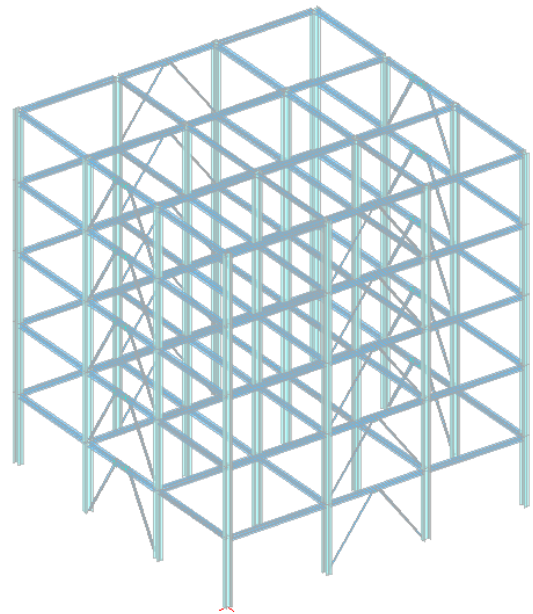




ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
& ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΗΣ
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ 3 & 8
ΕΚΔΟΣΗ 2026.xx



www.tol.gr

Καρτερού 60 | 71201 - Ηράκλειο

T: 2810 332684 | info@tol.gr

Απαγορεύεται οποιαδήποτε μερική ή ολική ανατύπωση, αναδημοσίευση, φωτοτύπηση ή αναπαραγωγή με άλλο τρόπο ολόκληρου του παρόντος ή μέρους του, χωρίς την σύμφωνη γνώμη και την γραπτή άδεια του εκδότη.

Το περιεχόμενο του κειμένου, αντιστοιχεί στην τελική έκδοση του προϊόντος λογισμικού που συνοδεύει, όποτε αυτό είναι δυνατό. Το περιεχόμενο του τεύχους αυτού είναι δυνατό να αλλάξει από τον εκδότη χωρίς προειδοποίηση. Ο εκδότης δεν φέρει καμία ευθύνη για την πληρότητα ή και την ορθότητα του κειμένου και δεν φέρει καμία ευθύνη για τυχόν ζημία ή απώλεια οποιουδήποτε είδους που οφείλεται στο περιεχόμενο αυτού του τεύχους

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	5
2. Κανονισμοί – Μονάδες Μέτρησης.....	6
3. Αντισεισμικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων	7
3.1. Αρχές Σχεδιασμού	7
3.1.1. Περιορισμένη Πλάστιμη Συμπεριφορά (ΚΠΧ) – Αρχή α).....	7
3.1.2. Πλάστιμη Συμπεριφορά (ΚΠΜ – ΚΠΥ) – Αρχή β)	7
3.2. Τύποι στατικών συστημάτων και συντελεστές συμπεριφοράς	8
3.2.1. Πλαίσια Παραλαβής Ροπών	8
3.2.2. Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα.....	12
3.2.3. Πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους.....	14
3.3. Ικανοτικός σχεδιασμός κόμβων	18
3.4. Ικανοτικός σχεδιασμός πλαισίων με σύμμεικτες δοκούς	19
4. Βιβλιογραφία	20
5. Οδηγός Χρήσης υπομονάδας «Ικανοτικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων».....	21
5.1. Επιφάνεια Εργασίας.....	21
5.2. Εισαγωγή Κατακόρυφων Μεταλλικών Συνδέσμων	23
5.2.1. Πίνακας – Ενέργειες Συνδέσμων	24
5.2.2. Αποθήκευση συνδέσμων.....	31
5.3. Εμφάνιση Μεταλλικών Συνδέσμων	33
5.4. Δεδομένα αντισεισμικής ανάλυσης μεταλλικών κτηρίων	33
5.5. Έλεγχοι Επάρκειας	35
5.5.1. Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων	35
5.5.2. Πινακοποιημένη μορφή αποτελεσμάτων	36
5.5.3. Πίνακες Αποτελεσμάτων Ικανοτικού Σχεδιασμού	37
5.5.4. Κείμενα αποτελεσμάτων.....	38

1. Εισαγωγή

Ο Ικανοτικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων είναι το υποπρόγραμμα (υπομονάδα) του προγράμματος ΡΑΦ αντικείμενο του οποίου είναι, οι ικανοτικοί έλεγχοι αντοχής των μελών και των κόμβων ενός κτηρίου από δομικό χάλυβα. Ελέγχονται οι αντοχές των διατομών κατά μήκος των μελών και πραγματοποιούνται οι έλεγχοι του κάθε μέλους έναντι καμπτικού και στρεπτοκαμπτικού λυγισμού, όπως αυτοί προδιαγράφονται από τον Ευρωκώδικα 3 (ΕΚ3) – EN 1993-1 και τον Ευρωκώδικα 8 (ΕΚ8) – EN 1998-1.

Στο ΡΑΦ η προσομοίωση των στοιχείων από δομικό χάλυβα γίνεται μέσω ραβδόμορφων στοιχείων, με ακραίες συνθήκες στήριξης που επιλέγονται από τη χρήστη και μπορεί να είναι πλήρεις αρθρώσεις, μερικές πακτώσεις ή πλήρεις πακτώσεις, ανάλογα με το είδος του δομικού στοιχείου.

Για την αντισεισμική ανάλυση των μεταλλικών κτηρίων μπορεί να εφαρμοστεί είτε ανάλυση οριζόντιας φόρτισης, είτε ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ8-1. Η ανάλυση πραγματοποιείται με την παραδοχή ύπαρξης ή μη, διαφραγματικής λειτουργίας των σταθμών του υπό μελέτη κτηρίου. Σε περίπτωση ύπαρξης διαφράγματος σε μία στάθμη, η αντισεισμική ανάλυση ακολουθεί τη διαδικασία των τεσσάρων έκκεντρα τοποθετημένων θέσεων μάζας ή θέσεων εφαρμογής οριζοντίων δυνάμεων (διαμορφώνονται αντίστοιχα τέσσερα διαφορετικά μοντέλα του κτηρίου), σύμφωνα με τις προδιαγραφές της § 4.3.2 του ΕΚ 8-1. Στην περίπτωση που το υπό μελέτη κτήριο δεν έχει καμία διαφραγματική λειτουργία, οι μάζες από τα μόνιμα και τα μεταβλητά φορτία του φορέα τοποθετούνται, αναλογικά με τις φορτίσεις, στους κόμβους των πλαισίων.

Τα κινητά φορτία λόγω ανέμου και χιονιού, υπολογίζονται αυτόματα ακολουθώντας τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων EN1991-1-4 & EN1991-1-3 αντίστοιχα, και στην συνέχεια αποδίδονται αυτόματα είτε στα πλαίσια είτε στις τεγίδες/μηκίδες του κτηρίου, ακολουθώντας την επιλογή του χρήστη. Περισσότερες πληροφορίες για την υπομονάδα «Δράσεις Ανέμου και Χιονιού» μπορείτε να αναζητήσετε στο αντίστοιχο εγχειρίδιο.

Πρόσθετες πληροφορίες καθώς και επίκαιρο εκπαιδευτικό υλικό για τα τη χρήση και τα αποτελέσματα των μεταλλικών ή/και σύμμεικτων κτηρίων στο ΡΑΦ, μπορείτε να αναζητήσετε στο δικτυακό τόπο του ΤΟΛ® στη διεύθυνση: <https://tol.gr>

2. Κανονισμοί – Μονάδες Μέτρησης

Κανονισμοί

Καλύπτονται πλήρως οι διατάξεις των Κανονισμών:

(α) **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 0**: για τους συνδυασμούς δράσεων.

(β) **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1**: για τις τιμές των φορτίων των κτιρίων.

(γ) **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3-1**: για τον έλεγχο των στοιχείων από δομικό χάλυβα.

(δ) **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8-1**: για τον αντισεισμικό υπολογισμό και τους ικανοτικούς ελέγχους των κτιρίων.

Μονάδες μέτρησης

Οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στηρίζονται στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.):

Δυνάμεις	kN
Ροπές	kNm
Μετατοπίσεις	m
Στροφές	rad
Μήκη δομικών στοιχείων	m
Γωνίες αξόνων στοιχείων	μοίρες
Θερμοκρασία	°C
Μάζες	t
Κατανεμημένα φορτία ραβδωτών στοιχείων	kN/m
Κατανεμημένα φορτία επιφανειακών	kN/m ²
Τάσεις και Αντοχές	kN/m ²
Ειδικά ή φαινόμενα βάρη	kN/m ³
Δείκτης εδάφους	kN/m ³

3. Αντισεισμικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων

3.1. Αρχές Σχεδιασμού

Τα αντισεισμικά μεταλλικά κτήρια σχεδιάζονται σύμφωνα με μία από τις ακόλουθες αρχές:

1. Αρχή α): Περιορισμένη δυνατότητα πλάστιμης συμπεριφοράς.
2. Αρχή β): Δυνατότητα πλάστιμης συμπεριφοράς.

Οι κατηγορίες πλαστιμότητας σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 §6.1.2 είναι οι εξής:

- **Κατηγορία Πλαστιμότητας Χαμηλή (ΚΠΧ):** Ο φορέας παρουσιάζει περιορισμένη πλάστιμη συμπεριφορά και χαμηλή απόδοση ενέργειας. Ο συντελεστής συμπεριφοράς λαμβάνεται $q \leq 1.5$.
- **Κατηγορία Πλαστιμότητας Μεσαία (ΚΠΜ):** Ο φορέας παρουσιάζει πλάστιμη συμπεριφορά κι έχει την ικανότητα να αποδίδει ενέργεια με πλαστικούς μηχανισμούς. Ο συντελεστής συμπεριφοράς λαμβάνεται εν γένει $q \leq 4$ (ΕΚ8-1, Πίνακας 6.1). Επιπλέον, η τιμή του προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη και τις τιμές του Πίνακα 6.2 του ΕΚ8-1.
- **Κατηγορία Πλαστιμότητας Υψηλή (ΚΠΥ):** Ο φορέας παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερη πλάστιμη συμπεριφορά κι έχει την ικανότητα να αποδίδει ενέργεια με πλαστικούς μηχανισμούς. Ο συντελεστής q λαμβάνεται μόνο σύμφωνα με τον Πίνακα 6.2 του ΕΚ8-1.

3.1.1. Περιορισμένη Πλάστιμη Συμπεριφορά (ΚΠΧ) – Αρχή α)

Στην περίπτωση της χαμηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (που ταυτίζεται με την αρχή α)), τα αποτελέσματα των δράσεων του φορέα μπορούν να υπολογίζονται βάσει μιας ελαστικής ανάλυσης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η μη γραμμική συμπεριφορά του υλικού. Σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.1.2(2)Ρ, όταν ένας φορέας είναι μη κανονικός καθ' ύψος, ο συντελεστής συμπεριφοράς q μειώνεται σύμφωνα με την § 4.2.3.1 (7) και λαμβάνεται πολλαπλασιάζοντας την τιμή αναφοράς επί 0.8. Ωστόσο σύμφωνα με την ίδια παράγραφο δεν χρειάζεται να είναι μικρότερος από 1.5. Σύμφωνα με την 6.1.2(4) η αντοχή μελών και συνδέσεων μπορεί να γίνει με αποκλειστική χρήση διατάξεων του ΕΚ-3 χωρίς συμπληρωματικές διατάξεις για αντισεισμικό σχεδιασμό.

3.1.2. Πλάστιμη Συμπεριφορά (ΚΠΜ – ΚΠΥ) – Αρχή β)

Στην περίπτωση που ο φορέας αναπτύσσει πλάστιμη συμπεριφορά, οι δράσεις σχεδιασμού παραλαμβάνονται και μέσω ζωνών απόδοσης ενέργειας που λειτουργούν ανελαστικά. Η τιμή αναφοράς του συντελεστή συμπεριφοράς q εξαρτάται από την κατηγορία πλαστιμότητας (Μέση

ή Υψηλή) αλλά και τύπο στατικού συστήματος όπως παρουσιάζονται στην § 6.3 του ΕΚ8-1 και στην επόμενη παράγραφο του παρόντος εγχειριδίου. . Επίσης, θα πρέπει να πληρούνται οι απαιτήσεις που παρουσιάζονται στις § 6.2 ÷ 6.11. Ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας, μεσαία ή υψηλή, θα πρέπει να ικανοποιούνται ειδικές απαιτήσεις στις κατηγορίες των διατομών και στην ικανότητα στροφής των συνδέσεων/κόμβων.

3.2. Τύποι στατικών συστημάτων και συντελεστές συμπεριφοράς

Για κτήρια σχεδιασμένα με δυνατότητα πλάστιμης συμπεριφοράς, ανάλογα με τον τύπο του αντισεισμικού φορέα σύμφωνα με το ΕΚ 8.1 § 6.3.1, κατατάσσονται σε μια από τις εξής 7 κατηγορίες :

1. Πλαίσια παραλαβής ροπών: είναι εκείνα στα οποία οι οριζόντιες δυνάμεις παραλαμβάνονται κυρίως από μέλη τα οποία δρουν κατά καμπτικό κυρίως τρόπο.
2. Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα: είναι εκείνα στα οποία οι οριζόντιες δυνάμεις παραλαμβάνονται κυρίως από μέλη τα οποία καταπονούνται από αξονικές δυνάμεις.
3. Πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους: οι οριζόντιες δυνάμεις παραλαμβάνονται κυρίως από αξονικά φορτιζόμενα μέλη, και στα οποία η εκκεντρότητα είναι τέτοια ώστε η ενέργεια να μπορεί να αποσβένεται σε σεισμικούς συνδέσμους μέσω ανακυκλικής κάμψης ή ανακυκλικής τέμνουσας.
4. Συστήματα ανεστραμμένου εκκρεμούς (ορισμός στην §5.1.2 του ΕΚ8-1): είναι εκείνα στα οποία οι ζώνες απόδοσης ενέργειας βρίσκονται στη βάση των υποστυλωμάτων.
5. Συστήματα με πυρήνες από σκυρόδεμα ή τοιχώματα από σκυρόδεμα: είναι εκείνα στα οποία οι οριζόντιες δυνάμεις παραλαμβάνονται κυρίως από τους πυρήνες ή τα τοιχώματα.
6. Πλαίσια παραλαβής ροπών σε συνδυασμό με έκκεντρους συνδέσμους.
7. Πλαίσια παραλαβής ροπών σε συνδυασμό με τοιχοπληρώσεις.

3.2.1. Πλαίσια Παραλαβής Ροπών

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8.1 § 6.6, θα πρέπει τα πλαίσια παραλαβής ροπών να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζονται πλαστικές αρθρώσεις στις δοκούς ή στις συνδέσεις των δοκών με τα υποστυλώματα και όχι στα υποστυλώματα. Από αυτή την απαίτηση εξαιρούνται τα υποστυλώματα που βρίσκονται στη βάση του πλαισίου, στους τελευταίους ορόφους πολυώροφων κτηρίων και σε μονώροφα κτήρια. Για τα πλαίσια αυτής της κατηγορίας οι ανώτερες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q σύμφωνα με τον πίνακα 6.2 είναι $q=4$ (για ΚΠΜ) και $q=5(\alpha_u/\alpha_1)$ (για ΚΠΥ). Ο λόγος (α_u/α_1) ορίζεται στην § 6.3.2(3). Αν δεν γίνει κάποιος ειδικός

υπολογισμός του συγκεκριμένου λόγου μπορεί να ληφθεί για κανονικά σε κάτοψη κτήρια από το σχήμα 6.1 του ΕΚ8-1. Αντίστοιχα για την περίπτωση μη κανονικών σε κάτοψη κτηρίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί – και εφόσον δεν γίνει ειδικός υπολογισμός με στατική υπερωθητική ανάλυση – ο μέσος όρος της τιμής που δίνει στο σχήμα 6.1 και της μονάδας. Γενικά δεν επιτρέπονται τιμές $(\alpha_u/\alpha_1) \leq 1.6$ ακόμα και προκύψουν μεγαλύτερες τιμές από κάποια στατική υπερωθητική ανάλυση.

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8.1 § 6.5.3 (2), ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας και τον συντελεστή συμπεριφοράς q που χρησιμοποιείται κατά το σχεδιασμό, ορίζονται κάποιες απαιτήσεις που αφορούν τις κατηγορίες των μεταλλικών διατομών. Οι απαιτούμενες κατηγορίες διατομής παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3 του κανονισμού.

Πίνακας 3-1 (Πίνακας 6.3 ΕΚ8-1): Απαιτήσεις της κατηγορίας διατομής των πλάστιμων στοιχείων ανάλογα με την Κατηγορία Πλαστιμότητας και τον συντελεστή συμπεριφοράς

Κατηγορία Πλαστιμότητας	Τιμή αναφοράς του συντελεστή συμπεριφοράς q	Απαιτούμενη κατηγορία διατομής
ΚΠΜ	$1,5 < q \leq 2$	κατηγορία 1, 2 ή 3
	$2 < q \leq 4$	κατηγορία 1 ή 2
ΚΠΥ	$q > 4$	κατηγορία 1

Επίσης, ανάλογα με το είδος του δομικού στοιχείου και την κατηγορία πλαστιμότητας του κτηρίου, πρέπει να ικανοποιούνται οι έλεγχοι ανά στοιχείο που παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

3.2.1.1. Δοκοί

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.6.2, παρατίθενται κάποιοι κανόνες σχεδιασμού και διαμόρφωσης λεπτομερειών για τις μεταλλικές δοκούς που ανήκουν σε πλαίσια παραλαβής ροπών.

Δοκοί ΚΠΥ-ΚΠΜ (Ικανοτικός Σχεδιασμός)

Οι δοκοί των κτηρίων με ΚΠΥ θα πρέπει να ανήκουν στην κατηγορία διατομής 1 και οι δοκοί των κτηρίων με ΚΠΜ πρέπει να ανήκουν σε κατηγορία διατομής 1, 2 ή 3 ανάλογα με την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , σύμφωνα με τον πίνακα 6.3 του κανονισμού.

Οι δοκοί θα πρέπει να ελέγχονται ως προς την αντοχή τους σε πλευρικό και στρεπτικό λυγισμό κατά τις διατάξεις του ΕΚ3-1. Κατά τον έλεγχο, υποθέτουμε ότι σχηματίζεται μια πλαστική

άρθρωση στο ένα άκρο της δοκού που δέχεται τη μεγαλύτερη καταπόνηση κατά τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού (ΕΚ 8-1 6.6.2 (1)).

Επίσης, σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.6.2 (2) θα πρέπει να διασφαλίζεται η ανάπτυξη της πλήρους πλαστικής ροπής αντοχής και της ικανότητας στροφής, χωρίς την απομείωσή τους από δυνάμεις θλίψης και τέμνουσας (Ικανοτικός Έλεγχος Τέμνουσας). Προς τούτο για διατομές των κατηγοριών 1 και 2 θα πρέπει να γίνονται οι τρεις έλεγχοι των παρακάτω ανισοτήτων.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.1)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,15 \quad (3.2)$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5 \quad (3.3)$$

Όπου:

$V_{Ed} = V_{Ed,G} + V_{Ed,M}$ είναι η τέμνουσα σχεδιασμού

N_{Ed} : είναι η αξονική δύναμη σχεδιασμού

M_{Ed} : είναι η ροπή κάμψης σχεδιασμού

$N_{pl,Rd}$, $M_{pl,Rd}$, $V_{pl,Rd}$: είναι οι αντοχές σχεδιασμού των διατομών σύμφωνα με τον ΕΚ-3.

$V_{Ed,G}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας που οφείλεται σε μη σεισμικές δράσεις.

$V_{Ed,M}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας, που οφείλεται στην εφαρμογή των πλαστικών ροπών αντοχής $M_{pl,Rd,A}$ και $M_{pl,Rd,B}$ με αντίθετα πρόσημα στις διατομές των άκρων Α και Β της δοκού.

Στην περίπτωση αμφιαρθρωτών δοκών, ισχύει: $V_{Ed,M} = 0.0$.

Στην περίπτωση μονοαρθρωτών δοκών, η πλαστική ροπή αντίστασης που αντιστοιχεί στο αρθρωτό άκρο, λαμβάνει την τιμή μηδέν.

Για διατομές κατηγορίας 1 στις παραπάνω ανισότητες αντικαθίστανται τα μεγέθη $N_{pl,Rd}$, $M_{pl,Rd}$, $V_{pl,Rd}$ με τα μεγέθη $N_{el,Rd}$, $M_{el,Rd}$, $V_{el,Rd}$ αντίστοιχα τα οποία αντιστοιχούν σε ελαστικές αντοχές.

Δοκοί ΚΠΧ

Στην χαμηλή κατηγορία πλαστιμότητας, οι δοκοί διαμορφώνονται χωρίς πρόσθετες απαιτήσεις και μόνο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΚ-3.1.

3.2.1.2. Υποστυλώματα

Σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.6.3, παρουσιάζονται κάποιοι κανόνες σχεδιασμού και διαμόρφωσης λεπτομερειών για τα μεταλλικά υποστυλώματα που ανήκουν σε πλαίσια παραλαβής ροπών.

Υποστυλώματα ΚΠΥ-ΚΠΜ (Ικανοτικός Σχεδιασμός)

Όλα τα υποστυλώματα κτηρίων με ΚΠΥ θα πρέπει να ανήκουν σε κατηγορία διατομής 1 σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.5.3 (2), Πίνακας 6.3. Επίσης σύμφωνα με τον ίδιο πίνακα, όλα τα υποστυλώματα κτηρίων με ΚΠΜ μπορούν να ανήκουν σε κατηγορία διατομής 1, 2 ή 3 ανάλογα με το δείκτη συμπεριφοράς q .

Τα υποστυλώματα ελέγχονται σε θλίψη λαμβάνοντας υπόψη τον δυσμενέστερο συνδυασμό αξονικής δύναμης και ροπών κάμψης. Οι συνδυασμοί δράσεων για τον έλεγχο αντοχής των υποστυλωμάτων υπολογίζονται σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.6.3 (1) ως εξής (Ικανοτικός έλεγχος υποστυλωμάτων):

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \\ M_{Ed} &= M_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot M_{Ed,E} \\ V_{Ed} &= V_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot V_{Ed,E} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Όπου:

$N_{Ed,G}$ ($M_{Ed,G}$, $V_{Ed,G}$): είναι η θλιπτική αξονική δύναμη που ασκείται στο υποστυλόμενο και οφείλεται σε μη σεισμικές δράσεις οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στο συνδυασμό δράσεων για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού (αντίστοιχα ορίζονται και η ροπή κάμψης και η τέμνουσα δύναμη).

$N_{Ed,E}$ ($M_{Ed,E}$, $V_{Ed,E}$): είναι η θλιπτική αξονική δύναμη που ασκείται στο υποστυλόμενο και οφείλεται σε σεισμικές δράσεις (αντίστοιχα ορίζονται και η ροπή κάμψης και η τέμνουσα δύναμη).

γ_{ov} : είναι ο συντελεστής υπεραντοχής που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό και ο οποίος καλύπτει την πιθανότητα ότι το πραγματικό όριο διαρροής του χάλυβα μπορεί να είναι μεγαλύτερο από την ονομαστική τιμή (ΕΚ-8 § 6.2.3). Στο Εθνικό Προσάρτημα, προτείνεται η χρήση της τιμής 1.25.

Ω : είναι η ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = M_{pl,Rd,i}/M_{Ed,i}$ για όλες τις δοκούς στις οποίες υπάρχουν πλαστικές περιοχές.

$M_{Ed,i}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της καμπτικής ροπής στη δοκό -i

$M_{pl,Rd,i}$: είναι η τιμή της πλαστικής ροπής αντοχής της δοκού -i

Στα υποστυλώματα στα οποία σχηματίζονται πλαστικές αρθρώσεις, η δρώσα ροπή λαμβάνεται ίση με την πλαστική ροπή αντοχής $M_{pl,Rd}$.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω μεγέθη σχεδιασμού ο έλεγχος αντοχής γίνεται με βάση τα όσα προδιαγράφονται στο κεφάλαιο 6 του EN1993-1-1.

Επίσης, σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 §6.6.3 (4) η τέμνουσα V_{Ed} του υποστυλώματος η οποία προκύπτει από την ανάλυση, πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5 \quad (3.5)$$

Όπου:

V_{Ed} : είναι η τέμνουσα σχεδιασμού, όπως ορίστηκε ανωτέρω, στη σχέση (3.4)

$V_{pl,Rd}$: είναι η αντοχή σχεδιασμού των διατομών σύμφωνα με τον ΕΚ3-1.

Υποστυλώματα ΚΠΧ

Στην χαμηλή κατηγορία πλαστιμότητας, τα υποστυλώματα διαμορφώνονται χωρίς πρόσθετες απαιτήσεις και μόνο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΚ3-1.

3.2.2. Πλαίσια με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα

Οι ακόλουθες προδιαγραφές αφορούν κεντρικούς συνδέσμους, σε πλαίσια κατηγορίας πλαστιμότητας υψηλής ΚΠΥ ή μεσαίας ΚΠΜ, σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.7.

Το βασικό κριτήριο του ικανοτικού σχεδιασμού για τους συνδέσμους είναι ότι η διαρροή των εφελκυσμένων διαγώνιων πρέπει να προηγείται της αστοχίας των συνδέσεων καθώς και της διαρροής ή του λυγισμού των δοκών ή των υποστυλωμάτων. Η λογική αυτή ιεράρχησης των αστοχιών συνίσταται στο γεγονός ότι οι εφελκυσμένες διαγώνιες ράβδοι χρησιμοποιούνται ως «γραμμή άμυνας» για την προστασία έναντι αστοχίας των μελών που φέρουν κατακόρυφα φορτία αλλά και των συνδέσεων τους που υλοποιούν την μεταξύ τους συνεργασία. Αυτό τεκμηριώνεται και από το εδάφιο 6.7.2(1)Ρ όπου αναφέρεται ότι: «τα φορτία βαρύτητας παραλαμβάνονται μόνον από τις δοκούς και τα υποστυλώματα χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα μέλη των συνδέσμων». Σημειώνεται εδώ ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς q των συστημάτων αυτής της μορφής εκτιμάται με βάση τον πίνακα 6.2 του ΕΚ8-1.

3.2.2.1. Διαγώνια Μέλη

Τα διαγώνια μέλη πρέπει να ανήκουν σε κατηγορία διατομής ανάλογα με τη Κατηγορία Πλαστιμότητας και την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.5.3 με κριτήριο την λειτουργία τους υπό θλίψη.

Θλιπτική αντοχή διαγωνίων

Σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 §6.7.3 (5), η αντοχή διαρροής $N_{pl,Rd}$ της συνολικής διατομής των διαγωνίων μελών θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd} \quad (3.6)$$

Όπου:

N_{Ed} : είναι η αξονική δύναμη σχεδιασμού.

Σύμφωνα με την §6.7.3(6): «Σε πλαίσια με συνδέσμους μορφής V, οι θλιβόμενοι διαγώνιοι θα πρέπει να σχεδιάζονται για αντοχή σε θλίψη σύμφωνα με τον ΕΚ8-3.

Εφελκυστική αντοχή διαγωνίων

Σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.5.4 (1), θα πρέπει να ικανοποιείται η απαίτηση πλαστιμότητας των διαγωνίων μελών η οποία από τη σχέση ΕΚ3-1 §6.2.3 (3), ορίζεται ως:

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd} \quad (3.7)$$

Όπου:

$N_{pl,Rd}$: είναι η πλαστική αντοχή σχεδιασμού.

$N_{u,Rd}$: είναι η οριακή αντοχή καθαρής διατομής στις θέσεις των οπών.

Κριτήριο ομοιογενούς πλάστιμης συμπεριφοράς

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση του ΕΚ 8.1 § 6.7.3 (8), προκειμένου να υπάρχει ομοιόμορφη πλαστιμότητα καθ' ύψος όλων των ορόφων θα πρέπει οι υπεραντοχές όλων των διαγωνίων να μην παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει η ελάχιστη με την μέγιστη υπεραντοχή όλων των διαγωνίων να απέχουν λιγότερο από 25%.

3.2.2.2. Δοκοί και υποστυλώματα συνδέσμων

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.7.4, οι δοκοί και τα υποστυλώματα που καταπονούνται με αξονικές δυνάμεις θα πρέπει να πληρούν την ακόλουθη απαίτηση ελάχιστης αντοχής (Ικανοτικός έλεγχος συνδέσμων):

$$N_{pl,Rd}(M_{Ed}) \geq N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \quad (3.8)$$

Όπου:

$N_{pl,Rd}(M_{Ed})$: είναι η αντοχή σχεδιασμού σε λυγισμό της δοκού ή του υποστυλώματος, σύμφωνα με τον ΕΚ3-1, η οποία λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση της αντοχής σε λυγισμό με την ροπή σχεδιασμού στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, M_{Ed} .

$N_{Ed,G}$: είναι η αξονική δύναμη που ασκείται στη δοκό ή στο υποστυλόμετρο και που οφείλεται σε μη σεισμικές δράσεις, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στο συνδυασμό των δράσεων για τη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

$N_{Ed,E}$: είναι η αξονική δύναμη που ασκείται στη δοκό ή στο υποστυλόμετρο και που οφείλεται στη σεισμική δράση σχεδιασμού.

γ_{ov} : είναι ο συντελεστής υπεραντοχής που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό και ο οποίος καλύπτει την πιθανότητα ότι το πραγματικό όριο διαρροής του χάλυβα μπορεί να είναι μεγαλύτερο από την ονομαστική τιμή (ΕΚ-8 § 6.2.3).

Ω : είναι η ελάχιστη τιμή του λόγου $N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$ όλων των διαγωνίων του πλαισιακού συστήματος.

$N_{pl,Rd,i}$: είναι η αντοχή σχεδιασμού της $-i$ διαγωνίου.

$N_{Ed,i}$: είναι η τιμή σχεδιασμού της αξονικής δύναμης στην ίδια διαγώνιο $-i$, στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

Στο ευρύτερο πλαίσιο της φιλοσοφίας του ικανοτικού σχεδιασμού εντάσσεται και το εδάφιο § 6.7.4(2) σύμφωνα με το οποίο σε πλαίσια με συνδέσμους μορφής V θα πρέπει να γίνεται κατάλληλος σχεδιασμός των δοκών έτσι ώστε να είναι σε θέση να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία χωρίς την συνεισφορά των συνδέσμων. Επιπλέον, οι δοκοί θα πρέπει να σχεδιάζονται για επαρκή αντίσταση έναντι της κατακόρυφης σεισμικής δράσης που εφαρμόζεται σε αυτές μετά τον ενδεχόμενο λυγισμό των θλιβόμενων συνδέσμων. Τα εντατικά αυτά μεγέθη υπολογίζονται χρησιμοποιώντας το $N_{pl,Rd}$ για τους εφελκόμενους συνδέσμους και το $\gamma_{pb} N_{pl,Rd}$ για τους βλιβόμενους (ο συντελεστής γ_{pb} εκτιμά την αντοχή μετά το λυγισμό των θλιβόμενων διαγωνίων και μπορεί να λάβει την τιμή 0.3).

3.2.3. Πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους

Κεντρική φιλοσοφία για τον σχεδιασμό των πλαισίων αυτής της μορφής αποτελεί η απαίτηση να αποσβένεται σεισμική ενέργεια στους σεισμικούς συνδέσμους μέσω σχηματισμού πλαστικών μηχανισμών κάμψης ή/και τέμνουσας (§ 6.8.1(1)P). Ο συντελεστής συμπεριφοράς για πλαίσια αυτής της μορφής εκτιμάται από τον Πίνακα 6.2 του ΕΚ8-1 και τη βοήθεια του σχήματος 6.4.

Οι ακόλουθες προδιαγραφές αφορούν πλαίσια στα οποία υπάρχουν έκκεντροι σύνδεσμοι και κατηγορίας πλαστιμότητας υψηλής ΚΠΥ ή μεσαίας ΚΠΜ, σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.8. Το βασικό κριτήριο του ικανοτικού σχεδιασμού σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων πραγματοποιείται στους σεισμικούς συνδέσμους πριν από την οποιαδήποτε διαρροή ή αστοχία σε άλλο σημείο του πλαισίου.

3.2.3.1. Σεισμικοί Σύνδεσμοι

Οι σεισμικοί σύνδεσμοι πρέπει να ανήκουν σε κατηγορία διατομής ανάλογα με τη Κατηγορία Πλαστιμότητας και την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q , σύμφωνα με τον ΕΚ 8.1 § 6.5.3.

Αντοχή σεισμικών συνδέσμων έναντι ροπής και τέμνουσας

Για διατομές διπλού ταυ, ο κανονισμός ορίζει ως αντοχές σχεδιασμού της δοκού σύζευξης:

$$V_{p,link} = (f_y / \sqrt{3}) \cdot t_w \cdot (d - t_f) \quad (3.9)$$

$$M_{p,link} = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (d - t_f) \quad (3.10)$$

(Οι γεωμετρικές παράμετροι των διατομών που υπεισέρχονται στις παραπάνω σχέσεις δίνονται στο σχήμα 6.13 του ΕΚ8-1).

Στη περίπτωση όπου ο λόγος εξάντλησης της αξονικής δύναμης $N_{Ed}/N_{pl,Rd}$ είναι μικρότερος του 0.15 τότε ως αντοχές λαμβάνονται οι παραπάνω (συγκρινόμενες αντίστοιχα με τα μεγέθη σχεδιασμού V_{Ed} , M_{Ed}). Ωστόσο, στην περίπτωση όπου η αξονική δύναμη υπερβαίνει το 15% της πλαστικής αντοχής της διατομής, σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.8.2 (5) πραγματοποιείται απομείωση των παραπάνω αντοχών σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$V_{p,link,r} = V_{p,link} \cdot \left[1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd})^2 \right]^{0.5} \quad (3.11)$$

$$M_{p,link,r} = M_{p,link} \cdot \left[1 - (N_{Ed}/N_{pl,Rd}) \right] \quad (3.12)$$

Έλεγχος μήκους σεισμικού συνδέσμου

Από τον ΕΚ8-1 § 6.8.2 (6), λαμβάνεται ότι το μήκος του σεισμικού συνδέσμου e , στη περίπτωση όπου $N_{Ed}/N_{Rd} \geq 0,15$, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει μια προκαθορισμένη τιμή, συναρτήσει της τιμής του συντελεστή R . Πιο συγκεκριμένα:

$$R = N_{Ed} \cdot t_w \cdot (d - 2t_f) / (V_{Ed}A) \quad (3.13)$$

(Α είναι η συνολική επιφάνεια του συνδέσμου ενώ τα υπόλοιπα γεωμετρικά μεγέθη ορίζονται στο σχήμα 6.13 του ΕΚ8-1).

Όταν $R < 0,3$:

$$e < 1.6 M_{p,link} / V_{p,link} \quad (3.14)$$

Ενώ όταν $R \geq 0,3$:

$$e < (1.15 - 0.5R) 1.6 M_{p,link} / V_{p,link} \quad (3.15)$$

Επίσης να τονισθεί πως οι σεισμικοί σύνδεσμοι ανάλογα το μήκος του χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

(α) Σε περιπτώσεις στις οποίες ίσες ροπές αναπτύσσονται ταυτόχρονα και στα δύο άκρα του σεισμικού συνδέσμου σύμφωνα με το σχήμα 6.14α του ΕΚ8-1:

- Μικρού Μήκους : $e < e_s = 1.6 M_{p,link} / V_{p,link}$ (απόσβεση ενέργειας μέσω διάτμησης)
- Μεγάλου Μήκους : $e > e_L = 3.0 M_{p,link} / V_{p,link}$ (απόσβεση ενέργειας μέσω κάμψης)
- Ενδιάμεσοι Σύνδεσμοι: $e_s < e < e_L$ (απόσβεση ενέργειας καμπτικά και διατμητικά)

(β) Σε περιπτώσεις όπου μόνον μία πλαστική άρθρωση αναπτύσσεται στο ένα άκρο του σεισμικού συνδέσμου (Σχήμα 6.14β του ΕΚ8-1):

- Μικρού μήκους: $e < e_s = 0.8(1 + \alpha) M_{p,link} / V_{p,link}$
- Μεγάλου μήκους: $e < e_L = 1.5(1 + \alpha) M_{p,link} / V_{p,link}$
- Ενδιάμεσοι Σύνδεσμοι: $e_s < e < e_L$

(Όπου α είναι ο λόγος των μικρότερων ροπών κάμψης στο άκρο Α του συνδέσμου ($M_{Ed,A}$) κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, προς τις μεγαλύτερες ροπές κάμψης στο άκρο Β του συνδέσμου ($M_{Ed,B}$) όπου σχηματίζεται η πλαστική άρθρωση. Αμφότερες οι ροπές πρέπει να λαμβάνονται με τις απόλυτες τιμές τους.)

Κριτήριο ομοιογενούς πλαστικής συμπεριφοράς

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση του ΕΚ 8-1 § 6.8.2 (7), προκειμένου να υπάρχει ομοιόμορφη πλαστιμότητα καθ' ύψος όλων των ορόφων θα πρέπει οι υπεραντοχές όλων των σεισμικών συνδέσμων (όπως ορίζονται στην §6.8.3(1) του ΕΚ8-1) να μην παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει η ελάχιστη με την μέγιστη υπεραντοχή όλων των διαγωνίων να απέχουν λιγότερο από 25%. Στη περίπτωση των έκκεντρων συνδέσμων ισχύει:

- Για σεισμικούς συνδέσμους μικρού μήκους (όπου η τέμνουσα είναι κρίσιμη) :

$$\Omega = 1.5 V_{p,link,i} / V_{Ed,i} \quad (3.16)$$

- Για ενδιάμεσους σεισμικούς συνδέσμους ή συνδέσμους μεγάλου μήκους (όπου η ροπή είναι κρίσιμη) :

$$\Omega = 1.5 M_{p,link,i} / M_{Ed,i} \quad (3.17)$$

Ενδιάμεσες ενισχύσεις κορμού σεισμικού συνδέσμου

Στο ΡΑΦ πραγματοποιούνται έλεγχοι και επί των ενισχύσεων των σεισμικών συνδέσμων σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.8.2 (11), § 6.8.2 (12). Πιο συγκεκριμένα, το πλάτος των ενισχύσεων σύμφωνα με τον κανονισμό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον $((b/2) - t_w)$, κριτήριο το οποίο στα πλαίσια του ΡΑΦ ικανοποιείται αυτόματα δεδομένου ότι οι ενισχύσεις καλύπτουν όλο το πλάτος των πελμάτων κατά την εισαγωγή τους.

Επόμενο κριτήριο αποτελεί το ύψος των ενισχύσεων σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.8.2 (12ε) το οποίο σε γενικές γραμμές πρέπει να είναι σε όλο το ύψος της διατομής όπως ακριβώς συμβαίνει και στο ΡΑΦ εφόσον τοποθετούνται αμφίπλευρα ενισχύσεις οι οποίες έχουν ύψος όσο και ο κορμός της διατομής.

Αναφορικά με το πάχος των ενισχύσεων, αυτό θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από $0.75t_w$ ή 10mm (όποιο από τα δύο είναι μεγαλύτερο).

Τέλος, έλεγχος πραγματοποιείται επί της απόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών ενισχυτικών ελασμάτων στη δοκό σύζευξης.

- Οι ενισχύσεις σεισμικού συνδέσμου μικρού μήκους θα πρέπει να είναι τοποθετημένες σε απόσταση s συναρτήσει της γωνίας στροφής του συνδέσμου θ_p .
 - ο Για $\theta_p \geq 0.08 \text{ rad} : s \leq 30t_w - d/5$
 - ο Για $\theta_p \leq 0.02 \text{ rad} : s \leq 52t_w - d/5$
 - ο Για $0.02 < \theta_p < 0.08 \text{ rad} : \text{Γραμμική παρεμβολή μεταξύ των παραπάνω τιμών και της γωνίας στροφής } \theta_p.$
- Οι ενισχύσεις σεισμικού σύνδεσμοι μεγάλου μήκους θα πρέπει να είναι τοποθετημένες σε απόσταση $1.5b$ από τα άκρα τα συνδέσμου (δεν απαιτούνται ενισχύσεις εσωτερικά του σεισμικού συνδέσμου).
- Για τους ενδιάμεσους συνδέσμους θα πρέπει να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις εκείνες των συνδέσμων μικρού μήκους και εκείνες των συνδέσμων μεγάλου μήκους για αυτό και στη περίπτωση αυτή το ΡΑΦ υπολογίζει την μέγιστη απόσταση s η οποία θα λαμβανόταν σε περίπτωση που ο σύνδεσμος ήταν μικρού μήκους και το μήκος $1.5b$ και λαμβάνει ως ανώτατη απόσταση των ενισχυτικών ελασμάτων την ελάχιστη τιμή μεταξύ τους.

Άξιο αναφοράς είναι πως σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 § 6.8.2 (12δ) εάν το μήκος του σεισμικού συνδέσμου είναι μεγαλύτερο από $5.0 M_{p,link}/V_{p,link}$ τότε δεν απαιτούνται ενισχυτικά ελάσματα. Στα πλαίσια του ΡΑΦ σε αυτή τη περίπτωση δεν πραγματοποιούνται έλεγχοι επί των

ενισχύσεων δεδομένου ότι ο κανονισμός δεν απαιτεί την τοποθέτησή τους. Ασφαλώς ο χρήστης σε αυτή την περίπτωση είναι ελεύθερος να τοποθετήσει τα ενισχυτικά ελάσματα που επιθυμεί.

3.2.3.2. Μέλη τα οποία δεν περιέχουν σεισμικούς συνδέσμους

Μέλη τα οποία δεν περιέχουν σεισμικούς συνδέσμους όπως είναι τα υποστυλώματα, τα διαγώνια μέλη και οι δοκοί επί των οποίων δεν υπάρχουν σεισμικοί σύνδεσμοι πρέπει αφενός να ανήκουν στην κατάλληλη κατηγορία διατομής σύμφωνα με τον Πίνακα 6.3 του κανονισμού συναρτήσει της τιμής του συντελεστή συμπεριφοράς q καθώς και να ελέγχονται σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1 § 6.8.3 με βάση τον ικανοτικό συνδυασμό :

$$N_{pl,Rd} \geq N_{Ed,G} + 1,1 \cdot \gamma_{ov} \cdot \Omega \cdot N_{Ed,E} \quad (3.18)$$

Όπου η πλαστική αντοχή σχεδιασμού έναντι αξονικής λαμβάνεται απομειωμένη λόγω της αλληλεπίδρασής της με την τέμνουσα και την ροπή και το Ω είναι ίσο με:

- Την ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = 1.5(V_{p,link,i}/V_{Ed,i})$ για όλους τους συνδέσμους μικρού μήκους,
- Την ελάχιστη τιμή του $\Omega_i = 1.5(M_{p,link,i}/M_{Ed,i})$ για όλους τους συνδέσμους ενδιάμεσου και μεγάλου μήκους.

Όπου:

$V_{Ed,i}$, $M_{Ed,i}$ είναι οι τιμές σχεδιασμού της τέμνουσας και της ροπής κάμψης στον σύνδεσμο i στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, και

$V_{p,link,i}$, $M_{p,link,i}$ είναι οι πλαστικές διατμητικές και καμπτικές αντοχές σχεδιασμού του συνδέσμου i όπως στο εδάφιο 6.8.2(3).

Τέλος, να σημειωθεί πως τα διαγώνια μέλη ως εφελκόμενα στοιχεία (λαμβάνοντας υπόψη την εναλλασσόμενη φορά της σεισμικής διέγερσης) πρέπει να ικανοποιούν το κριτήριο πλαστιμότητας : $N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$.

3.3. Ικανοτικός σχεδιασμός κόμβων

Σε πολυώροφα κτήρια, θα πρέπει να αποφεύγεται ο σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού μαλακού ορόφου, επειδή έχει ως επακόλουθο τις υπερβολικές απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας στα υποστυλώματα του μαλακού ορόφου. Στις κατηγορίες μεταλλικών ή σύμμεικτων κτηρίων με υψηλή και μεσαία πλαστιμότητα, ο ΕΚ8.1 ορίζει στο εδάφιο 6.6.1(3) όπως και στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, την εφαρμογή της σχέσης (4.29), όπου το άθροισμα των καμπτικών αντοχών των υποστυλωμάτων ενός κόμβου πρέπει να είναι

μεγαλύτερο από το άθροισμα των καμπτικών αντοχών των συντρεχουσών δοκών στον κόμβο αυτό.

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \cdot \Sigma M_{Rb} \quad (3.19)$$

Όπου:

ΣM_{Rc} : είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των υποστυλωμάτων που συμβάλλουν στον κόμβο. Στην παραπάνω συνθήκη, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η ελάχιστη δυνάμειων των υποστυλωμάτων που αντιστοιχούν στη σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

ΣM_{Rb} : είναι το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των ροπών αντοχής των δοκών που συντρέχουν στον κόμβο. Όταν χρησιμοποιούνται συνδέσεις μερικής αντοχής, οι ροπές αντοχής τους λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του ΣM_{Rb} .

Στην παραπάνω σχέση του ικανοτικού σχεδιασμού κόμβων, οι αντοχές των υποστυλωμάτων λαμβάνονται μειωμένες, σύμφωνα με το ΕΚ 3.1 § 6.2.9.1.

Επίσης, οι ροπές αντοχής των δοκών λαμβάνονται σύμφωνα με τον ΕΚ 3.1 § 6.1.5.

Ο παραπάνω έλεγχος πραγματοποιείται στη κεφαλή όλων των μεταλλικών ή σύμμεικτων υποστυλωμάτων για τα οποία υπάρχει απαίτηση πλαστιμότητας και ικανοτικού σχεδιασμού (Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση ή Υψηλή).

3.4. Ικανοτικός σχεδιασμός πλαισίων με σύμμεικτες δοκούς

Οι ακόλουθες προδιαγραφές αφορούν πλαίσια στα οποία υπάρχουν δοκοί από χάλυβα σύμμεικτοι με πλάκα σκυροδέματος και κατηγορίας πλαστιμότητας υψηλής ΚΠΥ ή μεσαίας ΚΠΜ, σύμφωνα με τον ΕΚ 8.1 § 7.6.2.

Το βασικό κριτήριο του ικανοτικού σχεδιασμού σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων να πραγματοποιείται στο κάτω μέρος της διατομής από χάλυβα πριν από την οποιαδήποτε διαρροή ή αστοχία στη πλάκα από σκυρόδεμα.

Προκειμένου οι δοκοί να έχουν σύμμεικτη συμπεριφορά στις ζώνες απορρόφησης ενέργειας του φορέα θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένη η διατμητική τους σύνδεση με τη πλάκα από σκυρόδεμα. Αυτό επιτυγχάνεται με αύξηση του κατώτατου ορίου του βαθμού σύνδεσης σε 0,8 με βάση τον ΕΚ 8.1 § 7.6.2(3).

Επίσης, η αντοχή σχεδιασμού των διατμητικών ήλων λαμβάνεται μειωμένη σε σχέση με εκείνη που ορίζεται στον ΕΚ 4.1.1 και ίση με το 75% της τιμής αυτής, από ΕΚ 8.1 § 7.6.

4. Βιβλιογραφία

- [1] EN 1993-1-1 (2005): Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [2] Eurocode 8: «Design of structures for earthquake resistance - Part 1»: General rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2000.
- [3] Ι. Βάγιας, Χ. Γαντές, Ι. Ερμόπουλος, Γ. Ιωαννίδης, Παράδειγμα Εφαρμογής σε Ειδικά Θέματα Μεταλλικών Κατασκευών, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2013.

5. Οδηγός Χρήσης υπομονάδας «Ικανοτικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων»

Σε αυτόν τον οδηγό χρήσης, θα παρουσιαστούν οι βασικές λειτουργίες της υπομονάδας του ΡΑΦ «Ικανοτικός Σχεδιασμός Μεταλλικών Κτηρίων», μέσω αναλυτικής περιγραφής της διαδικασίας που ακολουθείται. Θα παρουσιαστούν βήμα προς βήμα όλα τα στάδια που απαιτούνται για τη διαμόρφωση και την αντισεισμική επίλυση των μεταλλικών κτηρίων μέσα από εικόνες από το σύγχρονο περιβάλλον εργασίας του ΡΑΦ, αλλά και τις απαιτούμενες παραμέτρους και επεξηγήσεις, έτσι ώστε ακολουθώντας τις οδηγίες να μπορεί κανείς να γνωρίσει τις δυνατότητες του προγράμματος.

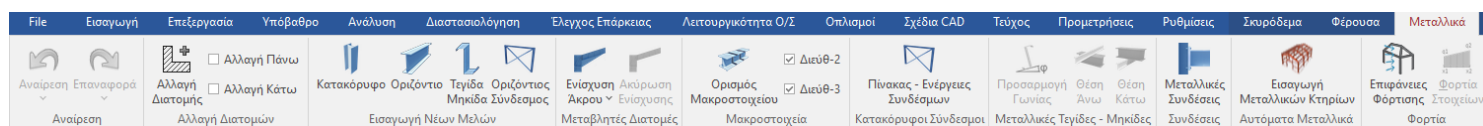
Τα γραμμικά στοιχεία που προσομοιώνουν τα μεταλλικά κτήρια στο ΡΑΦ μπορούν να είναι κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία ή μεταλλικοί σύνδεσμοι. Η εισαγωγή των μεταλλικών μελών παρουσιάζεται αναλυτικά στο εγχειρίδιο «[Μεταλλικά Κτήρια](#)» του ΡΑΦ.

 Πρόσθετες πληροφορίες ως προς την χρήση του ΡΑΦ, μπορείτε να βρείτε στον γενικό «Οδηγό Χρήσης» του προγράμματος, ο οποίος είναι αναρτημένος στην ιστοσελίδα του ΤΟΛ, [εδώ](#).

5.1. Επιφάνεια Εργασίας

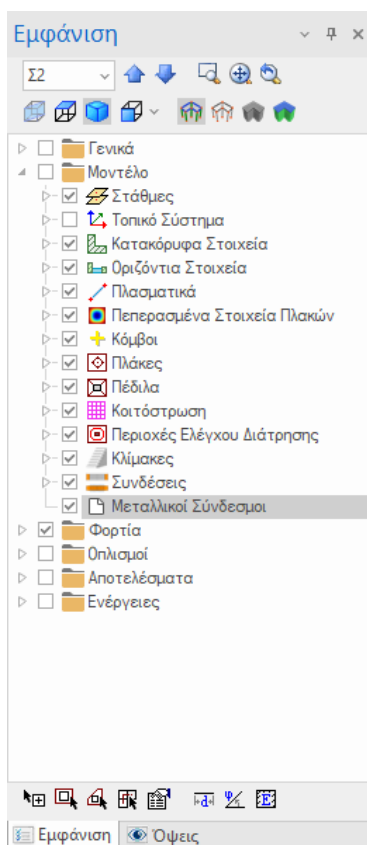
Τα δεδομένα εισαγωγής και ανάλυσης που αφορούν τον ικανοτικό έλεγχο των μεταλλικών και σύμμεικτων μελών, είναι ενσωματωμένα πλήρως στο ενιαίο περιβάλλον εργασίας του ΡΑΦ, το οποίο αποτελείται από:

- Την **Ταινία Εντολών**: είναι ο βασικός άξονας της επιφάνειας εργασίας του προγράμματος, μέσω του οποίου «ανοίγουν» όλα τα φύλλα εντολών. Σε κάθε φύλλο, είναι συγκεντρωμένες οι θεματικές ενότητες μίας στατικής μελέτης.



Εικόνα 5-1: Φύλλο «Μεταλλικά» στην κεντρική ταινία εντολών του ΡΑΦ.

- Τη **θεματική ενότητα Μεταλλικά**: Επιλέγοντας τα «Μεταλλικά», ανοίγει το φύλλο με τις παραμέτρους εισαγωγής κι επεξεργασίας των γραμμικών μεταλλικών στοιχείων. Σε αυτή τη θεματική ενότητα, περιλαμβάνονται εντολές σχετικά με την εισαγωγή νέων μελών, την αλλαγή διατομών τοποθετημένων



Εικόνα 5-2: Δέντρο Εμφάνισης

μελών, καθώς επίσης και βοηθητικά εργαλεία για τον ορισμό διαγωνίων συνδέσμων και μακροστοιχείων.

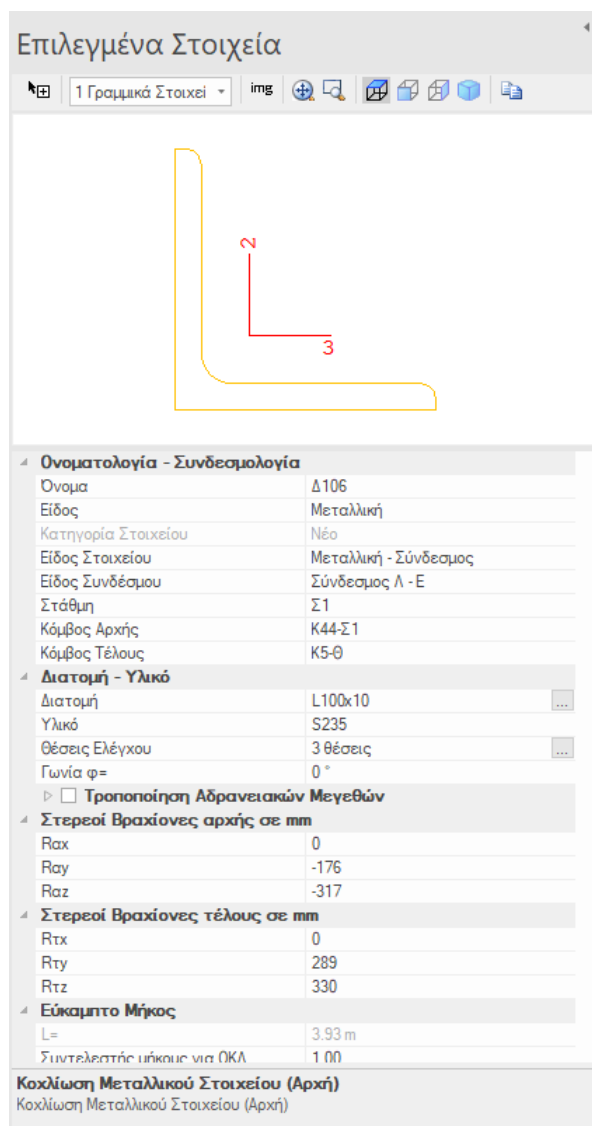
- Το «**δέντρο**» της **Εμφάνισης**: Στην αριστερή πλευρά της επιφάνειας εργασίας του ΡΑΦ, διακρίνεται το «δέντρο» εμφάνισης, το οποίο προσφέρει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στις επιλογές εμφάνισης ενός φορέα. Από αυτό το δέντρο, γίνεται επιλογή από τον/την μηχανικό των χαρακτηριστικών του φορέα, που επιθυμεί να παρουσιάζονται γραφικά στην επιφάνεια σχεδίασης.
- Το «**δέντρο**» της **Πλοήγησης**: Μέσω του δέντρου της πλοήγησης, δίνεται η δυνατότητα εμφάνισης σε πινακοποιημένη μορφή των δεδομένων και των αποτελεσμάτων των ελέγχων επάρκειας των μεταλλικών και σύμμεικτων στοιχείων.



Εικόνα 5-3: Εμφάνιση δεδομένων μεταλλικών συνδέσμων από το δέντρο πλοήγησης.

- Την **Πινακίδα Δεδομένων**: Η πινακίδα εισαγωγής/δεδομένων στην δεξιά πλευρά της επιφάνειας εργασίας του ΡΑΦ, αποτελεί την ταυτότητα ενός επιλεγμένου στοιχείου – αντικειμένου κι εμφανίζει τα πλήρη δεδομένα

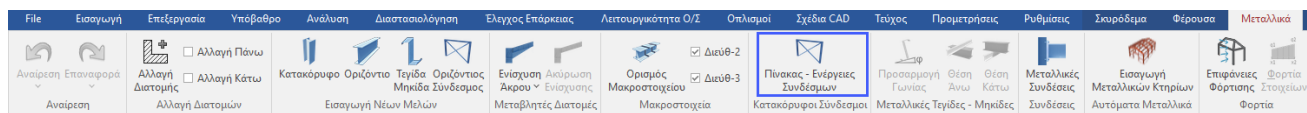
οποιοδήποτε στοιχείου. Πολλά από τα δεδομένα αυτά είναι άμεσα τροποποιήσιμα από τον/την μηχανικό.



Εικόνα 5-4: Εμφάνιση δεδομένων επιλεγμένου μεταλλικού συνδέσμου.

5.2. Εισαγωγή Κατακόρυφων Μεταλλικών Συνδέσμων

Η εισαγωγή των κατακόρυφων μεταλλικών συνδέσμων στο προσομοίωμά μας, πραγματοποιείται μαζί με αυτόματη και ταχύτατη διαδικασία για το σύνολο του φορέα. Η εισαγωγή των μεταλλικών συνδέσμων πραγματοποιείται μέσω του φύλλου «Εισαγωγής» και την ενότητας «Μεταλλικά Στοιχεία», επιλέγοντας την εντολή «Πίνακας – Ενέργειες Συνδέσμων».



Εικόνα 5-5: Εισαγωγή κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων.

5.2.1. Πίνακας – Ενέργειες Συνδέσμων

Με την εντολή «Πίνακας – Ενέργειες Συνδέσμων» του φύλλου εισαγωγής, ενεργοποιείται στη δεξιά πινακίδα δεδομένων της οθόνης εργασίας του ΡΑΦ αλλά και στο κεντρικό κάτω παράθυρο εργασίας, ένας πίνακας με τα δεδομένα εισαγωγής του συνδέσμου.

1ο Παράθυρο Εργασίας

Νέος σύνδεσμος Αντιγραφή συνδέσμου Τρέχουσα στάθμη μόνο Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού Τοποθέτηση με επιλογή 4ων Κόμβων

α/α	Όνομα	Είδος	Σχήμα	Είδος διατομής διαγωνίων	Διατομή Διαγωνίων	Ελάσματα Πάνω	Ελάσματα Κάτω	Κοχλώσεις Πάνω	Κοχλώσεις Κάτω	Ιδιότητες
0	Σύνδεσμος_5	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...
1	Σύνδεσμος_0	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...
2	Σύνδεσμος_1	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...
3	Σύνδεσμος_3	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...
4	Σύνδεσμος_4	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...
5	Σύνδεσμος_2	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	...

Γεωμετρία

Είδος Κεντρικός

Σχήμα Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός

Είδος διατομής διαγωνίων συνδέ... Q

Διατομή διαγωνίων συνδέσμων Q100x4

Εισαγωγή ελάσματος διαγωνίου συνδέσμου

Πάνω ΝΑΙ

Κάτω ΝΑΙ

Εισαγωγή κοχλίων συνδέσμων

Πάνω ΝΑΙ

Κάτω ΝΑΙ

Εικόνα 5-6: Εισαγωγή συνδέσμων δυσκαμψίας.

Ο πίνακας εισαγωγής των συνδέσμων δυσκαμψίας περιλαμβάνει σελτ συνδέσμων με τις παρακάτω ιδιότητες:

Όνομα: Το όνομα του συνδέσμου. Λαμβάνει αυτόματα μια αριθμητική τιμή. Το πεδίο είναι τροποποιήσιμο από τον/την μηχανικό.

Είδος: Το είδος των συνδέσμων, έκκεντροι ή κεντρικοί.

Σχήμα: Το σχήμα των συνδέσμων, Χ-Κ, Λ-Κ ή μονός διαγώνιος Κ.

Είδος διατομής διαγωνίων: Το είδος της διατομής των συνδέσμων, μορφής L, U, διμελείς L, Q, R, C κλπ.

Διατομή διαγωνίων: Η διατομή των συνδέσμων.

Ελάσματα Πάνω/Κάτω: Επιλογή τοποθέτησης ελασμάτων πάνω ή/και κάτω στη σειρά των συνδέσμων.

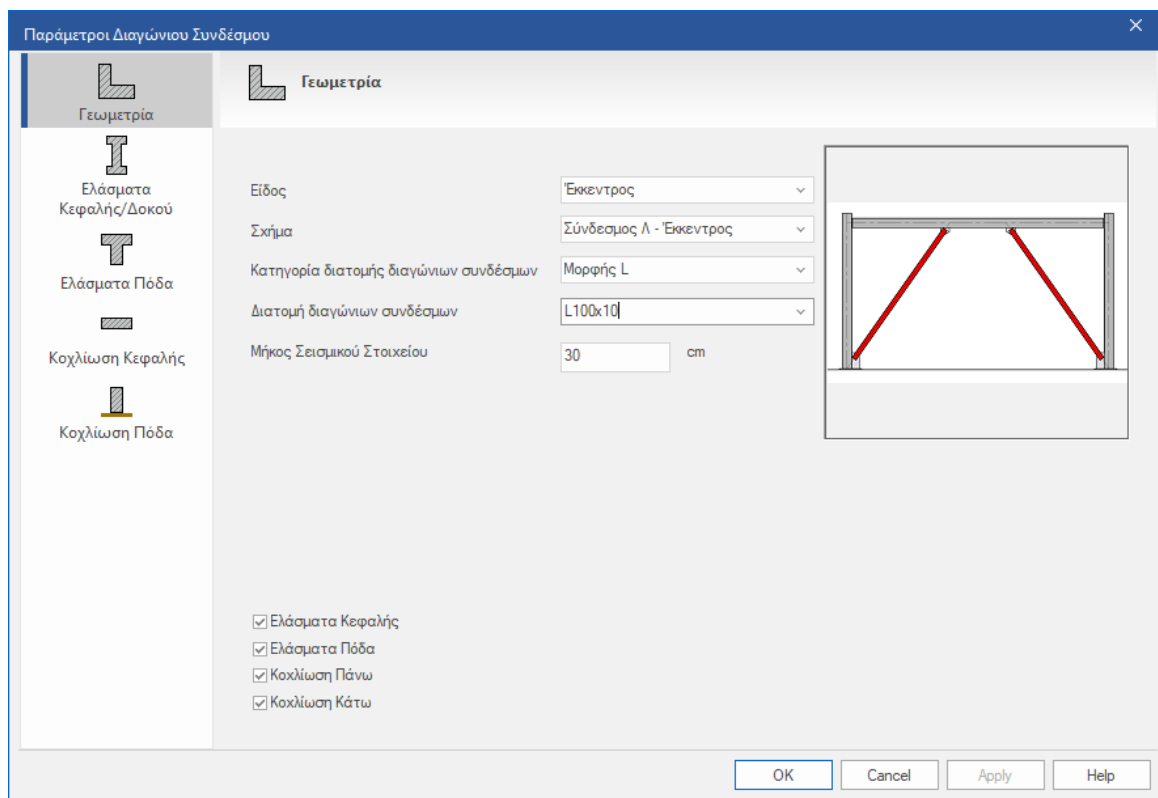
Κοχλιώσεις Πάνω/Κάτω: Επιλογή τοποθέτησης κοχλιώσεων πάνω ή/και κάτω στα ελάσματα των συνδέσμων.

☒ Νέος σύνδεσμος
 ☒ Αντιγραφή συνδέσμου
 ☐ Τρέχουσα στάθμη μόνο
 ☒ Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού
 ☒ Τοποθέτηση με επιλογή 4ρων Κόμβων

Πάνω από τον πίνακα των συνδέσμων δυσκαμψίας βρίσκονται διαθέσιμες επιλογές για την ευκολότερη και ταχύτερη διαχείρισή τους, οι οποίες περιλαμβάνουν τη δημιουργία νέου συνδέσμου με επιλογές του μηχανικού, την αντιγραφή υπάρχοντος συνδέσμου σε νέο σετ συνδέσμων και διαφορετικούς τρόπους εισαγωγής των συνδέσμων στο προσομοίωμα ενός μεταλλικού κτηρίου.

Νέος σύνδεσμος

Με την εντολή «Νέος Σύνδεσμος», στην τελευταία γραμμή του πίνακα δεδομένων προστίθεται ένα νέο σετ συνδέσμων και αυτόματα ανοίγει στην επιφάνεια εργασίας ένα παράθυρο διαλόγου με τις παραμέτρους του διαγώνιου συνδέσμου. Σε αυτό το διάλογο, ορίζονται οι εξής παράμετροι:



Εικόνα 5-7: Παράμετροι Διαγώνιου Συνδέσμου.

Γεωμετρία

Είδος: Επιλογή της κατηγορίας του διαγώνιου συνδέσμου ανάμεσα σε έκκεντρος ή κεντρικός.

Σχήμα: Επιλογή του σχήματος του διαγώνιου συνδέσμου ανάμεσα σε X-K, Λ-K, Λ-E, ή μονός διαγώνιος K ή E.

Κατηγορία διατομής διαγώνιων συνδέσμων: Επιλογή ανάμεσα σε πληθώρα διατομών όπως μορφής L, U, διμελείς L, Q, R, C κλπ.

Διατομή διαγώνιων συνδέσμων: Επιλογή της διατομής των διαγώνιων συνδέσμων ανάλογα με το παραπάνω επιλεγμένο είδος διατομής.

Μήκος Σεισμικού Στοιχείου (σε περίπτωση έκκεντρου συνδέσμου): Ορισμός του μήκους του σεισμικού στοιχείου σε cm. Η προεπιλεγμένη τιμή είναι 30 cm.

Στη συνέχεια, ακολουθεί επιλογή αν το νέο σετ συνδέσμων δυσκαμψίας θα περιλαμβάνει και την ταυτόχρονη εισαγωγή ελάσματος κεφαλής/πόδα και κοχλίωσης άνω/κάτω. Αναλόγως των επιλογών που πραγματοποιούμε, διαμορφώνονται στο παράθυρο εισαγωγής οι νέες ενότητες.

Παράμετροι Διαγώνιου Συνδέσμου

Γεωμετρία

Ελάσματα Κεφαλής/Δοκού

☐ Ίδιες Παράμετροι Αριστερά-Δεξιά

		Αριστερά		Δεξιά	
Πλάτος	bp	500	mm	500	mm
Ύψος	hp	500	mm	500	mm
Πάχος	tp	10	mm	10	mm
Φάλτσο Ελάσματος	cp	10	mm	10	mm
Πάχος Συγκόλλησης	aw	6	mm	6	mm

OK Cancel Apply Help

Εικόνα 5-8: Παράμετροι κομβοελασμάτων Κεφαλής/Δοκού.

Ελάσματα Κεφαλής/Δοκού

Ίδιες Παράμετροι Αριστερά-Δεξιά: Επιλογή το έλασμα της κεφαλής/δοκού που θα τοποθετηθεί να έχει κοινές παραμέτρους αριστερά και δεξιά.

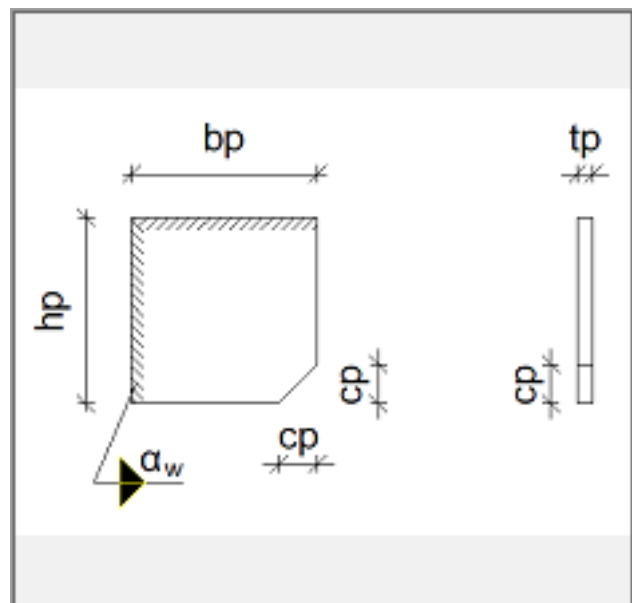
Πλάτος bp: Ορισμός του πλάτους του ελάσματος σε [mm].

Ύψος hp: Ορισμός του ύψους του ελάσματος σε [mm].

Πάχος tp: Ορισμός του πάχους του ελάσματος σε [mm].

Φάλτσο ελάσματος cp: Ορισμός του φάλτσου του ελάσματος σε [mm].

Πάχος συγκόλλησης aw: Ορισμός του πάχους συγκόλλησης σε [mm].



Ελάσματα Πόδα

Ίδιες Παράμετροι Αριστερά-Δεξιά: Επιλογή το έλασμα του πόδα που θα τοποθετηθεί να έχει κοινές παραμέτρους αριστερά και δεξιά.

Πλάτος b_p top: Ορισμός του πλάτους του ελάσματος σε [mm].

Ύψος h_p : Ορισμός του ύψους του ελάσματος σε [mm].

Πάχος t_p : Ορισμός του πάχους του ελάσματος σε [mm].

Φάλτσο ελάσματος c_p : Ορισμός του φάλτσου του ελάσματος σε [mm].

Πάχος συγκόλλησης a_w : Ορισμός του πάχους συγκόλλησης σε [mm]

Κοχλίωση Κεφαλής/ Πόδα

Ίδιες Παράμετροι Αριστερά-Δεξιά: Επιλογή οι κοχλιώσεις που θα τοποθετηθούν να έχουν κοινές παραμέτρους αριστερά και δεξιά.

Ποιότητα: Ορισμός της ποιότητας των κοχλιών της κεφαλής.

Διάμετρος: Ορισμός της διαμέτρου των κοχλιών κεφαλής.

Εγκάρσιες Σειρές: Ορισμός του πλήθους των εγκάρσιων σειρών των κοχλιών κεφαλής.

Διαμήκεις Σειρές: Ορισμός του πλήθους των διαμήκων σειρών των κοχλιών κεφαλής.

Απόσταση από άκρο e_1 : Ορισμός της απόστασης του κοχλία από το άκρο σε [mm].

Απόσταση εγκάρσιων σειρών p_2 : Ορισμός της απόστασης των εγκάρσιων σειρών των κοχλιών σε [mm].

Απόσταση διαμήκων σειρών p_1 : Ορισμός της απόστασης των διαμήκων σειρών των κοχλιών σε [mm].

Παράμετροι Διαγώνιου Συνδέσμου

Γεωμετρία

Ελάσματα Κεφαλής/Δοκού

Ελάσματα Πόδα

Κοχλίωση Κεφαλής

Κοχλίωση Πόδα

☒ Κοχλίωση Κεφαλής

☐ Ίδιες Παράμετροι Αριστερά-Δεξιά

	Αριστερά	Δεξιά
Ποιότητα	6.6	6.6
Διάμετρος	M8	M8
Εγκάρσιες Σειρές	2	2
Διαμήκεις Σειρές	2	2
e_1	20 mm	20 mm
p_1	20 mm	20 mm
p_2	20 mm	20 mm

OK

Cancel

Apply

Help

Εισαγωγή συνδέσμου

Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού

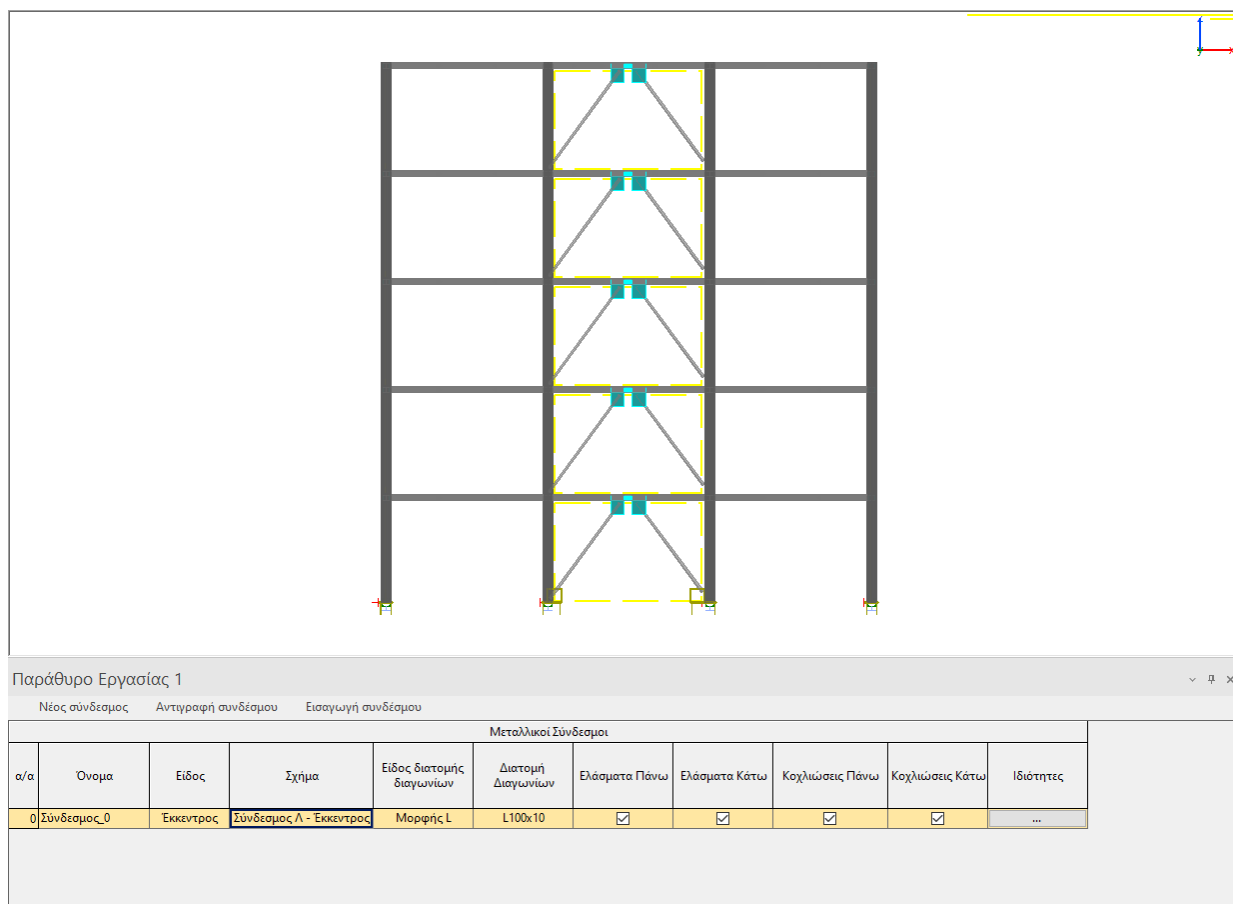
Μετά την ολοκλήρωση των δεδομένων των συνδέσμων, αυτοί εισάγονται στο μοντέλο είτε σε μεμονωμένα φαντώματα είτε μαζικά, επιλέγοντας ένα ή περισσότερα οριζόντια μέλη δοκών.

☐ Τρέχουσα στάθμη μόνο ☒ Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού

Για την εισαγωγή τους επιλέγουμε αρχικά την επιθυμητή γραμμή του πίνακα των μεταλλικών συνδέσμων από τη βιβλιοθήκη μας και κατόπιν την εντολή «Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού». Στη συνέχεια επιλέγουμε την επιθυμητή δοκό ή δοκούς κάτω από τις οποίες θα τοποθετηθούν οι διαγώνιοι σύνδεσμοι. Έχοντας ταυτόχρονα ενεργοποιημένη και την εντολή «Τρέχουσα στάθμη μόνο», το ΡΑΦ θα εισάγει το συγκεκριμένο σετ συνδέσμων μόνο στη στάθμη στην οποία ανήκει η επιλεγμένη δοκός. Εφόσον πρόκειται για διαγώνιους συνδέσμους που καταλήγουν στην στάθμη θεμελίωσης, το ΡΑΦ αυτόματα εισάγει και τις πλάκες έδρασης μαζί με το έλασμα. Ο έλεγχος επάρκειας θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια και για τις δύο συνδέσεις.

Συμβουλή

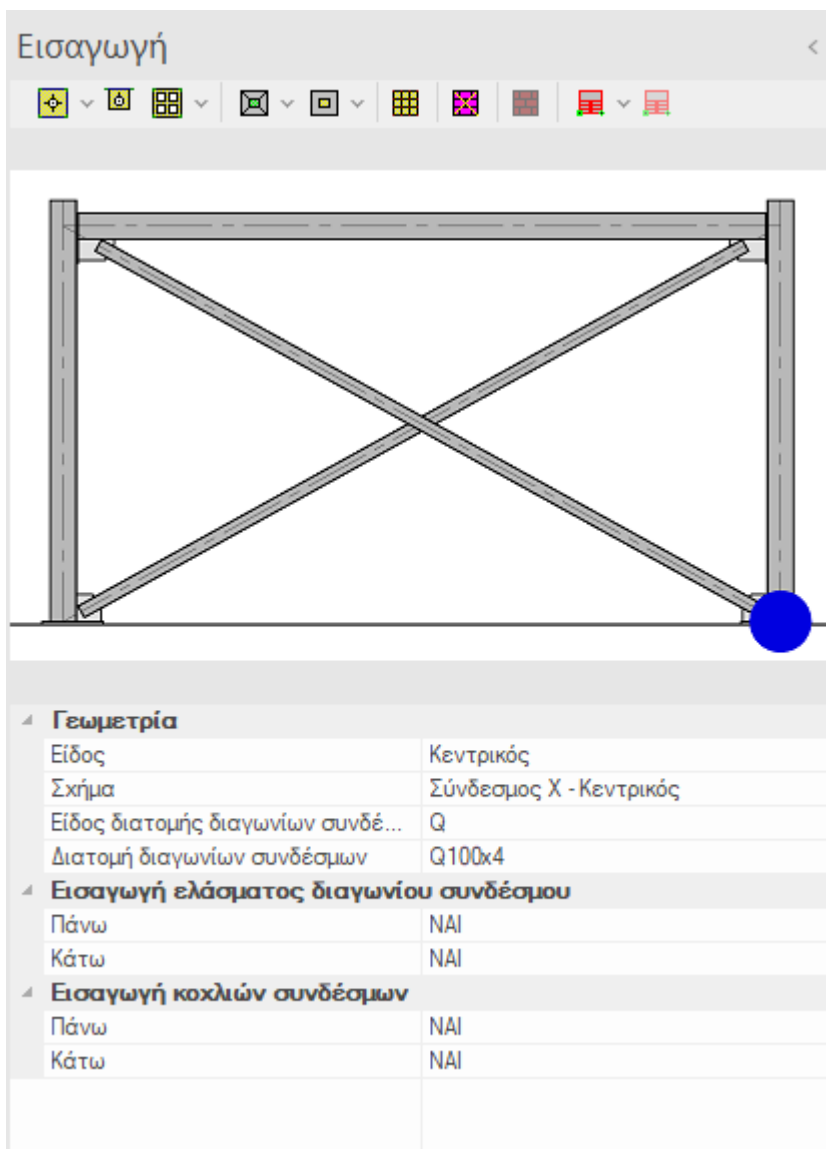
Στο ΡΑΦ, η εισαγωγή των κατακόρυφων μεταλλικών συνδέσμων γίνεται μαζικά σε όλα τα πλαίσια καθ' ύψος του κτηρίου. Επιλέγοντας την εντολή «Τοποθέτηση με επιλογή Άνω Δοκού» και στη συνέχεια μόνο μια δοκό του κτηρίου, το ΡΑΦ θα δημιουργήσει αυτόματα σε όλα τα πλαίσια που βρίσκονται στην ίδια θέση του κτηρίου καθ' ύψος, όλους του επιθυμητούς μεταλλικούς συνδέσμους. Έτσι μειώνεται θεαματικά ο χρόνος μόρφωσης ενός φορέα και αυξάνεται η παραγωγικότητα μιας μελέτης.



Εικόνα 5-9: Μαζική εισαγωγή έκκεντρων συνδέσμων καθ' ύψος ενός πλαισίου.

Τοποθέτηση με επιλογή 4ων Κόμβων

Εναλλακτικά με την επιλογή δοκών, η εισαγωγή των συνδέσμων στο προσομοίωμα μπορεί να πραγματοποιηθεί, επιλέγοντας τους 4 κόμβους του φατνώματος εντός του οποίου θα εισαχθεί ο μεταλλικός σύνδεσμος. Στη δεξιά πινακίδα της εισαγωγής, επισημαίνονται με έντονο μπλε κυκλάκι οι κόμβοι που πρέπει να επιλεγούν κάθε φορά με τη σωστή σειρά εισαγωγής.



Εικόνα 5-10: Εισαγωγή κεντρικού συνδέσμου με επιλογή 4 κόμβων.

Αντιγραφή συνδέσμου

Με την εντολή «Αντιγραφή συνδέσμου», στον πίνακα των μεταλλικών συνδέσμων προστίθεται μία ακόμα καταχώρηση ως αντιγραφή του επιλεγμένου σετ συνδέσμων. Στη συνέχεια, οι παράμετροι του νέου σετ συνδέσμων μπορούν να τροποποιηθούν εύκολα και γρήγορα από τον μηχανικό.

5.2.2. Αποθήκευση συνδέσμων

Στο ΡΑΦ υπάρχει η δυνατότητα κάθε νέο είδος συνδέσμου που δημιουργούμε να αποθηκεύεται εκτός από την τρέχουσα μελέτη και στις βιβλιοθήκες δεδομένων του προγράμματος για άμεση επαναχρησιμοποίησή τους σε επόμενες μελέτες. Επιλέγοντας έναν τοποθετημένο σύνδεσμο, στη δεξιά πινακίδα των δεδομένων του, εμφανίζεται η επιλογή «Καταχώρηση Δεδομένων Επιλεγμένου Συνδέσμου» κι έτσι μεταφέρεται ο σύνδεσμος τη βιβλιοθήκη του ΡΑΦ. Στη συνέχεια, μπορούμε να εντοπίσουμε τους μεταλλικούς συνδέσμους επιλέγοντας το σχετικό πεδίο από το κεφάλαιο «Βιβλιοθήκες» του δέντρου της πλοήγησης.

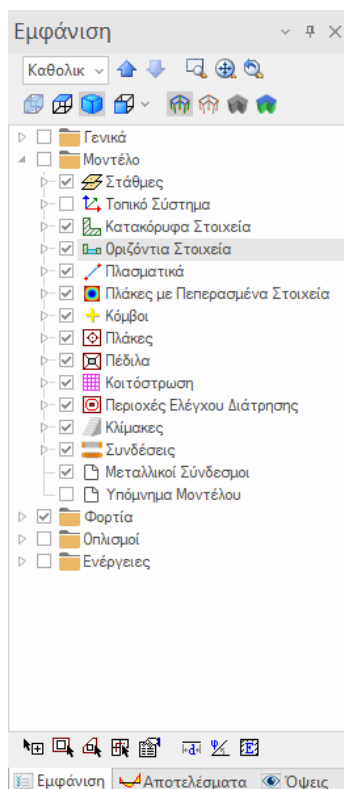
The screenshot displays the TOL software interface. The main window shows a 3D model of a metal structure with a grid of blue plates and supporting columns. On the right, a panel titled 'Επιλεγμένα Στοιχεία' (Selected Elements) shows a detailed view of a metal connection. Below this, a table titled '1ο Παράθυρο Εργασίας' (1st Work Window) lists various metal connections.

α/α	Όνομα	Είδος	Σχήμα	Είδος διατομής διαγωνίων	Διατομή διαγωνίων	Ελάσματα Πάνω	Ελάσματα Κάτω	Καλώςίτσες Πάνω	Καλώςίτσες Κάτω	Ιδιότητες
0	Σύνδεσμος_3	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
1	Σύνδεσμος_6	Εκκεντρικός	Σύνδεσμος Α - Εκκεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
2	Σύνδεσμος_0	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
3	Σύνδεσμος_1	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
4	Σύνδεσμος_3	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
5	Σύνδεσμος_4	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
6	Σύνδεσμος_2	Κεντρικός	Σύνδεσμος Χ - Κεντρικός	Q	Q100x4	☒	☒	☒	☒	---
7	Σύνδεσμος_0	Εκκεντρικός	Σύνδεσμος Α - Εκκεντρικός	Μορφής L	L100x10	☒	☒	☒	☒	---

At the bottom of the table, there is a button labeled 'Καταχώρηση Δεδομένων Επιλεγμένου Συνδέσμου' (Save Data of Selected Connection).

Εικόνα 5-11: Αποθήκευση μεταλλικών συνδέσμων στη βιβλιοθήκη του ΡΑΦ.

5.3. Εμφάνιση Μεταλλικών Συνδέσμων



Στο δέντρο εμφάνισης του ΡΑΦ έχει προστεθεί ένα νέο πεδίο με όνομα “Μεταλλικοί Σύνδεσμοι”. Επιλέγοντάς το, αμέσως φωτίζονται στην οθόνη εργασίας του ΡΑΦ όλοι οι τοποθετημένοι μεταλλικοί σύνδεσμοι με κίτρινο χρώμα. Ταυτόχρονα είναι άμεσα επιλέξιμοι με αριστερό κλικ του mouse από το μηχανικό για επεξεργασία ή/ και διαγραφή.

Συμβουλή

Στο ΡΑΦ, όλα τα δομικά στοιχεία του κτηρίου έχουν ιδιότητες έξυπνου αντικειμένου. Κάθε δομικό στοιχείο - αντικείμενο γνωρίζει όλες τις ιδιότητές του, οι οποίες είναι άμεσα προσβάσιμες από το/τη μηχανικό. Με αυτόν τον τρόπο, ο/η μηχανικός έχει ταχύτατη πρόσβαση στα δεδομένα κάθε αντικειμένου και οποιαδήποτε τροποποίηση γίνεται πολύ εύκολα και άμεσα.

5.4. Δεδομένα αντισεισμικής ανάλυσης μεταλλικών κτηρίων

Στο φύλλο «Ανάλυση» και στην δεξιά πινακίδα δεδομένων, ο/η μηχανικός μπορεί να ορίσει τα δεδομένα και τις παραμέτρους της ανάλυσης που πρόκειται να πραγματοποιηθεί και σχετίζονται με το φάσμα απόκρισης που θα χρησιμοποιηθεί.

Μεταβαίνοντας στο φύλλο της Ανάλυσης, ορίζουμε τις επιλογές της επίλυσης, οι οποίες περιλαμβάνουν:

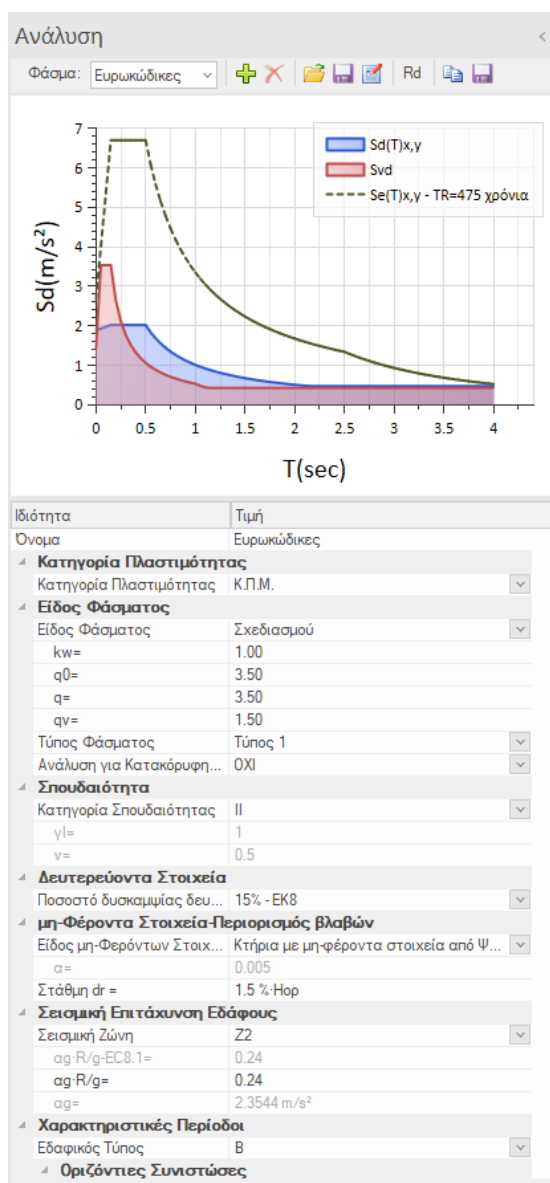
Κανονισμός : EΥΡΩΚΩΔΙ
 Προσάρτημα: GR (Ελλάδα)
 Μέθοδος: Ιδιομορφι
 Επιλύση

Διαφρ. Λειτ.: ΝΑΙ
 Ιδιομορφές: 3
 Συντελ.Δυσκαμψιών...

• **Κανονισμός:** Επιλογή του κανονισμού με τον οποίο θα επιλυθεί το κτήριο. Για τα μεταλλικά κτήρια, η επίλυση πραγματοποιείται πάντα σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες.

- **Προσάρτημα:** Επιλογή του εθνικού προσαρτήματος μεταξύ του ελληνικού και του κυπριακού.
- **Μέθοδος:** Επιλογή της μεθόδου επίλυσης που θα πραγματοποιηθεί μεταξύ των διαθέσιμων: για στατικά φορτία μόνο, ανάλυση οριζόντιας φόρτισης και ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης.

Ταυτόχρονα, στην δεξιά πινακίδα της Ανάλυσης, θα πρέπει να οριστούν τα εξής δεδομένα:



Εικόνα 5-7: Δεδομένα φάσματος απόκρισης για τη δυναμική ανάλυση.

Κατηγορία Πλαστιμότητας: Επιλογή της κατηγορίας πλαστιμότητας του κτηρίου, σύμφωνα με τον ΕΚ-8.1 §5.2.1, ανάμεσα σε Χαμηλή, Μεσαία και Υψηλή.

Είδος Φάσματος: Επιλογή του είδους του φάσματος απόκρισης σύμφωνα με τον ΕΚ8-1 §3.2.2. Οι δυνατές επιλογές είναι:

- Ελαστικό φάσμα με συντελεστή συμπεριφοράς $q=1.0$.
- Φάσμα σχεδιασμού με συντελεστή συμπεριφοράς $q>1.0$.

q: είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς q που ορίζει ο/η μηχανικός, σύμφωνα με τον ΕΚ-8.1 §9.3.

Κατηγορίας Σπουδαιότητας: Η κατηγορία σπουδαιότητας του κτηρίου, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του πίνακα 4.3 του ΕΚ8-1.

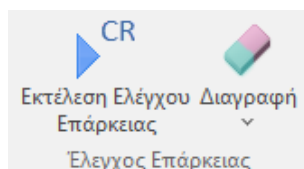
Σεισμική Επιτάχυνση Εδάφους

Σεισμική Ζώνη: Επιλογή της σεισμικής ζώνης του κτηρίου σύμφωνα με το Σχήμα 1 και τον Πίνακα 2 του εθνικού προσαρτήματος του ΕΚ8-1.

a_{gR}/g : Η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση αναφοράς ανά σεισμική ζώνη. Προκύπτει αυτόματα ανάλογα με την επιλεγμένη σεισμική ζώνη, ωστόσο ο/η μηχανικός μπορεί να ορίσει διαφορετική τιμή εφόσον το επιθυμεί.

Περισσότερες πληροφορίες για τις παραμέτρους της ανάλυσης, μπορείτε να βρείτε στον Οδηγό Χρήσης του ΡΑΦ.

5.5. Έλεγχοι Επάρκειας

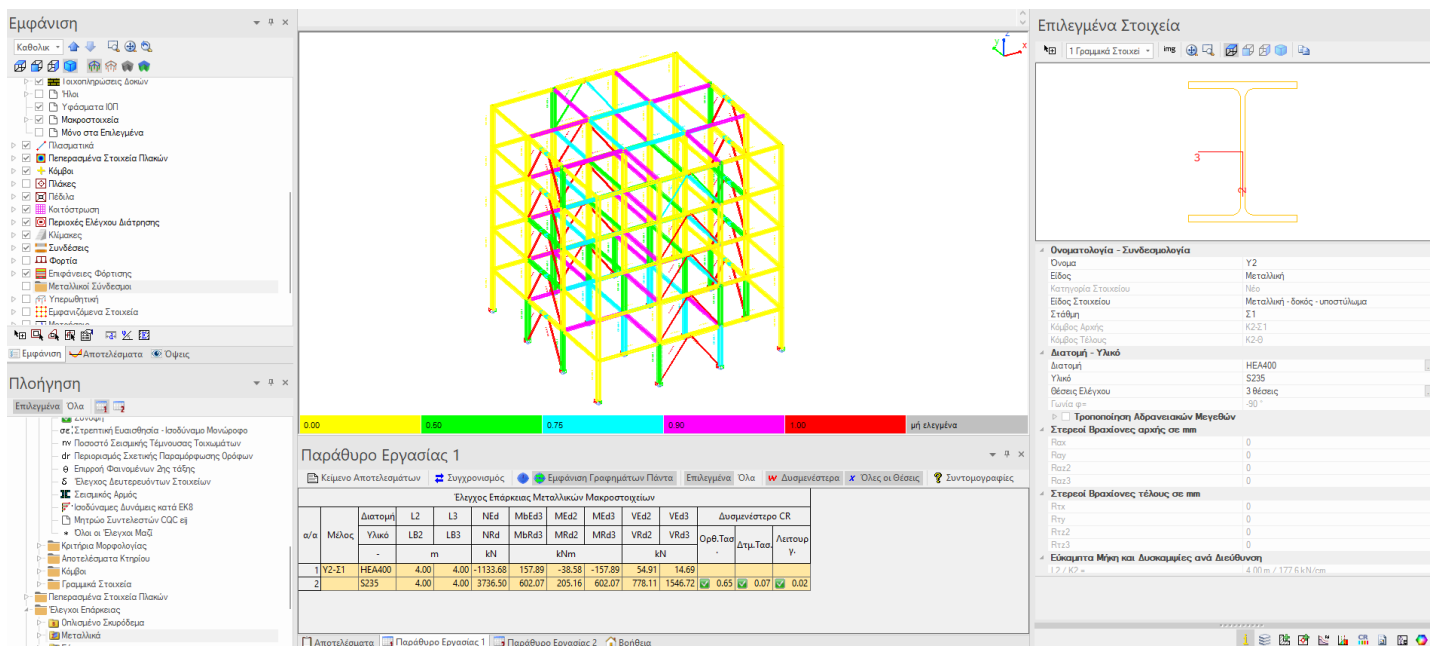


Ο έλεγχος επάρκειας των δομικών στοιχείων του φορέα πραγματοποιείται από το φύλλο «Έλεγχος Επάρκειας» και την εντολή «Εκτέλεση Ελέγχου Επάρκειας» για όλα τα επιμέρους στοιχεία.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου επάρκειας είναι διαθέσιμα στο/στη μηχανικό σε γραφική θέαση, σε πίνακες αριθμητικών αποτελεσμάτων, αλλά και σε μορφή συνοπτικών και αναλυτικότερων αποτελεσμάτων.

5.5.1. Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων

Η ενεργοποίηση της γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων γίνεται από την ενότητα «Αποτελέσματα Ελαστικής Ανάλυσης» του φύλλου «Έλεγχος Επάρκειας». Επιλέγοντας την εντολή «CR Ελαστικής Ανάλυσης», τα δομικά στοιχεία του φορέα αποκτούν χρώμα σύμφωνα με τη χρωματική κλίμακα για τον χαρακτηρισμό του κάθε στοιχείου σε σχέση με τον λόγο εξάντλησης που προκύπτει από όλους τους ελέγχους που ορίζει ο κανονισμός, ανάλογα με το είδος του στοιχείου. Η τιμή του λόγου εξάντλησης, δηλαδή το μέγεθος της δράσης προς την αντίστοιχη αντοχή που προσδίδεται σε κάθε μέλος, είναι η δυσμενέστερη από τις τιμές που προκύπτουν για κάθε έλεγχο.



Εικόνα 5-8: Αποτελέσματα ελέγχου επάρκειας με χρωματική απεικόνιση των λόγων εξάντλησης.

Πέραν της χρωματικής απεικόνισης, υπάρχουν οι παρακάτω τρόποι παρουσίασης των αποτελεσμάτων:

- Πίνακας συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων για τα μεταλλικά στοιχεία συνολικά ή για επιλεγμένα στοιχεία.
- Συνοπτικό κείμενο αποτελεσμάτων ανά στοιχείο για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους και τους δυσμενέστερους συνδυασμούς φόρτισης.
- Αναλυτικό κείμενο αποτελεσμάτων ανά στοιχείο σε όλες τις θέσεις ελέγχου κατά μήκος του στοιχείου και για όλους του δυνατούς συνδυασμούς φόρτισης.

5.5.2. Πινακοποιημένη μορφή αποτελεσμάτων

Από το δέντρο της πλοήγησης και την ενότητα «Έλεγχος Επάρκειας→Μεταλλικά», εμφανίζεται στο παράθυρο εργασίας ο πίνακας με τα αποτελέσματα του ελέγχου επάρκειας της αντοχής των μεταλλικών μελών.

Πλοήγηση

1ο Παράθυρο Εργασίας

Επιλ. Εικον. Όλα

Κείμενο

Γραφήματα

Επιλεγμένα

Εικονιζόμενα

Όλα

Δυσμενέστερα

Όλες οι Θέσεις

Συντομογραφίες

Γενικοί Έλεγχοι

Σύννομη

σε Στρεπτική Ευαισθησία - Ιο...

Ποσοστό Σεισμικής Τέννο...

Περιορισμός Σχετικής Παρ...

Επιρροή Φαινόμενων 2ης ...

Έλεγχος Δευτεροδυνάμιν ...

Σεισμικός Αριμός

Ισοδύναμες Δυνάμεις κατ...

Μητρώο Συντελεστών CQ...

Όλοι οι Έλεγχοι Μαζί

Κριτήρια Μορφολογίας

Κτήρια

Κόμβοι

Γραμμικά Στοιχεία

Έλεγχοι Επάρκειας

Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Μεταλλικά

Σύμμικτα

Φέρουσα Τοιχοποιία

Σύζα

Έλεγχος Επάρκειας Μεταλλικών Μακροστοιχείων

α/α	Μέλος	Διατομή	L2	L3	NEd	MbEd3	MEd2	MEd3	VEd2	VEd3	Δυσμενέστερο CR			
		Υλικό	LB2	LB3	NRd	MbRd3	MRd2	MRd3	VRd2	VRd3	Ορθ.Τασ.	Διμ.Τασ.	Ικανοτικός	Λειτουργ.
		-	m	kN	kNm	kN								
349	Y3-S2	HEA400	4.00	4.00	-822.72	36.18	73.83	-23.15	10.80	-35.71				
350		S235	4.00	4.00	3736.50	570.94	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.44	0.02	0.55	0.00
351	Y4-S4	HEA400	4.00	4.00	-175.10	26.73	-24.13	-8.67	15.63	-0.51				
352		S235	4.00	4.00	3736.50	572.19	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.15	0.02	0.55	0.00
353	Y4-S1	HEA400	4.00	4.00	-437.35	91.57	-16.43	-103.51	33.79	4.52				
354		S235	4.00	4.00	3736.50	571.49	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.31	0.04	0.55	0.01
355	Y4-S5	HEA400	4.00	4.00	-86.19	53.55	-35.62	53.55	21.92	-15.56				
356		S235	4.00	4.00	3736.50	602.07	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.18	0.03	0.55	0.01
357	Y4-S3	HEA400	4.00	4.00	-263.09	31.30	-27.44	-3.46	17.07	-0.05				
358		S235	4.00	4.00	3736.50	602.07	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.16	0.02	0.55	0.00
359	Y4-S2	HEA400	4.00	4.00	-350.77	31.77	28.09	-4.14	16.42	-0.07				
360		S235	4.00	4.00	3736.50	602.07	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.18	0.02	0.55	0.00
361	Y5-S5	HEA400	4.00	4.00	-173.25	28.42	109.50	-28.42	-11.74	47.96				
362		S235	4.00	4.00	3736.50	602.07	205.16	602.07	778.11	1546.72	0.54	0.03	0.05	0.01

Εμφ. Αποτελ.

4ο Παράθυρο Εργασίας

3ο Παράθυρο Εργασίας

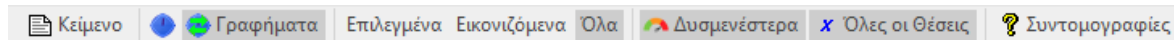
2ο Παράθυρο Εργασίας

1ο Παράθυρο Εργασίας

Βοήθεια

Εικόνα 5-9: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μεταλλικών μελών.

Καθώς μεταφερόμαστε σε διαφορετικές γραμμές του πίνακα επιλέγοντας διαφορετικά στοιχεία, φωτίζονται ταυτόχρονα στην επιφάνεια σχεδίασης τα αντίστοιχα στοιχεία με έντονο χρώμα. Στον πίνακα, ανάλογα με τις επιλογές που κάνουμε, μπορούν να εμφανίζονται είτε τα επιλεγμένα στοιχεία, είτε όλα. Επίσης, μπορούμε να εμφανίσουμε τα αποτελέσματα για το δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης ή για όλους τους συνδυασμούς φόρτισης. Οι επιλογές αυτές πραγματοποιούνται από τη γραμμή εργαλείων στην κορυφή του παραθύρου εργασίας.



Εικόνα 5-10: Γραμμή εργαλείων για την εμφάνιση των πινάκων.

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να δούμε τα αποτελέσματα ενός συνδυασμού φόρτισης για τον οποίο έχει γίνει ο έλεγχος, επιλέγοντας το αριστερό βέλος του ελέγχου από το δέντρο της πλοήγησης. Έτσι μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα για συγκεκριμένο έλεγχο και συνδυασμό φόρτισης, είτε σε όλες τις θέσεις ελέγχου του στοιχείου, επιλέγοντας το πλήκτρο «Όλες οι θέσεις», είτε στη θέση που έχει προκύψει το δυσμενέστερο αποτέλεσμα.

5.5.3. Πίνακες Αποτελεσμάτων Ικανοτικού Σχεδιασμού

Τα αποτελέσματα του ικανοτικού σχεδιασμού παρουσιάζονται σε ακόμα πιο αναλυτικούς πίνακες οι οποίοι περιλαμβάνουν τις υποκατηγορίες :

- Ικανοτικός Κόμβου Υποστυλωμάτων
- Ικανοτικός σε Διάτμηση Δοκού
- Συντελεστές Ω Δοκών Πλαισίων Ροπής
- Συντελεστές Ω Συνδέσμων
- Κεντρικών

- Έκκεντρων Μικρού Μήκους
- Έκκεντρων Μεγάλου Μήκους

Οι πίνακες αυτοί εντοπίζονται εύκολα μέσω του δέντρου της Πλοήγησης, επιλέγοντας διαδοχικά «Αποτελέσματα → Έλεγχοι Επάρκειας → Μεταλλικά → Ικανοτικός Σχεδιασμός».

5.5.4. Κείμενα αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα δίνονται και ως κείμενο, όπου παρουσιάζονται όλοι οι υπολογισμοί των απαιτούμενων ελέγχων με συνοπτικό ή αναλυτικό τρόπο. Επιλέγοντας ένα στοιχείο είτε στον πίνακα αποτελεσμάτων είτε απευθείας πάνω στο φορέα, μεταφερόμαστε στη συνέχεια στο πλήκτρο «Κείμενο Αποτελεσμάτων».

Κείμενο Αποτελεσμάτων

Εμφ. Αποτελ.

Πίνακες Αποτελεσμάτων | Έλεγχος | Συνοπτικά | Αναλυτικά | Όλες οι Θέσεις

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{Ed,3}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,3} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{Ed,2}}{M_{Rk,2} / \gamma_{M1}} \quad (2) \quad [EK3 \text{ EN1993-1-1, Εξ. 6.62}]$$

$$(2) \Rightarrow \frac{181.78}{0.847 \cdot 3736.50 / 1.00} + 0.993 \frac{125.38}{0.953 \cdot 602.07 / 1.00} + 0.671 \frac{31.77}{205.16 / 1.00} = 0.38 \quad \checkmark$$

Έλεγχος Λειτουργικότητας (EK3 EN1993-1-1, § 7.2)

Θέση	Συνδυασμός Φόρτισης	u _{max}	u _{lim}	CR
1.33	G+Q	0.10	16.00	0.01 ☒

Ανώτερη επιτρεπόμενη κλάση διατομής (EK8 EN1998 § 6.5.3(2))

Κατηγορία Πλαστιμότητας	Συντελεστής Συμπεριφοράς	Ανώτερη Επιτρεπόμενη Κλάση	Κλάση Διατομής
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΑΙΑ	3.5	ΚΛΑΣΗ 2	ΚΛΑΣΗ 1 ☒

Ικανοτικός Έλεγχος Κόμβου (EK8 EN1998-1 § 6.6.1, § 4.4.2.3)

Διευθ. Πλαισίου	1.3*ΣMRb	ΣMRc	CR
2-2	227.60	1204.14	0.19 ☒
3-3	227.60	410.31	0.55 ☒

Ικανοτικός Έλεγχος Υποστυλώματος σε πλαίσιο με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας (EK8 EN1998-1 § 6.7.)

N _{Ed}	N _{Ed,G}	N _{Ed,E}	γ _{ov}	Ω	N _{pl,Rd}	CR
454.37	258.94	77.16	1.25	1.84	2148.66	0.21 ☒

Σύνδεσμος με ελάχιστη υπεραντοχή : Δ2_1_2_1-Σ2

Ικανοτικός Έλεγχος Υποστυλώματος σε πλαίσιο με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας (EK8 EN1998-1 § 6.7.)

N _{Ed}	N _{Ed,G}	N _{Ed,E}	γ _{ov}	Ω	N _{pl,Rd}	CR
414.53	258.94	77.16	1.25	1.47	2148.66	0.19 ☒

Σύνδεσμος με ελάχιστη υπεραντοχή : Δ9_2_2_1-Σ2

Εμφ. Αποτελ. | Παράθυρο Εργασίας 1 | Παράθυρο Εργασίας 2 | Βοήθεια

Εικόνα 5-11: Συνοπτικό κείμενο αποτελεσμάτων επιλεγμένου μεταλλικού υποστυλώματος.

Στο συνοπτικό κείμενο αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι του στοιχείου για το δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης και θέση ελέγχου. Για όλους τους ελέγχους αναγράφονται οι αντίστοιχες εξισώσεις μαζί με τις σχετικές παραπομπές στις παραγράφους των κανονισμών για άμεση επαλήθευση κι έλεγχο από τον/την μηχανικό.

Στο αναλυτικό κείμενο αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι του στοιχείου ανά θέση ελέγχου (κεφαλή, μέση και πόδας) και συνδυασμό φόρτισης μαζί με όλες τις επεξηγήσεις των συμβολισμών των κανονισμών για καλύτερη εποπτεία.

Εμφ. Αποτελ.

Πίνακες Αποτελεσμάτων

Ελεγχος

Συνοπτικά

Αναλυτικά

Όλες οι Θέσεις

Συντομογραφίες

[*] ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ (ΕΚ8 EN1998-1 § 6.6.1, § 4.4.2.3)

+. ΟΝΟΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ: Y4-S1

+. Κόμβος Κεφαλής : K4-S1

+. Κόμβος Κεφαλής : K4-Θ

[*] ΑΝΩΤΕΡΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ ΚΛΑΣΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ (ΕΚ8 EN1998-1, § 6.5.3 (2))

() .Κατηγορία Πλαστιμότητας Φορέα : ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΑΙΑ

Συντελεστής Συμπεριφοράς : 3.5

Η κλάση της υπό εξέταση διατομής είναι : ΚΛΑΣΗ 1

Όμως από τον Πίνακα 6.3 του EN1998-1, § 6.5.3 προκύπτει ως ανώτερη επιτρεπόμενη κλάση για τη διατομή η ΚΛΑΣΗ 2

[*] ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΜΒΟΥ (ΕΚ8 EN1998-1 § 6.6.1, § 4.4.2.3)

() . Ικανοτικός έλεγχος κόμβου κεφαλής υποστυλώματος (ΕΚ8 § 4.4.2.3(4))

Διεύθυνση Πλαισίου : 2-2

Αριθμός δοκών που συντρέχουν στον κόμβο : n = 1

Αθροισμα ροπών αντοχής δοκών επί 1,3 : 1,3 * EMRb = 175.075 kNm

Αθροισμα ροπών αντοχής υποστυλωμάτων : EMRc = 1204.14 kNm

Συντελεστής Εξάντλησης ελέγχου : CR = 0.189012

Διεύθυνση Πλαισίου : 3-3

Αριθμός δοκών που συντρέχουν στον κόμβο : n = 1

Αθροισμα ροπών αντοχής δοκών επί 1,3 : 1,3 * EMRb = 175.075 kNm

Αθροισμα ροπών αντοχής υποστυλωμάτων : EMRc = 410.31 kNm

Συντελεστής Εξάντλησης ελέγχου : CR = 0.554696

[*] ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ (ΕΚ8 EN1998-1, § 6.7.4 (1) , § 6.

() . Διεύθυνση Πλαισίου με κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας : X-X

Αξονική δύναμη λόγω μη σεισμικών δράσεων NEd,G = 258.94 kN

Αξονική δύναμη λόγω σεισμικής δράσης σχεδιασμού NEd,E = 77.16 kN

Τιμή σχεδιασμού της αντοχής διαρροής σε αξονική Npl,Rd = 2148.66 kN

Επομένως,

$$N_{Ed} = N_{Ed,G} + 1,1 * \gamma_{ov} * \Omega * N_{Ed,E} = 454.37 \text{ kN}$$

όπου :

Συντελεστής Υπεραντοχής $\gamma_{ov} = 1.25$

Υπεραντοχή $\Omega = 1.84$

* Η υπεραντοχή Ω είναι η ελάχιστη τιμή της υπεραντοχής λαμβάνοντας υπόψη όλους τους συνδέσμους

Εμφ. Αποτελ.

Παράθυρο Εργασίας 1

Παράθυρο Εργασίας 2

Βοήθεια

Εικόνα 5-12: Αναλυτικό κείμενο αποτελεσμάτων επιλεγμένου μεταλλικού υποστυλώματος.

40 | ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ

ΡΑΦ



www.tol.gr

Καρτερού 60 | 71201 - Ηράκλειο

T: 2810 332684 | info@tol.gr

Copyright © 2008-2026