

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΟΧΛΙΩΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΣΕΩΝ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

Δημήτριος Ν. Καζιόλας

Dr. –Ing., Επίκουρος Καθηγητής
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καβάλας
Ελλάδα
e-mail: dnkazio@teikav.edu.gr

Khairedin Abdalla

Dr. –Ing., Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Ιορδανίας
T.Θ. 3030, Irbid-22110, Jordan
abdalla@just.edu.jo

Muneer A. Badarneh

Msc. Πολιτικός Μηχανικός
Omar Abu Saad Company, Jabal Al- Husein
Amman, Jordan,
e-mail: muneer_bad@yahoo.com

Χαράλαμπος Κ. Μπανιωτόπουλος

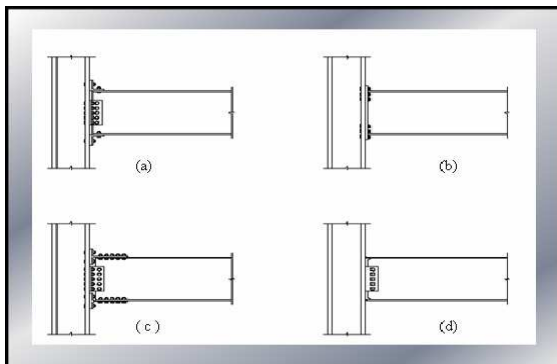
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα,
e-mail: ccb@civil.auth.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

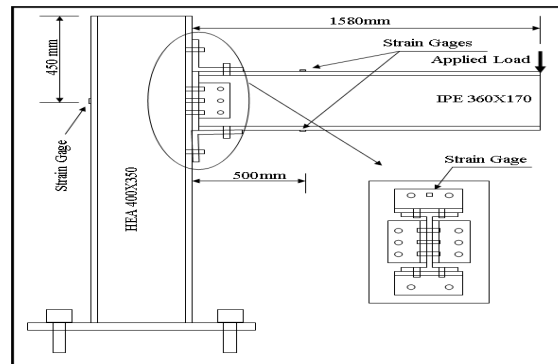
Μία από τις πλέον συνήθειες επιλογές για τη σύνδεση μεταξύ μελών στις μεταλλικές κατασκευές είναι οι κοχλιωτές συνδέσεις. Οι συνδέσεις αυτές παρέχουν υψηλό επίπεδο παραμορφωσιμότητας για όλη την κατασκευή και ένα επίπεδο δυσκαμψίας συγκρίσιμο με αυτό των συνδέσεων που υλοποιούνται με συγκολλήσεις. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η πειραματική και αριθμητική διερεύνηση της συμπεριφοράς κοχλιωτών συνδέσεων με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού οι οποίες χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις δοκών με υποστυλώματα. Η πειραματική διερεύνηση επικεντρώνεται στη μελέτη της ολκιμότητας, της παραμορφωσιμότητας, της στροφικής δυσκαμψίας, των εμφανιζόμενων δυνάμεων ζεύγους στους κοχλίες και του επακριβούς καθορισμού των επιφανειών επαφής. Ειδικότερα, με την εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων προσδιορίζεται η επιφάνεια επαφής ανάμεσα στο άνω πέλμα του γωνιακού με τον κορμό του υποστυλώματος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση δυνάμεων ζεύγους. Τα αριθμητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων συγκρίνονται με τα πειραματικά αποτελέσματα.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση των κοχλιών ως μέσο σύνδεσης αντί των συγκολλήσεων έχει αποκτήσει ξεχωριστή σημασία στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών από χάλυβα [1-2]. Οι κοχλιωτές συνδέσεις με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις δοκών με υποστύλωματα προκειμένου να παραλάβουν τα φορτία της δοκού (Σχ.1). Η στροφική δυσκαμψία αυτών των συνδέσεων διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στη δομική συμπεριφορά του πλαισίου από χάλυβα. Έτσι πολλοί ερευνητές έχουν διεξάγει πειράματα με σκοπό τον προσδιορισμό των καμπύλων που περιγράφουν τις σχέσεις ροπής-στροφής γι' αυτό το είδος των συνδέσεων [3-4]. Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις καμπύλες ένα απλουστευμένο αναλυτικό μοντέλο μπορεί να προταθεί για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της σύνδεσης.



Σχ. 1 Συνδέσεις πέλματος υποστύλωματος με κορμό δοκού [5]



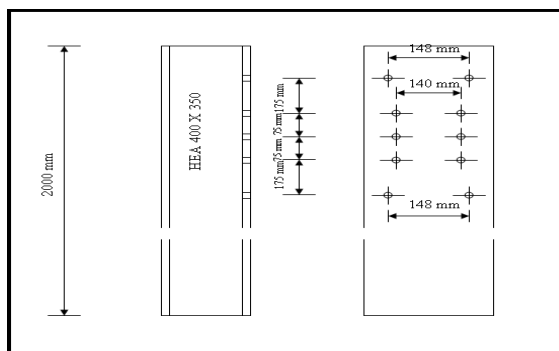
Σχ. 2 Η υπό εξέταση σύνδεση

Πολλές από τις μεθόδους που εφαρμόζονται για τη μελέτη της συμπεριφοράς κοχλιωτών συνδέσεων δεν λαμβάνουν υπόψη τους την παραμορφωσιμότητα μεταξύ των συνδεόμενων πλακών θεωρώντας συνθήκες πλήρους επαφής μεταξύ αυτών. Άμεση συνέπεια αυτής της υπόθεσης είναι ότι οι πλάκες που είναι σε επαφή απορροφούν τις θλιπτικές δυνάμεις, ενώ οι κοχλίες αναλαμβάνουν τυχόν δυνάμεις εφελκυσμού. Λόγω της ύπαρξης του προβλήματος διαχωρισμού σε μια κατασκευή, εμφανίζονται πρόσθετες εφελκυστικές δυνάμεις τις οποίες αναλαμβάνουν οι κοχλίες. Αυτές οι δυνάμεις ονομάζονται δυνάμεις ζεύγους. Πρόκειται για δευτερεύουσες δυνάμεις οι οποίες είναι το αποτέλεσμα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και του υλικού των συνδεόμενων μελών. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς κοχλιωτών συνδέσεων με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού σε συνδέσεις μεταξύ δοκών και υποστύλωματων (Σχ.2). Εξετάζεται το πρόβλημα μονόπλευρης επαφής που εμφανίζεται σε αυτές τις συνδέσεις εξαιτίας της παραμόρφωσης αυτών και προσδιορίζονται οι δυνάμεις ζεύγους που αναπτύσσονται. Η συμπεριφορά των παραπάνω συνδέσεων εξετάζεται και με τη βοήθεια της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιώντας το λογισμικό SAP2000 [6], όπου χρησιμοποιούνται οι νόμοι των προβλημάτων μονόπλευρης επαφής για τον καθορισμό των ζωνών επαφής μεταξύ των γωνιακών και του πέλματος των υποστύλωματων, οι οποίες δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων. Τα πειραματικά αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αριθμητικά που προέρχονται από την εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων.

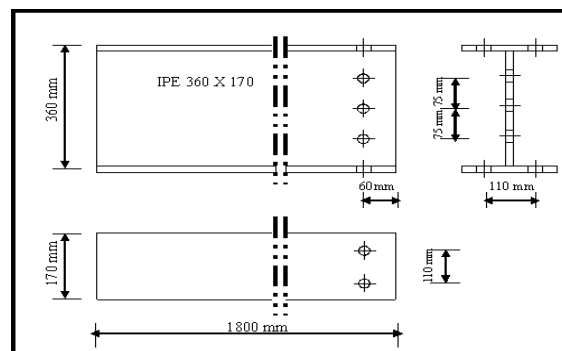
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Για την πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς κοχλιωτών συνδέσεων με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού οι οποίες χρησιμοποιούνται για τις

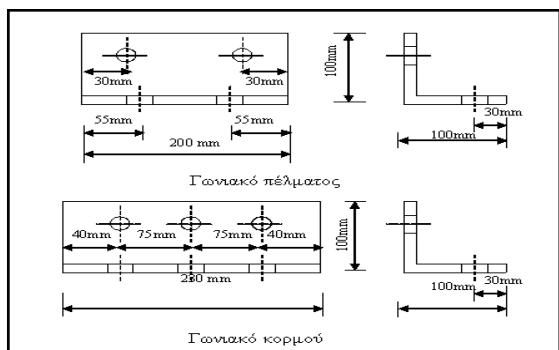
συνδέσεις δοκών με υποστυλώματα, εξετάστηκαν έξι δείγματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο σχηματίζοντας πρόβολο (Σχ.2). Κάθε δείγμα αποτελείται από το υποστυλώμα διατομής HEA400X350 και ύψους 2,00m, τη δοκό διατομής IPE360x170 και μήκους 1,80m και τέσσερα γωνιακά διατομής L100X100X10. Τα γωνιακά άνω και κάτω πέλματος έχουν μήκος 200mm ενώ τα γωνιακά κορμού έχουν μήκος 230mm. Για τη σύνδεση των παραπάνω μελών χρησιμοποιούνται κοχλίες M20 και μήκους 80mm και ο τρόπος σύνδεσης απεικονίζεται στα Σχ. 3,4 και 5. Για την τοποθέτηση μετρητών παραμόρφωσης (strain gages) ανοίχτηκαν οπές διαμέτρου 3,5mm και μήκους 30mm στη μέση των κοχλίων (Σχ.6). Μετρήθηκαν έτσι οι παραμορφώσεις στο πέλμα του υποστυλώματος όταν υπόκειται σε εφελκυσμό και σε απόσταση 450mm από την κορυφή του υποστυλώματος, οι παραμορφώσεις στο άνω και κάτω πέλμα της δοκού και σε απόσταση 500mm από το άκρο της σύνδεσης ή από το κέντρο στροφής της σύνδεσης και οι παραμορφώσεις στο σκέλος του άνω γωνιακού που συνδέεται με το πέλμα του κορμού στο μέσο του κοχλία (Σχ. 2). Ειδικοί μετρητές χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της μήκυνσης των κοχλίων. Τέλος, μετρητές τοποθετήθηκαν στη μέση γραμμή της δοκού για τη μέτρηση των παραμορφώσεων της δοκού.



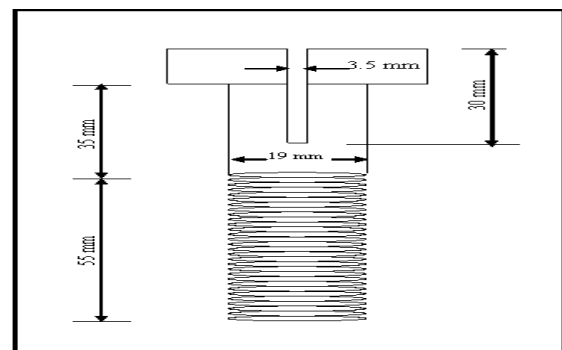
Σχ. 3 Μόρφωση του υποστυλώματος



Σχ. 4 Μόρφωση της δοκού



Σχ. 5 Μόρφωση γωνιακών



Σχ. 6 Λεπτομέρειες κοχλία M20



Εικ. 1 Πειραματική διάταξη της σύνδεσης



Εικ. 2 Πειραματική διάταξη της σύνδεσης

Κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε φόρτιση με τη βοήθεια υδραυλικού γρύλου ο οποίος είχε τη δυνατότητα να υπερβεί σε παρεχόμενη φόρτιση τη μέγιστη αντοχή της σύνδεσης. Για την ανάγνωση των ενδείξεων των μετρητών των παραμορφώσεων και της συσκευής φόρτισης χρησιμοποιήθηκε ειδικό λογισμικό. Η πειραματική διάταξη απεικονίζεται στις *Εικ. 1 και 2*. Κάθε πείραμα θεωρήθηκε ότι περατώθηκε όταν η σύνδεση δεν μπορούσε να αντέξει επιπλέον φόρτιση γεγονός που πιστοποιούνταν από την ανατροπή της πλάκας βάσης του υποστυλώματος ή το διαχωρισμό του άνω γωνιακού της σύνδεσης (*Εικ. 3 και 4*). Μετά το τέλος των πειραμάτων, τα άνω γωνιακά της σύνδεσης διαχωρίζονται πλήρως ενώ τα γωνιακά του κορμού υφίστανται μερικό διαχωρισμό (*Εικ. 4*).



Εικ. 3 Ανατροπή της πλάκας βάσης του υποστυλώματος

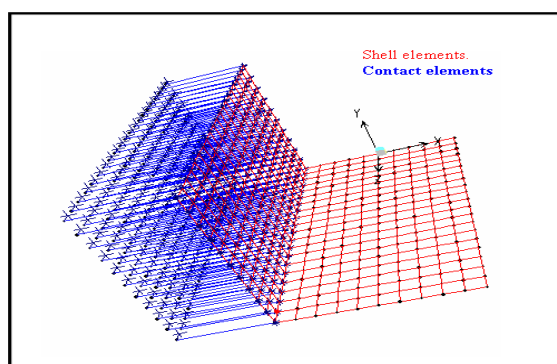


Εικ. 4 Διαχωρισμός γωνιακών πέλματος και κορμού

4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το λογισμικό SAP2000 χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της σύνδεσης του γωνιακού του άνω πέλματος της δοκού με το υποστύλωμα. Στοιχεία κελύφους αποτελούμενα από 4 κόμβους χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του γωνιακού. Στοιχεία πλαισίου (frame elements) με χαμηλή ακαμψία χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της περιοχής επαφής ανάμεσα στα γωνιακά, τη δοκό και το υποστύλωμα, ενώ στοιχεία πλαισίου με δεδομένη ακαμψία χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση των κοχλιών (Σχ. 7). Η τάση διαρροής και η οριακή τάση του χάλυβα είναι αντίστοιχα 300MPa και 450MPa, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τους κοχλίες είναι 650MPa και 800MPa. Εφαρμόστηκαν 21 δυνάμεις του 1kN σε κάθε κόμβο των στοιχείων κελύφους και υπολογίστηκαν οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα στοιχεία επαφής και στους κοχλίες. Κατόπιν υπολογίστηκε το άθροισμα των θλιπτικών δυνάμεων στα στοιχεία επαφής. Εν συνεχεία, εφαρμόστηκαν ξανά οι 21 δυνάμεις αυξάνοντας το μέγεθος κατά 1kN κάθε φορά. Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε αφού αφαιρέθηκαν τα στοιχεία επαφής στα οποία αναπτύσσονται εφελκυστικές δυνάμεις καταγράφοντας τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Οι δυνάμεις των στοιχείων επαφής που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αθροίστηκαν και ήταν είτε θλιπτικές είτε εφελκυστικές. Στα στοιχεία που παριστάνουν τους κοχλίες (**BTC1** και **BTC2**), αναπτύσσεται εφελκυστική δύναμη που έχει τιμή μικρότερη από τη δύναμη που εφαρμόζεται. Στα στοιχεία επαφής που βρίσκονται κάτω από το επίπεδο που περιέχει τους κοχλίες αναπτύσσονται πάντα εφελκυστικές δυνάμεις ενώ σε αυτά που βρίσκονται πάνω από το επίπεδο αναπτύσσονται πάντα θλιπτικές δυνάμεις. Το άθροισμα των εφελκυστικών δυνάμεων στα στοιχεία πλαισίου που προσομοιώνουν τις δυνάμεις επαφής και των κοχλιών είναι ίσο ή έχει πολλή μικρή διαφορά με τη δύναμη που εφαρμόζεται. Αυτή η διαφορά βρέθηκε ότι είναι ίση με το άθροισμα των θλιπτικών δυνάμεων των στοιχείων επαφής. Κατά την ανάλυση του προσομοιώματος στο οποίο δεν εμφανίζονται εφελκυστικές δυνάμεις στα στοιχεία επαφής,

οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στους κοχλίες υπολογίστηκαν και οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα υπόλοιπα στοιχεία επαφής αθροίστηκαν για κάθε επίπεδο. Αυτές οι θλιπτικές δυνάμεις παριστάνουν τις δυνάμεις ζεύγους (Πίν. 1).



Σχ. 7 Προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων για μοντελοποίηση της σύνδεσης του γωνιακού του άνω πέλματος της δοκού με το υποστύλωμα

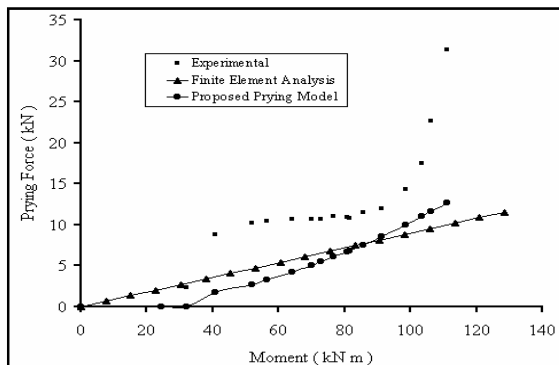
Εφαρμοσθείσα δύναμη (kN)	Προσομοίωμα με στοιχεία επαφής			Προσομοίωμα χωρίς εφελκυστικά στοιχεία επαφής		
	Δυνάμεις κοχλία (kN)		Δυνάμεις ζεύγους (kN)	Δυνάμεις κοχλία (kN)		Δυνάμεις ζεύγους (kN)
	BTC1	BTC2		BTC1	BTC2	
21	8.77	8.77	0	10.84	10.84	0.68
42	17.53	17.53	0	21.68	21.68	1.36
63	26.3	26.3	0	32.52	32.52	2.04
84	35.08	35.08	0	43.35	43.35	2.70
105	43.85	43.85	0	54.19	54.19	3.38
126	52.62	52.62	0	65.03	65.03	4.06
147	61.39	61.39	0	75.87	75.87	4.74
168	70.16	70.16	0	86.71	86.71	5.42
189	78.93	78.93	0	97.56	97.56	6.12
210	87.7	87.70	0	108.4	108.40	6.80
231	96.47	96.47	0	119.24	119.24	7.48
252	105.24	105.24	0	130.08	130.08	8.16
273	114.01	114.01	0	140.92	140.92	8.84
294	122.78	122.78	0	151.76	151.76	9.52
315	131.55	131.55	0	162.60	162.60	10.20
336	140.32	140.32	0	173.44	173.44	10.88
357	149.09	149.09	0	184.28	184.28	11.56
378	157.86	157.86	0	195.12	195.12	12.24
399	166.63	166.63	0	205.96	205.96	12.92

Πίν. 1 Αποτελέσματα ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων

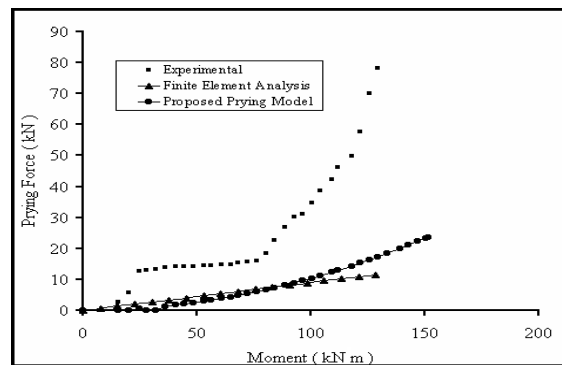
5. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΖΕΥΓΟΥΣ

Οι δυνάμεις ζεύγους υπολογίστηκαν για τους κοχλίες που συνδέουν το γωνιακό με το άνω πέλμα της δοκού και το υποστύλωμα, επειδή ο μέγιστος διαχωρισμός ανάμεσα στα διάφορα μέλη της σύνδεσης συμβαίνει σε εκείνη την περιοχή. Ο πειραματικός υπολογισμός των δυνάμεων ζεύγους βασίζεται στα αποτελέσματα των παραμορφώσεων εξαιτίας της εξωτερικής φόρτισης. Αρχικά υπολογίζεται η ροπή πολλαπλασιάζοντας τη

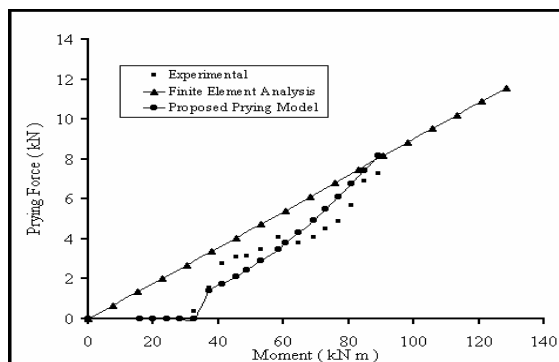
δύναμη με το μήκος της δοκού που είναι 1,58m. Έπειτα υπολογίζεται η δύναμη που ασκείται σε κάθε κοχλία της σύνδεσης του γωνιακού με το άνω πέλμα της δοκού και το υποστύλωμα η οποία ισούται με το ήμισι της ροπής δια του ύψους της δοκού που είναι 0,36m. Εν συνεχεία ο υπολογισμός της θεωρητικής παραμόρφωσης που οφείλεται στην εφαρμοσθείσα δύναμη είναι δυνατός θέτοντας διάμετρο κοχλία 19mm και μέτρο ελαστικότητας 150GPa. Η δύναμη ζεύγους θα ισούται με το γινόμενο τριών παραγόντων: του μέτρου ελαστικότητας του κοχλία με το εμβαδόν της διατομής του κοχλία και με τη διαφορά της θεωρητικής από την μετρηθείσα παραμόρφωση. Οι δυνάμεις που υπολογίστηκαν πειραματικά χρησιμοποιούνται για το θεωρητικό υπολογισμό των δυνάμεων ζεύγους εφαρμόζοντας το μοντέλο που περιγράφεται στη βιβλιογραφία [7].



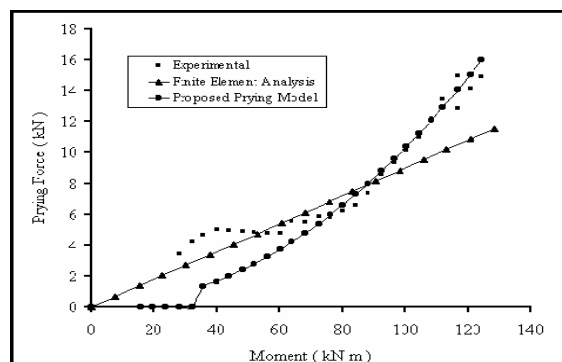
Σχ. 8 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 1)



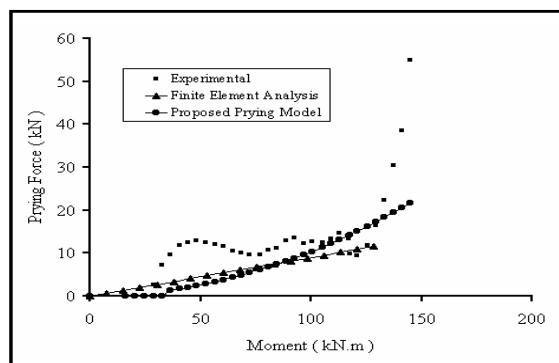
Σχ. 9 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 2)



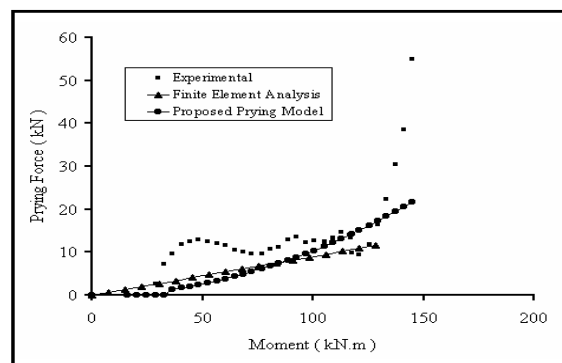
Σχ. 10 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 3)



Σχ. 11 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 4)



Σχ. 12 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 5)



Σχ. 13 Σύγκριση δυνάμεων ζεύγους (δείγμα 6)

Στα Σχ. 8-13 απεικονίζεται η σύγκριση των δυνάμεων ζεύγους που προήλθαν πειραματικά, θεωρητικά [7] και αριθμητικά. Τα αριθμητικά και θεωρητικά αποτελέσματα των δυνάμεων ζεύγους δεν εμφανίζουν μεγάλες διαφορές για όλα τα δείγματα. Οι πειραματικές όμως τιμές είναι πάντα μεγαλύτερες από τις άλλες και ιδιαίτερα για μεγάλες τιμές της εξωτερικής φόρτισης, εκτός από τα δείγματα 5 και 6 που έχουμε συμβατές τιμές

με τις θεωρητικές και τις αριθμητικές. Αυτή η διαφορά οφείλεται σε ένα απροσδόκητο γεγονός που συνέβη κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, δηλαδή τη μετακίνηση του γρύλου μετά την παραμόρφωση του δείγματος που είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση πρόσθετων τάσεων στους κοχλίες εξαιτίας της στρέψης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το φαινόμενο της μονόπλευρης επαφής στη δομική ανταπόκριση κοχλιωτών συνδέσεων με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού οι οποίες χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις δοκών με υποστυλώματα διερευνάται μέσα από μια σειρά πειραμάτων. Εξετάστηκαν έξι δείγματα στα οποία εφαρμόστηκε στατική κατακόρυφη φόρτιση έως ότου η σύνδεση να μην μπορεί να αντέξει άλλη φόρτιση. Επιπρόσθετα, η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων εφαρμόστηκε για τον αριθμητικό υπολογισμό των δυνάμεων ζεύγους στους κοχλίες μετά το διαχωρισμό των συνδεόμενων μελών. Τα πειραματικά και τα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά που υπολογίζονται θεωρητικά από την εφαρμογή μοντέλου που προτάθηκε στη βιβλιογραφία. Αποτέλεσμα αυτής της διερεύνησης είναι ότι αυτού του είδους οι συνδέσεις ανήκουν στις ημιάκαμπτες συνδέσεις. Είναι απαραίτητο να γίνει περισσότερη ερευνητική δουλειά για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς κοχλιωτών συνδέσεων με γωνιακά μέλη μεταξύ άνω - κάτω πέλματος και κορμού. Μία παραμετρική πειραματική μελέτη συνδυαζόμενη με μία αριθμητική ανάλυση βασισμένη στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιώντας προηγμένο λογισμικό είναι απαραίτητη, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά της σύνδεσης και οι δυνάμεις ζεύγους με πιο ακριβή τρόπο. Η παραμετρική μελέτη θα πρέπει να λάβει υπόψη τις παραμέτρους του πάχους των γωνιακών, της διαμέτρου του κοχλίου, της διαμέτρου της οπής και τις ιδιότητες του υλικού..

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Maison B. F., Rex C. O., Lindsey S. D., Kasai K. Performance of PR moment frame buildings in UBC seismic zones 3 and 4, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 126, No. 1, 2000, pp. 108–116.
- [2] Danesh F., Pirmoz A. Numerical modeling of top and seat angle connections with double web angles, *9th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, Ottawa, Ontario, Canada, 2007, Paper No. 1024..
- [3] Calado L., De Matteis G., Landolfo R., & Mazzolani F. M., “Cyclic Behavior of Steel Beam-to-Column Connections: Interpretation of Experimental Results, *Stability and Ductility of Steel Structures* (D. Dubina and M. Ivanyi eds), Elsevier pp. 211-220, Timisoara, Romania, 2000.
- [4] Iványi M., Iványi M. M., Iványi P. Experimental behavior of steel frame connections, *Pollack Periodica*, Vol. 5, No. 1, 2010, pp. 3–36.
- [5] Swanson, J. A., “Characterization of the strength, stiffness, and ductility behavior of T-stub connections.” Ph.D. dissertation, Georgia, Institute of Technology, Atlanta, 1999.
- [6] SAP 2000, Integrated Finite Elements Analysis and Design, graphic user interface manual, Computer and Structure Inc., Berkeley, California, USA.
- [7] K. Abdalla, D.N. Kaziolas, C.C. Baniotopoulos and M.A. Badarneh, “Investigation of the unilateral contact effect in the structural response of top and seated angle with double web angle bolted connections”, *Pollack Periodica*, Vol.5, No 3, 2010, pp 35-61.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY OF THE BEHAVIOR OF BOLTED CONNECTIONS BETWEEN BEAMS AND COLUMNS

Dimitrios N. Kaziolas

Dr. –Ing., Assistant Professor
Technological Educational Institute of Kavala
Greece
e-mail: dnkazio@teikav.edu.gr

Khairedin Abdalla

Dr. –Ing., Associate Professor
Civil Engineering Department, Jordan University of Science and Technology
P.O. 3030, Irbid-22110, Jordan
abdalla@just.edu.jo

Muneer A. Badarneh

Msc. Civil Engineer
Omar Abu Saad Company, Jabal Al- Husein
Amman, Jordan,
e-mail: muneer_bad@yahoo.com

Charalambos K. Baniotopoulos

Institute of Metal Structures, Department of Civil Engineering,
Aristotle University of Thessaloniki,
Thessaloniki, Greece
e-mail: ccb@civil.auth.gr

SUMMARY

One of the most attractive choices for the joining between the structural members in steel structures is bolted connections. Bolted connections provide a higher level of deformation capacity for the structure and a level of stiffness comparable to that of fully welded connections. The aim of the present paper is the experimental and numerical investigation of the structural response of top and seated angle with double web angle bolted connections that are used for beam-to-column connections. The experimental investigation is focused on the study of ductility, deformability, moment capacity, bolts prying force and contact zone of these connections. Six full-scale top and seat angles with double web angle bolted connections were tested. In parallel, a finite element analysis was developed to simulate the aforementioned test and in particular, to determine the contact area between the top angles with the column flange, given rise to additional forces, the so-called prying forces. The finite element results were compared to the experimental ones.