

«Ευστάθεια απλών φορέων με χρήση της θεωρίας καταστροφών»

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ



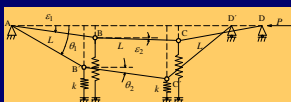
Ερευνητική Ομάδα

Α. Κουνάδης, Γ. Μυχάλτσος, Γ. Ιωαννίδης, Ι. Ραυτογιάννης, Θ. Κωνσταντακόπουλος, Ξ. Λιγνός

ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΛΥΓΙΣΜΟΣ ΑΤΕΛΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ

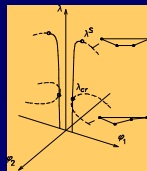
Συμπεράσματα:

Εξετάζεται η ευστάθεια συστημάτων με **συμμετρικές** και **μη-συμμετρικές** αρχικές ατέλειες και εξάγονται συμπεράσματα για τη φέρουσα ικανότητά τους.

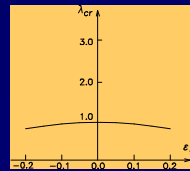


Μοντέλο με αρχικές ατέλειες

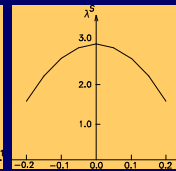
Διαπιστώθηκε η ύπαρξη δύο φορτίων λυγισμού. Το χαμηλότερο (κρίσιμο) αντιστοιχεί σε **ασυμμετρικό λυγισμό** μέσω σημείου διακλάδωσης και το υψηλότερο σε **συμμετρικό λυγισμό** μέσω οριακού σημείου. Τουτό είναι πολύ σημαντικό για τον σωστό προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας φορέων με συμμετρικές ατέλειες.



Άρθριο ισορροπίας μοντέλου



Ανάλυση ευαισθησίας

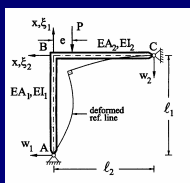


- Το κρίσιμο φορτίο αντιστοιχεί πάντα σε ασυμμετρικό λυγισμό
- Το σύστημα παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία σε αρχικές ατέλειες στην περίπτωση διακλάδωσης
- Το φαινόμενο αυτό είναι δύσκολο να αναλυθεί υπολογιστικά με H/V.

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΕΛΟΥΣ ΔΙΜΕΛΟΥΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

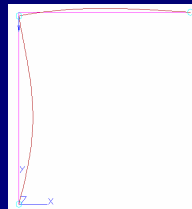
Συμπεράσματα:

Εξετάζεται η ευστάθεια ενός συνεχούς συστήματος (διμελές πλαίσιο) τύπου διακλάδωσης υπό **έκκεντρο** φόρτιση με χρήση απλοποιημένων κινηματικών σχέσεων. Εξάγονται συμπεράσματα για τη φέρουσα ικανότητά συνεχών συστημάτων.

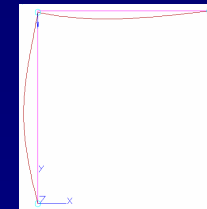


Διμελές πλαίσιο με ατέλεια φορτίου

Διαπιστώθηκε ότι τα φορτία λυγισμού προσδιορίζονται με μεγάλη ακρίβεια κάνοντας χρήση των απλοποιημένων κινηματικών σχέσεων. Σύγκριση με αντίστοιχα αποτελέσματα μέσω FEM έδειξε αδυναμία της FEM στον προσδιορισμό του τρόπου λυγισμού και επομένως στη σωστή μελέτη συνεχών συστημάτων τύπου διακλάδωσης.



Ανάλυση μέσω FEM - ιδιομορφές λυγισμού

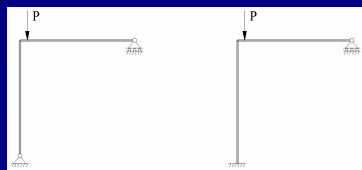


- Οι προτεινόμενες απλοποιημένες κινηματικές σχέσεις οδηγούν σε ευκολότερο προσδιορισμό του κρίσιμου φορτίου και της ιδιομορφής λυγισμού
- Η μέθοδος FEM παρουσιάζει αδυναμία κυρίως στον σωστό προσδιορισμό της ιδιομορφής λυγισμού συνεχών συστημάτων
- Η ανάλυση με H/V πρέπει να γίνεται έχοντας μια προηγούμενη γνώση της μεταλυγισμικής συμπεριφοράς.

ΑΜΕΣΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΑΤΕΛΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

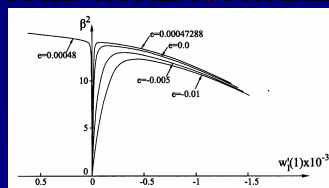
Συμπεράσματα:

Παρουσιάζεται μια μέθοδος άμεσου προσδιορισμού του κρίσιμου φορτίου λυγισμού συνεχών συστημάτων (διμελές πλαίσιο) τύπου **διακλάδωσης**. Ακολουθεί σύγκριση αποτελεσμάτων με τις κλασικές μεθόδους και διαπιστώνεται η αξιοπιστία της προτεινόμενης μεθοδολογίας.



Μεταβητά πλαίσιο με ατέλεια φορτίου

Διαπιστώθηκε ότι ταυτόχρονη επίλυση των εξισώσεων ισορροπίας και της ορίζουσας ευστάθειας οδηγεί σε άμεσο προσδιορισμό του κρίσιμου φορτίου λυγισμού συνεχών συστημάτων τύπου διακλάδωσης.



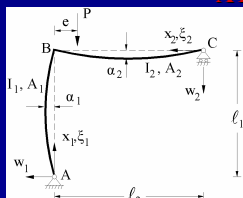
Άρθριο ισορροπίας για διάφορες ατέλειες

- Η προτεινόμενη μεθοδολογία οδηγεί σε ένα άμεσο προσδιορισμό του κρίσιμου φορτίου και της ιδιομορφής λυγισμού συνεχών συστημάτων
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι απλουστευμένες κινηματικές σχέσεις χωρίς σημαντικό σφάλμα στο κρίσιμο φορτίο.

ΑΤΕΛΗ ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕ ΛΥΓΙΣΜΟ ΤΥΠΟΥ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ

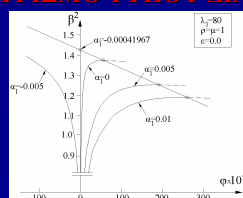
Συμπεράσματα:

Εξετάζεται η επίδραση των **αρχικών ατελειών** επί του κρίσιμου φορτίου λυγισμού συνεχών συστημάτων τύπου διακλάδωσης (όπως διμελές πλαίσιο). Ακολουθεί σύγκριση αποτελεσμάτων με τις προβλέψεις του **Ευρωκώδικα 3**.

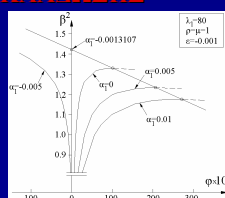


Πλαίσιο με γεωμετρικές ατέλειες

Διαπιστώθηκε ότι οι προβλέψεις του Ευρωκώδικα 3 παρουσιάζουν διαφορές (σημαντικές σε μερικές περιπτώσεις) ως προς τα πραγματικά κρίσιμα φορτία συνεχών συστημάτων τύπου διακλάδωσης.



Άρθριο ισορροπίας για διάφορες ατέλειες

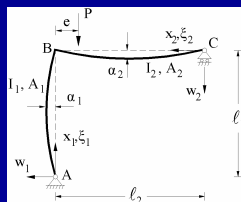


- Οι αρχικές ατέλειες παίζουν σημαντικό ρόλο στο κρίσιμο φορτίο και τον τρόπο λυγισμού συνεχών συστημάτων.
- Ανάλογα με την τιμή της ατέλειας τα συστήματα αυτά μπορούν από τύπου διακλάδωσης να μεταβληθούν σε τύπο οριακού σημείου.
- Ο Ευρωκώδικας 3 δίνει προβλέψεις με σημαντικές αποκλίσεις σε αρκετές περιπτώσεις.

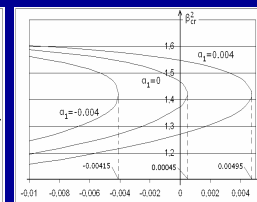
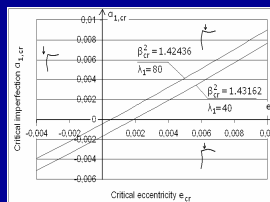
ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΛΥΓΙΣΜΟΣ ΑΤΕΛΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Συμπεράσματα:

Προσδιορίζεται με χρήση της **Θεωρίας Καταστροφών** το **στατικό** και **δυναμικό φορτίο** λυγισμού απλών πλαισίων με αρχικές ατέλειες (γεωμετρικές και έκκεντρες φορτίσεις).



Διαπιστώθηκε ότι ο φορέας χάνει την ευστάθεια του μέσω ασύμμετρου σημείου διακλάδωσης ακόμη και με την συνδυασμένη παρουσία ατελειών φορτίσεως και γεωμετρίας.

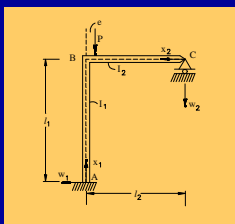


- Η χρήση της Θεωρίας Καταστροφών οδηγεί σε ένα άμεσο προσδιορισμό του κρίσιμου στατικού και δυναμικού φορτίου λυγισμού με μεγάλη ακρίβεια.
- Προσδιορίστηκαν τα κρίσιμα φορτία και χαράχθηκαν οι γεωμετρικοί τόποι ευστάθειας του φορέα.

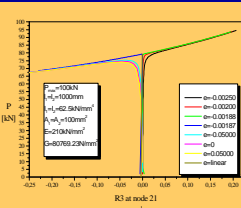
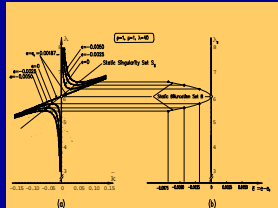
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΑΠΛΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ, ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ F.E.M.

Συμπεράσματα:

Το μοντέλο αυτό εξετάστηκε: α) Με χρήση **Κλασικών αναλυτικών μεθόδων**, β) με χρήση της **Θεωρίας Καταστροφών** και γ) με την μέθοδο των **πεπρασμένων στοιχείων**.



Το συνολικό ενεργειακό δυναμικό (T.P.E) του φορέα μέσω κατάλληλων μαθηματικών μετασχηματισμών εντάσσεται στην απλούστερη μορφή Καταστροφής "αναδιπλώσεως" (fold) από τις επτά στοιχειώδεις μορφές καταστροφών



- Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των διαφορετικών μεθόδων επίλυσεως του συγκεκριμένου φορέα διαπιστώθηκε ότι ήταν πολύ ικανοποιητικά αφού οι διαφορές στα κρίσιμα φορτία δεν υπερέβησαν το 0.2%.
- Η θεωρία Καταστροφών, αποδεικνύεται ότι οδηγεί με απλό και ασφαλή τρόπο στην εξαγωγή ποιοτικών αλλά και αριθμητικών αποτελεσμάτων.