

Συνοπτικός οδηγός για κτίρια από φέρουσα λιθοδομή

Ευρωκώδικες

Εγχειρίδιο αναφοράς



Αθήνα, Μάρτιος 2012

Version 1.0.3

Συνοπτικός οδηγός για κτίρια από φέρουσα λιθοδομή

Με το Fespa έχετε τη δυνατότητα να μελετήσετε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία. Για να περιγράψετε ένα τέτοιο δόμημα, θα πρέπει να ακολουθήσετε τη διαδικασία που περιγράφεται στη συνέχεια.

Πορεία εργασίας

- Περιγραφή καννάβου.
- Εισαγωγή πλακών.
- Εισαγωγή πεσσών ως υποστυλώματα με την παράμετρο “Υποστύλωμα > Διατομή > Είδος υλικού = Τοιχοποιία”). Διακόπτονται εκεί που υπάρχουν ανοίγματα. Οι πεσσοί θα πρέπει να δίνονται επικαλυπτόμενοι στις γωνίες. Να αποφεύγεται η εισαγωγή υποστυλωμάτων ή πεσσών σε επαφή (έτσι δημιουργούνται δοκοί μηδενικού μήκους).
- Προσθήκη λοιπών κόμβων, με την εντολή “Κόμβοι τοιχώματος” του “Λοιπού κόμβου”, σε κάθε πεσό με λόγο πλευρών $l_w/b_w \geq 4$ (l_w η μεγαλύτερη και b_w η μικρότερη διάσταση του πεσού).
- Εισαγωγή δοκών ορθογωνικής διατομής, με την εντολή “Έξυπνη εισαγωγή” της “Δοκού”. Το πρόγραμμα εισάγει αυτόματα δύο **δεσμικές δοκούς** στο εσωτερικό κάθε πεσού.
- Ευθυγράμμιση των λοιπών κόμβων ως προς τις στατικές δοκούς, κάνοντας χρήση της εντολής “Κίνηση” του “Λοιπού κόμβου” και των κατάλληλων έλξεων
- Παραγωγή θεμελίωσης (πεδιλοδοκοί).
- “Παραγωγές > Όλοι οι όροφοι” ή “Παραγωγές > Προσαρμογή δοκών/Προσαρμογή δοκών-υποστυλωμάτων” (σε κάθε όροφο).
- Επίλυση και οπλισμός του κτιρίου.
- Τακτοποίηση ξυλοτύπου και άλλες σχεδιαστικές διορθώσεις.
- Εκτύπωση Τεύχους και Σχεδίαση.

Παράμετροι του κτιρίου

Γενικά

- Αντισεισμικός κανονισμός: “Νέος ‘95” ή νεότερος
- Κανονισμός σκυροδέματος: “Νέος ‘95” ή νεότερος

Αντισεισμικός

- Μέθοδος επίλυσης: Δυναμική με μετατόπιση μαζών
- Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς (σύμφωνα με την §9.3 και τον Πίνακα 9.1 του EC8-1): $q = 1.5$ (άοπλη τοιχοποιία), $q = 2.0$ (διαζωματική τοιχοποιία) ή $q = 2.5$ (οπλισμένη τοιχοποιία)

Έδαφος

- Δείκτης K_s
- Επιτρεπόμενη τάση εδάφους (σ_{per})

Σκυρόδεμα/Οπλισμός

- Οι ποιότητες που αναφέρονται σε αυτές τις καρτέλες του “Κτιρίου” αφορούν μόνο μέλη από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τοιχοποιία

- Χαρακτηριστική αντοχή θλίψης, f_k [MPa]
- Χαρακτηριστική αντοχή διάτμησης, f_{vk} [MPa]

Σύμφωνα με την §3.6.1.2 του EC6, η f_k λαμβάνεται ίση με:

$$f_k = K \cdot f_b^{0.65} \cdot f_m^{0.25} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

όπου:

- K : σταθερά, σε N/mm^2 (τιμές για το K δίνονται στην §3.6.2.2 του EC6)
- f_b : η ανηγμένη θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων, σε N/mm^2 (τιμές για την f_b δίνονται στην §3.1.2.1 του EC6)
- f_m : η θλιπτική αντοχή του κονιάματος, σε N/mm^2 (όχι μεγαλύτερη από $2f_b$ ή $20 N/mm^2$)
- f_{vk} : η χαρακτηριστική διατμητική αντοχή άοπλης τοιχοποιίας. Σύμφωνα με την §3.2.1 του EC6, η f_{vk} μπορεί να λαμβάνεται ίση με:

$$f_{vk} = f_{ko} + 0.40 \cdot \sigma_d \quad \text{ή} \quad f_{vk} = \max \{ 0.065 \cdot f_b, f_{vko} \}$$

f_{vko} δίνεται στον Πίνακα 3.4 του EC6

Παράδειγμα

$$K = 0.50 \frac{N}{mm^2}, \quad f_b = 25 \frac{N}{mm^2}, \quad f_m = 10 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_k = 0.50 \cdot 20^{0.65} \cdot 10^{0.25} = 7.20 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{vk} = 0.065 \cdot 7.20 = 0.47 \frac{N}{mm^2}$$

- Τιμές για το συντελεστή ασφαλείας γ_M δίνονται στην §2.4.3 του EC6, (1.20 για κατηγορία ελέγχου κατασκευής A, 1.50 για κατηγορία ελέγχου κατασκευής B και 1.80 για κατηγορία ελέγχου κατασκευής C).
- “Έλεγχος πεσσών σε κάμψη = Όχι”, προκειμένου να μην γίνει έλεγχος και εκτύπωση ελέγχου των πεσσών σε κάμψη κατά την ισχυρή τους διεύθυνση.

Παράμετροι των πεσσών

Διατομή

- Οι πεσσοί πρέπει αν έχουν **μόνον ορθογωνικές** διατομές. Ο λόγος της μεγάλης πλευράς προς το ύψος τους δεν θα πρέπει να ξεπερνά κατά πολύ το 2.
- “Είδος υλικού = Τοιχοποιία”

Στατικά

- “Με διαστασιολόγηση = Ναι”
- “Εκτύπωση εντατικών μεγεθών = Ναι”

Τοιχοποιία

- “Σταθερές υλικού”: επιλέγονται αυτόματα από το πρόγραμμα.

Σχέδιο

- “Τύπος γραμμοσκίασης = Πέτρες”
- “Συντελεστής μεγέθους X/Y = 1.00”

Επίλυση και οπλισμός

Το πρόγραμμα κάνει έλεγχο των μελών από φέρουσα τοιχοποιία, σύμφωνα με τον EC6. Γίνεται επίσης όπλιση πλακών, δοκών (σενάζ) και υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα (αν υπάρχουν).

Αντιμετώπιση προβλημάτων

Το πλέον σύνηθες μήνυμα σφάλματος κατά τον έλεγχο των πεσσών είναι η “**Απουσία θλιβόμενης ζώνης**”. Αυτό σημαίνει λόγω των μεγάλων εντατικών μεγεθών που καταπονούν τον συγκεκριμένο πεσσό (μεγάλη ροπή κάμψης / μικρή αξονική δύναμη), μεγάλο τμήμα της διατομής του βρίσκεται σε εφελκυσμό, κάτι που δεν είναι αποδεκτό, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα. Προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος είναι οι παρακάτω:

- Πολύ καλή ευθυγράμμιση των λοιπών κόμβων στην κάτοψη, προκειμένου να αποφεύγονται πρόσθετες ροπές από εκκεντρότητες.
- Μείωση της διατομής των δεσμικών δοκών που βρίσκονται μέσα στους πεσσούς, π.χ. αντί για το προεπιλεγμένο 25/300 να γίνουν 25/150.
- Αύξηση του γραμμικά κατανεμημένου φορτίου πάνω στις δεσμικές δοκούς των πεσσών, π.χ. το μόνιμο φορτίο να τεθεί ίσο με -20 kN/m.

Συμβουλευτείτε και το αρχείο “ΛΙΘΟΔΟΜΗ.tek” που βρίσκεται στο φάκελο “C:\Program Files\LH Software\Master\Παραδείγματα\Στατικά\Λιθοδομή”. Φορτώστε το και δείτε τις παραμέτρους που έχουν χρησιμοποιηθεί, τη συνδεσμολογία και τα φορτία του.

Εκτύπωση αποτελεσμάτων – Τεύχος

Για κάθε πεσσό, στο Τεύχος της μελέτης αναγράφονται τα εξής:

- Κόμβος: Η θέση ελέγχου (κεφαλή, πόδας).
- h/t : Ο λόγος του ύψους προς το πλάτος του πεσσού. Πρέπει να είναι $h/t < 27$ (απαίτηση για αποφυγή λυγισμού). Στην περίπτωση που $h/t > 27$, το Fespa εμφανίζεται μήνυμα λάθους.
- $e^{\perp}/t$: Ο λόγος της εγκάρσιας εκκεντρότητας προς το πλάτος του πεσσού. Πρέπει να είναι $< h/450$.
- Φ : Ο μειωτικός συντελεστής της φέρουσας ικανότητας (EC6, §6.1.2.2). Η τιμή του Φ εξαρτάται από τους λόγους h/t , $e^{\perp}/t$ and h/L .
- N_{sd} : Η αξονική δράση σχεδιασμού στη θέση ελέγχου.
- N_{Rd} : Η τιμή σχεδιασμού του κατακόρυφου φορτίου αντοχής.

$$N_{Rd} = \frac{\Phi \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M}$$

Πρέπει να ισχύει:

$$N_{sd} \leq N_{Rd}$$

- M_{sd} : Η καμπτική ροπή σχεδιασμού στη θέση ελέγχου.
- M_{Rd} : Η τιμή σχεδιασμού της καμπτικής ροπής αντοχής.

Πρέπει να ισχύει:

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

- l_c/L : Ο λόγος του μήκους της θλιβόμενης ζώνης του πεσσού προς το μήκος του.
- V_{sd} : Η τέμνουσα σχεδιασμού στη θέση ελέγχου.
- V_{Rd} : Η τιμή σχεδιασμού της τέμνουσας αντοχής.

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot t \cdot l_c}{\gamma_M}$$

Πρέπει να ισχύει:

$$V_{sd} \leq V_{Rd}$$

Απόσπασμα εκτύπωσης Τεύχους φαίνεται στην επόμενη εικόνα:

Κόμβοι	Αρχή: 1(-1)	Τέλος: 1(0)	Μέλος: 1	
Διατομή	Ορθογωνική: 300/50 /d'=0,0			Υψος = 3,30 [m]
Υλικά	Τοιχοποιία			Θλίψη : 9,00 MPa
Κανονισμός	Πλαστιμότητα : ΚΠΜ			Διάτμηση : 0,80 MPa
ΣΠΕΜ	[X]= 1,00	[Z]= 1,00		Κύριο Μέλος

Εντατικά μεγέθη

A/A Φόρτ [/]	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]	Στρέψη T [kNm]
Φ 1	36,12	0,64	-0,20	-4,74	20,48	-0,02	-0,20	-4,74	-161,71	-0,02
Φ 2	0,22	-0,12	0,05	0,66	2,39	0,06	0,05	0,66	-7,69	0,00
Φ 3	0,76	-0,01	0,01	0,49	2,36	0,04	0,01	0,49	-3,62	0,00
Φ 4	-0,54	-0,11	0,04	0,17	0,03	0,02	0,04	0,17	-4,07	0,00
Φ 5	36,19	0,61	-0,18	-4,54	21,20	0,00	-0,18	-4,54	-164,01	-0,02
ΣΦ 1	48,99	0,74	-0,21	-5,71	30,16	0,04	-0,21	-5,71	-226,38	-0,02
ΣΦ 2	49,56	0,86	-0,25	-5,89	30,13	0,02	-0,25	-5,89	-222,10	-0,02
ΣΦ 3	48,19	0,75	-0,23	-6,22	27,68	-0,01	-0,23	-6,22	-222,58	-0,02
ΣΦ 4	41,77	0,56	-0,15	-4,45	27,09	0,07	-0,15	-4,45	-197,09	-0,02
ΣΦ 5	42,58	0,72	-0,21	-4,71	27,04	0,04	-0,21	-4,71	-190,99	-0,02
ΣΦ 6	40,64	0,57	-0,17	-5,18	23,55	0,01	-0,17	-5,18	-191,66	-0,02
ΣΣ: +x	158,66	7,09	2,66	54,59	94,40	2,92	2,66	54,59	-142,68	-0,33
ΣΣ: +x	-86,29	-5,88	-3,03	-63,67	-52,00	-2,93	-3,03	-63,67	-185,34	-0,33
ΣΣ: +z	185,46	8,61	3,33	68,10	112,27	3,63	3,33	68,10	-138,67	-0,26
ΣΣ: +z	-113,09	-7,40	-3,70	-77,18	-69,88	-3,63	-3,70	-77,18	-189,36	-0,26
ΣΣ: -x	182,56	9,27	3,61	67,11	112,09	3,87	3,61	67,11	-135,14	-0,31
ΣΣ: -x	-110,19	-8,06	-3,98	-76,19	-69,70	-3,88	-3,98	-76,19	-192,88	-0,31
ΣΣ: -z	155,23	7,75	2,93	53,16	93,36	3,16	2,93	53,16	-139,23	-0,37
ΣΣ: -z	-82,86	-6,54	-3,30	-62,25	-50,97	-3,17	-3,30	-62,25	-188,80	-0,37
ΣΦ 7	36,34	0,52	-0,15	-4,08	22,87	0,04	-0,15	-4,08	-169,40	-0,02
ΣΦ 8	36,19	0,61	-0,18	-4,54	21,20	0,00	-0,18	-4,54	-164,01	-0,02
ΣΦ 9	36,34	0,52	-0,15	-4,08	22,87	0,04	-0,15	-4,08	-169,40	-0,02

Ελεγχος άοπλου πεσσού

Φόρτ [/]	Κόμβ [/]	Διε. [/]	h/t [/]	e+/t [/]	Φ [/]	[NEd] [kN]	<	NRd [kN]	[VEd] [kN]	<	VRd [kN]
ΣΦ 1	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	309,9	<	4860,0	5,7	<	480,0
ΣΦ 1		Z	6,6	0,05	0,88	243,1	<	4746,9	5,7	<	480,0
ΣΦ 1		Z	6,6	0,05	0,88	209,7	<	4746,9	5,7	<	480,0
ΣΦ 2	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	305,6	<	4860,0	5,9	<	480,0
ΣΦ 2		Z	6,6	0,05	0,88	238,8	<	4746,9	5,9	<	480,0
ΣΦ 2		Z	6,6	0,05	0,88	205,4	<	4746,9	5,9	<	480,0
ΣΦ 3	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	306,1	<	4860,0	6,2	<	480,0
ΣΦ 3		Z	6,6	0,05	0,88	239,3	<	4746,9	6,2	<	480,0
ΣΦ 3		Z	6,6	0,05	0,88	205,9	<	4746,9	6,2	<	480,0
ΣΦ 4	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	268,1	<	4860,0	4,4	<	480,0
ΣΦ 4		Z	6,6	0,05	0,88	211,3	<	4746,9	4,4	<	480,0
ΣΦ 4		Z	6,6	0,05	0,88	182,9	<	4746,9	4,4	<	480,0
ΣΦ 5	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	262,0	<	4860,0	4,7	<	480,0
ΣΦ 5		Z	6,6	0,05	0,88	205,2	<	4746,9	4,7	<	480,0
ΣΦ 5		Z	6,6	0,05	0,88	176,8	<	4746,9	4,7	<	480,0
ΣΦ 6	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	262,7	<	4860,0	5,2	<	480,0
ΣΦ 6		Z	6,6	0,05	0,88	205,9	<	4746,9	5,2	<	480,0
ΣΦ 6		Z	6,6	0,05	0,88	177,5	<	4746,9	5,2	<	480,0
ΣΣ:+x	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	204,6	<	4860,0	54,6	<	480,0
ΣΣ:+x		Z	6,6	0,05	0,88	155,1	<	4746,9	54,6	<	480,0
ΣΣ:+x		Z	6,6	0,05	0,88	130,3	<	4746,9	54,6	<	480,0
ΣΣ:+x	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	247,2	<	4860,0	63,7	<	480,0
ΣΣ:+x		Z	6,6	0,05	0,88	197,7	<	4746,9	63,7	<	480,0
ΣΣ:+x		Z	6,6	0,05	0,88	173,0	<	4746,9	63,7	<	480,0
ΣΣ:+z	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	200,5	<	4860,0	68,1	<	480,0
ΣΣ:+z		Z	6,6	0,05	0,88	151,0	<	4746,9	68,1	<	480,0
ΣΣ:+z		Z	6,6	0,05	0,88	126,3	<	4746,9	68,1	<	480,0
ΣΣ:+z	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	251,2	<	4860,0	77,2	<	480,0
ΣΣ:+z		Z	6,6	0,05	0,88	201,7	<	4746,9	77,2	<	480,0
ΣΣ:+z		Z	6,6	0,05	0,88	177,0	<	4746,9	77,2	<	480,0
ΣΣ:-x	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	197,0	<	4860,0	67,1	<	480,0
ΣΣ:-x		Z	6,6	0,05	0,88	147,5	<	4746,9	67,1	<	480,0
ΣΣ:-x		Z	6,6	0,05	0,88	122,8	<	4746,9	67,1	<	480,0
ΣΣ:-x	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	254,8	<	4860,0	76,2	<	480,0
ΣΣ:-x		Z	6,6	0,05	0,88	205,3	<	4746,9	76,2	<	480,0
ΣΣ:-x		Z	6,6	0,05	0,88	180,5	<	4746,9	76,2	<	480,0
ΣΣ:-z	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	201,1	<	4860,0	53,2	<	480,0
ΣΣ:-z		Z	6,6	0,05	0,88	151,6	<	4746,9	53,2	<	480,0
ΣΣ:-z		Z	6,6	0,05	0,88	126,9	<	4746,9	53,2	<	480,0
ΣΣ:-z	1(-1)	Z	6,6	0,05	0,90	250,7	<	4860,0	62,2	<	480,0
ΣΣ:-z		Z	6,6	0,05	0,88	201,2	<	4746,9	62,2	<	480,0
ΣΣ:-z		Z	6,6	0,05	0,88	176,4	<	4746,9	62,2	<	480,0

Σχέδια

- Δίνεται την εντολή “Πέλμα πεδιλοδοκού σε γραμμές” της “Δοκού” και επιλέγετε όλες τις δοκούς της στάθμης θεμελίωσης.
- Χρησιμοποιώντας τις εντολές “Ένωση”, “Επέκταση”, “Τομή 2 σε 4” και “Διαγραφή” της “Γραμμής”, γίνεται σχεδιαστική διόρθωση της θεμελίωσης του κτιρίου.

Τρισδιάστατο στατικό προσομοίωμα φέρουσας τοιχοποιίας

