

ΕΦΟΡΕΙΑ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ

ΑΝΑΔΕΙΞΗ, ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΝΕΩΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΩΝ ΚΗΠΩΝ ΤΟΥ ΠΑΛΑΤΙΟΥ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΑΓΙΣΤΡΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΑΙΘΡΙΑΣ ΓΛΥΠΤΟΘΗΚΗΣ ΣΤΗ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΗ ΠΟΛΗ ΡΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΑΚΡΟΠΟΛΗ ΡΟΔΟΥ

ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΚΤΗΡΙΩΝ ΞΥΛΟΥΡΓΕΙΟΥ & ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟΥ
ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΟΛΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΛΑΙΑ ΠΟΛΗ ΡΟΔΟΥ

ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΓΡΑΦΕΙΟ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ
Π. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ
Πολιτικοί Μηχανικοί ΕΜΠ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2024

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ	3
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	3
2.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ	3
2.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	4
2.4 ΦΟΡΤΙΑ.....	7
2.5 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	8
2.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	9
3 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	10
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α1 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 3ΜΥΡΙ - ΞΥΛΟΥΡΓΕΙΟ Β1/Α2/Γ1.....	10
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α2 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 3ΜΥΡΙ - ΞΥΛΟΥΡΓΕΙΟ Β3+/Α4/Γ2.....	32
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β1 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 3ΜΥΡΙ - ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟ Β1/Α2.....	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β2 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 3ΜΥΡΙ - ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟ Β1/Α3.....	67
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ1 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ WOODEXPRESS – ΞΥΛΟΥΡΓΕΙΟ.....	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ2 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ WOODEXPRESS - ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟ	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ : ΕΚΘΕΣΗ ΓΝΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	111

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο του παρόντος τεύχους υπολογισμών είναι η στατική μελέτη αποκατάστασης και ανάδειξης των διατηρητέων κτηρίων του ξυλουργείου και του σιδηρουργείου, που βρίσκονται στον αρχαιολογικό χώρο της Περιβόλας, στην παλαιά πόλη της Ρόδου.

Η στατική μελέτη βασίστηκε στην αντίστοιχη αρχιτεκτονική της αρχιτέκτονος - αναστηλώτριας Ξένης Σίμου και σε τεχνικά δεδομένα (μηχανικά χαρακτηριστικά υφισταμένων υλικών) που μας γνωστοποιήθηκαν από την πολιτικό μηχανικό της αρμόδιας Ε.Φ.Α. Δωδεκανήσου Μαρία Πίκουλα βάσει συναφών παλαιότερων διερευνήσεων.

Η ομάδα στατικής μελέτης αποτελείται από τους Νικόλαο Παπαηλίου, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π. - MSc Δομοστατικός Σχεδιασμός & Ανάλυση Κατασκευών Ε.Μ.Π. και MSc Προστασία Μνημείων Ε.Μ.Π. Ξένια Καραμπάτσου, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π. - MSc Δομοστατικός Σχεδιασμός & Ανάλυση Κατασκευών Ε.Μ.Π. και Μυρτώ Κατωμέρη, Αρχιτέκτων Μηχανικό - MSc Προστασία Μνημείων Ε.Μ.Π.

2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ανάλυση και ο έλεγχος των φορέων πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό 3muri. Η προσομοίωση τόσο των μελών από τοιχοποιία όσο και από λοιπά υλικά (σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο) πραγματοποιείται μέσω τρισδιάστατου δικτύου μακροστοιχείων δύο κόμβων, με τρεις βαθμούς ελευθερίας ανά κόμβο και δύο εσωτερικούς.

Τα μακροστοιχεία είναι ορισμένα κατά τρόπο που να μπορεί να αναπαράξει με αποδεκτή ακρίβεια τη μη γραμμική συμπεριφορά της κατασκευής, λαμβάνοντας υπ' όψιν σαφείς και απλούς καταστατικούς νόμους. Λαμβάνεται υπόψιν τόσο η επίδραση της διατμητικής αστοχίας όσο και η εξέλιξη αυτής, με παράλληλο έλεγχο της απομείωσης αντοχής και δυσκαμψίας των τοίχων αλλά και των φαινομένων λικνισμού. Τα οριζόντια επιφανειακά μέλη της κατασκευής (πατώματα, πλάκες, στέγη) λαμβάνονται υπ' όψιν μέσω αριθμητικής εκτίμησης των σχετικών παραμέτρων.

Η μέθοδος προσομοίωσης συνδυάζεται με μη γραμμική στατική (υπερωθητική - pushover) και δυναμική ανάλυση. Επίσης, το λογισμικό πραγματοποιεί ελέγχους για εκτός επιπέδου μηχανισμούς αστοχίας που ορίζονται κατά την κρίση του μελετητή.

Εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις ανά κτήριο:

- Έλεγχος του ενισχυμένου φορέα για τις ελάχιστες κανονιστικώς απαιτούμενες στάθμες επιτελεσματικότητας για χρήση μουσείου B1/A2 και αντίστοιχη σπουδαιότητα.
- Έλεγχος του ενισχυμένου φορέα για την εκάστοτε ελάχιστη ικανοποιούμενη στάθμη επιτελεσματικότητας.

Ως προς τα ξύλινα στοιχεία των κτηρίων, αυτά ελέγχθηκαν έναντι κατακόρυφων φορτίων ανεξαρτήτως, με την χρήση του λογισμικού WOODexpress. Αντιστοίχως, τα μεταλλικά στοιχεία ελέγχθηκαν με το λογισμικό STEELexpress.

2.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ

Ως προς τις μηχανικές ιδιότητες των λιθοσωμάτων, αξιοποιήθηκαν στοιχεία από παλαιότερες διερευνήσεις που είχε πραγματοποιήσει η Ε.Φ.Α. Δωδεκανήσου σε συνεργασία με το Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής

των Υλικών του Ε.Μ.Π. (2016) και το Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων (Κ.Ε.Δ.Ε.) του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.).

Οι εν λόγω διερευνήσεις αφορούσαν υλικό (πωρόλιθο / βιοκαλκαρενίτη) κοινής προέλευσης και σύστασης με αυτό που έχουν χρησιμοποιηθεί για τα υπό μελέτη κτήρια. Οι λίθοι των τοιχοποιιών θεωρήθηκαν κοινοί με τους αναφερόμενους ως «αρχαίους πωρολίθους» ενώ οι λίθοι των πεσσών και τοξοστοιχιών του ορόφου, λόγω της εμφανώς πυκνότερης και ισχυρότερης δομής τους θεωρήθηκαν κοινοί με τους «νέους πωρολίθους».

Οι τιμές που υιοθετήθηκαν αναφέρονται εν συνεχεία, ενώ τα στοιχεία που μας κοινοποιήθηκαν παρατίθενται ως παράρτημα.

2.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Ο κατακόρυφος φέρων οργανισμός του κτηρίου αποτελείται από λιθοδομή με λαξευμένους πωρόλιθους. Το πάχος των ασβεστόλιθων εμφανίζει εύρος 10 έως 20 cm και το μήκος τους 15 έως 25 cm. Το κονιάμα είναι κατά βάσιν αργιλικό με ισχνή παρουσία ασβέστη και οι αρμοί έχουν πάχος, της τάξεως των 5 mm. Λόγω της ευκολίας στην λάξευση των λίθων, η ποιότητα δόμησης είναι πολύ καλή κατά τις όψεις ενώ κατά το πάχος δεν φαίνεται να υπάρχουν διάτονοι λίθοι. Σύμφωνα με τις επί τόπου διερευνήσεις, ως αυτές περιγράφονται στην τεχνική έκθεση της μελέτης, οι τοίχοι έχουν τρίστρωτη δόμηση ενώ οι πεσσοί του ισογείου και του ορόφου δεν διαθέτουν εσωτερική στρώση – θεωρείται πως περιγράφονται ως μονόστρωτη δόμηση.



Εικ. 3.1 : Εσωτερική δομή τοίχου



Εικ. 3.2 : Εσωτερική δομή τοίχου (ενδοσκοπική κάμερα)

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα στοιχεία και παραδοχές, για τα λιθοσώματα των τοίχων υιοθετήθηκε μέση θλιπτική αντοχή $f_{bc}=3.20$ MPa και για τα λιθοσώματα των πεσσών και της τοξοστοιχίας $f_{bc}= 7.70$ MPa.

Για την αντοχή του κονιάματος υιοθετείται συνήθης τιμή $f_{mc}=1.00$ MPa.

Οι κάτωθι σχέσεις υπολογισμού λαμβάνονται από τον ΚΑΔΕΤ, Κεφάλαιο 6 «Βασικά Προσομοιώματα Συμπεριφοράς».

Θλιπτική αντοχή λιθοδομής χαμηλής ποιότητας (μονόστρωτη - δίστρωτη):

$$f_{wc} = \xi \cdot \left[\left(\frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right) + \lambda \cdot f_{mc} \right]$$

- ξ : συντελεστής δυσμενούς επιρροής πάχους αρμών
 $1 / [1+3.5 \cdot (k - k_0)] < 1$
 k : λόγος όγκου κονιάματος προς όγκο τοιχοποιίας V_m / V_w (για $k < 0.30$ λαμβάνεται $\xi = 1.00$)
 k_0 : 0.30
 f_{bc} : θλιπτική αντοχή λίθου
 f_0 : συντελεστής βαθμού λάξευσης λιθοσωμάτων
 0.00 MPa για οπτοπλινθοδομή ή λιθοδομή από λαξευτούς λίθους
 0.50-1.00 MPa για λιθοδομή από ημιλαξευτούς λίθους
 1.50-2.50 MPa για αργολιθοδομή αναλόγως της ποιότητας δομήσεως
 λ : συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος - κονιάματος
 0.50 για τραχείς λίθους
 0.10 για λείους λίθους
 f_{mc} : θλιπτική αντοχή κονιάματος
 V_m : όγκος κονιάματος
 V_w : όγκος τοιχοποιίας

Το μέτρο ελαστικότητας για εύρος θλιπτικής αντοχής $1 \leq f_{wc} \leq 3$ MPa μπορεί να ληφθεί:

$$E_{wc} \approx 1300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) f_{wc} \pm 140 \cdot f_{wc}^2$$

Από τις ανωτέρω σχέσεις προκύπτουν οι κάτωθι τιμές:

Μηχανικά χαρακτηριστικά λιθοδομής χαμηλής ποιότητας (μονόστρωτης - δίστρωτης)		
f_{mc}	(MPa)	1.00
f_{bc}	(MPa)	3.20
ξ (η max επιτρεπ. τιμή είναι το "1")		1.00
k		0.03
k_0		0.30
f_0		0.00
λ		0.50
V_m (όγκος κονιάματος)	(m ³)	0.03
V_w (όγκος τοιχοποιίας)	(m ³)	1.00
$f_{wc,0}$	(MPa)	1.69
$E_{wc,0}$	(GPa)	1.41

Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης λιθοδομής χαμηλής ποιότητας με ισοπαχείς στρώσεις:

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2 \cdot \lambda_e \cdot \delta \cdot f_{c,e} + \lambda_i \cdot f_{c,i}) \div (1 + 2 \cdot \delta)$$

- f_{wc} : θλιπτική αντοχή τρίστρωτης λιθοδομής
- $f_{c,e}$: θλιπτική αντοχή εξωτερικών παρειών
- $f_{c,i}$: θλιπτική αντοχή εσωτερικής στρώσης - γενικά λαμβάνεται 0.15 MPa ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων
- λ_e : διορθωτικός συντελεστής - λαμβάνεται 0.80 ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων
- λ_i : διορθωτικός συντελεστής - λαμβάνεται 1.20 ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων
- δ : λόγος παχών μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής στρώσης ($t_e \div t_i$)
- γ_{Rd} : συντελεστής αβεβαιότητας προσομοιώματος ίσος με 1.50

Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής με t=50 cm		
γ_{Rd}		1.50
f_{ce1}	(MPa)	1.69
f_{ce2}	(MPa)	1.69
f_{ci}	(MPa)	0.15
λ_e		0.80
λ_i		1.20
δ_{e1}		2.00
δ_{e2}		2.00
t_{e1}	(m)	0.20
t_{e2}	(m)	0.20
t_i	(m)	0.10
$f_{wc,0}$	(MPa)	0.75
$E_{wc,0}$	(GPa)	1.13

Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής με t=100 cm		
γ_{Rd}		1.50
f_{ce1}	(MPa)	1.69
f_{ce2}	(MPa)	1.69
f_{ci}	(MPa)	0.15
λ_e		0.80
λ_i		1.20
δ_{e1}		0.33
δ_{e2}		0.33
t_{e1}	(m)	0.20
t_{e2}	(m)	0.20
t_i	(m)	0.60
$f_{wc,0}$	(MPa)	0.43
$E_{wc,0}$	(GPa)	0.73

Θλιπτική αντοχή καλοδομημένης λιθοδομής (μονόστρωτη - δίστρωτη) για την περίπτωση των θόλων και των υποστυλωμάτων του ξυλουργείου:

$$f_{wc} = f_{bc} \cdot (1 - 0.80 \cdot \sqrt[3]{a}) \quad \text{για } f_{bc} < f_{mc}$$

- f_{mc} : θλιπτική αντοχή κονιάματος
- f_{bc} : θλιπτική αντοχή λιθοσώματος
- a : λόγος πάχους αρμού προς μέσο ύψος λιθοσώματος t_{jm} / h_{bm}

Μηχανικά χαρακτηριστικά καλοδομημένης λιθοδομής στους θόλους (μονόστρωτης - δίστρωτης)		
f_{mc}	(MPa)	1.00

Μηχανικά χαρακτηριστικά καλοδομημένης λιθοδομής των κυκλικών υποστυλωμάτων (μονόστρωτης - δίστρωτης)		
f_{mc}	(MPa)	1.00

f_{bc}	(MPa)	3.20
α		0.05
t_{jm}	(m)	0.01
h_{bm}	(m)	0.20
$f_{wc,0}$	(MPa)	1.33
$E_{wc,0}$	(GPa)	1.27

f_{bc}	(MPa)	7.68
α		0.05
t_{jm}	(m)	0.01
h_{bm}	(m)	0.20
$f_{wc,0}$	(MPa)	2.59
$E_{wc,0}$	(GPa)	1.62

- Θλιπτική αντοχή ενισχυμένης τρίστρωτης λιθοδομής

$$f_{wcs} = f_{wc0} \left(1 + 1.25 \cdot \frac{V_i}{V_w} \cdot \frac{\sqrt{f_{grc}}}{f_{wc0}} \right)$$

f_{wcs} : Θλιπτική αντοχή ενισχυμένης τρίστρωτης λιθοδομής

f_{wc0} : Θλιπτική αντοχή υπάρχουσας τοιχοποιίας

V_i : όγκος γεμίματος

V_w : όγκος τοιχοποιίας

f_{grc} : Θλιπτική αντοχή του ενέματος ενίσχυσης

Λαμβάνονται οι κάτωθι τιμές:

Μηχανικά χαρακτηριστικά ενισχυμένης τρίστρωτης λιθοδομής με πάχος $t=50$ cm		
$f_{wc,0}$	(MPa)	0.75
V_i / V_w		0.20
f_{grc}	(MPa)	10.00
$f_{wc,i}$	(MPa)	1.54

Μηχανικά χαρακτηριστικά ενισχυμένης τρίστρωτης λιθοδομής με πάχος $t=100$ cm		
$f_{wc,0}$	(MPa)	0.43
V_i / V_w		0.75
f_{grc}	(MPa)	10.00
$f_{wc,i}$	(MPa)	3.40

Παρατήρηση

Στην περίπτωση της ενισχυμένης τρίστρωτης τοιχοποιίας με πάχος 100 cm, οι ανωτέρω τύποι εκτίμησης δίδουν πολύ υψηλή τιμή (οκταπλασιασμό) που δεν θεωρείται ρεαλιστική – αντ' αυτής θεωρείται διπλάσια της αρχικής, ως προκύπτει για πάχους 50 cm. Τελικώς:

$$f_{wc(t=50)} = 1.50 \text{ MPa}$$

$$f_{wc(t=100)} = 0.86 \text{ MPa}$$

2.4 ΦΟΡΤΙΑ

Για την ανάλυση του δομήματος ελήφθησαν τα κάτωθι φορτία:

- Μόνιμα φορτία (G)

Ίδιο βάρος λιθοδομής

23.00 kN/m³

Ίδιο βάρος ωπλισμένου σκυροδέματος	25.00 kN/m ³
Ίδιο βάρος χάλυβα	78.50 kN/m ³
Ίδιο βάρος ξύλου (C22)	4.10 kN/m ³
Επικάλυψη πατώματος	0.20 - 2.50 kN/m ²
Επικάλυψη δώματος	0.20 - 2.50 kN/m ²
▪ Μεταβλητά (κινητά) φορτία	
Κινητό φορτίο χώρων κυρίας χρήσης	5.00 kN/m ²
Κινητό φορτίο δώματος (βατού)	2.00 kN/m ²
▪ Σεισμικά φορτία (E)	
Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	II
Μέγιστη σεισμική επιτάχυνση αναφοράς	$\alpha_{gR} = 0.24 g$
Κατηγορία εδάφους	B (S=1.20)
Κατηγορία σπουδαιότητας δομήματος	IV ($\gamma_I = 1.40$)
▪ Χιόνι	
Φορτίο χιονιού	0.40 kN/m ²

2.5 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Η μελέτη έχει βασισθεί στους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα, συγκεκριμένα:

1. Ευρωκώδικας 0 «Eurocode - Basis of structural design / Ευρωκώδικας - Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων».
2. Ευρωκώδικας 1 «Basis of design and actions on structures / Βάσεις σχεδιασμού και δράσεων στις κατασκευές».
3. Ευρωκώδικας 2 «Design of concrete structures / Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα».
4. Ευρωκώδικας 5 «Design of wooden structures / Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών»
5. Ευρωκώδικας 6 «Design of masonry structures / Σχεδιασμός κατασκευών από τοιχοποιία»
6. Ευρωκώδικας 8 «Design of structures for earthquake resistance / Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών»
7. Ευρωκώδικας 8 - Μέρος 3 : Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας & ενισχύσεις κτηρίων
8. Εθνικά κείμενα εφαρμογής των ανωτέρω Ευρωκωδίκων.
9. Κανονισμός αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων για κτήρια από Τοιχοποιία.
10. Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Ε.Τε.Π.).
11. Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος
12. Κανονισμός Τεχνολογίας χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος

2.6 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Το κτήριο σιδηρουργείου απέχει ελάχιστα από τα κανονιστικώς απαιτούμενα για κατηγορία σπουδαιότητας ΣΙV καθώς ικανοποιεί την στάθμη Β1 και την στάθμη Α3, αντί της Α2.

Το κτήριο ξυλουργείου δεν ικανοποιεί τα κανονιστικώς απαιτούμενα για κατηγορίες σπουδαιότητας ΣΙV είτε ΣΙΙΙ. Ικανοποιεί τον στόχο Γ1, που είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος για κατηγορία σπουδαιότητας ΣΙΙ.

Πίνακας Σ 2.1. Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση.

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$\alpha_i / \alpha_{g,ref}$
2475	2%	1.80
975	5%	1.30
475	10%	1.00
225	20%	0.75
135	30%	0.60
70	50%	0.45
40	70%	0.35
20	90%	0.25
<20	>90%	<0.25

Πίνακας 2.1. Στόχοι απαίτησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού.

$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεσματικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	A «Περιορισμένες Ζλάβες»	B «Σημαντικές Ζλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1 ⁺	B1 ⁺	Γ1 ⁺
1.00	A1	B1	Γ1
0.75	A2 ⁺	B2 ⁺	Γ2 ⁺
0.60	A2	B2	Γ2
0.45	A3 ⁺	B3 ⁺	Γ3 ⁺
0.35	A3	B3	Γ3
0.25	A4 ⁺	B4 ⁺	Γ4 ⁺
<0.25	A4	B4	Γ4

Εικ. 3.3 : Στάθμες επιτελεσματικότητας κατά ΚΑ.Δ.Ε.Τ.

Υπό τα παραπάνω δεδομένα, μπορεί να θεωρηθεί πως:

Το κτήριο σιδηρουργείου μπορεί να θεωρηθεί πρακτικώς επαρκές για την επιδιωκόμενη χρήση μουσείου. Άλλωστε πρόκειται για ισόγειο κτήριο, αντιστηριζόμενο από έδαφος κατά την μία του πλευρά – ιδιαιτέρως ευμενή συνθήκη που λόγω περιορισμών προσομοίωσης δεν έχει συνεκτιμηθεί.

Το κτήριο ξυλουργείου δεν μπορεί να στεγάσει χρήση μουσείου είτε συνάθροισης κοινού. Μπορεί να παραμείνουν οι τρέχουσες χρήσεις εργαστηρίων στο ισόγειο, ενώ δεν θεωρείται απαγορευτική η χρήση του για διέλευση των επισκεπτών ή και θέαση του εσωτερικού από την περιοχή της θύρας του ορόφου, χωρίς είσοδο σε αυτό και κατά ελεγχόμενο τρόπο ως προς το πλήθος, ενδεχομένως σε συνδυασμό με ήπια μέτρα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου ώστε να μην ευνοείται η παραμονή κοινού πλησίον αυτού.

Νικόλαος Παπαηλίου

Πολιτικός Μηχανικός



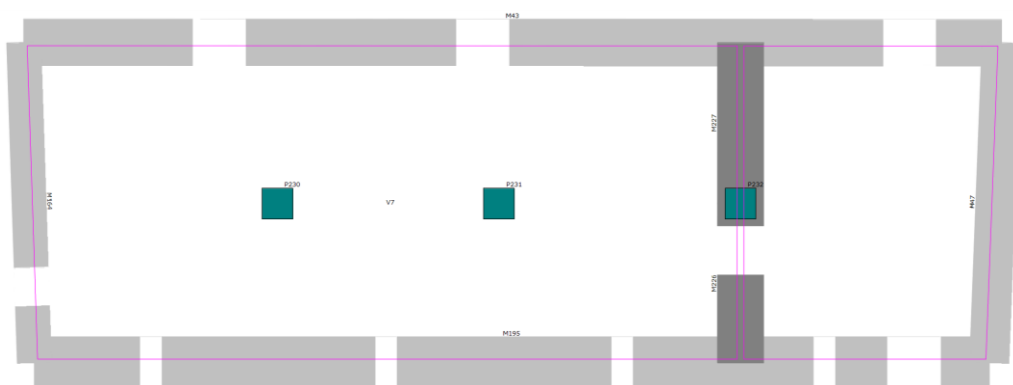
Εισαγωγή

Γενική περιγραφή

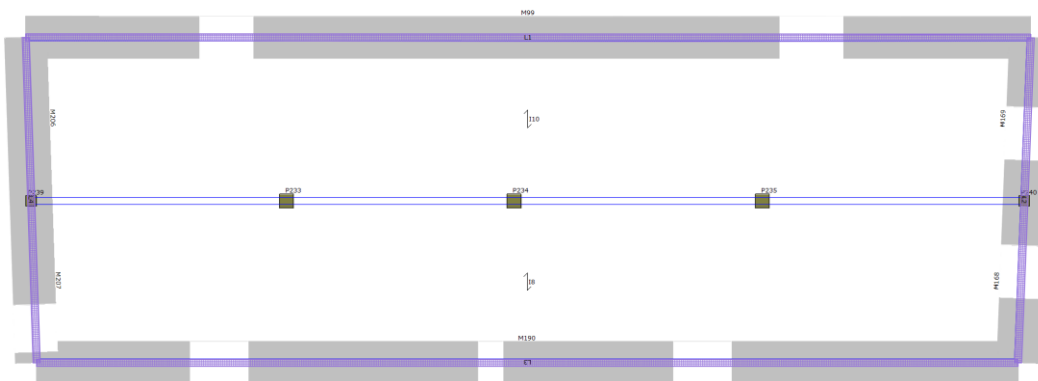
Περιγραφή κατασκευής

Το παρόν τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων του μαθηματικού μοντέλου, τους σχετικούς ελέγχους και τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από την μελέτη που εκπονήθηκε με το πρόγραμμα 3ΜΥΡΙ, για το ξυλουργείο το οποίο βρίσκεται στον αρχαιολογικό χώρο της περιβόλας της παλιάς πόλης της Ρόδου.

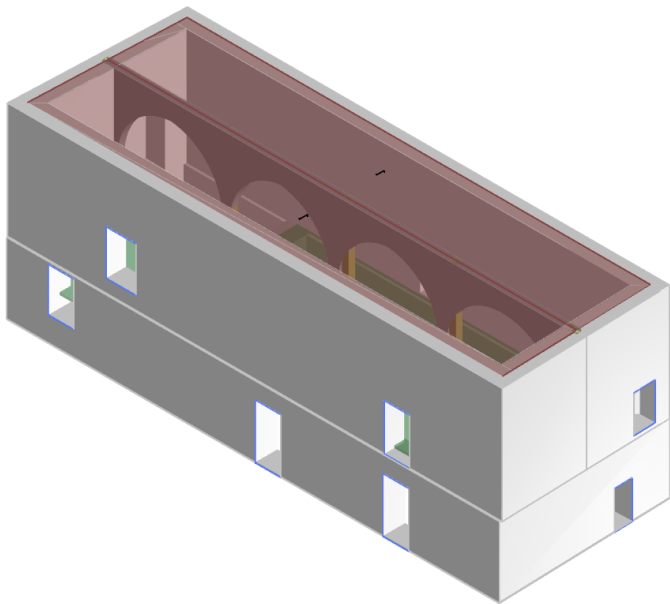
Εικόνες μοντέλου



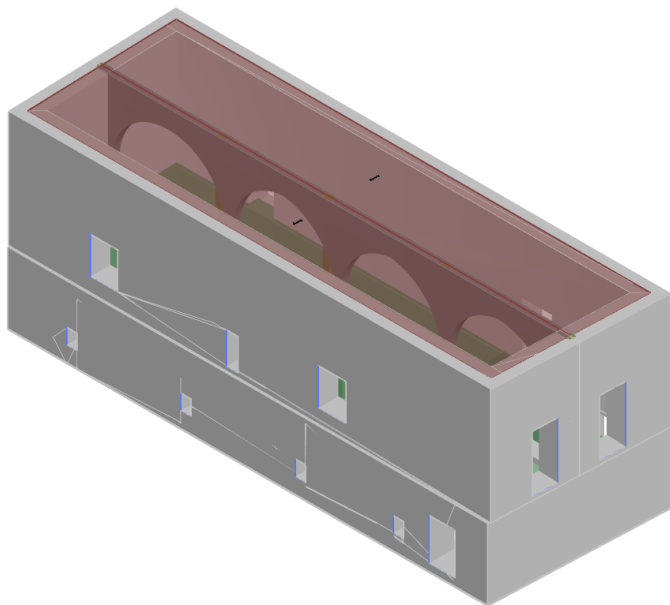
Άποψη του επιπέδου του ορόφου 1



Άποψη του επιπέδου του ορόφου 2



3D άποψη (1)



3D άποψη (2)

Κανονισμός αναφοράς

Για τους ελέγχους και τις αναλύσεις που εκτελέστηκαν στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν οι διατάξεις και η νομοθεσία που περιλαμβάνεται στο παρακάτω κανονιστικό πρότυπο:
Ευρωκώδικας 8 [EN 1998]: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών.

Περιγραφή μοντέλου

Υλικά

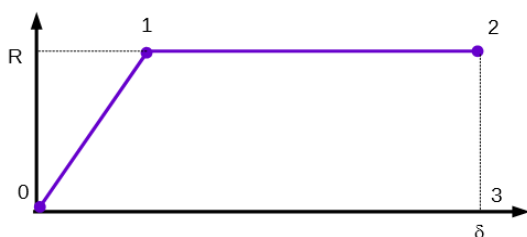
Μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας

Οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού τοιχοποιίας καθορίζονται προκειμένου να εντοπιστεί καλύτερα η συμπεριφορά του στη μη γραμμική περιοχή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- Αρχική δυσκαμψία σύμφωνα με τα ελαστικά χαρακτηριστικά (ρηγματώσεις) του υλικού.
- Διγραμμική συμπεριφορά με μέγιστες τιμές διάτμησης και ροπής που συνάδουν με τις τιμές οριακής κατάστασης.
- Ανακατανομή των εσωτερικών τάσεων του στοιχείου έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ισορροπία.
- Ρύθμιση της κατάστασης αστοχίας σύμφωνα με τις καθολικές και τοπικές παραμέτρους.
- Μείωση της δυσκαμψίας στην πλαστική περιοχή.

- Έλεγχος πλαστιμότητας με τον καθορισμό της μέγιστης μετατόπισης (δ_u) που διαφοροποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών και σύμφωνα με τον μηχανισμό βλάβης που εμφανίζεται στον τοίχο.
- Εξάλειψη του στοιχείου, με την επίτευξη των οριακών συνθηκών χωρίς διακοπή της ανάλυσης.



0-1: Ελαστική περιοχή
 1-2: Πλαστική περιοχή
 2-3: Πτώση αντίστασης λόγω της αστοχίας

Η μη-γραμμική συμπεριφορά ενεργοποιείται όταν μία τιμή δύναμης φτάσει στην μέγιστη τιμή της όπως αυτή καθορίζεται με βάση το ελάχιστο από τα κριτήρια της καμπτικής και διατμητικής αντίστασης.

Όνομα	Τύπος	Χρώμα	Περιγραφή
Masonry	Τοιχοποιία		
Columns d=45cm	Τοιχοποιία		
Masonry t=0.50	Τοιχοποιία		
Columns 90x90cm	Τοιχοποιία		

Τοιχοποιία

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _m [MN/m ²]	Διατμητική αντίσταση [MN/m ²]
Masonry	730,00	306,00	16	0,85	0,15
Columns d=45cm	1.620,00	680,00	16	2,59	0,20
Masonry t=0.50	1.130,00	474,00	16	1,50	0,15
Columns 90x90cm	1.270,00	533,00	16	1,33	0,20

Ξύλο

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _{wm} [MN/m ²]	f _{wk} [MN/m ²]	γ w
C22	10.000,00	630,00	4	31,0	22,0	1,30

Γεωμετρία μοντέλου

Το μαθηματικό προσομοίωμα του κτιρίου αυτού έγινε με την εισαγωγή τοίχων, οι οποίοι διακριτοποιούνται με μακρο-στοιχεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις παραμορφώσιμες υπέρθυρες δοκοί. Οι άκαμπτοι κόμβοι παρουσιάζονται στα τμήματα τοιχοποιίας, τα οποία συνήθως είναι λιγότερο ευαίσθητα σε σεισμικές βλάβες. Οι πεσσοί και οι υπέρθυρες δοκοί είναι συνεχόμενοι με τα ανοίγματα και οι άκαμπτοι κόμβοι αναπαριστούν την σύνδεση μεταξύ των πεσών και των υπέρθυρων δοκών. Ο μαθηματικός αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση αυτών των μακρο-στοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή του λυγισμού στις πλευρές του στοιχείου, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η δυναμική κατάσταση των βλαβών όπως ακριβώς εμφανίζονται στην πραγματικότητα.

Οι κόμβοι του μαθηματικού μοντέλου είναι 3-διαστάσεων με 5 βαθμούς ελευθερίας (3 μετακινησιακές συνιστώσες στο καθολικό σύστημα αναφοράς και 2 στροφές περί των άξονα X και Y) ή με 2-διαστάσεων κόμβους με 3 βαθμούς ελευθερίας (δύο μετακινήσεις και μία στροφή στο επίπεδο του τοίχου). Οι 3-διαστάσεων κόμβοι χρησιμοποιούνται για να γίνει η μεταφορά των δράσεων από τον έναν τοίχο στον άλλο ο οποίος είναι τοποθετημένος εγκάρσια στον πρώτο. Οι 2-διαστάσεων κόμβοι έχουν βαθμούς ελευθερίας μόνο στο επίπεδο του τοίχου επιτρέποντας να μεταφερθούν οι εντάσεις μεταξύ των διαφόρων σημείων του τοίχου.

Τα οριζόντια στοιχεία, προσομοιώνονται ως πλάκες τρικομβικών στοιχείων τα οποία συνδέονται με τους κόμβους 3-διαστάσεων, οι οποίες μπορούν να φέρουν μόνιμα και κινητά φορτία. Οι σεισμικές δράσεις δρουν στην πλάκα και την φορτίζουν κατά μήκος της μεσαίας στρώσης της πλάκας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η πλάκα διαθέτει αξονική δυσκαμψία, χωρίς όμως να έχει καμπτική, αφού η κύρια μηχανική συμπεριφορά η οποία ελέγχεται είναι εκείνη που προκαλείται από το σεισμό και το αντίστοιχο οριζόντιο φορτίο.

Δομικά στοιχεία: Στάθμη

Στάθμη 1 (+4,30 [m])

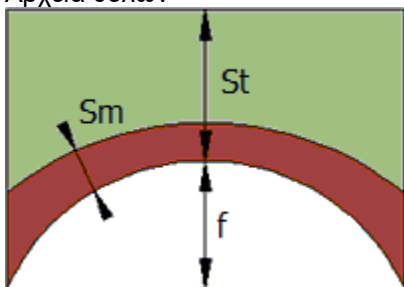
Τοίχος

No.	Τοίχο	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Ύψος [m]	Πάχος [cm]
195	20	Masonry	-	4,30	4,30	150,0
43	22	Masonry	-	4,30	4,30	135,0
47	24	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
164	26	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
226	27	Masonry t=0.50	-	4,30	4,30	135,0
227	27	Masonry t=0.50	-	4,30	4,30	135,0

Υποσύλωμα τοιχοποιίας

No.	υλικό	Υψόμετρο [m]	Βάση τμήματος [cm]	Ύψος ορόφου [cm]	Επιφ. [cm ²]	Γωνία στροφ. [rad]	Απόλυτο Ύψος [m]
230	Columns 90x90cm	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30
231	Columns 90x90cm	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30
232	Columns 90x90cm	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30

Αρχαία θόλων



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Υλικό θόλου: Masonry of domes Στρώση σκυροδέματος: C20/25 Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0 Πάχος στρώσης σκυροδέματος [cm] = 12,0
U2	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0

Θόλοι

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τυπολογία
6	U1	2,20	15,0	2.094,69	5.025,13	5.025,13	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
7	U2	4,30	15,0	68,02	162,00	162,00	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος

Στάθμη (+11,30 [m])

Τοίχος

No.	Τοίχο	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Ύψος [m]	Πάχος [cm]
190	20	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
99	22	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
168	24	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
169	24	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
206	26	Masonry	-	11,30	7,00	120,0

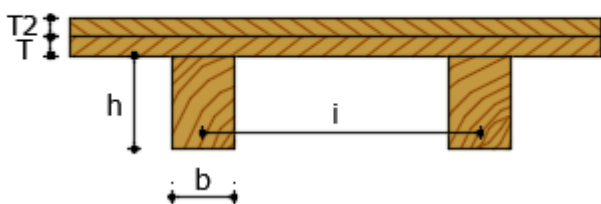
207	26	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
-----	----	---------	---	-------	------	-------

Υποσύλωμα τοιχοποιίας

No.	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Βάση τμήματος [cm]	Υψος ορόφου [cm]	Επιφ. [cm ²]	Γωνία στροφ. [rad]	Απόλυτο Υψος [m]
233	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
234	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
235	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
239	Columns d=45cm	-	11,30	30,0	30,0	900,00	0	7,00
240	Columns d=45cm	-	11,30	30,0	30,0	900,00	0	7,00

Αρχαία πλακών

Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Ξύλινες συνδέσεις: C22 Ξύλινες σανίδες: C22	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες) b [cm] = 18,0; h [cm] = 24,0; i [cm] = 100,0; T [cm] = 2,2; T2 [cm] = 2,2

Δάπεδο

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τύπος
8	U1	11,30	4,4	630,00	19.818,18	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)
10	U1	11,30	4,4	630,00	19.818,18	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

Δομικά στοιχεία: Κατακόρυφο επίπεδο

Τοίχος

No.	Τοίχο	υλικό	Πάχος [cm]
298	31	Masonry	90,0
303	31	Masonry t=0.50	45,0
308	31	Masonry t=0.50	45,0
313	31	Masonry t=0.50	45,0
318	31	Masonry t=0.50	45,0
323	31	Masonry t=0.50	45,0
328	31	Masonry t=0.50	45,0

Ισοδύναμο πλαίσιο

Τοίχοι : 1

3D κόμβοι

Κόμβ	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
------	-------	-------	-------	--------

ος				
10	13,68	-0,44	0,00	0
13	34,41	-0,44	0,00	0
4	41,71	-0,44	0,00	0
11	13,68	-0,44	4,30	1
14	34,41	-0,44	4,30	1
5	41,71	-0,44	4,30	1
12	13,68	-0,44	11,30	2
6	41,71	-0,44	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
ος			
25	8,14	0,00	0
27	15,05	0,00	0
29	25,53	0,00	0
26	8,14	4,30	1
28	15,05	4,30	1
30	25,53	4,30	1
31	10,60	11,30	2
32	17,02	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
10	Masonry	150,0	629,8	90,0	8,14	1,45	25	26
11	Masonry	150,0	631,8	90,0	15,05	1,45	27	28
12	Masonry	150,0	532,2	90,0	21,48	1,45	13	14
13	Masonry	150,0	155,1	170,0	25,53	1,60	29	30
14	Masonry	150,0	143,4	340,0	28,57	2,00	4	5
9	Masonry	150,0	311,2	260,0	2,82	2,03	10	11
16	Masonry	120,0	657,8	205,0	10,60	5,88	26	31
17	Masonry	120,0	487,2	205,0	17,02	5,88	28	32
15	Masonry	120,0	439,2	460,0	3,46	7,43	11	12
18	Masonry	120,0	818,3	460,0	25,20	7,43	30	6

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
5	Masonry	150,0	155,0	50,0	27,08	0,25	29	4
1	Masonry	150,0	61,0	100,0	4,68	0,50	10	25
2	Masonry	150,0	61,0	100,0	11,59	0,50	25	27
3	Masonry	150,0	61,0	100,0	18,52	0,50	27	13
4	Masonry	150,0	61,0	100,0	24,45	0,50	13	29
7	Masonry	120,0	70,0	485,0	14,23	8,88	31	32
6	Masonry	120,0	165,0	395,0	6,48	9,33	12	31
8	Masonry	120,0	165,0	395,0	20,28	9,33	32	6

Τοίχοι : 2

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
ος				
1	13,37	8,85	0,00	0
15	34,41	8,84	0,00	0
7	42,07	8,84	0,00	0

2	13,37	8,85	4,30	1
16	34,41	8,84	4,30	1
8	42,07	8,84	4,30	1
3	13,37	8,85	11,30	2
9	42,07	8,84	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός Χ [m]	Z [m]	Στάθμη
33	9,60	0,00	0
34	9,60	4,30	1
35	14,02	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πλάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
24	Masonry	-	135,0	620,0	330,0	9,60	1,65	33	34
23	Masonry	-	135,0	497,1	386,6	2,49	1,93	1	2
25	Masonry	-	135,0	1.100,3	297,5	19,73	2,24	15	16
26	Masonry	-	135,0	193,3	347,5	27,73	2,41	7	8
28	Masonry	-	120,0	1.503,7	275,0	14,02	6,08	34	35
27	Masonry	-	120,0	497,1	580,0	2,49	7,20	2	3
29	Masonry	-	120,0	535,9	485,0	26,02	7,42	8	9

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πλάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
20	Masonry	-	135,0	153,0	150,0	26,00	0,75	15	7
19	Masonry	-	135,0	153,0	100,0	5,74	3,80	2	34
21	Masonry	-	120,0	153,0	420,0	5,74	9,20	3	35
22	Masonry	-	120,0	180,0	350,0	22,44	9,55	35	9

Τοίχοι : 3

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
4	41,71	-0,44	0,00	0
20	41,89	4,17	0,00	0
7	42,07	8,84	0,00	0
5	41,71	-0,44	4,30	1
21	41,89	4,17	4,30	1
8	42,07	8,84	4,30	1
6	41,71	-0,44	11,30	2
22	41,89	4,17	11,30	2
9	42,07	8,84	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πλάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
32	Masonry	-	115,0	928,6	430,0	4,64	2,15	20	21
33	Masonry	-	120,0	184,2	520,0	0,92	7,29	5	6
34	Masonry	-	120,0	127,4	520,0	3,98	7,29	21	22
35	Masonry	-	120,0	117,3	520,0	5,20	7,29	21	22
36	Masonry	-	120,0	199,6	520,0	8,29	7,29	8	9

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
30	Masonry	-	120,0	150,0	335,0	2,59	9,63	6	22
31	Masonry	-	120,0	150,0	335,0	6,54	9,63	22	9

Τοίχοι : 4

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	13,37	8,85	0,00	0
17	13,53	4,17	0,00	0
10	13,68	-0,44	0,00	0
2	13,37	8,85	4,30	1
18	13,53	4,17	4,30	1
11	13,68	-0,44	4,30	1
3	13,37	8,85	11,30	2
19	13,53	4,17	11,30	2
12	13,68	-0,44	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
36	2,34	4,30	1
37	2,34	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
41	Masonry	-	100,0	653,4	360,3	3,27	1,80	17	36
42	Masonry	-	100,0	165,7	360,3	8,46	1,80	10	11
43	Masonry	-	120,0	295,8	462,5	6,15	7,28	18	19
44	Masonry	-	120,0	30,7	462,5	9,14	7,28	11	12
40	Masonry	-	120,0	467,6	700,0	2,34	7,80	36	37

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
37	Masonry	-	100,0	96,4	200,0	7,57	3,30	18	11
38	Masonry	-	120,0	96,4	25,0	7,57	4,43	18	11
39	Masonry	-	120,0	135,0	450,0	8,31	9,05	19	12

Τοίχοι : 5

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
13	34,41	-0,44	0,00	0
23	34,41	4,17	0,00	0
15	34,41	8,84	0,00	0
14	34,41	-0,44	4,30	1
24	34,41	4,17	4,30	1
16	34,41	8,84	4,30	1
46	34,41	4,17	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
38	6,95	0,00	0
39	6,95	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
47	Masonry t=0.50	-	135,0	255,6	376,6	1,28	1,88	13	14
48	Masonry t=0.50	-	135,0	66,7	376,6	4,28	1,88	23	24
46	Masonry t=0.50	-	135,0	466,8	430,0	6,95	2,15	38	39

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
45	Masonry t=0.50	-	135,0	139,0	130,0	3,25	3,65	14	24

Τοίχοι : 6

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
40	20,82	4,17	0,00	0
42	27,32	4,17	0,00	0
23	34,41	4,17	0,00	0
18	13,53	4,17	4,30	1
41	20,82	4,17	4,30	1
43	27,32	4,17	4,30	1
24	34,41	4,17	4,30	1
21	41,89	4,17	4,30	1
19	13,53	4,17	11,30	2
44	20,82	4,17	11,30	2
45	27,32	4,17	11,30	2
46	34,41	4,17	11,30	2
22	41,89	4,17	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
53	Masonry	-	45,0	27,8	602,2	0,14	7,31	18	19
54	Masonry	-	45,0	19,0	602,2	28,26	7,31	21	22

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
49	Masonry	-	45,0	682,0	250,0	3,69	10,05	19	44
50	Masonry	-	45,0	610,0	250,0	10,54	10,05	44	45
51	Masonry	-	45,0	667,0	250,0	17,34	10,05	45	46
52	Masonry	-	45,0	708,0	250,0	24,63	10,05	46	22

(*) Στοιχεία στέγης

Φορτία

Σεισμικά φορτία:

Ο έλεγχος θα πρέπει να εκτελείται με βάση τον συνδυασμό που περιλαμβάνει τις σεισμικές δράσεις και μη και ο οποίος καθορίζεται στην παράγραφο 6.5.3 του Ευρωκώδικα 0

$$\gamma_1 E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Οι επιδράσεις από την σεισμική δράση ελέγχονται λαμβάνοντας υπόψη τις μάζες οι οποίες συνδέονται με τα κατακόρυφα φορτία:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i (\Psi_{Ei} Q_{ki})$$

Στατικά φορτία:

Ο έλεγχος για τα στατικά φορτία στην οριακή κατάσταση διεξάγεται με βάση τις διατάξεις του ισχύοντος κανονισμού. Ο συνδυασμός φορτίων που λαμβάνεται υπόψη είναι:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

όπου:

- γ_1 Συντελεστής σπουδαιότητας (παράγραφος 4.2.5 – Ευρωκώδικας 8)
- E Σεισμική δράση που εφαρμόζεται για την οριακή κατάσταση
- G_{k1}, G_{k2} Χαρακτηριστικές τιμές μόνιμων φορτίων
- Q_{ki} Χαρακτηριστική τιμή για την μεταβλητή δράση Q_k .
- Ψ_2 Συντελεστής συνδυασμού με οιονεί – μόνιμη τιμή μιας μεταβλητής δράσης

Ψ_0 Συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις

Ψ_{Ei} Συντελεστής συνδυασμού της μεταβλητής δράσης Q_i , στην οποία λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα ότι να δρουν όλα τα φορτία στην κατασκευή τη στιγμή εμφάνισης ενός σεισμικού γεγονότος και επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών Ψ_{2i} στο φ .

$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_Q$: επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

Οι τιμές των διαφόρων συντελεστών καθορίζονται με βάση την τύπο της χρήσης για τα διάφορα επίπεδα σχεδιασμού σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 0, πίνακας A1.1 και την παράγραφο 4.2.4 του Ευρωκώδικα.

No.	Θέση	Τύπος	Gk	Πρόσθ. Gk	Qk	φ	ψ_0	ψ_2	CDM
1	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
2	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
3	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
4	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι

Αναφορές

CDM : Να ληφθεί υπόψη μόνο η δυναμική κατανομή της μάζας.

C : Συγκεντρωμένο [kN]

L : Γραμμικό [kN/m]

No.	Θέση	Gk1	Gk2	Qk	κύρια μεταβλητή δράση	φ	ψ_0	ψ_2
8	Στάθμη (+11,30 [m])	0,36	0,00	2,00	ΝΑΙ	1,00	0,70	0,60
10	Στάθμη (+11,30 [m])	0,36	0,00	2,00	ΝΑΙ	1,00	0,70	0,60

No.	Θέση	Gk1	Gk2	Qk	κύρια μεταβλητή δράση	φ	ψ_0	ψ_2
6	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	2,50	5,00	ΝΑΙ	1,00	0,70	0,60
7	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	0,20	5,00	ΝΑΙ	1,00	0,70	0,60

Φάσμα σεναρίου-κανονισμού

Τα φάσματα απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στα κανονιστικά πρότυπα, καθορίζονται από την μέγιστη επιτάχυνση και την κατηγορία εδάφους στην περιοχή που θα κατασκευαστεί το κτίριο.

agR (NC)	agR (SD)	agR (DL)	Τύπος εδάφους	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]	l
3,40	2,40	1,44	B	1,20	0,15	0,50	2,00	1,40

Pushover ανάλυση

Περιγραφή Pushover ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση των απαραίτητων ελέγχων εκτελέστηκε μη-γραμμική στατική ανάλυση με βάση τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8. Οι απαιτούμενοι έλεγχοι περιλαμβάνουν σύγκριση μεταξύ των επιμέρους καμπυλών ικανότητας που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των αναλύσεων με τις απαιτούμενες μετακινήσεις όπως ακριβώς περιγράφεται στον ισχύοντα κανονισμό. Η καμπύλη ικανότητας αναπαρίσταται από ένα διάγραμμα στον οποίο εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση-τέμνουσα στη βάση. Σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8, υπάρχουν δύο τύποι κατανομών των δυνάμεων που πρέπει να ελεγχθούν:

Κατανομή των δυνάμεων με βάση τις μάζες κάθε στάθμης:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

Κατανομή των δυνάμεων με βάση την παραγωγή των μαζών για την παραμόρφωση που προκύπτει από την πρώτη ιδιομορφή

Με τον τρόπο αυτό, η τιμή για την μέγιστη μετακίνηση στην βάση του κτιρίου, προκύπτει από τον υπολογισμό της κατανομής των δυνάμεων.

Η τιμή αυτή της μετακίνησης αποτελεί την οριακή τιμή για το κτίριο

Η μετακίνηση που ελέγχεται για τον καθορισμό της καμπύλης ικανότητας βρίσκεται στο σημείο του κτιρίου που ονομάζεται κόμβος ελέγχου. Ο κανονισμός απαιτεί να γίνεται δι-γραμμικοποίηση της καμπύλης ικανότητας σε ένα ισοδύναμο σύστημα (SDOF).

Ο προσδιορισμός της καμπύλης σε σχέση με το ισοδύναμο σύστημα επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιόδου στην οποία προκύπτει λόγω σεισμικής δράσης η μέγιστη μετακίνηση, σύμφωνα με τα φάσματα που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.2.2 του Ευρωκώδικα 8.

Αντίστοιχα, στην παράγραφο 4.3.2 του Ευρωκώδικα 8 καθορίζεται ότι η τυχηματική εκκεντρότητα για το κέντρο μάζας είναι ίση με το 5% της μέγιστης διάστασης του κτιρίου στην διεύθυνση που είναι κάθετη στην σεισμική δράση.

Με βάση την μορφή του κτιρίου, και τον κανονισμό, υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές για την εκτέλεση των μη-γραμμικών αναλύσεων στο πρόγραμμα:

Σεισμικό φορτίο: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα ποια από τις 2 κατανομές φορτίων θα υπολογιστούν (με βάση τις μάζες ή την πρώτη ιδιομορφή)

Διεύθυνση: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα την διεύθυνση στην οποία η κατασκευή υπόκειται σε σεισμικά φορτία (X ή Y ή στο καθολικό σύστημα).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη κατάσταση από τις σεισμικές δυνάμεις, πραγματοποιούνται επιμέρους αναλύσεις για κάθε κατανομή, για κάθε σεισμική διεύθυνση και για κάθε πιθανή τυχηματική εκκεντρότητα.

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Ενιαία μορφή του πλευρικού φορτίου	Εκκεντρότητα [cm]	Στάθμη	Κόμβος
1	+X	Μάζες	0,0	2	6
3	-X	Μάζες	0,0	2	6
5	+Y	Μάζες	0,0	2	6
7	-Y	Μάζες	0,0	2	6
9	+X	Μάζες	46,4	2	6
10	+X	Μάζες	-46,4	2	6
13	-X	Μάζες	46,4	2	6
14	-X	Μάζες	-46,4	2	6
17	+Y	Μάζες	143,5	2	6
18	+Y	Μάζες	-143,5	2	6
21	-Y	Μάζες	143,5	2	6
22	-Y	Μάζες	-143,5	2	6

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τον κανονισμό, εκτελούνται μία σειρά από ελέγχους :

Οριακή κατάσταση: Σημαντικών βλαβών (Significant Damage -SD):

$$d_t^{SD} \leq d_m^{SD}$$

d_t^{SD} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό.

d_m^{SD} : Καθολική ικανότητα στην οριακή κατάσταση - Significant Damage (SD) .

LS of Damage Limitation (DL):

$$S_d(T^*) \leq d_y^*$$

$S_d(T^*)$: Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό για $T=T^*$

d_y^* : Ελαστική παραμόρφωση του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος .

Σεισμική διακινδύνευση

Για κάθε οριακή κατάσταση χρειάζεται να υπολογίζεται ο παράγοντας διακινδύνευσης α (α_{NC} , α_{SD} , α_{DL})

Οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha_{SD} = \frac{PGA_{CSD}}{PGA_{DSD}} ;$$

$$\alpha_{DL} = \frac{PGA_{CDL}}{PGA_{DDL}} ;$$

Αποδεκτή Επιτάχυνση: το μέγιστο σύνολο των δράσεων, λαμβάνοντας υπόψη τους αναμενόμενους συνδυασμούς για το έργο για τους οποίους η κατασκευή θα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί.

PGA_{CSD} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην SD

PGA_{CDL} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην DL

Απαιτούμενη επιτάχυνση: Τιμές αναφοράς των επιταχύνσεων λόγω σεισμικής ενέργειας

Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τα σεισμικά εκείνα φορτία τα οποία καθορίζονται από το σχήμα του φάσματος

PGA_{DSD} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην SD

PGA_{DDL} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην DL

Αναλυτικά αποτελέσματα

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	dt NC [cm]	dm NC [cm]	NC Ελεγ.	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ελεγ.	Sd DL [cm]	d*y DL [cm]	DL Ελεγ.
1	+X	Μάζες	0,0	3,47	2,16	OXI	2,15	1,62	OXI	0,48	0,41	OXI
3	-X	Μάζες	0,0	3,38	1,94	OXI	2,06	1,46	OXI	0,48	0,43	OXI
5	+Y	Μάζες	0,0	10,12	4,29	OXI	7,14	3,21	OXI	3,74	0,75	OXI
7	-Y	Μάζες	0,0	12,90	6,31	OXI	9,11	4,73	OXI	4,82	1,16	OXI
9	+X	Μάζες	46,4	3,33	2,11	OXI	2,03	1,59	OXI	0,46	0,41	OXI
10	+X	Μάζες	-46,4	3,52	2,07	OXI	2,20	1,56	OXI	0,48	0,38	OXI
13	-X	Μάζες	46,4	3,46	2,38	OXI	2,12	1,79	OXI	0,50	0,44	OXI
14	-X	Μάζες	-46,4	3,39	1,78	OXI	2,09	1,33	OXI	0,47	0,40	OXI
17	+Y	Μάζες	143,5	10,03	4,79	OXI	7,08	3,59	OXI	3,68	0,69	OXI
18	+Y	Μάζες	-143,5	9,66	3,95	OXI	6,81	2,96	OXI	3,43	0,66	OXI
21	-Y	Μάζες	143,5	13,45	5,79	OXI	9,49	4,35	OXI	5,03	1,24	OXI
22	-Y	Μάζες	-143,5	12,36	6,18	OXI	8,73	4,63	OXI	4,62	1,06	OXI

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	α NC	α SD	α DL	dm/dt NC
1	+X	Μάζες	0,0	0,709	0,835	0,842	0,622
3	-X	Μάζες	0,0	0,680	0,810	0,900	0,574

5	+Y	Μάζες	0,0	0,424	0,451	0,200	0,424
7	-Y	Μάζες	0,0	0,489	0,519	0,241	0,489
9	+X	Μάζες	46,4	0,724	0,856	0,888	0,634
10	+X	Μάζες	-46,4	0,678	0,797	0,792	0,588
13	-X	Μάζες	46,4	0,764	0,897	0,894	0,688
14	-X	Μάζες	-46,4	0,636	0,760	0,858	0,525
17	+Y	Μάζες	143,5	0,478	0,509	0,188	0,478
18	+Y	Μάζες	-143,5	0,411	0,439	0,191	0,409
21	-Y	Μάζες	143,5	0,431	0,458	0,248	0,430
22	-Y	Μάζες	-143,5	0,500	0,531	0,230	0,500

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

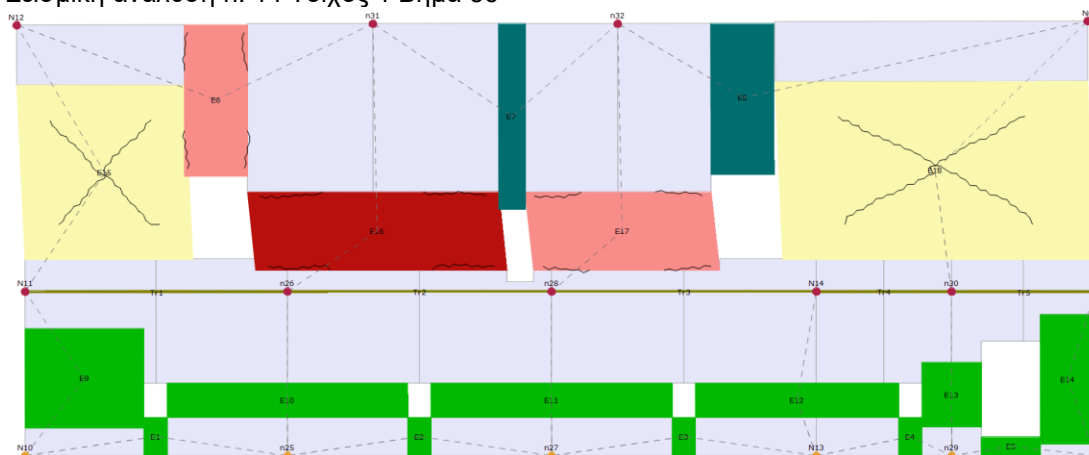
Ετικέτες αποτελεσμάτων

Σκυρόδεμα	
	Χωρίς βλάβη
	Διατμητική αστοχία (όριο)
	Καμπτική βλάβη
	Καμπτική αστοχία (όριο)
	Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
	Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
	Διατμητική αστοχία (όριο)
Ξύλο	
	Χωρίς βλάβη
	Καμπτική αστοχία (όριο)
	Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
	Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Χάλυβας	
	Χωρίς βλάβη
	Καμπτική βλάβη
	Βλάβη λόγω θλίψης
	Βλάβη λόγω εφελκυσμού
	Ανενεργό στοιχείο (σε εφελκ.)
	Πίσω στην ελαστική περιοχή

Τοιχοποιία	
	Χωρίς βλάβη
	Έναρξη πλαστιμότητας
	Διατμητική βλάβη
	Έναρξη διατμητικής αστοχίας
	Διατμητική αστοχία (όριο)
	Καμπτική βλάβη
	Έναρξη καμπτικής αστοχίας
	Καμπτική αστοχία (όριο)
	Σοβαρή βλάβη
	Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
	Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
	Αστοχία στην ελαστική φάση(όριο)
	Ανενεργό στοιχείο (σε εφελκ.)

Σεισμική ανάλυση n. 14 Διεύθυνση X

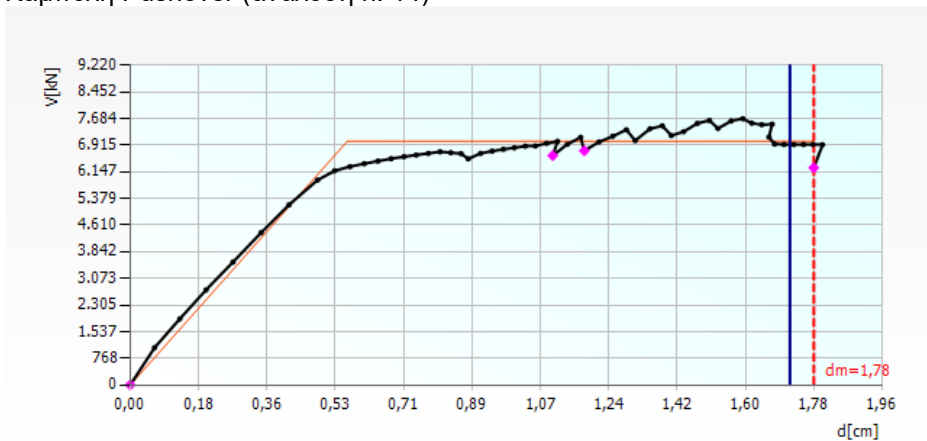
Σεισμική ανάλυση n. 14 Τοίχος 1 Βήμα 56



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη

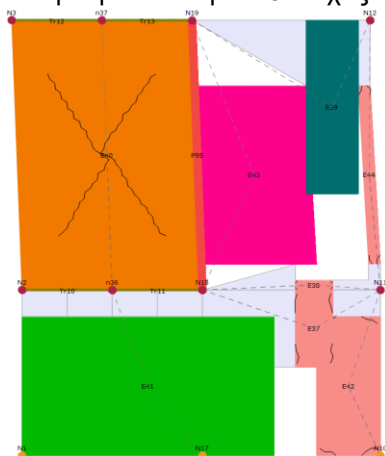


Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 14)

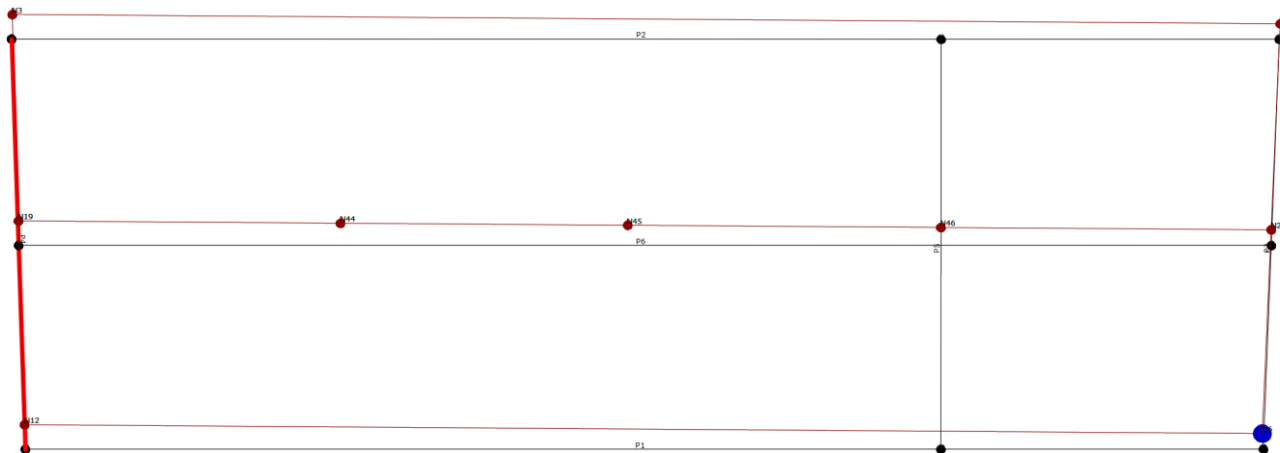


Σεισμική ανάλυση n. 18 Διεύθυνση Y

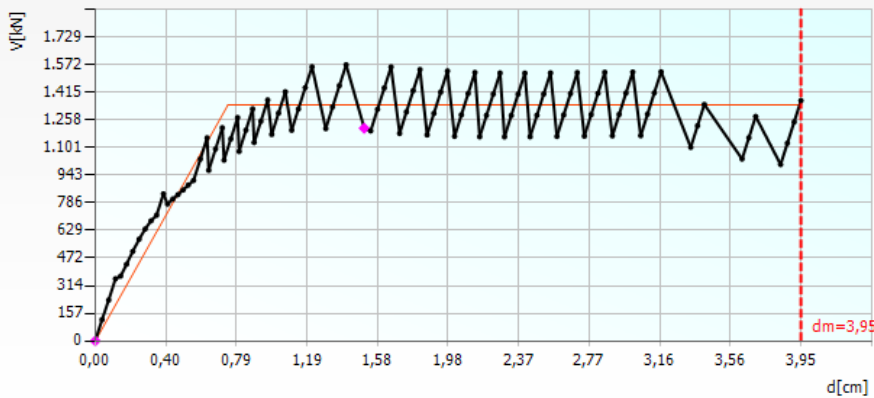
Σεισμική ανάλυση n. 18 Τοίχος 4 Βήμα 98



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη



Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 18)



Ανάλυση τοπικών μηχανισμών

Περιγραφή κατασκευής

Το παρόν τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων του μαθηματικού μοντέλου, τους σχετικούς ελέγχους και τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από την μελέτη που εκπονήθηκε με το πρόγραμμα 3MURI, για το ξυλουργείο το οποίο βρίσκεται στον αρχαιολογικό χώρο της περιβόλας της παλιάς πόλης της Ρόδου.

Τύπος ανάλυσης που εκτελέστηκε

Προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι στο υπό ανάλυση κτήριο, κρίθηκε σκόπιμο να εκτελεστεί η ανάλυση ανάπτυξης πιθανών τοπικών μηχανισμών.

Οι τοπικοί μηχανισμοί είναι σημαντικοί στην περίπτωση που η συμπεριφορά «κουτιού» του κτιρίου δεν είναι εγγυημένη λόγω ανεπαρκών συνδέσεων είτε μεταξύ των ορθογώνιων τοίχων είτε μεταξύ του δαπέδου και του τοίχου.

Μέθοδος ανάλυσης

Οι τμηματικές καταρρεύσεις συμβαίνουν συχνά σε υπάρχοντα κτίρια τοιχοποιίας λόγω σεισμικών αιτιών, γενικά λόγω απώλειας ισορροπίας τμημάτων των τοίχων. Ο έλεγχος σχετικά με αυτούς τους μηχανισμούς, σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω, αποκτά σημασία εάν είναι εγγυημένη μια ορισμένη μονολιθικότητα του τοίχου, όπως η αποφυγή κρίσιμων καταρρέψεων λόγω αποσύνθεσης της τοιχοποιίας.

Οι έλεγχοι με βάση τους τοπικούς μηχανισμούς μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω της οριακής ανάλυσης της ισορροπίας, σύμφωνα με την κινηματική προσέγγιση, η οποία βασίζεται στην επιλογή του μηχανισμού κατάρρευσης και στην αξιολόγηση της οριζόντιας δράσης που ενεργοποιεί αυτόν τον κινηματικό μηχανισμό.

Επομένως, η εφαρμογή της μεθόδου επαλήθευσης προϋποθέτει την ανάλυση των τοπικών μηχανισμών που θεωρούνται σημαντικοί για την κατασκευή, οι οποίοι μπορούν να υποτεθούν με βάση τη γνώση της σεισμικής συμπεριφοράς παρόμοιων κατασκευών, ήδη κατεστραμμένων από το σεισμό ή που έχουν εντοπιστεί λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία οποιουδήποτε ρωγμές, ακόμη και μη σεισμικής φύσης. Επιπλέον, θα ληφθεί υπόψη η ποιότητα της σύνδεσης μεταξύ των τοίχων τοιχοποιίας, η υφή της τοιχοποιίας, η παρουσία ράβδων σύνδεσης (π.χ. ελκυστήρων), οι αλληλεπιδράσεις με άλλα στοιχεία της κατασκευής ή παρακείμενων κτιρίων.

Η κινηματική προσέγγιση καθιστά επίσης δυνατό τον προσδιορισμό της τάσης της οριζόντιας δράσης που η κατασκευή μπορεί προοδευτικά να αντέξει καθώς εξελίσσεται ο μηχανισμός.

Reference paragraphs of the current legislation:

- C7.2.3 Design criteria of structural elements and non-structural construction elements

- C8.7.1.2 Local mechanisms - seismic response analysis methods and verification criteria
- C8.7.1.2.1.1 Analysis with linear kinematic approach
- C8.7.1.2.1.2 Analysis with non-linear kinematic approach
- C8.7.1.2.1.3 Definition of the equivalent non-linear oscillator
- C8.7.1.2.1.6 Verification of the Damage Limit State
- C8.7.1.2.1.6 Verification of the Ultimate Limit States of SLV and SLC
- C8.7.1.2.1.8 Verification in movement at the SLV and at the SLC

For each possible local mechanism considered significant for the building, the method is divided into the following steps:

- transformation of a part of the building into a labile system (kinematic chain), through the identification of rigid bodies, defined by conceivable fracture planes capable of rotating or sliding between them.
- evaluation of the horizontal load multiplier α_0 which involves the activation of the mechanism through the use of the principle of virtual work.

Find the seismic activation spectral acceleration a_z starting from the horizontal multiplier of the loads α_0 .

Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Πλαίσιο κανονισμών

Για τους ελέγχους και τις αναλύσεις που εκτελέστηκαν στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν οι διατάξεις και η νομοθεσία που περιλαμβάνεται στο παρακάτω κανονιστικό πρότυπο:
Ευρωκώδικας 8 [EN 1998]: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών.

Σεισμική δράση

Παρουσίαση αποτελεσμάτων

agR (NC) [m/s ²]	agR (SD) [m/s ²]	agR (DL) [m/s ²]	Τύπος εδάφους	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]	l
3,40	2,40	1,44	B	1,20	0,15	0,50	2,00	1,40

Μέθοδος ελέγχου

Near Collapse (NC) - ΣΤ.ΕΠΙΤ.Γ

Σε περίπτωση που ο έλεγχος αφορά απομονωμένο στοιχείο ή τμήμα της κατασκευής σε κάθε περίπτωση που στηρίζεται ουσιαστικά στο έδαφος, η προϋπόθεση για την επιτυχή διεξαγωγή του ελέγχου σε σχέση με την εν λόγω οριακή κατάσταση παρέχεται από την ακόλουθη ανισότητα:

$$a_z \geq a_z(z=0) = S_\varepsilon(T=0) = a_g \cdot S$$

$$a_z = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^* \cdot FC} \cdot q$$

Σε περίπτωση που ο τοπικός μηχανισμός επηρεάζει ένα τμήμα του κτιρίου που βρίσκεται σε ορισμένο ύψος (και όχι στο έδαφος), πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η απόλυτη επιτάχυνση στο ύψος του τμήματος του κτιρίου που επηρεάζεται από τον κινηματικό μηχανισμό γενικά ενισχύεται σε σχέση με τον έλεγχο που θα γινόταν αντίστοιχα αν ήταν ο τοίχος στο έδαφος. Για το λόγο αυτό, η επιτυχία του ελέγχου παρέχεται από την ακόλουθη ανισότητα:

$$a_z \geq \max(a_z(z=0); a_z(z))$$

$$a_z(z) = \sqrt{\sum a_{z,k}^2(z)}$$

$$a_{z,k}(z) = S_\varepsilon(T_k, \xi_k) \cdot |\gamma_k \cdot \Psi_k(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_k^2}$$

Επιτρέπεται να γίνεται χρήση μόνο της πρώτης κυρίαρχης ιδιομορφής ταλάντωσης για την κύρια διεύθυνση, όπου

τότε θεωρείται ότι $K=1$

$$a_z(z) = S_e(T_1, \xi_1) \cdot |\gamma_1 \cdot \Psi_1(z)| \cdot \sqrt{1 + 0.0004 \cdot \xi_1^2}$$

$S_e(T, \xi)$: φάσμα ελαστικής απόκρισης στο έδαφος, αξιολογημένο για την ισοδύναμη περίοδο T και την ισοδύναμη απόσβεση ξ (5%) του εξεταζόμενου μη δομικού στοιχείου, εγκατάστασης ή τοπικού μηχανισμού.

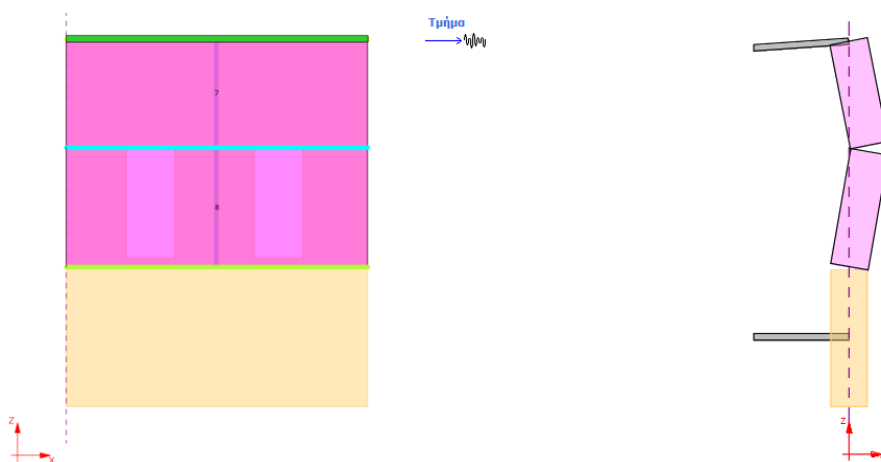
γ_k : : k-th συντελεστής φασματικής συμμετοχής της κατασκευής

$\Psi_k(z)$: τιμή της k-th ιδιομορφής στο ύψος z στην θέση του επιπέδου όπου βρίσκεται ο τοπικός μηχανισμός που χρειάζεται να ελεγχθεί

$a_{z,k}$: συνεισφορά της k-th ιδιομορφής στην μέγιστη επιτάχυνση του ορόφου.

Περιγραφή κινηματικού

Κινηματικό: Out of plane (1-A)



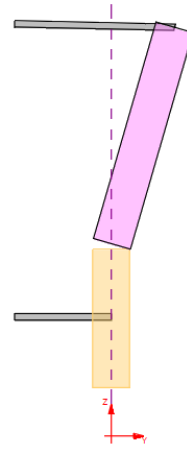
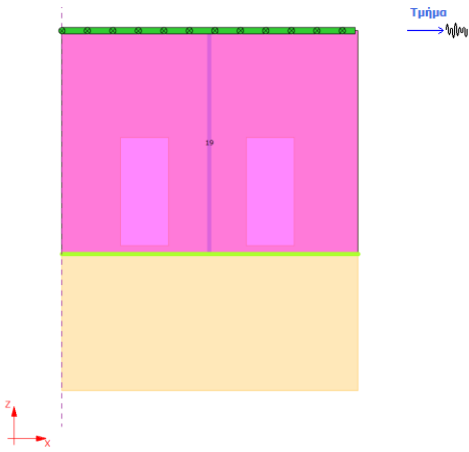
Μπλοκ	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]	Βάρος[kN]	Τοίχοι
3	-0,03	0,76	8,97	-153	20
2	9,25	1,02	8,97	-205	22
7	4,64	0,00	9,64	-594	24
8	4,23	0,00	6,16	-409	24

Τύπος στήριξης	Υψόμετρο [m]	Τοίχοι	Γωνία στροφ.[rad]
Εξωτερική δέσμευση	4,30	24	0
Εσωτερική δέσμευση	7,97	24	-
Εξωτερική στήριξη	11,30	24	-

Φορτίο Γραμμικό	x_i [m]	x_j [m]	Y [m]	Z [m]	q_z [kN/m]
1	0,00	9,30	0,00	11,30	-11,00

ενεργοποίηση πολλαπλασιαστή(a_0)	1,691
$a_{z,c}$ (NC) [m/s ²]	90,9482
$a_z(z)$ (NC) [m/s ²]	6,1136
συντελεστής ασφαλείας PGAc/PGAd (NC)	14,88
ικανοποιείται ο έλεγχος(NC)	NAI

Κινηματικό: Out of plane (2.1-A)



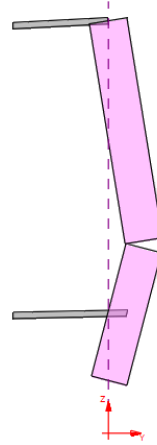
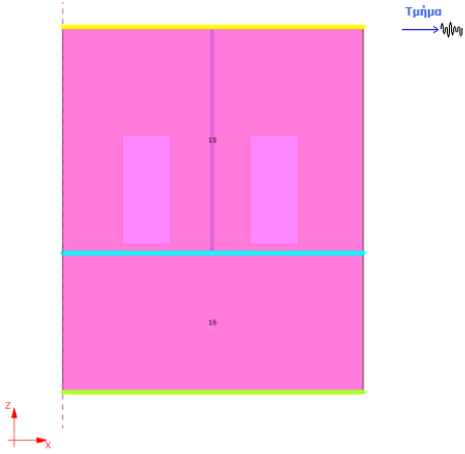
Μπλοκ	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]	Βάρος[kN]	Τοίχοι
17	0,00	0,00	0,00	0	20
18	0,00	0,00	0,00	0	22
19	0,00	0,00	0,00	0	24

Τύπος στήριξης	Υψόμετρο [m]	Τοίχοι	Γωνία στροφ. [rad]
Εξωτερική δέσμευση	4,30	24	0

Φορτίο Συγκεντρωμένο	X [m]	Y [m]	Z [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
1	0,03	0,80	11,30	-14,99	-0,58	0,00
2	0,06	1,60	11,30	-14,99	-0,58	0,00
3	0,09	2,40	11,30	-14,99	-0,58	0,00
4	0,12	3,20	11,30	-14,99	-0,58	0,00
5	0,16	4,00	11,30	-14,99	-0,58	0,00
6	0,19	4,80	11,30	-14,99	-0,58	0,00
7	0,22	5,60	11,30	-14,99	-0,58	0,00
8	0,25	6,40	11,30	-14,99	-0,58	0,00
9	0,28	7,19	11,30	-14,99	-0,58	0,00
10	0,31	7,99	11,30	-14,99	-0,58	0,00
11	0,34	8,79	11,30	-14,99	-0,58	0,00
12	0,00	0,00	11,30	-14,99	-0,58	0,00

Φορτίο Γραμμικό	xi [m]	xj [m]	Y [m]	Z [m]	qz [kN/m]
1	0,00	9,20	0,00	11,30	-11,85

Κινηματικό: Out of plane (3-A)

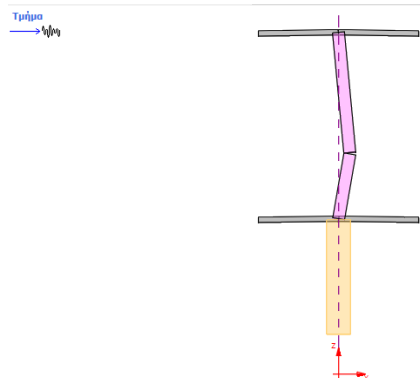
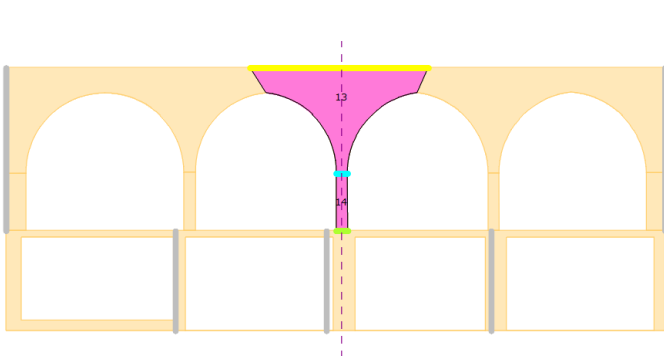


Μπλοκ	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]	Βάρος[kN]	Τοίχοι
15	4,66	0,00	8,09	-1.052	24
16	4,64	0,00	2,15	-735	24

Τύπος στήριξης	Υψόμετρο [m]	Τοίχοι	Γωνία στροφ.[rad]
Εξωτερική δέσμευση	0,00	24	0
Εσωτερική δέσμευση	4,30	24	-
Εξωτερική στήριξη	11,30	24	-

ενεργοποίηση πολλαπλασιαστή(a0)	0,595
az,c (NC) [m/s ²]	5,6673
az(z) (NC) [m/s ²]	3,2721
συντελεστής ασφαλείας PGAc/PGAd (NC)	1,73
ικανοποιείται ο έλεγχος(NC)	NAI

Κινηματικό: Out of plane (4-M)



Μπλοκ	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]	Βάρος[kN]	Τοίχοι
15	13,74	0,00	10,12	-123	31
16	14,46	0,00	5,53	-9	31

Τύπος στήριξης	Υψόμετρο [m]	Τοίχοι	Γωνία στροφ.[rad]
Εξωτερική δέσμευση	4,30	31	0
Εσωτερική δέσμευση	6,76	31	-
Εξωτερική στήριξη	11,30	31	-

ενεργοποίηση πολλαπλασιαστή(a0)	1,249
az,c (NC) [m/s2]	22,0933
az(z) (NC) [m/s2]	5,1664
συντελεστής ασφαλείας PGAc/PGAd (NC)	4,28
ικανοποιείται ο έλεγχος(NC)	NAI

Αξιολόγηση στατικής συμπεριφοράς φορέα Λυγηρότητα των τοίχων

Ο έλεγχος λυγηρότητας των τοίχων εκτελείται με βάση την παράγραφο §5.5.1.4(2) του EN 1996-1-1

Ο λόγος λυγηρότητας ενός τοίχου από τοιχοποιία υπολογίζεται μέσω του κλάσματος h_{ef}/t_{ef} όπου:

- h_{ef} : ενεργό μήκος (ύψος) λυγισμού του τοίχου ίσο με $\rho_n \cdot h$
- t_{ef} : ενεργό πάχος του τοίχου ίσο με $\rho_t \cdot t$
- h : το εσωτερικό (καθαρό) ύψος του ορόφου
- t : πάχος τοίχου
- ρ_n : μειωτικός συντελεστής, ($n=2,3$ ή 4) ανάλογα με το πλήθος των δεσμευμένων πλευρών του τοίχου
- ρ_t : συντελεστής δυσκαμψίας (λαμβάνομενος από τον πίνακα 5.1 - §5.5.1.3)

Ο έλεγχος λυγηρότητας ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

Έλεγχος έναντι κατακόρυφων φορτίων

Ο έλεγχος τοίχων από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο §6.1.2. του EN 1996-1-1

Ο έλεγχος αυτός ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

όπου:

- N_{ed} : κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού σε ένα τοίχο από τοιχοποιία
- N_{Rd} : αντίσταση σχεδιασμού του τοίχου έναντι κατακόρυφων φορτίων : $N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot A$
- A : φορτιζόμενη οριζόντια διατομή του τοίχου, σε τετραγωνικά μέτρα,
- f_d : θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας, υπολογιζόμενη κατά τις παραγράφους 2.4.1 & 3.6.1
- Φ : μειωτικός συντελεστής αντοχής στη στέψη ή στη βάση του ή στο μέσο του ύψους του τοίχου ανάλογα, ο οποίος συνεκτιμά τις συνέπειες της λυγηρότητας και της εκκεντρότητας του φορτίου και λαμβάνεται από την παράγραφο 6.1.2.2

Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε κάθε πεσσό των τοίχων της κατασκευής, στις ως άνω αναφερόμενες κύριες θέσεις (κορυφή, μέση, πόδας) του τοίχου. Ακολουθούν οι έλεγχοι που εκτελέστηκαν για κάθε μεμονωμένο τοίχο.

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποιείται	
	h_{ef}/t_{ef}	N_{ed}	F	N_{Rd}	N_{ed}/N_{Rd}	N_{ed}	F	N_{Rd}	N_{ed}/N_{Rd}	N_{ed}	F	N_{Rd}		N_{ed}/N_{Rd}
9	0	747	0,800	3.174	0,235	878	0,828	3.285	0,267	1.009	0,849	3.367	0,300	NAI
10	0	2.905	0,845	6.789	0,428	2.997	0,850	6.824	0,439	3.089	0,854	6.856	0,451	NAI
11	0	2.137	0,852	6.865	0,311	2.229	0,858	6.910	0,323	2.321	0,863	6.952	0,334	NAI

12	0	2.415	0,857	5.817	0,415	2.493	0,861	5.845	0,427	2.570	0,865	5.871	0,438	ΝΑΙ
13	0	642	0,900	1.779	0,361	685	0,900	1.779	0,385	727	0,900	1.779	0,409	ΝΑΙ
14	0	357	0,900	1.645	0,217	436	0,900	1.645	0,265	515	0,900	1.645	0,313	ΝΑΙ
15	0	463	0,891	3.989	0,116	725	0,896	4.014	0,181	987	0,900	4.032	0,245	ΝΑΙ
16	0	1.163	0,900	6.039	0,193	1.338	0,896	6.013	0,223	1.513	0,900	6.039	0,250	ΝΑΙ
17	0	921	0,900	4.472	0,206	1.051	0,896	4.453	0,236	1.180	0,900	4.472	0,264	ΝΑΙ
18	0	658	0,871	7.267	0,090	1.146	0,890	7.428	0,154	1.633	0,900	7.512	0,217	ΝΑΙ

Πεσοσό ς	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
23	0	1.512	0,794	4.529	0,334	1.792	0,824	4.700	0,381	2.072	0,846	4.825	0,429	ΝΑΙ
24	0	2.555	0,831	5.915	0,432	2.854	0,848	6.030	0,473	3.152	0,861	6.123	0,515	ΝΑΙ
25	0	2.663	0,832	10.503	0,254	3.141	0,855	10.798	0,291	3.618	0,873	11.016	0,328	ΝΑΙ
26	0	607	0,900	1.996	0,304	705	0,900	1.996	0,353	803	0,900	1.996	0,402	ΝΑΙ
27	0	299	0,849	4.303	0,070	673	0,896	4.544	0,148	1.047	0,900	4.564	0,229	ΝΑΙ
28	0	2.052	0,900	13.804	0,149	2.588	0,890	13.651	0,190	3.124	0,900	13.804	0,226	ΝΑΙ
29	0	695	0,890	4.864	0,143	1.032	0,890	4.864	0,212	1.369	0,900	4.919	0,278	ΝΑΙ

Πεσοσό ς	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
32	0	1.545	0,792	7.186	0,215	2.041	0,840	7.627	0,268	2.537	0,870	7.895	0,321	ΝΑΙ
33	0	136	0,900	1.691	0,081	260	0,890	1.672	0,156	384	0,900	1.691	0,227	ΝΑΙ
34	0	148	0,900	1.170	0,126	234	0,890	1.157	0,202	320	0,900	1.170	0,273	ΝΑΙ
35	0	137	0,900	1.077	0,127	216	0,890	1.065	0,203	295	0,900	1.077	0,274	ΝΑΙ
36	0	153	0,900	1.833	0,083	287	0,890	1.812	0,158	422	0,900	1.833	0,230	ΝΑΙ

Πεσοσό ς	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
40	0	88	0,900	4.292	0,021	487	0,896	4.274	0,114	911	0,900	4.292	0,212	ΝΑΙ
41	0	1.835	0,900	4.999	0,367	2.089	0,899	4.993	0,418	2.343	0,900	4.999	0,469	ΝΑΙ
42	0	268	0,900	1.268	0,211	332	0,899	1.266	0,263	397	0,900	1.268	0,313	ΝΑΙ
43	0	185	0,900	2.716	0,068	362	0,896	2.704	0,134	539	0,900	2.716	0,199	ΝΑΙ
44	0	41	0,900	282	0,144	59	0,896	281	0,210	77	0,900	282	0,275	ΝΑΙ

Πεσοσό ς	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
46	0	1.607	0,553	5.228	0,307	1.899	0,620	5.858	0,324	2.192	0,669	6.320	0,347	ΝΑΙ
47	0	540	0,506	2.616	0,206	680	0,605	3.129	0,217	821	0,670	3.467	0,237	ΝΑΙ
48	0	366	0,413	558	0,656	403	0,465	628	0,641	439	0,508	687	0,639	ΝΑΙ

Πεσοσό ς	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
53	0	5	0,900	96	0,054	13	0,830	88	0,151	21	0,900	96	0,224	ΝΑΙ
54	0	7	0,900	62	0,109	12	0,771	54	0,231	18	0,900	62	0,287	ΝΑΙ

(*) Στοιχεία στέγης

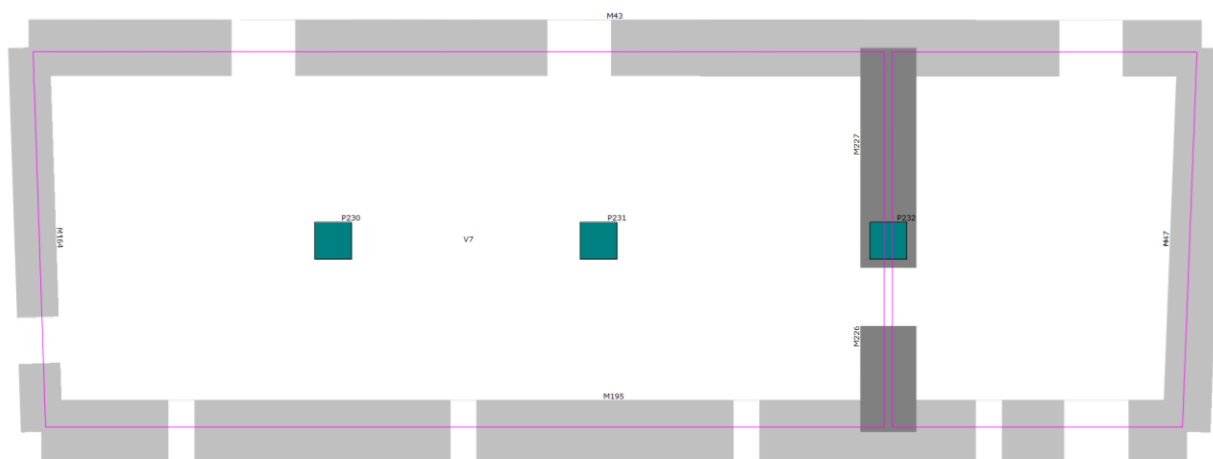
Εισαγωγή

Γενική περιγραφή

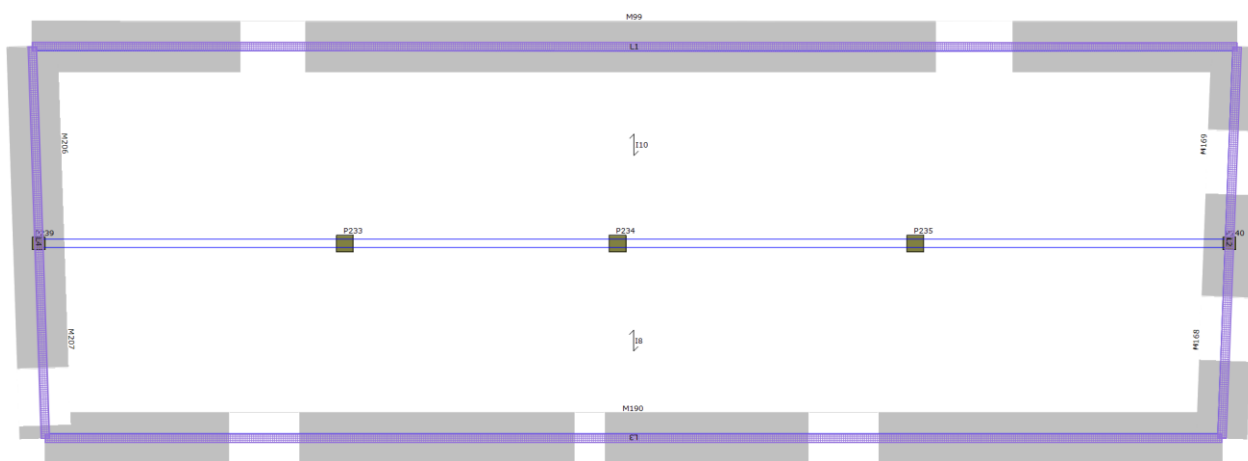
Περιγραφή κατασκευής

Το παρόν τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων του μαθηματικού μοντέλου, τους σχετικούς ελέγχους και τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από την μελέτη που εκπονήθηκε με το πρόγραμμα 3MURI, για το ξυλουργείο το οποίο βρίσκεται στον αρχαιολογικό χώρο της περιβόλας της παλιάς πόλης της Ρόδου.

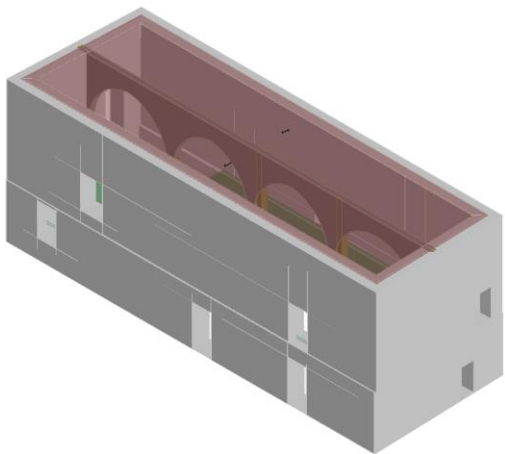
Εικόνες μοντέλου



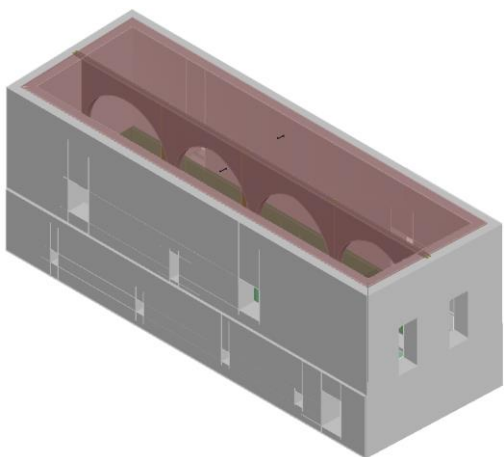
Άποψη του επιπέδου του ορόφου 1



Άποψη του επιπέδου του ορόφου 2



3D άποψη (1)



3D άποψη (2)

Κανονισμός αναφοράς

Για τους ελέγχους και τις αναλύσεις που εκτελέστηκαν στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν οι διατάξεις και η νομοθεσία που περιλαμβάνεται στο παρακάτω κανονιστικό πρότυπο:

- Ευρωκώδικας 8 [EN 1998]: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών.

Περιγραφή μοντέλου

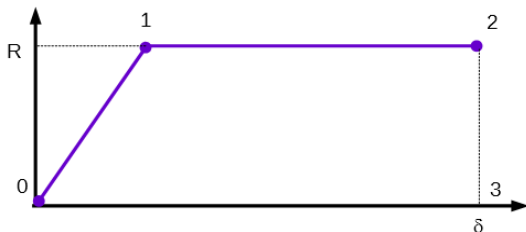
Υλικά

Μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας

Οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού τοιχοποιίας καθορίζονται προκειμένου να εντοπιστεί καλύτερα η συμπεριφορά του στη μη γραμμική περιοχή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- Αρχική δυσκαμψία σύμφωνα με τα ελαστικά χαρακτηριστικά (ρηγματώσεις) του υλικού.
- Διγραμμική συμπεριφορά με μέγιστες τιμές διάτμησης και ροπής που συνάδουν με τις τιμές οριακής κατάστασης.
- Ανακατανομή των εσωτερικών τάσεων του στοιχείου έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ισορροπία.
- Ρύθμιση της κατάστασης αστοχίας σύμφωνα με τις καθολικές και τοπικές παραμέτρους.
- Μείωση της δυσκαμψίας στην πλαστική περιοχή.
- Έλεγχος πλαστιμότητας με τον καθορισμό της μέγιστης μετατόπισης (δ_u) που διαφοροποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών και σύμφωνα με τον μηχανισμό βλάβης που εμφανίζεται στον τοίχο.
- Εξάλειψη του στοιχείου, με την επίτευξη των οριακών συνθηκών χωρίς διακοπή της ανάλυσης.



0-1: Ελαστική περιοχή
 1-2: Πλαστική περιοχή
 2-3: Πτώση αντίστασης λόγω της αστοχίας

Η μη-γραμμική συμπεριφορά ενεργοποιείται όταν μία τιμή δύναμης φτάσει στην μέγιστη τιμή της όπως αυτή καθορίζεται με βάση το ελάχιστο από τα κριτήρια της καμπτικής και διατμητικής αντίστασης.

Όνομα	Τύπος	Χρώμα	Περιγραφή
Masonry	Τοιχοποιία		
Columns d=45cm	Τοιχοποιία		
Masonry t=0.50	Τοιχοποιία		
Columns 90x90cm	Τοιχοποιία		

Τοιχοποιία

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _m [MN/m ²]	Διατμητική αντίσταση [MN/m ²]
Masonry	730,00	306,00	16	0,85	0,15
Columns d=45cm	1.620,00	680,00	16	2,59	0,20
Masonry t=0.50	1.130,00	474,00	16	1,50	0,15
Columns 90x90cm	1.270,00	533,00	16	1,33	0,20

Ξύλο

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _{wm} [MN/m ²]	f _{wk} [MN/m ²]	γ w
C22	10.000,00	630,00	4	31,0	22,0	1,30

Γεωμετρία μοντέλου

Το μαθηματικό προσομοίωμα του κτιρίου αυτού έγινε με την εισαγωγή τοίχων, οι οποίοι διακριτοποιούνται με μακρο-στοιχεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις παραμορφώσιμες υπέρθυρες δοκούς. Οι άκαμπτοι κόμβοι παρουσιάζονται στα τμήματα τοιχοποιίας, τα οποία συνήθως είναι λιγότερο ευαίσθητα σε σεισμικές βλάβες. Οι πεσσοί και οι υπέρθυρες δοκοί είναι συνεχόμενοι με τα ανοίγματα και οι άκαμπτοι κόμβοι αναπαριστούν την σύνδεση μεταξύ των πεσσών και των υπέρθυρων δοκών. Ο μαθηματικός αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση αυτών των μακρο-στοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή του λυγισμού στις πλευρές του στοιχείου, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η δυναμική κατάσταση των βλαβών όπως ακριβώς εμφανίζονται στην πραγματικότητα.

Οι κόμβοι του μαθηματικού μοντέλου είναι 3-διαστάσεων με 5 βαθμούς ελευθερίας (3 μετακινησιακές συνιστώσες στο καθολικό σύστημα αναφοράς και 2 στροφές περί των άξονα X και Y) ή με 2-διαστάσεων κόμβους με 3 βαθμούς ελευθερίας (δύο μετακινήσεις και μία στροφή στο επίπεδο του τοίχου). Οι 3-διαστάσεων κόμβοι χρησιμοποιούνται για να γίνει η μεταφορά των δράσεων από τον έναν τοίχο στον άλλο ο οποίος είναι τοποθετημένος εγκάρσια στον πρώτο. Οι 2-διαστάσεων κόμβοι έχουν βαθμούς ελευθερίας μόνο στο επίπεδο του τοίχου επιτρέποντας να μεταφερθούν οι εντάσεις μεταξύ των διαφόρων σημείων του τοίχου.

Τα οριζόντια στοιχεία, προσομοιώνονται ως πλάκες τρικομβικών στοιχείων τα οποία συνδέονται με τους κόμβους 3-διαστάσεων, οι οποίες μπορούν να φέρουν μόνιμα και κινητά φορτία. Οι σεισμικές δράσεις δρουν στην πλάκα και την φορτίζουν κατά μήκος της μεσαίας στρώσης της πλάκας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η πλάκα διαθέτει αξονική δυσκαμψία, χωρίς όμως να έχει καμπτική, αφού η κύρια μηχανική συμπεριφορά η οποία ελέγχεται είναι εκείνη που προκαλείται από το σεισμό και το αντίστοιχο οριζόντιο φορτίο.

Δομικά στοιχεία: Στάθμη

Στάθμη 1 (+4,30 [m])

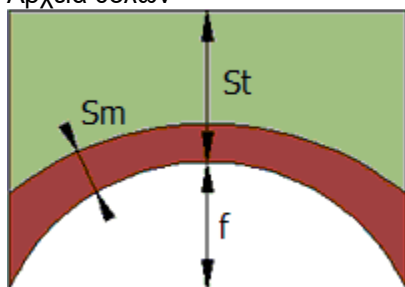
Τοίχος

No.	Τοίχο i	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Υψος [m]	Πάχος [cm]
195	20	Masonry	-	4,30	4,30	150,0
43	22	Masonry	-	4,30	4,30	135,0
47	24	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
164	26	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
226	27	Masonry t=0.50	-	4,30	4,30	135,0
227	27	Masonry t=0.50	-	4,30	4,30	135,0

Υποσύλωμα τοιχοποιίας

No.	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Βάση τμήματος [cm]	Υψος ορόφου [cm]	Επιφ. [cm ²]	Γωνία στροφ. [rad]	Απόλυτο Υψος [m]
230	Columns 90x90cm	-	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30
231	Columns 90x90cm	-	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30
232	Columns 90x90cm	-	4,30	90,0	90,0	8.100,00	0	4,30

Αρχαία θόλων



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Υλικό θόλου: Masonry of domes Στρώση σκυροδέματος: C20/25 Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0 Πάχος στρώσης σκυροδέματος [cm] = 12,0
U2	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0

Θόλοι

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τυπολογία
6	U1	2,20	15,0	2.094,69	5.025,13	5.025,13	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
7	U2	4,30	15,0	68,02	162,00	162,00	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος

Στάθμη (+11,30 [m])

Τοίχος

No.	Τοίχο i	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Υψος [m]	Πάχος [cm]
190	20	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
99	22	Masonry	-	11,30	7,00	120,0

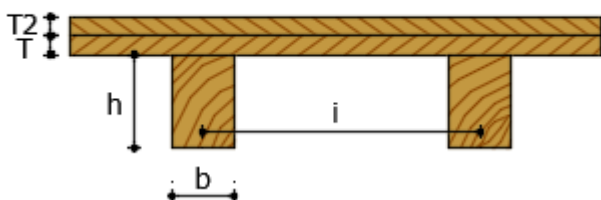
168	24	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
169	24	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
206	26	Masonry	-	11,30	7,00	120,0
207	26	Masonry	-	11,30	7,00	120,0

Υποσύλωμα τοιχοποιίας

No.	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Βάση τμήματος [cm]	Υψος ορόφου [cm]	Επιφ. [cm ²]	Γωνία στροφ. [rad]	Απόλυτο Ύψος [m]
233	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
234	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
235	Columns d=45cm	-	11,30	40,0	40,0	1.600,00	0	7,00
239	Columns d=45cm	-	11,30	30,0	30,0	900,00	0	7,00
240	Columns d=45cm	-	11,30	30,0	30,0	900,00	0	7,00

Αρχεία πλακών

Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Ξύλινες συνδέσεις: C22 Ξύλινες σανίδες: C22	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες) b [cm] = 18,0; h [cm] = 24,0; i [cm] = 100,0; T [cm] = 2,2; T2 [cm] = 2,2

Δάπεδο

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τύπος
8	U1	11,30	4,4	630,00	19.818,18	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)
10	U1	11,30	4,4	630,00	19.818,18	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

Δομικά στοιχεία: Κατακόρυφο επίπεδο

Τοίχος

No.	Τοίχοι	υλικό	Πάχος [cm]
298	31	Masonry	90,0
303	31	Masonry t=0.50	45,0
308	31	Masonry t=0.50	45,0
313	31	Masonry t=0.50	45,0
318	31	Masonry t=0.50	45,0
323	31	Masonry t=0.50	45,0
328	31	Masonry t=0.50	45,0

Ισοδύναμο πλαίσιο

Τοίχοι : 1

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
10	13,68	-0,44	0,00	0
13	34,41	-0,44	0,00	0
4	41,71	-0,44	0,00	0
11	13,68	-0,44	4,30	1
14	34,41	-0,44	4,30	1
5	41,71	-0,44	4,30	1
12	13,68	-0,44	11,30	2
6	41,71	-0,44	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
25	8,14	0,00	0
27	15,05	0,00	0
29	25,53	0,00	0
26	8,14	4,30	1
28	15,05	4,30	1
30	25,53	4,30	1
31	10,60	11,30	2
32	17,02	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
10	Masonry	-	150,0	629,8	90,0	8,14	1,45	25	26
11	Masonry	-	150,0	631,8	90,0	15,05	1,45	27	28
12	Masonry	-	150,0	532,2	90,0	21,48	1,45	13	14
13	Masonry	-	150,0	155,1	170,0	25,53	1,60	29	30
14	Masonry	-	150,0	143,4	340,0	28,57	2,00	4	5
9	Masonry	-	150,0	311,2	260,0	2,82	2,03	10	11
16	Masonry	-	120,0	657,8	205,0	10,60	5,88	26	31
17	Masonry	-	120,0	487,2	205,0	17,02	5,88	28	32
15	Masonry	-	120,0	439,2	460,0	3,46	7,43	11	12
18	Masonry	-	120,0	818,3	460,0	25,20	7,43	30	6

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
5	Masonry	-	150,0	155,0	50,0	27,08	0,25	29	4
1	Masonry	-	150,0	61,0	100,0	4,68	0,50	10	25
2	Masonry	-	150,0	61,0	100,0	11,59	0,50	25	27
3	Masonry	-	150,0	61,0	100,0	18,52	0,50	27	13
4	Masonry	-	150,0	61,0	100,0	24,45	0,50	13	29
7	Masonry	-	120,0	70,0	485,0	14,23	8,88	31	32
6	Masonry	-	120,0	165,0	395,0	6,48	9,33	12	31
8	Masonry	-	120,0	165,0	395,0	20,28	9,33	32	6

Τοίχοι : 2

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
--------	-------	-------	-------	--------

1	13,37	8,85	0,00	0
15	34,41	8,84	0,00	0
7	42,07	8,84	0,00	0
2	13,37	8,85	4,30	1
16	34,41	8,84	4,30	1
8	42,07	8,84	4,30	1
3	13,37	8,85	11,30	2
9	42,07	8,84	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός Χ [m]	Z [m]	Στάθμη
33	9,60	0,00	0
34	9,60	4,30	1
35	14,02	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
24	Masonry	-	135,0	620,0	330,0	9,60	1,65	33	34
23	Masonry	-	135,0	497,1	386,6	2,49	1,93	1	2
25	Masonry	-	135,0	1.100,3	297,5	19,73	2,24	15	16
26	Masonry	-	135,0	193,3	347,5	27,73	2,41	7	8
28	Masonry	-	120,0	1.503,7	275,0	14,02	6,08	34	35
27	Masonry	-	120,0	497,1	580,0	2,49	7,20	2	3
29	Masonry	-	120,0	535,9	485,0	26,02	7,42	8	9

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
20	Masonry	-	135,0	153,0	150,0	26,00	0,75	15	7
19	Masonry	-	135,0	153,0	100,0	5,74	3,80	2	34
21	Masonry	-	120,0	153,0	420,0	5,74	9,20	3	35
22	Masonry	-	120,0	180,0	350,0	22,44	9,55	35	9

Τοίχοι : 3

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
4	41,71	-0,44	0,00	0
20	41,89	4,17	0,00	0
7	42,07	8,84	0,00	0
5	41,71	-0,44	4,30	1
21	41,89	4,17	4,30	1
8	42,07	8,84	4,30	1
6	41,71	-0,44	11,30	2
22	41,89	4,17	11,30	2
9	42,07	8,84	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	Χ κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
32	Masonry	-	115,0	928,6	430,0	4,64	2,15	20	21
33	Masonry	-	120,0	184,2	520,0	0,92	7,29	5	6

34	Masonry	-	120,0	127,4	520,0	3,98	7,29	21	22
35	Masonry	-	120,0	117,3	520,0	5,20	7,29	21	22
36	Masonry	-	120,0	199,6	520,0	8,29	7,29	8	9

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
30	Masonry	-	120,0	150,0	335,0	2,59	9,63	6	22
31	Masonry	-	120,0	150,0	335,0	6,54	9,63	22	9

Τοίχοι : 4

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	13,37	8,85	0,00	0
17	13,53	4,17	0,00	0
10	13,68	-0,44	0,00	0
2	13,37	8,85	4,30	1
18	13,53	4,17	4,30	1
11	13,68	-0,44	4,30	1
3	13,37	8,85	11,30	2
19	13,53	4,17	11,30	2
12	13,68	-0,44	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
36	2,34	4,30	1
37	2,34	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
41	Masonry	-	100,0	653,4	360,3	3,27	1,80	17	36
42	Masonry	-	100,0	165,7	360,3	8,46	1,80	10	11
43	Masonry	-	120,0	295,8	462,5	6,15	7,28	18	19
44	Masonry	-	120,0	30,7	462,5	9,14	7,28	11	12
40	Masonry	-	120,0	467,6	700,0	2,34	7,80	36	37

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
37	Masonry	-	100,0	96,4	200,0	7,57	3,30	18	11
38	Masonry	-	120,0	96,4	25,0	7,57	4,43	18	11
39	Masonry	-	120,0	135,0	450,0	8,31	9,05	19	12

Τοίχοι : 5

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
13	34,41	-0,44	0,00	0
23	34,41	4,17	0,00	0
15	34,41	8,84	0,00	0
14	34,41	-0,44	4,30	1

24	34,41	4,17	4,30	1
16	34,41	8,84	4,30	1
46	34,41	4,17	11,30	2

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
38	6,95	0,00	0
39	6,95	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
47	Masonry t=0.50	-	135,0	255,6	376,6	1,28	1,88	13	14
48	Masonry t=0.50	-	135,0	66,7	376,6	4,28	1,88	23	24
46	Masonry t=0.50	-	135,0	466,8	430,0	6,95	2,15	38	39

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
45	Masonry t=0.50	-	135,0	139,0	130,0	3,25	3,65	14	24

Τοίχοι : 6

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
40	20,82	4,17	0,00	0
42	27,32	4,17	0,00	0
23	34,41	4,17	0,00	0
18	13,53	4,17	4,30	1
41	20,82	4,17	4,30	1
43	27,32	4,17	4,30	1
24	34,41	4,17	4,30	1
21	41,89	4,17	4,30	1
19	13,53	4,17	11,30	2
44	20,82	4,17	11,30	2
45	27,32	4,17	11,30	2
46	34,41	4,17	11,30	2
22	41,89	4,17	11,30	2

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
53	Masonry	-	45,0	27,8	602,2	0,14	7,31	18	19
54	Masonry	-	45,0	19,0	602,2	28,26	7,31	21	22

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
49	Masonry	-	45,0	682,0	250,0	3,69	10,05	19	44
50	Masonry	-	45,0	610,0	250,0	10,54	10,05	44	45
51	Masonry	-	45,0	667,0	250,0	17,34	10,05	45	46
52	Masonry	-	45,0	708,0	250,0	24,63	10,05	46	22

(*) Στοιχεία στέγης

Φορτία

Σεισμικά φορτία:

Ο έλεγχος θα πρέπει να εκτελείται με βάση τον συνδυασμό που περιλαμβάνει τις σεισμικές δράσεις και μη και ο οποίος καθορίζεται στην παράγραφο 6.5.3 του Ευρωκώδικα 0

$$\gamma_1 E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Οι επιδράσεις από την σεισμική δράση ελέγχονται λαμβάνοντας υπόψη τις μάζες οι οποίες συνδέονται με τα κατακόρυφα φορτία:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i (\Psi_{Ei} Q_{ki})$$

Στατικά φορτία:

Ο έλεγχος για τα στατικά φορτία στην οριακή κατάσταση διεξάγεται με βάση τις διατάξεις του ισχύοντος κανονισμού. Ο συνδυασμός φορτίων που λαμβάνεται υπόψη είναι:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

όπου:

γ_1 Συντελεστής σπουδαιότητα (παράγραφος 4.2.5 – Ευρωκώδικας 8)

E Σεισμική δράση που εφαρμόζεται για την οριακή κατάσταση

G_{k1}, G_{k2} Χαρακτηριστικές τιμές μόνιμων φορτίων

Q_{ki} Χαρακτηριστική τιμή για την μεταβλητή δράση Q_k .

Ψ_2 Συντελεστής συνδυασμού με οιονεί – μόνιμη τιμή μιας μεταβλητής δράσης

Ψ_0 Συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις

Ψ_{Ei} Συντελεστής συνδυασμού της μεταβλητής δράσης Q_i , στην οποία λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα ότι

να δρουν όλα τα φορτία στην κατασκευή τη στιγμή εμφάνισης ενός σεισμικού γεγονότος και επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών Ψ_{2i} στο φ .

$\gamma_{G1}; \gamma_{G2}; \gamma_Q$: επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

Οι τιμές των διαφόρων συντελεστών καθορίζονται με βάση την τύπο της χρήσης για τα διάφορα επίπεδα σχεδιασμού σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 0, πίνακας A1.1 και την παράγραφο 4.2.4 του Ευρωκώδικα.

No.	Θέση	Τύπος	Gk	Πρόσθ. Gk	Qk	φ	ψ_0	ψ_2	CDM
1	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
2	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
3	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
4	Στάθμη (+11,30 [m])	L	11,80	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι

Αναφορές

CDM : Να ληφθεί υπόψη μόνο η δυναμική κατανομή της μάζας.

C : Συγκεντρωμένο [kN]

L : Γραμμικό [kN/m]

No. Δάπεδο	Θέση	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ_0	ψ_2
8	Στάθμη (+11,30 [m])	0,36	0,00	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,60

10	Στάθμη (+11,30 [m])	0,36	0,00	2,00	NAI	1,00	1,00	0,60
----	---------------------	------	------	------	-----	------	------	------

No. Θόλοι	Θέση	Gk1 [kN/m2]	Gk2 [kN/m2]	Qk [kN/m2]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ0	ψ2
6	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	2,50	5,00	NAI	1,00	1,00	0,60
7	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	0,20	5,00	NAI	1,00	1,00	0,60

Φάσμα σεναρίου-κανονισμού

Τα φάσματα απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στα κανονιστικά πρότυπα, καθορίζονται από την μέγιστη επιτάχυνση και την κατηγορία εδάφους στην περιοχή που θα κατασκευαστεί το κτίριο.

agR (NC) [m/s ²]	agR (SD) [m/s ²]	agR (DL) [m/s ²]	Τύπος εδάφους	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]	I
1,44	1,08	0,25	B	1,20	0,15	0,50	2,00	1,40

Pushover ανάλυση

Περιγραφή Pushover ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση των απαραίτητων ελέγχων εκτελέστηκε μη-γραμμική στατική ανάλυση με βάση τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8. Οι απαιτούμενοι έλεγχοι περιλαμβάνουν σύγκριση μεταξύ των επιμέρους καμπυλών ικανότητας που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των αναλύσεων με τις απαιτούμενες μετακινήσεις όπως ακριβώς περιγράφεται στον ισχύοντα κανονισμό. Η καμπύλη ικανότητας αναπαρίσταται από ένα διάγραμμα στον οποίο εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση-τέμνουσα στη βάση. Σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8, υπάρχουν δύο τύποι κατανομών των δυνάμεων που πρέπει να ελεγχθούν:

- Κατανομή των δυνάμεων με βάση τις μάζες κάθε στάθμης:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

- Κατανομή των δυνάμεων με βάση την παραγωγή των μαζών για την παραμόρφωση που προκύπτει από την πρώτη ιδιομορφή

Με τον τρόπο αυτό, η τιμή για την μέγιστη μετακίνηση στην βάση του κτιρίου, προκύπτει από τον υπολογισμό της κατανομής των δυνάμεων.

Η τιμή αυτή της μετακίνησης αποτελεί την οριακή τιμή για το κτίριο

Η μετακίνηση που ελέγχεται για τον καθορισμό της καμπύλης ικανότητας βρίσκεται στο σημείο του κτιρίου που ονομάζεται κόμβος ελέγχου. Ο κανονισμός απαιτεί να γίνεται δι-γραμμικοποίηση της καμπύλης ικανότητας σε ένα ισοδύναμο σύστημα (SDOF).

Ο προσδιορισμός της καμπύλης σε σχέση με το ισοδύναμο σύστημα επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιόδου στην οποία προκύπτει λόγω σεισμικής δράσης η μέγιστη μετακίνηση, σύμφωνα με τα φάσματα που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.2.2 του Ευρωκώδικα 8.

Αντίστοιχα, στην παράγραφο 4.3.2 του Ευρωκώδικα 8 καθορίζεται ότι η τυχηματική εκκεντρότητα για το κέντρο μάζας είναι ίση με το 5% της μέγιστης διάστασης του κτιρίου στην διεύθυνση που είναι κάθετη στην σεισμική δράση.

Με βάση την μορφή του κτιρίου, και τον κανονισμό, υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές για την εκτέλεση των μη-γραμμικών αναλύσεων στο πρόγραμμα:

- Σεισμικό φορτίο:** Αναγνωρίζει το πρόγραμμα ποια από τις 2 κατανομές φορτίων θα υπολογιστούν (με βάση τις μάζες ή την πρώτη ιδιομορφή)

- **Διεύθυνση:** Αναγνωρίζει το πρόγραμμα την διεύθυνση στην οποία η κατασκευή υπόκειται σε σεισμικά φορτία (X ή Y ή στο καθολικό σύστημα).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη κατάσταση από τις σεισμικές δυνάμεις, πραγματοποιούνται επιμέρους αναλύσεις για κάθε κατανομή, για κάθε σεισμική διεύθυνση και για κάθε πιθανή τυχηματική εκκεντρότητα.

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Ενιαία μορφή του πλευρικού φορτίου	Εκκεντρότητα [cm]	Στάθμη	Κόμβος
1	+X	Μάζες	0,0	2	6
3	-X	Μάζες	0,0	2	6
5	+Y	Μάζες	0,0	2	6
7	-Y	Μάζες	0,0	2	6
9	+X	Μάζες	46,4	2	6
10	+X	Μάζες	-46,4	2	6
13	-X	Μάζες	46,4	2	6
14	-X	Μάζες	-46,4	2	6
17	+Y	Μάζες	143,5	2	6
18	+Y	Μάζες	-143,5	2	6
21	-Y	Μάζες	143,5	2	6
22	-Y	Μάζες	-143,5	2	6

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τον κανονισμό, εκτελούνται μία σειρά από ελέγχους :

Οριακή κατάσταση: Σημαντικών βλαβών (Significant Damage -SD):

$$d_t^{SD} \leq d_m^{SD}$$

d_t^{SD} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό.

d_m^{SD} : Καθολική ικανότητα στην οριακή κατάσταση - Significant Damage (SD) .

LS of Damage Limitation (DL):

$$S_d(T^*) \leq d_y^*$$

$S_d(T^*)$: Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό για $T=T^*$

d_y^* : Ελαστική παραμόρφωση του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος .

Σεισμική διακινδύνευση

Για κάθε οριακή κατάσταση χρειάζεται να υπολογίζεται ο παράγοντας διακινδύνευσης α (α_{NC} , α_{SD} , α_{DL})

Οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha_{SD} = \frac{PGA_{CSD}}{PGA_{DSD}} ;$$

$$\alpha_{DL} = \frac{PGA_{CDL}}{PGA_{DDL}} ;$$

Αποδεκτή Επιτάχυνση: το μέγιστο σύνολο των δράσεων, λαμβάνοντας υπόψη τους αναμενόμενους συνδυασμούς για το έργο για τους οποίους η κατασκευή θα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί.

PGA_{CD} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην SD

PGA_{CDL} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην DL

Απαιτούμενη επιτάχυνση: Τιμές αναφοράς των επιταχύνσεων λόγω σεισμικής ενέργειας

Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τα σεισμικά εκείνα φορτία τα οποία καθορίζονται από το σχήμα του φάσματος

PGA_{DS} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην SD

PGA_{DDL} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην DL

Αναλυτικά αποτελέσματα

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	dt NC [cm]	dm NC [cm]	NC Ελεγ.	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ελεγ.	Sd DL [cm]	d*y DL [cm]	DL Ελεγ.
1	+X	Μάζες	0,0	0,87	2,16	NAI	0,51	1,62	NAI	0,08	0,41	NAI
3	-X	Μάζες	0,0	0,79	1,94	NAI	0,50	1,46	NAI	0,08	0,43	NAI
5	+Y	Μάζες	0,0	4,28	4,29	NAI	3,21	3,21	NAI	0,65	0,75	NAI
7	-Y	Μάζες	0,0	5,46	6,27	NAI	4,10	4,70	NAI	0,84	1,16	NAI
9	+X	Μάζες	46,4	0,79	2,11	NAI	0,49	1,59	NAI	0,08	0,41	NAI
10	+X	Μάζες	-46,4	0,93	2,07	NAI	0,51	1,56	NAI	0,08	0,38	NAI
13	-X	Μάζες	46,4	0,83	2,38	NAI	0,52	1,79	NAI	0,09	0,44	NAI
14	-X	Μάζες	-46,4	0,83	1,78	NAI	0,49	1,33	NAI	0,08	0,40	NAI
17	+Y	Μάζες	143,5	4,24	4,79	NAI	3,18	3,59	NAI	0,64	0,69	NAI
18	+Y	Μάζες	-143,5	4,07	3,95	OXI	3,04	2,96	OXI	0,60	0,66	NAI
21	-Y	Μάζες	143,5	5,70	5,79	NAI	4,27	4,35	NAI	0,87	1,24	NAI
22	-Y	Μάζες	-143,5	5,24	6,18	NAI	3,93	4,63	NAI	0,80	1,06	NAI

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	α NC	α SD	α DL	dm/dt NC
1	+X	Μάζες	0,0	1,674	1,855	4,850	2,483
3	-X	Μάζες	0,0	1,605	1,799	5,182	2,456
5	+Y	Μάζες	0,0	1,001	1,002	1,153	1,002
7	-Y	Μάζες	0,0	1,147	1,147	1,386	1,148
9	+X	Μάζες	46,4	1,710	1,903	5,116	2,671
10	+X	Μάζες	-46,4	1,601	1,771	4,562	2,226
13	-X	Μάζες	46,4	1,803	1,994	5,149	2,867
14	-X	Μάζες	-46,4	1,502	1,688	4,941	2,145
17	+Y	Μάζες	143,5	1,129	1,130	1,081	1,130
18	+Y	Μάζες	-143,5	0,971	0,975	1,099	0,971
21	-Y	Μάζες	143,5	1,017	1,017	1,427	1,016
22	-Y	Μάζες	-143,5	1,180	1,180	1,324	1,179

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Επικέτες αποτελεσμάτων

Σκυρόδεμα	
Χωρίς βλάβη	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Καμπτική βλάβη	
Καμπτική αστοχία (όριο)	
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)	
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)	

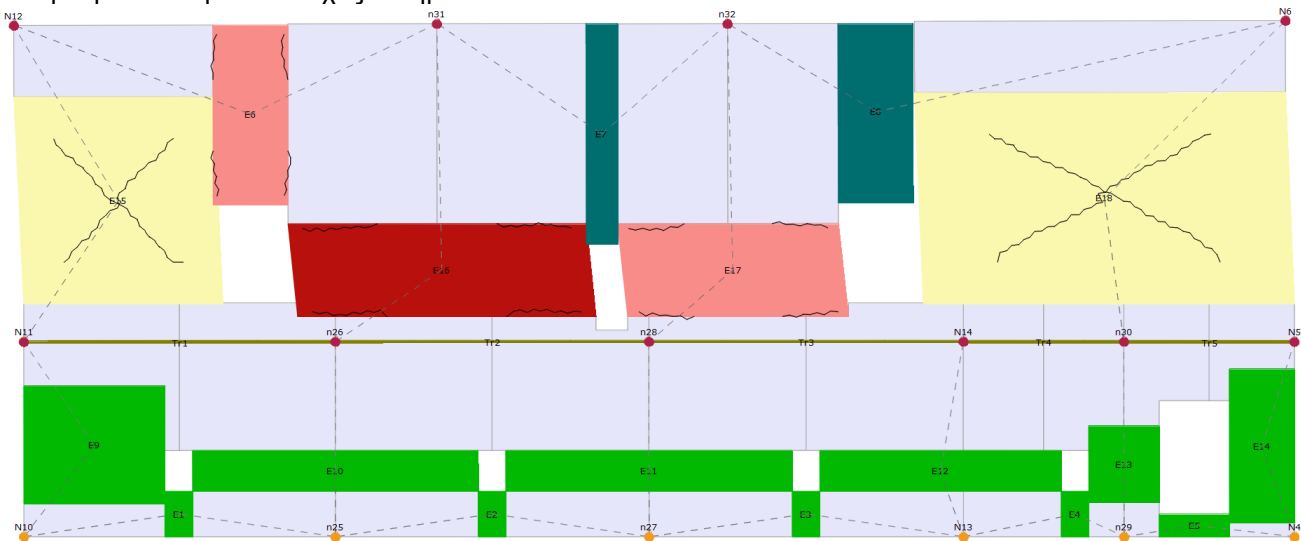
Τοιχοποιία	
Χωρίς βλάβη	
Έναρξη πλασσιμότητας	
Διατμητική βλάβη	
Έναρξη διατμητικής αστοχίας	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Καμπτική βλάβη	

Διατμητική αστοχία (όριο)
Ξύλο
Χωρίς βλάβη
Καμπτική αστοχία (όριο)
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Χάλυβας
Χωρίς βλάβη
Καμπτική βλάβη
Βλάβη λόγω θλίψης
Βλάβη λόγω εφελκυσμού
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελεκ.)
Πίσω στην ελαστική περιοχή

Έναρξη καμπτικής αστοχίας
Καμπτική αστοχία (όριο)
Σοβαρή βλάβη
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Αστοχία στην ελαστική φάση(όριο)
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελεκ.)

Σεισμική ανάλυση n. 14 Διεύθυνση X

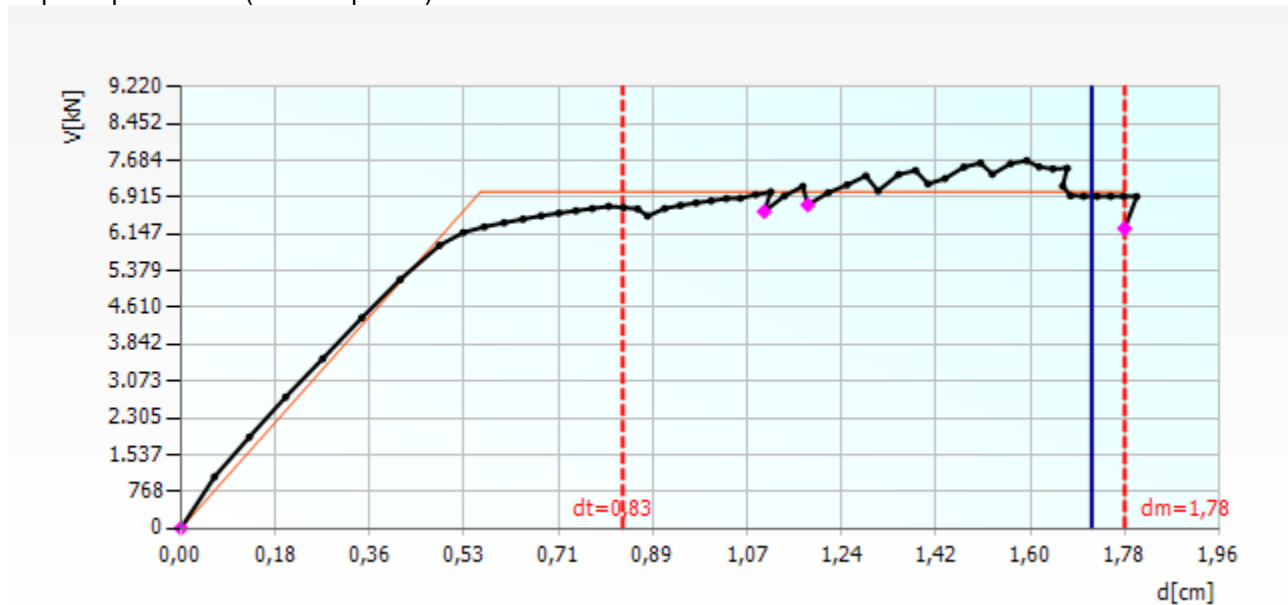
Σεισμική ανάλυση n. 14 Τοίχος 1 Βήμα 56



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη

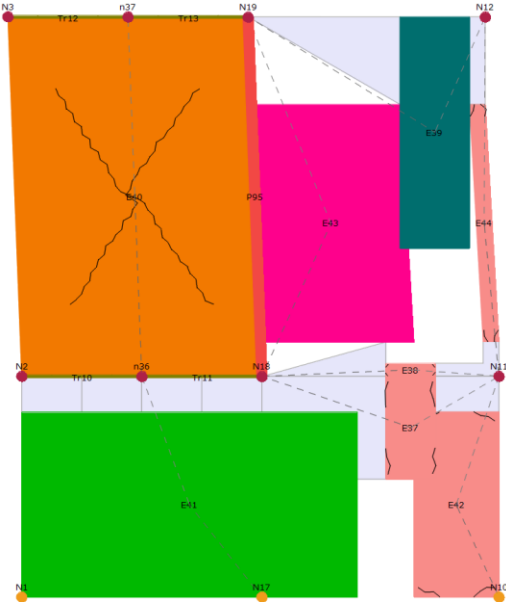


Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 14)



Σεισμική ανάλυση n. 18 Διεύθυνση Y

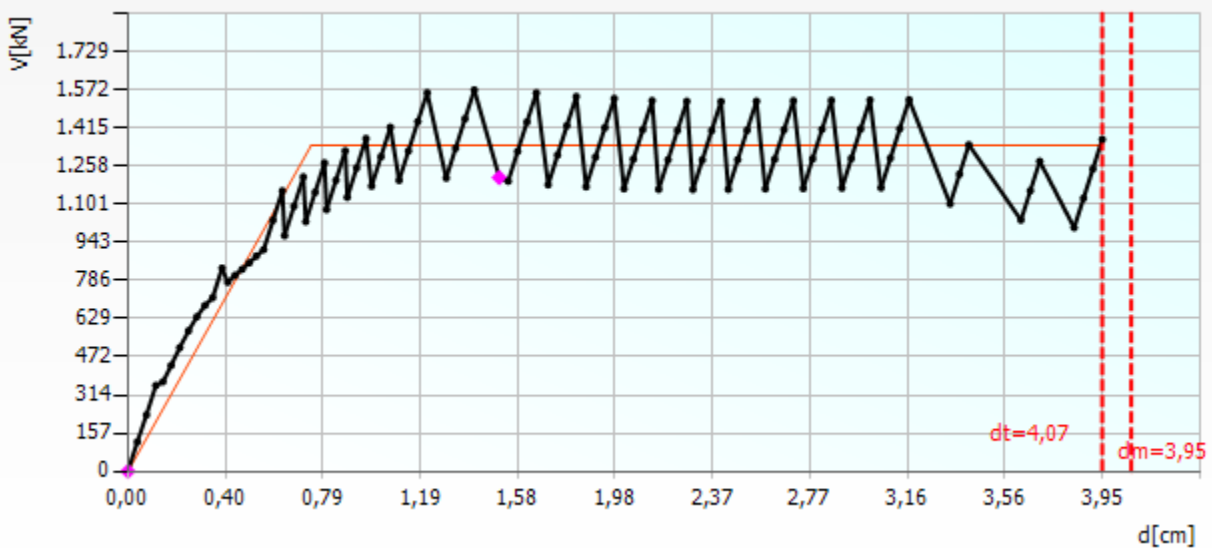
Σεισμική ανάλυση π. 18 Τοίχος 4 Βήμα 98



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη



Καμπύλη Pushover (ανάλυση π. 18)



Αξιολόγηση στατικής συμπεριφοράς φορέα

Λυγηρότητα των τοίχων

Ο έλεγχος λυγηρότητας των τοίχων εκτελείται με βάση την παράγραφο §5.5.1.4(2) του EN 1996-1-1

Ο λόγος λυγηρότητας ενός τοίχου από τοιχοποιία υπολογίζεται μέσω του κλάσματος h_{ef}/t_{ef} όπου:

h_{ef} : ενεργό μήκος (ύψος) λυγισμού του τοίχου ίσο με $\rho_n \cdot h$

t_{ef} : ενεργό πάχος του τοίχου ίσο με $\rho_t \cdot t$

h : το εσωτερικό (καθαρό) ύψος του ορόφου

t : πάχος τοίχου

ρ_n : μειωτικός συντελεστής, ($n=2,3$ ή 4) ανάλογα με το πλήθος των δεσμευμένων πλευρών του τοίχου

ρ_t : συντελεστής δυσκαμψίας (λαμβάνομενος από τον πίνακα 5.1 - §5.5.1.3)

Ο έλεγχος λυγηρότητας ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

Έλεγχος έναντι κατακόρυφων φορτίων

Ο έλεγχος τοίχων από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο §6.1.2. του EN 1996-1-1

Ο έλεγχος αυτός ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

όπου:

N_{ed} : κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού σε ένα τοίχο από τοιχοποιία

N_{Rd} : αντίσταση σχεδιασμού του τοίχου έναντι κατακορύφων φορτίων : $N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot A$

A: φορτιζόμενη οριζόντια διατομή του τοίχου, σε τετραγωνικά μέτρα,

f_d : θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας, υπολογιζόμενη κατά τις παραγράφους 2.4.1 & 3.6.1

Φ : μειωτικός συντελεστής αντοχής στη στέψη ή στη βάση του ή στο μέσο του ύψους του τοίχου ανάλογα, ο οποίος συνεκτιμά τις συνέπειες της λυγηρότητας και της εκκεντρότητας του φορτίου και λαμβάνεται από την παράγραφο 6.1.2.2

Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε κάθε πεσσό των τοίχων της κατασκευής, στις ως άνω αναφερόμενες κύριες θέσεις (κορυφή, μέση, πόδας) του τοίχου. Ακολουθούν οι έλεγχοι που εκτελέστηκαν για κάθε μεμονωμένο τοίχο.

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Iκανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
9	0	747	0,800	3.174	0,235	878	0,828	3.285	0,267	1.009	0,849	3.367	0,300	ΝΑΙ
10	0	2.905	0,845	6.789	0,428	2.997	0,850	6.824	0,439	3.089	0,854	6.856	0,451	ΝΑΙ
11	0	2.137	0,852	6.865	0,311	2.229	0,858	6.910	0,323	2.321	0,863	6.952	0,334	ΝΑΙ
12	0	2.415	0,857	5.817	0,415	2.493	0,861	5.845	0,427	2.570	0,865	5.871	0,438	ΝΑΙ
13	0	642	0,900	1.779	0,361	685	0,900	1.779	0,385	727	0,900	1.779	0,409	ΝΑΙ
14	0	357	0,900	1.645	0,217	436	0,900	1.645	0,265	515	0,900	1.645	0,313	ΝΑΙ
15	0	463	0,891	3.989	0,116	725	0,896	4.014	0,181	987	0,900	4.032	0,245	ΝΑΙ
16	0	1.163	0,900	6.039	0,193	1.338	0,896	6.013	0,223	1.513	0,900	6.039	0,250	ΝΑΙ
17	0	921	0,900	4.472	0,206	1.051	0,896	4.453	0,236	1.180	0,900	4.472	0,264	ΝΑΙ
18	0	658	0,871	7.267	0,090	1.146	0,890	7.428	0,154	1.633	0,900	7.512	0,217	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Iκανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
23	0	1.512	0,794	4.529	0,334	1.792	0,824	4.700	0,381	2.072	0,846	4.825	0,429	ΝΑΙ
24	0	2.555	0,831	5.915	0,432	2.854	0,848	6.030	0,473	3.152	0,861	6.123	0,515	ΝΑΙ
25	0	2.663	0,832	10.503	0,254	3.141	0,855	10.798	0,291	3.618	0,873	11.016	0,328	ΝΑΙ
26	0	607	0,900	1.996	0,304	705	0,900	1.996	0,353	803	0,900	1.996	0,402	ΝΑΙ
27	0	299	0,849	4.303	0,070	673	0,896	4.544	0,148	1.047	0,900	4.564	0,229	ΝΑΙ
28	0	2.052	0,900	13.804	0,149	2.588	0,890	13.651	0,190	3.124	0,900	13.804	0,226	ΝΑΙ
29	0	695	0,890	4.864	0,143	1.032	0,890	4.864	0,212	1.369	0,900	4.919	0,278	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Iκανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
32	0	1.545	0,792	7.186	0,215	2.041	0,840	7.627	0,268	2.537	0,870	7.895	0,321	ΝΑΙ
33	0	136	0,900	1.691	0,081	260	0,890	1.672	0,156	384	0,900	1.691	0,227	ΝΑΙ
34	0	148	0,900	1.170	0,126	234	0,890	1.157	0,202	320	0,900	1.170	0,273	ΝΑΙ
35	0	137	0,900	1.077	0,127	216	0,890	1.065	0,203	295	0,900	1.077	0,274	ΝΑΙ
36	0	153	0,900	1.833	0,083	287	0,890	1.812	0,158	422	0,900	1.833	0,230	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Iκανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
40	0	88	0,900	4.292	0,021	487	0,896	4.274	0,114	911	0,900	4.292	0,212	ΝΑΙ
41	0	1.835	0,900	4.999	0,367	2.089	0,899	4.993	0,418	2.343	0,900	4.999	0,469	ΝΑΙ
42	0	268	0,900	1.268	0,211	332	0,899	1.266	0,263	397	0,900	1.268	0,313	ΝΑΙ

43	0	185	0,900	2.716	0,068	362	0,896	2.704	0,134	539	0,900	2.716	0,199	ΝΑΙ
44	0	41	0,900	282	0,144	59	0,896	281	0,210	77	0,900	282	0,275	ΝΑΙ

Πεσσός	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο			Iκανοποιείται			
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned		F	NRd	Ned/N Rd
46	0	1.607	0,553	5.228	0,307	1.899	0,620	5.858	0,324	2.192	0,669	6.320	0,347	ΝΑΙ
47	0	540	0,506	2.616	0,206	680	0,605	3.129	0,217	821	0,670	3.467	0,237	ΝΑΙ
48	0	366	0,413	558	0,656	403	0,465	628	0,641	439	0,508	687	0,639	ΝΑΙ

Πεσσός	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο			Iκανοποιείται			
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned		F	NRd	Ned/N Rd
53	0	5	0,900	96	0,054	13	0,830	88	0,151	21	0,900	96	0,224	ΝΑΙ
54	0	7	0,900	62	0,109	12	0,771	54	0,231	18	0,900	62	0,287	ΝΑΙ

(*) Στοιχεία στέγης

Εισαγωγή

Γενική περιγραφή

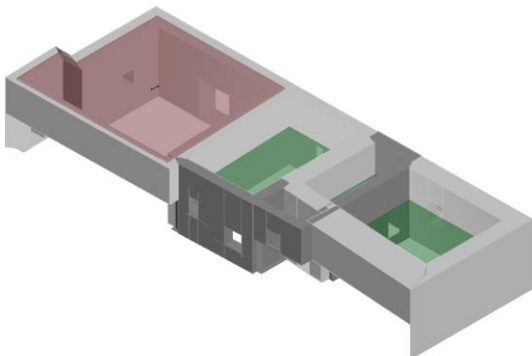
Περιγραφή κατασκευής

Το παρόν τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων του μαθηματικού μοντέλου, τους σχετικούς ελέγχους και τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από την μελέτη που εκπονήθηκε με το πρόγραμμα 3ΜΥΡΙ, για το νομισματοκοπείο το οποίο βρίσκεται στον αρχαιολογικό χώρο της περιβόλας της παλιάς πόλης της Ρόδου.

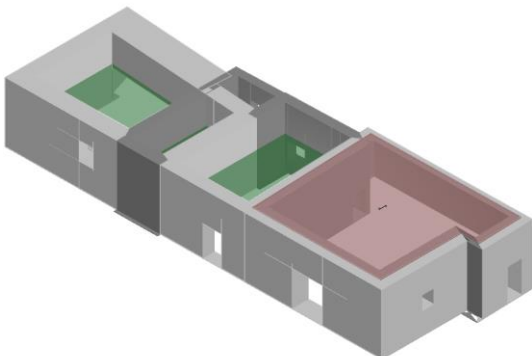
Εικόνες μοντέλου



Άποψη του επιπέδου του ορόφου 1



3D άποψη (1)



3D άποψη (2)

Κανονισμός αναφοράς

Για τους ελέγχους και τις αναλύσεις που εκτελέστηκαν στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν οι διατάξεις και η νομοθεσία που περιλαμβάνεται στο παρακάτω κανονιστικό πρότυπο:

- Ευρωκώδικας 8 [EN 1998]: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών.

Περιγραφή μοντέλου

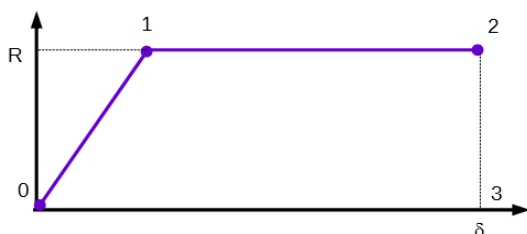
Υλικά

Μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας

Οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού τοιχοποιίας καθορίζονται προκειμένου να εντοπιστεί καλύτερα η συμπεριφορά του στη μη γραμμική περιοχή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- Αρχική δυσκαμψία σύμφωνα με τα ελαστικά χαρακτηριστικά (ρηγματώσεις) του υλικού.
- Διγραμμική συμπεριφορά με μέγιστες τιμές διάτμησης και ροπής που συνάδουν με τις τιμές οριακής κατάστασης.
- Ανακατανομή των εσωτερικών τάσεων του στοιχείου έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ισορροπία.
- Ρύθμιση της κατάστασης αστοχίας σύμφωνα με τις καθολικές και τοπικές παραμέτρους.
- Μείωση της δυσκαμψίας στην πλαστική περιοχή.
- Έλεγχος πλαστιμότητας με τον καθορισμό της μέγιστης μετατόπισης (δ_u) που διαφοροποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών και σύμφωνα με τον μηχανισμό βλάβης που εμφανίζεται στον τοίχο.
- Εξάλειψη του στοιχείου, με την επίτευξη των οριακών συνθηκών χωρίς διακοπή της ανάλυσης.



0-1: Ελαστική περιοχή
1-2: Πλαστική περιοχή
2-3: Πτώση αντίστασης λόγω της αστοχίας

Η μη-γραμμική συμπεριφορά ενεργοποιείται όταν μία τιμή δύναμης φτάσει στην μέγιστη τιμή της όπως αυτή καθορίζεται με βάση το ελάχιστο από τα κριτήρια της καμπτικής και διατμητικής αντίστασης.

Όνομα	Τύπος	Χρώμα	Περιγραφή
Masonry	Τοιχοποιία		
Masonry 60cm	Τοιχοποιία		

Τοιχοποιία

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _m [MN/m ²]	Διατμητική αντίσταση [MN/m ²]
Masonry	730,00	306,00	16	0,86	0,15
Masonry 60cm	1.130,00	474,00	16	1,50	0,15

Ξύλο

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _{wm} [MN/m ²]	f _{wk} [MN/m ²]	γ _w
C22	10.000,00	630,00	4	31,0	22,0	1,30

Γεωμετρία μοντέλου

Το μαθηματικό προσομοίωμα του κτιρίου αυτού έγινε με την εισαγωγή τοίχων, οι οποίοι διακριτοποιούνται με μακρο-στοιχεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις παραμορφώσιμες υπέρθυρες δοκούς. Οι άκαμπτοι κόμβοι παρουσιάζονται στα τμήματα τοιχοποιίας, τα οποία συνήθως είναι λιγότερο ευαίσθητα σε σεισμικές βλάβες. Οι πεσσοί και οι υπέρθυρες δοκοί είναι συνεχόμενοι με τα ανοίγματα και οι άκαμπτοι κόμβοι αναπαριστούν την σύνδεση μεταξύ των πεσσών και των υπέρθυρων δοκών. Ο μαθηματικός αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση αυτών των μακρο-στοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή του λυγισμού στις πλευρές του στοιχείου, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η δυναμική κατάσταση των βλαβών όπως ακριβώς εμφανίζονται στην πραγματικότητα.

Οι κόμβοι του μαθηματικού μοντέλου είναι 3-διαστάσεων με 5 βαθμούς ελευθερίας (3 μετακινήσιμες συνιστώσες στο καθολικό σύστημα αναφοράς και 2 στροφές περί των άξονα Χ και Υ) ή με 2-διαστάσεων κόμβους με 3 βαθμούς ελευθερίας (δύο μετακινήσεις και μία στροφή στο επίπεδο του τοίχου). Οι 3-διαστάσεων κόμβοι χρησιμοποιούνται για να γίνει η μεταφορά των δράσεων από τον έναν τοίχο στον άλλο ο οποίος είναι τοποθετημένος εγκάρσια στον πρώτο. Οι 2-διαστάσεων κόμβοι έχουν βαθμούς ελευθερίας μόνο στο επίπεδο του τοίχου επιτρέποντας να μεταφερθούν οι εντάσεις μεταξύ των διαφόρων σημείων του τοίχου.

Τα οριζόντια στοιχεία, προσομοιώνονται ως πλάκες τρικομβικών στοιχείων τα οποία συνδέονται με τους κόμβους 3-διαστάσεων, οι οποίες μπορούν να φέρουν μόνιμα και κινητά φορτία. Οι σεισμικές δράσεις δρουν στην πλάκα και την φορτίζουν κατά μήκος της μεσαίας στρώσης της πλάκας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η πλάκα διαθέτει αξονική δυσκαμψία, χωρίς όμως να έχει καμπτική, αφού η κύρια μηχανική συμπεριφορά η οποία ελέγχεται είναι εκείνη που προκαλείται από το σεισμό και το αντίστοιχο οριζόντιο φορτίο.

Δομικά στοιχεία: Στάθμη

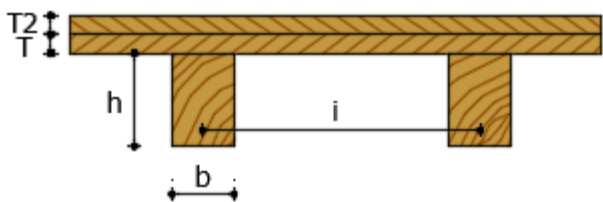
Στάθμη 1 (+4,30 [m])

Τοίχος

No.	Τοίχο i	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Υψος [m]	Πάχος [cm]
3	2	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
57	4	Masonry	-	4,30	4,30	80,0
58	4	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
206	4	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
207	4	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	80,0
59	6	Masonry	-	4,30	4,30	110,0
60	6	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	65,0
202	8	Masonry	-	4,30	2,20	200,0
203	8	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
204	10	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	60,0
205	10	Masonry 60cm	-	4,30	2,20	60,0
200	12	Masonry 60cm	-	4,30	2,20	50,0
201	12	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	60,0
198	15	Masonry	-	4,30	2,20	100,0
199	15	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
33	17	Masonry	-	4,30	4,30	130,0
35	18	Masonry	-	4,30	2,20	60,0
196	20	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	50,0
195	26	Masonry	-	4,30	4,30	100,0

Αρχεία πλακών

Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

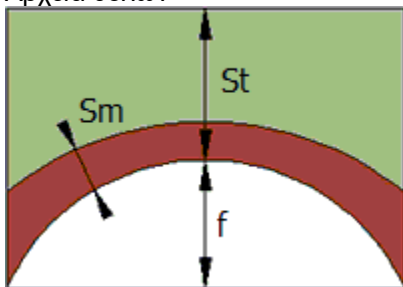


Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Ξύλινες συνδέσεις: C22 Ξύλινες σανίδες: C22	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες) b [cm] = 18,0; h [cm] = 25,0; i [cm] = 75,0; T [cm] = 2,0; T2 [cm] = 2,0

Δάπεδο

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τύπος
1	U1	4,30	4,0	630,00	25.000,00	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

Αρχεία θόλων



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 90,0; f [cm] = 80,0; Sm [cm] = 15,0
U2	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 15,0; f [cm] = 265,0; Sm [cm] = 15,0
U3	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0
U4	Υλικό θόλου: Masonry Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 90,0; f [cm] = 80,0; Sm [cm] = 15,0

Θόλοι

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τυπολογία
3	U1	2,20	15,0	362,38	863,10	863,10	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
4	U2	2,20	15,0	110,00	261,99	261,99	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
11	U3	2,20	15,0	127,32	303,24	303,24	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
15	U4	2,20	15,0	162,39	387,40	387,40	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος

Δομικά στοιχεία: Κατακόρυφο επίπεδο

Ισοδύναμο πλαίσιο

Τοίχοι : 1

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	-13,03	-6,49	0,00	0
5	-13,03	0,10	2,10	0
2	-13,03	-6,49	4,30	1
6	-13,03	0,10	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
31	3,29	0,00	0
32	3,29	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
1	Masonry	-	100,0	658,9	430,0	3,29	2,15	31	32

Τοίχοι : 2

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	-13,03	-6,49	0,00	0
7	-5,64	-6,40	0,00	0
3	-2,59	-6,37	0,00	0
17	3,39	-6,30	0,00	0
15	12,42	-6,20	0,00	0
2	-13,03	-6,49	4,30	1
8	-5,64	-6,40	4,30	1
4	-2,59	-6,37	4,30	1
18	3,39	-6,30	4,30	1
16	12,42	-6,20	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
33	8,92	0,00	0
34	8,92	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
9	Masonry	-	80,0	302,6	358,3	11,96	1,79	3	4
10	Masonry	-	80,0	164,9	358,3	15,60	1,79	17	18
11	Masonry	-	115,0	334,9	363,8	18,10	1,82	17	18
12	Masonry	-	115,0	353,0	363,8	23,69	1,82	15	16
6	Masonry 60cm	-	80,0	305,0	430,0	8,92	2,15	33	34
7	Masonry	-	115,0	472,4	280,0	2,36	2,20	1	2
8	Masonry	-	115,0	167,4	280,0	6,56	2,20	7	8

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
-----	-------	----------	------------	-----------	-----------	--------------------	--------------------	------------------	---------------

2	Masonry	-	115,0	100,0	170,0	5,22	0,85	1	7
4	Masonry	-	80,0	130,0	215,0	14,12	3,23	4	18
5	Masonry	-	115,0	215,0	180,0	20,85	3,40	18	16
3	Masonry	-	115,0	100,0	130,0	5,22	3,65	2	8

Τοίχοι : 3

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
3	-2,59	-6,37	0,00	0
13	-2,59	-0,61	0,00	0
23	-2,59	1,69	2,10	0
4	-2,59	-6,37	4,30	1
14	-2,59	-0,61	4,30	1
24	-2,59	1,69	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
35	6,91	0,00	0
36	6,91	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
15	Masonry	-	110,0	79,4	360,3	0,40	1,80	3	4
16	Masonry	-	110,0	364,5	360,3	3,94	1,80	13	14
14	Masonry 60cm	-	65,0	229,9	430,0	6,91	2,15	23	36

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
13	Masonry	-	110,0	132,0	200,0	1,45	3,30	4	14

Τοίχοι : 4

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
5	-13,03	0,10	2,10	0
9	-5,64	-0,40	2,10	0
13	-2,59	-0,61	0,00	0
6	-13,03	0,10	4,30	1
10	-5,64	-0,40	4,30	1
14	-2,59	-0,61	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
37	3,71	2,10	0
38	3,71	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
19	Masonry	-	100,0	94,5	363,8	7,89	1,82	13	10

20	Masonry	-	100,0	121,2	363,8	9,86	1,82	13	14
18	Masonry	-	200,0	741,4	220,0	3,71	3,20	37	38

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
17	Masonry	-	100,0	90,0	180,0	8,81	3,40	10	14

Τοίχοι : 5

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
7	-5,64	-6,40	0,00	0
9	-5,64	-0,40	2,10	0
11	-5,64	1,59	2,10	0
8	-5,64	-6,40	4,30	1
10	-5,64	-0,40	4,30	1
12	-5,64	1,59	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
39	7,00	2,10	0
40	7,00	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
23	Masonry 60cm	-	60,0	61,6	360,3	0,31	1,80	7	8
24	Masonry 60cm	-	60,0	391,5	360,3	4,04	1,80	7	10
22	Masonry 60cm	-	60,0	199,0	220,0	7,00	3,20	39	40

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
21	Masonry 60cm	-	60,0	147,0	200,0	1,35	3,30	8	10

Τοίχοι : 6

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
11	-5,64	1,59	2,10	0
23	-2,59	1,69	2,10	0
21	3,06	1,88	2,10	0
12	-5,64	1,59	4,30	1
24	-2,59	1,69	4,30	1
22	3,06	1,88	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
41	5,92	0,00	0
42	5,92	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
34	Masonry 60cm	-	60,0	181,8	115,0	5,92	1,75	41	42
33	Masonry 60cm	-	60,0	75,7	272,5	3,43	2,00	41	24
35	Masonry 60cm	-	60,0	125,3	272,5	8,07	2,13	21	22
31	Masonry 60cm	-	50,0	119,8	160,0	0,60	3,04	11	12
32	Masonry 60cm	-	50,0	89,4	160,0	2,60	3,04	23	24

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
27	Masonry 60cm	-	60,0	120,0	85,0	4,41	0,43	23	41
29	Masonry 60cm	-	60,0	62,0	150,0	7,14	0,75	41	21
25	Masonry 60cm	-	50,0	96,0	10,0	1,68	2,15	11	23
28	Masonry 60cm	-	60,0	120,0	230,0	4,41	3,15	24	42
30	Masonry 60cm	-	60,0	62,0	165,0	7,14	3,48	42	22
26	Masonry 60cm	-	50,0	96,0	110,0	1,68	3,75	12	24

Τοίχοι : 7

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
19	3,03	2,49	2,10	0
21	3,06	1,88	2,10	0
17	3,39	-6,30	0,00	0
20	3,03	2,49	4,30	1
22	3,06	1,88	4,30	1
18	3,39	-6,30	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
43	0,31	2,10	0
44	0,31	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
38	Masonry	-	100,0	24,8	356,3	0,74	1,78	17	22
39	Masonry	-	100,0	687,5	356,3	5,36	1,78	17	18
37	Masonry	-	100,0	61,8	220,0	0,31	3,20	43	44

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
36	Masonry	-	100,0	106,0	260,0	1,40	3,00	22	18

Τοίχοι : 8

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
15	12,42	-6,20	0,00	0
29	12,42	-0,44	0,00	0
16	12,42	-6,20	4,30	1

30	12,42	-0,44	4,30	1
----	-------	-------	------	---

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
42	Masonry	-	130,0	229,1	265,0	1,15	2,13	15	16
43	Masonry	-	130,0	259,6	265,0	4,46	2,13	29	30

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
40	Masonry	-	130,0	87,0	155,0	2,73	0,78	15	29
41	Masonry	-	130,0	87,0	175,0	2,73	3,43	16	30

Τοίχοι : 9

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
19	3,03	2,49	2,10	0
25	13,58	2,68	2,10	0
20	3,03	2,49	4,30	1
26	13,58	2,68	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
45	5,27	2,10	0
46	5,27	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
44	Masonry	-	60,0	1.054,4	220,0	5,27	3,20	45	46

Τοίχοι : 10

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
29	12,42	-0,44	0,00	0
27	13,68	-0,44	0,00	0
30	12,42	-0,44	4,30	1
28	13,68	-0,44	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
47	0,63	0,00	0
48	0,63	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
45	Masonry 60cm	-	50,0	126,5	430,0	0,63	2,15	47	48

Τοίχοι : 11

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
25	13,58	2,68	2,10	0
27	13,68	-0,44	0,00	0
26	13,58	2,68	4,30	1
28	13,68	-0,44	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Υψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
47	Masonry	-	100,0	46,2	360,3	0,23	1,80	27	26
48	Masonry	-	100,0	155,7	360,3	2,34	1,80	27	28

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Υψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
46	Masonry	-	100,0	110,0	200,0	1,01	3,30	26	28

(*) Στοιχεία στέγης

Φορτία

Σεισμικά φορτία:

Ο έλεγχος θα πρέπει να εκτελείται με βάση τον συνδυασμό που περιλαμβάνει τις σεισμικές δράσεις και μη και ο οποίος καθορίζεται στην παράγραφο 6.5.3 του Ευρωκώδικα 0

$$\gamma_I E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Οι επιδράσεις από την σεισμική δράση ελέγχονται λαμβάνοντας υπόψη τις μάζες οι οποίες συνδέονται με τα κατακόρυφα φορτία:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i (\Psi_{Ei} Q_{ki})$$

Στατικά φορτία:

Ο έλεγχος για τα στατικά φορτία στην οριακή κατάσταση διεξάγεται με βάση τις διατάξεις του ισχύοντος κανονισμού. Ο συνδυασμός φορτίων που λαμβάνεται υπόψη είναι:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

όπου:

- γ_I Συντελεστής σπουδαιότητας (παράγραφος 4.2.5 – Ευρωκώδικας 8)
- E Σεισμική δράση που εφαρμόζεται για την οριακή κατάσταση
- G_{k1}, G_{k2} Χαρακτηριστικές τιμές μόνιμων φορτίων
- Q_{ki} Χαρακτηριστική τιμή για την μεταβλητή δράση Q_k .
- Ψ_2 Συντελεστής συνδυασμού με οιονεί – μόνιμη τιμή μιας μεταβλητής δράσης

Ψ_0 Συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις

Ψ_{Ei} Συντελεστής συνδυασμού της μεταβλητής δράσης Q_i , στην οποία λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα ότι να δρουν όλα τα φορτία στην κατασκευή τη στιγμή εμφάνισης ενός σεισμικού γεγονότος και επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών Ψ_{2i} στο φ .

$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_Q$: επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

Οι τιμές των διαφόρων συντελεστών καθορίζονται με βάση την τύπο της χρήσης για τα διάφορα επίπεδα σχεδιασμού σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 0, πίνακας A1.1 και την παράγραφο 4.2.4 του Ευρωκώδικα.

No.	Θέση	Τύπος	Gk	Πρόσθ. Gk	Qk	φ	ψ_0	ψ_2	CDM
1	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
2	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
3	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
4	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	88,00	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι

5	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	145,00	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
---	----------------------	---	--------	------	------	------	------	------	-----

Αναφορές

CDM : Να ληφθεί υπόψη μόνο η δυναμική κατανομή της μάζας.

C : Συγκεντρωμένο [kN]

L : Γραμμικό [kN/m]

No. Δάπεδο	Θέση	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ0	ψ2
1	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	0,41	2,50	2,00	NAI	1,00	1,00	0,30

No. Θόλοι	Θέση	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ0	ψ2
3	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	15,00	2,50	2,00	NAI	1,00	1,00	0,60
4	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	10,06	2,50	2,00	NAI	1,00	1,00	0,60
11	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	2,50	2,00	NAI	1,00	1,00	0,60
15	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	15,00	2,50	2,00	NAI	1,00	1,00	0,60

Φάσμα σεναρίου-κανονισμού

Τα φάσματα απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στα κανονιστικά πρότυπα, καθορίζονται από την μέγιστη επιτάχυνση και την κατηγορία εδάφους στην περιοχή που θα κατασκευαστεί το κτίριο.

agR (NC) [m/s ²]	agR (SD) [m/s ²]	agR (DL) [m/s ²]	Τύπος εδάφους	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]	I
3,42	2,40	1,45	B	1,20	0,15	0,50	2,00	1,40

Pushover ανάλυση

Περιγραφή Pushover ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση των απαραίτητων ελέγχων εκτελέστηκε μη-γραμμική στατική ανάλυση με βάση τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8. Οι απαιτούμενοι έλεγχοι περιλαμβάνουν σύγκριση μεταξύ των επιμέρους καμπυλών ικανότητας που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των αναλύσεων με τις απαιτούμενες μετακινήσεις όπως ακριβώς περιγράφεται στον ισχύοντα κανονισμό. Η καμπύλη ικανότητας αναπαρίσταται από ένα διάγραμμα στον οποίο εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση-τέμνουσα στη βάση. Σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8, υπάρχουν δύο τύποι κατανομών των δυνάμεων που πρέπει να ελεγχθούν:

- Κατανομή των δυνάμεων με βάση τις μάζες κάθε στάθμης:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

- Κατανομή των δυνάμεων με βάση την παραγωγή των μαζών για την παραμόρφωση που προκύπτει από την πρώτη ιδιομορφή

Με τον τρόπο αυτό, η τιμή για την μέγιστη μετακίνηση στην βάση του κτιρίου, προκύπτει από τον υπολογισμό της κατανομής των δυνάμεων.

Η τιμή αυτή της μετακίνησης αποτελεί την οριακή τιμή για το κτίριο

Η μετακίνηση που ελέγχεται για τον καθορισμό της καμπύλης ικανότητας βρίσκεται στο σημείο του κτιρίου που ονομάζεται κόμβος ελέγχου. Ο κανονισμός απαιτεί να γίνεται δι-γραμμικοποίηση της καμπύλης ικανότητας σε ένα ισοδύναμο σύστημα (SDOF).

Ο προσδιορισμός της καμπύλης σε σχέση με το ισοδύναμο σύστημα επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιόδου στην οποία προκύπτει λόγω σεισμικής δράσης η μέγιστη μετακίνηση, σύμφωνα με τα φάσματα που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.2.2 του Ευρωκώδικα 8.

Αντίστοιχα, στην παράγραφο 4.3.2 του Ευρωκώδικα 8 καθορίζεται ότι η τυχηματική εκκεντρότητα για το κέντρο μάζας είναι ίση με το 5% της μέγιστης διάστασης του κτιρίου στην διεύθυνση που είναι κάθετη στην σεισμική δράση.

Με βάση την μορφή του κτιρίου, και τον κανονισμό, υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές για την εκτέλεση των μη-γραμμικών αναλύσεων στο πρόγραμμα:

- Σεισμικό φορτίο: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα ποια από τις 2 κατανομές φορτίων θα υπολογιστούν (με βάση τις μάζες ή την πρώτη ιδιομορφή)
- Διεύθυνση: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα την διεύθυνση στην οποία η κατασκευή υπόκειται σε σεισμικά φορτία (X ή Y ή στο καθολικό σύστημα).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη κατάσταση από τις σεισμικές δυνάμεις, πραγματοποιούνται επιμέρους αναλύσεις για κάθε κατανομή, για κάθε σεισμική διεύθυνση και για κάθε πιθανή τυχηματική εκκεντρότητα.

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Ενιαία μορφή του πλευρικού φορτίου	Εκκεντρότητα [cm]	Στάθμη	Κόμβος
1	+X	Μάζες	0,0	1	16
3	-X	Μάζες	0,0	1	16
5	+Y	Μάζες	0,0	1	6
7	-Y	Μάζες	0,0	1	6
9	+X	Μάζες	45,8	1	16
10	+X	Μάζες	-45,8	1	16
13	-X	Μάζες	45,8	1	16
14	-X	Μάζες	-45,8	1	16
17	+Y	Μάζες	133,6	1	6
18	+Y	Μάζες	-133,6	1	6
21	-Y	Μάζες	133,6	1	6
22	-Y	Μάζες	-133,6	1	6

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τον κανονισμό, εκτελούνται μία σειρά από ελέγχους :

Οριακή κατάσταση: Οιονεί κατάρρευση (Near Collapse - NC):

$$d_t^{NC} \leq d_m^{NC}$$

d_t^{NC} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό και υπολογίζεται στον ελαστικό φάσμα.

d_m^{NC} : Μέγιστη μετακίνηση που διαθέτει η κατασκευή.

Οριακή κατάσταση: Σημαντικών βλαβών (Significant Damage -SD):

$$d_t^{SD} \leq d_m^{SD}$$

d_t^{SD} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό.

d_m^{SD} : Καθολική ικανότητα στην οριακή κατάσταση - Significant Damage (SD) .

LS of Damage Limitation (DL):

$$S_d(T^*) \leq d_y^*$$

$S_d(T^*)$: Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό για $T=T^*$

d_y^* : Ελαστική παραμόρφωση του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος .

Σεισμική διακινδύνευση

Για κάθε οριακή κατάσταση χρειάζεται να υπολογίζεται ο παράγοντας διακινδύνευσης α (α_{NC} , α_{SD} , α_{DL})

Οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha_{NC} = \frac{PGA_{CNC}}{PGA_{DNC}} ;$$

$$\alpha_{SD} = \frac{PGA_{CSD}}{PGA_{DSD}} ;$$

$$\alpha_{DL} = \frac{PGA_{CDL}}{PGA_{DDL}} ;$$

Αποδεκτή Επιτάχυνση: το μέγιστο σύνολο των δράσεων, λαμβάνοντας υπόψη τους αναμενόμενους συνδυασμούς για το έργο για τους οποίους η κατασκευή θα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί.

PGA_{CNC} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην NC

PGA_{CSD} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην SD

PGA_{CDL} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην DL

Απαιτούμενη επιτάχυνση: Τιμές αναφοράς των επιταχύνσεων λόγω σεισμικής ενέργειας

Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τα σεισμικά εκείνα φορτία τα οποία καθορίζονται από το σχήμα του φάσματος

PGA_{DNC} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην NC

PGA_{DSD} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην SD

PGA_{DDL} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην DL

Αναλυτικά αποτελέσματα

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	dt NC [cm]	dm NC [cm]	NC Ελεγ.	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ελεγ.	Sd DL [cm]	d*y DL [cm]	DL Ελεγ.
1	+X	Μάζες	0,0	14,59	156,48	NAI	10,24	117,36	NAI	15,43	124,09	NAI
3	-X	Μάζες	0,0	1,58	2,02	NAI	0,98	1,51	NAI	1,14	1,20	NAI
5	+Y	Μάζες	0,0	1,46	1,55	NAI	0,93	1,16	NAI	0,52	0,33	OXI
7	-Y	Μάζες	0,0	3,37	4,10	NAI	2,28	3,08	NAI	2,22	1,67	OXI
9	+X	Μάζες	45,8	12,89	100,48	NAI	9,05	75,36	NAI	13,63	86,33	NAI
10	+X	Μάζες	-45,8	14,59	138,62	NAI	10,24	103,97	NAI	15,43	111,02	NAI
13	-X	Μάζες	45,8	1,30	1,08	OXI	0,79	0,81	NAI	0,83	0,84	NAI
14	-X	Μάζες	-45,8	1,65	2,56	NAI	1,04	1,92	NAI	1,21	1,24	NAI
17	+Y	Μάζες	133,6	1,41	1,78	NAI	0,89	1,34	NAI	0,50	0,35	OXI
18	+Y	Μάζες	-133,6	1,49	1,44	OXI	0,96	1,08	NAI	0,52	0,31	OXI
21	-Y	Μάζες	133,6	3,17	3,57	NAI	2,14	2,68	NAI	1,97	1,28	OXI
22	-Y	Μάζες	-133,6	3,52	3,93	NAI	2,39	2,95	NAI	2,40	1,98	OXI

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	α NC	α SD	α DL	dm/dt NC
1	+X	Μάζες	0,0	10,725	11,462	8,044	10,725

3	-X	Μάζες	0,0	1,224	1,381	1,054	1,278
5	+Y	Μάζες	0,0	1,054	1,188	0,642	1,062
7	-Y	Μάζες	0,0	1,201	1,311	0,752	1,217
9	+X	Μάζες	45,8	7,792	8,328	6,332	7,795
10	+X	Μάζες	-45,8	9,501	10,154	7,197	9,501
13	-X	Μάζες	45,8	0,871	1,013	1,014	0,831
14	-X	Μάζες	-45,8	1,446	1,613	1,025	1,552
17	+Y	Μάζες	133,6	1,214	1,364	0,698	1,262
18	+Y	Μάζες	-133,6	0,971	1,095	0,595	0,966
21	-Y	Μάζες	133,6	1,117	1,221	0,652	1,126
22	-Y	Μάζες	-133,6	1,109	1,211	0,824	1,116

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

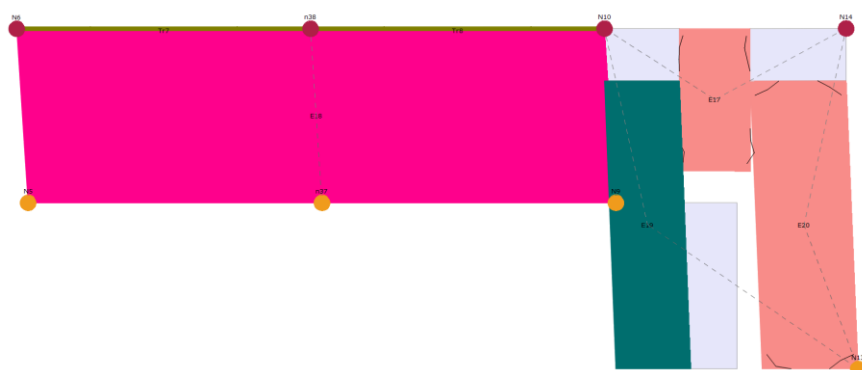
Ετικέτες αποτελεσμάτων

Σκυρόδεμα	
Χωρίς βλάβη	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Καμπτική βλάβη	
Καμπτική αστοχία (όριο)	
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)	
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Ξύλο	
Χωρίς βλάβη	
Καμπτική αστοχία (όριο)	
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)	
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)	
Χάλυβας	
Χωρίς βλάβη	
Καμπτική βλάβη	
Βλάβη λόγω θλίψης	
Βλάβη λόγω εφελκυσμού	
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελκ.)	
Πίσω στην ελαστική περιοχή	

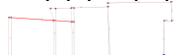
Τοιχοποιία	
Χωρίς βλάβη	
Έναρξη πλαστιμότητας	
Διατμητική βλάβη	
Έναρξη διατμητικής αστοχίας	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Καμπτική βλάβη	
Έναρξη καμπτικής αστοχίας	
Καμπτική αστοχία (όριο)	
Σοβαρή βλάβη	
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)	
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)	
Αστοχία στην ελαστική φάση(όριο)	
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελκ.)	

Σεισμική ανάλυση n. 13 Διεύθυνση X

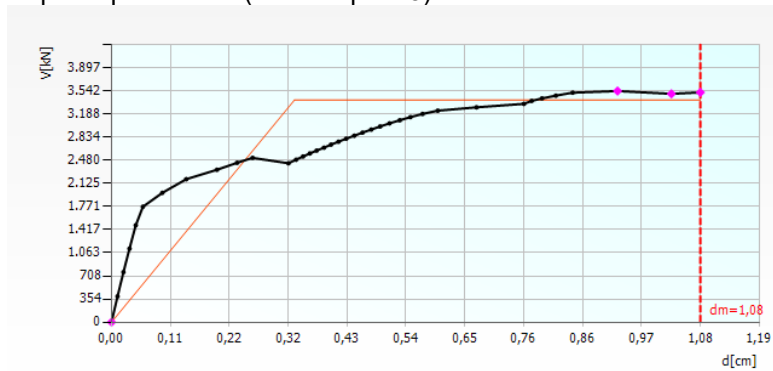
Σεισμική ανάλυση n. 13 Τοίχος 4 Βήμα 38



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη

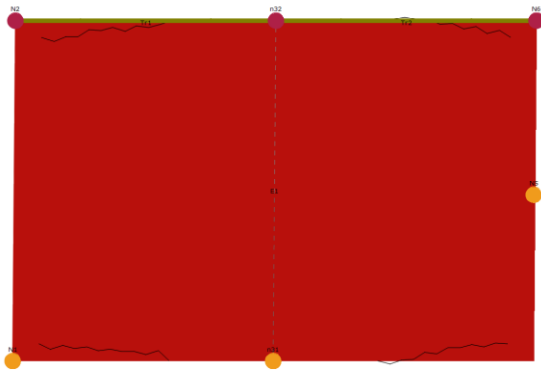


Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 13)



Σεισμική ανάλυση n. 18 Διεύθυνση Y

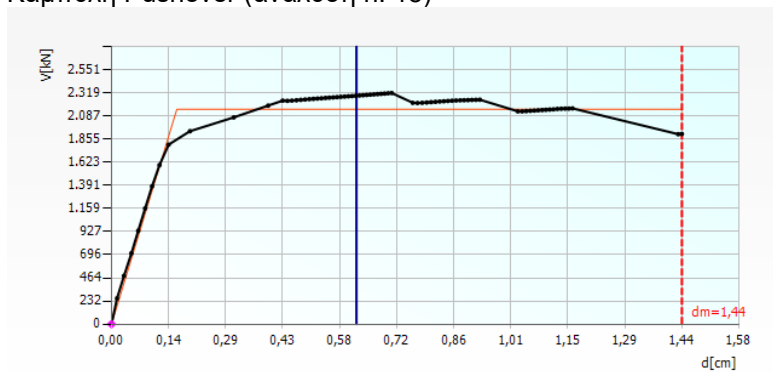
Σεισμική ανάλυση n. 18 Τοίχος 1 Βήμα 75



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη



Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 18)



Αξιολόγηση στατικής συμπεριφοράς φορέα

Λυγηρότητα των τοίχων

Ο έλεγχος λυγηρότητας των τοίχων εκτελείται με βάση την παράγραφο §5.5.1.4(2) του EN 1996-1-1

Ο λόγος λυγηρότητας ενός τοίχου από τοιχοποιία υπολογίζεται μέσω του κλάσματος h_{ef}/t_{ef} όπου:

h_{ef} : ενεργό μήκος (ύψος) λυγισμού του τοίχου ίσο με $\rho_n \cdot h$

t_{ef} : ενεργό πάχος του τοίχου ίσο με $\rho_t \cdot t$

h : το εσωτερικό (καθαρό) ύψος του ορόφου

t : πάχος τοίχου

ρ_n : μειωτικός συντελεστής, ($n=2,3$ ή 4) ανάλογα με το πλήθος των δεσμευμένων πλευρών του τοίχου

ρ_t : συντελεστής δυσκαμψίας (λαμβάνόμενος από τον πίνακα 5.1 - §5.5.1.3)

Ο έλεγχος λυγηρότητας ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

Έλεγχος έναντι κατακόρυφων φορτίων

Ο έλεγχος τοίχων από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία πραγματοποιείται σύμφωνα με την

παράγραφο §6.1.2.του EN 1996-1-1

Ο έλεγχος αυτός ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

όπου:

N_{ed} : κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού σε ένα τοίχο από τοιχοποιία

N_{Rd} : αντίσταση σχεδιασμού του τοίχου έναντι κατακορύφων φορτίων : $N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot A$

A: φορτιζόμενη οριζόντια διατομή του τοίχου, σε τετραγωνικά μέτρα,

f_d : θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας, υπολογιζόμενη κατά τις παραγράφους 2.4.1 & 3.6.1

Φ : μειωτικός συντελεστής αντοχής στη στέψη ή στη βάση του ή στο μέσο του ύψους του τοίχου ανάλογα, ο οποίος συνεκτιμά τις συνέπειες της λυγηρότητας και της εκκεντρότητας του φορτίου και λαμβάνεται από την παράγραφο 6.1.2.2

Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε κάθε πεσσο των τοίχων της κατασκευής, στις ως άνω αναφερόμενες κύριες θέσεις (κορυφή, μέση, πώδας) του τοίχου. Ακολουθούν οι έλεγχοι που εκτελέστηκαν για κάθε μεμονωμένο τοίχο.

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
1	0	583	0,603	3.419	0,171	780	0,701	3.973	0,196	1.086	0,783	4.434	0,245	NAI

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
6	0	212	0,900	3.294	0,064	326	0,900	3.293	0,099	439	0,900	3.294	0,133	NAI
7	0	735	0,900	4.204	0,175	899	0,900	4.204	0,214	1.064	0,900	4.204	0,253	NAI
8	0	189	0,900	1.490	0,127	247	0,900	1.490	0,166	306	0,900	1.490	0,205	NAI
9	0	231	0,900	1.874	0,123	325	0,900	1.873	0,173	418	0,900	1.874	0,223	NAI
10	0	133	0,206	234	0,566	184	0,423	480	0,382	235	0,546	620	0,379	NAI
11	0	504	0,641	2.123	0,237	655	0,718	2.380	0,275	806	0,770	2.550	0,316	NAI
12	0	415	0,520	1.814	0,229	574	0,647	2.258	0,254	734	0,722	2.519	0,291	NAI

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
14	0	96	0,823	1.844	0,052	155	0,884	1.981	0,078	225	0,900	2.017	0,111	NAI
15	0	93	0,836	628	0,148	127	0,877	659	0,193	161	0,900	676	0,238	NAI
16	0	500	0,791	2.729	0,183	656	0,839	2.893	0,227	812	0,868	2.993	0,271	NAI

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
18	0	892	0,900	11.477	0,078	1.244	0,900	11.477	0,108	1.596	0,900	11.477	0,139	NAI
19	0	34	0,900	731	0,047	58	0,900	731	0,079	95	0,900	731	0,130	NAI
20	0	77	0,900	938	0,082	125	0,900	938	0,133	172	0,900	938	0,184	NAI

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
22	0	20	0,900	1.612	0,012	48	0,900	1.612	0,030	77	0,900	1.612	0,048	NAI
23	0	51	0,785	436	0,117	65	0,827	459	0,143	80	0,857	475	0,168	NAI
24	0	372	0,780	2.747	0,136	464	0,818	2.882	0,161	555	0,847	2.984	0,186	NAI

Πεσσο Σ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποι είται
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	

31	0	15	0,900	808	0,018	25	0,900	808	0,031	35	0,900	808	0,044	ΝΑΙ
32	0	74	0,900	603	0,123	82	0,900	603	0,136	90	0,900	603	0,149	ΝΑΙ
33	0	38	0,900	613	0,063	52	0,898	612	0,084	65	0,900	613	0,106	ΝΑΙ
34	0	145	0,900	1.472	0,098	158	0,898	1.469	0,108	172	0,900	1.472	0,117	ΝΑΙ
35	0	55	0,900	1.015	0,054	77	0,900	1.015	0,076	99	0,900	1.015	0,098	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Ικανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
37	0	48	0,900	478	0,101	63	0,900	478	0,131	77	0,900	478	0,162	ΝΑΙ
38	0	10	0,082	17	0,570	18	0,471	100	0,175	27	0,653	139	0,195	ΝΑΙ
39	0	629	0,265	1.567	0,401	894	0,473	2.797	0,320	1.158	0,592	3.503	0,331	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Ικανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
42	0	221	0,900	2.305	0,096	307	0,899	2.303	0,133	392	0,900	2.305	0,170	ΝΑΙ
43	0	191	0,900	2.613	0,073	287	0,899	2.610	0,110	384	0,900	2.613	0,147	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Ικανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
44	0	785	0,241	1.311	0,599	935	0,359	1.952	0,479	1.086	0,447	2.432	0,446	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Ικανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
45	0	94	0,667	632	0,148	123	0,704	668	0,184	153	0,781	741	0,206	ΝΑΙ

Πεσσό ς	hef/tef	Ανώτερο			Κεντρικό			Κατώτερο					Ικανοποι είται	
		Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/NR d
47	0	63	0,900	358	0,175	77	0,897	357	0,215	95	0,900	358	0,264	ΝΑΙ
48	0	351	0,900	1.205	0,291	411	0,897	1.201	0,342	472	0,900	1.205	0,392	ΝΑΙ

(*) Στοιχεία στέγης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β2 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ 3ΜΥΡΙ - ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟ Β1/Α3

Εισαγωγή

Γενική περιγραφή

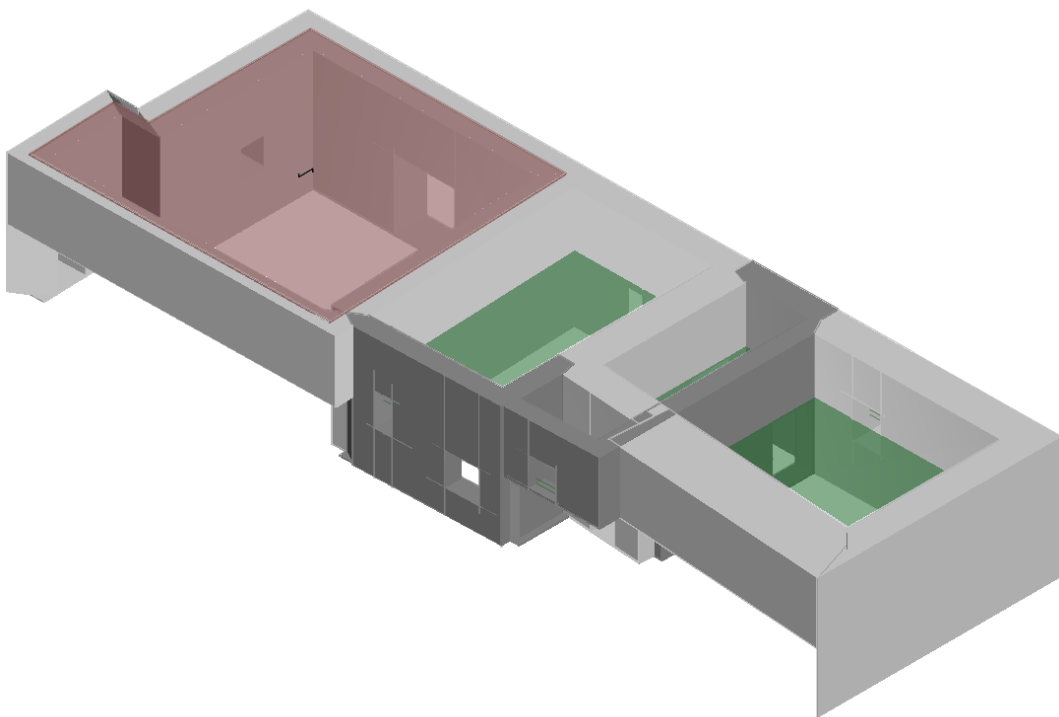
Περιγραφή κατασκευής

Το παρόν τεύχος υπολογισμών περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων του μαθηματικού μοντέλου, τους σχετικούς ελέγχους και τα αποτελέσματα που παρήχθησαν από την μελέτη που εκπονήθηκε με το πρόγραμμα 3ΜΥΡΙ, για το νομισματοκοπείο το οποίο βρίσκεται στον αρχαιολογικό χώρο της περιβόλας της παλιάς πόλης της Ρόδου.

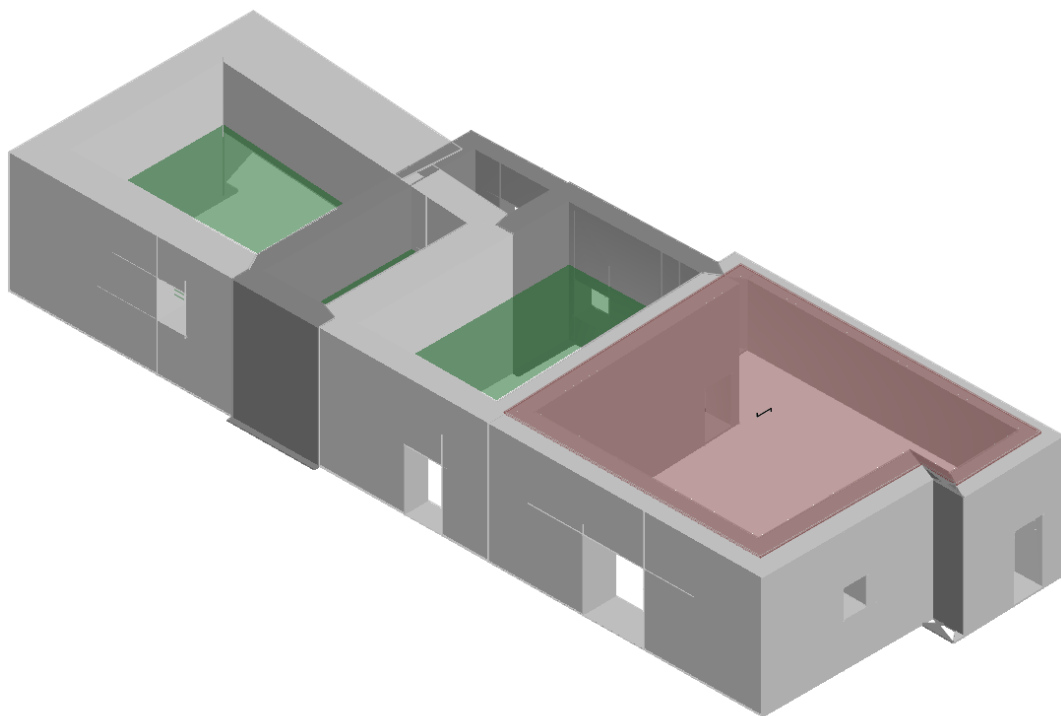
Εικόνες μοντέλου



Άποψη του επιπέδου του ορόφου 1



3D άποψη (1)



3D άποψη (2)

Κανονισμός αναφοράς

Για τους ελέγχους και τις αναλύσεις που εκτελέστηκαν στην παρούσα μελέτη, εφαρμόστηκαν οι διατάξεις και η νομοθεσία που περιλαμβάνεται στο παρακάτω κανονιστικό πρότυπο:

- Ευρωκώδικας 8 [EN 1998]: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών.

Περιγραφή μοντέλου

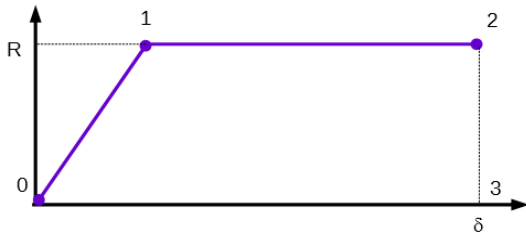
Υλικά

Μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας

Οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού τοιχοποιίας καθορίζονται προκειμένου να εντοπιστεί καλύτερα η συμπεριφορά του στη μη γραμμική περιοχή.

Τα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- Αρχική δυσκαμψία σύμφωνα με τα ελαστικά χαρακτηριστικά (ρηγματώσεις) του υλικού.
- Διγραμμική συμπεριφορά με μέγιστες τιμές διάτμησης και ροπής που συνάδουν με τις τιμές οριακής κατάστασης.
- Ανακατανομή των εσωτερικών τάσεων του στοιχείου έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ισορροπία.
- Ρύθμιση της κατάστασης αστοχίας σύμφωνα με τις καθολικές και τοπικές παραμέτρους.
- Μείωση της δυσκαμψίας στην πλαστική περιοχή.
- Έλεγχος πλαστιμότητας με τον καθορισμό της μέγιστης μετατόπισης (δ_u) που διαφοροποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών και σύμφωνα με τον μηχανισμό βλάβης που εμφανίζεται στον τοίχο.
- Εξάλειψη του στοιχείου, με την επίτευξη των οριακών συνθηκών χωρίς διακοπή της ανάλυσης.



- 0-1: Ελαστική περιοχή
- 1-2: Πλαστική περιοχή
- 2-3: Πτώση αντίστασης λόγω της αστοχίας

Η μη-γραμμική συμπεριφορά ενεργοποιείται όταν μία τιμή δύναμης φτάσει στην μέγιστη τιμή της όπως αυτή καθορίζεται με βάση το ελάχιστο από τα κριτήρια της καμπτικής και διατμητικής αντίστασης.

Όνομα	Τύπος	Χρώμα	Περιγραφή
Masonry	Τοιχοποιία		
Masonry 60cm	Τοιχοποιία		

Τοιχοποιία

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _m [MN/m ²]	Διατμητική αντίσταση [MN/m ²]
Masonry	730,00	306,00	16	0,86	0,15
Masonry ~50cm	1.130,00	474,00	16	1,50	0,15

Ξύλο

Όνομα	E [MN/m ²]	G [MN/m ²]	Ειδικό βάρος [kN/m ³]	f _{wm} [MN/m ²]	f _{wk} [MN/m ²]	γ w
C22	10.000,00	630,00	4	31,0	22,0	1,30

Γεωμετρία μοντέλου

Το μαθηματικό προσομοίωμα του κτιρίου αυτού έγινε με την εισαγωγή τοίχων, οι οποίοι διακριτοποιούνται με μακρο-στοιχεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν τους αντίστοιχους πεσσούς και τις παραμορφώσιμες υπέρθυρες δοκούς. Οι άκαμπτοι κόμβοι παρουσιάζονται στα τμήματα τοιχοποιίας, τα οποία συνήθως είναι λιγότερο ευαίσθητα σε σεισμικές βλάβες. Οι πεσσοί και οι υπέρθυρες δοκοί είναι συνεχόμενοι με τα ανοίγματα και οι άκαμπτοι κόμβοι αναπαριστούν την σύνδεση μεταξύ των πεσσών και των υπέρθυρων δοκών. Ο μαθηματικός αλγόριθμος στον οποίο στηρίζεται η χρήση αυτών των μακρο-στοιχείων, επιτρέπει την αναγνώριση του μηχανισμού αστοχίας από διάτμηση στο κεντρικό τμήμα του στοιχείου αυτού ή του λυγισμού στις πλευρές του στοιχείου, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η δυναμική κατάσταση των βλαβών όπως ακριβώς εμφανίζονται στην πραγματικότητα.

Οι κόμβοι του μαθηματικού μοντέλου είναι 3-διαστάσεων με 5 βαθμούς ελευθερίας (3 μετακινησιακές συνιστώσες στο καθολικό σύστημα αναφοράς και 2 στροφές περί των άξονα X και Y) ή με 2-διαστάσεων κόμβους με 3 βαθμούς ελευθερίας (δύο μετακινήσεις και μία στροφή στο επίπεδο του τοίχου). Οι 3-διαστάσεων κόμβοι χρησιμοποιούνται για να γίνει η μεταφορά των δράσεων από τον έναν τοίχο στον άλλο ο οποίος είναι τοποθετημένος εγκάρσια στον πρώτο. Οι 2-διαστάσεων κόμβοι έχουν βαθμούς ελευθερίας μόνο στο επίπεδο του τοίχου επιτρέποντας να μεταφερθούν οι εντάσεις μεταξύ των διαφόρων σημείων του τοίχου.

Τα οριζόντια στοιχεία, προσομοιώνονται ως πλάκες τρικομβικών στοιχείων τα οποία συνδέονται με τους κόμβους 3-διαστάσεων, οι οποίες μπορούν να φέρουν μόνιμα και κινητά φορτία. Οι σεισμικές δράσεις δρουν στην πλάκα και την φορτίζουν κατά μήκος της μεσαίας στρώσης της πλάκας. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η πλάκα διαθέτει αξονική δυσκαμψία, χωρίς όμως να έχει καμπτική, αφού η κύρια μηχανική συμπεριφορά η οποία ελέγχεται είναι εκείνη που προκαλείται από το σεισμό και το αντίστοιχο οριζόντιο φορτίο.

Δομικά στοιχεία: Στάθμη

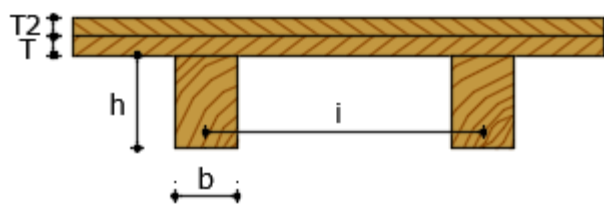
Στάθμη 1 (+4,30 [m])

Τοίχος

No.	Τοίχο i	υλικό	Ενίσχυση	Υψόμετρο [m]	Απόλυτο Υψος [m]	Πάχος [cm]
3	2	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
57	4	Masonry	-	4,30	4,30	80,0
58	4	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
206	4	Masonry	-	4,30	4,30	115,0
207	4	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	80,0
59	6	Masonry	-	4,30	4,30	110,0
60	6	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	65,0
202	8	Masonry	-	4,30	2,20	200,0
203	8	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
204	10	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	60,0
205	10	Masonry 60cm	-	4,30	2,20	60,0
200	12	Masonry 60cm	-	4,30	2,20	50,0
201	12	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	60,0
198	15	Masonry	-	4,30	2,20	100,0
199	15	Masonry	-	4,30	4,30	100,0
33	17	Masonry	-	4,30	4,30	130,0
35	18	Masonry	-	4,30	2,20	60,0
196	20	Masonry 60cm	-	4,30	4,30	50,0
195	26	Masonry	-	4,30	4,30	100,0

Αρχεία πλακών

Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

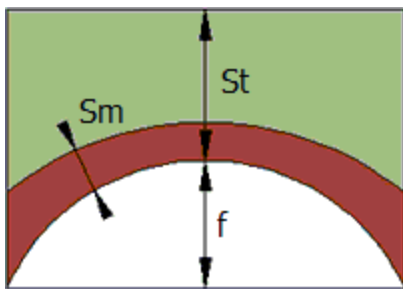


Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Ξύλινες συνδέσεις: C22 Ξύλινες σανίδες: C22	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες) b [cm] = 18,0; h [cm] = 25,0; i [cm] = 75,0; T [cm] = 2,0; T2 [cm] = 2,0

Δάπεδο

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m2]	Ex [MN/m2]	Ey [MN/m2]	Μάζες από φορτία	Τύπος
1	U1	4,30	4,0	630,00	25.000,00	10.000,00	Μιας κατεύθυνσης	Ξύλινο δάπεδο μιας διεύθυνσης (διπλές σανίδες)

Αρχεία θόλων



Όνομα	Υλικά	Περιγραφή
U1	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 90,0; f [cm] = 80,0; Sm [cm] = 15,0
U2	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 15,0; f [cm] = 265,0; Sm [cm] = 15,0
U3	Υλικό θόλου: Masonry of domes Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 20,0; f [cm] = 220,0; Sm [cm] = 15,0
U4	Υλικό θόλου: Masonry Πυκνότητα υλικού πλήρωσης [kN/m ³] = 14	Κυλινδρικός θόλος St [cm] = 90,0; f [cm] = 80,0; Sm [cm] = 15,0

Θόλοι

No.	Αρχείο	Υψόμετρο [m]	Πάχος [cm]	G [MN/m ²]	Ex [MN/m ²]	Ey [MN/m ²]	Μάζες από φορτία	Τυπολογία
3	U1	2,20	15,0	362,38	863,10	863,10	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
4	U2	2,20	15,0	110,00	261,99	261,99	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
11	U3	2,20	15,0	127,32	303,24	303,24	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος
15	U4	2,20	15,0	162,39	387,40	387,40	Μιας κατεύθυνσης	Κυλινδρικός θόλος

Δομικά στοιχεία: Κατακόρυφο επίπεδο

Ισοδύναμο πλαίσιο

Τοίχοι : 1

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	-13,03	-6,49	0,00	0
5	-13,03	0,10	2,10	0
2	-13,03	-6,49	4,30	1
6	-13,03	0,10	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
31	3,29	0,00	0
32	3,29	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Υψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
1	Masonry	-	100,0	658,9	430,0	3,29	2,15	31	32

Τοίχοι : 2

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
1	-13,03	-6,49	0,00	0
7	-5,64	-6,40	0,00	0
3	-2,59	-6,37	0,00	0
17	3,39	-6,30	0,00	0
15	12,42	-6,20	0,00	0
2	-13,03	-6,49	4,30	1
8	-5,64	-6,40	4,30	1
4	-2,59	-6,37	4,30	1
18	3,39	-6,30	4,30	1
16	12,42	-6,20	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
33	8,92	0,00	0
34	8,92	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
9	Masonry	-	80,0	302,6	358,3	11,96	1,79	3	4
10	Masonry	-	80,0	164,9	358,3	15,60	1,79	17	18
11	Masonry	-	115,0	334,9	363,8	18,10	1,82	17	18
12	Masonry	-	115,0	353,0	363,8	23,69	1,82	15	16
6	Masonry 60cm	-	80,0	305,0	430,0	8,92	2,15	33	34
7	Masonry	-	115,0	472,4	280,0	2,36	2,20	1	2
8	Masonry	-	115,0	167,4	280,0	6,56	2,20	7	8

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
2	Masonry	-	115,0	100,0	170,0	5,22	0,85	1	7
4	Masonry	-	80,0	130,0	215,0	14,12	3,23	4	18
5	Masonry	-	115,0	215,0	180,0	20,85	3,40	18	16
3	Masonry	-	115,0	100,0	130,0	5,22	3,65	2	8

Τοίχοι : 3

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
3	-2,59	-6,37	0,00	0
13	-2,59	-0,61	0,00	0
23	-2,59	1,69	2,10	0
4	-2,59	-6,37	4,30	1
14	-2,59	-0,61	4,30	1
24	-2,59	1,69	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
35	6,91	0,00	0
36	6,91	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
15	Masonry	-	110,0	79,4	360,3	0,40	1,80	3	4
16	Masonry	-	110,0	364,5	360,3	3,94	1,80	13	14
14	Masonry 60cm	-	65,0	229,9	430,0	6,91	2,15	23	36

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
13	Masonry	-	110,0	132,0	200,0	1,45	3,30	4	14

Τοίχοι : 4

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
5	-13,03	0,10	2,10	0
9	-5,64	-0,40	2,10	0
13	-2,59	-0,61	0,00	0
6	-13,03	0,10	4,30	1
10	-5,64	-0,40	4,30	1
14	-2,59	-0,61	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
37	3,71	2,10	0
38	3,71	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
19	Masonry	-	100,0	94,5	363,8	7,89	1,82	13	10
20	Masonry	-	100,0	121,2	363,8	9,86	1,82	13	14
18	Masonry	-	200,0	741,4	220,0	3,71	3,20	37	38

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
17	Masonry	-	100,0	90,0	180,0	8,81	3,40	10	14

Τοίχοι : 5

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
7	-5,64	-6,40	0,00	0
9	-5,64	-0,40	2,10	0
11	-5,64	1,59	2,10	0
8	-5,64	-6,40	4,30	1
10	-5,64	-0,40	4,30	1
12	-5,64	1,59	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
--------	---------------	-------	--------

ος			
39	7,00	2,10	0
40	7,00	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
23	Masonry 60cm	-	60,0	61,6	360,3	0,31	1,80	7	8
24	Masonry 60cm	-	60,0	391,5	360,3	4,04	1,80	7	10
22	Masonry 60cm	-	60,0	199,0	220,0	7,00	3,20	39	40

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
21	Masonry 60cm	-	60,0	147,0	200,0	1,35	3,30	8	10

Τοίχοι : 6

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
11	-5,64	1,59	2,10	0
23	-2,59	1,69	2,10	0
21	3,06	1,88	2,10	0
12	-5,64	1,59	4,30	1
24	-2,59	1,69	4,30	1
22	3,06	1,88	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
41	5,92	0,00	0
42	5,92	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
34	Masonry 60cm	-	60,0	181,8	115,0	5,92	1,75	41	42
33	Masonry 60cm	-	60,0	75,7	272,5	3,43	2,00	41	24
35	Masonry 60cm	-	60,0	125,3	272,5	8,07	2,13	21	22
31	Masonry 60cm	-	50,0	119,8	160,0	0,60	3,04	11	12
32	Masonry 60cm	-	50,0	89,4	160,0	2,60	3,04	23	24

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
27	Masonry 60cm	-	60,0	120,0	85,0	4,41	0,43	23	41
29	Masonry 60cm	-	60,0	62,0	150,0	7,14	0,75	41	21
25	Masonry 60cm	-	50,0	96,0	10,0	1,68	2,15	11	23
28	Masonry 60cm	-	60,0	120,0	230,0	4,41	3,15	24	42
30	Masonry 60cm	-	60,0	62,0	165,0	7,14	3,48	42	22
26	Masonry 60cm	-	50,0	96,0	110,0	1,68	3,75	12	24

Τοίχοι : 7

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
19	3,03	2,49	2,10	0
21	3,06	1,88	2,10	0
17	3,39	-6,30	0,00	0
20	3,03	2,49	4,30	1
22	3,06	1,88	4,30	1
18	3,39	-6,30	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
43	0,31	2,10	0
44	0,31	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
38	Masonry	-	100,0	24,8	356,3	0,74	1,78	17	22
39	Masonry	-	100,0	687,5	356,3	5,36	1,78	17	18
37	Masonry	-	100,0	61,8	220,0	0,31	3,20	43	44

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
36	Masonry	-	100,0	106,0	260,0	1,40	3,00	22	18

Τοίχοι : 8

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
15	12,42	-6,20	0,00	0
29	12,42	-0,44	0,00	0
16	12,42	-6,20	4,30	1
30	12,42	-0,44	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
42	Masonry	-	130,0	229,1	265,0	1,15	2,13	15	16
43	Masonry	-	130,0	259,6	265,0	4,46	2,13	29	30

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
40	Masonry	-	130,0	87,0	155,0	2,73	0,78	15	29
41	Masonry	-	130,0	87,0	175,0	2,73	3,43	16	30

Τοίχοι : 9

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
19	3,03	2,49	2,10	0
25	13,58	2,68	2,10	0

20	3,03	2,49	4,30	1
26	13,58	2,68	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
45	5,27	2,10	0
46	5,27	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
44	Masonry	-	60,0	1.054,4	220,0	5,27	3,20	45	46

Τοίχοι : 10

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
29	12,42	-0,44	0,00	0
27	13,68	-0,44	0,00	0
30	12,42	-0,44	4,30	1
28	13,68	-0,44	4,30	1

2D κόμβοι

Κόμβος	Τοπικός X [m]	Z [m]	Στάθμη
47	0,63	0,00	0
48	0,63	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
45	Masonry 60cm	-	50,0	126,5	430,0	0,63	2,15	47	48

Τοίχοι : 11

3D κόμβοι

Κόμβος	X [m]	Y [m]	Z [m]	Στάθμη
25	13,58	2,68	2,10	0
27	13,68	-0,44	0,00	0
26	13,58	2,68	4,30	1
28	13,68	-0,44	4,30	1

Μακροστοιχεία -πεσσοί

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Άνω κόμβος	Κάτω κόμβος
47	Masonry	-	100,0	46,2	360,3	0,23	1,80	27	26
48	Masonry	-	100,0	155,7	360,3	2,34	1,80	27	28

Μακροστοιχείο-Υπέρθυρο

No.	υλικό	Ενίσχυση	Πάχος [cm]	Βάση [cm]	Ύψος [cm]	X κέντρο μάζας [m]	Z κέντρο μάζας [m]	Αριστερός κόμβος	Δεξιός κόμβος
46	Masonry	-	100,0	110,0	200,0	1,01	3,30	26	28

(*) Στοιχεία στέγης

Φορτία

Σεισμικά φορτία:

Ο έλεγχος θα πρέπει να εκτελείται με βάση τον συνδυασμό που περιλαμβάνει τις σεισμικές δράσεις και μη και ο οποίος καθορίζεται στην παράγραφο 6.5.3 του Ευρωκώδικα 0

$$\gamma_1 E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Οι επιδράσεις από την σεισμική δράση ελέγχονται λαμβάνοντας υπόψη τις μάζες οι οποίες συνδέονται με τα κατακόρυφα φορτία:

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i (\Psi_{Ei} Q_{ki})$$

Στατικά φορτία:

Ο έλεγχος για τα στατικά φορτία στην οριακή κατάσταση διεξάγεται με βάση τις διατάξεις του ισχύοντος κανονισμού. Ο συνδυασμός φορτίων που λαμβάνεται υπόψη είναι:

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

όπου:

γ_1 Συντελεστής σπουδαιότητα (παράγραφος 4.2.5 – Ευρωκώδικας 8)

E Σεισμική δράση που εφαρμόζεται για την οριακή κατάσταση

G_{k1}, G_{k2} Χαρακτηριστικές τιμές μόνιμων φορτίων

Q_{ki} Χαρακτηριστική τιμή για την μεταβλητή δράση Q_k .

Ψ_2 Συντελεστής συνδυασμού με οιονεί – μόνιμη τιμή μιας μεταβλητής δράσης

Ψ_0 Συντελεστής συνδυασμού για μεταβλητές δράσεις

Ψ_{Ei} Συντελεστής συνδυασμού της μεταβλητής δράσης Q_i , στην οποία λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα ότι να δρουν όλα τα φορτία στην κατασκευή τη στιγμή εμφάνισης ενός σεισμικού γεγονότος και επιτυγχάνεται με τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών Ψ_{2i} στο φ .

γ_{G1} ; γ_{G2} ; γ_Q : επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

Οι τιμές των διαφόρων συντελεστών καθορίζονται με βάση την τύπο της χρήσης για τα διάφορα επίπεδα σχεδιασμού σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 0, πίνακας A1.1 και την παράγραφο 4.2.4 του Ευρωκώδικα.

No.	Θέση	Τύπος	Gk	Πρόσθ. Gk	Qk	φ	ψ_0	ψ_2	CDM
1	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
2	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
3	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	22,20	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
4	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	88,00	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι
5	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	L	145,00	0,00	0,00	1,00	0,70	0,60	Όχι

Αναφορές

CDM : Να ληφθεί υπόψη μόνο η δυναμική κατανομή της μάζας.

C : Συγκεντρωμένο [kN]

L : Γραμμικό [kN/m]

No.	Θέση	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ_0	ψ_2
1	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	0,41	3,00	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,30

No.	Θέση	Gk1 [kN/m ²]	Gk2 [kN/m ²]	Qk [kN/m ²]	κύρια μεταβλητή ή δράση	φ	ψ_0	ψ_2
3	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	15,00	2,50	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,60
4	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	10,06	2,50	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,60
11	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	9,41	2,50	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,60
15	Στάθμη 1 (+4,30 [m])	15,00	2,50	2,00	ΝΑΙ	1,00	1,00	0,60

Φάσμα σεναρίου-κανονισμού

Τα φάσματα απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στα κανονιστικά πρότυπα, καθορίζονται από την μέγιστη επιτάχυνση και την κατηγορία εδάφους στην περιοχή που θα κατασκευαστεί το κτίριο.

agR (NC) [m/s ²]	agR (SD) [m/s ²]	agR (DL) [m/s ²]	Τύπος εδάφους	S	TB [s]	TC [s]	TD [s]	I
3,12	2,40	0,84	B	1,20	0,15	0,50	2,00	1,40

Pushover ανάλυση

Περιγραφή Pushover ανάλυσης

Για την πραγματοποίηση των απαραίτητων ελέγχων εκτελέστηκε μη-γραμμική στατική ανάλυση με βάση τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8. Οι απαιτούμενοι έλεγχοι περιλαμβάνουν σύγκριση μεταξύ των επιμέρους καμπυλών ικανότητας που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των αναλύσεων με τις απαιτούμενες μετακινήσεις όπως ακριβώς περιγράφεται στον ισχύοντα κανονισμό. Η καμπύλη ικανότητας αναπαρίσταται από ένα διάγραμμα στον οποίο εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση-τέμνουσα στη βάση. Σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 4.3.3.4.2 του Ευρωκώδικα 8, υπάρχουν δύο τύποι κατανομών των δυνάμεων που πρέπει να ελεγχθούν:

Κατανομή των δυνάμεων με βάση τις μάζες κάθε στάθμης:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_i m_i}$$

Κατανομή των δυνάμεων με βάση την παραγωγή των μαζών για την παραμόρφωση που προκύπτει από την πρώτη ιδιομορφή

Με τον τρόπο αυτό, η τιμή για την μέγιστη μετακίνηση στην βάση του κτιρίου, προκύπτει από τον υπολογισμό της κατανομής των δυνάμεων.

Η τιμή αυτή της μετακίνησης αποτελεί την οριακή τιμή για το κτίριο

Η μετακίνηση που ελέγχεται για τον καθορισμό της καμπύλης ικανότητας βρίσκεται στο σημείο του κτιρίου που ονομάζεται κόμβος ελέγχου. Ο κανονισμός απαιτεί να γίνεται δι-γραμμικοποίηση της καμπύλης ικανότητας σε ένα ισοδύναμο σύστημα (SDOF).

Ο προσδιορισμός της καμπύλης σε σχέση με το ισοδύναμο σύστημα επιτρέπει τον προσδιορισμό της περιόδου στην οποία προκύπτει λόγω σεισμικής δράσης η μέγιστη μετακίνηση, σύμφωνα με τα φάσματα που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.2.2 του Ευρωκώδικα 8.

Αντίστοιχα, στην παράγραφο 4.3.2 του Ευρωκώδικα 8 καθορίζεται ότι η τυχηματική εκκεντρότητα για το κέντρο μάζας είναι ίση με το 5% της μέγιστης διάστασης του κτιρίου στην διεύθυνση που είναι κάθετη στην σεισμική δράση.

Με βάση την μορφή του κτιρίου, και τον κανονισμό, υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές για την εκτέλεση των μη-γραμμικών αναλύσεων στο πρόγραμμα:

Σεισμικό φορτίο: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα ποια από τις 2 κατανομές φορτίων θα υπολογιστούν (με βάση τις μάζες ή την πρώτη ιδιομορφή)

Διεύθυνση: Αναγνωρίζει το πρόγραμμα την διεύθυνση στην οποία η κατασκευή υπόκειται σε σεισμικά φορτία (X ή Y ή στο καθολικό σύστημα).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη κατάσταση από τις σεισμικές δυνάμεις, πραγματοποιούνται επιμέρους αναλύσεις για κάθε κατανομή, για κάθε σεισμική διεύθυνση και για κάθε πιθανή τυχηματική εκκεντρότητα.

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Ενιαία μορφή του πλευρικού φορτίου	Εκκεντρότητα [cm]	Στάθμη	Κόμβος
1	+X	Μάζες	0,0	1	16
3	-X	Μάζες	0,0	1	16
5	+Y	Μάζες	0,0	1	6
7	-Y	Μάζες	0,0	1	6
9	+X	Μάζες	45,8	1	16
10	+X	Μάζες	-45,8	1	16
13	-X	Μάζες	45,8	1	16
14	-X	Μάζες	-45,8	1	16
17	+Y	Μάζες	133,6	1	6
18	+Y	Μάζες	-133,6	1	6
21	-Y	Μάζες	133,6	1	6
22	-Y	Μάζες	-133,6	1	6

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τον κανονισμό, εκτελούνται μία σειρά από ελέγχους :

Οριακή κατάσταση: Οιονεί κατάρρευση (Near Collapse - NC):

$$d_t^{NC} \leq d_m^{NC}$$

d_t^{NC} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό και υπολογίζεται στον ελαστικό φάσμα.
 d_m^{NC} : Μέγιστη μετακίνηση που διαθέτει η κατασκευή.

Οριακή κατάσταση: Σημαντικών βλαβών (Significant Damage -SD):

$$d_t^{SD} \leq d_m^{SD}$$

d_t^{SD} : Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό.
 d_m^{SD} : Καθολική ικανότητα στην οριακή κατάσταση - Significant Damage (SD) .

LS of Damage Limitation (DL):

$$S_d(T^*) \leq d_y^*$$

$S_d(T^*)$: Στοχευόμενη μετακίνηση όπως απαιτείται από τον κανονισμό για $T=T^*$
 d_y^* : Ελαστική παραμόρφωση του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος .

Σεισμική διακινδύνευση

Για κάθε οριακή κατάσταση χρειάζεται να υπολογίζεται ο παράγοντας διακινδύνευσης α (α_{NC} , α_{SD} , α_{DL})
 Οι παράμετροι αυτές υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha_{NC} = \frac{PGA_{CNC}}{PGA_{DNC}} ;$$

$$\alpha_{SD} = \frac{PGA_{CSD}}{PGA_{DSD}} ;$$

$$\alpha_{DL} = \frac{PGA_{CDL}}{PGA_{DDL}} ;$$

Αποδεκτή Επιτάχυνση: το μέγιστο σύνολο των δράσεων, λαμβάνοντας υπόψη τους αναμενόμενους συνδυασμούς για το έργο για τους οποίους η κατασκευή θα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί.

PGA_{CNC} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην NC

PGA_{CSD} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην SD

PGA_{CDL} : αποδεκτή επιτάχυνση που αντιστοιχεί στην DL

Απαιτούμενη επιτάχυνση: Τιμές αναφοράς των επιταχύνσεων λόγω σεισμικής ενέργειας

Οι τιμές αυτές καθορίζονται από τα σεισμικά εκείνα φορτία τα οποία καθορίζονται από το σχήμα του φάσματος

PGA_{DNC} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην NC

PGA_{DSD} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην SD

PGA_{DDL} : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση η οποία αντιστοιχεί στην DL

Αναλυτικά αποτελέσματα

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	dt NC [cm]	dm NC [cm]	NC Ελεγ.	dt SD [cm]	dm SD [cm]	SD Ελεγ.	Sd DL [cm]	d*y DL [cm]	DL Ελεγ.
1	+X	Μάζες	0,0	13,31	156,48	NAI	10,24	117,36	NAI	8,94	124,09	NAI
3	-X	Μάζες	0,0	1,40	2,02	NAI	0,98	1,51	NAI	0,66	1,20	NAI
5	+Y	Μάζες	0,0	1,30	1,55	NAI	0,93	1,16	NAI	0,30	0,33	NAI
7	-Y	Μάζες	0,0	3,05	4,10	NAI	2,28	3,08	NAI	1,29	1,67	NAI
9	+X	Μάζες	45,8	11,76	100,48	NAI	9,05	75,36	NAI	7,90	86,33	NAI
10	+X	Μάζες	-45,8	13,31	138,62	NAI	10,24	103,97	NAI	8,94	111,02	NAI
13	-X	Μάζες	45,8	1,15	1,08	OXI	0,79	0,81	NAI	0,48	0,84	NAI
14	-X	Μάζες	-45,8	1,47	2,56	NAI	1,04	1,92	NAI	0,70	1,24	NAI
17	+Y	Μάζες	133,6	1,26	1,78	NAI	0,89	1,34	NAI	0,29	0,35	NAI
18	+Y	Μάζες	-133,6	1,33	1,44	NAI	0,96	1,08	NAI	0,30	0,31	NAI
21	-Y	Μάζες	133,6	2,87	3,57	NAI	2,14	2,68	NAI	1,14	1,28	NAI
22	-Y	Μάζες	-133,6	3,19	3,93	NAI	2,39	2,95	NAI	1,39	1,98	NAI

No.	Κατεύθυνση σεισμού	Σεισμική δύναμη	Εκκ. [cm]	α NC	α SD	α DL	dm/dt NC
1	+X	Μάζες	0,0	11,756	11,462	13,885	11,757
3	-X	Μάζες	0,0	1,342	1,381	1,820	1,443
5	+Y	Μάζες	0,0	1,155	1,188	1,109	1,192
7	-Y	Μάζες	0,0	1,316	1,311	1,297	1,344
9	+X	Μάζες	45,8	8,542	8,328	10,930	8,544
10	+X	Μάζες	-45,8	10,414	10,154	12,423	10,415
13	-X	Μάζες	45,8	0,954	1,013	1,750	0,939
14	-X	Μάζες	-45,8	1,585	1,613	1,770	1,741
17	+Y	Μάζες	133,6	1,330	1,364	1,205	1,413
18	+Y	Μάζες	-133,6	1,065	1,095	1,028	1,083
21	-Y	Μάζες	133,6	1,224	1,221	1,125	1,244
22	-Y	Μάζες	-133,6	1,215	1,211	1,422	1,232

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Ετικέτες αποτελεσμάτων

Σκυρόδεμα	
Χωρίς βλάβη	
Διατμητική αστοχία (όριο)	
Καμπτική βλάβη	
Καμπτική αστοχία (όριο)	

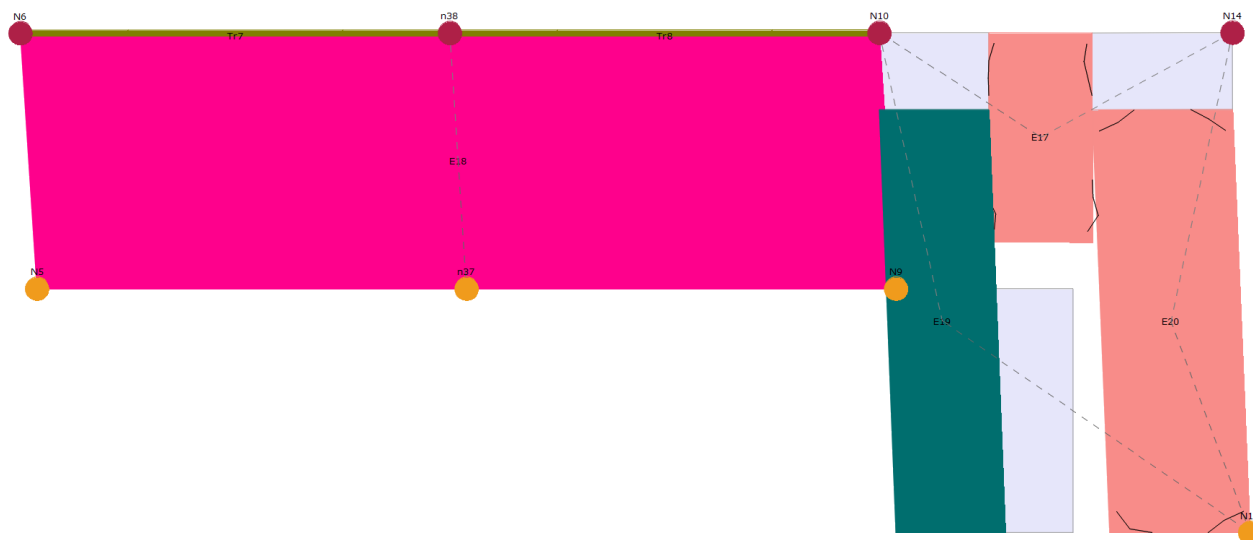
Τοιχοποιία	
Χωρίς βλάβη	
Εναρξη πλαστιμότητας	
Διατμητική βλάβη	
Εναρξη διατμητικής αστοχίας	

Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Διατμητική αστοχία (όριο)
Ξύλο
Χωρίς βλάβη
Καμπτική αστοχία (όριο)
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Χάλυβας
Χωρίς βλάβη
Καμπτική βλάβη
Βλάβη λόγω θλίψης
Βλάβη λόγω εφελκυσμού
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελεκ.)
Πίσω στην ελαστική περιοχή

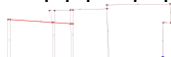
Διατμητική αστοχία (όριο)
Καμπτική βλάβη
Έναρξη καμπτικής αστοχίας
Καμπτική αστοχία (όριο)
Σοβαρή βλάβη
Αστοχία λόγω θλίψης (όριο)
Αστοχία λόγω εφελκυσμού (όριο)
Αστοχία στην ελαστική φάση(όριο)
Ανενεργό στοιχείο (σε εφελεκ.)

Σεισμική ανάλυση n. 13 Διεύθυνση X

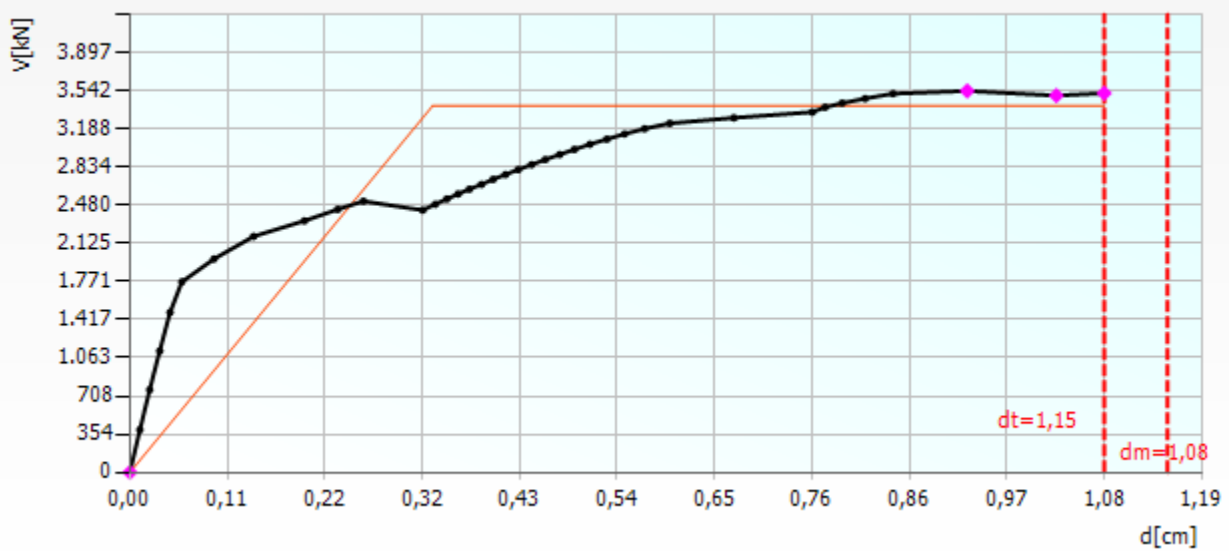
Σεισμική ανάλυση n. 13 Τοίχος 4 Βήμα 38



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη

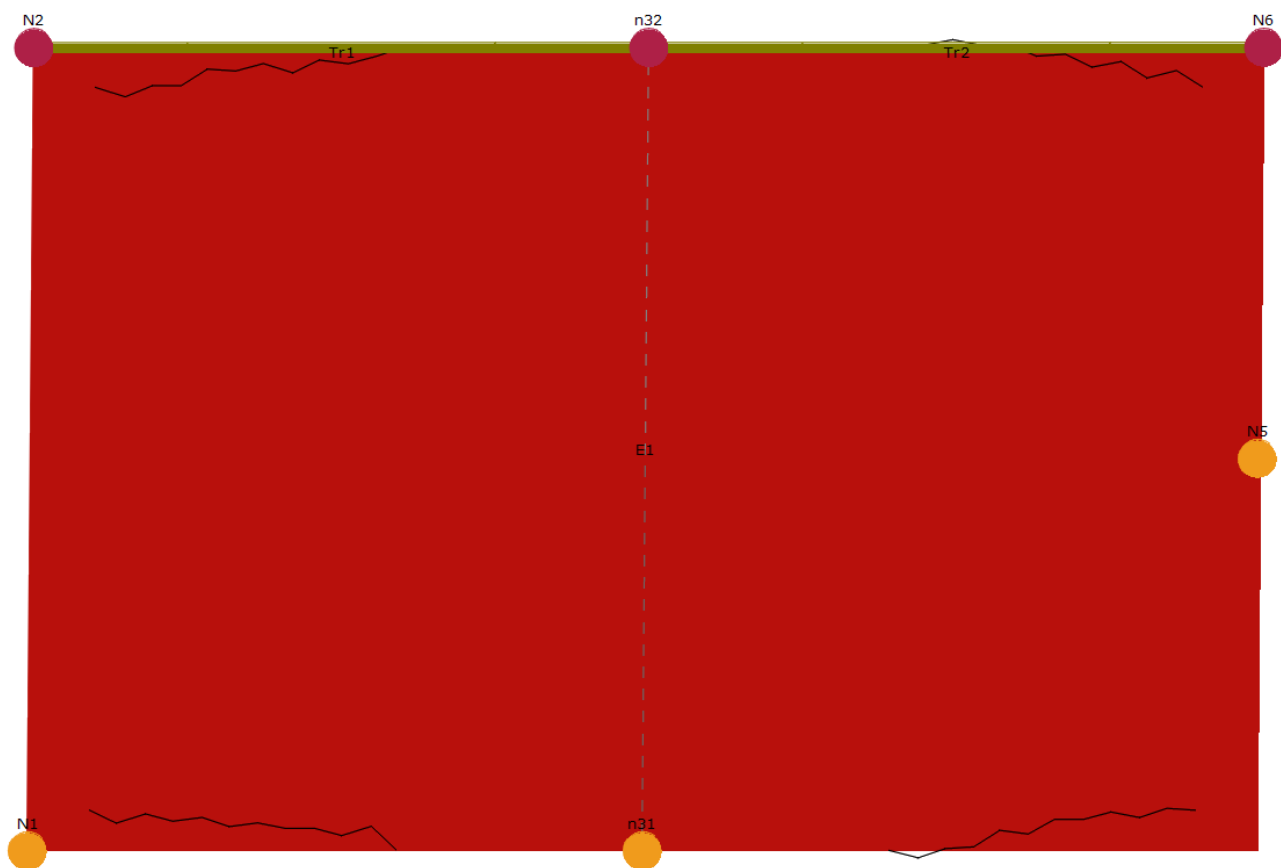


Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 13)

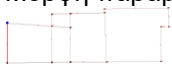


Σεισμική ανάλυση n. 18 Διεύθυνση Y

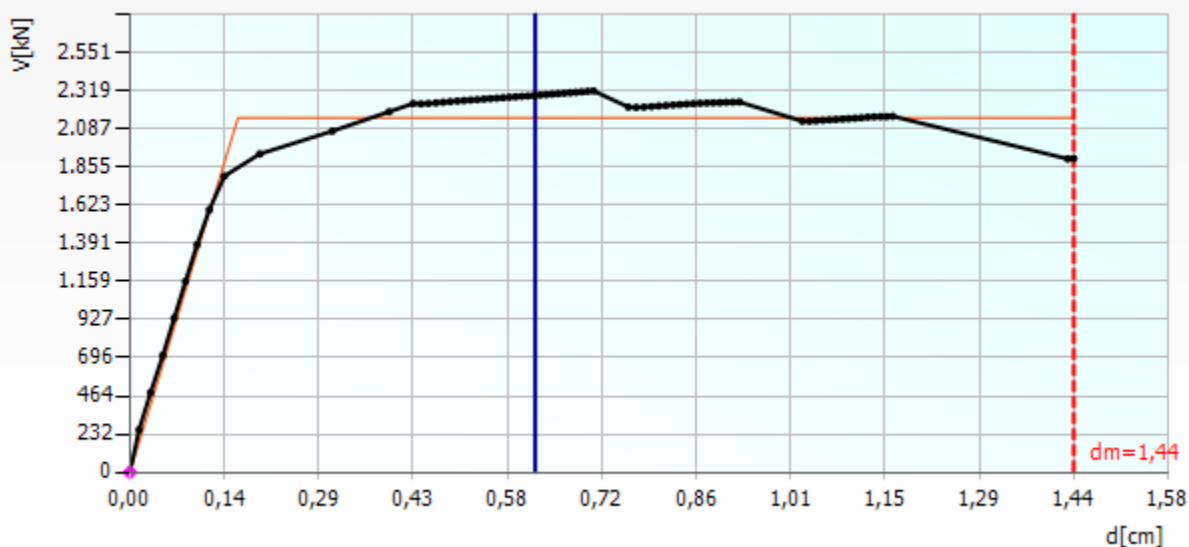
Σεισμική ανάλυση n. 18 Τοίχος 1 Βήμα 75



Μορφή παραμορφωμένου φορέα σε κάτοψη



Καμπύλη Pushover (ανάλυση n. 18)



Αξιολόγηση στατικής συμπεριφοράς φορέα

Λυγηρότητα των τοίχων

Ο έλεγχος λυγηρότητας των τοίχων εκτελείται με βάση την παράγραφο §5.5.1.4(2) του EN 1996-1-1

Ο λόγος λυγηρότητας ενός τοίχου από τοιχοποιία υπολογίζεται μέσω του κλάσματος h_{ef}/t_{ef} όπου:

- h_{ef} : ενεργό μήκος (ύψος) λυγισμού του τοίχου ίσο με $\rho_n \cdot h$
- t_{ef} : ενεργό πάχος του τοίχου ίσο με $\rho_t \cdot t$
- h : το εσωτερικό (καθαρό) ύψος του ορόφου
- t : πάχος τοίχου
- ρ_n : μειωτικός συντελεστής, ($n=2,3$ ή 4) ανάλογα με το πλήθος των δεσμευμένων πλευρών του τοίχου
- ρ_t : συντελεστής δυσκαμψίας (λαμβάνομενος από τον πίνακα 5.1 - §5.5.1.3)

Ο έλεγχος λυγηρότητας ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

Έλεγχος έναντι κατακόρυφων φορτίων

Ο έλεγχος τοίχων από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο §6.1.2. του EN 1996-1-1

Ο έλεγχος αυτός ικανοποιείται όταν επαληθεύεται ότι ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$N_{ed} \leq N_{Rd}$$

όπου:

N_{ed} : κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού σε ένα τοίχο από τοιχοποιία

N_{Rd} : αντίσταση σχεδιασμού του τοίχου έναντι κατακόρυφων φορτίων : $N_{Rd} = \Phi \cdot f_d \cdot A$

A : φορτιζόμενη οριζόντια διατομή του τοίχου, σε τετραγωνικά μέτρα,

f_d : θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας, υπολογιζόμενη κατά τις παραγράφους 2.4.1 & 3.6.1

Φ : μειωτικός συντελεστής αντοχής στη στέψη ή στη βάση του ή στο μέσο του ύψους του τοίχου ανάλογα, ο οποίος συνεκτιμά τις συνέπειες της λυγηρότητας και της εκκεντρότητας του φορτίου και λαμβάνεται από την παράγραφο 6.1.2.2

Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε κάθε πεσσό των τοίχων της κατασκευής, στις ως άνω αναφερόμενες κύριες θέσεις (κορυφή, μέση, πόδας) του τοίχου. Ακολουθούν οι έλεγχοι που εκτελέστηκαν για κάθε μεμονωμένο τοίχο.

Πεσσό ζ	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Ικανοποιείται	
	h_{ef}/t_{ef}	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd		Ned/N Rd
1	0	583	0,603	3.419	0,171	780	0,701	3.973	0,196	1.086	0,783	4.434	0,245	ΝΑΙ

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
6	0	212	0,900	3.294	0,064	326	0,900	3.293	0,099	439	0,900	3.294	0,133	NAI
7	0	735	0,900	4.204	0,175	899	0,900	4.204	0,214	1.064	0,900	4.204	0,253	NAI
8	0	189	0,900	1.490	0,127	247	0,900	1.490	0,166	306	0,900	1.490	0,205	NAI
9	0	231	0,900	1.874	0,123	325	0,900	1.873	0,173	418	0,900	1.874	0,223	NAI
10	0	133	0,206	234	0,566	184	0,423	480	0,382	235	0,546	620	0,379	NAI
11	0	504	0,641	2.123	0,237	655	0,718	2.380	0,275	806	0,770	2.550	0,316	NAI
12	0	415	0,520	1.814	0,229	574	0,647	2.258	0,254	734	0,722	2.519	0,291	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
14	0	96	0,823	1.844	0,052	155	0,884	1.981	0,078	225	0,900	2.017	0,111	NAI
15	0	93	0,836	628	0,148	127	0,877	659	0,193	161	0,900	676	0,238	NAI
16	0	500	0,791	2.729	0,183	656	0,839	2.893	0,227	812	0,868	2.993	0,271	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
18	0	892	0,900	11.477	0,078	1.244	0,900	11.477	0,108	1.596	0,900	11.477	0,139	NAI
19	0	34	0,900	731	0,047	58	0,900	731	0,079	95	0,900	731	0,130	NAI
20	0	77	0,900	938	0,082	125	0,900	938	0,133	172	0,900	938	0,184	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
22	0	20	0,900	1.612	0,012	48	0,900	1.612	0,030	77	0,900	1.612	0,048	NAI
23	0	51	0,785	436	0,117	65	0,827	459	0,143	80	0,857	475	0,168	NAI
24	0	372	0,780	2.747	0,136	464	0,818	2.882	0,161	555	0,847	2.984	0,186	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
31	0	15	0,900	808	0,018	25	0,900	808	0,031	35	0,900	808	0,044	NAI
32	0	74	0,900	603	0,123	82	0,900	603	0,136	90	0,900	603	0,149	NAI
33	0	38	0,900	613	0,063	52	0,898	612	0,084	65	0,900	613	0,106	NAI
34	0	145	0,900	1.472	0,098	158	0,898	1.469	0,108	172	0,900	1.472	0,117	NAI
35	0	55	0,900	1.015	0,054	77	0,900	1.015	0,076	99	0,900	1.015	0,098	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
37	0	48	0,900	478	0,101	63	0,900	478	0,131	77	0,900	478	0,162	NAI
38	0	10	0,082	17	0,570	18	0,471	100	0,175	27	0,653	139	0,195	NAI
39	0	629	0,265	1.567	0,401	894	0,473	2.797	0,320	1.158	0,592	3.503	0,331	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο					
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned	F	NRd	Ned/N Rd	Ned
42	0	221	0,900	2.305	0,096	307	0,899	2.303	0,133	392	0,900	2.305	0,170	NAI
43	0	191	0,900	2.613	0,073	287	0,899	2.610	0,110	384	0,900	2.613	0,147	NAI

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποιείται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd		Ned/NRd
44	0	785	0,241	1.311	0,599	935	0,359	1.952	0,479	1.086	0,447	2.432	0,446	ΝΑΙ

Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποιείται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd		Ned/NRd
45	0	94	0,667	632	0,148	123	0,704	668	0,184	153	0,781	741	0,206	ΝΑΙ

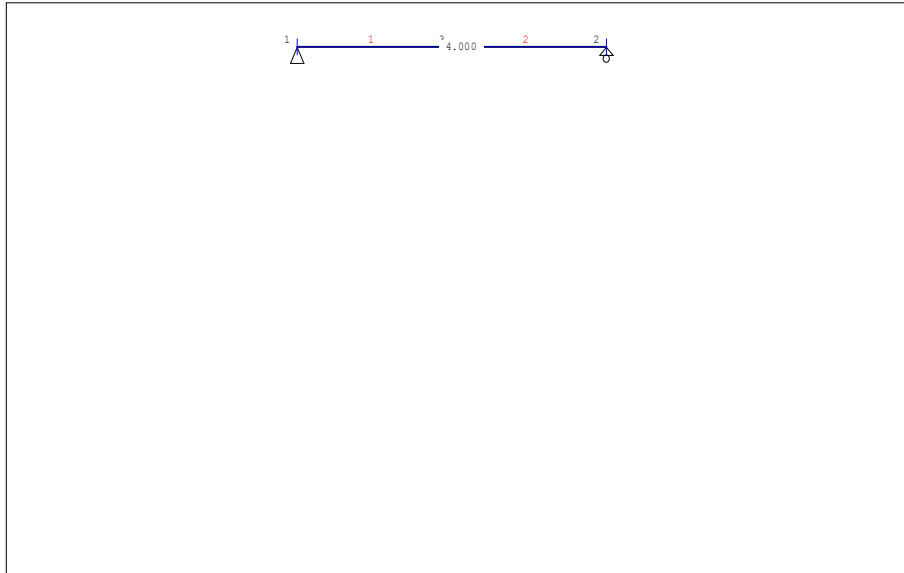
Πεσσός	Ανώτερο				Κεντρικό				Κατώτερο				Iκανοποιείται	
	hef/tef	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd	Ned/NRd	Ned	F	NRd		Ned/NRd
47	0	63	0,900	358	0,175	77	0,897	357	0,215	95	0,900	358	0,264	ΝΑΙ
48	0	351	0,900	1.205	0,291	411	0,897	1.201	0,342	472	0,900	1.205	0,392	ΝΑΙ

(*) Στοιχεία στέγης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ1 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ WOODEXPRESS – ΞΥΛΟΥΡΓΕΙΟ

1. Οροφή Ξυλουργείου

Στέγη μονόριχτη δοκός



2. Τεχνική Περιγραφή, παραδοχές, υλικά φορτία

2.1. Τρόπος Κατασκευής

Εύλινη στέγη, από δοκούς ξυλεία C22. Τύπος στέγης όπως το ανωτέρω σχέδιο.
 Άνοιγμα 4.000 m, ύψος 0.000 m, κλίση στέγης 0.00°, απόσταση δοκών 1.000m
 Πέτωμα από ξυλεία C22, πάχους 22 mm
 Τεγίδες από ξυλεία C22, διαστάσεων 90x100 mm, σε απόσταση 0.700 m
 Ράβδοι , Διατομή 200x250 [mm]
 Όγκος δοκού =0.200 m³, βάρος δοκού =0.667 kN

2.2. Κανονισμοί

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Μέρος 1-1, Δράσεις
 EN1991-1-1:2002, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-1, Φορτία κατασκευής
 EN1991-1-3:2003, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-3, Φορτία χιονιού
 EN1991-1-4:2005, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-4, Φορτία ανέμου
 EN1995-1-1:2009, Ευρωκώδικας 5 Μέρος 1-1, Εύλινες κατασκευές

2.3. Μέθοδος υπολογισμού

Εξετάζονται όλοι οι συνδυασμοί επικίνδυνων φορτίσεων, σύμφωνα με Ευρωκώδικα 1 και Ευρωκώδικας 5, και γίνονται όλοι οι έλεγχοι των ράβδων στις δυσμενέστερες συνθήκες φόρτισης (φέρουσα ικανότητα), σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §6. Γίνονται επίσης οι έλεγχοι των συνδέσεων σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §8. Ελέγχονται επίσης τα βέλη σε κατάσταση λειτουργικότητας, σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §7.

2.4. Ιδιότητες υλικών (δοκών, τεγίδων, πετσώματος) (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C22

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$ (EC5 §2.3.1.3)

Συντελεστής ασφαλ. υλικού $\gamma_M=1.30$ (EC5 Πιν. 2.3)

Χαρακτηριστικές ιδιότητες ξυλείας

$f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$

$f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$

$E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$

$G_m = 630 \text{ MPa}$, $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_m = 410 \text{ Kg/m}^3$

2.5. Κατανεμημένα φορτία στέγης

Επικάλυψη στέγης $G_e = 0.150 \text{ kN/m}^2$ (Κεραμίδια κεραμικά)

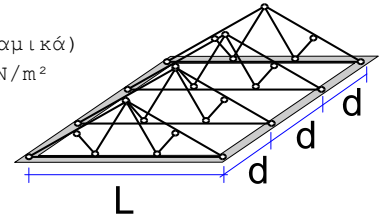
Τεγίδες, σανίδωμα, μόνωση $G_t = 0.200 \text{ kN/m}^2$ $G_e+G_t = 0.350 \text{ kN/m}^2$

Οροφή κάτω επιφάνειας στέγης $G_c = 0.000 \text{ kN/m}^2$

Φορτίο χιονιού επί του εδάφους $S_k = 0.400 \text{ kN/m}^2$

Πίεση ανέμου σε κάθετη επιφάνεια $Q_w = 2.068 \text{ kN/m}^2$

Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία Η) $Q_i = 0.500 \text{ kN/m}^2$

**3. Φορτίου χιονιού** (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)

Φορτίο χιονιού επί του εδάφους S_k (EC1 EN1991-1-3:2003 §4, Παράρτημα C)

Κλιματική περιοχή : Ελλάδα, ζώνη χιονιού : A, υψόμετρο = 20 m

$S_k = 0.40 \times [1 + (20/917)^2] = 0.400 \text{ kN/m}^2$

Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί εδάφους: $s_k = 0.400 \text{ kN/m}^2$

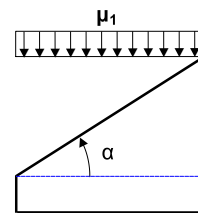
Φορτίο χιονιού σε στέγη (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)

Γωνία κλίσης στέγης : $\alpha = 0.000^\circ$

Συντελεστής έκθεσης : $C_e = 1.000$ (EC1-1-3 §5.2(7))

Συντελεστής θερμότητας : $C_t = 1.000$ (EC1-1-3 §5.2(8))

Συντελεστής μορφής, $\alpha = 0.00^\circ$, $\mu_1 = 0.800$ (Πίνακας 5.2)



Φορτίου χιονιού (EC1 EN1991-1-3:2003 §5.3.2)

$S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 0.400 = 0.320 \text{ kN/m}^2$

4. Φορτίο ανέμου (EC1 EN1991-1-4:2005 §5)

$v_{b0} = 33.00 \text{ m/s}$, Ελλάδα ELOT, Ζώνη: 1, $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b0} = 33.00 \text{ m/s}$

Κατηγορία εδάφους: 0, $z = 11.000 \text{ m}$, $z_0 = 0.003 \text{ m}$, $z_{min} = 1 \text{ m}$, $z_{max} = 200 \text{ m}$, $z_{0II} = 0.050 \text{ m}$

$k_r = 0.19 \cdot (0.003/0.05)^{0.07} = 0.156$

Συντελεστής τραχύτητας $C_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0.156 \times \ln(11.000/0.003) = 1.281$

Συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης $C_o(z) = 0.000$

(EN1991-1-4, §4.3.3)

Συντελεστής στροβιλισμού $K_t = 1.000$

Συντελεστής έκθεσης $C_e(z) = 3.039$

(EN1991-1-4, §4.5)

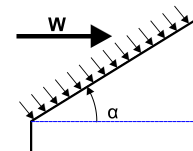
$q(z) = C_e(z) \cdot (\frac{1}{2} \rho) \cdot V_b^2 = [0.001] \times 3.039 \times 0.625 \times 33.00^2 = 2.068 \text{ kN/m}^2$

Πίεση ανέμου σε στέγη $w_e = Q_{ref} \cdot C_e(z) \cdot C_{pe}$ (EC1 EN1991-1-4:2005, §5.2)

Συντελεστής εξωτερικής πίεσης (EC1 EN1991-1-4:2005 Tab. 7.3)

Για κλίση στέγης $\alpha = 0.00^\circ$, $C_{pe} = -0.60$

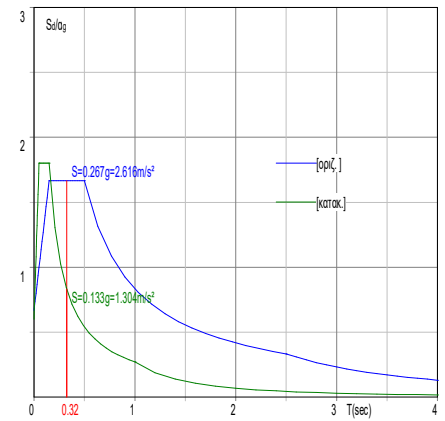
Πίεση ανέμου $w_e = -1.241 \text{ kN/m}^2$



5. Σεισμικό φορτίο (EC8 EN1998-1-1:2004, §3)

Οριζόντια σεισμική επιτάχυνση (§3.2.2.2)	$a_{gr}/g=0.16$
Κατακόρ./οριζ. σεισμική επιτάχυνση (§3.2.2.3)	$avg/ag=0.90$
Συντ. σπουδαιότητας κτιρίου (§3.2.1, T.4.3)	$\gamma_i=1.00$
Συντ. θεμελίωσης (§3.2.2.2)	$S=1.00$
Συντ. συμπεριφοράς [οριζ.] (§3.2.2.5)	$q=1.50$
Συντ. συμπεριφοράς [κατακ.]	$q_v=1.50$
Συντ. φασματικής μορφής [οριζ.] (§3.2.2.5)	$\beta_h(T)=2.50$
Συντ. φασματικής μορφής [κατακ.] (§3.2.2.3)	$\beta_v(T)=3.00$
Διορθωτικός συντελεστής (§4.3.3.2.2.1)	$\lambda=1.00$
Κατανομή φορτίων $\zeta=z_i W_i / \sum z_j W_j$ (§4.3.3.2.3)	$\zeta=1.50$
Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος (§4.3.3.2.2.3)	$T(\text{sec})=0.32$
Συντελεστής συνδυασμού μεταβλητών δράσεων	$\psi_2=0.30$
Συντελεστής συνδυασμού δράσεων χιονιού	$\psi_2=0.20$

Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος [οριζ.]: $T_b=0.15\text{sec}$, $T_c=0.50\text{sec}$, $T_d=2.50\text{sec}$
 Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος [κατακ.]: $T_b=0.05\text{sec}$, $T_c=0.15\text{sec}$, $T_d=1.00\text{sec}$



Οριζόντιο : $F_h = a_{gr} \cdot \gamma_i \cdot S \cdot \beta_h(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q$
 $F_h = g \times 0.16 \times 1.00 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00 \times 1.50 / 1.50 = 0.400 \times g$ (EC8 §3.2.2.2)

Κατακόρυφο: $F_v = (avg/ag) \cdot a_{gr} \cdot \gamma_i \cdot \beta_v(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_v$
 $F_v = g \times 0.90 \times 0.16 \times 1.00 \times 3.00 \times 1.00 \times 1.50 / 1.50 = 0.432 \times g$ (EC8 §3.2.2.3)

6. Υπολογισμός σανιδώματος

Στατικό σύστημα σανιδώματος

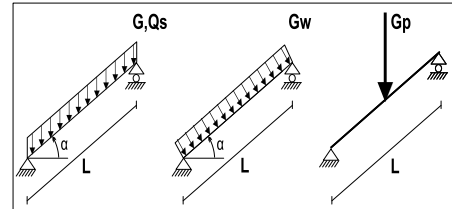
Το σανίδωμα υπολογίζεται σαν αμφιέρεριστη δοκός με άνοιγμα
Απόσταση τεγίδων $L = 0.700\text{m}$, και πλάτος 1.00m

Διαστάσεις σανιδώματος

Ευλεία σανιδώματος: C22, κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$
Απόσταση τεγίδων $L = 0.700\text{m}$, κλίση στέγης $\alpha = 0.00^\circ$, πάχος σανιδώματος 22mm

Φορτία σανιδώματος

Επικάλυψη $G_e = 0.150 \text{ kN/m}^2$
 Ίδιο βάρος $G_l = 0.073 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο χιονιού $Q_{s0} = 0.320 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο ανέμου $Q_w = -1.241 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο εργάτη $Q_p = 1.000 \text{ kN}$



Εντατικά μεγέθη σανιδώματος (άνοιγμα $L=0.700 \text{ m}$, πλάτος $=1.00 \text{ m}$)

Φόρτιση	Δράση	γ_g	γ_q	ψ_0	$\max N [\text{kN}]$	$\max Q [\text{kN}]$	$\max M [\text{kNm}]$
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.223 [\text{kN/m}]$	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00	0.000	0.078	0.014
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.320 [\text{kN/m}]$	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.50	0.000	0.112	0.020
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = -1.241 [\text{kN/m}]$	Στιγμιαία	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.434	-0.076
(Qk3) Εργάτης $Q_{kp} = 1.000 [\text{kN}]$	Στιγμιαία	0.00	1.00	0.00	0.000	0.500	0.342

6.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Έλεγχος βέλους κάμψης (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	$u [\text{mm}]$	Δράση	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.223 [\text{kN/m}]$	0.033	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.320 [\text{kN/m}]$	0.047	Μεσοχρόνια	0.50	0.20	0.00	0.60
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = -1.241 [\text{kN/m}]$	-0.181	Στιγμιαία	0.60	0.20	0.00	0.60

Συνδυασμός φόρτισης	w_{inst}	$w_{fin} [\text{mm}]$
1 Gk	0.033	0.052
2 Gk + Qk1	0.079	0.099
3 Gk + Qk2	0.033	0.052
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.079	0.099
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.056	0.076

$w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def}), w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)

Μέγιστες τιμές βελών

$w_{inst} = 0.079 \text{ mm}, w_{fin} = 0.099 \text{ mm}$

Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2

Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης

$w_{inst} = 0.079 \text{ mm} < L/300 = 700/300 = 2.333 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 0.099 \text{ mm} < L/250 = 700/250 = 2.800 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.099 \text{ mm} < L/200 = 700/200 = 3.500 \text{ mm}$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

6.2. Έλεγχος σανιδώματος, Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Κλάση διάρκειας	kmod	N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	γγ.Gk	Μόνιμη	0.60	0.000	0.176	0.031
2	γγ.Gk + γγ. Qk1	Μεσοχρόνια	0.80	0.000	0.342	0.060
3	γγ.Gk + γγ. Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.096	0.017
4	γγ.Gk + γγ. Qk3	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.550	0.328
5	γγ.Gk + γγ. Qk1 + γγ. ψο. Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.249	0.043
6	γγ.Gk + γγ. Qk2 + γγ. ψο. Qk1	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.172	0.030
	Μέγιστες τιμές			0.000	0.550	0.328

Σανίδωμα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4**Έλεγχος διάτμησης, Fv=0.605 kN** (EC5 §6.1.7)

Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x1000=670 mm, h=22 mm, A= 14 740 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=1.10x3.80/1.30=3.22N/mm² (EC5 Εξ.2.14)

Fv=0.605 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.605/14740=0.06N/mm² < 3.22N/mm²=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Σανίδωμα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4**Έλεγχος κάμψης, Myd=0.360 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Ορθογωνική διατομή, b=1000mm, h=22mm, A=2.20x10⁴mm², Wy=8.07x10⁴mm³, Wz=3.67x10⁶mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x0.360/(0.0807x10⁶)= 4.47 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(3.6667x10⁶)= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.240+0.000= 0.24 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.168+0.000= 0.17 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

7. Υπολογισμός τεγίδων

Στατικό σύστημα τεγίδων

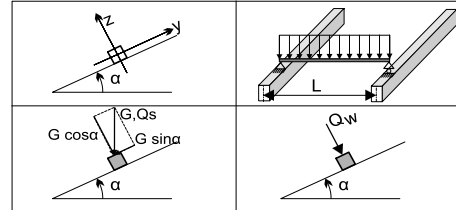
Οι τεγίδες υπολογίζονται σαν αμφιέριστες δοκοί με άνοιγμα $L=1.000$ m την απόσταση των δοκών. Φορτίζονται με το φορτίο λωρίδας στέγης πλάτους $L_1=0.700$ m (απόσταση τεγίδων). Ο άξονας της τεγίδας έχει κλίση $\alpha=0.00^\circ$ με την κατακόρυφο. Τα κατακόρυφα φορτία (βάρος, χιόνι, φορτίο εργάτη) αναλύονται σε δύο συντεταγμένες κατά z-z $P \cdot \cos\alpha$, και κατά y-y $P \cdot \sin\alpha$, το φορτίο ανέμου δρα κατά την διεύθυνση z-z.

Διαστάσεις τεγίδων

Ευλεία τεγίδων: C22, Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$, διατομή τεγίδων $B \times H: 90 \times 100$ mm
Απόσταση τεγίδων $L= 0.700$ m, κλίση στέγης $\alpha= 0.00^\circ$, Απόσταση δοκών $L= 1.000$ m

Φορτία τεγίδων kN/m^2

Επικάλυψη $G_e = 0.150$ kN/m^2
Σανίδωμα+ιδ. βάρος $G_1 = 0.200$ kN/m^2
Φορτίο χιονιού $Q_s = 0.320$ kN/m^2
Φορτίο ανέμου $Q_w = -1.241$ kN/m^2
Φορτίο εργάτη $Q_p = 1.000$ kN



Φορτία τεγίδων κατά z-z και y-y ανά m τεγίδας

Επικάλυψη+ιδ. βάρος $G_k = 0.245$ kN/m , $G_{kz} = 0.245$ kN/m , $G_{ky} = 0.000$ kN/m
Φορτίο χιονιού $Q_{ks} = 0.224$ kN/m , $Q_{ksz} = 0.224$ kN/m , $Q_{ksy} = 0.000$ kN/m
Φορτίο ανέμου $Q_{kw} = -0.869$ kN/m , $Q_{kwz} = -0.869$ kN/m , $Q_{kwy} = 0.000$ kN/m
Φορτίο εργάτη $Q_{kp} = 1.000$ kN , $Q_{kpz} = 1.000$ kN , $Q_{kpy} = 0.000$ kN

Εντατικά μεγέθη τεγίδων (άνοιγμα $L=1.000$ m, $B \times H: 90 \times 100$ mm)

Φόρτιση	Δράση	γ_g	γ_q	ψ_0	Q_z [kN]	Q_y [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.245$ [kN/m]	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00	0.123	0.000	0.031	0.000
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.224$ [kN/m]	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.50	0.112	0.000	0.028	0.000
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = -0.869$ [kN/m]	Στιγμιαία	0.00	1.50	0.60	-0.434	0.000	-0.109	0.000
(Qk3) Εργάτης $Q_{kp} = 1.000$ [kN]	Στιγμιαία	0.00	1.00	0.00	0.500	0.000	0.250	0.000

7.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Έλεγχος βέλους κάμψης (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	u [mm]	Δράση	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.245$ [kN/m]	0.018	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.224$ [kN/m]	0.016	Μεσοχρόνια	0.50	0.20	0.00	0.60
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = -0.869$ [kN/m]	-0.063	Στιγμιαία	0.60	0.20	0.00	0.60

Συνδυασμός φόρτισης	w_{inst}	w_{fin} [mm]
1 G_k	0.018	0.028
2 $G_k + Q_{k1}$	0.034	0.044
3 $G_k + Q_{k2}$	0.018	0.028
4 $G_k + Q_{k1} + \psi_0 \cdot Q_{k2}$	0.034	0.044
5 $G_k + Q_{k2} + \psi_0 \cdot Q_{k1}$	0.026	0.036

$w_{fin}, g = w_{inst}, g(1+k_{def}), w_{fin}, q = w_{inst}, q(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)

Μέγιστες τιμές βελών

$w_{inst} = 0.034$ mm, $w_{fin} = 0.044$ mm

Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2

Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης

w.inst = 0.034 mm < L/300=1000/300= 3.333 mm

w.net,fin = 0.044 mm < L/250=1000/250= 4.000 mm

w.fin = 0.044 mm < L/200=1000/200= 5.000 mm

Ο έλεγχος ικανοποιείται

7.2. Έλεγχος τεγίδων, Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Κλάση διάρκειας kmod	Qz/Kmod	Qy/Kmod	My/Kmod	Mz/Kmod
1	γγ.Gk	Μόνιμη	0.60	0.276	0.000	0.069
2	γγ.Gk + γγ.Qk1	Μεσοχρόνια	0.80	0.417	0.000	0.104
3	γγ.Gk + γγ.Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.150	0.000	0.038
4	γγ.Gk + γγ.Qk3	Στιγμιαία	1.10	0.605	0.000	0.265
5	γγ.Gk + γγ.Qk1 + γγ.ψο.Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.303	0.000	0.076
6	γγ.Gk + γγ.Qk2 + γγ.ψο.Qk1	Στιγμιαία	1.10	0.227	0.000	0.057
	Μέγιστες τιμές		0.605	0.000	0.265	0.000

Τεγίδα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος διάτμησης, Fv=0.665 kN (EC5 §6.1.7)

Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x90=60 mm, h=100 mm, A= 6 000 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=1.10x3.80/1.30=3.22N/mm² (EC5 Εξ.2.14)

Fv=0.665 kN, tv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.665/6000=0.17N/mm² < 3.22N/mm²=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Τεγίδα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος κάμψης, Myd=0.291 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.1.6)

Ορθογωνική διατομή, b=90mm, h=100mm, A=9.00x10³mm², Wy=1.50x10⁵mm³, Wz=1.35x10⁵mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x0.291/(0.1500x10⁶)= 1.94 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(0.1350x10⁶)= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.104+0.000= 0.10 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.073+0.000= 0.07 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Τεγίδα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος κάμψης δοκών με κύρτωση, Myd=0.291 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)

Ορθογωνική διατομή, b=90mm, h=100mm, A=9.00x10³mm², Wy=1.50x10⁵mm³, Wz=1.35x10⁵mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fc0k=20.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=1.10x20.00/1.30=16.92N/mm²

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.10x22.00/1.30=18.62N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x0.291/(0.1500x10⁶)= 1.94 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(0.1350x10⁶)= 0.00 N/mm²

Μήκη Λυγισμού

Skyl= 1.00x1.000=1.000 m= 1000 mm, Lef=0.9x1000=900mm

Skz= 0.00x1.000=0.000 m= 0 mm, Lef=0.9x0=0mm

Λυγηρότητες

$$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 100 = 29 \text{ mm}, \lambda_y = 1000 / 29 = 34.48$$

$$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 90 = 26 \text{ mm}, \lambda_z = 0 / 26 = 0.00$$

$$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot I_{ef}) = 0.78 \times 90^2 \times 6700 / (100 \times 900) = 470.34 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{EC5 Εξ.6.32})$$

Κρίσιμες τάσεις

$$\sigma_{m, crity} = 470.34 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.22 \quad (\text{EC5 Εξ.6.30})$$

$$\sigma_{m, critz} = 200.00 \text{ N/mm}^2, \lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m, critz}} = 0.00 \quad (\text{EC5 Εξ.6.30})$$

$$\lambda_{rel, my} = 0.22, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{crity} = 1.00 \quad (\text{EC5 Εξ.6.34})$$

$$\lambda_{rel, mz} = 0.00, (\lambda_{rel} \leq 0.75), K_{critz} = 1.00 \quad (\text{EC5 Εξ.6.34})$$

$$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.104 + 0.000 = 0.10 < 1 \quad (\text{EC5 Εξ.6.33})$$

$$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.073 + 0.000 = 0.07 < 1 \quad (\text{EC5 Εξ.6.33})$$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

8. Υπολογισμός δοκού**Γεωμετρικά δεδομένα δοκού**

Μήκος $L=4.000$ m, ύψος $H=0.000$ m, απόσταση δοκών $d=1.000$ m
 Κλίση $=0.00\%$, γωνία $\alpha=0.00^\circ$, $\tan\alpha=0.000$, $\sin\alpha=0.000$, $\cos\alpha=1.000$
 Αριθμός κόμβων = 3, αριθμός ράβδων =2, στηρίξεις 2

Συντεταγμένες κόμβων				Ιδιότητες στοιχείων δοκού							
Κόμβ.	x[m]	y[m]	Στήρ.	Ράβδος	K1	K2	bxh[mm]	L[m]	A[mm ²]	Iy[mm ⁴]	Wy[mm ³]
1	0.000	0.000	11	1	1	3	200x250	2.000	50000	260.417×10^6	20.833×10^5
2	4.000	0.000	01	2	3	2	200x250	2.000	50000	260.417×10^6	20.833×10^5
3	2.000	0.000									

Φορτία ανά δοκό

Πυκνότητα ξύλου $=340.00$ kg/m³, Ίδιο βάρος δοκού $=0.667$ kN
 Απόσταση δοκών $d=1.00$ m, Βάρος συνδέσμων δοκού $=0.067$ kN

Μόνιμες δράσεις ανά m δοκού

Επικάλυψη+ίδιο βάρος ζευκτού $Gk1= 0.533$ kN/m
 Οροφή κάτω επιφάνειας στέγης $Gk2= 0.000$ kN/m

Μεταβλητές δράσεις μέσης διάρκειας ανά m δοκού

Φορτίο Χιονιού $Qk1= 0.320$ kN/m

Μεταβλητές δράσεις μικρής διάρκειας ανά m δοκού

Επιβεβλημένο $Qki= 0.50 \times 1.000 = 0.500$ kN/m

Μεταβλητά φορτία στιγμιαίας διάρκειας ανά m δοκού

Φορτίο Ανέμου $Qk2=-1.241$ kN/m

Σεισμικά φορτία στιγμιαίας διάρκειας (kN/m), στη δοκό

Σεισμός AeX $qh=0.400 \times (G+0.20 \times Qk1)$

Σεισμός AeY $qv=0.432 \times (G+0.20 \times Qk1)$

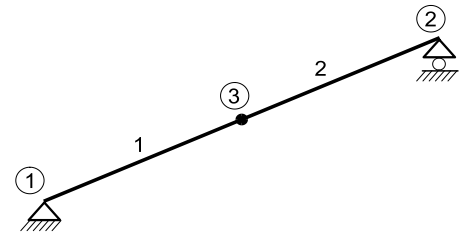
Συνδυασμοί φορτίσεων για εντατικές τιμές σχεδιασμού

($\gamma_g=1.35$, $\gamma_q=1.50$, ψ_0 (Κινητό Qf)=0.60, ψ_0 (Χιόν Q1)=0.50, ψ_0 (Ανεμος Q2)=0.60)

Σ.Φ.	Δράσεις Μόνιμες-Μεταβλητές	Κλάση διάρκειας
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Μόνιμη
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Μεσοχρόνια
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Στιγμιαία
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Βραχυχρόνια
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Στιγμιαία
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Στιγμιαία
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Στιγμιαία
8	$Gk + \psi_2 \cdot Qk1 + Aex$	Accidental
9	$Gk + \psi_2 \cdot Qk1 + Aey$	Accidental

9. Στατική επίλυση δοκού

Ο φορέας της στέγης (ζευκτό)είναι μία συνεχής δοκός.
 Τα εντατικά μεγέθη υπολογίζονται για τις φορτίσεις (μόνιμα-χιόνι-άνεμος) και εν συνεχεία με συνδυασμό αυτών προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη για δυσμενείς φορτίσεις.
 Αριθμός κόμβων = 3, αριθμός ράβδων =2, στηρίξεις 2



9.1. Εντατικά μεγέθη για φορτίσεις

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.533, Gk2 = 0.000 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	1.07	0.00	0.00	0.00	1.07	0.00	0.00	1.07
2	3	2	0.00	0.00	1.07	0.00	-1.07	0.00	0.00	0.00	1.07

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qk1) Χιόν Qks = 0.320 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.64
2	3	2	0.00	0.00	0.64	0.00	-0.64	0.00	0.00	0.00	0.64

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qk2) Άνεμος Qkw =-1.241 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	-2.48	0.00	0.00	0.00	-2.48	0.00	0.00	-2.48
2	3	2	0.00	0.00	-2.48	0.00	2.48	0.00	0.00	0.00	-2.48

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qki) Επιβεβλημένο (H) Qi = 0.500 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
2	3	2	0.00	0.00	1.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Aex) Σεισμός AeX qh=0.400x(G+0.20xQk1) [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.96	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00
2	3	2	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Aey) Σεισμός AeY qv=0.432x(G+0.20xQk1) [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.52
2	3	2	0.00	0.00	0.52	0.00	-0.52	0.00	0.00	0.00	0.52

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

9.2. Κατακόρυφες μετατοπίσεις κόμβων (mm)

Κόμβ.	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-0.68	-0.41	1.59	-0.64

9.3. Αντιδράσεις στηρίξεων (kN)

Κόμβ.	Αντιδρ	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Fy	1.07	0.64	-2.48	1.00
2	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Fy	1.07	0.64	-2.48	1.00

10. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας**10.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας** (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)**Έλεγχος βέλους κάμψης στον κόμβο 3** (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	u [mm]	Δράση	ψ0	ψ1	ψ2	Kdef
(Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.533, Gk2 = 0.000	-0.683	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Χιόν Qks = 0.320	-0.410	Μεσοχρόνια	0.50	0.20	0.00	0.60
(Qk2) Άνεμος Qkw = -1.241	1.588	Στιγμιαία	0.60	0.20	0.00	0.00

Συνδυασμός φόρτισης	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	0.683	1.092
2 Gk + Qk1	1.092	1.502
3 Gk + Qk2	0.683	1.092
4 Gk + Qk1 + ψ0.Qk2	1.092	1.502
5 Gk + Qk2 + ψ0.Qk1	0.888	1.297

 $w_{fin,g} = w_{inst,g}(1+k_{def}), w_{fin,q} = w_{inst,q}(1+\psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)
Μέγιστες τιμές βελών στον κόμβο 3
 $w_{inst} = 1.092 \text{ mm}, w_{fin} = 1.502 \text{ mm}$
Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης στον κόμβο 3
 $w_{inst} = 1.092 \text{ mm} < L/300 = 4000/300 = 13.333 \text{ mm}$
 $w_{net,fin} = 1.502 \text{ mm} < L/250 = 4000/250 = 16.000 \text{ mm}$
 $w_{fin} = 1.502 \text{ mm} < L/200 = 4000/200 = 20.000 \text{ mm}$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

11. Χαρακτηριστικές ιδιοσυχνότητες της κατασκευής (ίδιο βάρος + μόνιμα φορτία)

Μετά από δυναμική ανάλυση, υπολογίζονται οι κύριες ιδιοσυχνότητες του φορέα. Για τον υπολογισμό των ιδιοσυχνοτήτων θεωρούμε μάζα στον φορέα που αντιστοιχεί στο ίδιο βάρος και στα μόνιμα φορτία.

<u>α/α</u>	<u>Συχνότητα[Hz]</u>	<u>Περίοδος[sec]</u>
1	24.00489	0.04166
2	83.25366	0.01201
3	164.11943	0.00609

11.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2

Φόρτιση [kN/m]	Δράση	γ _g	γ _q	ψ ₀
(Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.533, Gk2 = 0.000	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00
(Qk1) Χιόν Qks = 0.320	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.50
(Qk2) Άνεμος Qkw = -1.241	Στιγμιαία	0.00	1.50	0.60
(Qki) Επιβεβλημένο (H) Qi = 0.500	Βραχυχρόνια	0.00	1.50	0.00
(Aex) Σεισμός AeX qh=0.400x(G+0.20xQk1)	Accidental			
(Aey) Σεισμός AeY qv=0.432x(G+0.20xQk1)	Accidental			

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Κλάση διάρκειας	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	γ _g .Gk	Μόνιμη	0.60	0.000	0.000	2.401	2.401
2	γ _g .Gk+γ _q .Qk1	Μεσοχρόνια	0.80	0.000	0.000	3.000	3.000
3	γ _g .Gk+γ _q .Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	1.309	1.309
4	γ _g .Gk+γ _q .Qki	Βραχυχρόνια	0.90	0.000	0.000	3.267	3.267
5	γ _g .Gk+γ _q .Qk1+γ _q .ψ ₀ .Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	2.182	2.182
6	γ _g .Gk+γ _q .Qk2+γ _q .ψ ₀ .Qk1	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	1.746	1.746
7	γ _g .Gk+γ _q .Qki+γ _q .ψ ₀ .Qk1+γ _q .ψ ₀ .Qk4	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	3.109	3.109
8	Gk+0.2xQk1 + AedX	Accidental	1.10x1.30	0.000	0.668	0.836	0.836
9	Gk+0.2xQk1 + AedY	Accidental	1.10x1.30	0.000	0.000	1.197	1.197
	Μέγιστες τιμές			0.000	0.668	3.267	3.267

11.2. Έλεγχοι αντοχής διατομής Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 8

Έλεγχος εφελκυσμού παράλληλα προς τις ίνες, Ft0d=0.956 kN (EC5 §6.1.2)Ορθογωνική διατομή, b=200 mm, h=250 mm, A= 50 000 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.00 (Πιν. 2.3)

ft0k=13.00 N/mm², ft0d=Kmod·ft0k/γM=1.10x13.00/1.00=14.30N/mm² (EC5 Εξ.2.14)Ft0d=0.956 kN, σt0d=Ft0d/Anetto=1000x0.956/50000=0.02N/mm² < 14.30N/mm²=ft0d (Εξ.6.1)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος διάτμησης, Fv=2.940 kN (EC5 §6.1.7)Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x200=134 mm, h=250 mm, A= 33 500 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=0.90 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x3.80/1.30=2.63N/mm² (EC5 Εξ.2.14)Fv=2.940 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x2.940/33500=0.13N/mm² < 2.63N/mm²=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος κάμψης, Myd=2.940 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.1.6)Ορθογωνική διατομή, b=200mm, h=250mm, A=5.00x10⁴mm², Wy=2.08x10⁶mm³, Wz=1.67x10⁶mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=0.90 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x2.940/(2.0833x10⁶)= 1.41 N/mm²σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(1.6667x10⁶)= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.093+0.000= 0.09 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.065+0.000= 0.06 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ανω πέλαρα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4**Έλεγχος κάμψης δοκών με κύρτωση, $M_{yd}=2.940 \text{ kNm}$, $M_{zd}=0.000 \text{ kNm}$ (EC5 §6.3.3)**Ορθογωνική διατομή, $b=200\text{mm}$, $h=250\text{mm}$, $A=5.00 \times 10^4 \text{ mm}^2$, $W_y=2.08 \times 10^6 \text{ mm}^3$, $W_z=1.67 \times 10^6 \text{ mm}^3$ Τροποποιητικός συντ. $K_{mod}=0.90$ (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού $\gamma_M=1.30$ (Πιν. 2.3) $f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 20.00 / 1.30 = 13.85 \text{ N/mm}^2$ $f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.30 = 15.23 \text{ N/mm}^2$ $f_{mk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.30 = 15.23 \text{ N/mm}^2$ Ορθογωνική διατομή $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{yd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 10^6 \times 2.940 / (2.0833 \times 10^6) = 1.41 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{zd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 10^6 \times 0.000 / (1.6667 \times 10^6) = 0.00 \text{ N/mm}^2$ Μήκη λυγισμού $S_{ky} = 1.00 \times 4.000 = 4.000 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$, $L_{ef} = 0.9 \times 4000 = 3600 \text{ mm}$ (πιο δυσμενές) $S_{kz} = 0.17 \times 4.000 = 0.700 \text{ m} = 700 \text{ mm}$, $L_{ef} = 0.9 \times 700 = 630 \text{ mm}$ ($L_c/L = 0.70/4.00 = 0.17$)Λυγηρότητες $i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 250 = 72 \text{ mm}$, $\lambda_y = 4000 / 72 = 55.56$ $i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 200 = 58 \text{ mm}$, $\lambda_z = 700 / 58 = 12.07$ $\sigma_{m,crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 200^2 \times 6700 / (250 \times 3600) = 232.27 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Εξ.6.32) $\sigma_{m,crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 250^2 \times 6700 / (200 \times 630) = 2592.26 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Εξ.6.32)Κρίσιμες τάσεις $\sigma_{m,crit,y} = 232.27 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m,crit,y}} = 0.31$ (EC5 Εξ.6.30) $\sigma_{m,crit,z} = 2592.26 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m,crit,z}} = 0.09$ (EC5 Εξ.6.30) $\lambda_{rel,my} = 0.31$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crit,y} = 1.00$ (EC5 Εξ.6.34) $\lambda_{rel,mz} = 0.09$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crit,z} = 1.00$ (EC5 Εξ.6.34) $\sigma_{myd} / (K_{crit,y} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{zd} / (K_{crit,z} \cdot f_{mzd}) = 0.093 + 0.000 = 0.09 < 1$ (EC5 Εξ.6.33) $K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crit,y} \cdot f_{myd}) + \sigma_{zd} / (K_{crit,z} \cdot f_{mzd}) = 0.065 + 0.000 = 0.06 < 1$ (EC5 Εξ.6.33)

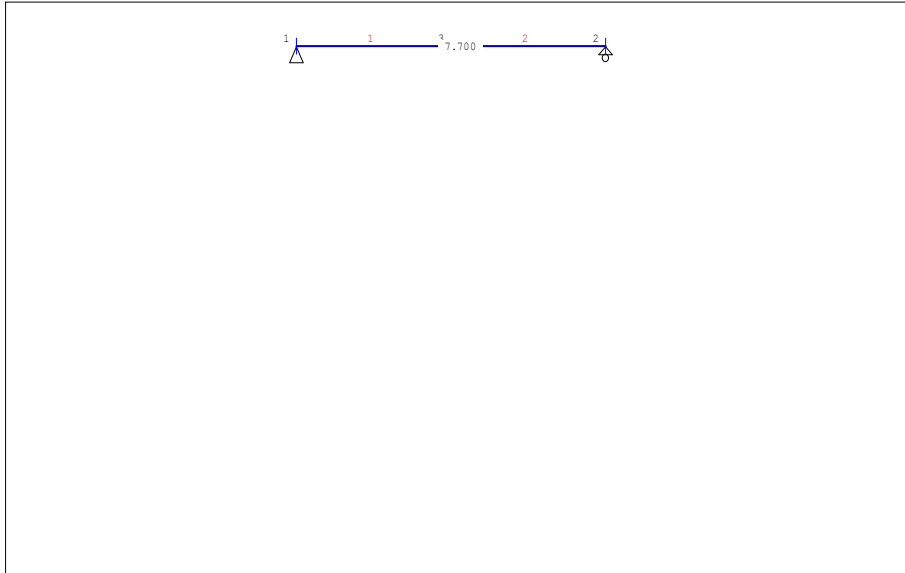
Ο έλεγχος ικανοποιείται

Εφελκυστική τάση αμελητέα, ο έλεγχος κάμψης με αξονικό εφελκυσμό παραλείπεται (EC5 §6.2.3)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ2 : ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ WOODEXPRESS - ΣΙΔΗΡΟΥΡΓΕΙΟ

1. Οροφή Νομιματοκοπέιου

Στέγη μονόριχτη δοκός



2. Τεχνική Περιγραφή, παραδοχές, υλικά φορτία

2.1. Τρόπος Κατασκευής

Εύλινη στέγη, από δοκούς ξυλεία C22. Τύπος στέγης όπως το ανωτέρω σχέδιο.
 Άνοιγμα 7.700 m, ύψος 0.000 m, κλίση στέγης 0.00°, απόσταση δοκών 0.750m
 Πέτωμα από ξυλεία C24, πάχους 20 mm
 Ράβδοι, Διατομή 180x250 [mm]
 Όγκος δοκού = 0.346 m³, βάρος δοκού = 1.156 kN

2.2. Κανονισμοί

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Μέρος 1-1, Δράσεις
 EN1991-1-1:2002, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-1, Φορτία κατασκευής
 EN1991-1-3:2003, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-3, Φορτία χιονιού
 EN1991-1-4:2005, Ευρωκώδικας 1 Μέρος 1-4, Φορτία ανέμου
 EN1995-1-1:2009, Ευρωκώδικας 5 Μέρος 1-1, Ξύλινες κατασκευές

2.3. Μέθοδος υπολογισμού

Εξετάζονται όλοι οι συνδυασμοί επικίνδυνων φορτίσεων, σύμφωνα με Ευρωκώδικα 1 και Ευρωκώδικας 5, και γίνονται όλοι οι έλεγχοι των ράβδων στις δυσμενέστερες συνθήκες φόρτισης (φέρουσα ικανότητα), σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §6. Γίνονται επίσης οι έλεγχοι των συνδέσεων σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §8. Ελέγχονται επίσης τα βέλη σε κατάσταση λειτουργικότητας, σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009, §7.

2.4. Ιδιότητες υλικών (δοκών) (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C24

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$ (EC5 §2.3.1.3)Συντελεστής ασφαλ. υλικού $\gamma_M=1.30$ (EC5 Πιν. 2.3)**Χαρακτηριστικές ιδιότητες ξυλείας** $f_{mk} = 22.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 13.0 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 20.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.4 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 3.8 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 10000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 6700 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 330 \text{ MPa}$ $G_m = 630 \text{ MPa}$, $\rho_k = 340 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_m = 410 \text{ Kg/m}^3$ **2.5. Ιδιότητες υλικών (ξυλεία, πετσώματος)** (EC5 EN1995-1-1:2009, §3)

Ποιότητα ξυλείας: C24

Κλάση λειτουργίας : Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$ (EC5 §2.3.1.3)Συντελεστής ασφαλ. υλικού $\gamma_M=1.30$ (EC5 Πιν. 2.3)**Χαρακτηριστικές ιδιότητες ξυλείας** $f_{mk} = 24.0 \text{ MPa}$, $f_{t0k} = 14.5 \text{ MPa}$, $f_{t90k} = 0.4 \text{ MPa}$ $f_{c0k} = 21.0 \text{ MPa}$, $f_{c90k} = 2.5 \text{ MPa}$, $f_{vk} = 4.0 \text{ MPa}$ $E_{0m} = 11000 \text{ MPa}$, $E_{005} = 7400 \text{ MPa}$, $E_{90m} = 370 \text{ MPa}$ $G_m = 690 \text{ MPa}$, $\rho_k = 350 \text{ Kg/m}^3$, $\rho_m = 420 \text{ Kg/m}^3$ **2.6. Κατανεμημένα φορτία στέγης**

Επικάλυψη στέγης

 $G_e = 0.150 \text{ kN/m}^2$ (Κεραμίδια κεραμικά)

Τεγίδες, σανίδωμα, μόνωση

 $G_t = 0.100 \text{ kN/m}^2$ $G_e + G_t = 0.250 \text{ kN/m}^2$

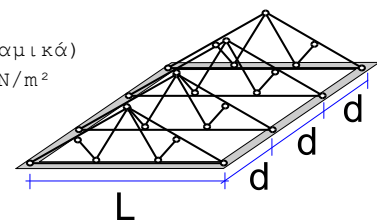
Οροφή κάτω επιφάνειας στέγης

 $G_c = 0.000 \text{ kN/m}^2$

Φορτίο χιονιού επί του εδάφους

 $S_k = 0.400 \text{ kN/m}^2$

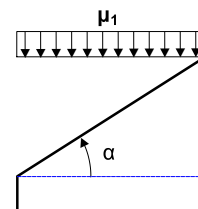
Πίεση ανέμου σε κάθετη επιφάνεια

 $Q_w = 1.714 \text{ kN/m}^2$ Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H) $Q_i = 0.500 \text{ kN/m}^2$ **3. Φορτίου χιονιού** (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)Φορτίο χιονιού επί του εδάφους S_k (EC1 EN1991-1-3:2003 §4, Παράρτημα C)

Κλιματική περιοχή : Ελλάδα, ζώνη χιονιού : A, υψόμετρο = 25 m

 $S_k = 0.40 \times [1 + (25/917)^2] = 0.400 \text{ kN/m}^2$ Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί εδάφους: $s_k = 0.400 \text{ kN/m}^2$

Φορτίο χιονιού σε στέγη (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)

Γωνία κλίσης στέγης : $\alpha = 0.000^\circ$ Συντελεστής έκθεσης : $C_e = 1.000$ (EC1-1-3 §5.2(7))Συντελεστής θερμότητας : $C_t = 1.000$ (EC1-1-3 §5.2(8))Συντελεστής μορφής, $\alpha = 0.00^\circ$, $\mu_1 = 0.800$ (Πίνακας 5.2)

Φορτίου χιονιού (EC1 EN1991-1-3:2003 §5.3.2)

 $S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.800 \times 1.000 \times 1.000 \times 0.400 = 0.320 \text{ kN/m}^2$ **4. Φορτίο ανέμου** (EC1 EN1991-1-4:2005 §5) $v_{bo} = 33.00 \text{ m/s}$, Ελλάδα ELOT, Ζώνη: 1, $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{bo} = 33.00 \text{ m/s}$ Κατηγορία εδάφους: 0, $z = 4.250 \text{ m}$, $z_o = 0.003 \text{ m}$, $z_{min} = 1 \text{ m}$, $z_{max} = 200 \text{ m}$, $z_{oII} = 0.050 \text{ m}$ $k_r = 0.19 \cdot (0.003/0.05)^{0.07} = 0.156$ Συντελεστής τραχύτητας $C_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_o) = 0.156 \times \ln(4.250/0.003) = 1.132$ Συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης $C_o(z) = 0.000$

(EN1991-1-4, §4.3.3)

Συντελεστής στροβιλισμού $K_t = 1.000$ Συντελεστής έκθεσης $C_e(z) = 2.519$

(EN1991-1-4, §4.5)

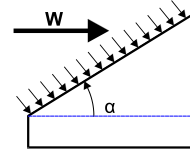
 $q(z) = C_e(z) \cdot (\frac{1}{2} \rho) \cdot V_b^2 = [0.001] \times 2.519 \times 0.625 \times 33.00^2 = 1.714 \text{ kN/m}^2$

Πίεση ανέμου σε στέγη $w_e = Q_{ref} \cdot C_e(z) \cdot C_{pe}$ (EC1 EN1991-1-4:2005, §5.2)

Συντελεστές εξωτερικής πίεσης (EC1 EN1991-1-4:2005 Tab. 7.3)

Για κλίση στέγης $\alpha = 0.00^\circ$, $C_{pe} = -0.60$

Πίεση ανέμου $w_e = -1.028 \text{ kN/m}^2$



5. Υπολογισμός σανιδώματος

Στατικό σύστημα σανιδώματος

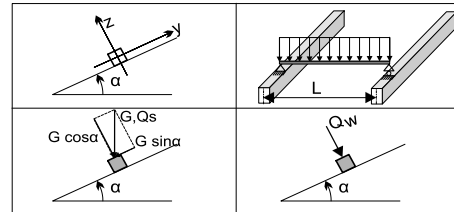
Το σανίδωμα υπολογίζεται σαν αμφιέρειστη δοκός με άνοιγμα
Απόσταση ζευκτών $L= 0.750m$, και πλάτος $1.00m$

Διαστάσεις σανιδώματος

Ευλεία σανιδώματος: C24, κλάση λειτουργίας: Κλάση 1, περιεκτικότητα υγρασίας $\leq 12\%$
Απόσταση δοκών $L= 0.750m$, κλίση στέγης $\alpha= 0.00^\circ$, πάχος σανιδώματος $20mm$

Φορτία σανιδώματος

Επικάλυψη $G_e= 0.150 \text{ kN/m}^2$
 Ίδιο βάρος $G_l= 0.069 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο χιονιού $Q_s= 0.320 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο ανέμου $Q_w=-1.028 \text{ kN/m}^2$
 Φορτίο εργάτη $Q_p= 1.000 \text{ kN}$



Εντατικά μεγέθη σανιδώματος (άνοιγμα $L=0.750 \text{ m}$, πλάτος= 1.00 m)

Φόρτιση	Δράση	γ_g	γ_q	ψ_0	$\max N [kN]$	$\max Q [kN]$	$\max M [kNm]$
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.219 [kN/m]$	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00	0.000	0.082	0.015
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.320 [kN/m]$	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.50	0.000	0.120	0.023
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = -1.028 [kN/m]$	Στιγμιαία	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.386	-0.072
(Qk3) Εργάτης $Q_{kp} = 1.000 [kN]$	Στιγμιαία	0.00	1.00	0.00	0.000	0.500	0.342

5.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Έλεγχος βέλους κάμψης (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	$u [mm]$	Δράση	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}
(Gk) Μόνιμα $G_k = 0.000 [kN/m]$	0.051	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Χιόν $Q_{ks} = 0.000 [kN/m]$	0.075	Μεσοχρόνια	0.50	0.20	0.00	0.60
(Qk2) Άνεμος $Q_{kw} = 0.000 [kN/m]$	-0.240	Στιγμιαία	0.60	0.20	0.00	0.60

Συνδυασμός φόρτισης	w_{inst}	$w_{fin} [mm]$
1 Gk	0.051	0.082
2 Gk + Qk1	0.126	0.156
3 Gk + Qk2	0.051	0.082
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.126	0.156
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.088	0.119

$w_{fin, g} = w_{inst, g} (1 + k_{def})$, $w_{fin, q} = w_{inst, q} (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)

Μέγιστες τιμές βελών

$w_{inst} = 0.126 \text{ mm}$, $w_{fin} = 0.156 \text{ mm}$

Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2

Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης

$w_{inst} = 0.126 \text{ mm} < L/300 = 750/300 = 2.500 \text{ mm}$

$w_{net, fin} = 0.156 \text{ mm} < L/250 = 750/250 = 3.000 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.156 \text{ mm} < L/200 = 750/200 = 3.750 \text{ mm}$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

5.2. Έλεγχος σανιδώματος, Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Κλάση διάρκειας	kmod	N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	γγ.Gk	Μόνιμη	0.60	0.000	0.185	0.035
2	γγ.Gk + γγ. Qk1	Μεσοχρόνια	0.80	0.000	0.364	0.068
3	γγ.Gk + γγ. Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.101	0.019
4	γγ.Gk + γγ. Qk3	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.555	0.330
5	γγ.Gk + γγ. Qk1 + γγ. Ψο. Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.264	0.050
6	γγ.Gk + γγ. Qk2 + γγ. Ψο. Qk1	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.183	0.034
	Μέγιστες τιμές			0.000	0.555	0.330

Σανίδωμα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4**Έλεγχος διάτμησης, Fv=0.611 kN** (EC5 §6.1.7)

Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x1000=670 mm, h=20 mm, A= 13 400 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fvk=4.00 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=1.10x4.00/1.30=3.38N/mm² (EC5 Εξ.2.14)

Fv=0.611 kN, tv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x0.611/13400=0.07N/mm² < 3.38N/mm²=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Σανίδωμα, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4**Έλεγχος κάμψης, Myd=0.363 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Ορθογωνική διατομή, b=1000mm, h=20mm, A=2.00x10⁴mm², Wy=6.67x10⁴mm³, Wz=3.33x10⁶mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=1.10 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fmyk=24.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=1.10x24.00/1.30=20.31N/mm²

fmzk=24.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=1.10x24.00/1.30=20.31N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x0.363/(0.0667x10⁶)= 5.44 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(3.3333x10⁶)= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.268+0.000= 0.27 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.188+0.000= 0.19 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

6. Υπολογισμός δοκού**Γεωμετρικά δεδομένα δοκού**

Μήκος $L=7.700$ m, ύψος $H=0.000$ m, απόσταση δοκών $d=0.750$ m
 Κλίση $=0.00\%$, γωνία $\alpha=0.00^\circ$, $\tan\alpha=0.000$, $\sin\alpha=0.000$, $\cos\alpha=1.000$
 Αριθμός κόμβων = 3, αριθμός ράβδων =2, στηρίξεις 2

Συντεταγμένες κόμβων				Ιδιότητες στοιχείων δοκού							
Κόμβ.	x[m]	y[m]	Στήρ.	Ράβδος	K1	K2	b x h [mm]	L [m]	A [mm ²]	I _y [mm ⁴]	W _y [mm ³]
1	0.000	0.000	11	1	1	3	180x250	3.850	45000	234.375×10^6	18.750×10^5
2	7.700	0.000	01	2	3	2	180x250	3.850	45000	234.375×10^6	18.750×10^5
3	3.850	0.000									

Φορτία ανά δοκό

Πυκνότητα ξύλου =340.00 kg/m³, Ίδιο βάρος δοκο =1.156 kN
 Απόσταση δοκών $d=0.75$ m, Βάρος συνδέσμων δοκού =0.116 kN

Μόνιμες δράσεις ανά m δοκού

Επικάλυψη+ίδιο βάρος ζευκτού $Gk1= 0.353$ kN/m
 Οροφή κάτω επιφάνειας στέγης $Gk2= 0.000$ kN/m

Μεταβλητές δράσεις μέσης διάρκειας ανά m δοκού

Φορτίο Χιονιού $Qk1= 0.240$ kN/m

Μεταβλητές δράσεις μικρής διάρκειας ανά m δοκού

Επιβεβλημένο $Qki= 0.50 \times 0.750 = 0.375$ kN/m

Μεταβλητά φορτία στιγμιαίας διάρκειας ανά m δοκού

Φορτίο Ανέμου $Qk2=-0.771$ kN/m

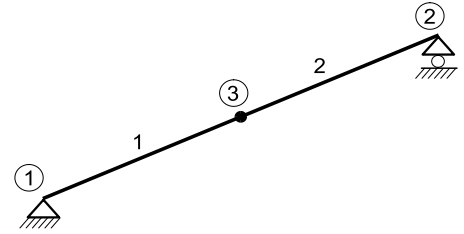
Συνδυασμοί φορτίσεων για εντατικές τιμές σχεδιασμού

($\gamma_g=1.35$, $\gamma_q=1.50$, $\psi_0(\text{Κινητό } Qf)=0.70$, $\psi_0(\text{Χιόν } Q1)=0.50$, $\psi_0(\text{Ανεμος } Q2)=0.60$)

Σ.Φ.	Δράσεις Μόνιμες-Μεταβλητές	Κλάση διάρκειας
1	$\gamma_g \cdot Gk$	Μόνιμη
2	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1$	Μεσοχρόνια
3	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2$	Στιγμιαία
4	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki$	Βραχυχρόνια
5	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Στιγμιαία
6	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qk2 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1$	Στιγμιαία
7	$\gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot Qki + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk1 + \gamma_q \cdot \psi_0 \cdot Qk2$	Στιγμιαία

7. Στατική επίλυση δοκού

Ο φορέας της στέγης (ζευκτό) είναι μία συνεχής δοκός.
Τα εντατικά μεγέθη υπολογίζονται για τις φορτίσεις (μόνιμα-χιόνι-άνεμος) και εν συνεχεία με συνδυασμό αυτών προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη για δυσμενείς φορτίσεις.
Αριθμός κόμβων = 3, αριθμός ράβδων = 2, στηρίξεις 2

**7.1. Εντατικά μεγέθη για φορτίσεις**

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.353, Gk2 = 0.000 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	1.36	0.00	0.00	0.00	2.61	0.00	0.00	2.61
2	3	2	0.00	0.00	2.61	0.00	-1.36	0.00	0.00	0.00	2.61

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qk1) Χιόνι Qks = 0.240 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00	1.78
2	3	2	0.00	0.00	1.78	0.00	-0.92	0.00	0.00	0.00	1.78

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qk2) Άνεμος Qkw = -0.771 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	-2.97	0.00	0.00	0.00	-5.72	0.00	0.00	-5.72
2	3	2	0.00	0.00	-5.72	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00	-5.72

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

Εντατικά μεγέθη, φόρτιση: (Qki) Επιβεβλημένο (H) Qi = 0.375 [kN/m]

Ράβδος	Κόμβ-1	Κόμβ-2	N1 [kN]	V1 [kN]	M1 [kNm]	N2 [kN]	V2 [kN]	M2 [kNm]	Nm [kN]	Vm [kN]	Mm [kNm]
1	1	3	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	2.78
2	3	2	0.00	0.00	2.78	0.00	-1.44	0.00	0.00	0.00	2.78

(m σημείο μέγιστης ροπής ανοίγματος για μόνιμα φορτία, ή μέσον ράβδου)

7.2. Κατακόρυφες μετατοπίσεις κόμβων (mm)

Κόμβ.	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-6.89	-4.69	15.06	-7.32

7.3. Αντιδράσεις στηρίξεων (kN)

Κόμβ.	Αντιδρ	Gk	Qk1	Qk2	Qki
1	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
1	Fy	1.36	0.92	-2.97	1.44
2	Fx	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Fy	1.36	0.92	-2.97	1.44

8. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας**8.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας** (EC5 EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Έλεγχος βέλους κάμψης στον κόμβο 3 (EC5 §7.2)

Φόρτιση [kN/m]	u [mm]	Δράση	ψ0	ψ1	ψ2	Kdef
(Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.353, Gk2 = 0.000	-6.886	Μόνιμη	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Χιόν Qks = 0.240	-4.687	Μεσοχρόνια	0.50	0.20	0.00	0.60
(Qk2) Άνεμος Qkw = -0.771	15.063	Στιγμιαία	0.60	0.20	0.00	0.00

Συνδυασμός φόρτισης	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	6.886	11.018
2 Gk + Qk1	11.573	15.705
3 Gk + Qk2	6.886	11.018
4 Gk + Qk1 + ψ0.Qk2	11.573	15.705
5 Gk + Qk2 + ψ0.Qk1	9.230	13.361

 $w.fin, g = w.inst, g(1+kdef), w.fin, q = w.inst, q(1+\psi_2 \cdot kdef)$ (EC5 §2.2.3, Εξ.2.3, Εξ.2.4)
Μέγιστες τιμές βελών στον κόμβο 3
 $w.inst = 11.573 \text{ mm}, w.fin = 15.705 \text{ mm}$

Έλεγχος σύμφωνα με EC5 EN1995-1-1:2009 §7.2, Πιν.7.2

Έλεγχος τελικού βέλους κάμψης στον κόμβο 3

 $w.inst = 11.573 \text{ mm} < L/300 = 7700/300 = 25.667 \text{ mm}$
 $w.net, fin = 15.705 \text{ mm} < L/250 = 7700/250 = 30.800 \text{ mm}$
 $w.fin = 15.705 \text{ mm} < L/200 = 7700/200 = 38.500 \text{ mm}$

Ο έλεγχος ικανοποιείται

9. Χαρακτηριστικές ιδιοσυχνότητες της κατασκευής (ίδιο βάρος + μόνιμα φορτία)

Μετά από δυναμική ανάλυση, υπολογίζονται οι κύριες ιδιοσυχνότητες του φορέα. Για τον υπολογισμό των ιδιοσυχνοτήτων θεωρούμε μάζα στον φορέα που αντιστοιχεί στο ίδιο βάρος και στα μόνιμα φορτία.

α/α	Συχνότητα [Hz]	Περίοδος [sec]
1	7.25309	0.13787
2	25.15516	0.03975
3	49.58881	0.02017

9.1. Έλεγχος Οριακής Κατάστασης Αστοχίας (EC5 EN1995-1-1:2009, §6)

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2

Φόρτιση [kN/m]	Δράση	γg	γq	ψo
(Gk) Μόνιμο Gk1 = 0.353, Gk2 = 0.000	Μόνιμη	1.35	0.00	1.00
(Qk1) Χιόν Qks = 0.240	Μεσοχρόνια	0.00	1.50	0.50
(Qk2) Άνεμος Qkw = -0.771	Στιγμιαία	0.00	1.50	0.60
(Qki) Επιβεβλημένο (H) Qi = 0.375	Βραχυχρόνια	0.00	1.50	0.00

Σ.Φ.	Συνδυασμός φόρτισης	Κλάση διάρκειας	kmod	-N/Kmod	+N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	γg.Gk	Μόνιμη	0.60	0.000	0.000	3.054	5.880
2	γg.Gk+γq.Qk1	Μεσοχρόνια	0.80	0.000	0.000	4.023	7.745
3	γg.Gk+γq.Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	1.666	3.207
4	γg.Gk+γq.Qki	Βραχυχρόνια	0.90	0.000	0.000	4.443	8.552
5	γg.Gk+γq.Qk1+γq.ψo.Qk2	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	2.926	5.633
6	γg.Gk+γq.Qk2+γq.ψo.Qk1	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	2.296	4.420
7	γg.Gk+γq.Qki+γq.ψo.Qk1+γq.ψo.Qk4	Στιγμιαία	1.10	0.000	0.000	4.265	8.210
	Μέγιστες τιμές			0.000	0.000	4.443	8.552

9.2. Έλεγχοι αντοχής διατομής Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος διάτμησης, Fv=3.998 kN (EC5 §6.1.7)

Ορθογωνική διατομή, bef=0.67x180=121 mm, h=250 mm, A= 30 250 mm²

Τροποποιητικός συντ. Kmod=0.90 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fvk=3.80 N/mm², fvd=Kmod·fvk/γM=0.90x3.80/1.30=2.63N/mm² (EC5 Εξ.2.14)

Fv=3.998 kN, τv0d=1.50Fv0d/Anetto=1000x1.50x3.998/30250=0.20N/mm² < 2.63N/mm²=fv0d (Εξ.6.13)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος κάμψης, Myd=7.697 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.1.6)

Ορθογωνική διατομή, b=180mm, h=250mm, A=4.50x10⁴mm², Wy=1.88x10⁶mm³, Wz=1.35x10⁶mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=0.90 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²

fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x7.697/(1.8750x10⁶)= 4.10 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(1.3500x10⁶)= 0.00 N/mm²

σmyd/fmyd+Km.σmzd/fmzd=0.270+0.000= 0.27 < 1 (EC5 Εξ.6.11)

Km.σmyd/fmyd+σmzd/fmzd=0.189+0.000= 0.19 < 1 (EC5 Εξ.6.12)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

Ανω πέλαμα ράβδοι: 1, 2, Συνδυασμός φόρτισης Νο 4

Έλεγχος κάμψης δοκών με κύρτωση, Myd=7.697 kNm, Mzd=0.000 kNm (EC5 §6.3.3)

Ορθογωνική διατομή, b=180mm, h=250mm, A=4.50x10⁴mm², Wy=1.88x10⁶mm³, Wz=1.35x10⁶mm³

Τροποποιητικός συντ. Kmod=0.90 (Πιν.3.1), Συντ. ασφαλ. υλικού γM=1.30 (Πιν. 2.3)

fc0k=20.00 N/mm², fc0d=Kmod·fc0k/γM=0.90x20.00/1.30=13.85N/mm²

fmyk=22.00 N/mm², fmyd=Kmod·fmyk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²

fmzk=22.00 N/mm², fmzd=Kmod·fmzk/γM=0.90x22.00/1.30=15.23N/mm²

Ορθογωνική διατομή Km=0.70 (EC5 §6.1.6.(2))

σmyd=Myd/Wmy,netto=10⁶x7.697/(1.8750x10⁶)= 4.10 N/mm²

σmzd=Mzd/Wmz,netto=10⁶x0.000/(1.3500x10⁶)= 0.00 N/mm²

Μήκη Λυγισμού

$Sky = 1.00 \times 7.700 = 7.700 \text{ m} = 7700 \text{ mm}$, $Lef = 0.9 \times 7700 = 6930 \text{ mm}$ (πιο δυσμενές)

$Skz = 0.04 \times 7.700 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$, $Lef = 0.9 \times 300 = 270 \text{ mm}$ ($Lc/L = 0.30/7.70 = 0.04$)

Λυγηρότητες

$i_y = \sqrt{(I_y/A)} = 0.289 \times 250 = 72 \text{ mm}$, $\lambda_y = 7700 / 72 = 106.94$

$i_z = \sqrt{(I_z/A)} = 0.289 \times 180 = 52 \text{ mm}$, $\lambda_z = 300 / 52 = 5.77$

$\sigma_{m,crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E005 / (h \cdot Lef) = 0.78 \times 180^2 \times 6700 / (250 \times 6930) = 97.73 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Εξ.6.32)

$\sigma_{m,crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E005 / (h \cdot Lef) = 0.78 \times 250^2 \times 6700 / (180 \times 270) = 6720.68 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Εξ.6.32)

Κρίσιμες τάσεις

$\sigma_{m,crity} = 97.73 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,my} = \sqrt{(f_{myk}/\sigma_{m,crity})} = 0.47$ (EC5 Εξ.6.30)

$\sigma_{m,critz} = 6720.68 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,mz} = \sqrt{(f_{mzk}/\sigma_{m,critz})} = 0.06$ (EC5 Εξ.6.30)

$\lambda_{rel,my} = 0.47$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critey} = 1.00$ (EC5 Εξ.6.34)

$\lambda_{rel,mz} = 0.06$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critz} = 1.00$ (EC5 Εξ.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{critey} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.270 + 0.000 = 0.27 < 1$ (EC5 Εξ.6.33)

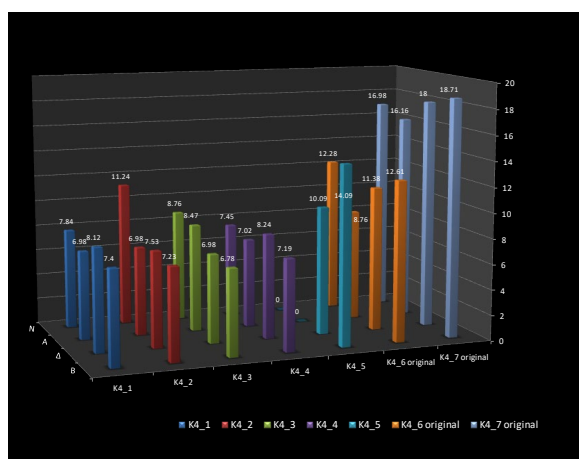
$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{critey} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.189 + 0.000 = 0.19 < 1$ (EC5 Εξ.6.33)

Ο έλεγχος ικανοποιείται

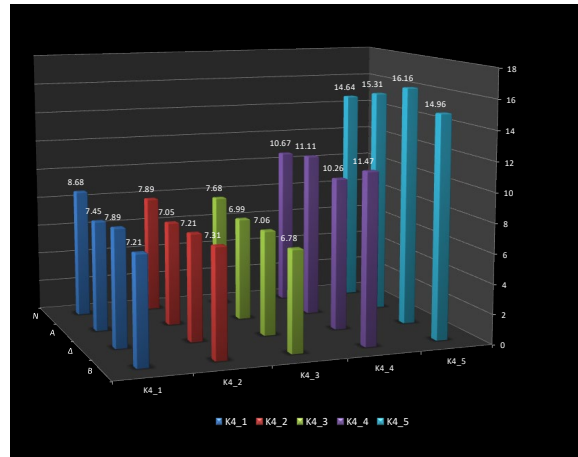
1. ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΛΙΘΟΥ (ΠΩΡΟΛΙΘΟΣ/ΒΙΟΚΑΛΚΑΡΕΝΙΤΗΣ) ΝΑΟΥ ΠΥΘΙΟΥ ΑΠΟΛΛΩΝΑ ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΠΟΛΗ ΡΟΔΟΥ



Λόγω του ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα λήψης δοκιμίων δομικού λίθου για έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων και προκειμένου να εκτιμηθεί η θλιπτική αντοχή των υφιστάμενων δομικών λίθων, το Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών του ΕΜΠ πραγματοποίησε το 2016 επί τόπου κρουσιμετρήσεις στους σφονδύλους του ενός κίονα. Τα αποτελέσματα της κρουσιμέτρησης παρουσιάζονται σε συγκεντρωτικά διαγράμματα, που κατασκεύασε η ομάδα εργασίας των μηχανικών της ΕΦ.Α.ΔΩΔ., ανά σφόνδυλο και προσανατολισμό, για καλύτερη εποπτεία.



Κρουσιμέτρηση δομικών λίθων σε τετράγωνα 30x30 cm (Μ.Ο.) στον ημιτελή κίονα 4. Συγκεντρωτικό διάγραμμα ανά σφόνδυλο και προσανατολισμό.



Κρουσιμέτρηση δομικών λίθων καθ' ύψος ανά 10 εκατοστά (Μ.Ο.) στον ημιτελή κίονα 4. Συγκεντρωτικό διάγραμμα ανά σφόνδυλο και προσανατολισμό.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧ. ΑΝΤΟΧΩΝ

Μηχανικές αντοχές από κρουσιμέτρηση	Μέσος όρος θλιπτικής αντοχής	Τυπική απόκλιση	Πλήθος τετραγώνων 30x30 εκ.	Χαρακτηριστική τιμή
Αυθεντικός λίθος (αρχαίος)	12.50 MPa	3.53	10	6.70 MPa
Λίθος ιταλικής αναστήλωσης	7.98 MPa	1.77	15	5.10 MPa

2. ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΜΙΚΟΥ ΛΙΘΟΥ (ΠΩΡΟΛΙΘΟΣ/ΒΙΟΚΑΛΚΑΡΕΝΙΤΗΣ) ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΛΙΝΔΟΥ

ΑΡΧΑΙΟΣ ΠΩΡΟΛΙΘΟΣ

Το αρχαίο υλικό από το οποίο χτίστηκε το μνημείο της Στοάς προέρχεται από τη θέση Φανός Λίνδου, Ρόδου όπου βρίσκεται αρχαίο λατομείο.

α. Στο Κεντρικό Εργαστήριο Δ.Ε. του ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ έγιναν δοκιμές αντοχής σε 3 δοκίμια διαστάσεων 5x5x5 (θλίψη) και 3 δοκίμια 4x4x16 (κάμψη).

Μέση τιμή αντοχής σε θλίψη **2.080 MPa**

Μέση τιμή αντοχής σε κάμψη **2.384 MPa**

Τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα διότι προέρχονται από μικρό αριθμό δοκιμών

β. Άλλες δοκιμές που έγιναν επίσης στο Κ.Ε.Δ.Ε., σε σύνολο 90 δοκιμών διαστάσεων 5x5x5 (θλίψη), 90 δοκιμών 4x4x16 (κάμψη) και 25 δοκίμια (εφελκυσμό) έδωσαν:

β1. Μέση και χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή θραύσης

3.2 και 1.5 MPa αντίστοιχα.

β2. Μέση και χαρακτηριστική αντοχή κάμψης

2.0 και 1.8 MPa αντίστοιχα.

β3. Μέση και χαρακτηριστική αντοχή εφελκυσμού

1.5 και 0.68 MPa αντίστοιχα.

Οι τιμές αυτές συγκρινόμενες με τις παραπάνω τιμές αντοχών θεωρούνται ικανοποιητικές διότι προέκυψαν από μεγάλο αριθμό δοκιμών.

ΝΕΟΣ ΠΩΡΟΛΙΘΟΣ

Στις σύγχρονες επεμβάσεις στη Λίνδο χρησιμοποιήθηκε πωρόλιθος από το λατομείο Σφουγγαριών Αρχαγγέλου. Για το νέο δομικό υλικό έχουν γίνει οι παρακάτω δοκιμές αντοχής.

α. Δοκιμές αντοχής σε 3 δοκίμια διαστάσεων 5x5x5 (θλίψη) και 3 δοκίμια 4x4x16 (κάμψη), που έγιναν στο Κεντρικό Εργαστήριο Δ.Ε. του ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

Μέση τιμή αντοχής σε θλίψη **3.60 MPa**

Μέση τιμή αντοχής σε κάμψη **3.34 MPa**

β. Δοκιμές αντοχής σε μονοαξονική θλίψη, σε 4 κυλινδρικά δοκίμια, έγιναν στα πλαίσια τεχνικογεωλογικής μελέτης από την ιδιωτική τεχνική εταιρία ΚΑΣΤΩΡ ΕΠΕ¹.

Μέση τιμή αντοχής σε θλίψη **$f_{pcm}=7.08$ MPa**

Τιμή μέτρου ελαστικότητας **$E=1044$ MPa**

γ. Στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος για τις ανάγκες των έργων της Μεσαιωνικής πόλης, έγιναν στο Ε.Μ.Π. δοκιμές για την εύρεση των μηχανικών αντοχών του πωρολίθου των Σφουγγαριών.

γ1. Μέθοδος τριών σημείων (καμπτική αντοχή)

Αριθμός δοκιμών N=32.

Μέγιστη τιμή τάσης θραύσης $\sigma_{\max}=9.50 \text{ MPa}$

Ελάχιστη τιμή τάσης θραύσης $\sigma_{\min}=3.50 \text{ MPa}$

Μέση τιμή $f_{\text{pcm}}=6.06 \text{ MPa}$

Τυπική απόκλιση $\sigma=1.60$

Χαρακτ. τιμή καμπτικής αντοχής $f_{\text{pck}}=3.44 \text{ MPa}$

γ2. Μέθοδος αντιδιαμετρικής θλίψης (Brazilian test).

Αριθμός δοκιμών N=12.

Μέγιστη τιμή τάσης θραύσης $\sigma_{\max}=5.25 \text{ MPa}$

Ελάχιστη τιμή τάσης θραύσης $\sigma_{\min}=1.25 \text{ MPa}$

Μέση τιμή $f_{\text{pcm}}=2.46 \text{ MPa}$

Τυπική απόκλιση $\sigma=1.38$

Χαρακτ. τιμή εφελκυστικής αντοχής $f_{\text{pck}}=0.19 \text{ MPa}$.

δ. Άλλες δοκιμές που έγιναν επίσης στο Κ.Ε.Δ.Ε., σε σύνολο 90 δοκιμών διαστάσεων 5x5x5 (θλίψη), 90 δοκιμών 4x4x16 (κάμψη) και 25 δοκιμών (εφελκυσμός) έδωσαν:

δ1. Μέση και χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή θραύσης

7.68 και 2.5 MPa αντίστοιχα.

δ2. Μέση και χαρακτηριστική αντοχή κάμψης

3.0 και 1.3 MPa αντίστοιχα.

δ3. Μέση και χαρακτηριστική αντοχή εφελκυσμού

1.5 και 0.68 MPa αντίστοιχα.

Ρόδος 21/03/2024

Μαρία Πίκουλα

Πολιτικός Μηχανικός