

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ**Ιωάννης Βάγιας**

Καθηγητής

ΕΜΠ, Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Αθήνα

e-mail: vastahl@central.ntua.gr**1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Οι μέθοδοι ανάλυσης μεταλλικών πλαισίων διαφοροποιούνται ως προς το αν θα ληφθούν υπόψη ή όχι οι δύο κυρίαρχες μη γραμμικότητες του προβλήματος, η μη γραμμικότητα του υλικού και της γεωμετρίας. Οι απαιτούμενοι έλεγχοι μελών εξαρτώνται από το είδος της ανάλυσης του φορέα. Έτσι αν η ανάλυση είναι μη γραμμική από άποψη υλικού και γεωμετρίας, δεν απαιτείται κανένας περαιτέρω έλεγχος, διότι η ανάλυση εμπεριέχει ήδη τους ελέγχους. Αν η ανάλυση είναι γεωμετρικώς μη γραμμική απαιτείται μόνο έλεγχος διατομών, διότι η ανάλυση εμπεριέχει του ελέγχους ευσταθείας. Αν η ανάλυση είναι πλαστική απαιτούνται οι έλεγχοι ευσταθείας. Ένα πρόβλημα στους ελέγχους ευσταθείας των υποστυλωμάτων είναι η επιλογή των μηκών λυγισμού (αμεταθέτων ή μεταθετών πλαισίων). Έτσι η γεωμετρικώς μη γραμμική ανάλυση εμπεριέχει εν γένει και τους ελέγχους ευσταθείας. Στην παρούσα εργασία διευκρινίζεται η πορεία της μελέτης ως συνάρτηση των μεθόδων ανάλυσης. Με τη βοήθεια ορισμένων παραδειγμάτων διευκρινίζονται οι απαιτήσεις των κανονισμών. Τέλος δίνονται οδηγίες σε ότι αφορά τις μεθόδους ανάλυσης και ελέγχων.

2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η συμπεριφορά μεταλλικών πλαισίων επηρεάζεται σημαντικά από δύο κυρίαρχες μη γραμμικότητες, τη μη γραμμικότητα του υλικού και της γεωμετρίας. Η επιρροή των μη γραμμικοτήτων λαμβάνεται άμεσα ή έμμεσα υπόψη κατά την ανάλυση του φορέα και τον έλεγχο των μελών. Έτσι η από άποψη υλικού η ανάλυση μπορεί να είναι ελαστική ή πλαστική, ενώ από άποψη γεωμετρίας 1^{ης} ή 2^{ης} τάξης, ανάλογα αν βασίζεται στη γεωμετρία του αποραμόρφωτου ή παραμορφωμένου φορέα. Ανάλυση 1^{ης} τάξης μπορεί να χρησιμοποιείται, εάν η αύξηση των σχετικών εντατικών μεγεθών ή οποιαδήποτε άλλη αλλαγή της συμπεριφοράς του φορέα οφειλόμενη σε παραμορφώσεις, μπορεί να αγνοηθεί. Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 [1] αυτός ο όρος μπορεί να θεωρηθεί ότι εκπληρώνεται, εάν ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια για τον παράγοντα α_{cr} με τον οποίο θα πρέπει να αυξηθεί η φόρτιση σχεδιασμού ώστε να προκληθεί καθολική ελαστική αστάθεια:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \text{ ή } 15 \quad (1)$$

όπου 10 ισχύει για ελαστική και 15 για πλαστική ανάλυση,

F_{Ed} είναι το φορτίο σχεδιασμού του φορέα

F_{cr} είναι το ελαστικό οριακό φορτίο λυγισμού για καθολική αστάθεια που βασίζεται στις αρχικές ελαστικές δυσκαμψίες

Για πολυώροφα πλαίσια κτίρια πλαίσια τύπου δοκού-υποστυλώματος ο το α_{cr} μπορεί να υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω προσεγγιστικό τύπο:

$$\alpha_{cr} = \left(\frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \right) \cdot \left(\frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right) \quad (2)$$

όπου H_{Ed} είναι η τέμνουσα βάσης του ορόφου

V_{Ed} είναι το κατακόρυφο φορτίο στη βάση του ορόφου

$\delta_{H,Ed}$ είναι η σχετική οριζόντια μετατόπιση μεταξύ κορυφής και βάσης του ορόφου

h είναι το ύψος του ορόφου

Εάν, σύμφωνα με τα ανωτέρω, η επιρροή της παραμόρφωσης του φορέα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, τότε οι επιρροές 2^{ης} τάξης και οι ατέλειες μπορούν να λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 [1] με μία από τις παρακάτω μεθόδους:

- εξ ολοκλήρου με τη στατική ανάλυση, δηλαδή ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης με τοπικές ατέλειες μελών.
- μερικώς από τη στατική ανάλυση και μερικώς μέσω μεμονωμένων ελέγχων ευστάθειας μελών, δηλαδή ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης χωρίς ατέλειες και ελέγχους λυγισμού
- με μεμονωμένους ελέγχους ευστάθειας ισοδύναμων μελών χρησιμοποιώντας κατάλληλα μήκη λυγισμού σύμφωνα με την καθολική μορφή λυγισμού του φορέα δηλαδή ανάλυση με θεωρία 1^{ης} τάξης χωρίς ατέλειες και ελέγχους λυγισμού με μήκη λυγισμού του μεταθετού πλαισίου.

Οι επιρροές 2^{ης} τάξης για πλαίσια όπου επικρατεί η πρώτη μεταθετή μορφή λυγισμού μπορούν να υπολογίζονται εφαρμόζοντας ανάλυση 1^{ης} τάξης με συνεπακόλουθη μεγέθυνση των σχετικών αποτελεσμάτων των δράσεων (π.χ. καμπτικές ροπές) με κατάλληλους συντελεστές. Για μονώροφα πλαίσια αυτό υλοποιείται με προσαύξηση των οριζόντιων φορτίων H_{Ed} με το μεγεθυντικό συντελεστή:

$$\frac{1}{1 - 1/\alpha_{cr}} \quad (3)$$

υπό την προϋπόθεση ότι $\alpha_{cr} \geq 3,0$.

Τα ερωτήματα μελετώνται στην παρούσα εργασία είναι τα ακόλουθα:

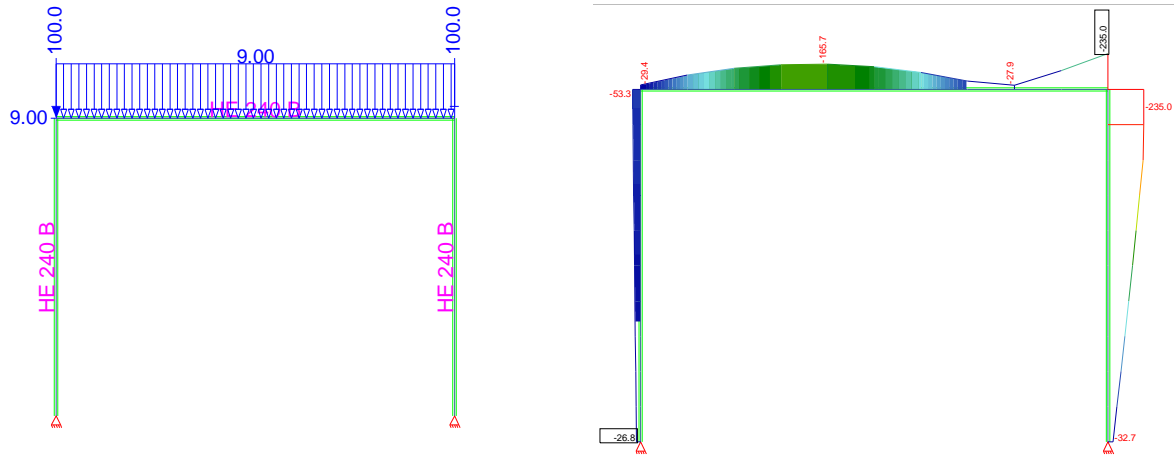
- Με τι μήκη λυγισμού γίνεται ο έλεγχος μελών στην ανωτέρω περίπτωση β), αν δηλαδή η ανάλυση γίνει με προσεγγιστική θεωρία 2^{ης} τάξης.
- Με τι μήκη λυγισμού γίνεται ο έλεγχος μελών στην ανωτέρω περίπτωση γ), αν δηλαδή η ανάλυση γίνει με προσεγγιστική θεωρία 1^{ης} τάξης.
- Επιτρέπεται να εφαρμόζεται μεγεθυντικός συντελεστής σύμφωνα με την εξ. (3) σε πολυώροφα πλαίσια στα πλαίσια προσεγγιστικής ανάλυσης 2^{ης} τάξης.

3. ΜΟΝΩΡΟΦΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Εξετάσθηκαν μονώροφα αμφιαρθρωτά πλαίσια ανοίγματος 8 m, ύψους 6 m, με διατομές δοκού και υποστυλωμάτων HEB 240, χάλυβας S 235 (Σχ. 1). Τα φορτία των πλαισίων

αποτελούνταν από:

- ένα ομοιόμορφο καταναμεμημένο φορτίο στη δοκό 9 kN/m.
- ένα οριζόντιο συγκεντρωμένο φορτίο 9 kN στο ύψος του ορόφου.
- δύο συγκεντρωμένα φορτία P_1 , P_2 στη κορυφή των υποστυλωμάτων σύμφωνα με τον Πίνακα 1.



Σχ. 1 Δεδομένα 1 και μέγιστες τάσεις $v.$ Mises πλαισίου 2

A/A πλαισίου	1	2	3	4	5	6
$P_{1(\text{αριστερά})}$ kN	100	60	30	0	0	0
$P_{2(\text{δεξιά})}$ kN	100	60	30	200	120	60
Φορτ. συντ. λ_{cr}	3,02	3,28	3,52	2,75	3,08	3,41
α_{cr}	2,86	3,69	5,0	3,06	3,88	5,13
$\theta = \delta/h$	0,35	0,27	0,2	0,33	0,26	0,19

Πίν. 1. Φορτία υποστυλωμάτων και χαρακτηριστικά μεγέθη μονωρόφων πλαισίων

Με την επιλογή των δεδομένων επιτεύχθηκαν οι ακόλουθοι στόχοι:

- Κρίσιμα στοιχεία ήταν τα υποστυλώματα και όχι η δοκός, πράγμα απαραίτητο για τους σκοπούς της μελέτης
- Ο λόγος οριζόντιων προς κατακόρυφων φορτίων – όρος πρώτης παρένθεσης της εξ. (2) – και επομένως η ευαισθησία έναντι πλευρικών μεταθέσεων μεταβαλλόταν από πλαίσιο σε πλαίσιο.
- Η ευαισθησία των μεμονωμένων υποστυλωμάτων έναντι ευστάθειας, για σταθερή τιμή της παραμέτρου α_{cr} μεταβαλλόταν μεταξύ των πλαισίων.

Η ανάλυση των πλαισίων έγινε με τις ακόλουθες μεθόδους, με χρήση του προγράμματος SOFISTIC:

α) Ελαστοπλαστική ανάλυση 2^{ης} τάξης με θεωρία πλαστικών ζωνών, οι οποίες σχηματίζονται στο δεξιά υποστυλώμα (Σχ. 1). Για το νόμο του υλικού δόθηκε μια ελαφρά κράτυνση του χάλυβα. Σταδιακά αυξανόταν το σύνολο των φορτίων (κατακόρυφων και οριζόντιων) με το συντελεστή επαύξησης λ_{cr} μέχρι αστάθειας του συστήματος. Τα οριακά φορτία προκύπτουν συνεπώς από πολλαπλασιασμό των αρχικών φορτίων με το συντελεστή επαύξησης.

β) Ελαστική ανάλυση 2^{ης} τάξης με φορτία σχεδιασμού ίσα με τα οριακά φορτία όπως προέκυψαν από την ως άνω ελαστοπλαστική ανάλυση 2^{ης} τάξης. Επελέγη η προσεγγιστική

μέθοδος κατά την οποία τα οριζόντια φορτία προσαυξήθηκαν με το μεγεθυντικό συντελεστή της εξ. (4).

γ) Ελαστική ανάλυση 1^{ης} τάξης με φορτία σχεδιασμού ίσα με τα οριακά φορτία όπως προηγούμενως.

Της ανάλυσης ακολούθησε ο έλεγχος των μελών ως ακολούθως:

Ανάλυση α): Κατ' αρχήν δεν απαιτείται έλεγχος γιατί με την ανάλυση αυτή προσδιορίζεται το οριακό φορτίο. Η επάρκεια ελέγχεται σε όρους επιβαλλόμενων φορτίων, ανάλογα με το αν είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα του οριακού φορτίου. Παρόλα αυτά έγινε και έλεγχος της δυσμενέστερης διατομής με τις γνωστές σχέσεις αλληλεπίδρασης για τη σύγκριση θεωρίας πλαστικών αρθρώσεων και πλαστικών ζωνών.

Αναλύσεις β) και γ): Εγιναν έλεγχοι διατομής με χρήση των ως άνω εξισώσεων αλληλεπίδρασης και έλεγχοι λυγισμού των υποστυλωμάτων. Ως μήκη λυγισμού χρησιμοποιήθηκαν αφενός το ύψος του ορόφου, αφ' ετέρου τα μήκη λυγισμού των μεταθετών πλαισίων, σύμφωνα με τα διαγράμματα του Κανονισμού [2]. Σημειώνεται ότι τα ως άνω διαγράμματα προϋποθέτουν ομοιόμορφη κατανομή της καταπόνησης των υποστυλωμάτων και δεν δίνουν ακριβείς τιμές για τα πλαίσια 4, 5 και 6, όπου οι αξονικές δυνάμεις των υποστυλωμάτων είναι πολύ διαφορετικές.

Στον Πίνακα 1 δίνονται για τα έξι πλαίσια ο φορτικός συντελεστής λ_{cr} , ο συντελεστής α_{cr} της εξ. (2) και η γωνία κλίσης θ , ίση με το λόγο της οριζόντιας μετάθεσης προς το ύψος του ορόφου. Παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- ο συντελεστής λ_{cr} αυξάνει μεταξύ των πλαισίων 1 έως 3 και 4 έως 6, λόγω των μικρότερων αρχικών κατακόρυφων φορτίων
- ο συντελεστής λ_{cr} των πλαισίων 4, 5 και 6 είναι ελαφρώς μικρότερος από αυτόν των πλαισίων 1, 2, 3 με τα αντίστοιχα ίσα συνολικά κατακόρυφα φορτία λόγω του μεγαλύτερου φορτίου που δέχεται το ένα υποστυλώμα.
- Ο συντελεστής α_{cr} είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερος του 10, πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται η εφαρμογή θεωρίας 2^{ης} τάξης. Οι τιμές του αυξάνουν με τη μείωση των κατακόρυφων φορτίων. Αυτό αναμενόταν διότι στην εξ. (2) η μόνη μεταβλητή είναι τα κατακόρυφα φορτία V_{Ed} , ενώ ο λόγος $H_{Ed}/d_{H,Ed}$ που εκφράζει την πλευρική δυσκαμψία του πλαισίου και το ύψος h είναι σταθερά μεγέθη. Ο συντελεστής α_{cr} είναι μικρότερος της οριακής τιμής 3 μόνο για το πλαίσιο 1.

Στο Σχ. 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων ως συντελεστές εκμετάλλευσης, οι οποίοι εκφράζουν το λόγο των δράσεων προς τις αντιστάσεις. Επειδή οι οριακές τιμές των συντελεστών είναι 1,0, τιμές μικρότερες της μονάδας σημαίνουν ότι τα επιβαλλόμενα φορτία μπορούν να αυξηθούν, ενώ υπάρχει ανεπάρκεια αν οι τιμές είναι μικρότερες της μονάδας. Δεδομένου όμως ότι το οριακό φορτίο όπως προσδιορίστηκε με την ακριβή θεωρία είναι γνωστό, τιμές μικρότερες της μονάδας σημαίνουν ότι η εφαρμοζόμενη θεωρία και ο έλεγχος είναι κατά της ασφαλείας.

Πιο συγκεκριμένα οι καμπύλες του Σχ. 2 από επάνω προς τα κάτω είναι οι ακόλουθες:

- 1) Ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης και έλεγχος με μήκη λυγισμού μεταθετών πλαισίων. Η μέθοδος είναι υπερβολικά υπέρ της ασφαλείας
- 2) Ανάλυση με θεωρία 1^{ης} τάξης και έλεγχος με μήκη λυγισμού μεταθετών πλαισίων. Η μέθοδος είναι επίσης υπέρ της ασφαλείας, αλλά λιγότερο απ' ότι προηγούμενως
- 3) Ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης και έλεγχος με μήκη λυγισμού ίσα με το ύψος του ορόφου. Η μέθοδος είναι αρκετά υπέρ της ασφαλείας αλλά κάπως αντιοικονομική.

4) Ανάλυση με ακριβή ελαστοπλαστική θεωρία 2^{ης} τάξης και έλεγχος διατομής.

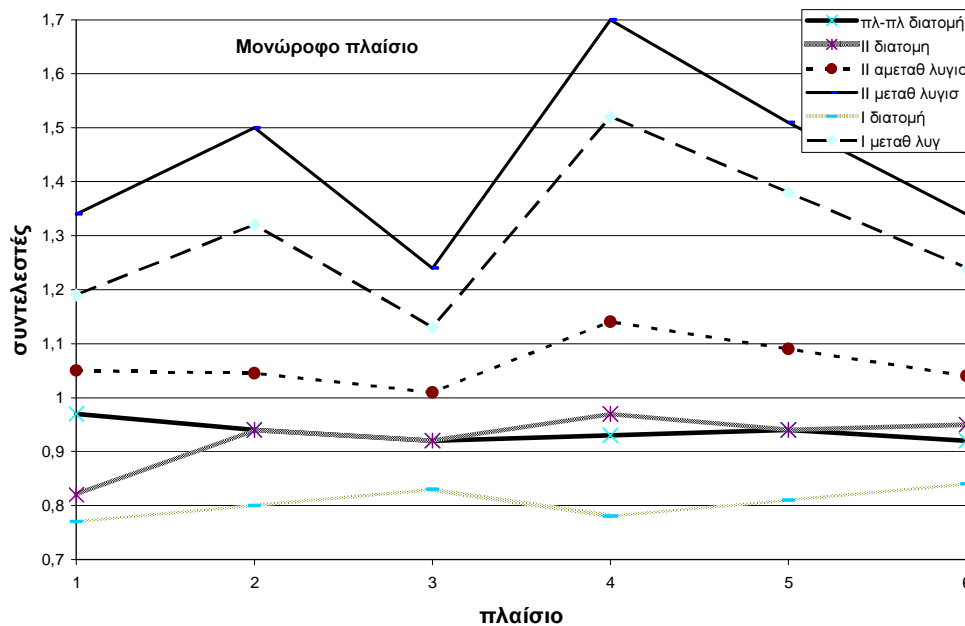
Οι τιμές του συντελεστή είναι ελαφρώς μικρότερες της μονάδας, πράγμα που δείχνει ότι η θεωρία πλαστικών αρθρώσεων είναι λίγο πιο ανασφαλής από τη θεωρία πλαστικών ζωνών.

5) Ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης και έλεγχος διατομής.

Τα αποτελέσματα συμπίπτουν πρακτικά με αυτά της μεθόδου 4. Εξαιρέση αποτελεί το πλαίσιο 1, όπου τα αποτελέσματα δεν είναι συντηρητικά. Επιβεβαιώνεται επομένως η διάταξη του κανονισμού με την οποία δεν επιτρέπεται η εφαρμογή της προσεγγιστικής μεθόδου για ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης αν ο συντελεστής α_{cr} είναι $< 3,0$ – πράγμα που συμβαίνει μόνο στο πλαίσιο 1.

6) Ανάλυση με θεωρία 1^{ης} τάξης και έλεγχος διατομής.

Επιβεβαιώνεται η διάταξη του κανονισμού ότι επιβάλλεται ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης για πλαίσια με $\alpha_{cr} > 10$.

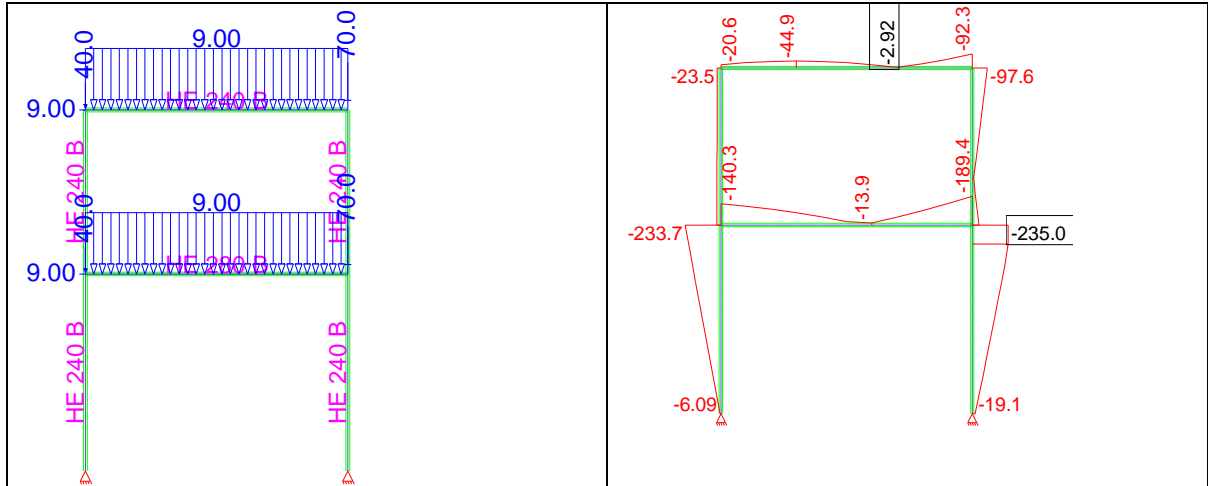


Σχ. 2 Συντελεστές εκμετάλλευσης με διάφορες θεωρίες και μήκη λυγισμού

4. ΔΙΩΡΟΦΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Εξετάσθηκαν τέσσερα διώροφα αμφιαρθρωτά πλαίσια ανοίγματος 8 m, ύψους ισογείου 6 m και ορόφου 5 m, με διατομές HEB 240 για τα υποστυλώματα και τη δοκό του ορόφου και HEB 280 για τη δοκό του ισογείου, χάλυβας S 235 (Σχ. 3). Τα αρχικά φορτία των πλαισίων αποτελούνταν από ένα ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο 9 kN/m στις δοκούς των ορόφων και συγκεντρωμένα οριζόντια και κατακόρυφα φορτία σύμφωνα με τον Πίν. 2.

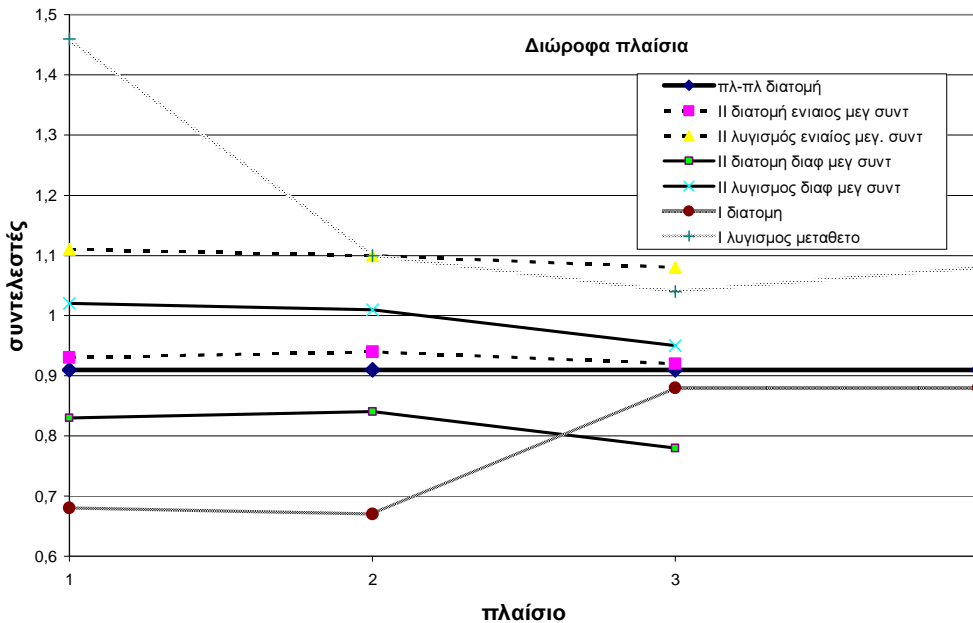
Στον Πίν. 2 δίνονται για τα εξετασθέντα πλαίσια ο φορτικός συντελεστής λ_{cr} , ο δυσμενέστερος συντελεστής α_{cr} των δύο ορόφων της εξ. (2), στο Σχ. 4 τα αποτελέσματα των ελέγχων ως συντελεστές εκμετάλλευσης.



Σχ. 3 Δεδομένα πλαισίου 3 και μέγιστες τάσεις ν. Mises πλαισίου 4

Α/Α πλαisiού	Ρ ισογείου kN		Ρ ορόφου kN		Η ισογείου	Η ορόφου	λ_{cr}	max(α_{cr})
	Ρ αριστερά	Ρ δεξιά	Ρ αριστερά	Ρ δεξιά				
1	10	100	20	90	9	9	2,22	3,33
2	20	90	20	90	9	9	2,23	2,64
3	40	70	40	70	9	9	2,29	3,23
4	40	40	40	40	50	25	0,88	10,3

Πίν. 2. Φορτία και χαρακτηριστικά μεγέθη διωρόφων πλαισίων



Σχ. 4 Συντελεστές εκμετάλλευσης διώροφων πλαισίων

Οι αναλύσεις των πλαισίων ήταν οι ίδιες όπως και στα μονώροφα πλαίσια: Θεωρία

πλαστικών ζωνών 2^{ης} τάξης, ελαστική θεωρία 2^{ης} τάξης με διαφοροποιημένο μεγεθυντικό συντελεστή της εξ. (3) κατ' όροφο ή τη μέγιστη τιμή των δύο ορόφων και έλεγχο διατομής και λυγισμού με μήκος λυγισμού ίσο το ύψος του ορόφου, ελαστική θεωρία 1^{ης} τάξης με έλεγχο διατομής και λυγισμού με μήκος λυγισμού οτου μεταθετού πλαισίου. Από τις μέγιστες τάσεις ν Mises του Σχ. 3 φαίνεται η ανάπτυξη των πλαστικών ζωνών στο άνω τμήμα του δεξιά υποστυλώματος για το πλαίσιο 4. Ανάλογα ισχύουν και για υπόλοιπα πλαίσια.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν οι διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 ως προς τις μεθόδους ανάλυσης και ελέγχου μεταλλικών πλαισίων. Από τη μελέτη μιας σειράς πλαισίων εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- α) Η οικονομικότερη μέθοδος είναι η ανάλυση με ελαστοπλαστική θεωρία 2^{ης} τάξης. Αν χρησιμοποιηθεί θεωρία πλαστικών ζωνών δεν χρειάζεται κανέναν περαιτέρω έλεγχο. Αν χρησιμοποιηθεί θεωρία πλαστικών αρθρώσεων απαιτείται έλεγχος των διατομών με τις γνωστές σχέσεις αλληλεπίδρασης. Η θεωρία πλαστικών αρθρώσεων δίνει κάπως ευμενέστερα αποτελέσματα από τη θεωρία πλαστικών ζωνών
- β) Η ελαστική ανάλυση με θεωρία 2^{ης} τάξης είναι μία ασφαλής και αρκετά οικονομική μέθοδος. Η εφαρμογή της προσεγγιστικής μεθόδου επιτρέπεται αν για όλους τους ορόφους είναι $\alpha_{cr} < 3,0$. Ως μεγεθυντικός συντελεστής των πλευρικών φορτίων στην προσεγγιστική μέθοδο χρησιμοποιείται η μέγιστη τιμή του α_{cr} από όλους τους ορόφους. Με τα εντατικά μεγέθη της ανάλυσης απαιτείται έλεγχος των διατομών αλλά όχι απαραίτητος έλεγχος λυγισμού των μελών εντός του εξεταζόμενου πλαισίου. Αν γίνει έλεγχος λυγισμού μελών, πράγμα απαραίτητο για την εκτός επιπέδου ευστάθεια, τότε ως μήκη λυγισμού των υποστυλωμάτων εντός του εξεταζόμενου επιπέδου χρησιμοποιείται το ύψος του ορόφου. Πρέπει να λαμβάνεται όμως $C_{my} = 0,9$ των μεταθετών πλαισίων. Αν η τιμή του α_{cr} διαφοροποιείται κατ' όροφο απαιτείται έλεγχος λυγισμού με μήκος λυγισμού ίσο το ύψος του ορόφου και $C_{my} = 0,9$.
- γ) Αν εφαρμοσθεί ελαστική ανάλυση με θεωρία 1^{ης} τάξης πρέπει να επακολουθήσει έλεγχος λυγισμού των υποστυλωμάτων με μήκη λυγισμού μεταθετών πλαισίων (μήκος λυγισμού $>$ ύψος ορόφου). Η μέθοδος είναι υπέρ των δέον συντηρητική.
- δ) Περαιτέρω διερεύνηση σε περισσότερους τύπους φορέων είναι απαραίτητη για την επιβεβαίωση των ανωτέρω παρατηρήσεων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] EN 1993-1-1, Ευρωκώδικας 3: Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα. Μέρος 1.1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια. CEN-European Committee for Standardization, Brussels, 2004
- [2] Βάγιας, Ι., Ερμόπουλος, Ι. Ιωαννίδης, Γ.: Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα, Κλειδάριθμος, 2005
- [1] Βάγιας Ι.: Σιδηρές Κατασκευές, Ανάλυση και διαστασιολόγηση, Κλειδάριθμος, 2003

ANALYSIS AND VERIFICATION METHODS FOR STEEL FRAMED STRUCTURES

Ioannis Vayas

Professor

National Technical University of Athens

Iroon Polytechniou Str. 9, Athens, Greece

e-mail: vastahl@central.ntua.gr

SUMMARY

Global analysis in steel structures may be performed according to 1st order theory provided that condition (1) is satisfied and if not, the application of 2nd order analysis is necessary. For multi-storey frames condition α_{cr} in eq. (1) may be determined by eq. (2). The verification of the stability of frames or their parts should be carried out considering imperfections and second order effects and may be accounted for both totally by the global analysis, partially by the global analysis and partially through individual stability checks of members, or by individual stability checks of equivalent members using appropriate buckling lengths according to the global buckling mode of the structure. The above provisions of the Code [1] were studied for several single and two-storey plane frames, Figs. 1 and 3. Tables 1 and 2 show the loading conditions, as well as the ultimate load magnifier λ_{cr} and α_{cr} of eq. (2). Figs 2 and 4 show the exploitation factors for several analysis and design methods (analysis with 2nd order plastic zone theory, 1st and 2nd order elastic analysis with subsequent cross sections verifications and column buckling checks with buckling lengths for the sway frame or the column height. Following conclusions were drawn: a) Most advantageous is the analysis with 2nd order plastic zone theory. The 2nd order plastic hinge analysis provides slightly unsafe results. b) Elastic 2nd order analysis provides safe and sufficient economic results. The magnification factor for the lateral loads may be derived from the maximum value of α_{cr} for all storeys. The analysis is followed by cross section verifications. However, if this factor is derived with storey-wise values of α_{cr} , a buckling check should follow. The buckling length of columns is then equal to the column height, but $C_{my} = 0,9$ for sway frames should be employed. c) In case elastic 1st order analysis is performed, although eq. (1) is not satisfied, a buckling check with buckling lengths from sway frames should be performed. d) Further studies are required to confirm the above observations.