Νέα έκδοση 11.4.0.6 του 3MURI
Έλεγχος σεισμοπλήκτων κτιρίων με ελαστική ανάλυση

Το 3Muri αποτελεί καινοτόμο λογισμικό για μηχανικούς και είναι προϊόν έρευνας του Πανεπιστημίου της Γένοβα και του ευρωπαϊκού κέντρου ερευνών με επικεφαλής τον καθηγητή S. Lagomarsino

3muri

Τμήμα υποστήριξης λογισμικού

ERGOCAD®

Τίτλος Βιβλίου: Νέα έκδοση 11.4.0.6 του 3MURI - Έλεγχος σεισμοπλήκτων κτιρίων με ελαστική ανάλυση

Copyright©2018, Γ. Τσιαμτσιακίρης και Συνεργάτες Ε.Ε. (ERGOCAD)

Κεντρική διάθεση: Αρετής 13, Περιστέρι

Τ.Κ. 12135

Τηλ. 2114112619 - 2114112620

Fax: 2105760870

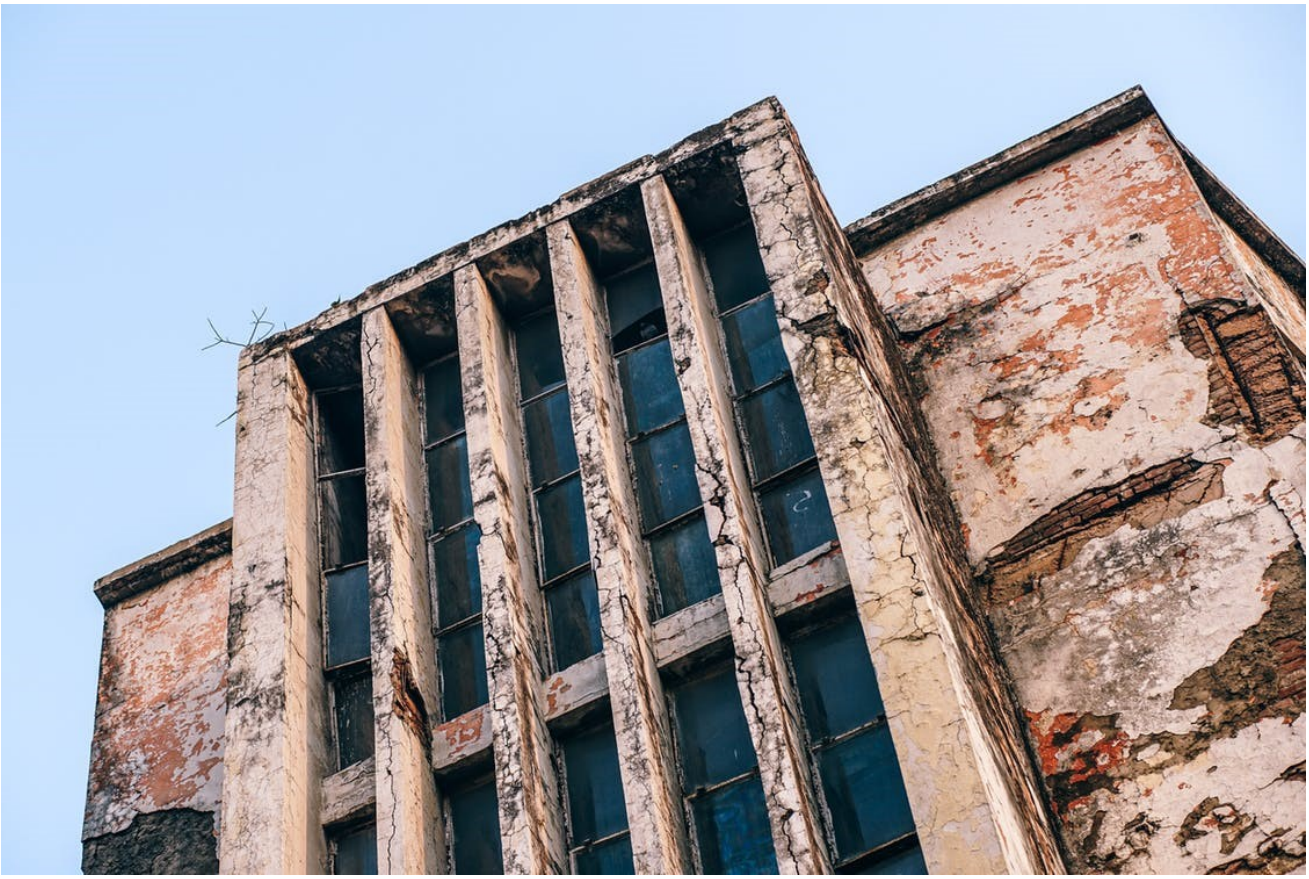
Email: info@ergocad.eu

Δικτυακός τόπος της Γ. Τσιαμτσιακίρης & Συν. Ε.Ε. : www.ergocad.eu

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου και του περιεχόμενου συνοδευτικού cd με οποιοδήποτε μέσο (φωτοτυπία, εκτύπωση, μικροφίλμ, ή με άλλη μηχανική ή ηλεκτρονική μέθοδο) χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη.

© 2018 ERGOCAD. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Η επωνυμία 3MURI είναι κατοχυρωμένο εμπορικό σήμα της Stadata Srl .

*Το **3Muri** στηρίζεται στο θεωρητικό υπόβαθρο και τις έρευνες που διεξήχθησαν από την ομάδα του καθηγητή Sergio Lagomarsino από το πανεπιστήμιο της Γένοβα. Στην ομάδα αυτή συμμετείχαν μεταξύ άλλων και οι Andrea Penna & Alessandro Galasco (Pavia's Eucentre) καθώς και ο Serena Cattari (Genova University). Το αποτέλεσμα των συνεχόμενων πειραμάτων και ερευνών που εκτελούνται μέσω της παραπάνω συνεργασίας - τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο - αποτελεί εγγύηση για τη συνεχή αναβάθμιση των εκδόσεων του προγράμματος 3Muri μετατρέποντάς το σε πρώτη επιλογή στο χώρο των μηχανικών για τις μελέτες κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία.*



Περιεχόμενα

Έλεγχος σεισμοπλήκτων κτιρίων με ελαστική ανάλυση 3
Συνολικός έλεγχος τοίχων για κάμψη εκτός επιπέδου 22
Νέα βιβλιοθήκη από μεταλλικές διατομές 23
Καθορισμός φάσματος με σημεία 25
Pushover Ανάλυση ενός μεμονωμένου τοίχου 28
Ανανέωση του πεδίου εξαγωγής αποτελεσμάτων & εκτυπώσεων 29
Υπολογισμός σύνδεσης ελκυστήρα 30

Έλεγχος σεισμοπλήκτων κτιρίων με ελαστική ανάλυση

Στην νέα έκδοση του 3Muri έχει προστεθεί μία ολοκληρωμένη διαδικασία για τον έλεγχο και τις ενισχύσεις σεισμοπλήκτων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία. Στο παρόν εγχειρίδιο θα βρείτε συνοπτικά τα κυριότερα νέα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει η νέα έκδοση.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 2661 - 18 Οκτωβρίου 2013, έγινε ο καθορισμός των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για την κατάθεση φακέλων επισκευής κτιρίων από Φέρουσα Τοιχοποιία που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό.

Με βάση το παραπάνω ΦΕΚ και το άρθρο 1 αυτού, οι βλάβες που παρουσιάζουν τα διάφορα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής από φέρουσας τοιχοποιία μετά από σεισμό, διακρίνονται ως προς τον χαρακτήρα και την έκταση τους σε:

ΒΛΑΒΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ

Ο χαρακτήρας και η έκτασή τους ΔΕΝ επηρεάζουν τη γενική ευστάθεια του κτιρίου.

Στα κτίρια αυτά μπορεί να εμφανίζονται:

i. τοπικές ρωγμές σε πεσσούς, σε υπέρθυρα, στην περιοχή στήριξης της στέγης

ii. ελαφρές βλάβες, σύμφωνα με την ταξινόμηση των βλαβών που ακολουθεί, σε ποσοστό μικρότερο του 30% των φερόντων τοίχων ανά κατεύθυνση

iii. βλάβες στους τοίχους πλήρωσης οι οποίες χαρακτηρίζονται:

−ελαφρές: όταν εμφανίζονται ρηγματώσεις σε επιχρίσματα και ειδικότερα στις γραμμές επαφής τοιχοποιίας και φέροντα οργανισμού για την αποκατάσταση των οποίων απαιτείται τοπική επισκευή.

−σοβαρές: όταν εμφανίζονται έντονες διαμπερείς ρωγμές, διαγώνιες ή χιαστί.

−βαριές: όταν εμφανίζεται θλιπτοδιατμητική θραύση, έντονες διαμπερείς δισδιαγώνιες ρηγματώσεις, πλήρης αποσύνθεση τοιχοποιίας, σπάσιμο τούβλων, απόκλιση από την κατακόρυφο.

ΒΛΑΒΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΕΝ ΓΕΝΕΙ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Είναι οι γενικευμένες βλάβες στον Φέροντα Οργανισμό του κτιρίου των οποίων ο χαρακτήρας και η έκταση τους επηρεάζουν τη γενική ευστάθεια του κτιρίου.

Στα κτίρια αυτά μπορεί να εμφανίζονται:

i. ελαφρές βλάβες, σύμφωνα με την ταξινόμηση των βλαβών που ακολουθεί, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% των φερόντων τοίχων ανά κατεύθυνση

ii. δισδιαγώνιες ανοιχτές ρωγμές σε σημαντικούς τοίχους ή πεσσούς (ή σε μεγάλο ποσοστό τους)

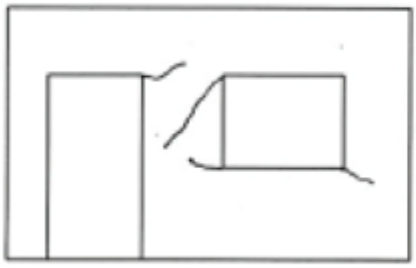
iii. θλιπτικές θραύσεις στις εδράσεις τοίχων ή σε πεσσούς

iv. εκτεταμένη αποκόλληση εγκάρσιων φερόντων τοίχων.

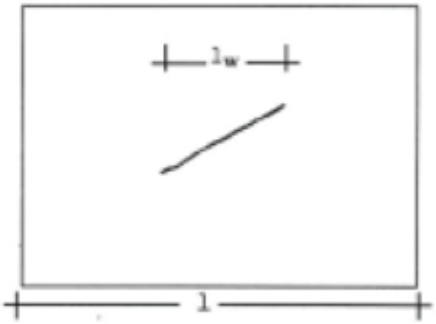
Οι τυπικοί βαθμοί βλάβης περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ

Ελαφρές βλάβες



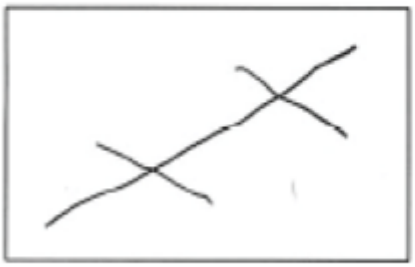
Α : Εύρος ρωγμής <1mm
Μήκος ≤1m



Β: $\frac{LW}{L} < \frac{1}{3}$

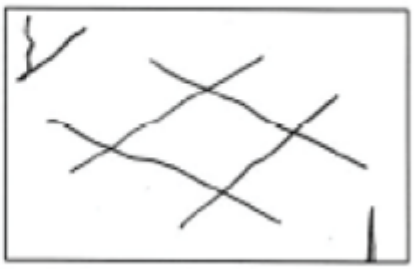
εύρος ≤5mm

Σοβαρές βλάβες



Γ

Βαριές βλάβες



Δ: Τοπική αστοχία - Αποδιοργάνωση

Συνήθως η ταξινόμηση των βλαβών προκύπτει από τα παραπάνω ενδεικτικά σχήματα. Όταν η ταξινόμηση των βλαβών όμως δεν προκύπτει ευχερώς, τότε θα πρέπει να εκτιμάται η απομένουσα φέρουσα ικανότητα και αντίστοιχα η απώλεια της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται παρακάτω.

Η απομένουσα φέρουσα ικανότητα ενός κτιρίου ή στατικά ανεξάρτητου τμήματος θεωρούμε ότι καθορίζεται από την απομένουσα φέρουσα ικανότητα στη στάθμη του κτιρίου που εμφανίζει τη μεγαλύτερη απώλεια φέρουσας ικανότητας και στη διεύθυνση της στάθμης με τις περισσότερες βλάβες.

Για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας μιας διεύθυνσης χρησιμοποιούνται απλουστευμένα κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη:

α) το βαθμό της βλάβης σε κάθε κατακόρυφο στοιχείο της διεύθυνσης

β) την ηλικία του κτιρίου

γ) το πλήθος των βλαβέντων στοιχείων (έκταση της βλάβης)

Το κριτήριο της απώλειας της φέρουσας ικανότητας μπορεί να εφαρμοσθεί **σε κάθε** περίπτωση εάν το επιθυμεί ο μελετητής μηχανικός. Η εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου γίνεται από το μελετητή μηχανικό (είτε προαιρετικά είτε μετά από υπόδειξη του ελέγχοντα μηχανικού) και εγκρίνεται από την ελέγχουσα Υπηρεσία. Σε περίπτωση διαφωνίας σχετικά με την κατάταξη του κτιρίου, ο ιδιοκτήτης μπορεί να υποβάλλει ένσταση, η οποία εκδικάζεται από την Υ.Α.Σ.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Αρχική Φέρουσα Ικανότητα:
Η αρχική, πριν από το συμβάν, φέρουσα ικανότητα του κτιρίου (αντοχή, ακαμψία).

Απομένουσα Φέρουσα Ικανότητα (φ):
Η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου μετά το συμβάν, ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας.

Απώλεια Φέρουσας Ικανότητας (α):
Η διαφορά μεταξύ της αρχικής και της απομένουσας φέρουσας ικανότητας.

Για κάθε κατακόρυφο στοιχείο υπολογίζεται η απομένουσα φέρουσα Ικανότητα Στοιχείου (φi) ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας:

Για μεμονωμένα δομικά στοιχεία αυτή είναι ανάλογη με τον τυπικό βαθμό βλάβης.			
Φi - Απομένουσα φέρουσα ικανότητα ως ποσοστό της αρχικής - Για μικρή ηλικία κατασκευής **≤50 ετών**			
ΤΥΠΟΣ Α	ΤΥΠΟΣ Β	ΤΥΠΟΣ Γ	ΤΥΠΟΣ Δ
0,85	0,70	0,50	0,25
Φi - Απομένουσα φέρουσα ικανότητα ως ποσοστό της αρχικής - Για μικρή ηλικία κατασκευής **≥75 ετών**			
ΤΥΠΟΣ Α	ΤΥΠΟΣ Β	ΤΥΠΟΣ Γ	ΤΥΠΟΣ Δ
0,70	0,50	0,25	-

Η **απώλεια φέρουσας ικανότητας στοιχείου** υπολογίζεται από τον τύπο: αi = 1 – φi

Αντίστοιχα, για την εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας για κάθε **κύρια διεύθυνση** του κτιρίου (συνολική), μπορεί να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία.

Λαμβάνονται υπόψη όλα τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία, ο τυπικός βαθμός βλάβης και η απομένουσα φέρουσα ικανότητα του καθενός και εκτιμάται η ένταση / έκταση των βλαβών των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων της κατασκευής (πεσσών).

Μια απλουστευμένη, συντηρητική εκτίμηση της απομένουσας φέρουσας ικανότητας (ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας) για μια διεύθυνση, μπορεί να γίνει με βάση τη σχέση:

$$\phi\chi=\frac{\sum \varphi i Ai}{\sum_{i=1}^{n} Ai}$$

n
i=1

όπου

φχ = απομένουσα φέρουσα ικανότητα διεύθυνσης ως ποσοστό της αρχικής

φi = απομένουσα φέρουσα ικανότητα μεμονωμένου κατακόρυφου στοιχείου της διεύθυνσης αυτής

Ai = επιφάνεια οριζόντιας τομής κατακόρυφου στοιχείου της εξεταζόμενης διεύθυνσης

n = πλήθος όλων των κατακόρυφων στοιχείων της εξεταζόμενης διεύθυνσης

Η **απώλεια φέρουσας ικανότητας διεύθυνσης** υπολογίζεται από τον τύπο: αχ = 1 – φχ

Αν η απώλεια της φέρουσας ικανότητάς ενός κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία στην εξεταζόμενη διεύθυνση λόγω των ορατών βλαβών είναι μεγαλύτερη από:

- 15% για κτίρια μικρής ηλικίας (≤50 ετών) ή
- 20% για κτίρια μεγάλης ηλικίας ≥75 ετών)

τότε θεωρείται ότι **έχει επηρεασθεί** η ασφάλεια **του συνόλου** του κτιρίου.

(Για κτίρια ενδιάμεσης ηλικίας γίνεται γραμμική παρεμβολή).

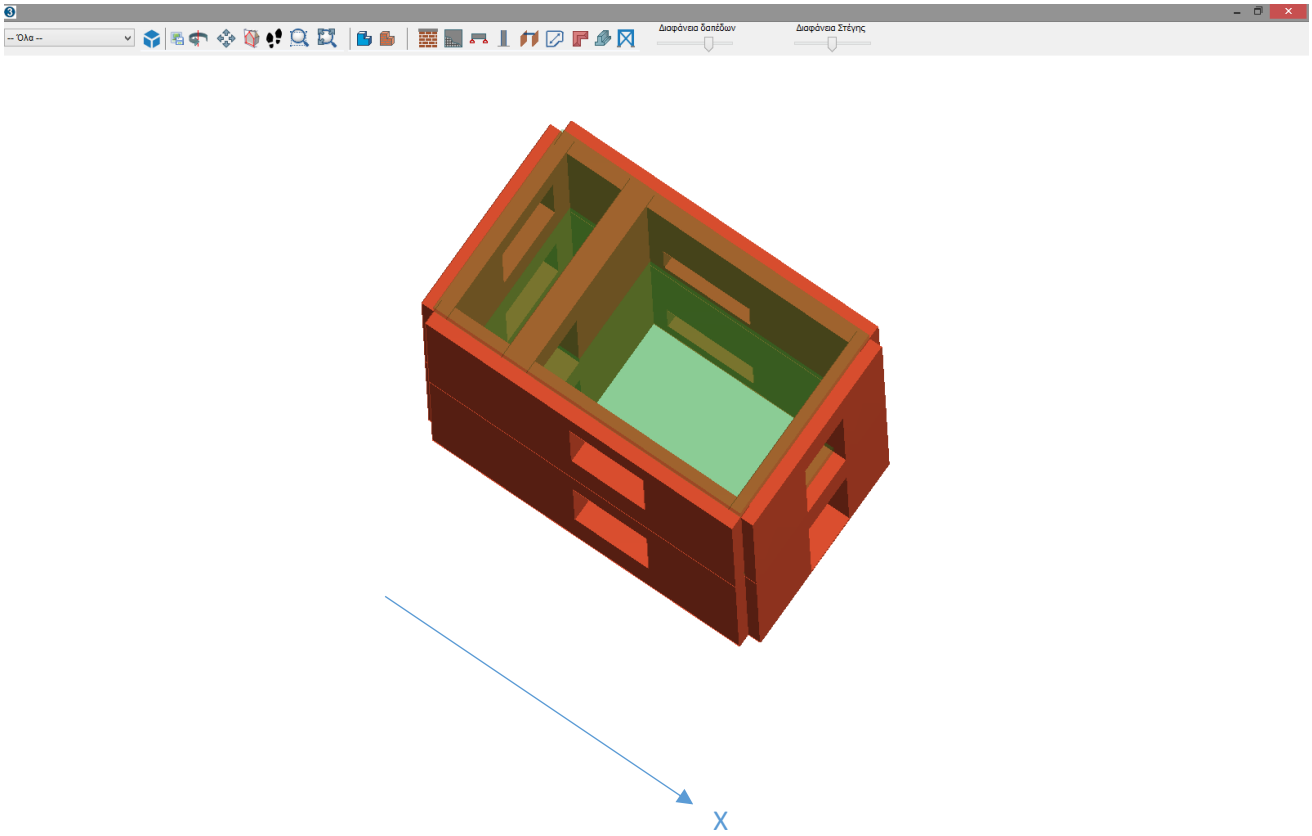
Σημαντική σημείωση: Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή επεμβάσεων στο σύνολο του κτιρίου είναι :

- να υπάρχει απώλεια φέρουσας ικανότητας μεγαλύτερη από τα ανωτέρω αναφερόμενα ποσοστά και
- να προκύπτουν ανεπάρκειες από την επίλυση του υφιστάμενου φορέα.

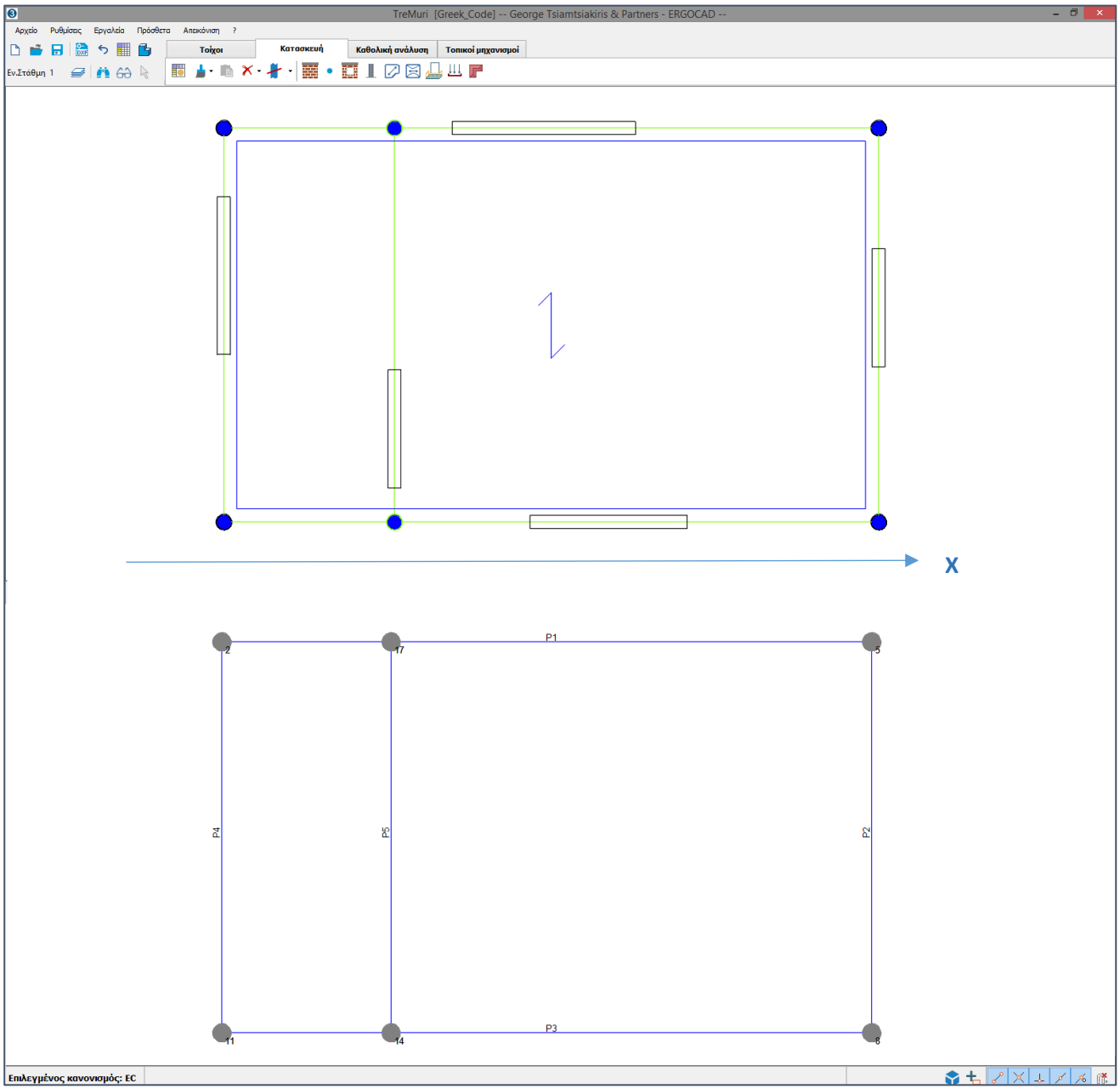
Για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η παραπάνω διαδικασία ακολουθεί ένα απλό παράδειγμα 3D μοντέλου από φέρουσα τοιχοποιία, στο οποίο θεωρούμε ότι δημιουργήθηκαν ρηγματώσεις μετά από σεισμό.

Αριθμητικό παράδειγμα

Το κτίριο θεωρείται ηλικίας 40 ετών (κατασκευή 1978, δηλαδή, μετά τον πρώτο ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό του 1959), βρίσκεται στην Κω, αποτελείται από 2 στάθμες και θεωρούμε ότι εμφανίστηκαν βλάβες σε κάποιους από τους πεσσούς στην διεύθυνση χ.

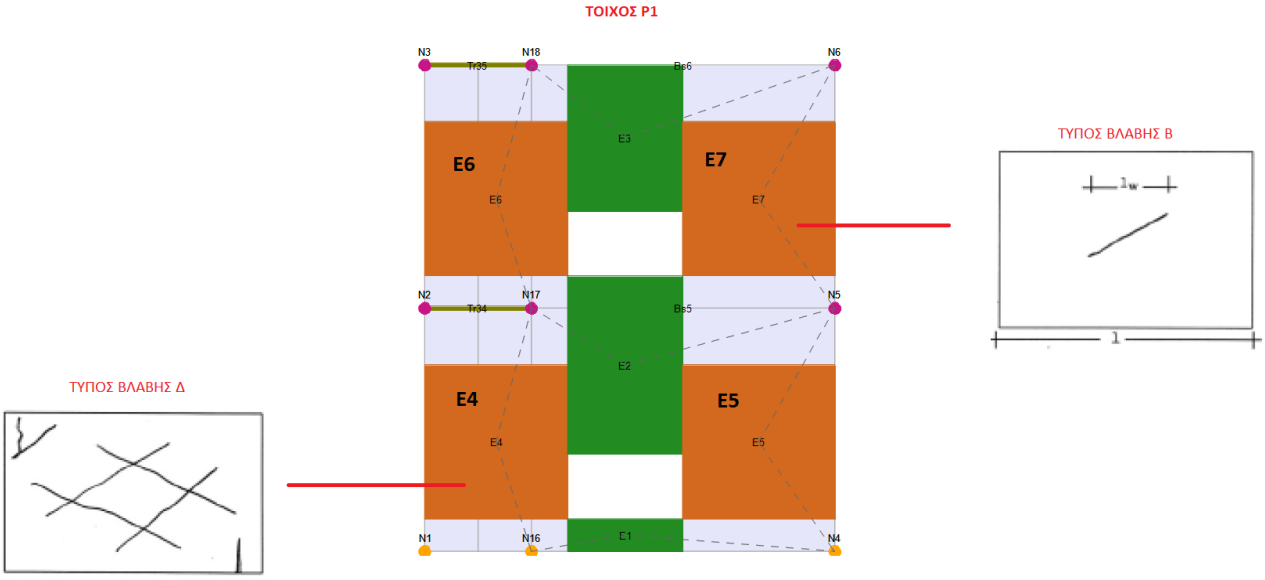


Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζεται η κάτοψη του ισογείου ορόφου (τυπικός όροφος).



Για τις ανάγκες του παραδείγματος θεωρούμε ότι υπάρχουν βλάβες από τον σεισμό στους πεσσούς των τοίχων P1 & P3. (Δηλαδή μόνο στην διεύθυνση X του κτιρίου)

Πιο συγκεκριμένα θεωρούμε ότι υπάρχει βλάβη στον τοίχο P1, στη στάθμη του ισογείου στον πεσσό E4 (βαριά βλάβη τύπου Δ) και στην πρώτη στάθμη στον πεσσό E7 (ελαφριά βλάβη τύπου Β).

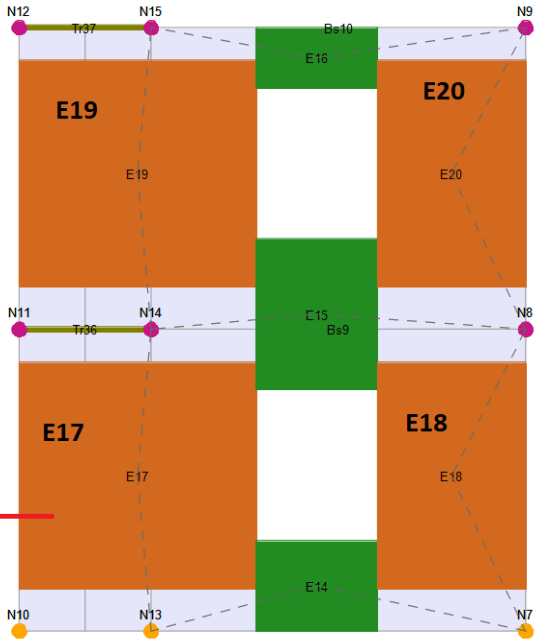


Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι αντίστοιχες τιμές απομένουσας φέρουσας Ικανότητας κάθε πεσσού του τοίχου P1 (φi) ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας:

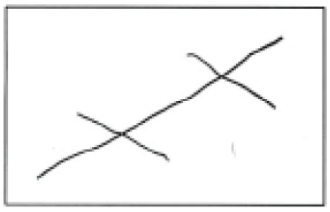
ΤΟΙΧΟΣ 1 - Φi ανά πεσσό	
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	
ΠΕΣΣΟΣ 4	ΠΕΣΣΟΣ 5
ΑΣΤΟΧΙΑ Δ	ΌΧΙ
0,25	1
ΕΠΙΠΕΔΟ 2 - LEVEL 2	
ΠΕΣΣΟΣ 6	ΠΕΣΣΟΣ 7
ΌΧΙ	ΑΣΤΟΧΙΑ Β
1	0,7

Αντίστοιχα, στον τοίχο P3, θεωρούμε ότι υπάρχει βλάβη μόνο στη στάθμη του ισογείου στον πεσσό E17 (σοβαρή βλάβη τύπου Γ).

ΤΟΙΧΟΣ Ρ3



ΤΥΠΟΣ ΒΛΑΒΗΣ Δ



Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι αντίστοιχες τιμές απομένουσας φέρουσας Ικανότητας κάθε πεσσού του τοίχου Ρ3 (φi) ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας:

ΤΟΙΧΟΣ 3 - Φi ανά πεσσό	
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	
ΠΕΣΣΟΣ 17	ΠΕΣΣΟΣ 18
ΑΣΤΟΧΙΑ Γ	ΌΧΙ
0,5	1
ΕΠΙΠΕΔΟ 2	
ΠΕΣΣΟΣ 19	ΠΕΣΣΟΣ 20
ΌΧΙ	ΌΧΙ
1	1

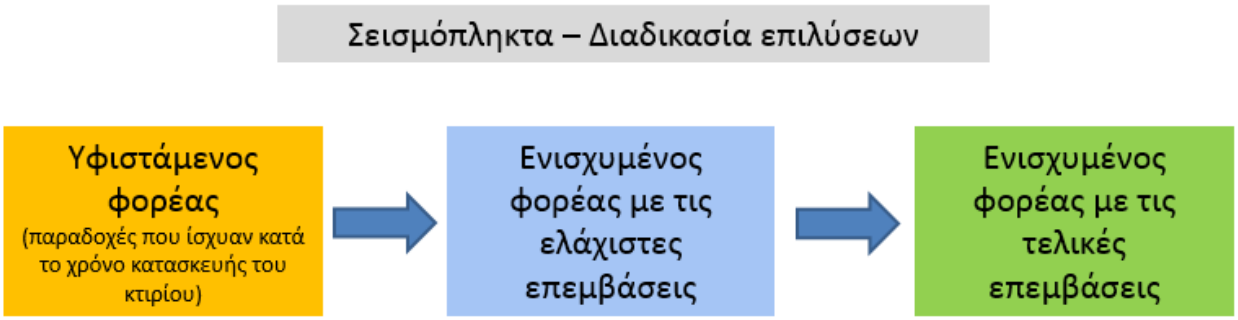
Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται για την διεύθυνση Χ του κτιρίου και για κάθε στάθμη ξεχωριστά η συνολικά απομένουσα φέρουσα ικανότητα φχ (ως ποσοστό της αρχικής φέρουσας ικανότητας) και η αντίστοιχη **απώλεια φέρουσας ικανότητας διεύθυνσης.**

Συνολικός έλεγχος για την διεύθυνση Χ										
ΤΟΙΧΟΣ	ΠΕΣΣΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΒΛΑΒΗΣ	Φi	L (μήκος)	Τ (πάχος)	Ai	ΣφiAi	Σαi	φχ	αχ = 1 − φχ
ΕΠΙΠΕΔΟ 1 - LEVEL 1										
1	4	Δ	0,25	1,74	0,40	0,70	1,97	2,96	0,67	**0,334**
1	5	ΟΧΙ	1,00	1,86	0,40	0,74				
3	17	Γ	0,50	2,34	0,40	0,94				
3	18	ΟΧΙ	1,00	1,46	0,40	0,58				
ΕΠΙΠΕΔΟ 2 - LEVEL 2										
1	6	ΟΧΙ	1,00	1,74	0,40	0,70	2,74	2,96	0,92	**0,075**
1	7	Β	0,70	1,86	0,40	0,74				
3	19	ΟΧΙ	1,00	2,34	0,40	0,94				
3	20	ΟΧΙ	1,00	1,46	0,40	0,58				

Στο συγκεκριμένο κτίριο, όπως αποδεικνύεται από τον παραπάνω πίνακα, ο δυσμενέστερος λόγος για το αχ είναι 0,334, δηλαδή πάνω από το όριο του 0,15 που προβλέπεται για κτίρια με ηλικία ≤50ετών.

Κατά συνέπεια, αν και μετά τα αποτελέσματα της ελαστικής ανάλυσης προκύψουν ανεπάρκειες, τότε στο κτίριο θα χρειαστεί να γίνουν επεμβάσεις λαμβάνοντας το σύνολο του φορέα.

Η μεθοδολογία της ανάλυσης για τα σεισμόπληκτα κτίρια περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά βήματα.



Αναλυτικά:

Η μελέτη επισκευής περιλαμβάνει επεμβάσεις σε βλαβέντα στοιχεία του κτιρίου και τις απόλυτα αναγκαίες ενισχύσεις σε μη βλαβέντα στοιχεία του φέροντα οργανισμού που απαιτούνται από την εντατική κατάσταση που δημιουργείται μετά την επισκευή των βλαβέντων στοιχείων εφόσον τούτο ήθελε προκύψει από τους υπολογισμούς, σύμφωνα με τα παρακάτω:

Α. Επιλύεται ο **υφιστάμενος** φορέας στο χώρο (πραγματική κατάσταση χωρικού μοντέλου πριν τις βλάβες). Ο έλεγχος επάρκειας που θα βασισθεί σε αυτήν την επίλυση θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά της κατασκευής, τα οποία θα καταγράφονται στην τεχνική έκθεση.

Β. Επιλέγονται οι **αναγκαίες επεμβάσεις** στα βλαβέντα στοιχεία και επιλύεται ο νέος φορέας. Ακολουθεί έλεγχος επάρκειας σε κάμψη και διάτμηση. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις ανεπάρκειες που διαπιστώθηκαν, επιλέγονται οι απαιτούμενες επεμβάσεις σε μη βλαβέντα στοιχεία στην περίπτωση που εμφανίζονται εκτεταμένες ανεπάρκειες.

Γ. Επιλύεται ο **τελικός φορέας** και ακολουθεί:

– Έλεγχος επάρκειας των μη επισκευαζόμενων στοιχείων,

– Διαστασιολόγηση των επισκευαζόμενων στοιχείων.

Ο επανυπολογισμός και ανασχεδιασμός του Φ.Ο. του κτιρίου θα γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

- Κτίρια με οικοδομική άδεια. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται **ανάλυση και ανασχεδιασμός** του Φ.Ο. του πληγέντος κτιρίου σύμφωνα με τις διατάξεις του Αντισεισμικού Κανονισμού που ίσχυε **κατά το χρόνο έκδοσης της οικοδομικής αδείας**.
- Κτίρια **προ του 1959**. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ανάλυση και ανασχεδιασμός του Φ.Ο. του πληγέντος κτιρίου σύμφωνα με τις **διατάξεις** του Αντισεισμικού Κανονισμού του **1959**.
- Κτίρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί **τμηματικά**, με εφαρμογή **διαφορετικών** Αντισεισμικών Κανονισμών. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ανάλυση και ανασχεδιασμός του Φ.Ο. του πληγέντος κτιρίου σύμφωνα με **τις διατάξεις του τελευταίου** Αντισεισμικού Κανονισμού που **εφαρμόστηκε σε αυτά**.

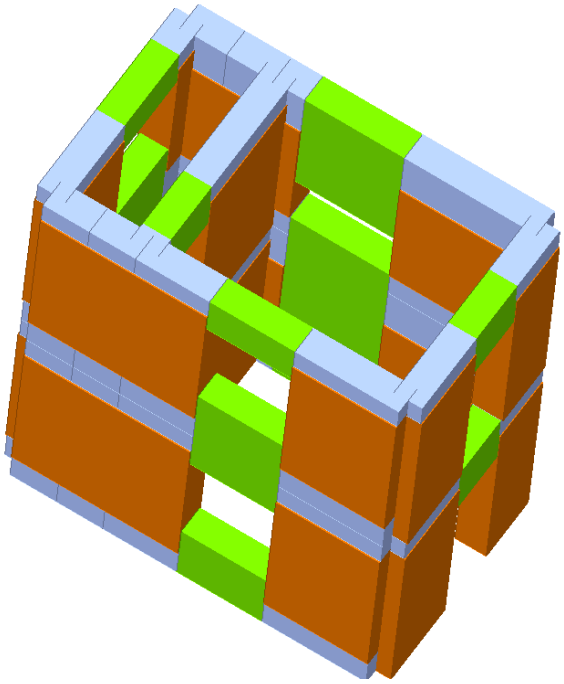
- Κτίρια των οποίων **τμήμα** έχει κατασκευαστεί **αυθαίρετα** πληρούνται όμως οι **προϋποθέσεις χορήγησης Στεγαστικής Συνδρομής** σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις εκάστοτε σχετικές κοινές υπουργικές αποφάσεις περί πιστωτικών διευκολύνσεων. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ανάλυση και ανασχεδιασμός του Φ.Ο. του πληγέντος κτιρίου σύμφωνα με τις **διατάξεις του τελευταίου** Αντισεισμικού Κανονισμού **που εφαρμόστηκε σε αυτά**.
- Κτίρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί **εξ ολοκλήρου αυθαίρετα** πληρούνται όμως οι **προϋποθέσεις χορήγησης Στεγαστικής Συνδρομής** σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις εκάστοτε σχετικές κοινές υπουργικές αποφάσεις περί πιστωτικών διευκολύνσεων. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται ανάλυση και ανασχεδιασμός του Φ.Ο. του πληγέντος κτιρίου σύμφωνα με τις **διατάξεις του Β.Δ. της 19/26.2.1959** (Φ.Ε.Κ. 36/Α), όπως αυτός τροποποιήθηκε με: 1) την απόφαση Δ2α/01/44/ΦΝ275/4.4.84(Φ.Ε.Κ. 239/Β΄) «Τροποποίηση και συμπλήρωση του Β.Δ. της 19/26.2.1959» και 2) την απόφαση ΕΔ2γ/01/94/ΦΝ275/30.9.85(Φ.Ε.Κ. 587/Β΄) Αντικατάσταση του άρθρου 12 του Β.Δ. της 19/26.2.1959».

Στα τεύχη στατικών υπολογισμών θα πρέπει να αναφέρονται οι παραδοχές του ανασχεδιασμού, τα φορτία, τα χαρακτηριστικά των υλικών, τα προσομοιώματα των αναλύσεων, καθώς και, εφόσον ζητηθεί, συνοπτική περιγραφή του λογισμικού που έχει χρησιμοποιηθεί. Επίσης για κάθε απαιτούμενη επίλυση αυτά θα συνοδεύονται από πίνακες επάρκειας των φερόντων τοιχοποιιών. Τα κατασκευαστικά σχέδια θα είναι σε κλίμακα 1:50 και θα περιλαμβάνουν τις επεμβάσεις, τα απαιτούμενα στοιχεία για υλικά, τεχνικές και όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες.

Να σημειωθεί ότι στο ίδιο ΦΕΚ για τα σεισμόπληκτα, εφόσον απαιτείται ανακατασκευή στέγης, θα πρέπει να συντάσσεται μελέτη υπολογισμού της με τους ισχύοντες κανονισμούς, η οποία θα συνυποβάλλεται στο φάκελο της μελέτης επισκευής, μαζί με τα αντίστοιχα κατασκευαστικά σχέδια σε κλίμακα 1:50 (εις διπλούν).

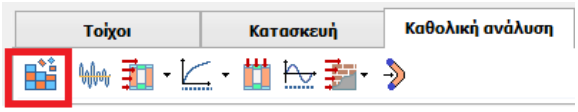
Ακολουθώντας τα στάδια που αναφέρθηκαν, εφαρμόζουμε την αντίστοιχη διαδικασία στο λογισμικό 3Muri για το μοντέλο που χρησιμοποιείται ως παράδειγμα.

Αρχικά δημιουργούμε το μαθηματικό προσομοίωμα της κατασκευής με βάση την υφιστάμενη κατάσταση, δηλαδή εισάγουμε πλήρως την γεωμετρία των τοίχων, των ανοιγμάτων, των δαπέδων, των προβόλων, της στέγης και ό,τι άλλο υπάρχει στην πραγματική κατασκευή. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στο εξειδικευμένο λογισμικό 3Muri, ο χρήστης μπορεί εκτός των παραπάνω να εισάγει με ακρίβεια διαζώματα, σενάζ, μεταλλικά στοιχεία, υποστυλώματα από λιθοδομή, ελκυστήρες, ζευκτά από ξύλο κ.α. Παράλληλα, εκτός από την γεωμετρία όλων των στοιχείων της κατασκευής, καθορίζουμε και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών του τοίχου (E, G, w, v, Fck κλπ) έχοντας λάβει τις αντίστοιχες τιμές από εργαστηριακές δοκιμές, από επιτόπια αυτοψία ή ακόμα και από εμπειρικές τιμές.

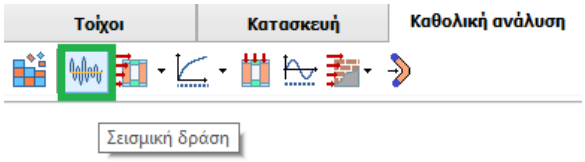


*Σημείωση: Στο 3muri περιλαμβάνεται ειδικός αλγόριθμος, ο οποίος ονομάζεται **sensitivity analysis**, και μέσω αυτού μπορεί να γίνει χρήση ελαχίστων και μεγίστων τιμών παραμέτρων για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των τοίχων αλλά και μία σειρά άλλων στοιχείων όπως π.χ. ο ελάχιστος διαμήκης οπλισμός υποστυλωμάτων, η ελάχιστη απόσταση των συνδετήρων κ.α. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται πολλαπλά σενάρια αναλύσεων (υπολογίζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί με ελάχιστες, μέσες, μέγιστες τιμές παραμέτρων), τα οποία εκτελούνται αυτόματα από το 3muri, και βοηθούν τον χρήστη να επιλέξει με ασφάλεια τα τελικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και να αποκτήσει σημαντική γνώση για την απόκριση του φορέα είτε στην περίπτωση παρουσίας ευμενών τιμών για τα υφιστάμενα υλικά είτε στην αντίστοιχη παρουσία δυσμενών. (Περισσότερες πληροφορίες περιλαμβάνονται στον κεφάλαιο **sensitivity analysis – ανάλυση ευαισθησίας** στο επίσημο εγχειρίδιο του προγράμματος).*

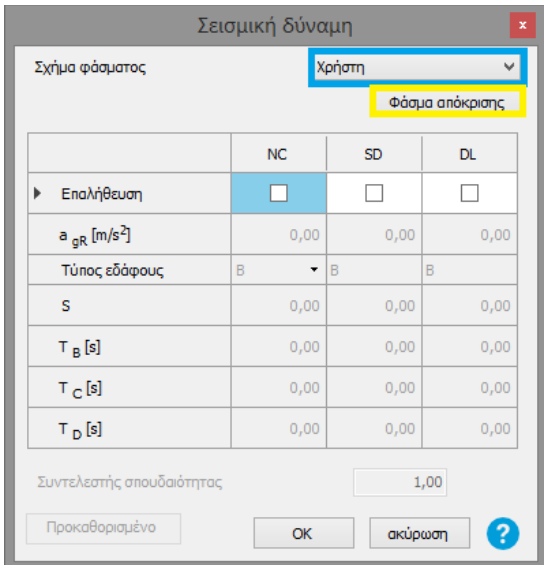
Στο επόμενο βήμα, από την καρτέλα «Καθολική ανάλυση», και αφού έχουμε υπολογίσει το πλέγμα μακροστοιχείων από την αντίστοιχη εντολή (κόκκινο πλαίσιο στην παρακάτω εικόνα), επιλέγουμε την



εντολή της σεισμικής δράσης (πράσινο πλαίσιο) για να καθορίσουμε το φάσμα, οπότε και



Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο όπου αρχικά για το σχήμα του φάσματος επιλέγουμε αυτό του χρήστη (γαλάζιο πλαίσιο).

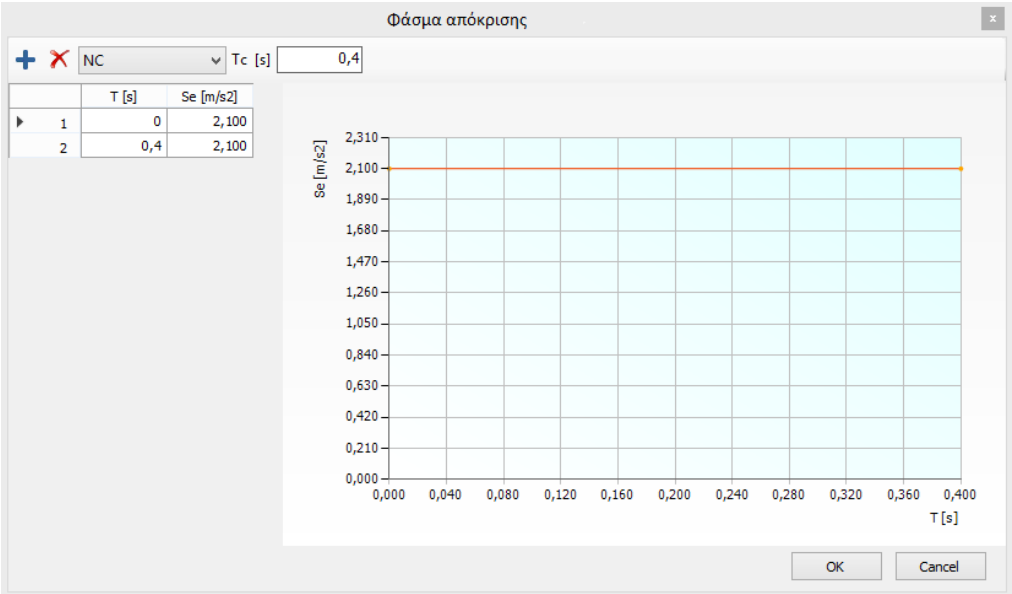


Αμέσως, τα πεδία στις στήλες NC, SD, DL απενεργοποιούνται καθώς η ανάλυση που θα χρησιμοποιήσουμε όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια είναι ελαστική και περιλαμβάνει οριζόντια δύναμη σεισμού με σταθερή τιμή ίση με Hzi=ε*Nzi (όπου Nzi τα κατακόρυφα φορτία κάθε στάθμης και ε ο σεισμικός συντελεστής) σύμφωνα με τις διατάξεις του ελληνικού αντισεισμικού κανονισμού 1959.

Από το πεδίο «φάσμα απόκρισης» (κίτρινο πεδίο) θα δημιουργήσουμε χειροκίνητα το φάσμα που απαιτείται. Αρχικά λοιπόν προσθέτουμε 2 σειρές στον πίνακα τιμών, χρησιμοποιώντας το σύμβολο (+) όπως εμφανίζεται στο ροζ πλαίσιο και πληκτρολογούμε τις εξής τιμές:

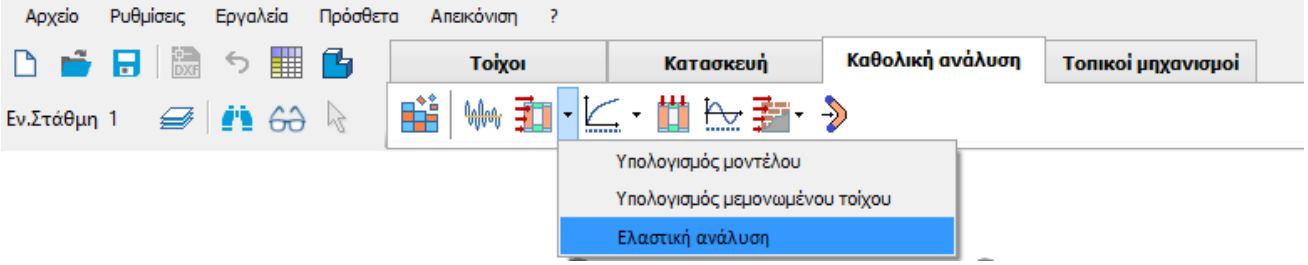
1η σειρά T(s)=0 & Se=0,21 (η τιμή 0,21 προκύπτει από το γινόμενο ε*1,75=0,12*1,75 όπου 0,12 ο σεισμικός συντελεστής που προκύπτει από τον πίνακα 3 παρακάτω και 1,75 συντελεστής επαύξησης λόγω της χρήσης της μεθόδου αντοχών για τον έλεγχο αντί για την μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων)

2η σειρά T(s)=0,4 & Se=0,21 (ουσιαστικά μας ενδιαφέρει να δημιουργήσουμε μία οριζόντια κόκκινη γραμμή στο φάσμα και όχι ποια θα είναι η τιμή του T(s))



Αφού καθορίσουμε με τον τρόπο αυτό το φάσμα απόκρισης, επιλέγουμε το ok, μεταφερόμαστε στο προηγούμενο παράθυρο και κλείνουμε πατώντας ξανά ok. (σημείωση: στα κελιά του πίνακα εισάγονται οι τιμές Se πολλαπλασιασμένες με το g, άρα περίπου x10, οπότε στο παράδειγμα θα έχουμε 2,100)

Στη συνέχεια προχωράμε στην διαδικασία εκτέλεσης της ελαστικής ανάλυση, όπου θα χρειαστεί να καθορίσουμε τον τύπο κατανομής της σεισμικής δύναμης.



Με βάση τους ελληνικούς κανονισμούς τα κτίρια διακρίνονται σε:

- Κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν από τον ελληνικό κανονισμό του 1959
- Κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά από την εφαρμογή του ελληνικού κανονισμού του 1959 και μέχρι την τροποποίηση του από τις αποφάσεις του 1984: Δ2α/01/44/ΦΝ275/4.4.84(Φ.Ε.Κ. 239/Β΄) και 1985: ΕΔ2γ/01/94/ΦΝ275/30.9.85(Φ.Ε.Κ. 587/Β΄) Αντικατάσταση του άρθρου 12 του Β.Δ. της 19/26.2.1959.
- Κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1984-85 και μέχρι την εφαρμογή του Νέου ελληνικού κανονισμού 2000 (ΕΑΚ 2000)
- Κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά την εφαρμογή του ΕΑΚ 2000 και τις τροποποιήσεις αυτού.

Μετά την επιλογή της ελαστικής ανάλυσης, εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο περιλαμβάνεται η γενική σχέση υπολογισμού της σεισμικής τέμνουσας βάσης και της κατανομής των σεισμικών φορτίων όπως αυτή καθορίζεται στους ευρωκώδικες (EN 1998-1, §4.3.3.2.2 - μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης)

$F_b = Sd_{(T1)}*m*\lambda$

αλλά και στους ελληνικούς κανονισμούς με ελαφρώς διαφοροποιημένη σχέση:

Hzi=ε*Nzi	(ΒΔ 1959 – ορθογωνική κατανομή)
$Hzi=\varepsilon*\Sigma(N)*\frac{Nz*hz}{\Sigma(Ni*hi)}$	(Πρόσθετες διατάξεις 1984-85 – τριγωνική κατανομή)
$Fi=(V_0-V_H)*\frac{mi*zi}{\Sigma mj*zj}$	ΕΑΚ 2000 (για κανονικά κτίρια)

Στο παράθυρο αυτό περιλαμβάνονται:

- τα πεδία καθορισμού της ιδιοπεριόδου για κάθε διεύθυνση κτιρίου (υπολογίζονται αρχικά από το ίδιο το πρόγραμμα με βάση την δυναμική μέθοδο – Rayleigh αλλά μπορεί ο χρήστης να τα τροποποιήσει σύμφωνα με τις ανάγκες της ανάλυσης),
- Ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς
- Ο συντελεστής διόρθωσης λ, η τιμή του οποίου στον ευρωκώδικας 8, ισούται με λ=0,85 εάν T1≤Tc και το κτίριο έχει πάνω από δύο ορόφους, ή λ=1 σε κάθε άλλη περίπτωση. Ο συντελεστής αυτός λ, εκφράζει το γεγονός ότι σε κτίρια με τουλάχιστον τρεις ορόφους και μεταφορικούς βαθμούς ελευθερίας σε κάθε οριζόντια διεύθυνση, η δρώσα ιδιομορφική μάζα της 1ης θεμελιώδους ιδιομορφής είναι μικρότερη κατά 15% κατά μέσον όρο, από τη συνολική μάζα του κτιρίου.

Το κτίριο του παραδείγματος θεωρείται ότι κατασκευάστηκε περίπου το 1978 οπότε θα επιλέξουμε την σχέση την $Fi=F_b*m_i$ δηλαδή αντίστοιχα την σχέση Hzi=ε*Nzi του ελληνικού αντισεισμικού κανονισμού 1959, όπου Nzi είναι τα θεωρούμενα κατακόρυφα φορτία σε κάθε στάθμη και ε είναι ο σεισμικός συντελεστής που δίνεται από τον παρακάτω πίνακα του ΒΔ 1959.

Πίνακας 3 – Σεισμικός συντελεστής ε (ΒΔ 1959)			
	Τύπος σεισμικού εδάφους (βλ. ΒΔ 1959 §3)		
Σεισμική ζώνη	Α (μικρή σεισμικότητα – αργιλομαργαϊκά στρώματα)	Β (μέτρια σεισμικότητα – ψαθυρά ή μαλακά εδάφη)	Γ (παραλιακές προσχώσεις, έλη)
I	0,04	0,06	0,08
II	0,06	0,08	0,12
III	0,03	0,12	0,16

Ακολουθεί ο πίνακες με την σεισμικότητα κάθε περιοχής όπως αυτή καθοριζόταν με το ΒΔ 1959:

II 'Αγία Ἄννα
I 'Αγιὰ (Λαρίσης)
I Ἅγιος Κήρυκος ('Ικαρίας)
II 'Αγρίτσα (Ἴμβρου)
I 'Αγρίνιον
I 'Αθῆναι
II Αἴγιον
I Αἴγινα
I Αἰθηψὸς
II Αἰτωλικὸν
I 'Αλεξανδρούπολις
I 'Αλμυρὸς
II 'Αμαλιὰς
I 'Αμοργὸς
II Ἄμφισσα
I 'Αμφιλοχία
I 'Ανάφη
II 'Ανδρίτσαινα
I Ἄνδρος
III 'Αντιμάχεια (Κῶ)
II 'Απέρειον (Καρπάθου)
II 'Αράχωβα
I Ἄργος
III 'Αργοστόλιον
I 'Αρεόπολις
II 'Αρναία
II 'Αρκάσα (Καρπάθου)
I Ἄρτα
I 'Αστακὸς
III 'Αταλάντη
III 'Αρχάγγελος (Ρόδου)
II Βάλτα
I Βασιλικὰ
II Βαθὺ
II Βέρροια
II Βόλος
II Βασιλικὰ (Εὐβοίας)
I Γάϊος (Παξῶν)
II Γαλαξείδιον
II Γρανίτσα
I Γρεβενὰ
I Γύθειον
I Γιαννιτσὰ
I Γεροπλάτανος ('Ηπείρου)
I Διδυμότειχον
II Δομοκὸς
I Δομβραίνα
II Δράμα
III Διακοφτὸ
I Ἔδεσσα
I 'Ελασσὼν
III 'Ερεσσὸς (Λέσβου)
III Ζάκυνθος
III 'Ηράκλειον
II Θῆβαι
II Θεσσαλονίκη
II Θήρα
III 'Ιεράπετρα
II 'Ιστιαία
I Ἴος
II 'Ιθάκη
II 'Ιωάννινα
III 'Ιερισσὸς
II Καλάμαι
I Καλαμπάκα
III Καλαμωτὴ (Χίου)
II Κανάλια (Βόλου)
II Κάνδανος (Κρήτης)
II Καρδίτσα
I Καρπενήσιον
I Κάρυστος
I Καστορία
I Κάστρον (Λήμνου)
II Κάστρον (Κάσου)
III Καστελόριζον
I Κατερίνη
I Καβάλλα
I Κέα
II Κέρκυρα
II Κέφαλος (Κῶ)

II	Κιάτον
I	Κιλκὶς
I	Κομοτινὴ
I	Κόνιτσα
III	Κόρινθος
III	Κορώνη
I	Κοζάνη
I	Κρανίδιον
I	Κύμη
II	Κυπαρισσία
II	Κύθηρα
I	Κύθνος
III	Κῶς
I	Καλάβρυτα
II	Καρύταινα
III	Καρδάμυλα (Χίου)
II	Καρδαμύλη
I	Λαγκαδᾶς
I	Λαμία
II	Λάρισα
I	Λαύριον
I	Λεχαινὰ
I	Λειβάδια (Αστυπαλαίας)
I	Λειβάδι (Τήλου)
III	Λίνδος (Ρόδου)
I	Λεωνίδιον
III	Λευκὰς

I	Λεβάδεια
I	Λιδωρίκιον
I	Λιμὴν (Θάσου)
III	Ληξοῦρι
III	Μαλλία (Κρήτης)
II	Μανδράκι (Νισύρου)
II	Μαραθὼν
II	Μαργαρίτιον
III	Μαρτίνον
II	Μεγαλόπολις
I	Μέγαρα
III	Μεσσήνη
I	Μεσολόγγιον
II	Μεσοχώριον (Καρπάθου)
I	Μέθανα
I	Μέτσοβον
I	Μολάοι
III	Μόλυβδος
I	Μύκονος
III	Μυτιλήνη
II	Μελιγαλᾶ
II	Μεθώνη
II	Ναύπακτος
I	Ναύπλιον
I	Νάξος
I	Νέα Ὀρεστιὰς
I	Νεάπολις (Βατίκων)

II	Νεμέα
II	Νευροκόπιον
I	Νιγρίτα
I	Ξάνθη
I	Ξηρόκαμπος (Λέρου)
II	Ξυλόκαστρον
II	Ὄλυμπος (Καρπάθου)
II	Οἰνοῦσαι (Χίου)
II	Παραμυθιὰ
II	Πάρος
II	Πάτραι
II	Πλάκα (Μήλου)
II	Πολύγυρος
III	Πολυχνίτος (Λέσβου)
I	Πόρος
I	Ποθαία (Καλύμνου)
I	Πράμαντα
II	Πρέβεζα
II	Πύλος
II	Πύργος
II	Ρέθυμνον
I	Ροδολεῖβος
III	Ρόδος
II	Σάλακος (Ρόδου)
I	Σαλαμὶς
II	Σαμοθράκη
III	Σάμη

I	Σέριφος
I	Σέρραι
I	Σίφνος
III	Σητεία
I	Σκιάθος
I	Σκόπελος
I	Σκάλα (Πάτμου)
III	Σκάλα (Χάλκης)
I	Σκύρος

III	Σοφάδες
II	Σοφικὸν
I	Στρέζοβα
I	Σπάρτη
I	Συκιὰ
I	Σῦρος
II	Σύμη
II	Σκάλα Ὠρωποῦ
I	Τένεδος
II	Τρίπολις

II	Τρίκαλα
I	Τῆνος
I	Τύρναβος
I	Ὕδρα
III	Φάρσαλα
III	Φιλιατρὰ
I	Φιλιάτες
I	Φλώρινα
I	Φολέγανδρος
II	Χαλκὶς
II	Χανιὰ
III	Χίος
I	Ψαρᾶ

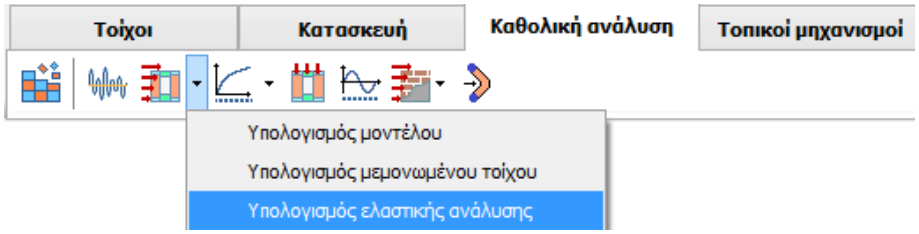
Το συγκεκριμένο κτίριο θεωρήσαμε ότι βρίσκεται στην Κω, και αν υποθέσουμε ότι κατασκευάστηκε πάνω σε έδαφος τύπου Β, τότε προκύπτει ε=0,12.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, λόγω του ότι οι έλεγχοι διαστασιολόγησης των στοιχείων θα γίνουν με βάση την οριακή αντοχή των στοιχείων και όχι με βάση τις τάσεις, έγινε επαύξηση του χρησιμοποιούμενου ε κατά 1,75 και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε στο φάσμα απόκρισης την τιμή 0,12*1,75=0,21.

Επιλέγουμε λοιπόν την σχέση (Hzi=ε*Nzi):

- $F_i = F_b \cdot m_i$

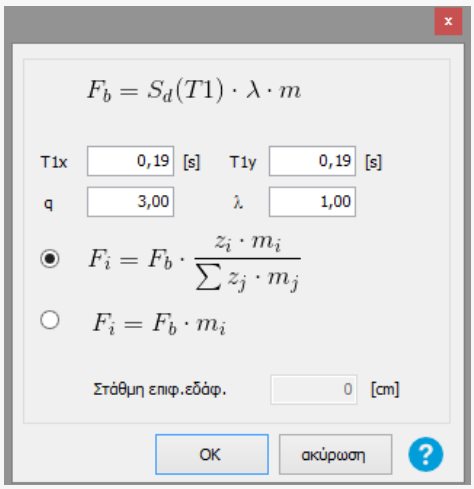
Και από το πεδίο «Υπολογισμός ελαστικής ανάλυσης» εκτελούμε την διαδικασία.



Σημείωση: Αν το κτίριο είχε κατασκευαστεί μετά το 1985 τότε θα έπρεπε να επιλέξουμε την σχέση αυτή:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

μέσω της οποίας εφαρμόζεται τριγωνική κατανομή οριζόντιων δυνάμεων (διατάξεις 1984-85) (όπως και στην περίπτωση του ΕΑΚ), όπου mi είναι η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη i και zi η απόσταση της στάθμης από i από τη βάση.



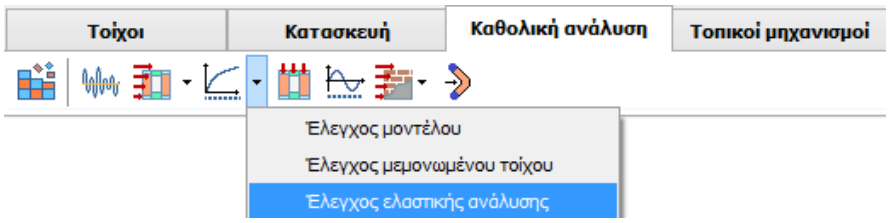
Ταυτόχρονα, για περιπτώσεις κτιρίων που κατασκευάστηκαν με τα πρόσθετα άρθρα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι με βάση τις διατάξεις 1984-85 γινόταν επαύξηση του ε που λαμβάνουμε από τον πίνακα 3 του 1959 προσαυξημένου κατά :

1,5 για σεισμικότητα I, II και μεγάλη σπουδαιότητα κτιρίου

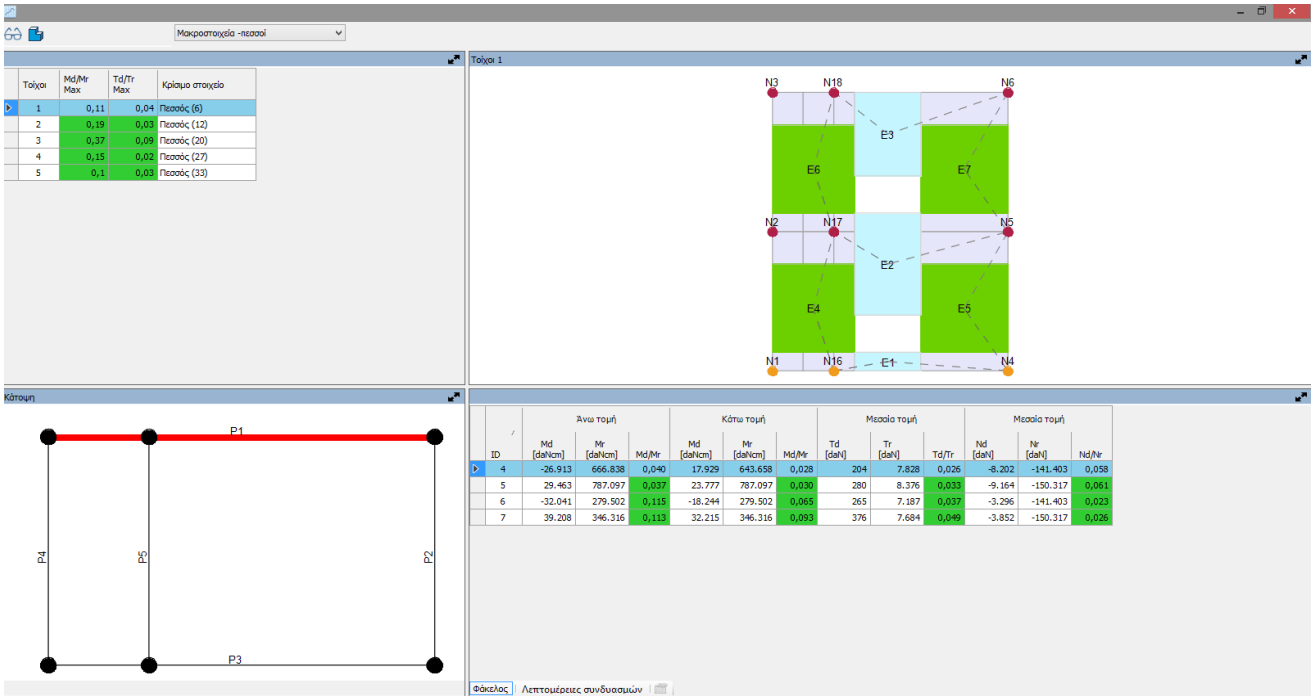
1,2 για σεισμικότητα III και μεγάλη σπουδαιότητα κτιρίου

Κατά συνέπεια σε αυτές τις περιπτώσεις, όταν δημιουργούμε το αντίστοιχο φάσμα θα πρέπει να εισάγουμε το ε αυξημένο κατά τις ως άνω αναφερόμενες τιμές.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το 3Muri παράγει αυτόματα τα αποτελέσματα ελέγχων τα οποία μπορούμε να δούμε συνολικά και αναλυτικά στο πεδίο «Έλεγχος ελαστικής ανάλυσης». Τα αποτελέσματα αυτά βασίζονται στους ευρωκώδικες.



Στο 4πλο παράθυρο που εμφανίζεται περιλαμβάνονται τα εξής δεδομένα:



Πάνω αριστερά εμφανίζονται οι λόγοι επάρκειας λόγω κάμψης και διάτμησης, ενώ εμφανίζεται για **κάθε τοίχο** το κρίσιμο κατακόρυφο στοιχείο (αυτό που έχει την ελάχιστη τιμή). Με πράσινο χρώμα εμφανίζονται όσα έχουν επάρκεια. Αν υπάρχει λόγος>1 τότε έχουμε αστοχία και θα εμφανίζεται κόκκινο χρώμα.

Συνοπτικός πίνακας ελέγχου επάρκειας τοίχων:

Τοίχοι	Md/Mr Max	Td/Tr Max	Κρίσιμο στοιχείο
1	0,11	0,04	Πεσσός (6)
2	0,19	0,03	Πεσσός (12)
3	0,37	0,09	Πεσσός (20)
4	0,15	0,02	Πεσσός (27)
5	0,1	0,03	Πεσσός (33)

Κάτω αριστερά είναι η κάτοψη του κτιρίου για κάθε στάθμη που επιλέγουμε. Με κόκκινη γραμμή εμφανίζεται ο τοίχος του οποίου βλέπουμε την όψη στο πάνω δεξιά παράθυρο (Οι πεσσοί που εμφανίζονται στο συγκεκριμένο παράθυρο είναι οι 4,5,6,7).

Τέλος, κάτω δεξιά περιλαμβάνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα για τον τοίχο που έχουμε επιλέξει να δούμε και για κάθε κατακόρυφο στοιχείο (πεσσό) που ανήκει σε αυτόν τον τοίχο. Εδώ εμφανίζονται οι έλεγχοι έναντι κάμψης (άνω και κάτω διατομή στοιχείου), έναντι διάτμησης (μεσαίο τμήμα πεσσού) και έναντι αξονικής. Όταν οι λόγοι αυτοί είναι<1 τότε εμφανίζονται με πράσινο χρώμα, ενώ αντίθετα αν είναι>1 το χρώμα είναι κόκκινο.

Συνοπτικός πίνακας ελέγχου πεσσών:

ID	Άνω τομή Md [daNcm]	Άνω τομή Mr [daNcm]	Md/Mr	Κάτω τομή Md [daNcm]	Κάτω τομή Mr [daNcm]	Md/Mr	Μεσαία τομή Td [daN]	Μεσαία τομή Tr [daN]	Td/Tr	Μεσαία τομή Nd [daN]	Μεσαία τομή Nr [daN]	Nd/Nr
4	-26.913	666.838	0,040	17.929	643.658	0,028	204	7.828	0,026	-8.202	-141.403	0,058
5	29.463	787.097	0,037	23.777	787.097	0,030	280	8.376	0,033	-9.164	-150.317	0,061
6	-32.041	279.502	0,115	-18.244	279.502	0,065	265	7.187	0,037	-3.296	-141.403	0,023
7	39.208	346.316	0,113	32.215	346.316	0,093	376	7.684	0,049	-3.852	-150.317	0,026

Αν θέλουμε να εμφανίζουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα για κάθε σεισμικό συνδυασμό τότε από το κάτω μέρος της οθόνης επιλέγουμε το πεδίο «Λεπτομέρειες συνδυασμών», οπότε και εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τον πεσσό που έχουμε επιλέξει και για κάθε σεισμικό συνδυασμό.

Αναλυτικός πίνακας ελέγχου πεσσών:

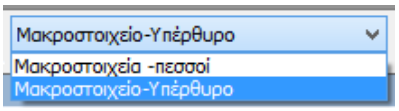
Πεσσός: 4

Συνδ.	Περιγ.	Άνω τομή Md [daNcm]	Άνω τομή Mr [daNcm]	Md/Mr	Κάτω τομή Md [daNcm]	Κάτω τομή Mr [daNcm]	Md/Mr	Μεσαία τομή Td [daN]	Μεσαία τομή Tr [daN]	Td/Tr	Μεσαία τομή Nd [daN]	Μεσαία τομή Nr [daN]	Nd/Nr
1	+Ex+0.3Ey	-11.713	653.835	0,018	15.862	653.835	0,024	22	7.806	0,003	-7.940	-141.403	0,056
2	+Ex-0.3Ey	-10.392	643.658	0,016	17.929	643.658	0,028	40	7.788	0,005	-7.808	-141.403	0,055
3	-Ex+0.3Ey	-26.913	666.838	0,040	-11.919	666.838	0,018	204	7.828	0,026	-8.108	-141.403	0,057
4	-Ex-0.3Ey	-25.592	656.689	0,039	-9.853	656.689	0,015	187	7.811	0,024	-7.976	-141.403	0,056
5	+0.3Ex+Ey	-18.573	670.225	0,028	3.728	670.225	0,006	78	7.834	0,010	-8.152	-141.403	0,058
6	+0.3Ex-Ey	-14.171	636.335	0,022	10.616	636.335	0,017	19	7.776	0,002	-7.714	-141.403	0,055
7	-0.3Ex+Ey	-23.134	674.116	0,034	-4.607	674.116	0,007	146	7.841	0,019	-8.202	-141.403	0,058
8	-0.3Ex-Ey	-18.731	640.253	0,029	2.282	640.253	0,004	87	7.783	0,011	-7.764	-141.403	0,055

Φάκελος Λεπτομέρειες συνδυασμών

Παρατήρηση: Η ελάχιστη τιμή από τους λόγους επάρκειας ενός πεσσού από τα αποτελέσματα όλων των συνδυασμών του αναλυτικού πίνακα πεσσών εμφανίζεται και στα συνοπτικά αποτελέσματα του συνοπτικού πίνακα πεσσών αλλά και του συνοπτικού πίνακα τοίχων (κίτρινα πλαίσια στις παραπάνω 3 εικόνες).

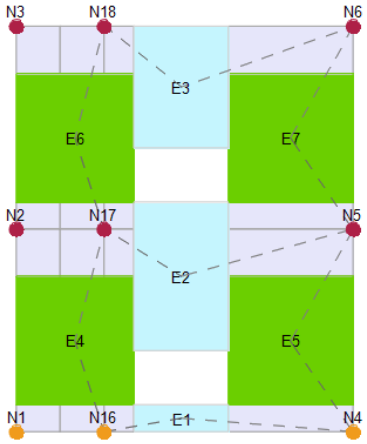
Μετά τον έλεγχο των κατακόρυφων στοιχείων προχωρούμε με τον έλεγχο των υπέρθυρων. Για να γίνει αυτό, επιλέγουμε από το 4πλο παράθυρο το πεδίο «Μακροστοιχείο – Υπέρθυρο».



Με τον τρόπο αυτό εμφανίζονται τα εντατικά μεγέθη για την κάμψη (M – αριστερό και δεξί άκρο), την διάτμηση (T – μεσαίο τμήμα) και την αξονική (N – μεσαίο τμήμα) για κάθε υπέρθυρο που βρίσκεται εντός του τοίχου που έχουμε επιλέξει να δούμε σε όψη.

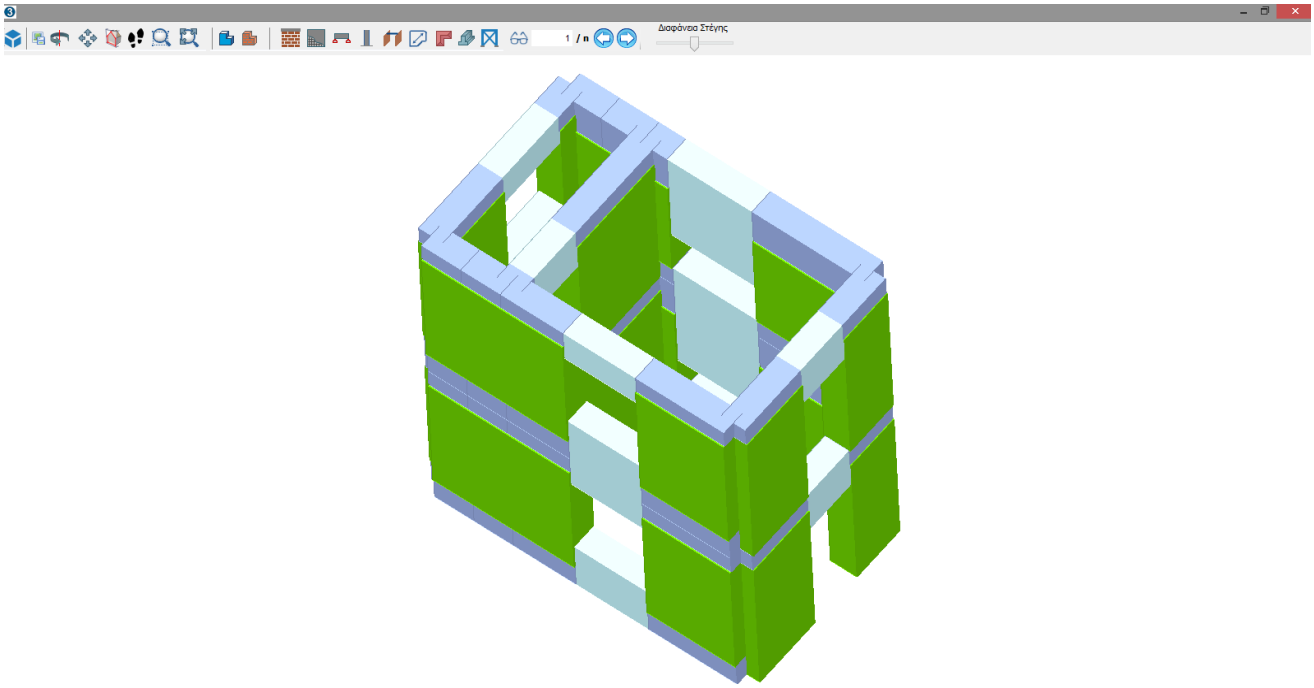
ID	Δεξιά τομή Md [daNcm]	Αριστερή τομή Md [daNcm]	Μεσαία τομή Td [daN]	Μεσαία τομή Nd [daN]
1	0	0	0	0
2	59.043	-46.400	204	0
3	48.410	-34.837	148	0

(Τα υπέρθυρα που εμφανίζονται στο συγκεκριμένο παράθυρο είναι τα 1,2,3. Παρατήρηση: τα εντατικά μεγέθη στο υπέρθυρο 1 είναι μηδενικά καθώς αυτό βρίσκεται στην κατώτατη στάθμη του κτιρίου).



Εκτός από τις όψεις κάθε τοίχου, ο μελετητής έχει την δυνατότητα επιλέγοντας την αντίστοιχη εντολή «3D άποψη» (κόκκινο πλαίσιο)

να εμφανίσει το τρισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο του κτιρίου με τα χρώματα που χαρακτηρίζουν τον λόγο επάρκειας κάθε πεσσού.



Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, όπως παρατηρούμε, οι λόγοι επάρκειας των πεσσών είναι <1, κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν αστοχίες, οπότε το μόνο που χρειάζεται να κάνουμε είναι αποκατάσταση των βλαβών στους πεσσούς οι οποίοι εμφάνισαν βλάβη από το σεισμό.

Για να προχωρήσουμε σε επεμβάσεις αρκεί να επιλέξουμε έναν από τους παρακάτω τρόπους που διαθέτει το 3muri και στη συνέχεια να εκτελέσουμε εκ νέου την ελαστική ανάλυση για να αποδείξουμε ότι δεν υπάρχουν και πάλι ανεπάρκειες σε άλλους πεσσούς της κατασκευής.

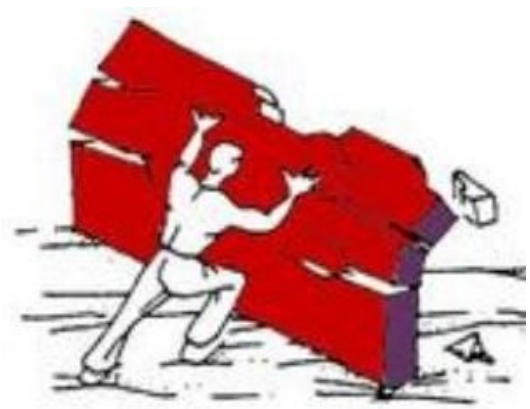
Σημαντική παρατήρηση:

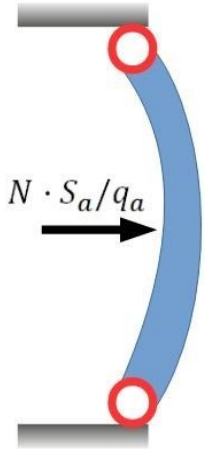
Ο επικεφαλής της ομάδας ανάπτυξης του 3Muri, καθηγητής Sergio Lagomarsino θεωρεί ότι η χρήση της pushover ανάλυσης αποτελεί την πιο ασφαλή, ακριβή και συνάμα οικονομική λύση για τον έλεγχο κατασκευών από τοιχοποιία. Για το λόγο αυτό εκτός της ελαστικής μεθόδου που μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει για τις ανάγκες κάλυψης της μεθοδολογίας που απαιτείται από την ΔΑΕΚ, είναι χρήσιμο να εκτελείται και η pushover ανάλυση, η οποία είναι ενσωματωμένη στο πρόγραμμα.

Παρακάτω περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά που προστέθηκαν στο πρόγραμμα στην έκδοση 11.4, οποία κυκλοφόρησε τον Φεβρουάριο του 2018

Συνολικός έλεγχος τοίχων για κάμψη εκτός επιπέδου

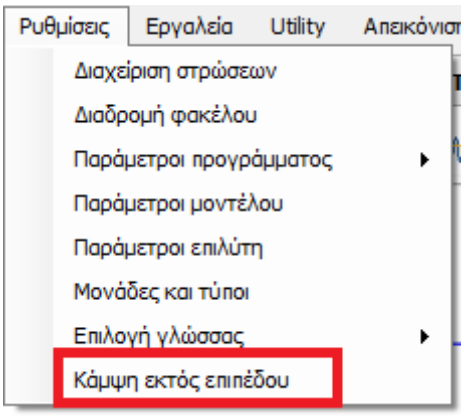
Η εκτός επιπέδου συμπεριφορά ενός τοίχου, πραγματοποιείται μέσω των ελέγχων του αντίστοιχου τύπου κάμψης (να σημειωθεί ότι υπάρχει και το module “local mechanism” το οποίο αποτελεί κινηματικό έλεγχο).

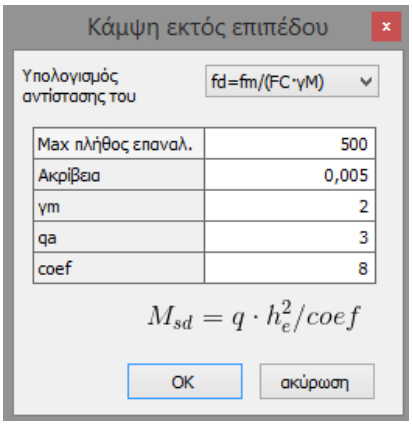




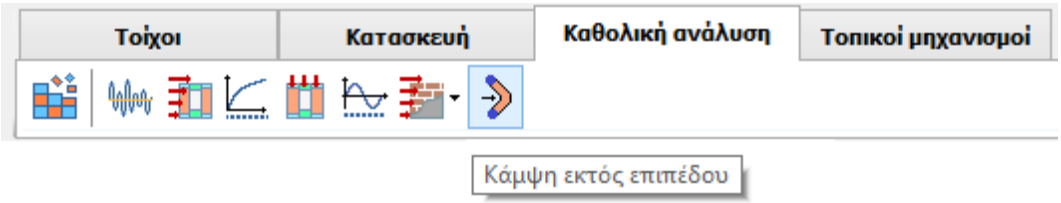
Αυτοί οι έλεγχοι είναι τοπικού χαρακτήρα και βασίζονται στην ουσία στον έλεγχο αντίστασης με την εφαρμογή αντίστοιχων κριτηρίων αντίστασης που εξειδικεύονται για το σκοπό αυτό, από τους ισχύοντες κανονισμούς. Στην νέα έκδοση του 3MURI οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται με ένα και μόνο κλικ, μέσω μιας αυτόματης διαδικασίας για κάθε τοίχο και για ολόκληρο το κτίριο.

Αρχικά από το πεδίο «Ρυθμίσεις» επιλέγουμε την μέθοδο υπολογισμού της αντίστασης σε κάμψη εκτός επιπέδου.





Στην συνέχεια, μετά την ολοκλήρωση των αναλύσεων, μέσω του τελευταίου εικονιδίου στο πεδίο της καθολικής ανάλυσης επιλέγουμε την «κάμψη εκτός επιπέδου» και εμφανίζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα.



Στην περίπτωση που ο λόγος Mrd/Med είναι μεγαλύτερος της μονάδας, τότε ο έλεγχος ικανοποιείται.

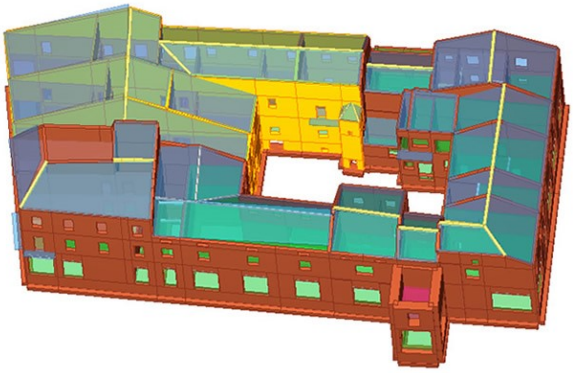
N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s2]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s2]	MRd/Med
19	2'691	17'189	0.23	15'340	34'050	2.84	2.22
20	12'641	53'553	0.23	72'047	144'856	2.57	2.01
21	12'284	51'032	0.23	70'015	139'909	2.55	2.00
22	3'284	19'710	0.23	18'719	41'056	2.80	2.19

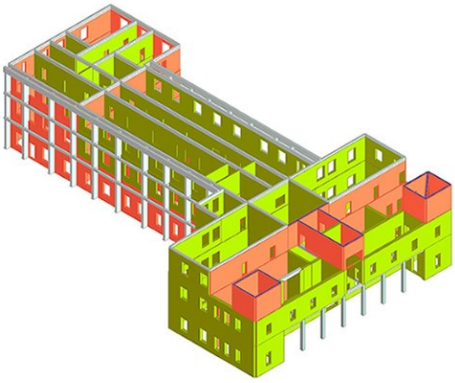
Νέα βιβλιοθήκη από μεταλλικές διατομές

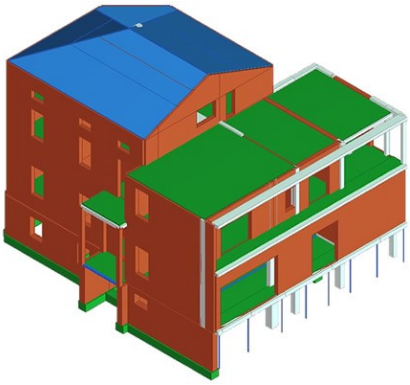
Στο 3MURI υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής παραμετρικών διατομών σκυροδέματος και ξύλου, καθώς και μία βασική βιβλιοθήκη από δεκάδες πρότυπες διατομές χάλυβα, η οποία στην νέα έκδοση εμπλουτίστηκε με περισσότερες μεταλλικές διατομές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή ενός μαθηματικού μοντέλου μιας κατασκευής.

Οι δυνατότητες περιγραφής ενός φορέα είναι απεριόριστες, καθώς όπως εμφανίζεται και στις εικόνες που ακολουθούν, υπάρχουν εργαλεία που βοηθούν τον μελετητή να περιγράψει με ακρίβεια την γεωμετρία μιας κατασκευής και τα επιμέρους στοιχεία από διάφορα υλικά:

- Κεκλιμένα στοιχεία
- Στέγες οποιασδήποτε μορφής
- Υποστυλώματα (από χάλυβα, σκυρόδεμα ή άοπλη τοιχοποιία)
- Δοκοί (μεταλλικές, ξύλινες, σκυροδέματος)
- Ελκυστήρες/Στοιχεία με προένταση
- Ανισοσταθμίες θεμελίωσης και άλλα





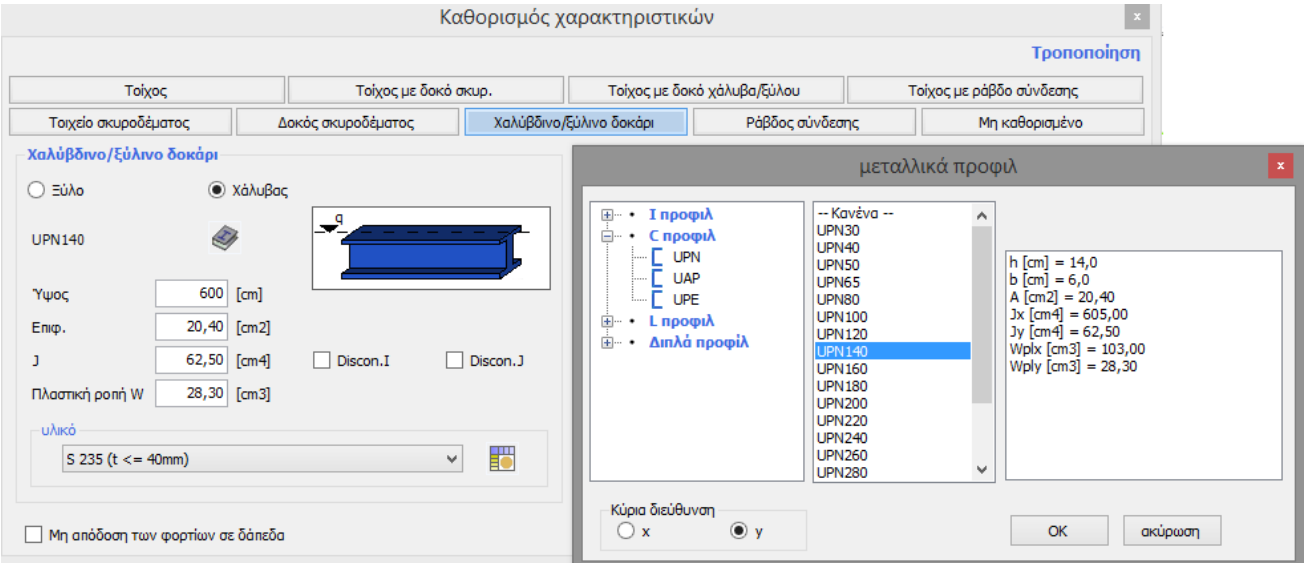


Να σημειωθεί ότι ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να εισάγει μεταλλικές διατομές επιλέγοντας μονό προφίλ, διπλό (στην ίδια θέση), τριπλό ή ακόμα και τετραπλό.

Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζονται οι επιμέρους κατηγορίες διατομών.

I profiles	C profiles	L profiles	Double Profiles
IPE HE UC	UPN UAP UPE	L equal wings L different wings	UPN (Type 1) UPN (Type 2) UAP (Type 1) UAP (Type 2) UPE (Type 1) UPE (Type 2) L equal wings L different wings

Για να εμφανιστεί η βιβλιοθήκη με τις διατομές από χάλυβα, επιλέγουμε από το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου, το πεδίο «Χαλύβδινο/ξύλινο δοκάρι» και στην συνέχεια κλικάρουμε στον «χάλυβα» και στο εικονίδιο του «βιβλίου».



Καθορισμός φάσματος με σημεία

Εκτός από την κλασσική διαδικασία επιλογής πρότυπου σεισμικού φάσματος με βάση τα διάφορα κανονιστικά πρότυπα, έχει πλέον προστεθεί στην νέα έκδοση του προγράμματος και η δυνατότητα ορισμού φάσματος με απλά σημεία τα οποία καθορίζονται από τον ίδιο τον χρήστη. Με τον τρόπο αυτό, ο μελετητής μπορεί να χρησιμοποιήσει ακόμα περισσότερα φάσματα στην διαδικασία της ανάλυσης και να συγκρίνει αποτελέσματα από περισσότερα σεισμικά σενάρια.

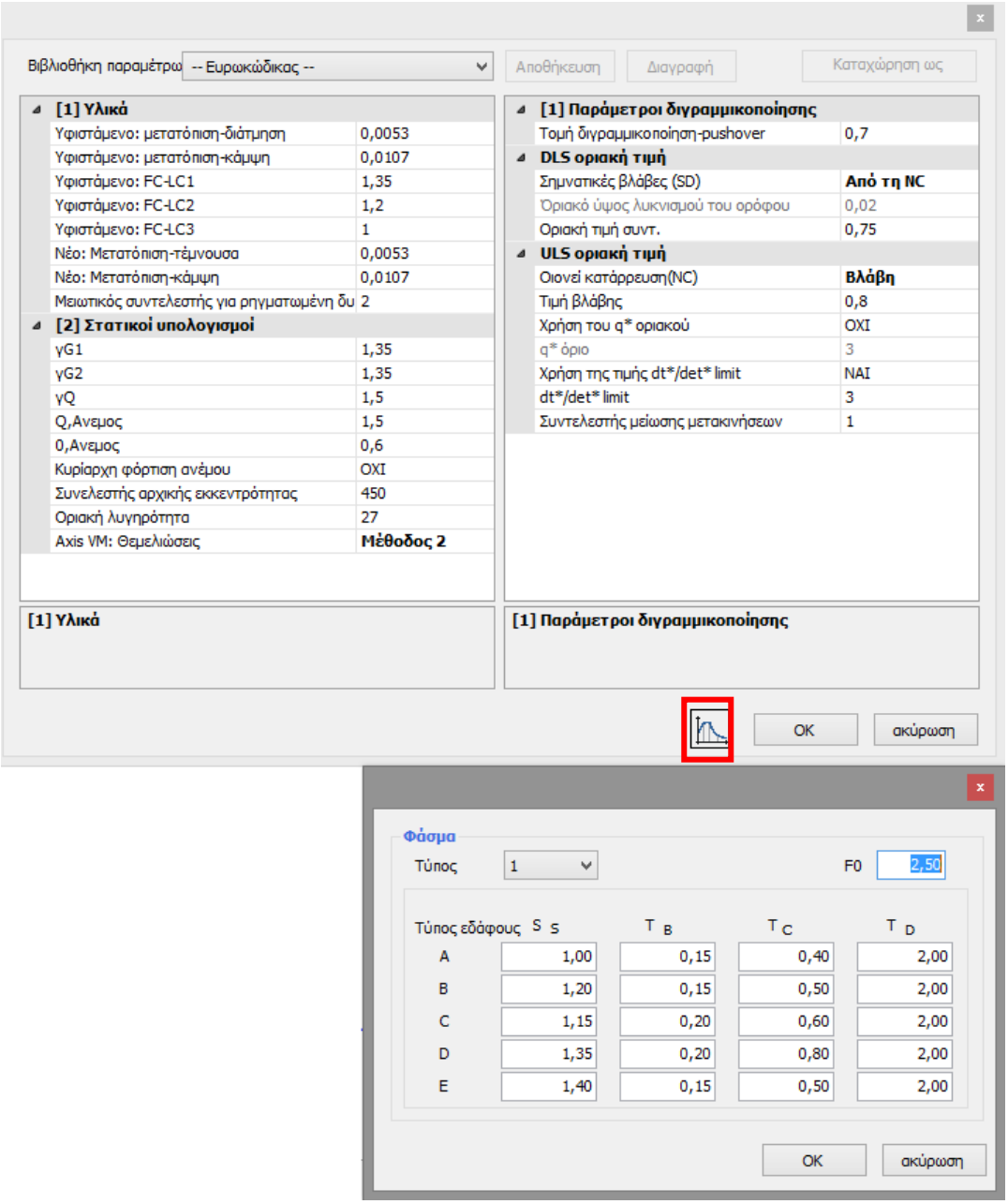
Αρχικά, ο χρήστης καθορίζει το κανονιστικό πρότυπο που θα εφαρμοστεί, όπου για την Ελλάδα & την Κύπρο θα χρειαστεί να επιλεγεί το «Ευρωκώδικας» (σημείωση: για μελέτες που ξεκίνησαν με το 3MURI έκδοση 10 και προγενέστερη το αντίστοιχο σενάριο είναι το : «EC 3MURI10») .

Με τον τρόπο αυτό εμφανίζεται ένας πίνακας με όλες τις παραμέτρους.

Να σημειωθεί ότι στην έκδοση 11 του 3MURI, ο πίνακας αυτός έχει εμπλουτιστεί με όλα τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για την pushover ανάλυση αλλά και για την απλή στατική μέθοδο (χωρίς σεισμικές φορτίσεις) αλλά και για την δυναμική ανάλυση (μέθοδος ιδιομορφών).

Έτσι, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει για παράδειγμα:

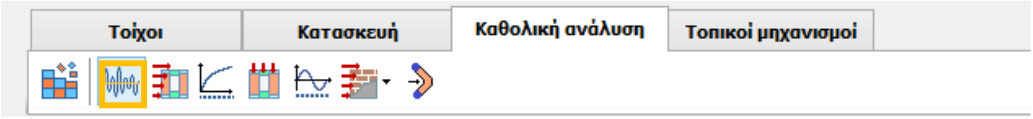
- Την οριακή τιμή παραμόρφωσης λόγω διάτμησης για υφιστάμενες ή νέες κατασκευές
- Την οριακή τιμή παραμόρφωσης λόγω κάμψης για υφιστάμενες ή νέες κατασκευές
- Τους συντελεστές εμπιστοσύνης FC για κάθε ΣΑΔ (στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων)
- Τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει η διγραμμικοποίηση της καμπύλης ικανότητας
- Τους συντελεστές ασφαλείας για τα μόνιμα & τα κινητά φορτία και άλλα.

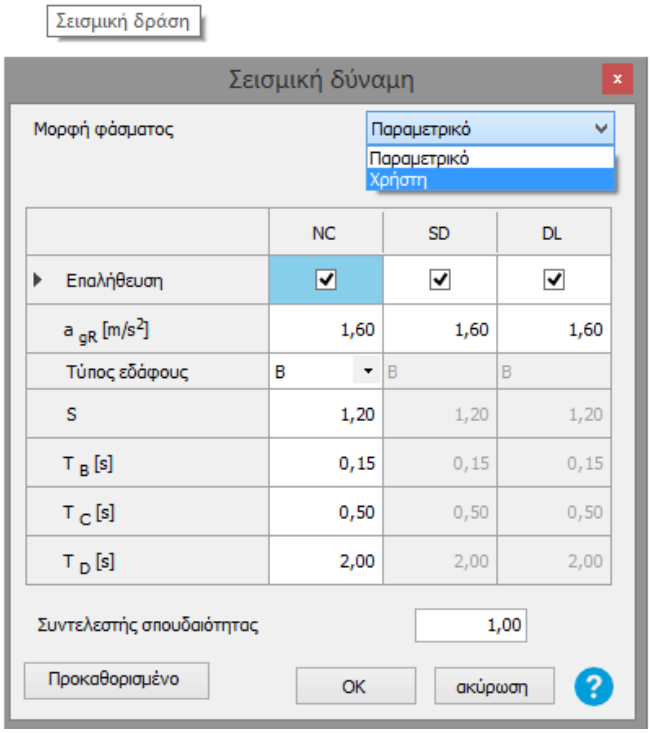


Στο παράθυρο αυτό των παραμέτρων, αν κλικάρουμε στο εικονίδιο του διαγράμματος (κόκκινο πλαίσιο) εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με τους τύπους του φάσματος (τύπος 1 υποχρεωτικά για Ελλάδα & Κύπρο) και οι τιμές των Ss, TB, TC, TD για κάθε κατηγορία εδάφους. *Οι προκαθορισμένες τιμές εμφανίζονται δεξιά στον πίνακα.

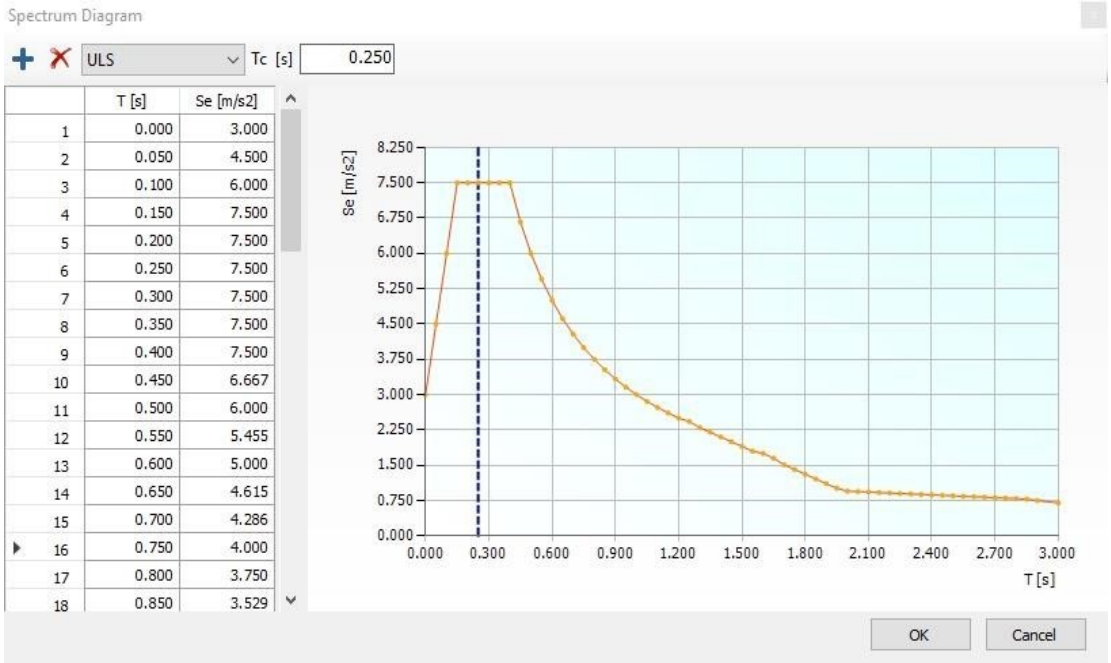
[EN 1998-1,Κεφ. 3.2.2.1(4), 3.2.2.2(1)A, 3.2.2.2(2)A,Πιν. 3.2] Παράμετροι S, T_B, T_C, T_D που καθορίζουν την μορφή του οριζόντιου ελαστικού φάσματος απόκρισης **(ΤΥΠΟΣ 1)**					[GRNA 2.9, Πιν.3]	[CYSNA 2.7, Πιν.3.2]
Κατηγορία Εδάφους	S	TB (s)	TC (s)	TD (s)	TD (s)	TD (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0	2,5	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0	2,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0	2,5	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0	2,5	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0	2,5	2,0
[GRNA 2.9, Πιν.3]	Σε Ελλάδα & Κύπρο **εφαρμόζεται** το φάσμα **τύπου 1**. Για λόγους πληρότητας του βιβλίου επισυνάπτονται παρακάτω οι παράμετροι και του δεύτερου τύπου.					
[CYSNA 2.7]						

Στην συνέχεια αφού γίνει η μοντελοποίηση του στατικού φορέα και η δημιουργία του πλέγματος, κλικάρουμε στο εικονίδιο «σεισμική δράση» με το οποίο εμφανίζεται το αντίστοιχο πεδίο διαλόγου, όπου είτε αφήνουμε το προκαθορισμένο από τον κανονισμό των ευρωκωδίκων (παραμετρικό) σενάριο είτε επιλέγουμε αυτό του χρήστη.





Αν επιλέξουμε το σενάριο χρήστη, τότε εμφανίζεται το παρακάτω πεδίο (πίνακας + διάγραμμα), από όπου μπορούμε να εισάγουμε ένα προς ένα τα κελιά και τις αντίστοιχες τιμές για την περίοδο T(s) και Se (m/s2).



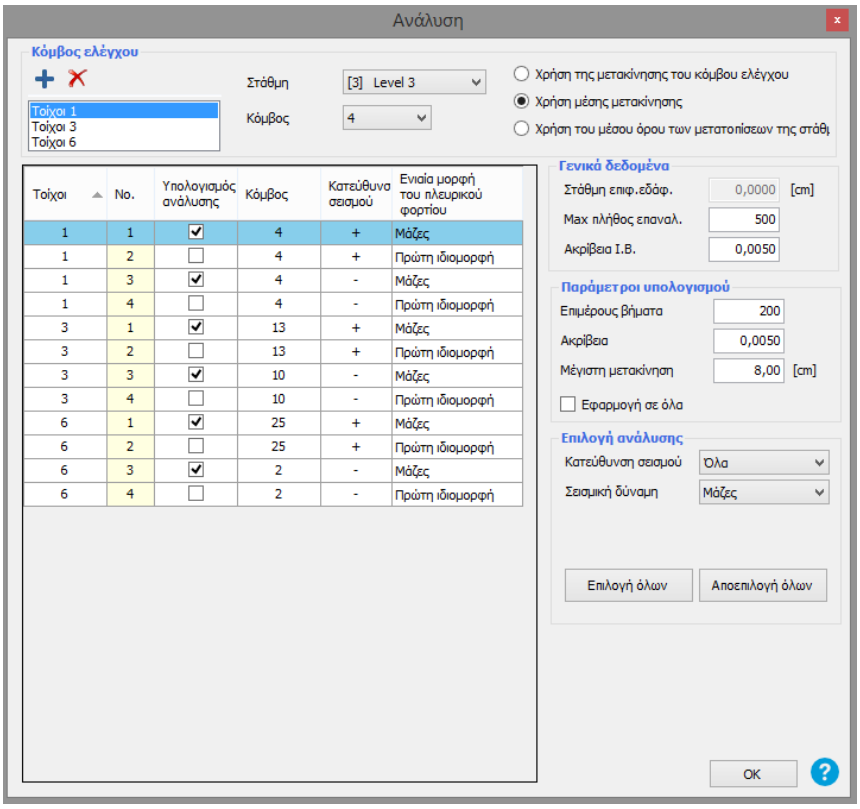
Pushover Ανάλυση ενός μεμονωμένου τοίχου

Η μη – γραμμική ανάλυση (pushover) είναι γνωστή ως μία ανάλυση που αφορά την καθολική απόκριση ενός κτιρίου. Για να χρησιμοποιηθεί και να παρέχει χρήσιμα αποτελέσματα για ένα κτίριο, χρειάζεται αυτό να έχει μία συμπεριφορά «κουτιού». Υπάρχουν όμως κτίρια, τα οποία συχνά συναντάμε, τα οποία δεν διαθέτουν σημαντική δυσκαμψία στο οριζόντιο επίπεδο, αλλά αντίθετα είναι κατασκευασμένα με δάπεδα περιορισμένης δυσκαμψίας, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζεται αυτή η συμπεριφορά κουτιού και να επηρεάζεται έτσι η συνολικά συμπεριφορά του δομήματος.

Οι τοίχοι, οι οποίοι συνδέονται με την υπόλοιπη κατασκευή, μέσω πλακών περιορισμένης δυσκαμψίας, μπορεί να χρειάζεται να αξιολογηθούν ξεχωριστά και να ελεγχθούν μεμονωμένα.

Για το σκοπό αυτό στην νέα έκδοση του 3MURI 11.3 έχει προστεθεί ένα νέο εργαλείο, το οποίο επιτρέπει στον μελετητή να επιλέξει γραφικά έναν ή περισσότερους τοίχους και να πραγματοποιήσει τον έλεγχο μεμονωμένα για τον κάθε ένα τοίχο ξεχωριστά.

Για κάθε τοίχο λοιπόν, το πρόγραμμα δημιουργεί 4 σενάρια αναλύσεων, τα οποία λαμβάνονται υπόψη σε 2 διευθύνσεις για 2 διαφορετικές κατανομές φορτίων.



Με τον τρόπο αυτό, το 3MURI καλύπτει κάθε μορφή κτιρίου, κανονικού ή μη, με εύκαμπτο ή δύσκαμπτο οριζόντιο διάφραγμα, καθώς ο μελετητής μπορεί να παράγει αποτελέσματα που αφορούν την καθολική απόκριση του φορέα, τους τοπικούς μηχανισμούς (local mechanism), την εκτός επιπέδου συμπεριφορά των τοίχων αλλά και τον έλεγχο επιμέρους τμημάτων της κατασκευής τα οποία ίσως είναι κρίσιμα και είναι προτιμότερο να απομονωθούν από την υπόλοιπη κατασκευή και να μελετηθούν ακόμα και ξεχωριστά.

Ανανέωση του πεδίου εξαγωγής αποτελεσμάτων & εκτυπώσεων

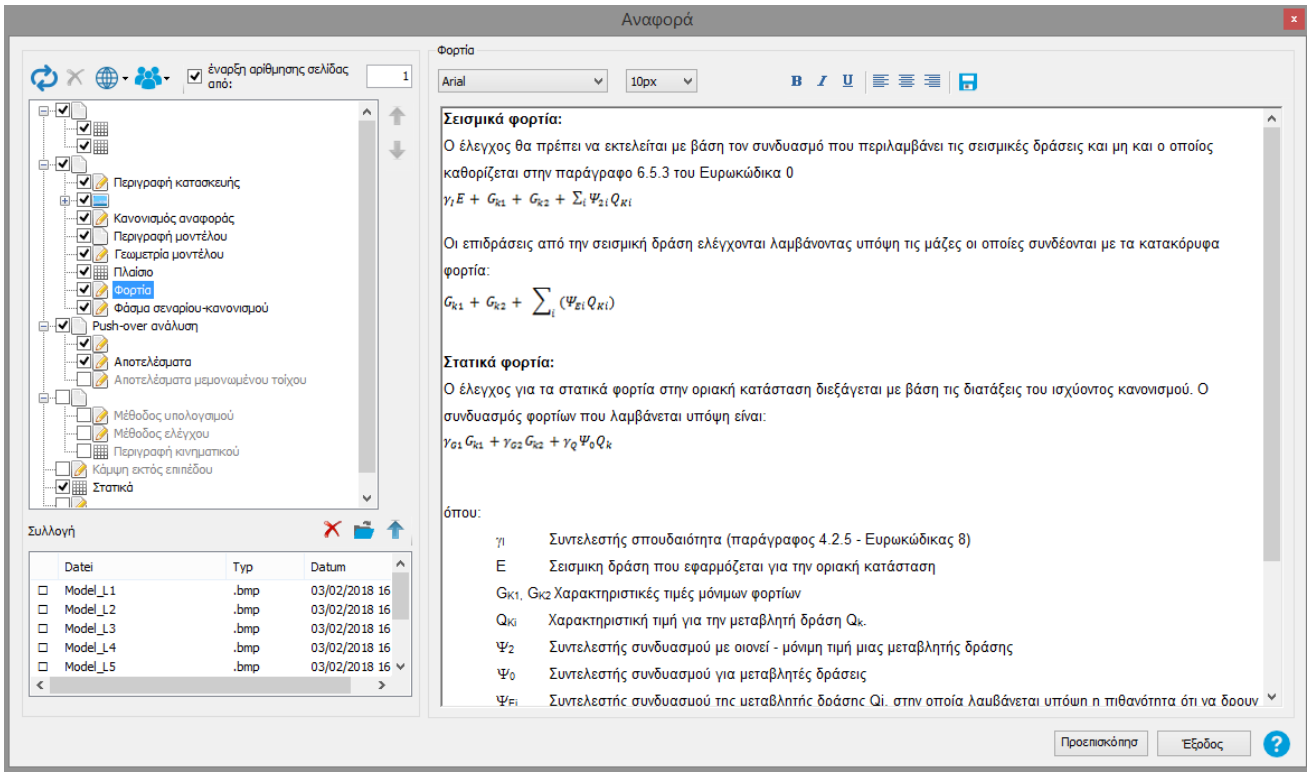
Οι προηγούμενες εκδόσεις του 3Muri δημιουργούσαν αυτόματα το τεύχος υπολογισμών εξάγοντας τα αποτελέσματα σε κεφάλαια για τις εξής αναλύσεις:

- Pushover ανάλυση
- Στατική ανάλυση
- Δυναμική ανάλυση
- Έλεγχος τοπικών μηχανισμών

Με σκοπό να βελτιωθεί η διαδικασία δημιουργίας του τεύχους υπολογισμών, ανανεώθηκε η σχετική καρτέλα και πλέον μπορεί να γίνει εύκολα και γρήγορα ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων των αναλύσεων μέσα από ένα ενιαίο πεδίο, όπου περιλαμβάνονται όλες οι αναλύσεις και τα επιμέρους κεφάλαια.

Το πρόγραμμα παράγει αυτόματα τις εικόνες του μοντέλου του κτιρίου (κατόψεις και αξονομετρικά) και τα ενσωματώνει σε ένα ειδικό κεφάλαιο στο τεύχος. Ο νέος τρόπος δημιουργίας του τεύχους επιτρέπει να παραχθεί ένα συνολικό τεύχος υπολογισμών, μειώνοντας σημαντικά τις απαιτήσεις για περαιτέρω επεξεργασία και τον τελικό χρόνο για την ολοκλήρωση του.

Τέλος, στην Ελληνική έκδοση του προγράμματος έχουν ενσωματωθεί μία σειρά από κανονιστικά κείμενα, στοιχεία θεωρίας για το μακρο-στοιχείο, την pushover ανάλυση και γενικότερα την διαδικασία των αναλύσεων που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα, τα οποία εξάγονται αυτόματα στο τεύχος.



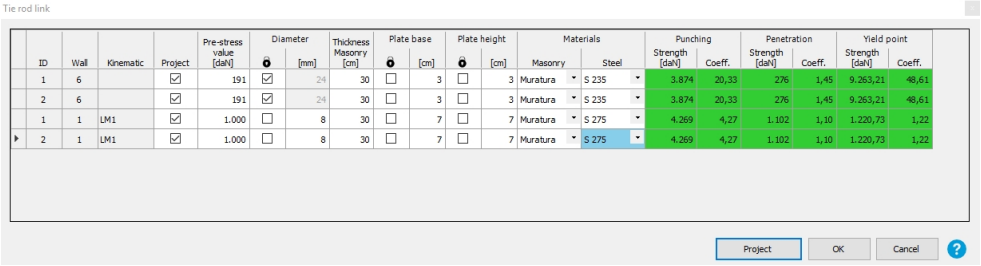
Υπολογισμός σύνδεσης ελκυστήρα

Μία πρόσθετη δυνατότητα στο 3Muri επιτρέπει να υπολογιστεί και να ελεγχθεί η σύνδεση μέσω ελάσματος και αγκυρίων των ελκυστήρων που χρησιμοποιεί ο χρήστης σε ένα μαθηματικό μοντέλο.

Ο υπολογισμός περιλαμβάνει τους παρακάτω ελέγχους:

- έλεγχος διάτρησης της τοιχοποιία στην περιοχή της αγκύρωσης;
- έλεγχος της διείσδυσης του αγκυρίου (εφελκυσμός στην επιφάνεια ελάσματος-τοίχου)
- έλεγχος διαρροής του ελκυστήρα

Με τον καθορισμό των χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας και της τιμής της προέντασης την οποία το αγκύριο πρέπει να αναλάβει, γίνεται ο έλεγχος της σύνδεσης και ο υπολογισμός του απαιτούμενου ελάσματος (με προκαθορισμένη τιμή για την μία από τις δύο διαστάσεις)



Νέα έκδοση 11.4.0.6 του 3MURI
Έλεγχος σεισμοπλήκτων κτιρίων με ελαστική ανάλυση

ERGOCAD®

Τηλ. Επικ. 2114112619-20 | www.ergocad.eu | info@ergocad.eu | Αρετής 13, Περιστέρι, ΤΚ 12135