

## **ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ PILOTIS ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΑΥΤΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ**

**ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

### **Περίληψη**

*Ο κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση της τρωτότητας κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα με pilotis έναντι σε σεισμό. Για το σκοπό αυτό παρατίθεται μία υφιστάμενη κατασκευή, η οποία είχε σχεδιαστεί με παλαιές απλοποιητικές παραδοχές και ανεκτικούς κανονισμούς σχετικά με τα σεισμικά φαινόμενα, ακριβώς για να φανεί η σχετικά μειωμένη ανθεκτικότητα αυτών των κτιρίων. Η κατασκευή βρίσκεται στην περιοχή της Νέας Φιλαδέλφειας στην Αθήνα και θα γίνει προσπάθεια αποτίμησης της δυσκαμψίας της πραγματικής κατασκευής με παράλληλο έλεγχο σχηματισμού μαλακού ορόφου. Έπειτα θα πραγματοποιηθεί προσθήκη τοιχωμάτων με βάση τα ελάχιστα που προδιαγράφουν οι κανονισμοί και θα επαναληφθεί η διαδικασία της στατικής ανελαστικής ανάλυσης με σκοπό την παρουσίαση της αυξανόμενης δυσκαμψίας και της διαφοράς με την οποία πλέον πραγματοποιείται ο αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.*

### **1. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Είναι γεγονός ότι στον ελλαδικό χώρο ο σεισμός και οι επιδράσεις του αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα κεφάλαια στη διαμόρφωση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ωστόσο, ο αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών είναι μία νέα επιστήμη η οποία συνεχώς χρίζει αναδιάρθρωσης των βασικών της θεωριών. Συνεπώς μπορεί να υποτεθεί ότι νεότερες κατασκευές χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερα επίπεδα ασφάλειας σε σχέση με τις παλαιότερες κατασκευές εξαιτίας της αυξανόμενης γνώσης σχετικά με την πραγματική συμπεριφορά των κτιρίων στο σεισμό.

Ένας τύπος κατασκευών που έχει αποδειχθεί ότι εμφανίζει μεγάλα επίπεδα τρωτότητας έναντι σεισμού είναι οι κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με pilotis. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των κτιρίων είναι ο σχηματισμός μαλακού ορόφου στο ισόγειο της κατασκευής λόγω έλλειψης τοίχων πλήρωσης σε αυτό, με συνέπεια τα υποστηλώματα του ισογείου να εισέρχονται στην πλαστική περιοχή τους. Ενδεικτικά, θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε αυτού του είδους κατασκευή με ένα «βαρέλι» (άκαμπτο σώμα) το οποίο στηρίζεται σε πολύ εύκαμπτα «πόδια». Πλέον, το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με χρήση τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα οποία είναι ικανά να παραλάβουν ένα μεγάλος μέρος της σεισμικής δράσης. Επομένως παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, η προσπάθεια προσομοίωσης της πραγματικής συμπεριφοράς παλαιότερων κατασκευών με pilotis τα οποία και έχουν διαστασιολογηθεί με βάση χαμηλότερα επίπεδα σεισμών και δεν έχουν τοιχώματα για την ανάληψη των σεισμικών φαινομένων. Ένας τρόπος αποτίμησης της συμπεριφοράς μίας κατασκευής έχει επιτευχθεί με την θεωρία της στατικής ανελαστικής μεθόδου (pushover analysis), οι βάσεις της οποίας θα αναλυθούν παρακάτω. Για την κατανόηση της μεθόδου, θα πραγματοποιηθεί στατική ανελαστική ανάλυση σε υφιστάμενο κτίριο, το οποίο θα προσομοιωθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και θα επιλυθεί βάσει του υπολογιστικού προγράμματος SAP2000.

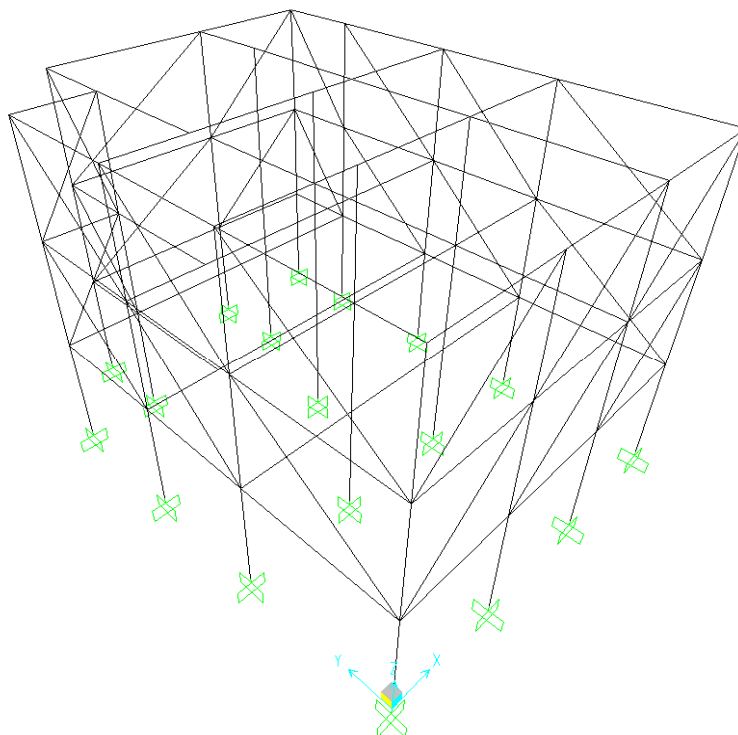
### **2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΑΥΤΗΣ ΣΤΟ SAP2000**

Η κατασκευή που θα χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο είναι πραγματική και επομένως τόσο η μόρφωση της όσο και η διαστασιολόγησή της είναι γνωστή. Η κατηγορία σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε είναι B160 που αντιστοιχεί σε μέση θλιπτική αντοχή ίση με 12.6MPa με μέτρο ελαστικότητας 26000MPa, ενώ αντίθετα ο χάλυβας οπλισμού είναι κατηγορίας StIII, με τάση διαρροής ίση με 420MPa και μέτρο ελαστικότητας ίσο με 210000MPa.

Τα κατακόρυφα φορτία που φορτίζουν τις πλάκες του σκυροδέματος είναι τα ακόλουθα: το ίδιο βάρος τους (ειδικό βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος 24KN/κυβ. μέτρο), το φορτίο επικάλυψης δαπέδων(1,3 KN/τετρ. μέτρο), τα κινητά φορτία δαπέδων, εξωστών και κλιμάκων τα οποία είναι 2, 5, 3.5 KN/τετρ. Μέτρο αντίστοιχα και τα φορτία των τοιχοπληρώσεων (210 και 360Kg/τετρ. μέτρο επιφάνειας του τοίχου για δρομικούς και μπατικούς αντίστοιχα).

Η υφιστάμενη κατασκευή δεν διαθέτει κανένα τοίχωμα. Επομένως, τόσο τα κατακόρυφα στοιχεία(κολόνες) όσο και τα οριζόντια(δοκοί) θα προσομοιωθούν με μέλη γραμμικής παραμόρφωσης. Επιπλέον δεν θα οριστούν πλάκες στο πρόγραμμα του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Απλώς τα κατακόρυφα φορτία που αντιστοιχούν στις πλάκες θα καταμεριστούν με τον γνωστό πρακτικό τρόπο των εμβαδών διαμέρισης σε κάθε δοκάρι που στηρίζει την κάθε πλάκα. Θεωρήθηκε ότι οι βάσεις των υποστηλωμάτων είναι πακτωμένες στο έδαφος.

Επιπλέον, είναι αναγκαία η προσομοίωση των τοίχων με διαγώνιους θλιπτήρες, καθώς οι τοίχοι πλήρωσης είναι το κρίσιμο σημείο για το οποίο έχουμε την δημιουργία μαλακού ορόφου . Έτσι λοιπόν αρχικά θα οριστεί ένα νέο υλικό το οποίο θα αντιπροσωπεύει την συμπεριφορά του υλικού του τοίχου πλήρωσης. Η θλιπτική αντοχή έχει προκύψει με διάφορες πειραματικές μεθόδους και μπορεί να ληφθεί ίση με 3 Mpa ως ένα ανώτατο όριο και αντίστοιχα μέτρο ελαστικότητας ίσο με 1800MPa [7]. Από του οριστεί το νέο υλικό πρέπει να δώσουμε τις διαστάσεις της διατομής του λοξού θλιπτήρα. Το πάχος του είναι ίσο με το πάχος του τοίχου(20cm) ενώ το ύψος της διατομής δίνεται από τον ακόλουθο προσεγγιστικό τύπο:  $t=0.10*L$  για στάθμη επιτελεστικότητας B, όπου t το ύψος της και L το μήκος της διαγωνίου που ορίζεται από τα δύο σημεία σύνδεσης του θλιπτήρα [4]. Το προσομοίωμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχημα 1: Μοντέλο Υφιστάμενης Κατασκευής στο SAP2000

Επιπλέον στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα στοιχεία των διατομών των δοκών και των υποστηλωμάτων:

Δομικά Μέλη	Διαστάσεις διατομής	Οπλισμός
Κολώνες		
K1	25/25	4Φ14
K2	25/30	4Φ14
K3	30/30	4Φ20
K4	40/40	12Φ18
Δοκοί		
Δ1	20/50	4Φ12
Δ2	20/60	4Φ14
Δ3	20/70	4Φ14
Δ4	20/70	4Φ18

Πίνακας 1: Στοιχεία των Διατομών

### 3. ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

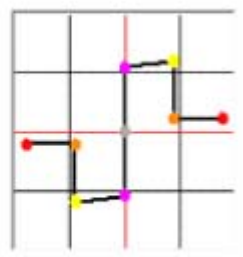
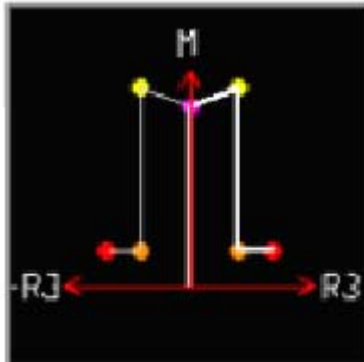
Όπως προαναφέρθηκε, έχει διαπιστωθεί βάσει θεωρίας και από καταστροφικούς σεισμούς, ότι τα παλαιά κτίρια με pilotis υποφέρουν έναντι σεισμού λόγω της μελέτης τους με παλαιότερες αντιλήψεις περί αντισεισμικού σχεδιασμού και άρα έχουν αρκετά μικρή ανθεκτικότητα με αποτέλεσμα να αστοχούν πρόωρα με μερική ή ολική κατάρρευση. Επομένως είναι επιτακτικό να εντοπισθούν έγκαιρα οι αδυναμίες αυτών των κτιρίων. Η μέθοδος με την οποία θα γίνει η αποτίμηση είναι η λεγόμενη στατική ανελαστική ανάλυση. Βάσει αυτής το κτίριο υπόκειται σε μετακινήσεις στην κορυφή του και έτσι καταγράφεται η πραγματική αντίσταση του κτιρίου. Αυτή η μέθοδος ίσως να είναι πιο ορθολογιστική για τον σκοπό τον οποίο επιτελεί σε σχέση με μία ελαστική ανάλυση όπου υποβάλλονται οι διάφοροι κόμβοι της κατασκευής σε κάποιες πλευρικές δυνάμεις. Και αυτό γιατί στην πραγματικότητα ο σεισμός δεν προκαλεί στην κατασκευή κάποια πλευρική δύναμη όπως ο άνεμος, αλλά μέσω της μετακίνησης του εδάφους εισάγεται στο δομικό σύστημα μία ενέργεια, την οποία θα παραλάβουν τα πιο αδύναμα στοιχεία και για αυτό ενδέχεται πολλά από τα μέλη να μπουκ στην πλαστική τους περιοχή και να αστοχήσει πρώιμα η κατασκευή. Επομένως, η ανελαστική στατική ανάλυση λαμβάνει υπόψη την πραγματική κατάσταση του κτιρίου με την πιθανή ανομοιομορφία στην δυσκαμψία και επιπλέον επιτρέπει τους κόμβους των μελών να γίνουν πλαστικές αρθρώσεις (σημείο ροπής διαρροής). Από εκείνο το σημείο και μετά αυξάνονται αρκετά οι παραμορφώσεις και οι μετατοπίσεις του κτιρίου με αποτέλεσμα το κτίριο πολλές φορές να χρήζει άμεσης ενίσχυσης.

### ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Ίσως τον πιο σημαντικό ρόλο στην ελαστοπλαστική ανάλυση να παίζει το γεγονός του σωστού ορισμού της πλαστικής άρθρωσης. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα που χρησιμοποιείται υιοθετεί διάφορα όρια (αναλόγως του δομικού μέλους είτε δοκάρι είτε στύλος) πέραν των οποίων η διατομή μπαίνει στην πλαστική περιοχή. Αυτές οι προδιαγραφές έχουν προσδιοριστεί από τον αμερικάνικο κανονισμό FEMA, βάσει του οποίου ορίζεται το διάγραμμα ροπής- στροφής μίας πλαστικής άρθρωσης το οποίο θα φανεί στο παρακάτω σχήμα. Παρατηρείται στην περίπτωση που τεθεί σε ένα μέλος πλαστική άρθρωση ροπής ότι ότι ο κόμβος συμπεριφέρεται τελείως άκαμπτα μέχρι την ροπή διαρροής, όπου από εκεί και μετά φαίνεται δυνατή η ανάπτυξη υπολογίσιμης στροφής μέχρι την τελική κατάρρευση.

Έτσι λοιπόν, ορίζονται οι ακόλουθες πλαστικές αρθρώσεις:

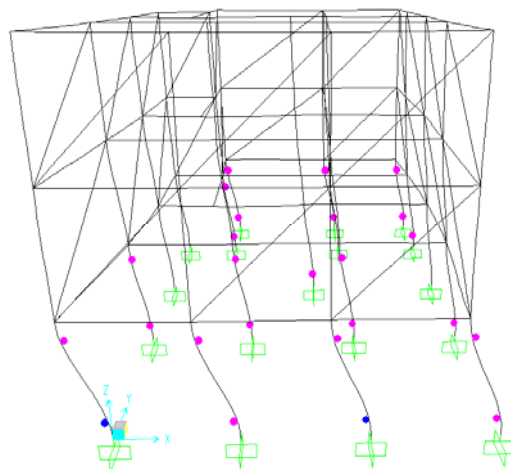
- P-M3: αυτό το είδος πλαστικής άρθρωσης τοποθετείται στα άκρα των μελών των κολωνών
- M3: αυτό το είδος πλαστικής άρθρωσης τοποθετείται στα άκρα των μελών των δοκαριών



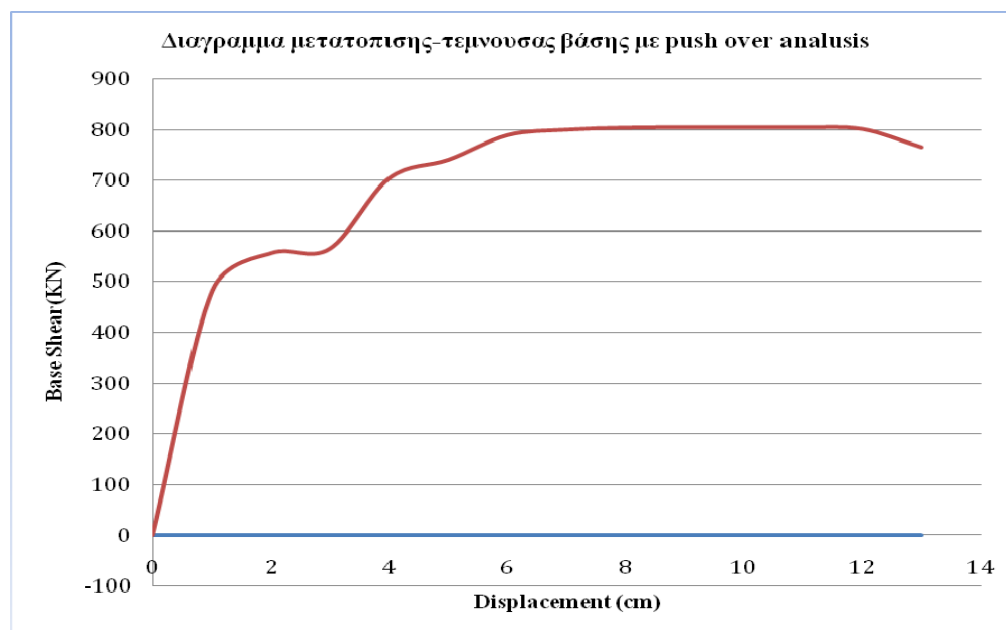
Σχήμα 2: Πλαστική άρθρωση σε κολώνα [6]      Σχήμα 3: Πλαστική άρθρωση σε δοκό [6]

Αξίζει να σημειωθεί ότι ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός να οριστούν ξεχωριστά οι πλαστικές αρθρώσεις ανάλογα με το εάν το δομικό μέλος είναι δοκάρι ή κολώνα. Αν για παράδειγμα, ορίζαμε και τα άκρα των δοκαριών και των κολωνών ως πλαστικές αρθρώσεις τύπου M3, τότε η λύση δεν θα συνέκλινε με αποτέλεσμα όσο αυξάνει η μετατόπιση να αυξάνει και η τέμνουσα βάσης.

Τέλος, η ανελαστική στατική ανάλυση δεν θα πραγματοποιηθεί για μηδενικές αρχικές συνθήκες. Πρώτα, θα εκτελεσθεί μία ανάλυση για τα εντατικά μεγέθη και τις μετατοπίσεις που προκύπτουν για τον συνδυασμό φόρτισης  $G+0.3Q$ . Έπειτα θα εκτελεσθεί η ανελαστική ανάλυση με βάση επιβαλλόμενες μετακινήσεις στην κορυφή του κτιρίου. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η αποτύπωση της πραγματικής συμπεριφοράς σε έναν σεισμό μεγάλης έντασης καθώς τα φορτία  $G+0.3Q$  αναγκαστικά θα υπάρχουν στην πραγματική κατασκευή. Τα αποτελέσματα του μηχανισμού μαλακού ορόφου καθώς και η καμπύλη τέμνουσας βάσης-μετατόπισης φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα:



Σχήμα 4: Σημείο εμφάνισης πλαστικών αρθρώσεων στο ισόγειο



Σχήμα 5: Καμπύλη συμπεριφοράς σε οριζόντια μετατόπιση

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα. Στο σχήμα 4, φαίνεται το στιγμιότυπο κατά το οποίο οι περισσότερες από τις κολόνες της Pilotis έχουν φτάσει στην διαρροή τους (μοβ χρώμα).

Ωστόσο βλέπουμε ότι η κατασκευή παρόλο που χρήζει ενίσχυσης καθώς πολλά υποστηλώματα έφτασαν στα σημεία διαρροής, η κατασκευή έχει κάποια περιθώρια να μετακινηθεί ακόμα περισσότερο χωρίς να υπάρξει κατάρρευση. Και αυτό γιατί υπάρχουν έξι στάδια μέχρι την ολοκληρωτική καταστροφή των πλαστικών αρθρώσεων και τέσσερα στάδια μέχρι το όριο για την ασφάλεια ζωής των ενοίκων. Αυτό διαπιστώνεται και από την καμπύλη τέμνουσα βάσης- μετατόπισης όπου η μέγιστη μετατόπιση μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 12cm. Σε αντίθεση με το σημείο όπου σταματάει η καμπύλη να είναι γραμμική και είναι στο 1.5-2cm.

#### 4.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ

Ένας από τους πλέον διαδεδομένους τρόπους ενίσχυσης υφιστάμενων κτιρίων τα οποία παρέχουν χαμηλό επίπεδο ασφάλειας έναντι σεισμού είναι η προσθήκη περιμετρικών τοιχωμάτων. Ο ρόλος τους είναι να παραλαμβάνουν μέσω της μεγάλης δυσκαμψίας τους στη μία διεύθυνση το μεγαλύτερο μέρος των σεισμικών δράσεων στην ίδια διεύθυνση. Έτσι λοιπόν, πλέον θεωρείται απαραίτητη μέσω του ΕΑΚ η άμεση χρήση τοιχωμάτων στην κατασκευή νέων έργων. Η ίδια διαδικασία χρησιμοποιείται και για την ενίσχυση παλαιότερων κτιρίων όπως και τα εξεταζόμενα σε αυτή την εργασία κτίρια με pilotis. Είναι γεγονός ότι παρέχουν αρκετά μεγάλη δυσκαμψία ίσως και τη μεγαλύτερη σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο όπως μανδύες, συνδέσμους δυσκαμψίας και άλλα.

#### ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Στην συγκεκριμένη εργασία θεώρηθηκαν τοιχώματα κατα την διεύθυνση  $\chi$  του κτιρίου, αφού και η ανελαστική στατική ανάλυση έγινε προς αυτή την διεύθυνση. Επιλέχθηκε αυθαίρετα ένα τοίχωμα με πλάτος 0.4 μέτρα και ύψος 2 μέτρα σε διατόμη. Ο απαιτούμενος διαμήκειος οπλισμοί προέκυψαν από τα ελάχιστα που επιβάλλει ο ΕΚΩΣ θεωρώντας χάριν

δυσμένειας κρίσιμο ύψος ολόκληρο το μήκος του τοιχώματος(9.6 μέτρα). Έτσι λοιπόν βάσει των κατασκευαστικών διατάξεων [3] προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

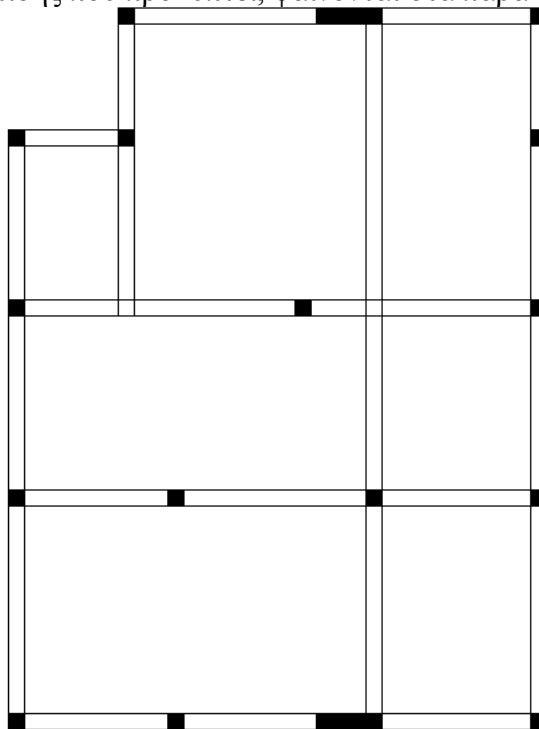
μήκος $c$ κρυφών υποστηλωμάτων	$\max(0.15 \cdot L_w, 1.5b)$
ρmin διαμήκους οπλισμού στα κρυφά υποστηλώματα	0.01
μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδων οπλισμού	200mm
ελάχιστη διάμετρος ράβδων στα κρυφά υποστηλ.	Φ14
ρmin διαμήκους οπλισμού στον κορμό του τοιχώματος	0.25%
μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδων οπλισμού στον κορμό	200mm
ελάχιστη διάμετρος ράβδων στον κορμό	Φ10

Πίνακας 2: Κατασκευαστικές διατάξεις για τα τοιχώματα

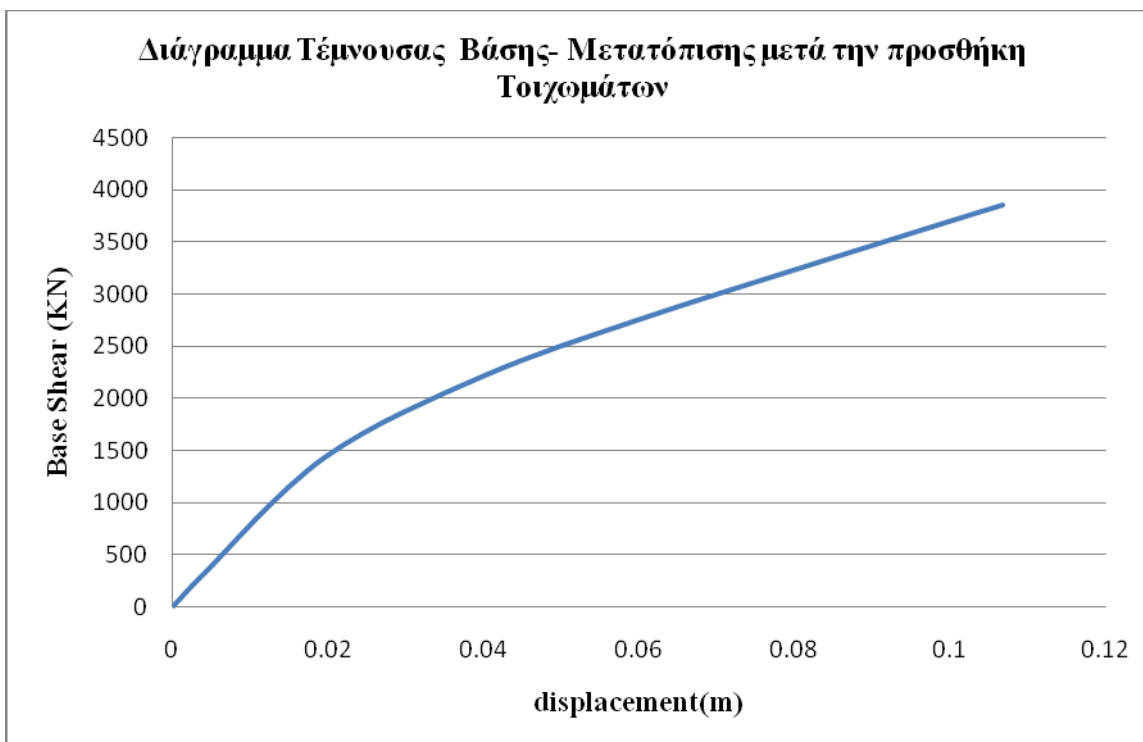
Εκτελώντας τις πράξεις καταλήγουμε στον εξής διαμήκη οπλισμό: στα κρυφά υποστηλώματα μπαίνουν 4Φ14 και 3Φ16, ενώ στον κορμό χρησιμοποιήθηκαν 5Φ12 σε κάθε πλευρά.

### ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ ΣΤΟ SAP2000

Επιλέχθηκε να μπουν δύο τοιχώματα στην διεύθυνση  $\chi$ . Τα τοιχώματα θα πρέπει και αυτά με την σειρά τους να εξιδανικευτούν με γραμμικά στοιχεία γραμμικής παραμόρφωσης με μήκος ίσο με όλο το ύψος του κτιρίου. Επιπλέον λόγω της μεγάλης διάστασης του κοινού κόμβου μεταξύ του τοιχώματος και δοκαριού θα πρέπει να οριστεί στο πρόγραμμα ένα μήκος δοκού να είναι άκαμπτο. Λόγω συμμετρίας αυτό το μήκος επιλέγεται ίσο με το μισό της μεγάλης πλευράς του τοιχώματος σε κάτοψη. Η τοποθέτηση των τοιχωμάτων καθώς και η καμπύλη τέμνουσας βάσης- μετατόπισης που προκύπτει, φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 6: Κάτοψη κτιρίου μετά την προσθήκη τοιχωμάτων



Σχήμα 7: Διάγραμμα Τέμνουσας βάσης- μετατόπισης κορυφής

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι εμφανές ότι η συμπεριφορά της κατασκευής είναι πολύ καλύτερη, καθώς φαίνεται από τα τοιχώματα ότι είναι ικανά να παραλάβουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος της τέμνουσας και με αυτό τον τρόπο να αντέξουν αρκετά μεγάλα επίπεδα σεισμού. Επιπλέον και αυτό το μοντέλο είναι ικανό να παραλάβει αρκετά μεγάλες τιμές μετατόπισης πριν την ολική κατάρρευση. Ωστόσο, για να γίνει αυτό πρέπει το επίπεδο σεισμού να είναι τόσο μεγάλο, πράγμα που σημαίνει ότι στην πράξη το κτίριο ανταποκρίνεται πολύ καλά ευρισκόμενο στην ελαστική περιοχή του για ένα πολύ μεγάλο εύρος σεισμικών δράσεων.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Κάνοντας μία μικρή ανασκόπηση των όσων αναφέρθηκαν παραπάνω, το συμπέρασμα είναι τα κτίρια με pilotis σχεδιασμένα με παλαιότερους κανονισμούς και αρχές έχουν την πιθανότητα να πλαστικοποιηθούν πρόωρα, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του σεισμού εισέρχεται στα αδύναμα υποστηλώματα του ισογείου. Ωστόσο η προόδος της επιστήμης έχει συντελέσει στην ολόενα και πιο βελτιωμένη προσέγγιση της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών. Έτσι ο αντισεισμικός σχεδιασμός πλέον εξασφαλίζει μεγαλύτερη ασφάλεια στις κατασκευές με την χρήση τοιχωμάτων στις κατασκευές καθώς και την υπόδειξη προσεκτικών κατασκευαστικών διατάξεων προκειμένου οι κατασκευές να έχουν αυξημένη πλαστιμότητα.

Σε ότι αφορά επιμέρους παρατηρήσεις σχετικά με τεχνικά θέματα, είναι σημαντικό να τοποθετούνται τα τοιχώματα συμμετρικά ως προς την κατασκευή και να μην συγκεντρώνονται σε μία άκρη. Και αυτό γιατί στην περίπτωση που τοποθετηθεί μόνο ένα περιμετρικό τοίχωμα, το κέντρο δυσκαμψίας της κατασκευής μετατίθεται αρκετά σε σχέση με το κέντρο μάζας με αποτέλεσμα να έχει δεσπόζουσα συνεισφορά στην παραμόρφωση η στρεπτική καταπόνηση του κτιρίου η οποία οδηγεί σε πρόωμη μορφή αστοχίας.

Επιπλέον, στην προσπάθεια πραγματοποίησης της ανελαστικής ανάλυσης, θεωρήθηκε ως μοναδικός τρόπος αστοχίας, η υπέρβαση του ορίου πλαστιμότητας στροφής στα υποστηλώματα και τις δοκούς που προσδιορίζεται βάσει του αμερικάνικου κανονισμού

FEMA. Ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα να αστογήσουν τα υποστηλώματα σε διάτμηση λόγω ανεπάρκειας συνδετήρων πριν την ανάπτυξη των πλαστικών στροφών στα άκρα του υποστηλώματος.

Τέλος, θα ήταν θεμιτό, όλη αυτή η διαδικασία με την στατική ανελαστική ανάλυση με μετακινήσεις στην κορυφή του κτιρίου να πραγματοποιηθεί και με άλλα προγράμματα τα οποία εξειδικεύονται πιο πολύ σε αυτού του είδους τις αναλύσεις και ίσως να είναι πιο απλά στην χρήση.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] SAP2000Manual

[2] Μιχαήλ Ν. Φαρδής, “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙ”, “Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος ΙΙΙ”, εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών 2007

[3] Ε.Κ.Ω.Σ. 2000, Κεφάλαιο 18 “Κανόνες Διαμόρφωσης και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες Δομικών Στοιχείων”

[4] ΚΑΝ.ΕΠΕ, Σχέδιο 1-Φεβρουάριος 2004, Κεφάλαιο 7 “Προσδιορισμός Συμπεριφοράς Δομικών Στοιχείων”

[5] 2007Anil K. Chopra, “Dynamics of Structures”, Pearson Prentice Hall, Pearson Education 2007

[6] FEMA356, Table 6-7, “Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures-Reinforced Concrete Beams”, Table 6-8, “Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures-Reinforced Concrete Columns”

[7] Δρούγιας Δ., Μακάριος Τ., “Διερεύνηση του Ρόλου των Τοίχων Πλήρωσης στη Σεισμική Απόκριση της Κατασκευής με Μη Γραμμική Ανάλυση”