

ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ**ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ. 4193****Περίληψη**

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η μέθοδος αγκύρωσης νέων ράβδων οπλισμού σε σκληρυμένο σκυρόδεμα μέσω κονιάματος. Αρχικά γίνεται περιγραφή των αρχών σχεδιασμού και των παραδοχών που γίνονται, βάσει των οποίων θα γίνουν οι υπολογισμοί που απαιτούνται σε κάθε περίπτωση επέμβασης σε υφιστάμενη κατασκευή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι περιπτώσεις που μπορεί να εφαρμοσθεί η συγκεκριμένη μέθοδος, περιγράφονται τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρειάζεται και ο ακριβής τρόπος με τον οποίο πρέπει να γίνει η αγκύρωση των νέων ράβδων. Τα τελευταία είναι κρίσιμοι παράγοντες για την απόδοση και τη λειτουργία της σύνδεσης των ράβδων στο σκυρόδεμα. Τέλος αναφέρονται τα μέτρα υγιεινής και ασφάλειας που πρέπει να ληφθούν.

ΜΕΡΟΣ Α ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**A.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η τοποθέτηση νέων στοιχείων σκυροδέματος σε ήδη υπάρχοντες κατασκευές είναι πλέον καθημερινό φαινόμενο στον τομέα των κατασκευών. Αρκετό καιρό τώρα η προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος αποκτά μεγαλύτερη σημασία σαν αποτέλεσμα της συνεχώς αυξανόμενης ανάγκης για επισκευή και ενίσχυση τους. Για το σχεδιασμό αυτών των σύνθετων μελών η μεταφορά των εσωτερικών δυνάμεων μεταξύ νέου και παλαιού σκυροδέματος είναι κρίσιμη παράμετρος. Αυτή η μεταφορά γίνεται διαμέσου των νέων ράβδων οπλισμού που αγκυρώνονται στο παλιό σκυρόδεμα.. Η επιτυχία και η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων εξαρτάται, κυρίως, από την ενεργοποίηση και επιστράτευση των μηχανισμών μεταφοράς φορτίων έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή 'ροή' δυνάμεων και ο μεγαλύτερος 'βαθμός μονολιθικότητας' των τελικών διατομών. Ένας από τους κύριους μηχανισμούς μεταφοράς δυνάμεων σε επισκευασμένα-ενισχυμένα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος είναι η αγκύρωση των νέων ράβδων οπλισμού μέσω κονιάματος.

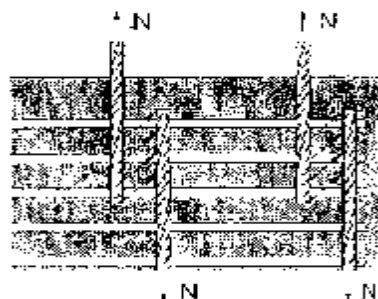
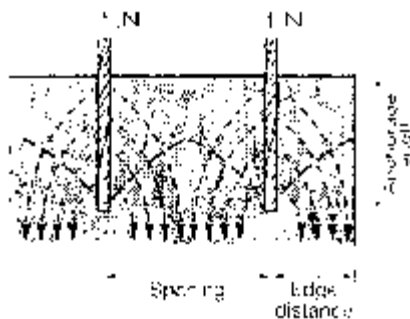
A.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΝΕΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ**1.ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ(HILTI Fastening Technology Manual)**

Η μέθοδος σχεδιασμού που παρουσιάζεται βασίζεται στον Ευρωκώδικα 2: ENV 1992-1-1 'Σχεδιασμός κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος, Μέρος 1,Γενικοί κανόνες για κτίρια' και εφαρμόζεται μόνο για οπλισμένο σκυρόδεμα. Για άοπλο σκυρόδεμα ή όταν δεν γνωρίζουμε τον οπλισμό πρέπει να χρησιμοποιηθεί η τροποποιημένη θεωρία αγκύρωσης του ETAG ANNEX C. Για πρακτικούς λόγους θα ασχοληθούμε μόνο με το οπλισμένο σκυρόδεμα. Για το άοπλο θα αναφέρουμε ότι η εφελκυστική δύναμη μεταφέρεται στο σκυρόδεμα μόνο από τη νέα ράβδο(βλέπε εικ.Α1). Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να μεταφερθεί εξαρτάται από τις διαστάσεις του κώνου διάρρηξης σκυροδέματος και κατά συνέπεια από το ενεργό μήκος αγκύρωσης, την απόσταση από ελεύθερο άκρο και από άλλη νέα ράβδο. Στην περίπτωση του οπλισμένου σκυροδέματος οι παράγοντες αυτοί δεν είναι σημαντικοί γιατί η εφελκυστική δύναμη μεταφέρεται από τη νέα ράβδο στην ήδη υπάρχουσα μέσω του σκυροδέματος (βλέπε εικ.Α2).

2.ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ(HILTI Fastening Technology Manual)

Η νέα ράβδος που αγκυρώνεται μέσω κονιάματος θεωρείται σαν να ήταν από πρίν αγκυρωμένη στο σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου οι νέες ράβδοι που αγκυρώνονται πρέπει να αντιμετωπίζονται σαν τις ράβδους που προϋπάρχουν στο σκυρόδεμα. Η παραδοχή αυτή τεκμηριώθηκε για συγκεκριμένο κονίαμα με δοκιμή στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης.

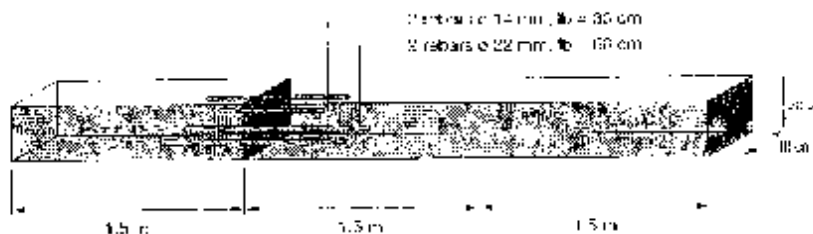
Συγκεκριμένα δοκός διαστάσεων 40cmx25cmx475cm (βλέπε εικ.Α3) κόπηκε στο ένα τρίτο του μήκους της και τα 2 μέρη επανασυνδέθηκαν με 2Φ14 στο άνω πέλμα και 2Φ22 στο κάτω πέλμα. Η αγκύρωση των ράβδων έγινε με υβριδικό κονίαμα σύμφωνα με τις προδιαγραφές



Εικ.Α1 κατανομή
δυνάμεων
Στο άοπλο σκυρόδεμα
Εικ.Α2 κατανομή
δυνάμεων στο
οπλισμένο σκυρόδεμα

και σε μήκη αγκύρωσης
35cm οι ράβδοι Φ14 και
68cm οι Φ22. Στη
συνέχεια η δοκός

στηρίζεται αμφιέρειστα την ώρα που φορτίο $F/2$ εφαρμόζεται στο $1/3$ και στα $2/3$ του μήκους της δοκού. Μετράται η παραμόρφωση της ράβδου κάτω από τα δύο σημεία εφαρμογής των φορτίων σε σχέση με την τιμή του φορτίου και συγκρίνονται τα διαγράμματα φορτίου-παραμόρφωσης του συγκολλημένου μέρους σε σχέση με του αυθεντικού. Αυτά σχεδόν ταυτίζονται πράγμα που δείχνει ότι το συγκολλημένο τμήμα συμπεριφέρεται σαν μονολιθικό. Επίσης η μετρούμενη ροπή αστοχίας είναι περίπου ίση με την υπολογιζόμενη θεωρητικά.



Εικ.Α3
Συγκολλημένη
δοκός

3.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η βασική αρχή μιας θεωρίας γίνεται πιο εύκολα κατανοητή αν έχουμε στο νου μας τις πιθανές μορφές αστοχίας και θέσουμε αντίστοιχα όρια αντοχής. Το φορτίο σχεδιασμού σε εφελκυσμό της σύνδεσης της νέας ράβδου αγκύρωσης είναι: $R_d = \min\{R_{yd}, R_{bd}, R_{cd}\} > S_d$

3.1 ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΧΑΛΥΒΑ R_{yd}

Το όριο διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό δίνεται από τη σχέση:
 $R_{yd} = 1/4 * \Phi^2 * \pi * f_{yk} / \gamma_s$ όπου R_{yd} σε [N], Φ σε [mm], f_{yk} σε [N/mm²], $\gamma_s = 1.15$

Η τιμή αυτή είναι κρίσιμη όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μεγαλύτερο από το βασικό μήκος αγκύρωσης l_b (βλέπε 3.4)

3.2 ΟΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΔΕΣΜΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ R_{bd}

Η δύναμη σχεδιασμού που μπορεί να αναληφθεί από το δεσμό μεταξύ κονιάματος και ράβδου δίνεται από τη σχέση: $R_{bd} = 25 * \pi * l_{b,inst} * \Phi^{0.5} / \gamma_b$ όπου
 R_{bd} σε [N], Φ σε [mm], $l_{b,inst}$ σε [mm], $\gamma_b = 1.5$

Όπως φαίνεται διπλασιάζοντας τη διάμετρο έχουμε μόνο 40% αύξηση του δεσμού.

Η τιμή αυτή είναι κρίσιμη όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μικρότερο από το βασικό μήκος αγκύρωσης l_b (βλέπε 3.4) και η κατηγορία του σκυροδέματος είναι μεγαλύτερη από C25/30

3.3 ΟΡΙΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ R_{cd}

Η δύναμη σχεδιασμού που μπορεί να αναληφθεί στο δεσμό σκυροδέματος-κονιάματος είναι: $R_{cd} = 4.5 * \pi * l_{b,inst} * (f_{ck} * D)^{0.5} / \gamma_c$ όπου R_{cd} σε [N], $l_{b,inst}$ σε [mm], f_{ck} σε [N/mm²], D σε

[mm] (βλέπε πιν.12B-2), $\gamma_c=1.5$

Η τιμή αυτή είναι κρίσιμη όταν το μήκος αγκύρωσης είναι μικρότερο από το βασικό μήκος αγκύρωσης l_b (βλέπε 3.4) και η κατηγορία σκυροδέματος είναι μικρότερη από C25/30

3.4 ΔΙΑΤΜΗΣΗ

Για να μεταφερθούν με ασφάλεια οι διατμητικές δυνάμεις η διεπιφάνεια παλιού-νέου σκυροδέματος πρέπει να εκτραχυνθεί. Επειδή το στοιχείο που θα προκύψει από τη σύνδεση του νέου με το παλιό σκυροδέμα θεωρείται ότι έχει περίπου μονολιθική συμπεριφορά και το θέμα της διάτμησης αντιμετωπίζεται όπως κάθε στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος.

3.4 ΒΑΣΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ l_b

Το βασικό μήκος αγκύρωσης δίνεται με το σκεπτικό ότι πρέπει να αποφύγουμε αστοχία του χάλυβα $l_b = \text{MAX}\{\Phi^{3/2} \cdot f_{yk} \cdot \gamma_b / (100 \cdot \gamma_s), \Phi^{3/2} \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c / [18 \cdot (f_{ck} \cdot D)^{0.5} \cdot \gamma_s]\}$ όπου τα μήκη σε [mm], οι τάσεις σε [N/mm²]

Ενδεικτικά βασικά μήκη αγκύρωσης για διάφορες διαμέτρους ράβδων, κατηγορίες σκυροδέματος και τύπων χάλυβα δίνονται στον πίνακα Α1

Σκυροδέμα	Οπλισμός f_{yk}	Φ [mm] D[mm]	8	10	12	14	16	20	25
			12	14	16	18	22	28	32
Επιρροή χάλυβα οπλισμού									
C20/25	450	l_b [cm]:	14	20	27	34	40	56	81
C20/25	500	l_b [cm]:	15	22	30	38	45	62	90
C20/25	550	l_b [cm]:	17	24	33	42	49	68	99
Επιρροή σκυροδέματος									
C16/20	500	l_b [cm]:	17	25	33	42	50	69	101
C20/25	500	l_b [cm]:	15	22	30	38	45	62	90
C25/30	500	l_b [cm]:	15	21	28	35	42	59	82

Πίν.Α1 Βασικά μήκη αγκύρωσης

Τελικά μέχρι και κατηγορία σκυροδέματος C25/30 η αστοχία του σκυροδέματος είναι κρίσιμη ενώ για σκυροδέματα άνω του C30/37 η αστοχία του κονιάματος είναι καθοριστική.

3.5 ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ $l_{b,min}$

Για να μεταφερθεί η δύναμη από τη νέα ράβδο στην παλιά πρέπει να έχει αγκυρωθεί τουλάχιστον σε μήκος $l_{b,min}$ που δίνεται από τον Ευρωκώδικα 2: ENV 1992-1-1 (5.5)-(5.6)

Ράβδοι σε εφελκυσμό $l_{b,min} = \text{MAX}(0.3l_b[\text{mm}], 10\Phi[\text{mm}], 100[\text{mm}])$

Ράβδοι σε θλίψη $l_{b,min} = \text{MAX}(0.6l_b[\text{mm}], 10\Phi[\text{mm}], 100[\text{mm}])$

3.6 ΜΗΚΟΣ ΥΠΕΡΚΑΛΥΨΗΣ l_{splice} EC2: ENV 1992-1-1 (5.7)-(5.8)

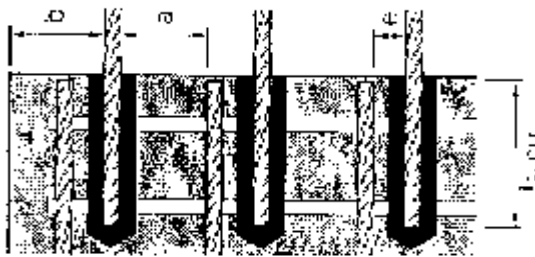
Όταν ράβδοι οπλισμού υπερκαλύπτονται μεταξύ τους σε κοντινή απόσταση εμφανίζονται μεγάλες δυνάμεις διαχωρισμού. Για να αναληφθούν πρέπει το μήκος αγκύρωσης των ράβδων $l_{b,inst}$ να πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή α και το μήκος υπερκάλυψης να υπερβαίνει μια ελάχιστη τιμή. Αυτά δίνονται στον EC2

3.7 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΛΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2: ENV 1992-1-1, 5.2.1.1 (5) η απόσταση μεταξύ των ράβδων οπλισμού μπορεί να είναι όσο η επικάλυψη. Αν όμως η απόσταση μεταξύ τους είναι $e > 4\Phi$ (ε βλέπε εικ.Α3) τότε η επικάλυψη σκυροδέματος πρέπει να αυξηθεί κατά $e - 4\Phi$. Η ελάχιστη απόσταση a (βλέπε εικ.Α3) ανάμεσα σε ήδη υπάρχοντα ράβδο και την απομακρυσμένη νέα αγκυρωμένη πρέπει να είναι: $a \geq \text{MAX}(2 \cdot \Phi[\text{mm}], 20[\text{mm}])$

3.8 ΚΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Όλες οι προηγούμενες τιμές αναφέρονταν σε καλές συνθήκες συνάφειας. Κακές συνθήκες



Εικ.Α3 αποστάσεις μεταξύ παλιών και νέων ράβδων οπλισμού

συνάφειας μπορούν να προκύψουν αν για παράδειγμα το σκυρόδεμα κάτω από τη νέα ράβδο βουλιάζει. Τότε μια αύξηση του μήκους αγκύρωσης με ένα συντελεστή 1.4 είναι απαραίτητη για τη μεταφορά του φορτίου στις ήδη υπάρχοντες ράβδους (πιθανόν σε κακές συνθήκες συνάφειας αγκυρωμένες). Οι συνθήκες συνάφειας περιγράφονται στον Ευρωκώδικα 2: ENV 1992-1-1, (5.1)

3.9 ΕΥΡΟΣ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ

Σύμφωνα με τον EC2: ENV 1992-1-1: 4.4.2.1 (6) το μέγιστο εύρος ρωγμής είναι 0.3mm για συνθήκες περιβάλλοντος κατηγορίας 2-4 (υγρό, υγρό με άλατα, θαλάσσης) που είναι οι συνηθισμένες. Όμως σύμφωνα με τον EC2: ENV 1992-1-1: 5.2.4 P(1) το εύρος ρωγμής πρέπει να υπολογιστεί στο τέλος της υπέρθεσης των ράβδων. Η περιοχή αυτή σπάνια ρηγματώνεται λόγω της μεγάλης ποσότητας οπλισμού που ενεργεί εκεί. Παρ'όλα αυτά έγιναν δοκιμές με τα προτεινόμενα φορτία για συγκεκριμένο κονίαμα στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης και το εύρος της ρωγμής δεν ξεπέρασε το 0.1mm.

3.10 ΦΡΕΣΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Αν η αγκύρωση των νέων ράβδων οπλισμού τεθεί να μεταφέρει τα φορτία σχεδιασμού πριν τις 28 μέρες από τη σκυροδέτηση, δηλαδή πριν το σκυρόδεμα αναπτύξει την μέγιστη αντοχή του τότε πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον ερπυσμό του σκυροδέματος.

4.ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Οι τιμές που παρουσιάζονται στον πιν.Α2 αναφέρονται σε αγκύρωση ράβδου με υβριδικό κονίαμα και έτσι έχουμε μια ενδεικτική εικόνα των δυνατοτήτων αυτής της μεθόδου.

5.ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΑΓΚΥΡΩΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ

Στο ινστιτούτο HTL Rankweil της Αυστρίας έγιναν δοκιμές εφελκυσμού αγκυρωμένων ράβδων σε σκληρυμένο σκυρόδεμα μέσω κονιάματος. Συνθήκες δοκιμής :

Σκυρόδεμα : $f_{ck} = 35, 40, 20$ MPa, Οπλισμός: $f_{yk} = 500$ MPa, Διάτρηση: με Κρουστικό δρόπανο, Καθαρισμός οπής: Εκτράχυνση με βούρτσα και απορρόφηση σκόνης, Αποστάσεις: Αρκετή απόσταση μεταξύ αντικειμένων και απόσταση από το άκρο, Φόρτιση: Εφελκυστικό φορτίο μέχρι αστοχίας, Δείγμα ράβδων: Διάμετροι 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25 σε μήκη αγκύρωσης: 5Φ, 10Φ, 15Φ, l_b 3 δείγματα από κάθε διάμετρο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίν.Α3 και το διάγραμμα φορτίου-παραμόρφωσης στο σχ.1.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρούμε ότι η θεωρία σχεδιασμού είναι υπερβολικά συντηρητική για ράβδους μεγάλης διαμέτρου ενώ όσο η διάμετρος μειώνεται τόσο συγκλίνουν το θεωρητικό φορτίο αστοχίας με το πραγματικό πάντα προς την πλευρά της ασφάλειας και με αρκετό περιθώριο. Εξαιρέση αποτελούν μόνο οι ράβδοι μικρής διαμέτρου Φ8 οι οποίες αστοχούν ή έχουν μικρό περιθώριο από το θεωρητικό φορτίο αστοχίας τους. Όλα αυτά ισχύουν ακόμα και για πολύ μικρά μήκη αγκύρωσης. Όμως όπως φαίνεται στο σχ.1 για μικρά μήκη αγκύρωσης 5Φ-10Φ οι ράβδοι δεν αστοχούν πλάστιμα γεγονός που σημαίνει επικίνδυνη αστοχία του συγκολλημένου μέλους.

Rebar dia. ϕ	Hole dia. □	Recommended value of connection force F _{Rdc}														Basic length lb	
[mm]	[mm]	[kN]														[mm]	
8	12	9.7	11.7	13.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	150		
10	14	10.5	12.6	14.7	16.8	18.9	21.0	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	217		
12	16		13.5	15.7	18.0	20.2	22.5	24.7	27.0	29.2	31.5	32.8	32.0	32.8	292		
14	18			16.7	19.1	21.5	23.8	26.2	28.6	31.0	33.4	35.8	34.6	44.6	374		
16	22				21.1	23.7	26.4	29.0	31.6	34.3	36.9	39.5	52.7	50.3	58.3	447	
20	28	minimum						29.7	32.7	35.7	38.7	41.6	44.6	58.5	74.3	612	
25	32	anchorage length									41.3	44.5	47.7	63.6	79.5	95.4	896
Anchorage length [mm]:		100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	400	500	600		

Concrete C25/35; $f_{ctk} = 20 \text{ N/mm}^2$

Minimum anchorage length for lap splices

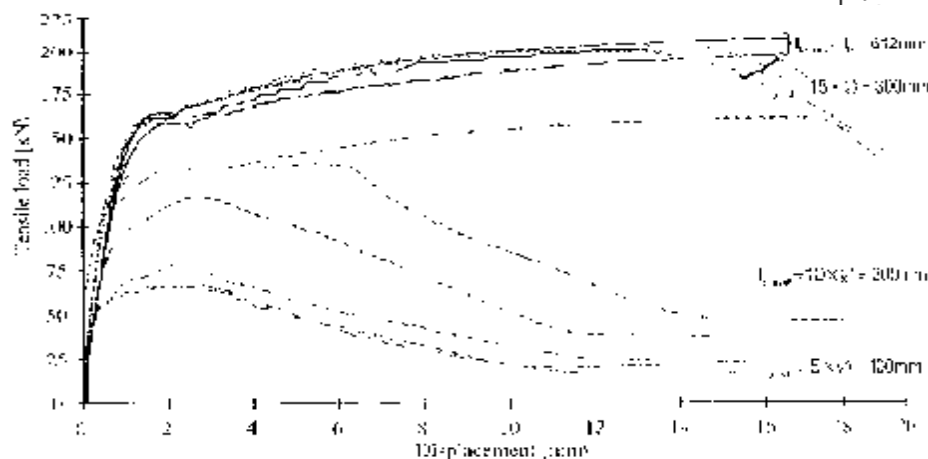
see 3.3.5

Rebar dia. $\varnothing$ [mm]	Hole dia. $\square$ [mm]	5x $\varnothing$	10x $\varnothing$	15x $\varnothing$	f_{ctk}
8	12	3.9 14.2 P 16.5 P 3.7 P	17.8 16.3 P 31.0 P 29.8 P	25.1 31.1 P 31.0 S	25.1 31.3 P 28.7 P 30.0 P
10	14	12.4 21.0 P 21.9 P 24.7 P	24.8 40.0 P 38.6 P 46.6 P	37.0 47.1 S 47.0 S 50.0 S	39.2 47.3 S 48.1 S 48.7 S
12	16	16.3 29.3 P 29.2 P 24.5 P	32.6 56.9 P 65.5 P 60.7 P	49.0 69.7 S 69.9 S 71.2 S	56.5 72.5 S 69.5 S 69.7 S
14	18	20.6 37.8 P 39.6 P 38.5 P	41.1 90.6 P 87.2 P 92.3 P	61.7 97.8 S 98.3 S 98.2 S	77.0 97.1 S 97.5 S 97.4 S
16	22	25.1 58.7 P 47.5 P 49.7 P	50.3 101.1 S 83.4 S 106.5 S	75.4 138.1 S 130.6 S 138.7 S	100.5 138.8 S 138.2 S 142.2 S
20	28	35.1 65.7 C 72.9 P 67.7 C	70.2 116.6 P 160.5 P 135.5 P	105.4 202.0 P 208.6 P 205.0 P	156.1 211.1 P 211.5 S 206.7 P
25	32	49.1 133.7 P 123.7 P 119.4 P	95.2 278.0 P 217.6 C 286.7 P	134.1 275.3 C 300.1 C 257.0 C	245.4 341.8 P 328.2 C 312.0 P

Πιν.Α3

Αποτελέσματα
δοκιμών
Όπου Rk:
Θεωρητικό
φορτίο αστοχίας
($\gamma=1.0$)

S: διαρροή
χάλυβα
P: αστοχία
κονιάματος
C: αστοχία
σκυροδέματος



Σχ.1 Διάγραμμα
φορτίου-
παραμόρφωσης για
τις ράβδους $\Phi 20$

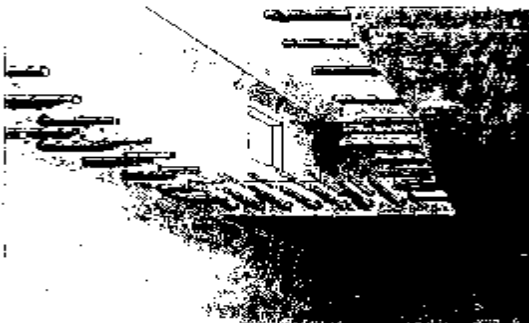
ΜΕΡΟΣ Β' ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Β.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

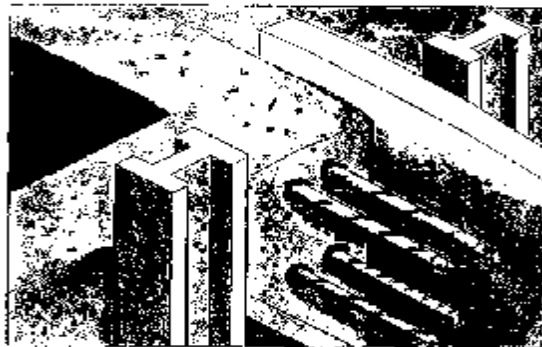
Αξιόπιστα συστήματα αγκύρωσης είναι απαραίτητα στον τομέα των ενισχύσεων, επισκευών και γενικότερα τροποποιήσεων σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτά τα συστήματα πρέπει να είναι ικανά να μεταφέρουν τα φορτία με ασφάλεια και χωρίς απαράδεκτες παραμορφώσεις. Τέτοια συστήματα είναι οι αγκυρώσεις νέων ράβδων οπλισμού μέσω κονιάματος. Η απόδοση του συστήματος εκφράζεται από το μέγιστο φορτίο που δύναται να μεταφέρει, τα χαρακτηριστικά παραμόρφωσης και τη διανομή της έντασης στις ράβδους, το κονίαμα και το περιβάλλον σκυρόδεμα όταν η αγκύρωση βρίσκεται υπό φόρτιση. Αυτή η απόδοση εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων που σχετίζονται με το υλικό καθώς και με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των συστατικών μερών του συστήματος και τη μέθοδο ένωσης (K.D. Zavliaris, P.R.S. Speare). Επίσης σημαντικό ρόλο έχει η τεχνική της αγκύρωσης των νέων ράβδων η οποία παρουσιάζεται λεπτομερώς παρακάτω. Τέλος σε κάθε περίπτωση εφαρμογής οποιουδήποτε υλικού συνιστάται η αυστηρή τήρηση των συστάσεων και των προδιαγραφών του προμηθευτή ώστε να έχουμε σωστή εκτίμηση της συμπεριφοράς τους.

Β.2 ΕΙΔΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Με την αγκύρωση νέων ράβδων οπλισμού είναι δυνατό να συνδέσουμε νέα στοιχεία σκυροδέματος σε ήδη υπάρχοντες κατασκευές. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις εφαρμογής είναι οι παρακάτω: συνδέσεις πλακών εσωτερικών πατωμάτων π.χ. σε ανακαινίσεις, κλείσιμο ανοιγμάτων (βλέπε εικ.Β1), συνδέσεις τοιχείων με δοκούς (βλέπε εικ.Β2) π.χ. σε επεκτάσεις, κατασκευή πρόσθετων υποστυλωμάτων, κλιμακών, διακοσμητικών υποστηριγμάτων, στην κατασκευή τοίχων αντιστήριξης, σε καταστρώματα γεφυρών και τέλος σε μπαλκόνια, μαρκίζες.



Εικ.Β1 κλείσιμο ανοίγματος πλάκας



Εικ.Β2 Σύνδεση τοιχείου με δοκό

Β.3 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Γενικά ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την αγκύρωση νέων ράβδων οπλισμού είναι: μηχανήμα ένεσης κονιάματος, πακέτο κονιάματος, κρουστικό δράπανο, τρυπάνι όσο η διάμετρος της οπής που απαιτείται, αντλία συλλογής σκόνης και βούρτσα συρμάτινη. Σε περίπτωση κορεσμένου από νερό σκυροδέματος ή υγρές οπές χρησιμοποιείται διαφορετικό κονίαμα και η διάτρηση γίνεται με μηχανήμα με διαμάντι. Επίσης το κονίαμα επιλέγεται ανάλογα και με τη διάμετρο της ράβδου προς αγκύρωση. Τα όρια διαμέτρων των ράβδων που μπορεί το κάθε κονίαμα να αγκυρώσει ικανοποιητικά δίνονται από τον κατασκευαστή. Τέλος για την αποφυγή πρόκλησης βλάβης στον ήδη υπάρχον οπλισμό ή στην

ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανιχνευτής. Όλος ο εξοπλισμός καθώς και τα υλικά διατίθενται στο εμπόριο.

ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Τα κονιάματα που χρησιμοποιούνταν και συνεχίζουν να διατίθενται για την επισκευή και ενίσχυση των κατασκευών είναι τα πολυμερικά. Αυτό διότι είναι εύκολη η εφαρμογή τους, έχουν εξαιρετικά χαρακτηριστικά σύνδεσης, μικρή συστολή. Η 'Αχίλλειος πτέρνα' τους όμως ήταν η χαμηλή απόδοσή τους όταν υποβάλλονται σε υψηλές θερμοκρασίες π.χ. φωτιά. Αυτό κάνει τους μηχανικούς να διστάζουν να τα χρησιμοποιήσουν (S. Dritsos, K. Pilakoutas). Όμως πλέον στην αγορά διατίθενται κονιάματα που διατηρούν τα χαρακτηριστικά των πολυμερικών, παρουσιάζουν ικανοποιητική απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες λόγω της σύστασής τους, τα λεγόμενα υβριδικά. Τα κύρια συστατικά τους είναι οργανικοί και ανόργανοι παράγοντες. Λόγω του συνδυασμού τους η συστολή του κονιάματος είναι ελάχιστη. Στην πολυμερική αντίδραση των ρητινοειδών οφείλεται ο ακόμη μικρότερος χρόνος μέχρι να αναλάβουν τα πλήρη φορτία και στην τσιμεντοειδή αντίδραση η αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένας ισχυρός δεσμός αγκύρωσης της νέας ράβδου στο παλιό στοιχείο περίπου όσο του προυπάρχον οπλισμού. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα υβριδικά κονιάματα δεν περιέχουν στυρένιο και είναι σχεδόν άοσμα.

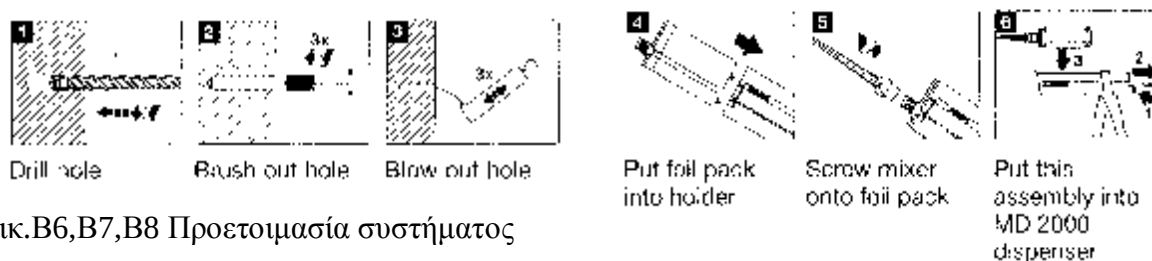
B.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για τη λειτουργία των επεμβάσεων σε υπάρχοντες κατασκευές είναι ο τρόπος εκτέλεσης των εργασιών. Πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες που έχουν δοθεί στη μεθοδολογία, οι εργασίες να γίνονται από εξειδικευμένο προσωπικό και υπό την επίβλεψη του μηχανικού. Έτσι θα μπορούμε να αισθανόμαστε βέβαιοι ότι θα έχουμε την αντοχή και δυσκαμψία, συμπερασματικά λοιπόν τη συμπεριφορά που έχει προδιαγραφεί στη μελέτη.

1. Προετοιμασία οπής (βλέπε εικ. B3, B4, B5)

Η διάτρηση του σκυροδέματος πρέπει να γίνει με περιστροφικό κρουστικό δράπανο ώστε να διασφαλιστεί αρκετή τραχύτητα των τοιχωμάτων της οπής. Αν χρησιμοποιηθεί μηχανήμα διάτρησης με διαμάντι πρέπει απαραίτητα να γίνει και εκτράχυνση των τοιχωμάτων της οπής. Οι οπές πρέπει να είναι στεγνές κατά την αγκύρωση των ράβδων. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τη συρμάτινη βούρτσα και συλλέγουμε τη σκόνη με αντλία.

Εικ. B3, B4, B5 επεξεργασία οπής



Εικ. B6, B7, B8 Προετοιμασία συστήματος

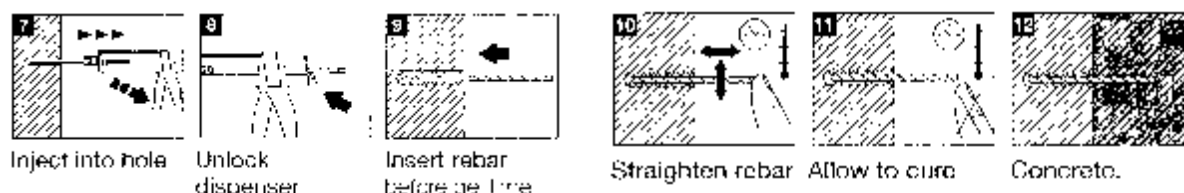
2. Προετοιμασία συστήματος ένεσης κονιάματος (βλέπε εικ. B6, B7, B8)

Χρησιμοποιημένα πακέτα κονιάματος μπορούν να παραμείνουν στο δοχείο μέχρι και τέσσερις εβδομάδες. Απλώς πρέπει να τοποθετήσουμε καινούριο ακροφύσιο. Πιέζουμε μια φορά τη σκανδάλη και απορρίπτουμε το πρώτο ένεμα κονιάματος. Αν το πακέτο είναι

καινούριο τότε απορρίπτουμε τις δύο πρώτες ποσότητες κονιάματος για το πακέτο των 330ml και τις τρεις πρώτες για το πακέτο των 500ml.

3. Ένεση κονιάματος και εισαγωγή ράβδου οπλισμού(βλέπε εικ. B9,B10,B11)

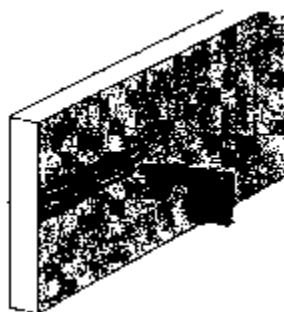
Η ένεση του κονιάματος γίνεται από το κάτω μέρος της οπής για να είμαστε βέβαιοι πως θα γεμίσει πλήρως. Αυτό γίνεται φανερό από την υπερχειλίση του κονιάματος καθώς εισάγεται η ράβδος οπλισμού. Η ράβδος πρέπει να τοποθετηθεί στην οπή πριν το χρόνο σκλήρυνσης του κονιάματος t_{gel} (βλέπε πιν.Β1)



Εικ.Β12,Β13,Β14 Αναμονή

‘αποθεραπείας’ κονιάματος

Εικ. B9,B10,B11 Εισαγωγή κονιάματος και ράβδου



4.Αναμένουμε την ‘αποθεραπεία’ του κονιάματος (βλέπε εικ.Β12,Β13,Β14)

Περιμένουμε το πέρας του χρόνου ‘αποθεραπείας’ του κονιάματος t_{cure} (βλέπε πιν.Β1). Τότε μπορεί η ράβδος να αναλάβει το φορτίο σχεδιασμού οπότε μπορεί να τοποθετηθεί το νέο σκυρόδεμα.

5.Εκτράχυνση επιφάνειας υπάρχοντος σκυροδέματος (βλέπε εικ.Β15)

Για την ανάληψη φορτίων διάτμησης η επιφάνεια του σκυροδέματος πρέπει να εκτραχυνθεί.

Εικ.Β15 Εκτράχυνση επιφάνειας σκυροδέματος

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

1.Χρόνος ‘αποθεραπείας’ και χρόνος σκλήρυνσης κονιάματος

Ο χρόνος ‘αποθεραπείας’ καθώς και ο χρόνος σκλήρυνσης του κονιάματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία . Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης το πακέτο του κονιάματος πρέπει να έχει θερμοκρασία μεταξύ 5° C και 40° C

Θερμοκρασία κονιάματος	Χρόνος σκλήρυνσης t_{gel}	Χρόνος ‘αποθεραπείας’ t_{cure}
-5 °C	90 min	6 h
9 C	45 min	3 h
5 C	25 min	1,5 h
20 C	6 min	50 min
30 C	4min	40 min
40 C	2 min	30 min

Πίνακας Β1 Χρόνος σκλήρυνσης και χρόνος ‘αποθεραπείας’ κονιάματος

2.Διάμετρος οπής

Η σωστή διάμετρος οπής είναι σημαντική για την απόδοση του κονιάματος αλλά και από οικονομικής πλευράς. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον παρακάτω πίνακα

3.Απαραίτητη ποσότητα κονιάματος

Η απαραίτητη ποσότητα κονιάματος μπορεί να υπολογιστεί ώστε να γεμίσει το κενό μεταξύ της ράβδου και της οπής παρέχοντας ταυτόχρονα αρκετή ασφάλεια για αγκύρωση σε αρκετό βάθος, κοιλότητες στο σκυρόδεμα, υπερχειλίση κτλ.

Κανόνας κοίλης κοιλότητας: 2/3 οπής πλήρη

Ποσότητα κονιάματος : $V_{[ml]} = l_{b,inst} \times (D^2 - \Phi^2) / 1000$.Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι με κάθε τράβηγμα της σκανδάλης έχουμε ποσότητα περίπου 8ml κονιάματος οπότε ο τύπος γίνεται : $V[\text{πιέσεις σκανδάλης}] = l_{b,inst} \times (D^2 - \Phi^2) / 8000$

Διάμετρος ράβδου Φ	Μέγιστη προτεινόμενη διάμετρος οπής D
8 mm	12 mm
10 mm	14 mm
12 mm	16 mm
14 mm	18 mm
16 mm	22 mm
20 mm	28 mm
25 mm	32 mm

Πίνακας B2 Μέγιστη διάμετρος οπής D

B.5 ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Τα κονιάματα περιέχουν οργανικούς παράγοντες που ταξινομούνται στα επικίνδυνα υλικά. Κατάλληλη προστατευτική στολή, γάντια, γυαλιά και μάσκα πρέπει να χρησιμοποιούνται όπως επίσης και καλός αερισμός του χώρου (Exchem προϊόν Resifix 31). Σε περίπτωση επαφής του δέρματος με το κονίαμα και μόλυνσής του πρέπει να καθαριστεί με ειδική αλοιφή. Αν το προϊόν έρθει σε επαφή με το μάτι πρέπει να καθαριστεί με νερό και να αναζητηθεί ιατρική βοήθεια αν η ενόχληση παραμένει (Weber-SBD προϊόν EPTAG). Για περισσότερες πληροφορίες πρέπει να απευθυνθούμε στο ανάλογο τεύχος για το κάθε προϊόν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

HILTI 'Fastening Technology Manual' Rebar Fastening Guide B2.2

S.Dritsos, K.Pilakoutas 'Temperature effects on the bond of resin anchored reinforcement'

Εισαγωγή σελ. 11-28,11-29

K.D.Zavliaris, P.R.S. Speare 'The behaviour of adhensive anchorages installed in concrete'

Εισαγωγή σελ. 11-1

Exchem EPC GROUPE Προϊόν Resifix 31

Weber-SBD Προϊόν epoxy plus:EPTAG