisson's ratio, ν_{21}	-0.026	0

5/30

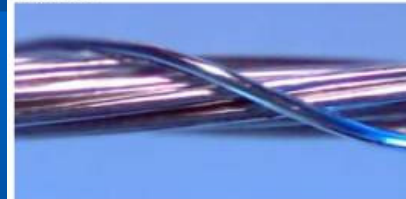
Steel Reinforced Polymers (SRP)

3X2 Cord



- 5 σύρματα ϕ 0.35mm, ανά χορδή
- Εμβαδό διατομής χορδής 0.481mm²
- 9.0551 χορδές/cm
- Πάχος χορδής 1.23mm

12X Cord



- 3 σύρματα ϕ 0.22mm, 9 σύρματα ϕ 0.20mm και ένα εξωτερικό σύρμα ϕ 0.18mm ανά χορδή
- Εμβαδό διατομής χορδής 0.414mm²
- 9.0551 χορδές/cm
- Πάχος χορδής 1.23mm

Λεπτομέρειες των δύο τύπων χαλυβδοϋφασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν

6/30

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κύριος στόχος: Συγκριτικές πειραματικές δοκιμές δοκών από Ο/Σ ενισχυμένων σε κάμψη ή διάτμηση με την χρήση γαλβδοϋφασμάτων (SRP) και ελασμάτων άνθρακα (CFRP).

1^η Φάση → Δοκιμές για τον καθορισμό των νόμων Τάσης – Παραμόρφωσης για SRP και CFRP (ASTM D 5053 M)

2^η Φάση → Δοκιμές για τον καθορισμό των δυνάμεων συνάφειας των SRP και CFRP με το σκυρόδεμα

3^η Φάση → Δοκιμές για την μέτρηση της απόκρισης δοκών ενισχυμένων με SRP και CFRP έναντι κάμψης και διάτμησης

7/30

1^η Φάση: Δοκιμές για τον καθορισμό των νόμων Τάσης – Παραμόρφωσης για SRP και CFRP



Λεπτομέρειες από δοκιμές άμεσου εφελκυσμού



8/30

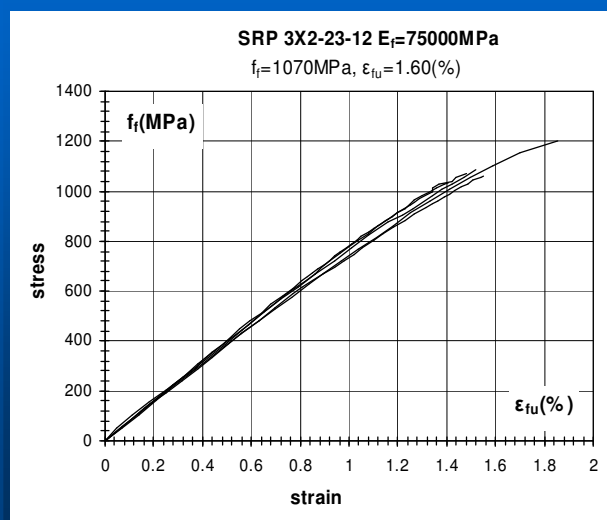
1η Φάση: Δοκιμές για τον καθορισμό των νόμων Τάσης – Παραμόρφωσης για SRP και CFRP



Χορδές και σύρματα μετά τις δοκιμές εφελκυσμού

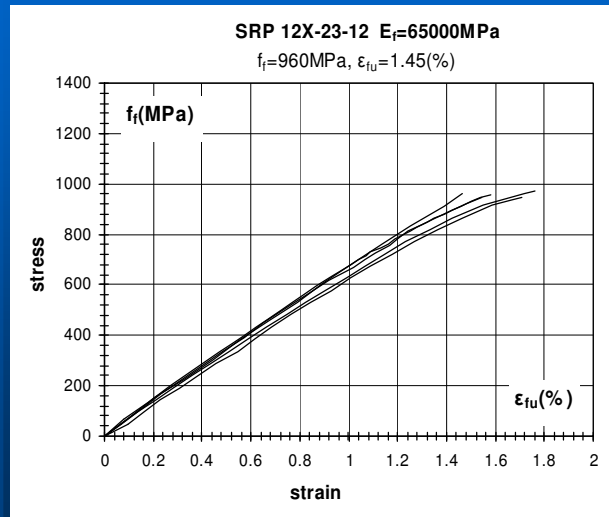
9/30

Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης για SRP 3X2

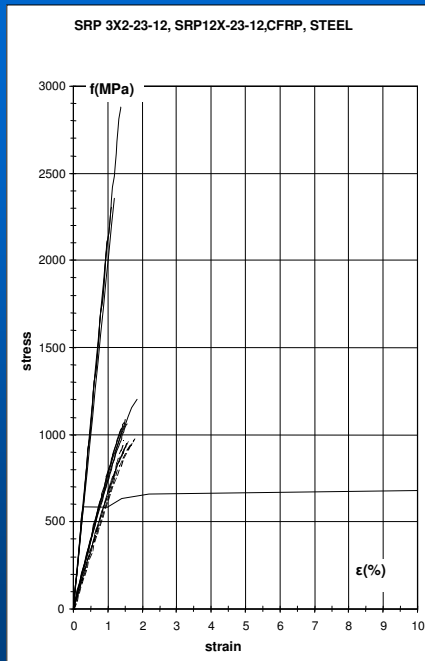


10/30

Διάγραμμα τάσης παραμόρφωσης για SRP 12X



11/30



Συγκριτικά διαγράμματα
τάσης - παραμόρφωσης:
*SRP 3X2, SRP 12X,
*CFRP
*steel reinforcement

12/30

Τιμές μετρημένων ιδιοτήτων (για SRP) και σύγκριση με τις τιμές ιδιοτήτων του κατασκευαστή

SPECIMENS	MATERIAL TYPE	CROSS SECT.	EFFECTIVE MODULUS	FRACTURE STRESS	FRACTURE STRAIN
		(mm)	MPa	MPa	(%)
I11	SRP 3X2-23-12	16.6X1.23	75000	1200.8	1.85
I21	SRP 3X2-23-12	15.5X1.23	80100	1088.2	1.52
I12	SRP 3X2-23-12	28.7X1.23	79340	1069.2	1.48
I22	SRP 3X2-23-12	29.8X1.23	77280	1058.9	1.55
I13	SRP 3X2-23-12	49.6X1.23	80020	1035.2	1.41
I11	SRP 12X-23-12	16.6X1.23	62750	948.5	1.71
I21	SRP 12X-23-12	16.6X1.23	65160	972.5	1.76
I12	SRP 12X-23-12	28.5X1.23	67810	960.5	1.46
I22	SRP 12X-23-12	28.5X1.23	70130	948.4	1.55
I13	SRP 12X-23-12	48.0X1.23	70740	956.8	1.58
MID. VALUES	SRP 3X2-23-12		78348	1090.5	1.56
MANUF. VALUES	SRP 3X2-23-12		77900	1171.1	
MID. VALUES	SRP 12X-23-12		67318	957.3	1.61
MANUF. VALUES	SRP 12X-23-12		67600	951.0	
CFRP (MID. VAL.)	CarboDur S512	25.0X1.2	208047	2413.3	1.18
MANUF. VALUES (min)	CarboDur S512		160000	2800.0	1.70

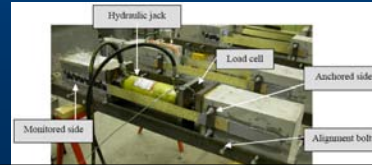
13/30

ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

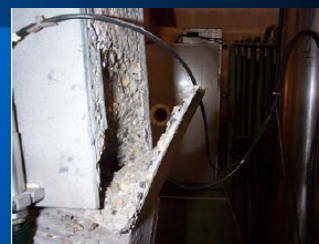
14/30

Οι **Matana et al (2005)** εξέτασαν τον μηχανισμό συνάφειας μεταξύ των SRP, SRG και της επιφάνειας σκυροδέματος με τη χρήση δοκιμών άμεσου εφελκυσμού (double shear tests). Πιο συγκεκριμένα 24 σειρές διπλών πρισματικών δοκιμών από άοπλο σκυρόδεμα κατασκευάστηκαν. Οι διαστάσεις του κάθε πρισματικού δοκιμίου ήταν 191x191x 394mm με μέση θλιπτική και εφελκυστική αντοχή 14.6MPa και 2.8MPa αντίστοιχα. Οι παράμετροι των δοκιμών που μεταβάλλονταν ήταν ο τύπος υλικού SRP/SRG, η τραχύτητα της επιφάνειας σκυροδέματος και το μήκος αγκύρωσης. Για τα SRP ο τύπος των χαλύβδινων ινών που επιλέχτηκε ήταν ο 3X2 με μήτρα εμποτισμού την εποξειδική ρητίνη Sikadur_330 ενώ για τα SRG επιλέχθηκε ο τύπος 3SX με μήτρα εμποτισμού το τσιμεντοειδές κονίαμα SikaTop_121. Σε όλα τα δοκίμια έγινε τράχυνση της επιφάνειας μέσω της μεθόδου της υδροβολής. Σε κάθε πλευρά του πρισματικού δοκιμίου επικολλήθηκε έλασμα SRP/SRG πλάτους 51mm με τρία διαφορετικά μήκη αγκύρωσης: 4in (102mm), 8in (203mm) και 12in (305mm) αντίστοιχα. Το ενεργό μήκος αγκύρωσης για το SRP βρέθηκε να είναι γύρω στα 127mm, το οποίο είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μήκος αγκύρωσης για το FRP το οποίο είναι 102mm. Για το SRG το ενεργό μήκος αγκύρωσης βρέθηκε να είναι μεγαλύτερο από 305mm.

15/30

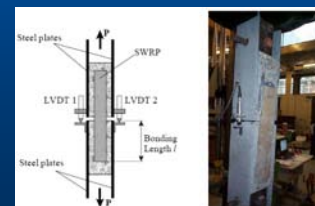


Οι **Figeys et al (2005)** διερεύνησαν πειραματικά το μηχανισμό συνάφειας μεταξύ σκυροδέματος και SRP μέσω δοκιμών άμεσου εφελκυσμού (single shear tests). Εφαρμόστηκαν μοντέλα μη γραμμικής θραυστομηχανικής για την προσομοίωση και την προσέγγιση του μηχανισμού αστοχίας στην περιοχή συγκόλλησης. Επίσης προσδιορίστηκαν πειραματικά παράμετροι που σχετίζονται με τις ιδιότητες συνάφειας του SRP με το σκυρόδεμα μέσω δοκιμών εξόλκευσης (Pull-off tests).



Test	Bonding length (mm)	Type*	F_{exp} (kN)	F_{CFRP} (kN)	F_{exp}/F_{CFRP} (-)	F_{SWRP} (kN)	F_{exp}/F_{SWRP} (-)
150 b	150	1	29.5	25.9	1.14	28.1	1.05
200a	200	1	34.4	31.0	1.10	33.6	1.02
200b	200	1	35.1	31.0	1.13	33.6	1.04
1150 a	150	2	33.4	27.7	1.21	33.2	1.01
1150 b	150	2	35.1	27.7	1.27	33.2	1.06
1200 a	200	2	39.5	35.0	1.13	41.9	0.94
1200 b	200	2	41.7	35.0	1.19	41.9	1.00

* 1: 1 layer, 2: Pre-impregnated + 2 layers

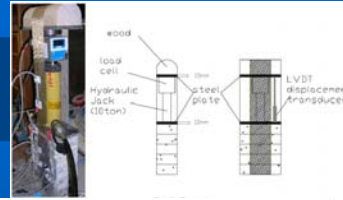


16/30

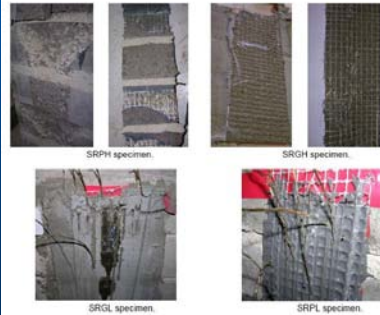
Cancelli et al (2007). Οι παράμετροι των δοκιμών που μεταβάλλονταν ήταν η μήτρα εμποτισμού του ΙΟΠ από ίνες χάλυβα (εποξειδική ρητίνη για τα SRP, τσιμεντοειδές κονίαμα για τα SRG) και η πυκνότητα των χαλύβδινων ινών του υλικού.

Στα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκε μειωμένη πυκνότητα χαλύβδινων ινών (SRPL και SRGL) παρατηρήθηκε πρόωρη αστοχία από θραύση των χαλύβδινων ινών ή διαχωρισμό των ινών από την μήτρα εμποτισμού πριν την ανάπτυξη της αντοχής συνάφειας.

Η μέγιστη αντοχή, ο τρόπος αστοχίας και η μεταβίβασης δυνάμεων επηρεάζονται από τον τύπο της μήτρας εμποτισμού. Συγκεκριμένα στα δοκίμια που έγινε χρήση εποξειδικής ρητίνης παρατηρήθηκε αποκόλληση σκυροδέματος ενώ στα δοκίμια που έγινε χρήση τσιμεντοειδούς κονιάματος παρατηρήθηκε αστοχία στο επίπεδο του τσιμεντοειδούς κονιάματος. Επίσης η αντοχή συνάφειας ήταν μικρότερη για τα δοκίμια με τσιμεντοειδές κονίαμα (SRG).



Specimen	Fu (kN)	Average Fu (kN)	Failure type
SRGL_1	8.93	10.61	Micro-Debonding
SRGL_2	12.30		Micro-Debonding
SRGH_1	15.50	16.84	Macro-Debonding(g)
SRGH_2	18.19		Macro-Debonding(g)
SRPL_2	13.86	26.84	Cords Breaking
SRPH_1	24.00		Macro-Debonding(m)
SRPH_2	27.65	Macro-Debonding(m)	
SRPH_3	28.96	Macro-Debonding(m)	

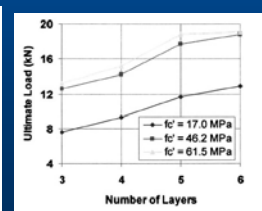
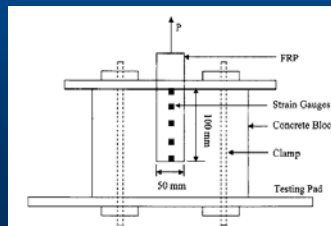


17/30

Οι **Toutanji et al (2007)** μελέτησαν πειραματικά την επιρροή της αντοχής του σκυροδέματος και τον αριθμό ισοδύναμων στρώσεων υφάσματος FRP στην αντοχή συνάφειας μεταξύ σκυροδέματος και FRP. Συγκεκριμένα 12 δοκίμια δοκιμάστηκαν μέσω της δοκιμής άμεσου εφελκυσμού (simple shear test) όπως φαίνεται από την εικόνα 2.15. Στα πρισματικά δοκίμια άοπλου σκυροδέματος διαστάσεων 200mm x 200mm x 130mm επικολλήθηκαν μέσω εποξειδικής ρητίνης τα υφάσματα FRP πλάτους 50mm. Το μήκος αγκύρωσης όλων των δοκιμών ήταν ίσο με 100mm. Η επιβολή της φόρτισης έγινε μέσω ελεγχόμενης μετατόπισης (deformation controlled) με ρυθμό τάνυσης 0,5mm/min και η καταγραφή των επιμηκύνσεων έγινε με χρήση ταινιών μήκυνσης (strain gages) κατά μήκος του άξονα του υφάσματος FRP.

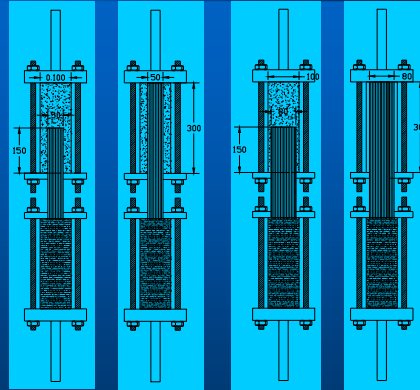
Specimen	Concrete strength (MPa)	Number of layers	Experimental ultimate load (kN)	Failure mode
I-1	17.0	3	7.56	CS
I-2	17.0	4	9.29	CS
I-3	17.0	5	11.64	DL
I-4	17.0	6	12.86	DL
II-1	46.2	3	12.55	DL
II-2	46.2	4	14.25	DL
II-3	46.2	5	17.72	DL
II-4	46.2	6	18.86	DL
III-1	61.5	3	13.24	DL
III-2	61.5	4	15.17	DL
III-3	61.5	5	18.86	DL
III-4	61.5	6	19.03	DL

Note: CS=concrete shearing and DL=fiber delamination.



18/30

2^η Φάση. Δοκιμές για τον καθορισμό του νόμου αντοχής συνάφειας – παραμόρφωσης αποκόλλησης για SRP και CFRP



Πειραματική διάταξη, σχέδια αντιπροσωπευτικών δοκιμίων και δοκίμιο εγκατεστημένο προς δοκιμή

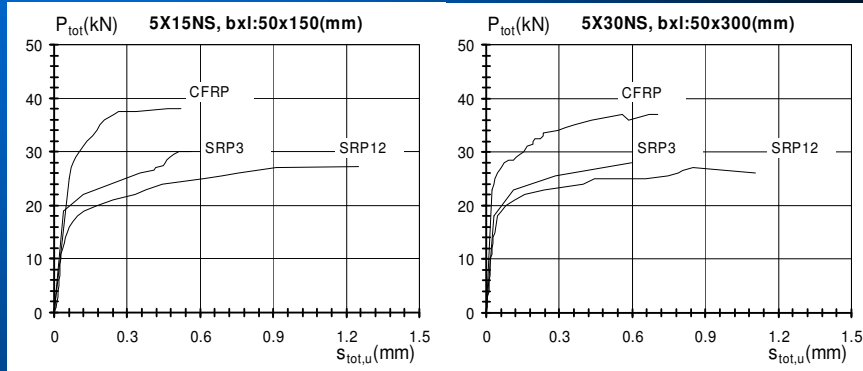
19/30

2^η Φάση Αποτελέσματα δοκιμών συνάφειας

Δοκίμιο	f_{cm}/f_{ctm}	L × b _f mm × mm	Τύπος Υλικού	0.5P _{tot}	Stot/Stot,u
	MPa			kN	mm
CFRP-5X15NS	22.0/2.4	50×150	CFRP	19.0	0.38/0.52
CFRP-5X30NS	22.0/2.4	50×300	CFRP	18.5	0.50/0.70
SRP12-5X15NS	22.0/2.4	50×150	SRP12X	13.7	1.09/1.25
SRP12-5X30NS	22.0/2.4	50×300	SRP12X	13.5	0.55/1.11
SRP12-8X15NS	22.0/2.4	80×150	SRP12X	19.0	0.55/ ---
SRP12-8X30NS	22.0/2.4	80×300	SRP12X	21.0	0.58/0.99
SRP3X2-5X15NS	22.0/2.4	50×150	SRP3X2	15.0	0.45/0.56
SRP3X2-5X30NS	22.0/2.4	50×300	SRP3X2	14.0	--- /0.60
SRP3X2-8X15NS	22.0/2.4	80×150	SRP3X2	20.3	0.37/0.79
SRP3X2-8X30NS	22.0/2.4	80×300	SRP3X2	22.0	1.29/1.28
CFRP-5X15HS	38.5/3.5	50×150	CFRP	18.7	0.21/0.25
CFRP-5X30HS	38.5/3.5	50×300	CFRP	18.8	0.23/0.60
SRP12-5X15HS	38.5/3.5	50×150	SRP12X	13.8	0.23/0.51
SRP12-5X30HS	38.5/3.5	50×300	SRP12X	14.5	0.51/1.29
SRP3X2-5X15HS	38.5/3.5	50×150	SRP3X2	13.8	--- / 0.50
SRP3X2-5X30HS	38.5/3.5	50×300	SRP3X2	15.3	0.28/0.54

20/30

Διαγράμματα των δυνάμεων συνάφειας (P_{tot}) συναρτήσει της επιμήκυνσης αποκόλλησης ($S_{tot,u}$).



Μήκος συνάφειας 150mm

Πλάτος συνάφειας 50mm

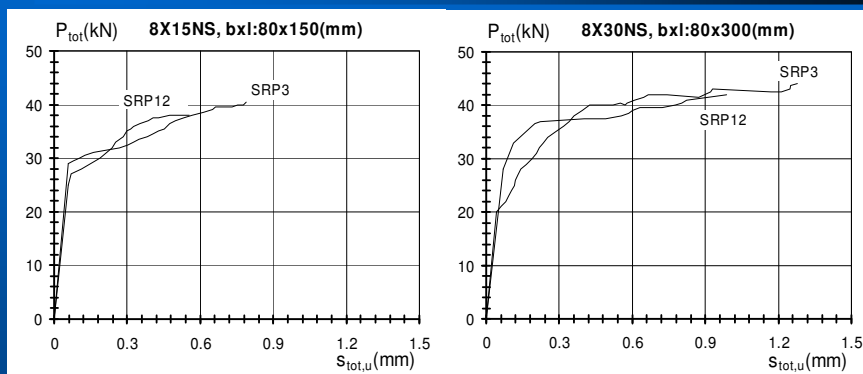
Αντοχή σκυροδέματος $f_{cm} = 21.98\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2.42\text{MPa}$

Μήκος συνάφειας 300mm

Πλάτος συνάφειας 50mm

21/30

Διαγράμματα των δυνάμεων συνάφειας (P_{tot}) συναρτήσει της επιμήκυνσης αποκόλλησης ($S_{tot,u}$).



Μήκος συνάφειας 150mm

Πλάτος συνάφειας 80mm

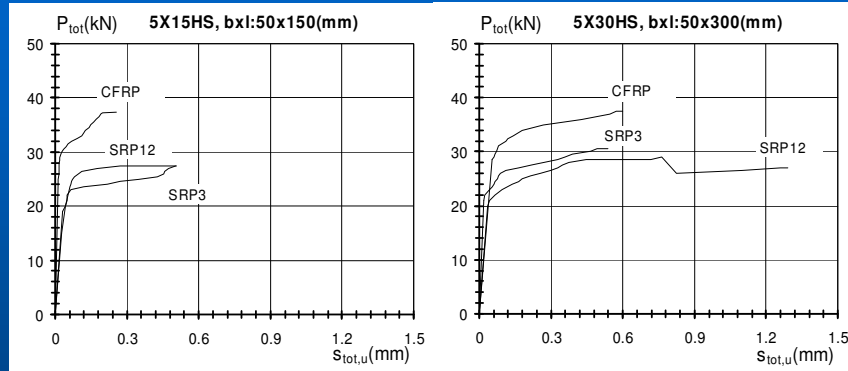
Αντοχή σκυροδέματος $f_{cm} = 21.98\text{MPa}$, $f_{ctm} = 2.42\text{MPa}$

Μήκος συνάφειας 300mm

Πλάτος συνάφειας 80mm

22/30

Διαγράμματα των δυνάμεων συνάφειας (P_{tot}) συναρτήσει της επιμήκυνσης αποκόλλησης ($S_{tot,u}$).



Μήκος συνάφειας 150mm

Πλάτος συνάφειας 50mm

Αντοχή σκυροδέματος $f_{cm} = 38.50\text{MPa}$, $f_{ctm} = 3.50\text{MPa}$

Μήκος συνάφειας 300mm

Πλάτος συνάφειας 50mm

23/30

Αναλυτικές προσεγγίσεις

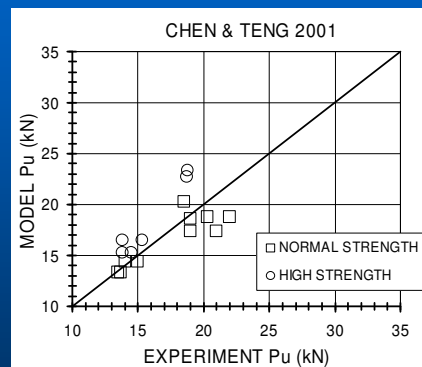
Chen and Teng (2001)

$$P_u = 0.427 \beta_p \beta_L \sqrt{f'_c} b_f L_e$$

$$L_e = \sqrt{\frac{E_f t_f}{\sqrt{f'_c}}}$$

$$\beta_p = \sqrt{\frac{2 - b_f/b_c}{1 + b_f/b_c}}$$

$$\beta_L = 1 \text{ if } L \geq L_e \quad \beta_L = \sin \frac{\pi L}{2L_e} \text{ if } L < L_e$$



Σύμπτωση των μετρημένων αντοχών συνάφειας με τις αναλυτικά υπολογιζόμενες αντοχές συνάφειας

24/30

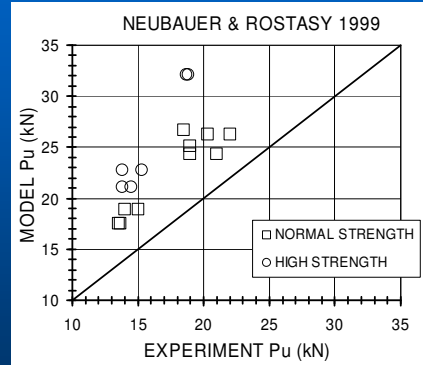
Αναλυτικές προσεγγίσεις

Neubauer and Rostasy (1999)

$$P_u = 0.64k_f b_f \sqrt{E_f t_f f_{ctm}} \quad \text{if } L \geq L_e$$

$$P_u = 0.64k_f b_f \sqrt{E_f t_f f_{ctm}} \frac{L}{L_e} \left(2 - \frac{L}{L_e} \right) \quad \text{if } L < L_e$$

$$L_e = \sqrt{\frac{E_f t_f}{2f_{ctm}}} \quad k_f = \sqrt{\frac{1.125 \left(2 - \frac{b_f}{b_c} \right)}{1 + \frac{b_f}{400}}} \geq 1$$



Σύμπτωση των μετρημένων αντοχών συνάφειας με τις αναλυτικά υπολογιζόμενες αντοχές συνάφειας

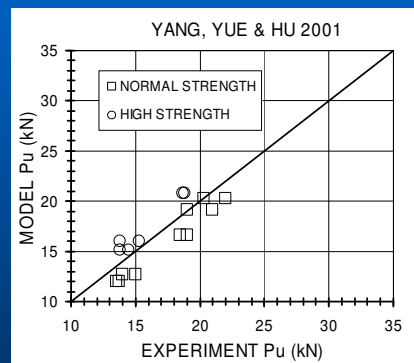
25/30

Αναλυτικές προσεγγίσεις

Yang et al. (2001)

$$P_u = \left(0.5 + 0.08 \sqrt{\frac{E_f t_f}{100f_{ctm}}} \right) L_e b_f (0.5f_{ctm})$$

$$L_e = 100\text{mm}$$



Σύμπτωση των μετρημένων αντοχών συνάφειας με τις αναλυτικά υπολογιζόμενες αντοχές συνάφειας

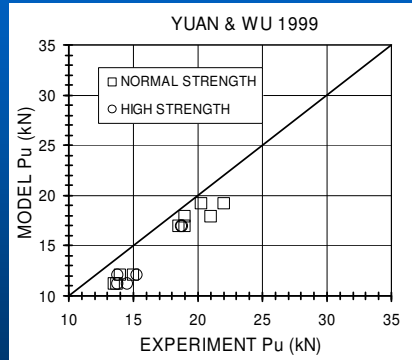
26/30

Αναλυτικές προσεγγίσεις

Yuan and Wu (1999)

$$P_u = \sqrt{\frac{2E_f t_f G_f}{1 + \alpha_Y}} \cdot b_f$$

$$\alpha_Y = \frac{b_f E_f t_f}{b_c E_c t_c}$$



Σύμπτωση των μετρημένων αντοχών συνάφειας με τις αναλυτικά υπολογιζόμενες αντοχές συνάφειας

27/30

Αντοχές συνάφειας όπως μετρήθηκαν κατά τις δοκιμές και όπως υπολογίστηκαν σύμφωνα με επιλεγμένα μοντέλα

SPECIMEN	Chen and Teng (2001)	Neubauer and Rostasy (1999)	Yang et al. (2001)	Yuan and Wu (1999)	0.5P _{tot,experiment}
	(kN)				
CFRP-5X15NS	18.6	25.1	16.7	16.9	19.0
CFRP-5X30NS	20.3	26.7	16.7	16.9	18.5
SRP12-5X15NS	13.3	17.5	12.0	11.2	13.7
SRP12-5X30NS	13.3	17.5	12.0	11.2	13.5
SRP12-8X15NS	17.4	24.3	19.2	17.9	19.0
SRP12-8X30NS	17.4	24.3	19.2	17.9	21.0
SRP3X2-5X15NS	14.4	18.9	12.7	12.1	15.0
SRP3X2-5X30NS	14.4	18.9	12.7	12.1	14.0
SRP3X2-8X15NS	18.7	26.2	20.3	19.2	20.3
SRP3X2-8X30NS	18.7	26.2	20.3	19.2	22.0
CFRP-5X15HS	22.7	32.1	20.8	16.9	18.7
CFRP-5X30HS	23.3	32.1	20.8	16.9	18.8
SRP12-5X15HS	15.3	21.1	15.1	11.2	13.8
SRP12-5X30HS	15.3	21.1	15.1	11.2	14.5
SRP3X2-5X15HS	16.5	22.8	16.0	12.1	13.8
SRP3X2-5X30HS	16.5	22.8	16.0	12.1	15.3

28/30

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα χαλυβδοϋφάσματα στον νόμο τάσης – παραμόρφωσης παρουσιάζουν μικρό ανελαστικό κλάδο, ενώ τα ελάσματα άνθρακα παρουσιάζουν γραμμικό νόμο τάσης παραμόρφωσης κατά τον εφελκυσμό τους μέχρι αστοχίας. Οι τιμές των επιμηκύνσεων αστοχίας των δύο αυτών υλικών ήταν πολύ κοντά. Για τα χαλυβδοϋφάσματα τύπου 3x2 παρατηρήθηκε υψηλότερο μέτρο ελαστικότητας και αντοχή θραύσης από ότι για τα χαλυβδοϋφάσματα τύπου 12x.
- Από τις πειραματικές δοκιμές που έγιναν συμπεραίνεται ότι τα ελάσματα άνθρακα έχουν υψηλότερη αντοχή συνάφειας με το σκυρόδεμα από ότι τα χαλυβδοϋφάσματα.
- Το πλάτος του σύνθετου υλικού βρέθηκε να επηρεάζει σαφώς την αντοχή συνάφειας. Ο λόγος των δυνάμεων αποκόλλησης δεν ήταν απευθείας ανάλογος με τα πλάτη των λωρίδων των σύνθετων υλικών.
- Το διαφορετικό μήκος των λωρίδων CFRP και SRP (300mm και 150mm), το οποίο ήταν πάντα μεγαλύτερο από το ενεργό μήκος αγκύρωσης, δεν επηρέασε την δύναμη αποκόλλησης συνάφειας.
- Οι τρεις τύποι πολυμερών που δοκιμάστηκαν (SRP12X, SRP3X2 και CFRP) επέδειξαν σαφείς διαφοροποιήσεις στην ολίσθηση αποκόλλησης για την οποία επήλθε αστοχία της συνάφειας. Αυτό αποδίδεται στα σημαντικά διαφορετικά μέτρα ελαστικότητας αυτών των πολυμερών από ίνες χάλυβα και άνθρακα.
- Τα αναλυτικά προσομοιώματα της διεθνούς βιβλιογραφίας που εφαρμόζονται για πολυμερή από άνθρακα και γυαλί είναι κατάλληλα για τον προσδιορισμό της δύναμης συνάφειας πολυμερών από ίνες χάλυβα. Ως καταλληλότερο από αυτά κρίνεται το προσομοίωμα των Chen and Teng (2001).

29/30

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Το παρόν ερευνητικό πρόγραμμα, αποτελέσματα του οποίου παρουσιάστηκαν, χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, την Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και από την εταιρεία Sika – Hellas.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

30/30