

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΧΗΜΙΚΑ ΠΑΚΤΩΜΕΝΩΝ ΑΓΚΥΡΙΩΝ - ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ, ΕΡΠΥΣΜΟΥ, ΡΗΓΜΑΤΩΣΗΣ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΒΛΗΤΡΑ-ΑΓΚΥΡΙΑ

**ΤΣΙΤΣΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΦΑΡΑΝΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

Περίληψη

Στην εργασία αυτή ασχολούμαστε με ειδικά θέματα που αφορούν τους μεταλλικούς συνδέσμους, οι οποίοι ανάλογα με την καταπόνησή τους χαρακτηρίζονται ως αγκύρια αν δέχονται αξνικό φορτίο ή βλήτρα αν το φορτίο είναι διατμητικό. Στο πρώτο κομμάτι της εργασίας, επεξεργαζόμαστε τα αποτελέσματα μιας πειραματικής μελέτης πάνω στα χημικά πακτωμένα αγκύρια και βγάζουμε συμπεράσματα, σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία τους και το κατά πόσο συμφωνούν οι διατάξεις των Κανονισμών. Στο δεύτερο κομμάτι αναφερόμαστε στο κατά πόσο επηρεάζει την συμπεριφορά των συνδέσμων η ανακυκλιζόμενη φόρτιση, ο ερπυσμός σκυροδέματος και η θερμοκρασία που αφορά μόνο χημικά πακτωμένα αγκύρια.

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις εφαρμογές πολιτικού μηχανικού που έχουν να κάνουν με επισκευή, ενίσχυση ή και τροποποίηση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα εμφανίζεται πολύ συχνά η απαίτηση για αξιόπιστα συστήματα αγκυρώσεων. Μια από τις πρώτες επιλογές στον τομέα αυτό είναι τα χημικώς πακτωμένα αγκύρια, δηλαδή μεταλλικοί σύνδεσμοι που καταπονούνται σε εφελκυσμό (πολύ σπάνια σε θλίψη) και τοποθετούνται σε κατάλληλες οπές στο σκυρόδεμα, με το οποίο η σύνδεση εξασφαλίζεται με τη βοήθεια διαφόρων χημικών συνδετικών ουσιών. Στη βιβλιογραφία είναι καταγεγραμμένες διάφορες προσπάθειες επιστημόνων να ασχοληθούν με τις παραμέτρους που επηρεάζουν την αντοχή και τη λειτουργικότητα των αγκυρίων αυτών και να εφοδιάσουν τους μηχανικούς με υπολογιστικά εργαλεία και πρακτικές οδηγίες.

Στο τμήμα αυτό της εργασίας θα προσπαθήσουμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τις σχέσεις που προτείνουν διάφοροι κανονισμοί όπως ο EC8 και ο CEB για τη συγκεκριμένη κατηγορία αγκυρίων, με βάση πειραματικές μελέτες που παρουσιάστηκαν από τους K Δ Ζαβλιάρη και P R S Speare, να ελέγξουμε το κατά πόσο συμβαδίζουν με αυτές, αν επαρκούν για διάφορες περιπτώσεις εφαρμογών και ποιες άλλες παραμέτρους πρέπει να προσέξουν οι μηχανικοί.

1.2 ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Η τιμή σχεδιασμού του φορτίου αστοχίας δίνεται από τη σχέση (Η.Δρίτσος «Ενισχύσεις/επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα»):

$$N_{ud} = \min (N_{ud, a}, N_{ud, b}, N_{ud, c})$$

όπου $N_{ud, a}$, $N_{ud, b}$, $N_{ud, c}$ συμβολίζουν τις τιμές σχεδιασμού του φορτίου αστοχίας που αντιστοιχούν σε τρεις τρόπους με τους οποίους μπορεί να αστοχήσει ένα χημικά πακτωμένο αγκύριο. Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των τριών τύπων αστοχίας και των σχέσεων που προτείνουν οι κανονισμοί για τον καθένα.

Ο Α' τύπος αστοχίας (σχ.1c) οφείλεται αποκλειστικά σε υπέρβαση των χαρακτηριστικών αντοχής του χάλυβα του αγκυρίου. Έτσι λοιπόν η τιμή σχεδιασμού του φορτίου αστοχίας δίνεται από τη σχέση:

$$N_{ud, a} = A_s \cdot f_{yd}$$

όπου A_s είναι το εμβαδόν διατομής του αγκυρίου και f_{yd} είναι το όριο αντοχής σχεδιασμού του χάλυβα.

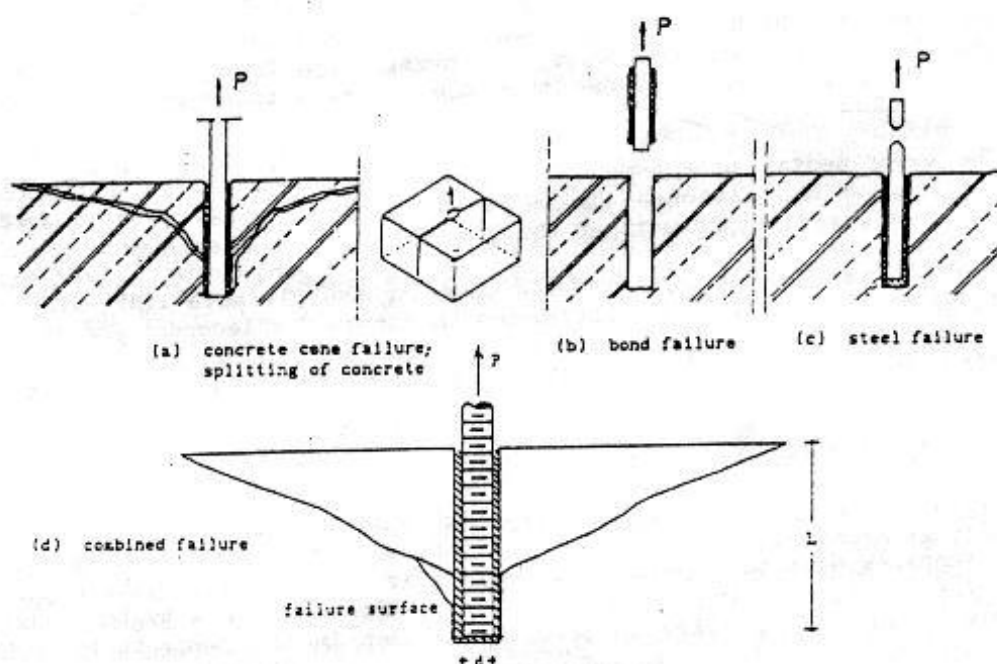


Figure 1 Failure mechanisms of adhesive anchors

Ο δεύτερος τύπος αστοχίας (σχ.1a) οφείλεται στην υπέρβαση της αντοχής του σκυροδέματος και παρατηρείται με τη μορφή απόσχισης ή διάρρηξης ενός κώνου σκυροδέματος του οποίου η κορυφή βρίσκεται στο άκρο του αγκυρίου. Για τα αγκύρια με χημική πάκτωση ο Bul.No226 του CEB (1983) και ο EC8-Part 1.4 (1995) προτείνει τη σχέση :

$$N_{ud} = 0.92 / \gamma_{Rd} \cdot \sqrt{f_{cd}} \cdot l_b^2 \quad [\text{σε N}]$$

όπου,

f_{cd} η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος

l_b το μήκος αγκύρωσης και

γ_{Rd} ο συντελεστής αβεβαιότητας προσομοιώματος που λαμβάνεται ίσος προς 1,5.

Ο παραπάνω τύπος αστοχίας βέβαια προϋποθέτει ότι το αγκύριο βρίσκεται σε ικανή απόσταση από τα άκρα της επιφάνειας αγκύρωσης και ότι απομένει ικανό πάχος του στοιχείου αγκύρωσης μετά από το ακραίο σημείο εισχώρησης του αγκυρίου. Σύμφωνα με το CEB Bul.No226 του CEB (1995) οι παραπάνω συνθήκες θεωρούνται ότι ικανοποιούνται, όταν οι επικαλύψεις του αγκυρίου c_x και c_y (αποστάσεις από τα άκρα της επιφάνειας αγκύρωσης) και το πάχος του αγκυρίου t ικανοποιούν τις ακόλουθες σχέσεις.

$$c_x \geq 1,5 * l_b$$

$$c_y \geq 1,5 * l_b$$

$$t \geq 2 * l_b$$

Ο τρίτος τύπος αστοχίας (σχ.1b) είναι η ολίσθηση αγκυρίου και οφείλεται στην υπέρβαση της αντοχής συνάφειας του αγκυρίου με το περιβάλλον σκυρόδεμα.. Στην περίπτωση χημικώς πακτωμένων αγκυρίων η αστοχία εμφανίζεται στη διεπιφάνεια συνδετικού υλικού – σκυροδέματος ενώ ο EC8-Part 1.4 (1995) προτείνει τη σχέση:

$$N_{ud} = \tau_r / \gamma_m * \pi * l_b * d_0$$

όπου,

τ_r είναι η αντοχή συνάφειας του υλικού χημικής πάκτωσης με το σκυρόδεμα. Για πολυεστερική ρητίνη μπορεί να ληφθεί ίση προς 8 MPa ενώ φτάνει τα 12 MPa για εποξειδική ρητίνη και αντοχή σκυροδέματος που ξεπερνά τα 20 MPa.

γ_m είναι ο συντελεστής υλικού για το υλικό χημικής πάκτωσης που μπορεί να ληφθεί ίσος προς 1,3 και

d_0 η διάμετρος οπής που διανοίχθηκε στο σκυρόδεμα για την πάκτωση του αγκυρίου.

Εκτός όμως των τριών παραπάνω τύπων αστοχίας υπάρχει και ένας τέταρτος (σχ.1d) που απασχόλησε τους μηχανικούς αρκετά αργότερα αλλά και ο οποίος, φαίνεται να είναι και αυτός που συμβαίνει συχνότερα στη πράξη. Πρόκειται για το συνδυασμό του δεύτερου και του τρίτου τύπου, δηλαδή έναν συνδυασμό αστοχίας κώνου απόσχισης σε ένα μέρος του βάθους έμπηξης με ταυτόχρονη αστοχία του δεσμού συνάφειας συνδετικού υλικού – σκυροδέματος κάτω από τον κώνο, πιθανότατα μαζί με αστοχία σε εφελκυσμό της κόλλας στη βάση του αγκυρίου.

Οι κανονισμοί δεν προτείνουν κάποια σχέση για αυτό τον τύπο αστοχίας. Είναι εύλογο λοιπόν το ερώτημα αν οι σχέσεις για τους Β και Γ τύπους αστοχίας ξεχωριστά καλύπτουν την Δ' περίπτωση, δηλαδή αν δίνουν με ασφάλεια το φορτίο αστοχίας. Το γεγονός όμως ότι αυτός ο τύπος αστοχίας συμβαίνει στις περισσότερες εφαρμογές χημικά πακτωμένων αγκυρίων μπορεί να φανερώνει ότι ο συνδυαστικός τρόπος αστοχίας είναι πιθανόν δυσμενέστερος από τους δύο επιμέρους τρόπους αστοχίας.

Ο Δ' είναι και ο τύπος αστοχίας που εμφανίζεται κατά κύριο λόγο στα δείγματα του πειραματικών μελετών για τα χημικά πακτωμένα αγκύρια, που θα ασχοληθούμε και μπορούμε έτσι να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά και με τους παραπάνω προβληματισμούς. Θα δούμε επίσης τον τρόπο με τον οποίο επιδρούν στην αστοχία αυτής της κατηγορίας αγκυρίων διάφοροι παράμετροι, κάποιοι από τους οποίους μάλιστα δεν ποσοτικοποιούνται εύκολα και άρα δεν εμφανίζονται στις σχέσεις εκτίμησης της τιμής σχεδιασμού του φορτίου αστοχίας στους κανονισμούς αλλά είναι πολύ σημαντικοί και πρέπει να προσεχθούν.

1.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ο πυρήνας του προγράμματος επικεντρώθηκε γύρω από μια αντιπροσωπευτική περίπτωση της πράξης ως σημείο αναφοράς. Συγκεκριμένα:

τύπος αγκυρίου (S500)	με σπείρωμα
διάμετρος αγκυρίου	12 mm
διάμετρος οπής	16 mm (πάχος συνδετικού υλικού 2 mm)
μήκος αγκύρωσης	100 mm
αντοχή σκυροδέματος	C25
μέθοδος διάνοιξης οπής	κρουστικός
εισαγωγή συνδετικού υλικού	με έγχυση
τύπος συνδετικού υλικού	εποξειδική ρητίνη

Για τις κύριες σειρές δοκιμών το αγκύριο τοποθετήθηκε στο κέντρο ενός κύβου σκυροδέματος διαστάσεων 600 * 600 * 200 mm μετά από μια προκαταρκτική έρευνα σε κύβο 910 * 910 * 190 mm.

Οι παράμετροι της δοκιμής διαφοροποιούνταν ανεξάρτητα, ένας κάθε φορά, ώστε να γίνεται φανερή η επιρροή τους. Παρακάτω δίνονται οι διαφοροποιήσεις ανά παράμετρο.

τύπος αγκυρίου (S500)	υψηλής αντοχής, με ραβδωτούς φραγμούς ενίσχυσης, ήπιους φραγμούς ενίσχυσης
διάμετρος αγκυρίου	8 και 10 mm
διάμετρος οπής	20 – 32 mm (πάχος συνδετικού υλικού 2 - 10mm)
μήκος αγκύρωσης	60 & 84 mm
αντοχή σκυροδέματος	C30 , C50 , C60
μέθοδος διάνοιξης οπής	αδαμάντινο τρυπάνι
εισαγωγή συνδετικού υλικού	με ένεση
τύπος συνδετικού υλικού	χαμηλού ιξώδους εποξειδική ρητίνη, εποξειδική ρητίνη τύπου gel, PMMA, πολυμερικό κονίαμα, κονίαμα σκυροδέματος PORTLAND

Ο τύπος αστοχίας που εμφανίστηκε κατά μείζονα λόγο κατά τη διάρκεια των δοκιμών είναι ο συνδυαστικός τρόπος αστοχίας (Δ'), ο οποίος συνοδευόταν σε μερικές περιπτώσεις από απόσχιση του σκυροδέματος. Οι εξαιρέσεις περιορίζονταν στις εξής περιπτώσεις:

- απώλεια συνάφειας σκυροδέματος - συνδετικού υλικού για απλό αγκύριο ή για συνδυασμό σκυροδέματος υψηλής αντοχής C60 με εποξειδική ρητίνη
- απώλεια συνάφειας σκυροδέματος - συνδετικού υλικού για όλα τα πολυμερικά και τύπου PORTLAND κονιάματα.
- αστοχία χάλυβα για λόγο μήκους αγκύρωσης προς διάμετρο 11,2.

1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για κάθε δείγμα που υποβλήθηκε σε δοκιμή φόρτισης σε εφελκυσμό εξήχθηκε με κατάλληλα όργανα μια καμπύλη φορτίου – μετακίνησης, η οποία μας δείχνει τη σταδιακή συμπεριφορά του αγκυρίου, τη δυσκαμψία του και βέβαια το στοιχείο αστοχίας. Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν το φορτίο αστοχίας για κάθε περίπτωση όπως προέκυψε πειραματικά, αλλά και τις τιμές που δίνουν οι σχέσεις που προτείνουν οι κανονισμοί για κάθε τύπο αστοχίας, οι οποίες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τα δεδομένα κάθε δείγματος. Σε παρένθεση ο τύπος αστοχίας που προέκυψε από τη δοκιμή κατά περίπτωση.

διάμετρος	d = 12mm	d = 10mm	d = 8mm
A' τύπος αστ.	49,15 KN	34,13 KN	21,84 KN
B' τύπος αστ.	25,04 KN	25,04 KN	25,04 KN
Γ' τύπος αστ.	46,38 KN	40,58 KN	34,78 KN
από μέτρηση	33 KN (Δ')	28,5 KN (Δ')	24 KN (Α')
μήκος αγκ./διαμ.	8,33	7	12,5

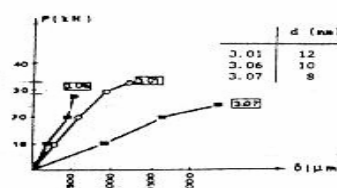


Figure 2 P-δ relationship
Effect of anchor diameter

Να σημειωθεί ότι σχετικά με τον B' τύπο αστοχίας η επικάλυψη του αγκυρίου είναι επαρκής σύμφωνα με τους κανονισμούς οπότε δεν γίνεται καμία μείωση του φορτίου αστοχίας. ($c_x = c_y = 300 \text{ mm} > 1,5 * 100 \text{ mm}$, $t = 200 \text{ mm} = 2 * 100 \text{ mm}$). Ως τιμή της αντοχής συνάφειας της εποξειδικής ρητίνης λήφθηκαν τα 12 Μpa που αποτελεί άνω όριο. Τα παραπάνω ισχύουν για όλους τους υπολογισμούς.

Με βάση τον πίνακα και το διάγραμμα παρατηρούμε τα εξής:

- Οι σχέσεις των κανονισμών για τα αγκύρια διαμέτρου 10 και 12 mm υπέδειξαν ως τρόπο αστοχίας την απόσχιση κώνου σκυροδέματος, ενώ στην πράξη συνέβη συνδυασμός απόσχισης κώνου με αστοχία συνάφειας σκυροδέματος – ρητίνης.
- Οι σχέσεις των κανονισμών για το αγκύριο διαμέτρου 8 mm προέβλεψαν ότι θα αστοχούσε από διαρροή χάλυβα
- Και για τα τρία αγκύρια οι σχέσεις των κανονισμών έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, δηλαδή υπέρ της ασφάλειας αλλά και όχι υπερβολικά συντηρητικά κατά τη γνώμη μας (9 – 24 % μικρότερο φορτίο).
- Σύμφωνα τη σχέση που διέπει το B' τρόπο αστοχίας τα αγκύρια των 12 και 10 mm έπρεπε να αστοχήσουν στο ίδιο φορτίο γιατί αυτός ο τρόπος αστοχίας είναι ανεξάρτητος της διαμέτρου, κάτι το οποίο δεν συνέβη. Το φορτίο μειώθηκε περίπου αναλογικά με τη μείωση της διαμέτρου κάτι που συμφωνεί με τη σχέση που περιγράφει τον Γ' τρόπο αστοχίας.
- Η δυσκαμψία του αγκυρίου ήταν παρόμοια για τα δύο πρώτα αγκύρια, αντίθετα κατά πολύ μειωμένη για αυτό διαμέτρου 8 mm.

Μήκος αγκύρωσης

μήκος αγκύρωσης	$l_b = 100\text{mm}$	$l_b = 84\text{mm}$	$l_b = 60\text{mm}$
A' τύπος αστ.	49,15 KN	49,15 KN	49,15 KN
B' τύπος αστ.	25,04 KN	17,67 KN	9,01 KN
Γ' τύπος αστ.	46,38 KN	38,96 KN	27,83 KN
από μέτρηση	33 KN (Δ')	28,5 KN (Δ')	21 KN (Δ')

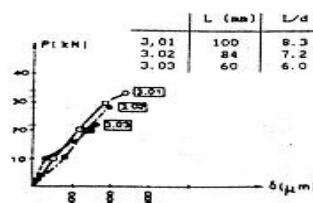


Figure 3 P- δ relationship
Effect of embedment length

Παρατηρούμε τα εξής:

- Οι σχέσεις των κανονισμών για τα όλα τα αγκύρια υπέδειξαν ως τρόπο αστοχίας την απόσχιση κώνου σκυροδέματος, ενώ στην πράξη συνέβη συνδυασμός απόσχισης κώνου με αστοχία συνάφειας σκυροδέματος – ρητίνης
- Στις δοκιμές το φορτίο αστοχίας μειώθηκε με τη μείωση του μήκους αγκύρωσης και μάλιστα σχεδόν αναλογικά γεγονός που συμφωνεί με τη σχέση του Γ τύπου και λιγότερο με του Β τύπου όπου εξαρτάται από το τετράγωνο του μήκους.
- Οι σχέσεις των κανονισμών δίνουν ασφαλή αποτελέσματα σχετικά με το φορτίο αστοχίας, αλλά όσο μειώνεται το μήκος αγκύρωσης αρχίζουν να δίνουν υπερσυντηρητικές τιμές.
- Η δυσκαμψία των αγκυρίων μένει πρακτικά ανεπηρέαστη από τις συγκεκριμένες μειώσεις στο μήκος αγκύρωσης.

Πάχος συνδετικού στρώματος:

πάχος ρητίνης	2 mm	4 mm	8 mm	10 mm
A' τύπος αστ.	49,15 KN	49,15 KN	49,15 KN	49,15 KN
B' τύπος αστ.	25,04 KN	25,04 KN	25,04 KN	25,04 KN
Γ' τύπος αστ.	46,38 KN	57,97 KN	81,16 KN	92,75 KN
από μέτρηση	33 KN (Δ')	51 KN (Δ')	45 KN (Δ')	48,5 KN (Δ')

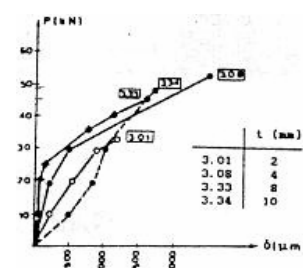


Figure 4 P- δ relationship
effect of adhesive layer thickness

Παρατηρούμε ότι:

- Το φορτίο αστοχίας αρχικά αυξάνεται αρχικά με την αύξηση του πάχους της ρητίνης, αλλά κατόπιν μειώνεται και η συμπεριφορά του αγκυρίου ειδικά από τα 8 mm πάχος και μετά γίνεται αναξιόπιστη (αυξομείωση). Γι' αυτό και συνίσταται να μην χρησιμοποιείται ρητίνη πάχους μεγαλύτερη των 6 mm.
- Οι σχέσεις των κανονισμών για τα όλα τα αγκύρια υπέδειξαν ως τρόπο αστοχίας την απόσχιση κώνου σκυροδέματος, ενώ στην πράξη συνέβη συνδυασμός απόσχισης κώνου με αστοχία συνάφειας σκυροδέματος – ρητίνης

- Οι σχέσεις των κανονισμών δίνουν ασφαλή αποτελέσματα σχετικά με το φορτίο αστοχίας, αλλά όσο αυξάνεται το πάχος του συνδετικού στρώματος αρχίζουν να δίνουν αρκετά συντηρητικές τιμές.
- Η δυσκαμψία του αγκυρίου αυξάνεται με την αύξηση του πάχους της ρητίνης μετά τα 8 mm πάχος όμως πέφτει δραματικά.

Αντοχή σκυροδέματος:

αντοχή σκυροδ.	C25	C30	C50	C60
A' τύπος αστ.	49,15 KN	49,15 KN	49,15 KN	49,15 KN
B' τύπος αστ.	27,15 KN	37,76 KN	44,14 KN	48,49 KN
Γ' τύπος αστ.	46,38 KN	46,38 KN	46,38 KN	46,38 KN
από μέτρηση	33 KN (Δ')	35 KN (Δ')	50 KN (Δ')	50 KN (Γ')

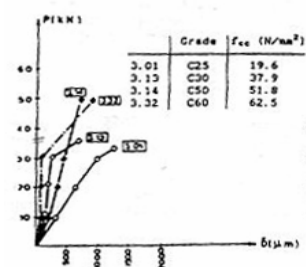


Figure 5 P - relationship
Effect of concrete strength

Να σημειωθεί ότι στη σχέση που δίνει το φορτίο αστοχίας για το B τύπο αστοχίας δεν χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές σχεδιασμού για την αντοχή του σκυροδέματος αλλά οι πραγματικές τιμές αντοχής που μετρήθηκαν για κάθε δείγμα και που δίνονται στο διάγραμμα.

Παρατηρούμε ότι:

- Οι σχέσεις των κανονισμών για τις περιπτώσεις σκυροδέματος C25, C30 και C50 υπέδειξαν ως τρόπο αστοχίας την απόσχιση κώνου σκυροδέματος, ενώ στην πράξη συνέβη συνδυασμός απόσχισης κώνου με αστοχία συνάφειας σκυροδέματος – ρητίνης.
- Οι σχέσεις των κανονισμών για σκυρόδεμα C60 προέβλεψαν ότι το αγκύριο θα αστοχούσε από απώλεια συνάφειας μεταξύ σκυροδέματος και συνδετικού υλικού.
- Το φορτίο αστοχίας του αγκυρίου αυξάνεται με την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος μέχρι και την κατηγορία C60, οπότε και αλλάζει ο τρόπος αστοχίας και παραμένει στάσιμο.
- Οι σχέσεις των κανονισμών έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα, πλην της δεύτερης περίπτωσης (C30), όπου υπερτιμήθηκε ελαφρά το φορτίο αστοχίας.
- Η δυσκαμψία του συστήματος αυξήθηκε με την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος, ειδικά δε υπήρξε εντυπωσιακή αύξηση για κατηγορία C60, οπότε και το σκυρόδεμα δεν συμμετείχε στο μηχανισμό αστοχίας.

Τύπος συνδετικού υλικού

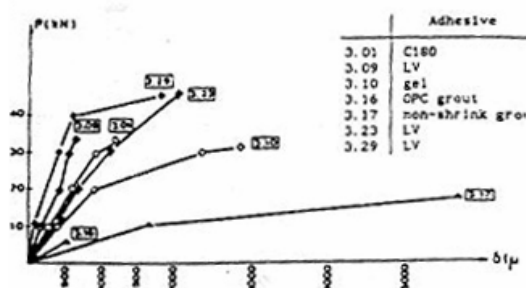


Figure 6 P - relationship
Effect of adhesive type

Όλα τα αγκύρια αστόχησαν από απόσχιση κώνου σκυροδέματος σε συνδυασμό με απώλεια συνάφειας σκυροδέματος – συνδετικού υλικού (Δ), με εξαίρεση όσα πακτώθηκαν χημικά με πολυμερικό ή τύπου PORTLAND κονίαμα για τα οποία είχαμε αστοχία τύπου Γ.

Από το διάγραμμα και την πρώτη στήλη των πινάκων (βασικό δείγμα) συμπεραίνουμε ότι:

- Το μεγαλύτερο φορτίο αστοχίας παρουσιάζουν τα αγκύρια στα οποία η χημική πάκτωση έγινε με εποξειδικές ρητίνες χαμηλού ιξώδους, ενώ το μικρότερο για τα κονιάματα. Ειδικά το κονίαμα τύπου PORTLAND φαίνεται εντελώς ανίκανο να παίξει το ρόλο του συνδετικού υλικού. Η περίπτωση ρητίνης τύπου gel δίνει παρόμοιο φορτίο με αυτό του βασικού δείγματος (εποξειδική ρητίνη).
- Οι σχέσεις που δίνουν οι κανονισμοί καθιστούν κρίσιμη παράμετρο για το φορτίο αστοχίας το είδος του συνδετικού υλικού μόνο στην περίπτωση που η αστοχία είναι τύπου Γ. Έτσι οι σχέσεις αυτές μπορούν να προβλέψουν τη μείωση του φορτίου αστοχίας στα δείγματα με κονίαμα σε σχέση με το βασικό δείγμα με την εποξειδική ρητίνη χρησιμοποιώντας μια μικρότερη τιμή συνάφειας του υλικού χημικής πάκτωσης με το σκυρόδεμα (t_r). Αδυνατούν να προβλέψουν όμως την ευεργετική επίδραση της χρησιμοποίησης ρητινών καλύτερων συνδετικών ιδιοτήτων εφόσον για τα αντίστοιχα δείγματα δίνουν ως κρίσιμο τύπο αστοχίας το Β (αντί για Δ που είχαμε στην πραγματικότητα).
- Όλες οι ρητίνες δίνουν δυσκαμψία παρόμοια ή λίγο μεγαλύτερη σε σχέση με την αυτή του βασικού δείγματος. Αντίθετα τα κονιάματα δίνουν αισθητά μειωμένη δυσκαμψία.

Υπόλοιπες παράμετροι:

Εν συντομία αναφέρουμε σχετικά με τους διάφορους τύπους αγκυρίων που χρησιμοποιήθηκαν, ότι η χρήση αγκυρίων με ραβδωτούς φραγμούς ενίσχυσης αντί για αγκύρια με σπείρωμα οδήγησε σε μικρή αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας. Επίσης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας να συμπεριληφθεί η απόσχιση του σκυροδέματος στον τύπο αστοχίας, δηλαδή πρακτικά σημαίνει ότι πιθανόν ενισχύθηκε η συνδετική συμπεριφορά της ρητίνης.

Η χρήση μηχανής τρυπήματος με διαμάντι αντί της κρουστικής μηχανής διαφοροποίησε λίγο το φορτίο αστοχίας, προκάλεσε όμως σημαντικά αυξημένες μετακινήσεις επειδή δημιούργησε επιφάνεια σκυροδέματος πιο ομαλή.

Η ένεση του συνδετικού υλικού υπό πίεση (πάνω από 0,3 MPa) αντί για έγχυση αυτού, αύξησε σημαντικά το φορτίο αστοχίας κατά 32% και μείωσε τη μετακίνηση του αγκυρίου

κατά παρόμοιο ποσοστό. Τέλος να σημειωθεί ότι τοποθέτηση του αγκυρίου στην οπή με εκκεντρότητα οδήγησε σε μείωση του φορτίου αστοχίας κατά 35 %.

Συνεχίζοντας την παρουσίαση του πειραματικού προγράμματος και την εξαγωγή συμπερασμάτων δίνεται μια ενδεικτική από διάφορα δείγματα, κατανομή τάσεων στο χάλυβα και το στρώμα ρητίνης καθ' ύψος του βάθους αγκύρωσης και του σκυροδέματος σε δύο σημεία συναρτήσει του εφελκυστικού φορτίου

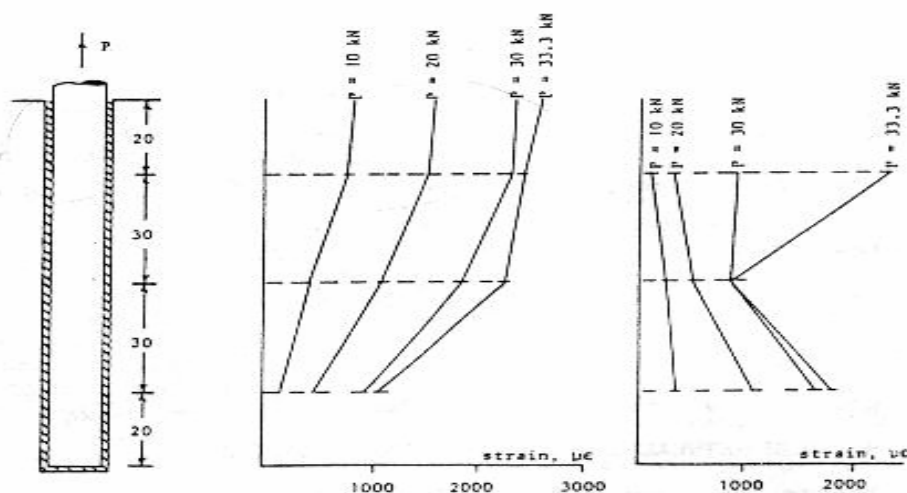
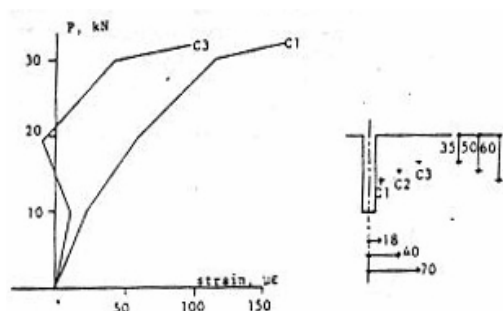


Figure 7 Distributions of strain in steel anchor and resin layer

Εφόσον η τάση δεσμού μεταξύ χάλυβα και του περιβάλλοντος υλικού είναι ανάλογη με το ποσοστό μεταβολής της τάσης στο αγκύριο, γίνεται φανερό ότι το ανώτερο τμήμα του αγκυρίου σταματά πολύ γρήγορα να είναι ενεργό και το κατώτατο τμήμα κινητοποιείται ώστε να μεταφέρει το φορτίο. Αυτή η πρώιμη απενεργοποίηση του πάνω μέρους του αγκυρίου οφείλεται, εν μέρει τουλάχιστον, σε πιθανές μικροατέλειες στη συνάφεια ρητίνης – χάλυβα. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι σε δείγματα που χρησιμοποιήθηκε ρητίνη με ένεση αντί έγχυσης το πάνω μέρος του αγκυρίου παρέμεινε ενεργό μέχρι πολύ μεταγενέστερο στάδιο της φόρτισης. Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η χρήση αγκυρίων με ραβδωτούς ή απλούς φραγμούς, όπου η μικρό – τραχύτητα από την ελαφριά επιφανειακή οξείδωση μαζί με τη μηχανική αλληλοεμπλοκή από τις ραβδώσεις στην τελευταία περίπτωση βελτίωσε τη συνολική συμπεριφορά της συνάφειας.

Από την άλλη εξέταση των τάσεων στο συνδετικό υλικό μας βοηθά να κατανοήσουμε την ακολουθία της αστοχίας Δ τύπου που είχαμε κατά κύριο λόγο στα δείγματα. Οι χαμηλές τάσεις στη μέση του βάθους αγκύρωσης στα τελευταία στάδια της φόρτισης είναι σε συνέπεια με την παρουσία ρωγμής στο σκυρόδεμα στην περιοχή αυτή, σύμφωνα με μετρήσεις τάσεων στο σκυρόδεμα. Ας σημειωθεί επίσης ότι οι τάσεις στη ρητίνη είναι πολύ μικρότερες από τη μέγιστη.

Στο σχήμα 11 βλέπουμε τη εξέλιξη των τάσεων σε δύο σημεία τα οποία επιλέχθηκαν ώστε να βρίσκονται πολύ κοντά στην επιφάνεια όπου αναμένονταν η αστοχία. Η πρώτη ρωγμή εμφανίζεται στο σημείο C1 πολύ κοντά στο αγκύριο και



στο 60% περίπου του βάθους αγκύρωσης για το 75% του φορτίου αστοχίας. Η ρωγή φτάνει στο σημείο C3 όταν το φορτίο φτάνει στο 85% του φορτίου αστοχίας και έτσι προοδευτικά σχηματίζεται ο κώνος απόσχισης. Κατόπιν αστοχεί η διεπιφάνεια ρητίνης – σκυροδέματος κάτω από τον κώνο απόσχισης (αστοχία Γ τύπου). Τελικά ακολουθεί η εφελκυστική αστοχία της ρητίνης στη βάση του αγκυρίου.

Με βάση όσα προηγήθηκαν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο Δ τύπος αστοχίας είναι μια γενικότερη περίπτωση του Β τύπου, όπου καθοριστικός παράγων είναι σαφέστατα η απόσχιση του σκυροδέματος ενώ η ολίσθηση του αγκυρίου κάτω από τον κώνο έρχεται απλά να ολοκληρώσει την αστοχία. Αυτό εξηγεί και γιατί οι σχέσεις των κανονισμών προέβλεπαν τον Α αντί του Δ τύπο αστοχίας. Η διαφορά όμως είναι ότι ο κώνος απόσχισης δεν αρχίζει από την κορυφή του αγκυρίου αλλά πιο πάνω και το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η επιφάνεια απόσχισης είναι μικρότερη και άρα η αστοχία έρχεται πιο γρήγορα και για μικρότερο φορτίο. Παρόλα αυτά η χρήση των σχέσεων που προτείνουν οι κανονισμοί για τη συγκεκριμένη πειραματική μελέτη έδειξε ότι δίνουν μάλλον ασφαλή αποτελέσματα, αφού μόνο σε μία περίπτωση το πραγματικό φορτίο αστοχίας ήταν μικρότερο από την εκτιμώμενη από τις σχέσεις αυτές. Το γεγονός αυτό πρέπει να αποδοθεί μάλλον στους συντελεστές ασφαλείας υλικών και προσομοιώματος και πολύ λιγότερο ίσως στο γεγονός ότι το κατώτερο μέρος του αγκυρίου αστοχεί αργότερα και αυξάνει λίγο το φορτίο αστοχίας. Αντίθετα αποδείχθηκε ότι κάποιες φορές έδιναν υπερσυντηρητικά αποτελέσματα.

Αυτό που πρέπει να διερευνηθεί είναι γιατί η αστοχία του σκυροδέματος δεν ξεκινά από την άκρη του αγκυρίου. Αυτό προφανώς έχει να κάνει με το που δέχεται το σκυρόδεμα τις μεγαλύτερες τάσεις. Μια απάντηση θα μπορούσε να δοθεί είναι ότι επειδή η κατανομή των τάσεων στο σκυρόδεμα εξαρτάται από τη συνάφειά του με το χάλυβα διαμέσου της ρητίνης οι τυχόν ατέλειες στο δεσμό αυτό διαταράσσουν την ομαλή μεταφορά τάσεων στο σκυρόδεμα με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν μέγιστο κοντά στην άκρη του αγκυρίου. Η απενεργοποίηση του ανώτερου μέρους του χάλυβα ίσως συμβάλει σε αυτό, για αυτό και όταν χρησιμοποιήθηκαν άλλου τύπου αγκύρια στα οποία το πάνω μέρος του αγκυρίου έμεινε για περισσότερο ενεργό αυξήθηκε το φορτίο αστοχίας. Το φαινόμενο είναι σύνθετο και απαιτεί προσεκτική διερεύνηση.

Αυτό που μπορούμε να πούμε είναι ότι η αντοχή της χημικά πακτωμένης αγκύρωσης εξαρτάται από τη συνεργασία και των τριών υλικών ανεξάρτητα του τρόπου αστοχίας. Τούτο εξηγεί γιατί μεταβλήθηκε το φορτίο αστοχίας σε δείγματα που αστόχησαν από απόσχιση κώνου σκυροδέματος, αλλάζοντας παραμέτρους από τους οποίους δεν επηρεάζεται σύμφωνα με τη σχέση που προτείνουν οι κανονισμοί για το Β τύπο αστοχίας, όπως η διάμετρος του αγκυρίου, το πάχος του συνδετικού υλικού, ο τύπος του αγκυρίου ή της συνδετικής κόλλας, τον τρόπο διάνοιξης της οπής ή τη χρήση της κόλλας. Άλλωστε συνάρτηση του τρόπου συνεργασίας των τριών αυτών υλικών είναι και η δυσκαμψία για την οποία υπάρχουν διάφορες απαιτήσεις ανάλογα με την εφαρμογή που απαιτεί τη χρήση αγκυρίων και η οποία

μάλιστα παρουσιάζει τέτοια απρόβλεπτη διακύμανση με τη μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων που είναι πολύ δύσκολο να βγάλεις γενικά συμπεράσματα.

Καταλήγοντας οι σχέσεις που προτείνουν οι κανονισμοί είναι χρήσιμα υπολογιστικά εργαλεία, τα οποία όμως δεν ασχολούνται με όλες τις παραμέτρους που μπορούν να επιδράσουν σε μια αγκύρωση, είναι δύσκολο άλλωστε να δημιουργηθεί ένα γενικό θεωρητικό υπόβαθρο που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Οι μηχανικοί πρέπει να χρησιμοποιούν σε συνδυασμό με τις προδιαγραφές και τις οδηγίες που δίνει κάθε εταιρεία που κατασκευάζει αγκύρια. με βάση δόκιμες που έχει πραγματοποιήσει η ίδια πάνω στα δικά της προϊόντα και έχει καταλήξει σε κάποιες επιλογές τις οποίες προωθεί και δείχνει τον τρόπο για τη χρήση τους. Για παράδειγμα η εταιρεία HILT I πλην των διαφόρων προδιαγραφών χρήσης που συνοδεύουν τα προϊόντα της, διαθέτει στους μηχανικούς και ένα πρόγραμμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για τον υπολογισμό των αγκυρίων της σε διάφορες εφαρμογές.

Η συγκεκριμένη πειραματική μελέτη καταλήγει με την εξαγωγή μιας σχέσης σχεδιασμού για την πολύ συγκεκριμένη περίπτωση του βασικού δείγματος, δηλαδή για τα δεδομένα που δίνονται στο τέλος της δεύτερης σελίδας.

$$P_u = 6.9 * \sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ σε MPa και } P_u \text{ σε KN})$$

Η σχέση που παίρνουμε από τον B τύπο αστοχίας του EC8 για τα αντίστοιχα δεδομένα.είναι:

$$P_u = 6,13 * \sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ σε MPa και } P_u \text{ σε KN})$$

Ο κανονισμός προτείνει μια λίγο πιο συντηρητική σχέση πράγμα αναμενόμενο γιατί έχει γενικότερη ισχύ. Βέβαια όπως είδαμε η σχέση του κανονισμού δεν θα πλησιάζει τόσο πολύ πειραματικές σχέσεις για διαφορετικές παραμέτρους.

Σαν τελευταίο σχόλιο, η πειραματική σχέση σχεδιασμού μπορεί να μοιάζει λίγο δύσχρηστη στην πράξη γιατί όλα τα δεδομένα είναι προεπιλεγμένα και μόνο η αντοχή του σκυροδέματος είναι μεταβλητή, αυτό όμως δεν ισχύει απόλυτα γιατί ο μηχανικός δεν έχει τόσο πρόβλημα να χρησιμοποιήσει ένα συγκεκριμένο αγκύριο, αλλά αντίθετα δεσμεύεται από μια συγκεκριμένη τιμή αντοχής σκυροδέματος γιατί αυτό προϋπάρχει και βρίσκεται ήδη στην κατασκευή που θέλει να επέμβει.

2.1 ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Η ολοένα και μεγαλύτερη διάδοση της χρήσης των αγκυρίων για την στερέωση μη φερόντων σε φέροντα στοιχεία, αλλά και για την σύνδεση φερόντων στοιχείων μεταξύ τους, καθιστά εντονότερη την ανάγκη για μελέτη της συμπεριφοράς των αγκυρίων έναντι ποικίλων δράσεων. Η ανάγκη αυτή γίνεται επιτακτικότερη όταν τα αγκύρια εφαρμόζονται σε σεισμογενείς περιοχές.

Γι' αυτό το λόγο, τα τελευταία χρόνια έχουν λάβει χώρα ορισμένα ερευνητικά προγράμματα, προκειμένου να γίνει διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς των μεταλλικών αγκυρίων σε μεγάλου εύρους ανακυκλιζόμενες διατμητικές παραμορφώσεις. Τα παρακάτω διαγράμματα V-Δ τέμνουσας δύναμης-διατμητικής μετακίνησης προέκυψαν από πειράματα που έγιναν σε διάφορων τύπων αγκύρια όπως αγκύρια διογκούμενης κεφαλής, διογκούμενα αγκύρια, αγκύρια συνάφειας και βγήκαν τα

παρακάτω χρήσιμα συμπεράσματα (Ελισάβετ Βιντζηλαίου, Rolf Eligehausen

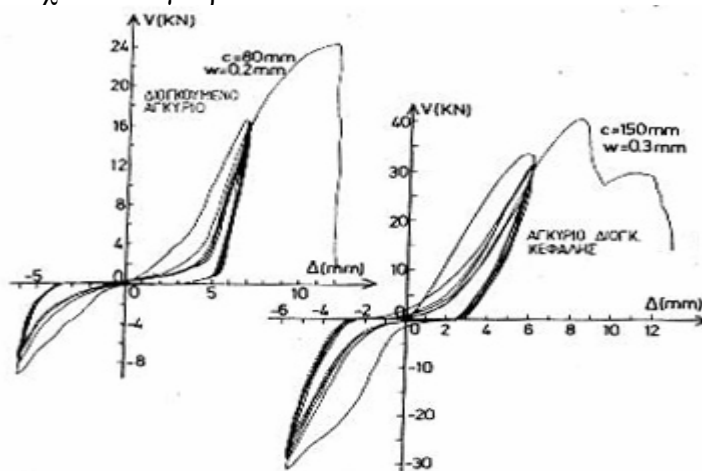
«Συμπεριφορά μεταλλικών αγκυρίων υπό μονοτονική και ανακυκλιζόμενη τέμνουσα») :

α) για αγκύρια με επικάλυψη, στη διεύθυνση της φόρτισης, της τάξης των $c=80\text{mm}$ παρατηρήθηκε σημαντική ασυμμετρία των βρόχων υστέρησης κατά τις δύο διευθύνσεις φορτίσεως, λόγω της μεγάλης διαφοράς της επικάλυψης σκυροδέματος εκατέρωθεν του αγκυρίου

β) για όλους τους τύπους αγκυρίων) παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της ακαμψίας και αποκρίσεώς τους με την ανακύκλιση. Αυτή η μείωση ήταν σημαντικότερη κατά τους πρώτους κύκλους φορτίσεως

γ) παρατηρήθηκε έντονη συρρίκνωση των βρόχων υστερήσεων περί την αρχή των αξόνων. Συνέπεια αυτού του φαινομένου, χαρακτηριστικού για όλα τα στοιχεία τα ευαίσθητα σε διάτμηση, είναι η μικρή υστερητική απόσβεση.

δ) ο τύπος αστοχίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της επικάλυψης των αγκυρίων. Μικρή επικάλυψη οδήγησε σε αστοχία σκυροδέματος ενώ μεγάλη επικάλυψη οδήγησε σε αστοχία χάλυβα. Και στις δύο περιπτώσεις, ο φθιτός κλάδος ήταν πρακτικώς κατακόρυφος και, επομένως, οποιαδήποτε ανακύκλιση έχει νόημα μόνο όταν οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις είναι μικρότερες απ' αυτήν που αντιστοιχεί στην μονοτονική αστοχία των αγκυρίων.



Σχ.4: Διαγράμματα τέμνουσας δυνάμεως-διατμ. παραμορφώσεων για ανακυκλιζόμενη φόρτιση

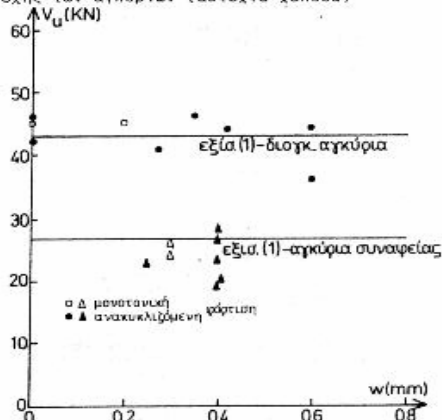
Τέλος στο παρακάτω σχήμα δίνεται η απόκριση ακτά τους διάφορους κύκλους ανηγμένη στην απόκριση του πρώτου κύκλου ως συνάρτηση του πλήθους των ανακυλίσεων. Παρά την αναμενόμενη σημαντική διασπορά των πειραματικών αποτελεσμάτων, η ακόλουθη σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της αντοχής των αγκυρίων, όταν αυτά υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενες δράσεις (για $n < 10$): $V_n = V_1(1 - \delta \sqrt{n-1})$ όπου,

$\delta = 0.11$ για αγκύρια διογκούμενης κεφαλής

$= 0.13$ για διογκούμενα αγκύρια

$= 0.17$ για αγκύρια συνάφειας

Σχ.6:Επίρροή του ανοίγματος της ρωγμής στην τέμνουσα αντοχής των αγκυρίων (αστοχία χάλυβα)

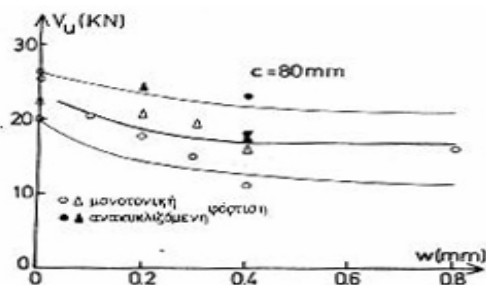


2.2 ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ

Κατά την διάρκεια ενός σεισμού, η πιθανότητα εμφανίσεως ρωγμής στην θέση όπου είναι εγκατεστημένο ένα αγκύριο είναι σημαντική. Έτσι τα πειράματα που έλαβαν χώρα αφορούσαν αγκύρια που έχουν εμπεχθεί σε προρηγματωμένο σκυρόδεμα. Το άνοιγμα της ρωγμής ποίκιλε μεταξύ 0.1mm και 0.8mm. Επίσης, δεδομένης της ευεργετικής παρουσίας εγκάρσιου οπλισμού στη συμπεριφορά των βλήτρων, προκειμένου να προκύψουν τα συντηρητικότερα αποτελέσματα τα πειράματα έγιναν με έμψη αγκυρίων σε άοπλο σκυρόδεμα.

Στο παρακάτω σχήμα (Ελισάβετ Βιντζηλαίου, Rolf Eligehausen «Συμπεριφορά μεταλλικών αγκυρίων υπό μονοτονική και ανακυκλιζόμενη τέμνουσα») που αφορούσε αστοχία λόγω σκυροδέματος (άρα μικρή επικάλυψη $c=80\text{mm}$) παρατηρείται ότι αυξανόμενου του ανοίγματος της ρωγμής στην οποία είναι εγκατεστημένο το αγκύριο, μειώνεται η μέγιστη τέμνουσα την οποία μπορεί να μεταφέρει. Χαρακτηριστικά για ανοίγματα ρωγμής μεγαλύτερα από 0.3mm, η μείωση της αποκρίσεως είναι περίπου 30%.

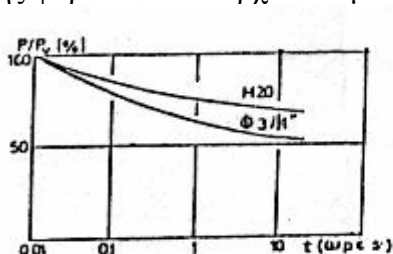
Αντιθέτως, στην περίπτωση αστοχίας λόγω χάλυβα (άρα μεγάλη επικάλυψη σκυροδέματος), όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το μέγεθος της τέμνουσας αντοχής V_u φαίνεται να είναι ανεξάρτητα του ανοίγματος της ρωγμής και μπορεί να προβλεφθεί με ικανοποιητική ακρίβεια μέσω της ακόλουθης σχέσεως: $V_u = 0.6 A_s f_{su}$ όπου, A_s είναι η διατομή του αγκυρίου και f_{su} η εφελκυστική αντοχή του.



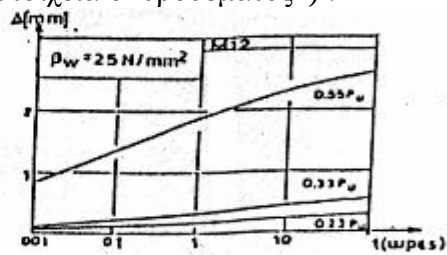
Σχ.5:Επίρροή του ανοίγματος της ρωγμής στην τέμνουσα αντοχής των αγκυρίων (αστοχία σκυροδέματος)

2.3 ΕΡΠΥΣΜΟΣ

Μια ενδεικτική εικόνα της επιρροής του ερπυσμού φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Α.Βουρδέρης , Κ.Ζαβλιάρης , Θ.Χιονίδης «Συμπληρωματικές μηχανικές αγκυρώσεις ανάληψης φορτίων σε υπάρχοντα δμικά στοιχεία σκυροδέματος») :



Σχ. 11.: Επιρροή του ερπυσμού στην αντοχή του αγκυρίου



Σχ. 12.: Επιρροή του ερπυσμού στην αύξηση των παραμορφώσεων

Τη σημαντικότητα του φαινομένου καταδεικνύει και η επίσημη μέθοδος για πραγματοποίηση δοκιμών σε συστήματα αγκυρώσεων σχετικά με την επιρροή του ερπυσμού στη συμπεριφορά τους, η οποία προτείνεται από το κέντρο μηχανικών υπηρεσιών του τμήματος μεταφορών της πολιτείας της Καλιφόρνια. (Οκτώβριος 1999). Σε αυτή περιγράφονται διεξοδικά οι συσκευές, οι προετοιμασίες των δοκιμών, η πορεία των δοκιμών, ο τρόπος αναφοράς των αποτελεσμάτων, ενώ γίνονται και αυστηρές συστάσεις για τα μέτρα υγιεινής και ασφάλειας.

Λόγω στενότητας χώρου το πλήρες κείμενο της δοκιμής επισυνάπτεται ως παράρτημα. Απλά εδώ σημειώνουμε τα εξής:

Η ερπυστική μετακίνηση του αγκυρίου ή του βλήτρου υπολογίζεται ως η διαφορά της τελικής μετακίνησης μετά την εφαρμογή συνεχών περιόδων φόρτισης μείον την αρχική μετακίνηση που προκύπτει από ένα αρχικό φορτίο ανάλογα το είδος του μεταλλικού συνδέσμου.

Όσον αφορά τη γεωμετρία των αγκυρώσεων, το απαιτούμενο βάθος αγκύρωσης συστήνεται να είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο της οπής, ενώ η ελάχιστη επικάλυψη 6 φορές.

Τέλος χαρακτηρίζει τις εποξειδικές, τις πολυεστερικές και βινυλεστερικές ρητίνες ιδιαίτερα επικίνδυνες χημικές ουσίες και απαιτεί το προσωπικό να κάνει χρήση προστατευτικών για τα χέρια και τα μάτια, αλλά και να είναι ενήμερο σχετικά με το πώς πρέπει να αντιδράσει σε τυχόν ατυχήματα και διαρροές.

2.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Οι πολυμερικές κόλλες χρησιμοποιούνται ευρέως στα χημικά πακτωμένους μεταλλικούς συνδυασμούς και τις αγκυρώσεις οπλισμών εξαιτίας της ευκολίας εφαρμογής τους, των εξαιρετικών συνδετικών ιδιοτήτων τους, της μη διαπερατότητάς τους και της χαμηλής συρρίκνωσής τους. Το μεγάλο μειονέκτημά τους όμως, είναι η φτωχή συμπεριφορά τους σε ανεβασμένες θερμοκρασίες. Από διάφορες πειραματικές μελέτες (S.Dritsos , K.Pilakoutas «Temperature effects on the bond of resin anchored reinforcement») που αφορούν κυρίως πολυεστερικές ρητίνες, αλλά και που μπορούν να γενικευτούν και σε άλλες κατηγορίες ρητινών μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Η θλιπτική αντοχή της πολυεστερικής ρητίνης αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 100 βαθμούς Κελσίου, κατόπιν μειώνεται ενώ έχουμε πλήρη απώλεια της αντοχής σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους 250 βαθμούς Κελσίου.

Τα χαρακτηριστικά συνάφειας των πολυεστερικών αγκυρίων μπορούν να θεωρηθούν ανεπηρέαστα μέχρι τους 210 βαθμούς Κελσίου, οπότε και ο τύπος αστοχίας τους είναι η απόσχιση του σκυροδέματος. Με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας, ο τύπος αστοχίας που πρέπει να αναμένεται είναι η ολίσθηση του αγκυρίου, ενώ στους 300 βαθμούς Κελσίου, εξαφανίζεται κάθε συνάφεια των υλικών.

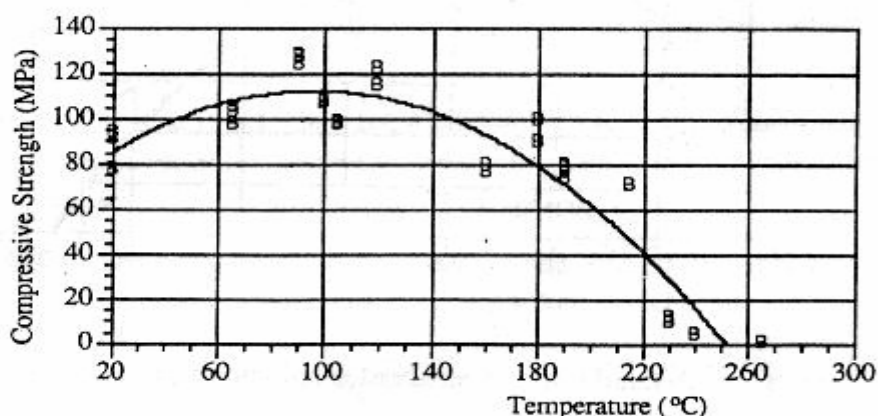


Figure 7 Residual compressive strength versus conditioned temperature

Συμπερασματικά οι μηχανικοί πρέπει να αποφεύγουν τη χρήση χημικά πακτωμένων μεταλλικών συνδέσμων αν δεν έχουν λάβει τα κατάλληλα μέτρα για προστασία από πυρκαγιά ή την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών κατά την εφαρμογή των συγκεκριμένων τεχνικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) K.D.Zavliaris , P.R.S. Speare «The behaviour of adhesive anchorages installed in concrete»
- 2) Ελισάβετ Βιντζηλαίου , Rolf Eligehausen «Συμπεριφορά μεταλλικών αγκυρίων υπό μονοτονική και ανακυκλιζόμενη τέμνουσα»
- 3) Α.Βουρδέρης , Κ.Ζαβλιάρης , Θ.Χιονίδης «Συμπληρωματικές μηχανικές αγκυρώσεις ανάληψης φορτίων σε υπάρχοντα δμικά στοιχεία σκυροδέματος»
- 4) S.Dritsos , K.Pilakoutas «Temperature effects on the bond of resin anchored reinforcement»
- 5) State of California , Department of transportation «Method for testing creep performance of concrete anchorage systems»
- 6) Σ.Η.Δρίτσος «Ενισχύσεις/επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα» Πάτρα 2003