

Μετελαστική Ανάλυση Διατομής Ω.Σ. με την Πραγματική Αποδοτικότητα της Περίσφιγξης

Post-elastic analysis of a reinforced concrete section accounting for the actual confinement effectiveness

Παναγιώτης Η. ΓΙΑΝΝΑΚΟΥΡΑΣ¹, Θεοδόσιος Π. ΤΑΣΙΟΣ²

Λέξεις Κλειδιά: Ωπλισμένο Σκυρόδεμα, Διατομή, Περίσφιγξη, Αποδοτικότητα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Οι ισχύουσες υπολογιστικές μέθοδοι αναλύουν μια διατομή από Ω.Σ. υποθέτοντας γνωστούς εξ αρχής τους καταστατικούς νόμους των υλικών. Επομένως, η καταστατική σχέση για το περισφιγμένο σκυρόδεμα του πυρήνα της διατομής είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια των επιλύσεων. Ο υπολογισμός της βασίζεται στη διάταξη του οπλισμού σε αυτή, ενώ υπονοείται και η παραδοχή της πλήρως θλιβόμενης διατομής, για την εκτίμηση της αποδοτικότητας $|α|$ της περίσφιγξης. Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να συνεκτιμηθεί η πραγματική αποδοτικότητα της περίσφιγξης κατά την ανάλυση μιας διατομής, που οφείλεται στη συμβολή που έχει το μή θλιβόμενο τμήμα της διατομής στον περιορισμό της εγκάρσιας διόγκωσης της θλιβόμενης ζώνης. Το φαινόμενο αυτό έχει ήδη σχολιαστεί στον πρότυπο κανονισμό της fib. Εξάγονται σχέσεις για την αποδοτικότητα της περίσφιγξης για όλο το εύρος των δυνατών θέσεων της ουδέτερης γραμμής μιας ορθογωνικής διατομής υπό μονοαξονική κάμψη. Στη συνέχεια, αναλύονται διατομές Ω.Σ. συνήθεις στα υφιστάμενα δομήματα, και συνάγονται συμπεράσματα για την πραγματική ικανότητα παραμόρφωσης, την πλαστιμότητα και την παραμένουσα αντοχή των διατομών αυτών.

ABSTRACT: The current computational methods for the analysis of a RC section, separate modeling from analysis. It is, therefore, evident that the constitutive law for confined concrete remains constant throughout the analysis. The assumption of an entirely compressed section is also implicit for the calculation of the confinement effectiveness. Herein, the actual confinement effectiveness is taken into account for the analysis of RC sections. As described in fib Model Code 90, the confinement effectiveness varies with the position of the neutral axis. This variation takes into account the constraining effect of the tensile zone on the lateral expansion of the section's compressive zone. Therefore, equations are provided for the confinement effectiveness that account for every

¹ Διπλ. Πολ. Μηχ. ΕΜΠ, ΜΔΕ, e-mail: p.giann17@gmail.com

² Ομ. Καθηγ. ΕΜΠ, e-mail: tassios@central.ntua.gr

possible position of the neutral axis in rectangular sections under uniaxial bending. Subsequently, typical sections of existing RC buildings are analyzed and conclusions are drawn for their actual deformation capacity, ductility and residual strength, and are compared with results derived from conventional methods.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η βελτίωση των καταστατικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος χάρις στην εφαρμογή παράπλευρης πίεσεως στο δομικό μέλος έχει παρατηρηθεί εδώ και σχεδόν έναν αιώνα [Richart et al.] και συνιστά σημαντική παράμετρο της αντισεισμικής συμπεριφοράς ενός δομήματος από Ω.Σ. Η περίσφιγξη εισάγεται στο μέλος είτε χάρις στους συνδετήρες που περιέχονται στο μέλος είτε με πρόσθετες εξωτερικές επεμβάσεις, όπως η περιτύλιξη με ΙΩΠ. Είναι σαφές ότι, ανάλογα και με την εφαρμοζόμενη διάταξη περισφίξεως, η πίεση δεν ασκείται σε όλο τον όγκο του σκυροδέματος, υπάρχουν δε περιοχές που παραμένουν απερίσφιγτες, εξαιρουμένων των κυκλικών διατομών με συνεχή εξωτερική περισφίγξη. Ήδη από την εργασία των Sheikh & Uzumeri, εισήχθη η έννοια της γεωμετρικής αποδοτικότητας της περισφίγξης, η οποία έχει υιοθετηθεί σε όλους τους σύγχρονους κανονισμούς [ΚΑΝ.ΕΠΕ.], [EC8], [MC90] [MC2010].

Η γεωμετρική αποδοτικότητα της περισφίγξης εκφράζεται ως το γινόμενο δύο συντελεστών, που εκφράζουν αφενός την αποδοτικότητα εντός της διατομής α_n και αφετέρου την αποδοτικότητα καθ' ύψος του μέλους α_s . Ουσιαστικά, αφαιρείται το εμβαδόν των απερίσφιγκτων περιοχών, που έχουν παραβολικό σχήμα, ως εάν ολόκληρη η διατομή βρισκόταν υπό θλίψη. Είναι φανερό η έμμεση παραδοχή ότι για την εκτίμηση της θλιβόμενης περιοχής στην οποία επενεργεί η περισφίγξη, αγνοείται η θέση του ουδέτερου άξονα. Εφόσον όμως μόνο η θλιβόμενη ζώνη διογκώνεται κατά Poisson, το σκυρόδεμα στην εφελκυόμενη ζώνη είναι ελεύθερο τάσεων και δεν διογκώνεται. Αντίθετα, μπορεί να αντισταθεί στη διόγκωση της θλιβόμενης ζώνης, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα της περισφίγξης. Σε κανονιστικό επίπεδο, το φαινόμενο αυτό έχει ήδη αναφερθεί στα σχόλια της §3,5,2 του Model Code 90 της fib, χωρίς όμως να έχουν προταθεί σχέσεις για την συνεκτίμησή του.

Μια θεώρηση που αγνοεί τη θέση του ουδέτερου άξονα κατά τον υπολογισμό της περισφίγξης, αν και διαθέτει οφέλη, είναι ανεπαρκής για την αποτίμηση της συμπεριφοράς των υφιστάμενων δομημάτων. Ο ακριβής υπολογισμός της μετελαστικής συμπεριφοράς της διατομής είναι προαπαιτούμενο για την ορθή εκτίμηση της διαθέσιμης πλαστιμότητας και τον οικονομικό σχεδιασμό των επεμβάσεων που ενδεχομένως απαιτηθούν. Άρα, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι ιδιότητες του περισφιγμένου σκυροδέματος βάσει της πραγματικής αποδοτικότητας της περισφίγξης, ώστε η κατάσταση αστοχίας μιας διατομής να προσεγγίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η πρόσθετη αξονική δύναμη λόγω του σεισμού μεταβάλλει και αυτή τη θέση του ουδέτερου άξονα. Ανάλογα με αυτήν, η επίδραση της αξονικής δυνάμεως μπορεί να είναι ευμενής ή δυσμενής

σε σχέση με την αγνόηση του φαινομένου αυτού, όπως προκύπτει και από την ανάλυση που ακολουθεί. Θα παραχθούν σχέσεις της αποδοτικότητας της περίσφιγξης, οι οποίες θα συνεκτιμούν τη θέση του ουδέτερου άξονα στον προσδιορισμό του ενεργού τμήματος της διατομής. Θα αφορούν τη γενική περίπτωση ορθογωνικών διατομών υπό μονοαξονική κάμψη με οπλισμό κατανεμημένο σε όλες τις παρειές. Το πεδίο ορισμού τους αφορά όλες τις δυνατές θέσεις του ουδέτερου άξονα εντός της διατομής, δηλαδή για $\xi = 0$ έως 1. Είναι προφανές ότι για πλήρως θλιβόμενη διατομή ($\xi = 1$), ο τρόπος υπολογισμού της αποδοτικότητας δεν μεταβάλλεται. Οι σχέσεις αυτές αποτελούν επέκταση και γενίκευση αντίστοιχων σχέσεων της βιβλιογραφίας [Τάσιος], [Fardis]. Παρατίθεται επίσης ένα παράδειγμα εφαρμογής των σχέσεων αυτών σε ένα τετραγωνικό υποστύλωμα με οπλισμό μόνο στις γωνίες, διατομή που είναι συνήθης στα υφιστάμενα δομήματα. Θα προσδιοριστεί η συμπεριφορά της διατομής αυτής παραμετρικά για διάφορες αποστάσεις συνδετήρων και δρώσας αξονικής δύναμης. Τέλος, εξάγονται συμπεράσματα για την πραγματική κατάσταση αστοχίας και την πλαστιμότητα των διατομών αυτών.

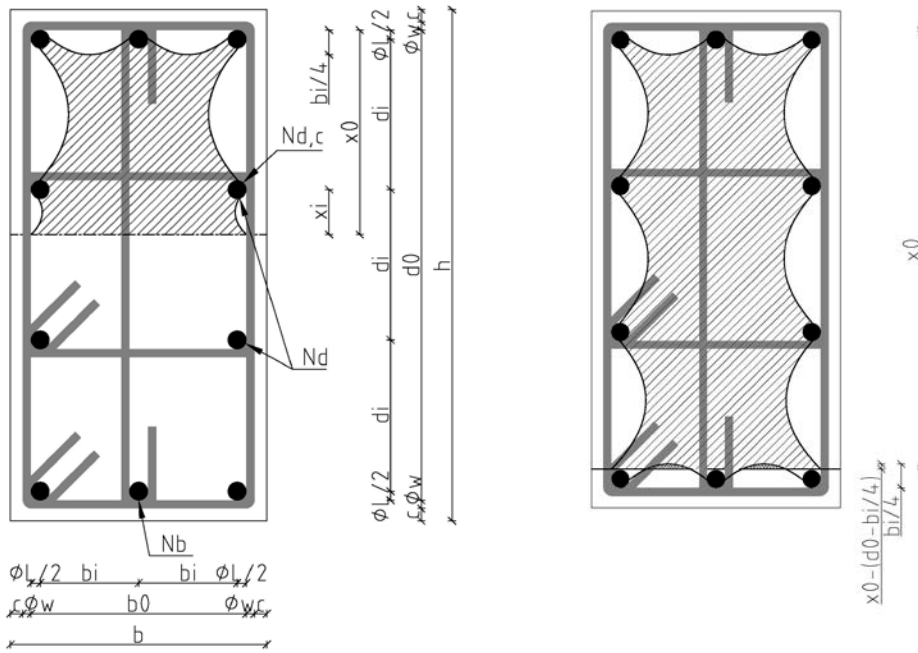
ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Στην παρούσα ενότητα, θα παρουσιαστούν οι σχέσεις υπολογισμού της αποδοτικότητας της περίσφιγξης εντός του επιπέδου της διατομής. Εισάγοντας βοηθητικές μεταβλητές και χρησιμοποιώντας ανηγμένα μεγέθη ($\xi = x_0/d_0$ και $\lambda = d_0/b_0$), η αποδοτικότητα της περίσφιγξης εντός της διατομής, υπολογίζεται από την εξίσωση 1.

$$a'_n = 1 - \frac{1}{6\xi} \cdot \{A + B + \Gamma + \Delta\} \quad (1)$$

Οι βοηθητικές μεταβλητές υπολογίζονται από τις σχέσεις 2 – 5. Με αναφορά στο Σχήμα 1 και στο Σχήμα 2, η μεταβλητή A συνεκτιμά τη μείωση στην ενεργό διατομή από τις απερίσφιγκτες παραβολές στη θλιβόμενη παρειά της διατομής, που είναι παράλληλη στον άξονα κάμψης. Οι μεταβλητές B και Γ συνεκτιμούν τις απερίσφιγκτες παραβολές στις θλιβόμενες παρειές που είναι κάθετες στον άξονα της κάμψης. Η μεταβλητή Δ διορθώνει τα εμβαδά αυτά για τις περιπτώσεις μικρού και μεγάλου βάθους της θλιβόμενης ζώνης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση προστίθενται τα παραβολικά τμήματα που βρίσκονται έξω από τη

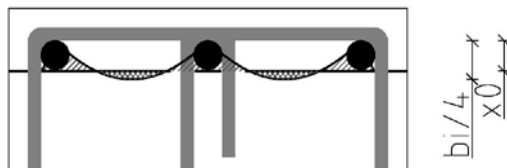
θλιβόμενη ζώνη, ενώ στη δεύτερη αφαιρούνται από τις παραβολές της εφελκόμενης ζώνης τα τμήματα που βρίσκονται εντός της θλιβόμενης ζώνης.



(α)

(β)

Σχήμα 1. Αποδοτικότητα της περισφιγξης εντός της διατομής: γενική διάταξη (α) και αποκοπή των παραβολών πλησίον της εφελκόμενης ζώνης (β).



Σχήμα 2. Αποκοπή των παραβολών πλησίον της θλιβόμενης ζώνης

Στις σχέσεις που ακολουθούν, με N_b συμβολίζεται ο αριθμός των ενδιάμεσων ράβδων οπλισμού κατά το πλάτος της διατομής, με N_d ο αριθμός των ενδιάμεσων

ράβδων οπλισμού κατά το ύψος της διατομής και με $N_{d,c}$ ο αριθμός των ενδιάμεσων ράβδων οπλισμού κατά το ύψος της διατομής που ευρίσκονται εντός της θλιβόμενης ζώνης, όπως απεικονίστηκαν και στο σχήμα 1.

$$A = \frac{1}{\lambda \cdot (N_b + 1)} \cdot \left(1 - \lambda \cdot \frac{\phi_L}{d_0}\right)^2 \quad (2)$$

$$B = 2\lambda \cdot \left(\xi - \frac{\phi_L}{2d_0}\right)^2 \quad (3)$$

$$\Gamma = \frac{2 \cdot \lambda \cdot N_{d,c}}{N_{d+1}} \cdot \left(1 - \frac{\phi_L}{d_0}\right) \cdot \left[\frac{1}{N_{d+1}} \cdot \left(1 - \frac{\phi_L}{d_0}\right) - 2 \left(\xi - \frac{\phi_L}{2d_0}\right) + \frac{N_{d,c}}{N_{d+1}}\right] \quad (4)$$

$$\Delta = \begin{cases} \left[\begin{aligned} & -\frac{1}{N_b + 1} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} - 4\xi(N_b + 1) - \frac{\phi_L}{d_0}\right) \cdot \\ & \sqrt{1 - 4\xi\lambda(N_b + 1) + 2\lambda[2\xi\lambda(N_b + 1) - 1] \frac{\phi_L}{d_0} + \left(\lambda \frac{\phi_L}{d_0}\right)^2} \\ & \text{για } 0 \leq \xi \leq \frac{\frac{1}{\lambda} - \frac{\phi_L}{d_0}}{4 \cdot (N_b + 1)} \end{aligned} \right. \\ \text{---} \\ & 0 \\ \left. \begin{aligned} & \text{για } \frac{\frac{1}{\lambda} - \frac{\phi_L}{d_0}}{4 \cdot (N_b + 1)} \leq \xi \leq 1 - \frac{\frac{1}{\lambda} - \frac{\phi_L}{d_0}}{4 \cdot (N_b + 1)} \\ & \frac{1}{N_b + 1} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} + 4(\xi - 1)(N_b + 1) - \frac{\phi_L}{d_0}\right) \cdot \\ & \sqrt{1 + 4\lambda(\xi - 1)(N_b + 1) - 2\lambda[2\lambda(\xi - 1)(N_b + 1) + 1] \frac{\phi_L}{d_0} + \left(\lambda \frac{\phi_L}{d_0}\right)^2} \\ & \text{για } 1 - \frac{\frac{1}{\lambda} - \frac{\phi_L}{d_0}}{4 \cdot (N_b + 1)} \leq \xi \leq 1 \end{aligned} \right] \quad (5)$$

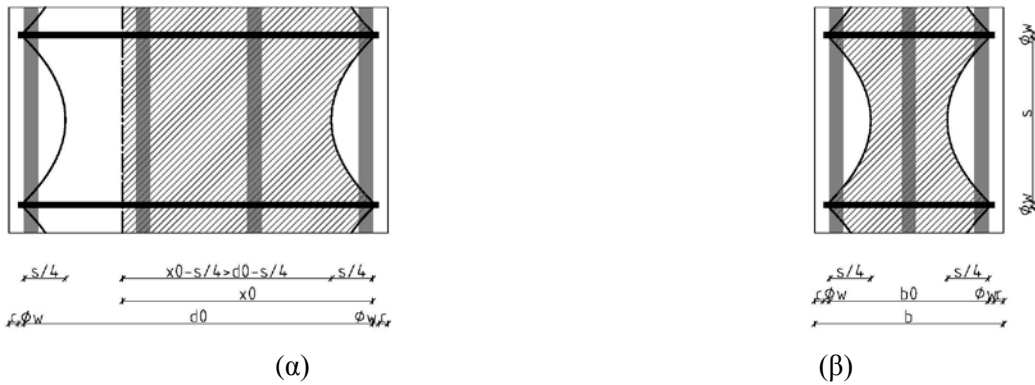
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Είναι φανερό ότι οι εξισώσεις (2) – (5) είναι συνάρτηση της διαμέτρου των διαμηκών ράβδων οπλισμού. Συνεκτιμάται έτσι η ευμενής επίδραση που έχουν οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού στη διανομή της εγκάρσιας πίεσεως εντός του επιπέδου της διατομής, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.

Μια τέτοια προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με την εφαρμοζόμενη πρακτική, όπου οι κανονιστικές εξισώσεις αγνοούν το φαινόμενο αυτό. Επομένως, είναι στην ευχέρεια του μελετητή, να αγνοήσει τους όρους (Φ_L/d_0) , ούτως ώστε για $\xi = 1$, η αποδοτικότητα της περισφιγξης να ταυτίζεται με τις ισχύουσες κανονιστικές προβλέψεις. Η αριθμητική διαφορά των δύο προσεγγίσεων παρουσιάζεται στο σχήμα 4. Απεικονίζεται η ειδική περίπτωση τετραγωνικής διατομής με οπλισμό μόνο στις γωνίες ($\lambda = 1$ και $N_b = N_d = N_{d,c} = 0$).

ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΜΕΛΟΥΣ

Κατ' αναλογία, παρουσιάζεται η σχέση υπολογισμού της αποδοτικότητας της περισφιγξης καθ' ύψος του μέλους, συνεκτιμώντας τη θέση του ουδέτερου άξονα. Με αναφορά στο σχήμα 3, προκύπτει η εξίσωση (6).

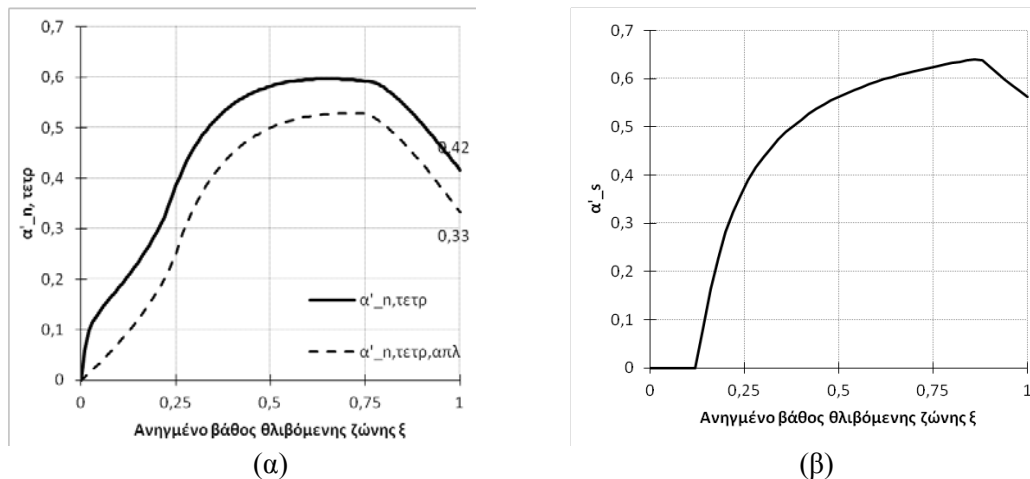


Σχήμα 3. Αποδοτικότητα της περισφιγξης καθ' ύψος: τομές κατά μήκος (α) και κατά πλάτος (β) της διατομής

$$a'_s = \begin{cases} 0 & \text{if } \xi < \frac{s}{4 \cdot d_0} \\ \frac{1}{\xi} \cdot \left(\xi - \frac{s}{4 \cdot d_0} \right) \cdot \left(1 - \lambda \frac{s}{2 \cdot d_0} \right) & \text{if } \frac{s}{4 \cdot d_0} \leq \xi \leq 1 - \frac{s}{4 \cdot d_0} \\ \frac{1}{\xi} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot d_0} \right) \cdot \left(1 - \lambda \frac{s}{2 \cdot d_0} \right) & \text{if } 1 - \frac{s}{4 \cdot d_0} \leq \xi \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

Αντίθετα από την αποδοτικότητα εντός της διατομής, η καθ' ύψος αποδοτικότητα εξαρτάται μόνο από την καθαρή απόσταση μεταξύ των συνδετήρων και το βάθος

της θλιβόμενης ζώνης. Όπως φαίνεται και από τα σχήματα, η επίδραση της περίσφιγξης μηδενίζεται όταν σε κάποια διατομή καθ' ύψος του μέλους οι απερίσφιγκτες παραβολές και ο ουδέτερος άξονας τέμνονται, είτε οι συνδετήρες είναι πολύ αραιοί ($s > 2 \cdot b_0$). Στην περίπτωση που τέμνεται παραβολικό τμήμα από την απερίσφιγκτη περιοχή της εφελκυόμενης ζώνης (τρίτο σκέλος), το εμβαδόν που δέχεται περίσφιγξη παραμένει σταθερό, αλλά ανάγεται ως προς τη μεταβλητή κάθε φορά θλιβόμενη ζώνη. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η γραφική παράσταση της εξίσωσης (6) για $s/b_0 = 0,5$ και $\lambda = 1$.



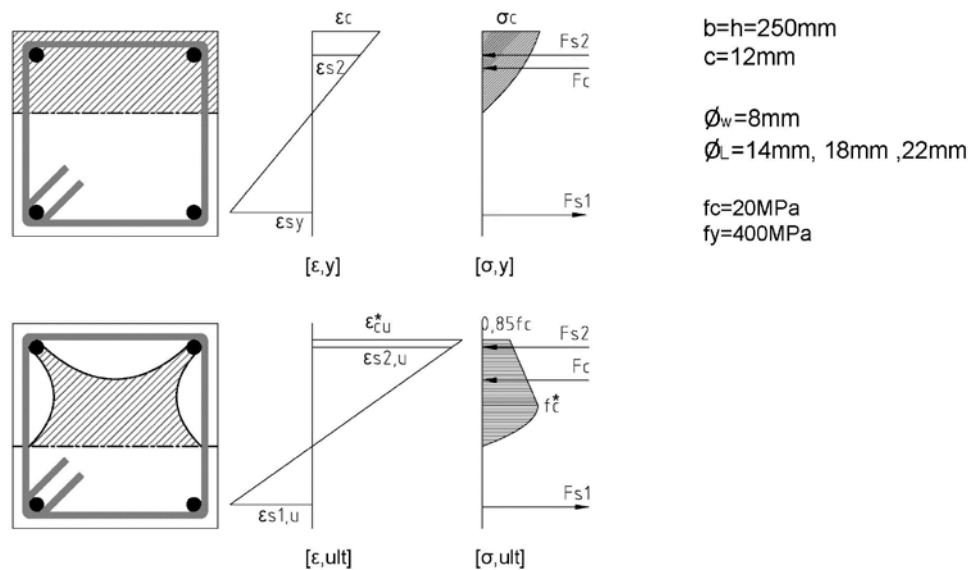
Σχήμα 4. Αποδοτικότητα της περίσφιγξης μιας τετραγωνικής διατομής με οπλισμό στις γωνίες: (α) εντός της διατομής και (β) καθ' ύψος του μέλους με $s/b_0=0,5$.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις ροπών – καμπυλοτήτων που εκτελέστηκαν σε μια τετραγωνική διατομή με οπλισμό μόνο στις γωνίες. Για την υπό εξέταση διατομή, τα στοιχεία της οποίας παρατίθενται στο σχήμα 5, η συμπεριφορά της προσεγγίζεται με ακρίβεια, επιλύοντας την κατάσταση διαρροής και αστοχίας, όπως αυτές ορίζονται στο σχήμα , και ενώνοντας με ευθεία γραμμή. Για την κατάσταση αστοχίας συνεκτιμάται η αποφλοίωση της διατομής, ενώ ο υπολογισμός των καταστατικών μεγεθών του περισφιγμένου σκυροδέματος γίνεται κατά την τεχνική βιβλιογραφία [Τάσιος].

Έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή, η ανεξαρτησία προσομοιώματος και αναλύσεως στη συντριπτική πλειονότητα των σύγχρονων λογισμικών. Έτσι καθίσταται δυσχερής ο αναλυτικός υπολογισμός της αποδοτικότητας της περίσφιγξης, καθώς είναι επαναληπτικής φύσεως. Συγκεκριμένα, απαιτείται μια προεκτίμηση του βάθους της ουδέτερης ζώνης, υπολογισμός της αποδοτικότητας της περίσφιγξης για το βάθος αυτό και επίλυση της διατομής με αυτό το

περισφιγμένο σκυροδέμα. Στη συνέχεια, ελέγχεται η ακρίβεια της πρόβλεψης του βάθους της θλιβόμενης ζώνης και επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρι τη σύγκλιση. Είναι σαφές, ότι σε κάθε βήμα πρέπει να ενημερώνονται οι ιδιότητες του περισφιγμένου σκυροδέματος πριν επιλυθεί ξανά η διατομή, λειτουργία που εν γένει δεν είναι αυτοματοποιημένη. Εκτός από την κατάσταση αστοχίας, στην κατάσταση της διαρροής η τρέχουσα εγκάρσια διόγκωση του σκυροδέματος δεν επαρκεί για τη διαρροή του εγκάρσιου οπλισμού και την προσφορά περίσφιξης.

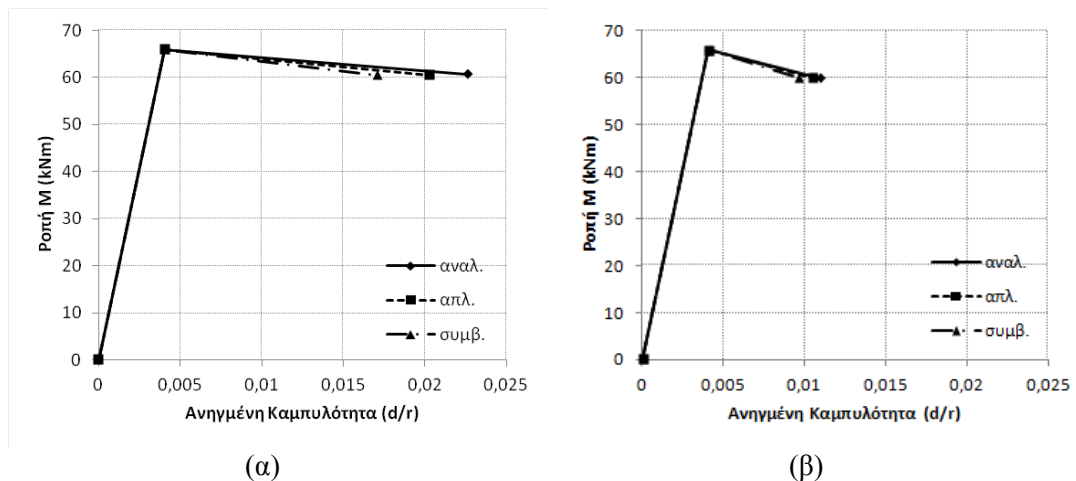


Σχήμα 5. Στοιχεία διατομής και καθορισμός καταστάσεων διαρροής και αστοχίας

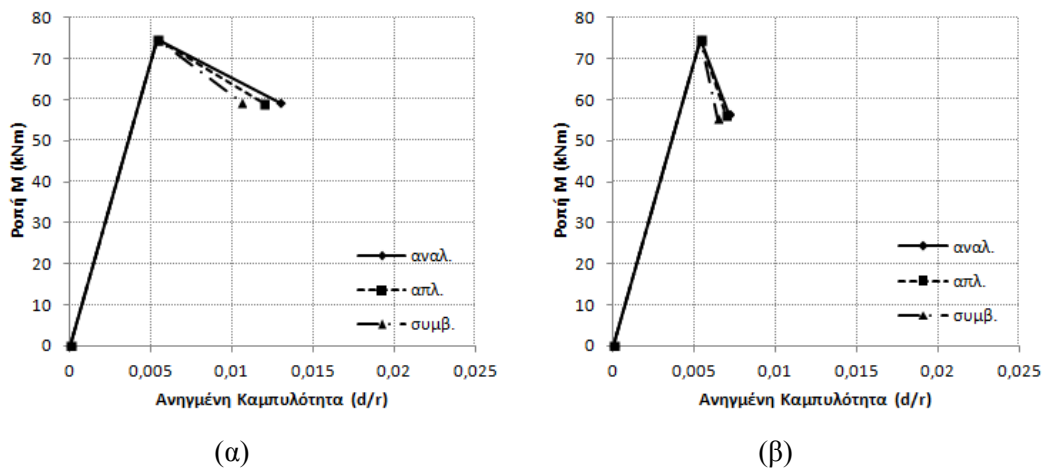
Από το Σχήμα 6 έως το Σχήμα 8 απεικονίζονται τα διαγράμματα ροπών – καμπυλοτήτων που προέκυψαν κατά την παραμετρική διερεύνηση της υπό εξέταση διατομής. Για κάθε επίλυση παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις για την κατάσταση αστοχίας: με τη συνεχή και τη διακεκομμένη γραμμή, η αποδοτικότητα εκτιμάται με βάση τις εξισώσεις της εργασίας αυτής (αναλυτική και απλοποιημένη περίπτωση αντίστοιχα). Στην απλοποιημένη περίπτωση έχει αγνοηθεί η συνεισφορά των διαμήκων ράβδων οπλισμού στην αποδοτικότητα, ενώ έχει συνεκτιμηθεί στην αναλυτική περίπτωση. Επιπλέον, παρατίθεται για λόγους σύγκρισης με διάστικτη γραμμή, η συμπεριφορά, όταν η αποδοτικότητα υπολογίζεται κατά το συμβατικό τρόπο, όπως ισχύει στους κανονισμούς.

Παρατηρούμε ότι η ροπή αστοχίας ουσιαστικά δεν επηρεάζεται από τον τρόπο με τον οποίο καθορίστηκαν οι καταστατικές ιδιότητες του περισφιγμένου σκυροδέματος. Αντίθετα, η καμπυλότητα αστοχίας αυξάνεται όσο αναλυτικότερα υπολογίζεται η αποδοτικότητα της περίσφιξης. Ειδικότερα, η αύξηση είναι μεγαλύτερη σε διατομές με πυκνούς συνδετήρες και χαμηλό αξονικό φορτίο. Με

την αραιώση των συνδετήρων και την αύξηση του αξονικού φορτίου η συμπεριφορά γίνεται πιο ψαθυρή και μειώνεται η επίδραση της περίσφιγξης. Συγκεκριμένα, για τον απλοποιημένο υπολογισμό της αποδοτικότητας, η καμπυλότητα αστοχίας αυξάνεται από 8% έως 19% σε σχέση με το συμβατικό τρόπο υπολογισμού. Εντονότερη είναι η βελτίωση της συμπεριφοράς κατά τον αναλυτικό υπολογισμό, όπου η καμπυλότητα αστοχίας αυξάνεται από 10% έως 32% κατά περίπτωση.

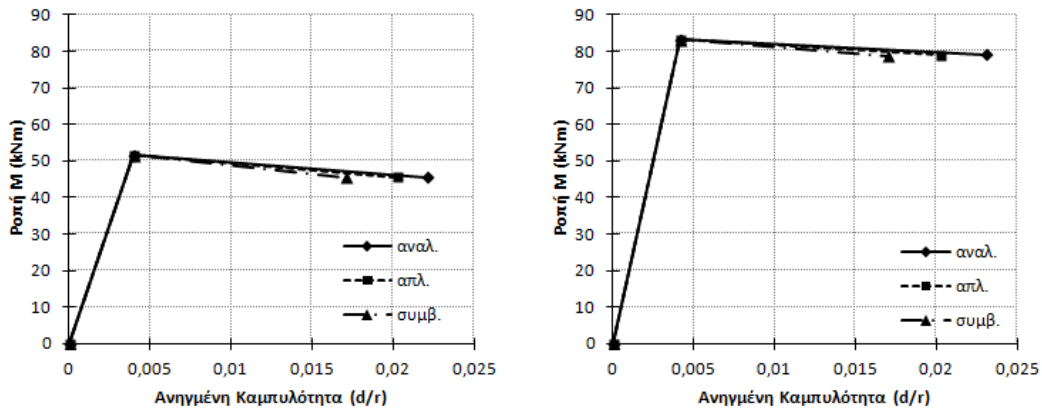


Σχήμα 6. Διάγραμμα $M - d/r$ για $\nu=0,30 - \rho=1,8\%$ και $s/b_0=0,50$ (α) ή $s/b_0=1$ (β)



Σχήμα 7. Διάγραμμα $M - d/r$ για $\nu=0,50 - \rho=1,8\%$ και $s/b_0=0,50$ (α) ή $s/b_0=1$ (β).

Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρείται και όταν εξετάζονται διαφορετικά ποσοστά διαμήκους οπλισμού, όπως φαίνεται και από το σχήμα 8. Η καμπυλότητα αστοχίας αυξάνεται κατά 18 και 19% για μικρά και μεγάλα ποσοστά οπλισμού αντίστοιχα. Αντίστοιχα εντονότερη είναι η αύξηση, όταν η αποδοτικότητα υπολογίζεται με τον αναλυτικό τρόπο (29% και 35%). Μικρότερες είναι οι αυξήσεις για μεγαλύτερη στάθμη του αξονικού φορτίου.



Σχήμα 8. Διάγραμμα Μ – d/r για $\nu=0,30$ – $s/b_0=0,50$ και $\rho=1,1\%$ (α) ή $\rho=2,8\%$ (β).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η μετελαστική συμπεριφορά διατομών από ωπλισμένο σκυρόδεμα, συνεκτιμώντας την πραγματική αποδοτικότητα της περίσφιξης. Διατυπώθηκαν σχέσεις για τον υπολογισμό της αποδοτικότητας της περίσφιξης συνεκτιμώντας τη θέση του ουδέτερου άξονα, τόσο για την εντός διατομής όσο και για την καθ' ύψος αποδοτικότητα. Οι σχέσεις αυτές αφορούν τη γενική περίπτωση ορθογωνικής διατομής με οπλισμό τόσο στις γωνίες όσο και κατανεμημένον στις παρειές της. Παρουσιάστηκε η δυνατότητα απλοποίησης των σχέσεων αυτών, αγνοώντας την ευμενή επίδραση που έχουν οι διαμήκεις ράβδοι οπλισμού στη διανομή των τάσεων περίσφιξης εντός της διατομής. Έγινε συγκριτική ανάλυση των διαφορετικών τρόπων υπολογισμού της αποδοτικότητας της περίσφιξης αναφορικά με την επίδρασή τους στην καμπυλότητα αστοχίας μιας τετραγωνικής διατομής με οπλισμό μόνο στις γωνίες. Διαπιστώθηκε ότι, ανεξάρτητα από την απόσταση των συνδετήρων ή το μέγεθος της θλιπτικής δύναμης, αυξάνεται η καμπυλότητα αστοχίας σε σχέση με το συμβατικό τρόπο υπολογισμού της αποδοτικότητας. Η αύξηση της καμπυλότητας αστοχίας είναι

της τάξης του 10% για τις δυσμενείς περιπτώσεις (υψηλό αξονικό φορτίο και αραιοί συνδετήρες) και φθάνει μέχρι και 35% για τις ευμενείς περιπτώσεις (χαμηλό αξονικό φορτίο και πυκνοί συνδετήρες). Ελαφρώς ηπιότερη είναι η αύξηση στην καμπυλότητα αστοχίας, όταν αγνοείται η ευμενής επίδραση των διαμήκων ράβδων στη διανομή των τάσεων περισφιγξης εντός της διατομής (8% και 19% αντίστοιχα).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Τάσιος Θ., *Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2015, σελ 99-109

Fardis M.N., *Seismic Design, Assessment and Retrofitting of Concrete Buildings*, Springer, 2009, pp. 150-157

Richart, F.E., Bradtzaeg, A., Brown, R. L., *A study of the failure of concrete under combined compressive stresses*, Bulletin No. 185, University of Illinois, Urbana, 1928, pp. 104

Sheikh S.A., Uzumeri S., *Analytical model for concrete confinement in tied columns*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 108, No.12, 1982, pp. 2703–2722

ΚΑΝ.ΕΠΕ., Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας, *Κανονισμός Επεμβάσεων*, Αθήνα, 2013, σελ 209-210

EC8, Comite Europeen de Normalisation, *Eurocode 8, Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*, EN 1998-1:2004, CEN, Brussels, Belgium, 2004, pp. 97-100

MC90, Comite Euro-International du Beton & International Federation for Prestressing (CEB-FIP), *Model Code 1990 Design Code*, Thomas Telford, London, 1993, pp. 101-105

MC2010, International Federation for Structural Concrete (fib), *Model Code for Concrete Structures 2010*, Ernst & Sons, 2013, p. 203