

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΟΙΛΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΤΥΦΛΟΥΣ ΚΟΧΛΙΕΣ

Παρθένα-Μαρία Κ. Κοσμίδου^a, Δημήτριος Θ. Παχούμης^b, Χρήστος Ε. Σοφίας^b, Χρίστος Ν. Κάλφας^c

^a Υποψ. Διδ., MSc. Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ.

^b Δρ. MSc Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ.

^c Καθηγητής Δ.Π.Θ.

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Δ.Π.Θ.

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail: mslgroup@civil.duth.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

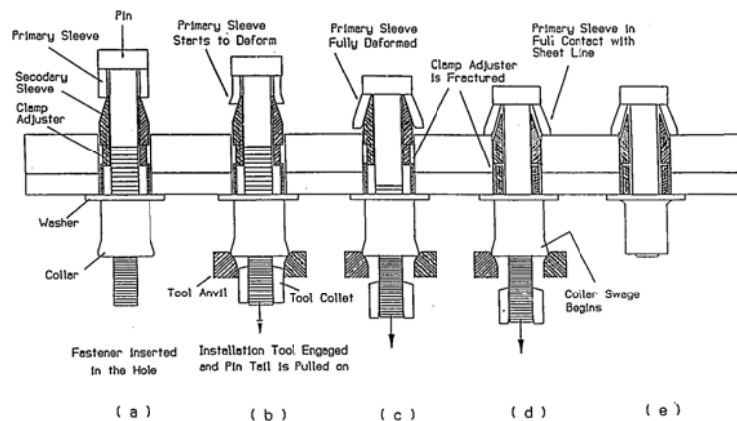
Η παρούσα εργασία εντάσσεται στα πλαίσια του ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος, που πραγματοποιείται στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, του Δ.Π.Θ.. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η συμπεριφορά σύνδεσης ροπής σε κόμβους δοκού-υποστυλώματος με κοίλες διατομές. Η υλοποίηση κοχλιώσεων σε συνδέσεις κοίλων διατομών είναι αρκετά δυσχερής, λόγω της κλειστής γεωμετρίας τους και ως εκ τούτου της αδυναμίας χρήσης περικοχλίων για τη σύσφιξη των κοχλίων. Για το λόγο αυτό προτείνεται μία νέα μέθοδος σύνδεσης, στην οποία οι κοχλίες θα συσφίγγονται σε σπειρώματα που κατασκευάζονται σε λεπίδα συγκολλημένη στο πέλμα του υποστυλώματος. Κατ' ουσία η λεπίδα αυτή θα υποκαθιστά το περικόχλιο. Αντικείμενο της έρευνας είναι η διατύπωση εξισώσεων πρόβλεψης για την αντοχή της εν λόγω σύνδεσης προκειμένου να καταστεί δυνατή η εφαρμογή της σε πρακτικό επίπεδο. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται το αναλυτικό μοντέλο προσομοίωσης, που σχεδιάστηκε για το σκοπό αυτό με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων, καθώς και τα συμπεράσματα, που εξήχθησαν από την ανάλυση σχετικά με την αντοχή και τη μορφή της αστοχίας της σύνδεσης.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

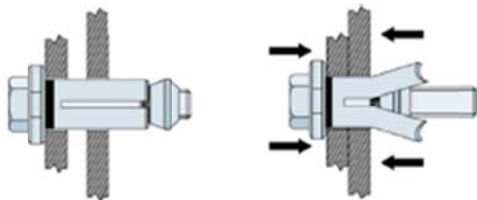
Οι κοίλες διατομές, εξαιτίας μια σειράς πλεονεκτημάτων που εμφανίζουν έναντι των ανοικτών διατομών, βρίσκονται πρώτες στην προτίμηση πολλών μελετητών-κατασκευαστών και ειδικότερα σε κατασκευές υψηλού επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα η μεγάλη ροπή αδράνειας και στους δύο κύριους άξονες κάμψης, η μικρή ευαισθησία που παρουσιάζουν σε φαινόμενα καθολικής και τοπικής αστάθειας, καθώς και η μεγάλη στρεπτική δυσκαμψία γύρω από τον διαμήκη άξονα σε συνδυασμό με τη γεωμετρική τους καλαισθησία είναι μερικά μόνο από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, που εμφανίζουν οι διατομές αυτές. Ωστόσο, η υλοποίηση κοχλιωτής σύνδεσης αποτελούσε ανέκαθεν πρόβλημα, εμποδίζοντας την ευρύτερη καθιέρωση τους στον κλάδο των Μεταλλικών Κατασκευών. Η δυσκολία αυτή έγκειται στην αδυναμία χρησιμοποίησης περικοχλίου για τη σύσφιξη των κοχλίων της

σύνδεσης. Για το λόγο αυτό τα τελευταία τριάντα χρόνια έχει πραγματοποιηθεί εκτεταμένη έρευνα για την επίτευξη κοχλιωτής σύνδεσης σε κόμβους δοκού-υποστυλώματος με κοίλες διατομές. Στη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίζονται διάφοροι μέθοδοι για την υλοποίηση αυτού του είδους σύνδεσης, μεταξύ των οποίων είναι η χρήση τυφλών κοχλιών (*Blind Bolting System*) και η μέθοδος *Flowdrill*.

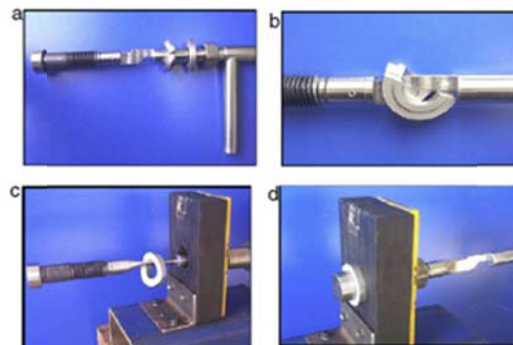
Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με τη μελέτη της συμπεριφοράς των τυφλών κοχλιών σε συνδέσεις με εκτεταμένη λεπίδα (*extended endplate connections*) είναι οι Mourad [1] και Globarrah [2], οι οποίοι πρότειναν ένα ειδικό σύστημα τυφλής κοχλίωσης υψηλής αντοχής (*High Strength Blind Bolt, HSBB*). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, η σύσφιξη των κοχλιών γίνεται με περικόχλιο στην εξωτερική πλευρά της σύνδεσης, όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 1. Για την υλοποίηση αυτής της σύνδεσης απαιτείται η διάμετρος των οπών να είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο του κοχλία, ώστε να καθίσταται εφικτή η είσοδος της κεφαλής του, διαμέσου της οπής, στο εσωτερικό της διατομής. Ανάλογα συστήματα τυφλής κοχλίωσης προτάθηκαν και μελετήθηκαν από διάφορους ερευνητές με στόχο την απλοποίηση και την τυποποίηση αυτών των συνδέσεων. Τέτοια συστήματα είναι το *HolloBolt* [3 & 4] και το *ONESIDE blind bolt* [5 - 7], τα οποία έχουν υιοθετηθεί πλέον σε παγκόσμιο επίπεδο. Η διαδικασία σύσφιξης των κοχλιών στα συστήματα αυτά απεικονίζεται στις φωτογραφίες 2 και 3. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και στα δύο συστήματα διανοίγονται οπές μεγαλύτερες από αυτές που καθορίζονται από τον κανονισμό για τους συμβατικούς κοχλίες [8].



Φωτ. 1: Σχηματική αναπαράσταση σύσφιξης κοχλιών στο σύστημα HSBB [1-2].



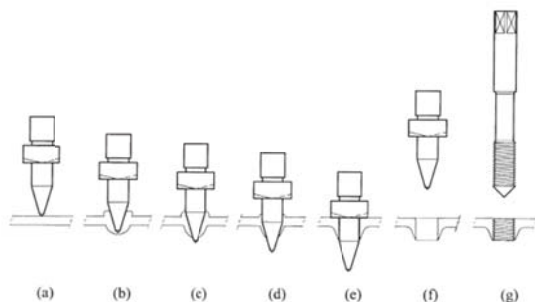
Φωτ. 2: Διαδικασία σύσφιξης κοχλιών στο σύστημα Lindapter HolloBolt® [3-4].



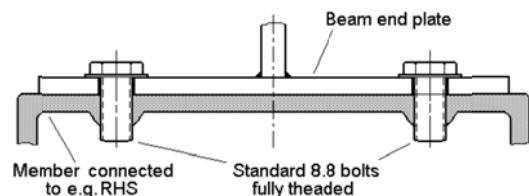
Φωτ. 3: Διαδικασία σύσφιξης κοχλιών στο σύστημα Ajax ONESIDE® blind bolt [5-7].

Ένας εναλλακτικός τρόπος υλοποίησης κοχλιωτής σύνδεσης σε κοίλες διατομές είναι η σύσφιξη των κοχλιών σε σπειρώματα που χαράσσονται στις άντυγες των οπών, που διανοίγονται στο τοίχωμα της διατομής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι που εφαρμόζονται ευρέως για το σκοπό αυτό: η τεχνική του Flowdrill® [9] και η τεχνική με τη χρήση του κολαούζου. Και στις δύο μεθόδους ακολουθείται μία θερμική διαδικασία για τη διάνοιξη των οπών στις διατομές με τη διαφορά ότι στη μέθοδο του Flowdrill® πραγματοποιείται θερμή διεργασία του χάλυβα, στο σημείο που έρχεται σε επαφή με το τρυπάνι. Ο χάλυβας καθώς απομακρύνεται από την οπή έχει ρευστα μορφή και προσκολλάται στο πίσω μέρος του τοιχώματος της διατομής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται επιπλέον μήκος σπειρώματος, 1.5 έως 2 φορές το πάχος της διατομής (φωτ. 4 & 5). Αντίστοιχα με τη χρήση του κολαούζου γίνεται ψυχρή διεργασία του χάλυβα, ο οποίος κατά τη διάνοιξη της οπής απομακρύνεται σε στερεή μορφή, χωρίς τη δημιουργία επιπλέον μήκους σπειρώσεων.

Για αυτό το λόγο, προτείνεται μία εναλλακτική μεθοδολογία σύνδεσης σε διατομές κλειστού τύπου, στην οποία θα χρησιμοποιείται πρόσθετη λεπίδα για τη σύσφιξη των κοχλιών. Πιο συγκεκριμένα, τα σπειρώματα θα χαράσσονται μόνο στη λεπίδα αυτή, η οποία θα συγκολλάται στο πέλμα του υποστυλώματος και κατ' ουσία θα υποκαθιστά τα περικόχλια. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αύξηση του μήκους των σπειρώσεων καθώς και της αντοχής των διατομών. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται το αναλυτικό μοντέλο που σχεδιάστηκε προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά της εν λόγω σύνδεσης. Στις φωτογραφίες 6 και 7 παρουσιάζεται η διαδικασία διάνοιξης των οπών και χάραξης των σπειρωμάτων στη λεπίδα του υποστυλώματος. Οι φωτογραφίες αυτές ελήφθησαν κατά την προετοιμασία του πειράματος, που πρόκειται να πραγματοποιηθεί στο Εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών του Δ.Π.Θ. για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από την ανάλυση του μοντέλου προσομοίωσης.



Φωτ. 4: Σχηματική αναπαράσταση της τεχνικής Flowdrill® [9].



Φωτ. 5: Το τελικό αποτέλεσμα σύνδεσης μετωπικής λεπίδας στην κοίλη διατομή [9].



Φωτ. 6: Διάνοιξης οπών στη λεπίδα του υποστυλώματος.



Φωτ. 7: Χάραξης σπειρωμάτων στις άντυγες των οπών.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το αναλυτικό μοντέλο προσομοίωσης αναπαριστά έναν κόμβο δοκού-υποστυλώματος με αμφίπλευρη κοχλιωτή σύνδεση ροπής. Η διάταξη, που εφαρμόστηκε, είναι ίδια με τη διάταξη του πειραματικού δοκιμίου, που πρόκειται να σχεδιασθεί και να μελετηθεί, καθώς αποτελεί τμήμα πειραματικής έρευνας που βρίσκεται σε εξέλιξη στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Δ.Π.Θ.. Ο σχεδιασμός και η ανάλυση του μοντέλου προσομοίωσης πραγματοποιήθηκε με χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων ABAQUS/PRE® [10].

Για το υποστύλωμα επιλέχθηκε μία τετραγωνική διατομή SHS 200x200x10 mm και για τη δοκό ορθογωνική διατομή RHS200x100x8 mm. Οι κοχλίες, που χρησιμοποιήθηκαν, είναι M20, 8.8 και τοποθετήθηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του EC3, Part 1-8 [8], για τις ελάχιστες αποστάσεις από το εξωτερικό άκρο κάθε στοιχείου και μεταξύ των κοχλιών. Τέλος χρησιμοποιήθηκαν δύο λεπίδες στην περιοχή της σύνδεσης:

- μία λεπίδα συγκολλημένη στο υποστύλωμα με πάχος 20 mm, στην οποία δημιουργήθηκαν τα σπειρώματα για τη σύσφιξη των κοχλιών και
- μία μετωπική λεπίδα πάχους 20 mm, στην οποία ήταν συγκολλημένη η δοκός και συνδέθηκε με τη λεπίδα του υποστυλώματος με τους κοχλίες.

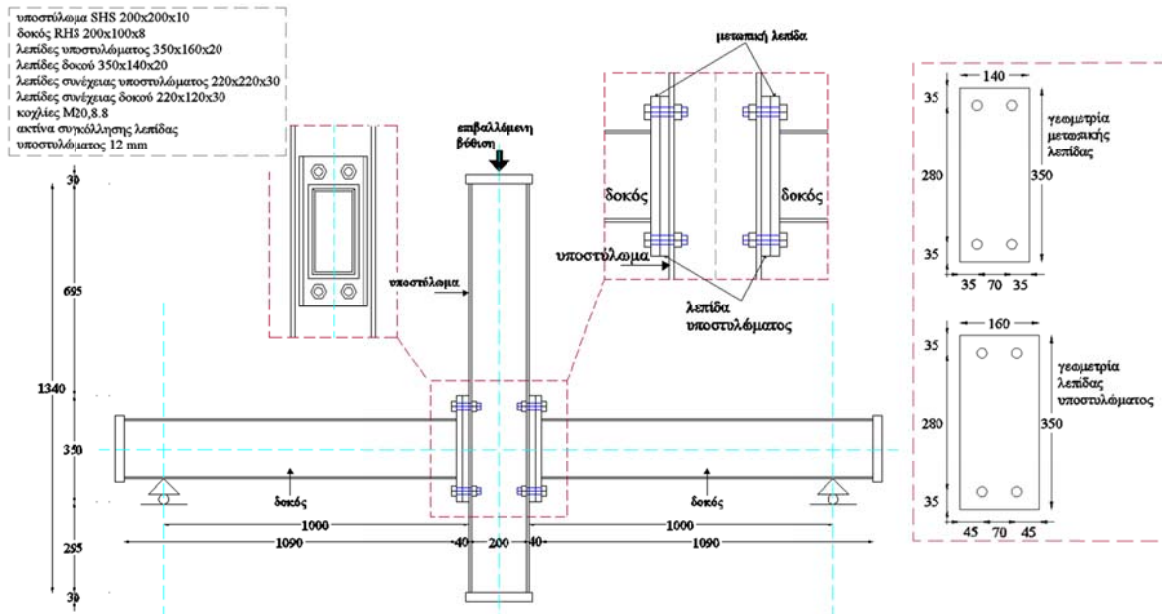
Για το υποστύλωμα και τη δοκό επιλέχθηκε χάλυβας S275, ενώ για τις λεπίδες χάλυβας S355. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι ονομαστικές τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων των δύο υλικών, που επιλέχθηκαν:

Υλικό	f_y	f_u	ϵ_y	ϵ_u	Μέτρο Ελαστικότητας E	Λόγος του Poisson ν
	MPa	MPa	%	%	MPa	
Χάλυβας S275	275	430	0.2	20	210000	0,3
Χάλυβας S355	355	510	0.2	20	210000	0,3

Πιν. 1: Ονομαστικές τιμές για Χάλυβα S275 και S355.

Για τη συγκόλληση της λεπίδας του υποστυλώματος δόθηκαν οι ίδιες μηχανικές ιδιότητες με το υλικό του υποστυλώματος, ενώ ελήφθη υπόψη η ψαθυρή συμπεριφορά του υλικού.

Οι δοκοί και το υποστύλωμα μορφώθηκαν σε σχήμα σταυρού, με τις δοκούς να αποτελούν τα οριζόντια στοιχεία και το υποστύλωμα το κατακόρυφο (σχ. 1). Η κάθε δοκός πακτώθηκε κατά το ένα άκρο της στο υποστύλωμα και σε απόσταση 1000 mm από την παρειά του υποστυλώματος ορίστηκε κύλιση, ως συνθήκη στήριξης. Η φόρτιση είναι μονοτονική και επιλέχθηκε, ως τρόπος επιβολής της φόρτισης, η κατακόρυφη μετατόπιση του υποστυλώματος. Το συνολικό μέγεθος ορίστηκε σε 150 mm, που είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό που αντιστοιχεί στη διαρροή, καθώς κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να καταστεί εφικτή η συλλογή αποτελεσμάτων για τη συμπεριφορά της σύνδεσης τόσο στην ελαστική, όσο και στην πλαστική περιοχή με βάση τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα.



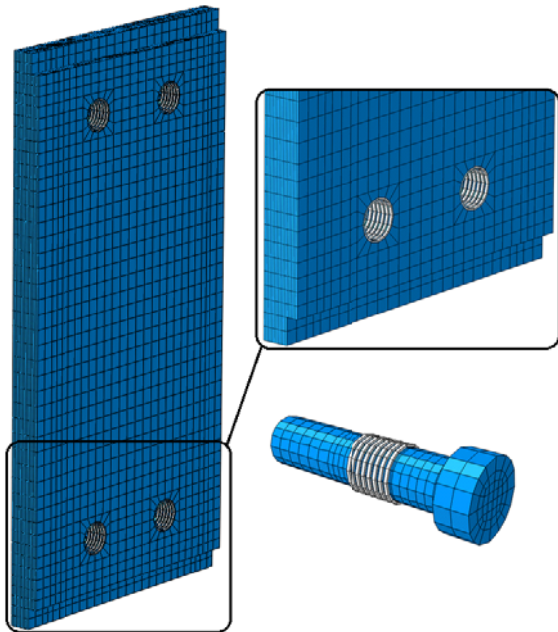
Σχ. 1: Διάταξη του αναλυτικού μοντέλου προσομοίωσης.

Ορίσθηκαν δύο σχέσεις μεταξύ των συνδεόμενων επιφανειών: η πάγια σύνδεση και η απλή επαφή. Πάγια σύνδεση επιλέχθηκε για την προσομοίωση των συγκολλήσεων, τόσο της λεπίδας στο πέλμα του υποστυλώματος, όσο και της δοκού στη μετωπική λεπίδα, καθώς και για την ενσωμάτωση των σπειρωμάτων στη λεπίδα και στον κοχλία. Τα σπειρώματα προσομοιώθηκαν ως ανεξάρτητα στοιχεία με τη μορφή δακτυλίου και όχι ως ενιαίο στοιχείο με τη μορφή σπείρας για λόγους απλοποίησης, τόσο του σχεδιασμού όσο και της ανάλυσης του μοντέλου (φωτ. 8). Τέλος απλή επαφή ορίσθηκε μεταξύ των παρακάτω ζευγών επιφανειών: το πέλμα του υποστυλώματος και τη λεπίδα, τις δύο λεπίδες της σύνδεσης, τον κορμό του κοχλία και τη μετωπική λεπίδα, τα σπειρώματα του κοχλία και της λεπίδας του υποστυλώματος.

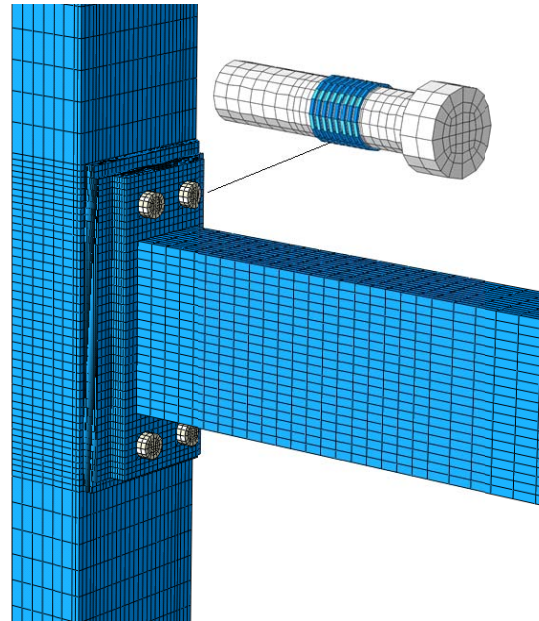
Εκμεταλλεύόμενοι τη συμμετρία του μοντέλου στο διαμήκη και εγκάρσιο άξονα προσομοιώθηκε ο μισός φορέας, ορίζοντας τις κατάλληλες συνθήκες συμμετρίας κατά τον διαμήκη άξονα. Επιλέχθηκαν οι εξής τύποι πεπερασμένων στοιχείων για καθένα στοιχείο ξεχωριστά:

- Για τον κορμό του υποστυλώματος και τη δοκό χρησιμοποιήθηκαν πεπερασμένα στοιχεία κελύφους ορθογωνικής μορφής, τύπου S4R, με τέσσερις κόμβους και έξι βαθμούς ελευθερίας $(u_x, u_y, u_z, \phi_x, \phi_y, \phi_z)$.
- Για το πέλμα του υποστυλώματος, για τις λεπίδες της σύνδεσης, για τον κοχλία και τα σπειρώματα χρησιμοποιήθηκαν πεπερασμένα στοιχεία όγκου, τύπου C3D8R, με 8 κόμβους και 3 βαθμούς ελευθερίας (u_x, u_y, u_z) .

Τέλος μεγάλη βαρύτητα δόθηκε κατά τη διακριτοποίηση του μοντέλου στο βαθμό πύκνωσης του καννάβου. Πυκνός κάνναβος επιλέχθηκε για τα στοιχεία της σύνδεσης και στην περιοχή του κόμβου, ενώ σε περιοχές με μικρότερη ερευνητική σημασία επιλέχθηκε αραιότερος κάνναβος (φωτ. 9).

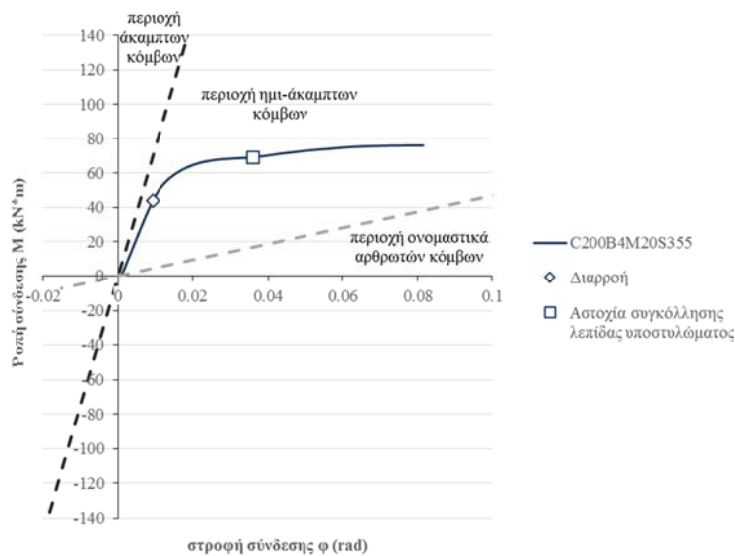


Φωτ. 8: Προσομοίωση σπειρωμάτων κοχλίας και λεπίδας υποστυλώματος.



Φωτ. 9: Προσομοίωση κόμβου δοκού-υποστυλώματος με π.σ..

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχ. 2 Διάγραμμα Ροπής-Στροφής σύνδεσης

Τα αποτελέσματα του αναλυτικού μοντέλου προσομοίωσης επικεντρώθηκαν στον υπολογισμό της αντοχής της σύνδεσης και στον εντοπισμό των μορφών αστοχίας στην περιοχή του κόμβου. Η ροπή υπολογίστηκε στην παρειά του υποστυλώματος από τη σχέση:

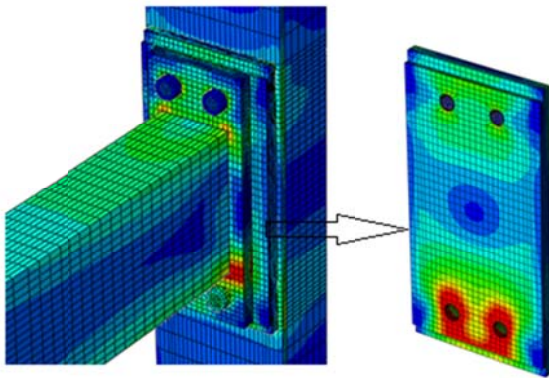
$$M = P * L \quad (1)$$

όπου L είναι η απόσταση της παρειάς του υποστυλώματος από το σημείο εφαρμογής της στήριξης της δοκού (σχ. 1). Στο σχ. 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροπής - στροφής της εν λόγω σύνδεσης, στο οποίο ορίστηκαν τα όρια ταξινόμησης του κόμβου για την κατηγοριοποίηση του με βάση τη στροφική ακαμψία της σύνδεσης [8]. Όπως διαπιστώνεται λοιπόν

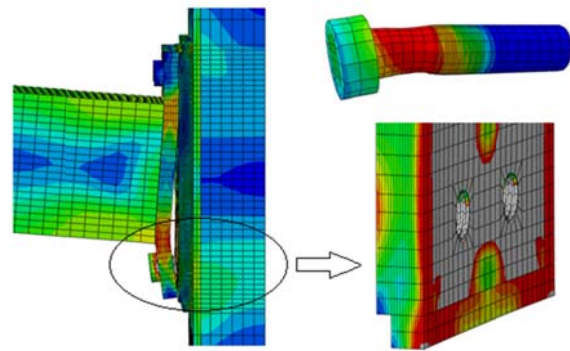
από το διάγραμμα, ο κόμβος της υπό μελέτη σύνδεσης κατατάχθηκε στους ημι-άκαμπτους κόμβους (*semi-rigid joints*).

Κατά την επιβαλλόμενη φόρτιση η διαρροή της σύνδεσης εμφανίστηκε στην περιοχή των σπειρωμάτων της λεπίδας, όπου συσφίγγονται οι εφελκόμενοι κοχλίες, σε ροπή $M_y = 44$ kNm και βύθιση υποστυλώματος $u_y = 9$ mm (φωτ. 10). Στη συνέχεια, και καθώς η επιβαλλόμενη φόρτιση αυξανόταν, παρατηρήθηκε σταδιακή απομάκρυνση και τελικά διάνοιξη της μετωπικής λεπίδας από τη λεπίδα του υποστυλώματος (φωτ. 11). Να σημειωθεί ότι η μετωπική λεπίδα βρίσκεται σε απλή επαφή με τη λεπίδα του υποστυλώματος και συνδέεται μόνο με τους κοχλίες, ενώ η λεπίδα του υποστυλώματος είναι συγκολλημένη στο πέλυμα του με ακτίνα συγκόλλησης $a_w = 12$ mm. Συνεπώς, καθώς η βύθιση του υποστυλώματος αυξανόταν, η σύνδεση δεχόταν έντονη παραμόρφωση στο επίπεδο της εφελκόμενης ζώνης και η λεπίδα της δοκού έτεινε να αποκολληθεί από το υπόλοιπο σύστημα της σύνδεσης.

Η πρώτη μορφή αστοχίας εντοπίστηκε σε ροπή $M_{u1} = 69$ kNm και βύθιση υποστυλώματος $u_{u1} = 35$ mm, καθώς παρατηρήθηκε θραύση των συγκολλήσεων της λεπίδας του υποστυλώματος (φωτ. 11). Στην κατάσταση αυτή παρατηρήθηκε στο διάγραμμα ροπής - στροφής (σχ.2) αλλαγή της κλίσης της καμπύλης, η οποία και δικαιολογήθηκε λόγω της αστοχίας των συγκολλήσεων. Στη συνέχεια, η σύνδεση, πλήρως πλαστικοποιημένη και με μειωμένη ικανότητα παραλαβής φορτίου, δέχθηκε έντονη παραμόρφωση στο επίπεδο της εφελκόμενης ζώνης και σε ροπή $M_{u2} = 76.5$ kNm και βύθιση υποστυλώματος $u_{u2} = 78$ mm επήλθε θραύση των κοχλιών, λόγω της συνδυασμένης καταπόνησης σε εφελκυσμό και διάτμηση του κορμού, που βρίσκεται σε απλή επαφή με τη μετωπική λεπίδα.



Φωτ. 10: Διαρροή της λεπίδας του υποστυλώματος στην περιοχή σύσφιξης των εφελκόμενων κοχλιών.



Φωτ. 11: Εκτεταμένη παραμόρφωση της μετωπικής λεπίδας (αριστερά) και αστοχίες της σύνδεσης (δεξιά).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση του μοντέλου π/σ, που σχεδιάστηκε για την προσομοίωση αμφίπλευρης κοχλιωτής σύνδεσης σε κόμβο δοκού-υποστυλώματος με κοίλες διατομές, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η αστοχία της σύνδεσης αναμένεται είτε λόγω της έντονης παραμόρφωσης της μετωπικής λεπίδας της δοκού στο ύψος της εφελκόμενης ζώνης, είτε λόγω της αστοχίας των συγκολλήσεων της λεπίδας του υποστυλώματος, είτε εξαιτίας της θραύσης των εφελκόμενων κοχλιών. Η θραύση των κοχλιών αναμένεται στο τμήμα του κορμού του

κοιλία που βρίσκεται σε απλή επαφή με τη μετωπική λεπίδα της δοκού, λόγω της συνδυασμένης καταπόνησης σε εφελκυσμό και διάτμηση.

- Στην υπό εξέταση στο παρόν άρθρο σύνδεση παρατηρήθηκε έντονη παραμόρφωση της μετωπικής λεπίδας της δοκού. Ωστόσο, αστοχία προέκυψε εξαιτίας της θραύσης των συγκολλήσεων της λεπίδας του υποστρώματος.
- Η παρούσα έρευνα χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, ώστε να συγκεκριμενοποιηθούν επακριβέστερα οι παράμετροι, που επηρεάζουν την αντοχή και τη μορφή αστοχίας της σύνδεσης.

6. ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- [1] Mourad Sh. “Behaviour of Blind Bolted Moment Connections for Square HSS Columns”, Ph. D. thesis, CanadaMcMaster University, 1994.
- [2] Globarah A., Mourad Sh., Korol R. “Moment-rotation relationship of blind bolted connections for HSS columns”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.40, 1996, pp. 63-91.
- [3] Elghazouli A.Y., Málaga -Chuquitaype C., Castro J.M., Orton A.H. “Experimental monotonic and cyclic behavior of Blind-Bolted angle connections”, Engineering Structures, Vol.31, 2009, pp.2540-2553.
- [4] Lindapter International Ltd, “Type HB hollo-bolt for blind connection to structural steel sections and structural tubes”, Bradford (England), 1995.
- [5] Ajax Engineered Fasteners, Australia. Available: <http://www.ajaxfast.com.au/>.
- [6] Lee J., Goldsworthy H.M., Gad E.F. “Blind Bolted T-stub connections to unfilled hollow section columns in low rise structures”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.66, 2010, pp. 981-992.
- [7] Lee J., Goldsworthy H.M., Gad E.F. “Blind Bolted T-stub connection to unfilled hollow section columns using extended T-stub with back face support”, Engineering Structure, Vol.33, 2011, pp. 1710-1722.
- [8] European Committee for Standardisation (CEN) “EN 1993 1-8, Eurocode 3: Design provisions of steel structures, Part 1-8: Design of joints”, 2005
- [9] Kurobane Y., Packer J.A., Wardenier J. και Yeomans N. “Design Guide 9 for structural hollow section column connections”, CIDECT (ed.), TÜV Verlag. Cologne: Germany, 2004.
- [10] Hibbitt D, Karlsson B. και Sorensen P., “ABAQUS/manual. Hibbitt, Karlsson & Sorensen Inc”, 1997.
- [11] European Committee for Standardisation (CEN), “EN 1993 1-1, Eurocode 3: Design provisions of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings”, 2005.

STUDY ON THE BEHAVIOR ON CONNECTION OF HOLLOW SECTIONS WITH BLIND BOLTS

Parthena-Maria K. Kosmidou^a, Dimitrios T. Pachoumis^b, Christos E. Sofias^b, Christos N. Kalfas^c

^a Phd. Cand., MSc. Civil Engineer

^b Dr. MSc. Civil Engineer

^c Professor DUTH

Steel Structures Laboratory DUTH

Xanthi, Greece

e-mail: msslgroup@civil.duth.gr

ABSTRACT

Hollow sections, despite their many advantages, are not widely employed in Steel Construction, because of the difficulty of designing and implementing bolted connections between them. The main problem is the proper clamping of the bolts, since the use of nuts is impractical in view of the closed geometry and the use of threads is insufficient due to the small wall thickness. In the present study, a new alternative method is proposed, whereby the bolts are clamped in threads engraved in an additional plate welded at the flange of the column, which essentially replaces the nut. For this reason, a cross-shaped beam-to-column bolted connection with two extended endplates prepared for future experimental testing was simulated in 3D continuum mechanics using Finite Elements (*FE*) in ABAQUS®. The analytical model was used to study the strength and the deformation capacity of the connection. The results showed that the possible failure mode were expected either at the front plate of the connection, which suffered strong deformation at the height of the tensile area due to the prying forces developed between the fasteners, or at the vicinity of welds of the column's plate or by the shearing off of the bolts, which were clamped in the tensile area. The analytical work provides a basis for further study, as it is necessary to confirm the results via experiments and to investigate all the parameters that affect the performance of the connection.