



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
Π.Μ.Σ.: ΧΩΡΟΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗΜΕΝΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ολοκληρωμένη προστασία ιστορικού δομημένου περιβάλλοντος με  
προηγμένες τεχνολογίες και υλικά

# ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

Παρασκευή Περυσινάκη

Επιβλέπουσα : Σταυρουλάκη Μαρία [Αναπληρώτρια Καθηγήτρια]

Εξεταστική Επιτροπή: Κωνσταντίνος Προβιδάκης [Καθηγητής]

Κλήμης Ασλανίδης [Αναπληρωτής Καθηγητής]

ΧΑΝΙΑ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2024

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Μαρία Σταυρουλάκη, αναπληρώτρια καθηγήτρια του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την επιστημονική καθοδήγηση και προτάσεις της, την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή βοήθεια και για την ουσιώδη και ανθρώπινη συνεργασία κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Προβιδάκη και τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Κλήμη Ασλανίδη, για την αξιολόγηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και κυρίως τους γονείς μου που στέκονται πάντα δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του προβλήματος αλληλεπίδρασης κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία που ανήκουν σε ένα συνεχές σύστημα δόμησης όπως τα κτίρια σε ιστορικά κέντρα καθώς και η επίδραση συγκεκριμένων τεχνικών παρεμβάσεων στη δυναμική συμπεριφορά των κατασκευών που ανήκουν σε συσσωμάτωμα κτιρίων, στην απόκρισή τους σε μελλοντικούς σεισμούς. Σε πολλές ιστορικές πόλεις συναντώνται γειτονικές κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας ως συσσωμάτωμα κτιρίων. Αυτή η σύνδεση των κτιρίων, που σε κάποιες περιπτώσεις είναι πολύ ισχυρή λόγω των κοινών τοίχων, επηρεάζει τη δυναμική συμπεριφορά του κάθε κτιρίου. Έρευνες [Stavroulaki, M. (2019), Carocci, C. F. (2012), Formisano et al. (2014)] έχουν δείξει ότι η ακαμψία του κάθε κτιρίου συνεισφέρει στην ακαμψία ολόκληρου του συγκροτήματος κτιρίων και εντέλει στη δυναμική συμπεριφορά του κτιρίου που ανήκει στο συσσωμάτωμα ενώ από την εμπειρία έχει αποδειχθεί ότι η δυναμική συμπεριφορά των κτιρίων συσσωματώματος σε αρκετές περιπτώσεις επηρεάστηκε θετικά από την ύπαρξη αυτών των παρακείμενων κατασκευών, παρά τη χαμηλή ποιότητα υλικού τους. Επίσης οι εφαρμογή μεθόδων ενίσχυσης σε ένα κτίριο του συγκροτήματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε αλλαγές στη μάζα και την ακαμψία αυτού του κτιρίου, κάτι το οποίο επηρεάζει την απόκριση των γειτονικών δομών.

Στην παρούσα εργασία γίνεται επέκταση της υπάρχουσας έρευνας που παρουσιάστηκε από Stavroulaki, M. (2019), εισάγοντας νέες παραμέτρους στην ανάλυση όπως είναι κτίρια με λιγότερους ή περισσότερους ορόφους (π.χ. μονώροφα και τριώροφα) ενώ διερευνάται η επίδραση μιας συνήθους παρέμβασης όπως είναι η αντικατάσταση ξύλινου πατώματος με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Πραγματοποιείται ανάλυση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (FEA) του διώροφου κτιρίου και των αντίστοιχων μονώροφου και τριώροφου καθώς και συσσωματωμάτων κτιρίων που προκύπτουν τοποθετώντας τα μεμονωμένα κτίρια σε διαφορετικούς συνδυασμούς ως προς την θέση (αλλαγές στη διάταξή τους). Τα προαναφερθέντα μοντέλα μελετήθηκαν με το πρόγραμμα MSC/MARC. Από την ανάλυση των μοντέλων σε στατικά και δυναμικά φορτία σεισμού προέκυψαν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της τεχνικής παρέμβασης που μελετήθηκε, μια τεχνική που επιδρά στην ακαμψία της δομής του κάθε κτιρίου και κατ' επέκταση στην δυναμική συμπεριφορά και των γειτονικών δομών.

## ABSTRACT

The aim of the thesis is to study the interaction problem of load-bearing masonry buildings that belong to a continuous building system such as buildings in historic centers as well as the effect of specific technical interventions on the dynamic behavior of structures that belong to a group of buildings, in their response to future earthquakes. In many historic cities, neighboring constructions of load-bearing masonry are found as an aggregate of buildings. This connection of the buildings, which in some cases is very strong due to the common walls, affects the dynamic behavior of each building. Research [Stavroulaki, M. (2019), Carocci, C. F. (2012), Formisano et al. (2014)] have shown that the stiffness of each building contributes to the stiffness of the whole complex of buildings and ultimately to the dynamic behavior of the building, while experience has shown that the dynamic behavior of aggregated buildings in several cases was positively affected by the existence of these adjacent structures, despite their low material quality. Also, the application of strengthening methods to a building in the complex could lead to changes in the mass and stiffness of that building, which affects the response of neighboring structures.

In this work, the existing research presented by Stavroulaki, M. (2019) is extended, introducing new parameters into the analysis such as buildings with different number of floors (e.g. single-story and three-story) while the effect of a common intervention such as the replacement of wooden floors with reinforced concrete slabs is investigated. A finite element analysis (FEA) is carried out of the two-story building and the corresponding one- and three-story buildings as well as clusters of buildings resulting from placing the individual buildings in different combinations in terms of position (changes in their layout). The models are studied with the MSC/MARC program. From the analysis of the models in static and dynamic earthquake loads, conclusions are drawn regarding the effect of the technical intervention studied, a technique that affects the stiffness of the structure of each building and, by extension, the dynamic behavior of the complex of structures as well.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	
2.1 Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία.....	7
2.1.1 Συστήματα δομικών φορέων.....	7
2.1.2 Προσομοίωση μηχανικής συμπεριφοράς υλικού και κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία, σε στατική και δυναμική φόρτιση.....	7
2.2 Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ	
4.1 Δυναμική ανάλυση μονώροφου κτίσματος.....	16
4.2 Δυναμική ανάλυση διώροφου κτίσματος.....	23
4.3 Δυναμική ανάλυση τριώροφου κτίσματος.....	31
4.4 Δυναμική ανάλυση διώροφου- μονώροφου.....	41
4.4.1 Ανάλυση για διάστημα 0-8sec.....	41
4.4.2 Ανάλυση για διάστημα 0-4sec.....	48
4.5 Δυναμική ανάλυση τριώροφου-διώροφου-μονώροφου.....	69
4.6 Δυναμική ανάλυση διώροφου-μονώροφου-τριώροφου.....	91
4.7 Συγκριτικά αποτελέσματα.....	118
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	134
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	136
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	137
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	144

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλές ιστορικές πόλεις συναντώνται γειτονικές κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας ως συσσωμάτωμα κτιρίων. Αυτή η σύνδεση των κτιρίων, που σε κάποιες περιπτώσεις είναι πολύ ισχυρή λόγω των κοινών ενδιάμεσων τοίχων, επηρεάζει τη δυναμική συμπεριφορά του κάθε κτιρίου. Η αποτίμηση της επίδρασης των σεισμών στα συσσωματώματα κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας σε περιπτώσεις ιστορικών πόλεων, υποδεικνύει την ανάγκη να ληφθεί υπόψιν η ανάλυση των περιορισμών που αναπτύσσονται σε κάθε κτίριο από τα γειτονικά του. Η ακαμψία του κάθε κτιρίου συνεισφέρει στην ακαμψία ολόκληρου του συγκροτήματος κτιρίων και εντέλει στη δυναμική συμπεριφορά του κτιρίου που ανήκει στο συσσωμάτωμα. Έρευνα έχει δείξει ότι έπειτα από σεισμούς η δυναμική συμπεριφορά των κτιρίων συσσωματώματος επηρεάστηκε θετικά από την ύπαρξη των παρακείμενων κατασκευών, παρά τη χαμηλή ποιότητα υλικού τους ή την έλλειψη οριζόντιων διαφραγμάτων. Για την κατανόηση της μηχανικής συμπεριφοράς της φέρουσας τοιχοποιίας υπό στατικά και δυναμικά φορτία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ανάλυση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (FEA).

Σύμφωνα με έρευνα της Carocci, C. F. (2012) μετά το σεισμό της L'Aquila το 2009 στην Ιταλία, διαπιστώθηκε ότι η πιο πρόσφατη συνήθης μετατροπή που είχε πραγματοποιηθεί σε κτίρια ιστορικών πόλεων ήταν ότι η αντικατάσταση της αρχικής οροφής με νέα κατασκευή είτε από χάλυβα είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα είχε στις περισσότερες περιπτώσεις αρνητικά αποτελέσματα στην επέλαση του σεισμού. Η παρουσία πλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε πολλές περιπτώσεις προκάλεσε την ανατροπή των τοίχων. Στην περίπτωση των βαριών πλακών οροφής τα αποτελέσματα ήταν θανατηφόρα. Επίσης, η συντήρηση αυτή διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην προκληθείσα ζημιά ειδικά λόγω των συνεχόμενων κτιρίων και πιο συγκεκριμένα, σε πολλές περιπτώσεις, κτίρια παρακείμενα σε εγκαταλελειμμένες κατασκευές είχαν βλάβες λόγω της έλλειψης σταθεροποίησης με τα γειτονικά τους.

Σύμφωνα με έρευνα του Formisano et al. (2014), τα συσσωματώματα κτιρίων δημιουργήθηκαν από τον προοδευτικό μετασχηματισμό του αστικού ιστού, κατά τον οποίο έγιναν προσθήκες στις υπάρχουσες κατασκευές τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα, με αποτέλεσμα συχνά παρακείμενα κτίρια να μοιράζονται κοινούς συνοριακούς τοίχους. Επομένως, σε πολλές περιπτώσεις, είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατον, να ξεχωρίσεις τις δομικά ανεξάρτητες μονάδες και ακόμα, να αναγνωρίσεις την ολική απόκριση του κτιριακού συγκροτήματος. Έτσι, η αποτίμηση της σεισμικής τρωτότητας των συσσωματωμάτων φέρουσας τοιχοποιίας στα ιστορικά ιταλικά κέντρα αποτελεί ένα ειδικό και πολύ πραγματικό πρόβλημα προς επίλυση, με σκοπό την πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους υπό την επίδραση σεισμού και όπου συναντώνται ανεπάρκειες, να λάβεις προστατευτικά αντισεισμικά μέτρα. Υπάρχει η ανάγκη για απλούστερη προσέγγιση της αποτίμησης της σεισμικής τρωτότητας μεγάλης κλίμακας κτιρίων συσσωματωμάτων φέρουσας τοιχοποιίας με σκοπό την παροχή αποτελεσματικών εργαλείων προς χρήση από τις Αρχές, ειδικά κατά τη φάση πρόληψης από σεισμούς, στην κατεύθυνση παρεμβάσεων ανακατασκευής. Με σκοπό τη διάκριση των ευπαθέστερων συσσωματωμάτων κτιρίων, κάτι που επιτρέπει την κατεύθυνση της βοήθειας με λογικό τρόπο κατά τη μετασεισμική φάση, ρυθμίστηκε ευνοϊκά μία

σύντομη διαδικασία αποτίμησης σεισμικής τρωτότητας στη βάση αριθμητικών αναλύσεων σε δύο διαφορετικές κλίμακες, μικρή (μονά συσσωματώματα) και μεγάλη (ολόκληρο ιστορικό κέντρο πόλης). Αυτό θα πρέπει να αποτελεί το πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση για τη διεξαγωγή σχολαστικής μεθοδολογίας αξιολόγησης της σεισμικής τρωτότητας μεμονωμένων κτιρίων που ανήκουν σε συσσωμάτωμα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης μιας τεχνικής παρέμβασης στο οριζόντιο διάφραγμα στη δυναμική συμπεριφορά κατασκευών που ανήκουν σε συσσωμάτωμα κτιρίων. Συγκεκριμένα μελετάται η επίδραση της αντικατάστασης των ξύλινων πατωμάτων και οροφών με πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος στην απόκριση κτιρίων τυπικής μορφής σε μελλοντικούς σεισμούς. Η προαναφερθείσα τεχνική παρέμβασης σε ένα κτίριο ενός συγκροτήματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε αλλαγές στη μάζα και την ακαμψία αυτού του κτιρίου, γεγονός το οποίο επηρεάζει και την απόκριση των γειτονικών δομών. Stavroulaki, M. (2019)

Διώροφο κτίριο με τοιχοποιία από πέτρα και κονίαμα σε κλίμακα 1:4 το οποίο μελετήθηκε πειραματικά σε σεισμική τράπεζα στην έρευνα του Tomazevic et al. (1996), λήφθηκε ως δεδομένο για μελέτη περίπτωσης που διεξήχθη από τη Stavroulaki, M. (2019), όπου διερευνήθηκε η αντικατάσταση των ξύλινων πατωμάτων και οροφών με πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Στην προαναφερθείσα μελέτη περίπτωσης, χρησιμοποιήθηκαν οι διαστάσεις του κτιρίου χωρίς κλίμακα (4.40\*4.0 και ύψος 6μ) με πάχος τοιχοποιίας 0.48μ και πατώματος 0.20μ και ανοίγματα στις δύο εκ των τεσσάρων όψεων του (πλευράς 4.40μ). Το υλικό της τοιχοποιίας θεωρήθηκε ομογενοποιημένο και μοντελοποιήθηκε σύμφωνα με την ελαστοπλαστική θεωρία στο πρόγραμμα FE Marc. Για τις ξύλινες δοκούς το υλικό θεωρήθηκε ελαστικό. Κατά την τεχνική παρέμβασης χρησιμοποιήθηκαν δύο βασικά μοντέλα διώροφου κτίσματος, με ξύλινα πατώματα (M1) και πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος ως δάπεδο και οροφής (M2), αντίστοιχα. Για τη διερεύνηση της δυναμικής συμπεριφοράς των συσσωματωμάτων αναλύθηκαν μοντέλα συσσωματώματος με δύο ή τρία κτίρια συνδεδεμένα σε σειρά (M1-M1, M2-M2, M2-M1, M1-M1-M1 και M1-M2-M1). Συμπερασματικά, η απόφαση της εφαρμοζόμενης τεχνικής παρέμβασης σε κτίριο συσσωματώματος θα πρέπει να λαμβάνεται μετά από τη μελέτη της επίδρασής της σε γειτονικές κατασκευές.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μελέτη της επίδρασης των ξύλινων πατωμάτων και της αντικατάστασης τους με πλάκες σκυροδέματος στη δυναμική συμπεριφορά κατασκευών φέρουσας τοιχοποιίας, τυπικής διάταξης και μεταβαλλόμενου ύψους, που ανήκουν σε συσσωμάτωμα κτιρίων. Βασιζόμενη στην υπάρχουσα έρευνα της Stavroulaki, M. (2019) η μελέτη επεκτείνεται διερευνώντας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (FEA) την δυναμική συμπεριφορά των βασικών μοντέλων διώροφου κτιρίου με ξύλινα πατώματα και οπλισμένο σκυρόδεμα (M1 και M2), καθώς και μονώροφου και τριώροφου κτιρίου, κατά πολλούς εκ των δυνατών συνδυασμών αυτών (αλλαγές στη διάταξη). Για την εκπόνηση της εργασίας αυτής έγινε χρήση του εκπαιδευτικού προγράμματος Marc Mentat.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

### 2.1 Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία

#### 2.1.1 Συστήματα δομικών φορέων

Δύο είναι οι τύποι φορέων των κτιριακών κατασκευών, οι οποίοι μπορούν να συνδυαστούν ώστε να προκύψει όμως τρίτος τύπος, οι μικτές κατασκευές. Οι τύποι αυτοί είναι:

- Πλαισιακοί φορείς, δηλαδή σύστημα δοκών και υποστυλωμάτων, τα οποία υπό κατακόρυφα ή/και οριζόντια φορτία υπόκεινται κυρίως σε κάμψη. Οι πλαισιακοί φορείς μπορεί να είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβα ή ξύλο. Τα μέλη τους έχουν μία διάσταση μεγαλύτερη από τις άλλες δύο (το μήκος) και στις παραδοχές για την ανάλυση και το σχεδιασμό τους λαμβάνουμε υπόψη τις παραδοχές της τεχνικής θεωρίας κάμψης.

- Τοιχωματικοί φορείς, δηλαδή σύστημα κατακόρυφων στοιχείων με μία διάσταση μικρότερη από τις άλλες δύο (το πάχος ή πλάτος) στα οποία υπάρχουν ανοίγματα. Το υλικό τους είναι κυρίως τοιχοποιία και σπανίως οπλισμένο σκυρόδεμα. Προσφάτως, κατασκευάζονται και από ξύλο. Το μήκος στα μέλη είναι η οριζόντια διάσταση, ύψος η κατακόρυφη και πάχος ή πλάτος η διάσταση εγκάρσια στην επιφάνεια.

Στην Ελλάδα, στα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία διακρίνονται 2 συστήματα με σαφώς διαφορετική όμως συμπεριφορά έναντι σεισμικών δράσεων, όμως είναι συχνή η μείξη των δύο συστημάτων στο μεσοδιάστημα κυριαρχίας του καθενός (Καραντώνη, Φ. 2023):

- 1) κτίρια χωρίς καθόλου διαφραγματική λειτουργία (τα παλαιότερα)
- 2) κτίρια με διαφραγματική λειτουργία.

#### 2.1.2 Προσομοίωση μηχανικής συμπεριφοράς υλικού και κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία, σε στατική και δυναμική φόρτιση.

Η σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων από τοιχοποιία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ύπαρξη ή όχι οριζόντιου διαφράγματος. Σε πλαισιακές κατασκευές το μεγαλύτερο μέρος (σχεδόν το σύνολο) της μάζας και άρα και των οριζοντίων αδρανειακών δυνάμεων, είναι συγκεντρωμένο στις στάθμες των δαπέδων. Λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας των δαπέδων μέσα στο επίπεδό τους, οι αδρανειακές δυνάμεις των ορόφων κατανέμονται στα στοιχεία πλευρικής (οριζόντιας) δυσκαμψίας, δηλαδή στα πλαίσια και στα τυχόν τοιχώματα, ανάλογα με τη δυσκαμψία τους. Έτσι, τις οριζόντιες αδρανειακές δυνάμεις αναλαμβάνουν να μεταφέρουν στο έδαφος τα πλαίσια και τα τοιχώματα που είναι παράλληλα σε αυτές. Αντίθετα με τα ανωτέρω, σε κτίρια με φέροντα οργανισμό τοιχοποιία (αναλόγως της εποχής κατασκευής τους, μπορεί να έχουν εύκαμπτα ή δύσκαμπτα πατώματα (Καραντώνη, Φ. 2012)) όλη σχεδόν η μάζα (περισσότερη από το 90% εάν τα δάπεδα και η στέγη είναι ξύλινα), ή ένα σημαντικό τμήμα της (περίπου 50%, εάν τα δάπεδα και η στέγη είναι πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος) βρίσκεται στους τοίχους (Καραντώνη, Φ. 2023). Ως εκ τούτου, η ανάλυση χρειάζεται να γίνει για αδρανειακές δυνάμεις κατανεμημένες



καθ' ύψος των τοίχων και όχι για συγκεντρωμένες στις στάθμες των ορόφων, όπως γίνεται στους πλαίσιακούς φορείς. (Καραντώνη, Φ. 2012)

Οι ιδιαιτερότητες του δομικού συστήματος και των υλικών δόμησης των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία επιδρούν στην μηχανική συμπεριφορά αυτού του τύπου των κατασκευών σε στατική και σε δυναμική φόρτιση. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη στην προσομοίωση (μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού) της μηχανικής απόκρισης του δομικού φορέα.

Οι κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία είναι συνήθως κατασκευές σχετικά δύσκαμπτες, με γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικά από εκείνα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα για τις οποίες υπάρχει επαρκής εμπειρία σχεδιασμού. Πρόκειται για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ή λιθοδομή, υλικά τα οποία εμφανίζουν ψαθυρή μηχανική συμπεριφορά, μικρή έως μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό και είναι σε πολλές περιπτώσεις ανομοιογενή. Η ποιότητα των υλικών και της κατασκευής είναι επίσης σε πολλές περιπτώσεις άγνωστη και διαφορετική στα διάφορα τμήματα της ίδιας κατασκευής (π.χ. περίπτωση προσθηκών ή επεμβάσεων που έγιναν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές στο παρελθόν). Αποτέλεσμα αυτών είναι η έλλειψη μονολιθικότητας, το μεγάλο βάρος κατανεμημένο καθ' ύψος και η χαμηλή πλαστιμότητα, παράγοντες που οδηγούν κύρια σε μη γραμμική συμπεριφορά του υλικού.

Το υλικό της τοιχοποιίας είναι ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται από τούβλα (ή πέτρες) και κονίαμα (ή χωρίς κονίαμα). Για κάθε στοιχείο χωριστά βρίσκονται στο εργαστήριο οι σταθερές των επιμέρους υλικών (π.χ. μέτρο ελαστικότητας κλπ). Οι ιδιότητες του σύνθετου υλικού προσεγγίζονται με βάση την διάταξη των επιμέρους υλικών (π.χ. τούβλων), το πάχος του κονιάματος σε σχέση με την πέτρα και τα επιμέρους μέτρα ελαστικότητας και υπολογίζονται με τύπους που δίνονται από τη βιβλιογραφία. (Σταυρουλάκη, Μ. 1996)

Η ιστορική και η επί τόπου έρευνα δίνουν πρόσθετα στοιχεία για την προσομοίωση της πραγματικής κατασκευής στο υπολογιστικό μοντέλο ενώ χρειάζεται και η θεώρηση πρόσθετων μεταβλητών στη μελέτη, όπως η ύπαρξη περιοχών με έντονες αστοχίες ή περιοχών με διαφορετικό υλικό ή διαφορετικά δομικά στοιχεία καθώς και περιοχές με χαλαρή έως ανύπαρκτη σύνδεση μεταξύ τους. Όλοι οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν επηρεάζουν τα δυναμικά χαρακτηριστικά αυτού του τύπου των κατασκευών (ιδιοτιμές - ιδιοδιανύσματα), δηλαδή της απόκρισης τους σε δυναμικά φορτία. Γι' αυτό και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών τους και την ανάλυση τους για σεισμική φόρτιση που θεωρείται η σημαντικότερη δυναμική φόρτιση των δομικών φορέων. Παράλληλα δε η σύγκριση των ιδιομορφών, ιδιοσυχνοτήτων που προσδιορίζονται υπολογιστικά από το τρισδιάστατο μοντέλο και αυτών που προσδιορίζονται από την επεξεργασία των επί τόπου μετρήσεων, βοηθά στον έλεγχο αξιοπιστίας, της προσομοίωσης του φορέα καθώς και στον εντοπισμό ιδιομορφών που αφορούν την ταλάντωση τμημάτων της κατασκευής ή την ύπαρξη ασυνεχειών στο φορέα.

Η εύρεση λοιπόν της δυναμικής ταυτότητας μιας κατασκευής είναι αναγκαία για τον προσδιορισμό με αξιοπιστία του επικίνδυνου φάσματος συχνοτήτων που διεγείρουν το φορέα, τον εντοπισμό ιδιαιτεροτήτων του φορέα καθώς και τον εντοπισμό των τοπικών αστοχιών του φορέα, στοιχεία τα οποία σε συνδυασμό με τη γνώση της παθολογίας του, οδηγούν στην επιλογή των επιτρεπτών μεθόδων ενίσχυσης του.

Οι ιδιαιτερότητες αυτών των κατασκευών (όπως πολυπλοκότητα γεωμετρίας, δομικού συστήματος, ποιότητας υλικών) οδηγούν σε προβλήματα με μεγάλο αριθμό αγνώστων. Γι' αυτό η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου υπολογισμού και του προγράμματος που θα χρησιμοποιηθεί απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Το κόστος υπολογισμού είναι εύλογο να σταθμίζεται δεν θα πρέπει όμως να οδηγεί σε ανεπίτρεπτες θυσίες σε βάρος της ακρίβειας της προσομοίωσης. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο για την στατική ή δυναμική ανάλυση μνημειακών κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία όπως αποδεικνύεται από τις πολλαπλές εφαρμογές της στην ανάλυση τέτοιων κατασκευών. Η εφαρμογή της μεθόδου τόσο στην ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης της κατασκευής όσο και στην ανάλυση της υποθετικής κατάστασης της μετά από διάφορες προτεινόμενες επεμβάσεις ενίσχυσης δίνει σημαντικά αποτελέσματα που βοηθούν στην εύρεση και πρόταση της καταλληλότερης από τις επεμβάσεις. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία επιλέγεται ως πλέον πρόσφορη η προσομοίωση της κατασκευής με τη χρήση των πεπερασμένων στοιχείων. (Σταυρουλάκη, Μ. 1996)

## 2.2 Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

Η χρήση των πεπερασμένων στοιχείων αποτελεί την επέκταση της μητρικής ανάλυσης ραβδωτών κατασκευών στην ανάλυση ολόσωμων κατασκευών. Η μέθοδος αυτή έχει θεμελιωθεί μαθηματικά και αποτελεί μια ιδιαίτερα ισχυρή μέθοδο της αριθμητικής ανάλυσης για την επίλυση προβλημάτων κατασκευών μηχανικού. (Σταυρουλάκη, Μ. 2022)

Η θεμελιώδης αρχή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων βασίζεται στην αντικατάσταση του γεωμετρικά σύνθετου πεδίου του προβλήματος με ένα σύνολο απλών υποπεδίων τα οποία ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία. (Παπαδρακάκης, Μ. 2001) Η κατασκευή, δηλαδή, υποδιαιρείται σε ένα πεπερασμένο αριθμό στοιχείων, (finite elements) τα οποία εξακολουθούν να ανήκουν στο ίδιο υλικό με την αρχική κατασκευή, η σύνδεση όμως μεταξύ τους γίνεται σ' ένα αριθμό διακριτών σημείων, τους κόμβους (nodes). (Σταυρουλάκη, Μ. 2022) Σε κάθε κόμβο αντιστοιχεί ένας αριθμός δυνατών μετακινήσεων του συγκεκριμένου σημείου που ονομάζονται βαθμοί ελευθερίας. (Σταυρουλάκη, Μ. 1996) Συνεπώς η απαίτηση ικανοποίησης των σχέσεων ισορροπίας και συμβιβαστού των παραμορφώσεων περιορίζεται σ' ένα πεπερασμένο αριθμό σημείων της κατασκευής. Όπως και στην μητρική ανάλυση των κατασκευών (ανάλυση με χρήση πινάκων) έτσι και εδώ έχουμε την δυνατότητα να εκλέξουμε σαν βασικές μεταβλητές του προβλήματος τις κομβικές μετατοπίσεις (μέθοδο μετατοπίσεων) ή και τις κομβικές δυνάμεις (μέθοδος δυνάμεων). (Σταυρουλάκη, Μ. 2022)

Η εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία βασίζεται στην επιλογή ενός κατάλληλου μοντέλου (αριθμός, σχήμα, μέγεθος και διάταξη των στοιχείων), το οποίο πρέπει να αντιπροσωπεύει την πραγματική κατασκευή με όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια. (Σταυρουλάκη, Μ. 1996)

Ιστορικά, στις πρώτες εφαρμογές της μεθόδου, ο Hrenikoff το 1941 παρουσίασε μια πρόδρομη διατύπωση της μεθόδου με την αντικατάσταση ενός επίπεδου ελαστικού μέσου με ένα σύνολο ράβδων και δοκών. Ακολούθως, η ιδέα της αντικατάστασης μιας συνεχούς συνάρτησης με συναρτήσεις κατά διαστήματα συνεχείς μπορεί να αναζητηθεί στην εργασία του Courant το 1943, στη μελέτη ενός προβλήματος στέψης κατά St. Venant. Ένα χρόνο αργότερα (1944), ο Ιωάννης

Αργύρης επινόησε την χρήση των τριγωνικών στοιχείων και πραγματοποίησε την πρώτη εφαρμογή στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές της εποχής με μέγιστη δυνατότητα χειρισμού αλγεβρικών συστημάτων μέχρι 64 αγνώστους.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων στην τυπική της διατύπωση παρουσιάζεται το 1960 σε μια μονογραφία των Αργύρη και Kelsey και στην εργασία του Clough. Από την εποχή εκείνη και μετά, η ανάπτυξη της μεθόδου και η χρησιμοποίησή της για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων του μηχανικού συμβαδίζει με την τεχνολογία των Η/Υ. Η εξέλιξη των υπολογιστών με τις ολοένα και μεγαλύτερες δυνατότητες διαχείρισης μεγάλου όγκου δεδομένων αλλά και με την αύξηση της ταχύτητας εκτελέσεως των αριθμητικών πράξεων κατέστησε εφικτή την επίλυση, με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, σύνθετων προβλημάτων του μηχανικού τα οποία θεωρούνταν απροσπέλαστα πριν μερικά χρόνια. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων, αν και επινοήθηκε και εφαρμόστηκε για την στατική ανάλυση φορέων, έχει καθολικότερη εφαρμογή σε μια ευρύτερη κατηγορία προβλημάτων του μηχανικού όπως στη ρευστομηχανική, στη μεταφορά θερμότητας, στην ακουστική, στον ηλεκτρομαγνητισμό και στην εμβιομηχανική. (Παπαδρακάκης, Μ. 2001)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι διαστάσεις του διώροφου κτιρίου που μελετήθηκε από Stavrulaki (2019) χωρίς κλίμακα (κάτοψη 4.4\*4.0 και ύψος 6μ) με πάχος τοιχοποιίας 0.48μ και πατώματος 0.20μ με ανοίγματα στις δύο απέναντι εκ των τεσσάρων όψεων του (πλευράς 4.40μ) (Εικ. 1α). Έχοντας ως αρχική κατασκευή το ανωτέρω διώροφο, κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα μονώροφο και τριώροφο καθώς και τα συσσωματώματα αυτών σε τρεις διαφορετικές διατάξεις. Οι διατάξεις αυτές είναι, διώροφο-μονώροφο, τριώροφο-διώροφο-μονώροφο και διώροφο-μονώροφο-τριώροφο. Έχοντας ως αρχικό υλικό οροφής και πατώματος του συσσωματώματος το ξύλο, μελετήθηκε η αντικατάστασή του με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος σε διάφορους συνδυασμούς (η αντικατάσταση έγινε σε όλους τους ορόφους του εκάστοτε κτιρίου).

Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν τα μεμονωμένα κτίρια καθώς και συσσωματώματα αυτών που είναι τα εξής (η αρίθμηση υποδηλώνει τον αριθμό των ορόφων) (Εικ.2, 3) :

1. Μονώροφο  
α. xilo1  
β. plaka1
2. Διώροφο  
α. xilo2  
β. plaka2
3. Τριώροφο  
α. xilo3  
β. plaka3
4. Διώροφο-μονώροφο  
α. xilo2xilo1  
β. xilo2plaka1  
γ. plaka2xilo1
5. Τριώροφο-διώροφο-μονώροφο  
α. xilo3xilo2xilo1  
β. xilo3plaka2xilo1  
γ. plaka3xilo2plaka1
6. Διώροφο-μονώροφο-τριώροφο  
α. xilo2xilo1xilo3  
β. xilo2plaka1xilo3  
γ. plaka2xilo1plaka3

Τα τρία υλικά (τοιχοποιία – ξύλο- οπλισμένο σκυρόδεμα) που χρησιμοποιήθηκαν με τις μηχανικές τους ιδιότητες φαίνονται στον Πιν. 1. Το υλικό της τοιχοποιίας θεωρήθηκε ομογενοποιημένο και μοντελοποιήθηκε σύμφωνα με την ελαστική θεωρία στο πρόγραμμα FE Marc. Για τις ξύλινες δοκούς το υλικό θεωρήθηκε ελαστικό.

Στη συνέχεια ορίστηκαν οι συνοριακές συνθήκες (Boundary Conditions) του φορέα και συγκεκριμένα το φορτίο βαρύτητας (Gravity Load) και η πάκτωση της κατασκευής στο έδαφος (Fixed Displacement). Σε όλα τα στοιχεία εφαρμόζεται η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ), ενώ η πάκτωση εφαρμόζεται σε όλους τους κόμβους της βάσης του κτιρίου.

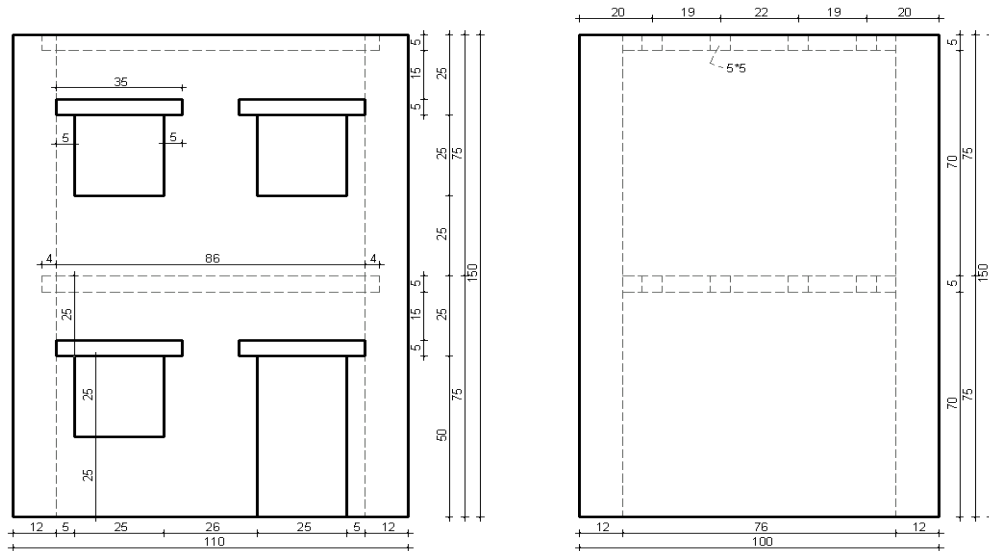
	Young's modulus (MPa)	Poisson's ratio $\nu$	Specific weight (kg/m <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	Compressive strength (MPa)
Masonry	1.72e + 03	0.15	2,100	0.066	0.396
Timber	1.17e + 02	0.3	500		
Concrete	2.64e + 04	0.25	2,300		

Πίνακας 1: Μηχανικές ιδιότητες των υλικών (Stavroulaki 2019)

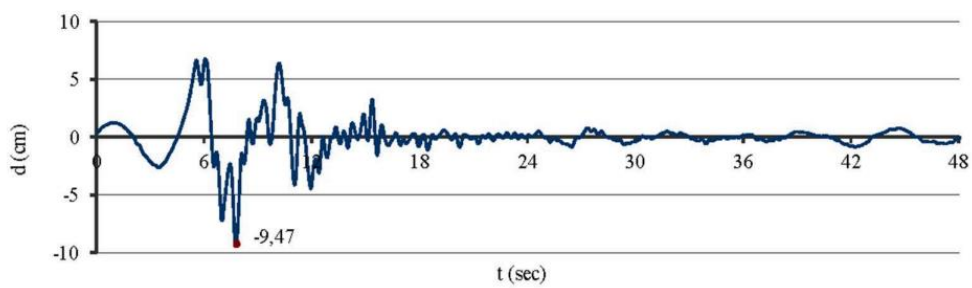
Το σεισμικό φορτίο που εφαρμόστηκε στη βάση των μοντέλων είναι η συνιστώσα Βορράς-Νότος από το σεισμό στο Μαυροβούνιο, απ' την καταγραφή στο Petrovac με μέγιστη τιμή μετακίνησης 9.47εκ. (Εικ.1β). Η διέγερση στη βάση εφαρμόστηκε κατά τη διεύθυνση Χ (κάθετα στις όψεις χωρίς ανοίγματα και στον άξονα της παράλληλης διάταξης των κτισμάτων). Στις άλλες διευθύνσεις οι βάσεις των μοντέλων θεωρήθηκε ότι έχουν μηδενικές μετακινήσεις.

Για πρακτικούς λόγους, βάσει του συντελεστή υποδιαίρεσης δύο (2) για το χρόνο από τον Tomazevic (1996), μελετήθηκαν τα πρώτα 4sec της καταγραφής που συμπεριλαμβάνουν τη μέγιστη τιμή μετακίνησης. Κατ' εξαίρεση, στη διάταξη διώροφο-μονώροφο έγινε μελέτη των πρώτων 8sec για να δούμε πώς διαφοροποιείται η ταλάντωση στο διάστημα 4-8sec σε σχέση με εκείνο των 0-4sec και για να αντλήσουμε την πληροφορία του σε ποιο μοντέλο επέρχεται γρηγορότερα η απομείωση της ταλάντωσης.

Κατά τη διερεύνηση της ταλάντωσης των πρώτων 4sec, μελετήθηκαν τα αποτελέσματα τεσσάρων, έξι και οκτώ ευθειών για τις κατασκευές μεμονωμένο κτίριο, συσσωμάτωμα δύο κτιρίων και συσσωμάτωμα τριών κτιρίων αντίστοιχα, για τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης στην οροφή του κάθε συσσωματώματος (περί των 3.9sec – ανάλογα με την κάθε ευθεία)(οι ευθείες-τομές που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στις εικόνες 2 και 3).

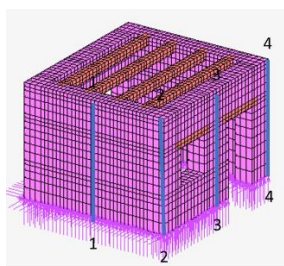


α)

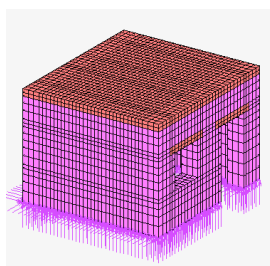


β)

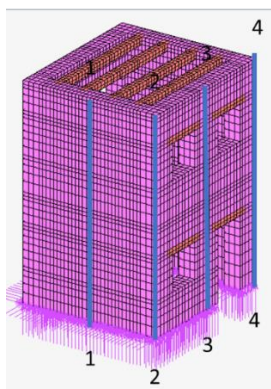
Εικόνα 1: α) Όψεις κτίσματος μελέτης (διαστάσεις σε εκ., κλίμακα 1:4), β) Συνιστώσα B-N από το σεισμό στο Μαυροβούνιο στις 15-04-1979 και την καταγραφή στο Petronas (Stavroulaki 2019)



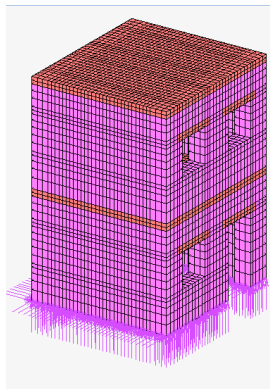
**xilo1**



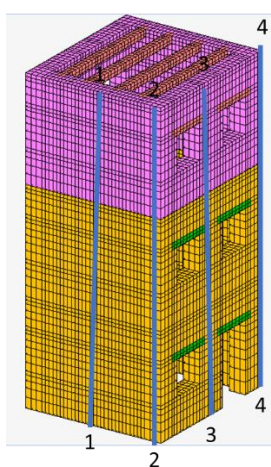
**plaka1**



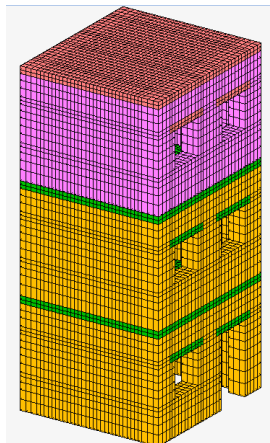
**xilo2**



**plaka2**



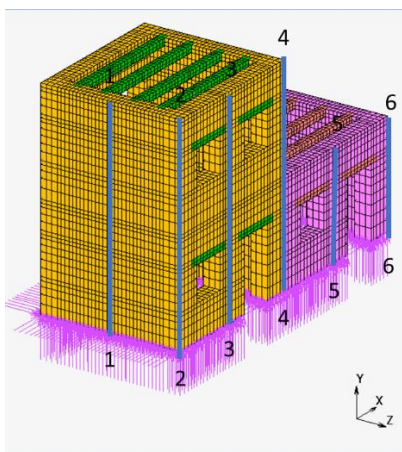
**xilo3**



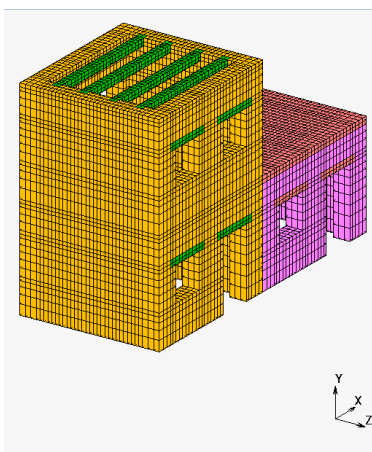
**plaka3**

Εικόνα 2: Δομικό σύστημα και μοντελοποίηση των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων των μεμονωμένων κτιρίων.

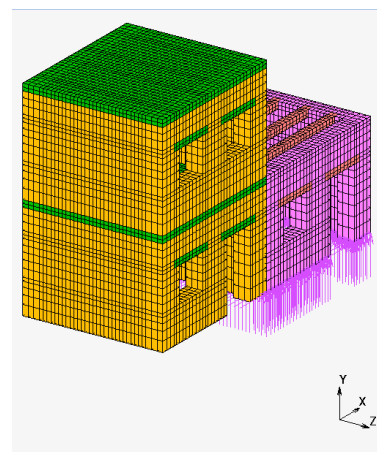




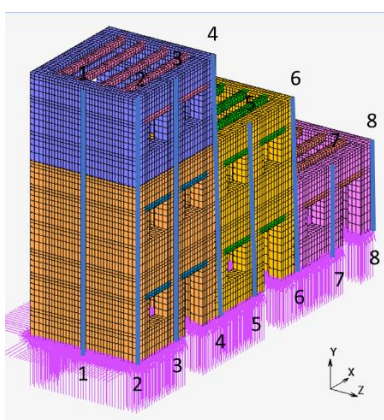
**xilo2xilo1**



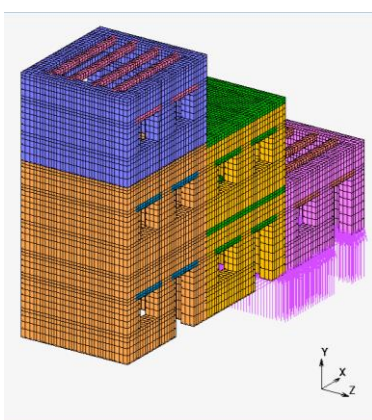
**xilo2plaka1**



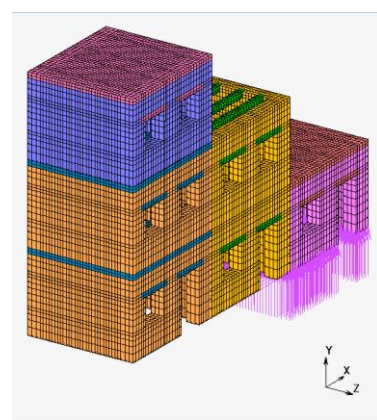
**plaka2xilo1**



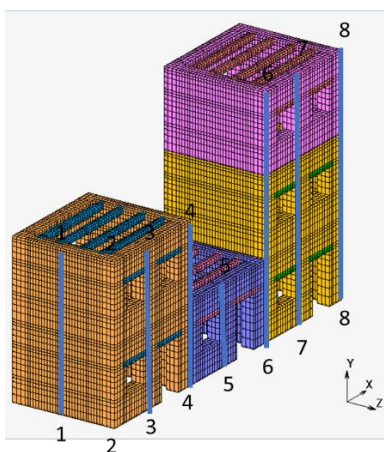
**xilo3xilo2xilo1**



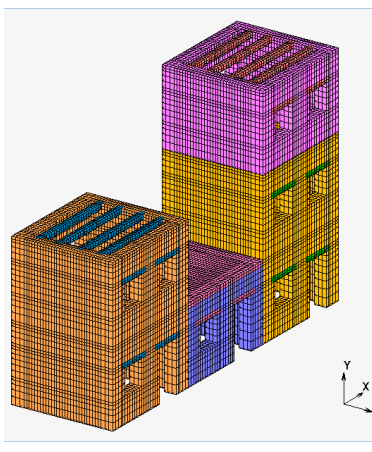
**xilo3plaka2xilo1**



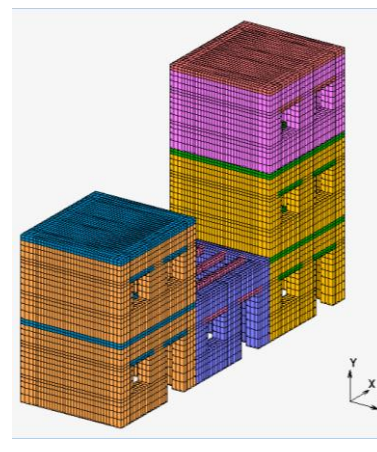
**plaka3xilo2plaka1**



**xilo2xilo1xilo3**



**xilo2plaka1xilo3**



**plaka2xilo1plaa3**

Εικόνα 3: Δομικό σύστημα και μοντελοποίηση των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων των κτιρίων σε τρεις διαφορετικές διατάξεις.

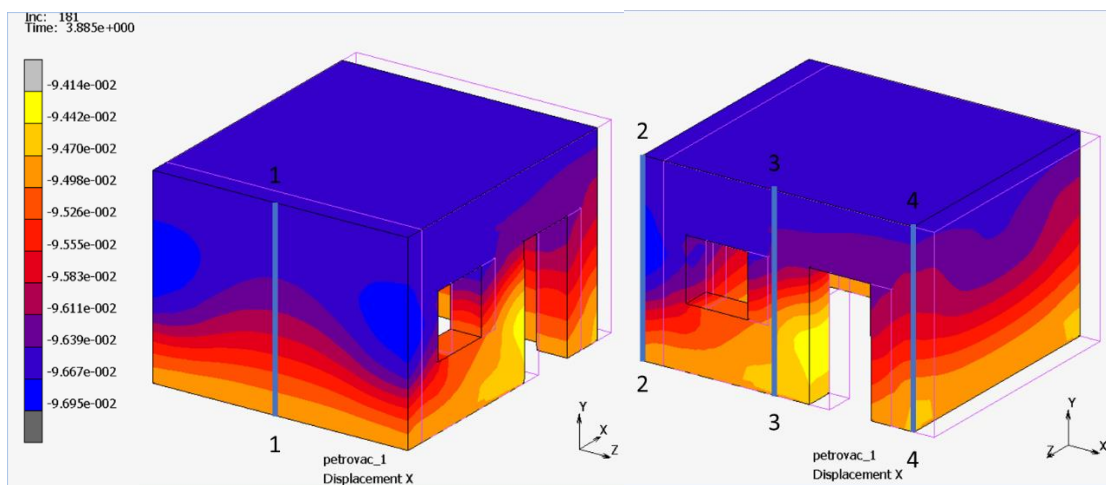


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

### 4.1 Δυναμική ανάλυση μονώροφου κτίσματος

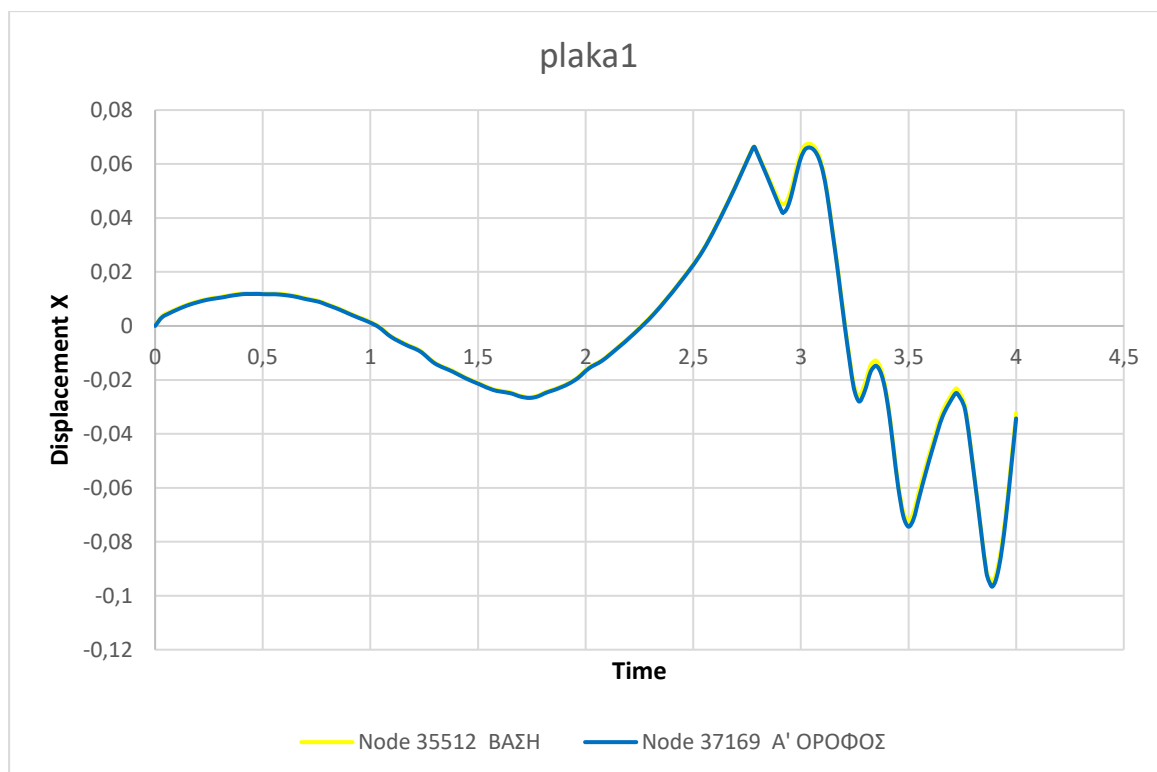
#### Διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo1 και plaka1. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.



Εικόνα 4: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka1 με απεικόνιση των ευθειών 1, 2, 3, 4 (4sec)

## ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ)

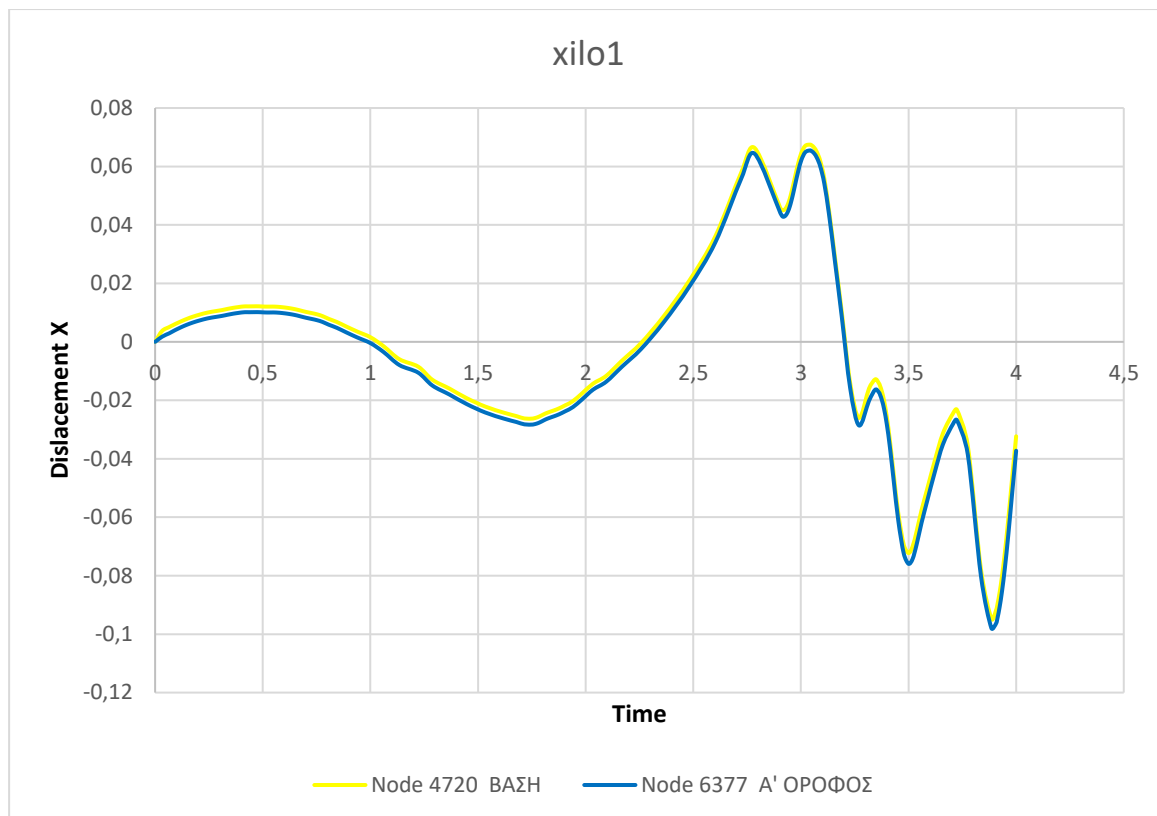


Εικόνα 5: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,09647m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,0017648m.



Εικόνα 6: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,0979603m.

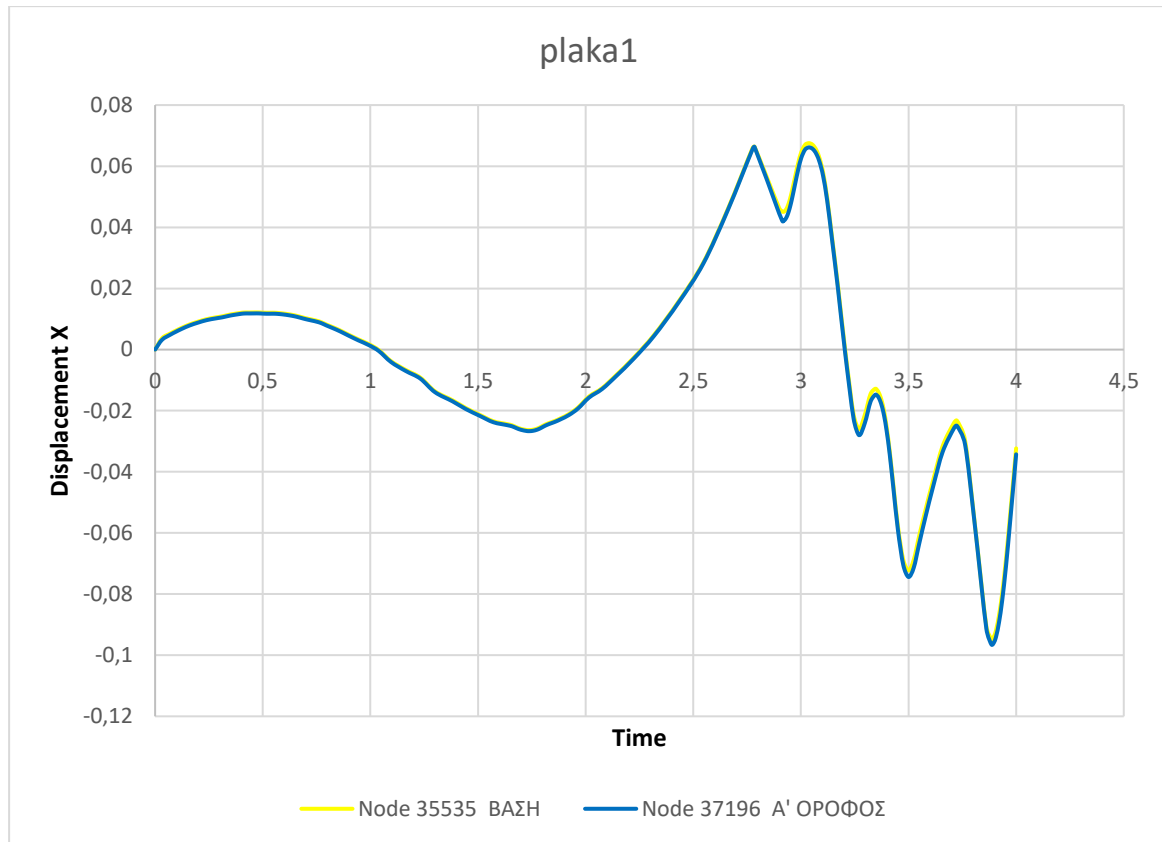
Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,0032551m.

Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα δύο μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων προκύπτει ότι οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka1 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo1.

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ)

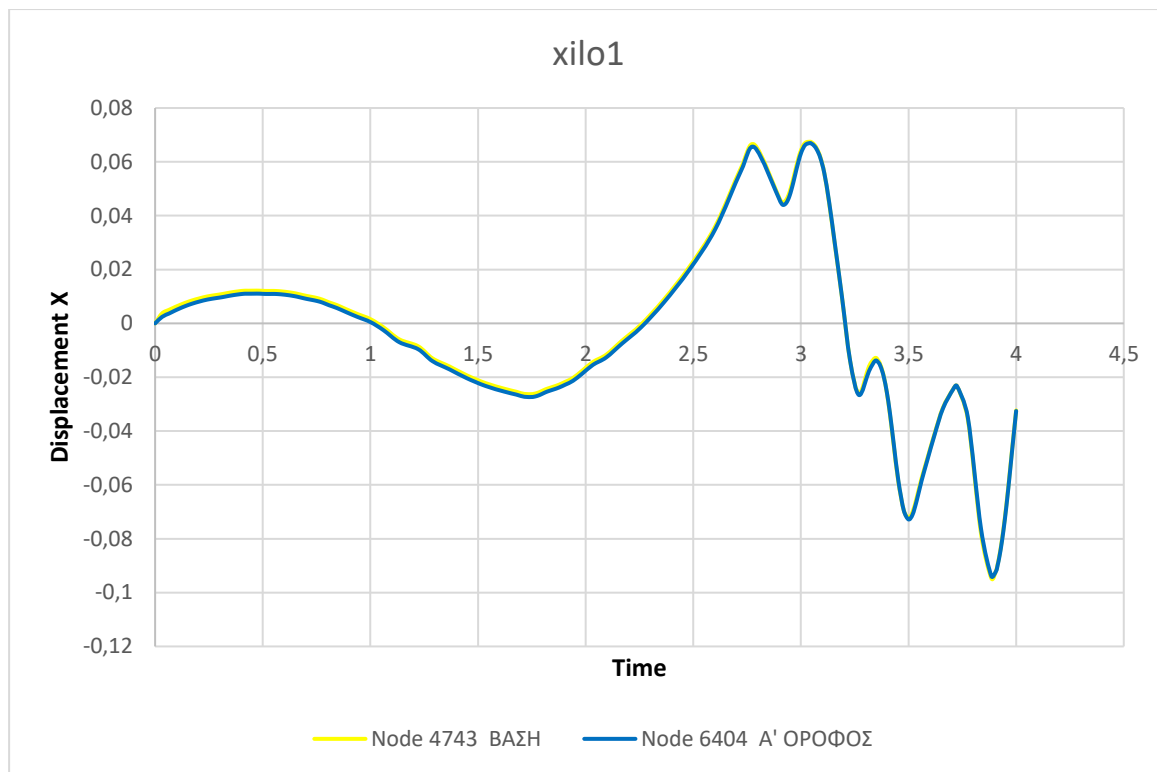


Εικόνα 7: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,0964708m. -

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,0017656m.



Εικόνα 8: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

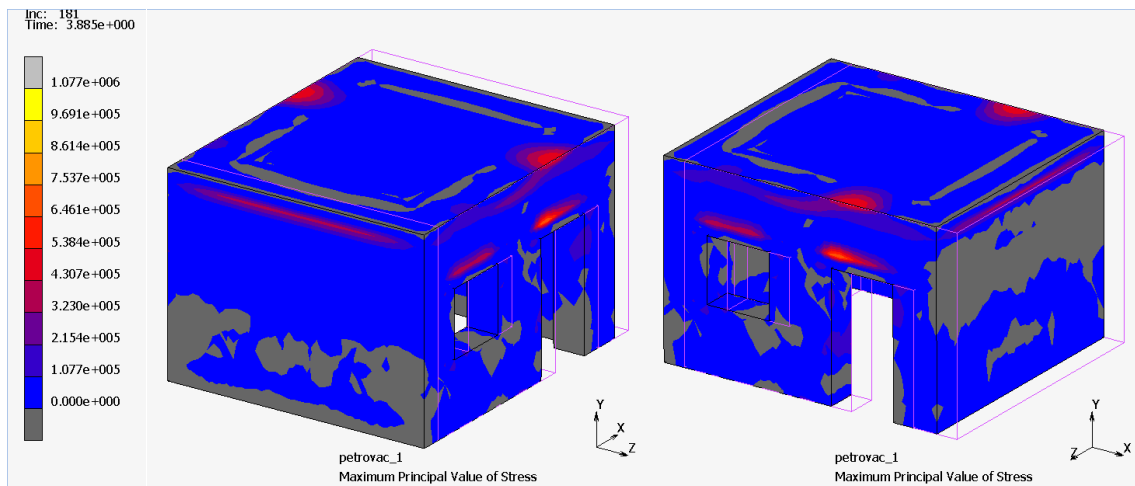
Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,0939159m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

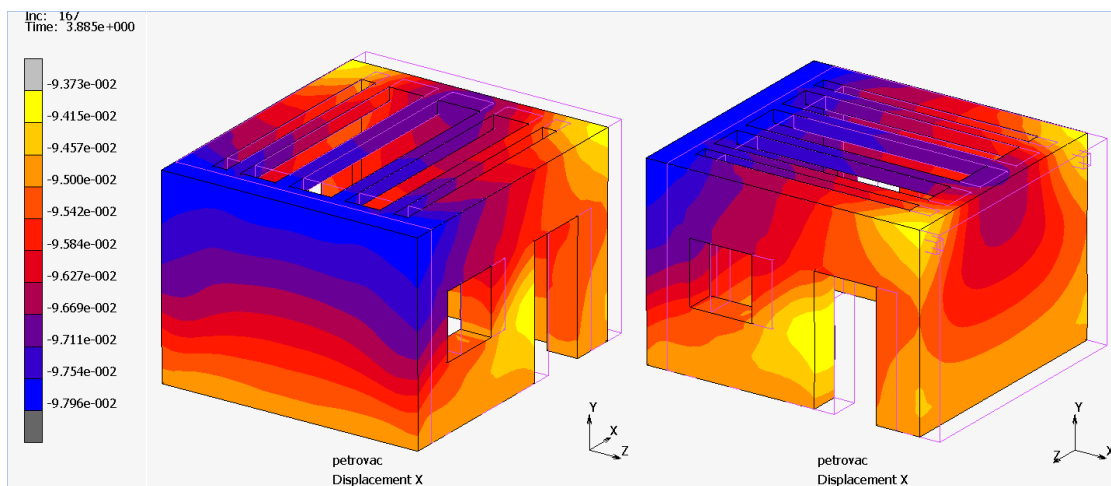
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι -0,0007893m.

Παρατηρούνται τα εξής :

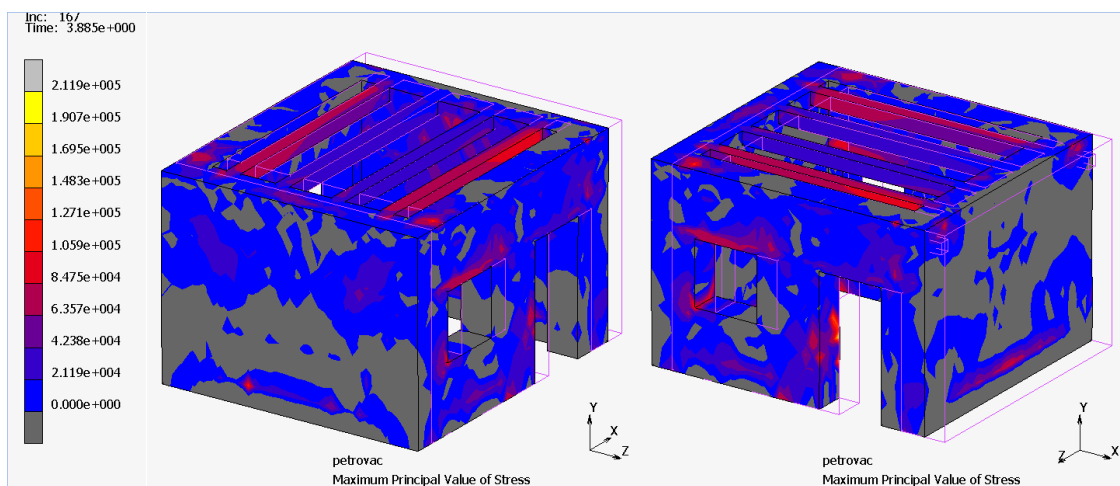
- Την ίδια χρονική στιγμή εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα δύο μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων προκύπτει ότι οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo1 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka1.



Εικόνα 9: Κύριες τάσεις του μοντέλου πλακα1 (4 sec)



Εικόνα 10: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo1 (4sec)



Εικόνα 11: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo1 (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Στο μοντέλο *plaka1*, στις όψεις έχουμε υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων (έως  $0,108\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ). Στις όψεις παρατηρούνται επίσης θλιπτικές τάσεις έως  $0,207\text{MPa}$ . Στην οροφή από σκυρόδεμα παρατηρείται εφελκυσμός έως  $1,077\text{MPa}$ .

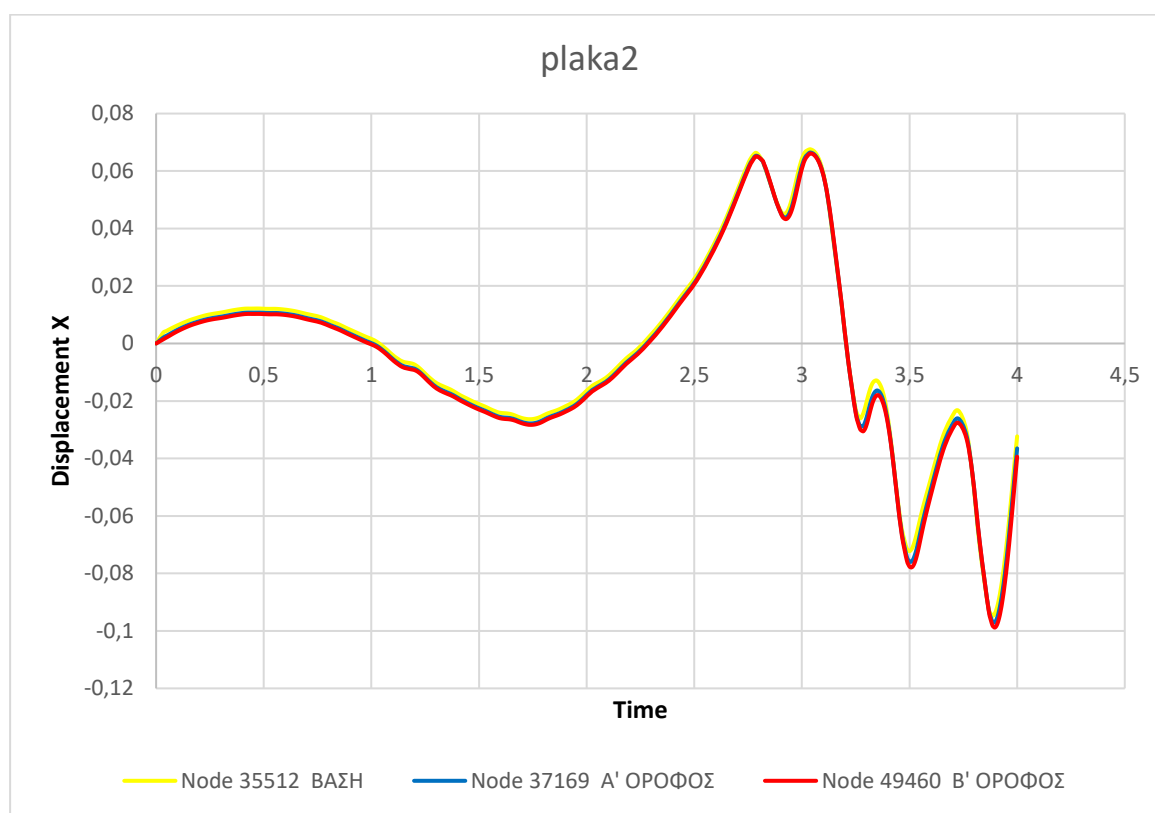
Στο μοντέλο *xilo1*, στις όψεις παρατηρούνται τόσο εφελκυστικές όσο και θλιπτικές τάσεις. Έχουμε υπέρβαση των επιτρεπόμενων εφελκυστικών τάσεων κοντά στα ανοίγματα (έως  $0,212\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ) ενώ οι θλιπτικές έχουν τιμές έως  $0,23\text{MPa}$ .

## 4.2 Δυναμική ανάλυση διώροφου κτίσματος

### Διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo2 και plaka2. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.

#### ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 12: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,89743sec στην οροφή του β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,0987879m.

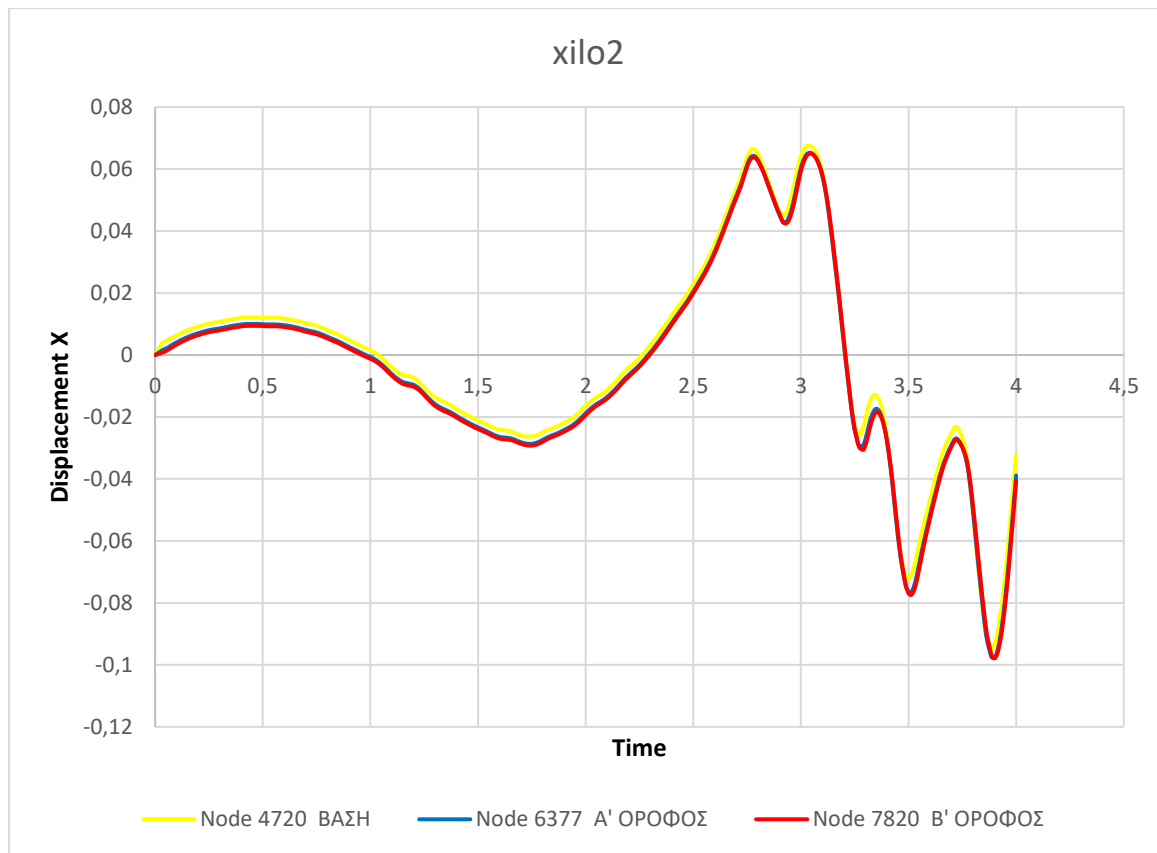
Τη στιγμή 3,89743sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0968862m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0019017m.

Την ίδια στιγμή 3,89743sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,093766m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,0031202m.





Εικόνα 13: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,89909sec στην οροφή του β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,0978624m.

Τη στιγμή 3,89909sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0978217m.

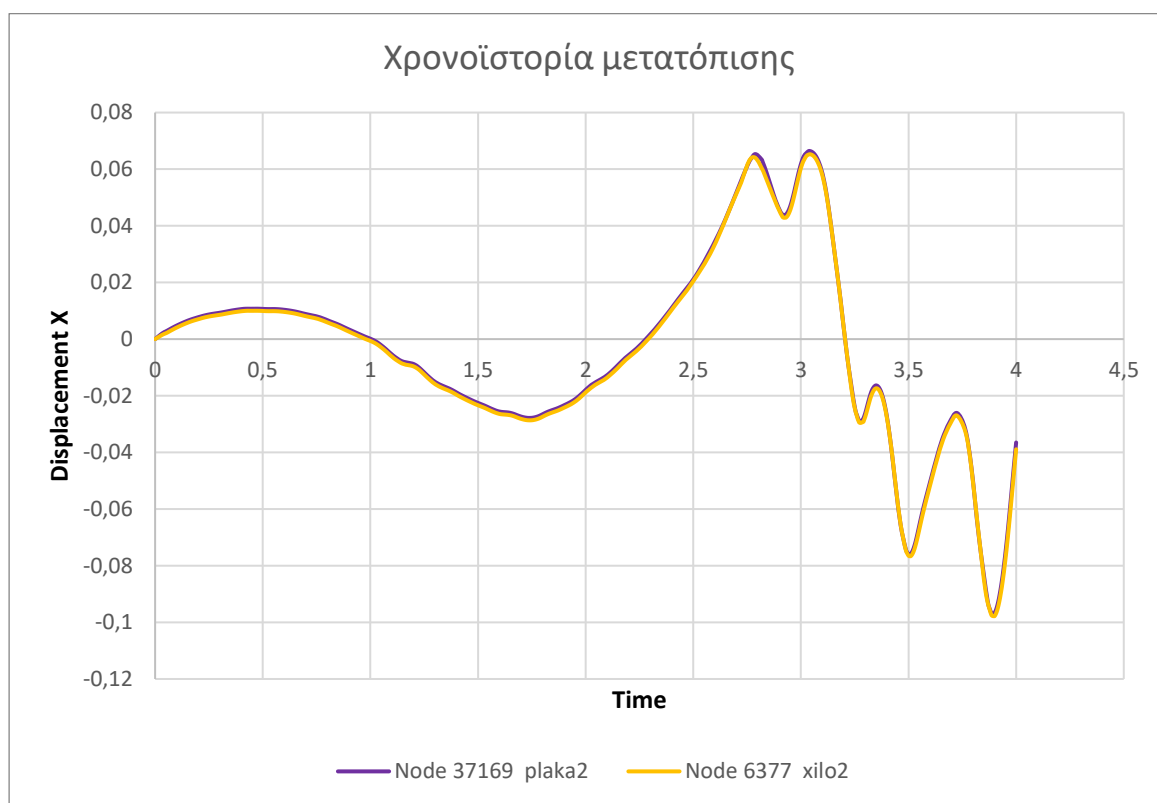
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0000407m.

Την ίδια στιγμή 3,89909sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935032m.

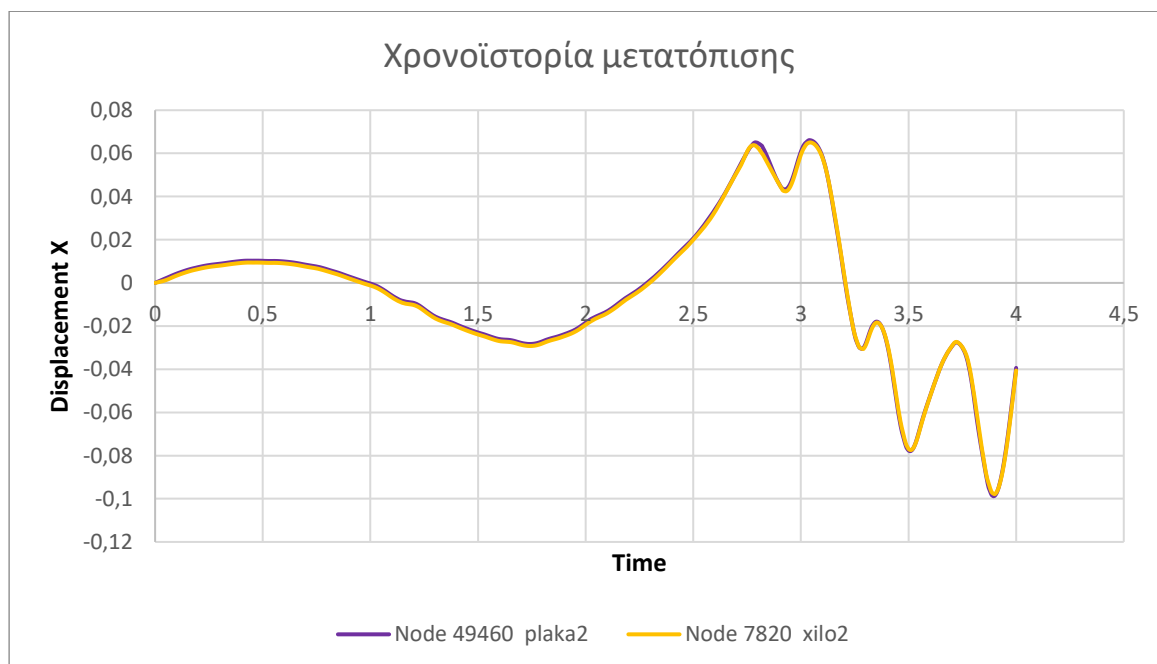
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,0043185m.

Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα δύο μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka2 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo2.
  - β. μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo2 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka2.

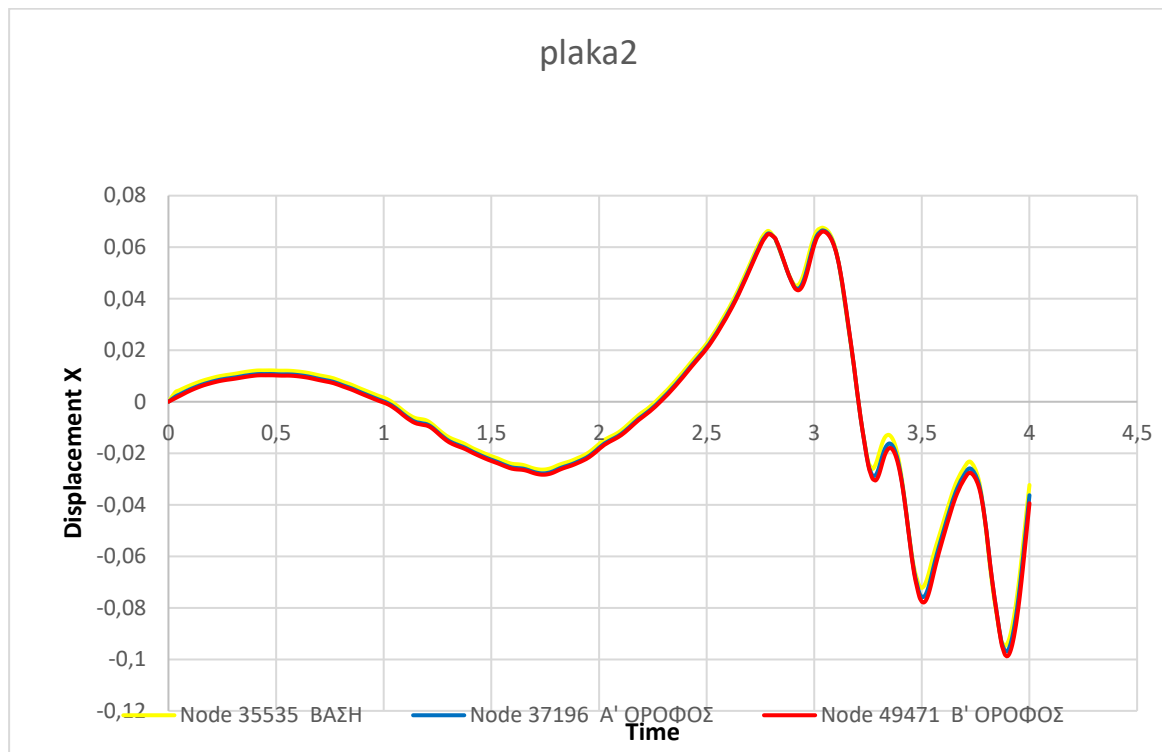


Εικόνα 14: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 15: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 16: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

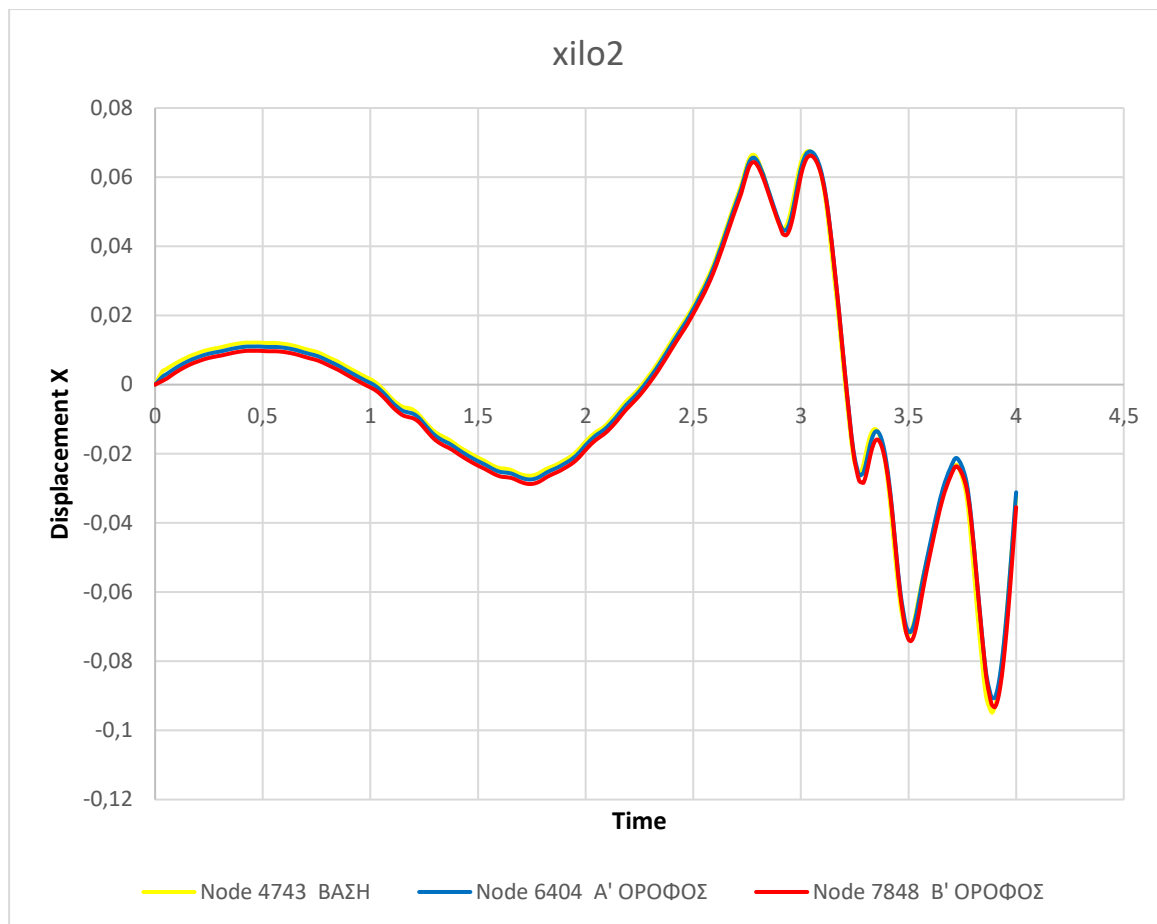
Τη στιγμή 3,8945sec στην οροφή του β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,0988182m.

Τη στιγμή 3,8945sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0968707m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0019475m.

Την ίδια στιγμή 3,8945sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0941947m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι 0,002676m.



Εικόνα 17: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή του β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0922556m.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0903728m.

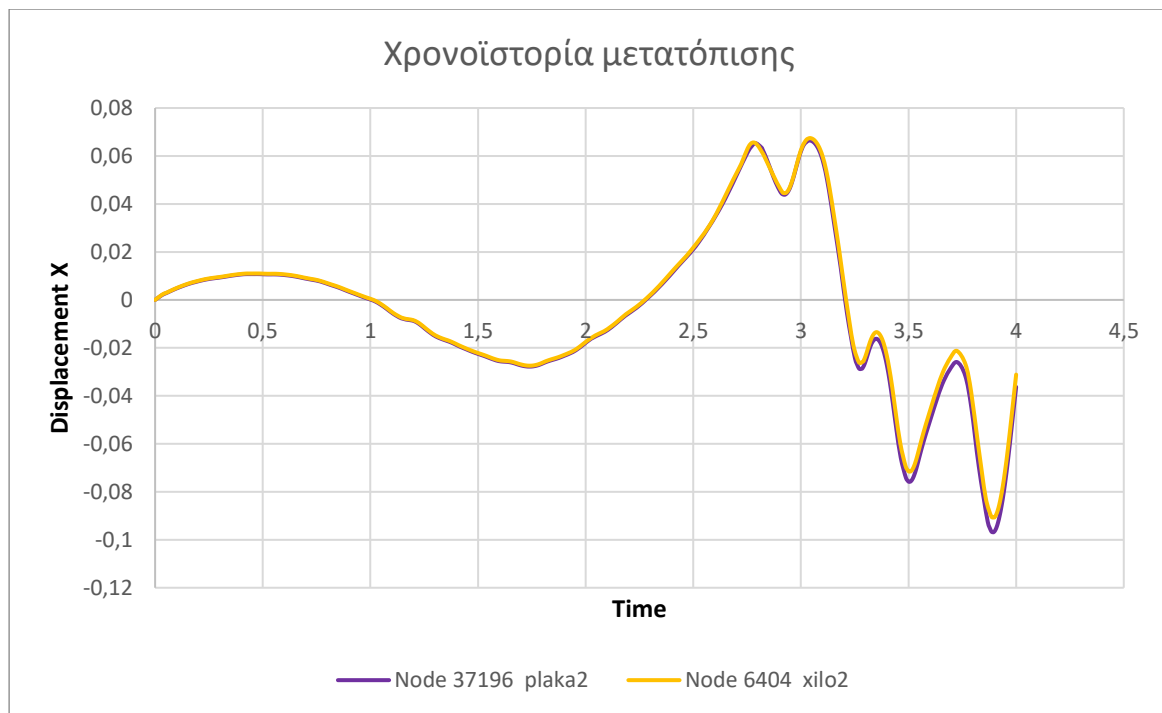
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0018828m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

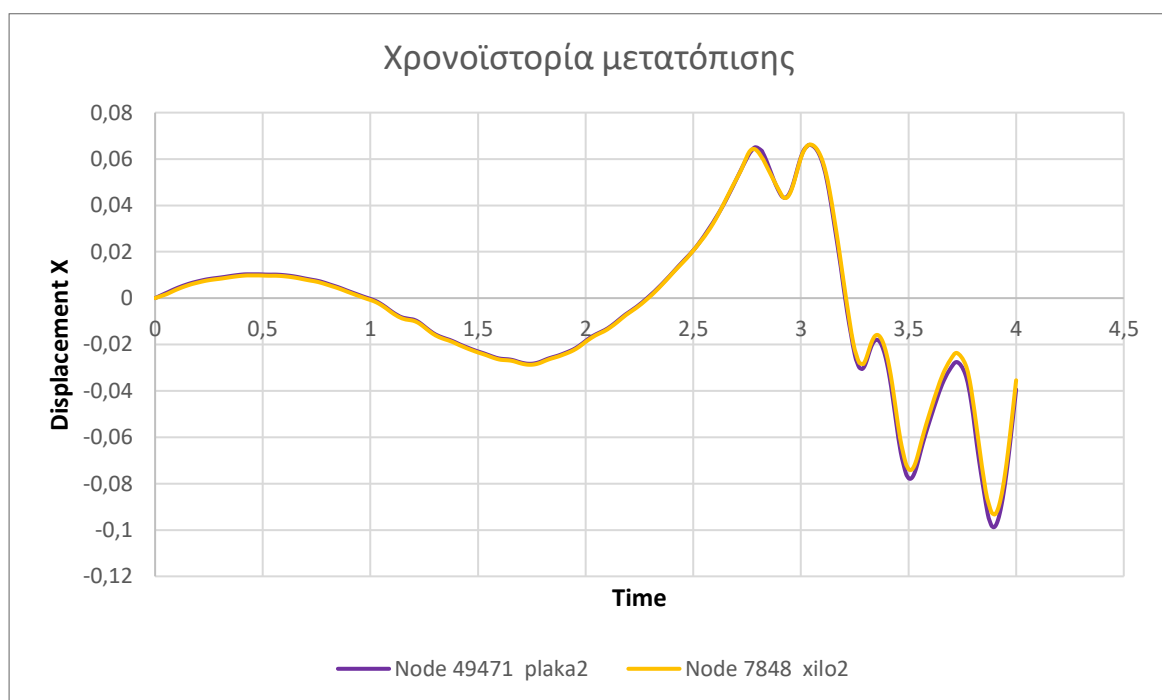
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης και α' ορόφου είναι -0,0043324m.

Παρατηρούνται τα εξής :

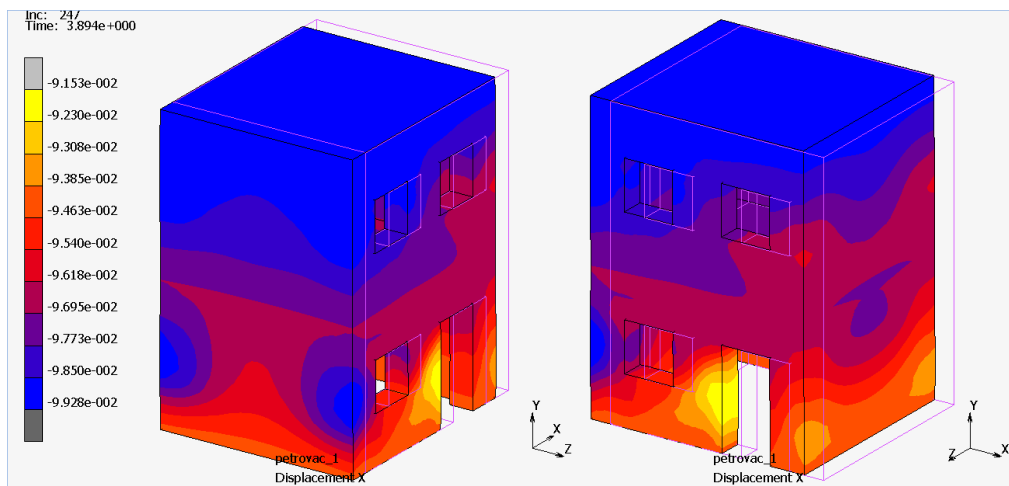
- Την ίδια χρονική στιγμή εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα δύο μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων από προκύπτει ότι:  
α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka2 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo2.  
β. μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo2 και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka2 (με αμελητέα διαφορά).



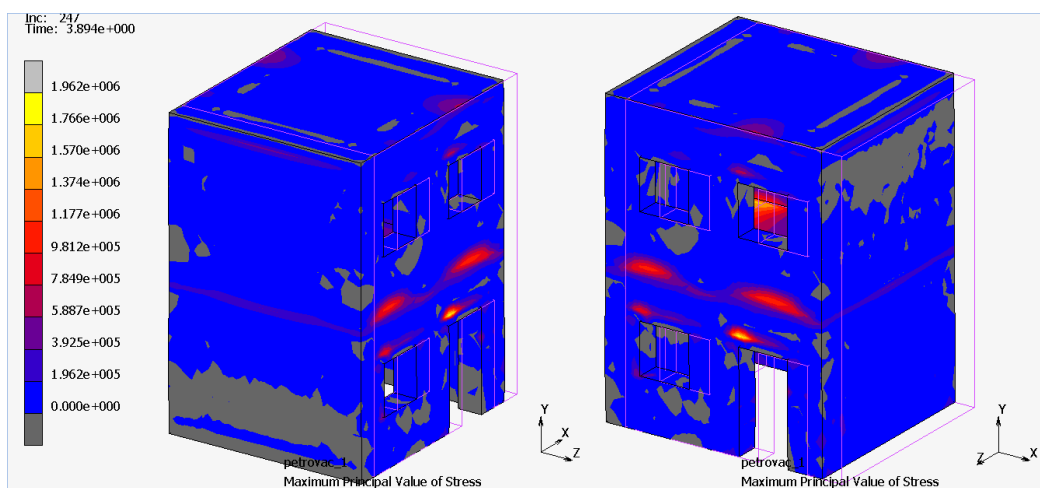
Εικόνα 18: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



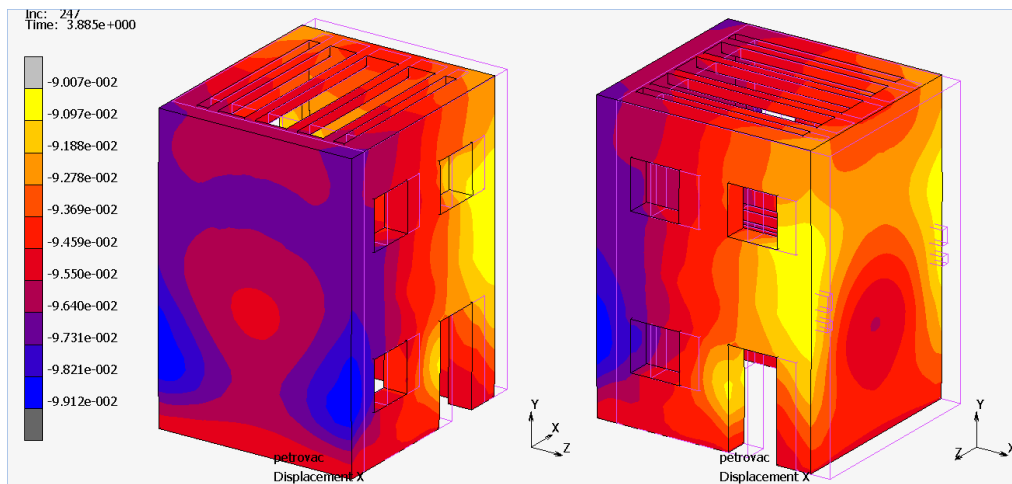
Εικόνα 19: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



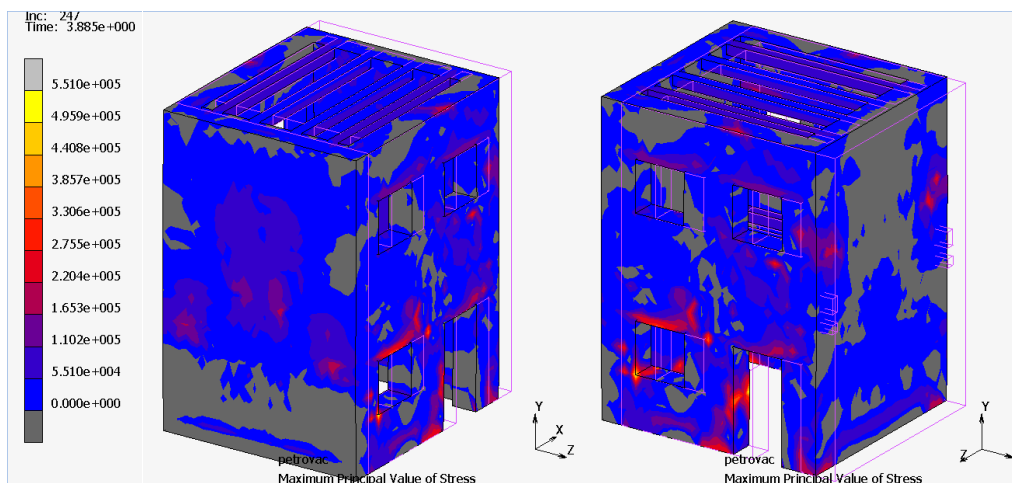
Εικόνα 20: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka2 (4sec)



Εικόνα 21: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka2 (4 sec)



Εικόνα 22: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2 (4 sec)



Εικόνα 23: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2 (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Στο μοντέλο rla2, στις οροφές από πλάκα σκυροδέματος καθώς και στα ανώφλια από σκυρόδεμα, παρατηρείται εφελκυσμός με τιμές έως 1.96MPa, δηλαδή, κάτω από τη μέση εφελκυστική αντοχή. Στις όψεις παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων με τιμή έως 0,196MPa>0,066MPa. Παρατηρείται επίσης θλίψη σε μικρότερες περιοχές με τιμές έως 0,532MPa>0,396MPa στην πλάγια όψη του ισογείου και κοντά στα ανοίγματα, επομένως σε αυτές τις περιοχές έχουμε υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής.

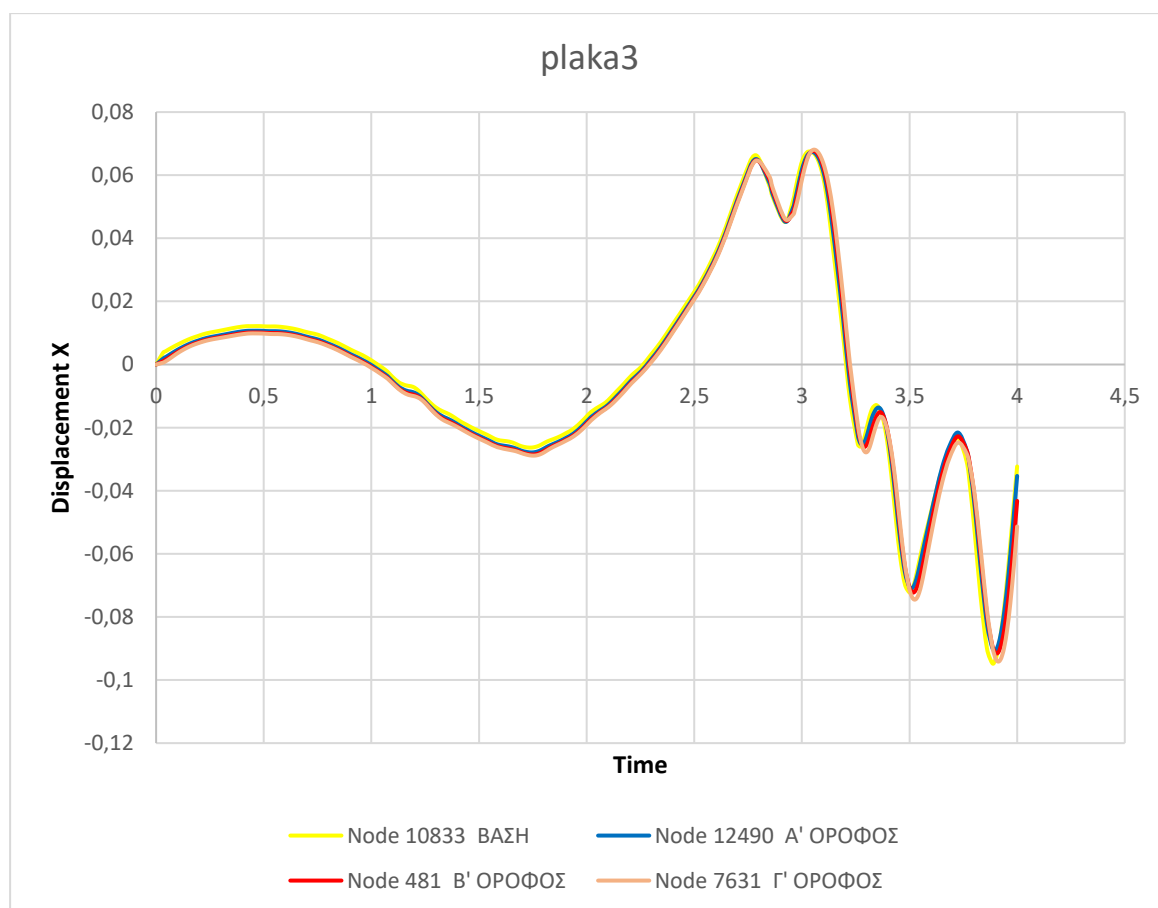
Στο μοντέλο xilo2, στις όψεις παρατηρούνται τόσο εφελκυστικές όσο και θλιπτικές τάσεις. Έχουμε υπέρβαση των επιτρεπόμενων εφελκυστικών τάσεων κοντά στα ανοίγματα (έως 0,551MPa>0.066MPa), ιδιαίτερα στο ανώφλι και την πόρτα του ισογείου καθώς και των θλιπτικών (0,507MPa>0.396MPa) στη στάθμη της βάσης.

## 4.3 Δυναμική ανάλυση τριώροφου κτίσματος

### Διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo3 και plaka3. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.

#### ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 24: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0894885m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0891631m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0003254m.

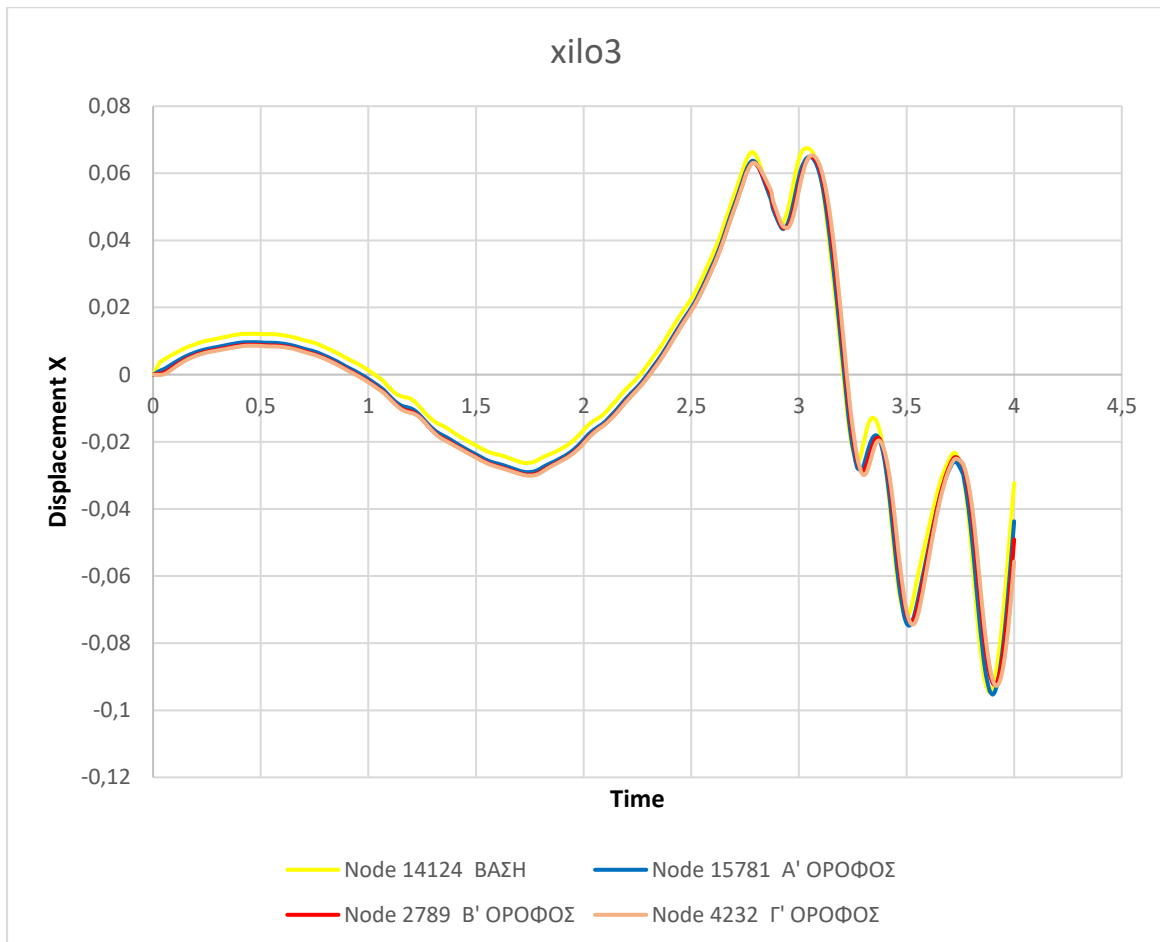
Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0898636m.



Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,0007005m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0048416m.



Εικόνα 25: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0904258m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0916067m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι -0,0011809m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0952771m.

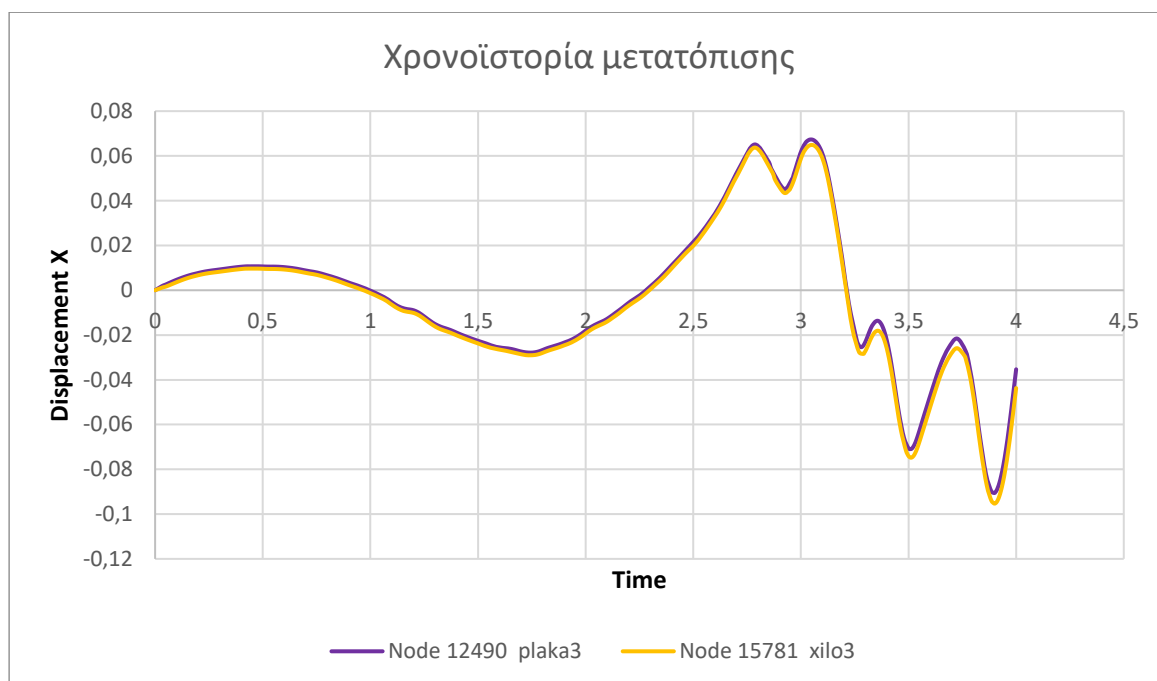
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,0036704m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0936472m.

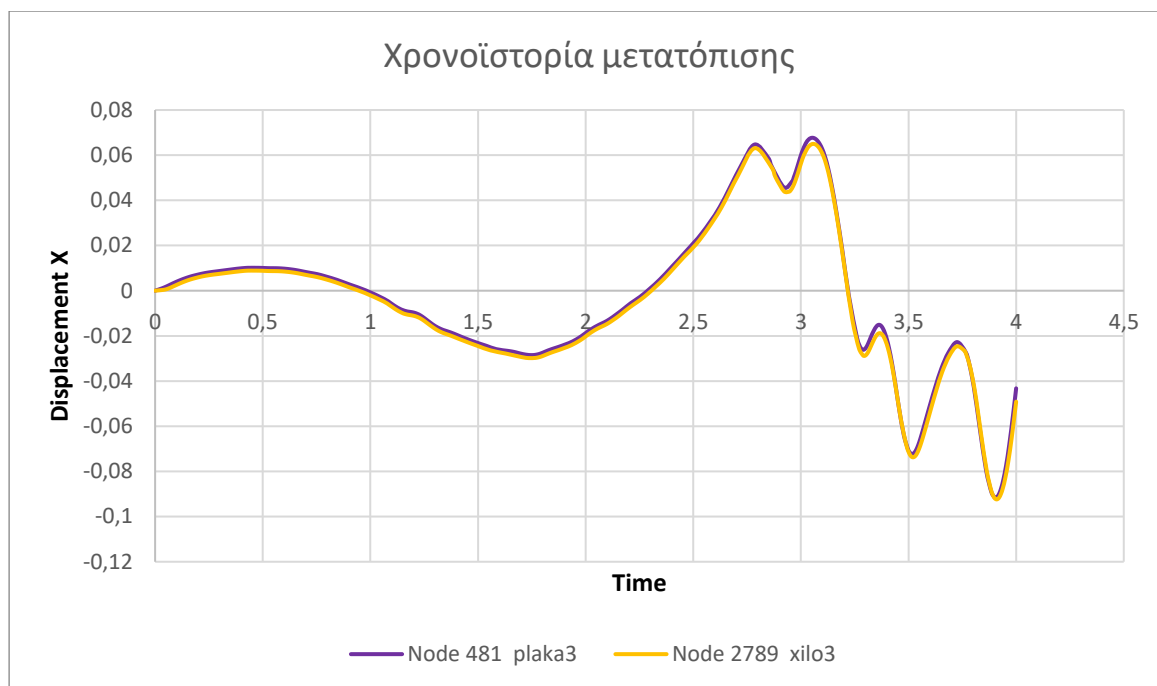
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0016299m.

Παρατηρούνται τα εξής :

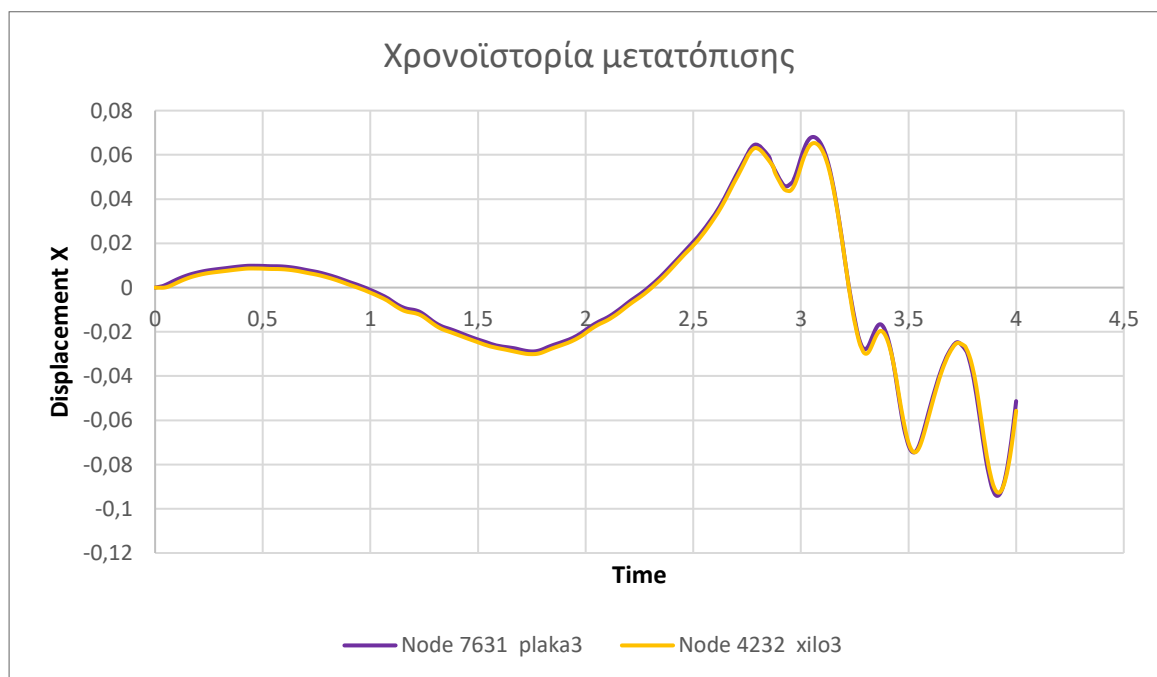
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3 και μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka3.
  - β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου και μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3 και μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3.



Εικόνα 26: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.

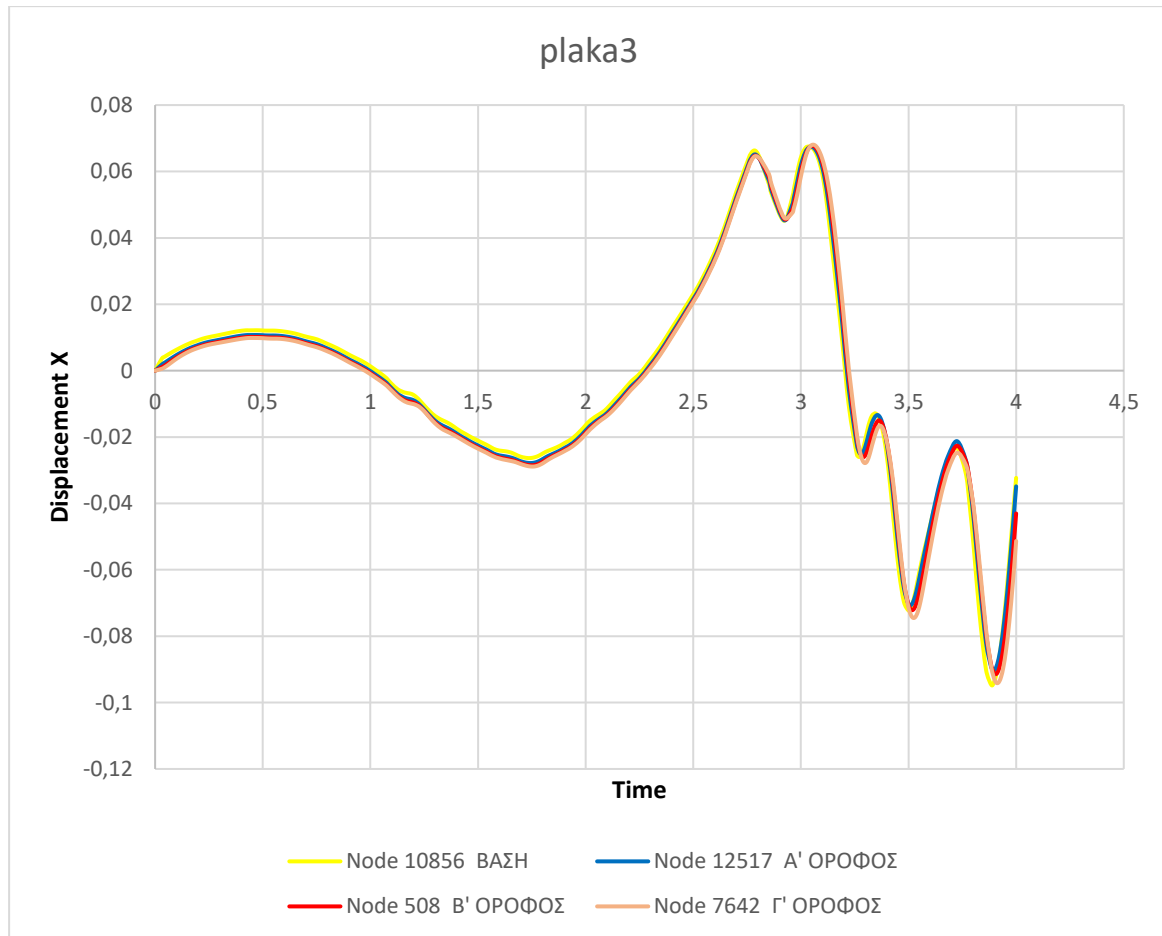


Εικόνα 27: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 28: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 29: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0894859m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0889977m.

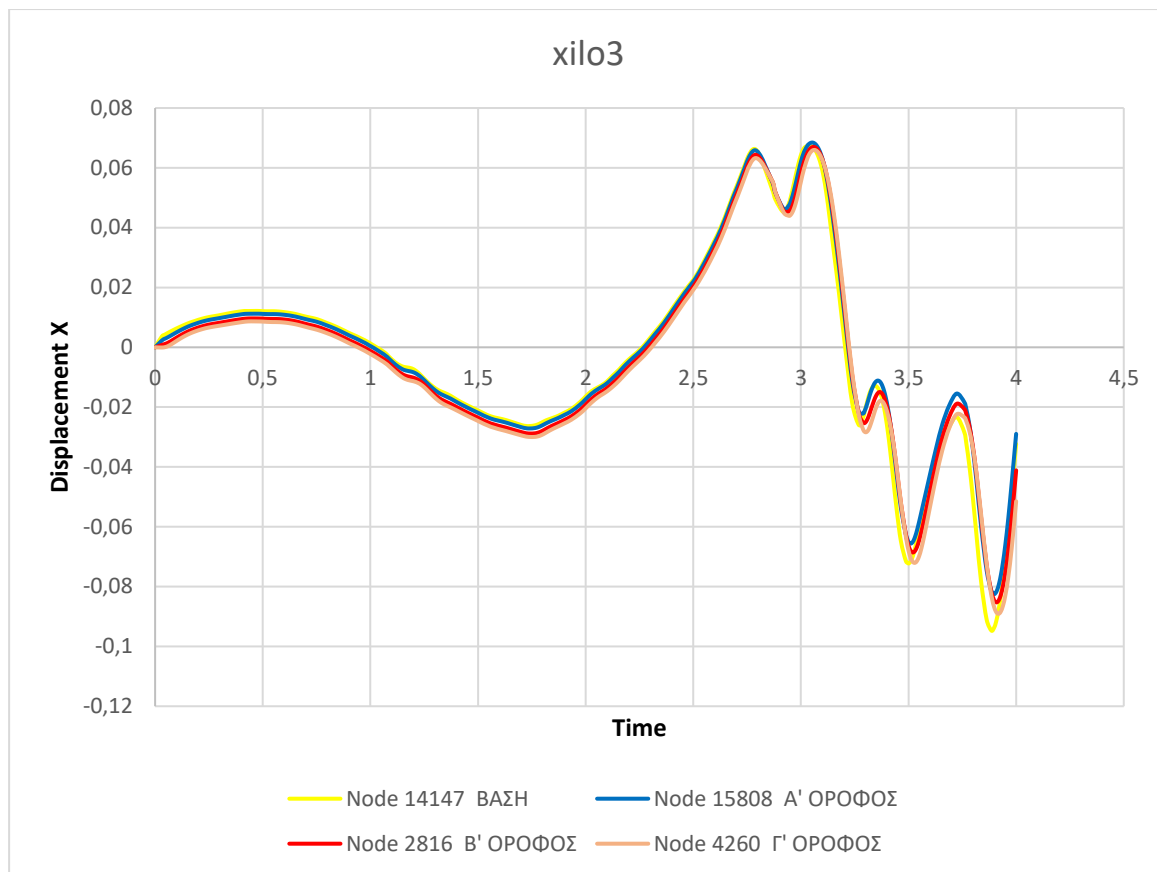
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0004882m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0894807m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,000483m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0052245m.



Εικόνα 30: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0829915m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0818373m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0011542m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0813978m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0004395m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

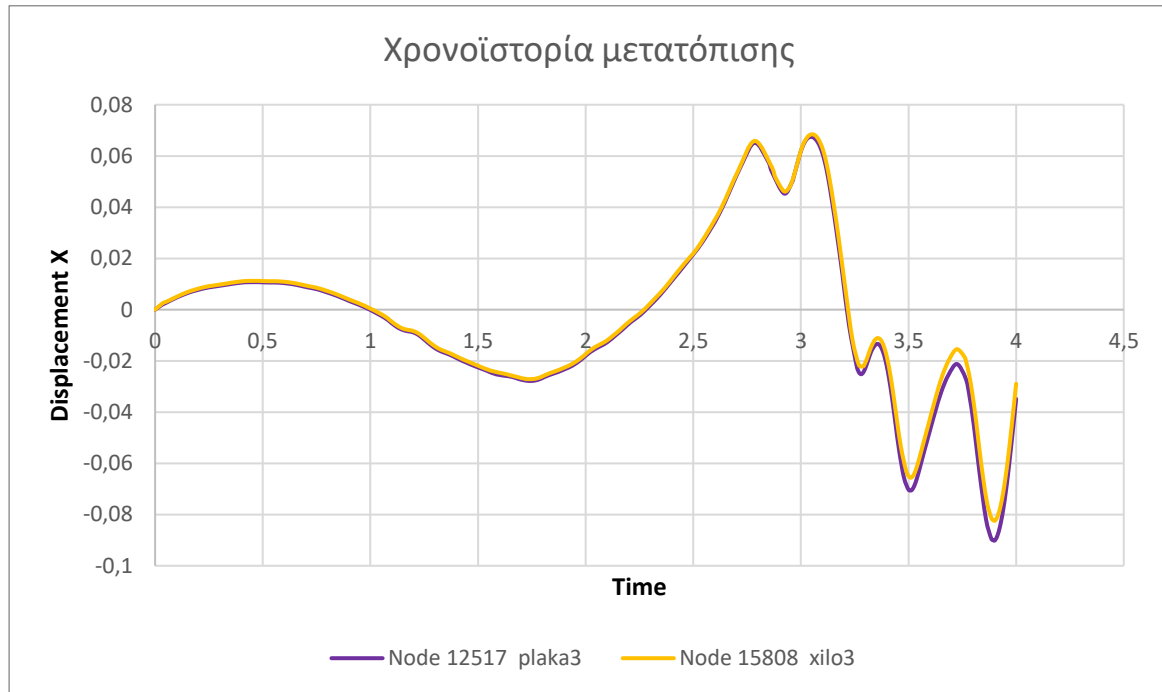
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0133074m.

Παρατηρούνται τα εξής :

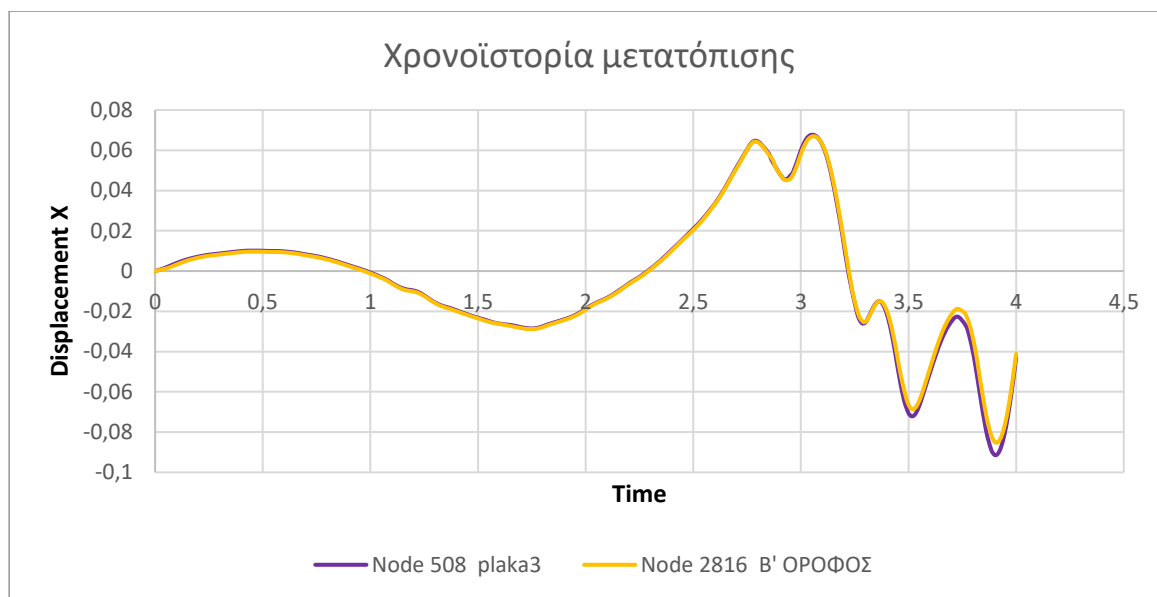
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των δύο μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι:

α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου και μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3 και μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3.

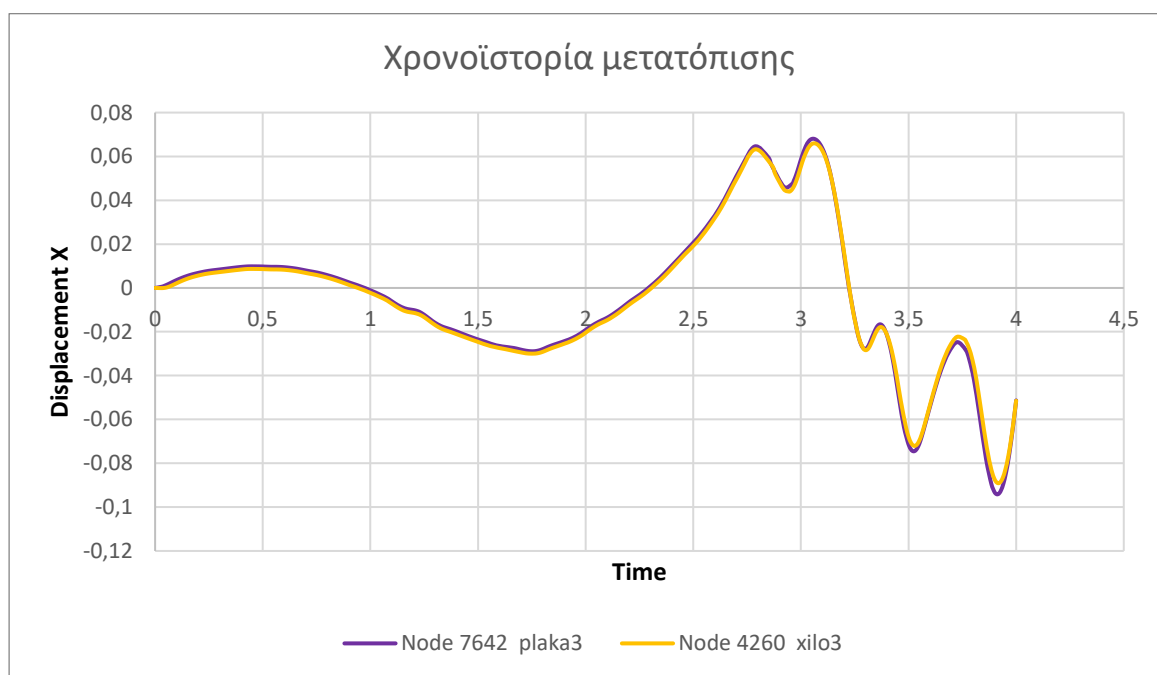
β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3 και μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka (με αμελητέα διαφορά).



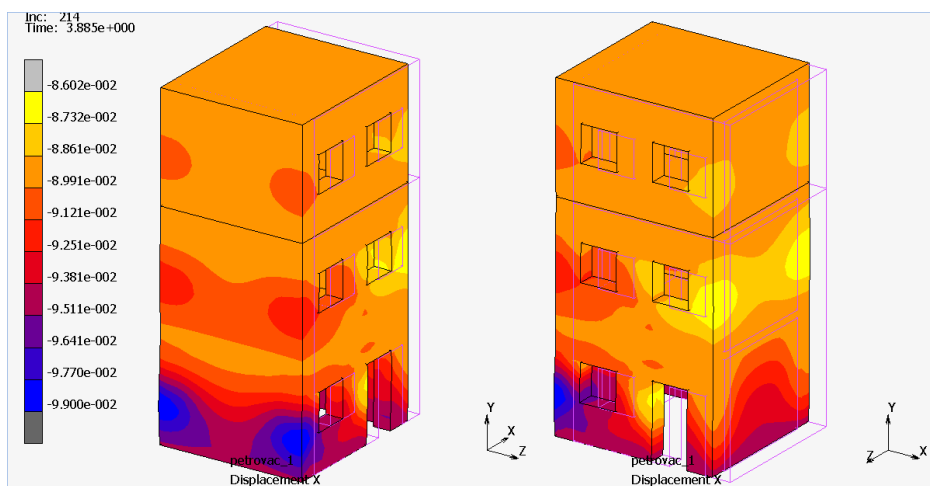
Εικόνα 31: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



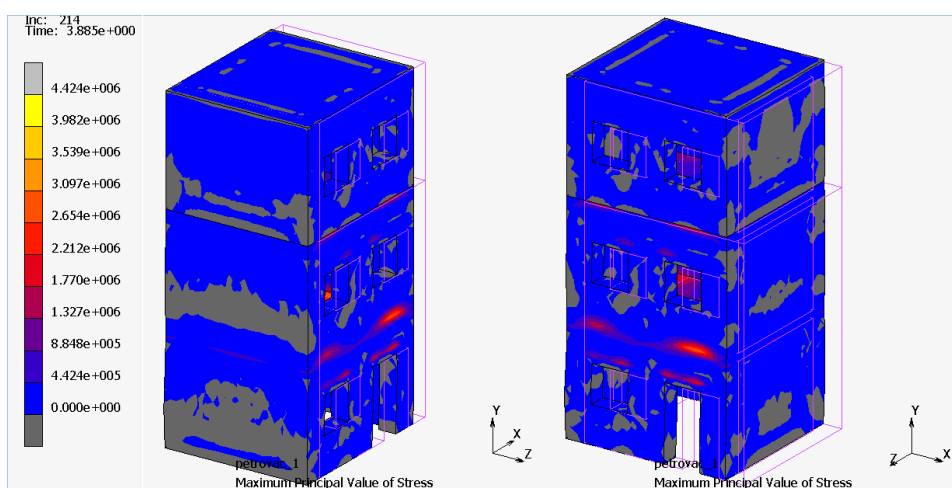
Εικόνα 32: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 33: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.

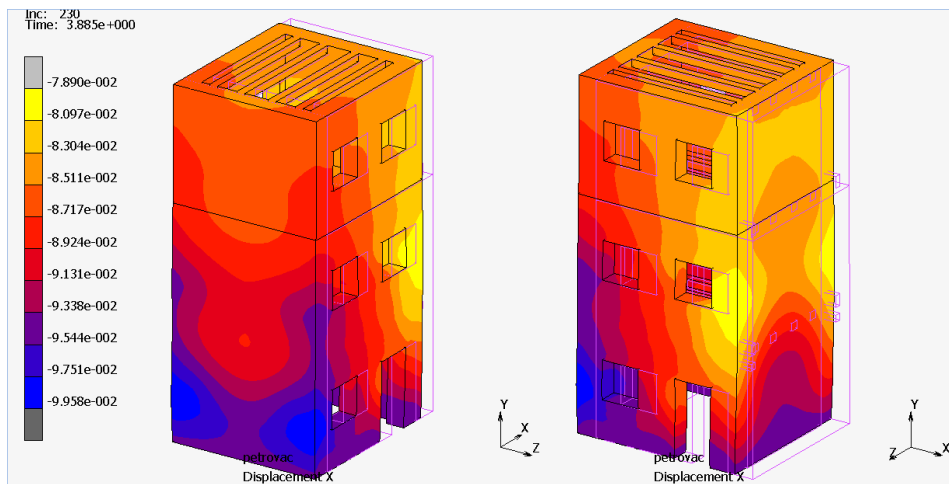


Εικόνα 34: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου πλακα3 (4sec)

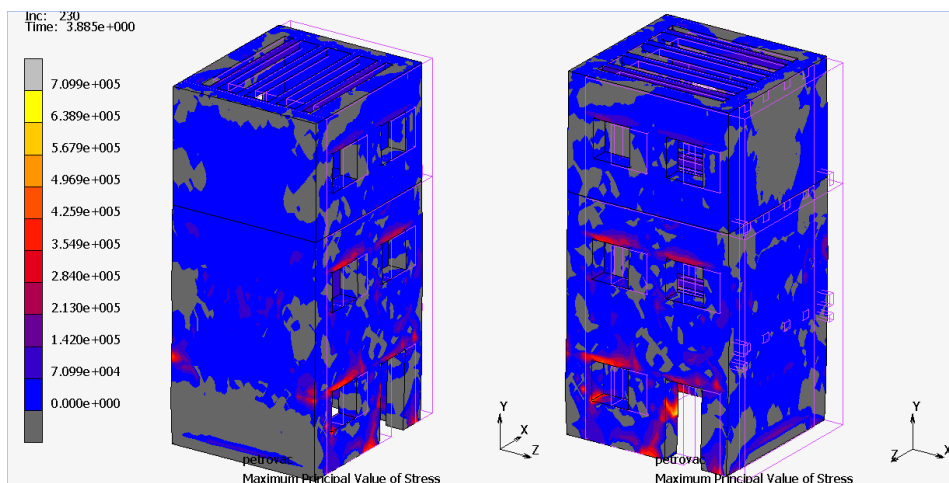


Εικόνα 35: Κύριες τάσεις του μοντέλου πλακα3 (4 sec)





Εικόνα 36: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo3 (4sec)



Εικόνα 37: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3 (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

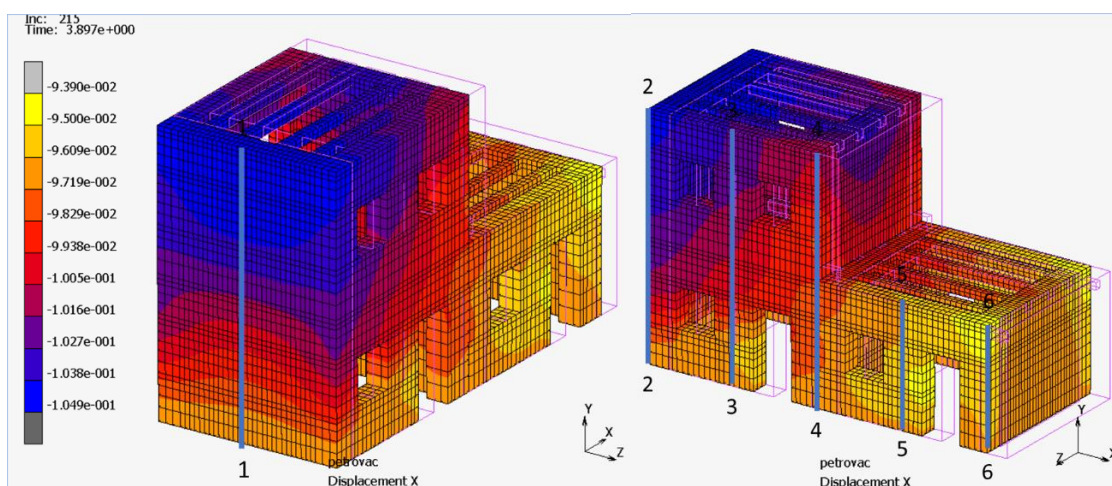
Στο μοντέλο rla3, στις οροφές από πλάκα σκυροδέματος καθώς και στα ανώφλια από σκυρόδεμα σε ισόγειο και α' όροφο, παρατηρείται εφελκυσμός με τιμές έως 4,424MPa, δηλαδή, άνω των ορίων της μέσης εφελκυστικής αντοχής, όπου και αναμένεται να εμφανιστούν ρωγμές. Στις όψεις παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικής αντοχής με τιμή έως 0,442MPa > 0,066MPa). Στις όψεις επίσης, παρατηρούνται περιοχές με θλίψη με τιμές έως 0,347MPa, με πολύ μικρή περιοχή της βάσης όπου έχουμε υπέρβαση θλιπτικής αντοχής με τιμή έως 0,877MPa > 0,396MPa.

Στο μοντέλο xilo3, στις όψεις έχουμε υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων με τιμές 0,071MPa > 0,066MPa, πλήν περιοχών όπως τα ξύλινα ανώφλια του ισογείου και του α' ορόφου, καθώς και κοντά στην πόρτα, όπου σημειακά παρατηρείται πολύ μεγαλύτερη υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων με τιμές έως 0,71MPa > 0,066MPa.

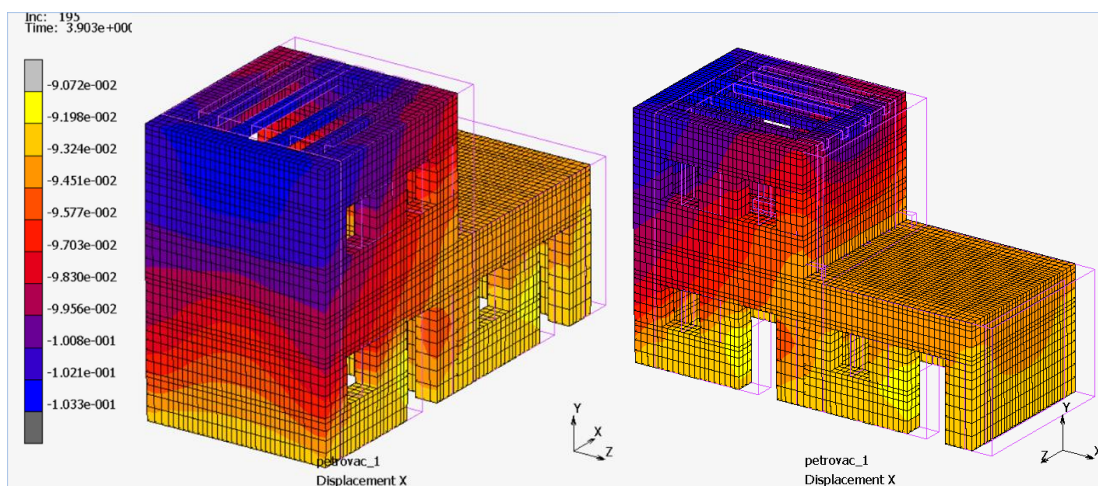
## 4.4 Δυναμική ανάλυση διώροφου- μονώροφου

### 4.4.1 Ανάλυση για διάστημα 0-8sec

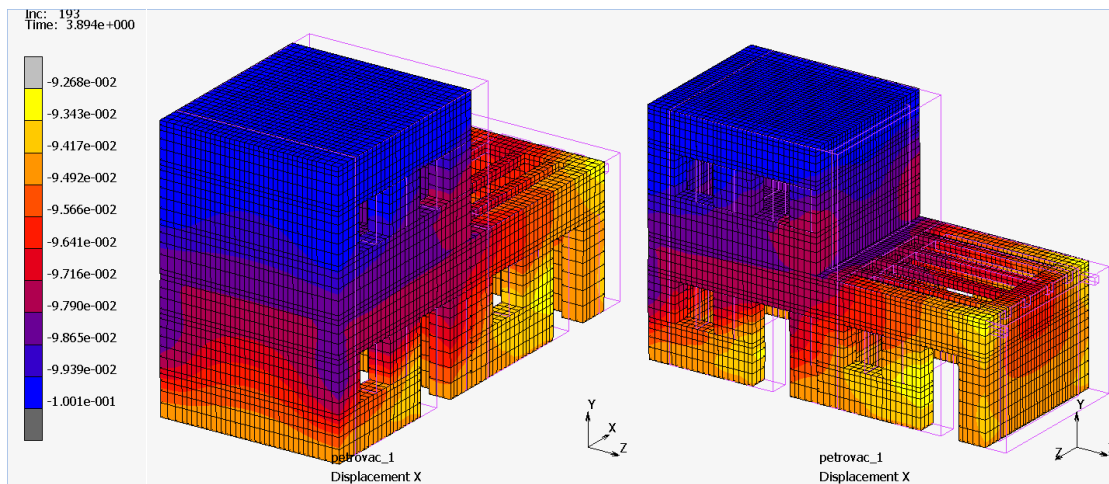
Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-8sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo2xilo1, xilo2plaka1 και plaka2xilo1. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 8sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.



Εικόνα 38: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1 με απεικόνιση των 6 ευθειών (8sec).

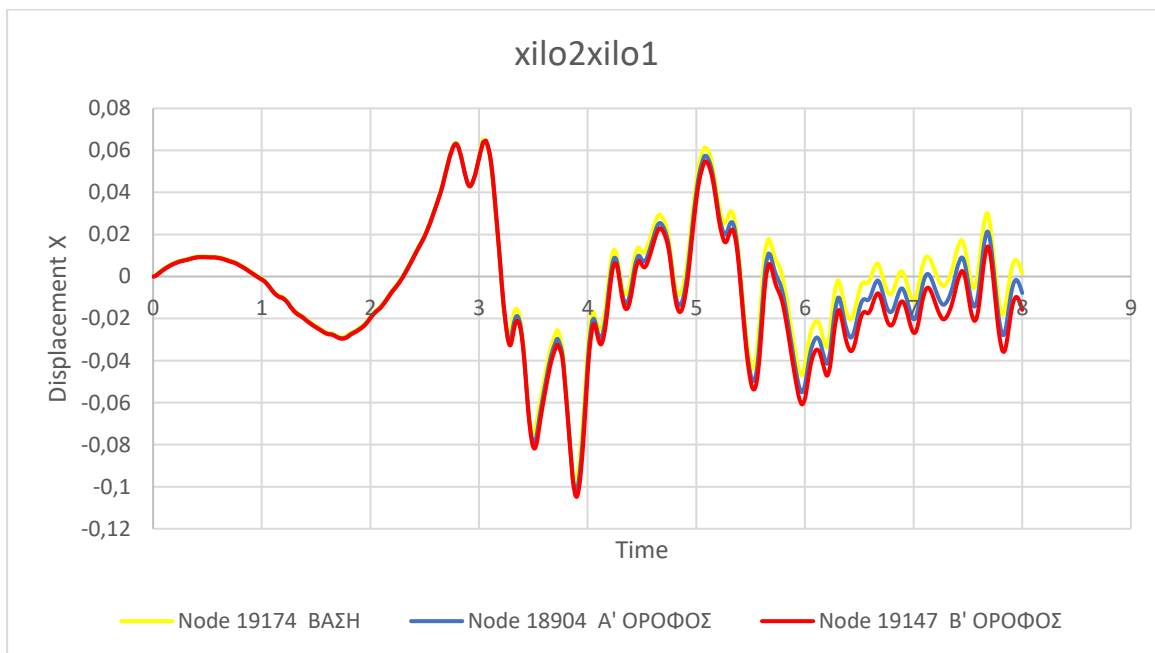


Εικόνα 39: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2plaka1 (8sec)



Εικόνα 40: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου *plaka2xilo1* (8sec)

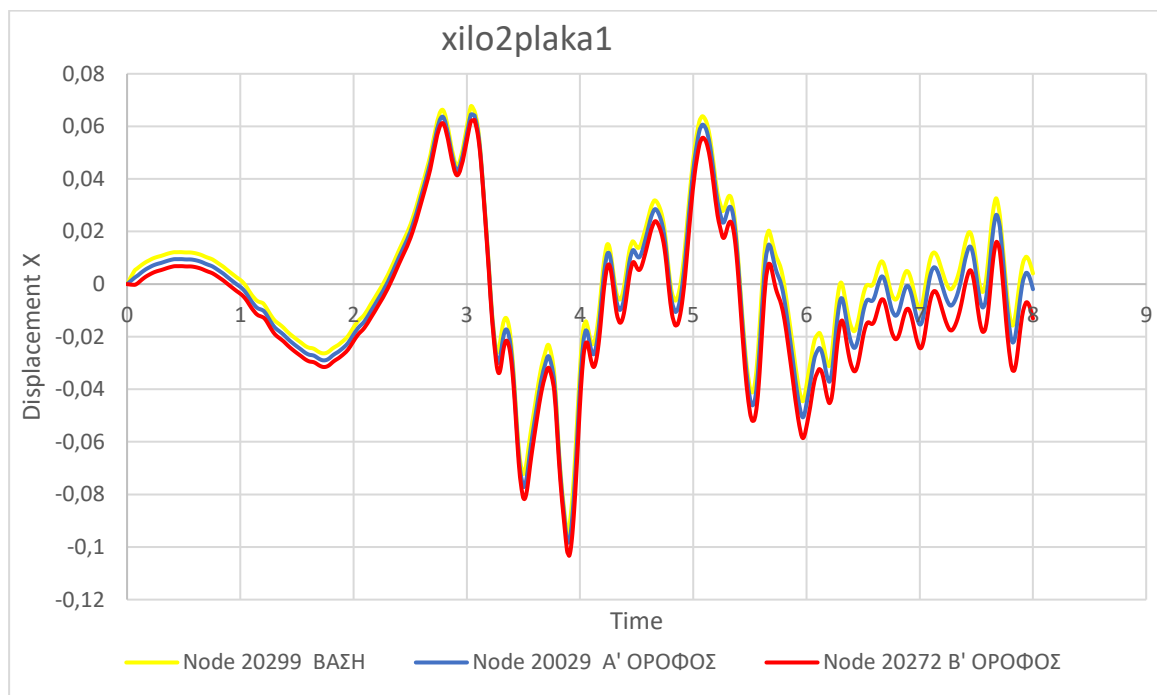
## ΕΥΘΕΙΑ 1 (ΜΕΣΟΝ ΠΛΑΓΙΑΣ ΟΨΗΣ ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 41: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec).

Στην αρνητική πλευρά του κατακόρυφου άξονα (άξονας των μετατοπίσεων), το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου και μικρότερο σημειώνεται στην οροφή του α' ορόφου.

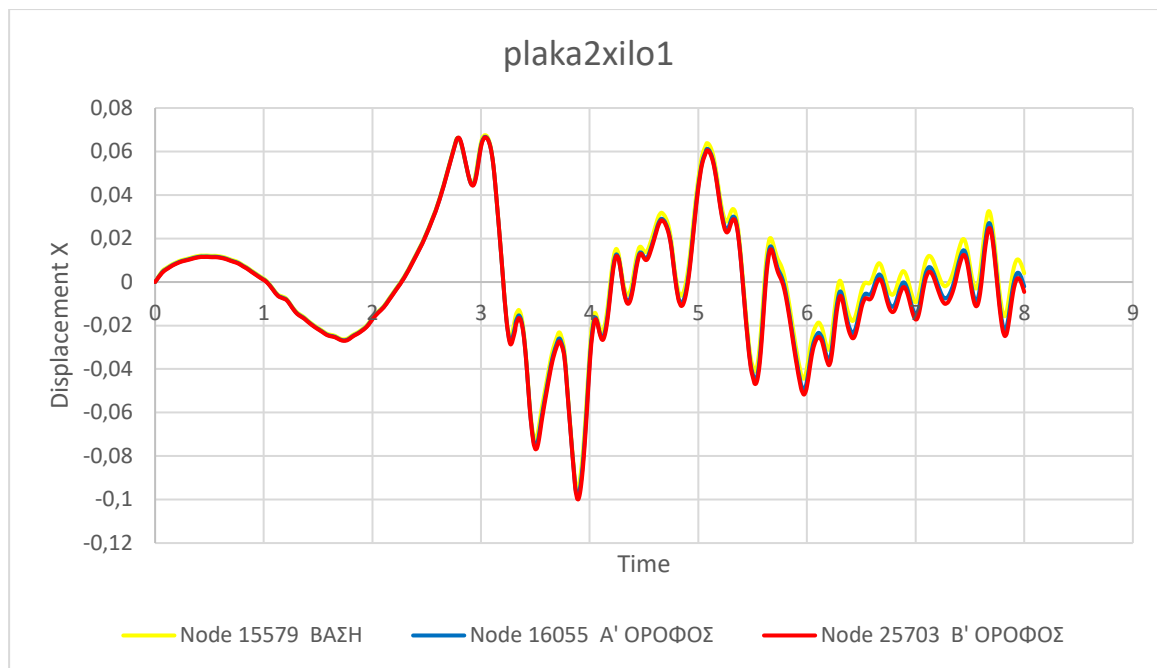
Παρατηρείται ότι στα πρώτα 3sec οι χρονοϊστορίες πρακτικά ταυτίζονται, στη συνέχεια αρχίζουν να διαφοροποιούνται, ενώ στο διάστημα 4-8sec οι τρεις χρονοϊστορίες είναι περίπου ισαπέχουσες.



Εικόνα 42: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec).

Το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου και μικρότερο σημειώνεται στην οροφή του α' ορόφου.

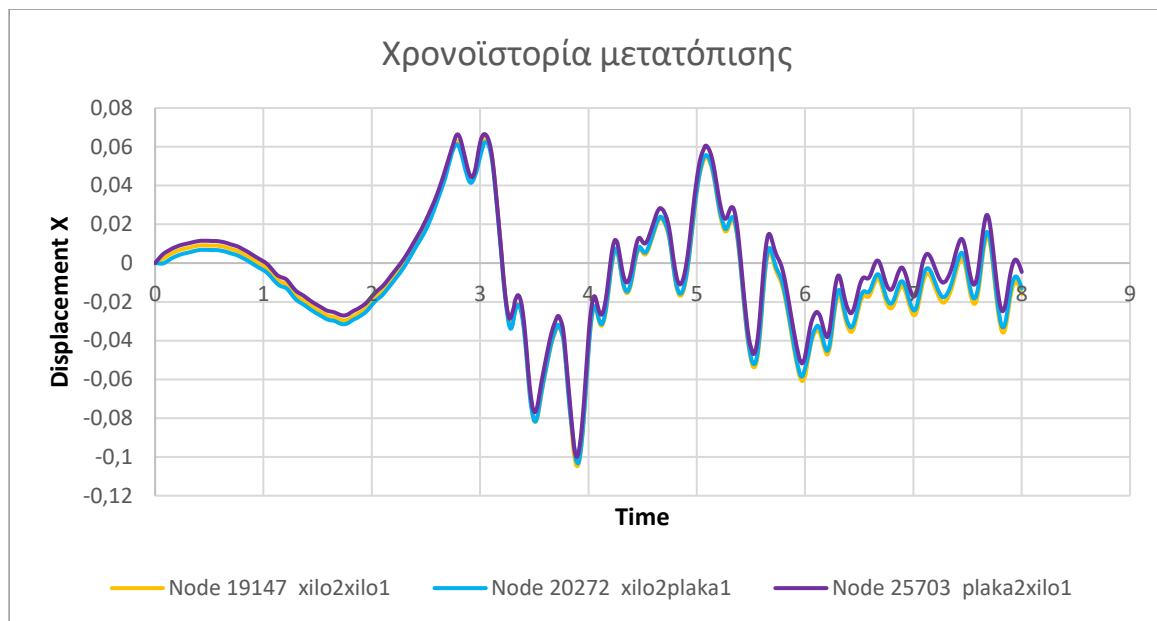
Παρατηρείται ότι οι τρεις χρονοϊστορίες είναι περίπου ισαπέχουσες.



Εικόνα 43: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec).

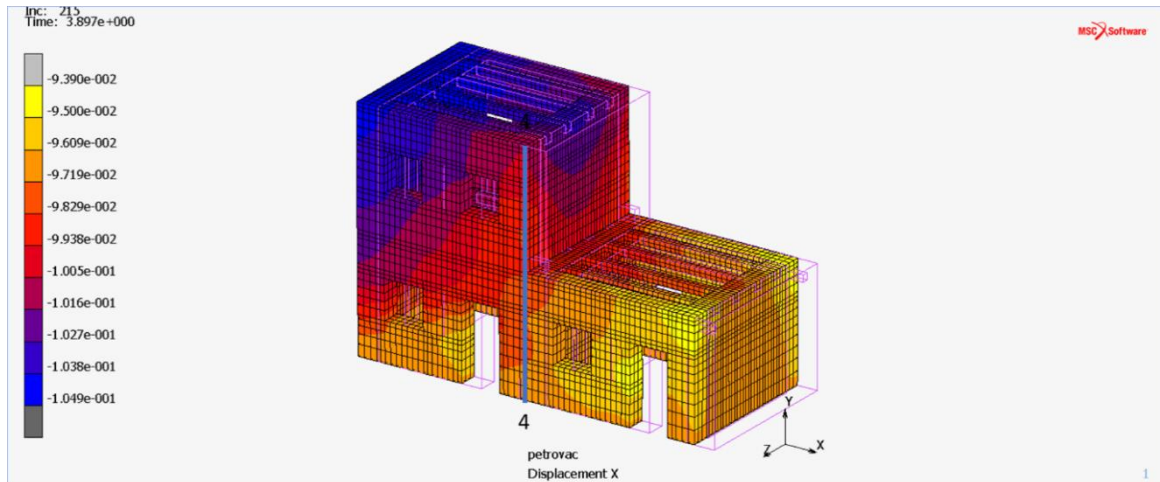
Το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου και μικρότερο σημειώνεται στην οροφή του α' ορόφου.

Παρατηρείται ότι στα πρώτα 3sec οι χρονοϊστορίες πρακτικά ταυτίζονται και στη συνέχεια αρχίζουν να διαφοροποιούνται, με τις χρονοϊστορίες οροφής β' ορόφου και οροφής α' ορόφου να είναι αρκετά κοντά (σε σχέση με τις δύο προηγούμενες διατάξεις όπου οι τρεις γραμμές ισαπέχχαν).

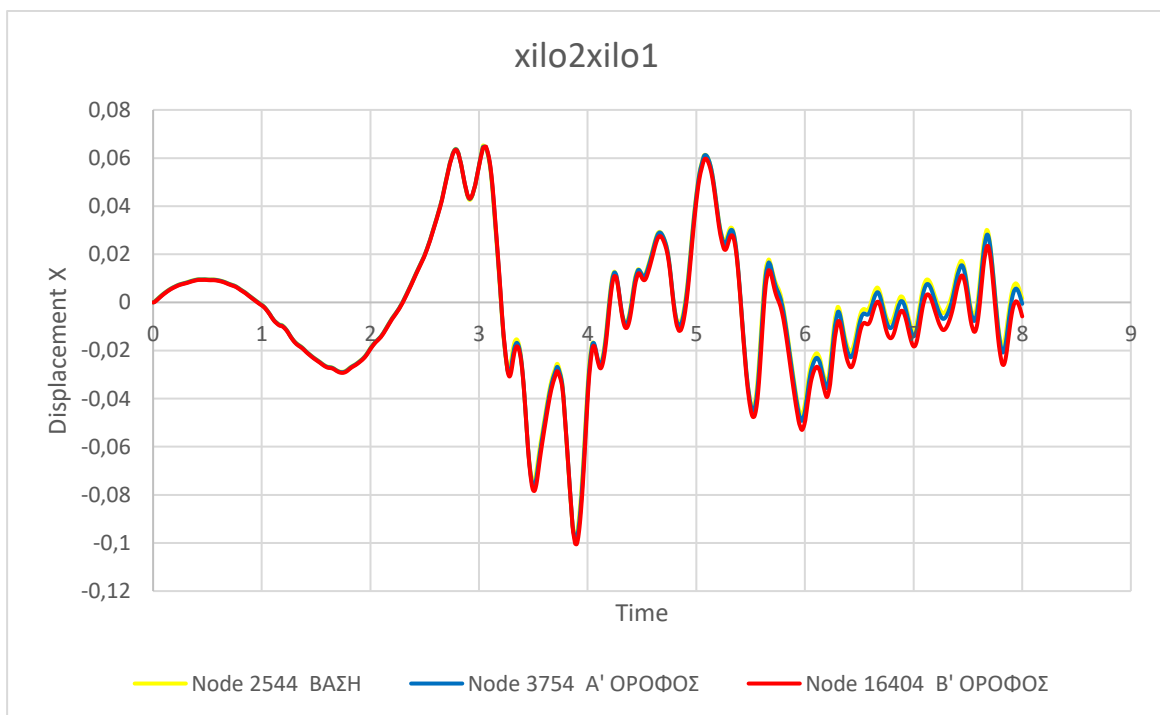


Εικόνα 44: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του θ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 1.

## ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΕΝΩΣΗ ΔΙΩΡΟΦΟΥ-ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ)



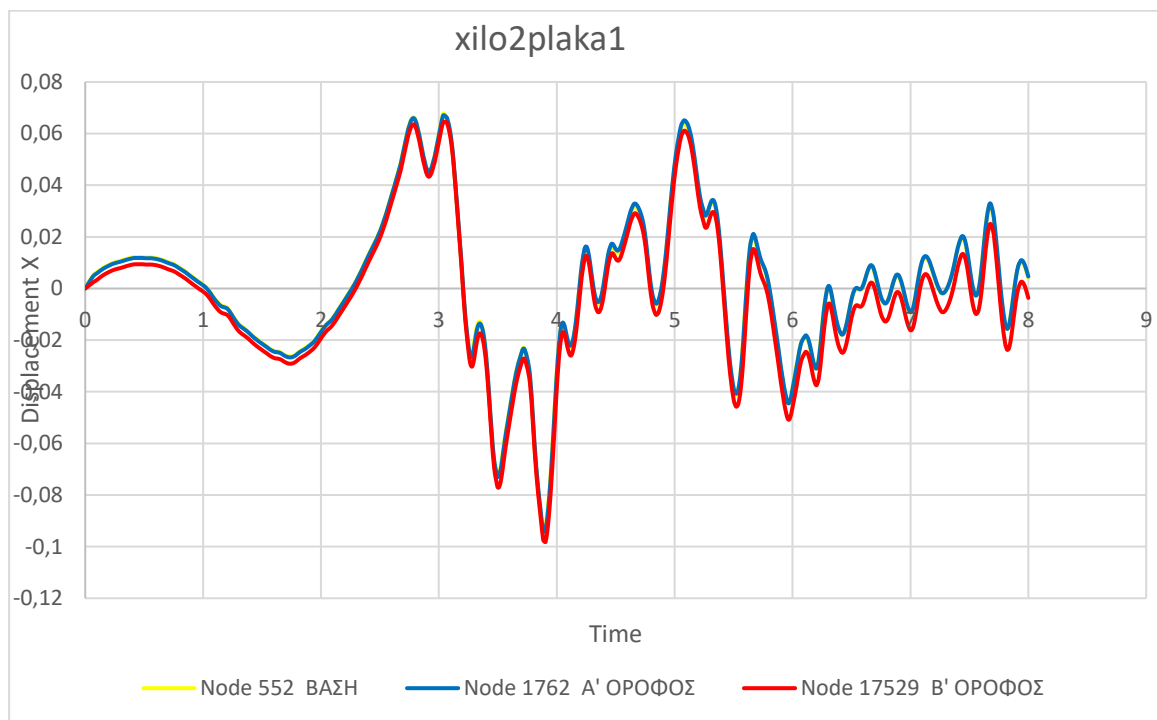
Εικόνα 45: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1 με απεικόνιση της ευθείας 4 (8sec)



Εικόνα 46: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec).

Το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου και μικρότερο σημειώνεται στην οροφή του α' ορόφου.

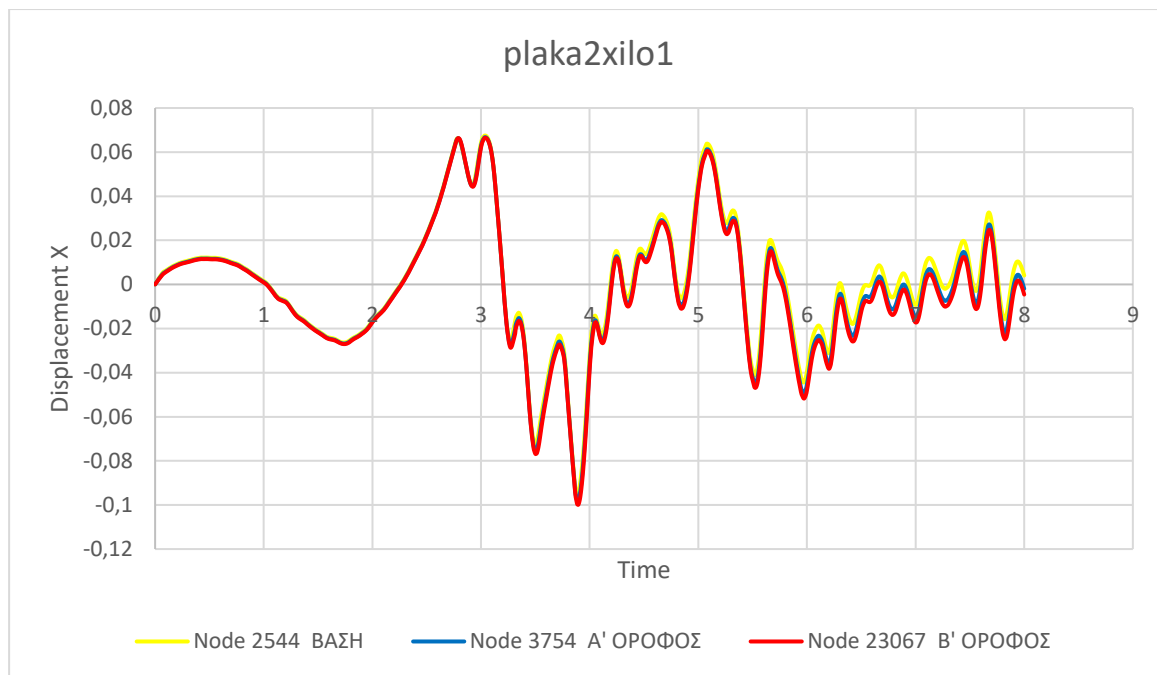
Παρατηρείται ότι στα πρώτα 3sec οι χρονοϊστορίες πρακτικά ταυτίζονται και στη συνέχεια αρχίζουν να διαφοροποιούνται, με τις χρονοϊστορίες βάσης και α' ορόφου να είναι αρκετά κοντά.



Εικόνα 47: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec).

Τα πλάτη ταλάντωσης που σημειώνονται στον α' όροφο και στη βάση πρακτικά ταυτίζονται, ενώ το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου της κατασκευής.

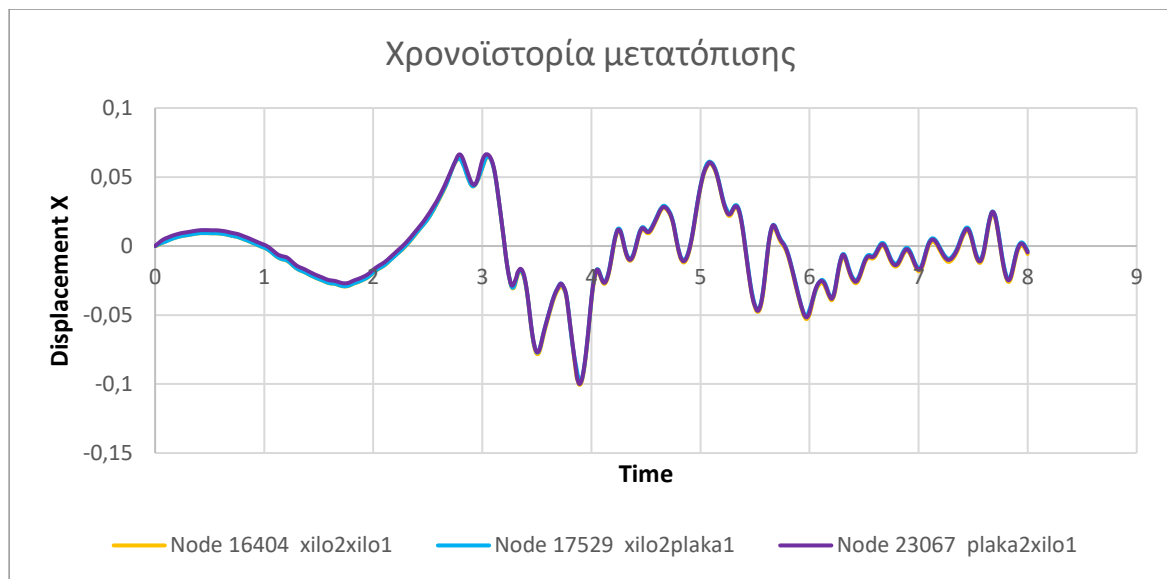




Εικόνα 48: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec).

Παρατηρείται ότι στα πρώτα 3sec οι χρονοϊστορίες πρακτικά ταυτίζονται και στη συνέχεια αρχίζουν να διαφοροποιούνται, με τις χρονοϊστορίες οροφής β' ορόφου και οροφής α' ορόφου να είναι αρκετά κοντά.

Στο διάστημα 3-8sec το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σημειώνεται στην οροφή του β' ορόφου και μικρότερο σημειώνεται στην οροφή του α' ορόφου.



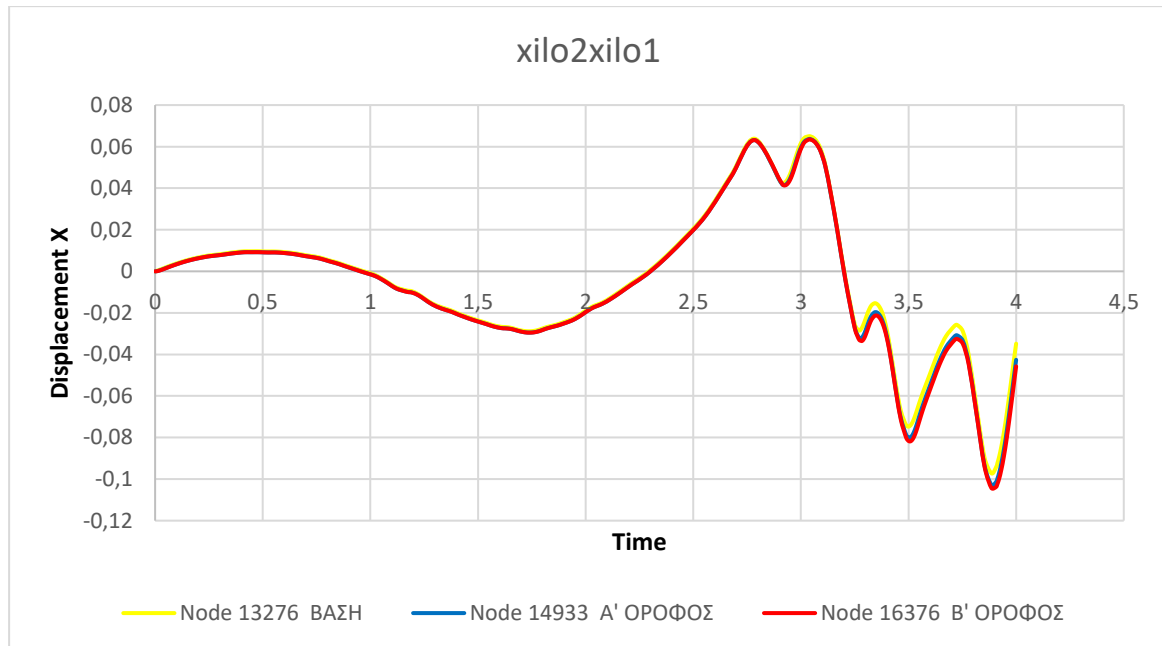
Εικόνα 49: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.

- Είναι σαφές ότι οι τιμές των μετακινήσεων στο διάστημα 4-8sec είναι μικρότερες σε σχέση με εκείνες του διαστήματος 0-4sec εξαιτίας της μείωσης της διέγερσης με την πάροδο του χρόνου.
- Η μελέτη των πρώτων 8sec (σε σχέση με τα πρώτα 4sec) έγινε για να δούμε πώς διαφοροποιείται η ταλάντωση στο διάστημα 4-8sec σε σχέση με εκείνο των 0-4sec.
- Παρατηρείται ότι η σχετική μετακίνηση μεταξύ βάσης – οροφής α' ορόφου και οροφής α' ορόφου – οροφής β' ορόφου μεγαλώνει όσο προχωράει η ταλάντωση.
- Η μετακίνηση της βάσης μετατοπίζει την κορυφή σχεδόν ταυτόχρονα, κάτι που σημαίνει ότι η κατασκευή είναι αρκετά δύσκαμπτη.

#### 4.4.2 Ανάλυση για διάστημα 0-4sec

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo2xilo1, xilo2plaka1 και plaka2xilo1. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.

## ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 50: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

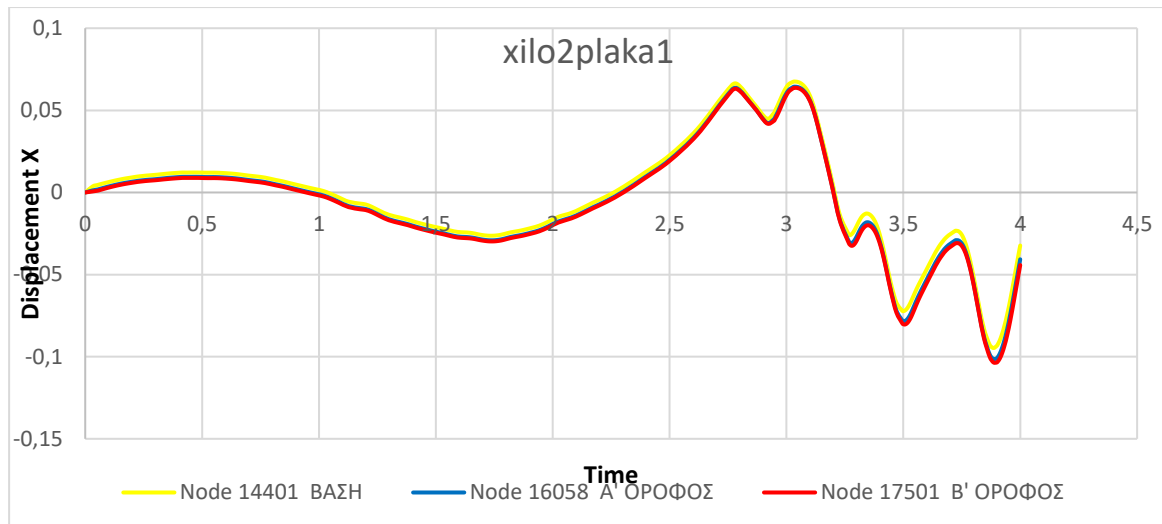
Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,104283m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,102791m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,001492m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με - 0,09721m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,005581m.



Εικόνα 51: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

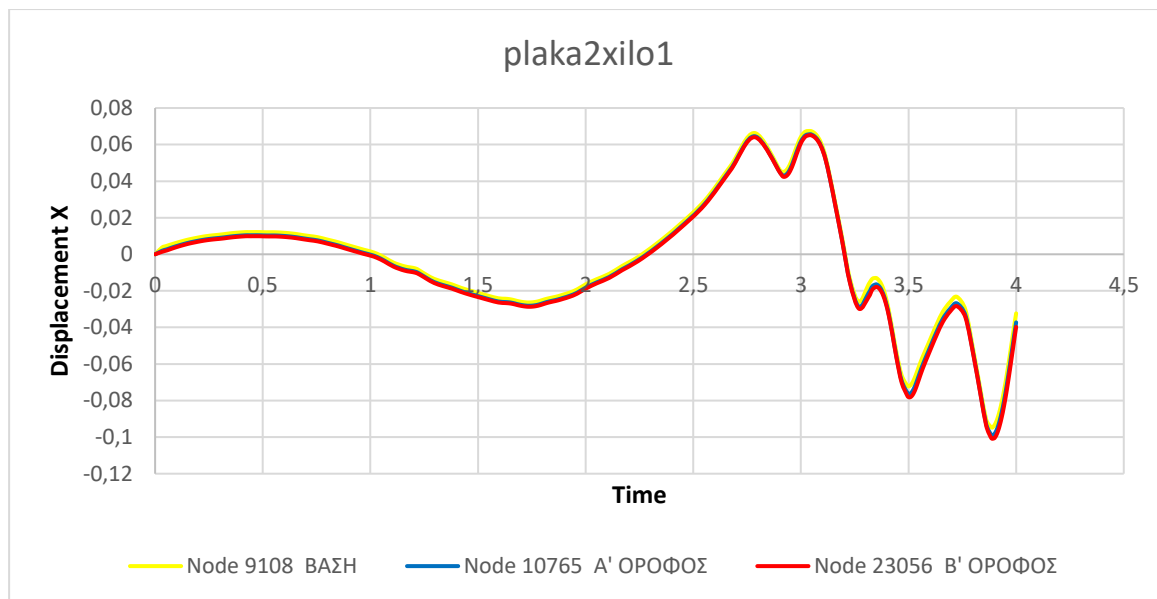
Τη στιγμή 3,8988sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,103577m.

Τη στιγμή 3,8988sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση, ίση με -0,101027m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,00255m.

Την ίδια στιγμή 3,8988sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935497m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0074773m.



Εικόνα 52: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,89774sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με - 0,100648m.

Την ίδια στιγμή 3,89774sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με - 0,0984195m.

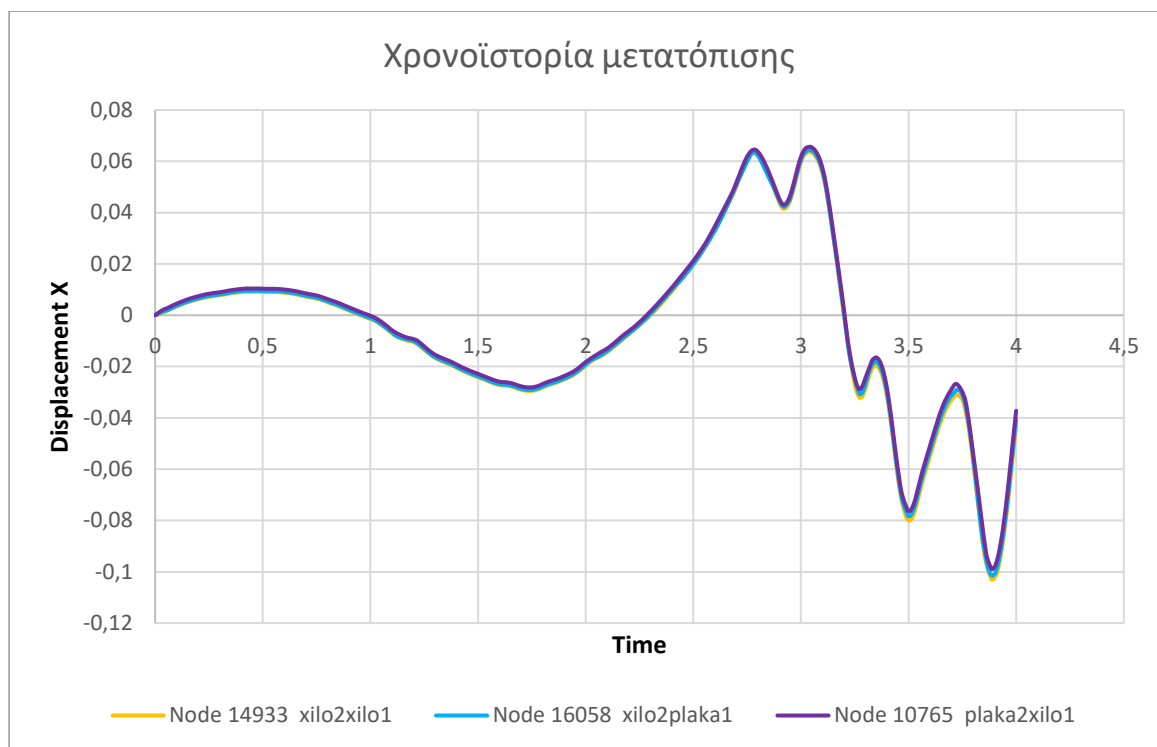
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0022285m.

Την ίδια στιγμή 3,89774sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0937175m.

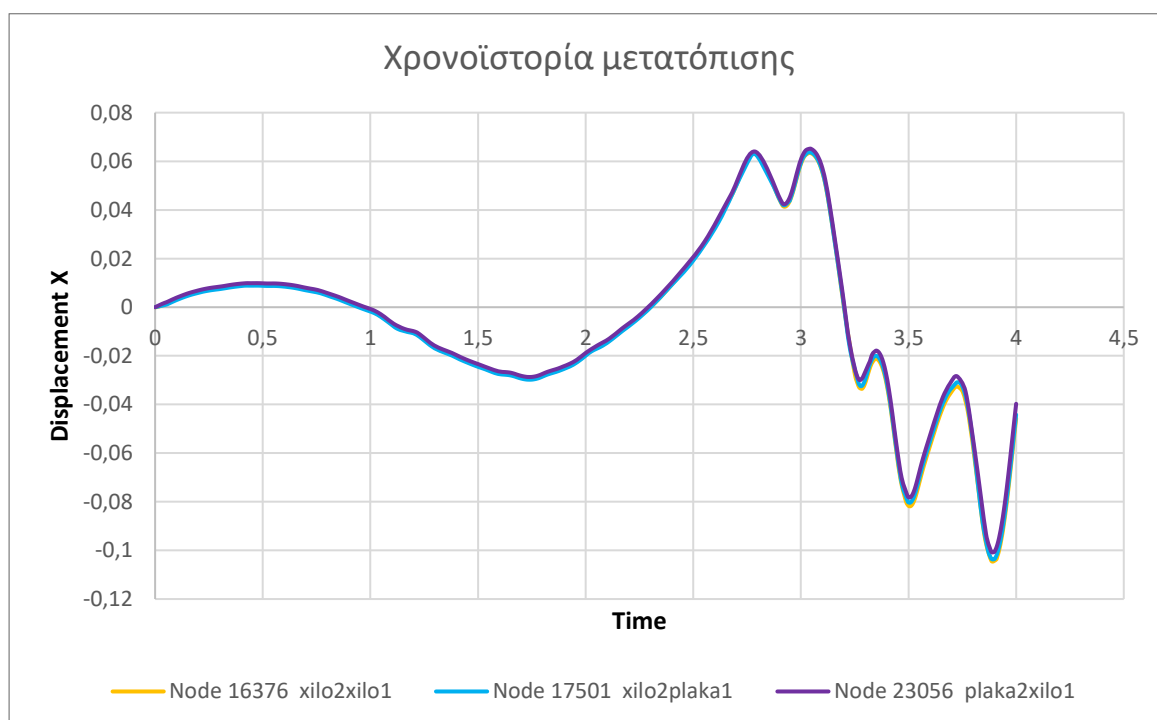
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,004702m.

Παρατηρούνται τα εξής :

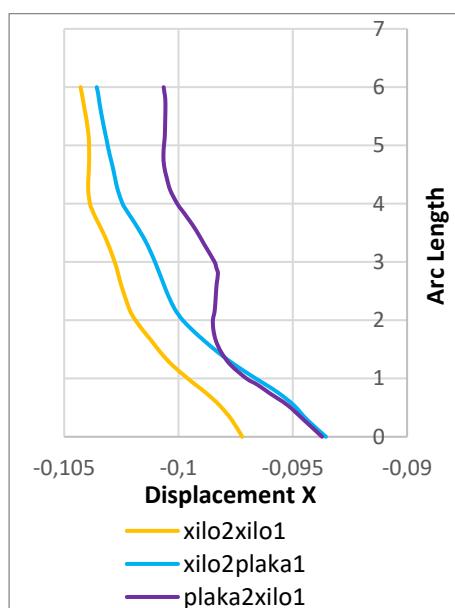
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *plaka2xilo1*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *xilo2xilo1* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *xilo2plaka1*.
  - β. μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *xilo2xilo1*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *plaka2xilo1* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *xilo2plaka1*.



Εικόνα 53: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 54: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 55: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.

Στο μοντέλο xilo2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,102791	3
-0,104283	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,005581m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,001492m (μειώθηκε)

Στο μοντέλο xilo2plaka1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935497	0
-0,101027	3
-0,103577	6

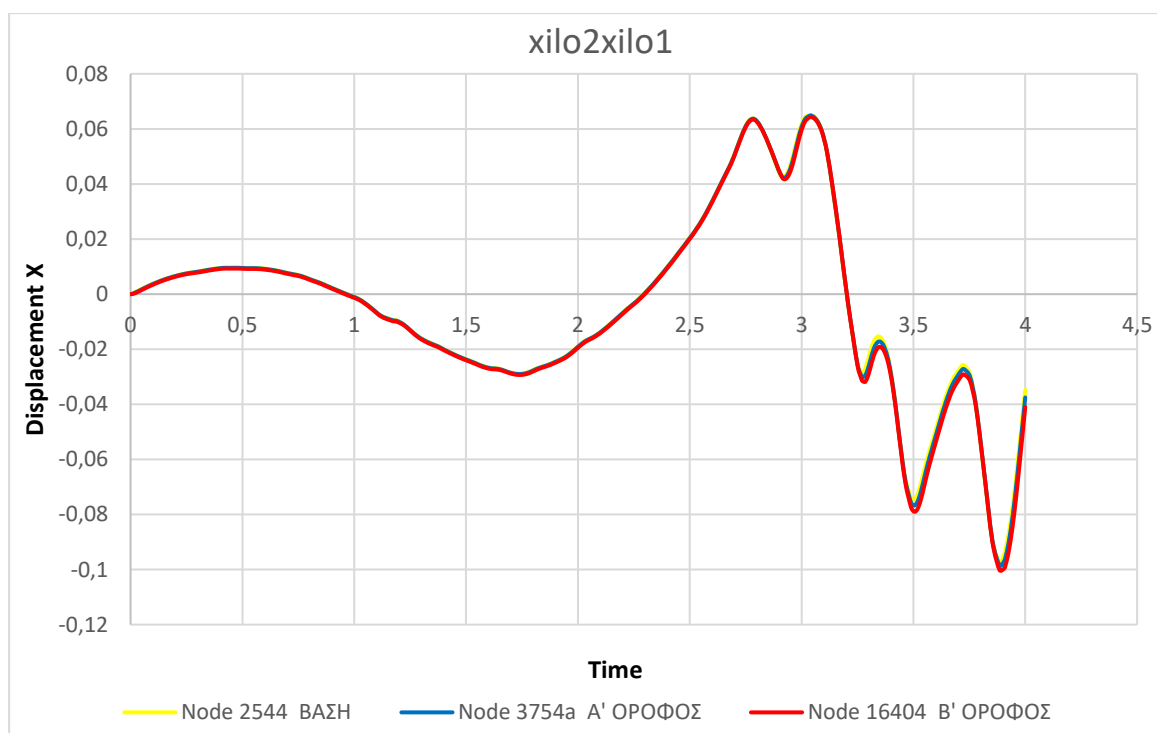
Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0074773m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,00255m (μειώθηκε κατά 1/3)

Στο μοντέλο plaka2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0937175	0
-0,0984195	3
-0,100648	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,004702m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0022285m (μειώθηκε).

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΕΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ)



Εικόνα 56: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,10019m.

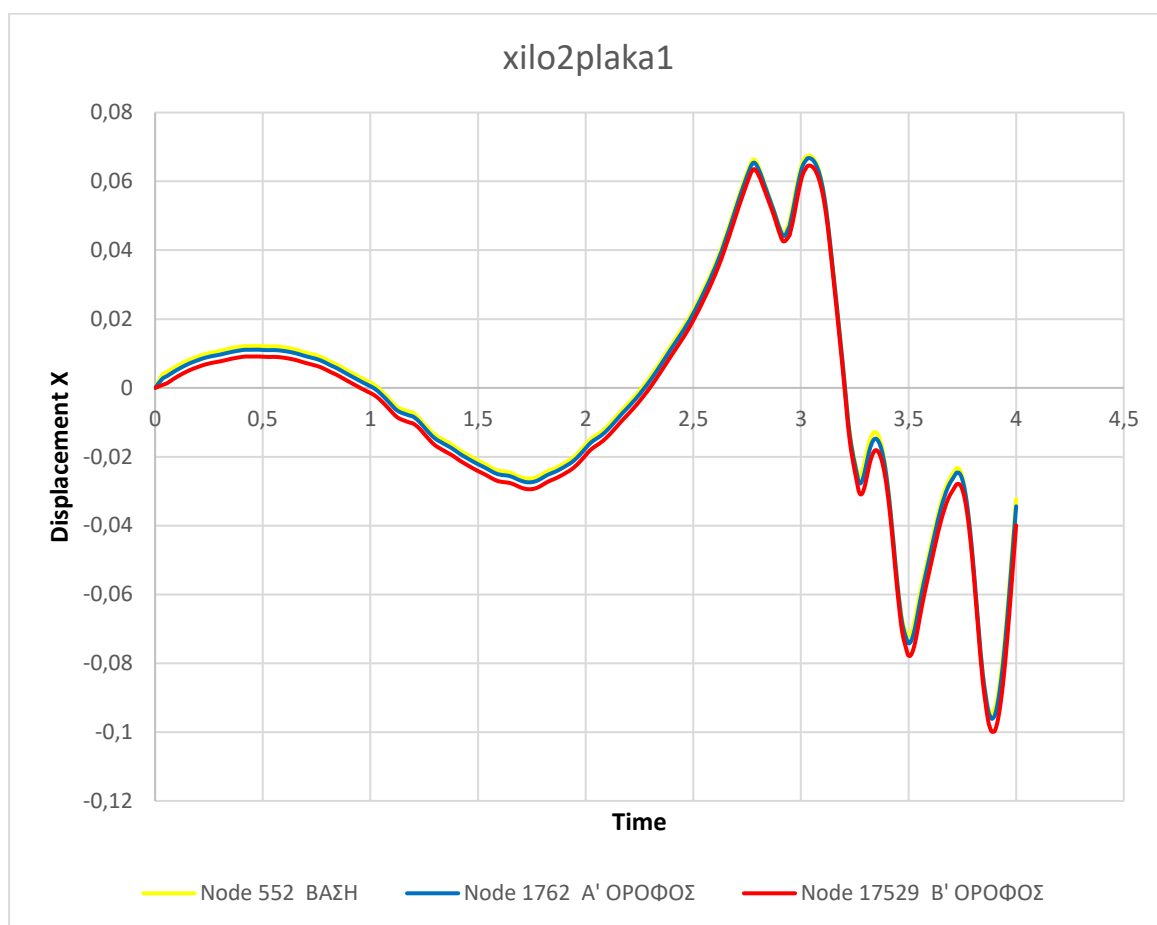
Τη ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση, ίση με -0,0984253m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0017647m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,09721m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0012153m.





Εικόνα 57: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

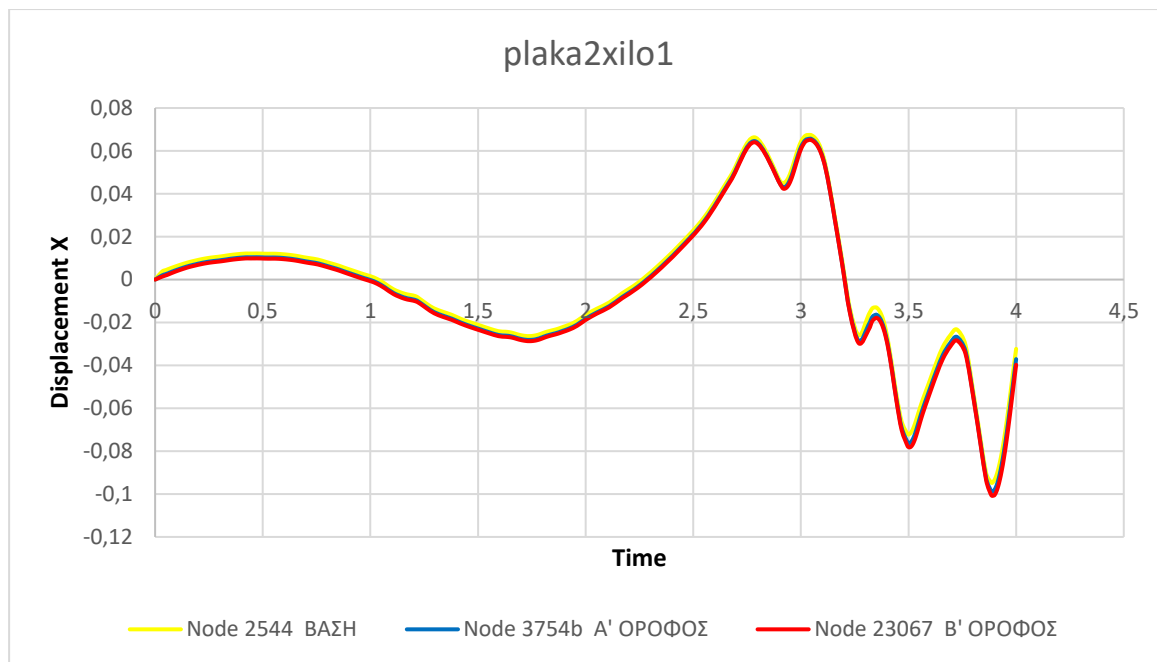
Τη στιγμή 3,8988sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,0998169m.

Την ίδια στιγμή 3,8988sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση, ίση με -0,0954328m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0043841m.

Την ίδια στιγμή 3,8988sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935497m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0018831m.



Εικόνα 58: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,89774sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με - 0,100644m.

Την ίδια στιγμή 3,89774sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,0982812m.

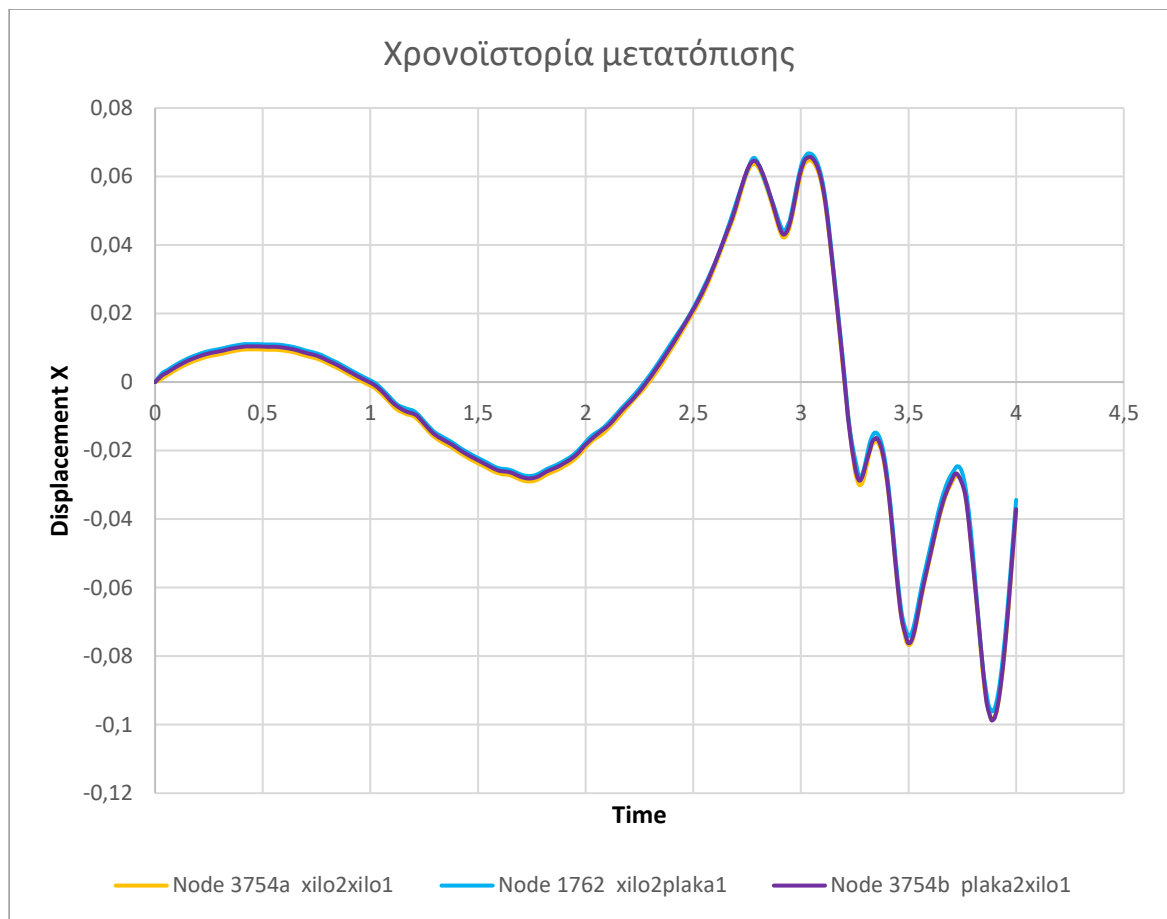
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0023628m.

Την ίδια στιγμή 3,89774sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0937175m.

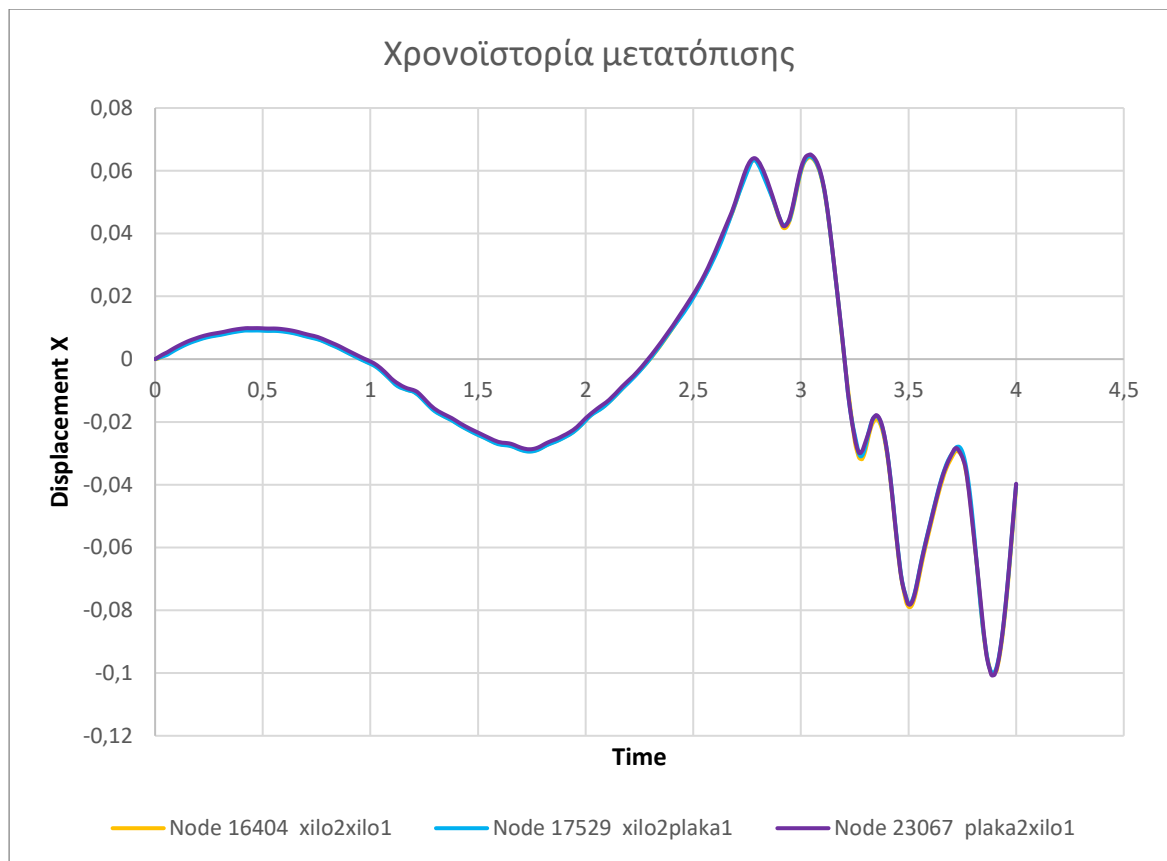
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0045637m.

Παρατηρούνται τα εξής :

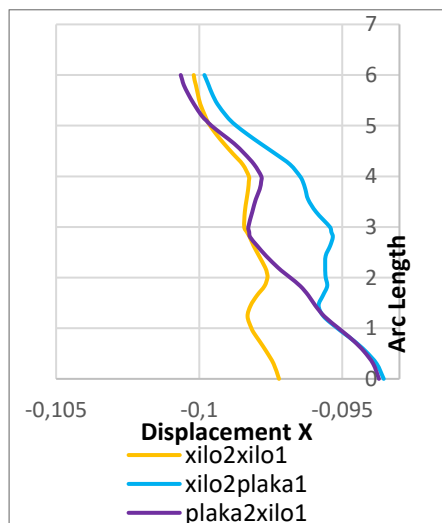
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *xilo2xilo1*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *xilo2plaka1* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *plaka2xilo1*.
  - β. μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *xilo2xilo1*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *plaka2xilo1* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *xilo2plaka1*.



Εικόνα 59: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 60: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του θ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 61: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

Στο μοντέλο xilo2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,0984253	3
-0,10019	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0012153m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,001506m (αυξήθηκε)

Στο μοντέλο xilo2plaka1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935497	0
-0,0954328	3
-0,0998169	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0018831m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0043841m (υπερδιπλασιάστηκε)

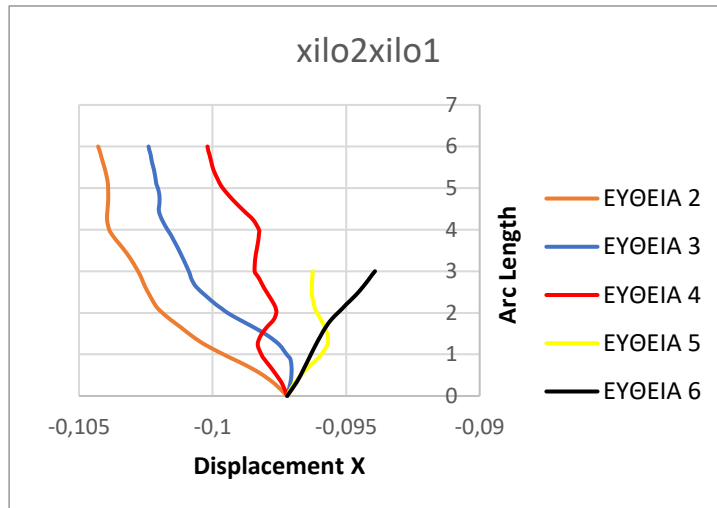
Στο μοντέλο plaka2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0937175	0
-0,0982812	3
-0,100644	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0045637m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0023628m (υποδιπλασιάστηκε)

## ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΨΗΣ

Στο μοντέλο xilo2xilo1 :



Εικόνα 62: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6.

Για την ευθεία 2 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,102791	3
-0,104283	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,005581m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,001492m (υποδιπλασιάστηκε)

Για την ευθεία 3 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,100891	3
-0,102397	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,003681m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,001506m (μειώθηκε κατά το ήμισυ)

Για την ευθεία 4 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,0984253	3
-0,10019	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0012153m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0017647m (αυξήθηκε).

Η ευθεία 4 είναι η δυσμενέστερη. Μέχρι τον α' όροφο (3μ) έχουμε μάζα και στιβαρότητα εκατέρωθεν (αθροιστικά). Στον υπερκείμενο όροφο η μάζα και η στιβαρότητα μειώνεται ακαριαία εφόσον έχουμε μόνο την αριστερή κατασκευή και συνεπώς παρουσιάζεται μεγάλη αύξηση της σχετικής μετακίνησης (κίνδυνος περιστροφής του υπερκειμένου ορόφου σε σχέση με την οροφή του υποκειμένου ορόφου).

Για την ευθεία 5 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,0962551	3

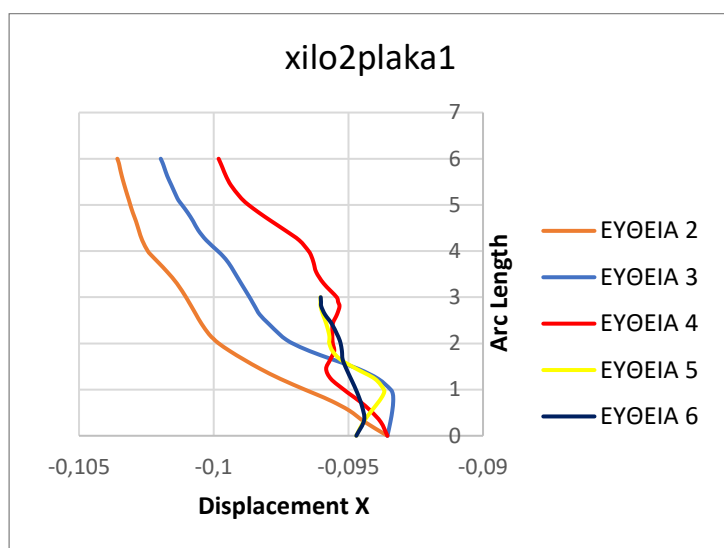
Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0009549m.

Για την ευθεία 6 :

Displacement X	Arc Length
-0,09721	0
-0,093919	3

Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,003291m.

Στο μοντέλο xilo2plaka1 :



Εικόνα 63: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6

Για την ευθεία 2 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935497	0
-0,101027	3
-0,103577	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0074773m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,00255m (υποτριπλασιάστηκε).

Για την ευθεία 3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935497	0
-0,0986676	3
-0,101966	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0051179m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0032984m (μειώθηκε).



Για την ευθεία 4 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935497	0
-0,0954328	3
-0,0998169	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0018831m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0043841m (υπερδιπλασιάστηκε)

Η ευθεία 4 είναι η δυσμενέστερη. Μέχρι τον α' όροφο (3μ) έχουμε μάζα και στιβαρότητα εκατέρωθεν (αθροιστικά). Στον υπερκείμενο όροφο η μάζα και η στιβαρότητα μειώνεται ακαριαία εφόσον έχουμε μόνο την αριστερή κατασκευή και συνεπώς παρουσιάζεται μεγάλη αύξηση της σχετικής μετακίνησης (κίνδυνος περιστροφής του υπερκειμένου ορόφου σε σχέση με την οροφή του υποκειμένου ορόφου).

Για την ευθεία 5 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0960379	3

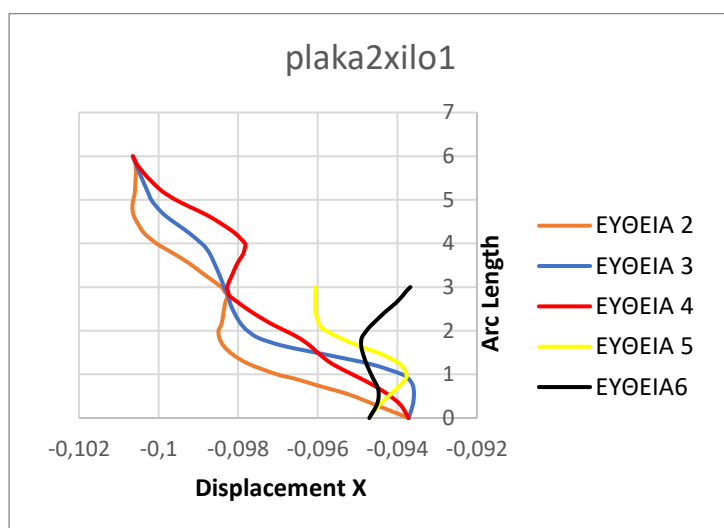
Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0013327m.

Για την ευθεία 6 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0960259	3

Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0013207m.

Στο μοντέλο plaka2xilo1 :



Εικόνα 64: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6

Για την ευθεία 2 :

Displacement X	Arc Length
-0,0937175	0
-0,0984195	3
-0,100648	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,004702m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0022285m (μειώθηκε).

Για την ευθεία 3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0937175	0
-0,0983505	3
-0,10065	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,004633m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0022995m (μειώθηκε κατά το ήμισυ).

Για την ευθεία 4 :

Displacement X	Arc Length
-0,0937175	0
-0,0982812	3
-0,100644	6

Επομένως, στα πρώτα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0045637m και στα επόμενα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0023628m (υποδιπλασιάστηκε)

Για την ευθεία 5 :

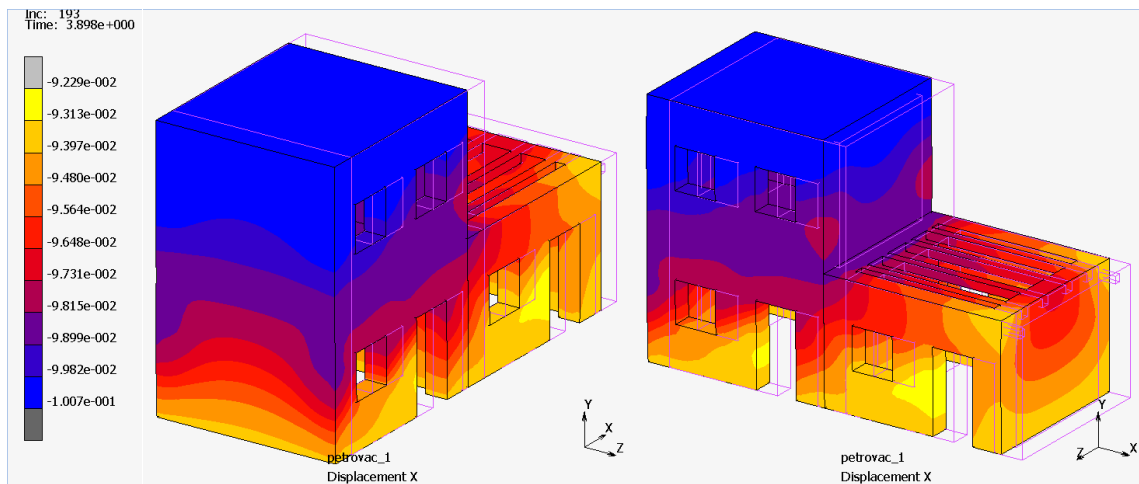
Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0960566	3

Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0013514m.

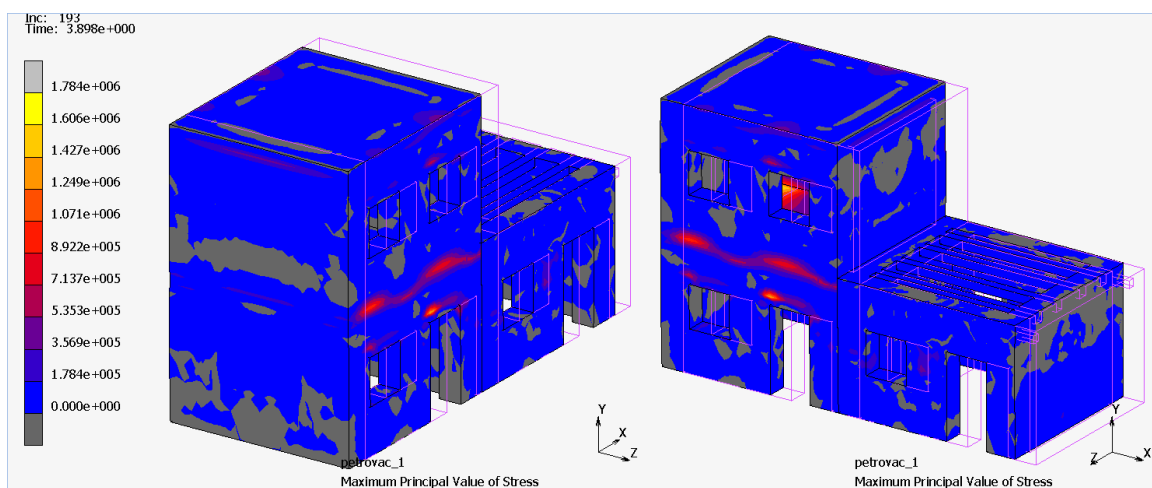
Για την ευθεία 6 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0936717	3

Επομένως, στα 3m ύψους η διαφορά των μετακινήσεων είναι 0,0010335m.



Εικόνα 65: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου *plaka2xilo1* (4sec)



Εικόνα 66: Κύριες τάσεις του μοντέλου *plaka2xilo1* (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

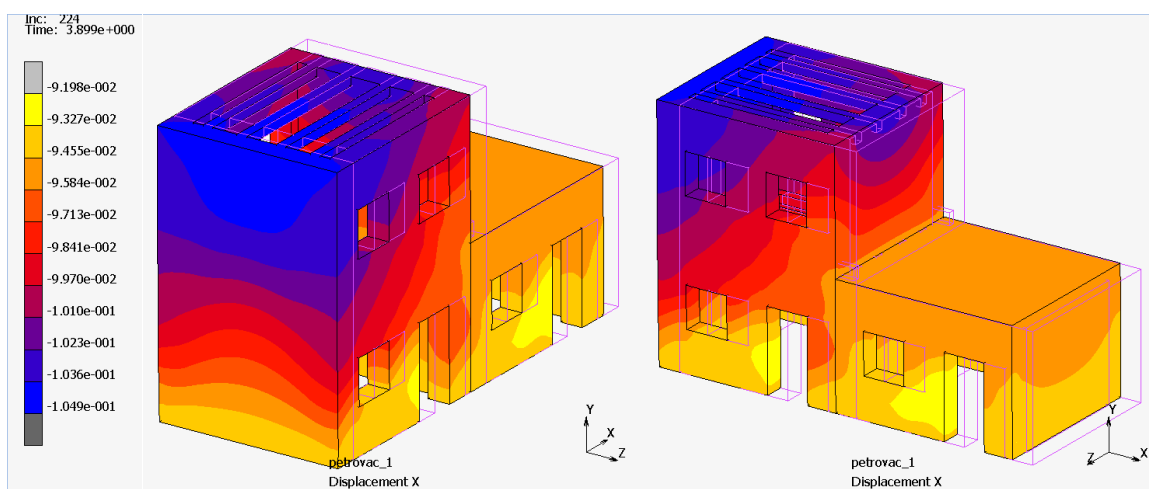
Στο μοντέλο *plaka2xilo1*,

- στο διώροφο κτίριο στις όψεις παρατηρείται στη μεγαλύτερη έκταση εφελκυσμός με υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων έως  $0,178\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$  και θλίψη σε μικρότερης έκτασης περιοχές με τιμές έως  $0,263\text{MPa}$ . Οι περιοχές του διωρόφου όπου υπάρχει οπλισμένο σκυρόδεμα, δηλαδή στις οροφές (πλάκα) και στα ανώφλια, εφελκύνονται με τιμή τάσης έως  $1,784\text{MPa}$ .
- Στο μονώροφο κτίριο στις όψεις παρατηρείται επίσης στη μεγαλύτερη έκταση εφελκυσμός με υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων έως  $0,178\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$  και θλίψη σε μικρότερης έκτασης περιοχές με τιμές έως  $0,263\text{MPa}$ .

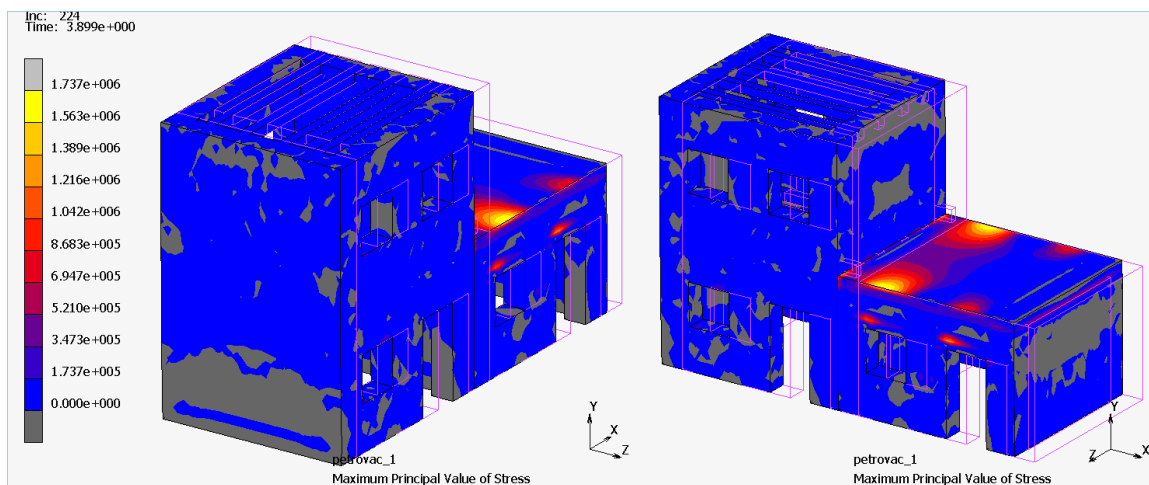
Στο μονώροφο κτίριο του συσσωματώματος παρατηρείται μείωση των εφελκυστικών τάσεων (από 0,212 σε 0,178MPa) και αύξηση των θλιπτικών της τοιχοποιίας σε σχέση με την περίπτωση που ήταν μεμονωμένο.

Στο διώροφο κτίριο του συσσωματώματος παρατηρείται μείωση των εφελκυστικών τάσεων (από 0,196 σε 0,178MPa) και μείωση των θλιπτικών (από 0,532 σε 0,263MPa) σε σχέση με την περίπτωση που ήταν μεμονωμένο.

Συμπεραίνουμε ότι υπάρχει όφελος και των δύο κτιρίων του συσσωματώματος σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου ήταν μεμονωμένα.



Εικόνα 67: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2plaka1



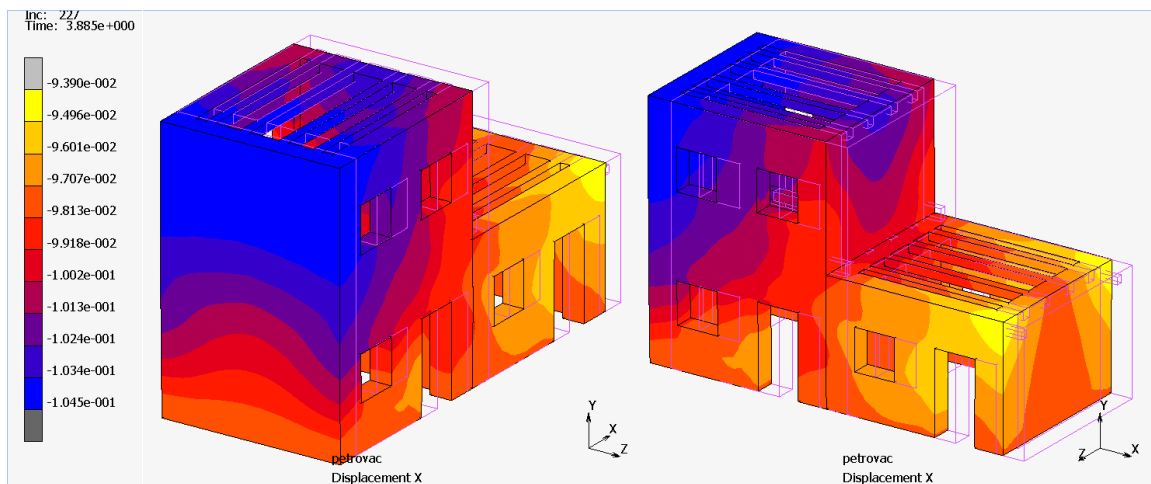
Εικόνα 68: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2plaka1 (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

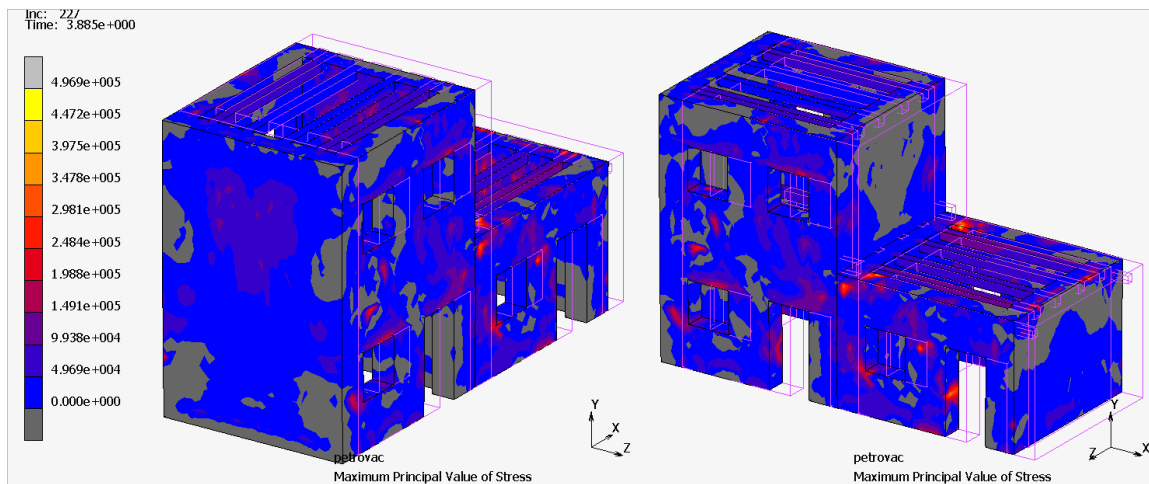
Ο εφελκυσμός στην οροφή του μονωρόφου με οροφή από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος στην περίπτωση του συσσωματώματος, είναι μεγαλύτερος (της τάξης των 1,737MPa έναντι των 0,97MPa) σε σχέση με την περίπτωση που το μονώροφο ήταν μόνο του. Στις όψεις παρουσιάζεται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων με τιμή έως 0,174MPa έναντι της υπέρβασης των 0,108MPa στην περίπτωση που ήταν μεμονωμένο. Το μονώροφο παρουσιάζει επίσης, σε μικρότερη έκταση θλίψη με τιμές έως 0,28MPa έναντι των 0,207MPa που παρουσίαζε όταν ήταν μεμονωμένο.

Το διώροφο με ξύλινη οροφή στις όψεις παρουσιάζει υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων με τιμή έως 0,174MPa έναντι της υπέρβασης 0,551MPa που παρουσίαζε όταν ήταν μεμονωμένο. Παρουσιάζει επίσης, σε μικρότερη έκταση θλίψη με τιμές έως 0,28MPa έναντι της υπέρβασης των 0,507MPa που παρουσίαζε όταν ήταν μεμονωμένο.

Συμπεραίνουμε ότι στο μοντέλο xilo2plaka1, το διώροφο με ξύλινη οροφή επέδρασε δυσμενώς στο μονώροφο με οροφή από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και συγκεκριμένα, του δημιούργησε πρόβλημα στη στάθμη της οροφής, όπου δε δημιουργήθηκε πλήρες διάφραγμα στην πλάκα του μονωρόφου. Αναμένεται να εμφανιστούν εφελκυστικές ρωγμές σε μεγάλη επιφάνεια της πλάκας από οπλισμένο σκυρόδεμα. Δυσμενώς, επίσης, επέδρασε και το μονώροφο στο διώροφο.



Εικόνα 69: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1



Εικόνα 70: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2xilo1 (4 sec)

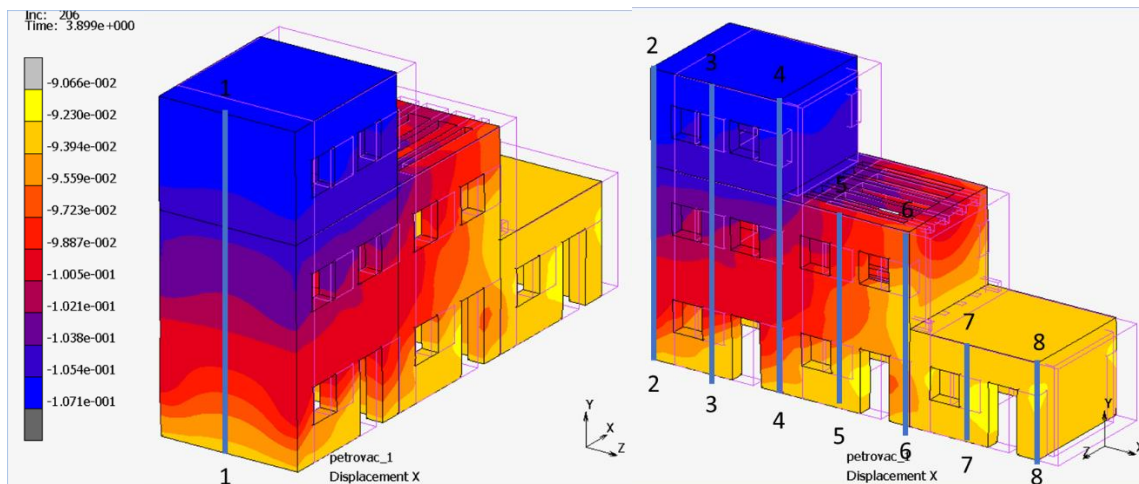
Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Τόσο το διώροφο όσο και το μονώροφο παρουσιάζουν περιοχές υπέρβασης εφελκυστικών τάσεων έως και την τιμή 0,497MPa (έναντι της υπέρβασης με τιμές 0,551MPa και 0,212MPa, αντίστοιχα, στην περίπτωση που τα κτίρια ήταν μεμονωμένα). Υπάρχουν, επίσης, περιοχές όπου εμφανίζεται θλίψη με τιμή έως 0,269MPa (έναντι των 0,507MPa και 0,230MPa σε διώροφο και μονώροφο αντίστοιχα).

Κατά την αλληλεπίδραση των δύο κτιρίων δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση σε σχέση με την περίπτωση που τα κτίρια ήταν μεμονωμένα.

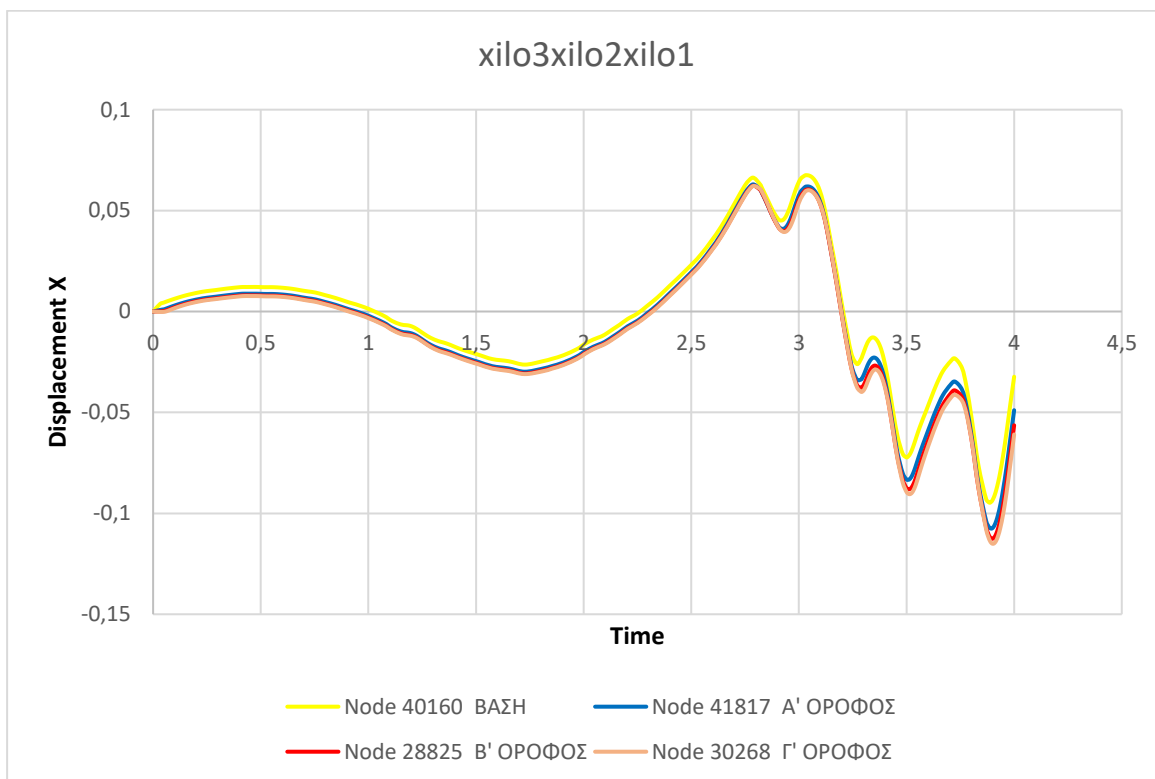
## 4.5 Δυναμική ανάλυση τριώροφου-διώροφου-μονώροφου

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo3xilo2xilo1, xilo3plaka2xilo1 και plaka3xilo2plaka1. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.



Εικόνα 71: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου *πλακα3χιλο2πλακα1* με απεικόνιση των ευθειών 1 έως 8 (4sec)

## ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 72: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *xilo3xilo2xilo1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.



Τη στιγμή 3,90402sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,115039m.

Την ίδια στιγμή 3,90402sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,112325m.

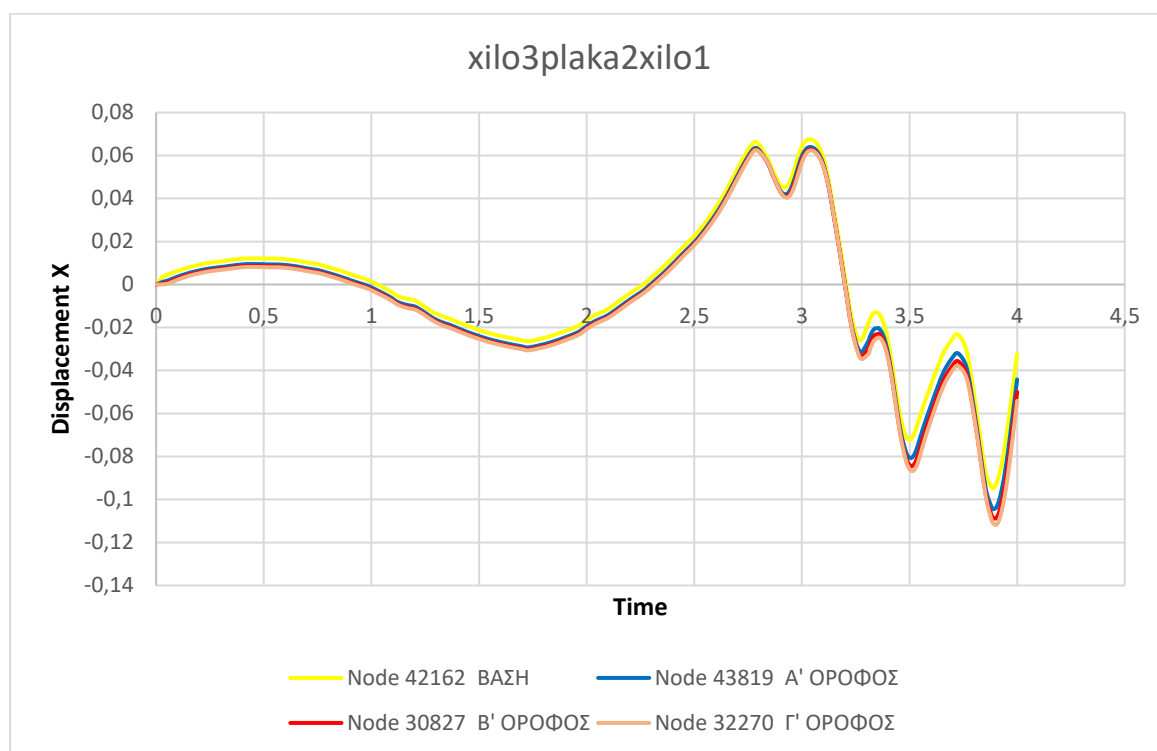
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002714m.

Την ίδια στιγμή 3,90402sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,106745m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,00558m.

Την ίδια στιγμή 3,90402sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0924689m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0142761m.



Εικόνα 73: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,90015sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,111861m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,108855m.

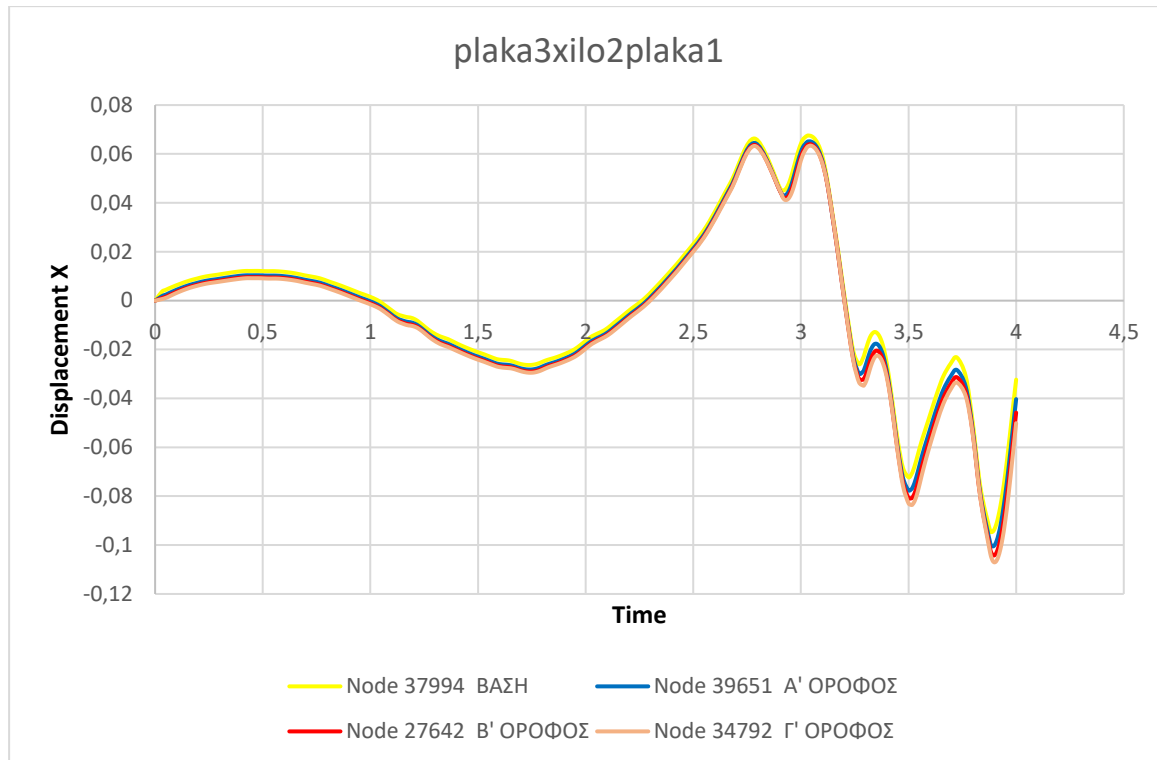
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,003006m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,104078m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,004777m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0933278m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0107502m.



Εικόνα 74: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka3xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,899sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με 0,107055m.

Την ίδια στιγμή 3,899sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,104197m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002858m.

Την ίδια στιγμή 3,899sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,100127m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,00407m.

Την ίδια στιγμή 3,899sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935176m.

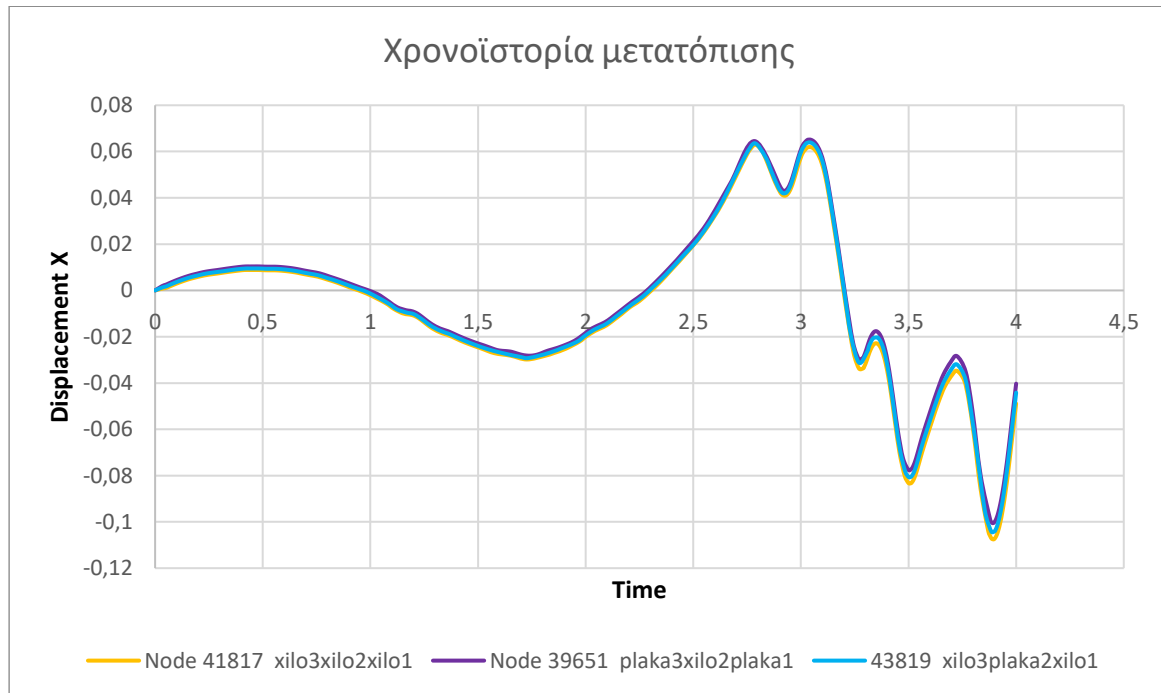
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0066094m.

Παρατηρούνται τα εξής :

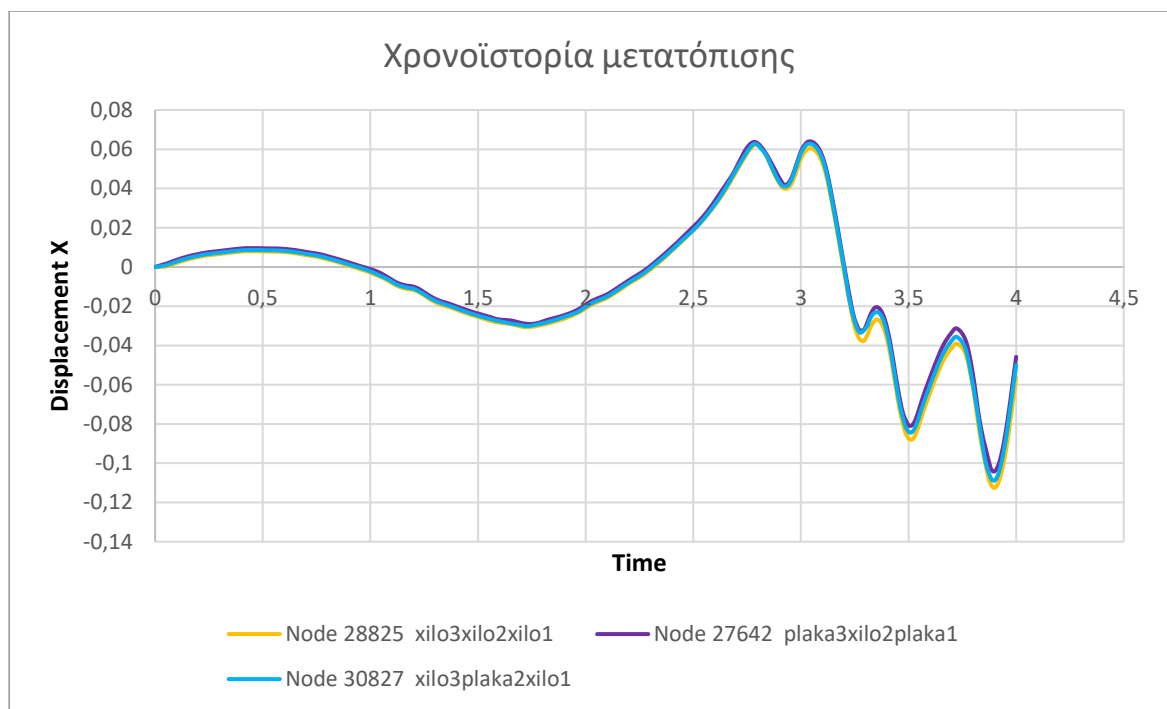
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Υπολογίστηκαν οι σχετικές μετακινήσεις των τριών μοντέλων ανά όροφο από τις οποίες προκύπτει ότι :

α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου καθώς και μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο `πλακα3χιλο2πλακα1`, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο `χιλο3πλακα2χιλο1` και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο `χιλο3χιλο2χιλο1`.

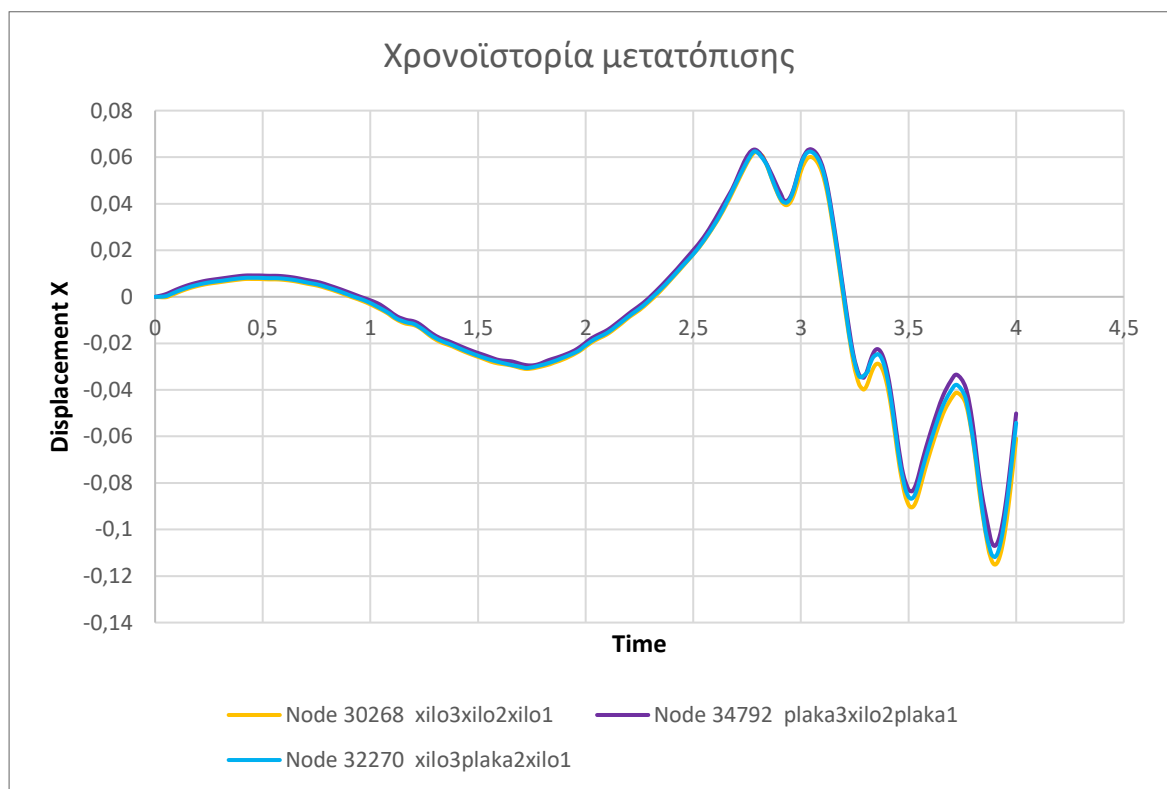
β. μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο `χιλο3χιλο2χιλο1`, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο `πλακα3χιλο2πλακα1` και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο `χιλο3πλακα2χιλο1`.



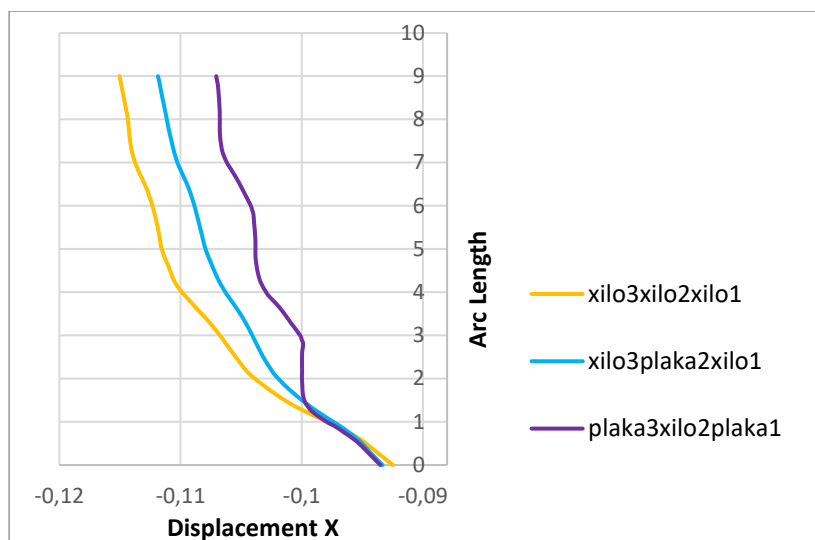
Εικόνα 75: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 76: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 77: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 78: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.

Στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0924689	0
-0,106745	3
-0,112325	6
-0,115039	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002714m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,00558m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0142761m.

Στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0933278	0
-0,104078	3
-0,108855	6
-0,111861	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,003006m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,004777m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0107502m.

Στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 :

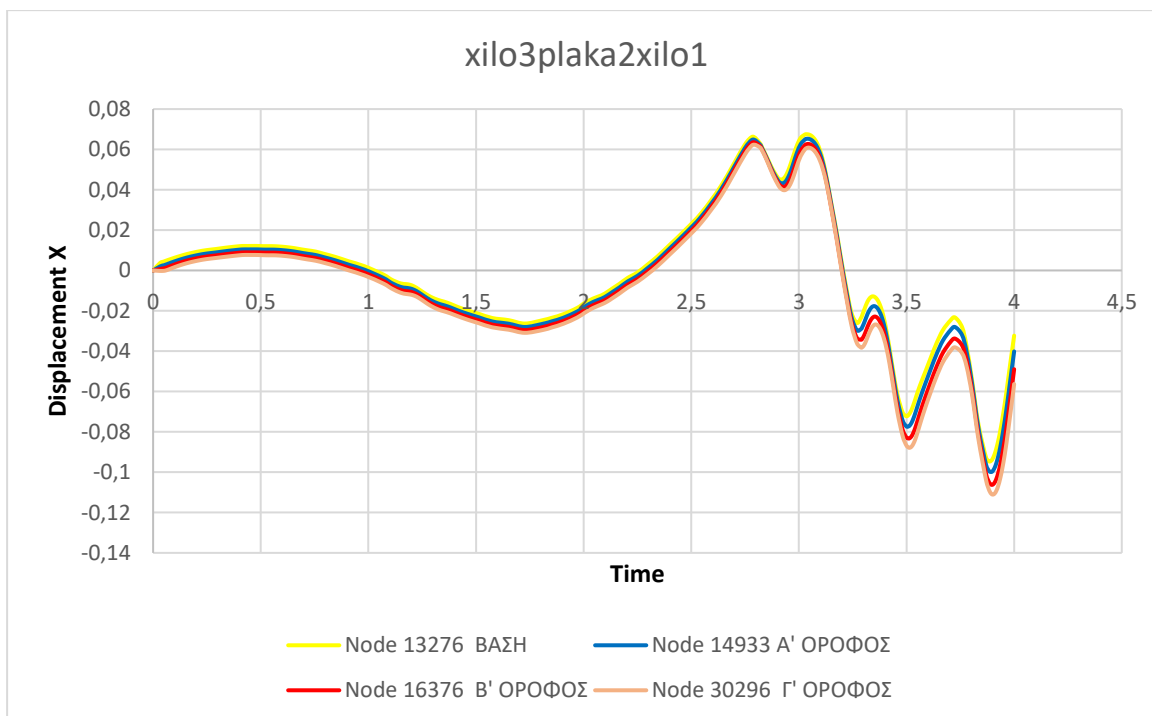
Displacement X	Arc Length
-0,0935176	0
-0,100127	3
-0,104197	6
-0,107055	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002858m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,00407m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0066094m.

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΕΝΩΣΗ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ-ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 79: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,89898sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,111069m.

Την ίδια στιγμή 3,89898sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,106244m.

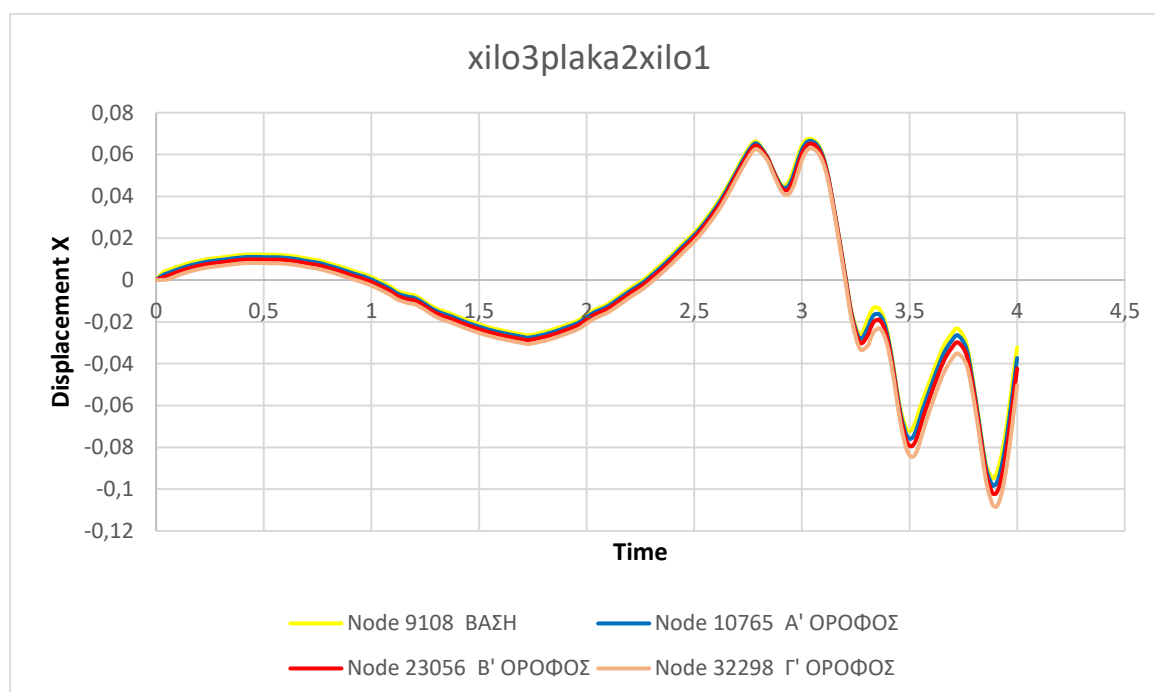
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,004825m.

Την ίδια στιγμή 3,89898sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0995778m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,006662m.

Την ίδια στιγμή 3,89898sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935209m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0060569m.



Εικόνα 80: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,90015sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,108504m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,102205m.

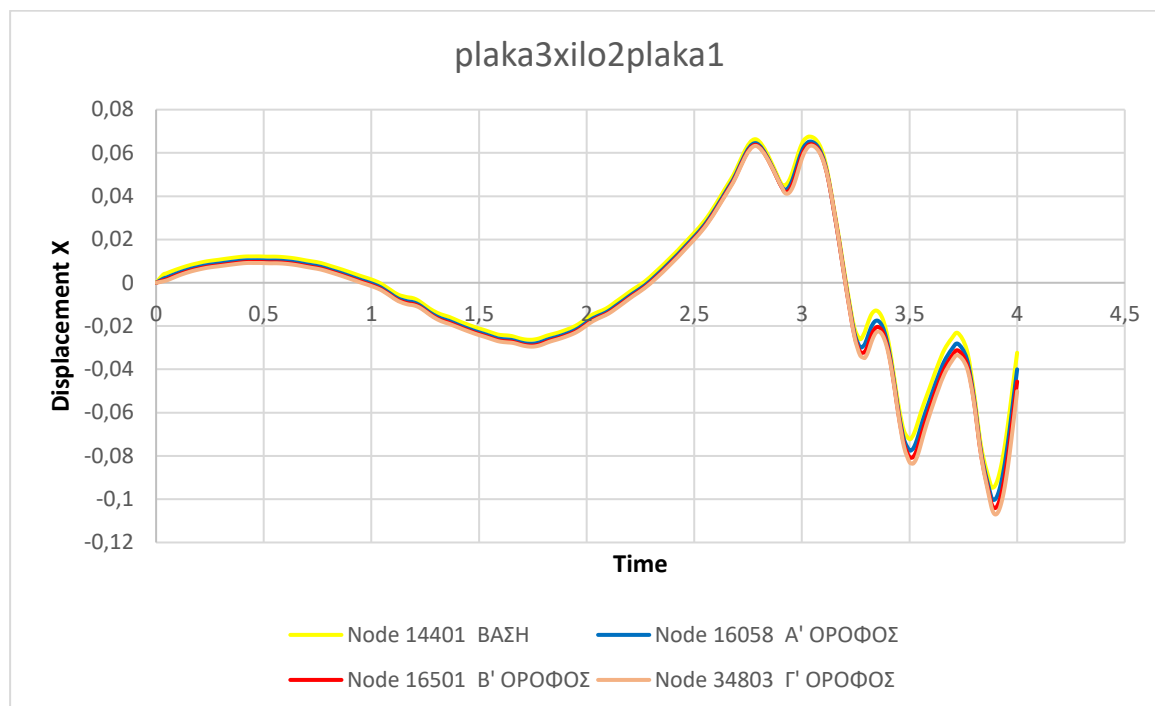
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,006299m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0977862m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0044188m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0933278m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0044584m.



Εικόνα 81: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka3xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,90015sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση, ίση με -0,107054m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,10406m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002994m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0999162m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0041438m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0935176m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0063986m.

Παρατηρούνται τα εξής :

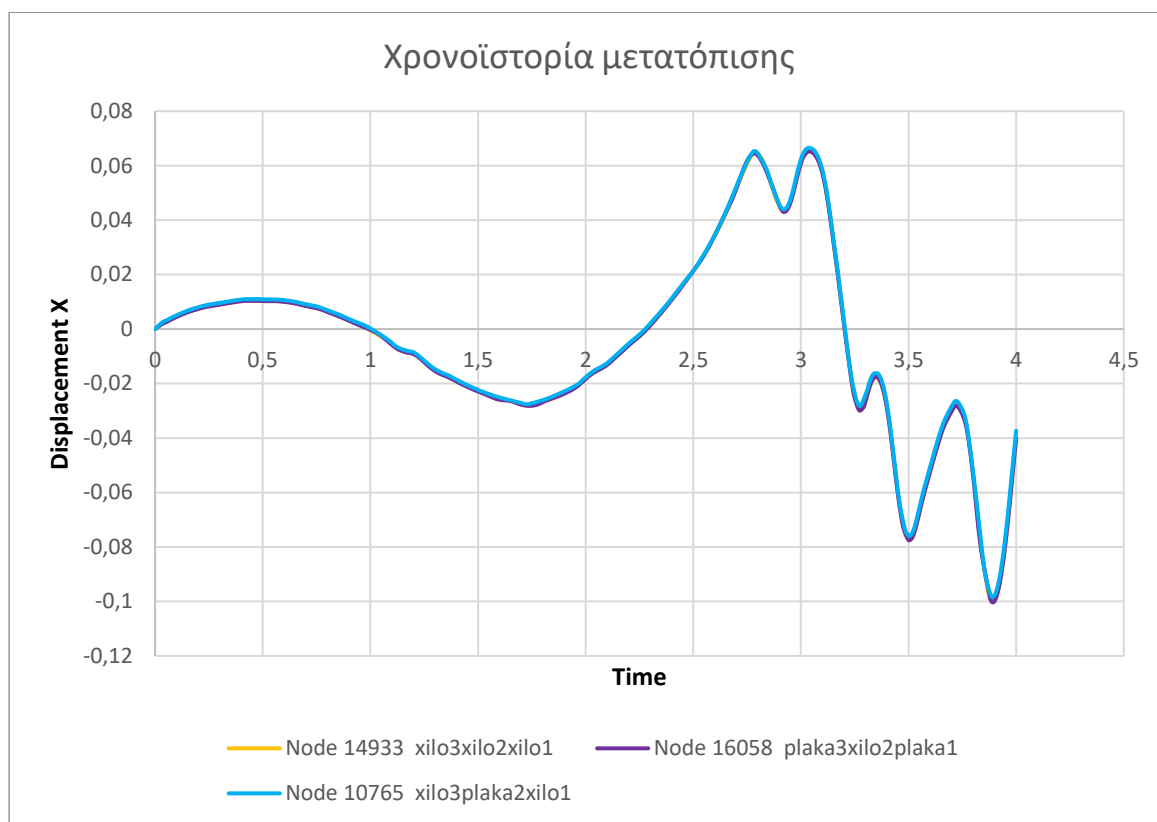
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :



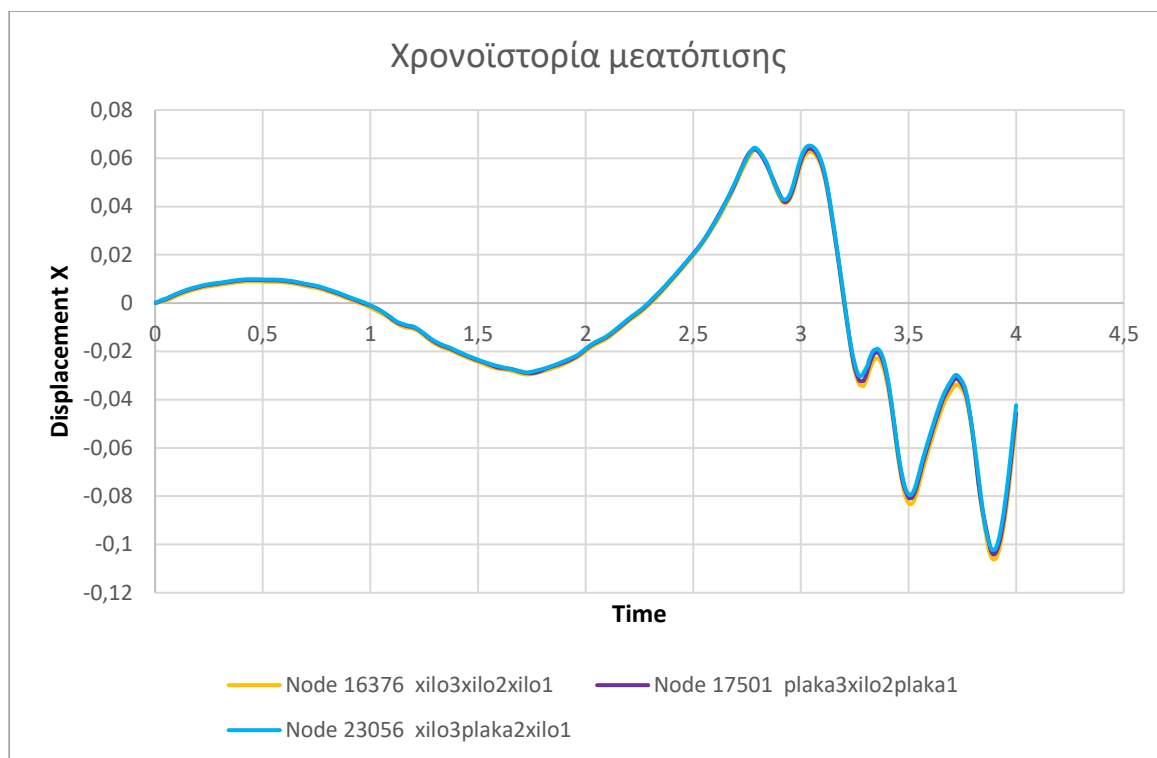
α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1.

β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1.

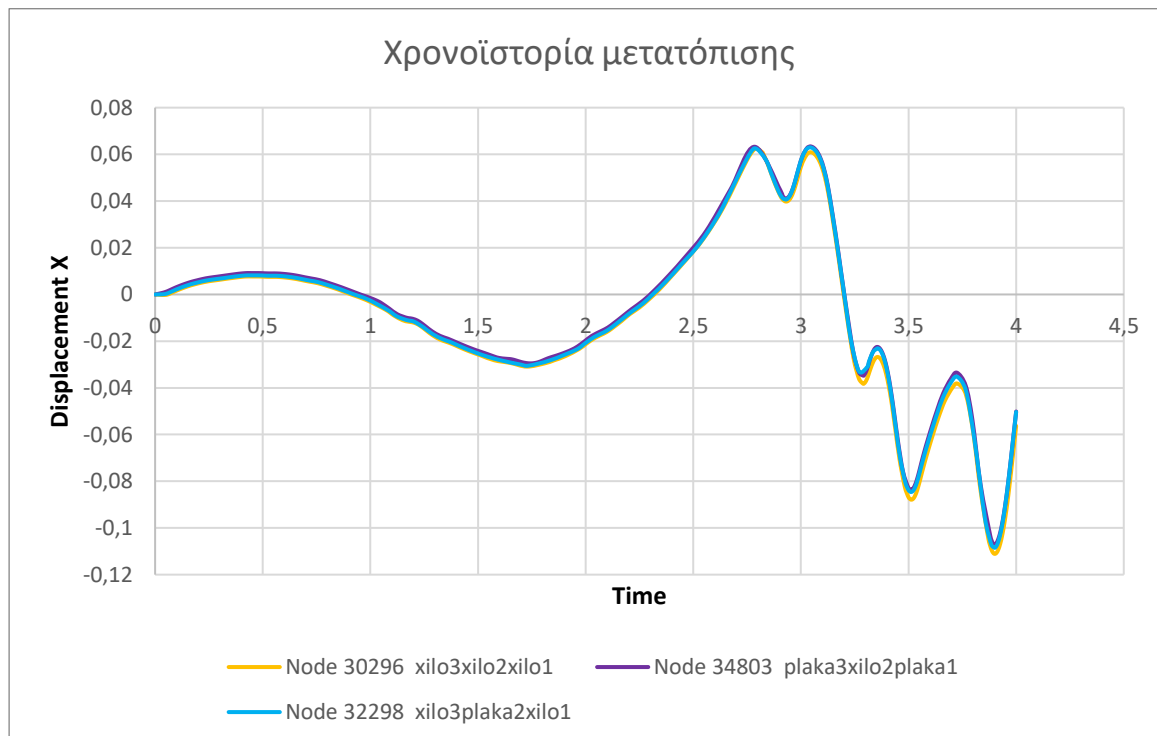
γ. μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1.



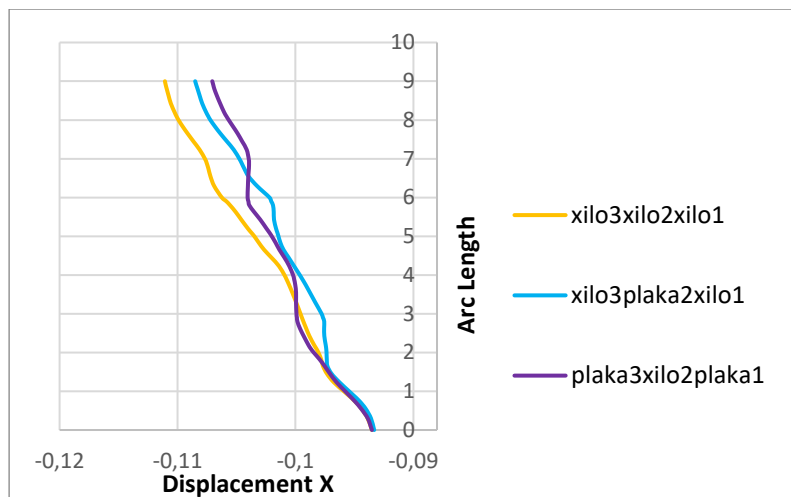
Εικόνα 82: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 83: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του θ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 84: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 85: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

Στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0935209	0
-0,0995778	3
-0,106244	6
-0,111069	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,004825m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,006662m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0060569m.

Στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0933278	0
-0,0977862	3
-0,102205	6
-0,108504	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,006299m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0044188m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0044584m.

Στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 :

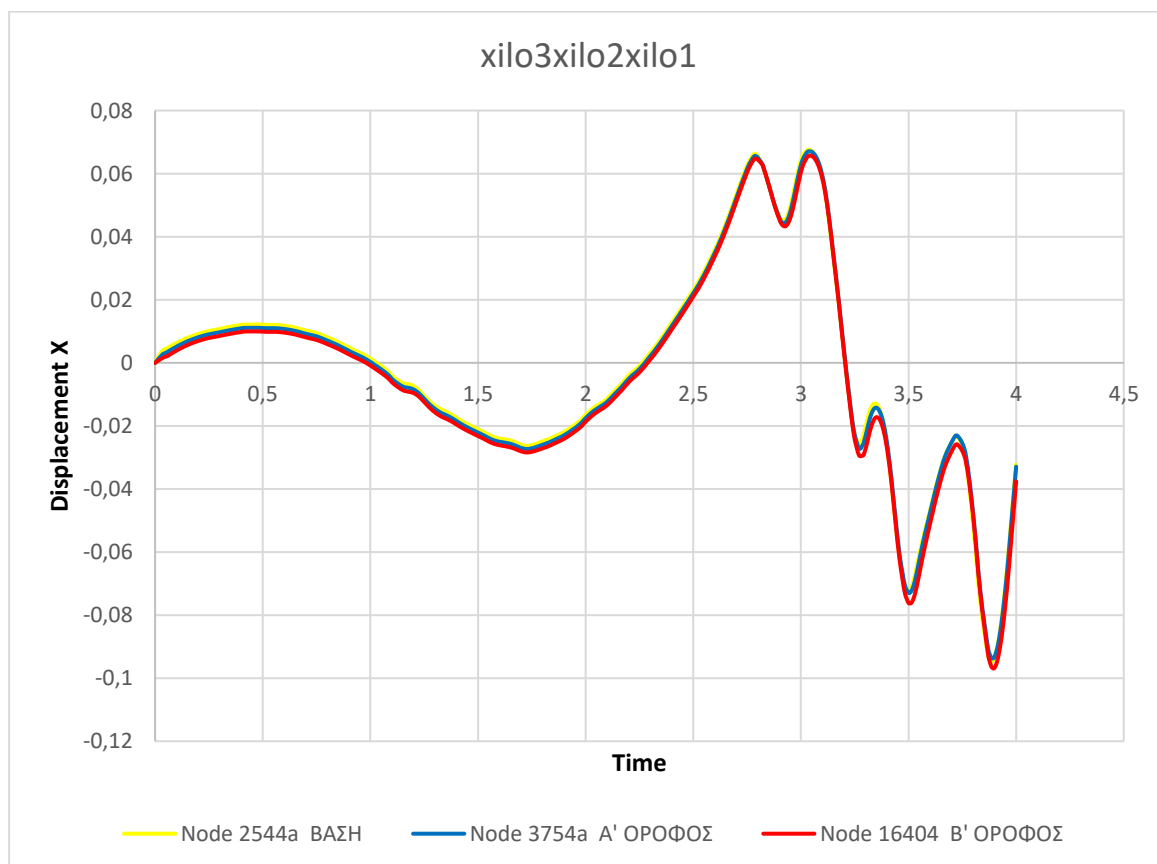
Displacement X	Arc Length
-0,0935176	0
-0,0999162	3
-0,10406	6
-0,107054	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,002994m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0041438m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0063986m.

#### ΕΥΘΕΙΑ 6 (ΕΝΩΣΗ ΔΙΩΡΟΦΟΥ-ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 86: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

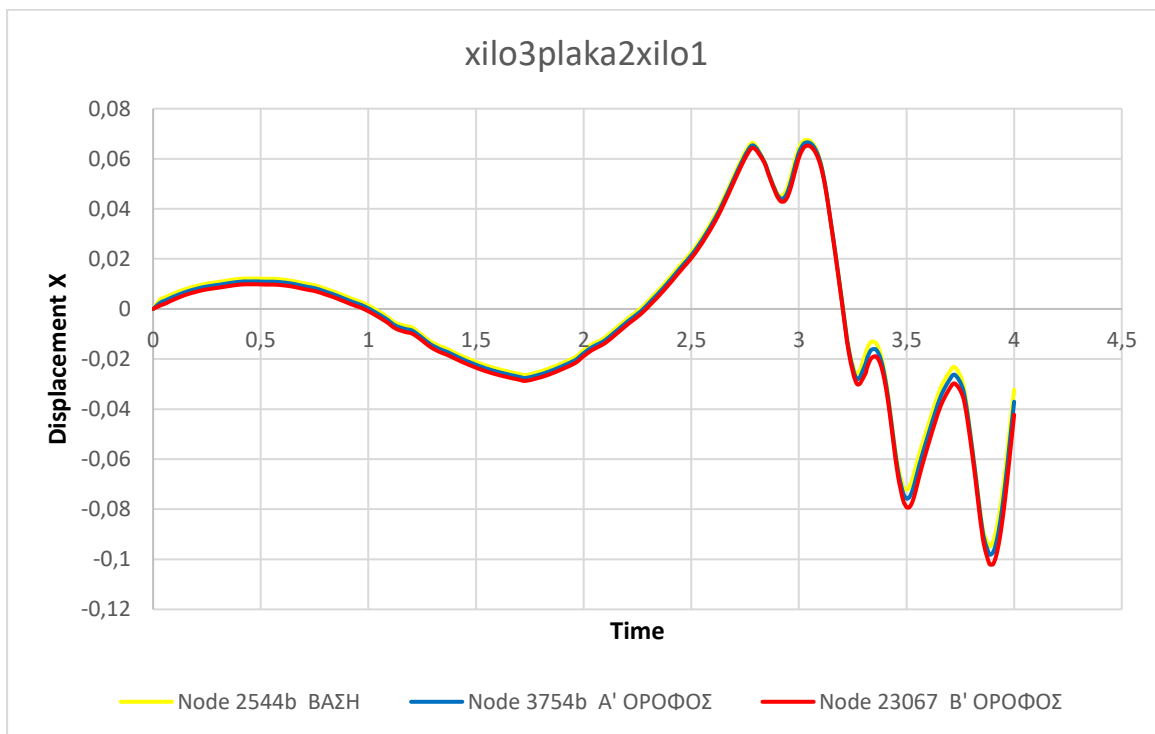
Τη στιγμή 3,89469sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,0969276m.

Την ίδια στιγμή 3,89469sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0936629m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0032641m.

Την ίδια στιγμή 3,89469sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0941767m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0005138m.



Εικόνα 87: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

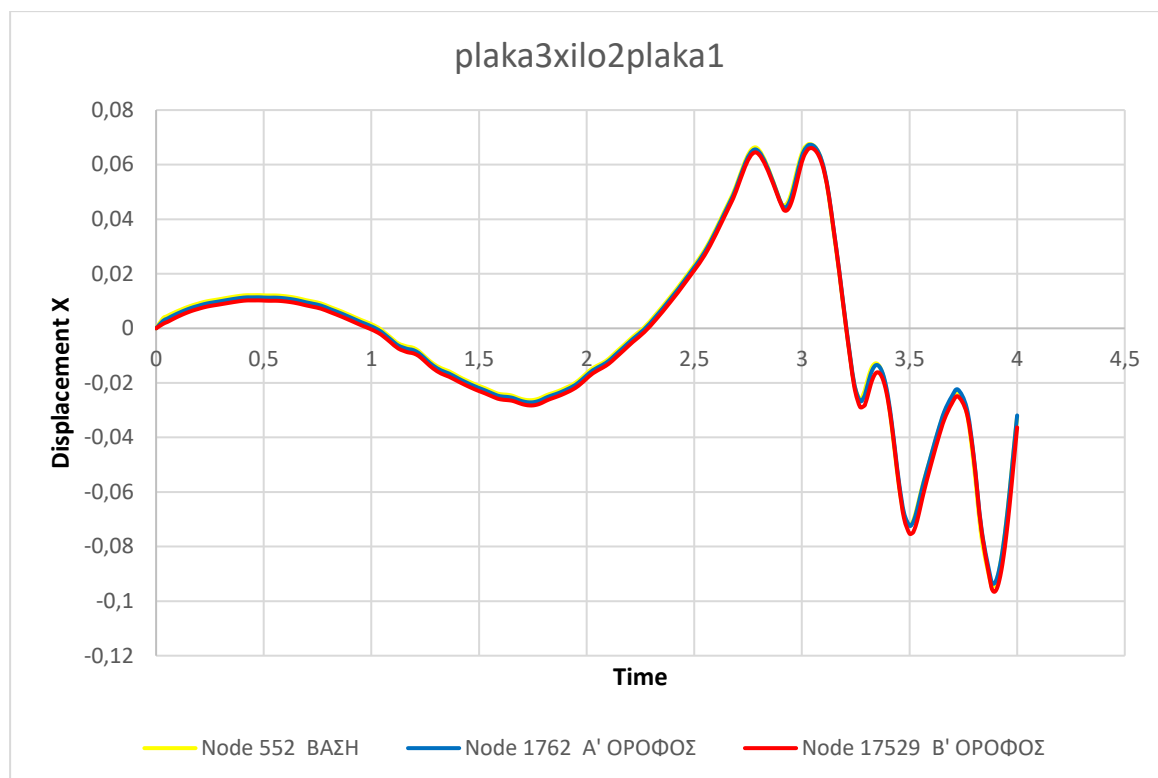
Τη στιγμή 3,90015sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,102091m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0975366m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0045544m.

Την ίδια στιγμή 3,90015sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0933278m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0042088m.



Εικόνα 88: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka3xilo2plaka1* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

Τη στιγμή 3,89476sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,0965526m.

Την ίδια στιγμή 3,89476sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0934183m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0031343m.

Την ίδια στιγμή 3,89476sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0941711m.

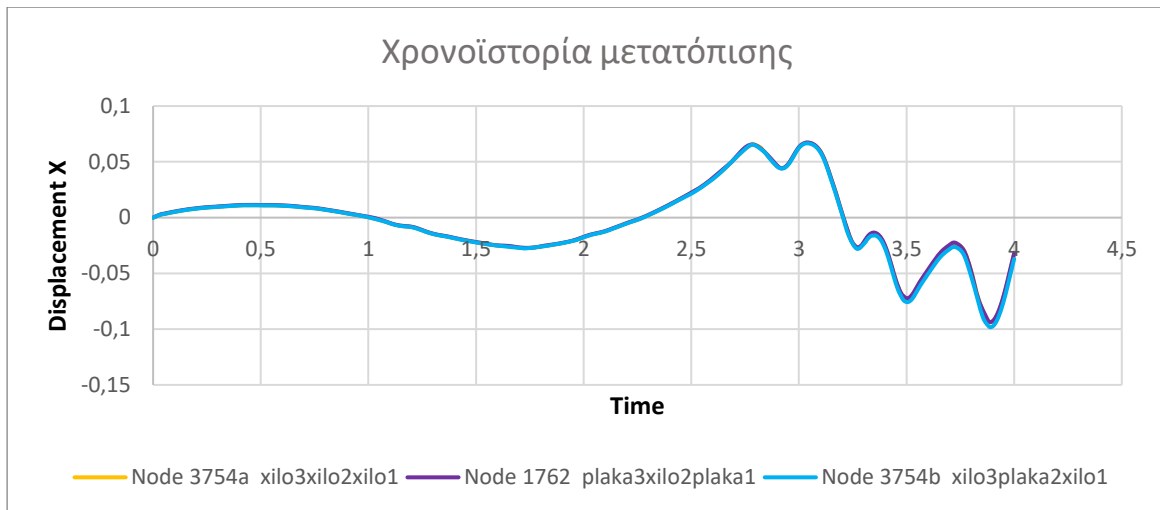
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0007528m.

Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :

α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1.

β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 (με αμελητέα διαφορά) και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1.



Εικόνα 89: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.





Στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0941767	0
-0,0936629	3
-0,0969276	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0032641m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0005138m.

Στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0933278	0
-0,0975366	3
-0,102091	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0045544m.

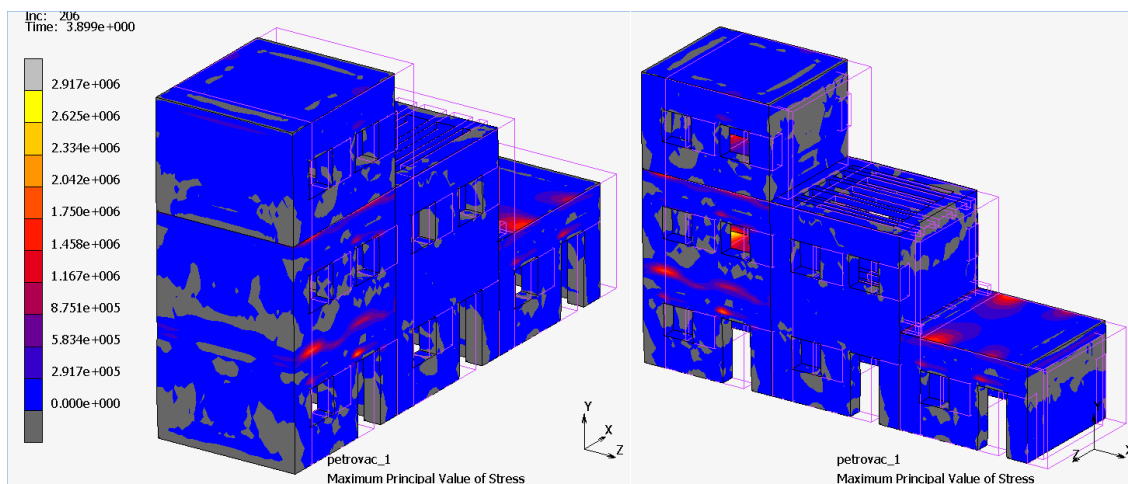
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0042088m.

Στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 :

Displacement X	Arc Length
-0,0941711	0
-0,0934183	3
-0,0965526	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0031343m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0007528m.



Εικόνα 92: Κύριες τάσεις του μοντέλου *plaka3xilo2plaka1* (4 sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

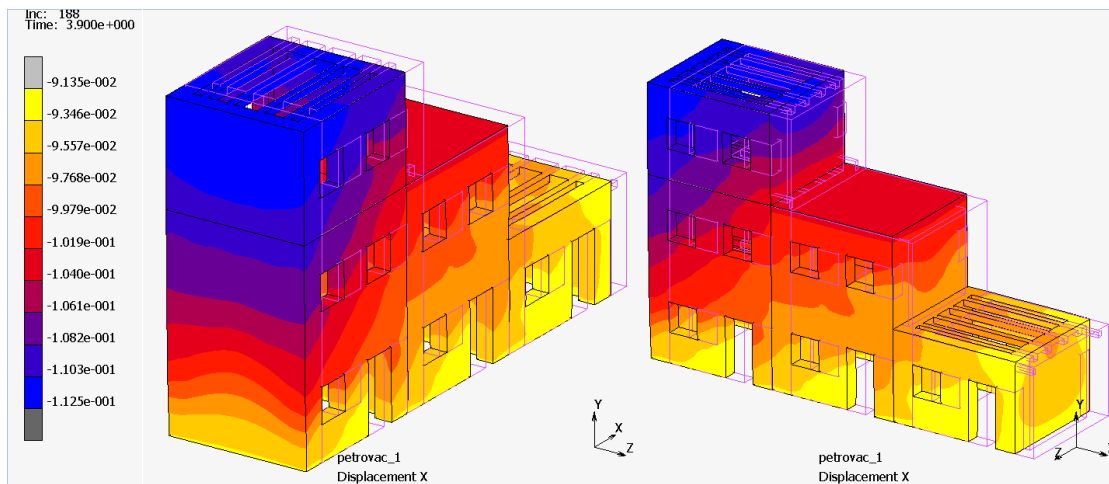
Στο μοντέλο *plaka3xilo2plaka1*,

Και τα τρία κτίρια στις όψεις παρουσιάζουν υπέρβαση εφελκυστικής αντοχής με τιμή έως 0.292MPa έναντι των τιμών 0,207MPa, 0,551MPa και 0,442MPa για το μονώροφο, το διώροφο και το τριώροφο, αντίστοιχα.

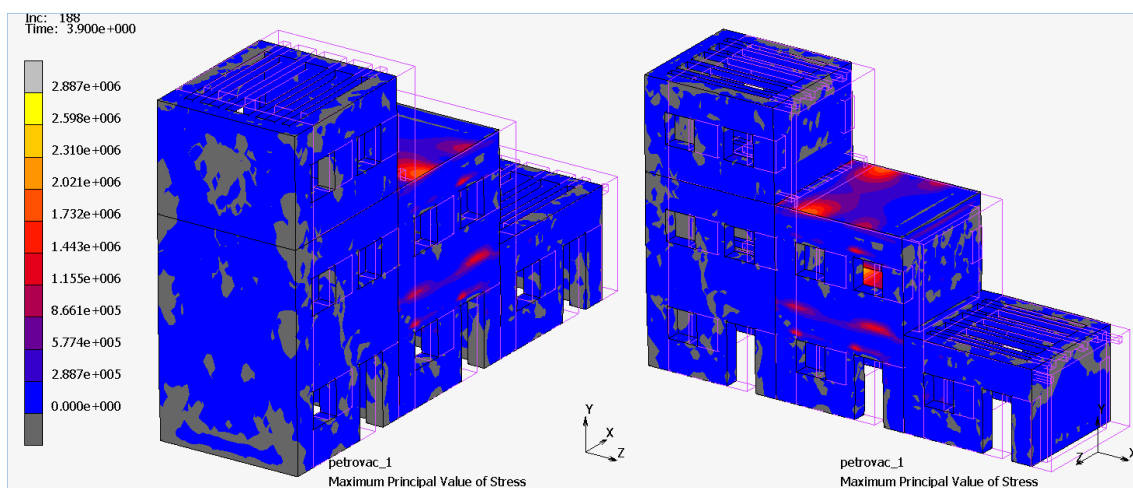
Και τα τρία κτίρια στις όψεις παρουσιάζουν θλίψη με τιμή έως 0.097MPa έναντι των τιμών 0,207 – 0,507 – 0,347MPa για το μονώροφο, το διώροφο και το τριώροφο, αντίστοιχα. Μόνο σε μικρή περιοχή της βάσης και των τριών κτιρίων παρατηρείται θλίψη έως 0,432MPa έναντι των 0,877MPa που παρουσίαζε το τριώροφο στη βάση όταν ήταν μεμονωμένο.

Ο εφελκυσμός στην πλάκα του μονωρόφου και τριωρόφου είναι στα όρια μέσης εφελκυστικής αντοχής με τιμή έως 2,917MPa και είναι μεγαλύτερος από εκείνον που παρουσίαζε το μονώροφο όταν ήταν μόνο του (0,97MPa) και μικρότερος από εκείνον που παρουσίαζε το τριωρόφο όταν ήταν μόνο του (4,424MPa).

Στο συσσωμάτωμα των τριών κτιρίων, το διώροφο και το τριώροφο κτίριο προστατεύονται από το μονώροφο κτίριο, καθότι παρουσιάζουν μειωμένες εφελκυστικές τάσεις έναντι του εφελκυσμού που παρουσίαζαν όταν ήταν μόνα τους, τόσο στις όψεις όσο και στις πλάκες (του τριωρόφου). Αντιθέτως, για το μονώροφο η αλληλεπίδραση είναι δυσμενής σε όψεις και πλάκα.



Εικόνα 93: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo3plaka2xilo1 (4sec)



Εικόνα 94: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3plaka2xilo1 (4 sec)

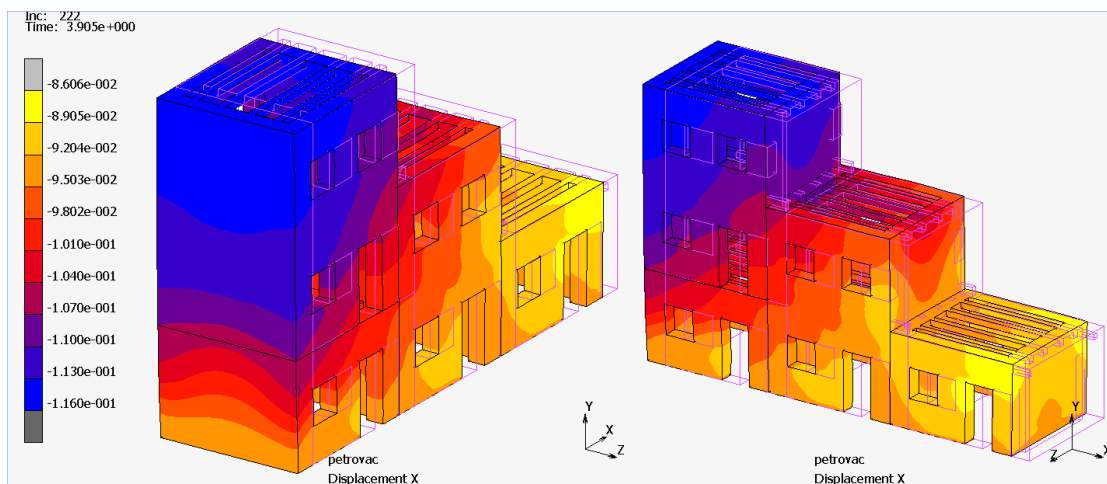
Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1,

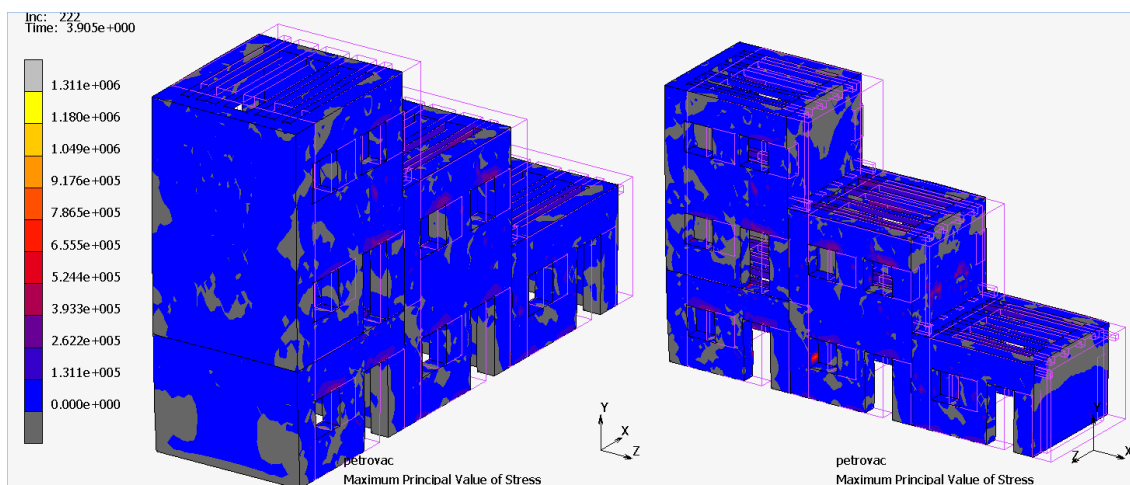
Και στα τρία κτίρια, στις όψεις, παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων ( $0,289\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ). Οι εφελκυστικές τάσεις στις όψεις είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με εκείνες που αναπτύσσονταν στην περίπτωση των τριών μεμονωμένων κτιρίων. Στις όψεις παρουσιάζεται σε ορισμένες επιφάνειες θλίψη με τιμή έως  $0,0416\text{MPa}$ .

Το μονώροφο και το τριώροφο κτίριο με ξύλινη οροφή που βρίσκονται εκατέρωθεν του διώροφου κτιρίου με οροφή από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επιδρούν δυσμενώς στο τελευταίο, στο οποίο παρουσιάζεται εφελκυσμός στις πλάκες της οροφής των δύο ορόφων του στα όρια της

εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος, με τιμή μεγαλύτερη (έως 2.89MPa) από εκείνον που παρουσίαζε όταν ήταν μόνο του (έως 1.96MPa).



Εικόνα 95: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo3xilo2xilo1 (4sec)



Εικόνα 96: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3xilo2xilo1 (4 sec)

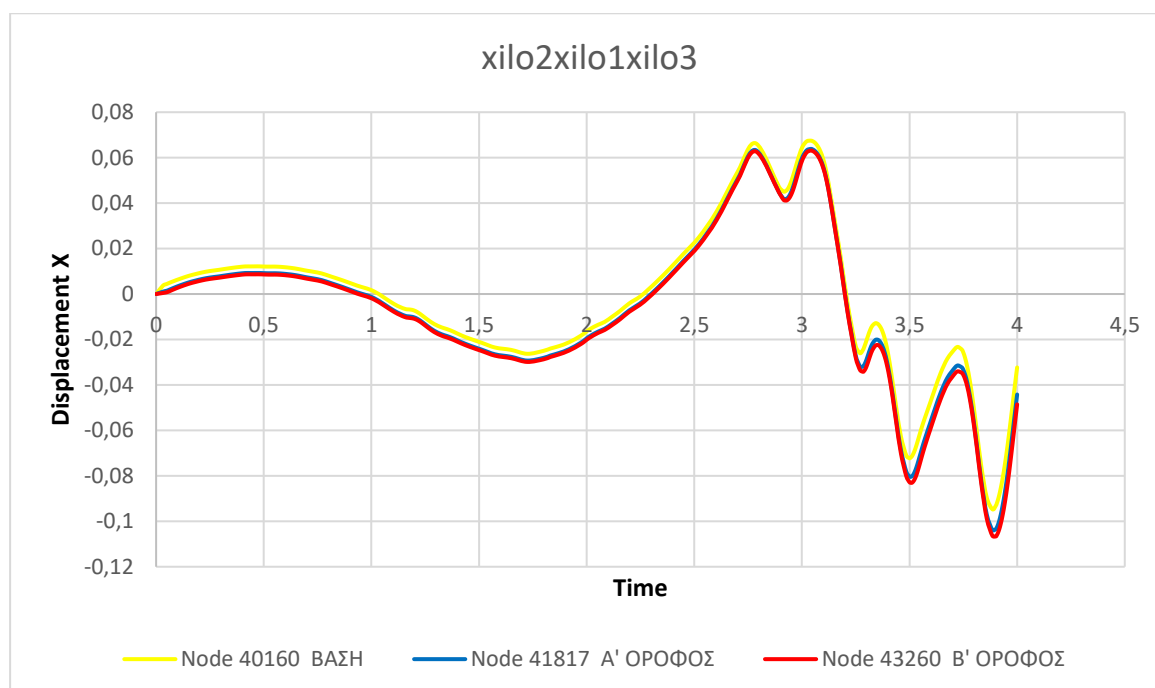
Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Και στα τρία κτίρια, στις όψεις, παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων ( $0,131\text{MPa} > 0.066\text{MPa}$ ). Οι εφελκυστικές τάσεις στις όψεις είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με εκείνες που αναπτύσσονταν στην περίπτωση των τριών μεμονωμένων κτιρίων. Στις όψεις παρουσιάζεται σε ορισμένες επιφάνειες θλίψη με τιμή έως  $0,0909\text{MPa}$ .

## 4.6 Δυναμική ανάλυση διώροφου-μονώροφου-τριώροφου

Από την διερεύνηση ταλάντωσης κατασκευών για το διάστημα 0-4sec δίνονται χαρακτηριστικά αποτελέσματα που αφορούν τις μετακινήσεις των μοντέλων xilo2xilo1xilo3, xilo2plaka1xilo3 και plaka2xilo1plaka3. Παρουσιάζονται οι κατανομές των μετακινήσεων στα 4sec καθώς και οι μετακινήσεις σε συγκεκριμένες χαρακτηριστικές ευθείες μελέτης για την χρονική στιγμή της μέγιστης τιμής μετακίνησης βάσης.

### ΕΥΘΕΙΑ 2 (ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΔΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 97: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

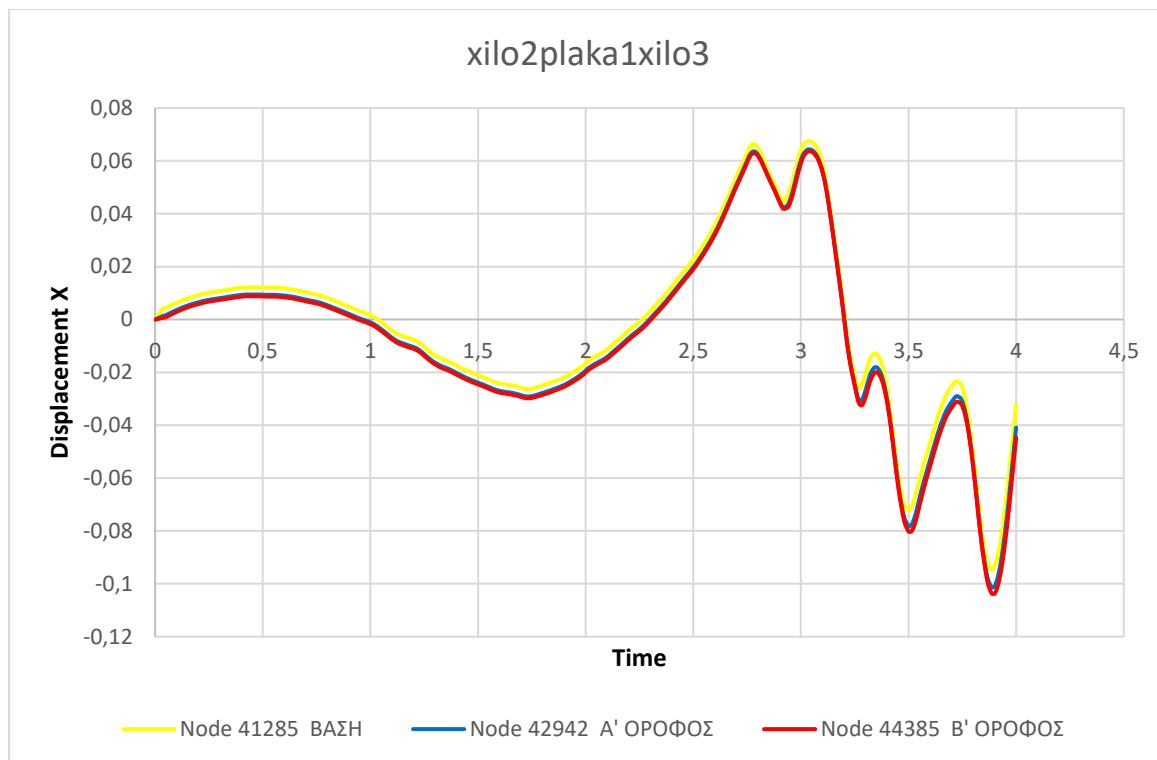
Τη στιγμή 3,90104sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,106653m.

Την ίδια στιγμή 3,90104sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,103476m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,003177m.

Την ίδια στιγμή 3,90104sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0931303m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0103457m.



Εικόνα 98: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

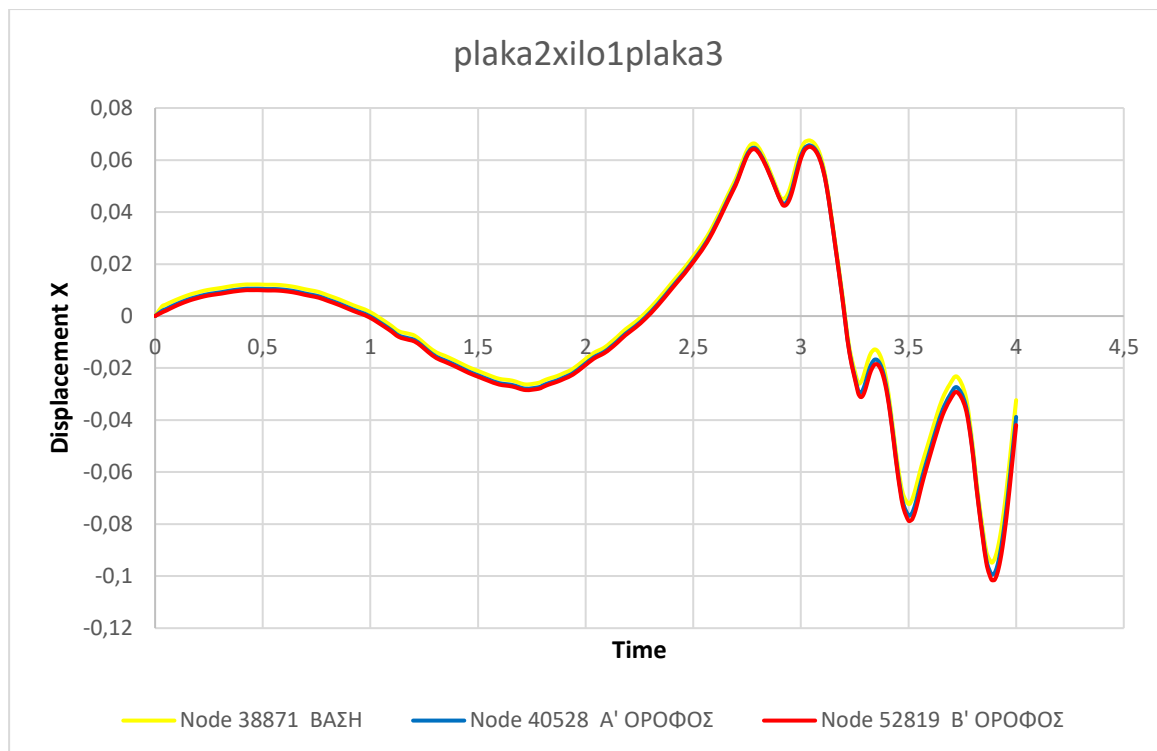
Τη στιγμή 3,89803sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,103838m.

Την ίδια στιγμή 3,89803sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,101102m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,002736m.

Την ίδια στιγμή 3,89803sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,093671m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,007431m.



Εικόνα 99: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.

Τη στιγμή 3,89785sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,101546m.

Την ίδια στιγμή 3,89785sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0990631m.

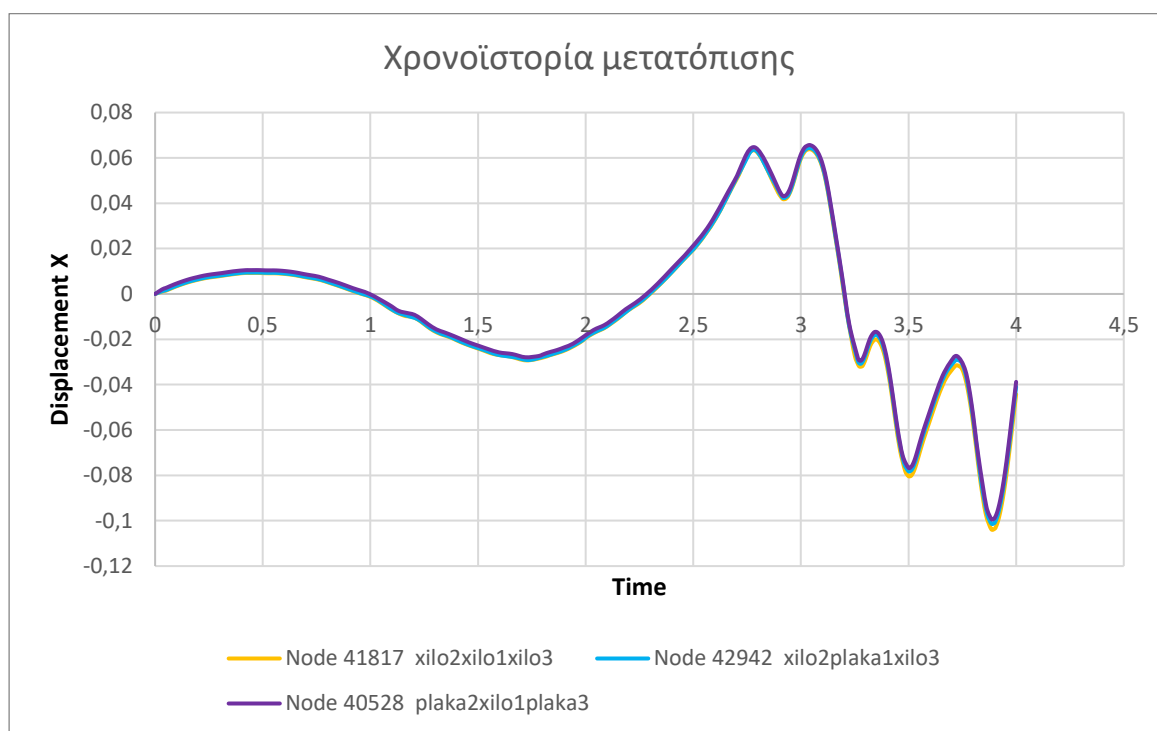
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0024829m.

Την ίδια στιγμή 3,89785sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0936998m.

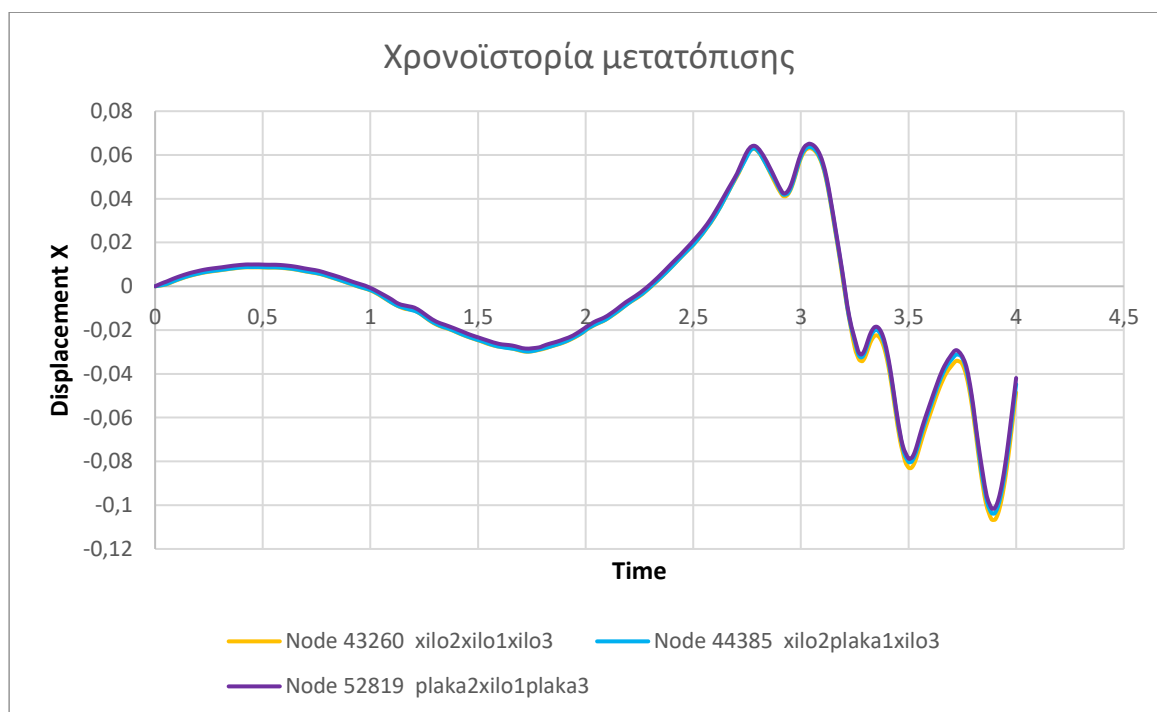
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0053633m.

Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων προκύπτει ότι τόσο μεταξύ βάσης και α' ορόφου όσο και μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *plaka2xilo1plaka3*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *xilo2plaka1xilo3* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *xilo2xilo1xilo3*.

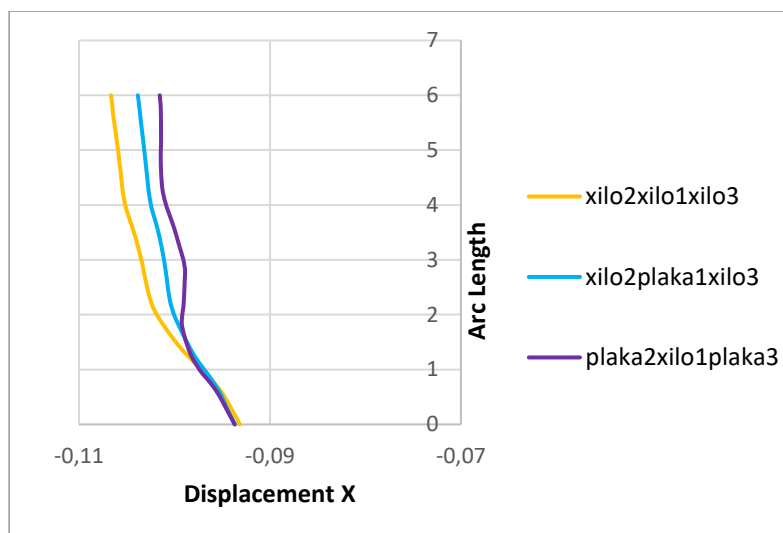


Εικόνα 100: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.



Εικόνα 101: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.





Εικόνα 102: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.

Στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0931303	0
-0,103476	3
-0,106653	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,003177m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0103457m.

Στο μοντέλο xilo2plaka1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,093671	0
-0,101102	3
-0,103838	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,002736m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,007431m.

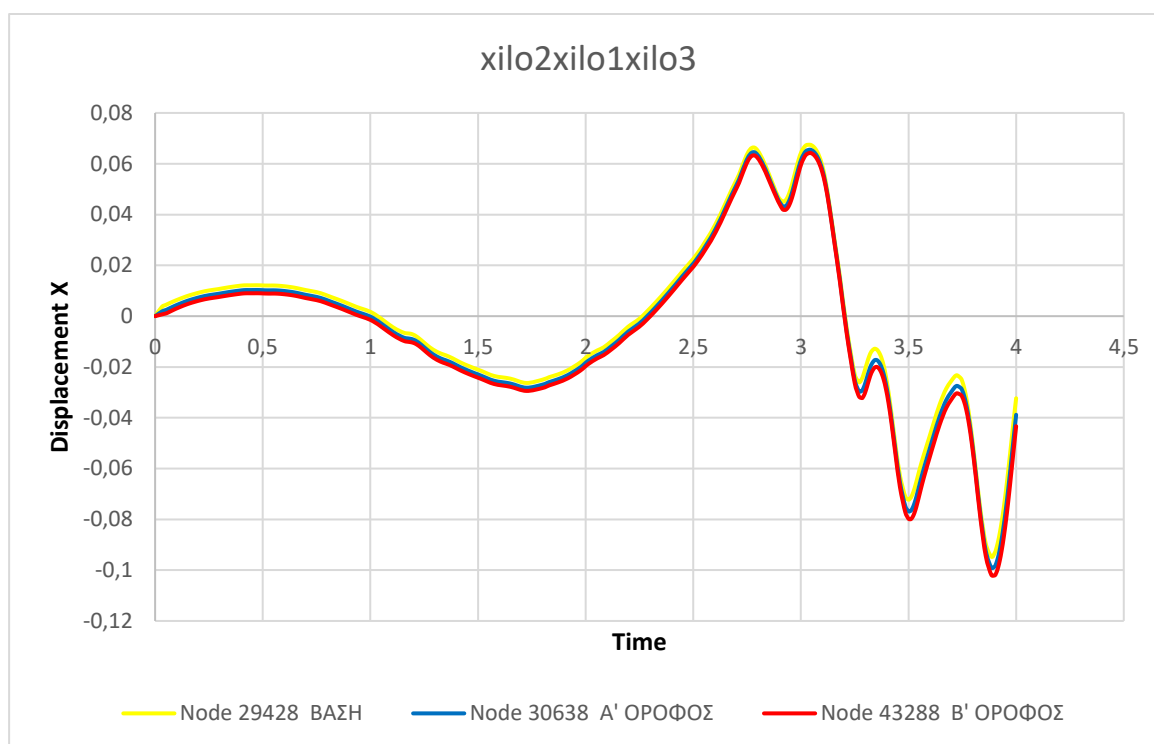
Στο μοντέλο plaka2xilo1plaka3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0936998	0
-0,0990631	3
-0,101546	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0024829m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0053633m.

#### ΕΥΘΕΙΑ 4 (ΕΝΩΣΗ ΔΙΩΡΟΦΟΥ-ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 103: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

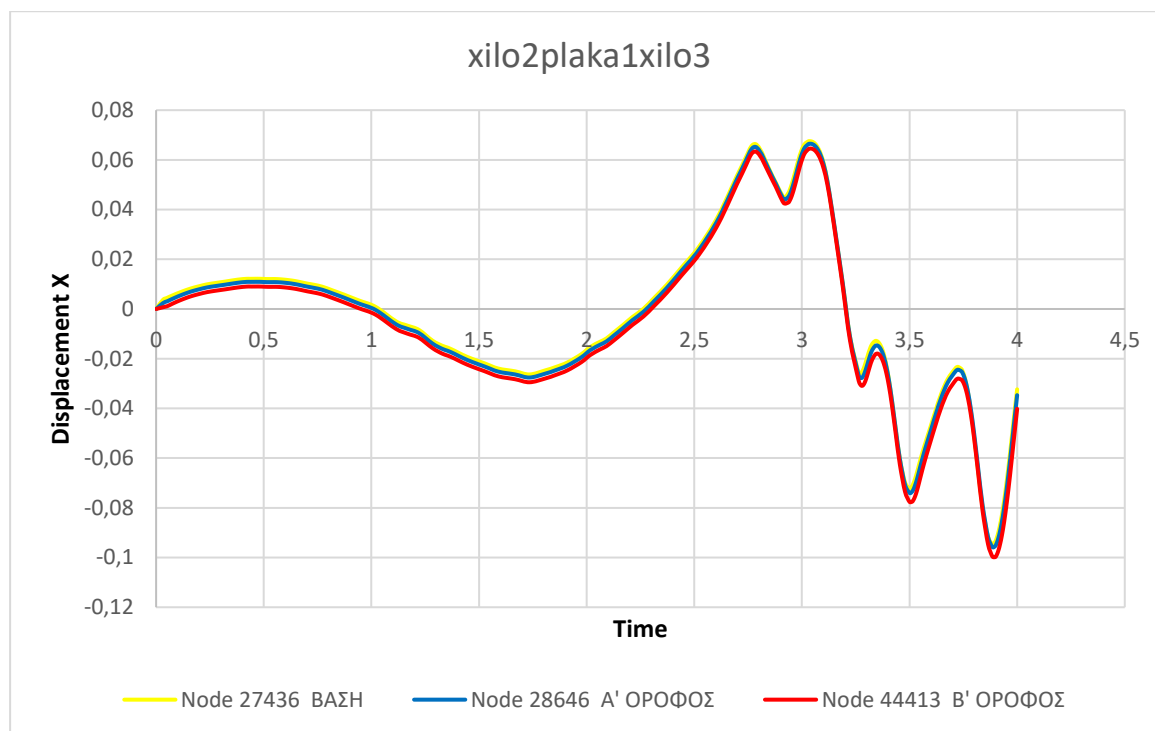
Τη στιγμή 3,90104sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,102051m.

Την ίδια στιγμή 3,90104sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0985128m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0035382m.

Την ίδια στιγμή 3,90104sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0931303m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0053825m.



Εικόνα 104: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

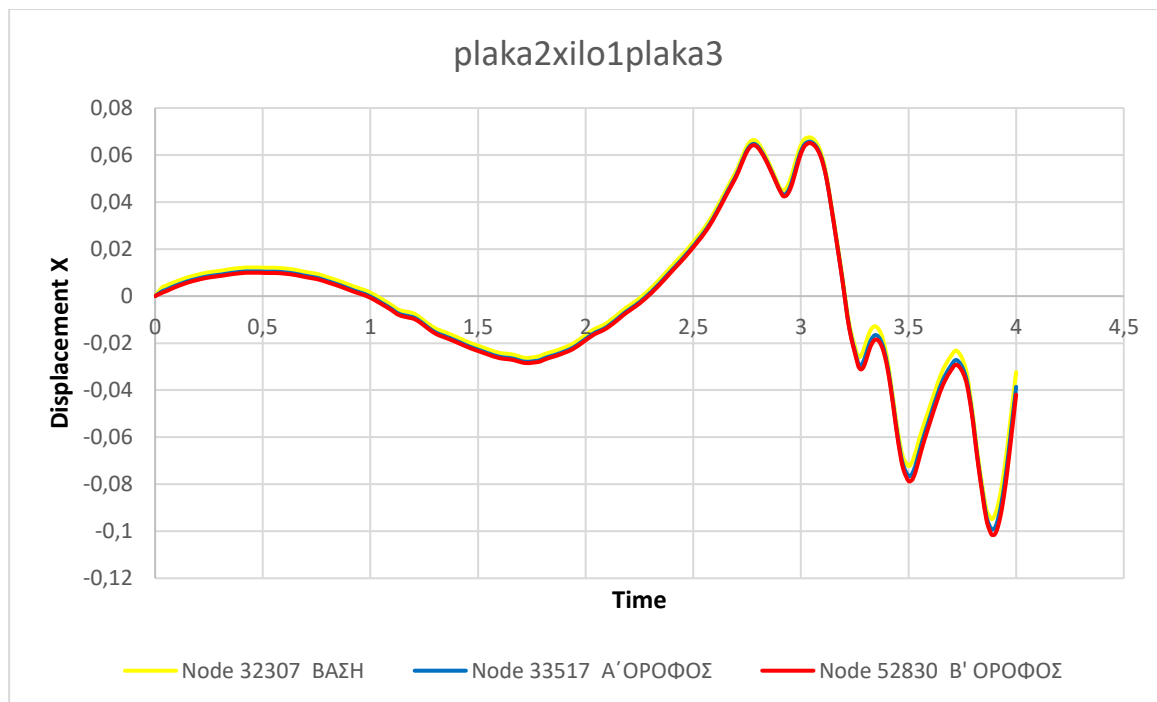
Τη στιγμή 3,89803sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,0998259m.

Την ίδια στιγμή 3,89803sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0954109m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,004415m.

Την ίδια στιγμή 3,89803sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,093671m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0017399m.



Εικόνα 105: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.

Τη στιγμή 3,89785sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,101536m.

Την ίδια στιγμή 3,89785sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,098909m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,002627m.

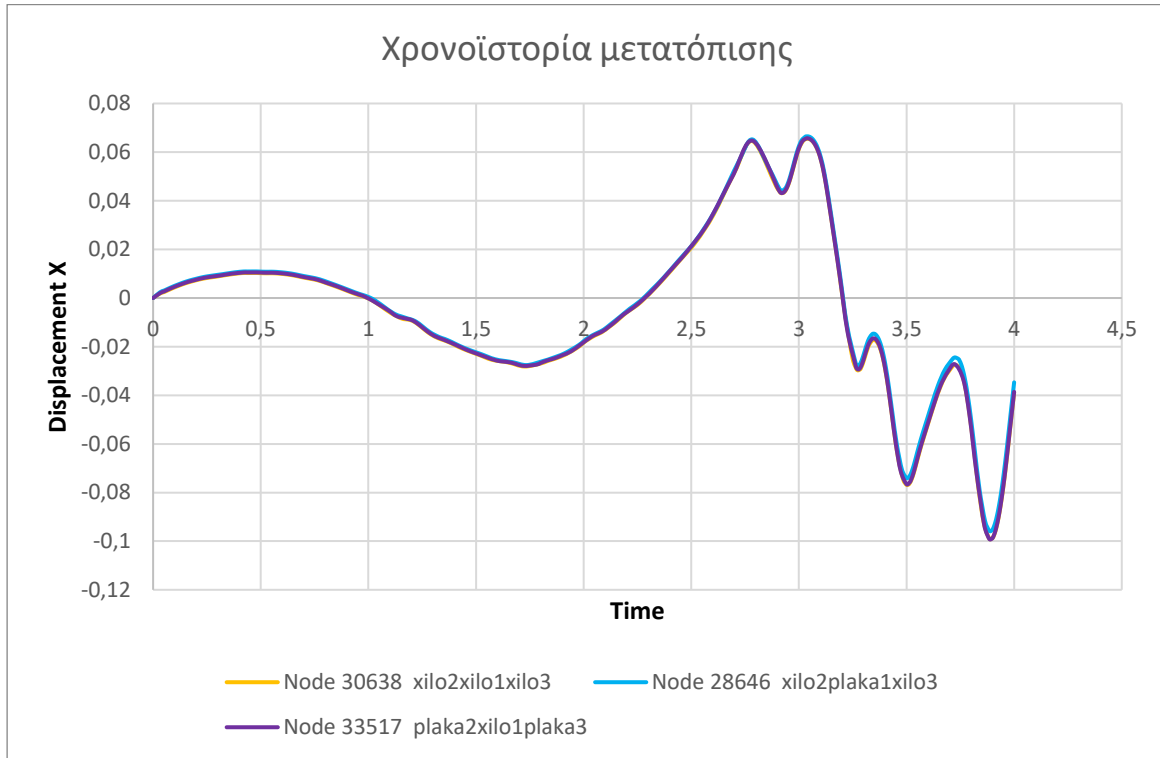
Την ίδια στιγμή 3,89785sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0936998m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0052092m.

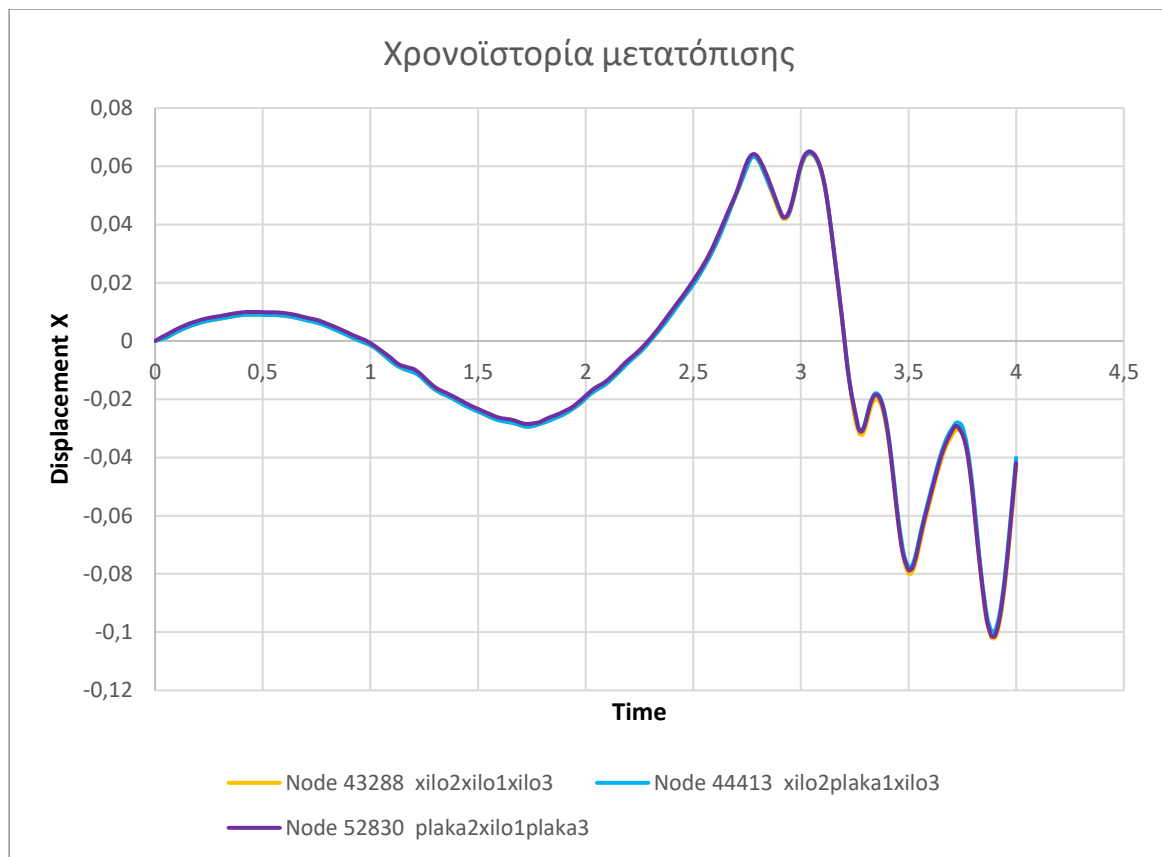
Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων προκύπτει ότι :  
α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο *xilo2plaka1xilo3*, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο *plaka2xilo1plaka3* και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο *xilo2xilo1xilo3* (οι δύο είναι τελευταίες πρακτικά ίδιες).

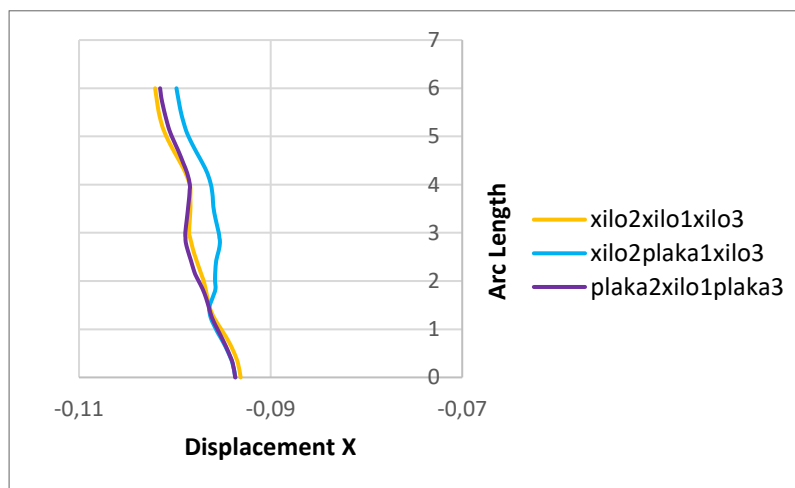
β. μεταξύ α' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka2xilo1plaka3, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo2plaka1xilo3.



Εικόνα 106: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 107: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.



Εικόνα 108: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

Στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0931303	0
-0,0985128	3
-0,102051	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0035382m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0053825m.

Στο μοντέλο xilo2plaka1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,093671	0
-0,0954109	3
-0,0998259	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,004415m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0017399m.

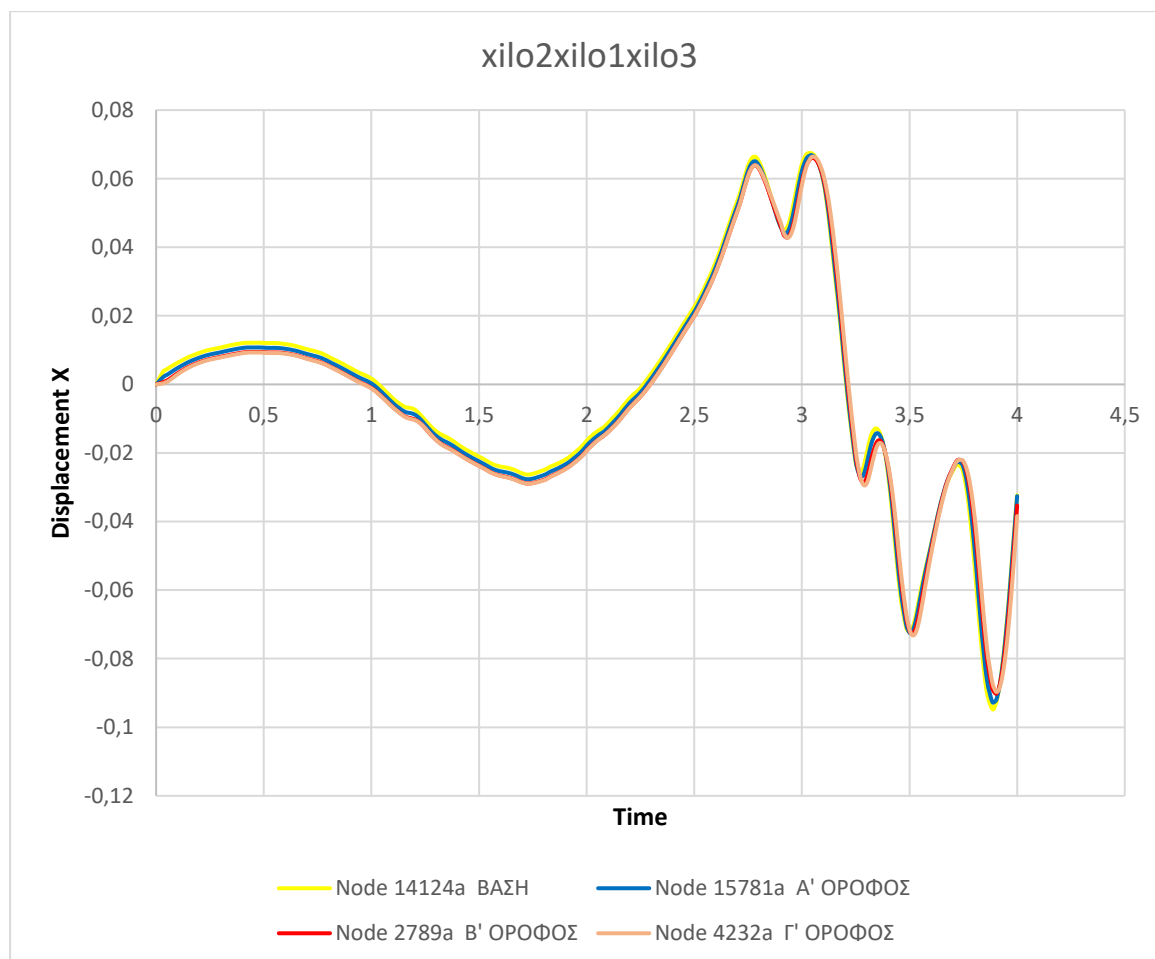
Στο μοντέλο plaka2xilo1plaka3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0936998	0
-0,098909	3
-0,101536	6

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,002627m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0052092m.

## ΕΥΘΕΙΑ 6 (ΕΝΩΣΗ ΜΟΝΩΡΟΦΟΥ-ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 109: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0870413m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,088734m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι -0,0016927m.

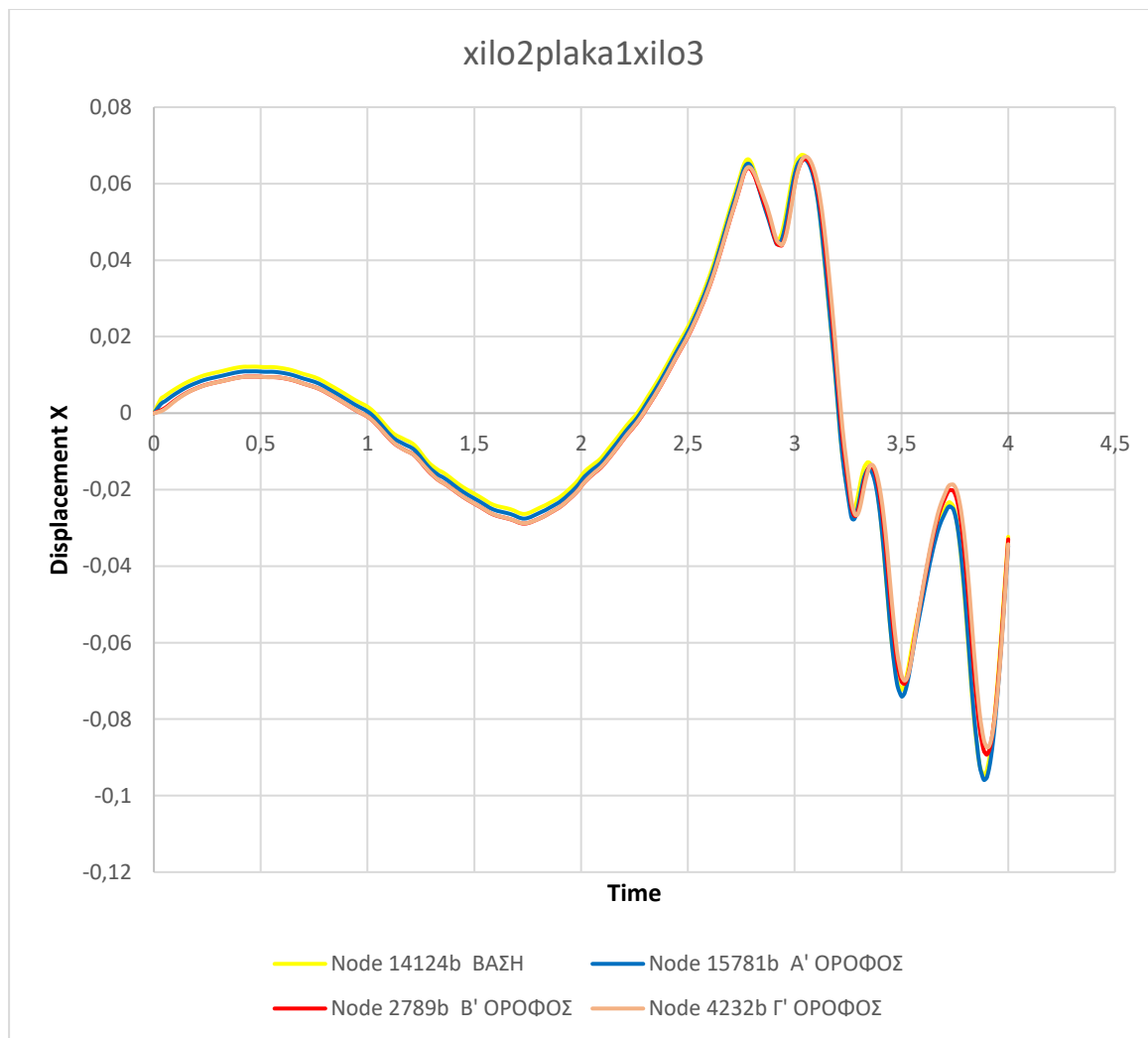
Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0926641m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0039301m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0020411m.





Εικόνα 110: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση, ίση με -0,0852179m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0880835m.

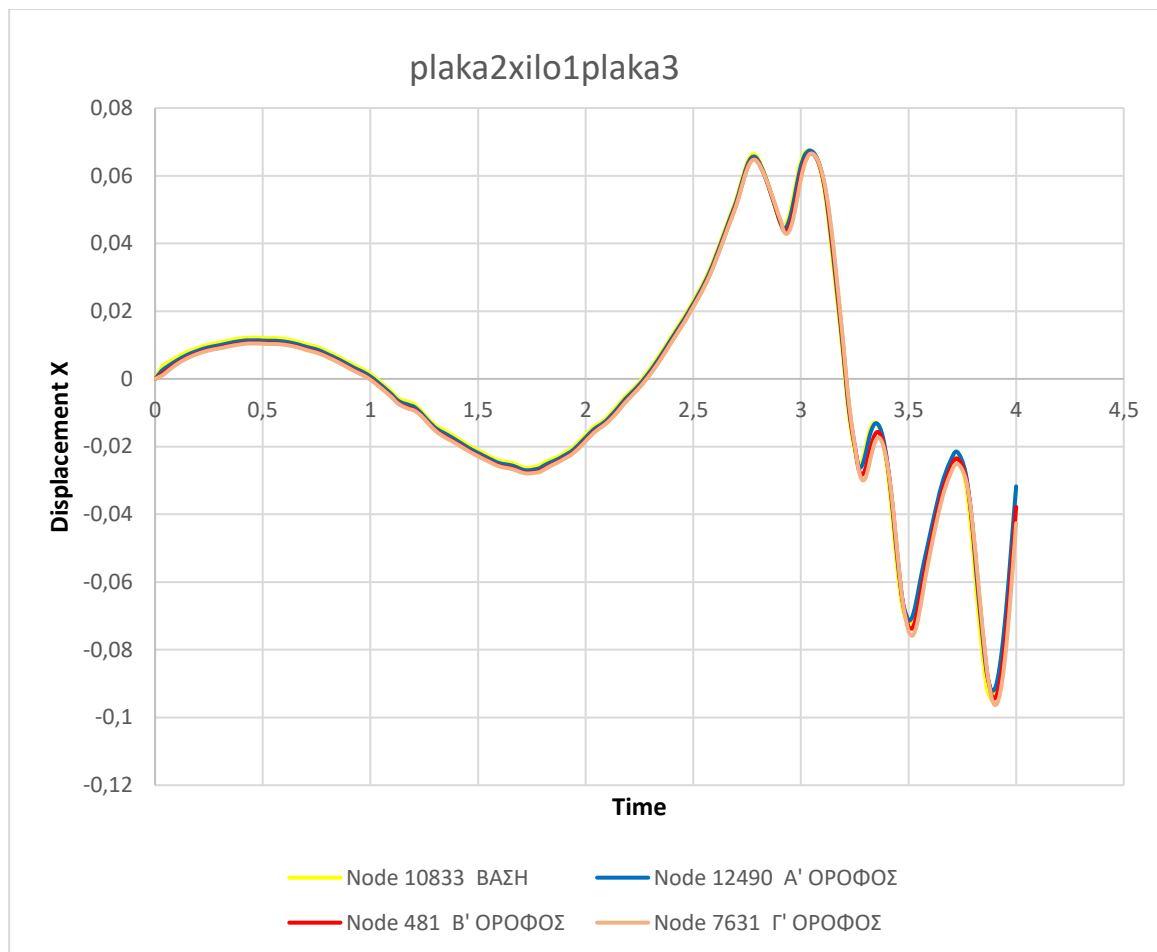
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι -0,0028656m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0958074m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,0077239m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0011022m.



Εικόνα 111: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.

Τη στιγμή 3,90177sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,0963159m.

Την ίδια στιγμή 3,90177sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0942921m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0020238m.

Την ίδια στιγμή 3,90177sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0913956m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0028965m.

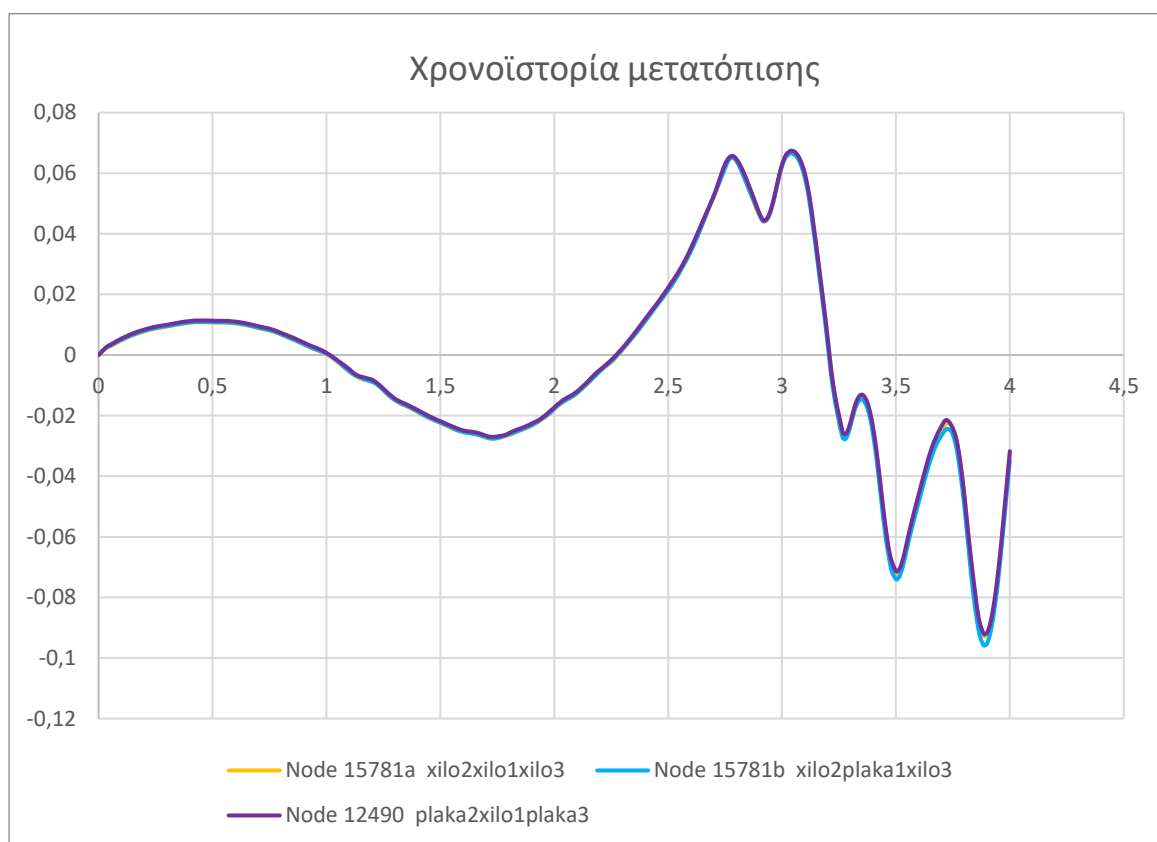
Την ίδια στιγμή 3,90177sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0929683m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0015727m.

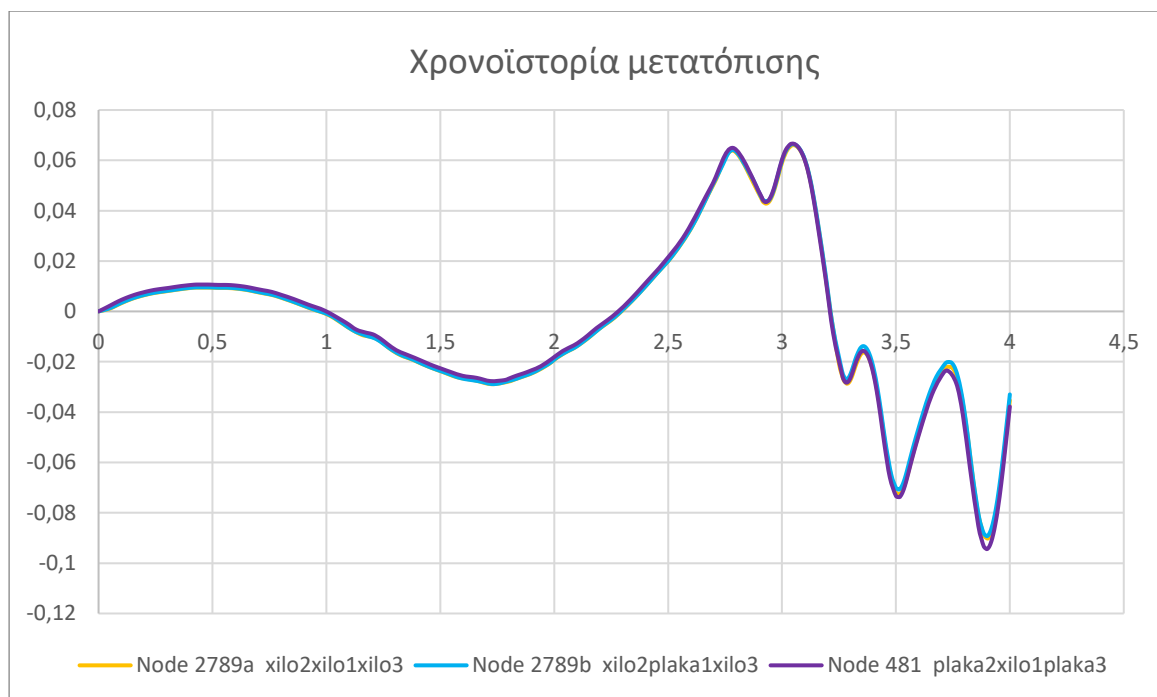
Παρατηρούνται τα εξής :

- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.

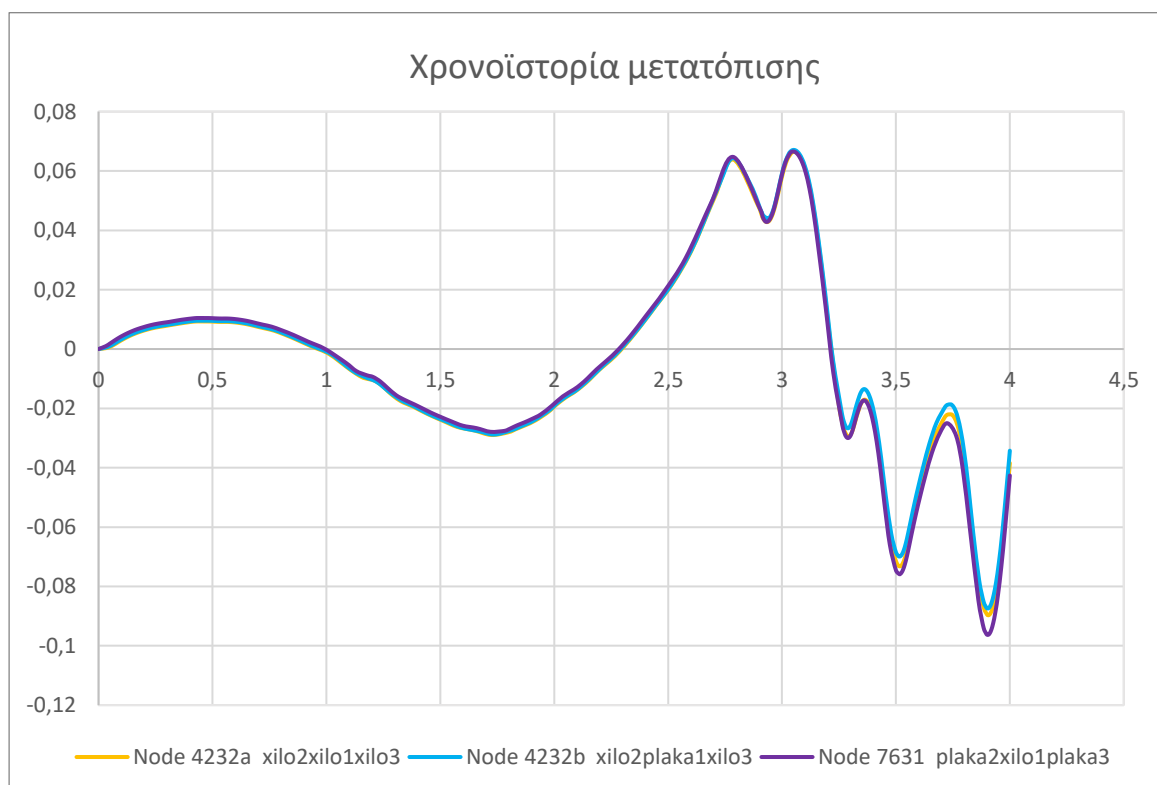
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1.
  - β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1.
  - γ. μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 (με μικρές διαφορές).



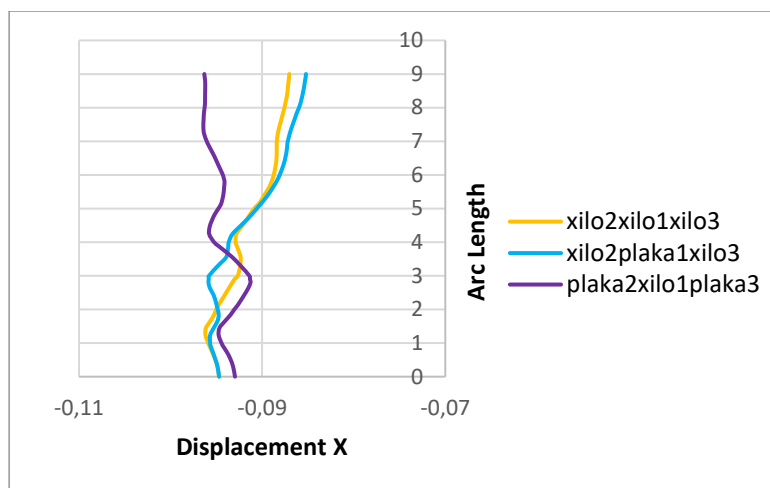
Εικόνα 112: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.



Εικόνα 113: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.



Εικόνα 114: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.



Εικόνα 115: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6.

Στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0926641	3
-0,088734	6
-0,0870413	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0016927m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0039301m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0020411m.

Στο μοντέλο xilo2plaka1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0958074	3
-0,0880835	6
-0,0852179	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0028656m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0077239m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0011022m.

Στο μοντέλο plaka2xilo1plaka3 :

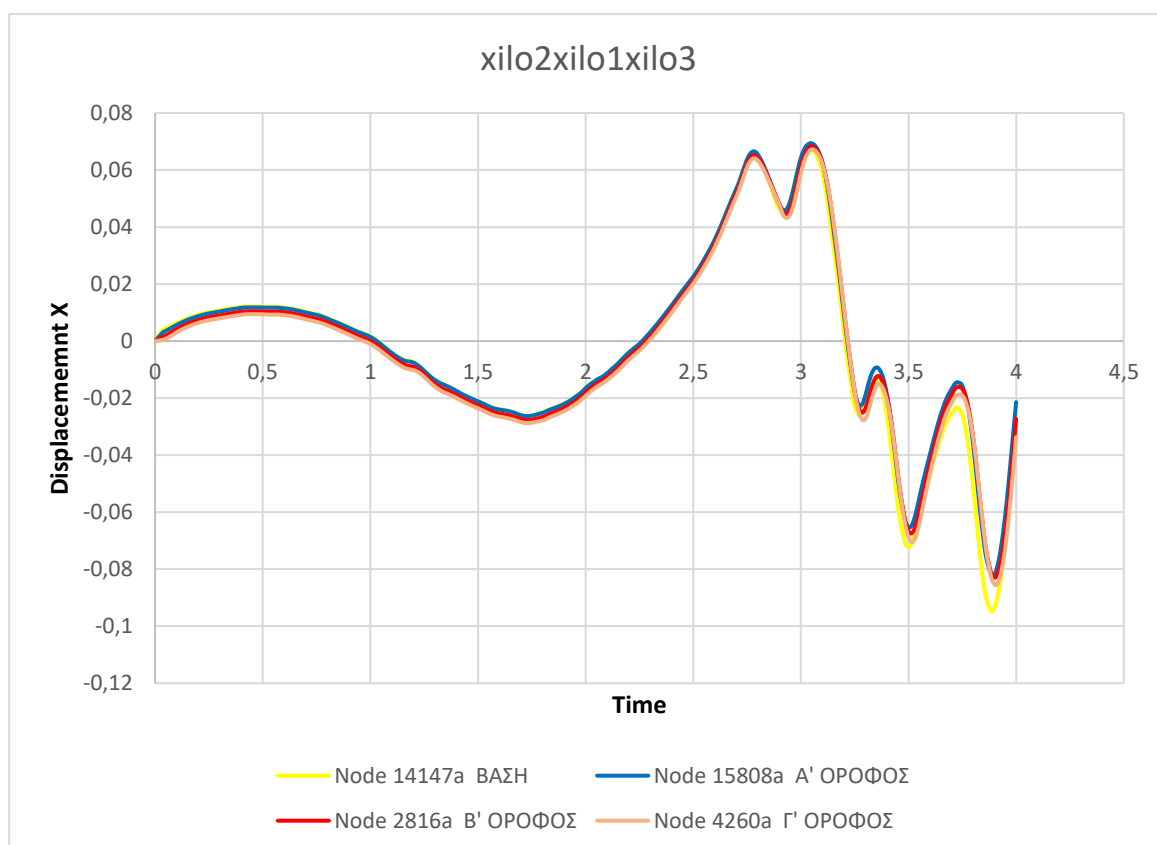
Displacement X	Arc Length
-0,0929683	0
-0,0913956	3
-0,0942921	6
-0,0963159	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0020238m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0028965m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0015727m.

#### ΕΥΘΕΙΑ 8 (ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΤΡΙΩΡΟΦΟΥ)



Εικόνα 116: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,083107m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,081682m.

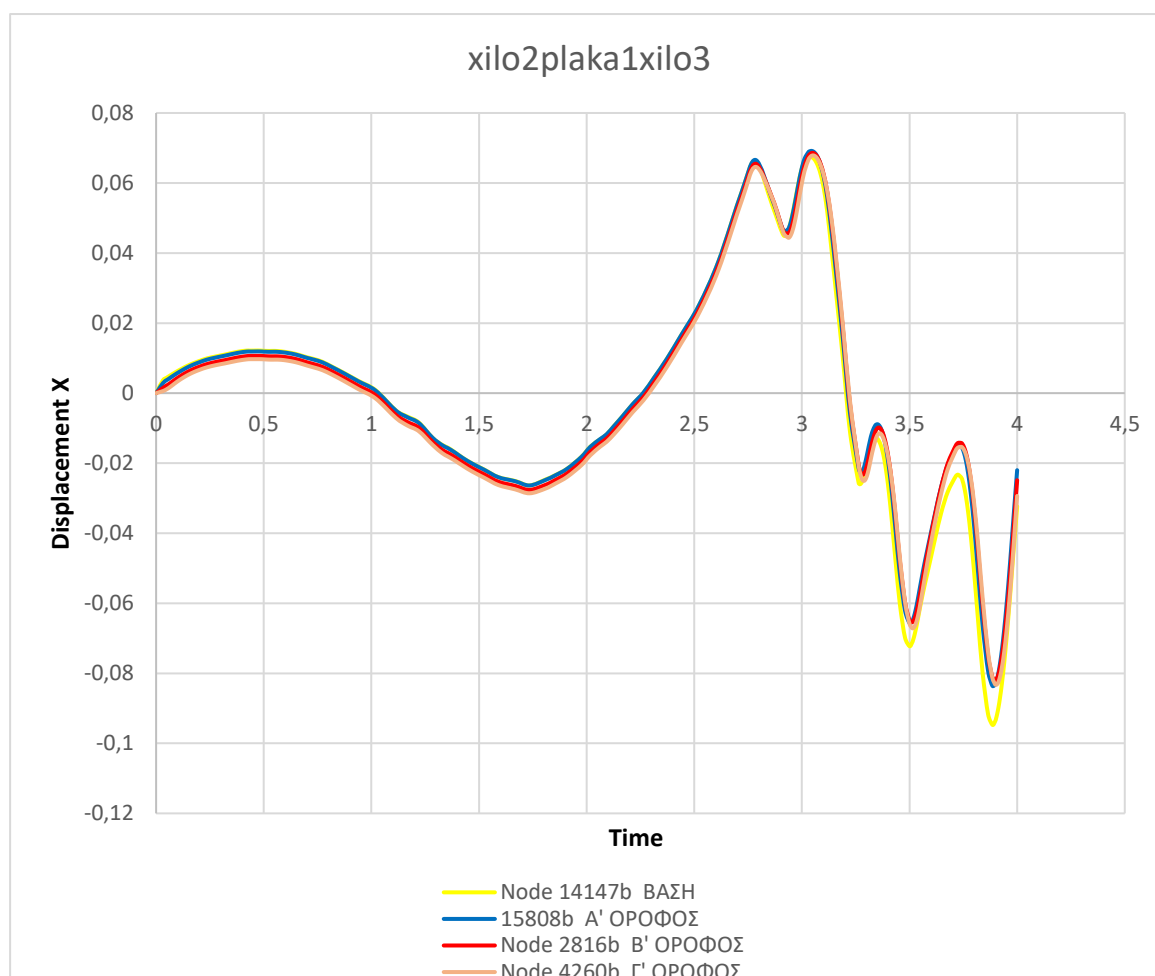
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,001425m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0820229m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,0003409m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0126823m.



Εικόνα 117: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8.

Τη στιγμή 3,885sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0812674m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0810514m.

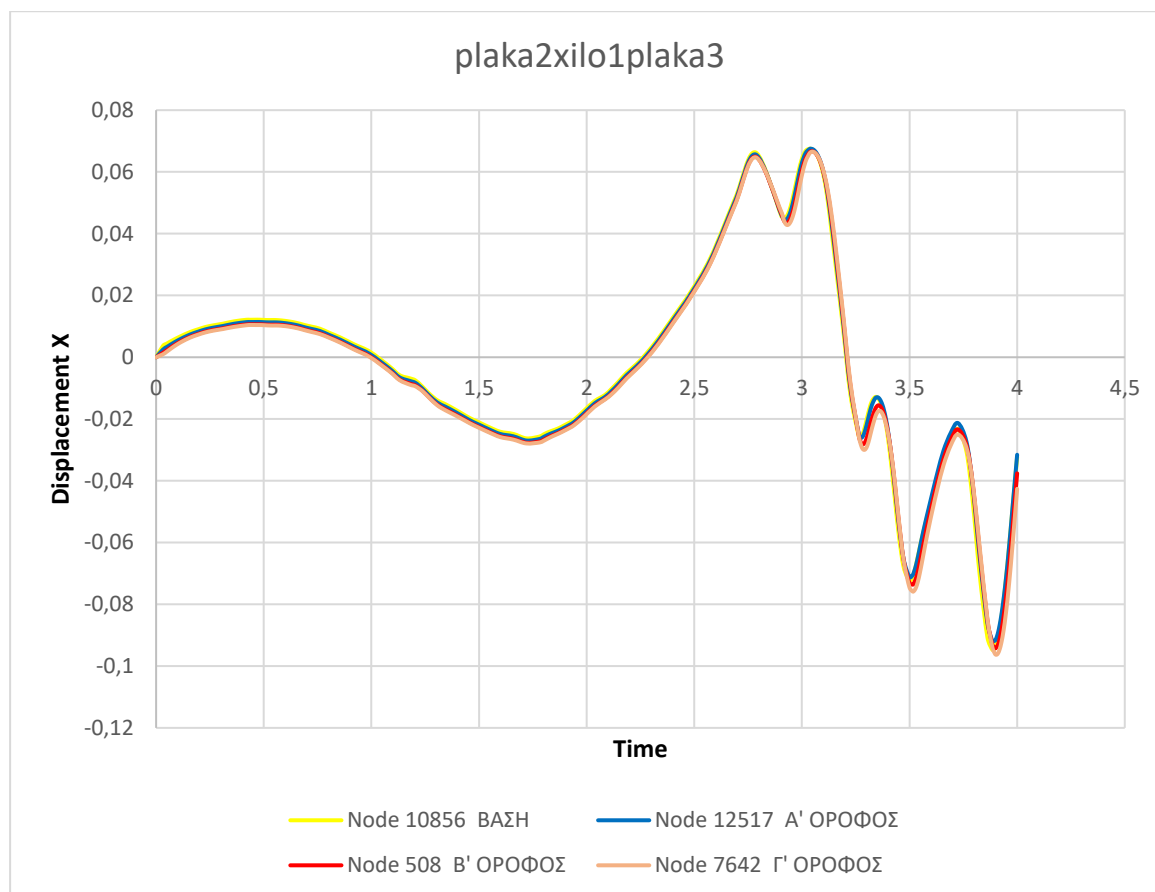
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,000216m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0835623m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι -0,0025109m.

Την ίδια στιγμή 3,885sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0947052m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0111429m.



Εικόνα 118: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου *plaka2xilo1plaka3* για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8.

Τη στιγμή 3,90177sec στην οροφή γ' ορόφου εμφανίζεται η μέγιστη μετακίνηση ίση με -0,0963145m.

Την ίδια στιγμή 3,90177sec στην οροφή β' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0941182m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0021963m.

Την ίδια στιγμή 3,90177sec στην οροφή α' ορόφου εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0912029m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0029153m.

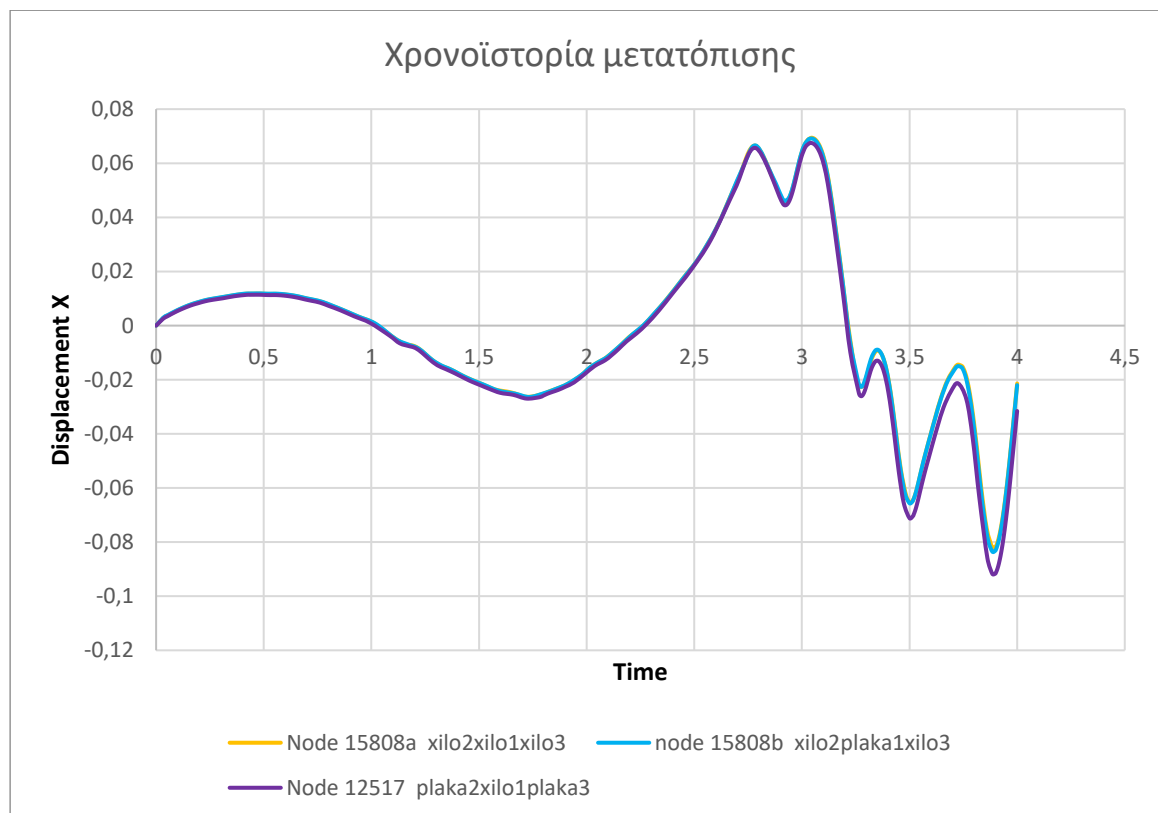
Την ίδια στιγμή 3,90177sec στη βάση εμφανίζεται μετακίνηση ίση με -0,0929683m.



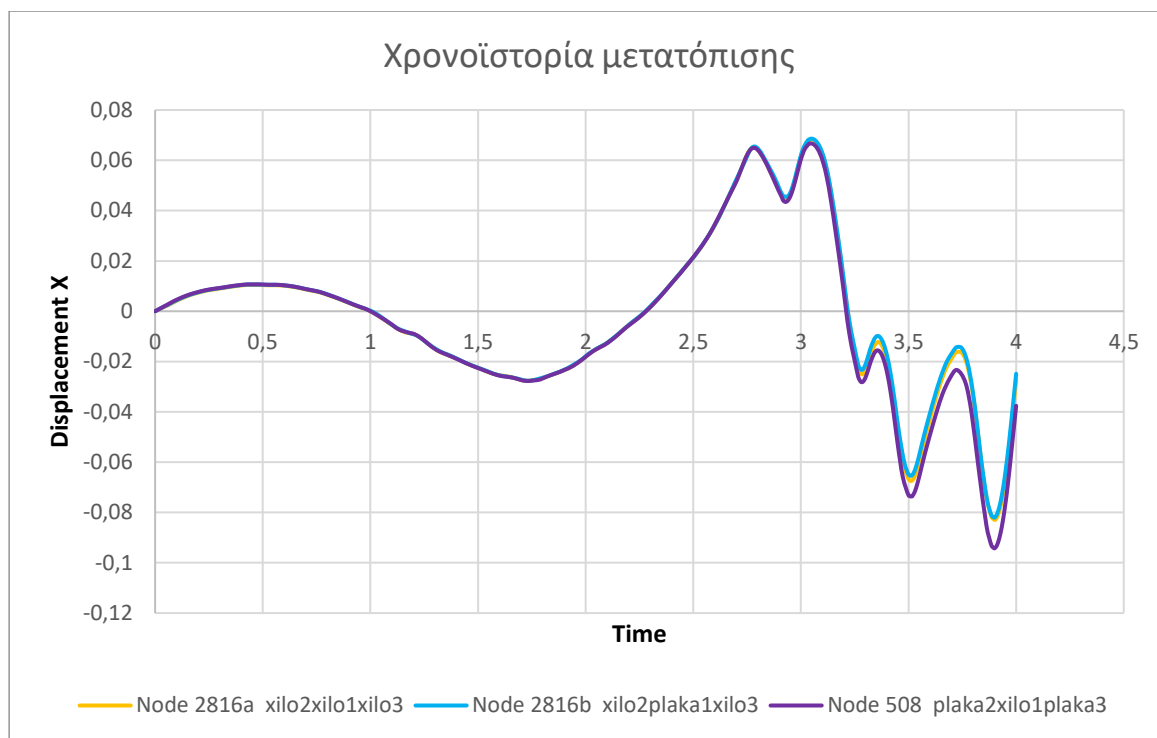
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι -0,0017654m.

Παρατηρούνται τα εξής :

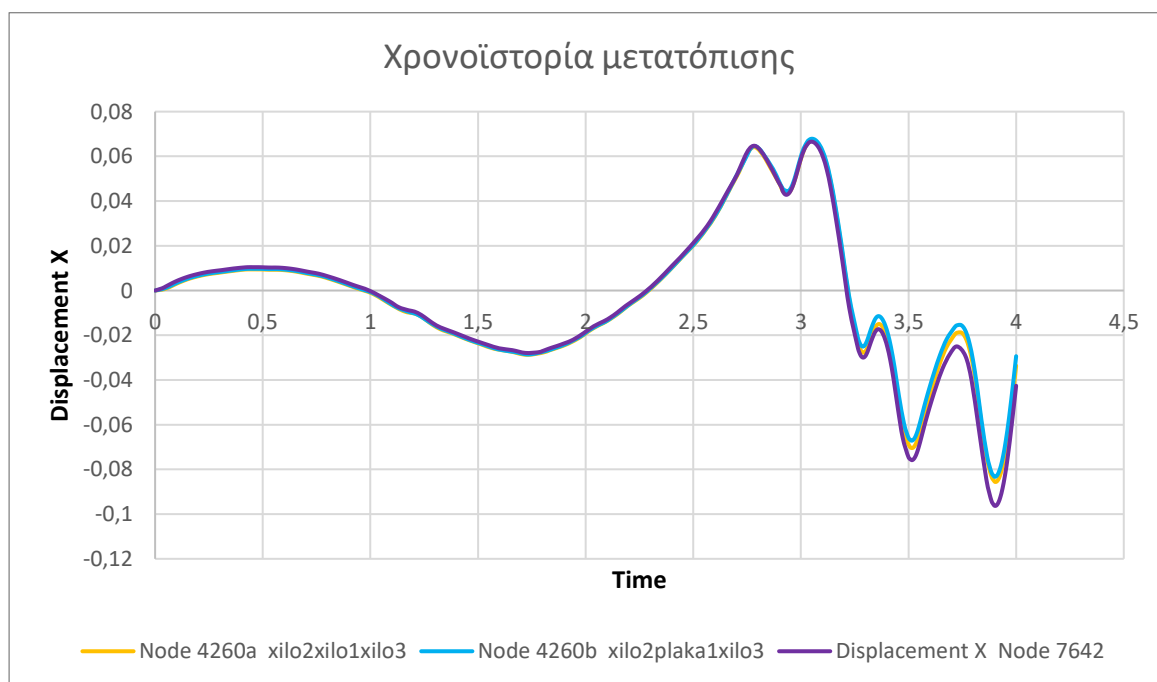
- Την ίδια χρονική στιγμή (πρακτικά) εμφανίζονται οι μέγιστες μετακινήσεις και για τα τρία μοντέλα.
- Από τον υπολογισμό των σχετικών μετακινήσεων των τριών μοντέλων ανά όροφο προκύπτει ότι :
  - α. μεταξύ βάσης και α' ορόφου καθώς οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1.
  - β. μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1.
  - γ. μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου οι μικρότερες σχετικές μετακινήσεις εμφανίζονται στο μοντέλο xilo3plaka2xilo1, οι αμέσως μεγαλύτερες στο μοντέλο xilo3xilo2xilo1 και οι μεγαλύτερες των τριών στο μοντέλο plaka3xilo2plaka1.



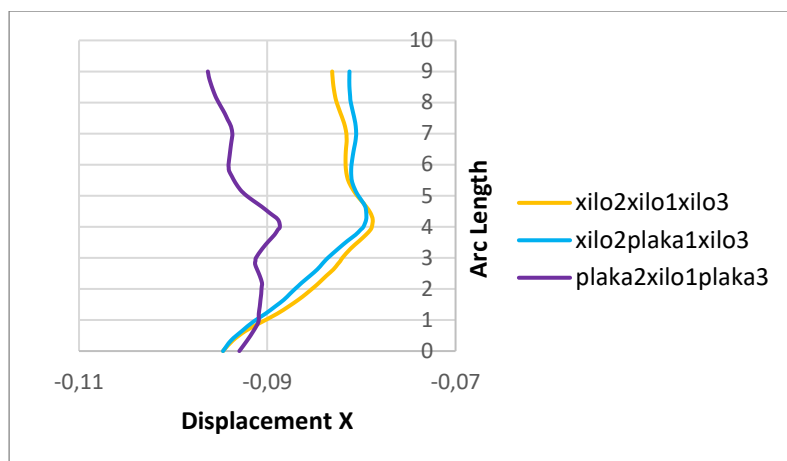
Εικόνα 119: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8.



Εικόνα 120: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του θ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8.



Εικόνα 121: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8.



Εικόνα 122: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 8.

Στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0820229	3
-0,081682	6
-0,083107	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,001425m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0003409m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0126823m.

Στο μοντέλο xilo2plaka1xilo3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0947052	0
-0,0835623	3
-0,0810514	6
-0,0812674	9

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,000216m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0025109m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0111429m.

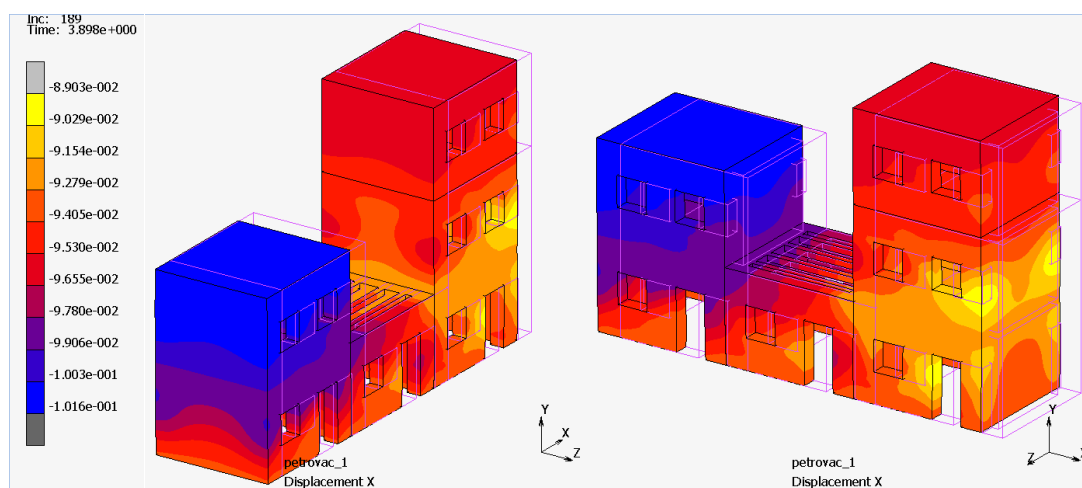
Στο μοντέλο plaka2xilo1plaka3 :

Displacement X	Arc Length
-0,0929683	0
-0,0912029	3
-0,0941182	6
-0,0963145	9

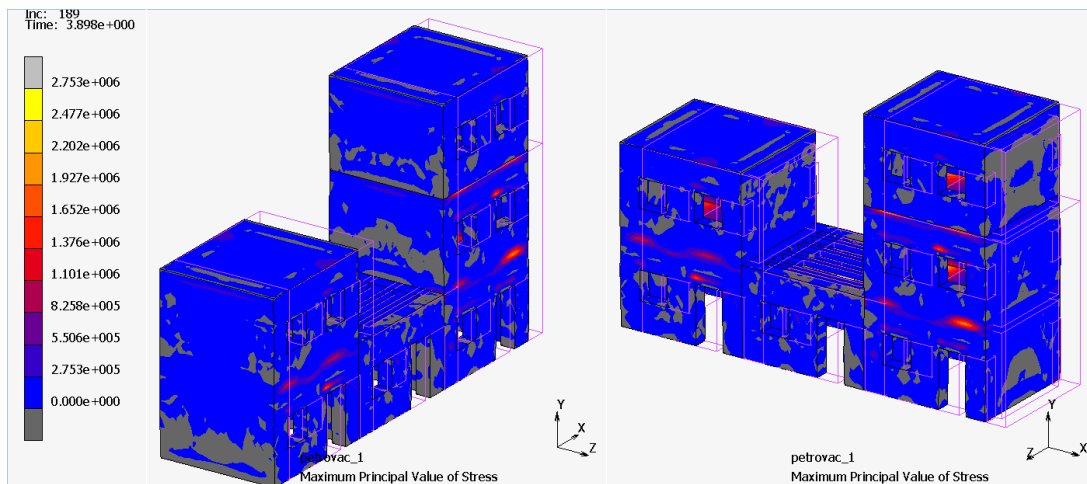
Η σχετική μετακίνηση μεταξύ γ' ορόφου και β' ορόφου είναι 0,0021963m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ β' ορόφου και α' ορόφου είναι 0,0029153m.

Η σχετική μετακίνηση μεταξύ α' ορόφου και βάσης είναι 0,0017654m.



Εικόνα 123: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka2xilo1plaka3 (4sec)

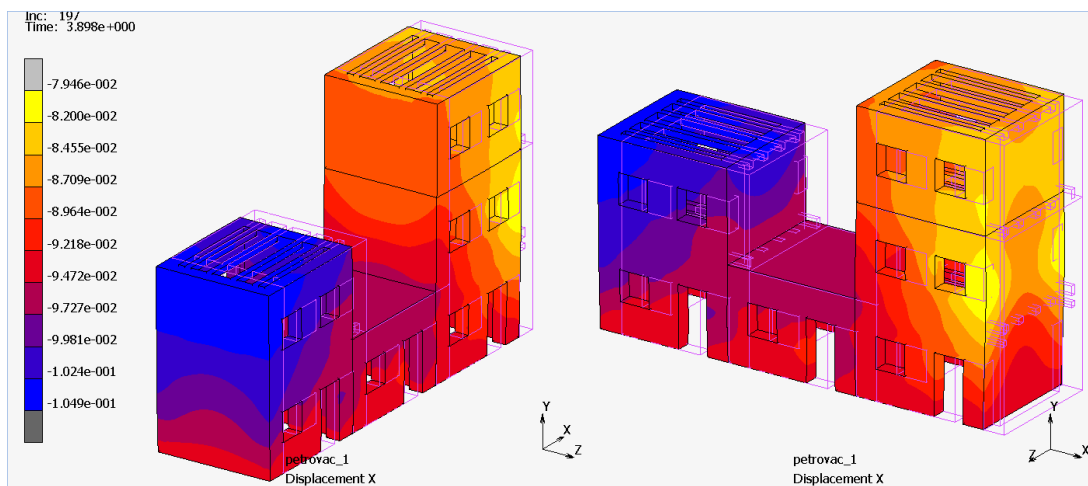


Εικόνα 124: Κύριες τάσεις του μοντέλου *plaka2xilo1plaka3* (4 sec)

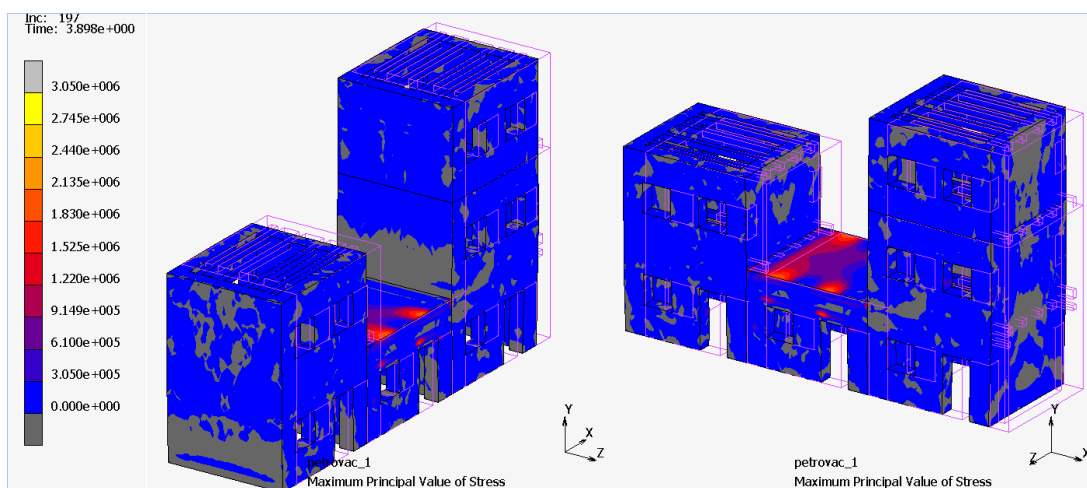
Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Στο μοντέλο *plaka2xilo1plaka3* και στα τρία κτίρια, στις όψεις, παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων ( $0,275\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ). Οι εφελκυστικές τάσεις στις όψεις του μονώροφου και του διώροφου είναι μεγαλύτερες σε σχέση με εκείνες που αναπτύσσονταν στην περίπτωση των μεμονωμένων κτιρίων, ενώ στις όψεις του τριώροφου μικρότερες . Στις όψεις παρουσιάζεται σε ορισμένες επιφάνειες θλίψη με τιμή έως  $0,257\text{MPa}$ .

Στο μοντέλο *plaka2xilo1plaka3*, στο συσσωμάτωμα των τριών κτιρίων, το μονώροφο με ξύλινη οροφή φαίνεται να επιδρά δυσμενώς στο διώροφο κτίριο με οροφή από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Παρατηρείται εφελκυσμός της πλάκας του διώροφου στο συσσωμάτωμα, έως  $2,75\text{MPa}$ , μεγαλύτερος από εκείνον που παρουσίαζε το κτίριο όταν ήταν μόνο του (έως  $1,96\text{MPa}$ ). Στο τριώροφο, στις πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, ο εφελκυσμός που είναι έως  $2,75\text{MPa}$ , είναι μικρότερος από την περίπτωση που το τριώροφο ήταν μόνο του (έως  $3,89\text{MPa}$ ). Μπορούμε να πούμε ότι το ξύλινο επιδρά ευμενώς στο τριώροφο.



Εικόνα 125: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2πλακα1xilo3 (4sec)

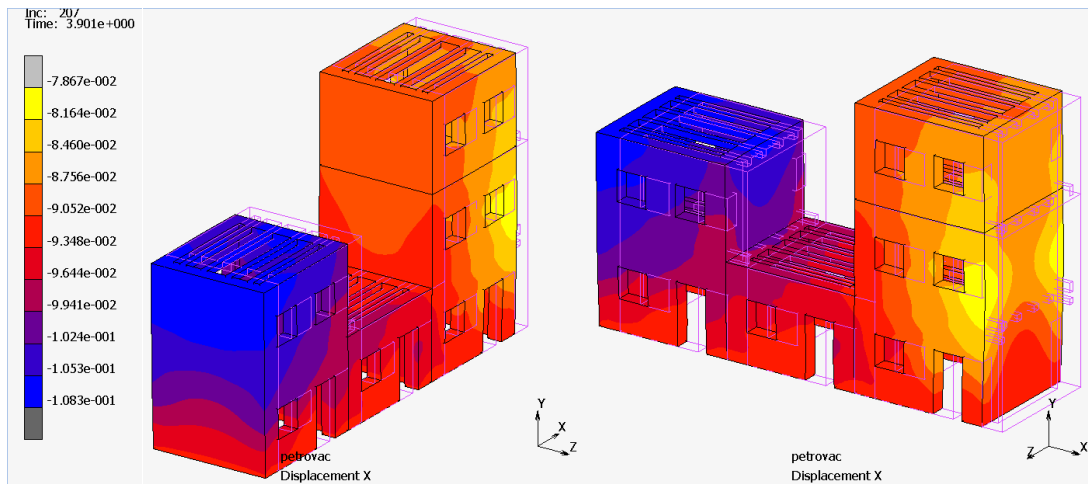


Εικόνα 126: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2πλακα1xilo3 (4sec)

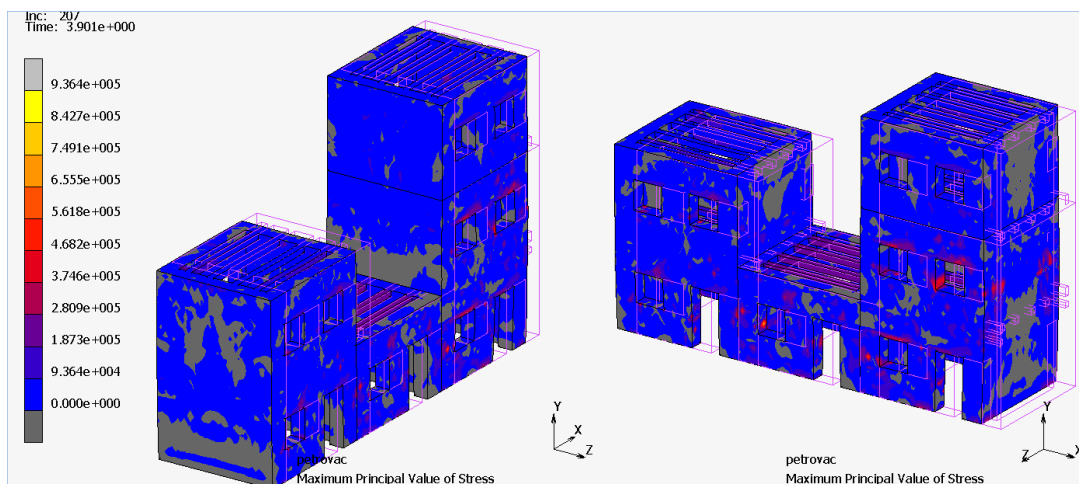
Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

Στο μοντέλο xilo2πλακα1xilo3 και στα τρία κτίρια, στις όψεις, παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων ( $0,305\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ). Οι εφελκυστικές τάσεις στις όψεις του μονώροφου και του τριώροφου είναι μεγαλύτερες σε σχέση με εκείνες που αναπτύσσονταν στην περίπτωση των μεμονωμένων κτιρίων, ενώ στις όψεις του διωρόφου μικρότερες . Στις όψεις παρουσιάζεται σε ορισμένες επιφάνειες θλίψη με τιμή έως  $0,162\text{MPa}$ .

Επιπλέον, τα δύο κτίρια με ξύλινη οροφή (διώροφο και τριώροφο) επέδρασαν δυσμενώς στο μονώροφο με οροφή από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, καθώς το τελευταίο, στο συσσωμάτωμα των τριών κτιρίων, στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος παρουσίασε εφελκυσμό άνω της μέσης εφελκυστικής αντοχής σε εκτεταμένη επιφάνεια, έως  $3,05\text{MPa}$ , έναντι των τιμών έως  $0,97\text{MPa}$  που παρουσίασε όταν ήταν μόνο του.



Εικόνα 127: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1xilo3 (4sec)



Εικόνα 128: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2xilo1xilo3 (4sec)

Μελετήθηκαν οι κύριες τάσεις (Maximum Principal Value of Stress) στις οροφές και στις όψεις και παρατηρήθηκαν τα εξής :

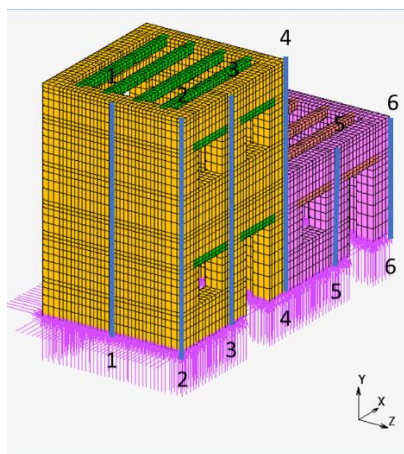
Στο μοντέλο xilo2xilo1xilo3 και στα τρία κτίρια, στις όψεις, παρατηρείται υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων (έως  $0,094\text{MPa} > 0,066\text{MPa}$ ). Οι εφελκυστικές τάσεις στις όψεις του μονώροφου και του διώροφου είναι μικρότερες σε σχέση με εκείνες που αναπτύσσονταν στην περίπτωση των μεμονωμένων κτιρίων, ενώ στις όψεις του τριωρόφου μεγαλύτερες . Στις όψεις παρουσιάζεται σε ορισμένες επιφάνειες θλίψη με τιμή έως  $0,133\text{MPa}$ .

## 4.7 Συγκριτικά αποτελέσματα

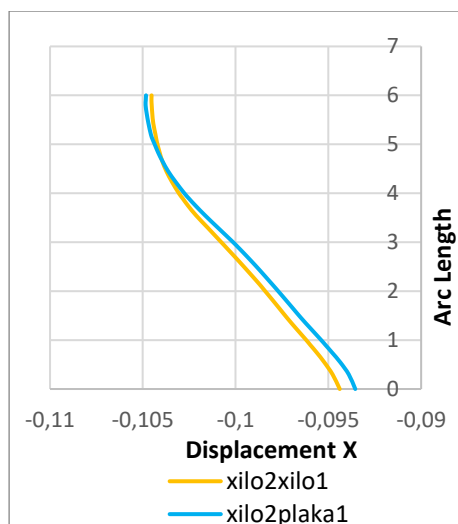
Γίνεται σύγκριση των τριών διαφορετικών διατάξεων που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία σε σχέση με την τεχνική παρέμβασης (αντικατάσταση ξύλινης οροφής και πατώματος με οροφή και πάτωμα από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος). Δημιουργήθηκαν συγκριτικά διαγράμματα των οριζόντιων μετακινήσεων και συγκεκριμένες ευθείες μελέτης κατά τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης. Κατά τη σύγκριση μελετήθηκαν οι εξής περιπτώσεις :

1. Στη διάταξη διώροφο-μονώροφο, αντικαταστάσεις
  - α. του μονώροφου ξύλινης οροφής και πατώματος με μονώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo2xilo1-xilo2plaka1**)
  - β. του διωρόφου ξύλινης οροφής και πατώματος με διώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo2xilo1-plaka2xilo1**)
2. Στη διάταξη τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, αντικαταστάσεις
  - α. του διωρόφου ξύλινης οροφής και πατώματος με διώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo3xilo2xilo1-xilo3plaka2xilo1**)
  - β. των τριωρόφου και μονωρόφου ξύλινης οροφής και πατώματος με τριώροφο και μονώροφο, αντίστοιχα, οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo3xilo2xilo1-plaka3xilo2plaka1**)
3. Στη διάταξη διώροφο-μονώροφο-τριώροφο, αντικαταστάσεις
  - α. του μονώροφου ξύλινης οροφής και πατώματος με μονώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo2xilo1xilo3-xilo2plaka1xilo3**)
  - β. των διωρόφου και τριωρόφου ξύλινης οροφής και πατώματος με διώροφο και τριώροφο, αντίστοιχα, οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (**xilo2xilo1xilo3-plaka2xilo1plaka3**)

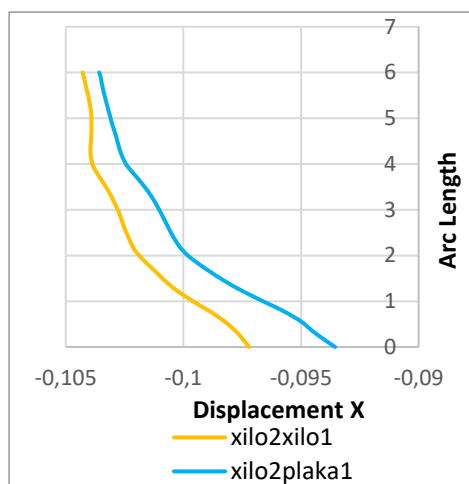
### 1.α. xilo2xilo1-xilo2plaka1 (ευθείες 1-4)



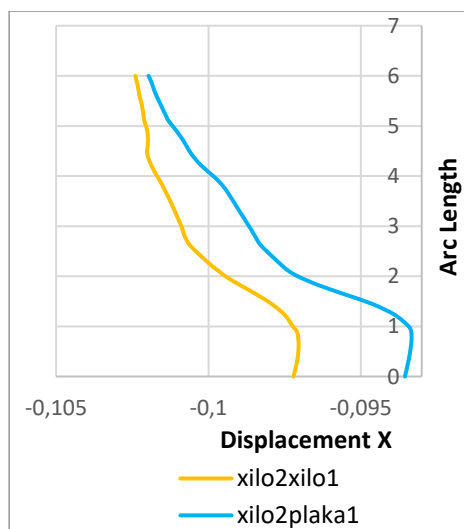




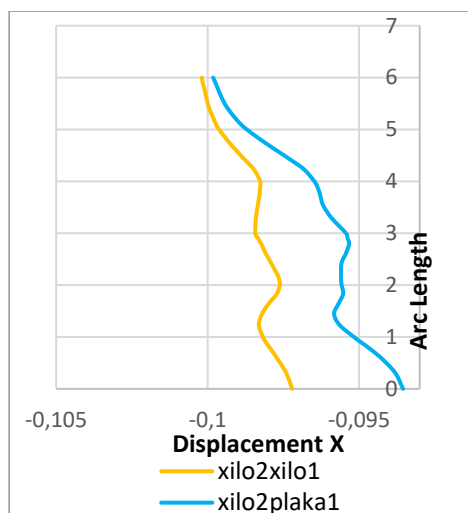
Εικόνα 129: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 1.



Εικόνα 130: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.



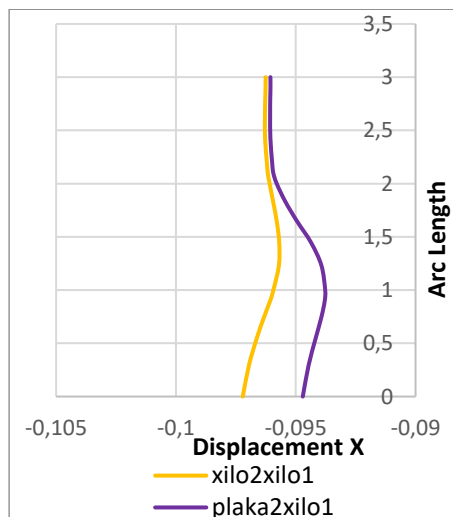
Εικόνα 131: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 3.



Εικόνα 132: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

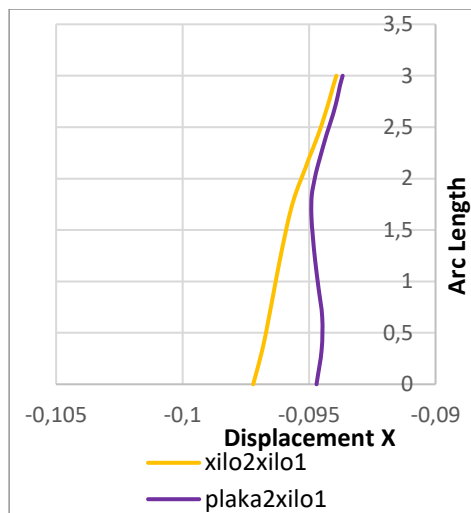
Στο συσσωμάτωμα διώροφο-μονώροφο, κατά την αντικατάσταση του μονώροφου ξύλινης οροφής και πατώματος (xilo1) με μονώροφο οροφής και πατώματος από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka1) παρατηρείται σε όλες τις ευθείες μελέτης 1 έως και 4 αύξηση των σχετικών μετακινήσεων. Η επίδραση στην συνολική συμπεριφορά του διώροφου είναι μικρή.

#### 1.β. xilo2xilo1-plaka2xilo1 (ευθείες 5-6)



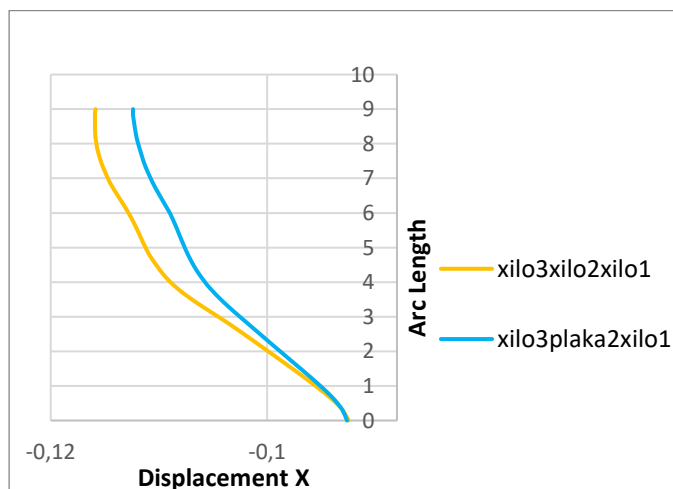
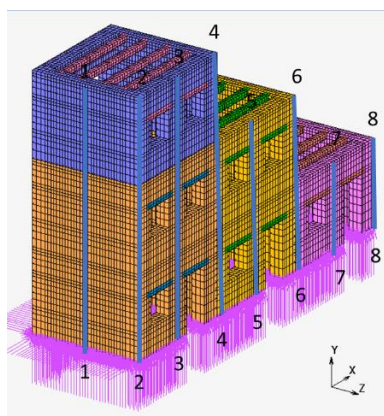
Εικόνα 133: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 5.

Στο συσσωμάτωμα διώροφο-μονώροφο, κατά την αντικατάσταση του διώροφου ξύλινης οροφής και πατωμάτων (xilo2) με διώροφο οροφής και πατωμάτων από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka2) παρατηρείται στην ευθεία 5 αύξηση της σχετικής μετακίνησης ενώ στην ευθεία 6 μείωση της σχετικής μετακίνησης.

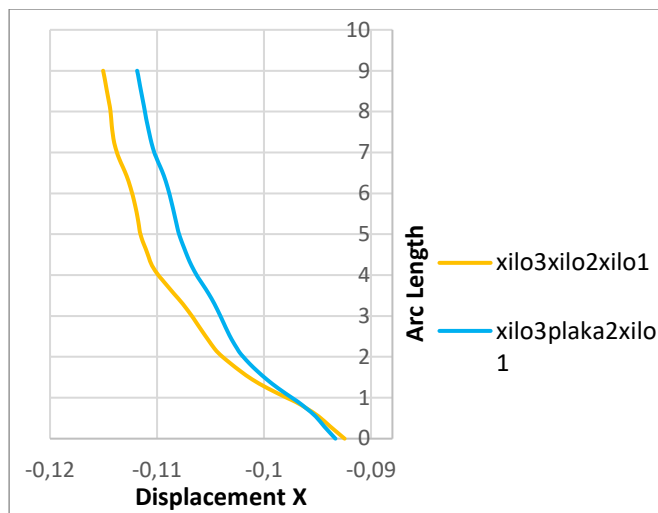


Εικόνα 134: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6.

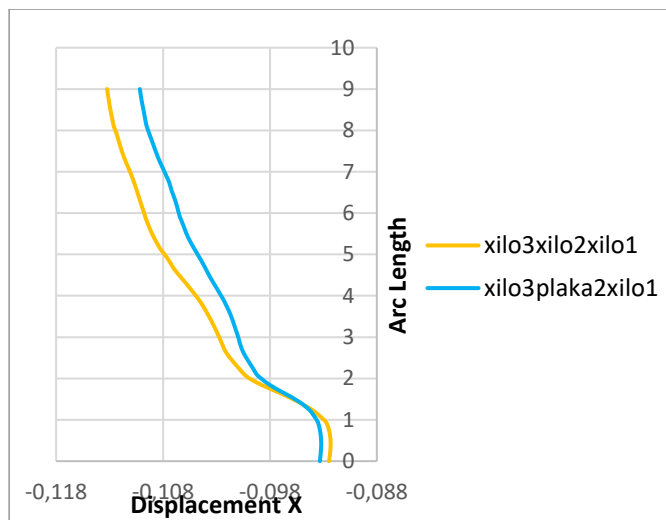
## 2.α. xilo3xilo2xilo1-xilo3plaka2xilo1



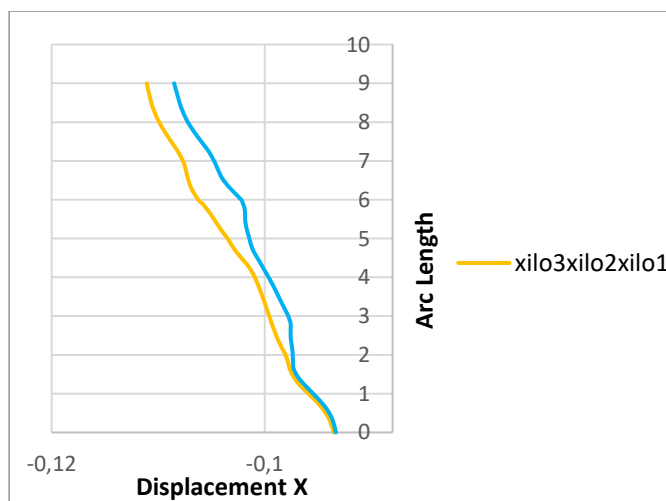
Εικόνα 135: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 1.



Εικόνα 136: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.

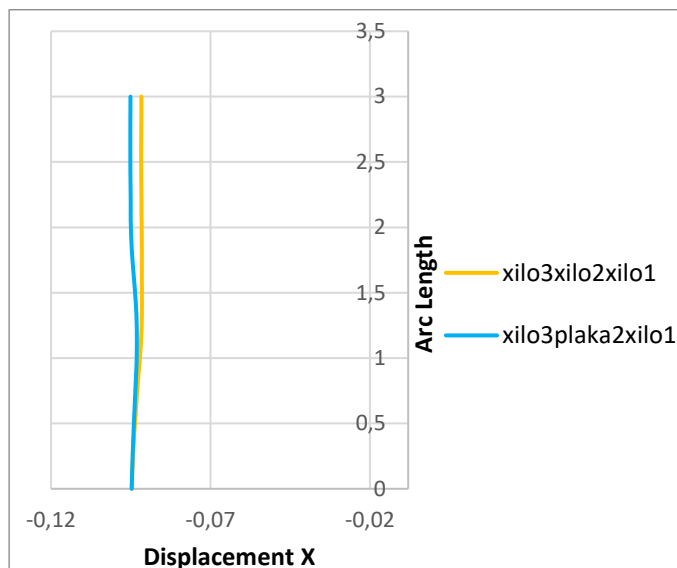


Εικόνα 137: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 3.

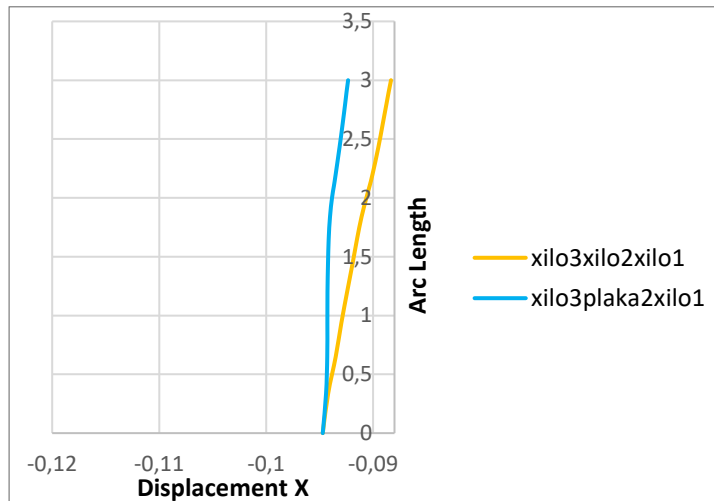


Εικόνα 138: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

Στο συσσωμάτωμα τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, κατά την αντικατάσταση του διώροφου ξύλινων οροφών και πατωμάτων (xilo2) με διώροφο οροφών και πατωμάτων από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka2) παρατηρείται στην ευθείες μελέτης 1-4 μικρότερη σχετική μετακίνηση ορόφων καθώς και συνολική μετακίνηση.



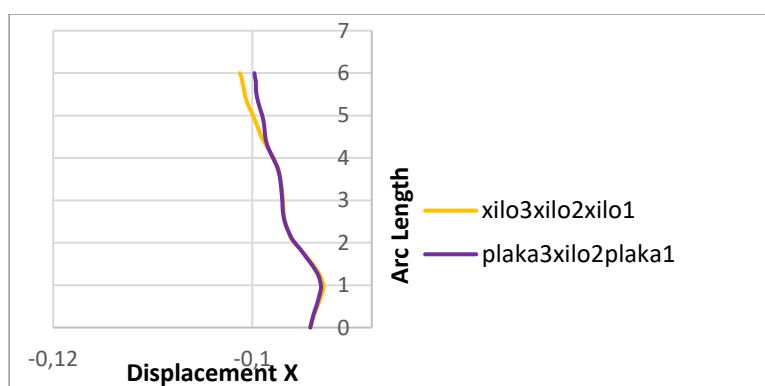
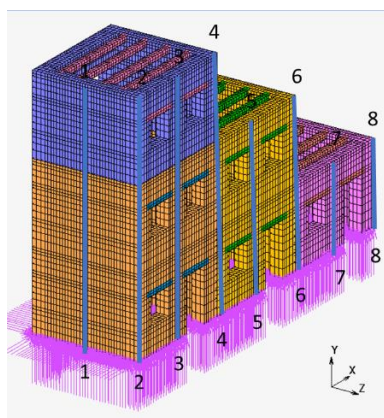
Εικόνα 139: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 7.



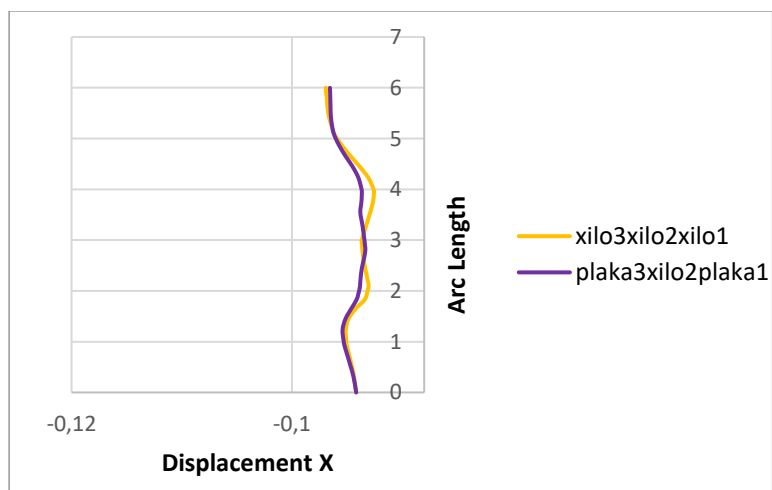
Εικόνα 140: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 8.

Στο συσσωμάτωμα τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, κατά την αντικατάσταση του διώροφου ξύλινων οροφών και πατωμάτων (xilo2) με διώροφο οροφών και πατωμάτων από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka2) παρατηρείται στην ευθείες 7-8 μικρότερη σχετική μετακίνηση ορόφων και μεγαλύτερη συνολική μετακίνηση.

## 2.β. xilo3xilo2xilo1-plaka3xilo2plaka1



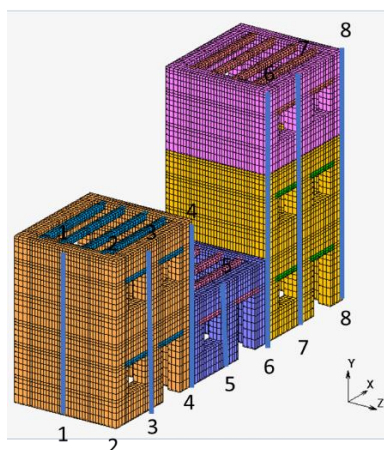
Εικόνα 141: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 5.



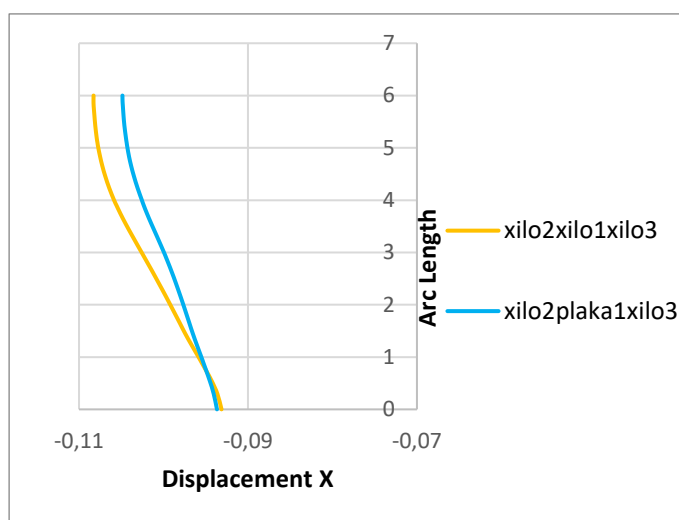
Εικόνα 142: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6.

Στο συσσωμάτωμα τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, κατά την αντικατάσταση του τριώροφου και του μονώροφου ξύλινων οροφών και πατωμάτων (xilo3 και xilo1) με τριώροφο και μονώροφο οροφών και πατωμάτων από πλάκες σπλισμένου σκυροδέματος (plaka3 και plaka1) παρατηρείται στις ευθείες 5-6 μικρότερη μετακίνηση.

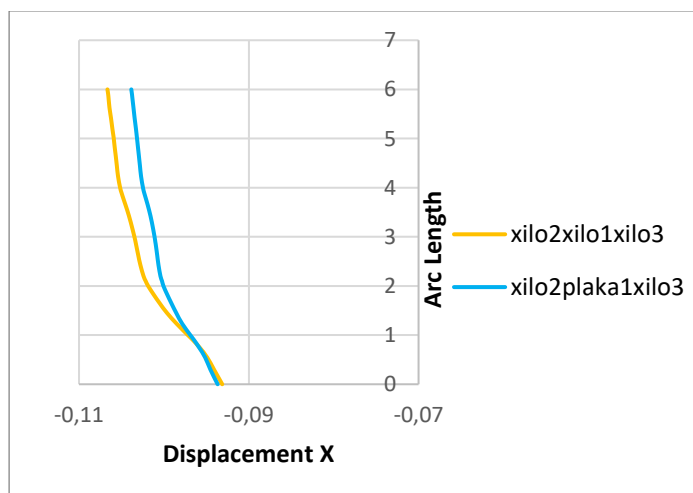
### 3.α. (xilo2xilo1xilo3-xilo2plaka1xilo3)



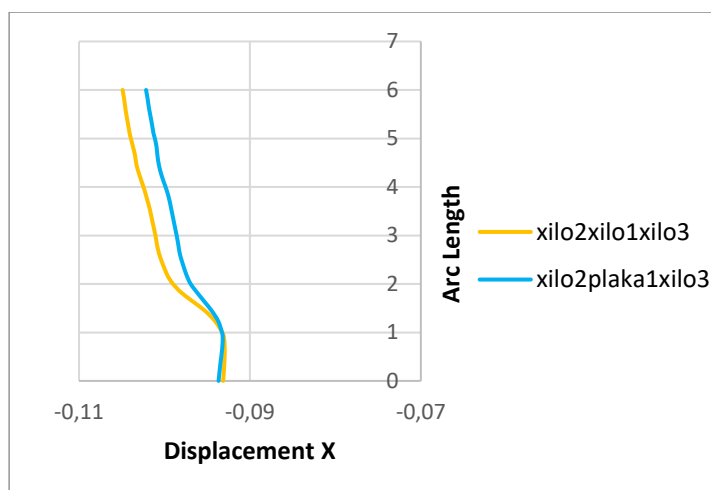
#### Ευθεία 1



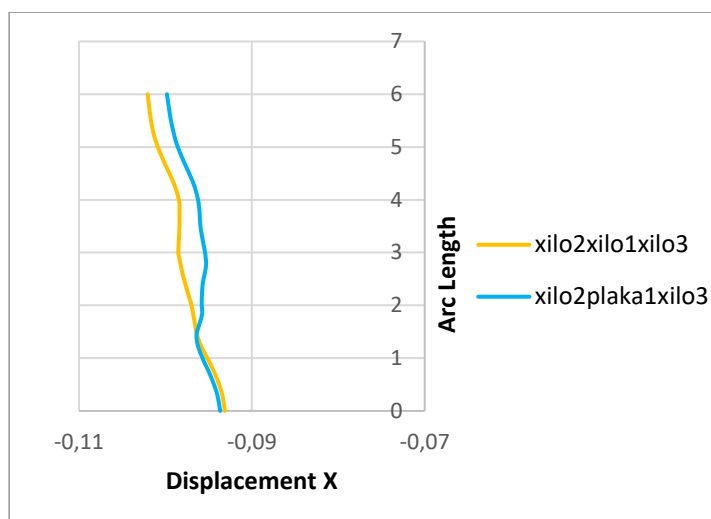
Εικόνα 143: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 1.



Εικόνα 144: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2.



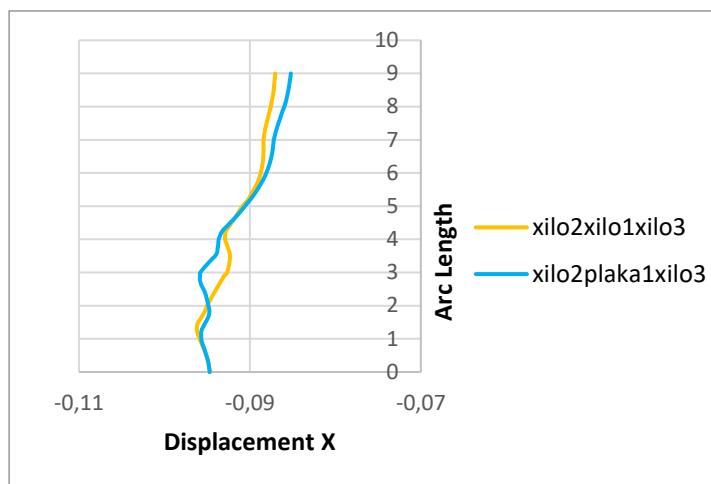
Εικόνα 145: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 3.



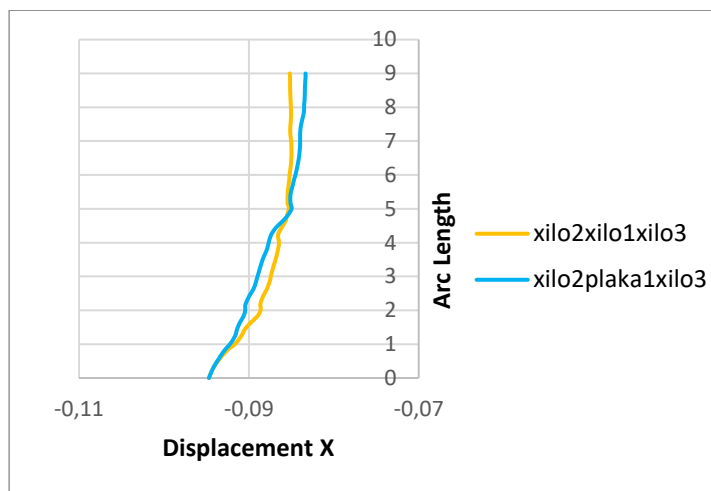
Εικόνα 146: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4.

Στο συσσωμάτωμα διώροφο-μονώροφο- τριώροφο, κατά την αντικατάσταση του μονώροφου ξύλινης οροφής και πατώματος (xilo1) με μονώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (plaka1) παρατηρείται στις ευθείες 1-4 μικρότερη σχετική μετακίνηση.

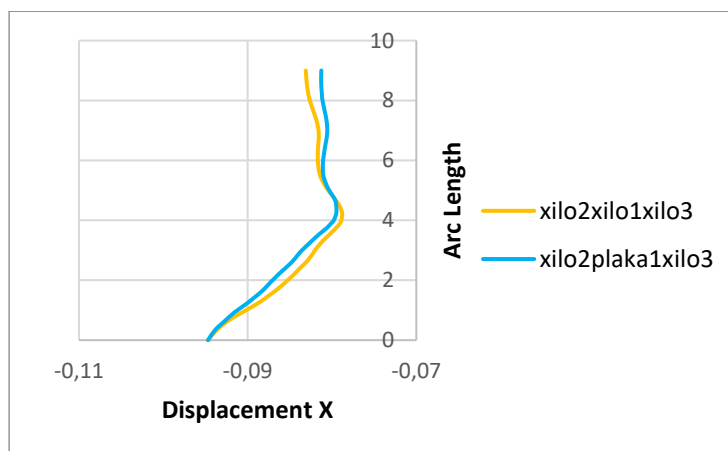




Εικόνα 147: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6.



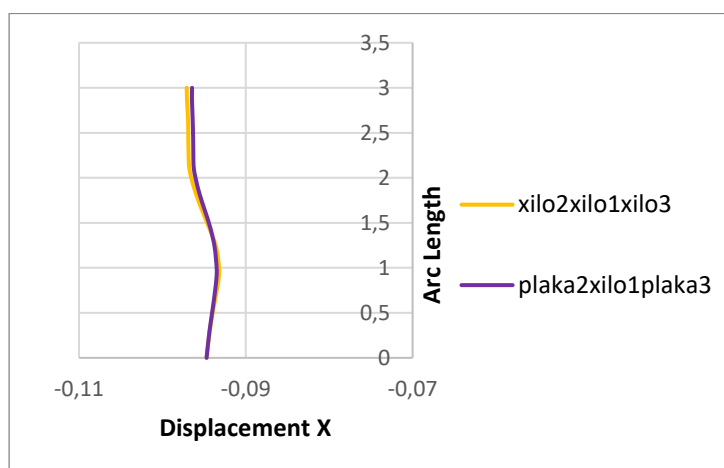
Εικόνα 148: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 7.



Εικόνα 149: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 8.

Στο συσσωμάτωμα διώροφο-μονώροφο- τριώροφο, κατά την αντικατάσταση του μονώροφου ξύλινης οροφής και πατώματος (xilo1) με μονώροφο οροφής και πατώματος από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (plaka1) παρατηρείται στις ευθείες 6-8 μία μικρή μείωση της σχετικής μετακίνησης του ισογείου και μικρή αύξηση στη σχετική μετακίνηση του τρίτου ορόφου.

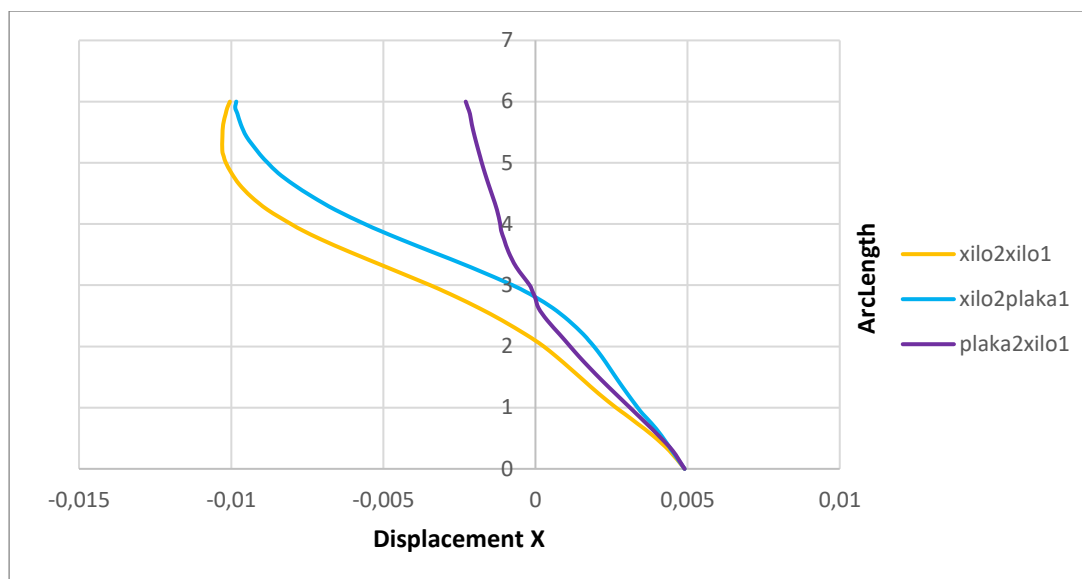
### 3.β. xilo2xilo1xilo3-plaka2xilo1plaka3



Εικόνα 150: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 5.

Στο συσσωμάτωμα διώροφο-μονώροφο- τριώροφο, κατά την αντικατάσταση των διώροφου και τριώροφου ξύλινων οροφών και πατωμάτων (xilo2 και xilo3 αντίστοιχα) με διώροφο και τριώροφο οροφών και πατωμάτων από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (plaka2 και plaka3 αντίστοιχα) παρατηρείται στην ευθεία 5 ελαφρώς μικρότερη σχετική μετακίνηση.

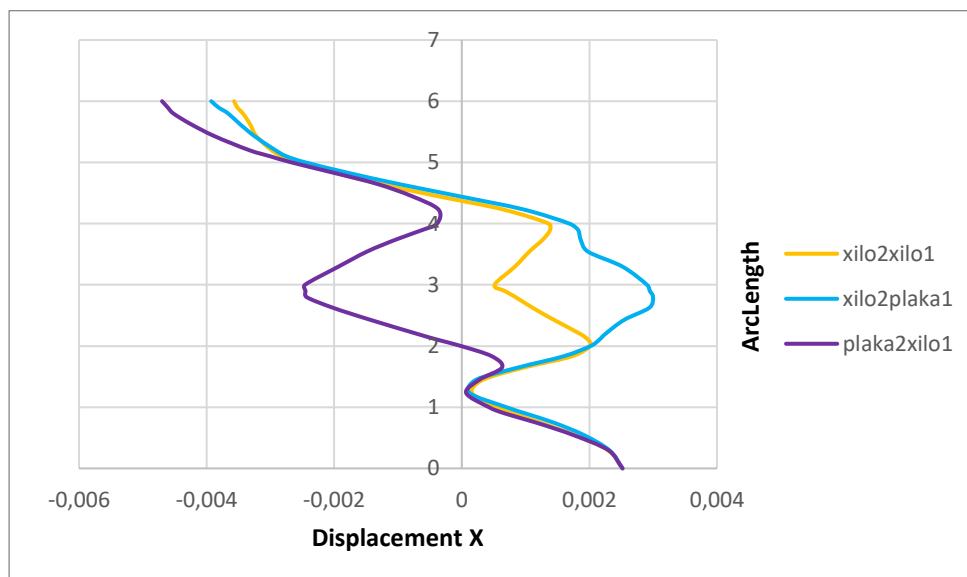
Ακολουθούν συγκριτικά διαγράμματα στις ευθείες μελέτης για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές ώστε να μελετηθεί η επίδραση της τοποθέτησης κάθε μεμονωμένου κτιρίου σε ένα συσσωμάτωμα (μελετηθείσες διατάξεις).



Εικόνα 151: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 1 τη χρονική στιγμή της τοπικής μέγιστης μετακίνησης (στην περιοχή των 6,9sec σε ανάλυση 8sec)

Όταν στη θέση του xilo1 μπει plaka1 η συνολική μετακίνηση παραμένει ίδια ενώ ανά τους ορόφους η μετακίνηση περιορίζεται ελαφρώς.

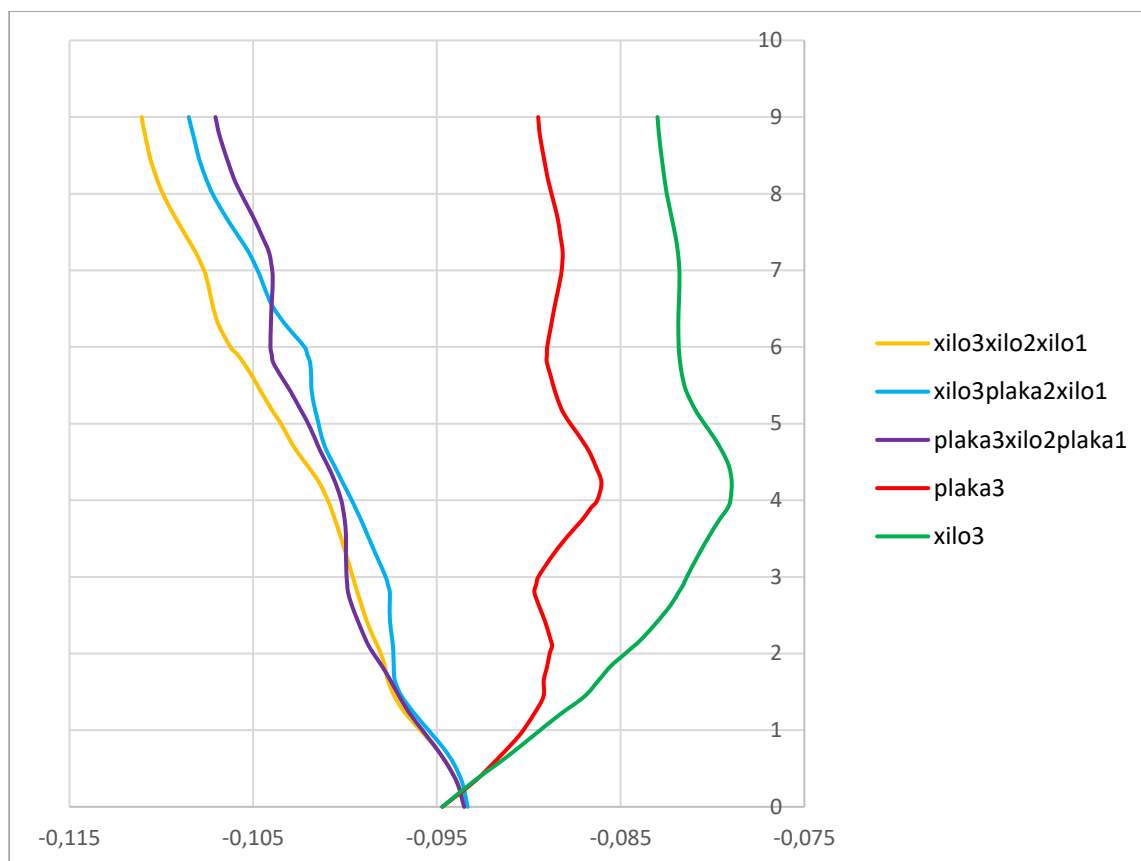
Όταν στη θέση του xilo2 μπει plaka2 ειδικά στον α' όροφο περιορίζεται πολύ η μετακίνηση.



Εικόνα 152: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 4 τη χρονική στιγμή της τοπικής μέγιστης μετακίνησης (στην περιοχή των 6,9sec σε ανάλυση 8sec)

Κατά την αντικατάσταση του xilo1 με plaka1 (από xilo2xilo1 σε xilo2plaka1) παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης στη θέση της οροφής του ισογείου.

Κατά την αντικατάσταση του xilo2 με plaka2 (από xilo2xilo1 σε plaka2xilo1) παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης στη θέση της οροφής του ισογείου.



Εικόνα 153: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 4 τη χρονική στιγμή 4sec για τριώροφο.

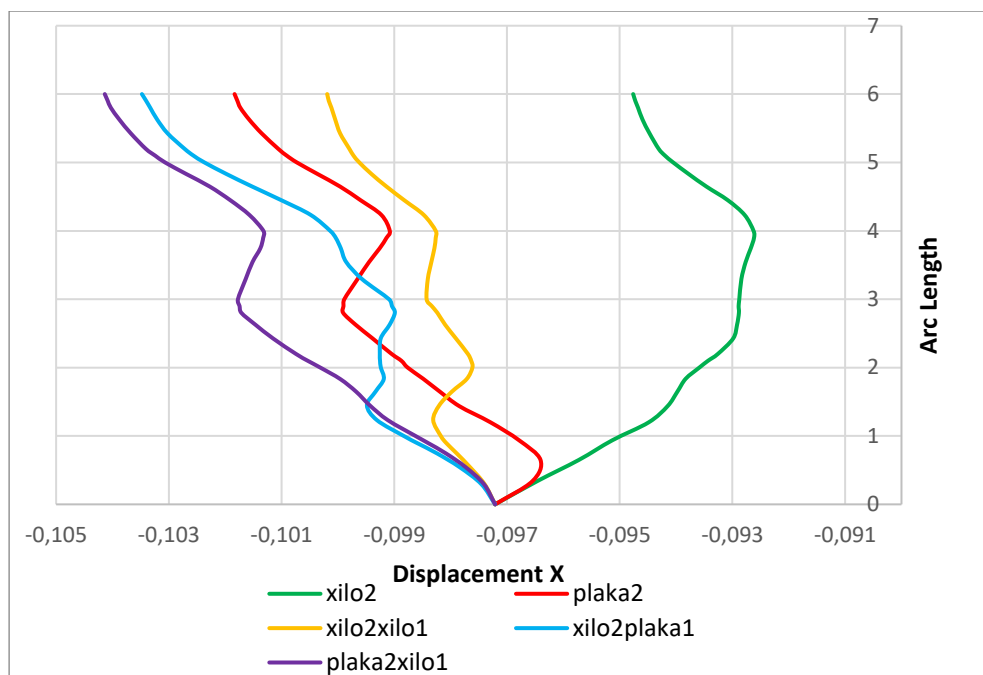
Κατά την αντικατάσταση του ενδιάμεσου xilo2 με plaka2 (από xilo3xilo2xilo1 σε xilo3plaka2xilo1) παρατηρείται μείωση της ολικής μετακίνησης στον α' και β' όροφο.

Κατά την αντικατάσταση των ακραίων xilo3 και xilo1 με plaka3 και plaka1 (από xilo3xilo2xilo1 σε plaka3xilo2plaka1) παρατηρείται μείωση της ολικής μετακίνησης στον α' και β' όροφο.

Κατά την προσθήκη δεξιά του xilo3 του συσσωματώματος xilo2xilo1 παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης σε όλους τους ορόφους.

Κατά την προσθήκη δεξιά του plaka3 του συσσωματώματος xilo2plaka1 παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης σε όλους τους ορόφους.

Η αντικατάσταση των ξύλινων οροφών και πατωμάτων του τριώφωρου (xilo3) με οροφές και πατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka3) οδηγεί σε αύξηση των συνολικών μετακινήσεων σε όλους του ορόφους και μείωση των σχετικών μετακινήσεων του ισογείου.



Εικόνα 154: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 4 τη χρονική στιγμή 4sec για διώροφο.

Κατά την αντικατάσταση του xilo1 με plaka1 (από xilo2xilo1 σε xilo2plaka1) παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης.

Κατά την αντικατάσταση του xilo2 με plaka2 (από xilo2xilo1 σε plaka2xilo1) παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης.

Κατά την προσθήκη δεξιά του xilo2 του xilo1 παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης.

Κατά την προσθήκη δεξιά του plaka2 του xilo1 παρατηρείται αύξηση της ολικής μετακίνησης.

Η αντικατάσταση των ξύλινων οροφών και πατωμάτων του διώφωρου (xilo2) με οροφές και πατώματα από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (plaka2) οδηγεί σε αύξηση των συνολικών μετακινήσεων σε όλους του ορόφους και μείωση των σχετικών μετακινήσεων του ισογείου.

Επίσης συντάχθηκαν πίνακες ποσοστών μεταβολής των σχετικών μετακινήσεων ανά όροφο των μοντέλων που μελετήθηκαν.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo1	plaka1
	Δ1	Δ1
1	3,4	1,9
2	3,4	1,9
3	1,6	1,9
4	-0,8	1,9

Πίνακας 2: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 4 τη χρονική στιγμή 4sec για διώροφο.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo2		plaka2	
	Δ2	Δ1	Δ2	Δ1
1	1,6	3	1,8	3
2	0,04	5	2	3
3	1,6	1	2	3
4	2	-4,6	2	2,8

Πίνακας 3: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1) και α' ορόφου (Δ2) τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo3			plaka3		
	Δ3	Δ2	Δ1	Δ3	Δ2	Δ1
1	-2	-2,9	-5,8	0,4	-0,8	-5,2
2	-1,3	-3,9	1,7	-0,4	-0,8	-5,1
3	-0,7	-3,6	-6,6	0,4	-0,7	-5,2
4	1,4	0,5	-14	0,5	-0,5	-5,5

Πίνακας 4: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3)

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo2xilo1		xilo2plaka1		plaka2xilo1	
	Δ2	Δ1	Δ2	Δ1	Δ2	Δ1
1	3,7	6,8	4,7	7	2,3	5
2	1,5	5,7	2,5	8	2,3	5
3	1,5	3,8	3,3	5,5	2,3	4,9
4	1,8	1,3	4,6	2	2,4	4,9
5		-1		1,4		2
6		-3,4		1,4		1,1

Πίνακας 5: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1) και α' ορόφου (Δ2)

Παρατηρώντας του πίνακες 3 και 5 προκύπτει ότι αντικαθιστώντας το xilo1 με plaka1, παρατηρούνται μεγαλύτερες μετακινήσεις σε όλο το συσσωμάτωμα, επομένως τόσο το διώροφο όσο και το μονώροφο έγιναν πιο ευάλωτα. Επίσης αντικαθιστώντας το xilo2 με plaka2, παρατηρείται κυρίως στο ισόγειο, στο άκρο του διωρόφου (ευθείες 1-2) μείωση των μετακινήσεων, δηλαδή το άκρο του ισογείου έγινε πιο δύσκαμπτο, ενώ στις ευθείες 3-6

παρατηρείται αύξηση των μετακινήσεων που σημαίνει ότι τόσο το ισόγειο όσο και ο α' όροφος έγιναν πιο ευάλωτοι.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo3xilo2xilo1			xilo3plaka2xilo1			plaka3xilo2plaka1		
	Δ3	Δ2	Δ1	Δ3	Δ2	Δ1	Δ3	Δ2	Δ1
1	2,7	8	13	3,1	6,3	10,7	2,8	4,1	7
2	2,4	5,2	15,4	2,8	4,6	11,5	2,7	4,1	7
3	3,2	6,8	11,1	3,4	5,5	8,2	2,8	4,1	6,9
4	4,5	6,7	6,5	6,2	4,5	4,8	2,9	4,1	6,8
5		4,4	2,9		4,6	4,7		2,9	3
6		3,5	-0,5		4,7	4,5		3,4	-0,8
7			-3,2			0,4			-1
8			-6,7			-2,5			-1

Πίνακας 6: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3)

Μελετώντας του πίνακες 4 και 6 προκύπτει τα ακόλουθα:

Αντικαθιστώντας το μεσαίο κτίριο xilo2 με plaka2, παρατηρείται στο ισόγειο και τον α' όροφο του τριωρόφου (ευθείες 1-4) μείωση των μετακινήσεων, δηλαδή οι όροφοι έγιναν πιο δύσκαμπτοι, ενώ στο β' όροφο του τριωρόφου (ευθείες 1-4) παρατηρείται αύξηση των μετακινήσεων, δηλαδή ο όροφος που προεξέχει έγινε πιο ευάλωτος. Επίσης παρατηρείται στο ισόγειο και τον α' όροφο τόσο του διωρόφου όσο και του μονωρόφου (ευθείες 5-8) αύξηση των μετακινήσεων, δηλαδή τα κτίρια έγιναν πιο ευάλωτα.

Αντικαθιστώντας τα ακραία κτίρια xilo3 και xilo1 με plaka3 και plaka1 αντίστοιχα, παρατηρείται στο ισόγειο και τον α' όροφο του τριωρόφου (ευθείες 1-3) μείωση της μετακίνησης, δηλαδή οι όροφοι αυτοί έγιναν πιο δύσκαμπτοι. Κατά την ίδια αντικατάσταση των ακραίων κτιρίων xilo3 και xilo1 με plaka3 και plaka1 αντίστοιχα, παρατηρείται στο άκρο του τριωρόφου (ευθείες 1-2) αύξηση των μετακινήσεων του τρίτου ορόφου δηλαδή έχουμε πιο ευάλωτο τον όροφο του κτιρίου που προεξέχει.

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΥΘΕΙΑ	xilo2xilo1xilo3			xilo2plaka1xilo3			plaka2xilo1plaka3		
	Δ3	Δ2	Δ1	Δ3	Δ2	Δ1	Δ3	Δ2	Δ1
1		5,5	10,2		4,9	6,7		2,5	5,7
2		3,1	11,1		2,7	7,9		2,5	5,7
3		3,8	8,5		3,6	5,2		2,6	5,6
4		3,6	5,8		4,6	1,9		2,7	5,6
5			2,5			1,1			1,8
6	-1,9	4,2	-2,2	-3,3	-8	1,2	2,1	3,2	-1,7
7	-0,03	2,5	7,7	-1,4	-5	-6	2,3	3,1	-1,7
8	1,7	-0,4	-13,4	0,3	-3	-11,8	2,3	3,2	-1,9

Πίνακας 7: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3)

Μελετώντας του πίνακες 4 και 7 προκύπτει τα ακόλουθα:

Αντικαθιστώντας το μεσαίο κτίριο xilo1 με plaka1, παρατηρείται σε γενικές γραμμές σε όλους τους ορόφους των κτιρίων μείωση των μετακινήσεων.

Αντικαθιστώντας τα ακραία κτίρια xilo2 και xilo3 με plaka2 και plaka3 αντίστοιχα, παρατηρείται στα μονώροφο και διώροφο (ευθείες 1-5) μείωση της μετακίνησης, δηλαδή τα κτίρια έγιναν πιο δύσκαμπτα. Επίσης κατά την ίδια αντικατάσταση παρατηρούνται στο τριώροφο (ευθείες 6-8), σε ισόγειο και α' όροφο μικρές μεταβολές, ενώ στο β' όροφο έχουμε αύξηση των μετακινήσεων, δηλαδή ο όροφος του κτιρίου που προεξέχει είναι πιο ευάλωτος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κτίρια συσσωματωμάτων είναι το τυπικό δομικό σύστημα ιστορικών πόλεων όπου τα κτίρια φέρουσας τοιχοποιίας έχουν χτιστεί σε συνέχεια. Αυτή η σύνδεση επηρεάζει τη δυναμική συμπεριφορά κάθε κτιρίου και οι περιορισμοί που αναπτύσσονται ανάμεσα στις παρακείμενες δομές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν στη στατική και δυναμική ανάλυση. Η αλληλεπίδραση των δομών που ανήκουν σε συσσωμάτωμα επιβεβαιώνεται από πολλούς ερευνητές και τα αποτελέσματα φαίνονται από την εικόνα των αστοχιών στις δομές φέρουσας τοιχοποιίας έπειτα από σεισμούς.

Στην παρούσα εργασία όταν αντικαταστάθηκε η ξύλινη οροφή και πάτωμα με οροφή και πάτωμα από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στη διάταξη διώροφο-μονώροφο, σε όλες τις περιπτώσεις (κατακορύφων ευθειών) παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες μετακινήσεις. Ακολούθως, όταν αντικαταστάθηκε η ξύλινη οροφή και πάτωμα με οροφή και πάτωμα από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στη διάταξη διώροφο-μονώροφο-τριώροφο, σε όλες τις περιπτώσεις



(κατακορύφων ευθειών) παρατηρήθηκαν μικρότερες μετακινήσεις. Τέλος, όταν έγινε αντικατάσταση της ξύλινης οροφής και πατώματος με οροφή και πάτωμα από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, στη διάταξη τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, στις κατακόρυφες ευθείες 1, 2, 3, 4, 5, 6 παρατηρήθηκαν μικρότερες μετακινήσεις ενώ μόνο στις περιπτώσεις 7 και 8 παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες.

Παρατηρώντας τις τάσεις που αναπτύσσονται μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στη διάταξη διώροφο-μονώροφο εφόσον και τα δύο κτίρια έχουν ξύλινα πατώματα δεν εμφανίζεται ιδιαίτερη διαφοροποίηση σε σχέση με την περίπτωση που τα κτίρια ήταν μεμονωμένα. Η αντικατάσταση με πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος σε ένα από αυτά επηρεάζει την δυναμική συμπεριφορά και του άλλου. Στο συσσωμάτωμα των τριών κτιρίων, τριώροφο-διώροφο-μονώροφο, το διώροφο και το τριώροφο κτίριο προστατεύονται από το μονώροφο κτίριο, καθότι παρουσιάζουν μειωμένες εφελκυστικές τάσεις έναντι αυτών που εμφάνιζαν όταν ήταν μόνα τους, τόσο στις όψεις όσο και στις πλάκες (του τριωρόφου). Αντιθέτως, για το μονώροφο η αλληλεπίδραση είναι δυσμενής σε όψεις και πλάκα.

Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η εξεταζόμενη τεχνική παρέμβασης στις διάφορες διατάξεις κτιρίων που μελετήθηκαν οδηγεί σε αλλαγές στη δυναμική συμπεριφορά της δομής σαν μεμονωμένο κτίριο ή σαν κτίριο συσσωματώματος από φέρουσα τοιχοποιία. Αυτό σημαίνει ότι η εφαρμοζόμενη τεχνική παρέμβασης πρέπει να υλοποιείται έπειτα από τη μελέτη της επίδρασής της στις γειτονικές δομές.

Προτείνεται για μελλοντική έρευνα η δημιουργία πιο σύνθετων μοντέλων τα οποία θα καλύπτουν περισσότερες περιπτώσεις συσσωματώματων καθώς και η εφαρμογή του σεισμού σε περισσότερες από μία διευθύνσεις ώστε να εκτιμηθεί η σύνθετη δυναμική συμπεριφορά των κατασκευών. Παράλληλα η εφαρμογή σεισμών με διαφορετικά χαρακτηριστικά θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο γενικευμένα συμπεράσματα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ**

Carocci, C. F. (2012). Small centres damaged by 2009 L'Aquila earthquake: on site analyses of historical masonry aggregates. Bull. Earthquake Eng. 10, 45–71. doi: 10.1007/s10518-011-9284-0

Formisano, A., Florio, G., Landolfo, R., and Mazzolani, F. M. (2015). Numerical calibration of an easy method for seismic behavior assessment on large scale of masonry building aggregates. Adv. Eng. Softw. 80, 116–138. doi: 10.1016/j.advengsoft.2014.09.013

Stavroulaki, M. (2019). Dynamic Behavior of Aggregated Buildings With Different Floor Systems and Their Finite Element Modeling. Frontiers in Built Environment. 5, 1-17. doi: 10.3389/fbuil.2019.00138

Tomazevic M., Lutman M. and Weiss P., Seismic Upgrading of Old Brick Masonry Urban Houses: Tying of Walls with Steel Ties, Earthquake Spectra, Vol 12, pp. 599-622, 1996.

### **ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

Καραντώνη Φ., Κατασκευές από τοιχοποιία: Σχεδιασμός και επισκευές, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2012

Καραντώνη Φ., Παρουσίαση, Προσομοίωση και ανάλυση κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, ΟΑΣΠ, 2023.

Παπαδρακάκης Μ., Ανάλυση φορέων με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2001.

Σταυρουλάκη Μ., Βέλτιστος σχεδιασμός επεμβάσεων ενίσχυσης σε δομικούς φορείς: εφαρμογή στην προένταση, Διδακτορική διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 1996.

Σταυρουλάκη Μαρία, σημειώσεις μαθήματος : Χρήση Υπολογιστικών Προγραμμάτων για την Ανάλυση Κατασκευών με την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων. Πρόγραμμα MARC-MENTAT. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μηχανικής

Ευρωκώδικας 6 «Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία»

Ευρωκώδικας 8 «Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών»

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: α) Όψεις κτίσματος μελέτης (διαστάσεις σε εκ., κλίμακα 1:4), β) Συνιστώσα B-N από το σεισμό στο Μαυροβούνιο στις 15-04-1979 και την καταγραφή στο Petrovac (Stavroulaki 2019)	13
Εικόνα 2: Δομικό σύστημα και μοντελοποίηση των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων των μεμονωμένων κτιρίων.....	14
Εικόνα 3: Δομικό σύστημα και μοντελοποίηση των μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων των κτιρίων σε τρεις διαφορετικές διατάξεις.....	15
Εικόνα 4: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου plaka1 με απεικόνιση των ευθειών 1, 2, 3, 4 (4sec)	16
Εικόνα 5: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	17
Εικόνα 6: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	18
Εικόνα 7: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	19
Εικόνα 8: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	20
Εικόνα 9: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka1 (4 sec).....	21
Εικόνα 10: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo1 (4sec).....	21
Εικόνα 11: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo1 (4 sec).....	21
Εικόνα 12: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	23
Εικόνα 13: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	24
Εικόνα 14: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	25
Εικόνα 15: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	25
Εικόνα 16: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	26
Εικόνα 17: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	27
Εικόνα 18: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	28
Εικόνα 19: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	28
Εικόνα 20: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου plaka2 (4sec).....	29
Εικόνα 21: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka2 (4 sec).....	29
Εικόνα 22: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo2 (4 sec).....	30
Εικόνα 23: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2 (4 sec).....	30
Εικόνα 24: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	31
Εικόνα 25: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	32
Εικόνα 26: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	33

Εικόνα 27: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	34
Εικόνα 28: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	34
Εικόνα 29: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	35
Εικόνα 30: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	36
Εικόνα 31: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	37
Εικόνα 32: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	38
Εικόνα 33: Χρονοϊστορία μετατόπισης των δύο μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	38
Εικόνα 34: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου plaka3 (4sec) .....	39
Εικόνα 35: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka3 (4 sec) .....	39
Εικόνα 36: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo3 (4sec) .....	40
Εικόνα 37: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3 (4 sec).....	40
Εικόνα 38: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo2xilo1 με απεικόνιση των 6 ευθειών (8sec). ....	41
Εικόνα 39: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo2plaka1 (8sec).....	41
Εικόνα 40: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου plaka2xilo1 (8sec).....	42
Εικόνα 41: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec). ....	42
Εικόνα 42: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec). ....	43
Εικόνα 43: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 1 (8sec). ....	44
Εικόνα 44: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 1.....	45
Εικόνα 45: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo2xilo1 με απεικόνιση της ευθείας 4 (8sec) .....	46
Εικόνα 46: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec). ....	46
Εικόνα 47: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec). ....	47
Εικόνα 48: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4 (8sec). ....	48
Εικόνα 49: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	49
Εικόνα 50: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	50
Εικόνα 51: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	51
Εικόνα 52: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	52
Εικόνα 53: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	53
Εικόνα 54: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2.....	53

Εικόνα 55: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2. ....	54
Εικόνα 56: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	55
Εικόνα 57: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	56
Εικόνα 58: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	57
Εικόνα 59: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	58
Εικόνα 60: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	59
Εικόνα 61: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4. ....	59
Εικόνα 62: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6. ....	61
Εικόνα 63: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6. ....	63
Εικόνα 64: Ένωση pathplot τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για τις κατακόρυφες ευθείες 2, 3, 4, 5, 6. ....	65
Εικόνα 65: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka2xilo1 (4sec). ....	67
Εικόνα 66: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka2xilo1 (4 sec) ....	67
Εικόνα 67: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2plaka1 ....	68
Εικόνα 68: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2plaka1 (4 sec) ....	68
Εικόνα 69: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1 ....	69
Εικόνα 70: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2xilo1 (4 sec) ....	70
Εικόνα 71: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka3xilo2plaka1 με απεικόνιση των ευθειών 1 έως 8 (4sec) ....	71
Εικόνα 72: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	71
Εικόνα 73: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	72
Εικόνα 74: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka3xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	73
Εικόνα 75: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	74
Εικόνα 76: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	75
Εικόνα 77: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	75
Εικόνα 78: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2. ....	76
Εικόνα 79: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	77
Εικόνα 80: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	78
Εικόνα 81: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka3xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	79

Εικόνα 82: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	80
Εικόνα 83: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	81
Εικόνα 84: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	81
Εικόνα 85: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4. ....	82
Εικόνα 86: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3xilo2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6.....	83
Εικόνα 87: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo3plaka2xilo1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	84
Εικόνα 88: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka3xilo2plaka1 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	85
Εικόνα 89: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.....	86
Εικόνα 90: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6.....	87
Εικόνα 91: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6. ....	87
Εικόνα 92: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka3xilo2plaka1 (4 sec).....	89
Εικόνα 93: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo3plaka2xilo1 (4sec).....	90
Εικόνα 94: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3plaka2xilo1 (4 sec).....	90
Εικόνα 95: Μετακίνηση κατά Χ του μοντέλου xilo3xilo2xilo1 (4sec).....	91
Εικόνα 96: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo3xilo2xilo1 (4 sec) .....	91
Εικόνα 97: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	92
Εικόνα 98: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	93
Εικόνα 99: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 2.....	94
Εικόνα 100: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	95
Εικόνα 101: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 2. ....	95
Εικόνα 102: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2. ....	96
Εικόνα 103: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	97
Εικόνα 104: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	98
Εικόνα 105: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 4.....	99
Εικόνα 106: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4.....	100
Εικόνα 107: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 4. ....	101

Εικόνα 108: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4. ....	101
Εικόνα 109: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	103
Εικόνα 110: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	104
Εικόνα 111: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	105
Εικόνα 112: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	106
Εικόνα 113: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	107
Εικόνα 114: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 6. ....	107
Εικόνα 115: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6. ....	108
Εικόνα 116: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2xilo1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	109
Εικόνα 117: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου xilo2plaka1xilo3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	110
Εικόνα 118: Χρονοϊστορία μετατόπισης μοντέλου plaka2xilo1plaka3 για τους εικονιζόμενους κόμβους της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	111
Εικόνα 119: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του α' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	112
Εικόνα 120: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του β' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	113
Εικόνα 121: Χρονοϊστορία μετατόπισης των τριών μοντέλων για τους εικονιζόμενους κόμβους του γ' ορόφου της κατακόρυφης ευθείας 8. ....	113
Εικόνα 122: Ένωση pathplot των τριών μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 8. ....	114
Εικόνα 123: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου plaka2xilo1plaka3 (4sec) .....	115
Εικόνα 124: Κύριες τάσεις του μοντέλου plaka2xilo1plaka3 (4 sec).....	116
Εικόνα 125: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2plaka1xilo3 (4sec) .....	117
Εικόνα 126: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2plaka1xilo3 (4sec) .....	117
Εικόνα 127: Μετακίνηση κατά X του μοντέλου xilo2xilo1xilo3 (4sec).....	118
Εικόνα 128: Κύριες τάσεις του μοντέλου xilo2xilo1xilo3 (4sec) .....	118
Εικόνα 129: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 1. ....	120
Εικόνα 130: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 2. ....	120
Εικόνα 131: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 3. ....	120
Εικόνα 132: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 4. ....	121
Εικόνα 133: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 5. ....	121
Εικόνα 134: Ένωση pathplot των δύο μοντέλων τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης για την κατακόρυφη ευθεία 6. ....	122

[illegible]



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μηχανικές ιδιότητες των υλικών (Stavroulaki 2019) .....	12
Πίνακας 2: Οριζόντια μετακίνηση (m) κατακόρυφης ευθείας 4 τη χρονική στιγμή 4sec για διώροφο. ....	133
Πίνακας 3: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1) και α' ορόφου (Δ2) τη χρονική στιγμή της μέγιστης μετακίνησης .....	133
Πίνακας 4: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3) .....	133
Πίνακας 5: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1) και α' ορόφου (Δ2).....	133
Πίνακας 6: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3) .....	134
Πίνακας 7: % μεταβολή σχετικής μετακίνησης ισογείου (Δ1), α' ορόφου (Δ2) και β' ορόφου (Δ3) .....	135