

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΙΝΟΠ

#### II.1 Εισαγωγή. Θεωρητικό πλαίσιο

Σε γενικές γραμμές, οι δοκοί από ΟΣ παρουσιάζουν δύο διαφορετικούς τρόπους αστοχίας: καμπτικού και διατμητικού τύπου. Η διατμητική αστοχία είναι απότομη και εκ φύσεως ψαθυρή. Είναι λιγότερο προβλέψιμη καθώς δε δίνει μεγάλες προειδοποιήσεις (μεγάλου εύρους ρωγμές) πριν από την αστοχία, γεγονός που τη καθιστά πιο επικίνδυνη μορφή αστοχίας σε σχέση με την καμπτική. Όπως και στο συμβατικό σχεδιασμό, ζητούμενο άρα και στο σχεδιασμό των ενισχύσεων στοιχείων με ΙΝΟΠ, είναι να επιτευχθεί μέσω ικανοτικού σχεδιασμού μια παρόμοια καμπτική αστοχία, αποφεύγοντας οποιαδήποτε ψαθυρά φαινόμενα.

Πλήθος πειραμάτων έχουν διεξαχθεί επί τούτου και έχει αποδειχθεί ότι τα ΙΝΟΠ αποτελούν μια εναλλακτική επιλογή για την ενίσχυση δοκών ΟΣ ή την αποκατάσταση αντίστοιχων δοκών που έχουν υποστεί βλάβες. Η τεχνική μπορεί να εφαρμόζεται είτε με επικόλληση υφασμάτων στις δύο απέναντι παρειές της δοκού, είτε με τη μορφή μανδυνών, ενώ σχετικά νέα μέθοδος είναι η τοποθέτηση ράβδων από ΙΝΟΠ κατά μήκος των δοκών σε εσοχές που διαμορφώνονται κατάλληλα στις παρειές αυτών.

Η διαστασιολόγηση σε διάτμηση γίνεται με τα ίδια μηχανικά προσομοιώματα που χρησιμοποιούνται σε δοκούς με συμβατικό οπλισμό διάτμησης κατά ΕΚΟΣ (ΟΑΣΠ, 2000), δηλαδή με το αθροιστικό προσομοίωμα του δικτυώματος. Πλέον όμως γίνεται η θεώρηση :

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{fd}$$

όπου  $V_{fd}$  είναι η τέμνουσα που αναλαμβάνεται από τους εξωτερικούς οπλισμούς (ΟΑΣΠ, 2000).

Λόγω της παραδοχής δικτυώματος, για τον υπολογισμό του  $V_{fd}$  ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία που είναι γνωστή για το  $V_{wd}$ , όπου η τάση διαρροής του χάλυβα αντικαθίσταται πλέον για το ΙΝΟΠ από μια «ενεργή» τάση που αντιστοιχεί στη μέγιστη παραμόρφωση των φύλλων τη στιγμή της διατμητικής αστοχίας του στοιχείου. Η εν λόγω τάση είναι σημαντικά μικρότερη από τη παραμόρφωση θραύσης του σύνθετου υλικού επειδή σχεδόν πάντα προηγείται η καταστροφή της πρόσφυσης μεταξύ του σκυροδέματος και του σύνθετου υλικού, γεγονός που οδηγεί στην αποκόλληση των ΙΝΟΠ και την ελλιπή συνεργασία τους με την διεπιφάνεια του σκυροδέματος.

Στους υπολογισμούς που έγιναν για τους σκοπούς του πειράματος έγινε η συντηρητική παραδοχή σχεδιασμού ότι η μέγιστη παραμόρφωση υφάσματος ίση με την παραμόρφωση διαρροής των συνδετήρων, με τη θεώρηση ότι για μεγαλύτερες τιμές παραμόρφωσης συντελείται αποδιοργάνωση της διεπιφάνειας του σκυροδέματος και αυξάνεται απότομα η απαίτηση για ανάληψη τέμνουσας από το ΙΝΟΠ με αποτέλεσμα την πιθανή αποκόλλησή του. Η κατασκευάστρια εταιρία επέτρεπε κατά τις προτάσεις σχεδιασμού της, αρκετά μεγαλύτερες παραμορφώσεις για το υφάσμα (της τάξης του  $\varepsilon_f = 0,5 \%$ ) ενώ άλλες τιμές σχεδιασμού έχουν προταθεί και στη βιβλιογραφία (Triantafillou, 1998, Triantafillou και Antonopoulos, 2000, FIB-TG 9.3, 2001, ACI Committee 440, 2002). Θεωρήθηκε έτσι υπέρ της ασφαλείας ότι

$$\varepsilon_f = f_{yv} / E_s = 360 / 200.000 = 0,18 \% \quad , \quad \text{όπου}$$

$f_{yv}$ : η τάση διαρροής των συνδετήρων

$E_s$ : το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα.

Ο σχεδιασμός έγινε με αυτή την τιμή του  $\varepsilon_f = 0,18 \%$  αλλά σε παρένθεση δίνεται η συνεισφορά του υφάσματος σε ανάληψη διάτμησης για τιμή  $\varepsilon_f = 0,30 \%$  , τιμή που συχνά προτείνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία (Triantafillou, 1998) και η οποία, όπως αποδείχθηκε και από τα πειραματικά αποτελέσματα, ήταν πιο κοντά στην πραγματική παραμόρφωση του ΙΝΟΠ. Ακολουθούν οι υπολογισμοί που έγιναν για κάθε δοκίμιο.

## II.2 Υπολογισμοί

Η χρησιμοποίηση του ΙΝΟΠ GFRP έγινε με σκοπό να καλυφθεί η έλλειψη που παρουσιάστηκε στην αντοχή έναντι διάτμησης λόγω της αύξησης των ροπών αντοχής των δοκών (και την επόμενη αύξηση της διατμητικής καταπόνησης υπό τα μεγαλύτερα πλέον οριακά φορτία) καθώς είχε προηγηθεί η ενίσχυση τους έναντι κάμψης. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη διαστασιολόγηση (Master Builders, 2001) ορίζει ως

$$V_{fd} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L$$

Όπου:

$E_f$  = Μέτρο ελαστικότητας του υφάσματος ινοπλισμένων πολυμερών (MPa)

$\varepsilon_f$  = Μέγιστη παραμόρφωση υφάσματος που λαμβάνουμε υπόψη στο σχεδιασμό

$n$  = Αριθμός στρώσεων

$t_f$  = Υπολογιστικό πάχος υφάσματος (mm)

$L$  = Μήκος λωρίδας υφάσματος (m)

Το απαιτούμενο επιπλέον μήκος  $l_b$  για την αγκύρωση του υφάσματος προσδιορίζεται μέσω της σχέσης :

$$l_b = ( 2 E_f \varepsilon_f t_f ) / \tau_f \geq 0,15 \text{ m}$$

Όπου:

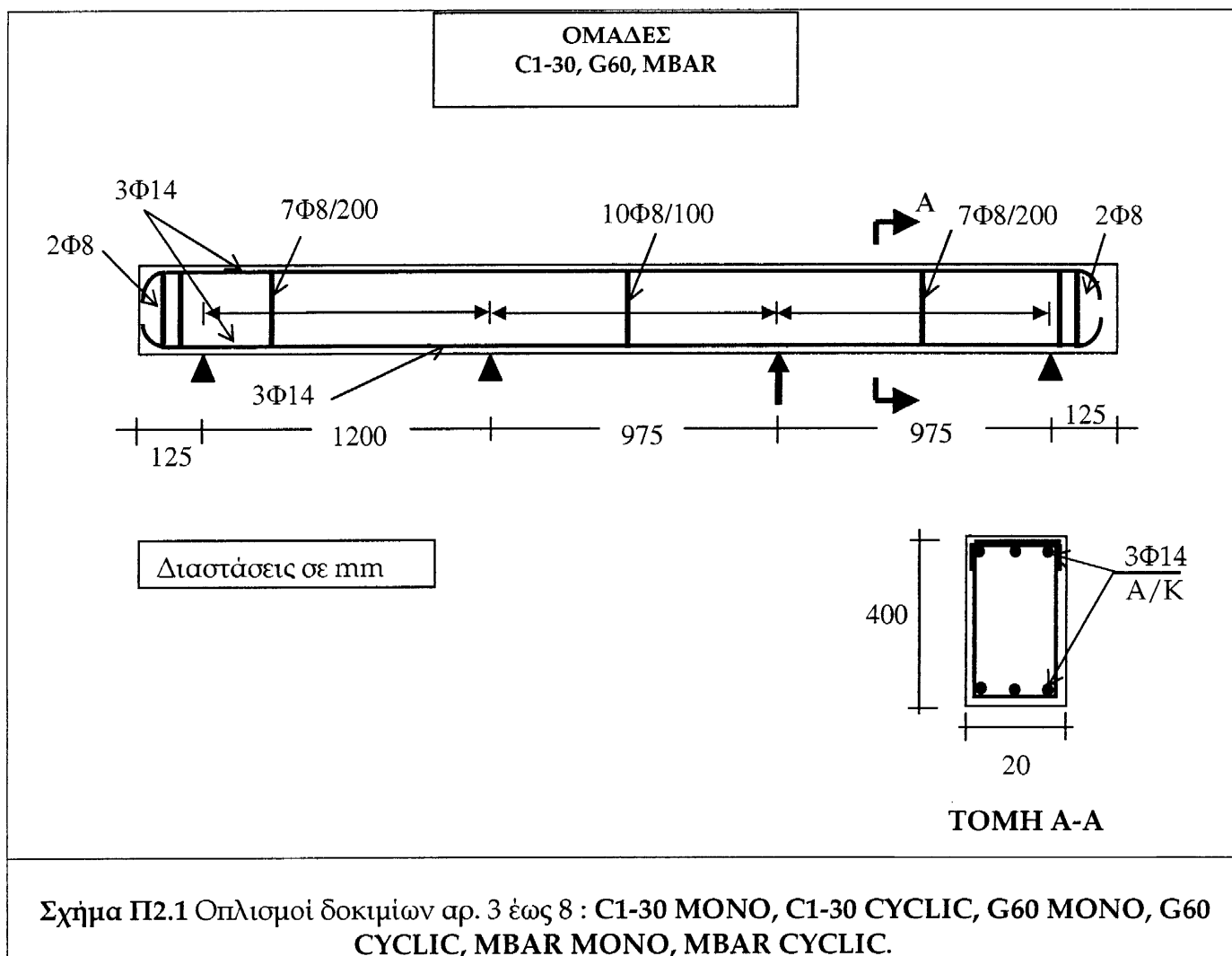
$\tau_f$  = Τάση της διατμητικής αντοχής της ρητίνης εμποτισμού του υφάσματος (σε MPa)

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ΙΝΟΠ ινών υάλου *MBrace Fiber G60-AR* και η συγκολλητική εποξειδική ρητίνη *MBrace Saturant* με χαρακτηριστικά:

$$E_f = 65000 \text{ MPa} , \varepsilon_f = 0,18 \%$$

$$t_f = 0.23 \text{ mm} \text{ και } \tau_f = 1,5 \text{ MPa}$$

Η συμβατική όπλιση των δοκιμών διακρίνεται στο Σχήμα Π2.1.



Η κατηγορία σκυροδέματος ήταν C20/25, οπότε η συνεισφορά των δευτερευόντων μηχανισμών στην ανάληψη τέμνουσας λήφθηκε ίση με

$$V_{cd} = 2.50 \tau_{rd} b_w d = 2.50 * 0.26 * 0.20 * 0.36 = 46.8 \text{ kN}$$

Η τιμή αυτή ελήφθη υπόψη μειωμένη στο 30% για όλο το μήκος του δοκιμίου (υπέρ της ασφαλείας) για τον υπολογισμό της συνολικής αντοχής έναντι τέμνουσας και για την περίπτωση μονοτονικής επιβολής του φορτίου και για την ανακυκλιζόμενη. Για τα μονοτονικά η θεώρηση αυτή είναι πολύ συντηρητική αφού θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι η  $V_{cd}$  συμμετέχει κατά 100%, κάτι που άλλωστε αποδείχθηκε και από τα πειραματικά αποτελέσματα.

Η συνεισφορά των συνδετήρων στο 1<sup>ο</sup> και στο 3<sup>ο</sup> τμήμα, όπου έχουν τοποθετηθεί Φ8/20 είναι

$$V_{wd}=0.90d f_{ywd} A_{sw}/s=0.90 * 0.36 * 37/0.20 = 59.9 \text{ kN}$$

Ενώ στο μεσαίο τμήμα όπου οι συνδετήρες είναι Φ8/10

$$V'_{wd}=0.90d f_{ywd} A_{sw}/s =0.90 * 0.36 * 37/0.10 = 119.9 \text{ kN}$$

Επομένως, η διατιθέμενη αντοχή έναντι τέμνουσας για το 1<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> τμήμα ήταν

$$V_{wd} + 0.30V_{cd} = 59.9 + 0.30 * 46.8 = 73.9 \text{ kN}$$

ενώ για το μεσαίο τμήμα ήταν :

$$V'_{wd} + 0.30V_{cd} = 119.9 + 0.30 * 46.8 = 133.9 \text{ kN}$$

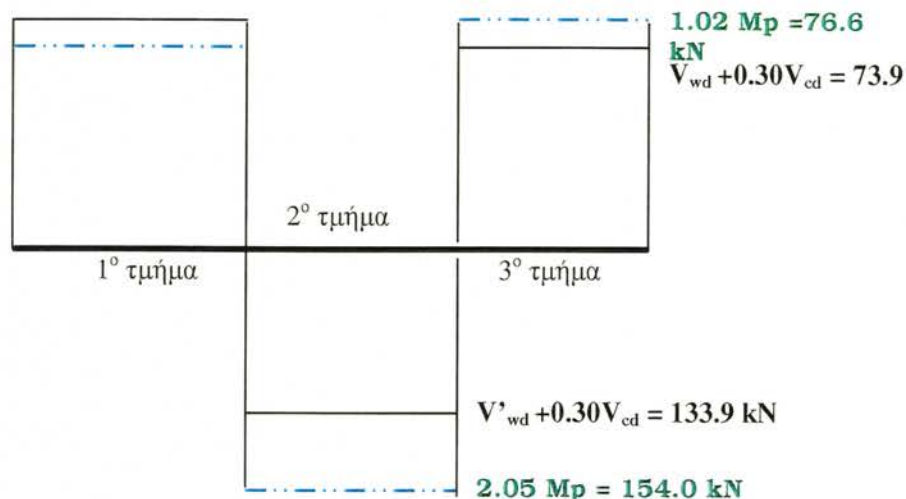
Ακολουθούν οι υπολογισμοί για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά:

### Π.2.1 Δοκίμια C1-30 MONO , C1-30 CYCLIC

Η ροπή αντοχής για τις συγκεκριμένους δοκούς όπως αυτή προσδιορίστηκε από το λογισμικό XTRACT (Chadwell, 2002) ισούται με  $M_p = 75,1 \text{ kNm}$  για μέγιστη παραμόρφωση υφάσματος ίση με 6 %.

$$V_{wd} + 0.30V_{cd} = 73.9 \text{ kN}$$

$$0.83 M_p = 62.3 \text{ kN}$$



**Σχήμα Π3.2** Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων δράσεων και αντοχής εγκάρσιου οπλισμού και δευτερευόντων μηχανισμών ανάληψης τέμνουσας

Από την πλαστική ανάλυση του φορέα (βλέπε Κεφάλαιο 4.3) εκτιμήθηκε η αναμενόμενη τέμνουσα που θα αναπτυσσόταν τη στιγμή σχηματισμού της 2<sup>ης</sup> πλαστικής άρθρωσης σε κάθε τμήμα του φορέα. Στο Σχήμα Π3.2 που ακολουθεί φαίνεται τόσο η αναμενόμενη τέμνουσα όσο και η διατιθέμενη αντοχή λόγω των εγκάρσιων οπλισμών και των δευτερευόντων μηχανισμών ( $0.30V_{cd}$ )

Παρατηρείται άρα ότι στο 2<sup>ο</sup> και στο 3<sup>ο</sup> τμήμα του φορέα η αντοχή των συνδετήρων και των δευτερευόντων μηχανισμών υπολείπεται της αναμενόμενης διάτμησης, οπότε αυτή την έλλειψη κλήθηκε να αναλάβει το ύφασμα MBrace Fiber G-60 AR.

**1<sup>ο</sup> τμήμα :** αρκεί ο υπάρχων οπλισμός

**2<sup>ο</sup> τμήμα :** Πρέπει  $V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 154.0 - 133.9 = 20.1 \text{ kN}$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{20.1 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m}} = 0.41 \text{ m}$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση δύο στρώσεων G-60 AR σε όλο το 2<sup>ο</sup> τμήμα όπου

$$n*L = 2*0.36 = 0.72 > (n*L)_{min}$$

και

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m * 2 * 0.36 m = 38.75 kN > V_f$$

$$(V_{fd} = 64.6 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

$$\text{3<sup>ο</sup> τμήμα : Πρέπει } V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 76.6 - 73.9 = 2.7 \text{ kN}$$

$$(n*L)_{min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{2.7 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m} = 0.05 m$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση μιας στρώσης G-60 AR πλάτους 25cm/d όπου

$$n*L = 1*0.25 = 0.25 > (n*L)_{min}$$

και

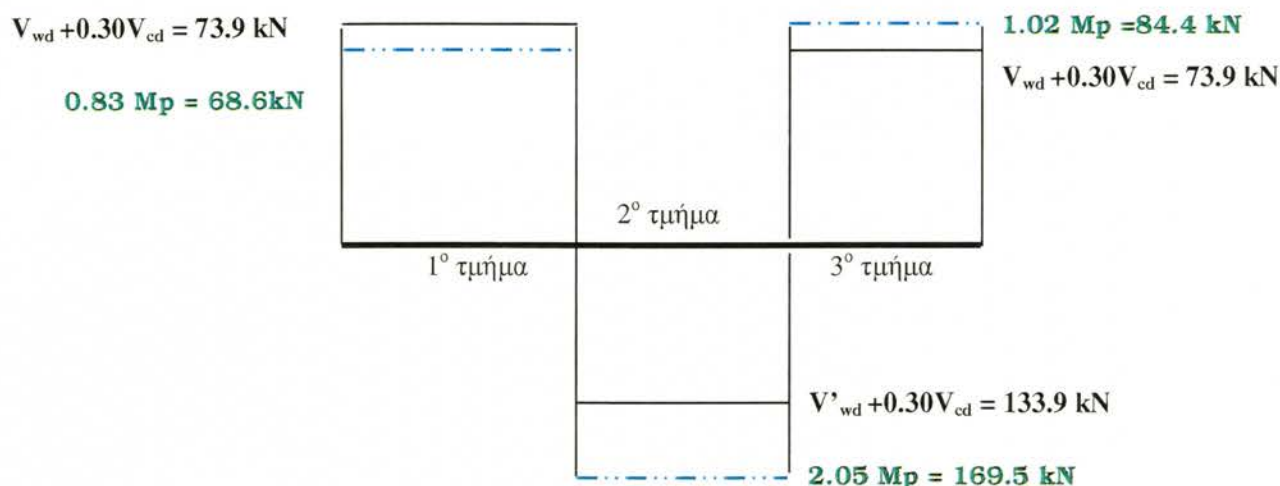
$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m * 1 * 0.25 m = 13.45 kN > V_f$$

$$(V_{fd} = 22.4 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

## II.2.2 Δοκίμια G60 MONO – G60 CYCLIC

Η ροπή αντοχής για τις συγκεκριμένους δοκούς όπως αυτή προσδιορίστηκε από το λογισμικό XTRACT (Chadwell, 2002) ισούται με  $M_p = 82.7 \text{ kNm}$  για μέγιστη παραμόρφωση υφάσματος ίση με 6‰.

Από την πλαστική ανάλυση του φορέα (βλέπε Κεφάλαιο 4.3) εκτιμήθηκε η αναμενόμενη τέμνουσα που θα αναπτυσσόταν τη στιγμή σχηματισμού της 2ης πλαστικής άρθρωσης σε κάθε τμήμα του φορέα. Στο Σχήμα Π3.3 που ακολουθεί φαίνεται τόσο η αναμενόμενη τέμνουσα όσο και η διατιθέμενη αντοχή λόγω των εγκάρσιων οπλισμών και των δευτερευόντων μηχανισμών ( $0.30V_{cd}$ )



**Σχήμα Π3.3** Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων δράσεων και αντοχής εγκάρσιου οπλισμού και δευτερευόντων μηχανισμών ανάληψης τέμνουσας  
 Παρατηρείται ότι στο 2<sup>ο</sup> και στο 3<sup>ο</sup> τμήμα του φορέα η αντοχή των συνδετήρων και των δευτερευόντων μηχανισμών υπολείπεται της αναμενόμενης διάτμησης, οπότε αυτή την έλλειψη κλήθηκε να αναλάβει το ύφασμα MBrace Fiber G-60 AR.

**1<sup>ο</sup> τμήμα:** αρκεί ο υπάρχων οπλισμός

**2<sup>ο</sup> τμήμα:** Πρέπει  $V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 169.5 - 133.9 = 35.6 \text{ kN}$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{35.6 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m}} = 0.57 \text{ m}$$

Επιλέχθηκε η τοποθέτηση δύο στρώσεων G-60 AR σε όλο το 2<sup>ο</sup> τμήμα όπου

$$n * L = 2 * 0.36 = 0.72 > (n * L)_{\min}$$

και

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m * 2 * 0.36 m = 38.75 kN > V_f$$

$$(V_{fd} = 64.6 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

$$3^o \text{ τμήμα} :: \text{Πρέπει } V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 83.4 - 73.9 = 9.5 \text{ kN}$$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{9.5 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m} = 0.18 m$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση μιας στρώσης G-60 AR πλάτους 25cm/d όπου

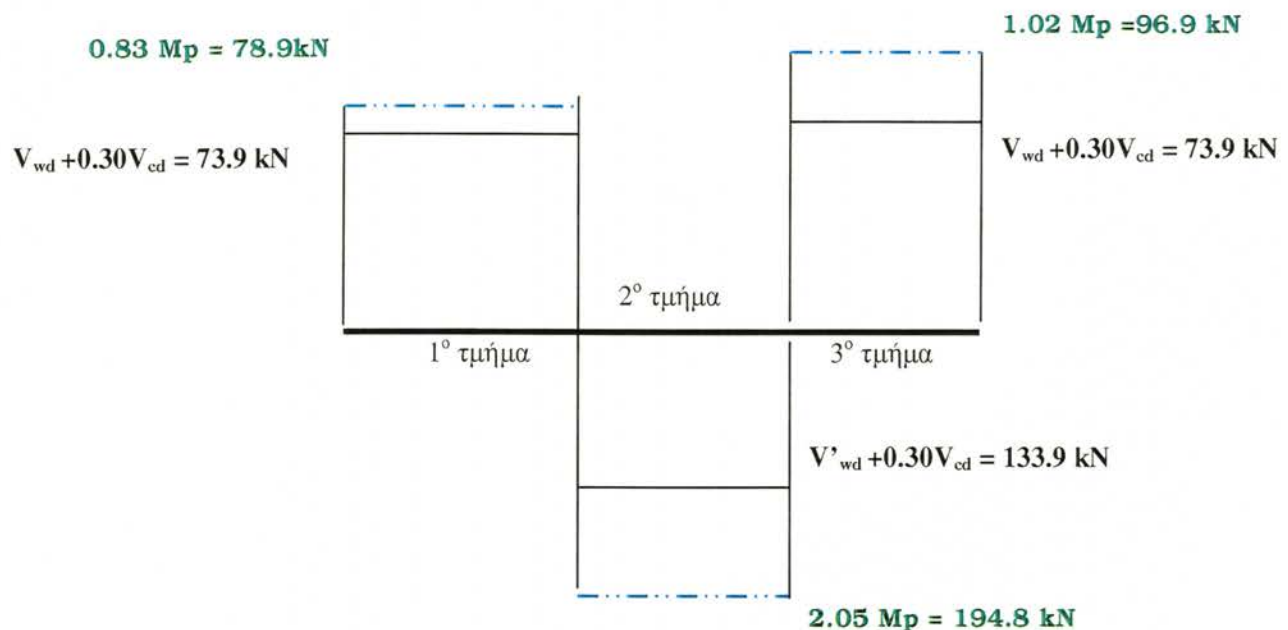
$$n * L = 1 * 0.25 = 0.25 > (n * L)_{\min} \text{ και}$$

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{kN}{m^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} m * 1 * 0.25 m = 13.45 kN > V_f$$

$$(V_{fd} = 22.4 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

### II.2.3 Δοκίμια MBAR MONO, MBAR CYCLIC

Η ροπή αντοχής για τις συγκεκριμένους δοκούς όπως αυτή προσδιορίστηκε από το λογισμικό XTRACT (Chadwell, 2002) ισούται με  $M_p = 95.0 \text{ kNm}$  για μέγιστη παραμόρφωση υφάσματος ίση με 6‰. Από την πλαστική ανάλυση του φορέα (βλέπε Κεφάλαιο 4.3) εκτιμήθηκε η αναμενόμενη τέμνουσα που θα αναπτυσσόταν τη στιγμή σχηματισμού της 2ης πλαστικής άρθρωσης σε κάθε τμήμα του φορέα. Στο Σχήμα Π3.4 που ακολουθεί φαίνεται τόσο η αναμενόμενη τέμνουσα όσο και η διατιθέμενη αντοχή λόγω των εγκάρσιων οπλισμών και των δευτερευόντων μηχανισμών ( $0.30V_{cd}$ )



**Σχήμα Π3.4** Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων δράσεων και αντοχής εγκάρσιου οπλισμού και δευτερευόντων μηχανισμών ανάληψης τέμνουσας

Παρατηρείται ότι σε όλο τον φορέα η αντοχή των συνδετήρων και των δευτερευόντων μηχανισμών υπολείπεται της αναμενόμενης διάτμησης, οπότε αυτή την έλλειψη κλήθηκε να αναλάβει το ύφασμα MBrace Fiber G-60 AR.

**1<sup>ο</sup> τμήμα :** Πρέπει  $V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \epsilon_f n t_f L = 78.9 - 73.9 = 5.0 \text{ kN}$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{5.0 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m}} = 0.09 \text{ m}$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση μιας στρώσης G-60 AR σε όλο το 1<sup>ο</sup> τμήμα όπου

$$n * L = 1 * 0.36 = 0.36 > (n * L)_{\min}$$

και

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m} * 1 * 0.36 \text{ m} = 19.4 \text{ kN} > V_f$$

$$(V_{fd} = 32.3 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

**2<sup>ο</sup> τμήμα :** Πρέπει  $V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 194.8 - 133.9 = 60.9 \text{ kN}$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{60.9 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m}} = 1.12 \text{ m}$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση τριών στρώσεων G-60 AR σε όλο το 2<sup>ο</sup> τμήμα όπου

$$n * L = 3 * 0.36 = 1.08 \approx (n * L)_{\min}$$

και

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m} * 3 * 0.36 \text{ m} = 58.2 \text{ kN} \approx V_f$$

$$(V_{fd} = 97 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

**3<sup>ο</sup> τμήμα :** Πρέπει  $V_{fd} \geq V_{fs} = 2 E_f \varepsilon_f n t_f L = 96.9 - 73.9 = 23.0 \text{ kN}$

$$(n * L)_{\min} = \frac{V_{fs}}{2 * E_f * \varepsilon_f * t_f} = \frac{23.0 \text{ kN}}{2 * 65000 * 10^3 * \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m}} = 0.43 \text{ m}$$

Επιλέχτηκε η τοποθέτηση μιας στρώσης G-60 AR σε όλο το 3<sup>ο</sup> τμήμα όπου

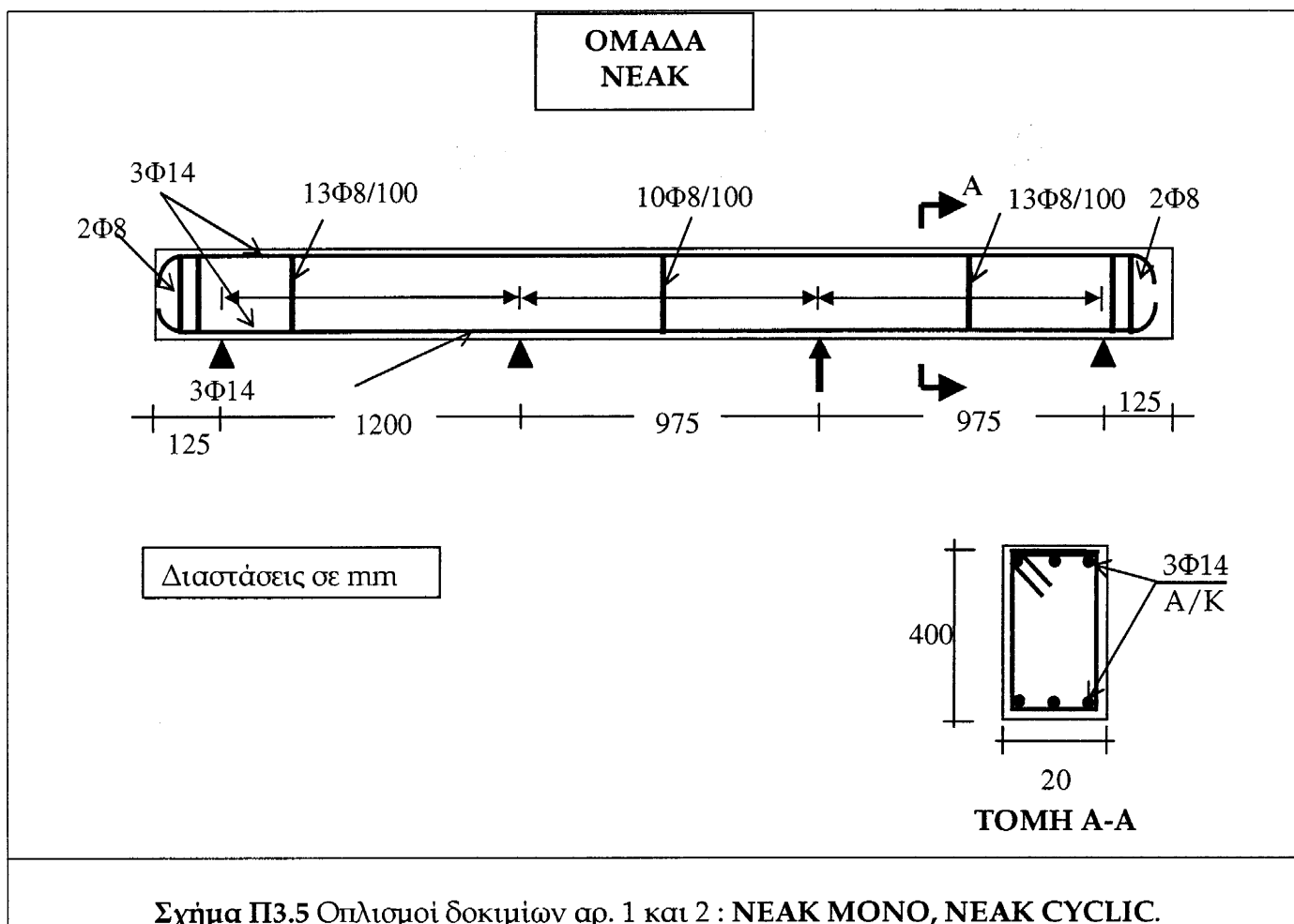
$$n * L = 1 * 0.36 = 0.36 > (n * L)_{\min} \text{ και}$$

$$V_{fd} = 2 * 65000 * 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 1.8 * 10^{-3} * 0.23 * 10^{-3} \text{ m} * 1 * 0.36 \text{ m} = 19.4 \text{ kN} \approx V_f$$

$$(V_{fd} = 32.3 \text{ kN για } \varepsilon_f = 0.30 \%)$$

## Π.2.4 Έλεγχος δοκιμών NEAK MONO,CYCLIC

Η προβλεπόμενη ροπή αντοχής για τις συγκεκριμένους δοκούς όπως αυτή προσδιορίστηκε από το λογισμικό XTRACT (Chadwell, 2002) ισούται με  $M_p = 63$  kNm για μέγιστη παραμόρφωση χάλυβα ίση με 2%. Η συμβατική όπλιση των δοκιμών διακρίνεται στο Σχήμα Π3.5.



Η κατηγορία σκυροδέματος ήταν C20/25, οπότε η συνεισφορά των δευτερευόντων μηχανισμών στην ανάληψη τέμνουσας λήφθηκε ίση με

$$V_{cd} = 2.50 \tau_{rd} b_w d = 2.50 * 0.26 * 0.20 * 0.36 = 46.8 \text{ kN}$$

Η τιμή αυτή ελήφθη υπόψη μειωμένη στο 30% για όλο το μήκος του δοκιμίου (υπέρ της ασφαλείας) για τον υπολογισμό της συνολικής αντοχής έναντι τέμνουσας.

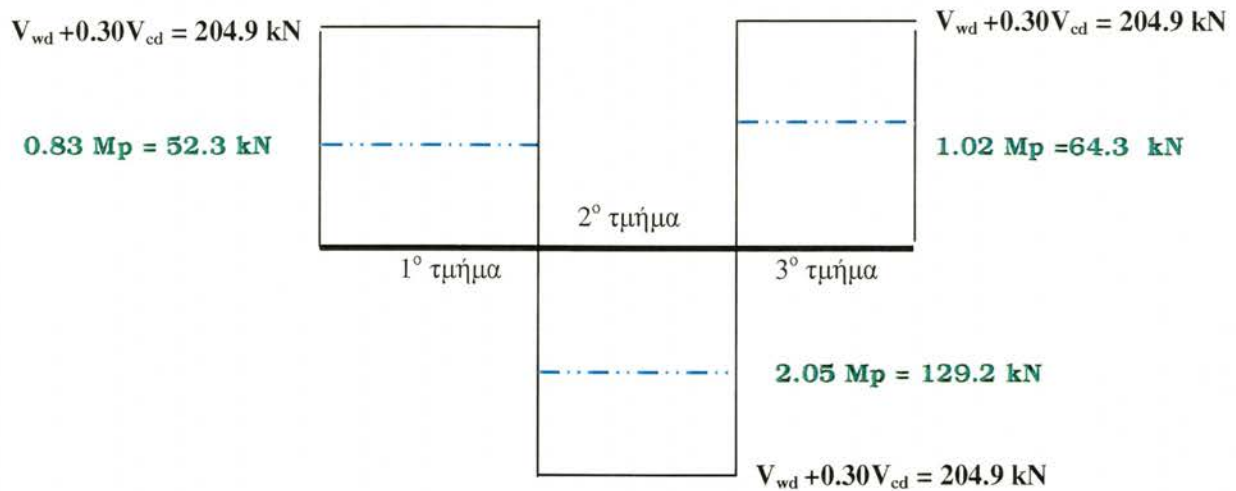
Η συνεισφορά των συνδετήρων ήταν κατά μήκος του φορέα

$$V_{wd} = 0.90 d f_{ywd} A_{sw}/s = 0.90 * 0.36 * 60 / 0.20 = 190.8 \text{ kN}$$

επομένως η διατιθέμενη αντοχή έναντι τέμνουσας ήταν

$$V_{wd} + 0.30 V_{cd} = 190.8 + 0.30 * 46.8 = 204.9 \text{ kN}$$

Από την πλαστική ανάλυση του φορέα εκτιμήθηκε η αναμενόμενη τέμνουσα που θα αναπτυσσόταν τη στιγμή σχηματισμού της 2<sup>ης</sup> πλαστικής άρθρωσης σε κάθε τμήμα του φορέα. Στο Σχήμα Π3.6 που ακολουθεί φαίνεται τόσο η αναμενόμενη τέμνουσα όσο και η διατιθέμενη αντοχή λόγω των εγκάρσιων οπλισμών και των δευτερευόντων μηχανισμών ( $0.30V_{cd}$ ).



**Σχήμα Π3.6** Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων δράσεων και αντοχής εγκάρσιου οπλισμού και δευτερευόντων μηχανισμών ανάληψης τέμνουσας

Είναι επομένως σε κάθε τμήμα του φορέα επαρκής η αντοχή έναντι τέμνουσας σε σχέση με τη μέγιστη διατμητική που αναμένεται να εμφανιστεί κατά το σχηματισμό της 2<sup>ης</sup> πλαστικής άρθρωσης.