

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΙΑΚΟΥ
ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΜΨΗΣ ΛΕΠΤΟΤΟΙΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΞΕΔΡΩΝ
ΙΚΡΙΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ**

Κωνσταντίνος Τζάρος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Msc.

Εργαστήριο Ανάλυσης και Σχεδιασμού Κατασκευών, Τμήμα Πολ. Μηχ. Π.Θ.
Βόλος, Ελλάδα

Ευριπίδης Μυστακίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Εργαστήριο Ανάλυσης και Σχεδιασμού Κατασκευών, Τμήμα Πολ. Μηχ. Π.Θ.
Βόλος, Ελλάδα

Χαράλαμπος Γεωργιάδης

Λέκτορας

Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης, Τμήμα Πολ. Μηχ. Α.Π.Θ.
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

Φίλιππος Περδικάρης

Καθηγητής

Εργ. Κατασκευών και Τεχνολογίας Οπλισμένου Σκυροδέματος, Τμήμα Πολ. Μηχ. Π.Θ.
Βόλος, Ελλάδα

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

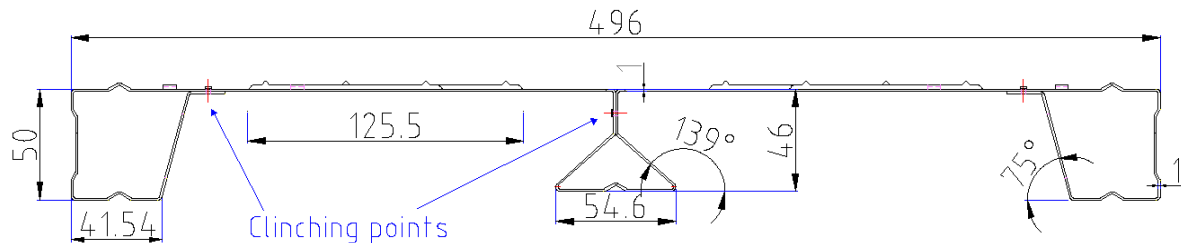
Στην παρούσα εργασία μελετάται η καμπτική απόκριση λεπτότοιχων μεταλλικών εξέδρων ικριωμάτων συγκεκριμένου τύπου. Η εργασία περιλαμβάνει πειραματικό και υπολογιστικό μέρος, με έμφαση στην αριθμητική προσομοίωση πειράματος κάμψης τριών σημείων και στόχο τον προσδιορισμό του οριακού καμπτικού φορτίου καθώς και την ερμηνεία των μη γραμμικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κατά την κάμψη. Η πειραματική εργασία ανέδειξε ως αίτιο αστοχίας την εμφάνιση αντισυμμετρικής μορφής μονόπλευρου τοπικού λυγισμού στα άνω θλιβόμενα πλακίδια της διατομής. Με δεδομένο ότι τα λεπτότοιχα μεταλλικά μαδέρια είναι ιδιαίτερος ευαίσθητα σε αρχικές γεωμετρικές ατέλειες, κύριο μέλημα της εργασίας αποτέλεσε η μέτρηση των πραγματικών ατελειών και ακολούθως η προσεγγιστική τους ενσωμάτωση στο αριθμητικό προσομοίωμα. Τα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα πειραματικά.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση μεταλλικών εξέδρων (μαδέρια) σε κατασκευές ικριωμάτων βρίσκει σήμερα πρόσφορο έδαφος στον κατασκευαστικό τομέα και τείνει να καθιερωθεί έναντι των παραδοσιακών ξύλινων μαδεριών. Η τάση αυτή ενισχύεται από μια σειρά

πλεονεκτημάτων, όπως το μικρό βάρος, η αυξημένη (συγκριτικά με τα ξύλινα μαδέρια) αντοχή καθώς και η ελάχιστη φθορά που υφίστανται στη διάρκεια του χρόνου.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την πειραματική και αριθμητική διερεύνηση της καμπτικής συμπεριφοράς ενός συγκεκριμένου τύπου λεπτότοιχου μεταλλικού μαδεριού που παράγεται από την εταιρία ΕΛΑΣΤΡΟΝ Α.Ε και έχει την κωδική ονομασία MM-N500. Η διατομή του μαδεριού δημιουργείται με κατάλληλη διαμόρφωση λεπτότοιχου μεταλλικού συνεχούς φύλλου πάχους 1mm. Το φύλλο διπλώνεται έτσι ώστε να προκύψουν δύο ακραίες κιβωτιοειδείς διαμορφώσεις και μία μεσαία διαμόρφωση τριγωνικού σχήματος (Σχ. 1). Η δημιουργία αυτών των περιοχών, που φέρουν κύρια το καμπτικό φορτίο, επιτυγχάνεται με την κατάλληλη σύνδεση (clinchng) του μεταλλικού φύλλου σε διάφορα σημεία. Για την περίπτωση των ακραίων διαμορφώσεων οι συνδέσεις υλοποιούνται ανά 86.9mm κατά μήκος της δοκού, ενώ για τη μεσαία διαμόρφωση ανά 54mm, αντίστοιχα. Στην άνω παρεία της μεταλλικής εξέδρας υπάρχουν ειδικού τύπου νευρώσεις (εντυπώματα) με σκοπό την δημιουργία αντιολισθητικής επιφάνειας εργασίας (Φωτ. 1). Επιπλέον χαρακτηριστικά του μεταλλικού μαδεριού MM-N500 αποτελούν οι ενδιάμεσες και ακραίες ενισχύσεις που εμφανίζονται στα επιμέρους πλακίδια που συνθέτουν τη διατομή, με σκοπό την αποφυγή εμφάνισης τοπικού λυγισμού (Φωτ. 2).



Σχ. 1: Η διατομή του μεταλλικού μαδεριού MM-N500.



Φωτ. 1: Τα εντυπώματα του μεταλλικού μαδεριού.



Φωτ. 2: Ακραίες και ενδιάμεσες ενισχύσεις του μεταλλικού μαδεριού.

Η εργασία αποτελεί συνέχεια της [1], στην οποία μελετήθηκε η καμπτική συμπεριφορά αυτού του τύπου μαδεριών, μέσω αριθμητικών προσομοιωμάτων πεπερασμένων στοιχείων και χρήση γεωμετρικής μη γραμμικής ανάλυσης. Στη μελέτη αυτή, μέσω μιας σειράς παραμετρικών αναλύσεων, διερευνήθηκε η συνεισφορά συγκεκριμένων παραμέτρων στην τιμή του οριακού φορτίου αστοχίας, όπως το βάθος των εντυπωμάτων και η επιρροή της πυκνότητας των συνδέσεων. Επιπρόσθετα, μέσω ενσωμάτωσης της 1^{ης} ιδιομορφής λυγισμού στο αριθμητικό προσομοίωμα είχαν εξαχθεί συμπεράσματα σε σχέση με την μείωση του οριακού φορτίου με την αύξηση του εύρους των ατελειών.

Στην παρούσα εργασία διεξάγεται μία πιο λεπτομερής ανάλυση του γεωμετρικά ατελούς φορέα, που βασίζεται στην διενέργεια πειραμάτων και εξειδικευμένων οργανομετρήσεων.

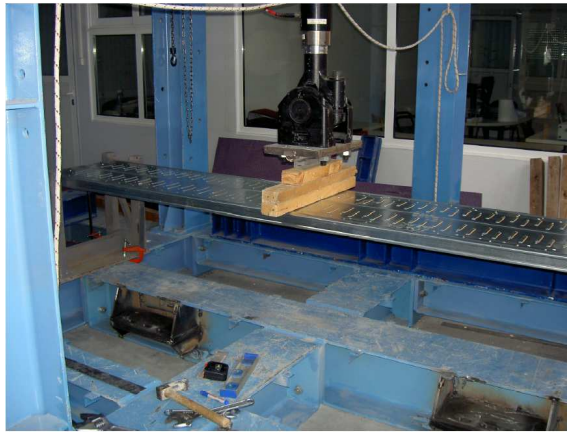
Ειδικότερα, με δεδομένο ότι η αρχική μελέτη [1] ανέδειξε τη σημαντική επιρροή των αρχικών γεωμετρικών ατελειών στην οριακή τιμή του φορτίου αστοχίας, αρχικά επιχειρήθηκε η ακριβής μέτρηση των γεωμετρικών ατελειών που υφίστανται σε μια σειρά από μεταλλικά μαδέρια. Εν συνεχεία, εκτελέστηκαν πειράματα κάμψης τριών σημείων σε μαδέρια διαφόρων μηκών και με διαφορετικές συνθήκες στήριξης. Στην εργασία παρουσιάζονται τα πειραματικά και αριθμητικά αποτελέσματα για μαδέρια απλά εδραζόμενο. Το πειραματικό σκέλος προσδιόρισε το οριακό φορτίο αστοχίας και ανέδειξε μια σειρά από μη γραμμικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την κάμψη. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε τρισδιάστατο προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων κελύφους που δύναται να αναπαράγει τα παραπάνω μη γραμμικά φαινόμενα. Στο προσομοίωμα αυτό λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα των οργανομετρήσεων που διεξήχθησαν για την μέτρηση των ατελειών. Τέλος τα παραγόμενα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα πειραματικά.

3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΑΡΩΤΗ LASER

Η μέτρηση των αρχικών γεωμετρικών ατελειών σε μεταλλικούς φορείς μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους [2]. Στην περίπτωση των λεπτότοιχων μεταλλικών μαδεριών που εξετάστηκαν πειραματικά, οι αρχικές γεωμετρικές ατέλειες μετρήθηκαν με το σαρωτή laser NextEngine 3D που βασίζεται στην αρχή του τριγωνισμού. Οι ακρίβειες που παρέχει είναι της τάξης των 12.7 μικρών ενώ η ανάλυση του (βήμα καννάβου) είναι 63.5 μικρά. Το κυριότερο πρόβλημα στην αποτύπωση των μαδεριών ήταν η μεγάλη ανακλαστικότητα της επιφάνειάς τους. Για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος η επιφάνεια των μαδεριών καλύφθηκε με ένα πολύ λεπτό στρώμα υδατοδιαλυτού χρώματος. Λόγω του μικρού εύρους πεδίου του σαρωτή πραγματοποιήθηκαν για το κάθε μεταλλικό μαδέρια περί στις 15-20 σαρώσεις, ανάλογα με το μέγεθός του. Οι επιμέρους σαρώσεις ενώθηκαν με το λογισμικό Polyworks, για να δημιουργηθεί το τελικό νέφος σημείων για το κάθε μαδέρια ξεχωριστά. Για διευκόλυνση στην διαδικασία της συνένωσης των νεφών, υλοποιήθηκαν σημεία με τυχαία κατανομή σε κάθε μαδέρια. Η ακρίβεια ένωσης των νεφών ήταν της τάξης των μερικών εκατοστών του μικρού. Το σύνολο των σημείων που μετρήθηκαν για το κάθε μαδέρια κυμάνθηκε από 460000-580000. Για την ανάλυση των δεδομένων ήταν απαραίτητη η δημιουργία καννάβου 5 χιλιοστών. Για κάθε μαδέρια ορίστηκε σύστημα αναφοράς στην κάτω αριστερή γωνία, και δημιουργήθηκε κάρναβος με τη μέθοδο Kriging και χρήση του λογισμικού Surfer [3].

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΚΑΜΨΗΣ ΤΡΙΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

Για τον προσδιορισμό του μέγιστου οριακού φορτίου που δύναται να φέρουν τα μεταλλικά μαδέρια διατομής MM-N500 και την εκτίμηση της συνολικής καμπτικής απόκρισής τους, διενεργήθηκαν πειράματα κάμψης τριών σημείων. Στην εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κάμψης μεταλλικής δοκού μήκους 2865mm. Στη Φωτ. 3 παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε, στην οποία η λεπτότοιχη μεταλλική δοκός εδράζεται απλά πάνω στις κυκλικές ράβδους δύο μεταλλικών πύργων κριωμάτων. Σημειώνεται ότι η μεσαία τριγωνική διαμόρφωση δεν βρίσκεται αρχικά σε επαφή με τις ράβδους στήριξης διότι είναι κοντύτερη από τις δύο ακραίες κιβωτιοειδείς διαμορφώσεις (Σχ.1). Κατά την διάρκεια της κάμψης όμως, ενδέχεται να έρθει σε επαφή με τις ράβδους στήριξης και η μεσαία διαμόρφωση μεταβάλλοντας έτσι τις συνοριακές συνθήκες του στατικού συστήματος. Η ιδιαιτερότητα αυτή, που αποτελεί πηγή μη γραμμικότητας, παρατηρήθηκε κατά την πειραματική διαδικασία, και για αυτό το λόγο αναπαρήχθη στο αριθμητικό προσομοίωμα.



Φωτ. 3: Πειραματική δοκιμή κάμψης 3-σημείων μεταλλικού μαδεριού διατομής MM-N 500.

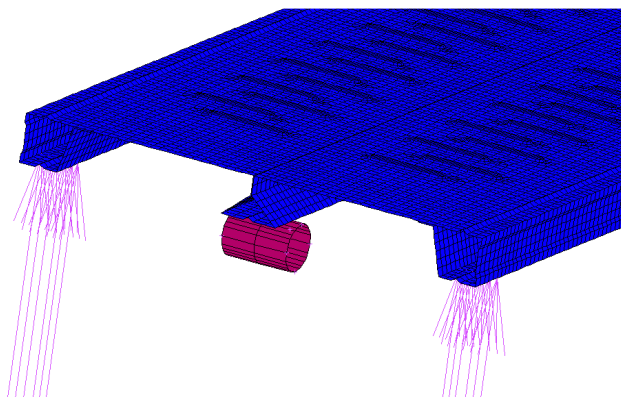


Φωτ. 4: Μορφή αστοχίας του δοκιμίου της Φωτ.3.

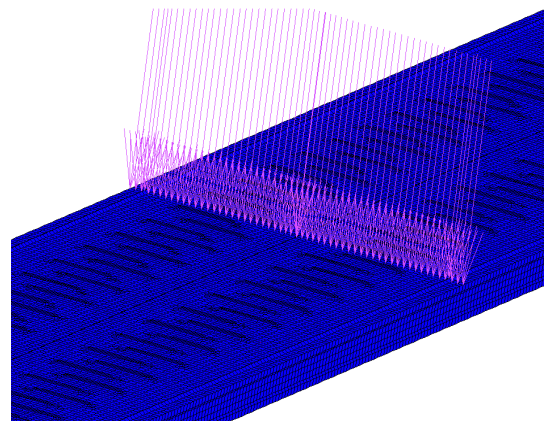
Το μαδέρι φορτίζεται στο μέσο του με μονοτονική στατική φόρτιση μέσω ελεγχόμενα αυξανόμενης μετακίνησης ενός υδραυλικού γρύλλου υπό σταθερή ταχύτητα. Για την ποιότητα του μητρικού υλικού διεξήχθησαν πειράματα εφελκυσμού (coupon tests) μέσω των οποίων βρέθηκε το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα ($E = 210 \text{ Gpa}$) και η τάση διαρροής ($f_y = 364.4 \text{ Mpa}$). Η δοκός αστόχησε για φορτίο ίσο με 4.86 kN λόγω ανάπτυξης φαινομένων τοπικού λυγισμού στα πλακίδια του άνω θλιβόμενου πέλματος στην περιοχή της φόρτισης (Φωτ. 4).

5. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η αριθμητική προσομοίωση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το πειραματικό δοκίμιο μήκους 2865mm που εξετάστηκε προηγουμένως. Για την αριθμητική προσομοίωση του φυσικού προβλήματος η δοκός διακριτοποιήθηκε σε 46440 ισοπαρομετρικά στοιχεία κελύφους [4]. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην προσομοίωση των συνδέσεων των μεταλλικών φύλλων που συνθέτουν την διατομή, καθώς επίσης και στην προσομοίωση των συνθηκών έδρασης.



Σχ. 3: Συνθήκες έδρασης του μεταλλικού μαδεριού.



Σχ. 4: Φόρτιση του μεταλλικού μαδεριού στο μέσο του (επιβαλλόμενη μετακίνηση).

Συγκεκριμένα, δόθηκε κινηματική εξάρτηση στους κόμβους που αποτελούν τα σημεία σύνδεσης των μεταλλικών πλακιδίων, ούτως ώστε να υπάρχει σύνδεση των μετατοπίσεων.

Με δεδομένο ότι κατά την έναρξη της κάμψης μόνο οι δύο ακραίες διαμορφώσεις βρίσκονται σε επαφή με τις ράβδους στήριξης ενώ η μεσαία τριγωνική διαμόρφωση έρχεται μετέπειτα σε επαφή, αποφασίστηκε οι συνθήκες έδρασης των ακραίων διαμορφώσεων να θεωρηθούν ως ακλόνητες στην κατακόρυφη διεύθυνση, ενώ για την κάτω παρειά της μεσαίας διαμόρφωσης θεωρήθηκαν συνθήκες μονόπλευρης επαφής με την ράβδο στήριξης (Σχ. 3). Στο προσομοίωμα επιβλήθηκε μετακίνηση (Σχ.4) στη μεσαία διατομή του, όπως και στην πειραματική διάταξη.

Η εύρεση του φορτίου αστοχίας και η εκτίμηση της απόκρισης της κατασκευής είναι εφικτή μόνο μέσω γεωμετρικής μη γραμμικής ελαστοπλαστικής ανάλυσης μεγάλων μετακινήσεων μιας και όπως ανέδειξε η πειραματική εργασία, η αστοχία είναι αποτέλεσμα φαινομένων τοπικού λυγισμού. Για τη ρεαλιστική προσομοίωση των πειραμάτων κάμψης και για τον προσδιορισμό του οριακού φορτίου αστοχίας, η εφαρμογή της ανωτέρω μη γραμμικής ανάλυσης διεξήχθη για τον γεωμετρικά ατελή φορέα.

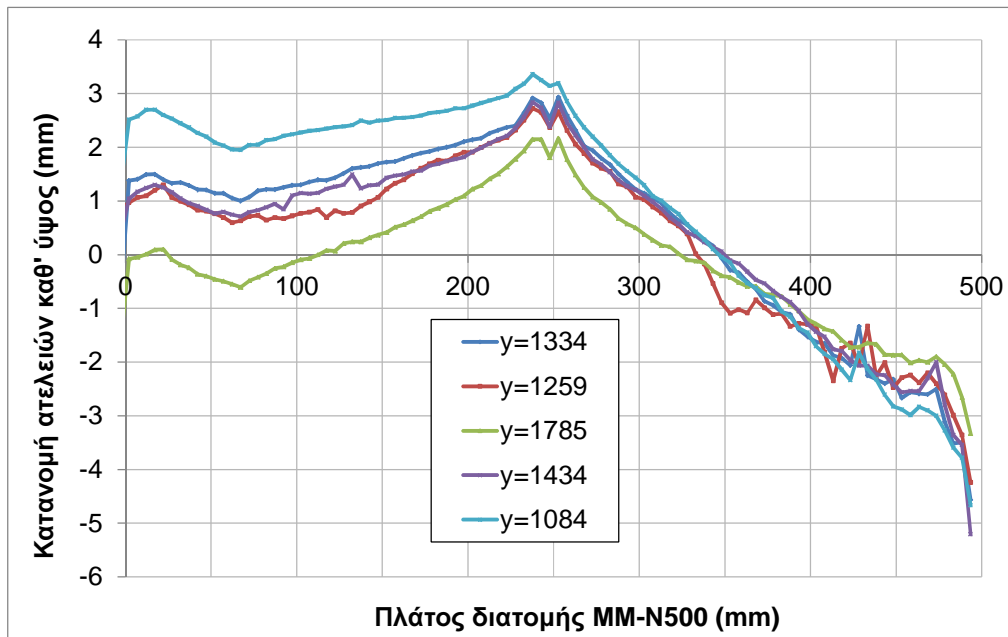
Αξίζει να σημειωθεί ότι η αριθμητική προσομοίωση του γεωμετρικά τέλει φορέα [1] ανέδειξε άλλη μια πηγή μη γραμμικότητας στην κάμψη του μαδεριού που πρέπει να ληφθεί υπόψη και η οποία αποκτά ιδιαίτερη αξία στην περίπτωση κατά την οποία ενσωματώνονται αρχικές γεωμετρικές ατέλειες στο αριθμητικό προσομοίωμα. Συγκεκριμένα, υπάρχει η περίπτωση μέρος του μεταλλικού πλακιδίου της άνω παρειάς του μαδεριού που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο σημεία σύνδεσης να διεισδύσει στο υποκείμενο πλακίδιο. Επειδή αυτού του είδους η παραμορφωσιακή κατάσταση δεν μπορεί να εμφανισθεί στην πραγματικότητα, μεταξύ των πλακιδίων που συνθέτουν την διατομή θεωρούνται νόμοι μονόπλευρης επαφής για την αποφυγή των φαινομένων διείσδυσης. Η ύπαρξη του υποκείμενου πλακιδίου σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες συνδέσεις (clinchng), έχει ως αποτέλεσμα ο λυγισμός που υφίστανται τα άνω θλιβόμενα πλακίδια να μην γίνεται ανεμπόδιστα και ως εκ τούτου να χαρακτηρίζεται ως μονόπλευρος (unilateral buckling).

Η χρήση των ιδιομορφών λυγισμού ως αρχικών γεωμετρικών ατελειών στα αριθμητικά προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων για την περίπτωση φορέων που δύναται να αστοχήσουν έναντι φαινομένων μονόπλευρου λυγισμού, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Ο κύριος λόγος είναι ότι η ιδιομορφική ανάλυση είναι μια γραμμικού τύπου διαδικασία που δεν μπορεί να λάβει υπόψη τα φαινόμενα επαφής και ως εκ τούτου μπορεί να εξάγει ιδιομορφές μη συμβατές με την παραμορφωσιακή κατάσταση του πραγματικού φορέα. Επιπλέον, ακόμα και αν μια ιδιομορφή είναι σύμβατη με τις συνοριακές συνθήκες του φορέα, εν τούτοις η κλιμάκωση για διάφορα μέγιστα εύρη μπορεί να οδηγήσει εκ νέου σε μη συμβατές παραμορφώσεις.

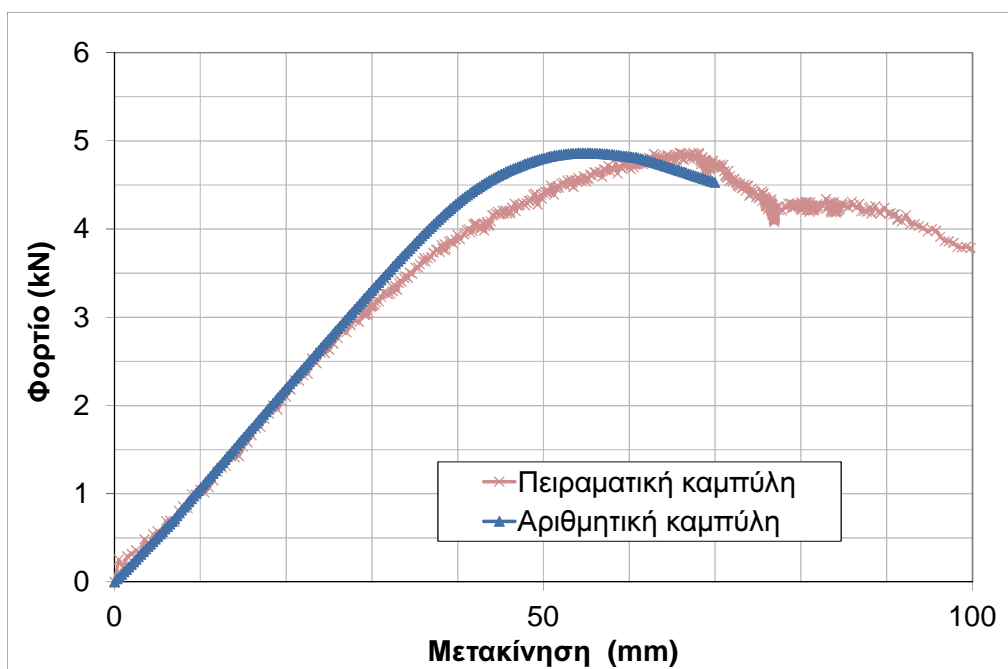
Για τους παρραπάνω λόγους, στην περίπτωση του μεταλλικού μαδεριού που μελετάται, ως αρχική ατέλεια χρησιμοποιήθηκε η μορφή αστοχίας που παρατηρήθηκε στα πειράματα και η οποία είναι συμβατή με την μονόπλευρη λειτουργία των πλακιδίων που υπόκεινται σε τοπικό λυγισμό. Το μέγεθος της αρχικής γεωμετρικής ατέλειας καθορίστηκε από τις πειραματικές μετρήσεις που εκτελέστηκαν για το σκοπό αυτό. Στο Σχ. 5 απεικονίζεται η καθ' ύψος κατανομή των ατελειών (άξονας z) για τυπικές κατά πλάτος (άξονας y) τομές της δοκού. Οι τομές αφορούν μια περιοχή 35cm εκατέρωθεν της φορτιζόμενης διατομής. Σημειώνεται ότι κατά μήκος της δοκού (άξονας x) δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερη μεταβολή στην καθ' ύψος κατανομή των ατελειών.

Στο Σχ. 6 παρουσιάζεται η καμπύλη δύναμης-μετακίνησης που προέκυψε από την αριθμητική εργασία για μέγιστο εύρος ατέλειας της τάξης των 3mm. Η ανωτέρω τιμή

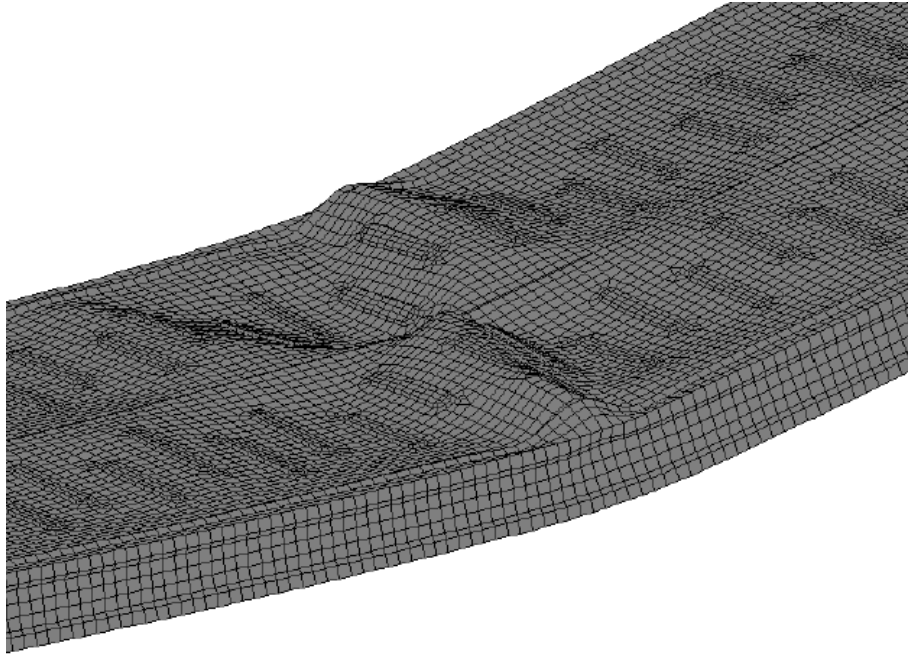
αποτελεί τον μέσο όρο των μέγιστων τιμών όλων των κατά πλάτος κατανομών που έχουν καταγραφεί εντός της θεωρούμενης περιοχής υπολογισμού μήκους 70cm (συμμετρικά τοποθετημένης ως προς τον άξονα της φόρτισης). Όπως απεικονίζεται και στο Σχ. 6, υπάρχει ικανοποιητική σύγκλιση μεταξύ πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων. Ο φορέας αστοχεί λόγω φαινομένων πλαστικού μονόπλευρου τοπικού λυγισμού για φορτίο περί τα 5 kN, ενώ για φορτίο περί τα 0.8 kN είναι εμφανής στο διάγραμμα του Σχ. 6 η αλλαγή που επέρχεται στην δυσκαμψία του συστήματος λόγω αλλαγής των συνοριακών συνθηκών. Στο Σχ. 7 παρουσιάζεται η μορφή αστοχίας του φορέα που αντιστοιχεί στην ανάπτυξη μιας αντισυμμετρικής μορφής τοπικού λυγισμού.



Σχ. 5: Τοπικές καθ' ύψος κατανομές αρχικών γεωμετρικών ατελειών για διάφορες κατά πλάτος τομές του μεταλλικού μαδεριού.



Σχ. 6: Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων δύναμης-μετακίνησης.



Σχ. 7: Μορφή αστοχίας του μεταλλικού μαδεριού (αριθμητική ανάλυση με FEM).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν άρθρο μελετήθηκε η καμπτική απόκριση λεπτότοιχων μεταλλικών μαδεριών. Η εργασία είχε πειραματικό και αριθμητικό σκέλος. Έμφαση δόθηκε στον πειραματικό προσδιορισμό των αρχικών γεωμετρικών ατελειών του φορέα και στην μετέπειτα θεώρηση και ενσωμάτωση τους στο υπολογιστικό προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων. Η αστοχία του φορέα είναι αποτέλεσμα μονόπλευρου τοπικού πλαστικού λυγισμού στην άνω θλιβόμενη κρίσιμη περιοχή. Η σύγκριση των παραγόμενων αριθμητικών αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα πειραματικά είναι ικανοποιητική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΤΖΑΡΟΣ Κ., ΜΥΣΤΑΚΙΔΗΣ Ε., “Αριθμητική μελέτη της συμπεριφοράς λεπτότοιχων μεταλλικών εξέδρων κριωμάτων”, 6^ο Εθνικό Συνέδριο Μεταλλικών Κατασκευών, Ιωάννινα, Οκτώβριος 2008.
- [2] DUBINA D., UNGUREANU V., “Effect of imperfections on numerical simulation of instability behaviour of cold formed steel members”, *Thin-Walled Structures*, 40, 239-262, 2002.
- [3] GEORGIADIS C., PATIAS P., STYLIANOY G., “Capturing the past and present: tools and methodologies for 3D modeling of small objects”, 22th Cipa Symposium, Kyoto, Japan (ISSN 2076-7730), 2009.
- [4] MSC SOFTWARE CORPORATION, MSC Marc, Volume A: Theory and User Information, Version 2010.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE BUCKLING BEHAVIOUR OF COLD FORMED STEEL PLATFORMS WITH INITIAL GEOMETRIC IMPERFECTIONS

Konstantinos Tzaros

Dr. Civil Engineer, Msc.

Lab. Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Thessaly,
Volos, Greece

Euripidis Mistakidis

Assoc. Professor

Lab. Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Thessaly,
Volos, Greece

Charalambos Georgiadis

Lecturer

Dept. of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki,
Thessaloniki, Greece

Philip Perdikaris

Professor

Lab. of concrete technology and reinforced concrete structures, Dept. of Civil Engineering,
Univ. of Thessaly,
Volos, Greece

1. SUMMARY

The paper studies the buckling behaviour of cold formed steel platforms in bending by applying experimental testing and numerical procedures based on nonlinear finite element analysis. The cross section of these platform is manufactured from a continuous steel sheeting which is being appropriately folded. The points at which the folded areas come in contact are connected by clinching.

The aim of the paper is the estimation of the bending strength of the platforms and the comprehension of their failure mode. For this reason a series of three point bending tests were carried out on various specimens. The results for a simply supported system of 2865mm length are presented. Due to the fact that several nonlinear phenomena take place during the bending deformation, a nonlinear finite element model of 46440 shell elements is used, equipped with the appropriate boundary conditions. The presented finite element model is able to take into account all the nonlinearities which are present in the physical problem (geometric and material nonlinearities, unilateral contact, etc). For the precise estimation of the ultimate load, initial geometric imperfections are introduced in the finite element model. The magnitude of the imperfections is determined through experimental measurements based on the 3D Laser Scanning of the steel platform. The arising numerical results are in good agreement with the corresponding experimental ones.