

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΛΕΥΚΑΔΑΣ

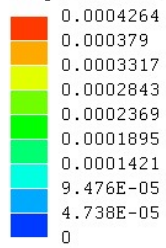
Στατική Μελέτη

Σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες.

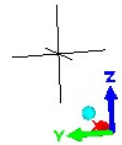
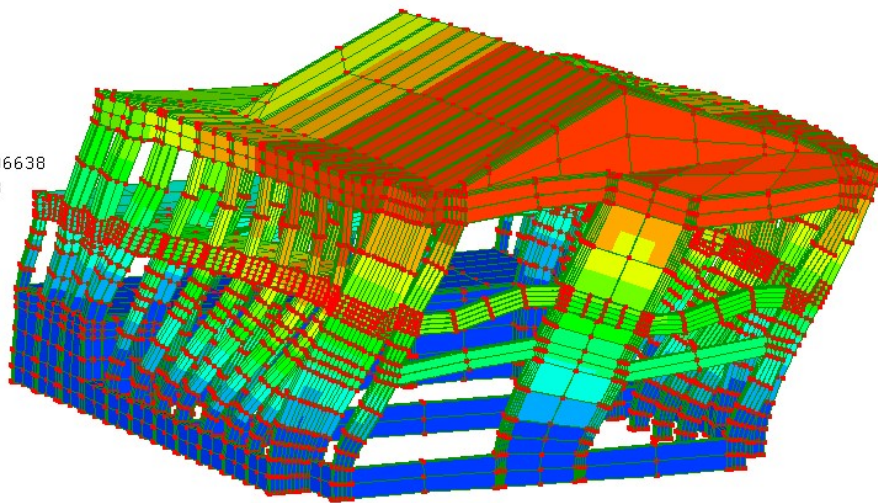
Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ.

Έλεγχος Στατικής Επάρκειας Δημοτικού Θεάτρου Λευκάδας

Displacement Magnitude



Angular freq. = 12.06638
Frequency = 1.920423



Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη «Έλεγχος Στατικής Επάρκειας Δημοτικού Θεάτρου Λευκάδας» αφορά την στατική αποτίμηση του κτιρίου το οποίο θα στεγάσει το δημοτικό θέατρο Λευκάδας. Η κατασκευή του Θεάτρου ξεκίνησε το έτος 2000. Το 2003 από τον σεισμό της 14^{ης} Αυγούστου το υπό κατασκευή κτίριο υπέστη ζημιές στον φέροντα οργανισμό. Οι αστοχίες ήταν τοπικού χαρακτήρα, οι οποίες αποκαταστάθηκαν το 2004 με τοπική ενίσχυση του φέροντα οργανισμού όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο, σύμφωνα με την εγκεκριμένη από το ΤΑΣ μελέτη. Εν συνεχεία στο πλαίσιο της εν εξελίξει εργολαβίας συνεχίστηκαν οι εργασίες κατασκευής μέχρι το 2007, όπου και σταμάτησαν πριν ολοκληρωθούν λόγω διάλυσης της εργολαβίας. Από το σεισμό της 17 Νοεμβρίου 2015 και κατόπιν αυτοψίας στο κτίριο, δεν διαπιστώθηκαν βλάβες στον Φέροντα Οργανισμό.

Στο πλαίσιο της μελέτης αποπεράτωσης του Θεάτρου, κρίθηκε αναγκαίο να γίνει συνολική επανεκτίμηση της στατικής επάρκειας του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των επεμβάσεων στον φέροντα οργανισμό που έγιναν το 2004, εφαρμόζοντας τα προβλεπόμενα από τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).

Το κτίριο είχε μελετηθεί με παλαιότερο κανονισμό και σήμερα είναι σε καλή κατάσταση χωρίς ιδιαίτερες διαβρώσεις από τις καιρικές συνθήκες. Επιτόπιες μετρήσεις έγιναν και μας έδειξαν την κατηγορία του σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του.

Με τα δεδομένα αυτά και τους ξυλοτύπους εφαρμογής έγινε ο έλεγχος σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, οι λεπτομέρειες του οποίου παρουσιάζονται στο τεύχος της μελέτης.

Η ανάλυση ανέδειξε τα παρακάτω στα οποία κρίθηκε απαραίτητο να επιλυθούν:

- Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του κτιρίου (αναβαθμοί θεατών) χρησιμοποιήθηκαν υψηλές δοκοί στην ανατολική του πλευρά. Τα υποστυλώματα στη θέση αυτή έχουν ιδιαίτερα μικρές διαστάσεις, με ιδιαίτερα πολύ σπλισμό. Το αποτέλεσμα είναι να μην ικανοποιούν τον έλεγχο ικανοτικού σχεδιασμού αλλά και να αστοχούν ψαθυρά.
- Η δυτική πλευρά δεν έχει ενδιάμεσους ορόφους, παρά μόνο περιμετρικές δοκούς. Αυτό την καθιστά πιο εύκαμπτη από την ανατολική και το κτίριο εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλες στροφές.

Για να επιλυθούν τα παραπάνω στοιχεία συμπεριφοράς του κτιρίου επιλέχθηκε η ενίσχυσή του σε κατάλληλα σημεία με μανδύες έγχυτου σκυροδέματος, μεταλλικούς κλωβούς και διατμητικά πλαίσια. Συνολικά ενισχύθηκαν 6 υποστυλώματα διατομής 40x40 με μανδύα έγχυτου σκυροδέματος κατηγορίας C25/30 πάχους 20cm. Ακόμα ενισχύθηκαν 2 υποστυλώματα 40x40 και 2 60x60 με μεταλλικό κλωβό. Τέλος τοποθετήθηκαν δύο διατμητικά πλαίσια για έλεγχο των στροφών του κτιρίου.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

ΤΟΥ ΜΕΛΕΤΗΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Ο υπογεγραμμένος ΑΝΑΣΤΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Διπλωματούχος ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ βάσει του νόμιμου δικαιώματος ασκήσεως επαγγέλματος κάτοικος ΑΡΤΑΣ Οδός ΓΩΓΟΥ ΜΠΑΚΟΛΑ αριθ. 31 τηλ. 6987971150 Αρ. Αστυνομικής ταυτότητας και χρονολογίας εκδόσεως ΑΖ 745614 2008 εκδοθείσα υπό του παρ/τος Ασφαλείας ή Υπ/τος Χωρ/κης ΑΡΤΑΣ Αστυνομικό τμήμα ΑΡΤΑΣ.

ΔΗΛΩΝΩ ΥΠΕΥΘΥΝΑ

Α) Για την περίπτωση φέροντος οργανισμού από οπλισμένο σκυρόδεμα:

1. Οτι κατά την σύνταξη της μελέτης, συμμορφώθηκα πλήρως προς τον Κανονισμό για την Μελέτη και Κατασκευή Εργων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα (EC 2, EN 1992), καθώς και προς τον Αντισεισμικό Κανονισμό (EC 8, EN 1998) με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα GR για Ελλάδα ή CY για Κύπρο.
2. Οτι αναλαμβάνω την πλήρη ευθύνη για την ακρίβεια των υπολογισμών.
3. Οτι θα προβώ έγκαιρα στην επιμελημένη σύνταξη των σχεδίων λεπτομερειών.
4. Οτι θα συμμορφωθώ πλήρως κατά την κατασκευή προς τις διατάξεις του Κανονισμού για την Μελέτη και Κατασκευή Εργων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα (EC 2, EN 1992).

Β) Για την περίπτωση φέροντος οργανισμού από υλικά διαφορετικά του οπλισμένου σκυροδέματος:

1. Οτι κατά την σύνταξη της μελέτης, συμμορφώθηκα πλήρως προς τον Αντισεισμικό Κανονισμό (EC 8, EN 1998) με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα GR για Ελλάδα ή CY για Κύπρο καθώς και τους κανονισμούς (EC5, EN1995), (EC6, EN1996) για Δομική Ξυλεία και Τοιχοποιία αντίστοιχα.
2. Οτι αναλαμβάνω την πλήρη ευθύνη για την ακρίβεια των υπολογισμών.
3. Οτι θα προβώ έγκαιρα στην επιμελημένη σύνταξη των σχεδίων λεπτομερειών.

Ημερομηνία
Ο ΔΗΛΩΝ

Παραδοχές Υπολογισμού

<p>[1] Υλικά</p> <p>Σκυρόδεμα C12/15 Χάλυβας οπλισμού B500C Κατηγορία έκθεσης [XC3] Δομικός χάλυβας S235 Δομική Ξυλεία C24/11E</p> <p>[2] Μόνιμα φορτία</p> <p>Ειδικό βάρος σκυροδέματος 25.0 kN/m³ Ειδικό βάρος χάλυβα 78.5 kN/m³ Δρομικής πλινθοδομής 2.1 kN/m² Μπατικής πλινθοδομής 3.6 kN/m²</p> <p>Επικάλυψη πλακών γενικά 1.2 kN/m² Επικάλυψη κλιμάκων 2.5 kN/m² Επικάλυψη δώματος/Στέγης 2.0 kN/m² Ειδικό βάρος γαιών 20.0 kN/m³ Ειδικό βάρος Δομικής Ξυλείας 3.5 kN/m³</p> <p>[3] Μεταβλητά φορτία</p> <p>Δάπεδα κατοικιών-γραφείων 2.0 kN/m² Δάπεδα και κλιμάκ. καταστημάτων 5.0 kN/m² Κλιμάκων κατοικίας-γραφείων 3.5 kN/m² Δάπεδα εξωστών 5.0 kN/m² Δάπεδα χώρων στάθμευσης 5.0 kN/m² Δώμα / Στέγη (μη βατή) 0.5 kN/m²</p>	<p>[6] Στοιχεία αντισεισμικού σχεδιασμού</p> <p>Εθνικό προσάρτημα GR(Ελλάς) Κατηγορία πλαστιμότητας ΚΠΜ Σεισμική ζώνη Z3 $a_{gR} = 0,360$ Κατακόρυφη συνιστώσα NAI Τύπος φάσματος Σχεδιασμού 1 Εδαφικός τύπος B S = 1,20 Ιδιοπερίοδοι $T_B=0,15$ $T_C=0,50$ $T_D=2,50$ φάσματος Συντ. απόσβεσης $\xi=5,00\%$ Συντελεστής τοπογραφίας $S_T = 1,00$</p> <p>[6.1] Συντελεστής συμπεριφοράς</p> <p>Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς $q_{\chi}=2,00$ $q_Z=2,00$ οριζ. Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα $q_{\nu}=1,50$</p> <p>Στατικό σύστημα: (Διεύθυνση X) ΙΣΟΔΥΜΑΝΟ ΠΡΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΔΙΠΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Στατικό σύστημα: (Διεύθυνση Z) ΙΣΟΔΥΜΑΝΟ ΠΡΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΔΙΠΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑ</p> <p>Κανονικότητα σε κάτοψη OXI Κανονικότητα καθ' ύψος X: NAI Z: NAI</p> <p>Βασική τιμή συντ. συμπεριφοράς $q_{0\chi}=2,00$ $q_{0Z}=2,00$ Αντισεισμική Ανάλυση Δυναμική με Μ.Μαζών Ανάλυση pushover OXI Συντ. μείωσης μετακινήσεων Ο.Κ.Π.Β. $\nu=0,40$ Ικανοτικός σχεδιασμός σε κάμψη X: OXI Z: OXI</p>
<p>[4] Συντελεστές ασφαλείας φορτίων-υλικών</p> <p>Μόνιμα φορτία $\gamma_G=1,35$ Μεταβλητά φορτία $\gamma_O=1,50$ Σκυροδέματος $\gamma_C=1,50$ Συντελεστής θλιπτικής αντοχής $\alpha_{cc}=0,85$ Χάλυβα οπλισμού $\gamma_S=1,15$ Δομικός χάλυβας $\gamma_{M0}=1,00$ $\gamma_{M1}=1,00$ $\gamma_{M2}=1,25$ Συντ. υπεραντοχής δομικού χάλυβα $\gamma_{ov}=1,25$ Δομική Ξυλεία $\gamma_M=1.50$ Συνδυασμοί ECO (6.10a)+(6.10b) $\xi= 0,85$</p>	<p>[7] Πρότυπα κ' Εθνικά προσάρτηματα (ΕΛΟΤ)</p> <p>Βάσεις σχεδιασμού EN1990 2002 Δράσεις στους φορείς EN1991-1 2002 Κανονισμός Σκυροδέματος EN1992-1 2004 Κανονισμός κατασκευών από Χάλυβα EN1993-1 2006 Κανονισμός κατασκευών από τοιχοποιία EN1996-1 2006 Γεωτεχνικός Σχεδιασμός EN1997-1 2004 Αντισεισμικός Κανονισμός EN1998-1,5 2004 Ανάλυση pushover EN1998-3 2005 KAN.ΕΠΕ ΦΕΚ42/Β/20/1/12</p>
<p>[5] Έδαφος</p> <p>Μέθοδος υπολογισμού Απλοποιημένη μεθ. Επιτρεπόμενη τάση $\sigma_{\epsilon\pi}=100,00$ kN/m² Γωνία τριβής στη βάση θεμελίου $\delta=25,00[^\circ]$</p>	<p>[8] Προβλέψεις</p> <p>Καθ' Ύψος Κατ' Επέκταση ΜΗΔΕΝ(0) 0</p>

- **Υλικά - Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων**

- **Αντοχές υλικών**

Για υφιστάμενα υλικά λαμβάνονται οι μέσες τιμές των χαρακτηριστικών των υλικών όπως αυτές προσδιορίζονται από δοκιμές. Για νέα ή προστιθέμενα υλικά οι υπολογισμοί βασίζονται στις χαρακτηριστικές τιμές των υλικών που προδιαγράφονται στην μελέτη. Βλ. EC8-3 §2.2.1 και ΚΑΝ.ΕΠΕ. παράρτημα 4.1 και 9Α.

- **Επίπεδο Γνώσης (ή Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων Σ.Α.Δ.)**

Προσδιορίζεται το Επίπεδο Γνώσης ή αλλιώς η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων των υλικών και της γεωμετρίας του φορέα σύμφωνα με EC8-3 §3.3 ή ΚΑΝ.ΕΠΕ. §3.6. Η Σ.Α.Δ. καθορίζει την τιμή του συντελεστή εμπιστοσύνης CF για το σκυρόδεμα και τον χάλυβα, καθώς και τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας γ^c και γ^s βάσει EC8-3 §3.3.1(4) και §2.2.1(7)Α.

- **Αποτίμηση Φ.Ι. υπό Στατικά Φορτία**

- **Οριακή Κατάσταση Δομικής Αστοχίας**

Βάσει δεδομένου διαμήκη, εγκάρσιου, αλλά και τυχόν διαγώνιου οπλισμού δοκού αποτιμάται η Φέρουσα Ικανότητα έναντι κάμψης και διάτμησης.

1. **Υλικά**

Ο έλεγχος υπό στατικά φορτία πραγματοποιείται σε όρους δυνάμεων, συνεπώς τα χαρακτηριστικά των υλικών που υπεισέρχονται στον υπολογισμό των αντοχών σε κάμψη και διάτμηση λαμβάνονται σύμφωνα με όσα προβλέπονται σε EC8-3 §2.2.1(5)Α-(7)Α.

2. **Φέρουσα Ικανότητα έναντι κάμψης**

Υπολογίζεται η ένταση (M,N) από την ανάλυση για όλους τους συναφείς συνδυασμούς και η αντίστοιχη ροπή αντοχής MRd.

3. **Φέρουσα Ικανότητα έναντι διάτμησης**

Για τον δεδομένο εγκάρσιο και διαγώνιο οπλισμό υπολογίζεται η τιμή της τέμνουσας που μπορεί να αναληφθεί από τον οπλισμό VRds καθώς και η αντοχή σε όρους σύνθλιψης του λοξού θλιπτήρα VRdmax. Η τέμνουσα της ανάλυσης συγκρίνεται με την ελάχιστη από τις VRds & VRdmax.

- **Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας**

1. **Υλικά**

Ο έλεγχος λειτουργικότητας πραγματοποιείται σε όρους δυνάμεων, συνεπώς τα χαρακτηριστικά των υλικών που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς λαμβάνονται σύμφωνα με όσα προβλέπονται σε EC8-3 §2.2.1(5)Α-7(Α) και με συντελεστές ασφαλείας υλικών σύμφωνα με EC2-1-1 §2.4.2.4(2).

2. **Περιορισμός Τάσεων Χάλυβα και Σκυροδέματος**

a. Μεθοδολογία

Βάσει του δεδομένου οπλισμού των διατομών και των χαρακτηριστικών των υλικών συντάσσονται διαγράμματα Ροπών - Καμπυλοτήτων. Στην παραγωγή των διαγραμμάτων λαμβάνεται υπόψη η απόσχιση της διατομής και η ακολουθία διαρροής και αστοχίας του σκυροδέματος και του εφευκόμενου χάλυβα. Ακολουθεί διγραμμικοποίηση του διαγράμματος ώστε να προσδιορισθεί το συμβατικό σημείο διαρροής της διατομής $M_y - \varphi_y$. Η αλληλεπίδραση αξονικής δύναμης και της διαξονικής κάμψης.

μ

μ

b. περίσφιγξη

Στη σύνταξη των διαγραμμάτων αντοχής των υποστυλωμάτων συνυπολογίζεται η περίσφιγξη του σκυροδέματος.

α

2. Διαγράμματα Ροπών - Γωνιών Στροφής Χορδής μέλους, M-θ

ρ

ο

π

ω

a. Γωνία στροφής χορδής στην διαρροή θγ

Η καμπυλότητα διαρροής υπεισέρχεται στον υπολογισμό της γωνίας στροφής χορδής στην διαρροή θγ σύμφωνα με τις σχέσεις EC8-3 (A.10β) για δοκούς και υποστυλώματα και (A.11β) για τοιχώματα. Βλ. και ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.2.2 σχέσεις (Σ.2) & (Σ.3) αντίστοιχα. Στα υποστυλώματα λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη το μήκος μάτισης οπλισμών σύμφωνα με EC8-3 §A.3.2.4(3) ή όμοια βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.2.1(δ).

κ

α

μ

π

υ

λ

b. Γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία θυ

Για τις δοκούς η γωνία στροφής χορδής κατά την αστοχία θυ υπολογίζεται από την σχέση EC8-3 (A.1) ή όμοια από την (Σ.8α) του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Για υποστυλώματα και τοιχώματα γίνεται χρήση της σχέσης EC8-3 (A.4), μέσω της οποίας λαμβάνεται υπόψη με μεγαλύτερη ακρίβεια η πλαστική απόκριση της διατομής, όπως αυτή προσδιορίστηκε από την καμπύλη Ροπής - Καμπυλότητας.

ο

τ

μ

τ

ω

ν

c. Υλικά

Οι έλεγχοι ορθής έντασης (M και N) γίνονται σε όρους παραμορφώσεων συνεπώς τόσο για την σύνταξη των διαγραμμάτων Ροπών - Καμπυλοτήτων, όσο και στον υπολογισμό της γωνίας στροφής - χορδής στην διαρροή και την αστοχία οι αντοχές των υλικών λαμβάνονται σύμφωνα με EC8-3 §2.2.1(5)A.

3. Δυσκαμψία

Μέχρι την διαρροή τα μέλη αποκρίνονται ελαστικά με ενεργό δυσκαμψία που προσδιορίζεται με την σχέση $E I_{eff} = M_y \cdot L_v / (3 \cdot \theta_y)$. Βλ. EC8-3 §A.3.2.4(5) και ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.2.3.

Μόλις το μέλος υπερβεί το όριο διαρροής σε κάμψη ή ακόμη στην περίπτωση όπου σημειωθεί αστοχία σε διάτμηση πριν την καμπτική διαρροή, το άκρο πλαστικοποιείται, γεγονός που ισοδυναμεί με απώλεια της δυσκαμψίας για το άκρο αυτό. Κατά την μετελαστική απόκριση αυξάνεται η παραμόρφωση στο πλαστικοποιημένο άκρο χωρίς ουσιαστικά να παραλαμβάνεται επιπλέον ένταση.

ή

Αποτίμηση-Υλικά

Από τα σχέδια της μελέτης προσδιορίστηκαν τα υλικά κατασκευής του υπό μελέτη κτιρίου. Επί τόπου μη καταστροφικοί έλεγχοι έγιναν για να επαληθεύσουμε την κατηγορία του σκυροδέματος. Για το μεν σκυρόδεμα η ποιότητα είναι B160, που αντιστοιχεί σε θλιπτική αντοχή κυλίνδρου $f_{ck} = 12 \text{MPa}$ και για το χάλυβα των οπλισμών S500, που αντιστοιχεί στον σημερινό ($f_y = 500 \text{MPa}$).

Η ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Βάσεις της μεθόδου

Στην προσομοίωση των κτιρίων, οι τιμές της γραμμικής ελαστικής δυσκαμψίας και της ιξώδους απόσβεσης θα αντιστοιχούν σε απόκριση των δομικών στοιχείων κοντά στο όριο διαρροής τους.

Δείκτης ανεπάρκειας λ

Προκειμένου να προσδιοριστεί το μέγεθος και η κατανομή των απαιτήσεων ανελαστικής συμπεριφοράς στα πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία του φορέα ανάληψης των σεισμικών δράσεων, απαιτείται μια προκαταρκτική ελαστική ανάλυση του κτιρίου, έτσι ώστε για κάθε στοιχείο του να υπολογισθούν οι λόγοι («δείκτες ανεπάρκειας») $\lambda = SE / R_m$, (Σ. 5.1, §5.5.1.1., ΚΑΝΕΠΕ).

όπου SE είναι το εντατικό μέγεθος (ροπή) λόγω των δράσεων του σεισμικού συνδυασμού (§4.4.2, ΚΑΝΕΠΕ), όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται χωρίς μείωση ($q=1$), ενώ R_m είναι η αντίστοιχη διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου, υπολογιζόμενη με βάση τις μέσες τιμές των αντοχών των υλικών (βλ. §5.1.4, ΚΑΝΕΠΕ).

Οι λόγοι λ θα υπολογίζονται, τόσο για την αποτίμηση όσο και για τον ανασχεδιασμό, σε κάθε πρωτεύον φέρον στοιχείο. Ο μεγαλύτερος λόγος λ για ένα επιμέρους στοιχείο σε έναν όροφο (το πλέον καταπονούμενο) θα θεωρείται κρίσιμος λόγος λ για τον όροφο.

Προϋποθέσεις εφαρμογής

α. Το πεδίο εφαρμογής της δυναμικής ελαστικής μεθόδου ορίζεται από τη συνθήκη πως για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει για το δείκτη ανεπάρκειας $\lambda \leq 2,5$ ή για ένα ή περισσότερα από αυτά προκύπτει $\lambda > 2,5$ και το κτίριο είναι μορφολογικά κανονικό.

β. Ανεξαρτήτως της ισχύος των συνθηκών της προηγούμενης παραγράφου, αλλά υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για τους σκοπούς (μόνον) της αποτίμησης η εφαρμογή της δυναμικής ελαστικής μεθόδου. Στην περίπτωση αυτή οι συντελεστές ασφαλείας προσομοιώματος γ_{sd} που αυξάνονται κατά 0.15.

Προσομοίωση και ανάλυση

- **Γενικά**

Η σεισμική δράση για τη δυναμική ανάλυση θα καθορίζεται σύμφωνα με την

§5.2. Στην ελαστική δυναμική ανάλυση θα εισάγεται ως σεισμική δράση είτε το φάσμα σχεδιασμού του ΕΚ 8-1, είτε χρονοϊστορίες επιταχύνσεων βάσεως συμβατές με το φάσμα αυτό (σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ 8-1).

- **Μέθοδος φάσματος απόκρισης**

α. Η δυναμική ανάλυση για τον προσδιορισμό των μέγιστων τιμών που αντιστοιχούν σε κάθε ιδιομορφή θα γίνεται με βάση τη μέθοδο της φασματικής ιδιομορφικής ανάλυσης, χρησιμοποιώντας επαρκή αριθμό ιδιομορφών, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ 8-1.

β. Οι μέγιστες τιμές εντατικών μεγεθών, μετακινήσεων, δυνάμεων ορόφων, τεμνουσών ορόφων, και τεμνουσών βάσεων για κάθε ιδιομορφή, θα συνδυάζονται με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1.

γ. Η χωρική επαλληλία των ανωτέρω μεγεθών θα γίνεται με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1.

- **Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών**

α. Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q), οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση είτε με βάση τη φασματική ιδιομορφική μέθοδο (§5.6.3.2), είτε με βάση τη μέθοδο της χρονοϊστορίας της απόκρισης (§5.6.3.3), θα πολλαπλασιάζονται επί τον συντελεστή συμπεριφοράς (q), ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.

β. Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m), όλα τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση, είτε με βάση τη φασματική ιδιομορφική μέθοδο (§5.6.3.2) είτε με βάση τη μέθοδο της χρονοϊστορίας της απόκρισης (§5.6.3.3), θα αυξάνονται κατάλληλα ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων (§5.7.4.2).

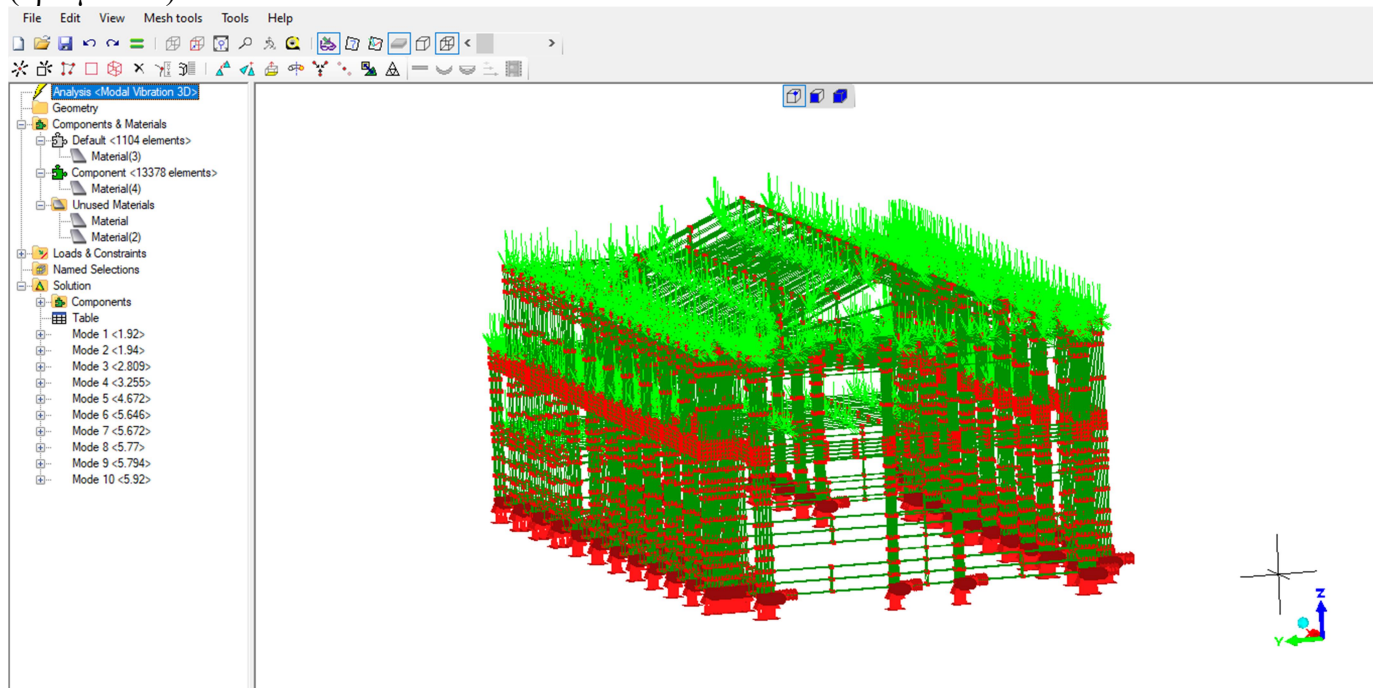
γ. Σε όλες τις περιπτώσεις, τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα επαυξάνονται ώστε να συνεκτιμάται η επιρροή της στρέψης, σύμφωνα με την §5.4.2.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ

Διακριτοποίηση

Τόσο για το στάδιο της αποτίμησης όσο και του ανασχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε χωρικό προσομοίωμα.

Για την προσομοίωση των δομικών μελών χρησιμοποιήθηκαν χωρικά πεπερασμένα στοιχεία (πρισματικά).



Μοντέλο του υπο μελέτη κτιρίου με πρισματικά πεπερασμένα.

Συνδυασμοί δράσεων

Στα πλαίσια των αναλύσεων με την Ανελαστική Στατική μέθοδο, τόσο για την αποτίμηση όσο και τον ανασχεδιασμό του υπό μελέτη υφιστάμενου δομήματος, λαμβάνονται τόσο ο μη-σεισμικός όσο και οι σεισμικοί συνδυασμοί δράσεων.

Οι συνδυασμοί αυτοί των δράσεων είναι οι εξής:

- Μη σεισμικός συνδυασμός.
- Σεισμικοί συνδυασμοί.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Με βάση τα προηγούμενα, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή ελαστικής και ανελαστικής ανάλυσης στον υφιστάμενο φορέα.

Ως στάθμη επιτελεστικότητας επιλέγεται η Β1 («Προστασία Ζωής»). Πρόκειται για μια κατάσταση κατά την οποία, για το σεισμό σχεδιασμού αναμένεται να παρουσιαστούν βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, που είναι, όμως, επισκευάσιμες, χωρίς να εμφανιστούν όμως βλάβες στην οικοσκευή ή τα υλικά που είναι αποθηκευμένα στο κτίριο. Ως σεισμική δράση σχεδιασμού λαμβάνεται αυτή με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια, που αποτελεί το συμβατικό χρόνο ζωής της κατασκευής

Εφαρμογή ελαστικής δυναμικής ανάλυσης

Προσδιορισμός ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς

Η τιμή του συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς καθορίζεται από την ικανότητα του στατικού συστήματος να καταναλώνει σεισμική ενέργεια.

Τιμές του λόγου q^*/q' αναλόγως του στόχου αποτίμησης (για τον φέροντα οργανισμό) (§4.6.1, ΚΑΝΕΠΕ)

Στάθμη επιτελεστικότητας		
«Περιορισμένες βλάβες» (Α)	«Σημαντικές βλάβες» (Β)	«Οιονεί κατάρρευση» (Γ)
0,6 πάντως δε $1,0 < q^* < 1,5$	1,0	1,4

Τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q' για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β (§4.6.2, ΚΑΝΕΠΕ)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων (1)		Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων (1)	
	Ουσιώδεις βλάβες σε προτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε προτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995<...	3,0	2,3	2,3	1,7
1985<...<1995(2)	2,3	1,7	1,7	1,3
...<1985	1,7	1,3	1,3	1,1

Παράλληλα οι δράσεις έχουν πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή $\gamma_{Sd,ελ} = \gamma_{Sd} + 0.15 = 1.15$

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι νέοι τροποποιημένοι συνδυασμοί δράσεων για τους οποίους πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος επάρκειας των υφιστάμενων δομικών στοιχείων του κτιρίου.

- Βασικός συνδυασμός: $1.15(1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q)$
 - Τυχηματικός συνδυασμός: $1.15(1.10 \cdot G + 0.6 \cdot Q \pm E_x \pm 0.3 \cdot E_y)$
- $1.15(1.10 \cdot G + 0.6 \cdot Q \pm E_y \pm 0.3 \cdot E_x)$

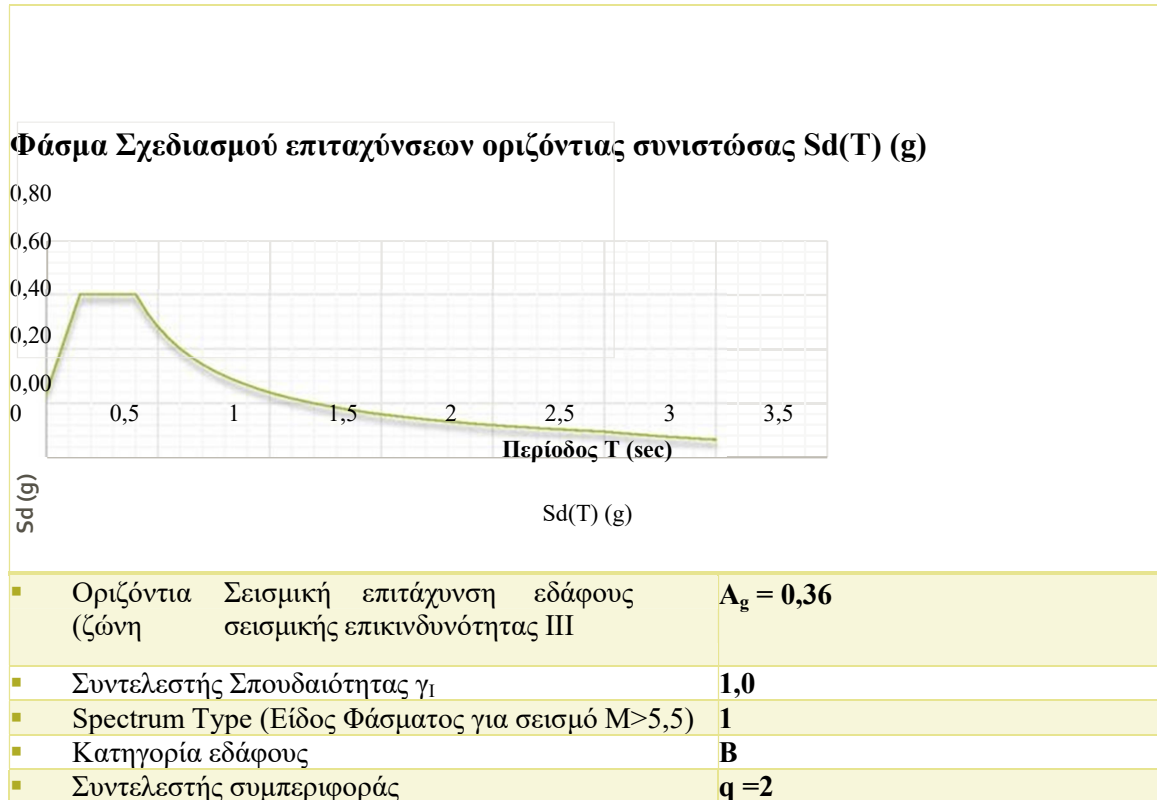
Ανάλυση

Για τον προσδιορισμό των σεισμικών φορτίων θα χρησιμοποιηθεί το φάσμα ελαστικής απόκρισης του ΕΚ8-1. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος που ορίστηκε η φασματική ανάλυση.

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμό της μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης και επαλληλία των μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων.

Το φάσμα απόκρισης που υιοθετήθηκε για τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων ακολούθησε τα οριζόμενα στον Ευρωκώδικα 8 και παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.



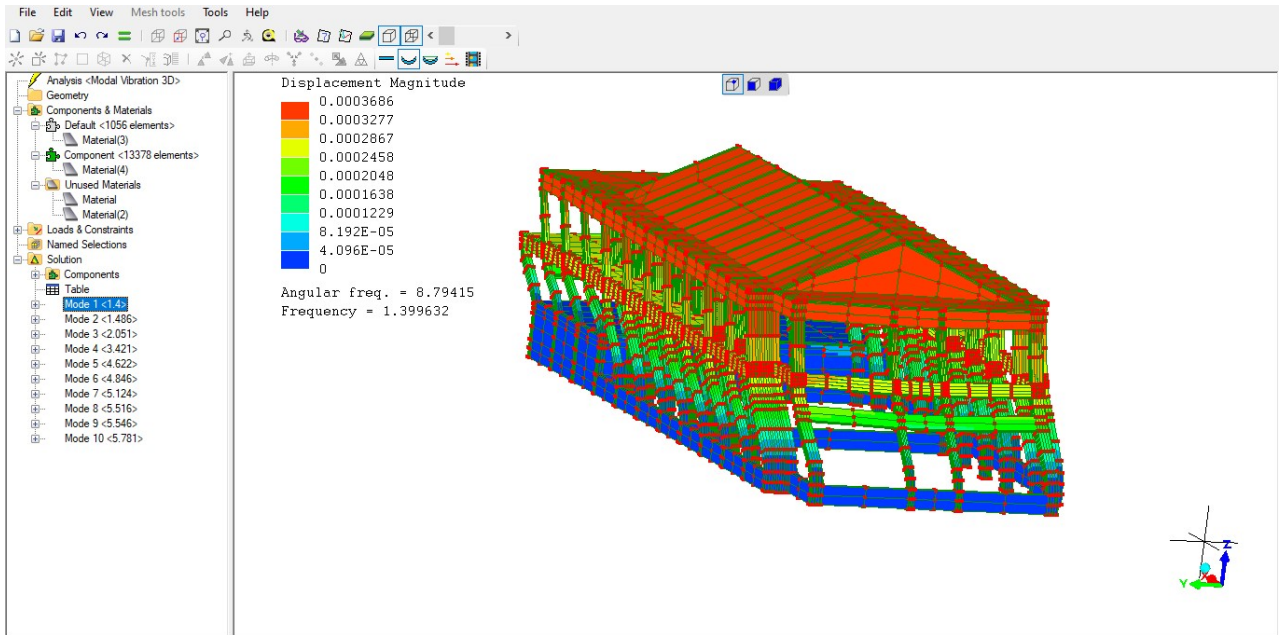
Φάσμα Σχεδιασμού Επιταχύνσεων Οριζόντιας Συνιστώσας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8

Το κτίριο αναλύθηκε για τους εξής συνδυασμούς:

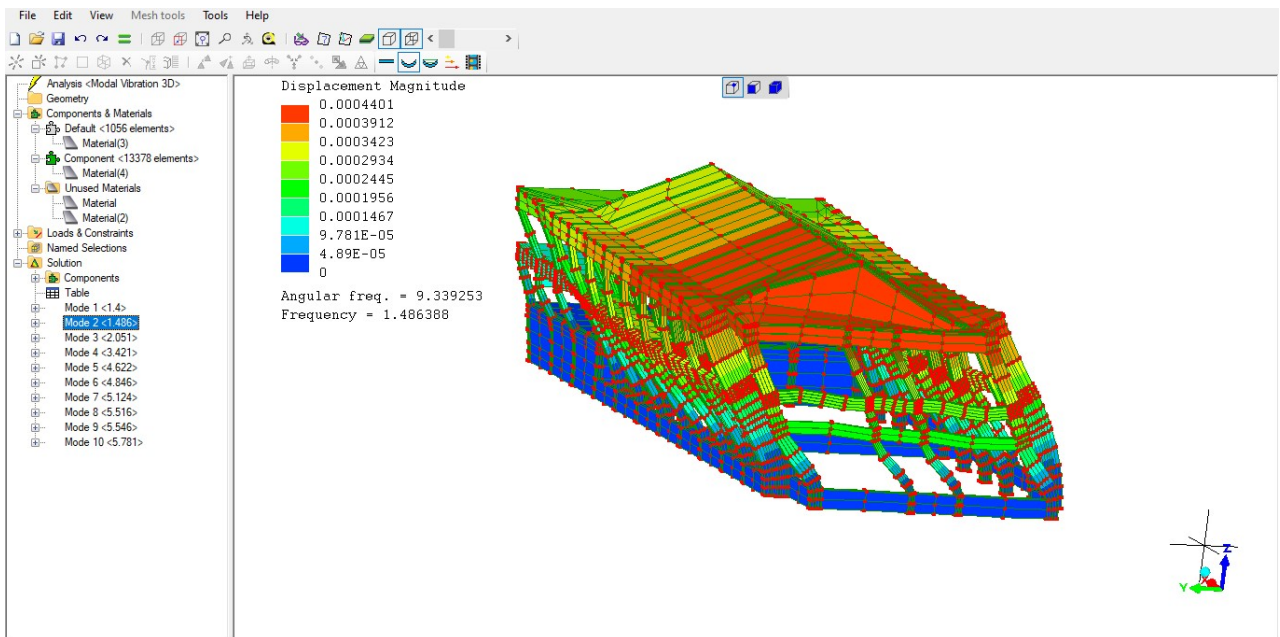
Στατική φόρτιση, σεισμός κατά x, σεισμός κατά y και σεισμός κατά z

ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

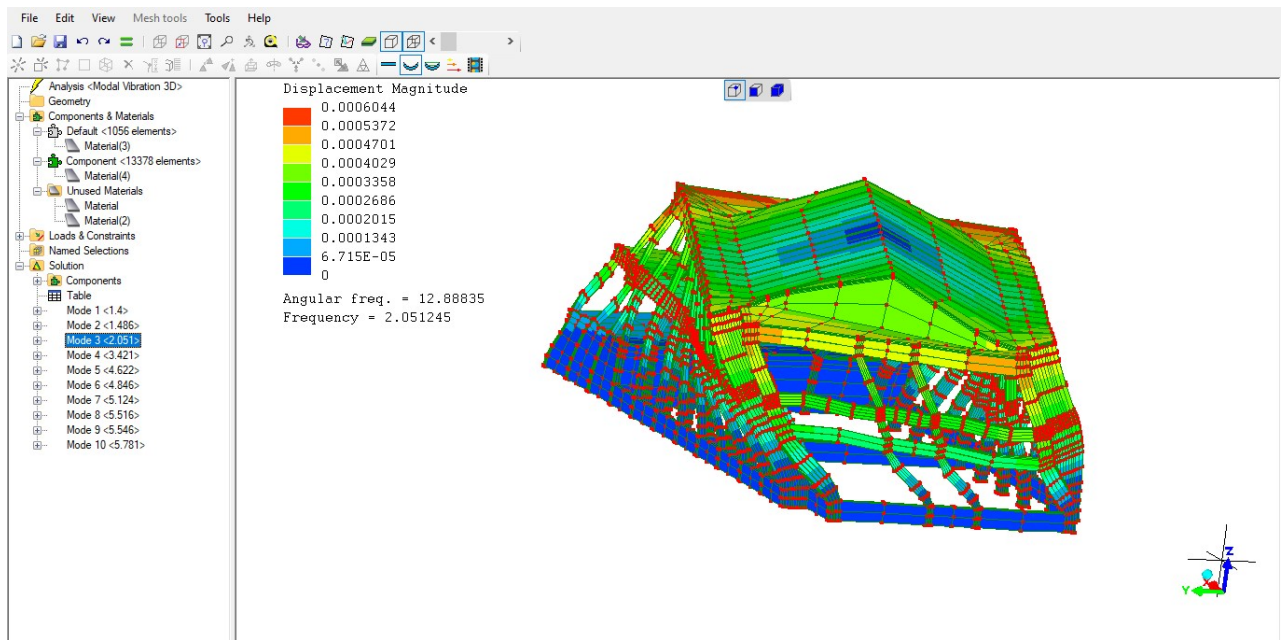
MODAL ANALYSIS



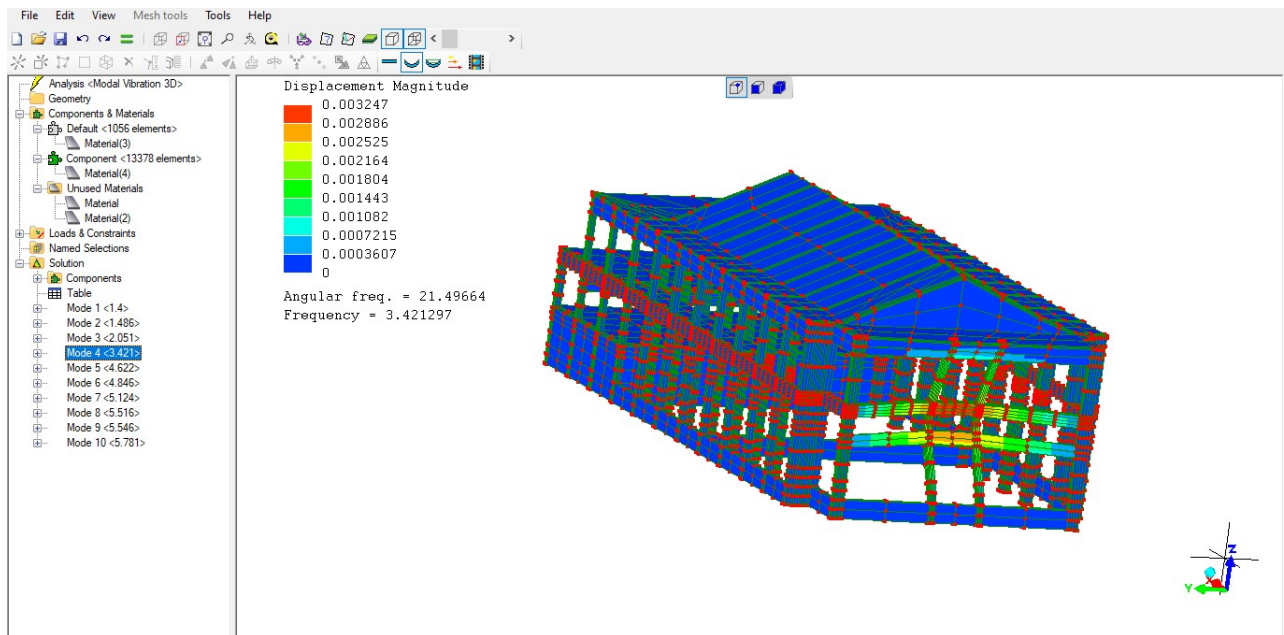
1^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



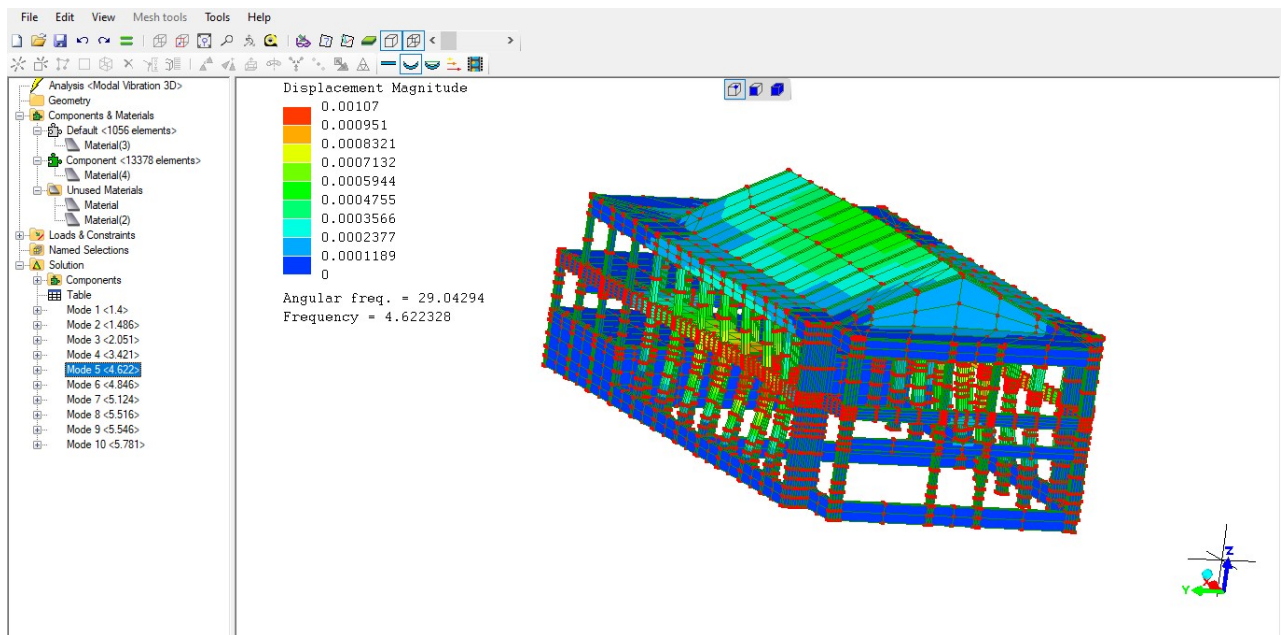
2^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



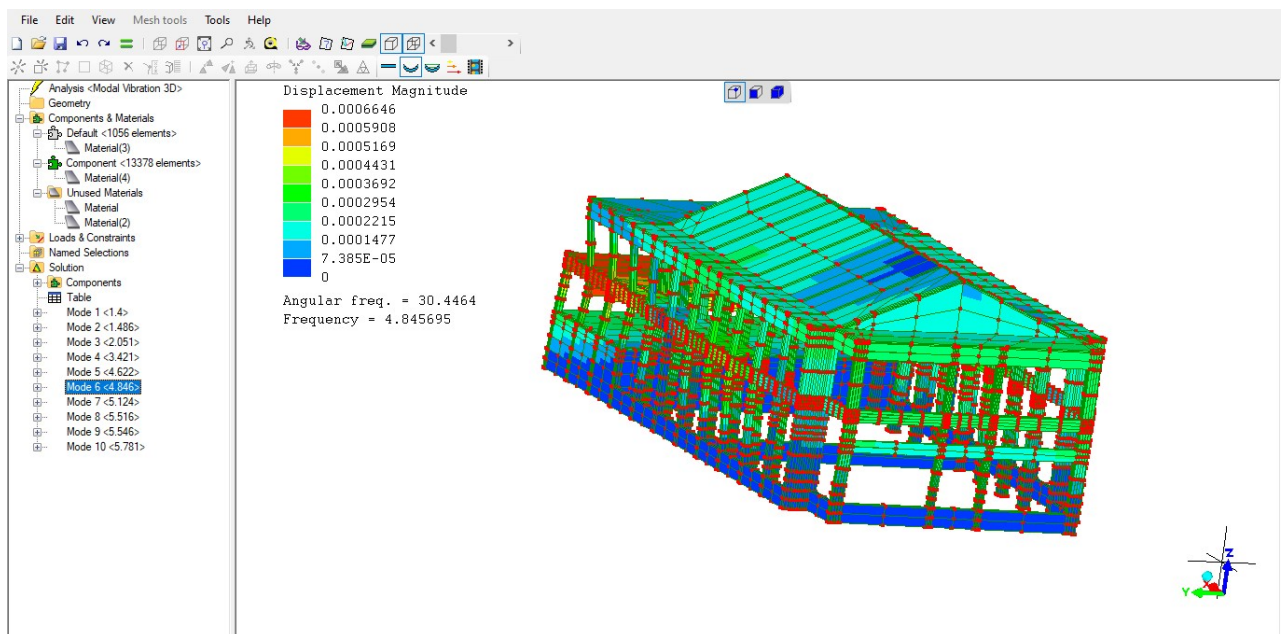
3^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



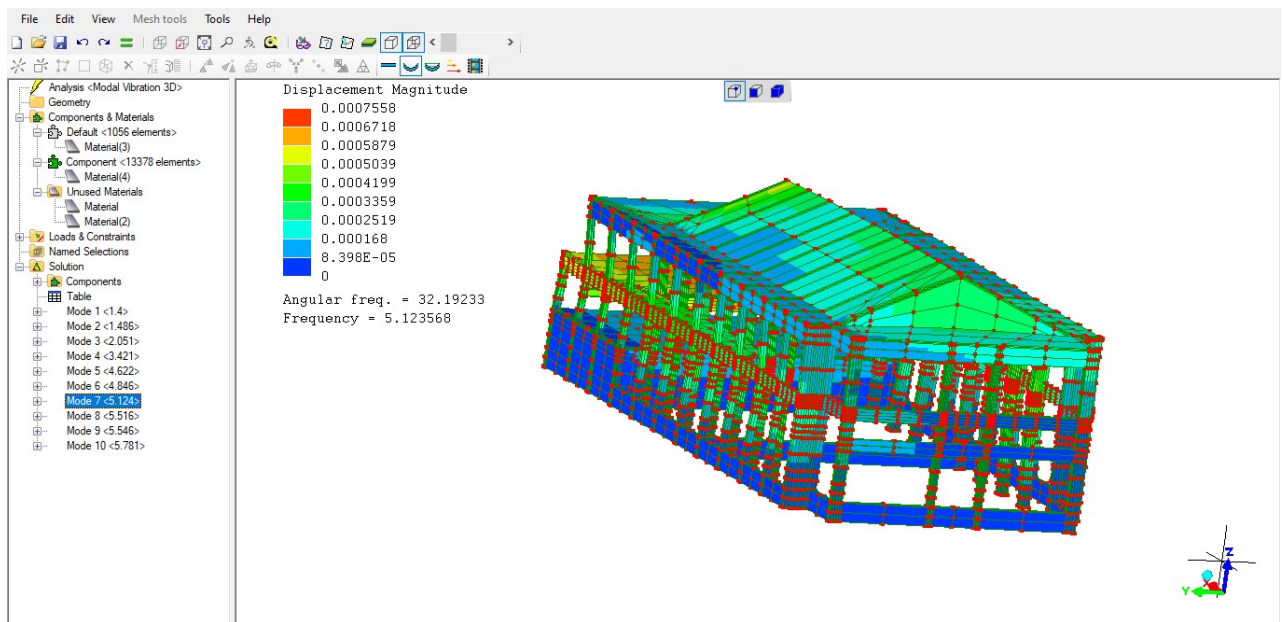
4^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



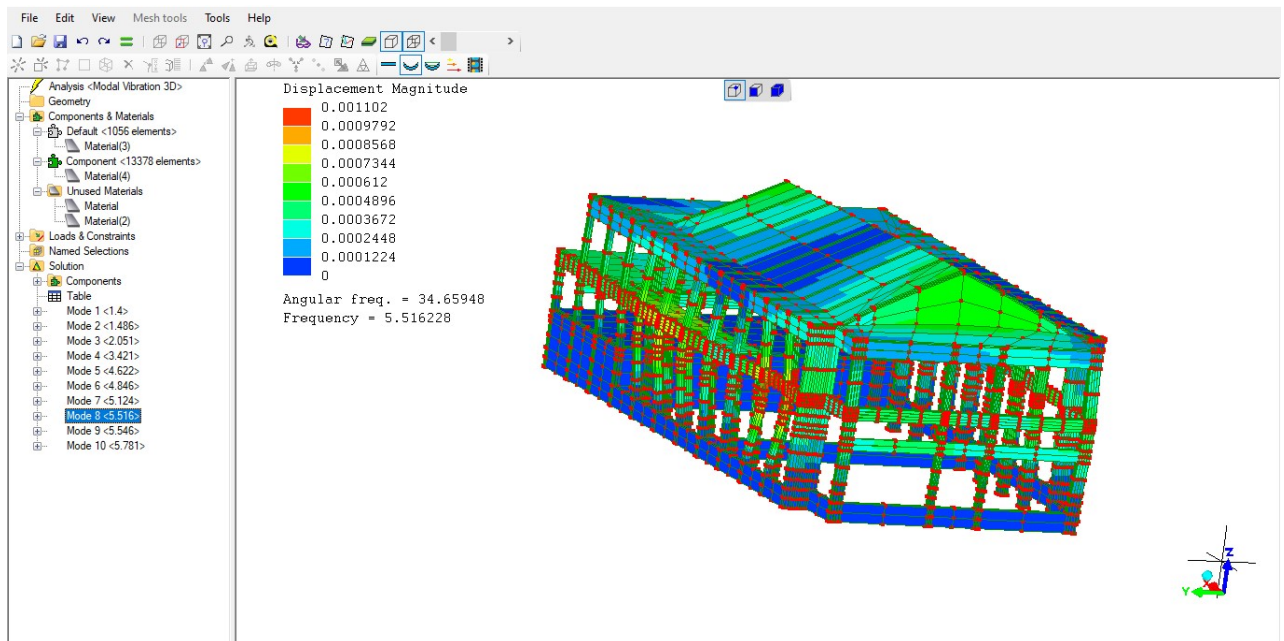
5^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



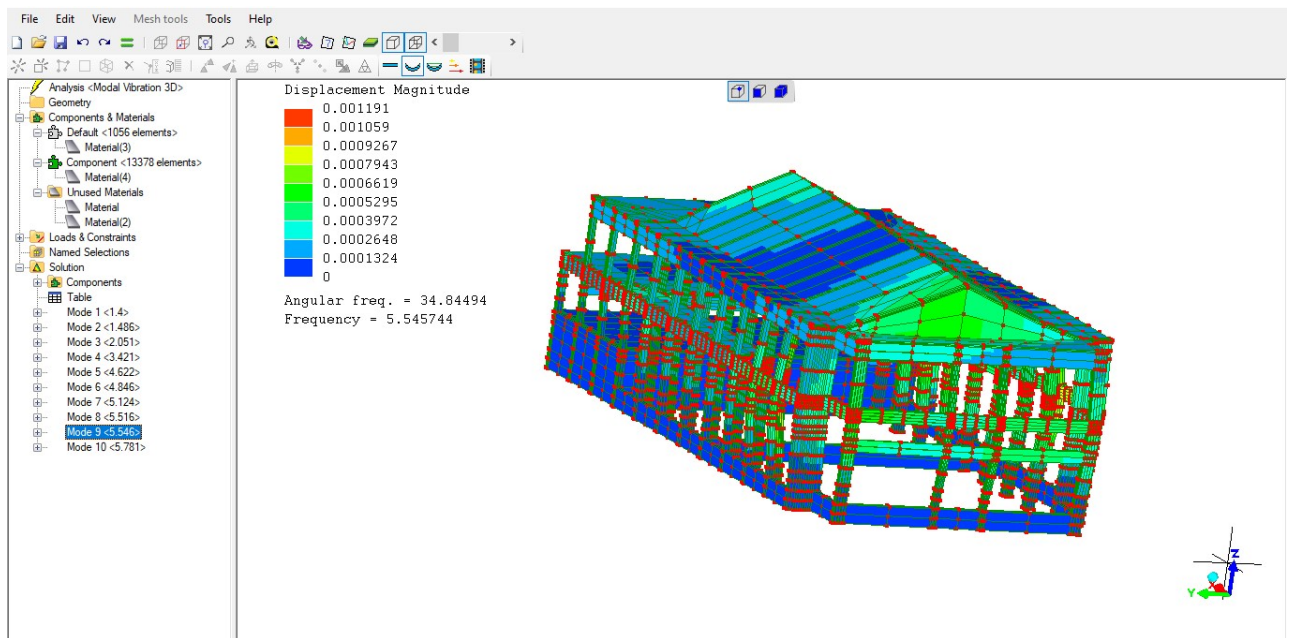
6^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



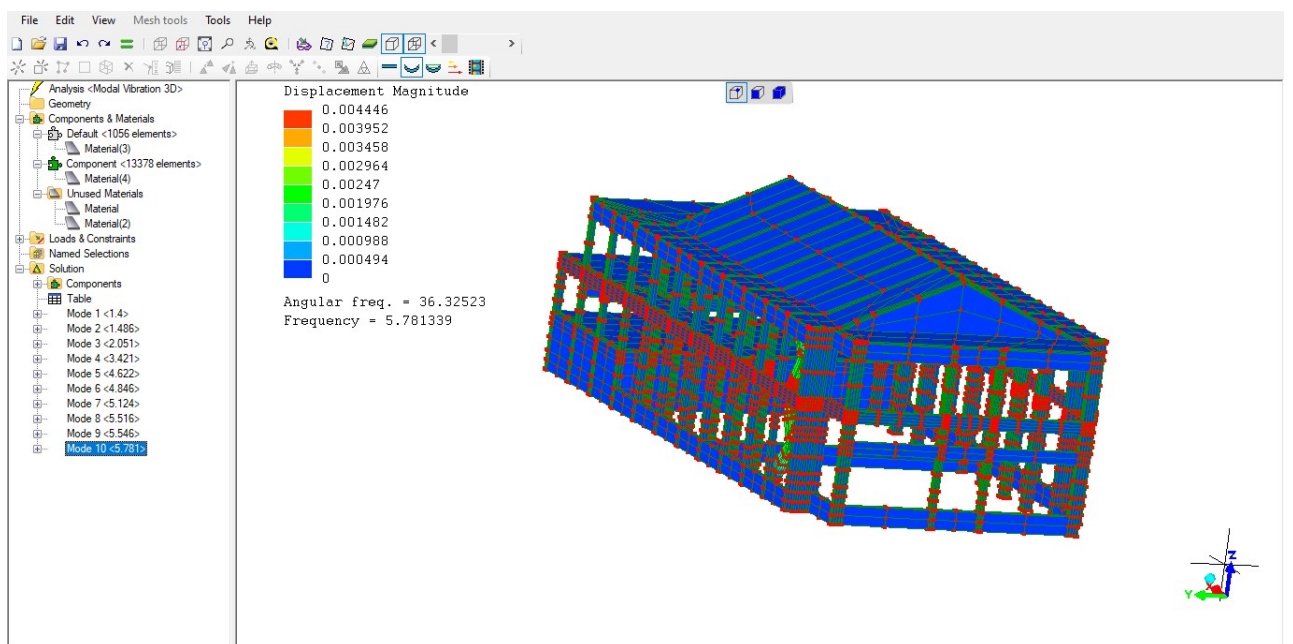
7^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου



8^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου

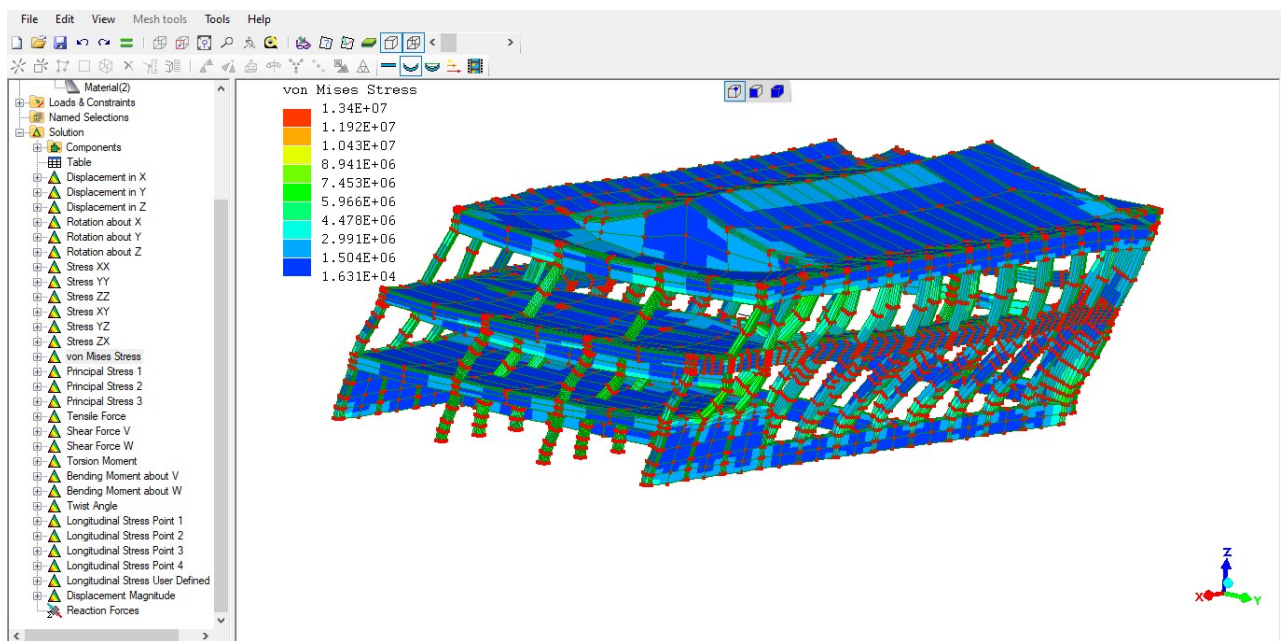


9^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου

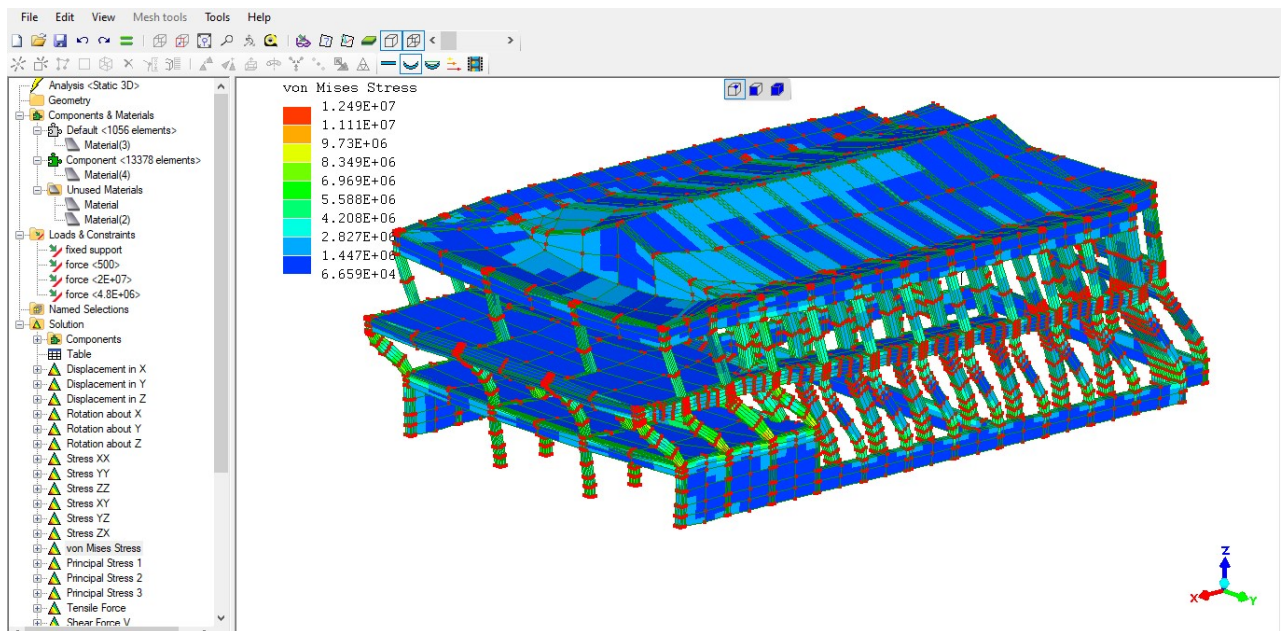


10^η ιδιομορφή του υπο μελέτη κτιρίου

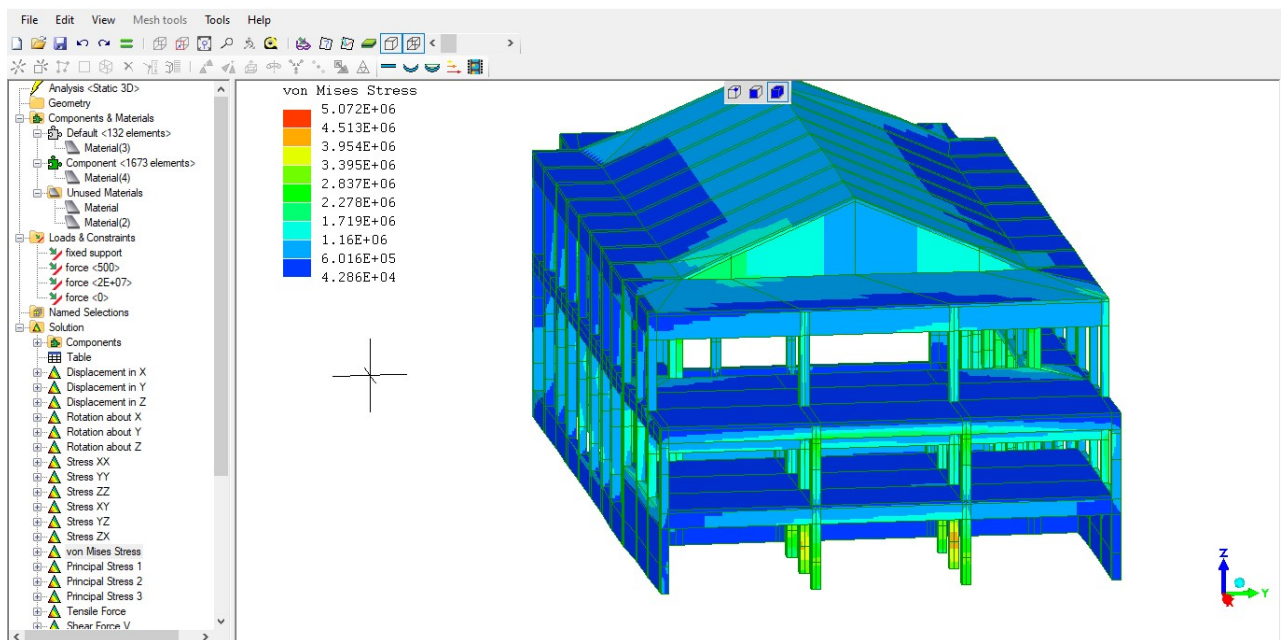
Από τα αποτελέσματα τις modal analysis, σύμφωνα με τον κανονισμό προχωρήσαμε στην ανάλυση των 3 συνιστωσών του σεισμού που παρουσιάζονται παρακάτω.



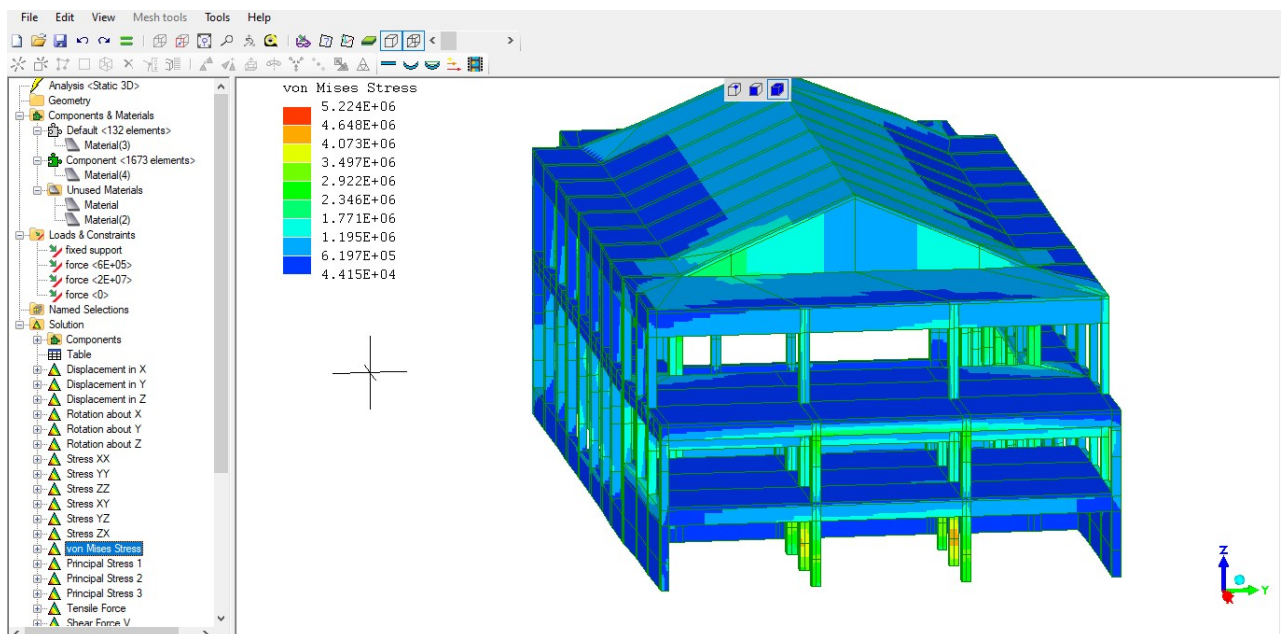
Σεισμική διέγερση διεύθυνσης y



Σεισμική διέγερση διεύθυνσης x



Σεισμική διέγερση διεύθυνσης z



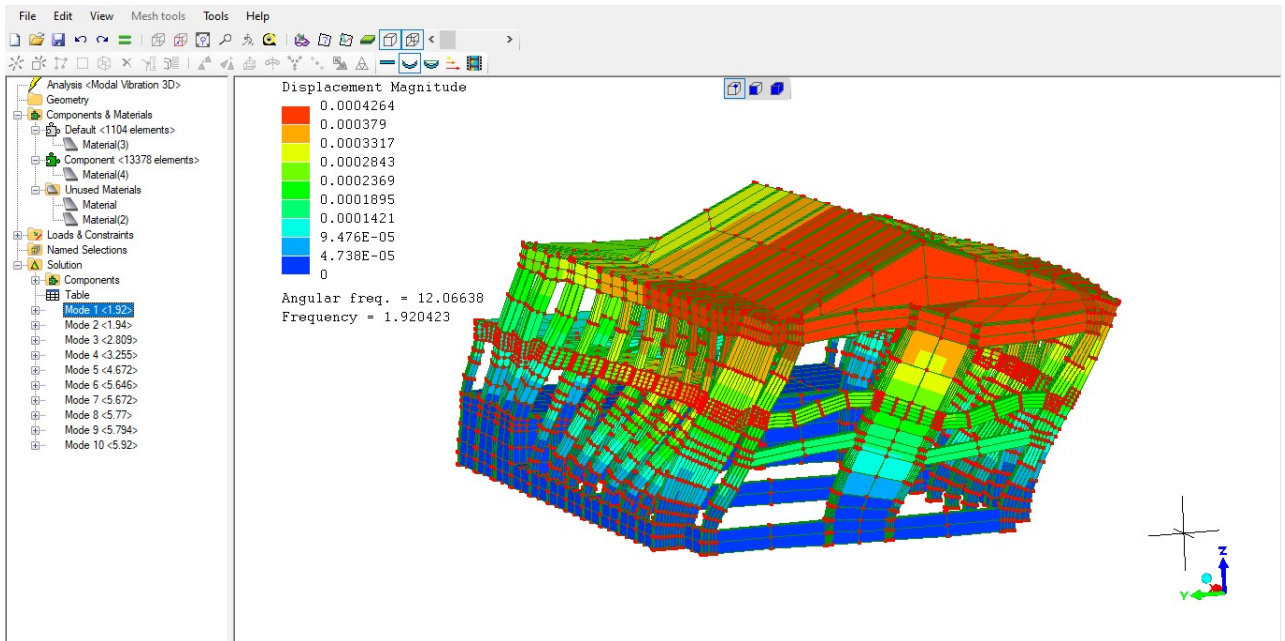
Στατικά φορτία

Συμπεράσματα:

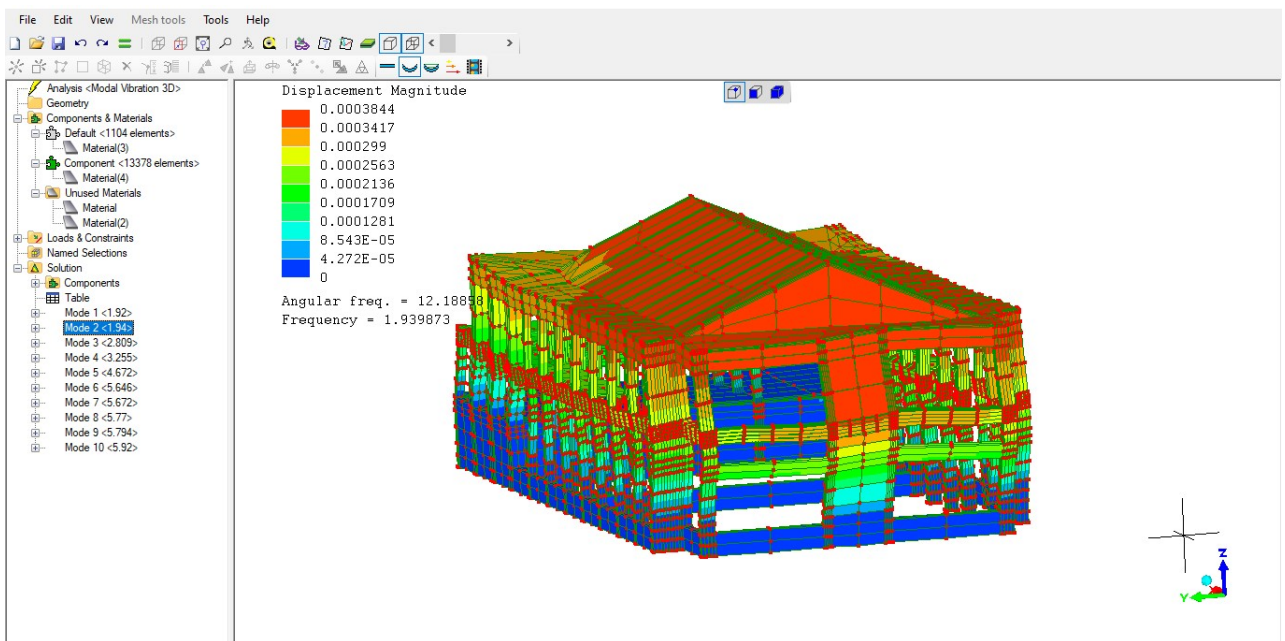
Παρατηρούμε τις υψηλές τάσεις στις δύο οριζόντιες συνιστώσες σεισμού. Αποτέλεσμα του μαλακού ορόφου στο ανατολικό τμήμα του κτιρίου.

Οι τάσεις ξεπερνούν τις αντοχές των διατομών του κτιρίου. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό και το κτίριο να είναι ασφαλές έναντι οποιουδήποτε σεισμού ενισχύθηκαν επιλεκτικά υποστυλώματα με μανδύες χυτού σκυροδέματος κατηγορίας C25/30 καθώς επίσης και 4 υποστυλώματα με κατάλληλους μεταλλικούς κλωβούς. Επιπροσθέτως τοποθετήθηκαν 2 διατημητικά πλαίσια. Το πρώτο στο υπόγειο του ανατολικού τμήματος (διότι αν και υπόγειο λόγω των ανεπαρκών τοιχίων τα υποστυλώματά του δέχονται τέμνουσες και ροπές σεισμού) και το δεύτερο τοποθετήθηκε στο δυτικό τμήμα για περιορισμό των στροφών.

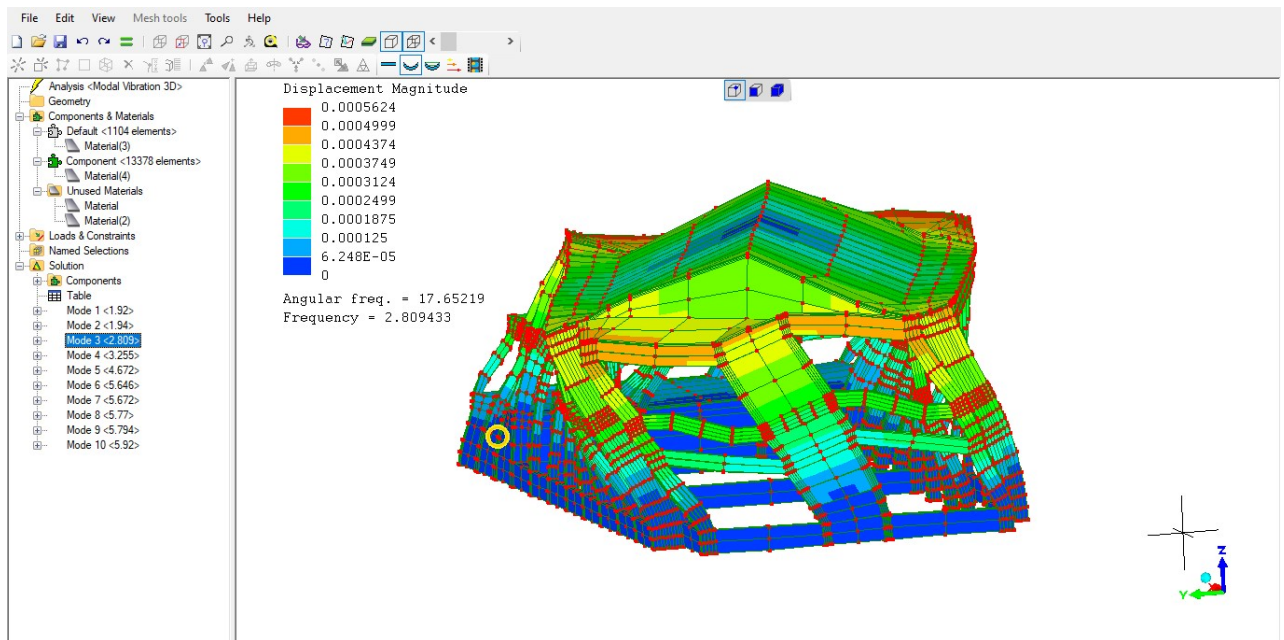
Τα αποτελέσματα της modal analysis είναι τα ακόλουθα.



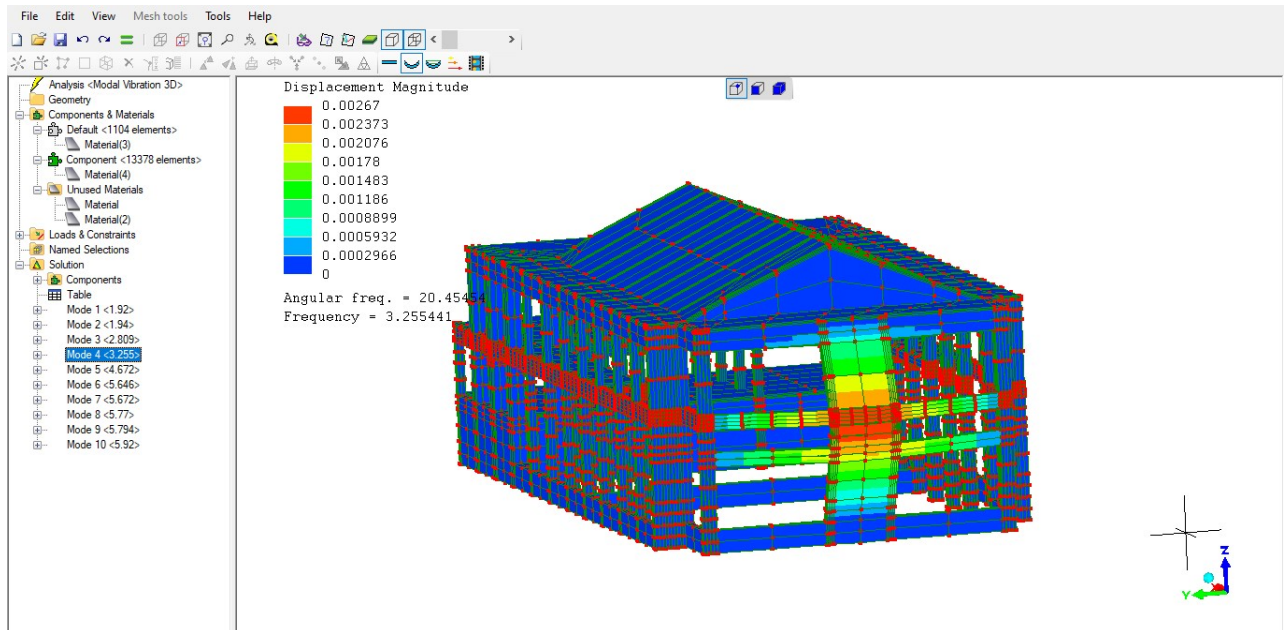
1^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



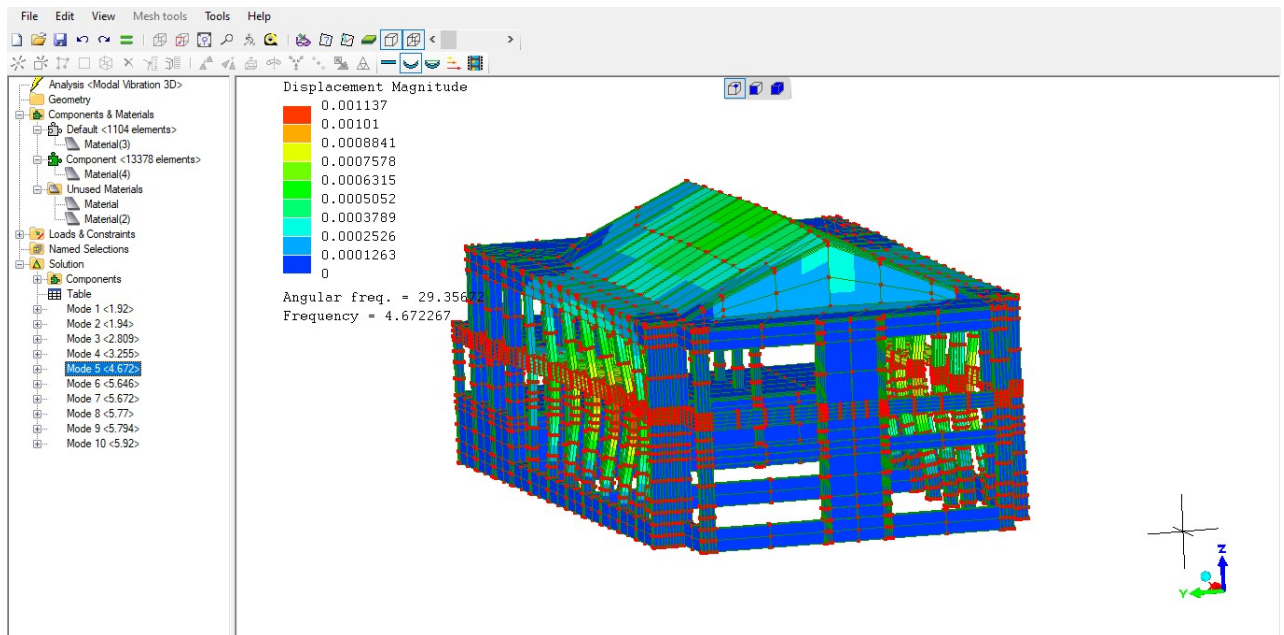
2^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



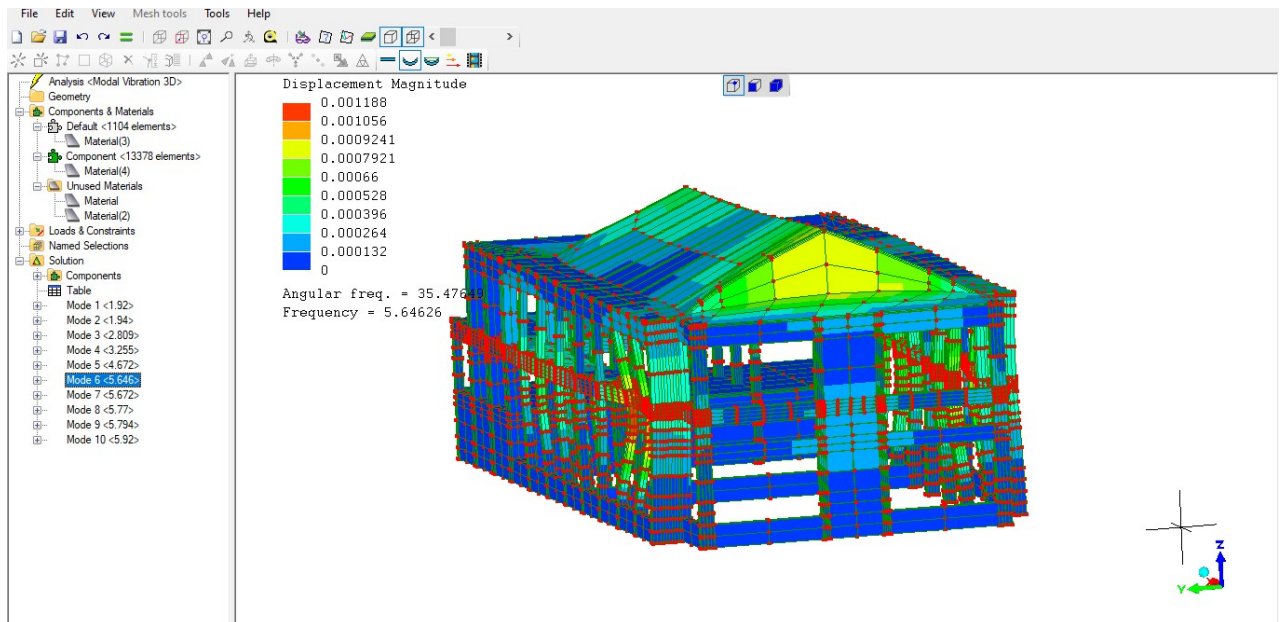
3^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



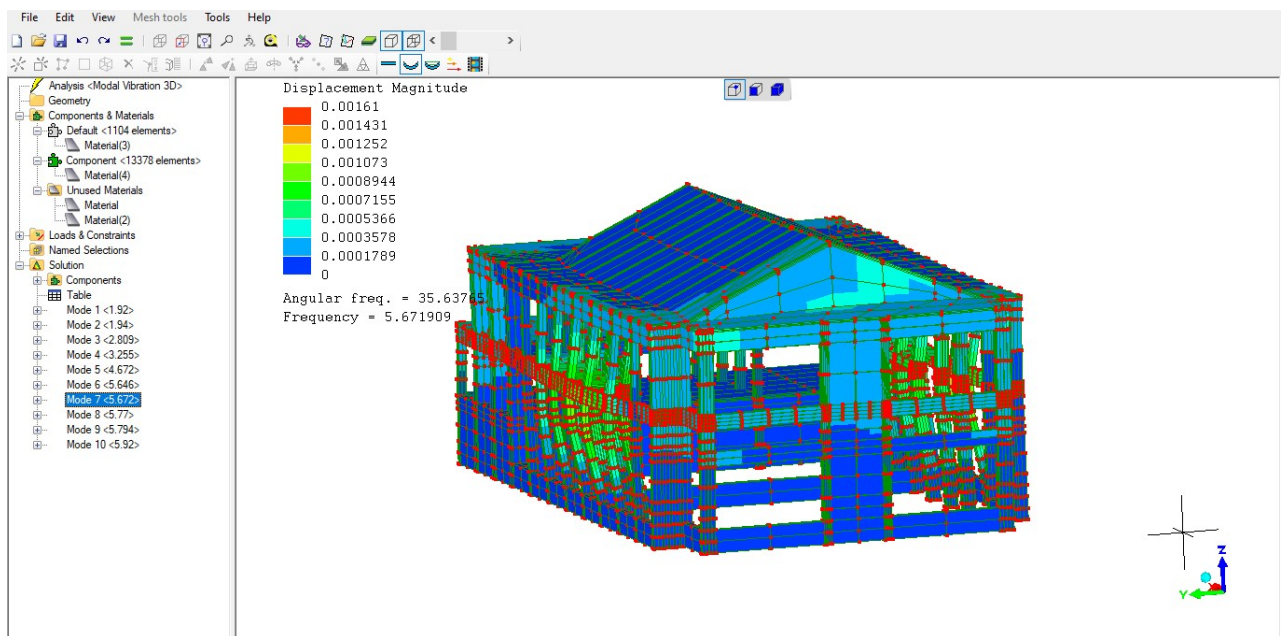
4^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



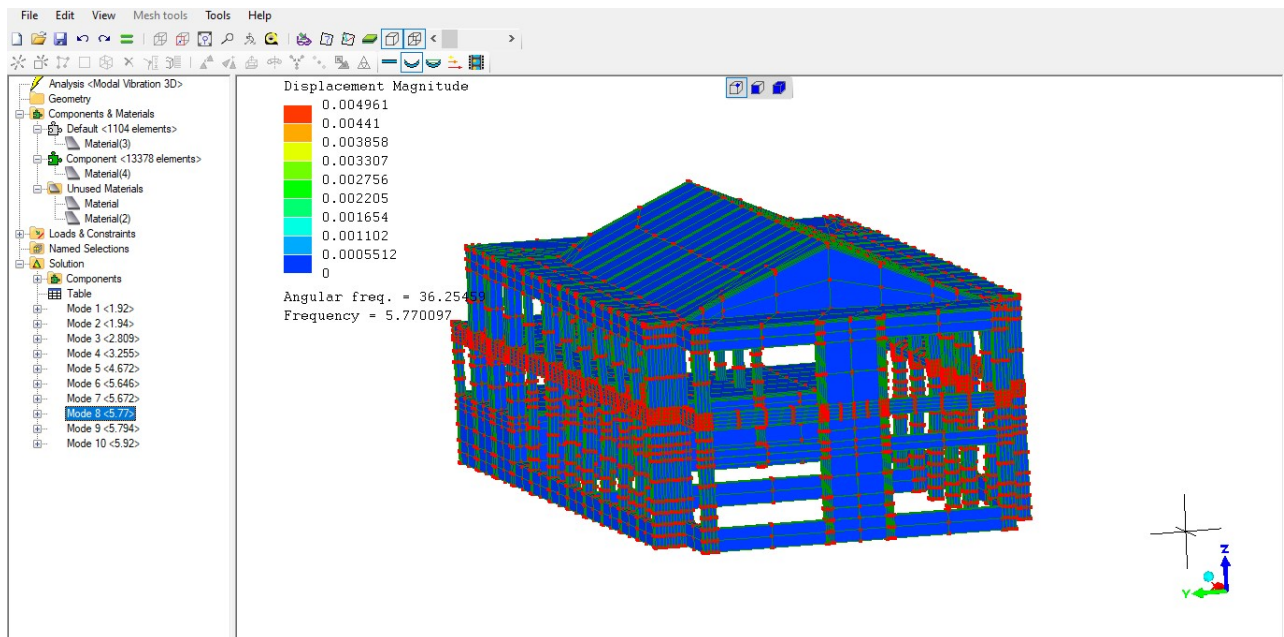
5^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



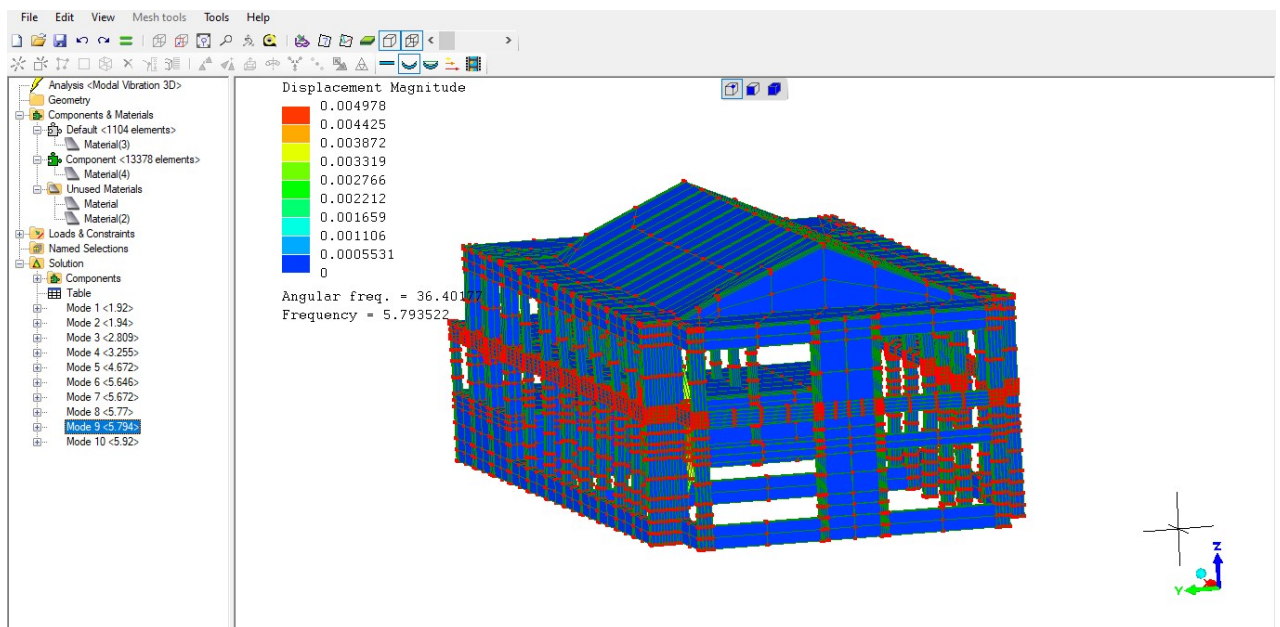
6^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



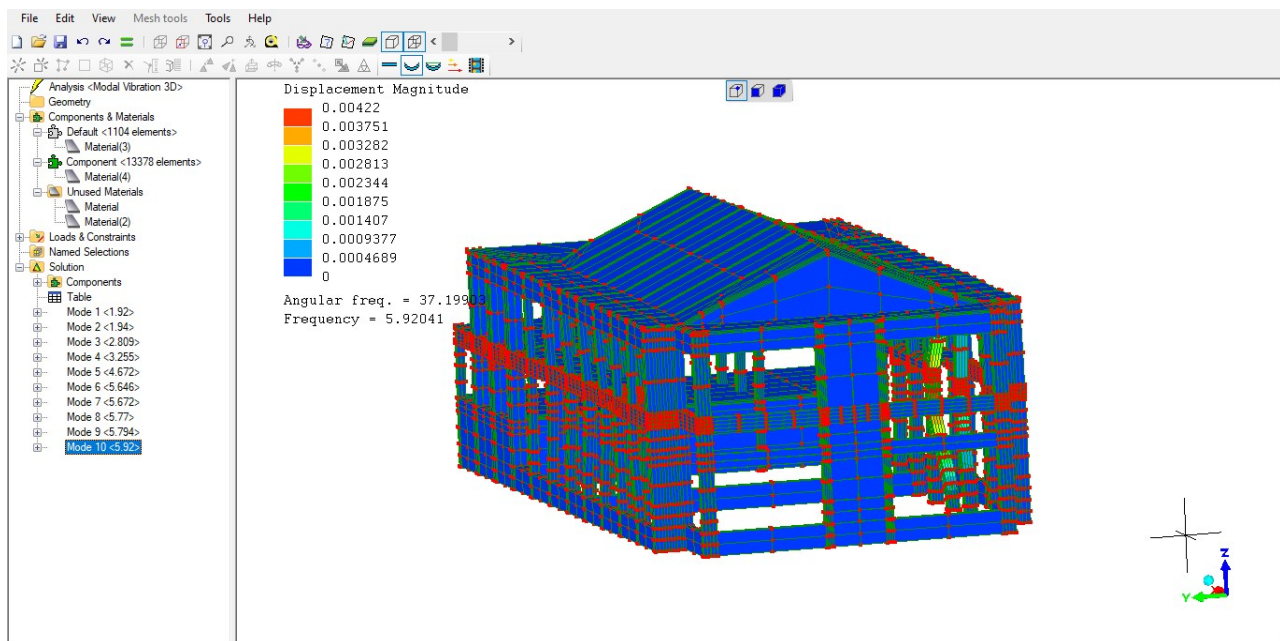
7^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου



8^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου

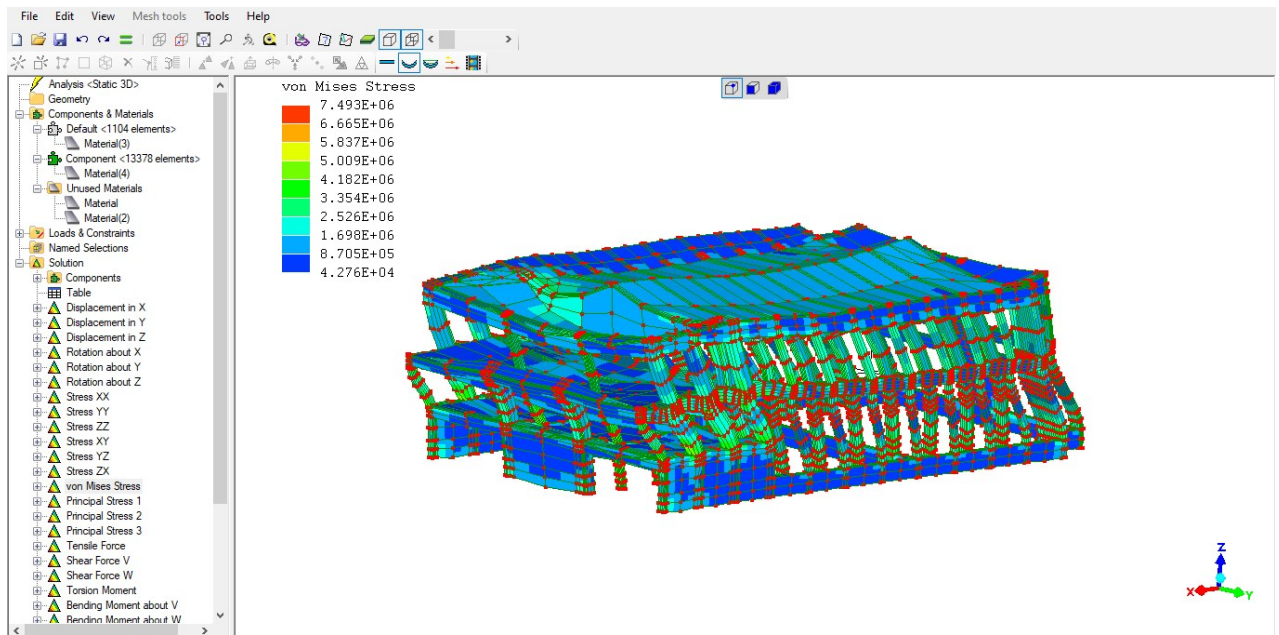


9^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου

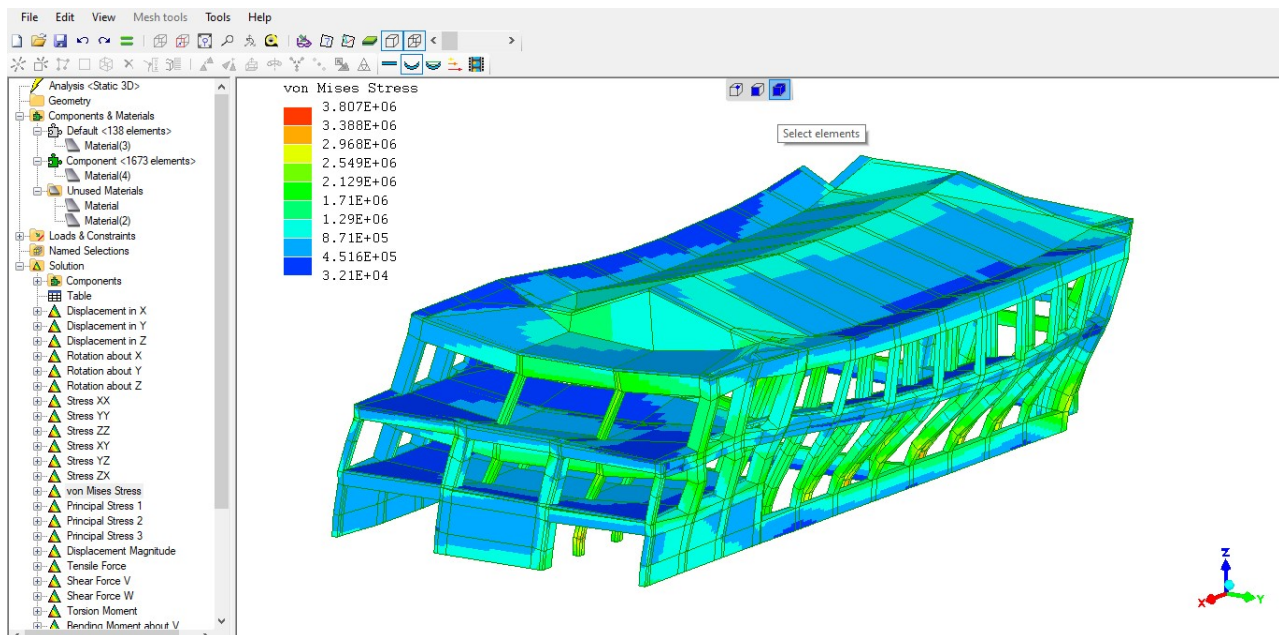


10^η ιδιομορφή του ενισχυμένου με μανδύες και τοιχώματα κτιρίου

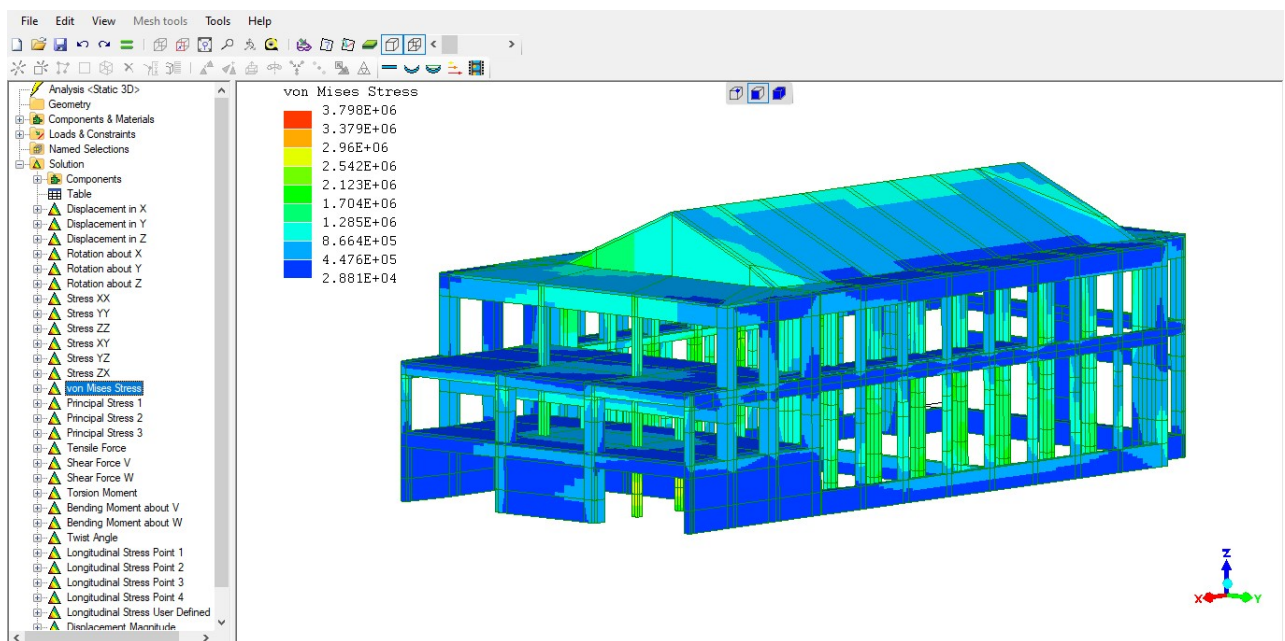
Από τα αποτελέσματα τις modal analysis, σύμφωνα με τον κανονισμό προχωρήσαμε στην ανάλυση των 3 συνιστωσών του σεισμού που παρουσιάζονται παρακάτω.



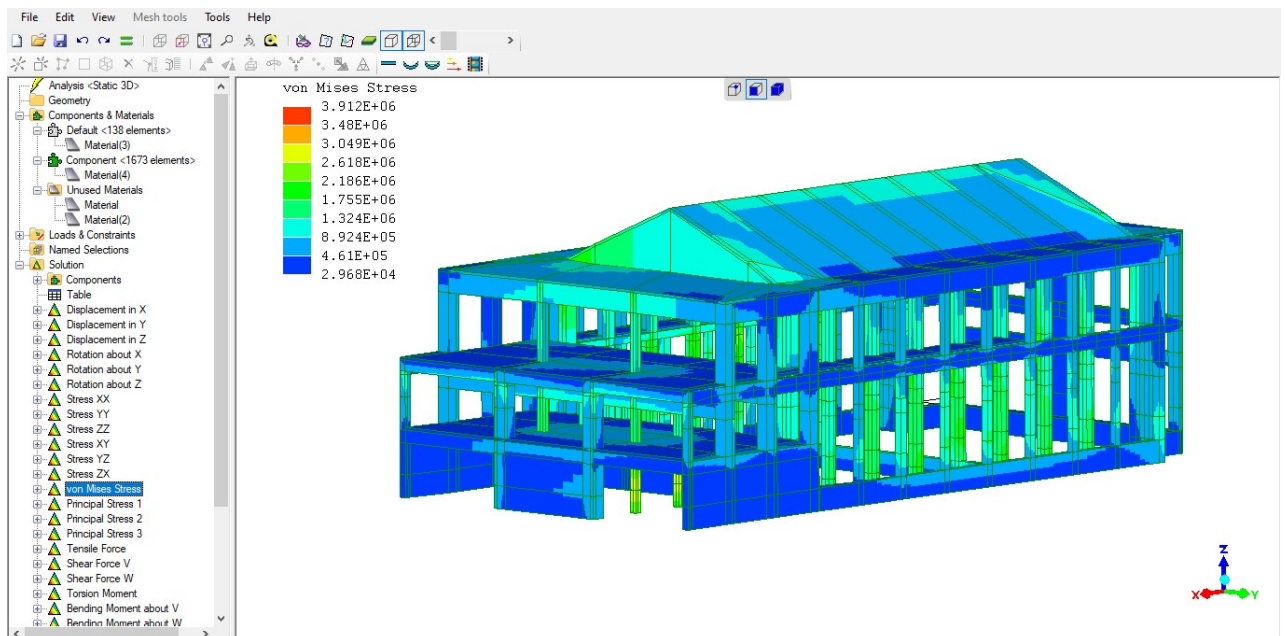
Σεισμική διέγερση διεύθυνσης x ενισχυμένου κτιρίου



Σεισμική διέγερση διεύθυνσης y ενισχυμένου κτιρίου



Σεισμική διεγέρση διεύθυνσης z ενισχυμένου κτιρίου



Αποτελέσματα στατικών φορτίων ενισχυμένου κτιρίου

Συμπεράσματα:

Το ενισχυμένο κτίριο έχει σωστή συμπεριφορά χωρίς να πλησιάζει τα όρια αντοχής του στις σεισμικές διεγέρσεις του κανονισμού και χωρίς να παρατηρούνται στροφές λόγω ασυμμετρίας της κατασκευής. Ο μαλακός όροφος επιδιορθώθηκε αποτελεσματικά με τις ενισχύσεις. Συνολικά ενισχύθηκαν 6 υποστυλώματα διατομής 40x40 με μανδύα έγχυτου σκυροδέματος κατηγορίας C25/30 πάχους 20cm. Ακόμα ενισχύθηκαν 2 υποστυλώματα 40x40 και 2 60x60 με μεταλλικό κλωβό. Τέλος τοποθετήθηκαν δύο διατημητικά πλαίσια για έλεγχο των στροφών του κτιρίου.

Επισυνάπτετε το τεύχος αποτελεσμάτων των επικόμβιων φορτίων των στοιχείων για κάθε ανάλυση. Τα αποτελέσματα είναι σε όρους τάσεων.