

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΒΑΣΕΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ
ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 3 ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Ευριπίδης Μυστακίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής

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

Αθανάσιος Μιχαηλίδης

Καθηγητής

Εργ. Στοιχείων Μηχανών και Μηχανολογικού Σχεδιασμού, Τμ. Μηχανολόγων Μηχ. Α.Π.Θ.
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

Κωνσταντίνος Τζάρος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

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

Δάφνη Παντούσα

Πολιτικός Μηχανικός Msc., Υπ. Διδάκτωρ

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

Μιχαήλ Μαλικουτσάκης

Μηχανολόγος Μηχανικός, Υπ. Διδάκτωρ

Εργ. Στοιχείων Μηχανών και Μηχανολογικού Σχεδιασμού, Τμ. Μηχανολόγων Μηχ. Α.Π.Θ.
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

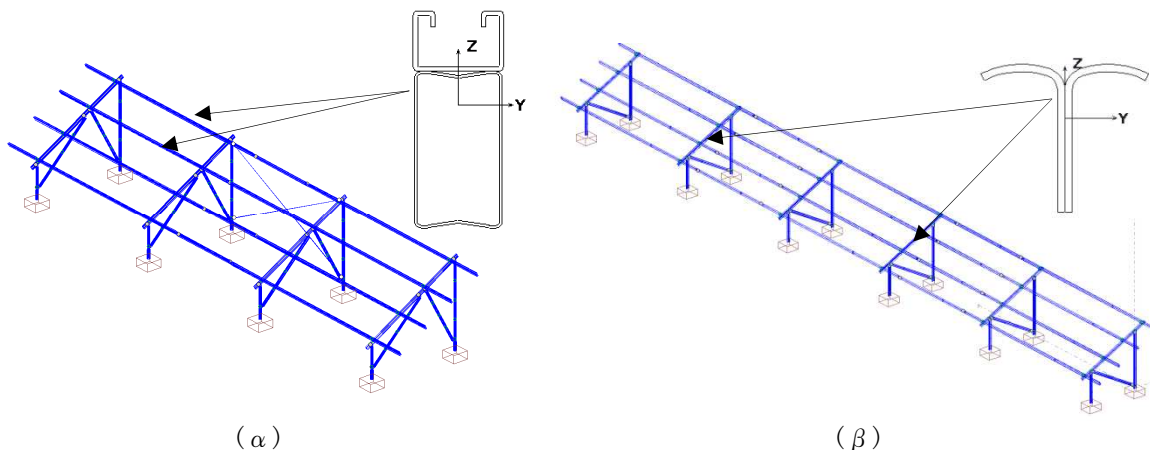
1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κατασκευή των βάσεων των φωτοβολταϊκών συστημάτων γίνεται, κυρίως για λόγους οικονομίας, με χρήση ειδικών, μη συμβατικών, λεπτότοιχων χαλύβδινων διατομών ψυχρής διαμόρφωσης. Επιπλέον, για αυτού του είδους τις διατομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικοί χάλυβες που χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλές τιμές της τάσης διαρροής. Ο σχεδιασμός τέτοιων μεταλλικών κατασκευών επιτρέπεται από τον Ευρωκώδικα 3 μόνο διαμέσου εφαρμογής διαδικασίας σχεδιασμού υποβοηθούμενης από πειράματα. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ανωτέρω διαδικασία για τα φέροντα στοιχεία δύο συγκεκριμένων βάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η εργασία επικεντρώνεται κυρίως στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας που επιτυγχάνεται διαμέσου της χρήσης τρισδιάστατων προσομοιωμάτων πεπερασμένων στοιχείων.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων πραγματοποιείται με ειδικά μεταλλικά συστήματα δοκών και στύλων, τα οποία αποτελούν το στατικό φορέα μεταφοράς των επιβαλλόμενων εξωτερικών φορτίων στο έδαφος. Για την κατασκευή των βάσεων των φωτοβολταϊκών στοιχείων δύναται να χρησιμοποιηθούν τυποποιημένες μεταλλικές διατομές. Παρόλα αυτά, έχει αποδειχθεί ότι η χρήση συμβατικών διατομών οδηγεί σε οικονομικά ασύμφορες λύσεις. Για το λόγο αυτό οι κατασκευαστές έχουν οδηγηθεί στην χρήση μη συμβατικών λεπτότοιχων διατομών ψυχρής έλασης που εμφανίζουν ποικιλία σχημάτων και ανταποκρίνονται τόσο στις απαιτήσεις αντοχής όσο και οικονομίας. Σε πολλές περιπτώσεις η μόρφωση αυτού του τύπου των διατομών συνοδεύεται με τη χρήση ειδικών χαλύβων που χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλές τιμές του ορίου διαρροής τους, συνοδευόμενες με μειωμένες τιμές της ικανότητας παραμόρφωσης.

Στο Σχ. 1 παρουσιάζονται δύο διαφορετικές διατάξεις βάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων, των οποίων οι τεγίδες και οι κύριες δοκοί έχουν κατασκευαστεί με την χρήση μη συμβατικών λεπτότοιχων διατομών ψυχρής έλασης.



Σχ.1: Μεταλλικά στατικά συστήματα από λεπτότοιχες μη συμβατικές διατομές ψυχρής έλασης για την στήριξη φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Συγκεκριμένα, η διατομή των τεγίδων του μεταλλικού φορέα του Σχ. 1α, συνολικού πλάτους και ύψους 40 mm και 97 mm αντίστοιχα, συντίθεται από την συγκόλληση μιας ορθογωνικής κοιλοδοκού πάχους 1.2 mm, μητρικού υλικού υψηλής αντοχής αλλά μειωμένης πλαστιμότητας, τύπου ST-OK ($f_y = 660 \text{ MPa}$) και μιας διατομής τύπου U πάχους 1.8 mm και μητρικού υλικού DCP με $f_y = 235 \text{ MPa}$. Αντίστοιχα, η διατομή των κύριων δοκών του μεταλλικού πλαισίου του Σχ 1β, πλάτους 90 mm και ύψους 80 mm, συντίθεται από δύο διατομές τύπου J, πάχους 4 mm και μητρικού υλικού S235 ($f_y = 235 \text{ MPa}$), που συνδέονται μεταξύ τους ανά αποστάσεις με συγκόλληση ή κοχλίωση.

Η παραμορφωσιακή και εντατική κατάσταση των στατικών συστημάτων των μεταλλικών βάσεων του Σχ. 1 είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης των εξωτερικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή και συγκεκριμένα της ανεμοπίεσης, του χιονιού και των σεισμικών δράσεων. Η κύρια καταπόνηση των τεγίδων και των κύριων δοκών είναι καμπτικού τύπου. Ως εκ τούτου, τα ανωτέρω μέλη πρέπει να ελεγχθούν τόσο όσον αφορά την επάρκεια της διατομής όσο και έναντι φαινομένων αστάθειας (μέλη ευαίσθητα σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό) [1].

Εν γένει, ο σχεδιασμός μεταλλικών φορέων από λεπτότοιχες διατομές ψυχρής διαμόρφωσης βασίζεται στις κανονιστικές διατάξεις του μέρους 1.3 του Ευρωκώδικα 3 [1]. Παρόλα αυτά, είναι γεγονός ότι αρκετές από τις διατάξεις του κανονισμού αυτού είναι συντηρητικές, οδηγώντας σε οικονομικά ασύμφορες λύσεις. Μάλιστα, για τυποποιημένες βιομηχανικές κατασκευές που εφαρμόζονται πολλαπλώς, προτείνεται, για οικονομικούς λόγους, η αξιοποίηση του υποβοηθούμενου από πειράματα σχεδιασμού. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος κανονισμός δεν δύναται να καλύψει απαιτήσεις σχεδιασμού μελών από μη συμβατικούς χάλυβες με μειωμένη πλαστιμότητα. Τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί ο στατικός σχεδιασμός των μεταλλικών συστημάτων του Σχ. 1.

Οι ανωτέρω ιδιαιτερότητες οδηγούν στην χρήση του παραρτήματος Α του μέρους 1.3 του Ευρωκώδικα 3 [1], σύμφωνα με το οποίο η διαδικασία σχεδιασμού δύναται να βασισθεί στην διεξαγωγή πειραμάτων. Συγκεκριμένα, εκτελούνται μια σειρά από πειράματα για την εύρεση της αντοχής σχεδιασμού των δομικών μελών σύμφωνα με τις προτεινόμενες διατάξεις του παραρτήματος Α. Στη συνέχεια μπορούν να εφαρμοστούν όλες οι διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 που αφορούν στους απαιτούμενους ελέγχους για την επάρκεια των μελών.

Στις επόμενες παραγράφους του άρθρου αρχικά παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο η υποβοηθούμενη από πειράματα διαδικασία σχεδιασμού, όπως προτείνεται από τον Ευρωκώδικα 3 [1]. Σκοπός του άρθρου όμως είναι η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή των πειραμάτων. Όπως αποδεικνύεται, για τα μέλη των φορέων του Σχ.1, η πειραματική διαδικασία δύναται να υποστηριχθεί από αντίστοιχη υπολογιστική αριθμητική εργασία με βάση την τρισδιάστατη προσομοίωση των πειραμάτων μέσω της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων και εφαρμογής μη γραμμικής στατικής ανάλυσης. Η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιωμάτων δύναται να εξηγήσει τα φαινόμενα που εμφανίζονται στα πειράματα και επιπλέον να αποτελέσει τη βάση για παραμετρική μελέτη και εξαγωγή αποτελεσμάτων για την εκτίμηση της αντοχής μελών μεταβάλλοντας παραμέτρους όπως το πάχος των επιμέρους τμημάτων της διατομής, την ποιότητα του υλικού κτλ.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Σύμφωνα με το παράρτημα Α του μέρους 1.3 του Ευρωκώδικα 3, οι αντοχές σχεδιασμού ενός μέλους δύναται να προσδιορισθούν μέσα από τη διενέργεια κατάλληλων πειραμάτων. Ο τύπος των πειραμάτων που πρόκειται να εκτελεστούν εξαρτάται κάθε φορά από το ζητούμενο μέγεθος αντοχής (κάμψη, διάτμηση, αντοχή σε εφελκυσμό, θλίψη κτλ.), ενώ ο απαιτούμενος αριθμός δοκιμών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τέσσερις για την κάθε περίπτωση. Λεπτομέρειες για τον τρόπο διεξαγωγής των πειραμάτων δίνονται στο [1].

Η μετατροπή των μετρηθεισών πειραματικών τιμών αντοχής σε τιμές σχεδιασμού είναι εφικτή μετά από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία. Συγκεκριμένα, οι τέσσερις μετρηθείσες πειραματικές τιμές αντοχής $R_{obs,i}$ προσαρμόζονται κατάλληλα ούτως ώστε να ληφθούν υπόψη οι διαφορές μεταξύ πραγματικής και ονομαστικής τάσης διαρροής καθώς και οι διαφορές που προκύπτουν από την διαφοροποίηση του πραγματικού πάχους των διατομών του πειράματος σε σχέση με το ονομαστικό πάχος. Η ανωτέρω προσαρμογή γίνεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$R_{adj,i} = \frac{R_{obs,i}}{\mu_R}, \quad (1)$$

όπου $R_{adj,i}$ είναι οι προσαρμοσμένες τιμές αντοχής και μ_R ένας συντελεστής προσαρμογής που λαμβάνει υπόψη την πραγματική και την ονομαστική τάση διαρροής ($f_{yb,obs}$ και f_{yb} αντίστοιχα) καθώς και το πραγματικό και ονομαστικό πάχος ($t_{obs,cor}$ και t_{cor} αντίστοιχα) και δίνεται από την σχέση:

$$\mu_R = \left(\frac{f_{yb,obs}}{f_{yb}} \right)^\alpha \left(\frac{t_{obs,cor}}{t_{cor}} \right)^\beta. \quad (2)$$

Στην ανωτέρω σχέση η τιμή των εκθετών α, β καθορίζεται στο [1]. Εν συνεχεία προσδιορίζεται η χαρακτηριστική τιμή αντοχής του μεγέθους σχεδιασμού που ζητείται, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$R_k = R_m - k \cdot s, \quad (3)$$

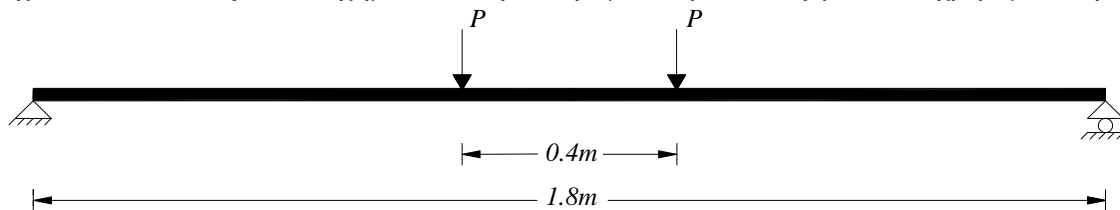
όπου R_m η μέση τιμή των προσαρμοσμένων πειραματικών τιμών αντοχής, k ένας συντελεστής που σχετίζεται με τον αριθμό των πειραματικών δοκιμών και s η τυπική απόκλιση σύμφωνα με το [1]. Ακολουθώντας την ανωτέρω διαδικασία η τελική τιμή αντοχής σχεδιασμού υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M \gamma_{sys}}, \quad (4)$$

όπου, γ_M, γ_{sys} κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας [1].

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ – ΜΕΛΕΤΗ ΔΥΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

Η καταπόνηση των τεγίδων του μεταλλικού φορέα του Σχ. 1α, αφορά κάμψη και ως προς τις δύο διευθύνσεις. Με δεδομένο ότι το άνω τμήμα (τύπου U) της διατομής τους (Σχ. 1α) είναι κατασκευασμένο από συμβατικό δομικό χάλυβα ενώ το κάτω τμήμα (ορθογωνική κοιλοδοκός) προέρχεται από χάλυβα πολύ υψηλής αντοχής ($f_y > 660 \text{ MPa}$), οι αντοχές της συγκολλητής σύνθετης διατομής δεν δύναται να υπολογιστούν σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 3. Για το λόγο αυτό διενεργήθηκαν μια σειρά από πειράματα κάμψης τεσσάρων σημείων και ως προς τις δύο διευθύνσεις της κάμψης (y-y και z-z). Στο Σχ. 2 απεικονίζεται σχηματικά η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε.

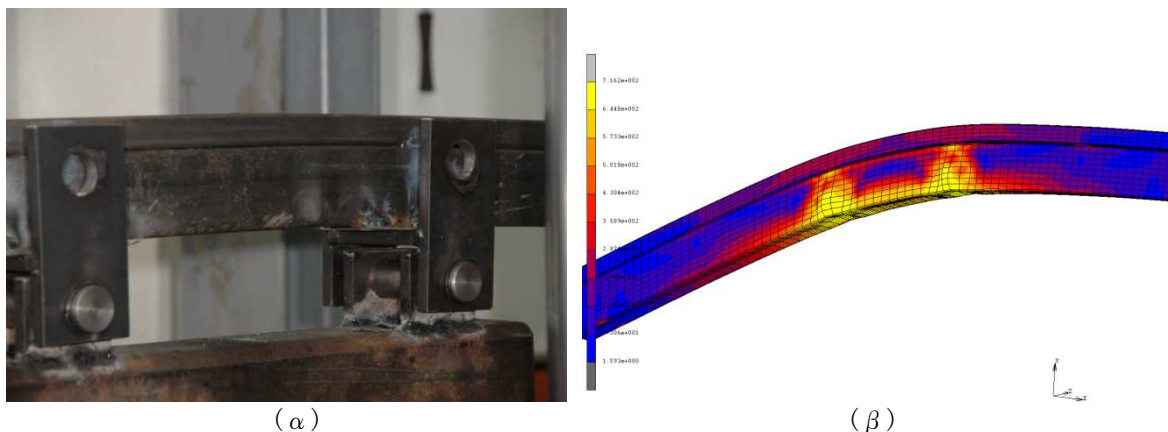


Σχ.2: Πειραματική διάταξη κάμψης 4-σημείων για τον προσδιορισμό των καμπτικών αντοχών των μη συμβατικών διατομών των φορέων του Σχ 1.

Παρόλο που η διενέργεια πειραματικών δοκιμών παρέχει την δυνατότητα εκτίμησης της πραγματικής αντοχής της διατομής A, η εύρεση της αντοχής σχεδιασμού με βάση την εξ. (4), δεν είναι εφικτή διότι δεν μπορεί να προσδιορισθεί ο συντελεστής προσαρμογής (εξ. (2)) μιας και η διατομή αποτελείται από δύο τμήματα με διαφορετικά μητρικά υλικά. Στο

πρόβλημα αυτό μπορεί να δοθεί λύση μέσω της εφαρμογής αριθμητικής προσομοίωσης με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, η οποία στην ουσία συμπληρώνει την πειραματική εργασία με στόχο την εύρεση της αντοχής σχεδιασμού.

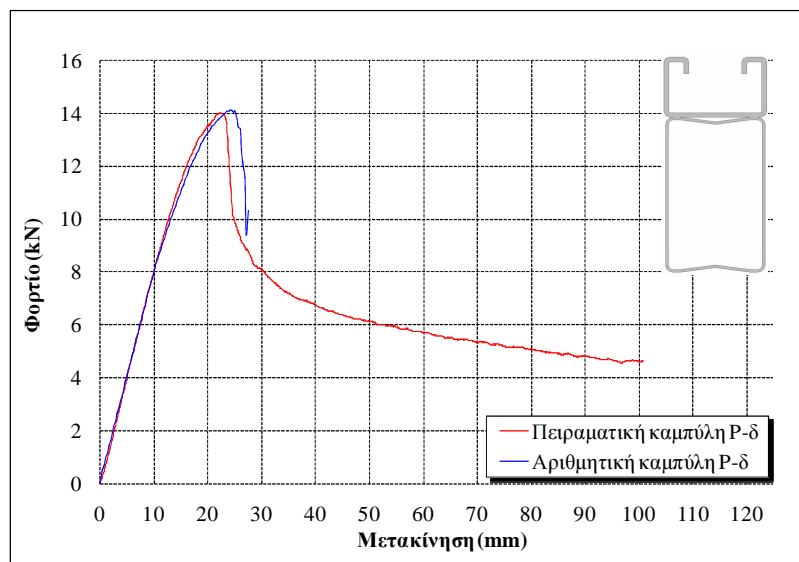
Αρχικά γίνεται ακριβής αριθμητική προσομοίωση των πειραματικών δοκιμών. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται οι πραγματικές τιμές των τάσεων διαρροής και θραύσης των μητρικών υλικών, όπως αυτές προέκυψαν μετά απο τη διεξαγωγή πειραμάτων εφελκυσμού (coupon tests). Για την πλήρη αναπαραγωγή και ανάδειξη των φαινομένων που παρατηρήθηκαν στα εκτελεσθέντα πειράματα χρησιμοποιήθηκε τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση με ισοπαραμετρικά στοιχεία κελύφους (στοιχείο 75 της βιβλιοθήκης του προγράμματος MSC Marc [2]) που λαμβάνουν υπόψη και φαινόμενα μεμβράνης. Επιπλέον εφαρμόστηκε γεωμετρική μη γραμμική ελαστοπλαστική ανάλυση μεγάλων παραμορφώσεων με σκοπό την προσέγγιση του πλαστικού τοπικού λυγισμού [2]. Η αξιοπιστία του αριθμητικού προσομοιώματος πραγματοποιείται μέσω της σύγκρισης των παραγόμενων αριθμητικών αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα πειραματικά. Αν και δημιουργήθηκαν αριθμητικά προσομοιώματα για όλες τις περιπτώσεις φόρτισης (αρνητική και θετική ροπή κάμψης περί τον ισχυρό άξονα κάμψης, κάμψη περί τον ασθενή άξονα), τα αποτελέσματα των οποίων έρχονται σε ικανοποιητική συμφωνία με τα αντίστοιχα πειραματικά, εν τούτοις στα πλαίσια της οικονομίας του άρθρου παρουσιάζεται μέρος αυτών. Συγκεκριμένα, στο Σχ.3α απεικονίζεται η μορφή αστοχίας για την περίπτωση της αρνητικής ροπής κάμψης περί τον ισχυρό άξονα της διατομής που παρατηρήθηκε στις πειραματικές δοκιμές, ενώ στο Σχ. 3β απεικονίζεται η αντίστοιχη μορφή αστοχίας του αριθμητικού προσομοιώματος. Και στις δύο περιπτώσεις η αστοχία είναι αποτέλεσμα εμφάνισης φαινομένων πλαστικού τοπικού λυγισμού του κορμού της ορθογωνικής κοιλοδοκού στην περιοχή της καθαρής κάμψης. Στο Σχ. 4 απεικονίζεται η καμπύλη φορτίου-μετακίνησης για την μεσαία διατομή του φορέα που αποδεικνύει και την ικανοποιητική σύγκλιση των συγκρινόμενων αποτελεσμάτων.



Σχ.3: Τοπικός λυγισμός της σύνθετης διατομής του Σχ. 1α για την περίπτωση της αρνητικής ροπής κάμψης περί τον ισχυρό άξονα, όπως προέκυψε απο α) Πειραματική εργασία β) Αριθμητική προσομοίωση.

Με δεδομένη την αξιοπιστία των αριθμητικών προσομοιωμάτων όπως αυτή προκύπτει απο την σύγκριση των παραγόμενων αποτελεσμάτων, το κέρδος της χρήσης της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων είναι διπλό. Αφενός μπορούν να μελετηθούν τα φαινόμενα που παρατηρούνται κατα την κάμψη (μιας και η αριθμητική προσομοίωση παρέχει την εντατική και παραμορφωσιακή κατάσταση του φορέα για κάθε επίπεδο φόρτισης) και αφετέρου παρέχει την δυνατότητα του προσδιορισμού του συντελεστή προσαρμογής της εξ. (2). Συγκεκριμένα, εκτελέστηκε μια δεύτερη σειρά απο αριθμητικές επιλύσεις με βάση

τις ονομαστικές τιμές των υλικών. Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε έμμεσα ο συντελεστής μ_R αντικαθιστώντας τις τιμές των πραγματικών και ονομαστικών τάσεων (Πιν. 1) με τις τιμές των οριακών φορτίων αστοχίας που αντιστοιχούν στην πραγματική και ονομαστική κατάσταση αντίστοιχα.

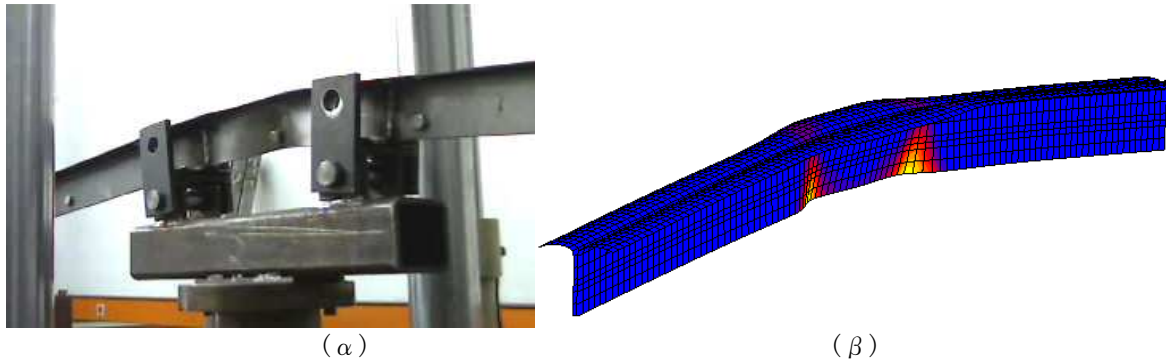


Σχ.4: Πειραματική και αριθμητική καμπύλη φορτίου-μετακίνησης για την περίπτωση της αρνητικής κάμψης περί τον ισχυρό άξονα για την δοκό με την διατομή του Σχ 1α.

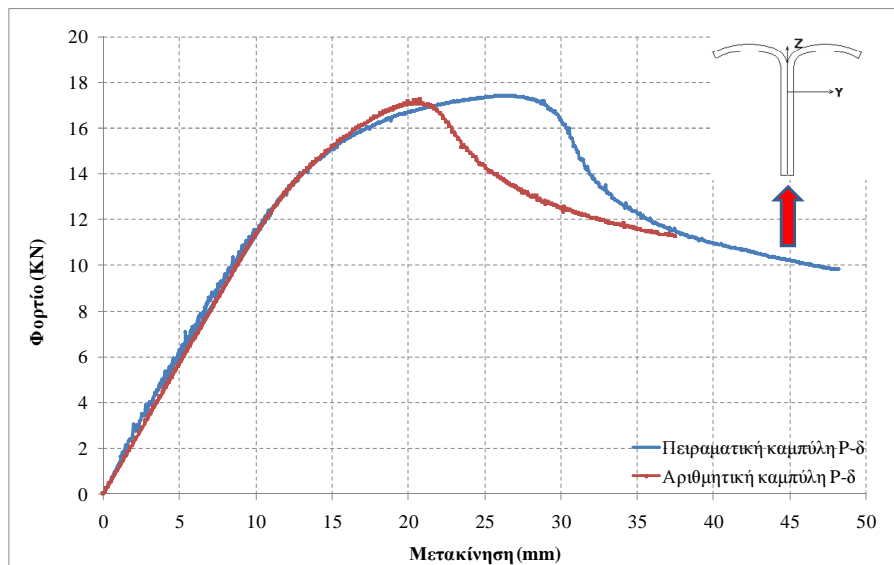
	$f_{yb,obs}$ (MPa)	f_{yb} (MPa)
Ανω τμήμα (ανοιχτή διατομή)	270	235
Κάτω τμήμα (κλειστή διατομή)	660	660

Πιν.1: Πραγματικές και ονομαστικές τιμές τάσεων διαρροής των επιμέρους τμημάτων της διατομής των τεγίδων του φορέα του Σχ.1α.

Η δεύτερη χαρακτηριστική περίπτωση που μελετήθηκε αφορά στην κάμψη των κύριων δοκών του μεταλλικού φορέα του Σχ. 1β. Οι δοκοί είναι σύνθετης διατομής που αποτελείται από δύο διατομές τύπου J που συνδέονται μεταξύ τους με συγκόλληση ανά αποστάσεις 280mm . Οι δοκοί καταπονούνται τόσο σε θετική όσο και σε αρνητική ροπή κάμψης. Ο υπολογισμός της αντοχής με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα [1] οδηγεί σε σημαντική υποεκτίμηση της αντοχής. Ενδεικτικά παρατίθενται τα αποτελέσματα για την περίπτωση της αρνητικής ροπής κάμψης. Όπως αναδείχτηκε κατά τη πειραματική διαδικασία κάμψης 4-σημείων (Σχ. 2), η αστοχία στην περίπτωση της αρνητικής ροπής κάμψης είναι αποτέλεσμα μονόπλευρου τοπικού λυγισμού που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο επιμέρους διατομών που συνθέτουν το μέλος (Σχ. 4). Το φαινόμενο αυτό δύναται να αποδοθεί μόνο μέσω τρισδιάστατης αριθμητικής προσομοίωσης και χρήση γεωμετρικής μη γραμμικής ανάλυσης σε συνδυασμό με συνθήκες επαφής. Ειδικότερα, η αριθμητική μελέτη περιλάμβανε προσομοίωση των δοκιμών των πειραμάτων με στοιχεία κελύφους, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, καθώς και εισαγωγή συνθηκών επαφής για τα στοιχεία που προσομοιώνουν τις δύο επιμέρους διατομές, ούτως ώστε να μπορούν να έρθουν σε επαφή μετά την εμφάνιση του τοπικού λυγισμού. Στο Σχ. 4 απεικονίζεται η μορφή αστοχίας όπως αυτή παρατηρήθηκε κατά την πειραματική διαδικασία και ταυτοποιήθηκε επιπλέον με την αριθμητική εργασία, ενώ στο Σχ. 5 παρουσιάζεται η καμπύλη δύναμης-μετακίνησης με βάση τα πειραματικά και αριθμητικά αποτελέσματα.



Σχ.4: Αστοχία δοκού διατομής διπλού J σε αρνητική ροπή κάμψης λόγω μονόπλευρου πλαστικού τοπικού λυγισμού όπως προέκυψε από α) Πειραματική εργασία β) Αριθμητική εργασία



Σχ.5: Πειραματική και αριθμητική καμπύλη φορτίου-μετακίνησης για την περίπτωση της αρνητικής ροπής κάμψης περί τον ισχυρό άξονα για την δοκό με τη διατομή B.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρόν άρθρο γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό των μεταλλικών βάσεων φωτοβολταϊκών στοιχείων με βάση την υποβοηθούμενη από πειράματα διαδικασία σχεδιασμού. Αυτού του είδους ο σχεδιασμός είναι απαραίτητος σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται μη συμβατικές διατομές και μη συμβατικά υλικά, ούτως ώστε να επιτευχθεί οικονομικός σχεδιασμός. Το άρθρο επικεντρώνεται στα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την χρήση των πειραμάτων και την συμπληρωματική αριθμητική εργασία με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3-Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα-Μέρος 1-3: Γενικοί κανόνες- Συμπληρωματικοί κανόνες για μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης.
- [2] MSC SOFTWARE CORPORATION, MSC MARC, Volume A: Theory and User Information, Version 2010

DESIGN ASSISTED BY TESTING OF PHOTOVOLTAIC STEEL BASES ACCORDING TO EUROCODE 3

Euripidis Mistakidis

Associate Professor

Laboratory of Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering, UTh
Volos, Greece

Athanasios Mihailidis

Professor

Laboratory of Machine Elements and Machine Design, Dept. of Mech. Engineering, ATh
Thessaloniki Greece

Konstantinos Tzaros

Dr. Civil Engineer

Laboratory of Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering, UTh
Volos, Greece

Daphne Pantousa

Civil Engineer, Msc., Doctoral candidate

Laboratory of Structural Analysis and Design, Dept. of Civil Engineering, UTh
Volos, Greece

Michael Malikoutsakis

Mechanical Engineer, Doctoral candidate

Laboratory of Machine Elements and Machine Design, Dept. of Mech. Engineering, ATh
Thessaloniki, Greece

SUMMARY

The paper deals with the design of steel frames for the support of photovoltaic panels which are constructed by non-conventional cold formed thin walled cross-sections. The material of these members is also non-conventional and is characterized by the high values of the yield strength. Due to the fact that the provisions of Eurocode 3 for the calculation of the strength of the cross-sections of the aforementioned non-conventional steel members may underestimate the real strength, the specific standard allows the application of the design assisted by testing methodology. According to the latter, a series of experiments are carried out and the required design strength values are calculated after a statistical elaboration. The scope of the paper is to present the advantages of this procedure. More specifically, the experimental work can be supported by numerical simulation based on nonlinear finite elements. The reliability of the numerical simulation is first achieved, by the comparison between the experimental and numerical results. Then, the finite element approach offers a great potential to support the design process, optimizing the geometry and the thickness of the cross-sections, leading to economic overall designs.