

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ



150

Παράδειγμα υπολογισμού σύνδεσης
κοιλοδοκών & θεωρητικά στοιχεία



FESPA 17

Πρόγραμμα ελέγχου μεταλλικών συνδέσεων

*Παράδειγμα υπολογισμού σύνδεσης κοιλοδοκού
&
θεωρητικά στοιχεία*



Αθήνα, Απρίλιος 2017

Version 3.0.23

Περιεχόμενα

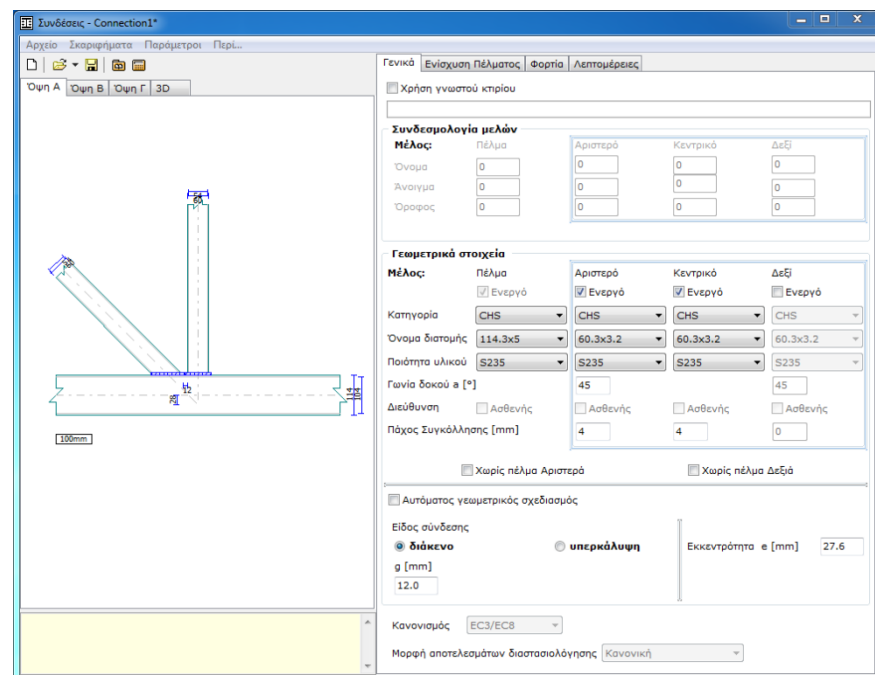
1	Θεωρητικά στοιχεία.....	3
1.1	Ορισμός της σύνδεσης.....	3
1.2	Παράμετροι	5
1.2.1	Γενικά	5
1.2.2	Ενίσχυση Πέλματος	7
1.2.3	Φορτία	8
1.3	Έλεγχοι επάρκειας κόμβου για τη σύνδεση	10
1.3.1	Έλεγχοι πλήρωσης γεωμετρικών ορίων του κανονισμού (EN1993-1-8:2005, κεφάλαιο 7).....	10
1.3.2	Γεωμετρικά στοιχεία σύνδεσης	14
1.3.3	Εντατικά μεγέθη μελών για κάθε φόρτιση του κτιρίου.....	14
1.3.4	Έλεγχοι αντοχής.....	15
1.4	Αντιμετώπιση προβλημάτων	19
1.4.1	Προβλήματα στα όρια εφαρμογής του κανονισμού	19
1.4.2	Προβλήματα στους ελέγχους αντοχής	20
2	Παράδειγμα εφαρμογής.....	21

1

Θεωρητικά στοιχεία

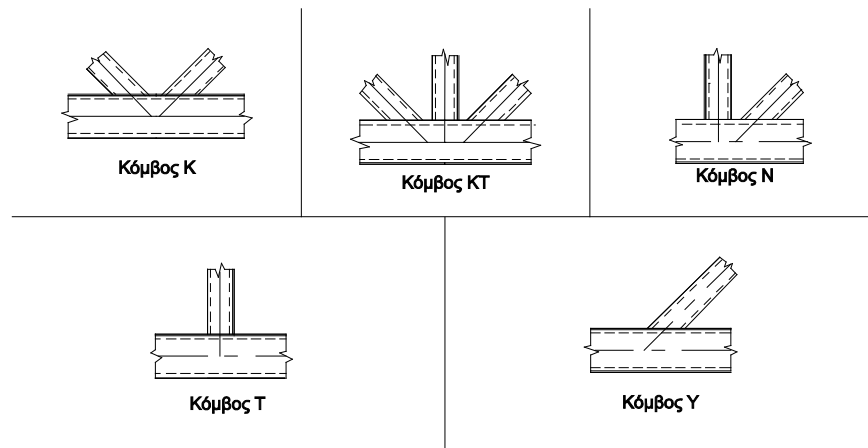
1.1 Ορισμός της σύνδεσης

Πρόκειται για τη συγκολλητή σύνδεση κοιλοδοκών δικτυώματος. Υποστηρίζονται οι εξής κόμβοι, στη βάση των διαγωνίων μελών που συντρέχουν σε αυτούς, βάσει του κανονισμού Ευρωκώδικα 3 / EN 1993-1-8, κεφάλαιο 7, σχήμα 7.1.



Εικόνα 1.1 Ορισμός της σύνδεσης κοιλοδοκών στην καρτέλα «Γενικά».

- ο κόμβος K, με δύο πλευρικά διαγώνια μέλη,
- ο κόμβος KT με τρία διαγώνια μέλη,
- ο κόμβος N με κεντρικό και ένα πλευρικό διαγώνιο μέλος,
- ο κόμβος T, με μόνο το κεντρικό διαγώνιο μέλος,
- ο κόμβος Y, με μόνο ένα πλευρικό διαγώνιο μέλος.



Σχήμα 1.1 Διαθέσιμοι τύποι συνδέσεων κοιλοδοκών δικτύωματος στο πρόγραμμα υπολογισμού συνδέσεων

1.2 Παράμετροι

1.2.1 Γενικά

1.2.1.1 Στοιχεία και βασική γεωμετρία μελών κόμβου

Γενικά				Ενίσχυση Πέλματος	Φορτία	Λεπτομέρειες
☐ Χρήση γνωστού κτιρίου						
Συνδεσμολογία μελών						
Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί		
Όνομα	0	0	0	0		
Άνοιγμα	0	0	0	0		
Όροφος	0	0	0	0		
Γεωμετρικά στοιχεία						
Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί		
	☒ Ενεργό	☒ Ενεργό	☒ Ενεργό	☐ Ενεργό		
Κατηγορία	CHS	CHS	CHS	CHS		
Όνομα διατομής	114.3x5	60.3x3.2	60.3x3.2	60.3x3.2		
Ποιότητα υλικού	S235	S235	S235	S235		
Γωνία δοκού α [°]		45		45		
Διεύθυνση	☐ Ασθενής	☐ Ασθενής	☐ Ασθενής	☐ Ασθενής		
Πάχος Συγκόλλησης [mm]		4	4	0		
		☐ Χωρίς πέλμα Αριστερά		☐ Χωρίς πέλμα Δεξιά		

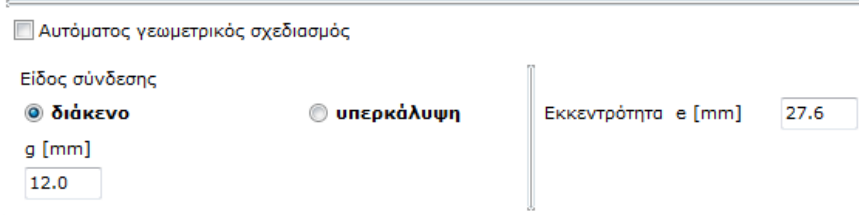
Εικόνα 1.2 «Συνδεσμολογία μελών» και «Γεωμετρικά στοιχεία» στην καρτέλα «Γενικά» στην περίπτωση σύνδεσης κοιλοδοκών.

Η μορφή της συνδεσμολογίας ορίζεται επιλέγοντας ποια από τα διαγώνια μέλη υφίστανται σε κάθε σύνδεση, το αριστερό, το κεντρικό και το δεξί, καθώς και τη γωνία που σχηματίζουν με το πέλμα τα πλευρικά διαγώνια μέλη. Επίσης ορίζονται και τα πάχη της συγκόλλησης, για τα οποία το πρόγραμμα επιλέγει μια αρχική τιμή αναλόγως την επιλεγμένη διατομή. Στις ορθογωνικές διατομές υπάρχει και η δυνατότητα να τοποθετηθούν στην ασθενή διεύθυνση. Για σχεδιαστικούς λόγους

επιτρέπεται και η αποκοπή του πέλματος της σύνδεσης στο αριστερό ή το δεξί άκρο.

Εάν τα δεδομένα εισάγονται από γνωστό αρχείο, ακολουθείται η αντίστοιχη διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 1.2.3 του εγχειριδίου Syndeseis.pdf.

1.2.1.2 Τύπος σύνδεσης κοιλοδοκών



☐ Αυτόματος γεωμετρικός σχεδιασμός

Είδος σύνδεσης

☒ διάκενο ☐ υπερκάλυψη

g [mm] 12.0

Εκκεντρότητα e [mm] 27.6

Εικόνα 1.3 Ορισμός είδους σύνδεσης κοιλοδοκών και γεωμετρικών αποστάσεων στην καρτέλα «Γενικά» στην περίπτωση σύνδεσης κοιλοδοκών.

Εάν επιλεγεί ο «Αυτόματος γεωμετρικός σχεδιασμός», το πρόγραμμα υπολογίζει τη βέλτιστη συνδεσμολογία με δεδομένες τις διατομές και τις γωνίες των πλευρικών διαγώνιων μελών, εάν αυτά υπάρχουν, εκκινώντας από τη μηδενική εκκεντρότητα, και επιχειρώντας να καλύψει όλους τους περιορισμούς του κανονισμού.

Εάν δεν έχει επιλεγεί ο «Αυτόματος γεωμετρικός σχεδιασμός», ο χρήστης καθορίζει εάν η σύνδεση θα είναι σύνδεση «με διάκενο» ή «με υπερκάλυψη». Στη συνέχεια μπορεί να επιλέξει είτε τις αποστάσεις μεταξύ των διαγώνιων μελών (διάκενου ή υπερκάλυψης) είτε τις εκκεντρότητες, με τη μία παράμετρο να επηρεάζει την άλλη και αντίστροφα. Το ίδιο ισχύει και για τις παραμέτρους των κόμβων ΚΤ, στους οποίους συντρέχουν και τα τρία πιθανά διαγώνια μέλη.

1.2.2 Ενίσχυση Πέλματος

Γενικά

Ενίσχυση Πέλματος

Φορτία

Λεπτομέρειες

Στοιχεία Ενίσχυσης

☒ Ενίσχυση
☒ Αυτόματος υπολογισμός

bp [mm] 47.4

lp [mm] 236.4

tp [mm] 6.4

s [mm] 4.4

Ποιότητα υλικού

S235

Στοιχεία Πλευρικής Ενίσχυσης

☒ Πλευρική Ενίσχυση
☒ Αυτόματος υπολογισμός

bp [mm] 120.0

lp [mm] 236.4

tp [mm] 6.3

s [mm] 4.4

Ποιότητα υλικού

S235

Εικόνα 1.4 Η καρτέλα «Ενίσχυση Πέλματος» της σύνδεσης κοιλοδοκών.

Στην καρτέλα «Ενίσχυση Πέλματος» ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εάν θα υπάρχει ή όχι ενίσχυση ή/και πλευρική ενίσχυση του μέλους που αποτελεί το πέλμα της σύνδεσης.

- Το b_p αναφέρεται στο πλάτος της ενίσχυσης
- Το l_p αναφέρεται στο μήκος της ενίσχυσης
- Το t_p αναφέρεται στο πάχος της ενίσχυσης
- Το s αναφέρεται στο πάχος συγκόλλησης της ενίσχυσης με το πέλμα

Η ποιότητα υλικού καθορίζεται αυτόματα να είναι ίδια με την ποιότητα υλικού της διατομής του πέλματος. Εάν επιλεγεί ο «Αυτόματος υπολογισμός», τότε τα παραπάνω στοιχεία καθορίζονται στη βάση του κανονισμού.

1.2.3 Φορτία

1.2.3.1 Χωρίς χρήση γνωστού κτιρίου

Με ένα διαγώνιο μέλος

Γενικά	Ενίσχυση Πέλματος	Φορτία	Λεπτομέρειες	
Εισαγωγή Φορτίσεων				
Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί
Αξονική (kN)	0.00	0.00	0.00	0.00
Ροπή (kN/m2)		0		
Τέμνουσα (kN)		0		

Εικόνα 1.5 Η καρτέλα «Φορτία» της σύνδεσης κοιλοδοκών, χωρίς χρήση γνωστού κτιρίου, με ένα μόνο διαγώνιο μέλος.

Με περισσότερα διαγώνια μέλη

Γενικά	Ενίσχυση Πέλματος	Φορτία	Λεπτομέρειες	
Εισαγωγή Φορτίσεων				
Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί
Αξονική (kN)	0.00	0.00	0.00	0.00

Εικόνα 1.6 Η καρτέλα «Φορτία» της σύνδεσης κοιλοδοκών, χωρίς χρήση γνωστού κτιρίου, με περισσότερα διαγώνια μέλη.

Στην περίπτωση που δεν έχει εισαχθεί γνωστό κτίριο από αρχείο *.tek, πρέπει να συμπληρωθούν οι τιμές των φορτίων που ασκούνται στις διατομές, στην αντίστοιχη καρτέλα. Εάν υπάρχει μόνο ένα διαγώνιο μέλος, τότε υποστηρίζεται και ο έλεγχός του σε κάμψη με δοσμένη ροπή και τέμνουσα δύναμη. Επισημαίνεται ότι οι δυνάμεις που ασκούνται συνολικά στον κόμβο πρέπει να ισορροπούν.

1.2.3.2 Με χρήση γνωστού κτιρίου

Γενικά Ενίσχυση Πέλματος Φορτία Λεπτομέρειες

Φορτία από γνωστό αρχείο

Πέλμα - Εντατικά μεγέθη κόμβου τέλους: Δ1.4 (0)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
1	12.5	-0.1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	16.8	-0.2	0.0	0.0	0.0
4	33.6	-0.1	-0.1	-0.3	0.0
5	-8.7	-0.1	0.1	0.3	0.0

Αριστερό Μέλος - Εντατικά μεγέθη κόμβου τέλους: Δ16.1 (0)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
1	-3.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-4.4	-0.2	0.0	0.0	0.0
4	-1.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0
5	-5.4	-0.1	0.0	0.1	0.0

Κεντρικό Μέλος - Εντατικά μεγέθη κόμβου αρχής: Δ6.1 (0)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
4	7.8	0.0	0.0	0.1	0.0
5	2.3	0.0	0.0	-0.1	0.0

Δεξί Μέλος - Εντατικά μεγέθη κόμβου αρχής: Δ17.1 (0)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
1	-3.2	0.1	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	-4.3	0.2	0.0	0.0	0.0
4	-1.5	0.1	0.0	0.1	0.0
5	-4.8	0.1	0.0	-0.1	0.0

Εικόνα 1.7 Η καρτέλα «Φορτία» της σύνδεσης κοιλοδοκών, με χρήση γνωστού κτιρίου.

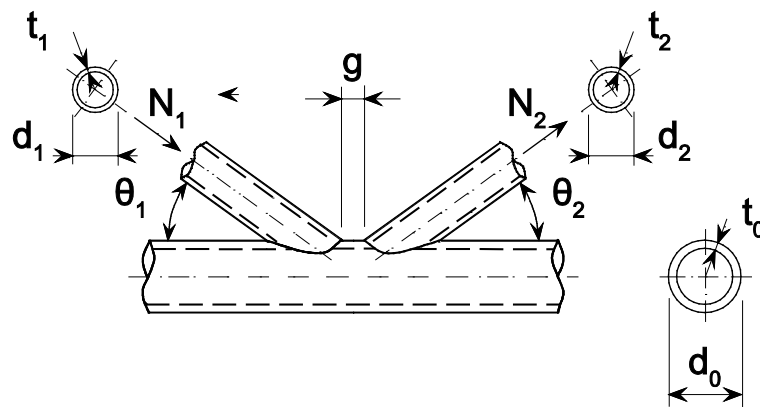
1.3 Έλεγχοι επάρκειας κόμβου για τη σύνδεση

1.3.1 Έλεγχοι πλήρωσης γεωμετρικών ορίων του κανονισμού (EN1993-1-8:2005, κεφάλαιο 7)

Οι έλεγχοι αυτοί εμφανίζονται ως μηνύματα στο πλαίσιο κάτω από το σχέδιο της διατομής. Επιλέγοντας επίλυση του κόμβου, εμφανίζονται και ως άμεσα μηνύματα προς τον χρήστη. Ορισμένοι από τους ελέγχους είναι αυστηροί, δηλαδή δεν επιτρέπεται στον χρήστη να προχωρήσει στην επίλυση εάν δεν πληρούνται, ενώ σε άλλους υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να επιλέξει εάν θα προχωρήσει ή όχι στην επίλυση.

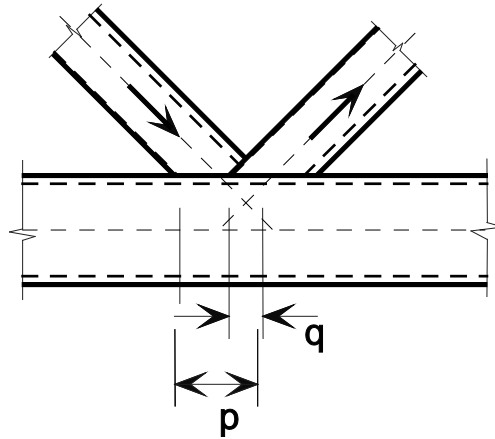
1.3.1.1 Γενικά όρια διατομών και γεωμετρίας

Το ονομαστικό πάχος των τοιχωμάτων των κοιλοδοκών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2.5mm και μεγαλύτερο από 25mm. [§7.1.1.(5)-(6)].



Σχήμα 1.2 Σχεδιάγραμμα σύνδεσης κοιλοδοκών κόμβου K με διάκενο.

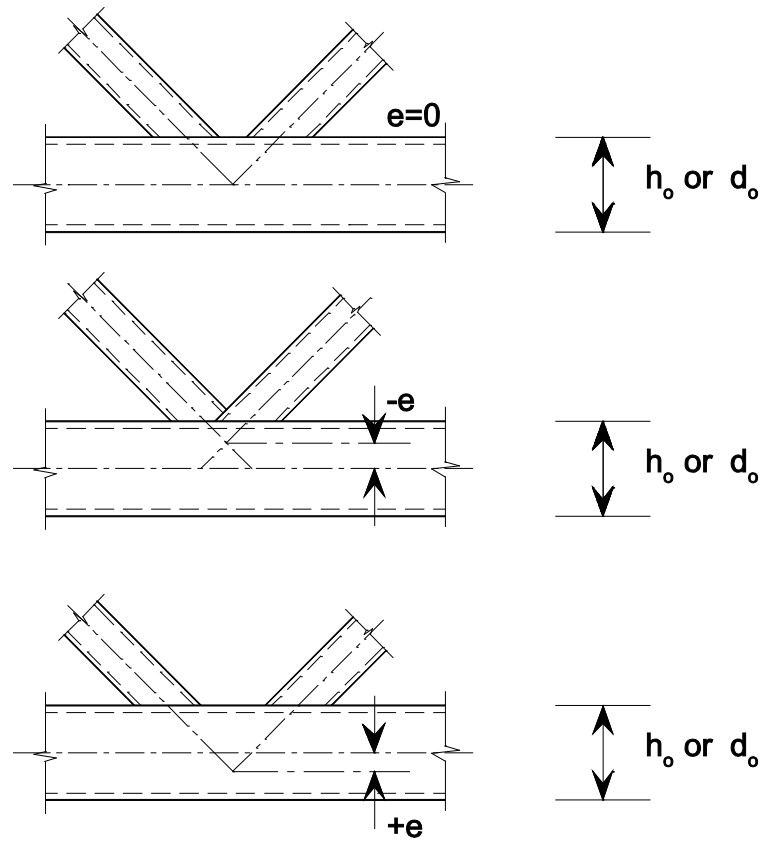
- Οι γωνίες θ_i μεταξύ πελμάτων και διαγωνίων και μεταξύ γειτονικών διαγωνίων πρέπει να ικανοποιούν τον περιορισμό $\theta_i \geq 30^\circ$ [§7.1.2.(3)]
- Εάν το πέλμα είναι τύπου CHS, τότε και τα διαγώνια μέλη πρέπει να είναι τύπου CHS
- Σε κόμβους με διάκενο, αυτό πρέπει να είναι μεγαλύτερο του αθροίσματος του πάχους των αντίστοιχων διατομών που το σχηματίζουν $g \geq t_1 + t_2$ [§7.1.2.(5)].



Σχήμα 1.3 Σχεδιάγραμμα σύνδεσης κοιλοδοκών κόμβου K με υπερκάλυψη.

Η υπερκάλυψη λον προκύπτει από τη σχέση $\lambda_{ov} = \left(\frac{q}{p}\right) * 100\%$

- Σε κόμβους με υπερκάλυψη, αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 25% [§7.1.2.(6)] και το πολύ 100%.
- Επίσης, στους κόμβους με υπερκάλυψη, το πρόγραμμα καθορίζει το υπερκαλύπτον μέλος στη βάση των εξής δεδομένων [§7.1.2.(7)-(8)].
 - Το στενότερο μέλος πρέπει να υπερκαλύπτει το άλλο.
 - Εάν έχουν διαφορετικά πάχη και ποιότητες, το μέλος με το μικρότερο γινόμενο $t_i f_i$, πρέπει να υπερκαλύπτει το άλλο μέλος.
- Για να μη λαμβάνονται υπόψη οι ροπές λόγω εκκεντροτήτων, θα πρέπει οι τυχόν εκκεντρότητες να πληρούν τη συνθήκη $-0,55 d_0 \leq e \leq 0,25 d_0$ (§5.1.5).



Σχήμα 1.4 Απεικόνιση μηδενικής, αρνητικής και θετικής εκκεντρότητας.

1.3.1.2 Όρια ισχύος για συγκολλητούς κόμβους μεταξύ διαγωνίων CHS και πελμάτων CHS (§7.4.1, Πίνακας 7.1)

0,2	≤	d_i/d_0	≤	1,0
Κατηγορία 2	και	10	≤	d_0/t_0 ≤ 50
Κατηγορία 2	και	10	≤	d_i / t_i ≤ 50

Πίνακας 1.1: Όρια ισχύος για συγκολλητούς κόμβους μεταξύ διαγωνίων CHS και πελμάτων CHS.

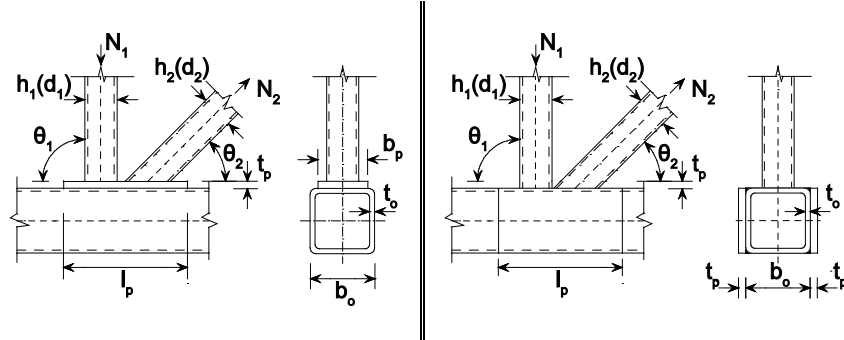
1.3.1.3 Όρια ισχύος για συγκολλητούς κόμβους μεταξύ διαγωνίων CHS ή RHS και πελμάτων RHS (§7.5.1, Πίνακας 7.8)

Τύπος κόμβου	Παράμετροι κόμβου [$i = 1 \text{ ή } 2, j = \text{καλυπτόμενη διαγώνιος}$]					
	b_i/b_0 ή d_i/b_0	b_i/t_i και h_i/t_i ή d_i/t_i Θλίψη	Εφελ- κυσμός	h_0/b_0 και h_i/b_i	b_0/t_0 και h_0/t_0	Διάκενο ή υπερκάλυψη b_i/b_j
T ή Y	$b_i/b_0 \geq 0,25$	$b_i/t_i \leq 35$ και $h_i/t_i \leq 35$			≤ 35 και Κατη- γορία 2	—
K με διάκενο N με διάκενο	$b_i/b_0 \geq 0,35$ και $\geq 0,1 + 0,01 b_0/t_0$	και Κατη- γορία 2	$b_i/t_i \leq 35$ και $h_i/t_i \leq 35$	$\geq 0,5$ αλλά $\leq 2,0$	≤ 35 και Κατη- γορία 2	$g/b_0 \geq 0,5(1-\beta)$ αλλά $\leq 1,5(1-\beta)^{1)}$ και ως ελάχι- στο $g \geq t_1 + t_2$
K με υ- περκά- λυση N με υ- περκά- λυση	$b_i/b_0 \geq 0,25$	Κατη- γορία 1			Κατη- γορία 2	$\lambda_{ov} \geq 25\%$ αλλά $\lambda_{ov} \leq 100\%^{2)}$ και $b_i/b_j \geq 0,75$
Κυ- κλικό διαγώ- νιο μέ- λος	$d_i/b_0 \geq 0,4$ αλλά $\leq 0,8$	Κατη- γορία 1	$d_i/t_i \leq 50$	Ως άνω αλλά με d_i στη θέση του b_i και d_j στη θέση του b_j .		

1) Αν $g/b_0 > 1,5(1-\beta)$ και $g/b_0 > t_1 + t_2$ ο κόμβος αντιμετωπίζεται ως δύο διακριτοί κόμβοι T ή Y.
2) Η υπερκάλυψη μπορεί να αυξηθεί ώστε να επιτρέψει τη συγκόλληση του άκρου του καλυπτόμενου μέλους στο πέλμα

Πίνακας 1.2: Όρια ισχύος για συγκολλητούς κόμβους μεταξύ διαγωνίων CHS ή RHS και πελμάτων RHS.

1.3.1.4 Έλεγχοι ενίσχυσης πέλματος με ελάσματα (EN 1993-1-8 :2005, κεφάλαιο 7, §7.5.2.2, Πίνακας 7.18)



Σχήμα 1.5: Οι υποστηριζόμενες ενισχύσεις πέλματος.

Ο πρώτος έλεγχος είναι κοινός για τις 2 μορφές ενίσχυσης του πέλματος, άνω και με πλευρικά ελάσματα

- $$l_p \geq 1.5 \left(\frac{h_1}{\sin \theta_1} + g + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right)$$

Οι επόμενοι δύο έλεγχοι εφαρμόζονται μόνο για την άνω ενίσχυση πέλματος

- $$b_p \geq b_0 - 2t_0$$
- $$t_p \geq t_1 \text{ και } t_p \geq t_2$$

Ο χρήστης ορίζει το την μορφή της συνδεσμολογίας επιλέγοντας ποια από τα διαγώνια μέλη υφίστανται.

1.3.2 Γεωμετρικά στοιχεία σύνδεσης

Στο 2^ο κεφάλαιο του Τεύχους μελέτης εκτυπώνονται τα αναλυτικά γεωμετρικά δεδομένα της σύνδεσης και ειδικότερα, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών που τη συναπαρτίζουν, καθώς και οι αποστάσεις και οι εκκεντρότητες που καθορίζουν τη συνολική γεωμετρία του κόμβου.

1.3.3 Εντατικά μεγέθη μελών για κάθε φόρτιση του κτιρίου

Όταν υπάρχει γνωστό κτίριο, η επίλυσή του δίνει τα εντατικά μεγέθη για κάθε φόρτιση, για τα μέλη που συγκλίνουν στον κόμβο. Αυτά χρησιμοποιούνται αυτόματα και εκτυπώνονται στο 3^ο κεφάλαιο του τεύχους μελέτης.

3. Εντατικά μεγέθη μελών

3.2 Δ16.1.(0) (Κόμβος Τέλους)

Φόρτιση [/]	Nd [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-3,26	-0,12	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	-4,40	-0,16	0,00	0,00	0,00
4	-1,12	-0,12	-0,02	-0,12	0,00
5	-5,40	-0,12	0,02	0,12	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	-3,26	-0,12	0,00	0,00	0,00

Εικόνα 1.8 Πίνακας εντατικών μεγεθών στο τοπικό σύστημα του μέλους (αξονική δύναμη Nd, τέμνουσα ανά διεύθυνση: Vy, Vz, και ροπής κάμψης ανά διεύθυνση: My, Mz) για κάθε φόρτιση του κτιρίου

1.3.4 Έλεγχοι αντοχής

Τα αποτελέσματα των ελέγχων αντοχής εμφανίζονται στη μάσκα επίλυσης της σύνδεσης κοιλοδοκών, καθώς και στο κεφάλαιο 4 του τεύχους μελέτης που προκύπτει από την επίλυση. Οι έλεγχοι βασίζονται στους πίνακες του κεφαλαίου 7 «Κόμβοι κοιλοδοκών» του EN 1993-1-8 :2005 και ειδικότερα στους πίνακες:

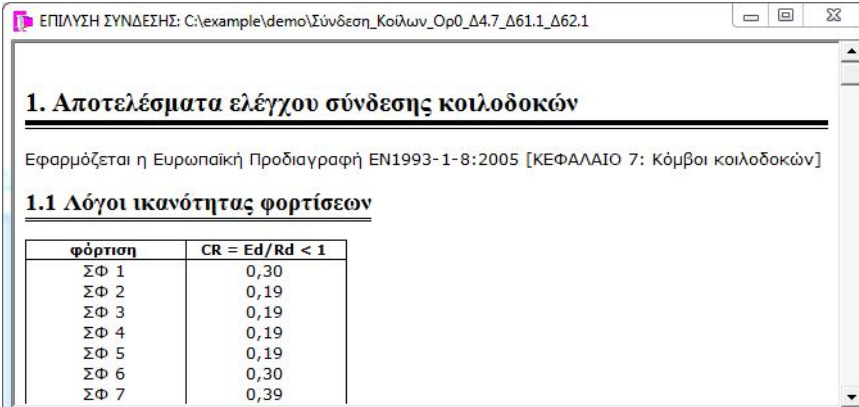
- 7.2, «Αξονικές αντοχές σχεδιασμού συγκολλητών κόμβων μεταξύ διαγωνίων CHS και πελμάτων CHS»
- 7.5, «Αντοχές σχεδιασμού σε ροπή συγκολλητών κόμβων μεταξύ διαγωνίων CHS και πελμάτων CHS»
- 7.6, «Κριτήρια σχεδιασμού ειδικών τύπων συγκολλητών κόμβων μεταξύ διαγωνίων CHS και πελμάτων CHS» για τους κόμβους τύπου KT
- 7.10, «Αξονικές αντοχές σχεδιασμού συγκολλητών κόμβων μεταξύ τετραγωνικών ή κυκλικών κοιλοδοκών»
- 7.9, «Πρόσθετοι περιορισμοί για χρήση με τον πίνακα 7.10»
- 7.11, «Αξονικές αντοχές σχεδιασμού συγκολλητών κόμβων T, X και Y μεταξύ διαγωνίων RHS ή CHS και πελμάτων RHS», για τους κόμβους τύπου T και Y
- 7.12, «Αξονικές αντοχές σχεδιασμού συγκολλητών κόμβων K και N μεταξύ διαγωνίων RHS ή CHS και πελμάτων RHS»

- 7.14, «Αντοχές σχεδιασμού σε ροπή συγκολλητών κόμβων μεταξύ διαγωνίων RHS και πελμάτων RHS»
- 7.15, «Κριτήρια σχεδιασμού ειδικών τύπων συγκολλητών κόμβων μεταξύ διαγωνίων μελών RHS και πελμάτων RHS» για τους κόμβους τύπου KT
- 7.17, «Αντοχές σχεδιασμού ενισχυμένων συγκολλητών κόμβων T, X και Y μεταξύ διαγωνίων μελών RHS ή CHS και πελμάτων RHS», για τους κόμβους τύπου T και Y
- 7.18, «Αντοχές σχεδιασμού ενισχυμένων συγκολλητών κόμβων K και N μεταξύ διαγωνίων μελών RHS ή CHS και πελμάτων RHS»

Οι έλεγχοι συγκολλήσεων βασίζονται στο κεφάλαιο 4 και κυρίως στην §4.5.3.3 «Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού αντοχής σχεδιασμού εξωραφής». Τα μέλη θεωρούνται συγκολλημένα σε όλη την περίμετρο επαφής μεταξύ τους, ακόμα και σε συνδέσεις με υπερκάλυψη.

1.3.4.1 Λόγοι ικανότητας φορτίσεων με χρήση γνωστού κτιρίου

Ο συγκεκριμένος πίνακας εμφανίζει, για κάθε φόρτιση, τον κρισιμότερο λόγο ικανότητας (CR) που προκύπτει από τους ελέγχους αντοχής της συγκεκριμένης φόρτισης. Οι λόγοι ικανότητας δεν πρέπει να υπερβαίνουν την μονάδα.



φόρτιση	CR = Ed/Rd < 1
ΣΦ 1	0,30
ΣΦ 2	0,19
ΣΦ 3	0,19
ΣΦ 4	0,19
ΣΦ 5	0,19
ΣΦ 6	0,30
ΣΦ 7	0,39

Εικόνα 1.9 Παράθυρο αποτελεσμάτων ελέγχου σύνδεσης κοιλοδοκών, «Λόγοι ικανότητας φορτίσεων» με τη χρήση γνωστού κτιρίου

1.3.4.2 Γενικά στοιχεία

Στη συνέχεια εκτυπώνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη δυσμενέστερη φόρτιση εφόσον έχουμε γνωστό κτίριο, ή για τη φόρτιση που έχει εισαχθεί απευθείας στο πρόγραμμα των συνδέσεων από την αντίστοιχη καρτέλα «Φορτία». Η πρώτη παράγραφος των εκτυπώσεων αφορά τα γενικά γεωμετρικά στοιχεία της σύνδεσης, δηλαδή τους τύπους των διατομών και την αρίθμησή τους με βάση τις διατάξεις του κανονισμού (το μέλος 1 είναι πάντα θλιβόμενο και το μέλος 2 είναι πάντα εφελκυσμένο). Περιγράφεται επίσης και ο ρόλος τους στη συνδεσμολογία της σύνδεσης, όταν πρόκειται για τύπο σύνδεσης με υπερκάλυψη, εάν δηλαδή πρόκειται για καλύπτον ή καλυπτόμενο μέλος.

1.2 Αποτελέσματα δυσμενέστερης φόρτισης : ΣΦ 14

1.2.1 Γενικά στοιχεία

ΚΟΜΒΟΣ ΜΕ ΥΠΕΡΚΑΛΥΨΗ

(0) Πέλμα:	(SHS120X8)
(1=i) Καλύπτον μέλος:	Αριστερή διαγώνιος (CHS60.3X5)
(2=j) Καλυπτόμενο μέλος:	Δεξιά διαγώνιος (CHS60.3X5)
(3=j) Καλυπτόμενο μέλος:	Κεντρικός ορθοστάτης (CHS60.3X5)

Εικόνα 1.10 Αποτελέσματα ελέγχου σύνδεσης κοιλοδοκών, «Γενικά Στοιχεία».

1.3.4.3 Εντατικά μεγέθη μελών κόμβου

Στην τρίτη ενότητα των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται τα εντατικά μεγέθη των μελών του κόμβου τα οποία λαμβάνονται υπόψη στην επίλυση, για την συγκεκριμένη φόρτιση. Όταν υπάρχει γνωστό κτίριο, πρόκειται για την δυσμενέστερη φόρτιση που έχει προκύψει. Όταν δεν υπάρχει γνωστό κτίριο, πρόκειται για την δοσμένη φόρτιση σχεδιασμού.

1.2.2 Εντατικά μεγέθη μελών κόμβου

Αξονικά φορτία πέλματος:	$N_{0,1,Ed} = 0,0 \text{ kN}$
	$N_{0,2,Ed} = 0,0 \text{ kN}$
Αξονικά φορτία διαγωνίων:	$N_{1,Ed} = -25,9 \text{ kN}$
	$N_{2,Ed} = 2,0 \text{ kN}$
	$N_{3,Ed} = 0,0 \text{ kN}$

Εικόνα 1.11 Αποτελέσματα ελέγχου σύνδεσης κοιλοδοκών, «Εντατικά μεγέθη μελών κόμβου».

1.3.4.4 Γεωμετρικοί λόγοι

Στην συγκεκριμένη παράγραφο παρουσιάζεται ο υπολογισμός των γεωμετρικών λόγων που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς που απαιτούν οι προαναφερθέντες πίνακες του κανονισμού. Οι λόγοι αυτοί διαφέρουν ανάλογα με τους απαιτούμενους υπολογισμούς, για παράδειγμα οι λόγοι υπερκάλυψης λ_{ov} εμφανίζονται μόνο για τύπους συνδέσεων με υπερκάλυψη, ενώ οι λόγοι η στην περίπτωση συνδέσεων κοιλοδοκών τύπου T ή Y.

1.2.3 Γεωμετρικοί Λόγοι

$$\begin{aligned} \beta &= b_{ov} / b_o \Rightarrow \beta = 0,503 \\ \gamma &= \frac{b_o}{2 \cdot t_o} \Rightarrow \gamma = 7,500 \\ \text{λόγος υπερκάλυψης: } \lambda_{ov} &= q / p \Rightarrow \lambda_{ov} = 25,0\% \end{aligned}$$

Εικόνα 1.12 Παράγραφος μάσκας αποτελεσμάτων ελέγχου σύνδεσης κοιλοδοκών, «Γεωμετρικοί Λόγοι».

1.3.4.5 Στοιχεία αντοχής

Στην τελευταία παράγραφο των αποτελεσμάτων των ελέγχων αντοχής εκτυπώνονται οι αναλυτικοί υπολογισμοί που απαιτούνται από τον κανονισμό για τους ελέγχους επάρκειας της σύνδεσης, και εξαρτώνται από τον τύπο και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης σε κάθε περίπτωση. Στην επικεφαλίδα της παραγράφου των ελέγχων υπάρχει και η παραπομπή στο αντίστοιχο εδάφιο ή πίνακα του κανονισμού ώστε να διευκολύνεται η παρακολούθηση των υπολογισμών, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.13. Στο τέλος παρουσιάζεται ο «Κρίσιμος λόγος ικανότητας» της σύνδεσης ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει την μονάδα.

1.2.4 Στοιχεία Αντοχής	
Ενεργό πλάτος καλύπτοντος διαγωνίου:	$b_{e,ov} = \frac{10}{b_i/t_i} \cdot \frac{f_{ti} \cdot t_i}{f_{ti} \cdot t_i} \cdot b_i \Rightarrow$
	$b_{e,ov} = 0,050$
	$b_{eff1} = 0,060$
	$b_{eff2} = 0,060$
	$b_{eff3} = 0,060$
Αστοχία διαγωνίου	$N_{Rd1} = 148,2 \text{ kN}$
Ελεγχος συγκολλήσεων [EN 1993-1-8:2005 / 4.5.3.3]:	
Δύναμη συγκόλλησης στο μοναδιαίο μήκος:	
	$F_{w,1,Ed} = 109,6 \text{ kN/m}$
	$F_{w,2,Ed} = 0,0 \text{ kN/m}$
	$F_{w,3,Ed} = 0,0 \text{ kN/m}$
Αντοχή συγκόλλησης στο μοναδιαίο μήκος:	$F_{w,Rd} = \frac{f_y}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a_i \Rightarrow$
	$F_{w,1,Rd} = 1039,2 \text{ kN/m}$
	$F_{w,2,Rd} = 1039,2 \text{ kN/m}$
	$F_{w,3,Rd} = 1039,2 \text{ kN/m}$
Λόγος ικανότητας συγκόλλησης:	$CR_{w,i} = F_{w,1,Ed} / F_{w,1,Rd} \Rightarrow$
	$CR_{w,1} = 0,11$
	$CR_{w,2} = 0,00$
	$CR_{w,3} = 0,00$
Κρίσιμος λόγος ικανότητας:	$CR = 0,18 \leq 1$

Εικόνα 1.13 Παράγραφος μάσκας αποτελεσμάτων ελέγχου σύνδεσης κοιλοδοκών, «Στοιχεία αντοχής»

1.4 Αντιμετώπιση προβλημάτων

1.4.1 Προβλήματα στα όρια εφαρμογής του κανονισμού

Γενικώς τα μηνύματα του προγράμματος για τη μη τήρηση των ορίων εφαρμογής του κανονισμού πριν την επίλυση καθοδηγούν τον χρήστη στην εξεύρεση βέλτιστων λύσεων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο «Αυτόματος γεωμετρικός υπολογισμός» επαρκεί για να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση.

Όμως, ο αυτόματος υπολογισμός καθορίζει τη γεωμετρία του κόμβου, δηλαδή τις αποστάσεις μεταξύ των διαγωνίων μελών και τις εκκεντρότητες, και όχι την επιλογή των διατομών, και χρειάζεται αλλαγή των επιλεγμένων από τον χρήστη διατομών, για παράδειγμα σε περιπτώσεις όπου δεν πληρούνται:

- Οι λόγοι πλάτους d_i/d_0 μεταξύ των διαγωνίων μελών και του πέλματος.
- Ο λόγος πλάτους προς το πάχος για κάθε διαγώνιο μέλος d_i/t_i ή για το πέλμα d_0/t_0 .
- Ο περιορισμός για την ελάχιστη κατηγορία θλιβόμενης διατομής.

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάζεται επιλογή κατάλληλου συνδυασμού διατομών πέλματος και διαγωνίων μελών ώστε να βρεθεί επαρκής λύση.

1.4.2 Προβλήματα στους ελέγχους αντοχής

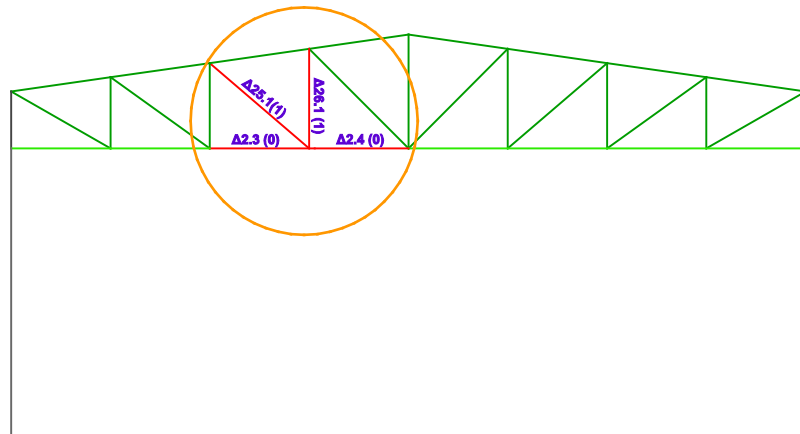
Οι υπολογιζόμενοι λόγοι ικανότητας (CR) δεν πρέπει να υπερβαίνουν την μονάδα. Όταν προκύψει $CR > 1$ θα πρέπει να επέμβουμε στα γεωμετρικά στοιχεία της σύνδεσης, στις διατομές των μελών, εφόσον είναι δυνατόν, είτε/και στην ποιότητα των υλικών. Μπορούμε στην περίπτωση πέλματος RHS/SHS να συγκολλήσουμε έλασμα ενίσχυσης όψης είτε/και πλευρικά ελάσματα.

Κατά κανόνα οι κόμβοι με υπερκάλυψη έχουν μεγαλύτερη αντοχή από τους κόμβους με διάκενο, όπως επίσης και οι κόμβοι με πέλμα CHS υπερέχουν αυτών με πέλμα RHS/SHS. Προκύπτει γενικά μεγαλύτερη αντοχή όταν το πάχος τοιχώματος της διατομής του πέλματος μεγαλώνει και είναι μεγαλύτερο από αυτό των διαγωνίων. Δεν συμβαίνει το ίδιο με την αύξηση του πλάτους του πέλματος. Σε κόμβους με διάκενο, το πλάτος των διαγωνίων θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερο (φαινόμενα διάτρησης). Αντίθετα σε κόμβους με υπερκάλυψη προτιμότερη είναι η αύξηση του πάχους τοιχώματος.

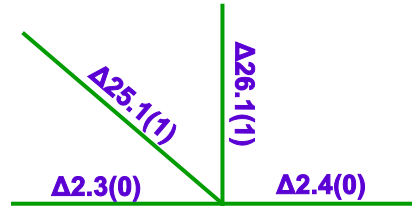
2

Παράδειγμα εφαρμογής

Έστω ότι θα ελεγχθεί η επάρκεια του κόμβου στον οποίο συντρέχουν οι δοκοί $\Delta 2.3(0)$, $\Delta 2.4(0)$, $\Delta 25.1(1)$, $\Delta 26.1(1)$ κόμβων του φορέα που απεικονίζεται στα επόμενα σχήματα (**Σχήμα 2.1**, **Σχήμα 2.2**). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι το αρχείο μελέτης να έχει επιλυθεί στο Fespa και όλες οι διατομές του να προκύπτουν επαρκείς.

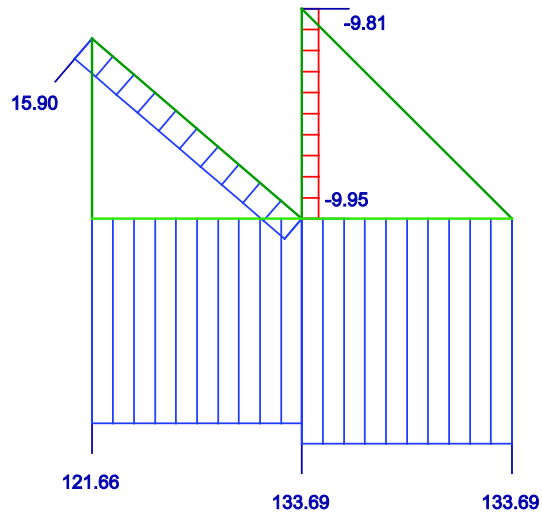


Σχήμα 2.1 Οι δοκοί του πλαισίου του παραδείγματος και ο κόμβος που θα εξεταστεί.



Σχήμα 2.2 Εστίαση στις δοκούς που συντρέχουν στον υπό εξέταση κόμβο

Από το αρχείο της μελέτης, εκτός από τις διατομές των μελών, είναι γνωστά και τα εντατικά μεγέθη για όλες τις φορτίσεις και τους συνδυασμούς τους.



Σχήμα 2.3 Παράδειγμα διαγράμματος αξονικών δυνάμεων του πλαισίου του παραδείγματος. Εδώ για το συνδυασμό φόρτισης 1.15 G + 1.50 QA. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός φορτίσεων δίνει έναν εκ των δυσμενέστερων συνδυασμών αξονικών φορτίσεων για τις δοκούς που συντρέχουν στον κόμβο που θα ελεγχθεί.

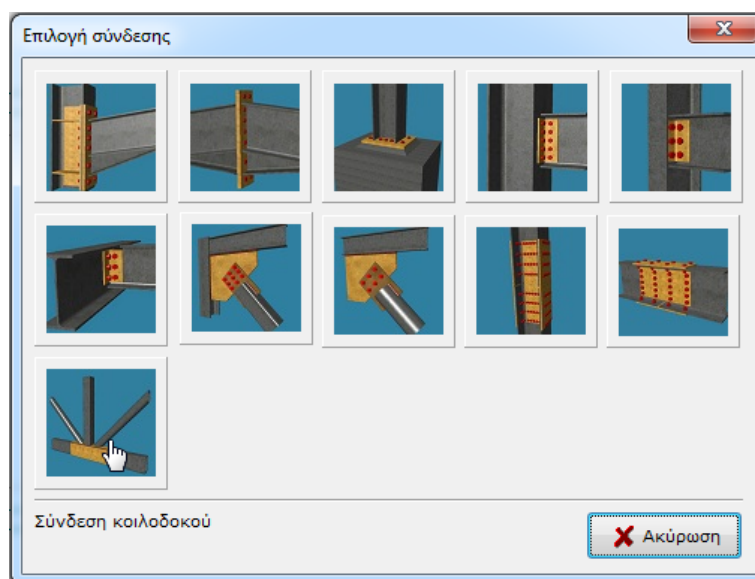
Δοκός: 25, Άνοιγμα 1, Όροφος 1**Γενικά δεδομένα δοκού**

Κόμβοι	Αρχή: 22	Τέλος: 30	Μέλος: 126	ΣΠΕΜ = 1,00	
Διατομή	CHS60.3X5		ΡΑΒΔΟΣ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ	Ελαστικές Αρθρώσεις	
Υλικό	Δομικός χάλυβας S235		Μήκος $l_d=2,30$	Αρχή	Τέλος
Κανονισμός	Πλαστικότητα: ΚΠΜ		Χωρίς Α.Α.Π.	$Y + Z$	$Y + Z$
Συντελεστές	$K_y = 1,00$	$K_z = 1,00$	$a_{0y} = 1,00$	$\beta_{0y} = 1,00$	$\beta_{0z} = 1,00$

Εντατικά μεγέθη

Φόρτ [t]	wy [kN/m]	wz [kN/m]	Αρχή My [kNm]	Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Τέλος My [kNm]	Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	Αξονική N [kN]	max My [kNm]	max Mz [kNm]
G	0,05				0,06				-0,06		5,37		0,03
Q											6,45		
QA											6,45		
QB											6,45		
QC											6,45		
QD											6,45		
QE											6,45		
[G+ψ2xQ]	0,05				0,06				-0,06		6,99		0,03
1.35G+1.05Q	0,07				0,08				-0,08		14,02		0,05
1.35G+1.05QA	0,07				0,08				-0,08		14,03		0,05
1.35G+1.05QB	0,07				0,08				-0,08		7,25		0,05
1.35G+1.05QC	0,07				0,08				-0,08		14,03		0,05
1.35G+1.05QD	0,07				0,08				-0,08		7,25		0,05
1.35G+1.05QE	0,07				0,08				-0,08		14,03		0,05
1.15G+1.50Q	0,06				0,07				-0,07		15,84		0,04
1.15G+1.50QA	0,06				0,07				-0,07		15,84		0,04
1.15G+1.50QB	0,06				0,07				-0,07		6,16		0,04
1.15G+1.50QC	0,06				0,07				-0,07		15,84		0,04

Εικόνα 2.1 Εντατικά μεγέθη δοκού Δ25.1(1), όπως εκτυπώνονται στο Τεύχος του Fespa.

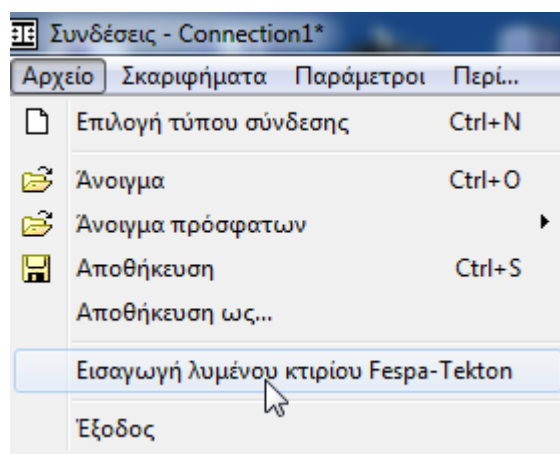


Εικόνα 2.2 Μάσκα επιλογής τύπου σύνδεσης προγράμματος συνδέσεων.

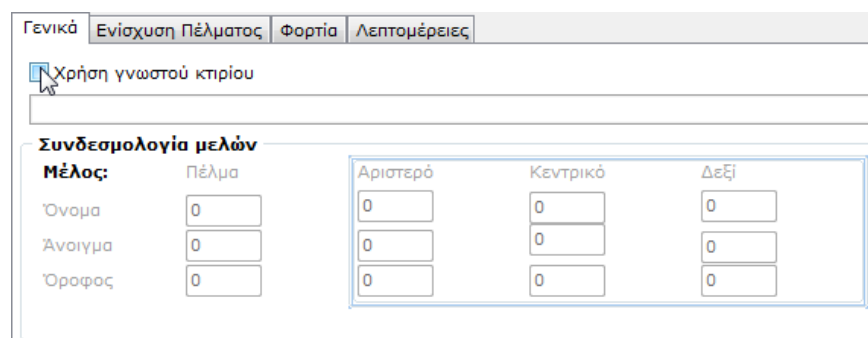
Κόμβος N

Βήμα 1 Από το παραπάνω menu, επιλέγεται ο τύπος σύνδεσης «σύνδεση κοιλοδοκού».

Βήμα 2 Επιλέγεται επίσης και το αρχείο επίλυσης *.tek από το Fespa, είτε από την επιλογή «Αρχείο» της βασικής γραμμής εργαλείων, είτε επιλέγοντας το αντίστοιχο κουτάκι στη μάσκα εισαγωγής γεωμετρικών στοιχείων, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 2.3 Επιλογή εισαγωγής δεδομένων από το Fespa από τη γραμμή εργαλείων.



Εικόνα 2.4 Επιλογή εισαγωγής δεδομένων από το Fespa από την καρτέλα βασικής γεωμετρίας.

Βήμα 3 Επιλέγονται τα επιθυμητά μέλη Δ2.3(0) ως πέλμα, Δ25.1(1) ως αριστερό διαγώνιο και Δ26.1(1) ως κεντρικό διαγώνιο μέλος.

Γενικά Ενίσχυση Πέλματος Φορτία Λεπτομέρειες

☒ Χρήση γνωστού κτιρίου

Documents\JH SOFTWARE\Fespa - Tekton\Παραδείγματα\Στατικά\Μεταλλικά\diktima

Συνδεσμολογία μελών

Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί
Όνομα	2	25	26	0
Άνοιγμα	3	1	1	0
Όροφος	0	1	1	0

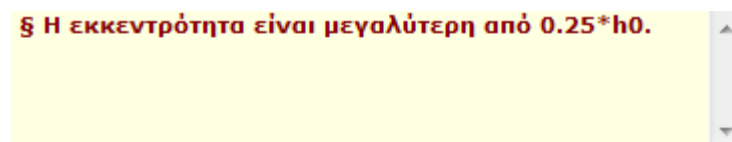
Γεωμετρικά στοιχεία

Μέλος:	Πέλμα	Αριστερό	Κεντρικό	Δεξί
☒ Ενεργό	☒ Ενεργό	☒ Ενεργό	☒ Ενεργό	☐ Ενεργό
Κατηγορία	SHS	CHS	CHS	CHS
Όνομα διατομής	80x6	60.3x5	60.3x5	60.3x3.2
Ποιότητα υλικού	S235	S235	S235	S235
Γωνία δοκού α [°]		40.60		45
Διεύθυνση	☐ Ασθενής	☐ Ασθενής	☒ Ασθενής	☐ Ασθενής
Πάχος Συγκόλλησης [mm]		5	5	0

☐ Χωρίς πέλμα Αριστερά ☐ Χωρίς πέλμα Δεξιά

Εικόνα 2.5 Για τον έλεγχο του κόμβου, ορίζετε τα ονόματα των μελών που συντρέχουν εκεί: το πέλμα **Δ2.3(0)** διατομής SHS80x6 με τις δοκούς **Δ25.1(1)** και **Δ26.1(1)** διατομής CHS60.3x5.

Στην Εικόνα 2.6 φαίνεται το μήνυμα ελέγχου στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης του προγράμματος ότι η εκκεντρότητα είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη.



Εικόνα 2.6 Μήνυμα ελέγχου εκκεντρότητας.

Βήμα 4 Επιλέγουμε τον αυτόματο γεωμετρικό σχεδιασμό για να βοηθηθούμε από τους αυτόματους γεωμετρικούς υπολογισμούς στην εκπλήρωση των γεωμετρικών ελέγχων. Το πρόγραμμα ξεκινάει τους ελέγχους από γεωμετρία μηδενικής εκκεντρότητας. Στη συγκεκριμένη σύνδεση, όταν η εκκεντρότητα είναι μηδενική, πληρούνται και οι υπόλοιποι έλεγχοι για τη γεωμετρία της σύνδεσης.



Εικόνα 2.7 Επιλογή του αυτόματου γεωμετρικού σχεδιασμού

Το πρόγραμμα έχει διαβάσει όλες τις φορτίσεις και τα δεδομένα των μελών. Στην καρτέλα «Φορτία» εμφανίζονται οι φορτίσεις για όλους τους συνδυασμούς δράσεων. Στην **Εικόνα 2.8** που ακολουθεί, η υπογραμμισμένη 16η φόρτιση αντιστοιχεί στο συνδυασμό δράσεων, 1.15 G + 1.50 QA.

Γενικά

Ενίσχυση Πέλματος

Φορτία

Λεπτομέρειες

Φορτία από γνωστό αρχείο

Πέλμα - Εντατικά μεγέθη κόμβου τέλους: Δ2.3 (0)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
13	55.7	-0.2	0.0	0.0	0.0
14	107.7	-0.2	0.0	0.0	0.0
15	121.6	-0.1	0.0	0.0	0.0
16	121.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
17	47.4	-0.1	0.0	0.0	0.0

Αριστερό Μέλος - Εντατικά μεγέθη κόμβου αρχής: Δ25.1 (1)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
13	7.2	0.1	0.0	0.0	0.0
14	14.0	0.1	0.0	0.0	0.0
15	15.8	0.1	0.0	0.0	0.0
16	15.8	0.1	0.0	0.0	0.0
17	6.1	0.1	0.0	0.0	0.0

Κεντρικό Μέλος - Εντατικά μεγέθη κόμβου αρχής: Δ26.1 (1)

Φορτία	Nd	Vy	Vz	My	Mz
13	-4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
14	-8.7	0.0	0.0	0.0	0.0
15	-9.9	0.0	0.0	0.0	0.0
16	-9.9	0.0	0.0	0.0	0.0
17	-3.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Εικόνα 2.8 Η καρτέλα «Φορτία» με τις καταπονήσεις των μελών του εξεταζόμενου κόμβου για κάθε έναν από τους συνδυασμούς φορτίσεων του αρχείου *.tek.

Αρχική δοκιμή

Με «**Διαστασιολόγηση σύνδεσης**» γίνεται η επίλυση. Όπως φαίνεται στη μάσκα αποτελεσμάτων, ο δυσμενέστερος συνδυασμός φόρτισης είναι ο ΣΦ8, με αριθμό φόρτισης 16 (**Εικόνα 2.9**).

1. Αποτελέσματα ελέγχου σύνδεσης κοίλοδοκών

Εφαρμόζεται η Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή EN1993-1-8:2005 [ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Κόμβοι κοίλοδοκών]

1.1 Λόγοι ικανότητας φορτίσεων

αρ. φόρτ.	φόρτιση	CR = Ed/Rd < 1
9	ΣΦ 1	0,09
10	ΣΦ 2	0,09
11	ΣΦ 3	0,05
12	ΣΦ 4	0,09
13	ΣΦ 5	0,05
14	ΣΦ 6	0,09
15	ΣΦ 7	0,10
16	ΣΦ 8	0,10
17	ΣΦ 9	0,04
18	ΣΦ 10	0,10
19	ΣΦ 11	0,04

Εικόνα 2.9 Το άνω τμήμα της μάσκας αποτελεσμάτων του παραδείγματός μας.

Οι έλεγχοι πληρούνται, και για τον δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης, ο κρίσιμος λόγος ικανότητας είναι ίσος με 0.10, πολύ μικρότερος από το όριο της μονάδας, οπότε η επίλυση είναι αποδεκτή (**Εικόνα 2.10**).

Αντοχή σε Αξονικό Φορτίο [EN 1993-1-8:2005 / Πίνακας 7.10]:

(Σε κυκλικές διαγώνιες, οι αξονικές αντοχές πολλαπλασιάζονται επί π/4)

$$\text{Αστοχία διαγωνίου: } N_{i,Rd} = f_{yt} t_i \left(b_{eff} + b_{z,ov} + \frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) \right) / \gamma_{M5} \Rightarrow N_{i,Rd} = 155,9 \text{ kN}$$

Λόγος αξονικής ικανότητας:

$$CR_{N,1} = 0,10$$

$$CR_{N,2} = 0,06$$

Έλεγχος συγκολλήσεων [EN 1993-1-8:2005 / 4.5.3.3]:

$$\text{Δύναμη συγκόλλησης στο μοναδιαίο μήκος: } F_{w,i,Ed} = N_{i,Ed} / L_{w,i} \Rightarrow F_{w,1,Ed} = 64,5 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,2,Ed} = 52,8 \text{ kN/m}$$

$$\text{Αντοχή συγκόλλησης στο μοναδιαίο μήκος: } F_{w,i,Rd} = \frac{f_{tw}}{\beta_w \gamma_{M2}} a_i \Rightarrow F_{w,1,Rd} = 1039,2 \text{ kN/m}$$

$$F_{w,2,Rd} = 1039,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Λόγος ικανότητας συγκόλλησης: } CR_{w,i} = F_{w,i,Ed} / F_{w,i,Rd} \Rightarrow CR_{w,1} = 0,06$$

$$CR_{w,2} = 0,05$$

Κρίσιμος λόγος ικανότητας:

$$CR = 0,10 \leq 1$$

Εικόνα 2.10 Το κάτω τμήμα της μάσκας αποτελεσμάτων του παραδείγματός.