

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΟΚΟΥ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΠΟΜΕΙΩΜΕΝΑ ΠΕΛΜΑΤΑ ΔΟΚΟΥ (RBS) ΥΠΟ ΚΥΚΛΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Χρήστος Ε. Σοφίας^a, Ευάγγελος Γ. Γαλούσης^b, Χρίστος Ν. Κάλφας^c, Δημήτριος Θ. Παχούμης^d

^a Υποψ. Διδ., MSc Πολιτικός Μηχανικός

^b Καθηγητής Δ.Π.Θ.

^c Αναπλ. Καθηγητής Δ.Π.Θ.

^d Δρ. MSc Πολιτικός Μηχανικός

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών Δ.Π.Θ

Ξάνθη, Ελλάδα

e-mail : msslgroup@civil.duth.gr

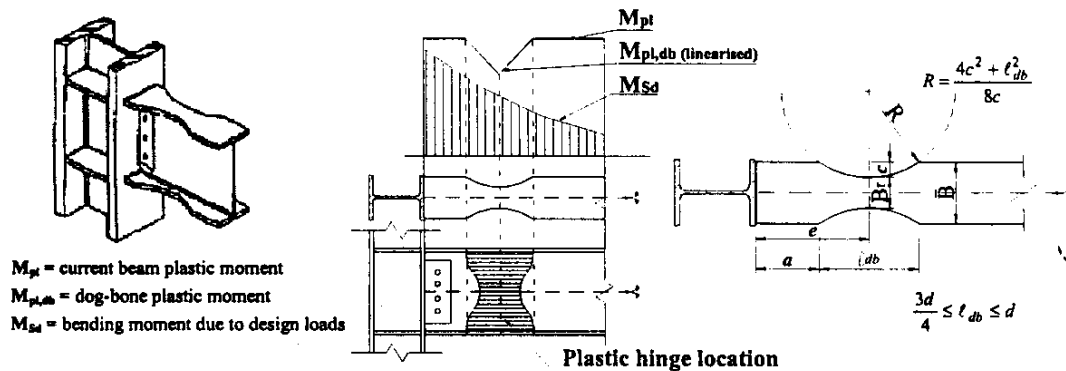
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι σεισμοί του Northridge (1994) και του Kobe (1995) κατέδειξαν τα προβλήματα που υπήρχαν στο σχεδιασμό των συνδέσεων μεταλλικών κατασκευών υπό κυκλική φόρτιση και οδήγησαν τους επιστήμονες στην αναζήτηση νέων μεθόδων σχεδιασμού για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών. Μία από τις μεθόδους που αναπτύχθηκαν, η οποία επέδειξε ικανοποιητικά επίπεδα ολκιμότητας οδηγώντας την πλαστική άρθρωση μακριά από το μέτωπο του υποστυλώματος και ωθώντας τις υψηλές τάσεις και ανελαστικές παραμορφώσεις στο εσωτερικό της δοκού, είναι η σύνδεση με απομειωμένα πέλματα δοκού (RBS), γνωστή και ως ‘dogbone’ σύνδεση. Παράλληλα, εμφανίζεται ως η πιο οικονομική χωρίς να οδηγεί σε αυξημένες καμπτικές απαιτήσεις στο υποστύλωμα. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πειραματικής διαδικασίας κοχλιωτής σύνδεσης δοκού-υποστυλώματος, με κυκλικού κοψίματος απομειωμένη διατομή πελμάτων δοκού, και με τη χρήση διατομών Ευρωπαϊκού προφίλ, υπό κυκλική φόρτιση. Πειράματα πλήρους κλίμακας διενεργήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίνονται με αυτά των αντίστοιχων αναλυτικών μοντέλων π/σ. Τα αποτελέσματα αυτά θέτουν εν αμφιβόλω την χρήση των τιμών των γεωμετρικών παραμέτρων που έχουν υιοθετηθεί από τον EC8 προς χρήση για τέτοιου είδους συνδέσεις.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός συνδέσεων μεταλλικών πλαισίων που αναλαμβάνουν ροπές (Moment Resisting Frames, MRF), έτυχε ιδιαίτερης προσοχής τις τελευταίες δεκαετίες. Η αδυναμία των MRF κτιρίων να λειτουργήσουν στο επιθυμητό επίπεδο κατά τη διάρκεια των σεισμών του Northridge (Η.Π.Α) και του Kobe (Ιαπωνία) αποδόθηκε στην πρόωρη αστοχία των συνδέσεων δοκού-υποστυλώματος. Οι αναπάντεχα σοβαρές αστοχίες που παρουσιάστηκαν στις συνδέσεις αυτές, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση ανάπτυξης

πλαστικών αρθρώσεων στους κόμβους, οδήγησαν στην επίδειξη περιορισμένης ολκιμότητας και ικανότητας ενεργειακής απορρόφησης των συνδέσεων και συνεπώς σε παρεμπόδιση ανακατανομής των καμπτικών ροπών στην κατασκευή.



Σχ. 1: Η ιδέα της απομείωσης (dogbone)

Εκτεταμένος αριθμός πειραματικών και αναλυτικών ερευνών εγκαινιάστηκε μετά από αυτούς τους σεισμούς με σκοπό την εύρεση καλύτερων μεθόδων σχεδιασμού και κατασκευής μεταλλικών συνδέσεων, ανθεκτικών έναντι σεισμού. Δύο μέθοδοι, κυρίως, αναπτύχθηκαν που να παρέχουν αξιόπιστη συμπεριφορά και μεγάλη όλκιμη απόκριση: η ενίσχυση της σύνδεσης (reinforced connections) και η εξασθένηση της δοκού του πλαισίου (RBS ή dogbone connections [1]) σχ. 1. Η πρώτη επιτρέπει τη μετακίνηση της πλαστικής άρθρωσης από το υποστύλωμα, με κατάλληλη ενίσχυση των άκρων της δοκού. Η δεύτερη αξιοποιεί την εξασθένηση της διατομής της δοκού σε μια κατάλληλη θέση, μακριά από τον κόμβο, όπου οι ανελαστικές παραμορφώσεις πρέπει να συγκεντρωθούν. Και οι δύο τύποι συνδέσεων επέδειξαν ικανοποιητικά επίπεδα ολκιμότητας, σε μεγάλο αριθμό πειραμάτων [2, 3]. Η απόκριση υπό κυκλική φόρτιση ήταν εξαιρετική, οι πλαστικές αρθρώσεις ξεπέρασαν τα 0.03 rad, χωρίς αστοχία κατά την διάρκεια των πειραμάτων και στις δυο περιπτώσεις.

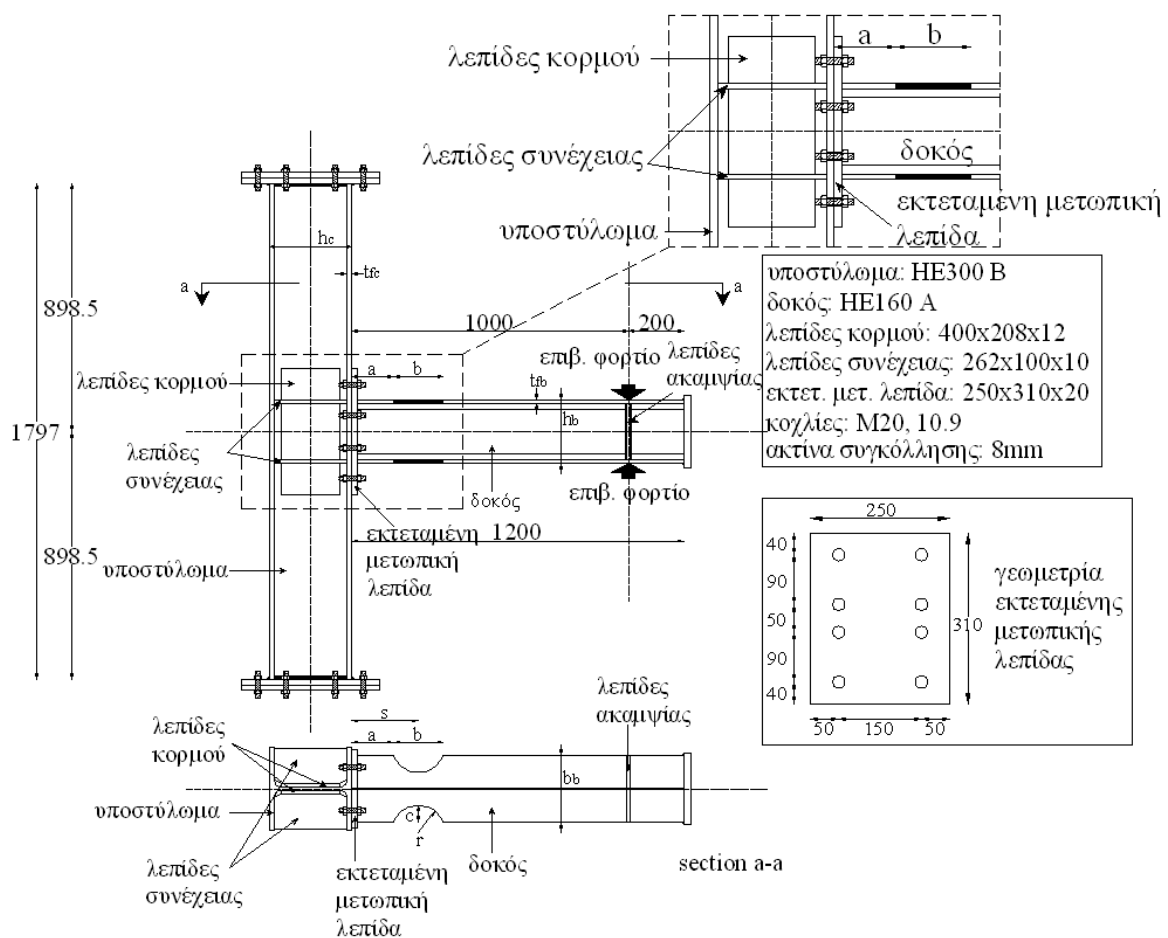
	Όρια EC8, part 3 [4]	FEMA 350 [5] / 351 [6]
a	$a = 0.60 b_f$	$a = (0.50 \div 0.75) b_f$
b	$b = 0.75 d_b$	$b = (0.65 \div 0.85) d_b$
c ή g	$g \leq 0.25 b_f$	$c \leq 0.25 b_f$

Πίν. 1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της απομειωμένης διατομής της δοκού

Η ιδέα της απομείωσης βασίζεται στην αποκοπή τμημάτων των πελμάτων της δοκού σε μια γειτονική στη σύνδεση δοκού-υποστυλώματος περιοχή. Η απομείωση αναγκάζει την πλαστική άρθρωση να σχηματιστεί στην εξασθενημένη περιοχή της δοκού, μια περιοχή που μπορεί να αναλάβει μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις, ενώ ταυτόχρονα η απομείωση περιορίζει την ανάπτυξη τάσεων στην λιγότερο όλκιμη περιοχή κοντά στο μέτωπο του υποστυλώματος. Πολλά σχήματα απομείωσης είναι πιθανά (πολυγωνική απότμηση σταθερής και συνεχούς απομείωσης, κυκλική απότμηση κ.α.). Η κυκλική απότμηση επέδειξε τη μεγαλύτερη στροφική ικανότητα ενώ παράλληλα είναι η πλέον οικονομική από άποψη εκτέλεσης και γι' αυτό υιοθετήθηκε από τους κανονισμούς. Οι προτάσεις για το σχεδιασμό και τις λεπτομέρειες της κυκλικής απομείωσης που δόθηκαν από τη FEMA 350 [5] και τη FEMA 351 [6] ακολουθήθηκαν και στην Ευρώπη από τον

EC8, Part 3 [4], και παρουσιάζονται στον πίν. 1. Η χρήση των τιμών των γεωμετρικών παραμέτρων της απομείωσης που προτείνονται από τον EC8, έχει αμφισβητηθεί από πειραματικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε συγκολλητές συνδέσεις δοκού-υποστυλώματος.

Στο παρόν άρθρο, εξετάζεται η συμπεριφορά κοχλιωτής σύνδεσης ροπής με απομειωμένα πέλματα δοκού (RBS), υπό κυκλική φόρτιση, και με χρήση διατομών Ευρωπαϊκού προφίλ (σχ. 2). Πειράματα πλήρους κλίμακας διεξήχθησαν ώστε να διερευνηθούν οι υιοθετημένες από τον EC8 τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά των αναλυτικών προσομοιωμάτων συνδέσεων αυτής της μορφής με τη χρήση π/σ. Τόσο από τα πειραματικά αποτελέσματα όσο και από αυτά των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων, γίνεται εμφανής η ανάγκη αναπροσαρμογής των τιμών των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της απομείωσης, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασφαλώς και σε κοχλιωτές συνδέσεις με Ευρωπαϊκού τύπου διατομές.



Σχ.2: Πειραματική διάταξη

3.ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Ο τύπος του δοκιμίου το οποίο μελετήθηκε ονομάστηκε S02A. Τα δοκίμια αποτελούν τμήμα πειραματικής έρευνας η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Δ.Π.Θ.. Το δοκίμιο αποτελείται από δοκό διατομής HE160 A και

υποστυλώμα διατομής HE300 B. Στην παρούσα έρευνα συνδυάζεται η απότμηση ‘dog-bone’ της δοκού με κοχλιωτή σύνδεση δοκού-υποστυλώματος με τη χρήση εκτεταμένης μετωπικής λεπίδας και οι κοχλίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη πραγματοποίηση της σύνδεσης είναι M20,10.9. Στα υποστυλώματα των δοκιμών τοποθετήθηκαν διπλές λεπίδες κορμού και εγκάρσιες ενισχύσεις, πάχους ίσου με το πάχος του κορμού του υποστυλώματος και με το πάχος των πελμάτων της δοκού αντίστοιχα. Η χρήση των λεπίδων ενίσχυσης εξασφαλίζει τη δημιουργία ισχυρού panel zone, που θα οδηγήσει τη δημιουργία της πλαστικής άρθρωσης στην απομειωμένη περιοχή της δοκού. Οι RBS συνδέσεις σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές που προτείνονται από τον Ευρωκώδικα EC8, Part 3 και οι τελικές διαστάσεις των γεωμετρικών παραμέτρων της απομείωσης φαίνονται στον πίν. 2. Παράλληλα με την πειραματική διαδικασία ένα πλήθος αναλυτικών προσομοιωμάτων επιλύθηκε με την μέθοδο των π/σ. Οι τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων ακολουθούν πιστά τόσο τη γεωμετρία της απομείωσης όσο και αυτή της πειραματικής διάταξης.

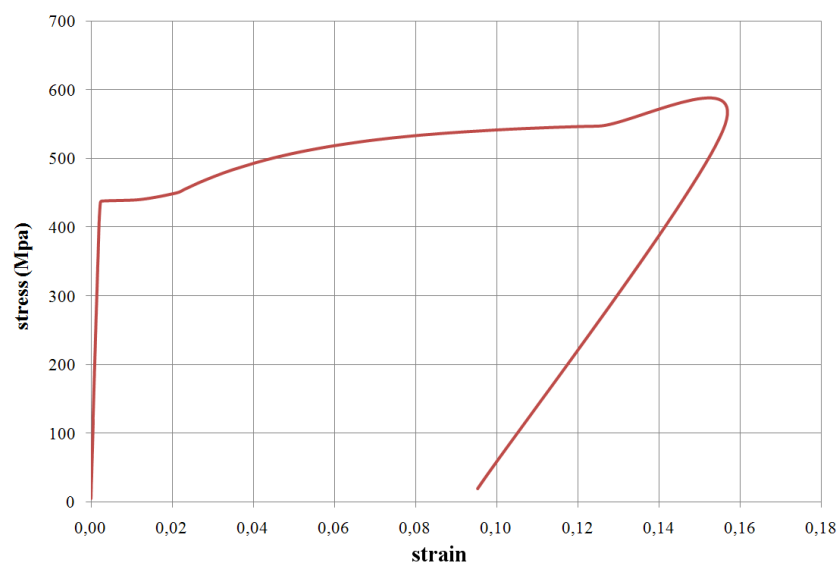
Δοκίμιο	b_f (mm)	d_b (mm)	a % b_f (mm)	b % d_b (mm)	g % b_f (mm)	s (mm)	r (mm)			
S02A	160	152	60	96	75	114	25	40	153	60.61

Πιν. 2: Τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων της απομείωσης των δοκιμών

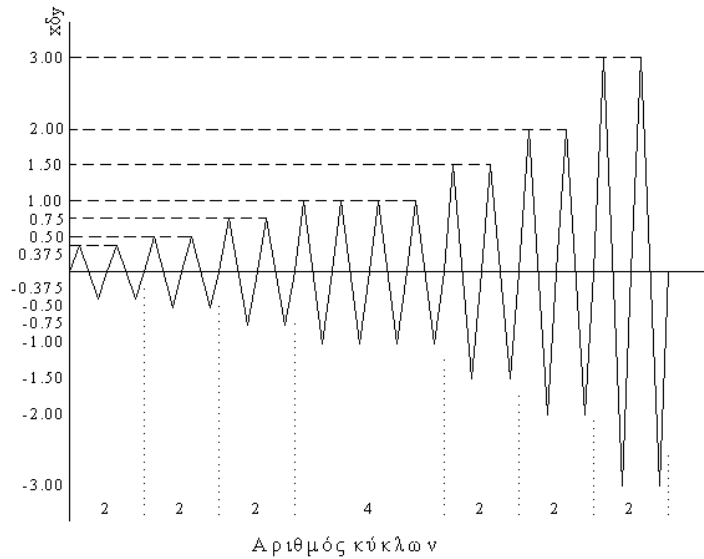
4.ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ & ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Για την εύρεση των τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων των μεταλλικών διατομών και των λεπίδων που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή των πειραματικών δοκιμών αλλά και στην ανάλυση των προσομοιωμάτων των π/σ πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δοκιμές εφελκυσμού, σε δοκίμια που ελήφθησαν τόσο από τα πέλματα όσο και από τον κορμό των διατομών. Οι προκύπτουσες τιμές είναι: μέτρο ελαστικότητας $E=220000 \text{ N/mm}^2$, όριο διαρροής $f_y=430 \text{ Mpa}$ και όριο θραύσης $f_u=530 \text{ Mpa}$ (σχ. 3). Για τα αναλυτικά προσομοιώματα χρησιμοποιήθηκε το υλικό που προέκυψε από τις δοκιμές εφελκυσμού.

Κάθε δοκίμιο φορτίστηκε σε απόσταση 1.00m. από το μέτωπο του υποστυλώματος με την επιβολή εναλλασσόμενης μετατόπισης σύμφωνα με το πρωτόκολλο φόρτισης του σχ. 4.



Σχ.3: Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων υλικού



Σχ. 4: Πρωτόκολλο φόρτισης

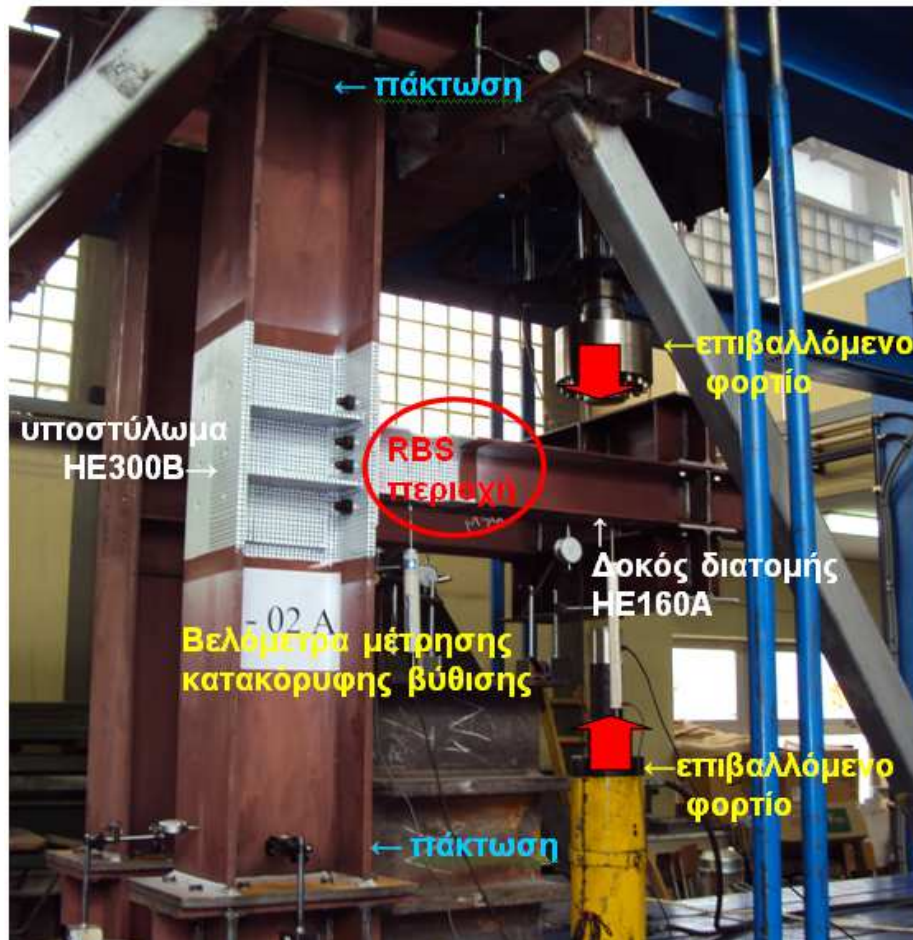
6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών της Πολυτεχνικής Σχολής του Δ.Π.Θ.. Οι εξωτερικές διαστάσεις των δοκιμίων ήταν 1797 mm για το κατακόρυφο μέλος, που συμπεριφέρεται ως υποστύλωμα, και 1200 mm για το οριζόντιο μέλος, που λειτουργεί ως δοκός. Οι εγκάρσιες ενισχύσεις του υποστυλώματος ήταν πάχους ίσου με των πελμάτων της δοκού και οι λεπίδες κορμού ήταν πάχους μεγαλύτερου αυτού κορμού του υποστυλώματος. Χρησιμοποιήθηκε επίσης μια ακραία λεπίδα ($t_p=20$ mm), στο ελεύθερο άκρο της δοκού εξασφαλίζοντας την ομοιογενή συμπεριφορά των διατομών. Η εκτεταμένη μετωπική λεπίδα πάχους διαστάσεων 310x250x20 mm που χρησιμοποιήθηκε για τη μόρφωση της σύνδεσης της δοκού με το υποστύλωμα συγκολλήθηκε στα πέλαμα και στον κορμό της δοκού με εξωραφές ακτίνας 8mm και κοχλιώθηκε στο πέλαμα του υποστυλώματος με χρήση κοχλιών M20, 10.9. Η ακτίνα συγκόλλησης πιστοποιήθηκε με έλεγχο διεισδυτικών υγρών πριν από την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας. Οι γεωμετρικές διαστάσεις των διατομών των δοκιμίων βρέθηκε πως ήταν σε πλήρη συμφωνία με τις ονομαστικές.

Για την αποφυγή εμφάνισης του φαινομένου του πλαγιοστρεπτικού λυγισμού, δύο όμοια μεταξύ τους δοκίμια «δίδυμα» τοποθετήθηκαν στο πεδίο φόρτισης, σε απόσταση 660 mm, αξονικά, μεταξύ τους κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Δύο δοκοί HE 200A κοχλιώθηκαν στο άνω και στο κάτω πέλαμα των δοκών, σε απόσταση 1.00m αξονικά από το μέτωπο του υποστυλώματος, συνδέοντας τα δύο δοκίμια και παρέχοντας πλευρική αντιστήριξη στις δοκούς των δοκιμίων. Στο μέσο των δύο αυτών δοκών επιβλήθηκε το φορτίο.

Οι στηρίξεις αποφασίστηκε να μορφωθούν ως πακτώσεις και υλοποιήθηκαν με συνδέσεις εκτεταμένης λεπίδας. Το φορτίο επιβλήθηκε μέσω δυο υδραυλικών εμβόλων ικανότητας

1000 kN το καθένα. Βελόμετρα, αναλογικά και ηλεκτρονικά, τοποθετήθηκαν για τις απαραίτητες μετρήσεις των παραμορφώσεων. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στη φωτ. 1.

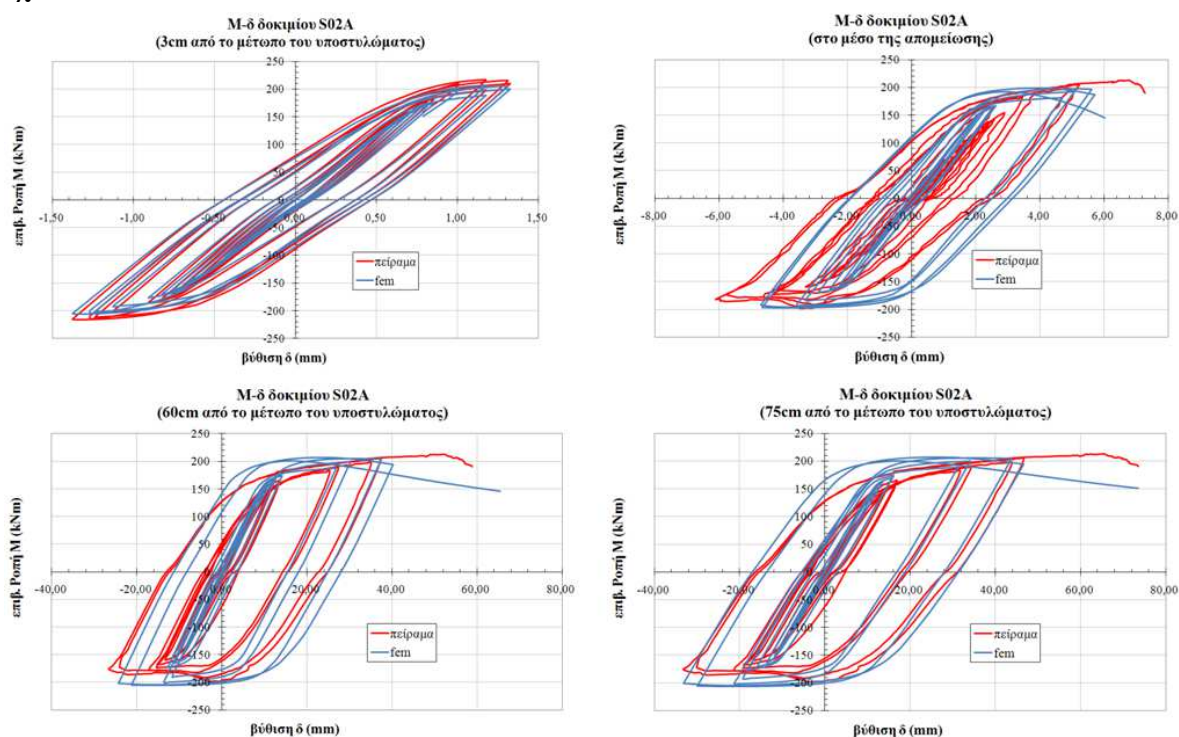


Φωτ. 1: Η πειραματική διάταξη

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διερεύνηση της λειτουργίας ή όχι της απομείωσης στην προστασία της κοχλιωτής σύνδεσης δοκού - υποστυλώματος, υπό κυκλική φόρτιση, αποτέλεσε το αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Για την αποφυγή οποιασδήποτε μορφής αστοχίας στην περιοχή της σύνδεσης πρέπει η πλαστική άρθρωση να σχηματιστεί στην εξασθενημένη περιοχή της δοκού, μια περιοχή που μπορεί να αναλάβει μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις, ενώ ταυτόχρονα η απομείωση θα περιορίσει την ανάπτυξη τάσεων στην λιγότερο όλκιμη περιοχή κοντά στο μέτωπο του υποστυλώματος. Τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών επικεντρώθηκαν στις παραμορφώσεις που εμφανίστηκαν καθώς και στις στροφές των συνδέσεων. Η ροπή υπολογίστηκε στη διεπιφάνεια δοκού-υποστυλώματος, $M=P \cdot L$, όπου L η απόσταση του άξονα επιβολής του φορτίου με τον άξονα στο μέτωπο του υποστυλώματος. Στο σχ. 5 παρουσιάζονται οι καμπύλες ροπής-βύθισης τόσο του πειραματικού δοκιμίου όσο και του αναλυτικού προσομοιώματος, σε αποστάσεις 3 cm, 60 cm και 75 cm από το μέτωπο του υποστυλώματος, καθώς και στο μέσο της απομείωσης. Η απόκριση του πειραματικού δοκιμίου, μετρημένη σε όρους ροπής - βύθισης συγκρίνεται με αυτή του αναλυτικού προσομοιώματος π/σ. Η σύγκλιση που υπάρχει είναι πάρα πολύ καλή. Ιδιαίτερα στην ελαστική περιοχή οι αποκλίσεις είναι αμελητέες.

Το δοκίμιο S02A επέδειξε πάρα πολύ καλή συμπεριφορά υπό κυκλική φόρτιση. Η μόρφωση της πλαστικής άρθρωσης πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της απομείωσης και όχι



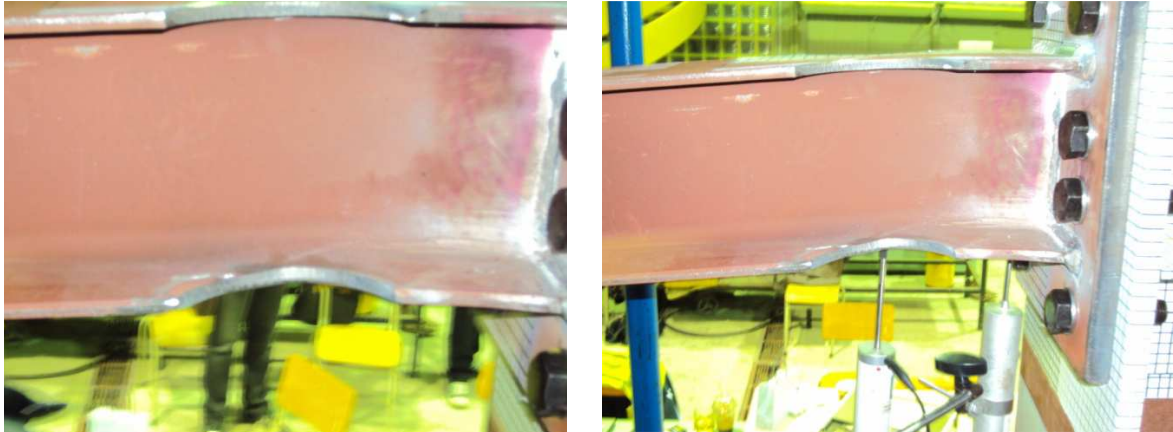
Σχ. 5: Καμπύλες M-δ δοκιμίου S02A

στην περιοχή της σύνδεσης της δοκού με το υποστύλωμα. Η ολκιμότητα, μετρημένη σε όρους στροφής, ξεπέρασε κατά πολύ τα 0.03 rad, στροφή που θεωρείται ως το άνω όριο της φ που απαιτείται στην πράξη, για τη διασφάλιση όλκιμης συμπεριφοράς υπό κυκλική φόρτιση.

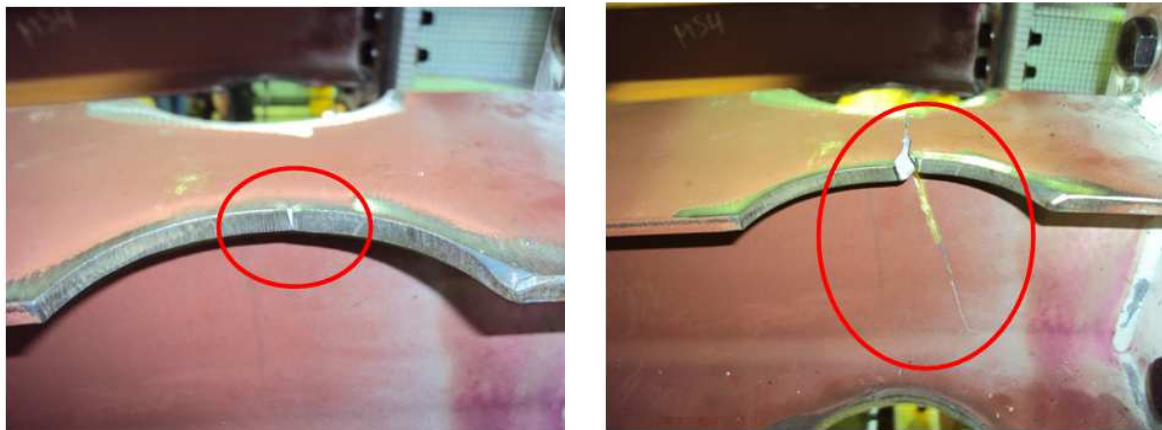
Η διαρροή του κόμβου εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του πρώτου κύκλου με τιμή μετατόπισης ίση με δ_y , όπου δ_y η θεωρητική μετατόπιση διαρροής, και έγινε εμφανής με τη διατήρηση μόνιμης παραμόρφωσης του συστήματος, με το πέρας της αποφόρτισης. Η πλαστική άρθρωση εμφανίστηκε στην περιοχή της απομείωσης και εξαιτίας αυτού η περιοχή της σύνδεσης δοκού-υποστύλωματος παρέμεινε στην ελαστική περιοχή. Προχωρώντας στην εφαρμογή του πρωτοκόλλου φόρτισης, η διαρροή γινόταν περισσότερο εμφανής, καθώς οι παραμένουσες παραμορφώσεις, που αποκτούσε το σύστημα συνολικά, λάμβαναν υψηλότερες τιμές. Κατά τη διάρκεια του τέταρτου κύκλου στο $1.0\delta_y$ της θεωρητικής μετατόπισης διαρροής και συγκεκριμένα στην αρνητική παραμόρφωση (φόρτιση προς τα πάνω) παρατηρήθηκε αποσύσφιξη των κοχλιών της θλιβόμενης ζώνης της σύνδεσης. Οι κοχλίες επανασύσφιχτηκαν. Το συγκεκριμένο φαινόμενο προέκυψε και άλλες φορές κατά την πειραματική διαδικασία χωρίς όμως να συνοδεύεται από σημαντική αλλοίωση της συμπεριφοράς του δοκιμίου.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου κύκλου στο τριπλάσιο της θεωρητικής μετατόπισης διαρροής δ_y παρατηρήθηκε λυγισμός του κάτω πέλματος της δοκού (φωτ. 2), ο οποίος γινόταν εντονότερος με κάθε περαιτέρω φόρτιση. Στον ίδιο φορτιστικό κύκλο παρατηρήθηκε διάρρηξη του άνω πέλματος στην περιοχή της απομείωσης. Μια μικρή

ρωγμή η οποία ξεκίνησε από το άκρο του πέλματος και με κάθε φόρτιση διαδιδόταν προς το εσωτερικό της διατομής. Όταν τελικά έφτασε στο τόξο προσαρμογής της διατομής τότε παρουσιάστηκε θραύση της δοκού με την διάδοση της ρωγμής καθ' ύψος του κορμού (φωτ. 3).



φωτ. 2: Η παραμόρφωση του κάτω πέλματος της δοκού για 0.06 & 0.10rad στροφής (S02A)



Φωτ. 3: Η εκκίνηση της ρωγμής και η τελική διάδοση της (S02A)

Παρά την μη αναμενόμενη μορφή αστοχίας που παρουσιάστηκε, το δοκίμιο S02A ξεπέρασε τα 0.11 rad στροφής χωρίς να παρατηρηθεί καμία μορφή αστοχίας στην περιοχή του κόμβου. Τόσο το υποστύλωμα όσο και η σύνδεση της δοκού με το υποστύλωμα παρέμειναν ανεπηρέαστα εξαιτίας της λειτουργίας της απομείωσης.

8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα πειράματα και η προσομοίωση με τη μέθοδο π/σ που πραγματοποιήθηκαν για την κοχλιωτή σύνδεσης δοκού-υποστυλώματος με εκτεταμένη μετωπική λεπίδα και απομειωμένα πέλματα δοκού (RBS) υπό κυκλική φόρτιση κατέδειξαν τα κάτωθι:

- Η συμπεριφορά του δοκιμίου κατά την πειραματική διαδικασία κρίνεται πολύ καλή σε σύγκριση και με το αντίστοιχο μοντέλο των π/σ. Υπογραμμίζεται το γεγονός ότι η διαρροή του δοκιμίου παρουσιάστηκε σε ταυτόσημη θέση με αυτήν του

αριθμητικού προσομοιώματος. Ο τύπος της αστοχίας που επήλθε κατά τον 1^ο κύκλο του 3 δ_y, παρατηρείται με παρόμοιο τρόπο και στο μοντέλο των π/σ.

- Μετά την διαρροή της δοκού παρατηρήθηκε σχετική αποσύσφιξη των κοχλιών της θλιβόμενης ζώνης, γεγονός που οφείλεται στον ανακυκλιζόμενο τύπο επιβολής του φορτίου.
- Ο τύπος της αστοχίας, ο οποίος χαρακτηρίζεται από την διάρρηξη στο κέντρο του RBS, αποτελεί συνέπεια των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού του δοκιμίου, καθώς όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω, ο χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε δεν είχε την απαιτούμενη ολκιμότητα, ώστε να καθιστά το υλικό απολύτως συμβατό με τις ονομαστικές τιμές οι οποίες εξασφαλίζουν την κανονιστική συμπεριφορά του εξεταζόμενου δομικού συστήματος.
- Παράλληλα, ο τύπος της συγκεκριμένης αστοχίας υπογραμμίζει το γεγονός ότι ο μελετητής που εφαρμόζει τη σύνδεση δοκού με απομειωμένα πέλματα, δε θα πρέπει να αδυνατίζει σε μεγάλο βαθμό την αντοχή της δοκού καθώς δεν είναι ζητούμενο μόνο η δημιουργία της πλαστικής άρθρωσης στην επιθυμητή θέση αλλά και η όσο το δυνατόν όλκιμη συμπεριφορά του δομικού στοιχείου.
- Το δοκίμιο S02A, το οποίο σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις υποδείξεις που προτείνονται από τον EC8, επέδειξε μια μη αναμενόμενη μορφή αστοχίας. Παρ' όλα αυτά η μόρφωση της πλαστικής άρθρωσης στην περιοχή της απομείωσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με τη χρήση χάλυβα, ο οποίος παρουσιάζει την απαιτούμενη ολκιμότητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος για την εξασφάλιση της σύνδεσης.

Με βάση τα παραπάνω, η συγκεκριμένη έρευνα χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για να συγκεκριμενοποιηθούν επακριβέστερα τα γεωμετρικά όρια απομείωσης ώστε να θεωρείται σίγουρη η επιθυμητή συμπεριφορά των συνδέσεων RBS με απομειωμένα πέλματα δοκού. Στην παρούσα φάση έχουν προσομοιωθεί προσομοιώματα π/σ με ίδιες γεωμετρικές και φορτιστικές παραμέτρους, με τη διαφορά ότι ο εφαρμοζόμενος χάλυβας ακολουθεί τις ονομαστικές τιμές. Ήδη φαίνεται πως ο τύπος του υλικού παίζει σημαντικό ρόλο στον τύπο αστοχίας καθώς τα εν λόγω προσομοιώματα επιδεικνύουν καλύτερη συμπεριφορά σε όρους πλαστικοποίησης και γενικότερα μετελαστικής συμπεριφοράς. Νέες πειραματικές εφαρμογές θα βοηθήσουν στην εξαγωγή ασφαλέστερων και πιο σαφών συμπερασμάτων.

9. ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- [1] Plumier A. "Prefabricated dissipative zones as design concept for composite steel concrete structures", *Proceedings of the Ninth European Conference on Earthquake Engineering*, Moscow, Belgium, 1990.
- [2] Pachoumis D., Galoussis E., Kalfas C., Christitsas A. "Reduced beam section moment connections subjected to cyclic loading: experimental analysis and FEM simulation", *Engineering Structures*, Vol. 31, 2009, pp. 216-223.
- [3] Pachoumis D., Galoussis E., Kalfas C., Efthimiou I. "Cyclic performance of steel moment-resisting connections with reduced beam sections - experimental analysis and finite element model simulation", *Engineering Structures*, Vol. 32, 2010, pp. 2683-2692.

- [4] EN 1993-8:2005. “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings”, CEN 2005.
- [5] FEMA 350. “Recommended seismic design criteria for new steel moment-frame buildings”, Washington D.C., 2000.
- [6] FEMA 351. “Recommended seismic evaluation and upgrade criteria for existing welded steel moment frame buildings”, Washington D.C., 2000.

CYCLIC PERFORMANCE OF REDUCED BEAM SECTION BOLTED MOMENT CONNECTIONS – EXPERIMENTAL ANALYSIS AND FEM SIMULATION

Christos E. Sofias^a, Evangelos G. Galoussis^b, Christos N. Kalfas^c, Dimitrios T. Pachoumis^a

^a Phd. Cand., MSc Civil Engineer

^b Professor DUTH

^c Assistant Professor DUTH

^d Dr, MSc Civil Engineer

Steel Structures Laboratory DUTH

Xanthi, Greece

e-mail: msslgroup@civil.duth.gr

SUMMARY

Reduced beam section (RBS) moment resisting connections are among the most economical and practical rigid steel connections developed in the aftermath of the 1994 Northridge and the 1995 Kobe earthquakes. Although the RBS connection effectiveness was widely investigated using US design and construction practices, only limited data exist from European research. In this paper the behaviour of the RBS moment connection with extended end plate subjected to cyclic loading and using the European profiles is examined. Experimental and analytical approaches were conducted investigating the adopted by EC8, Part 3 key parameters for the design. From the comparison between the results of the two analyzed approaches, can be observed the need for further investigation concerning the effectiveness of the RBS use in this type of connections and for the possible readjustment of the geometrical characteristics of the RBS in order to be safely applied to the European profiles.