

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΑΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΛΗΤΡΩΝ-ΑΓΚΥΡΙΩΝ.

ΤΣΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΣ

Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσέγγιση της χρήσης βλήτρων και αγκυρίων σε ενισχύσεις και επισκευές δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Γίνεται αναφορά στις κατηγορίες, τη χρήση, τη συμπεριφορά καθώς επίσης στον τρόπο αστοχίας και στον υπολογισμό της αντοχής τους. Παρουσιάζεται επίσης ειδική περίπτωση εφαρμογής βλήτρων – αγκυρίων στην τοιχοποιία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη μελέτη επισκευών – ενισχύσεων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα και όταν η μέθοδος αντιμετώπισης περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση νέου σκυροδέματος, ο μελετητής καλείται να αντιμετωπίσει τους μηχανισμούς μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ παλαιών και νέων στοιχείων. Η επιτυχία και αποτελεσματικότητα της κάθε επέμβασης, βασίζεται κυρίως στην ενεργοποίηση και επιστράτευση των μηχανισμών μεταφοράς δυνάμεων στη διεπιφάνεια παλαιού – νέου σκυροδέματος, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ο μεγαλύτερος δυνατός «βαθμός μονολιθικότητας» του στοιχείου [2]. Ο κυριότερος μηχανισμός μεταφοράς δυνάμεων είναι από οπλισμούς προς σκυρόδεμα με τη χρήση βλήτρων – αγκυρίων.

2. ΟΡΙΣΜΟΣ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Αγκύρια – βλήτρα ονομάζονται τα νέα – πρόσθετα κοντά τεμάχια οπλισμών, τα οποία αγκυρώνονται μέσα στο σκυρόδεμα με διάφορους τρόπους και χρησιμοποιούνται κυρίως στις εξής περιπτώσεις:

- Στις επεμβάσεις για πακτώσεις οπλισμών και
- Στις ενισχύσεις διεπιφανειών μεταξύ παλαιών – νέων στοιχείων.

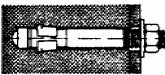
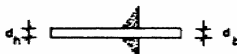

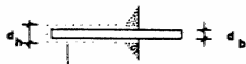
Έχουν την ίδια μορφή μεταξύ τους και ονομάζονται αγκύρια αν καταπονούνται κυρίως υπό αξονικά φορτία (εξόλκευση), ενώ ονομάζονται βλήτρα αν καταπονούνται κυρίως υπό εγκάρσια προς τον άξονά τους φορτία (δράση βλήτρου).

Διατίθενται έτοιμα στο εμπόριο ή κατασκευάζονται σύμφωνα με κατάλληλες διατάξεις στο εργοτάξιο.

Σύμφωνα με τον τρόπο αγκύρωσής τους κατατάσσονται σε [2]:

- Μηχανικά: αγκύρωση με διόγκωση (διογκούμενα - εμπορίου) και αγκύρωση με τριβή (εργοταξιακά).
- Πακτωμένα: αγκύρωση με κόλλες (εμπορίου) και με κόλλες ή ειδικές κονίες (εργοταξίου).

Στον παρακάτω πίνακα Σχ.1 παρουσιάζονται τα είδη αυτά βλήτρων – αγκυρίων καθώς επίσης και οι αντίστοιχες ελάχιστες διαμέτροι των σιδερένιων συνδέσμων d_b και των οπών όπου τοποθετούνται d_h .

	ΕΜΠΟΡΙΟΥ	ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ
Α. ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	 <ul style="list-style-type: none"> • $d_b > 10 \text{ mm}$ <p>(expansive) διογκούμενοι</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • $d_h = d_b - 2 \text{ mm}$ • $d_b > 14 \text{ mm}$ • σκληρός χάλυβας με νευρώσεις <p>(frictional) τριβής</p>
Β. ΠΑΚΤΗΜΕΝΟΙ	 <p>αμπούλες</p> <ul style="list-style-type: none"> • $d_b > 10 \text{ mm}$ <p>(resin)</p>	 <p>κόλλα ή ειδική κονία</p> <ul style="list-style-type: none"> • $d_h = d_b + 4 \text{ mm}$ • $d_b > 14 \text{ mm}$ • σκληρός χάλυβας με νευρώσεις <p>(glued or grouted)</p>

Σχήμα 1

Όσον αφορά τα μηχανικά αγκύρια, ανάλογα με την ένταση που εισάγουν και τον τρόπο λειτουργίας τους, διακρίνονται σε [3]:

Τύπου Α: Αγκύριο που λειτουργεί με διαστολή του άκρου του κελύφους ή ολόκληρου του κελύφους παράλληλα προς την οπή (με λειτουργία του κοχλία σαν προεντεταμένου)

Τύπου Β: Αγκύριο με εισαγωγή κώνου που συμπιέζεται με την περιστροφή του αγκυρίου και διαστέλλει το άκρο του.

Τύπου C: Αγκύριο με διαστολή του άκρου που προκαλείται από κώνο που εισέρχεται στο σώμα του αγκυρίου (ο κώνος εδράζεται κατά το ένα άκρο του στο βάθος της τρύπας ανένδοτα).

Τύπου D: Αγκύρια με εδραζόμενο εσωτερικό άκρο (undercut anchors).

3. ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΒΛΗΤΡΩΝ – ΑΓΚΥΡΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΚΑΙ ΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥΣ.

Η διατμητική αντοχή μιας διεπιφάνειας, αγνοώντας προς το παρόν τη δράση βλήτρου εξαρτάται από τις δύο βασικές παραμέτρους, τη συνοχή και την τριβή [2]. Η προετοιμασία της διεπιφάνειας έχει τη μεγαλύτερη επιρροή, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

τραχύτητα διεπιφάνειας	συνοχή c	συντελεστής τριβής μ
σχετινά λεία	$\frac{1}{2}f_{ct}$	1,00
μετά απο αιμοβολή	$\frac{2}{3}f_{ct}$	1,50
άγρια (οδοντωτή)	$\frac{3}{4}f_{ct}$	>2,00

Όπου f_{ct} η αντοχή σε εφελκυσμό του παλιού σκυροδέματος.

Η συνοχή επηρεάζεται αισθητά από τη χρησιμοποίηση ειδικού νέου σκυροδέματος ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Η τριβή εξαρτάται κυρίως από την εγκάρσια θλίψη που δέχεται η διεπιφάνεια. Οι αντίστοιχες τιμές του πίνακα ισχύουν για μικρές τιμές της. Για μεγαλύτερες τιμές ($\sigma_N > 1 \text{ MPa}$), μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\begin{aligned} \text{Σχετικά λεία διεπιφάνεια} &: \mu \sim 1,0 \sigma_N^{-2/3}, \sigma_N \text{ σε MPa} \\ \text{Μετά από αμμοβολή} &: \mu \sim 1,5 \sigma_N^{-2/3} \\ \text{Άγρια διεπιφάνεια} &: \mu > 2,0 \sigma_N^{-2/3} \end{aligned}$$

Η παρουσία όμως οπλισμών (καλά αγκυρωμένων), εγκάρσιων προς τη διεπιφάνεια ενεργοποιεί έναν επιπρόσθετο μηχανισμό τριβής ο οποίος ενισχύει τη διατμητική αντοχή της. Η τριβή αυτή που ενεργοποιείται ισούται με [1],[2]:

$$V_n = A_s f_y \mu$$

Έτσι συνολικά η διατμητική αντοχή ενός αρμού (έχοντας αγνοήσει τη δράση βλήτρου), θα είναι:

$$\begin{aligned} T_R &= \text{συνοχή} + \text{τριβή} \\ &= C + \tau \\ &= C + \mu (\sigma_N + A_s f_y) \end{aligned}$$

Λαμβάνοντας, τώρα, υπόψιν τη δράση βλήτρου, ο ρόλος του όσον αφορά τη συμπεριφορά των διεπιφανειών είναι ιδιαίτερα σημαντικός [1]. Κατά τη διεξαγωγή σειράς πειραμάτων για την έρευνα που αφορά τη συμπεριφορά των διεπιφανειών παλαιού – νέου σκυροδέματος, εξετάστηκαν πέντε διαφορετικά είδη αυτών: α) τραχεία διεπιφάνεια, β) διεπιφάνεια με βλήτρα, γ) τραχεία διεπιφάνεια με βλήτρα, δ) διεπιφάνεια με ρητίνη, ε) λεία διεπιφάνεια (χρησιμοποιήθηκαν διάφορα είδη σκυροδέματος). Εξετάζοντας τη σχετική ολίσθηση των δύο διεπιφανειών σε σχέση με το φορτίο που εφαρμόστηκε παράλληλα σε αυτές εξήχθησαν τα εξής αποτελέσματα:

Ο καλύτερος σύνδεσμος δημιουργείται με χρήση βλήτρων. Σε όλες τις περιπτώσεις χρήσης βλήτρων η διατμητική αντοχή προέκυψε ιδιαίτερα υψηλή, ενώ η συμπεριφορά της διεπιφάνειας αποδείχτηκε περισσότερο πλαστική σε σύγκριση με τις άλλες περιπτώσεις.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το διατμητικό φορτίο που θεωρητικά προεβλέπετο να παραληφθεί από το μηχανισμό δράσης βλήτρου ήταν πολύ μικρότερο από αυτό που τελικά παραλήφθηκε. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ανάπτυξη μηχανισμού τριβής λόγω της ύπαρξης των εγκάρσιων οπλισμών, όπως προαναφέραμε.

Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι η συνεισφορά της τραχύτητας των διεπιφανειών δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντική παρουσία βλήτρων. Αντίθετα, όταν απουσίαζαν τα βλήτρα η διατμητική αντοχή των λείων διεπιφανειών, προέκυψε ιδιαίτερα χαμηλή.

Εκτός από τα παραπάνω η εταιρεία «HILTI» έχει δώσει έναν εναλλακτικό τύπο για την διατμητική δύναμη σχεδιασμού στην διεπιφάνεια όπου φαίνεται η θετική συνεισφορά των βλήτρων στην αντοχή της [7]:

$$\tau_{rdj} = k_T \cdot \tau_{Rd} + \mu \cdot (\rho \cdot k \cdot f_{yd} + \sigma_n) + \alpha \cdot \rho \cdot \sqrt{f_{yd} \cdot f_{cd}} \leq \beta \cdot v \cdot f_{cd}$$

Όπου:

τ_{Rd} : η διατμητική δύναμη σχεδιασμού του σκυροδέματος

k_T : συντελεστής συνάφειας

μ : συντελεστής για την επιρροή της τριβής

k : συντελεστής για την επιρροή της διατμητικής δύναμης στους συνδέσμους

α : συντελεστής για την επιρροή της δράσης βλήτρου

β : συντελεστής για την επιρροή της αντοχής του σκυροδέματος

v : αυξητικός συντελεστής

$\rho = A_s / (b_j \cdot l_j)$

b_j : πλάτος επιρροής της διεπιφάνειας

l_j : μήκος επιρροής της διεπιφάνειας

$$\sigma_n < 0.6 * f_{cd}$$

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΛΗΤΡΩΝ – ΑΓΚΥΡΙΩΝ .

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

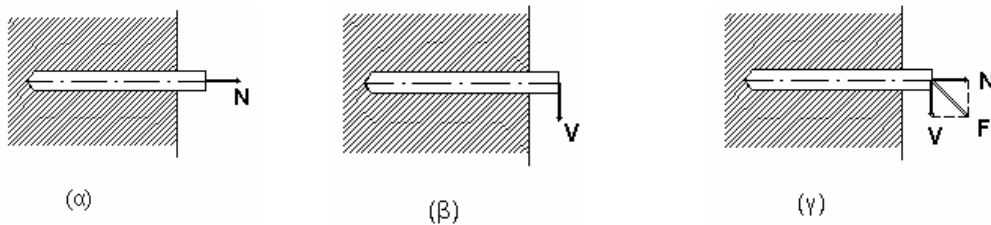
Οι μορφές αστοχίας βλήτρων – αγκυρίων είναι οι εξής [4]:

1. Αστοχία σιδερένιου συνδέσμου (αγκυρίου – βλήτρου) .
2. Αστοχία της γύρω περιοχής του σκυροδέματος (με μορφή κώνου ή απόσχιση του σκυροδέματος) .

Συνεπώς κατά τη μελέτη θα πρέπει να ελεγχθεί η αντοχή του αγκυρίου – βλήτρου όπως επίσης του σκυροδέματος για τις αντίστοιχες φορτίσεις που το καταπονούν .

4.2 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ

Οι φορτίσεις που μπορεί να δεχτεί ένας μεταλλικός σύνδεσμος μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος φαίνονται στα επόμενα σχήματα :



Στο σχήμα α) έχουμε εφελκυσμό του σιδερένιου συνδέσμου (αγκύριο) .

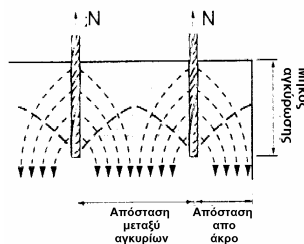
Στο σχήμα β) έχουμε διάτμηση του συνδέσμου (βλήτρο) , ενώ

Στο σχήμα γ) έχουμε συνδυασμό των δύο αυτών φορτίσεων , οπότε η συνισταμένη των δυνάμεων έχει κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία α με τον άξονα του μεταλλικού συνδέσμου [9] .

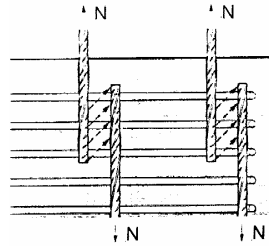
4.3 ΑΓΚΥΡΙΑ

Η αρχή σχεδιασμού των αγκυρίων είναι καλύτερα κατανοητή εξετάζοντας πρώτα τις πιθανές μορφές αστοχίας τους [8] .

Στην περίπτωση που το παλαιό σκυρόδεμα είναι άοπλο , η εφελκυστική δύναμη N μεταφέρεται στο σκυρόδεμα μέσω του αγκυρίου . Η δύναμη που μπορεί να μεταφερθεί , εξαρτάται από το μέγεθος του κώνου του σκυροδέματος που είναι δυνατό να αποσχισθεί μαζί με το αγκύριο από το υπόλοιπο τμήμα σκυροδέματος και που είναι άμεσα συνδεδεμένο με το μήκος αγκύρωσης την απόσταση από το άκρο του στοιχείου και την απόσταση μεταξύ των αγκυρίων όπως φαίνεται στο σχήμα :

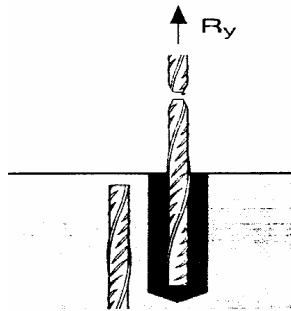


Στην περίπτωση που το παλαιό σκυρόδεμα είναι οπλισμένο η απόσταση μεταξύ αγκυρίων και η απόσταση από το άκρο, δεν είναι πρωταρχικής σημασίας για την αστοχία του σκυροδέματος, εφόσον η εφελκυστική δύναμη μεταφέρεται από τα αγκύρια στον υπάρχον οπλισμό διαμέσω του τμήματος σκυροδέματος που βρίσκεται ανάμεσά τους.



Όταν το σκυρόδεμα είναι άοπλο ή όταν μας είναι άγνωστος ο υπάρχον οπλισμός, ακολουθείται η ίδια διαδικασία σχεδιασμού των αγκυρίων. Οι πιθανοί τρόποι αστοχίας στην περίπτωση αυτή είναι οι εξής:

- Αστοχία μεταλλικού συνδέσμου (αγκυρίου)

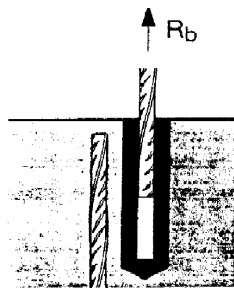


Η εφελκυστική δύναμη κατά την οποία το αγκύριο διαρρέει, είναι:

$$R_{yd} = A_s * f_{yk} / \gamma_s = \frac{1}{4} * d^2 * \pi * f_{yk} / \gamma_s \quad (4.3.1) \quad [8]$$

Η τιμή αυτή της δύναμης είναι κρίσιμη για τον τρόπο αστοχίας όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μεγαλύτερο από το βασικό.

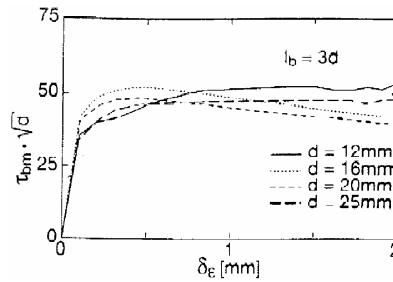
- Αστοχία δεσμού μεταξύ αγκυρίου και συγκολλητικής ουσίας.



Η δύναμη που μπορεί να αναληφθεί από τη διεπιφάνεια μεταξύ της συγκολλητικής ουσίας και του μεταλλικού δεσμού, μεταβάλλεται γραμμικά με το μήκος αγκύρωσης και με την τετραγωνική ρίζα της διαμέτρου του αγκυρίου. Η οριακή αυτή δύναμη δίνεται από τον τύπο:

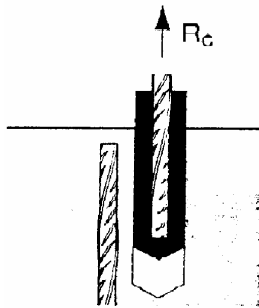
$$R_{bd} = 25 * \pi * l_{b,inst} * (d^{0.5}) / \gamma_b \quad (4.3.2) \quad [8]$$

Συνεπάγεται ότι διπλασιάζοντας τη διάμετρο του αγκυρίου d , αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση μόνο κατά 40% της δύναμης αντοχής του δεσμού. Η προαναφερθείσα σχέση έχει εξαχθεί από σειρά πειραματικών δοκιμών που έδωσαν το παρακάτω διάγραμμα:



Η τιμή αυτή της δύναμης είναι κρίσιμη για την αστοχία όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μικρότερο από το βασικό και η ποιότητα του σκυροδέματος είναι μεγαλύτερη από C20/25.

- Αστοχία δεσμού συγκολλητικής – σκυροδέματος.



Η δύναμη που μπορεί να παραληφθεί από τη διεπιφάνεια μεταξύ συγκολλητικής ουσίας και παλαιού σκυροδέματος αυξάνεται γραμμικά με το μήκος αγκύρωσης και επίσης με την τετραγωνική ρίζα της χαρακτηριστικής αντοχής του σκυροδέματος επί τη διάμετρο της οπής η οποία έχει διανοιχτεί για το αγκύριο στο παλιό σκυρόδεμα. Δηλαδή:

$$R_{cd} = 4.5 * \pi * l_{b,inst} * (f_{ck} * D)^{0.5} / \gamma_c. \quad (4.3.3) [8]$$

Ο τύπος αυτός όπως και ο προηγούμενος έχει εξαχθεί από πειραματικά αποτελέσματα.

Η τιμή αυτή της δύναμης είναι κρίσιμη για τον τρόπο αστοχίας του αγκυρίου όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μικρότερο από το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης και η ποιότητα του σκυροδέματος είναι μικρότερη από C25/30.

Οι παραπάνω τύποι είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, από την άποψη ότι μας βοηθούν να βρούμε το βασικό μήκος αγκύρωσης l_b , ώστε:

- Να εξαντλείται πρώτα η αντοχή του αγκυρίου πριν από το όριο αντοχής της διεπιφάνειας μεταξύ συγκολλητικής ουσίας και αγκυρίου [8].

$$R_{yd} < R_{bd} \Rightarrow \frac{1}{4} * d^2 * \pi * f_{yk} / \gamma_s < 25 * \pi * l_{b,inst} * d^{0.5} / \gamma_b. \Rightarrow$$

$$l_{b,inst} > d^{3/2} * f_{yk} * \gamma_b / (100 \gamma_s).$$
- Να εξαντλείται πρώτα η αντοχή του αγκυρίου πριν από το όριο αντοχής της διεπιφάνειας μεταξύ συγκολλητικής ουσίας και παλαιού σκυροδέματος [8].

$$R_{yd} < R_{cd} \Rightarrow \frac{1}{4} * d^2 * \pi * f_{yk} / \gamma_s < 4.5 * \pi * l_{b,inst} * (f_{ck} * D)^{0.5} / \gamma_c. \Rightarrow$$

$$l_{b,inst} > d^2 * f_{yk} * \gamma_c / (18 * (f_{ck} * D)^{0.5} * \gamma_s).$$

Οι παραπάνω τρόποι αστοχίας είναι αποδεκτοί, διότι η αστοχία που θα συμβεί είναι πιο πλαστική καθώς επίσης τα αποτελέσματα των υπολογισμών για το βασικό μήκος αγκύρωσης είναι πιο βέβαια.

Συνεπώς το βασικό μήκος αγκύρωσης είναι το μέγιστο των δύο προηγούμενων μήκων αγκύρωσης, δηλαδή [8]:

$$L_b = \max \{ d^{3/2} * f_{yk} * \gamma_b / (100 * \gamma_s), d^2 * f_{yk} * \gamma_c / [18 * (f_{ck} * D)^{0.5} * \gamma_s] \}.$$

Το βασικό μήκος αγκύρωσης για διάφορες διαμέτρους αγκυρίων και ποιότητες σκυροδέματος και χάλυβα, δίνεται στο παρακάτω σχήμα [8]:

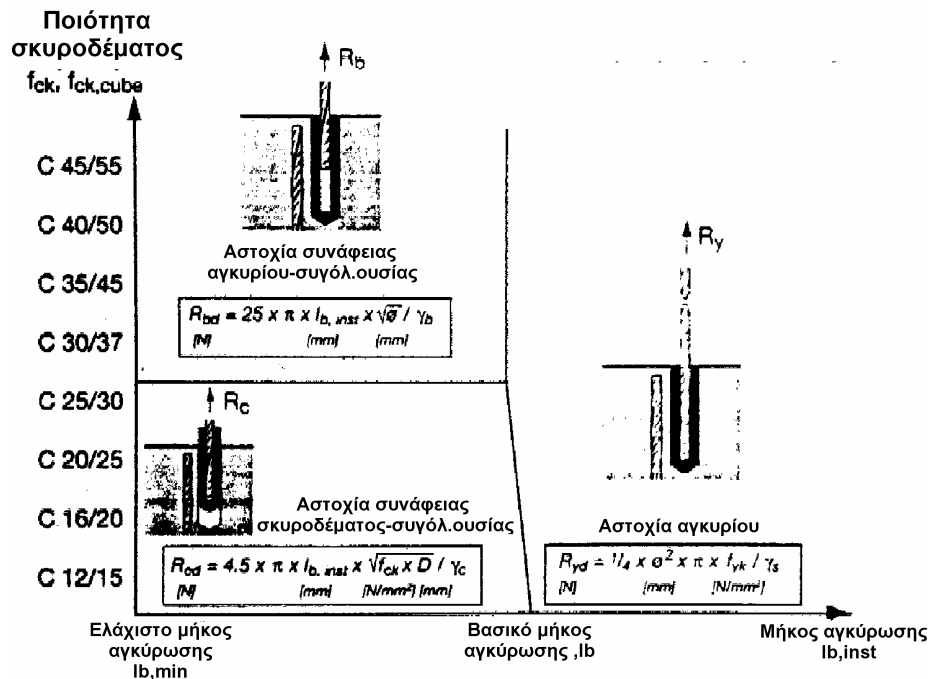
Ποιότητα σκυροδέματος	Αγκύριο $f_{yk} =$	\varnothing [mm]: D [mm]:	8	10	12	14	16	20	25	Επιρροή της ...
			12	14	16	18	22	28	32	
Επιρροή χάλυβα										
C20/25	450	lb [cm]:	14	20	27	34	40	56	81	... ποιότητας χάλυβα
C20/25	500	lb [cm]:	15	22	30	38	45	62	90	
C20/25	550	lb [cm]:	17	24	33	42	49	68	99	
Επιρροή σκυροδέματος										
C16/20	500	lb [cm]:	17	25	33	42	50	69	101	... ποιότητας σκυροδέματος
C20/25	500	lb [cm]:	15	22	30	38	45	62	90	
C25/30	500	lb [cm]:	15	21	28	35	42	59	82	

$\gamma_s = 1.15; \gamma_c = \gamma_b = 1.5$

Αν θεωρήσουμε ότι η διάμετρος οπής για το αγκύριο είναι : $D = 1.2 * d$, τότε μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουμε την οριακή όπου θα συμβεί αστοχία της συγκολλητικής ουσίας με το αγκύριο ή με το σκυρόδεμα. Έτσι [8]:

$$R_{bd} = R_{cd} \Rightarrow 25 * \pi * l_{b,inst} * d^{0.5} / \gamma_b = 4.5 * \pi * l_{b,inst} * (f_{ck} * D)^{0.5} / \gamma_c \Rightarrow f_{ck} = 26 \text{ N/mm}^2.$$

Στο διάγραμμα που φαίνεται πιο κάτω, παρουσιάζεται ο πιο πιθανός τρόπος αστοχίας, σύμφωνα με τα προαναφερόμενα [8].

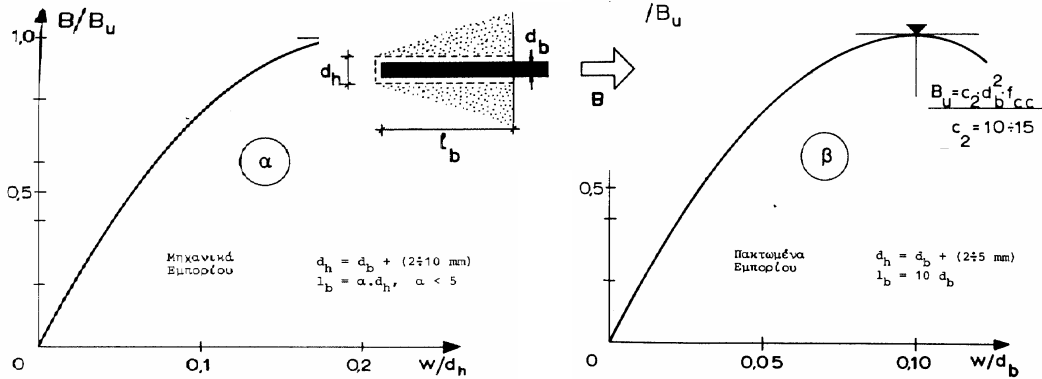


Το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης είναι [8]:

- για εφελκόμενα αγκύρια : $l_{b,min} = \max \{ 0.3l_b, 10d, 100 \}$ (mm)
- για θλιβόμενα αγκύρια : $l_{b,min} = \max \{ 0.6l_b, 10d, 100 \}$ (mm)

Όλοι οι προαναφερθέντες τύποι και οι διατάξεις για τα μήκη αγκύρωσης προτείνονται από την εταιρία HILTI για τα δικά της προϊόντα και έρχονται σε συμφωνία με τον Ευρωκώδικα 2.

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με μια άλλη θεώρηση όπου η δύναμη αγκύρωσης B μιας ράβδου εξαρτάται από τη σχετική ολίσθηση w της ράβδου στη θέση αγκύρωσης της [2]. Τα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζουν την μεταβολή της δύναμης B συναρτήσει της



σχετικής ολίσθησης w , για μηχανικά και πακτωμένα αγκύρια εμπορίου, αντίστοιχα, υπό μονοτονική φόρτιση. Για μηχανικά αγκύρια η μέγιστη δύναμη που μπορεί να αναλάβει η αγκύρωση είναι [2],[6]:

$$B_u = c_1 \cdot d_h^2 \cdot \alpha^{0.5} \cdot f_{cc} < 0.75 \cdot d_b^2 \cdot f_y$$

όπου $c_1 = 2$ έως 4 .

Για χημικώς πακτωμένα αγκύρια η αντίστοιχη τιμή είναι [2],[6]:

$$B_u = c_2 \cdot d_b^2 \cdot f_{cc} < 0.75 \cdot d_b^2 \cdot f_y$$

όπου $c_2 = 10$ έως 15 .

Όσον αφορά τα αγκύρια εργοταξίου, τα μηχανικά συνήθως δεν χρησιμοποιούνται, για τον λόγο ότι έδωσαν μικρές αντοχές, ενώ παράλληλα παρουσίαζαν μεγάλες αποκλίσεις. Τα πακτωμένα εμφανίζουν την ίδια συμπεριφορά με του εμπορίου με την διαφορά ότι $d_h = d_b + (5 \text{ έως } 10)$ και $l_b > 10 \cdot d_b$.

Γενικά συνίσταται για τιμές των δυνάμεων συντελεστής ασφάλειας μεγαλύτερος του 3 .

Το βάθος αγκύρωσης l_b , που προτείνεται, θα πρέπει να ληφθεί ίσο με [6]:

$$l_b = a \cdot d_b \quad , \text{όπου } a > 5 \text{ για μηχανικά αγκύρια}$$

$$a = 10 \text{ για πακτωμένα αγκύρια.}$$

4.4 ΒΛΗΤΡΑ

Οι πιθανές μορφές αστοχίας ενός μεταλλικού συνδέσμου που δέχεται διατμητική δύναμη είναι οι [11]:

- Αστοχία μεταλλικού συνδέσμου
- Αστοχία σκυροδέματος στην περιοχή γύρω από το βλήτρο.

Αναλύοντας τις δυο αυτές μορφές αστοχίας έχουμε :

Α).

Για την περίπτωση αστοχίας μεταλλικού συνδέσμου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον υπολογισμό της δύναμης αστοχίας οι τύποι :

$$\emptyset Du = 1.3 \cdot d_b^2 \cdot (f_c \cdot f_y)^{1/2} \quad \text{Rasmussen} \quad [3],[6],[11]$$

ο οποίος είναι ειδική περίπτωση του παρακάτω τύπου για $e = 0$ [11]

$$Du = 1.3 \cdot (\sqrt{1 - 1.69 \cdot \varepsilon^2} - 1.3 \cdot \varepsilon) \cdot d_b \cdot \sqrt{f_c \cdot f_y}$$

όπου $\varepsilon = 3 \cdot (e / d_b) \cdot (f_c / f_y)$ και e είναι η απόσταση εφαρμογής του φορτίου από την παρειά του σκυροδέματος [11]. Στις παραπάνω εξισώσεις ο Rasmussen προτείνει ένα

συντελεστή ασφάλειας $F=5$, ώστε να εξασφαλιστεί μια μετατόπιση του βλήτρου στο σημείο εφαρμογής της δύναμης $v < 0.005 d_b$.

$$\emptyset Du = c * d_b^2 * f_y \quad \text{Dulascka} \quad [6]$$

Όπου d_b η διάμετρος του βλήτρου
 f_c η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος
 f_y το όριο διαρροής του χάλυβα
 $c = 0.25$ για S220 και $c = 0.35$ για S400

Κατά τους R.W.Cannon, D.A.Godfrey, F.L.Moreadith προτεινόμενος τύπος για την τιμή αυτού του διατμητικού φορτίου, είναι [3]

$$Du = 2 * \pi * d_b^2 * (f_c)^{1/2} \quad (\text{in,psi,ps})$$

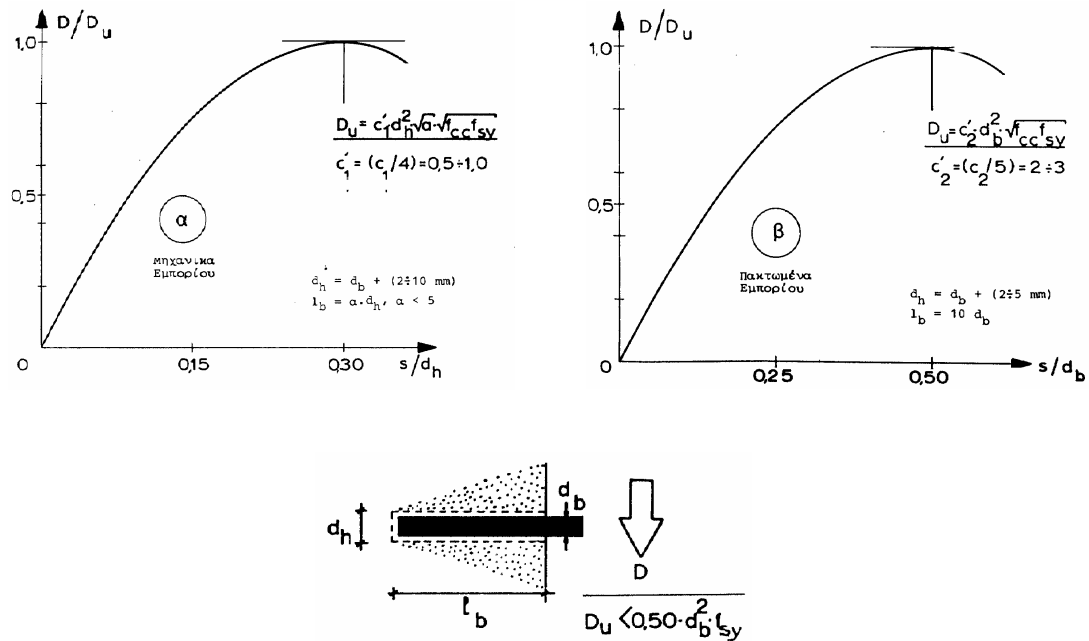
Επίσης κατά Θ.Π.Τάσιο [3]

$$Du = d_b * (f_c * f_y) \quad (\text{πριν την ρηγμάτωση})$$

$$D_{cr} = 1.9 * b * d_b * f_{tm}$$

Όπου b το καθαρό εύρος μεταξύ οπών – άκρου
 f_{tm} η μέση εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος.

Τέλος ,παρουσιάζονται οι παρακάτω σχέσεις οι οποίες λαμβάνουν υπόψη πως το διατμητικό φορτίο αστοχίας αυξάνει σε συνάρτηση με την διατμητική παραμόρφωση s , μέχρι κάποια οριακή τιμή $s=3-4$ mm. Με την βοήθεια των σχέσεων αυτών, εξάγονται και τα αντίστοιχα διαγράμματα για μονοτονική φόρτιση βλήτρου [2].



Όσον αφορά τα εγοταξιακά βλήτρα, παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά με αυτών του εμπορίου, με την διαφορά ότι $d_h = d_b + (5 \text{ έως } 10) \text{ mm}$. και $l_b > 10 * d_b$.

B).
 Στην περίπτωση αστοχίας του σκυροδέματος δύναται να γίνει ο εξής διαχωρισμός [6].
 \emptyset Πλευρική απόσχιση σκυροδέματος σε διεύθυνση κάθετη προς την διεύθυνση της διεπιφάνειας και του βλήτρου. Το διατμητικό φορτίο αστοχίας, τότε, είναι:

$$Du = \xi' * d_b * b_{ct} * f_{ct}$$

Όπου:

b_{ct} το καθαρό πλάτος της διατομής που είναι και το αναμενόμενο μήκος απόσχισης
 ξ' ο συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση εφαρμογής του διατμητικού φορτίου από την παρειά του σκυροδέματος.

Ø Απόσχιση σκυροδέματος στην διεύθυνση εφαρμογής του διατμητικού φορτίου . Το διατμητικό φορτίο αστοχίας , τότε , είναι

$$D_u = \psi' * f_{ct} * d_b * c^2 / (0.66 * c + d_b)$$

Όπου:

c η επικάλυψη του σκυροδέματος στην διεύθυνση εφαρμογής του φορτίου

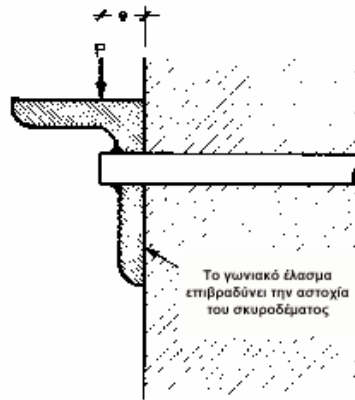
ψ' ο συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση εφαρμογής του διατμητικού φορτίου από την παρειά του σκυροδέματος.

Ως αντοχή βλήτρου στην περίπτωση απόσχισης του σκυροδέματος λαμβάνεται η μικρότερη από τις τιμές D_u των παραπάνω τύπων [6] .

Εφόσον το επιθυμητό είναι να μην επέλθει αστοχία του σκυροδέματος πριν την αστοχία του μεταλλικού συνδέσμου , επιβάλλεται η απόσταση του βλήτρου από τα άκρα του στοιχείου , τουλάχιστον ίση με $8d_b$. Υπό αυτή την συνθήκη , η οριακή τιμή του διατμητικού φορτίου αστοχίας υπολογίζεται από τους τύπους μόνο της (Α) περίπτωσης .

Το μήκος αγκύρωσης των βλήτρων είναι ίδιο με εκείνο των αγκυρίων [6] .

Κατά Leonhardt για δεσμευμένο άκρο βλήτρου με γωνιακό έλασμα που παρεμποδίζει την απόσχιση (αστοχία) του σκυροδέματος , όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα , ισχύει ο τύπος [11] : $D_u = 2.5 * d_b^2 * (f_c * f_y)^{1/2}$



4.4 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ

Μια από τις παραμέτρους του προβλήματος των μεταλλικών συνδέσμων είναι και η αλληλεπίδραση . Έχουμε δύο μορφές αλληλεπίδρασης [2]: Την αλληλεπίδραση ομάδων συνδέσμων (επιρροή ενός συνδέσμου στον διπλανό του) και την αλληλεπίδραση δράσεων , εξολκεύσεως – δράσης βλήτρου.

Το πρόβλημα ομάδων συνδέσμων αντιμετωπίζεται , συνήθως , με αραιή διάταξή τους [2]. Συγκεκριμένα για αγκύρια , πρέπει οι αποστάσεις μεταξύ τους (αλλά και από τα άκρα άοπλων στοιχείων) να είναι μεγαλύτερες από $2 * I_b$. Για αποστάσεις $1 * I_b$ η οριακή αντοχή λαμβάνεται ίση με το $1/2$ της αντοχής μεμονωμένου αγκυρίου . Για βλήτρα , πρέπει οι αποστάσεις μεταξύ τους (αλλά και από τα άκρα άοπλων στοιχείων) να είναι μεγαλύτερες από $10 * d_b$. Για αποστάσεις $5 * d_b$ η οριακή αντοχή λαμβάνεται ίση με το $1/2$ της αντοχής μεμονωμένου βλήτρου.

Για να αντιμετωπιστεί η αλληλεπίδραση δράσεως βλήτρου και εξολκεύσεως θα πρέπει οι δύο αυτές δράσεις να πληρούν και την συνθήκη αντοχής για την ράβδο – σύνδεσμο που εκφράζεται απλά από την εξίσωση [2] : $(D/D_u)^2 + (B/B_u)^2 = 1$.

Σύμφωνα με την εταιρεία “HILTI” για τα προϊόντα της μπορούν να εφαρμοστούν οι ακόλουθοι τύποι :

$$(D/D_u) + (B/B_u) < 1 \text{ ή } = 1 \quad , \text{ για κανονικού τύπου σκυρόδεμα } [10]$$

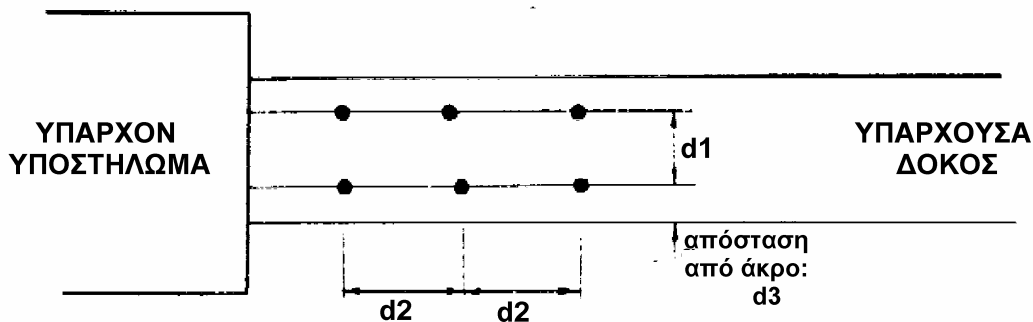
$$(D/D_u)^{5/3} + (B/B_u)^{5/3} < 1 \text{ ή } = 1 \quad , \text{ για ελαφροσκυρόδεμα } [10]$$

5. ΒΛΗΤΡΑ – ΑΓΚΥΡΙΑ ΣΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ .

Τα αγκύρια – βλήτρα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της τοιχοποιίας ενός πλαισίου, έτσι ώστε να αναλαμβάνουν τη διατμητική τάση που δημιουργείται (από την εφαρμογή οριζόντιας δύναμης επί του πλαισίου) ανάμεσα στο υπάρχον δοκάρι και την τοιχοποιία, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι οριζόντιες μετακινήσεις.

Οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες που θα πρέπει να ακολουθηθούν σε αυτή την περίπτωση είναι [12]:

- α) Τα αγκύρια – βλήτρα θα πρέπει να τοποθετούνται στο πάνω και το κάτω δοκάρι.
- β) Το βάθος έμπηξης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο με ($5 D_d$), αλλά όχι μικρότερο από το πάχος επικάλυψης (όπου D_d η εξωτερική διάμετρος του βλήτρου - αγκυρίου).
- γ) Οι αποστάσεις μεταξύ βλήτρων – αγκυρίων θα πρέπει να είναι :



- $d_1 > 5.0 * D_d$
- $d_2 > 7.5 * D_d$ και $d_1 < 30\text{cm}$
- $d_3 > 2.5 * D_d$

Η μέγιστη διατμητική τάση του κάθε βλήτρου σε αυτή την περίπτωση, δίνεται από τον τύπο [12]:

$$\tau_d = \min \left\{ \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{3}} \right), (0.4 * \sqrt{E_{c1} * F_{c1}}) \right\}$$

όπου σ_{\max} : εφελκυστική αντοχή βλήτρου

F_{c1} : χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος

E_{c1} : μέτρο ελαστικότητας του υπάρχον σκυροδέματος

Οπότε η μέγιστη διατμητική δύναμη που μπορεί να δεχτεί το κάθε βλήτρο είναι :

$$q_d = \tau_d * a_d .$$

όπου a_d : η διατμητική επιφάνεια επιρροής του κάθε βλήτρου .

Τέλος η μέγιστη δύναμη εξόλκευσης που μπορεί να δεχτεί το αγκύριο είναι [12]:

$$P_d = \min \left\{ [\sigma_{\max} * a_d], [0.45 * \frac{l_\alpha}{D_\alpha} * (\frac{l_\alpha}{D_\alpha} + 1) * F_{c1} * a_a] \right\}$$

όπου: l_α , D_α , a_a είναι το μήκος, η εξωτερική περίμετρος και το εμβαδόν διατομής αντίστοιχα του αγκυρωμένου τμήματος στο υπάρχον σκυρόδεμα .

6. ANTOXH AΓKYPIΩN-BΛHTPΩN THΣ «HILTI»

Η εταιρεία “HILTI” για τα βλήτρα-αγκύρια που παράγει έχει δώσει μερικούς τύπους αντοχής των προϊόντων της σε εξόλκευση και διάτμηση, μέσα από τους οποίους φαίνεται το πόσο σημαντικό, σε επίπεδο σχεδιασμού, είναι το είδος του σκυροδέματος, το είδος αγκυρίου-βλήτρου, το βάθος αγκύρωσης, η απόσταση από το άκρο του μεταλλικού συνδέσμου, οι αποστάσεις μεταξύ των αγκυρίων και η διεύθυνση εφαρμογής της εξωτερικής δύναμης.

Έτσι η τελική εφελκυστική δύναμη σχεδιασμού είναι [9]:

$$N_{Rd} = \min [N_{Rd,c} , N_{Rd,s}]$$

Όπου :

$N_{Rd,s}$ είναι η εφελκυστική αντοχή του αγκυρίου (αστοχία αγκυρίου)

$N_{Rd,c}^0$ είναι η αντοχή του σκυροδέματος (αστοχία σκυροδέματος)

και είναι $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 * f_T * f_{B,N} * f_{A,N} * f_{R,N}$

όπου

$N_{Rd,c}^0$: η αντοχή του σκυροδέματος

f_T : συντελεστής που εξαρτάται από το βάθος αγκύρωσης

$f_{B,N}$: συντελεστής που εξαρτάται από την αντοχή του σκυροδέματος

$f_{A,N}$: συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των αγκυρίων

$f_{R,N}$: συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση από το άκρο.

και τελικά θα πρέπει $N_{Rd} > N_{Sd}$ (N_{Sd} , εξωτερική εφαρμοζόμενη εφελκυστική δύναμη)

Επίσης, η τελική διατμητική δύναμη σχεδιασμού είναι [9]:

$$V_{Rd} = \min [V_{Rd,c} , V_{Rd,s}]$$

Όπου :

$V_{Rd,s}$ είναι η διατμητική αντοχή του βλήτρου (αστοχία βλήτρου)

$V_{Rd,c}^0$ είναι η αντοχή του σκυροδέματος (απόσχιση σκυροδέματος)

και είναι $V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 * f_{B,V} * f_{AR,V} * f_{\beta,V}$

όπου

$V_{Rd,c}^0$: η αντοχή του σκυροδέματος

$f_{B,V}$: συντελεστής που εξαρτάται από την αντοχή του σκυροδέματος

$f_{AR,V}$: συντελεστής που εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των αγκυρίων και από το άκρο

$f_{\beta,V}$: συντελεστής που εξαρτάται την διεύθυνση της εξωτερικής δύναμης

και τελικά θα πρέπει $V_{Rd} > V_{Sd}$ (V_{Sd} , εξωτερική εφαρμοζόμενη δύναμη διάτμησης)

Αν έχουμε αλληλεπίδραση ισχύει ο τύπος [9] :

$$F_{Rd}(\alpha) = \left\{ \left(\frac{\cos \alpha}{N_{Rd}} \right)^{1.5} + \left(\frac{\sin \alpha}{V_{Rd}} \right)^{1.5} \right\}^{-2/3}$$

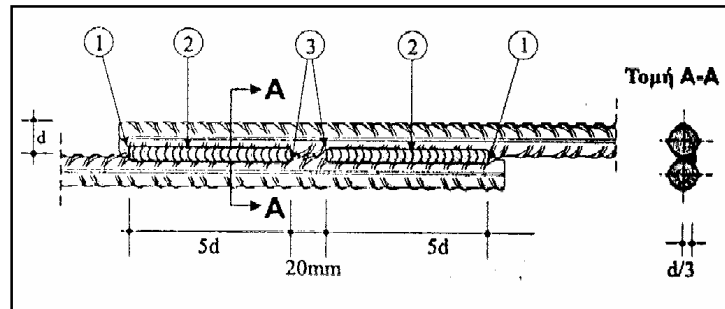
7. ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Ιδιαίτερη προσοχή κατά τον υπολογισμό και την τοποθέτησή τους πρέπει να δοθεί σε κάποια σημεία έτσι ώστε να έχουμε τη σωστή λειτουργία των βλήτρων –αγκυρίων :

Όσον αφορά τα αγκύρια – βλήτρα εμπορίου, θα πρέπει κατά τον υπολογισμό και την εγκατάστασή τους να ακολουθηθούν και να τηρηθούν αυστηρά οι συστάσεις και οι προδιαγραφές του προμηθευτή. Κάθε εταιρία που παράγει και εμπορεύεται τέτοια προϊόντα προμηθεύει τους αγοραστές με τα αντίστοιχα ενημερωτικά φυλλάδια σύμφωνα με τα οποία θα πρέπει ο μηχανικός να κάνει τη μελέτη του.

Σε περίπτωση κινδύνου πυρκαγιάς, επιβάλλεται η προστασία των συνδέσμων και η αύξηση του βάθους εμπήξεώς τους [2],[6],[13]. Συνίσταται αύξηση κατά 50% του αρχικά απαιτούμενου βάθους εμπήξεως, συνθήκη που εύκολα μπορεί να τηρηθεί με αγκύρια – βλήτρα εργοταξίου. Ειδικά για τα πακτωμένα, των οποίων η πάκτωση καταστρέφεται για θερμοκρασίες της τάξεως των 250°C , η πυροπροστασία είναι πάντοτε απαραίτητη [2]. Έτσι, ως συνέπεια της προηγούμενης παρατήρησης, απαγορεύεται αυστηρά η ηλεκτροσυγκόλληση πρόσθετων ράβδων οπλισμού σε απόσταση κοντά στην αγκύρωση πακτωμένων συνδέσμων [2].

Όταν απαιτείται ηλεκτροσυγκόλληση νέων οπλισμών στα αγκύρια, αυτή θα συντελείται από τη μία πλευρά με δύο ραφές συγκόλλησης μήκους $5d$ (όπου d είναι η ονομαστική διάμετρος των ράβδων), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα [5]:



Οι ραφές της συγκόλλησης ξεκινούν από έξω (σημεία – 1 – του σχήματος) και προχωρούν προς τα μέσα (σημεία – 2 – του σχήματος) κατά τέτοιο τρόπο ώστε να απομένει ανάμεσα στις απολήξεις (σημεία – 3 – του σχήματος) ένα διάκενο 20mm περίπου.

Τέλος, από πειράματα που έχουν γίνει έχει αποδειχτεί ότι το πάχος της συγκολλητικής ουσίας που χρησιμοποιείται επηρεάζει την ακαμψία της σύνδεσης, αλλά δεν έχει καμία επιρροή στην αντοχή της σύνδεσης. Ένα πάχος της τάξης των 2mm. έδειξε ότι είναι κατάλληλο για την απόδοση αλλά και για την τοποθέτηση της συγκολλητικής ουσίας [14].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Σ . ΔΡΙΤΣΟΣ , Κ . ΒΑΝΔΩΡΟΣ , Γ . ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ , Ε . ΑΝΤΩΝΟΓΙΑΝΝΑΚΗ , Μ . ΤΖΑΝΑ « Μεταφορά τέμνουσας σε διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος » ,7^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος , Λεμεσός 1996.
- 2) Μ. Π. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ « Συμπεριφορά διεπιφάνειας μεταξύ παλιού – νέου σκυροδέματος . Βλήτρα – αγκύρια στις επεμβάσεις σε στοιχεία από Ο.Σ.. » ,8^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος , Ξάνθη-Καβάλα 1987.
- 3) Α. ΒΟΥΡΔΕΡΗΣ , Κ. ΖΑΒΛΙΑΡΗΣ , Θ. ΧΙΟΝΙΔΗΣ « Συμπληρωματικές μηχανικές αγκυρώσεις ανάληψης φορτίων σε υπάρχοντα δομικά στοιχεία σκυροδέματος » ,8^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος , Ξάνθη-Καβάλα 1987.
- 4) Κ. ΖΑΒΛΙΑΡΗ « Μηχανική συμπεριφορά πρόσθετων χημικών αγκυρίων σε φέροντα μέλη οπλισμένου σκυροδέματος » , 7^ο Ελληνικό συνέδριο σκυροδέματος 1985 .
- 5) Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ – Τεύχος 2073 « Σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων (Κ.Τ.Χ.) οπλισμού σκυροδέματος »
- 6) Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ « Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα » Πάτρα 1998
- 7) HILTI – Fastening Technology Manual «Connections for concrete overlays (B2.3)»
- 8) HILTI – Fastening Technology Manual «Rebar fastening guide (B2.2)»
- 9) HILTI – Fastening Technology Manual «Product information (B3.3)»
- 10) HILTI – ICBO Evaluation service ,inc. «HDI Concrete expansion anchors» ,www.hilti.com
- 11) FRITZ LEONHARDT « Vorlesungen uber massivbau » , Zweiter teil .
- 12) University of Michigan May 1982 « PROCEEDINGS OF THE THIRD SEMINAR ON REPAIR AND RETROFIT OF STRUCTURES » Volume 2.
- 13) University of Michigan May 1982 « PROCEEDINGS OF THE THIRD SEMINAR ON REPAIR AND RETROFIT OF STRUCTURES » Volume 3 .
- 14) Evaluation and rehabilitation on concrete structures and innovation in design , Volume 2 , Hong Kong 1991 .

