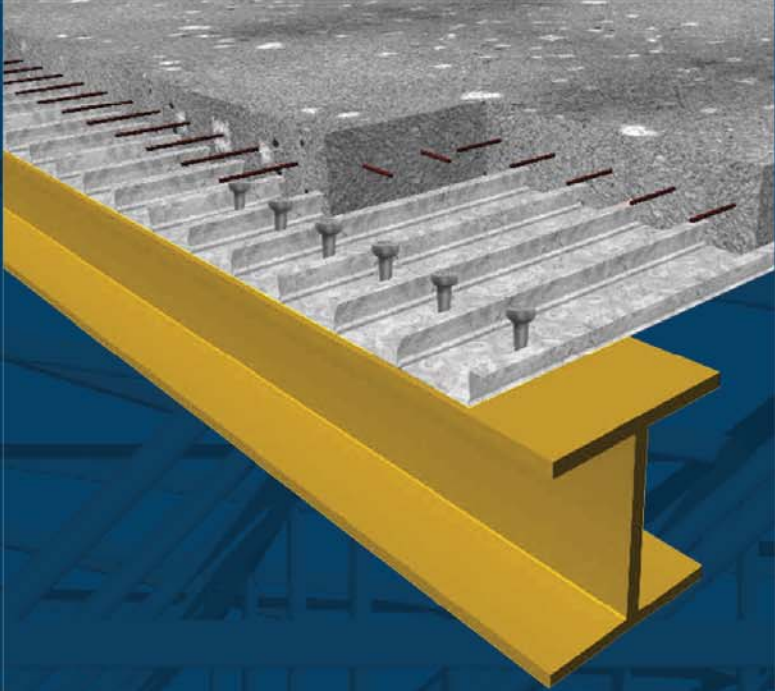
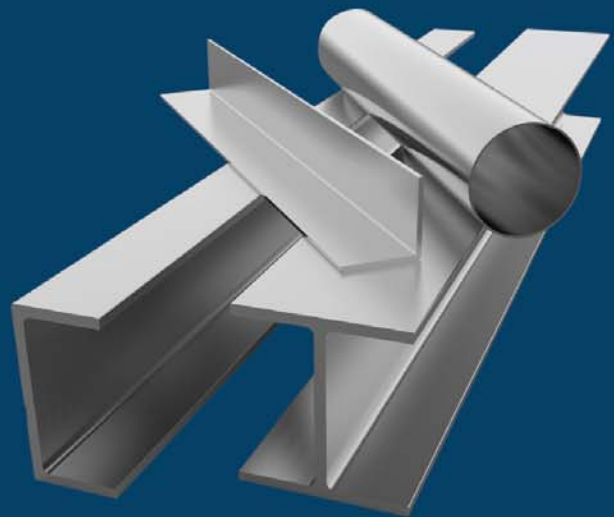
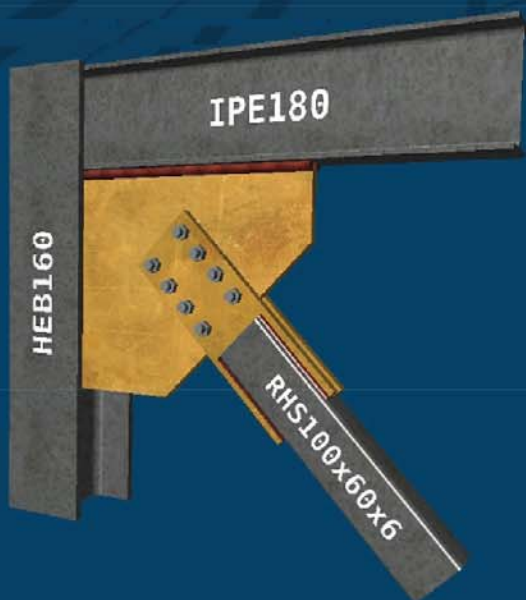




FESPAN

Παραδείγματα
φορέων από
δομικό χάλυβα



LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

FespaM

Παραδείγματα εισαγωγής φορέων από δομικό χάλυβα



Αθήνα, Μάρτιος 2019

Version 1.0.32

Πίνακας περιεχομένων

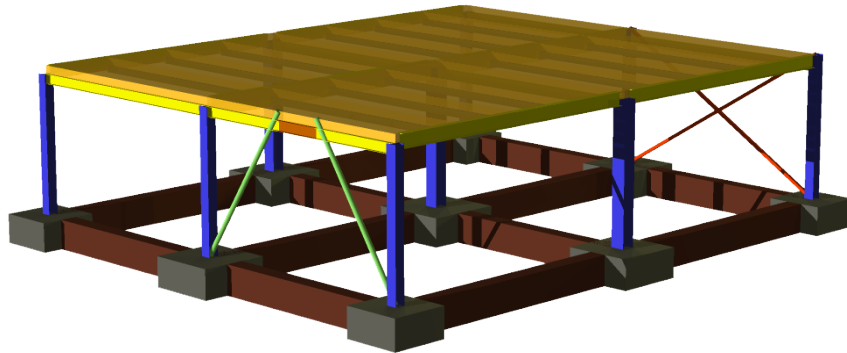
1	Μονόρωφο μεταλλικό κτίριο με πλάκες σκυροδέματος..3
1.1	Περιγραφή γεωμετρίας 6
1.2	Έλεγχος γεωμετρίας..... 31
1.3	Διαγράμματα φορτίσεων 34
1.4	Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών 35
1.5	Επίλυση και έλεγχος των μελών του φορέα..... 36
1.5.1	Σύνοψη των διενεργούμενων ελέγχων (EC3-1-1 & EC8-1)36
1.5.2	Υπολογισμός αντοχής μελών από δομικό χάλυβα.....37
1.5.3	Αποτελέσματα δοκού ή υποστυλώματος από δομικό χάλυβα40
1.5.4	Μαζική αλλαγή διατομών59
1.5.5	Συνολική προμέτρηση μεταλλικών μελών60
1.6	Διαγράμματα εντατικών μεγεθών (3DV)..... 60
2	Μεταλλικό στέγαστρο με κορφιά63
2.1	Περιγραφή γεωμετρίας 66
2.2	Έλεγχος γεωμετρίας..... 88
2.3	Εισαγωγή των δράσεων επί του φορέα 90
2.4	Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού 95
2.5	Διαγράμματα φορτίσεων 103
2.6	Εκτύπωση τεύχους μελέτης 104
2.7	Διαγράμματα εντατικών μεγεθών (3DV)..... 113
2.8	Ειδικά θέματα - Στέγαστρο με δικτύωμα 117

1

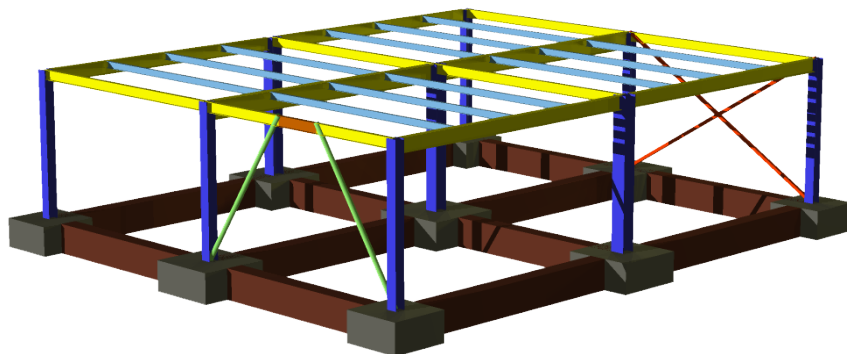
Μονώροφο μεταλλικό κτίριο με πλάκες σκυροδέματος

Διαστάσεις κάτοψης	10.0 m x 12.0 m
Ύψος	3 m
Χάλυβας	S 235
Πλάκες	d = 0.16 m
Υποστυλώματα	HEA 220 , HEA 300
Δοκοί πλαισίων (Γενικά μέλη)	IPE 200, IPE 270, IPE 360
Τεγίδες	IPE 140
Κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι	SHS 70x6
Σύνδεσμος τύπου V ή Λ	CHS 101.6x8
Σεισμικός σύνδεσμος (Δοκός σύζευξης)	IPE 200
Φορτία πλακών	Πρόσθετα μόνιμα (επικάλυψη) $G = 1.00 \text{ KN/m}^2$ Κινητά (ωφέλιμο φορτίο) $Q = 2.00 \text{ KN/m}^2$

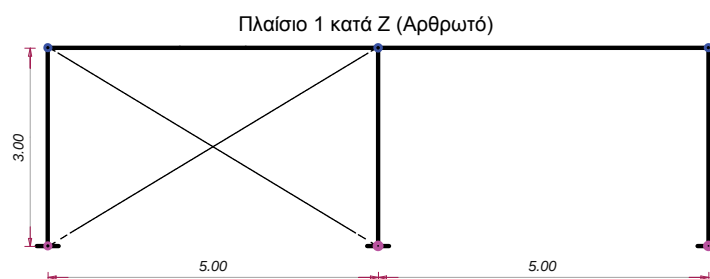
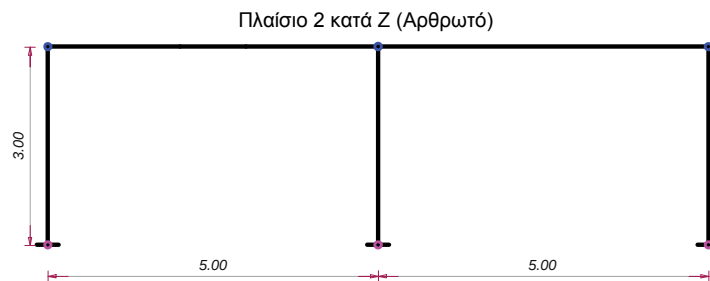
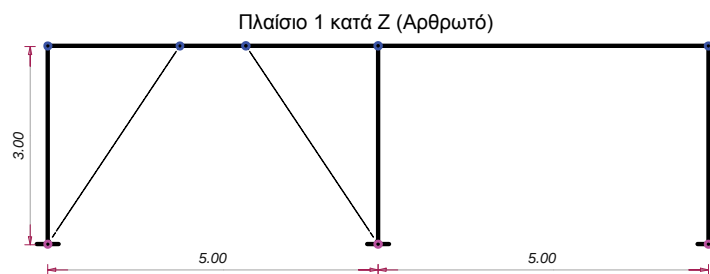
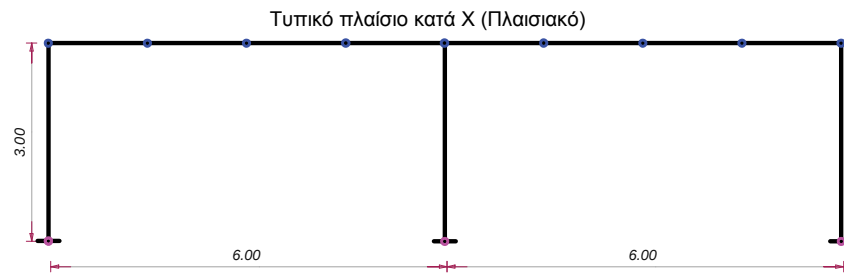
Μορφή του φορέα



Εικόνα 1.1 Τρισδιάσταση (3d) απεικόνιση του φορέα με ορατές τις πλάκες από Ω.Σ.



Εικόνα 1.2 Τρισδιάσταση (3d) απεικόνιση του μεταλλικού σκελετού του κτιρίου μαζί με τη θεμελίωσή του.

Στατικό σύστημα

Παράμετροι «Κτιρίου»

- «Γενικά > Κύριο υλικό κτιρίου = **Δομικός Χάλυβας**»
- «Γενικά > Δευτερεύον υλικό κτιρίου = **Σκυρόδεμα**»

Φορτίσεις

- Ίδιο βάρος G (υπολογίζεται από το πρόγραμμα)
- Πρόσθετα μόνιμα (επικαλύψεις πλακών) $G = 1.00 \text{ kN/m}^2$
- Κινητό (ωφέλιμο φορτίο πλακών) $Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$
- Σεισμός (υπολογίζεται από το πρόγραμμα)

Δράσεις σεισμού

Ο σεισμός προσδιορίζεται με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα.

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Αντισεισμικός»:

- Μέθοδος επίλυσης = Δυναμική με μετατόπιση μαζών
- Υπολογισμός πλασματικού άξονα = Ναι

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Φάσμα»:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I ($\alpha=0.16g$)
- Σπουδαιότητα $\Sigma 1$ - Συνήθη κτίρια ($\gamma=1.0$)
- Συντελεστής απόσβεσης ζ (%) = 4
- Φάσμα = Φάσμα σχεδιασμού
- Συντελεστής εδάφους $S = 1.20$ (EC8-1, Πίνακας 3.2)

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Συντελεστής q »:

- Συντελεστής συμπεριφοράς q κατά $X = 4.00$ (Μονώροφα πλαίσια παραλαβής ροπών)
- Συντελεστής συμπεριφοράς q κατά $Z = 1.50 = \min \{4.0 \text{ (διαγ. σύνδ.)}, 2.0 \text{ (σύνδ. } \Lambda)\}$

1.1 Περιγραφή γεωμετρίας

Οδηγός

Στα σημεία τομής των περασιών θα τοποθετηθούν κεντροβαρικά τα υποστυλώματα.

- «Περασιά $x = 0, 6.0, 12.0$ »
- «Περασιά $z = 0, 5, 10$ »
- «Κατασκευή»

Υποστυλώματα

Η εισαγωγή των υποστυλωμάτων γίνεται με την εντολή «Προσθήκη κεντρικά».

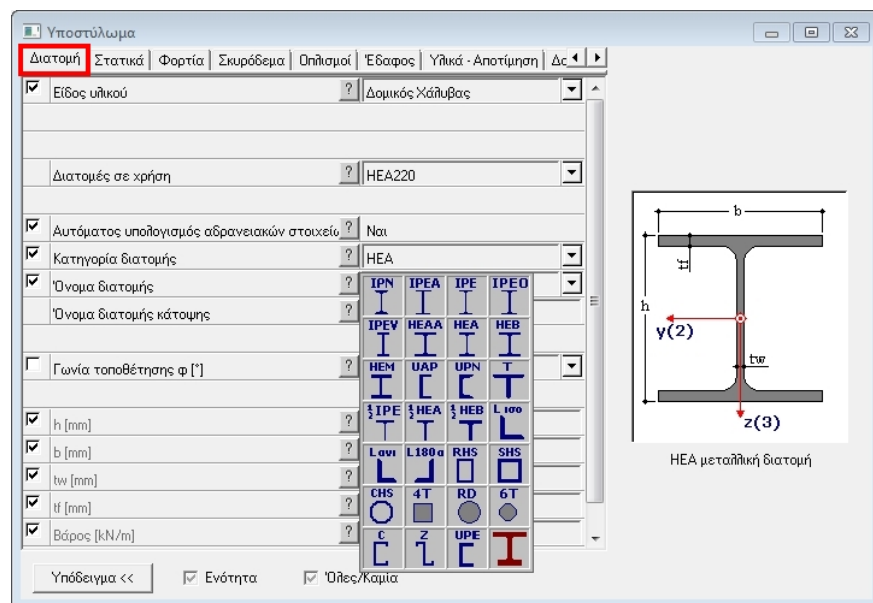
Υποστυλώματα K1 έως και K9:

- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **HEA**» / «Όνομα διατομής = **220**».
- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = **90.00°**»

Ειδικά για τα υποστυλώματα K2, K5, K8 (κεντρικά πλαισίων κατά Z):

- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **HEA**»/ «Όνομα διατομής = **300**».

Αλλαγή της διατομής τους γίνεται με την εντολή «Δώσε παραμέτρους».



Εικόνα 1.3 Καρτέλα επιλογής προτύπων διατομών για υποστυλώματα.

Δοκοί πλαισίων

Η εισαγωγή των δοκών γίνεται με την εντολή «Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά», με χρήση των έλξεων του οδηγού.

Πλαίσια κατά X : (K1-K4-K7), (K2-K5-K8) και (K3-K6-K9)

Στατικό σύστημα : Πλαισιακή (συνεχής) σύνδεση με τα υποστυλώματα.

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Γενικό μέλος (μεταλλικό)**»
- «Διατομή = **IPE270**» (οι ακραίες δοκοί) και «**IPE360**» (η μεσαία δοκός)

Παρατήρηση

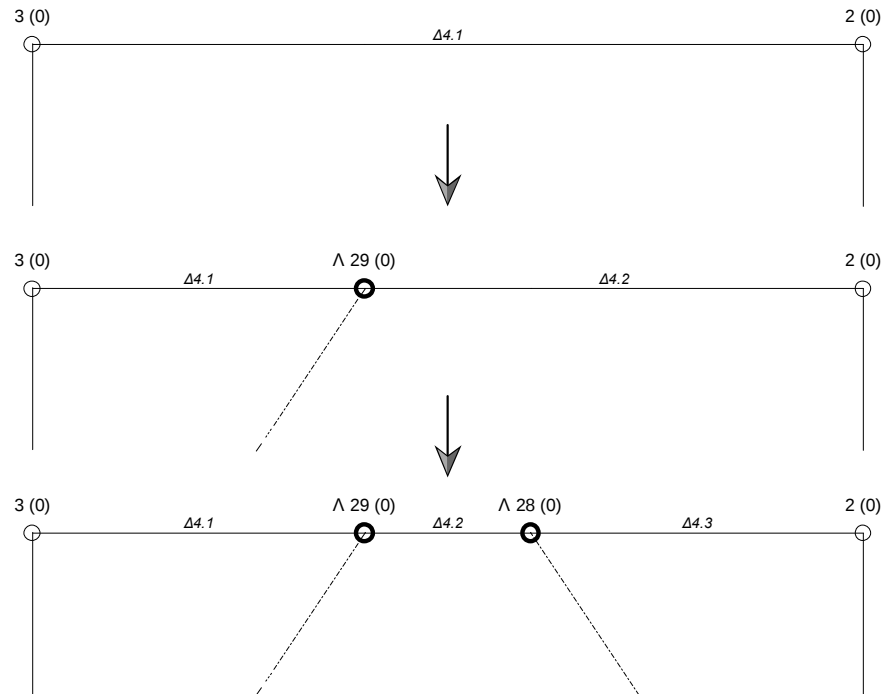
Σε περιπτώσεις δοκών πλαισίων ή διαδοκίδων που φέρουν **πλάκες από σκυρόδεμα** και εφόσον εξασφαλίζεται **επαρκής διατμητική σύνδεση** με την πλάκα (π.χ. με ήλους), τότε επηρεάζονται οι παράμετροι του ελέγχου όλων των δοκών του οριζοντίου επιπέδου:

- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε αξονική δύναμη = **OXI**»
- «Δομικός χάλυβας > Απαίτηση ελέγχου σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό = **OXI**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε ροπές κάμψης = **Mz (ισχυρή)**»

Πλαίσια κατά Z : (K1-K2-K3), (K4-K5-K6) και (K7-K8-K9)

Στατικό σύστημα : Αρθρωτή σύνδεση με τα υποστυλώματα

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Γενικό μέλος (μεταλλικό)**»
- «Διατομή = **IPE200**»
- «Δομικός χάλυβας > Απαίτηση ελέγχου σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό = **OXI**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε ροπές κάμψης = **Mz (ισχυρή)**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε αξονική δύναμη = **OXI**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση αρχής 3-3 (Z-Z) = **NAI**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση τέλους 3-3 (Z-Z) = **NAI**»



Σχήμα 1.1 Κατάτμηση της δοκού Δ4.1 σε τρία τμήματα.

Αυτό θα γίνει με χρήση της εντολής «Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα».

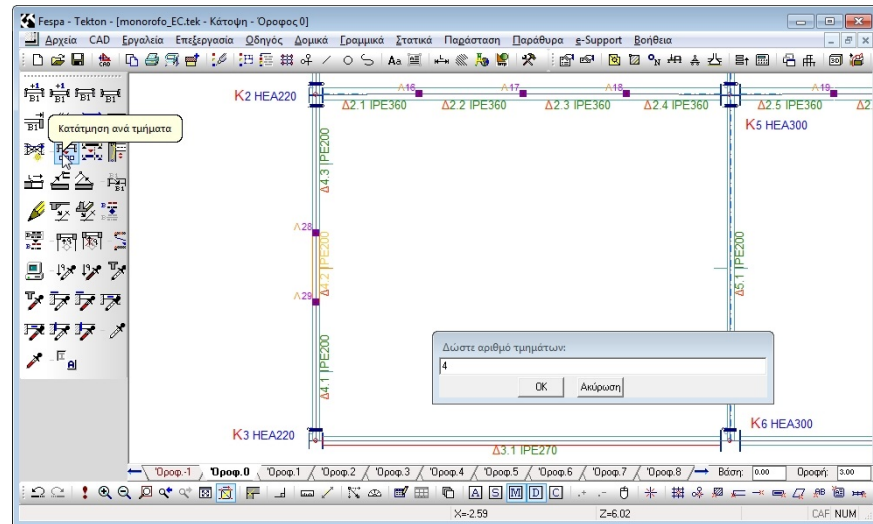
Για τη δοκό Δ4.1:

«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα» → «Δώστε άνοιγμα δοκού = Δ4.1» → «Επιλέξτε άκρο δοκού = **κόμβος αρχής**» → «Δώστε αριθμό τμημάτων = 2» → «Δώστε απόσταση = 2.0»

Δημιουργούνται δύο δοκοί, η Δ4.1 και Δ4.2. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για τη δοκό Δ4.2:

«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα» → «Δώστε άνοιγμα δοκού = Δ4.2» → «Επιλέξτε άκρο δοκού = **κόμβος αρχής**» → «Δώστε αριθμό τμημάτων = 2» → «Δώστε απόσταση = 1.0»

Δημιουργείται άλλη μία δοκός, η Δ4.3.



Εικόνα 1.5 Η δοκοί Δ2.1 και Δ4.1 έχουν ήδη καταταμηθεί σε 4 και 3 τμήματα αντιστοίχως. Ομοίως θα καταταμηθεί σε 4 τμήματα η δοκός Δ3.1, όπως και όλες οι δοκοί των πλαισίων κατά Χ.

Αυτόματη ενοποίηση δοκών για διαστασιολόγηση

Η ενοποίηση στη διαστασιολόγηση των δοκών που έχουν καταταμηθεί με λοιπούς κόμβους, είναι αναγκαία προϋπόθεση για τον ακριβέστερο υπολογισμό των βελών κάμψης τους, καθώς και των συντελεστών του καμπτικού και στρεπτοκαμπτικού λυγισμού τους.

Για παράδειγμα, η δοκός 1 μεταξύ των υποστυλωμάτων K1 και K4, λειτουργεί ως ενιαίο μέλος για κάμψη περί τον ισχυρό κύριο τοπικό άξονα Z(3), όχι όμως και περί τον ασθενή τοπικό άξονα Y(2).

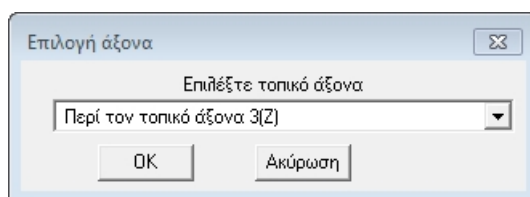


Αυτή η ενοποίηση γίνεται **αυτόματα**, χρησιμοποιώντας την εντολή «Παραγωγές > Καθορισμός μελών για διαστασιολόγηση»

Παρατήρηση

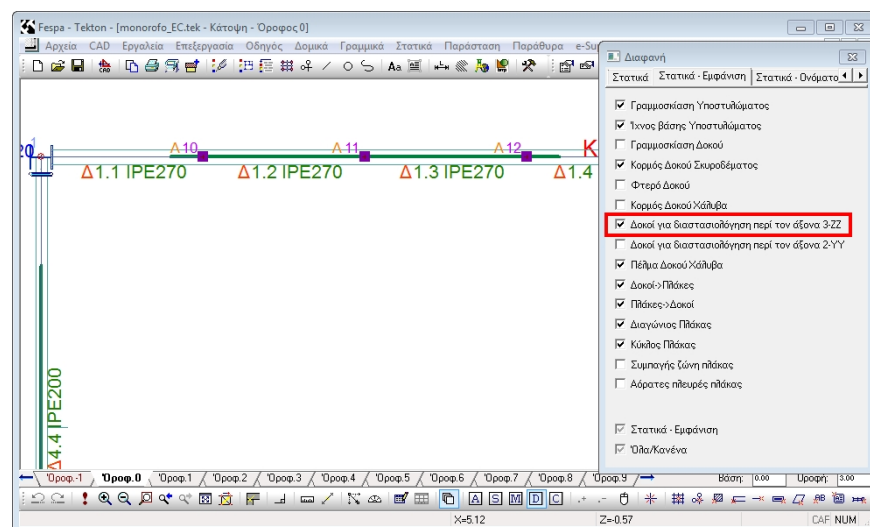
Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή «Δοκός > Δοκός για διαστασιολόγηση» . Έτσι, για κάθε άνοιγμα της δοκοσειράς, ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει:

- (α) τον άξονα στον οποίο αναφέρεται η ενοποίηση (τον Z),



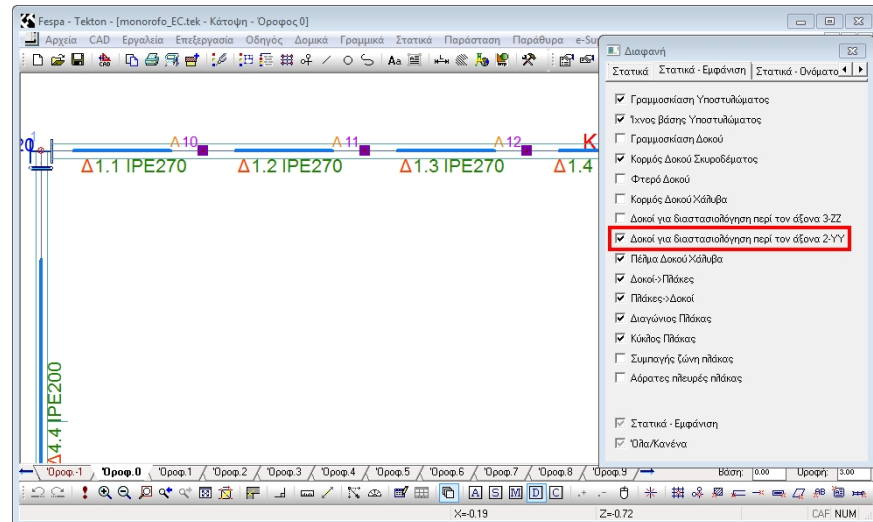
- (β) τους κόμβους αρχής και τέλους της ενιαίας δοκού. Π.χ. για καθένα από τα ανοίγματα Δ1.1 έως και Δ1.4, θα πρέπει να δοθούν ως **κόμβος αρχής** ο 1 και **κόμβος τέλους** ο 4, οι κόμβοι δηλαδή που ορίζουν το «πραγματικό» άνοιγμα της δοκού.

Το ίδιο θα πρέπει να επαναληφθεί και για τις δοκούς Δ1.5 έως Δ1.8, Δ2.1 έως Δ2.4, Δ2.5 έως Δ2.8, Δ3.1 έως Δ3.4, και Δ3.5 έως Δ3.8.



Εικόνα 1.6

Για να ελέγξετε την ενοποίηση των μελών, τσεκάρετε την επιλογή «Δοκοί για διαστασιολόγηση περί τον άξονα 3-ZZ» από τα «Διαφανή». Οι παχιές πράσινες γραμμές που θα εμφανιστούν στη θέση των αξόνων των δοκών, συμβολίζουν το ενοποιημένο μέλος.



Εικόνα 1.7 Για να ελέγξετε την ενοποίηση των μελών, τσεκάρετε την επιλογή «Δοκοί για διαστασιολόγηση περί τον άξονα 2-YY» από τα «Διαφανή». Οι παχιές μπλε γραμμές που θα εμφανιστούν στη θέση των αξόνων των δοκών, συμβολίζουν το ενοποιημένο μέλος.

Σεισμικός σύνδεσμος με εκκεντρότητα (Δοκός σύζευξης)

Δοκός: Δ4.2

Στατικό σύστημα: δοκός που φέρει τέμνουσες και ροπές στα άκρα της

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Γενικό μέλος (μεταλλικό)**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση αρχής 3-3 (Z-Z) = **OXI**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση τέλους 3-3 (Z-Z) = **OXI**»
- «Δομικός χάλυβας > Απαίτηση ελέγχου σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό = **OXI**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε ροπές κάμψης = **Mz (ισχυρή)**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε αξονική δύναμη = **OXI**»

Τεγίδες

Δοκοί: Δ7 έως Δ12

Στατικό σύστημα: αμφιαρθρωτές δοκοί

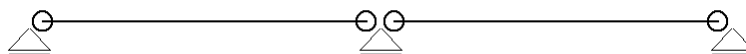
Με την εντολή «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά» θα τοποθετηθεί η πρώτη τεγίδα και από αυτή, μέσω των δυνατοτήτων οριζόντιας παραγωγής της «Επεξεργασίας», θα παραχθούν οι υπόλοιπες.

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Τεγίδα**»
- «Διατομή = **IPE140**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση αρχής 3-3(Z-Z) = **ΝΑΙ**»
- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση τέλους 3-3(Z-Z) = **ΝΑΙ**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε αξονική δύναμη = **ΟΧΙ**»
- «Δομικός χάλυβας > Έλεγχος σε ροπές κάμψης = **Mz (ισχυρή)**»
- «Δομικός χάλυβας > Απαιτήση ελέγχου σε στρεπτοκαμπτικό λυγισμό = **ΟΧΙ**»

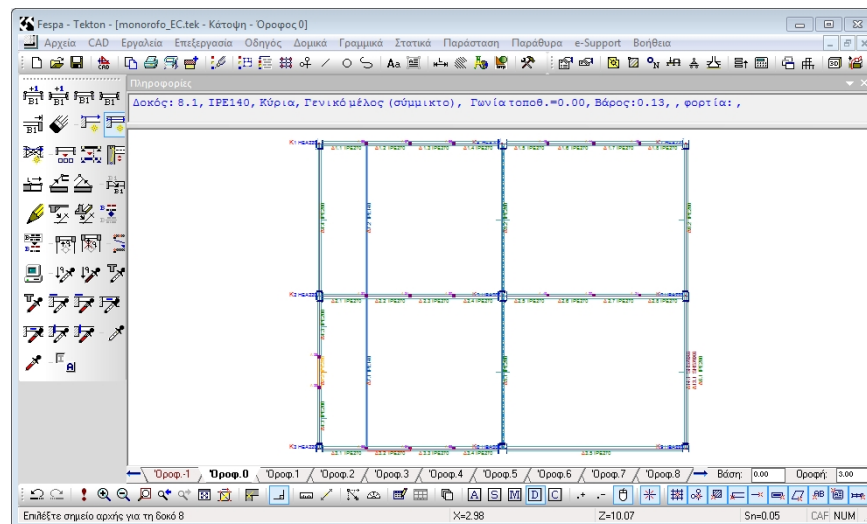
Συντελεστές a_0 για υπολογισμό μήκους λυγισμού και β_0 για υπολογισμό βέλους κάμψης:

Λόγω της ύπαρξης **διαμήκους ντίζας**, που περιορίζει το μήκος λυγισμού περί τον άξονα Y στο μισό, θα τεθούν οι εξής παράμετροι:

- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **$a_0y = 0.5$** »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **$\beta_0z = 0.5$** »



Εικόνα 1.8 Οι θέσεις των αρθρώσεων στα άκρα των ανοιγμάτων μιας τεγίδας.

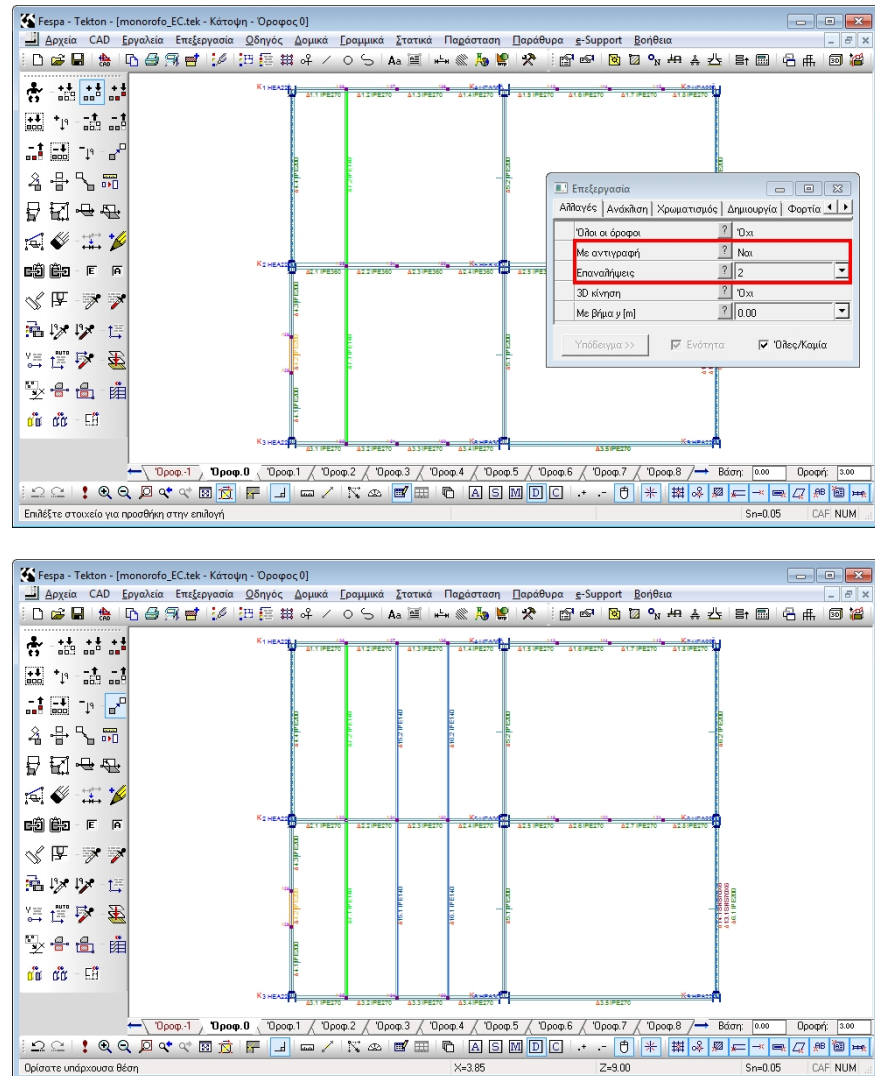


Εικόνα 1.9 Εισαγωγή τεγίδας με «Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».

Η παραγωγή των υπόλοιπων τεγίδων θα γίνει σε δύο φάσεις:

- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Όλοι οι όροφοι = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Με αντιγραφή = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = **2**»

Επιλογή τεγίδων με την εντολή «**+Στοιχείο**» της «Επεξεργασίας». Παραγωγή των υπολοίπων τεγίδων μεταξύ πρώτου και δεύτερου πλαισίου με χρήση της εντολής «**Κίνηση**».

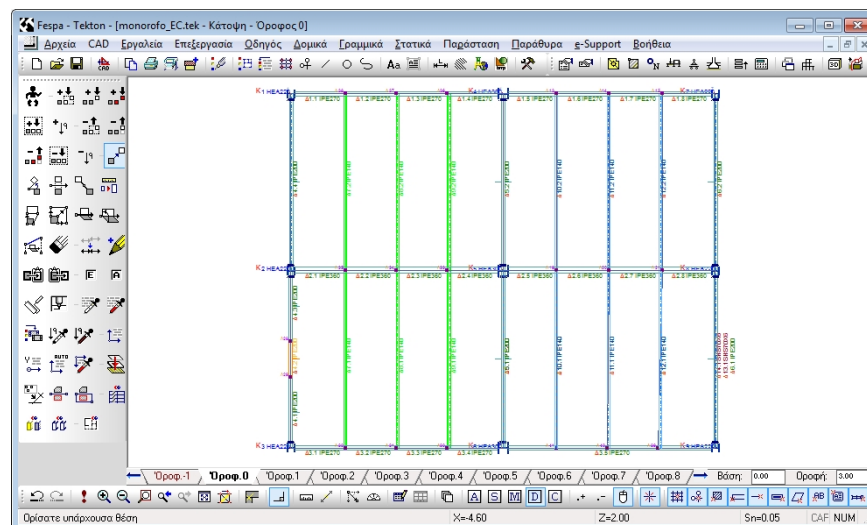
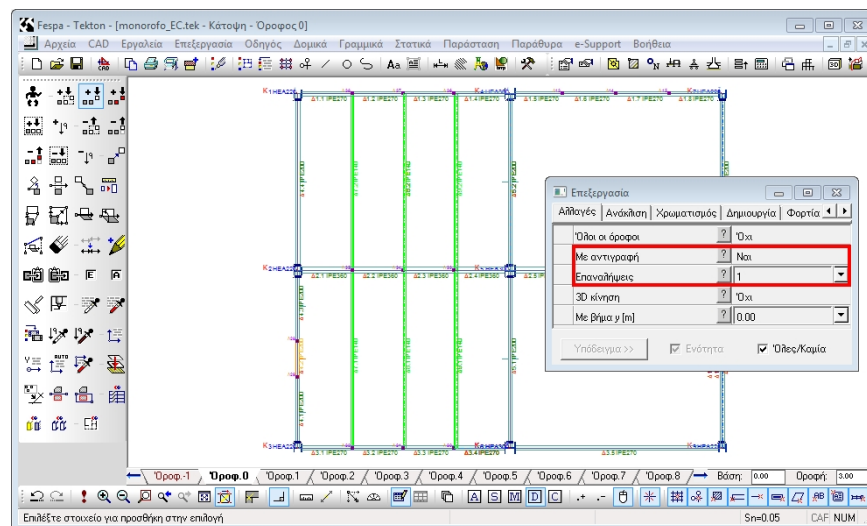


Εικόνα 1.10 Επιλογή της 1^{ης} τεγίδας που έχει εισαχθεί με την εντολή «+Στοιχείο» και παραγωγή των υπολοίπων με την εντολή «Κίνηση».

Για τις υπόλοιπες τεγίδες, μεταξύ δεύτερου και τρίτου πλαισίου:

- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = 1»

Επιλογή των τεγίδων Δ7, Δ8, Δ9 με την εντολή «+Στοιχείο» της «Επεξεργασίας». Παραγωγή των υπολοίπων τεγίδων με χρήση της εντολής «Κίνηση».



Εικόνα 1.11 Επιλογή των τριών τεγίδων που έχουν εισαχθεί με την εντολή «+Στοιχείο» και παραγωγή των υπολοίπων με την εντολή «Κίνηση».

Κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι

Δοκοί: Δ13 και Δ14

Στατικό σύστημα: αμφιαρθρωτές δοκοί ενός ανοίγματος

Εισάγονται με την εντολή «**Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά**» και συνδέουν χιαστί τον άνω κόμβο του ενός υποστυλώματος με τον κάτω κόμβο του διπλανού του υποστυλώματος. Δεν τοποθετείται λοιπός κόμβος στο σημείο διασταύρωσης των διαγώνιων συνδέσμων.

Θα χρησιμοποιηθεί η εντολή «**Διάλογος πολλαπλών επιλογών**»  που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής του επιθυμητού κόμβου μεταξύ περισσότερων του ενός κόμβων με ίδια θέση της κάτοψης.

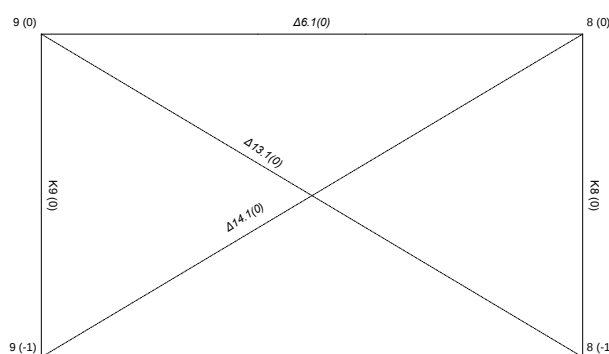
- «Διατομή > Είδος μέλους = Κατακόρυφος διαγώνιος σύνδεσμος»
- «Διατομή > Διατομές = **SHS 70x6**»
- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης $\varphi = 90^\circ$ »

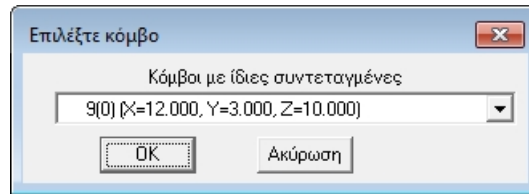
Συντελεστές α_0 για υπολογισμό μήκους λυγισμού:

Λόγω τοποθέτησης κομβοελάσματος στο σημείο διασταύρωσης, περιορίζεται το μήκος λυγισμού περί τους άξονες y και z της διατομής. Έτσι επιλέγονται οι παράμετροι:

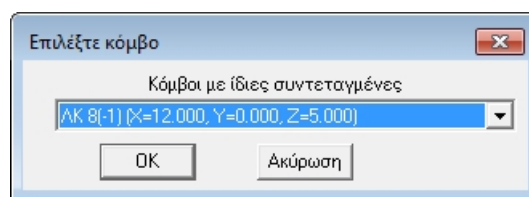
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **$\alpha_{0y} = 0.5$** »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **$\alpha_{0z} = 0.5$** »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **$\beta_{0y} = 0.5$** »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **$\beta_{0z} = 0.5$** »

Π.χ. Η δοκός Δ13.1(0) έχει κόμβο **αρχής** τον 9(0) και κόμβο **τέλους** τον 8(-1):





Εικόνα 1.12 Επιλογή κόμβου αρχής της κατακόρυφης διαγώνιας δοκού Δ13.1(0)



Εικόνα 1.13 Επιλογή κόμβου τέλους της κατακόρυφης διαγώνιας δοκού Δ13.1(0)

Σημείωση

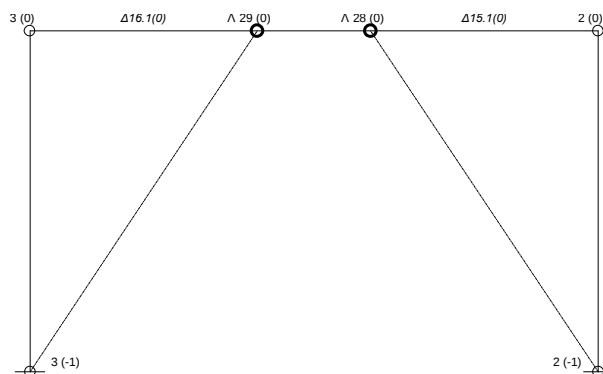
Εναλλακτικά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή «**Εξυπνη εισαγωγή δοκού χιαστί**»  (με απενεργοποιημένο το «**Διάλογο πολλαπλών επιλογών**»). Κάνοντας κλικ σε 2 υποστυλώματα, το υποστύλωμα αρχής (πρώτο υποστύλωμα) και το υποστύλωμα τέλους (δεύτερο υποστύλωμα), δημιουργούνται δύο δοκοί:

- Η 1η δοκός έχει κόμβο αρχής τον άνω κόμβο (κόμβο τέλους) του υποστυλώματος αρχής δοκού K9(0) και κόμβο τέλους τον κάτω κόμβο (κόμβο αρχής) του υποστυλώματος τέλους δοκού K8(0) και όνομα Δ13.1.
- Η 2η δοκός έχει κόμβο αρχής τον άνω κόμβο (κόμβο τέλους) του υποστυλώματος τέλους δοκού K8(0) και κόμβο τέλους τον κάτω κόμβο (κόμβο αρχής) του υποστυλώματος αρχής δοκού K9(0) και όνομα Δ14.1.

Σύνδεσμοι τύπου Λ (με εκκεντρότητα)

Δοκοί: Δ15 και Δ16

Στατικό σύστημα: αμφιαρθρωτές δοκοί ενός ανοίγματος



Εισάγονται με την εντολή «**Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά**» και συνδέουν τους λοιπούς κόμβους Λ28(0), ΛΚ29(0) που έχουν τοποθετηθεί ενδιάμεσα στο ζύγωμα με τον κάτω κόμβο των δύο υποστυλωμάτων.

Θα χρησιμοποιηθεί και πάλι η εντολή «**Διάλογος πολλαπλών επιλογών**» .

Η διαδικασία εισαγωγής τους είναι όμοια με αυτή της εισαγωγής των κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων.

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Σύνδεσμος τύπου V ή Λ**»
- «Διατομή > Διατομές = **CHS 101.6x8**»

Συντελεστές α₀ για υπολογισμό μήκους λυγισμού:

Λόγω των διαστάσεων των κομβοελασμάτων στο σημείο σύνδεσης του συνδέσμου πάνω στην οριζόντια δοκό, περιορίζεται το μήκος λυγισμού (περί τους δύο άξονες) στο 90% του θεωρητικού μήκους. Έτσι επιλέγονται οι παράμετροι:

- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **a_{0y} = 0.9**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **a_{0z} = 0.9**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **β_{0y} = 0.9**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **β_{0z} = 0.9**»

Πλάκες

Πλάκες Π1 έως Π16 διαστάσεων 1.50 x 5.00, αμφιέριστες.

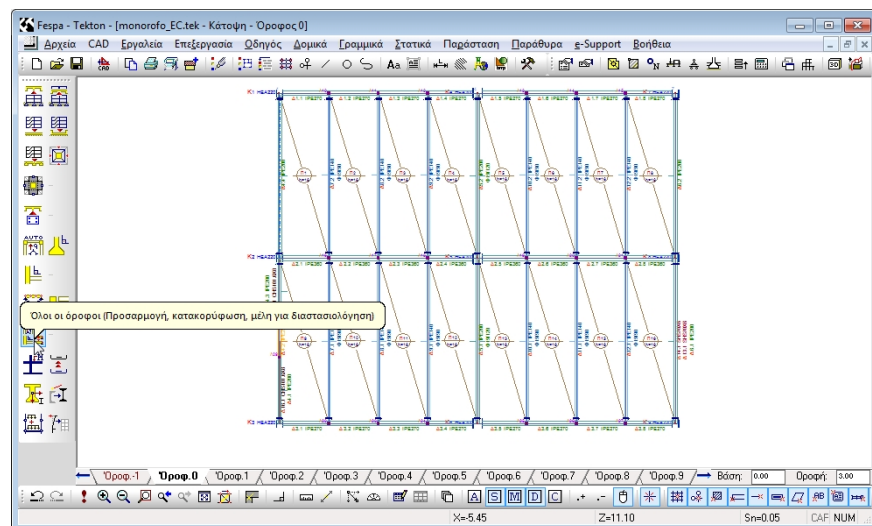
- «Διατομή > Πάχος = **0.16 m**»

Μετά την εισαγωγή και των δοκών του ορόφου, θα πρέπει να γίνει «**Προσαρμογή δοκών**», ώστε να μεταβιβαστούν τα φορτία των πλακών στα μέλη του χωρικού και να υπολογιστούν τα συνεργαζόμενα πλάτη των δοκών.

Σημείωση

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή «Όλοι οι όροφοι» των «Παραγωγών», η οποία εκτελεί για όλους του ορόφους τις ακόλουθες εντολές:

- Προσαρμογή δοκών - πλακών
- Προσαρμογή δοκών - υποστυλωμάτων
- Καθορισμός μελών για διαστασιολόγηση
- Προσαρμογή θεμελίωσης
- Κατακορύφωση υποστυλωμάτων
- Υπολογισμός αδρανειακών χαρακτηριστικών μελών κτιρίου και ενημέρωση των ιδιοτήτων του υλικού βάσει της επιλεγμένης ποιότητας σκυροδέματος ή χάλυβα.



Εικόνα 1.14 Η εντολή «Όλοι οι όροφοι» των «Παραγωγών».

Σημείωση

Όταν ο μελετητής επιθυμεί να χρησιμοποιήσει τις πλάκες μόνο για την κατανομή των επιφανειακών φορτίων στις δοκούς, μπορεί να θέσει την παράμετρο «Όροφος > Οπλισμός > Πλάκες με οπλισμό = Όχι».

Σύμμικτη λειτουργία δοκών

Δοκοί: Τεγίδες Δ7-Δ12

Δοκός

Ράβδος άκρου | Ράβδος ανοίγματος | Δομικός χάλυβας | **Σύμμικτα** | Τοιχοπήλωση | Άπε

☒ Σύμμικτη λειτουργία αρθρωτής δοκού ? Ναι

Πλάκα σκυροδέματος (Σύμμικτη λειτουργία)

☒ Συνολικό πάχος πλάκας σκυροδέματος h_s [m] ? 0.16

☒ Συνεργαζόμενο πλάτος $b_{eff} = b_e1 + b_e2$ [m] ? 1.46

☒ Συνεργαζόμενο πλάτος αριστερά b_{e1} [m] ? 0.75

☒ Τύπος πλάκας ? Με αυλακωτό Χαλυβδόφυλλο

☒ Υποστήλωση δοκών κατά την σκυροδέτηση ? Ναι

☒ Ποιότητα σκυροδέματος ? C20/25

☒ Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa] ? 20

Αυλακωτό Χαλυβδόφυλλο

☒ Διεύθυνση αυλακώσεων ? Κατά μήκος της δοκού

☒ Τύπος αυλακωτού χαλυβδόφυλλου ? Symdeck 75

☒ Ύψος αυλακωτού χαλυβδόφυλλου h_p [mm] ? 73.0

☒ Απόσταση μεταξύ νευρώσεων (πάτημα) b_s [mm] ? 188.0

☒ Πλάτος πυθμένα νευρώσης σκυροδέματος b_b [mm] ? 50.0

☒ Πλάτος νευρώσης b_t [mm] ? 92.0

☒ Μέσο πλάτος των νευρώσεων b_o [mm] ? 73.0

Διατμητικοί ήλοι κεφαλής

☒ Εφελκυστική αντοχή διατμητικών ήλων f_u [MPa] ? 500.0

☒ Διάμετρος διατμητικών ήλων d [mm] ? 19.0

☒ Διάμετρος κεφαλής διατμητικών ήλων d_h [mm] ? 32.0

☒ Ολικό ύψος διατμητικών ήλων h_{sc} [mm] ? 125.0

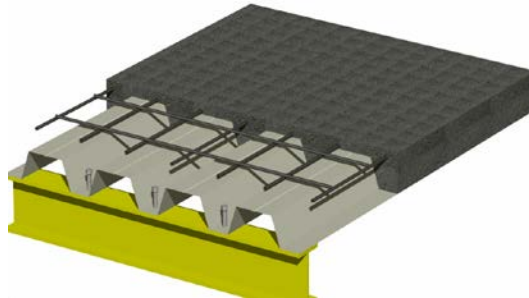
☒ Μέγιστος αριθμός σειρών ήλων n ? 1

☒ Μέγιστη διαμήκης απόσταση ήλων $e_{sl,max}$ [mm] ? 270.0

Υπόδειγμα << ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Σύμμικτα

Εικόνα 1.15 Από την καρτέλα «Δοκός > Σύμμικτα» επιλέγεται εάν οι αμφιαρθρωτές δοκοί χάλυβα θα εμφανίσουν σύμμικτη συνεργασία με την πλάκα σκυροδέματος.

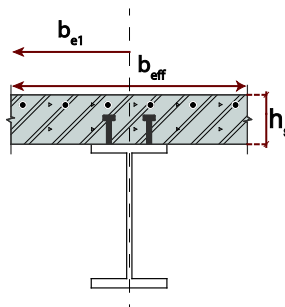


Εικόνα 1.16 Τυπική γεωμετρία σύμμικτης δοκού.

Ορίζονται οι παρακάτω παράμετροι στην καρτέλα «Δοκός > Σύμμικτα»:

- «Σύμμικτη λειτουργία αρθρωτής δοκού = **NAI**»
- «Συνολικό πάχος πλάκας σκυροδέματος h_s [m] = **0.16**»
- «Συνεργαζόμενο πλάτος $b_{eff}=b_{e1}+b_{e2}$ [m], Συνεργαζόμενο πλάτος αριστερά b_{e1} [m]»

Κάνοντας «Προσαρμογή δοκών» το πρόγραμμα υπολογίζει το συνεργαζόμενο πλάτος b_{eff} των σύμμικτων δοκών ως εξής:



Σχήμα 1.2 Συνεργαζόμενα πλάτη σύμμικτης δοκού.

$$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$$

όπου

$b_{e1} = L_e/8 < b_1$ το φτερό αριστερά της δοκού

$b_{e2} = L_e/8 < b_2$ το φτερό δεξιά της δοκού

b_1, b_2 τα γεωμετρικά όρια που δίδονται από τη μέση της πλάκας αριστερά και δεξιά αντίστοιχα και υπολογίζονται αυτόματα στο Fespa

$$L_e = \lambda \cdot L_z$$

όπου

L_z το μήκος της δοκού για διαστασιολόγηση κατά τον ισχυρό άξονα Z(3)

Ο συντελεστής λ εξαρτάται από την ύπαρξη ελαστικών αρθρώσεων στα άκρα του μέλους και παίρνει τις εξής τιμές:

$\lambda = 0.7$ εάν δεν υπάρχει καμία ελαστική άρθρωση στα άκρα

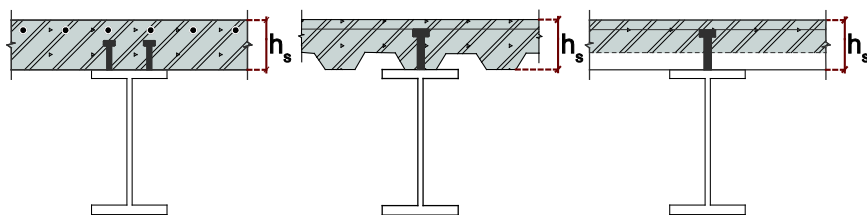
$\lambda = 0.85$ εάν υπάρχει μία άρθρωση στο ένα ή στο άλλο άκρο

$\lambda = 1.0$ εάν υπάρχουν ελαστικές αρθρώσεις και στα δύο άκρα

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει πλάκα δεξιά ή αριστερά το αντίστοιχο τμήμα συνεργαζόμενου πλάτους είναι ίσο με μηδέν.

■ «Τύπος πλάκας = **Με αυλακωτό χαλυβδόφυλλο**»

Σε κάθε τύπο σύμμικτης πλάκας, είτε είναι συμπαγής, είτε είναι από χαλυβδόφυλλο, πρέπει να δίνεται το συνολικό ύψος της πλάκας όπως φαίνεται στο **Σχήμα 1.3**.



Σχήμα 1.3 Συνολικό πάχος πλάκας σκυροδέματος h_s .

■ «Υποσύλωση δοκών κατά τη σκυροδέτηση = **NAI**»

Η παράμετρος αυτή ρυθμίζει τον υπολογισμό των βελών λειτουργικότητας.

■ «Ποιότητα σκυροδέματος = **C20/25**»

Σημείωση

Ο EC4 δεν καλύπτει το σχεδιασμό σύμμικτων κατασκευών με κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος χαμηλότερες των C20/25 και υψηλότερες των C60/75 (EC4, §3.1(2)).

■ «Διεύθυνση αυλακώσεων = **Κατά μήκος της δοκού**»

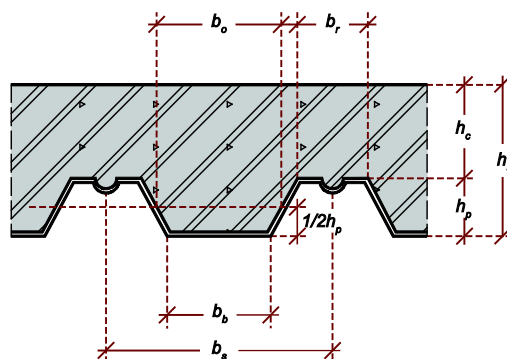
■ «Τύπος αυλακωτού χαλυβδόφυλλου = **Symdeck 75**»

Όνομα	Εικόνα χαλυβδόφυλου
Symdeck 50	
Symdeck 75	
Symdeck 100	
Symdeck 150	
Multideck 60	
Multideck 80	

Όνομα	Εικόνα χαλυβδόφυλλου
Multideck 146	

Πίνακας 1.1 Τύποι αυλακωτού χαλυβδόφυλλου που υποστηρίζονται.

- «Διάμετρος διατμητικών ήλων $d = 19 \text{ mm}$ »
- «Διάμετρος κεφαλής διατμητικών ήλων $d_h = 32 \text{ mm}$ »
- «Ολικό ύψος διατμητικών ήλων $h_{sc} = 125 \text{ mm}$ »
- «Μέγιστος αριθμός σειρών διατμητικών ήλων $n = 1$ »
- «Μέγιστη απόσταση διατμητικών ήλων $esl, \max = 270 \text{ mm}$ »

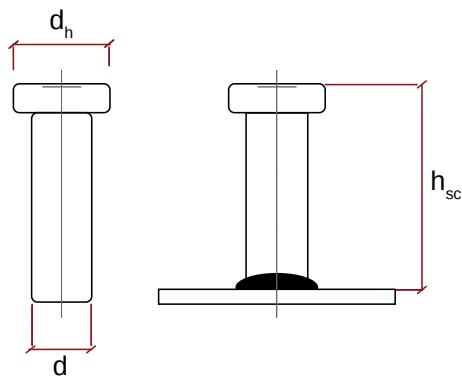


Σχήμα 1.4 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά χαλυβδόφυλλου. Ενημερώνονται ανάλογα με τον τύπο που επιλέγεται.

Όνομα	Ύψος	Πλάτος Ανω	Πλάτος Κάτω	Πάτημα	Πάχος	Κάλυψη
[-]	h_p [mm]	br [mm]	bb [mm]	bs [mm]	t [mm]	[mm]
Symdeck 50	48.5	131.0	54.0	250.0	$0.75 \div 1.25$	1000.0
Symdeck 75	73.0	92.0	50.0	187.5	$0.75 \div 1.50$	750.0
Symdeck	100.0	110.0	55.0	275.0	$0.75 \div 1.50$	825.0

Όνομα	Ύψος	Πλάτος Ανω	Πλάτος Κάτω	Πάτημα	Πάχος	Κάλυψη
100						
Symdeck 150	152.0	119.0	40.0	180.0	0.75 ÷ 1.50	840.0
Multideck 60	60.0	142.0	110.0	323.0	0.90, 1.20	1000.0
Multideck 80	80.0	131.0	102.0	300.0	0.90	900.0
Multideck 146	145.0	131.0	61.0	265.0	1.20, 1.50	600.0

Πίνακας 1.2 Τιμές γεωμετρικών χαρακτηριστικών χαλυβδόφυλλων.



Σχήμα 1.5 Διαστάσεις διατμητικών ήλων κεφαλής.

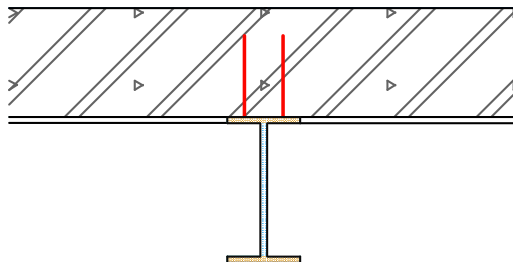
Οι διαστάσεις των ήλων πρέπει να είναι σύμφωνες και συμβατές με τα πρότυπα EN ISO 13918 και EN ISO 14555.

d	d _h
[mm]	[mm]
12	25
13	25
16	32
19	32
22	35
25	40

Πίνακας 1.3 Τυπικές διαμέτροι διατμητικών ήλων.

Διαφραγματική λειτουργία

Για την εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας και τον υπολογισμό του πλασματικού άξονα θεωρούμε την υπάρχουσα ισχυρή διατμητική σύνδεση με ήλους μεταξύ των μεταλλικών δοκών και των πλακών σκυροδέματος.



Με βάση το πλάτος b_{eff} το πρόγραμμα υπολογίζει την εγκάρσια ακαμψία I_p κάθε σύμμικτης δοκού :

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^3 \cdot h_\pi \cdot \lambda$$

όπου:

h_π το μέσο πάχος των δύο πλακών (όταν υπάρχουν δύο πλάκες)

λ ο συντελεστής διαφραγματικής λειτουργίας δοκών

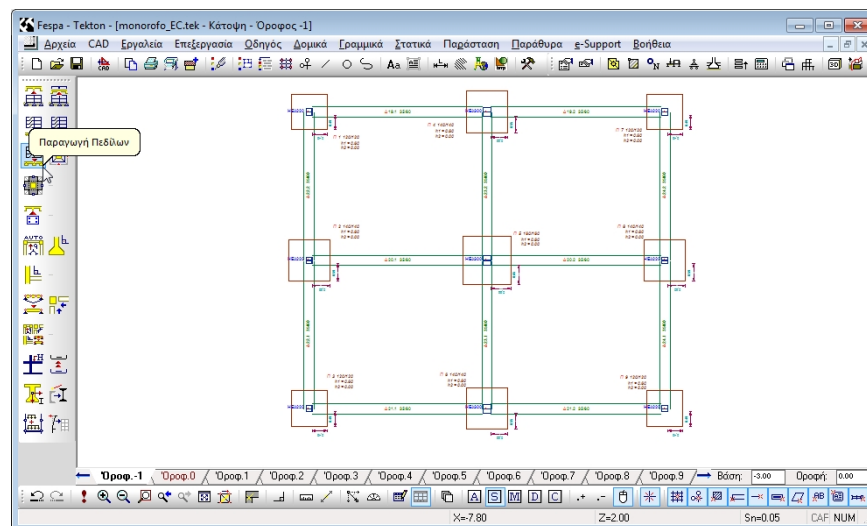
Στην παράμετρο «Κτίριο > Αντισεισμικός > Συντελεστής προσομοίωσης δυσκαμψίας δομικού χάλυβα» ορίζεται η αρχική τιμή του συντελεστή λ ίση με 10000, εξασφαλίζοντας έτσι διαφραγματική λειτουργία.

Η τιμή της ακαμψίας I_p φαίνεται στον Πίνακα 402.4 «Αδρανειακά στοιχεία χαλύβδινων διατομών δοκών».

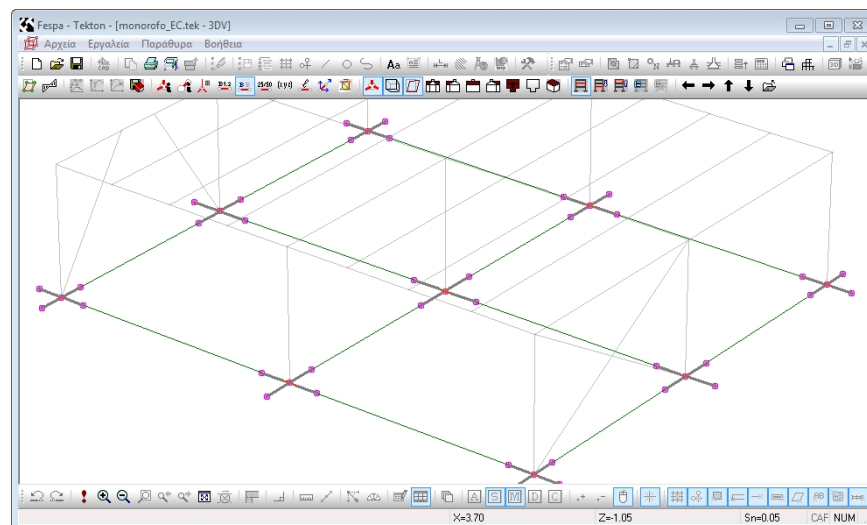
402.4	Όνομα	A1 [cm ²]	A2 [cm ²]	A3 [cm ²]	I1 [cm ⁴]	I2 [cm ⁴]	I3 [cm ⁴]	W2 [cm ³]	W22 [cm ³]	I2 [cm ⁴]	W3 [cm ³]	W33 [cm ³]	I3 [cm ⁴]	Γωνία β [°]	Γωνία τοποθέτησης φ [°]	Δφ [m]	<u>I_p [cm⁴]</u>	Αυτόματος υπολογισμός
1	1.1	62.610	23.140	30.770	2.815e+1	7.881e+2	1.177e+4	98.52	153.70	3.55	713.10	804.30	13.71	0.00	0.00	0.006	1.917e+8	Ναι
2	1.2	62.610	23.140	30.770	2.815e+1	7.881e+2	1.177e+4	98.52	153.70	3.55	713.10	804.30	13.71	0.00	0.00	0.006	1.917e+8	Ναι
3	1.3	62.610	23.140	30.770	2.815e+1	7.881e+2	1.177e+4	98.52	153.70	3.55	713.10	804.30	13.71	0.00	0.00	0.006	1.917e+8	Ναι

Πέδιλα

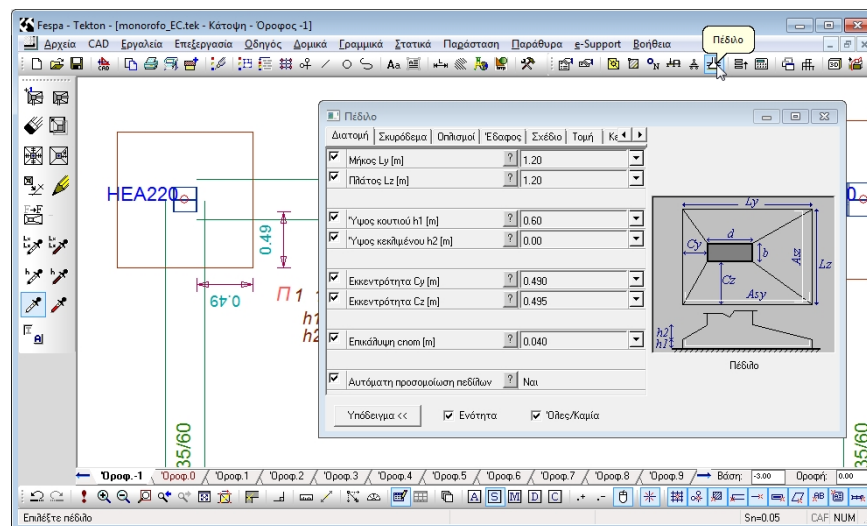
Μέσω της εντολής «Παραγωγή πεδίων»  των «Παραγωγών» δημιουργούνται στον όροφο -1 μεμονωμένα πέδιλα και συνδετήριες δοκοί.



Εικόνα 1.17 Στάθμη -1. Θεμελίωση μεταλλικού φορέα με πέδιλα και συνδετήριες δοκούς.

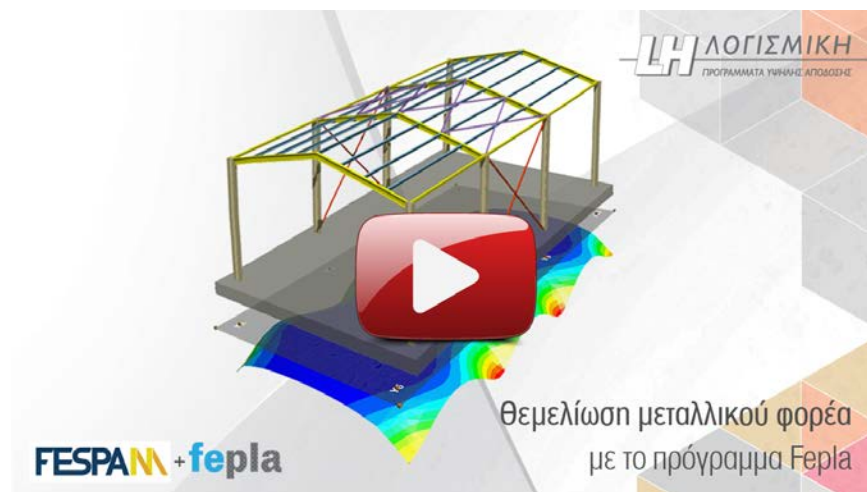


Εικόνα 1.18 Κάθε πέδιλο αναλύεται σε ένα μοντέλο υπολογισμού που αποτελείται από 4 μέλη, 2 ζεύγη διασταυρουμένων δοκών προσομοίωσης που εδράζονται επί ελαστικού εδάφους.



Εικόνα 1.19 Τα γεωμετρικά στοιχεία του πεδίου (πλάτος, μήκος, ύψος κουτιού και ύψος κεκλιμένου (κώνου)) τροποποιούνται μέσω της οντότητας «Πεδίο».

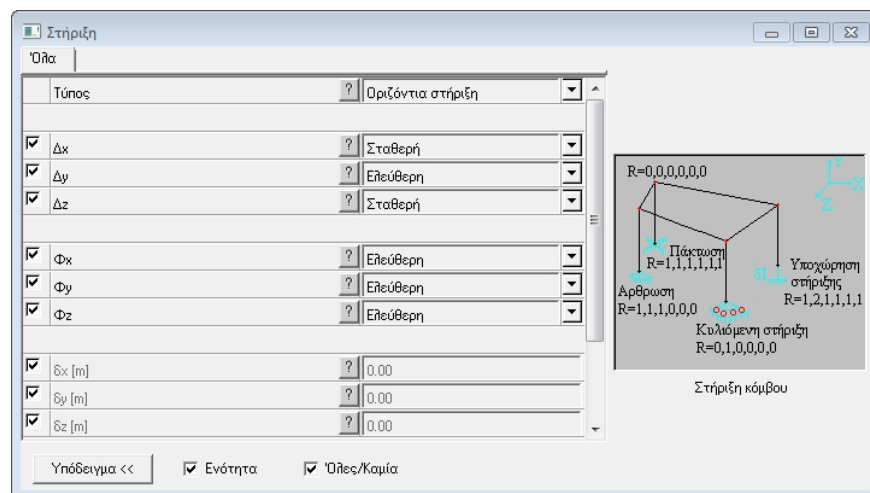
Ο υπολογισμός της θεμελίωσης του κτιρίου θα μπορούσε να γίνει και με πλάκα κοιτόστρωσης χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Ferpla.



Εικόνα 1.20 Δείτε περισσότερα για τη συνεργασία του στατικού προγράμματος FespaM με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Ferpla στο βίντεο «[Θεμελίωση μεταλλικού φορέα με το πρόγραμμα Ferpla](#)».

Στηρίξεις

Με την παραγωγή της θεμελίωσης, οι κόμβοι στη βάση του φορέα μετατρέπονται αυτόματα σε **οριζόντιες στηρίξεις**, έχουν δηλαδή ελευθερία στροφής περί τους καθολικούς άξονες X,Y, Z ($\Phi_x = \Phi_y = \Phi_z = \text{ελεύθερη}$) και δυνατότητα μετατόπισης κατά τον καθολικό άξονα Y (Δy ελεύθερη).

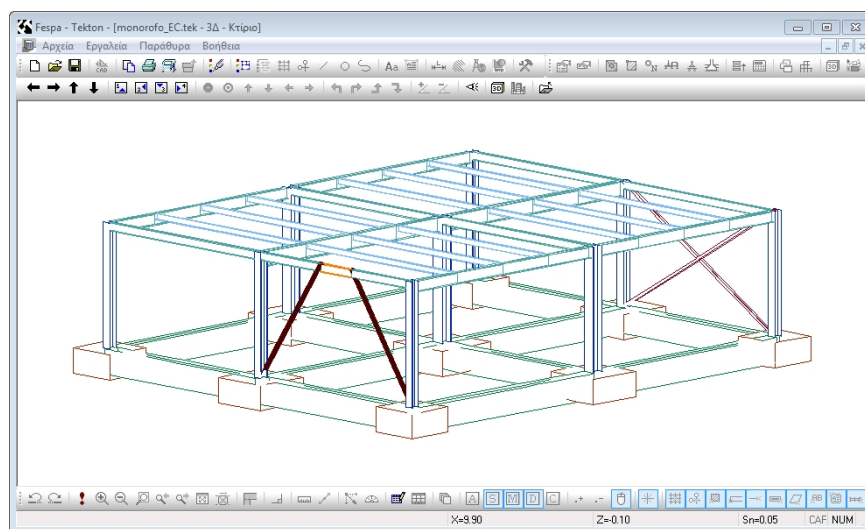
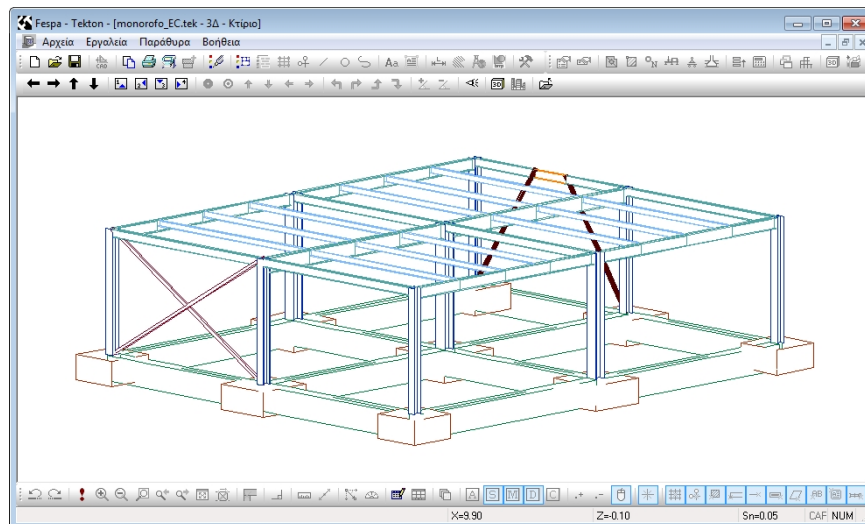


Εικόνα 1.21 Επιλογή παραμέτρων στήριξης για τους κόμβους ίχνους των υποστυλωμάτων.

1.2 Έλεγχος γεωμετρίας

Ο φορέας ελέγχεται πλέον ως προς τη σωστή του γεωμετρία τόσο από την κάτοψη όσο από το 3D και το 3DV. Από την κάτοψη ελέγχεται η σωστή εισαγωγή των αρθρώσεων, ενώ από το 3DV γενικότερα η συνδεσμολογία και η σωστή επιλογή των ειδών των μελών μέσω των πληροφοριών μέλους.

Τρισδιάστατο (3D)

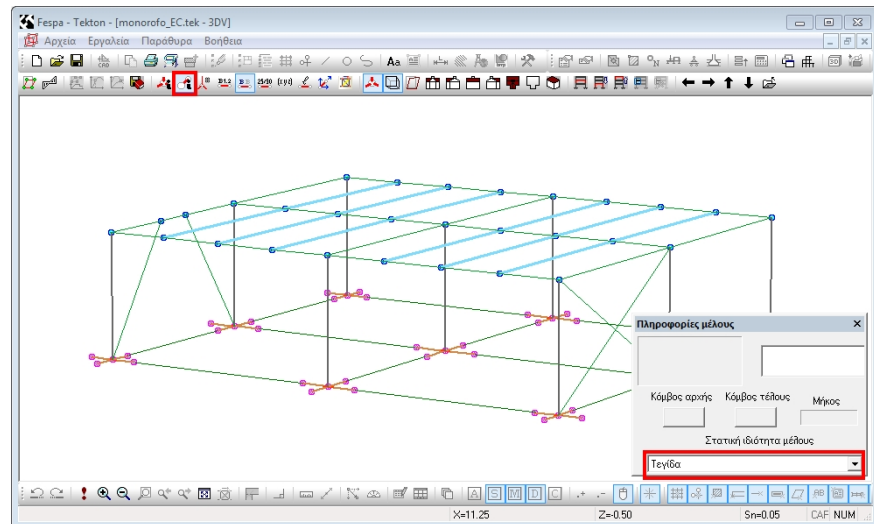


Εικόνα 1.22: 3D απεικόνιση φορέα («3D > Γενικά > Τρόπος απεικόνισης = Ποιοτική»)

Τρισδιάστατο (3DV)

Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα εμφάνισης με χρωματικό διαχωρισμό όλων των μελών ίδιου είδους (π.χ. τεγίδες, ελκυστήρες, διαγώνιοι σύνδεσμοι,

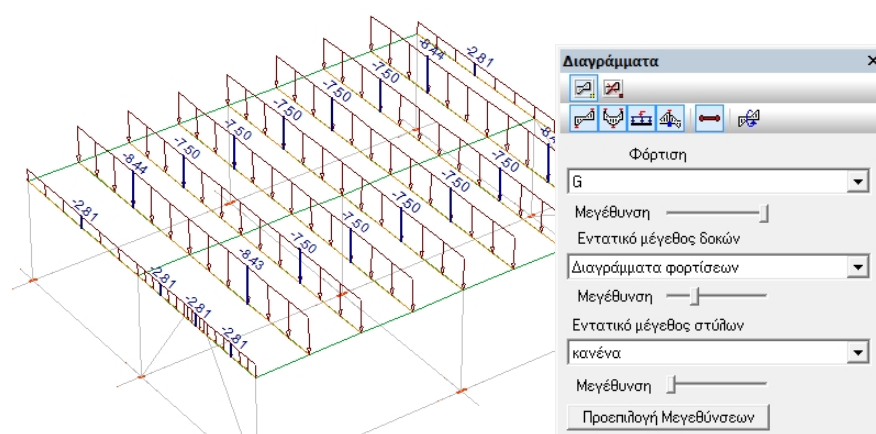
αμφιαρθρωτά μέλη, κλπ). Ενεργοποιώντας την εντολή «Πληροφορίες μέλους», στο παράθυρο που ανοίγει, ο χρήστης επιλέγει από τη λίστα «Στατική ιδιότητα μέλους» το είδος μέλους που θέλει να επισημάνει πάνω στο γράφημα του φορέα (βλ. **Εικόνα 1.23**). Με την επιλογή «Κανένα» εξαφανίζονται όλες οι επισημάνσεις των μελών.



Εικόνα 1.23 Το παράθυρο της τριδιάστατης απεικόνισης του φορέα. Στο γράφημα εμφανίζονται τονισμένες οι ράβδοι με ιδιότητα «Τεγίδα».

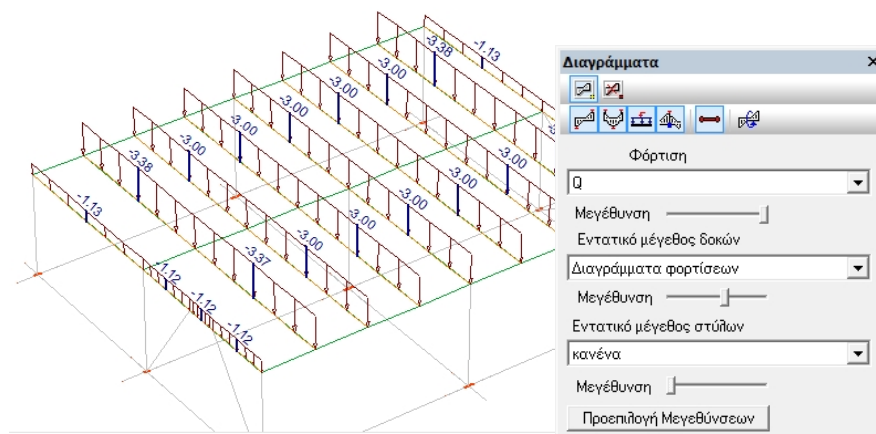
1.3 Διαγράμματα φορτίσεων

Μόνιμο Φορτίο (Ίδιο Βάρος + Επικαλύψεις):



Εικόνα 1.24 Διαγράμματα φορτίσεων δοκών για τα μόνιμα φορτία

Κινητό Φορτίο (Q):



Εικόνα 1.25 Διαγράμματα φορτίσεων δοκών για τα κινητά φορτία

1.4 Αντισεισμικός σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών

Βασικά σημεία EC8 & Σύγκριση με ΕΑΚ

Ο EC8 περιέχει ειδικούς κανόνες για τη διαστασιολόγηση κτιρίων από χάλυβα στην §6 του EC8-1-1.

Τα βασικά σημεία προσοχής και οι βασικές διαφορές ανάμεσα στον EC8 και τον ΕΑΚ μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Είναι δυνατή η κατάταξη της κατασκευής στην κατηγορία πλαστιμότητας **ΚΠΧ** με χρήση του συντελεστή συμπεριφοράς $q = 1.50$ σε αντίθεση με το σκυρόδεμα (EC8-1-1, Πίνακας 6.1).
- Στις κατηγορίες πλαστιμότητας ΚΠΜ και ΚΠΥ η ανηγμένη λυγηρότητα των διαγωνίων θα πρέπει να ελέγχεται σε κτίρια τριών ή περισσότερων ορόφων. Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να γίνεται χρήση ντίζας (EC8-1-1, §6.7.3).
- **Ανηγμένη λυγηρότητα** των διαγωνίων συνδέσμων:
 - Η ανηγμένη λυγηρότητα των διαγωνίων χιαστί συνδέσμων θα πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε ένα κατώτατο και ένα ανώτατο όριο $1,30 \leq \bar{\lambda} \leq 2,00$.
 - Η ανηγμένη λυγηρότητα για άλλους τύπους διαγωνίων συνδέσμων θα πρέπει να πληροί την ανισότητα $\bar{\lambda} \leq 2,00$.
 - Αντίθετα στον ΕΑΚ η ανηγμένη λυγηρότητα των διαγωνίων συνδέσμων περιοριζόταν μόνο από μια ανώτατη τιμή $\bar{\lambda} \leq 1,50$.
- Ο μεγεθυντικός συντελεστής $1.1\gamma_{ov}\Omega$ δεν περιορίζεται από το συντελεστή συμπεριφοράς q (EC8-1-1, §6.2) όπως συνέβαινε με το συντελεστή α_{CD} στον ΕΑΚ. Συνεπώς απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή στη διαστασιολόγηση διότι **η χρήση μεγάλων διατομών σε πλάστιμα στοιχεία θα οδηγήσει σε σημαντική υπερδιαστασιολόγηση όλων των υπόλοιπων στοιχείων.**
- Η κατηγορία πλαστιμότητας και ο συντελεστής συμπεριφοράς q καθορίζουν ποιες **κατηγορίες διατομών** επιτρέπονται. Συγκεκριμένα στην ΚΠΥ επιτυγχάνεται η χρήση μεγαλύτερου συντελεστή συμπεριφοράς q αλλά υπάρχει αυστηρός περιορισμός στη χρήση κατηγορίας διατομής 1 για τα κύρια μέλη. Στην ΚΠΜ οι επιτρεπόμενες κατηγορίες διατομής είναι οι 1, 2 και 3 για $1.5 < q < 2$ και 1 ή 2 για $2 < q < 4$ (EC8-1-1, Πίνακας 6.3).

1.5 Επίλυση και έλεγχος των μελών του φορέα

1.5.1 Σύνοψη των διενεργούμενων ελέγχων (EC3-1-1 & EC8-1)

Κατάταξη διατομής

Πριν τη διενέργεια οποιουδήποτε ελέγχου, καθορίζεται από το πρόγραμμα η κατηγορία της διατομής σύμφωνα με τον Πίνακα 5.2 του EC3-1-1, ενώ οι επιτρεπόμενες κατηγορίες καθορίζονται βάσει του Πίνακα 6.3 του EC8-1 ανάλογα με την κατηγορία πλαστιμότητας και τον συντελεστή συμπεριφοράς η .

Εφελκυσόμενα μέλη

Τα εφελκυσόμενα μέλη ελέγχονται σε εφελκυσμό βάσει της §6.2.3 του EC3-1-1.

Θλιβόμενα μέλη

Τα θλιβόμενα μέλη ελέγχονται σε αξονική θλίψη (βλ. EC3-1-1 §6.2.4) και σε λυγισμό βάσει της EC3-1-1 §6.3.

Γενικά μέλη (Δοκοί και Υποστυλώματα)

- Γίνονται όλοι οι *έλεγχοι διατομής*:
 - εφελκυσμός (EC3-1-1 §6.2.3)
 - θλίψη (EC3-1-1 §6.2.4)
 - κάμψη (EC3-1-1 §6.2.5)
 - μονοαξονική ή διαξονική κάμψη με ταυτόχρονη παρουσία αξονικής δύναμης (EC3-1-1 §6.2.9)
 - κάμψη, διάτμηση και αξονική δύναμη (EC3-1-1 §6.2.8 & §6.2.10)
- καθώς και οι *έλεγχοι μέλους*:
 - λυγισμός (EC3-1-1 §6.3) και συγκεκριμένα καμπτικός στρεπτικός και στρεπτοκαμπτικό λυγισμός

Επίσης:

- **Ικανοτικός σχεδιασμός** μεταλλικών στοιχείων, π.χ. αποφυγή σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων σε υποστυλώματα

Για κάθε σεισμική δράση ή σεισμικό συνδυασμό δράσεων, το Fespa κάνει μια σειρά ελέγχων σε κάθε μέλος από δομικό χάλυβα, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην EC8-1 §6.

1.5.2 Υπολογισμός αντοχής μελών από δομικό χάλυβα

1.5.2.1 Ειδικοί έλεγχοι σε μέλη πλαισίων κατασκευών με απαιτήσεις πλαστιμότητας

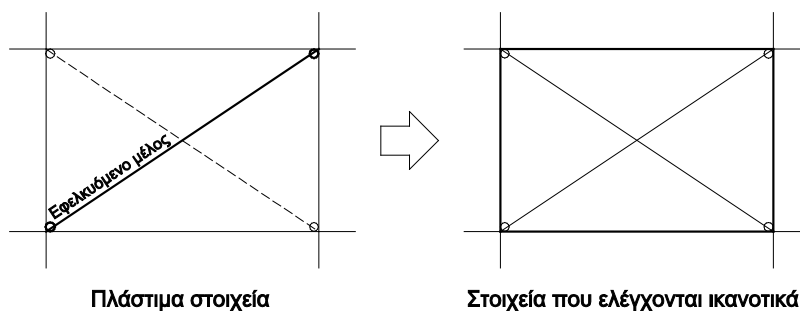
Σε κατασκευές ΚΠΜ & ΚΠΥ και στις διευθύνσεις, όπου έχουμε πλαισιακή λειτουργία, για την αποφυγή σχηματισμού μηχανισμού ορόφου, τηρούνται όλα όσα αναγράφονται στην §6.6 του EC8-1.

1.5.2.2 Ειδικοί έλεγχοι σε φορείς με διαγώνιους δικτυωτούς συνδέσμους

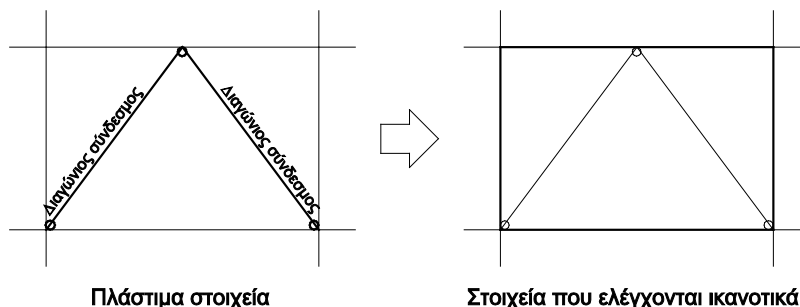
Χωρίς εκκεντρότητα (EC8-1 §6.7)

Σε δικτυωτούς συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα, η ανάληψη των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων γίνεται κυρίως από ράβδους επιπονούμενες σε αξονική δύναμη. Πλάστιμα στοιχεία σε τέτοιους συνδέσμους είναι κατά κύριο λόγο τα διαγώνια στοιχεία. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι διαγώνιοι σύνδεσμοι τύπου X, V και Λ.

Στην περίπτωση των διαγωνίων συνδέσμων τύπου X, οι σεισμικές δυνάμεις αναλαμβάνονται μόνο από τις εκάστοτε εφελκόμενες διαγώνιους, ενώ αγνοείται η συμμετοχή των θλιβόμενων διαγωνίων. Το αξονικό φορτίο με το οποίο ελέγχονται οι εφελκόμενες διαγώνιοι λαμβάνεται διπλάσιο του N_{Ed} της ανάλυσης.



Στις περιπτώσεις διαγωνίων συνδέσμων τύπου V ή Λ, η συμμετοχή της θλιβόμενης διαγωνίου είναι απαραίτητη για την ανάληψη των οριζοντίων δυνάμεων.



Οι διαγώνιοι πρέπει να πληρούν τη συνθήκη $N_{Ed} / N_{pl} < 1,0$, ενώ σε δομήματα με τρεις ή περισσότερους ορόφους η ανηγμένη λυγηρότητα των διαγωνίων πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση του 2,00 (EC8-1 §6.7.3).

Στις διευθύνσεις των φατνωμάτων με διαγώνιους συνδέσμους, τα υποστυλώματα και οι δοκοί ελέγχονται με προσαυξημένες τις αξονικές δυνάμεις της σεισμικής έντασης, πολλαπλασιασμένες επί τον συντελεστή ικανοτικής μεγέθυνσης $\gamma_{ov} \cdot \Omega$, η τιμή του οποίου προκύπτει ως εξής:

- Το γ_{ov} υπολογίζεται βάσει των EC8-1 §6.1.2(3) & §6.2(3)
- Το Ω λαμβάνεται ως η ελάχιστη τιμή του λόγου $N_{pl,Rd,i} / N_{Ed,i}$ από όλα τα διαγώνια μέλη,

όπου:

$N_{pl,Rd,i}$ η υπολογιστική αντοχή της εφελκόμενης διαγώνιου

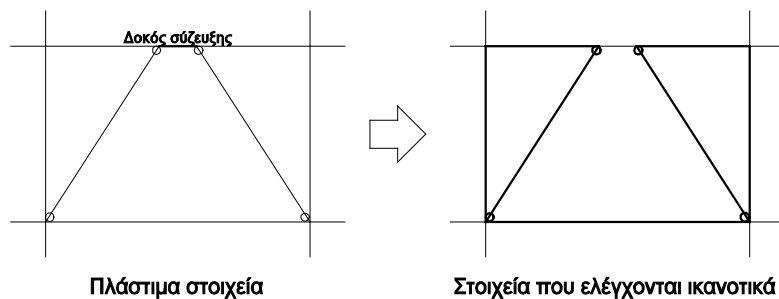
N_{Ed} η εφελκυστική δύναμη της ίδιας διαγώνιου υπό τον σεισμικό συνδυασμό

Τέλος, σε περιπτώσεις διαγωνίων τύπου Λ , οι οριζόντιες δοκοί (ζυγώματα) ελέγχονται έτσι ώστε να μπορούν να παραλάβουν τα κατακόρυφα φορτία $(G + \psi_2 \cdot Q)$ χωρίς την ευνοϊκή συμμετοχή των διαγωνίων συνδέσμων.

Με εκκεντρότητα (EC8-1 §6.8)

Όταν ο φορέας φορτίζεται με οριζόντια σεισμικά φορτία, το τμήμα του ζυγώματος που αποτελεί την έκκεντρη σύζευξη, υπόκειται σε μεγάλη διατμητική και καμπτική καταπόνηση. Το μέλος αυτό, το οποίο ονομάζεται «σεισμικός σύνδεσμος», αποτελεί το πλαστικό στοιχείο του φορέα.

Για τη δοκό σύζευξης, κρίσιμο εντατικό μέγεθος μπορεί να είναι η ροπή κάμψης ή η διατμητική δύναμη. Ο έλεγχος πραγματοποιείται βάσει της EC8-1 §6.8.2 λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος της αξονικής δύναμης.



Τα γειτονικά στοιχεία (υπόλοιπο ζύγωμα, υποστυλώματα, διαγώνιοι) ελέγχονται ικανοτικά, προκειμένου η διαρροή να περιορίζεται στις δοκούς σύζευξης. Ο ικανοτικός συντελεστής $\gamma_{ov} \cdot \Omega$, με τον οποίο πολλαπλασιάζεται η σεισμική συνιστώσα της έντασης προκύπτει βάσει της EC8-1 §6.2.3.

Η ελάχιστη τιμή του λόγου $\Omega = 1,5 \cdot V_{p,link,i} / V_{Ed,i}$ μεταξύ όλων των κοντών σεισμικών συνδέσμων.

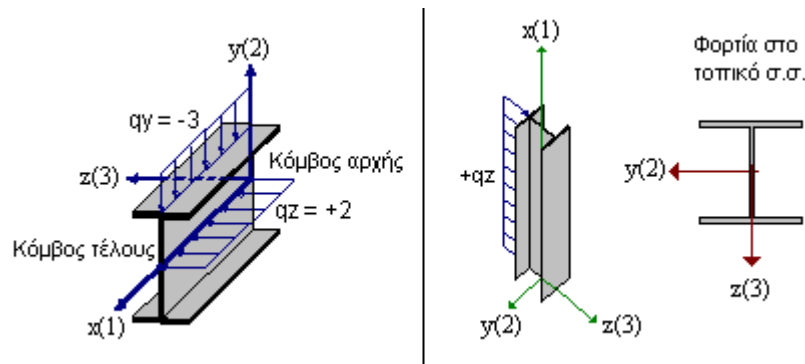
Η ελάχιστη τιμή του λόγου $\Omega = 1,5 \cdot M_{p,link,i} / M_{Ed,i}$ μεταξύ όλων των μέσων και μεγάλου μήκους συνδέσμων.

1.5.2.3 Ειδικό έλεγχοι σύμμικτων δοκών

Γίνονται όλοι οι *έλεγχοι*:

- κάμψη (EC4-1-1 §6.2.1)
- διάτμηση (EC4-1-1 §6.2.2)
- έλεγχος βελών λειτουργικότητας (EC3-1-1 §7.2.1)
- υπολογισμός αριθμού διατμητικών ήλων (EC4-1-1 §6.6.5)

1.5.3 Αποτελέσματα δοκού ή υποστυλώματος από δομικό χάλυβα



Σχήμα 1.6: Ονοματολογία αξόνων δοκού και υποστυλώματος στο FespaM

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο άξονας $z(3)$ είναι ο τοπικός **ισχυρός** άξονας της διατομής ενώ αντίστοιχα ο $y(2)$ ο τοπικός **ασθενής** στις δοκούς και το αντίστροφο στα υποστυλώματα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6.

1.5.3.1 Γενικά δεδομένα δοκού (ή υποστυλώματος)

Γενικά δεδομένα δοκού

Κόμβοι	Αρχή: 1	Τέλος: 10	Μέλος: 58	ΣΠΕΜ = 1,00		
Διατομή	IPE270		ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	Ελαστικές Αρθρώσεις		
Υλικά	Δομικός χάλυβας S235		Μήκος c = 1,40	Αρχή	Τέλος	
Κανονισμός	Πλαστιμότητα ΚΠΜ		Κύρια δοκός	Οχι	Οχι	
Συντελεστές	$K_y = 1,00$	$K_z = 1,00$	$a_{0y} = 1,00$	$a_{0z} = 1,00$	$\beta_{0y} = 1,00$	$\beta_{0z} = 1,00$

Στα «Γενικά δεδομένα δοκού» αναφέρονται γενικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης δοκού που σχετίζονται με τη γεωμετρία, τη διατομή, το είδος των στηρίξεων και το υλικό.

Ελαστικές αρθρώσεις (αρχής/τέλους): Σχετίζονται με την ελευθερία στροφής στα δύο άκρα του μεταλλικού στοιχείου και καθορίζονται από την παρ/τρο στο «Υποστυλώμα» και στη «Δοκό > Στατικά»

Πλαστιμότητα: Αναφέρεται η κατηγορία πλαστιμότητας της κατασκευής καθώς και η κατάταξη του μέλους σε μια εκ των κατηγοριών: Κύριο μέλος, Δευτερεύον Σεισμικό Μέλος, Χωρίς Απαιτήσεις Πλαστιμότητας.

K_y Συντελεστής ισοδύναμου μήκους λυγισμού περί τον άξονα $y(2)$

a_{0y} Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού περί τον άξονα $y(2)$

Τα K_y και a_{0y} πολλαπλασιάζουν το μήκος για διαστασιολόγηση περί τον άξονα y .

K_z Συντελεστής ισοδύναμου μήκους λυγισμού περί τον άξονα z (3)

a_{0z} Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού περί τον άξονα z (3)

Τα K_z και a_{0z} πολλαπλασιάζουν το μήκος για διαστασιολόγηση περί τον άξονα z .

β_{0y} Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος w_y (που οφείλεται σε κάμψη περί τον z). Πολλαπλασιάζει το μήκος για διαστασιολόγηση περί τον άξονα z .

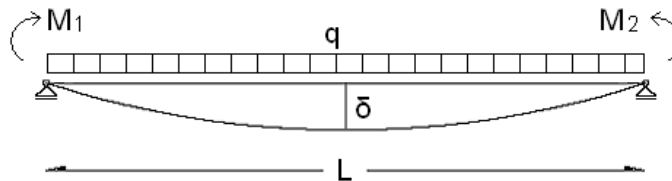
$$Lw_y = \beta_{0y} \cdot L_z$$

β_{0z} Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος w_z (που οφείλεται σε κάμψη περί τον y). Πολλαπλασιάζει το μήκος για διαστασιολόγηση περί τον άξονα y .

$$Lw_z = \beta_{0z} \cdot L_y$$

Βέλος αμφιερείστου:

$$w = \frac{1}{EI} \cdot \left[\frac{5}{384} \cdot q \cdot (\beta \cdot L)^4 + \frac{1}{16} \cdot (M_1 + M_2) \cdot (\beta \cdot L)^2 \right]$$



Σχήμα 1.7 Υπολογισμός βέλους σε μεταλλική δοκό με κατανεμημένες ροπές στα άκρα της, όπου L είναι το μήκος για διαστασιολόγηση περί τον άξονα κάμψης (y ή z).

Βέλος προβόλου:

$$w = \frac{1}{EI} \cdot \frac{q \cdot (\beta \cdot L)^4}{8}$$

1.5.3.2 Εντατικά μεγέθη δοκού (ή υποστυλώματος)

Εντατικά μεγέθη

Φόρτ [/]	wy [kN/m]	wz [kN/m]	Αρχή My [kNm]	[1] Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Τέλος My [kNm]	[10] Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Αξονική N [kN]	max My [kNm]	max Mz [kNm]
G	0,36		-0,05	-25,65	28,46	0,05	0,02	16,63	27,92	0,05	-12,90	0,02	16,63
Q			-0,02	-9,56	10,73	0,02		6,54	10,73	0,02	-4,58		6,54
QA			-0,02	-9,55	10,73	0,01		6,54	10,73	0,01	-4,59		6,54
QB				-0,01		0,01	0,01			0,01	0,01	0,01	-0,01
QC			-0,02	-9,55	10,73	0,02	0,01	6,54	10,73	0,02	-4,60	0,01	6,54
QD			-0,03	-9,61	10,75	0,02	-0,01	6,51	10,75	0,02	-4,61	-0,01	6,51
QE				0,05	-0,02		0,01	0,02	-0,02		0,05	0,01	0,05
[G+ψ2xQ]	0,36		-0,06	-28,52	31,68	0,05	0,02	18,59	31,14	0,05	-14,27	0,02	18,59
1.35G+1.05Q	0,49		-0,09	-44,66	49,69	0,08	0,03	29,32	48,96	0,08	-22,22	0,03	29,32
1.35G+1.05QA	0,49		-0,09	-44,66	49,68	0,07	0,02	29,32	48,95	0,07	-22,23	0,02	29,32
1.35G+1.05QB	0,49		-0,07	-34,64	38,42	0,07	0,03	22,45	37,69	0,07	-17,40	0,03	22,45
1.35G+1.05QC	0,49		-0,09	-44,66	49,68	0,08	0,03	29,32	48,95	0,08	-22,24	0,03	29,32
1.35G+1.05QD	0,49		-0,10	-44,72	49,71	0,08	0,02	29,29	48,98	0,08	-22,26	0,02	29,29
1.35G+1.05QE	0,49		-0,07	-34,58	38,40	0,07	0,03	22,47	37,67	0,07	-17,35	0,03	22,47
1.15G+1.50Q	0,41		-0,09	-43,77	48,75	0,08	0,03	28,89	48,13	0,08	-21,67	0,03	28,89
1.15G+1.50QA	0,41		-0,09	-43,76	48,75	0,07	0,02	28,90	48,13	0,07	-21,68	0,02	28,90
1.15G+1.50QB	0,41		-0,06	-29,45	32,66	0,06	0,03	19,08	32,04	0,06	-14,79	0,03	19,08
1.15G+1.50QC	0,41		-0,08	-43,76	48,75	0,08	0,03	28,90	48,13	0,08	-21,70	0,03	28,90
1.15G+1.50QD	0,41		-0,10	-43,86	48,78	0,08	0,01	28,85	48,16	0,08	-21,72	0,01	28,85
1.15G+1.50QE	0,41		-0,06	-29,36	32,63	0,06	0,03	19,12	32,01	0,06	-14,72	0,03	19,12
ΣΣ: +x	0,36		7,37	-34,90	33,87	5,35	-0,88	21,69	28,95	-5,25	-9,24	7,37	21,69
ΣΣ: +x	0,36		-7,48	-22,14	29,49	-5,25	0,92	15,49	33,32	5,35	-19,30	0,92	15,49
ΣΣ: +z	0,36		8,31	-33,17	33,27	5,80	-0,88	20,85	29,54	-5,69	-8,11	8,31	20,85
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Φόρτ

είδος της φόρτισης (Φ), στατικού συνδυασμού φορτίσεων (ΣΦ) και σεισμικών συνδυασμών (ΣΣ).

w_y και w_z

καταμεμημένο φορτίο στις διευθύνσεις y και z αντίστοιχα

M_y και M_z

ροπές στα άκρα του μεταλλικού στοιχείου κατά τους δύο άξονες y(2) και z(3) αντίστοιχα.

V_y και V_z

τέμνουσες στα άκρα του μεταλλικού στοιχείου κατά τους δύο άξονες y(2) και z(3) αντίστοιχα.

N

αξονική δύναμη του μεταλλικού στοιχείου

maxM_y , maxM_z

μέγιστες ροπές κατά μήκος του μεταλλικού στοιχείου με τις οποίες γίνεται και η διαστασιολόγηση αυτού

1.5.3.3 Αντοχή μέλους σε λυγισμό

Αντοχή μέλους σε λυγισμό [EC3-1-1 §6.3.1.1]

Αξονας [/]	Κ.Λ. [/]	a [/]	K*a0*L [m]	λ [/]	λ1 [/]	λ/λ1 [/]	x [/]	Ncr [kN]	NbRd [kN]
z	a	0,21	3,24	97,69	93,91	1,040	0,637	512,31	320,31
y	a	0,21	3,24	97,69	93,91	1,040	0,637	512,31	320,31

* ==> Όπου L το μήκος για διαστασιολόγηση

Η αντοχή του μέλους σε λυγισμό λόγω αξονικής φόρτισης υπολογίζεται για τους δύο άξονες της διατομής του μέλους εφόσον η διατομή ανήκει σε μια εκ των

κατηγοριών 1, 2 και 3. Η αντοχή αυτή αφορά –ουσιαστικά– στοιχεία που σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν σε αξονική δύναμη π.χ. σύνδεσμοι δυσκαμψίας.

K.Λ. Καμπύλη λυγισμού που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση των ατελειών, παραμενουσών τάσεων κτλ. στον υπολογισμό της αντοχής (EC3-1-1 §6.3) ανάλογα με τον άξονα κάμψης, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, την ποιότητα του χάλυβα και το είδος της διατομής.

α τιμή του συντελεστή ατελειών ανάλογα με την K.Λ. (EC3-1-1 πιν. 6.1)

K*a₀*L Ισοδύναμο μήκος λυγισμού

λ Λυγηρότητα του μέλους που ισούται με το λόγο του ισοδύναμου μήκους λυγισμού K*a₀*L προς την ακτίνα αδρανείας ως προς τον άξονα κάμψης. Ενδεικτικά η λυγηρότητα για λυγισμό περί τον άξονα y είναι:

$$\lambda_y = \frac{K_y a_0 L_y}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}}$$

$$\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1$$

ανηγμένη λυγηρότητα

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (\text{EC3-1-1, §6.3.1.3})$$

χ μειωτικός συντελεστής που προκύπτει για λυγισμό περί τον κάθε άξονα κάμψης (y(2) και z(3))

N_{cr} ελαστικό κρίσιμο φορτίο λυγισμού υπολογισμένο για τον κάθε άξονα κάμψης. Για παράδειγμα περί τον άξονα κάμψης y το ελαστικό κρίσιμο φορτίο λυγισμού είναι:

$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_y^2}$$

$N_{b,Rd}$ φορτίο αστοχίας του μέλους για την περίπτωση που απουσιάζουν εγκάρσια φορτία στο στοιχείο. Για παράδειγμα για λυγισμό περί τον άξονα y προκύπτει:

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y A f_y}{\gamma_{M1}}$$

1.5.3.4 Έλεγχος διατομής (EC3-1-1 (6.2)) και έλεγχος μέλους (EC3-1-1 (6.61)-(6.62)) E_d/R_d

Πραγματοποιούνται έλεγχοι ικανότητας των μελών για διαφορετικούς συνδυασμούς φόρτισης με βάση τις σχέσεις 6.2, 6.61 και 6.62 του EC3.

Οι έλεγχοι επάρκειας των μελών πληρούνται, αν ισχύει η βασική ανίσωση ασφαλείας:

$$\frac{E_d}{R_d} \leq 1,00$$

Στα **αποτελέσματα**, για κάθε μέλος από δομικό χάλυβα, στο τεύχος μελέτης εκτυπώνεται ένας συνοπτικός πίνακας με τους συντελεστές ασφαλείας για όλους τους βασικούς ελέγχους που διενεργεί το πρόγραμμα:

- Κάμψη με αξονική (Κ)
- Καμπτικός λυγισμός (ΚΛ)
- Στρεπτοκαμπτικός λυγισμός (ΣΚΛ)

Για κάθε έναν από αυτούς τους ελέγχους, στα αποτελέσματα εκτυπώνονται και οι τρεις όροι ($n = N_{Sd} / N_{Rd}$, $m_y = M_{Sdy} / M_{Rdy}$, $m_z = M_{Sdz} / M_{Rdz}$) της σχέσης αλληλεπίδρασης της διαξονικής κάμψης, προκειμένου ο μελετητής να διαπιστώσει ποιος είναι ο πλέον κρίσιμος για τη συνολική αντοχή του μέλους ($n + m_y + m_z < 1.0$).

Φαίνεται επιπλέον και ο συντελεστής υπεραντοχής 1,1 γονΩ.

Αντοχή διατομής ($E_d / R_d < 1$)	
$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$, $m_y = \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}}$, $v_y = \frac{V_{yEd}}{V_{yRd}}$, $m_z = \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}}$, $v_z = \frac{V_{zEd}}{V_{zRd}}$	$m_{yN} = \frac{M_{yEd}}{M_{yNRd}}$, $m_{zN} = \frac{M_{zEd}}{M_{zNRd}}$
Κάμψη με Αξονική [EC3 (6.2)]:	$\kappa\Delta = n + m_y + m_z < 1$
Κάμψη με Αξονική [EC3 (6.41)]:	$\lambda\Delta = m_{yN}^\alpha + m_{zN}^\beta < 1$, $\lambda\Delta > n$
Διάτμηση [EC3 (6.17)]:	$v_y, v_z < 1$
Αντοχή των μελών σε λυγισμό	
$n_y = \frac{n}{\chi_y}$, $m_{yy} = \frac{k_{yy} \cdot m_y}{\chi_{LT}}$, $m_{yz} = k_{yz} \cdot m_z$	$n_z = \frac{n}{\chi_z}$, $m_{zy} = \frac{k_{zy} \cdot m_y}{\chi_{LT}}$, $m_{zz} = k_{zz} \cdot m_z$
Λυγισμός [EC3 (6.61)]:	$n_y + m_{yy} + m_{yz} < 1$
Λυγισμός [EC3 (6.62)]:	$n_z + m_{zy} + m_{zz} < 1$

Ελεγχτοι Ed/Rd - Υπεραντοχή: $1,1\gamma_{ov}\Omega_n = 2,47$ / $1,1\gamma_{ov}\Omega_y = 2,47$

Φόρτ [/]	Θέση [/]	Κατηγορία [/]	n	vy	vz	my	mz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz
1.35G+1.05Q	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,03	0,06	0,20	0,17
1.35G+1.05Q	1(0)	1	0,05		0,09	0,37		0,14	0,34	0,21
1.35G+1.05QA	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,03	0,06	0,20	0,17
1.35G+1.05QA	1(0)	1	0,05		0,09	0,37		0,14	0,34	0,21
1.35G+1.05QB	1(-1)	1	0,04		0,07	0,15	0,03	0,05	0,17	0,14
1.35G+1.05QB	1(0)	1	0,04		0,07	0,29		0,08	0,26	0,16
1.35G+1.05QC	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,03	0,06	0,21	0,17
1.35G+1.05QC	1(0)	1	0,05		0,09	0,37		0,14	0,34	0,21
1.35G+1.05QD	1(-1)	1	0,05		0,09	0,19	0,03	0,06	0,20	0,17
1.35G+1.05QD	1(0)	1	0,04		0,09	0,37		0,14	0,34	0,20
1.35G+1.05QE	1(-1)	1	0,04		0,07	0,15	0,03	0,05	0,17	0,14
1.35G+1.05QE	1(0)	1	0,04		0,07	0,28		0,08	0,26	0,16
1.15G+1.50Q	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,03	0,06	0,20	0,17
1.15G+1.50Q	1(0)	1	0,04		0,09	0,36		0,13	0,33	0,20
1.15G+1.50QA	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,02	0,06	0,20	0,16
1.15G+1.50QA	1(0)	1	0,04		0,09	0,36		0,13	0,33	0,20
1.15G+1.50QB	1(-1)	1	0,03		0,06	0,13	0,02	0,04	0,14	0,12
1.15G+1.50QB	1(0)	1	0,03		0,06	0,24		0,06	0,22	0,14
1.15G+1.50QC	1(-1)	1	0,05		0,09	0,18	0,03	0,06	0,20	0,17
1.15G+1.50QC	1(0)	1	0,04		0,09	0,36		0,13	0,33	0,20
1.15G+1.50QD	1(-1)	1	0,04		0,09	0,18	0,02	0,05	0,19	0,16
1.15G+1.50QD	1(0)	1	0,04		0,09	0,36		0,13	0,33	0,20
1.15G+1.50QE	1(-1)	1	0,03		0,06	0,12	0,02	0,04	0,14	0,12
1.15G+1.50QE	1(0)	1	0,03		0,06	0,24		0,06	0,22	0,14
ΣΣ: +x	1(-1)	1	0,03		0,08	0,20	0,03	0,07	0,20	0,16
ΣΣ: +x	1(0)	1	0,03		0,11	0,10		0,03	0,10	0,07
ΣΣ: +x	1(-1)	1	0,03		0,08	0,04		0,03	0,06	0,06
...	...	...								

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.2 του EC3-1-1, οι διατομές κατατάσσονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (1, 2, 3 και 4) με βάση την ικανότητά τους να αναπτύσσουν ή όχι την πλαστική αντοχή τους. Για την κατάταξη αυτή ρόλο παίζουν:

- ο τύπος τους (I, T, L, κ.λπ.)
- η ποιότητα του χάλυβα (S235, S355, S460)
- η κύρια καταπόνηση στην οποία υπόκεινται (καθαρή θλίψη, καθαρή κάμψη, κάμψη με αξονική δύναμη).

Συνοπτικά, οι κατηγορίες διακρίνονται ως εξής:

- **Κατηγορία 1:** διαθέτει πλαστική αντοχή με επαρκή στροφική ικανότητα.
- **Κατηγορία 2:** διαθέτει πλαστική αντοχή, αλλά με περιορισμένη στροφική ικανότητα.
- **Κατηγορία 3:** διαθέτει ελαστική αντοχή (η ακρότατη ίνα της διατομής φτάνει στο όριο διαρροής, δεν μπορεί, όμως, να εξαντλήσει τα πλαστικά αποθέματα λόγω τοπικού λυγισμού).
- **Κατηγορία 4:** διαθέτει αντοχή μικρότερη της ελαστικής. Το πρόγραμμα εμφανίζει μήνυμα σφάλματος, όταν η διατομή προκύψει κατηγορία 4.

Το πρόγραμμα υπολογίζει την κατηγορία της διατομής για κάθε συνδυασμό φόρτισης λαμβάνοντας υπόψη τα επιμέρους τμήματα (κορμός, πέλματα) και για

τις τυποποιημένες και για τις συγκολλητές διατομές. Η παράμετρος ε ορίζεται ως:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Έλεγχος διατομής σε συνδυασμένη κάμψη με αξονική δύναμη

Σε αυτή τη σχέση αθροίζονται γραμμικά οι βαθμοί αξιοποίησης της κάθε συνισταμένης τάσης οδηγώντας σε μια συντηρητική προσέγγιση.

Στη **διαξονική κάμψη**, παρουσία αξονικής δύναμης, η επάρκεια του μέλους ελέγχεται με την σχέση (6.2) του EC3-1-1 για διατομές κατηγορίας 3 και με την μεθοδολογία της §6.2.9.1 για διατομές κατηγορίας 1 και 2.

Στα αποτελέσματα εκτυπώνονται πέρα από τον λόγο επάρκειας του ελέγχου αλληλεπίδρασης και οι επιμέρους λόγοι αντοχής για κάμψη M_y , M_z και αξονικό εφελκυσμό και θλίψη N προκειμένου ο μελετητής να διαπιστώσει ποιος είναι ο πλέον κρίσιμος για τη συνολική αντοχή του μέλους.

Εφελκυσμός

Η αντοχή μέλους σε εφελκυσμό, σύμφωνα με EC3-1-1 §6.2.3, προκύπτει ως η μικρότερη από:

- την πλαστική αντοχή σχεδιασμού της ολικής διατομής:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$

- την οριακή αντοχή σχεδιασμού της καθαρής διατομής στις θέσεις με οπές κοχλίων:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$

Θλίψη

Η αντοχή μέλους σε θλίψη χωρίς να ληφθεί ο λυγισμός, προκύπτει από την πλαστική αντοχή σχεδιασμού της ολικής διατομής. Βλ. EC3-1-1 §6.2.4:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$

Κάμψη

Η αντοχή μέλους σε κάμψη εξαρτάται από την ταυτόχρονη παρουσία ή όχι ισχυρής τέμνουσας δύναμης. Αν η δρώσα τέμνουσα δύναμη στο μέλος είναι

μικρότερη ή ίση του 50% της διατμητικής αντοχής του, τότε η καμπτική αντοχή του είναι πρακτικά ανεπηρέαστη από την ταυτόχρονη τέμνουσα. Σε αντίθετη περίπτωση, η αλληλεπίδραση κάμψης και τέμνουσας λαμβάνεται υπόψη στους ελέγχους αντοχής του μέλους.

Η αντοχή μέλους σε κάμψη, σύμφωνα με EC3-1-1 §6.2.5, γενικά προκύπτει ως:

$$M_{C,Rd} = W \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

όπου, $W=W_{pl}$ για διατομές κατηγορίας 1 ή 2, και $W=W_{el}$ για διατομές κατηγορίας 3.

Η αντοχή μέλους σε κάμψη παρουσία ισχυρής τέμνουσας, σύμφωνα με EC3-1-1 §6.2.8(5), προκύπτει ως:

$$M_{V,Rd} = \left[W - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right] \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

όπου, $W=W_{pl}$ ή $W=W_{el}$, σύμφωνα με τα προηγούμενα, και ρ όρος που εξαρτάται από το λόγο της δρώσας τέμνουσας προς την διατμητική αντοχή του μέλους, η οποία υπολογίζεται ανάλογα με τον τύπο της διατομής από την EC3-1-1 §6.2.8(3) & §6.2.7(9).

Ο όρος ρ υπολογίζεται για την περίπτωση που δεν υπάρχει στρέψη στο μεταλλικό στοιχείο:

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

όπου, το $V_{pl,Rd}$ είναι η αντοχή σε διάτμηση και ο τρόπος υπολογισμού της δίνεται παρακάτω.

Έλεγχος μέλους (Κάμψη και Θλίψη)

Οι σχέσεις 6.61-6.62 χρησιμοποιούνται για τον συνδυασμένο έλεγχο μελών που κάμπτονται ως προς τους άξονες y και z αντίστοιχα και μπορεί να βρίσκονται υπό αξονική θλίψη. Επιδράσεις δευτέρας τάξης λαμβάνονται υπόψη μέσω των μειωτικών συντελεστών χ_y , χ_z και χ_{LT} . Οι σχέσεις για υποσύτλωμα [ισχυρός τοπικός άξονας ο $y(2)$] είναι:

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}}{\chi_{LT} \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

όπου,

χ_y και χ_z μειωτικοί συντελεστές λόγω καμπτικού λυγισμού ως προς τοπικό άξονα y(2) και z(3) αντίστοιχα (EC3-1-1 §6.3.1)

χ_{LT} μειωτικός συντελεστής λόγω στρεπτοκαμπτικού λυγισμού (EC3-1-1 §6.3.2). Ο συντελεστής χ_{LT} χρησιμοποιείται μόνο στον όρο που σχετίζεται με κάμψη περί τον ισχυρό άξονα διότι μόνο σε αυτή την περίπτωση υπάρχει κίνδυνος στρεπτοκαμπτικού λυγισμού και προκύπτει βάσει της §6.3.2.2-3.

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ συντελεστές αλληλεπίδρασης (EC3-1-1 Παράρτημα A)

Περίληπτικά η διαδικασία υπολογισμού κάποιων εκ των παραμέτρων που υπεισέρχονται στις σχέσεις αυτές είναι:

Ελαστική κρίσιμη ροπή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού (BAΓ06 Σχεδιασμός Δομικών Έργων από Χάλυβα, σελ. 135)

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(K_z a_{0z} L_z)^2} \left[\left[\frac{1}{K_w} \right]^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(K_z a_{0z} L_z)^2 GJ_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 \right]^{0.5} - (C_2 z_g - C_3 z_j)$$

C_1, C_2 και C_3 Συντελεστές εξαρτώμενοι από τις συνθήκες φόρτισης και στρεπτικής στήριξης

$K_z a_{0z}$ Συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της στήριξης ως προς την ελευθερία στροφής του μήκους λυγισμού ως προς τον άξονα z(3) (ασθενής για τα υποστυλώματα)

K_w Συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της στήριξης ως προς την ελευθερία στρέβλωσης του πλευρικά μη προστατευμένου μήκους

I_z ροπή αδρανείας ως προς τον ασθενή άξονα (τον z(3) για το συγκεκριμένο παράδειγμα, δηλαδή για υποστυλώμα)

I_w σταθερά στρέβλωσης της διατομής

J_t σταθερά στρέψης της διατομής

z_g απόσταση κέντρου διάτμησης από το σημείο εφαρμογής του φορτίου

z_j $z_j = z_s - \left(0.5 \int_A z (y^2 + z^2) dA \right) / I_y$

z_s τεταγμένη του κέντρου διάτμησης ως προς τον κεντροβαρικό (ισχυρό στο συγκεκριμένο παράδειγμα) άξονα y-y

Θεωρώντας ότι τα άκρα του μέλους είναι στρεπτικά ελεύθερα ($K_w=0$, η διατομή διπλής συμμετρίας ($z_j=0$) και το φορτίο ασκείται στο κέντρο διάτμησης ($z_s=0$) ο τύπος υπολογισμού της κρίσιμης ροπής απλοποιείται ως εξής:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(L_z)^2} \left[\frac{I_w}{I_z} + \frac{(L_z)^2 GJ_t}{\pi^2 EI_z} \right]^{0.5}$$

Με χρήση του M_{cr} δύναται να υπολογιστεί η ανηγμένη λυγνότητα και ο όρος Φ_{LT} :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{elz} f_y}{M_{cr}}}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Ο μειωτικός συντελεστής στρεπτοκαμπτικού λυγισμού χ_{LT} τελικά υπολογίζεται ως:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1; 1/\bar{\lambda}_{LT}^2$$

Έλεγχος σε διάτμηση με βάση τον EC3

Στη **διάτμηση**, για να ισχύει η βασική ανίσωση ασφαλείας, θα πρέπει να πληρούνται οι σχέσεις:

$$v_y = \frac{V_{Ed,y}}{V_{pl,Rd,y}} \leq 1.00$$

$$v_z = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,z}} \leq 1.00$$

Η αντοχή σε διάτμηση, σύμφωνα με τον EC3-1-1 §6.2.6, γενικά προκύπτει ως:

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

όπου, A_v η ενεργός επιφάνεια διάτμησης για τον εκάστοτε εξεταζόμενο άξονα της διατομής.

1.5.3.5 Μέγιστα ελέγχου διατομής και μέλους E_d/R_d

Για διάφορους συνδυασμούς φόρτισης υπολογίζονται οι μέγιστοι λόγοι δράσης προς αντοχή E_d/R_d για κάθε μια εκ των τριών ελέγχων του EC3 που αναλύθηκαν προηγουμένως.

Μέγιστα ελέγχων E_d/R_d - Υπεραντοχή: $1,1\gamma_{on}\Omega_n = 2,47$ / $1,1\gamma_{on}\Omega_y = 2,47$

Φόρτ [/]	Θέση [/]	Κατηγορία [/]	n	v _y	v _z	m _y	m _z	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) n _y +m _{yy} +m _{yz}	EC3 (6.62) n _z +m _{zy} +m _{zz}
ΣΣ-z	1(0)	1	0,03		0,13	0,40		0,16	0,36	0,21
1.35G+1.05Q	1(0)	1	0,05		0,09	0,37		0,14	0,34	0,21
ΣΣ-z	1(0)	1	0,02		0,13	0,17		0,03	0,15	0,09

1.5.3.6 Έλεγχοι βελών κάμψης

Ο έλεγχος της Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας γίνεται για τα κυρίως καμπτόμενα στοιχεία (**δοκοί** και **τεγίδες**) του φορέα. Ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με την §7.2.1 του EC3-1-1 και μόνον για τους συνδυασμούς με έλεγχο βέλους (Πίνακας 816 του προγράμματος).

Έλεγχος βέλους [EC3-1-1 §7.2.1]: $w_{max} < \beta_0 \cdot L / 250$, $w_3 < \beta_0 \cdot L / 300$

Φόρτ [/]	$w_{max} < 20$ [mm]	αποιτ.αντιβέλος w _{cy} [mm]	$w_{3y} < 17$ [mm]	w_{maxz} [mm]	αποιτ.αντιβέλος w _{cz} [mm]	$w_{3z} < 17$ [mm]
G	6			0		
1.00[G+ψ2xQ]	7		1			

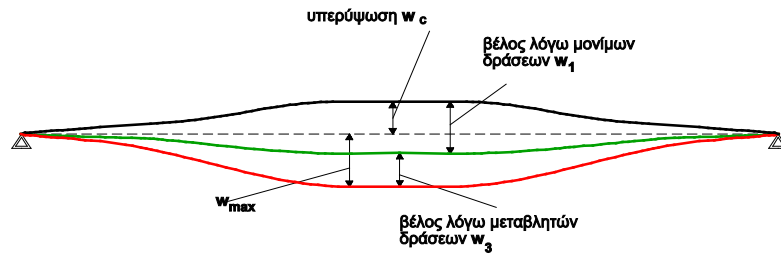
* ==> Όπου L το μήκος για διαστασιολόγηση

Όταν ο χρήστης το επιλέξει, το πρόγραμμα κάνει και τους ελέγχους παραμορφώσεων της §7.2.1 του EC3-1-1 στα κυρίως καμπτόμενα μέλη και ελέγχεται το συνολικό βέλος w_{max} και το w_3 , σύμφωνα με τις οριακές τιμές που επιλέγει ο μελετητής (παράμετροι a_{max} και a_3 στην καρτέλα «Δοκός > Δομικός χάλυβας»).

Σε μονώροφα κτίρια χωρίς γερανογέφυρες το οριζόντιο βέλος κάμψης πρέπει να ικανοποιεί τον λόγο "H/150" σύμφωνα με την §7.2.2 του EC3-1-1.

Βάσει των EC3-1-1 §7.2.1(1)B & EC0 A1.4.3(2) πρέπει:

	$w_{max} \leq$	$w_3 \leq$
Μη βατές στέγες	L/200	L/250
Πατώματα και βατές στέγες	<u>L/250</u>	<u>L/300</u>



Σχήμα 1.8: Ορισμός κατακόρυφων παραμορφώσεων δοκού. EC0 σχ. A1.1.

όπου:

w_c υπερύψωση του μέλους («αρνητικό» βέλος) μετρούμενη ως προς τις στηρίξεις, το οποίο εν γένει δεν πρέπει να υπερβαίνει το όριο που τίθεται για το w_{max}

w_3 βέλος κάμψης λόγω μεταβλητών δράσεων

w_{max} βέλος κάμψης στην τελική κατάσταση λαμβάνοντας υπόψη και τυχόν υπερύψωση, με άξονα αναφοράς τον άξονα της απαραμόρφωτης δοκού

Οι έλεγχοι λειτουργικότητας συνοψίζονται στον πίνακα «Έλεγχοι Βελών Κάμψης» με υπολογισμό του w_{max} (συνολικό βέλος λόγω μονίμων και κινητών φορτίων) και w_3 (συνολικό βέλος λόγω μεταβλητών φορτίων μόνο).

1.5.3.7 Έλεγχοι σύμμεκτης δοκού σε ΟΚΑ

Έλεγχοι σύμμεκτης δοκού

Φόρτ [/]	Θέση [/]	Κατηγορία [/]	VEd / VplRd	MEd / MplRd
1.35G+1.05Q	0	1		0,55
1.35G+1.05Q	25	1	0,36	
1.35G+1.05Q	19	1	0,36	
1.35G+1.05QA	0	1		0,42
1.35G+1.05QA	25	1	0,27	
1.35G+1.05QA	19	1	0,27	
1.35G+1.05QB	0	1		0,55
1.35G+1.05QB	25	1	0,36	
1.35G+1.05QB	19	1	0,36	
1.35G+1.05QC	0	1		0,55
1.35G+1.05QC	25	1	0,36	
1.35G+1.05QC	19	1	0,36	
1.35G+1.05QD	0	1		0,42
1.35G+1.05QD	25	1	0,27	
1.35G+1.05QD	19	1	0,27	
1.35G+1.05QE	0	1		0,55
1.35G+1.05QE	25	1	0,36	
1.35G+1.05QE	19	1	0,36	
1.15G+1.50Q	0	1		0,54
1.15G+1.50Q	25	1	0,35	
1.15G+1.50Q	19	1	0,35	
1.15G+1.50QA	0	1		0,36
1.15G+1.50QA	25	1	0,23	
1.15G+1.50QA	19	1	0,23	
1.15G+1.50QB	0	1		0,54
1.15G+1.50QB	25	1	0,35	
1.15G+1.50QB	19	1	0,35	
1.15G+1.50QC	0	1		0,54
1.15G+1.50QC	25	1	0,35	
1.15G+1.50QC	19	1	0,35	
1.15G+1.50QD	0	1		0,36
1.15G+1.50QD	25	1	0,23	
1.15G+1.50QD	19	1	0,23	
1.15G+1.50QE	0	1		0,54
1.15G+1.50QE	25	1	0,35	
1.15G+1.50QE	19	1	0,35	
ΣΣ: +x	0	1		0,35
ΣΣ: +x	25	1	0,23	
...	...	...		

Θέση ουδέτερου άξονα $z_{pl} = 2,1$ [cm] - Ροπή αντοχής σύμμεκτης δοκού $M_{Rdpl} = 77,02$ [kNm] -

Αντοχή σε τέμνουσα $V_{pl,a,Rd} = 94,31$ [kN]

Πραγματοποιούνται έλεγχοι ικανότητας των σύμμεκτων δοκών σε ΟΚΑ για κάμψη και διάτμηση σε διαφορετικούς συνδυασμούς φόρτισης με βάση τις παραγράφους 6.2.1, 6.2.2 του EC4.

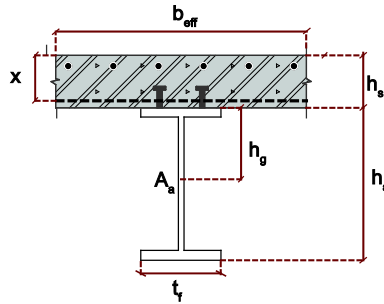
Οι έλεγχοι επάρκειας των μελών πληρούνται, αν ισχύει η βασική ανίσωση ασφαλείας:

$$\frac{E_d}{R_d} \leq 1,00$$

Κάμψη

Η καμπτική ικανότητα της σύμμεκτης δοκού αντιστοιχεί στην πλήρη πλαστική ροπή αντοχής M_{plRd} , η οποία εξαρτάται από τη θέση του πλαστικού ουδέτερου

άξονα x και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της δοκού όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.9.



Σχήμα 1.9 Γεωμετρικά στοιχεία σύμμικτης δοκού

Θέση ουδέτερου άξονα:

$$x = \frac{A_a \cdot f_{ad}}{b_{eff} \cdot f_{cd}}$$

Όπου f_{ad} είναι η τάση σχεδιασμού του χάλυβα ($f_{ad} = f_y / \gamma_{M0}$) και f_{cd} η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος ($f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_c / \gamma_c$).

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος της θέσης του ουδέτερου άξονα και διακρίνονται οι εξής 3 περιπτώσεις:

- Ουδέτερος άξονας εντός της πλάκας σκυροδέματος:

$$M_{plRd} = A_a \cdot f_{ad} \cdot \left(h_g + h_s - \frac{x}{2} \right)$$

- Ουδέτερος άξονας στο άνω πέλμα της χαλύβδινης διατομής:

$$N_{pla} = A_a \cdot f_{ad}$$

$$N_{cf} = b_{eff} \cdot h_c \cdot f_{cd}$$

$$N_{ac} = 2 \cdot b_f \cdot (x - h_s) \cdot f_{ad}$$

$$x = \frac{N_{pla} - N_{cf}}{2 \cdot b_f \cdot f_{ad}} + h_s$$

$$M_{plRd} = N_{pla} \cdot \left(h_g + h_s - \frac{h_c}{2} \right) - N_{ac} \cdot \frac{(x - h_c + h_s)}{2}$$

- Ουδέτερος άξονας στον κορμό της χαλύβδινης διατομής:

$$N_{pla} = A_a \cdot f_{ad}$$

$$N_{cf} = b_{eff} \cdot h_c \cdot f_{cd}$$

$$N_{acf} = 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot f_{ad}$$

$$N_{aw} = 2 \cdot t_w \cdot (x - h_s - t_f) \cdot f_{ad}$$

$$x = \frac{N_{pla} - N_{cf} - N_{acf}}{2 \cdot t_w \cdot f_{ad}} + h_s + t_f$$

$$M_{plRd} = N_{pla} \cdot \left(h_g + h_s - \frac{h_c}{2} \right) - N_{acf} \cdot \left(h_s - \frac{h_c}{2} + \frac{t_f}{2} \right) - N_{aw} \cdot \frac{(x + h_s - h_c + t_f)}{2}$$

Διάτμηση

Η αντοχή σε διάτμηση ορίζεται με βάση την πλήρη πλαστική διατμητική αντοχή της χαλύβδινης δοκού μόνο ως εξής:

$$A_v = A_a - 2 \cdot b_f \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$V_{plRd} = \frac{A_v \cdot f_{ad}}{\sqrt{3}}$$

1.5.3.8 Έλεγχοι βελών κάμψης σύμμικτης δοκού

Έλεγχος βέλους [EC3-1-1 §7.2.1]: $w_{max} < \beta_0 \cdot L / 250$, $w_3 < \beta_0 \cdot L / 300$

Φόρτ [/]	w _{max} < 20 [mm]	απαιτ.αντιβέλος w _{cy} [mm]	w _{3y} < 17 [mm]	w _{maxz} [mm]	απαιτ.αντιβέλος w _{cz} [mm]	w _{3z} < 8 [mm]
G	19			0		
1.00[G+ψ2xQ]	21	1	2			

* ==> Όπου L το μήκος για διαστασιολόγηση -- Συνολική ακαμψία σύμμικτης δοκού J_{Jc} = 11203,680 [cm⁴] , Ακαμψία μεταλλικής δοκού J_{xx} = 541,200 [cm⁴]

Φόρτ. Ο κρίσιμος συνδυασμός φόρτισης των οιονεί μόνιμων φορτίων για έλεγχο βέλους κάμψης

w_{max} Συνολικό αρνητικό βέλος κάμψης

Απαιτ. αντιβέλος w_{cy}

Το απαιτούμενο αντιβέλος όταν δεν υπάρχει υποστύλωση δοκών κατά τη σκυροδέτηση.

w_{3y} Αρνητικό βέλος κάμψης λόγω των πρόσθετων κινητών φορτίων

Ο υπολογισμός του βέλους κάμψης της σύμμικτης δοκού εξαρτάται από το αν η μεταλλική δοκός είναι υποστυλωμένη κατά τη σκυροδέτηση ή όχι. Ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου «Υποστύλωση δοκών κατά τη σκυροδέτηση» διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

■ Χωρίς υποστύλωση:

- Υπολογισμός βέλους w_1 της μεταλλικής δοκού με τα ίδια βάρη.
φορτία: ι.β. σκυροδέματος + ι.β μεταλλικής δοκού
δυσκαμψία: της μεταλλικής διατομής
- Υπολογισμός πρόσθετου βέλους w_3 σύμμικτης δοκού με τα επιπλέον φορτία
φορτία: επικαλύψεις + κινητά
δυσκαμψία: της ισοδύναμης σύμμικτης δοκού
- Συνολικό βέλος $w_{\max} = w_1 + w_3$
- Αντιβέλος $w_{cy} = w_1$ έτσι ώστε οι διατμητικοί ήλοι να παραλαμβάνουν μόνο τις διαμήκεις δράσεις από τα επιπλέον φορτία.

■ Με υποστύλωση:

- Υπολογισμός βέλους $w_{\max}$ σύμμικτης δοκού με όλα τα φορτία.
φορτία: ι.β. σκυροδέματος + ι.β μεταλλικής δοκού + επικαλύψεις + κινητά
δυσκαμψία: της ισοδύναμης σύμμικτης δοκού

Για τους παραπάνω υπολογισμούς είναι αναγκαίος ο υπολογισμός της δυσκαμψίας της σύμμικτης ισοδύναμης δοκού ως εξής:

$$\text{Λόγος μέτρων ελαστικότητας: } n = \frac{E_a}{E_c}$$

$$\text{Εμβαδόν Σκυροδέματος: } A_c = b_{eff} \cdot h_c$$

$$\text{Ροπή αδράνειας πλάκας Ο/Σ: } I_c = \frac{b_{eff} \cdot h_c^3}{12}$$

$$\text{Ισοδύναμη επιφάνεια διατομής ανηγμένη σε χάλυβα: } A_e = A_a + \frac{A_c}{n}$$

$$\text{Θέση Κ.Β. ισοδύναμης διατομής: } h_e = \frac{A_a \cdot (h_s + h_g) + \frac{A_c}{n} \cdot \frac{h_c}{2}}{A_e}$$

Ισοδύναμη ροπή αδράνειας ανηγμένη σε χάλυβα:

$$I_e = I_a + \frac{I_c}{n} + A_a \cdot (h_e - h_s - h_g)^2 + \frac{A_c}{n} \cdot (h_e - h_c)^2$$

1.5.3.9 Υπολογισμός διατμητικών ήλων

Υπολογισμός διατμητικών ήλων

Ανοίγμα [I]	M _{Ed} [kNm]	V _{Ed} [kN]	F _z [kN]	PRd1 [kN]	PRd2 [kN]	k _I [I]	PRd [kN]	N _f [I]
1	42,28	0,00	351,00	90,73	64,87	0,61	39,88	18
2	41,78	0,00	351,00	90,73	64,87	0,61	39,88	18

* PRd1: Αντοχή ήλου σε διάτμηση - PRd2: Αντοχή σκυροδέματος σε σύνθλιψη άντυγας - PRd: Δύναμη που παραλαμβάνει ο ήλος

Ανοίγμα

Αριθμός υπερανοίγματος δοκού

M_{Ed}

Η δρώσα ροπή στο μέσον του ανοίγματος

V_{Ed}

Η δρώσα τέμνουσα στο μέσον του ανοίγματος

F_z

Ελάχιστη πλαστική αντοχή σκυροδέματος ή χάλυβα

$$F_{z} = \min \left(0.85 \cdot \frac{f_c}{\gamma_c} \cdot h_c \cdot b_{eff}, A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right)$$

PRd1

Διατμητική αντοχή του ήλου:

$$P_{Rd1} = \frac{0.8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}{\gamma_v}$$

Όπου f_u η οριακή αντοχή του ήλου με $f_u \leq 500$ MPa όταν δεν υπάρχει χαλυβδόφυλλο ή $f_u \leq 450$ MPa όταν υπάρχει και είναι κάθετο στη δοκό.

PRd2

Αντοχή σκυροδέματος σε σύνθλιψη άντυγας:

$$P_{Rd2} = \frac{a \cdot 0.29 \cdot d^2 \cdot (f_c \cdot E_c)^{0.5}}{\gamma_v}$$

$$\text{Όπου: } a = \min \left[0.2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right), 1 \right]$$

k Απομείωση διατμητικής αντοχής λόγω ύπαρξης χαλυβδόφυλλου.

□ Για χαλυβδόφυλλο παράλληλα στη δοκό:

$$k_I = \min \left[0.6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right), 1 \right]$$

□ Για κάθετα παράλληλο στη δοκό:

$$k_t = \min \left[\frac{0.7}{n_r^{0.5}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right), 0.75 \right]$$

P_{Rd} Διατμητική δύναμη που παραλαμβάνει ο ήλος:

$$P_{Rd} = k \cdot \min [P_{Rd1}, P_{Rd2}]$$

N_f Αριθμός τοποθετούμενων ήλων:

$$N_f = \min \left(\frac{2 \cdot F - Z}{P_{Rd}}, \frac{L}{e_{sl, \max}} \right)$$

1.5.3.10 Διερεύνηση εναλλακτικών διατομών-Μέγιστοι λόγοι ικανότητας E_d/R_d

Διερευνώνται εναλλακτικές διατομές και υπολογίζονται οι εκάστοτε μέγιστοι λόγοι ικανότητας E_d/R_d.

Διερεύνηση εναλλακτικών διατομών - Μέγιστοι λόγοι ικανότητας E_d / R_d

Διατομή [I]	Κατηγορία [I]	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz
IPE80	1	1,13	0,17	9,99		
IPE100	1	0,79	0,13	9,99		
IPE120	1	0,64	0,10	9,99		
IPE140	1	0,53	0,08	5,61		
IPE160	1	0,42	0,07	2,85		
IPE180	1	0,36	0,06	1,58		
IPE200	1	0,29	0,05	0,90		
IPE220	1	0,25	0,04	0,54		
IPE240	1	0,21	0,03	0,33		
IPE270	1	0,18	0,03	0,19		
IPE300	1	0,16	0,03	0,11		
IPE330	1	0,16	0,02	0,07		
IPE360	1	0,17	0,02	0,04		

Πίνακας 1.4: Διακρίνονται με κόκκινο οι διατομές για τις οποίες ένας τουλάχιστον έλεγχος δεν ικανοποιείται. Η χρήση μεγαλύτερης διατομής φυσικά οδηγεί σε μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας.

1.5.3.11 Συγκεντρωτικός πίνακας ελέγχων μεταλλικών στοιχείων

Στο φάκελο «Έλεγχοι μεταλλικών μελών > Συνοπτικοί έλεγχοι μεταλλικών μελών» υπάρχει ο συγκεντρωτικός πίνακας των συντελεστών ασφαλείας όλων των μελών του φορέα (δοκών και υποστυλωμάτων).

Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών στύλων

Όνομα	Όροφος [']	Τύπος [']	Διατομή -	Κατηγορία [']	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz	Πρόταση Διατομής
K1	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,13	0,16	0,36	0,21	HEA160
K2	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,12	0,25	0,47	0,32	HEA180
K3	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,13	0,17	0,37	0,22	HEA160
K4	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1	0,02	0,09	0,52	0,32	0,45	HEA240
K5	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1	0,02	0,04	0,52	0,36	0,50	HEA240
K6	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1	0,02	0,10	0,50	0,31	0,44	HEA240
K7	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,13	0,16	0,36	0,21	HEA160
K8	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,12	0,25	0,47	0,32	HEA180
K9	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,13	0,17	0,37	0,22	HEA160

Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών δοκών

Όνομα	Όροφος [']	Τύπος [']	Διατομή -	Κατηγορία [']	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz	Πρόταση Διατομής
Δ1.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,18	0,02	0,19			IPE200
Δ1.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,04	0,01	0,20			IPE200
Δ1.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,09		0,20			IPE200
Δ1.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,21	0,02	0,54			IPE240
Δ1.5	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,21	0,02	0,54			IPE240
Δ1.6	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,09		0,20			IPE200
Δ1.7	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,04	0,01	0,20			IPE200
Δ1.8	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,18	0,03	0,19			IPE200
Δ2.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,21	0,04	0,13			IPE240
Δ2.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,03	0,02	0,21			IPE270
Δ2.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,13	0,01	0,21			IPE270
Δ2.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,28	0,03	0,58			IPE330
Δ2.5	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,28	0,03	0,58			IPE330
Δ2.6	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,13	0,01	0,21			IPE270
Δ2.7	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,03	0,02	0,21			IPE270
Δ2.8	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,21	0,05	0,13			IPE240
Δ3.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,18	0,02	0,19			IPE200
Δ3.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,04	0,01	0,20			IPE200
Δ3.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,09		0,20			IPE200
Δ3.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,21	0,02	0,54			IPE240
Δ3.5	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,21	0,02	0,54			IPE240
Δ3.6	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,09	0,01	0,20			IPE200
Δ3.7	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,04	0,02	0,20			IPE200
Δ3.8	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,18		0,19			IPE200
Δ4.1	0	ΓΕΝ. ΜΕΛΟΣ (Σ.ΣΥΝ.)	IPE200	1	0,05	0,03	0,06			IPE120
Δ4.2	0	ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ	IPE200	1	0,13	0,03	0,06			IPE140
Δ4.3	0	ΓΕΝ. ΜΕΛΟΣ (Σ.ΣΥΝ.)	IPE200	1	0,05	0,03	0,06			IPE120
Δ4.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,08	0,04	0,12			IPE140
Δ5.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,20		0,09			IPE100
Δ5.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,20		0,09			IPE100
Δ6.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,08		0,12			IPE140
Δ6.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,08	0,04	0,12			IPE140
Δ7.1	0	ΤΕΓΓΙΑ	IPE140	1	0,40		0,38			IPE120
Δ7.2	0	ΤΕΓΓΙΑ	IPE140	1	0,40		0,37			IPE120
...	...	...								

Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μελών με ίδια διατομή στο κτίριο

Τύπος μελών	Διατομή μελών	Κατηγορία μελών	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz	Πρόταση Διατομής
ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	1		0,13	0,25	0,47	0,32	HEA180
ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1	0,02	0,10	0,52	0,36	0,50	HEA240
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	1	0,21	0,03	0,54			IPE240
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	1	0,28	0,05	0,58			IPE330
ΓΕΝ. ΜΕΛΟΣ (Σ.ΣΥΝ.)	IPE200	1	0,05	0,03	0,06			IPE120
ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ	IPE200	1	0,13	0,03	0,06			IPE140
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	1	0,20	0,04	0,12			IPE140
ΤΕΓΓΙΔΑ	IPE140	1	0,40		0,38			IPE120
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	SHS70X6	1			0,13			SHS25X2.5
ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ V/L	CHS101.6X8	1			0,54	0,84	0,84	CHS114.3X5

1.5.4 Μαζική αλλαγή διατομών

Υπάρχει η δυνατότητα να αντικατασταθούν μαζικά οι διατομές των υποστυλωμάτων από HEA220 σε HEA200, με χρήση της εντολής «Μαζική αλλαγή διατομών» των «Παραγωγών». Υπάρχει η δυνατότητα η αλλαγή να αφορά συγκεκριμένο όροφο ή όλο το κτίριο, ενώ για τις δοκούς μπορεί να επιλεγεί και το είδος του μέλους (τεγίδα, ελκυστήρας κλπ).

Τα βήματα έχουν ως εξής:

- Εντολή «Παραγωγές > Μαζική αλλαγή διατομών».
- Στη θέση «Από διατομή» επιλέγεται η διατομή των υπάρχοντων υποστυλωμάτων (HEA220) από τη λίστα.
- Στη θέση «Αλλαγή σε διατομή» επιλέγεται η «Καινούρια διατομή». Αν ήδη είχε χρησιμοποιηθεί στον τρέχοντα φορέα η επιθυμητή διατομή, θα ήταν ευκολότερο να επιλεγεί απευθείας από τη λίστα.

Εικόνα 1.26 Παράδειγμα μαζικής τροποποίησης της διατομής όλων των υποστυλωμάτων του κτιρίου από HEA220 σε HEA200. Ως νέα διατομή μπορεί να επιλεγεί είτε κάποια από αυτές που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί στον φορέα είτε μια «νέα διατομή».

- Επιλέγεται (τσεκάρεται) το «Εφαρμογή σε υποστυλώματα» και το «Κτίριο».
- Δίνεται η εντολή «Εφαρμογή» για να γίνει η αντικατάσταση.
- Δίνεται η εντολή «Τέλος» για να κλείσει το παράθυρο.

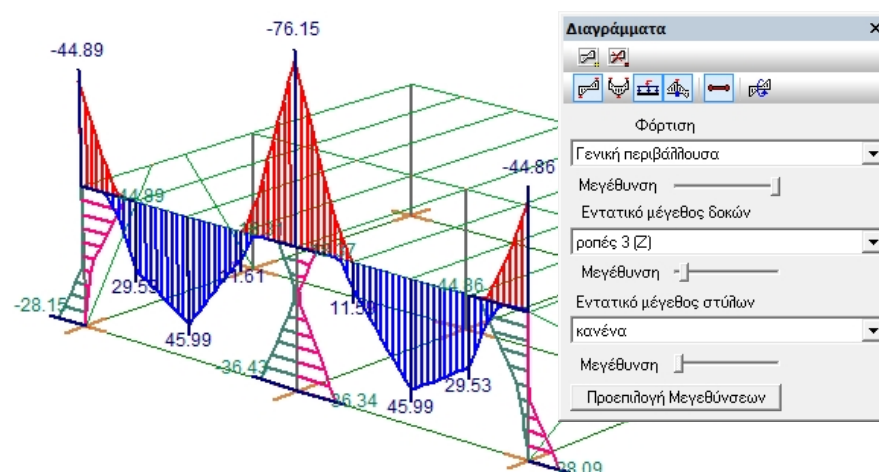
1.5.5 Συνολική προμέτρηση μεταλλικών μελών

Στο φάκελο «Έλεγχοι μεταλλικών μελών > Συνολική προμέτρηση μεταλλικών μελών» του Τεύχους, εκτυπώνεται πίνακας προμέτρησης όλων των μελών του φορέα από δομικό χάλυβα. Αναγράφονται το συνολικό μήκος και βάρος ανά διατομή, προκειμένου να γίνει ο έλεγχος οικονομικότητας.

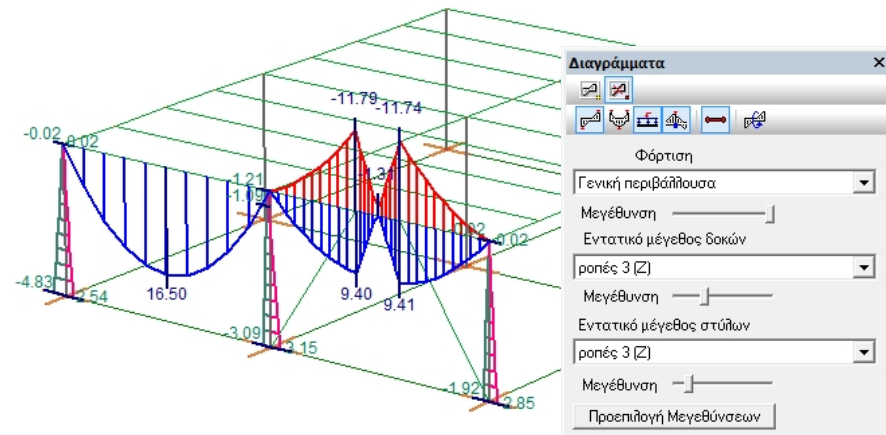
Συνολική προμέτρηση μεταλλικών μελών

A/A [/]	Τύπος μελών	Διατομή μελών	Συνολ. μήκος [m]	Συνολ. βάρος [Kg]
1	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA220	18,00	909,00
2	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	9,00	794,70
3	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE270	23,00	830,30
4	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE360	11,50	656,65
5	ΓΕΝ. ΜΕΛΟΣ (Σ.ΣΥΝ.)	IPE200	3,99	89,44
6	ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ	IPE200	1,00	22,40
7	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IPE200	24,96	559,15
8	ΤΕΓΙΔΑ	IPE140	58,17	750,39
9	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΟΣ	SHS70X6	11,65	137,47
10	ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ V/A	CHS101.6X8	7,21	133,33
11	ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ	-----	168,48	4882,84

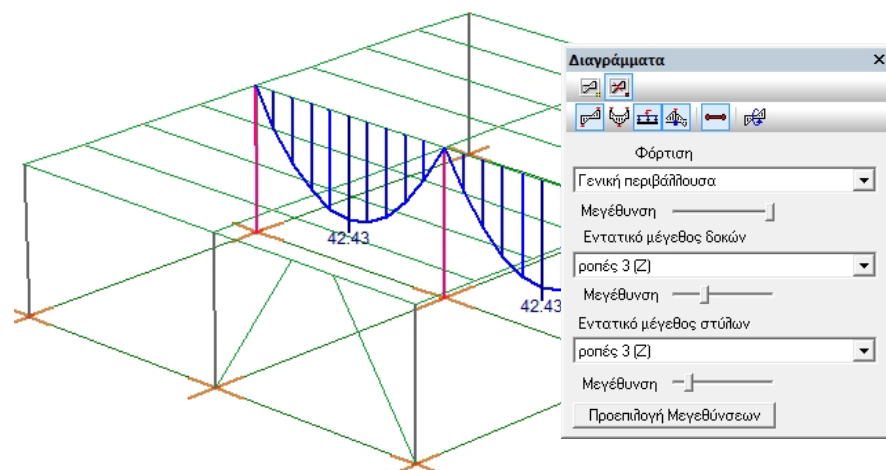
1.6 Διαγράμματα εντατικών μεγεθών (3DV)



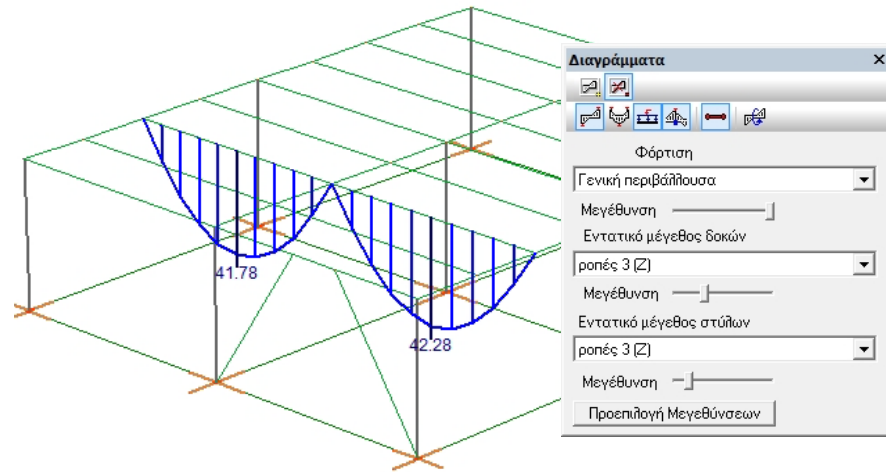
Εικόνα 1.27 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε πλαίσιο της διεύθυνσης X



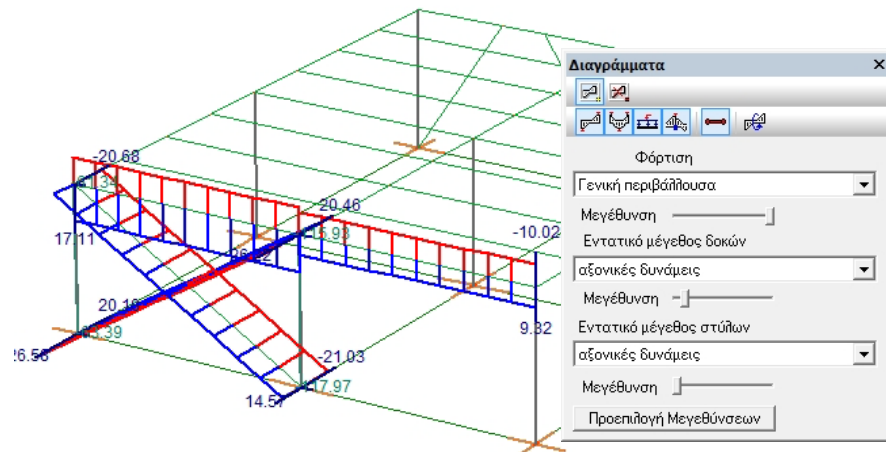
Εικόνα 1.28 Διαγράμματα ροπών κάμψης στο πρώτο πλαίσιο της διεύθυνσης Z



Εικόνα 1.29 Διαγράμματα ροπών κάμψης στο δεύτερο (κεντρικό) πλαίσιο της διεύθυνσης Z



Εικόνα 1.30 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε τεγίδα



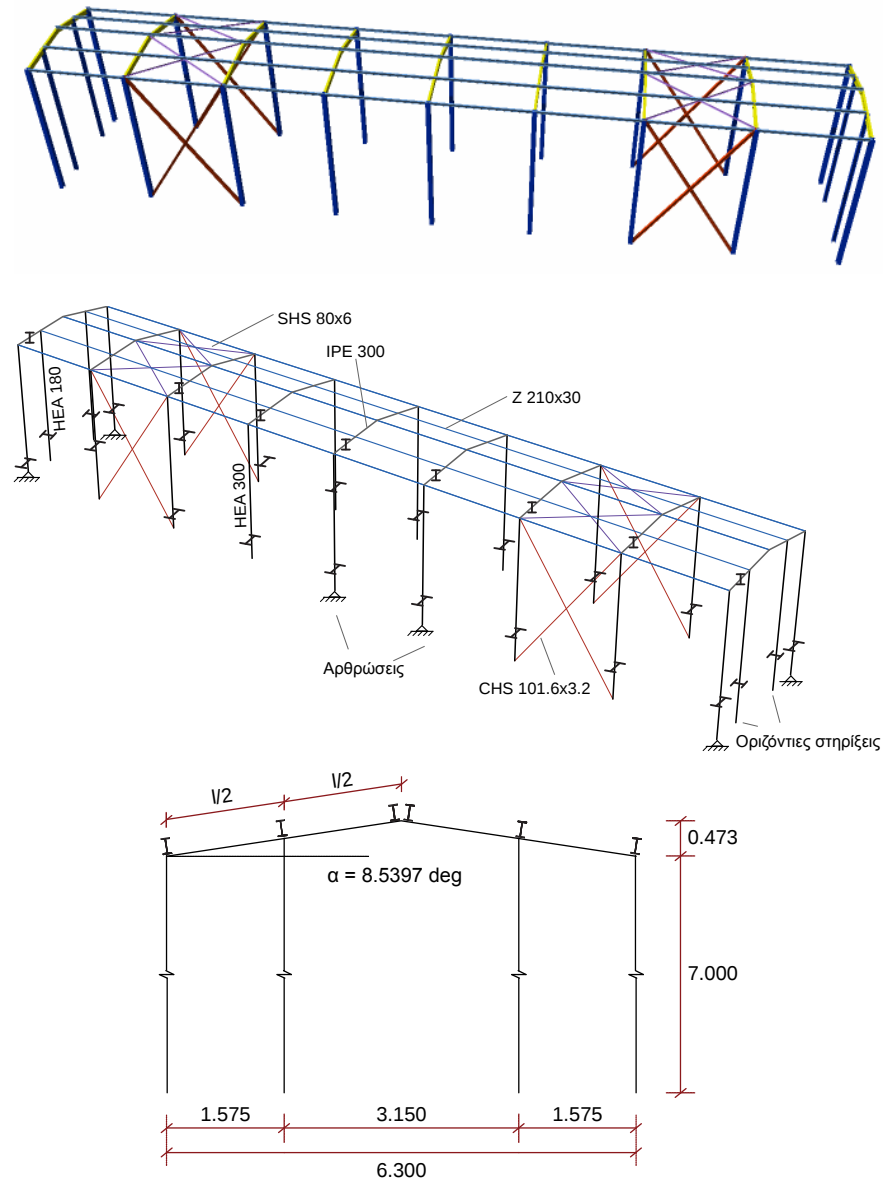
Εικόνα 1.31 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων σε διαγώνιους συνδέσμους (περιβάλλουσα)

2

Μεταλλικό στέγαστρο με κορφιά

Διαστάσεις κάτοψης	6.3 m x 40.0 m
Ύψος	7.47 m (στον κορφιά)
Χάλυβας	S 235
Χάλυβας διατομών ψυχρής έλασης	S 320GD
Υποστυλώματα	HEA 300, HEA 180
Δοκοί πλαισίων (Γενικά μέλη)	IPE 300, IPE 220
Λεπτότοιχες τεγίδες	Z 210x30
Οριζόντιοι διαγώνιοι σύνδεσμοι	SHS 80x6
Κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι	CHS 101.6x3.2
Φορτίσεις	Ίδιο βάρος (υπολογίζεται από το πρόγραμμα) Πρόσθετα μόνιμα (επικάλυψη) $G = 0.20$ KN/m ² Κινητά (εργάτες, συντήρηση) $Q = 1.00$ KN/m ² Χιόνι, Άνεμος & Σεισμός (υπολογίζονται από το πρόγραμμα)

Μορφή του φορέα



Παράμετροι κτιρίου

- «Γενικά > Κύριο υλικό κτιρίου = Δομικός Χάλυβας»

- «Γενικά > Δευτερεύον υλικό κτιρίου > Δομικός Χάλυβας»

Φορτίσεις

- Ίδιο βάρος G (υπολογίζεται από το πρόγραμμα)
- Πρόσθετα μόνιμα (επικαλύψεις) $G = 0.20 \text{ kN/m}^2$
- Κινητό (εργάτες, συντήρηση) $Q = 1.00 \text{ kN/m}^2$
- Χιόνι S (υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα σύμφωνα με την EC1-1-3 §5)
- Άνεμος $+X, -X, +Z, -Z$ (υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα σύμφωνα με την EC1-1-4 §7)
- Σεισμός (υπολογίζεται από το πρόγραμμα)

Παρατήρηση

Το χιόνι μπορεί να υπολογιστεί αυτόματα ως ανεξάρτητη φόρτιση ή να συμπεριληφθεί στα κινητά φορτία. Στη δεύτερη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη και στους συνδυασμούς φορτίσεων με σεισμό.

Στο παρόν παράδειγμα θα γίνει αυτόματος υπολογισμός.

Δράσεις σεισμού

Ο σεισμός προσδιορίζεται με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα.

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Αντισεισμικός»:

- Μέθοδος επίλυσης = Απλοποιημένη φασματική μέθοδος
- Υπολογισμός πλασματικού άξονα = **ΟΧΙ** (διότι το δόμημα δε διαθέτει διάφραγμα)

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Φάσμα»:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II ($\alpha=0.24g$)
- Σπουδαιότητα Σ1 - Συνήθη κτίρια ($\gamma=1.0$)
- Συντελεστής απόσβεσης ζ (%) = 4
- Φάσμα = Φάσμα σχεδιασμού R_d (T)
- Συντελεστής εδάφους $S = 1.20$ (EC8-1, Πίνακας 3.2)

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Συντελεστής q »:

- Συντελεστής συμπεριφοράς q κατά $X = 4.00$ (Πλαίσια με διαγώνιους συνδέσμους)

- Συντελεστής συμπεριφοράς q κατά $Z = 4.00$ (Μονώροφα πλαίσια παραλαβής ροπών)

Φορτία ανέμου και χιονιού

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Φορτία ανέμου και χιονιού»:

- Ύψος κτιρίου $h = 0.00$
- Διάσταση σε κάτοψη $L_x, L_z = 0.00$
- Αυτόματη παραγωγή φορτίων ανέμου = **NAI**
- Κατανομή φορτίου = **Σε ζώνες σε τοίχους και στέγες**
- Βασική ταχύτητα ανέμου V_b [m/s] = **27** m/s (NA EC1-1-4, §3)
- Κατηγορία ανάγλυφου = **II** (EC1-1-4, §A.1)
- Συντελεστής ορεογραφίας $C_o = 1.0$ (Συνιστώμενη τιμή σε περιπτώσεις σχετικά ήπιου ανάγλυφου)
- Συντελεστής εσωτερικής πίεσης $C_{pi} = 0.00$
 Η εσωτερική πίεση θα ληφθεί αυτόματα από το πρόγραμμα με τέτοιο τρόπο ώστε να δυσμενοποιείται το τελικό αποτέλεσμα στην λογική της EC1-1-4 §7.2.9(7). Βλ. περισσότερα στην §2.4.
- Αυτόματη παραγωγή φορτίων χιονιού = **NAI**
- Φορτίο χιονιού $S_{k,0}$ ($A=0$) = **0.80** kN/m² (NA EC1-1-3, §4)
- Υψόμετρο τοποθεσίας A [m] = **200** m
- Συντελεστής έκθεσης $C_e = 1.0$ (EC1-1-3 §5.2)

Σημείωση

Περισσότερα για την αυτόματη παραγωγή φορτίων ανέμου και χιονιού στην §2.4 - Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού.

2.1 Περιγραφή γεωμετρίας

Οδηγός

Στα σημεία τομής των περασιών θα τοποθετηθούν κεντροβαρικά τα υποστυλώματα και ο λοιπός κόμβος στη θέση του κορφιά.

- «Περασιά x » → «0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40»
- «Περασιά z » → «0, 3.150, 6.300»

■ «Κατασκευή»

Το στέγαστρο θα κατασκευαστεί με χρήση των δυνατοτήτων οριζοντίων παραγωγών της «Επεξεργασίας». Αρχικά θα κατασκευαστεί το πρώτο πλαίσιο και από αυτό θα παραχθούν τα υπόλοιπα.

Υποστυλώματα

Η εισαγωγή των δύο υποστυλωμάτων του πρώτου πλαισίου γίνεται από την εντολή «Προσθήκη κεντρικά με επόμενο όνομα».

- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **HEA**» / «Όνομα διατομής = **300**».
- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = 0.00°»
- «Στατικά > Υψόμετρο άνω κόμβου [m] = 7.00»
- «Στατικά > Παραλαβή φορτίων ανέμου = **NAI**»

Σημείωση

Περισσότερα για την αυτόματη παραγωγή φορτίων ανέμου και χιονιού στην §2.4 - Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού.

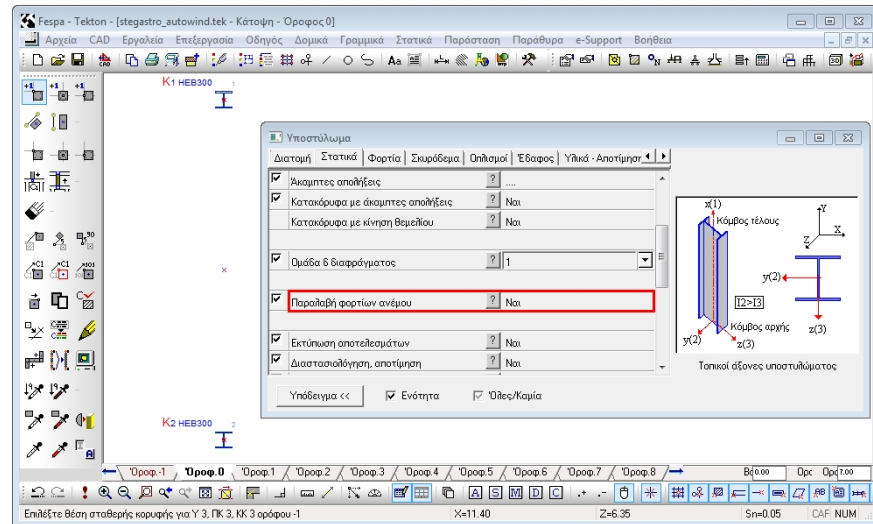
- «Φορτία» → «Μόνιμα G → qy [kN/m] = -1.00»

Τα μόνιμα φορτία G οφείλονται σε μεταλλικά πάνελ που θεωρούμε ότι φέρει η κατασκευή πλευρικά και εισάγονται ως γραμμικά φορτία κατά μήκος του άξονα των υποστυλωμάτων.

- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **NAI**»

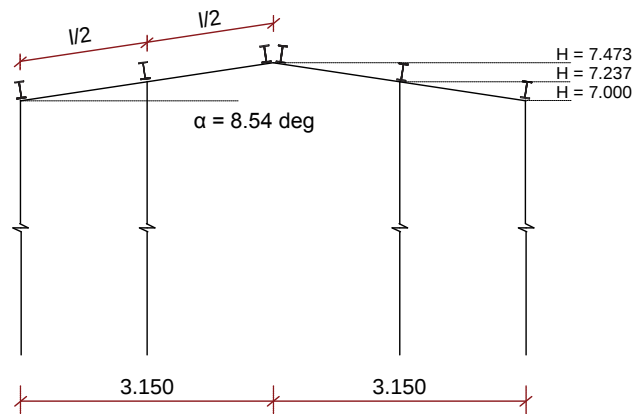
Παρατηρήσεις

- Επεξεργασία και έλεγχος των φορτίων μπορεί να γίνει και από τους **Πίνακες** (κατηγορία «Δράσεις» > πίνακες 801 ως 816).
 - Αν η τιμή της παραμέτρου «Εφαρμογή όλων των δράσεων» είναι «OXI», κάθε φορά εκχωρείται στο μέλος το φορτίο της δράσης το οποίο είναι ορατό στο παράθυρο των παραμέτρων.
-



Εικόνα 2.1 Τροποποίηση της παραμέτρου «Παραλαβή φορτίων ανέμου» στην καρτέλα «Στατικά» για τα υποστυλώματα του εξωτερικού κελύφους της κατασκευής.

Λοιπός κόμβος

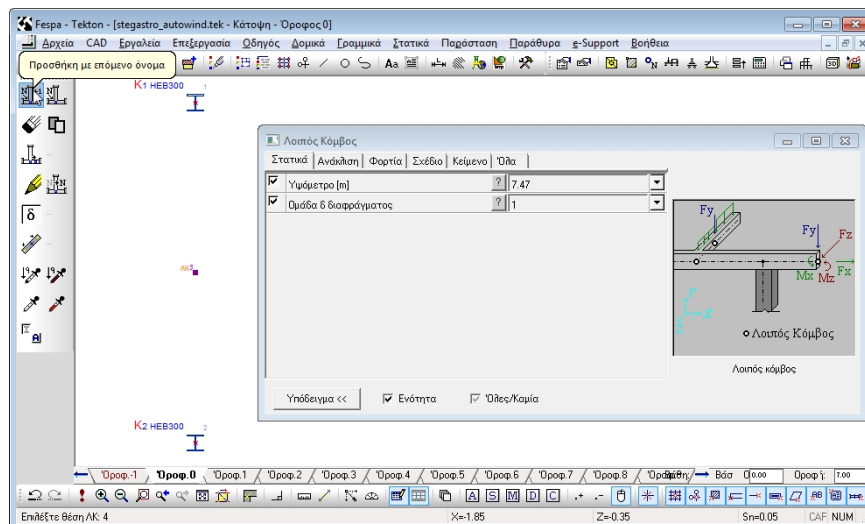


Εικόνα 2.2 Υπολογισμός γεωμετρίας και υψόμετρων Λ.Κ.

Εισάγεται ένας λοιπός κόμβος, όπως φαίνεται στο σχήμα, με υψόμετρο [m] 7.47 στη θέση του κορυφιά.

- «Λοιπός κόμβος > Στατικά > Υψόμετρο = 7.47»

■ «Προσθήκη με επόμενο όνομα»



Εικόνα 2.3 Καθορισμός υψομέτρου λοιπού κόμβου.

Δοκός πλαισίου

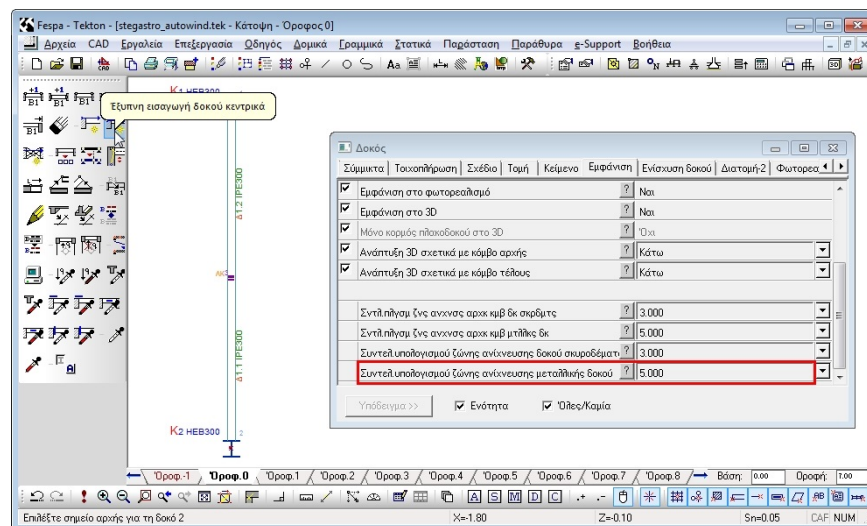
Στατικό σύστημα: Πλαισιακή σύνδεση στον ισχυρό άξονα με τα υποστυλώματα

Η εισαγωγή της δοκού γίνεται με την εντολή «**Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά**», η οποία αντιλαμβάνεται τους 3 κόμβους στα υψόμετρα (7.00, 7.47, 7.00), χάρη στην ύπαρξη της παραμέτρου «**Δοκός > Εμφάνιση > Συντελεστής υπολογισμού ζώνης ανίχνευσης μεταλλικής δοκού**» που σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με 5.0 και άρα ανιχνεύονται κόμβοι σε ζώνη :

$$5 \times 0.15 = 0.75 \text{ m} > 0.47 = (7.47 - 7.00) \text{ m}$$

(0.12 m πλάτος πέλματος δοκού)

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Γενικό μέλος (μεταλλικό)**»
- «Διατομή = **IPE300**»
- «Στατικά > Αυτόματος υπολογισμός άκαμπτων απολήξεων = **ΟΧΙ**»
- «Εμφάνιση > Ανάπτυξη 3D σχετικά με κόμβο αρχής \ τέλους = **Κάτω \ Κάτω**»



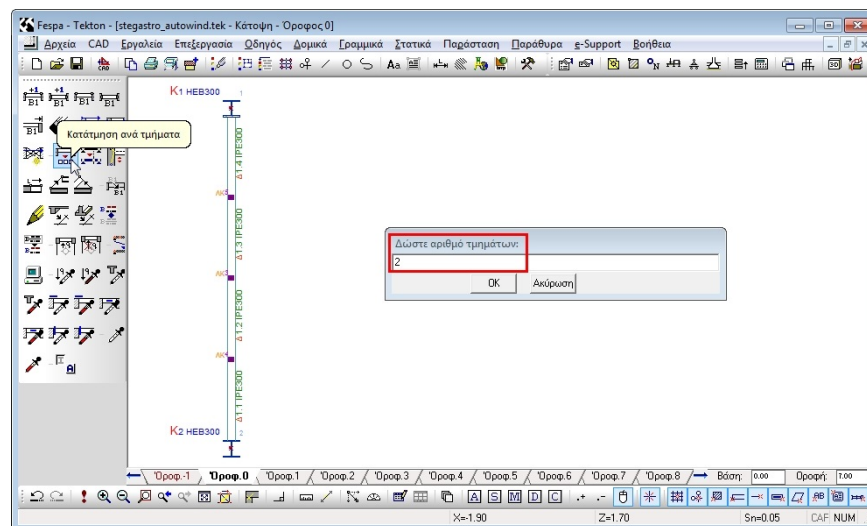
Εικόνα 2.4 Το πρόγραμμα αντιλήφθηκε την ύπαρξη λοιπού κόμβου χάρη στην κατάλληλη τιμή του «Συντελεστή ζώνης ανίχνευσης μεταλλικής δοκού».

Κατάτμηση δοκών - Λοιποί κόμβοι

Στα σημεία όπου θα τοποθετηθούν οι τεγίδες απαιτείται η εισαγωγή λοιπών κόμβων. Αυτό θα γίνει με χρήση της εντολής **«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα»**.

Για κάθε μια από τις δύο δοκούς του ζυγώματος του πλαισίου :

- **«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα > Δώστε αριθμό τμημάτων = 2»**

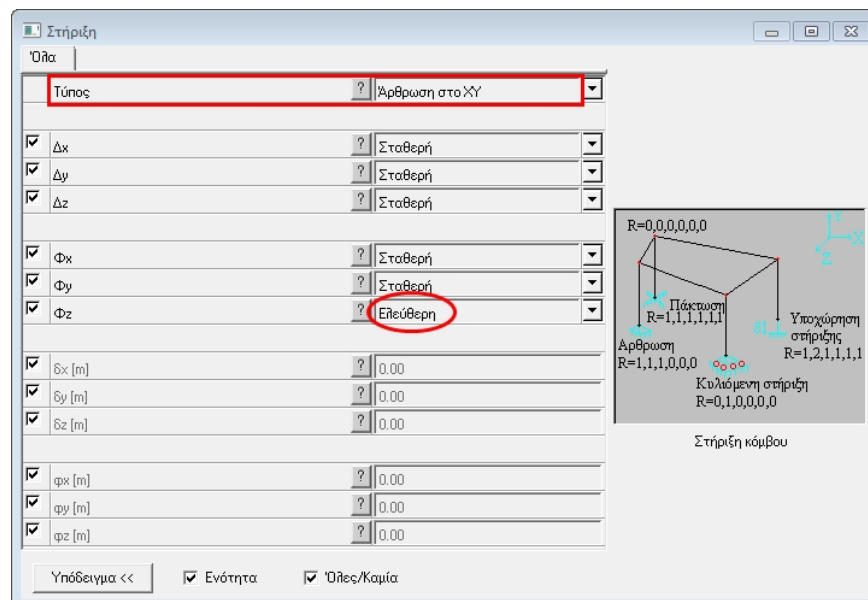


Εικόνα 2.5 Με την «Κατάτμηση δοκών» παράγονται οι λοιποί κόμβοι που είναι απαραίτητοι για την εισαγωγή των τεγίδων.

Στηρίξεις

Τα δύο υποστυλώματα του πλαισίου έχουν στη βάση τους **ελευθερία στροφής φz**.

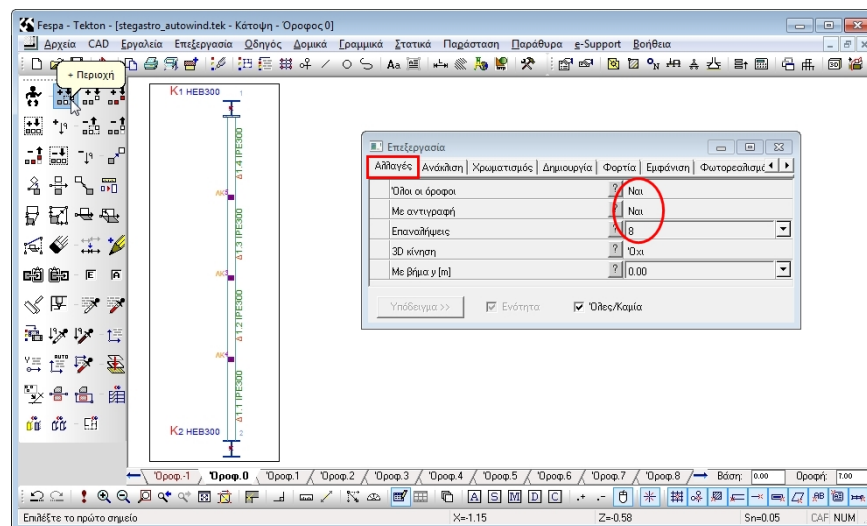
- «Στήριξη > Τύπος = Άρθρωση στο XY»
- «Δώσε παραμέτρους» στους αντίστοιχους κόμβους του Ορόφου -1



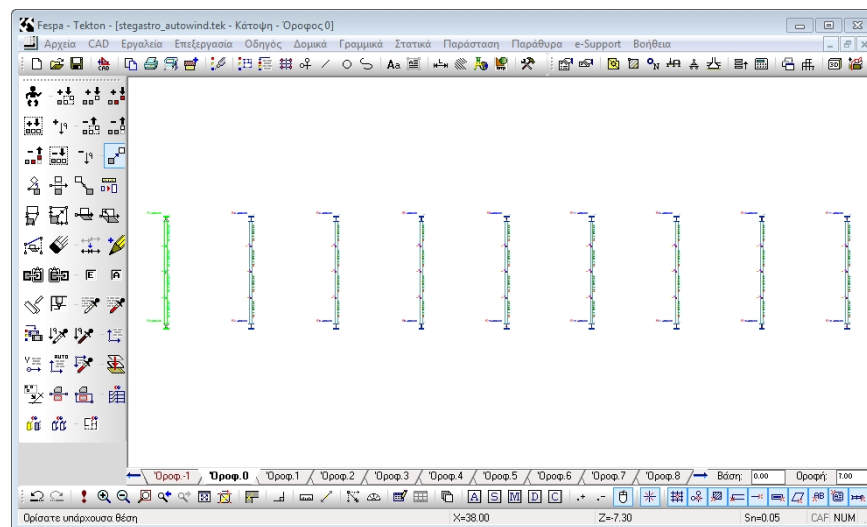
Εικόνα 2.6 Επιλογή παραμέτρων στήριξης σε κόμβο ίχνους υποστυλώματος πλαισίου.

Οριζόντια παραγωγή πλαισίων

- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Όλοι οι όροφοι = **NAI**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Με αντιγραφή = **NAI**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = **8**»
- «Επεξεργασία» > «**+Περιοχή**» > επιλέγεται ολόκληρο το πλαίσιο (δύο υποστυλώματα + δοκός)
- «Επεξεργασία» > «**Κίνηση**» > ορίζεται η υπάρχουσα (επιλέγοντας π.χ. το K1) και η νέα θέση του πλαισίου (**dX= 5.00** και **dZ = 0.00**)



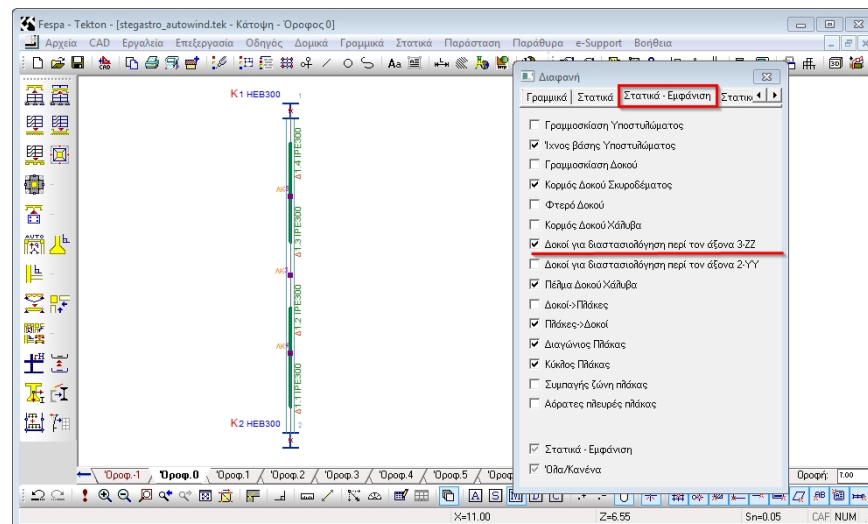
Εικόνα 2.7 Επιλογή του προς αναπαραγωγή πλαισίου μέσω της εντολής «+Περιοχή» της «Επεξεργασίας».



Εικόνα 2.8 Τα παραγόμενα οχτώ πλαίσια, πανομοιότυπα του αρχικού. Σε αυτά έχουν μεταφερθεί όλες οι ιδιότητες, διατομές, φορτίσεις κλπ. του αρχικού πλαισίου.

Αυτόματη ενοποίηση δοκών για διαστασιολόγηση

Η ενοποίηση στη διαστασιολόγηση των δοκών που έχουν καταταμηθεί με λοιπούς κόμβους, είναι αναγκαία προϋπόθεση για τον ακριβέστερο υπολογισμό των βελών κάμψης τους, καθώς και των συντελεστών του καμπτικού και στρεπτοκαμπτικού λυγισμού τους.



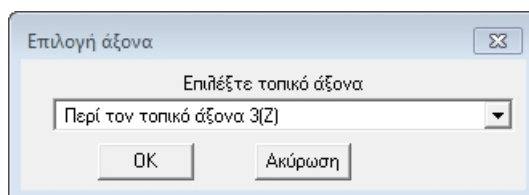
Εικόνα 2.9 Η δοκός 1 μεταξύ των υποστυλωμάτων K1 και AK3, λειτουργεί ως ενιαίο μέλος για κάμψη περί τον ισχυρό κύριο τοπικό άξονα Z(3), όχι όμως και περί τον ασθενή τοπικό άξονα Y(2).

Αυτή η ενοποίηση γίνεται **αυτόματα**, χρησιμοποιώντας την εντολή «Παραγωγές > Καθορισμός μελών για διαστασιολόγηση» .

Παρατήρηση

Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή «Δοκός > Δοκός για διαστασιολόγηση» . Έτσι, για κάθε άνοιγμα της δοκοσειράς, ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει:

- (α) τον άξονα στον οποίο αναφέρεται η ενοποίηση (τον Z),



- (β) τους κόμβους αρχής και τέλους της ενιαίας δοκού. Π.χ. για καθένα από τα ανοίγματα Δ1.1 έως και Δ1.4, θα πρέπει να δοθούν ως **κόμβος αρχής** ο 1 και **κόμβος τέλους** ο 4, οι κόμβοι δηλαδή που ορίζουν το «πραγματικό» άνοιγμα της δοκού.

Για να ελέγξετε την ενοποίηση των μελών, τσεκάρετε (όχι ταυτόχρονα) τις επιλογές «Δοκοί για διαστασιολόγηση περί τον άξονα 3-ZZ» και «Δοκοί για διαστασιολόγηση περί τον άξονα 2-YY» από τα «Διαφανή» (βλ. **Εικόνα 2.9**). Οι παχιές πράσινες και μπλε γραμμές που θα εμφανιστούν στη θέση των αξόνων των δοκών, συμβολίζουν το ενοποιημένο μέλος.

Σημείωση

Αν η γωνία που σχηματίζουν οι δύο δοκοί του ζυγώματος στον κορφιά είναι μικρή μπορεί να θεωρηθεί στο σημείο εκείνο στήριξη. Τότε το βέλος θα υπολογίζεται ξεχωριστά σε κάθε μία από τις δύο δοκούς, δίνοντας ως κόμβους αρχής και τέλους τους 1 και 45 (κορφιάς) για τις Δ1.1 και Δ1.2, και τους 45 και 2 για τις Δ1.3 και Δ1.4.

Με έλεγχο των παραμορφώσεων μέσω του 3DV μπορεί να διαπιστώσει κανείς αν αυτή η παραδοχή είναι σωστή ή αν το βέλος πρέπει υπέρ της ασφαλείας να υπολογιστεί ενιαία για ολόκληρο το μήκος του ζυγώματος όπως και στην περίπτωση του παρόντος παραδείγματος.

Ακραία πλαίσια

Τα ακραία πλαίσια διαθέτουν και δύο επιπλέον **μετωπικά υποστυλώματα**.

Για τα μετωπικά υποστυλώματα:

Η εισαγωγή των μετωπικών υποστυλωμάτων θα γίνει με την εντολή «Προσθήκη φυτευτού» στις θέσεις των λοιπών κόμβων με υψόμετρο 7.23 m.

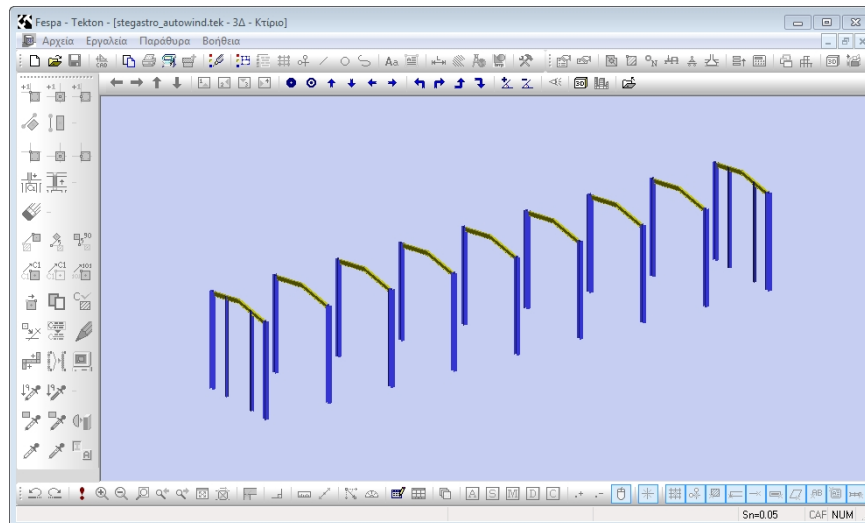
- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **HEA**» / «Όνομα διατομής = **180**».
- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = **90.00°**»
- «Στατικά > Υψόμετρο άνω κόμβου = 7.23 m»
- «Στατικά > Παραλαβή φορτίων ανέμου = **NAI**»
- «Φορτία > Μόνιμα $G \rightarrow q_y$ [kN/m] = -1.00»
- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **NAI**»

Οι μετωπικοί στύλοι έχουν στη βάση τους **ελευθερία βύθισης Δy** (προκειμένου να μην καταπονούνται σε αξονική δύναμη).

Άρα οι αντίστοιχοι στηριγμένοι κόμβοι του ορόφου -1, έχουν ελευθερία στις στροφές και στην κίνηση κατά Y (κατακόρυφη).

- «Στήριξη > Τύπος = **Οριζόντια στήριξη**»
- «Δώσε παραμέτρους»

Μετά την προσθήκη και των τεσσάρων μετωπικών υποστυλωμάτων, έχουν παραχθεί όλα τα υποστυλώματα και οι κύριες δοκοί. Η μορφή του φορέα μπορεί να ελεγχθεί μέσω των απεικονίσεων 3DV και 3D.



Εικόνα 2.10 Απεικόνιση 3D του φορέα μετά την ολοκλήρωση εισαγωγής όλων των πλαισίων.

Τεγίδες

Θα εισαχθούν οι τεγίδες στα δύο πρώτα ανοίγματα και στα υπόλοιπα θα παραχθούν με χρήση των δυνατοτήτων οριζόντιων παραγωγών της «Επεξεργασίας».

Στατικό σύστημα: Αμφιαρθρωτές δοκοί δύο ανοιγμάτων

Η εισαγωγή των τεγίδων γίνεται με την εντολή «**Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά**».

Στον κορφιά τοποθετούνται **δύο τεγίδες**. Η πρώτη έχει γωνία τοποθέτησης $\varphi = -8.54^\circ$ ενώ η δεύτερη $\varphi = +8.54^\circ$ (βλ. **Σχήμα 2.1**). Η εισαγωγή της δεύτερης θα γίνει (από κόμβο σε κόμβο) με την «**Προσθήκη κεντρικά με επόμενο όνομα**» και όχι με την «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».

Επιλογή διατομής:

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Λεπτότοιχη τεγίδα ψυχρής έλασης**»
- «Διατομή = **Z210x30**»

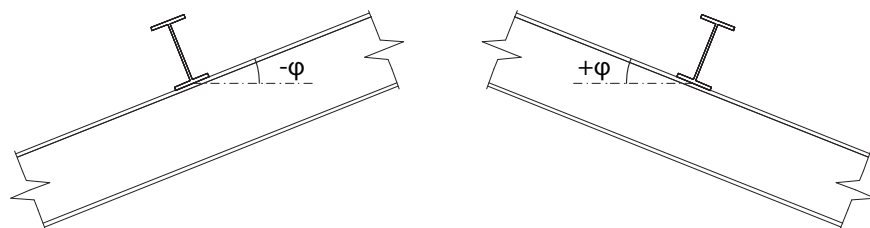
Υπολογισμός γεωμετρίας και γωνίας κλίσεων:

$$\varphi = \arctan (0.473 / 3.15) = 8.54$$

- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης φ » → «**+/- 8.54**».

Σημείωση

Οι τεγίδες της μίας πλευράς θα πρέπει να τοποθετηθούν με γωνία θετική, ενώ οι τεγίδες της άλλης πλευράς με αρνητική. Ο χρήστης θα πρέπει να ελέγξει την ορθότητα του μοντέλου μέσω της τριδιάστατης απεικόνισης 3D και 3DV με χρήση της εντολής «Εμφάνιση αξόνων μελών»



Σχήμα 2.1 Θετική και αρνητική γωνία τοποθέτησης (φ) τεγίδας

Φορτία

- «Στατικά > Παραλαβή φορτίων ανέμου = **NAI**»

■ «Στατικά > Παραλαβή φορτίων χιονιού = **ΝΑΙ**»

Περαιτέρω για την αυτόματη παραγωγή φορτίων ανέμου και χιονιού στην §2.4 - Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού.

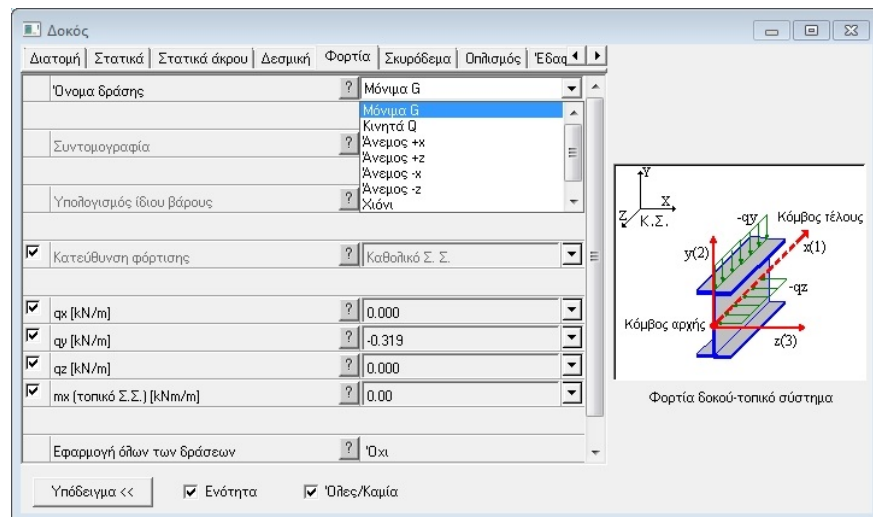
Παρατήρηση

Μέσω της παραμέτρου «Δοκός > Στατικά > Παραλαβή φορτίων ανέμου» ορίζεται ποιες δοκοί στην στέγη θα παραλάβουν τα φορτία ανέμου που παράγονται με την αυτόματη διαδικασία.

- **Ναι:** Για τις δοκούς της στέγης, αλλά και οποιουδήποτε στεγάστρου της κατασκευής, οι οποίες φέρουν την επικάλυψη και είναι εκτεθειμένες σε ανεμοπίεση π.χ. τεγίδες (είτε θερμής, είτε ψυχρής έλασης), ράβδους δικτυώματος κλπ.
- **Όχι:** Δοκοί, οι οποίες φέρουν τις τεγίδες π.χ. ζυγώματα πλαισίων και γενικά δοκοί σε ενδιάμεσες στάθμες της κατασκευής, που δεν ανήκουν στο εξωτερικό κέλυφος.

Για τις ακραίες τεγίδες:

- «Φορτία > Κινητά Q > q_y [kN/m] = -0.8»
- «Φορτία > Νέα δράση = Πρόσθετα μόνιμα (G) > q_y [kN/m] = -0.16»
- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **ΝΑΙ**»



Εικόνα 2.11 Η εισαγωγή φορτίων στις τεγίδες μέσω των παραμέτρων στην καρτέλα «Δοκός > Φορτία».

Για τις κεντρικές τεγίδες:

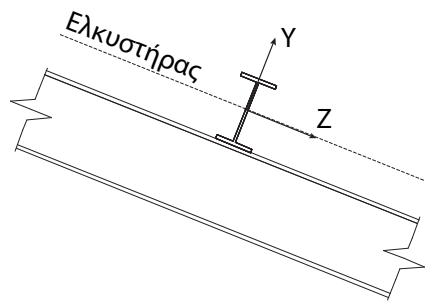
- «Φορτία > Κινητά $Q > q_y$ [kN/m] = -1,6»
- «Φορτία > Νέα δράση = Πρόσθετα μόνιμα (G) > q_y [kN/m] = -0.32»
- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **NAI**»

Δείτε περισσότερα για τον υπολογισμό των φορτίων στην §2.3 - Εισαγωγή των δράσεων επί του φορέα και στην §2.4 - Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού του παρόντος εγχειριδίου.

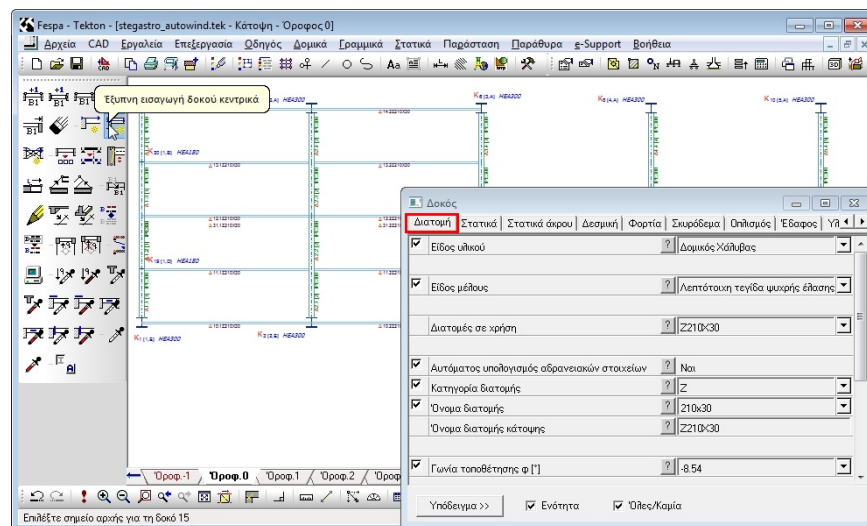
Συντελεστές a_0 , β_0 για υπολογισμό καθαρού μήκους λυγισμού και βέλους:

Λόγω τοποθέτησης ελκυστήρα (ντίζας), περιορίζεται το βέλος κατά την ασθενή διεύθυνση z . Έτσι τροποποιούνται οι παράμετροι:

- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **$a_0y = 0.5$** »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος **$\beta_0z = 0.5$** »



Εικόνα 2.12 Τομή τεγίδας με πλευρική εξασφάλιση



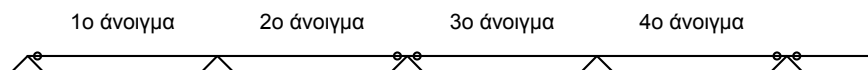
Εικόνα 2.13 Επιλογή διατομής στην καρτέλα «Διατομή» της «Δοκού» και καθορισμός γωνίας τοποθέτησης.

Προσοχή

Κατά την εισαγωγή των τεγίδων (στα ανοίγματα 1 και 2) απαιτείται διαφοροποίηση της γωνίας τοποθέτησης (+/- φ) και των φορτίσεων (ακραίες-κεντρικές > διαφορετική επιφάνεια επιρροής).

Χαρακτηρισμός αρθρώσεων

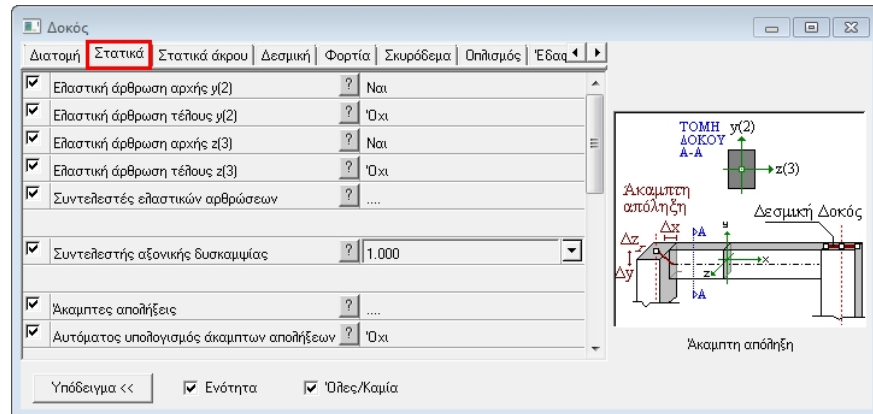
Μετά την εισαγωγή των τεγίδων με την «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά», ορίζονται οι παράμετροι αρθρώσεων και αποδίδονται με την επιλογή «**Δώσε παραμέτρους**» έχοντας απενεργοποιήσει όλες τις παραμέτρους με το «Όλες / Καμία» και ενεργοποιήσει μόνο την «**Ενότητα**».



Εικόνα 2.14 Οι θέσεις των αρθρώσεων στα άκρα των ανοιγμάτων μιας τεγίδας

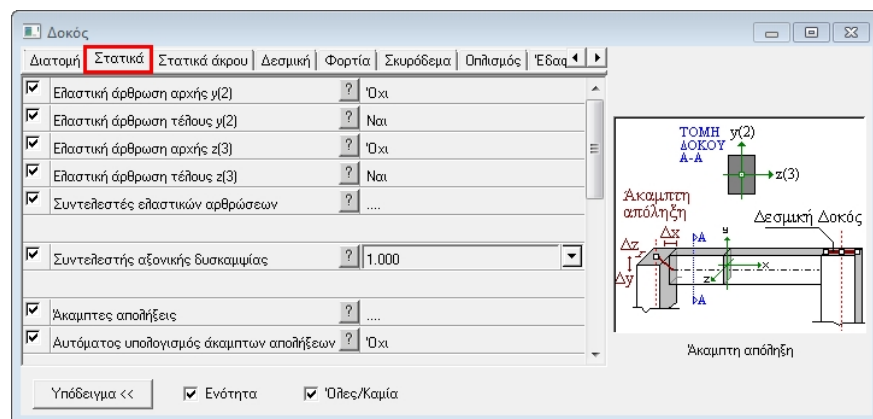
Στον κόμβο αρχής του πρώτου ανοίγματος:

- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση αρχής 2-2(Y-Y) και 3-3(Z-Z) = **NAI**»



Στον κόμβο τέλους του δεύτερου ανοίγματος:

- «Στατικά > Ελαστική άρθρωση τέλους 2-2(Y-Y) και 3-3(Z-Z) = **ΝΑΙ**»

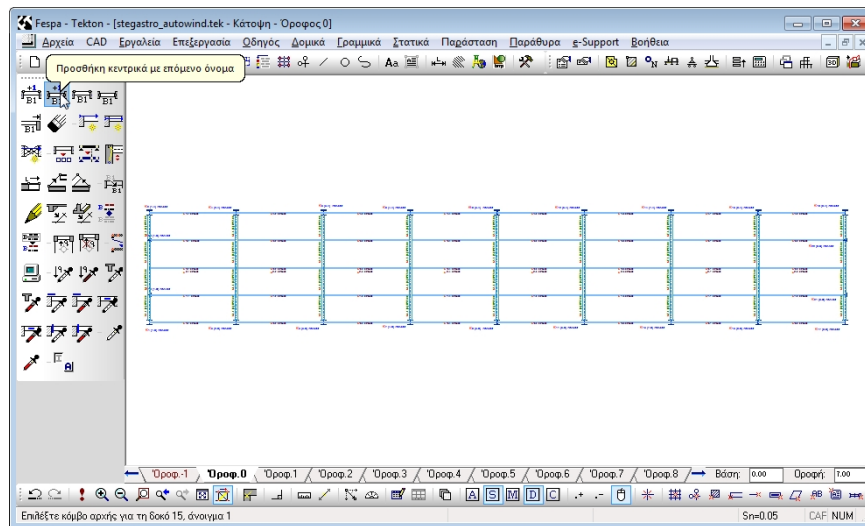


- «Στατικά > Αυτόματος υπολογισμός άκαμπτων απολήξεων = **ΟΧΙ**»

Οριζόντια παραγωγή τεγίδων

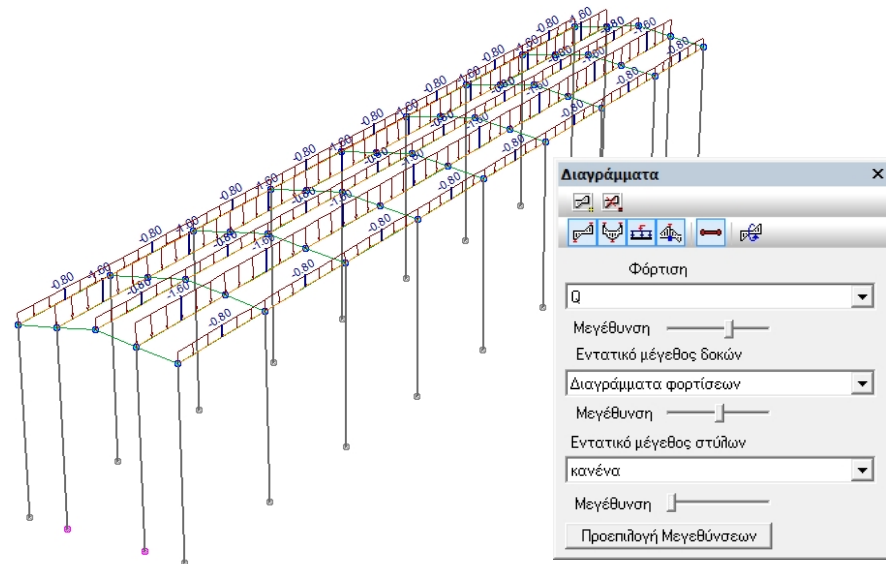
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Όλοι οι όροφοι = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Με αντιγραφή = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = **3**»
- «Επεξεργασία» «**+Στοιχείο**» → επιλέγονται οι τεγίδες των δύο πρώτων ανοιγμάτων
- «Επεξεργασία» → «**Κίνηση**» → ορίζεται η υπάρχουσα και η νέα θέση

Στην περίπτωση του κορφιά όπου έχουμε δύο τεγίδες, η παραπάνω διαδικασία αντιγράφει (αναπαράγει) μόνο τη μία και συγκεκριμένα αυτή που εισήχθη τελευταία ($\varphi = -8.54^\circ$). Επομένως πρέπει να προσθέσουμε χειροκίνητα την πρώτη τεγίδα ($\varphi = +8.54^\circ$) στα ανοίγματα 3,4,5,6,7 και 8. Αυτό γίνεται με την εντολή «**Προσθήκη κεντρικά με επόμενο όνομα**» (από κόμβο σε κόμβο) και όχι με την «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».



Εικόνα 2.15 Η μία από τις δύο τεγίδες του κορφιά εισάγεται από άνοιγμα σε άνοιγμα με την «Προσθήκη κεντρικά».

Οι παραγόμενες τεγίδες έχουν όλες τις ιδιότητες / χαρακτηριστικά (διατομές, φορτία, στατικά κλπ) των αρχικών.



Εικόνα 2.16 Μέσω του 3DV επιβεβαιώνεται ότι στις παραγόμενες τεγίδες έχουν αυτόματα εκχωρηθεί οι φορτίσεις των αρχικών.

Κεφαλοδοκοί

Στατικό σύστημα: Αμφιαρθρωτές δοκοί δύο ανοιγμάτων

Η εισαγωγή των κεφαλοδοκών γίνεται με την εντολή «**Προσθήκη κεντρικά με επόμενο όνομα**» (από κόμβο σε κόμβο) και όχι με την «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».

Οι ακραίες τεγίδες (Δ14.1 – Δ14.8 και Δ10.1 – Δ10.8) εδράζονται πάνω στις κεφαλοδοκούς (Δ15.1 – Δ15.8 και Δ16.1 – Δ16.8 αντίστοιχα).

- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **IPE**» / «Όνομα διατομής = **220**».

Για τις Δ15.1 – Δ15.8:

- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = **-8.54°**»

Για τις Δ16.1 – Δ16.8:

- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = **8.54°**»

Οριζόντιοι διαγώνιοι σύνδεσμοι (στέγης)

Στατικό σύστημα: Αμφιαρθρωτές δοκοί ενός ανοίγματος.

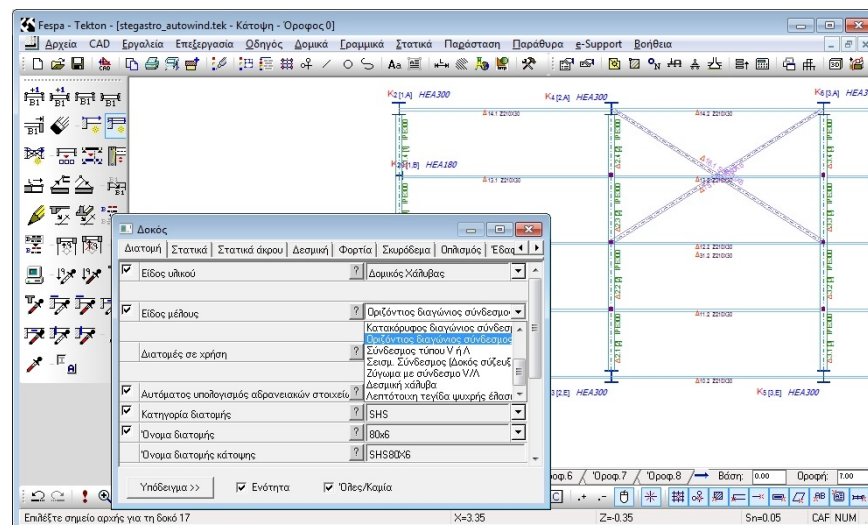
Το πρώτο ζεύγος συνδέσμων εισάγεται με την εντολή «**Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά**» και τα υπόλοιπα τρία ζεύγη μέσω της «**Επεξεργασίας**».

Για το πρώτο ζεύγος οριζόντιων διαγώνιων συνδέσμων:

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Οριζόντιος διαγώνιος σύνδεσμος**»
- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **SHS**»
- «Διατομή > Όνομα διατομής = **80X6**»
- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **OXI**»

Λόγω τοποθέτησης κομβοελάσματος στο σημείο διασταύρωσης, περιορίζεται και περί τους δύο άξονες το μήκος λυγισμού. Έτσι επιλέγονται οι παράμετροι:

- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **a0y = 0.5**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού **a0z = 0.5**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος dy, **β0y = 0.5**»
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος dz, **β0z = 0.5**»



Εικόνα 2.17 Επιλογή είδους μέλους και διατομής δοκού

Για τα υπόλοιπα ζεύγη οριζόντιων διαγώνιων συνδέσμων:

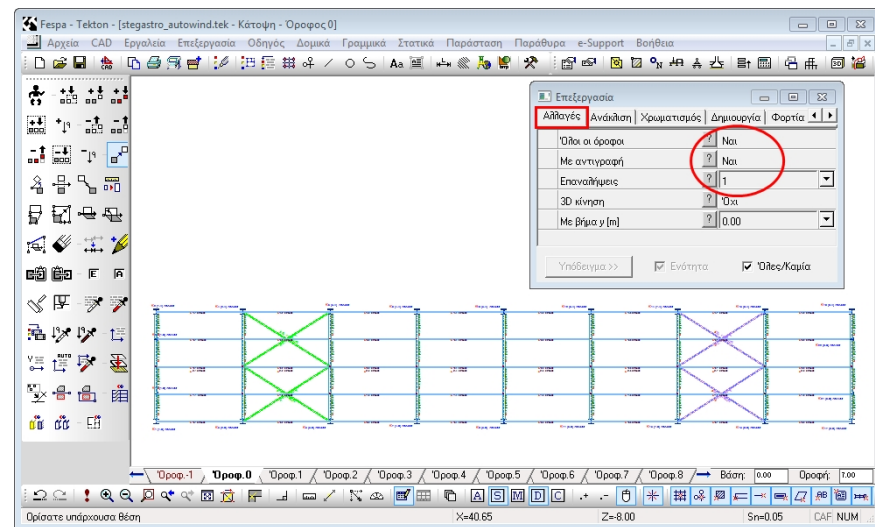
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Όλοι οι όροφοι = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Με αντιγραφή = **ΝΑΙ**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = **1**»

Παραγωγή κατά τη διεύθυνση Z:

- «Επεξεργασία» → «+Στοιχείο» → επιλέγεται το πρώτο ζεύγος συνδέσμων
- «Επεξεργασία» → «Κίνηση» → ορίζεται η υπάρχουσα και η νέα θέση

Παραγωγή κατά τη διεύθυνση X:

- «Επεξεργασία» → «+Στοιχείο» → επιλέγονται τα δύο ζεύγη συνδέσμων
- «Επεξεργασία» → «Κίνηση» → ορίζεται η υπάρχουσα και η νέα θέση



Εικόνα 2.18 Χρησιμοποιώντας δύο φορές διαδοχικά τις δυνατότητες της «Επεξεργασίας» παράγονται τα υπόλοιπα τρία ζεύγη οριζόντιων διαγώνιων συνδέσμων.

Κατακόρυφοι διαγώνιοι σύνδεσμοι

Στατικό σύστημα: Αμφιαρθρωτές δοκοί ενός ανοίγματος

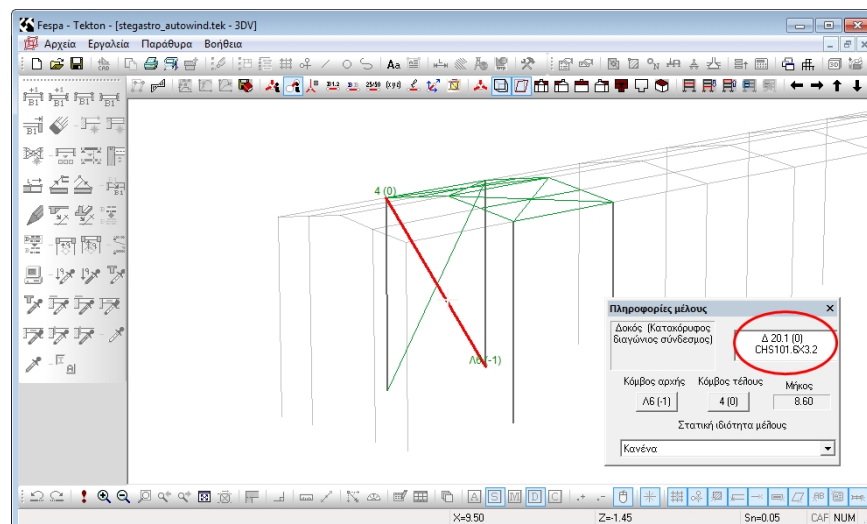
Συνδέουν χιαστί τον άνω κόμβο του ενός υποστυλώματος με τον κάτω κόμβο του διπλανού του υποστυλώματος. Το πρώτο ζεύγος εισάγεται με την εντολή «Εξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά» και τα υπόλοιπα μέσω των εντολών της «Επεξεργασίας».

Για το πρώτο ζεύγος κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων:

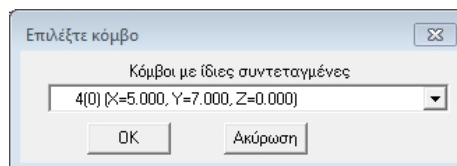
Θα χρησιμοποιηθεί η εντολή «Διάλογος πολλαπλών επιλογών»  που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής του επιθυμητού κόμβου μεταξύ πολλών κόμβων με ίδια θέση στην κάτοψη.

- «Διατομή > Είδος μέλους = **Κατακόρυφος διαγώνιος σύνδεσμος**»
- «Διατομή = **CHS101.6x3.2**»
- «Φορτία > Εφαρμογή όλων των δράσεων = **ΟΧΙ**»

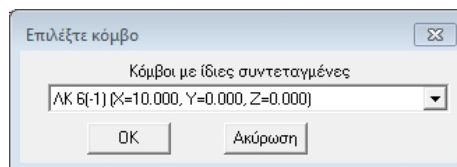
Π.χ. Η δοκός Δ20.1(0) έχει κόμβο **αρχής** τον 4(0) και κόμβο **τέλους** τον 6(-1):



Εικόνα 2.19 Στο 3DV στο παράθυρο «Πληροφορίες μέλους» εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά του μέλους το οποίο δείχνω με το mouse.



Εικόνα 2.20 Επιλογή κόμβου αρχής της κατακόρυφης διαγώνιας δοκού Δ20.1(0)



Εικόνα 2.21 Επιλογή κόμβου τέλους της κατακόρυφης διαγώνιας δοκού Δ20.1(0)

Σημείωση

Εναλλακτικά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή «Έξυπνη εισαγωγή δοκού χιαστί»  (με απενεργοποιημένο το «Διάλογο πολλαπλών επιλογών»). Κάνοντας κλικ σε 2 υποστυλώματα, το υποστυλώμα αρχής (πρώτο υποστυλώμα) και το υποστυλώμα τέλους (δεύτερο υποστυλώμα), δημιουργούνται δύο δοκοί:

- Η 1η δοκός έχει κόμβο αρχής τον άνω κόμβο (κόμβο τέλους) του υποστυλώματος αρχής δοκού K4(0) και κόμβο τέλους τον κάτω κόμβο (κόμβο αρχής) του υποστυλώματος τέλους δοκού K6(0) και όνομα Δ20.1.
- Η 2η δοκός έχει κόμβο αρχής τον άνω κόμβο (κόμβο τέλους) του υποστυλώματος τέλους δοκού K6(0) και κόμβο τέλους τον κάτω κόμβο (κόμβο αρχής) του υποστυλώματος αρχής δοκού K4(0) και όνομα Δ19.1.

Συντελεστές a_0 και β_0 για υπολογισμό καθαρού μήκους λυγισμού και βέλους:

Λόγω τοποθέτησης κομβοελάσματος στο σημείο διασταύρωσης, περιορίζεται και περί τους δύο άξονες το μήκος λυγισμού. Έτσι τροποποιούνται οι παράμετροι:

- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους λυγισμού $a_0y = 0.5$ »
- «Δομικός χάλυβας > Συντελεστής καθαρού μήκους για βέλος $\beta_0z = 0.5$ »

Για τα υπόλοιπα ζεύγη κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων:

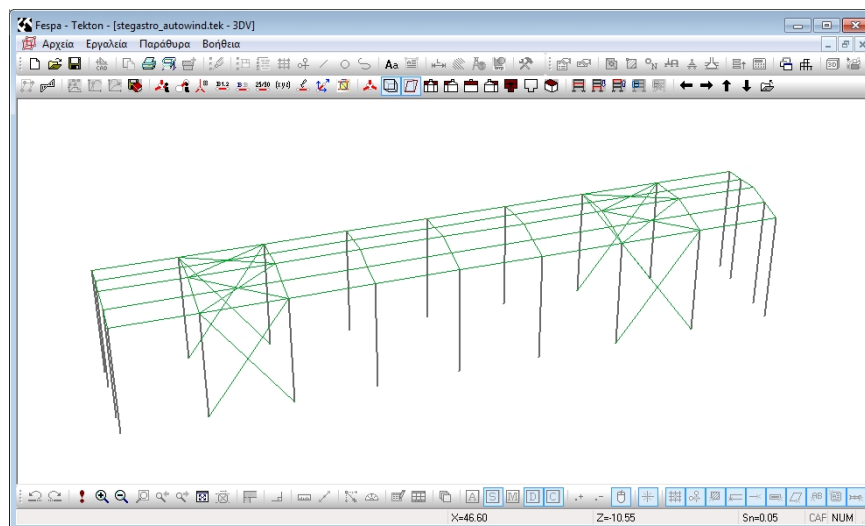
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Όλοι οι όροφοι = **NAI**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Με αντιγραφή = **NAI**»
- «Επεξεργασία > Αλλαγές > Επαναλήψεις = **1**»

Παραγωγή κατά τη διεύθυνση Z:

- «Επεξεργασία» → «+Στοιχείο» → επιλέγεται το αρχικό ζεύγος συνδέσμων
- «Επεξεργασία» → «Κίνηση» → ορίζεται η υπάρχουσα και η νέα θέση

Παραγωγή κατά τη διεύθυνση X:

- «Επεξεργασία» → «+Στοιχείο» → επιλέγονται τα δύο ζεύγη συνδέσμων
- «Επεξεργασία» → «Κίνηση» → ορίζεται η υπάρχουσα και η νέα θέση

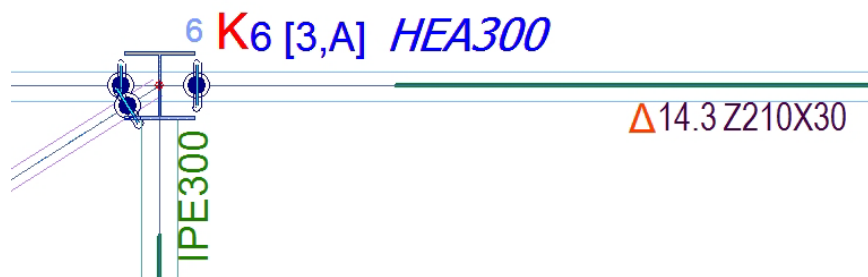


Εικόνα 2.22 Τελική μορφή του φορέα μετά την εισαγωγή και των κατακόρυφων διαγώνιων συνδέσμων.

2.2 Έλεγχος γεωμετρίας

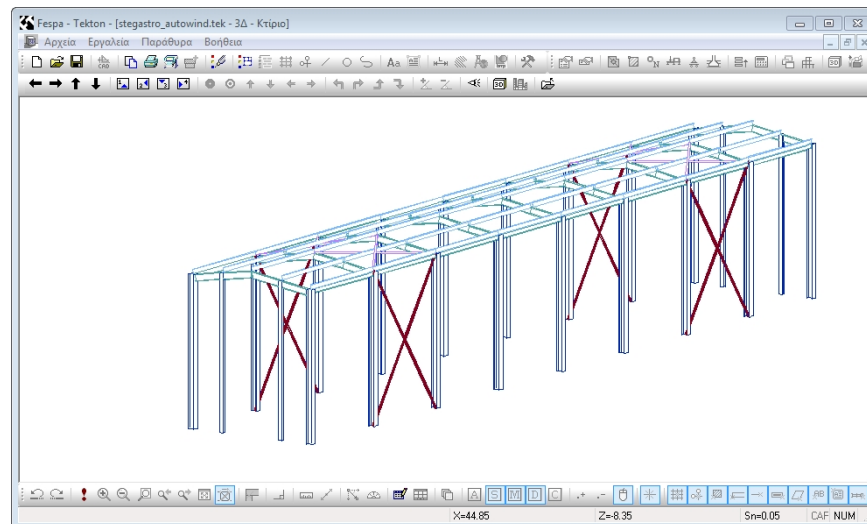
Ο φορέας ελέγχεται πλέον ως προς τη σωστή του γεωμετρία τόσο από την κάτοψη όσο και από το 3D και το 3DV. Από την κάτοψη ελέγχεται η σωστή εισαγωγή των αρθρώσεων, ενώ από το 3DV γενικότερα η συνδεσμολογία και η σωστή επιλογή των ειδών των μελών μέσω των πληροφοριών μέλους.

Έλεγχος αρθρώσεων στα άκρα δοκών (κάτοψη)



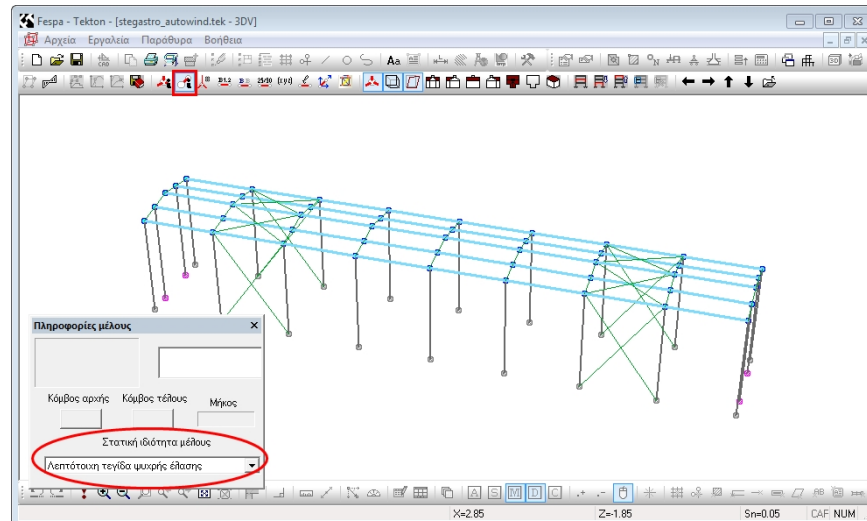
Εικόνα 2.23 Ο κόμβος αρχής της λεπτότοιχης τεγίδας Δ14.3 έχει άρθρωση κατά X και Z, όπως φαίνεται όταν το μοντέλο [M] είναι ενεργοποιημένο.

Τρισδιάστατο (3D)



Εικόνα 2.24 3D απεικόνιση του φορέα.

Τρισδιάστατο (3DV)



Εικόνα 2.25 Στο 3DV επιλέγοντας «Πληροφορίες μέλους > Απεικόνιση μελών με κοινή στατική ιδιότητα» εμφανίζονται τονισμένες οι ράβδοι με ιδιότητα «Λεπτότοιχες τεγίδες ψυχρής έλασης».

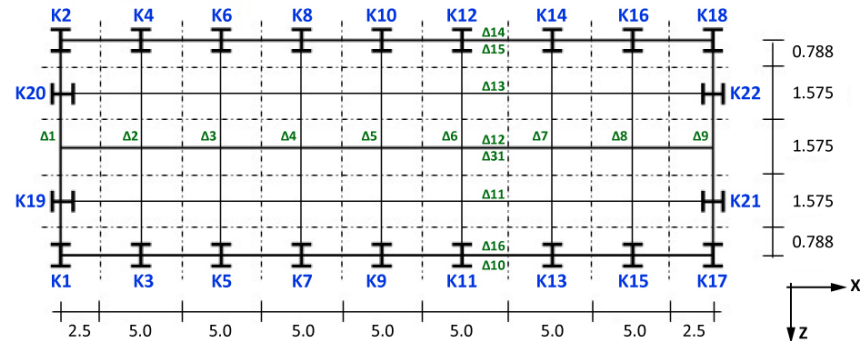
2.3 Εισαγωγή των δράσεων επί του φορέα

Ο φορέας υπόκειται στις παρακάτω δράσεις:

- Ίδιο βάρος
- Πρόσθετα μόνιμα φορτία G (επικαλύψεις) 0,20 kN/m²
- Κινητό Q (εργάτες-συντήρηση) 1,00 kN/m²
- Χιόνι S
- Άνεμος W_x και W_z

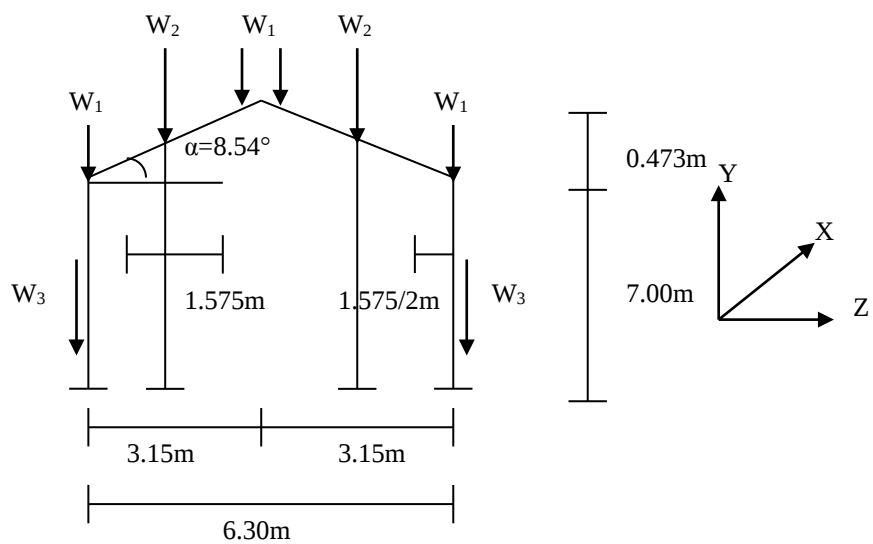
Δράση	Φορτιζόμενα Υποστυλώματα	Τιμή φορτίου (kN/m)	Φορτιζόμενες Δοκοί	Τιμή φορτίου (kN/m)
Ίδιο βάρος (G)	Όλα	Υπολογίζεται αυτόματα	Όλες	Υπολογίζεται αυτόματα
Πρόσθετα μόνιμα (G)	Όλα	q _y =-1.0 (Καθολικό Σ.Σ.)	Τεγίδες Δ10, Δ14, Δ12, Δ31 Τεγίδες Δ11, Δ13	q _y =-0.16 (Καθολικό Σ.Σ.) q _y =-0.32 (Καθολικό Σ.Σ.)
Κινητά φορτία (Q)	Κανένα	-	Τεγίδες Δ10, Δ14, Δ12, Δ31 Τεγίδες Δ11, Δ13	q _y =-0.8 (Καθολικό Σ.Σ.) q _y =-1.6 (Καθολικό Σ.Σ.)
Χιόνι (S)	Κανένα	-	Όλες οι τεγίδες	Υπολογίζεται αυτόματα
Άνεμος X (W _x)	Όλα	Υπολογίζεται αυτόματα	Όλες οι τεγίδες	Υπολογίζεται αυτόματα
Άνεμος Z (W _z)				

Πίνακας 2.1 Ο φορέας υπόκειται στις δράσεις που φαίνονται στον πίνακα.



Σχήμα 2.2 Οι αποστάσεις μεταξύ των πλαισίων.

Πρόσθετα Μόνιμα Φορτία G



$$W = 0.20 \text{ kN/m}^2$$

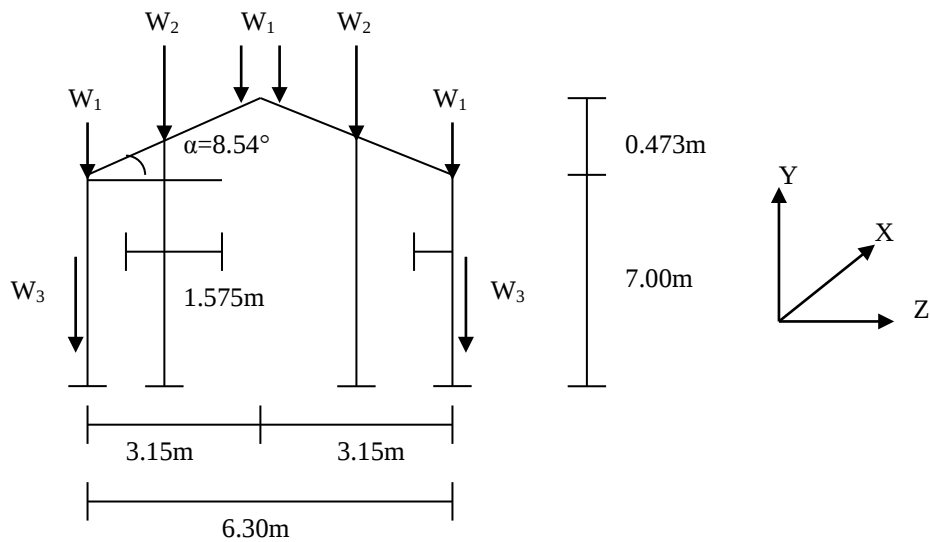
Για ακραία σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με $1,575/2$.

$$W_{1Y} = 0,2 \cdot 1,575 / 2 = 0,1575 \text{ kN} / \text{m} \approx 0,16 \text{ kN} / \text{m}$$

Για κεντρική σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με $1,575$.

$$W_{2Y} = 0,2 \cdot 1,575 = 0,315 \text{ kN} / \text{m} \approx 0,32 \text{ kN} / \text{m}$$

Κινητά Φορτία



$$W = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

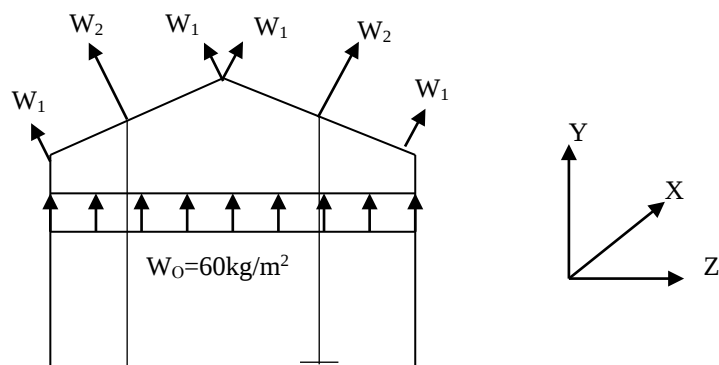
Για ακραία σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με $1,575/2$.

$$W_{1Y} = 1,0 \cdot 1,575 / 2 = 0,788 \text{ kN} / \text{m} \approx 0,8 \text{ kN} / \text{m}$$

Για κεντρική σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με 1,575.

$$W_{2Y} = 1,0 \cdot 1,575 = 1,575 \text{ kN} / \text{m} \approx 1,6 \text{ kN} / \text{m}$$

Αναρπαγή στέγης



Στην **ειδική περίπτωση των ανοιχτών υπόστεγων** ελέγχεται και η περίπτωση αναρπαγής της στέγης ή της επικάλυψης αυτής εξαιτίας άνωσης από τον αέρα ίσης με 60 kg/m^2 .

Η κάθετη ενεργούσα άνωση του ανέμου στην κεκλιμένη επίπεδη επιφάνεια του στεγάστρου προκύπτει:

$$W = W_o \cdot \cos \alpha = 60 \cdot \cos 8,5397 = 59,33 \text{ kg} / \text{m}^2 = 0,593 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Για ακραία σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με $1,575/2$.

$$W_1 = 0,593 \cdot 1,575 / 2 = 0,467 \text{ kN} / \text{m} \text{ (τοπικό σύστημα αξόνων)}$$

Για κεντρική σειρά τεγίδων το πλάτος επιρροής λαμβάνεται ίσο με $1,575$.

$$W_2 = 0,593 \cdot 1,575 = 0,934 \text{ kN} / \text{m} \text{ (τοπικό σύστημα αξόνων)}$$

Σημείωση

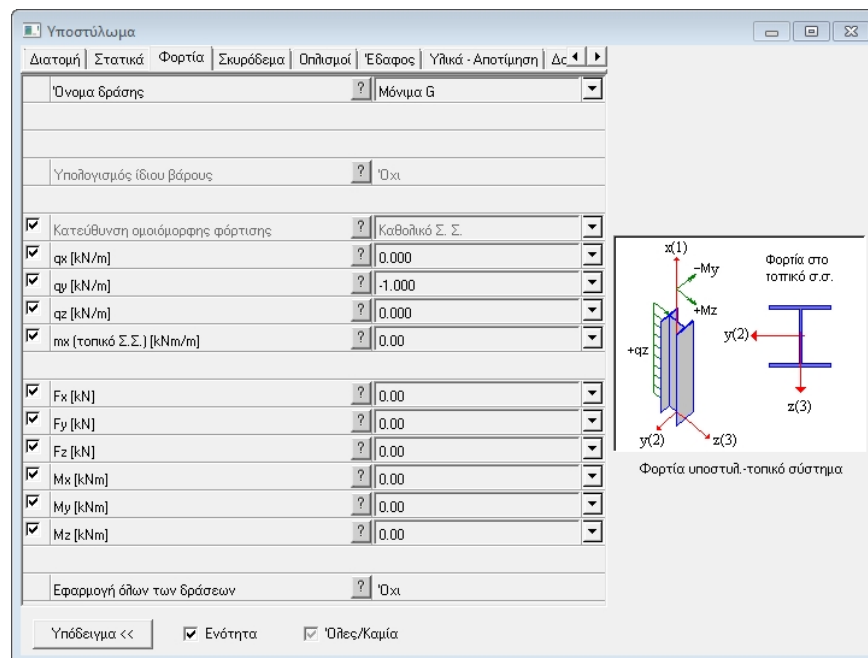
Κατά τον αυτόματο υπολογισμό φορτίων ανέμου και χιονιού υποστηρίζονται κλειστά κτίρια (με τοίχους) με στέγες (οριζόντιες μονόρριχτες ή δίρριχτες) και ισοκατανεμημένα ανοίγματα, γι' αυτό και γίνεται αναφορά στον υπολογισμό του φορτίου αναρπαγής στέγης.

Εισαγωγή φορτίων σε υποστυλώματα και δοκούς

Στις παραμέτρους στις καρτέλες «Υποστυλώμα / Δοκός > Φορτία» οι υπάρχουσες δράσεις «Μόνιμα G», «Κινητά Q» τροφοδοτούνται με τις τιμές των φορτίων, τα οποία εκχωρούνται στα μέλη που αναφέρονται στον πίνακα της σελίδας 90 (**Πίνακας 2.1**).

Παρατήρηση:

Αν η τιμή της παραμέτρου «**Εφαρμογή όλων των δράσεων**» είναι «ΟΧΙ», κάθε φορά εκχωρείται στο μέλος το φορτίο της δράσης το οποίο είναι ορατό στο παράθυρο των παραμέτρων.



Εικόνα 2.26 Καθορισμός του κινητού φορτίου $qy = -1.0 \text{ kN/m}$ υποστυλώματος.

Συνδυασμοί δράσεων

Το πρόγραμμα μέσω της εντολής «Παραγωγή συνδυασμών δράσεων» των «Παραγωγών» παράγει και εμφανίζει αυτόματα στον Πίνακα 816 τους συνδυασμούς δράσεων για τους ελέγχους στην Οριακή Κατάσταση Αστοχίας και Λειτουργικότητας βάσει του EC0 §6. Η εντολή αυτή λειτουργεί για τις προεπιλεγμένες δράσεις του προγράμματος:

- Μόνιμες δράσεις G
- Μεταβλητή δράση Q
- Δυσμενής μεταβλητή δράση QA
- Δυσμενής μεταβλητή δράση QB
- Άνεμος $\pm x$ [$W(\pm x)$]
- Άνεμος $\pm z$ [$W(\pm z)$]
- Χιόνι S
- Ατέλειες $\pm x$ [$I(\pm x)$]

■ Ατέλειες $\pm z$ [I($\pm z$)]

Συνδυασμοί δράσεων, οι οποίοι εμπλέκουν και δράσεις πέρα από τις παραπάνω (π.χ. θερμοκρασιακές φορτίσεις), θα πρέπει να εισαχθούν στον Πίνακα 816 από τον μελετητή.

816	Όνομα	Αυτόμα τη πα...	Σε περιβ...	Έλεγχ ος α...	Έλεγχ ος ρ...	Περιορι σμός τά...	Έλεγχος βέλ...	Έλεγχος τάσεων ...	Μόνιμα φορτία ξ...	Κινητά φορτία γ...
1	1.35G + 1.50*0.7Q	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
2	1.35G + 1.50*0.7QA	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	0.000
3	1.35G + 1.50*0.7QB	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	0.000
4	1.35G + 1.50*0.7QC	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	0.000
5	1.35G + 1.50*0.7QD	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	0.000
6	1.35G + 1.50*0.7QE	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	0.000
7	ξ*1.35G + 1.50Q	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
8	ξ*1.35G + 1.50QA	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	0.000
9	ξ*1.35G + 1.50QB	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	0.000
10	ξ*1.35G + 1.50QC	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	0.000
11	ξ*1.35G + 1.50QD	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	0.000
12	ξ*1.35G + 1.50QE	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	0.000
13	ξ*1.35G+1.50Q+1.50*0.6W(+x)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
14	ξ*1.35G+1.50W(+x)+1.50*0.7Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
15	ξ*1.35G+1.50S+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+x)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
16	ξ*1.35G+1.50Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
17	ξ*1.35G+1.50S+1.50*0.7Q	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
18	1.00G+1.50W(+x)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.000	0.000
19	1.35*G+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+x)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
20	1.35*G+1.50*0.7Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
21	ξ*1.35G+1.50Q+1.50*0.6W(+z)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
22	ξ*1.35G+1.50W(+z)+1.50*0.7Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
23	ξ*1.35G+1.50S+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+z)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
24	1.00G+1.50W(+z)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.000	0.000
25	1.35*G+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+z)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
26	ξ*1.35G+1.50Q+1.50*0.6W(+x)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
27	ξ*1.35G+1.50W(+x)+1.50*0.7Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
28	ξ*1.35G+1.50S+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+x)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
29	1.00G+1.50W(+x)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.000	0.000
30	1.35*G+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+x)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
31	ξ*1.35G+1.50Q+1.50*0.6W(+z)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.500
32	ξ*1.35G+1.50W(+z)+1.50*0.7Q+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
33	ξ*1.35G+1.50S+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+z)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.147	1.050
34	1.00G+1.50W(+z)	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.000	0.000
35	1.35*G+1.50*0.7Q+1.50*0.6W(+z)+1.50*0.5S	Ναι	Ναι	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	1.350	1.050
36	1.00 * G + 1.00 * Q	Ναι	Οχι	Οχι	Οχι	Ναι	Οχι	Οχι	1.000	1.000
37	G + ψ2*Q	Ναι	Οχι	Οχι	Ναι	Οχι	Ναι	Οχι	0.000	0.000
*		Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	Οχι	0.000	0.000

Εικόνα 2.27 Πίνακας 816 – Συνδυασμοί δράσεων

2.4 Αυτόματος υπολογισμός φορτίων και χιονιού

Υπάρχει η δυνατότητα **αυτόματης παραγωγής φορτίων ανέμου** σε πολλαπλές διευθύνσεις. Γίνεται αυτόματη διαίρεση της κατασκευής σε κατακόρυφες και

οριζόντιες ζώνες σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1. Υποστηρίζονται επίπεδες, μονοκλινείς και δικλινείς στέγες. Η ανεμοπίεση υπολογίζεται για κάθε ζώνη βάσει της κλίσης της στέγης και του πλάτους επιρροής κάθε μέλους.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα **αυτόματης παραγωγής φορτίων χιονιού** σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1 για επίπεδες και πολυκλινείς στέγες, με αυτόματο υπολογισμό του πλάτους επιρροής και της κλίσης.

Αναλυτικότερα:

Παράμετροι στην καρτέλα «Κτίριο > Φορτία ανέμου και χιονιού»

Υψόμετρο βάσης για εφαρμογή ανεμοπίεσης

Αφορά «Κατανομή φορτίου > Μόνο καθ' ύψος». Βλ. επόμενα.

Ορίζεται το υψόμετρο, ψηλότερα από το οποίο θα εφαρμοστεί ανεμοπίεση. Σε οσα μέλη βρίσκονται ψηλότερα από την στάθμη αυτή θα επιβληθούν φορτία ανέμου (εφόσον η παράμετρος «Υποστύλωμα, Δοκός > Στατικά > Παραλαβή φορτίων ανέμου = Ναι»).

Ύψος κτιρίου h

Πρακτικά, δίδεται η κατακόρυφη διάσταση που θα ληφθεί ως το μέγιστο ύψος αναφοράς του κτιρίου **ze**, το οποίο υπεισέρχεται στο τυπολόγιο του EC1-1-4 §7.

- ▶ **0.00** : Μηδενική τιμή ισοδυναμεί με την αυτόματη λειτουργία, δηλαδή με αυτόματο προσδιορισμό του ύψους του κτιρίου από το πρόγραμμα βάσει του «Υψομέτρου εφαρμογής ανεμοπίεσης» και των ανώτατων κόμβων της κατασκευής.
- ▶ **≠ 0.00** : Το εισακτέο ύψος θα ληφθεί ως το ύψος αναφοράς **ze**.

Διάσταση σε κάτοψη Lx, Lz

Μέσω της παραμέτρου αυτής ορίζεται εάν οι διαστάσεις σε κάτοψη θα προσδιοριστούν αυτόματα από το πρόγραμμα βάσει του μαθηματικού μοντέλου ή θα δοθούν από τον μελετητή.

Οι διαστάσεις **Lx, Lz** είναι οι διαστάσεις σε κάτοψη κατά μήκος των δυο κύριων διευθύνσεων της κατασκευής **X** και **Z**, οι οποίες για κάθε περίπτωση ανεμοπίεσης αντιστοιχίζονται στις διαστάσεις **b** και **d** κάθετα και παράλληλα στην διεύθυνση της φόρτισης. Βλ. EC-1-4 §7.2.

- ▶ **0.00** : Μηδενική τιμή ισοδυναμεί με την αυτόματη λειτουργία, δηλαδή με αυτόματο υπολογισμό από το πρόγραμμα των διαστάσεων της κάτοψης βάσει της τοπολογίας των περιμετρικών κόμβων του μοντέλου.
- ▶ **≠ 0.00** : Από τις εισακτέες τιμές θα προκύψουν τα μεγέθη **b** και **d** και ακολούθως οι διαστάσεις των ζωνών ανεμοπίεσης του EC1-1-4.

Αυτόματη παραγωγή φορτίων ανέμου

Με την εντολή «Παραγωγή συνδυασμών δράσεων» ελέγχεται η τιμή της παραμέτρου και κατά περίπτωση πραγματοποιούνται οι ακόλουθες ενέργειες.

- ▶ **Ναι:** πυροδοτούνται οι ακόλουθοι αυτοματισμοί:
 - Ανεξάρτητα εάν έχουν παραχθεί ή όχι άλλα φορτία ανέμου προηγουμένως από τον μελετητή, παράγονται τόσα φορτία ανέμου ώστε να συμπληρωθεί η τετράδα $W+x$, $W-x$, $W+z$, $W-z$. Τα φορτία αυτά εμφανίζονται στον πίνακα 809.
 - Σε όσες από τις τέσσερις φορτίσεις έχουν παραχθεί αυτόματα δεν υπάρχουν καταχωρήσεις στον πίνακα 812 (Είδη φορτίων μελών).
 - Για πολυώροφες κατασκευές όπου έχει δοθεί «Κατανομή φορτίων ανέμου > Μόνο καθ' ύψος», φορτίζονται τα διαφράγματα σύμφωνα με EC-1-1 §7.2.2. Η κατανομή της φόρτισης παρουσιάζεται στο τεύχος.
 - Εάν η φόρτιση του ανέμου γίνεται σε «Ζώνες σε τοίχους και στέγες», τότε για κάθε περίπτωση φόρτισης $W+x$, $W-x$, $W+z$, $W-z$ φορτίζονται τα υποστυλώματα και οι δοκοί, για τις οποίες έχει δοθεί «Παραλαβή φορτίων ανέμου» = Ναι. Βλ. EC1-1-4 §7.2. Στο τεύχος εκτυπώνονται τα διαγράμματα φόρτισης ανέμου τυπικών δοκοσειρών.
 - Δημιουργία συνδυασμών δράσεων, όπου οι παραγόμενες φορτίσεις ανέμου συνδυάζονται βάσει EC0 με τις μόνιμες, τις μεταβλητές δράσεις και το χιόνι (εφόσον υπάρχει) (βλ. πίν. 816).
- ▶ **Όχι:** Οι φορτίσεις ανεμοπίεσης είναι μόνο αυτές που έχουν δοθεί από τον μελετητή.

Σημείωση

Εάν επιλεγεί «Επίλυση > Αποτελέσματα > Λεπτομέρεια αποτελεσμάτων επίλυσης χωρικού = Εκτεταμένη», είναι δυνατή η επισκόπηση στο Τεύχος αποτελεσμάτων των κατανεμημένων φορτίων ανέμου όλων των μελών ανά φόρτιση.

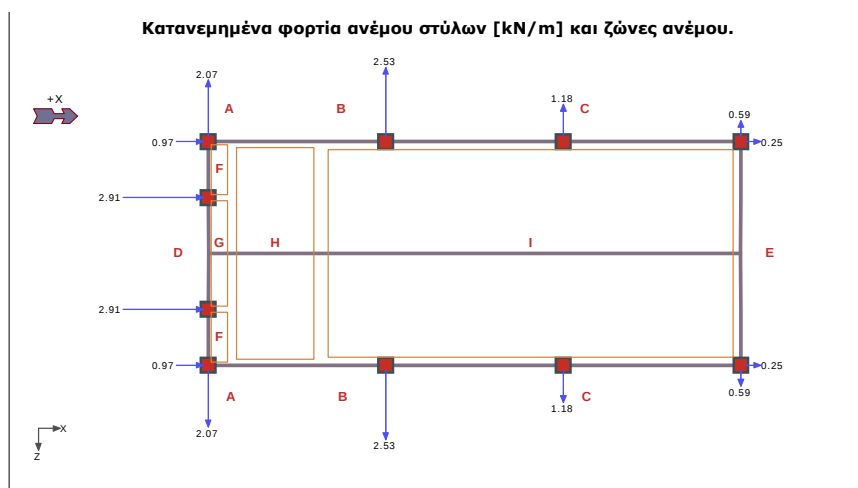
Κατανομή φορτίου

- ▶ **Σε ζώνες σε τοίχους και στέγες :** Αφορά κυρίως ελαφρές μεταλλικές κατασκευές όπως βιομηχανικά κτίρια και γενικώς περιπτώσεις κατασκευών όπου είναι σκόπιμη μια πιο λεπτομερής κατανομή της ανεμοπίεσης στα στοιχεία της επικάλυψης.

Το πρόγραμμα προσδιορίζει αυτόματα την γεωμετρία των ζωνών σε κατακόρυφους τοίχους και σε στέγες για κάθε μια από τις τέσσερις

φορτίσεις ανέμου, υπολογίζει την ανεμοπίεση $C_{pe} \pm C_{pi}$ σε κάθε ζώνη και αποδίδει στα μέλη της ζώνης βάσει της επιφάνειας επιρροής ένα κατανεμημένο γραμμικό φορτίο.

Σε υποστυλώματα και δοκούς του εξωτερικού κελύφους της κατασκευής πρέπει να δοθεί «Παραλαβή φορτίων ανέμου» = Ναι» (βλ. παραμέτρους στις καρτέλες «Υποστύλωμα/ Δοκός > Στατικά»).



Σχήμα 2.3 Ζώνες ανεμοπίεσης στους κατακόρυφους τοίχους (A, B, C, D, E) και στην στέγη (F, G, H, I) για την περίπτωση ανεμοπίεσης +X.

- **Μόνο καθ' ύψος :** Η διακύμανση της κατανομής της φόρτισης του ανέμου πραγματοποιείται μόνο στην κατακόρυφη έννοια της κατασκευής σύμφωνα με EC1-1-4 §7.2.2, σχ. 7.4. Η επιλογή αυτή αποτελεί, ουσιαστικά, απλοποίηση συγκριτικά με τις σύνθετες κατανομές σε ζώνες και θεωρείται προτιμητέα σε περιπτώσεις πολυώροφων κτιρίων από χάλυβα ή σκυρόδεμα.

Το φορτίο εφαρμόζεται στις στάθμες των διαφραγμάτων και δεν ελέγχεται από το πρόγραμμα η τιμή της παραμέτρου «Παραλαβή φορτίων ανέμου».

Βασική ταχύτητα ανέμου V_b [m/s]

Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου είναι η μέση ταχύτητα ανέμου κατά την διάρκεια 10 λεπτών με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0,02.

- Στο ελληνικό εθνικό προσάρτημα ορίζεται στα 33m/s στα νησιά και τα παράλια μέχρι 10km από την ακτή και στα 27m/s στην υπόλοιπη χώρα. Βλ. και χάρτη στην §3 του NA EC1-1-4.

- Για την **Κύπρο** η βασική ταχύτητα κυμαίνεται από 24m/s έως 40m/s όπως φαίνεται και στο χάρτη του σχήματος 1 του συναφούς εθνικού προσαρτήματος.

Κατηγορία ανάγλυφου

Οι κατηγορίες ανάγλυφου περιγράφονται τον πίνακα II και απεικονίζονται στην §A.1 του EC1-1-4.

Βάσει της δοθείσας κατηγορίας ανάγλυφου προσδιορίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα οι παράμετροι του ανάγλυφου όπως το μήκος τραχύτητας z_0 και το ελάχιστο ύψος z_{min} , οι οποίες υπεισέρχονται στους υπολογισμούς της ανεμοπίεσης.

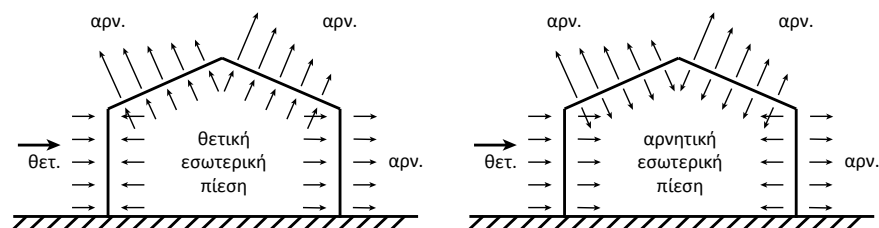
Συντελεστής ορεογραφίας C_o

Η ορεογραφία του ανάγλυφου ορίζεται από την ύπαρξη ή όχι λόφων, απότομων πλαγιών κλπ στο προσήνεμο ανάγλυφο.

- ▶ 1.00: Συνιστώμενη τιμή σε περιπτώσεις σχετικά ήπιου ανάγλυφου
- ▶ $1.00 < C_o < 1.50$ περίπου : σε περιπτώσεις όταν ο συντελεστής ορεογραφίας υπολογίζεται αναλυτικά βάσει της §4.3.3 και §A.3 του EC1-1-4.

Συντελεστής εσωτερικής πίεσης C_{pi}

- ▶ **0.00** : Μηδενική εισακτέα τιμή υποδηλώνει πως η εσωτερική πίεση θα ληφθεί αυτόματα από το πρόγραμμα με τέτοιο τρόπο ώστε να δυσμενοποιείται το τελικό αποτέλεσμα στην λογική της EC1-1-4 §7.2.9(7). Βλ. Συγκεκριμένα:
 - Για άνεμο +X και +Z λαμβάνεται $C_{pi}=-0.3$,
 - Για άνεμο -X και -Z λαμβάνεται $C_{pi}=+0.2$
- ▶ $\neq 0.00$: Π.χ. σε περιπτώσεις όπου έχει πραγματοποιηθεί αναλυτικός υπολογισμός της εσωτερικής πίεσης βάσει της κατανομής των ανοιγμάτων σύμφωνα με EC1-1-4 §7.2.9.



Σχήμα 2.4 Διανυσματική απεικόνιση εσωτερικής C_{p_i} και εξωτερικής C_{p_e} πίεσης θετικής και αρνητικής.

Παρατηρήσεις

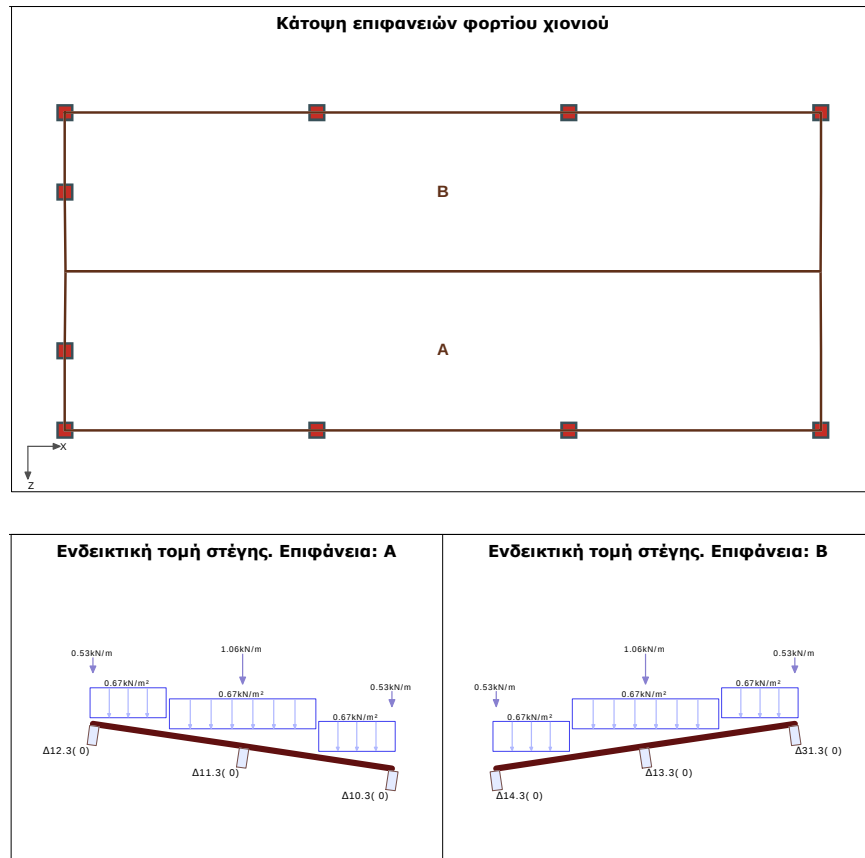
- Η πρόσθεση εσωτερικής και εξωτερικής πίεσης είναι πάντα ανυσματική σύμφωνα με την θεώρηση στο παραπάνω σχήμα.
- Για μονόριχτες ή δίριχτες στέγες και σε όσες περιπτώσεις προβλέπονται στους πίνακες 7.3α και 7.4α δυο τιμές εξωτερικής πίεσης C_{p_e} , λαμβάνεται για τα στοιχεία της στέγης αυτή που συνδυάζεται με το δεδομένο C_{p_i} παράγει το δυσμενέστερο διανυσματικά αποτέλεσμα.

Αυτόματη παραγωγή φορτίων χιονιού

Με την εντολή «Παραγωγή συνδυασμών δράσεων» ελέγχεται η τιμή της παραμέτρου και κατά περίπτωση πραγματοποιούνται οι ακόλουθες ενέργειες.

- **Ναι:** πυροδοτούνται οι ακόλουθοι αυτοματισμοί.
 - Εφόσον δεν έχει δημιουργηθεί προηγουμένως από τον μελετητή φορτίο χιονιού, τότε παράγεται και εμφανίζεται στον πίνακα 809.
 - Προσδιορίζονται οι περιοχές της στέγης, οι οποίες διακρίνονται βάσει της κλίσης. Επισκόπηση των περιοχών αυτών μπορεί να γίνει στο τεύχος.
 - Για όσες δοκούς έχει δοθεί «Παραλαβή φορτίων χιονιού» = Ναι υπολογίζεται βάσει της EC1-1-3 §5 το φορτίο χιονιού. Στο τεύχος εκτυπώνονται τα διαγράμματα φόρτισης ανέμου τυπικών δοκοσειρών, ενώ εάν επιλεγεί «Επίλυση > Αποτελέσματα > Λεπτομέρεια αποτελεσμάτων επίλυσης χωρικού = Εκτεταμένη», είναι δυνατή η επισκόπηση των κατανεμημένων φορτίων ανέμου όλων των μελών ανά φόρτιση.
 - Δημιουργία συνδυασμών δράσεων, όπου η φόρτιση χιονιού συνδυάζεται βάσει EC0 με τις μόνιμες, τις μεταβλητές δράσεις και τον άνεμο (εφόσον υπάρχει) (βλ. πίν. 816).

- **Όχι:** Δεν παράγεται αυτόματα φόρτιση χιονιού. Εφόσον έχει ήδη δημιουργηθεί τέτοια φόρτιση από τον μελετητή θα συνδυαστεί κανονικά με τις υπόλοιπες φορτίσεις.



Σχήμα 2.5 Κάτοψη και τομή δίρριχτης στέγης με δυο διακριτές επιφάνειες εφαρμογής φορτίου χιονιού. Το φορτίο εφαρμόζεται στις τεγίδες βάσει της επιφάνειας επιρροής.

Φορτίο χιονιού Sk,0 (A=0)

Το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στην στάθμη της θάλασσας (υψόμετρο A=0), το οποίο δίδεται για εκάθε ζώνη

- Ελληνικό εθνικό προσάρτημα. Βλ. χάρτη στην §4 του NA EC1-1-3

Ζώνη	$S_{k,0}$ (kN/m ²)
A	0,4
B	0,8
Γ	1,7

■ Κυπριακό εθνικό προσάρτημα

Λαμβάνεται κλιματική περιοχή της Μεσογείου και αριθμός ζώνης $Z=1$, οπότε σύμφωνα με τον πίνακα Γ1 του EC1-1-1 είναι:

$$S_{k,0} = 0.489Z - 0.209 = 0.289 \text{ kN/m}^2$$

Υψόμετρο τοποθεσίας A [m]

Δίδεται το υψόμετρο της κατασκευής A από την επιφάνεια της θάλασσας ώστε να υπολογιστεί η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού.

■ Ελληνικό εθνικό προσάρτημα

$$S_k = S_{k,0} \cdot [1 + (A/917)^2]$$

■ Κυπριακό εθνικό προσάρτημα

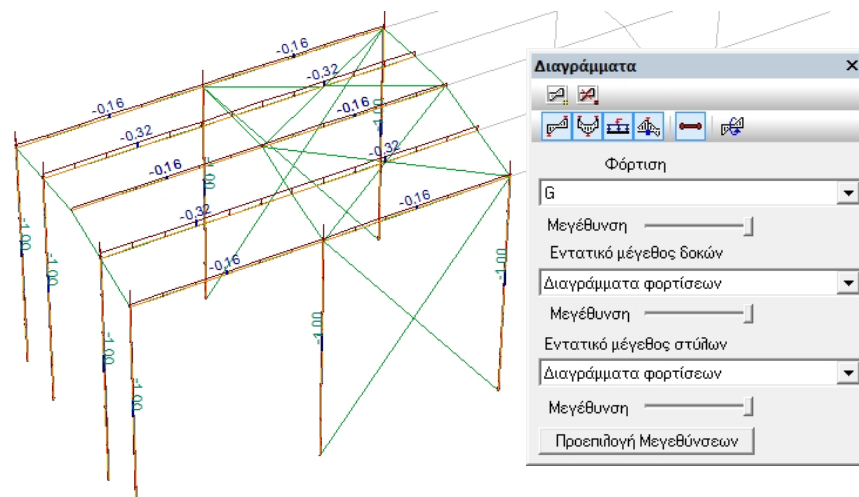
$$S_k = S_{k,0} \cdot [1 + (A/452)^2]$$

Συντελεστής έκθεσης C_e

Ο συντελεστής έκθεσης προσδιορίζεται σύμφωνα με EC1-1-3 §5.2 και πίνακα 5.1 λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία. Οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 0.8 έως 1.2.

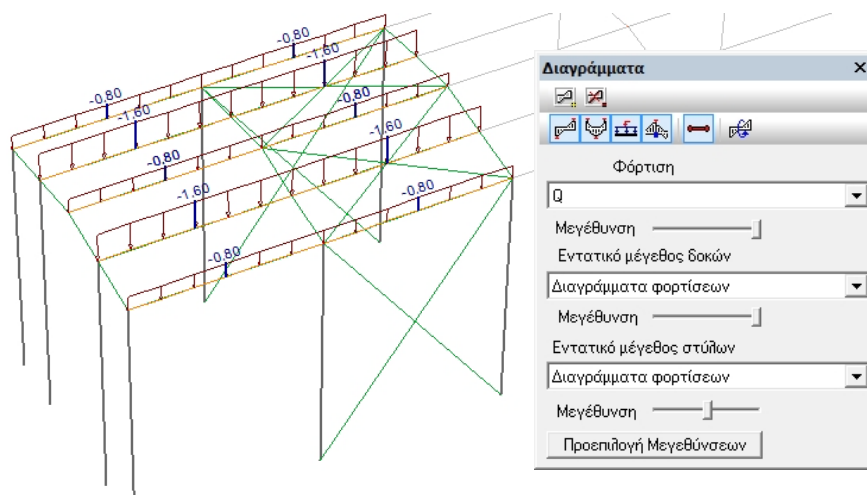
2.5 Διαγράμματα φορτίσεων

Μόνιμο Φορτίο (Ίδιο Βάρος + Επικαλύψεις):



Εικόνα 2.28 Διαγράμματα φορτίσεων δοκών και υποστυλωμάτων για τα μόνιμα φορτία

Κινητό Φορτίο (Q):



Εικόνα 2.29 Διαγράμματα φορτίσεων δοκών για τα κινητά φορτία

2.6 Εκτύπωση τεύχους μελέτης

Φορτίσεις & συνδυασμοί δράσεων

Λόγω του μεγάλου αριθμού των μεμονωμένων δράσεων αλλά κυρίως λόγω του πλήθους των συνδυασμών τους, στο τεύχος (ενότητα «Παραδοχές μελέτης διαστασιολόγησης») εκτυπώνεται πίνακας με την ονοματολογία και την αναλυτική περιγραφή του συνδυασμού κάθε μιας:

Πίνακας φορτίσεων

A/A	Όνομα	Συντομογραφία
Φ1	Μόνιμα φορτία	G
Φ2	Κινητά φορτία	Q
Φ3	Κινητά Α'	QA
Φ4	Κινητά Β'	QB
Φ5	Κινητά Γ'	QC
Φ6	Κινητά Δ'	QD
Φ7	Κινητά Ε'	QE
Φ8	[G+ψ2xQ]	[G+ψ2xQ]
Φ9	Άνεμος +x	W[+x]
Φ10	Άνεμος +z	W[+z]
Φ11	Άνεμος -x	W[-x]
Φ12	Άνεμος -z	W[-z]
Φ13	Χιόνι	S

Συνδυασμοί δράσεων

A/A	Περιγραφή συνδυασμού	Σε περιβάλλουσα	Έλεγχος αστοχίας	Έλεγχος ρηγμάτωσης	Περιορισμός τάσεων	Έλεγχος βέλους
ΣΦ1	1.35G+1.05Q	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ2	1.35G+1.05QA	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ3	1.35G+1.05QB	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ4	1.35G+1.05QC	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ5	1.35G+1.05QD	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ6	1.35G+1.05QE	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ7	1.15G+1.50Q	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ8	1.15G+1.50QA	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ9	1.15G+1.50QB	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ10	1.15G+1.50QC	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ11	1.15G+1.50QD	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ12	1.15G+1.50QE	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ13	1.15G+1.50Q+0.90W[+x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ14	1.15G+1.05Q+1.50W[+x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ15	1.15G+1.05Q+0.90W[+x]+1.50S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ16	1.15G+1.50Q+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ17	1.15G+1.05Q+1.50S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ18	1.00G+1.50W[+x]	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ19	1.35G+1.05Q+0.90W[+x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ20	1.35G+1.05Q+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ21	1.15G+1.50Q+0.90W[+z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ22	1.15G+1.05Q+1.50W[+z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ23	1.15G+1.05Q+0.90W[+z]+1.50S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ24	1.00G+1.50W[+z]	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ25	1.35G+1.05Q+0.90W[+z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ26	1.15G+1.50Q+0.90W[-x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ27	1.15G+1.05Q+1.50W[-x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ28	1.15G+1.05Q+0.90W[-x]+1.50S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ29	1.00G+1.50W[-x]	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ30	1.35G+1.05Q+0.90W[-x]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ31	1.15G+1.50Q+0.90W[-z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ32	1.15G+1.05Q+1.50W[-z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ33	1.15G+1.05Q+0.90W[-z]+1.50S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ34	1.00G+1.50W[-z]	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ35	1.35G+1.05Q+0.90W[-z]+0.75S	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι
ΣΦ36	1.00G+1.00Q	Όχι	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι
ΣΦ37	1.00[G+ψ2xQ]	Όχι	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι

Σεισμικοί συνδυασμοί

A/A	O.K.A. - Συνδυασμοί των σεισμικών δράσεων
ΣΣ1	$1.00 \cdot G + \psi_2 \cdot Q \pm 1.00 \{E[x] + E[z]\}$

Άνεμος

Στο φάκελο «Γενικοί έλεγχοι δομήματος > Φόρτιση ανέμου διεύθ. +X, -X, +Z, -Z» βρίσκουμε τις ζώνες ανεμοπίεσης στους κατακόρυφους τοίχους (A, B, C, D, E) και στην στέγη (F, G, H, I) για καθεμία από τις τέσσερις περιπτώσεις ανεμοπίεσης.

Φορτίο ανέμου [EC1-1-4]

A/A φόρτιση ανέμου: 1	- Διεύθυνση: +X	- Εσωτερική υποπίεση
Βασική ταχύτητα ανέμου V_b	=	27.0 m/s
Κατηγορία ανάγλυφου	:	II
Συντελεστής ροοενογραφίας C_{pe}	=	1.00
Συντελεστής εσωτερικής πίεσης C_{pi}	=	-0.30
Υψόμετρο βάσης για εφαρμογή ανεμοπίεσης	=	0.00 m
Ύψος κτιρίου από τη βάση εφαρμογής ανεμοπίεσης h	=	7.47 m
Διάσταση κτιρίου εγκάρσια στον άνεμο b	=	6.30 m
Διάσταση κτιρίου παράλληλα στον άνεμο d	=	40.00 m
Διάσταση $e = \min(b, 2h)$	=	6.30 m
Ζώνες πλαισίων τοίχων για $e < d$	:	A, B, C
Είδος και γωνία κλίσης στέγης	:	Δίρριχτη 8.5°

Η πίεση ταχύτητας αιχμής δίνεται από την εξ. (4.8), EC1-1-4:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

Για την υψομετρική ζώνη 1 ($z = 6.30$ m), είναι:

$$I_v(6.30 \text{ m}) = 0.207, \quad v_m(6.30 \text{ m}) = 24.81 \text{ m/s}, \quad q_p(6.30 \text{ m}) = 0.94 \text{ kPa}.$$

Για την υψομετρική ζώνη 2 ($z = 7.47$ m), είναι:

$$I_v(7.47 \text{ m}) = 0.200, \quad v_m(7.47 \text{ m}) = 25.69 \text{ m/s}, \quad q_p(7.47 \text{ m}) = 0.99 \text{ kPa}.$$

Ζώνες τοίχων: Διαστάσεις, συντελεστές και πιέσεις

Ζώνη:	A	B	C	D	E
Διάσταση [m]=	1.26	5.04	33.70	6.30	6.30
$C_{pe,10}$ [I]=	-1.20	-0.80	-0.50	0.70	-0.30
C_p [I]=	-0.90	-0.50	-0.20	1.00	0.00
Z=+6.30m:					
W [kPa]=	-0.85	-0.47	-0.19	0.94	0.00
Z=+7.47m:					
W [kPa]=	-0.89	-0.49	-0.20	0.99	0.00

Ζώνες στέγης: Διαστάσεις, συντελεστές και πιέσεις

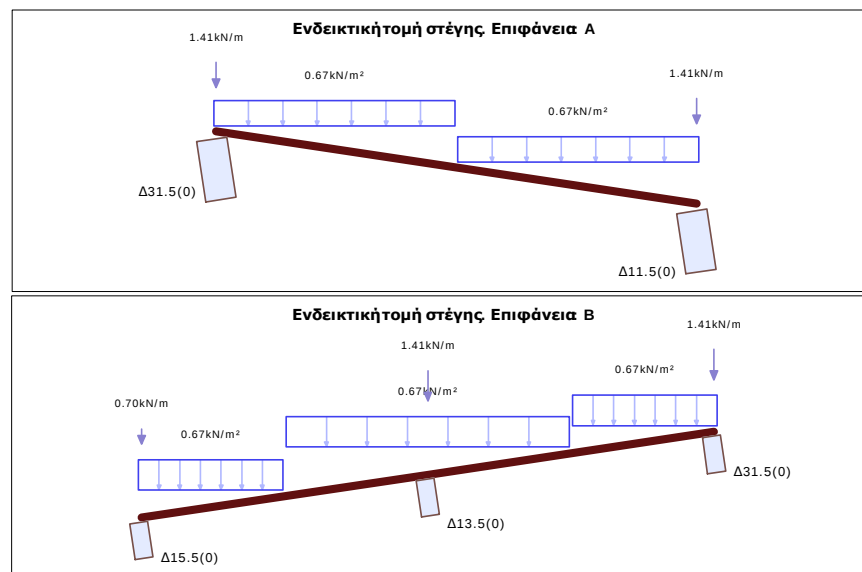
Ζώνη:	F	G	H	I
LX x LZ [m]=	0.63 x 1.57	0.63 x 3.15	2.52 x 6.30	36.85 x 6.30
$C_{pe,10}$ [I]=	-1.49	-1.30	-0.66	-0.56
C_p [I]=	-1.19	-1.00	-0.36	-0.26
Z=+7.47m:				
W [kPa]=	-1.18	-0.99	-0.36	-0.26

Στοιχεία επιφανειών φορτίου χιονιού

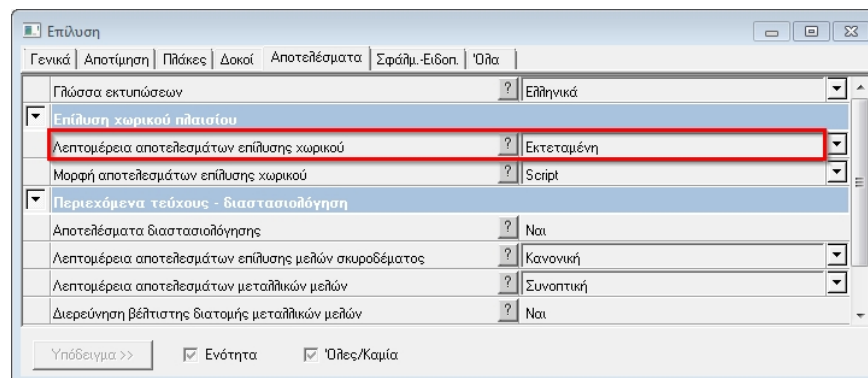
Επιφάνεια	Προβαλλόμενο εμβαδό [m ²]	L [m]	B [m]	Γωνία κλίσης α [°]	Συντελεστής σχήματος μ1(α) [/]	Προβαλλόμενο φορτίο χιονιού s [kN/m ²]
A	126.0	40.00	3.15	8.5	0.80	0.67
B	126.0	40.00	3.15	8.5	0.80	0.67

Σημείωση:

Το φορτίο χιονιού s αναφέρεται σε οριζόντια προβολή της επιφάνειας της στέγης σύμφωνα με τον EC 1-1-3, §5.2(4).



Μετά την επίλυση είναι δυνατή η **επισκόπηση** των κατανεμημένων φορτίων ανέμου και των φορτίων χιονιού όλων των μελών ανά φόρτιση, **στο Τεύχος αποτελεσμάτων**, εάν επιλεγεί «Επίλυση > Αποτελέσματα > Λεπτομέρεια αποτελεσμάτων επίλυσης χωρικού = Εκτεταμένη» (βλ. **Εικόνα 2.30**).



Εικόνα 2.30 Η καρτέλα «Αποτελέσματα» στο παράθυρο παραμέτρων της «Επίλυσης».

Φόρτιση ανέμου

Δεδομένα φορτίων ραβδωτών μελών (από αυτόματο υπολογισμό)

Μέλος [l]	qX(1) [kN/m]	qY(2) [kN/m]	qZ(3) [kN/m]	Σύστημα Αναφοράς [-]
Δ10.1(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ10.2(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ10.3(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ10.5(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ10.7(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ10.8(0)	0.00000E+00	0.61958E-01	0.27264E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.1(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.2(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.3(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.4(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.5(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.6(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
Δ11.7(0)	0.00000E+00	0.12392E+00	0.54529E-02	Τοπικό Σ.Σ.
...	...	...	...	...

Φόρτιση χιονιού

Δεδομένα φορτίων ραβδωτών μελών (από αυτόματο υπολογισμό)

Μέλος [l]	qX(1) [kN/m]	qY(2) [kN/m]	qZ(3) [kN/m]	Σύστημα Αναφοράς [-]
Δ10.1(0)	0.00000E+00	-0.70397E+00	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ10.2(0)	0.00000E+00	-0.70397E+00	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ10.7(0)	0.00000E+00	-0.70397E+00	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ10.8(0)	0.00000E+00	-0.70397E+00	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ11.1(0)	0.00000E+00	-0.14079E+01	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ11.2(0)	0.00000E+00	-0.14079E+01	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ11.4(0)	0.00000E+00	-0.14079E+01	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ11.5(0)	0.00000E+00	-0.14079E+01	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
Δ11.7(0)	0.00000E+00	-0.14079E+01	0.00000E+00	Καθολικό Σ.Σ.
...	...	...	...	...

Εικόνα 2.31: Κατανεμημένα φορτία ανά φόρτιση ανέμου (+X, -X, +Z, -Z) και χιονιού, για όλα τα μέλη.

Αποτελέσματα

Στα **αποτελέσματα**, για κάθε μέλος από δομικό χάλυβα, στο τεύχος μελέτης εκτυπώνεται ένας συνοπτικός πίνακας με τους συντελεστές ασφαλείας για όλους τους βασικούς ελέγχους που διενεργεί το πρόγραμμα:

- Κάμψη με αξονική (K)
- Καμπτικός λυγισμός (ΚΛ)
- Στρεπτοκαμπτικός λυγισμός (ΣΚΛ)

Για κάθε έναν από αυτούς τους ελέγχους, στα αποτελέσματα εκτυπώνονται και οι τρεις όροι ($n = N_{sd} / N_{Rd}$, $m_y = M_{sdy} / M_{Rdy}$, $m_z = M_{sdz} / M_{Rdz}$) της σχέσης αλληλεπίδρασης της διαξονικής κάμψης, προκειμένου ο μελετητής να διαπιστώσει ποιος είναι ο πλέον κρίσιμος για τη συνολική αντοχή του μέλους ($n + m_y + m_z < 1.0$).

Επίσης εκτυπώνονται οι έλεγχοι διάτμησης ($v_y = V_{sdy} / V_{Rdy}$, $v_z = V_{sdz} / V_{Rdz}$) και οι έλεγχοι λειτουργικότητας (βελών).

Ακολουθεί ενδεικτική εκτύπωση ελέγχων μεταλλικού υποστυλώματος.

Δείτε περισσότερα για την επίλυση, τον έλεγχο και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων όλων των μελών στην §1.5 - **Επίλυση και έλεγχος των μελών του φορέα**.

Κ1 [1,Ε], Όροφος 0

Γενικά δεδομένα

Κόμβοι	Αρχή: 1 (-1)	Τέλος: 1 (0)	Μέλος: 1	
Διατομή	HEA300			Υψος = 7,00 [m]
Υλικά	Δομικός χάλυβας - S235			Ελαστικές αντιστάσεις
Κανονισμός	Πλαστικότητα ΚΠΜ		Κύριο Μέλος	Αρχή: Όχι Τέλος: Όχι
Συντελεστής	Ky=1,00	Kz=1,00	α0y=1,00	α0z=1,00
ΣΠΕΜ	X =1,00	Z =1,00		

Εντατικά μεγέθη

Φόρτ [t]	wy [kN/m]	wz [kN/m]	Αρχή My [kNm]	1 (-1) Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Τέλος My [kNm]	1 (0) Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Αξονική N [kN]	max My [kNm]	max Mz [kNm]
G			5,93			-2,44	-11,14			-2,44	-19,90	-11,14	
Q			2,44			-1,00	-4,58			-1,00	-6,08	-4,58	
QA			-0,06			0,08	0,49			0,08	0,76	-0,06	
QB			2,50			-1,08	-5,07			-1,08	-6,84	-5,07	
QC			2,45			-1,01	-4,61			-1,01	-6,11	-4,61	
QD			-0,07			0,08	0,52			0,08	0,78	-0,07	
QE			2,50			-1,08	-5,08			-1,08	-6,84	-5,08	
[G+ψ2xQ]			6,67			-2,74	-12,51			-2,74	-21,72	-12,51	
1.35G+1.05Q			10,57			-4,35	-19,85			-4,35	-33,25	-19,85	
1.35G+1.05QA			7,95			-3,21	-14,52			-3,21	-26,07	-14,52	
1.35G+1.05QB			10,63			-4,43	-20,36			-4,43	-34,05	-20,36	
1.35G+1.05QC			10,58			-4,35	-19,87			-4,35	-33,27	-19,87	
1.35G+1.05QD			7,94			-3,20	-14,49			-3,20	-26,04	-14,49	
1.35G+1.05QE			10,63			-4,43	-20,37			-4,43	-34,05	-20,37	
1.15G+1.50Q			10,47			-4,30	-19,65			-4,30	-31,96	-19,65	
1.15G+1.50QA			6,72			-2,68	-12,04			-2,68	-21,70	-12,04	
1.15G+1.50QB			10,55			-4,42	-20,39			-4,42	-33,10	-20,39	
1.15G+1.50QC			10,48			-4,31	-19,69			-4,31	-31,99	-19,69	
1.15G+1.50QD			6,70			-2,67	-12,00			-2,67	-21,66	-12,00	
1.15G+1.50QE			10,56			-4,42	-20,40			-4,42	-33,10	-20,40	
ΣΣ+x			18,39		0,06	-0,08	-19,44	0,44	-0,06	-5,40	-19,11	-5,59	-0,44
ΣΣ+x			-5,06		-0,06	-5,40	-5,59	-0,44	0,06	-0,08	-24,33	-19,44	
ΣΣ+z			19,68		0,06	0,22	-20,19	0,44	-0,06	-5,70	-19,19	-5,29	-0,44
ΣΣ+z			-6,35		-0,06	-5,70	-4,83	-0,44	0,06	0,22	-24,26	-20,19	
ΣΣ-x			18,39		0,06	-0,08	-19,44	0,44	-0,06	-5,40	-19,11	-5,59	-0,44
ΣΣ-x			-5,06		-0,06	-5,40	-5,59	-0,44	0,06	-0,08	-24,33	-19,44	
ΣΣ-z			19,68		0,06	0,22	-20,19	0,44	-0,06	-5,70	-19,19	-5,29	-0,44
ΣΣ-z			-6,35		-0,06	-5,70	-4,83	-0,44	0,06	0,22	-24,26	-20,19	
W[+x]	0,79	-1,73	9,62		2,76	-7,14	2,14	0,06	-2,74	5,00	2,83	-5,07	4,84
...	...	...											

Αντοχή μέλους σε λυγισμό [EC3-1-1 §6.3.1.1]

Αξονας [t]	Κ.Λ. [t]	a [t]	K*a0*L [m]	λ [t]	λ1 [t]	λ/λ1 [t]	x [t]	Ncr [kN]	NbRd [kN]
y	b	0,34	7,00	54,95	93,91	0,585	0,844	7723,67	2029,64
z	c	0,49	7,00	93,46	93,91	0,995	0,543	2669,02	1304,46

* ==> Όπου L το μήκος για διαστασιολόγηση

Αντοχή διατομής (Ed/Rd < 1)	
$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}, m_y = \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}}, v_y = \frac{V_{yEd}}{V_{yRd}}, m_z = \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}}, v_z = \frac{V_{zEd}}{V_{zRd}}$	$m_{yN} = \frac{M_{yEd}}{M_{yNRd}}, m_{zN} = \frac{M_{zEd}}{M_{zNRd}}$
Κάμψη με Αξονική [EC3 (6.2)]:	
Κάμψη με Αξονική [EC3 (6.41)]:	
Διάτμηση [EC3 (6.17)]:	
Αντοχή των μελών σε λυγισμό	
$n_y = \frac{n}{X_{yT}}, m_{yy} = \frac{k_{yy} \cdot m_y}{X_{yT}}, m_{yz} = k_{yz} \cdot m_z$	$n_z = \frac{n}{X_z}, m_{zy} = \frac{k_{zy} \cdot m_y}{X_{zT}}, m_{zz} = k_{zz} \cdot m_z$
Λυγισμός [EC3 (6.61)]:	
Λυγισμός [EC3 (6.62)]:	

Ελεγχος Ed / Rd

Φόρτ [I]	Θέση [I]	Κατηγορία [I]	n	vy	vz	my	mz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+myy+myz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz
1.35G+1.05Q	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.35G+1.05Q	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,06	0,05
1.35G+1.05QA	1(-1)	1	0,01		0,01	0,03		0,01	0,03	0,04
1.35G+1.05QA	1(0)	1	0,01		0,01	0,05		0,01	0,05	0,03
1.35G+1.05QB	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,05	0,05
1.35G+1.05QB	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,07	0,05
1.35G+1.05QC	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.35G+1.05QC	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,06	0,05
1.35G+1.05QD	1(-1)	1	0,01		0,01	0,03		0,01	0,03	0,04
1.35G+1.05QD	1(0)	1	0,01		0,01	0,05		0,01	0,05	0,03
1.35G+1.05QE	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,05	0,05
1.35G+1.05QE	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,07	0,05
1.15G+1.50Q	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.15G+1.50Q	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,06	0,04
1.15G+1.50QA	1(-1)	1	0,01		0,01	0,02		0,01	0,03	0,03
1.15G+1.50QA	1(0)	1	0,01		0,01	0,04		0,01	0,04	0,03
1.15G+1.50QB	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.15G+1.50QB	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,07	0,05
1.15G+1.50QC	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.15G+1.50QC	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,06	0,04
1.15G+1.50QD	1(-1)	1	0,01		0,01	0,02		0,01	0,03	0,03
1.15G+1.50QD	1(0)	1	0,01		0,01	0,04		0,01	0,04	0,03
1.15G+1.50QE	1(-1)	1	0,02		0,01	0,04		0,02	0,04	0,04
1.15G+1.50QE	1(0)	1	0,01		0,01	0,07		0,01	0,07	0,05
ΣΣ: +x	1(-1)	1	0,01		0,01	0,06		0,01	0,06	0,05
ΣΣ: +x	1(0)	1	0,01		0,01	0,02		0,01	0,02	0,02
ΣΣ: +x	1(-1)	1	0,01		0,01	0,02		0,01	0,03	0,03
...	...	...								

Μέγιστα ελέγχων Ed / Rd

Φόρτ [I]	Θέση [I]	Κατηγορία [I]	n	vy	vz	my	mz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny+myy+myz	EC3 (6.62) nz+mzy+mzz
1.15G+1.05Q+1.50W[-z]+0.75S	0	1	0,01				0,07	0,07	0,06	0,09
1.15G+1.05Q+1.50W[+z]+0.75S	1(-1)	1	0,02		0,03	0,16		0,02	0,14	0,10
1.15G+1.05Q+1.50W[+x]+0.75S	0	1	0,01			0,06	0,05	0,06	0,10	0,10
1.15G+1.05Q+1.50W[-z]+0.75S	1(-1)	1	0,01	0,01	0,03	0,11		0,01	0,11	0,07
1.15G+1.05Q+1.50W[+x]+0.75S	1(-1)	1	0,02		0,03	0,08		0,02	0,08	0,06

Ελάχιστη προτεινόμενη διατομή: HEA160

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

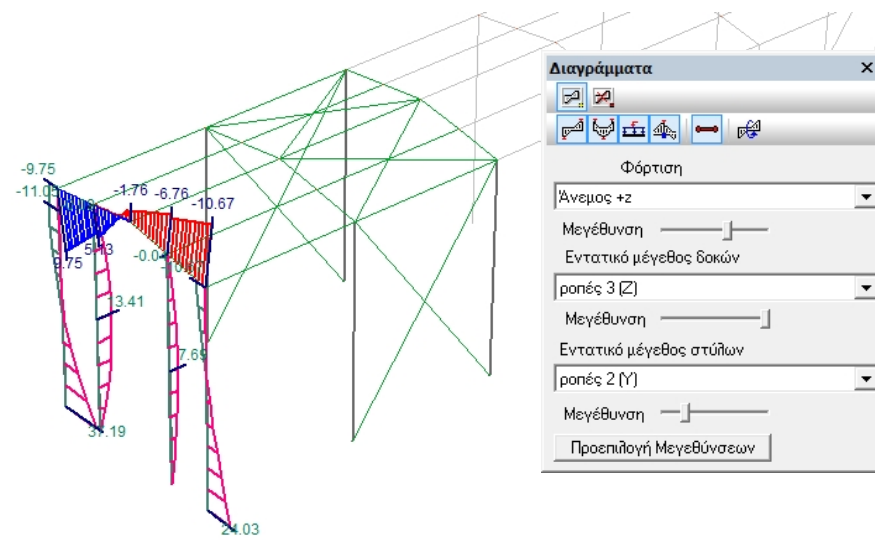
Στο φάκελο «Έλεγχοι μεταλλικών μελών > Συνοπτικοί έλεγχοι μεταλλικών μελών» υπάρχει ο συγκεντρωτικός πίνακας των συντελεστών ασφαλείας όλων των μελών του φορέα (δοκών και υποστυλωμάτων).

Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών δοκών

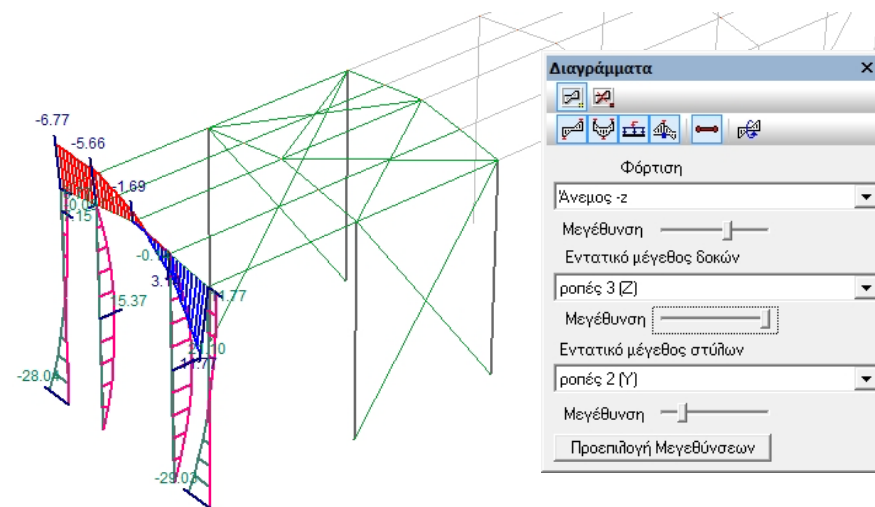
Όνομα	Όροφος [']	Τύπος [']	Διατομή -	Κατηγορία [']	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz	Πρόταση Διατομής
Δ1.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,08	0,01	0,13	0,25	0,21	IRE200
Δ1.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,02		0,10	0,15	0,13	IRE160
Δ1.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,02		0,10	0,15	0,13	IRE160
Δ1.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,07	0,01	0,13	0,21	0,21	IRE180
Δ2.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,13		0,24	0,44	0,26	IRE240
Δ2.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,06	0,01	0,12	0,26	0,19	IRE200
Δ2.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,06	0,01	0,12	0,26	0,18	IRE200
Δ2.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,10		0,14	0,32	0,20	IRE200
Δ3.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,08	0,01	0,15	0,34	0,23	IRE220
Δ3.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05		0,06	0,17	0,11	IRE160
Δ3.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05		0,06	0,18	0,12	IRE160
Δ3.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,07	0,01	0,15	0,27	0,23	IRE200
Δ4.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,12		0,21	0,42	0,23	IRE240
Δ4.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,06	0,01	0,10	0,26	0,15	IRE200
Δ4.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05	0,01	0,10	0,25	0,16	IRE200
Δ4.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,11		0,12	0,32	0,18	IRE200
Δ5.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,10		0,15	0,36	0,20	IRE220
Δ5.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05		0,06	0,19	0,10	IRE160
Δ5.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,04		0,06	0,19	0,10	IRE160
Δ5.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,09		0,14	0,30	0,20	IRE200
Δ6.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,12		0,21	0,42	0,23	IRE240
Δ6.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,06	0,01	0,09	0,26	0,15	IRE200
Δ6.3	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05	0,01	0,09	0,27	0,17	IRE200
Δ6.4	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,11		0,12	0,32	0,18	IRE200
Δ7.1	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,08	0,01	0,15	0,35	0,23	IRE220
Δ7.2	0	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΛΟΣ	IRE300	1	0,05		0,06	0,18	0,10	IRE160
...	...	...								

Πίνακας δυσμενέστερων λόγων ικανότητας μεταλλικών στύλων

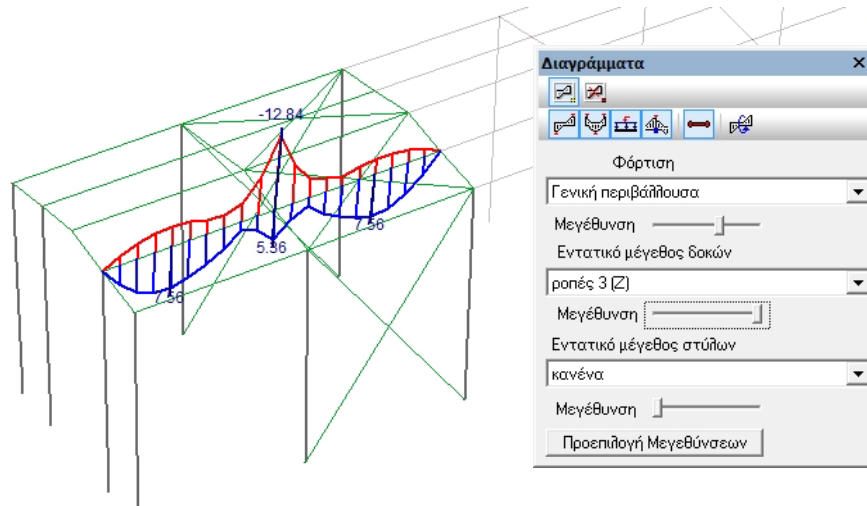
Όνομα	Όροφος [']	Τύπος [']	Διατομή -	Κατηγορία [']	vy	vz	κΔ \ λΔ	EC3 (6.61) ny + myy + myz	EC3 (6.62) nz + mzy + mzz	Πρόταση Διατομής
K1	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1	0,01	0,03	0,07	0,14	0,10	HEA160
K2	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,05	0,06	0,16	0,12	HEA180
K3	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,17	HEA200
K4	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,13	0,35	0,19	HEA220
K5	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,08	0,28	0,15	HEA200
K6	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,14	0,35	0,19	HEA220
K7	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,17	HEA200
K8	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,14	0,35	0,20	HEA220
K9	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,16	HEA200
K10	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,14	0,35	0,19	HEA220
K11	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,17	HEA200
K12	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,14	0,35	0,20	HEA220
K13	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,15	HEA200
K14	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,10	0,02	0,02	0,04	HEA120
K15	0	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ	HEA300	1		0,07	0,09	0,29	0,18	HEA200
...	...	...								



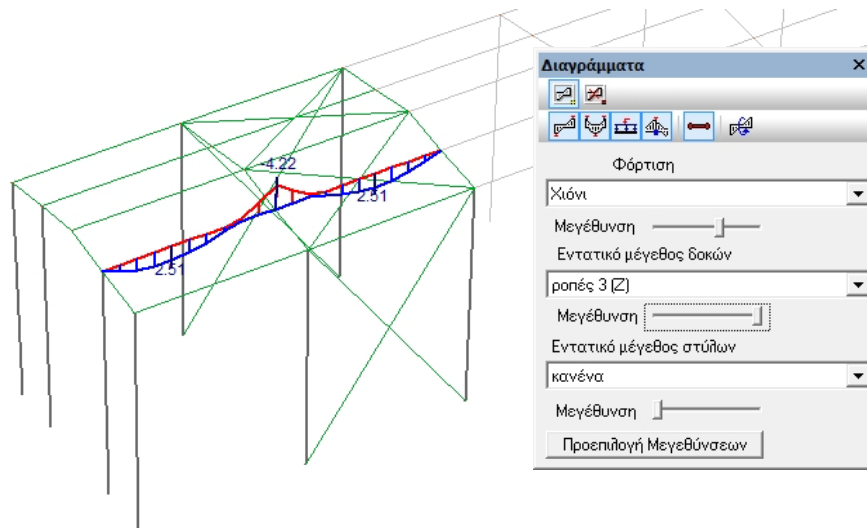
Εικόνα 2.33 Διαγράμματα ροπών κάμψης σε πλαίσιο (Άνεμος +Z)



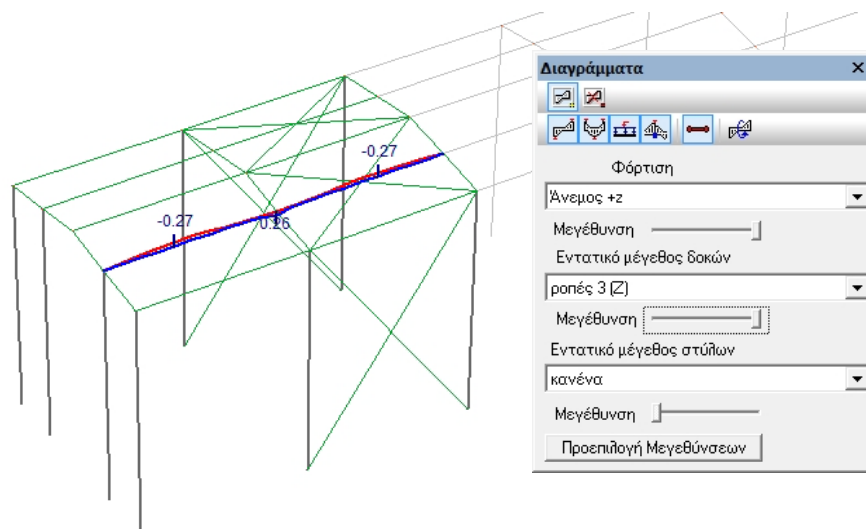
Εικόνα 2.34 Διαγράμματα ροπών κάμψης σε πλαίσιο (Άνεμος -Z)



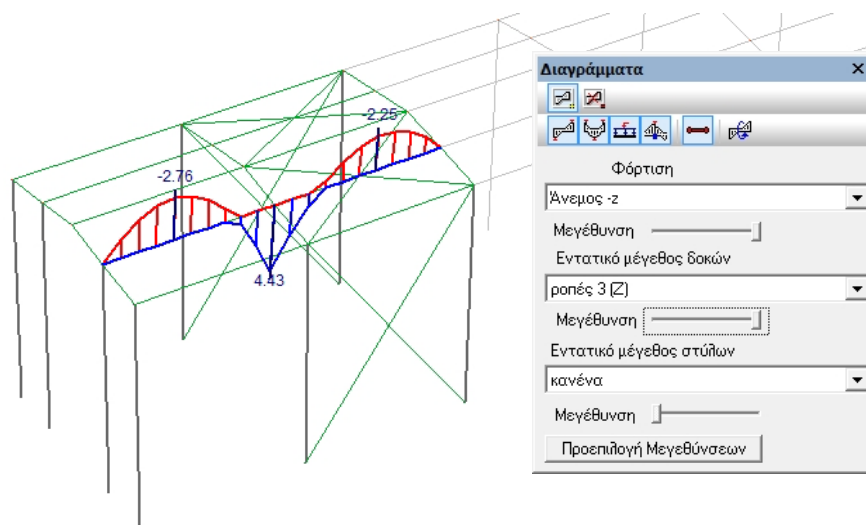
Εικόνα 2.35 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε τεγίδα (περιβάλλουσα)



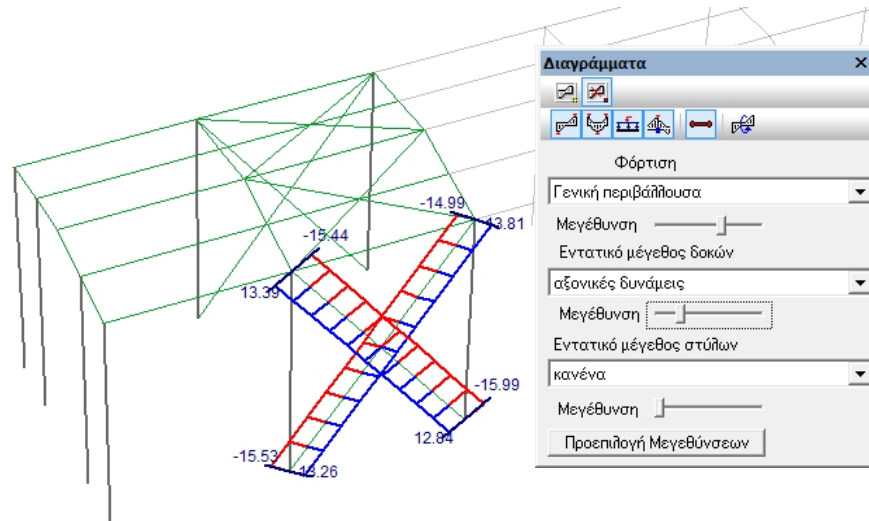
Εικόνα 2.36 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε τεγίδα (χιόνι)



Εικόνα 2.37 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε τεγίδα (Άνεμος +Z)



Εικόνα 2.38 Διάγραμμα ροπών κάμψης σε τεγίδα (Άνεμος -Z)



Εικόνα 2.39 Διαγράμματα αξονικών δυνάμεων σε διαγώνιους συνδέσμους (περιβάλλουσα)

2.8 Ειδικά θέματα - Στέγαστρο με δικτύωμα

Τα στάδια εισαγωγής του μεταλλικού φορέα με δικτύωμα είναι τα εξής:

- I.** Εισαγωγή δικτυώματος σε κάτοψη
- II.** Ανάκλιση του δικτυώματος
- III.** Εισαγωγή υποστυλωμάτων
- IV.** Αντιγραφή πρότυπου πλαισίου
- V.** Εισαγωγή τεγίδων
- VI.** Εισαγωγή οριζόντιων και κατακόρυφων συνδέσμων δυσκαμψίας

Σημείωση

Τα βήματα IV-VI έχουν περιγραφεί αναλυτικά στην §2.1 αυτού του εγχειριδίου.

Βήμα I - Εισαγωγή δικτυώματος

Οδηγός

Στα σημεία τομής των περασιών θα τοποθετηθούν οι λοιποί κόμβοι που απαιτούνται για την εισαγωγή του άνω και του κάτω πέλματος του δικτυώματος.

Εισάγονται οι περασιές στις θέσεις:

- «Περασιά x» : 0, 7.5, 15
- «Περασιά z» : 0, 1, 2
- Κατασκευή

Στην καρτέλα «Λοιπός κόμβος» επιλέγουμε υψόμετρο:

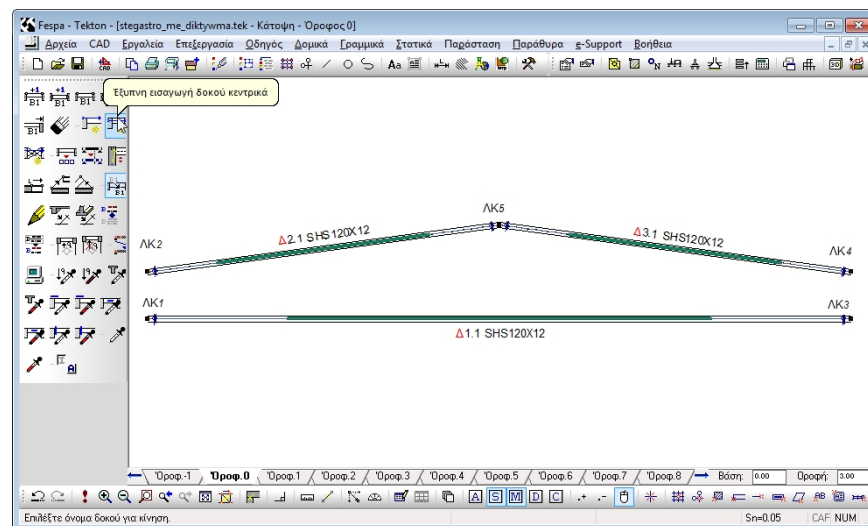
- «Στατικά > Υψόμετρο [m] = 6.00»

Θα τοποθετηθούν 5 λοιποί κόμβοι στις θέσεις αρχής, τέλους και κορυφιά, δηλαδή στις θέσεις (X,Z)=(0,1) (0,2) (7.5,0) (15,1) (15,2).

Εισαγωγή ράβδων δικτυώματος

- «Διατομή > Είδος μέλους = Ράβδος δικτυώματος»
- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = SHS» / «Όνομα διατομής = 120x12»
- «Φορτία» → «Εφαρμογή όλων των δράσεων = Όχι»

Γίνεται εισαγωγή του άνω και κάτω πέλματος του δικτυώματος, δηλαδή της οριζόντιας κάτω ράβδου και των δύο κεκλιμένων άνω ράβδων, με την εντολή «Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».



Εικόνα 2.40 Εισαγωγή άνω και κάτω πέλματος δικτυώματος με την εντολή «Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά».

Οι προεπιλεγμένες παράμετροι στην καρτέλα «Στατικά άκρου» των ράβδων δικτυώματος είναι οι **ελαστικές αρθρώσεις**.

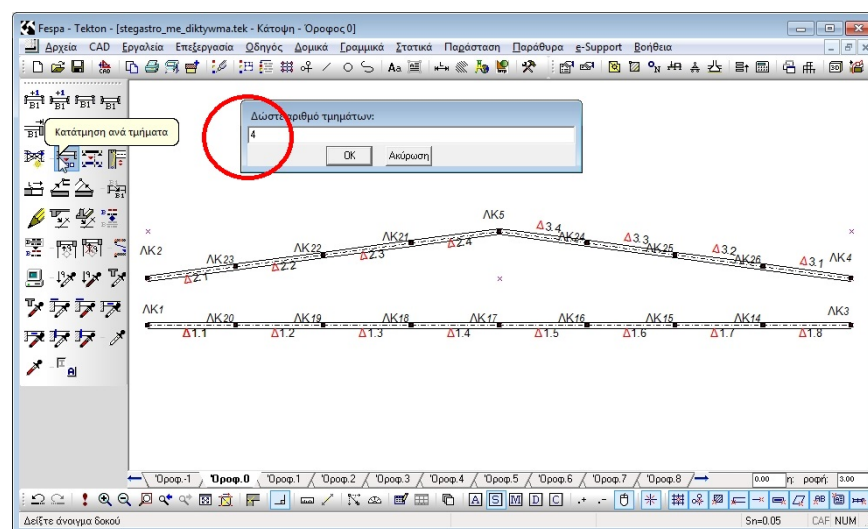
Στα σημεία ένωσης των ράβδων δικτυώματος απαιτείται η εισαγωγή λοιπών κόμβων. Αυτό θα γίνει με χρήση της εντολής **«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα»**.

Για κάθε μια από τις δύο άνω ράβδους του δικτυώματος επιλέγουμε:

- **«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα»** → «Δώστε αριθμό τμημάτων = 4»

Για την κάτω ράβδο του δικτυώματος επιλέγουμε:

- **«Κατάτμηση δοκού ανά τμήματα»** → «Δώστε αριθμό τμημάτων = 8»

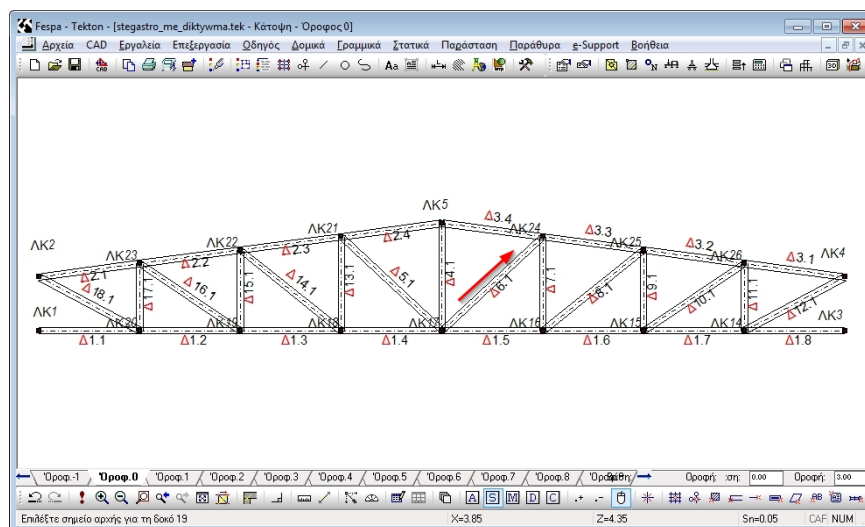


Εικόνα 2.41 Κατάτμηση άνω και κάτω πέλματος, με την εντολή «Κατάτμηση ανά τμήματα» της «Δοκού» για την εισαγωγή διαγώνιων μελών και ορθοστατών.

Εν συνεχεία, εισάγονται τα **διαγώνια μέλη** και οι **ορθοστάτες** στις θέσεις των λοιπών κόμβων που δημιουργήθηκαν από την κατάτμηση, με την εντολή **«Έξυπνη εισαγωγή δοκού κεντρικά»**. Εισάγονται οι ίδιες παράμετροι μέλους με τις ως άνω ράβδους.

Σημείωση

Η εισαγωγή **διαγώνιων μελών** και **ορθοστατών** γίνεται από κάτω προς τα πάνω (φορά κόκκινου βέλους στην Εικόνα 2.42), ώστε κατά την ανάκλιση ο κόμβος αρχής να παραμείνει στον κατώτερο όροφο και ο κόμβος τέλους να μεταφερθεί στον ανώτερο όροφο.



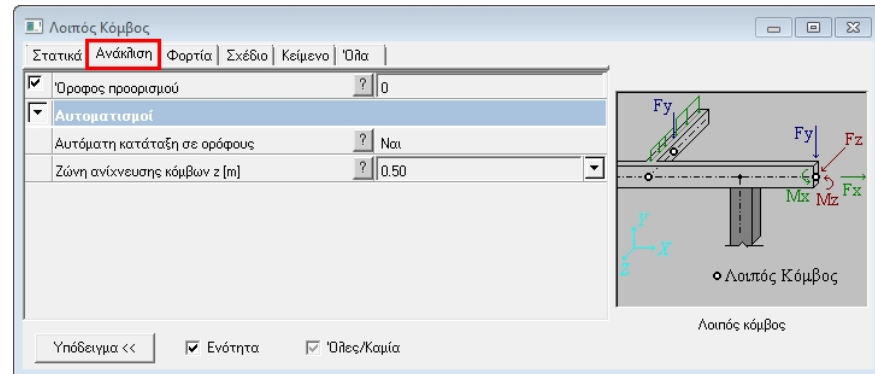
Εικόνα 2.42: Εισαγωγή ράβδων δικτύματος σε κάτοψη - **Κόμβος αρχής:** ο (κάτω) κόμβος στο κάτω πέλμα, **Κόμβος τέλους:** ο (άνω) κόμβος στο άνω πέλμα

Βήμα II - Ανάκλιση δικτύματος

Ορίζουμε ως όροφο προορισμού των άνω λοιπών κόμβων του δικτύματος, τον 1^ο όροφο. Αυτό πραγματοποιείται από τις παραμέτρους του **λοιπού κόμβου** .

- «Ανάκλιση > Όροφος προορισμού = 0»
- «Ανάκλιση > Αυτόματη κατάταξη σε ορόφους = Ναι»
- «Ανάκλιση > Ζώνη ανίχνευσης κόμβων ζ [m] = 0.50»

Η ζώνη ανίχνευσης κόμβων καθορίζει το εύρος ζ, εδώ ζ=0.50 m, εντός του οποίου οι λοιποί κόμβοι κατατάσσονται στον τρέχοντα όροφο.

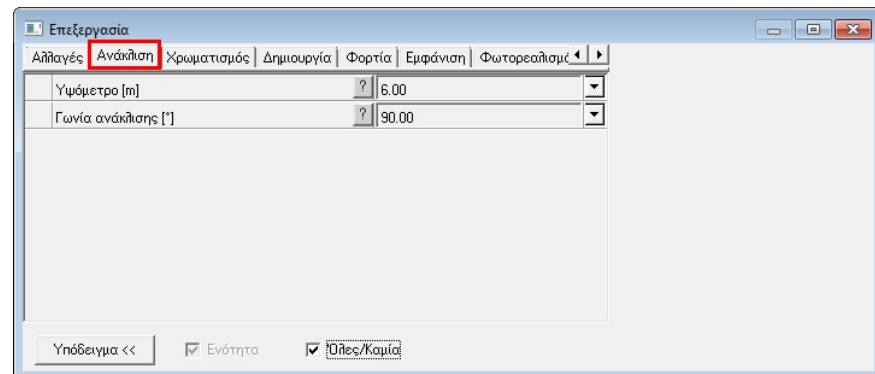


Εικόνα 2.43: Η καρτέλα «Ανάκλιση» του «Λοιπού κόμβου».

Σημείωση

Εναλλακτικά, μπορούμε να ορίσουμε χειροκίνητα τον όροφο προορισμού επιλέγοντας **Όχι** στην «αυτόματη κατάταξη σε ορόφους» και τον επιθυμητό όροφο, π.χ. **1**, στον «όροφο προορισμού».

- Εν συνεχεία, μεταβαίνουμε στην «Επεξεργασία»  για την πραγματοποίηση της ανάκλισης. Αρχικά επιλέγουμε τις παραμέτρους:
- «Ανάκλιση > Υψόμετρο [m]= 6.00»
- «Ανάκλιση > Γωνία ανάκλισης [°]= 90.00»

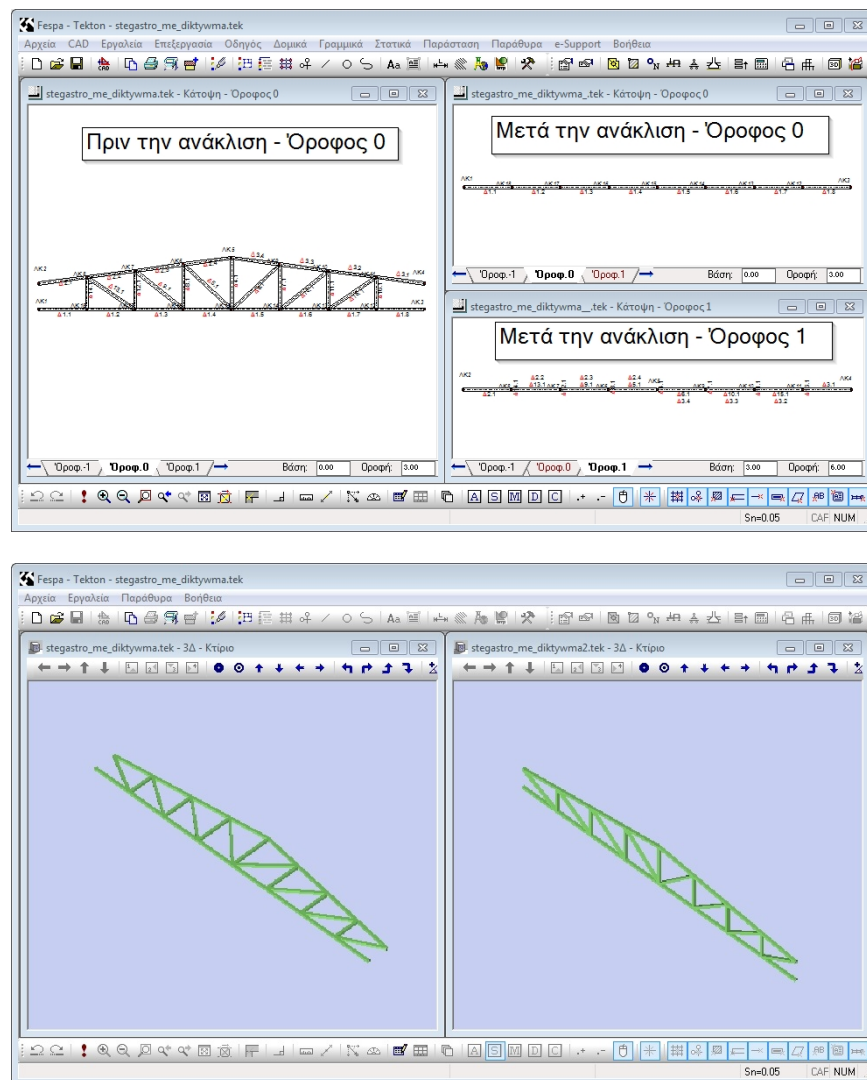


Εικόνα 2.44: Καθορισμός παραμέτρων που αφορούν την ανάκλιση του δικτύωματος στην καρτέλα «Επεξεργασία > Ανάκλιση».

Προσοχή:

Το **υψόμετρο** στην καρτέλα «Ανάκλιση» στην «Επεξεργασία» πρέπει να ταυτίζεται με το υψόμετρο των λοιπών κόμβων που θα παραμείνουν στον τρέχοντα όροφο.

- Επιλέγουμε όλα τα στοιχεία της κάτοψης μέσω της εντολής «+ Όλα από διαφανή» 
- Ορίζουμε τον άξονα ανάκλισης με την εντολή «Άξονας ανάκλισης»  από τον κάτω αριστερά έως τον κάτω δεξιά λοιπό κόμβο.
- Δίνουμε την εντολή «Ανάκλιση» .



Εικόνα 2.45 Όροφοι 0 και 1 πριν και μετά την ανάκλιση

Βήμα III – Εισαγωγή υποστυλωμάτων

Η εισαγωγή των υποστυλωμάτων στα άκρα του δικτυώματος θα γίνει με την εντολή «Προσθήκη φυτευτού», εξαιτίας της ύπαρξης των λοιπών κόμβων σε αυτές τις θέσεις. Η εισαγωγή τους γίνεται αρχικά στους ακραίους κόμβους (ΛΚ1, ΛΚ3) του ορόφου 0 και εν συνεχεία στους αντίστοιχους κόμβους του ορόφου 1 (ΛΚ2, ΛΚ4).

Χρησιμοποιούνται οι εξής παράμετροι:

- «Διατομή > Είδος Υλικού = Δομικός Χάλυβας»
- «Διατομή > Κατηγορία διατομής = **HEB**»
- «Διατομή > Όνομα διατομής = **220**»
- «Διατομή > Γωνία τοποθέτησης = **90.00°**»

Σημείωση

Ως φυτευτό υποστύλωμα εισάγεται υποστύλωμα του οποίου ο κόμβος αρχής και ο κόμβος τέλους έχουν περιγραφεί ήδη, ως λοιποί κόμβοι, με ίδιες συντεταγμένες x και z, σε διαδοχικούς ορόφους. Το φυτευτό υποστύλωμα ορίζεται στον υπερκείμενο όροφο, κατευθύνεται δηλαδή από πάνω προς τα κάτω.