

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΟΥ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΣΤΡΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

ΚΑΤΣΙΜΠΙΑΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έγινε με σκοπό τη δημιουργία ενός λογισμικού. Αφορμή υπήρξε η διάθεση να μελετήσουμε τη συμπεριφορά μιας δοκού από οπλισμένο σκυρόδεμα κάτω από μια συγκεκριμένη φόρτιση αφού την έχουμε ενισχύσει με μια πρόσθετη στρώση σκυροδέματος. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα θα μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε την τιμή κάποιων μεγεθών αντιπροσωπευτικών: (α) της αντοχής καθώς και (β) της συμπεριφοράς της ενισχυμένης δοκού στο επίπεδο της διεπιφάνειας που θα δημιουργηθεί μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος. Στην συνέχεια δίνονται απαντήσεις σε κάποια ερωτήματα τα οποία θα βοηθήσουν ενδεχομένως τον αναγνώστη να κατανοήσει καλύτερα το θέμα. Μετά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο βάσει του οποίου έγινε το πρόγραμμα καθώς και ο τρόπος με τον οποίο 'σκέφτεται' αυτό (μέσω ενός διαγράμματος ροής). Τέλος, παρουσιάζεται μια αριθμητική εφαρμογή.

1.ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ-ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

-Τι πετυχαίνουμε με τη συγκεκριμένη μέθοδο ενίσχυσης σε ένα δοκάρι οπλισμένου σκυροδέματος?

Αυξάνουμε τη καμπτική ικανότητα της δοκού στο βαθμό που επιθυμούμε. Δηλαδή αυξάνοντας το ύψος της διατομής της αρχικής δοκού τότε η συγκεκριμένη διατομή μετά την ενίσχυση θα καταπονηθεί λιγότερο απ' ότι πριν την ενίσχυση προκειμένου να παραλάβει την ίδια καμπτική ροπή (αιτία αυτού του γεγονότος είναι ότι αυξάνεται ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων που συνεργάζονται προκειμένου να παραλάβουν την ροπή από την ανάλυση). Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι το μέλος μπορεί να παραλάβει μεγαλύτερα φορτία.

-Σε ποιές περιπτώσεις προτιμάται η συγκεκριμένη μέθοδος?

(α) περιπτώσεις όπου το υφιστάμενο δοκάρι σε ένα κτίριο δεν έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να μπορεί να παραλάβει τυχηματικά φορτία (σεισμικά φορτία) γεγονός που το συναντάμε ιδιαίτερα σε περιοχές της Νότιας Ευρώπης

(β) σε μια οδογέφυρα η οποία πρόκειται να παραλάβει φορτία μεγαλύτερα από αυτά για τα οποία είχε σχεδιασθεί η συγκεκριμένη τεχνική ενίσχυσης των υφιστάμενων δοκαριών στη κατασκευή είναι ιδιαιτέρως διαδεδομένη σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Φυσικά αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ευρέως και σε περιπτώσεις όπου το δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει υποστεί τέτοιες βλάβες όπου το κατεστραμμένο σκυρόδεμα χρειάζεται να αντικατασταθεί με καινούργιο ώστε να επανακτήσει το στοιχείο την καμπτική του ικανότητα.

-Πώς μπορούμε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα?

Θα πρέπει τα δύο υλικά (παλαιό και νέο σκυρόδεμα) στην επιφάνεια επαφής να έχουν συνδεθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε η συμπεριφορά του πραγματικού σύνθετου στοιχείου ενώ αυτό καταπονείται καμπτικά να μην αποκλίνει σημαντικά από τη συμπεριφορά ενός ιδεατού σύνθετου στοιχείου όπου η σύνδεση στη περιοχή της διεπιφάνειας θεωρείται μονολιθική.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι να προετοιμάσουμε κατάλληλα την επιφάνεια του παλαιού σκυροδέματος προτού σκυροδετήσουμε το νέο σκυρόδεμα. Κατ' αρχήν απομακρύνουμε κάθε τμήμα αποδιοργανωμένου σκυροδέματος. Στη συνέχεια 'αγριεύουμε' με τεχνητό τρόπο (είτε με υδροβολή είτε με μηχανικά μέσα π.χ 'ματσακόνι' αέρος) την επιφάνεια του σκυροδέματος μέχρι να αποκαλυφθούν τα αδρανή. Έπειτα καθαρίζουμε την επιφάνεια του σκυροδέματος

από τη σκόνη και κάθε ξένο στοιχείο με πεπιεσμένο αέρα ή εκτοξευόμενο νερό. Τέλος βρέχουμε το παλιό σκυρόδεμα με νερό για 6 ώρες περίπου και στη συνέχεια σκυροδετούμε το νέο σκυρόδεμα του οποίου η αντοχή, όπως συνίσταται έντονα από τον EC8 Part 1.4, ξεπερνά την αντοχή του παλαιού κατά 5 Μρα.

Από εκεί και πέρα η σύνδεση του παλαιού με το νέο σκυρόδεμα στη περιοχή της διεπιφάνειας εξασφαλίζεται μέσω των παρακάτω μηχανισμών ανάληψης διατμητικού φορτίου: (α) συνοχή (οφείλεται στις φυσικοχημικές δυνάμεις σύνδεσης παλαιού και νέου σκυροδέματος), (β) τριβή (οφείλεται στην αντίσταση τριβής των παρειών της διεπιφάνειας) και (γ) από τη δράση βλήτρου ράβδων οπλισμού που διαπερνούν την διεπιφάνεια.

-Για ποιο λόγο δημιουργήθηκε το λογισμικό?

Από τη στιγμή όπου ο βαθμός μονολιθικότητας στη διεπιφάνεια μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία της μεθόδου οφείλουμε να μελετήσουμε την αλληλεπίδραση των δύο υλικών που έρχονται σε επαφή. Εκείνα τα μεγέθη τα οποία αντιπροσωπεύουν κατά κάποιο τρόπο αυτήν την αλληλεπίδραση των δύο υλικών είναι η ολίσθηση s , η παραμόρφωση ολίσθησης $\epsilon_L (= ds/dx)$ και η διατμητική τάση τ μεγέθη τα οποία αναπτύσσονται στη περιοχή της διεπιφάνειας κατά μήκος του πραγματικού σύνθετου στοιχείου.

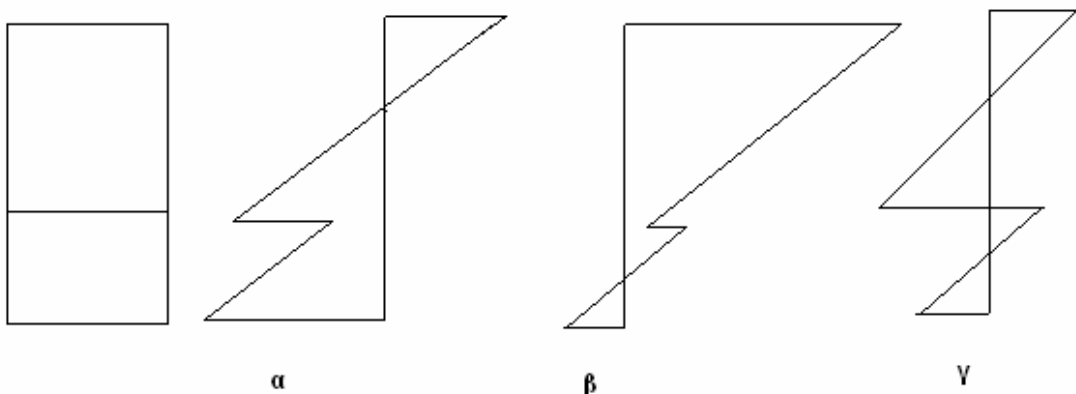
Οι τιμές που παίρνουν αυτά τα μεγέθη διαφέρουν από διατομή σε διατομή. Οι κατανομές αυτών των μεγεθών εξαρτώνται άμεσα από τις συνθήκες στήριξης και φόρτισης του δοκαριού που πρόκειται να ενισχυθεί.

Στόχος του λογισμικού που δημιουργήθηκε είναι να υπολογίζει τις κατανομές αυτών των κρίσιμων μεγεθών δίνοντας μ' αυτό τον τρόπο στον χρήστη μια σαφή εικόνα για τον τρόπο με τον οποίο θα συμπεριφερθεί ένα δοκάρι οπλισμένου σκυροδέματος (το οποίο το έχουμε ενισχύσει είτε στο θλιβόμενο είτε στο εφελκυσμένο πέλαμα με πρόσθετη στρώση νέου σκυροδέματος) στη περιοχή της διεπιφάνειας.

Στο πρόγραμμα που δημιουργήθηκε εξετάζεται μια συγκεκριμένη περίπτωση δοκαριού το οποίο στηρίζεται στα δύο άκρα του με αρθρώσεις ενώ φορτίζεται με ένα συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσο του ανοίγματος. Τέλος, θεωρούμε ότι η ενίσχυση γίνεται στο στάδιο της προφόρτισης.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στη μελέτη που γίνεται θεωρείται ότι υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο συνδεόμενων μελών. Επομένως καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής η κατανομή των παραμορφώσεων θα έχει μία από τις παρακάτω μορφές.



Σχήμα 1: Περιπτώσεις κατανομής των παραμορφώσεων σε ενισχυμένη δοκό με πρόσθετη στρώση σκυροδέματος (θεωρείται μερική σύνδεση στη διεπιφάνεια)

Η μορφή των εξισώσεων που περιγράφουν την ενισχυμένη δοκό:

Εξαρτάται:(α) από την κατανομή των παραμορφώσεων καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής (για πιθανές περιπτώσεις κατανομής παραμορφώσεων βλέπε Σχήμα 1)

Δεν εξαρτάται:(α) από το εάν η ενίσχυση γίνεται στο εφελκόμενο ή στο θλιβόμενο πέλμα και (β) από το εάν η στρώση ενίσχυσης είναι οπλισμένη ή άοπλη.

Με βάση την παραδοχή ότι οι καμπυλότητες για τα δύο συνδεδεμένα μέλη είναι ίδιες εάν εφαρμόσουμε για κάθε πιθανή περίπτωση κατανομής παραμορφώσεων ξεχωριστά ισορροπία δυνάμεων (α) στη διατομή και (β) στη διεπιφάνεια καθώς και ισορροπία ροπών (ως προς τη στάθμη του οπλισμού της νέας στρώσης) θα προκύψουν αντίστοιχα κάποιες εξισώσεις (για τον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν οι εξισώσεις αυτές παραπέμπουμε τον αναγνώστη στη βιβλιογραφία [2],[3]). Η σύνθεση αυτών των εξισώσεων μας δίνει και την τελική τους αντίστοιχη μορφή. Έχουμε λοιπόν:

$$\Sigma F = 0,85 \cdot b \cdot f_c \cdot \frac{\alpha_o \cdot \varepsilon_{c2o} - \alpha_1 \cdot \varepsilon_{c1o} + \alpha_u \cdot \varepsilon_{c2u}}{\varepsilon_t} \cdot d_t + A_{so} \cdot \sigma_{so} + A_{su} \cdot \sigma_{su} = 0 \quad (1)$$

$$0,85 \cdot b \cdot d_t \cdot f_c \cdot \frac{\alpha_u \cdot \varepsilon_{c2u}}{\varepsilon_t} + A_{su} \cdot \sigma_{su} = b \cdot \int_0^x \tau(\varepsilon_L) dx \quad (2)$$

$$M_u = -0,85 \cdot b \cdot f_c \cdot \alpha_o \cdot \frac{\varepsilon_{c2o}}{\varepsilon_t} \cdot d_t^2 \cdot (1 + C_o \cdot \frac{\varepsilon_{c2o}}{\varepsilon_t}) + 0,85 \cdot b \cdot f_c \cdot d_t \cdot \alpha_1 \cdot \frac{\varepsilon_{c1o}}{\varepsilon_t} - 0,85 \cdot b \cdot f_c \cdot d_t^2 \cdot \alpha_u \cdot \frac{\varepsilon_{c2u}}{\varepsilon_t} \cdot (\frac{d_u}{d_t} + C_u \cdot \frac{\varepsilon_{c2u}}{\varepsilon_t}) - A_{so} \cdot \sigma_{so} \cdot d_t (1 - \frac{d_o}{d_t}) \quad (3)$$

όπου:

$$\varepsilon_t = -\varepsilon_{c2o} + \varepsilon_{c1o} - \varepsilon_{c2u} + \varepsilon_{su} \quad (4)$$

$$\varepsilon_L = \varepsilon_{c1o} - \varepsilon_{c2u} \quad (5)$$

Παρακάτω δίνονται κάποια διευκρινιστικά σχόλια και σχήματα όσον αφορά τα μεγέθη τα οποία εμπεριέχονται στις παραπάνω τελικές εξισώσεις οι οποίες όπως προαναφέραμε περιγράφουν την ενισχυμένη δοκό.

-Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις

(α) Συντελεστής πληρότητας α : είναι ένας συντελεστής του οποίου η τιμή εξαρτάται από την παραμόρφωση του σκυροδέματος ε_c .

Στο συντελεστή α τοποθετούμε ένα δείκτη (ο,1 ή u) ανάλογα σε ποια ίνα σκυροδέματος αναφερόμαστε. Δηλαδή, ο συντελεστής α_o αναφέρεται στην ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος. Ο συντελεστής α_1 αναφέρεται στην ίνα ακριβώς πάνω από την διεπιφάνεια ενώ ο συντελεστής α_u στην ίνα ακριβώς κάτω από την διεπιφάνεια. Ισχύει:

$$\alpha_i = \begin{cases} 0, & \varepsilon_{ci} \geq 0 \\ 500 \cdot \varepsilon_{ci} \cdot (\frac{1000 \cdot \varepsilon_{ci}}{6} + 1), & -0,002 \leq \varepsilon_{ci} \leq 0 \\ 1 + \frac{1}{1500 \cdot \varepsilon_{ci}}, & -0,0035 \leq \varepsilon_{ci} \leq -0,002 \end{cases} \quad (6)$$

με $i=0,1,u$ και

ε_{c2o} , για $i=0$

$\varepsilon_{ci} = \varepsilon_{c1o}$, για $i=1$

ε_{c2u} , για $i=u$

(β) Συντελεστής θέσης c_i : είναι ένας συντελεστής του οποίου η τιμή εξαρτάται από την παραμόρφωση του σκυροδέματος ϵ_c .

Στο συντελεστή c τοποθετούμε ένα δείκτη (ο,1 ή u) ανάλογα σε ποια ίνα σκυροδέματος αναφερόμαστε. Δηλαδή, ο συντελεστής c_o αναφέρεται στην ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος. Ο συντελεστής c_1 αναφέρεται στην ίνα ακριβώς πάνω από την διεπιφάνεια ενώ ο συντελεστής c_u στην ίνα ακριβώς κάτω από την διεπιφάνεια. Ισχύει:

$$C_i = \begin{cases} 0, & \epsilon_{ci} \geq 0 \\ \frac{(1 + 125 \cdot \epsilon_{ci})}{(3 + 500 \cdot \epsilon_{ci})}, & -0,002 \leq \epsilon_{ci} \leq 0 \\ \frac{1000 \cdot \epsilon_{ci} \cdot (3000 \cdot \epsilon_{ci} + 4) + 2}{2000 \cdot \epsilon_{ci} \cdot (3000 \cdot \epsilon_{ci} + 2)}, & -0,0035 \leq \epsilon_{ci} \leq -0,002 \end{cases} \quad (7)$$

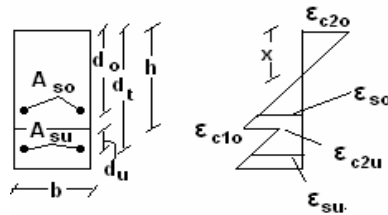
με $i=0,1,u$ και

ϵ_{c2o} , για $i=0$

$\epsilon_{ci} = \epsilon_{c1o}$, για $i=1$

ϵ_{c2u} , για $i=u$

-Συμβολισμοί για τις παραμορφώσεις και τα διάφορα ύψη τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και παραμορφώσεις στην ενισχυμένη διατομή

ϵ_{c2o} = παραμόρφωση ακραίας θλιβόμενης ίνας σκυροδέματος

ϵ_{c2u} = παραμόρφωση εφελκυσόμενης ίνας σκυροδέματος στη διεπιφάνεια

ϵ_{so} = παραμόρφωση χάλυβα αρχικού δοκιμίου

ϵ_{su} = παραμόρφωση χάλυβα νέας στρώσης

d_o = στατικό ύψος αρχικού δοκιμίου

d_u = στατικό ύψος νέας στρώσης

d_t = στατικό ύψος ενισχυμένου δοκιμίου

h = ύψος αρχικού δοκιμίου

b = πλάτος δοκιμίου

x = απόσταση της περισσότερο θλιβόμενης ίνας από τον ουδέτερο άξονα

-Συμβολισμοί για τις (α) αντοχές και (β) τις δυνάμεις σκυροδέματος και χάλυβα

f_c = αντοχή σκυροδέματος

f_y = τάση διαρροής του χάλυβα

σ_{so} = τάση χάλυβα αρχικού δοκιμίου

σ_{su} = τάση χάλυβα νέας στρώσης

F_{co} = δύναμη σκυροδέματος αρχικού δοκιμίου

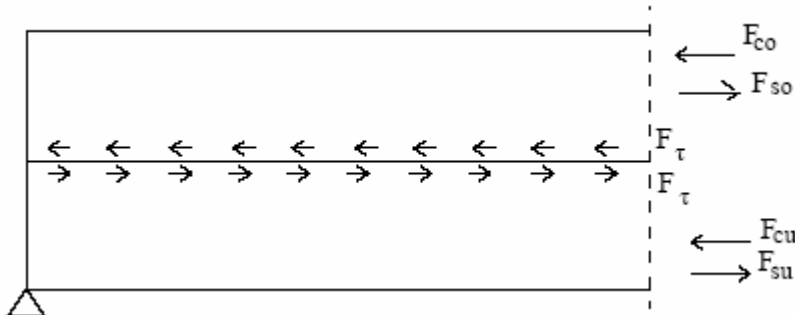
F_{cu} = δύναμη σκυροδέματος νέας στρώσης

F_{so} = δύναμη χάλυβα αρχικού δοκιμίου

F_{su} = δύναμη χάλυβα νέας στρώσης

M_u =ροπή αστοχίας

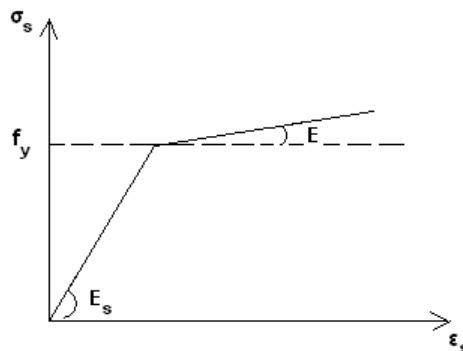
Η κατανομή των δυνάμεων καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής καθώς και στη διεπιφάνεια φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3: Κατανομή των δυνάμεων καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής και στη διεπιφάνεια κατά μήκος του ενισχυμένου δοκαριού

-Τάση του χάλυβα οπλισμού σ_s (στο αρχικό δοκίμιο καθώς και στη νέα στρώση)

Αρχικά περιγράφεται με το παρακάτω σχήμα η σχέση μεταξύ σ_s - ϵ_s για τον χάλυβα οπλισμού.



Σχήμα 4: Καμπύλη που περιγράφει τη σχέση σ_s - ϵ_s για τον χάλυβα οπλισμού

Η τάση του χάλυβα οπλισμού στο αρχικό δοκίμιο σ_{so} και στη νέα στρώση σ_{su} εξαρτάται από την αντίστοιχη παραμόρφωση του χάλυβα οπλισμού $\epsilon_{so,u}$. Ισχύει:

$$f_y + x, \text{ αν } \epsilon_{so,u} \geq f_y/E_s$$

$$\sigma_{so,u} = \epsilon_{so,u} \cdot E_s, \text{ αν } -f_y/E_s \leq \epsilon_{so,u} \leq f_y/E_s \quad (8)$$

$$-f_y - x, \text{ αν } \epsilon_{so,u} \leq -f_y/E_s$$

Ερώτηση: Το x στις παραπάνω εξισώσεις τι αντιπροσωπεύει?

Πρόσθετη αντοχή του χάλυβα οπλισμού από τη στιγμή που διαρρέει ενεργοποιείται λόγω της κράτνσης του χάλυβα οπλισμού. Έχουμε λοιπόν σύμφωνα με το Σχήμα 4:

$$E = x / [\epsilon_s - (f_y/E_s)] \Rightarrow x = E [\epsilon_s - (f_y/E_s)] \quad (9)$$

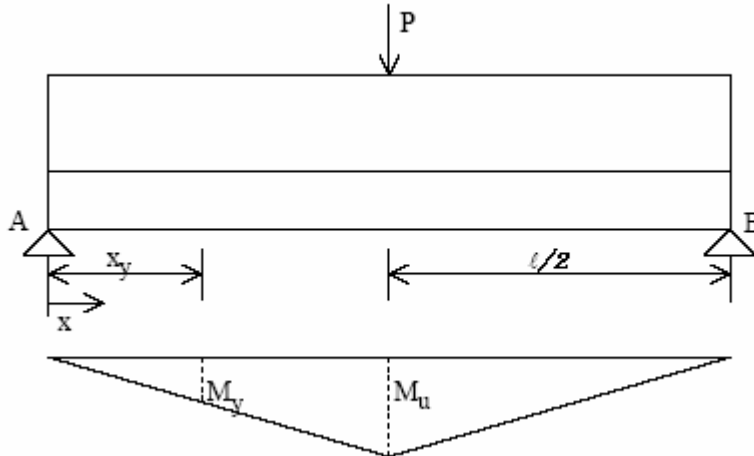
Επομένως η (8) από την (9) γίνεται ως εξής:

$$f_y + E(\epsilon_{so,u} - f_y/E_s), \text{ αν } \epsilon_{so,u} \geq f_y/E_s$$

$$\sigma_{so,u} = \epsilon_{so,u} \cdot E_s, \text{ αν } -f_y/E_s \leq \epsilon_{so,u} \leq f_y/E_s \quad (10)$$

$$-f_y - E(\epsilon_{so,u} + f_y/E_s), \text{ αν } \epsilon_{so,u} \leq -f_y/E_s$$

Ειδικά για την περίπτωση της αμφιέρειστης δοκού με το συγκεντρωμένο φορτίο P στο μέσο του ανοίγματος όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα έχουμε:



Σχήμα 5: Αμφιέρειστο δοκάρι φορτιζόμενο με ένα συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσο του ανοίγματος και το αντίστοιχο διάγραμμα ροπών

Το φορτίο αστοχίας δίνεται από τη σχέση :

$$P = \frac{4 \cdot M_u}{l} \quad (11)$$

Το βέλος κάμψης δίνεται από τη σχέση:

$$u = \frac{-P \cdot l^3}{48 \cdot EI} \quad (12)$$

Η παραμόρφωση ολίσθησης κατά μήκος της διεπιφάνειας δίνεται από τη σχέση:

$$\varepsilon_{L,x} = \begin{cases} \frac{\Delta_m \cdot P}{EI_o \cdot l} \cdot x^2, & 0 \leq x \leq x_y \\ \frac{\Delta_m \cdot P}{EI_1 \cdot l} \cdot x^2 + \frac{2 \cdot \Delta_m \cdot \varphi_1}{l} \cdot x, & x_y \leq x \leq l/2 \end{cases} \quad (13)$$

όπου:

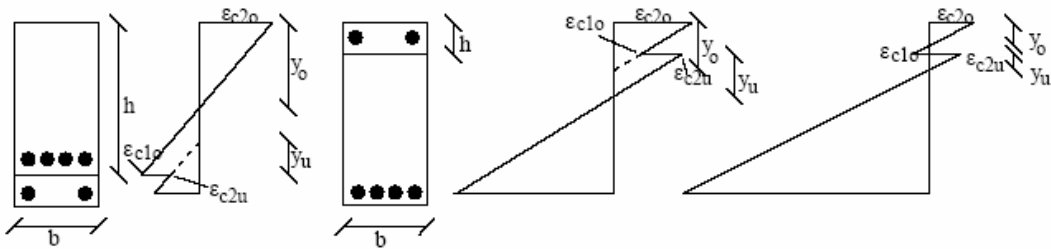
Για ενίσχυση στο εφελκόμενο πέλμα:

$$\Delta_m = (h - y_{o,m} - y_{u,m}) = \Delta_{x=l/2} \quad (14)$$

Για ενίσχυση στο θλιβόμενο πέλμα:

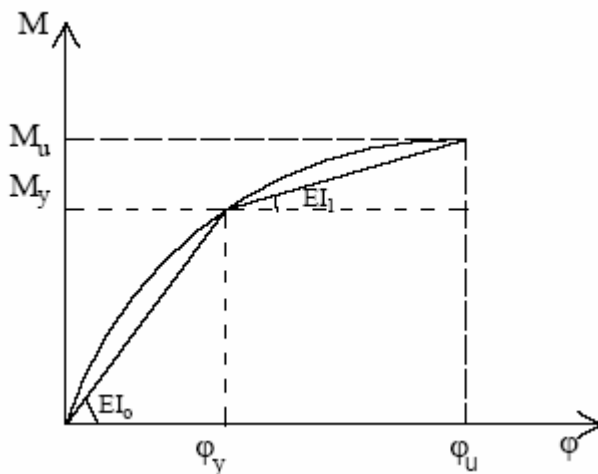
$$\Delta_m = (h - y_{o,m} + y_{u,m}) = \Delta_{x=l/2} \quad (15)$$

Ο υπολογισμός του Δ_m γίνεται σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 6: Ορισμός των αποστάσεων $h, y_{o,m}, y_{u,m}$ για ενίσχυση στο εφελκόμενο και θλιβόμενο πέλμα

Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα ισχύει:



Σχήμα 7: Καμπύλη που περιγράφει τη σχέση μεταξύ ροπής M και καμπυλότητας φ

$$EI_1 = (M_u - M_y) / (\varphi_u - \varphi_y) \quad (16)$$

$$EI_0 = M_y / \varphi_y \quad (17)$$

$$\text{Ακόμη } \varphi_1 = \varphi_y - (M_y / EI_1) \quad (18)$$

Η ολίσθηση δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$s_x = \begin{cases} \frac{\Delta_m \cdot P}{3 \cdot EI_0 \cdot l} \cdot x^3 + c, & 0 \leq x \leq x_y \\ \frac{\Delta_m \cdot P}{3 \cdot EI_0 \cdot l} \cdot x_y^3 + \frac{\Delta_m \cdot P}{3 \cdot EI_1 \cdot l} \cdot (x^3 - x_y^3) + \frac{\Delta_m \cdot \varphi_1}{l} \cdot (x^2 - x_y^2) + c, & x_y \leq x \leq l/2 \end{cases} \quad (19)$$

όπου:

$$c = \frac{\Delta_m \cdot P}{3 \cdot EI_1 \cdot l} \cdot x_y^3 + \frac{\Delta_m \cdot \varphi_1}{l} \cdot x_y^2 - \frac{\Delta_m \cdot P}{3 \cdot EI_0 \cdot l} \cdot x_y^3 - \frac{\Delta_m \cdot P \cdot l^2}{24 \cdot EI_1} - \frac{\Delta_m \cdot \varphi_1 \cdot l}{4} \quad (20)$$

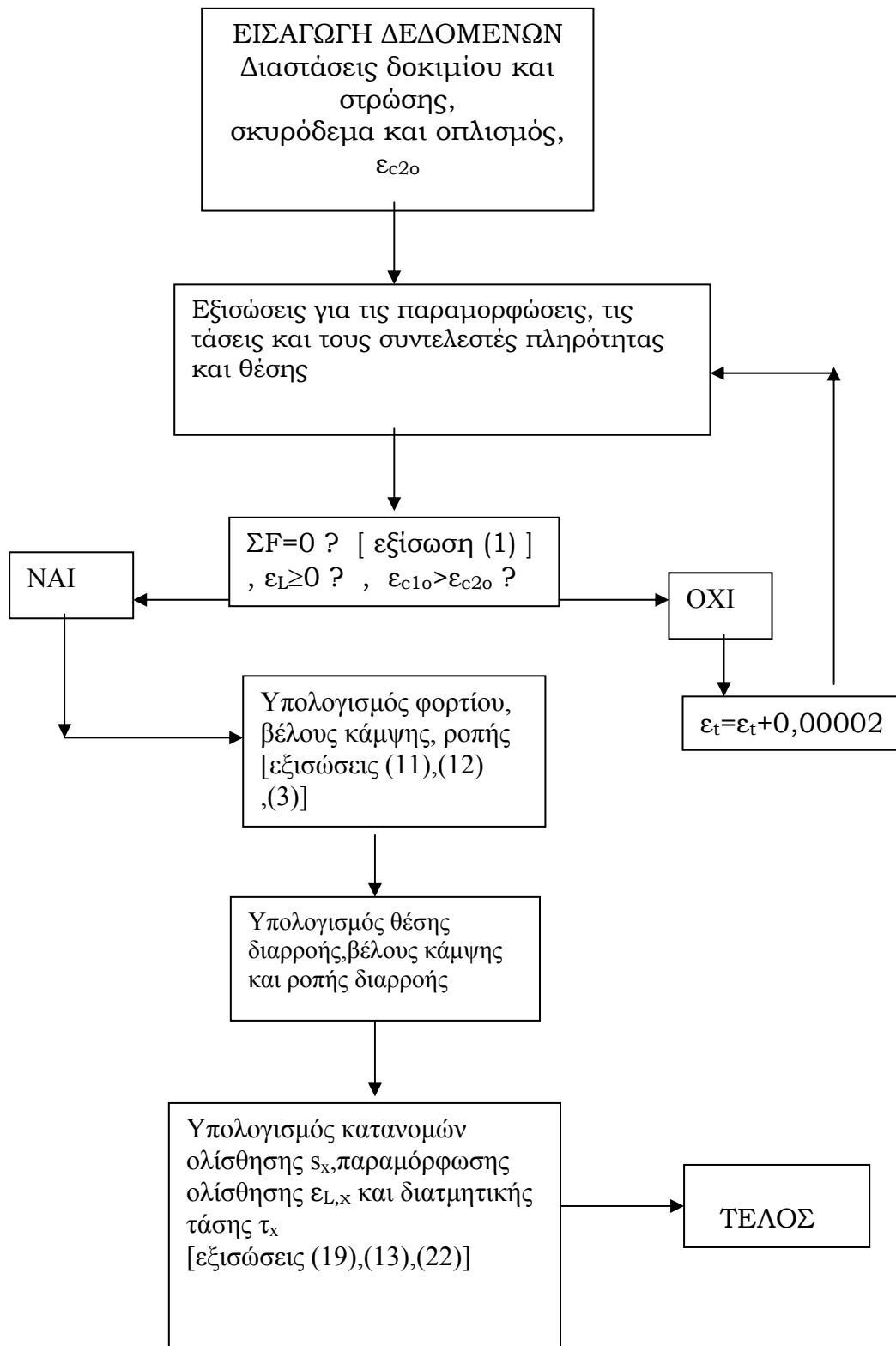
$$\text{και } x_y = 2 M_y / P \quad (21)$$

Τέλος η διατμητική τάση δίνεται από τον τύπο:

$$\tau_x = k_s s_x \quad (22)$$

όπου: $\min k_s = 0.516 \text{ Μρα}$ και $\max k_s = 50 \text{ Μρα}$ (το k_s εκφράζει το πόσο καλά έχει συνδεθεί το παλιό με το νέο σκυρόδεμα)

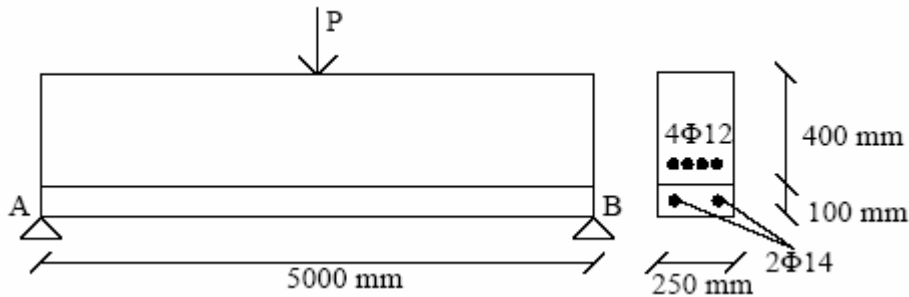
3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



Σχήμα 8: Διάγραμμα ροής προγράμματος

4.ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό υπολογίσαμε για την ενισχυμένη δοκό από οπλισμένο σκυρόδεμα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν.



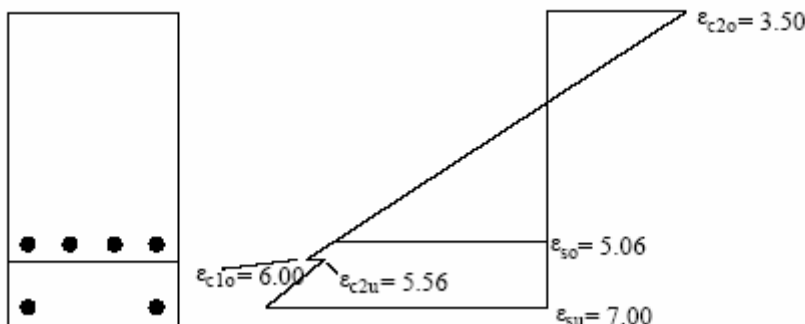
Σχήμα 9:Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και οπλισμός του ενισχυμένου δοκαριού

Όσον αφορά τα υλικά επιλέξαμε : (α) σκυρόδεμα(παλαιό και νέο) κατηγορίας C 16/20 (β) χάλυβας οπλισμού S500 (υφιστάμενος και νέος) με επικάλυψη από σκυρόδεμα $c=40$ mm Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα επιλέξαμε να ενισχύσουμε με μία πρόσθετη στρώση σκυροδέματος 100 mm το εφελκόμενο πέλμα της υφιστάμενης δοκού(καθώς αναπτύσσονται μόνο θετικές ροπές εξαιτίας της φόρτισης).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να δώσει αποτελέσματα και στη περίπτωση που θέλαμε να ενισχύσουμε το θλιβόμενο πέλμα της δοκού.Επίσης θεωρήσαμε ότι $k_s=50$ MPa/mm(πολύ καλή σύνδεση παλαιού και νέου σκυροδέματος).

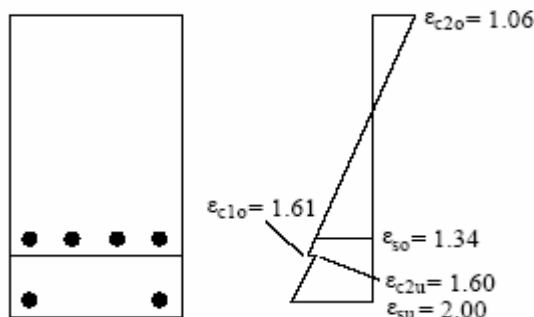
Προκύπτουν οι παρακάτω κατανομές παραμορφώσεων:

(α)Κατά την αστοχία($x = 1/2$)



Σχήμα 10:Κατανομή παραμορφώσεων καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής στο μέσο του ανοίγματος

(β)Στη θέση διαρροής(x_y)



Σχήμα 11: Κατανομή παραμορφώσεων καθ' ύψος της ενισχυμένης διατομής στη θέση διαρροής

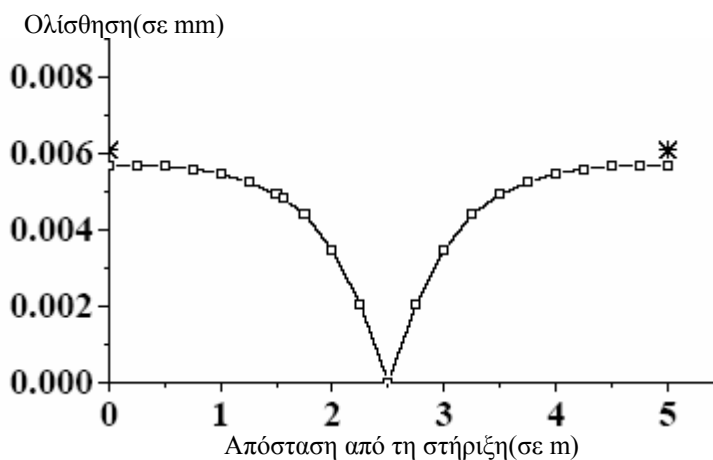
Στον παρακάτω πίνακα έχουμε συγκεντρώσει τις τιμές εκείνων των μεγεθών που μας ενδιαφέρουν και οι οποίες προέκυψαν μέσα από το πρόγραμμα .

P (kN)	Δ_m (* 10^{-3} m)	x_y (m)	M_y (kNm)	φ_y (* 10^{-3} m $^{-1}$)	EI_o (* 10^3 kNm 2)	EI_1 (* 10^3 kNm 2)	M_u (kNm)	φ_u (* 10^{-3} m $^{-1}$)
111	0.400	1.56	86.4	6.70	12.9	3.05	138	23.7

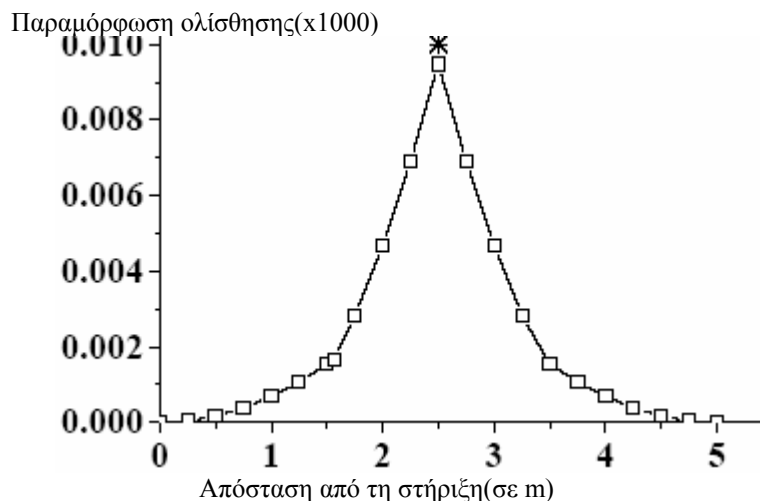
Πίνακας 1

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τις παραπάνω τιμές προκειμένου να υπολογίσει τις κατανομές (α)της ολίσθησης ,(β)της παραμόρφωσης ολίσθησης και (γ)της διατμητικής τάσης

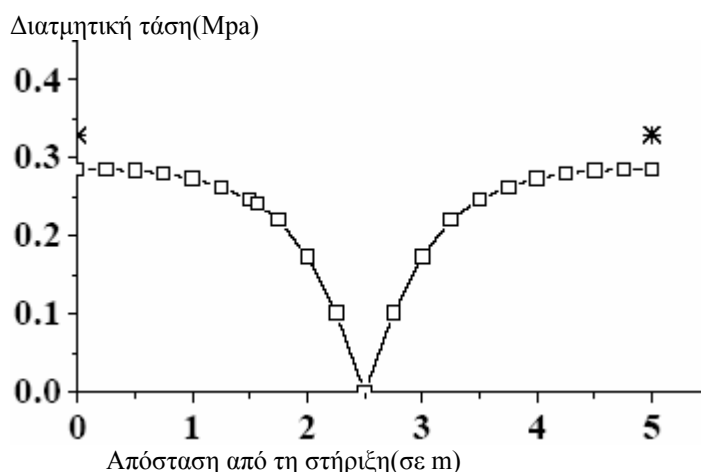
Για τη ενισχυμένη δοκό που μελετάμε προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα. Έχουμε σχηματικά:



Σχήμα 12:Κατανομή της ολίσθησης



Σχήμα 13: Κατανομή της παραμόρφωσης ολίσθησης



Σχήμα 14: Κατανομή της διατμητικής τάσης

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε ότι στα άκρα της ενισχυμένης δοκού η ολίσθηση και κατ'επέκταση η διατμητική τάση (εξαιτίας της σχέσης με την οποία συνδέονται μεταξύ τους $\tau_x = k_s s_x$) παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή τους. Η παραμόρφωση ολίσθησης είναι μέγιστη στο μέσο του ανοίγματος. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από το πρόγραμμα συμπεραίνουμε ότι σε περίπτωση που θέλουμε να αυξήσουμε το βαθμό μονολιθικότητας του πραγματικού σύνθετου στοιχείου (στο επίπεδο της διεπιφάνειας) με τη τοποθέτηση διατμητικών συνδέσμων (βλήτρων) θα πρέπει να τους τοποθετήσουμε με πιο πυκνή διάταξη στα άκρα της δοκού (όπου παρατηρείται μέγιστη ολίσθηση). Το πρόγραμμα λοιπόν μας βοηθάει να καταλάβουμε ποιοτικά τη μηχανική της διεπιφάνειας κάτι το οποίο μας καθοδηγεί φυσικά στη συνέχεια για την καλύτερη δυνατή διαστασιολόγηση του ενισχυμένου δοκαριού (αυτός άλλωστε ήταν και ο λόγος ο οποίος 'γέννησε' την ανάγκη να δημιουργήσουμε το συγκεκριμένο λογισμικό).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] O. Tsioulou and S. Dritsos. An analytical prediction of interface sliding and strength of concrete beams strengthened by new concrete layers. Department of Civil Engineering, University of Patras, 26500, Patras, Greece
- [2] Tsioulou O. Analytical evaluation of the behaviour of concrete beams strengthened by new concrete layers, MSc Thesis, Department of Civil Engineering, University of Patras, 2005
- [3] Dritsos S. Ultimate strength of flexurally strengthened RC members. Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering, Vienna, 1994:1637-1642
- [4] Saidi M, Vrontinos S, Douglas B. Model for the response of reinforced concrete beams strengthened by concrete overlays. ACI Structural Journal, 1990
- [5] Kotsira E, Dritsos S, Pilakoutas K. Effectiveness of techniques for flexural repair and strengthening of RC members. In: Proceedings of the 5th International Conference on Structural Faults and Repair, Edinburgh, 1993:235-243
- [6] S. Dritsos. Analysis of retrofitted reinforced concrete beams. Department of Civil Engineering, University of Patras, 26500 Patras, Greece
- [7] Σ. Δρίτσος. Ενισχύσεις/Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πάτρα 2006