

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΓΚΥΡΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΣΥΜΜΙΚΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΚΟΙΛΗΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Ευγενία Σαββάκη
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
eugin@windowslive.com

Ξενοφών Α. Λιγνός
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Μέλος Ε.Ε.ΔΙ.Π
Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
lignosx@central.ntua.gr

Στυλιανός Π. Κατσατσίδης
Μηχανολόγος Μηχανικός Τ.Ε
Εξ. Συνεργάτης
Εργ. Μεταλλικών Κατασκευών Ε.Μ.Π.
skatsatsidis@gmail.com

Ιωάννης Βάγιας
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Καθηγητής
Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
vastahl@central.ntua.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η πειραματική διερεύνηση της απόκρισης μηχανικών αγκυριών διογκούμενης κεφαλής, όταν χρησιμοποιούνται ως μέσο σύνδεσης μεταλλικής δοκού σε σύμμικτο υποστυλώμα κοίλης χαλύβδινης διατομής. Μοντέλο της έρευνας αποτέλεσε ένας μονόπλευρος κόμβος, που υποβάλλονταν σε μονοτονική στατική φόρτιση στο ελεύθερο άκρο της δοκού μέχρι την ολοκληρωτική αστοχία της σύνδεσης. Πραγματοποιήθηκαν έξι πειράματα, με παράμετρο το μοχλοβραχίονα της επιβαλλόμενης φόρτισης ως προς τη διεπιφάνεια μετωπικής πλάκας – υποστυλώματος. Εξετάζεται ο τρόπος αστοχίας των αγκυριών, το μέγιστο φορτίο που παραλαμβάνουν και γίνεται σύγκριση με τις αντίστοιχες αντοχές σχεδιασμού τους. Τέλος, με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, μελετάται η στροφική απόκριση του κόμβου και εκτιμάται συνολικά η δυνατότητα μόρφωσης σύμμικτων κόμβων χρησιμοποιώντας αγκύρια ίδιου ή διαφορετικού τύπου.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

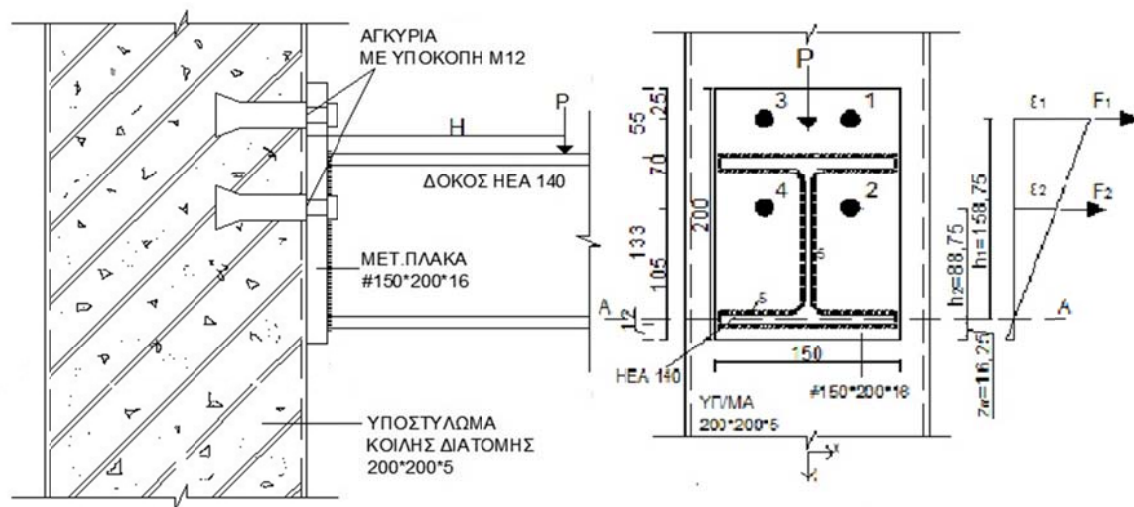
Παρά την ευρεία διάδοση των σύμμικτων κατασκευών, παρατηρείται η έλλειψη σαφούς κανονιστικού πλαισίου μόρφωσης κόμβων δοκού – σύμμικτου υποστυλώματος, όταν η σύνδεση της δοκού στο υποστυλώμα απαιτείται να γίνει αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία της σκυροδέτησης. Ειδικότερα, όλες οι δυνατές διαμορφώσεις συνδέσεων δοκών – υποστυλωμάτων κοίλης χαλύβδινης διατομής, που απαντώνται σε κατασκευαστικό, αλλά και ερευνητικό επίπεδο [1], προϋποθέτουν ότι η ανέγερση του μεταλλικού μέλους γίνεται ταυτόχρονα με τη σκυροδέτηση. Έτσι η δυνατότητα μελλοντικής σύνδεσης δοκού στον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό καθίσταται πρακτικώς

αδύνατη. Αυτή ακριβώς η δυνατότητα επιχειρείται να μελετηθεί στην παρούσα εργασία, με χρήση αγκυρίων, κατάλληλων για εγκατάσταση σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.

Οι στερεώσεις στο σκυρόδεμα με χρήση αγκυρίων εμφανίζουν εκτεταμένη χρήση τόσο σε πρακτικό, όσο και σε ερευνητικό επίπεδο. Ενδεικτικά, αγκύρια (εκτόνωσης, διογκούμενης κεφαλής, χημικώς πακτωμένα) χρησιμοποιούνται σε αποκαταστάσεις και ενισχύσεις υφιστάμενων κατασκευών, σε αντισεισμικές επεμβάσεις κτλ. Η διάδοση που παρουσιάζουν οφείλεται σε πλεονεκτήματα, όπως η γρήγορη και εύκολη εγκατάστασή τους, οι υψηλές τιμές αντοχής σε εφελκυσμό, διάτμηση και πυρκαγιά, η καταλληλότητα για στατικά, οιονεί στατικά και σεισμικά φορτία, η δυνατότητα εφαρμογής σε ρηγματωμένο και μη σκυρόδεμα. Για το σχεδιασμό και τον έλεγχο αγκυρώσεων έχουν εκδώσει σχετικές οδηγίες διεθνείς οργανισμοί, όπως η *fédération internationale du béton* (fib) [2] και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τεχνικών Εγκρίσεων (European Organization for Technical Approvals–EOTA) [3].

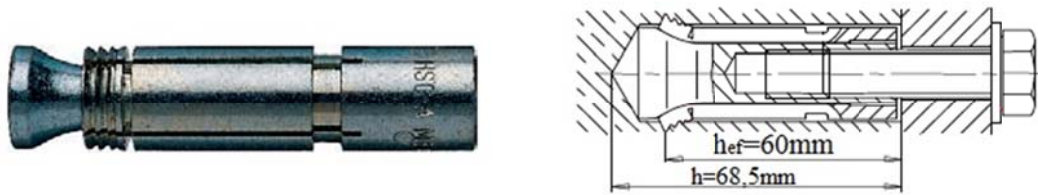
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Μοντέλο της έρευνας ήταν ένας μονόπλευρος κόμβος, αποτελούμενος από υποστύλωμα κοίλης διατομής με εγκιβωτισμένο σκυρόδεμα και μεταλλική δοκό HEA140, συγκολλημένη στο ένα άκρο της με μετωπική πλάκα, η οποία μέσω των αγκυρίων προσαρτάται στο υποστύλωμα (Σχήμα 1). Πραγματοποιήθηκαν έξι πειράματα, όπου το δοκίμιο υποβαλλόταν σε στατική μονοτονική φόρτιση στο ελεύθερο άκρο της δοκού, μέχρι την ολοκληρωτική αστοχία του. Παράμετρος ήταν ο μοχλοβραχίονας της επιβαλλόμενης φόρτισης ως προς τη διεπιφάνεια μετωπικής πλάκας – υποστυλώματος.



Σχ. 1: Μόρφωση κόμβου και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μελών του.

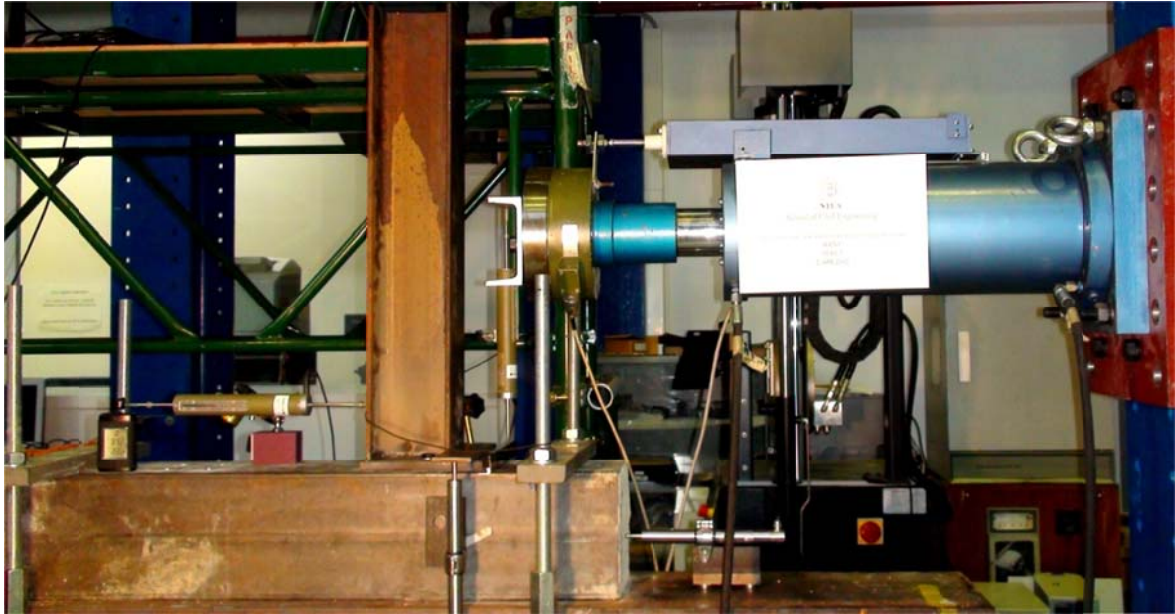
Για τη σύνδεση δοκού – υποστυλώματος επιλέχθηκαν μεταλλικά αγκύρια διογκούμενης κεφαλής (με υποσκαφή), διαμέτρου M12, ποιότητας χάλυβα 8.8 (Σχήμα 2). Διαθέτουν Ευρωπαϊκή Πιστοποίηση από τον ΕΟΤΑ, πιστοποίηση κατά πληγμάτων και πυραντοχής, με αντοχή σχεδιασμού σε εφελκυσμό 24,33 kN και σε διάτμηση 14,56 kN.



Σχ. 2: Ο τύπος αγκυρίων που χρησιμοποιήθηκε.

Ο σχεδιασμός του πειραματικού μοντέλου έγινε σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 4 [4], [5] για σύμμικτα υποστυλώματα και τους κανονισμούς αγκυρώσεων [2], [3]. Η επιλογή των διαστάσεων της μετωπικής πλάκας έγινε ώστε να είναι απόλυτα άκαμπτη. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας δεν τηρήθηκαν οι απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 3 [6] για ισχυρό υποστυλώμα – ασθενή δοκό, ώστε στο φορτίο σχεδιασμού να σχηματίζεται πλαστική άρθρωση στη δοκό. Η παράβλεψη αυτή του κανονισμού έγινε επειδή στόχος ήταν η διερεύνηση της συμπεριφοράς των αγκυρίων. Έτσι με την επιλογή απόλυτα άκαμπτης μετωπικής πλάκας και διατομής δοκού με αντοχή σε ροπή κάμψης μεγαλύτερη από αυτή των αγκυρίων, τα αγκύρια αποτελούν το κρίσιμο στοιχείο της σύνδεσης. Τέλος, αποφασίστηκε η τρίτη θλιβόμενη σειρά αγκυρίων να μην τοποθετηθεί, αφού σύμφωνα με τον κανονισμό αγκυρώσεων, τα αγκύρια δεν παραλαμβάνουν θλιπτικές δυνάμεις (εκτός αν ορίζεται διαφορετικά).

Η εκτέλεση των πειραμάτων έγινε στο πλαίσιο δοκιμών του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για την άσκηση της φόρτισης στο ύψος της δοκού που ορίστηκε για κάθε πείραμα, χρησιμοποιήθηκε δοκός διατομής UPN, η οποία μέσω κοχλιών συνδέθηκε στη δυναμοκυψέλη του εμβόλου. Η επιβολή φορτίου έγινε με επιβολή μετατόπισης από το έμβολο, με ρυθμό επιβολής μετατόπισης 150mm/2400sec και συχνότητα δειγματοληψίας 0,1sec. Για τη μέτρηση των μετατοπίσεων των συνδεόμενων μελών, τοποθετήθηκαν σε κατάλληλες θέσεις δύο βελόμετρα και δύο LVDTs. Για τη μέτρηση της στροφής φ του κόμβου, το ένα βελόμετρο τοποθετήθηκε οριζόντια στο πίσω μέρος της δοκού HEA 140. Για τη μέτρηση πιθανού τοπικού λυγισμού του τοιχώματος της κοιλοδοκού στην περιοχή της εξωτερικής σειράς αγκυρίων το δεύτερο βελόμετρο τοποθετήθηκε κατακόρυφα σε οριζόντια απόσταση από την ακμή της. Το LVDT τοποθετήθηκε κατακόρυφα μπροστά από το πλαϊνό τοίχωμα του υποστυλώματος και στην ευθεία της εξωτερικής σειράς αγκυρίων, για τη μέτρηση της κατακόρυφης μετατόπισης της μετωπικής πλάκας. Τέλος, για τη μέτρηση ενδεχόμενης ολίσθησης της κοιλοδοκού κατά τη διεύθυνση της φόρτισης, το δεύτερο LVDT τοποθετήθηκε οριζόντια στο πίσω μέρος της κοιλοδοκού. Οι θέσεις αυτές παρέμειναν ίδιες κατά την εκτέλεση και των έξι δοκιμών. Η γενική άποψη της πειραματικής διάταξης, καθώς και οι θέσεις των οργάνων μέτρησης μετατόπισης φαίνονται στην *Φωτ. 1* που ακολουθεί.



Φωτ. 1: Γενική άποψη πειραματικής διάταξης.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

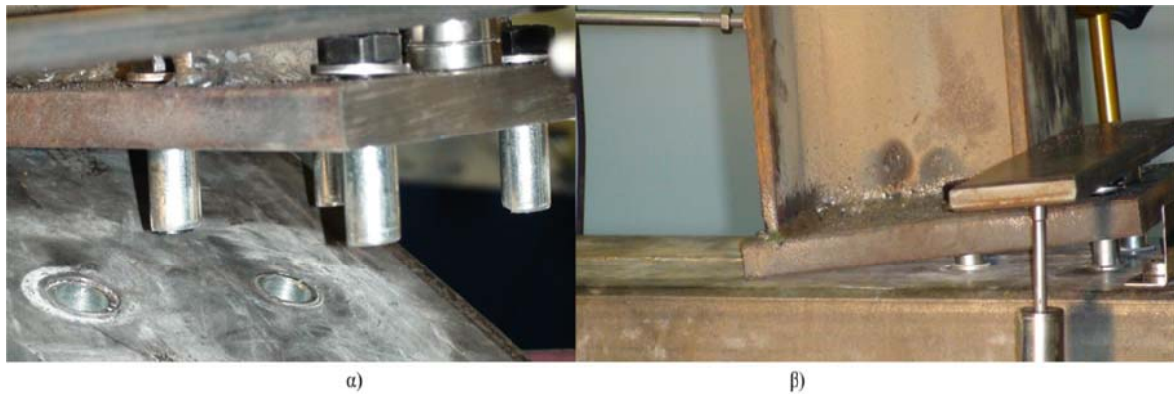
Για τον υπολογισμό των εφελκυστικών και τεμνουσών δυνάμεων που ασκούνται κατά την εκτέλεση κάθε πειράματος στα αγκύρια της σύνδεσης, θα εφαρμοστεί ελαστική ανάλυση, αφού πληρούνται οι αντίστοιχες προϋποθέσεις, όπως ορίζονται στις οδηγίες σχεδιασμού του ΕΟΤΑ και της fib. Η φόρτιση P , που μέσω του εμβόλου ασκείται στο ελεύθερο άκρο της δοκού σε απόσταση H από το υποστύλωμα, μεταβιβάζεται στη μετωπική πλάκα και από εκεί στην ομάδα αγκυρίων ως τέμνουσα δύναμη ίση με P και ροπή κάμψης περί τον άξονα x , ίση με $M = P \times H$, η οποία αναλύεται στις εφελκυστικές δυνάμεις F_1 και F_2 (Σχ. 1). Οι τιμές των μεγεθών H , P_{max} και M_{max} για κάθε πείραμα, καθώς και η εφελκυστική (F_{max}) και τέμνουσα δύναμη (V_{max}) στο δυσμενέστερο αγκύριο της ομάδας δίνονται στον Πίν. 1.

Πείραμα	H (cm)	P_{max} (kN)	M_{max} ($=P_{max} \times H$) (kNm)	F_{max} (kN)	V_{max} (kN)
1°	10,5	133,99	14,07	33,69	33,5
2°	20,7	77,98	16,14	38,65	29,5
3°	30,3	43,27	13,11	31,03	32,78
4°	40,3	42,53	17,14	38,67	24,44
5°	50,3	33,14	16,67	39,92	8,29
6°	60,4	25,89	15,64	37,45	6,47

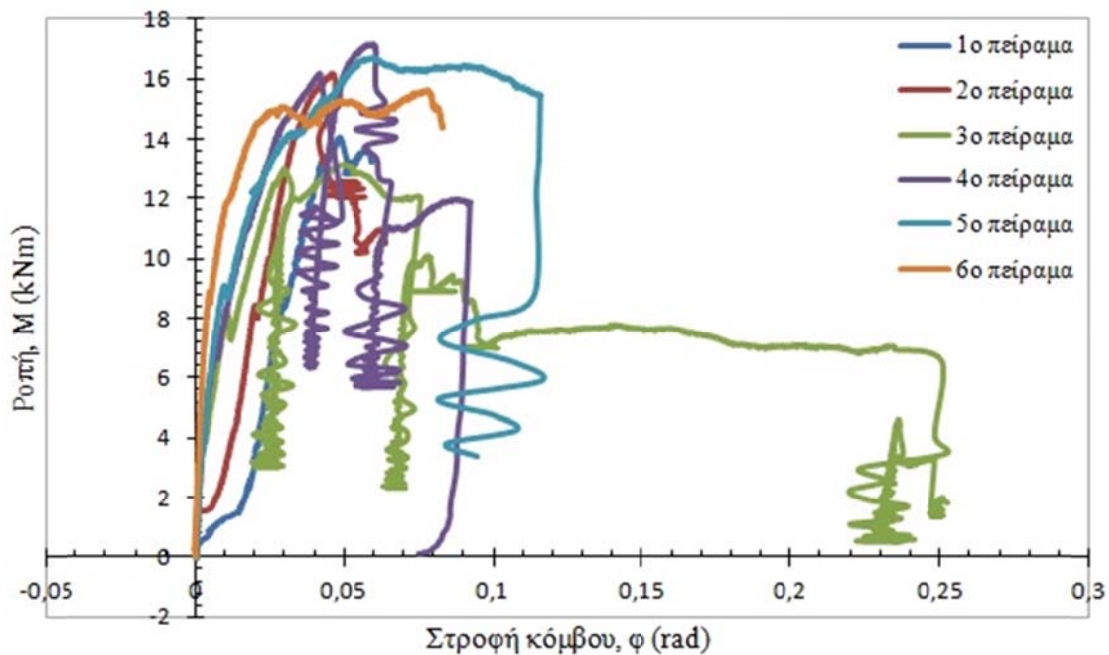
Πιν. 1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα πειραμάτων.

Ειδικότερα, κατά το 1° και το 2° πείραμα η αστοχία της σύνδεσης προήλθε από θραύση του χάλυβα όλων των αγκυρίων της ομάδας (στο 1° πείραμα ήταν ταυτόχρονη), υπό διάτμηση. Δεν εκδηλώθηκαν πλαστικές παραμορφώσεις στη δοκό, ούτε στη μετωπική πλάκα. Κατά το 3° και 4° πείραμα, η αστοχία του κόμβου προήλθε από εξόλκευση του

εσωτερικού χιτωνίου των αγκυρίων και ακολούθως διαδοχική θραύση του χάλυβά τους, σε συνδυασμό εφελκυσμού και διάτμησης. Επιπλέον, εκδηλώθηκε ρηγματώση του εγκιβωτισμένου σκυροδέματος, ενώ παρατηρήθηκε τοπικός λυγισμός της κοίλης διατομής στην περιοχή της σύνδεσης. Τέλος, κατά το 5^ο και 6^ο πείραμα, η αστοχία της σύνδεσης επήλθε από αστοχία λόγω εξόλκευσης των αγκυρίων, υπό την επίδραση κυρίαρχα εφελκυσμού και χωρίς να προκληθεί θραύση κάποιου αγκυρίου. Ενδεικτικά, παρακάτω απεικονίζεται η θραύση των αγκυρίων κατά το 2^ο πείραμα (Φωτ. 2α) και η εξόλκευσή τους κατά το 5^ο πείραμα (Φωτ. 2β).



Φωτ. 2: Μορφή αστοχίας αγκυρίων κατά το 2^ο και 5^ο πείραμα αντίστοιχα.



Σχ. 3: Συγκριτικό διάγραμμα ροπής – στροφής για όλα τα πειραματικά αποτελέσματα.

Επιπρόσθετα, στο Σχήμα 3 παραπάνω δίνονται τα συγκριτικά διαγράμματα ροπής – στροφής για όλα τα πειραματικά αποτελέσματα, με βάση τα οποία και σύμφωνα με τις διατάξεις του EC3 προσδιορίστηκαν οι τρεις δομικές ιδιότητες του κόμβου (Πιν. 2), που απαιτούνται για τον καθορισμό της καμπτικής και στροφικής συμπεριφοράς του, δηλαδή της αντοχής σχεδιασμού σε ροπή, $M_{j,Rd}$, της αρχικής δυσκαμψίας, $S_{j,ini}$, και της στροφικής ικανότητας, φ_{cd} . Αναλυτικότερα, η αρχική στροφική δυσκαμψία $S_{j,ini}$ υπολογίστηκε με βάση την κλίση της ελαστικής περιοχής της καμπύλης ροπής – στροφής, με την οποία και

ισούται. Η ροπή αντοχής $M_{j,Rd}$ λαμβάνεται ίση με τη ροπή στην οποία αντιστοιχεί ο οριζόντιος κλάδος του απλοποιημένου διαγράμματος ροπής – στροφής, που προσεγγιστικά σχεδιάζεται για κάθε καμπύλη. Η στροφική ικανότητα φ_{cd} ισούται με τη γωνία στην οποία αντιστοιχεί το τέλος του οριζόντιου κλάδου του απλοποιημένου διαγράμματος και αποτελεί τη μέγιστη σχετική στροφή των συνδεόμενων μελών που έχει την ικανότητα να ανεχθεί ο κόμβος.

Πείραμα	Αρχική δυσκαμψία, $S_{j,ini}$ (kNm/rad)	Αντοχή σε ροπή κάμψης, $M_{j,Rd}$ (kNm)	Στροφική ικανότητα, φ_{cd} (rad)
1°	544,30	13,12	0,051
2°	461,18	15,19	0,049
3°	632,14	11,99	0,076
4°	881,11	15,70	0,061
5°	1027,57	15,38	0,116
6°	1335,30	14,49	0,083
Μέση τιμή	813,60	14,31	0,073
Τυπική απόκλιση	303,36	1,334	0,023

Πιν. 2: Προσδιορισμός δομικών ιδιοτήτων κόμβου.

Για τον χαρακτηρισμό του πειραματικού κόμβου ως ονομαστικά αρθρωτού, ημιάκαμπτου ή άκαμπτου υπολογίζονται τα όρια της στροφικής δυσκαμψίας, όπως δίνονται στον EC3 για αμετάθετο πλαίσιο. Συγκρίνοντας τις τιμές αυτές με τις τιμές της αρχικής δυσκαμψίας του Πίν. ο κόμβος κατατάσσεται ως αρθρωτός για τα πειράματα 1 έως 4 και ως ημιάκαμπτος για τα πειράματα 5 και 6.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα πειραματικά αποτελέσματα και την ανάλυσή τους προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Συμπεριφορά αγκυρίων: στα αγκύρια ασκήθηκαν δυνάμεις εφελκυσμού και τέμνουσας με τιμές κατά πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες αντοχές σχεδιασμού. Συνολικά, μπορούμε να αποτιμήσουμε θετικά τις αυξημένες αυτές τιμές των φορτίων σε σχέση με τις αντοχές που δίνονται στην τεχνική τους έγκριση, οι οποίες είναι μεν συντηρητικές, αλλά σε κάθε περίπτωση εξασφαλίζουν τα όρια ασφαλείας. Παρατηρήθηκε αλλαγή στην συμπεριφορά και στον τρόπο αστοχίας των αγκυρίων με την αύξηση του μοχλοβραχίονα της επιβαλλόμενης φόρτισης. Συγκεκριμένα, στο 1° και 2° πείραμα είχαμε ψαθυρό τρόπο αστοχίας με θραύση του χάλυβα των αγκυρίων σε σχετικά υψηλό διατμητικό φορτίο, το οποίο προκάλεσε και την αστοχία. Στο 3° και 4° πείραμα είχαμε επίσης ψαθυρό τρόπο αστοχίας με θραύση του χάλυβα των αγκυρίων, αφού όμως είχε προηγηθεί συγκριτικά πολύ μεγάλη – σε σχέση με τα δύο πρώτα πειράματα – εξόλκευση του εσωτερικού χιτωνίου των αγκυρίων, γεγονός που υποδηλώνει αλληλεπίδραση σε σχεδόν ισοδύναμο βαθμό εφελκυσμού και διάτμησης. Τέλος, κατά το 5° και 6° πείραμα, όπου ο μοχλοβραχίονας της δύναμης ήταν ο μεγαλύτερος, εκδηλώθηκε όλκιμος τρόπος αστοχίας με εξόλκευση των αγκυρίων, ο οποίος ναι μεν είναι επιθυμητός, σε αντίθεση με

τον ψαθυρό, ωστόσο οι παραμορφώσεις που εκδηλώθηκαν οδήγησαν σε απώλεια της φέρουσας ικανότητας του κόμβου σε συγκριτικά πολύ χαμηλό φορτίο. Επίσης, χωρίς τη χαλύβδινη διατομή, σε όλα τα πειράματα κρίσιμη θα ήταν η αστοχία του σκυροδέματος, αφού η απόσχιση κώνου ή η διάρρηξη του σκυροδέματος θα προηγούνταν της αστοχίας των αγκυρίων. Έτσι η διατομή του υποστύλωματος έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη μορφή αστοχίας που τελικά εκδηλώθηκε, αποτρέποντας την αστοχία του σκυροδέματος.

- **Στροφική απόκριση κόμβου:** Παρατηρώντας τις καμπύλες ροπής – στροφής των πειραμάτων και με βάση τα υπολογισθέντα από αυτές μεγέθη, προκύπτουν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές της στροφικής δυσκαμψίας και ικανότητας μεταξύ θεωρητικά όμοιων πειραματικών δοκιμίων, όπου τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κόμβου δε μεταβάλλονται. Μικρές κατασκευαστικές ατέλειες επομένως είναι δυνατόν να έχουν καθοριστική επίδραση στην απόκριση του κόμβου. Παράλληλα, μπορούμε να πούμε ότι η μεταβαλλόμενη συμπεριφορά των αγκυρίων ανά πείραμα, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και τη στροφική απόκριση του κόμβου, με αποτέλεσμα και να τη διαφοροποιεί. Συγκεκριμένα, η ροπή αντοχής, $M_{j,Rd}$, όπως προέκυψε από τις καμπύλες $M-\varphi$ παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις, ωστόσο λόγω της έλλειψης τρόπου υπολογισμού της σε σύμμικτους κόμβους διαφορετικής μορφής δεν είναι δυνατή η σύγκριση και επομένως η αξιολόγησή του μεγέθους της. Η στροφική δυσκαμψία $S_{j,ini}$ μπορούμε να πούμε ότι είναι σχετικά μικρή, ενώ παρουσιάζει κάποια αύξηση ανά δοκιμή. Όσον αφορά τη στροφική ικανότητα ή πλαστιμότητα, φ_{cd} , αποτελεί μέτρο της ικανότητας του κόμβου να αντιστέκεται σε πρόωρη τοπική αστάθεια ή σε πρόωρη ψαθυρή αστοχία (ειδικά λόγω ψαθυρής αστοχίας του μέσου σύνδεσης). Η σημαντικά μικρότερη τιμή της στα πρώτα πειράματα σε σχέση με τα τελευταία, συνάδει επομένως με την ψαθυρή μορφή αστοχίας των αγκυρίων κατά τις τρεις πρώτες δοκιμές. Ωστόσο στον EC3 δε δίνεται ένα σαφές κριτήριο αξιολόγησης της στροφικής ικανότητας κόμβου. Τέλος, οι υπολογισθείσες τιμές της πλαστικής στροφής, φ_{pl} , για τις έξι πειραματικές δοκιμές είναι εντός των ορίων που θέτει ο EC8 για τις περιοχές όπου σχηματίζεται πλαστική γωνία.

- **Προτάσεις για μελλοντική έρευνα:** Για να είναι δυνατή μια συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, σε μελλοντικές εργασίες θα μπορούσε να μελετηθεί πειραματικά ανάλογος κόμβος, με χρήση διαφορετικού τύπου αγκυρίων. Επιπλέον, προς απομάκρυνση της πιθανότητας βλαβών στον κόμβο και δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στη δοκό, μπορεί να εξεταστεί η εξασθένηση της διατομής της δοκού σε απόσταση από τον κόμβο. Εναλλακτικά, μπορεί να υλοποιηθεί η μόρφωση της σύνδεσης με περισσότερες σειρές αγκυρίων, ώστε να αυξηθεί η δυσκαμψία του κόμβου. Τέλος, χρήσιμη θα ήταν και η πειραματική ή αναλυτική μελέτη σύμμικτου κόμβου από ίδια δομικά μέλη, αλλά με διαφορετική διαμόρφωση της σύνδεσης, ώστε να είναι δυνατή η συγκριτική αξιολόγηση της στροφικής απόκρισης του κόμβου, όταν χρησιμοποιούνται αγκύρια ως μέσο σύνδεσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] CIDECT, Design Guide 9 for structural hollow section column connections, Kurobane Y., Packer J. A., Wardenier J., Yeomans N., Verlag TÜV Rheinland.
- [2] Fib Bulletin No.58, Design of anchorages in concrete, July 2011.
- [3] EOTA, ETAG 001, Guideline for European Technical Approval of metal anchors to use in concrete. Edition 1997, amended November 2006, Brussels, Belgium.
- [4] Βάγιας Ι. (2010). «Σύμμικτες κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα, 3^η έκδοση», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- [5] CEN, Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1–2: General rules and rules for buildings. European Standard prEN 1994–1–1, final draft, January 2004.
- [6] CEN, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1–8: Design of joints. European Standard prEN 1993–1–8, final draft, December 2003.

CONNECTION BEHAVIOR OF ANCHOR BEAMS COMPOSITE COLUMNS HOLLOW STEEL SECTION

Eugenia Savvaki

Civil Engineer N.T.U.A.
eugin@windowslive.com

Ξενοφών Α. Λιγνός

Dr. Electrical Engineer N.T.U.A.
Laboratory Tutor
Steel Structure Institute N.T.U.A..
lignosx@central.ntua.gr

Stylios P. Katsatsidis

Mechanical Engineer
Researcher
Steel Structure Institute N.T.U.A.
skatsatsidis@gmail.com

Ioannis Vayas

Dr. Civil Engineer N.T.U.A.
Professor
Steel Structure Institute N.T.U.A.
vastahl@central.ntua.gr

SUMMARY

This paper presents the experimental investigation of the response of mechanical anchors with expandable head, when used as a means of connecting the steel beam in composite hollow steel column section. Model of the investigation was a one-sided junction, undergoing monotonic static loading at the free end of the beam until complete failure of the connection. Six experiments were done with parameter lever arm of the applied load on the interface faceplate-column. Discusses the failure of the anchors, the maximum receiving load and compared with the corresponding resistance design. Finally, based on the experimental results, we study the optical response of node and estimated overall literacy ability composite nodes using anchors same or different type.