

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας ένα τεράστιο κεφάλαιο στην ζωή μου, αυτό των προπτυχιακών μου σπουδών, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω από καρδιάς κάποιους ανθρώπους που συνέβαλαν άμεσα ή έμμεσα τόσο για την μέχρι τώρα πορεία μου, αλλά και για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας, η οποία αποτελεί για μένα την εκπλήρωση μιας φιλόδοξης προσπάθειας.

Η εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη βοήθεια του επιβλέποντα επίκουρου καθηγητή μου Ν. Γερόλυμου στον οποίο οφείλω την βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου για τις συμβουλές, την καθοδήγηση και την συμπαράσταση που μου παρείχε, δίνοντάς μου διαρκώς την απαιτούμενη υποστήριξη για την εκπλήρωση της εργασίας αυτής. Η συμβολή του στην επίλυση των προβλημάτων που προκλήθηκαν κατά την διεξαγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν ιδιαίτερα σημαντική.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω την βαθύτερη εκτίμηση και ευχαρίστηση μου στον καθηγητή Γ. Γκαζέτα, καθώς ήταν τιμή μου που συναναστράφηκα μαζί του κατά τα χρόνια των σπουδών μου. Δίχως αμφιβολία, αποτέλεσε την κυριότερη πηγή έμπνευσης για εμένα και ήταν ένας από τους πιο καταλυτικούς παράγοντες που με ώθησαν να ακολουθήσω τον κλάδο της Γεωτεχνικής Μηχανικής.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της ερευνητικής ομάδας του τομέα Γεωτεχνικής και του εργαστηρίου εδαφομηχανικής για το ευχάριστο κλίμα συνεργασίας. Αυτό το κλίμα, αποτέλεσε κλειδί για την δημιουργικότητα και την καθημερινή διάθεση για δουλειά.

Από τις ευχαριστίες, δεν μπορούν να λείπουν οι αγαπημένοι μου φίλοι και συμφοιτητές, οι οποίοι έκαναν την καθημερινότητά μου σε αυτήν την σχολή, ένα όμορφο ταξίδι που δεν θα ξεχάσω ποτέ.

Τέλος, πάνω από όλα, ευχαριστώ τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, που είναι πάντα δίπλα μου σε κάθε μου βήμα, εύκολο ή δύσκολο, ενθαρρύνοντάς με να προσπαθώ και να αγωνίζομαι για τα όνειρά μου.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Αντικείμενο-Σκοπός	5
1.2 Διάρθρωση της εργασίας	6
2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	7
2.1 Αριθμητική προσομοίωση μέσω του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων Plaxis 3D	7
2.2.1 Εδαφικό καταστατικό προσομοίωμα Hardening Soil Small Model	8
2.2.2 Αρχική φόρτιση vs αποφόρτιση-επαναφόρτιση.....	9
2.2.3 Οι παράμετροι του HS Small Model.....	11
2.2.4 Οι παράμετροι G_0 και $\gamma_{0.7}$	12
2.2.5 Διαδικασία προσομοίωσης του εδάφους.....	14
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	15
3.1 Περιπτώσεις αριθμητικής ανάλυσης που διερευνήθηκαν	15
3.2 Διαδικασία Μόρφωσης προσομοιώματος	16
3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	20
3.4 Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού	22
3.5 Δομικά στοιχεία κατασκευής και παράμετροι σχεδιασμού	22
3.6 Επίλυση προσομοιωμάτων	30
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	39
4.1 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ιστροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή	41
4.1.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN	41
4.1.2 Τάνυση αγκυρίων =400KN	51
4.2 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ιστροπική πλάκα και τμηματική εκσκαφή	60
4.2.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN	60
4.2.2 Τάνυση αγκυρίων=400KN	69
4.3 αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ανιστροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή	77
4.3.1 Τάνυση=290KN.....	77
4.3.2 Τάνυση=400KN.....	86
4.4 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ανιστροπική πλάκα και τμηματική εκσκαφή	95
4.4.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN	95
4.4.3 τάνυση= 400KN	104
4.5 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με λεπτομερή ανάλυση	112

4.6 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 2D	121
4.6.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=290KN	121
4.6.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN	126
5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	132
5.1 Σύγκριση ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα στο Plaxis3D	132
5.1.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN	135
5.1.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN	151
5.2 Σύγκριση λεπτομερούς ανάλυσης με τις περιπτώσεις ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ανιστροπική πλάκα στο Plaxis 3D	167
5.2.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN	169
5.3 Σύγκριση διδιάστατης ανάλυσης με τις αναλύσεις ενιαίας εκσκαφής με ιστροπική και ανιστροπική πλάκα στο Plaxis 3D	171
5.3.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=290KN.	173
5.3.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=500KN	177
6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	181
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	183

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο-Σκοπός

Η εκσκαφή και η προσωρινή αντιστήριξη σταθμού μετρό μέχρι σήμερα προσομοιώνεται με υπολογιστικά προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων τα οποία ορίζουν τον εδαφικό χώρο σε δύο διαστάσεις. Επιπλέον, ο πασσαλότοιχος περιμετρικά του εδάφους που σκάβεται προσομοιώνεται με ισοδύναμη διαφραγματική πλάκα με αποτέλεσμα η καμπτική αλληλεπίδραση των πασσάλων να μην λαμβάνεται υπόψη και να υποεκτιμάται η τοξωτή λειτουργία του συστήματος, ιδιαίτερα για επιβολή μικρών δυνάμεων τάνυσεως των αγκυρίων. Ως προς την αντιστήριξη της κατασκευής, δεν ορίζεται η τάση συνάφειας των αγκυρίων η οποία προκύπτει μετά από δοκιμές εξόλκευσης και αντί αυτού θεωρούνται εξαρτημένα από την συνοχή και την γωνία τριβής του εδάφους. Τέλος, η μέθοδος της τμηματικής εκσκαφής η οποία εφαρμόζεται στις κατασκευές, έως τώρα δεν έχει προσομοιωθεί μέσω των προγραμμάτων πεπερασμένων στοιχείων λόγω του υπολογιστικού και χρονικού κόστους. Για τον ίδιο λόγο οι λεπτομέρειες των δομικών στοιχείων της κατασκευής (αγκύρια, πάσσαλοι, έγχυτο σκυρόδεμα κτλ.) δεν προσομοιώνονται στα υπολογιστικά μέσα αλλά ορίζονται ως ισοδύναμα συνεχή στοιχεία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η ρεαλιστική φυσική του προβλήματος της εκσκαφής και της προσωρινής αντιστήριξης σταθμού μετρό και επιλύονται τα ανωτέρω προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D διερευνάται σε τρεις διαστάσεις η λεπτομερής ανάλυση των δομικών στοιχείων της κατασκευής, η συμπεριφορά του συστήματος αντιστήριξης με ενιαία (η ως τώρα χρησιμοποιηθείσα) και τμηματική εκσκαφή, προσομοιώνοντας τον τοίχο αντιστήριξης με ισοτροπική και ανοστροπική πλάκα και η διδιάστατη ανάλυση του προβλήματος με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis 2D.

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η αντιπροσωπευτική και ρεαλιστική προσομοίωση της προσωρινής αντιστήριξης και της εκσκαφής σταθμού μετρό και η σύγκριση των περιπτώσεων που αναφέρθηκαν ανωτέρω.

1.2 Διάρθρωση της εργασίας

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η διαδικασία της αριθμητικής προσομοίωσης μέσω του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D. Ακόμη, γίνεται περιγραφή του εδαφικού καταστατικού προσομοιώματος Harden Soil Small model που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του εδάφους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι περιπτώσεις αριθμητικής ανάλυσης που εξετάστηκαν και η κατασκευαστική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την μόρφωση των προσομοιωμάτων. Αναφέρονται τα γεωτεχνικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευής και αναλύονται τα δομικά στοιχεία της και οι παράμετροι σχεδιασμού. Επιπλέον περιγράφεται η επίλυση των προσομοιωμάτων που εξετάστηκαν στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που διεξήχθησαν και εικόνες με την συμπεριφορά του εδάφους και του συστήματος αντιστήριξης στο τελικό στάδιο εκσκαφής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετακινήσεων των περιπτώσεων που εξετάστηκαν και χαρακτηριστικά σχήματα με τα μεγέθη αυτά.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύνοψη των βασικών αποτελεσμάτων και συμπεράσματα που διεξήχθησαν από την παρούσα διπλωματική εργασία.

2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία διερεύνησης, δηλαδή η μέθοδος αριθμητικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία. Παρουσιάζεται μια γενική μορφή του κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis που χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις και του καταστατικού μοντέλου Hardening Soil Small Model που χρησιμοποιήθηκε για την αριθμητική προσομοίωση.

2.1 Αριθμητική προσομοίωση μέσω του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων Plaxis 3D

Αριθμητικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του λογισμικού κώδικα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis 3D. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιείται για την επίλυση γεωτεχνικών προβλημάτων με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων σε τρεις διαστάσεις. Έτσι, για κάθε επίλυση, το έδαφος προσομοιώνεται από έναν κώνο 15-κομβων πεπερασμένων στοιχείων.

Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η δυνατότητα διακριτοποίησης του χώρου, δηλαδή ο διαχωρισμός του σε μικρών διαστάσεων υποχώρους (στοιχεία). Με αυτόν τον τρόπο, ένα ομοιογενές συνεχές μέσο μπορεί να μετατραπεί σε διακριτό αποτελούμενο από μικρότερα στοιχεία με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες το καθένα τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω των κοινών κόμβων. Η μέθοδος εξασφαλίζει τη συνολική ισορροπία του κάθε στοιχείου, καθώς και την ισορροπία των δράσεων στους κόμβους.

Η συμπεριφορά των εδαφικών υλικών περιγράφεται από μη-γραμμικές, ελαστοπλαστικές καταστατικές εξισώσεις που επιτρέπουν την προσομοίωση της συμπεριφοράς μέχρι τη διαρροή και ενδεχομένως την κατάρρευση. Η εισαγωγή των δεδομένων (input) δίνεται σε οριζόντια επίπεδα, επομένως, το εξεταζόμενο επίπεδο εργασίας κατά περίπτωση, είναι οριζόντιο, σε αντίθεση με το δισδιάστατο, όπου το μοναδικό επίπεδο εργασίας είναι κατακόρυφο. Ο καθορισμός των οριζοντίων επιπέδων εργασίας γίνεται μέσω αντίστοιχου ορισμού σταθμών που έχουν κάποια κατασκευαστική σημασία (π.χ. στάθμη επιμέρους εκσκαφής ή στάθμη αγκυρώσεων κλπ).

Οι αγκυρώσεις καθορίζονται σε κάθε στάθμη που αντιστοιχεί σε προεπιλεγμένο επίπεδο εργασίας μέσω των συντεταμένων αρχής και τέλους. Σε αντίθεση με το δισδιάστατο πρόγραμμα η προσομοίωση είναι ακριβής, διότι καθορίζεται το μήκος του πακτωμένου τμήματος, η δυστένεια $E \cdot A$ του ελεύθερου μήκους, η αντοχή σχεδιασμού των τενόντων, η διάμετρος και το μέτρο ελαστικότητας του τσιμεντενέματος πάκτωσης (οπότε το πρόγραμμα υπολογίζει το αντίστοιχο

μέγεθος $E \cdot A$), καθώς και η τάση συνάφειας σχεδιασμού μέσω της οποίας διαμορφώνεται η αντοχή σχεδιασμού του αγκυρίου R_d .

Η «βιβλιοθήκη» μηχανικών στοιχείων περιλαμβάνει δοκούς και προεντεταμένα αγκύρια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εφαρμογή. Οι ιδιότητες των πασσάλων και των αγκυρίων προσαρμόστηκαν έτσι ώστε να αντιστοιχούν σε απόσταση $s=2.5m$ μεταξύ των πασσάλων. Μια σταδιακή εκσκαφή προσομοιώνεται με αφαίρεση των αντίστοιχων εδαφικών στοιχείων από τον κάρνα των πεπερασμένων στοιχείων.

Ως καταστατικό προσομοίωμα για την περιγραφή της συμπεριφοράς των στοιχείων που προκύπτουν από τη διακριτοποίηση του συνεχούς μέσου χρησιμοποιήθηκε το "Hardening Soil Small Model" από την βιβλιοθήκη υλικών του Plaxis, η περιγραφή του οποίου γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

2.2.1 Εδαφικό καταστατικό προσομοίωμα Hardening Soil Small Model

Το καταστατικό προσομοίωμα Hardening Soil Model θεωρεί ελαστική συμπεριφορά του εδάφους κατά τη διάρκεια της φόρτισης και της αποφόρτισης. Ωστόσο καλύπτει μικρό εύρος παραμορφώσεων στο οποίο το έδαφος θεωρείται ελαστικό. Στην πραγματικότητα, όσο αυξάνονται οι παραμορφώσεις, η δυσκαμψία του εδάφους φθίνει ανελαστικά.

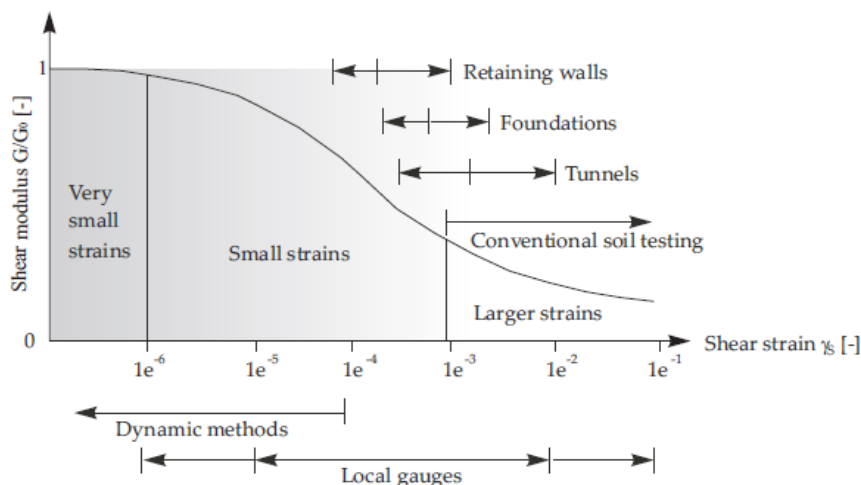


Figure 7.1 Characteristic stiffness-strain behaviour of soil with typical strain ranges for laboratory tests and structures (after Atkinson & Salfors (1991))

Σχήμα 2.1: Συμπεριφορά δυσκαμψίας εδάφους σε σχέση με την διατμητική παραμόρφωση

Στο ανωτέρω διάγραμμα παρουσιάζεται η καμπύλη δυσκαμψίας η οποία μειώνεται με την αύξηση των διατμητικών παραμορφώσεων. Αποτυπώνονται επίσης οι χαρακτηριστικές διατμητικές παραμορφώσεις οι οποίες μπορούν να μετρηθούν στις γεωτεχνικές κατασκευές και το εύρος των παραμορφώσεων απ' τις εργαστηριακές δοκιμές.

Παρατηρείται ότι για τις τιμές των εδαφικών παραμορφώσεων που μπορούν να καταγραφούν στις κλασσικές εργαστηριακές δοκιμές η εδαφική δυσκαμψία μειώνεται σε λιγότερο από μισό της αρχικής της τιμής.

Η δυσκαμψία η οποία τελικά χρησιμοποιείται στην ανάλυση των γεωτεχνικών κατασκευών δεν ανταποκρίνεται στο αντίστοιχο εύρος των παραμορφώσεων σύμφωνα με το διάγραμμα. Αντί αυτού θα έπρεπε να λαμβάνεται υπόψη η δυσκαμψία που οφείλεται στις πολύ μικρές παραμορφώσεις και η μη-γραμμική εξάρτηση της από το εύρος των παραμορφώσεων.

Το καταστατικό μοντέλο Hardening Soil Small Model προσφέρει τη δυνατότητα να συμπεριλάβει όλα αυτά τα χαρακτηριστικά. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στο Hardening Soil Model, χρησιμοποιεί τις ίδιες παραμέτρους καθώς επίσης και το αρχικό μέτρο διάτμησης του εδάφους G_0 και την διατμητική παραμόρφωση $\gamma_{0,7}$ στην οποία το τέμνον μέτρο διάτμησης G_s μειώνεται στο 70% του G_0 .

2.2.2 Αρχική φόρτιση vs αποφόρτιση-επαναφόρτιση

Ο Masing (1926) περιέγραψε την υστερητική συμπεριφορά των κύκλων αποφόρτισης-επαναφόρτισης με τους εξής όρους:

Το μέτρο διάτμησης κατά την αποφόρτιση ισούται με το εφαλτομενικό μέτρο διάτμησης που αντιστοιχεί στην καμπύλη της αρχικής φόρτισης.

Η μορφή της καμπύλης αποφόρτισης-επαναφόρτισης είναι ίδια αλλά διπλάσια σε μέγεθος σε σχέση με την καμπύλη που αντιστοιχεί στις αρχικές συνθήκες φόρτισης. Σύμφωνα με τα ανωτέρω, η οριακή διατμητική παραμόρφωση $\gamma_{0,7}$ μπορεί να εκφρασθεί με την ακόλουθη σύνθεση από τη σχέση Hardin-Drnevich:

$$\gamma_{0,7 \text{ re-loading}} = 2\gamma_{0,7 \text{ virgin-loading}} \quad (1)$$

Το HS small model συνεπώς υιοθετεί τον νόμο του Masing διπλασιάζοντας την οριακή διατμητική παραμόρφωση $\gamma_{0,7}$ η οποία προέρχεται από τις αρχικές συνθήκες φόρτισης. Αν η πλαστικότητα στο HS model επηρεάζει άμεσα την μείωση της δυσκαμψίας για μικρές παραμορφώσεις στις αρχικές συνθήκες φόρτισης, η οριακή διατμητική παραμόρφωση που ορίζεται απ' τον χρήστη είναι

πάντοτε διπλάσια. Έπειτα, οι υπόλοιποι παράμετροι ακαμψίας είναι έτσι ορισμένες ώστε η φθίνουσα καμπύλη δυσκαμψίας για μικρές παραμορφώσεις να προσεγγίζεται αρκετά καλά. Στα ακόλουθα σχήματα 2.2 και 2.3, απεικονίζεται ο νόμος του Massing και η μείωση της τέμνουσας δυσκαμψίας κατά την αρχική φόρτιση και κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση.

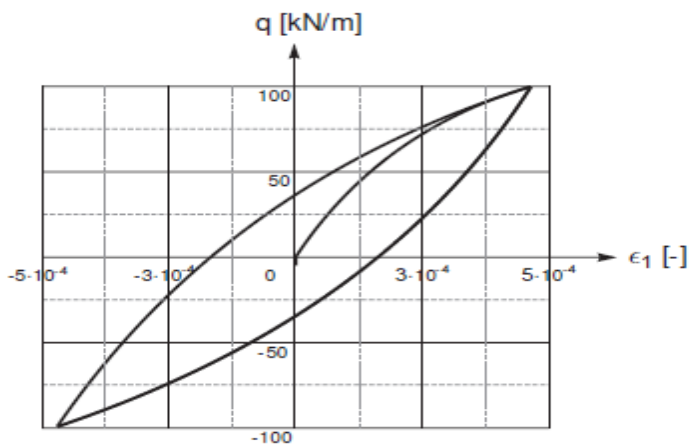


Figure 7.4 Hysteretic material behaviour

Σχήμα 2.2: Υστερική συμπεριφορά εδαφικού υλικού σύμφωνα με τον νόμο του Massing

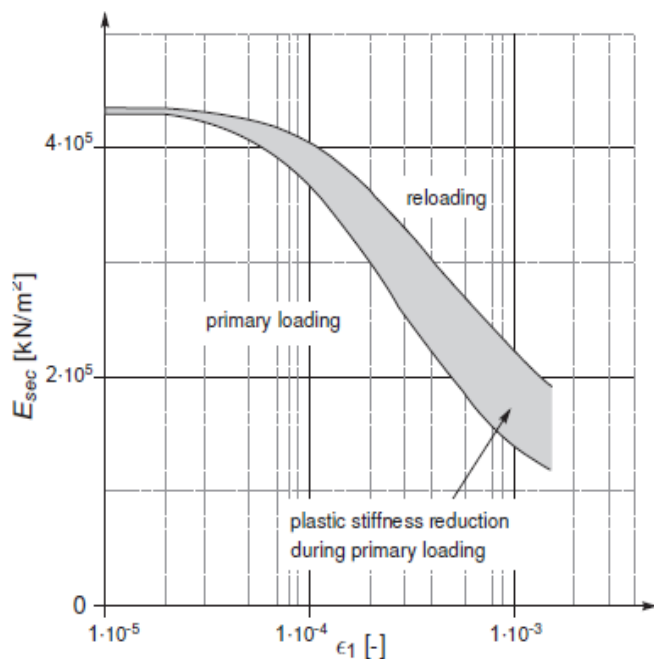


Figure 7.5 Stiffness reduction in initial- or primary loading and in unloading / reloading

Σχήμα 2.3: Μείωση δυσκαμψίας κατά την αρχική φόρτιση και κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση

2.2.3 Οι παράμετροι του HS Small Model

Συγκριτικά με το μοντέλο Hardening Soil, το HS small model χρησιμοποιεί δύο επιπλέον παραμέτρους δυσκαμψίας: το G_o^{ref} και το $\gamma_{0.7}$. Όλες οι άλλες παράμετροι συμπεριλαμβανομένου και των εναλλακτικών παραμέτρων δυσκαμψίας παραμένουν ίδιες.

Ο λόγος Poisson ν_{ur} θεωρείται σταθερός, όπως σε όλα τα καταστατικά μοντέλα του PLAXIS, ώστε το μέτρο διάτμησης G_o^{ref} να μπορεί να υπολογιστεί απ' το μέτρο Young για πολύ μικρές παραμορφώσεις από τη σχέση $G_o^{ref} = E_o^{ref} / (2(1 + \nu_{ur}))$. Η οριακή διατμητική παραμόρφωση $\gamma_{0.7}$ είναι η διατμητική παραμόρφωση στην οποία το τέμνον μέτρο διάτμησης G_s^{ref} μειώνεται σε $0.722G_o^{ref}$ και η τιμή της προέρχεται από τις αρχικές συνθήκες φόρτισης. Συνοπτικά οι παράμετροι δυσκαμψίας που εισάγονται στο HS small model είναι οι εξής:

m : παράμετρος για την εξάρτηση της δυσκαμψίας από την τάση	[-]
E_{50}^{ref} : τέμνον μέτρο ελαστικότητας υπό τριαξονική φόρτιση	[KN/m ²]
E_{oed}^{ref} : τέμνον μέτρο ελαστικότητας σε μονοδιάστατη συμπίεση	[KN/m ²]
E_{ur}^{ref} : μέτρο ελαστικότητας κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση	[KN/m ²]
ν_{ur} : λόγος Poisson κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση	[-]
G_o^{ref} : μέτρο διάτμησης για πολύ μικρές παραμορφώσεις ($\epsilon < 10^{-6}$)	[KN/m ²]
$\gamma_{0.7}$: διατμητική παραμόρφωση κατά την οποία $G_s = 0.722G_o$	[-]

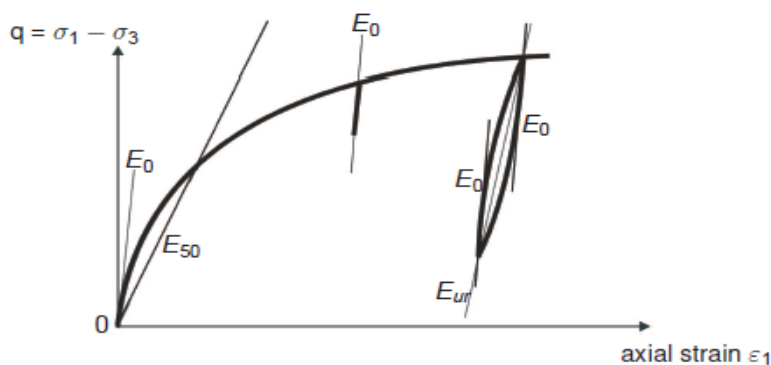


Figure 7.6 Stiffness parameters E_{50} , E_{ur} , and $E_0 = 2G_0(1 + \nu_{ur})$ of the Hardening Soil model with small-strain stiffness in a triaxial test

Σχήμα 2.4: Μέτρα ελαστικότητας E_{50} , E_{ur} και $E_0 = 2G_0(1 + \nu_{ur})$ κατά την τριαξονική δοκιμή.

2.2.4 Οι παράμετροι G_0 και $\gamma_{0.7}$

Ένα πλήθος παραγόντων επηρεάζουν τις παραμέτρους για μικρές παραμορφώσεις G_0 και $\gamma_{0.7}$. Οι πιο σημαντικοί απ' αυτούς είναι οι ενεργές τάσεις του εδάφους και ο λόγος κενών e . Στο HS small model η εξάρτηση των τάσεων από τα μέτρο διάτμησης G_0 λαμβάνεται υπόψιν με την ακόλουθη σχέση:

$$G_0 = G_0^{ref} \left(\frac{c \cos \varphi - \sigma'_3 \sin \varphi}{c \cos \varphi + p^{ref} \sin \varphi} \right)^m \quad (2)$$

Η τιμή της οριακής διατμητικής παραμόρφωσης $\gamma_{0.7}$ είναι ανεξάρτητη από την μέση τάση.

Στο HS small model οι αλλαγές στον υπολογισμό του λόγου κενών θεωρούνται αμελητέες και γι' αυτό δεν επηρεάζουν τις παραμέτρους του υλικού. Παρ' όλα αυτά η γνώση του αρχικού λόγου κενών του υλικού μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη για τον υπολογισμό του μέτρο διάτμησης για πολύ μικρές παραμορφώσεις G_0 . Μια καλή εκτίμηση δίνεται από την σχέση των Hardin & Black (1969):

$$G_0^{ref} = \frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} 33 \text{ [MPa]} \quad \text{for} \quad p^{ref} = 100 \text{ [kPa]} \quad (3)$$

Ο Alpan (1970) εμπειρικά συσχέτισε τη δυναμική με την στατική εδαφική δυσκαμψία. Σύμφωνα με το διάγραμμα του Alpan η δυναμική δυσκαμψία ισοδυναμεί είτε με το μέτρο διάτμησης G_0 είτε με το μέτρο ελαστικότητας E_0 . Θεωρώντας ότι στο HS small model το στατικό μέτρο ελαστικότητας E_{static} το οποίο ορίζεται από τον Alpan ισούται σχεδόν με το E_{ur} κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση, το διάγραμμα του Alpan μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της δυσκαμψίας που αντιστοιχεί σε μικρές παραμορφώσεις βασισμένη εξ' ολοκλήρου στο μέτρο ελαστικότητας κατά αποφόρτισης-επαναφόρτισης E_{ur} . Αν και ο Alpan υποστηρίζει ότι η τιμή του λόγου E_0/E_{ur} μπορεί να υπερβεί το 10 για πολύ μαλακές αργίλους, στο HS model η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το λόγο E_0/E_{ur} ή G_0/G_{ur} είναι 10.

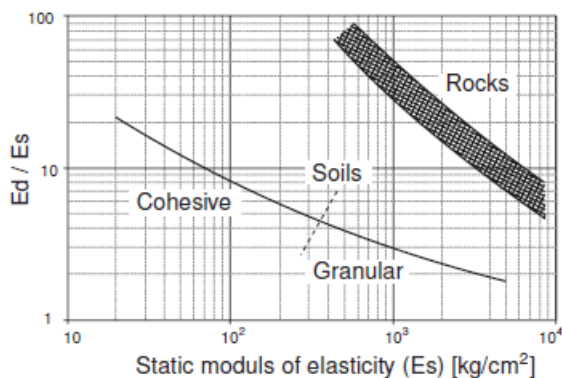


Figure 7.7 Relation between dynamic ($E_d = E_0$) and static soil stiffness ($E_s \approx E_{ur}$) after Alpan (1970)

Σχήμα 2.5: Σχέση μεταξύ δυναμικής και στατικής εδαφικής δυσκαμψίας σύμφωνα με τον Alpan

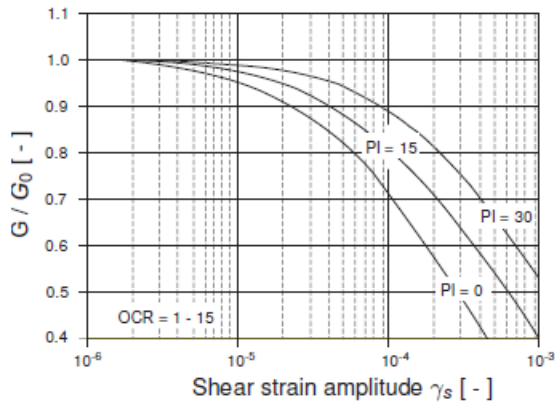


Figure 7.8 Influence of plasticity index (PI) on stiffness reduction after Vucetic & Dobry (1991)

Σχήμα 2.6: Επιρροή δείκτη πλαστικότητας στην μείωση της δυσκαμψίας σύμφωνα με τους Vucetic & Dobry (1991)

Όταν δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ανωτέρω πίνακας (Figure 7.8) για την εύρεση της οριακής διατμητικής παραμόρφωσης $\gamma_{0.7}$, το οποίο συσχετίζει τον δείκτη πλαστικότητας PI με την οριακή διατμητική παραμόρφωση. Χρησιμοποιώντας τη σχέση Hardin-Drgnevich η $\gamma_{0.7}$ μπορεί να προκύψει από τις παραμέτρους αστοχίας του μοντέλου. Εφαρμόζοντας το κριτήριο Mohr-Coulomb στις σχέσεις (2) και (3) προκύπτει η σχέση:

$$\gamma_{0.7} \approx \frac{1}{9G_0} [2c'(1 + \cos(2\varphi')) - \sigma'_1(1 + K_0) \sin(2\varphi')] \quad (4)$$

Όπου K_0 είναι ο λόγος μονοδιάστασης συμπίεσης και σ'_1 η κατακόρυφη ενεργός τάση.

2.2.5 Διαδικασία προσομοίωσης του εδάφους

Η χαλάρωση των τάσεων διαγράφει απ' την εδαφική μνήμη τις προηγούμενες τάσεις που έχουν εφαρμοσθεί. Η γήρανση του εδάφους σε μορφή αναδιάταξης των σωματιδίων κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης των τάσεων, μπορεί να διαγράψει το ιστορικό των εδαφικών παραμορφώσεων. Θεωρώντας ότι η δεύτερη διαδικασία για τον φυσικό καταβιβασμό του εδάφους αναπτύσσεται σχετικά γρήγορα, το ιστορικό των παραμορφώσεων στα περισσότερα οριακά προβλήματα πρέπει να ξεκινάει απ' το μηδέν (τανυστής $H=0$). Αυτές είναι οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις στο HS small model.

Ωστόσο, μερικές φορές μπορεί να είναι επιθυμητή η ύπαρξη αρχικών παραμορφώσεων. Σε αυτή την περίπτωση το ιστορικό της παραμόρφωσης μπορεί να προσομοιαστεί εφαρμόζοντας ένα επιπλέον βήμα φόρτισης πριν αρχίσει η ανάλυση. Ένα τέτοιο βήμα φόρτισης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση υπερστερεοποίησης του εδάφους. Συνήθως το φαινόμενο της υπερστερεοποίησης έχει εξαφανιστεί πολύ πριν αρχίσουν οι υπολογισμοί, έτσι ώστε στη συνέχεια να μπορούμε να επαναφέρουμε το ιστορικό των παραμορφώσεων. Δυστυχώς, η ανάπτυξη των παραμορφώσεων ενεργοποιείται ήδη προσθέτοντας και αφαιρώντας φορτίο. Σε αυτή την περίπτωση το ιστορικό των παραμορφώσεων μπορεί να μηδενιστεί, αν ο χρήστης αφαιρέσει το υλικό ή εφαρμόσει ένα μικρό αντίστροφο βήμα φόρτισης. Πιο βολική είναι η χρήση των αρχικών τάσεων.

Όταν χρησιμοποιείται το HS small model πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα αρχικά βήματα. Η αύξηση των παραμορφώσεων σε αυτά, προέρχεται καθαρά από την μικρή αριθμητική ανισορροπία στο σύστημα, η οποία οφείλεται στα ανεκτά λάθη που γίνονται κατά την διάρκεια των υπολογισμών. Ως εκ τούτου η αύξηση αυτή θεωρείται αυθαίρετη και γι' αυτό ένα αρχικό βήμα ίσως λειτουργεί τυχαία σαν βήμα αντίστροφης φόρτισης το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι επιθυμητό.

Είναι προφανές ότι το συγκεκριμένο καταστατικό προσομοίωμα είναι σε θέση να περιγράψει την συμπεριφορά του εδαφικού στοιχείου με αρκετό ρεαλισμό σε αντίθεση με το κλασικό και συνήθως εφαρμοζόμενο στην πράξη ελαστικό- απολύτως πλαστικό προσομοίωμα Mohr-Coulomb και το Harden Soil model το οποίο δεν λαμβάνει υπόψιν τις αρχικές συνθήκες του εδάφους.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

3.1 Περιπτώσεις αριθμητικής ανάλυσης που διερευνήθηκαν

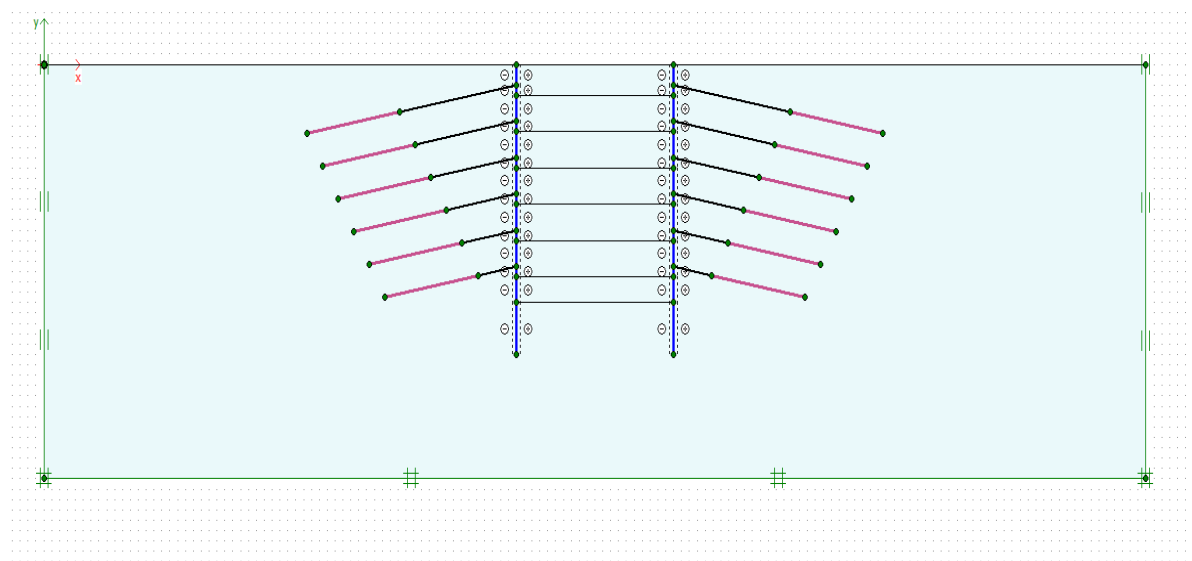
Η συμπεριφορά μιας κατασκευής αντιστήριξης με προεντεταμένες αγκυρώσεις εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, όπως τα γεωμετρικά στοιχεία, οι ιδιότητες του υπεδάφους, η διάταξη των αγκυρώσεων, η αντοχή των αγκυρίων, οι δυνάμεις προεντάσεως κλπ. Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά της κατασκευής με διάφορες δυνάμεις τανύσεως και διαφορετικούς τρόπους εκσκαφής. Διερευνήθηκαν οι εξής περιπτώσεις αριθμητικής ανάλυσης οι οποίες ακολουθούν με ακρίβεια τις φάσεις της κατασκευής:

- Ανάλυση σε δύο διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis2D.
- Ανάλυση σε τρεις διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis3D, με ενιαία εκσκαφή εδάφους και ορίζοντα ιστροπικό τοίχο αντιστήριξης. Στην περίπτωση αυτή απαιτήθηκαν 142.666 πεπερασμένα στοιχεία.
- Ανάλυση σε τρεις διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis3D. Η εκσκαφή γίνεται με τμηματική μέθοδο και η προσομοίωση του τοίχου αντιστήριξης με ιστροπική πλάκα. Στην περίπτωση αυτή απαιτήθηκαν 138.474 πεπερασμένα στοιχεία.
- Λεπτομερής ανάλυση σε τρεις διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis3D. Στην περίπτωση αυτή προσομοιώνεται το $\frac{1}{4}$ του σταθμού με λεπτομερή προσομοίωση των πασσάλων, του κεφαλόδεσμου και του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Για την προσομοίωση αυτή απαιτήθηκαν 433.676 πεπερασμένα στοιχεία (τιμή ρεκόρ για τα ως τώρα δεδομένα των προσομοιώσεων).
- Ανάλυση σε τρεις διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis3D με ενιαία εκσκαφή του εδάφους, ορίζοντα ανισότροπο τοίχο αντιστήριξης. Στην περίπτωση αυτή απαιτήθηκαν 142.666 πεπερασμένα στοιχεία.
- Ανάλυση σε τρεις διαστάσεις με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Plaxis3D ορίζοντα ανισότροπο τοίχο αντιστήριξης. Η εκσκαφή γίνεται με τμηματική μέθοδο. Στην περίπτωση αυτή απαιτήθηκαν 138.474 πεπερασμένα στοιχεία.

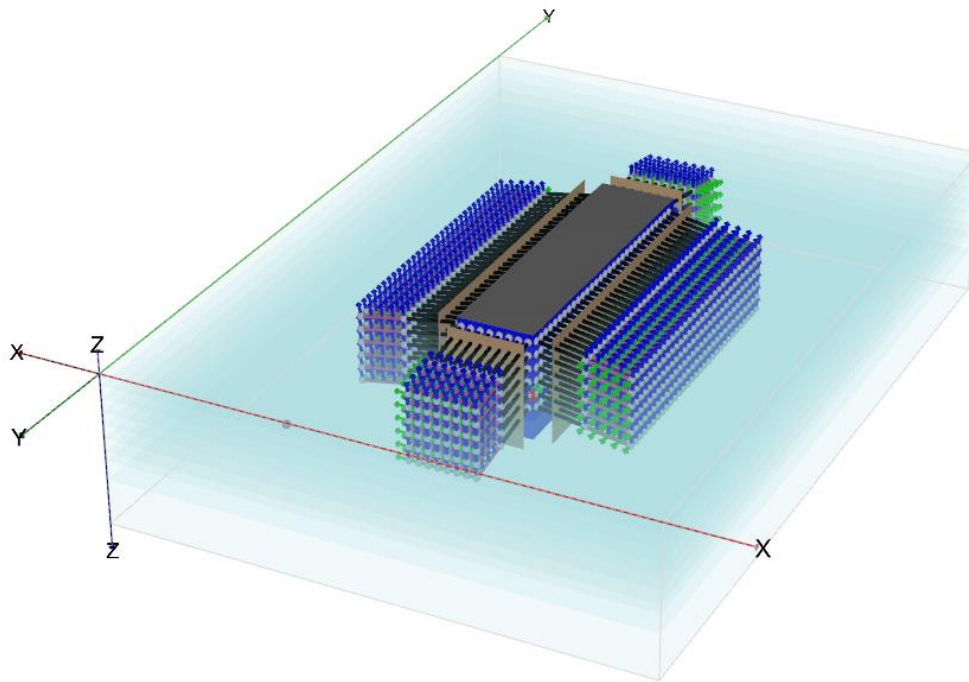
3.2 Διαδικασία Μόρφωσης προσομιώματος

Αρχικά, σε όλες τις περιπτώσεις, ορίζονται οι διαστάσεις περιοχής σχεδίασης και μορφώνονται οι επιθυμητές αποστάσεις του καννάβου, ανάλογα με τα δεδομένα της κάθε περίπτωσης που μελετήθηκε. Στη συνέχεια ορίζονται τα επίπεδα εκσκαφής ανά 3.5m και τα δομικά χαρακτηριστικά τις κατασκευής.

Πιο συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις αριθμητικής προσομοίωση στο Plaxis 2D και 3D με ενιαία και τμηματική εκσκαφή, τοποθετείται δύσκαμπτη επιφάνεια φόρτισης, δηλαδή τοίχος πάχους 0.62m περιμετρικά του εδάφους που πρόκειται να εκσκαφτεί, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι παραμορφώσεις θα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες. Έπειτα ορίζονται οι διεπιφάνειες μεταξύ των πλακών και της επιφάνειας του εδάφους. Αυτές, επιτρέπουν την ολίσθηση και την αποκόλληση μεταξύ του εδάφους και των στοιχείων της κατασκευής και επομένως προσεγγίζουν ρεαλιστικά την απόκριση του συστήματος εδάφους-κατασκευής επιτρέποντας την εμφάνιση λικνισμού του εδάφους. Τέλος εγκαθίστανται έξι σειρές αγκυριών ανά 3.5m σε βάθος και σε κατά μήκος απόσταση 2.5m, με γωνία κλίσεως 10° (συνολικά 468 αγκύρια).

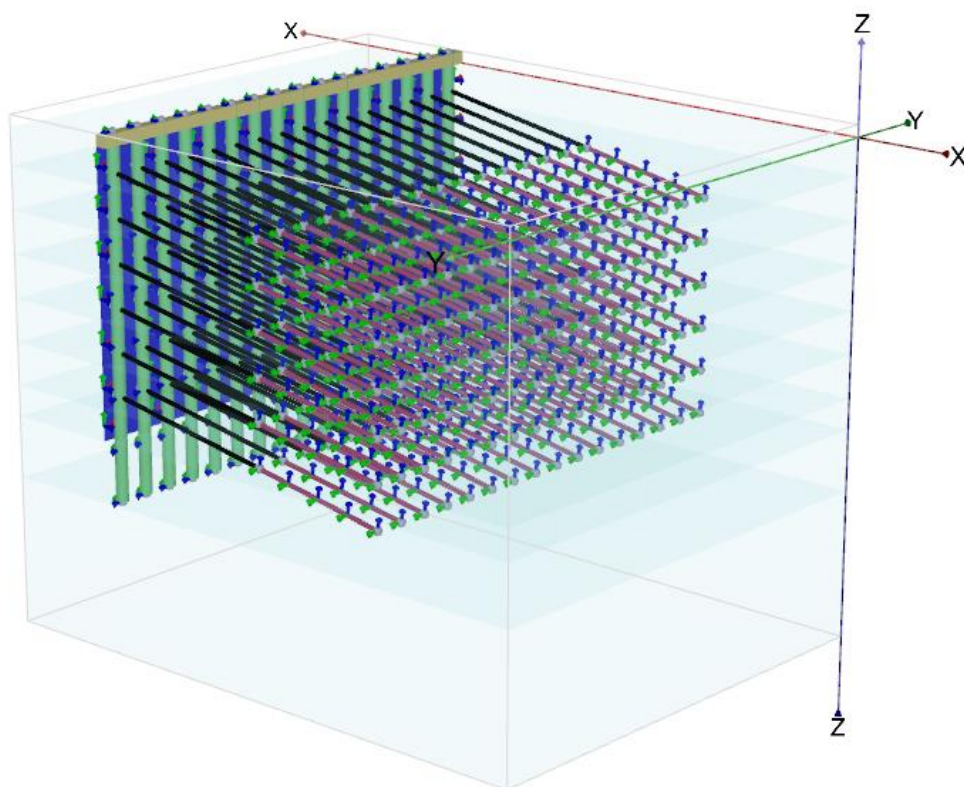


Εικόνα 3.1: Προσομοίωση προσωρινής αντιστήριξης σταθμού στο Plaxis2D



Εικόνα 3.2: Προσομοίωση προσωρινής αντιστήριξης σταθμού στο Plaxis3D

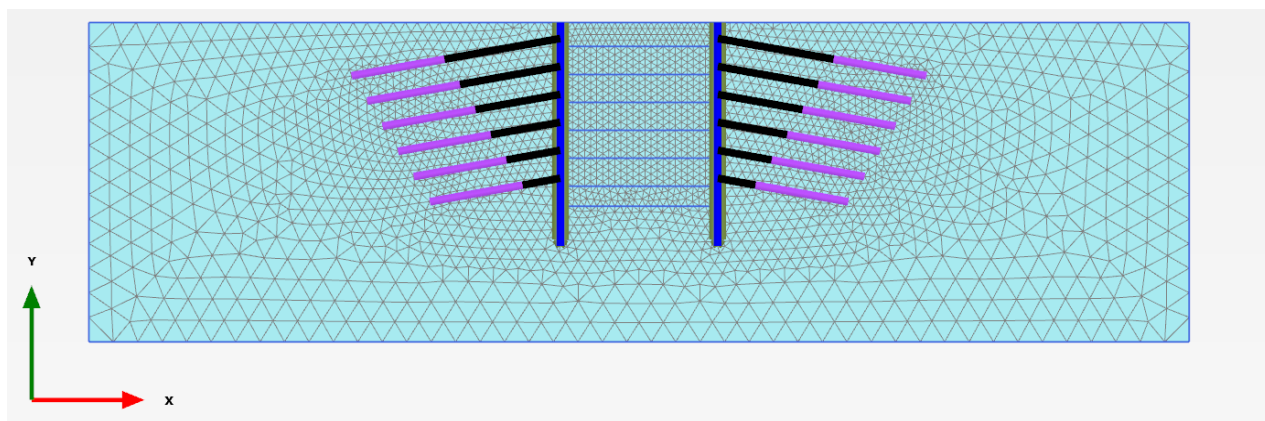
Στην περίπτωση της προσομοίωσης της προσωρινής αντιστήριξης με πασσάλους, μελετήθηκε ένα τμήμα της κατασκευής ($50 \times 40 \text{m}^2$). Κατασκευάστηκαν δεκαέξι πάσσαλοι κυκλικής διατομής, μήκους $L=29\text{m}$, διαμέτρου $d=1\text{m}$ σε απόσταση μεταξύ των κέντρων τους $s=2.5\text{m}$. Σε κάθε πάσσαλο έχει τοποθετηθεί κλισιόμετρο ώστε να είναι εφικτή η παρακολούθηση των οριζόντιων παραμορφώσεων των πασσάλων και των εντατικών μεγεθών τους. Στη συνέχεια, όπως και στις άλλες περιπτώσεις που εξετάζονται, ορίζονται έξι σειρές αγκυρίων ανά 3.5m και σε κατά μήκος απόσταση 2.5m με γωνία κλίσεως 10° (συνολικά 96 αγκύρια). Έπειτα εφαρμόζεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα στην επιφάνεια του σκάμματος, πάχους $t=10\text{cm}$ ώστε να υπάρχει συγκρότηση των πασσάλων και εξασφάλιση ομοιόμορφης κατανομής των παραμορφώσεων στο έδαφος.



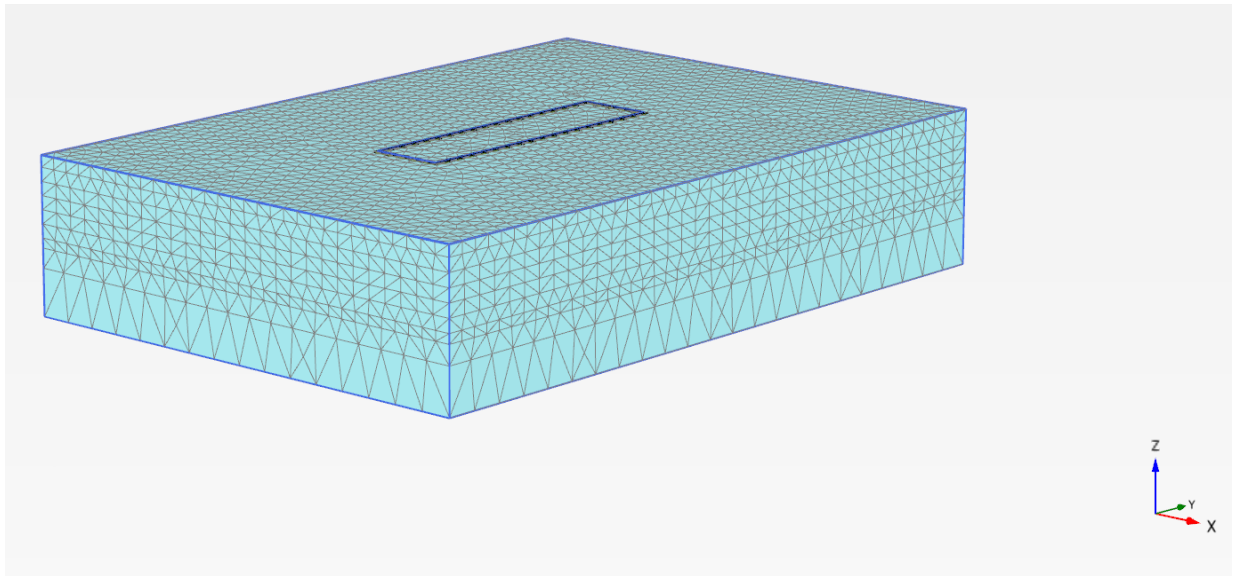
Εικόνα 3.3: Λεπτομερής προσομοίωση με πασσάλους προσωρινής αντιστήριξης σταθμού στο Plaxis3D

Λεπτομέρειες για τα γεωτεχνικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά, τις παραμέτρους σχεδιασμού του εδάφους και των δομικών στοιχείων της κατασκευής αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο.

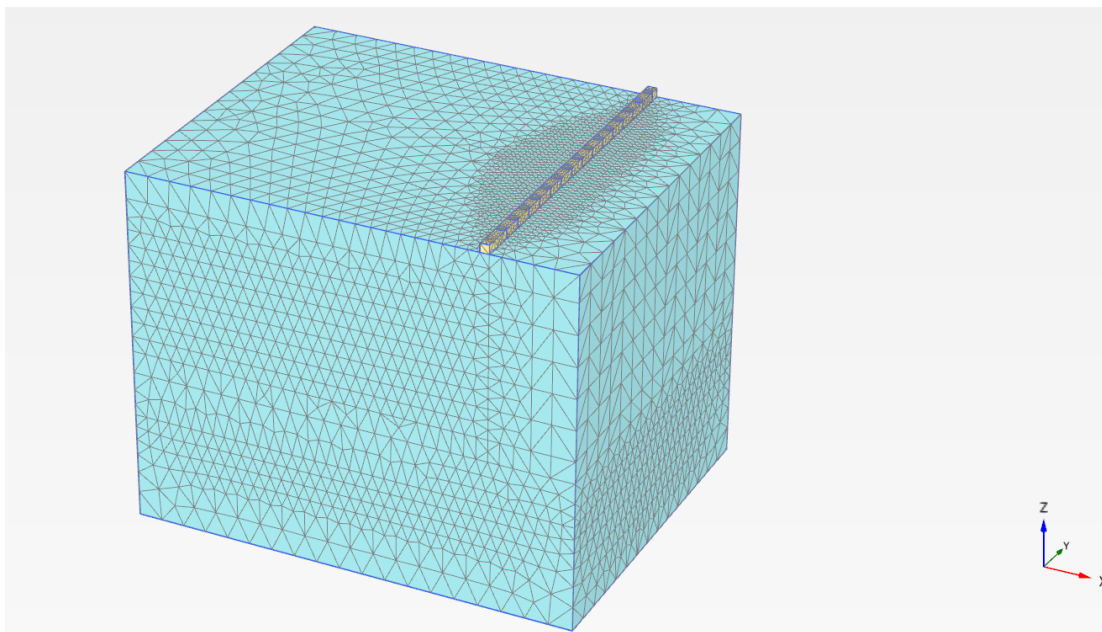
Εν συνεχεία δημιουργείται πυκνό πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων. Στα προσομοιώματα της παρούσας εργασίας θεωρούμαι ότι δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας.



Εικόνα 3.4: Πύκνωση καννάβου στην περίπτωση της προσομοίωσης στο Plaxis2D



Εικόνα 3.5: Πύκνωση καννάβου στην περίπτωση της ενιαίας προσομοίωσης της κατασκευής στο Plaxis3D



Εικόνα 3.6: Πύκνωση του καννάβου στην περίπτωση της λεπτομερής προσομοίωσης στο Plaxis3D με πασσάλους

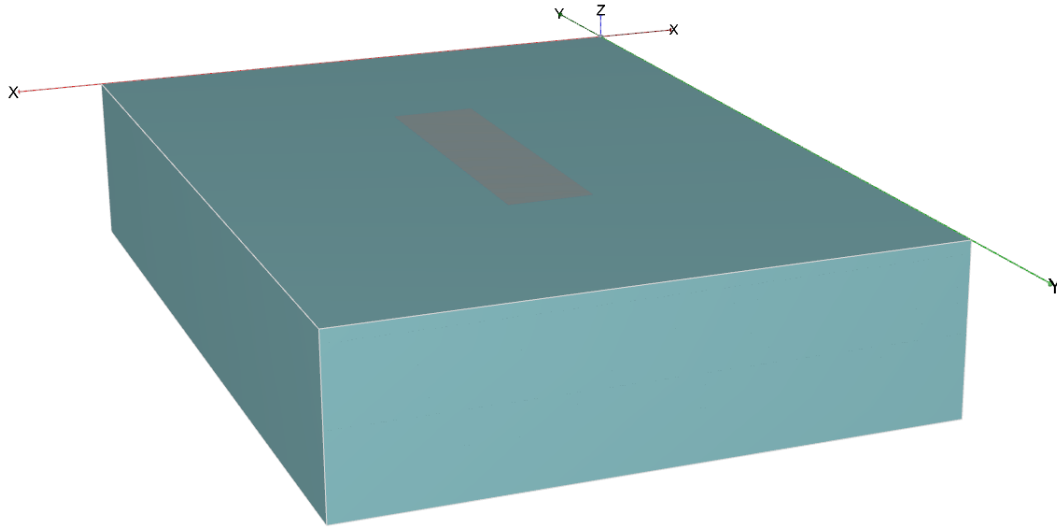
3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Οι αποστάσεις του καννάβου σε κάθε περίπτωση έχουν ορισθεί ως εξής:

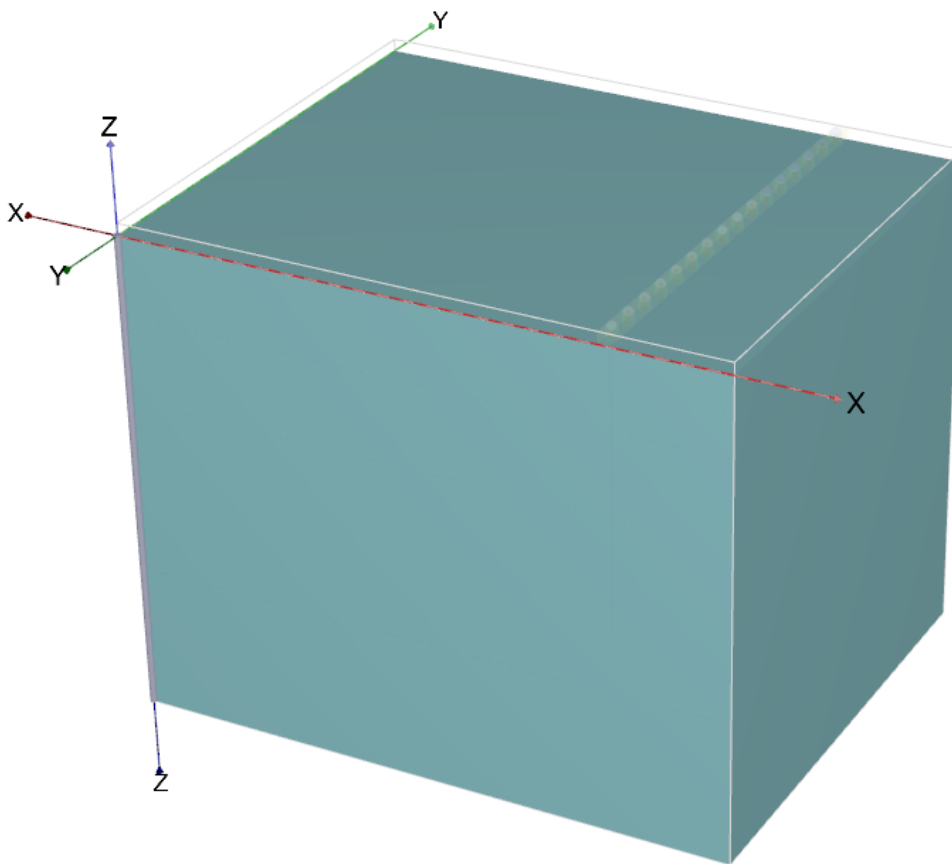
	ΔΙΑΣΤΑΣΗ X (m)	ΔΙΑΣΤΑΣΗ Y (m)	ΔΙΑΣΤΑΣΗ Z (m)
PLAXIS 2D	140	-	40
PLAXIS3D ΑΠΛΗ- ΝΤΟΥΛΑΠΩΤΗ ΕΚΣΚΑΦΗ	140	200	40
PLAXIS 3D ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ	50	40	40

Ενώ οι διαστάσεις της περιοχής εκσκαφής σε κάθε περίπτωση είναι οι ακόλουθες:

	ΔΙΑΣΤΑΣΗ X (m)	ΔΙΑΣΤΑΣΗ Y (m)	ΔΙΑΣΤΑΣΗ Z (m)
PLAXIS 2D	20	-	23
PLAXIS3D ΑΠΛΗ- ΝΤΟΥΛΑΠΩΤΗ ΕΚΣΚΑΦΗ	20	80	23
PLAXIS 3D ΚΑΤΑΚΕΥΗ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ	20	40	23



Εικόνα 3.7: Προσομοίωση εδάφους στο Plaxis 3D



Εικόνα 3.8: Προσομοίωση εδάφους στο Plaxis 3D στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης

3.4 Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού

Οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού αφορούν το εδαφικό καταστατικό προσομοίωμα Hardening soil small και είναι οι εξής:

- Ειδικό ξηρό βάρος: $\gamma_{\text{unsat}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- Ειδικό βάρος: $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Μέτρο ελαστικότητας φόρτισης: $E_{50}^{\text{ref}} = 20 \text{ MPa}$
- Μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης: $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 20 \text{ MPa}$
- Μέτρο ελαστικότητας αποφόρτισης-επαναφόρτισης: $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 100 \text{ MPa}$
- Βαθμός ανομοιογένειας: $m = 0.5$
- Συνοχή: $c = 10 \text{ kPa}$
- Γωνία εσωτερικής τριβής: $\phi = 32^\circ$
- Γωνία διασταλτικότητας: $\psi = 0^\circ$
- Διατμητική παραμόρφωση: $\gamma_{0,7} = 3 \times 10^{-4}$
- Αρχικό μέτρο διάτμησης: $G_0 = 360 \text{ MPa}$
- Λόγος του Poisson κατά την αποφόρτιση: $\nu_{\text{ur}} = 0.2$
- Τάση αναφοράς $P_{\text{ref}} = 100 \text{ kPa}$
- Συντελεστής αντοχής: $R_f = 0.9$
- Συντελεστής διεπιφάνειας: $R_{\text{inter}} = 0.8$

3.5 Δομικά στοιχεία κατασκευής και παράμετροι σχεδιασμού

Αγκύρια

Τα αγκύρια που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις της προσωρινής αντιστήριξης είναι προεντεταμένα ώστε να περιορίζονται οι εδαφικές παραμορφώσεις, να βελτιώνεται και να εξισορροπείται η ευστάθεια μέσω των διατμητικών τάσεων συνάφειας που αναπτύσσονται στη διεπιφάνεια του σώματος πάκτωσης του αγκυρίου και του εδάφους. Επιπλέον, η διάταξη των αγκυρώσεων είναι συμμετρική ως προς την επιφάνεια εκσκαφής και ουσιαστικά αναλαμβάνουν και μεταβιβάζουν στα έδαφος τα επιβαλλόμενα φορτία.

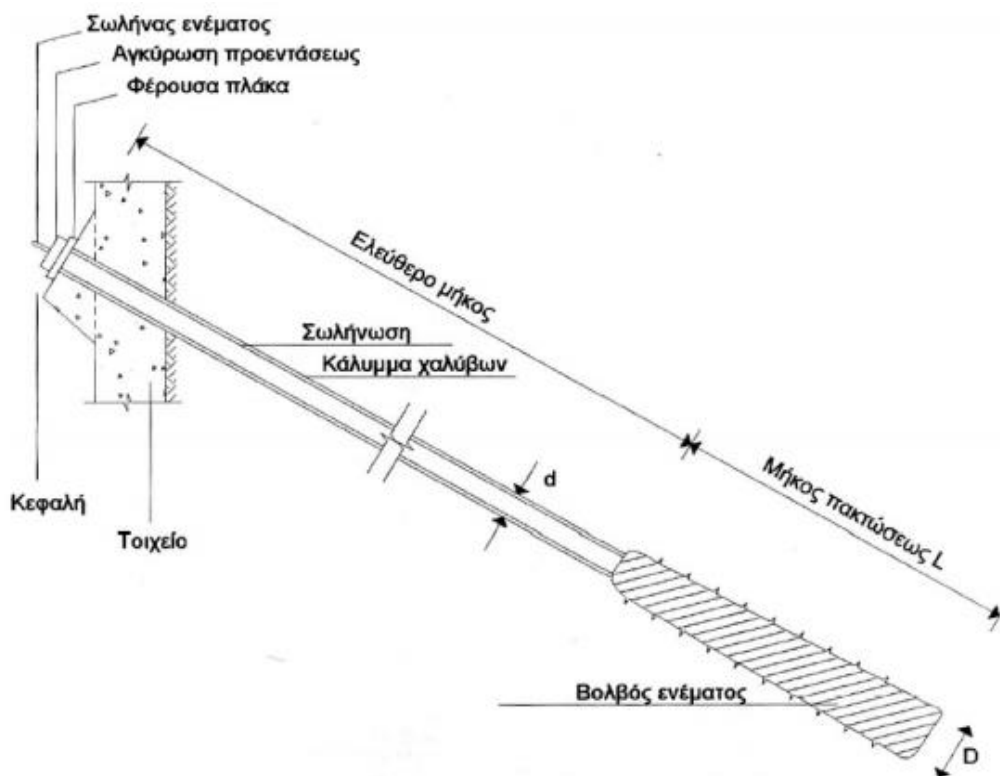
Τα αγκύρια αποτελούνται από τρία βασικά τμήματα: την κεφαλή ή αγκύρωση προέντασης, το ελεύθερο τμήμα ή μήκος (τένοντας ή εναντήρας) και το πακτωμένο τμήμα (άκρο πακτώσεως).

Η κεφαλή του αγκυρίου αποτελεί το τμήμα που δέχεται τις δυνάμεις τανύσεως και τις μεταφέρει από το αγκύριο στην επιφάνεια κατασκευής.

Μέσω ενός γρύλλου επιτρέπει στον τένοντα την προένταση, την διατήρηση της εφαρμοσμένης στάθμης προέντασης, την αποφόρτιση και την επαναφόρτιση της όποτε αυτή χρειαστεί. Η κεφαλή θα πρέπει να μπορεί να φέρει το οριακό εφελκυστικό φορτίο του τένοντα. Επίσης θα πρέπει να επιδέχεται τις παραμορφώσεις που αναμένονται κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.

Το ελεύθερο μήκος του αγκυρίου παρεμβάλλεται ανάμεσα στην κεφαλή και την αρχή του πακτωμένου τμήματος του αγκυρίου, συνεπώς μεταφέρει εφελκυστική δύναμη ανάμεσα σε αυτά τα δύο στοιχεία. Για να μπορεί να αναπτυχθεί η απαραίτητη δύναμη θα πρέπει το μήκος αυτό να είναι απομονωμένο από το γύρω έδαφος ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία τριβών που αντιστέκεται στην επιμήκυνση του. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλα περιβλήματα. Το ελεύθερο μήκος του αγκυρίου αποτελείται από διακριτά συρματόσχοινα ή από μία ενιαία ράβδο από χάλυβα υψηλής αντοχής.

Το πακτωμένο μήκος του αγκυρίου είναι το τμήμα που κατανέμει μέσω ενός βολβού από τσιμεντένεμα ή ειδικές ρητίνες τη δύναμη προεντάσεως στο περιβάλλον έδαφος ασκώντας θλιπτικές τάσεις. Το τμήμα αυτό του αγκυρίου, αποτελεί πολύ σημαντικό μέρος του αφού η αντοχή συνάφειας ανάμεσα στο ένεμα και στο έδαφος αποτελεί τον πιο ευαίσθητο παράγοντα που καθορίζει την φέρουσα ικανότητα του αγκυρίου.



Εικόνα 3.9: Τμήματα αγκυρίου

Η «βιβλιοθήκη» μηχανικών στοιχείων του PLAXIS επιτρέπει την προσομοίωση του πακτωμένου μήκους του αγκυρίου μέσω της στοιχειοθέτησης embedded piles και του ελεύθερου μήκους μέσω του node to node anchor. Τα χαρακτηριστικά των κεφαλών σε όλες τις περιπτώσεις ορίστηκαν ως εξής:

Μέτρο ελαστικότητας: $E=25\text{GPa}$

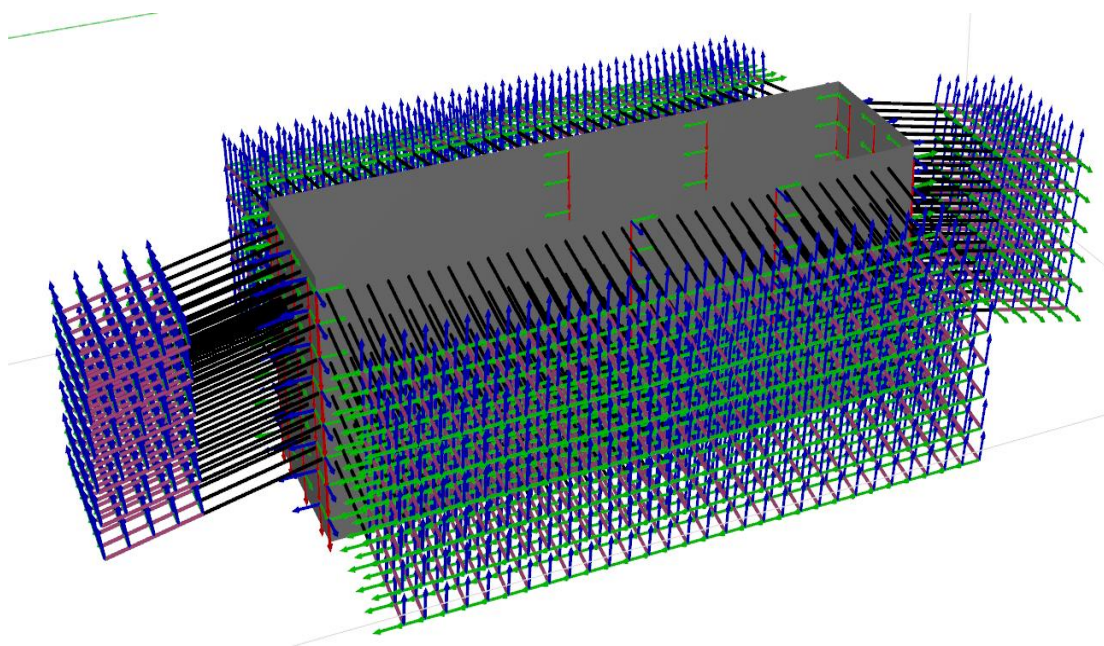
Ειδικό βάρος: $\gamma=25\text{ kN/m}^3$

Διάμετρος: $d=0.15\text{m}$

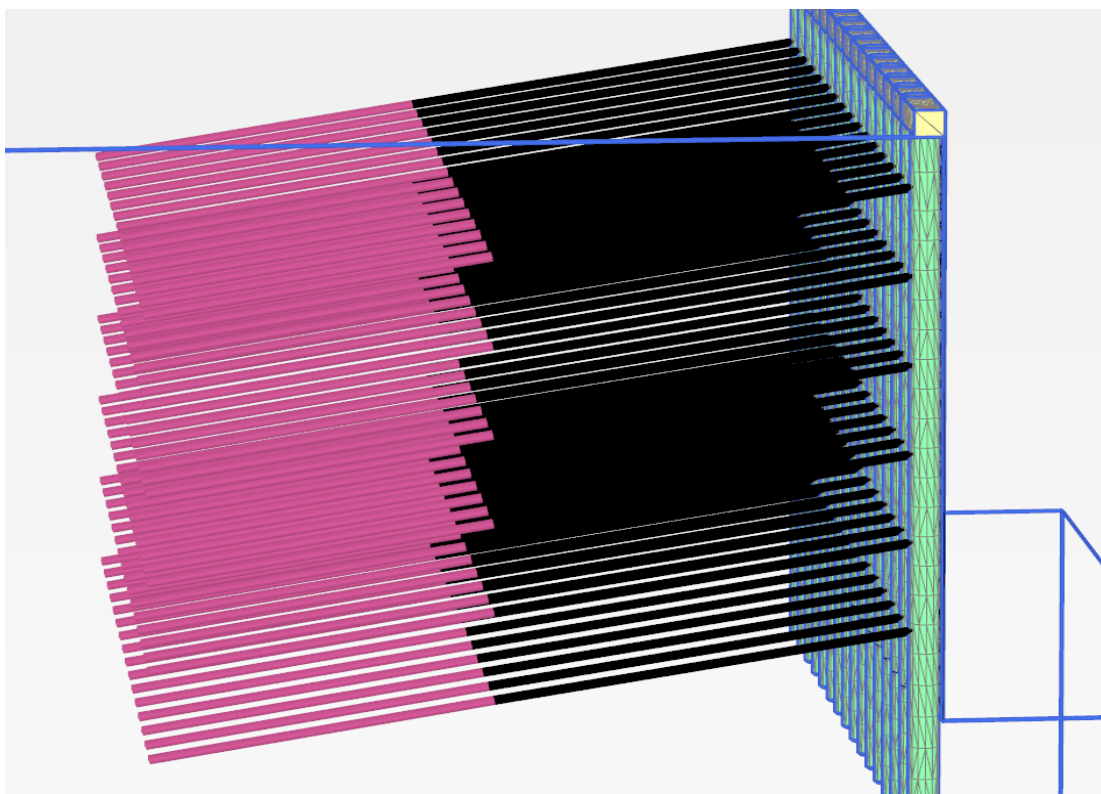
Οριακή τάση συνάφειας στο πάνω και κάτω τμήμα της κεφαλής: $T_{\text{top,max}}=T_{\text{bot,max}}=75\text{ kN/m}$

Το ελεύθερο μήκος των αγκυρώσεων θεωρείται ελαστικό και έχει οριστεί δυστένεια $EA=160000\text{ kN}$.

Το πακτωμένο τμήμα έχει μήκος 12m, ενώ το ελεύθερο τμήμα αγκυρώσεως έχει μήκη 15m, 13m, 11m, 9m, 7m, 5m για την 1^η, 2^η, 3^η, 4^η, 5^η και 6^η σειρά αγκυρώσεως αντιστοίχως.



Εικόνα 3.10: Προσομοίωση αγκυρίων στο Plaxis 3D



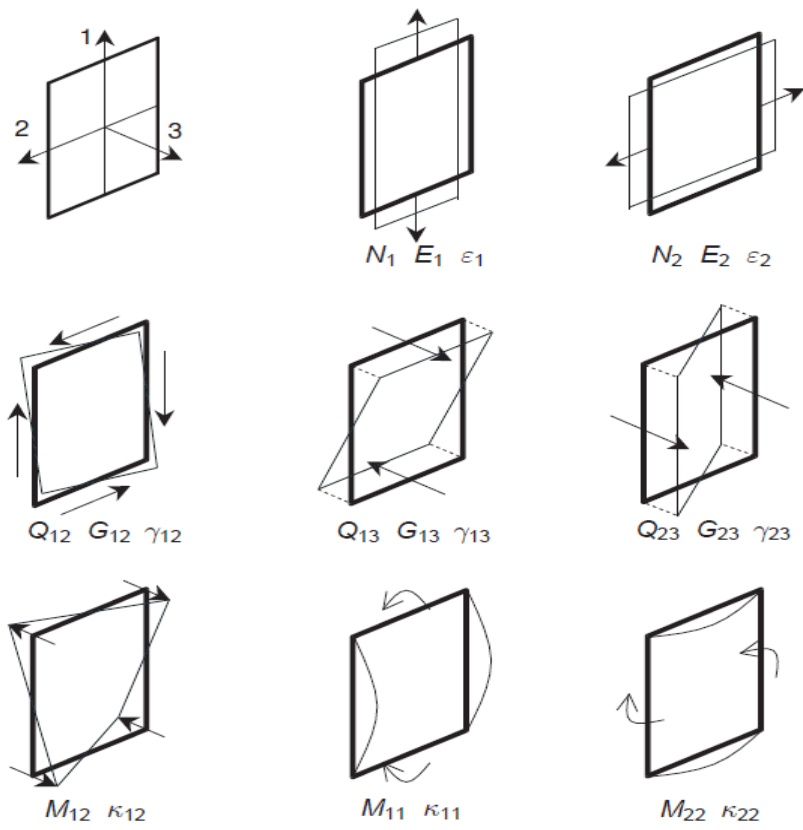
Εικόνα 3.11: Προσομοίωση αγκυρίων στο Plaxis 3D στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης

Πλάκα- έγχυτο σκυρόδεμα

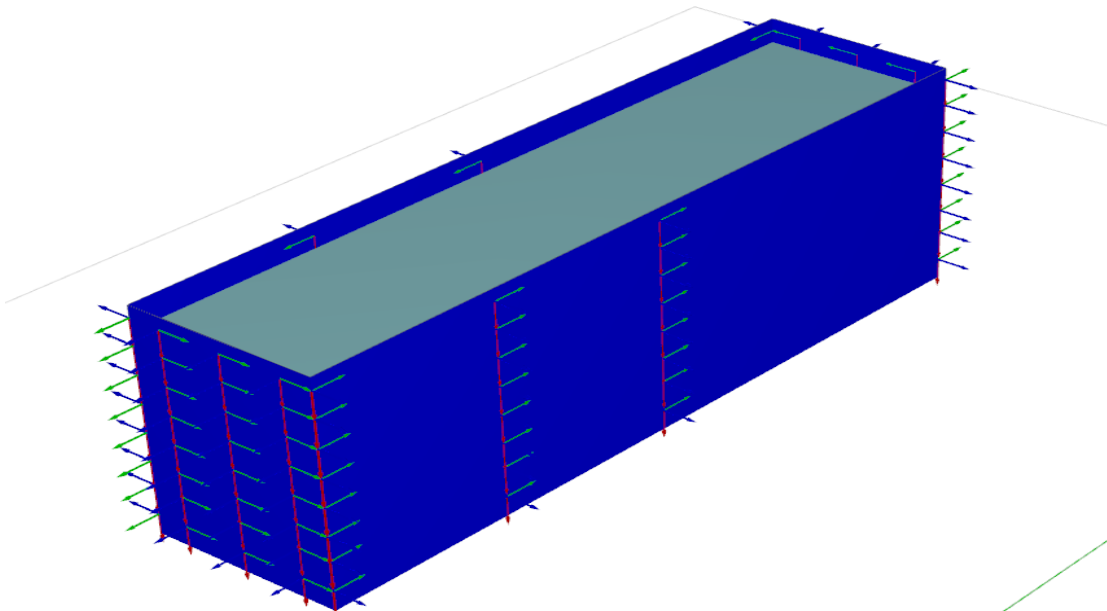
Στις περιπτώσεις προσομοίωσης 2D και 3D με ενιαία και τμηματική εκσκαφή τοποθετήθηκε περιμετρικά του εδάφους που εκσκάφτηκε τοίχος αντιστήριξης που αντιστοιχεί σε σύστημα πασσάλων ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι παραμορφώσεις θα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες. Ο τοίχος αυτός, προσομοιώθηκε ιστροπικά και ανιστροπικά.

Στην πρώτη περίπτωση η προσομοίωση έγινε με συνεχής, γραμμικά ισότροπη κατακόρυφη πλάκα (επιλογή wall) πάχους $d=0.62\text{m}$, ειδικού βάρους $\gamma=25\text{KN/m}^3$, μέτρου ελαστικότητας $E=25\text{GPa}$ και λόγου Poisson $\nu=0.15$.

Με την ανωτέρω παραδοχή, θεωρούμαι ίδια καμπτική ακαμψία και στις τρεις διευθύνσεις. Στην πραγματικότητα όμως η δυσκαμψία αλλάζει και μάλιστα στην πρώτη διεύθυνση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες δύο (αναλυτικά οι τοπικοί άξονες με τις ιδιότητες τους φαίνονται στην εικόνα 3.12) . Έτσι λοιπόν, διατηρώντας γραμμική συμπεριφορά του πασσαλότοιχου, η κυματοειδής συμπεριφορά που στην πραγματικότητα αυτός παρουσιάζει, προσομοιώθηκε χρησιμοποιώντας ανιστροπικά χαρακτηριστικά του υλικού. Πιο συγκεκριμένα εφαρμόστηκε μέτρο ελαστικότητας $E_1=25\text{GPa}$, μέτρο ελαστικότητας $E_2=250\text{MPa}$, λόγος Poisson $\nu=0.15$, εκτός επιπέδου μέτρο διατμήσεως στην κατακόρυφη διεύθυνση $G_{13}=10.87\text{GPa}$ και εκτός επιπέδου μέτρο διατμήσεως στην οριζόντια διεύθυνση ίσο με το εντός επιπέδου μέτρο διατμήσεων $G_{23}=G_{12}=108.7\text{MPa}$.

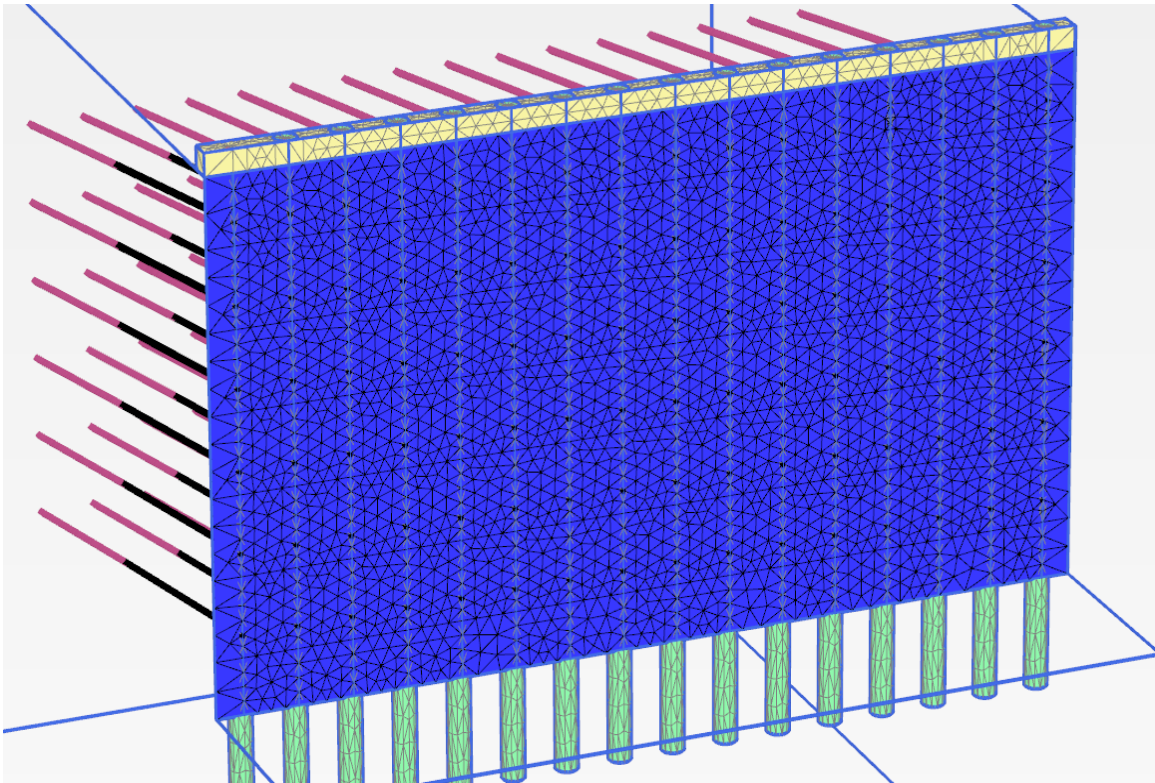


Εικόνα 3.12: Τοπικό σύστημα αξόνων του τοίχου και οι ιδιότητες του σε όλες τις διευθύνσεις.



Εικόνα 3.13: Προσομοίωση κατακόρυφης πλάκας στο Plaxis 3D

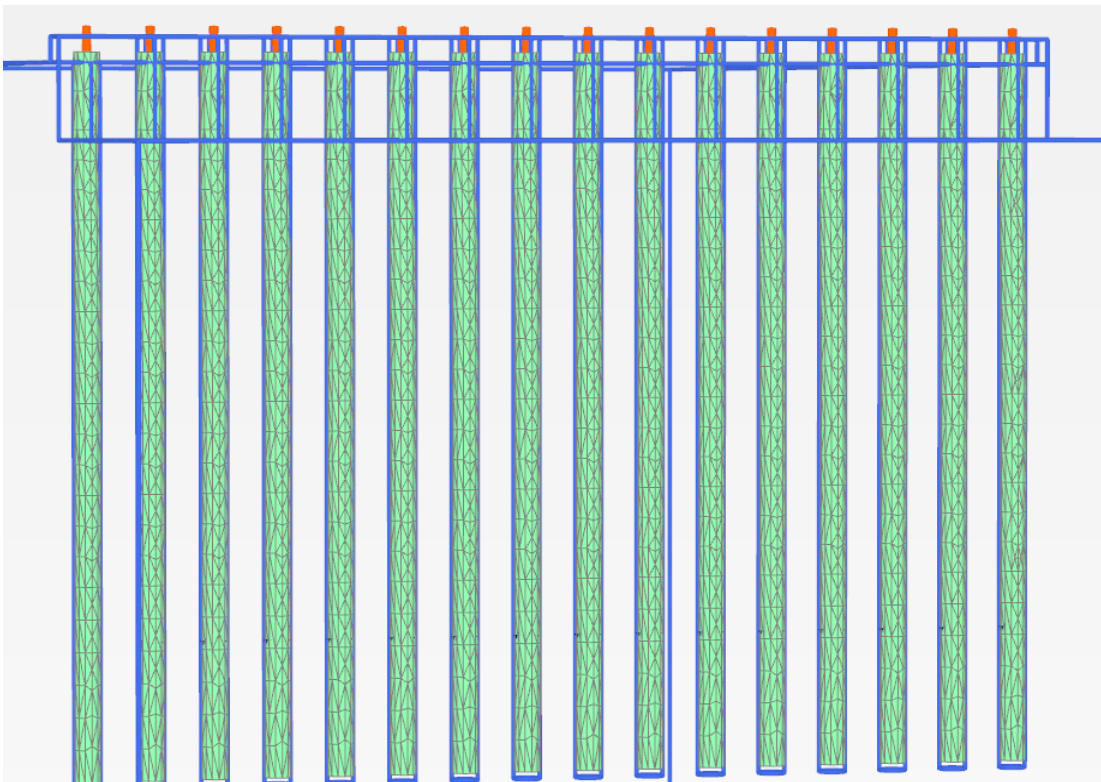
Στην περίπτωση της λεπτομερούς προσομοίωσης στο PLAXIS 3D με πασσάλους περιμετρικά της εκσκαφής τοποθετείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα το οποίο προσομοιώθηκε με συνεχές, γραμμικό κατακόρυφο τοίχιο (επιλογή wall) πάχους $d=0.1\text{m}$, ειδικού βάρους $\gamma=25\text{KN/m}^3$, μέτρου ελαστικότητας $E=20\text{GPa}$ και λόγου Poisson $\nu=0.2$.



Εικόνα 3.14: Προσομοίωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο Plaxis 3D στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης

Πάσσαλοι

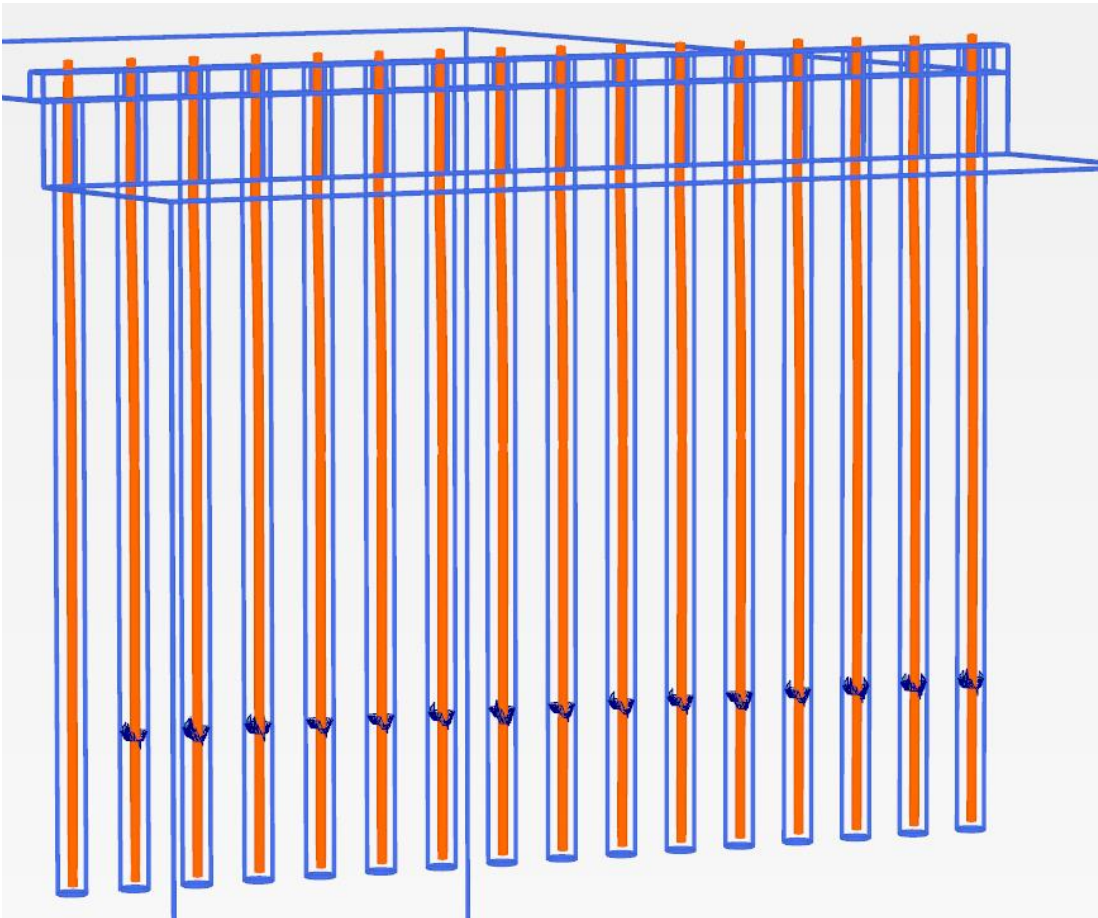
Στην λεπτομερή 3D ανάλυση τοποθετήθηκαν 16 πάσσαλοι δια εκσκαφής διαμέτρου $d=1\text{m}^2$ και συνολικού μήκους $L=29\text{m}$ περιμετρικά της εκσκαφής. Η προσομοίωση τους έγινε μέσω γραμμικώς ελαστικού μοντέλου με ειδικό βάρος $\gamma=25\text{KN}/\text{m}^3$, μέτρο ελαστικότητας $E=30\text{GPa}$ και λόγου Poisson $\nu=0,15$.



Εικόνα 3.15: Προσομοίωση πασσάλων στο Plaxis3D στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης

Κλισιόμετρα

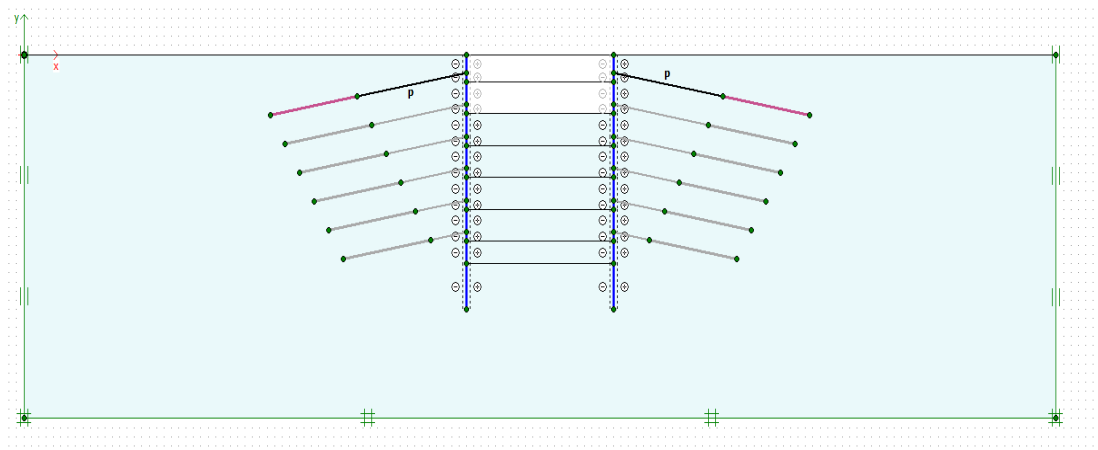
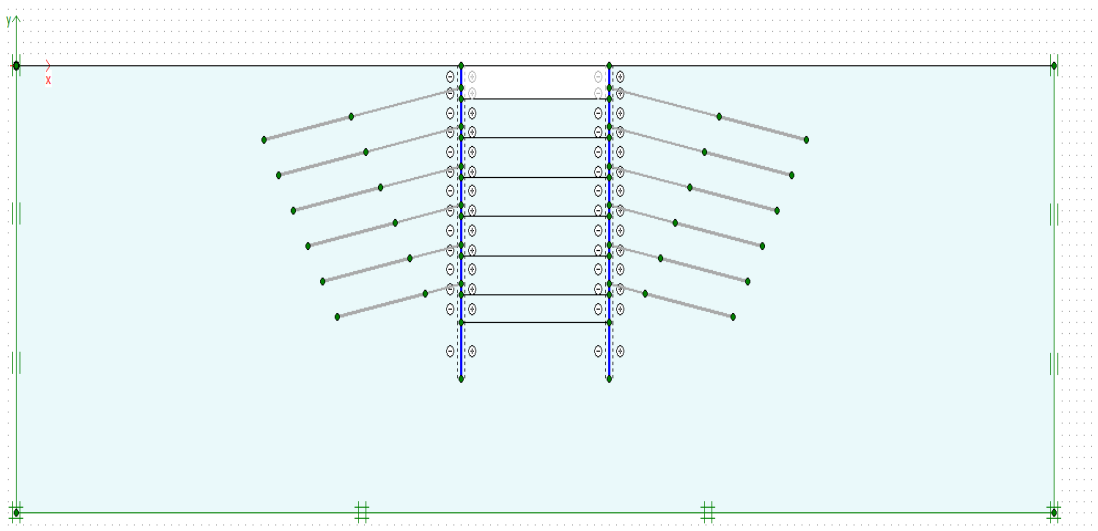
Κατά μήκος όλων των πασσάλων στην λεπτομερή 3D ανάλυση τοποθετήθηκαν κλισιόμετρα ώστε να γίνεται παρακολούθηση των παραμορφώσεων των πασσάλων και των εντατικών μεγεθών. Αυτά προσομοιώθηκαν μέσω κατακόρυφων δοκών (beams) ειδικού βάρους $\gamma=0,01 \text{ KN/m}^3$, διαμέτρου ίση με αυτή των πασσάλων $d=1\text{m}^2$ και μέτρου ελαστικότητας 1000 φορές μικρότερου από αυτό των πασσάλων $E=3000 \text{ KN/m}^3$. Η τελευταία ενέργεια έγινε ώστε να είναι εφικτός ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών των πασσάλων μέσω των κλισιόμετρων.

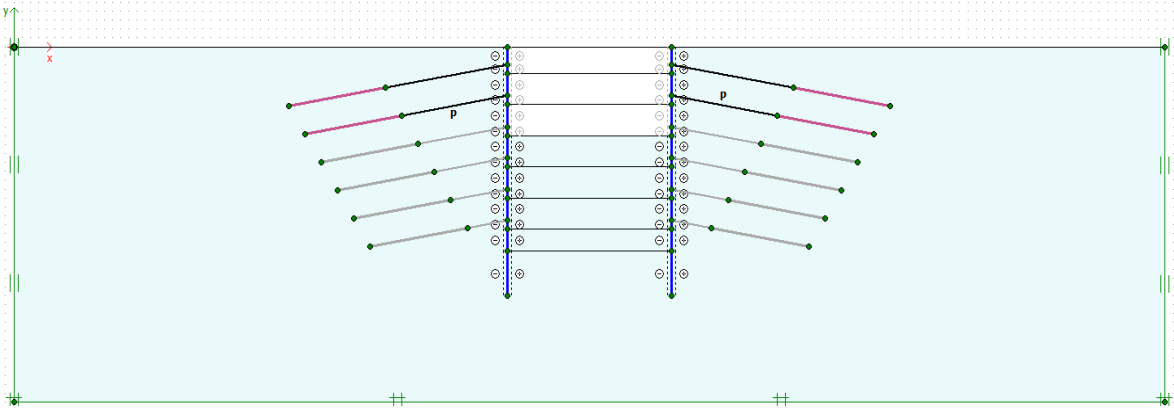


Εικόνα 3.16: Προσομοίωση κλισιόμετρων στο Plaxis3D

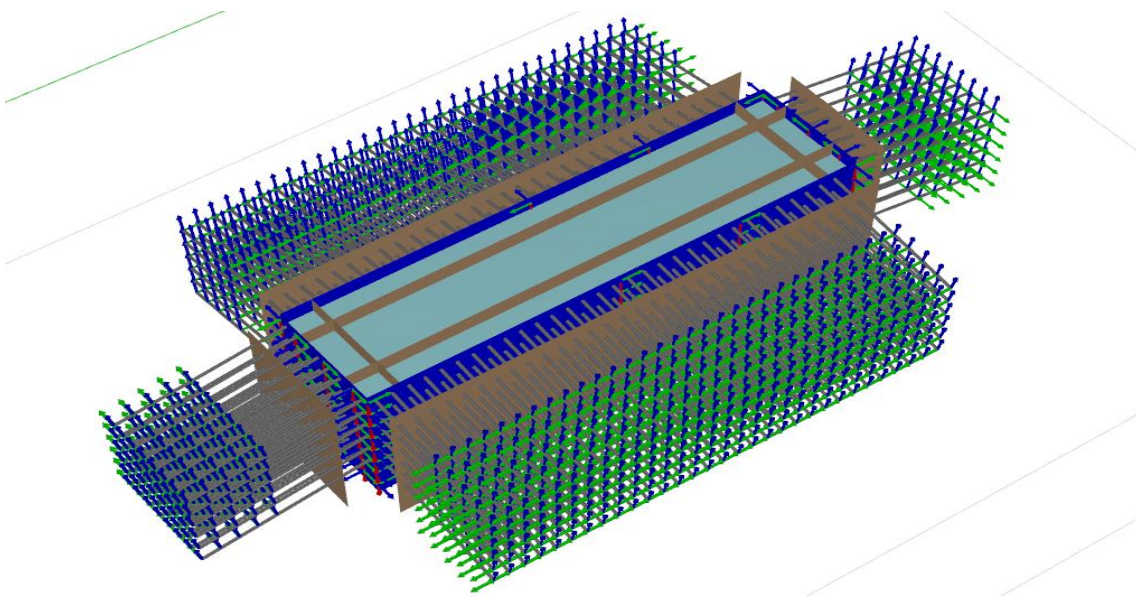
3.6 Επίλυση προσομοιωμάτων

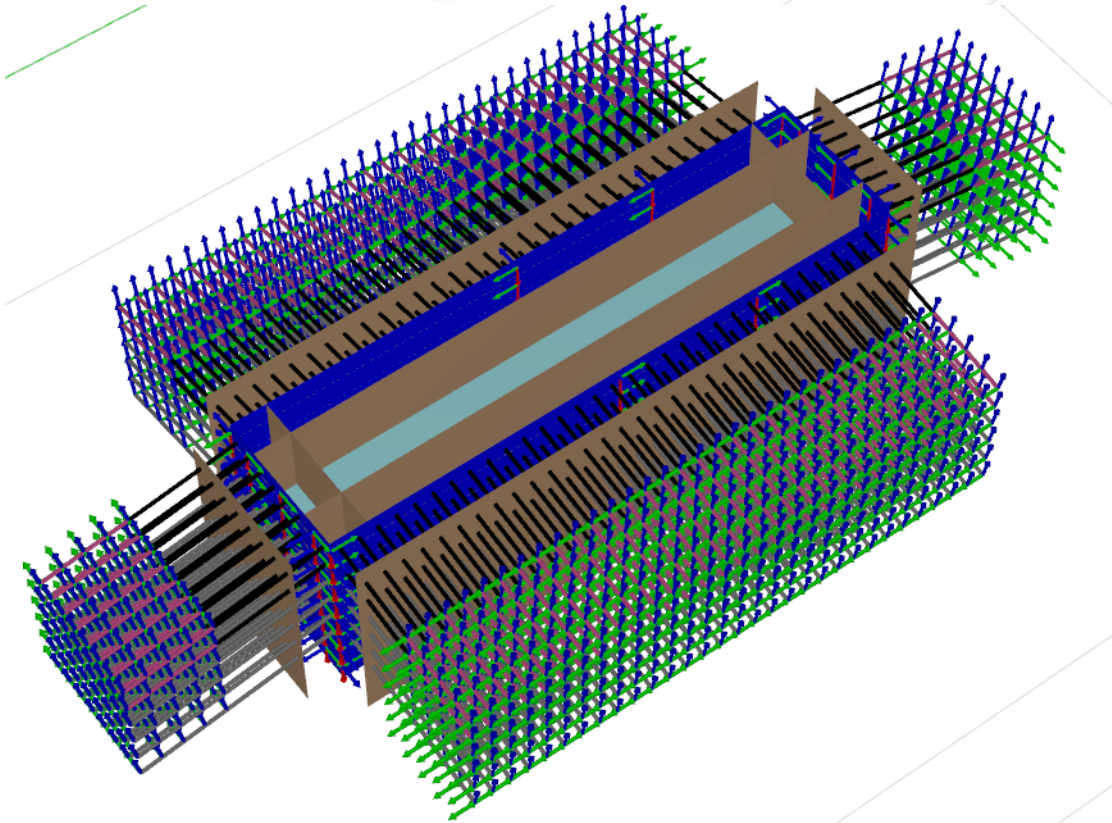
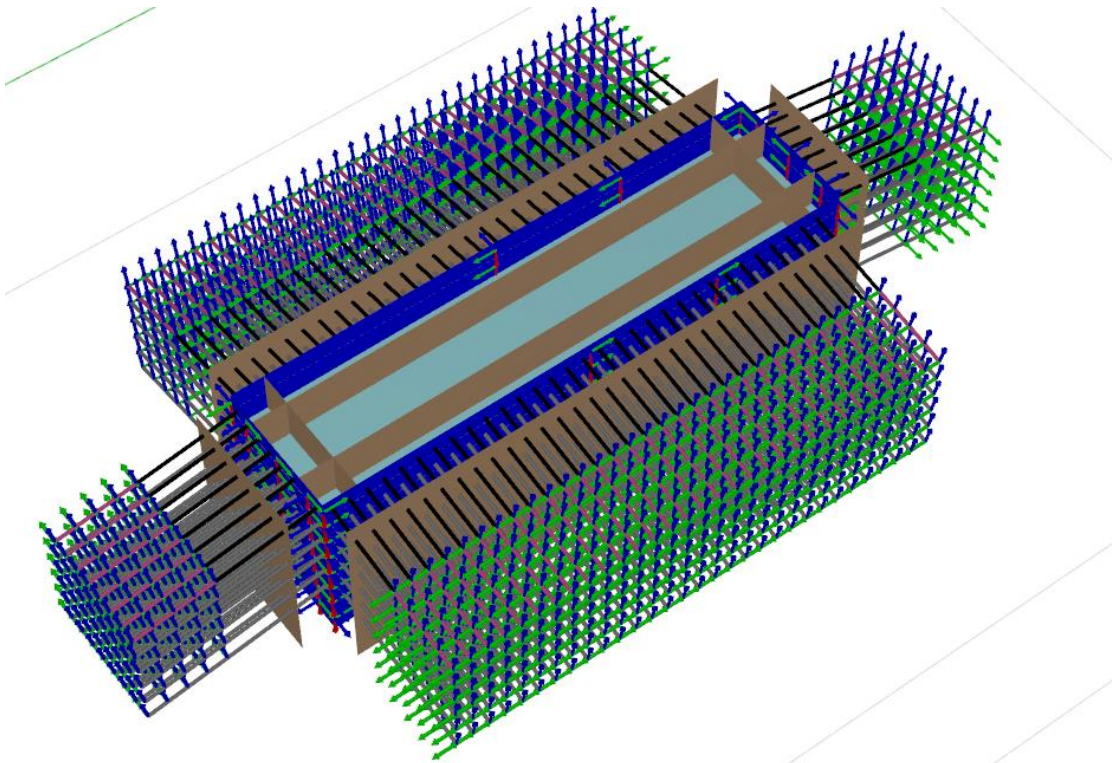
Η υπολογιστική διαδικασία ακολουθεί με απόλυτη ακρίβεια τις φάσεις της κατασκευής. Έτσι αρχικά, ορίζεται η πρώτη φάση των αναλύσεων όπου επικρατούν συνθήκες γεωστατικής ισορροπίας. Στη συνέχεια ενεργοποιούνται τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία της κατασκευής (πλάκες προσωρινής αντιστήριξης και πάσσαλοι) και γίνεται η εκσκαφή των στοιχείων του εδάφους από τον κάρναβο μέχρι την θέση της πρώτης στρώσης των αγκυριών. Στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης με πασσάλους τοποθετείται και το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μέχρι το επίπεδο εκσκαφής. Στην επόμενη φάση των υπολογισμών αφαιρείται η επόμενη στρώση εδάφους απ' τον κάρναβο και εγκαθίσταται η πρώτη σειρά αγκυρώσεων. Και πάλι στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης τοποθετείται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μέχρι το νέο επίπεδο εκσκαφής. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι το τελικό στάδια εκσκαφής και την τάνυση της τελευταίας στρώσης των αγκυριών. Στις εικόνες 3.18, 3.19 απεικονίζεται η ακολουθία της κατασκευαστικής διαδικασίας στην προσομοίωση στο PLAXIS 2D και 3D αντίστοιχα. Η τάνυση των αγκυριών κυμαίνεται σε δυνάμεις από 290KN μέχρι 600KN.

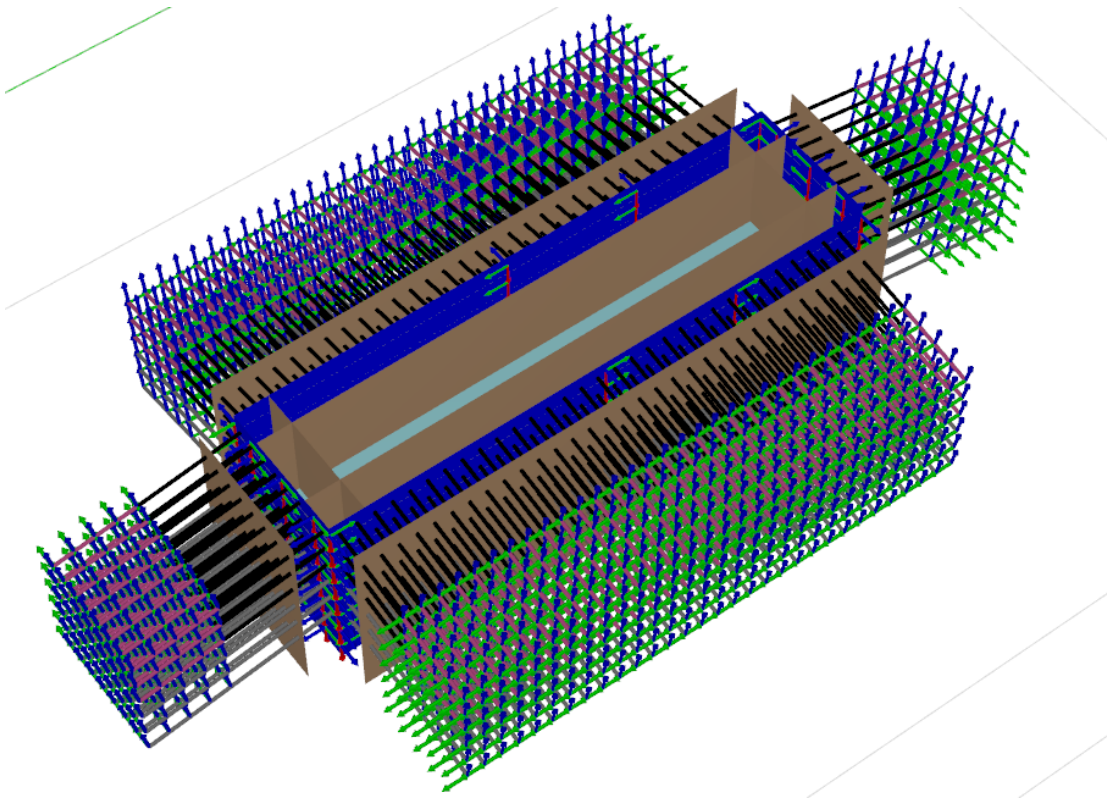




Εικόνα 3.18: Ακολουθία της κατασκευαστικής διαδικασίας. Ενιαία προσομοίωση της 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} φάσης στο Plaxis2D







Εικόνα 3.19: Ακολουθία της κατασκευαστικής διαδικασίας. Ενιαία προσομοίωση της 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης} φάσης στο Plaxis3D

Στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής, η κατασκευαστική διαδικασία προσομοιώνεται με 25 φάσεις ανάλυσης. Στην πρώτη φάση, γίνεται εκσκαφή τμήματος των στοιχείων του εδάφους από τον κάρναβο τετραγωνικών διαστάσεων $20 \times 20 \text{m}^2$. Στην επόμενη φάση γίνεται εκσκαφή του επόμενου τμήματος του εδάφους ίδιων διαστάσεων με πριν, $20 \times 20 \text{m}^2$ και εγκαθίστανται τα αγκύρια στο προηγούμενο κομμάτι εδάφους που αφαιρέθηκε. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι το τελικό στάδιο εκσκαφής και την τάνυση όλων των αγκυρώσεων. Στις εικόνες 3.20 απεικονίζεται η ακολουθία της κατασκευαστικής διαδικασίας στο PLAXIS 3D.

Στις υπόλοιπες περιπτώσεις αριθμητικής προσομοίωσης που εξετάστηκαν οι αναλύσεις έγιναν σε 7 φάσεις αναλύσεως.

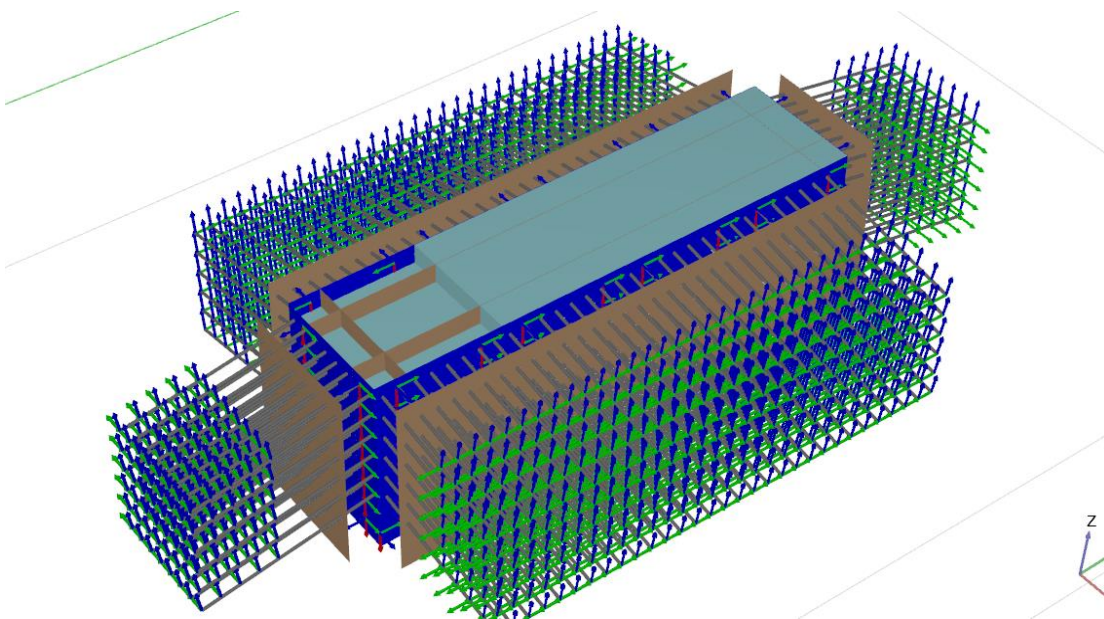
Πιο αναλυτικά περιγράφονται παρακάτω οι φάσεις της θεωρητικής προσομοίωσης της κατασκευαστικής διαδικασίας:

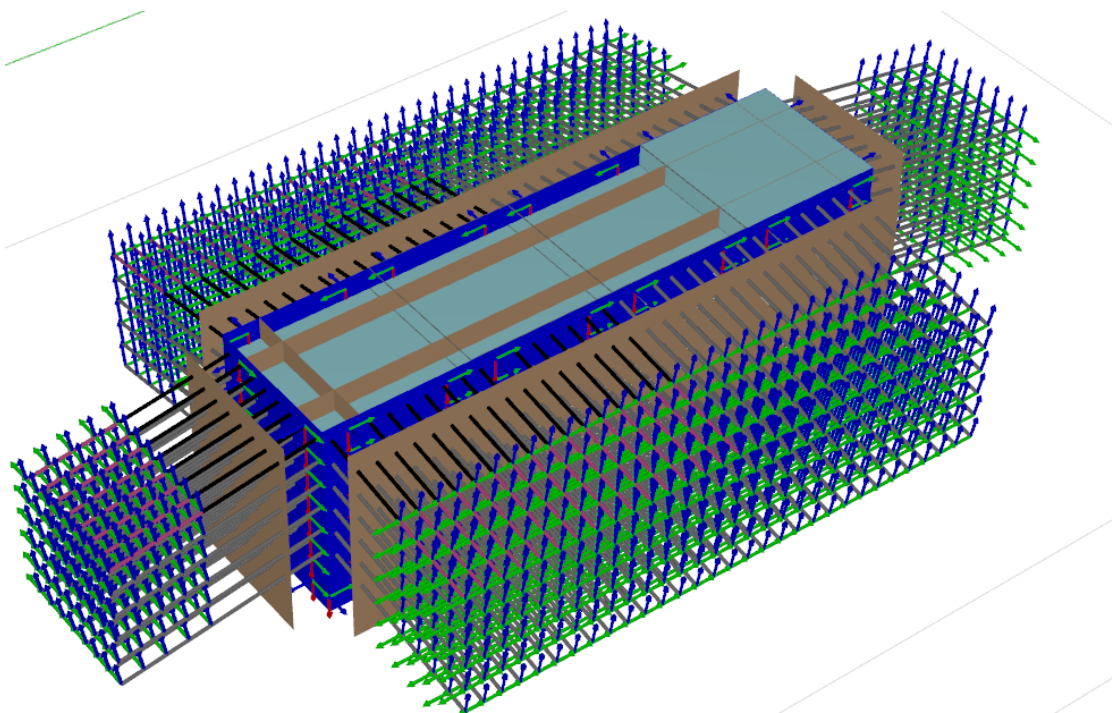
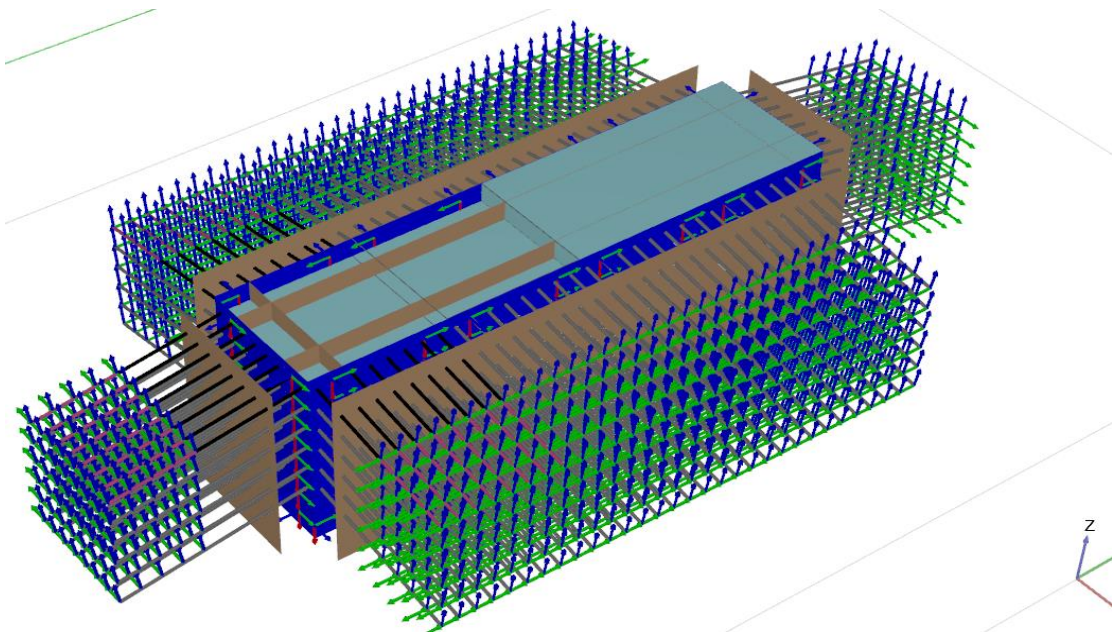
ΑΝΑΛΥΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (m)
0. Αρχικές γεωστατικές συνθήκες	
1. Τοποθέτηση πασσάλων- εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος	3
2.Εγκατάσταση και τάνυση της πρώτης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	6,5
3.Εγκατάσταση και τάνυση της δεύτερης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	10
4.Εγκατάσταση και τάνυση της τρίτης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	13,5
5.Εγκατάσταση και τάνυση της τέταρτης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	17
6.Εγκατάσταση και τάνυση της πέμπτης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	20,5
7.Εγκατάσταση και τάνυση της έκτης σειράς αγκυρίων-εκσκαφή(ολική)-στην λεπτομερή ανάλυση τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος)	23

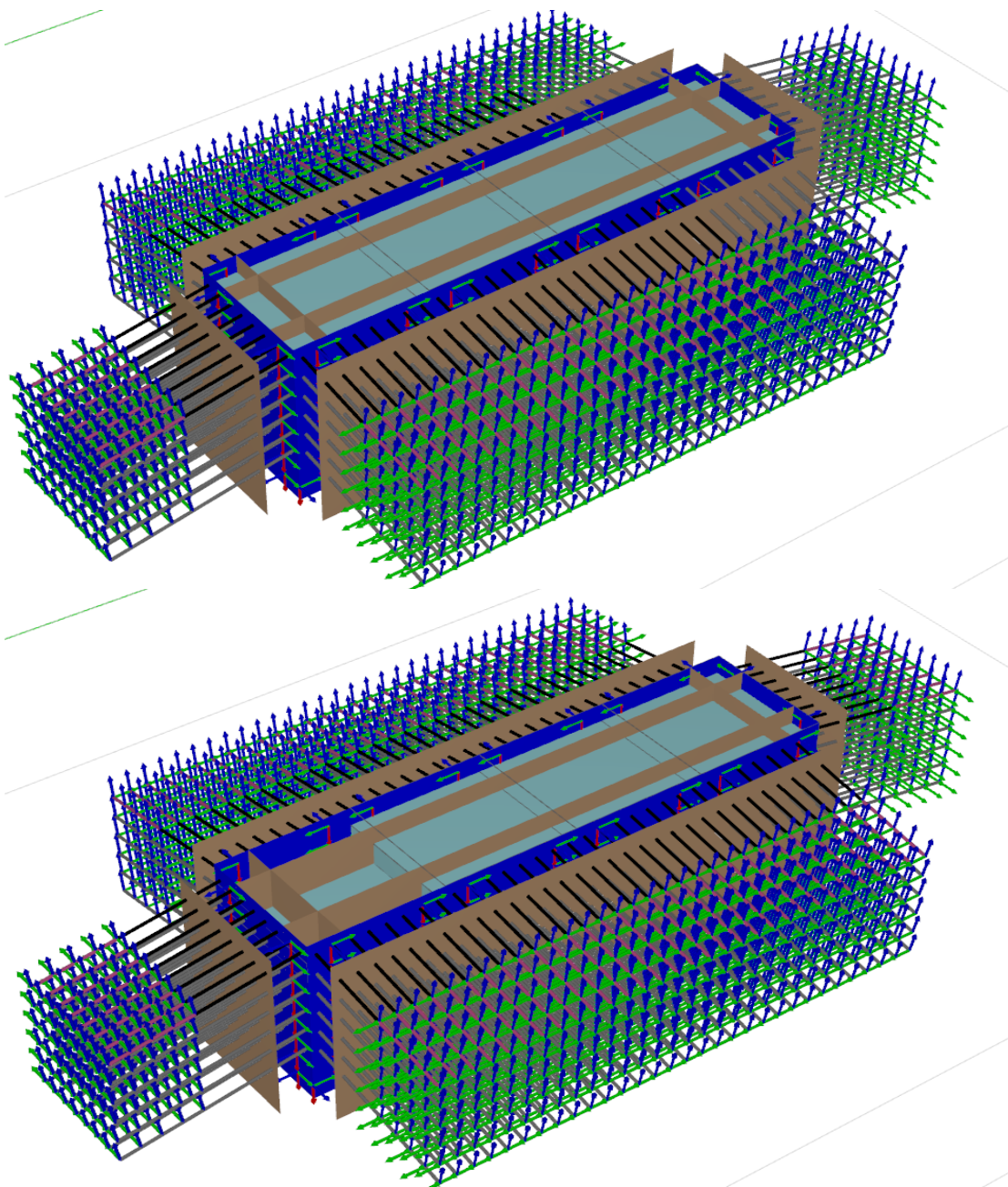
Για την περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής οι φάσεις της θεωρητικής προσομοίωσης της κατασκευαστικής διαδικασίας είναι οι εξής:

ΑΝΑΛΥΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (m)
0. Αρχικές γεωστατικές συνθήκες	
1. Τοποθέτηση πασσάλων- εκσκαφή(τμηματική)	3
2.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	3
3.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	3
4.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	3
5.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	6,5

21.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	20,5
22.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	20,5
23.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	20,5
24.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(τμηματική)	20,5
25.Εγκατάσταση και τάνυση των αγκυρίων στο τμήμα εκσκαφής της προηγούμενης φάσης-εκσκαφή(ολική)	23







Εικόνα 3.20: Ακολουθία της κατασκευαστικής διαδικασίας. Τμηματική προσομοίωση της 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} φάσης στο Plaxis3D

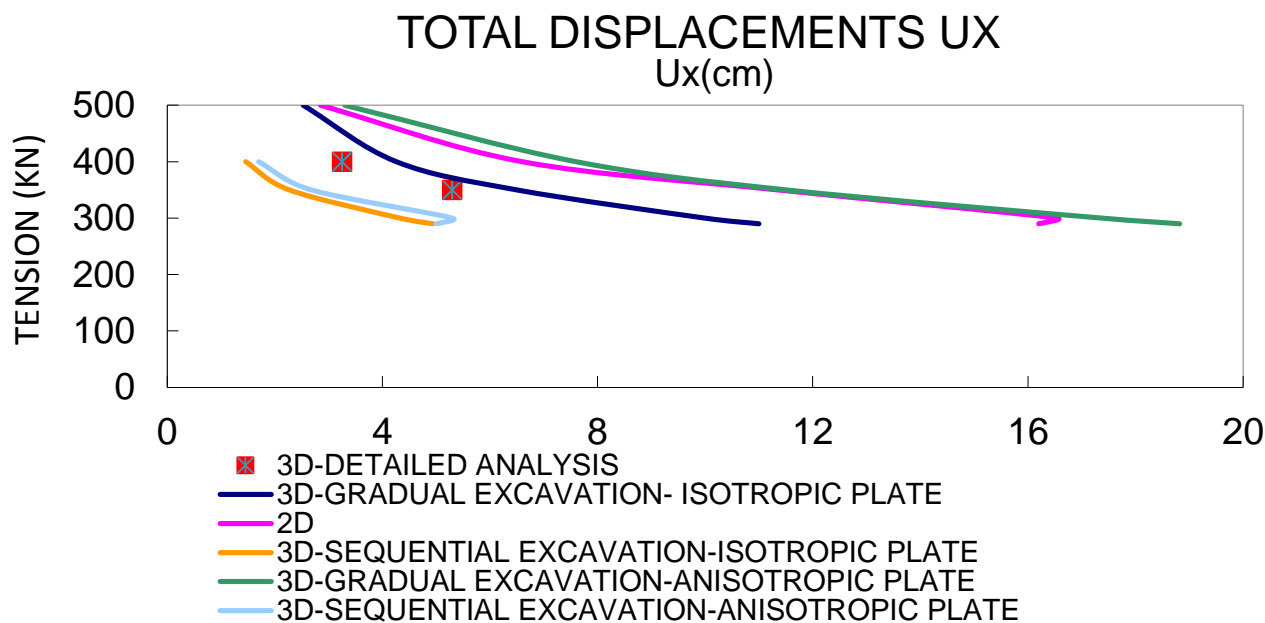
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό, απεικονίζονται σχήματα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων της τελευταίας φάσης της κατασκευής για κάθε περίπτωση και για χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως των αγκυρίων. Παρουσιάζονται εικόνες υπό την μορφή: παραμορφωμένου καννάβου των πεπερασμένων στοιχείων, παραμορφωμένων αγκυρίων και πασσαλότοιχου, διανυσμάτων της συνισταμένης μετακίνησης, πλαστικών σημείων που αναπτύσσονται στο έδαφος σε φάση λειτουργίας, χρωματικής απεικόνισης των μετατοπίσεων της κατασκευής, συνολικής διατμητικής παραμόρφωσης καννάβου, χρωματικής απεικόνισης των μετατοπίσεων και των εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο και κατανομές μετακινήσεων και εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του σταθμού. Οι κατανομές των εντατικών μεγεθών είναι ανά μέτρο μήκους. Σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τριών χαρακτηριστικών τανύσεων, της μέγιστης τιμής τανύσεως, της τάνυσης κατά την αστοχία του εδάφους και μίας ενδιάμεσης τιμής.

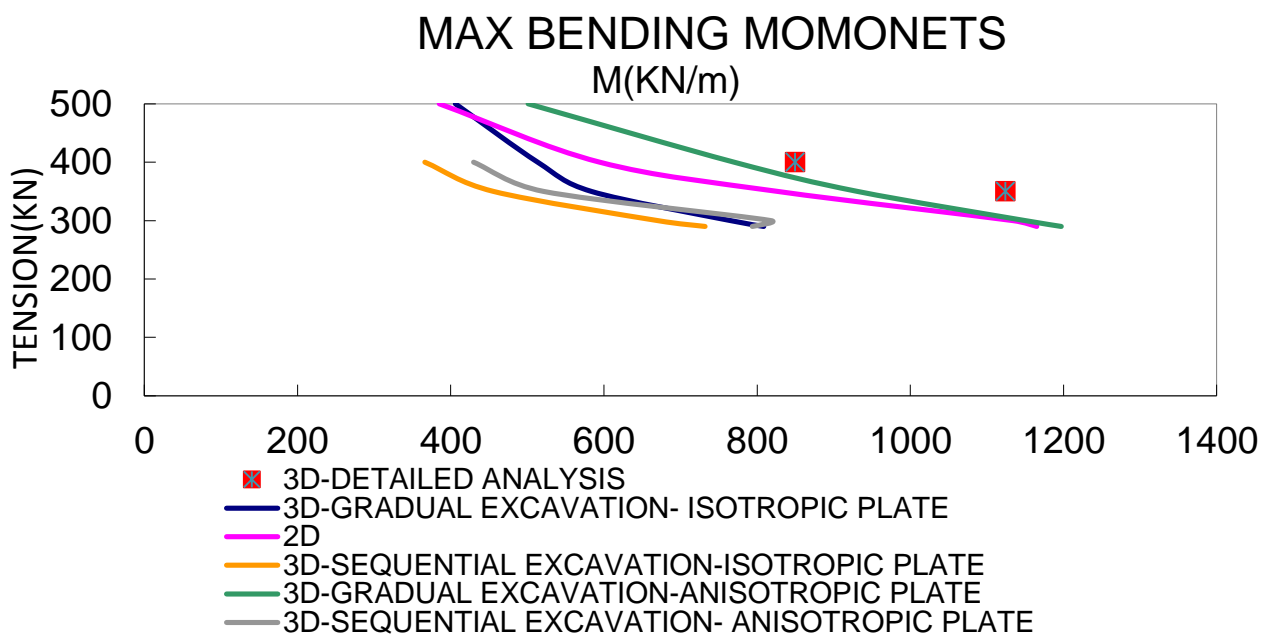
Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Σε κάθε περίπτωση, όσο αυξάνεται η αντοχή των αγκυρίων, επομένως και η δύναμη τανύσεως τους, τόσο μειώνονται η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση και η καμπτική ροπή.
- Σε όλες τις περιπτώσεις, το τοίχιο αντιστήριξης παραμορφώνεται κυρίως προς τα μέσα, με μέγιστες παραμορφώσεις και καμπτικές ροπές στις κεντρικές περιοχές εκσκαφής. Στις γωνίες τις εκσκαφής η τιμές των μετατοπίσεων είναι αμελητέες.
- Μικρές περιοχές πλαστικοποίησης διακρίνονται αμέσως κάτω από τη στάθμη γενικής εκσκαφής, στις θέσεις των πασσάλων, καθώς και στις στάθμες ορισμένων αγκυρώσεων, προφανώς λόγω της συγκέντρωσης των τάσεων, λόγω της τάνυσης των αγκυρίων.
- Μεγαλύτερες τιμές επαυξητικής παραμόρφωσης συναντώνται στις εδαφικές περιοχές που περιβάλλουν τις αγκυρώσεις εξαιτίας της συγκέντρωσης των τάσεων λόγω της τάνυσης των αγκυρώσεων.
- Στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής οι τιμές της οριζόντιας μετατόπισης είναι περίπου οι μισές των αντίστοιχων τιμών μετατόπισης στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής ενώ οι αποκλίσεις των ροπών είναι πολύ μικρότερες. Σύγκριση των δύο περιπτώσεων προσομοίωσης γίνεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5.2.
- Από τις προσομοιώσεις του πασσαλότοιχου με ανισοτροπική πλάκα είτε στην περίπτωση ενιαίας είτε στην περίπτωση τμηματικής εκσκαφής, προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές μετατοπίσεων και ροπών συγκριτικά με τις προσομοιώσεις του πασσαλότοιχου με ισοτροπική πλάκα. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής, οι τιμές οριζόντιας μετατόπισης είναι σχεδόν διπλάσιες στην προσομοίωση με ανισοτροπική πλάκα σε σχέση με την ισοτροπική. Αυτό προκύπτει, λόγω της καμπτικής αλληλεπίδρασης των πασσάλων στην πρώτη περίπτωση.
- Η λεπτομερής ανάλυση παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες ροπές κάμψης σε σχέση με τις υπόλοιπες αναλύσεις, ενώ οι τιμές των οριζόντιων μετακινήσεων που προκύπτουν είναι πλησιέστερες σε αυτές της τμηματικής εκσκαφής.

Μια γενική εικόνα των αποτελεσμάτων των μέγιστων ροπών και οριζόντιων μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο για τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν φαίνεται στα διαγράμματα 4.1 και 4.2 που ακολουθούν.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα μέγιστων οριζόντιων μετακινήσεων συναρτήση της τιμής τανύσεως των αγκυρίων για τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα ροπών συναρτήση της τιμής τανύσεως των αγκυρίων για τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

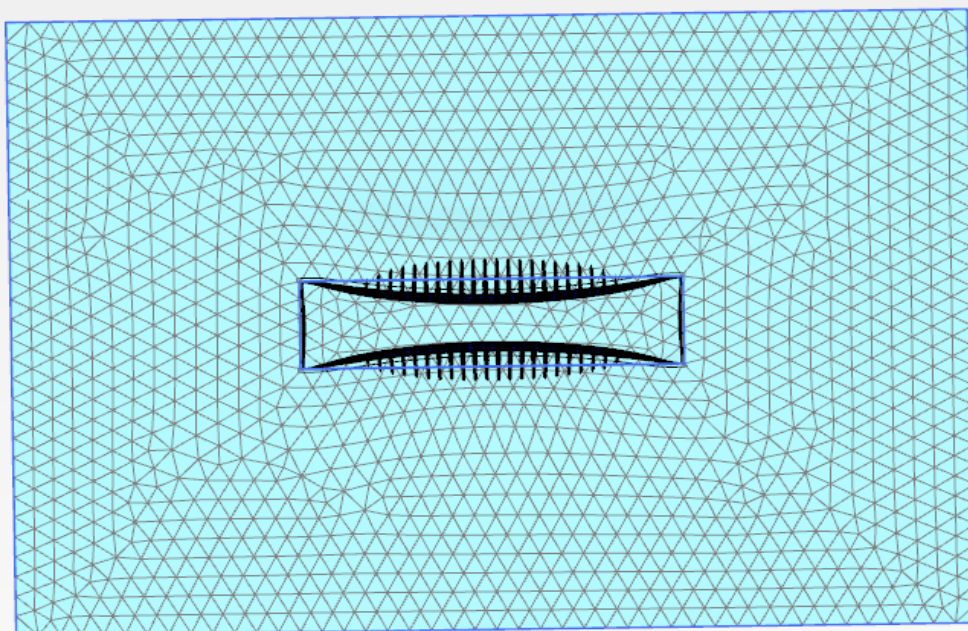
4.1 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ιστροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τάνυσεως των αγκυρίων.

ΤΑΝΥΣΗ(KN)	Ux(cm)	M(KNm/m)
600	1,5	301,9
500	2,53	406
400	4,26	513,5
350	6,5	583,6
300	10	765,3
290	11	808,6
280	12,5	854,8
270	14	912,8
260	15	960,2

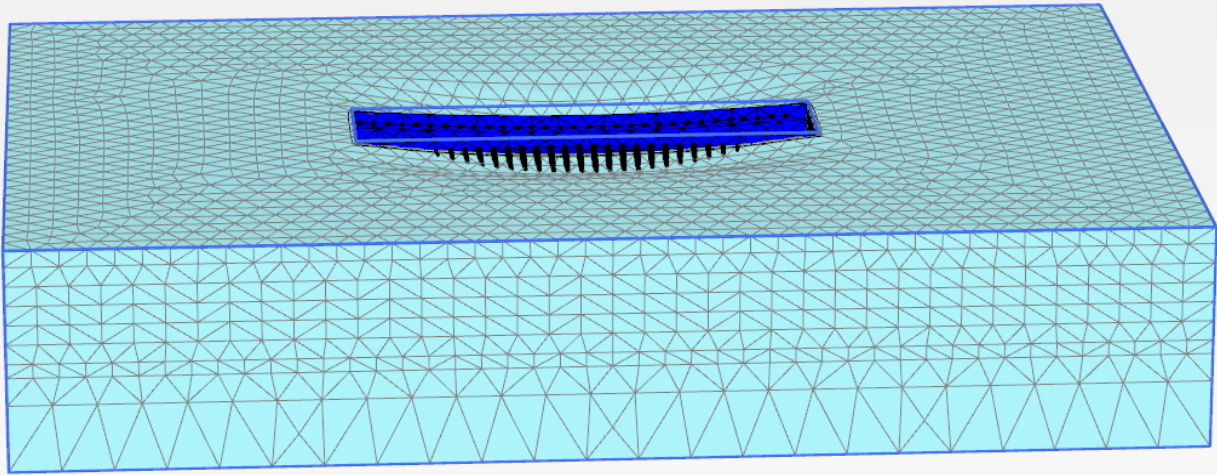
Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύο χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως (290KN και 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

4.1.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN

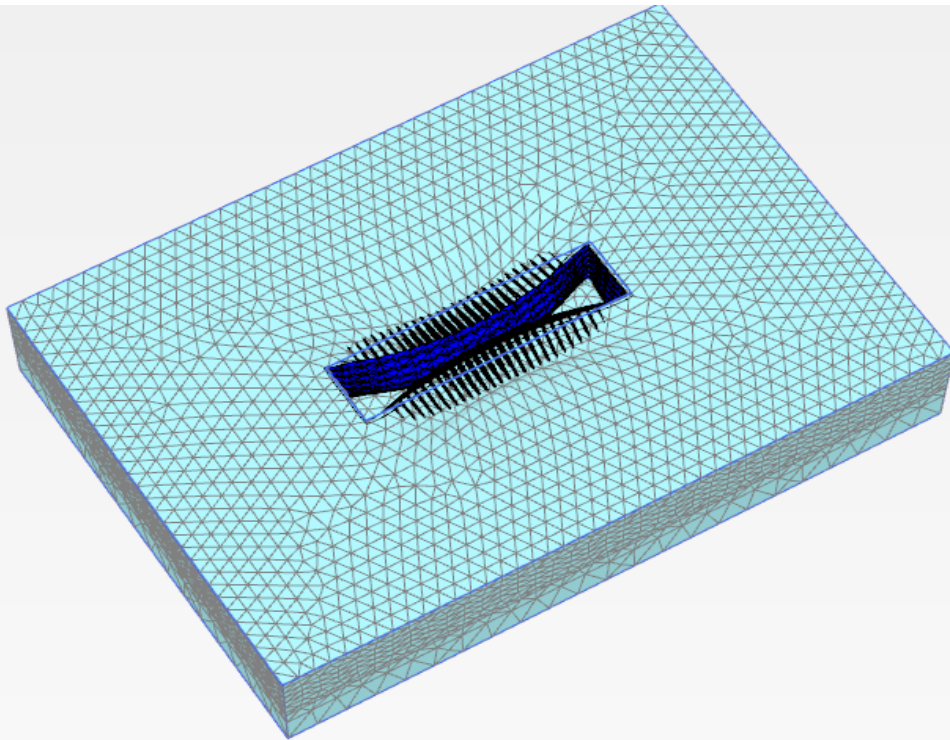


Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,1387 m (at Node 97162)

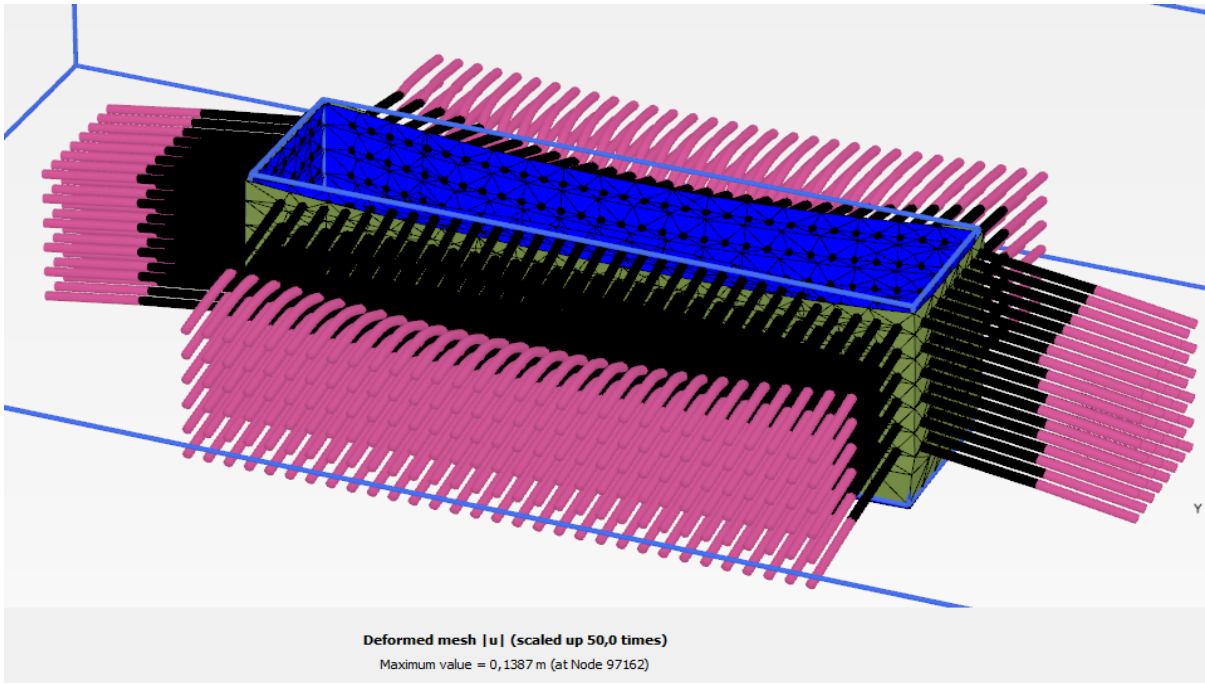


Deformed mesh $|u|$ (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,1387 m (at Node 97162)

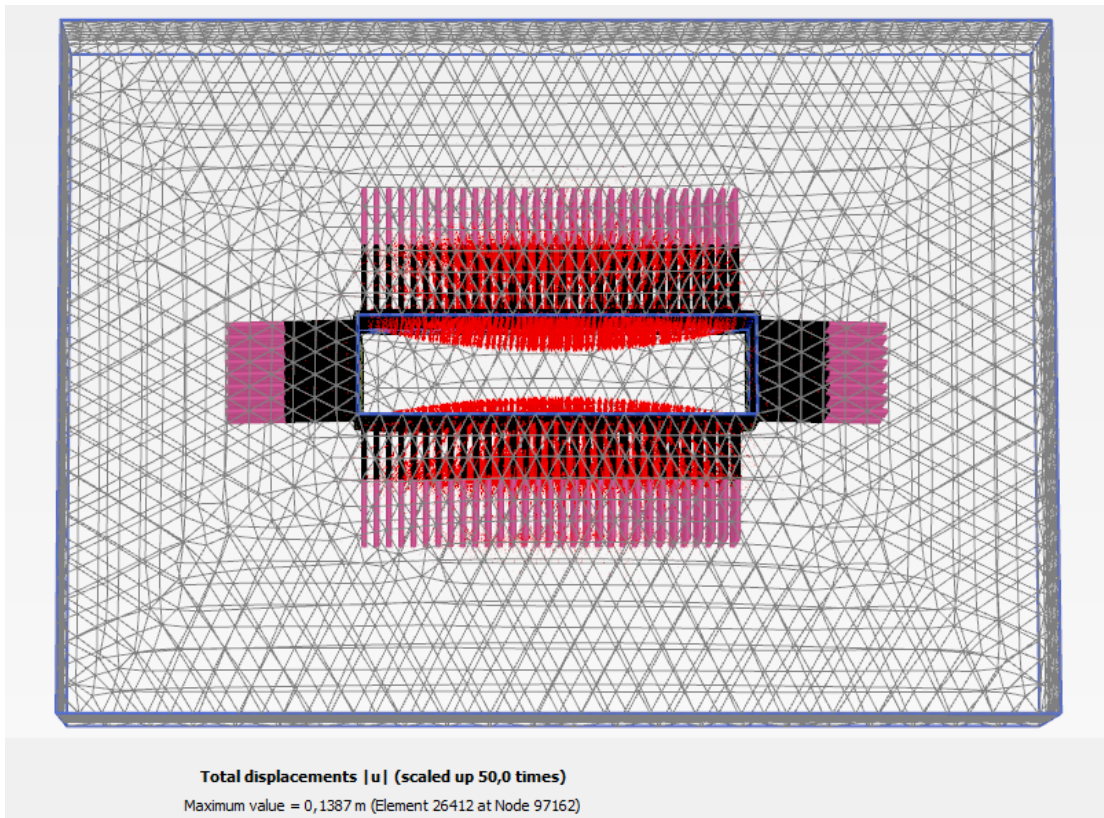


Deformed mesh $|u|$ (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,1387 m (at Node 97162)

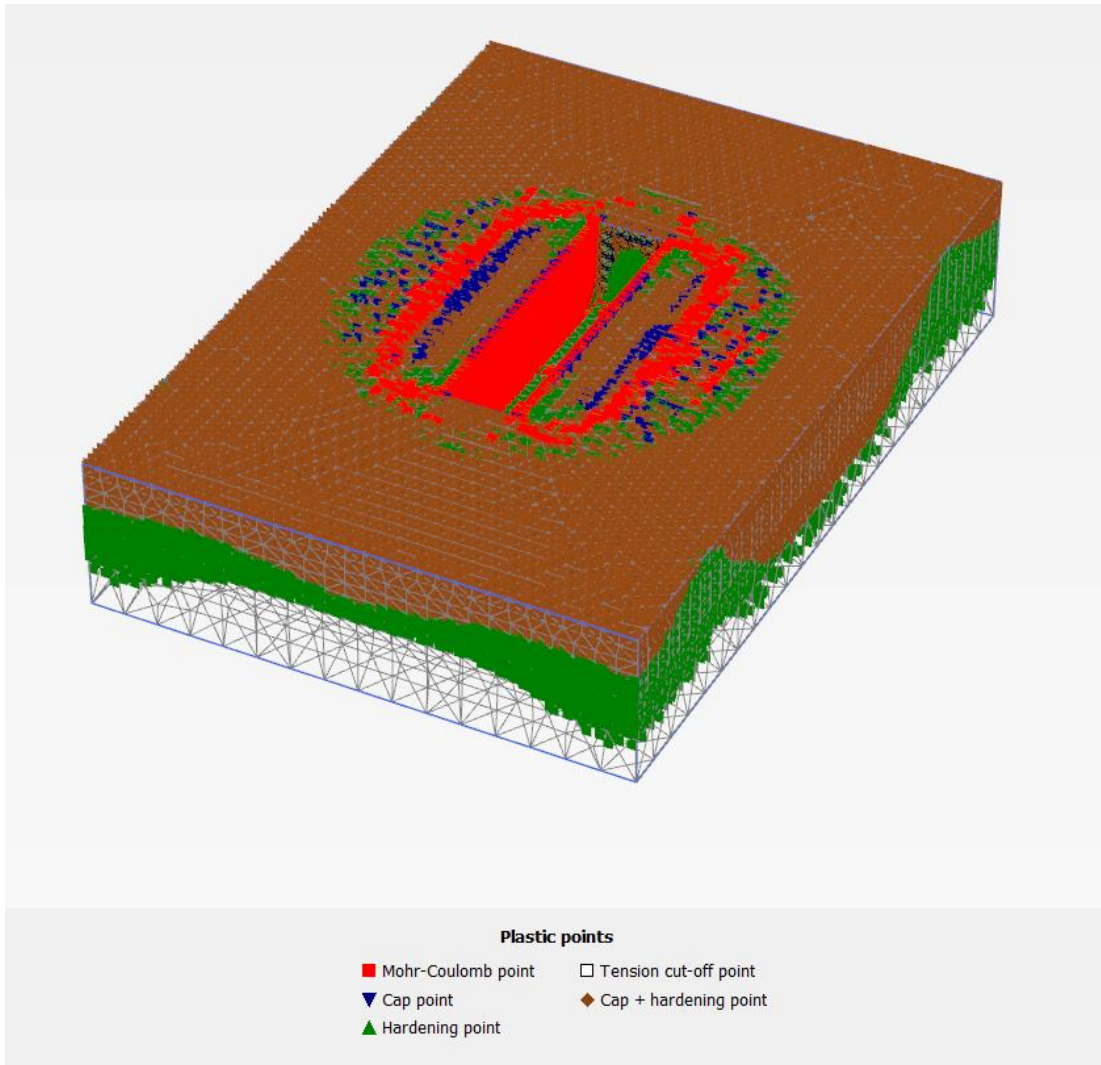
Εικόνα 4.1.1: Παραμορφωμένος κώνναβος πεπερασμένων στοιχείων



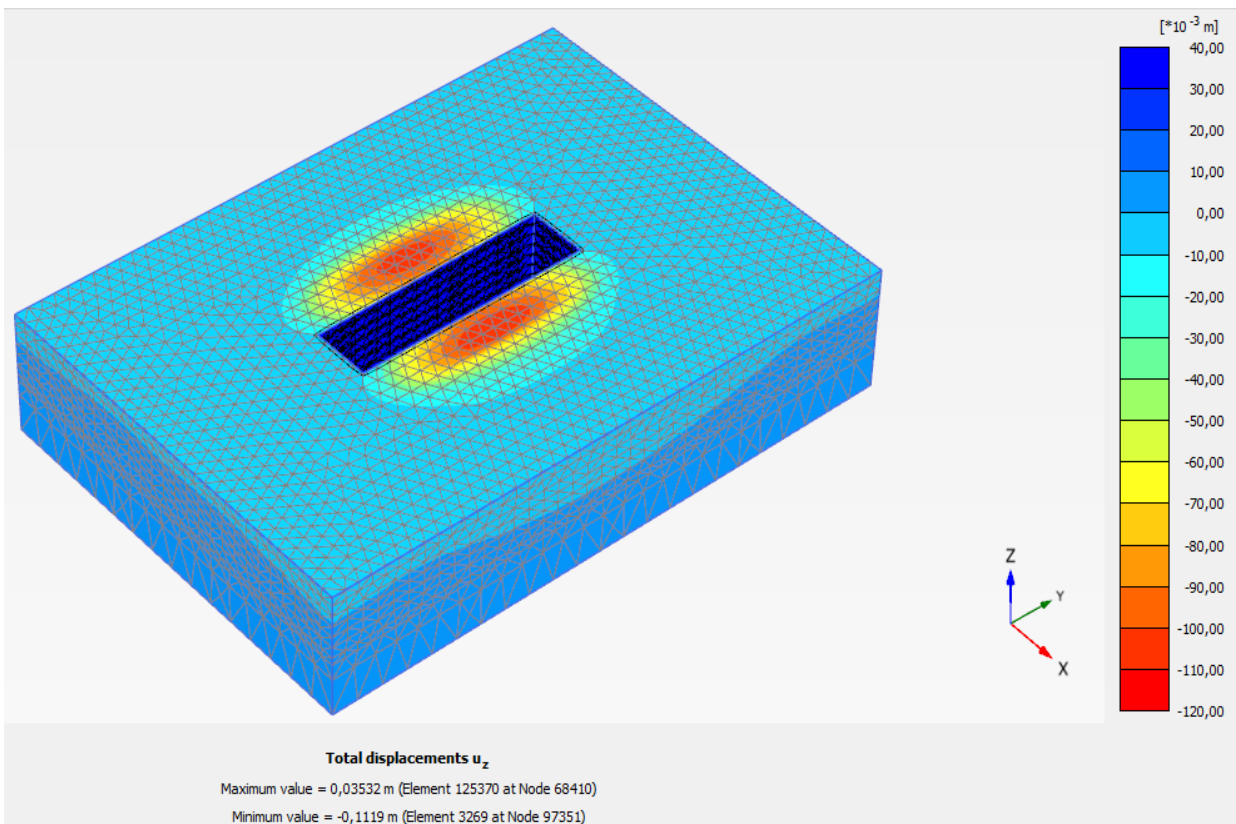
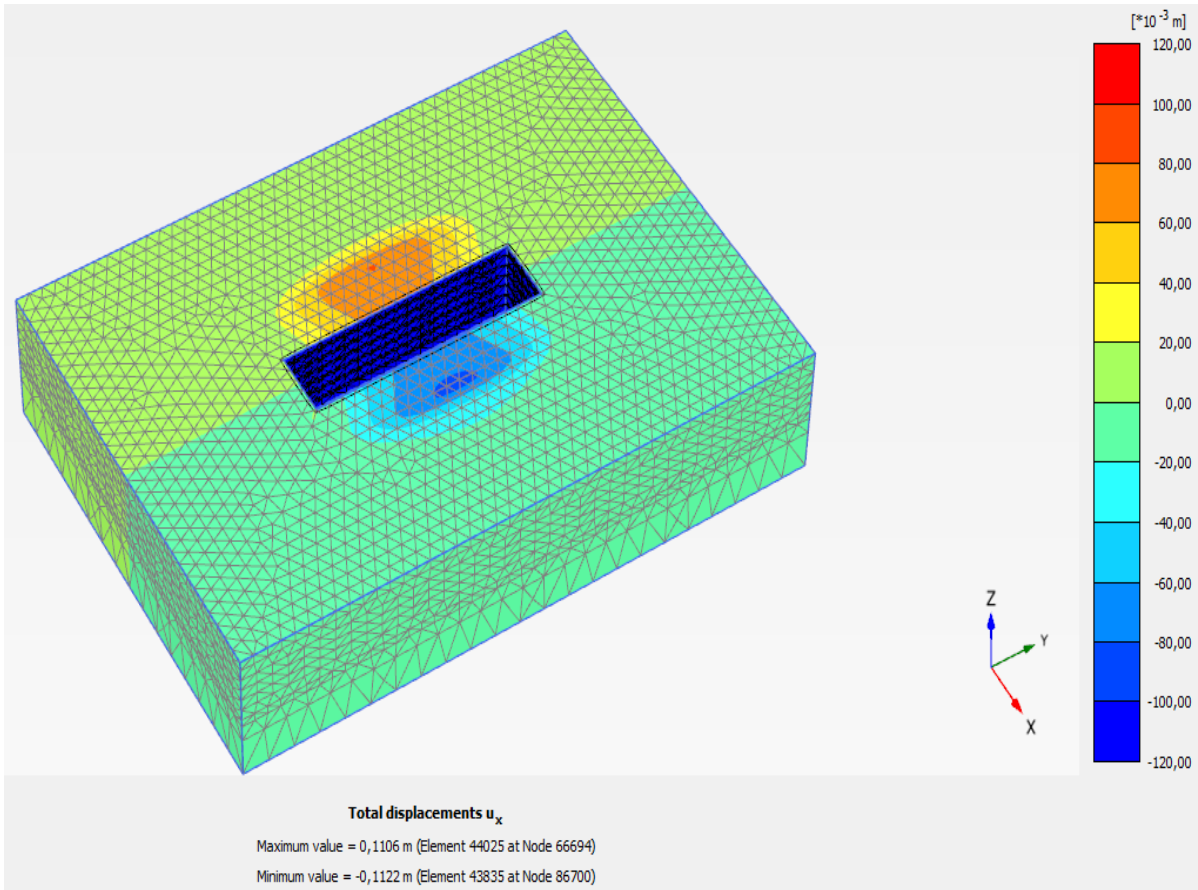
Εικόνα 4.1.2: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



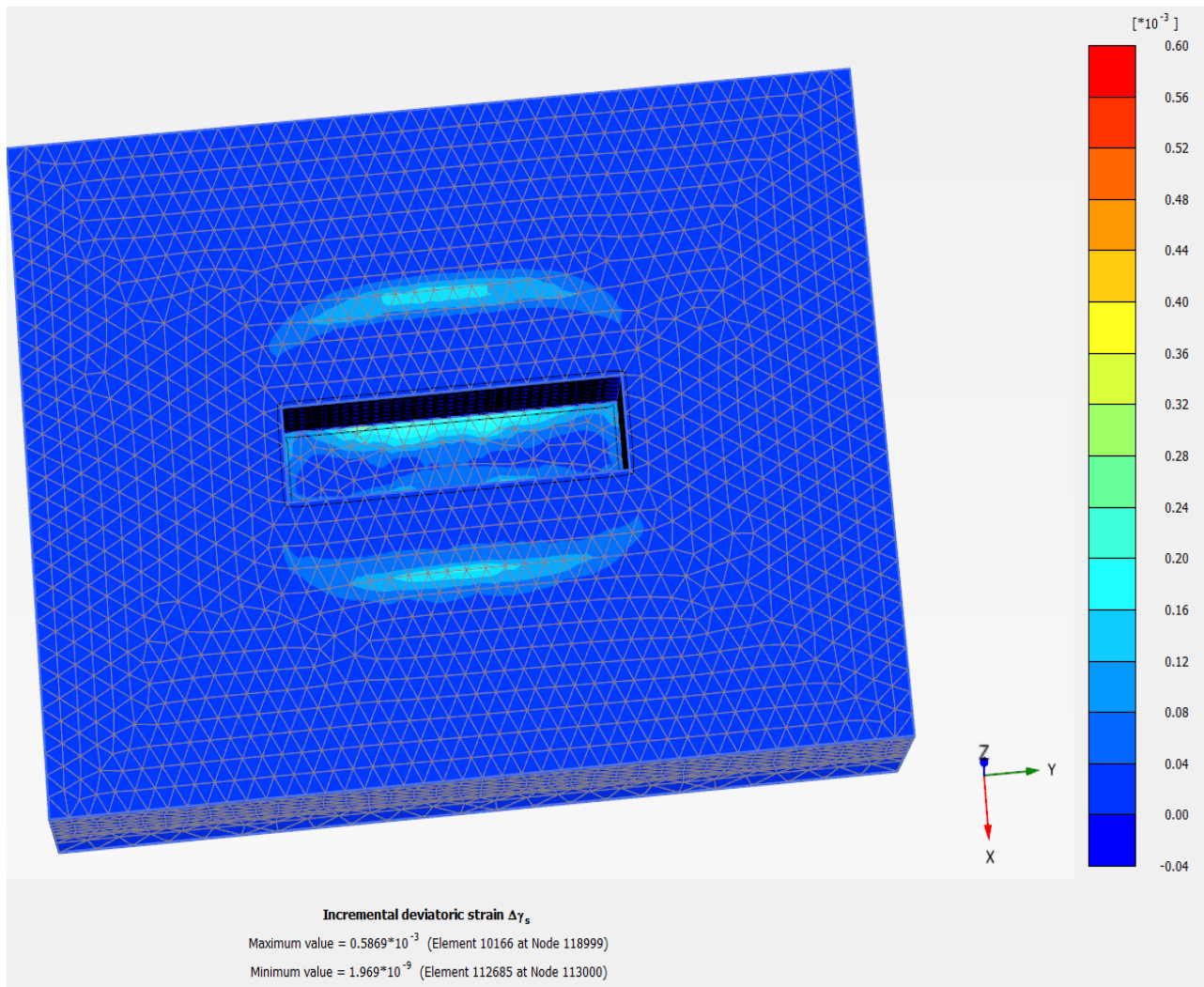
Εικόνα 4.1.3: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



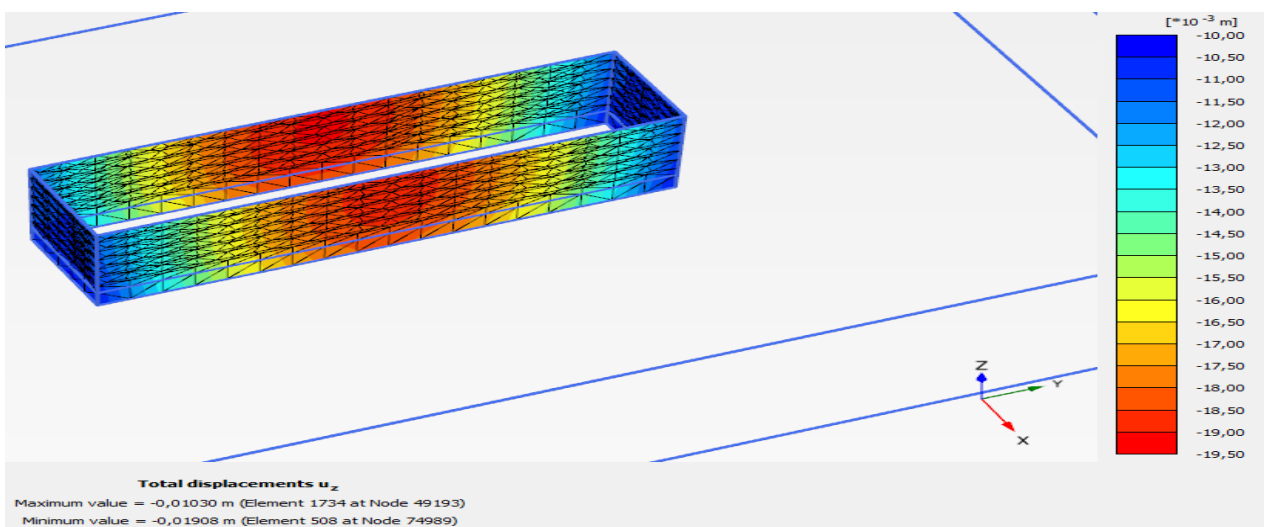
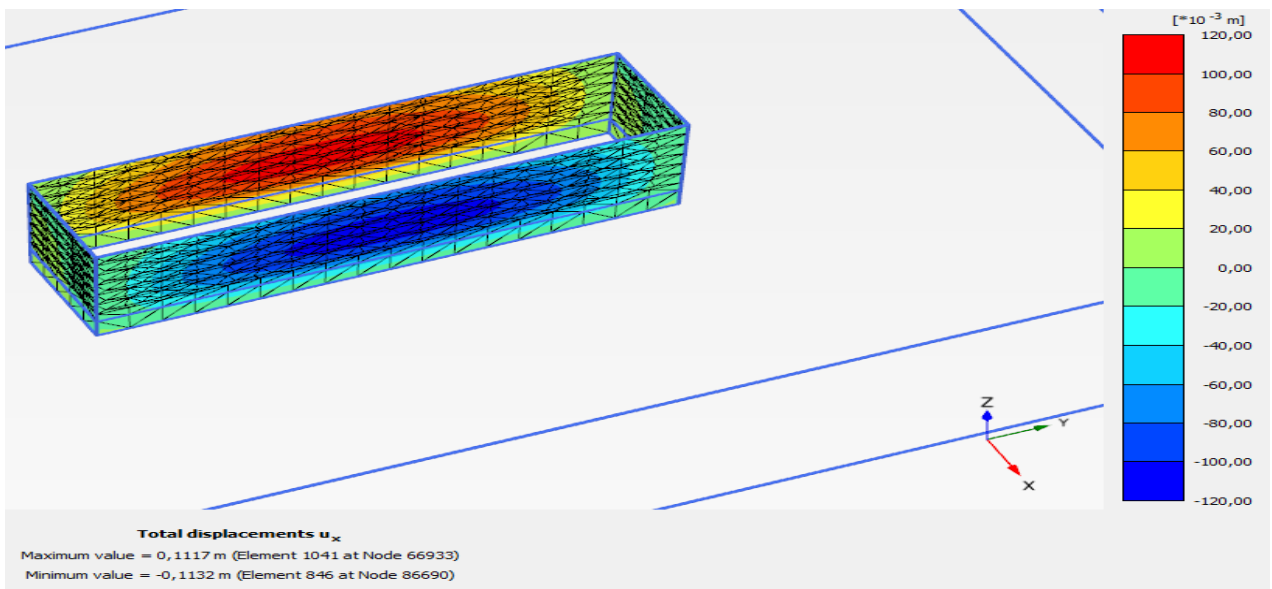
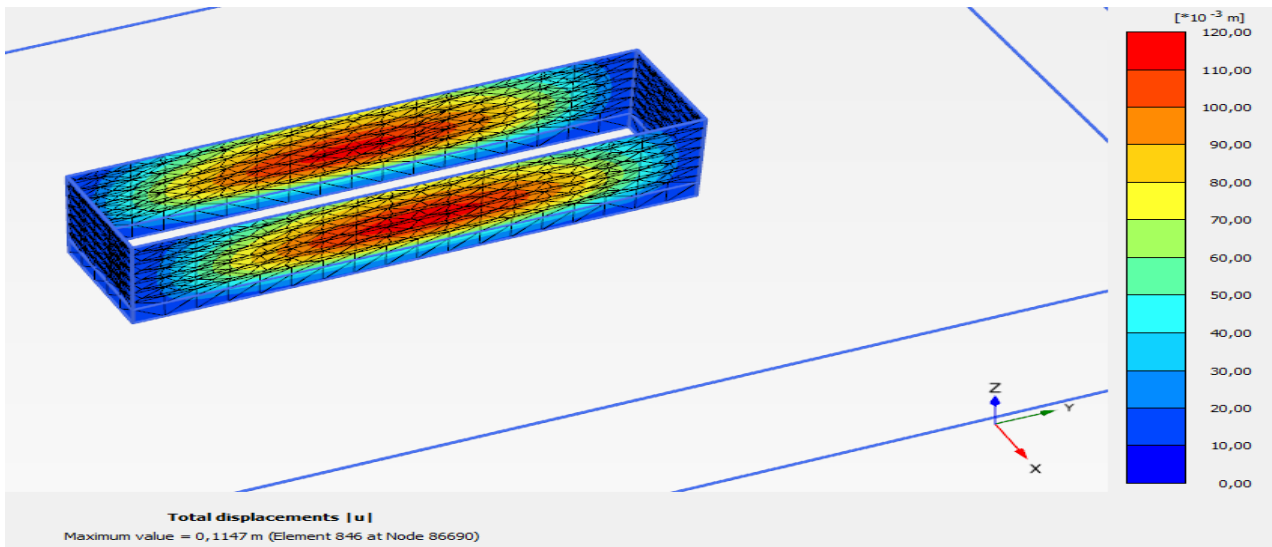
Εικόνα 4.1.4: Πλαστικά σημεία



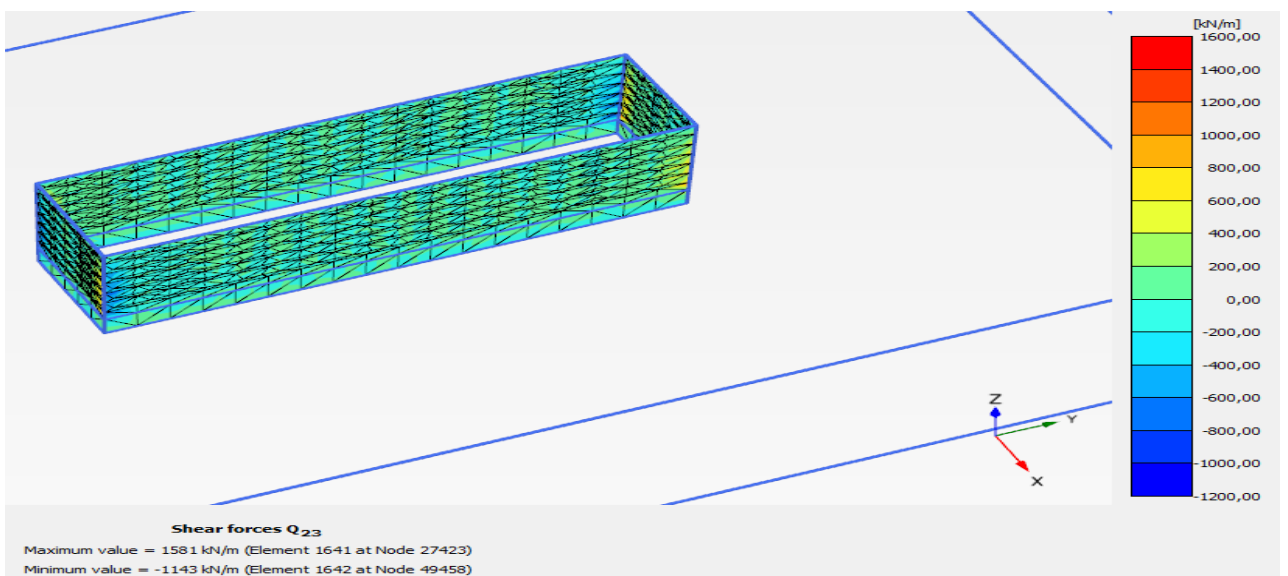
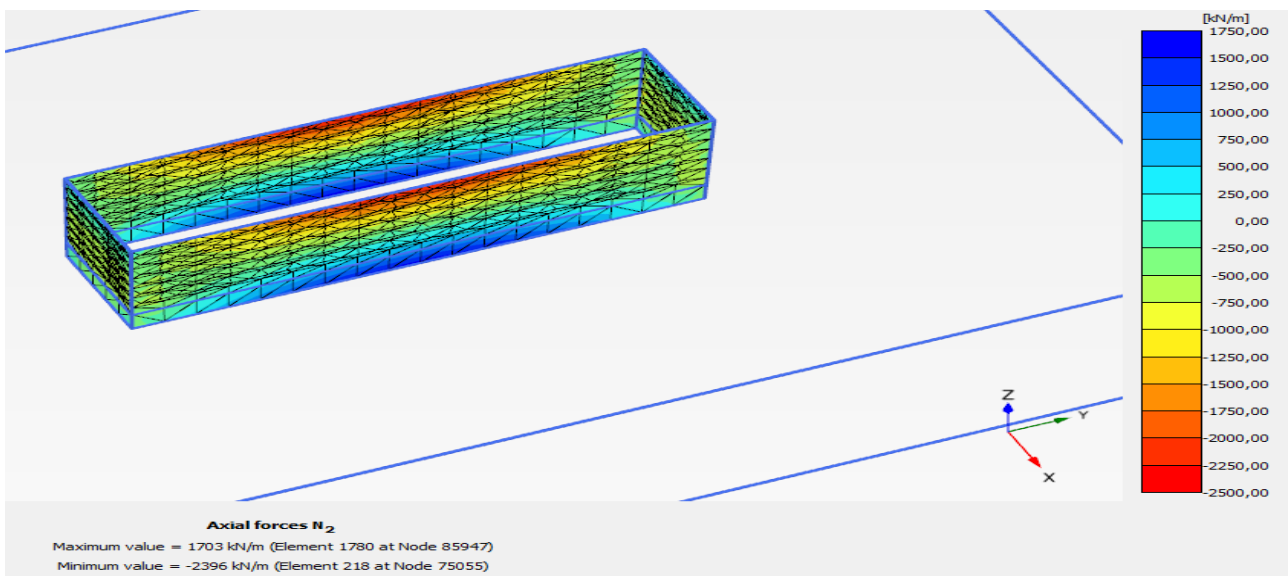
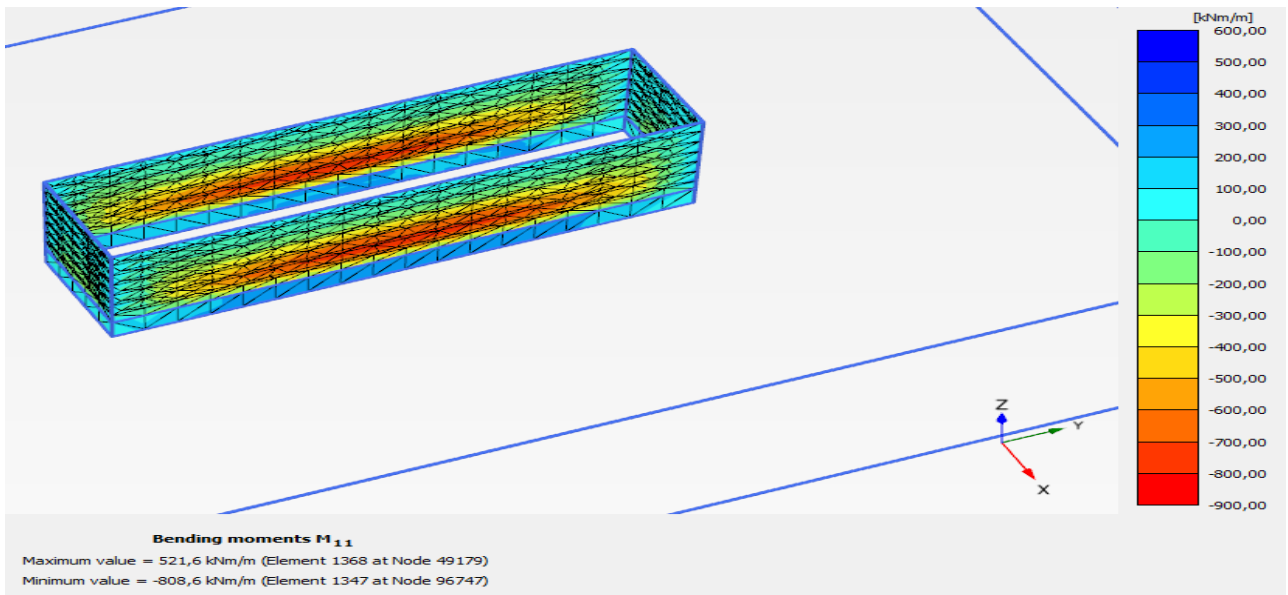
Εικόνα 4.1.5: Χρωματική απεικόνιση των οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων της κατασκευής



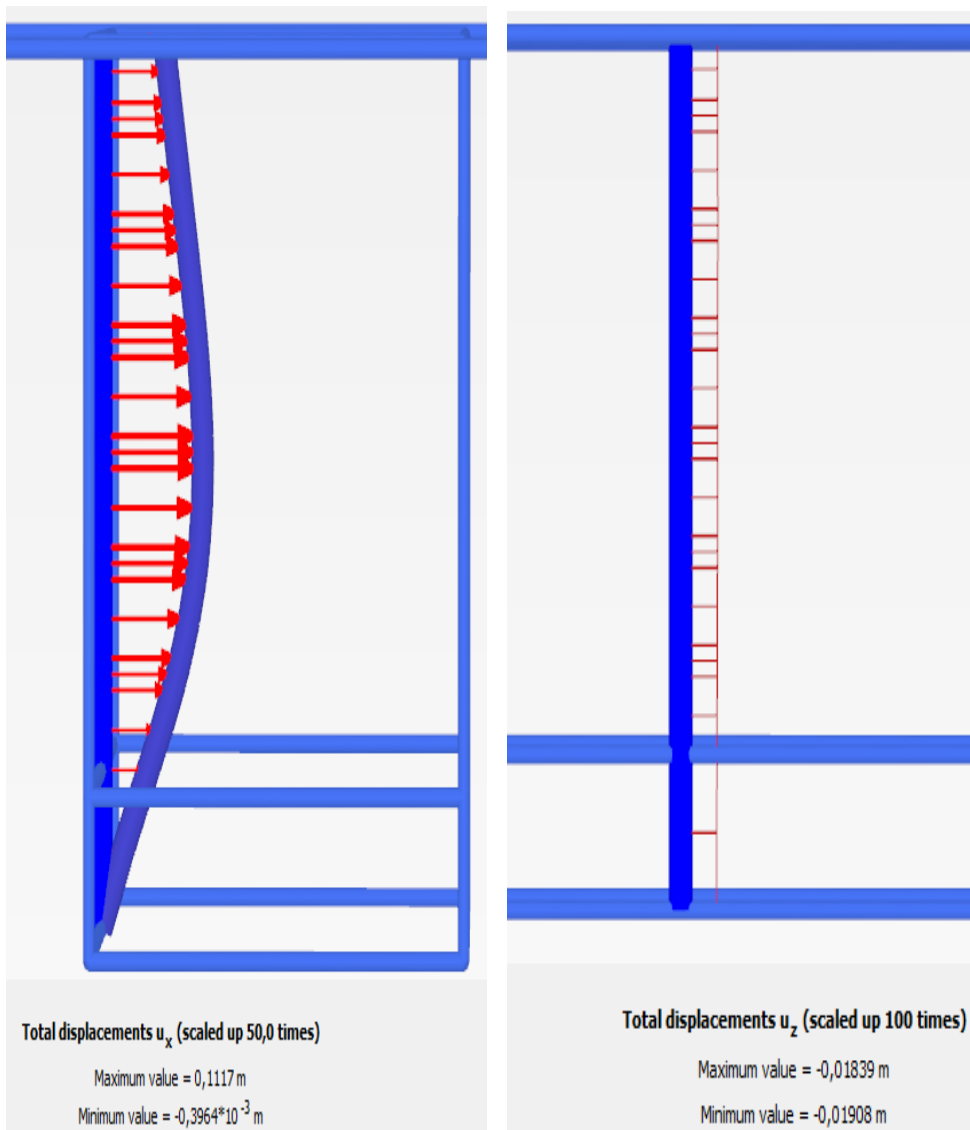
Εικόνα 4.1.6: Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση καννάβου



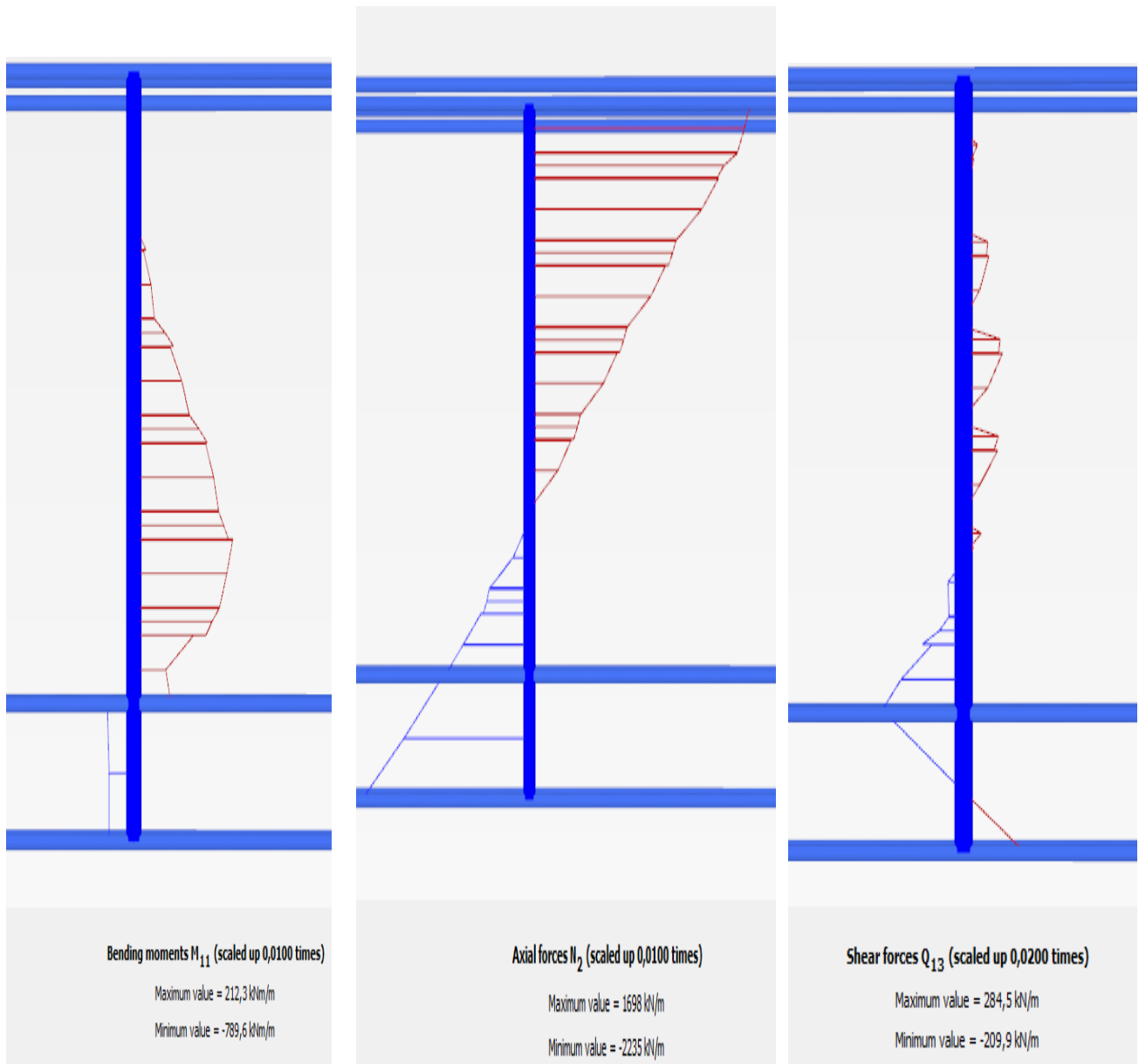
Εικόνα 4.1.7: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.1.8: Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο

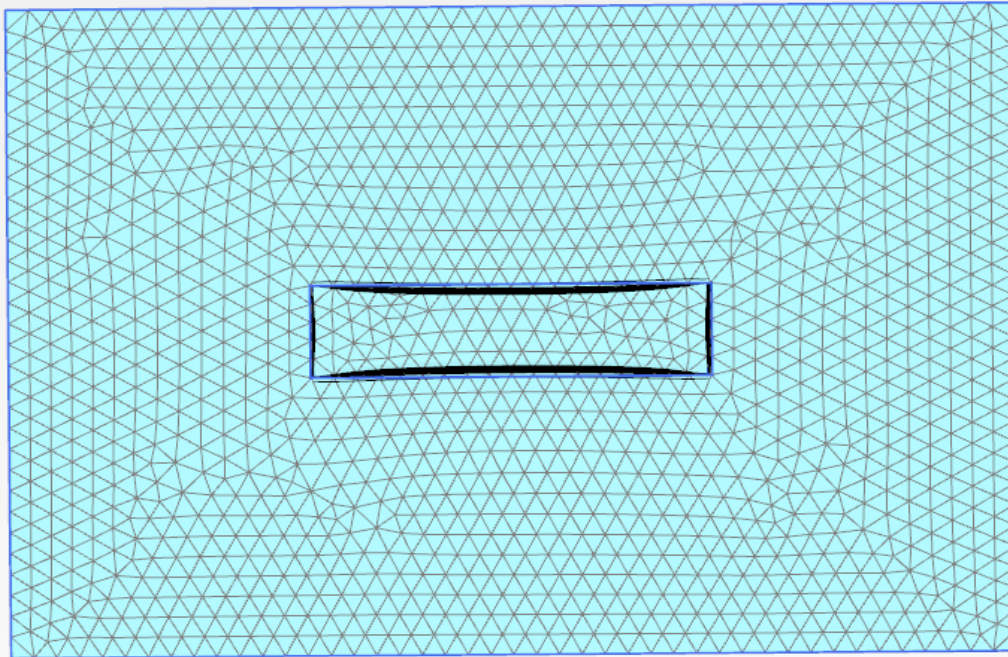


Εικόνα 4.1.9: Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

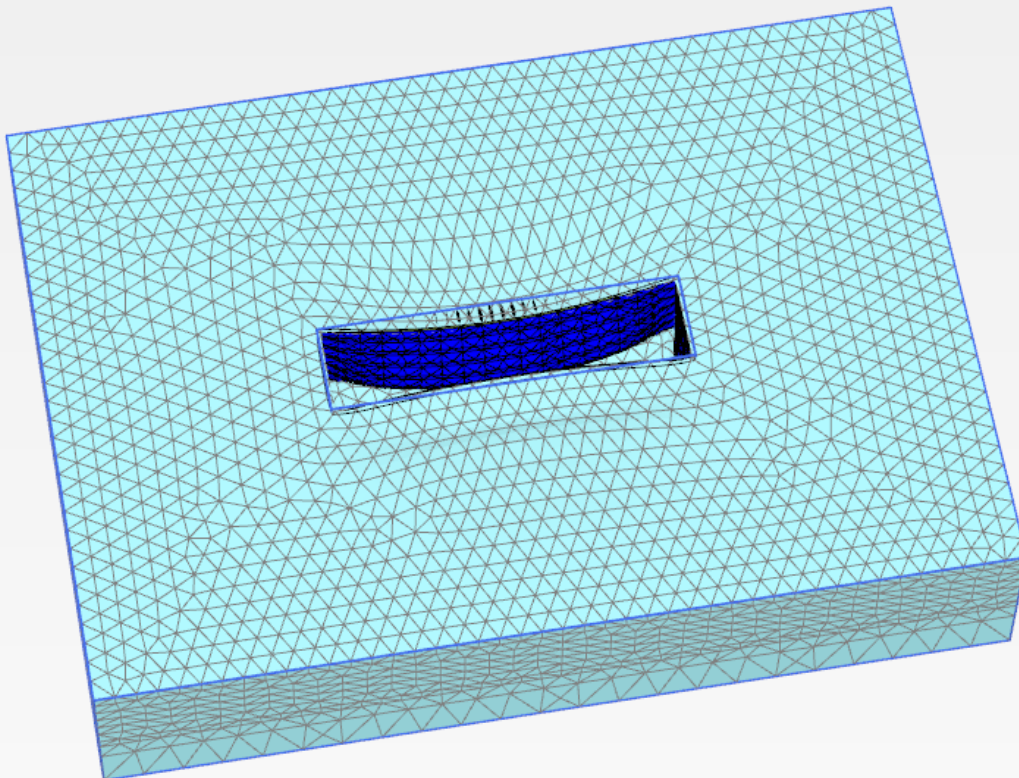


Εικόνα 4.1.10: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

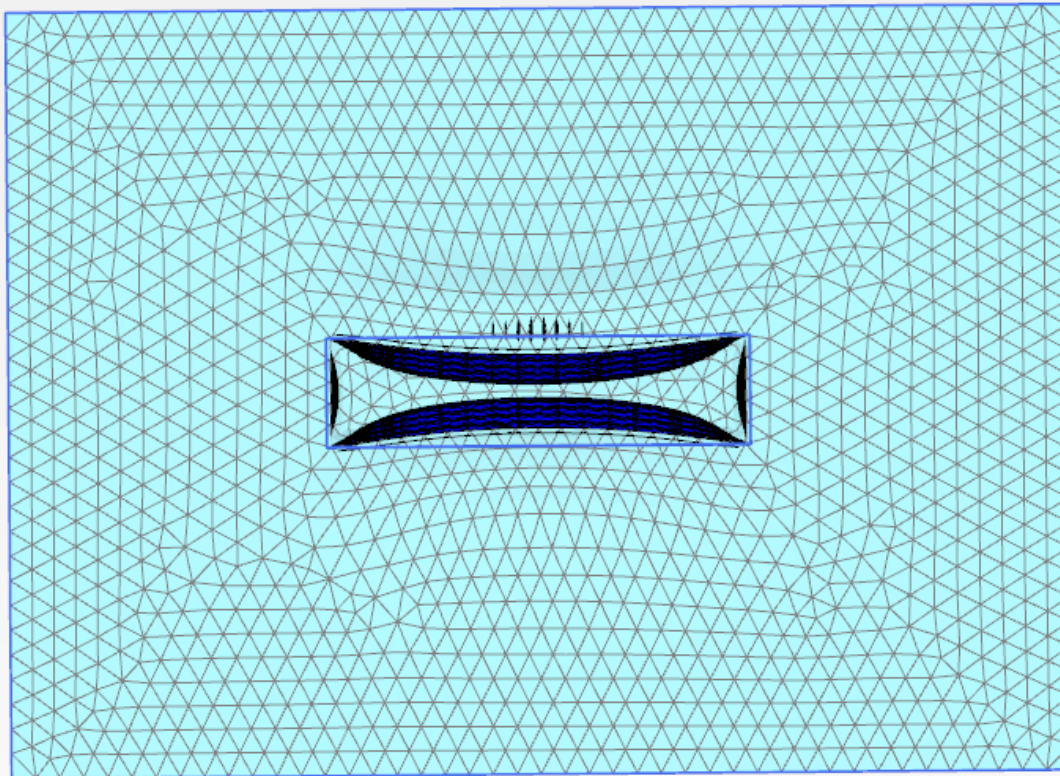
4.1.2 Τάνυση αγκυρίων =400KN



Deformed mesh |u| (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,04837 m (at Node 97183)



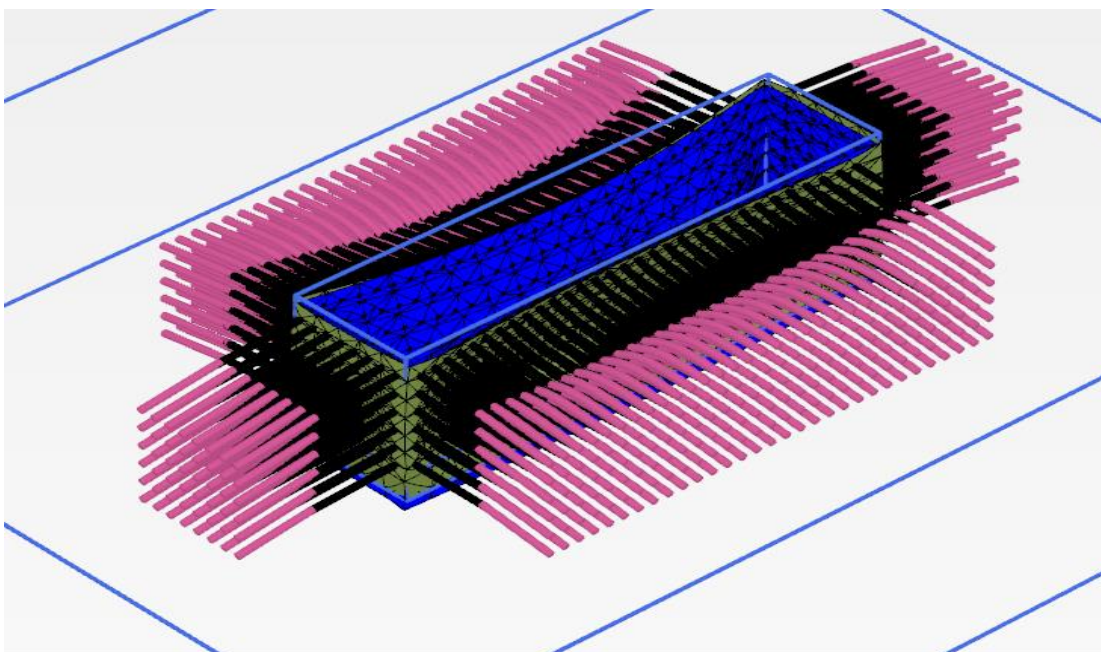
Deformed mesh |u| (scaled up 200 times)
Maximum value = 0,04837 m (at Node 97183)



Deformed mesh |u| (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,04837 m (at Node 97183)

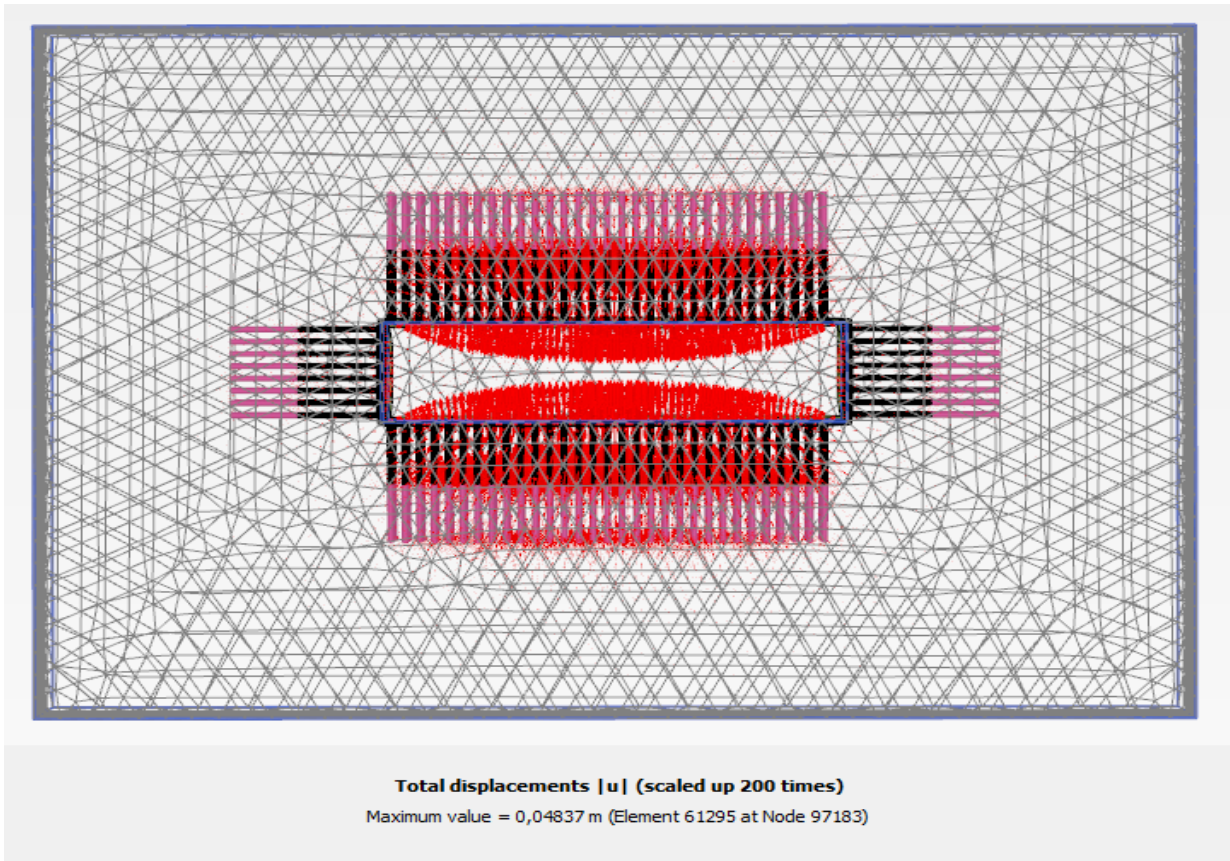
Εικόνα 4.1.11: Παραμορφωμένοι κάρναβος πεπερασμένων στοιχείων



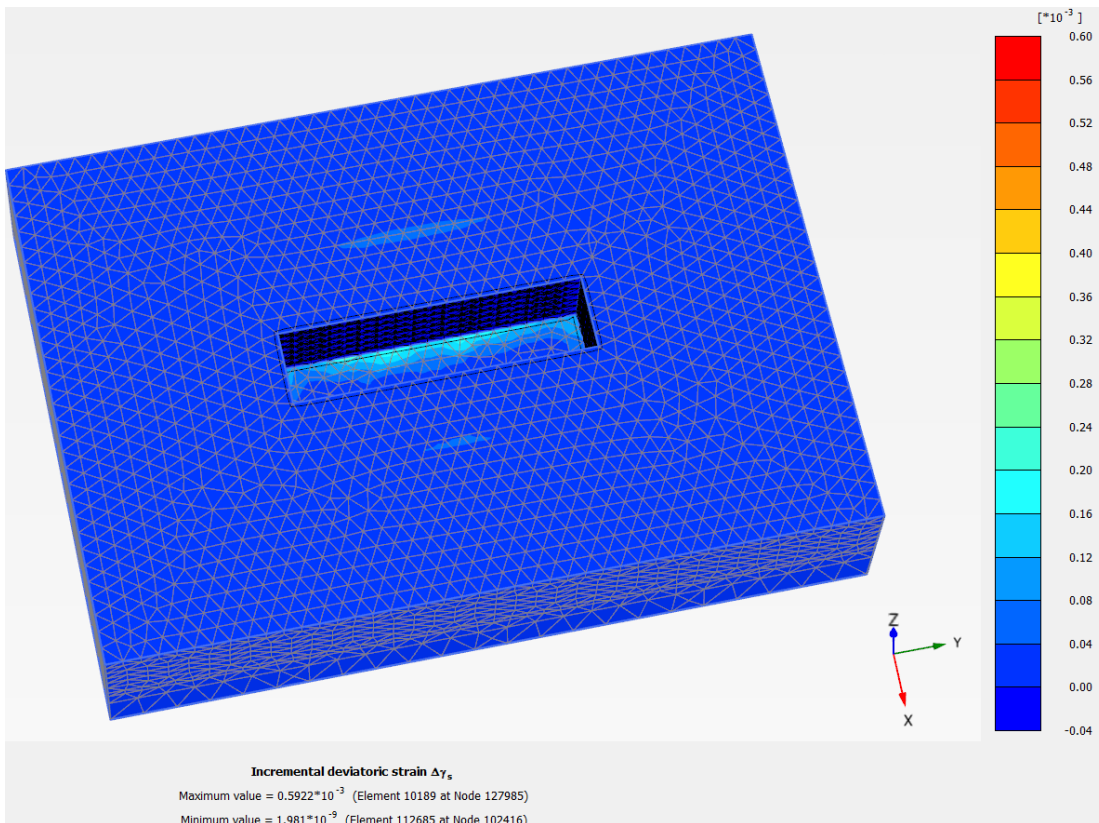
Deformed mesh |u| (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,04837 m (at Node 97183)

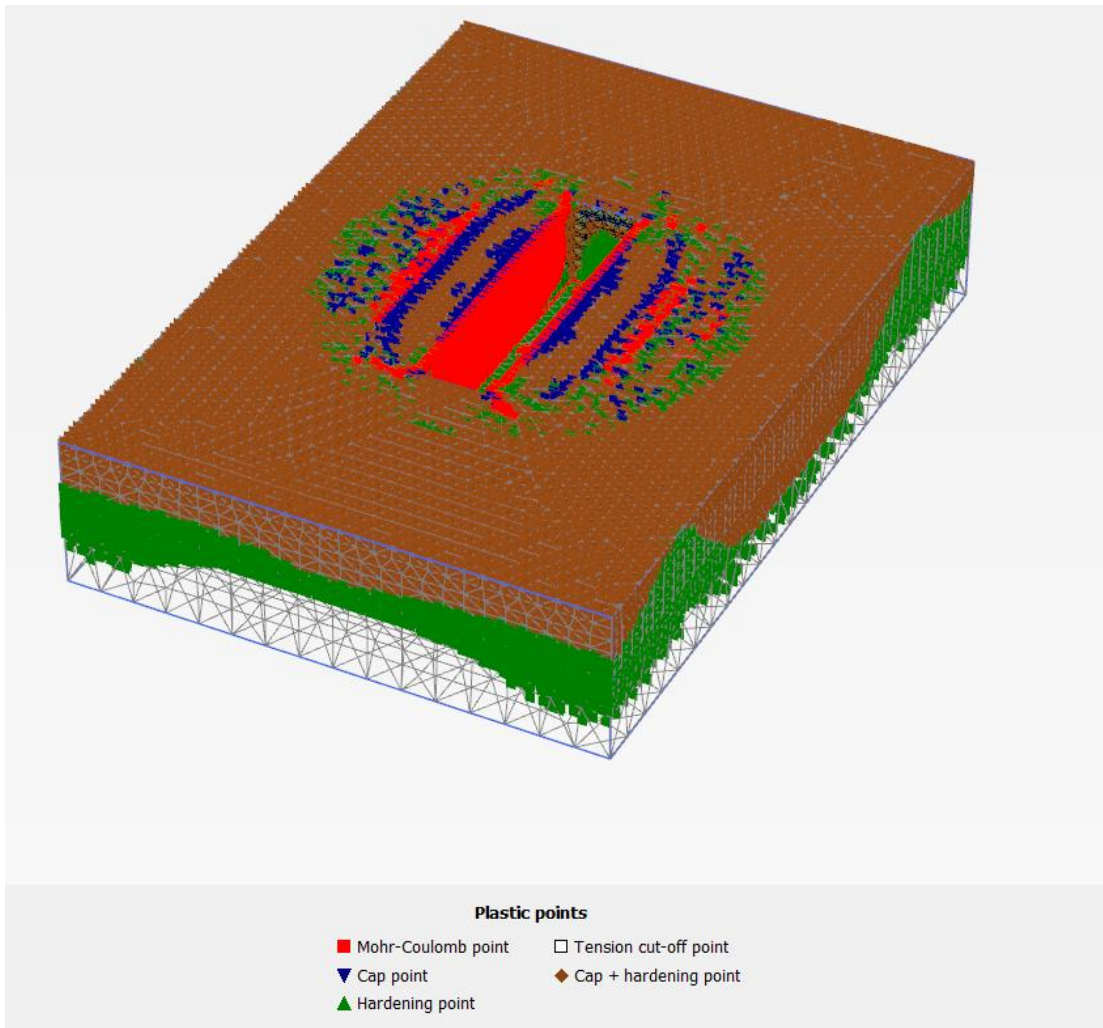
Εικόνα 4.1.12: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



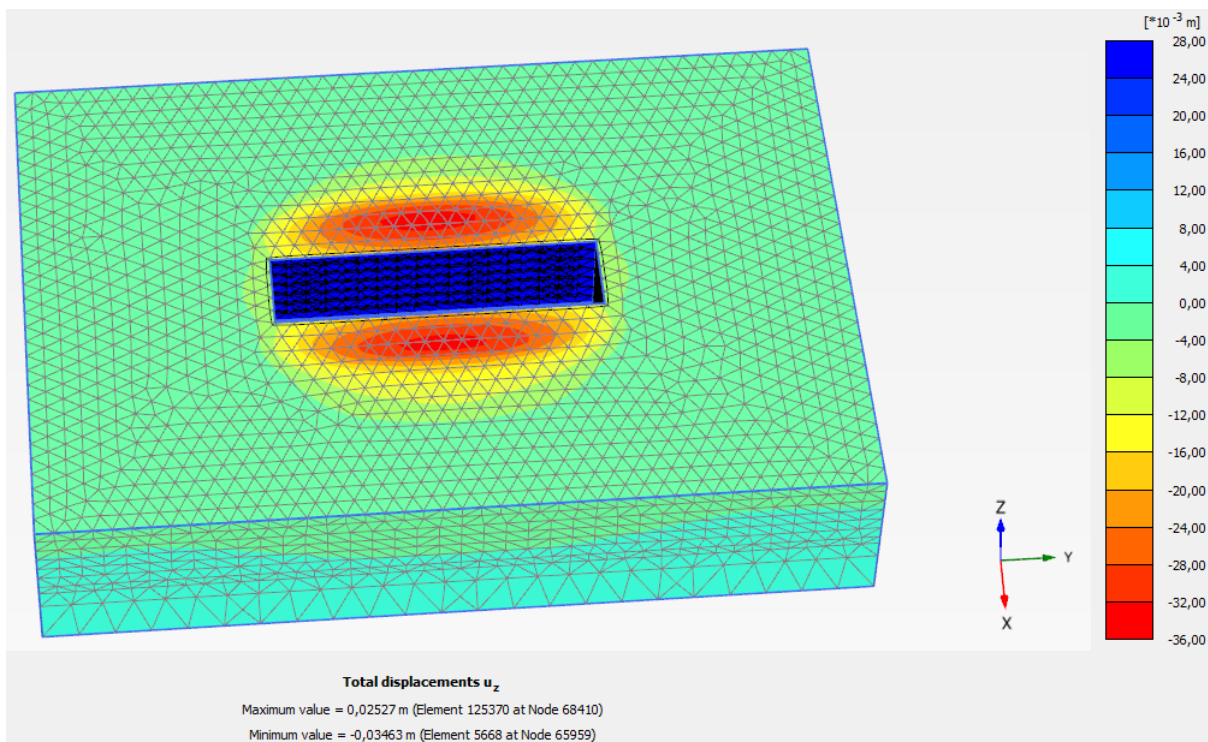
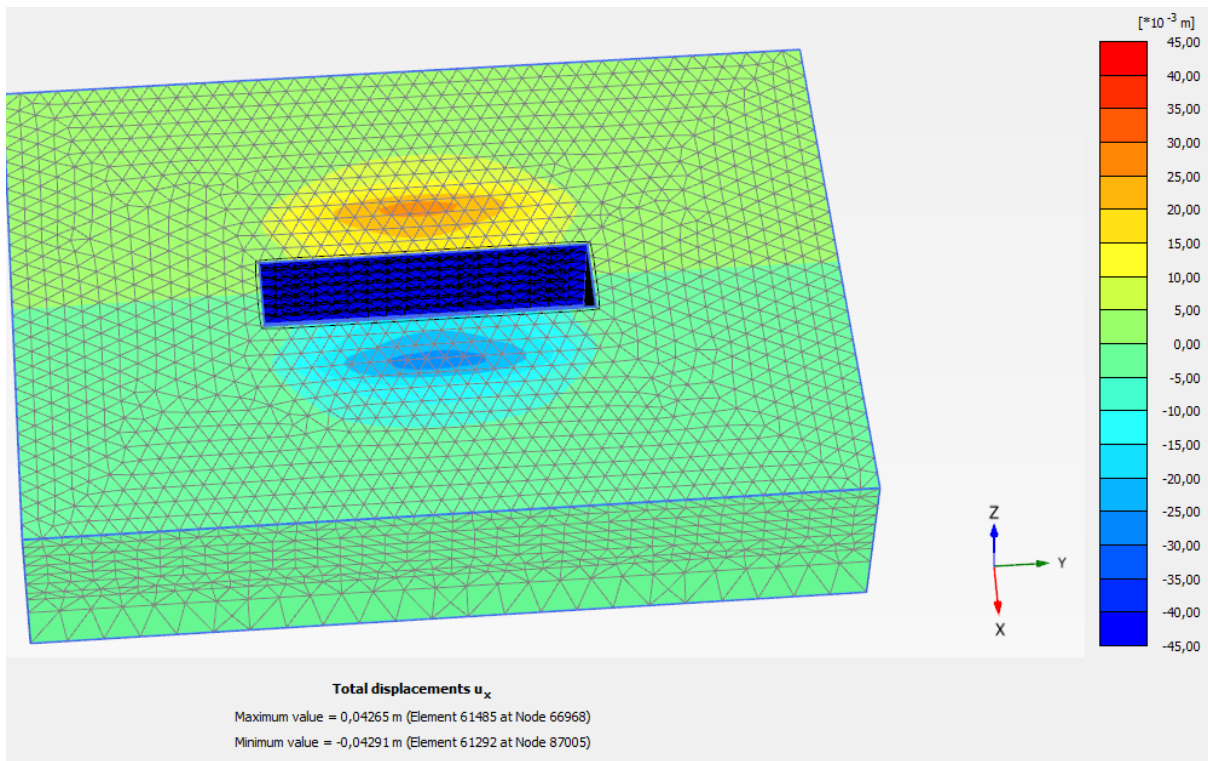
Εικόνα 4.1.13: Διαλύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



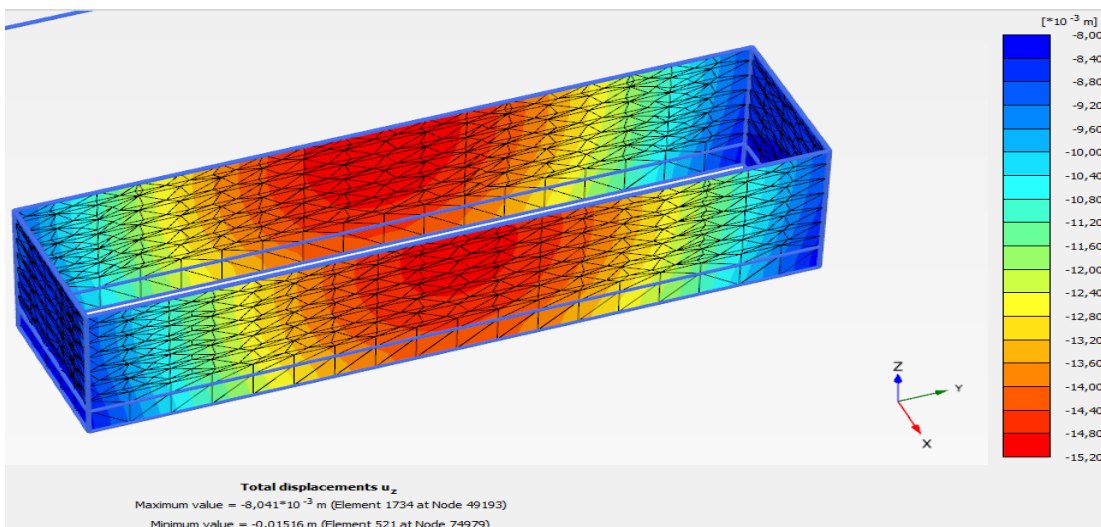
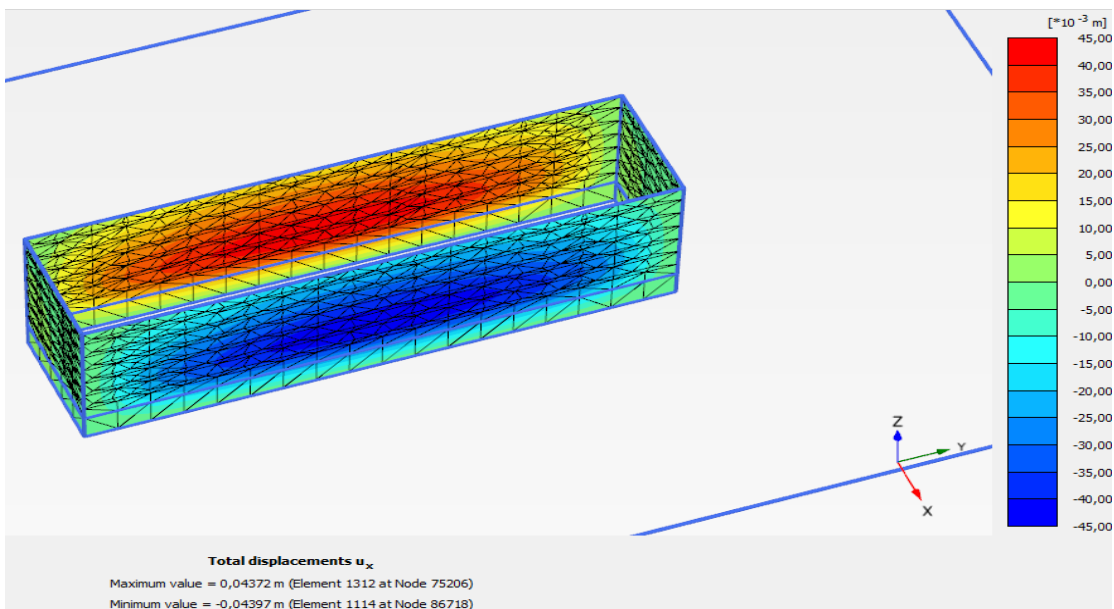
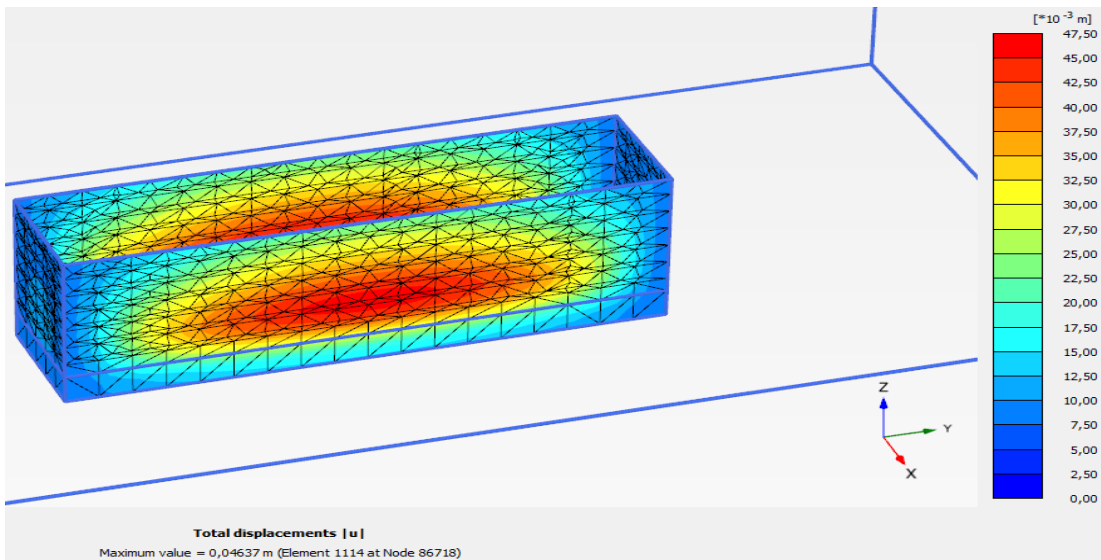
Εικόνα 4.1.14: Συνολική διατμητική παραμόρφωση καννάβου



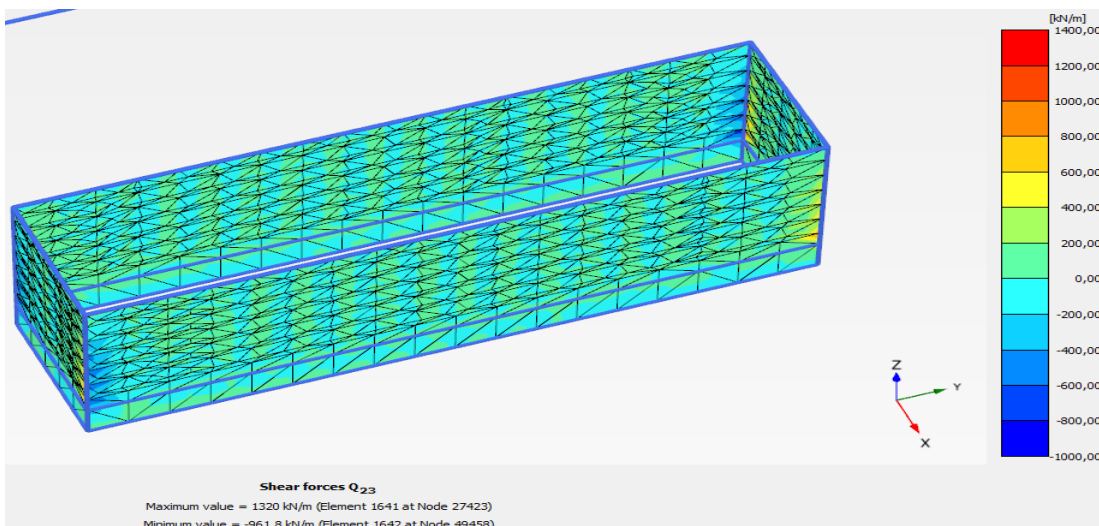
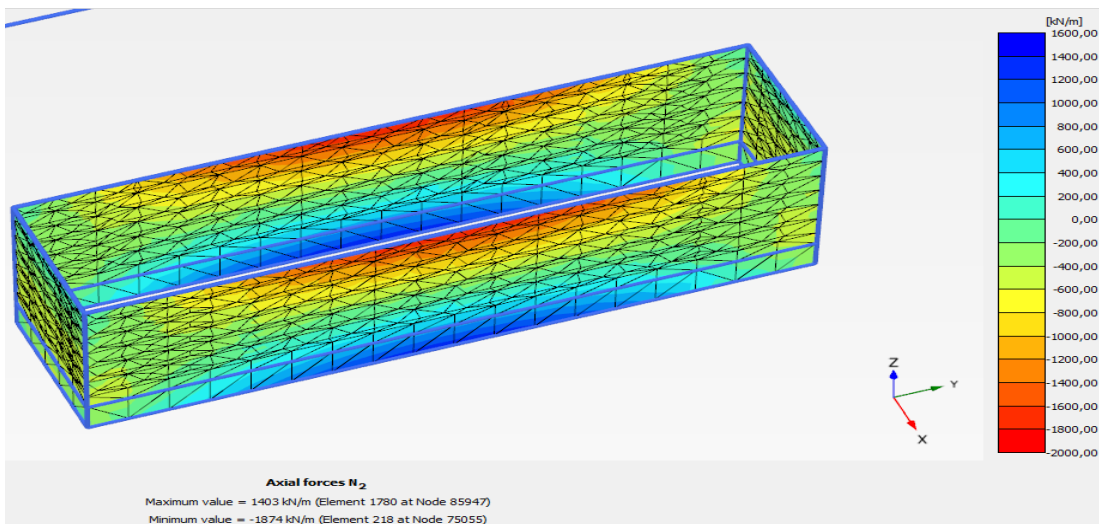
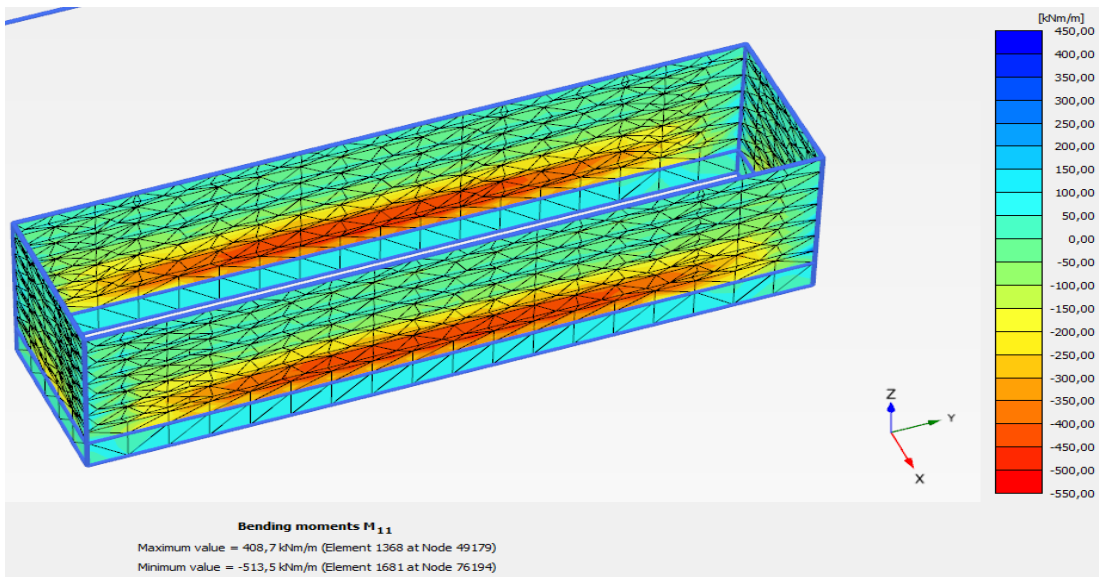
Εικόνα 4.1.15: Πλαστικά σημεία



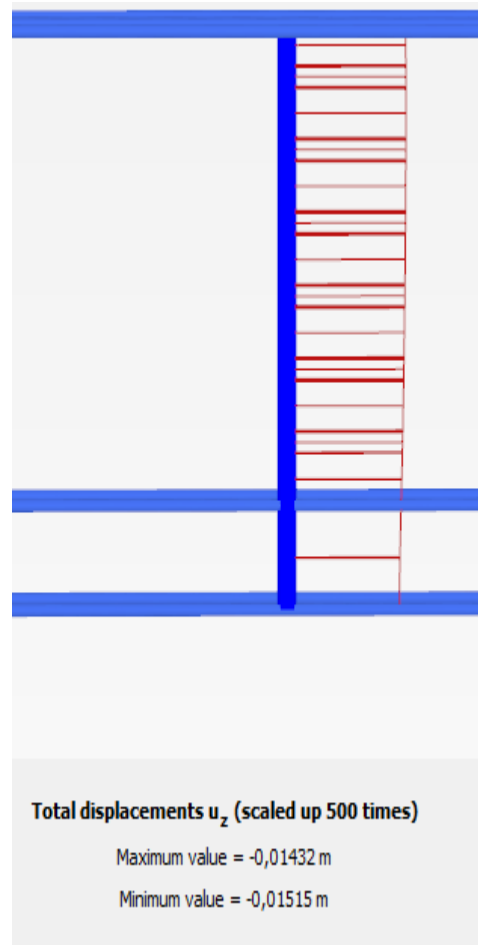
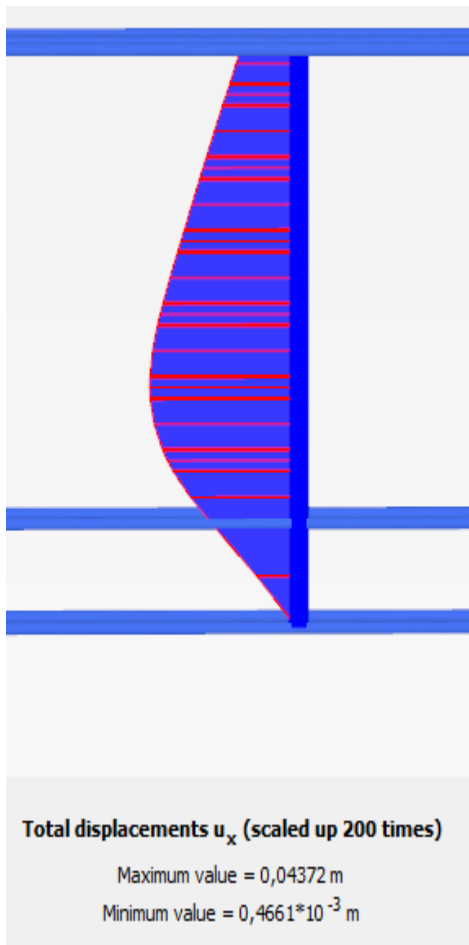
Εικόνα 4.1.16: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετακινήσεων



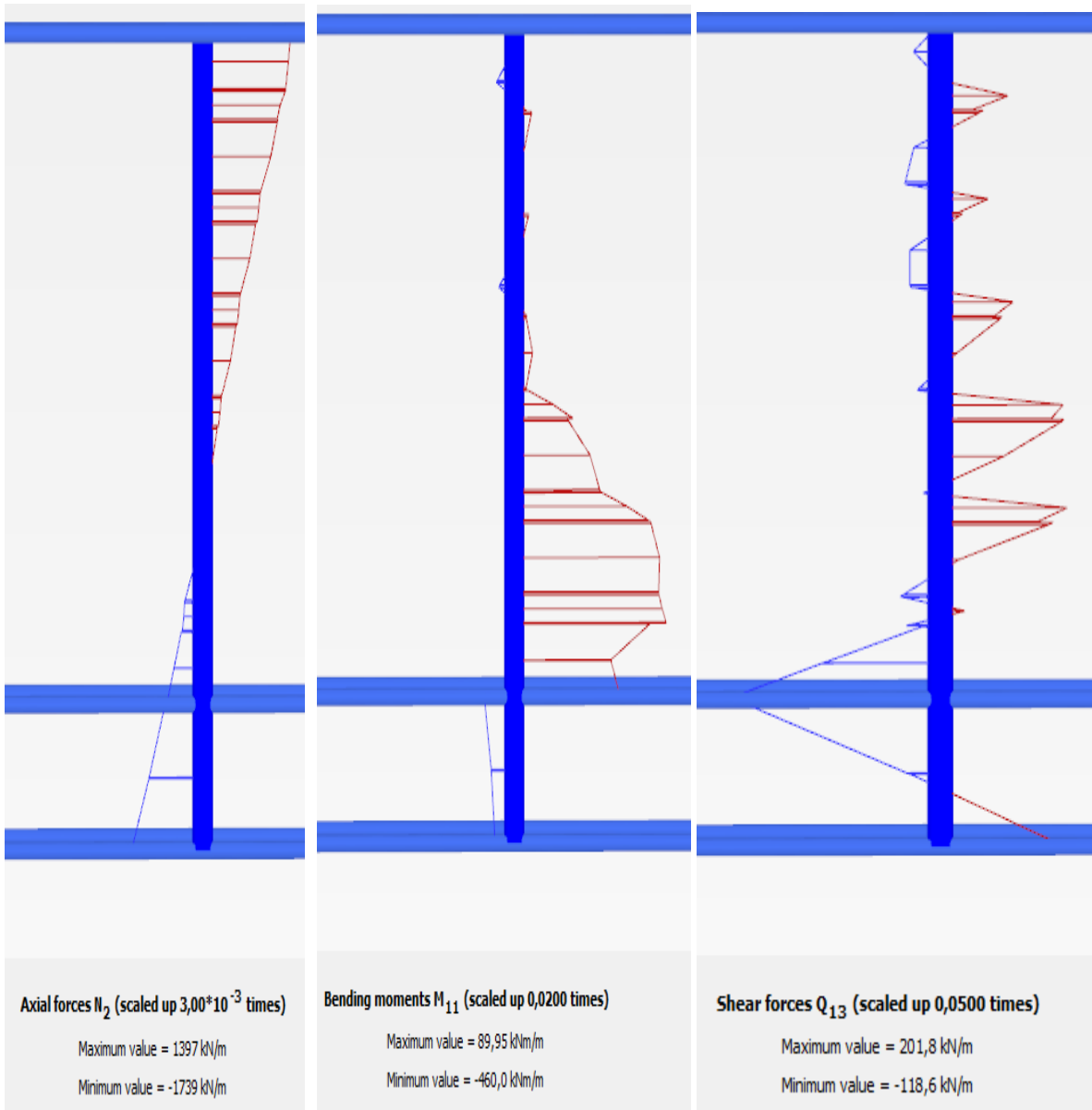
Εικόνα 4.1.17: Χωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.1.18: Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.1.19: Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου



Εικόνα 4.1.20: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο του πασσαλότοιχου

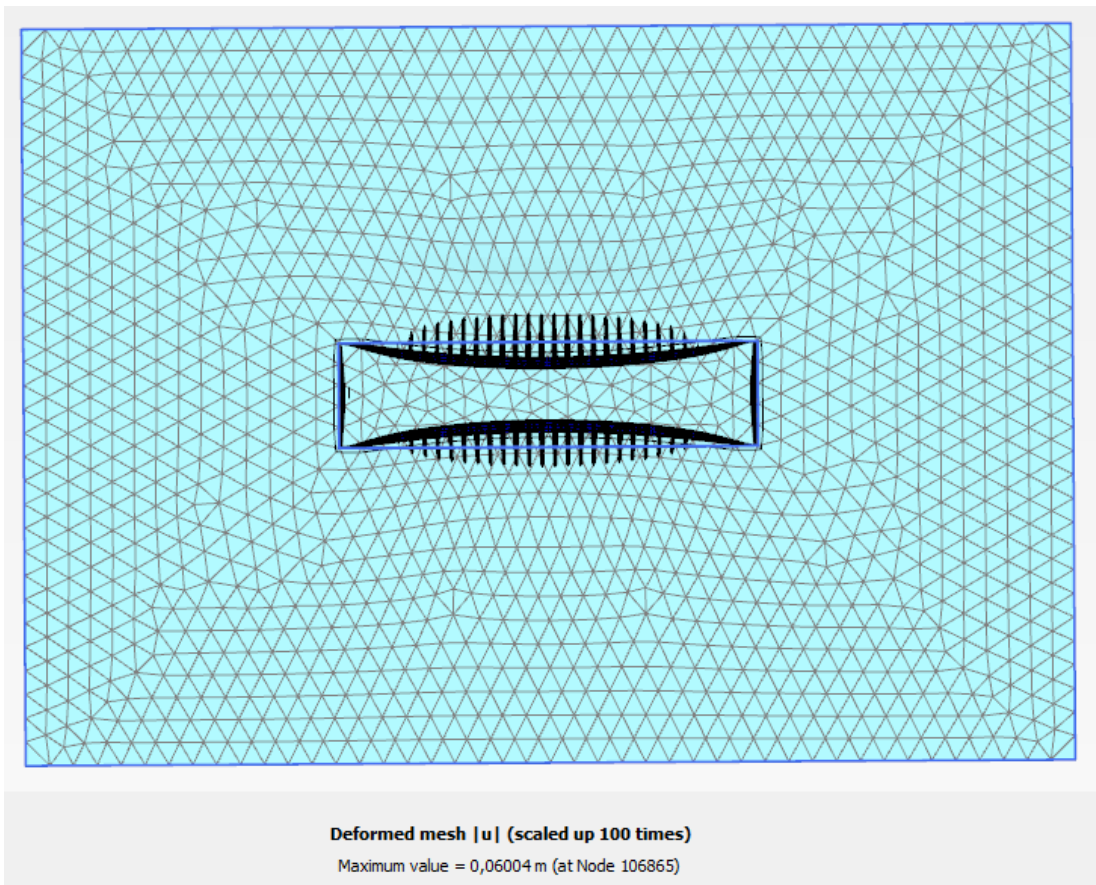
4.2 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ιστροπική πλάκα και τμηματική εκσκαφή

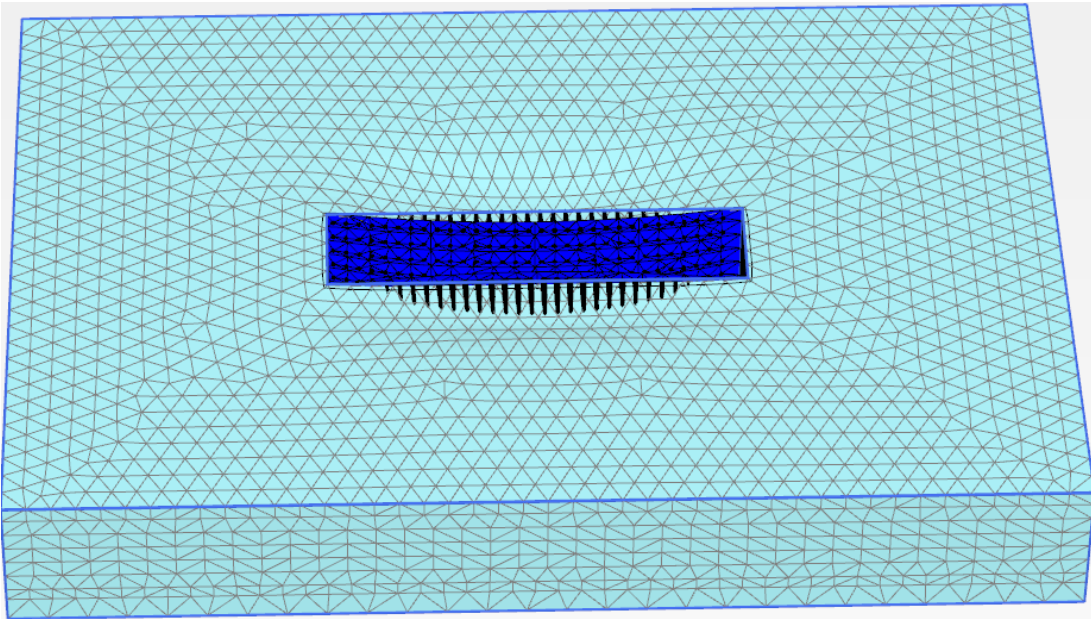
Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τάνσεως των αγκυρίων.

ΤΑΝΙΣΗ(KN)	U _x (cm)	M(KNm/m)
400	1,46	366,2
350	2,27	455,8
300	4,33	670,2
290	4,94	732
280	5,43	758,7
270	6,11	810,7
260	7,22	946,4

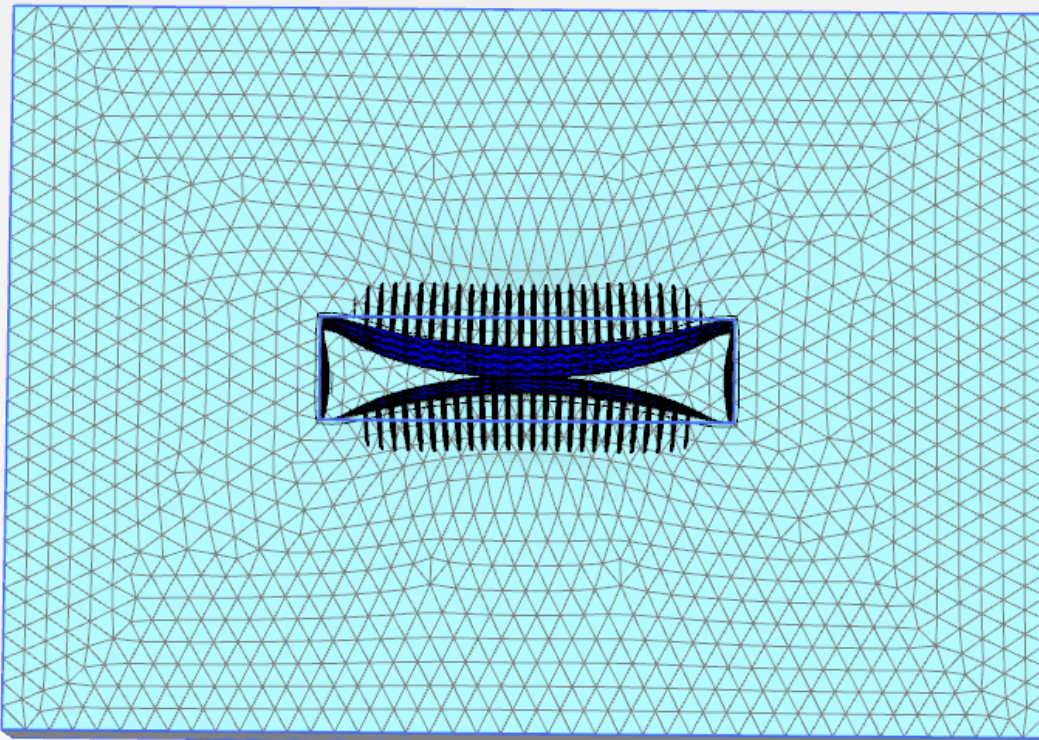
Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύο χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως (290KN και 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

4.2.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN



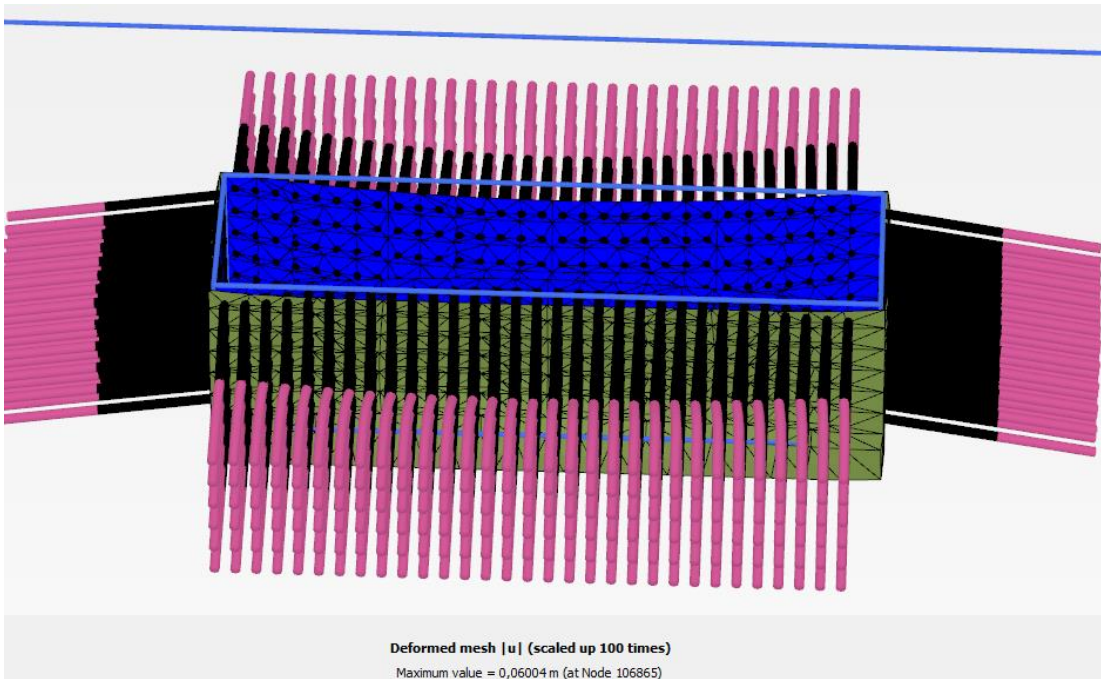


Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,06004 m (at Node 106865)

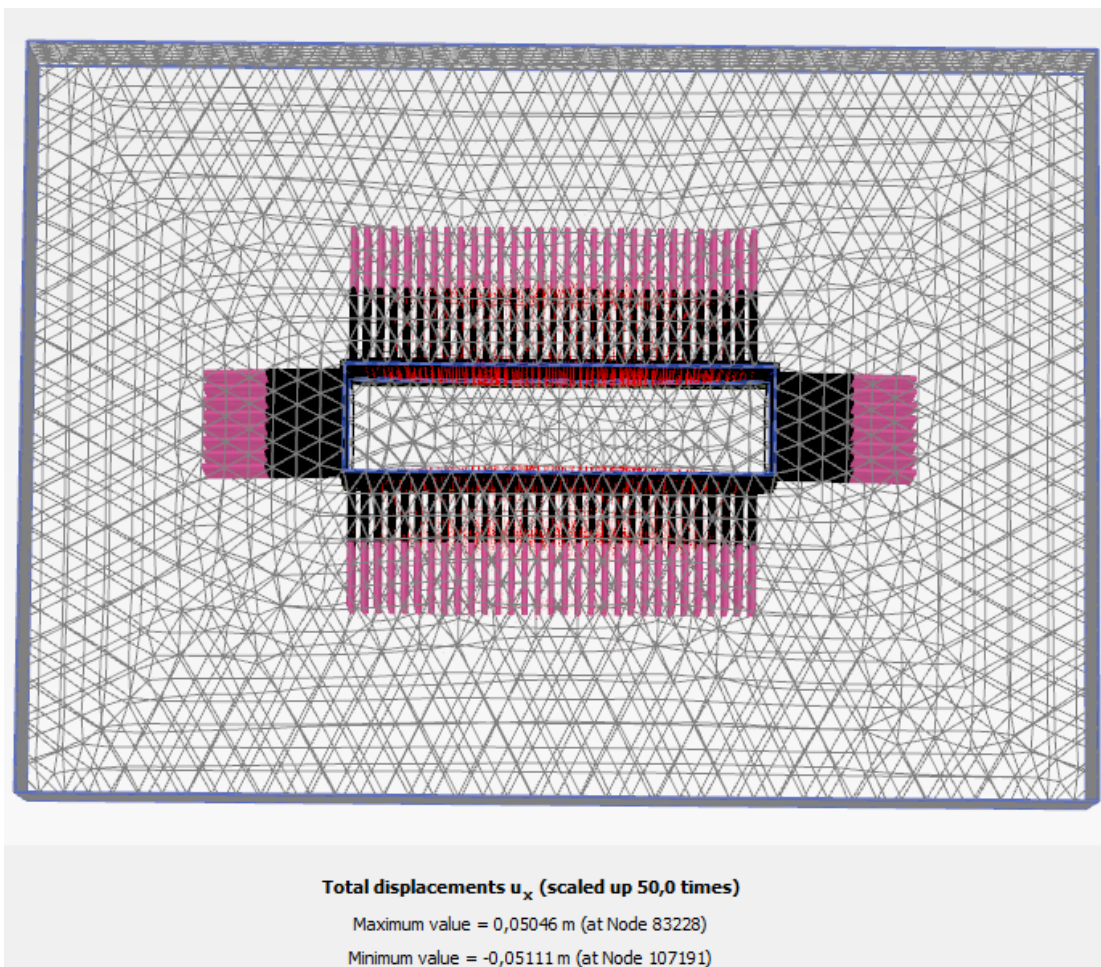


Deformed mesh |u| (scaled up 200 times)
Maximum value = 0,06004 m (at Node 106865)

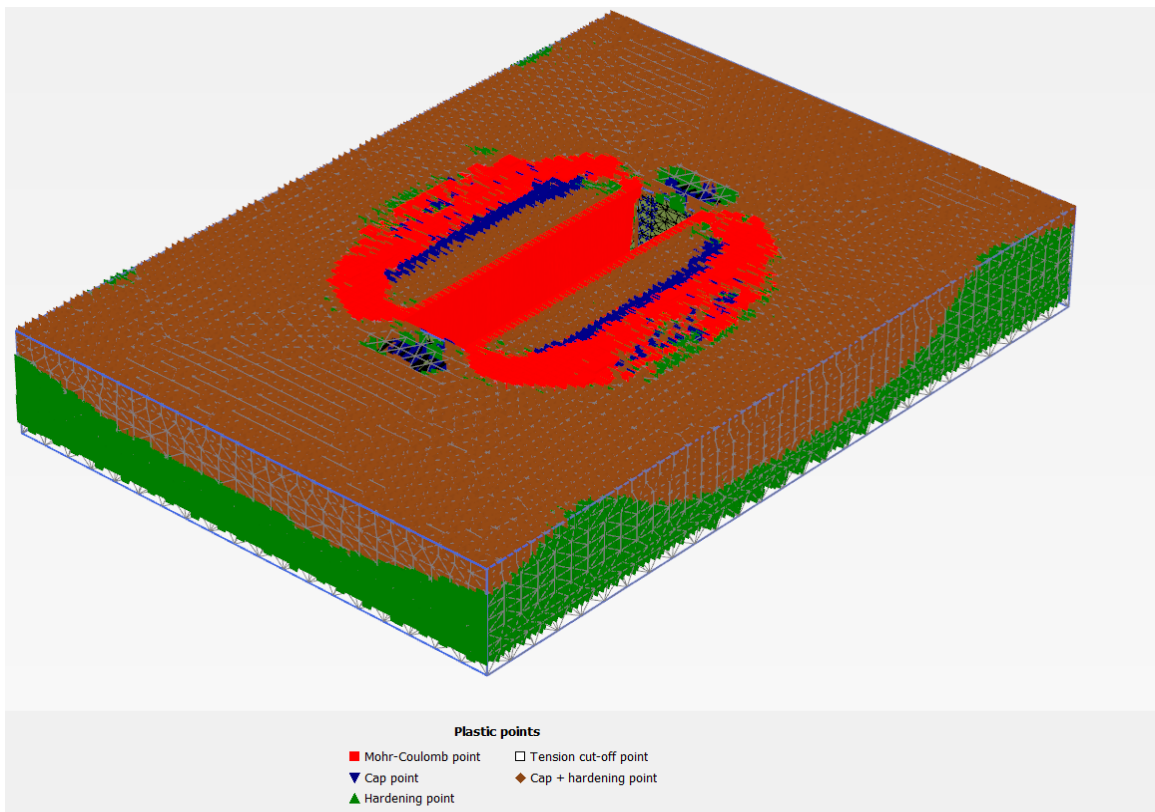
Εικόνα 4.2.1: Παραμορφωμένος κάλυκτος πεπερασμένων στοιχείων



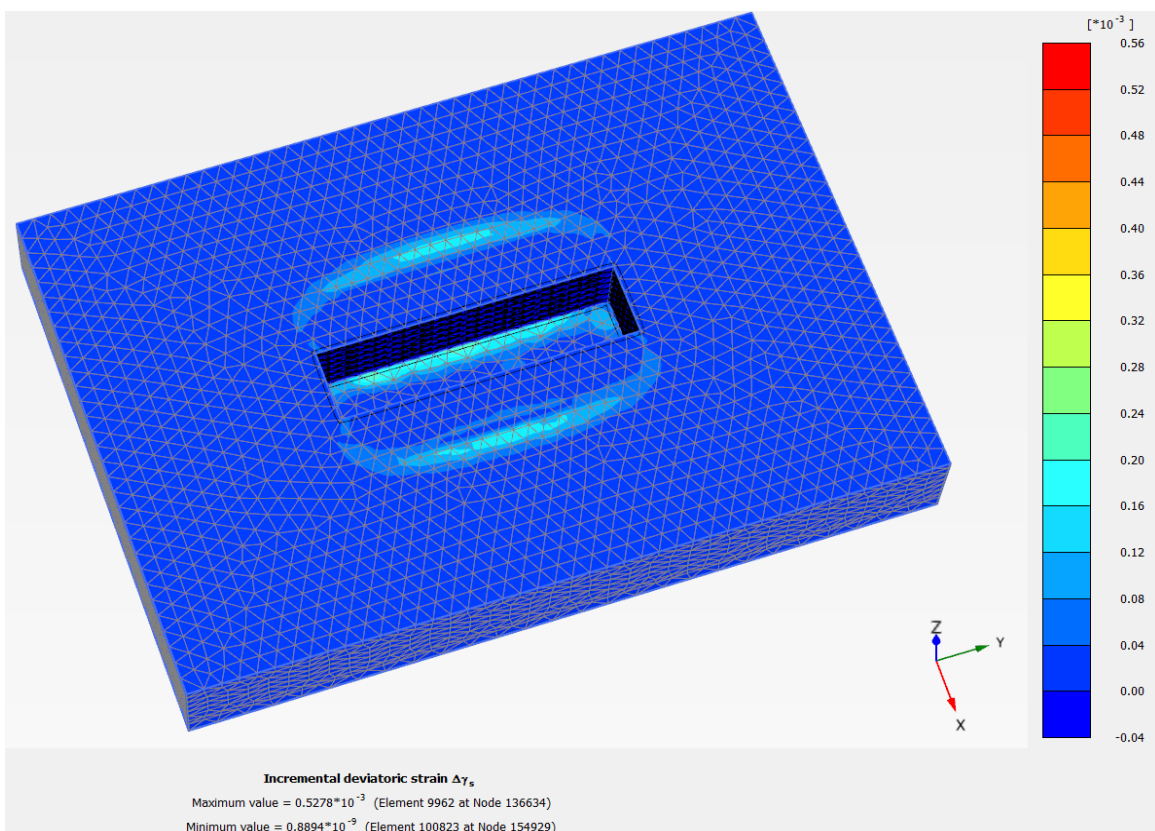
Εικόνα 4.2.2: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



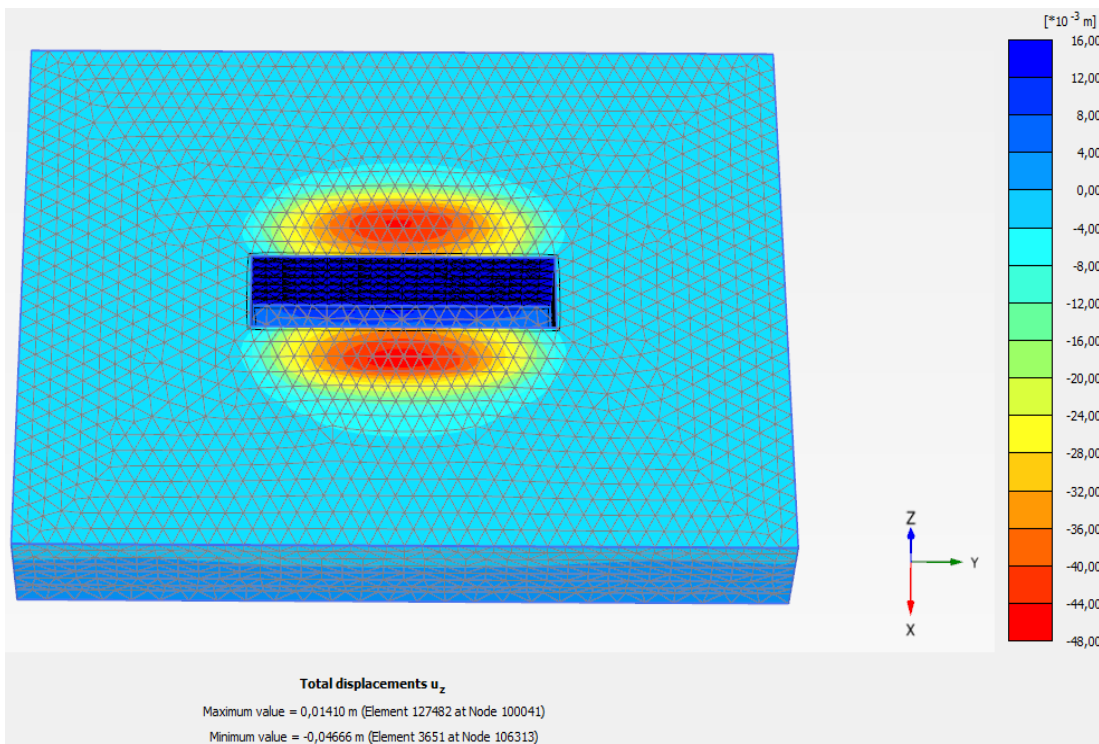
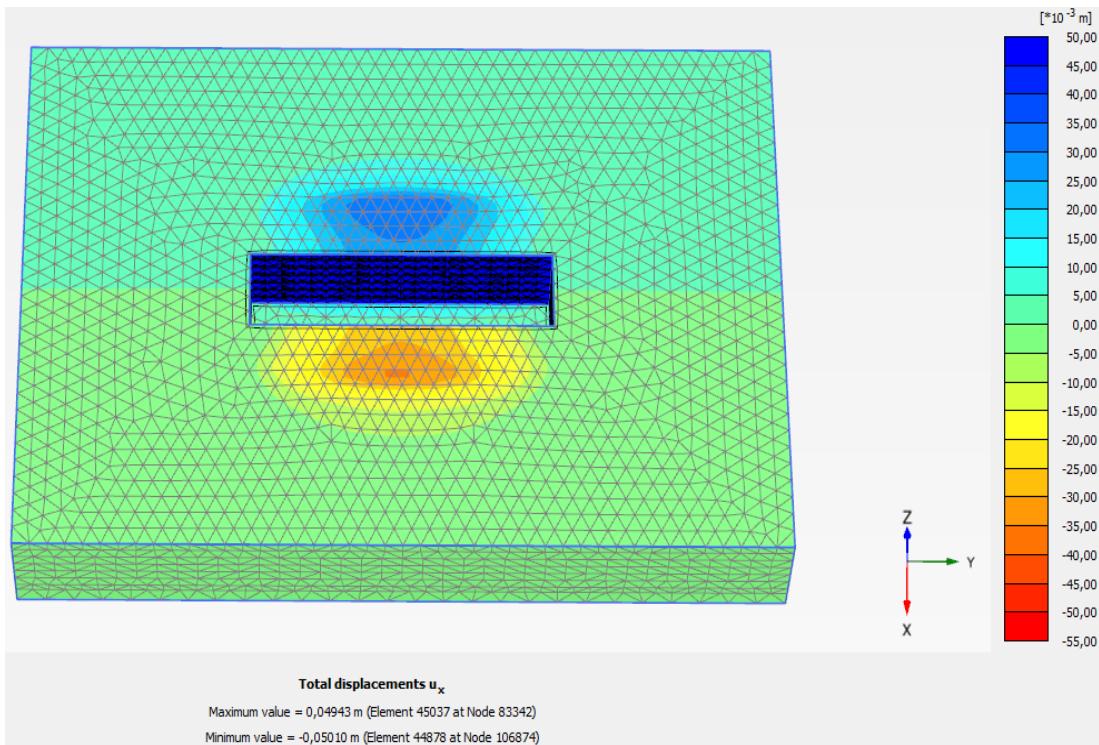
Εικόνα 4.2.3: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



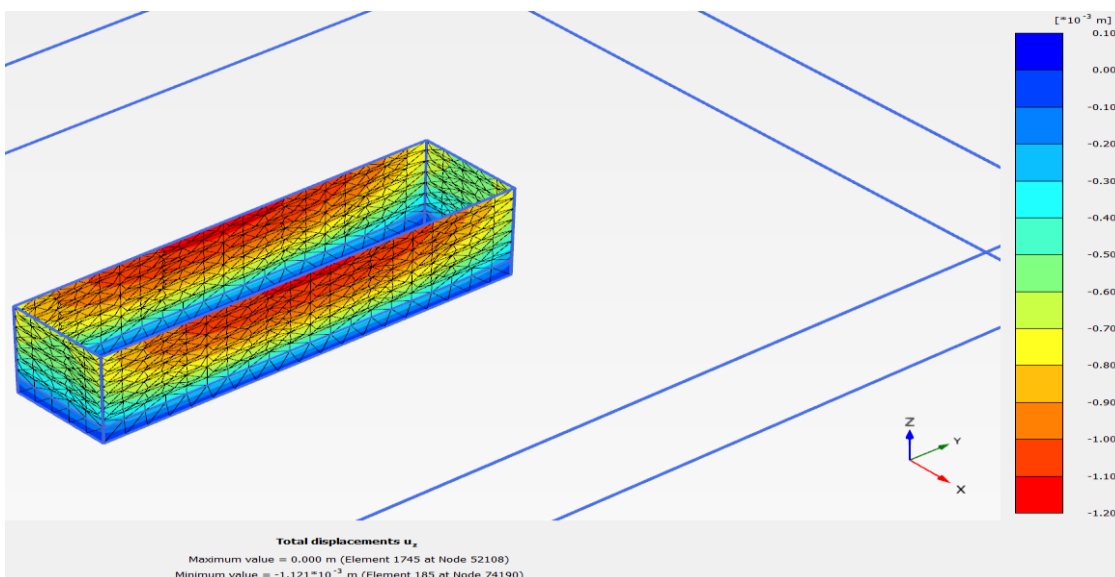
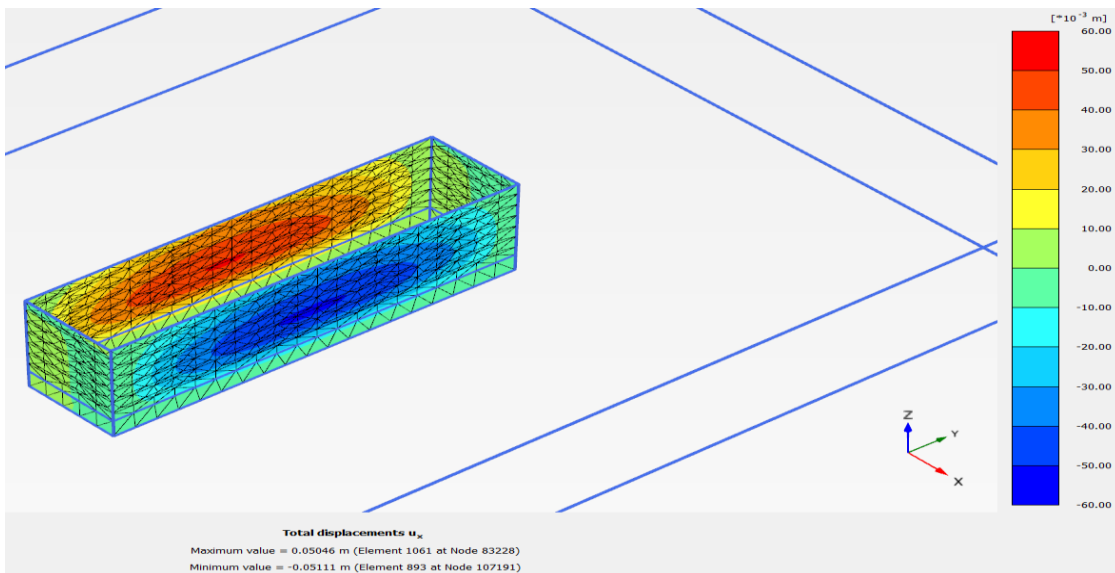
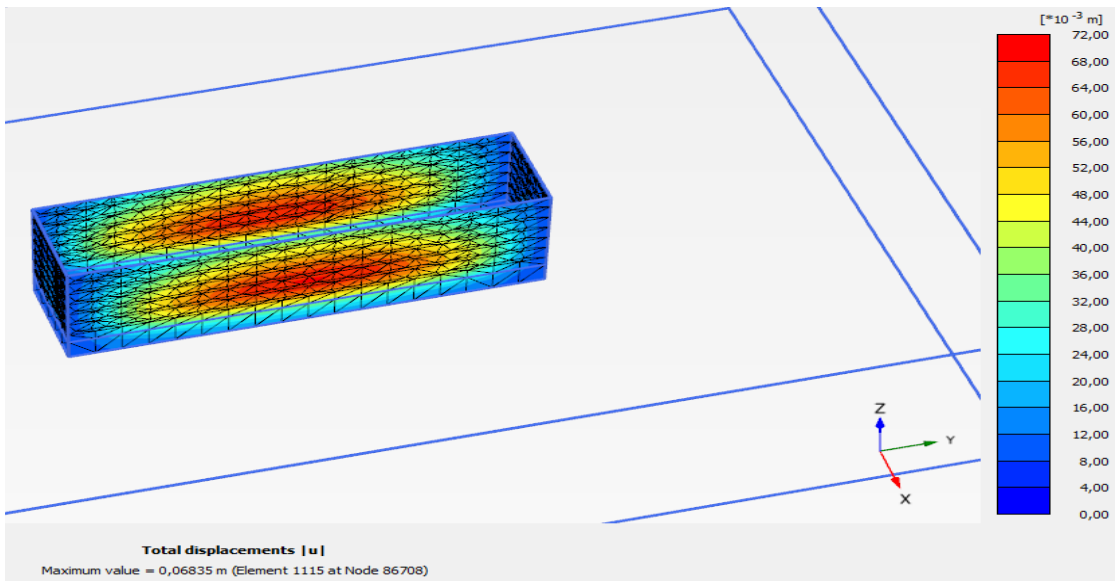
Εικόνα: 4.2.4 Πλαστικά σημεία



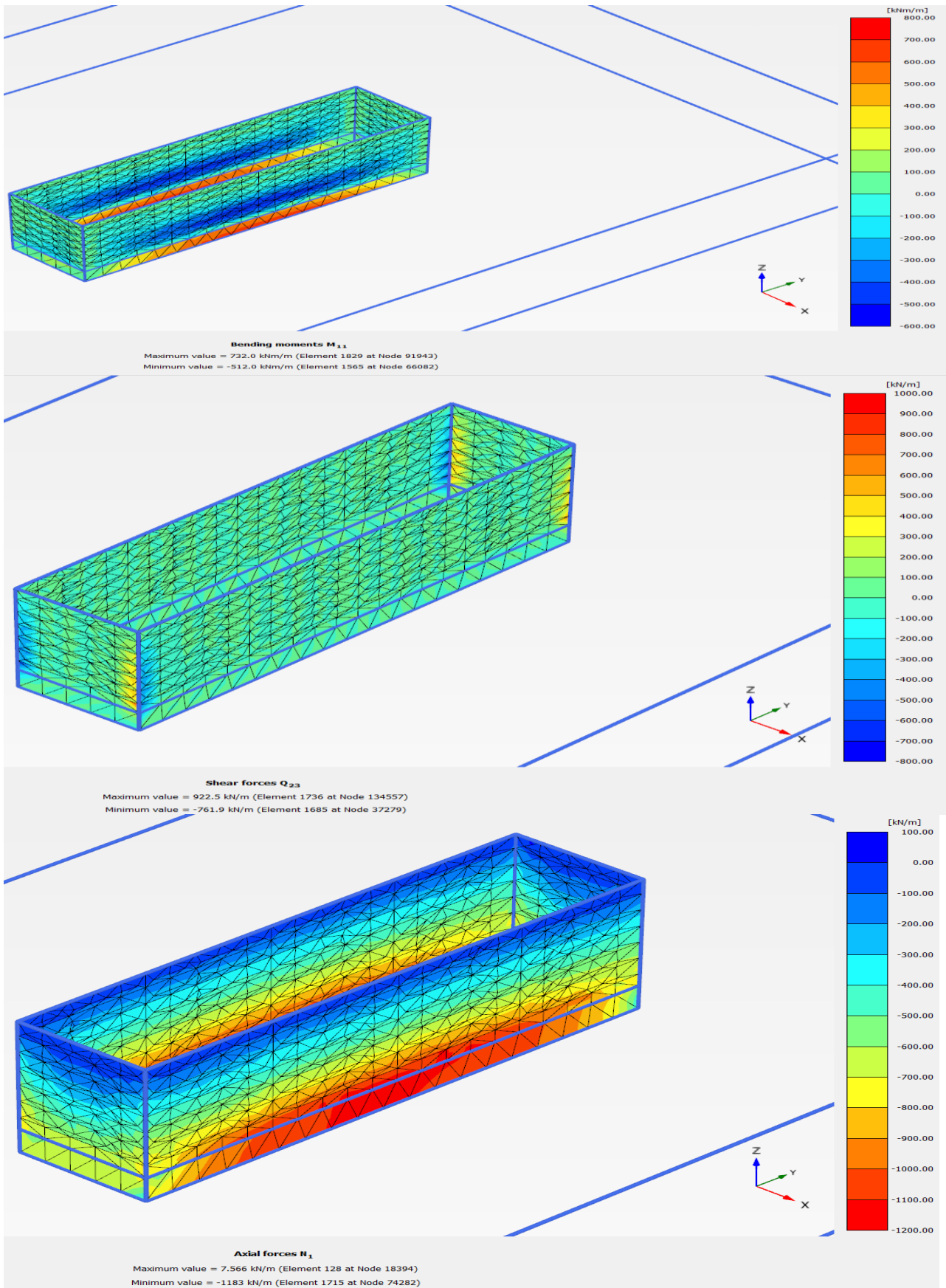
Εικόνα 4.2.5: Συνολική διατμητική παραμόρφωση καννάβου



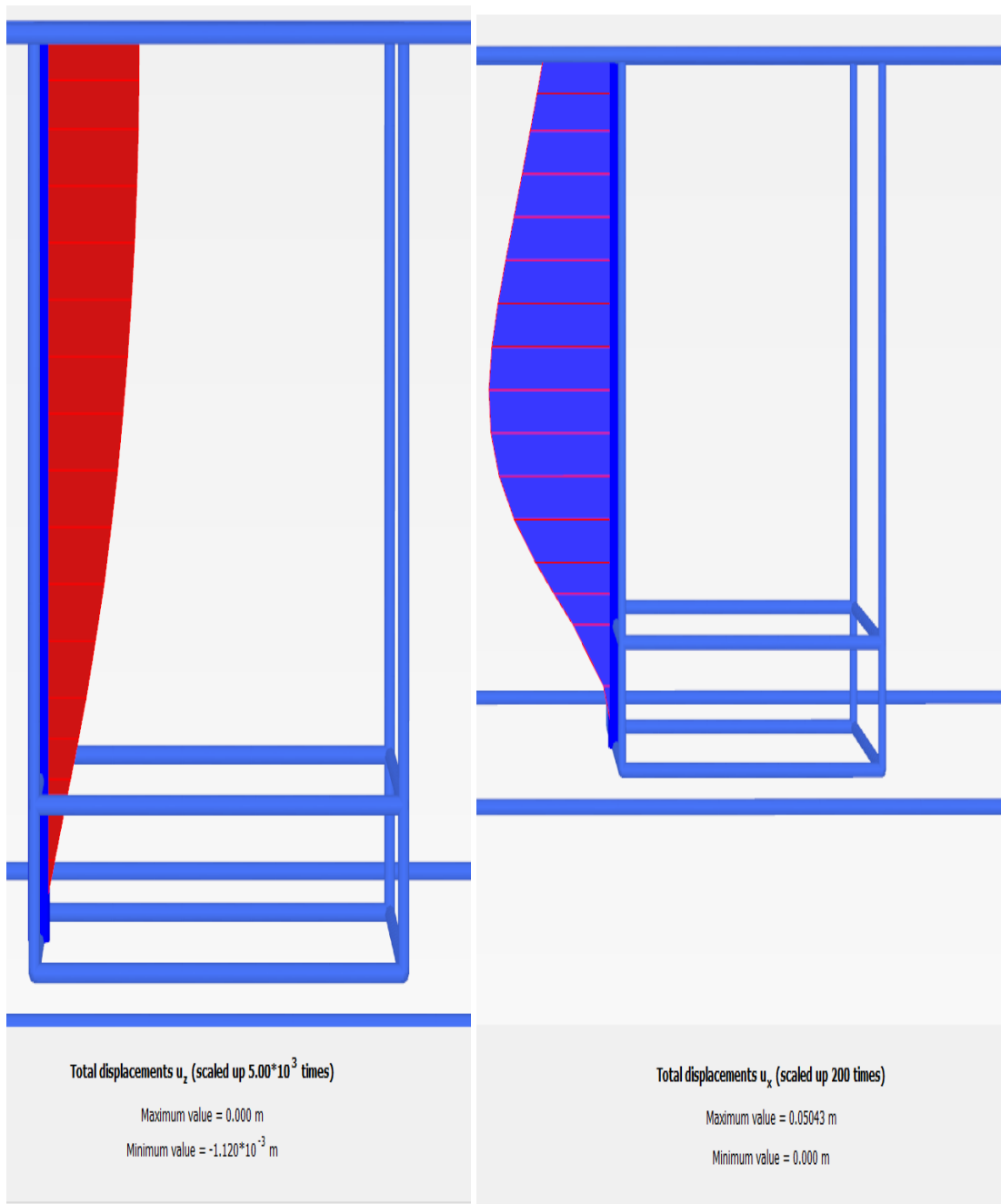
Εικόνα 4.2.6: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων της κατασκευής



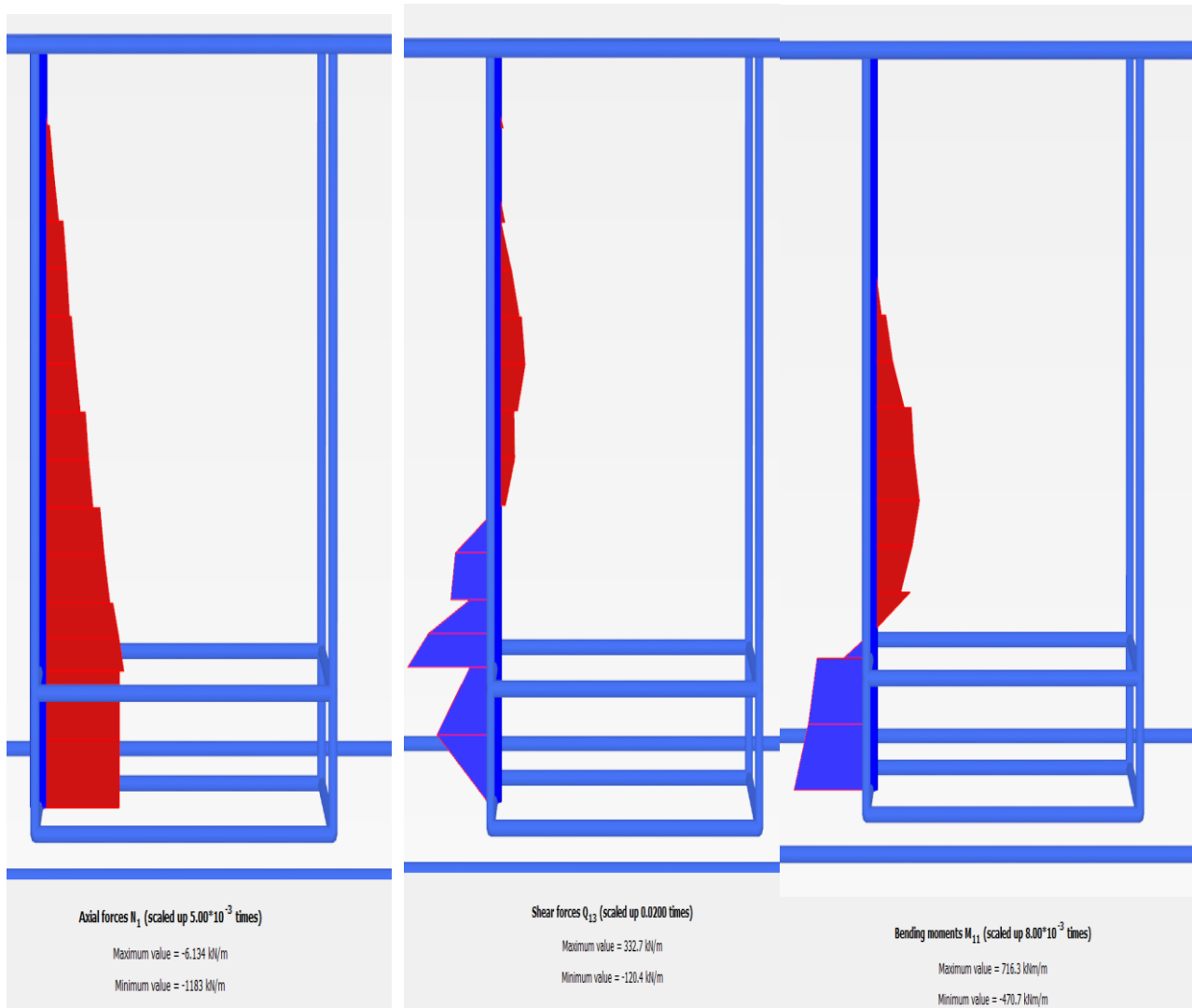
Εικόνα 4.2.7: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.2.8: Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στο πασσαλότοιχο

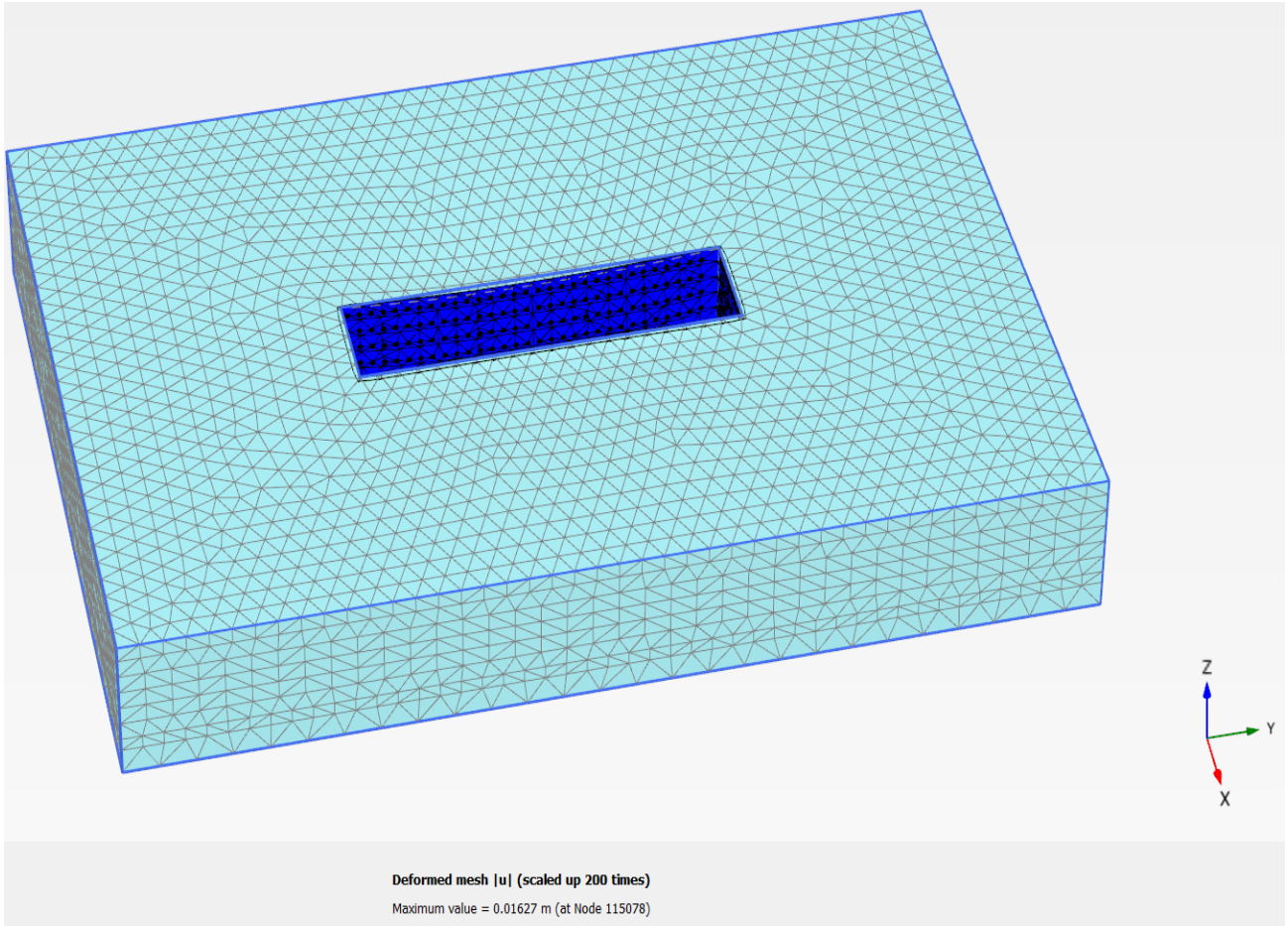


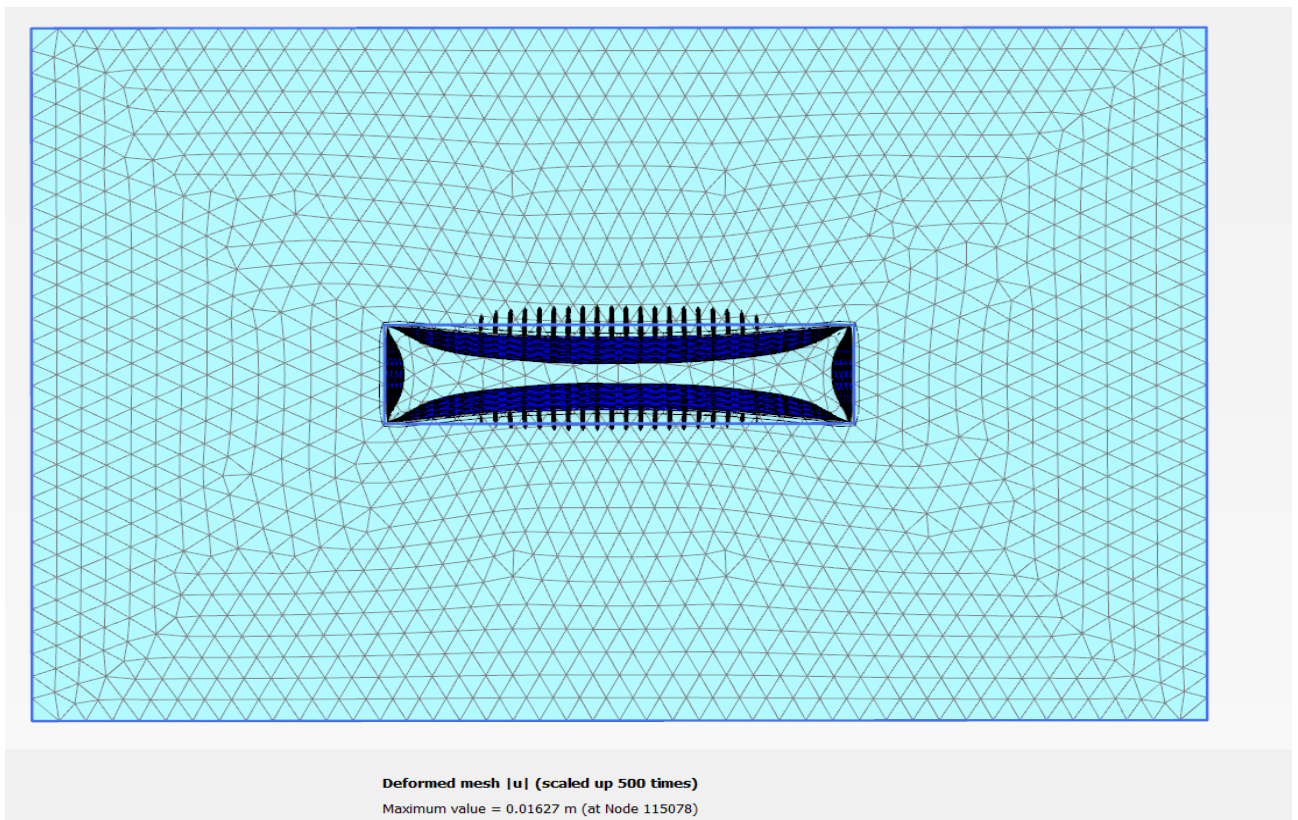
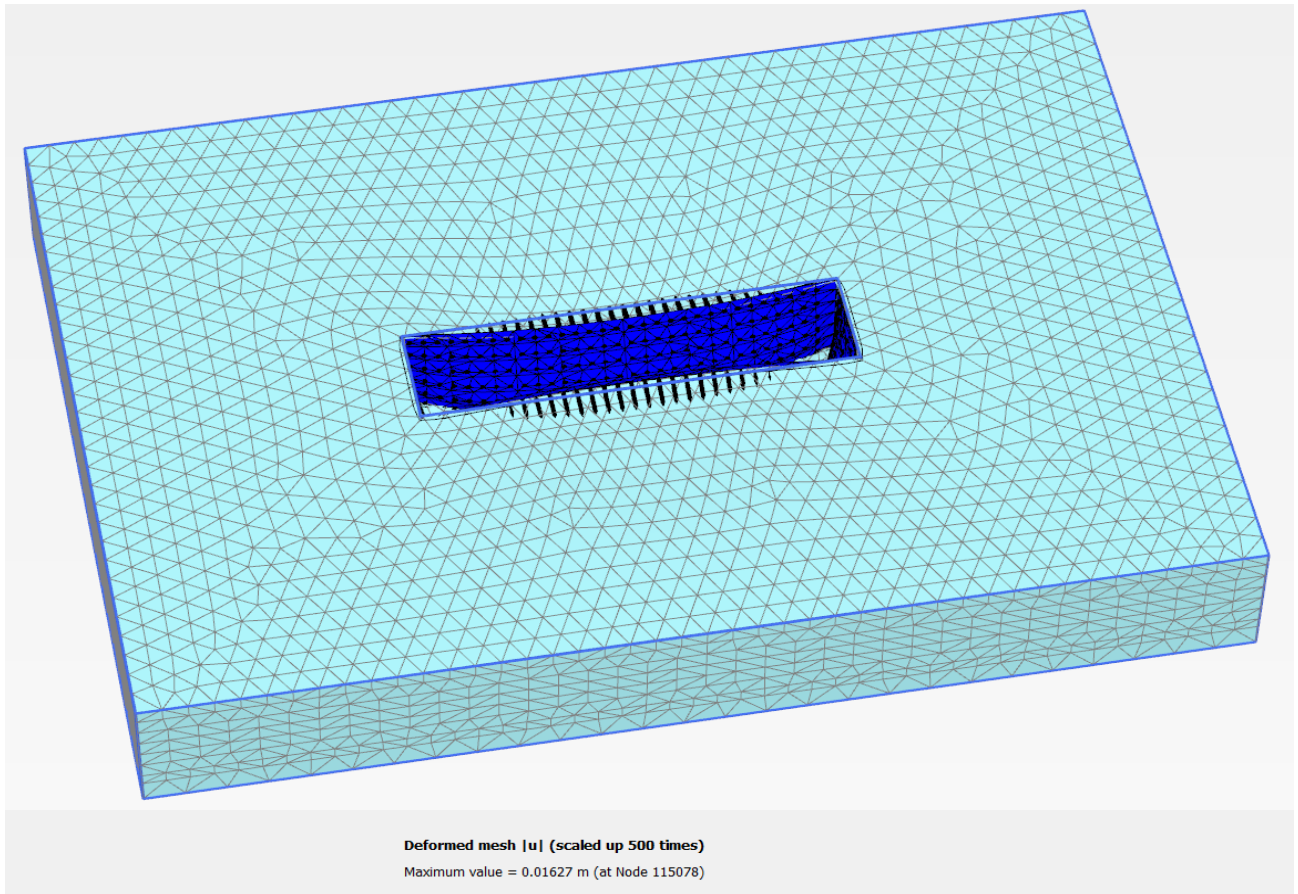
Εικόνα 4.2.9: Κατανομή μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου



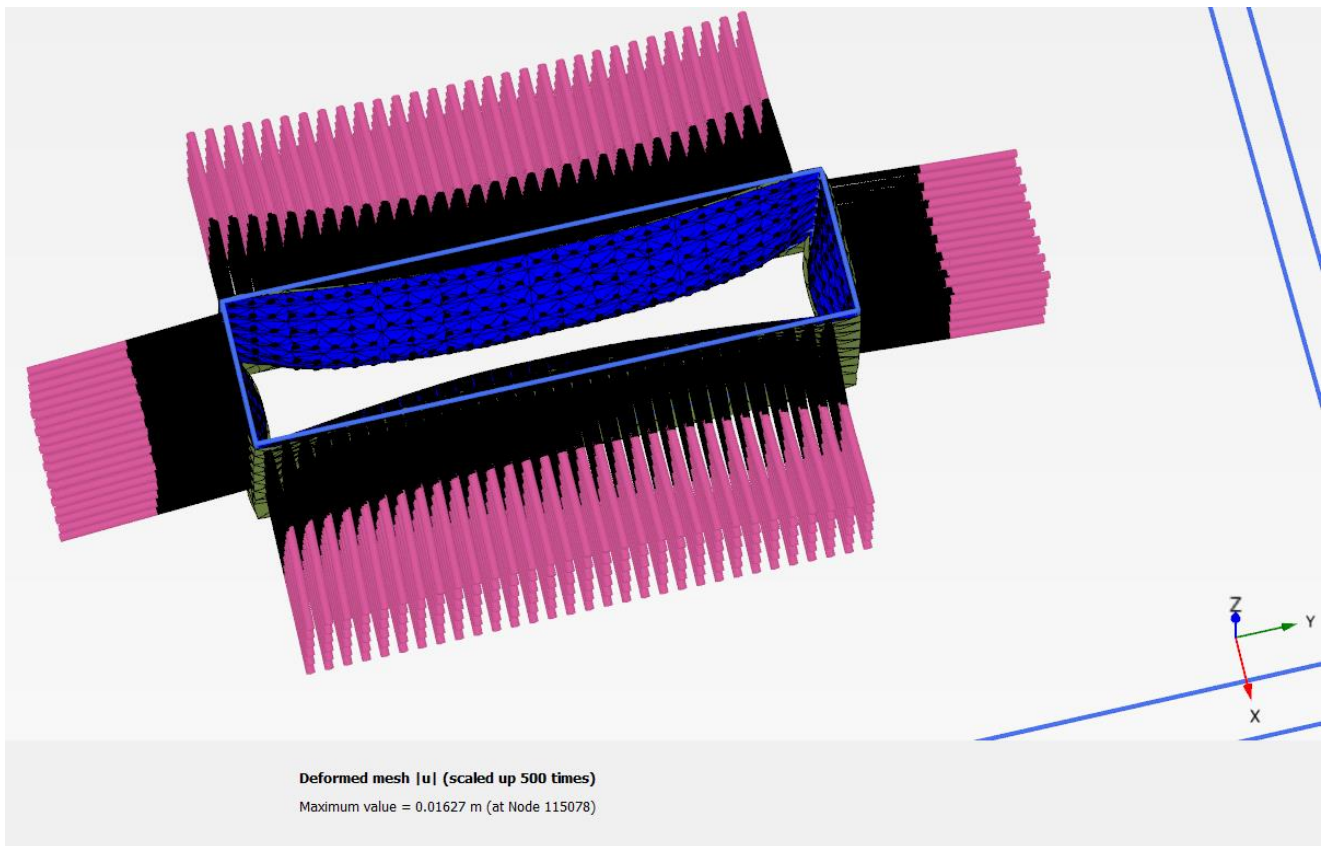
Εικόνα 4.2.10: Κατανομή εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

4.2.2 Τάνυση αγκυρίων=400KN

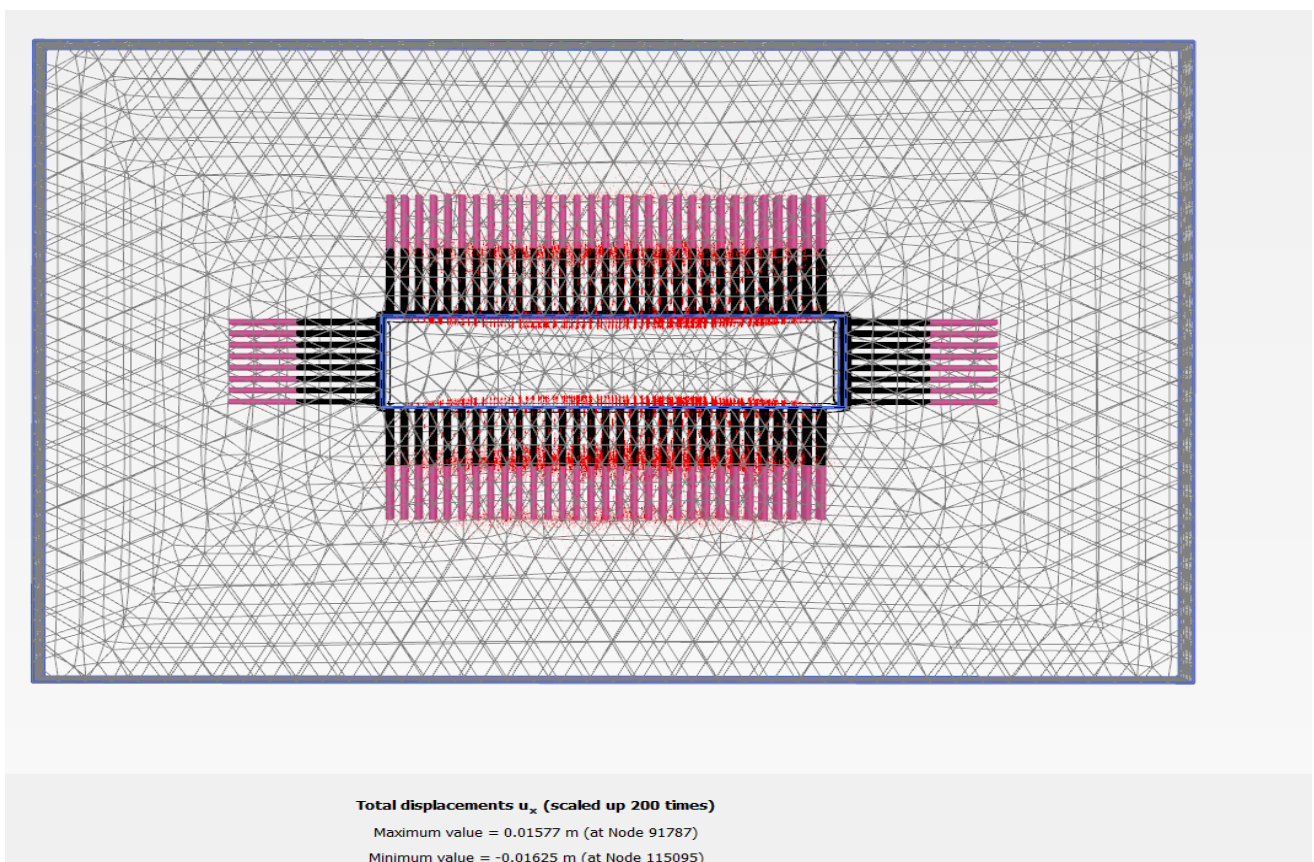




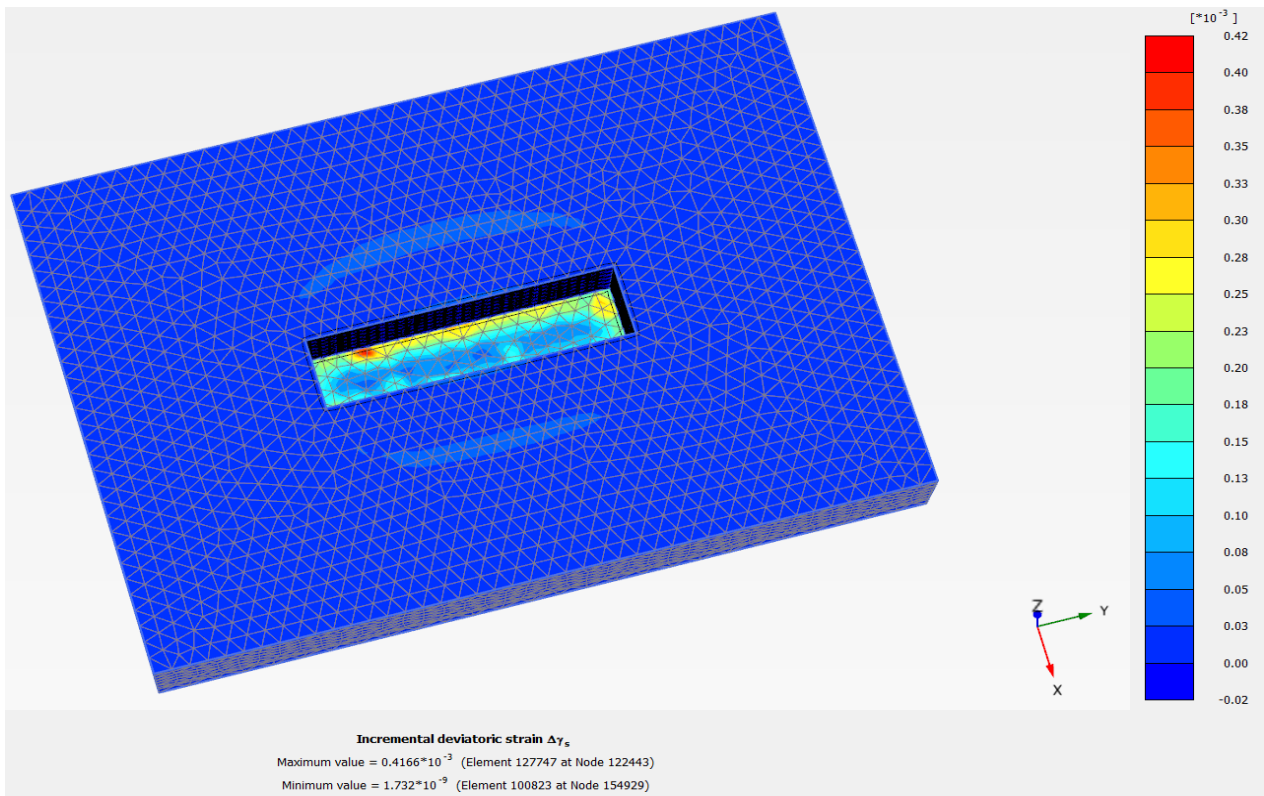
Εικόνα 4.2.11: Παραμορφωμένοι κώνναβοι πεπερασμένων στοιχείων



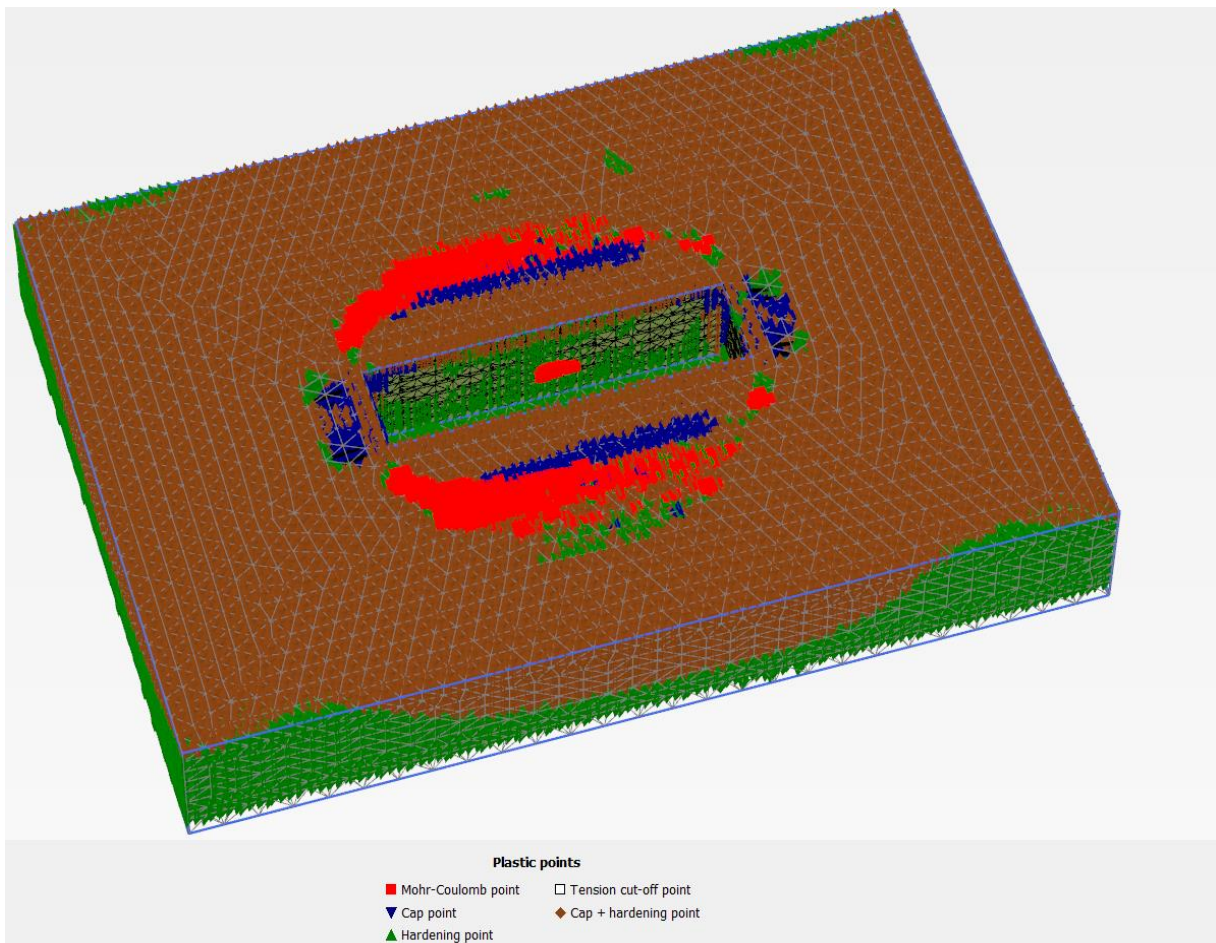
Εικόνα 4.2.12: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



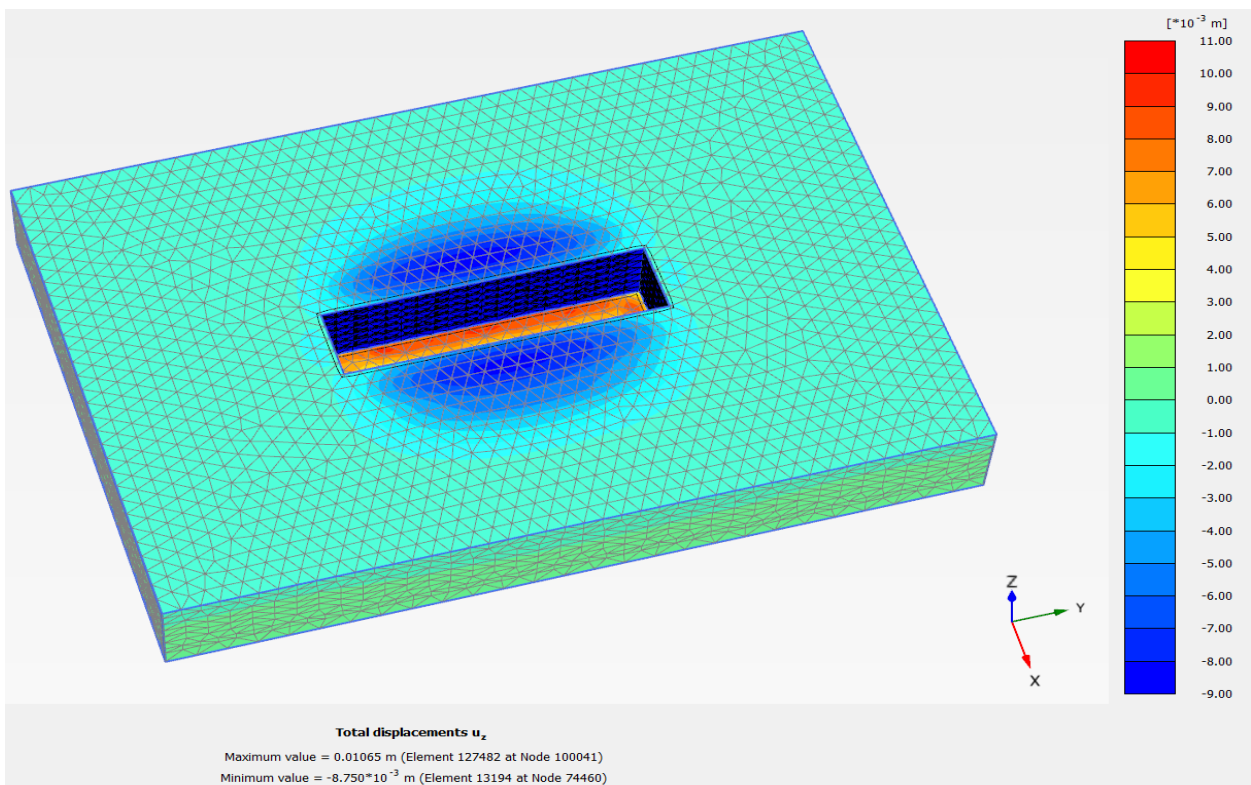
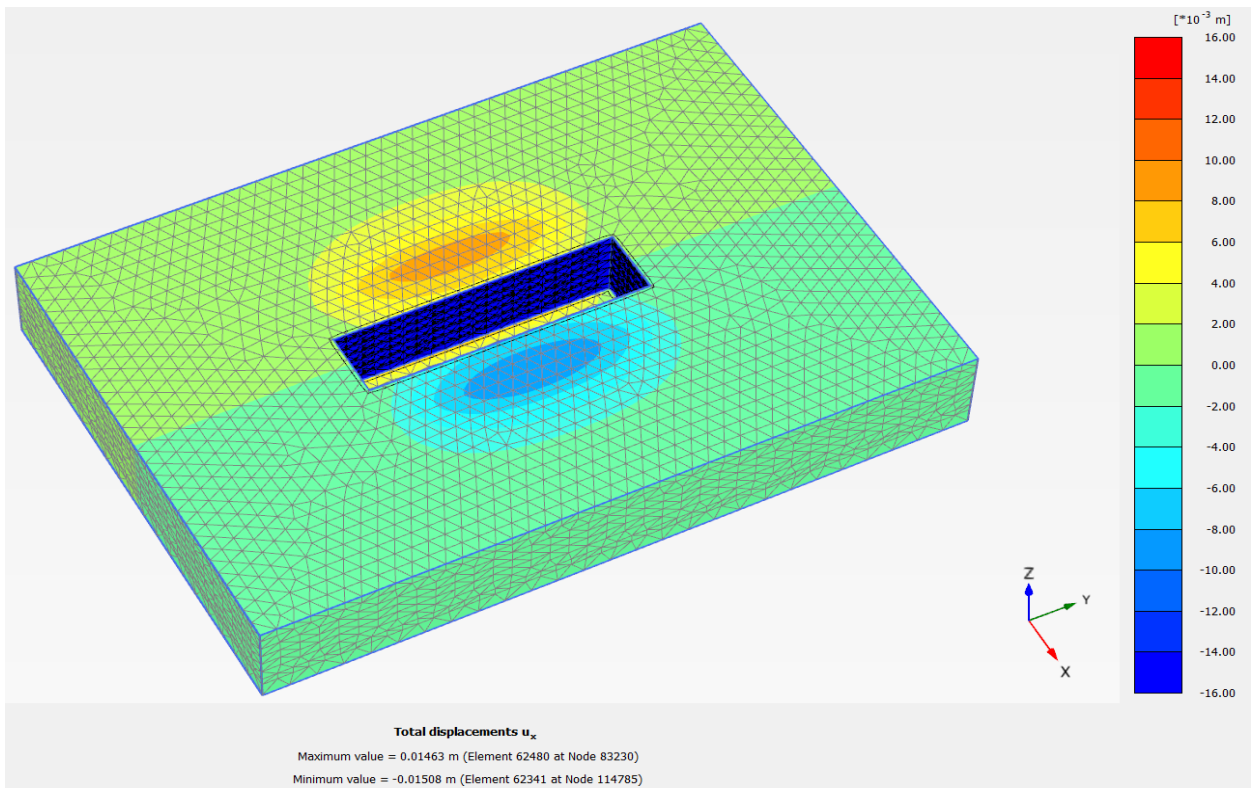
Εικόνα 4.2.13: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



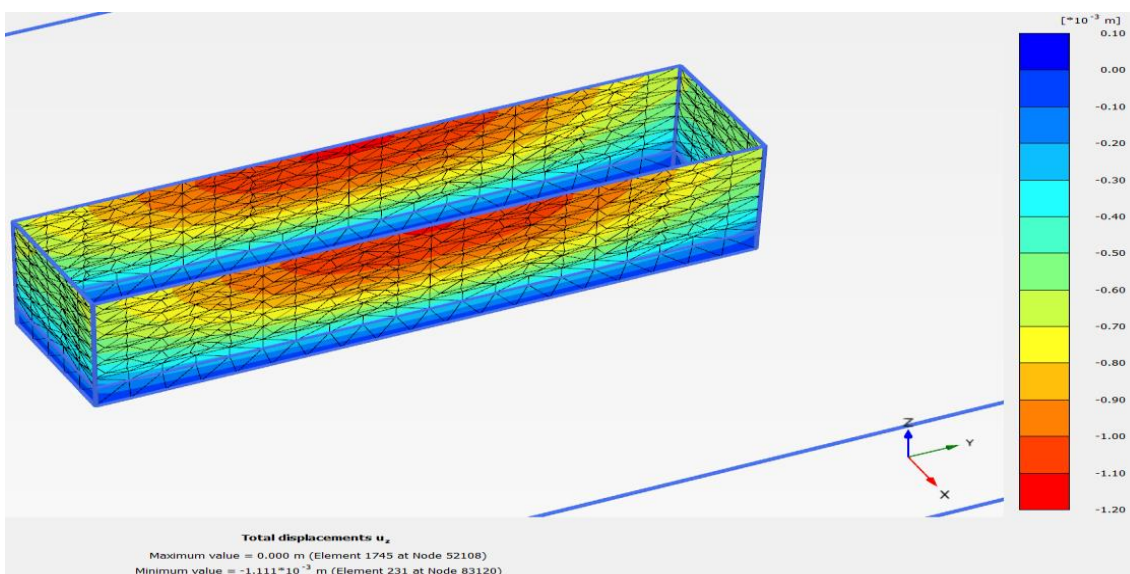
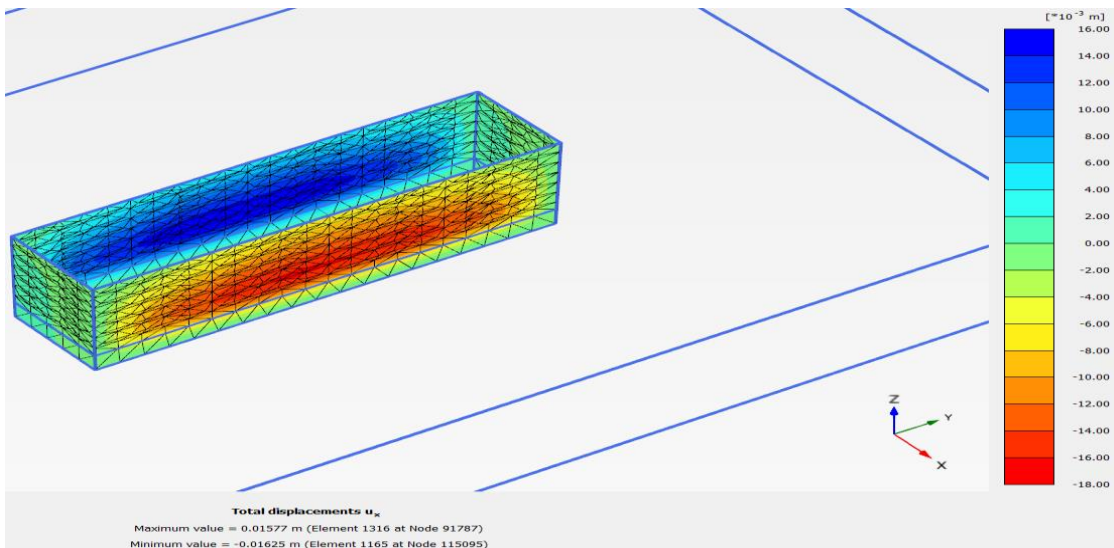
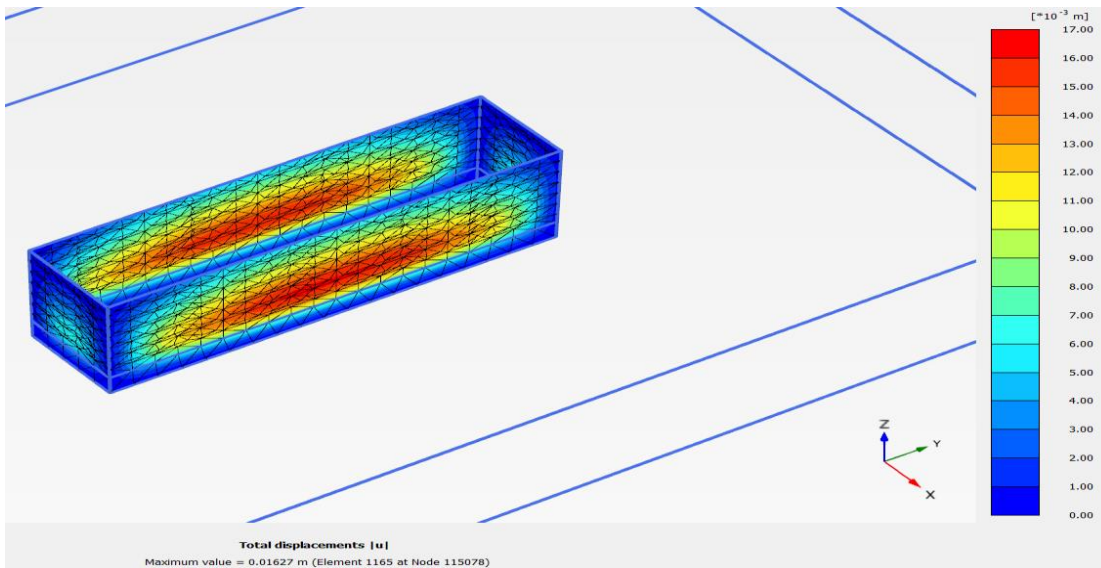
Εικόνα 4.2.14: Συνολική διατμητική παραμόρφωση



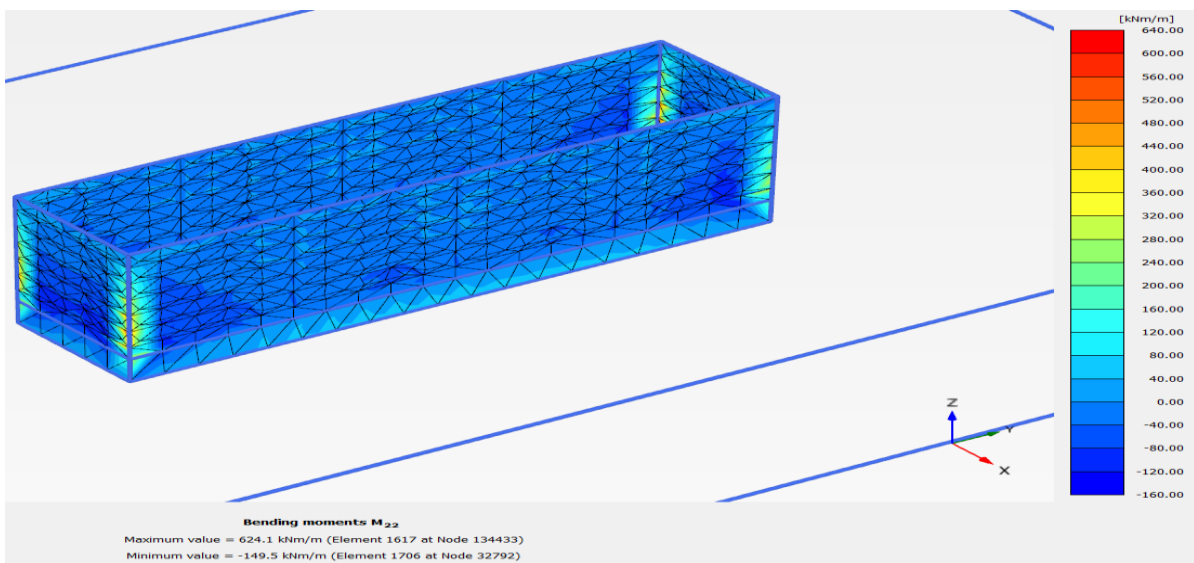
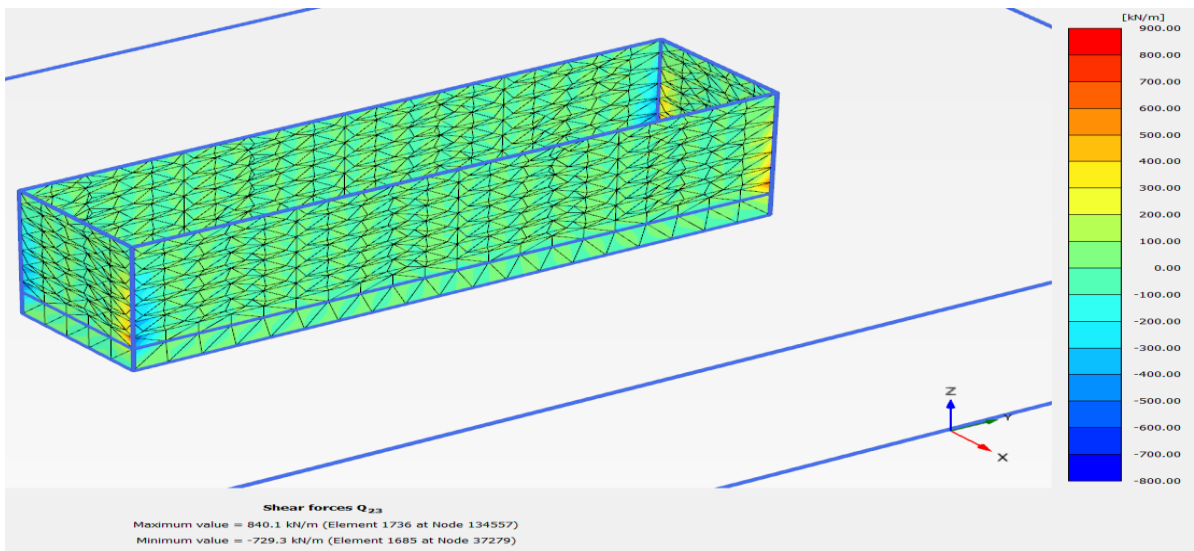
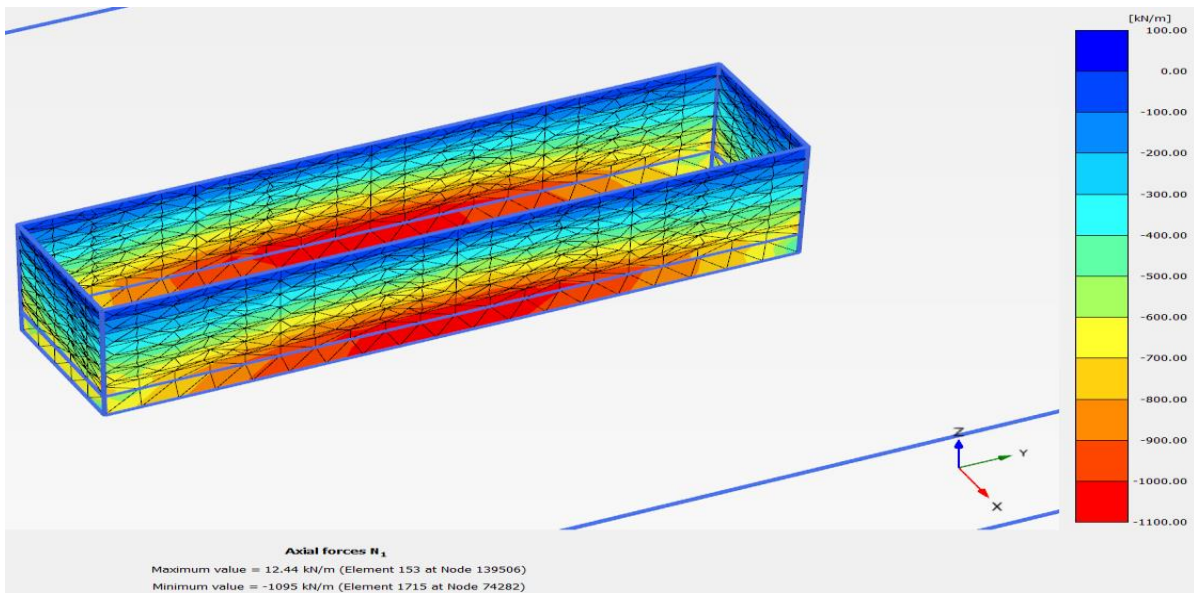
Εικόνα 4.2.15: Πλαστικά σημεία



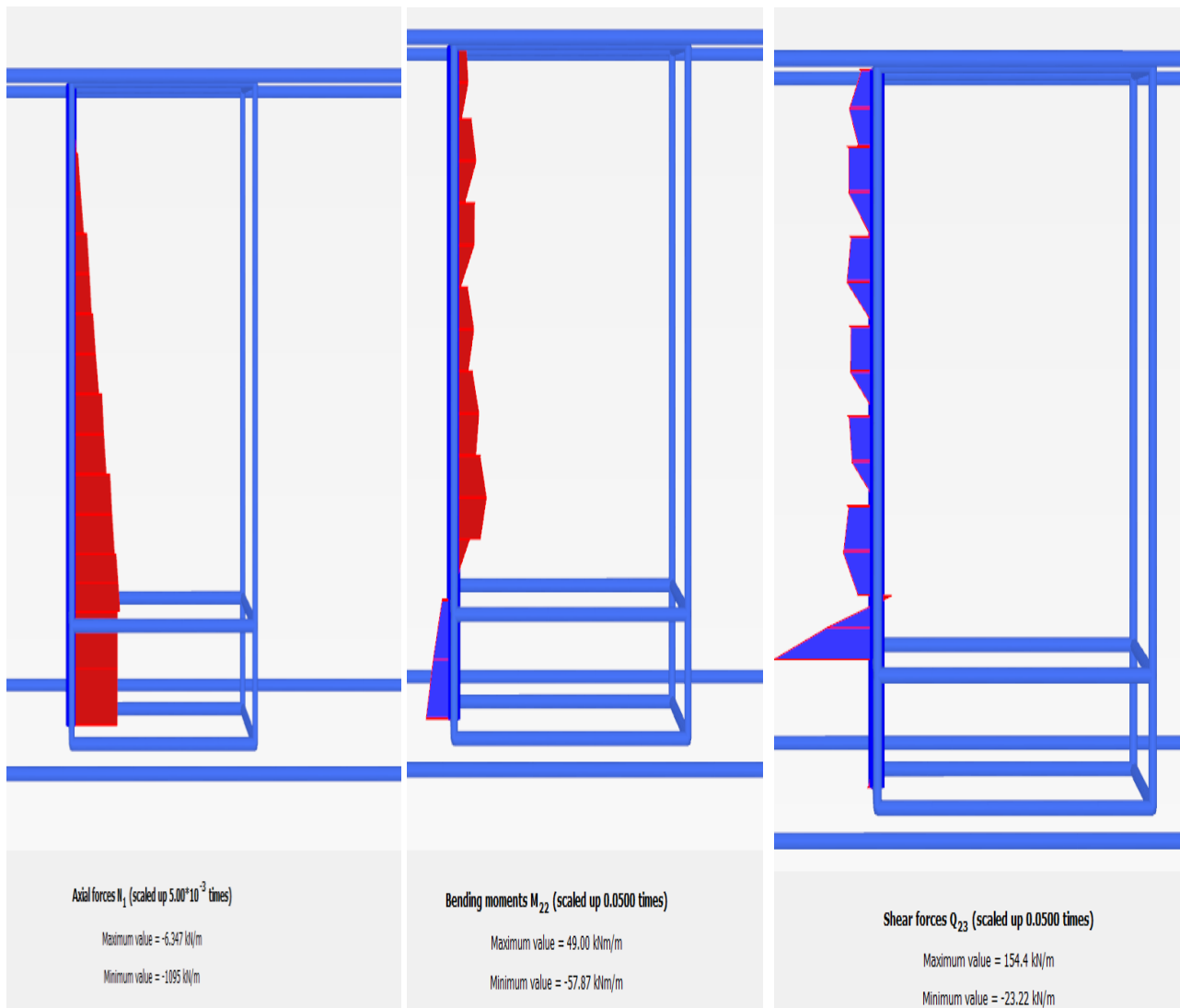
Εικόνα 4.2.16: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων κατασκευής



Εικόνα 4.2.17: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.2.18: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.2.19: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

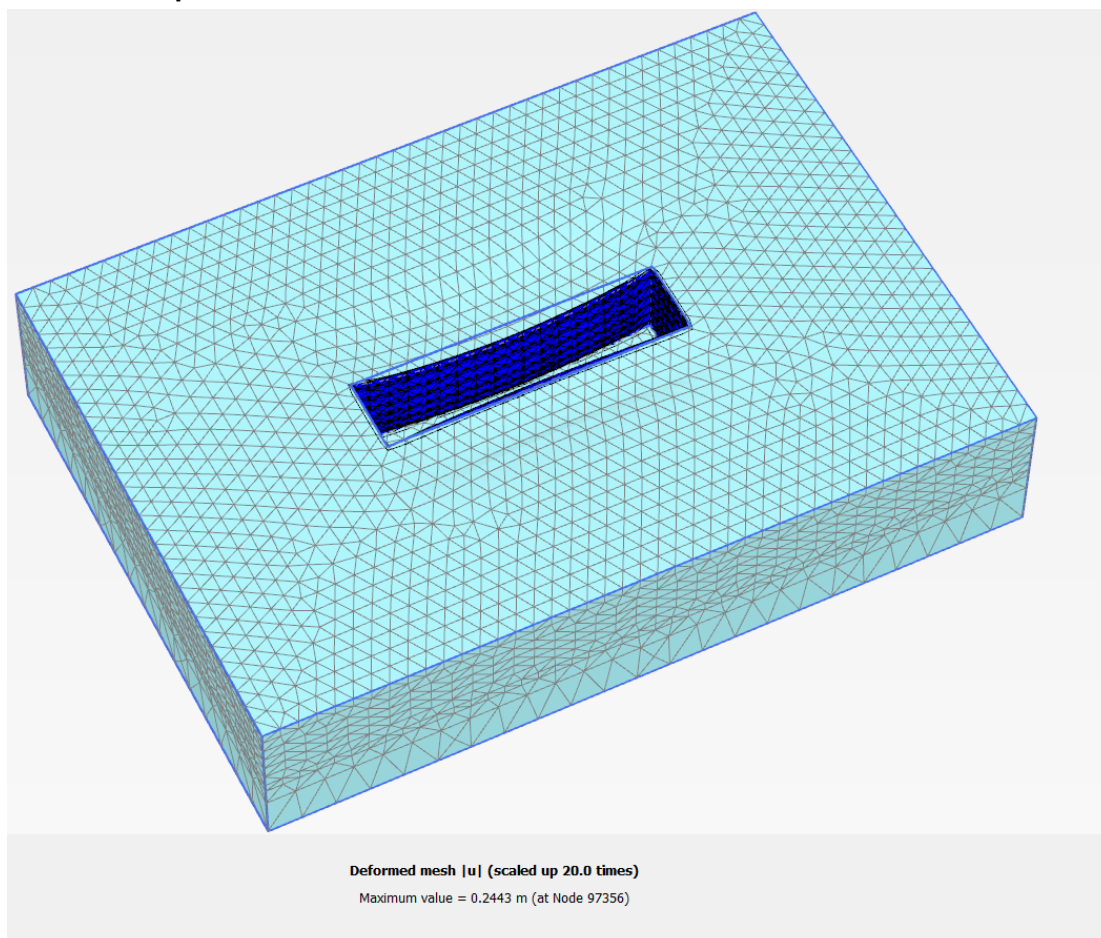
4.3 αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ανισοτροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή

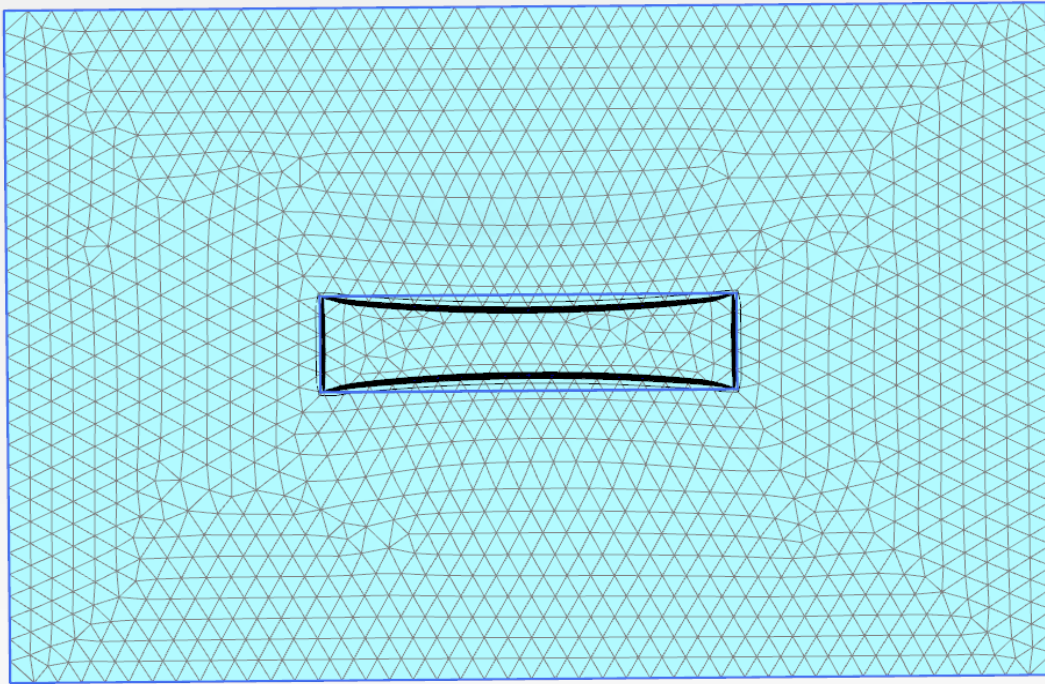
Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τανύσεως των αγκυριών.

ΤΑΝΙΣΗ(KN)	Ux(cm)	M(KNm/m)
500	3.3	501
400	7.6	770
350	11.51	930.9
300	17.38	1150
290	18.82	1197

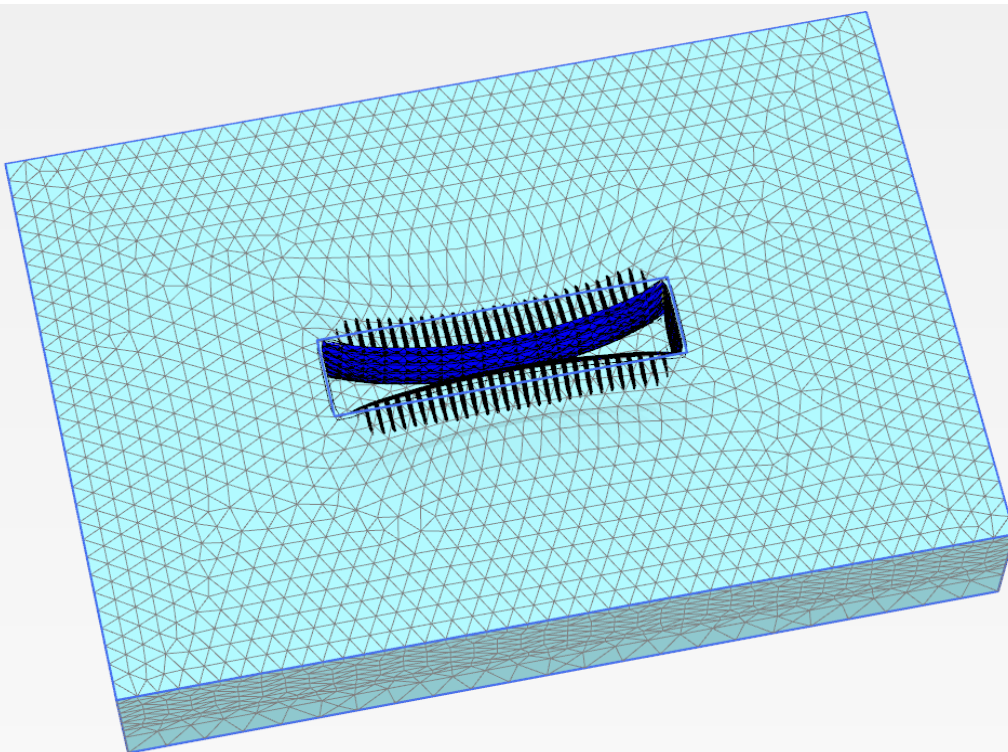
Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύο χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως (290KN και 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

4.3.1 Τάνυση=290KN



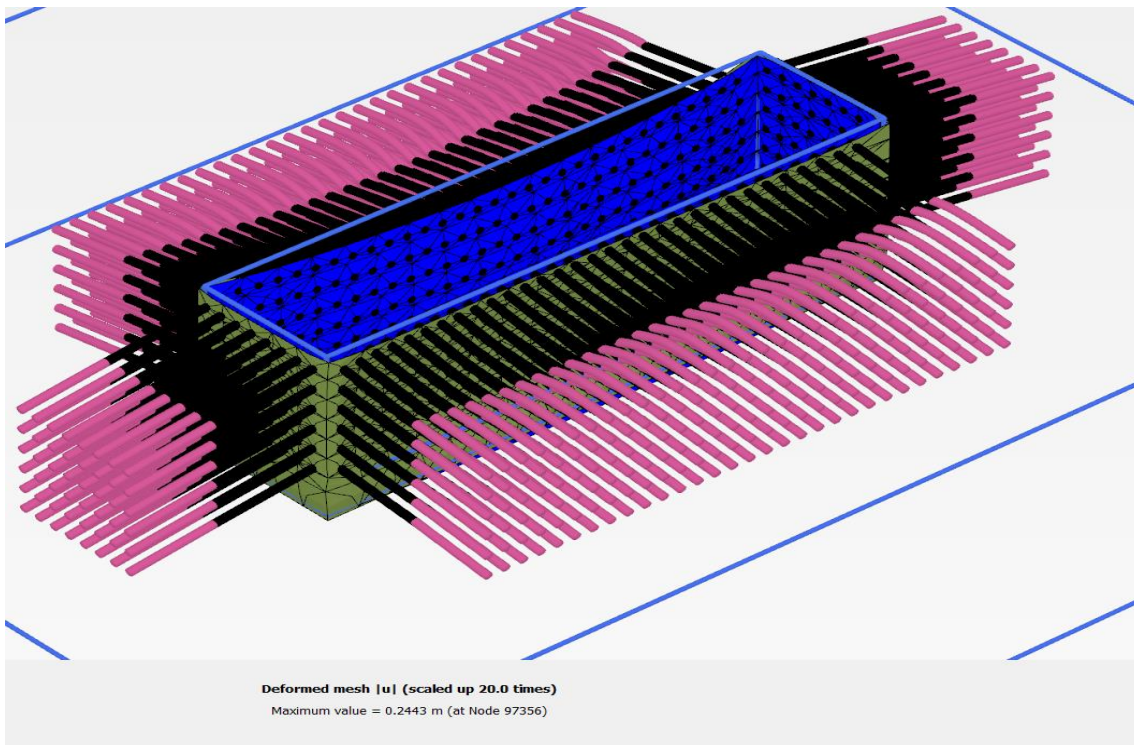


Deformed mesh |u| (scaled up 20.0 times)
Maximum value = 0.2443 m (at Node 97356)

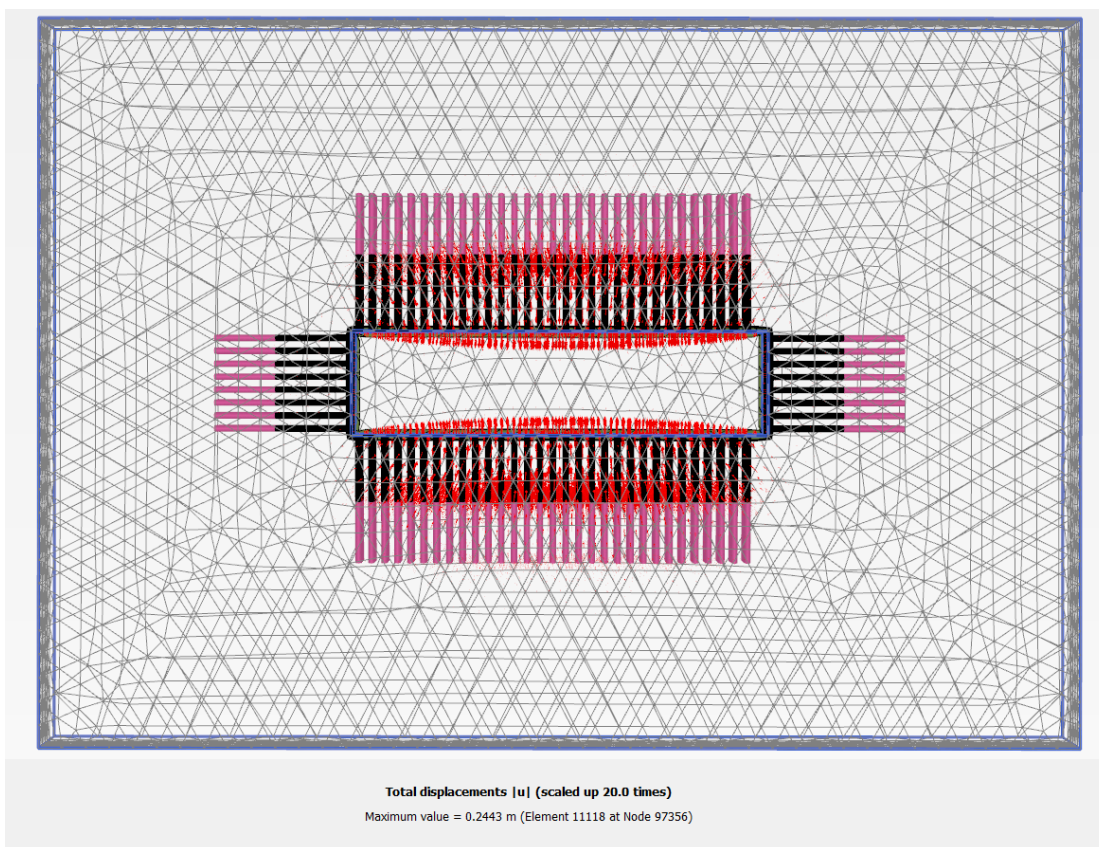


Deformed mesh |u| (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.2443 m (at Node 97356)

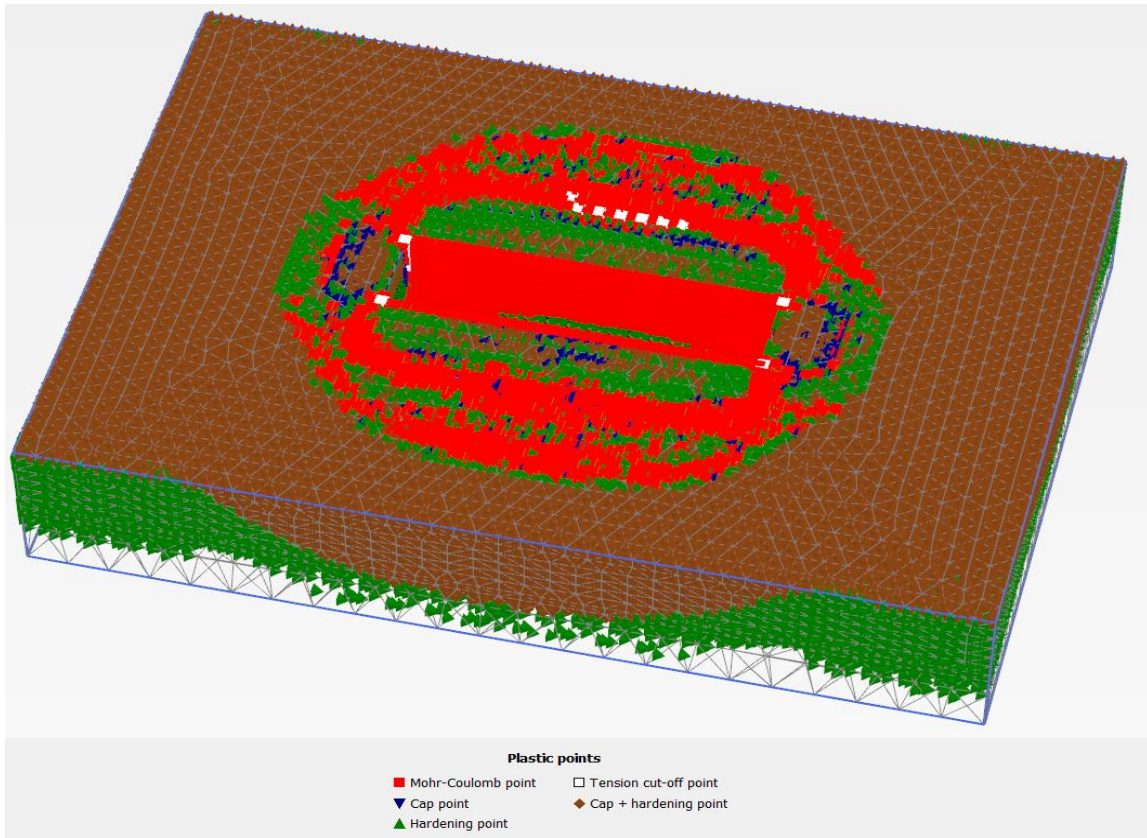
Εικόνα 4.3.1: Παραμορφωμένοι καννάθοι πεπερασμένων στοιχείων



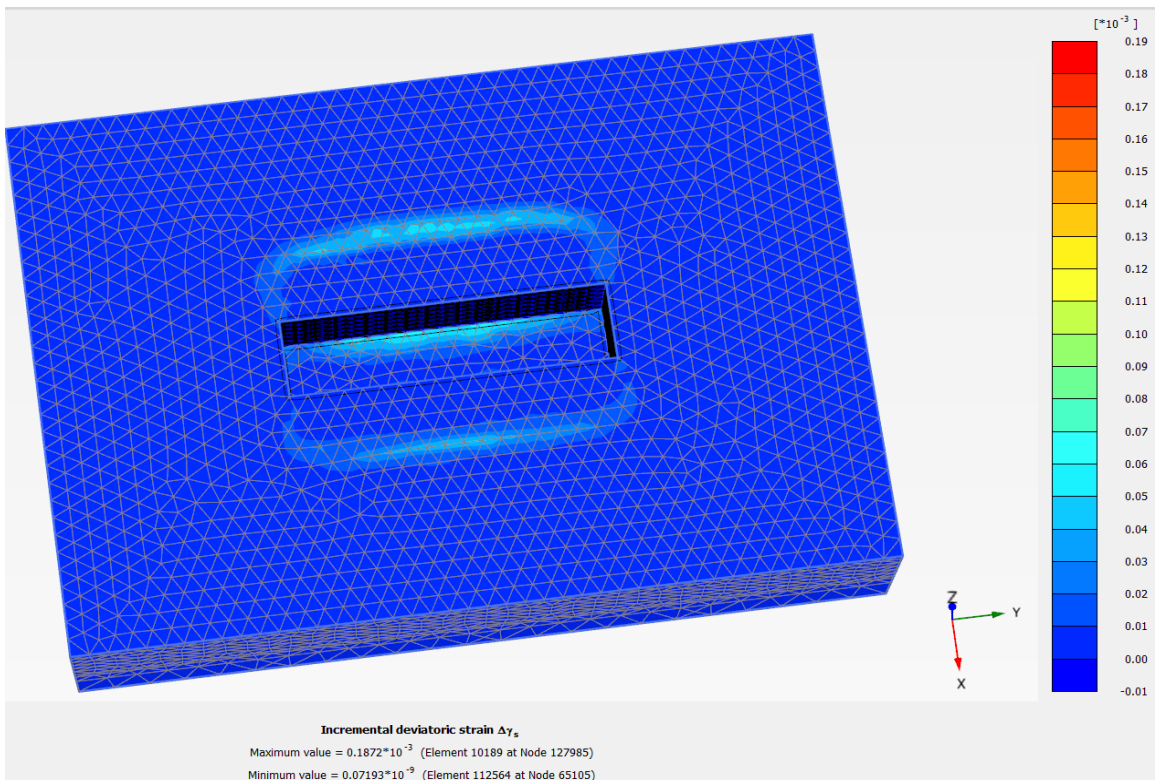
Εικόνα 4.3.2: Παραμόρφωση πασσαλότοιχου και αγκυρώσεων



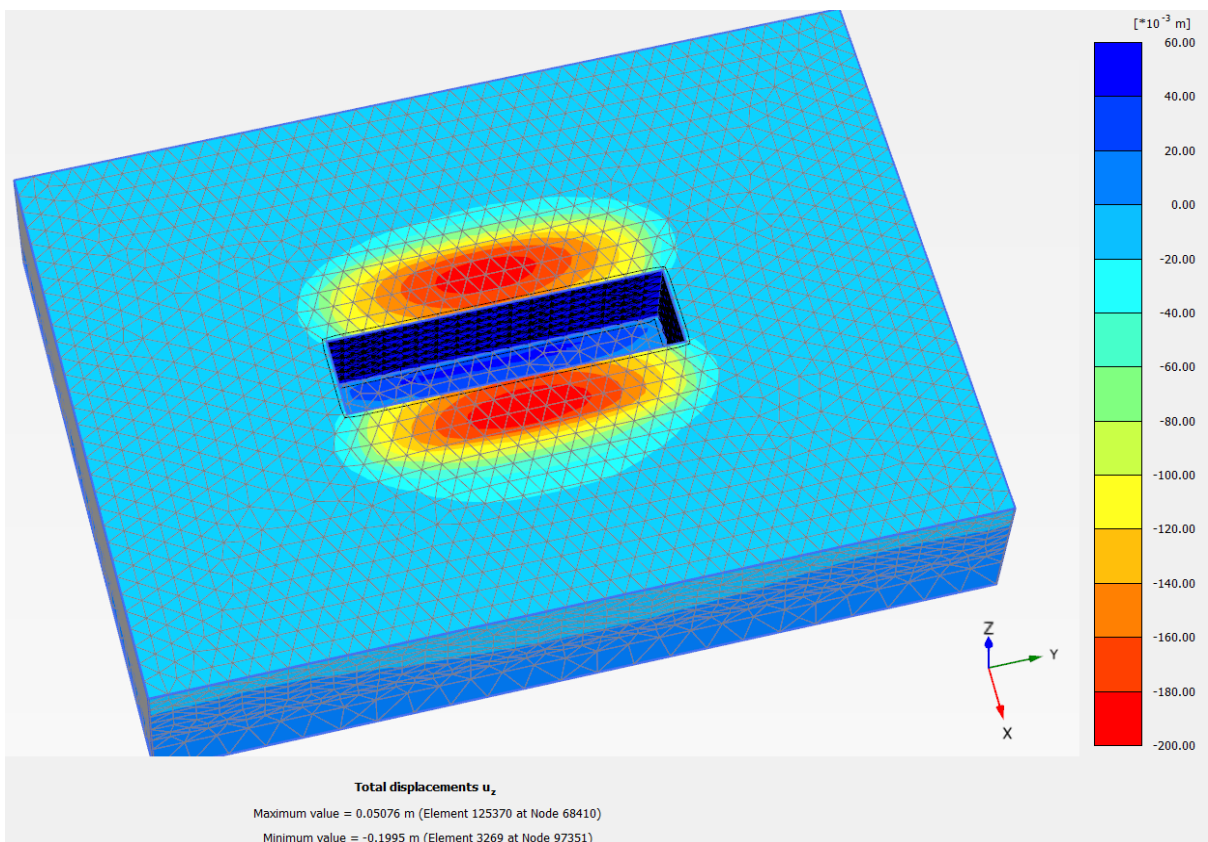
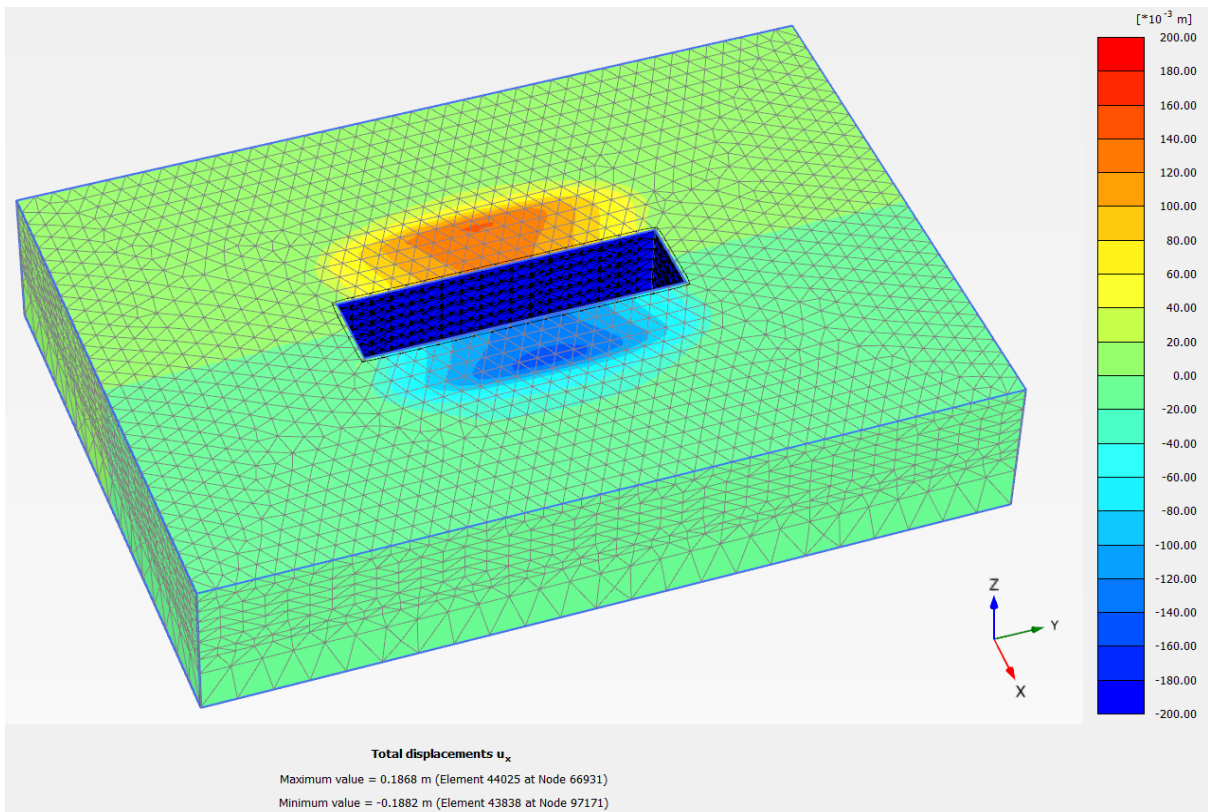
Εικόνα 4.3.3: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



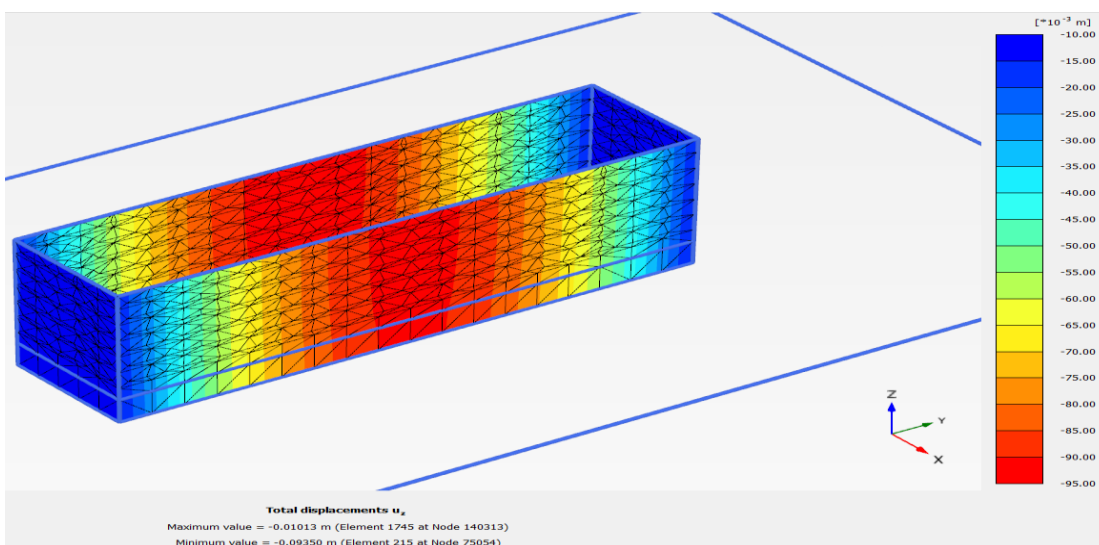
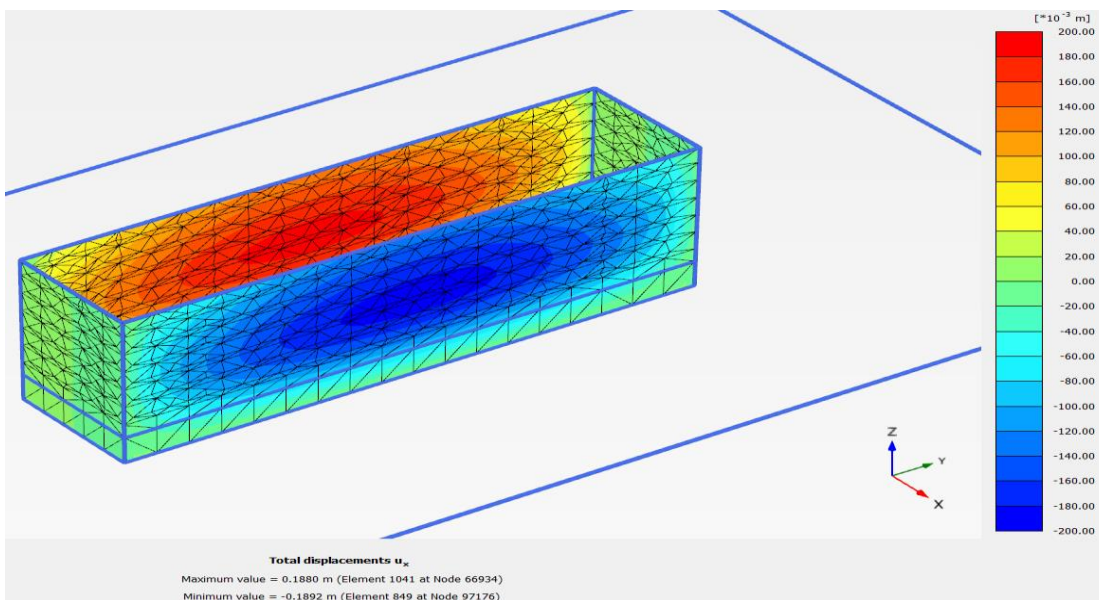
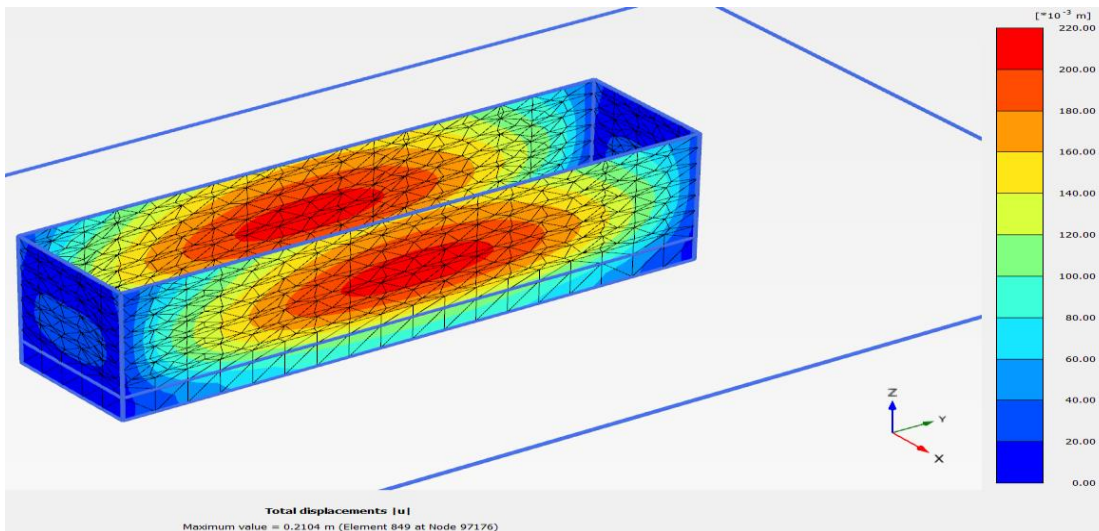
Εικόνα 4.3.4: Πλαστικά σημεία



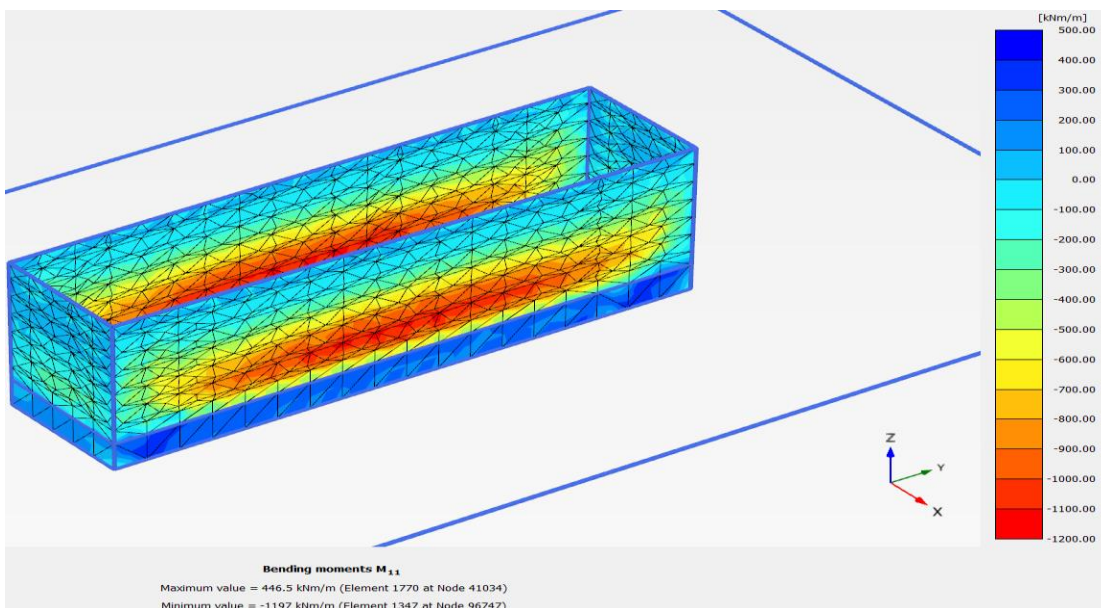
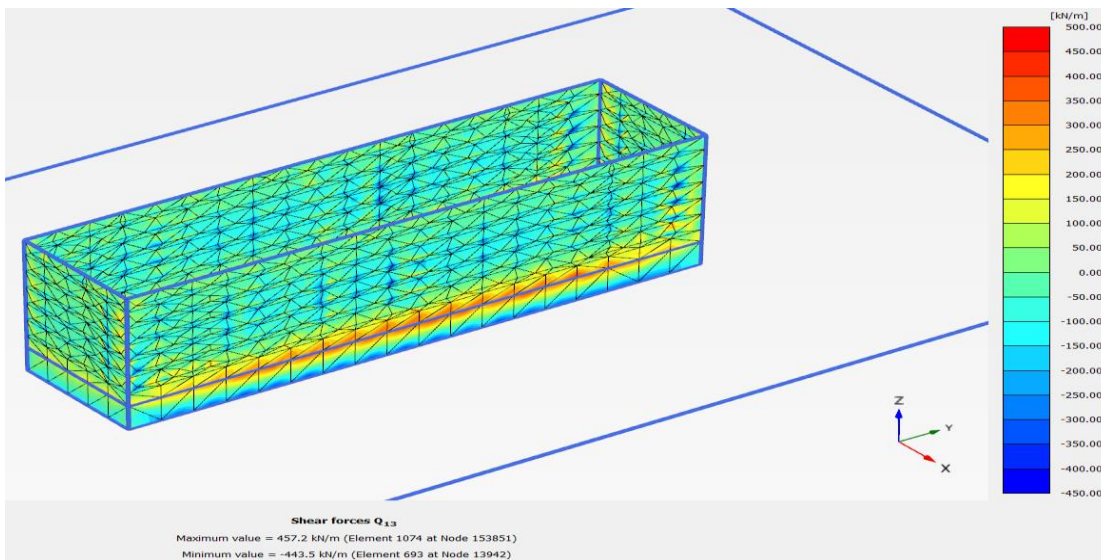
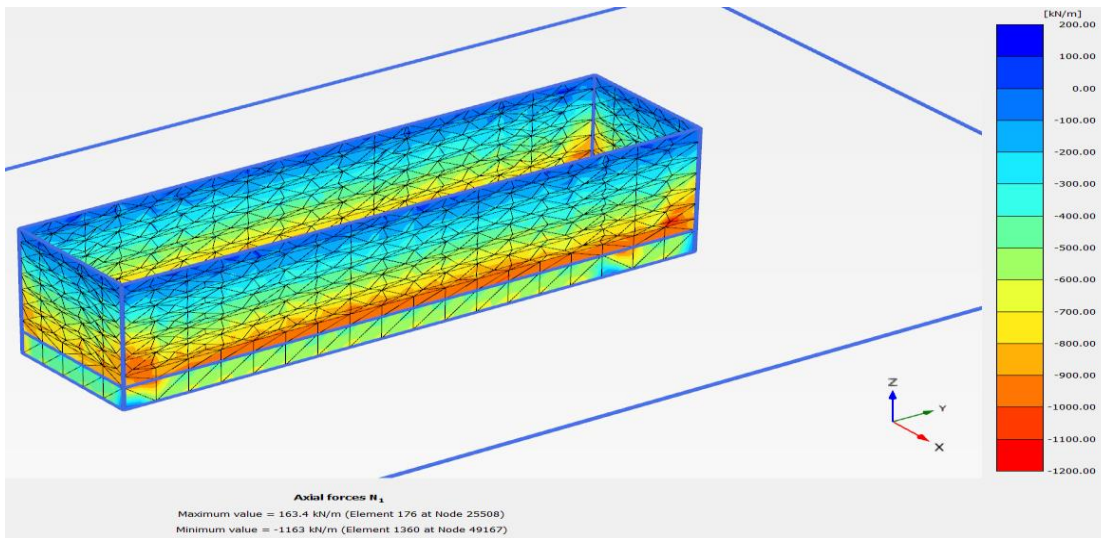
Εικόνα 4.3.5: Συνολική διατμητική παραμόρφωση καννάβου γ_d



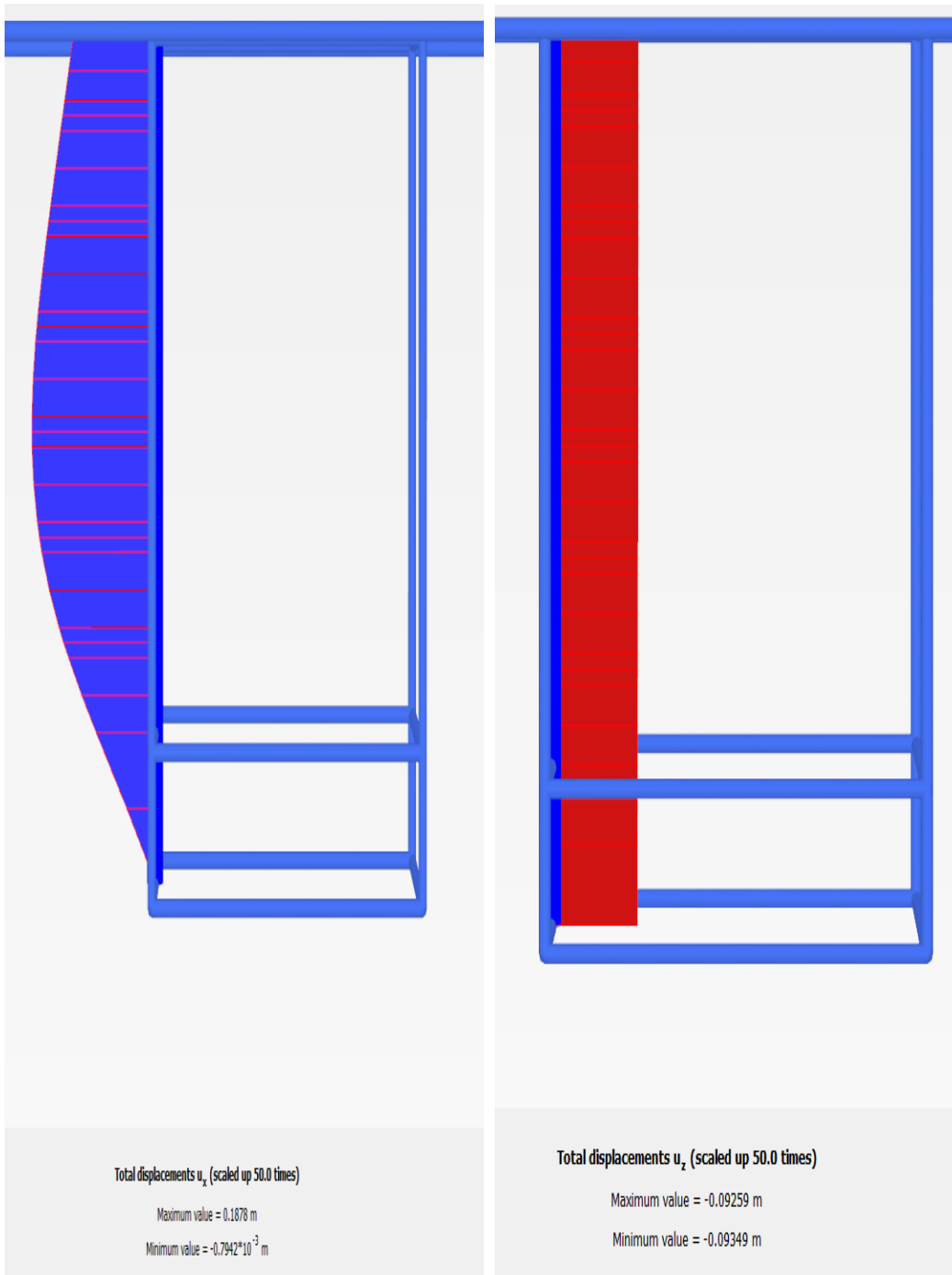
Εικόνα 4.3.6: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων καννάβου



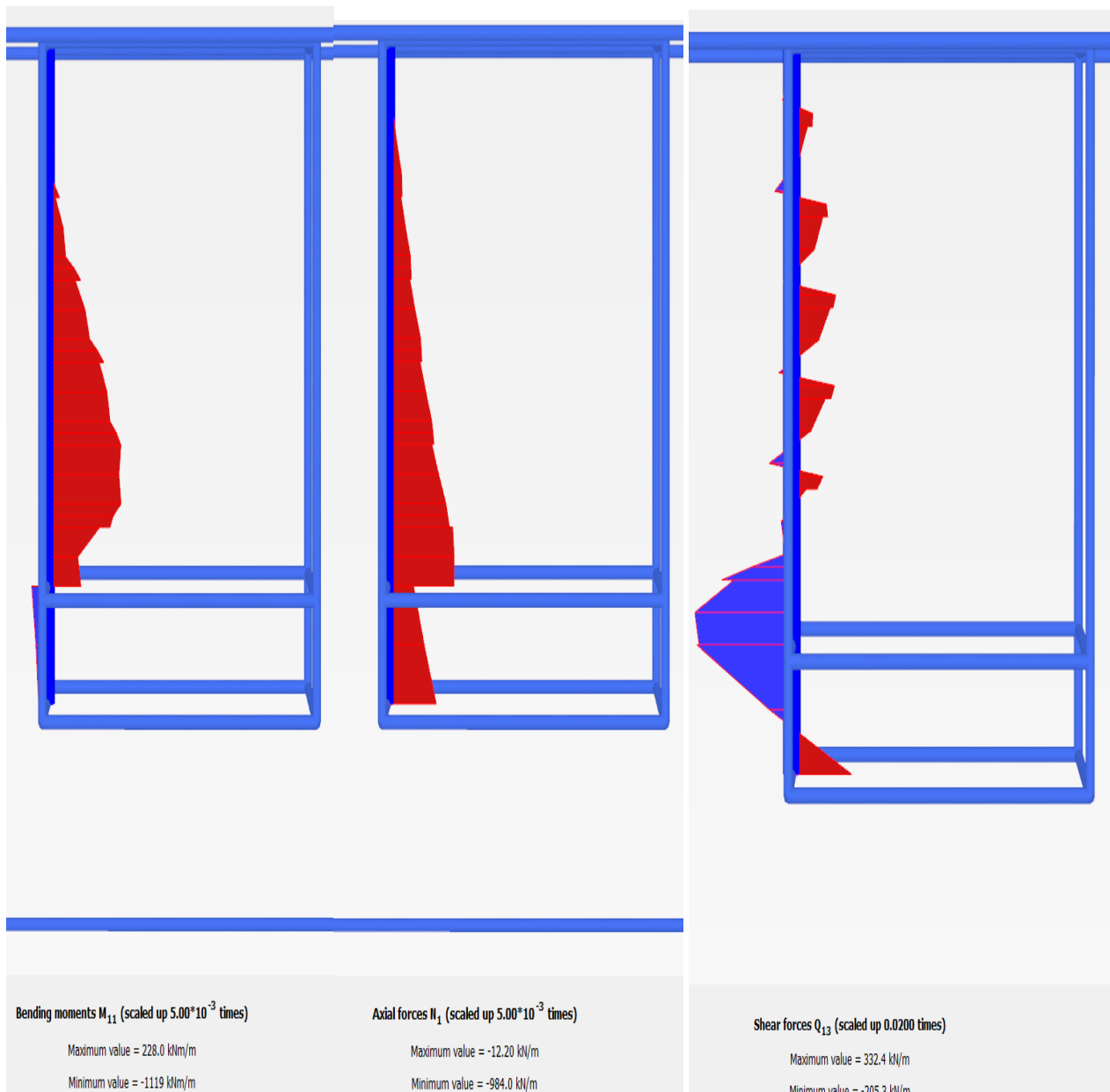
Εικόνα 4.3.7: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.3.8: Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο

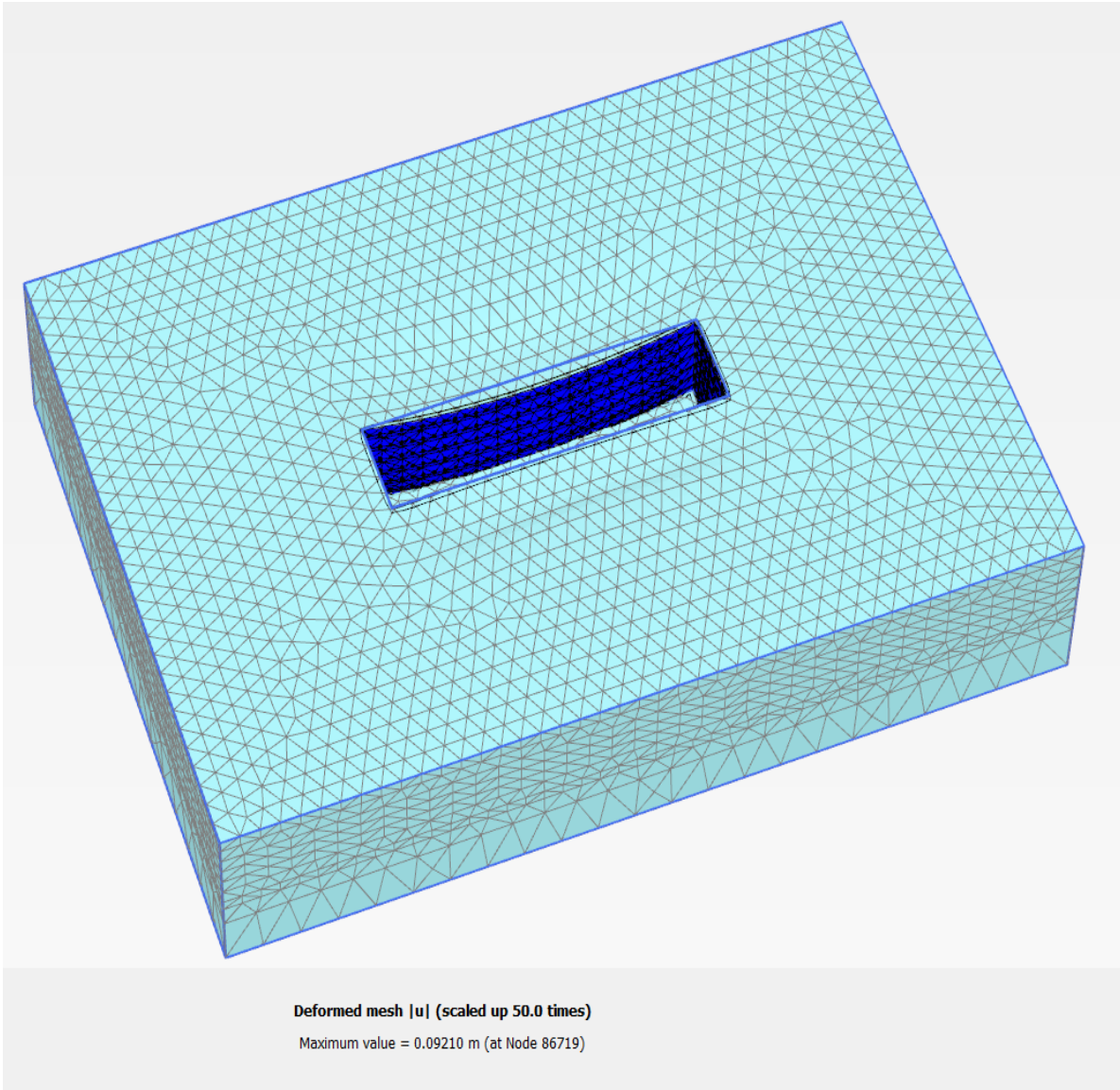


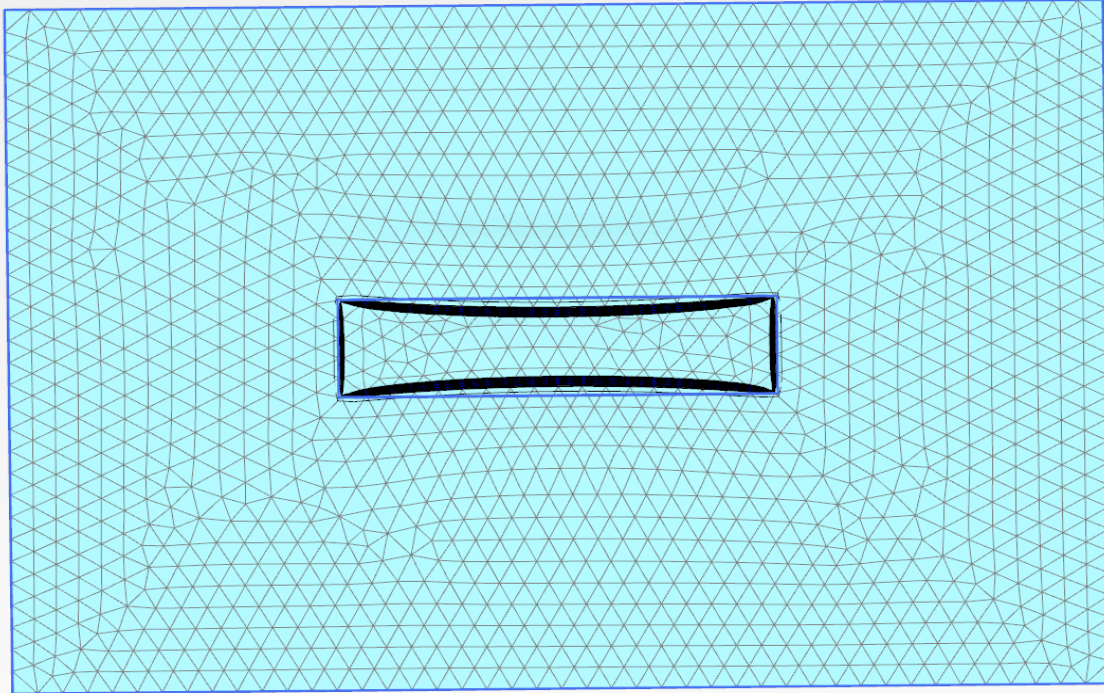
Εικόνα 4.3.9: Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου



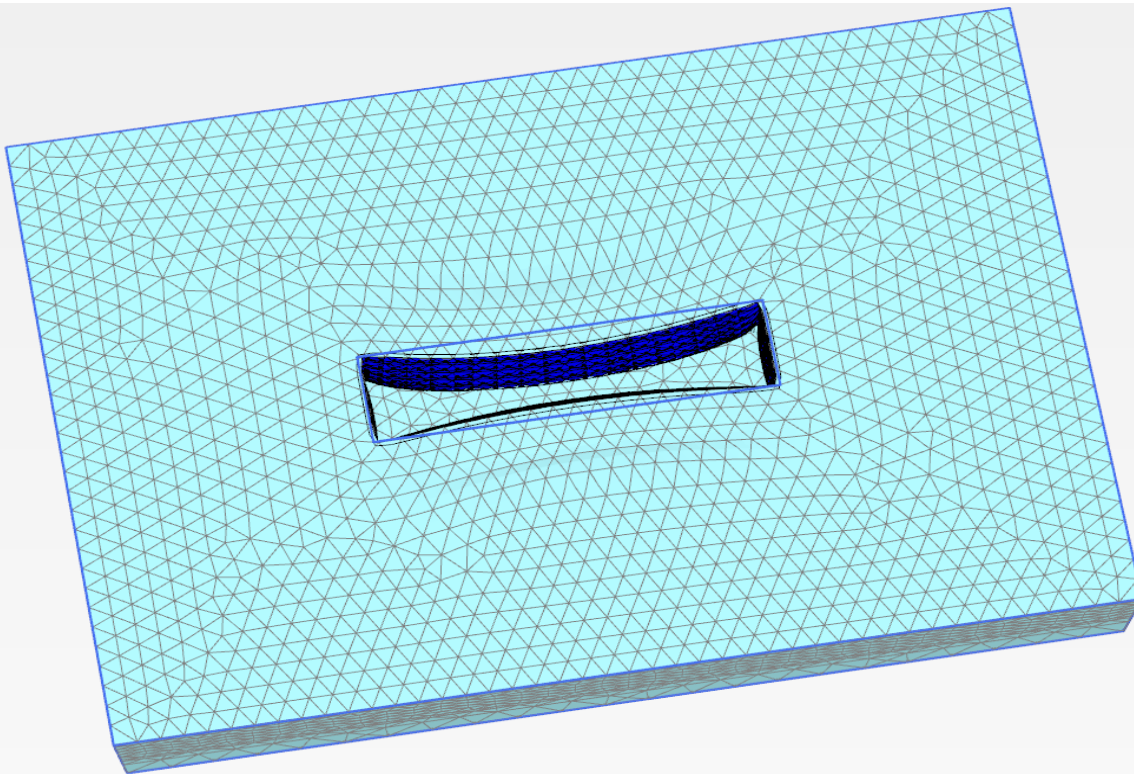
Εικόνα 4.3.10: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

4.3.2 Τάυση=400KN



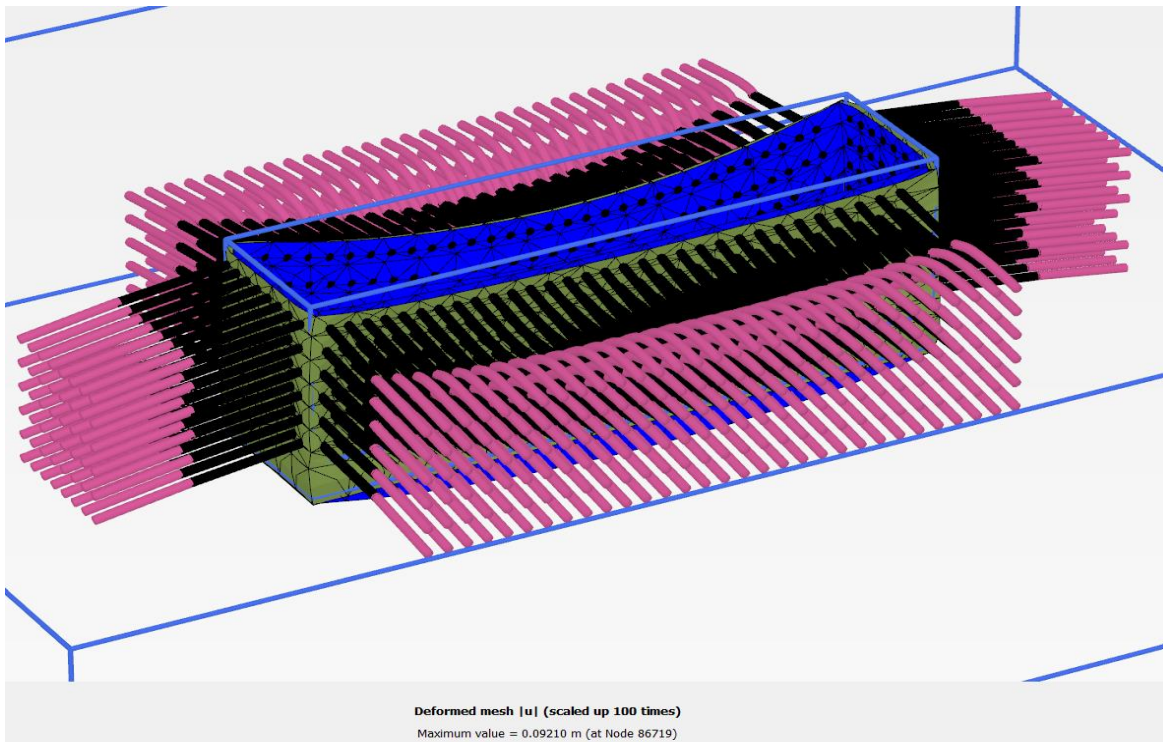


Deformed mesh |u| (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.09210 m (at Node 86719)

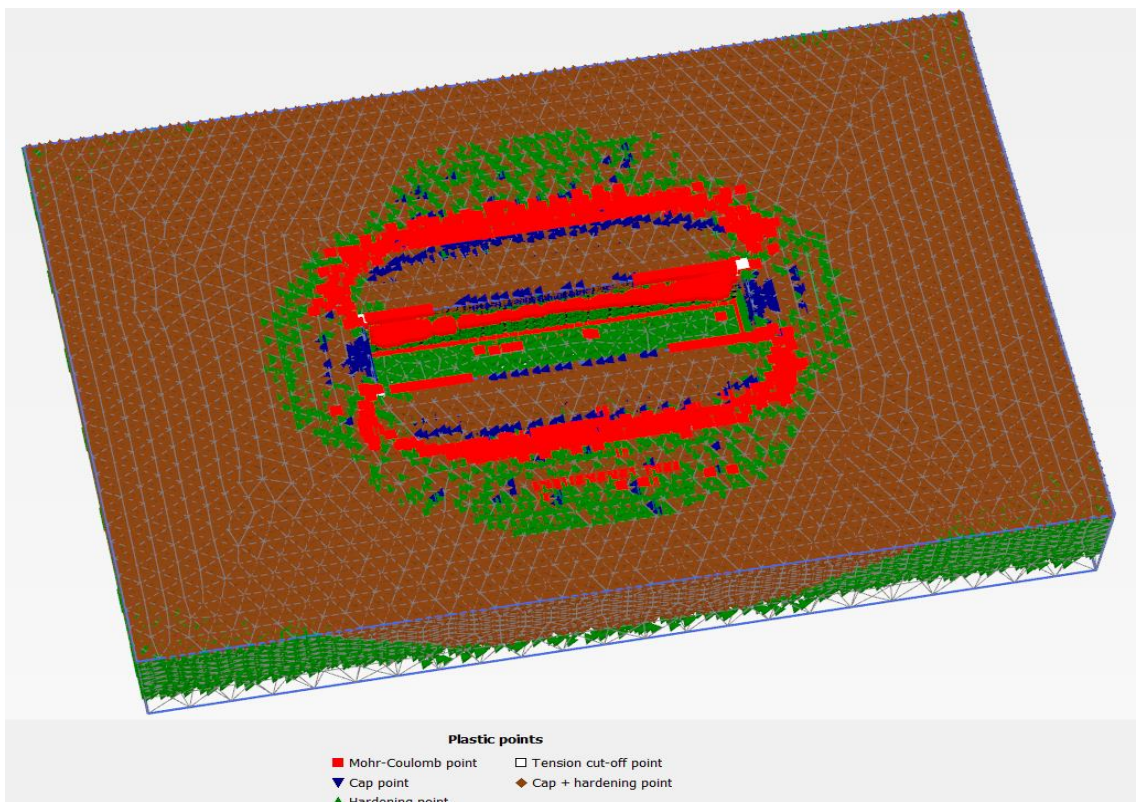


Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0.09210 m (at Node 86719)

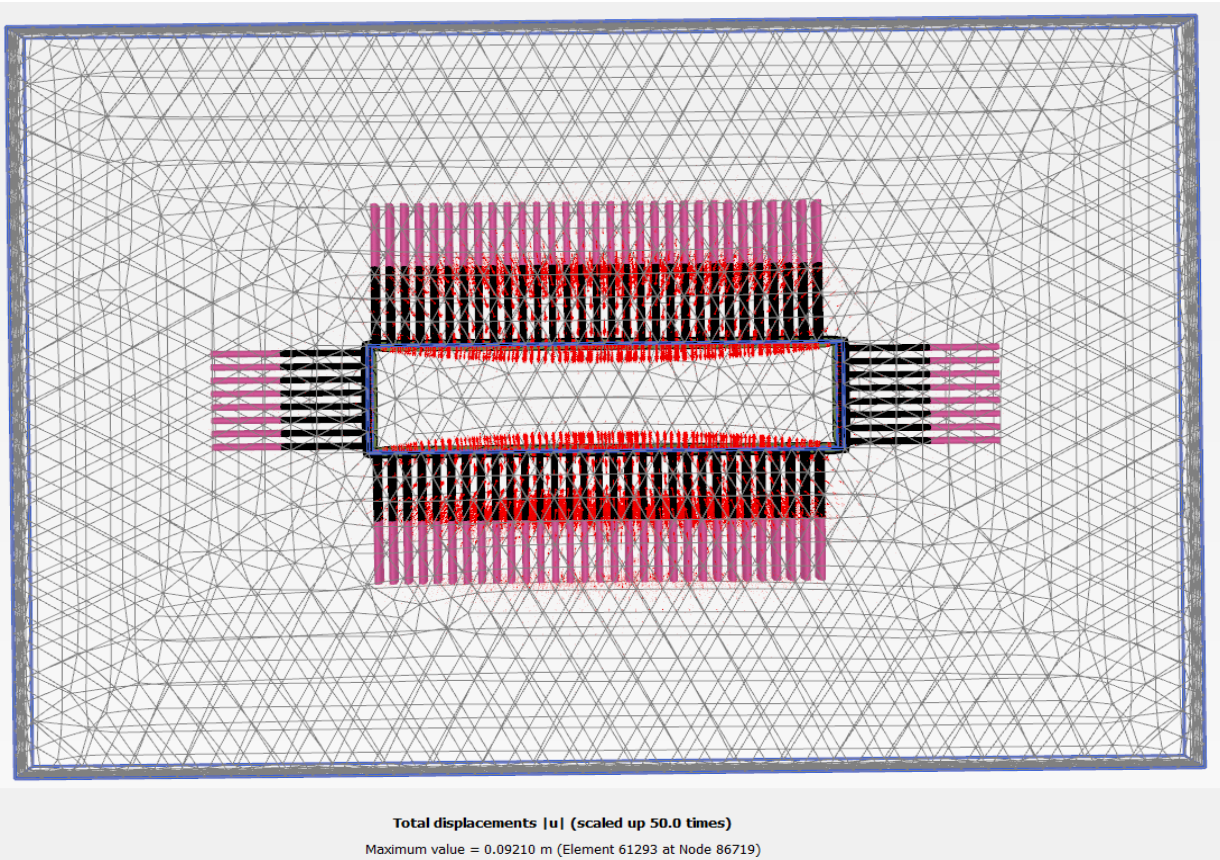
Εικόνα 4.3.11: Παραμορφωμένος κάλυκτος πεπερασμένων στοιχείων



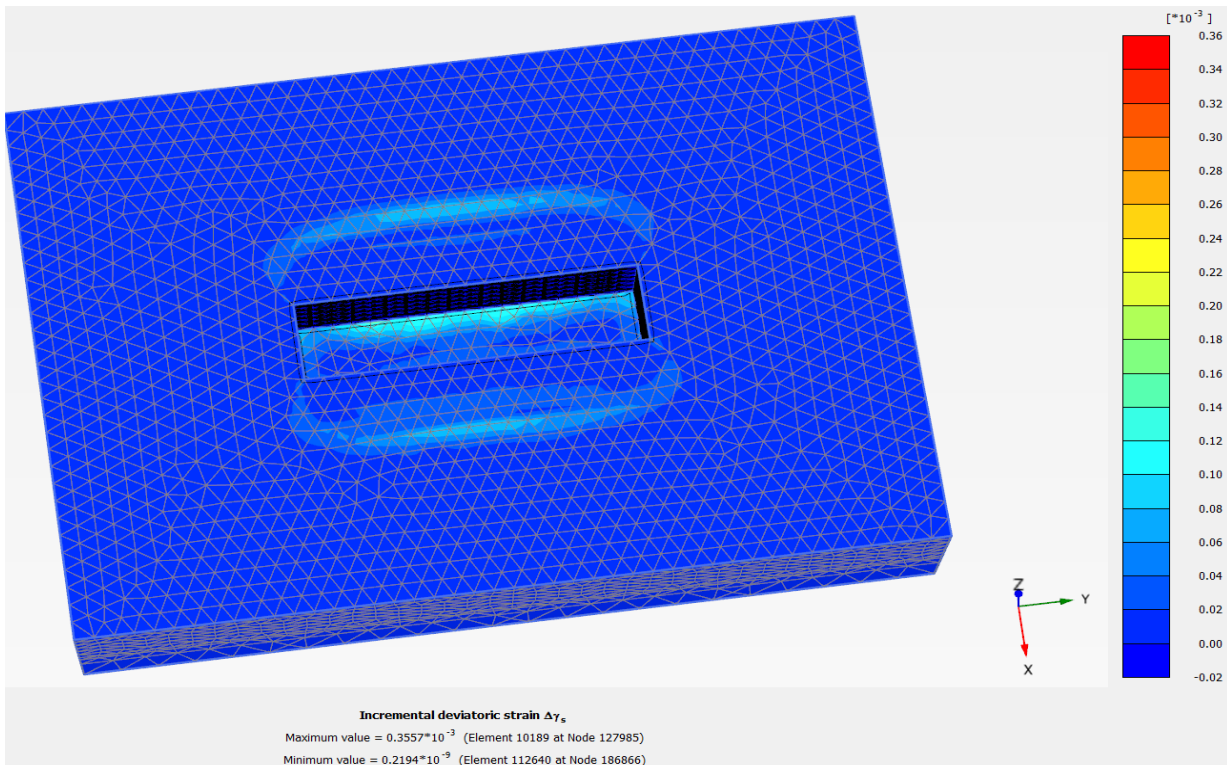
Εικόνα 4.3.12: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



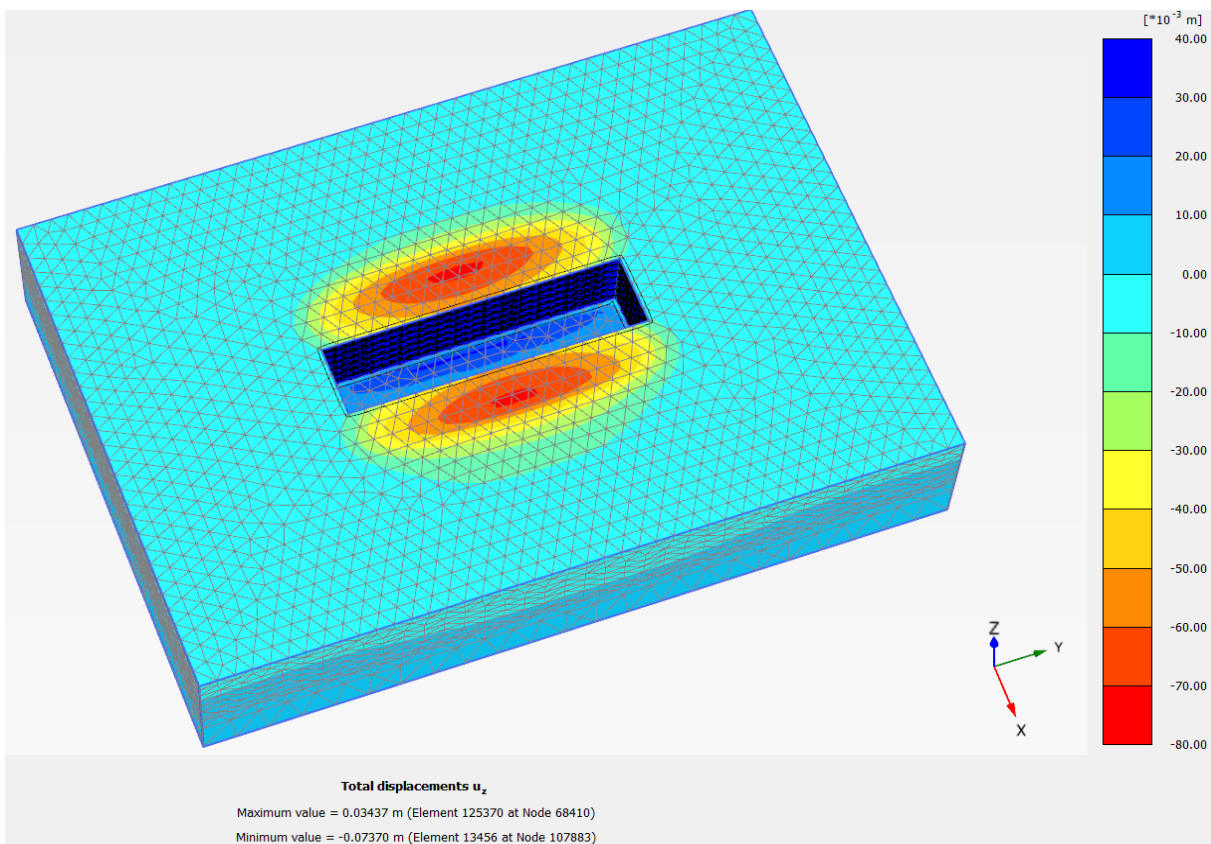
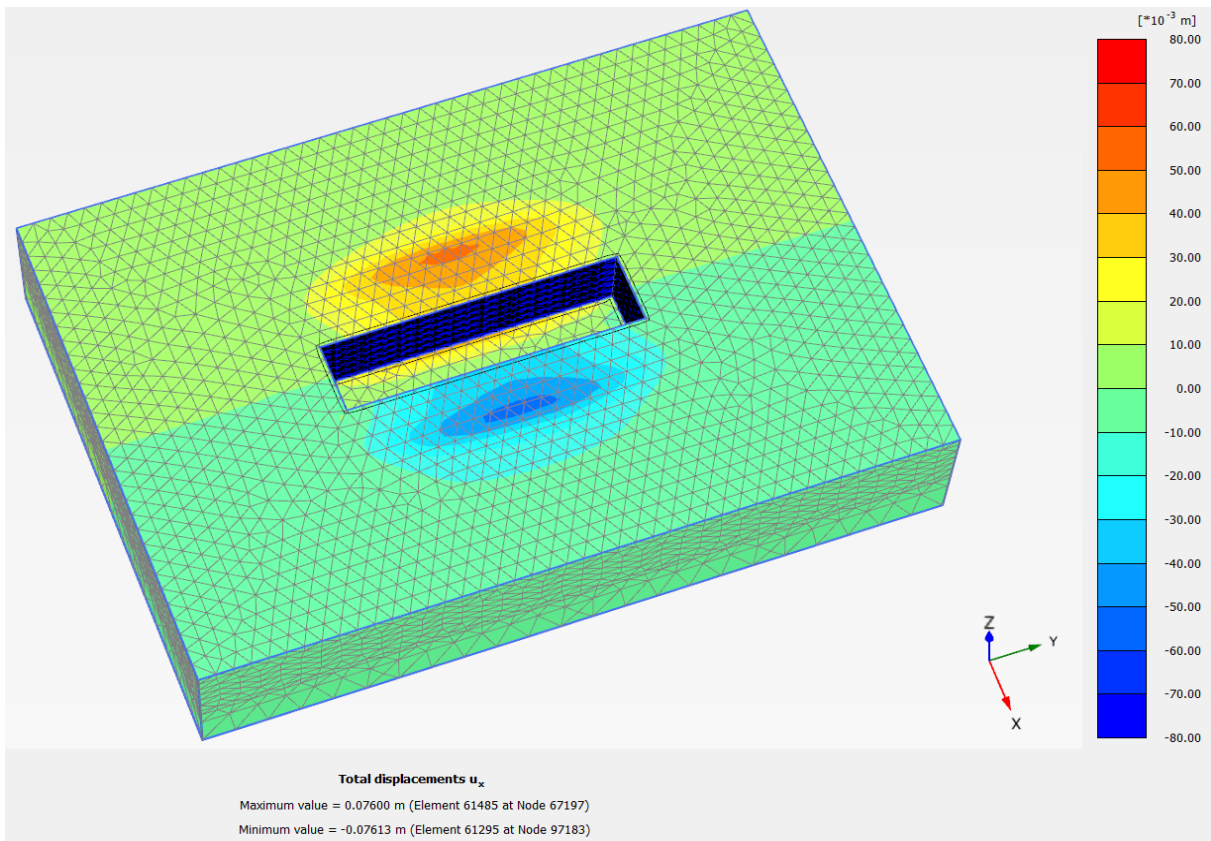
Εικόνα 4.3.13: Πλαστικά σημεία



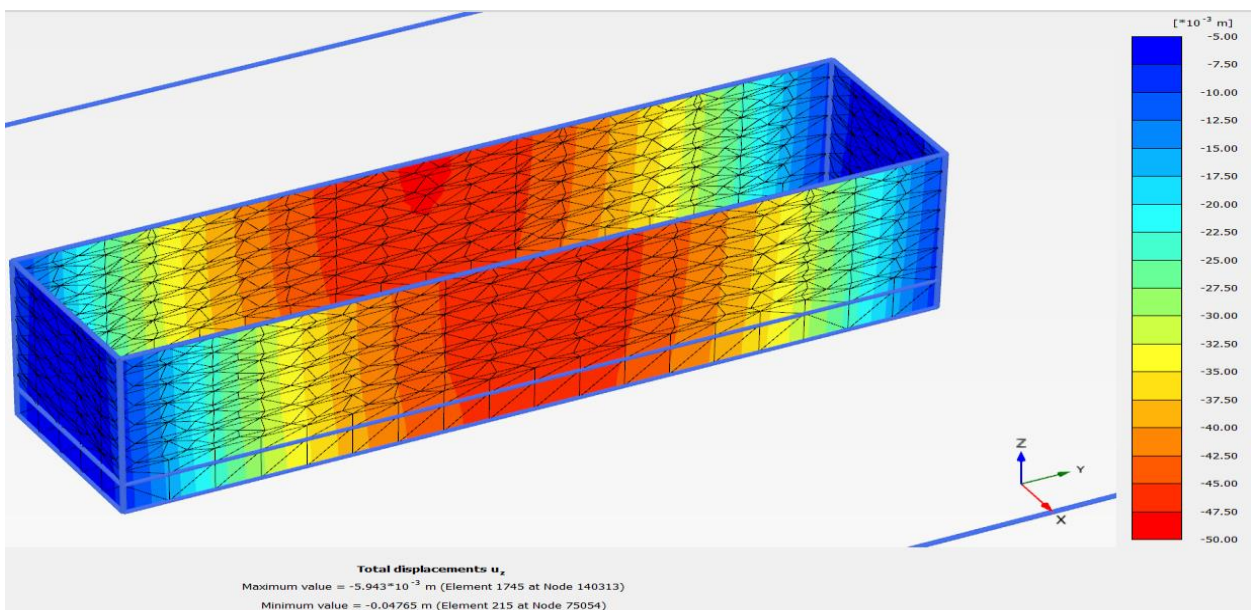
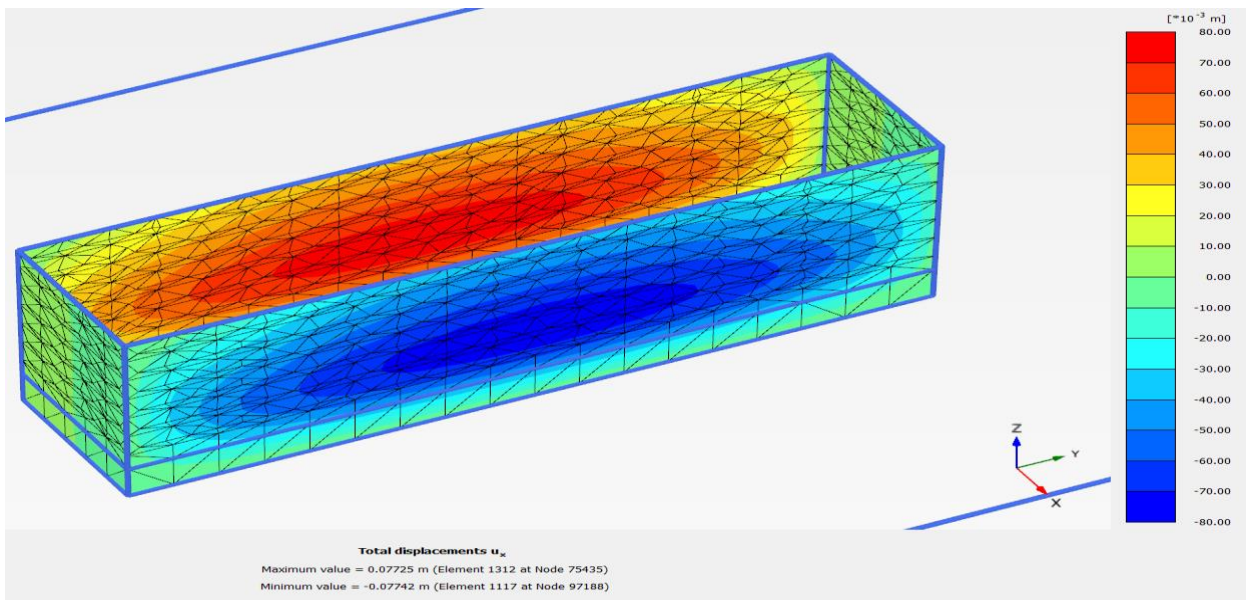
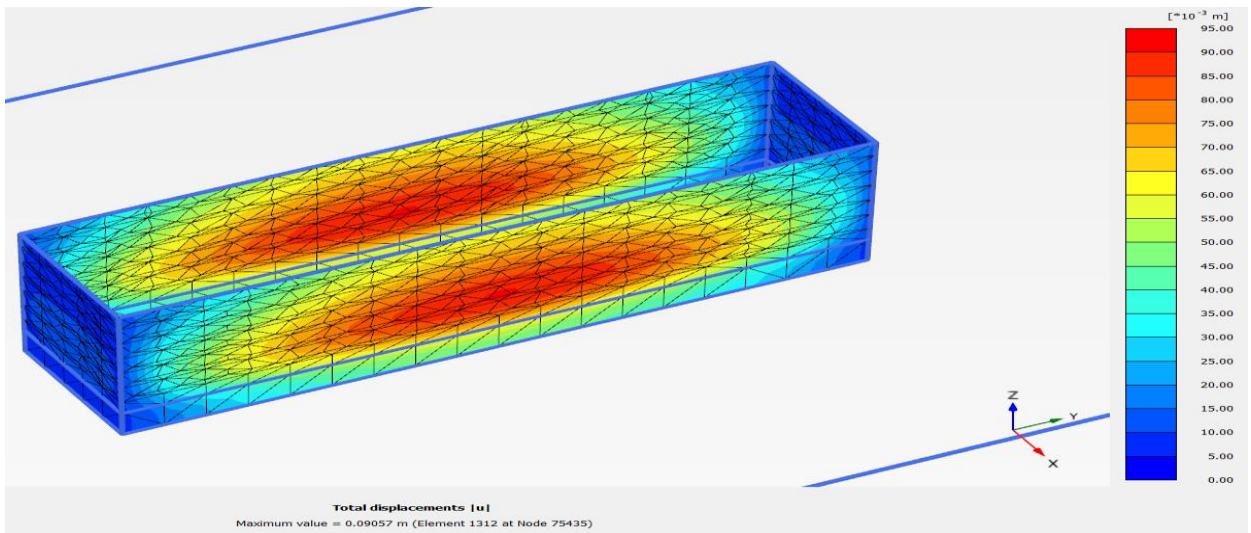
Εικόνα 4.3.14: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



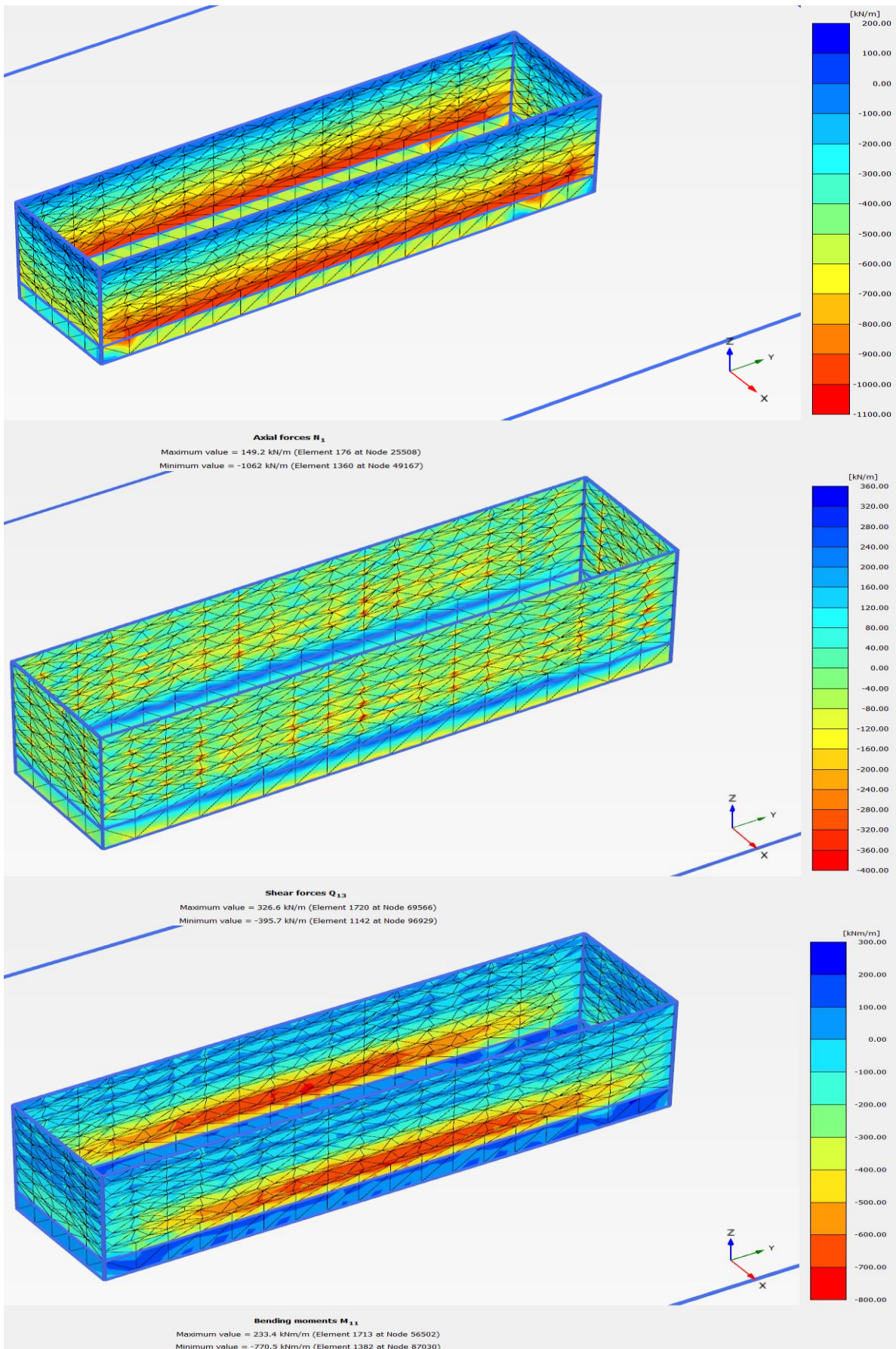
Εικόνα 4.3.15: Συνολική διατμητική παραμόρφωση καννάβου



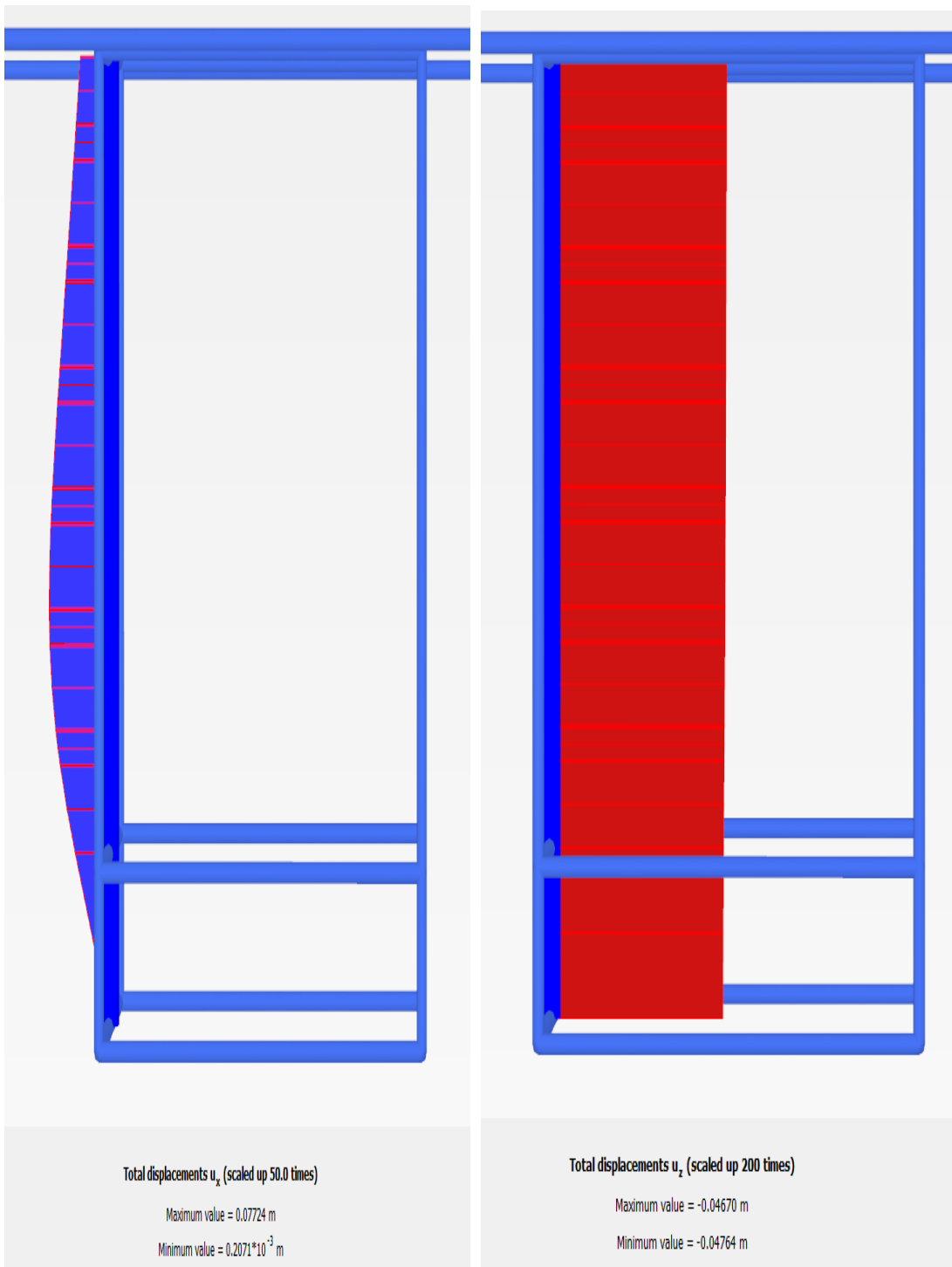
Εικόνα 4.3.16: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων του καννάβου



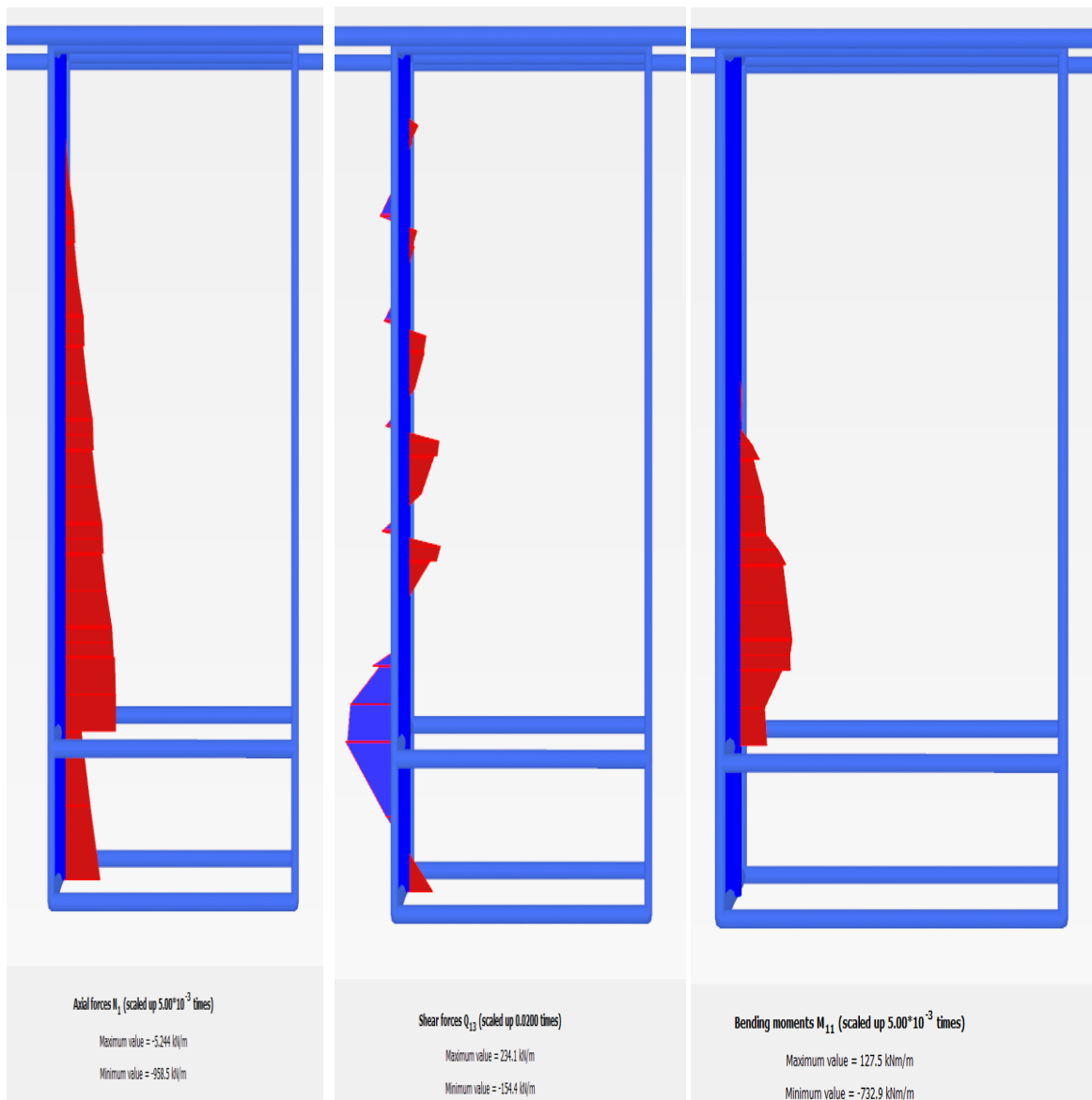
Εικόνα 4.3.17: Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.3.18: Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.3.19: Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου



Εικόνα 4.3.20: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

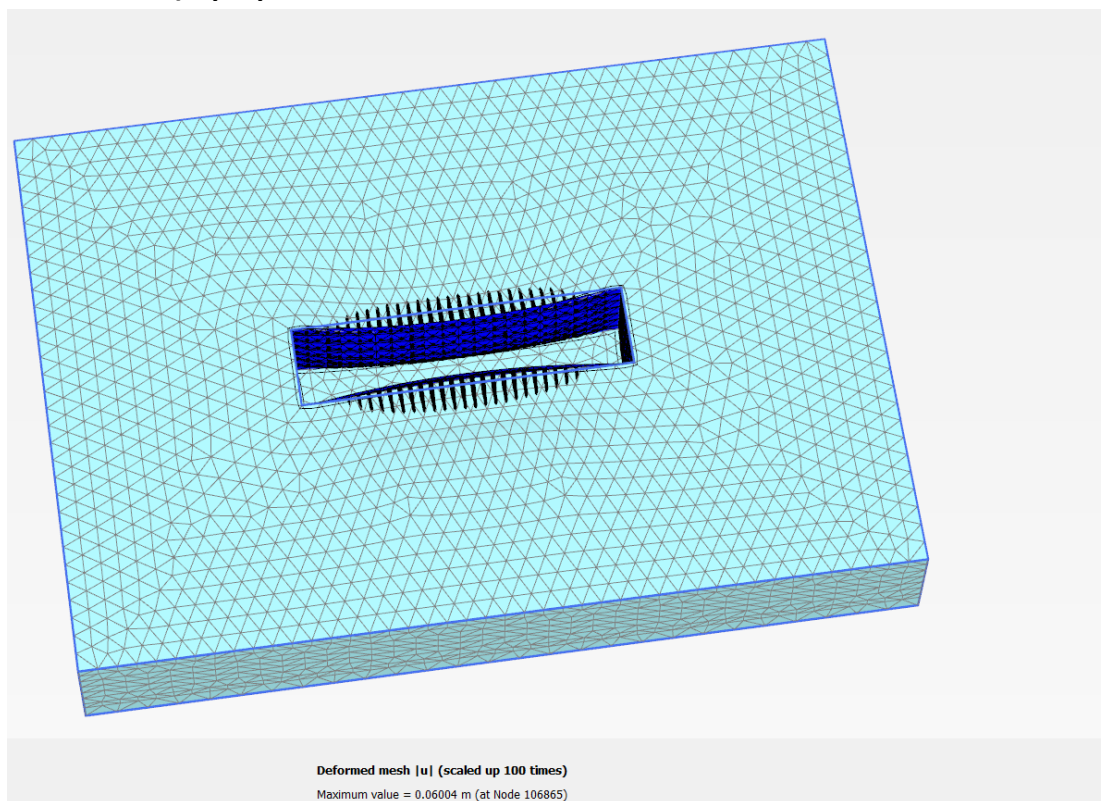
4.4 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με ανισοτροπική πλάκα και τμηματική εκσκαφή

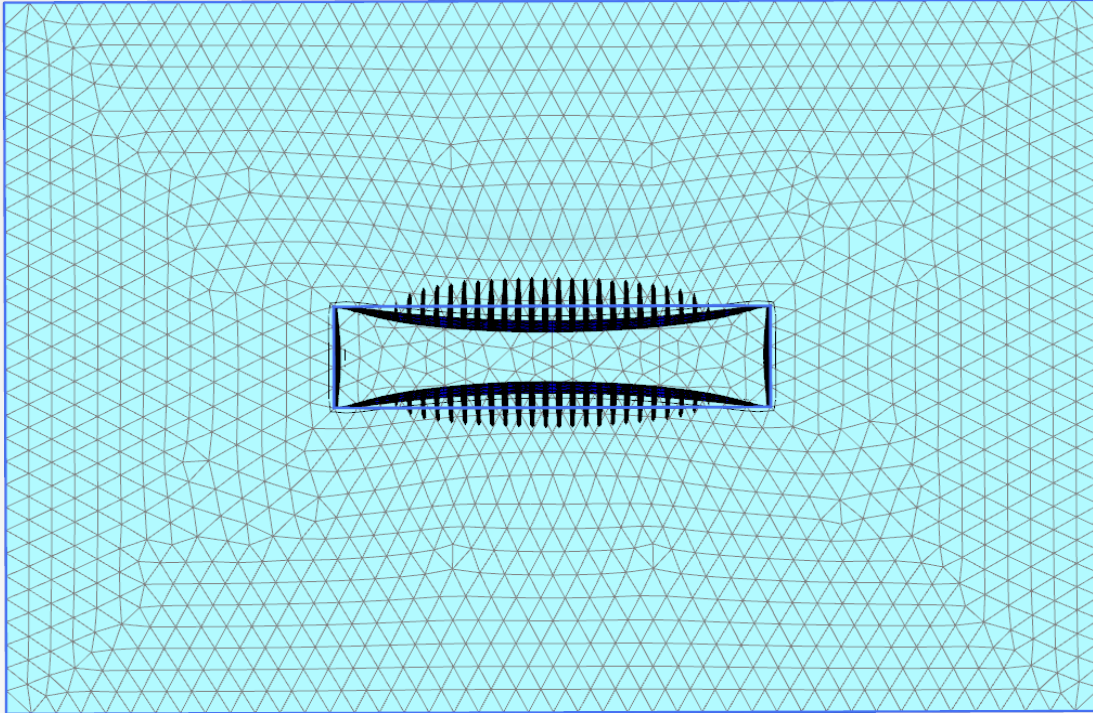
Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τάνυσεως των αγκυριών.

ΤΑΝΙΣΗ(KN)	U _x (cm)	M(KNm/m)
400	1.7	429.8
350	2.68	521.3
300	5.3	818
290	5	793.6

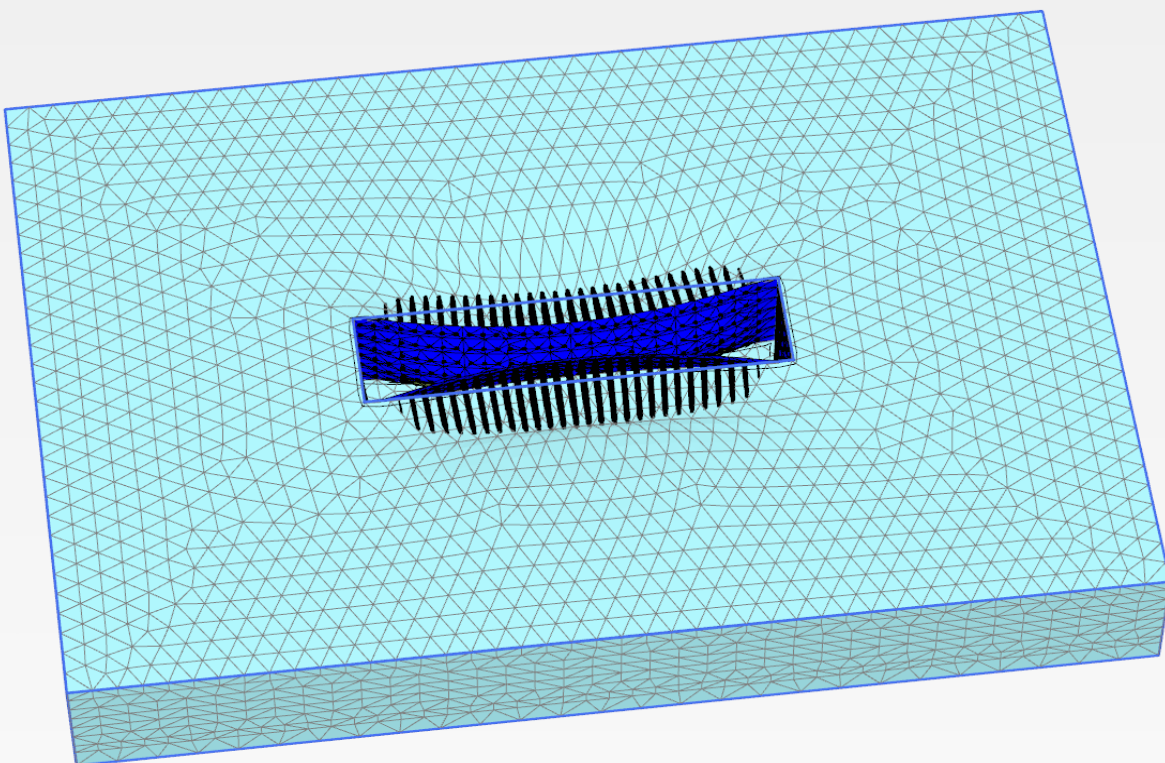
Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύο χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως (290KN και 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

4.4.1 Τάνυση αγκυριών=290KN



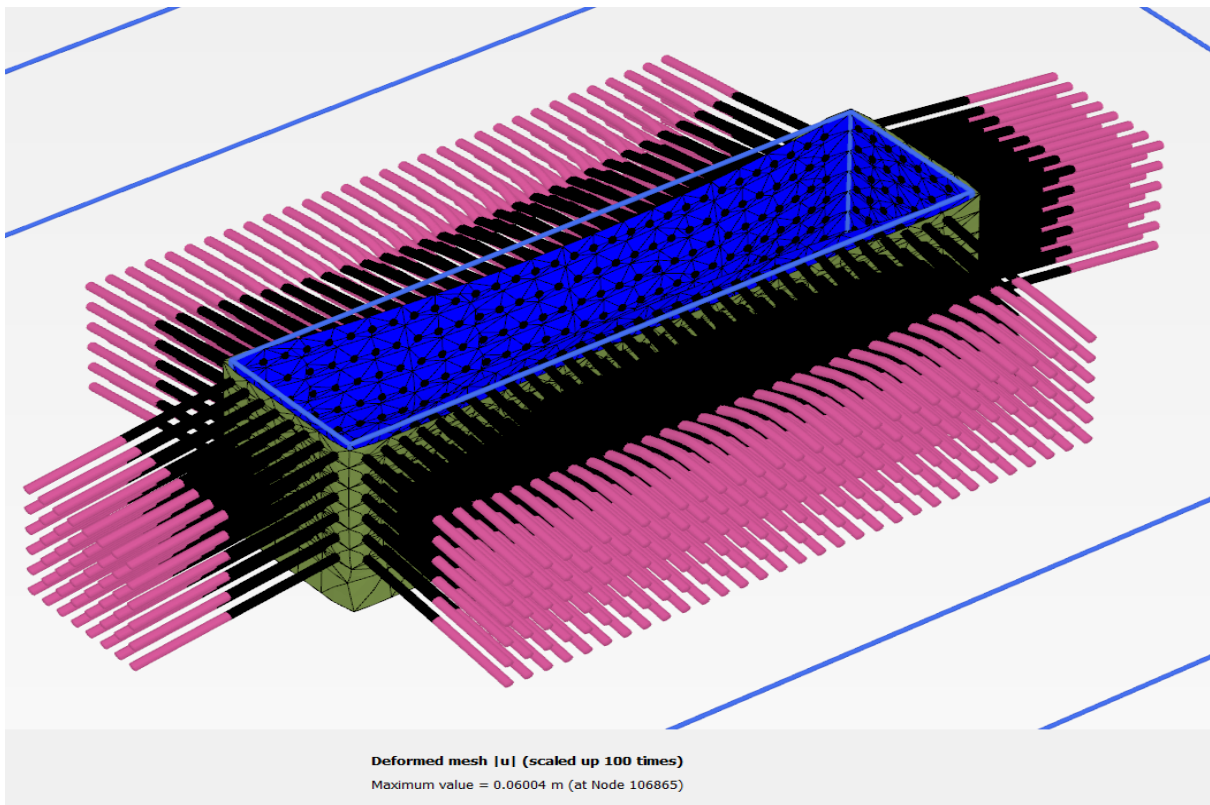


Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0.06004 m (at Node 106865)

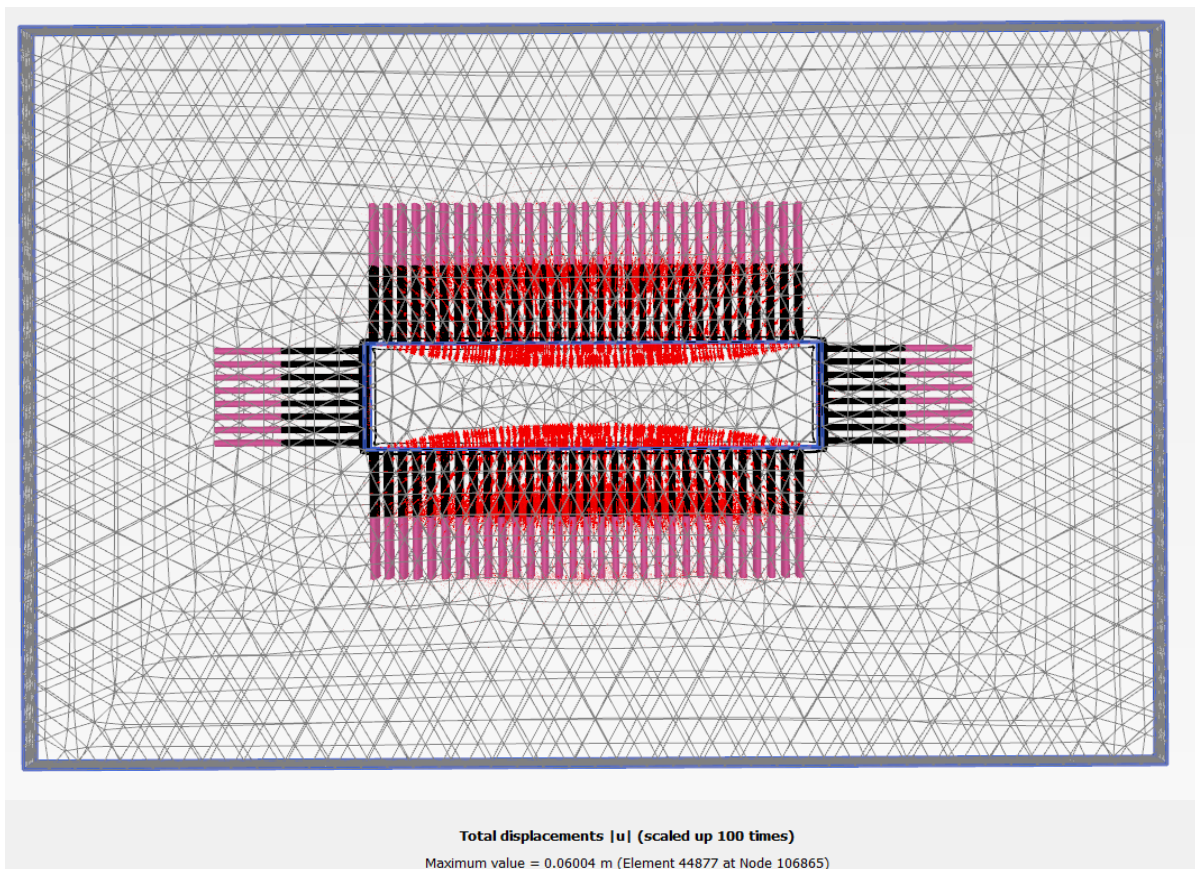


Deformed mesh |u| (scaled up 200 times)
Maximum value = 0.06004 m (at Node 106865)

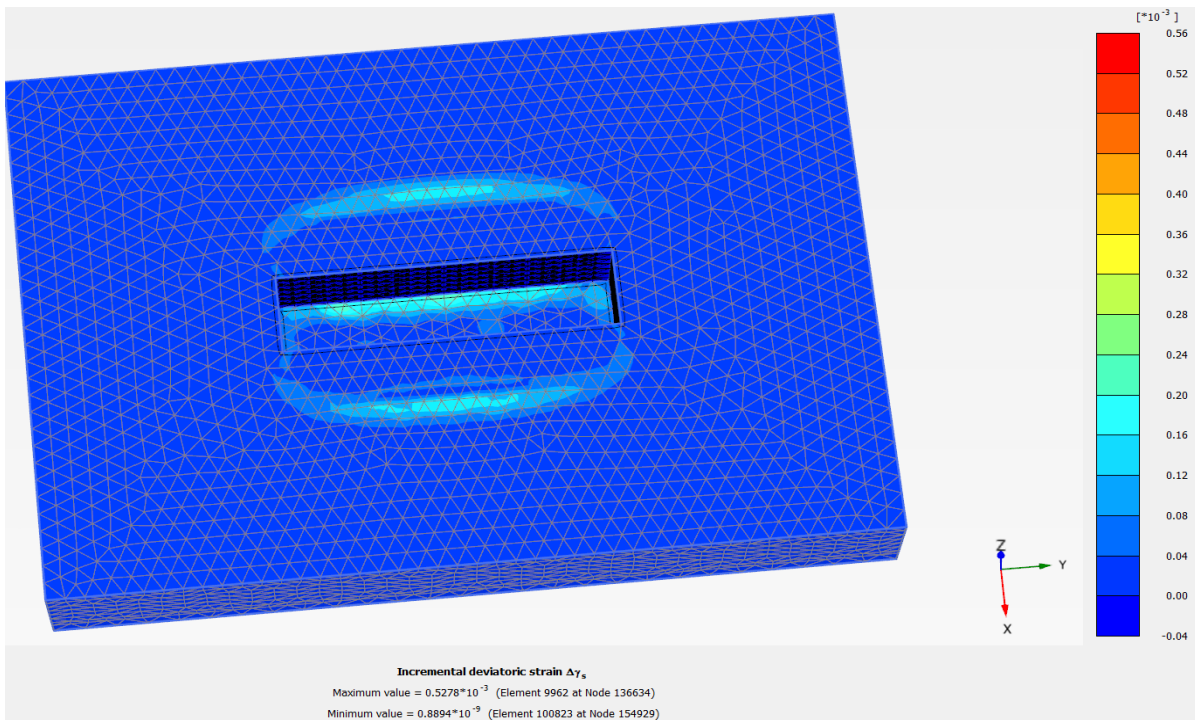
Εικόνα 4.4.1: Παραμορφωμένος κώνναθος πεπερασμένων στοιχείων



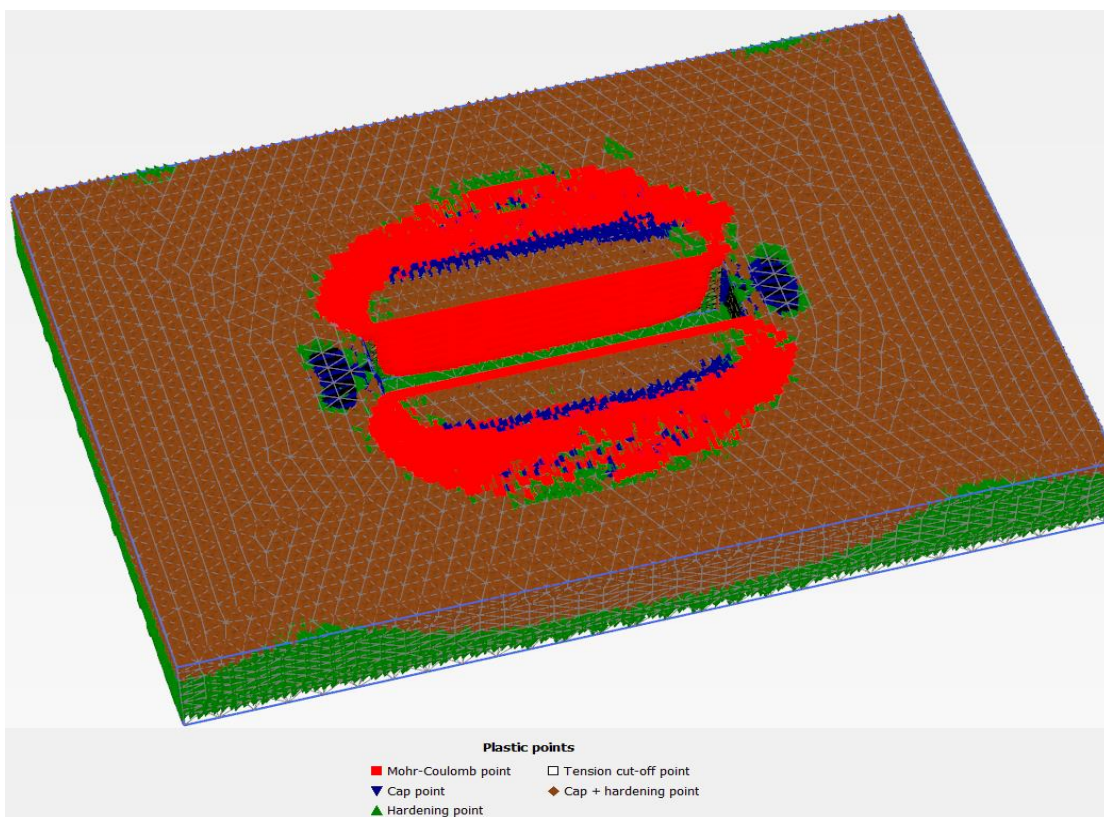
Εικόνα 4.4.2 Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



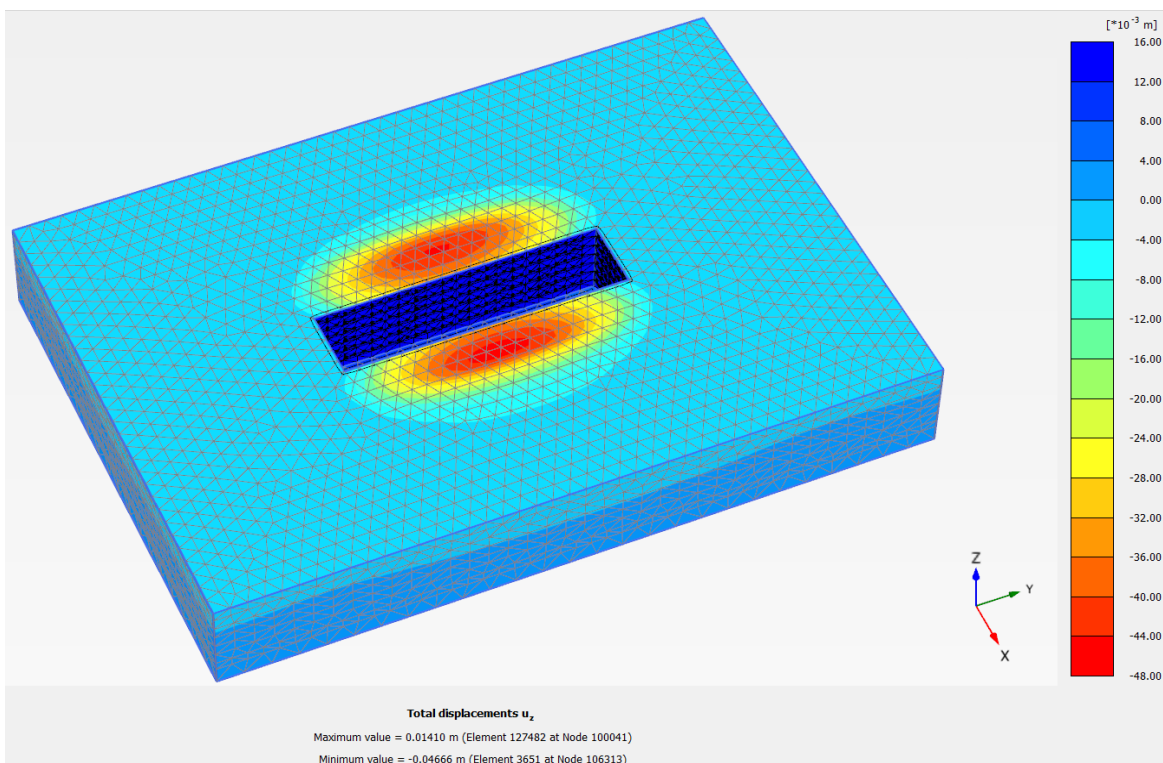
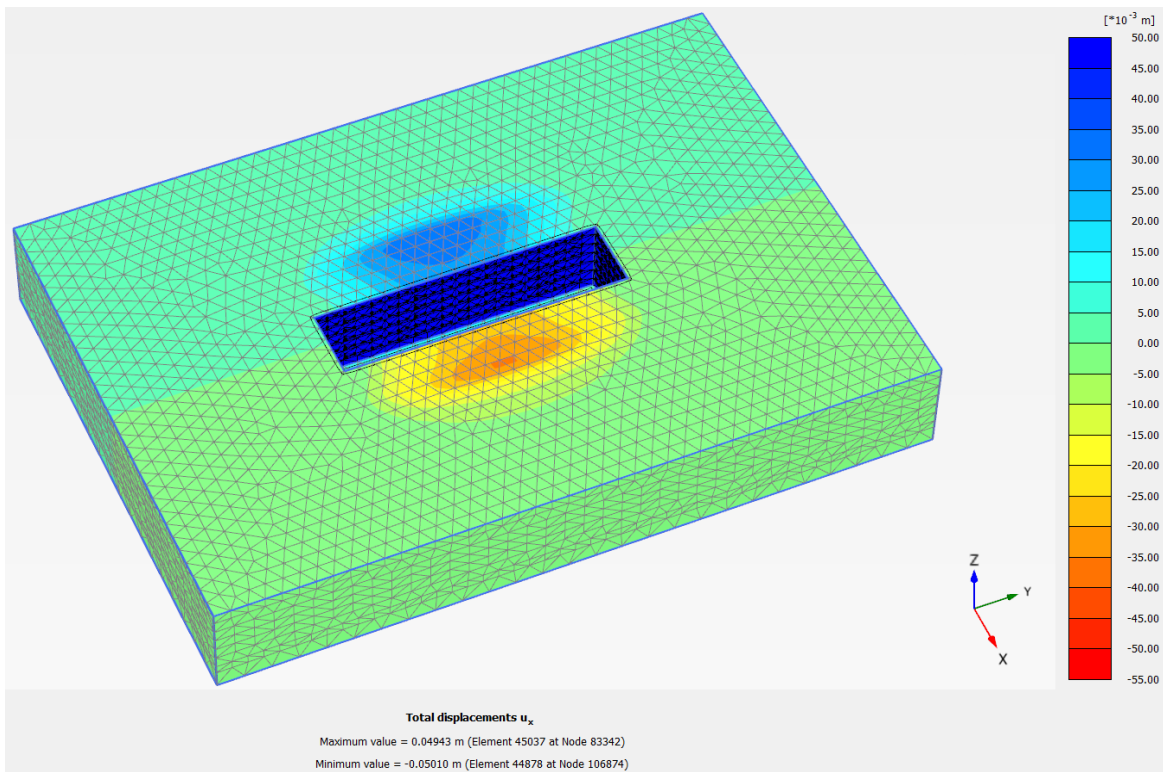
Εικόνα 4.4.3: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



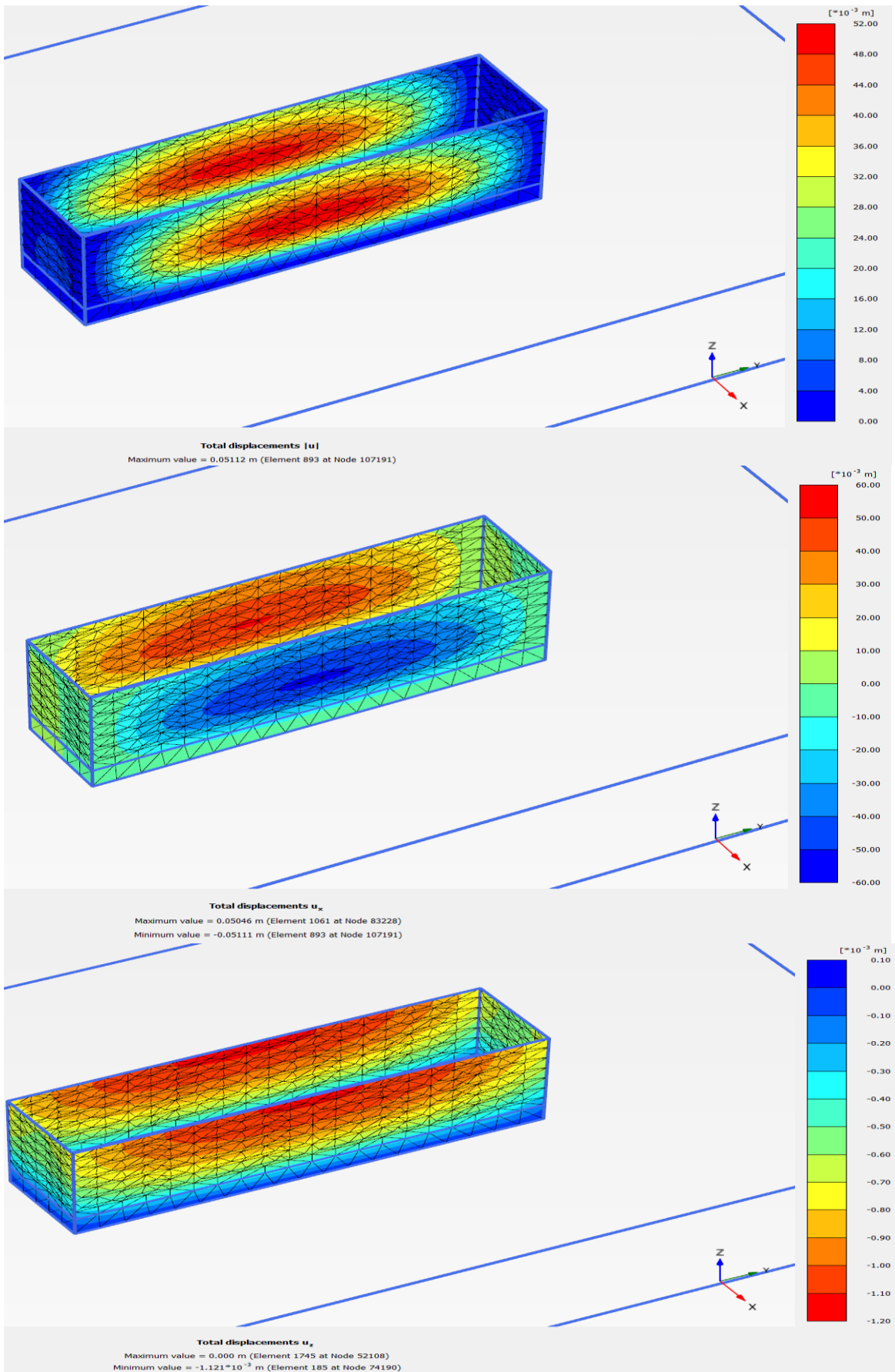
Εικόνα 4.4.4 Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση καννάβου



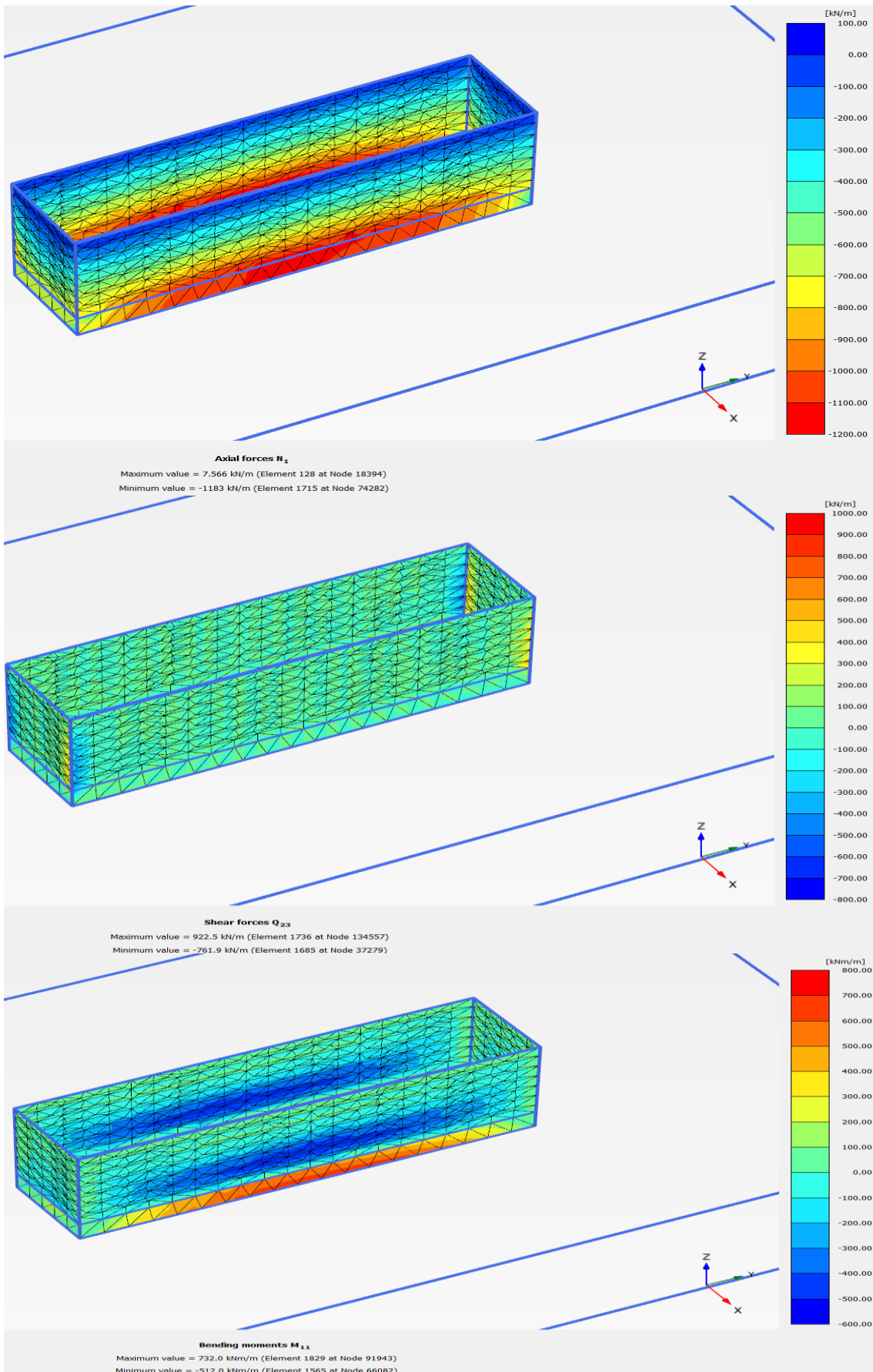
Εικόνα 4.4.5 Πλαστικά σημεία



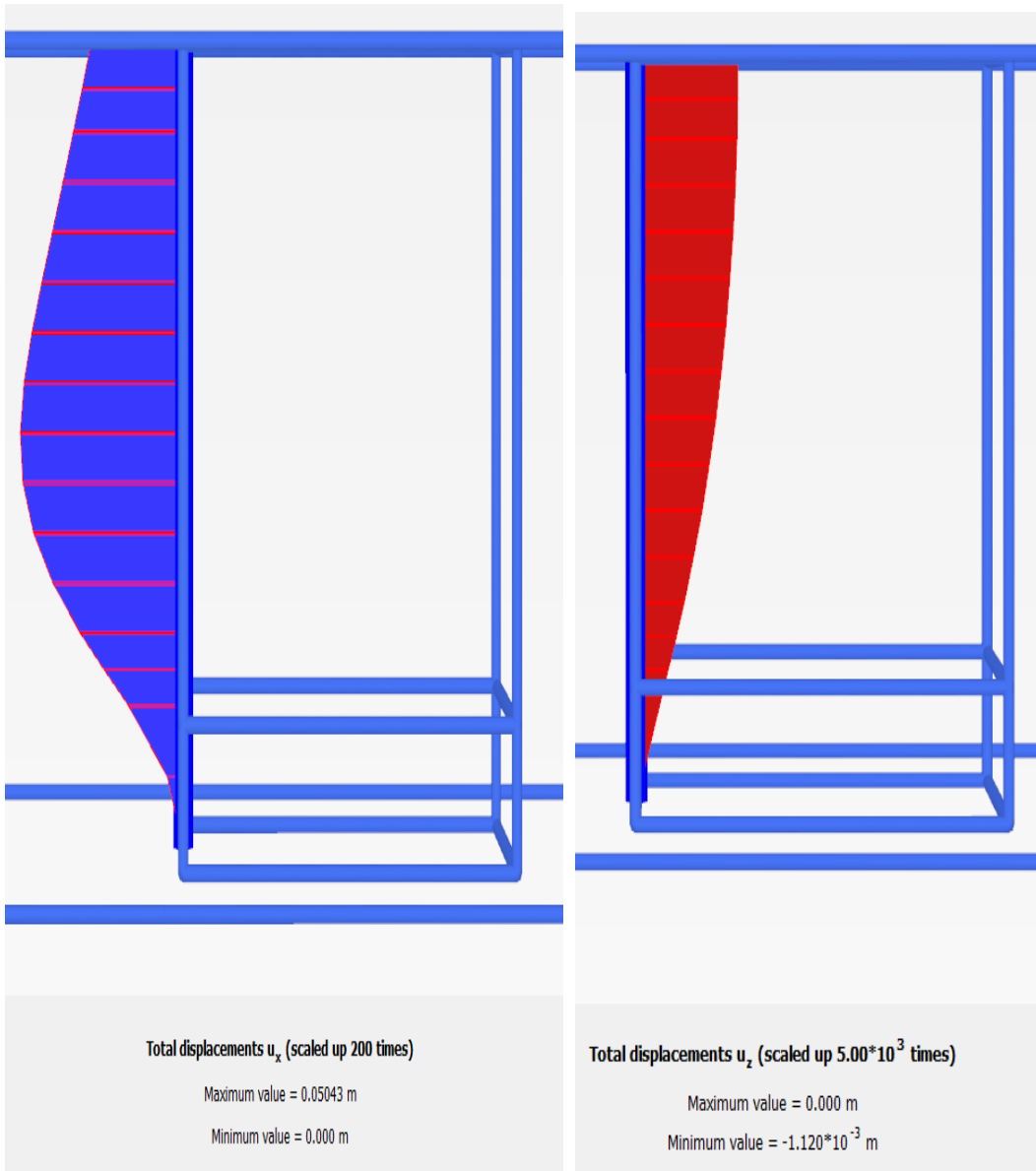
Εικόνα 4.4.6 Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων καννάβου



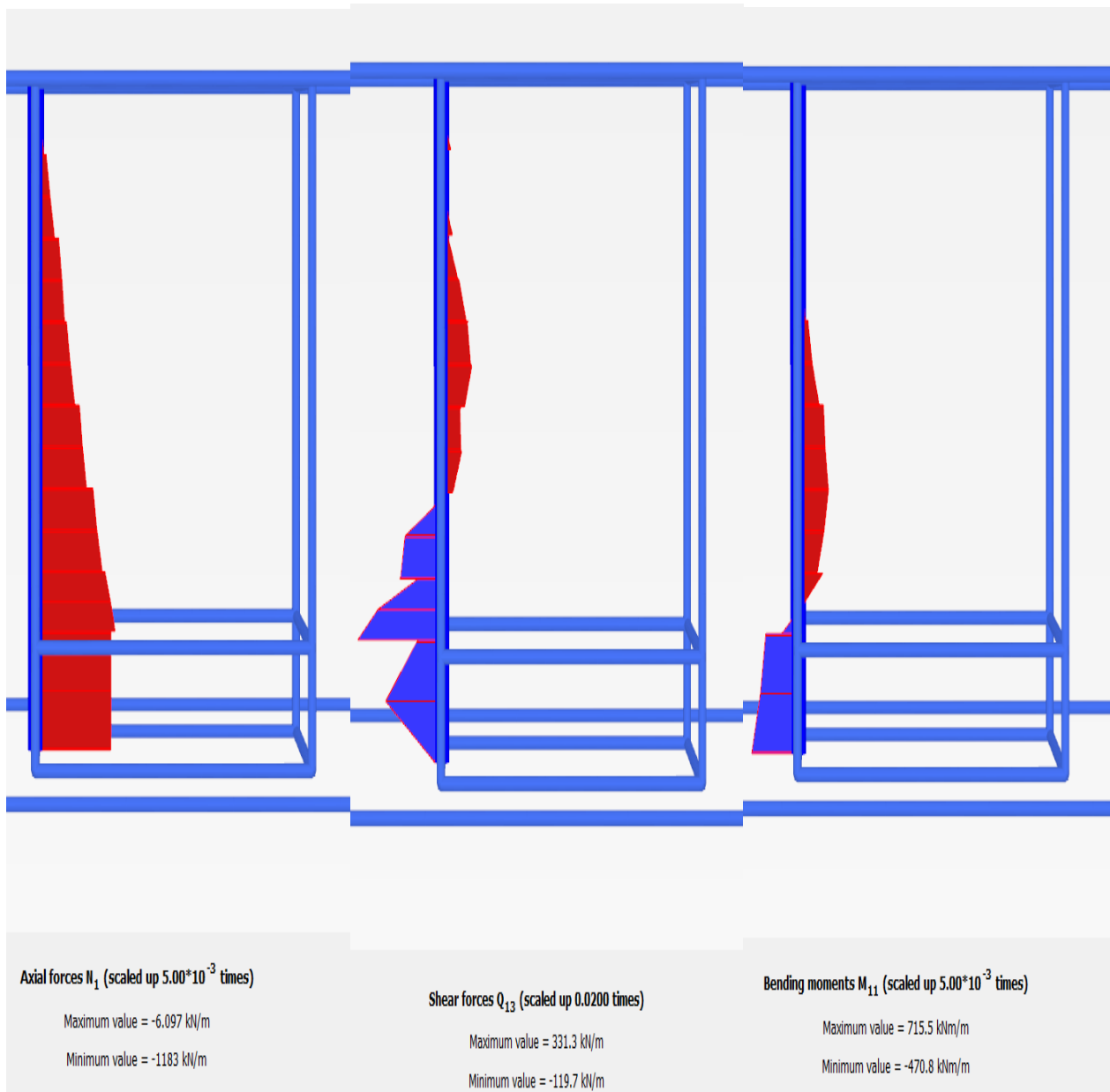
Εικόνα 4.4.7 Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων πασσαλότοιχου



Εικόνα 4.4.8 Χρωματική απεικόνιση εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο

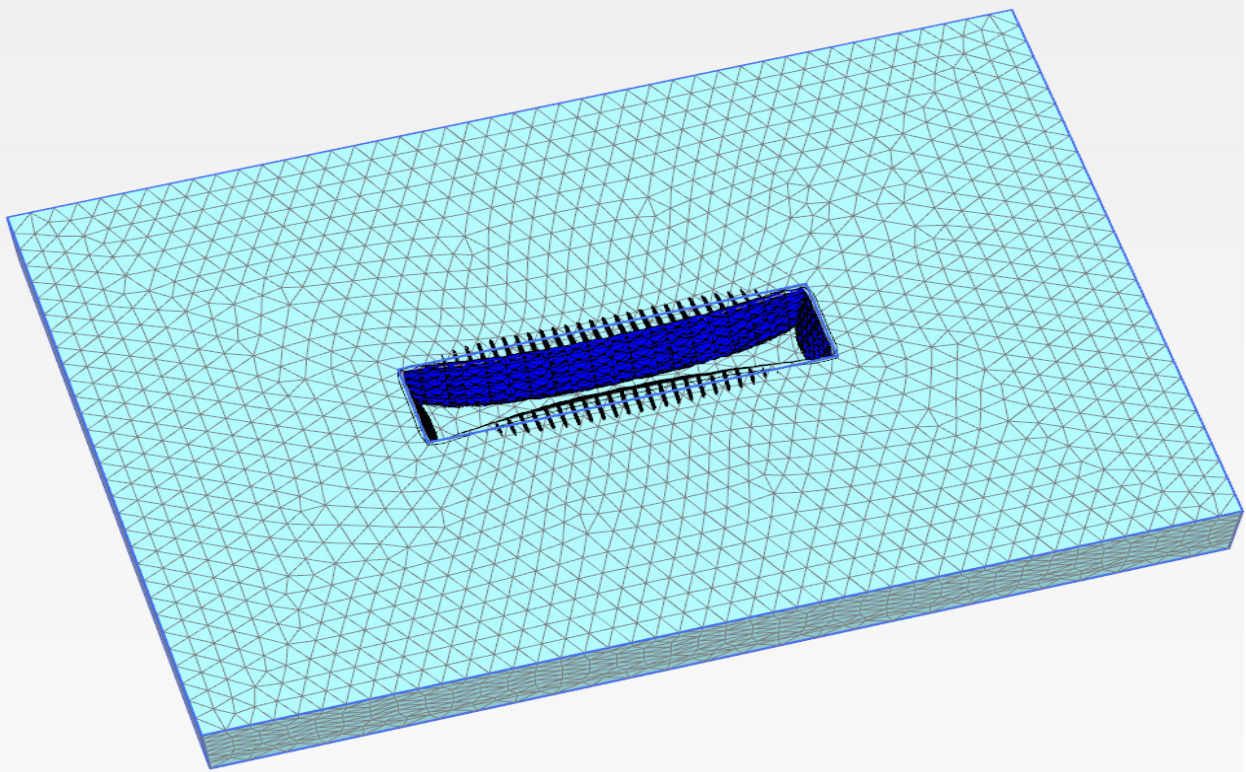


Εικόνα 4.4.9 Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

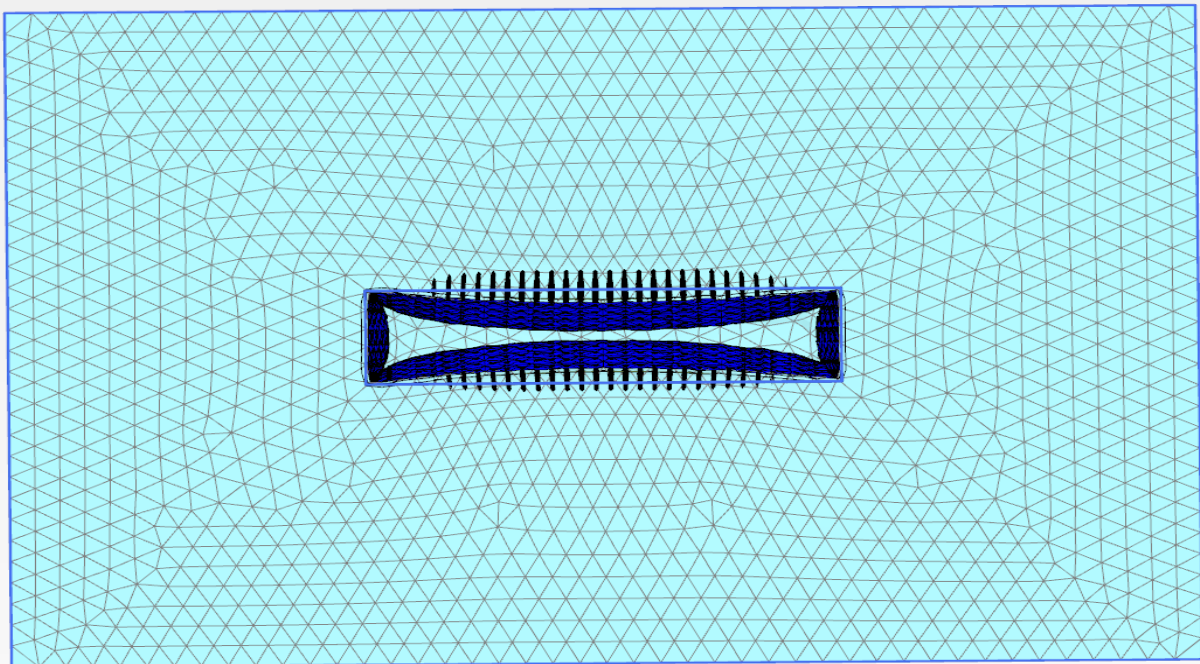


Εικόνα 4.4.10 Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

4.4.3 τάυση= 400KN

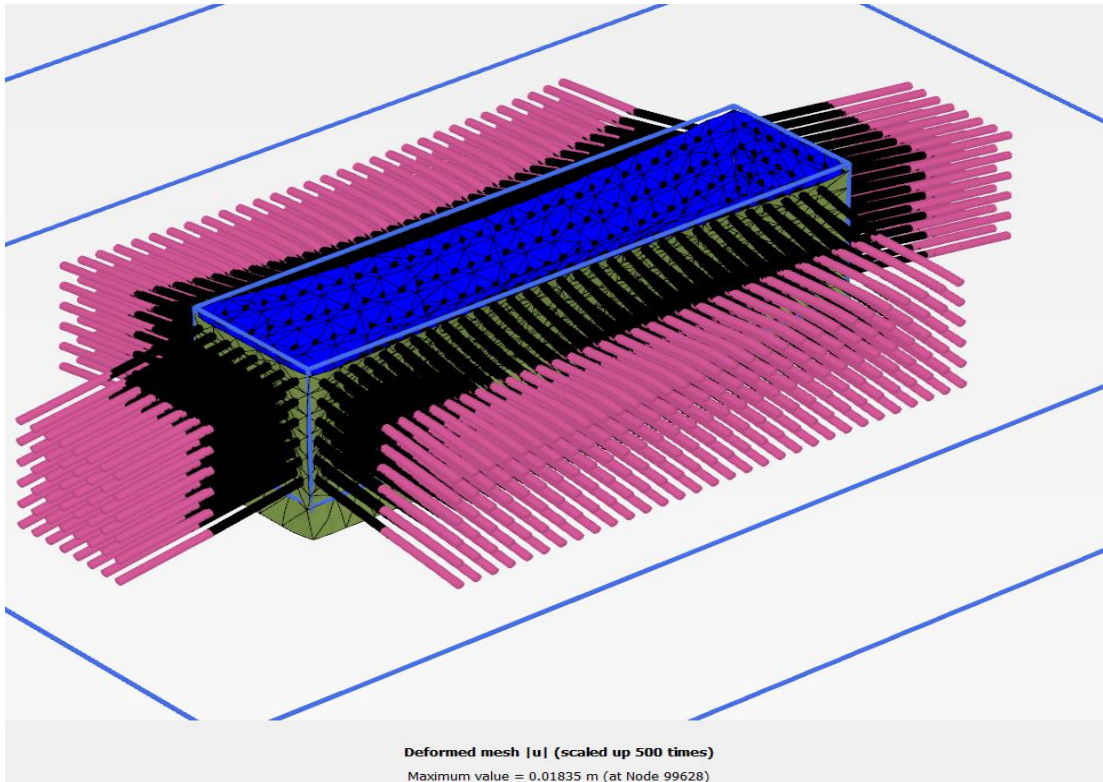


Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01835 m (at Node 99628)

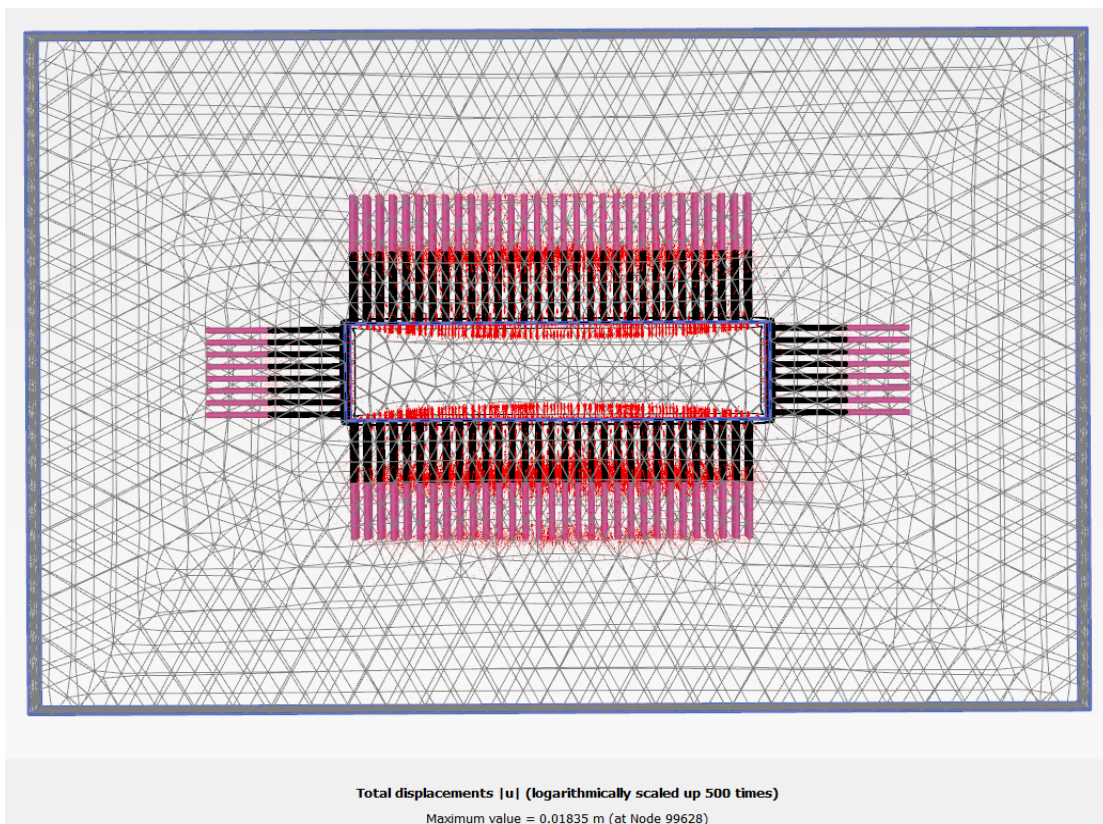


Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01835 m (at Node 99628)

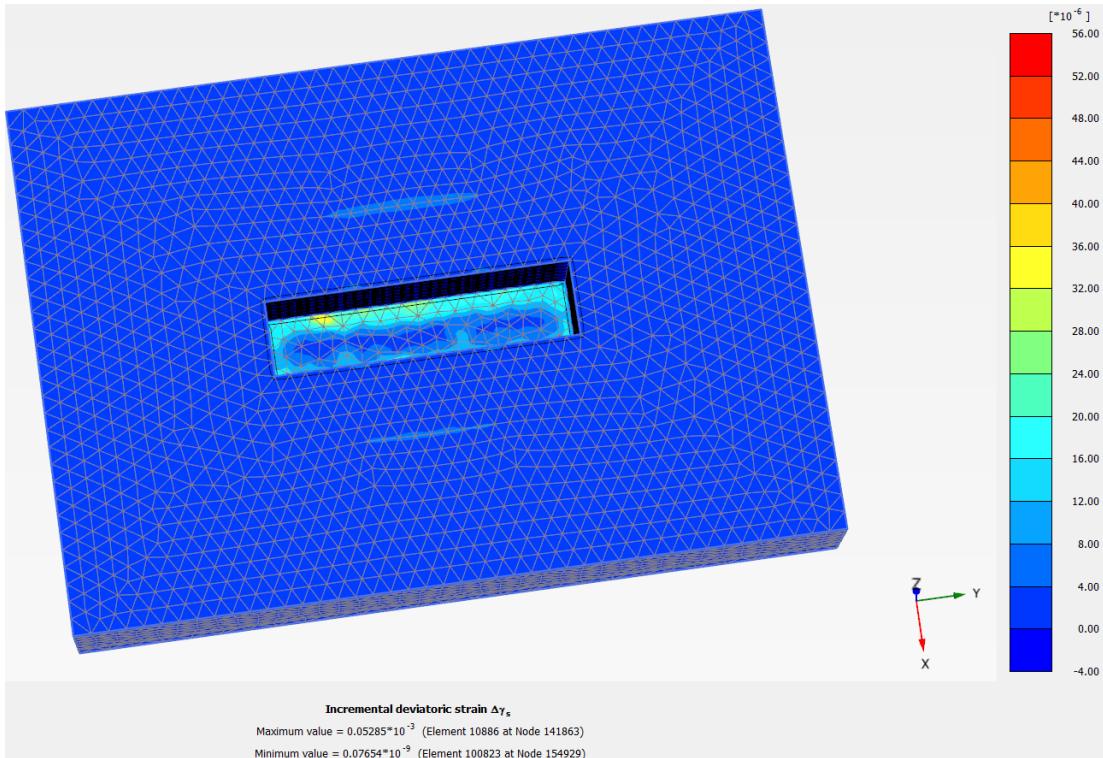
Σχήμα 4.4.11 Παραμορφωμένος κάλυκτος πεπερασμένων στοιχείων



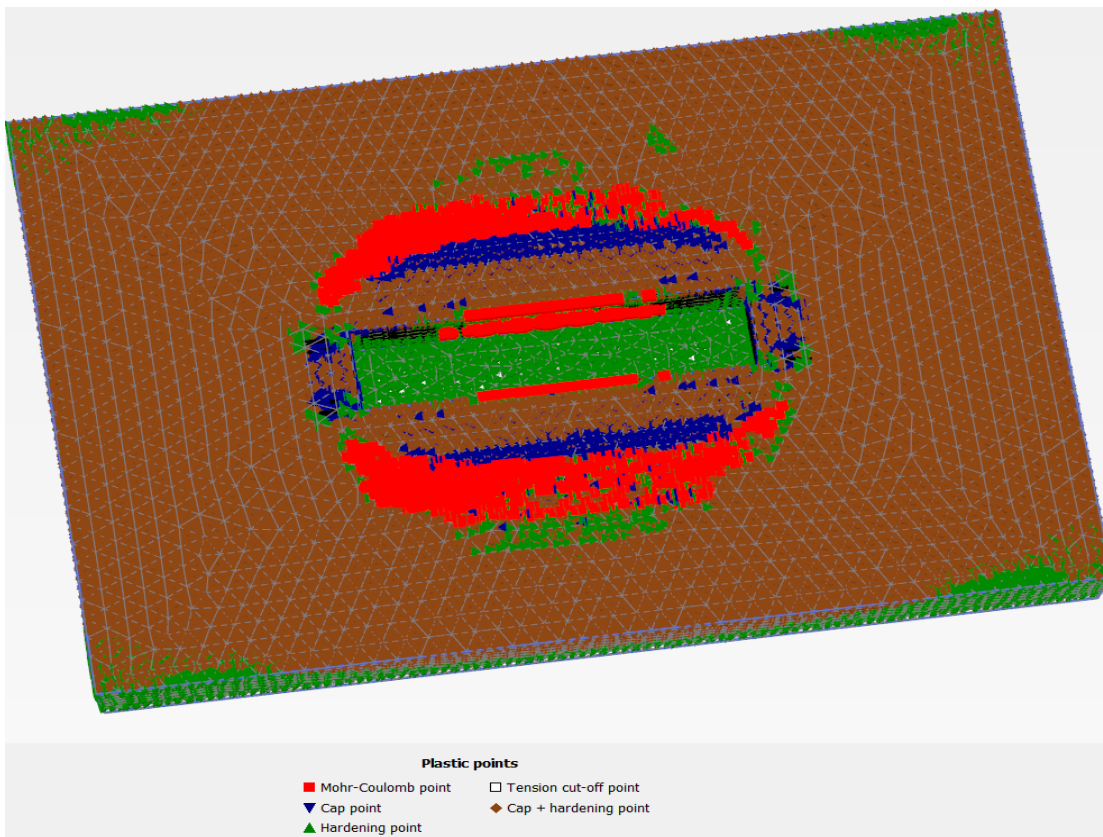
Σχήμα 4.4.12 Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



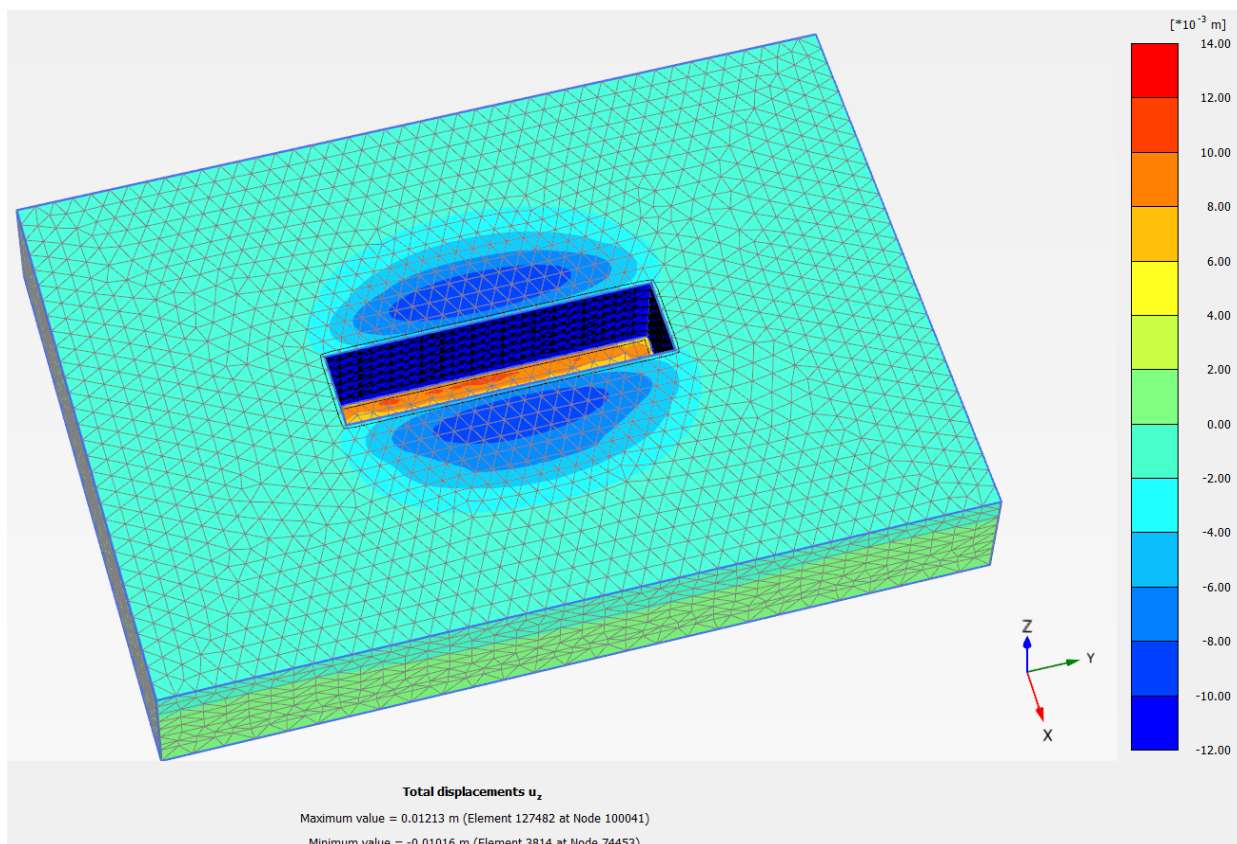
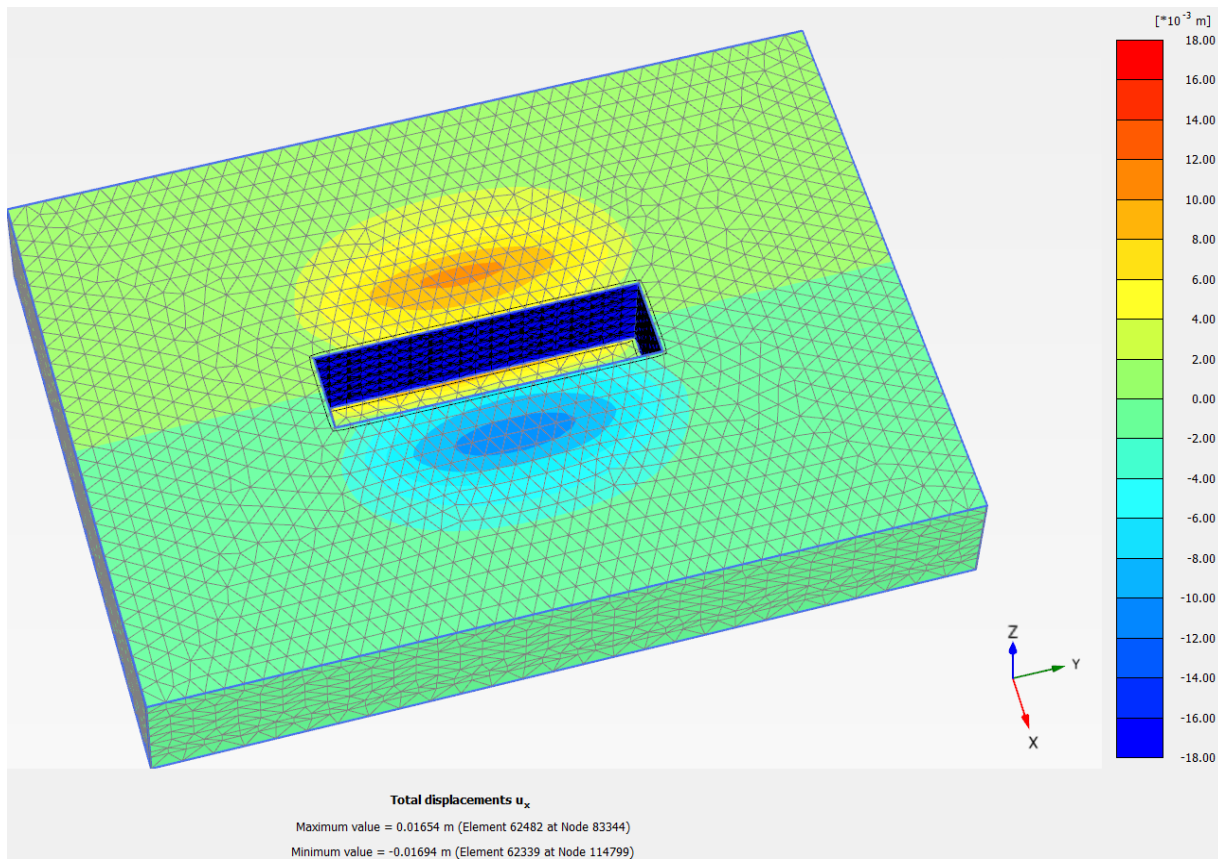
Σχήμα 4.4.13 Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



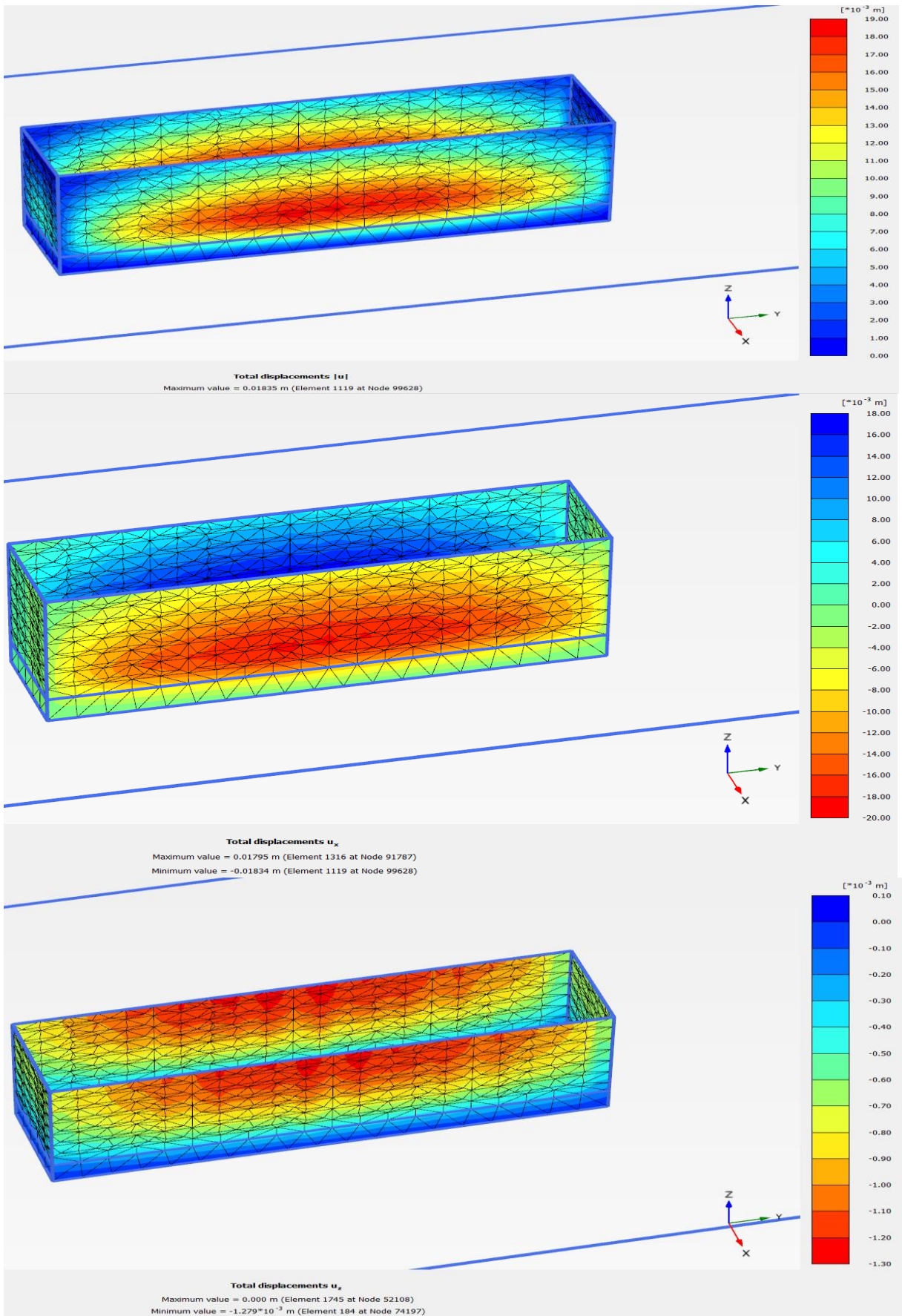
Σχήμα 4.4.14 Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση



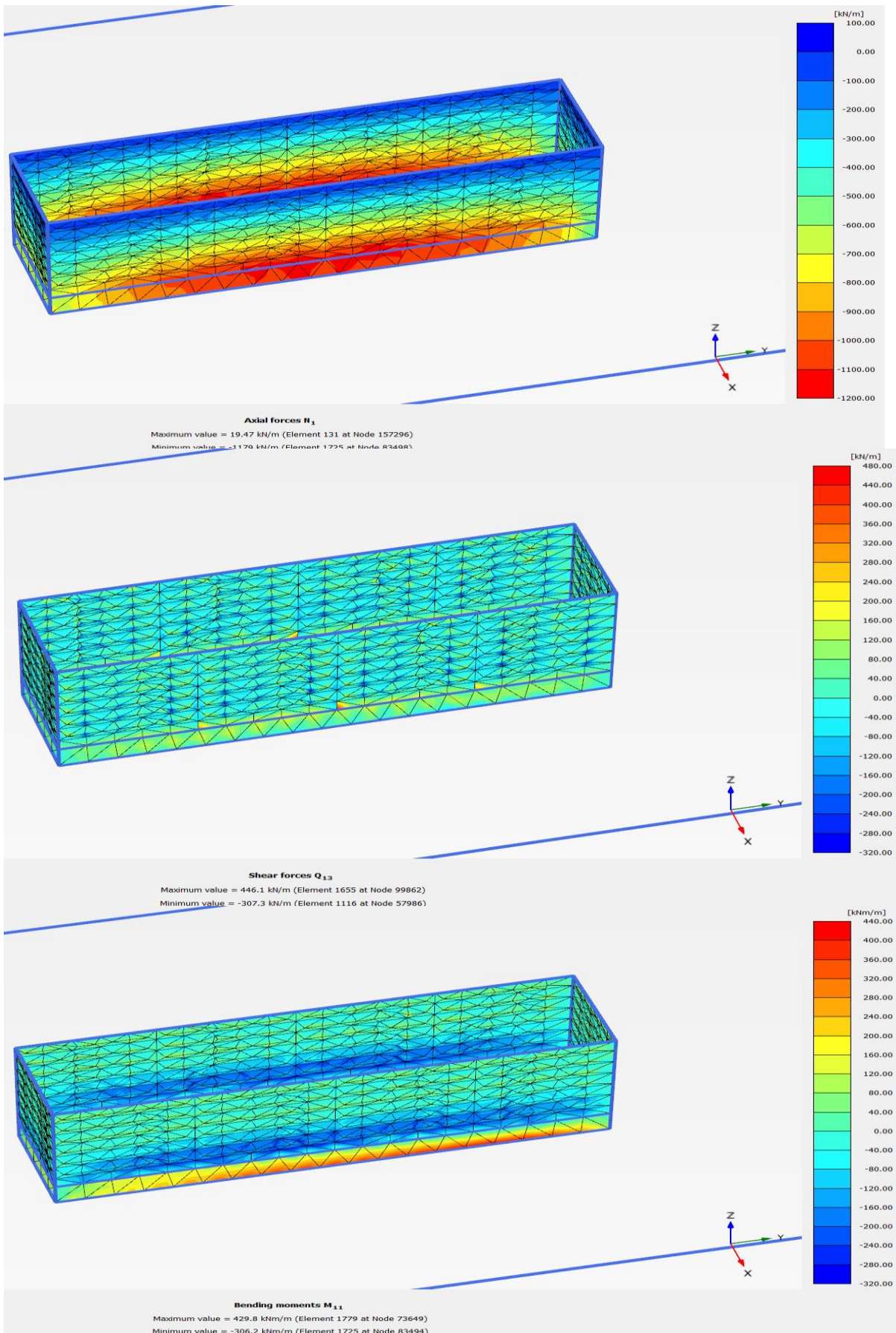
Σχήμα 4.4.15 Γλαστικά σημεία



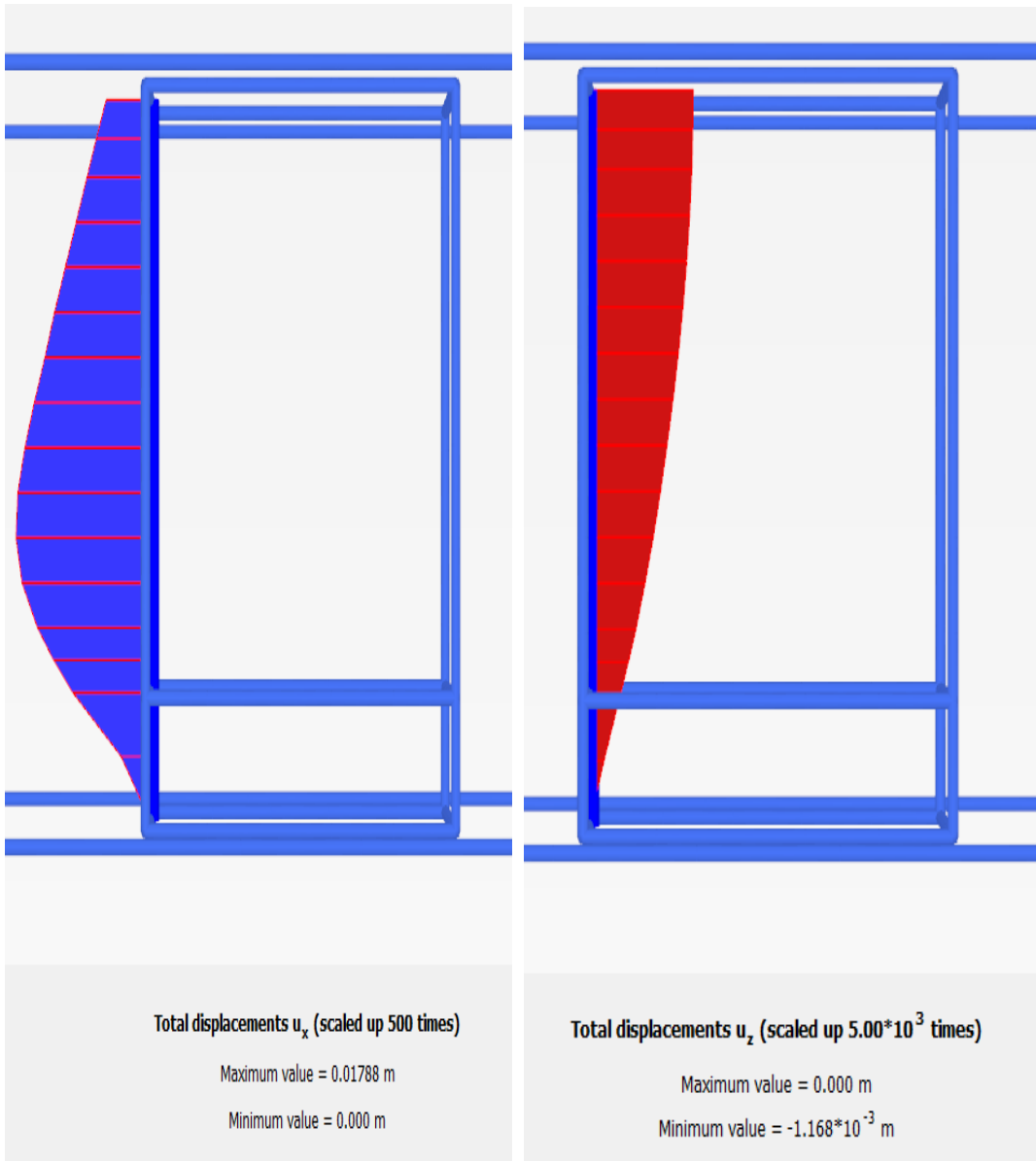
Σχήμα 4.4.16 Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων καννάβου



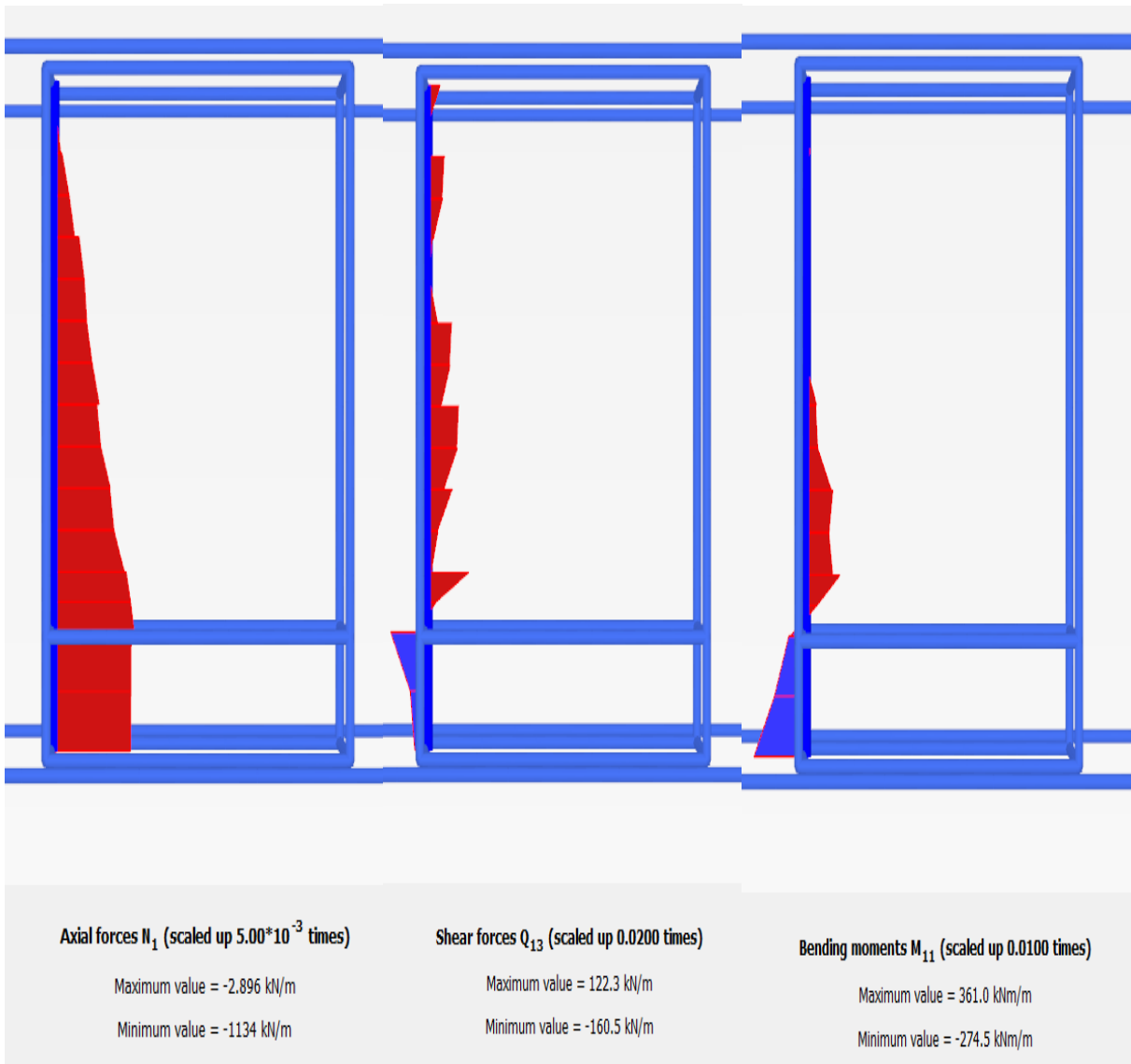
Σχήμα 4.4.17 Κατανομές μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.4.18 Κατανομές εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.4.19 Κατανομές μετακινήσεων στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου



Εικόνα 4.4.20: Κατανομές εντατικών μεγεθών στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου

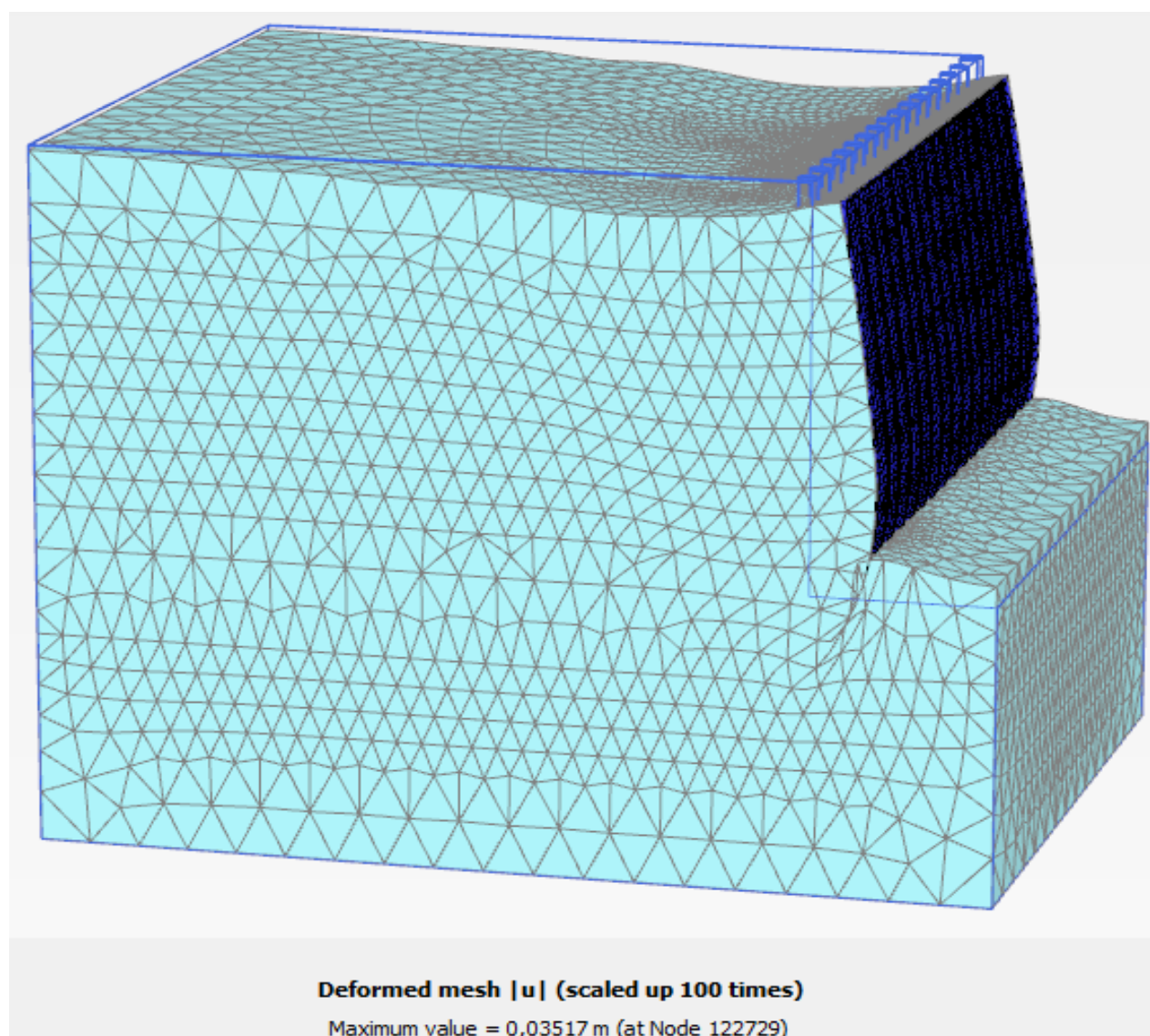
4.5 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 3D με λεπτομερή ανάλυση

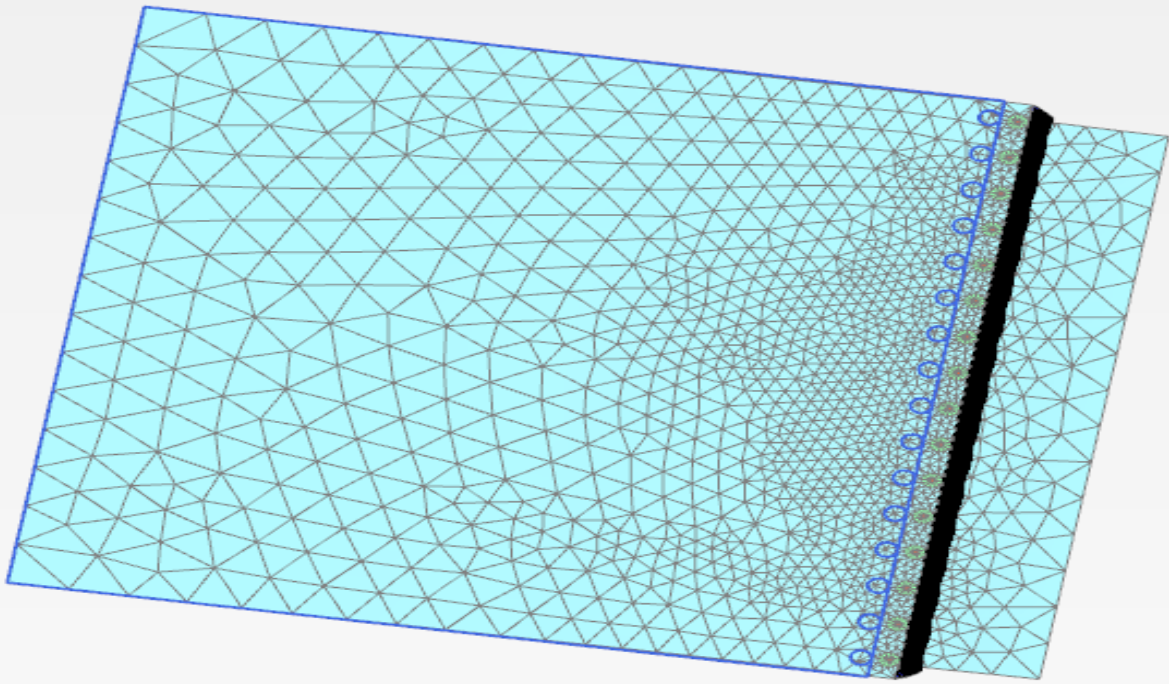
Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τανύσεως των αγκυριών.

ΤΑΝΙΣΗ(KN)	Ux(cm)	M(KNm/m)
400	3.25	849.5
350	5.3	1124

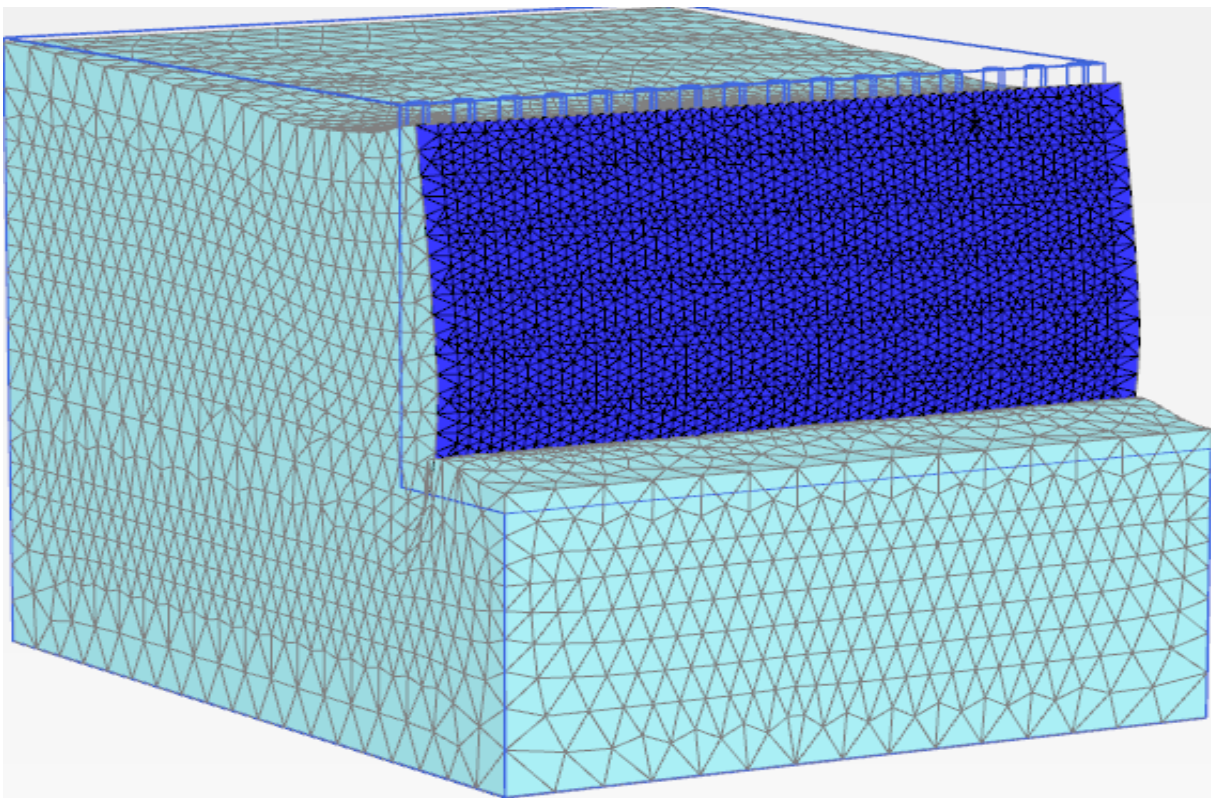
Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύναμη τανύσεως των αγκυριών ίση με 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

4.5.2 Τάνυση=400KN



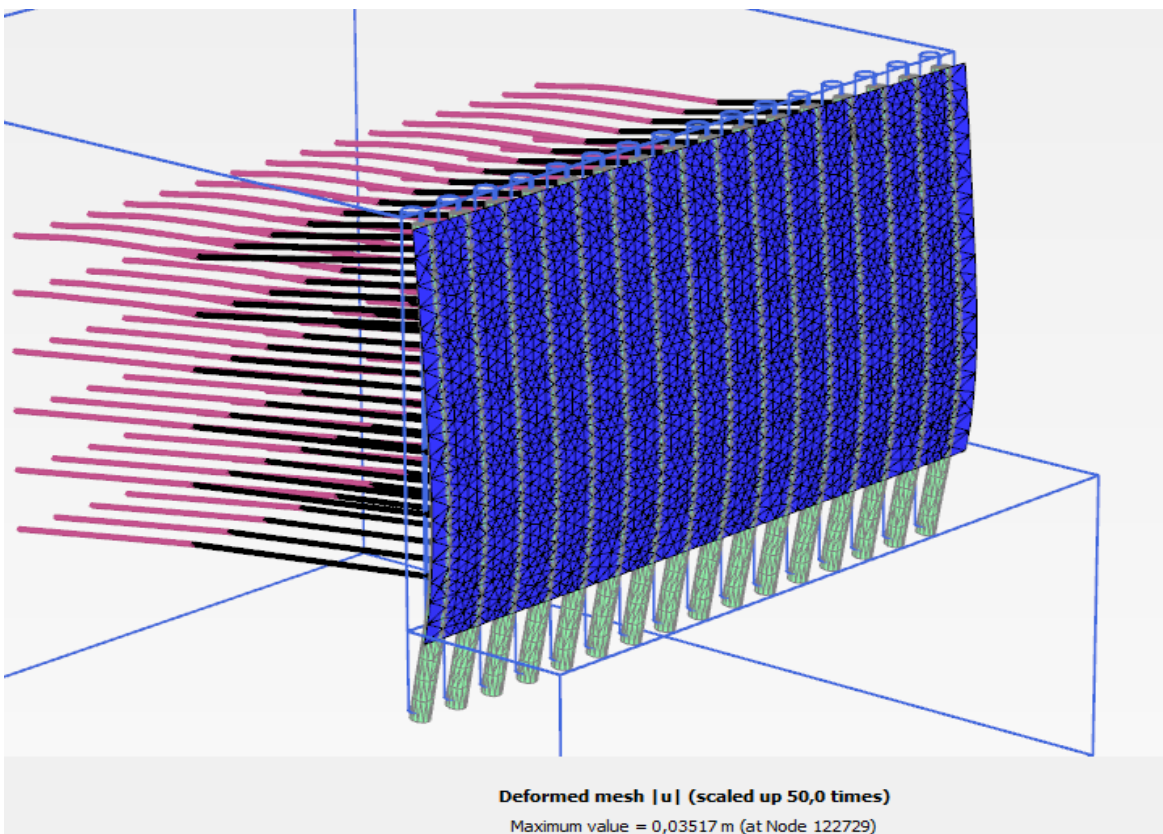
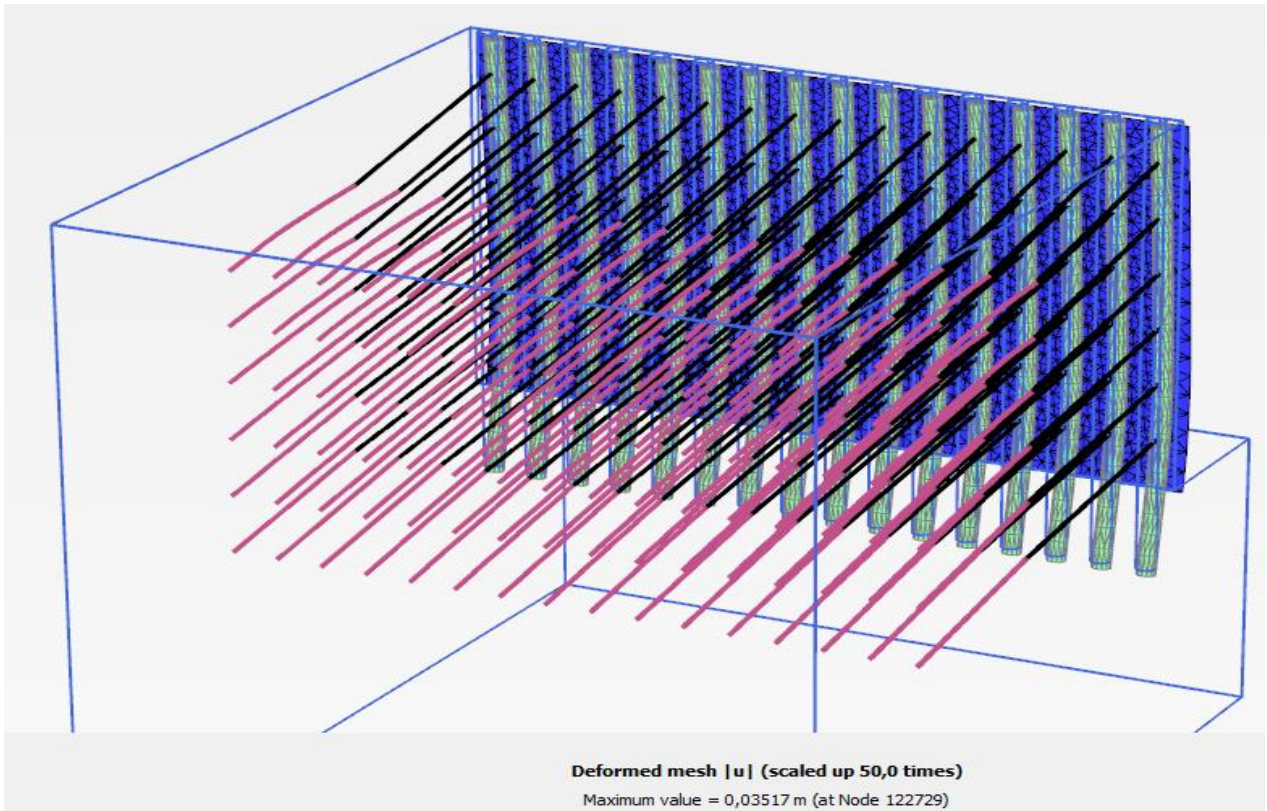


Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,03517 m (at Node 122729)

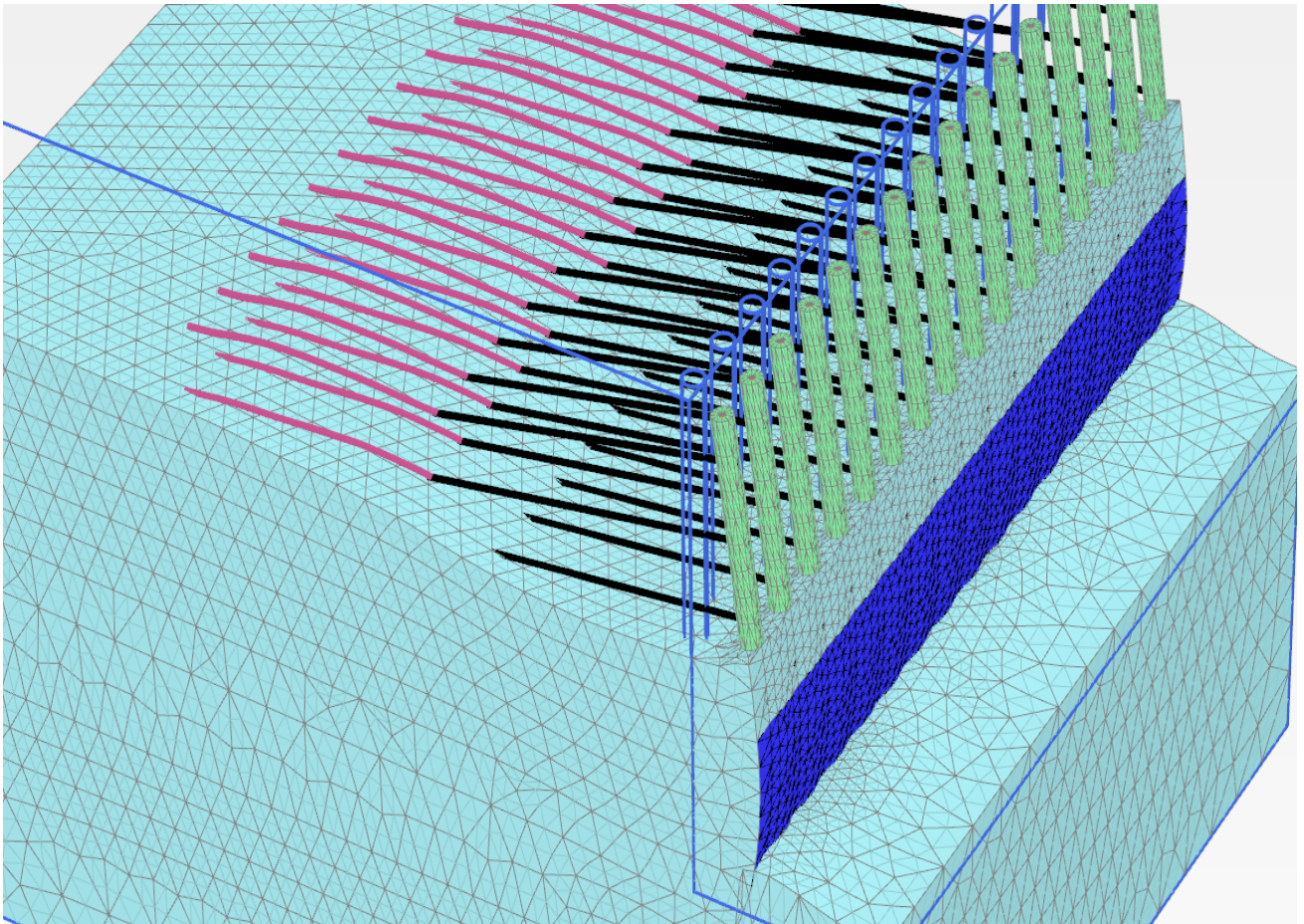


Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)

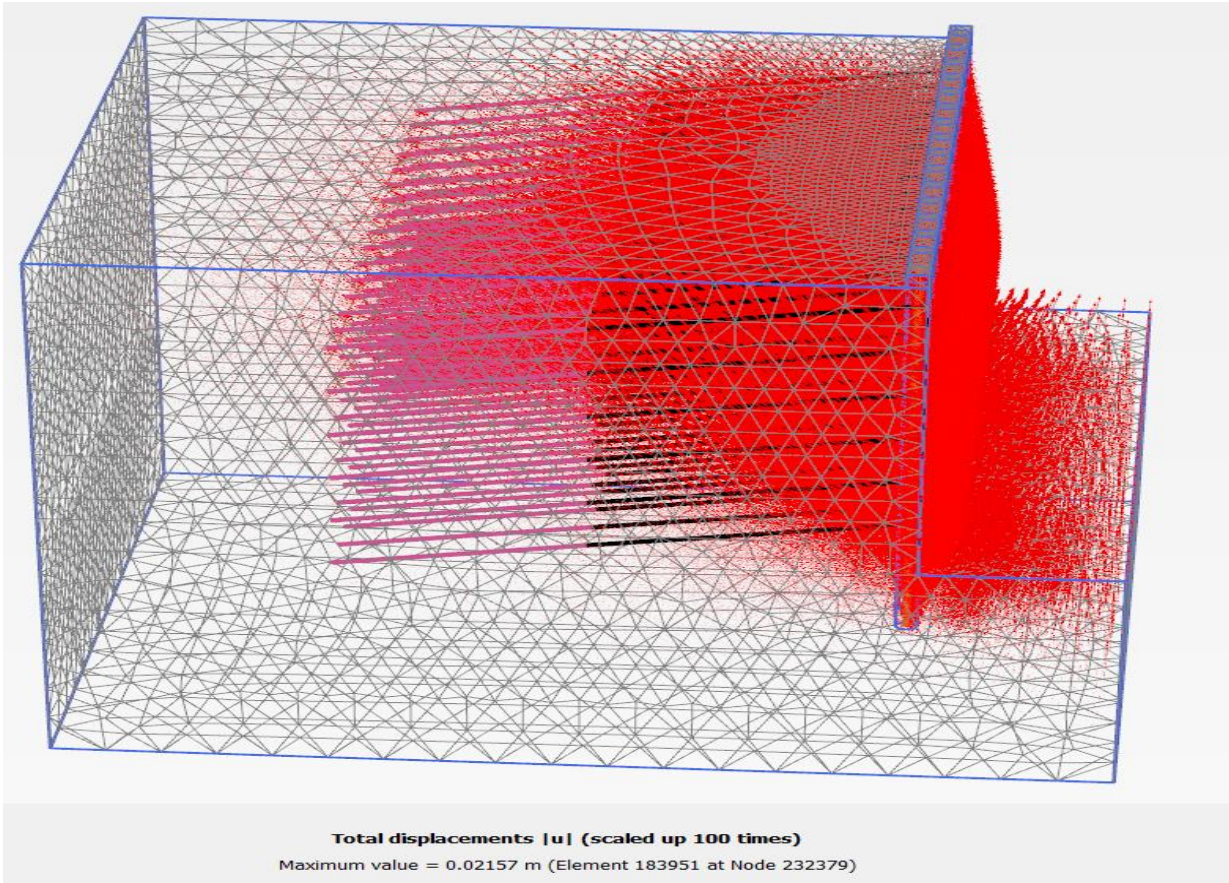
Εικόνα4.5.1: Παραμορφωμένοι καννάβοι πεπερασμένων στοιχείων



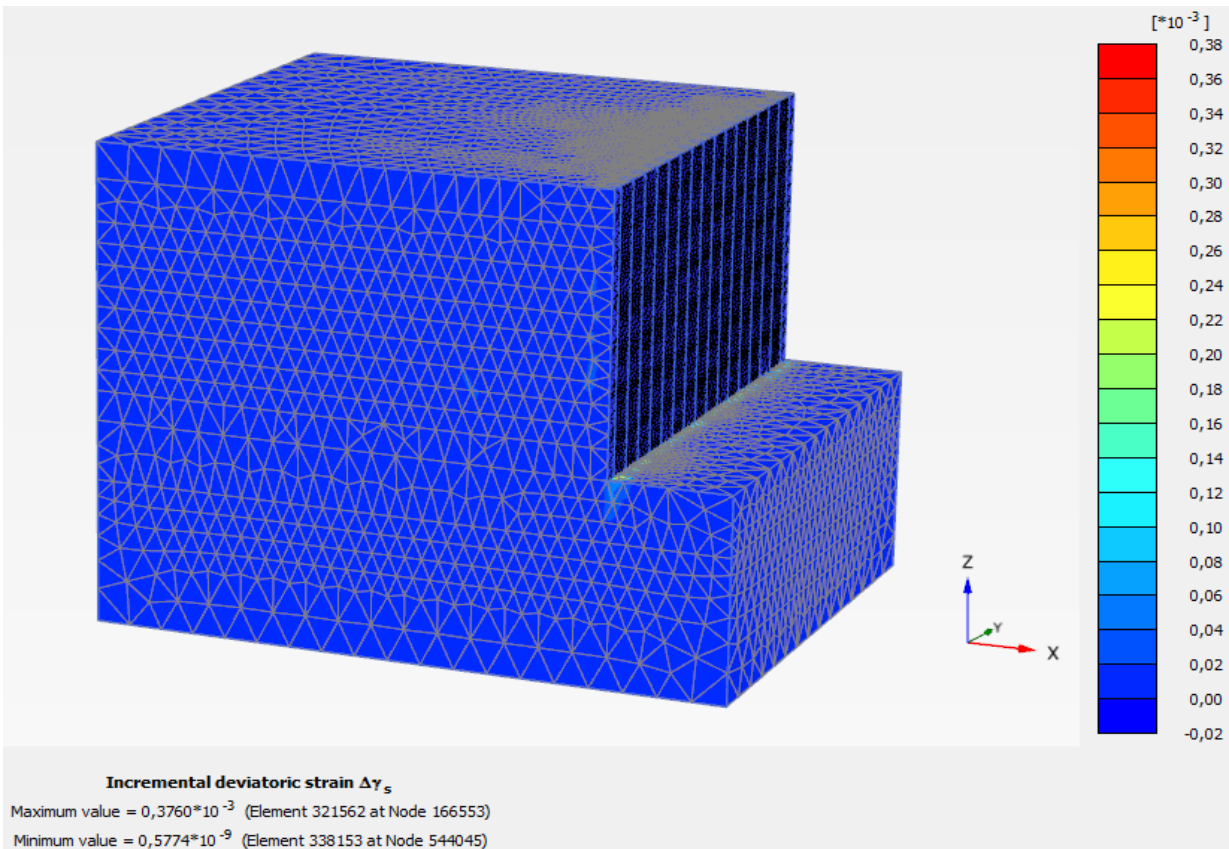
Εικόνα 4.5.2: Παραμόρφωση αγκυρώσεων και πασσαλότοιχου



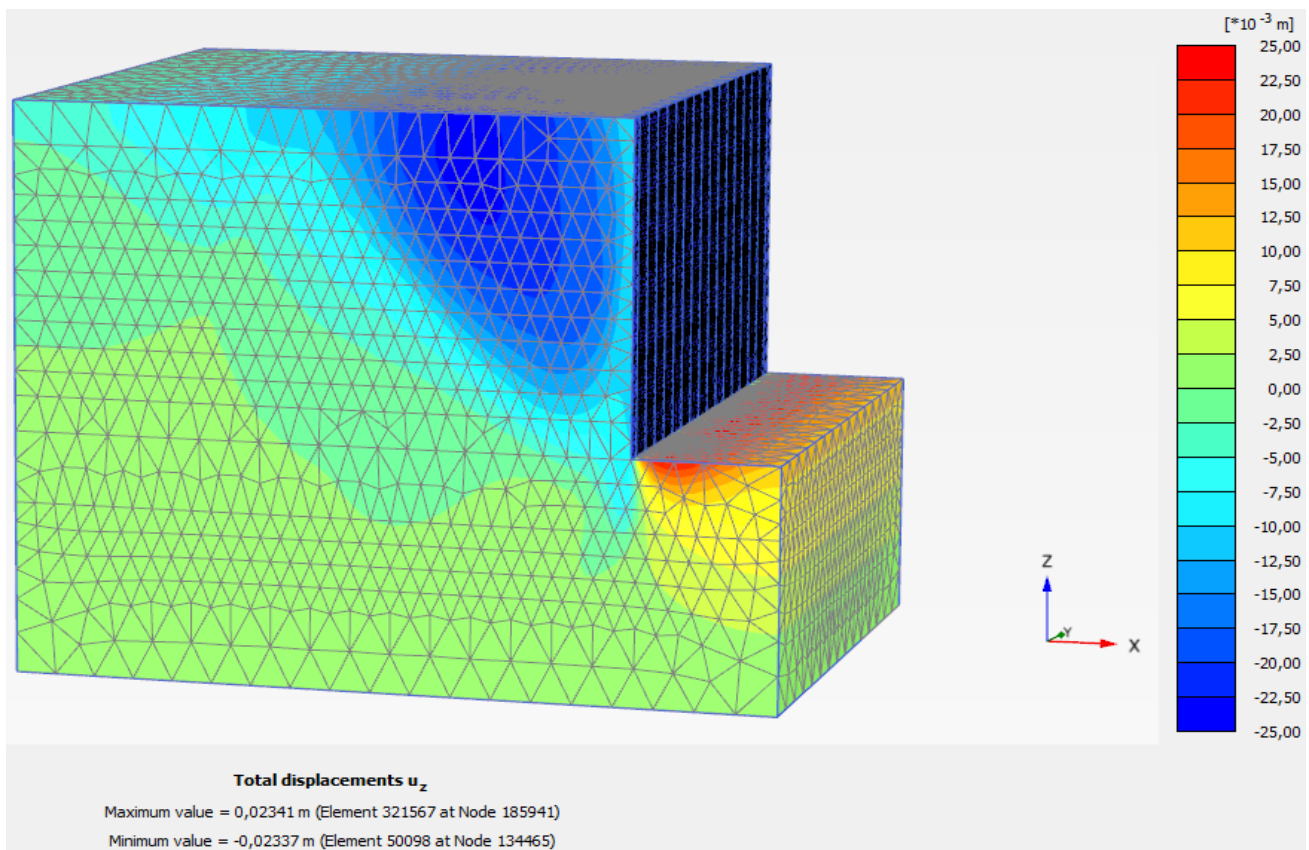
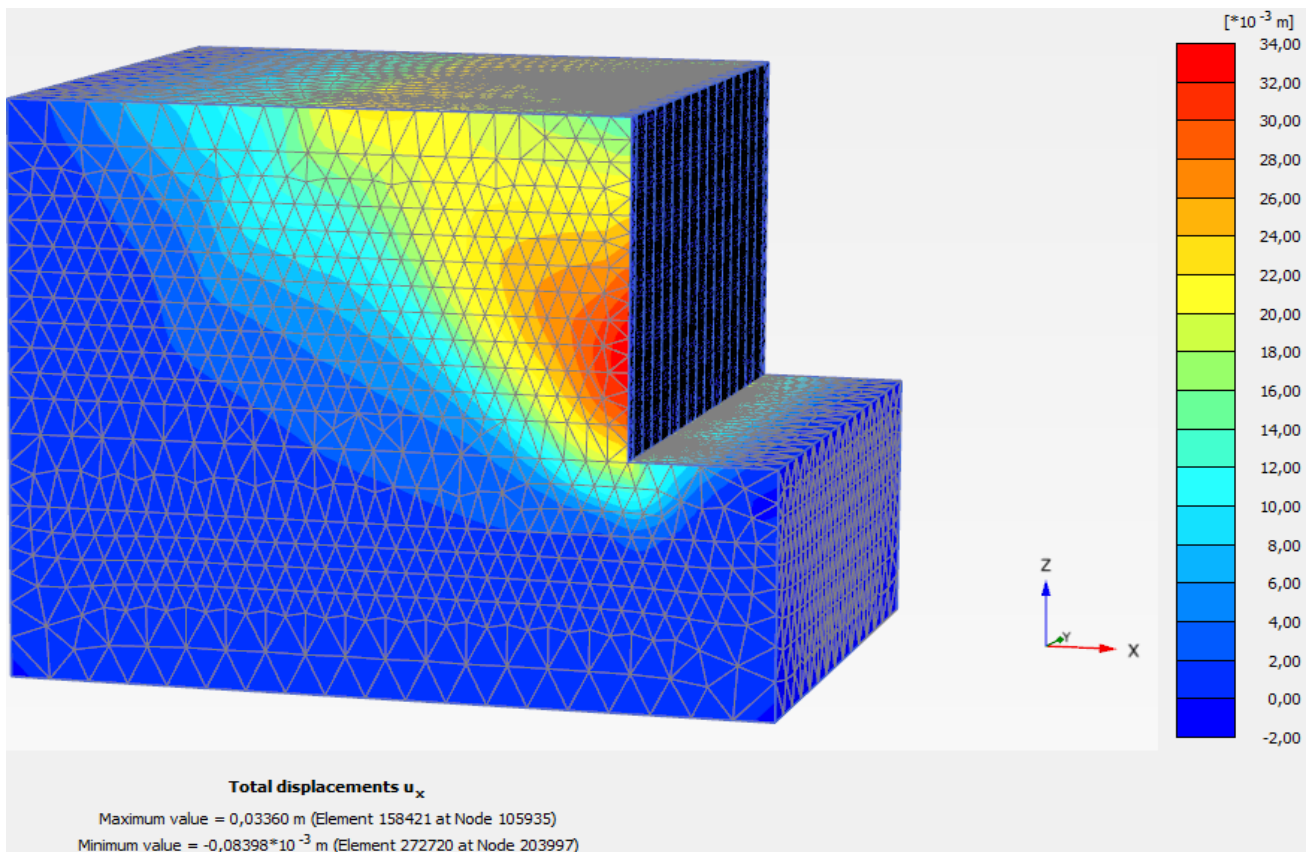
Εικόνα 4.5.3: Λεπτομέρεια της παραμόρφωσης του συστήματος εδάφους κατασκευής



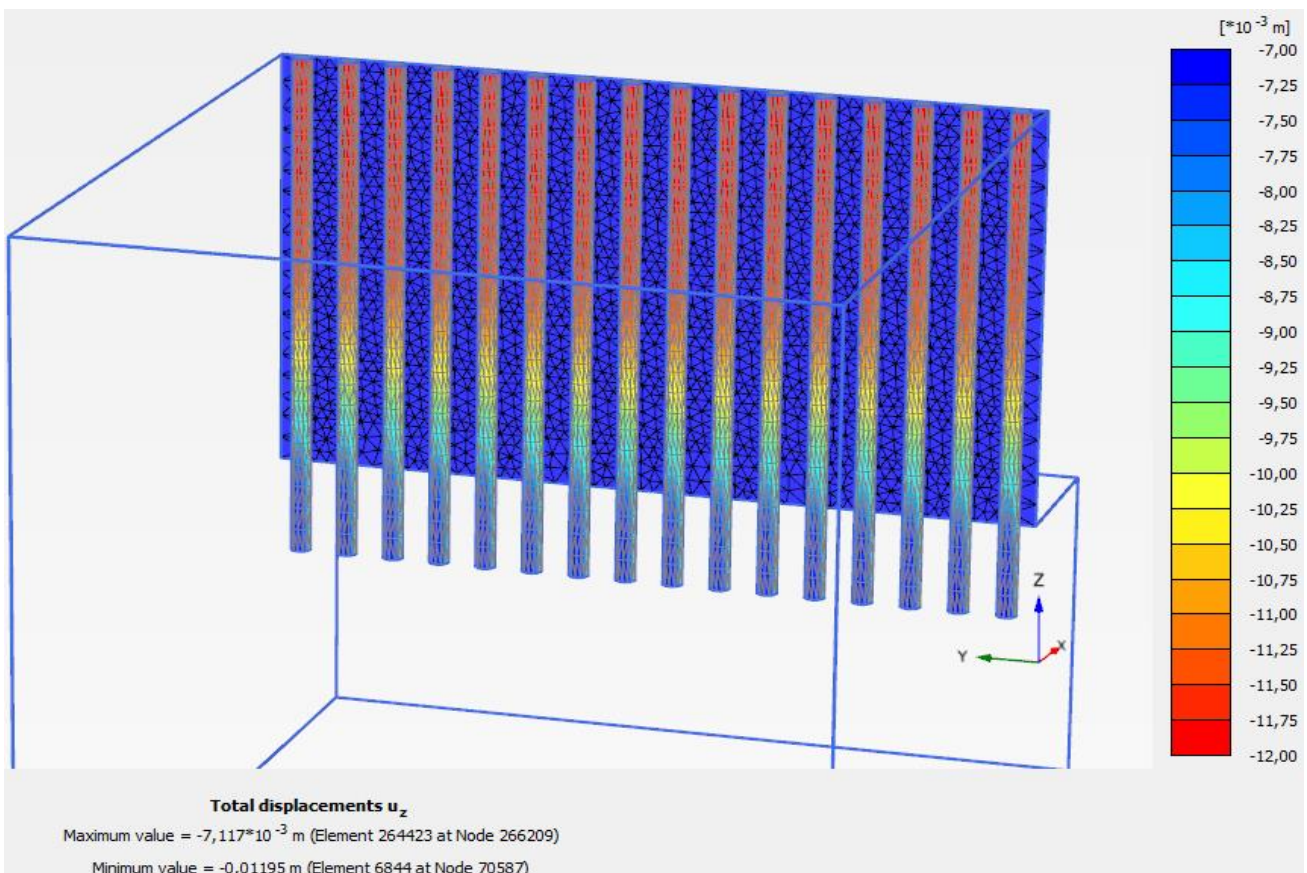
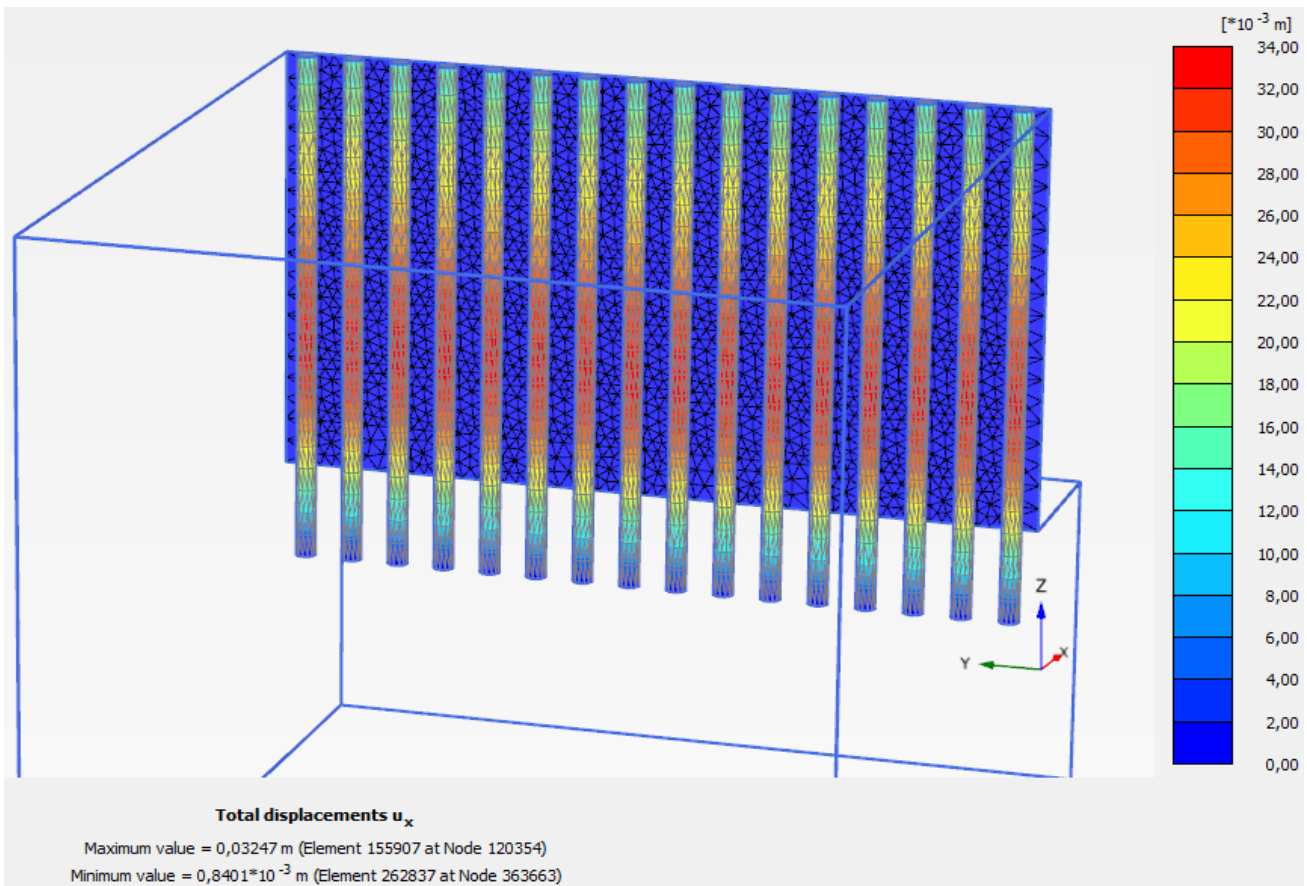
Εικόνα 4.5.4: διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



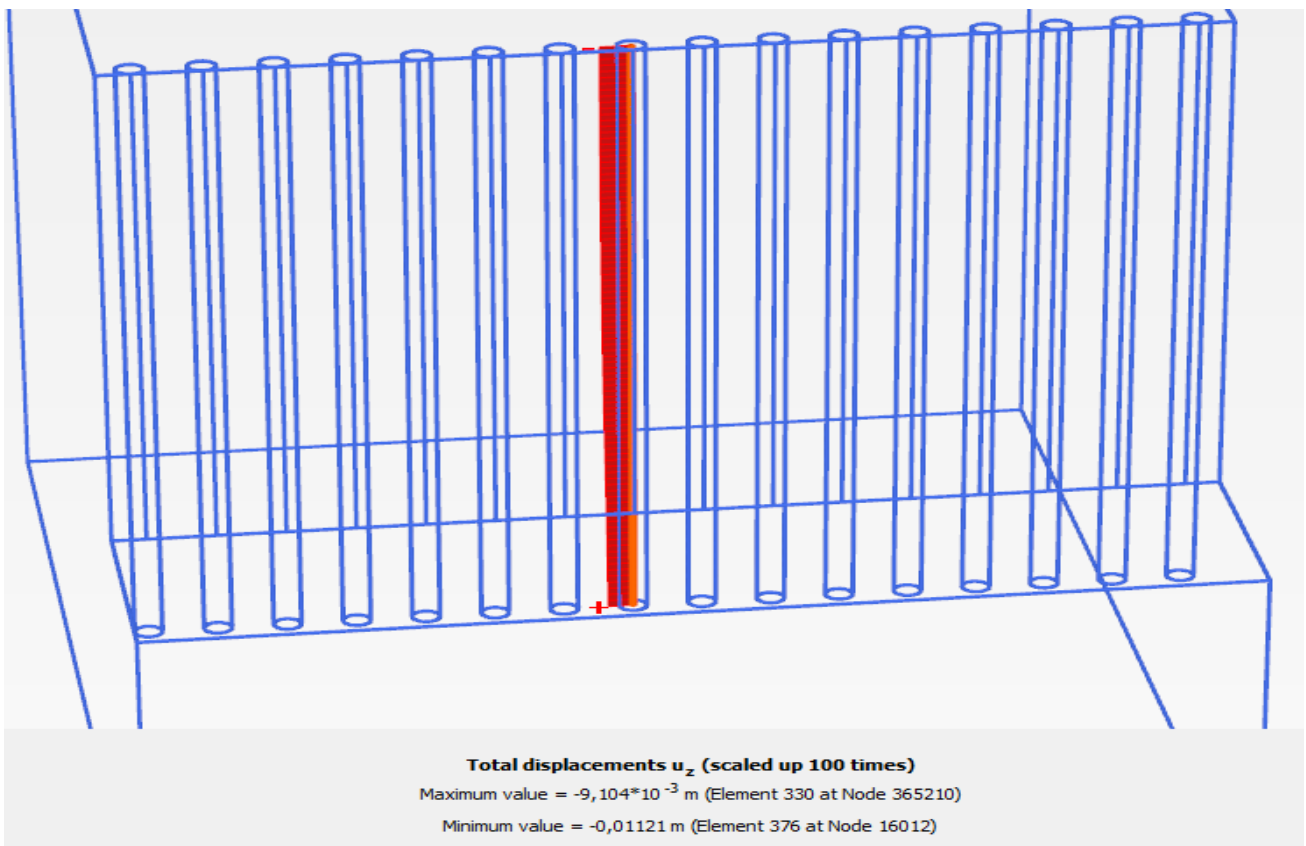
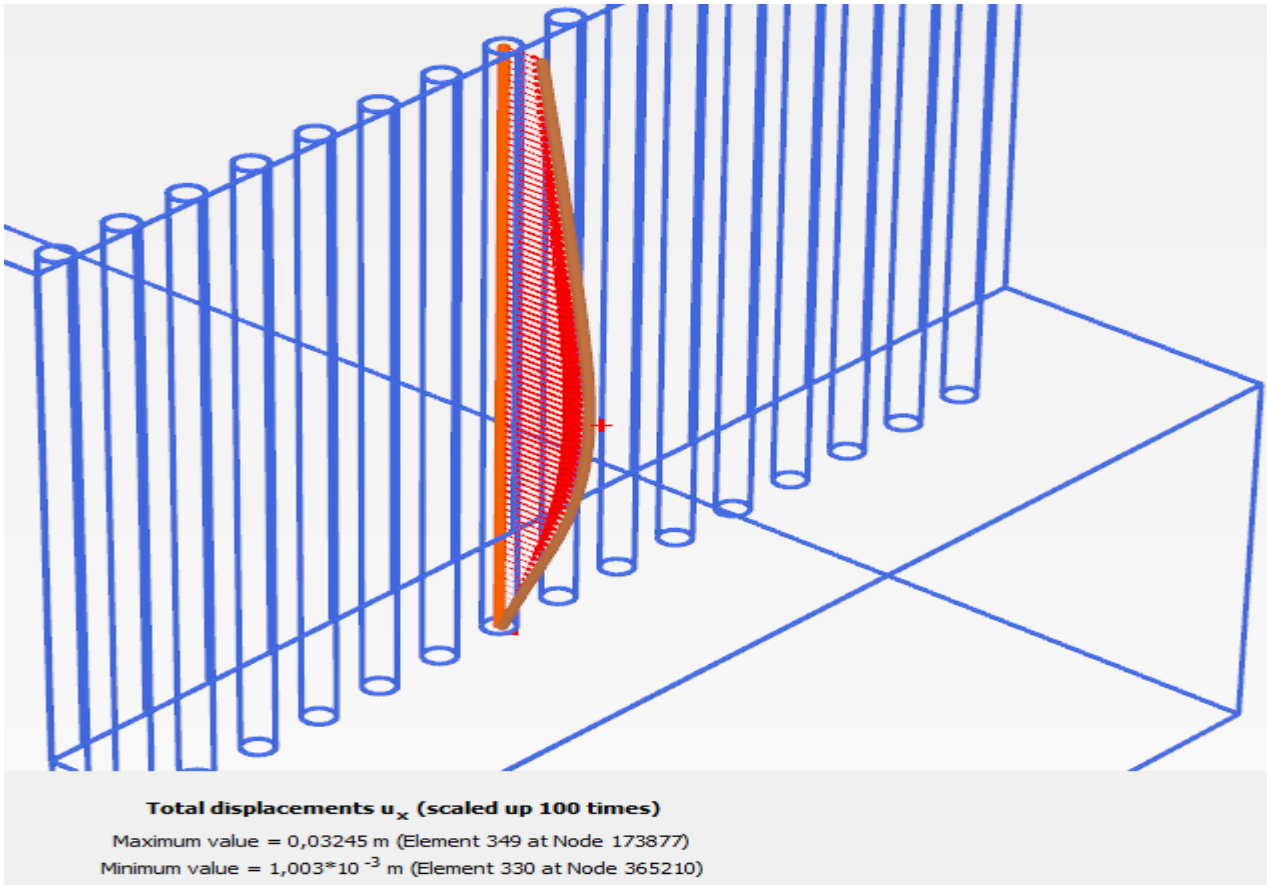
Εικόνα 4.5.5: Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση



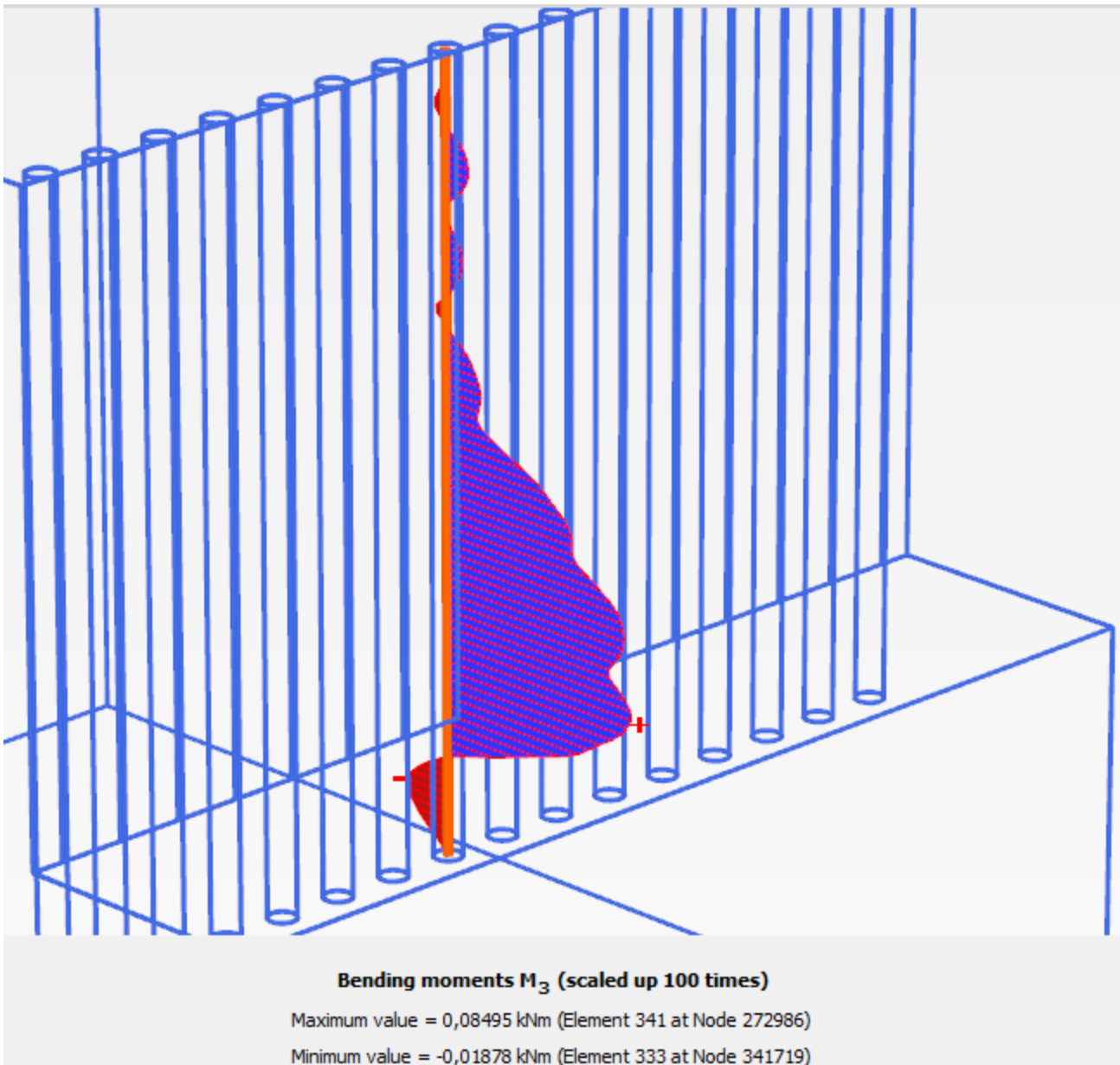
Εικόνα 4.5.6: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων καννάβου



Εικόνα 4.5.7: Χρωματική απεικόνιση οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων πασσάλων



Εικόνα 4.5.8 Κατανομές μετατοπίσεων στον κεντρικό πάσσαλο του προσομοιώματος



Εικόνα 4.5.9 Κατανομές εντατικών μεγεθών στον κεντρικό πάσσαλο του προσομοιώματος

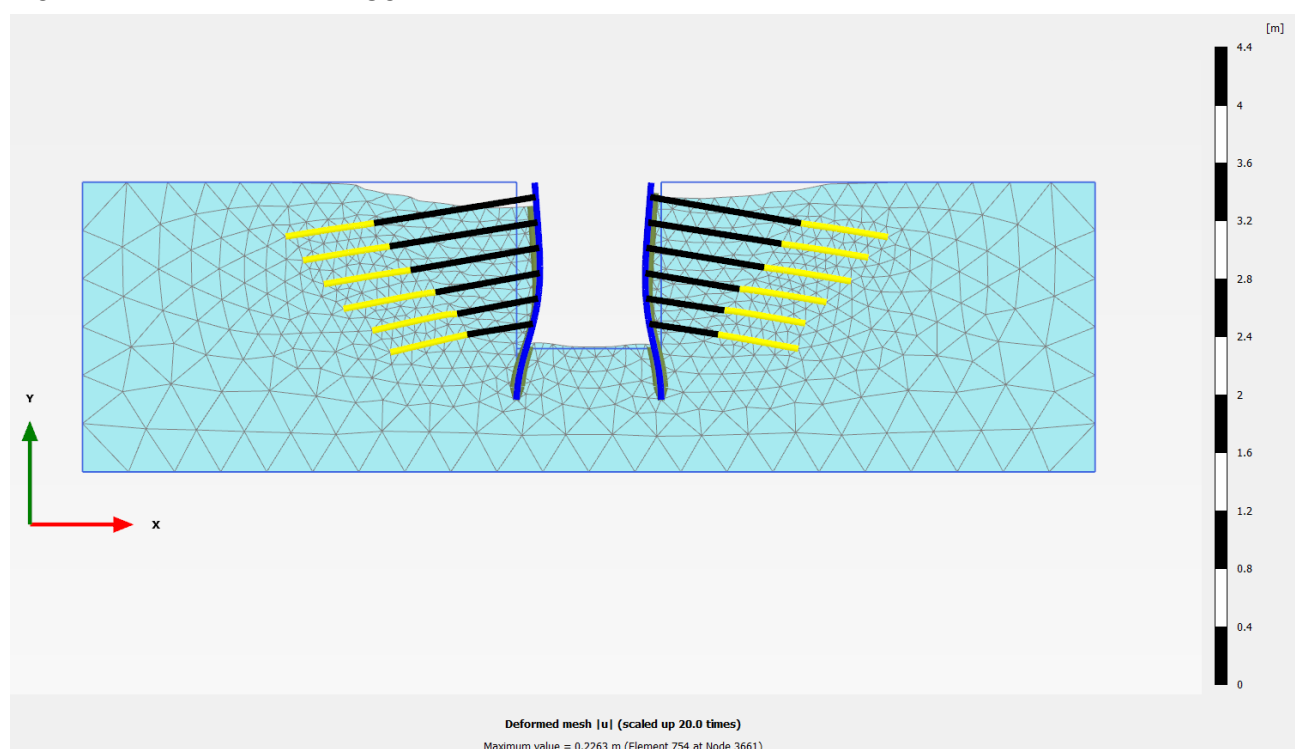
4.6 Αποτελέσματα αναλύσεων στο Plaxis 2D

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι μέγιστες οριζόντιες μετακινήσεις και ροπές για τις εκάστοτε τιμές τανύσεως των αγκυριών. Όπως είναι αναμενόμενο όσο μειώνεται η τάνυση των αγκυριών τόσο αυξάνονται οι μετακινήσεις και οι ροπές.

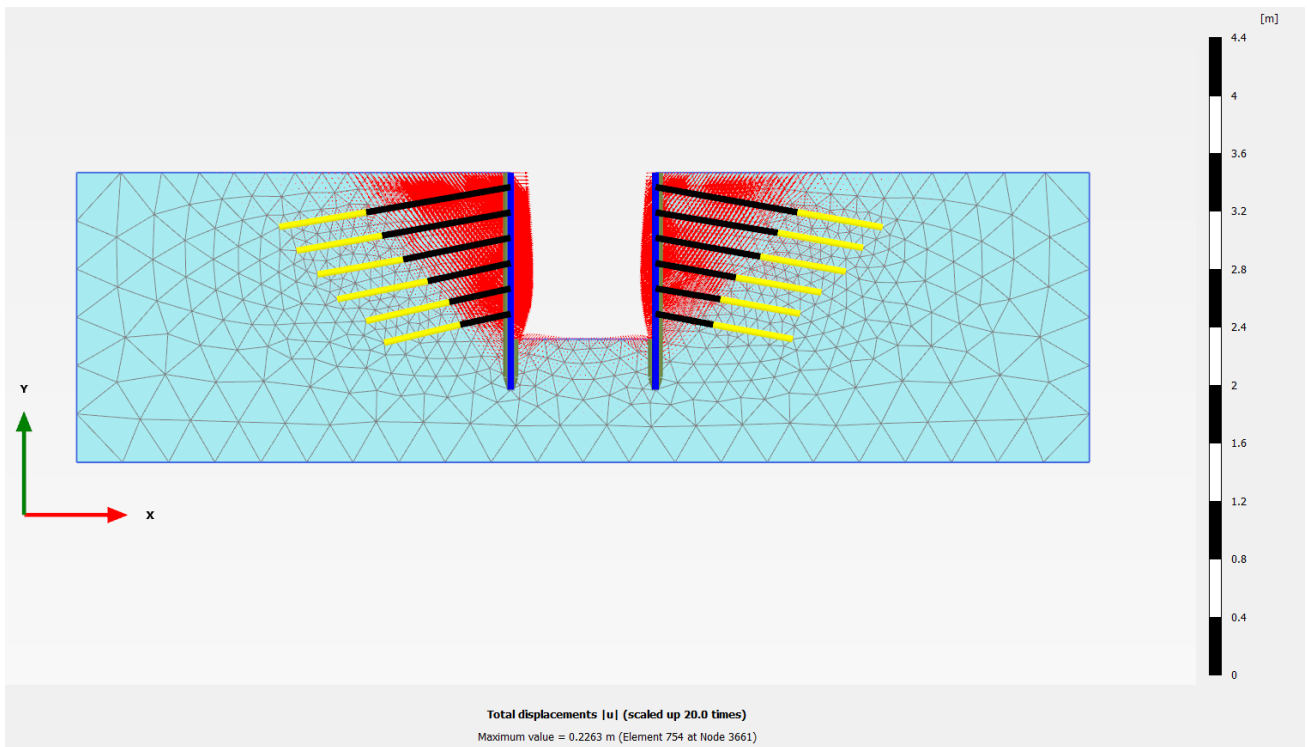
ΤΑΝΙΣΗ(KN)	Ux(cm)	M(KN/m)
600	2.25	357.4
500	2.85	385
400	6.6	594.5
350	11.35	827
300	16.54	1134
290	16.2	1165

Στη συνέχεια απεικονίζονται για δύο χαρακτηριστικές τιμές τανύσεως (290KN και 400KN) εικόνες απ' τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 3D.

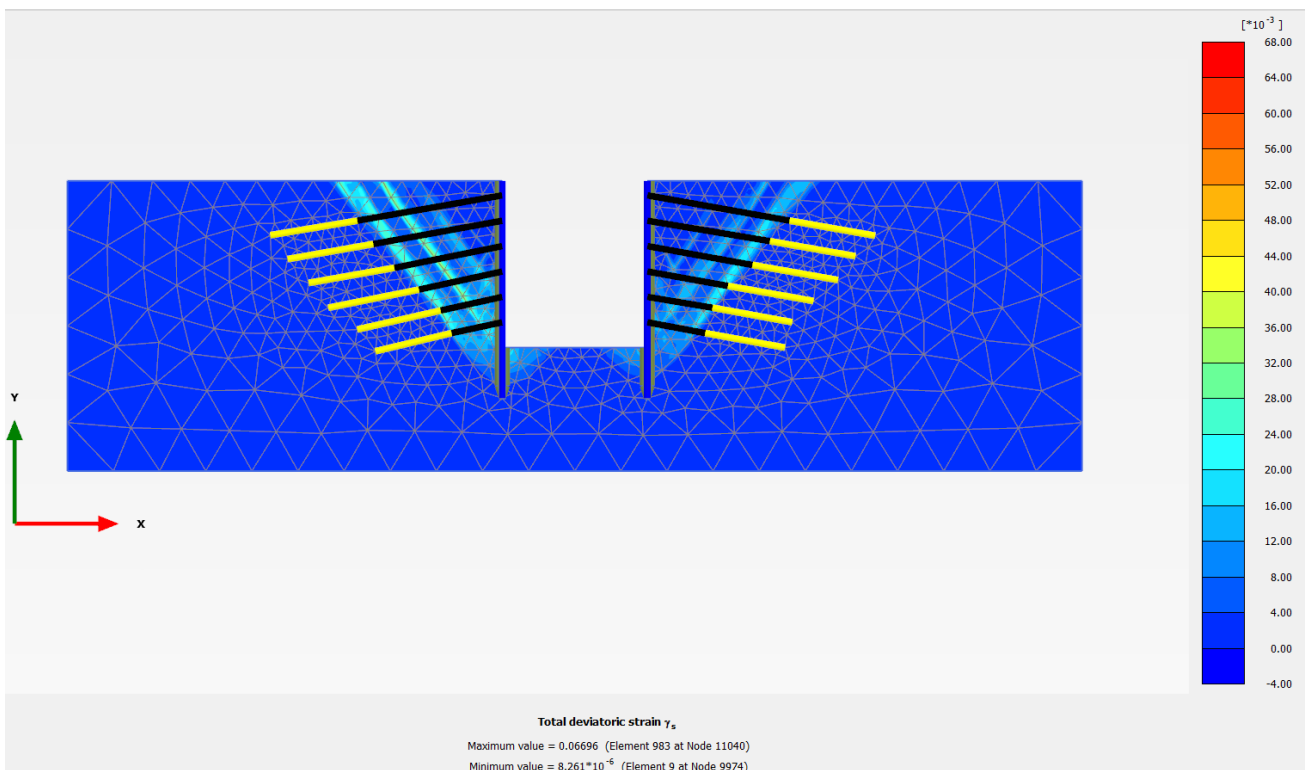
4.6.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=290KN



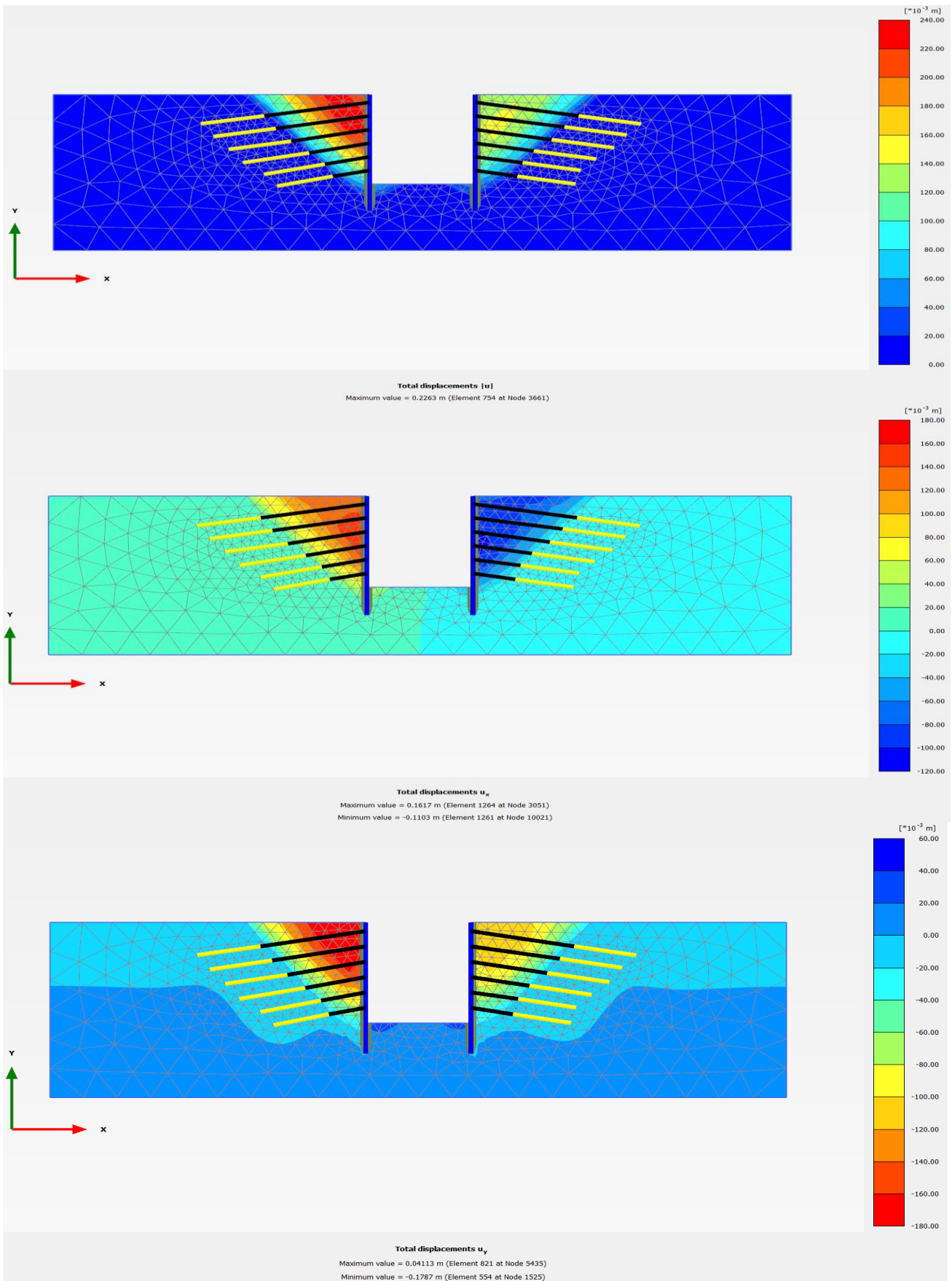
Εικόνα 4.6.1: Παραμορφωμένος κάβναθος πεπερασμένων στοιχείων



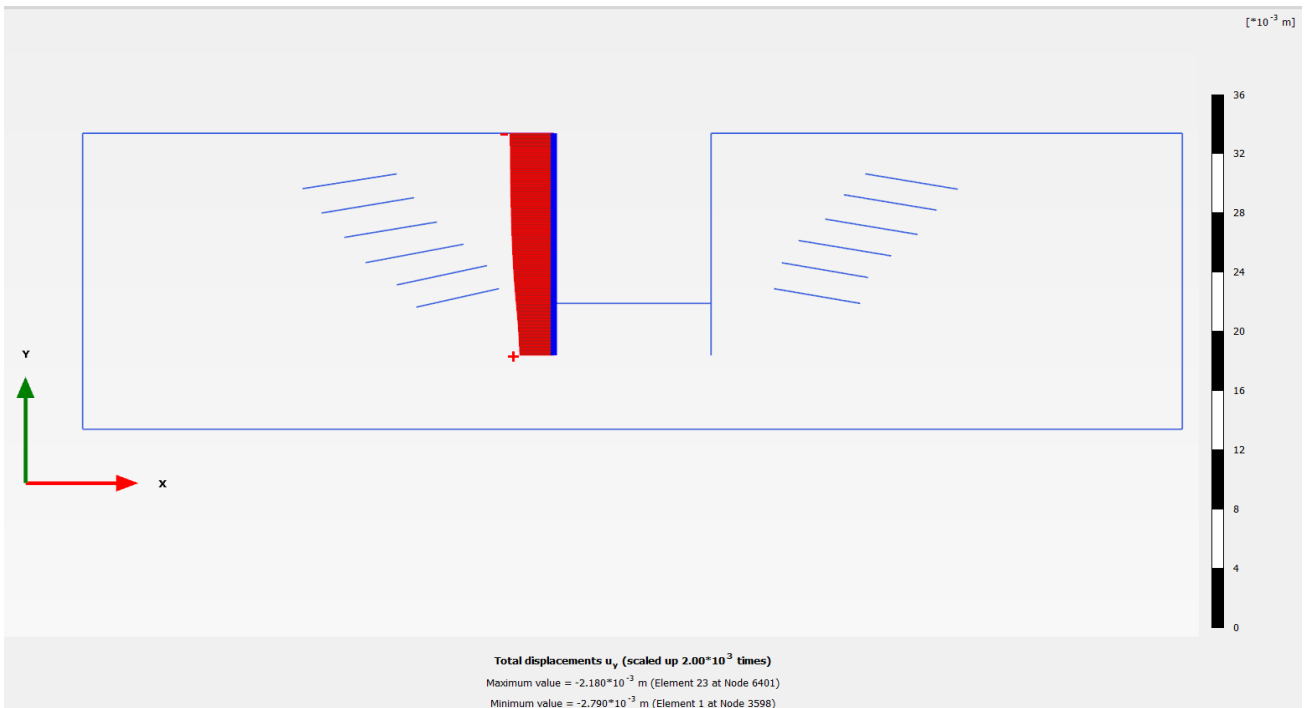
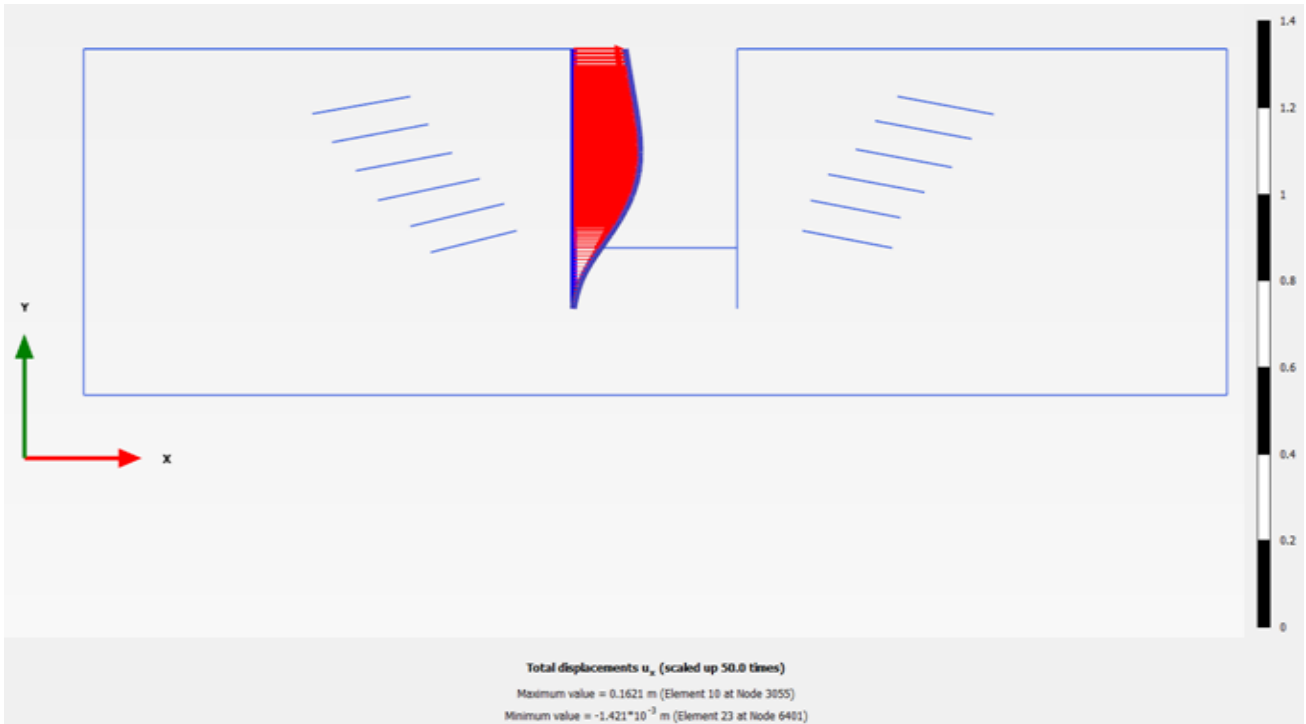
Εικόνα4.6.2: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης



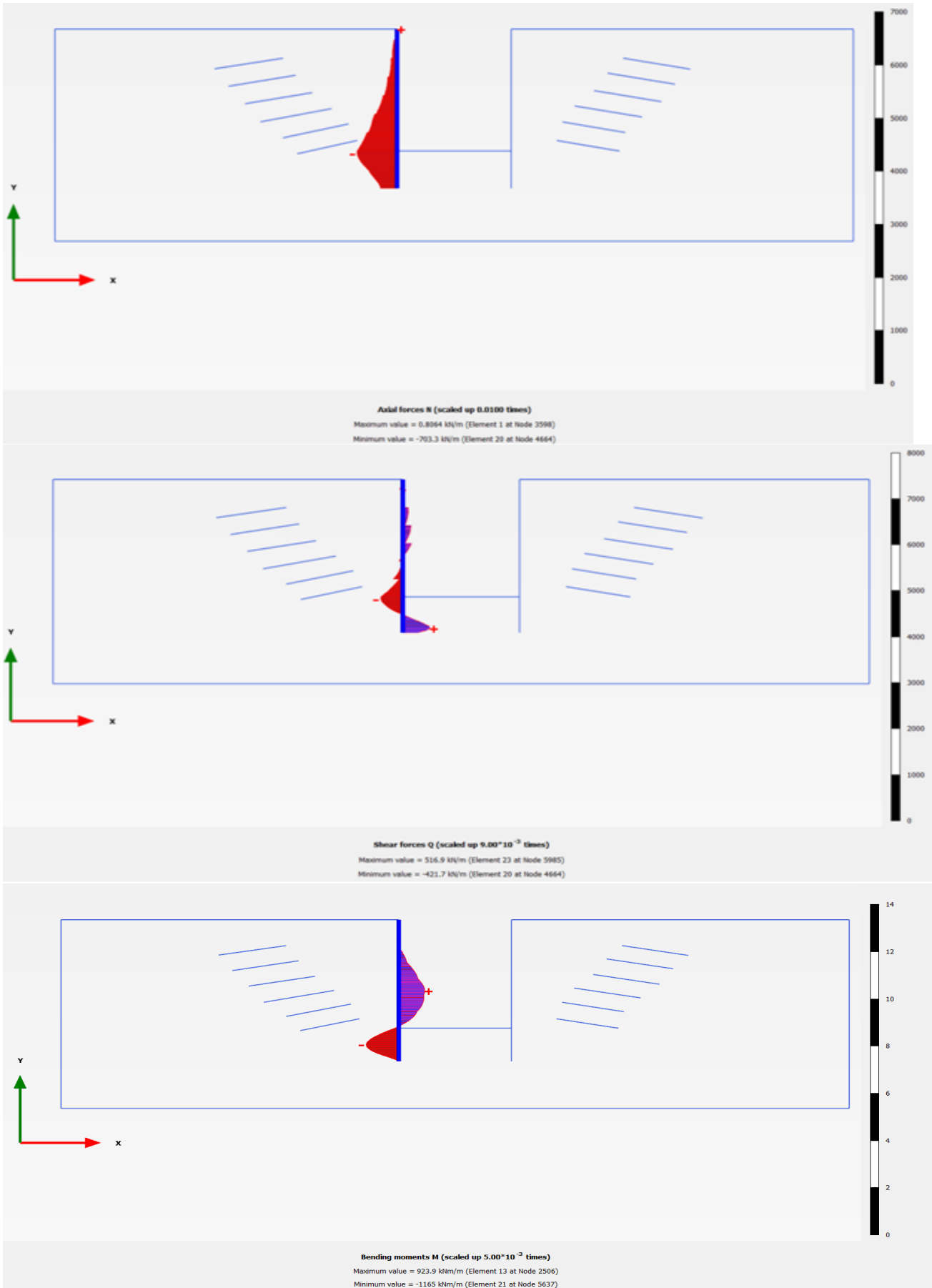
Εικόνα4.6.3: Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση



Εικόνα 4.6.5 Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων καννάβου

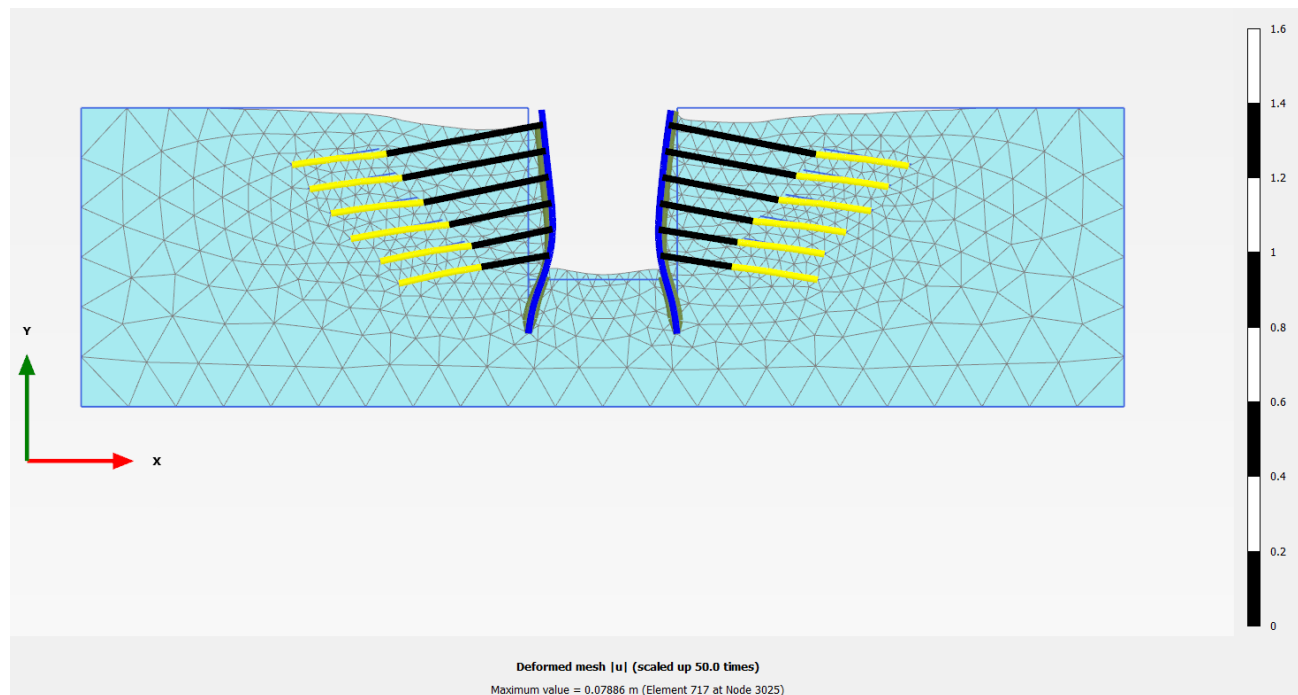


Εικόνα 4.6.6 Κατανομές οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο

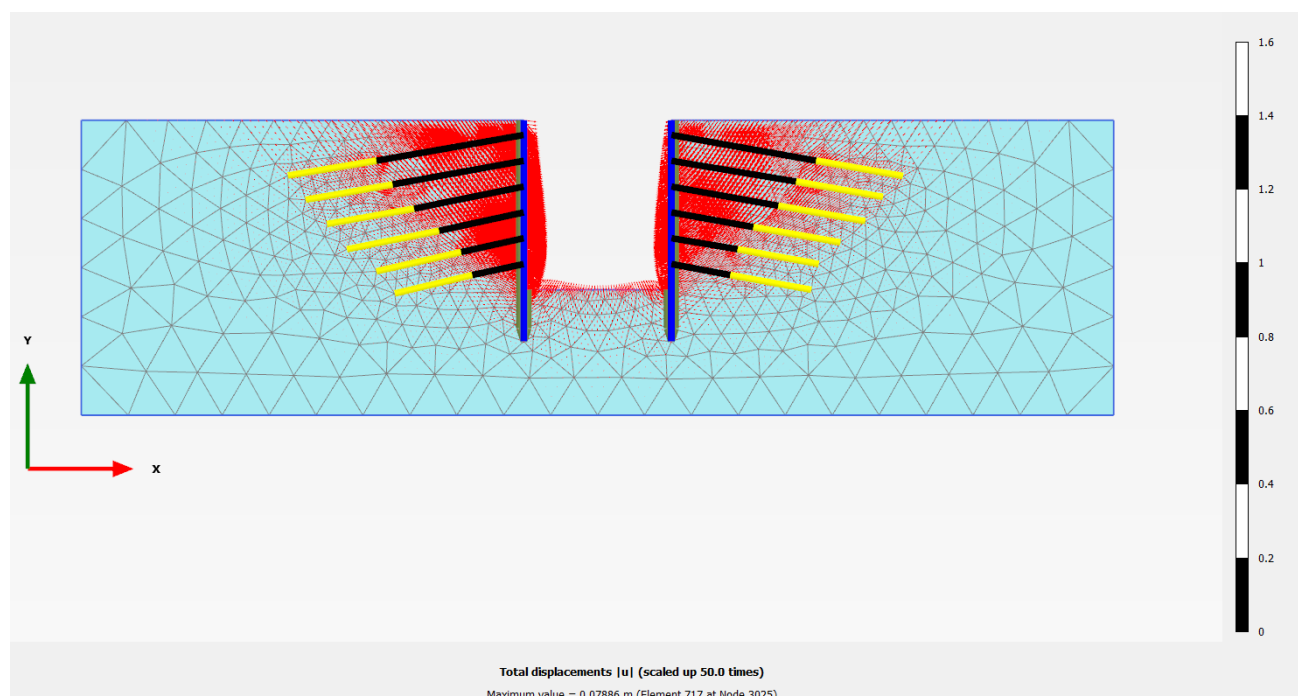


Εικόνα 4.6.7: Κατανομές εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο

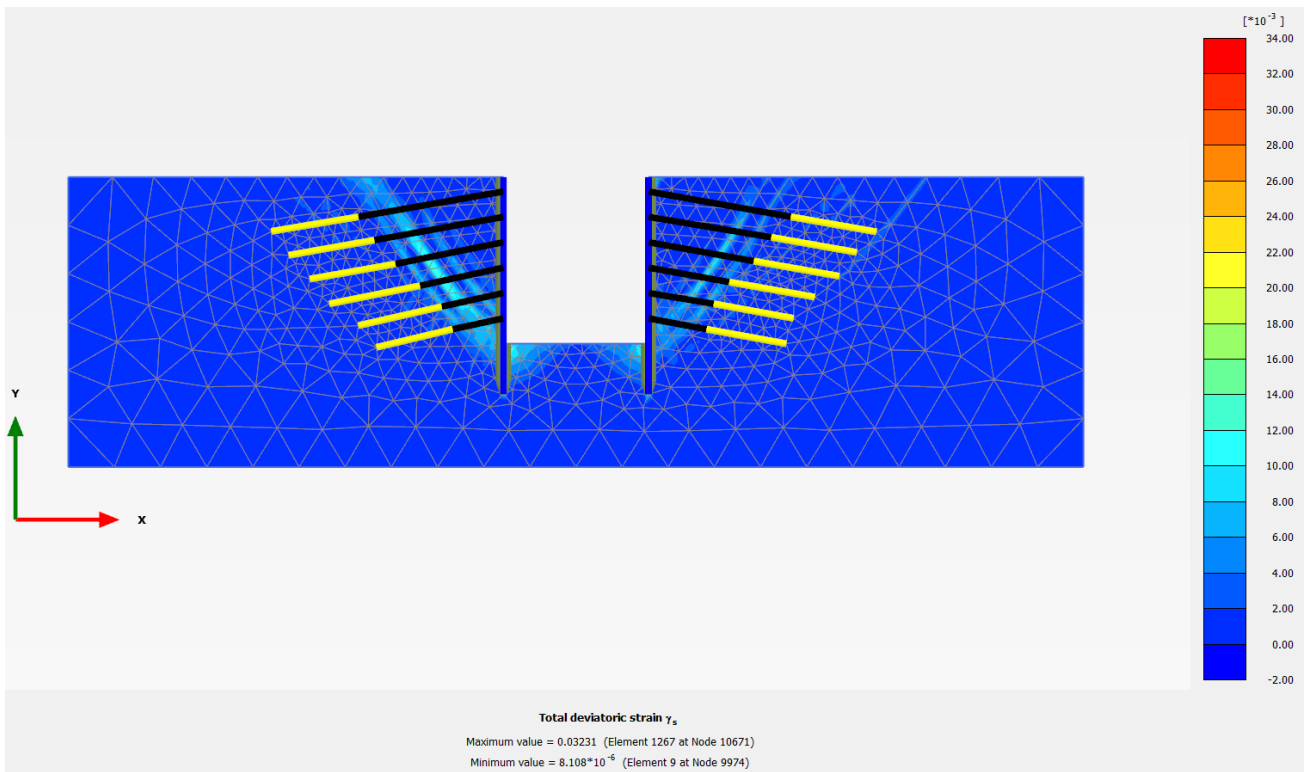
4.6.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN



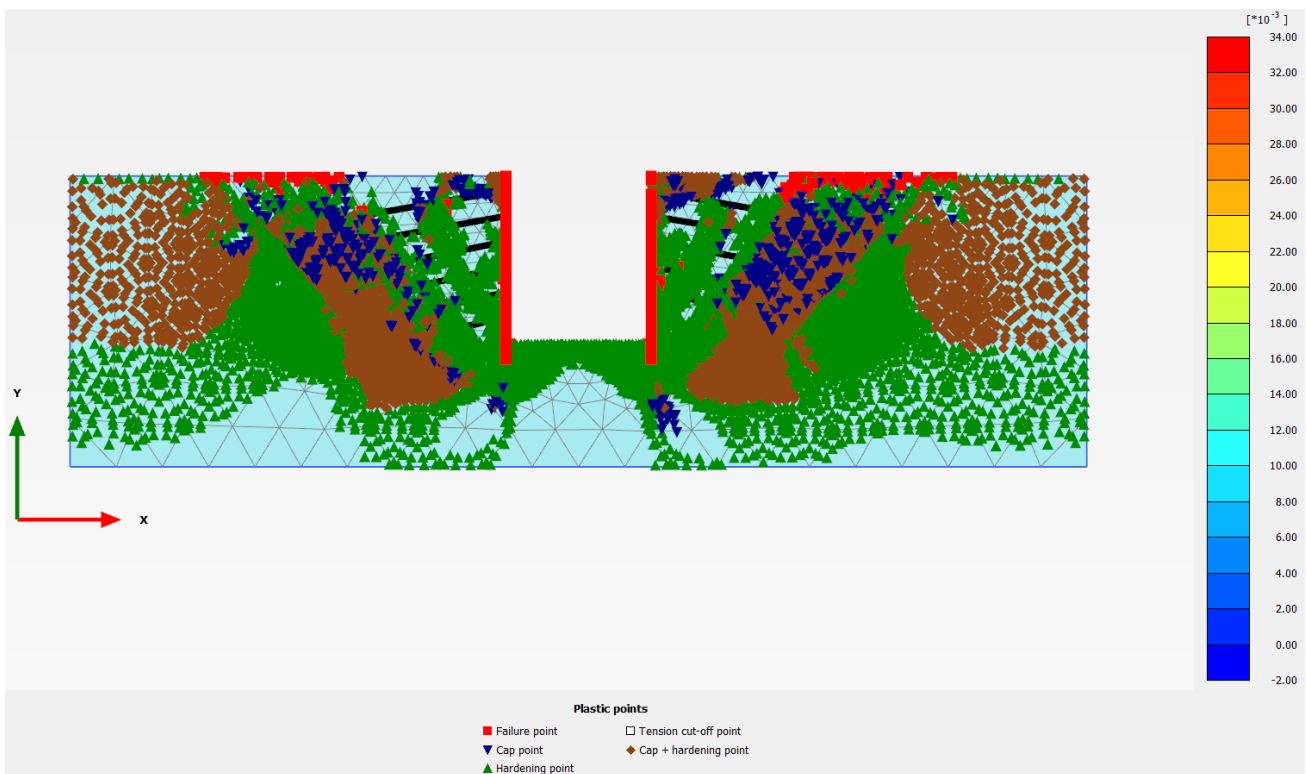
Εικόνα 4.6.8: Παραμορφωμένος κάρναβος πεπερασμένων στοιχείων



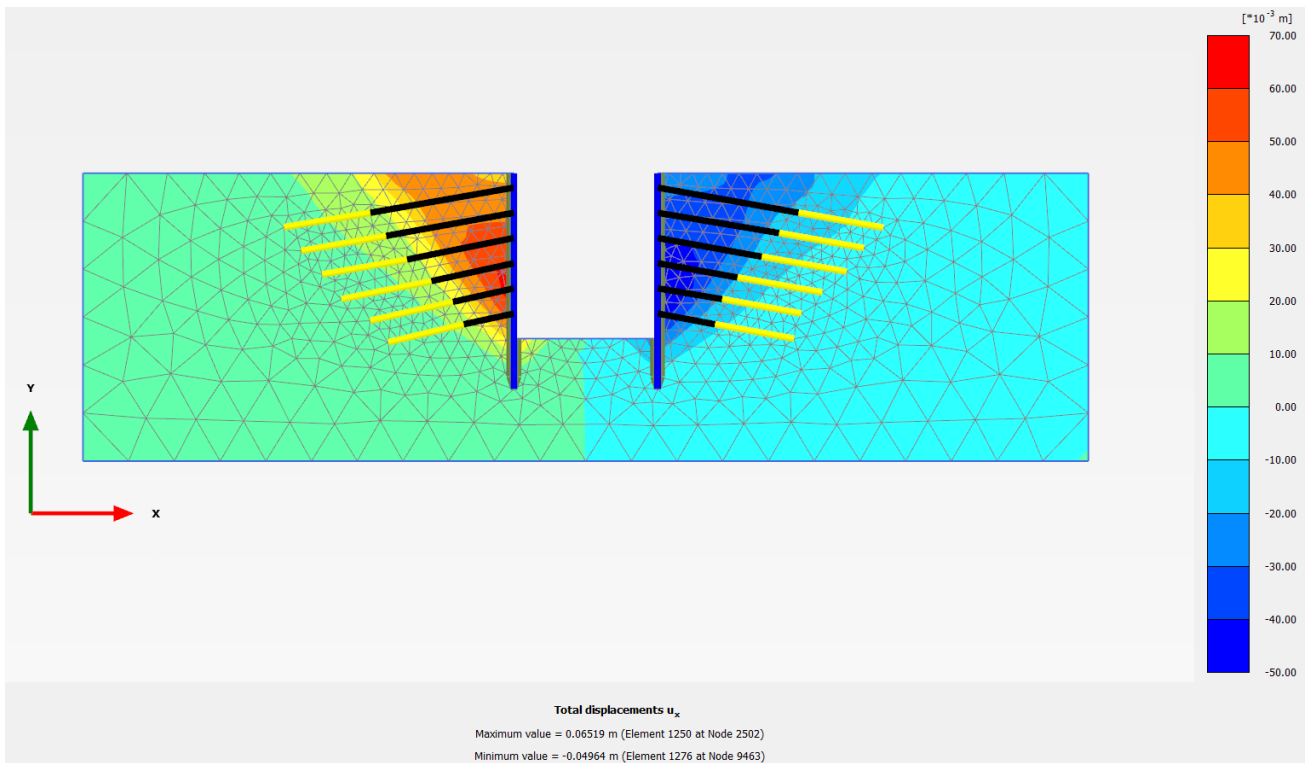
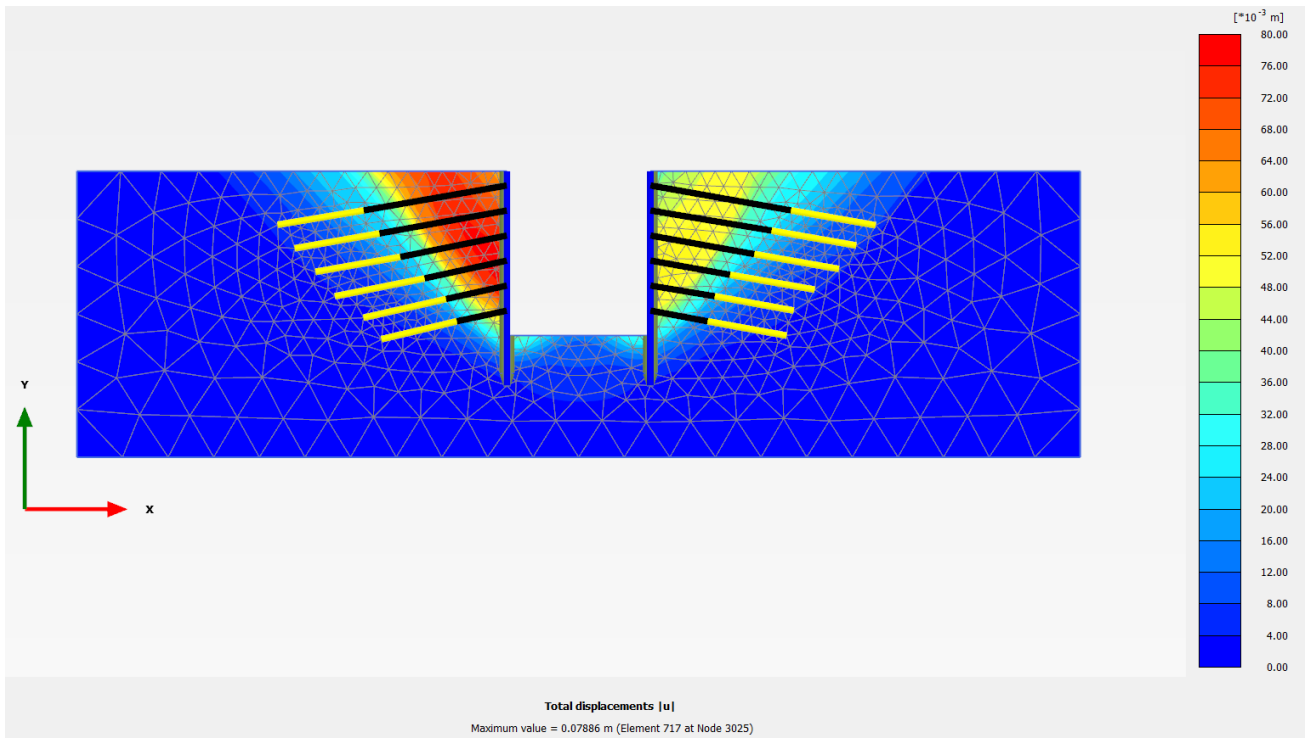
Εικόνα 4.6.9: Διανύσματα της συνισταμένης μετακίνησης

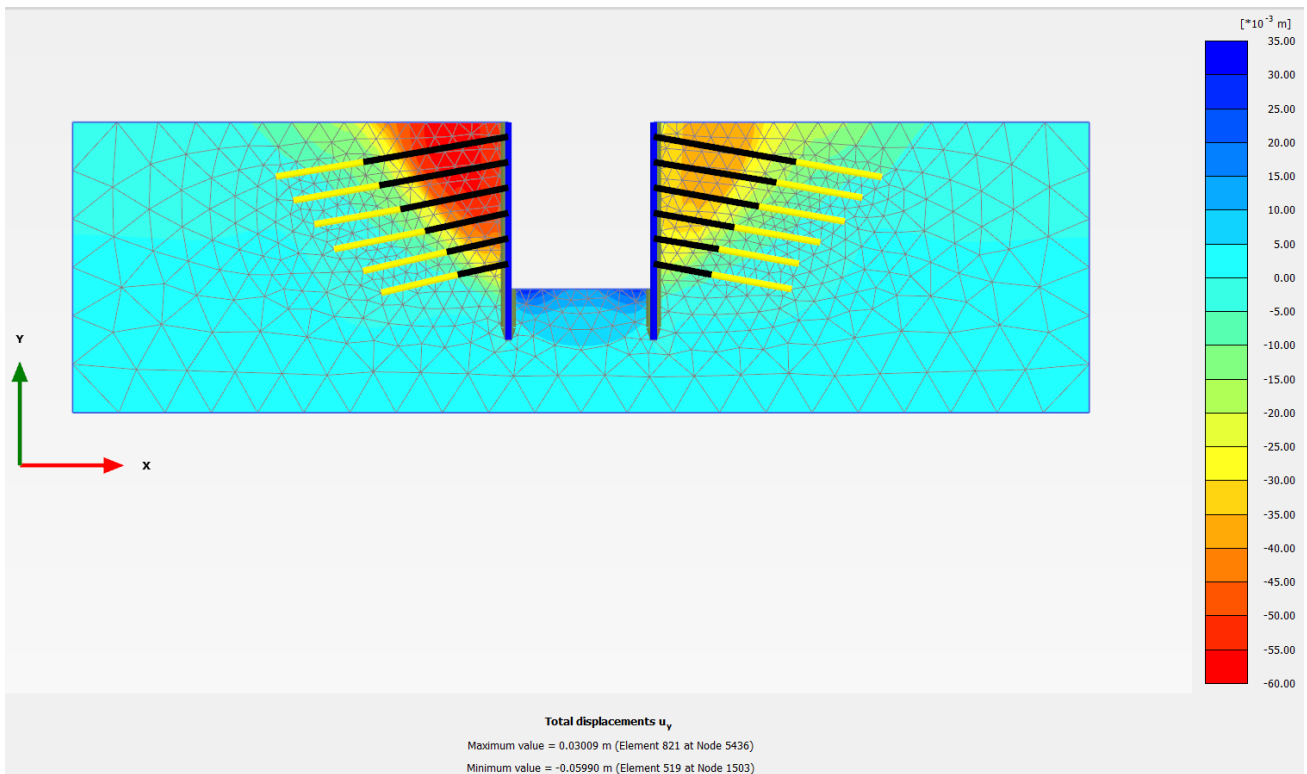


Εικόνα 4.6.7 Επαυξητική διατμητική παραμόρφωση

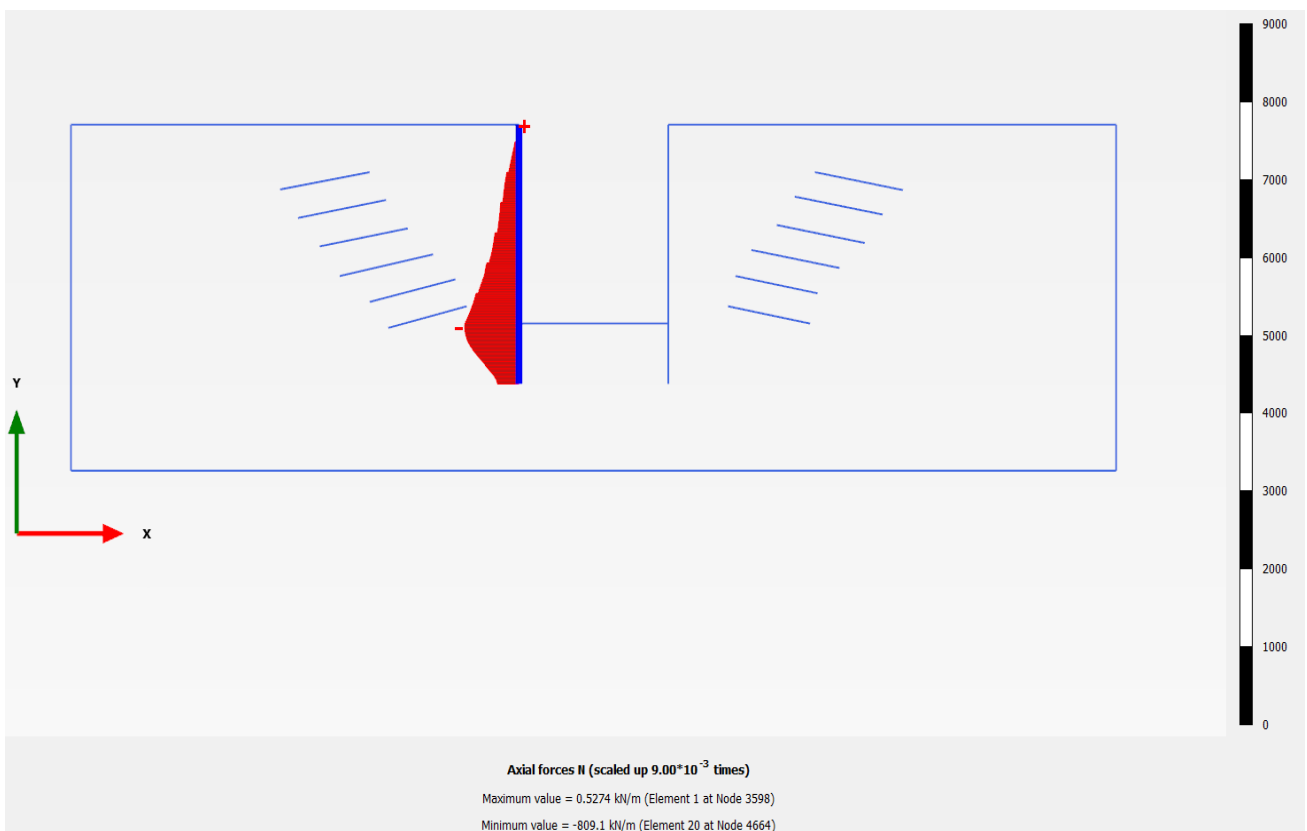


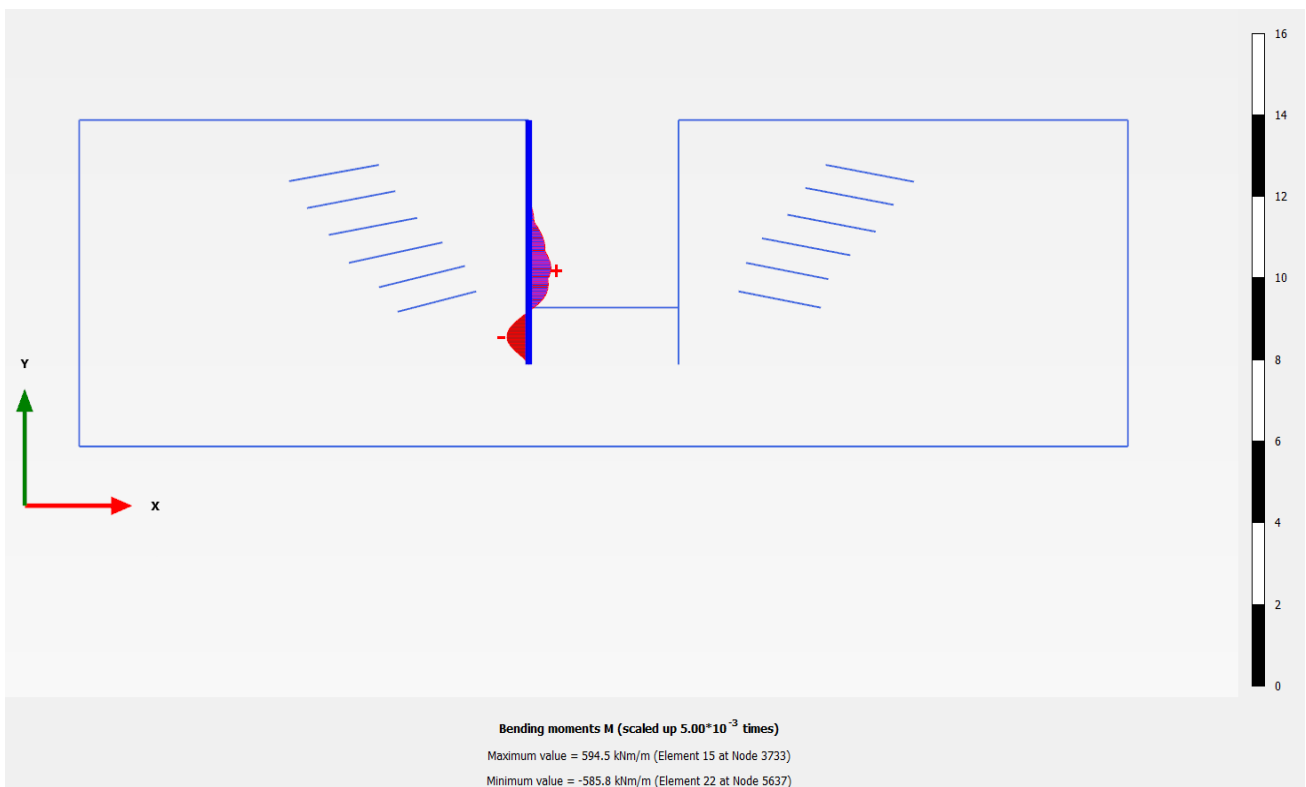
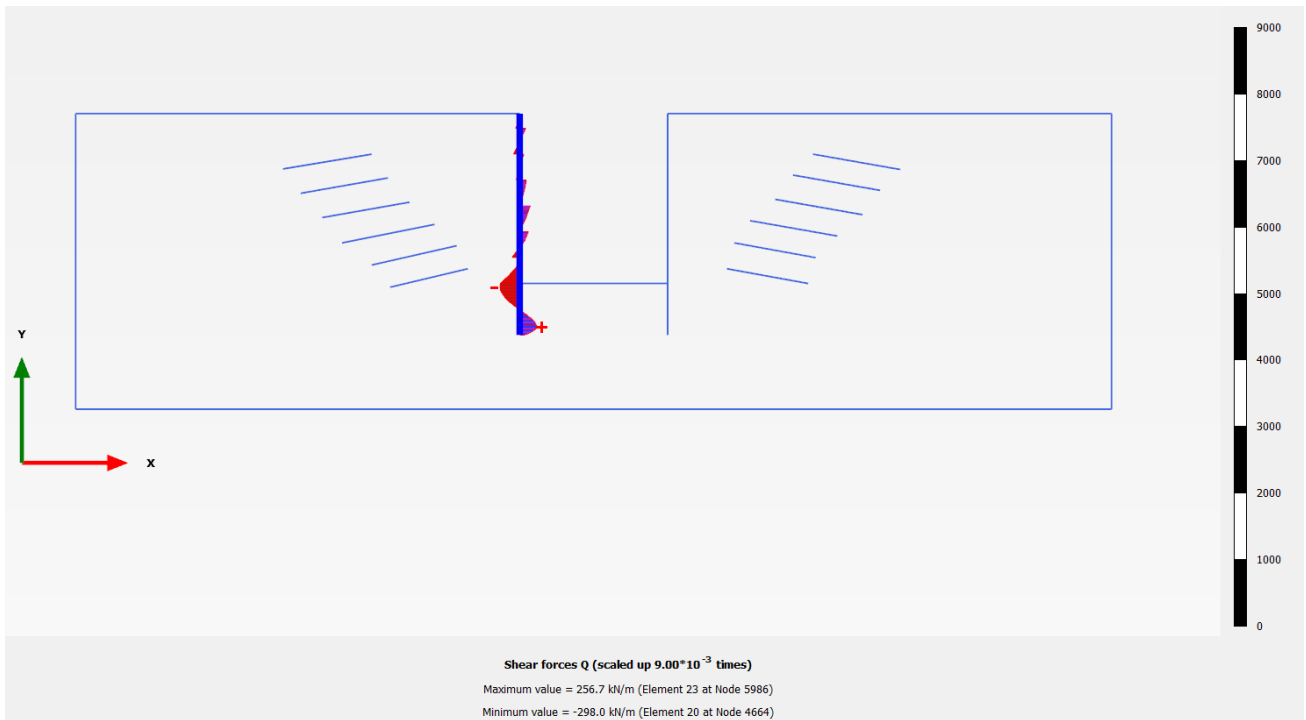
Εικόνα 4.6.8 Πλαστικά σημεία



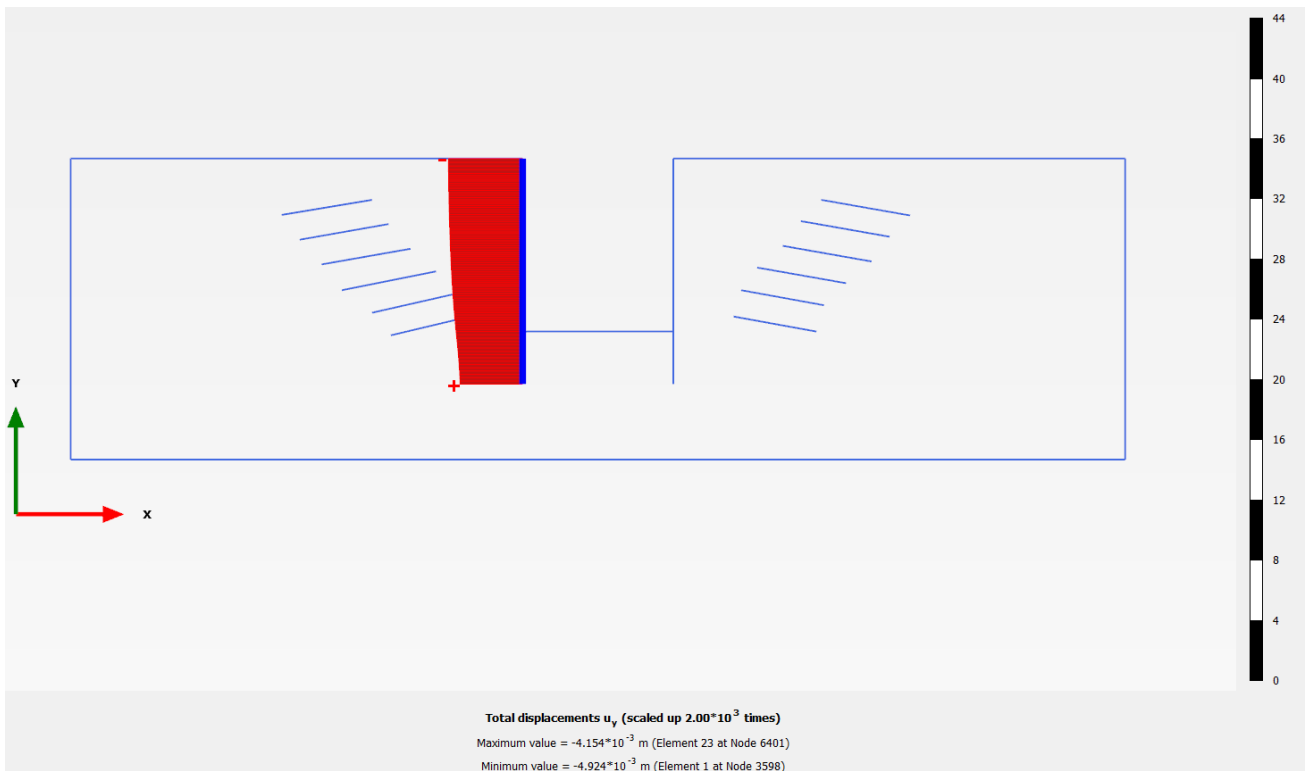
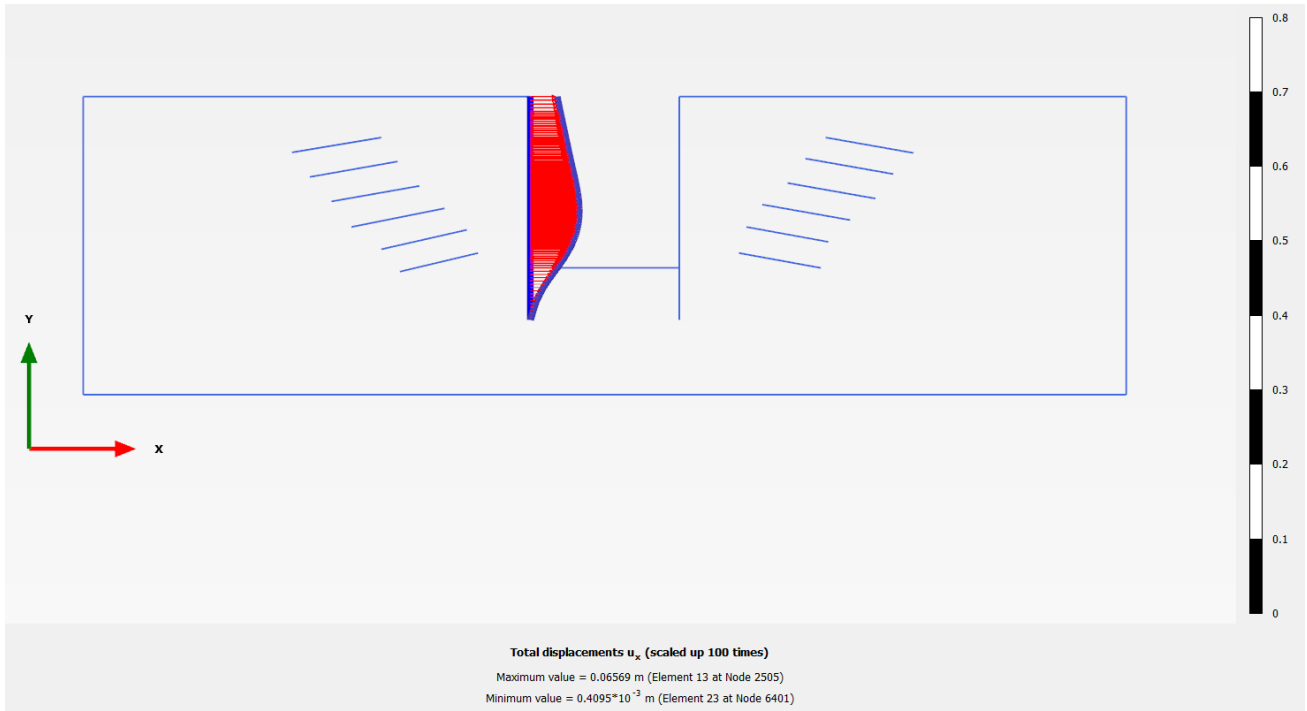


Εικόνα 4.6.9 Χρωματική απεικόνιση μετατοπίσεων καννάβου





Εικόνα:6.10 Κατανομές εντατικών μεγεθών στον πασσαλότοιχο



Εικόνα 4.6.11: Κατανομές οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων στον πασσαλότοιχο

5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων που προέκυψαν απ' τις αναλύσεις όλων των περιπτώσεων που εξετάστηκαν. Πιο συγκεκριμένα γίνεται σύγκριση μεταξύ ενιαίας (gradual excavation) και τμηματικής εκσκαφή (sequential excavation) με ιστροπική πλάκα (isotropic plate) στο PLAXIS 3D, σύγκριση μεταξύ λεπτομερούς ανάλυσης (detailed analysis), ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ανιστροπική πλάκα (anisotropic plate) στο PLAXIS 3D και σύγκριση μεταξύ ενιαίας εκσκαφής με ιστροπική πλάκα και ενιαίας εκσκαφής με ανιστροπική πλάκα στο PLAXIS 3D με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέκυψαν από τη διδιάστατη ανάλυση. Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

5.1 Σύγκριση ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα στο Plaxis3D

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετατοπίσεων σε συγκεκριμένα σημεία του πασσαλότοιχου των περιπτώσεων της ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα. Για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων έγιναν οι εξής τομές στον πασσαλότοιχο:

Τομή A-Στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του

Τομή B-13 μέτρα μετά το κέντρο της μεγάλης πλευράς

Τομή C- 27 μέτρα μετά το κέντρο της μεγάλης πλευράς και

Τομή D-Στο κέντρο της μικρής του πλευράς.

Σε κάθε περίπτωση και για κάθε τομή έγινε σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετατοπίσεων για χαρακτηριστικές φάσεις εκσκαφής και τανύσεως αγκυρίων. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν: η 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της τρίτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 13.5m (αντίστοιχη 13^η φάση για την περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής) και η 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της έκτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 23m (αντίστοιχη 25^η φάση για την περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής). Οι συγκρίσεις έγιναν για τιμές τανύσεως 400KN και 290KN.

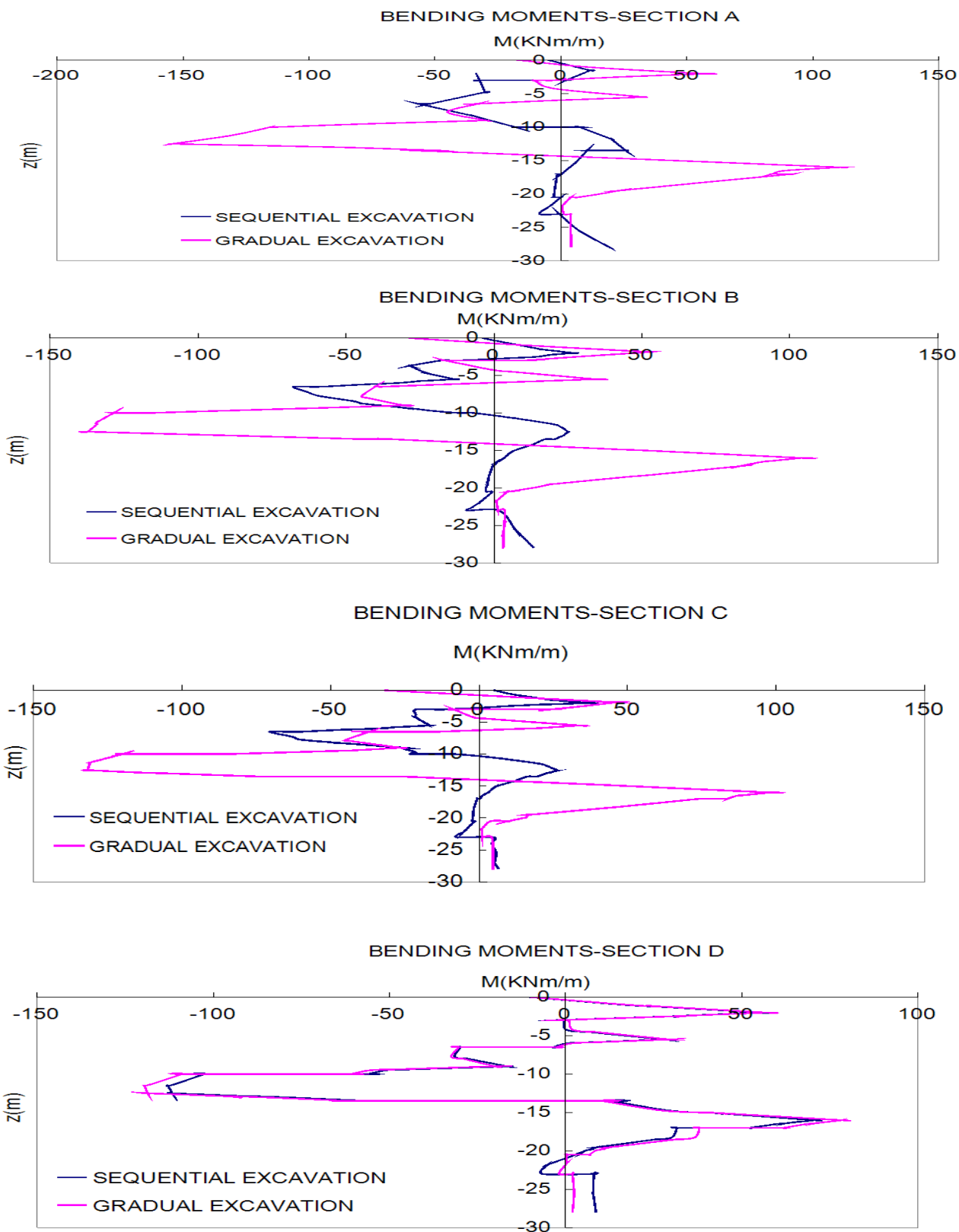
Από τα σχήματα που ακολουθούν στη παρούσα παράγραφο προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Γενικότερα, στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής προκύπτουν μικρότερες τιμές εντατικών μεγεθών και μετατοπίσεων σε σχέση με την ενιαία εκσκαφή. Αυτό οφείλεται στο ότι στην τμηματική εκσκαφή, η προσωρινή αντιστήριξη γίνεται σε περισσότερα στάδια, μετά την εκσκαφή μικρών τμημάτων εδάφους, γεγονός που δεν επιτρέπει την άμεση και μεγάλη ανάπτυξη μετατοπίσεων, ενώ στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής αφαιρείται μεγάλο τμήμα του εδάφους σε κάθε στάδιο κι έπειτα ακολουθεί η αντιστήριξη με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αποτροπή των παραμορφώσεων. Επιπλέον, οι μετακινήσεις που αναπτύσσονται είναι ανάλογες της επιφάνειας εκσκαφής, οπότε στην τμηματική εκσκαφή όπου αφαιρούνται μικρότερα τμήματα εδάφους συγκριτικά με την ενιαία εκσκαφή, αναπτύσσονται μικρότερες μετακινήσεις. Τέλος, στην τμηματική εκσκαφή, γίνεται ανακατανομή των τάσεων καθώς σκάβονται μικρά τμήματα εδάφους κάθε φορά οπότε αναπτύσσονται μικρότερες τάσεις σε σχέση με την ενιαία εκσκαφή άρα και μικρότερες μετακινήσεις.
- Και στις δύο περιπτώσεις κατά την αρχική εκσκαφή και την τάνυση των πρώτων σειρών αγκυρίων οι παραμορφώσεις είναι μηδαμινές δεδομένου των ελάχιστων μεταβολών των τάσεων και της παρουσίας των πασσαλών αντιστήριξης όπου έχουν μεγάλος βάθος έμπηξης. Αντιθέτως, καθώς εξελίσσεται η διαδικασία της εκσκαφής και αναπτύσσεται η επιβολή δυνάμεων τανύσεως αναπτύσσονται τόσο οριζόντιες όσο και κατακόρυφες μετακινήσεις.
- Τα διαγράμματα ροπών από τα αρχικά κιόλας στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις μέγιστες τιμές τους στις δύο περιπτώσεις προσομοίωσης. Από τις αναλύσεις με ενιαία εκσκαφή, προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές ροπών σε σχέση με αυτές της τμηματικής εκσκαφής ιδιαίτερα στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C στην μεγάλη πλευρά του πασσαλότοιχου με μέγιστες αποκλίσεις στην τομή A. Στην τομή D του πασσαλότοιχου, στα αρχικά στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας τα διαγράμματα ροπών σχεδόν ταυτίζονται για τις δύο περιπτώσεις, ενώ στο τελικό στάδιο διακρίνονται μεγαλύτερες τιμές ροπών στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής. Επιπλέον στην τομή αυτή, δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά ως προς τη μέγιστη τιμή της ροπής, αλλά ως προς το βάθος του πασσαλότοιχου όπου αυτή απαντάται όπου στη μεν ενιαία εκσκαφή βρίσκεται στο κέντρο του πασσαλότοιχου ενώ στην τμηματική εκσκαφή σε βάθος περίπου 20m, που αντιστοιχεί στην προτελευταία σειρά των αγκυρίων.
- Στις χαρακτηριστικές τομές A και B, η μέγιστη τιμή ροπής που αναπτύσσεται στο τελικό στάδιο της ενιαίας εκσκαφής είναι σχεδόν διπλάσια απ' την αντίστοιχη ροπή της τμηματικής εκσκαφής. Στις γωνίες του πασσαλότοιχου (τομή C) η διαφορά της μέγιστης ροπής στις δύο περιπτώσεις είναι μικρότερη. Και στις δύο περιπτώσεις και σε όλες τις τομές του πασσαλότοιχου παρατηρείται τεράστια αύξηση της ροπής στο τελικό στάδιο εκσκαφής.
- Η γενική μορφή των καμπυλών των ροπών είναι ίδια για τις δύο περιπτώσεις σε κάθε φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας, με τις μέγιστες τιμές τους να απαντούν στα αντίστοιχα βάθη τανύσεως των αγκυρίων. Όσο αυξάνονται οι τιμές τανύσεως των αγκυρίων, τόσο αυξάνονται και οι αποκλίσεις των ροπών για τις περιπτώσεις εκσκαφής που εξετάζονται.
- Η μορφή των διαγραμμάτων των τεμνουσών δυνάμεων είναι παρόμοια στις δύο περιπτώσεις και αυξάνονται με το βάθος εκσκαφής σε όλες τις τομές του πασσαλότοιχου.

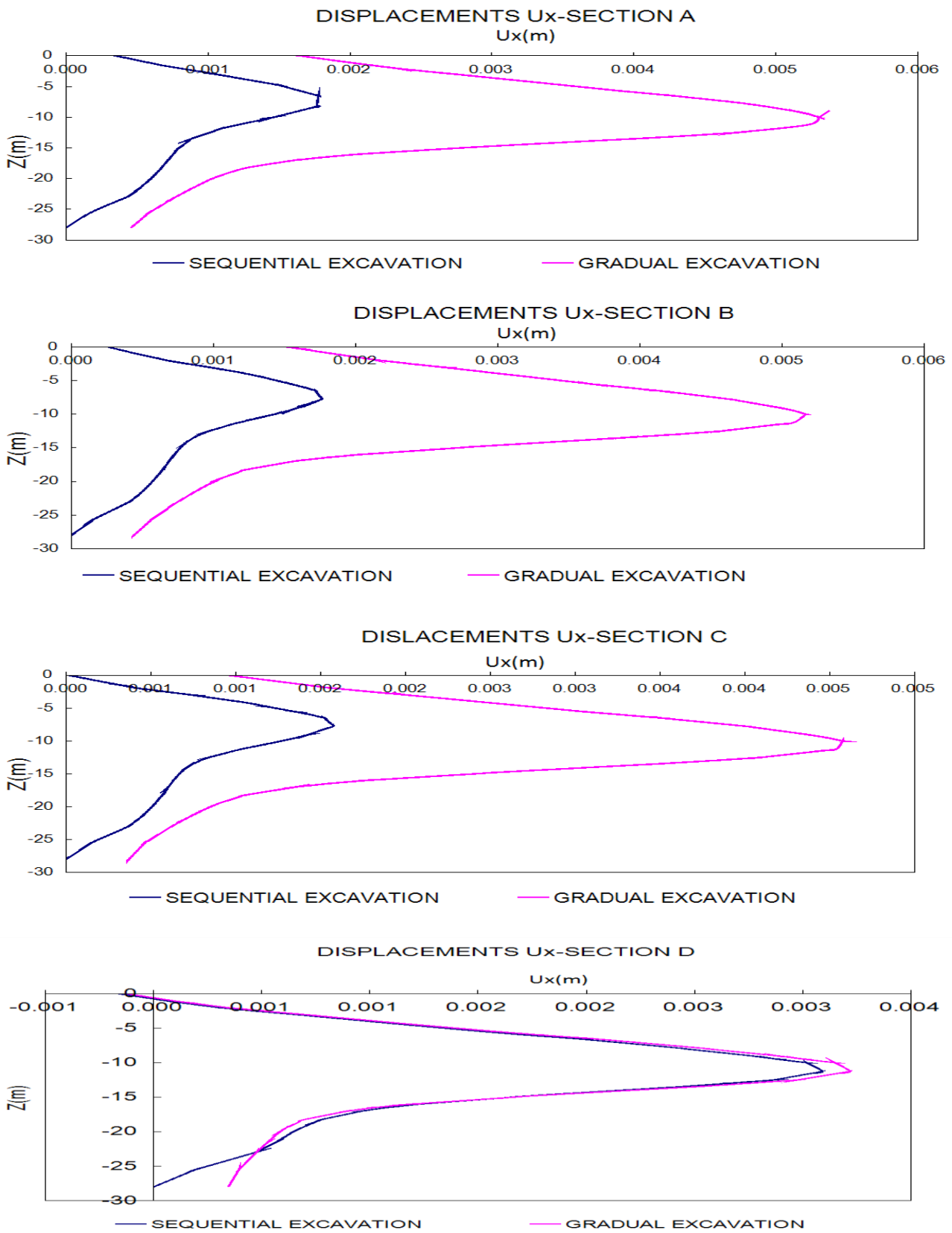
Στις γωνίες του πασσαλότοιχου (τομή C) παρατηρείται ότι οι αναλύσεις της ενιαίας εκσκαφής δίνουν πολύ μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την τμηματική (ως και 500KN διαφορά) και η μορφή της καμπύλης διαφοροποιείται αισθητά συγκριτικά με τις άλλες τομές που εξετάστηκαν.

- Στην τομή A η μέγιστη τιμή της τέμνουσας δύναμης είναι περίπου ίδια και στις δύο εκσκαφές ενώ όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της μεγάλης πλευράς αυξάνεται η τιμή της στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής ενώ μειώνεται στην περίπτωση της τμηματικής. Στην χαρακτηριστική τομή D η μέγιστη τιμή της τέμνουσας είναι περίπου ίδια και στις δύο περιπτώσεις.
- Όσο αναφορά τις αξονικές δυνάμεις, στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές. Στην χαρακτηριστική τομή D, η καμπύλη για τις δύο περιπτώσεις εκσκαφής έχει ίδια μορφή και μηδαμινές αποκλίσεις ως προς τις τιμές τους. Στις υπόλοιπες τομές είναι έντονη η διαφορά των τιμών τους. Οι καμπύλες έχουν αντίθετη φορά. Στην ενιαία εκσκαφή οι μέγιστες τιμές των αξονικών δυνάμεων απαντούν στην στέψη του πασσαλότοιχου, ενώ στο ίδιο σημείο για την τμηματική εκσκαφή οι τιμές είναι μηδενικές. Στην τελευταία εκσκαφή μέγιστη τιμή αξονικών δυνάμεων παρουσιάζεται στο επίπεδο της τελευταίας σειράς αγκυρώσεων.
- Οι αξονικές δυνάμεις στα αρχικά στάδια εκσκαφής παρουσιάζουν όμοια μορφή καμπυλών στις δύο περιπτώσεις, σε όλες τις τομές. Στο τελικό στάδιο εκσκαφής οι δυνάμεις αυτές αυξάνονται ραγδαία. Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου μειώνονται οι αξονικές δυνάμεις και στις δύο περιπτώσεις με μεγαλύτερες διαφορές να παρουσιάζονται στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής.
- Τόσο οι οριζόντιες όσο και οι κατακόρυφες μετατοπίσεις είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής από τα αρχικά κιόλας στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας. Στην χαρακτηριστική τομή D, οι καμπύλες οριζόντιων μετατοπίσεων ταυτίζονται στα αρχικά στάδια εκσκαφής για τις δύο περιπτώσεις, ενώ στο τελικό στάδιο η ενιαία εκσκαφή παρουσιάζει εμφανώς μεγαλύτερες τιμές.
- Ως προς τη γενική μορφή των διαγραμμάτων των οριζόντιων μετατοπίσεων οι αναλύσεις έδωσαν κοίλη καμπύλη, με την έννοια ότι η μέγιστη μετατόπιση του πασσαλότοιχου λαμβάνει χώρα στο κέντρο του. Οι καμπύλες των κατακόρυφων μετατοπίσεων στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής είναι κατακόρυφες, καθώς η κατανομή τους είναι ομοιόμορφη σε όλο το βάθος της εκσκαφής ενώ στην τμηματική εκσκαφή μειώνονται με το βάθος.
- Σε όλες τις τομές, οι οριζόντιες και οι κατακόρυφες μετατοπίσεις αυξάνονται ραγδαία στο τελευταίο στάδιο της κατασκευαστικής διαδικασίας. Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου, μειώνονται οι τιμές των μετακινήσεων και στις δύο περιπτώσεις.

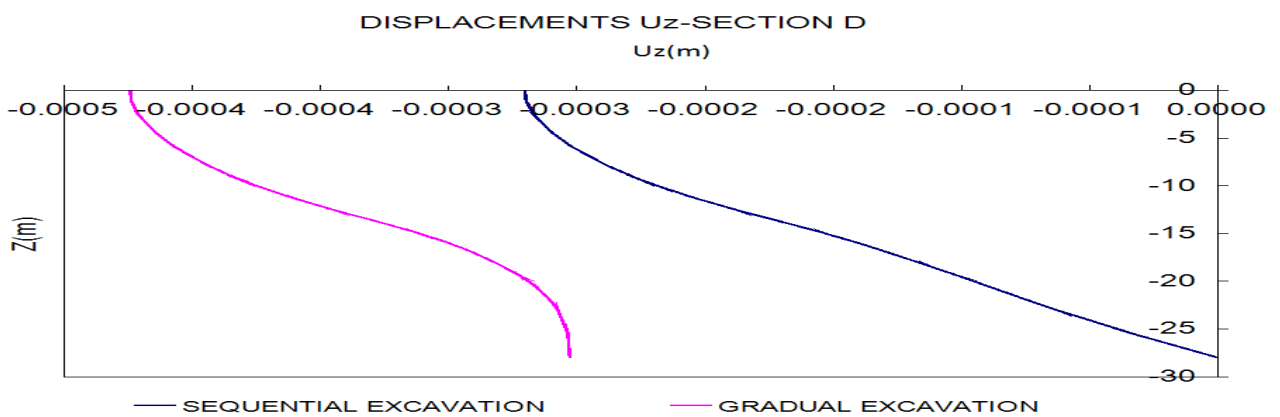
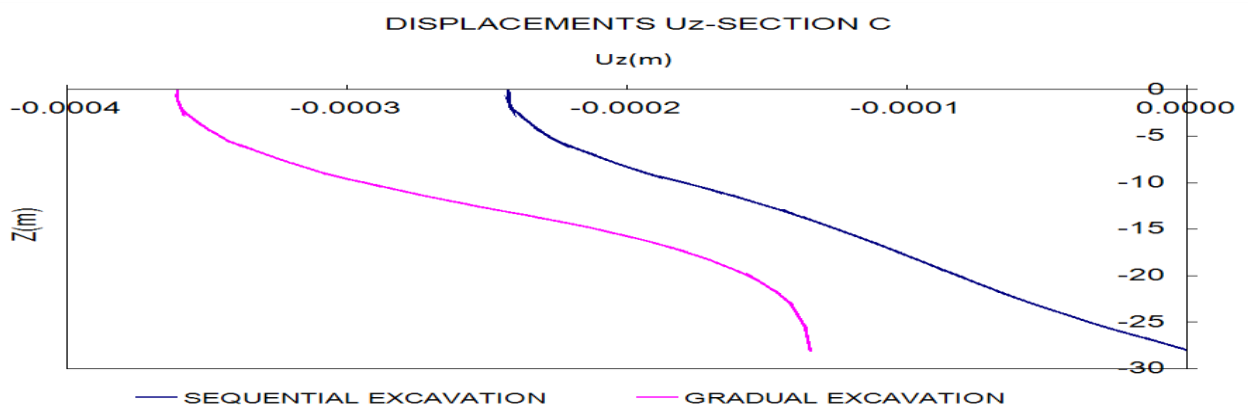
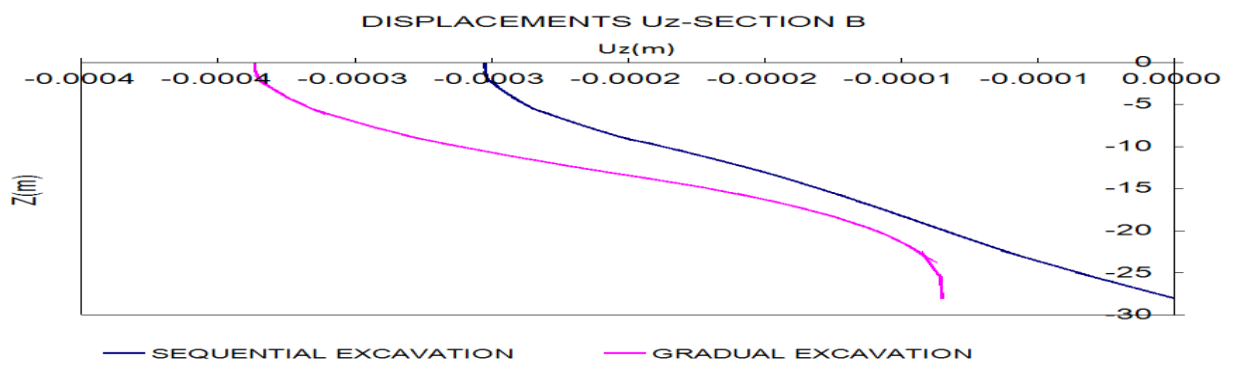
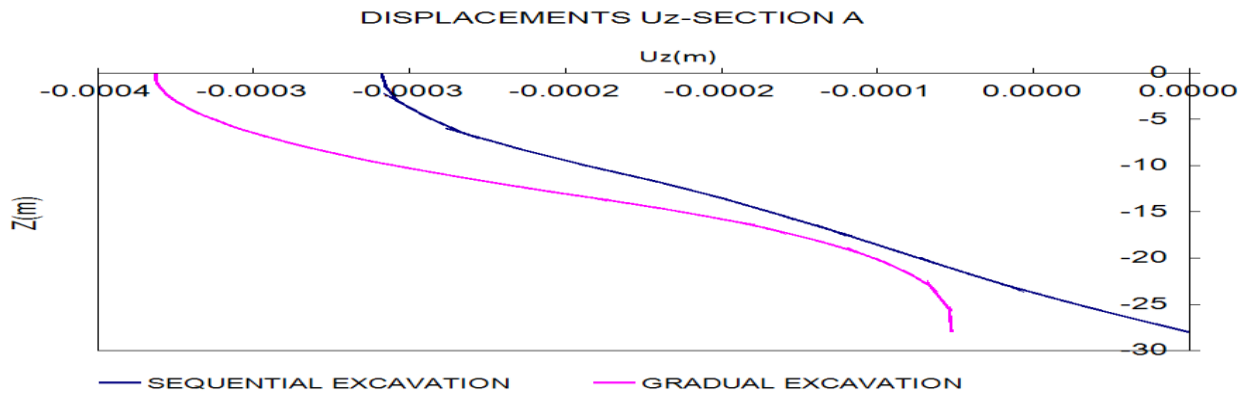
5.1.1 Τάνυση αγκυρίων=290KN



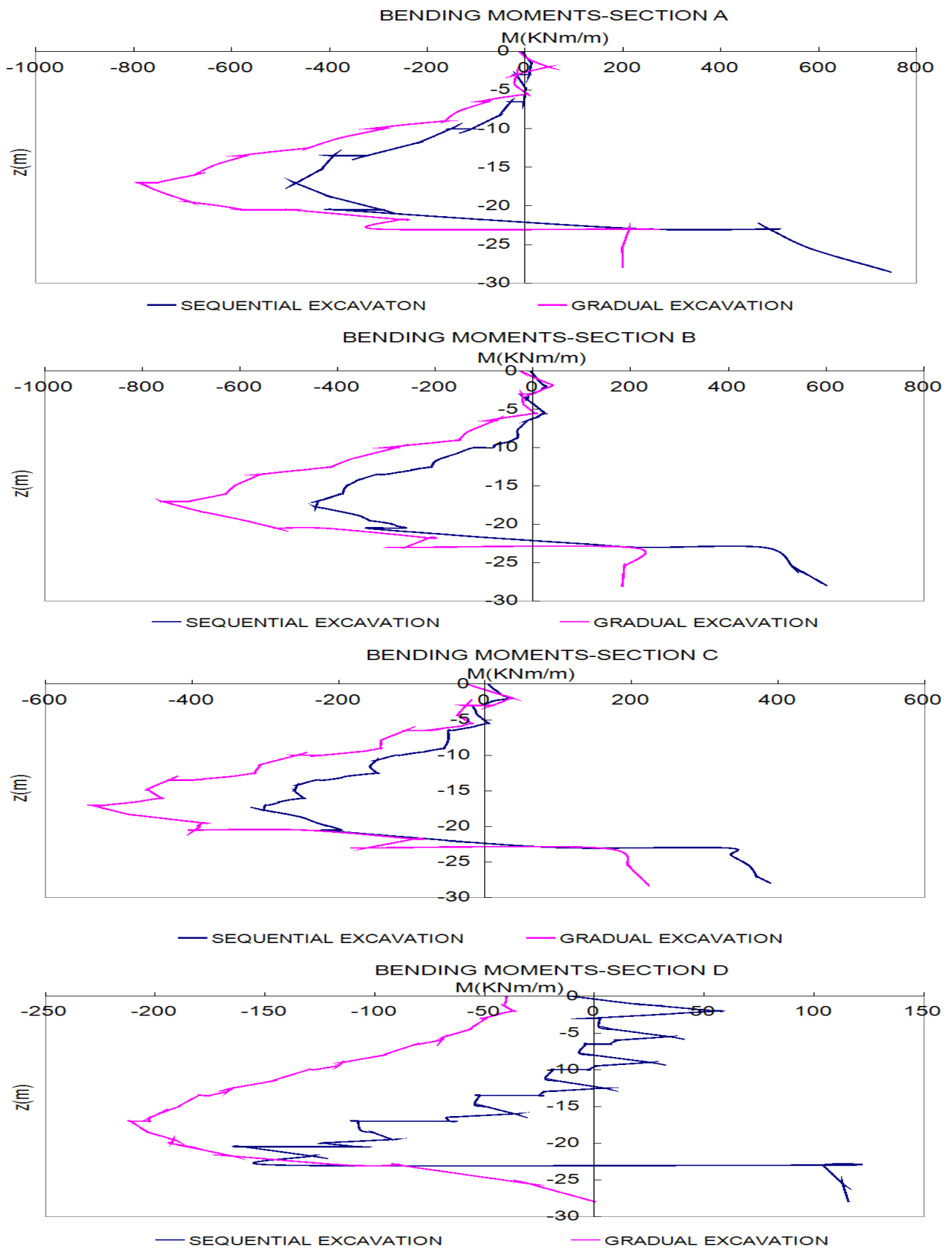
Σχήμα 5.1.1: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για τη 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



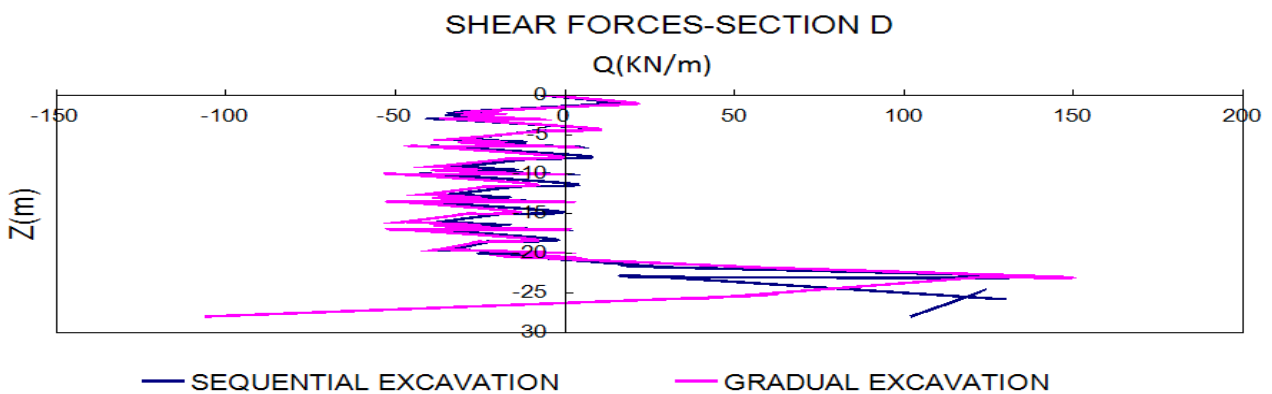
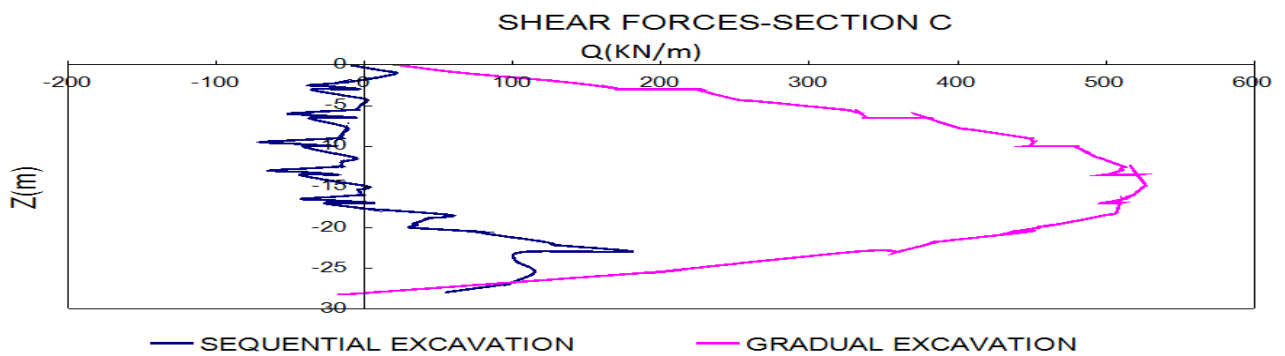
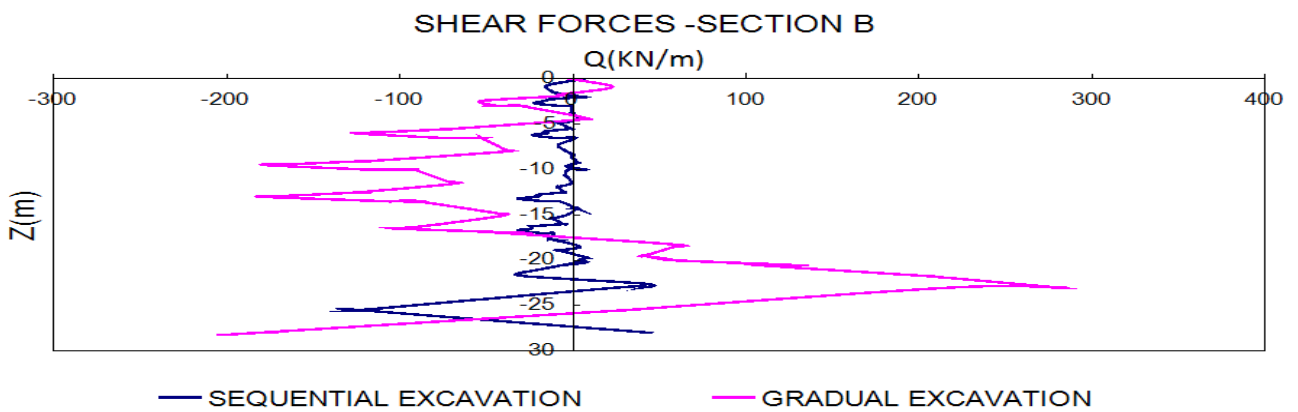
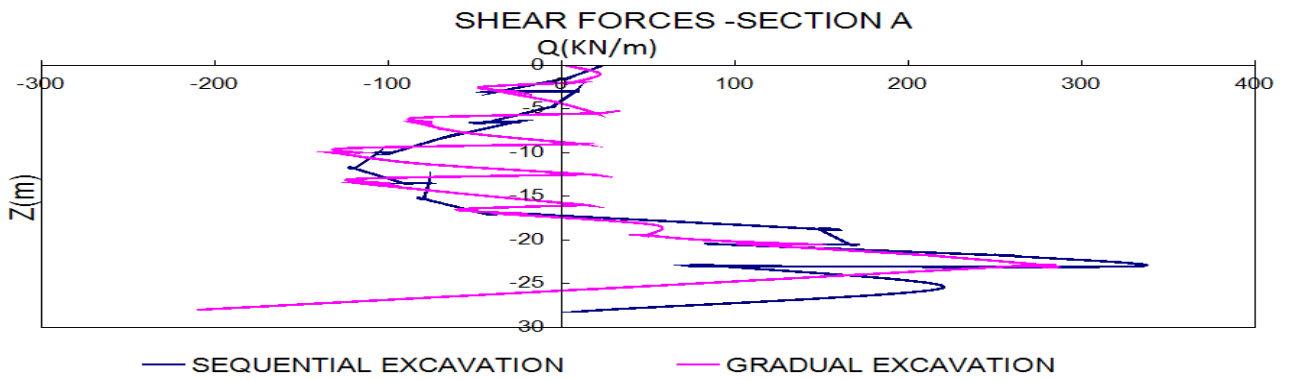
Σχήμα 5.1.2: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για τη 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



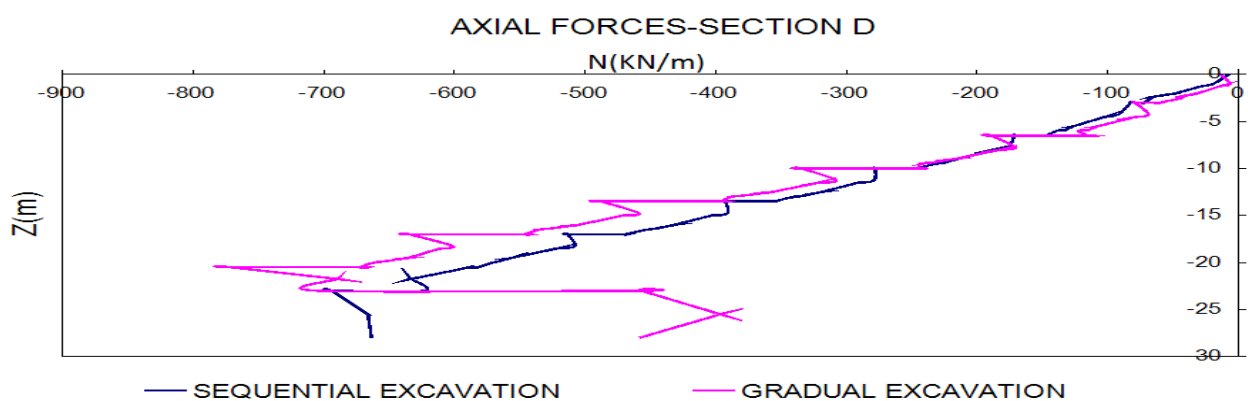
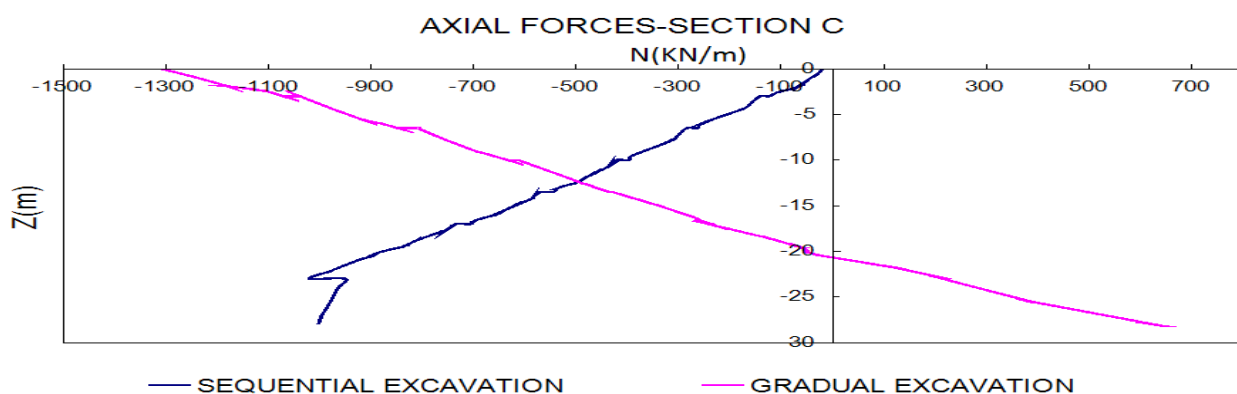
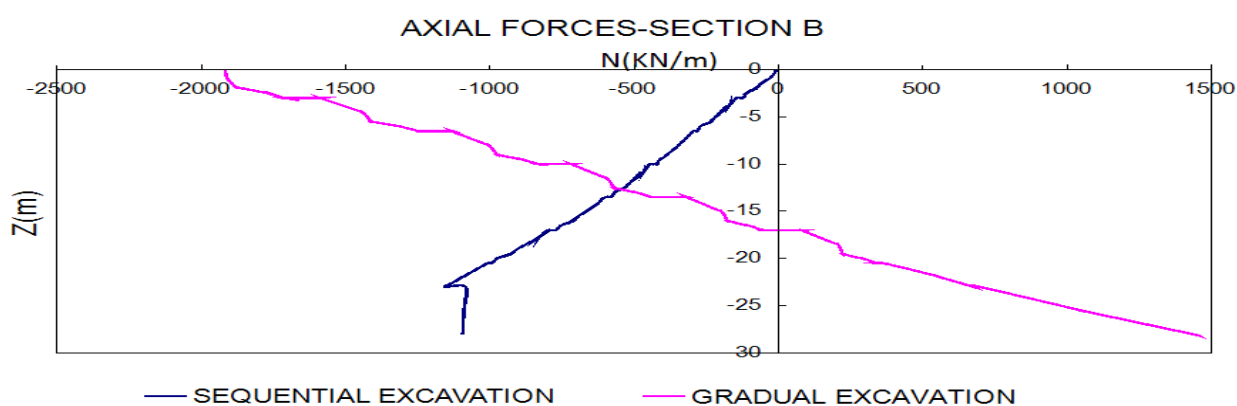
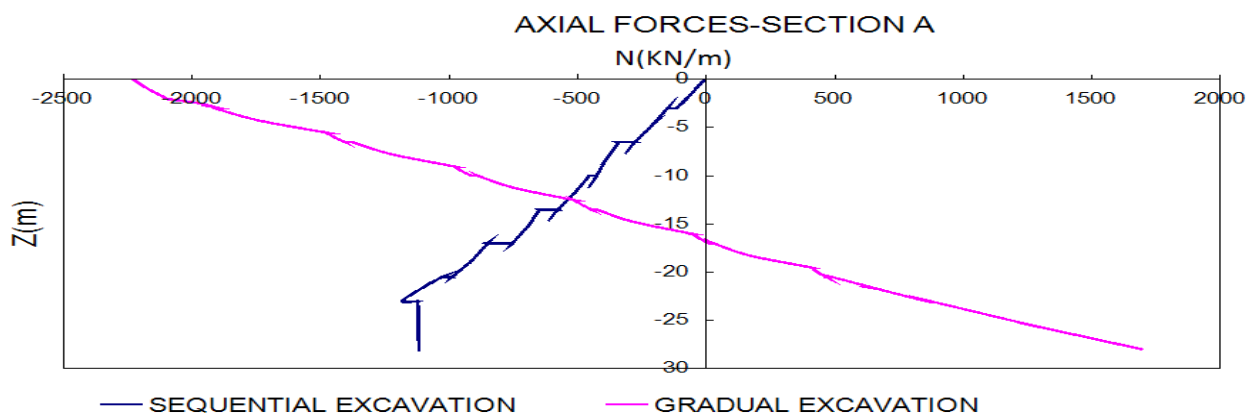
Σχήμα 5.1.3: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τη 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχο



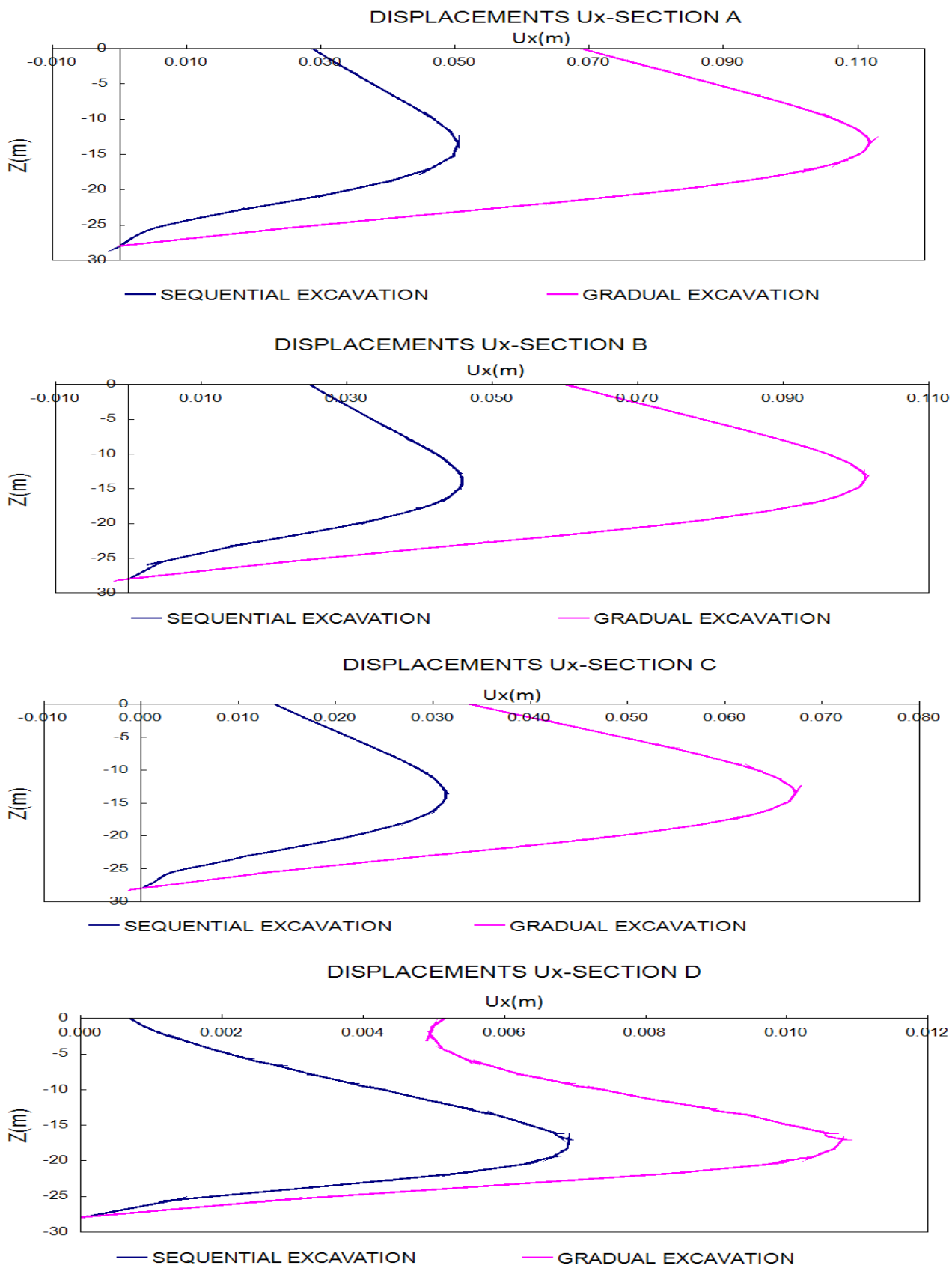
Σχήμα 5.1.4: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



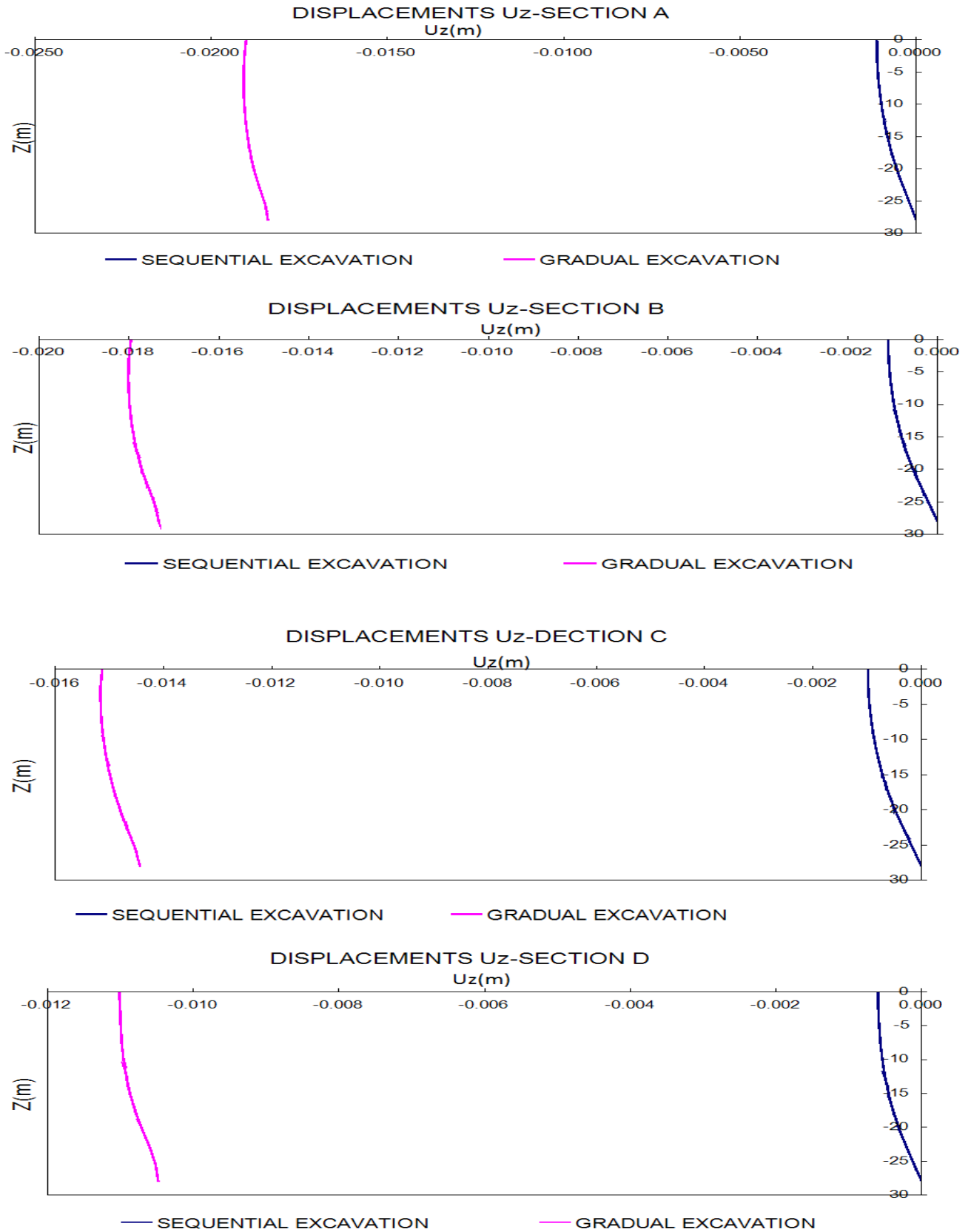
Σχήμα 5.1.5: Σύγκριση τεμνουσών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



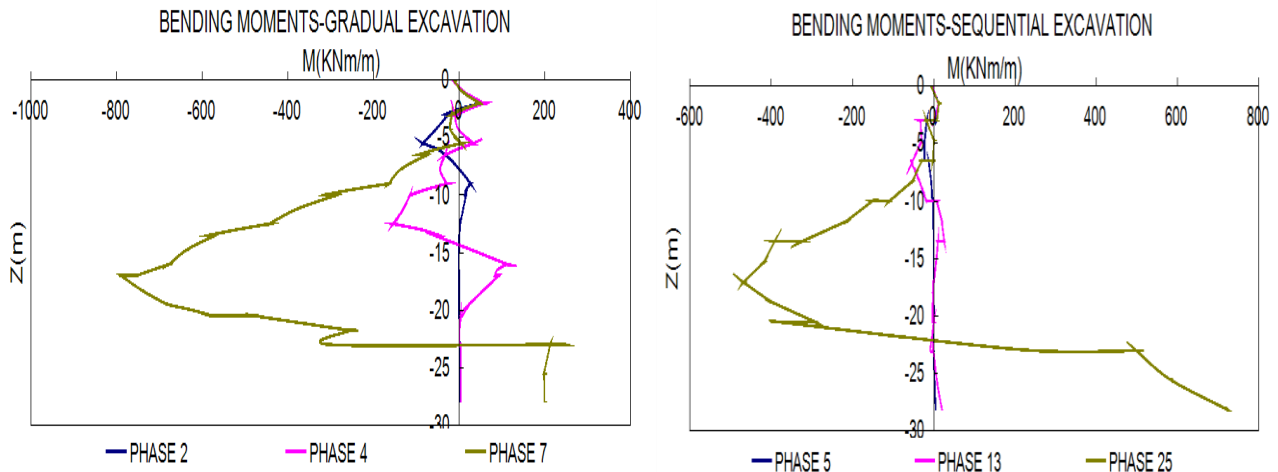
Σχήμα 5.1.6: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



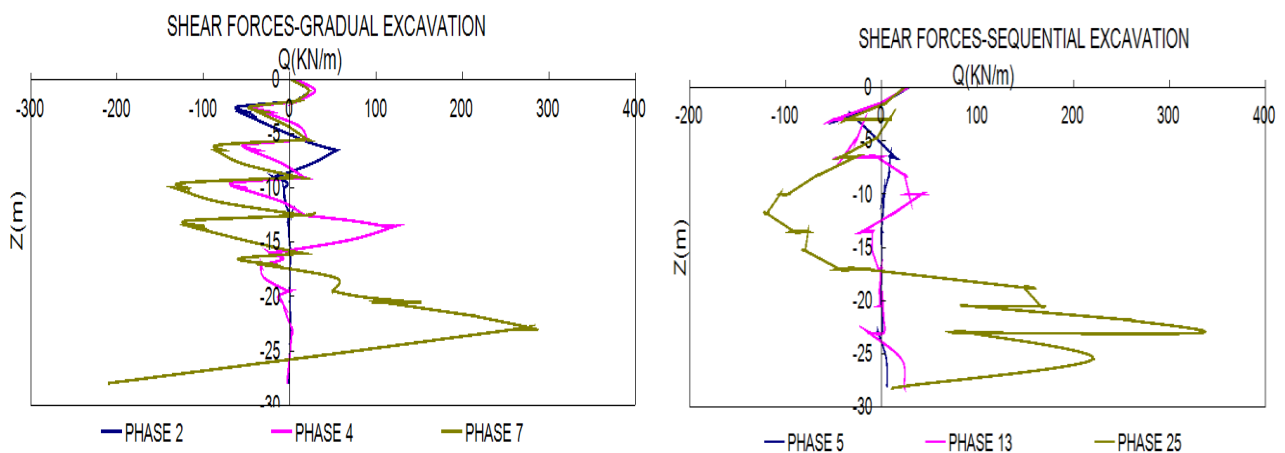
Σχήμα 5.1.7: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



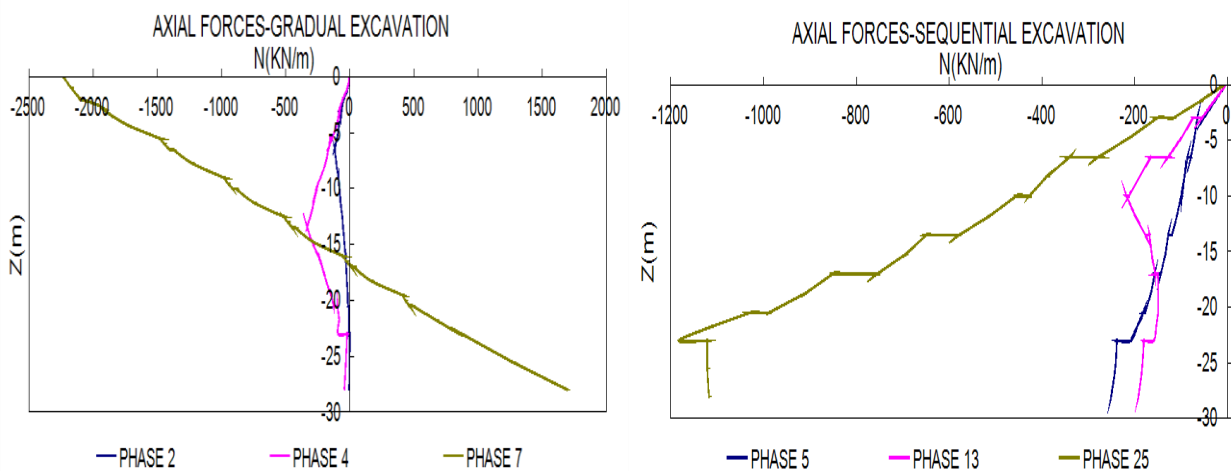
Σχήμα 5.1.8: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



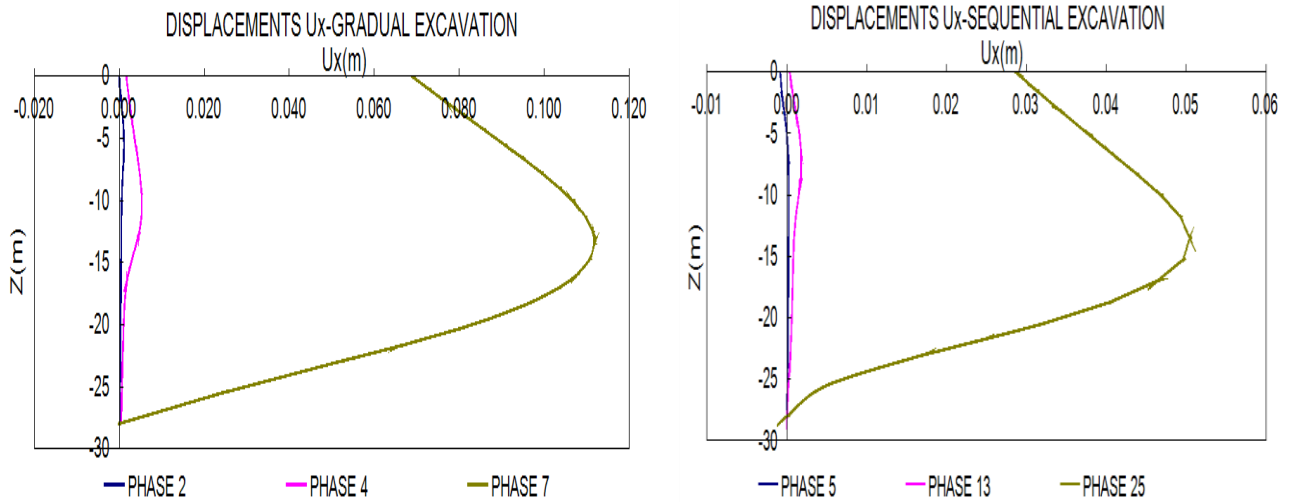
Σχήμα 5.1.9: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



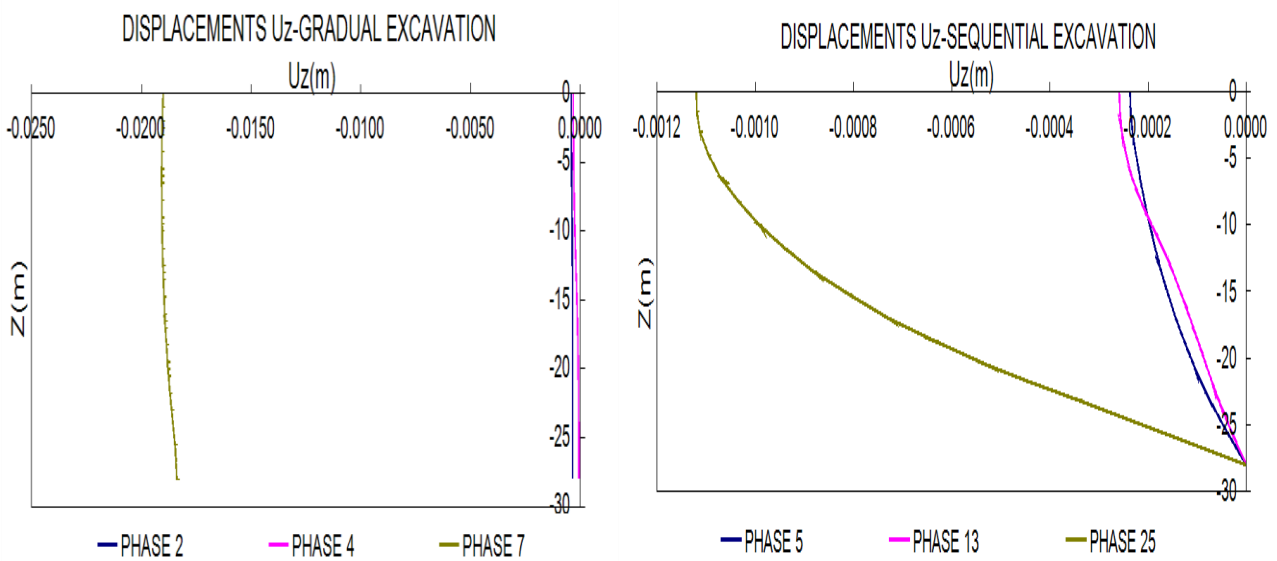
Σχήμα 5.1.10: Σύγκριση τεμνουσών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου.



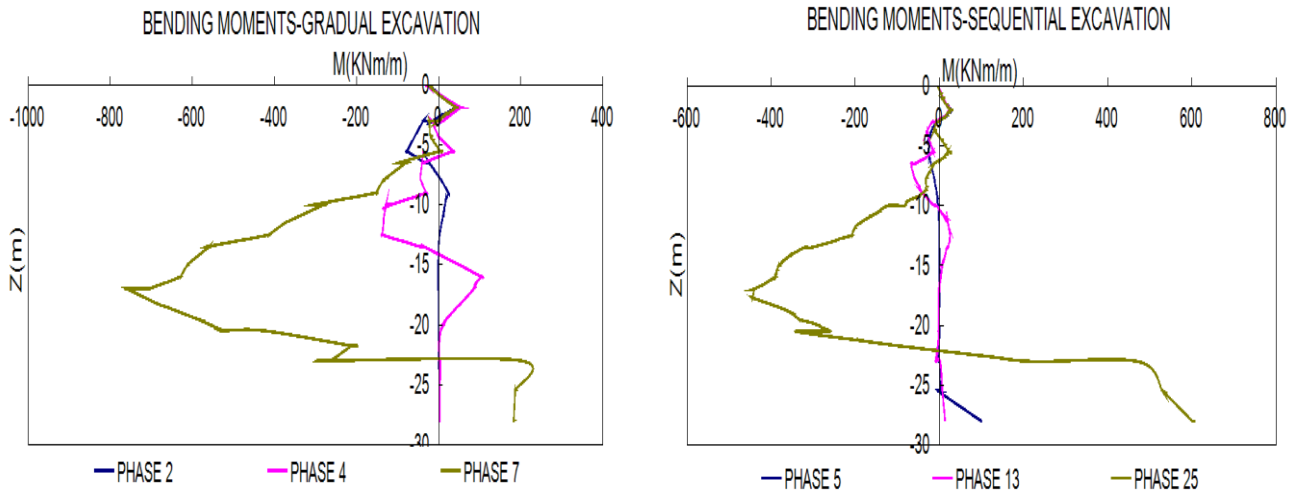
Σχήμα 5.1.11: Σύγκριση τεμνουσών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου.



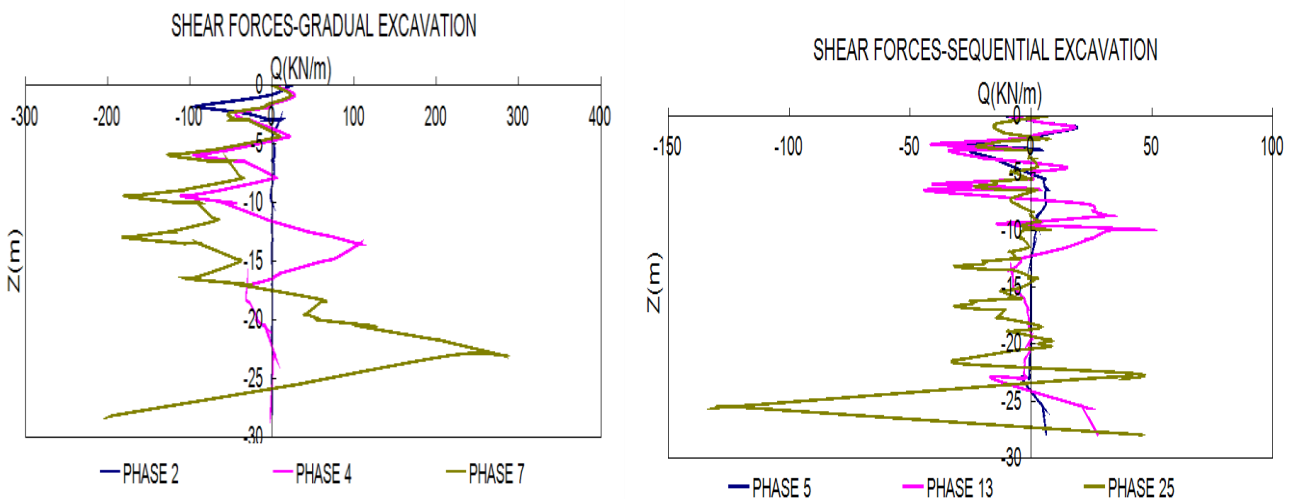
Σχήμα 5.1.12: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου.



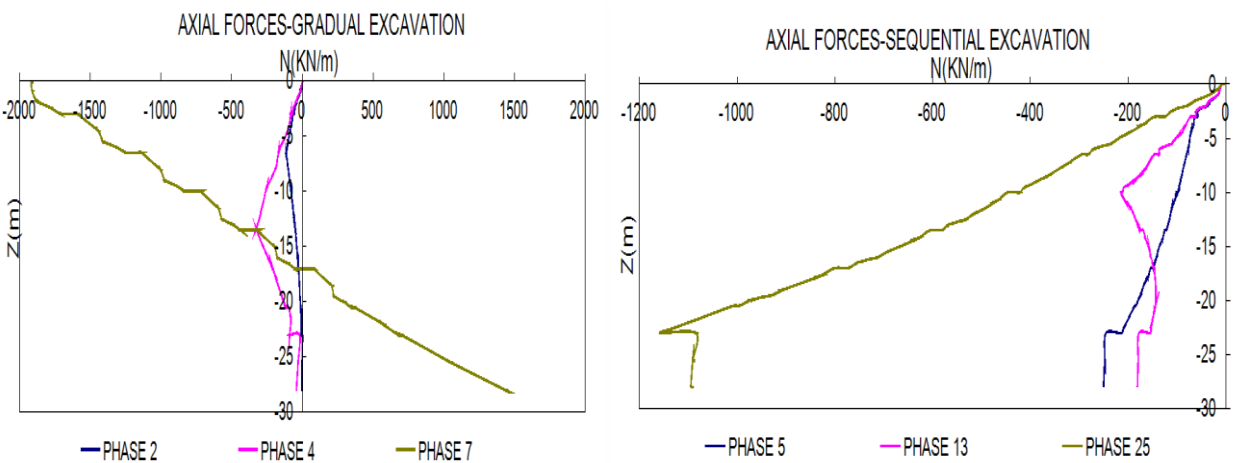
Σχήμα 5.1.13: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου.



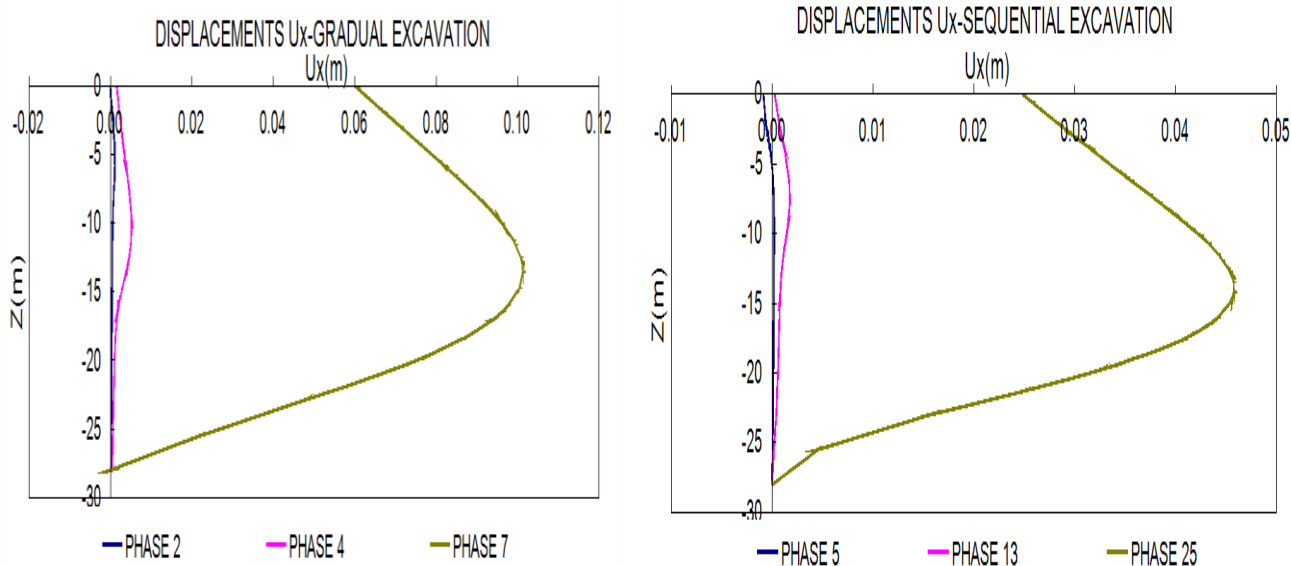
Σχήμα 5.1.14: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



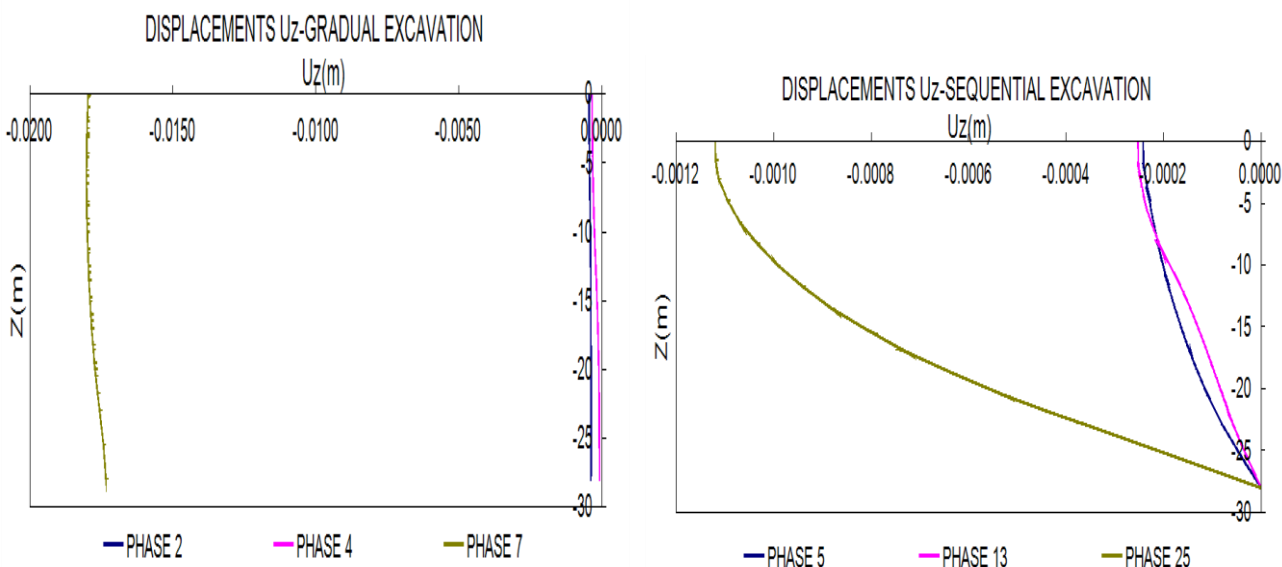
Σχήμα 5.1.15: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



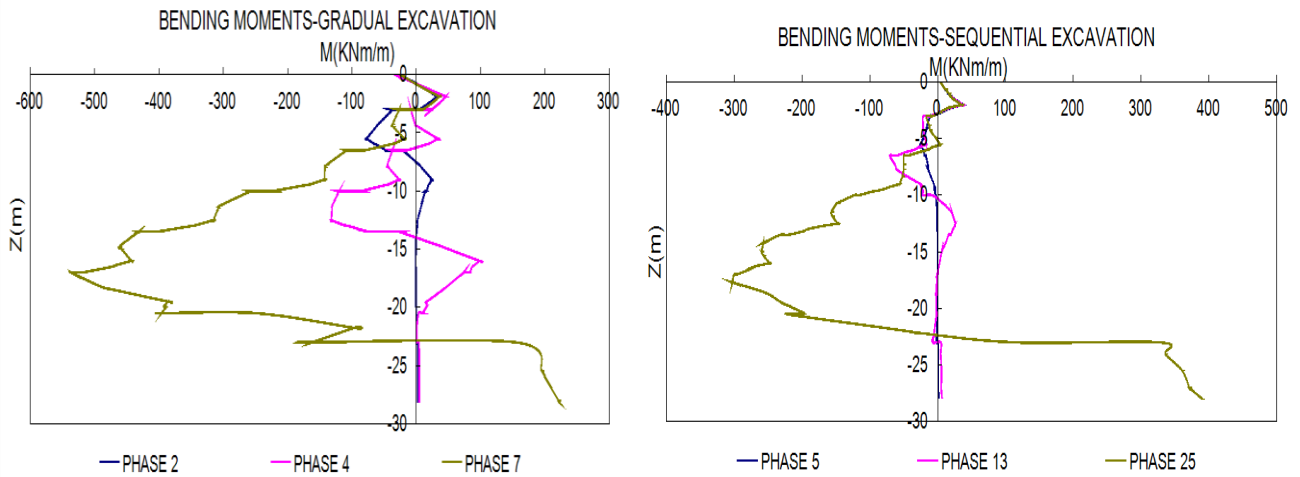
Σχήμα 5.1.16: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



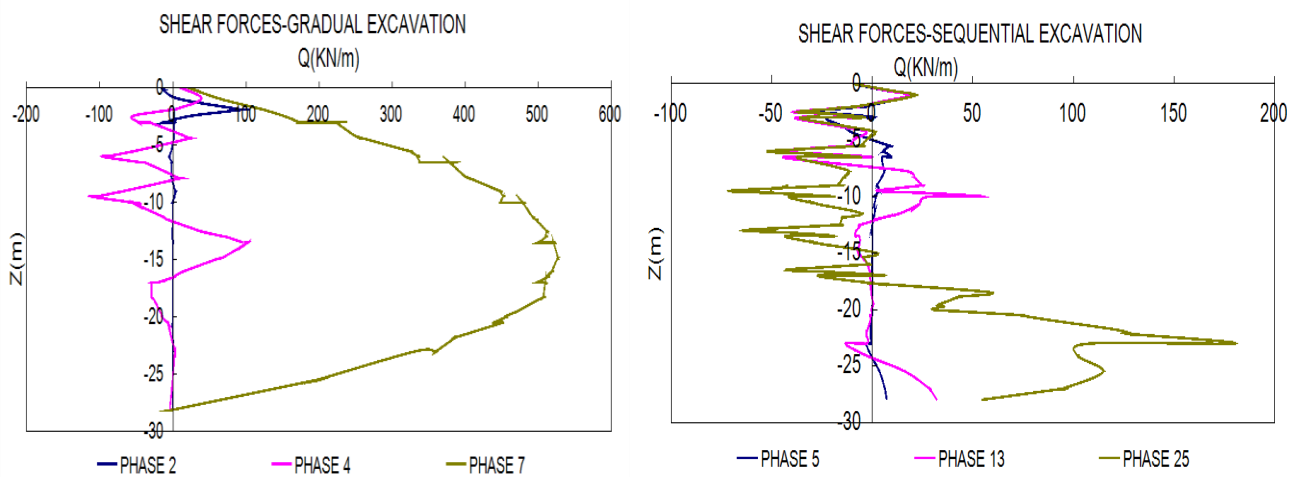
Σχήμα 5.1.17: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου.



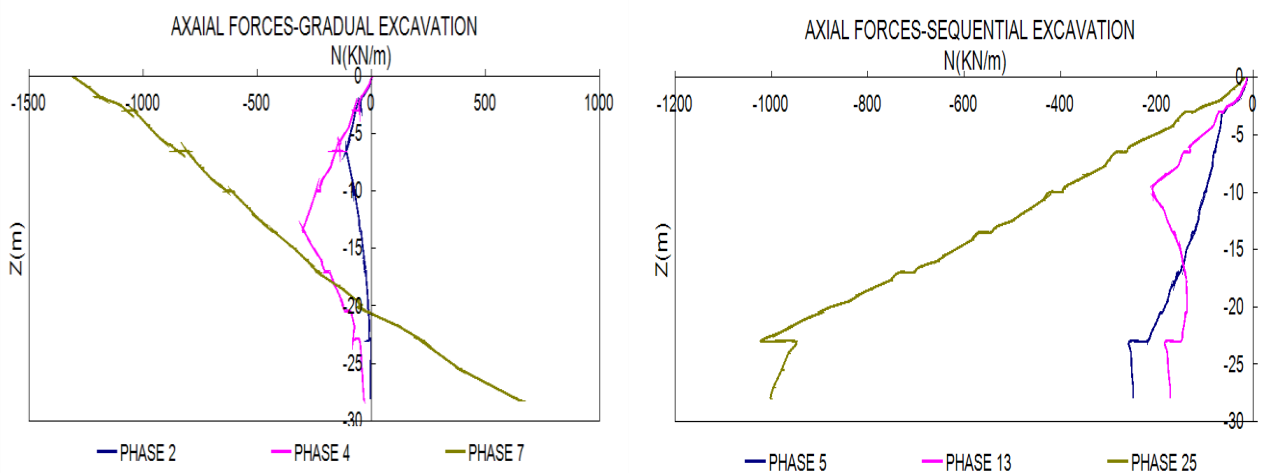
Σχήμα 5.1.18: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου.



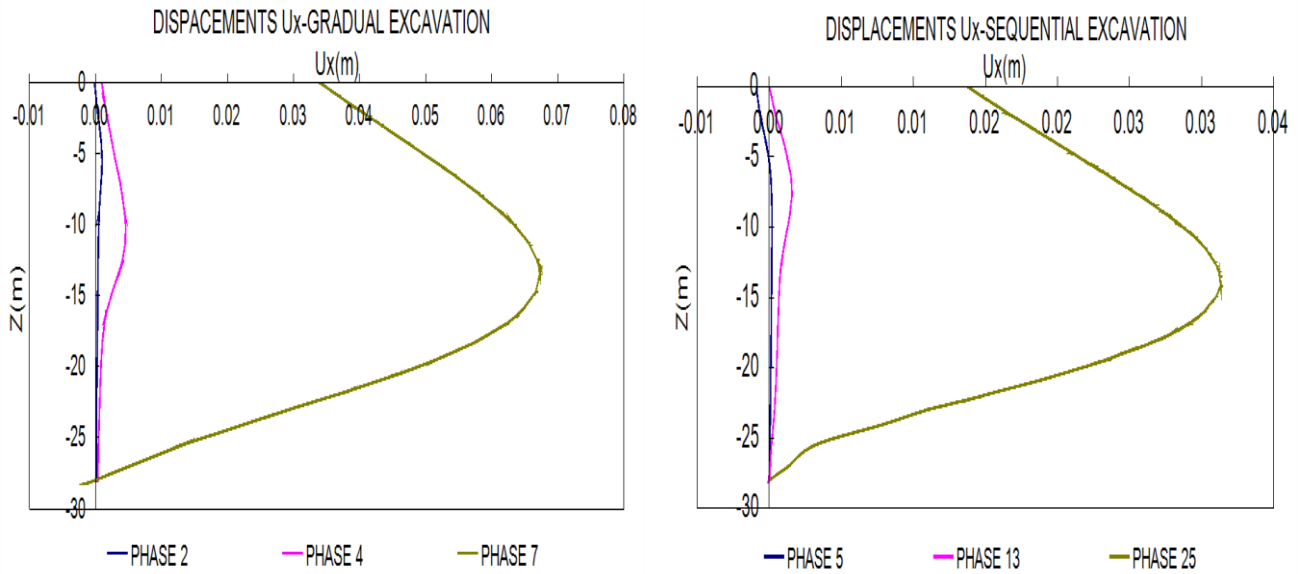
Σχήμα 5.1.19: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



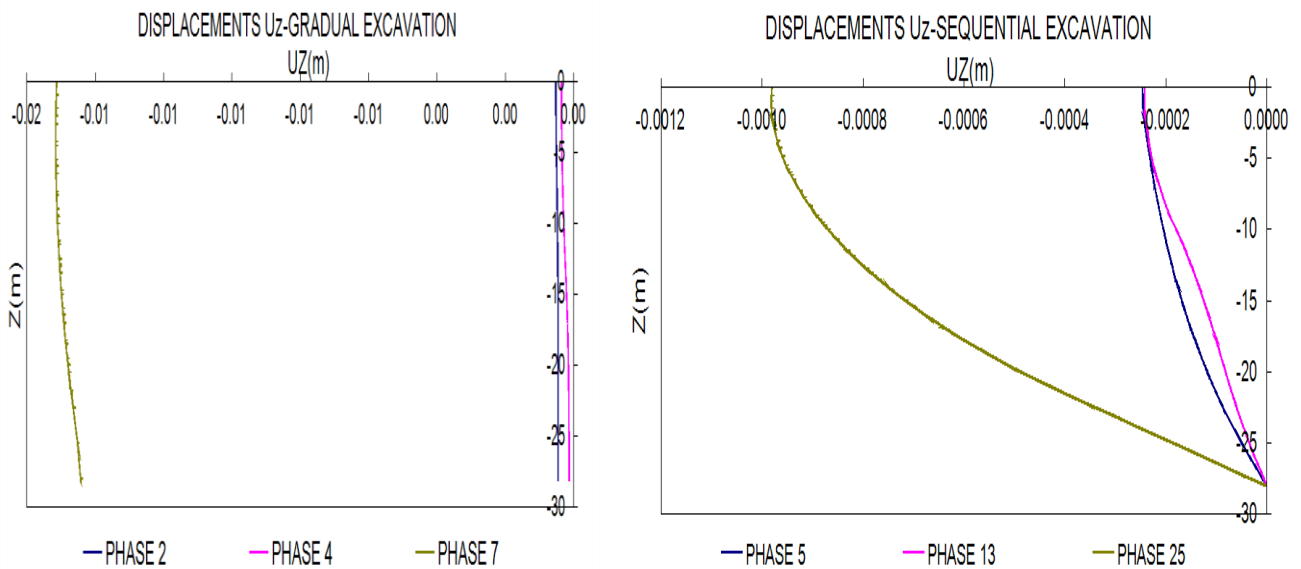
Σχήμα 5.1.20: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



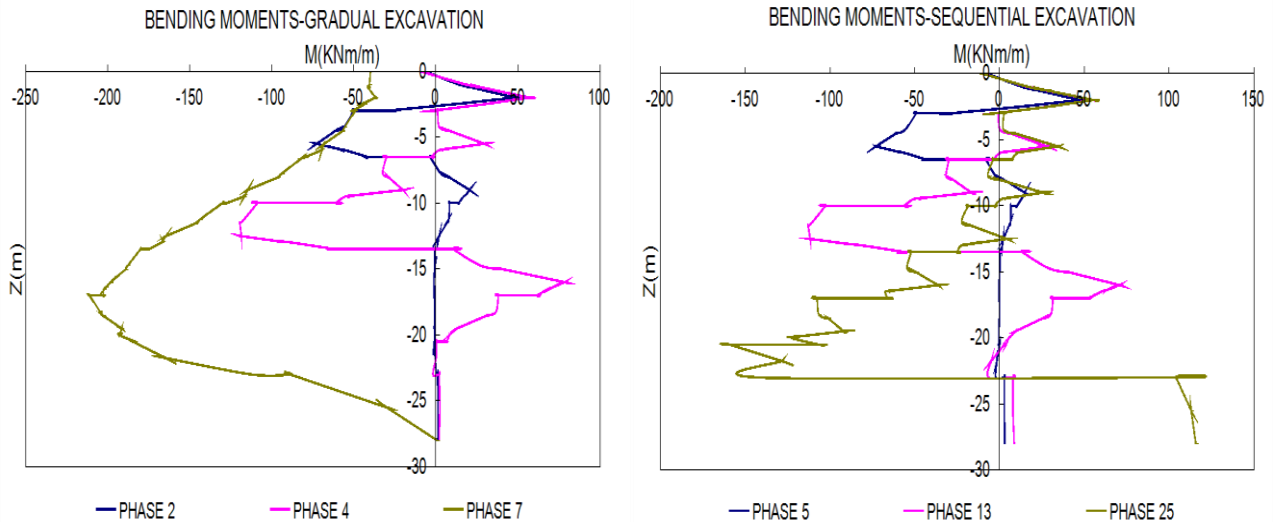
Σχήμα 5.1.21: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



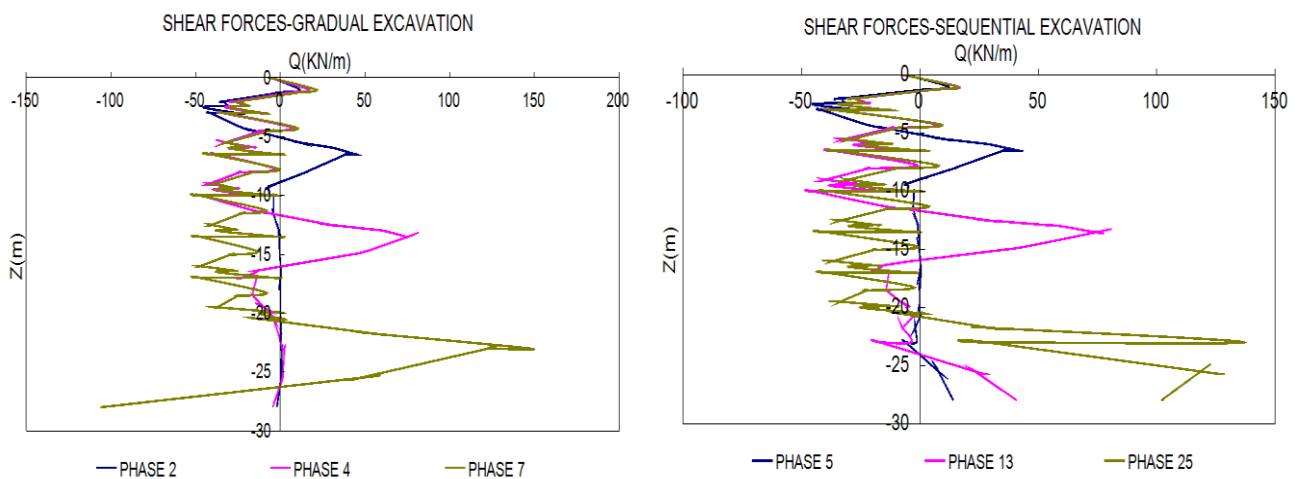
Σχήμα 5.1.22: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου.



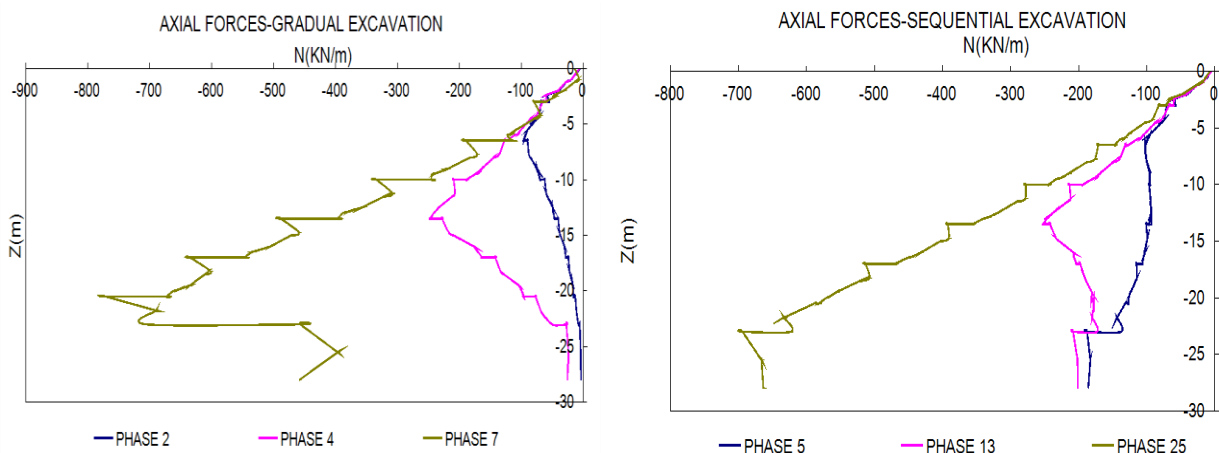
Σχήμα 5.1.23: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου.



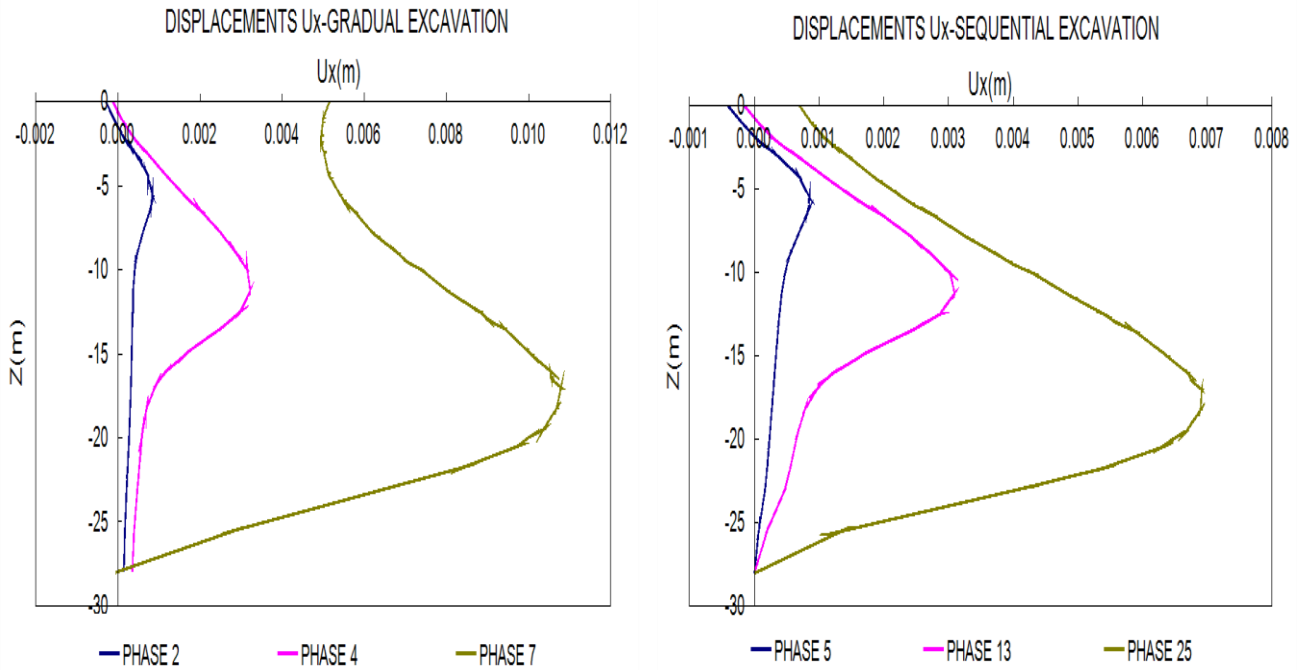
Σχήμα 5.1.24: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



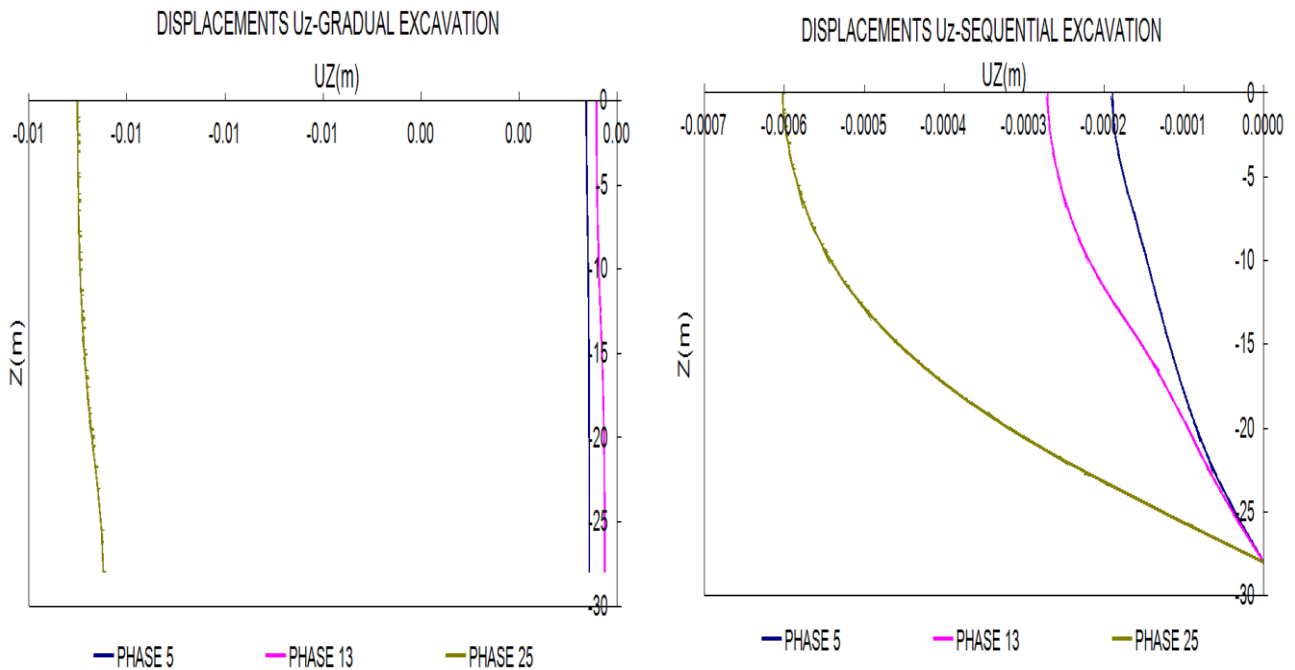
Σχήμα 5.1.25: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



Σχήμα 5.1.26: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου

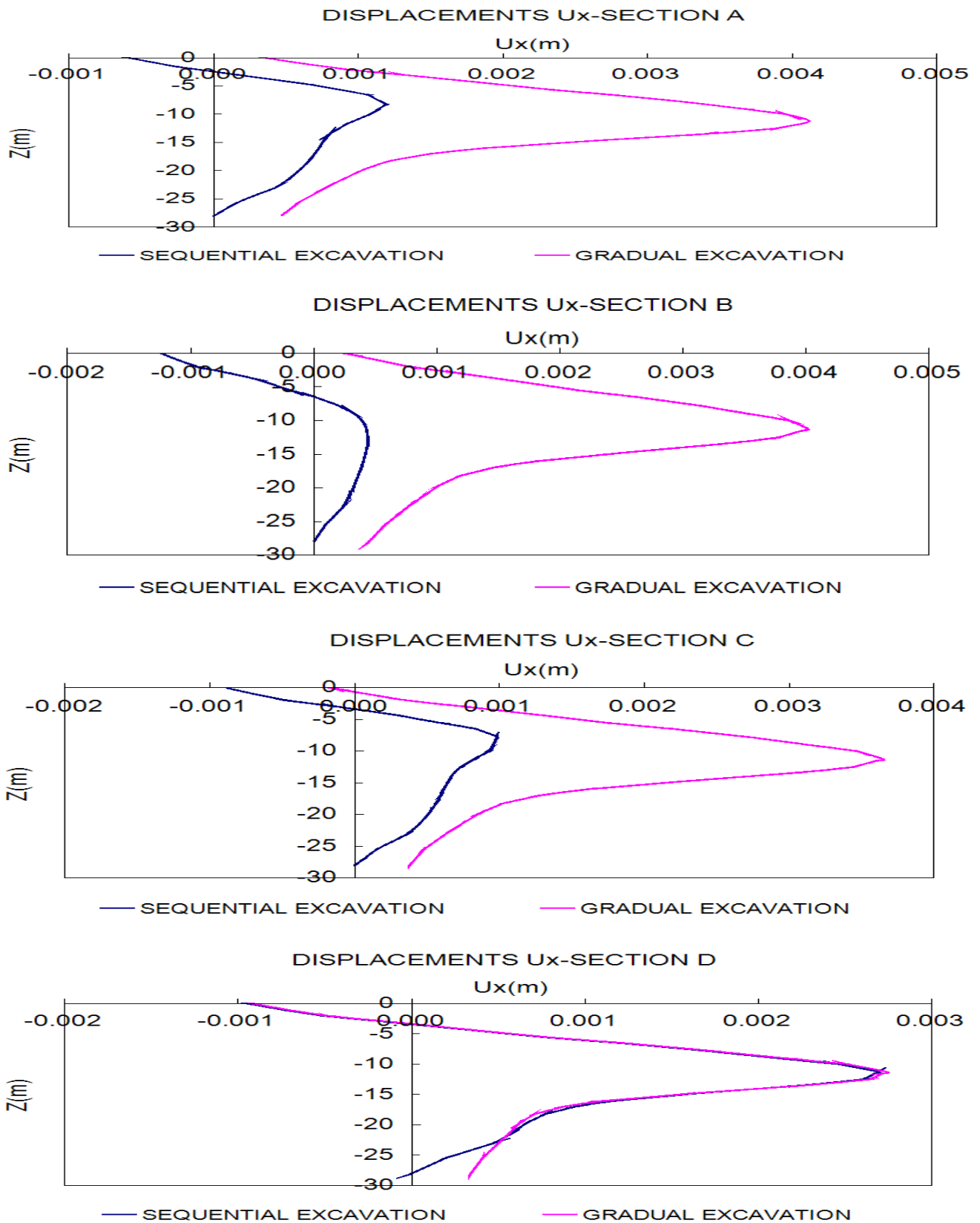


Σχήμα 5.1.27: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου.

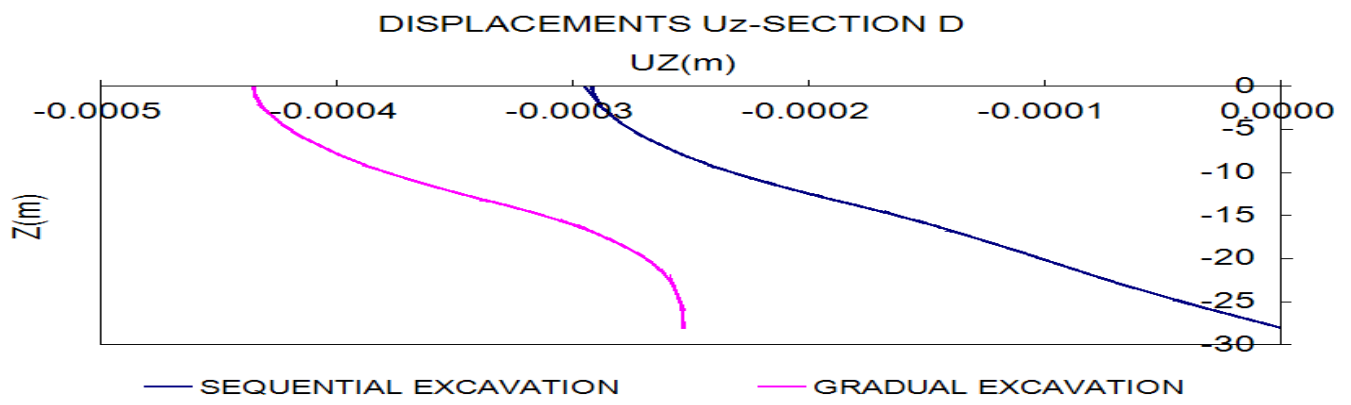
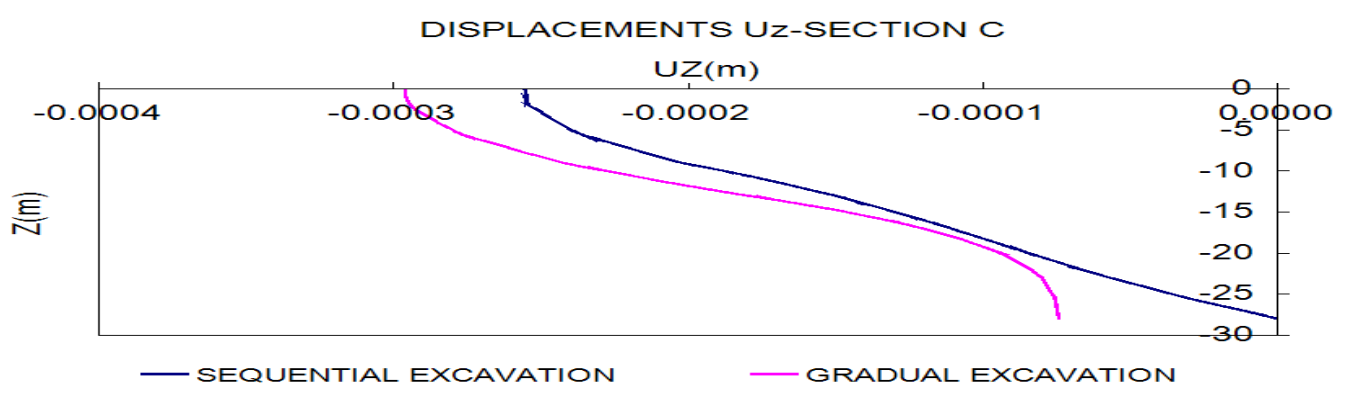
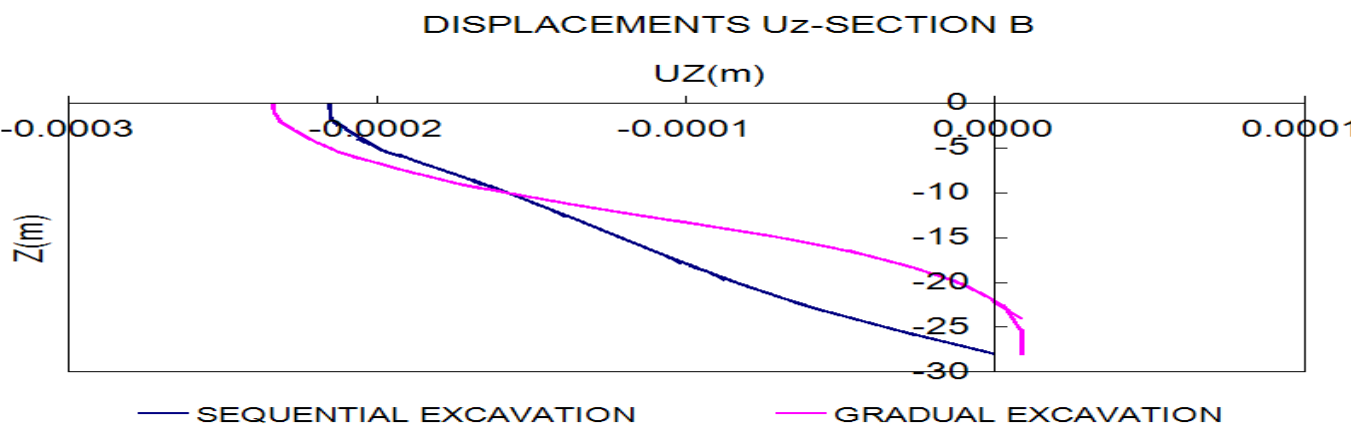
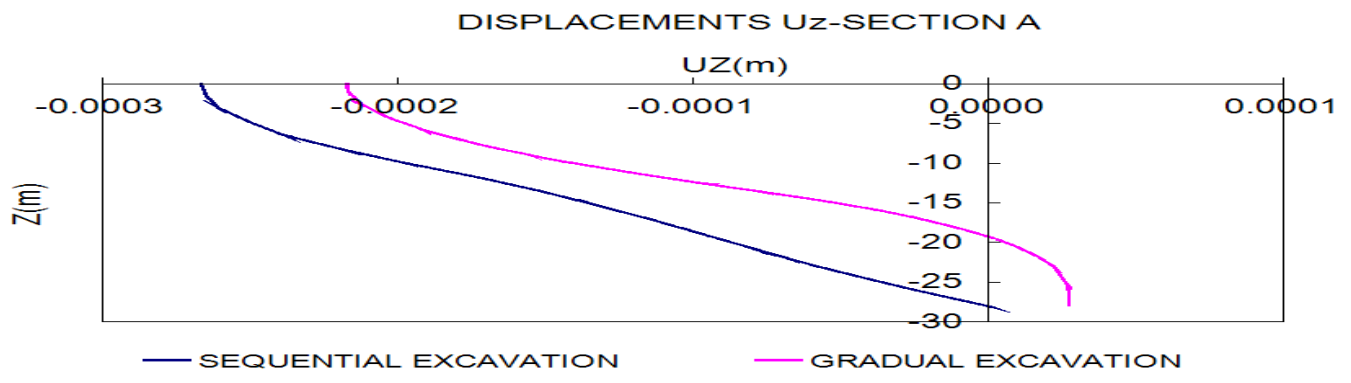


Σχήμα 5.1.28: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου.

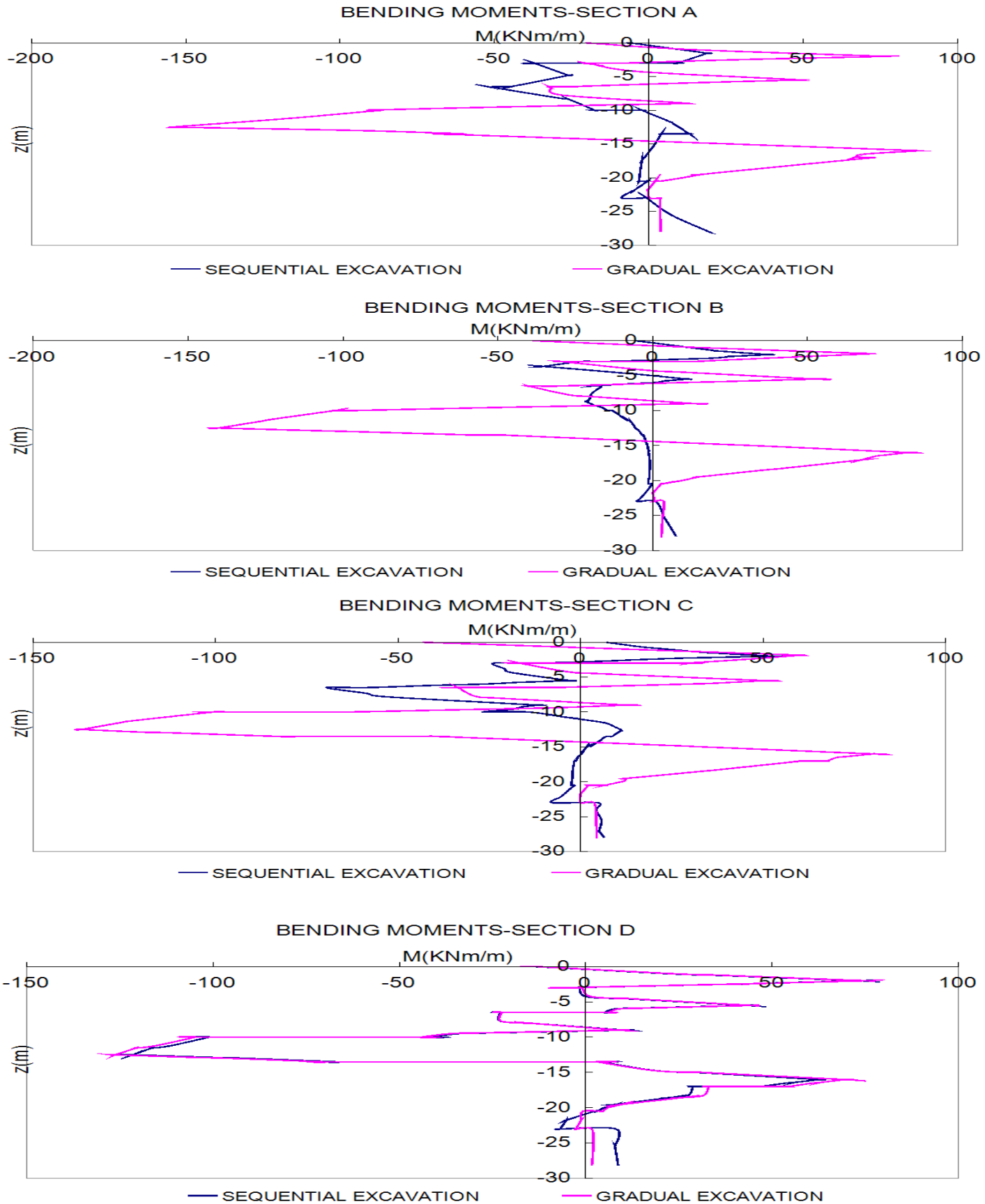
5.1.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN



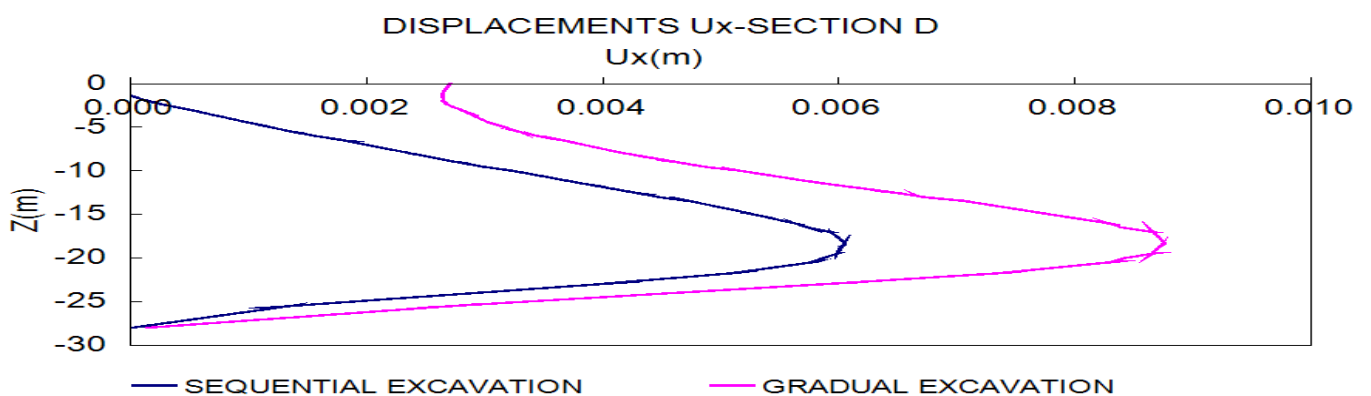
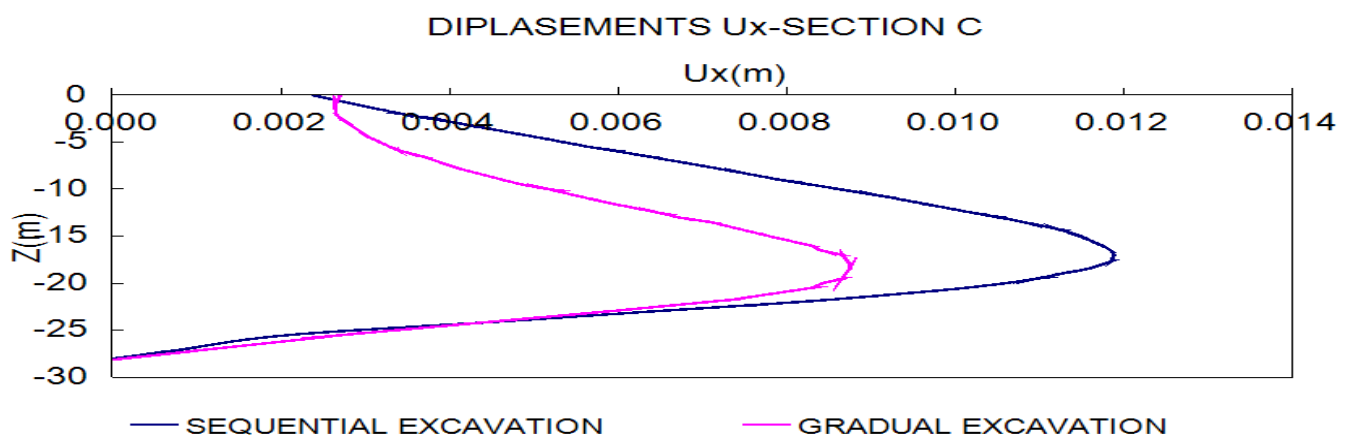
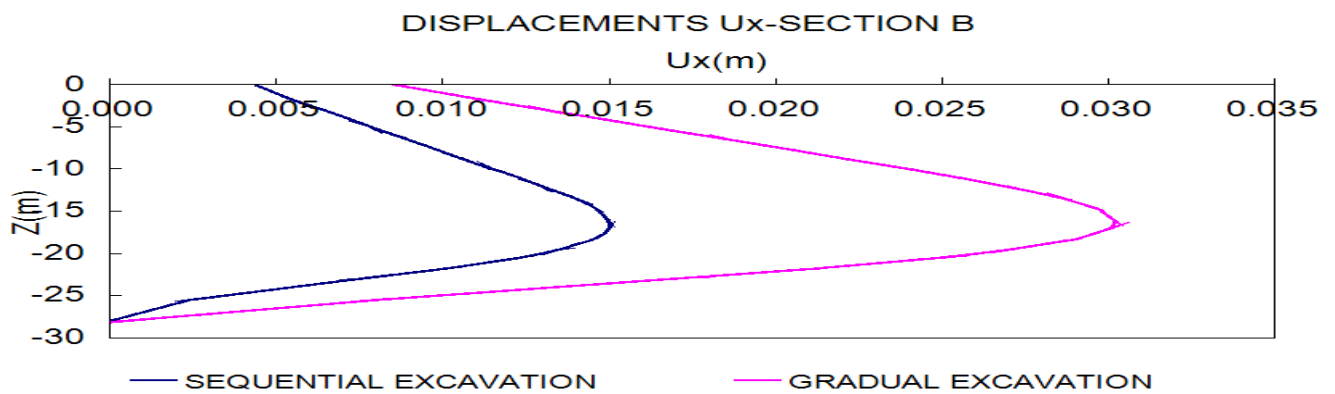
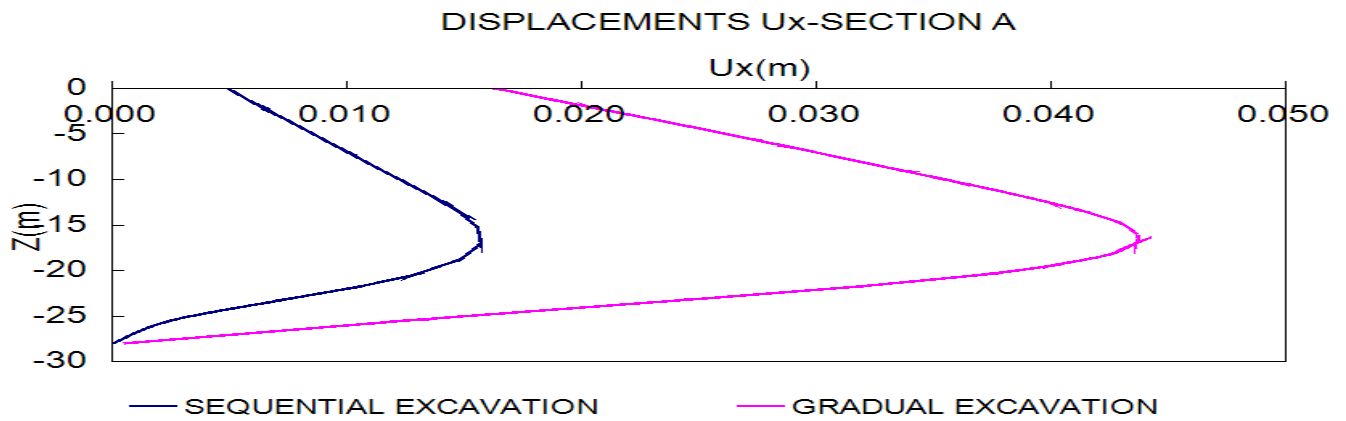
Σχήμα 5.1.29: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



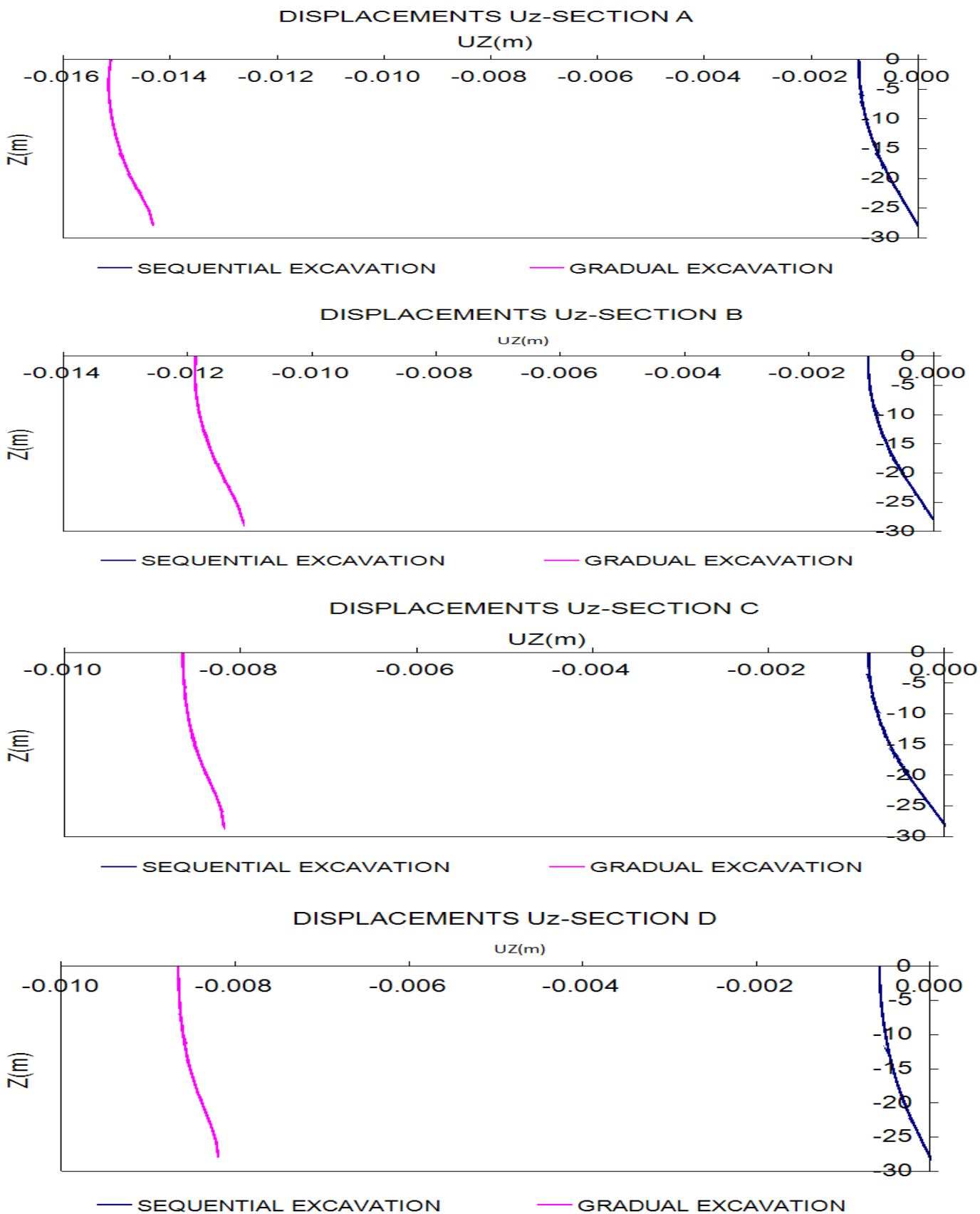
Σχήμα 5.1.30: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



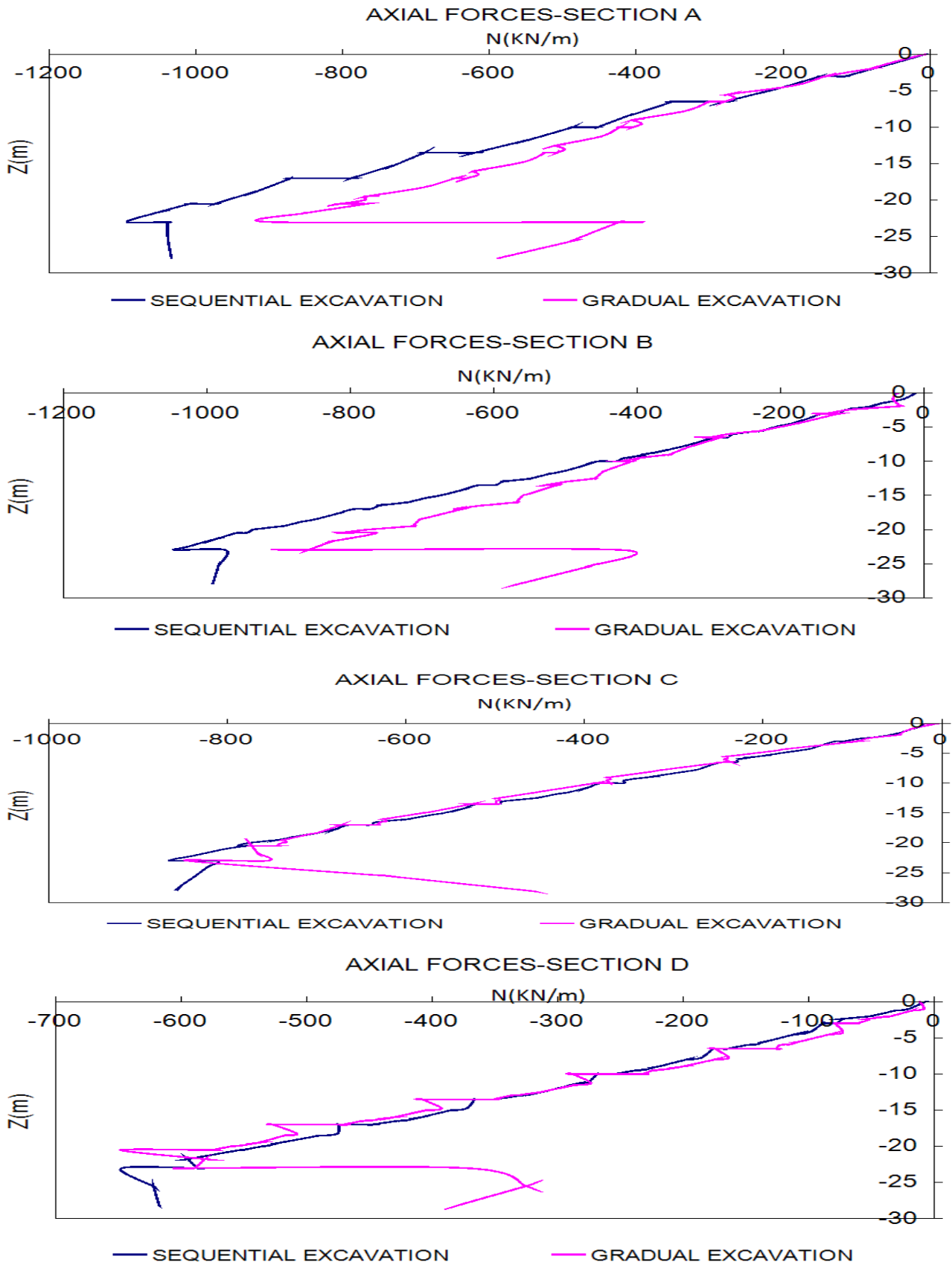
Σχήμα 5.1.31: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



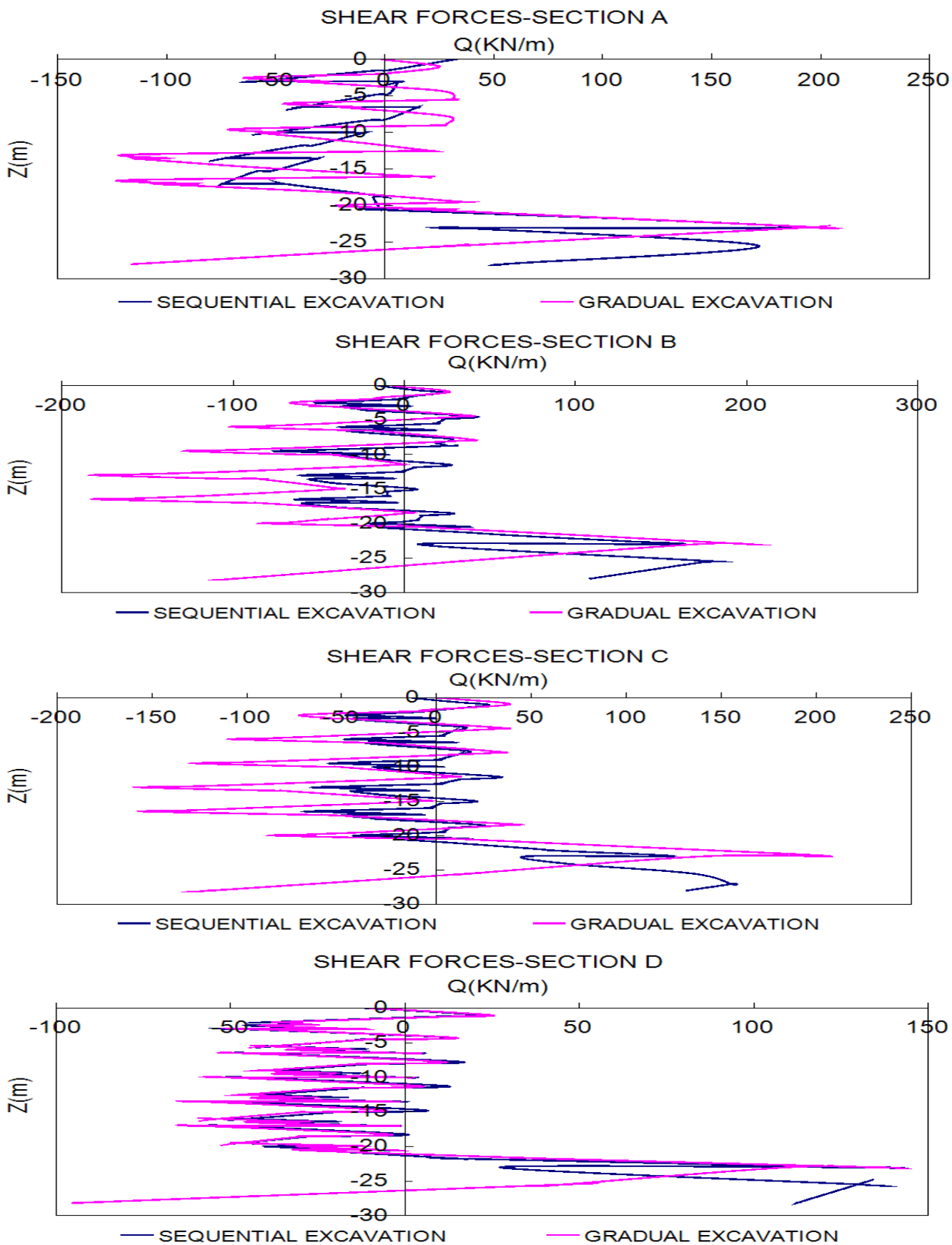
Σχήμα 5.1.32: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



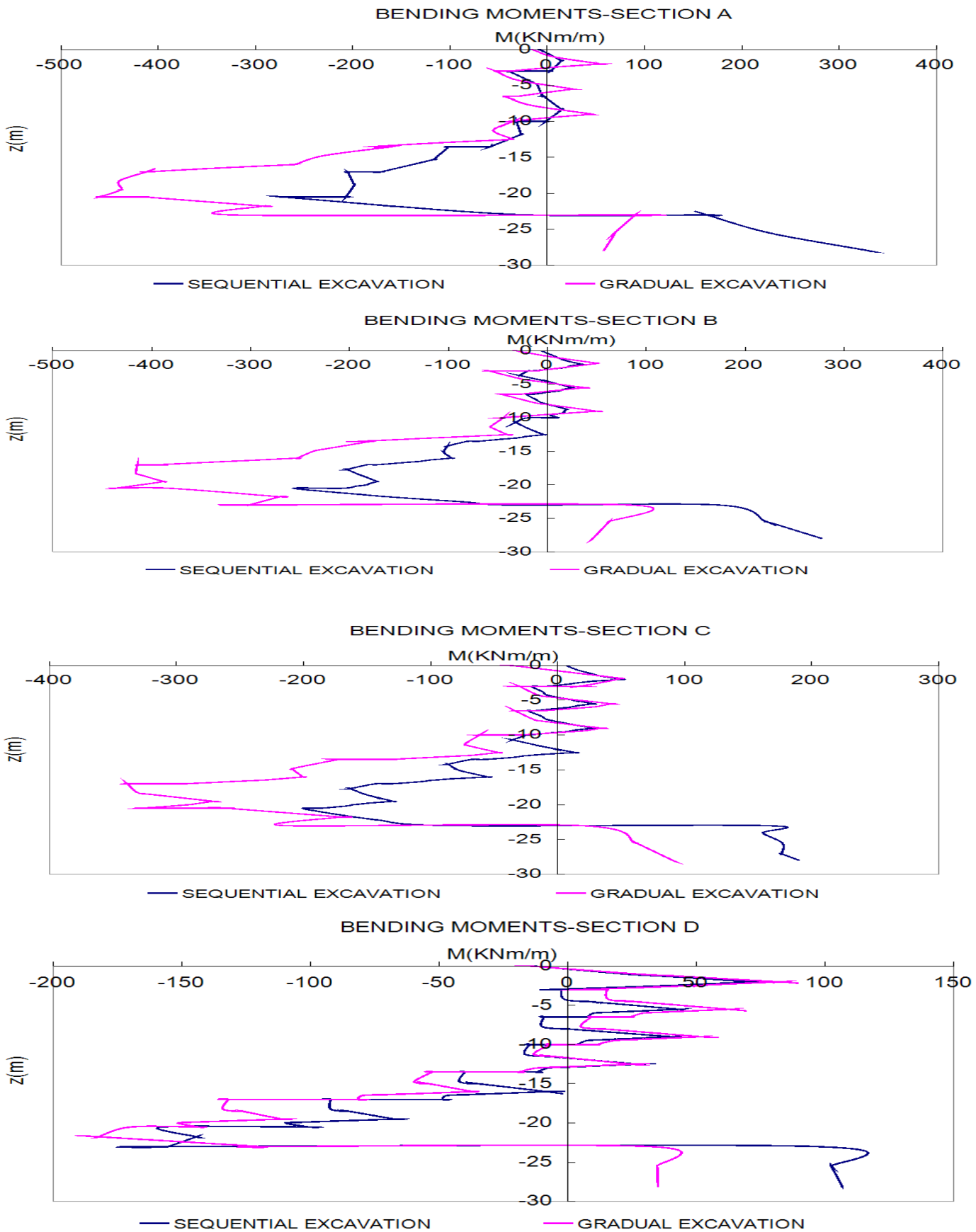
Σχήμα 5.1.33: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



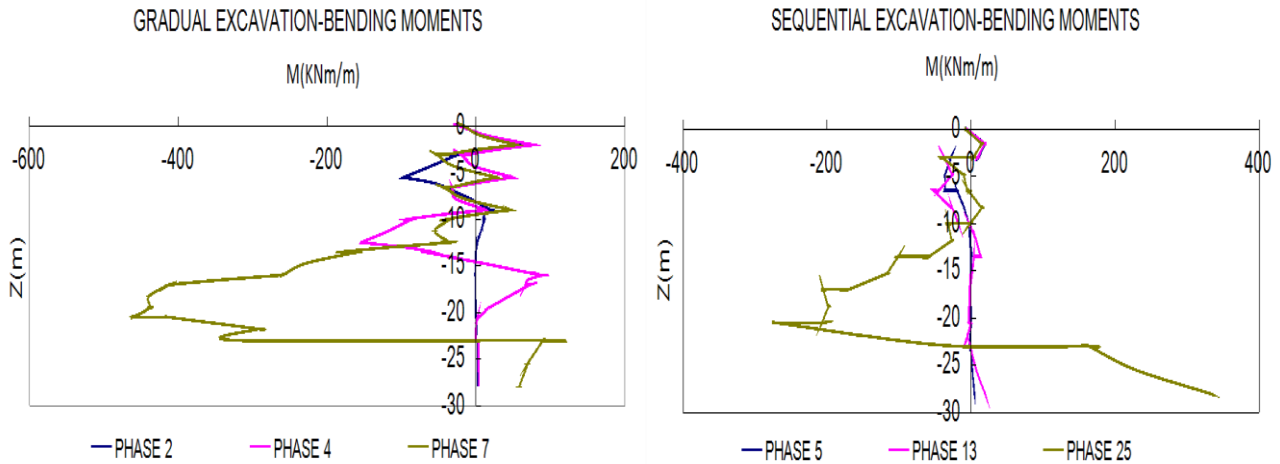
Σχήμα 5.1.34: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



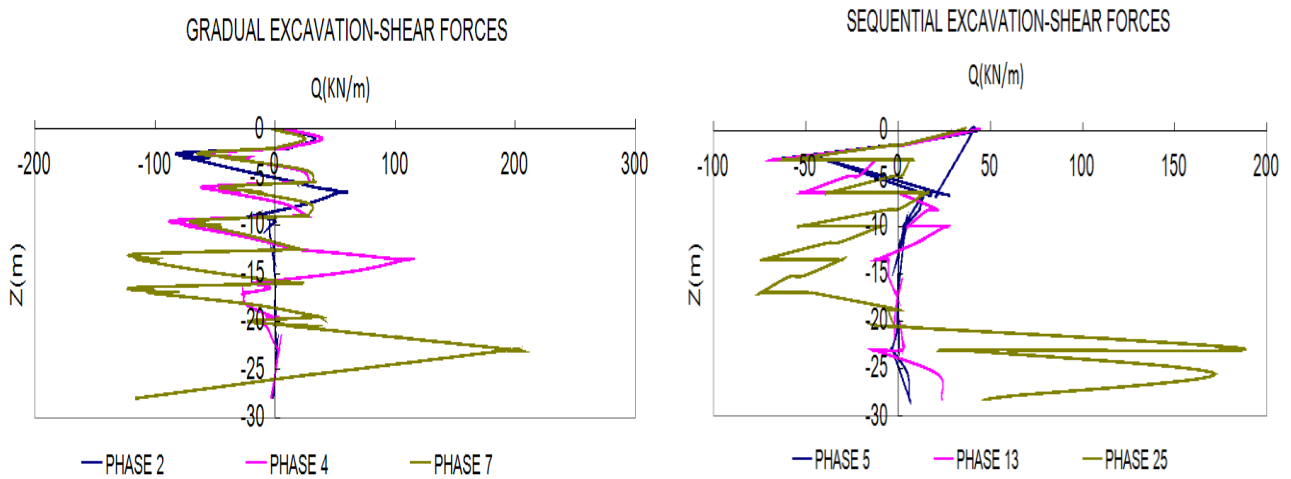
Σχήμα 5.1.35: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



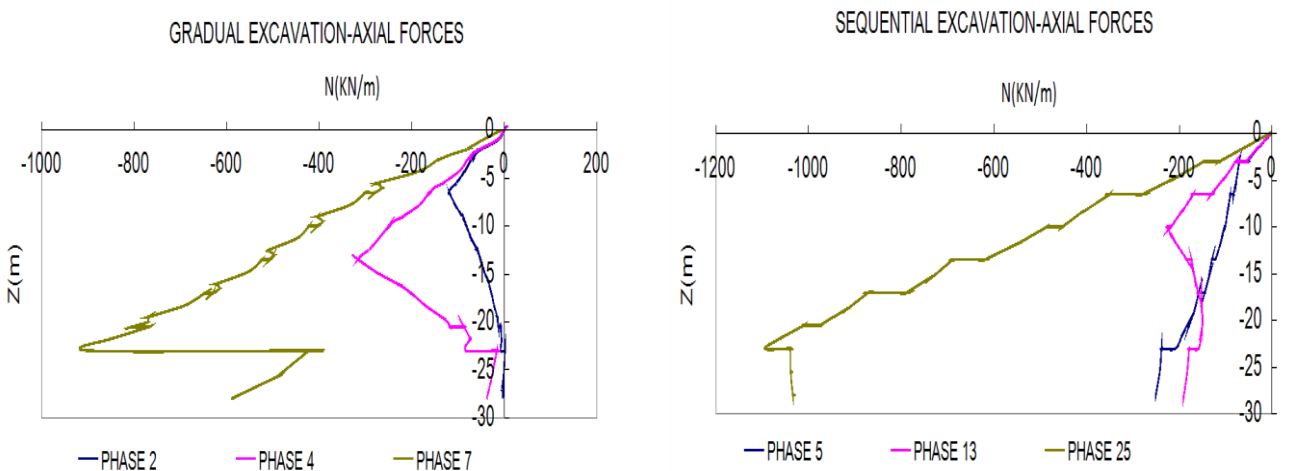
Σχήμα 5.1.36: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας στις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D του πασσαλότοιχου



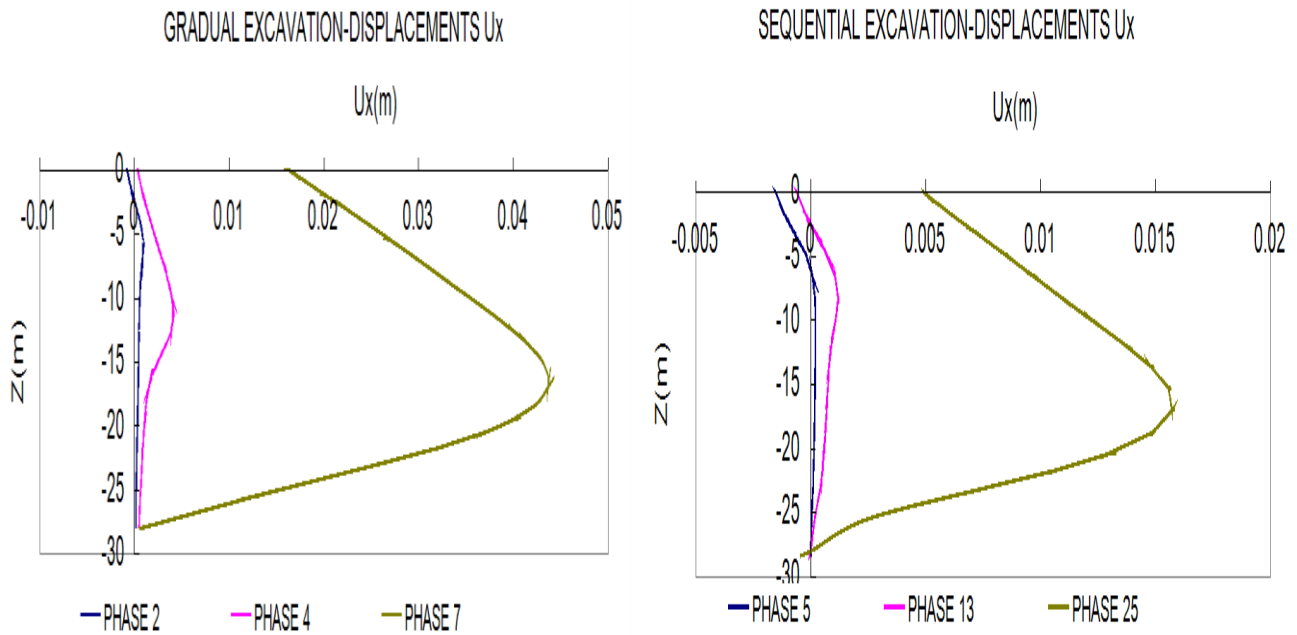
Σχήμα 5.1.37: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



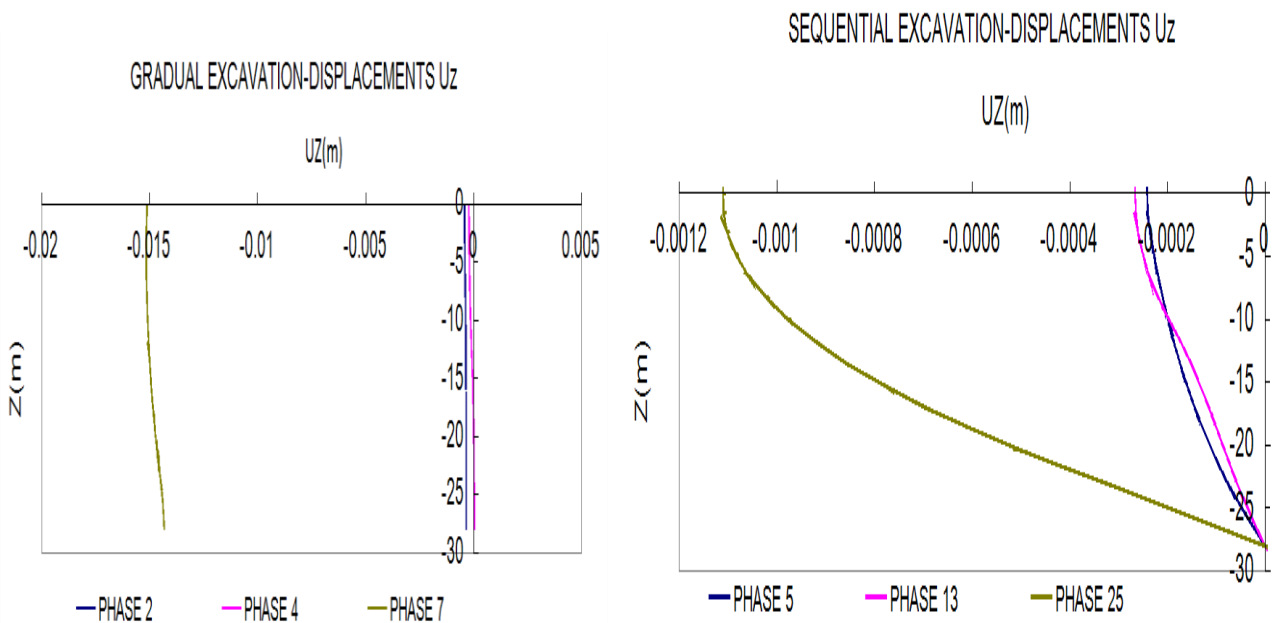
Σχήμα 5.1.38: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



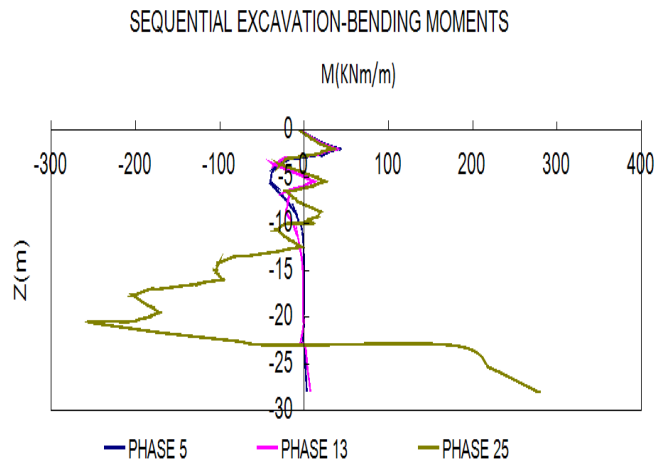
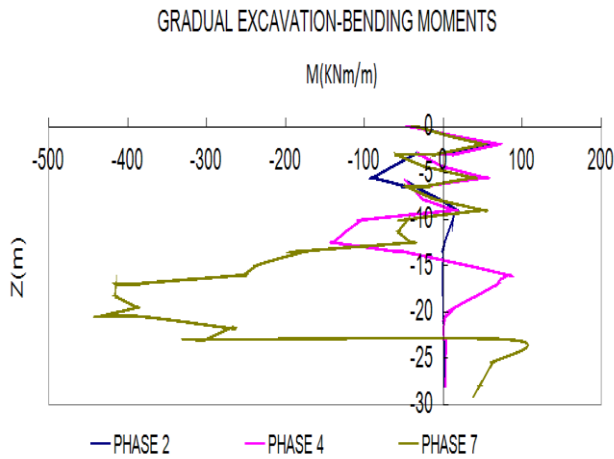
Σχήμα 5.1.39: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



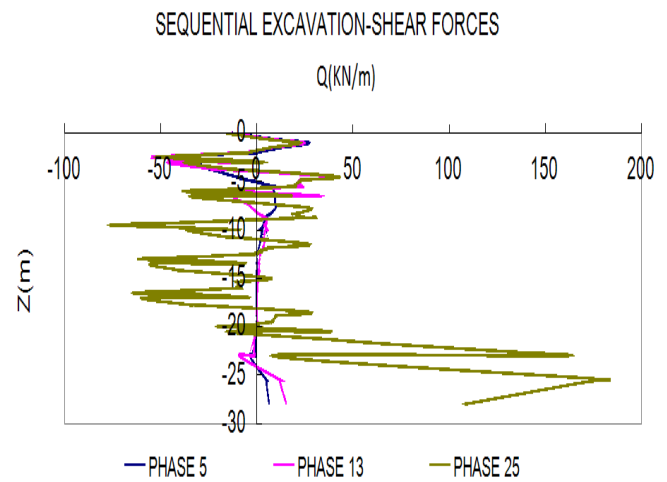
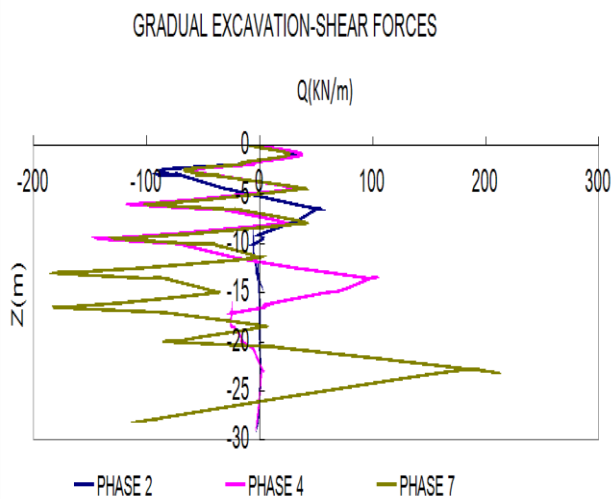
Σχήμα 5.1.40: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



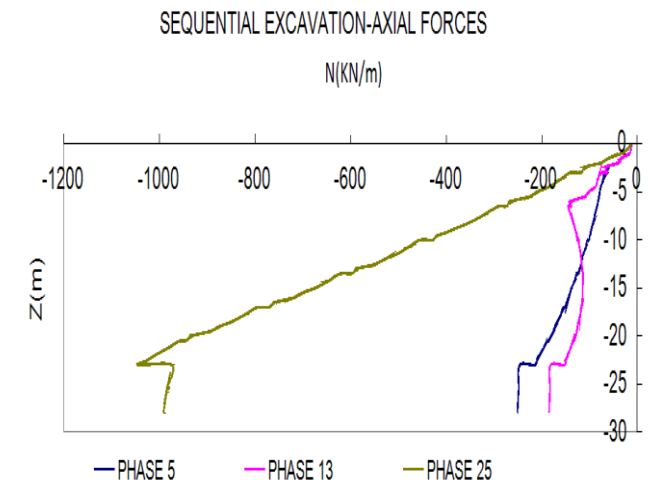
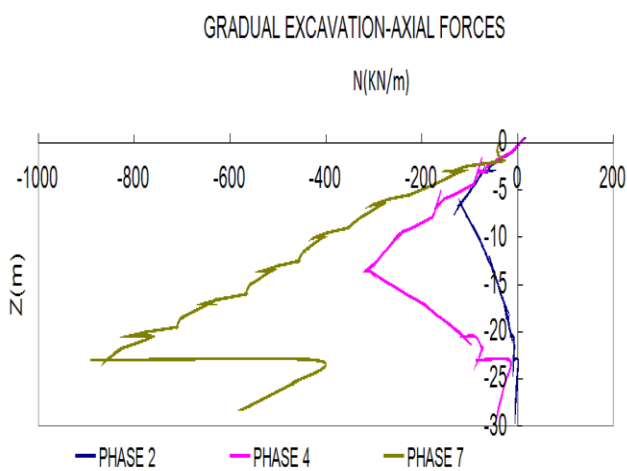
Σχήμα 5.1.41: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Α του πασσαλότοιχου



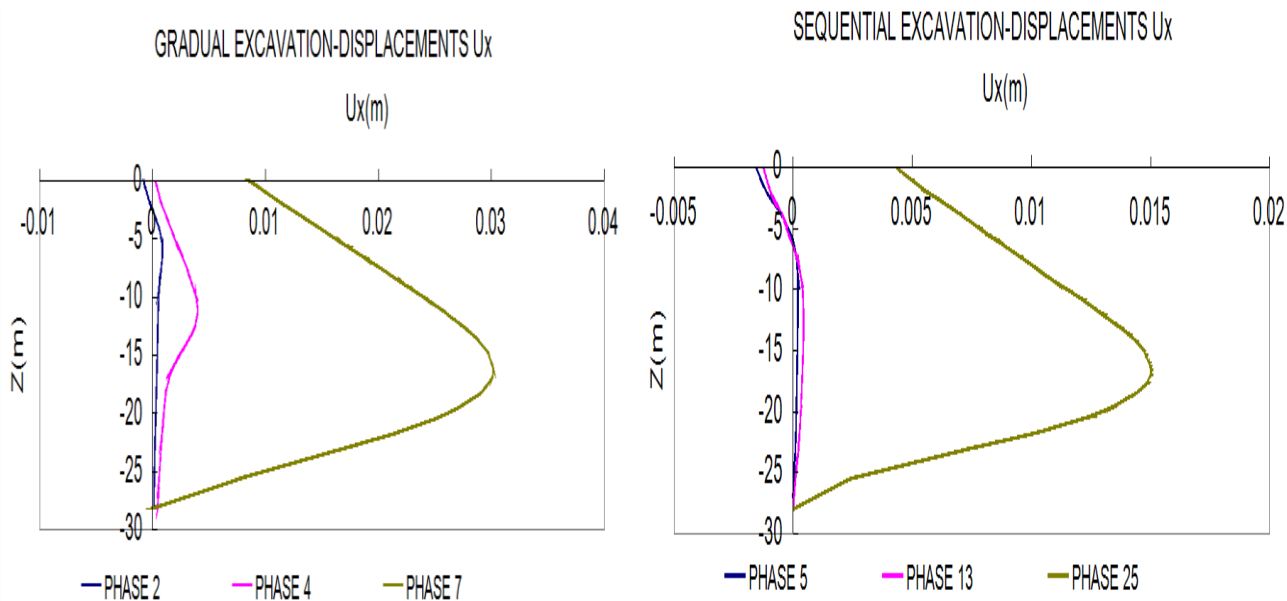
Σχήμα 5.1.42: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



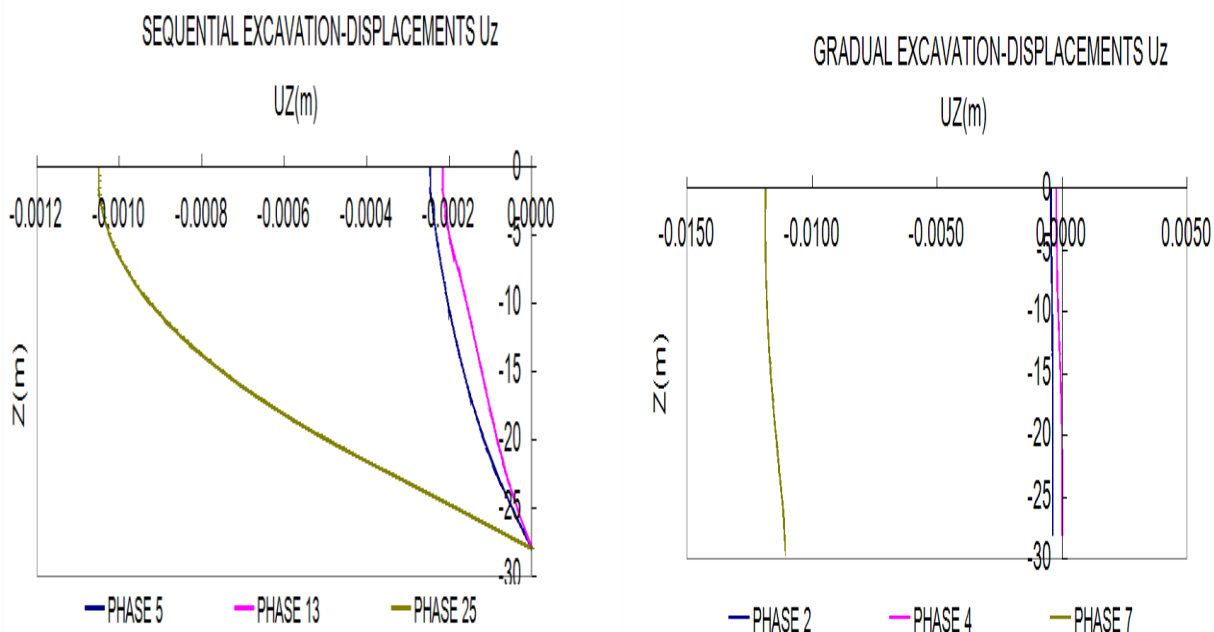
Σχήμα 5.1.43: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



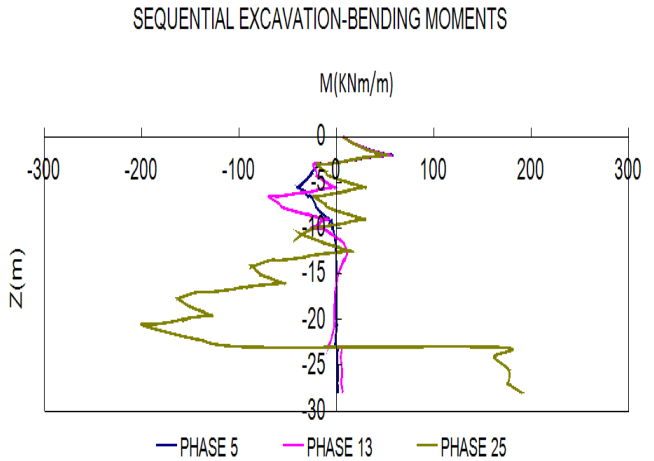
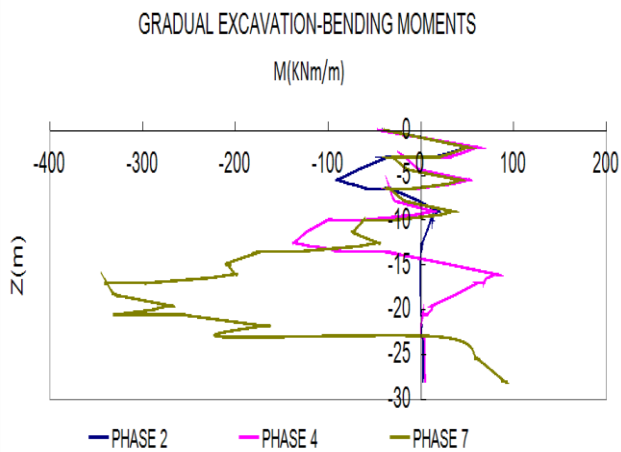
Σχήμα 5.1.44: Σύγκριση αξονικών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



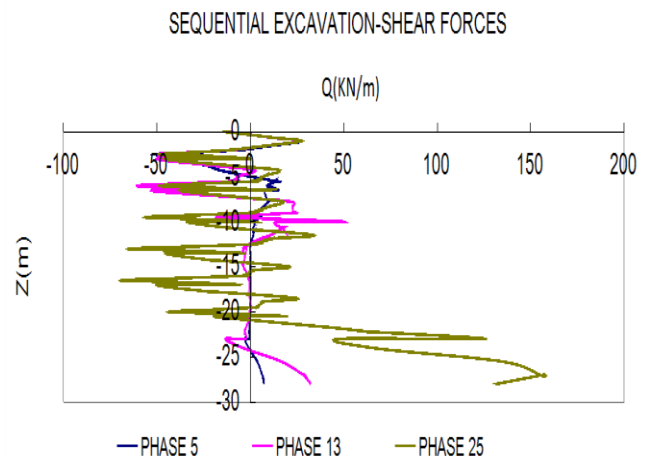
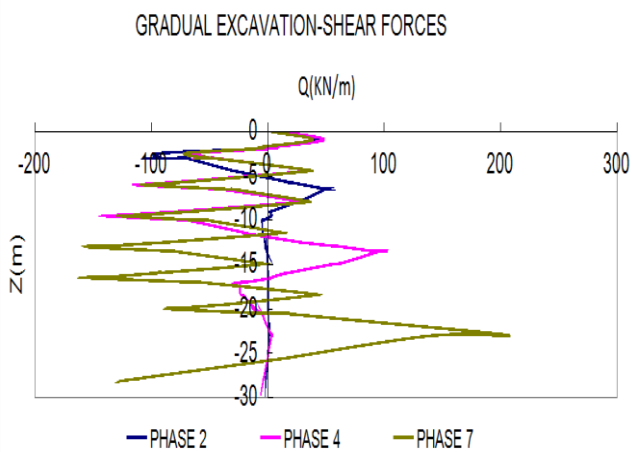
Σχήμα 5.1.45: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



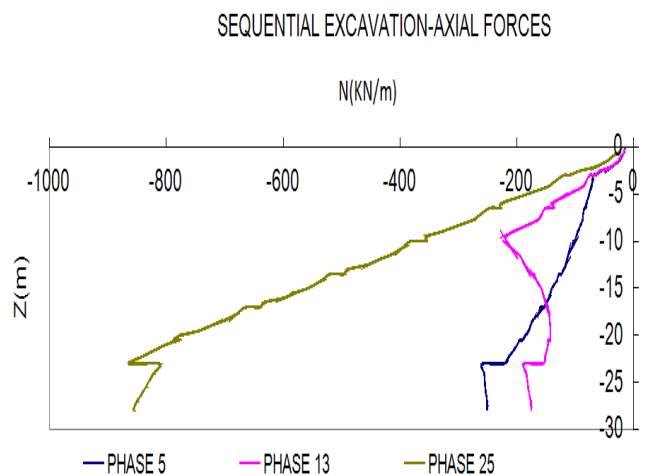
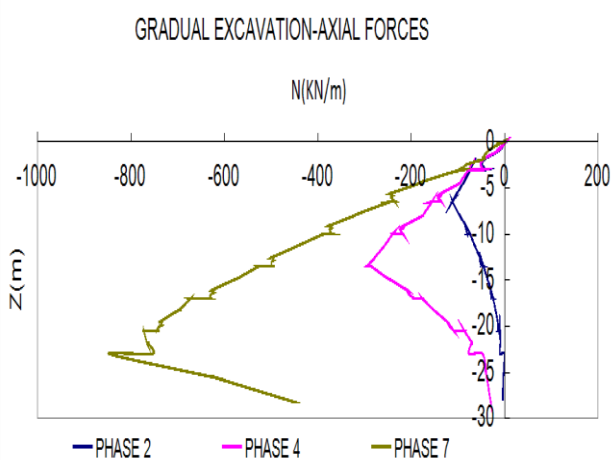
Σχήμα 5.1.46: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή Β του πασσαλότοιχου



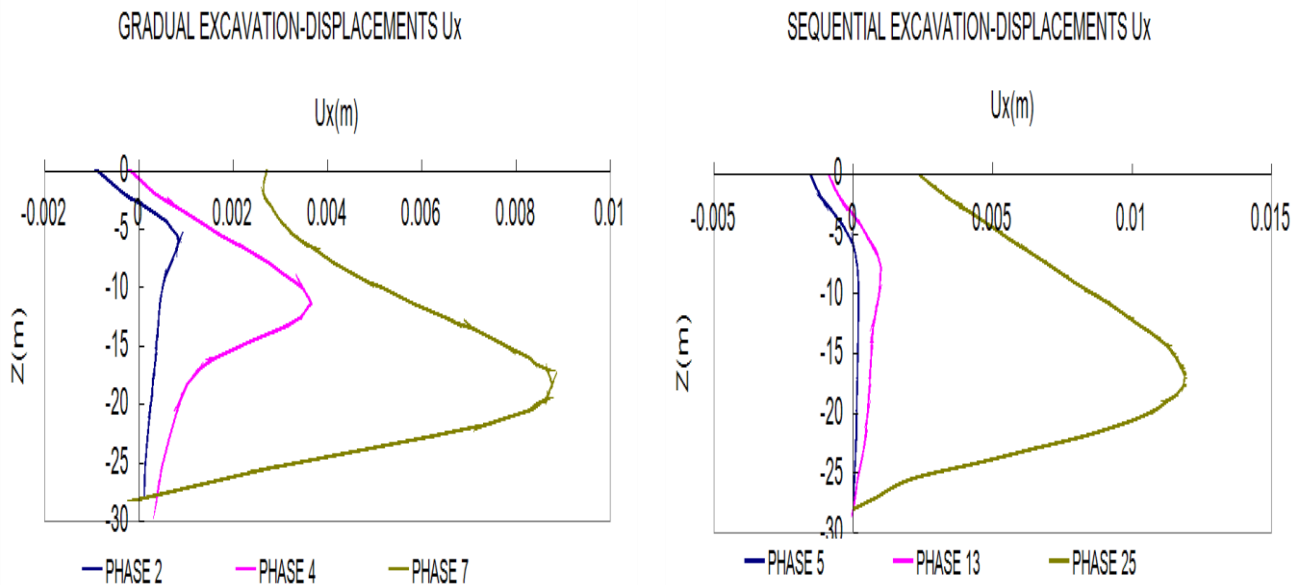
Σχήμα 5.1.47: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



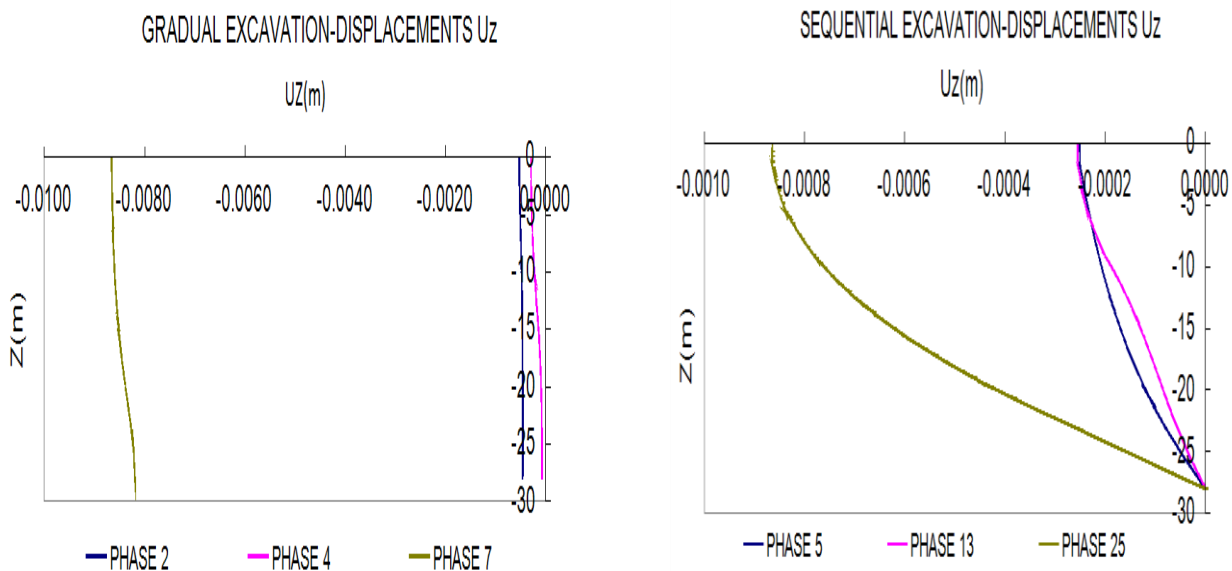
Σχήμα 5.1.48: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



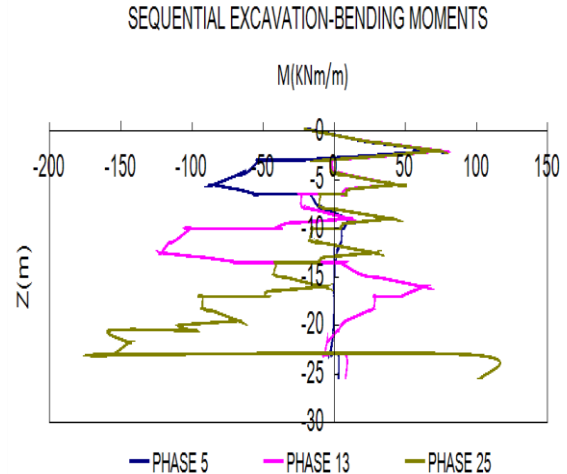
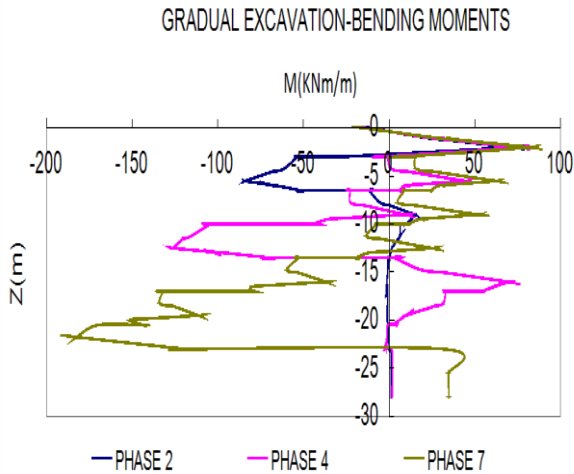
Σχήμα 5.1.49: Σύγκριση αξονικών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



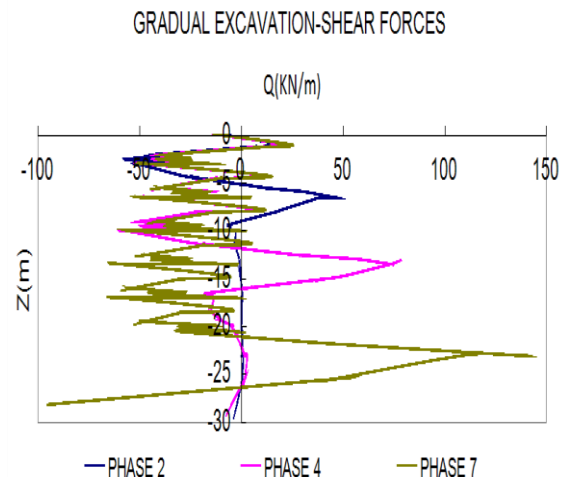
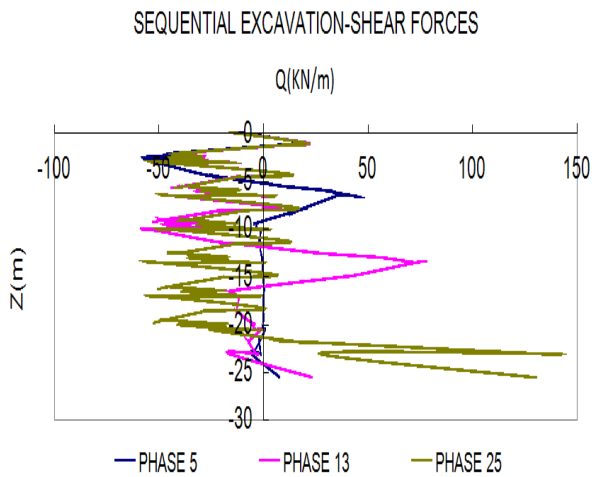
Σχήμα 5.1.50: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



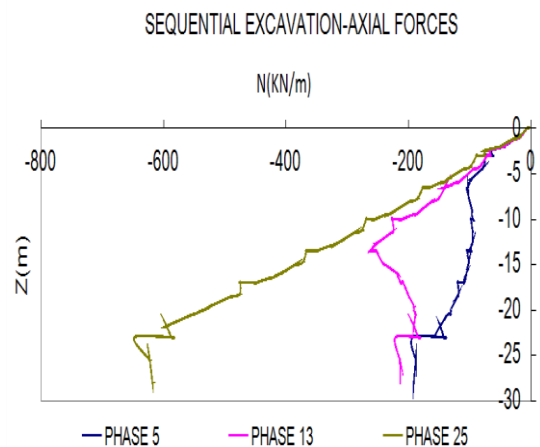
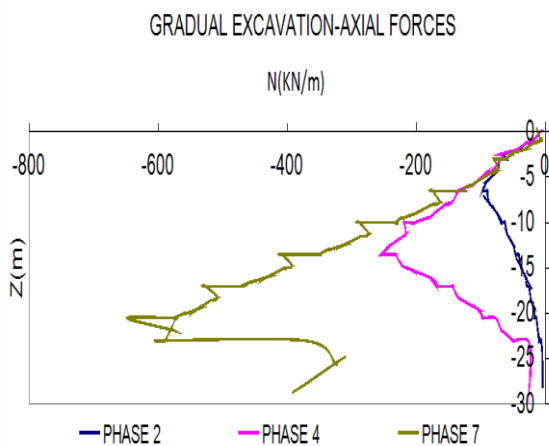
Σχήμα 5.1.51: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή C του πασσαλότοιχου



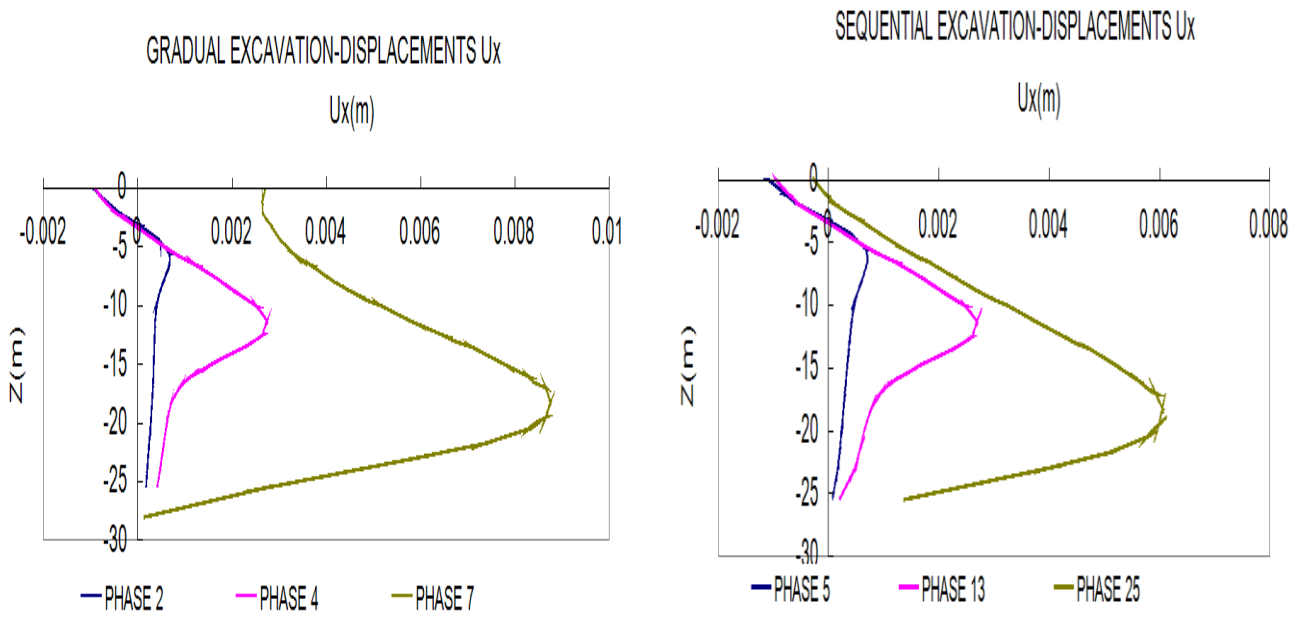
Σχήμα 5.1.52: Σύγκριση ροπών ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



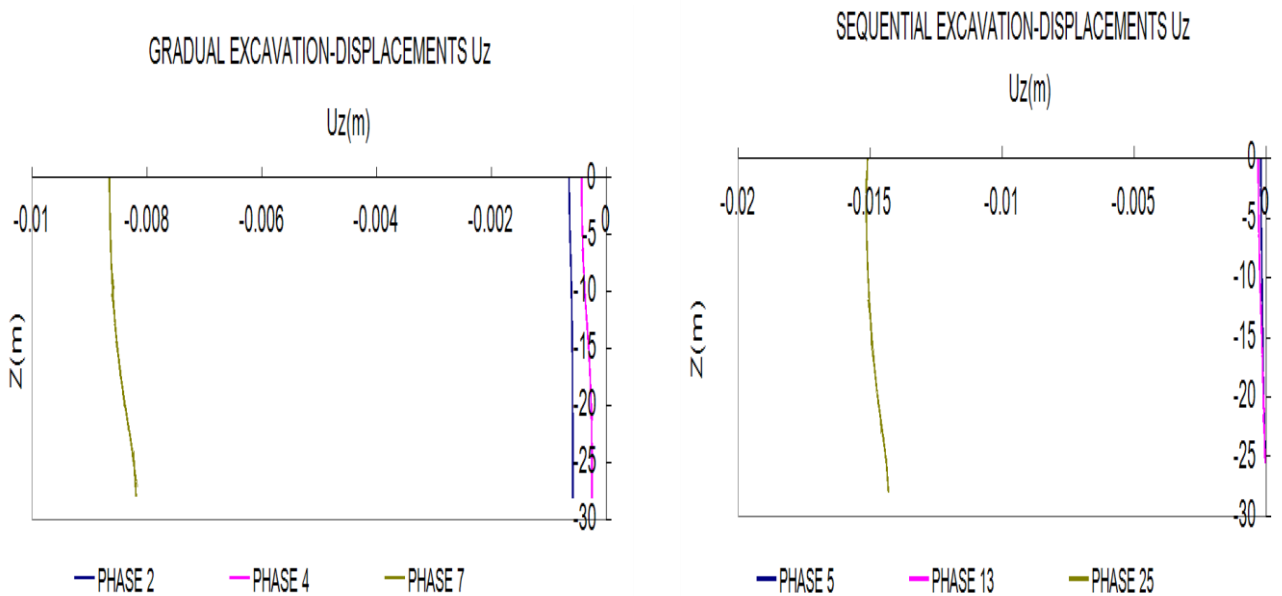
Σχήμα 5.1.53: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



Σχήμα 5.1.54: Σύγκριση τεμνουσών δυνάμεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



Σχήμα 5.1.55: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου



Σχήμα 5.1.56: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ιστροπική πλάκα, για τρεις χαρακτηριστικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας, στην τομή D του πασσαλότοιχου

5.2 Σύγκριση λεπτομερούς ανάλυσης με τις περιπτώσεις ενιαίας και τμηματικής εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα στο Plaxis 3D

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετατοπίσεων σε συγκεκριμένα σημεία του πασσαλότοιχου των περιπτώσεων της ενιαίας (gradual excavation) και τμηματικής εκσκαφής (sequential excavation) με ανισοτροπική πλάκα και της λεπτομερούς ανάλυσης (detailed analysis). Για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων έγινε τομή στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου σε κάθε περίπτωση και αντίστοιχα στον μεσαίο πάσσαλο στην λεπτομερή ανάλυση.

Σε κάθε περίπτωση και για κάθε τομή έγινε σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετατοπίσεων για χαρακτηριστικές φάσεις εκσκαφής και τανύσεως αγκυρίων. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν: η 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της τρίτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 13.5m (αντίστοιχη 13^η φάση για την περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής) και η 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της έκτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 23m (αντίστοιχη 25^η φάση για την περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής). Οι συγκρίσεις έγιναν για τιμή τανύσεως ίση με 400KN.

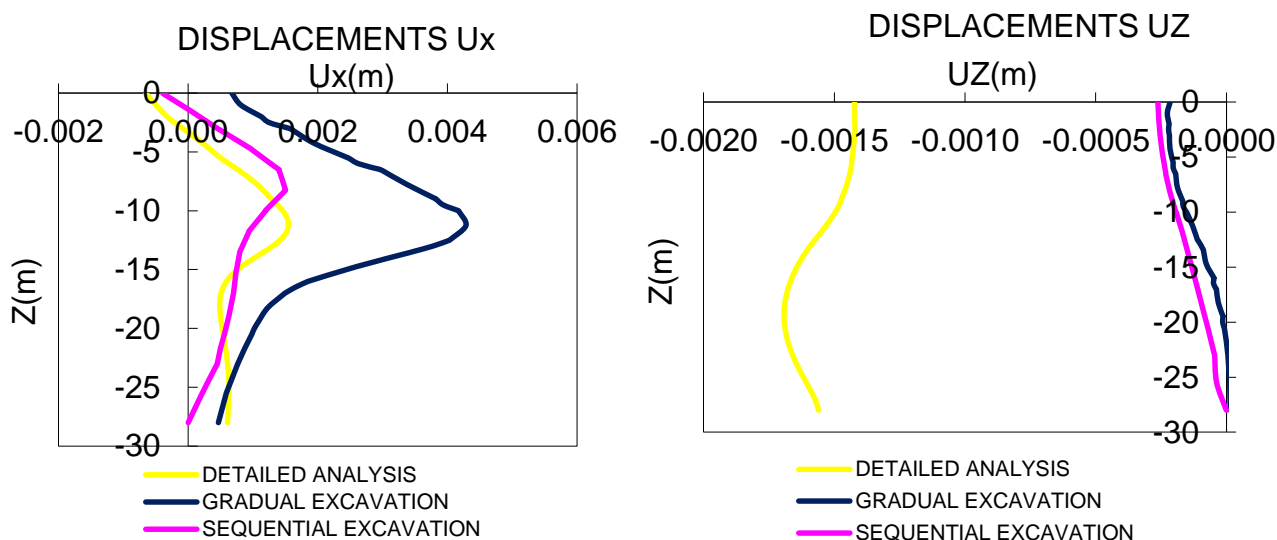
Από τα σχήματα που ακολουθούν στη παρούσα παράγραφο προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Στα αρχικά στάδια εκσκαφής δεν αναπτύσσονται μεγάλες τιμές οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων και παρουσιάζουν μικρές διαφορές στις περιπτώσεις που εξετάζονται. Αυτό, οφείλεται στο γεγονός ότι οι πάσσαλοι έχουν μεγαλύτερο βάθος έμπηξης στις αρχικές φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας και δεν επηρεάζονται από τις εδαφικές μετατοπίσεις. Στα τελικά στάδια, το βάθος έμπηξης μειώνεται αισθητά και ο πασσαλότοιχος συμπαρασείρεται από τις εδαφικές μετακινήσεις και μετατοπίζεται.
- Σε όλες τις φάσεις της κατασκευαστικής διαδικασίας προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές οριζόντιας μετακίνησης στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις που εξετάζονται, οι οποίες παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά. Όσο αυξάνεται η τιμή τανύσεως των αγκυρίων τόσο μειώνονται και οι οριζόντιες μετατοπίσεις αλλά και η διαφορά των μέγιστων τιμών τους σε κάθε περίπτωση..
- Ως προς τη γενική μορφή των διαγραμμάτων οριζόντιας μετακίνησης, οι αναλύσεις σε όλες τις περιπτώσεις έδωσαν κοίλη καμπύλη με την έννοια ότι η μέγιστη μετατόπιση δεν απαντάται στη στέψη του πασσαλότοιχου αλλά στο κέντρο.
- Όσο αναφορά τις κατακόρυφες μετατοπίσεις στα αρχικά στάδια εκσκαφής, προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές στην περίπτωση της λεπτομερούς ανάλυσης σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις και κυμαίνονται σε επίπεδα χιλιοστών. Στην τελευταία όμως φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας οι τιμές τους αυξάνονται ακαριαία και είναι πολύ μεγαλύτερες στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Όσο αυξάνεται η τιμή τανύσεως των αγκυρίων τόσο μειώνονται και

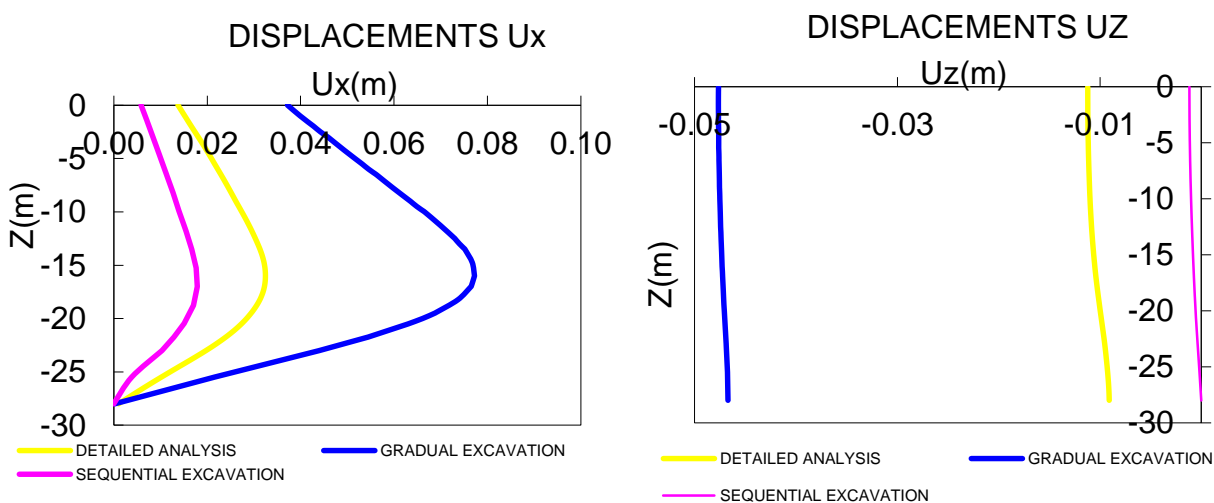
οι κατακόρυφες μετατοπίσεις αλλά και η διαφορά των μέγιστων τιμών τους σε κάθε περίπτωση.

- Ως προς τη γενική μορφή των διαγραμμάτων της κατακόρυφης μετατόπισης, στις περιπτώσεις της ενιαίας εκσκαφής και της λεπτομερούς ανάλυσης, οι καμπύλες είναι κατακόρυφες καθώς η κατανομή τους είναι ομοιόμορφη στον πασσαλότοιχο, ενώ στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής οι τιμές των κατακόρυφων μετατοπίσεων μειώνονται με το βάθος του πασσαλότοιχου.
- Στα αρχικά στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας από τις αναλύσεις που εξετάζονται προκύπτουν μικρές διαφορές ως προς τις τιμές των ροπών. Στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα προκύπτουν μικρότερες τιμές ροπών σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Στο τελικό στάδιο εκσκαφής η λεπτομερής ανάλυση παρουσιάζει εμφανώς μεγαλύτερη τιμή ροπής συγκριτικά με τις άλλες περιπτώσεις για όλες τις τιμές τάνυσεως που εξετάστηκαν. Όσο αυξάνεται η δύναμη τάνυσης των ακυρίων τόσο μειώνονται και οι ροπές σε όλες τις περιπτώσεις καθώς επίσης και οι διαφορές των τιμών τους.
- Η γενική μορφή των διαγραμμάτων των ροπών είναι παρόμοια για τις τρεις περιπτώσεις. Οι μέγιστες τιμές τους στα αρχικά στάδια εκσκαφής που εξετάζεται συγκεντρώνονται στα αντίστοιχα επίπεδα τάνυσεως των ακυρίων. Στο τελικό στάδιο εκσκαφής συγκεντρώνονται περίπου στο κέντρο του πασσαλότοιχου σε όλες τις περιπτώσεις.

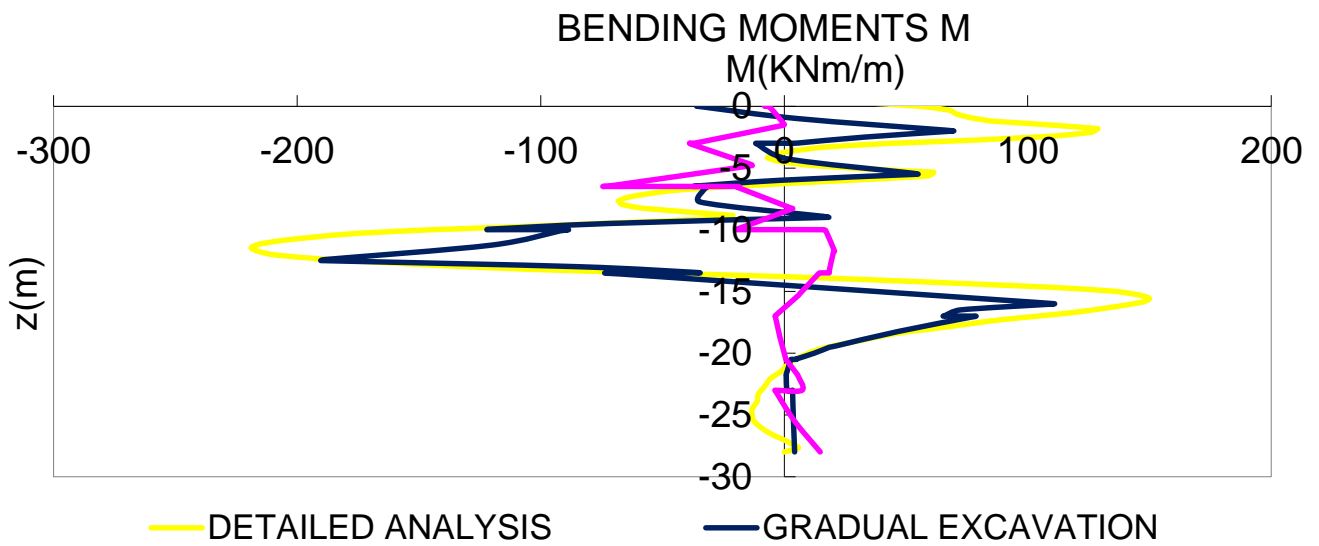
5.2.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=400KN



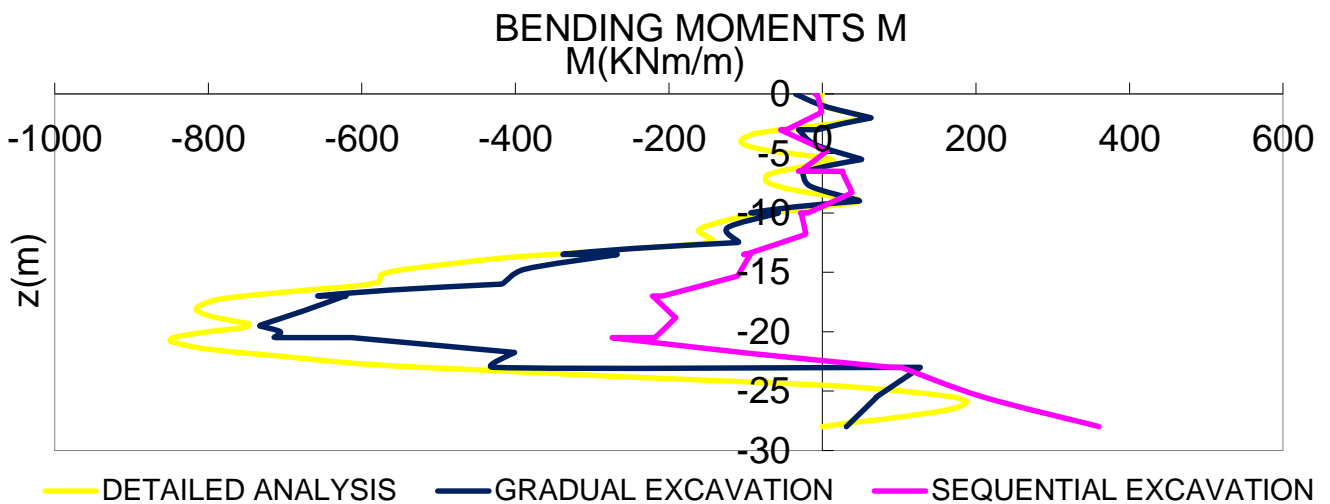
Σχήμα 5.2.6: Σύγκριση οριζόντιων (αριστερά) και κατακόρυφων (δεξιά) μετατοπίσεων λεπτομερούς ανάλυσης με την ενιαία και τμηματική εκσκαφή με ανισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας



Σχήμα 5.2.7: Σύγκριση οριζόντιων (αριστερά) και κατακόρυφων (δεξιά) μετατοπίσεων λεπτομερούς ανάλυσης με την ενιαία και τμηματική εκσκαφή με ανισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας



Σχήμα 5.2.9: Σύγκριση ροπών λεπτομερούς ανάλυσης με την ενιαία και τμηματική εκσκαφή με ανισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας



Σχήμα 5.2.10: Σύγκριση ροπών λεπτομερούς ανάλυσης με την ενιαία και τμηματική εκσκαφή με ανισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας

5.3 Σύγκριση διδιάστατης ανάλυσης με τις αναλύσεις ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική και ανισοτροπική πλάκα στο Plaxis 3D

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η σύγκριση των εντατικών μεγεθών και των μετατοπίσεων του πασσαλότοιχου που προέκυψαν απ' τις διδιάστατες αναλύσεις, με τις χαρακτηριστικές τομές A,B,C,D που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 5.1 στις περιπτώσεις της ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική και ανισοτροπική πλάκα.

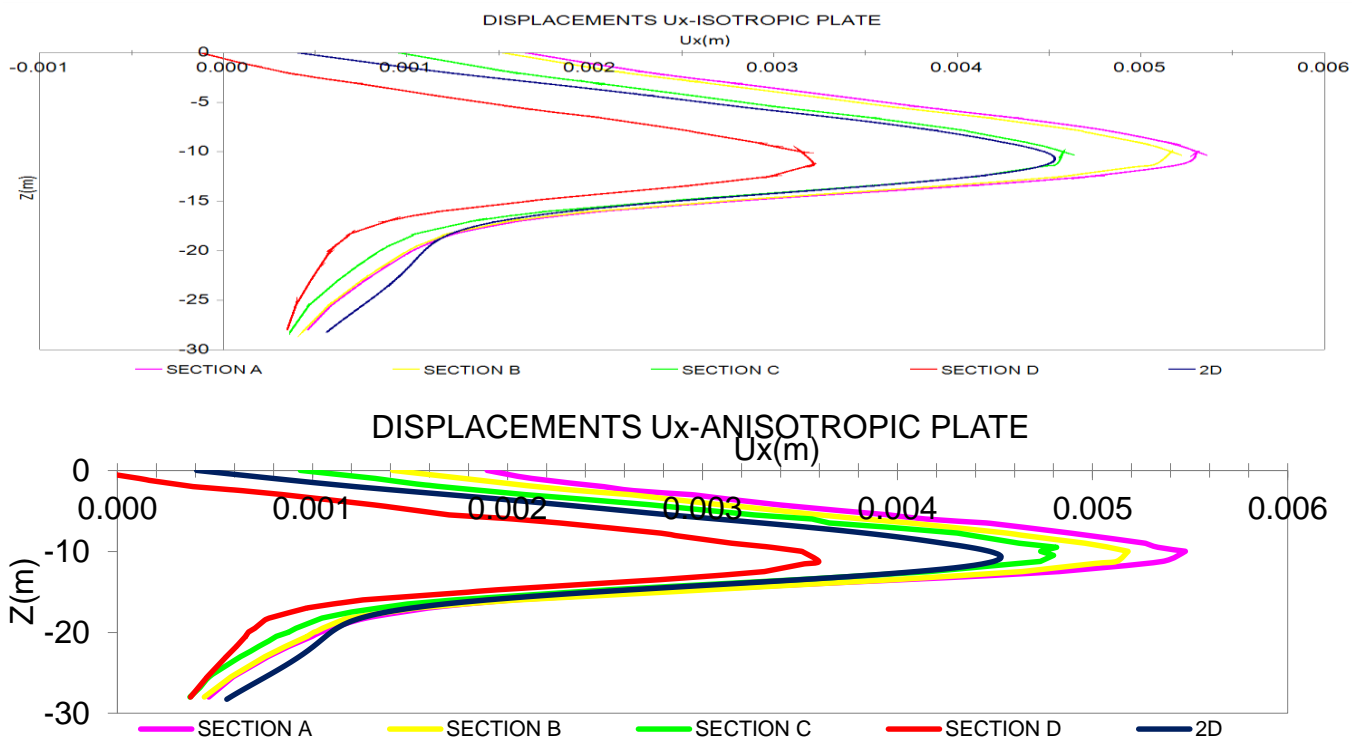
Οι συγκρίσεις έγιναν για χαρακτηριστικές φάσεις εκσκαφής και τανύσεως αγκυρίων. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν: η 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της τρίτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 13.5m και η 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας όπου γίνεται τάνυση της έκτης σειράς αγκυρίων και εκσκαφή σε βάθος από την επιφάνεια 23m. Οι συγκρίσεις έγιναν για τιμές τανύσεως 290KN, 350KN και 500KN.

Από τα σχήματα που ακολουθούν στη παρούσα παράγραφο προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

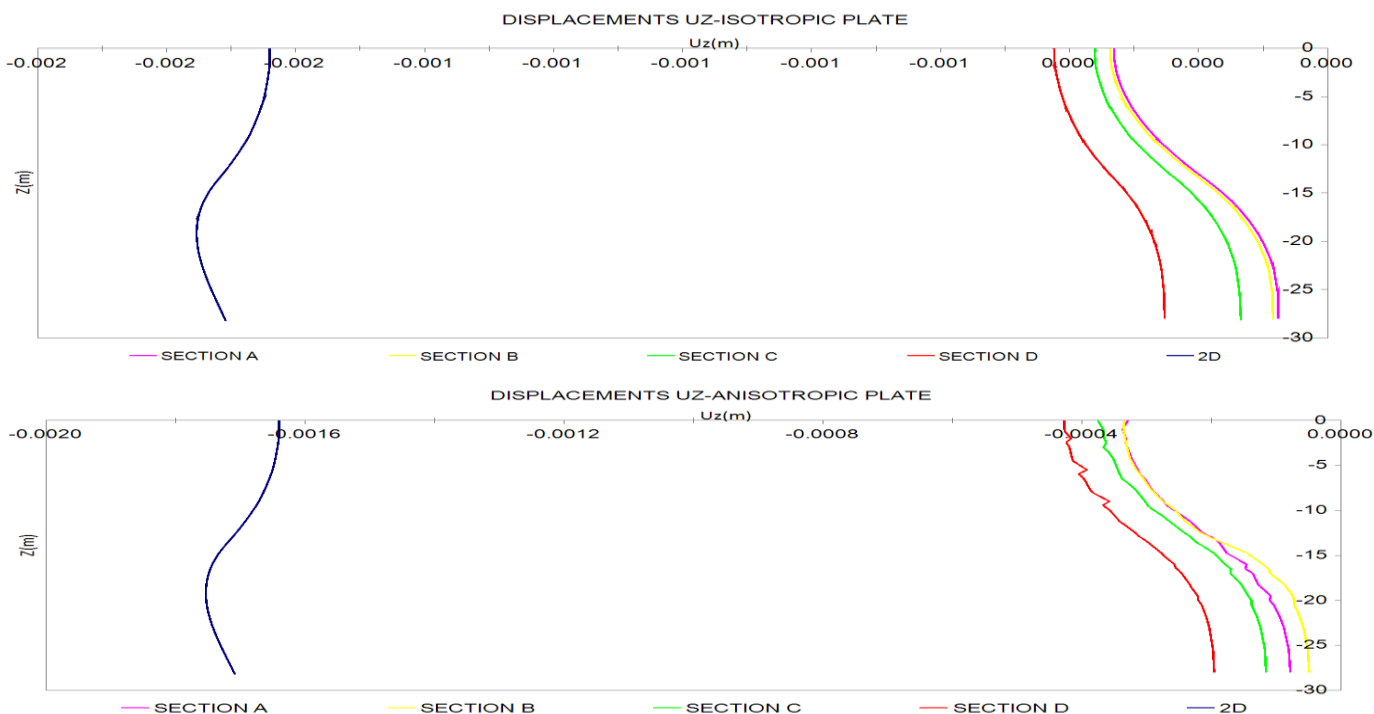
- Οι αποκλίσεις της διδιάστατης με την τριδιάστατη ανάλυση συνδέονται με την προσομοίωση των πασσάλων που στην μεν διδιάστατη ανάλυση, όλα τα μέτρα υποστήριξης (πάσσαλοι και αγκύρια) προσομοιώνονται ως συνεχή γραμμικά στοιχεία κατά μήκος (καθέτως προς το επίπεδο σχεδίασεως). Κατά την τριδιάστατη ανάλυση αντιθέτως, προσομοιώνεται η εκσκαφή σε τρεις διαστάσεις, ενώ τα μέτρα υποστήριξης εισάγονται ως διακριτά στοιχεία με τις πραγματικές τους διαστάσεις. Οι παραπάνω επιλογές είναι αποκλειστικές σε κάθε πρόγραμμα, δεδομένου ότι στη μεν διδιάστατη ανάλυση δεν είναι δυνατή άλλη προσομοίωση, στη δε τριδιάστατη δε θα είχε νόημά προσομοίωση που θα απέκλινε από την πραγματικότητα.
- Στα αρχικά στάδια της κατασκευαστικής διαδικασίας (PHASE 2, PHASE 4) οι μετατοπίσεις είναι μηδαμινές δεδομένου της ελάχιστης μεταβολής των τάσεων. Από τις τριδιάστατες αναλύσεις τόσο στην περίπτωση της ισοτροπικής όσο και στην περίπτωση της ανισοτροπικής πλάκας προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές οριζόντιας μετατόπισης σε σχέση με αυτές της διδιάστατης ανάλυσης ενώ προκύπτουν μικρότερες τιμές κατακόρυφης μετατόπισης.
- Στο τελικό στάδιο εκσκαφής, οι μετακινήσεις έχουν ραγδαία ανάπτυξη σε σχέση με τα προηγούμενα στάδια. Οι οριζόντιες μετατοπίσεις πλέον λαμβάνουν μεγαλύτερες τιμές στην περίπτωση της τριδιάστατης προσομοίωσης με ανισοτροπική πλάκα συγκριτικά με την διδιάστατη ανάλυση ενώ στην περίπτωση της τριδιάστατης προσομοίωσης με ισοτροπική πλάκα συμβαίνει το αντίθετο. Οι κατακόρυφες μετατοπίσεις που προκύπτουν από την διδιάστατη ανάλυση είναι μικρότερες συγκριτικά με τις τριδιάστατες αναλύσεις.
- Οι μετακινήσεις αναπτύσσονται κυρίως στα σημεία όπου τοποθετούνται τα προεντεταμένα αγκύρια. Οι τιμές των οριζόντιων μετατοπίσεων είναι μεγαλύτερες στο κέντρο της μεγάλης πλευράς του πασσαλότοιχου (χαρακτηριστική τομή A) ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν μειώνονται. Το αντίθετο συμβαίνει για τις τιμές των κατακόρυφων μετατοπίσεων.

- Στην χαρακτηριστική τομή D του πασσαλότοιχου οι τιμές της οριζόντιας μετακίνησης u_x αρχικά είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές που προέκυψαν από την διδιάστατη ανάλυση ενώ όσο εξελίσσεται η κατασκευαστική διαδικασία, παρατηρούμε ότι είναι μικρότερες.
- Ως προς τη γενική μορφή των διαγραμμάτων οριζόντιας μετακίνησης, οι αναλύσεις έδωσαν κοίλη καμπύλη με την έννοια ότι η μέγιστη μετατόπιση δεν απαντάται στη στέψη του πασσαλότοιχου αλλά στο κέντρο.
- Οι τιμές των ροπών που αναπτύχθηκαν τόσο στην περίπτωση της ισοτροπικής όσο και στην περίπτωση της ανισοτροπικής πλάκας σχεδόν ταυτίζονται με αυτές που προέκυψαν από την διδιάστατη ανάλυση στα αρχικά στάδια εκσκαφής. Οι διαφορές των μέγιστων ροπών είναι ελάχιστες, ιδιαίτερα στην περίπτωση της σύγκρισης της διδιάστατης ανάλυσης με την τριδιάστατη ανάλυση, για προσομοίωση με ισοτροπική πλάκα.
- Στην περίπτωση της ανισοτροπικής πλάκας, διαφορές στις μέγιστες τιμές ροπών παρουσιάζονται σε σχέση με την χαρακτηριστική τομή A, όπου αναπτύσσονται μεγαλύτερες ροπές συγκριτικά με τις υπόλοιπες τομές και σε σχέση με τις διδιάστατες αναλύσεις.
- Στο τελικό στάδιο της κατασκευαστικής διαδικασίας οι τιμές των ροπών είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση της διδιάστατης ανάλυσης συγκριτικά με την τριδιάστατη ανάλυση με ισοτροπική πλάκα προσομοίωσης. Στην περίπτωση της ανισοτροπικής πλάκας προσομοίωσης οι τιμές των ροπών είναι μεγαλύτερες, ιδιαίτερα στις χαρακτηριστικές τομές A,B σε σχέση με την διδιάστατη ανάλυση.
- Για την μέγιστη τιμή τανύσεως, 500KN, παρατηρείται ότι οι διαφορές των οριζόντιων μετατοπίσεων τόσο στη σύγκριση τριδιάστατης ανάλυσης με ισοτροπική πλάκα-διδιάστατης ανάλυσης όσο και στη σύγκριση τριδιάστατης ανάλυσης με ανισοτροπική πλάκα-διδιάστατης ανάλυσης, είναι μηδαμινές (3mm και 4.5mm αντίστοιχα). Όσο μειώνεται η τάνυση των αγκυρίων αυξάνονται οι μετακινήσεις του πασσαλότοιχου. Τα αποτελέσματα των οριζόντιων μετατοπίσεων της διδιάστατης ανάλυσης παρουσιάζουν αισθητές διαφορές με αυτά της τριδιάστατης ανάλυσης για ισοτροπική πλάκα προσομοίωσης του πασσαλότοιχου, ενώ με την τριδιάστατη ανάλυση για ανισοτροπική πλάκα παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, για τιμή τανύσεως 350KN η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση στην περίπτωση της διδιάστατης ανάλυσης ισούται με 11.4cm, μόλις 1mm διαφορά απ' την αντίστοιχη τιμή της τριδιάστατης ανάλυσης με ανισοτροπική πλάκα, ενώ η ανάλυση με ισοτροπική πλάκα παρουσιάζει μέγιστη μετακίνηση ίση με 6.5cm. Για τιμή τανύσεως ίση με 290KN η διδιάστατη ανάλυση παρουσιάζει μέγιστη οριζόντια μετακίνηση ίση με 16cm, η τριδιάστατη ανάλυση με ανισοτροπική πλάκα 19cm και με ισοτροπική πλάκα 11cm.
- Όσο αναφορά τις ροπές, η διδιάστατη ανάλυση για την μέγιστη τιμή τανύσεως δίνει παρόμοια αποτελέσματα με την τριδιάστατη ανάλυση με ισοτροπική πλάκα. Όσο μειώνεται η δύναμη τανύσεως των αγκυρίων, αυξάνονται οι ροπές που αναπτύσσονται στον πασσαλότοιχο και οι τιμές τους στη διδιάστατη ανάλυση, σχεδόν ταυτίζονται με αυτές τις τριδιάστατης ανάλυσης με ανισοτροπική πλάκα.

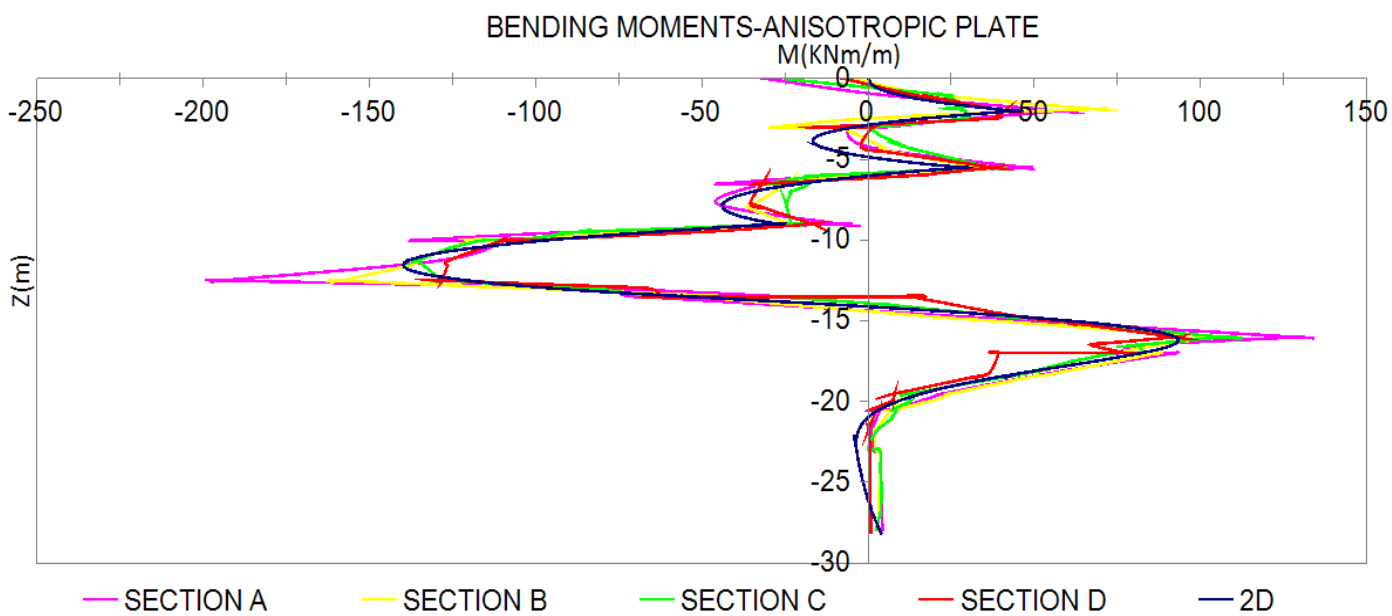
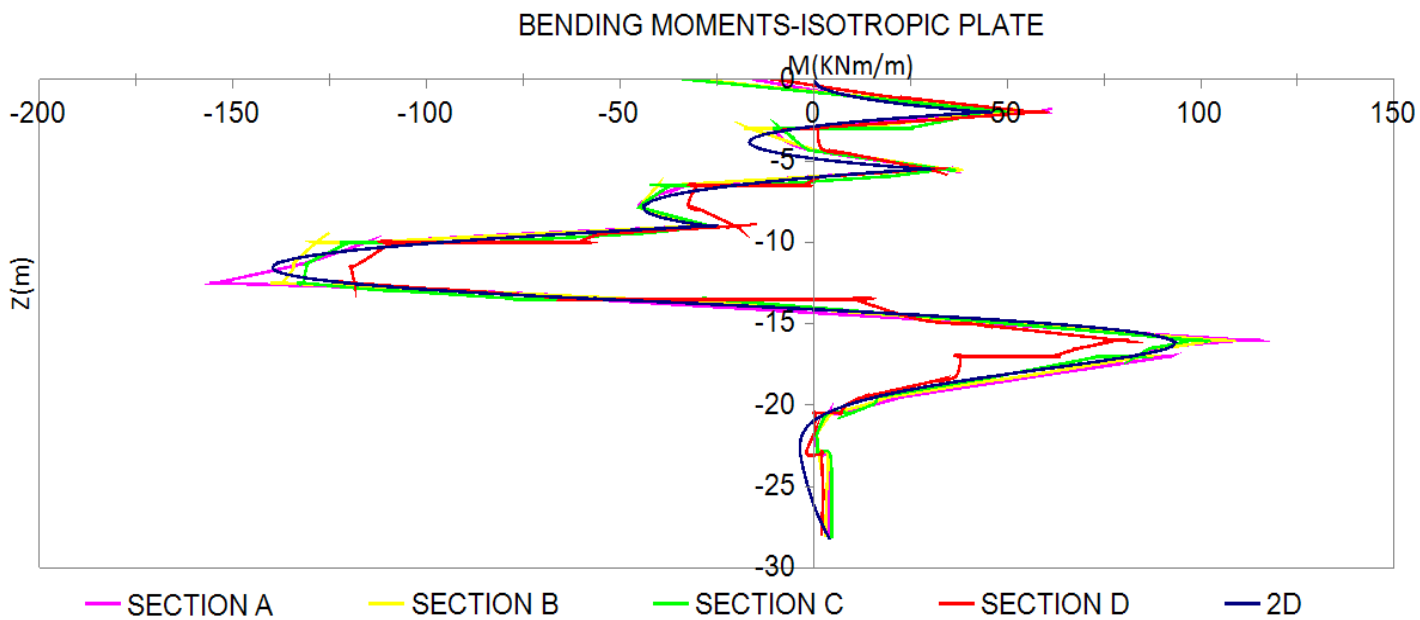
5.3.1 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=290KN.



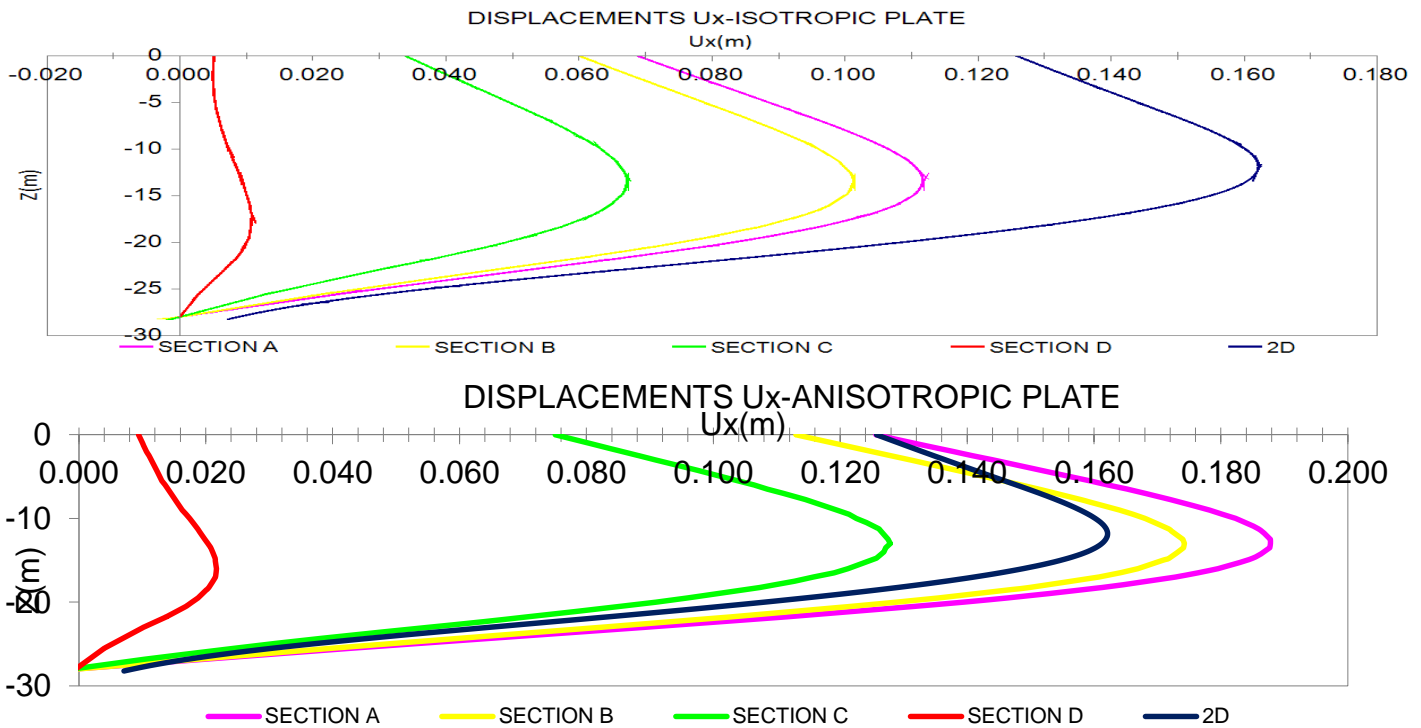
Σχήμα 5.3.1 Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ιστροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



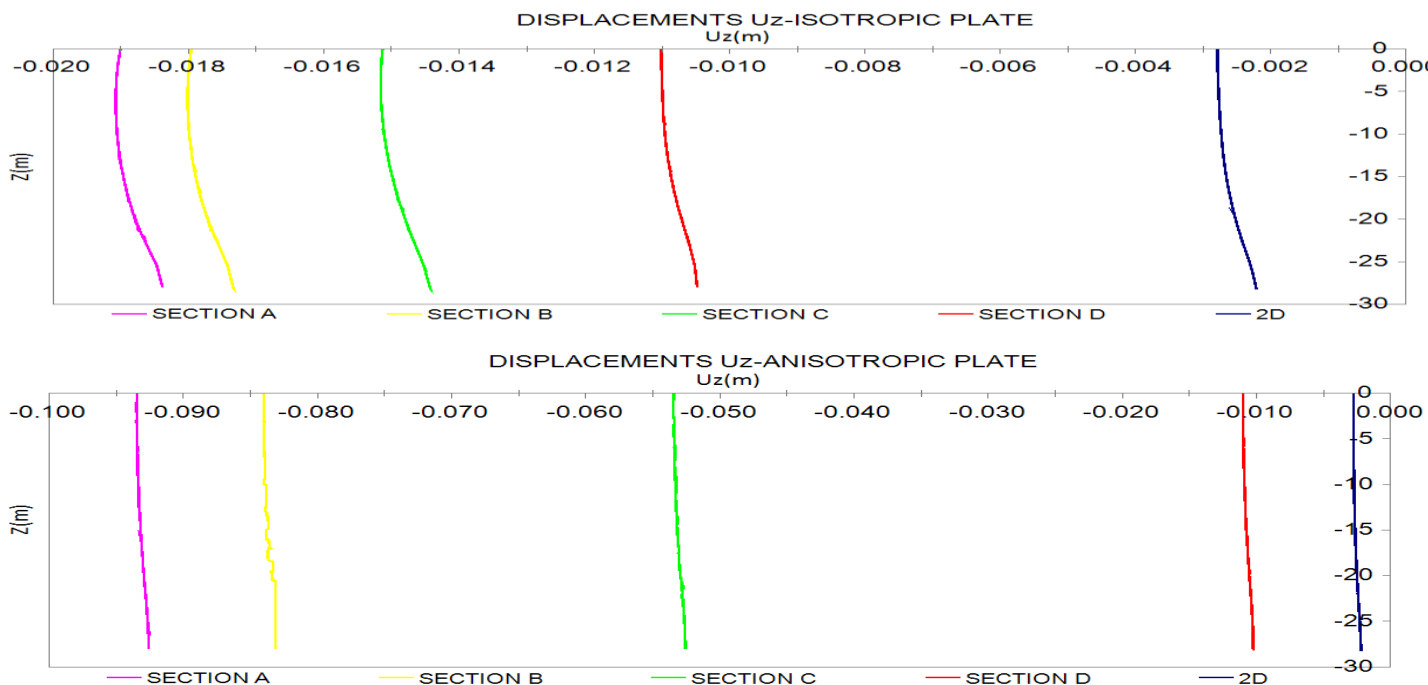
Σχήμα 5.3.2: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ιστροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



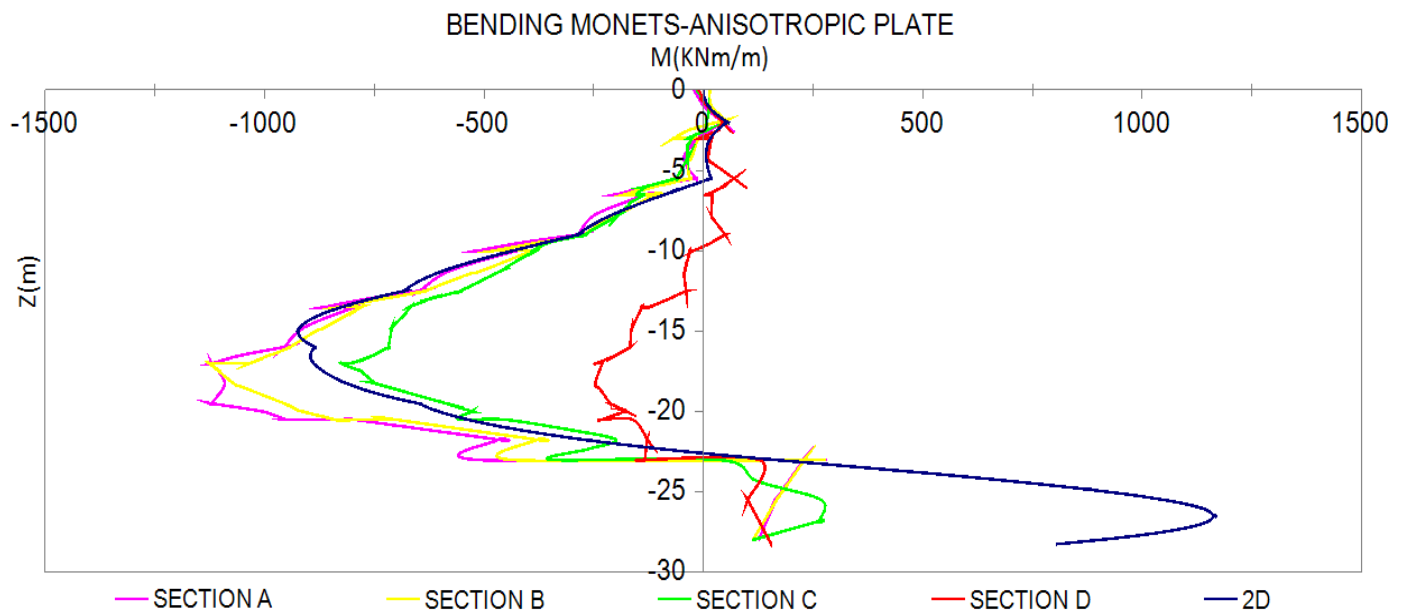
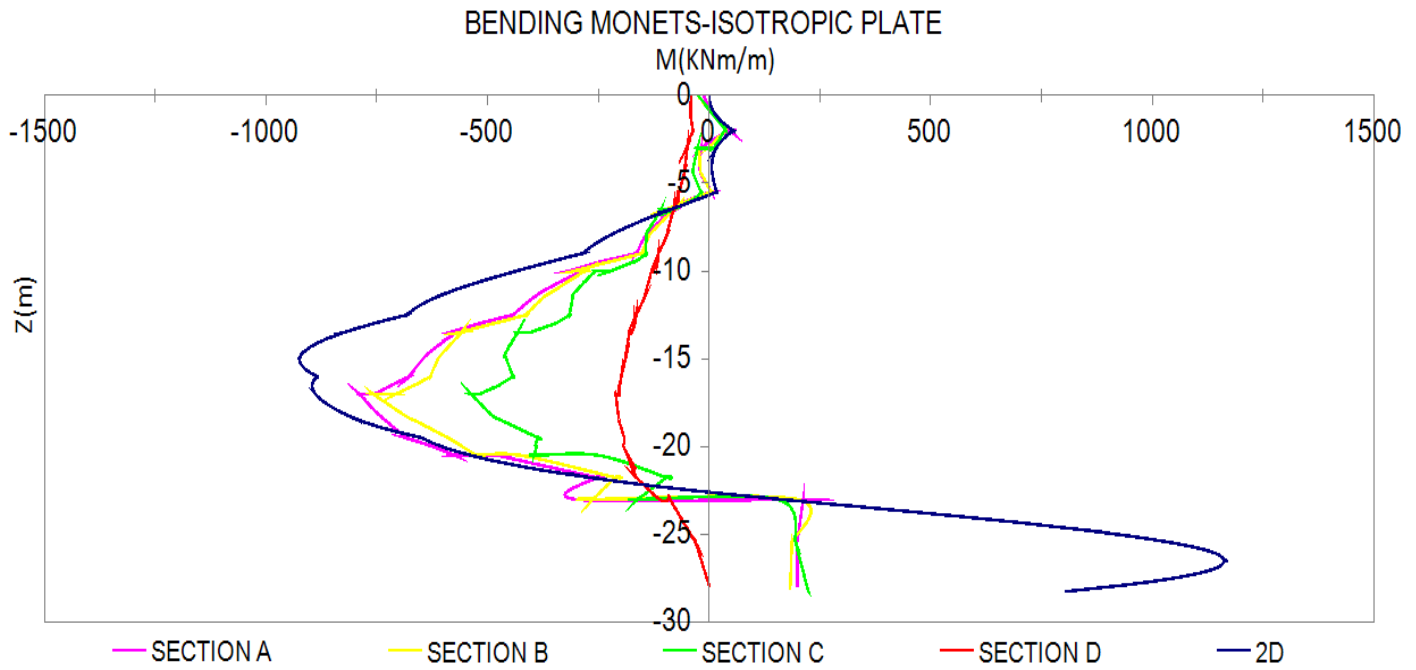
Σχήμα 5.3.3: Σύγκριση ροπών διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D (πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D (κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση την κατασκευαστικής διαδικασίας



Σχήμα 5.3.4: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.

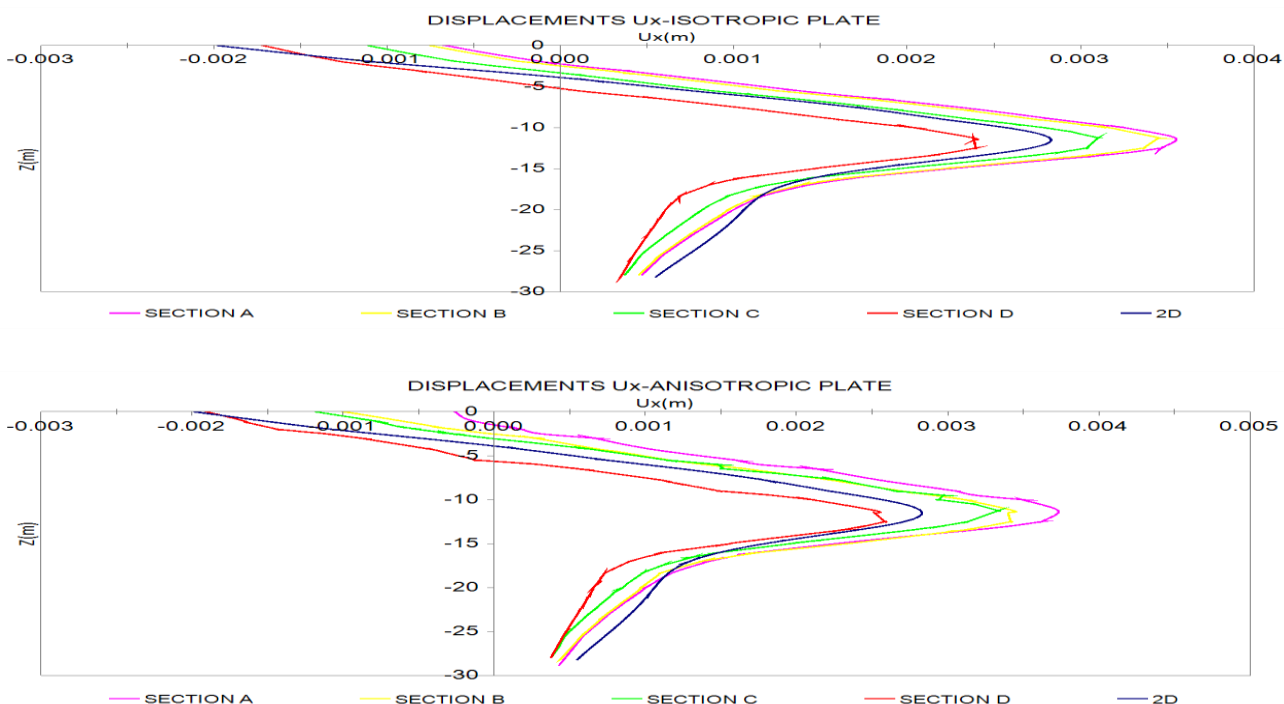


Σχήμα 5.3.5: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.

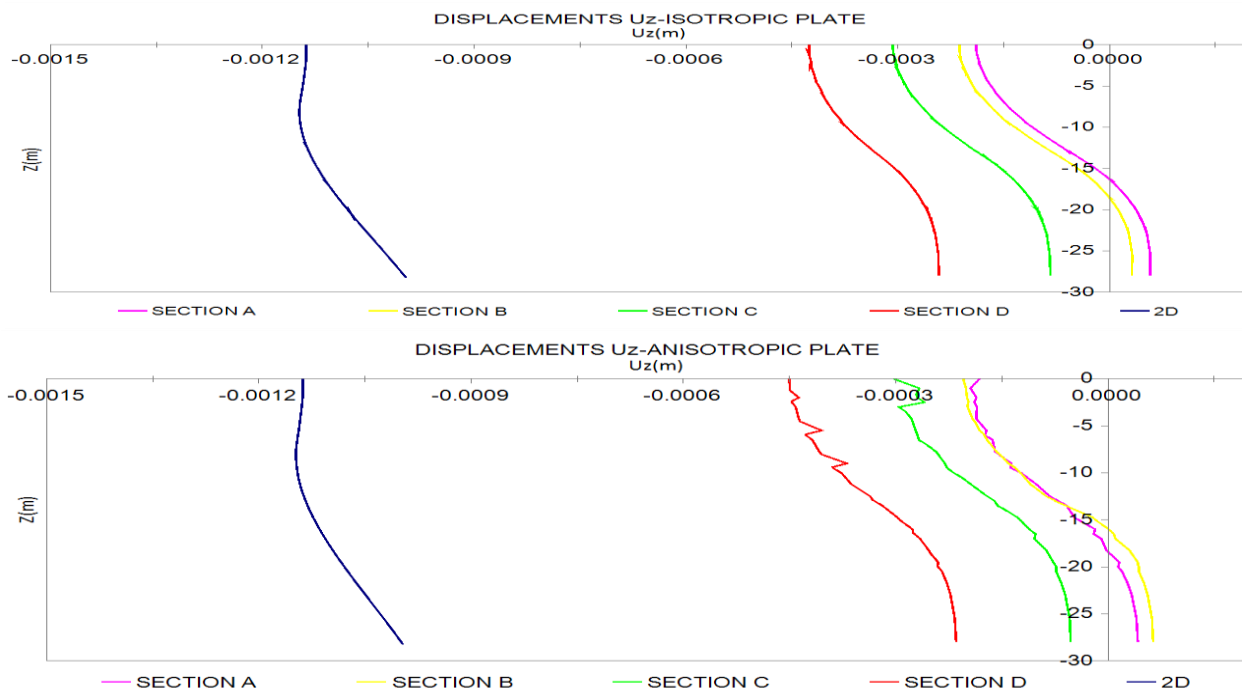


Σχήμα 5.3.6 Σύγκριση ροπών διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D (πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D (κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση την κατασκευαστικής διαδικασίας

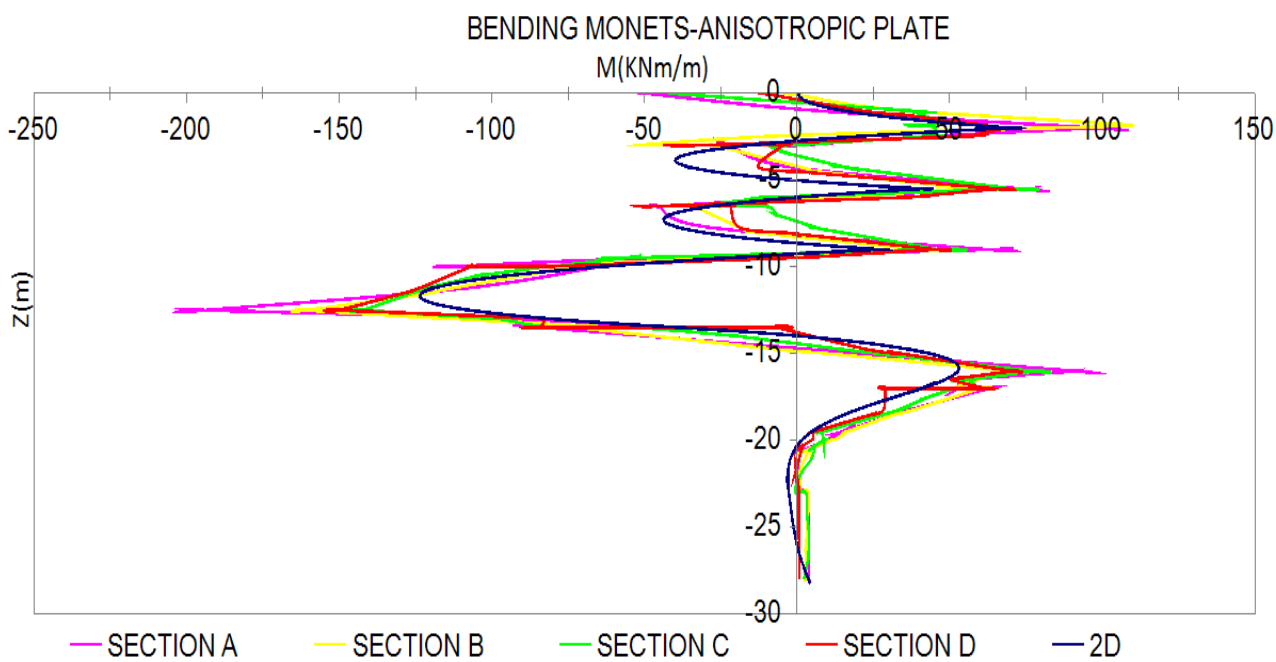
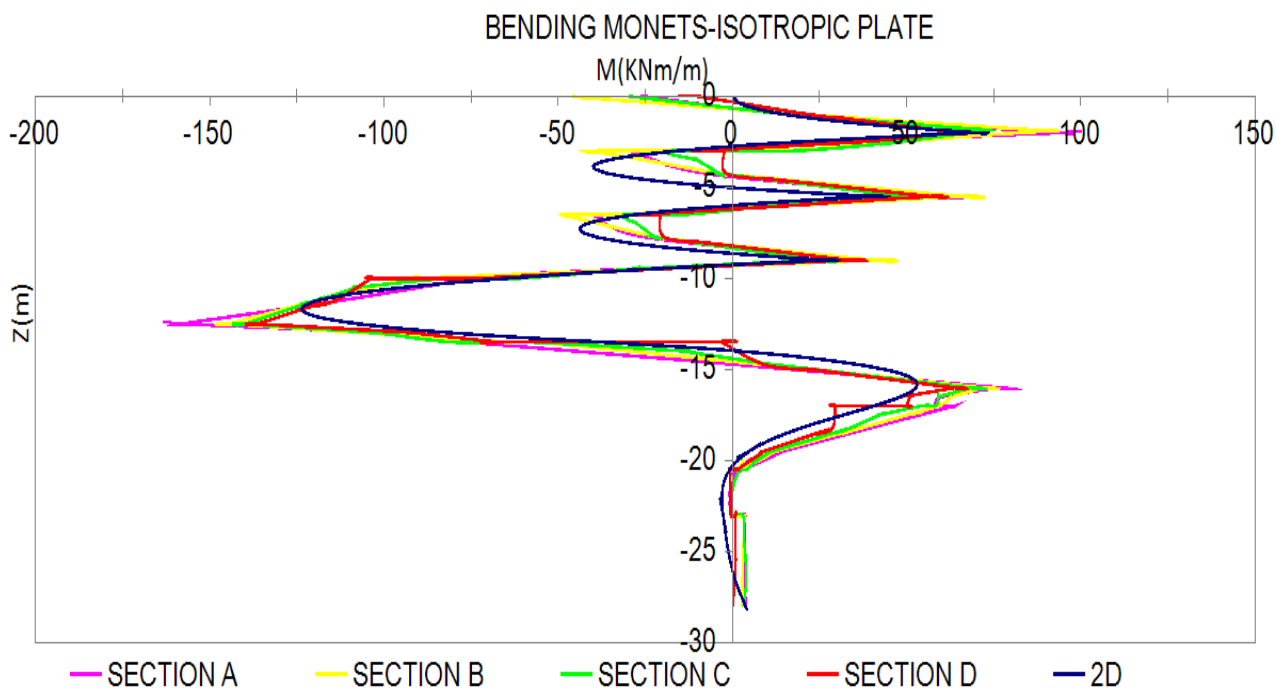
5.3.2 ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ=500KN



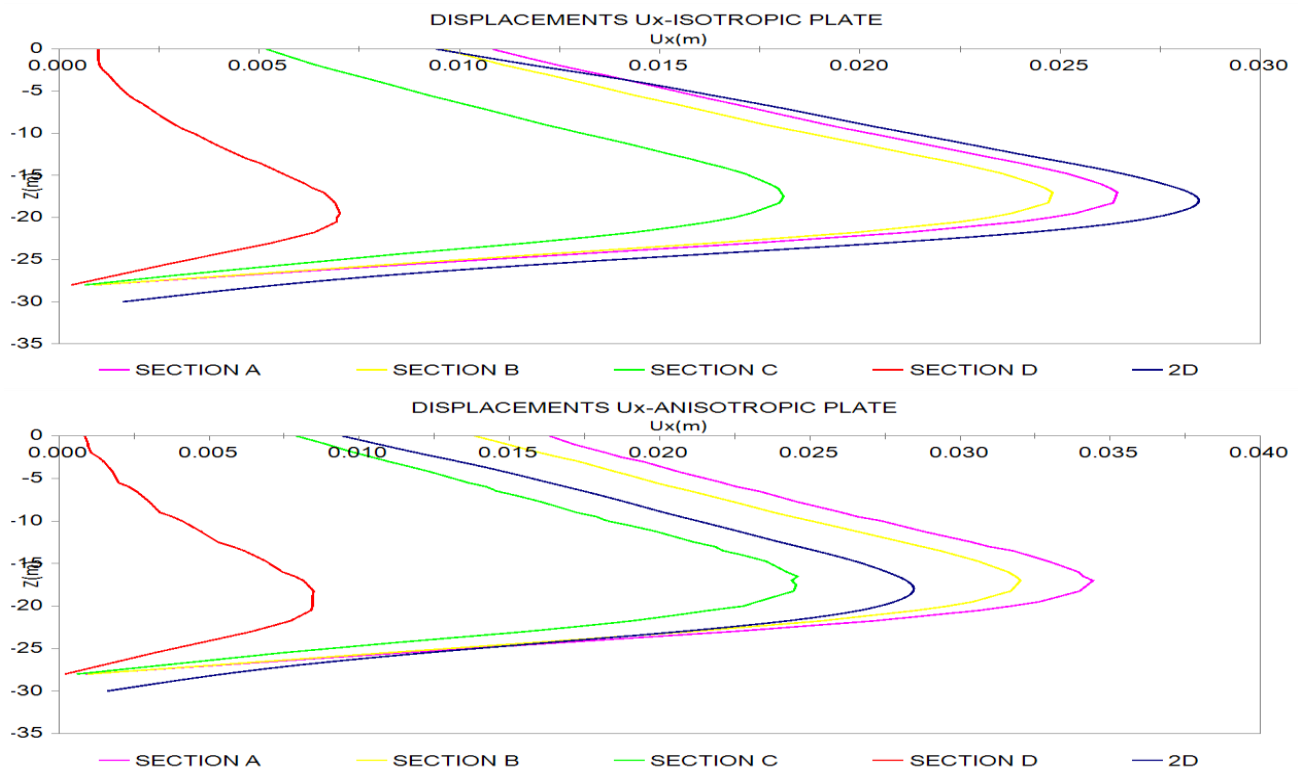
Σχήμα 5.3.7: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



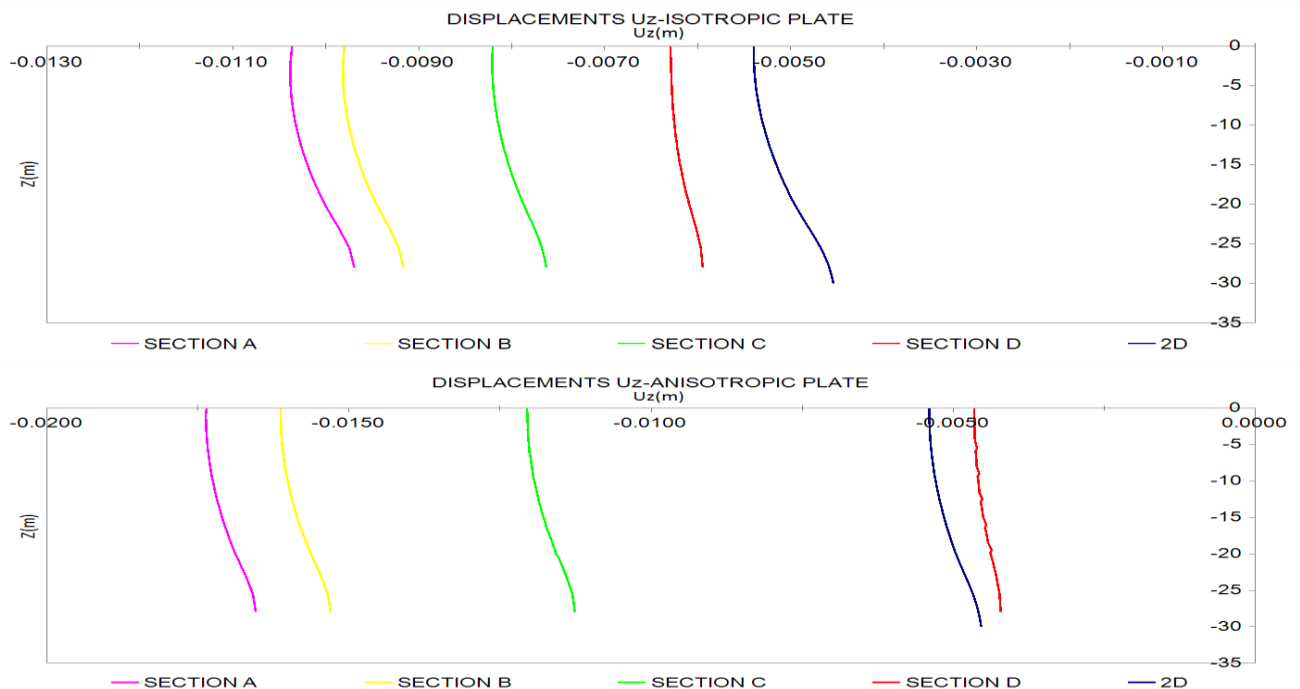
Σχήμα 5.3.8: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



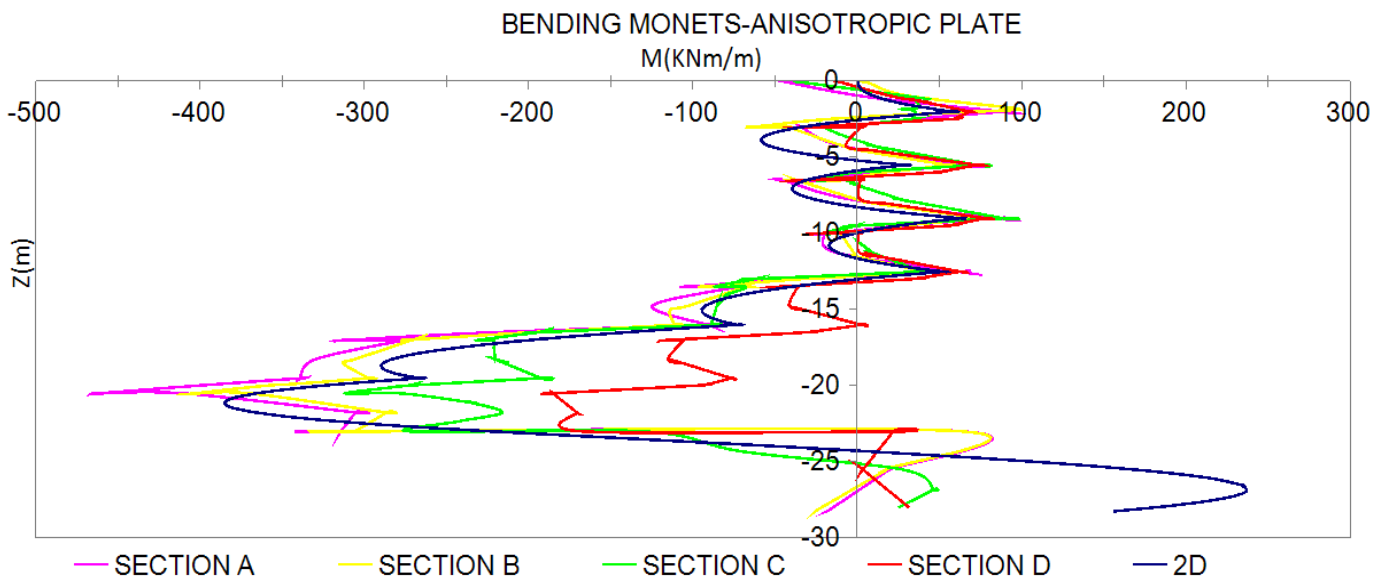
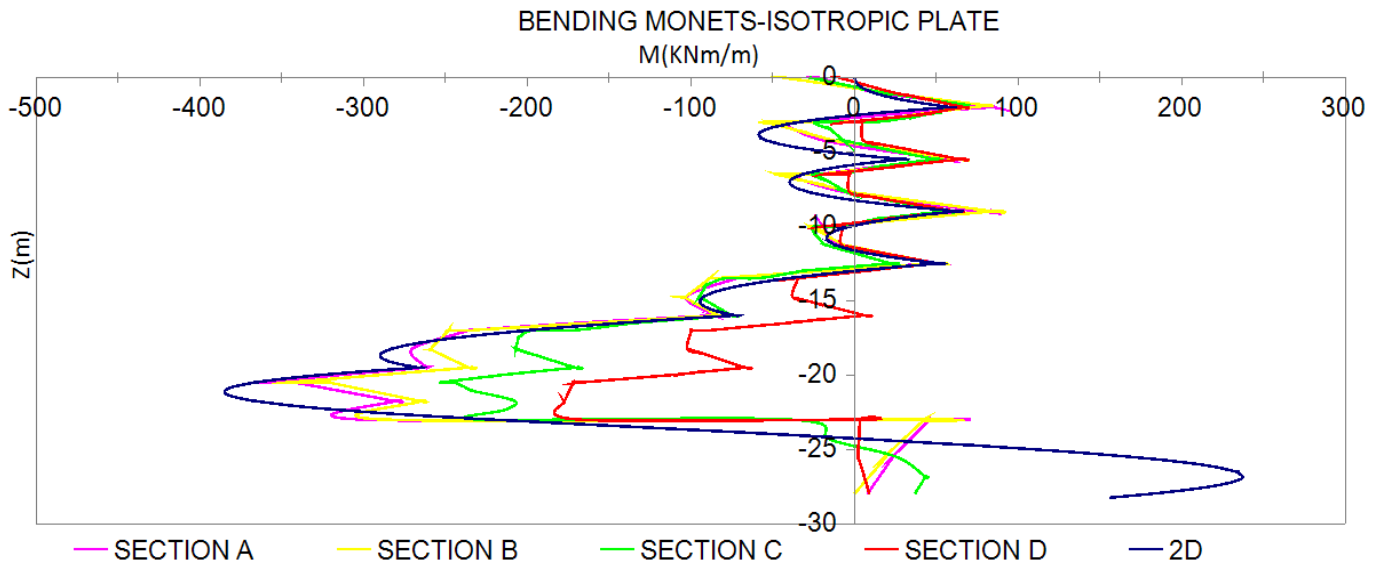
Σχήμα 5.3.9: Σύγκριση ροπών διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D (πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D (κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 4^η φάση την κατασκευαστικής διαδικασίας.



Σχήμα 5.3.10: Σύγκριση οριζόντιων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



Σχήμα 5.3.11: Σύγκριση κατακόρυφων μετατοπίσεων διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D(πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D(κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση της κατασκευαστικής διαδικασίας.



Σχήμα 5.3.12: Σύγκριση ροπών διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ισοτροπική πλάκα στο PLAXIS 3D (πάνω) και διδιάστατης ανάλυσης και ενιαίας εκσκαφής με ανισοτροπική πλάκα PLAXIS 3D (κάτω) στις 4 χαρακτηριστικές τομές του πασσαλότοιχου, για την 7^η φάση την κατασκευαστικής διαδικασίας.

6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως προς τη γενική συμπεριφορά των περιπτώσεων που εξετάστηκαν προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Διαφορετικές διαδικασίες εκσκαφής και εγκατάστασης αντηρίδων έχουν διαφορετική επίδραση στην εντατική κατάσταση του εδάφους κοντά στον τοίχο, με αποτέλεσμα να εμφανιστούν διαφορετικές τιμές καθίζησης στην περιοχή αυτή. Αντιθέτως, σε κάποια απόσταση από τον τοίχο, ο διαφορετικός τρόπος εκσκαφής και αντιστήριξης έχει μικρή μόνο επιρροή στο καθεστώς των τάσεων του εδάφους και το αντίστοιχο προφίλ καθιζήσεων είναι παρόμοιο σε κάθε περίπτωση, εφ' όσον δεν αλλάζει η συνισταμένη δύναμη των αντηρίδων.
- Η συνολική ενδοσιμότητα του καθ' όλου συστήματος διαφοροποιείται λοιπόν σταδιακά κατά τις διάφορες φάσεις εξέτασης (εκσκαφή, τοποθέτηση αντηρίδων, προένταση, νέα εκσκαφή κλπ). Κατά συνέπεια, αναμένεται σταδιακή ανακατανομή των ωθήσεων, ενδεχομένως δε βαθμιαία ανάπτυξη φαινόμενων “τοξωτής λειτουργίας”.
- Σε κάθε περίπτωση, όσο αυξάνεται η αντοχή των αγκυρίων, επομένως και η δύναμη τανύσεως τους, τόσο μειώνονται οι μετακινήσεις και τα εντατικά μεγέθη.
- Στα αρχικά στάδια εκσκαφής δεν αναπτύσσονται μεγάλες τιμές οριζόντιων και κατακόρυφων μετατοπίσεων και παρουσιάζουν μικρές διαφορές στις περιπτώσεις που εξετάζονται. Στα τελικά στάδια η αύξηση της είναι ραγδαία και η διαφορά τους πλέον είναι εμφανής στις περιπτώσεις προσομοίωσης που εξετάστηκαν.
- Σε όλες τις περιπτώσεις, το τοιχίο αντιστήριξης παραμορφώνεται κυρίως προς τα μέσα, με μέγιστες παραμορφώσεις στις κεντρικές περιοχές εκσκαφής. Στις γωνίες τις εκσκαφής η τιμές των μετατοπίσεων είναι αμελητέες.

Συγκρίνοντας τις έξι περιπτώσεις συμπεραίνουμε ότι:

- Από τις προσομοιώσεις του πασσαλότοιχου με ανισοτροπική πλάκα είτε στην περίπτωση ενιαίας είτε στην περίπτωση τμηματικής εκσκαφής, προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές μετατοπίσεων και ροπών συγκριτικά με τις προσομοιώσεις του πασσαλότοιχου με ισοτροπική πλάκα. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της ενιαίας εκσκαφής, οι τιμές οριζόντιας μετατόπισης είναι σχεδόν διπλάσιες στην προσομοίωση με ανισοτροπική πλάκα σε σχέση με την ισοτροπική.
- Γενικότερα, στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής προκύπτουν μικρότερες τιμές εντατικών μεγεθών και μετατοπίσεων σε σχέση με την ενιαία εκσκαφή και τις άλλες περιπτώσεις που εξετάστηκαν.
- Θεωρώντας πιο ρεαλιστική προσομοίωση της φυσικής του προβλήματος αυτήν της λεπτομερούς ανάλυσης, προέκυψε ότι πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα μετατοπίσεων παρουσιάζει η περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής. Η προσομοίωση της ενιαίας εκσκαφής (ιδιαίτερα στην περίπτωση της θεώρησης ανισοτροπικής πλάκας) και της διδιάστατης ανάλυσης υπερεκτιμούν τα αποτελέσματα των μετακινήσεων ιδιαίτερα για μικρές τιμές τανύσεως των αγκυρίων.

Όσον αναφορά τις ροπές όμως, η λεπτομερής ανάλυση παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές συγκριτικά με όλες τις περιπτώσεις και πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα είναι αυτά της ενιαίας εκσκαφής. Στην περίπτωση της τμηματικής εκσκαφής γίνεται υποτίμηση των ροπών, ιδιαίτερα για μικρές τιμές τανύσεως.

- Για μεγάλες τιμές τανύσεως των αγκυρίων οι μετατοπίσεις που προκύπτουν από τις δισδιάστατες αναλύσεις κυμαίνονται ανάμεσα στις τιμές μετατοπίσεων που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις με ενιαία εκσκαφή με ισοτροπική και ανισοτροπική πλάκα στο Plaxis 3D. Όσο όμως μειώνεται η τιμή τάνυσης των αγκυρίων η συμπεριφορά της διδιάστατης ανάλυσης σχεδόν ταυτίζεται με αυτή της τριδιάστατης ανάλυσης με ανισοτροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή.

Όσον αναφορά τις ροπές για μεγάλες τιμές τανύσεως η διδιάστατη ανάλυση παρουσιάζει όμοια συμπεριφορά με αυτή της τριδιάστατης ανάλυσης με ισοτροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή ενώ για μικρές τιμές τάνυσης οι ροπές που αναπτύσσονται δεν έχουν ιδιαίτερες αποκλίσεις από αυτές της τριδιάστατης με ανισοτροπική πλάκα και ενιαία εκσκαφή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- PLAXIS3D, 2012. Material models
- PLAXIS3D, 2012. Tutorial manual
- PLAXIS3D, 2012. Reference
- Γερόλυμος Ν. (2008), «Γεωτεχνικός υπολογισμός της νέας λύσης για την εκσκαφή και προσωρινή αντιστήριξη του κυρίως σταθμού», Τεχνική έκθεση για την ΑΓΕΚ-IMERGILO S.p.A-ALSTOM Transport S.A, Σταθμός Αγίας Παρασκευής
- Persson H. & Sigstrom D. (2010), «Staged excavation in soft clay supported by a cantilever sheet pile wall», Master's Thesis in the Geo and Water Engineering. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Ρόζος Δ. (2011), «Εκσκαφή σταθμού μετρό στην Αγ.Παρασκευή Αττικής-Μέθοδος κατασκευής και προβλήματα», Διπλωματική εργασία. Ε.Μ.Π.
- Παπαδοπούλου Κ. (2011), «Παραμετρική ανάλυση αντιστηρίξεων με προεντεταμένες αγκυρώσεις», Μεταπτυχιακή εργασία. Ε.Μ.Π.
- Στάυρου Β. (2010), «Αντιστήριξη βαθιών εκσκαφών με προεντεταμένες αγκυρώσεις: Παραμετρικές αναλύσεις», Μεταπτυχιακή εργασία. Ε.Μ.Π.
- Γκαζέτας Γ., Μπουκουβάλας Γ., Καββαδάς Μ., Γερόλυμος Ν. (2011), «Υπολογιστική Γεωτεχνική», Σημειώσεις. Ε.Μ.Π.
- Ιστότοπος: www.attikometro.gr
- Xanthakos P. (1991):"Ground Anchors and Anchored Structures", John Wiley and Sons Publications U.S.A.
- Χριστούλας Σ.(1998):"Επιλογές Εφαρμοσμένης Γεωτεχνικής Μηχανικής", (Κεφ.: Στοιχεία Εύκαμπτων Αντιστηρίξεων και Αγκυρώσεων), Εκδόσεις Συμεών.
- Παπαδόπουλος Β., (2008): «Στοιχεία του Μαθήματος "Βραχομηχανική-Σήραγγες", Σημειώσεις. Ε.Μ.Π.
- Μ. Καββαδάς (2005), "Στοιχεία Εδαφομηχανικής", Ε.Μ.Π.
- Αναγνωστόπουλος Α., Μιχάλης Η., (2004) «Σημειώσεις αντιστηρίξεων και καθιζήσεων λόγω εκσκαφών», Ε.Μ.Π.