

Ευχαριστώ τον Καθηγητή Β. Κουμούση και το Σάββα  
Τριανταφύλλου για τη βοήθεια και καθοδήγησή τους. Επίσης, ευχαριστώ την οικογένεια μου για  
την πολύχρονη στήριξη και συμπαράστασή της.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή και η σύγκριση διαφόρων μεθόδων ανάλυσης, για ελαστική και ανελαστική συμπεριφορά πολυόροφης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και η πρόταση τρόπου ενίσχυσης. Μέσα από την εφαρμογή τους επιχειρείται η ανάδειξη των διαφορών, η εκτίμηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων και η σύγκριση της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής πριν και μετά την ενίσχυση.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της υπό μελέτη κατασκευής, των αναλύσεων που εφαρμόζονται και του προσομοιώματος που χρησιμοποιήθηκε. Καθορίζονται οι ιδιότητες των υλικών, τα χαρακτηριστικά των διατομών και οι φορτίσεις που επιβάλλονται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εφαρμόζονται οι δύο μέθοδοι ελαστικής ανάλυσης σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000, η Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος και η Δυναμική Φασματική Μέθοδος. Υπολογίζονται και συγκρίνονται τα μέγιστα παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη με στόχο την εύρεση της πιο αξιόπιστης μεθόδου.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας. Αξιολογούνται τα μέγιστα παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη που αναπτύχθηκαν και παρουσιάζεται η χρονική τους εξέλιξη. Ακολούθως εισάγονται συντελεστές κλίμακας για τη σύγκριση της μεθόδου με τη Δυναμική Φασματική Μέθοδο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εφαρμόζεται η Μη Γραμμική Μέθοδος Σταδιακής Εξώθησης. Προσδιορίζεται η καμπύλη αντίστασης και το σημείο Επιτελεστικότητας και επισημαίνονται οι βασικές αδυναμίες του αρχικού φορέα με στόχο την ενίσχυσή του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι ενίσχυσης και μορφώνεται ο νέος φορέας. Προσδιορίζονται οι νέες διατομές και τα νέα στοιχεία πλαστικοποίησής τους.

Στο έκτο κεφάλαιο εφαρμόζεται η Δυναμική Φασματική Μέθοδος στον ενισχυμένο φορέα, παρουσιάζονται τα μέγιστα παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη και συγκρίνονται με τα αντίστοιχα πριν την ενίσχυση. Τέλος εφαρμόζεται η Μη Γραμμική Μέθοδος Σταδιακής Εξώθησης και προσδιορίζονται η νέα καμπύλη αντίστασης και το νέο σημείο Επιτελεστικότητας.

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των βασικών διαφορών των αναλύσεων που εφαρμόστηκαν και σχολιάζονται τα αποτελέσματα.

## SUMMARY

The objective of this thesis is the application and the comparison of various methods of elastic and inelastic analysis on a multi-storey reinforced concrete structure and the proposal of a way to be reinforced. This study attempts to illustrate the differences of the analysis, the accuracy of the results as well as the comparison of the seismic response of the structure before and after the reinforcement.

In the first chapter, the structure is defined in terms of material and section properties. The program used to design the model is SAP2000. The types and the intensity of loading are presented along with the load combinations, as suggested in the Greek regulations.

In the second chapter, the Equivalent Static Analysis and the Spectral Analysis are applied according to EAK (Greek Antiseismic Code). The displacements and forces of these two analysis are presented and compared in order to check the reliability of the two methods.

In the third chapter, the Linear Time History Analysis is demonstrated. The displacements and forces developed are evaluated and their time evolution is presented. In addition, scale factors are inserted in order to compare the method with the Spectral Analysis.

In the fourth chapter, the main features of the Pushover Analysis are illustrated. The Capacity Curve and the Performance Point are defined according to ATC-40.

In the fifth chapter the methods of reinforcement are presented and the new model is defined. New material, section and hinge properties are inserted.

In the sixth chapter, the Spectral Analysis is applied in the new model and the displacements and forces are defined and compared to the initial ones.

Finally, the Pushover Analysis is applied and the Capacity Curve and Performance Point are also defined.

In the final chapter, the main conclusions are presented in order to give an overview of the available methods that reveal the behaviour of this particular structure before and after the reinforcement.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: Εισαγωγή</b>	
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Ισχύοντες κανονισμοί προ του 1984.....	7
1.3 Μέθοδοι ανάλυσης.....	7
1.3.1 Ελαστική Ανάλυση.....	7
1.3.2 Ανελαστική Ανάλυση.....	8
1.4 Μοντέλο προσομοίωσης.....	10
1.5 Εισαγωγή δεδομένων στο sap.....	11
<b>2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: Δυναμική Φασματική Μέθοδος- Απλοποιημένη Φασματική</b>	
2.1 Δυναμική Φασματική Μέθοδος.....	18
2.1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	18
2.1.2 Εισαγωγή Δεδομένων.....	21
2.1.3 Παραμορφωσιακά και Εντατικά Μεγέθη.....	27
2.2 Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος.....	30
2.2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	30
2.2.2 Υπολογισμός Στατικών Φορτίων.....	33
2.2.3 Εισαγωγή Δεδομένων.....	33
2.2.4 Παραμορφωσιακά και Εντατικά Μεγέθη.....	36
2.3 Σύγκριση Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου- Ισοδύναμης Στατικής.....	37
<b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας</b>	
3.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	39
3.2 Εισαγωγή Δεδομένων.....	39
3.3 Παραμορφωσιακά και Εντατικά Μεγέθη.....	41
3.4 Χρονική εξέλιξη παραμορφωσιακών και εντατικών μεγεθών.....	42
3.5 Σύγκριση Ελαστικών Αναλύσεων- Συντελεστές Κλίμακας.....	47
<b>4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: Μη Γραμμική Μέθοδος Σταδιακής Εξώθησης</b>	
4.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	50
4.1.1 Προσδιορισμός γωνιών στροφής χορδής κατά EC-8.....	52
4.1.2 Προσδιορισμός σημείου Επιτελεστικότητας κατά ATC-40.....	54
4.2 Εισαγωγή Δεδομένων.....	61
4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	69
4.3.1 Συνολική εικόνα διαρροής.....	69
4.3.2 Καμπύλη Αντίστασης- Σημείο Επιτελεστικότητας.....	71

<b>5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: Ενισχύσεις</b>	
5.1 Εισαγωγή-Στόχος Σεισμικής Συμπεριφοράς.....	74
5.2 Μέθοδοι Ενίσχυσης.....	76
5.3 Ενίσχυση δοκών.....	78
5.3.1 Ενίσχυση με Προσθήκη Επικολλητών Χαλύβδινων Ελασμάτων.....	78
5.3.1.1 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες.....	78
5.3.1.2 Τροποποίηση διατομών.....	79
5.3.1.3 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης.....	80
5.3.2 Ενίσχυση σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος.....	81
5.3.2.1 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες.....	81
5.3.2.2 Τροποποίηση διατομών.....	82
5.3.2.3 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης.....	82
5.4 Ενίσχυση υποστυλωμάτων.....	83
5.4.1 Τροποποίηση από ορθογωνικό σε γωνιακό υποστύλωμα.....	83
5.4.1.1 Τροποποίηση διατομών.....	83
5.4.1.2 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης.....	84
5.4.2 Ενίσχυση με Μανδύες από Έγχυτο Σκυρόδεμα.....	84
5.4.2.1 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες.....	84
5.4.2.2 Τροποποίηση διατομών.....	85
<b>6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ενισχυμένου Φορέα</b>	
6.1 Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα.....	87
6.2 Δυναμική Φασματική Μέθοδος.....	88
6.2.1 Παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη.....	88
6.2.2 Σύγκριση μεγεθών αρχικού και ενισχυμένου φορέα.....	89
6.3 Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης με Ελεγχόμενη Μετατόπιση.....	89
6.3.1 Συνολική Εικόνα Διαρροής.....	89
6.3.2 Καμπύλη Αντίστασης- Σημείο Επιτελεστικότητας.....	92
6.3.3 Εικόνα πλαστικοποίησης δοκού-υποστυλώματος.....	95
6.3.4 Σύγκριση αρχικού και ενισχυμένου φορέα.....	97
<b>7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ: Συμπεράσματα</b> .....	98
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	131

## **1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: Εισαγωγή**

### **1.1 Εισαγωγή**

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και την πρόταση τρόπου ενίσχυσης για τη βελτίωση της σεισμικής της συμπεριφοράς. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν ελαστικές και ανελαστικές αναλύσεις χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα SAP2000 v.14.2.0 Advanced.

Η απόκριση μιάς κατασκευής σε σεισμική διέγερση μπορεί να προσεγγιστεί με διαφορετικές αναλύσεις ανάλογα με το σκοπό της μελέτης σε κάθε περίπτωση. Για θεώρηση ελαστικής συμπεριφοράς των διατομών εφαρμόζονται η Ισοδύναμη Στατική, η Δυναμική Φασματική Ανάλυση και η Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας. Για θεώρηση ανελαστικής συμπεριφοράς του προσομοιώματος εφαρμόζονται η Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης και η Μη γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας.

Κατά τη διάρκεια μιας σεισμικής διέγερσης το έδαφος και η βάση της κατασκευής πραγματοποιούν ταλάντωση με εναλλασσόμενο πρόσημο. Η επιτάχυνση της κίνησης αυτής ενεργοποιεί τις μάζες της κατασκευής, αναπτύσσοντας μεγάλες αδρανειακές δυνάμεις. Η μάζα της κατασκευής λόγω αδράνειας δεν ακολουθεί την κίνηση της βάσης, αλλά πραγματοποιεί διαφορετική ταλάντωση. Η διαφορετική αυτή κίνηση βάσης και ανωδομής προκαλεί σχετικές παραμορφώσεις και κατ'έπекταση εντάσεις στο φορέα. Συνεπώς ο σεισμός επιβάλλει παραμορφώσεις στην κατασκευή, ενώ οι εντάσεις έρχονται ως εσωτερικές αντιδράσεις στις αδρανειακές δυνάμεις.

## **1.2 Ισχύοντες κανονισμοί πρό του 1984**

Οι πολυόροφες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί πριν το 1984, δηλαδή πριν την πρώτη βασική τροποποίηση του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959, παρουσιάζουν σημαντικές αδυναμίες ως προς την ανάληψη των σεισμικών φορτίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο παραπάνω κανονισμός στηρίζει την ανάλυση και τον έλεγχο για σεισμικά φορτία στο μοντέλο του μονωρόφου (ανάλυση κατά Ρουσόπουλο). Ο έλεγχος δηλαδή πραγματοποιείται για κάθε όροφο χωριστά, με θεώρηση ελαστικής στήριξης για τα υποστυλώματα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πλαισιακή λειτουργία και η συμβολή των δοκών στην ανάληψη σεισμικής έντασης. Ο κανονισμός αυτός ήταν προσανατολισμένος αποκλειστικά σε κατασκευές που καλούνται να αναλάβουν κυρίως κατακόρυφα φορτία, αντίληψη που κυριαρχούσε και στη μόρφωση του δομικού συστήματος.

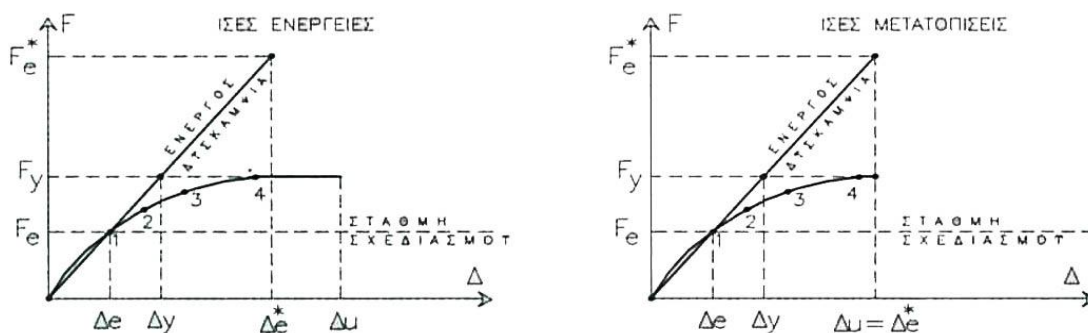
Ως αποτέλεσμα τα κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος σπάνια διέθεταν ένα σαφώς ορισμένο δομικό σύστημα ανάληψης των οριζόντιων δυνάμεων και στις δύο διευθύνσεις. Αντίθετα οι θέσεις των δοκών και των υποστυλωμάτων καθορίζονταν σε μεγάλο βαθμό από την αρχιτεκτονική διάταξη, με αποτέλεσμα το δομικό σύστημα να κυριαρχείται από έμμεσες στηρίξεις δοκών επί άλλων δοκών και να χαρακτηρίζεται από πλήρη απουσία ξεκάθαρων πλαισίων ή μεικτών συστημάτων.

Το πρόβλημα εντείνεται στις πολυκατοικίες οπλισμένου σκυροδέματος με ανοιχτά ισόγεια τύπου pilotis, όπου και εντοπίζεται η πλειονότητα των καταρρεύσεων στους σύγχρονους σεισμούς, λόγω αυξημένης τρωτότητας. (7)

## **1.3 Μέθοδοι Ανάλυσης**

### **1.3.1 Ελαστική Ανάλυση**

Η «ισοδύναμη» γραμμική ανάλυση στοχεύει στη γραμμικοποίηση του προβλήματος υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής. Για τον υπολογισμό των πραγματικών (μετελαστικών) μετακινήσεων του συστήματος, οι μετακινήσεις που προκύπτουν από τον γραμμικό υπολογισμό με τη σεισμική δράση σχεδιασμού πολλαπλασιάζονται επί τον αντίστοιχο συντελεστή συμπεριφοράς. (2)



**Σχήμα Σ.3.1.1:** Ισοδύναμη γραμμική ανάλυση

Βασικές παραδοχές της μεθόδου είναι οι εξής:

- i. Η κατασκευή θεωρείται σαν ένα ιδεατό απεριόριστα ελαστικό σύστημα, με δυσκαμψίες σταδίου II για οπλισμένο σκυρόδεμα (ρηγματωμένες διατομές)
- ii. Η μέγιστη ελαστική απόκριση  $(F_e^*, \Delta_e^*)$  του παραπάνω συστήματος υπολογίζεται με βάση το φάσμα σχεδιασμού για  $q=1$
- iii. Η δύναμη σχεδιασμού της κατασκευής  $F_e$ , που αντιστοιχεί περίπου στη φάση εμφάνισης της πρώτης πλαστικής άρθρωσης, λαμβάνεται ίση προς  $F_e = F_e^* / q$ .
- iv. Η μέγιστη μετελαστική μετατόπιση της πραγματικής κατασκευής θεωρείται ίση με τη μέγιστη μετατόπιση του απεριόριστα ελαστικού συστήματος ( $\Delta_u = \Delta_e^*$ ).

Από τον ΕΑΚ 2000 προβλέπεται η εφαρμογή των παρακάτω δύο μεθόδων γραμμικού υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης:

- Απλοποιημένη φασματική μέθοδος (Ισοδύναμη στατική)
- Δυναμική φασματική μέθοδος

Σε ειδικές περιπτώσεις επιτρέπεται, συμπληρωματικά προς τις παραπάνω μεθόδους, η γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας.

### 1.3.2 Ανελαστική Ανάλυση

Οι ελαστικές αναλύσεις δίνουν μια καλή ένδειξη της ελαστικής συμπεριφοράς της κατασκευής και επισημαίνουν πού θα εμφανιστεί η πρώτη διαρροή, χωρίς όμως να είναι σε θέση να προβλέψουν το μηχανισμό κατάρρευσης και την ανακατανομή των δυνάμεων κατά την προοδευτική διαρροή. Αντίθετα οι ανελαστικές αναλύσεις παρουσιάζουν την πραγματική



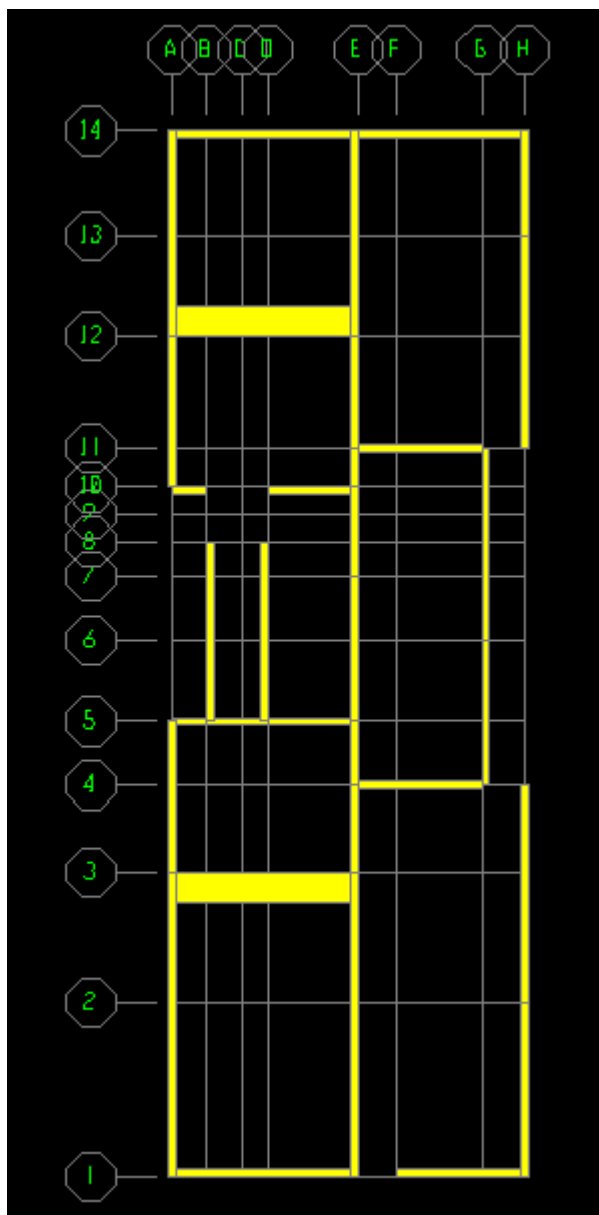
συμπεριφορά της κατασκευής σε σεισμική διέγερση, κατάσταση όπου είναι βέβαιο ότι η κατασκευή θα συμπεριφερθεί ανελαστικά. Στο πλαίσιο αυτό εισάγεται η έννοια του αντισεισμικού σχεδιασμού με **στάθμες επιτελεστικότητας** (Performance-Based Design) όπου καθορίζεται ο επιδιωκόμενος στόχος σεισμικής ικανότητας. Οι στάθμες αυτές καθορίζουν το αποδεκτό επίπεδο ζημιών ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισης της σεισμικής δόνησης σχεδιασμού. Η φιλοσοφία καθορισμού του σημείου επιτελεστικότητας βασίζεται στον υπολογισμό εκείνου του σημείου που ικανοποιεί τόσο την απαίτηση (demand), σύμφωνα με το φάσμα σχεδιασμού, όσο και την αντοχή της κατασκευής (capacity). Συγκεκριμένα, αναζητείται το σημείο τομής σε διάγραμμα ADRS της καμπύλης αντίστασης και του αντίστοιχου ανελαστικού φάσματος. Στην κατεύθυνση αυτή εφαρμόζονται οι παρακάτω αναλύσεις:

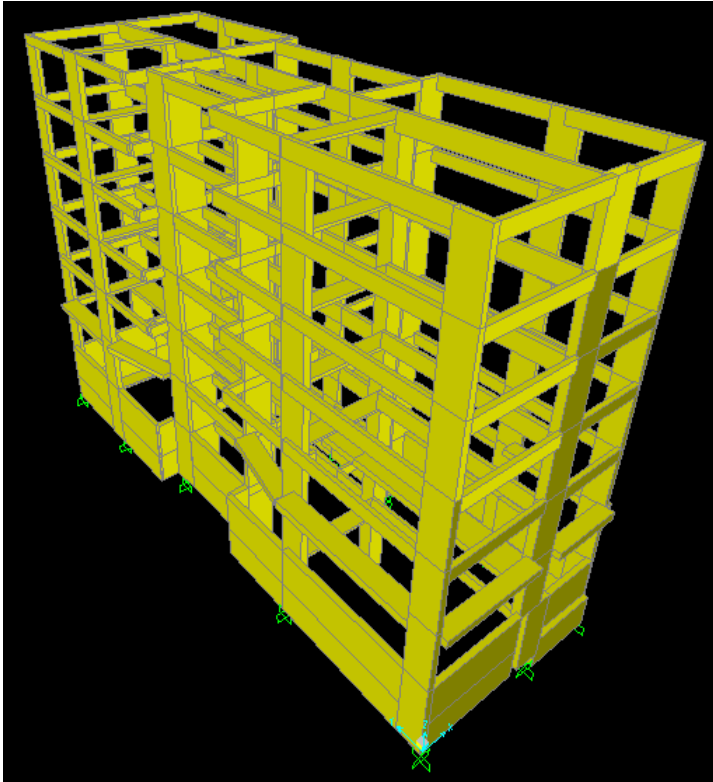
- Pushover ανάλυση
- Μη γραμμική ανάλυση χρονιστορίας

## 1.4 Μοντέλο προσομοίωσης του φορέα

Ο φορέας αποτελείται από 5 πανομοιότυπους ορόφους, ισόγειο (pilotis) και υπόγειο. Επίσης διαθέτει κλιμακοστάσιο και ανελκυστήρα. Η συνολική κάτοψη του κτιρίου είναι  $27.00 \times 9.10 \text{ m}^2$  χωρίς τους εξώστες. Ο τυπικός όροφος αποτελείται από 8 πλάκες, 7 προβόλους, 18 υποστρώματα και 24 δοκούς. Ακόμη, εντοπίστηκαν ενισχυμένες ζώνες στις πλάκες Π11 και Π15, ενώ στην οροφή του ισόγειου οι δοκοί έχουν μέσο πλάτος 0.90m.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται η κάτοψη του φορέα χωρίς την παρουσία πλακών και η τρισδιάστατη μορφή του.





## 1.5 Εισαγωγή δεδομένων στο SAP

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή του προσομοιώματος είναι η ακόλουθη:

1. Καθορισμός μονάδων σε KN, m, C.
2. Εισαγωγή κανάβου. (define- grid system) Βάσει ξυλοτύπων ομαδοποιήθηκαν δοκάρια και υποστυλώματα για την κατασκευή του κανάβου. Το τυπικό ύψος ορόφων ορίστηκε στα 2.8m, ενώ το υπόγειο στα 3m. Το κέντρο βάρους της θεμελίωσης τοποθετήθηκε 0.6m κάτω από την πλάκα του υπογείου.
3. Ορισμός υλικών. (define-materials) Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι σκυρόδεμα B160 (που αντιστοιχεί σε C12/16) και χάλυβας St I (που αντιστοιχεί σε S220). Για το σκυρόδεμα ορίστηκε μέτρο ελαστικότητας  $E_c = 26 \text{ GPa}$  και ειδικό βάρος  $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$  και για το χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa}$ .

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETE ■

Material Type: Concrete

Material Notes:

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 24

Mass per Unit Volume: 2.4473

Units: KN, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 26000000

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 10000000

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength,  $f_c$ : 12000

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

**Material Property Data**

General Data

Material Name and Display Color: STEEL ■

Material Type: Rebar

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.000E+08

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 76923077

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 220000.

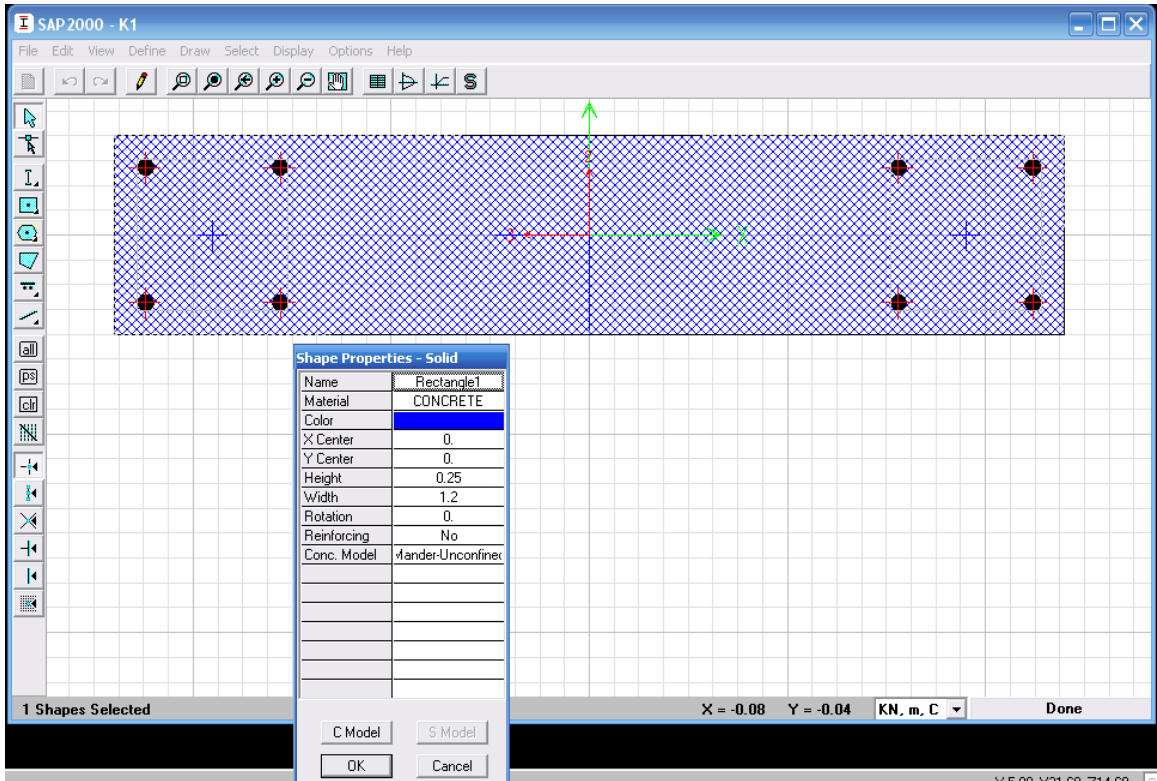
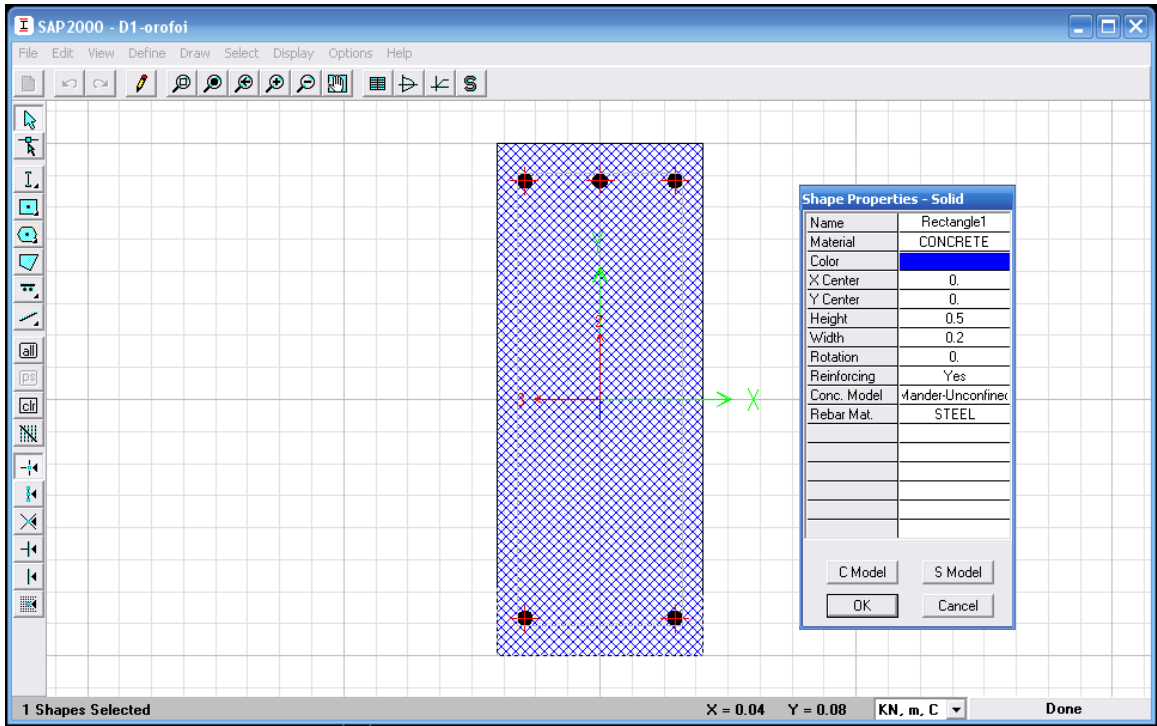
Minimum Tensile Stress, Fu: 413685.5

Expected Yield Stress, Fye: 303369.35

Expected Tensile Stress, Fue: 455054.

Switch To Advanced Property Display

4. Εισαγωγή των διαστάσεων των διατομών (define-section designer) για υποστυλώματα και δοκούς και των οπλισμών τους (παρατίθεται αντίστοιχος πίνακας στο παράρτημα). Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν τοποθετήθηκαν πλάκες στο προσομοίωμα, αλλά η συμβολή τους υπολογίστηκε σε όρους μετατοπίσεων (διαφραγματική λειτουργία) και σε όρους φόρτισης (μεταβίβαση φορτίων στα δοκάρια).



5. Σχεδιασμός δοκών- υποστλωμάτων. (draw-draw frame) Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η προσομοίωση του υπογείου που αποτελείται από περιμετρικό τοίχιο. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν περιμετρικά δοκάρια μεγάλων διαστάσεων σε βάση και οροφή.
6. Τοποθέτηση των στοιχείων στην ακριβή τους θέση σύμφωνα με τους ξυλοτύπους. (assign-frame-insertion point)
7. Υπολογισμός μόνιμων και κινητών φορτίων. Στα μόνιμα φορτία περιλαμβάνεται το ίδιο βάρος όλων των στοιχείων της κατασκευής, δηλαδή των πλακών, δοκών και υποστλωμάτων, η επικάλυψη, η μπατική και δρομική οπτοπλινθοδομή, καθώς και η μόνωση του τελευταίου ορόφου. Το ίδιο βάρος δοκών και υποστλωμάτων λαμβάνεται απ' ευθείας υπ όψιν από το πρόγραμμα, βάσει του ορισμού των ιδιοτήτων των υλικών και των διαστάσεων των διατομών. Τα υπόλοιπα φορτία μεταβιβάζονται στα δοκάρια.

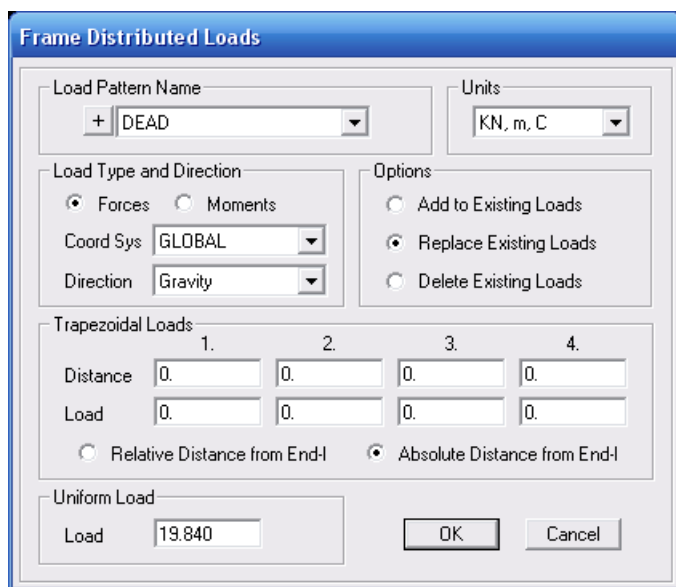
Κινητό φορτίο πλακών	2 KN/m <sup>2</sup>
Κινητό φορτίο εξώστων-κλιμάκων	5 KN/m <sup>2</sup>
Επικάλυψη	0.6 KN/m <sup>2</sup>
Μπατική οπτοπλινθοδομή	3.6 KN/m <sup>2</sup>
Δρομική οπτοπλινθοδομή	2.1 KN/m <sup>2</sup>
Φορτίο μόνωσης	3.5 KN/ m <sup>2</sup>

Το ύψος των πλακών είναι 0.13m, 0.16m, 0.19m ανά περίπτωση ενώ στην pilotis εντοπίστηκε πλάκα με νευρώσεις με μέσο ύψος 0.11m. Η μεταβίβαση των φορτίων από τις πλάκες στις δοκούς έγινε με τον καταμερισμό των πλακών σε επιφάνειες φόρτισης των δοκών. Ο επιμερισμός έγινε βάσει ΕΚΩΣ2000. Συγκεκριμένα:

- Εφόσον σε μία γωνία συναντώνται δύο πλευρές ομοειδούς στήριξης, η γωνία μερισμού είναι 45°.
- Εφόσον συναντώνται πλήρως πακτωμένη με ελεύθερα εδραζόμενη πλευρά, η γωνία μερισμού προς την πλευρά της πάκτωσης είναι 60°. Ο υπολογισμός των φορτίων κάθε δοκού δίνεται στο παράρτημα.

Από τους εξώστες μεταβιβάστηκε κατανεμημένο φορτίο και κατανεμημένη ροπή στις αντίστοιχες δοκούς.

8. Ορισμός μόνιμων και κινητών φορτίων στις δοκούς. Αρχικά ορίστηκαν τα μόνιμα και κινητά φορτία από define-load pattern. Ακολούθως δόθηκε σε κάθε στοιχείο το φορτίο που του αντιστοιχεί (assign-frame loads-distributed) και τέλος προσδιορίστηκε το είδος της φόρτισης σε γραμμική στατική (define- load cases).



9. Συνδυασμοί φορτίσεων.

Ως δυσμενείς συνδυασμοί φορτίσεων εισάγονται:

$$1.35G+1.5Q$$

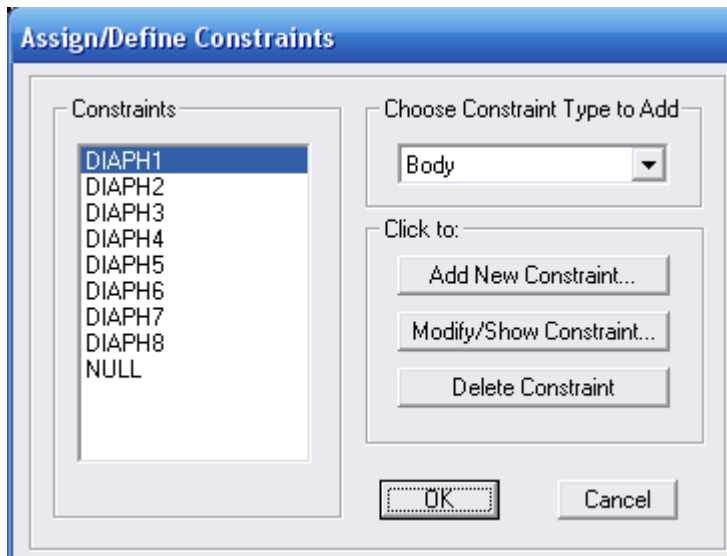
$$G+0.3Q$$

Όπου G τα μόνιμα και Q τα κινητά φορτία.

10. Οι στηρίξεις στο έδαφος θεωρήθηκαν πακτώσεις. (assign- joint- restrains) Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. στα κτίρια με υπόγειο, που περιβάλλεται από μονολιθικά τοιχώματα, μπορεί να θεωρηθεί πλήρης πάκτωση των στύλων του ισογείου στη βάση τους. Για λόγους απλοποίησης της ανάλυσης τοποθετήθηκαν τελικά πακτώσεις στη βάση και στην κορυφή του υπογείου.
11. Τοποθέτηση άκαμπτων συνδέσμων για την προσομοίωση του ανελκυστήρα. Συγκεκριμένα ορίστηκε διατομή μηδενικού βάρους και διαστάσεων 3\*3m (θεωρητικά άπειρης ροπής αδράνειας)



12. Ορισμός διαφραγμάτων ανά όροφο (assign-joint-constrains-diaphragm). Εισήχθησαν 8 διαφράγματα, ένα για κάθε όροφο.



## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ : Δυναμική Φασματική Μέθοδος- Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος

### 2.1 Δυναμική Φασματική Μέθοδος

#### 2.1.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η δυναμική φασματική μέθοδος εφαρμόζεται χωρίς περιορισμούς σε όλες τις περιπτώσεις κατασκευών που καλύπτει ο ΕΑΚ, θεωρώντας ότι η σεισμική απόκριση του προσομοιώματος είναι γραμμική ελαστική.

Η μέθοδος σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει:

- i. Ιδιομορφική ανάλυση, κατά την οποία υπολογίζονται οι ιδιομορφές ταλάντωσης του συστήματος και οι αντίστοιχες ιδιοπερίοδοι και ιδιοσυχνότητες.
- ii. Ιδιομορφική απόκριση, κατά την οποία με τη χρήση του φάσματος σχεδιασμού υπολογίζεται για κάθε συνιστώσα του σεισμού η ακραία απόκριση (μετακίνηση, ένταση) που αντιστοιχεί σε κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης (με καθορισμένο πρόσημο)
- iii. Ιδιομορφική επαλληλία, κατά την οποία υπολογίζεται για κάθε συνιστώσα του σεισμού η πιθανή ακραία τιμή τυχόντος μεγέθους απόκρισης (με ακαθόριστο πρόσημο)
- iv. Χωρική επαλληλία, κατά την οποία υπολογίζεται η πιθανή ακραία τιμή τυχόντος μεγέθους απόκρισης για ταυτόχρονη δράση των τριών συνιστωσών του σεισμού (ή δύο αν αγνοείται η κατακόρυφη συνιστώσα)

Πιο αναλυτικά: (5)

Η **Ιδιομορφική ανάλυση** περιλαμβάνει:

#### 1) Επιλογή Συστήματος Αναφοράς- Διατύπωσης Εξισώσεων

Εκλέγεται σύστημα αναφοράς x,y,z με αρχή το κέντρο βάρους της πλάκας στη θέση ηρεμίας.

Η χωρίς απόσβεση εξίσωση κίνησης είναι :

$$[m] \cdot \ddot{u} + [c] \cdot \dot{u} + [k] \cdot u = -[m] \cdot \ddot{x}_g$$

Όπου:  $[m]$  -μητρώο μάζας

$[c]$  -μητρώο ακαμψίας

$\ddot{x}_g$  διάνυσμα μετακινήσεων ως προς το εκλεγμένο(καθολικό) σύστημα αναφοράς

$\ddot{x}_g$  εδαφική επιτάχυνση

$R$  στατικό διάνυσμα επιρροής για σεισμό κατά x και κατά y αντίστοιχα.

## 2) Μητρώο μάζας

Η μάζα της κατασκευής υπολογίζεται ως άθροισμα:

- i. Της μάζας της πλάκας
- ii. Της μάζας των δοκών
- iii. Της μισής μάζας των στύλων
- iv. Της μάζας των κινητών φορτίων

Η υπολογιστική μάζα προσδιορίζεται από το συνδυασμό δράσεων με σεισμό:

$$1.0 \cdot G + \psi \cdot Q$$

Ο συντελεστής μακροχρόνιας φόρτισης  $\psi$  εξαρτάται από το είδος της κατασκευής και για κατοικίες ισούται με 0.3

## 3) Μητρώο ακαμψίας

Η ακαμψία της κατασκευής υπολογίζεται με επαλληλία της ακαμψίας των επιμέρους πλαισίων ως προς το επιλεγμένο καθολικό σύστημα αναφοράς.

## 4) Επίλυση του προβλήματος ιδιοτιμών

Για τον υπολογισμό των κυκλικών ιδιοσυχνοτήτων, μορφώνεται το ομογενές σύστημα:

$$[K] \cdot \omega^2 \cdot [m] \cdot \Phi - [R] \cdot \Phi = 0$$

Η **ιδιομορφική απόκριση** περιλαμβάνει:

### 1) Προσδιορισμό γενικευμένων μαζών

Για κάθε ιδιομορφή  $i$  η γενικευμένη μάζα  $M_i$  προκύπτει από τη σχέση:

$$M_i = \Phi_i^T \cdot [m] \cdot \Phi_i$$

### 2) Συντελεστές συμμετοχής

Για κάθε ιδιομορφή  $i$  ο συντελεστής συμμετοχής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$L_i = \Phi_i^T \cdot [m] \cdot R$$

Όπου  $R$  είναι το διάνυσμα στατικής επιρροής, το οποίο εξαρτάται από τη διεύθυνση της φόρτισης

### 3) Δρώσες μάζες

Η δρώσα μάζα της ιδιομορφής  $i$  εκφράζει τη συμμετοχή της κάθε κανονικής μορφής στη συνολική μεταφορική μάζα του ταλαντούμενου φορέα. Το άθροισμα των δρωσών μαζών όλων των κανονικών μορφών πρέπει να ισούται με τη μεταφορική μάζα του φορέα για τις περιπτώσεις όπου ο σεισμός δρα κατά τους μεταφορικούς μόνο βαθμούς ελευθερίας.

Οι δρώσες μάζες  $M_{eff}^i$  για κάθε ιδιομορφή  $i$  υπολογίζονται από τον τύπο:

$$M_{eff}^i = \frac{L_i^2}{M_i}$$

#### 4) Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Για την ιδιοπερίοδο που υπολογίστηκε καθορίζεται η φασματική επιτάχυνση από το φάσμα σχεδιασμού του ΕΑΚ.

#### 5) Σεισμική απόκριση της κατασκευής

Για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης λαμβάνεται υποχρεωτικά υπόψη ένας αριθμός ιδιομορφών, έως ότου το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών  $\sum M_i$  φτάσει στο 90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας  $M$  του συστήματος.

### **Επαλληλία ιδιομορφικών αποκρίσεων**

Για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης, οι πιθανές ακραίες τιμές  $exA$  τυχόντος μεγέθους απόκρισης  $A$  δίνονται από τη σχέση:

$$exA = \pm \sqrt{\sum_i \sum_j \epsilon_{ij} \cdot A_i \cdot A_j} \quad (\text{CQC-κανόνας})$$

Όπου,

$i, j$  δύο ιδιομορφές

$A$  ( $i=1, 2, \dots$ ) οι ιδιομορφικές τιμές του μεγέθους  $A$  και:

$$\epsilon_{ij} = \frac{8 \cdot \zeta^2 \cdot (1+r) \cdot r^{2/3}}{10^4 \cdot (1-r^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot r \cdot (1+r)^2}$$

ο συντελεστής συσχέτισης των δύο ιδιομορφών.

Για ασυσχέτιστες ιδιομορφές, δηλαδή όταν:

$$\frac{1}{r} = \frac{T_i}{T_j} \geq 1 + 0.1\zeta, \quad \text{όπου } \zeta \text{ (σε \%)} \text{ το ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης των ιδιομορφών}$$

Λαμβάνεται  $\epsilon_{ij} = 0$  και αν όλες οι ιδιομορφές είναι ασυσχέτιστες έχουμε:

$$exA = \pm \sqrt{\sum_i A_i^2} \quad (\text{SRSS-κανόνας})$$

### Χωρική επαλληλία

Για ταυτόχρονη δράση των δύο συνιστωσών του σεισμού, οι πιθανές ακραίες τιμές  $exA$  τυχόντος μεγέθους απόκρισης  $A$  δίνονται από τη σχέση:

$$exA = \pm \sqrt{(exA_x)^2 + (exA_y)^2}$$

Όπου  $exA_x$ ,  $exA_y$  οι πιθανές ακραίες τιμές του υπ όψιν μεγέθους για ανεξάρτητη σεισμική δράση κατά τις διευθύνσεις  $x, y$  αντίστοιχα.

Εναλλακτικά, επιτρέπεται η διαστασιολόγηση με τον δυσμενέστερο από τους επόμενους συνδυασμούς εντατικών μεγεθών:

$$S = \pm S_x \pm 0.3S_y$$

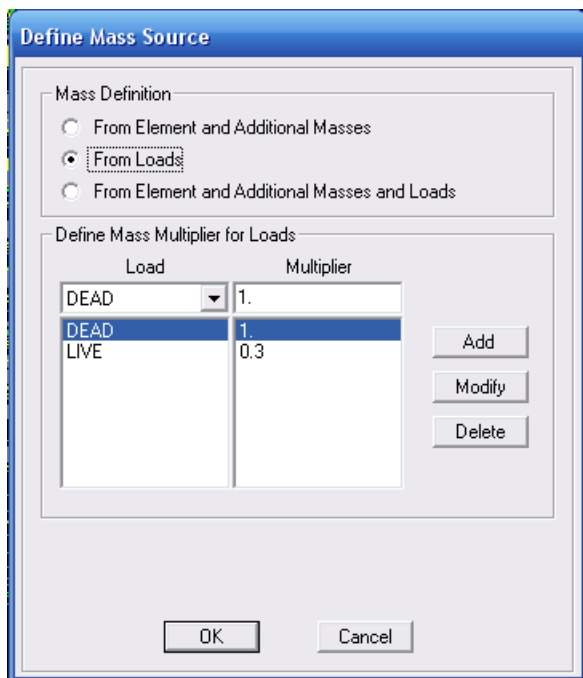
$$S = \pm 0.3S_x \pm S_y$$

Σχολιασμός μεθόδου: Γίνεται αντιληπτό ότι η Δυναμική Φασματική Μέθοδος μεταπίπτει σε μια σειρά στατικών αναλύσεων, αποφεύγοντας τη δυναμική ανάλυση μονοβάθμιων συστημάτων που είναι απαραίτητη για την ανάλυση χρονοϊστορίας απόκρισης. Παραμένει ωστόσο μια δυναμική μέθοδος καθώς χρησιμοποιεί τις ιδιότητες ταλάντωσης (ιδιοσυχνότητες, ιδιομορφές και λόγους ιδιομορφικής απόσβεσης) της κατασκευής αλλά και τα δυναμικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης μέσω του φάσματος απόκρισης. Η ανάλυση χρονοϊστορίας ουσιαστικά έχει προηγηθεί με τον υπολογισμό του φάσματος σεισμικής απόκρισης.

### 2.1.2 Εισαγωγή δεδομένων

#### Ιδιομορφική Ανάλυση

Αρχικά, ορίστηκε το είδος της φόρτισης (define-load cases-modal) με μηδενικές αρχικές συνθήκες και μέγιστο αριθμό ιδιομορφών 60. Η ταλαντούμενη μάζα υπολογίστηκε για το συνδυασμό φορτίων  $G+0.3Q$  (define-mass source- from loads).



Η ιδιομορφική ανάλυση παρέχει πληροφορίες για τη συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής, καθώς και για τον προσδιορισμό των ιδιομορφών και ιδιοπεριόδων.

### **Δυναμική φασματική Μέθοδος**

Στη δυναμική φασματική μέθοδο για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης λαμβάνεται υποχρεωτικά υπόψη ένας αριθμός ιδιομορφών, έως ότου το άθροισμα των δρωσών μαζών  $\Sigma M_i$  φθάσει στο 90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας  $M$  του συστήματος (EAK2000).

Ο απαραίτητος αριθμός ιδιομορφών που προέκυψε είναι 10 όπως διαπιστώνεται από τον παρακάτω πίνακα. (display-show tables-analysis results-structure output-modal information-table: modal participating mass ratios)

Modal Participating Mass Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
Mode	1	1.022234	0.63088	0.000009017	0.00002527	0.63088	0.000009017	0.00002527
Mode	2	0.848792	0.03193	0.00561	0.00002894	0.72282	0.00561	0.00005421
Mode	3	0.645338	0.00013	0.74863	0.00000692	0.72295	0.75424	0.00006113
Mode	4	0.277064	0.16025	0.00004782	0.00014	0.8832	0.75425	0.0002
Mode	5	0.249975	0.00113	0.00091	0.00001501	0.88433	0.75516	0.00021
Mode	6	0.197596	0.00002383	0.13871	0.00003405	0.88436	0.89387	0.00025
Mode	7	0.135064	0.04019	0.00095	0.000005074	0.92455	0.89481	0.00025
Mode	8	0.130312	0.03091	0.00134	0.00056	0.95546	0.89615	0.00081
Mode	9	0.122545	0.00035	0.0015	0.0104	0.95581	0.89765	0.01121
Mode	10	0.109076	0.00000341	0.00981	0.01872	0.95581	0.90746	0.02993
Mode	11	0.108289	0.00001023	0.05121	0.01045	0.95582	0.95867	0.04038
Mode	12	0.101648	0.00005688	0.00094	0.03849	0.95588	0.95961	0.07888
Mode	13	0.091652	0.000008616	0.00001348	0.0411	0.95589	0.95962	0.11997
Mode	14	0.090998	0.00057	0.0021	0.00021	0.95646	0.96172	0.12019
Mode	15	0.09071	0.00002723	0.00005987	0.00005369	0.95648	0.96178	0.12024
Mode	16	0.087075	0.00001492	0.00346	0.00094	0.9565	0.96524	0.12119
Mode	17	0.085406	0.00185	0.00006092	0.16578	0.95835	0.9653	0.28696
Mode	18	0.084525	0.00253	0.0000662	0.05189	0.96088	0.96536	0.33886
Mode	19	0.082922	0.000003622	0.00004174	0.00005418	0.96088	0.96541	0.33891
Mode	20	0.081512	0.000001019	0.00000772	0.00097	0.96088	0.96549	0.34588

Record: 10 of 60 Add Tables... Done

Για την εφαρμογή της μεθόδου κατασκευάστηκε το φάσμα σχεδιασμού σε φύλλο excel όπως ορίζεται από τον κανονισμό.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

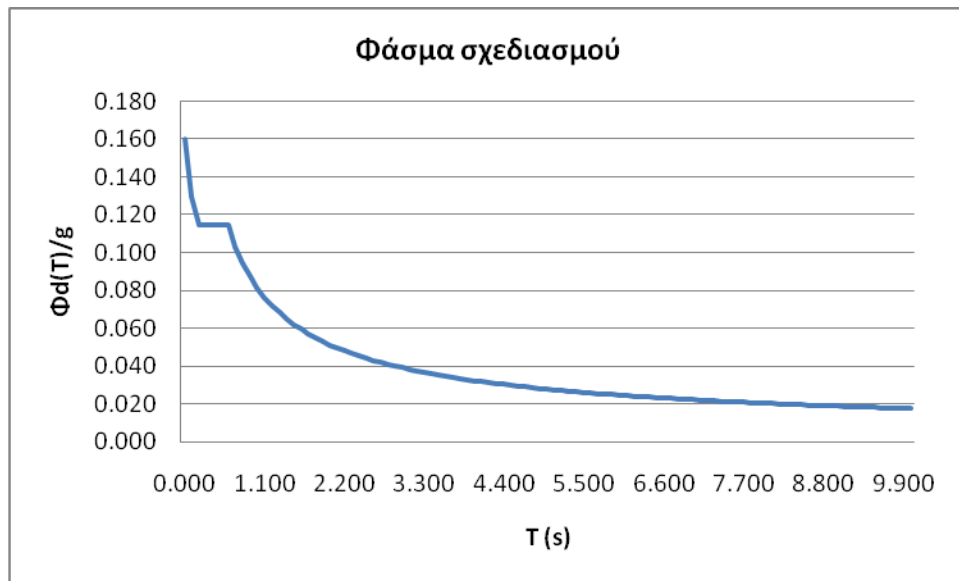
1. Σεισμική επιτάχυνση  $A = 0.16g$  ( $g$ : επιτάχυνση βαρύτητας) για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I (Δ. Χολαργού).
2. Συντελεστής σπουδαιότητας για συνήθη κτίρια κατοικιών  $\gamma_1 = 1$ .
3. Συντελεστής συμπεριφοράς για πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα  $q = 3.5$ .
4. Διορθωτικός συντελεστής  $n = 1$ , για ποσοστό απόσβεσης  $\zeta = 5\%$ .
5. Συντελεστής θεμελίωσης  $\theta = 1$ .
6. Χαρακτηριστικές ιδιοπεριόδους του φάσματος  $T_1 = 0.15s$ ,  $T_2 = 0.60s$  για κατηγορία εδάφους B.
7. Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης  $\beta_0 = 2.5$ .

Με τη χρήση των παρακάτω εξισώσεων κατασκευάστηκε το φάσμα σχεδιασμού (στο παράρτημα παρουσιάζονται οι τιμές).

$$0 \leq T < T_1 : \Phi_d(T) = \gamma_1 \times A \times \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \times \theta \times \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

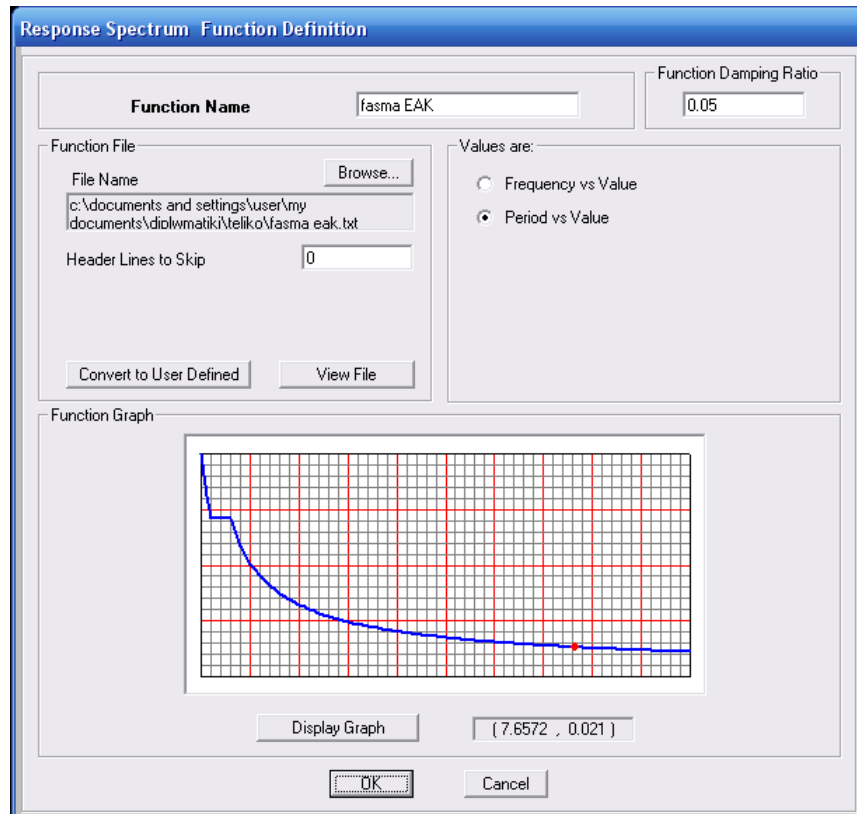
$$T_1 \leq T < T_2 : \Phi_d(T) = \gamma_1 \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_0}{q}$$

$$T_2 < T : \Phi_d(T) = \gamma_1 \times A \times \frac{\eta \times \theta \times \beta_0}{q} \times \left( \frac{T_2}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$



Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή του φάσματος στο sap (define-functions-response spectrum-from file)





Σε κάθε διεύθυνση σεισμού (x,y) πραγματοποιήθηκε επαλληλία των ιδιομορφικών αποκρίσεων κατασκευάζοντας τις συνιστώσες specx eak, specy eak. Ακολούθως έγινε χωρική επαλληλία (SRSS) για ταυτόχρονη δράση των δύο συνιστωσών του σεισμού και τέλος γραμμικός συνδυασμός των σεισμικών και στατικών φορτίων (G+0.3Q).

### Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- CQC GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type:
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	fasma EAK	9.81
Accel	U1	fasma EAK	9.81

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

### Load Combination Data

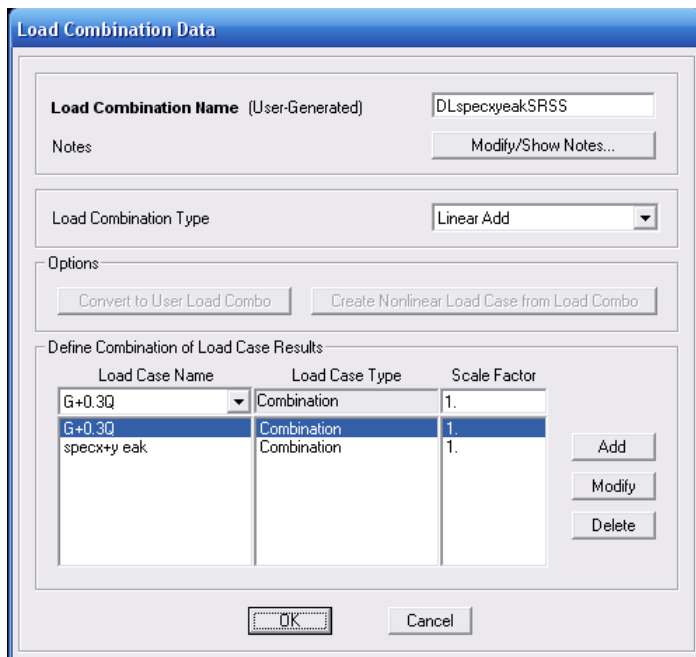
Load Combination Name (User-Generated):  Notes:

Load Combination Type:

Options:

Define Combination of Load Case Results:

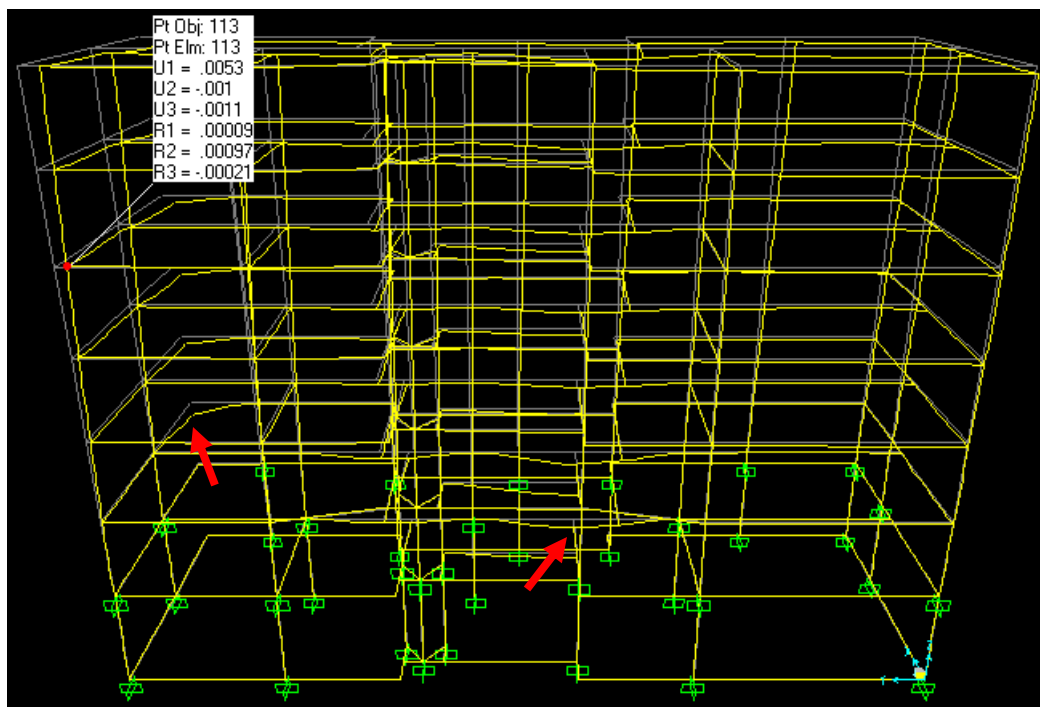
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
specx eak	Response Spectrum	1.
specx eak	Response Spectrum	1.
specy eak	Response Spectrum	1.

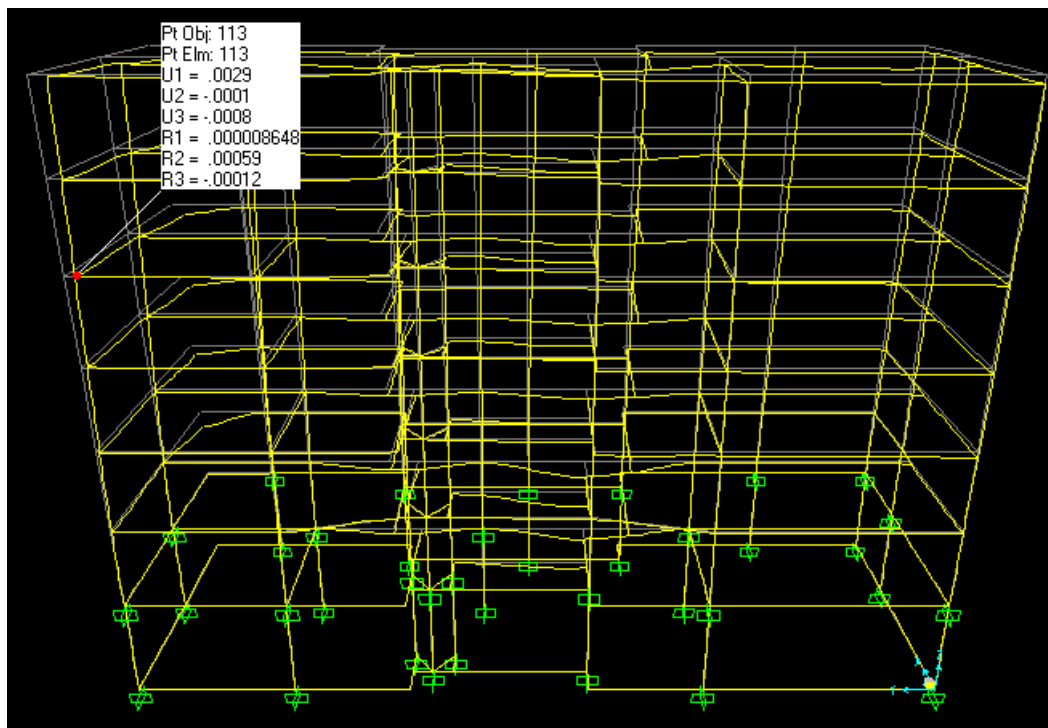


### 2.1.3 Παραμορφωσιακά και Εντατικά Μεγέθη

#### Στατικά Φορτία

Η παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα και τα παραμορφωσιακά του μεγέθη σε τυχαίο κόμβο λόγω του συνδυασμού  $1.35G+1.5Q$  και  $G+0.3Q$  αντίστοιχα παρουσιάζονται παρακάτω:





Παρατηρείται έντονη παραμόρφωση στις έμμεσες στηρίξεις. Στα σημεία αυτά αναμένεται να παρουσιάσει αδυναμία ο φορέας.

Επίσης το κτίριο είναι στρεπτικά ευαίσθητο, όπως διαπιστώνεται από την παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα σε κάτοψη για το συνδυασμό G+0.3Q:



## Δυναμική Φασματική Μέθοδος

Τα μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη που παρουσιάστηκαν σε κάθε όροφο προέκυψαν μετά από επεξεργασία σε φύλλο excel (πίνακες δίνονται στο παράρτημα):

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη						
Όροφος	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Κορυφή	0.03447	-0.01461	-0.00339	0.00074	0.00250	-0.00090
4ος όροφος	0.02838	-0.01304	-0.00428	0.00083	0.00264	-0.00074
3ος όροφος	0.02164	-0.01081	-0.00460	0.00100	0.00249	-0.00058
2ος όροφος	0.01456	-0.00800	-0.00477	0.00115	0.00263	-0.00040
1ος όροφος	0.00778	-0.00484	-0.00462	0.00121	0.00244	-0.00022
Pilotis	0.00240	-0.00173	-0.00570	0.00159	0.00183	-0.00007

Τα μέγιστα εντατικά μεγέθη στη βάση των υποστυλωμάτων της Pilotis είναι:

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Δ.Φ.Μ.	-1902.265	201.112	291.365	-8.586	-677.041	-777.216

Παρατηρείται μέγιστη αξονική δύναμη P στο υποστύλωμα K5 (25), μέγιστη τέμνουσα V2 και ροπή M3 στο υποστύλωμα K2 (21).

## 2.2. Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος – Ισοδύναμη Στατική

### 2.2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η απλοποιημένη φασματική μέθοδος προκύπτει από τη δυναμική φασματική μέθοδο με προσεγγιστική θεώρηση μόνο της θεμελιώδους ιδιομορφής ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση υπολογισμού (μονο-ιδιομορφική μέθοδος). Η απλοποίηση αυτή επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής με τη βοήθεια «ισοδύναμων» σεισμικών δυνάμεων, δηλαδή στατικών φορτίων. (2)

Η μέθοδος προορίζεται κυρίως για κανονικά κτίρια. Η διαφραγματική λειτουργία των πλακών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της, γιατί σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι δυνατή η προσομοίωση της στρεπτικής ταλάντωσης των πατωμάτων.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου οι δύο οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού εκλέγονται παράλληλα προς τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και χρησιμοποιείται πάντα το φάσμα σχεδιασμού  $\Phi_d(T)$ .

Η διαδικασία υπολογισμού που ακολουθείται είναι η εξής:

1. Αφού υπολογιστεί η ιδιοπερίοδος της κατασκευής κατά την πρώτη ιδιομορφή και στις δυο διευθύνσεις υπολογισμού  $T_x$ ,  $T_y$ , προσδιορίζεται η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού  $\Phi_d(T)$  και στις δύο διευθύνσεις με τη βοήθεια του φάσματος σχεδιασμού του ΕΑΚ. Επισημαίνεται ότι αγνοήθηκε η κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού.
2. Για κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου υπολογίζεται το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων (τέμνουσα βάρης) από τη σχέση:

$$V_0 = M \cdot \Phi_d(T)$$

Όπου  $M$  είναι η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής

3. Η καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων σε κάθε διεύθυνση γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_0 - V_H) \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_j m_j \cdot z_j} \quad i, j = 1, 2, \dots, N$$

Όπου:

$m_i$  είναι η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη  $i$

$z_i$  η απόσταση της στάθμης  $I$  από τη βάση

$$V_H = 0.07TV_0 (\leq 0.25V_0)$$

είναι μια πρόσθετη δύναμη που εφαρμόζεται στην κορυφή του κτιρίου όταν  $T \geq 1.0 \text{ sec}$  (στο μοντέλο που μελετήθηκε αγνοήθηκε)

$N$  είναι ο αριθμός των ορόφων

4. Για ταυτόχρονη στατική δράση των οριζόντιων σεισμικών φορτίων  $F_i$  κατά τις κύριες διευθύνσεις  $x, y$  του κτιρίου οι πιθανές ακραίες τιμές  $e_x A$  τυχόντος μεγέθους απόκρισης  $A$  υπολογίζονται από τη σχέση:

$$exA = \pm \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

Όπου  $A_x$ ,  $A_y$ , οι τιμές του υπόψη μεγέθους για ανεξάρτητη στατική φόρτιση του κτιρίου κατά τις θεωρούμενες διευθύνσεις  $x, y$  αντίστοιχα.

Εναλλακτικά, αντι της προηγούμενης μεθόδου επιτρέπεται η διαστασιολόγηση με τον δυσμενέστερο από τους ακόλουθους συνδυασμούς στατικών φορτίσεων:

$$F = \pm F_x \pm 0.3F_y$$

$$F = \pm 0.3F_x \pm F_y$$

### 2.2.2 Υπολογισμός στατικών φορτίων

Στην ισοδύναμη στατική μέθοδο τα σεισμικά φορτία προσομοιώνονται με ισοδύναμα στατικά που εφαρμόζονται στο κέντρο βάρους κάθε ορόφου σε κάθε μια από τις τρεις διευθύνσεις  $x, y, z$ .

Ο υπολογισμός της κατανομής των σεισμικών φορτίων σε κάθε όροφο αναπτύχθηκε σε αντίστοιχο φύλλο excel. Η συνιστώσα  $z$  αγνοήθηκε για λόγους απλοποίησης της ανάλυσης, χωρίς όμως να αλλοιώνονται σημαντικά τα αποτελέσματα.

Από την ιδιομορφική ανάλυση προκύπτουν οι ιδιοπερίοδοι  $T_x, T_y$ . Οι μάζες κάθε ορόφου υπολογίζονται με άθροιση των συγκεντρωμένων μαζών στους κόμβους. (μάζες κόμβων δίνονται στο παράρτημα)

$T_x$ (s)	0.87612
$T_y$ (s)	0.58134

όροφοι	m (Mgr)	z (m)	m*z
6	228.51	16.80	3838.97
5	315.55	14.00	4417.70
4	316.37	11.20	3543.34
3	319.09	8.40	2680.36
2	316.37	5.60	1771.67
1	332.00	2.80	929.60
sum	1827.89		17181.64

Από το φάσμα σχεδιασμού προκύπτει φασματική επιτάχυνση κατά τις δύο διευθύνσεις ( $m/s^2$ ):

$\Phi_d(T_x)$	0.871069
---------------	----------



$\Phi d(T_y)$	1.121146
---------------	----------

Με δεδομένα τα παραπάνω υπολογίζονται οι τέμνουσες βάσης κατά τις δύο διευθύνσεις σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$V_x = M \cdot \Phi d(T)_x \quad V_y = M \cdot \Phi d(T)_y$$

$V_x$ (KN)	1592.219
$V_y$ (KN)	2049.331

Η καθ' ύψος κατανομή των φορτίων αυτών, θεωρώντας απλοποιητικά ότι το κτίριο είναι κανονικό, γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_0 - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_j m_j \cdot z_j}$$

Όπου  $z_i$  η απόσταση της στάθμης  $i$  από τη βάση.

Έτσι προκύπτουν τα στατικά φορτία κάθε ορόφου:

όροφοι	$F_x$	$F_y$
6	355.756	457.891
5	409.387	526.919
4	328.361	422.630
3	248.388	319.698
2	164.180	211.315
1	86.146	110.878
sum	1592.219	2049.331

### 2.2.3 Εισαγωγή δεδομένων

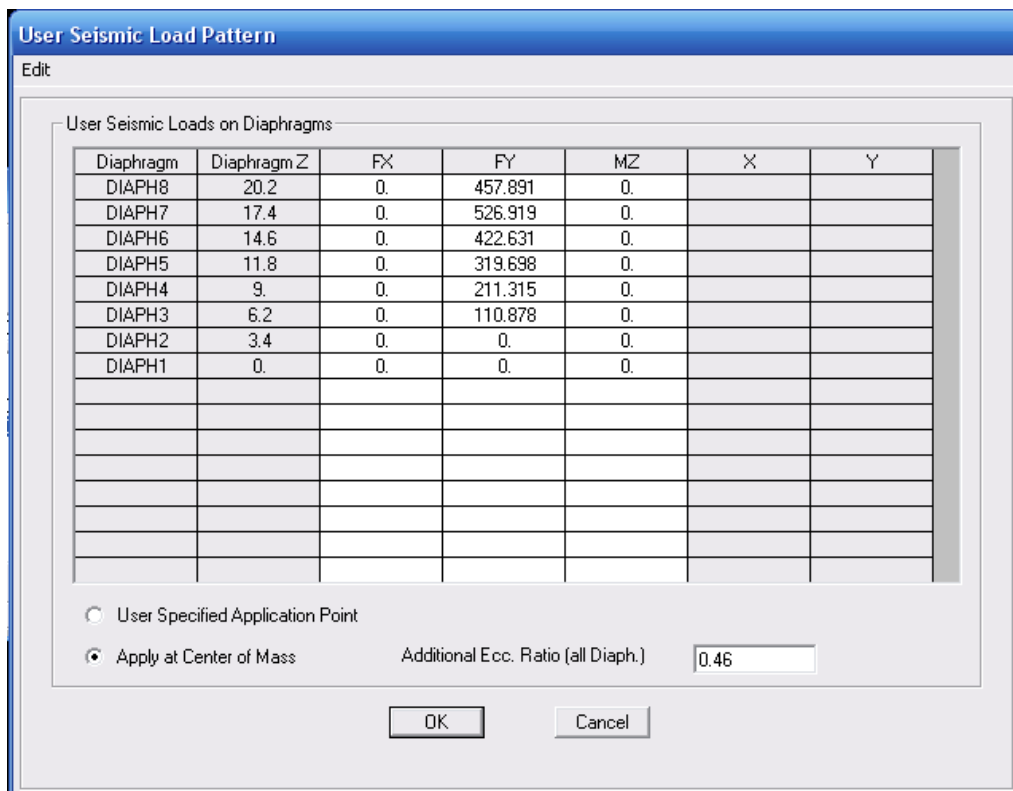
Οι δυνάμεις που υπολογίστηκαν τοποθετούνται στο κέντρο βάρους κάθε ορόφου. Για το σκοπό αυτό ορίστηκαν δύο φορτίσεις για σεισμό κατά  $x$  και κατά  $y$  (define-load patterns). Στη συνέχεια για κάθε διεύθυνση σεισμικής φόρτισης δόθηκαν οι δυνάμεις στο κέντρο βάρους κάθε ορόφου (modify show-apply at center of mass).

Για την αντιμετώπιση στρεπτικών επιπονήσεων του κτιρίου, οφειλόμενων σε παράγοντες που δεν είναι πρακτικά εφικτό να προσομοιωθούν, η σεισμική δύναμη κάθε ορόφου λαμβάνεται μετατοπισμένη διαδοχικά εκατέρωθεν του κέντρου βάρους, κάθετα προς τη διεύθυνση της

εξεταζόμενης οριζόντιας συνιστώσας του σεισμού, σε απόσταση ίση με την τυχηματική εκκεντρότητα  $e_{ti}$  του ορόφου  $i$ . Η τυχηματική εκκεντρότητα  $e_{ti}$  λαμβάνεται ίση με  $0.05L_i$ , όπου  $L_i$  το πλάτος του ορόφου κάθετα προς την εξεταζόμενη διεύθυνση.

$$e_{tx}=0.05*L_x=0.05*27.00=1.35m$$

$$e_{ty}=0.05*L_y=0.05*9.10=0.46m$$



Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε χωρική επαλληλία (SRSS) για ταυτόχρονη δράση των δύο συνιστωσών του σεισμού και τέλος γραμμικός συνδυασμός των σεισμικών και στατικών φορτίων (G+0.3Q).

**Load Combination Data**

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SEISMOS X	Linear Static	1.
SEISMOS X	Linear Static	1.
SEISMOS Y	Linear Static	1.

**Load Combination Data**

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

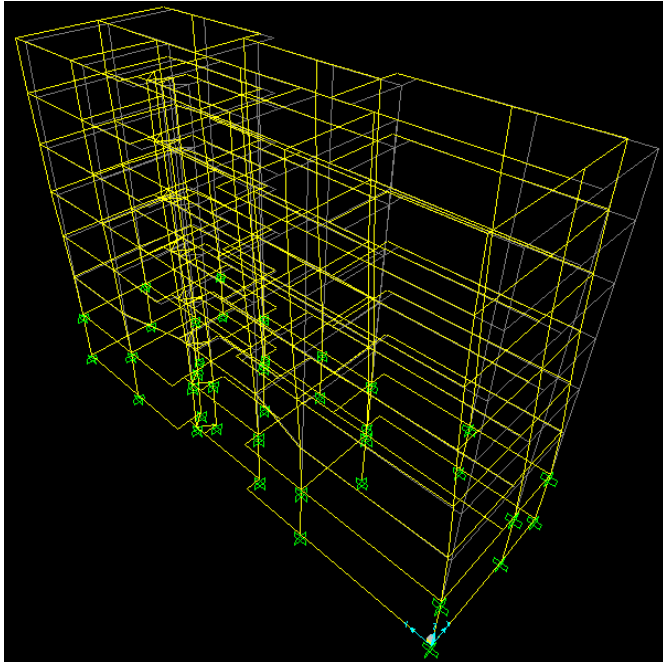
Options

Define Combination of Load Case Results

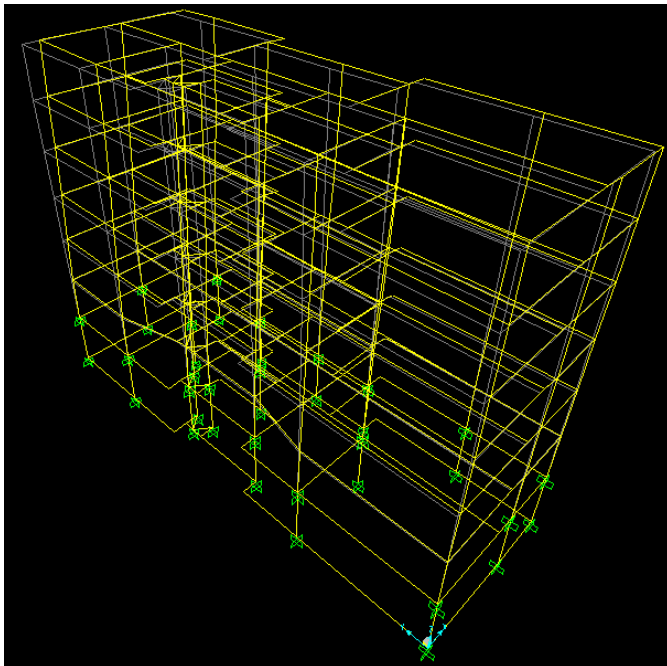
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
G+0.3Q	Combination	1.
G+0.3Q	Combination	1.
A.F.M. SRSS	Combination	1.

### 2.2.4 Παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη

Η παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα για τις δύο συνιστώσες της σεισμικής διέγερσης δίνεται παρακάτω:



SEISMOS Y



SEISMOS X

Τα μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη που παρουσιάστηκαν σε κάθε όροφο της κατασκευής μετά από σύγκριση όλων των κόμβων:

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη						
Όροφος	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Κορυφή	0.03021	-0.01271	-0.00287	0.00061	0.00205	-0.00059
4ος όροφος	0.02555	-0.01169	-0.00369	0.00066	0.00225	-0.00047
3ος όροφος	0.02004	-0.00996	-0.00411	0.00084	0.00219	-0.00035
2ος όροφος	0.01383	-0.00752	-0.00440	0.00103	0.00245	-0.00023
1ος όροφος	0.00755	-0.00462	-0.00437	0.00113	0.00237	-0.00012
Pilotis	0.00237	-0.00167	-0.00548	0.00153	0.00183	-0.00004

Τα μέγιστα εντατικά μεγέθη στη βάση των υποστυλωμάτων της pilotis:

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Δ.Φ.Μ.	-1860.618	-199.458	-283.373	-4.418	-654.928	-733.975

Παρατηρείται μέγιστη αξονική δύναμη P στο υποστύλωμα K5 (25) και μέγιστη τέμνουσα V2 και ροπή M3 στο υποστύλωμα K2 (21).

### 2.3 Σύγκριση Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου- Ισοδύναμης Στατικής

Συγκρίνοντας τα μέγιστα παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη (κατ' απόλυτη τιμή) που προκύπτουν από τις δύο αναλύσεις παρατηρούμε ότι τα αποτελέσματα της Δυναμικής Φασματικής είναι δυσμενέστερα:

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη κορυφής						
Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Α.Φ.Μ.	0.03021	0.01271	0.00287	0.00061	0.00205	0.00059
Δ.Φ.Μ.	0.03447	0.01461	0.00339	0.00074	0.00250	0.00090
Διαφορά	0.00426	0.00190	0.00052	0.00013	0.00045	0.00031
Ποσοστό %	12.35	13.01	15.46	17.74	18.09	34.71

<b>Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis</b>						
<b>Ανάλυση</b>	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
A.Φ.Μ.	1860.618	176.133	206.885	4.418	654.928	674.436
Δ.Φ.Μ.	1902.265	201.112	291.365	8.586	677.041	777.216
Διαφορά	41.64700	24.97900	84.48000	4.16850	22.11260	102.78050
Ποσοστό %	2.19	12.42	28.99	48.55	3.27	13.22

Συνεπώς, δυσμενέστερη αλλά και πιο αξιόπιστη προκύπτει η Δυναμική Φασματική Μέθοδος καθώς λαμβάνει υπ όψιν μεγαλύτερο ποσοστό της μάζας, προσεγγίζοντας ακριβέστερα τη συμπεριφορά της κατασκευής.

### **3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας (Linear modal time history)**

#### **3.1. Θεωρητικό υπόβαθρο**

Στη γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας για ελαστική ανάλυση της κατασκευής εφαρμόζεται σεισμική φόρτιση, η οποία εκφράζεται από επιταχυνσιογράφημα εδαφικών δονήσεων, και πραγματοποιείται επίλυση του δυναμικού προβλήματος για κάθε χρονική στιγμή. Η προκύπτουσα απόκριση είναι εξαιρετικά ευαίσθητη σε μικρομεταβολές των βασικών παραμέτρων του συστήματος (διέγερση, μάζα, δυσκαμψία, απόσβεση).

Προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα της μεθόδου με εκείνα της δυναμικής φασματικής και της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου ορίστηκαν κατάλληλοι συντελεστές κλίμακας.

#### **3.2 Εισαγωγή δεδομένων**

Η ανάλυση με χρήση χρονοϊστοριών εξετάζει την απόκριση της κατασκευής όταν η επιβαλλόμενη φόρτιση κατά τις x,y,z διευθύνσεις δίνεται με τη μορφή επιταχυνσιογραφήματος. Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση του επιταχυνσιογραφήματος του σεισμού της Αθήνας του 1999 κατά τις διευθύνσεις x και y.

Αρχικά έγινε εισαγωγή του επιταχυνσιογραφήματος στο πρόγραμμα SeismoSignal. Ο σεισμός χαρακτηρίζεται από περίοδο 0.01s, συνολική διάρκεια 45.988s και 4600 χρονικά βήματα. Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή του επιταχυνσιογραφήματος στο sap (define-function-time history-from file) και ορίστηκαν τα είδη φόρτισης κατά τις x (th-x) και y (th-y) διευθύνσεις. (define-load case) Η ιδιομορφική απόσβεση είναι σταθερή και ίση με 5%, ενώ η χρονική διακριτότητα ορίστηκε στο μισό της περιόδου (0.005s). Ακολούθως έγινε χωρική επαλληλία (SRSS) για ταυτόχρονη δράση των δύο συνιστωσών του σεισμού και τέλος γραμμικός συνδυασμός των σεισμικών και στατικών φορτίων (G+0.3Q). (define-load combination).

### Time History Function Definition

**Function Name**

**Function File**

File Name   
 c:\documents and settings\user\my documents\dioiwmatiki\teliko\seismos athina 99.txt

Header Lines to Skip   
 Prefix Characters per Line to Skip   
 Number of Points per Line

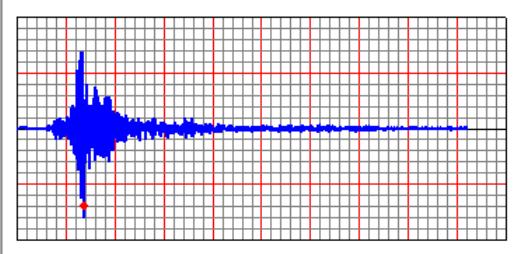
**Values are:**

Time and Function Values  
 Values at Equal Intervals of

**Format Type**

Free Format  
 Fixed Format  
 Characters per Item

**Function Graph**



### Load Case Data - Linear Modal History

**Load Case Name**   **Notes**

**Load Case Type**

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
 Continue from State at End of Modal History

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

**Analysis Type**  Linear  Nonlinear

**Time History Type**  Modal  Direct Integration

**Time History Motion Type**  Transient  Periodic

**Modal Load Case** Use Modes from Case

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	seismos athir	1.
Accel	U1	seismos athinas	1.

Show Advanced Load Parameters

**Time Step Data**

Number of Output Time Steps   
 Output Time Step Size

**Other Parameters**

Modal Damping



**Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated): DL thx-y SRSS

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
G+0.3Q	Combination	1.
G+0.3Q	Combination	1.
thx-y SRSS	Combination	1.

Add, Modify, Delete

OK, Cancel

### 3.3 Παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη

Τα μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη που εντοπίστηκαν σε κάθε όροφο προέκυψαν μετά από επεξεργασία σε φύλλο excel

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη						
Όροφος	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Κορυφή	0.05807	-0.02602	-0.00636	0.00128	0.00499	-0.00122
4ος όροφος	0.04676	-0.02349	-0.00680	0.00162	0.00520	-0.00101
3ος όροφος	0.03740	-0.02013	-0.00727	0.00188	0.00477	-0.00081
2ος όροφος	0.02732	-0.01566	-0.00706	0.00193	0.00443	-0.00057
1ος όροφος	0.01675	-0.00995	-0.00721	0.00216	0.00461	-0.00033
Pilotis	0.00609	-0.00370	-0.00928	0.00283	0.00387	-0.00011

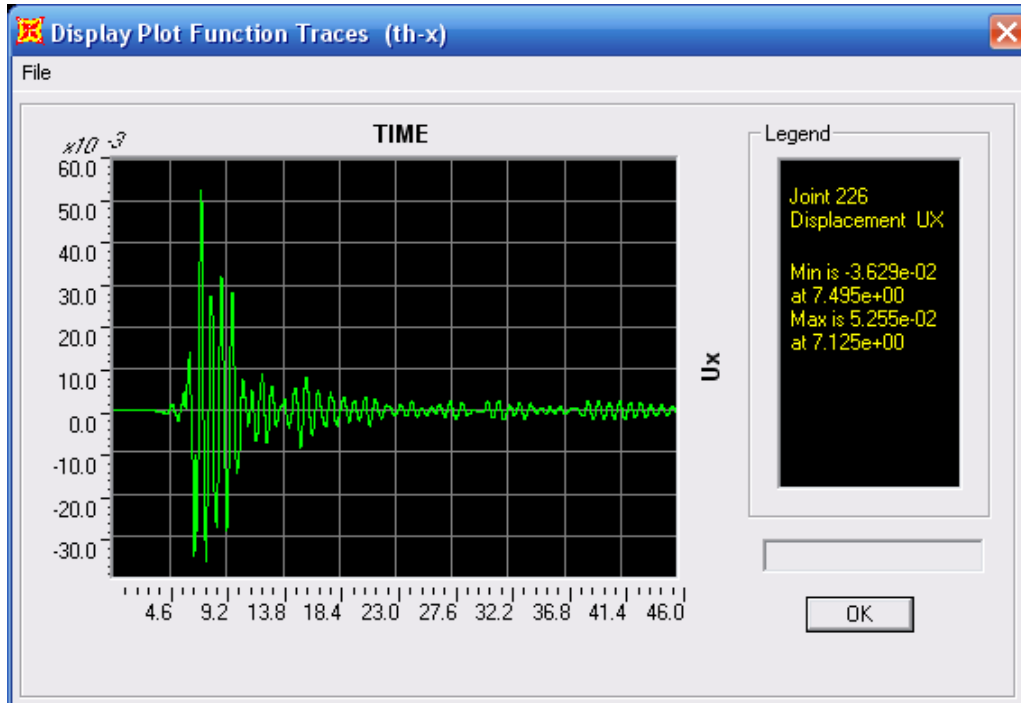
Τα μέγιστα εντατικά μεγέθη που παρουσιάστηκαν στη βάση των υποστυλωμάτων της Pilotis δίνονται:

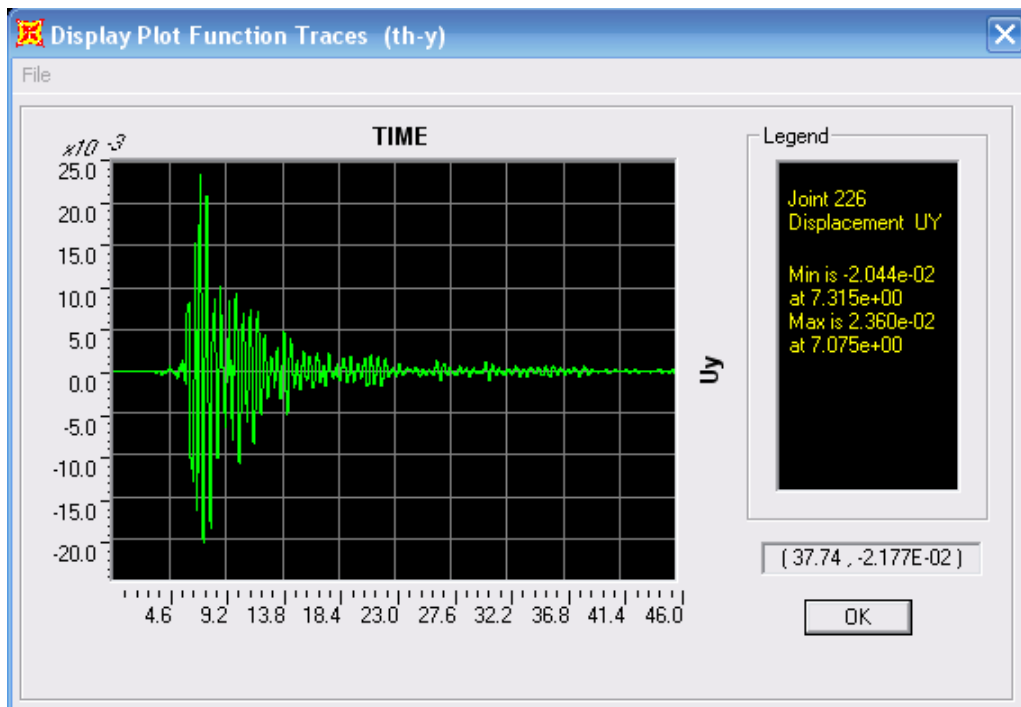
Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
TH LINEAR	-2125.662	733.170	-471.976	-13.829	-1442.607	-2504.150

Παρατηρείται μέγιστη αξονική δύναμη P στο υποστύλωμα K5 (25), μέγιστη τέμνουσα V2 και ροπή M3 στο υποστύλωμα K2 (21).

### 3.4 Χρονική εξέλιξη παραμορφωσιακών και εντατικών μεγεθών

Η χρονική εξέλιξη των μετατοπίσεων  $U_x$ ,  $U_y$  του δυσμενέστερου κόμβου της κορυφής (226) λόγω των συνιστωσών του σεισμού κατά x και y αντίστοιχα παρουσιάζονται παρακάτω:

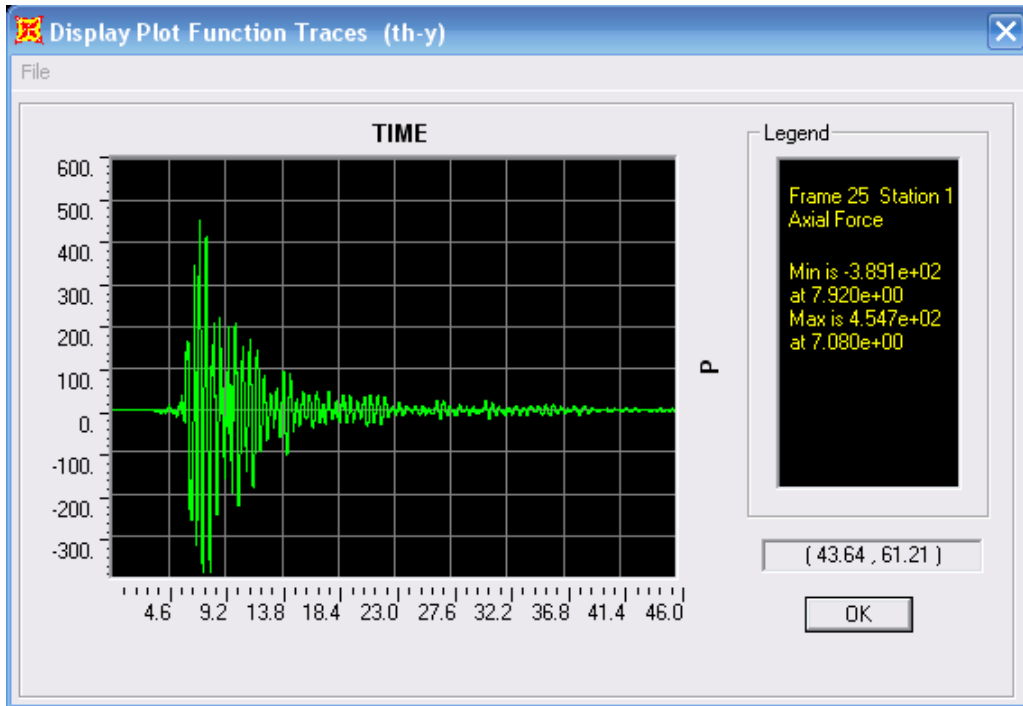
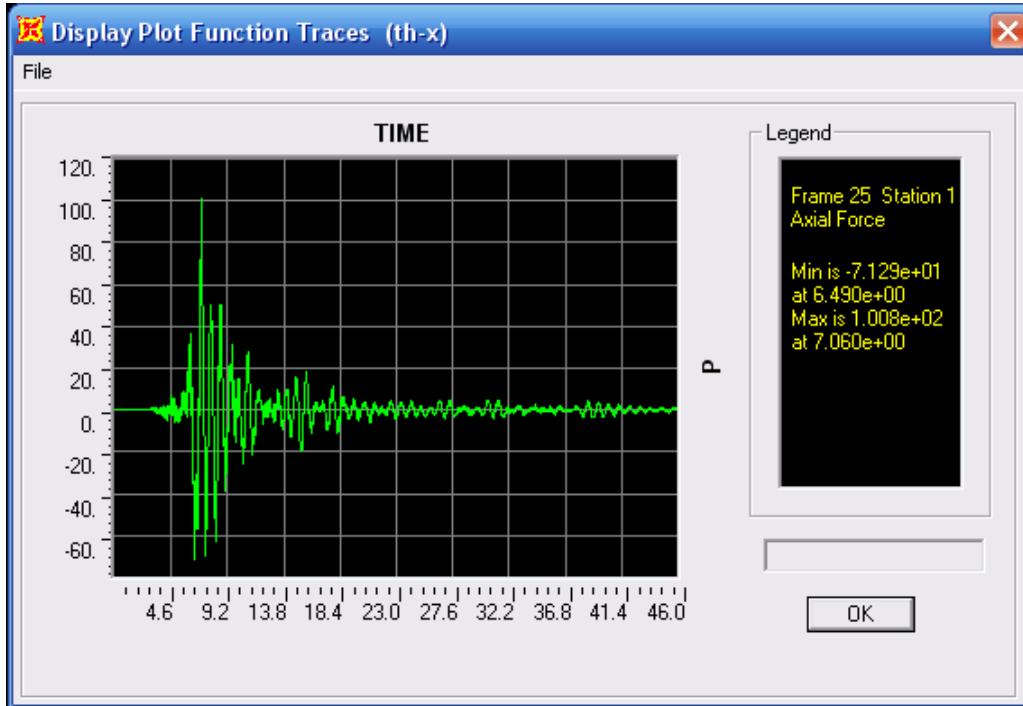


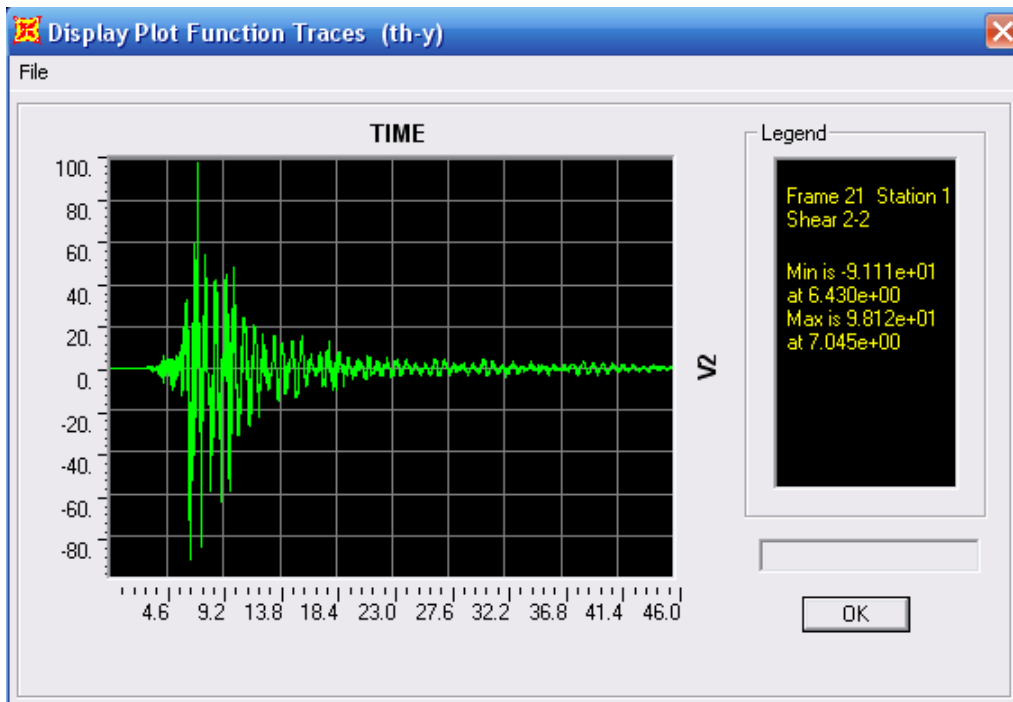
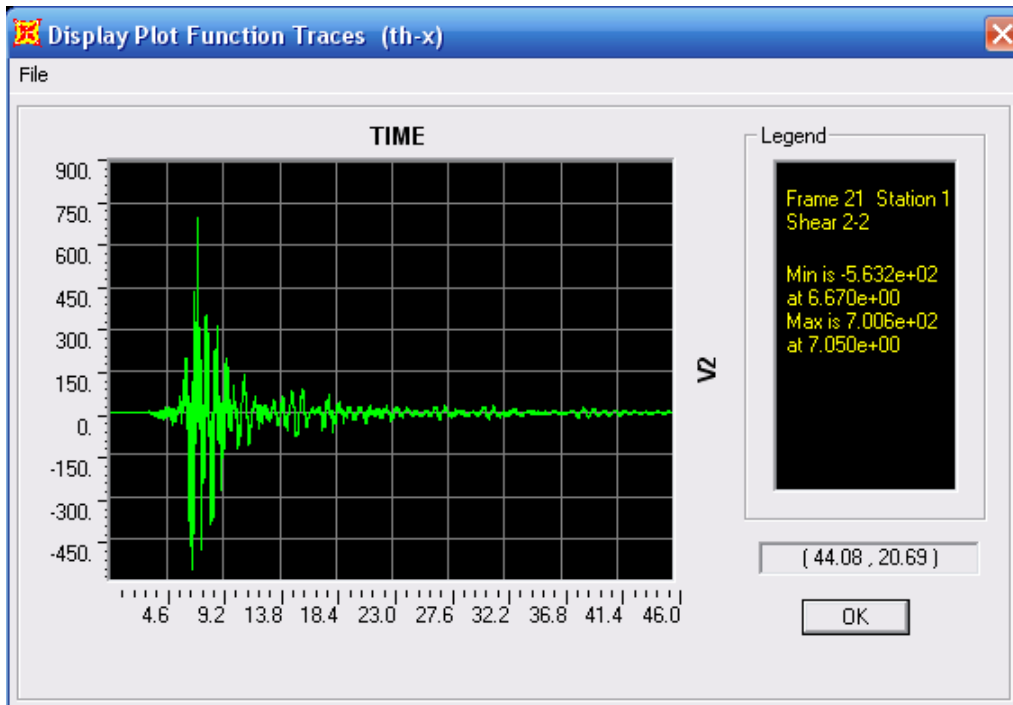


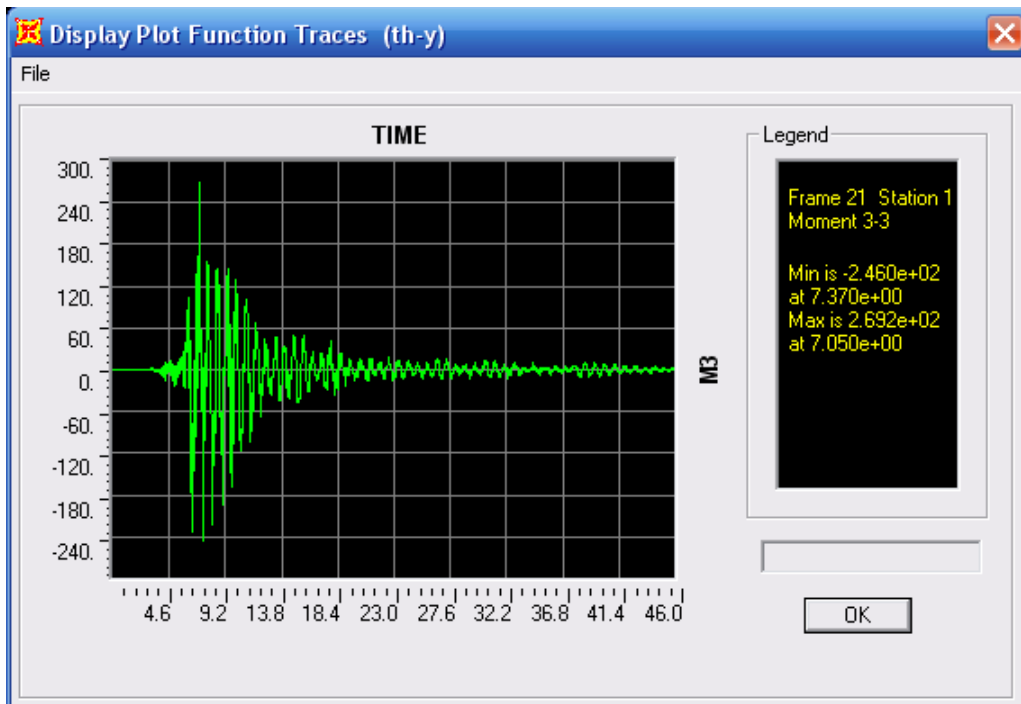
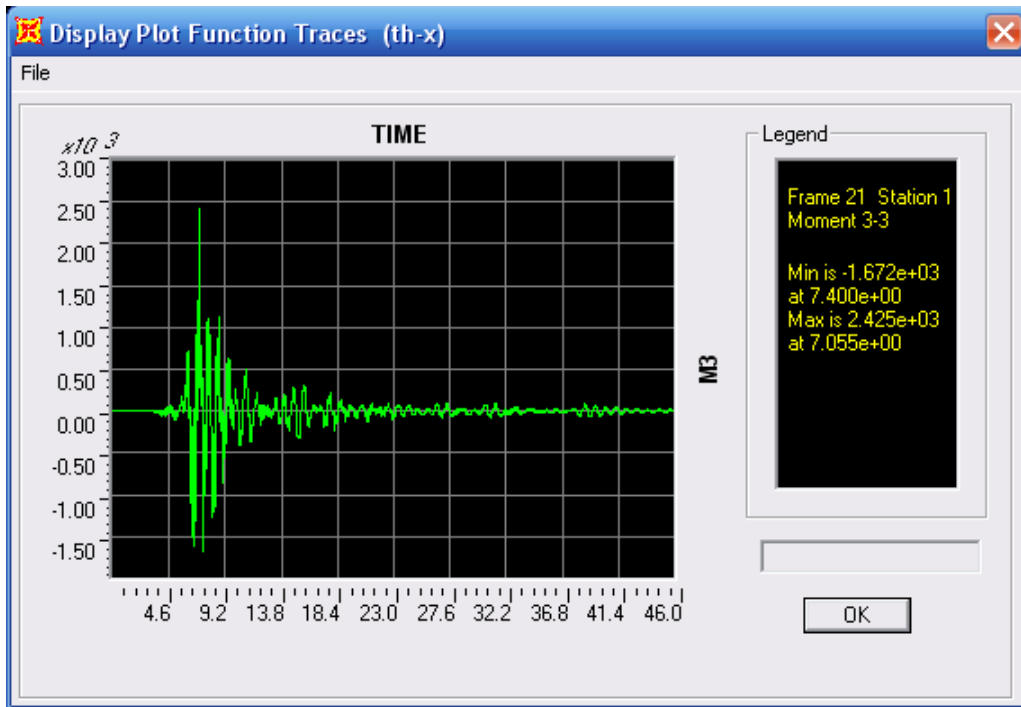
Παρατηρείται ότι στα πρώτα 4.6 s η κατασκευή δεν ανταποκρίνεται στη σεισμική διέγερση. Η μέγιστη παραμόρφωση εντοπίζεται στα 7s, με τιμή  $U_x=5.255 \cdot 10^2$  m για τη συνιστώσα th-x και τιμή  $U_y=2.360 \cdot 10^2$  m για τη συνιστώσα th-y. Συνεπώς η συνιστώσα x του σεισμού συμβάλλει περισσότερο στην παραμόρφωση.

Ακόμη επισημαίνεται ότι ο κύριος όγκος της σεισμικής ενέργειας έχει απορροφηθεί στα πρώτα 15s.

Αντίστοιχα, η χρονική εξέλιξη των εντατικών μεγεθών των δυσμενέστερων υποστυλωμάτων του ισογείου δίνεται από τα παρακάτω γραφήματα:



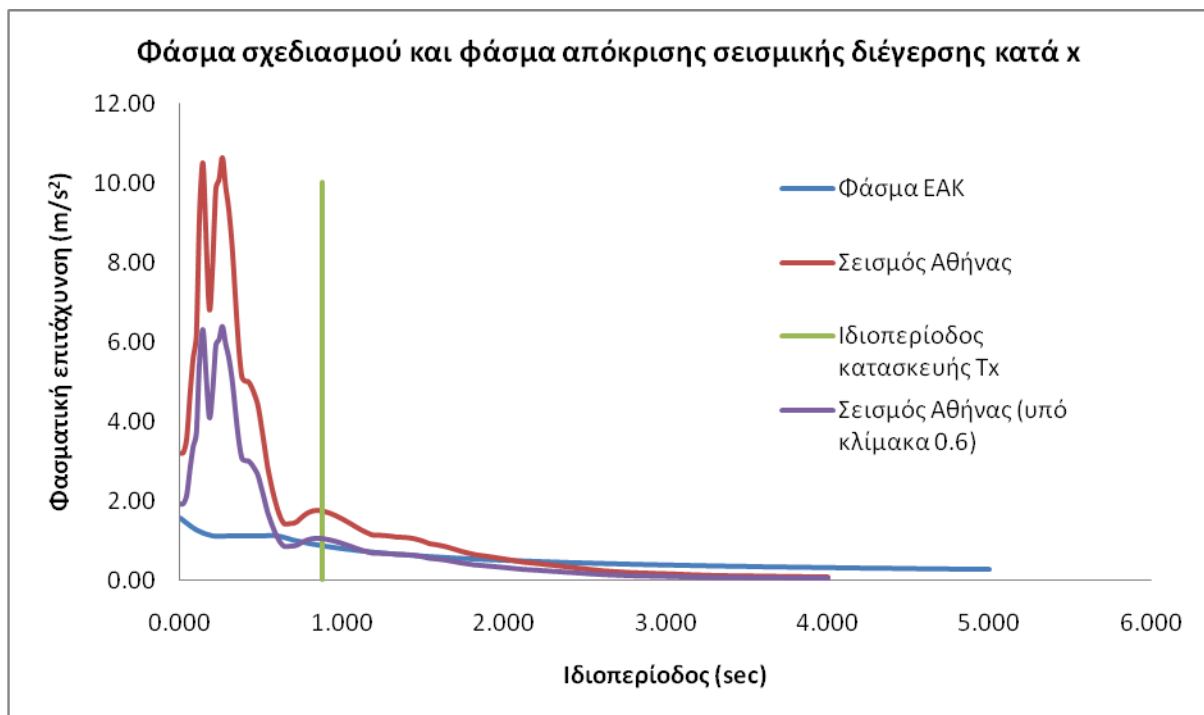


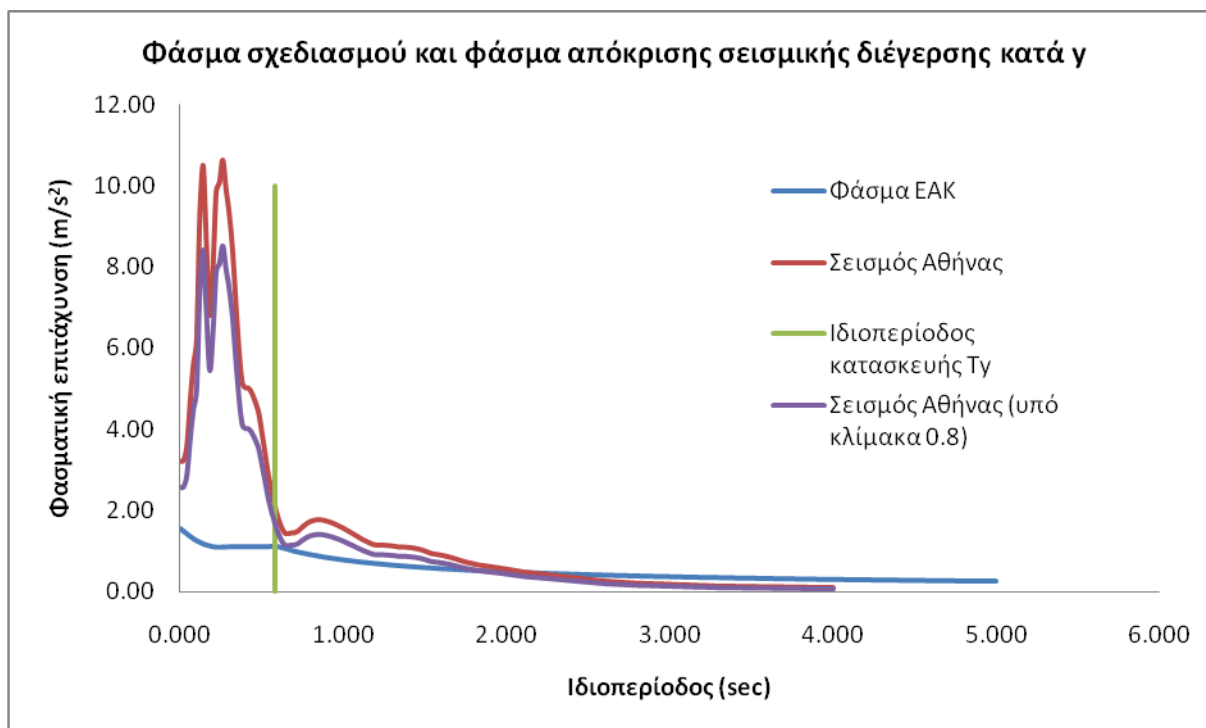


### 3.5 Σύγκριση ελαστικών αναλύσεων- Συντελεστές Κλίμακας

Για τη σύγκριση των παραμορφωσιακών και εντατικών μεγεθών της Γραμμικής Ανάλυσης Χρονοϊστορίας με τη Δυναμική Φασματική Μέθοδο και την Απλοποιημένη Φασματική θεωρήθηκαν κατάλληλοι συντελεστές κλίμακας.

Το φάσμα απόκρισης της σεισμικής διέγερσης που μελετάται όπως δόθηκε από το πρόγραμμα Seismosignal αναφέρεται στην ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής. Το φάσμα του ΕΑΚ ωστόσο είναι ανελαστικό καθώς ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε απεριόριστα ελαστικό σύστημα. (2) Με τους συντελεστές κλίμακας λοιπόν προσεγγίζεται η ανελαστική συμπεριφορά της κατασκευής όπως προκύπτει και από τα παρακάτω διαγράμματα:





Στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε δεύτερη ανάλυση χρονοϊστορίας με εισαγωγή των αντίστοιχων μειωτικών συντελεστών των σεισμικών διεγέρσεων κατά τις διευθύνσεις x και y. Τα παραμορφωσιακά και εντατικά μεγέθη που προέκυψαν προσεγγίζουν τα αποτελέσματα της Δυναμικής Φασματικής και δίνονται παρακάτω:

<b>Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη</b>						
Όροφος	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Κορυφή	0.03624	-0.02002	-0.00448	0.00099	0.00280	-0.00083
4ος όροφος	0.02976	-0.01735	-0.00576	0.00131	0.00294	-0.00068
3ος όροφος	0.02254	-0.01467	-0.00623	0.00154	0.00273	-0.00051
2ος όροφος	0.01496	-0.01141	-0.00605	0.00158	0.00300	-0.00037
1ος όροφος	0.00783	-0.00721	-0.00580	0.00164	0.00282	-0.00022
Pilotis	0.00262	-0.00267	-0.00733	0.00217	0.00208	-0.00008

<b>Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis</b>						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
TH LINEAR	-2020.541	315.299	-356.588	-9.043	-1090.832	-1064.962



<b>Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη κορυφής</b>						
<b>Ανάλυση</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
A.Φ.Μ.	0.03021	0.01271	0.00287	0.00061	0.00205	0.00059
Δ.Φ.Μ.	0.03447	0.01461	0.00339	0.00074	0.00250	0.00090
ΤΗ LINEAR	0.03624	0.02002	0.00448	0.00099	0.00280	0.00083
Διαφορά	0.00176	0.00541	0.00109	0.00024	0.00030	-0.00006
Ποσοστό %	4.87	27.03	24.26	24.70	10.67	-7.56

<b>Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστρωμάτων Pilotis</b>						
<b>Ανάλυση</b>	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
A.Φ.Μ.	1860.618	176.133	206.885	4.418	654.928	674.436
Δ.Φ.Μ.	1902.265	201.112	291.365	8.586	677.041	777.216
ΤΗ LINEAR	2020.541	315.299	356.588	9.043	1090.832	1064.962
Διαφορά	118.276	114.187	65.223	0.457	413.791	287.745
Ποσοστό %	5.85	36.22	18.29	5.05	37.93	27.02

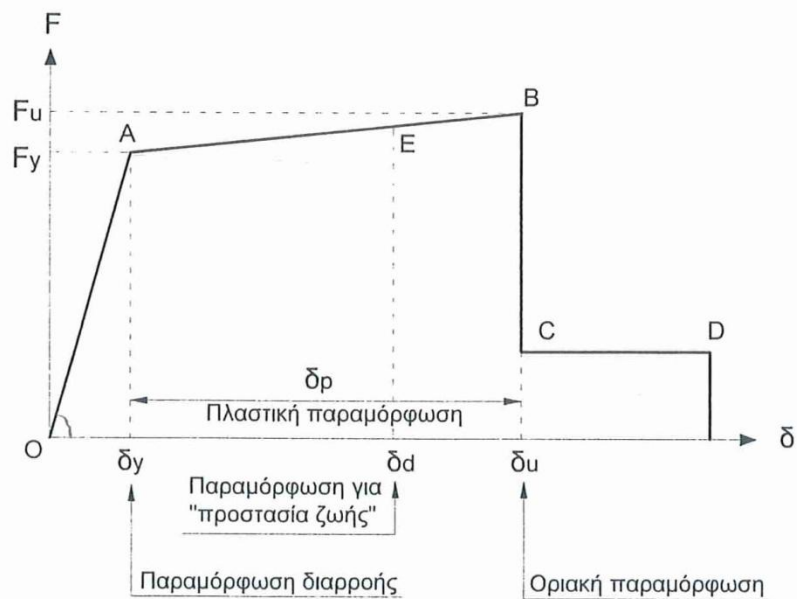
## 4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: Μη γραμμική μέθοδος Σταδιακής Εξώθησης (Pushover Analysis)

### 4.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Η Pushover ανάλυση στηρίζεται σε διαδοχικές αναλύσεις και έχει ως στόχο τον προσδιορισμό της **καμπύλης αντίστασης** της κατασκευής V-Δ. Η καμπύλη αυτή εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετακίνησης κορυφής. Συγκεκριμένα, με δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους και αυξανόμενη τέμνουσα βάση σε κάθε βήμα υπολογίζεται η μετακίνηση κορυφής, λαμβάνοντας υπόψη τη μειωμένη δυσκαμψία των στοιχείων που έχουν διαρρεύσει.

Βασική προϋπόθεση για την κατασκευή της V-Δ είναι ο καθορισμός των νόμων που διέπουν την ανελαστική συμπεριφορά κάθε μέλους της κατασκευής. Έτσι απαιτείται ο προσδιορισμός των διαγραμμάτων ροπής κάμψης  $M$  και γωνίας στροφής της χορδής  $\theta$  στα άκρα του στοιχείου. Επιλέγονται αυτά τα μεγέθη καθώς στα στοιχεία από Ω.Σ. οι καμπτικές και διατμητικές παραμορφώσεις συνυπάρχουν, ενώ οι στροφές των ακραίων διατομών των στοιχείων επηρεάζονται και από την εξόλκευση των οπλισμών στις αγκυρώσεις.

Μια ιδεατή καμπύλη F-δ δομικών στοιχείων αποτελείται από ελαστικό κλάδο, μετελαστικό κλάδο και κλαδο απομένουσας αντίστασης. Πάνω στην καμπύλη αυτή ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας  $E$  προστασίας ζωής, αφού πρώτα προσδιοριστούν οι αντιστοιχες παραμορφώσεις  $\delta_a$ . Οι παραμορφώσεις αυτές διαφέρουν ανάλογα αν το στοιχείο έχει καθοριστεί ως πρωτεύον ή δευτερεύον.



Σχ. 3.4. Ιδεατή καμπύλη  $F$ - $\delta$  δομικών στοιχείων.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει τις παραμορφώσεις  $\delta_d$  ως εξής:

1. Πρωτεύοντα στοιχεία:  $\delta_d = 0.5(\delta_y + \delta_u) / \gamma_{Rd}$
2. Δευτερεύοντα στοιχεία  $\delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd}$

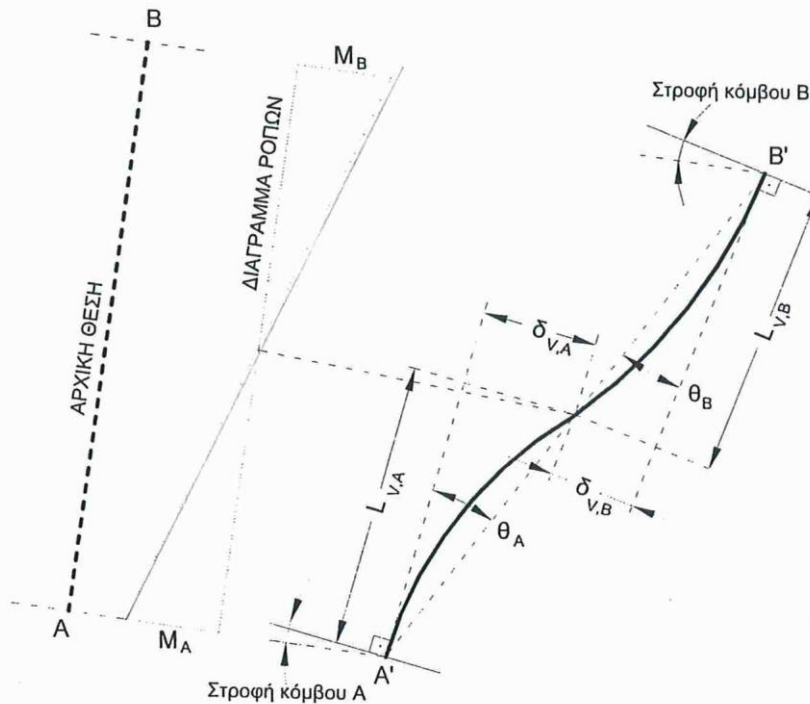
Όπου  $\gamma_{Rd}$  είναι ο συντελεστής ασφαλείας.

Γενικά ως πρωτεύοντα ορίζονται τα στοιχεία που συμβάλλουν στην αντοχή και στην ευστάθεια της κατασκευής υπό σεισμικά φορτία, ενώ όλα τα υπόλοιπα χαρακτηρίζονται δευτερεύοντα.

Αφού έχει προσδιοριστεί η συμπεριφορά των στοιχείων της κατασκευής μπορεί να καθοριστεί η καμπύλη αντίστασης όλης της κατασκευής και να τοποθετηθούν σε αυτή τα σημεία που αντιστοιχούν στις διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας συνολικά για την κατασκευή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η στάθμη επιτελεστικότητας για την κατασκευή ως σύνολο δεν αντιστοιχεί πάντα στο σημείο που το πρώτο στοιχείο της κατασκευής φτάσει σε αυτή τη στάθμη επιτελεστικότητας. Στο σημείο αυτό ο μηχανικός έχει δικαίωμα να επέμβει καθορίζοντας ο ίδιος ποιά στοιχεία θεωρεί πρωτεύοντα και ποιά δευτερεύοντα.

#### 4.1.1 Προσδιορισμός γωνιών στροφής χορδής $\theta$ κατά EC-8

Η γωνία  $\theta$  ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της εφαπτομένης στον άξονα του στοιχείου στο άκρο υπό διαρροή και της χορδής που συνδέει το άκρο αυτό με το άκρο του ανοίγματος διάτμησης, δηλαδή το σημείο μηδενισμού των ροπών. Εναλλακτικά, η γωνία  $\theta$  ορίζεται ως η γωνία στροφής της χορδής που ενώνει τη βάση με την κορυφή ενός θεωρητικού προβόλου μήκους ίσου με το διατμητικό μήκος  $L_v$ , δηλαδή  $\theta = \delta v / L_v$ , όπου  $L_v = M/V$  ( $M$ =ροπή στη βάση,  $V$ =τέμνουσα) και  $\delta v$  είναι η μετατόπιση στην κορυφή του θεωρητικού προβόλου. (5)



Σχ. 3.2. Ορισμός γωνίας  $\theta$ .

Η οριακή τιμή της συνολικής ικανότητας στροφής της χορδής (ελαστικό συν ανελαστικό μέρος),  $\theta_u$  μελών από σκυρόδεμα υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση υπολογίστηκε από τη σχέση:

(1)

$$\theta_{un} = \frac{1}{\gamma_{el}} (\theta_y + (\phi_u - \phi_y) L_{pl} (1 - \frac{0.5L_{pl}}{L_v}))$$

Όπου

$\theta_u$  είναι η οριακή στροφή της χορδής

$\theta_y$  είναι η στροφή της χορδής στη διαρροή

$\phi_u$  είναι η οριακή καμπυλότητα στην ακραία διατομή

$\phi_y$  είναι η καμπυλότητα διαρροής στην ακραία διατομή

$L_{pl}$  το μήκος της πλαστικής άρθρωσης

$\gamma_{el}$  ισούται με 1.5 για κύρια σεισμικά στοιχεία και 1.0 για δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία

$L_v$  λόγος ροπής/διάτμησης στην ακραία ίνα

Το μήκος  $L_{pl}$  υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$L_{pl} = 0.1L_v + 0.17h + 0.24 \frac{d_{bl}f_y}{\sqrt{f_c}}$$

Και η στροφή της χορδής στη διαρροή από τη σχέση:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_v + a_v z}{3} + 0.0013 \left( 1 + 1.5 \frac{h}{L_v} \right) + 0.13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

Όπου

$a_v z$  είναι το μήκος μετατόπισης του διαγράμματος των ροπών κάμψης

$f_y, f_c$  είναι η τάση διαρροής του χάλυβα και του σκυροδέματος, που προκύπτουν απ' ευθείας ως μέσες τιμές από επί τόπου δοκιμές (προσεγγιστικά θεωρείται  $f_{ym}=1.15f_{yk}$  και  $f_{cm}=f_{ck}+8$ )

$h$  είναι το ύψος της διατομής

$d_{bl}$  είναι η (μέση) διάμετρος του εφελκυσμένου οπλισμού

Η διαθέσιμη γωνία πλαστικής στροφής  $\theta_{um}^{pl}$  μιας κρίσιμης περιοχής δίνεται από τη σχέση:

(4)

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y$$

Όσον αφορά τις στάθμες επιτελεστικότητας, για έλεγχο σε όρους παραμορφώσεων:

- Οριακή Κατάσταση Οιονεί Κατάρρευση (NC): η ικανότητα δίνεται από τη συνολική στροφή χορδή  $\theta_{um}$
- Οριακή Κατάσταση Σημαντικών Βλαβών (SD): η ικανότητας στροφής χορδής η οποία αντιστοιχεί σε σημαντική βλάβη  $\theta_{SD}$  μπορεί να θεωρείται ότι είναι τα  $\frac{3}{4}$  της οριακής στροφής χορδής  $\theta_u$
- Οριακή Κατάσταση Περιορισμού Βλαβων (DL): η ικανότητα δίνεται από τη στροφή χορδής σε διαρροή  $\theta_y$

#### 4.1.2 Προσδιορισμός σημείου Επιτελεστικότητας κατά ATC-40 (1)

Στον ATC-40 προτείνονται τρεις μεθοδολογίες υπολογισμού του σημείου επιτελεστικότητας. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται τόσο από την κατάσταση της κατασκευής, όσο και από τη διάρκεια του σεισμού, όπως φαίνεται και στον αντίστοιχο πίνακα:

Διάρκεια σεισμού	Νέες- καλές αντισεισμικά κατασκευές	Υπάρχουσες- μέτριες αντισεισμικά κατασκευές	Υπάρχουσες- φτωχές αντισεισμικά κατασκευές
Μικρή (κοντά στο επίκεντρο)	A	<b>B</b>	C
Μεγάλη (μακριά από επίκεντρο)	B	C	C

Παρακάτω περιγράφεται με βήματα η μεθοδολογία B, όπως εφαρμόστηκε και στο SAP2000.

Βασική παραδοχή αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν παραμένει σταθερή μόνο η αρχική κλίση της διγραμμικού, αλλά και το σημείο διαρροής  $a_y$ ,  $d_y$  και η κλίση του δεύτερου κλάδου του. Η παραδοχή αυτή επιτρέπει να βρεθεί απ' ευθείας το σημείο επιτελεστικότητας χωρίς να σχεδιαστούν πολλαπλές καμπύλες ADRS, γιατί αναγκάζει την ενεργό απόσβεση  $\beta_{eff}$  να εξαρτάται μόνο από το  $d_{pi}$ . Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

1. Μεταφορά του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού για  $\beta=5\%$  στο πεδίο επιτάχυνση-μετακίνηση (μορφή ADRS)

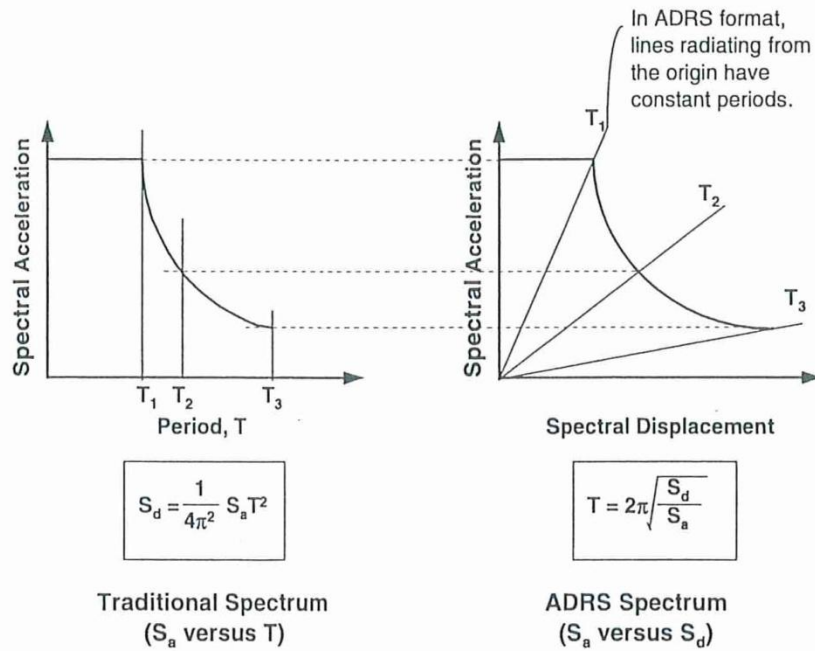


Figure 8-6. Response Spectra in Traditional and ADRS Formats

2. Σχεδιασμός σε κοινό διάγραμμα  $S_a$ - $S_d$  του ελαστικού φάσματος και μιας σειράς μειωμένων φασμάτων αποκρίσεων.

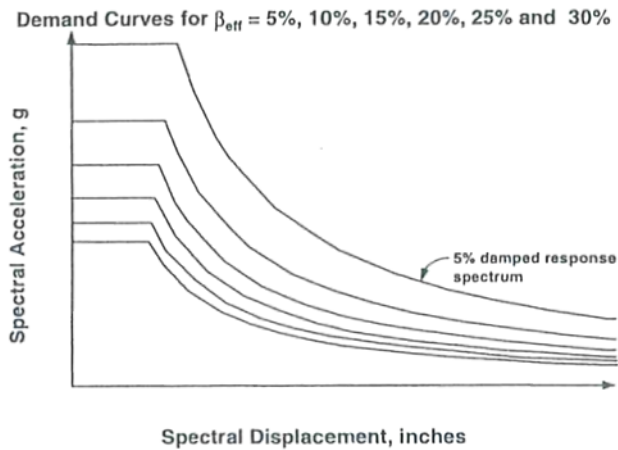
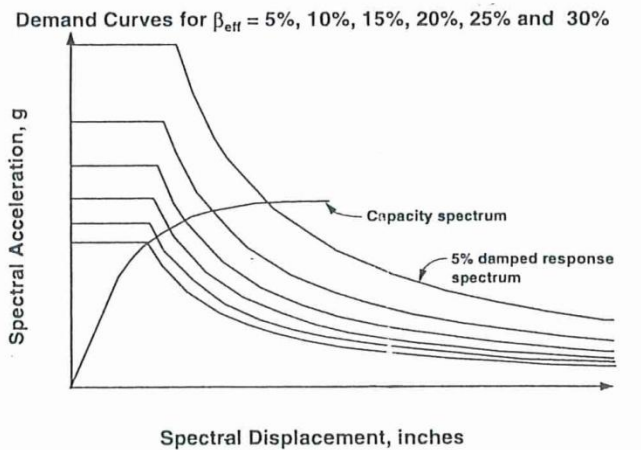


Figure 8-29. Capacity Spectra Procedure "B" After Step 2

3. Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης (capacity curve) σε φάσμα αντίστασης ισοδύναμου μονοβαθμίου (capacity spectrum) και μεταφορά στο παραπάνω διάγραμμα.



Οι σχέσεις που απαιτούνται είναι:

$$Q = PF_1 \cdot Q^*$$

$$PF_1 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N w_i \phi_{i1}^2 / g} \right]$$

$$a_1 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g \right]^2}{\left[ \sum_{i=1}^N w_i / g \right] \left[ \sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g \right]}$$

$$S_a = \frac{V / W}{a_1}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \phi_{roof}}$$

Όπου:

Q: μέγεθος ισοδύναμου μονοβαθμίου

Q\*: αντίστοιχο μέγεθος πολυβαθμίου

PF<sub>1</sub>: συντελεστής συμμετοχής

A<sub>1</sub>: ποσοστό συνολικής μάζας που συμμετέχει στη δυναμική απόκριση της κατασκευής για την αναμενόμενη μορφή παραμόρφωσης

V: τέμνουσα βάσης πολυβαθμίου

W: μόνιμα φορτία



$\Delta_{\text{roof}}$ : μετακίνηση κορυφής

4. Κατασκευή διγραμμικού διαγράμματος του φάσματος αντίστασης. Η αρχική κλίση του διγραμμικού αντιστοιχεί στην αρχική δυσκαμψία του κτιρίου. Η τομή της προέκτασης του πρώτου κλάδου του διγραμμικού με το ελαστικό φάσμα καθορίζει το  $d^* = \delta_{el}$  και ακολούθως προσδιορίζεται και το  $a^*$ . Για τον καθορισμό του σημείου διαρροής απαιτείται η εξίσωση των εμβαδών  $A_1$  και  $A_2$ . Το διγραμμικό σχεδιάζεται έτσι ώστε να διέρχεται από το  $\delta_{el}$  για να γίνει ακριβής προσομοίωση του φάσματος αντίστασης.

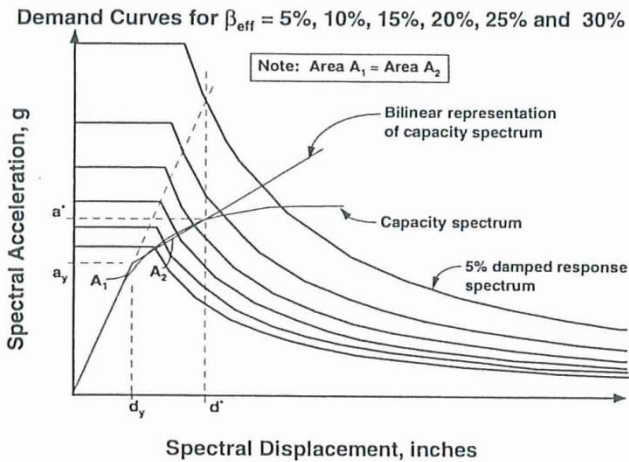


Figure 8-31. Capacity Spectrum Procedure "B" After Step 4

5. Υπολογισμός της ενεργού αποσβέσεως για διάφορες μετακινήσεις κοντά στο σημείο  $a^*$ ,  $d^*$ . Η κλίση του δεύτερου κλάδου του διγραμμικού ισοδυναμεί με:

$$\frac{a^* - a_y}{d^* - d_y}$$

Για κάθε σημείο  $a_{pi}$ ,  $d_{pi}$  στον δεύτερο κλάδο του διγραμμικού η κλίση δίνεται:

$$\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}$$

Αφού η κλίση είναι σταθερή οι σχέσεις είναι ισοδύναμες επομένως προκύπτει ότι

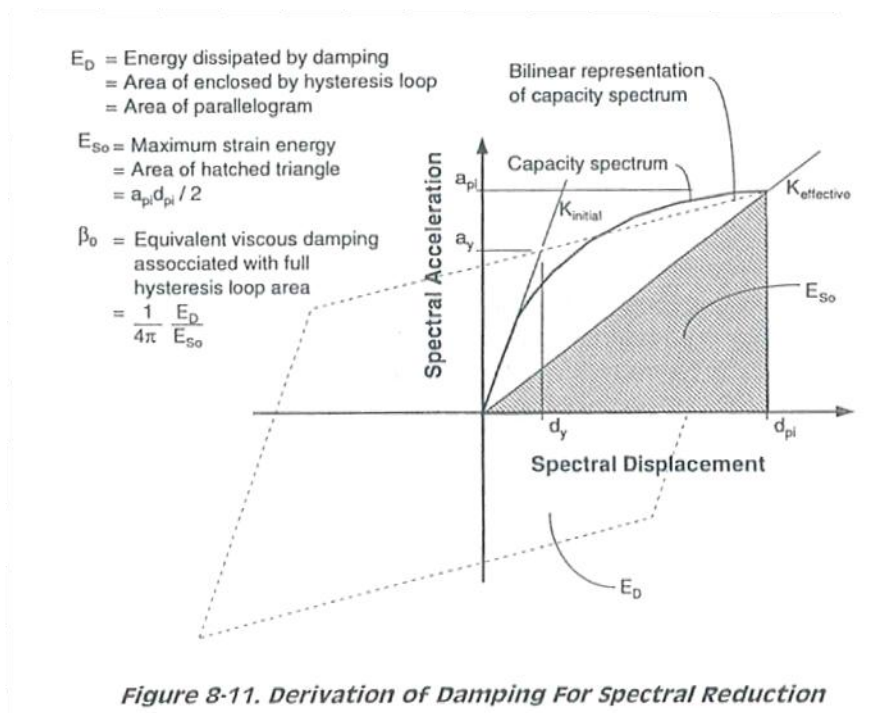
$$\frac{a^* - a_y}{d^* - d_y} = \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}$$

Θέτοντας στη σχέση όπου  $a_{pi}$  το  $a_{pi}'$  προκύπτει:

$$a_{pi}' = \frac{(a^* - a_y)(d_{pi} - d_y)}{d^* - d_y} + a_y$$

Με αντικατάσταση της τιμής αυτής στον τύπο του  $\beta_{eff}$ , προκύπτει μονοσήμαντη σχέση μεταξύ ενεργού αποσβέσεως και της μετατόπισης  $d_{pi}$ .

$$\beta_{eff} = \frac{63.7\kappa(a_y d_{pi} - d_y a_{pi}')}{a_{pi}' d_{pi}} + 5$$

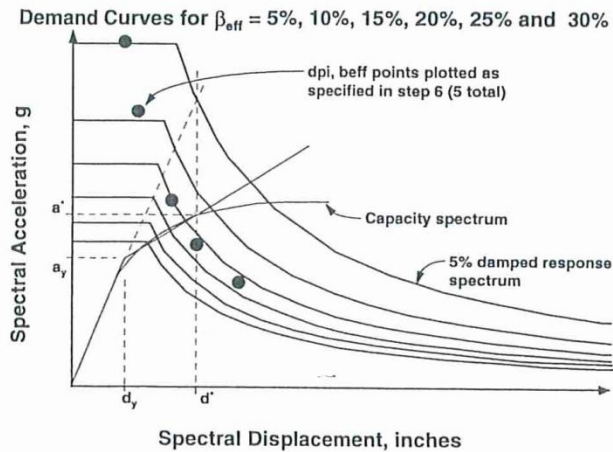


Η εισαγωγή του παράγοντα  $\kappa$  στη σχέση του Chopra από τον ATC-40 επιτρέπει την προσομοίωση ενός ατελούς βρόγχου υστέρησης, δηλαδή ενός μειωμένου σε εμβαδό βρόγχου που αντιστοιχεί και σε μια πραγματική κατασκευή. Ο συντελεστής  $\kappa$  εξαρτάται από την συμπεριφορά της κατασκευής, δηλαδή από την ποιότητα του σεισμικού συστήματος και τη διάρκεια της σεισμικής δόνησης, όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα.

**Table 8-1. Values for Damping Modification Factor,  $\kappa$**

<b>Structural Behavior Type <sup>1</sup></b>	<b><math>\beta_0</math> (percent)</b>	<b><math>\kappa</math></b>
Type A <sup>2</sup>	$\leq 16.25$	1.0
	$> 16.25$	$1.13 - \frac{0.51(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$
Type B	$\leq 25$	0.67
	$> 25$	$\frac{0.845 - 0.446(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$
Type C	Any value	0.33

6. Για κάθε τιμή του  $d_{pi}$  προσδιορίζονται στο ίδιο γράφημα τα σημεία  $d_{pi}$ ,  $\beta_{eff}$ .



**Figure 8-32. Capacity Spectrum Procedure B After Step 6**

7. Με την ένωση των παραπάνω σημείων σχηματίζεται μια νέα γραμμή. Η τομή της γραμμής αυτής με το φάσμα αντίστασης καθορίζει το σημείο επιτελεστικότητας.

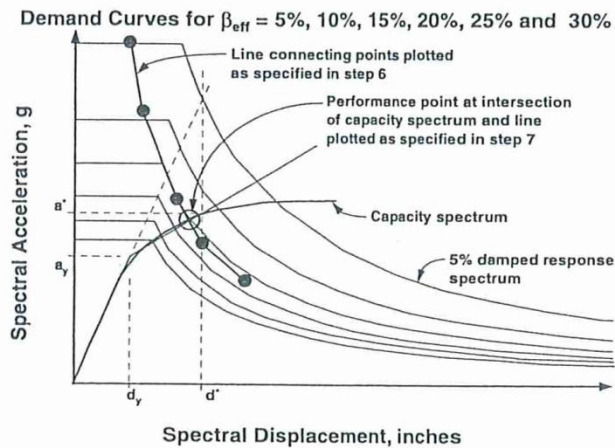


Figure 8-33. Capacity Spectrum Procedure B After Step 7

Αυτή η διαδικασία δίνει το ίδιο αποτέλεσμα με τις άλλες δύο μεθοδολογίες εάν το σημείο επιτελεστικότητας είναι το  $a^*$ ,  $d^*$ . Εάν το σημείο επιτελεστικότητας βρεθεί μακριά από το  $a^*$ ,  $d^*$  τότε απαιτείται προσδιορισμός με άλλη μεθοδολογία.

### Σύγκριση μεθοδολογίας A και B

Η μεθοδολογία A είναι περισσότερο αναλυτική και βασίζεται σε μια επαναληπτική διαδικασία. Σε κάθε δοκιμή με δεδομένο  $a_1$ ,  $d_1$  και  $a_y$ ,  $d_y$  καθορίζεται η ενεργός απόσβεση  $\beta_{eff}$  και σχεδιάζεται νέο φάσμα. Το σημείο τομής του νέου φάσματος με το φάσμα αντίστασης προσδιορίζει το νέο σημείο  $a_2$ ,  $d_2$ . Ελέγχεται εάν υπάρχει σύγκλιση και σε αυτή την περίπτωση έχει προσδιοριστεί το σημείο επιτελεστικότητας. Εάν δε συγκλίνουν τα σημεία, προσδιορίζεται νέο  $\beta_{eff}$  και ακολουθείται η ίδια διαδικασία.

Παρατηρείται λοιπόν ότι στη μεθοδολογία A η προσέγγιση της πραγματικής ανελαστικής συμπεριφοράς γίνεται σταδιακά με την εύρεση πολλών διαδοχικών ενεργών αποσβέσεων. Αντίθετα, στη μεθοδολογία B με δεδομένο ότι το σημείο επιτελεστικότητας πρέπει να βρίσκεται κοντά στο σημείο  $a^*$ ,  $d^*$  καθορίζεται εκείνο το  $\beta_{eff}$  που ικανοποιεί απαίτηση σεισμού και αντίσταση της κατασκευής.

Ως προς τα αποτελέσματα, παρόλο που οι μεθοδολογίες προτείνονται για διαφορετικής ποιότητας κατασκευές, αναμένονται παραπλήσια.

### **Αξιολόγηση Pushover ανάλυσης**

Η στατική μη-γραμμική ανάλυση (pushover), αν και προσεγγίζει περισσότερο, σε σχέση με τις ελαστικές αναλύσεις, τη συμπεριφορά της κατασκευής, δεν είναι ικανοποιητική. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι βασίζεται στην απόκριση ενός ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος και ο υπολογισμός της απόκρισης της κατασκευής σε κάθε όροφο καθορίζεται από την παραμόρφωση της για συγκεκριμένη κατανομή φορτίων καθ' ύψος.

Θεωρείται ωστόσο προσεγγιστική σε σχέση με τη Μη Γραμμική Ανάλυση Χρονο-ιστορίας (RHA) που είναι ακριβής.

## **4.2 Εισαγωγή δεδομένων**

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου αποτελεί ο ορισμός των κριτηρίων αστοχίας των υλικών, η προσθήκη των οπλισμών στις διατομές και ο καθορισμός των νέων χαρακτηριστικών πλαστικοποίησης των κόμβων.

Συγκεκριμένα, ως κριτήριο αστοχίας της θλιβόμενης ζώνης σκυροδέματος ορίστηκε η τιμή  $\epsilon_{cu}=0.0035$  και ως κριτήριο αστοχίας του χάλυβα η τιμή 0.02. (define-materials-show advances properties-nonlinear material data).

**Nonlinear Material Data**

Edit

Material Name: CONCRETE      Material Type: Concrete

Hysteresis Type: Takeda

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle: 0.      Dilatational Angle: 0.

Units: KN, m, C

Stress-Strain Curve Definition Options:
   
 Parametric      Mander      Convert To User Defined
   
 User Defined

Parametric Strain Data:
   
 Strain At Unconfined Compressive Strength,  $f_c$ : 2.000E-03
   
 Ultimate Unconfined Strain Capacity: 3.500E-03
   
 Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK      Cancel

**Nonlinear Material Data**

Edit

Material Name: STEEL      Material Type: Rebar

Hysteresis Type: Kinematic

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle:      Dilatational Angle:      Units: KN, m, C

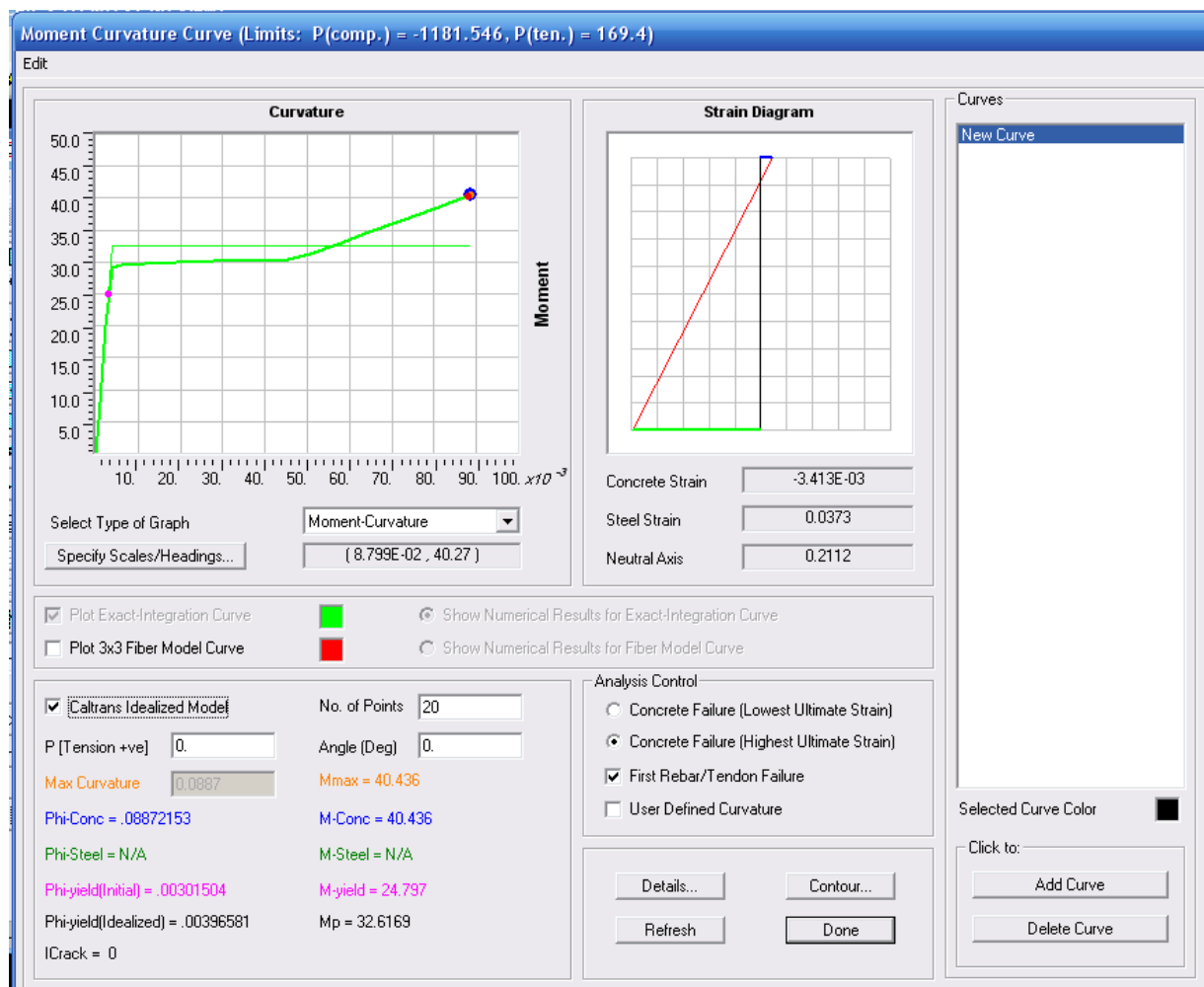
Stress-Strain Curve Definition Options:
   
 Parametric      Simple      Convert To User Defined
   
 User Defined

Parametric Strain Data:
   
 Strain At Onset of Strain Hardening: 0.02
   
 Ultimate Strain Capacity: 0.12
   
 Final Slope (Multiplier on E): -0.1
   
 Use Caltrans Default Controlling Strain Values (Bar Size Dependent)

Show Stress-Strain Plot...

OK      Cancel

Στη συνέχεια για κάθε διατομή το πρόγραμμα προσδιορίζει το διάγραμμα Ρομών-Καμυλοτήτων, απ' όπου διαβάζονται οι τιμές  $\phi_y$ ,  $\phi_u$ .



Με δεδομένες τις τιμές αυτές κατασκευάστηκε φύλλο excel όπου υπολογίστηκαν οι γωνίες στροφής- χορδής  $\theta_y$ ,  $\theta_u$  κατά EC-8 για όλες τις διατομές.

Ενδεικτικά παρατίθεται τμήμα του αρχείου.

#### Δοκοί

	$\phi_y$	$\phi_u$	h	dbl	fy	fc	Lv	yel	Lpl	$\theta_y$	$\theta_{um}$	$\theta_{um pl}$
<b>D9-orofoi</b>	0.0018	0.1039	0.75	0.010	253	20	2.650	1.5	0.528	0.0035	0.0347	0.0312
<b>D9-pilotis</b>	0.0051	0.1455	0.30	0.016	253	20	2.650	1.5	0.533	0.0067	0.0493	0.0427
<b>D10-orofoi</b>	0.0024	0.0872	0.60	0.014	253	20	3.925	1.5	0.685	0.0050	0.0386	0.0336
<b>D10-pilotis</b>	0.0053	0.1035	0.30	0.018	253	20	3.925	1.5	0.688	0.0091	0.0471	0.0381
<b>D11-orofoi</b>	0.0024	0.0920	0.60	0.010	253	20	1.950	1.5	0.433	0.0036	0.0254	0.0218
<b>D11-pilotis</b>	0.0050	0.1552	0.30	0.014	253	20	2.001	1.5	0.441	0.0054	0.0429	0.0375
<b>D12-orofoi</b>	0.0025	0.0824	0.60	0.016	253	20	2.325	1.5	0.552	0.0040	0.0286	0.0246
<b>D12-pilotis</b>	0.0024	0.0872	0.60	0.014	253	20	2.325	1.5	0.525	0.0039	0.0289	0.0250
	<b>My</b>	<b>Mu</b>										
<b>D9-orofoi</b>	18.525	39.562										
<b>D9-pilotis</b>	28.115	46.222										
<b>D10-orofoi</b>	31.166	52.906										
<b>D10-pilotis</b>	28.354	38.617										
<b>D11-orofoi</b>	16.659	27.726										
<b>D11-pilotis</b>	14.277	25.943										
<b>D12-orofoi</b>	39.171	67.132										
<b>D12-pilotis</b>	31.166	52.906										

#### Υποστύλωμα

	N	$\phi_y$	$\phi_u$	h	dbl	fy	fc	Lv	yel	Lpl	$\theta_y$	$\theta_{um}$	$\theta_{um pl}$
<b>K116</b>	-76.455	0.0077	0.0931	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0079	0.0334	0.0255
<b>K115</b>	-225.310	0.0084	0.0837	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0083	0.0304	0.0220
<b>K114</b>	-372.936	0.0091	0.0742	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0087	0.0273	0.0186
<b>K113</b>	-519.805	0.0097	0.0663	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0091	0.0247	0.0156
<b>K112</b>	-666.198	0.0104	0.0539	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0095	0.0207	0.0112
<b>K111</b>	-820.751	0.0112	0.0447	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.0100	0.0177	0.0077
	<b>My</b>	<b>Mu</b>											
<b>K116</b>	53.860	63.599											
<b>K115</b>	68.873	75.646											
<b>K114</b>	80.856	88.139											
<b>K113</b>	90.898	101.496											
<b>K112</b>	102.056	113.281											
<b>K111</b>	114.027	123.773											



Ακολούθως ορίστηκαν για κάθε διατομή τα χαρακτηριστικά πλαστικοποίησής της (define-section properties-hinge properties). Για τις δοκούς κρίσιμη είναι η αστοχία από ροπή κατά τον τοπικό άξονα 3 (M3), ενώ για τα υποστυλώματα κρίσιμη είναι η αστοχία από αλληλεπίδραση αξονικής δύναμης P και ροπών κατά τους τοπικούς άξονες 2 και 3 (M2-M3).

Τέλος δόθηκαν σε κάθε στοιχείο τα χαρακτηριστικά που του αντιστοιχούν. (assign-frame-hinges)

**Frame Hinge Property Data for D12-orofoi h - Moment M3**

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-16.783	-0.0737
D-	-16.783	-0.0246
C-	-67.132	-0.0246
B-	-39.171	0
A	0	0
B	39.171	0
C	67.132	0.0246
D	16.783	0.0246
E	16.783	0.0737

Symmetric

Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length

Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

	Positive	Negative
<input type="checkbox"/> Use Yield Moment Moment SF	<input type="text" value="1."/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Use Yield Rotation Rotation SF (Steel Objects Only)	<input type="text" value="1."/>	<input type="text"/>

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
<input checked="" type="checkbox"/> Immediate Occupancy	<input type="text" value="0."/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Life Safety	<input type="text" value="0.0184"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Collapse Prevention	<input type="text" value="0.0246"/>	<input type="text"/>

Show Acceptance Criteria on Plot

	Moment/SF	Rotation/SF
<b>A</b>	0	0
<b>B</b>	My	0
<b>C</b>	Mu	$\theta_{um pl}$
<b>D</b>	0.25Mu	$\theta_{um pl}$
<b>E</b>	0.25Mu	3 $\theta_{um pl}$

Στάθμες επιτελεστικότητας	Plastic Deformation/SF
Άμεση χρήση μετά το σεισμό	0
Ασφάλεια Ζωής	0.75 $\theta_{um pl}$
Αποφυγή Κατάρρευσης	$\theta_{um pl}$

**Moment Rotation Data for K113 h - Interacting P-M2-M3**

Edit

Select Curve  
 Axial Force: -519.805    Angle: 0.    Curve #1: [Navigation Buttons]    Units: KN, m, C

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.117	0.0156
D	0.279	0.0156
E	0.279	0.0469

Note: Yield moment is defined by interaction surface

Copy Curve Data    Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

- Immediate Occupancy: 0.
- Life Safety: 0.0117
- Collapse Prevention: 0.0156

Show Acceptance Points on Current Curve

3D View  
 Current Curve - Curve #1  
 Force #1; Angle #1  
 3-D Surface  
 Axial Force = -519.805

Plan: 315    Elevation: 35    Aperture: 0    Axial Force: -519.805

Hide Backbone Lines  
 Show Acceptance Criteria  
 Show Thickened Lines  
 Highlight Current Curve

Moment Rotation Information  
 Symmetry Condition: Double  
 Number of Axial Force Values: 1  
 Number of Angles: 2  
 Total Number of Curves: 2

Angle Is Moment About  
 0 degrees = About Positive M2 Axis  
 90 degrees = About Positive M3 Axis  
 180 degrees = About Negative M2 Axis  
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK    Cancel

Τα φορτία επιβάλλονται στον φορέα σε δύο φάσεις. Αρχικά, επιβάλλονται τα μόνιμα και κινητά φορτία της κατασκευής σε συνδυασμό  $G+0.3Q$  σε μη γραμμική ανάλυση (define-load cases). Οι αρχικές συνθήκες θεωρούνται μηδενικές και τα αποτελέσματα δίνονται σε πολλαπλά στάδια.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case:

Geometric Nonlinearity Parameters:

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	DEAD	1.
Load Pattern	LIVE	0.3

Other Parameters:

Load Application:

Results Saved:

Nonlinear Parameters:

Στη συνέχεια, επιβάλλεται σταδιακά οριζόντια σεισμική φόρτιση που στα πλαίσια της μελέτης αποτελεί οριζόντια μετακίνηση 0.2 m στον κόμβο 134 της οροφής.

**Load Case Data - Nonlinear Static**

Load Case Name:   Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	1.
Accel	UX	1.
Accel	UY	0.3

Analysis Type:

Linear

Nonlinear

Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

None

P-Delta

P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

Load Application:

Results Saved:

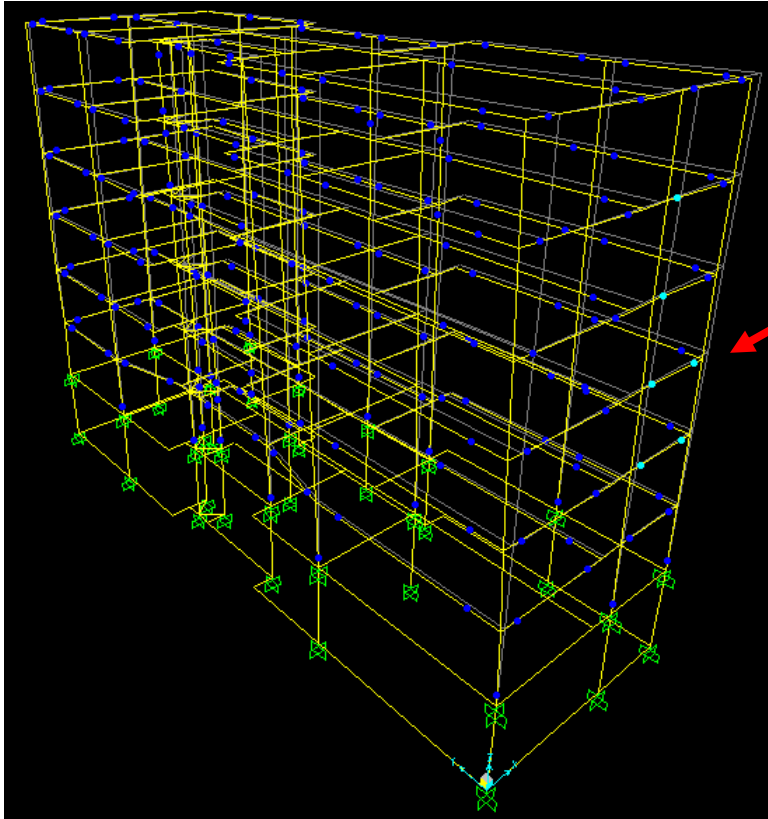
Nonlinear Parameters:

## 4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

### 4.3.1 Συνολική εικόνα διαρροής

Η ανάλυση ολοκληρώθηκε σε 80 βήματα και το Σημείο Επιτελεστικότητας ορίστηκε μεταξύ των βημάτων 48-49 της ανάλυσης.

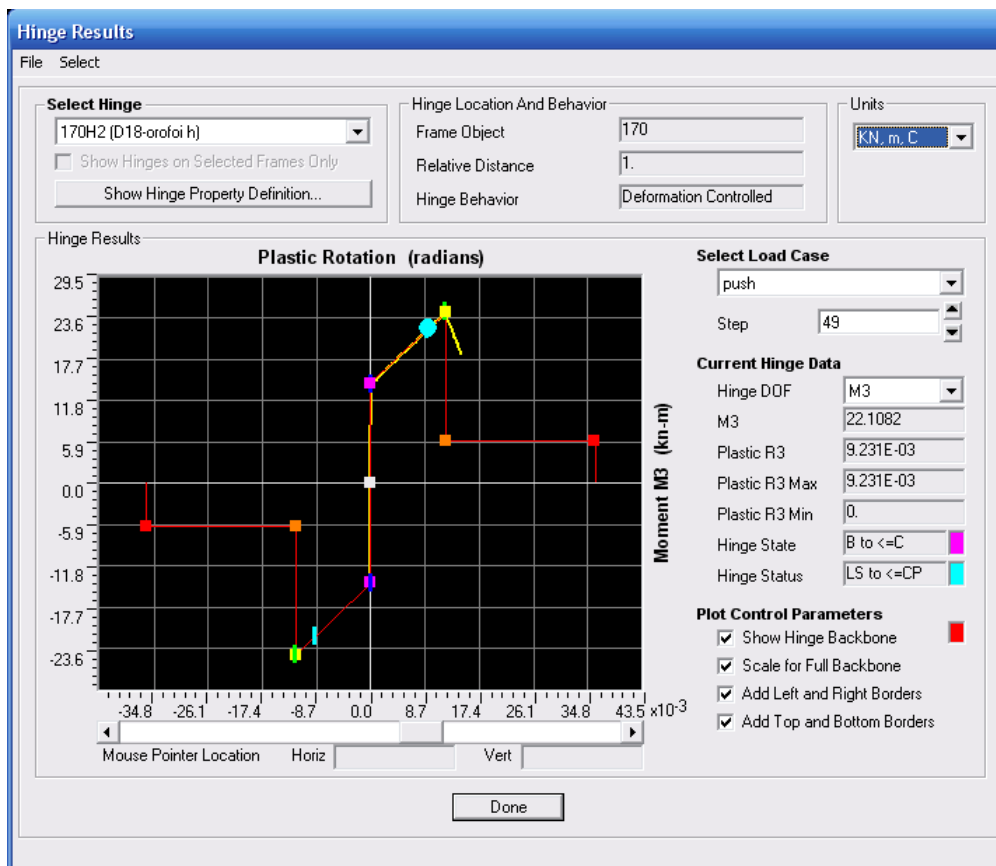
Η συνολική εικόνα διαρροής στο Σημείο Επιτελεστικότητας φαίνεται παρακάτω:



Παρατηρείται ότι οι περισσότερες διατομές έχουν περάσει στην πλαστική περιοχή αλλά δεν έχουν ξεπεράσει το 75% της οριακής γωνίας στροφής της χορδής. (μπλέ)

Η δοκός Δ18 ωστόσο έχει ξεπεράσει και το 75% της οριακής γωνίας στροφής της χορδής  $\theta_{um}^{Pl}$ . Συνεπώς η στοχευόμενη μετατόπιση που προέκυψε στο σημείο επιτελεστικότητας είναι μεγαλύτερη της μετατόπισης που προκύπτει για γωνία στροφής της χορδής  $0.75\theta_{um}^{Pl}$ . Άρα για στόχο σχεδιασμού «Προστασία Ζωής» ο αρχικός φορέας δεν είναι ικανοποιητικός.

Το διάγραμμα ροπής- γωνίας στροφής της χορδής της δοκού φαίνεται στο σχήμα:



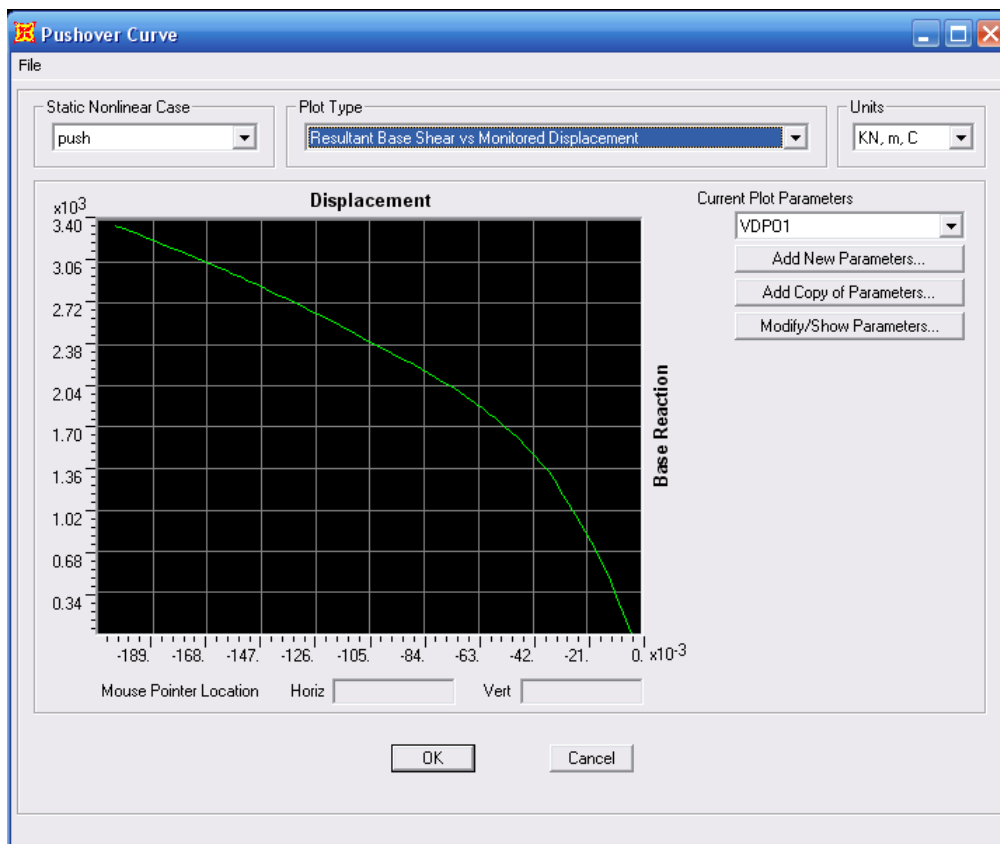
Από την παραπάνω ανάλυση συμπεραίνεται ότι ο φορέας παρουσιάζει σημαντική αδυναμία στις δοκούς. Η αδυναμία αυτή δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ισχύοντες κανονισμοί πριν το 1984 πραγματοποιούσαν έλεγχο για κάθε όροφο χωριστά με θεώρηση ελαστικής στήριξης για τα υποστυλώματα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πλαισιακή λειτουργία και η συμβολή των δοκών στην ανάληψη της σεισμικής έντασης.

Η αδυναμία του φορέα εντείνεται λόγω λανθασμένου σχεδιασμού, που περιλαμβάνει στοιχεία μεγάλων διαστάσεων με μικρή ποσότητα οπλισμού, έμμεσες στηρίξεις, ενισχυμένες ζώνες μέσα στις πλάκες, δοκούς πολύ μεγάλου πλάτους (0.90m) περιμετρικά του ισογείου και δυσανάλογο σχήμα της κάτοψης (27\*9 m<sup>2</sup>).

Η αδυναμία αυτή θα αντιμετωπιστεί με ενίσχυση συγκεκριμένων δομικών στοιχείων με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς της.

### 4.3.2 Καμπύλη Αντίστασης- Σημείο Επιτελεστικότητας

Η καμπύλη αντίστασης V-Δ εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετακίνησης κορυφής. Συγκεκριμένα, με δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους και αυξανόμενη τέμνουσα βάσης σε κάθε βήμα υπολογίζεται η μετακίνηση κορυφής, λαμβάνοντας υπ όψιν τη μειωμένη δυσκαμψία των στοιχείων που έχουν διαρρεύσει.

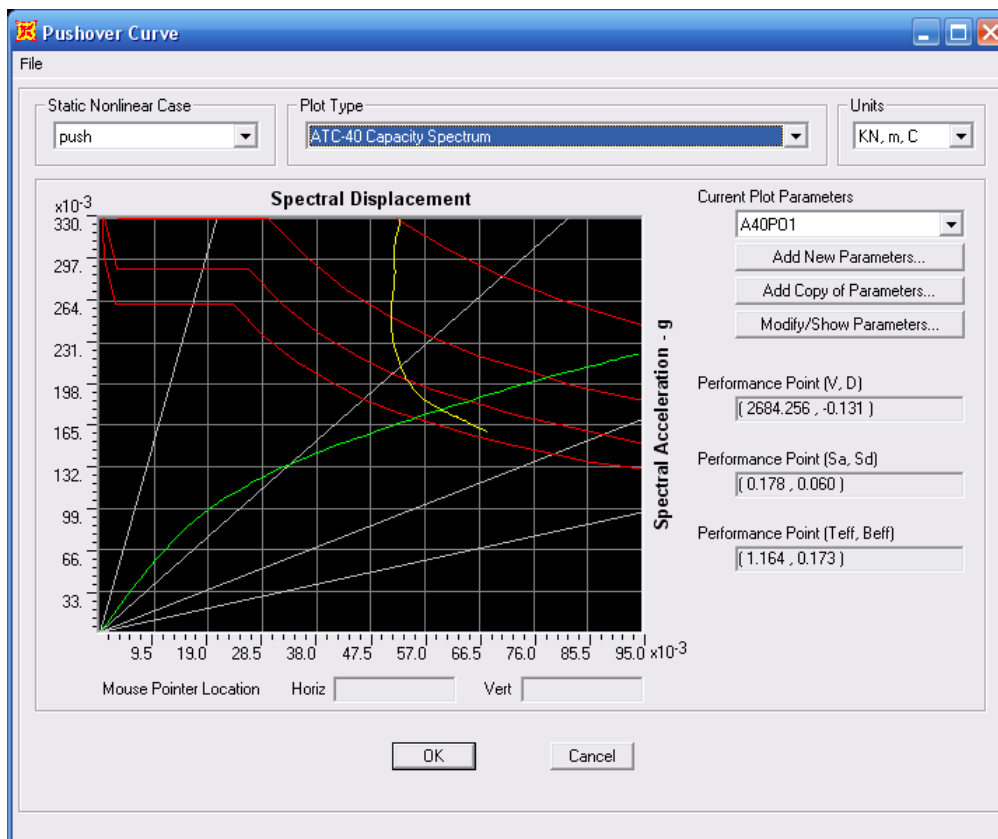


Παρατηρείται ότι δεν έχει εξαντληθεί η αντοχή το κτιρίου, καθώς η καμπύλη έχει ανοδικό κλάδο.

Καμπύλη Αντίστασης		
Βήμα	Μετατόπιση	Τέμνουσα Βάσης
	m	KN
45	-0.122867	2600.364
46	-0.125531	2627.961
47	-0.127919	2652.585
48	-0.129919	2675.017
<b>Σ.Ε.</b>	<b>-0.131</b>	<b>2684.256</b>

49	-0.131919	2695.874
50	-0.133919	2717.009
51	-0.135919	2738.389
52	-0.138117	2760.48
53	-0.140117	2781.435
54	-0.143568	2816.818
55	-0.145568	2837.099

Το σημείο Επιτελεσματικότητας προσδιορίζεται με τη μέθοδο Β του ATC-40.



Με κόκκινο χρώμα δίνεται το ελαστικό φάσμα και μια σειρά μειωμένων αποκρίσεων σε μορφή ADRS. Η πράσινη καμπύλη αποτελεί το φάσμα αντίστασης ισοδύναμου μονοβαθμίου, όπως προκύπτει από την καμπύλη αντίστασης. Με κίτρινο χρώμα ορίζεται ο γεωμετρικός τόπος των σημείων ( $\beta_{eff}$ ,  $\delta_i$ ) όπως ορίζονται κατά ATC-40. Η τομή της κίτρινης καμπύλης (απαίτηση) και της πράσινης καμπύλης (ικανότητα) δίνει το Σημείο Επιτελεσματικότητας.



Το σημείο Επιτελεστικότητας εντοπίζεται μεταξύ των βημάτων 48 και 49 της ανάλυσης:

Καμπύλη Απαίτησης-Ικανότητας κατά ATC40								
Βήμα	Teff	Beff	Sd	Sa	Sd	Sa	Alpha	PFPphi
			Απαίτηση	Απαίτηση	Ικανότητα	Ικανότητα		
45	1.145437	0.171371	0.056058	0.172003	0.058741	0.180235	0.691514	2.119485
46	1.151815	0.172003	0.05733	0.173962	0.059115	0.179378	0.690983	2.11894
47	1.157601	0.172736	0.058458	0.175617	0.059433	0.178544	0.690884	2.118878
<b>48</b>	<b>1.162308</b>	<b>0.173266</b>	<b>0.0594</b>	<b>0.177004</b>	<b>0.059698</b>	<b>0.177892</b>	<b>0.691267</b>	<b>2.118952</b>
<b>49</b>	<b>1.166888</b>	<b>0.173729</b>	<b>0.060337</b>	<b>0.178387</b>	<b>0.059962</b>	<b>0.177278</b>	<b>0.691257</b>	<b>2.119201</b>
50	1.171534	0.174274	0.061276	0.179731	0.060219	0.17663	0.691466	2.119344
51	1.176046	0.174672	0.062229	0.181127	0.060484	0.176049	0.691537	2.119045
52	1.181081	0.175283	0.063259	0.182558	0.060758	0.175342	0.69165	2.119293
53	1.185459	0.175638	0.064207	0.183927	0.061018	0.174792	0.691712	2.119156
54	1.192946	0.176288	0.065835	0.186233	0.061454	0.173839	0.69184	2.119156
55	1.197162	0.176569	0.066785	0.187591	0.061709	0.173334	0.691774	2.118963

Και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

Ενεργό Ιδιοπερίοδο:  $T_{eff} = 1.164$  s

Ενεργό Απόσβεση  $B_{eff} = 0.173$  s

Φασματική Επιτάχυνση:  $S_a = 0.178$  m/s<sup>2</sup>

Φασματική Μετατόπιση:  $S_d = 0.060$  m

Τέμνουσα Βάσης:  $V = 2684.256$  KN

Μετατόπιση Κορυφής:  $D = -0.131$  m

Τα μέγιστα εντατικά μεγέθη στο σημείο επιτελεστικότητας προκύπτουν:

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλμάτων Pilotis						
Βήμα	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
48	-2011.560	-293.920	-213.846	-71.992	-535.338	-671.295
<b>Σ.Ε.</b>	<b>-2013.304</b>	<b>-294.281</b>	<b>-214.175</b>	<b>-72.672</b>	<b>-535.849</b>	<b>-671.323</b>
49	-2015.498	-294.734	-214.588	-73.527	-536.491	-671.358

## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: Ενισχύσεις

### 5.1 Εισαγωγή- Στόχος Σεισμικής Ικανότητας

Τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν την πλειονότητα των κατασκευών που μελετήθηκαν και οικοδομήθηκαν στην Ελλάδα τουλάχιστον ως τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Ένας σημαντικός αριθμός από τα κτίρια αυτά, κατά τη διάρκεια σεισμών που έχουν συμβεί στο διάστημα από την κατασκευή τους έως σήμερα, έχουν υποστεί μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης βλαβες. Η φυσική φθορά που υφίσταται μια κατασκευή με το χρόνο, εφόσον δεν υπάρχει πρόνοια για κατάλληλη συντήρηση και ενδεχομένως ενίσχυσή της, μειώνει την αντοχή της για την ανάληψη σεισμικών φορτίων. Κατά συνέπεια ένας μεγάλος αριθμός κατασκευών, διαπιστώνεται ότι χρήζουν επεμβάσεις.(8)

Οι στόχοι της σεισμικής ικανότητας μιας κατασκευής αποτελούν συνδυασμούς μιάς στάθμης επιτελεστικότητας (δηλαδή του αποδεκτού ορίου βλαβών) και ενός επιπέδου της σεισμικής δράσης, που συνήθως καθορίζεται από την ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης στη διάρκεια ζωής της κατασκευής ή την ισοδύναμη περίοδο επανάληψης. Δηλαδή, κάθε στόχος σεισμικής ικανότητας καθορίζει μια ανεκτή οριακή κατάσταση βλαβών για συγκεκριμένη ισχύ της σεισμικής δόνησης.

Αφού καθοριστεί ο επιθυμητός στόχος σεισμικής ικανότητας, μπορεί στη συνέχεια να γίνει η αποτίμηση μιας υφιστάμενης κατασκευής ή ο ανασχεδιασμός της (ενίσχυσή της) ή ο σχεδιασμός μιας νέας κατασκευής. Οι στόχοι σεισμικής ικανότητας αναφέρονται τόσο στο φέροντα οργανισμό, όσο και στο μη φέροντα οργανισμό, δηλαδή στο σύστημα που δε συμμετέχει στην ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων. Ο συνολικός στόχος για όλη την κατασκευή προκύπτει από συνδυασμό των στόχων για το φέροντα και το μη φέροντα οργανισμό. (5)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι στόχοι σχεδιασμού σύμφωνα με τις στάθμες επιτελεστικότητας και τις περιόδους επανάληψης του EC8. Στην παρούσα εργασία ο στόχος σεισμικής ικανότητας αντιστοιχεί στο B2.

Στόχοι σεισμικής ικανότητας κατά Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 3.

		Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Περιορισμός βλαβών	Σημαντικές βλάβες	Οιονεί κατάρρευση
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	20% (Περίοδος επανάλιψης 225 χρόνια)	A1	B1	Γ1
	10% (Περίοδος επανάλιψης 475 χρόνια)	A2	B2	Γ2
	2% (Περίοδος επανάλιψης 2475 χρόνια)	A3	B3	Γ3

Ο καθορισμός του στόχου για τον οποίο θα γίνει ο σχεδιασμός εξαρτάται από το επιθυμητό συνδυασμό ασφάλειας και κόστους, λαμβάνοντας υπόψη και τη σπουδαιότητα της κατασκευής. Η φιλοσοφία σχεδιασμού φαίνεται στο σχήμα. Κάθε τετράγωνο αντιπροσωπεύει ένα στόχο σχεδιασμού και οι διαγώνιες γραμμές σε συγκεκριμένα κριτήρια σχεδιασμού.

Η γραμμή 1-3 καθορίζει τον βασικό σχεδιασμό συνήθων κατασκευών, η γραμμή 2-3 αντιστοιχεί σε σχεδιασμό με μικρότερο σεισμικό κίνδυνο (Σ3 κατά ΕΑΚ). Τέλος, η γραμμή 3-3 αντιστοιχεί σε ένα πολύ ασφαλή (αλλά και πολύ αντιοικονομικό) σχεδιασμό που θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε κατασκευή μεγάλης σπουδαιότητας (Σ4 κατά ΕΑΚ).

Στην παρούσα εργασία καθορίστηκε ως στόχος ανασχεδιασμού η Στάθμη Επιτελεστικότητας Προστασία Ζωής

		Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Άμεση χρήση	Προστασία ζωής	Οιονεί κατάρρευση
Συχνότητα εμφάνισης σεισμικής δράσης	Μεγάλη (συχνοί σεισμοί)	1		Μη-αποδεκτοί στόχοι
	Μικρή (σπάνιοι σεισμοί)	2		
	Πολύ μικρή (πολύ σπάνιοι σεισμοί)	3	3	3

Καθορισμός στόχων σχεδιασμού.

Όσον αφορά στο φέροντα οργανισμό, αναμένονται να εμφανιστούν βλάβες, οι οποίες είναι επισκευάσιμες και δεν αποτελούν αιτία απώλειας της στατικής ευστάθειας της κατασκευής ή σοβαρού τραυματισμού ατόμων (μικροί τραυματισμοί, οι οποίοι όμως δεν αποτελούν κίνδυνο απώλειας ζωής, μπορεί να συμβούν) ή σημαντικών ζημιών σε αντικείμενα που βρίσκονται στην κατασκευή. Για την επανάχρηση της κατασκευής μετά το σεισμό απαιτείται να επισκευαστούν οι βλάβες.

Όσον αφορά τα μη φέροντα στοιχεία, αναμένονται βλάβες, οι οποίες όμως δεν αποτελούν κίνδυνο για άτομα εντός ή εκτός της κατασκευής, είτε λόγω πτώσης αντικειμένων είτε λόγω δευτερογενών αιτιών, όπως διαφυγή τοξικών ουσιών, αστοχία συστημάτων υψηλής πίεσης, και κίνδυνος πρόκλησης πυρκαϊάς.

## 5.2 Μέθοδοι Ενίσχυσης

Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν τον τύπο της επέμβασης που θα εφαρμοστεί είναι η επιλογή της στρατηγικής των επεμβάσεων και του συστήματος επεμβάσεων. (8)

Μέσω της επέμβασης θεωρείται ότι αποκαθίσταται οιοσδήποτε μονολιθική συνεργασία παλαιών και νέων υλικών. Παρά ταύτα, λόγω των (μικρών έστω) σχετικών μετακινήσεων στις διεπιφάνειες παλαιών/νέων υλικών, η μονολιθικότητα ως προς την αντίσταση κρίσιμων περιοχών ή την παραμόρφωση δομικών στοιχείων, ενδέχεται να μην είναι πλήρης και πρέπει να ελέγχεται. (4)

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου που μελετάται. Το σύστημα επεμβάσεων που εφαρμόζεται είναι η αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα.

Οι βασικές αδυναμίες που παρατηρήθηκαν στον φορέα είναι:

1. Αδυναμία ανάληψης στατικών και κατ' επέκταση σεισμικών φορτίων της κατασκευής σε συγκεκριμένες δοκούς.
2. Έντονη στρεπτική ευαισθησία του κτιρίου από τα στατικά του φορτία. Οι ιδιοπερίοδοι του είναι:

$$T_x = T_1 = 0.87612s$$

$$T_2 = 0.78774s \text{ στροφική}$$

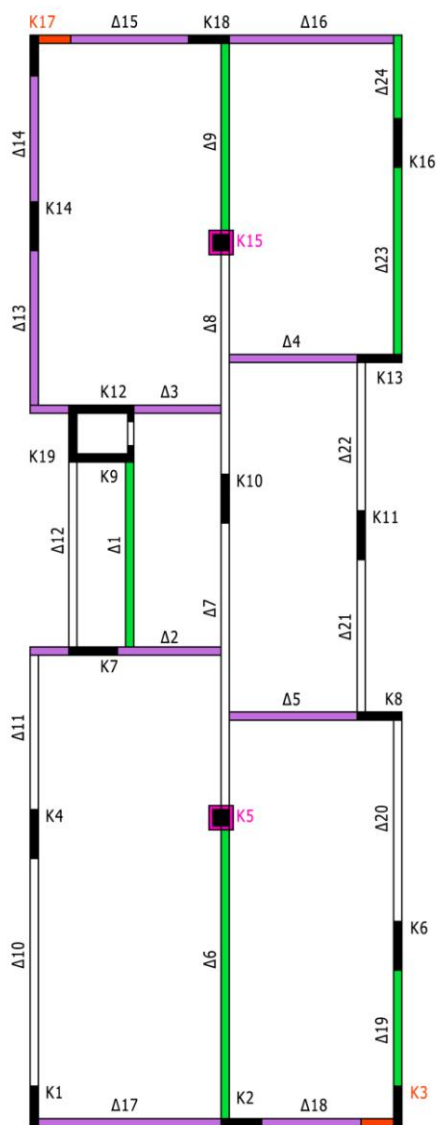
$$T_3 = T_y = 0.58134s$$

Με γνώμονα τις δύο αυτές αδυναμίες θα γίνει η επέμβαση στο φορέα. Στόχος είναι η ενίσχυση των δοκών και η μείωση της στρέψης. Η στρέψη αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα καθώς προκαλεί έντονη ρηγματώση στο σκυρόδεμα.

Οι μέθοδοι ενίσχυσης που επιλέχθηκαν είναι:

1. Δοκοί: Ενίσχυση με προσθήκη επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων (πράσινο)
2. Δοκοί: Ενίσχυση σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος (μώβ)
3. Υποστυλώματα: Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα (ρόζ)
4. Γωνιακά υποστυλώματα (κόκκινο)

Οι επεμβάσεις στο φορέα φαίνονται στο σχήμα:



## 5.3 Ενίσχυση δοκών

### 5.3.1 Ενίσχυση με προσθήκη επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων

#### 5.3.1.1 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

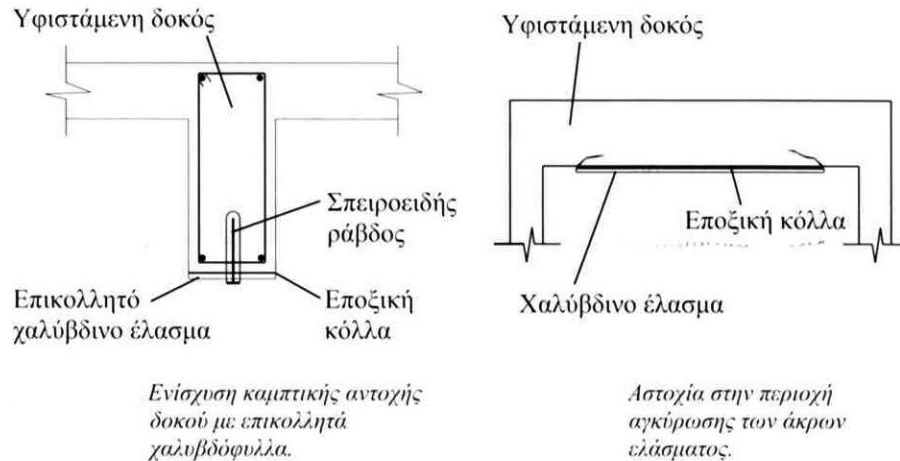
Η αύξηση της καμπτικής αντοχής της δοκού με χαλύβδινα ελάσματα γίνεται με επικόλληση των στοιχείων στην επιφάνεια του σκυροδέματος με χρήση εποξικής κόλλας. Οι εργασίες της ενίσχυσης είναι απλές και γρήγορες στην εφαρμογή, ενώ πέρα από την αύξηση της αντοχής επιτυγχάνεται και αξιοσημείωτη αύξηση της δυσκαμψίας.

Οι τρεις καθοριστικότεροι παράγοντες για επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου είναι οι ακόλουθοι:

- Επισταμένη προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος στην οποία θα επικολληθεί το χαλύβδινο έλασμα. Απαιτείται εκτράχυνση και απομάκρυνση της επιφανειακής ασθενούς στρώσης σκυροδέματος ιδιαίτερα εάν παρουσιάζει ίχνη ενανθράκωσης. Η εκτράχυνση μπορεί να γίνει με υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό.
- Η αντοχή συνάφειας της εποξικής κόλλας πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με αυτή του σκυροδέματος. Επίσης η κόλλα πρέπει να είναι η κατάλληλη για τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη θέση του έργου.
- Το χαλύβδινο έλασμα πρέπει να έχει επαρκές μήκος και πλάτος έτσι ώστε να αποφευχθεί η ψαθυρή αστοχία του συστήματος ενίσχυσης με αποκόλληση του ελάσματος από τη δοκό.

Η εποξική κόλλα μπορεί να τοποθετηθεί είτε με ρητινένεση είτε με επάλειψη της κόλλας και στις δύο επιφάνειες που πρόκειται να συγκολληθούν. Η σύνδεση της δοκού με το χαλυβδόφυλλο συνήθως απαιτεί την άσκηση πίεσης, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη αντοχή της κόλλας. Για την ανάρτηση του ελάσματος αλλά και την παροχή πρόσθετης διατμητικής αντοχής στη διεπιφάνεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σπειροειδείς ράβδοι που αγκυρώνονται σε κατακόρυφες οπές πληρωμένες με τσιμεντένεμα. (σχήμα 1)

Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής αυτής αποτελεί το γεγονός ότι στην περιοχή της αγκύρωσης των άκρων των ελασμάτων παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση τάσεων. Οι τάσεις αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε απόσχιση του σκυροδέματος στη γειτονική περιοχή. (σχήμα 2) Για να αποφευχθεί η συγκεκριμένη αδυναμία πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκές μήκος αγκύρωσης του ελάσματος, εκτός της περιοχής όπου απαιτείται καμπτική ενίσχυση.



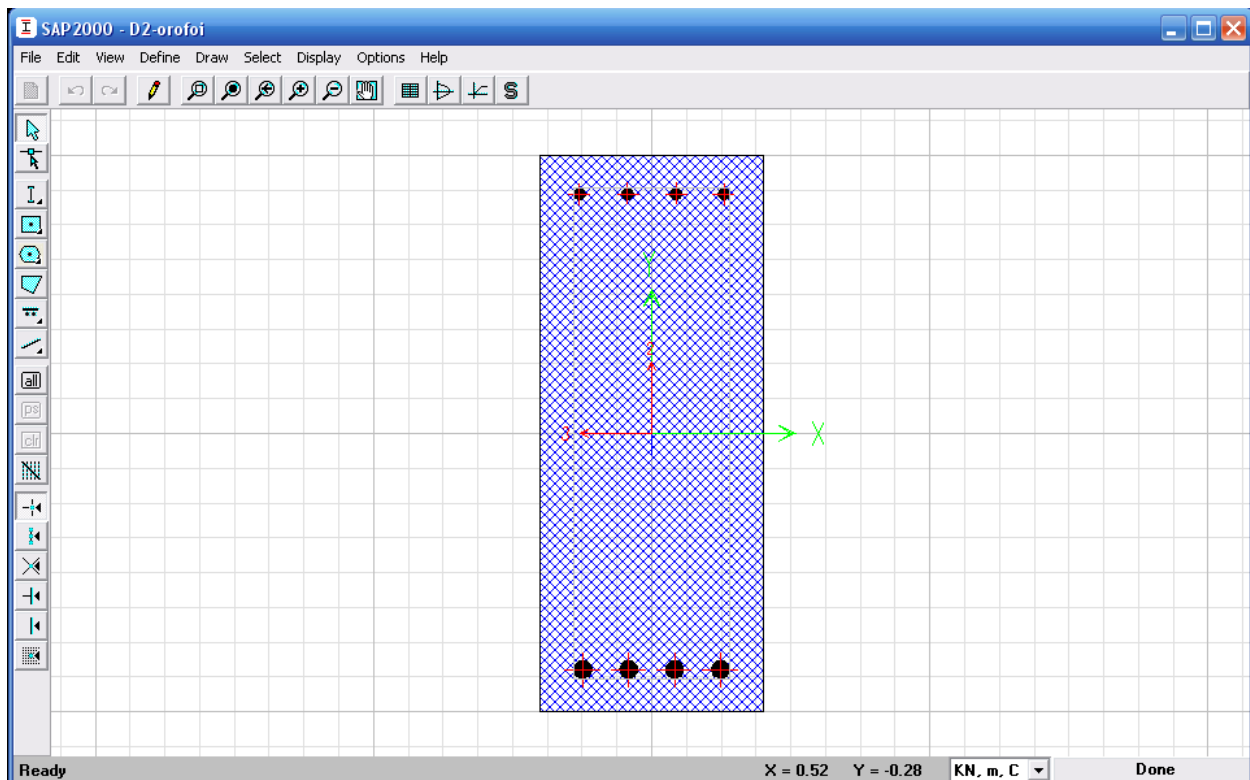
Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης του χάλυβα στην περιοχή της διεπιφάνειας με το σκυρόδεμα. Η επικάλυψη του ελάσματος με ειδική αντιδιαβρωτική βαφή δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση λόγω της πιθανής αλληλεπίδρασής της με την εποξική κόλλα.

Για τη διαστασιολόγηση της ενισχυμένης διατομής λαμβάνεται υπ όψιν τόσο η συνεισφορά του υπάρχοντος οπλισμού όσο και του προστιθέμενου υπό τη μορφή ελάσματος, θεωρώντας ένα μέσο στατικό ύψος. Η αντοχή της ενισχυμένης διατομής δεν πρέπει να ξεπερνά την αντοχή του αρχικού στοιχείου.

Το πάχος των ελασμάτων δεν πρέπει να ξεπερνά είτε τα 4 mm είτε το 2% του πλάτους του ελάσματος. Τα ελάσματα μικρού πάχους μπορούν να παρακολουθούν καλύτερα τις παραμορφώσεις του πέλματος της δοκού χωρίς την επιβολή πρόσθετων τάσεων στο έλασμα., γι' αυτό και συνίσταται να χρησιμοποιούνται περισσότερα ελάσματα μικρότερου πάχους αντί για ελάσματα μεγάλου πάχους. (8)

### 5.3.1.2 Τροποποίηση διατομών

Με επικολλητά χαλύβδινα ελάσματα ενισχύθηκαν οι δοκοί Δ1, Δ19, Δ23, Δ24, Δ3, Δ6 του τυπικού ορόφου. Τα χαλυβδόφυλλα εισήχθησαν στο πρόγραμμα ως εφελκόμενος οπλισμός στο κάτω πέλαμα.



### 5.3.1.3 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης διατομών

Δοκός	$\phi_y$	$\phi_u$	h	dbl	$f_y$	$f_c$	$L_v$	$\gamma_{el}$	$L_{pl}$	$\theta_y$	$\theta_{um}$	$\theta_{um pl}$
D1	0.0028	0.0825	0.50	0.016	253	20	2.33	1.5	0.535	0.0042	0.0279	0.0238
D19	0.0028	0.0825	0.55	0.016	253	20	2.25	1.5	0.536	0.0042	0.0279	0.0237
D23	0.0022	0.0705	0.70	0.016	253	20	2.75	1.5	0.611	0.0041	0.0274	0.0234
D24	0.0022	0.0705	0.70	0.016	253	20	1.35	1.5	0.471	0.0036	0.0201	0.0165
D6	0.0020	0.0696	0.75	0.016	253	20	3.93	1.5	0.737	0.0046	0.0331	0.0286
D9	0.0020	0.0696	0.75	0.016	253	20	2.65	1.5	0.610	0.0039	0.0269	0.0230
Δοκός	$M_y$	$M_u$										
D1	35.564	59.083										
D19	35.564	59.083										
D23	68.432	119.164										
D24	68.432	119.164										
D6	74.877	130.699										
D9	74.877	130.699										

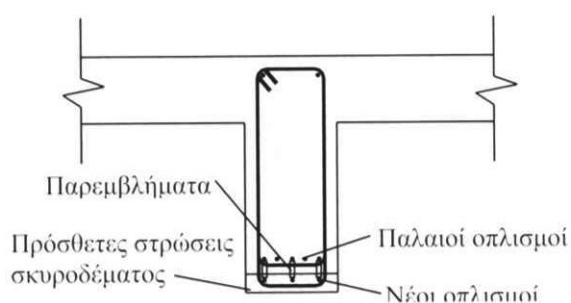
Παρατηρείται αύξηση των ροπών και μείωση των γωνιών στροφής χορδής, όπως αναμένονταν.



## 5.3.2 Ενίσχυση δοκών σε Κάμψη με Πρόσθετες Στρώσεις Σκυροδέματος

### 5.3.2.1 Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες

Σε περίπτωση που η αντοχή μιάς δοκού σε κάμψη δεν επαρκεί, είναι δυνατή η ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος με νέους διαμήκεις οπλισμούς που καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε όλο το πλάτος της δοκού. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει πάχος της τάξης των 7-10cm. Πριν την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η αποφόρτιση της ενισχυμένης δοκού στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Μια τυπική διάταξη της παραπάνω μεθόδου φαίνεται στο σχήμα:



*Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος.*

Η σύνδεση του υπάρχοντος οπλισμού με το νέο γίνεται μέσω παρεμβλημάτων. Η απόσταση των οπλισμών καθορίζει αν είναι καβίλιες ή αναρτήρες. Όταν το πάχος της νέας στρώσης σκυροδέματος είναι μεγάλο, η σύνδεση του παλαιού με το νέο στοιχείο μπορεί να γίνει μέσω μονότμητων ή δίτμητων βλήτρων. Η χρήση βλήτρων έχει το πλεονέκτημα ότι αποφεύγονται οι αρνητικές συνέπειες της ηλεκτροσυγκόλλησης στις ιδιότητες του χάλυβα.

Σε κάθε περίπτωση η επιφάνεια του πέλματος που ενισχύεται πρέπει προηγουμένως να έχει εκτραχυνθεί μέχρι να αποκαλυφθούν τα αδρανή. Η εκτράχυνση πραγματοποιείται με υδροβολή ή κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό. Στο σημείο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για να μην υπάρχει πρόβλημα αποκόλλησης των πρόσθετων στοιχείων όταν η ενισχυμένη δοκός κληθεί να παραλάβει τα επιπλέον φορτία.

Το βασικότερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι το νέο σκυρόδεμα, είτε είναι έγχυτο είτε εκτοξευόμενο, υπόκειται σε συστολή ξηράνσεως έως ότου αναλάβει πλήρως την αντοχή του, σε αντίθεση με το παλαιό σκυρόδεμα που διατηρεί τις διαστάσεις του. Επειδή όμως τα δύο στοιχεία

συμπεριφέρονται ως ενιαία διατομή, η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος παρεμποδίζεται και αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις. Εάν οι τάσεις αυτές είναι σημαντικές μπορούν να προκαλέσουν ρηγμάτωση του νέου στοιχείου ή και αποκόλλησή του. Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η χρήση σκυροδέματος με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή την αντικατάστασή του από μη συρρικνούμενη κονία.

### 5.3.2.2 Τροποποίηση διατομών

Οι δοκοί που ενισχύθηκαν με τη μέθοδο αυτή είναι οι Δ2, Δ3, Δ4, Δ5, Δ13, Δ14, Δ15, Δ16, Δ17, Δ18 του τυπικού ορόφου. Ο ορισμός των νέων διατομών έγινε με αύξηση του ύψους και του οπλισμού της αρχικής διατομής.

### 5.3.2.3 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης

	$\phi_y$	$\phi_u$	h	dbl	$f_y$	$f_c$	Lv	$\gamma_{el}$	Lpl	$\theta_y$	$\theta_{um}$	$\theta_{um pl}$
<b>D13</b>	0.0028	0.0825	0.55	0.02	253	20	1.95	1.5	0.506	0.0040	0.0260	0.0221
<b>D14</b>	0.0028	0.0825	0.55	0.02	253	20	2.65	1.5	0.576	0.0045	0.0302	0.0258
<b>D15</b>	0.0031	0.0845	0.50	0.016	253	20	2.40	1.5	0.542	0.0046	0.0291	0.0246
<b>D16</b>	0.0031	0.0845	0.50	0.016	253	20	2.15	1.5	0.517	0.0044	0.0276	0.0232
<b>D17</b>	0.0024	0.0755	0.65	0.016	253	20	2.40	1.5	0.568	0.0040	0.0271	0.0231
<b>D18</b>	0.0024	0.0755	0.65	0.016	253	20	1.65	1.5	0.493	0.0036	0.0229	0.0192
	$M_y$	$M_u$										
<b>D13</b>	35.564	59.083										
<b>D14</b>	35.564	59.083										
<b>D15</b>	33.159	50.459										
<b>D16</b>	33.159	50.459										
<b>D17</b>	63.294	109.285										
<b>D18</b>	63.294	109.285										

## 5.4 Ενίσχυση υποστυλωμάτων

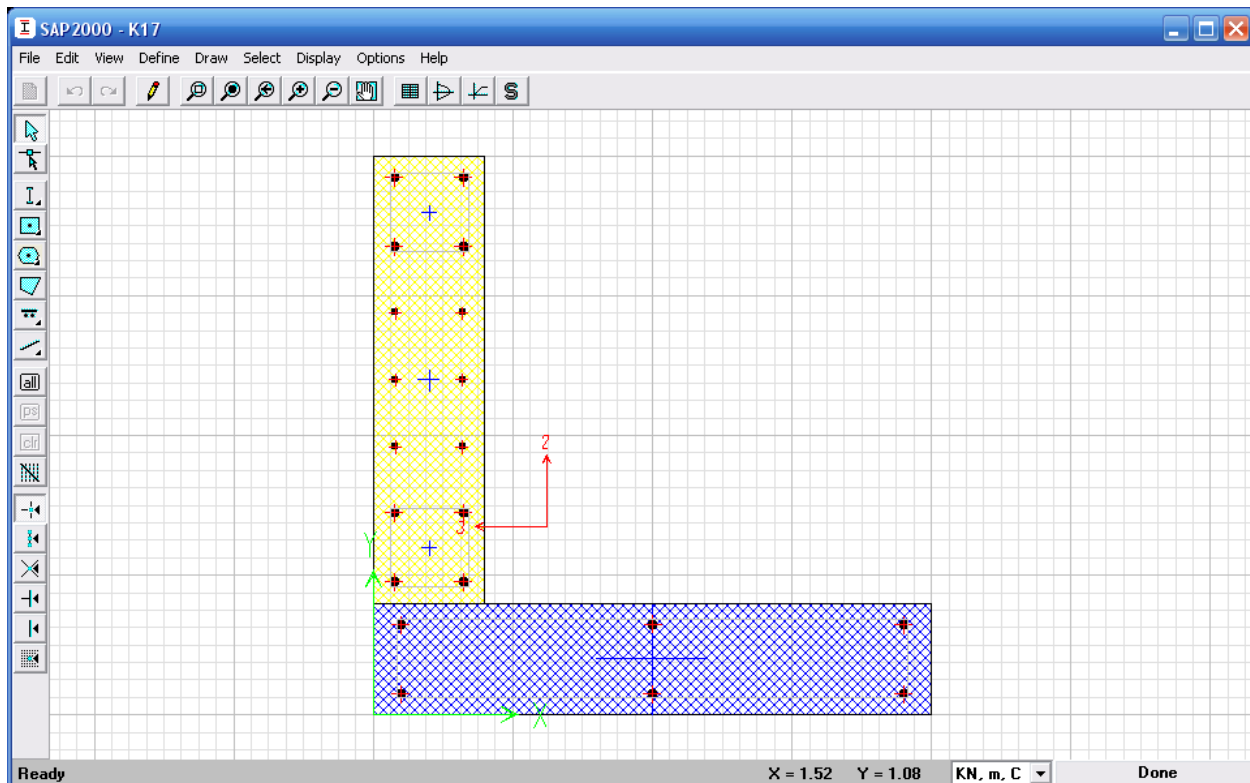
### 5.4.1 Τροποποίηση από ορθογωνικό σε γωνιακό υποστύλωμα

#### 5.4.1.1 Τροποποίηση Δεδομένων

Σε γωνιακά μετατράπηκαν τα υποστυλώματα K3, K17.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

1. Ορισμός υλικών ενισχύσεων. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι σκυρόδεμα C20/25 και χάλυβας S500. Για το σκυρόδεμα ορίστηκε μέτρο ελαστικότητας  $E_c = 29 \text{ GPa}$  και ειδικό βάρος  $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$  και για το χάλυβα  $E_s = 200 \text{ GPa}$ .
2. Ορισμός νέων διατομών.  
Τοποθετήθηκε πρόσθετο στοιχείο διαστάσεων 20/80 με οπλισμό 8Φ16. Η διάταξη της νέας διατομής φαίνεται στο σχήμα:



### 5.4.1.2 Νέα στοιχεία πλαστικοποίησης

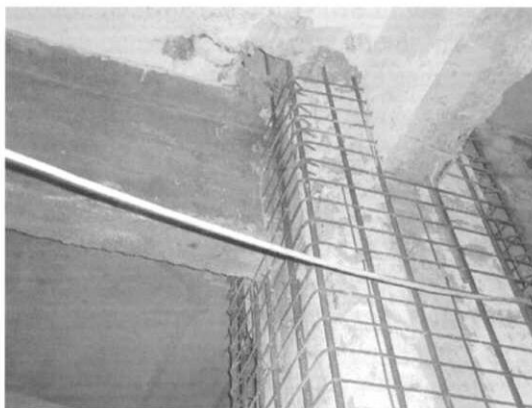
Ενδεικτικά παρατίθενται τα νέα στοιχεία πλαστικοποίησης του υποστυλώματος Κ3.

	N	$\phi_y$	$\phi_u$	h	dbl	$f_y$	$f_c$	Lv	$\gamma_{el}$	Lpl	$\theta_y$	$\theta_{um}$	$\theta_{um pl}$
K36	-67.366	0.0032	0.0372	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0046	0.0136	0.00898
K35	-194.153	0.0032	0.0343	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0047	0.0127	0.00804
K34	-320.531	0.0033	0.0317	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0047	0.0119	0.00720
K33	-445.693	0.0035	0.0297	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0048	0.0113	0.00650
K32	-568.321	0.0034	0.0284	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0048	0.0109	0.00611
K31	-694.462	0.0035	0.0269	1.00	0.020	235	20	1.5	1.5	0.572	0.0048	0.0104	0.00563
	My	Mu											
K36	446.621	634.279											
K35	490.870	665.914											
K34	513.131	695.661											
K33	542.995	721.320											
K32	575.745	740.000											
K31	614.506	763.605											

### 5.4.2 Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα

#### 5.4.2.1 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

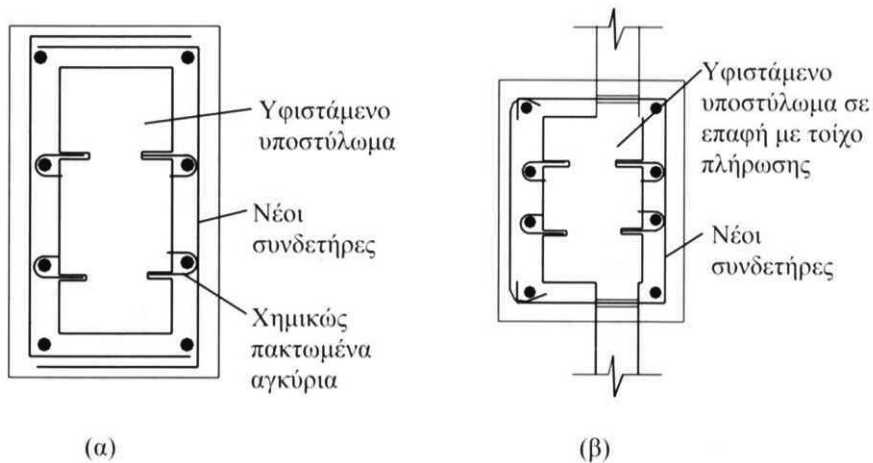
Οι μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα αποτελούν μία από της μεθόδους ενίσχυσης υποστυλωμάτων με αύξηση της διατομής. Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι δε μεταβάλλεται η αρχιτεκτονική όψη της υφιστάμενης κατασκευής με την προσθήκη νέων υλικών, ότι αυξάνεται ο βαθμός πυροπροστασίας, ενώ μειώνεται η λυγηρότητα και αυξάνεται η δυσκαμψία του μέλους.



Όπλιση μανδύα στην περιοχή του κόμβου δοκού – υποστυλώματος.

Οι μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται όταν ο μάνδυας που πρόκειται να κατασκευαστεί έχει πάχος μεγαλύτερο από 8cm. Για τη σκυροδέτηση του μανδύα απαιτείται η χρήση ξυλοτύπου.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια τεχνική κατασκευής μανδύα κλειστού τύπου γύρω από μεμονωμένο εσωτερικό υποστύλωμα. Το συμβιβαστό των παραμορφώσεων μεταξύ παλαιού και νέου στοιχείου εξασφαλίζεται με συνδυασμό ηλεκτροσυγκολλήσεων του νέου οπλισμού στον παλιό ή/και χημικώς πακτωμένων αγκυρίων (μηχανισμός δράσης βλήτρου). Η επιφάνεια του σκυροδέματος απαιτείται να εκτραχύνεται, έτσι ώστε να αφαιρεθεί η εξωτερική επιδερμική στρώση τσιμεντοπολλτού και να αποκαλυφθούν τα αδρανή και στη συνέχεια να καθαρίζεται με αέρα υπό πίεση. Όπως και στην περίπτωση των δοκών, για την εκτράχυνση, η οποία πρέπει να έχει βάθος περίπου 6 mm, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος μηχανικός εξοπλισμός. Επίσης, η επιφάνεια μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος πρέπει να διαβρέχεται πριν τη σκυροδέτηση του μανδύα. Μαζί με το σκυρόδεμα συνίσταται να διαβρέχεται και ο ξυλότυπος.

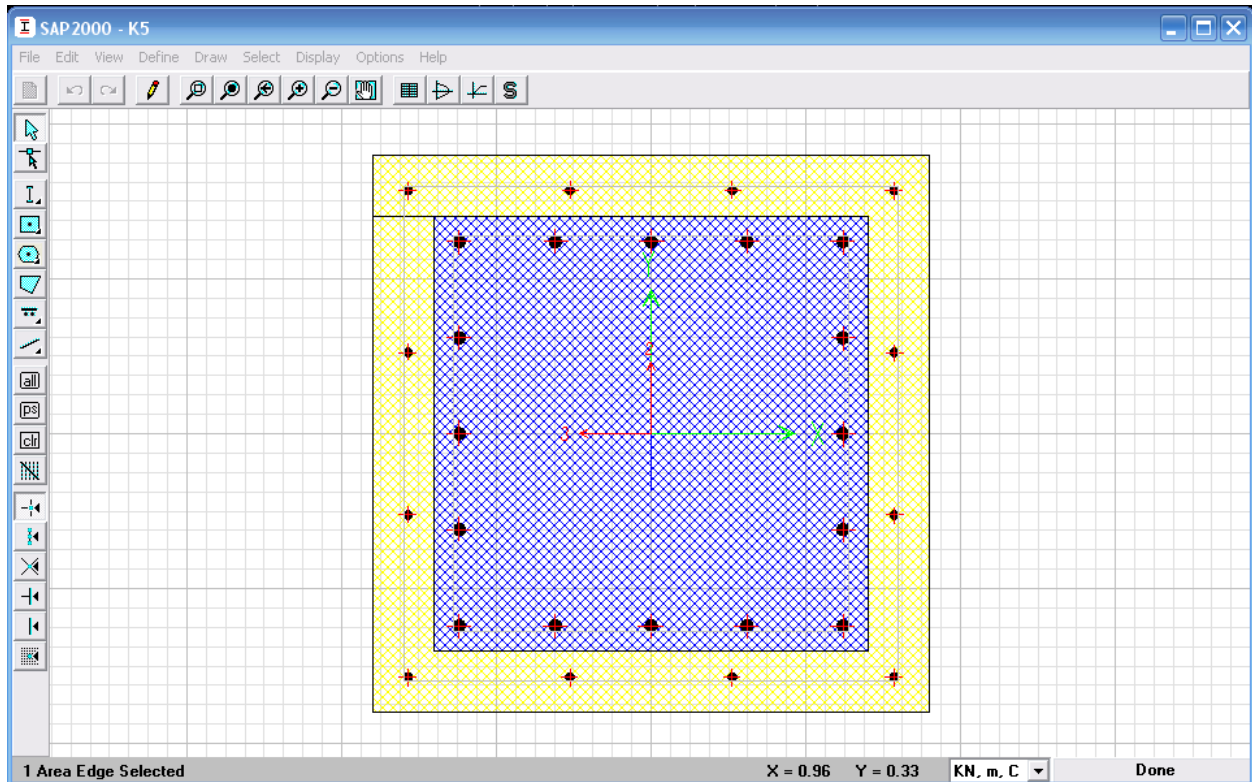


: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος.  
 (α) Εσωτερικό μεμονωμένο υποστύλωμα. (β) Περιμετρικό υποστύλωμα σε επαφή με τοίχωμα.

### 5.4.2.2 Τροποποίηση δεδομένων

Με μανδύες ενισχύθηκαν τα υποστυλώματα K5, K15.

Τοποθετήθηκε περιμετρικά των υποστυλωμάτων σκυρόδεμα πάχους 10cm με οπλισμό 16Φ14. Η νέα διάταξη φαίνεται στο σχήμα:



## 6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων Ενισχυμένου Φορέα

### 6.1 Παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα

Η παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα για το συνδυασμό φόρτισης από τα στατικά φορτία  $G+0.3Q$  φαίνεται στο σχήμα:



Συγκρίνοντας την παραμορφωμένη κατάσταση του φορέα πριν και μετά την επέμβαση στον κόμβο 226 παρατηρούμε:

	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Αρχικός φορέας	0.0053	-0.0019	-0.0020	-0.0002	-0.0009	-0.0023
Ενισχυμένος φορέας	0.0040	-0.0015	-0.0022	-0.00022	0.00005	-0.0015

Συμπεραίνεται ότι ο φορέας παρουσιάζει βελτιωμένη συμπεριφορά.

Όσον αφορά τις πρώτες τρεις ιδιοπεριόδους η εικόνα που μας δίνει το πρόγραμμα είναι

	T1 (Tx)	T2	T3 (Ty)
Αρχικός Φορέας	0.87612	0.78774	0.58134
Ενισχυμένος Φορέας	0.76461	0.65298	0.54769

## 6.2 Δυναμική Φασματική Μέθοδος

Η μέθοδος εφαρμόστηκε όπως και στον αρχικό φορέα με χρήση 10 ιδιομορφών.

### 6.2.1 Παραμορφωσιακά και Εντατικά Μεγέθη

Τα μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη που παρουσιάστηκαν σε κάθε όροφο προέκυψαν μετά από επεξεργασία σε φύλλο excel:

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη ενισχυμένου φορέα						
Όροφος	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Κορυφή	0.02991	-0.01293	-0.00350	0.00071	0.00217	-0.00089
4ος όροφος	0.02481	-0.01151	-0.00428	0.00080	0.00229	-0.00074
3ος όροφος	0.01910	-0.00950	-0.00449	0.00094	0.00211	-0.00058
2ος όροφος	0.01298	-0.00699	-0.00457	0.00107	0.00226	-0.00040
1ος όροφος	0.00702	-0.00419	-0.00435	0.00111	0.00213	-0.00022
Pilotis	0.00218	-0.00148	-0.00545	0.00151	0.00164	-0.00007

Τα μέγιστα εντατικά μεγέθη που εντοπίστηκαν στη βάση των υποστλωμάτων της Pilotis είναι:

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστλωμάτων Pilotis						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Δ.Φ.Μ.	-2099.796	170.553	258.180	-25.278	-736.083	-681.885

### 6.2.2 Σύγκριση Μεγεθών Αρχικού- Ενισχυμένου Φορέα

Μέγιστα παραμορφωσιακά μεγέθη πριν και μετά την ενίσχυση						
--	--	--	--	--	--	--



	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Αρχικός Φορέας	0.03447	0.01461	0.00339	0.00074	0.00250	0.00090
Ενισχυμένος Φορέας	0.02991	0.01293	0.00350	0.00071	0.00217	0.00089
Διαφορά	-0.00457	-0.00168	0.00011	-0.00003	-0.00033	-0.00001
Ποσοστό %	-15.268	-12.961	3.060	-4.789	-15.285	-0.674

Μέγιστα ενατικά μεγέθη πριν και μετά την ενίσχυση						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Αρχικός Φορέας	1902.265	201.112	291.365	8.586	677.041	777.216
Ενισχυμένος Φορέας	2099.796	170.553	258.180	25.278	736.083	681.885
Διαφορά	197.531	-30.559	-33.185	16.692	59.042	-95.332
Ποσοστό %	9.407	-17.918	-12.853	66.033	8.021	-13.981

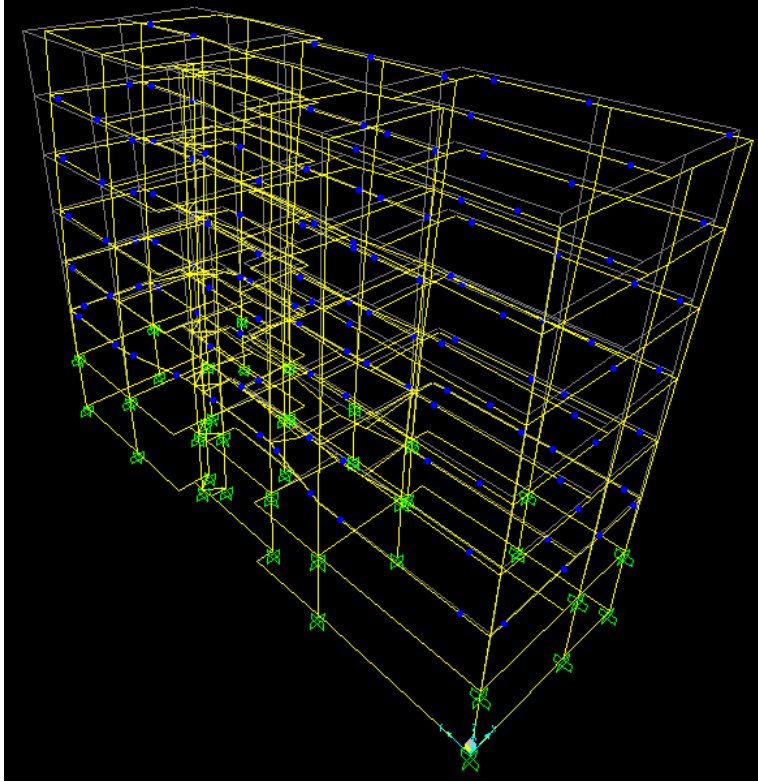
### 6.3 Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης με ελεγχόμενη μετατόπιση

Στη μέθοδο αυτή η φόρτιση έχει τη μορφή μετατόπισης. Συγκεκριμένα δόθηκε στον κόμβο κορυφής 134 μετατόπιση 20 cm. Στόχος είναι η εξώθηση της κατασκευής στην κατάρρευση και η αποτύπωση του μηχανισμού κατάρρευσής της.

#### 6.3.1 Συνολική εικόνα διαρροής

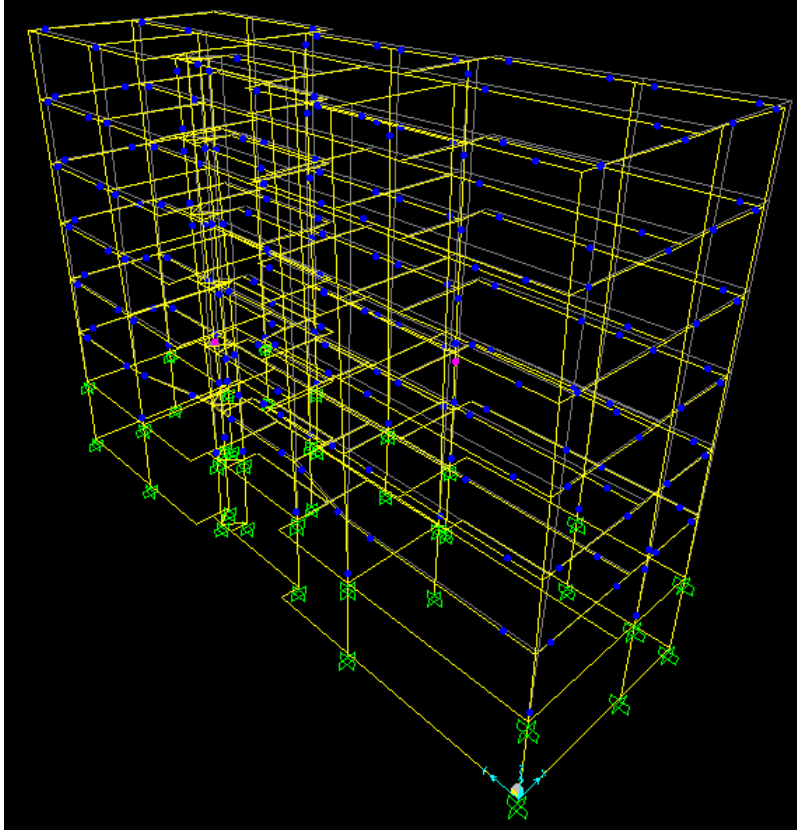
Η ανάλυση ολοκληρώθηκε σε 74 βήματα και το σημείο επιτελεστικότητας προσδιορίστηκε μεταξύ των βημάτων 33-34.

Η συνολική εικόνα διαρροής για τη φόρτιση  $g+q$  non linear στο τελικό βήμα 86 φαίνεται στο σχήμα:



Με μπλέ χρώμα το πρόγραμμα δηλώνει το σημείο B της καμπύλης συμπεριφοράς. Το σημείο αυτό αντιστοιχεί στη μετάβαση της διατομής από την ελαστική στην πλαστική περιοχή. Παρατηρείται διαρροή μόνο των δοκών.

Η συνολική εικόνα διαρροής από την ανάλυση pushover στο Σημείο Επιτελεστικότητας (στάδιο 5) δίνεται στη συνέχεια:



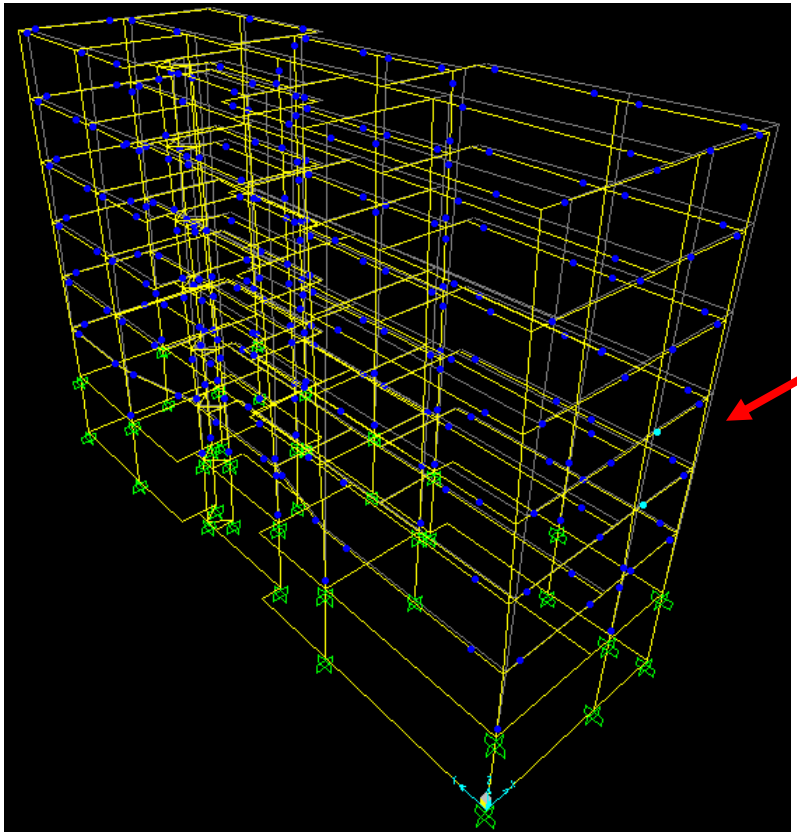
Παρατηρείται διαρροή δοκών και υποστυλωμάτων στους κόμβους αρχής και τέλους.

Συνεπώς, στην ενισχυμένη κατασκευή τα περισσότερα στοιχεία έχουν ξεπεράσει το σημείο B της καμπύλης συμπεριφοράς, που αντιστοιχεί στη Στάθμη Επιτελεστικότητας IO (Immediate Occupancy), «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» και οδεύουν στο σημείο C, που αντιστοιχεί στη Στάθμη Επιτελεστικότητας LS (Life Safety), «Προστασία Ζωής».

Δηλαδή, η στοχευόμενη μετατόπιση που προκύπτει στο Σημείο Επιτελεστικότητας είναι μικρότερη της μετατόπισης που προκύπτει για γωνία στροφής χορδής στο  $0.75\theta_{um}^{pl}$ .

Συνεπώς για στόχο ανασχεδιασμού «Προστασία Ζωής» ο σχεδιασμός θεωρείται επιτυχής.

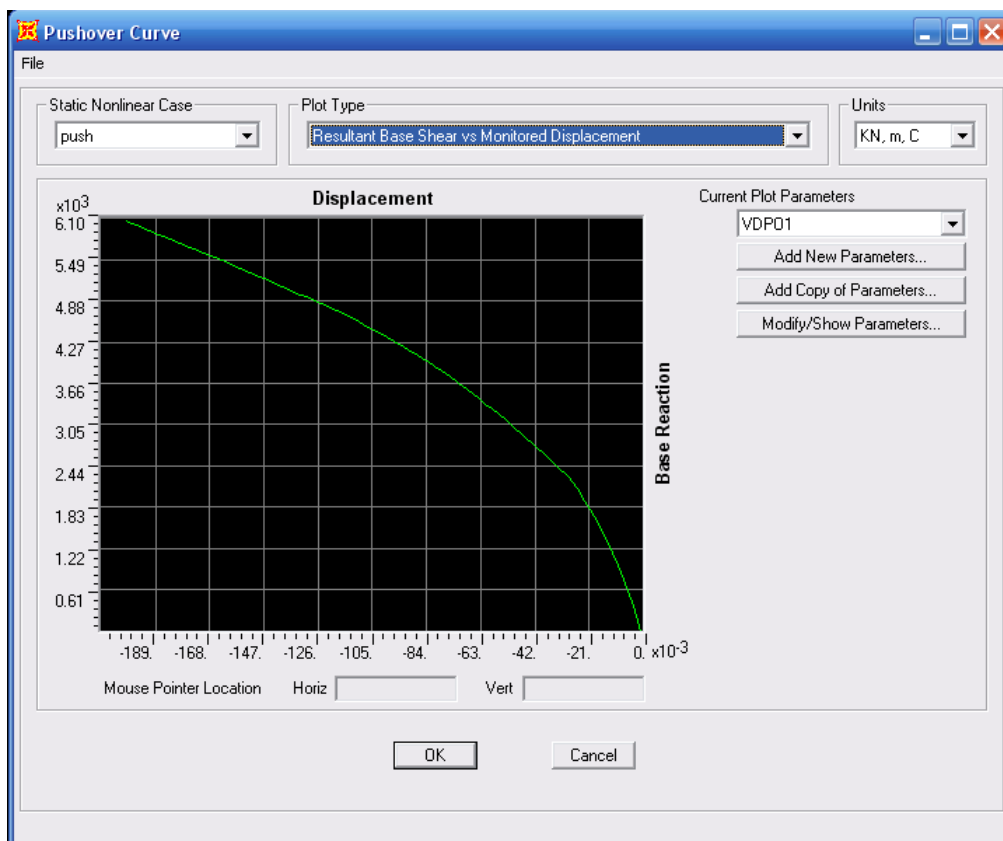
Στο τελικό βήμα της ανάλυσης η εικόνα του φορέα είναι η ακόλουθη:



Παρατηρείται, λοιπόν, ότι το sap αδυνατεί να βγάλει το μηχανισμό κατάρρευσης της κατασκευής και με την αδυναμία μικρού αριθμού δοκών σταματάει την ανάλυση. Ωστόσο γίνεται φανερό ότι προηγείται η αστοχία δοκών από αυτή των υποστυλωμάτων, συνεπώς ικανοποιείται η Απαίτηση του Ικανοτικού Σχεδιασμού.

### 6.3.2 Καμπύλη Αντίστασης- Σημείο Επιτεστικότητας

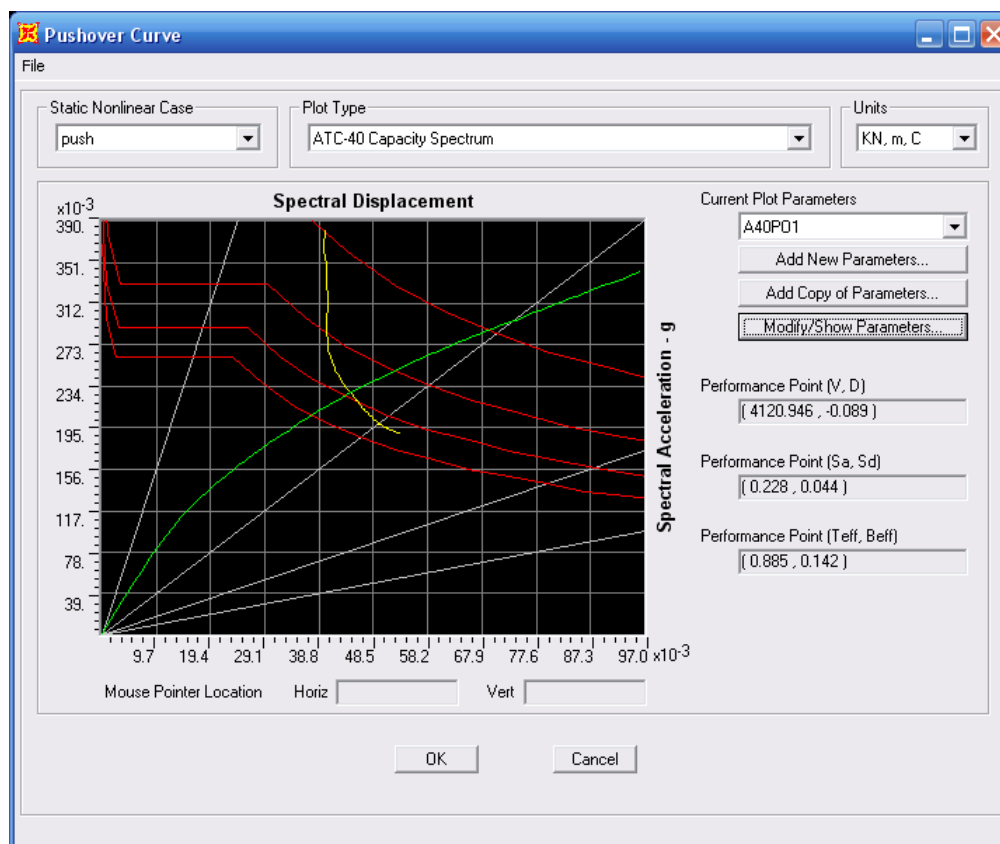
Η καμπύλη αντίστασης V-Δ εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετακίνησης κορυφής. Συγκεκριμένα, με δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους και αυξανόμενη τέμνουσα βάσης σε κάθε βήμα υπολογίζεται η μετακίνηση κορυφής, λαμβάνοντας υπόψη τη μειωμένη δυσκαμψία των στοιχείων που έχουν διαρρεύσει.



Παρατηρείται ότι η καμπύλη αντίστασης έχει ανοδικό κλάδο, συνεπώς δεν έχει εξαντληθεί η αντοχή του κτιρίου

Καμπύλη Αντίστασης		
Βήμα	Μετατόπιση	Τέμνουσα Βάσης
	m	KN
30	-0.080931	3909.94
31	-0.082931	3961.164
32	-0.085309	4021.438
33	-0.087309	4071.471
<b>Σ.Ε.</b>	<b>-0.089</b>	<b>4120.946</b>
34	-0.089321	4121.968
35	-0.093029	4206.064
36	-0.096814	4289.254
37	-0.099265	4340.931
38	-0.101719	4390.993
39	-0.104711	4452.266
40	-0.108357	4526.4

Το σημείο επιτελεστικότητας προσδιορίζεται με τη μέθοδο Β του ATC-40.



Με κόκκινο χρώμα δίνεται το ελαστικό φάσμα και μια σειρά μειωμένων αποκρίσεων σε μορφή ADRS. Η πράσινη καμπύλη αποτελεί το φάσμα αντίστασης ισοδύναμου μονοβαθμίου, όπως προκύπτει από την καμπύλη αντίστασης. Με κίτρινο χρώμα δίνεται η νέα καμπύλη που σχεδιάζεται από τα σημεία  $d_{pi}$ ,  $a_{pi}$  κατά ATC-40. Η τομή της κίτρινης καμπύλης (απαίτηση) και της πράσινης καμπύλης (ικανότητα) δίνει το Σημείο Επιτελεστικότητας.

Το σημείο επιτελεστικότητας εντοπίζεται μεταξύ των βημάτων 33 και 34 της ανάλυσης:

Καμπύλη Απαίτησης-Ικανότητας κατά ATC40								
Βήμα	Teff	Beff	Sd	Sa	Sd	Sa	Alpha	PFPhi
			Απαίτηση	Απαίτηση	Ικανότητα	Ικανότητα		
30	0.868287	0.138653	0.040477	0.216133	0.043676	0.233213	0.807385	1.979166
31	0.872486	0.139462	0.041435	0.219126	0.043869	0.231995	0.806791	1.98166
32	0.877495	0.140527	0.042567	0.22255	0.044087	0.230494	0.806465	1.984816
<b>33</b>	<b>0.881575</b>	<b>0.141318</b>	<b>0.043517</b>	<b>0.225414</b>	<b>0.044271</b>	<b>0.229319</b>	<b>0.806125</b>	<b>1.987457</b>

<b>34</b>	<b>0.885573</b>	<b>0.142026</b>	<b>0.044473</b>	<b>0.22829</b>	<b>0.044457</b>	<b>0.22821</b>	<b>0.80584</b>	<b>1.98999</b>
35	0.893307	0.143968	0.046202	0.233078	0.044754	0.225773	0.805388	1.995749
36	0.90083	0.145593	0.047971	0.237976	0.04507	0.223586	0.804415	2.001084
37	0.905812	0.146811	0.049119	0.240999	0.045286	0.222189	0.803894	2.00419
38	0.910933	0.148226	0.050265	0.243855	0.045488	0.220681	0.803642	2.00733
39	0.916862	0.149572	0.051675	0.247465	0.045751	0.219095	0.802967	2.010448
40	0.923902	0.151073	0.053393	0.25181	0.046071	0.217276	0.802252	2.014055

Και έχει τα εξής χαρακτηριστικά

Ενεργό Ιδιοπερίοδο:  $T_{eff} = 0.885s$

Ενεργό Απόσβεση  $B_{eff} = 0.142s$

Φασματική Επιτάχυνση:  $S_a = 0.228 m/s^2$

Φασματική Μετατόπιση:  $S_d = 0.044 m$

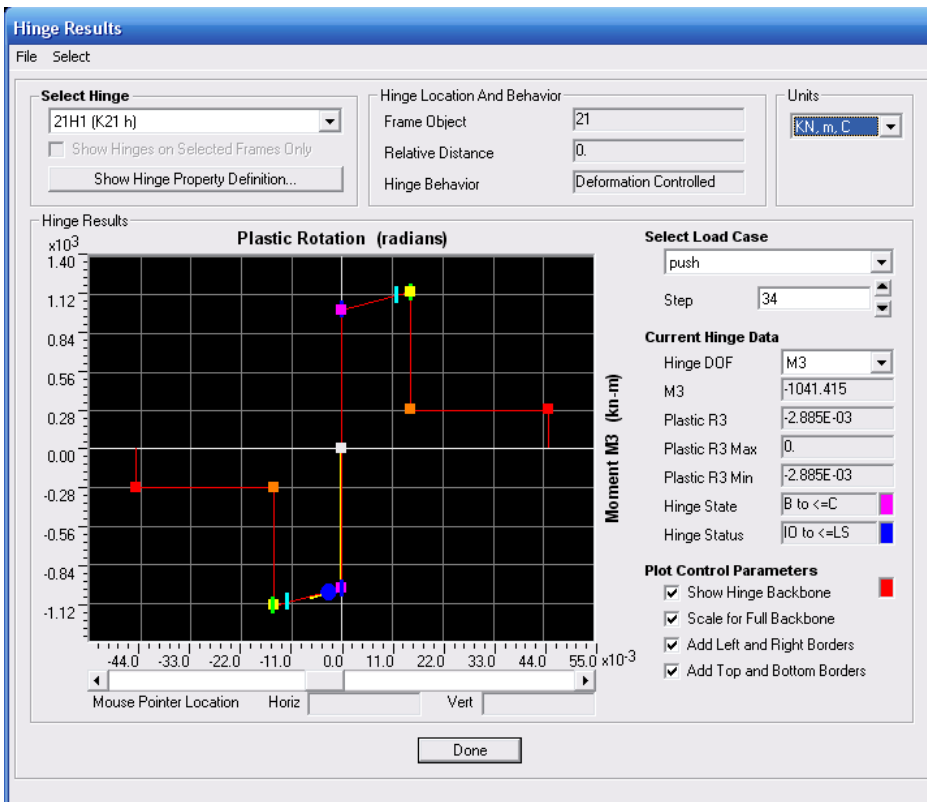
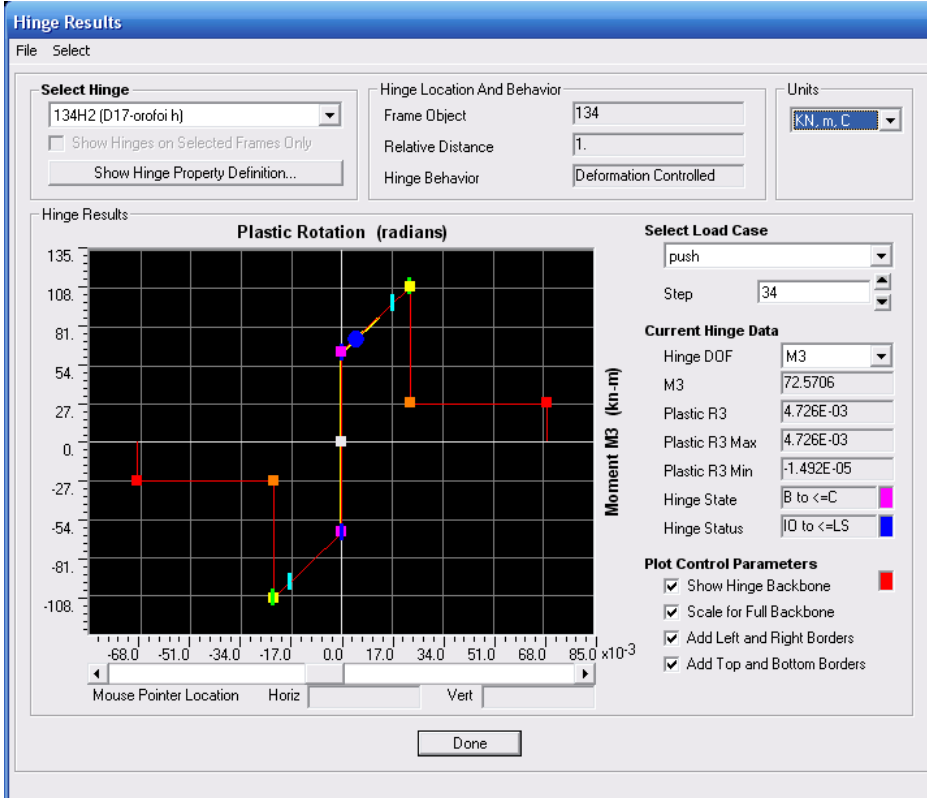
Τέμνουσα Βάσης:  $V = 4120.946 KN$

Μετατόπιση Κορυφής:  $D = -0.089 m$

### 6.3.3 Εικόνα πλαστικοποίησης δοκού-υποστυλώματος

Παρακάτω δίνεται η πορεία πλαστικοποίησης της δοκού 134 και του υποστυλώματος 21 του ισογείου.

Τόσο στη δοκό όσο και στο υποστυλώμα η παραμόρφωση της διατομής είναι στον πλαστικό κλάδο. (ΙΟ)





Παρατηρείται ότι η Μέθοδος Σταδιακής Εξώθησης παρουσιάζει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της συμπεριφοράς της κατασκευής στη σεισμική διέγερση. Υποδεικνύει τα ευαίσθητα σημεία της κατασκευής και τη χρονική σειρά των αστοχιών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν απαιτείται επανασχεδιασμός ή ενίσχυση υφιστάμενης κατασκευής

### 6.3.4 Σύγκριση μεγεθών πριν και μετά την ενίσχυση

Η κατασκευή στο σημείο επιτελεστικότητας πριν και μετά την ενίσχυση έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Σημείο Επιτελεστικότητας αρχικού-ενισχυμένου φορέα						
	Teff	Beff	Sa	Sd	V	D
Αρχικός φορέας	1.164	0.173	0.178	0.060	2684.256	-0.131
Ενισχυμένος	0.885	0.142	0.228	0.044	4120.946	-0.089
Διαφορά	-0.279	-0.031	0.05	-0.016	1436.69	0.042
Ποσοστό	-23.97	-17.92	28.09	-26.67	53.52	-32.06

Παρατηρείται ότι για 53% αυξημένη τέμνουσα η κορυφή στον ενισχυμένο φορέα δίνει κατά 32% μειωμένη μετατόπιση.

## 7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ: Συμπεράσματα

Το κτίριο που μελετάται, αντιπροσωπευτικό μιας μεγάλης κατηγορίας κτιρίων, παρουσιάζει αδυναμία στην ανάληψη της σεισμικής διέγερσης. Η αδυναμία αυτή οφείλεται στο λάθος σχεδιασμό, που περιλαμβάνει στοιχεία μεγάλων διαστάσεων με μικρή ποσότητα οπλισμού, σε έμμεσες στηρίξεις, σε ενισχυμένες ζώνες μέσα στις πλάκες, σε δοκούς πολύ μεγάλου πλάτους (0.70μ) περιμετρικά του ισογείου και στο δυσανάλογο σχήμα της κάτοψης (27\*9). Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι αφ' ενός να εκτιμηθεί η ελαστική και ανελαστική συμπεριφορά της κατασκευής στο σεισμό ώστε να αναδειχθούν οι βασικές της αδυναμίες και αφ' ετέρου να προταθεί τρόπος βελτίωσης της συμπεριφοράς της.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ιδιομορφική ανάλυση της κατασκευής και προσδιορίστηκαν οι ιδιοπερίοδοί της. Η ιδιοπερίοδος κατά τη y διεύθυνση T1 ορίστηκε στα 0.87612 s, η στροφική T2 στα 0.78774s και η ιδιοπερίοδος κατά την x διεύθυνση T3 στα 0.58134s. Από τους συνδυασμούς στατικών φορτίων G+0.3Q και 1.35G+1.5Q παρατηρήθηκε έντονη παραμόρφωση στις έμμεσες στηρίξεις αλλά και στρεπτική ευαισθησία του κτιρίου.

Η πρώτη μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό της απόκρισης της κατασκευής σε σεισμική διέγερση είναι η Δυναμική Φασματική Μέθοδος. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τις ιδιότητες ταλάντωσης (ιδιοσυχνότητες, ιδιομορφές και λόγους ιδιομορφικής απόσβεσης) της κατασκευής αλλά και τα δυναμικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης μέσω του φάσματος απόκρισης. Για κάθε συνιστώσα της σεισμικής διέγερσης λαμβάνεται υποχρεωτικά υπ' όψιν ένας αριθμός ιδιομορφών έως ότου το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών φθάσει στο 90% της συνολικής ταλαντούμενης μάζας. Στην ανάλυση της υπό μελέτη κατασκευής χρειάστηκαν 10 ιδιομορφές για κάθε διεύθυνση. Η επιβαλλόμενη φόρτιση στην κατασκευή είναι το φάσμα σχεδιασμού του ΕΑΚ.

Οι μετακινήσεις των δυσμενέστερων κόμβων κορυφής που παρουσιάστηκαν είναι 3.447 cm κατα την x διεύθυνση και -1,461 cm κατά την y διεύθυνση.

Η επόμενη μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι η Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος. Η μέθοδος αυτή προκύπτει από τη δυναμική φασματική μέθοδο με προσεγγιστική θεώρηση μόνο της θεμελιώδους ιδιομορφής ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση υπολογισμού. Η απλοποίηση αυτή

επιτρέπει τον άμεσο υπολογισμό της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής με τη βοήθεια «ισοδύναμων» σεισμικών δυνάμεων, δηλαδή στατικών φορτίων. Οι υπολογισμοί των φορτίων αυτών έγιναν βάσει των σχέσεων του ΕΑΚ και οι δυνάμεις εφαρμόστηκαν στο κέντρο βάρους κάθε διαφράγματος.

Οι μετακινήσεις των δυσμενέστερων κόμβων κορυφής που παρουσιάστηκαν είναι 3.021 cm κατά την x διεύθυνση και -1.271 cm κατά την y διεύθυνση. Οι μετατοπίσεις είναι άμεσα συγκρίσιμες με τη Δυναμική Φασματική Μέθοδο.

Συγκρίνοντας τα παραμορφωσιακά μεγέθη που προκύπτουν από τις δύο μεθόδους ανάλυσης προκύπτουν δυσμενέστερα στη Δυναμική Φασματική Μέθοδο. Συγκεκριμένα η Δυναμική Φασματική παρουσιάζει αυξημένα παραμορφωσιακά μεγέθη κατά 14% στη x διεύθυνση και 15% στην y διεύθυνση.

Πιο αξιόπιστη μέθοδος θεωρείται η Δυναμική Φασματική καθώς λαμβάνει υπόψην μεγαλύτερο αριθμό ιδιομορφών προσεγγίζοντας καλύτερα τη συμπεριφορά της κατασκευής.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η Γραμμική Ανάλυση Χρονοϊστορίας. Στην ανάλυση αυτή η σεισμική φόρτιση επιβάλλεται με τη μορφή επιταχυνσιογραφήματος κατά τις τρεις διευθύνσεις. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το επιταχυνσιογράφημα του σεισμού της Αθήνας του '99 και εφαρμόστηκε στις διευθύνσεις x και y.

Οι μετακινήσεις των δυσμενέστερων κόμβων κορυφής που παρουσιάστηκαν είναι 5.807 cm κατά τη x διεύθυνση και -2.602 κατά την y διεύθυνση.

Τα μεγέθη αυτά δεν είναι συγκρίσιμα με τα αντίστοιχα της Ισοδύναμης Στατικής και της Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου.

Το φάσμα απόκρισης της σεισμικής διέγερσης που μελετάται, όπως δόθηκε από το πρόγραμμα Seismosignal, αναφέρεται στην ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής. Το φάσμα του ΕΑΚ ωστόσο είναι ανελαστικό καθώς ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  εισάγει τη μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων της πραγματικής κατασκευής λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς, σε σχέση με τις επιταχύνσεις που προκύπτουν υπολογιστικά σε απεριόριστα ελαστικό σύστημα. (2)

Για να προσεγγιστεί η ανελαστική συμπεριφορά της κατασκευής εισήχθησαν κατάλληλοι συντελεστές κλίμακας. Κατά τη x διεύθυνση ο συντελεστής κλίμακας ορίστηκε 0.6 και κατά την y διεύθυνση 0.8.

Εφαρμόστηκε εκ νέου η Γραμμική Αναλύση Χρονοϊστορίας με τους αντίστοιχους συντελεστές κλίμακας.

Οι μετακινήσεις των δυσμενέστερων κόμβων κορυφής που προέκυψαν είναι 3.624 cm κατά τη x διεύθυνση και -2.002cm κατά την y διεύθυνση.

Τα μεγέθη εμφανίζονται δυσμενέστερα των δύο αναλύσεων που προηγήθηκαν αλλά συγκρίσιμα. Παρατηρείται αύξηση στα παραμορφωσιακά μεγέθη 5% στη x διεύθυνση και 27% στην y διεύθυνση.

Το βασικό πλεονέκτημα της Γραμμικής Ανάλυσης Χρονοϊστορίας είναι ότι επιβάλλει στο φορέα μια πραγματική φόρτιση.

Ακολούθως πραγματοποιήθηκε Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης με ελεγχόμενη μετατόπιση. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την αποτίμηση της ανελαστικής συμπεριφοράς υφιστάμενου κτιρίου. Η επιβαλλόμενη φόρτιση έχει τη μορφή μετατόπισης. Συγκεκριμένα, με δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους και αυξανόμενη τέμνουσα βάσης σε κάθε βήμα υπολογίζεται η μετατόπιση κορυφής. Στην παρούσα εργασία η μετατόπιση κορυφής ορίστηκε στα 20cm.

Η συγκεκριμένη ανάλυση είναι ακριβής καθώς λαμβάνει υπόψη την ελαστοπλαστική συμπεριφορά των στοιχείων και παράλληλα δίνει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της συμπεριφοράς του κτιρίου στο σεισμό και του μηχανισμού κατάρρευσής του. Επισημαίνονται τα σημεία του φορέα που παρουσιάζουν αδυναμία και καθορίζεται η πορεία διαρροής των στοιχείων.

Εφαρμόστηκε η μέθοδος στον αρχικό φορέα και καθορίστηκε το σημείο επιτελεστικότητας με τέμνουσα βάσης  $V=2684.256$  KN και μετατόπιση κορυφής  $D= -13.1$  cm. Η στοχευόμενη μετατόπιση που προέκυψε στο Σημείο Επιτελεστικότητας είναι μεγαλύτερη από τη μετατόπιση που προκύπτει για  $0.75 \theta_{um}^{pl}$ . Άρα για στόχο σχεδιασμού «Προστασία Ζωής» ο αρχικός φορέας δεν είναι ικανοποιητικός.

Στη συνέχεια μορφώθηκε ο νέος φορέας προς ανάλυση. Ως στόχος ανασχεδιασμού ορίστηκε η Στάθμη Επιτελεστικότητας «Προστασία Ζωής». Οι ενισχύσεις πραγματοποιήθηκαν σε δοκούς και υποστυλώματα. Οι δοκοί ενισχύθηκαν είτε με προσθήκη χαλύβδινων ελασμάτων είτε με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος. Τα υποστυλώματα ενισχύθηκαν με μανδύες ή με τροποποίηση του σχήματός τους από ορθογωνικά σε γωνιακά.

Η εύρεση των δοκών και υποστυλωμάτων που πρέπει να ενισχυθούν πραγματοποιήθηκε με δοκιμές με γνώμονα την αδυναμία των στοιχείων που ανέδειξε η Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης στον αρχικό φορέα.

Στο νέο φορέα εφαρμόστηκε εκ νέου η Δυναμική Φασματική Ανάλυση. Οι μετακινήσεις των δυσμενέστερων κόμβων κορυφής που παρουσιάστηκαν είναι 2.991 cm κατά τη x διεύθυνση, έναντι 3.447 cm πριν την ενίσχυση (μείωση κατά 15%), και -1.293 κατά την y διεύθυνση, έναντι -1.461 πριν την ενίσχυση (μείωση κατά 12.99%). Η συμπεριφορά της κατασκευής εμφανίζεται βελτιωμένη. Όσον αφορά τις τρεις πρώτες ιδιοπεριόδους εμφανίζονται μειωμένες με τιμές  $T1=Ty= 0.76461s$ , έναντι  $0.87612s$  πριν την ενίσχυση,  $T2= 0.65298s$  στροφική, έναντι  $0.78774$  πριν την ενίσχυση, και  $T3=Tx= 0.54769s$ , έναντι  $0.58134s$  πριν την ενίσχυση.

Ακολούθως εφαρμόστηκε η Μη Γραμμική Ανάλυση Σταδιακής Εξώθησης. Καθορίστηκε το νέο σημείο επιτελεστικότητας με τέμνουσα βάσης  $V=4120.946$  KN και μετατόπιση κορυφής  $D= -0.089$  cm. Για στόχο ανασχεδιασμού «Προστασία Ζωής», ο σχεδιασμός θεωρήθηκε επιτυχής, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση που προέκυψε στο Σημείο Επιτελεστικότητας είναι μικρότερη από τη μετατόπιση που προκύπτει για γωνία στροφής χορδής  $0.75\theta_{um}^{pl}$  (που αντιστοιχεί στη Στάθμη Προστασία Ζωής).

Το sap αδυνατεί να βγάλει το μηχανισμό κατάρρευσης της κατασκευής και με την αστοχία μικρού αριθμού δοκών σταματάει την ανάλυση. Ωστόσο γίνεται φανερό ότι προηγείται η αστοχία δοκών από αυτή των υποστυλωμάτων, συνεπώς ικανοποιείται η Απαίτηση Ικανοτικού Σχεδιασμού.

Συγκρίνοντας το σημείο επιτελεστικότητας πριν και μετά την επέμβαση παρατηρείται ότι για 53% αυξημένη τέμνουσα βάσης η κορυφή στον ενισχυμένο φορέα δίνει κατά 32% μειωμένη μετατόπιση κορυφής.

Συνολικά παρατηρείται ότι παρόλο που δεν τροποποιήθηκε σημαντικά το μοντέλο παρουσιάζει βελτιωμένη συμπεριφορά.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Διατομές- Οπλισμοί υποστυλωμάτων.

	Διατομή	Καμπτικός
K1	25/120	8Φ20
K2	120/35	14Φ18
K3	20/100	6Φ16
K4	30/120	12Φ18
K5	70/70	16Φ18
K6	20/120	8Φ20
K7	130/25	8Φ20
K8	120/25	8Φ20
K9	140/20	6Φ16
K19	140/20	8Φ16
K10	25/135	8Φ20
K11	25/115	8Φ20
K12	140/20	6Φ16
K13	120/20	6Φ18
K14	25/115	8Φ20
K15	60/60	12Φ18
K16	25/105	8Φ20
K17	20/100	6Φ16
K18	120/25	8Φ20

- Διατομές-Οπλισμοί δοκών.

	τυπικός όροφος		ισόγειο		υπόγειο	
	διατομή	καμπτικός	διατομή	καμπτικός	διατομή	καμπτικός
Δ1	20/50	5Φ14	20/50	5Φ14	20/50	5Φ14
Δ2	20/50	4Φ10	20/30	4Φ10	20/50	4Φ10
Δ3	20/50	4Φ10	20/30	4Φ10	20/50	4Φ10
Δ4	20/40	4Φ10	30/30	4Φ10	20/50	4Φ10
Δ5	20/40	4Φ10	30/30	4Φ10	20/50	4Φ10
Δ6	20/75	5Φ16	130/30	8Φ22	20/50	5Φ16
Δ7	20/75	4Φ14	130/30	7Φ16	20/50	4Φ14
Δ8	20/75	5Φ10	130/30	7Φ16	20/50	5Φ10
Δ9	20/75	5Φ10	130/30	6Φ16	20/50	5Φ10
Δ10	20/60	5Φ14	90/30	7Φ18	τοιχίο	-
Δ11	20/60	4Φ10	90/30	5Φ14	τοιχίο	-
Δ12	20/60	5Φ16	20/60	5Φ14	τοιχίο	-
Δ13	20/45	5Φ10	90/30	5Φ14	τοιχίο	-
Δ14	20/45	4Φ10	90/30	5Φ12	τοιχίο	-

Δ15	20/40	4Φ10	50/30	4Φ12	τοιχίο	-
Δ16	20/40	4Φ10	50/30	4Φ12	τοιχίο	-
Δ17	20/55	5Φ12	70/30	7Φ14	τοιχίο	-
Δ18	20/55	4Φ10	70/30	5Φ12	τοιχίο	-
Δ19	20/55	4Φ10	70/30	5Φ12	τοιχίο	-
Δ20	20/55	4Φ14	70/30	6Φ16	τοιχίο	-
Δ21	20/55	5Φ10	70/30	5Φ14	τοιχίο	-
Δ22	20/55	5Φ10	70/30	5Φ14	τοιχίο	-
Δ23	20/70	4Φ10	110/30	5Φ14	τοιχίο	-
Δ24	20/70	4Φ10	110/30	5Φ14	τοιχίο	-
ΕΖ Π1	80/13	5Φ12	-	-	80/13	5Φ12
ΕΖ Π5	80/13	5Φ12	-	-	80/13	5Φ12

- Υπολογισμός φορτίων (KN/m).

Φορτία οροφής Α,Β,Γ,Δ ορόφου									
	Μήκος	Εμβαδό	Πλάκα-g	Πλάκα-α	Εμβαδό	Εξώστης-g	Εξώστης-α	Εμβαδο	Κλιμακα-g
Δ1	4.650	5.530	4.424	2.378				3.720	2.688
Δ2α	0.900	0.720	2.976	1.600					
Δ2β	1.600	3.020	7.022	3.775					
Δ2γ	2.300	2.700	4.367	2.348					
Δ3α	1.650	2.090	4.712	2.533					
Δ3β	3.150	5.630	6.649	3.575					
Δ4	4.400	8.970	7.584	4.077					
Δ5	4.400	7.650	6.468	3.477					
Δ6	7.850	28.150	13.340	7.172					
Δ7α	2.250	5.000	8.267	4.444					
Δ7β	1.600	2.640	6.138	3.300					
Δ7γ	3.750	9.240	9.166	4.928					
Δ8α	2.200	6.020	10.179	5.473					
Δ8β	1.100	1.220	4.126	2.218					
Δ8γ	2.900	7.600	9.749	5.241					
Δ9	5.300	18.880	13.252	7.125					
Δ10	7.850	13.140	6.227	3.348	9.790	3.891	6.236		
Δ11	3.900	2.145	2.046	1.100					
Δ12	4.600				11.900	9.313	12.935	3.720	2.717
Δ13	4.000	2.400	2.232	1.200					
Δ14	5.300	5.220	3.664	1.970					
Δ15	4.800	4.320	3.348	1.800					
Δ16	4.400	4.840	4.092	2.200	3.210	2.276	3.648		
Δ17	4.800	5.640	4.371	2.350	13.380	10.704	13.938		
Δ18	4.400	4.840	4.092	2.200	12.380	10.804	14.068		

Δ19	4.500	7.480	6.183	3.324	4.950	3.960	5.500		
Δ20	5.600	10.010	6.650	3.575	7.530	4.841	6.723		
Δ21	4.400	5.910	4.997	2.686	9.910	8.108	11.261		
Δ22	4.300	5.730	4.957	2.665	9.460	7.920	11.000		
Δ23	5.550	7.780	5.215	2.804					
Δ24	2.650	4.280	6.008	3.230	2.860	3.367	5.396		
EZ-Π5	4.800	13.600	10.540	5.667					
EZ-Π1	4.800	11.980	9.285	4.992					

<b>Φορτία οροφής Α,Β,Γ,Δ ορόφου</b>								
	Κλίμακα-α	Μπατική	Δρομική	<b>G</b>	<b>Q</b>	Πλάτος εξ.	<b>Mg</b>	<b>Mq</b>
Δ1	4.000	10.080		17.192	6.378			
Δ2α				2.976	1.600			
Δ2β				7.022	3.775			
Δ2γ			5.880	10.247	2.348			
Δ3α		10.080		14.792	2.533			
Δ3β			5.880	12.529	3.575			
Δ4			5.880	13.464	4.077			
Δ5			5.880	12.348	3.477			
Δ6			5.880	19.220	7.172			
Δ7α			5.880	14.147	4.444			
Δ7β			5.880	12.018	3.300			
Δ7γ			5.880	15.046	4.928			
Δ8α			5.880	16.059	5.473			
Δ8β			5.880	10.006	2.218			
Δ8γ			5.880	15.629	5.241			
Δ9			5.880	19.132	7.125			
Δ10		10.080		20.198	9.583	1.100	2.354	3.773
Δ11		10.080		12.126	1.100			
Δ12	4.043	10.080		22.110	16.978	2.000	18.626	25.870
Δ13		10.080		12.312	1.200			
Δ14		10.080		13.744	1.970			
Δ15		10.080		13.428	1.800			
Δ16		10.080		16.448	5.848	0.650	0.481	0.771
Δ17		10.080		25.155	16.288	2.500	33.450	43.555
Δ18		10.080		24.976	16.268	2.500	33.764	43.963
Δ19		10.080		20.223	8.824	1.100	2.396	3.328
Δ20		10.080		21.570	10.298	1.100	2.929	4.068
Δ21		10.080		23.185	13.948	2.200	19.622	27.253
Δ22		10.080		22.957	13.665	2.200	19.166	26.620
Δ23		10.080		15.295	2.804			



Δ24		10.080		19.455	8.626	1.100	2.037	3.265
Ez-Π5				10.540	5.667			
EZ-Π1				9.285	4.992			

Φορτία οροφής Ε ορόφου							
	Μήκος	Εμβαδό	Πλάκα-g	Πλάκα-q	Μόνωση	G	Q
Δ1	4.650	2.090	1.672	0.899	1.573	3.245	0.899
Δ2α	0.900	0.720	2.976	1.600	2.800	5.776	1.600
Δ2β	1.600	3.020	7.022	3.775	6.606	13.628	3.775
Δ2γ	2.300	2.700	4.367	2.348	4.109	8.476	2.348
Δ3α	1.650	2.090	4.712	2.533	4.433	9.145	2.533
Δ3β	3.150	5.630	6.649	3.575	6.256	12.904	3.575
Δ4	4.400	8.970	7.584	4.077	7.135	14.719	4.077
Δ5	4.400	7.650	6.468	3.477	6.085	12.553	3.477
Δ6	7.850	28.150	13.340	7.172	12.551	25.891	7.172
Δ7α	2.250	5.000	8.267	4.444	7.778	16.044	4.444
Δ7β	1.600	2.640	6.138	3.300	5.775	11.913	3.300
Δ7γ	3.750	9.240	9.166	4.928	8.624	17.790	4.928
Δ8α	2.200	6.020	10.179	5.473	9.577	19.757	5.473
Δ8β	1.100	1.220	4.126	2.218	3.882	8.008	2.218
Δ8γ	2.900	7.600	9.749	5.241	9.172	18.921	5.241
Δ9	5.300	18.880	13.252	7.125	12.468	25.720	7.125
Δ10	7.850	13.140	6.227	3.348	5.859	12.085	3.348
Δ11	3.900	2.145	2.046	1.100	1.925	3.971	1.100
Δ12	4.600	4.760	3.849	2.070	3.622	7.471	2.070
Δ13	4.000	2.400	2.232	1.200	2.100	4.332	1.200
Δ14	5.300	5.220	3.664	1.970	3.447	7.111	1.970
Δ15	4.800	4.320	3.348	1.800	3.150	6.498	1.800
Δ16	4.400	4.840	4.092	2.200	3.850	7.942	2.200
Δ17	4.800	5.640	4.371	2.350	4.113	8.484	2.350
Δ18	4.400	4.840	4.092	2.200	3.850	7.942	2.200
Δ19	4.500	7.480	6.183	3.324	5.818	12.001	3.324
Δ20	5.600	10.010	6.650	3.575	6.256	12.906	3.575
Δ21	4.400	5.910	4.997	2.686	4.701	9.698	2.686
Δ22	4.300	5.730	4.957	2.665	4.664	9.621	2.665
Δ23	5.550	7.780	5.215	2.804	4.906	10.121	2.804
Δ24	2.650	4.280	6.008	3.230	5.653	11.661	3.230
Ez-Π5	4.800	13.600	10.540	5.667	9.917	20.457	5.667
EZ-Π1	4.800	11.980	9.285	4.992	8.735	18.020	4.992

Φορτία οροφής Pilotis									
	Μήκος	Εμβαδό	Πλάκα-g	Πλάκα-q	Εμβαδό	Εξώστης-g	Εξώστης-q	Εμβαδο	Κλιμακα-g
Δ1	4.650	9.250	6.445	3.978				3.720	2.688
Δ2β	0.800	1.160	4.698	2.900					
Δ2γ	3.150	5.590	5.750	3.549					
Δ3β	3.150	7.170	7.375	4.552					
Δ4	4.400	8.970	6.605	4.077					
Δ5	4.400	7.650	5.633	3.477					
Δ6	7.850	32.680	13.488	8.326					
Δ7α	2.250	8.450	12.168	7.511					
Δ7β	1.600	2.640	5.346	3.300					
Δ7γ	3.750	9.240	7.983	4.928					
Δ8α	2.200	6.020	8.866	5.473					
Δ8β	1.100	1.220	3.593	2.218					
Δ8γ	2.900	11.350	12.681	7.828					
Δ9	5.300	23.810	14.556	8.985					
Δ10	7.850	14.220	5.869	3.623	9.790	3.891	6.236		
Δ11	3.900	6.190	5.142	3.174					
Δ12	4.600		0.000		11.900	9.313	12.935	3.720	2.717
Δ13	4.000	5.600	4.536	2.800					
Δ14	5.300	7.480	4.573	2.823					
Δ15	4.800	4.320	2.916	1.800					
Δ16	4.400	4.840	3.564	2.200	3.210	2.276	3.648		
Δ17	4.800	5.640	3.807	2.350	13.380	10.704	13.938		
Δ18	4.400	4.840	3.564	2.200	12.380	10.804	14.068		
Δ19	4.500	7.480	5.386	3.324	4.950	3.960	5.500		
Δ20	5.600	10.010	5.792	3.575	7.530	4.841	6.723		
Δ21	4.400	5.910	4.352	2.686	9.910	8.108	11.261		
Δ22	4.300	5.730	4.317	2.665	9.460	7.920	11.000		
Δ23	5.550	7.780	4.542	2.804					
Δ24	2.650	4.280	5.233	3.230	2.860	3.367	5.396		

Φορτία οροφής Pilotis								
	Κλίμακα-q	Μπατική	Δρομική	G	Q	Πλάτος εξώστη	Mg	Mq
Δ1	4.000	10.080		19.213	7.978			
Δ2β				4.698	2.900			
Δ2γ			5.880	11.630	3.549			
Δ3β			5.880	13.255	4.552			
Δ4			5.880	12.485	4.077			
Δ5			5.880	11.513	3.477			
Δ6			5.880	19.368	8.326			

Δ7α			5.880	18.048	7.511			
Δ7β			5.880	11.226	3.300			
Δ7γ			5.880	13.863	4.928			
Δ8α			5.880	14.746	5.473			
Δ8β			5.880	9.473	2.218			
Δ8γ			5.880	18.561	7.828			
Δ9			5.880	20.436	8.985			
Δ10		10.080		19.840	9.859	1.100	2.354	3.773
Δ11		10.080		15.222	3.174			
Δ12	4.043	10.080		22.110	16.978	2.000	18.626	25.870
Δ13		10.080		14.616	2.800			
Δ14		10.080		14.653	2.823			
Δ15		10.080		12.996	1.800			
Δ16		10.080		15.920	5.848	0.650	0.481	0.771
Δ17		10.080		24.591	16.288	2.500	33.450	43.555
Δ18		10.080		24.448	16.268	2.500	33.764	43.963
Δ19		10.080		19.426	8.824	1.100	2.396	3.328
Δ20		10.080		20.712	10.298	1.100	2.929	4.068
Δ21		10.080		22.540	13.948	2.200	19.622	27.253
Δ22		10.080		22.317	13.665	2.200	19.166	26.620
Δ23		10.080		14.622	2.804			
Δ24		10.080		18.680	8.626	1.100	2.037	3.265

Φορτία οροφής Υπογείου									
	Μήκος	Εμβαδό	Πλάκα-g	Πλάκα-q	Εμβαδο	Κλιμακα-g	Κλίμακα-q	G	Q
Δ1	4.650	9.250	13.169	3.978	3.720	2.688	4.000	15.857	7.978
Δ2α	0.900	0.720	5.296	1.600				5.296	1.600
Δ2β	1.600	3.020	12.495	3.775				12.495	3.775
Δ2γ	2.300	2.700	7.771	2.348				7.771	2.348
Δ3α	1.650	2.090	8.385	2.533				8.385	2.533
Δ3β	3.150	5.630	11.832	3.575				11.832	3.575
Δ4	4.400	8.970	13.496	4.077				13.496	4.077
Δ5	4.400	7.650	11.510	3.477				11.510	3.477
Δ6	7.850	28.150	23.739	7.172				23.739	7.172
Δ7α	2.250	5.000	14.711	4.444				14.711	4.444
Δ7β	1.600	2.640	10.923	3.300				10.923	3.300
Δ7γ	3.750	9.240	16.312	4.928				16.312	4.928
Δ8α	2.200	6.020	18.115	5.473				18.115	5.473
Δ8β	1.100	1.220	7.342	2.218				7.342	2.218
Δ8γ	2.900	7.600	17.349	5.241				17.349	5.241

Δ9	5.300	18.880	23.582	7.125				23.582	7.125
Δ10	7.850	13.140	11.081	3.348				11.081	3.348
Δ11	3.900	2.145	3.641	1.100				3.641	1.100
Δ12	4.600		0.000	0.000	3.720	2.717	4.043	2.717	4.043
Δ13	4.000	2.400	3.972	1.200				3.972	1.200
Δ14	5.300	5.220	6.520	1.970				6.520	1.970
Δ15	4.800	4.320	5.958	1.800				5.958	1.800
Δ16	4.400	4.840	7.282	2.200				7.282	2.200
Δ17	4.800	5.640	7.779	2.350				7.779	2.350
Δ18	4.400	4.840	7.282	2.200				7.282	2.200
Δ19	4.500	7.480	11.004	3.324				11.004	3.324
Δ20	5.600	10.010	11.833	3.575				11.833	3.575
Δ21	4.400	5.910	8.892	2.686				8.892	2.686
Δ22	4.300	5.730	8.822	2.665				8.822	2.665
Δ23	5.550	7.780	9.280	2.804				9.280	2.804
Δ24	2.650	4.280	10.692	3.230				10.692	3.230
Ez-Π5	4.800	13.600	18.757	5.667				18.757	5.667
EZ-Π1	4.800	11.980	16.522	4.992				16.522	4.992

- Φάσμα σχεδιασμού.

T (s)	Φd(T)/g	T (s)	Φd(T)/g	T (s)	Φd(T)/g	T (s)	Φd(T)/g
0.000	0.160	2.600	0.043	5.200	0.027	7.800	0.021
0.100	0.130	2.700	0.042	5.300	0.027	7.900	0.020
0.200	0.114	2.800	0.041	5.400	0.026	8.000	0.020
0.300	0.114	2.900	0.040	5.500	0.026	8.100	0.020
0.400	0.114	3.000	0.039	5.600	0.026	8.200	0.020
0.500	0.114	3.100	0.038	5.700	0.025	8.300	0.020
0.600	0.114	3.200	0.037	5.800	0.025	8.400	0.020
0.700	0.103	3.300	0.037	5.900	0.025	8.500	0.020
0.800	0.094	3.400	0.036	6.000	0.025	8.600	0.019
0.900	0.087	3.500	0.035	6.100	0.024	8.700	0.019
1.000	0.081	3.600	0.035	6.200	0.024	8.800	0.019
1.100	0.076	3.700	0.034	6.300	0.024	8.900	0.019
1.200	0.072	3.800	0.033	6.400	0.024	9.000	0.019
1.300	0.068	3.900	0.033	6.500	0.023	9.100	0.019
1.400	0.065	4.000	0.032	6.600	0.023	9.200	0.019
1.500	0.062	4.100	0.032	6.700	0.023	9.300	0.018
1.600	0.059	4.200	0.031	6.800	0.023	9.400	0.018
1.700	0.057	4.300	0.031	6.900	0.022	9.500	0.018
1.800	0.055	4.400	0.030	7.000	0.022	9.600	0.018
1.900	0.053	4.500	0.030	7.100	0.022	9.700	0.018

2.000	0.051	4.600	0.029	7.200	0.022	9.800	0.018
2.100	0.050	4.700	0.029	7.300	0.022	9.900	0.018
2.200	0.048	4.800	0.029	7.400	0.021	10.000	0.018
2.300	0.047	4.900	0.028	7.500	0.021		
2.400	0.045	5.000	0.028	7.600	0.021		
2.500	0.044	5.100	0.027	7.700	0.021		

- Συγκεντρωμένες μάζες σε κάθε κόμβο.

<b>Μάζες κόμβων</b>									
<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>
	<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>
1	7.05	21	1.16	41	13.37	61	15.29	81	19.15
2	16.54	22	2.12	42	16.1	62	19.15	82	18.79
3	3.26	23	1.16	43	18.81	63	18.79	83	10.38
4	6.44	24	2.12	44	19.26	64	10.29	84	10.64
5	4.41	25	1.16	45	10.53	65	10.49	85	15.43
6	10.14	26	2.12	46	14.55	66	15.2	86	8.66
7	5.63	27	3.27	47	15.98	67	8.66	87	1.92
8	14.13	28	9.92	48	10.05	68	1.92	88	1.92
9	6.89	29	5.42	49	1.92	69	1.92	89	1.92
10	20.21	30	15.93	50	1.92	70	1.92	90	11.98
11	2.04	31	1.37	51	1.92	71	11.85	91	12.98
12	22.18	32	18.87	52	12.17	72	12.98	92	15.66
13	2.97	33	4.85	53	12.39	73	15.66	93	10.76
14	8.75	34	11.2	54	15.52	74	10.76	94	9.72
15	3.9	35	5.47	55	12.37	75	9.72	95	17.08
16	8.2	36	10.9	56	11.5	76	17.08	96	20.44
17	5.19	37	5.42	57	19.69	77	20.93	97	8.35
18	11.52	38	18.5	58	20.44	78	8.69	98	12.69
19	1.4	39	22.22	59	8.35	79	13.09	99	15.29
20	9.02	40	8.66	60	12.69	80	15.44	100	19.15

<b>Μάζες κόμβων</b>									
<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>
	<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>		<b>KN-s2/m</b>
101	18.79	121	10.29	141	5.51	161	6.51	181	5.1
102	10.29	122	10.49	142	6.79	162	7.91	182	7.89
103	10.49	123	15.2	143	8.46	163	7.13	183	5.47
104	15.2	124	8.66	144	0.96	164	3.77	184	17.99
105	8.66	125	1.92	145	0.96	165	0.82	185	6.08

106	1.92	126	1.92	146	0.96	166	7.79	186	3.32
107	1.92	127	1.92	147	7.03	167	5.1	187	7.53
108	1.92	128	11.85	148	11.05	168	5.47	188	6.81
109	11.85	129	12.57	149	19.23	169	18.48	189	3.84
110	12.98	130	15.25	150	7.12	170	6.08	190	3.63
111	15.66	131	10.76	151	5.54	171	3.32	191	3.77
112	10.76	132	9.72	152	14.03	172	7.53	192	0.82
113	9.72	133	17.08	153	17.99	173	6.81	193	1.88
114	17.08	134	10.31	154	6.08	174	3.77	194	5.1
115	20.44	135	3.33	155	3.32	175	0.82	195	6.51
116	8.35	136	6.16	156	16.19	176	1.88	196	7.91
117	12.69	137	9.16	157	7.53	177	5.1	197	7.13
118	15.29	138	14.44	158	6.81	178	6.51	198	5.1
119	19.15	139	22.14	159	1.88	179	7.91	199	7.79
120	18.79	140	6.07	160	5.1	180	7.28	200	5.47

<b>Μάζες κόμβων</b>							
<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>Joint</b>	<b>U1</b>
<b>Text</b>	<b>KN-s2/m</b>	<b>Text</b>	<b>KN-s2/m</b>	<b>Text</b>	<b>KN-s2/m</b>	<b>Text</b>	<b>KN-s2/m</b>
201	17.99	221	1.93	241	4.48	262	3.21
202	6.08	222	0.56	242	5.69	263	2.52
203	3.32	223	1.92	243	8.23	264	2.57
204	7.53	224	5.48	244	6.56		
205	6.81	225	7.1	245	4.07		
206	1.88	226	4.51	246	7.42		
207	5.1	227	2.6	247	6.04		
208	6.51	228	1.4	248	6.94		
209	3.77	229	4.74	250	7.48		
210	0.82	230	4.02	251	6.34		
211	7.91	231	7.79	252	1.79		
212	7.13	232	20.95	253	4.92		
213	5.1	233	7.92	254	6.48		
214	0.94	234	8.2	255	4.9		
215	5.47	235	7.62	256	5.76		
216	15.56	236	1.88	257	2.2		
217	6.33	237	5.9	258	2.2		
218	1.83	238	8.06	259	2.13		
219	4.16	239	8.68	260	0.41		
220	7.12	240	7.13	261	2.2		

- ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Παραμορφωσιακά μεγέθη κορυφής								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
134	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018864	0.013601	-0.00077	0.000442	0.000578	0.000477
134	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01959	-0.01367	-0.00171	-0.0006	-0.00033	-0.0009
135	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018864	0.011425	-0.00078	-0.0002	0.000763	0.000477
135	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01959	-0.01392	-0.00166	-0.00074	-0.00082	-0.0009
136	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018864	0.010726	-0.00044	0.00047	0.000308	0.000477
136	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01959	-0.01461	-0.00204	-0.00035	-0.00043	-0.0009
137	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020635	0.010726	-0.00117	0.000448	0.000907	0.000477
137	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01948	-0.01461	-0.00133	-0.0003	-0.00101	-0.0009
138	Δ.Φ.Μ.	Max	0.02223	0.013601	-0.00092	0.000438	0.001561	0.000477
138	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01967	-0.01367	-0.00131	-0.00047	-0.00049	-0.0009
139	Δ.Φ.Μ.	Max	0.02223	0.011717	-0.00097	0.000225	0.001237	0.000477
139	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01967	-0.0138	-0.00172	-0.00032	-0.00089	-0.0009
140	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023418	0.010914	-0.00081	0.000287	0.001194	0.000477
140	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01991	-0.01433	-0.00163	-7.4E-06	-0.00097	-0.0009
141	Δ.Φ.Μ.	Max	0.024343	0.01319	-0.00018	0.000189	0.001323	0.000477
141	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02015	-0.01364	-0.00183	-0.0002	-0.00094	-0.0009
142	Δ.Φ.Μ.	Max	0.02558	0.010914	-0.00087	0.000445	0.001047	0.000477
142	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0205	-0.01433	-0.00125	-0.00027	-0.0015	-0.0009
143	Δ.Φ.Μ.	Max	0.026594	0.011717	-0.00073	0.000346	0.00149	0.000477
143	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02083	-0.0138	-0.00191	-0.00031	-0.00085	-0.0009
144	Δ.Φ.Μ.	Max	0.027162	0.012805	-0.0004	0.000551	0.001616	0.000477
144	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02102	-0.01363	-0.00102	-0.0005	-0.00105	-0.0009
145	Δ.Φ.Μ.	Max	0.02761	0.01319	0.000667	0.000551	0.001616	0.000477
145	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02117	-0.01364	-0.00154	-0.0005	-0.00105	-0.0009
146	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028065	0.012805	-0.00023	0.000551	0.001616	0.000477
146	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02133	-0.01363	-0.00112	-0.0005	-0.00105	-0.0009
147	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028723	0.010914	-0.00092	0.000154	0.00154	0.000477
147	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02157	-0.01433	-0.00184	-0.00018	-0.00108	-0.0009
148	Δ.Φ.Μ.	Max	0.030689	0.013601	-0.00064	0.000464	0.002504	0.000477
148	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02232	-0.01367	-0.00122	-0.00053	-0.00036	-0.0009
149	Δ.Φ.Μ.	Max	0.030689	0.011717	-0.00085	0.000226	0.001869	0.000477
149	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02232	-0.0138	-0.00215	-0.00013	-0.00115	-0.0009
150	Δ.Φ.Μ.	Max	0.032517	0.010726	-0.00112	0.000375	0.001801	0.000477
150	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02306	-0.01461	-0.00166	-0.00034	-0.00115	-0.0009
151	Δ.Φ.Μ.	Max	0.034472	0.013601	-0.00056	0.00048	0.001518	0.000477
151	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02388	-0.01367	-0.00127	-0.00054	-0.00048	-0.0009

152	Δ.Φ.Μ.	Max	0.034472	0.011717	-0.0005	0.000382	0.002074	0.000477
152	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02388	-0.0138	-0.00243	0.000062	-0.00114	-0.0009
216	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018864	0.011717	-0.00082	-0.00021	0.000763	0.000477
216	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01959	-0.0138	-0.00168	-0.00074	-0.00082	-0.0009
217	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023418	0.011717	-0.00179	-0.00011	0.000211	0.000477
217	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01991	-0.0138	-0.00247	-0.00027	-3.8E-05	-0.0009
218	Δ.Φ.Μ.	Max	0.024343	0.013601	0.000892	0.000403	0.001256	0.000477
218	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02015	-0.01367	-0.00267	-0.00022	-0.00093	-0.0009
219	Δ.Φ.Μ.	Max	0.024343	0.012524	-0.00144	0.000137	0.000878	0.000477
219	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02015	-0.01364	-0.00202	-0.00011	-0.00018	-0.0009
220	Δ.Φ.Μ.	Max	0.024343	0.011717	-0.00191	2.15E-06	0.000512	0.000477
220	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02015	-0.0138	-0.00297	-0.00013	0.000039	-0.0009
221	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028065	0.013601	0.001968	0.00016	0.001579	0.000477
221	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02133	-0.01367	-0.00245	-0.00062	-0.00106	-0.0009
222	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028065	0.01319	0.000699	0.000551	0.001616	0.000477
222	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02133	-0.01364	-0.00153	-0.0005	-0.00105	-0.0009
223	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028065	0.012524	0.000297	0.000551	0.001616	0.000477
223	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02133	-0.01364	-0.00204	-0.0005	-0.00105	-0.0009
224	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028065	0.011717	-0.00096	7.83E-06	0.000622	0.000477
224	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02133	-0.0138	-0.00279	-0.00019	0.000048	-0.0009
225	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028723	0.011717	-0.00114	0.000048	0.000363	0.000477
225	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02157	-0.0138	-0.00278	-0.00011	0.000119	-0.0009
226	Δ.Φ.Μ.	Max	0.034472	0.010726	-0.00107	0.000148	0.000265	0.000477
226	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02388	-0.01461	-0.00339	-0.00054	-0.00044	-0.0009
227	Δ.Φ.Μ.	Max	0.027162	0.01319	0.000752	0.000551	0.001616	0.000477
227	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02102	-0.01364	-0.00166	-0.0005	-0.00105	-0.0009
228	Δ.Φ.Μ.	Max	0.027162	0.012524	0.000099	0.000551	0.001616	0.000477
228	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02102	-0.01364	-0.00192	-0.0005	-0.00105	-0.0009
229	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023418	0.010726	-0.00054	0.000287	0.001194	0.000477
229	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01991	-0.01461	-0.00215	-7.4E-06	-0.00097	-0.0009
230	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028723	0.010726	-0.00065	0.000154	0.00154	0.000477
230	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02157	-0.01461	-0.00262	-0.00018	-0.00108	-0.0009
MAX			0.034472	0.013601	0.001968	0.000551	0.002504	0.000477
MIN			-0.02388	-0.01461	-0.00339	-0.00074	-0.0015	-0.0009

Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Δ.Φ.Μ.	0.034472	-0.01461	-0.00339	0.000744	0.002504	-0.0009

Παραμορφωσιακά μεγέθη 4ου ορόφου								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3



			m	m	m	Radians	Radians	Radians
115	Δ.Φ.Μ.	Max	0.016266	0.011932	-0.00073	0.000674	0.000935	0.000414
115	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01703	-0.0122	-0.00179	-0.00063	-0.00053	-0.00074
116	Δ.Φ.Μ.	Max	0.016266	0.010283	-0.00076	0.000761	0.000985	0.000414
116	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01703	-0.01246	-0.00189	-0.00016	-0.001	-0.00074
117	Δ.Φ.Μ.	Max	0.016266	0.009775	-0.00046	0.000735	0.000421	0.000414
117	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01703	-0.01304	-0.00209	-0.00035	-0.00062	-0.00074
118	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017552	0.009775	-0.00113	0.000627	0.001502	0.000414
118	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01683	-0.01304	-0.00129	-0.00042	-0.00077	-0.00074
119	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018746	0.011932	-0.0008	0.000609	0.00127	0.000414
119	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01693	-0.0122	-0.00134	-0.00063	-0.00113	-0.00074
120	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018746	0.0105	-0.00084	0.000473	0.001352	0.000414
120	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01693	-0.01235	-0.00165	-0.00045	-0.00108	-0.00074
121	Δ.Φ.Μ.	Max	0.019651	0.009909	-0.00062	0.000438	0.001442	0.000414
121	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01709	-0.01281	-0.00165	-0.00012	-0.00108	-0.00074
122	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020362	0.011617	-6.1E-05	0.000235	0.001458	0.000414
122	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01726	-0.01218	-0.00193	-0.00049	-0.00116	-0.00074
123	Δ.Φ.Μ.	Max	0.021321	0.009909	-0.00063	0.000634	0.002638	0.000414
123	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01752	-0.01281	-0.00113	-0.00039	-0.00021	-0.00074
124	Δ.Φ.Μ.	Max	0.022113	0.0105	-0.00065	0.000528	0.001671	0.000414
124	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01777	-0.01235	-0.00185	-0.00044	-0.00114	-0.00074
125	Δ.Φ.Μ.	Max	0.022559	0.011322	-0.00033	0.000653	0.001732	0.000414
125	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01792	-0.01218	-0.00108	-0.00056	-0.0012	-0.00074
126	Δ.Φ.Μ.	Max	0.022911	0.011617	0.000747	0.000653	0.001732	0.000414
126	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01804	-0.01218	-0.00161	-0.00056	-0.0012	-0.00074
127	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023269	0.011322	-0.00012	0.000653	0.001732	0.000414
127	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01817	-0.01218	-0.00116	-0.00056	-0.0012	-0.00074
128	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023789	0.009909	-0.00068	0.000326	0.001837	0.000414
128	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01836	-0.01281	-0.00187	-0.00017	-0.0012	-0.00074
129	Δ.Φ.Μ.	Max	0.025349	0.011932	-0.00055	0.000627	0.002048	0.000414
129	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01897	-0.0122	-0.00126	-0.00065	-0.00127	-0.00074
130	Δ.Φ.Μ.	Max	0.025349	0.0105	-0.00076	0.000391	0.002038	0.000414
130	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01897	-0.01235	-0.0021	-0.00029	-0.00131	-0.00074
131	Δ.Φ.Μ.	Max	0.026809	0.009775	-0.00109	0.000562	0.002132	0.000414
131	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01957	-0.01304	-0.00161	-0.00047	-0.00131	-0.00074
132	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028377	0.011932	-0.00046	0.000633	0.002019	0.000414
132	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02025	-0.0122	-0.00129	-0.00067	-0.00079	-0.00074
133	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028377	0.0105	-0.00032	0.000446	0.002275	0.000414
133	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02025	-0.01235	-0.00251	-0.00018	-0.00136	-0.00074
201	Δ.Φ.Μ.	Max	0.016266	0.0105	-0.00082	0.00076	0.000985	0.000414
201	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01703	-0.01235	-0.00184	-0.00016	-0.001	-0.00074

202	Δ.Φ.Μ.	Max	0.019651	0.0105	-0.00156	-7.4E-05	0.000228	0.000414
202	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01709	-0.01235	-0.00242	-0.00028	-0.00006	-0.00074
203	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020362	0.011932	0.001082	0.000478	0.001355	0.000414
203	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01726	-0.0122	-0.00299	-0.00025	-0.00117	-0.00074
204	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020362	0.011108	-0.00153	-0.00013	0.00093	0.000414
204	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01726	-0.0122	-0.00218	-0.00042	-0.00027	-0.00074
205	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020362	0.0105	-0.00172	-2.7E-06	0.000459	0.000414
205	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01726	-0.01235	-0.0029	-0.00013	-0.00007	-0.00074
206	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023269	0.011108	0.0005	0.000653	0.001732	0.000414
206	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01817	-0.0122	-0.00215	-0.00056	-0.0012	-0.00074
207	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023269	0.0105	-0.0008	0.000039	0.000602	0.000414
207	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01817	-0.01235	-0.00269	-0.00019	0.00001	-0.00074
208	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023789	0.0105	-0.00098	0.00006	0.000361	0.000414
208	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01836	-0.01235	-0.00265	-0.00012	0.000103	-0.00074
209	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023269	0.011932	0.002095	0.000088	0.00166	0.000414
209	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01817	-0.0122	-0.0027	-0.00076	-0.00125	-0.00074
210	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023269	0.011617	0.000802	0.000653	0.001732	0.000414
210	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01817	-0.01218	-0.0016	-0.00056	-0.0012	-0.00074
211	Δ.Φ.Μ.	Max	0.028377	0.009775	-0.00116	0.000175	0.000218	0.000414
211	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.02025	-0.01304	-0.00428	-0.00083	-0.00061	-0.00074
212	Δ.Φ.Μ.	Max	0.022559	0.011617	0.00084	0.000653	0.001732	0.000414
212	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01792	-0.01218	-0.00176	-0.00056	-0.0012	-0.00074
213	Δ.Φ.Μ.	Max	0.022559	0.011108	0.000268	0.000653	0.001732	0.000414
213	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01792	-0.0122	-0.00205	-0.00056	-0.0012	-0.00074
215	Δ.Φ.Μ.	Max	0.023789	0.009775	-0.00055	0.000326	0.001837	0.000414
215	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01836	-0.01304	-0.00271	-0.00017	-0.0012	-0.00074
231	Δ.Φ.Μ.	Max	0.019651	0.009775	-0.00046	0.000438	0.001442	0.000414
231	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01709	-0.01304	-0.00222	-0.00012	-0.00108	-0.00074
MAX			0.028377	0.011932	0.002095	0.000761	0.002638	0.000414
MIN			-0.02025	-0.01304	-0.00428	-0.00083	-0.00136	-0.00074

Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Δ.Φ.Μ.	0.028377	-0.01304	-0.00428	0.000827	0.002638	-0.00074

Παραμορφωσιακά μεγέθη 3ου ορόφου								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
96	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013012	0.009788	-0.00055	0.000888	0.001047	0.000333
96	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01382	-0.01007	-0.00178	-0.00082	-0.00067	-0.00058
97	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013012	0.00865	-0.0005	0.00081	0.001185	0.000333

97	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01382	-0.01034	-0.00187	-0.00043	-0.00122	-0.00058
98	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013012	0.008322	-0.00034	0.000938	0.00049	0.000333
98	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01382	-0.01081	-0.00201	-0.00056	-0.00068	-0.00058
99	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013849	0.008322	-0.00103	0.000838	0.001615	0.000333
99	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01357	-0.01081	-0.00117	-0.0006	-0.0011	-0.00058
100	Δ.Φ.Μ.	Max	0.014661	0.009788	-0.00057	0.000818	0.001591	0.000333
100	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01357	-0.01007	-0.00134	-0.00079	-0.00124	-0.00058
101	Δ.Φ.Μ.	Max	0.014661	0.008796	-0.00064	0.00063	0.001573	0.000333
101	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01357	-0.01024	-0.0016	-0.0006	-0.00129	-0.00058
102	Δ.Φ.Μ.	Max	0.01529	0.008405	-0.00038	0.000541	0.001617	0.000333
102	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01366	-0.01063	-0.00169	-0.00021	-0.00129	-0.00058
103	Δ.Φ.Μ.	Max	0.015791	0.009567	0.000149	0.00036	0.001647	0.000333
103	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01376	-0.01007	-0.00196	-0.00057	-0.00136	-0.00058
104	Δ.Φ.Μ.	Max	0.016473	0.008405	-0.00049	0.000839	0.002486	0.000333
104	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01393	-0.01063	-0.00121	-0.00057	-0.0008	-0.00058
105	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017041	0.008796	-0.00054	0.000708	0.001863	0.000333
105	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0141	-0.01024	-0.00171	-0.00059	-0.00132	-0.00058
106	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017363	0.009361	-0.00017	0.000802	0.001879	0.000333
106	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0142	-0.01008	-0.00114	-0.00068	-0.00138	-0.00058
107	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017618	0.009567	0.000868	0.000802	0.001879	0.000333
107	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01429	-0.01007	-0.00165	-0.00068	-0.00138	-0.00058
108	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017878	0.009361	0.000055	0.000802	0.001879	0.000333
108	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01438	-0.01008	-0.0012	-0.00068	-0.00138	-0.00058
109	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018256	0.008405	-0.00043	0.000403	0.001996	0.000333
109	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01452	-0.01063	-0.0019	-0.00024	-0.00142	-0.00058
110	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0194	0.009788	-0.00037	0.000843	0.002392	0.000333
110	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01496	-0.01007	-0.00128	-0.00082	-0.00132	-0.00058
111	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0194	0.008796	-0.00058	0.000505	0.002237	0.000333
111	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01496	-0.01024	-0.002	-0.00038	-0.00154	-0.00058
112	Δ.Φ.Μ.	Max	0.020477	0.008322	-0.00099	0.000769	0.002289	0.000333
112	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01541	-0.01081	-0.00146	-0.00065	-0.00155	-0.00058
113	Δ.Φ.Μ.	Max	0.021642	0.009788	-0.00028	0.000862	0.002113	0.000333
113	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01592	-0.01007	-0.0013	-0.00084	-0.00094	-0.00058
114	Δ.Φ.Μ.	Max	0.021642	0.008796	-7.9E-05	0.000559	0.002458	0.000333
114	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01592	-0.01024	-0.00251	-0.00026	-0.00159	-0.00058
184	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013012	0.008796	-0.00061	0.00081	0.001185	0.000333
184	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01382	-0.01024	-0.00179	-0.00043	-0.00122	-0.00058
185	Δ.Φ.Μ.	Max	0.01529	0.008796	-0.00133	-0.00006	0.000249	0.000333
185	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01366	-0.01024	-0.00241	-0.0003	-7.8E-05	-0.00058
186	Δ.Φ.Μ.	Max	0.015791	0.009788	0.00146	0.000542	0.001545	0.000333
186	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01376	-0.01007	-0.00318	-0.00031	-0.00136	-0.00058

187	Δ.Φ.Μ.	Max	0.015791	0.009212	-0.00138	-0.00011	0.001001	0.000333
187	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01376	-0.0101	-0.00214	-0.00044	-0.00035	-0.00058
188	Δ.Φ.Μ.	Max	0.015791	0.008796	-0.00153	-7.1E-06	0.00048	0.000333
188	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01376	-0.01024	-0.00286	-0.00012	-0.0001	-0.00058
191	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017878	0.009788	0.00236	0.000144	0.001806	0.000333
191	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01438	-0.01007	-0.0029	-0.00079	-0.00143	-0.00058
192	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017878	0.009567	0.000965	0.000802	0.001879	0.000333
192	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01438	-0.01007	-0.00166	-0.00068	-0.00138	-0.00058
193	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017878	0.009212	0.00078	0.000802	0.001879	0.000333
193	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01438	-0.0101	-0.00227	-0.00068	-0.00138	-0.00058
194	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017878	0.008796	-0.0006	0.000065	0.000594	0.000333
194	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01438	-0.01024	-0.00263	-0.00021	-1.5E-05	-0.00058
195	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018256	0.008796	-0.00079	0.000067	0.000361	0.000333
195	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01452	-0.01024	-0.00259	-0.00012	0.000089	-0.00058
196	Δ.Φ.Μ.	Max	0.021642	0.008322	-0.00051	0.000379	0.00028	0.000333
196	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01592	-0.01081	-0.0046	-0.001	-0.0007	-0.00058
197	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017363	0.009567	0.000976	0.000802	0.001879	0.000333
197	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0142	-0.01007	-0.00184	-0.00068	-0.00138	-0.00058
198	Δ.Φ.Μ.	Max	0.017363	0.009212	0.000531	0.000802	0.001879	0.000333
198	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0142	-0.0101	-0.00219	-0.00068	-0.00138	-0.00058
199	Δ.Φ.Μ.	Max	0.01529	0.008322	-0.00026	0.000541	0.001617	0.000333
199	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01366	-0.01081	-0.00217	-0.00021	-0.00129	-0.00058
200	Δ.Φ.Μ.	Max	0.018256	0.008322	-0.00033	0.000403	0.001996	0.000333
200	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01452	-0.01081	-0.00262	-0.00024	-0.00142	-0.00058
MAX			0.021642	0.009788	0.00236	0.000938	0.002486	0.000333
MIN			-0.01592	-0.01081	-0.0046	-0.001	-0.00159	-0.00058

Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Δ.Φ.Μ.	0.021642	-0.01081	-0.0046	0.000999	0.002486	-0.00058

Παραμορφωσιακά μεγέθη 2ου ορόφου								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
77	Δ.Φ.Μ.	Max	0.009188	0.007161	-0.00032	0.001038	0.001139	0.000235
77	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00999	-0.00739	-0.00166	-0.00095	-0.00078	-0.0004
78	Δ.Φ.Μ.	Max	0.009188	0.006485	-0.00023	0.000966	0.001308	0.000235
78	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00999	-0.00765	-0.00177	-0.00054	-0.00137	-0.0004
79	Δ.Φ.Μ.	Max	0.009188	0.006309	-0.00019	0.001097	0.000522	0.000235
79	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00999	-0.008	-0.00182	-0.00071	-0.00072	-0.0004
80	Δ.Φ.Μ.	Max	0.009647	0.006309	-0.00086	0.000992	0.001743	0.000235

80	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00973	-0.008	-0.00099	-0.00076	-0.00121	-0.0004
81	Δ.Φ.Μ.	Max	0.01012	0.007161	-0.00032	0.000958	0.00165	0.000235
81	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00966	-0.00739	-0.00127	-0.00091	-0.00141	-0.0004
82	Δ.Φ.Μ.	Max	0.01012	0.006568	-0.00039	0.000759	0.001656	0.000235
82	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00966	-0.00757	-0.00146	-0.00072	-0.00144	-0.0004
83	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010498	0.006351	-0.00012	0.000622	0.001693	0.000235
83	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00968	-0.00787	-0.00162	-0.00029	-0.00142	-0.0004
84	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010804	0.007026	0.000333	0.000438	0.001711	0.000235
84	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00972	-0.0074	-0.00187	-0.00065	-0.00148	-0.0004
85	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011226	0.006351	-0.00026	0.000989	0.00263	0.000235
85	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00981	-0.00787	-0.00115	-0.00072	-0.00084	-0.0004
86	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011583	0.006568	-0.0004	0.000838	0.001865	0.000235
86	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0099	-0.00757	-0.00147	-0.00071	-0.00147	-0.0004
87	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011786	0.006902	0.000013	0.000902	0.001897	0.000235
87	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00996	-0.00742	-0.00114	-0.00077	-0.00147	-0.0004
88	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011948	0.007026	0.000928	0.000902	0.001897	0.000235
88	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01001	-0.0074	-0.00158	-0.00077	-0.00147	-0.0004
89	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012113	0.006902	0.000227	0.000902	0.001897	0.000235
89	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01006	-0.00742	-0.00117	-0.00077	-0.00147	-0.0004
90	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012355	0.006351	-0.00014	0.000461	0.002036	0.000235
90	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01014	-0.00787	-0.0018	-0.0003	-0.00153	-0.0004
91	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013091	0.007161	-0.00017	0.000986	0.002375	0.000235
91	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01041	-0.00739	-0.00123	-0.00095	-0.00149	-0.0004
92	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013091	0.006568	-0.00038	0.000595	0.002261	0.000235
92	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01041	-0.00757	-0.00178	-0.00046	-0.00167	-0.0004
93	Δ.Φ.Μ.	Max	0.013792	0.006309	-0.00083	0.00092	0.002316	0.000235
93	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01069	-0.008	-0.00123	-0.0008	-0.00165	-0.0004
94	Δ.Φ.Μ.	Max	0.014555	0.007161	-9.7E-05	0.001009	0.002128	0.000235
94	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01102	-0.00739	-0.00123	-0.00098	-0.00103	-0.0004
95	Δ.Φ.Μ.	Max	0.014555	0.006568	0.000155	0.00064	0.002475	0.000235
95	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01102	-0.00757	-0.00235	-0.00034	-0.0017	-0.0004
169	Δ.Φ.Μ.	Max	0.009188	0.006568	-0.00039	0.000966	0.001308	0.000235
169	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00999	-0.00757	-0.00166	-0.00054	-0.00137	-0.0004
170	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010498	0.006568	-0.00104	-4.8E-05	0.000255	0.000235
170	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00968	-0.00757	-0.00232	-0.00031	-9.1E-05	-0.0004
171	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010804	0.007161	0.001702	0.000568	0.001609	0.000235
171	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00972	-0.00739	-0.0032	-0.00035	-0.00148	-0.0004
172	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010804	0.006813	-0.00118	-0.00011	0.001016	0.000235
172	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00972	-0.00745	-0.002	-0.00046	-0.0004	-0.0004
173	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010804	0.006568	-0.00129	-1.5E-05	0.000477	0.000235
173	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00972	-0.00757	-0.00271	-0.00012	-0.00013	-0.0004

174	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012113	0.007161	0.002453	0.000174	0.001823	0.000235
174	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01006	-0.00739	-0.00292	-0.00079	-0.00152	-0.0004
175	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012113	0.007026	0.001063	0.000902	0.001897	0.000235
175	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01006	-0.0074	-0.00163	-0.00077	-0.00147	-0.0004
176	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012113	0.006813	0.001005	0.000902	0.001897	0.000235
176	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01006	-0.00745	-0.00225	-0.00077	-0.00147	-0.0004
177	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012113	0.006568	-0.00041	0.000081	0.000551	0.000235
177	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01006	-0.00757	-0.00244	-0.00022	-3.3E-05	-0.0004
178	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012355	0.006568	-0.00059	0.000068	0.000343	0.000235
178	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01014	-0.00757	-0.00239	-0.00011	0.000075	-0.0004
179	Δ.Φ.Μ.	Max	0.014555	0.006309	0.00005	0.000527	0.000317	0.000235
179	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01102	-0.008	-0.00477	-0.00115	-0.00076	-0.0004
180	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011786	0.007026	0.00105	0.000902	0.001897	0.000235
180	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00996	-0.0074	-0.0018	-0.00077	-0.00147	-0.0004
181	Δ.Φ.Μ.	Max	0.011786	0.006813	0.000768	0.000902	0.001897	0.000235
181	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00996	-0.00745	-0.0022	-0.00077	-0.00147	-0.0004
182	Δ.Φ.Μ.	Max	0.010498	0.006309	-5.5E-05	0.000622	0.001693	0.000235
182	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00968	-0.008	-0.00199	-0.00029	-0.00142	-0.0004
183	Δ.Φ.Μ.	Max	0.012355	0.006309	-0.00011	0.000461	0.002036	0.000235
183	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.01014	-0.008	-0.00238	-0.0003	-0.00153	-0.0004
MAX			0.014555	0.007161	0.002453	0.001097	0.00263	0.000235
MIN			-0.01102	-0.008	-0.00477	-0.00115	-0.0017	-0.0004

Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Δ.Φ.Μ.	0.014555	-0.008	-0.00477	0.001148	0.00263	-0.0004

Παραμορφωσιακά μεγέθη 1ου ορόφου								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
58	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00518	0.004271	-7.9E-05	0.001077	0.001062	0.000133
58	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00585	-0.00441	-0.00141	-0.00099	-0.00078	-0.00022
59	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00518	0.003966	0.000036	0.000983	0.001253	0.000133
59	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00585	-0.00462	-0.00148	-0.00058	-0.00137	-0.00022
60	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00518	0.003901	-3.7E-05	0.001154	0.000467	0.000133
60	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00585	-0.00484	-0.00149	-0.0008	-0.00068	-0.00022
61	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005359	0.003901	-0.00064	0.001052	0.001665	0.000133
61	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00484	-0.00073	-0.00084	-0.00123	-0.00022
62	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005565	0.004271	-6.7E-05	0.000991	0.001568	0.000133
62	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00555	-0.00441	-0.0011	-0.00094	-0.00137	-0.00022
63	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005565	0.004001	-0.00015	0.000786	0.001563	0.000133

63	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00555	-0.00456	-0.00121	-0.00074	-0.0014	-0.00022
64	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005739	0.003914	0.000091	0.000637	0.001548	0.000133
64	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00476	-0.0014	-0.00033	-0.00138	-0.00022
65	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005883	0.004208	0.000427	0.000453	0.00155	0.000133
65	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00443	-0.0016	-0.0007	-0.00143	-0.00022
66	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006086	0.003914	-0.00002	0.001044	0.002444	0.000133
66	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00555	-0.00476	-0.00102	-0.0008	-0.00079	-0.00022
67	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00626	0.004001	-0.00027	0.000874	0.001888	0.000133
67	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00558	-0.00456	-0.00114	-0.00076	-0.0013	-0.00022
68	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00636	0.00415	0.000155	0.000874	0.001669	0.000133
68	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0056	-0.00445	-0.00101	-0.00075	-0.00137	-0.00022
69	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00644	0.004208	0.00085	0.000875	0.001669	0.000133
69	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00562	-0.00443	-0.00135	-0.00075	-0.00137	-0.00022
70	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006523	0.00415	0.000334	0.000874	0.001669	0.000133
70	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00445	-0.00101	-0.00075	-0.00137	-0.00022
71	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006644	0.003914	0.000084	0.000471	0.001815	0.000133
71	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00568	-0.00476	-0.00152	-0.00032	-0.00144	-0.00022
72	Δ.Φ.Μ.	Max	0.007019	0.004271	0.000033	0.00103	0.002195	0.000133
72	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0058	-0.00441	-0.00107	-0.00098	-0.00135	-0.00022
73	Δ.Φ.Μ.	Max	0.007019	0.004001	-0.00019	0.00059	0.002052	0.000133
73	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0058	-0.00456	-0.00142	-0.00047	-0.00154	-0.00022
74	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00738	0.003901	-0.00061	0.000978	0.002094	0.000133
74	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00593	-0.00484	-0.00091	-0.00088	-0.00158	-0.00022
75	Δ.Φ.Μ.	Max	0.007777	0.004271	0.00008	0.001054	0.001909	0.000133
75	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00609	-0.00441	-0.00106	-0.00102	-0.00094	-0.00022
76	Δ.Φ.Μ.	Max	0.007777	0.004001	0.000307	0.000634	0.002191	0.000133
76	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00609	-0.00456	-0.00195	-0.00036	-0.00157	-0.00022
157	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005883	0.00411	-0.00096	-0.00013	0.000937	0.000133
157	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00447	-0.00174	-0.00046	-0.00037	-0.00022
158	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005883	0.004001	-0.00107	-2.8E-05	0.000446	0.000133
158	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00456	-0.00243	-0.0001	-0.00011	-0.00022
159	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006523	0.00411	0.001062	0.000874	0.001669	0.000133
159	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00447	-0.00194	-0.00075	-0.00137	-0.00022
160	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006523	0.004001	-0.00026	0.000083	0.00048	0.000133
160	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00456	-0.00207	-0.00021	-2.2E-05	-0.00022
161	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006644	0.004001	-0.00043	0.000059	0.000311	0.000133
161	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00568	-0.00456	-0.00204	-9.5E-05	0.000071	-0.00022
162	Δ.Φ.Μ.	Max	0.007777	0.003901	0.00044	0.000587	0.00029	0.000133
162	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00609	-0.00484	-0.00462	-0.00121	-0.00077	-0.00022
163	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00636	0.004208	0.00097	0.000874	0.001669	0.000133
163	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0056	-0.00443	-0.00156	-0.00075	-0.00137	-0.00022

164	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006523	0.004271	0.002195	0.000151	0.001598	0.000133
164	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00441	-0.00261	-0.00071	-0.00142	-0.00022
165	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006523	0.004208	0.001004	0.000874	0.001669	0.000133
165	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00564	-0.00443	-0.00141	-0.00075	-0.00137	-0.00022
166	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005739	0.003901	0.000122	0.000637	0.001548	0.000133
166	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00484	-0.00162	-0.00033	-0.00138	-0.00022
167	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00636	0.00411	0.000866	0.000874	0.001669	0.000133
167	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.0056	-0.00447	-0.00193	-0.00075	-0.00137	-0.00022
168	Δ.Φ.Μ.	Max	0.006644	0.003901	0.000068	0.000471	0.001815	0.000133
168	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00568	-0.00484	-0.00192	-0.00032	-0.00144	-0.00022
153	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00518	0.004001	-0.00017	0.000982	0.001253	0.000133
153	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00585	-0.00456	-0.0014	-0.00058	-0.00137	-0.00022
154	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005739	0.004001	-0.00077	-5.1E-05	0.000242	0.000133
154	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00456	-0.00209	-0.0003	-8.4E-05	-0.00022
155	Δ.Φ.Μ.	Max	0.005883	0.004271	0.001664	0.000527	0.001456	0.000133
155	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00553	-0.00441	-0.00289	-0.00034	-0.00143	-0.00022
MAX			0.007777	0.004271	0.002195	0.001154	0.002444	0.000133
MIN			-0.00609	-0.00484	-0.00462	-0.00121	-0.00158	-0.00022

Ανάλυση	U1	U2	U3	R1	R2	R3
	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Δ.Φ.Μ.	0.007777	-0.00484	-0.00462	0.001214	0.002444	-0.00022

Παραμορφωσιακά μεγέθη Pilotis								
Κόμβος	Ανάλυση		U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
39	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0017	0.001516	0.000099	0.000895	0.001066	0.000045
39	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00198	-0.00156	-0.00096	-0.00079	-0.00064	-7.1E-05
40	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0017	0.001445	0.000236	0.001037	0.000903	0.000045
40	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00198	-0.00165	-0.00097	-0.00059	-0.00114	-7.1E-05
41	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0017	0.001436	0.000079	0.001017	0.00039	0.000045
41	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00198	-0.00173	-0.00098	-0.00069	-0.00072	-7.1E-05
42	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00173	0.001436	-0.00035	0.000898	0.001183	0.000045
42	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00189	-0.00173	-0.0004	-0.00076	-0.00087	-7.1E-05
43	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001775	0.001516	0.000142	0.00084	0.001024	0.000045
43	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00185	-0.00156	-0.00077	-0.0008	-0.00112	-7.1E-05
44	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001775	0.001452	0.000088	0.000755	0.001001	0.000045
44	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00185	-0.00163	-0.00077	-0.00081	-0.00115	-7.1E-05
45	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001818	0.001436	0.000194	0.00072	0.001085	0.000045
45	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.0017	-0.00094	-0.00032	-0.00104	-7.1E-05



46	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001855	0.0015	0.000371	0.000343	0.001068	0.000045
46	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00157	-0.00108	-0.00041	-0.00109	-7.1E-05
47	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001909	0.001436	0.000173	0.000918	0.001834	0.000045
47	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00182	-0.0017	-0.00073	-0.00071	-0.00048	-7.1E-05
48	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001956	0.001452	-7.9E-05	0.000806	0.000464	0.000045
48	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00163	-0.00055	-0.00071	-0.00138	-7.1E-05
49	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001984	0.001486	0.000167	0.000599	0.001088	0.000045
49	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00158	-0.00065	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
50	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002007	0.0015	0.000568	0.000599	0.001088	0.000045
50	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00184	-0.00157	-0.00086	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
51	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00203	0.001486	0.000286	0.000599	0.001088	0.000045
51	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00184	-0.00158	-0.00063	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
52	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002064	0.001436	0.000195	0.000487	0.001241	0.000045
52	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00185	-0.0017	-0.001	-0.00037	-0.00106	-7.1E-05
53	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002173	0.001516	0.000151	0.000824	0.001318	0.000045
53	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00188	-0.00156	-0.00073	-0.00077	-0.00106	-7.1E-05
54	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002173	0.001452	-9E-06	0.000775	0.001237	0.000045
54	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00188	-0.00163	-0.00084	-0.00053	-0.00121	-7.1E-05
55	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002279	0.001436	-0.00034	0.000842	0.001263	0.000045
55	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00192	-0.00173	-0.0005	-0.00083	-0.00099	-7.1E-05
56	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002398	0.001516	0.000177	0.000853	0.001377	0.000045
56	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00196	-0.00156	-0.00072	-0.00082	-0.00057	-7.1E-05
57	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002398	0.001452	0.000324	0.000867	0.00146	0.000045
57	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00196	-0.00163	-0.00121	-0.0004	-0.00109	-7.1E-05
232	Δ.Φ.Μ.	Max	0.0017	0.001452	-8.1E-06	0.001037	0.000902	0.000045
232	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00198	-0.00163	-0.00097	-0.00059	-0.00114	-7.1E-05
233	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001855	0.001476	-0.00262	0.000042	0.001187	0.000045
233	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00159	-0.00295	-0.00023	0.000346	-7.1E-05
234	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001855	0.001452	-0.00269	-0.00016	0.000577	0.000045
234	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00163	-0.00369	-0.00029	-0.00057	-7.1E-05
235	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001818	0.001452	-0.00169	-0.00047	0.000539	0.000045
235	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00163	-0.00297	-0.00063	-0.00058	-7.1E-05
236	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00203	0.001476	0.0008	0.000599	0.001088	0.000045
236	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00184	-0.00159	-0.00125	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
237	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00203	0.001452	-0.00137	-0.00011	0.000603	0.000045
237	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00184	-0.00163	-0.00196	-0.00025	-0.0007	-7.1E-05
238	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002064	0.001452	-0.00161	0.000036	0.000609	0.000045
238	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00185	-0.00163	-0.00204	-6.6E-05	-0.00059	-7.1E-05
239	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002398	0.001436	-0.00123	-1.2E-05	0.00072	0.000045
239	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00196	-0.00173	-0.00057	-0.00159	-0.00058	-7.1E-05
240	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001984	0.0015	0.000651	0.000599	0.001088	0.000045

240	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00157	-0.00101	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
241	Δ.Φ.Μ.	Max	0.00203	0.0015	0.000679	0.000599	0.001088	0.000045
241	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00184	-0.00157	-0.0009	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
242	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001984	0.001476	0.000669	0.000599	0.001088	0.000045
242	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00159	-0.00125	-0.0005	-0.00095	-7.1E-05
243	Δ.Φ.Μ.	Max	0.001818	0.001436	0.000203	0.00072	0.001085	0.000045
243	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00183	-0.00173	-0.001	-0.00032	-0.00104	-7.1E-05
244	Δ.Φ.Μ.	Max	0.002064	0.001436	0.000164	0.000487	0.001241	0.000045
244	Δ.Φ.Μ.	Min	-0.00185	-0.00173	-0.00117	-0.00037	-0.00106	-7.1E-05
MAX			0.002398	0.001516	0.0008	0.001037	0.001834	0.000045
MIN			-0.00198	-0.00173	-0.0057	-0.00159	-0.00138	-7.1E-05

<b>Ανάλυση</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>Radians</b>	<b>Radians</b>	<b>Radians</b>
Δ.Φ.Μ.	0.002398	-0.00173	-0.0057	0.001594	0.001834	-7.1E-05

<b>Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis</b>									
<b>Υποστώλιωμα</b>	<b>Στάθμη</b>	<b>Ανάλυση</b>		<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	<b>m</b>			<b>KN</b>	<b>KN</b>	<b>KN</b>	<b>KN-m</b>	<b>KN-m</b>	<b>KN-m</b>
20 (K1)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-907.964	4.613	132.493	0.8652	450.032	21.8663
20	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-897.884	4.613	132.493	0.8652	265.1795	15.4642
20	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-887.804	4.613	132.493	0.8652	82.0737	23.3939
20	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1328.22	-23.2	-101.842	-1.3801	-441.001	-41.7564
20	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1318.14	-23.2	-101.842	-1.3801	-299.061	-9.3321
20	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1308.06	-23.2	-101.842	-1.3801	-158.868	8.7604
21 (K2)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-1390.14	201.112	36.263	2.231	74.1824	701.4958
21	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-1376.03	201.112	36.263	2.231	23.4802	422.4414
21	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-1361.92	201.112	36.263	2.231	-23.8807	149.3582
21	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1752.11	-175.586	-10.637	-3.5587	-56.1244	-777.216
21	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1738	-175.586	-10.637	-3.5587	-41.2982	-533.898
21	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1723.89	-175.586	-10.637	-3.5587	-29.8134	-296.551
22 (K3)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-332.64	10.872	80.579	0.3714	218.7581	17.5741
22	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-325.92	10.872	80.579	0.3714	106.4583	2.4122
22	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-319.2	10.872	80.579	0.3714	-3.5488	8.2319
22	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1056.28	-9.013	-51.532	-0.5925	-228.984	-17.0411
22	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1049.56	-9.013	-51.532	-0.5925	-157.35	-4.4819
22	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1042.84	-9.013	-51.532	-0.5925	-88.0075	-12.9044
23 (K6)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-794.473	0.871	98.597	0.4564	339.8043	9.9538
23	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-786.409	0.871	98.597	0.4564	202.1205	8.7912
23	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-778.345	0.871	98.597	0.4564	66.034	7.9798
23	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-906.64	-7.633	-121.825	-0.7279	-410.467	-17.0781

23	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-898.576	-7.633	-121.825	-0.7279	-240.265	-6.4486
23	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-890.512	-7.633	-121.825	-0.7279	-71.6593	3.8297
24 (K4)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-905.382	13.244	157.213	1.4502	538.96	43.2377
24	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-893.286	13.244	157.213	1.4502	319.3511	25.6709
24	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-881.19	13.244	157.213	1.4502	101.6106	10.9234
24	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1296.01	-11.721	-151.963	-2.3132	-549.121	-43.4489
24	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1283.91	-11.721	-151.963	-2.3132	-336.861	-28.0149
24	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1271.81	-11.721	-151.963	-2.3132	-126.47	-15.4002
25 (K5)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-1406.83	88.538	76.603	5.3831	257.5207	308.9586
25	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-1390.37	88.538	76.603	5.3831	150.4063	185.9563
25	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-1373.91	88.538	76.603	5.3831	54.2988	64.9024
25	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1902.27	-57.838	-134.137	-8.5863	-327.967	-294.132
25	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1885.8	-57.838	-134.137	-8.5863	-140.305	-214.11
25	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1869.34	-57.838	-134.137	-8.5863	36.3503	-136.036
26 (K8)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-872.756	98.543	21.401	0.8652	34.5905	499.0385
26	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-862.676	98.543	21.401	0.8652	4.6761	362.7692
26	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-852.596	98.543	21.401	0.8652	11.0618	229.0675
26	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1311.45	-123.137	-15.304	-1.3801	-31.8276	-518.806
26	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1301.37	-123.137	-15.304	-1.3801	-10.4494	-348.105
26	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1291.29	-123.137	-15.304	-1.3801	-25.3712	-179.972
27 (K7)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-978.905	141.563	21.881	0.9483	36.8341	649.9308
27	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-967.985	141.563	21.881	0.9483	6.4774	454.1014
27	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-957.065	141.563	21.881	0.9483	31.7352	261.2557
27	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1125.27	-115.955	-26.239	-1.5126	-41.8476	-625.096
27	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1114.35	-115.955	-26.239	-1.5126	-5.3896	-465.118
27	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1103.43	-115.955	-26.239	-1.5126	-24.546	-308.123
28 (K11)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-708.177	-13.267	130.385	0.8238	391.355	6.8278
28	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-698.517	-13.267	130.385	0.8238	209.1213	25.5071
28	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-688.857	-13.267	130.385	0.8238	28.5794	44.3709
28	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-933.325	-24.16	-122.413	-1.314	-441.164	-40.3275
28	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-923.665	-24.16	-122.413	-1.314	-270.091	-6.6087
28	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-914.005	-24.16	-122.413	-1.314	-100.71	26.9255
29 (K10)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-793.287	31.973	193.835	0.9898	609.0965	52.2314
29	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-781.947	31.973	193.835	0.9898	338.0821	7.5739
29	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-770.607	31.973	193.835	0.9898	69.5765	-25.4771
29	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1544.98	2.532	-209.969	-1.5787	-677.041	-18.9234
29	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1533.64	2.532	-209.969	-1.5787	-383.439	-22.5729
29	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1522.3	2.532	-209.969	-1.5787	-92.3452	-37.8289
30 (K9)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	316.271	172.739	10.278	0.5414	18.7038	699.9722
30	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	325.679	172.739	10.278	0.5414	4.3529	461.9992
30	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	335.087	172.739	10.278	0.5414	8.5414	234.3077

30	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1568.29	-188.183	-9.754	-0.8635	-18.8089	-661.597
30	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1558.88	-188.183	-9.754	-0.8635	-5.192	-402.003
30	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1549.47	-188.183	-9.754	-0.8635	-10.1145	-152.691
31 (K19)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	1184.036	6.414	291.365	0.5414	620.274	18.3153
31	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	1193.444	6.414	291.365	0.5414	213.345	9.4281
31	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	1202.852	6.414	291.365	0.5414	126.065	2.7261
31	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1991.4	-6.76	-269.024	-0.8635	-630.055	-17.5739
31	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1981.99	-6.76	-269.024	-0.8635	-254.403	-8.2033
31	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1972.58	-6.76	-269.024	-0.8635	-198.401	-1.0179
32 (K12)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	593.979	186.744	10.276	0.5414	18.7019	719.9786
32	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	603.387	186.744	10.276	0.5414	4.3538	462.0056
32	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	612.795	186.744	10.276	0.5414	8.5427	214.3499
32	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1544.8	-190.627	-9.755	-0.8635	-18.8096	-665.37
32	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1535.39	-190.627	-9.755	-0.8635	-5.1916	-401.961
32	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1525.98	-190.627	-9.755	-0.8635	-10.1105	-148.869
33 (K13)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-818.677	86.369	10.393	0.4564	17.2248	451.2987
33	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-810.613	86.369	10.393	0.4564	2.7398	331.7839
33	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-802.549	86.369	10.393	0.4564	12.7553	214.2133
33	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1240.24	-95.582	-11.625	-0.7279	-19.8282	-416.08
33	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1232.18	-95.582	-11.625	-0.7279	-3.6187	-283.668
33	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1224.12	-95.582	-11.625	-0.7279	-11.9098	-153.201
34 (K14)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-641.531	8.408	130.721	0.8238	408.1307	28.9501
34	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-631.871	8.408	130.721	0.8238	226.2798	18.328
34	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-622.211	8.408	130.721	0.8238	51.0561	11.679
34	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-844.374	-9.661	-122.224	-1.314	-412.303	-27.0403
34	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-834.714	-9.661	-122.224	-1.314	-242.349	-14.6633
34	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-825.054	-9.661	-122.224	-1.314	-79.0221	-6.2594
35 (K15)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-940.951	56.137	75.561	2.4327	146.4999	191.7323
35	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-929.863	56.137	75.561	2.4327	40.7628	113.6735
35	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-918.775	56.137	75.561	2.4327	19.662	36.6558
35	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1459.19	-24.129	-56.677	-3.8803	-139.149	-144.256
35	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1448.1	-24.129	-56.677	-3.8803	-59.8494	-111.007
35	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1437.01	-24.129	-56.677	-3.8803	-65.186	-78.7996
36 (K16)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-843.054	9.994	65.747	0.7408	277.4742	29.729
36	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-834.234	9.994	65.747	0.7408	185.6952	16.0398
36	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-825.414	9.994	65.747	0.7408	95.351	6.2134
36	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1224.94	-10.447	-130.279	-1.1817	-370.712	-26.8612
36	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1216.12	-10.447	-130.279	-1.1817	-188.588	-12.5375
36	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1207.3	-10.447	-130.279	-1.1817	-7.8988	-2.0767
37 (K17)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-409.702	4.2	63.57	0.3714	215.0721	14.3812
37	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-402.982	4.2	63.57	0.3714	126.2313	8.5265

37	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-396.262	4.2	63.57	0.3714	38.0655	11.6401
37	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-638.965	-10.782	-62.832	-0.5925	-219.789	-18.6162
37	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-632.245	-10.782	-62.832	-0.5925	-131.981	-3.5456
37	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-625.525	-10.782	-62.832	-0.5925	-44.8484	2.5567
38 (K18)	0	Δ.Φ.Μ.	Max	-835.68	115.832	19.623	0.8652	33.1753	647.1666
38	1.4	Δ.Φ.Μ.	Max	-825.6	115.832	19.623	0.8652	5.7332	488.0416
38	2.8	Δ.Φ.Μ.	Max	-815.52	115.832	19.623	0.8652	-0.2456	333.2744
38	0	Δ.Φ.Μ.	Min	-1206.07	-143.016	-8.753	-1.3801	-24.8049	-562.453
38	1.4	Δ.Φ.Μ.	Min	-1195.99	-143.016	-8.753	-1.3801	-12.5798	-365.271
38	2.8	Δ.Φ.Μ.	Min	-1185.91	-143.016	-8.753	-1.3801	-21.818	-172.446
MAX				1202.852	201.112	291.365	5.3831	620.274	719.9786
MIN				-1991.4	-190.627	-269.024	-8.5863	-677.041	-777.216
MAX (K)				1202.852	201.112	291.365	5.3831	620.274	719.9786
MIN (K)				-1902.27	-175.586	-209.969	-8.5863	-677.041	-777.216

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis (με ανελκυστηρα)						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Δ.Φ.Μ.	-1991.4	201.112	291.365	-8.5863	-677.041	-777.216

Μέγιστα εντατικά μεγέθη υποστυλωμάτων Pilotis						
Ανάλυση	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Δ.Φ.Μ.	-1902.27	201.112	291.365	-8.5863	-677.041	-777.216

• Στοιχεία πλαστικοποίησης δοκών

	φγ	φμ	h	dbl	fy	fc	Lv	γel	Lpl	θγ	θμμ	θμμ pl	My	Mu
D1-orofoi	0.0030	0.0887	0.50	0.014	253	20	2.325	1.5	0.508	0.0044	0.0287	0.0244	24.797	40.436
D1-pilotis	0.0030	0.0887	0.50	0.014	253	20	2.325	1.5	0.508	0.0044	0.0287	0.0244	24.797	40.436
D2-orofoi A	0.0029	0.0904	0.50	0.010	253	20	0.450	1.5	0.266	0.0041	0.0137	0.0095	12.440	21.170
D2-orofoi B	0.0029	0.0904	0.50	0.010	253	20	0.800	1.5	0.301	0.0035	0.0166	0.0131	12.440	21.170
D2-orofoi C	0.0029	0.0904	0.50	0.010	253	20	1.150	1.5	0.336	0.0035	0.0190	0.0155	12.440	21.170
D2-pilotis B	0.0057	0.0975	0.30	0.010	253	20	0.800	1.5	0.267	0.0040	0.0162	0.0123	7.211	9.513
D2-pilotis C	0.0057	0.0975	0.30	0.010	253	20	1.150	1.5	0.302	0.0044	0.0190	0.0146	7.211	9.513
D3-orofoi A	0.0029	0.0904	0.50	0.010	253	20	0.450	1.5	0.266	0.0041	0.0137	0.0095	12.440	21.170
D3-orofoi C	0.0029	0.0904	0.50	0.010	253	20	1.150	1.5	0.336	0.0035	0.0190	0.0155	12.440	21.170
D3-pilotis C	0.0057	0.0975	0.30	0.010	253	20	1.150	1.5	0.302	0.0044	0.0190	0.0146	7.211	9.513
D4-orofoi	0.0039	0.0926	0.40	0.010	253	20	1.600	1.5	0.364	0.0042	0.0219	0.0177	11.140	14.774
D4-pilotis	0.0051	0.1354	0.30	0.010	253	20	1.600	1.5	0.347	0.0048	0.0300	0.0253	7.659	11.711
D5-orofoi	0.0039	0.0926	0.40	0.010	253	20	1.600	1.5	0.364	0.0042	0.0219	0.0177	11.140	14.774
D5-pilotis	0.0051	0.1354	0.30	0.010	253	20	1.600	1.5	0.347	0.0048	0.0300	0.0253	7.659	11.711

D6-orofoi	0.0020	0.0665	0.75	0.016	253	20	3.925	1.5	0.737	0.0045	0.0317	0.0273	49.301	84.169
D6-pilotis	0.0059	0.0938	0.30	0.022	253	20	3.925	1.5	0.742	0.0101	0.0461	0.0360	59.282	72.884
D7-orofoi A	0.0019	0.0697	0.75	0.014	253	20	1.125	1.5	0.430	0.0035	0.0181	0.0145	39.026	66.272
D7-orofoi B	0.0019	0.0697	0.75	0.014	253	20	0.825	1.5	0.400	0.0038	0.0162	0.0124	39.026	66.272
D7-orofoi C	0.0019	0.0697	0.75	0.014	253	20	1.875	1.5	0.505	0.0035	0.0221	0.0186	39.026	66.272
D7-pilotis A	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	1.125	1.5	0.381	0.0044	0.0290	0.0247	30.304	44.802
D7-pilotis B	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	0.825	1.5	0.351	0.0040	0.0255	0.0215	30.304	44.802
D7-pilotis C	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	1.875	1.5	0.456	0.0054	0.0367	0.0312	30.304	44.802
D8-orofoi A	0.0018	0.1040	0.75	0.010	253	20	1.150	1.5	0.378	0.0034	0.0238	0.0204	18.334	38.740
D8-orofoi B	0.0018	0.1040	0.75	0.010	253	20	0.500	1.5	0.313	0.0047	0.0178	0.0131	18.334	38.740
D8-orofoi C	0.0018	0.1040	0.75	0.010	253	20	1.450	1.5	0.408	0.0033	0.0261	0.0228	18.334	38.740
D8-pilotis A	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	1.150	1.5	0.383	0.0044	0.0293	0.0249	30.304	44.802
D8-pilotis B	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	0.500	1.5	0.318	0.0039	0.0205	0.0166	30.304	44.802
D8-pilotis C	0.0052	0.1290	0.30	0.016	253	20	1.450	1.5	0.413	0.0048	0.0325	0.0277	30.304	44.802
D9-orofoi	0.0018	0.1039	0.75	0.010	253	20	2.650	1.5	0.528	0.0035	0.0347	0.0312	18.525	39.562
D9-pilotis	0.0051	0.1455	0.30	0.016	253	20	2.650	1.5	0.533	0.0067	0.0493	0.0427	28.115	46.222
D10-orofoi	0.0024	0.0872	0.60	0.014	253	20	3.925	1.5	0.685	0.0050	0.0386	0.0336	31.166	52.906
D10-pilotis	0.0053	0.1035	0.30	0.018	253	20	3.925	1.5	0.688	0.0091	0.0471	0.0381	28.354	38.617
D11-orofoi	0.0024	0.0920	0.60	0.010	253	20	1.950	1.5	0.433	0.0036	0.0254	0.0218	16.659	27.726
D11-pilotis	0.0050	0.1552	0.30	0.014	253	20	2.001	1.5	0.441	0.0054	0.0429	0.0375	14.277	25.943
D12-orofoi	0.0025	0.0824	0.60	0.016	253	20	2.325	1.5	0.552	0.0040	0.0286	0.0246	39.171	67.132
D12-pilotis	0.0024	0.0872	0.60	0.014	253	20	2.325	1.5	0.525	0.0039	0.0289	0.0250	31.166	52.906
D13-orofoi	0.0032	0.1090	0.45	0.010	253	20	1.950	1.5	0.407	0.0041	0.0284	0.0244	11.509	19.707
D13-pilotis	0.0050	0.1552	0.30	0.014	253	20	2.001	1.5	0.441	0.0054	0.0429	0.0375	14.277	25.943
D14-orofoi	0.0034	0.0941	0.45	0.010	253	20	2.650	1.5	0.477	0.0048	0.0295	0.0247	11.284	17.910
D14-pilotis	0.0049	0.2068	0.30	0.012	253	20	2.650	1.5	0.479	0.0063	0.0628	0.0565	12.303	20.868
D15-orofoi	0.0039	0.0926	0.40	0.010	253	20	2.400	1.5	0.444	0.0051	0.0272	0.0221	11.140	14.774
D15-pilotis	0.0051	0.1476	0.30	0.012	253	20	2.400	1.5	0.454	0.0060	0.0431	0.0370	10.531	17.786
D16-orofoi	0.0039	0.0926	0.40	0.010	253	20	2.150	1.5	0.419	0.0048	0.0255	0.0208	11.140	14.774
D16-pilotis	0.0051	0.1476	0.30	0.012	253	20	2.150	1.5	0.429	0.0057	0.0405	0.0348	10.531	17.786
D17-orofoi	0.0026	0.0953	0.55	0.012	253	20	2.400	1.5	0.496	0.0041	0.0302	0.0261	21.133	35.656
D17-pilotis	0.0053	0.1146	0.30	0.014	253	20	2.400	1.5	0.481	0.0063	0.0358	0.0294	22.948	30.668
D18-orofoi	0.0026	0.0924	0.55	0.010	253	20	1.650	1.5	0.394	0.0036	0.0232	0.0196	14.218	24.475
D18-pilotis	0.0049	0.1650	0.30	0.012	253	20	1.650	1.5	0.379	0.0048	0.0390	0.0342	10.627	19.427
D19-orofoi	0.0026	0.0924	0.55	0.010	253	20	2.250	1.5	0.454	0.0039	0.0271	0.0231	14.218	24.475
D19-pilotis	0.0049	0.1650	0.30	0.012	253	20	2.250	1.5	0.439	0.0057	0.0461	0.0404	10.628	19.427
D20-orofoi	0.0028	0.0740	0.55	0.014	253	20	2.800	1.5	0.564	0.0046	0.0271	0.0225	28.234	41.299
D20-pilotis	0.0055	0.1084	0.30	0.016	253	20	2.800	1.5	0.548	0.0073	0.0388	0.0315	28.226	37.564
D21-orofoi	0.0026	0.1078	0.55	0.010	253	20	1.875	1.5	0.417	0.0037	0.0284	0.0248	16.717	25.957
D21-pilotis	0.0051	0.1284	0.30	0.014	253	20	1.875	1.5	0.429	0.0053	0.0348	0.0294	15.489	23.116
D22-orofoi	0.0026	0.1078	0.55	0.010	253	20	2.475	1.5	0.477	0.0040	0.0329	0.0289	16.717	25.957

D22-pilotis	0.0051	0.1284	0.30	0.014	253	20	2.475	1.5	0.489	0.0063	0.0404	0.0341	15.489	23.116
D23-orofoi	0.0020	0.0908	0.70	0.010	253	20	2.750	1.5	0.530	0.0038	0.0309	0.0271	19.704	34.012
D23-pilotis	0.0049	0.1887	0.30	0.014	253	20	2.750	1.5	0.516	0.0065	0.0616	0.0551	15.540	27.648
D24-orofoi	0.0020	0.0908	0.70	0.010	253	20	1.350	1.5	0.390	0.0034	0.0220	0.0186	19.704	34.012
D24-pilotis	0.0049	0.1887	0.30	0.014	253	20	1.350	1.5	0.376	0.0045	0.0426	0.0382	15.540	27.648
EZ-P1	0.0691	0.2138	0.13	0.012	253	20	2.400	1.5	0.425	0.0628	0.0792	0.0164	3.416	3.633
EZ-P5	0.0691	0.2138	0.13	0.012	253	20	2.400	1.5	0.425	0.0628	0.0792	0.0164	3.416	3.633

• Στοιχεία πλαστικοποίησης υποστυλωμάτων

	N	φγ	φυ	h	dbl	fy	fc	Lv	γel	Lpl	θγ	θυμ	θυμ pl	My	Mu
K16	-108.821	0.008	0.092	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.007	0.031	0.0233	57.248	66.867
K15	-305.820	0.009	0.080	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.008	0.027	0.0192	74.100	82.885
K14	-503.295	0.009	0.068	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.009	0.024	0.0153	90.730	99.283
K13	-701.298	0.010	0.054	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.009	0.019	0.0103	105.151	116.656
K12	-900.668	0.011	0.042	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.010	0.016	0.0063	119.825	129.792
K11	-	0.012	0.036	1.00	0.020	253	20	1.4	1.5	0.582	0.010	0.014	0.0037	132.684	135.111
K26	-194.553	0.001	0.022	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.009	0.0053	470.482	591.471
K25	-464.026	0.002	0.018	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.008	0.0040	570.499	699.225
K24	-732.247	0.002	0.014	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.006	0.0025	676.072	818.756
K23	-	0.002	0.011	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.006	0.0014	778.589	914.825
K22	-	0.002	0.008	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.005	0.0007	852.529	993.398
K21	-	0.002	0.007	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.004	0.0002	938.093	#####
K36	-67.366	0.010	0.113	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.009	0.037	0.0281	23.068	27.652
K35	-194.153	0.011	0.096	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.009	0.032	0.0224	31.759	35.890
K34	-320.531	0.012	0.081	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.010	0.027	0.0173	40.016	44.583
K33	-445.693	0.013	0.070	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.011	0.024	0.0135	47.505	51.113
K32	-568.321	0.015	0.056	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.012	0.020	0.0085	55.015	59.171
K31	-694.462	0.016	0.048	1.20	0.016	253	20	1.4	1.5	0.561	0.012	0.018	0.0056	60.633	64.774
K46	-152.743	0.006	0.072	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.007	0.025	0.0185	89.237	118.982
K45	-342.363	0.007	0.062	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.007	0.022	0.0152	105.090	137.922
K44	-532.870	0.007	0.049	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.008	0.018	0.0109	122.731	151.178
K43	-724.051	0.008	0.040	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.008	0.016	0.0077	140.035	166.807
K42	-916.055	0.009	0.033	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.008	0.013	0.0052	157.332	181.553
K41	-	0.009	0.029	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.009	0.012	0.0037	170.769	196.763
K56	-318.717	0.003	0.032	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.011	0.0071	321.617	436.387
K55	-578.177	0.003	0.023	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.009	0.0046	383.491	498.778

K54	-841.155	0.003	0.020	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.008	0.0035	438.586	540.519	
K53	-	1104.230	0.003	0.017	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.007	0.0027	494.919	575.218
K52	-	1367.857	0.003	0.015	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.006	0.0018	542.535	640.399
K51	-	1654.549	0.004	0.013	0.70	0.020	253	20	1.4	1.5	0.531	0.004	0.006	0.0012	591.916	679.963
K66	-98.358	0.011	0.094	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.010	0.033	0.0233	42.621	48.827	
K65	-247.026	0.012	0.082	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.010	0.029	0.0190	52.284	58.887	
K64	-395.687	0.013	0.074	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.011	0.027	0.0160	62.380	66.729	
K63	-544.298	0.014	0.066	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.012	0.024	0.0126	71.386	75.260	
K62	-692.934	0.015	0.055	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.012	0.021	0.0085	78.218	84.853	
K61	-850.557	0.017	0.043	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.013	0.017	0.0040	86.203	91.729	
K76	-114.961	0.001	0.021	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.009	0.0053	311.491	401.826	
K75	-298.724	0.001	0.017	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.008	0.0038	395.090	481.061	
K74	-483.061	0.001	0.015	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.007	0.0030	481.604	557.647	
K73	-668.416	0.002	0.012	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.006	0.0020	556.027	644.315	
K72	-854.670	0.002	0.010	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.005	0.0012	621.330	715.942	
K71	-	1052.090	0.002	0.008	1.30	0.020	253	20	1.4	1.5	0.633	0.004	0.005	0.0005	682.003	777.966
K86	-128.394	0.001	0.021	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.009	0.0051	295.685	367.059	
K85	-319.731	0.001	0.017	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.008	0.0038	367.481	441.931	
K84	-511.482	0.002	0.014	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.007	0.0026	440.005	524.105	
K83	-703.056	0.002	0.012	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.006	0.0018	506.949	586.070	
K82	-893.675	0.002	0.009	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.005	0.0010	574.385	657.005	
K81	-	1092.103	0.002	0.008	1.20	0.020	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.005	0.0004	628.894	681.110
K96	-39.978	0.002	0.044	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.004	0.016	0.0118	87.696	120.490	
K95	-131.433	0.002	0.028	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.004	0.011	0.0066	142.695	164.181	
K94	-247.628	0.002	0.024	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.010	0.0054	207.414	226.049	
K93	-367.335	0.002	0.020	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.008	0.0038	272.552	291.194	
K92	-487.470	0.003	0.016	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.007	0.0026	337.823	354.745	
K91	-626.008	0.003	0.013	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.006	0.0014	404.427	427.110	
K106	-203.590	0.008	0.088	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.008	0.032	0.0237	68.242	76.337	
K105	-391.100	0.009	0.079	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.009	0.029	0.0201	81.787	91.387	
K104	-580.018	0.009	0.068	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.009	0.025	0.0164	97.793	106.97	
K103	-768.447	0.010	0.055	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.009	0.021	0.0115	111.309	123.76	
K102	-954.717	0.011	0.045	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.010	0.018	0.0080	124.905	136.64	
K101	-	1169.135	0.012	0.038	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.011	0.015	0.0049	139.276	148.53
K116	-76.455	0.008	0.093	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.008	0.033	0.0255	53.860	63.599	
K115	-225.310	0.008	0.084	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.008	0.030	0.0220	68.873	75.646	
K114	-372.936	0.009	0.074	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.009	0.027	0.0186	80.856	88.139	



K113	-519.805	0.010	0.066	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.009	0.025	0.0156	90.898	101.496	
K112	-666.198	0.010	0.054	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.010	0.021	0.0112	102.056	113.281	
K111	-820.751	0.011	0.045	1.35	0.020	253	20	1.4	1.5	0.641	0.010	0.018	0.0077	114.027	123.773	
K126	-93.514	0.002	0.035	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.004	0.013	0.0090	114.683	145.68	
K125	-180.530	0.002	0.027	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.004	0.011	0.0062	166.648	191.240	
K124	-268.220	0.002	0.023	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.009	0.0049	220.752	240.08	
K123	-360.558	0.002	0.020	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.009	0.0039	268.255	287.65	
K122	-436.261	0.003	0.017	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.008	0.0030	307.528	331.68	
K121	-475.410	0.003	0.016	1.40	0.016	253	20	1.4	1.5	0.595	0.005	0.007	0.0027	329.964	348.48	
K136	-123.260	0.001	0.029	1.40	0.018	253	20	1.4	1.5	0.622	0.004	0.011	0.0074	205.561	294.805	
K135	-301.929	0.002	0.017	1.20	0.018	253	20	1.4	1.5	0.588	0.004	0.007	0.0035	282.168	347.272	
K134	-480.717	0.002	0.012	1.20	0.018	253	20	1.4	1.5	0.588	0.004	0.006	0.0018	344.599	412.280	
K133	-659.349	0.002	0.009	1.20	0.018	253	20	1.4	1.5	0.588	0.004	0.005	0.0007	409.711	476.66	
K132	-837.530	0.002	0.007	1.20	0.018	253	20	1.4	1.5	0.588	0.004	0.004	0.0002	457.936	516.06	
K131	-	1029.460	0.002	0.006	1.20	0.018	253	20	1.4	1.4	0.588	0.004	0.004	0.0002	500.702	538.76
K146	-114.852	0.008	0.090	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.008	0.031	0.0233	58.543	66.985	
K145	-241.959	0.008	0.083	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.008	0.029	0.0209	69.651	77.032	
K144	-369.027	0.009	0.074	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.008	0.026	0.0179	80.326	87.814	
K143	-496.660	0.010	0.067	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.009	0.024	0.0154	89.388	98.249	
K142	-625.113	0.010	0.059	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.009	0.022	0.0125	100.799	110.039	
K141	-742.953	0.011	0.051	1.15	0.020	253	20	1.4	1.5	0.607	0.010	0.019	0.0096	110.125	116.13	
K156	-243.000	0.003	0.035	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.004	0.012	0.0075	209.195	274.78	
K155	-430.876	0.003	0.026	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.004	0.009	0.0049	252.614	310.11	
K154	-619.010	0.004	0.021	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.004	0.008	0.0034	285.610	337.73	
K153	-807.759	0.004	0.018	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.004	0.007	0.0025	316.776	370.413	
K152	-997.562	0.004	0.016	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.005	0.007	0.0019	340.969	379.1	
K151	-	1200.069	0.004	0.014	0.6	0.020	253	20	1.4	1.5	0.514	0.005	0.006	0.0011	372.943	412.74
K166	-125.463	0.008	0.085	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.008	0.029	0.0214	62.342	67.087	
K165	-305.127	0.009	0.076	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.008	0.026	0.0180	73.870	81.576	
K164	-483.874	0.010	0.065	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.009	0.023	0.0142	87.437	96.239	
K163	-661.859	0.011	0.052	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.009	0.019	0.0095	103.299	111.350	
K162	-838.706	0.012	0.040	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.010	0.015	0.0055	112.893	122.240	
K161	-	1033.997	0.013	0.033	1.05	0.020	253	20	1.4	1.5	0.590	0.011	0.013	0.0027	124.865	131.22
K176	-56.385	0.010	0.115	1.00	0.016	253	20	1.4	1.5	0.527	0.008	0.036	0.0271	22.088	26.952	
K175	-146.047	0.011	0.102	1.00	0.02	253	20	1.4	1.5	0.527	0.009	0.032	0.0232	28.763	33.338	
K174	-235.584	0.011	0.092	1.00	0.02	253	20	1.4	1.5	0.527	0.009	0.029	0.0198	35.333	38.491	
K173	-325.379	0.012	0.080	1.00	0.02	253	20	1.4	1.5	0.527	0.010	0.026	0.0162	40.386	44.905	
K172	-415.807	0.013	0.072	1.00	0.02	253	20	1.4	1.5	0.527	0.010	0.024	0.0133	45.861	50.469	
K171	-524.334	0.014	0.060	1.00	0.02	253	20	1.4	1.5	0.527	0.011	0.020	0.0095	51.923	56.771	

<b>K186</b>	-143.246	0.001	0.021	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.009	0.0050	304.535	372.24
<b>K185</b>	-312.986	0.001	0.018	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.008	0.0039	364.447	439.31
<b>K184</b>	-481.282	0.002	0.015	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.007	0.0029	428.876	503.86
<b>K183</b>	-649.369	0.002	0.012	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.006	0.0021	490.877	576.35
<b>K182</b>	-818.349	0.002	0.010	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.005	0.0013	546.237	620.4
<b>K181</b>	-1020.88	0.002	0.008	1.20	0.02	253	20	1.4	1.5	0.616	0.004	0.005	0.0005	609.510	690.29
<b>K196</b>	-29.431	0.009	0.118	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.595	0.009	0.040	0.0309	25.847	33.767
<b>K195</b>	-118.435	0.010	0.112	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.650	0.009	0.040	0.0309	33.246	39.150
<b>K194</b>	-179.784	0.010	0.106	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.595	0.009	0.036	0.0267	38.384	43.902
<b>K193</b>	-231.925	0.011	0.101	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.595	0.010	0.034	0.0250	40.818	47.337
<b>K192</b>	-300.314	0.011	0.095	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.595	0.010	0.033	0.0229	45.555	50.935
<b>K191</b>	-403.682	0.012	0.087	1.40	0.02	253	20	1.4	1.5	0.595	0.010	0.030	0.0201	52.782	57.287

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ευροκώδικας 8 : Αντισεισμικός Σχεδιασμός, Μέρος 3: Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και ενισχύσεις κτιρίων.
2. Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ)
3. ATC 40: Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings
4. Κανονισμός Επεμβάσεων ΚΑΝ.ΕΠΕ.
5. Δυναμικός Υπολογισμός Κτιρίων- Στάθμες επιτελεστικότητας, σημειώσεις Ι. Ψυχάρη
6. Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος
7. Σεισμική Συμπεριφορά Παλαιών κτιρίων με Pilotis και πρακτικές προτάσεις βελτίωσης, διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης Θεμιστοκλή Α. Αντωνόπουλου, Πολυτεχνείο Πατρών
8. Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία, Κωσταντίνος Σπυράκος