

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ:

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΤΟΥ Ν.Ε.Α.Κ.
ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΕΡΓΟΥ:ΜΗ
ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ, ΚΑΝΟΝΙΚΟΥ ΚΑΘ
ΥΨΟΣ**

**ΕΥΚΑΜΠΤΟ (8 ΟΡΟΦΟ)
ΔΥΣΚΑΜΠΤΟ(3 ΟΡΟΦΟ)**

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ:

**ΡΩΜΥΛΟΣ ΝΤΩΝΑΣ, ΒΑΣΙΛΗΣ ΛΕΚΙΔΗΣ
ΘΑΝΑΣΗΣ ΤΖΙΩΓΑΣ, ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 1994

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ
ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Ρωμύλος Ντώνας, Βασίλης Λεκίδης, Θανάσης Τζιώγας και Χρήστος Καρακώστας.

1.Εισαγωγή

Οι τροποποιήσεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού του 1984, επέφεραν σημαντικές αλλαγές στη φιλοσοφία του αντισεισμικού σχεδιασμού γενικότερα, όπως ακριβέστερα μοντέλα ανάλυσης, πλαστιμότητα, πλαισιακή λειτουργία κλπ., όμως παρέμενε η έλλειψη συμβατότητας και εναρμόνισης του κανονισμού με το πλέγμα των υπολοίπων διεθνών κανονισμών και νομοθετικών ρυθμίσεων, όπως π.χ. του Ευροκώδικα 8, του U.B.C., του A.T.C.-3, οι οποίοι θεωρείται ότι εκφράζουν τις σύγχρονες τάσεις.

Η έκρηξη που παρουσιάστηκε στην επιστημονική γνώση στον τομέα της Αντισεισμικής Μηχανικής και ενσωματώθηκε στους άλλους αντισεισμικούς κανονισμούς, τόσο στον Ευρωπαϊκό χώρο, όσο και σε αυτόν των Η.Π.Α. (Πολιτεία Καλιφόρνιας), δεν θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί με οριακές αλλαγές στο υφιστάμενο κείμενο των τροποποιήσεων του κανονισμού του 1954 (Νέες διατάξεις 1984). Ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ν.Ε.Α.Κ.) αποτελεί ένα σύγχρονο και πλήρως οργανωμένο σύνολο διατάξεων που εισάγει καινούργιους ελέγχους και συμβολισμούς, όσον αφορά τον υπολογισμό των φορτίων, των παραμορφώσεων και των εντατικών μεγεθών κτιριακών φορέων κυρίως, αλλά και σύγχρονα κριτήρια σχεδιασμού.

Έτσι διατάξεις που καθορίζουν εξ αρχής τη σεισμική επικινδυνότητα του Ελληνικού χώρου και στηρίζονται σε καινούρια στοιχεία σεισμολογικής έρευνας, καθώς και τυπικά φασματικά σχήματα προσαρμοσμένα σε συμπεριφορά κατασκευών από Ελληνικούς σεισμούς, έχουν ενσωματωθεί στο δεύτερο κεφάλαιο του Αντισεισμικού Κανονισμού. Η εκ των προτέρων αποτίμηση του δείκτη συμπεριφοράς της κατασκευής ανάλογα με το δομικό σύστημα (πλαστιμότητα) για τη μείωση των ελαστικών δυνάμεων που εισάγονται στην κατασκευή, είναι μια σημαντική καινοτομία του Κανονισμού. Η επίλυση του δομικού συστήματος μπορεί να γίνει με τη δυναμική φασματική μέθοδο, και για πρώτη φορά εισάγονται στρεπτικές επιπλοήσεις λόγω εδαφικής σεισμικής διέγερσης. Τα κριτήρια σχεδιασμού και οι κανόνες εφαρμογής που περιλαμβάνονται στο τέταρτο κεφάλαιο του Κανονισμού είναι συμβατά με τον Νέο Κανονισμό Έργων Σκυροδέματος (Ν.Ε.Κ.Ε.Σ.). Δίδεται η δυνατότητα της χωρικής επαλληλίας, έτσι ώστε η μέγιστη πιθανή τιμή τυχόντος μεγέθους απόκρισης για ταυτόχρονη δράση των τριών συνιστωσών του σεισμού να υπολογίζεται από την τετραγωνική επαλληλία ή με ταυτόχρονο συνυπολογισμό σε κάθετη διεύθυνση του 30 % της συνολικής σεισμικής δράσης.

Οι μέχρι τώρα υφιστάμενες διατάξεις για ικανοποιητική σύγκλιση του κέντρου βάρους με το κέντρο ελαστικής στροφής αντικαθίσταται με διατάξεις

που καθορίζουν το λόγο της πολικής ακτίνας αδράνειας των σχετικών δυσκαμψιών των τοιχωμάτων ως προς το κέντρο βάρους τους και την πολική ακτίνα αδράνειας της κάτοψης του φέροντα οργανισμού. Τέλος περιέχονται για πρώτη φορά αναλυτικές διατάξεις που καθορίζουν κανόνες σχεδιασμού για βαθιές θεμελιώσεις, αντιστηρίξεις, γεωκατασκευές, και πολλαπλά υπόγεια, έτσι ώστε μια κατασκευή να εξασφαλισθεί από τον κίνδυνο εδαφικής διάρρηξης, αστάθειας πρηνών, εκτεταμένης ρευστοποίησης κατά τη διάρκεια σεισμικού κραδασμού. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι έχουν συμπεριληφθεί διατάξεις για την επαφή με τα γειτονικά κτίρια, για την αποφυγή του εμβολισμού των υποστυλωμάτων του ενός κτιρίου από πλάκες ή άλλα στοιχεία του παρακειμένου.

Τα κριτήρια και οι κανόνες σχεδιασμού του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού, του οποίου μερικές καινοτομίες αναφέρονται προηγουμένως, βρίσκονται σε αντιστοιχία με τον Νέο Κανονισμό Έργων Σκυροδέματος, η όλη του δε διάρθρωση έχει τη μορφή και τη φιλοσοφία των Ευρωκωδίκων, με τους οποίους θα πρέπει να υπάρχει συμβατότητα όλων των Ελληνικών Τεχνικών Κανονισμών στό άμεσο μέλλον. Μετά τη δημοσίευση του Ν.Ε.Α.Κ., η επιτροπή σύνταξης θεώρησε απαραίτητο στοιχείο για τη σωστή εφαρμογή του Κανονισμού την εκπόνηση προτύπων μελετών κτιριακών έργων με διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς τη σεισμική τους συμπεριφορά. Είναι φανερό η χρησιμότητα των μελετών αυτών, τουλάχιστον για τον μη ενημερωμένο μελετητή, γιατί θα έχει στη διάθεση του την εφαρμογή όλων των διατάξεων του Κανονισμού σε μία κατά τεκμήριο 'αυθεντική' τους ερμηνεία. Οι μελέτες αυτές είναι σκόπιμο να περιέχουν και την αξιολόγηση μερικών από τις διατάξεις του Ν.Ε.Α.Κ. στην εφαρμογή τους σε ένα ευρύ φάσμα συγκεκριμένων κτιριακών έργων. Στην περίπτωση αυτή είναι πιθανόν να απαιτούνται παραμετρικές διερευνήσεις, παραλλάσσοντας μερικά χαρακτηριστικά ορισμένων συγκεκριμένων υποφορέων του κτιρίου. Ορισμένες από τις διατάξεις του Ν.Ε.Α.Κ. που θα χρειαζόταν περαιτέρω αξιολόγηση είναι

- Οι μειωμένες δυσκαμψίες των στοιχείων από σκυρόδεμα και οι επιπτώσεις τους στην ιδιοπερίοδο του κτιρίου, αλλά και στις συνολικές παραμορφώσεις.

- Η τυχηματική εκκεντρότητα του ορόφου.

- Τα κριτήρια κανονικότητας (μάζα, δυσκαμψία, εκκεντρότητα).

- Τα κριτήρια της αποφυγής σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα, της κανονικής διάταξης τοιχωμάτων, καθώς και αυτά της μη υποχρεωτικής εφαρμογής του κανόνα αποφυγής πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα.

- Το θέμα των εδαφικών παραμέτρων για τον υπολογισμό των θεμελιώσεων.

Οι πρότυπες αυτές μελέτες θα είναι χρήσιμες στον Ο.Α.Σ.Π. και στην επιτροπή σύνταξης του Ν.Ε.Α.Κ. για τυχόν βελτιώσεις των διατάξεων του Κανονισμού, αλλά και για τα σεμινάρια που θα διεξαχθούν Πανελλαδικά για την ενημέρωση των Μηχανικών.

Από τις διάφορες περιπτώσεις κτιριακών έργων που προτάθηκαν από την επιτροπή, η ομάδα εργασίας που εδρεύει στη Θεσσαλονίκη ανέλαβε τη

διερεύνηση εφαρμογής των διατάξεων του Ν.Ε.Α.Κ. σε μη συμμετρικό κτίριο, κανονικό καθ' ύψος και μη κανονικό σε κάτοψη, με ύπαρξη τοιχωμάτων στον φορέα ανάληψης κατακόρυφων και οριζοντίων φορτίων. Το κτίριο εξετάσθηκε με 8 και 3 ορόφους, για να μελετηθεί η διαφοροποίηση των δυναμικών χαρακτηριστικών. Ο φορέας υπολογίσθηκε τόσο με ισοδύναμη στατική ανάλυση, όσο και με δυναμική φασματική ανάλυση. Το θέμα της συμβολής των τοιχωμάτων στον έλεγχο της αποφυγής σχηματισμού πλαστικών άρθρώσεων στα υποστυλώματα εξετάσθηκε συστηματικά και σχολιάζεται κατάλληλα. Εξετάσθηκαν ακόμη διαφορετικοί τρόποι προσομοίωσης συνθέτων τοιχωμάτων.Σ' αυτή την εργασία ακολουθείται τελικά ένας 'συμβατικός τρόπος προσομοίωσης', που συνδέει τα σκέλη με άκαμπτους συνδέσμους.

Η εκπονηθείσα μελέτη περιλαμβάνει 5 ενότητες :

Στο πρώτο μέρος μετά την εισαγωγή, περιγράφεται συνοπτικά η πορεία του αντισεισμικού σχεδιασμού σύμφωνα με το πνεύμα και τη φιλοσοφία του Ν.Ε.Α.Κ. Ακολούθως περιγράφεται το κτίριο που μελετήθηκε, καθώς και τα διάφορα προσομοιώματα που επιλέχθηκαν για την ίδια κάτοψη. Σχολιάζονται οι διάφορες επεμβάσεις για άρση ορισμένων αδυναμιών, εφόσον η κάτοψη αφορά υφιστάμενο κτίριο, για λόγους που αναφέρονται στην τρίτη ενότητα. Το κτίριο που επιλέχθηκε συμβαίνει να βρίσκεται σε περιοχή όπου κατά τον σεισμό της 20 Ιουνίου 1978 η εδαφική επιτάχυνση παρουσίασε τη μέγιστη τιμή και απέχει μόλις 100 περίπου μέτρα από το κτίριο που κατέρρευσε στην πλατεία Ιπποδρομίου.

Στή συνέχεια δίδονται τα φάσματα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν, με τον σχολιασμό των χαρακτηριστικών παραμέτρων. Ακολούθως αναφέρονται και σχολιάζονται ορισμένες παρατηρήσεις-προτάσεις για επιλεγμένες διατάξεις του Ν.Ε.Α.Κ. με βάση την υπάρχουσα εμπειρία και τα προβλήματα που αντιμετώπισε κατά την επίλυση του επιλεγέντος κτιρίου η ομάδα εργασίας. Η συστηματική παρουσίαση των αποτελεσμάτων σύμφωνα με το Παράρτημα ΙΙ της σύμβασης γίνεται στην τελευταία ενότητα(με τέσσερα παραρτήματα επιμέρους επιλύσεων), όπου γίνονται και συγκρίσεις για τις παραλλαγές των ομοιωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος γίνεται μία σύνοψη των ουσιαστικών συμπερασμάτων-παρατηρήσεων καθώς και προτάσεων της εκπονηθείσας μελέτης και προκύπτουν ορισμένα συμπεράσματα κυρίως εκπαιδευτικού χαρακτήρα.

2. Πορεία Αντισεισμικού Σχεδιασμού - Υπολογισμοί

Πριν από τις τροποποιήσεις του Κανονισμού το 1984, ο αντισεισμικός υπολογισμός είχε εκφυλισθεί σε μία μικρή προσθήκη στο τέλος της μελέτης, χωρίς να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εξ' αρχής σύνθεση του στατικού συστήματος του δομήματος.

Η εισαγωγή των προσθέτων διατάξεων το 1984 άλλαξε την πρακτική του αντισεισμικού σχεδιασμού. Η διαμόρφωση ενός σαφούς και ορθού φέροντος οργανισμού για την ανάληψη των σεισμικών φορτίων έγινε ο

καθοριστικός παράγοντας κατά τη διαμόρφωση του κτιρίου στο στάδιο της αρχιτεκτονικής λύσης.

Ο Ν.Ε.Α.Κ. θέτει ένα περισσότερο ολοκληρωμένο και σύγχρονο πλαίσιο αντισεισμικού σχεδιασμού.

Ετσι, αφού σχεδιασθεί ο φέρων οργανισμός, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της μορφολογίας στη σεισμική απόκριση του κτιρίου, τα βήματα του υπολογισμού είναι τα εξής :

1) Προκαταρκτική διαστασιολόγηση πλακών, δοκών και υπολογισμός κατακορύφων φορτίων - Υπολογισμός πλακών με μία από τις γνωστές μεθόδους, ή με κατάλληλα πεπερασμένα στοιχεία, εφόσον αυτό είναι αναγκαίο.

2) Προκαταρκτικός υπολογισμός δοκών (π.χ. θεωρουμένων ως συνεχών με ελαστικές πακτώσεις στα ακραία στηρίγματα) και εύρεση κατακορύφων φορτίων υποστυλωμάτων.

3) Διαστασιολόγηση υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων ακαμψίας με ανοχή για πρόσθετες τάσεις από οριζόντια φορτία. Τα παραπάνω στάδια 1, 2, 3 είναι δυνατόν να εκτελεσθούν συνοπτικά ως προς τις διαστασιολογήσεις από έναν έμπειρο Μηχανικό.

4) Υπολογισμός σεισμικών φορτίων, επιλογή ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας, κατηγορίας εδάφους και καθορισμός ανελαστικού φάσματος σχεδιασμού των οριζοντίων συνιστωσών (επιλογή δείκτη συμπεριφοράς).

5) Επιλογή Υπολογιστικού Μοντέλου - Προσομοίωση κατασκευής (βαθμοί ελευθερίας, διαφράγματα, πυρήνες, τοπολογία κόμβων και στοιχείων).

6) Υπολογισμός θεμελιωδών ιδιομορφών - ιδιοπεριόδων της κατασκευής στις δύο διευθύνσεις (προσεγγιστικά ή μέσω κάποιου αξιόπιστου κώδικα).

7) Με βάση την ισοδύναμη στατική φόρτιση, επίλυση της κατασκευής με συνυπολογισμό των στρεπτικών επιπονήσεων και υπολογισμός της τυχηματικής εκκεντρότητας ξ_i , του δείκτη ευαισθησίας της πλευρικής παραμόρφωσης θ , του λόγου της τέμνουσας των τοιχωμάτων στη βάση δια της συνολικής τέμνουσας η_n και του λόγου r_w/r_p που εκφράζει την πολική ακτίνα αδρανείας των σχετικών ακαμψιών των τοιχωμάτων ως προς το κέντρο βάρους τους δια της πολικής ακτίνας αδρανείας της κάτοψης του φέροντα οργανισμού.

8) Αν οι έλεγχοι αυτοί δεν ικανοποιούνται, πιθανές τροποποιήσεις είναι η αύξηση διατομών, προσθήκη τοιχωμάτων ή και αναθεώρηση του φέροντα οργανισμού. Ειδικότερα, εάν η τυχηματική εκκεντρότητα ξ είναι μεγαλύτερη της μονάδας σε ορισμένους ή όλους τους ορόφους, επανυπολογισμός της στρεπτικής επιπόνησης και επανεπίλυση του φέροντα οργανισμού. Τα τελικά εντατικά μεγέθη θα προκύψουν από τις επαλληλίες που επιβάλλει ο κανονισμός για τα κατακόρυφα και οριζόντια φορτία, με τη θεώρηση και της τυχηματικής εκκεντρότητας στον τελικό υπολογισμό των στρεπτικών επιπονήσεων του κτιρίου.

9) Έλεγχος της κανονικότητας του κτιρίου, για να επιλεγεί η μέθοδος επίλυσης του κτιρίου. Σε κτίρια άνω των 4 ορόφων με ασυνέχεια στον οργανισμό πλήρωσης σε έναν όροφο, θα πρέπει να γίνει ο έλεγχος επάρκειας των τοιχωμάτων για να εξετασθεί η αύξηση της υπολογιστικής σεισμικής

έντασης στον όροφο αυτό κατά 50 %. Έχει προηγηθεί και ο έλεγχος δυστρεψιάς στον όροφο αυτό.

10) Επιλογή μεθόδου ανάλυσης μεταξύ δυναμικής φασματικής μεθόδου και ισοδύναμης στατικής μεθόδου και ανάλογη καθύψος κατανομή των ισοδύναμων στατικών φορτίων.

11) Επίλυση του φορέα για τα κατακόρυφα και σεισμικά φορτία κατά Χ και Υ με τις επαλληλίες που ορίζει ο Κανονισμός.

12) Γενικοί έλεγχοι του Κανονισμού και έλεγχοι διατομών και θεμελίωσης για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων.

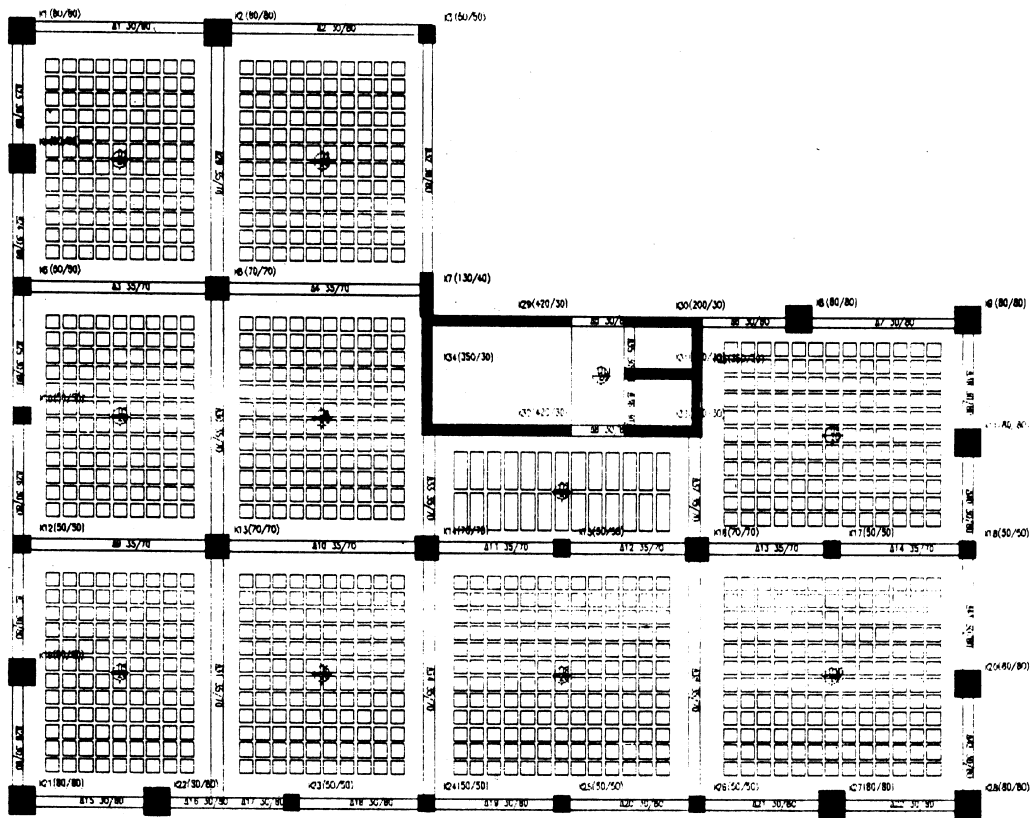
13) Καθορισμός τύπου θεμελίωσης και αντίστοιχοι έλεγχοι διατομών.

14) Εάν μεγάλος σχετικά αριθμός διατομών πρέπει να αλλάξει, τότε εκ νέου διαστασιολόγηση και επανάληψη των βημάτων 7,8,9 κατά την κρίση του Μηχανικού ή ενδεχομένως αναθεώρηση του Φέροντα Οργανισμού.

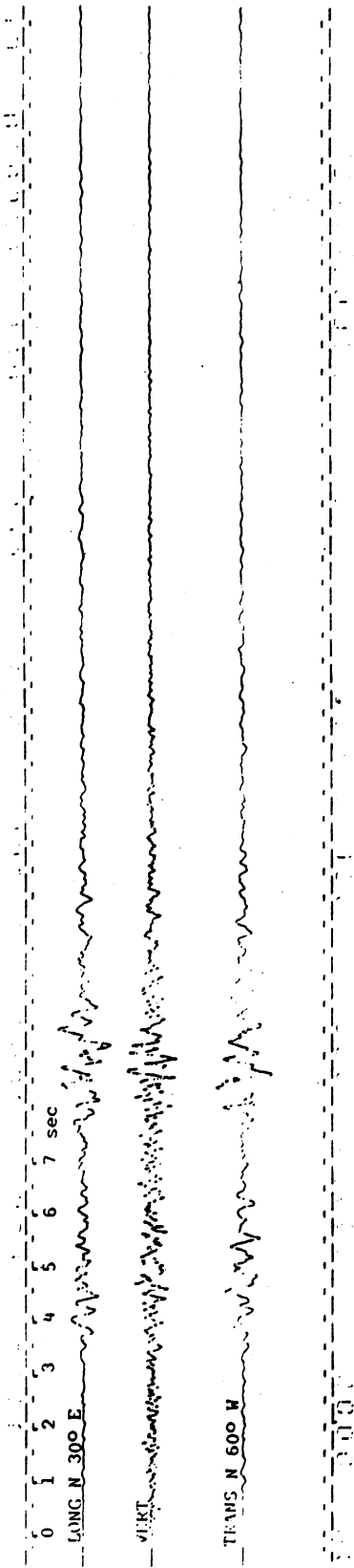
3. Περιγραφή κτιρίου - Αδρανειακά μεγέθη - Τελικό προσομοίωμα - Σχολιασμός

Το κτίριο που επιλέχθηκε να μελετηθεί είναι πραγματική κατασκευή. Πρόκειται για κτίριο του Ο.Δ.Ε.Π., κατασκευασμένο το 1982 - μετά τους σεισμούς της Θεσσαλονίκης το 1978 - επί των οδών Εθνικής Αμύνης και Μανουσσογιαννάκη στη Θεσσαλονίκη, όπου στεγάζονται οι ακόλουθες Τεχνικές Υπηρεσίες : Δν/ση Πολεοδομίας Ν. Θεσσαλονίκης, Δν/ση Τεχνικών Υπηρεσιών Θεσσαλονίκης, Δν/ση Οικισμού και Περιβάλλοντος και Τμήμα Ανω Πόλης Θεσσαλονίκης. Στο υπόγειο του κτιρίου υπάρχει εγκατεστημένος από το Ινστιτούτο Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (Ι.Τ.Σ.Α.Κ.) επιταχυνσιογράφος με σχετική τράπεζα δεδομένων επιταχυνσιογραφημάτων από το 1986.

Κριτήριο της επιλογής αυτής ήταν, εκτός του εκπαιδευτικού χαρακτήρα της σύγκρισης των αποτελεσμάτων με την υπάρχουσα στατική μελέτη του κτιρίου, όπως αυτή εκπονήθηκε με το πνεύμα των κανονισμών προ της τροποποίησης των διατάξεων του Αντισεισμικού Κανονισμού το 1985, και η δυνατότητα ελέγχου της απόκρισης σε μελλοντική σεισμική διέγερση σε σχέση με το φάσμα σχεδιασμού με το οποίο εκπονήθηκε η παρούσα μελέτη. Ακόμη επισυνάπτονται ορισμένα χαρακτηριστικά σήματα διέγερσης του κτιρίου, τα οποία και καλύπτονται από το φάσμα σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε (όσον αφορά τη δυναμική επίλυση του κτιρίου). Τα διάφορα σήματα διέγερσης τόσο του σεισμού της Θεσσαλονίκης του 1978, όσο και πρόσφατα σήματα διέγερσης από μικρότερους σεισμούς φαίνονται στα σχήματα 2,3,4,5,6 και 7. Μία τυπική κάτοψη του κτιρίου φαίνεται στο σχήμα 1.

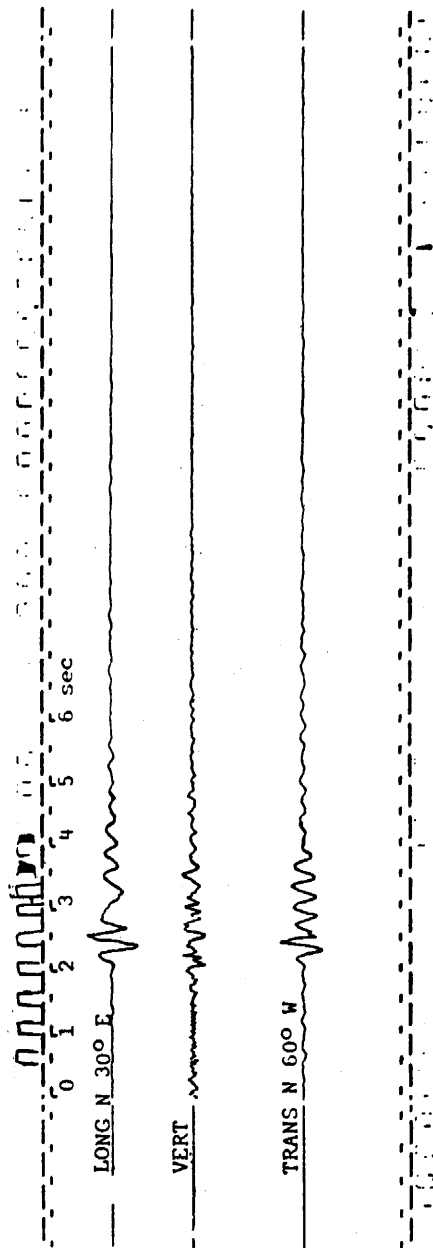


Σχ. 1: Τυπική κάτοψη του κτιρίου που επιλύθηκε.



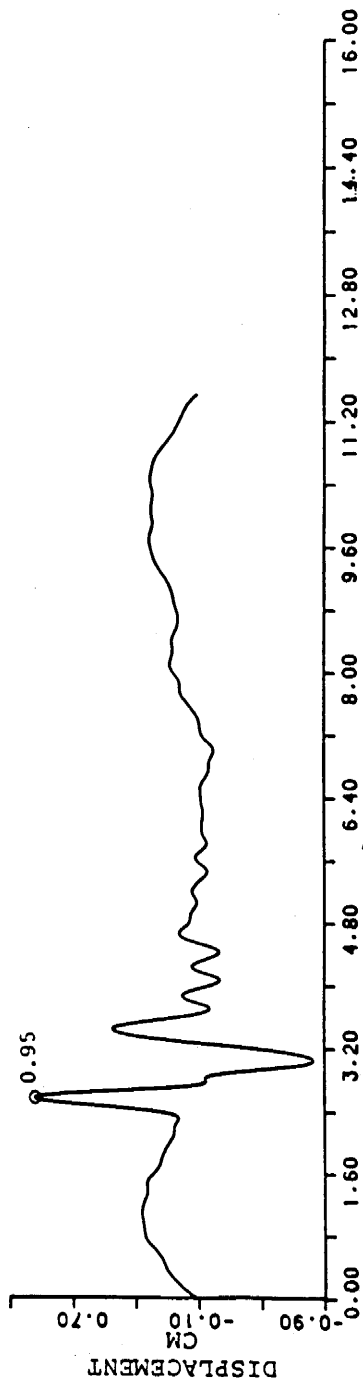
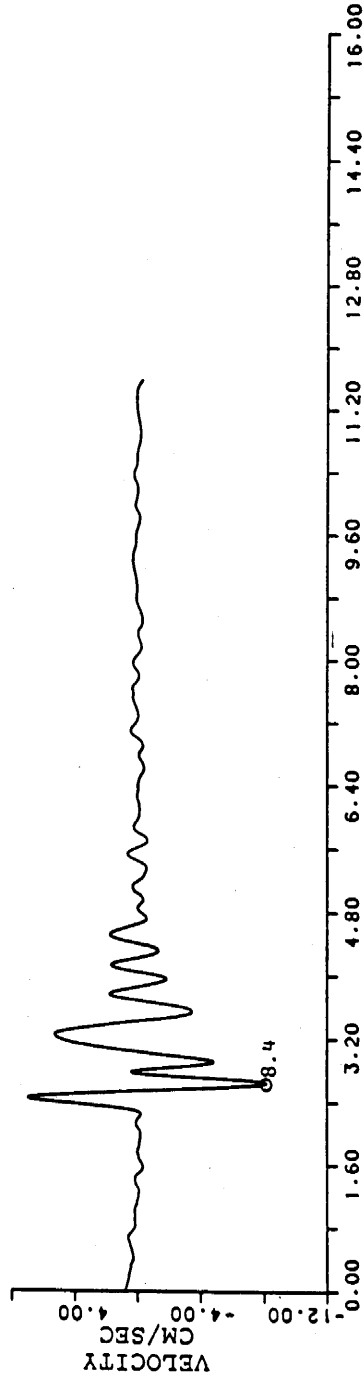
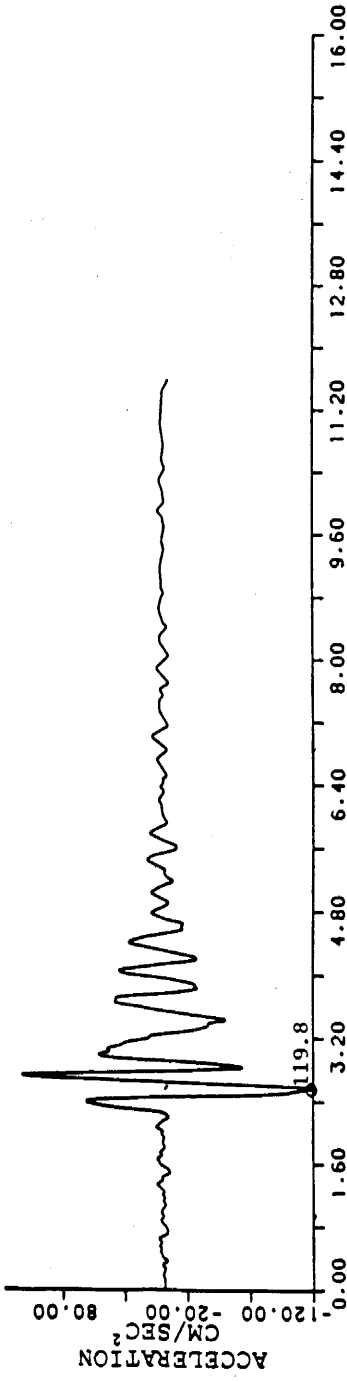
Contact copy of the June 20, 1978 accelerograms, recorded on a SMA-1, installed in Thessaloniki, basement CITY hotel.

Σχ. 2: καταγράφη του κυρίου σεισμού του 1978 στο ξενοδοχείο CITY.



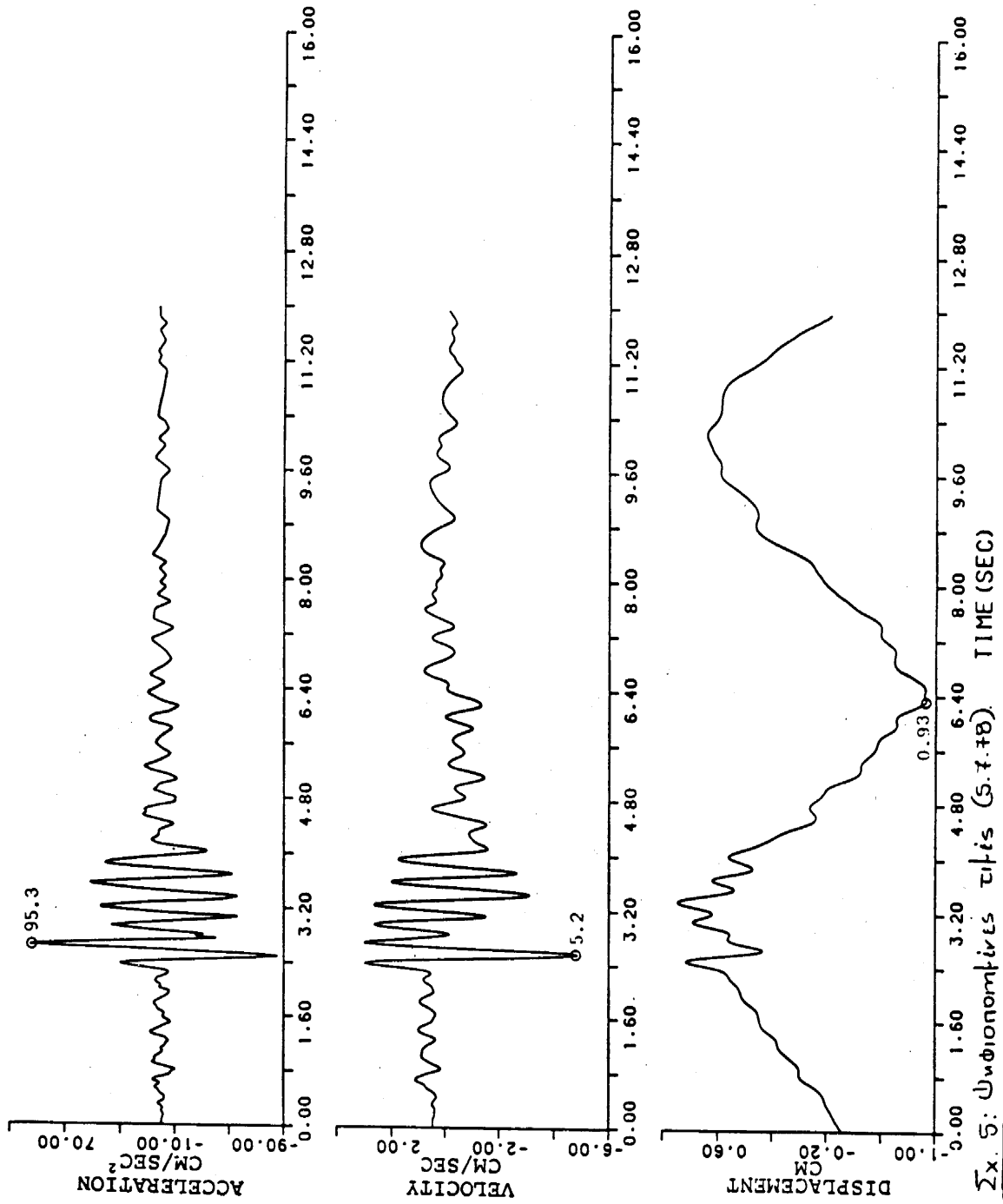
Contact copy of the July 5, 1978 accelerograms, recorded on a SMA-1, installed in Thessaloniki, basement CITY hotel.

Σχ. 3: κατάγραφη του κύριου μετασεισμού (5.7.78) στο Ξενοδοχείο CITY.

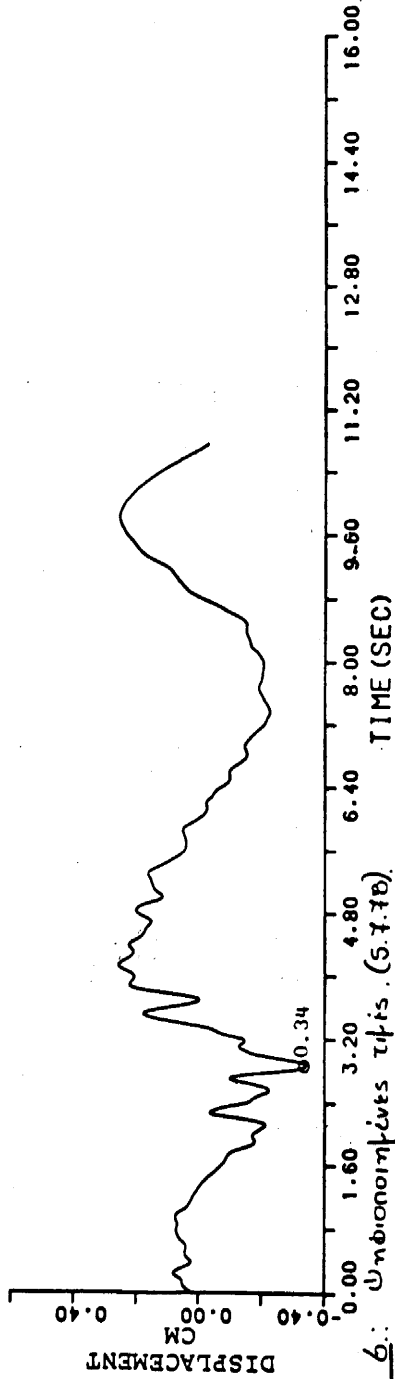
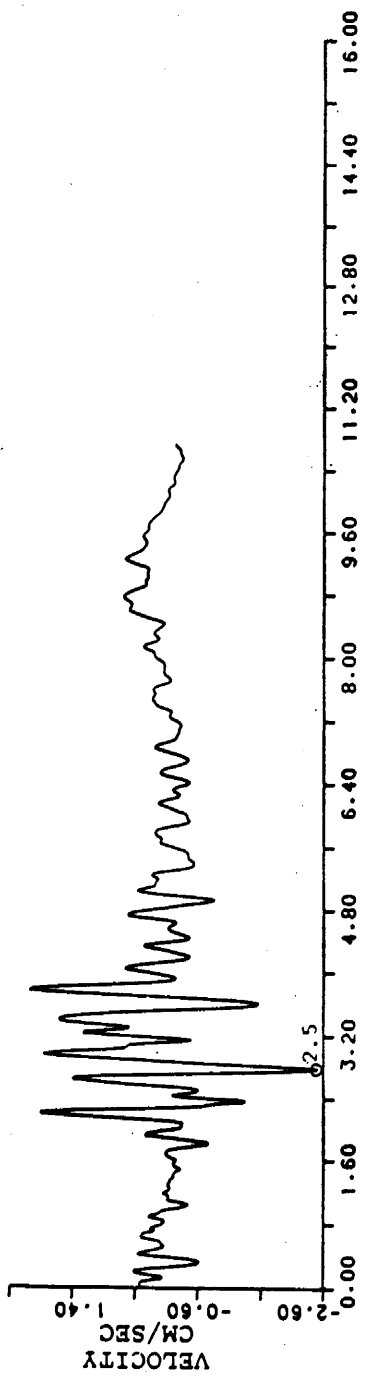
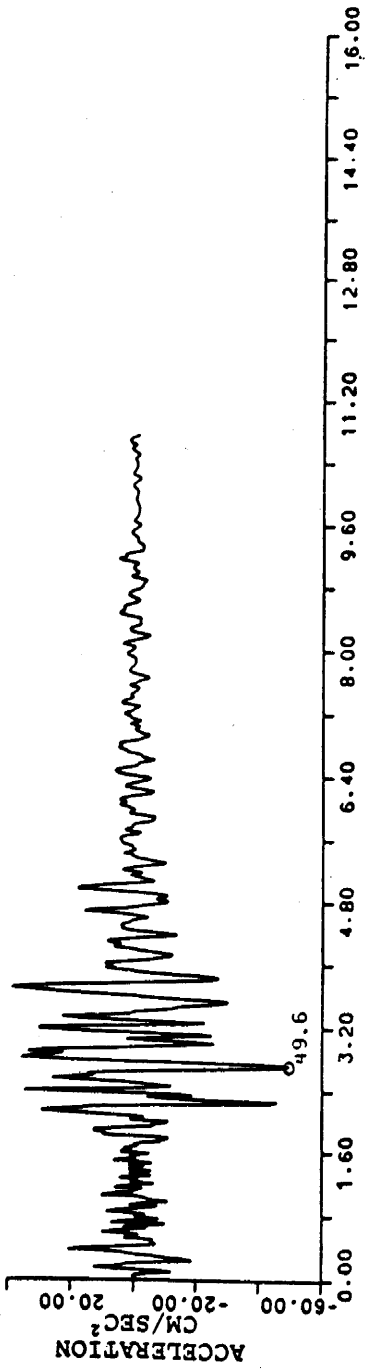


Σx. 4: Φηφονομπίετις τής (5.7.78)

Computed ground Acceleration, Velocity, Displacement of the Thessaloniki, July 5, 1978 Longitudinal component after Digitization, Instrument and Baseline correction. Band Pass Filter bet-



Σχ. 5: Ψαφιοαμπίερς τάρτς (5.7.78). TIME (SEC)
 Computed ground Acceleration, Velocity, Displacement of the Thessaloniki, July 5, 1978 Transverse component after Digitization, Instrument and Baseline Correction. Band Pass Filter between 0.125 and 25 cyc/sec.

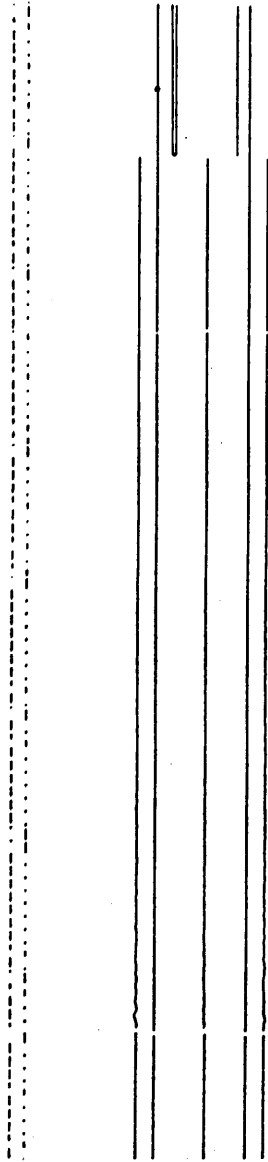


Σx. 6.: Ψ mbromomifvts 1/1ts (5.7.78).
 Computed ground Acceleration, Velocity, Displacement of the Thessaloniki July 5, 1978 Vertical component after Digitization, Instrument and Baseline correction. Band Pass Filter between 0.125 and 25 cyc/sec.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΙΣΧΥΡΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ (STRONG-MOTION RECORD REPORT)

Καταγραφή (Recording) No: THE588-1
 Σταθμός (Station): THES
 Συντεταγμένες (Coordinates): 40.63N, 22.95E
 Τοποθεσία (Location): Θεσσαλονίκη (Thessaloniki)
 Θέση εγκατάστασης (Site): 8-όροφο κτίριο, Υπόγειο
 (8-storey bldg, Basement)
 Προσανατολισμός οργάνου (Instrument orientation)⁽¹⁾: 365 gra
 Επικεντρική απόσταση (Epicentral distance)⁽²⁾: 10 km
 Τύπος οργάνου (Instrument type): SMA-1
 Αριθμός οργάνου (Serial No.): 3584
 Παράμετροι Σεισμού (Earthquake Parameters)⁽³⁾
 Μέγεθος (Magnitude): $M_L = 4.1$
 Χρόνος Γένεσης (Origin Time): 20-10-1988 14:00:51.6
 Συντεταγμένες Επιπέδου (Epicentral Coordinates): 40.53N, 22.94E
 Χρόνος [S-t] (Interval time): -

Δεδομένα	Μεγιστή	Εδαφικής Κίνησης (Strong Ground Motion Data)	Μεγιστή	Χρόνος	Μεγιστής	Περίοδος
Συνιστώσα	Καταγραφής	Καταγραφής	Επιτάχυνσης	Επιτάχυνσης	Επιτάχυνσης	Μέγιστης
Component	(Record)	(Maximum Acceleration)	(Maximum Acceleration)	(Time of Maximum Acceleration)	(Time of Maximum Acceleration)	Επιτάχυνσης
		[g]	[g]	[sec]	[sec]	(Period of Maximum Acceleration)
L		0.02	0.20			-
T		Όριο διέγερσης	(Trigger level)			
V		Όριο διέγερσης	(Trigger level)			



Σχ. 7: Καταγραφή ενός μικρού σεισμού $M_L=4.1$ στο γκαζίο του κτιρίου που ειλύθησε. (20.10.88)

(1) Προσανατολισμός της επιμήχους συνιστώσας (Direction of longitudinal component [L])
 (2) Απόσταση του σταθμού από το επίκεντρο (Distance from station to epicenter)
 (3) Στοιχεία από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και το Εργαστήριο Γεωφυσικής του Α.Π.Θ.
 (From preliminary data by the Seismological Institute of the National Observatory of Athens and the Geophysical Laboratory University of Thessaloniki)
 (4) Η χρονική διάρκεια της καταγραφής με επιτάχυνση $> 0.05g$ (Time span between the first and last peak with acceleration $> 0.05g$)

Τροποποιήσεις που έγιναν στο φορέα της υπάρχουσας κατασκευής, για εκπαιδευτικούς λόγους παρουσίασης του παραδείγματος, αλλά και για μεγαλύτερη προσέγγιση των απαιτήσεων του Ν.Ε.Α.Κ., είναι οι παρακάτω:

1) Δημιουργία πλήρων τυπικών ορόφων στο προσομοίωμα, αντί της υφιστάμενης εξαόροφης οικοδομής με επιπλέον δύο εσοχές (7ος και 8ος όροφος).

2) Αύξηση του πάχους των πυρήνων (ανεγκυστήρος και κλιμακοστασίου) σε 30 εκ. αντί των 20 εκ., με το οποίο είναι κατασκευασμένα (αφού έγινε και σχετική επίλυση του φορέα με το υφιστάμενο πάχος, χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα).

3) Ισχυροποίηση της δυσκαμψίας των τεσσάρων γωνιακών περιοχών του κτιρίου, με αύξηση της διατομής των τριών γειτνιαζόντων στύλων (του γωνιακού και των εκατέρωθεν αυτού δύο άλλων στις κάθετες πλευρές της γωνίας). Έγινε αρχικά επίλυση του φορέα με τις διατομές των στύλων στις γωνίες ως έχουν κατασκευασθεί. Επειδή τα αποτελέσματα της επίλυσης έδωσαν σημαντικά μεγάλη τιμή του συντελεστού ξ ($2.0 < \xi < 3.0$), γεγονός που θα έδινε αποτελέσματα μη εκπαιδευτικού και ρεαλιστικού χαρακτήρα για την κατασκευή, αποφασίσθηκε στο τελικό μοντέλο να διατηρηθούν οι διατομές των στύλων σταθερές μέχρι τη στάθμη οροφής του 4ου ορόφου, με μείωση τους κατά 10 εκ. στον 5ο όροφο και διατήρηση σταθερών των μειωμένων διατομών μέχρι και τον τελευταίο όροφο (τελικά έχουμε στύλους 80x80 μέχρι την οροφή του 4ου, και 70x70 μέχρι την επικάλυψη).

4) Αυξήθηκε η διατομή των δοκών σύζευξης των πυρήνων από 20/70 σε 30/80 για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμφανίζουν στη διαστασιολόγηση τους (άρθρο 1.6.2. του Ν.Ε.Α.Κ.), καθώς και αυτή των περιμετρικών δοκών από 20/70 σε 30/70.

5) Όσον αφορά τα κατακόρυφα φορτία - δράσεις της κατασκευής, αυξήθηκαν τα νεκρά φορτία των πλακών (αποφασίσθηκε αύξηση του πάχους τους από 18 σε 20 εκ. για λόγους περιορισμού των βυθίσεων), ενώ για τα λοιπά φορτία υλοποιήθηκε η πραγματική εικόνα τους. Ως ωφέλιμο φορτίο ορόφων ελήφθη ο συνδυασμός δράσεων που δίνεται από τους πίνακες 6.2 και 6.3 του Ν.Ε.Κ.Ε.Σ., με τους συντελεστές ασφαλείας γ_d και συντελεστές ψ για τις μεταβλητές δράσεις σε κτίρια γραφείων, τόσο για την οριακή κατάσταση αστοχίας όσο και λειτουργικότητας.

6) Πρέπει να σημειωθεί ότι το κτίριο δεν διαθέτει εσωτερικές τοιχοποιίες πλήρωσης, εκτός από την πλευρά επαφής με το διπλανό κτίριο. Τα εσωτερικά χωρίσματα είναι τύπου panel με υαλοστάσιο.

7) Όσον αφορά τα αδρανειακά μεγέθη των δομικών στοιχείων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής έγιναν οι κάτωθι παραδοχές :

Καμπική δυσκαμψία

- Υποστυλώματα: Καμπική δυσκαμψία σε στάδιο II. όπως αυτή του σταδίου I, χωρίς συνυπολογισμό της συμβολής του οπλισμού (δυσκαμψία λόγω γεωμετρίας διατομής).

- Τοιχώματα : Καμπτική δυσκαμψία σε στάδιο II ίση με εκείνη του σταδίου I, όπως για τα υποστυλώματα.
- Δοκοί : Καμπτική δυσκαμψία σε στάδιο II ίση με το 1/2 της δυσκαμψίας σε στάδιο I.

Στρεπτική δυσκαμψία

- Τοιχώματα : Έγινε επίλυση θεωρώντας τα τοιχώματα των πυρήνων ως ανεξάρτητα μεμονωμένα στοιχεία τα οποία συνεργάζονται μέσω συνδέσμων άπειρης δυσκαμψίας και ατένειας αλλά επίσης έγινε επίλυση με θεώρηση των πυρήνων ως σύνθετων διατομών, όπου προσδιορίστηκε αναλυτικά η δυστρεψία τους.
- Δοκοί : Στρεπτική δυσκαμψία όλων των στοιχείων ίση με 1/10 της αντίστοιχης του σταδίου I. Το ίδιο και για τους στύλους.

4.Φάσματα Σχεδιασμού - Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Το κτίριο της Πολεοδομίας Θεσσαλονίκης βρίσκεται στο κέντρο της Θεσσαλονίκης στην περιοχή του Λευκού Πύργου, όπου το έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί ως κατηγορίας Γ σύμφωνα με τον Ν.Ε.Α.Κ., δηλ. ως στρώσεις κοκκώδους υλικού, μικρής σχετικά πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5 μ., ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70 μ. (ιλοσαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής, σε πάχος μεγαλύτερο των 5 μ.).

Έτσι, οι διάφορες παράμετροι που υπεισέρχονται στον τύπο της οριζόντιας συνιστώσας :

$$A \gamma_1 \beta_d(T) n \theta / q \quad (1)$$

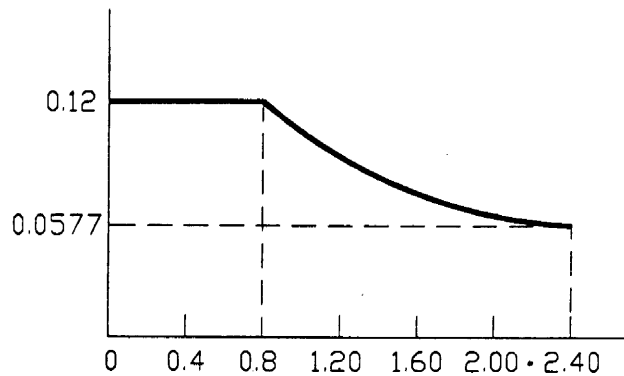
έχουν τιμές :

$$A = 0.16 g \quad \gamma_1 = 1.15 \quad q = 3.5 \quad n = 1 \quad \theta = 0.90$$

$$\beta_d(T) = \begin{cases} \beta_0 & \text{για } T < T_2 \\ \beta_0 (T_2/T)^{2/3} & \text{για } T > T_2 \end{cases} \quad \text{με } T_2 = 0.8 \text{ και } \beta_0 = 2.5$$

Από άποψη σπουδαιότητας το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Σ3 με $\gamma_1 = 1.15$, επειδή αποτελεί κατά μεγάλο μέρος της ημέρας χώρο συνάθροισης πολλών ατόμων.

Με βάση τα παραπάνω το ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού δίδεται από το κατωτέρω διάγραμμα :



Αναλυτικά, το φάσμα δίνεται από τους τύπους:

$$R_d(T) = 0.12 \quad \text{για } T < T_2$$

$$R_d(T) = 0.12 (0.8 / T)^{2/3} \quad \text{για } T > T_2$$

όπου σε κάθε περίπτωση είναι : $R_d(T) \geq 0.20 \text{ A} \text{ ή } \theta = 0.033$

Το ανωτέρω φάσμα σχεδιασμού είναι ανελαστικό και χρησιμοποιείται για τη δυναμική ανάλυση της κατασκευής και την εύρεση των εντατικών μεγεθών των επιμέρους στοιχείων.

Για την εύρεση των πραγματικών τιμών των συνολικών μετακινήσεων της κατασκευής, οι υπολογισθείσες μετακινήσεις πολλαπλασιάζονται με διορθωτικό συντελεστή $q = 3.5$, δηλαδή με τον θεωρηθέντα συντελεστή πλάστιμης συμπεριφοράς.

5. Παρατηρήσεις - προτάσεις για επιλεγμένες διατάξεις του Ν.Ε.Α.Κ.

Η ομάδα εργασίας θεωρεί ότι είναι σκόπιμο με βάση την υπάρχουσα εμπειρία και τα προβλήματα που αντιμετώπισε κατά την επίλυση του επιλεγέντος κτιρίου, προσπαθώντας να υλοποιήσει διάφορες διατάξεις του Ν.Ε.Α.Κ., να επισημάνει ορισμένα σημεία που πιθανόν να δημιουργήσουν δυσκολίες στην εφαρμογή του Κανονισμού. Τα σημεία αυτά είναι συνοπτικά τα εξής :

1) Θα μπορούσε να υπάρξει διαφοροποίηση του δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς q ανάλογα με τη μορφολογία σε κάτοψη και τομή καθώς και την εκάστοτε σύνθεση του δομικού συστήματος του κτιρίου και του είδους και υλικού των μη φερόντων στοιχείων πλήρωσης. Παραδείγματος χάριν, για το συγκεκριμένο κτίριο που επιλέχθηκε, ο εσωτερικός και εξωτερικός οργανισμός πλήρωσης αποτελείται από ελαφρά διαχωριστικά και υαλοστάσια ομοιόμορφα διατεταγμένα σε όλους τους ορόφους (ελήφθη για τους υπολογισμούς $q=3.5$). Σε περίπτωση όμως ύπαρξης συμπαγών τοιχοπληρώσεων, μη κανονικά διατεταγμένων, θα ήταν σίγουρα ορθότερη η χρήση ενός διαφορετικού (μεγαλύτερου) δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς.

2) Το φάσμα σχεδιασμού στην περίπτωση της θέσης του κτιρίου έχει τιμή αγκύρωσης εδαφικής επιτάχυνσης ίση με 0.12, ενώ η εδαφική επιτάχυνση της ζώνης II είναι $0.16 > 0.12$. Αυτό συμβαίνει λόγω του σχετικά υψηλού δείκτη πλαστιμότητας ($q > \beta_0$, $n=2.5$) και της μορφής του φάσματος σχεδιασμού. Θα έπρεπε να γίνει, λοιπόν, διόρθωση της μορφής του φάσματος σχεδιασμού R_d στην περιοχή από 0 έως 0.15 sec τουλάχιστον για την περίπτωση κατασκευών με $q > \beta_0$, $n=2.5$, δηλαδή για την πλειοψηφία των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αλλιώς οδηγούμαστε σε υποεκτίμηση της σεισμικής έντασης για τα δύσκαμπτα κτίρια. (π.χ. θα πρέπει $R_d(T) / (A \gamma \theta) \geq 1.0$ για $0 \leq T \leq 0.15$).

3) Σύμφωνα με τον κανονισμό θα πρέπει $R_d(T) / A \gamma_i \theta \geq 0.20$ σε κάθε περίπτωση (για όλο το φάσμα των ιδιοπεριόδων). Η τιμή 0.20 οδηγεί σε πολύ μικρές τιμές του σεισμικού συντελεστή, για μεγάλες ιδιοπεριόδους. Θα μπορούσε η τιμή αυτή να ήταν μεγαλύτερη (π.χ. 0.35).

4) Σχετικά με το θέμα της τυχηματικής εκκεντρότητας του ορόφου, η ομάδα μελέτης έχει την αίσθηση ότι δεν είναι αναγκαία η περαιτέρω επαύξηση με πολλαπλασιασμό της εκκεντρότητας 0.05 L με τον συντελεστή (ξ). Η εν λόγω επαύξηση αντιπροσωπεύει την μεγέθυνση της εκκεντρότητας που προκύπτει σε μετελαστικό στάδιο, λόγω της διαρροής των εντονότερα επιτινονόμενων στοιχείων της περιμέτρου. Η μεγέθυνση αυτή θεωρείται ότι επηρεάζει κυρίως τους εύστρεπτους ορόφους στα κτίρια, όπως αναφέρεται και στα σχετικά σχόλια του παραρτήματος του κανονισμού. Από μελέτη όμως της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, σχετικής με το θέμα αυτό, προκύπτει ότι η διαρροή των στοιχείων της περιμέτρου του κτιρίου δεν επιβαρύνει κατ' ανάγκη περισσότερο τα εύστρεπτα κτίρια (κατά τον ορισμό του ΝΕΑΚ), σε σχέση με αντίστοιχα δύστροπτα. Η περαιτέρω επαύξηση της τυχηματικής εκκεντρότητας, μέσω του συντελεστή ξ , επιβαρύνει δυσανάλογα τα εντατικά μεγέθη των στοιχείων του κτιρίου, χωρίς όμως αυτό να είναι επαρκώς τεκμηριωμένο.

5) Σε σχέση με το θέμα της ευστρεψίας γενικότερα, η ομάδα, με βάση την εμπειρία από τις αναλύσεις που διεξήγαγε, κρίνει ότι για το θέμα της στρεπτικής ευαισθησίας είναι σωστή η θέσπιση μεγαλύτερων τιμών του συντελεστή ξ . (π.χ. θα μπορούσε το ξ να έχει όριο τη τιμή 2.0).

6) Πρέπει να διορθωθεί η διατύπωση του απλοποιητικού τύπου που δίνεται για ορθογωνική κάτοψη στην παρ. 3.4.2 για τον υπολογισμό της ιδιοπεριόδου, $T = 0.09 H L^{-1/2} (H / (H + \rho L))^{1/2}$. Ο συντελεστής ρ ορίζεται

ως το πηλίκιο της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων προς τη συνολική επιφάνεια των τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων κατά τη διεύθυνση του σεισμού.

7) Ο Ν.Ε.Α.Κ δυστυχώς δεν απαγορεύει την διάσπαση των πυρήνων στα επι μέρους τοιχώματά τους. Θα έπρεπε να υπάρχει μία σειρά συμπληρωματικών διευκρινίσεων και σχολίων για αυτό το θέμα. Επίσης οι **δοκοί συζεύξεως** των τοιχωμάτων θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν με αρθρωτές συνδέσεις στα εκατέρωθεν τοιχώματα. Λόγω της μεγάλης τους δυσκαμψίας, η ρηγμάτωσή τους λόγω της σεισμικής διέγερσης είναι έντονη.

8) Πρέπει να επανεξετασθεί ο ορισμός της **δυσκαμψίας ορόφου** σε μία διεύθυνση στα κριτήρια κανονικότητας. Η θεώρηση αδρανειακών μεγεθών ως δεικτών δυσκαμψίας (π.χ. EJ/h) στην προκειμένη περίπτωση αντιμετωπίζει ορισμένες αντιφάσεις που προκύπτουν από τον ορισμό που αναφέρεται στο κείμενο του κανονισμού.

9). Όσον αφορά τα κριτήρια κανονικότητας, θεωρούμε ότι θα πρέπει ο έλεγχος που γίνεται για τον τελευταίο σε εσοχή όροφο (απολήξεις κλιμακοστασίου, εσοχές και πατάρια), να μην λαμβάνει υπόψη του τις μεταβολές που αναφέρονται στη μάζα και στη δυσκαμψία.

10) Όσον αφορά το θέμα του υπολογισμού των θεμελιώσεων, πρέπει κατά τη γνώμη μας να διευκρινισθούν περαιτέρω οι εδαφικές παράμετροι και οι συντελεστές ασφαλείας για τον υπολογισμό της στατικής φέρουσας ικανότητας του εδάφους σύμφωνα με την παρ. 5.3.2.1. Σημειώνουμε παρενθετικά ότι η χρήση της φέρουσας ικανότητας για τον έλεγχο θραύσεως του εδάφους, οδηγεί σε πολυπλοκότητες (εφόσον η τελευταία διαφοροποιείται ανάλογα με το έδαφος, αλλά και το βάθος και το σχήμα του εκάστοτε θεμελίου), και θα ήταν ίσως σκόπιμη μία περαιτέρω απλοποίηση τουλάχιστον για κοινά οικοδομικά έργα.

Πρέπει επίσης να δοθούν αναλυτικότερες οδηγίες για τον υπολογισμό διαφόρων συνήθων περιπτώσεων που καλείται να αντιμετωπίσει ο μηχανικός (ύπαρξη περιμετρικών τοιχείων, σχάρες πεδιλοδοκών, κοιτοστρώσεις, εμφάνιση τάσεων αιχμής σε περίπτωση εκκεντροτήτων και κυρίως σε πέδιλα με μεγάλους προβόλους, όπου πιθανόν δεν είναι ρεαλιστική η ομοιομορφοποίηση των τάσεων στη διεπιφάνεια εδάφους - θεμελίου, και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφαλείας που πρέπει να ισχύουν).

11) Σε ένα μη συμμετρικό - μη κανονικό κτίριο σε κάτοψη με έντονες εκκεντρότητες, όπως είναι αυτό που μελετήθηκε, οι ιδιομορφές του είναι συνεζευγμένες. Στην ισοδύναμη στατική ανάλυση του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε περίπου τριγωνική κατανομή της οριζόντιας σεισμικής φόρτισης. Οι διαφορές ανάμεσα στην ισοδύναμη στατική ανάλυση και τη φασματική δυναμική ανάλυση (για το υπό μελέτη κτίριο), όσον αφορά την διαστασιολόγηση και όπλιση των διατομών δεν είναι ουσιαστικές.

Ετσι για το μεν 8οροφο κτίριο δίδονται δύο ξυλότυποι οι οποίοι καλύπτουν την μεταβολή της διατομής των υποστυλωμάτων (ένας ξυλότυπος από τον 1ο έως και τον 4ο όροφο και ένας για τον 5ο όροφο έως τον τελευταίο), ενώ για το 3οροφο κτίριο δίδεται ένας ξυλότυπος που καλύπτει

όλους τους ορόφους. Ακόμη πρέπει να σημειωθεί ότι το βάρος του οπλισμού ανά μονάδα όγκου σκυροδέματος παραμένει στα ίδια επίπεδα με αυτά των πρόσθετων διατάξεων του αντισεισμικού κανονισμού του 1985.

Τέλος η ομάδα εργασίας θα ήθελε να ευχαριστήσει τον Πολιτικό Μηχανικό Κο Δημήτρη Σιμώνη για την σημαντική του συμβολή στο υπολογιστικό μέρος του ερευνητικού έργου.

Συνοπτικά Συμπεράσματα του Ερευνητικού Έργου

Κατά την εκπόνηση της μελέτης του κτιρίου προέκυψε η ανάγκη μιας σειράς τροποποιήσεων του φέροντος οργανισμού σε σχέση με αυτόν της μελέτης της υφιστάμενης κατασκευής. Οι εν λόγω τροποποιήσεις υπαγορεύθηκαν τόσο από εκπαιδευτικούς λόγους παρουσίασης του παραδείγματος, όσο και για μεγαλύτερη προσέγγιση προς τις απαιτήσεις του Ν.Ε.Α.Κ. και μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω :

- Αποκατάσταση της κανονικότητας του κτιρίου καθ' ύψος (χρήση μόνο τυπικών ορόφων).

- Επαύξηση του πάχους των πυρήνων.

- Ισχυροποίηση της δυσκαμψίας των τεσσάρων γωνιακών περιοχών του κτιρίου, με αύξηση της διατομής των τριών γεινιαζόντων στύλων (του γωνιακού και των εκατέρωθεν αυτού δύο άλλων στις κάθετες πλευρές της γωνίας).

- Επαύξηση των διατομών των δοκών σύζευξης των πυρήνων.

Με βάση την υπάρχουσα εμπειρία και τα προβλήματα που αντιμετώπισε κατά την επίλυση του επιλεγέντος κτιρίου, η ομάδα εργασίας επισημαίνει ορισμένα σημεία που πιθανόν να δημιουργήσουν δυσκολίες στην εφαρμογή του Κανονισμού. Τα σημεία αυτά είναι συνοπτικά τα εξής :

- Ανάγκη διαφοροποίησης του δείκτη συμπεριφοράς του κτιρίου, ανάλογα με τη μορφολογία σε κάτοψη και τομή, καθώς και την εκάστοτε σύνθεση του δομικού συστήματος και του είδους και υλικού των μη φερόντων στοιχείων πλήρωσης.

- Διόρθωση της μορφής του φάσματος σχεδιασμού $\beta_d(T)$ στην περιοχή (0 έως 0.15 sec) τουλάχιστον για την περίπτωση κατασκευών με $q > \beta_0$, $n = 2.5$ n (δηλ. για την πλειοψηφία των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα), γιατί οδηγεί σε υποεκτίμηση της σεισμικής έντασης.

- Θέσπιση μεγαλύτερων τιμών του συντελεστή ξ για θεώρηση της ευστρεπτότητας ενός ορόφου.

- Επανεξέταση του θέματος της υποχρέωσης περαιτέρω επαύξησης της τυχηματικής εκκεντρότητας των ευστρέπτων ορόφων μέσω του συντελεστού ξ.

-Επανεξέταση της δυσκαμψίας ορόφου σε μία διεύθυνση στα κριτήρια κανονικότητας, όσον αφορά τον ορισμό της.Θα ήταν καλύτερη η θεώρηση αδρανειακών-γεωμετρικών μεγεθών, παρά ο τρόπος που χρησιμοποιεί ο κανονισμός.

- Αναλυτικότερη ανάπτυξη του θέματος των θεμελιώσεων και της αντοχής του εδάφους και εξέταση της δυνατότητας περαιτέρω απλοποίησης τουλάχιστον για κοινά οικοδομικά έργα.

Η όλη μελέτη συνοδεύεται από τεύχη υπολογισμών με τη βοήθεια προγράμματος Η/Υ και σχετικά σχέδια.

Ακολουθούν οι επιμέρους επιλύσεις όπως αναφέρονται στο παράρτημα II της σύμβασης κατά σειρά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I

Ισοδύναμη στατική επίλυση του 8-ορόφου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Φασματική δυναμική επίλυση του 8-ορόφου. Σ αυτή την επίλυση περιλαμβάνονται μόνο τα ενστατικά μεγέθη και η σπλιση επιλεγμένων δοκών, στύλων και τοιχωμάτων. Η αρίθμηση είναι γενική και αναφέρεται στο σκαρίφημα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III.

Ισοδύναμη στατική επίλυση του 3-ορόφου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV.

Φασματική δυναμική επίλυση του 3-ορόφου (επιλεγμένα στοιχεία)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V.

Θεμελίωση