

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ :

**ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ,
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ,
ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΣΧΙΣΗΣ,
ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ,
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ – ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ**

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την αριθμητική εφαρμογή ενισχύσεων δοκών με ινοπλισμένα πολυμερή. Θα γίνει ξεχωριστή αναφορά σε κάθε έλεγχο με τις κατάλληλες κατασκευαστικές διατάξεις και συστάσεις. Παράλληλα θα παρουσιαστούν διαγράμματα για καλύτερη παρουσίαση των συνεπειών των μεταβολών των αριθμητικών τιμών και θα γίνει κριτική των μεταβολών αυτών σε κάθε περίπτωση.

1. ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ

Οι εξωτερικοί οπλισμοί (ινοπλισμένα πολυμερή) μπορούν να αναλάβουν μέχρι μια μέγιστη τιμή εφελκυστικής δύναμης. Αυτή μπορεί να προσδιοριστεί από τη σχέση (Τριανταφύλλου, 2000):

$$T_{k,max} = 0.5k_b b_f \sqrt{E_f t_f f_{ctm}}$$

Όπου :

$$k_b = 1.06 \sqrt{\frac{2 - \frac{b_f}{b}}{1 + \frac{b_f}{400}}} \geq 1$$

Με δεδομένα :

b_f, t_f είναι το πλάτος και το πάχος του εξωτερικού οπλισμού αντίστοιχα (mm)

b είναι το πλάτος της διατομής της δοκού (mm)

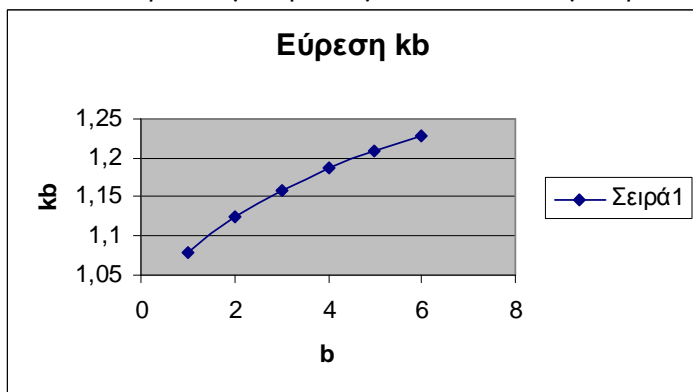
E_f είναι το Μέτρο Ελαστικότητας του ινοπλισμένου φύλλου στην διεύθυνση των ινών (MP)

f_{ctm} η μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MP)

Μεταβάλλοντας τις τιμές στην δεύτερη εξίσωση και με τα δεδομένα του πιο κάτω πίνακα έχουμε τα εξής:

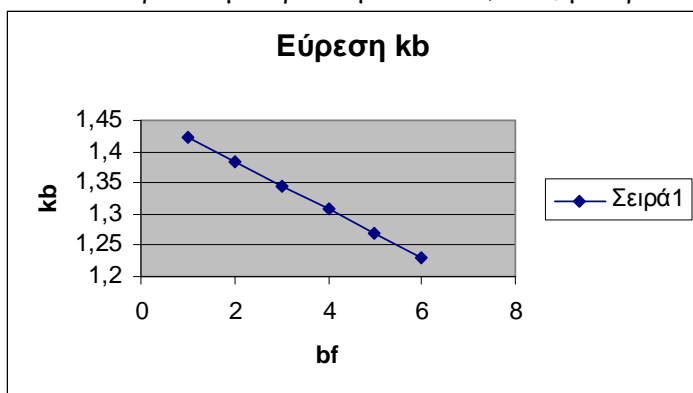
	mm	mm	mm	MP	mm	MP
	lb	bf	b	Ef	tf	fctm
		10	40	380000	5	1,6
		15	45	230000	10	1,9
Δ		20	50	75000	15	2,2
Ε		25	55	70000	20	2,6
Δ		30	60	70000	25	2,9
Ο		35	65	135000	30	3,2
Μ	mm		N		mm	
Ε	lbo		Tk,max		kb	
N	770,5518		12401,80		1,422584	
A	707,1068		12067,32		1,384217	
	657,1287		11731,61		1,345708	
	604,4705		11394,26		1,307011	
	572,3515		11054,82		1,268075	
	599,4789		10712,80		1,228843	

Για b_f σταθερό και μεταβαλλόμενο το b , το k_b μεταβάλλεται ως εξής:



1,078121
1,123741
1,158945
1,186972
1,209832
1,228843

Για b σταθερό και μεταβαλλόμενο το b_f , το k_b μεταβάλλεται ως εξής:

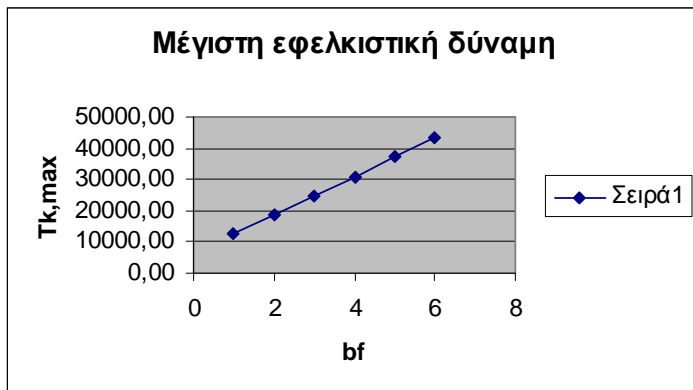


1,422584
1,384217
1,345708
1,307011
1,268075
1,228843

ΣΧΟΛΙΑ:

Στην πρώτη περίπτωση βλέπουμε ότι η μεταβολή του b προκαλεί αύξηση της τιμής του k_b , ενώ στην δεύτερη περίπτωση βλέπουμε ότι η μεταβολή του b_f προκαλεί μείωση της τιμής του k_b . Και στις δύο περιπτώσεις μεταβολής τιμών βλέπουμε ότι: $k_b \geq 1$. Άρα ισχύει ο περιορισμός που έχω θέσει στην αρχή.

Στη περίπτωση όμως της $T_{k,max}$ έχουμε τις εξής μεταβολές:
Για b_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



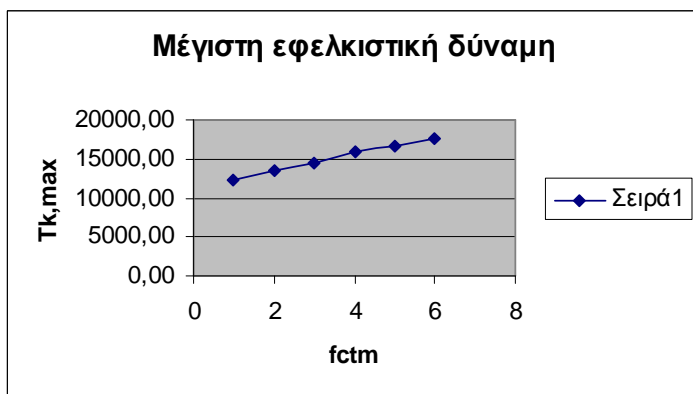
12401,80
18602,70
24803,60
31004,50
37205,40
43406,30

Για t_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



12401,80
17538,79
21480,55
24803,60
27731,26
30378,08

Για f_{ctm} μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



12401,80
13514,55
14542,40
15809,25
16696,43
17538,79

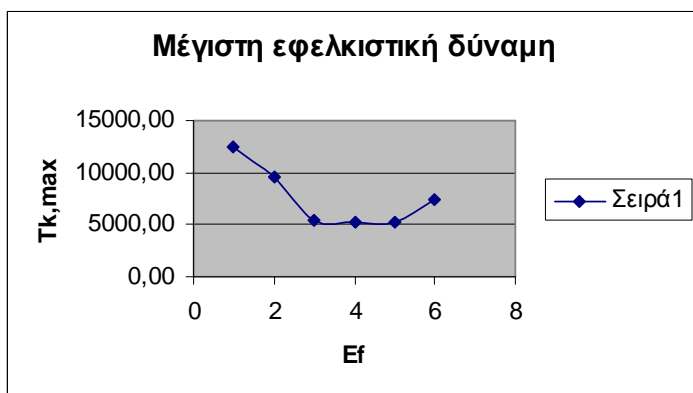
Θεόδωρος Παπαδόπουλος

Για k_b μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



12401,80
13514,55
14542,40
15809,25
16696,43
17538,79

Για E_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



12401,80
9648,43
5509,64
5322,82
5322,82
7391,96

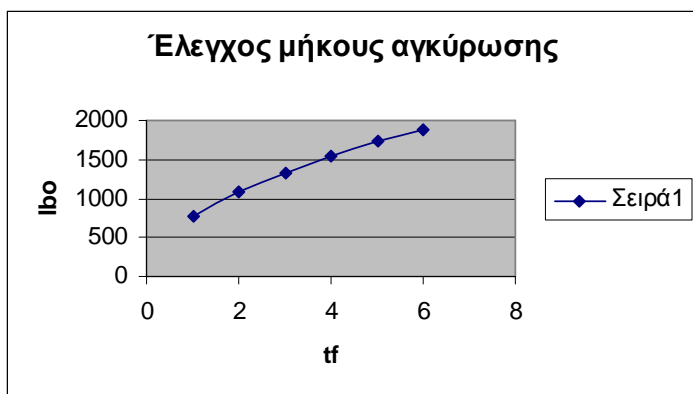
ΣΧΟΛΙΑ :

Μεταβάλλοντας κάθε μια από τις παραμέτρους της μέγιστης εφελκυστικής δύναμης $T_{k,max}$ και κρατώντας τις άλλες σταθερές, έχουμε για την περίπτωση των b , f_{ctm} , t_f με βάση τα αριθμητικά δεδομένα του πιο πάνω πίνακα αύξηση της τιμής της μέγιστης εφελκυστικής δύναμης. Για την περίπτωση του k_b έχουμε δύο περιπτώσεις: μία με αυξητικές τάσεις και μία με μειωτικές. Ανάλογα έχουμε αύξηση της μέγιστης εφελκυστικής δύναμης ή μείωση. Τώρα για το E_f τα δεδομένα εξαρτώνται από το είδος του ινοπλισμένου πολυμερούς. Σ' αυτή τη περίπτωση εξαρτάται από την περιοχή επιλογής. Για ίνες άνθρακα έχω μειωτική τιμή, για ίνες γυαλιού έχω σταθερή τιμή, ενώ για ίνες αραμιδίδη έχω αύξουσα τιμή.

Για την μεταφορά όμως της πιο πάνω δύναμης χρειάζεται ένα απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης l_b που πρέπει να ικανοποιεί την σχέση:

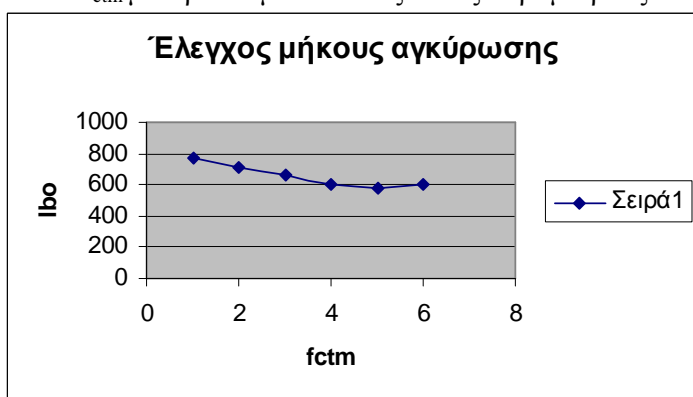
$$l_b \geq l_{bo} = \sqrt{\frac{E_f t_f}{2 f_{ctm}}}$$

Για t_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



770,5518
1089,725
1334,635
1541,104
1723,006
1887,459

Για το f_{ctm} μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



770,5518
707,1068
657,1287
604,4705
572,3515
599,4789

Για το E_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



770,5518
599,4789
342,3266
330,7189
330,7189
459,2793

ΣΧΟΛΙΑ :

Η εξίσωση για το I_{bo} περιλαμβάνει ριζικό. Έτσι η μεταβολή του I_{bo} δεν είναι γραμμική. Μεταβάλλοντας τις τιμές του E_f έχουμε ανάλογα με το είδος των ινών αύξηση ή μείωση. Για ίνες άνθρακα έχουμε μείωση, για ίνες γυαλιού έχουμε σταθερή τιμή, ενώ για ίνες αραμιδίδη έχουμε αύξηση τιμής. Η παράμετρος f_{ctm} είναι στον παρονομαστή γι' αυτό έχουμε μείωση της τιμής. Όμως για την τιμή σκυροδέματος C30 και πάνω έχουμε αύξηση της τιμής. Η μεγαλύτερη επίδραση στην τιμή του I_{bo} γίνεται από το πάχος του εξωτερικού οπλισμού t_f . Η μεταβολή, με βάση τα δεδομένα που έχω δώσει, φτάνει μέχρι και 1000 mm.

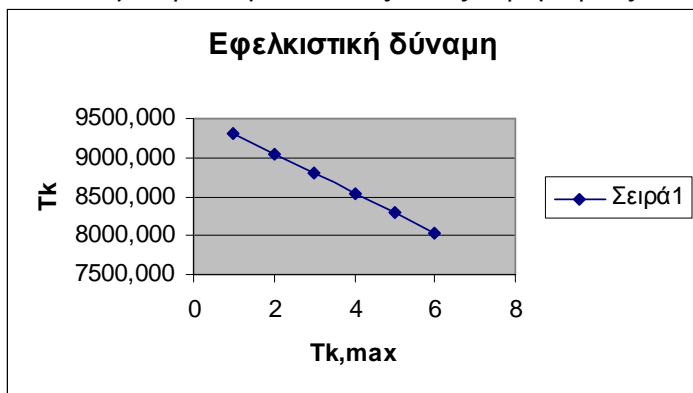
Υπάρχει όμως περίπτωση το $I_b < I_{bo}$. Τότε πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$l_b < l_{bo}$$

$$T_k = T_{k,max} \frac{l_b}{l_{bo}} \left(2 - \frac{l_b}{l_{bo}} \right)$$

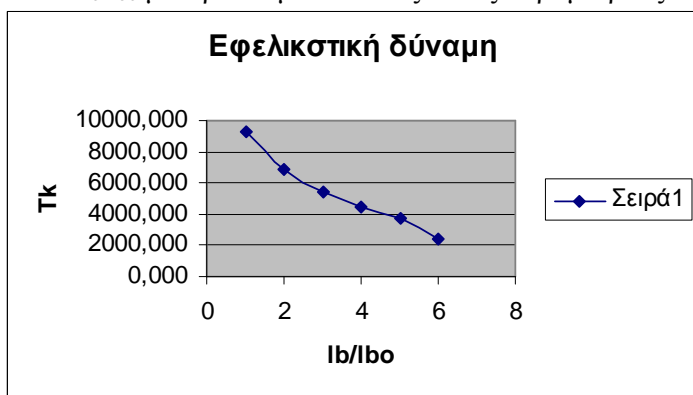
Μεταβάλλοντας τις τιμές των διαφόρων παραμέτρων μπορώ να βρω την επίδραση της κάθε παραμέτρου στην τιμή του T_k .

Για το T_k μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχω τα εξής:



9301,349
9050,490
8798,709
8545,696
8291,116
8034,603

Για το l_b/l_{bo} μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχω τα εξής:



9301,349
6889,888
5425,787
4464,647
3789,438
2356,342

ΣΧΟΛΙΑ :

Με τον περιορισμό που έχουμε θέση για το l_b , βλέπουμε ότι η τιμή του T_k είναι πάντα μικρότερη από την $T_{k,max}$. Αυτό αποδεικνύεται και με τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις αριθμητικές εφαρμογές. Αναλυτικά βλέπουμε ότι για το $T_{k,max}$ μεταβλητό και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε μειωτικές τάσεις για το T_k μέχρι και 1000 N. Το ίδιο ισχύει και για τον λόγο l_b/l_{bo} με την προϋπόθεση ότι ο λόγος θα είναι μικρότερος της μονάδας. Εδώ όμως η μεταβολή δεν γίνεται γραμμικά. Όσο πιο μικρότερη είναι η αναλογία τόσο πιο απότομη είναι η αριθμητική μεταβολή, ενώ όσο πιο μεγαλύτερη είναι η αναλογία τόσο πιο ομαλή είναι η κλίση της καμπύλης.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :

Στις παραπάνω σχέσεις τα μήκη τίθενται σε mm, το Μέτρο Ελαστικότητας και οι τάσεις εκφράζονται σε MP και οι δυνάμεις T_k , $T_{k,max}$ υπολογίζονται σε N.

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΣΧΙΣΗΣ

Ο έλεγχος που απαιτείται για την αποφυγή του μηχανισμού αστοχίας λόγω απόσχισης των άκρων είναι ουσιαστικά έλεγχος σε διάτμηση. Δηλαδή θα πρέπει:

$$V_{sd} \leq V_{Rd} = t_{Rd} b d$$

Η διατμητική αντοχή σχεδιασμού (t_{RD}) στην διεπιφάνεια συγκόλλησης του σύνθετου υλικού και του σκυροδέματος δίνεται από την σχέση (Τριανταφύλλου, 2000):

$$t_{Rd} = 0.15 \sqrt[3]{3 \frac{d}{a_L} \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \sqrt[3]{100 r_s f_{ck}}}$$

Όπου:

$$a_L = \sqrt[4]{\frac{(1 - \sqrt{r_s})^2}{r_s} d} \quad L^3 < a < L + d$$

Στις παραπάνω σχέσεις οι αντιστοιχίες είναι οι εξής:

L (σε mm) είναι η απόσταση του άκρου των εξωτερικών οπλισμών από την γειτονική παρειά στήριξης,

a (σε mm) είναι το ποσοστό το διατμητικό άνοιγμα της δοκού (ή της πλάκας):

$$a = \frac{M}{V}$$

r_s είναι το ποσοστό του εφελκόμενου χάλυβα:

$$r_s = \frac{A_s}{b d}$$

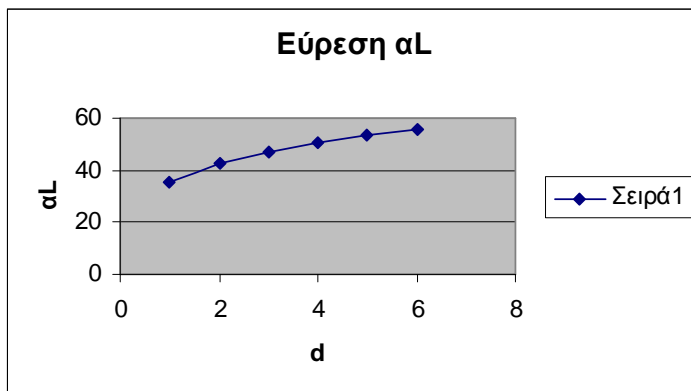
Μεταβάλλοντας τις τιμές μιας από τις παραμέτρους σε κάθε εξίσωση και κρατώντας τις άλλες σταθερές έχουμε με βάση τις τιμές του παρακάτω πίνακα τις εξής επιπτώσεις:

	MP	mm ²	mm	mm	mm	KNm	KN
	fck	As	L	b	d	M	V
	12	200	10	50	100	10	50
	16	300	15	60	200	20	60
Δ	20	400	20	70	300	30	70
E	25	500	25	80	400	40	80
Δ	30	600	30	90	500	50	90
O	35	700	35	100	600	60	100
M	KN			mm			
E	τRD			αL			ρs
N	7,287			35,56559			0,04
A	8,537			31,22125			0,06
	9,496			28,31618			0,08
	10,305			26,14904			0,1
	11,018			24,42628			0,12
	11,662			22,9984			0,14

Για την εξίσωση:

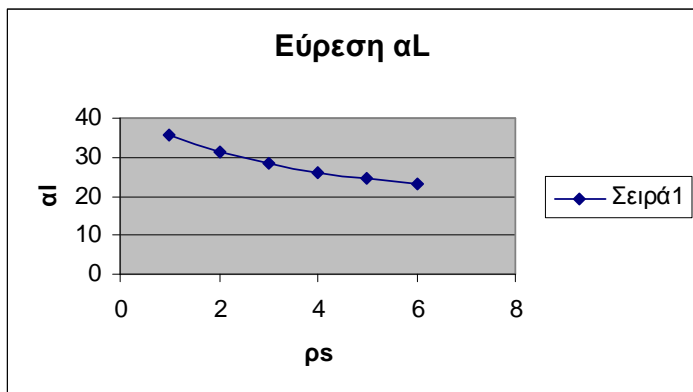
$$a_L = \sqrt[4]{\frac{(1 - \sqrt{r_s})^2}{r_s}} d \quad L^3 < a < L + d$$

Για το d μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:

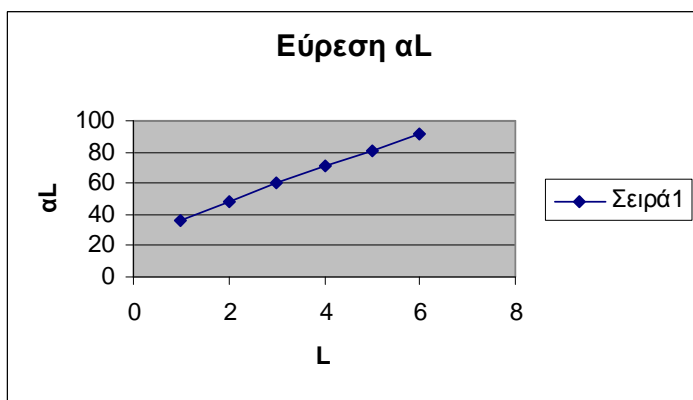


35,56559
31,22125
28,31618
26,14904
24,42628
22,9984

Για το ρs μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



Για το L μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:

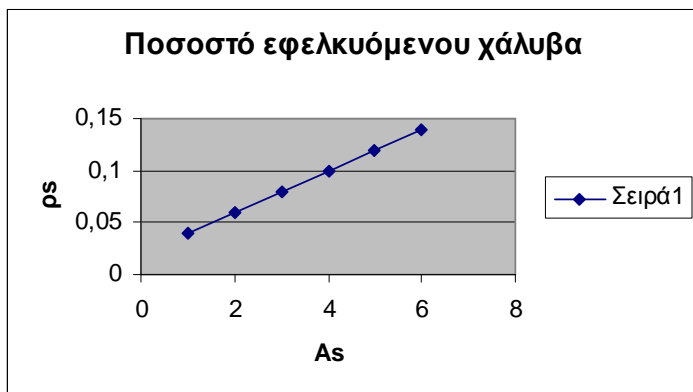


35,56559
48,20571
59,81395
70,71068
81,07201
91,00831

Για την εξίσωση:

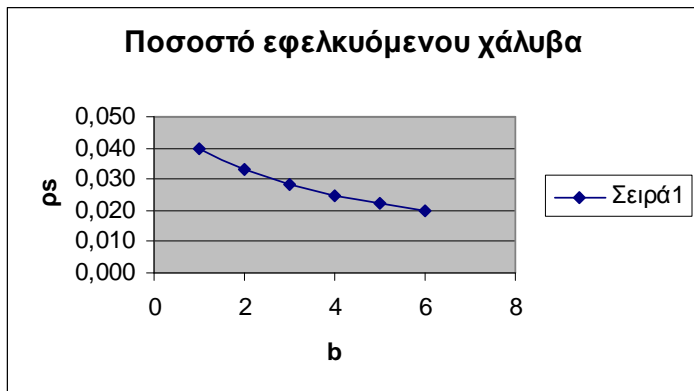
$$r_s = \frac{A_s}{bd}$$

Για το A_s μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



0,04
0,06
0,08
0,1
0,12
0,14

Για το b μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



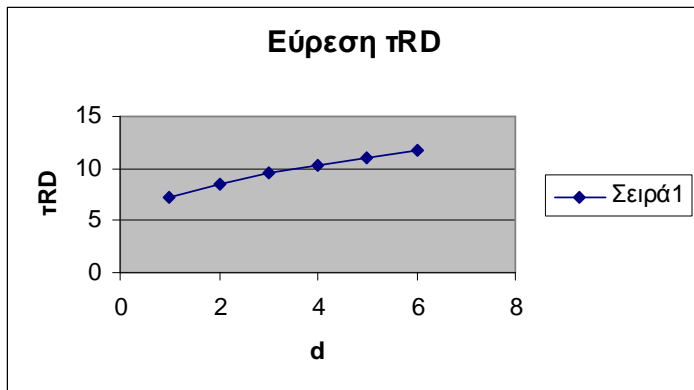
0,040
0,033
0,029
0,025
0,022
0,020

Η ίδια περίπου καμπύλη ισχύει και για τη μεταβλητή d.

Για την εξίσωση:

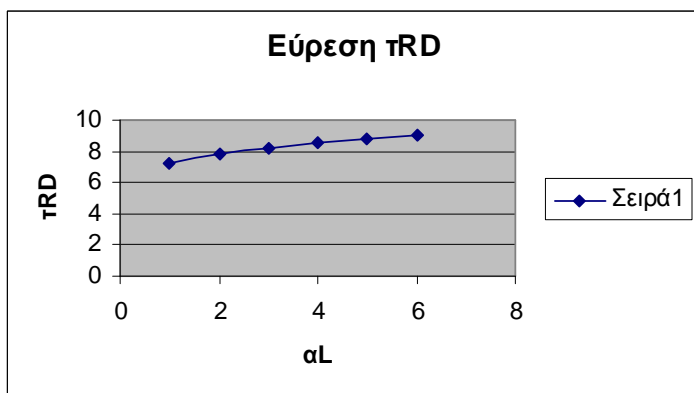
$$t_{Rd} = 0.15 \sqrt[3]{3 \frac{d}{a_L} \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \sqrt[3]{100 r_s f_{ck}}}$$

Για το d μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:



7,286739
8,536945
9,496263
10,305
11,01752
11,66168

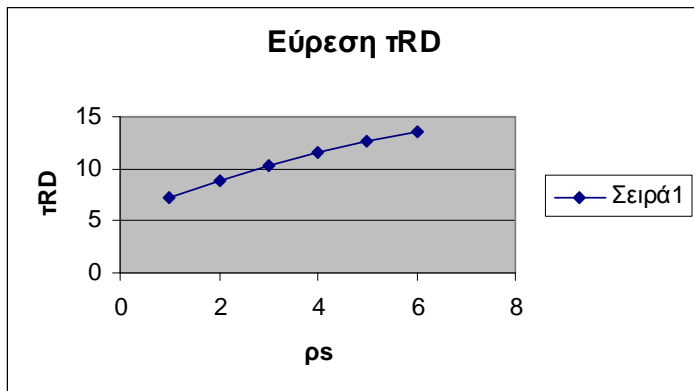
Για το αL μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:



7,286739
7,777196
8,166404
8,49807
8,792645
9,061485

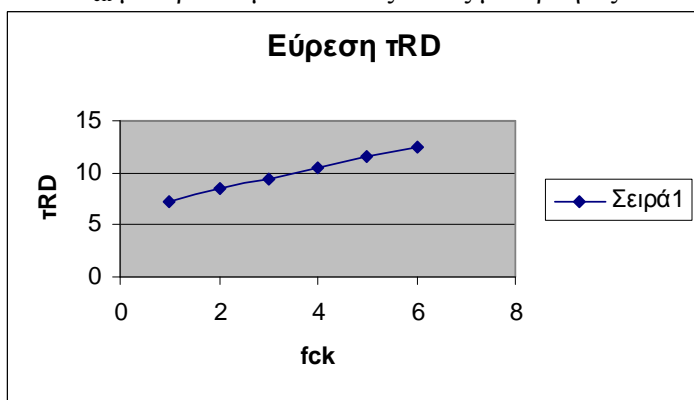
7^ο Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών – 01», Μάρτιος 2001

Για το ρ_s μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:



7,286739
8,924396
10,305
11,52135
12,621
13,63224

Για το f_{ck} μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:

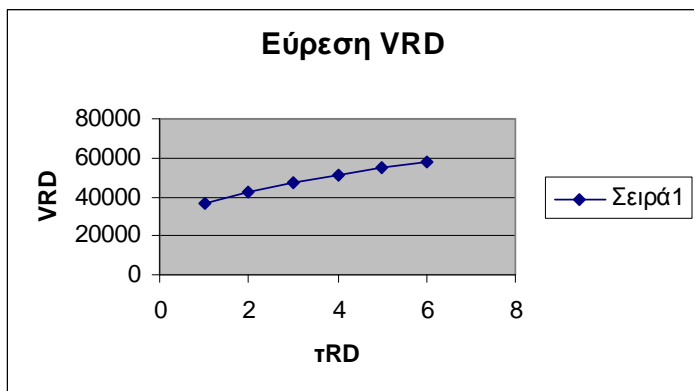


7,286739
8,414001
9,407139
10,5175
11,52135
12,44448

Για την εξίσωση:

$$V_{sd} \leq V_{Rd} = t_{Rd} bd$$

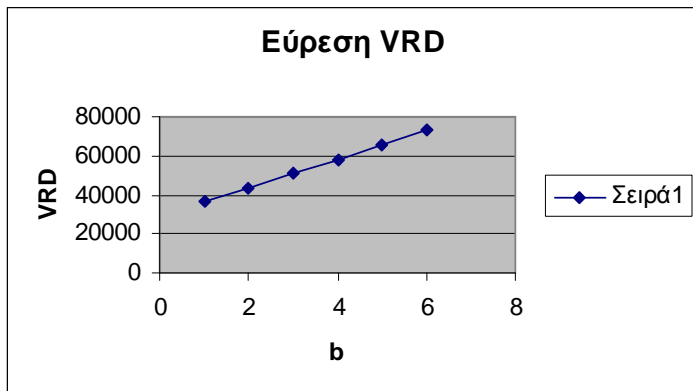
Για το τ_{RD} μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:



36433,69
42684,73
47481,31
51525,02
55087,6
58308,42

Θεόδωρος Παπαδόπουλος

Για το b μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε τα εξής:



36433,69
43720,43
51007,17
58293,91
65580,65
72867,39

Για το d μεταβαλλόμενο και τις άλλες μεταβλητές σταθερές έχουμε περίπου το ίδιο διάγραμμα όπως και με το b .

ΣΧΟΛΙΑ :

Παρατηρούμε ότι οι εξισώσεις για τα τ_{RD} και α_L περιέχουν ριζικά και παραμέτρους υψωμένες σε δυνάμεις. Γι' αυτό τα διαγράμματα μεταβάλλονται όχι γραμμικά. Στην εξίσωση υπολογισμού της τιμής α_L κάνουμε τις εξής διαπιστώσεις: Για την μεταβλητή L και για τα δεδομένα του πίνακα, παρατηρούμε ότι με αυξανόμενες τιμές έχουμε σχεδόν γραμμική αύξηση του α_L με σχεδόν συμμετρική τοποθέτηση τιμών. Για την μεταβλητή d και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση του α_L . Για την μεταβλητή ρ_s και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική μείωση του α_L . Προσέχουμε όμως η πιο πάνω εξίσωση να τηρεί την προϋπόθεση να είναι μικρότερη από το διατμητικό άνοιγμα της δοκού ή της πλάκας.

Στην εξίσωση υπολογισμού τ_{RD} κάνουμε τις εξής διαπιστώσεις: Για την μεταβλητή d και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση του τ_{RD} . Για την μεταβλητή α_L και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση του τ_{RD} . Για την μεταβλητή ρ_s και για αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση του τ_{RD} . Για την μεταβλητή f_{ck} και για αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση του τ_{RD} .

Στην εξίσωση υπολογισμού V_{RD} κάνουμε τις εξής διαπιστώσεις: Για την μεταβολή τ_{RD} και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε παραβολική αύξηση των τιμών της εξίσωσης λόγω ιδιομορφίας της μεταβλητής τ_{RD} . Για τις μεταβλητές b και d και με αυξανόμενες τιμές, με βάση τα δεδομένα του πίνακα, έχουμε γραμμική αύξηση του V_{RD} . Προσέχουμε πάντα να ισχύει ο περιορισμός που έχουμε ορίσει στην αρχή.

Σε όλου τους προηγούμενους ελέγχους δεν διαπιστώνουμε τίποτα περίεργο.

Σε περίπτωση όμως που προκύπτει $V_{sd} > V_{Rd}$ απαιτείται προσθήκη εξωτερικού οπλισμού ανάληψης τέμνουσας.

Κατασκευαστικές διατάξεις- συστάσεις:

Ειδικά μέτρα εξασφάλισης της αγκύρωσης, ανάλογα με αυτά που χρησιμοποιούνται για τα επικολλητά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση ανεπάρκειας του μήκους αγκύρωσης, δηλαδή όταν $l_b < l_{bo}$ και $T_k = T_{k,max}$.

Η εφαρμογή της τεχνικής ενίσχυσης στοιχείων με επικολλητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή, προϋποθέτει ότι το στοιχείο χωρίς οπλισμό ενίσχυσης μπορεί να ξέρει ασφαλώς τον συνδυασμό των οιονεί-μονίμων φορτίων ($G+\psi_2Q$), για να μην αστοχήσει σε περίπτωση απρόβλεπτης έντονης δράσης (π.χ. πυρκαγιά).

3. ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η αναλαμβανόμενη από ινοπλισμένα πολυμερή τέμνουσα δίνεται από την σχέση:

$$V_{fd} = S_{fd} r_f b_w (0,9d)(1 + \cot a) \sin a$$

Η εκτίμηση του μεγέθους της τάσης σχεδιασμού σ_{fd} στην βιβλιογραφία (Τριανταφύλλου, 1999) μέσω δύο μειωτικών συντελεστών α_o και γ_f :

$$S_{fd} = \frac{\alpha_o}{g_f} e_{f.e} E_f$$

Έτσι η πρόσθετη τέμνουσα που αναλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς δίνεται από την σχέση:

$$V_{fd} = \frac{\alpha_o e_{f.e}}{g_f} E_f r_f b_w (0,9d)(1 + \cot a) \sin a$$

Όπου:

$\alpha_o = 0,8$

$\gamma_f = 1,2$

E_f είναι το Μέτρο Ελαστικότητας του ινοπλισμένου φύλλου στην διεύθυνση των ινών

b_w, d είναι το πλάτος και το στατικό ύψος της δικού αντίστοιχα

a είναι η γωνία μεταξύ της διεύθυνσης των ινών και του άξονα της δοκού

$e_{f.e}$ είναι η “ενεργή” παραμόρφωση

$r_f = 2t_f/b_w$ είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού ενίσχυσης

t_f είναι το πάχος του φύλλου

Για την περίπτωση ινοπλισμένων πολυμερών από ίνες άνθρακα η “ενεργή” παραμόρφωση $e_{f.e}$ δίνεται από την σχέση (Τριανταφύλλου, 2000):

$$e_{f.e} = \min \left[0,17 e_{fu} \left(f_{cm} / E_f r_f \right)^{0,3}, 0,65 \times 10^{-3} \left(f_{cm} / E_f r_f \right)^{0,56}, 0,006 \right]$$

Στην πιο πάνω σχέση f_{cm} είναι η μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος σε MP, το Μέτρο Ελαστικότητας E_f τίθεται σε GP και e_{fu} είναι η παραμόρφωση θραύσης των σύνθετων υλικών.

Μεταβάλλοντας τις τιμές των παραμέτρων στις πιο πάνω εξισώσεις μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για το είδος των επιδράσεων πάνω στην διατμητική ενίσχυση δικών με εξωτερικά στοιχεία.

Θεόδωρος Παπαδόπουλος

Μεταβάλλοντας μία από τις παραμέτρους του γεωμετρικού ποσοστού εξωτερικού οπλισμού ενίσχυσης, με βάση τα δεδομένα του πιο κάτω πίνακα και κρατώντας την άλλη σταθερή, μπορούμε να δούμε τις επιπτώσεις στο γεωμετρικό ποσοστό.

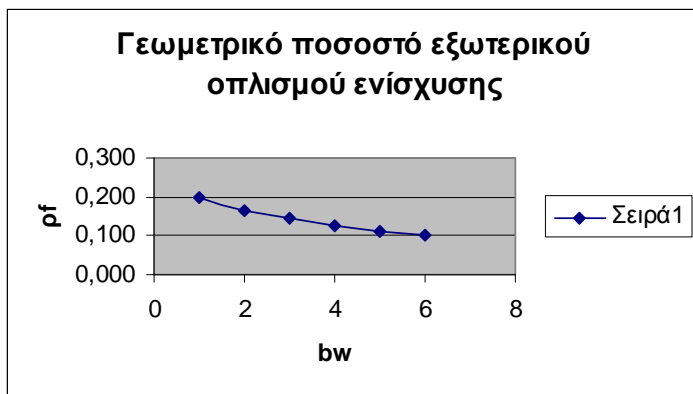
			mm	mm	Μοίρες
	αο	γf	bw	d	α
	0,8	1,2	50	100	30
			60	200	35
			70	300	40
			80	400	45
			90	500	50
Δ			100	600	55
Ε		MP	mm	GP	
Δ	εfu	fcm	tf	Ef	
Ο	0,005	17,76	5	380	
Μ	0,012	21,76	10	230	
Ε		25,76	15		
Ν		30,76	20		
Α		35,76	25		
		40,76	30		
	ρf	εfe	σfd		
	0,2	0,000168	0,042639		
	0,4	0,000168	0,025808		
	0,6				
	0,8				
	1				
	1,2				

Για t_f μεταβαλλόμενο και b_w σταθερό έχουμε τα εξής:



0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2

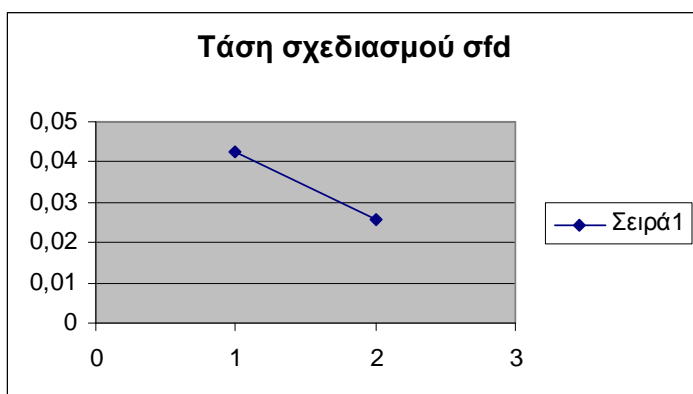
7^ο Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών – 01», Μάρτιος 2001
 Για b_w μεταβαλλόμενο και t_f σταθερό έχουμε τα εξής:



0,200
0,167
0,143
0,125
0,111
0,100

Μεταβάλλοντας τις διάφορες παραμέτρους της τάσης σχεδιασμού έχουμε μια εκτίμηση του μεγέθους αυτού.

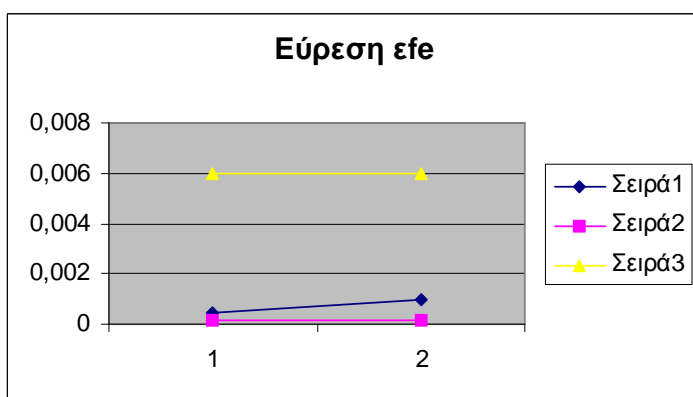
Για E_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



0,042639
0,025808

Για την “ενεργή” παραμόρφωση $\epsilon_{f,e}$ ινοπλισμένων πολυμερών έχουμε στοιχεία μόνο από ίνες άνθρακα. Έτσι οι μεταβολές των παραμέτρων δίνουν τα εξής αποτελέσματα:

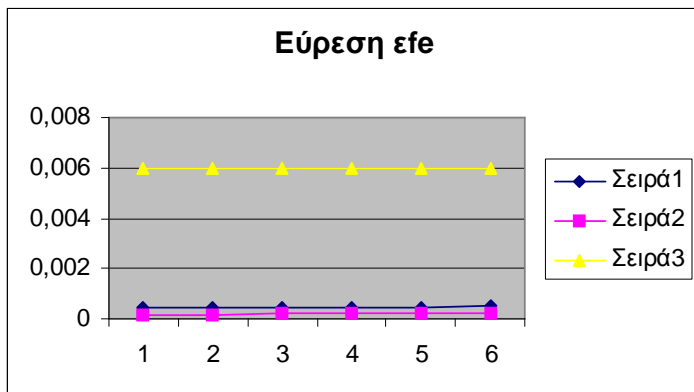
Για ϵ_{fu} μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



0,000412	0,0001683	0,006	0,000168
0,000989	0,0001683	0,006	0,000168

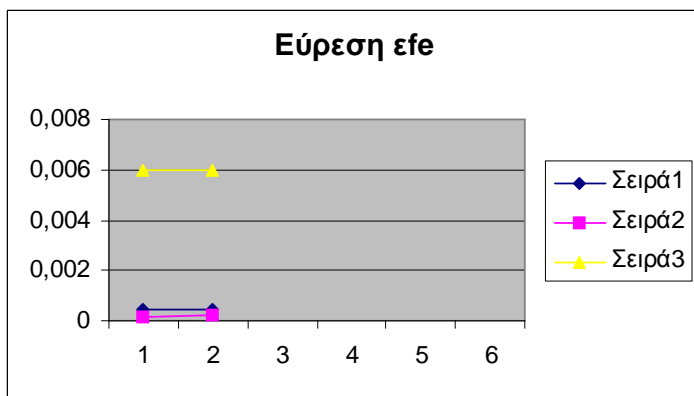
Θεόδωρος Παπαδόπουλος

Για f_{cm} μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



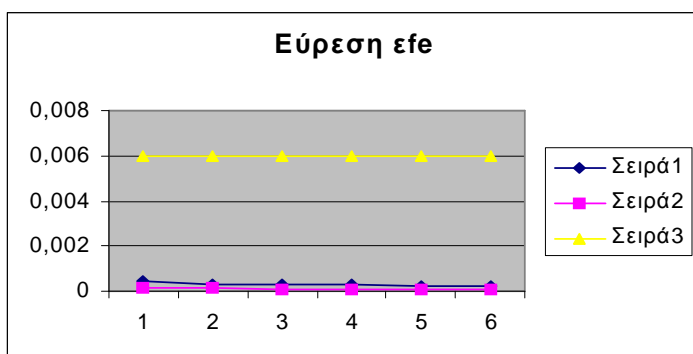
0,000412	0,0001683	0,006	0,000168
0,000429	0,0001816	0,006	0,000182
0,000444	0,0001934	0,006	0,000193
0,00046	0,0002066	0,006	0,000207
0,000474	0,0002186	0,006	0,000219
0,000487	0,0002295	0,006	0,00023

Για E_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



0,000412	0,0001683	0,006	0,000168
0,000479	0,000223	0,006	0,000223

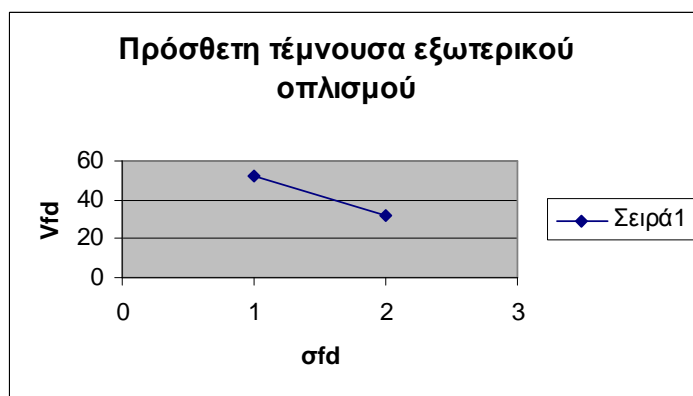
Για ρ_f μεταβαλλόμενο και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



0,000412	0,0001683	0,006	0,000168
0,000335	0,0001142	0,006	0,000114
0,000296	9,098E-05	0,006	9,1E-05
0,000272	7,744E-05	0,006	7,74E-05
0,000254	6,834E-05	0,006	6,83E-05
0,000241	6,171E-05	0,006	6,17E-05

Έτσι η πρόσθετη τέμνουσα που αναλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς μετά τις αλλαγές των παραμέτρων δίνει τα εξής αποτελέσματα:

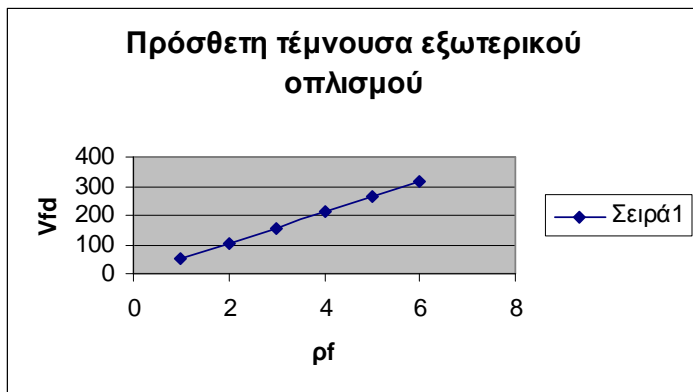
Για μεταβαλλόμενο το σ_{fd} και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



52,42158
31,72885

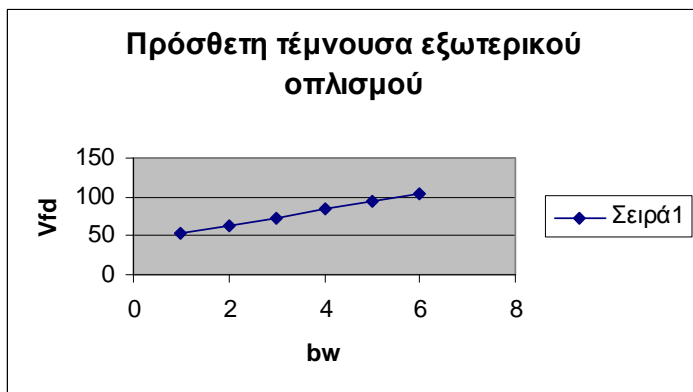
Θεόδωρος Παπαδόπουλος

Για μεταβαλλόμενο το ρ_f και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



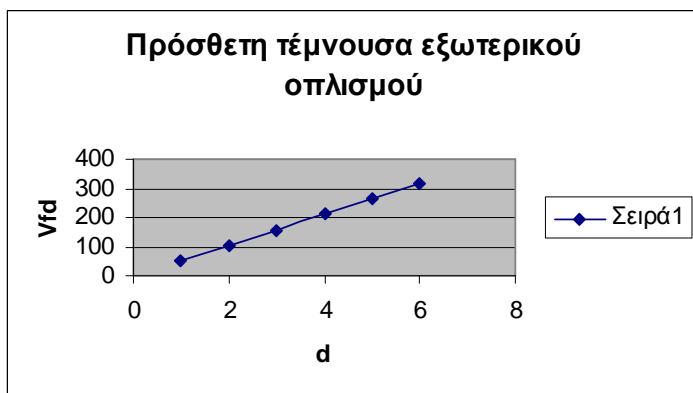
52,42158
104,8432
157,2647
209,6863
262,1079
314,5295

Για μεταβαλλόμενο το b_w και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



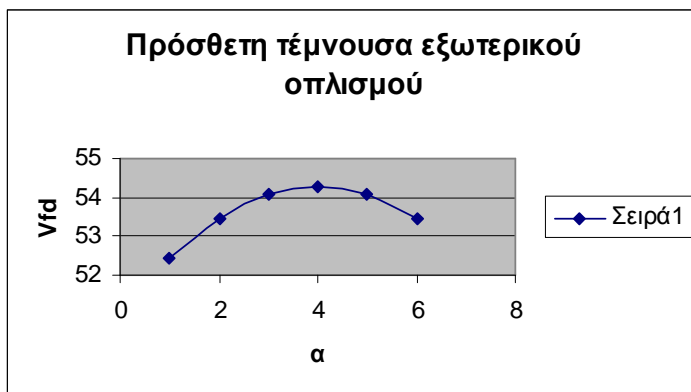
52,42158
62,90589
73,39021
83,87452
94,35884
104,8432

Για μεταβαλλόμενο το d και τις άλλες παραμέτρους σταθερές έχουμε τα εξής:



52,42158
104,8432
157,2647
209,6863
262,1079
314,5295

Για το α μεταβαλλόμενο και τις άλλες τιμές σταθερές έχουμε τα εξής:



52,42158
53,44631
54,06429
54,27081
54,06429
53,44631

ΣΧΟΛΙΑ:

Τοποθετώντας τις κατάλληλες τιμές στις μεταβλητές της εξίσωσης που βρίσκουμε την “ενεργή” παραμόρφωση $\epsilon_{f,e}$ από τα δεδομένα του πιο πάνω πίνακα, βλέπουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις η μικρότερη τιμή βγαίνει από την μεσαία εξίσωση. Όλες οι τιμές είναι πολύ μικρές. Παρόλα αυτά η τάση σχεδιασμού σ_{fd} αν και έχει μικρές τιμές μετά τις αντικαταστάσεις, η τιμή της έχει μονάδες GP.

Τελικά η πρόσθετη τέμνουσα V_{fd} που αναλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς, μετά τις κατάλληλες αντικαταστάσεις των μεταβλητών, δίνει τα πιο κάτω αποτελέσματα: Αντικαθιστώντας τις κατάλληλες τιμές στο γεωμετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού ενίσχυσης ρ_f βλέπουμε ότι η μεταβολή της πρόσθετης τέμνουσας V_{fd} είναι πιο απότομη και έχει αυξητικές τάσεις. Η αντικατάσταση του στατικού ύψους της δοκού d με τις τιμές του κύριου πίνακα μας δίνει επίσης μια απότομη μεταβολή. Αντίθετα η αντικατάσταση της μεταβλητής του πλάτους της δοκού b_w δίνει μια πιο ήρεμη μεταβολή. Οι τάσεις των πιο πάνω συντελεστών είναι αυξητικές.

Η αλλαγή γωνίας μεταξύ της διεύθυνσης των ινών και του άξονα της δοκού, βλέπουμε ότι δίνει την μέγιστη τιμή στην πρόσθετη τέμνουσα V_{fd} όταν βρίσκεται σε γωνία 45 μοιρών. Δεξιά και αριστερά των 45 μοιρών, οι τιμές είναι συμμετρικές με τάση πτωτική.