



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

**Επιρροή της εκτιμώμενης δυσκαμψίας των στοιχείων Ω.Σ κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ
στη σεισμική συμπεριφορά υφιστάμενων κτιρίων.**



ΠΑΙΝΕΣΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ Α.Μ 37912

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Α.Μ 38745

Επιβλέπων : ΡΕΠΑΠΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Αθήνα 30/05/2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα από τα πιο σημαντικά και σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζει η χώρα μας σχετικά με τη διαχείριση του κτιριακού της δυναμικού είναι οι επεμβάσεις επισκευής και ενίσχυσης των υφιστάμενων κατασκευών. Αποτέλεσμα αυτού του προβλήματος είναι η μεγάλη σεισμική δραστηριότητα που παρουσιάζει η χώρα μας, καθώς το 50% της σεισμικής ενέργειας του Ευρωπαϊκού χώρου εκλύεται στην Ελλάδα. Η λύση της αντικατάστασης του συνόλου των παλαιών κατασκευών με νέα κτίρια που βασίζονται στις σύγχρονες αντισεισμικές αντιλήψεις κρίνεται ανέφικτη, λόγω των ανυπέβλητων οικονομικών αλλά και κοινωνικών προβλημάτων που ανακύπτουν. Επομένως καθίσταται προφανής η ανάγκη αναβάθμισής τους, ώστε να είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν σε ενδεχόμενο ισχυρό σεισμικό πλήγμα χωρίς να τεθεί σε κίνδυνο η ζωή και οι περιουσίες των ενοίκων.

Για αυτόν τον λόγο λοιπόν ένας νέος κανονισμός Επισκευών –Ενισχύσεων που επίσημα ονομάζεται Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΠΕ.) τίθεται σε ισχύ από τις αρχές του 2012 στην χώρα μας. Με το νέο Κανονισμό καθορίζονται για πρώτη φορά στη χώρα μας τα θέματα προσεισμικής ενίσχυσης υφισταμένων κτιρίων με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατά τρόπο πλήρη, επιστημονικά σύγχρονο, ασφαλή και οικονομικό και προσαρμοσμένο στους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς (Ευρωκώδικες).

Η θεσμοθέτηση του Κανονισμού Επισκευών - Ενισχύσεων έρχεται να καλύψει την ανάγκη για αντισεισμική θωράκιση του παλαιότερου κτιριακού αποθέματος της χώρας που έχει σχεδιασθεί και κατασκευασθεί με παρωχημένους αντισεισμικούς κανονισμούς (προ του 1985) ή ακόμη και χωρίς αντισεισμικούς κανονισμούς. Το σχετικώς νέο αυτό αντικείμενο των επεμβάσεων, κυρίως λόγω της δυσκολίας του, μέχρι σήμερα δεν καλυπτόταν κανονιστικά στη χώρα μας (αλλά και διεθνώς). Η σύνταξη του κανονισμού ξεκίνησε το 2001 και ολοκληρώθηκε το 2011 από επιστημονικές επιτροπές υπό την αιγίδα του ΟΑΣΠ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει γενικό τίτλο : *"ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ Ω.Σ. ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ ΣΤΗΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ"* και έχει ως αντικείμενο τον υπολογισμό της αντίστασης (αντοχής), της δυσκαμψίας και της ικανότητας μεταλαστικής παραμόρφωσης δομικών στοιχείων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα με ή χωρίς βλάβη σύμφωνα με το τελικό σχέδιο του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), ενώ γίνεται αναφορά σε μεθόδους ενίσχυσης και επισκευής αυτού.

Πρόκειται για έργο « συνήθους διακινδύνευσης », εννοώντας έργο, του οποίου η ενδεχόμενη βλάβη περιορίζεται στο ίδιο το έργο, στο περιεχόμενό του, επομένως καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου και τον ανασχεδιασμό εφαρμόστηκε μη γραμμική στατική ανάλυση, της οποίας οι γενικές αρχές, οι προϋποθέσεις και οι κανόνες εφαρμογής της καθορίζονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Το μεγαλύτερο μέρος της παρούσας εργασίας έγινε στο πρόγραμμα του Microsoft Office EXCEL με βάση όλους τους τύπους που ορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων και έχει ως κύριο στόχο τον προσδιορισμό και τον υπολογισμό της ενεργού δυσκαμψίας του υφιστάμενου κτιρίου.

Το στατικό μοντέλο επιλύθηκε με το στατικό πρόγραμμα ETABS με το οποίο έγινε και η ανάλυση αυτού.

ABSTRACT

The present final work has general title: " INFLUENCE OF APPRECIATED STIFFNESS OF ELEMENTS A.C. (armed concrete) AT KAN.EPE IN THE SEISMIC BEHAVIOR of EXISTING BUILDINGS " and it has as object the calculation of resistance, stiffness and faculty deformity of structural elements from Armed Concrete with or without damage according to the final drawing of Regulation of Interventions (KAN.EPE.), while becomes report in methods of aid and repair of this.

The structure is characterized of "standard risk", and an eventual damage to the structure building covered by KAN.EPE.

To evaluate the bearing capacity of the building and redesign was applied nonlinear static analysis, whose general principles, conditions and application rules and provided by KAN.EPE.

The bigger part of present work became in the program of Microsoft Office EXCEL with base the all types that fixes the Regulation of Interventions and aims at as main the determination and the calculation of active stiffness of existing building.

The structure model is solved with static program SAP2000 v10 which was also used to analyze it.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΠΙΣΚΕΥΗ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ - ΟΡΙΣΜΟΙ

ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	6
ΟΡΙΣΜΟΙ.....	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΔΟΜΗΜΑΤΩΝ

2.1 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 2000(Ε.Α.Κ.)	
2.1.1 Γενικά.....	8
2.1.2 Κριτήρια επεμβάσεων.....	8
2.1.3 Επισκευές, Ενισχύσεις (ΕΑΚ).....	9
2.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠΕ)	
2.2.1 Πεδίο εφαρμογής.....	9
2.3 Επιρροή παραδοχών για τις δυσκαμψίες Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ)-Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ).....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ	
3.1.1 Αποτύπωση φέροντος οργανισμού.....	13
3.1.2 Ιστορικό.....	13
3.1.3 Καταγραφή βλαβών.....	14
3.1.4 Διερευνητικές εργασίες.....	14
3.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
3.2.1 Έλεγχος ασφαλείας.....	15
3.2.2 Ανίσωση ασφαλείας.....	15
3.2.3 Βασικές μεταβλητές.....	16
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ	
3.3.1 Στάθμες επιτελεσματικότητας φέροντος οργανισμού.....	16

3.3.2	Ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q	17
3.3.3	Τοπικοί δείκτες πλαστιμότητας m	18
3.3.4	Ανάλυση πριν και μετά την επέμβαση.....	18
3.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ, λ	
3.4.1	Δείκτης ανεπάρκειας δομικού στοιχείου.....	19
3.4.2	Μορφολογική κανονικότητα.....	19
3.5	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ Η ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	
3.5.1	Ελαστικές μέθοδοι.....	20
3.5.2	Ανελαστικές μέθοδοι.....	20
3.6	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	
3.6.1	Εισαγωγή.....	20
3.6.2	Αντίσταση διεπιφάνειας.....	21
3.6.3	Εντατικά μεγέθη που δρουν στη διεπιφάνεια.....	22
3.6.4	Μέγιστα και ελάχιστα.....	22
3.7	ΝΕΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	
3.7.1	Φάση αποτίμησης.....	22
3.7.2	Φάση ανασχεδιασμού.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1	ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ ΠΛΗΡΩΣΗΣ.....	25
4.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	
4.2.1	Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση.....	26
4.2.2	Ελαστική δυναμική ανάλυση.....	30
4.2.3	Ανελαστική στατική ανάλυση.....	32
4.2.4	Ανελαστική δυναμική ανάλυση.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

5.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
5.1.1	Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.....	42
5.1.2	Παραμορφώσεις αστοχίας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.....	43
5.1.2.1	Παραμορφώσεις κατά την αστοχία από κάμψη	
5.1.2.2	Παραμορφώσεις κατά την αστοχία από τέμνουσα	

5.1.3 Αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας για τον υπολογισμό ενεργούς δυσκαμψίας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.....	45
5.1.4 Στοιχεία κτιρίου.....	47

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	73
Βιβλιογραφία.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΠΙΣΚΕΥΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΟΡΙΣΜΟΙ

ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα δομικά στοιχεία, ανάλογα με την επιθυμητή σεισμική ικανότητα, το επίπεδο βλάβης και τον τύπο των συνδέσεων τους είναι δυνατόν να επισκευασθούν ή να ενισχυθούν με ρητινενέσεις, αντικατάσταση σπασμένων τμημάτων, επικολλήσεις ελασμάτων, οπλισμένους μανδύες, ή μεταλλικούς κλωβούς. Κλειδί στη διαδικασία επισκευής ή ενίσχυσης είναι η διασφάλιση υψηλού βαθμού συνάφειας μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος. Καλή περίσφιξη με κλειστούς και πυκνούς συνδετήρες συμβάλλει δραστικά στη βελτίωση της πλαστιμότητας του στοιχείου στο οποίο γίνεται η επέμβαση. Σημαντική παρατήρηση είναι πως δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι μεταβολές στη διατομή των δομικών στοιχείων οδηγούν σε ανακατανομή της εντάσεως λόγω αλλοιώσεως του συσχετισμού ακαμψιών. Οι παρατηρήσεις που προκύπτουν κατά την επισκευή-ενίσχυση δομικών στοιχείων είναι τα εξής παρακάτω:

- Κατά την επισκευή- ενίσχυση των κατασκευών με βλάβες από σεισμό λόγω εκτεταμένων καθαιρέσεων απαιτείται πολύ προσεκτική υποστήλωση των κρίσιμων περιοχών προς αποφυγή καταρρεύσεων. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την επισκευή χρησιμοποιούνται υλικά και τεχνικές που σπάνια εφαρμόζονται κατά την κατασκευή νέων κτιρίων. Κατά συνέπεια απαιτείται λεπτομερειακή μελέτη προδιαγραφών τους και αυστηρή επίβλεψη στο έργο.
- Η μορφή και η έκταση των επισκευών δύσκολα μπορεί να τυποποιηθεί. Πάρα πολλές φορές ο μηχανικός υποχρεούται να αυτοσχεδιάσει ώστε να προσαρμόσει τα υλικά και τις τεχνικές επεμβάσεως στις υφιστάμενες ειδικές συνθήκες.
- Όσον αφορά την διαστασιολόγηση των επισκευών γίνεται με προσεγγιστικές διαδικασίες γιατί αφενός μεν δεν έχουν αναπτυχθεί αναλυτικά μοντέλα υπολογισμού για την ποικιλία των περιπτώσεων στηριζόμενα σε εργαστηριακές μετρήσεις και αφετέρου υπάρχει υψηλού βαθμού αναξιοπιστία στον επιτυγχανόμενο στο εργοτάξιο βαθμό συνεργασίας του αρχικού στοιχείου και του μέσου επισκευής.
- Το κόστος επισκευής είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος κατασκευής ενός νέου στοιχείου και αυτό γιατί συνοδεύεται από καθαιρέσεις, συγκολλήσεις, ενέματα καθώς και αδυναμία χρησιμοποίησης μηχανικών μέσων. Έτσι η σύνταξη αξιόπιστου προϋπολογισμού είναι γενικά δύσκολη.
- Τέλος, επεμβάσεις που αλλοιώνουν δραστικά τα αρχικά δυναμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου θα πρέπει να γίνονται με περισσή περίσκεψη

ΟΡΙΣΜΟΙ

- ❖ Με τον όρο δομητική **επέμβαση** νοείται οποιαδήποτε εργασία που έχει ως αποτέλεσμα την στοχευόμενη μεταβολή των υφισταμένων μηχανικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου ή δομήματος και έχει, ως συνέπεια, την τροποποίηση της απόκρισής του.
- ❖ Με τον όρο **επισκευή** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα που έχει βλάβες από οποιαδήποτε αιτία, η οποία αποκαθιστά τα προ της βλάβης μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του δομήματος και το επαναφέρει στην αρχική του φέρουσα ικανότητα.
- ❖ Με τον όρο **ενίσχυση** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα με ή χωρίς βλάβες, η οποία αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα ή πλαστιμότητα του στοιχείου ή φορέα σε στάθμη υψηλότερη από αυτήν του αρχικού σχεδιασμού.
- ❖ **Απαιτούμενη σεισμική ικανότητα V_R** εκφράζεται ποσοτικά από την τέμνουσα βάσεως :

$$V_R = R_a * W$$

Όπου

R_a : η τεταγμένη του φάσματος σχεδιασμού που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του δομικού συστήματος

W : το συνολικό φορτίο

- ❖ **Διαθέσιμη σεισμική ικανότητα V_c** μιας κατασκευής εκφράζεται ποσοτικά από την τέμνουσα βάσεως για την οποία, με την προϋπόθεση ελαστικής συμπεριφοράς της κατασκευής, εξαντλείται η οριακή αντοχή του πρώτου στύλου ή τοιχίου στο ισόγειο. Η διαθέσιμη σεισμική ικανότητα αναφέρεται στην κατάσταση του κτιρίου πριν από τον σεισμό και προϋποθέτει γνώση της ποιότητας του μπετόν και της όπλισης των στύλων και τοιχιών.
- ❖ **Η απομένουσα σεισμική ικανότητα V_D** μιας κατασκευής με βλάβες εκφράζεται ποσοτικά από την τέμνουσα βάσεως για την οποία, με την προϋπόθεση ελαστικής συμπεριφοράς, εξαντλείται η οριακή αντοχή του πρώτου στύλου ή τοιχίου από αυτά που δεν έχουν πάθει βλάβες στο ισόγειο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΔΟΜΗΜΑΤΩΝ

Η αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Συλλογή στοιχείων (έρευνα του ιστορικού του δομήματος)
- Ανάλυση, και
- Έλεγχος οριακών καταστάσεων

Σκοπός της αποτίμησης υφιστάμενου δομήματος είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητάς του και ο έλεγχος ικανοποίησης των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες Κανονισμούς.

Στην παρούσα πτυχιακή ασχοληθήκαμε με την περιγραφή αλλά και την υλοποίηση των όσων προβλέπει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ). Στη συνέχεια όμως αυτού του κεφαλαίου γίνεται και μια αναφορά στο σκοπό και το πεδίο εφαρμογής του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού 2000 (Ε.Α.Κ) καθώς παραθέτονται και οι διαφορές τους ώστε να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης με τον Κανονισμό που προϋπήρχε.

2.1 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ 2000(Ε.Α.Κ.)

Σκοπός του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού είναι η ικανοποίηση των απαιτήσεων αντοχής και λειτουργικότητας των κατασκευών με επαρκή ασφάλεια.

2.1.1 Γενικά

Οι κατασκευές πρέπει να συντηρούνται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή και η λειτουργικότητα που αναμένεται από αυτές και για την οποία μελετήθηκαν. Όταν, παρόλα αυτά, διαπιστωθούν φθορές και βλάβες σε βαθμό τέτοιο που η χρήση του έργου να συνεπάγεται κινδύνους, πρέπει να γίνονται επισκευές ή και ενισχύσεις

2.1.2 Κριτήρια επεμβάσεων

Σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ. τα στοιχεία που μας δείχνουν στα δομήματα ενδείξεις σοβαρής βλάβης θεωρούνται οι αλλαγές χρώματος, διάρρηξη –εκτίναξη του σκυροδέματος, διαρροές, σκουριά κλπ. από τη μια, και ρωγμές ή υπερβολικές παραμορφώσεις από την άλλη. Επίσης, η θέση, το εύρος και το βάθος καθώς και η εξέλιξη των ρωγμών στην ίδια την κατασκευή ή σε παρακείμενα ή φερόμενα στοιχεία επιτρέπουν, γενικά, να αποφασιστεί κατά πόσο η επέμβαση είναι αναγκαία για να διατηρηθεί η φέρουσα ικανότητα ή να διαφυλαχθεί η αντοχή σε διάρκεια.

Αν υπάρχουν υπόνοιες σοβαρής βλάβης είναι αναγκαία η συνδρομή εμπειρογνώμονα για να αναλυθεί η αιτία, να αποτιμηθούν οι βλάβες και να δοθούν οδηγίες για την επέμβαση, αν χρειάζεται.

2.1.3 Επισκευές, Ενισχύσεις (ΕΑΚ)

Οι επισκευές μπορούν να περιλαμβάνουν αποκατάσταση ρωγμών και εκτινάξεων ή και αντικατάσταση των βλαμμένων στοιχείων της κατασκευής, με σκοπό την εξασφάλιση αντοχής, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αντιμετωπισθεί και το ενδεχόμενο ενίσχυσης φερόντων στοιχείων (π.χ. με προσθήκη οπλισμών και σκυροδέματος ή εξωτερική προένταση).

2.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠΕ)

Ο Κανονισμός Επεμβάσεων αποτελεί ένα κανονιστικό κείμενο μελέτης των δομητικών επεμβάσεων και στοχεύει στην ανάπτυξη μεθόδων αναλύσεως και σχεδιασμού υφιστάμενων κατασκευών ή μελών τους, καθορίζοντας παράλληλα τις υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων στο κατασκευαστικό μέρος προσώπων (μελετητής, επιβλέπων μηχανικός, λοιποί παράγοντες) καθώς και τις ευθύνες (μελετητής, κύριος έργου, χρήστες).

Σκοπός του είναι η θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενων δομημάτων και κανόνων εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους, καθώς και για τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις.

Οι διατάξεις υποχρεωτικής εφαρμογής του Κανονισμού, καθορίζουν :

- Τα κριτήρια αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενου δομήματος.
- Τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας ανασχεδιασμένων δομημάτων ή μελών τους.
- Την επιλογή των τρόπων με τους οποίους μπορεί να υλοποιηθεί η επέμβαση.
- Τη συσχέτιση του Κανονισμού αυτού με λοιπούς ισχύοντες Κανονισμούς.

2.2.1 Πεδίο εφαρμογής

Ο Κανονισμός αυτός αναφέρεται στην αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων ή μελών τους. Οι αρχές, τα κριτήρια και οι κανόνες επεμβάσεων και ανασχεδιασμού έχουν γενικότερη εφαρμογή, ενώ οι κανόνες εφαρμογής αναφέρονται σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από ωπλισμένο σκυρόδεμα (με βλάβες ή χωρίς).

Έργα «υψηλής διακινδύνευσης» για τον πληθυσμό δεν καλύπτονται από τον Κανονισμό. Ο Κανονισμός καλύπτει τα έργα «συνήθους διακινδύνευσης», δηλαδή έργα των

οποίων ενδεχόμενη βλάβη τους περιορίζεται στο ίδιο το έργο, στο περιεχόμενό του. Ο Κανονισμός δεν καλύπτει τα έργα «υψηλής διακινδύνευσης», δηλαδή αυτά των οποίων ενδεχόμενη βλάβη μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες σε μεγάλη έκταση έξω από την περιοχή του έργου (π.χ. φράγματα ή θαλάσσια έργα). Για τα έργα αυτά η απαιτούμενη στάθμη προστασίας θα καθορίζεται από ειδικές συμπληρωματικές διατάξεις.

Η εφαρμογή του προϋποθέτει άτομα με εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις και τα ανάλογα προσόντα. Ο Κανονισμός προϋποθέτει ότι θα υπάρχει εξασφάλιση έναντι κακοτεχνιών ή σφαλμάτων λόγω απειρίας, τα οποία αποτελούν σημαντική αιτία αστοχίας στις κατασκευές. Για την πρόληψη και αποφυγή λοιπόν τέτοιων σφαλμάτων, ο Κανονισμός δεν είναι δυνατόν να εφαρμόζεται παρά μόνον από άτομα που διαθέτουν τα τυπικά και ουσιαστικά (παιδεία, εμπειρία, ικανότητα) προς τούτο προσόντα τα οποία καθορίζονται με απόφαση της Δημόσιας Αρχής.

Δομήματα χωρίς βλάβες :

Ο Κανονισμός καλύπτει τους ελέγχους υφιστάμενων δομημάτων χωρίς εμφανείς βλάβες ή φθορές. Ο όρος εμφανείς βλάβες αναφέρεται σε βλάβες που είναι εφικτό να εντοπισθούν στο πλαίσιο των αυτοψιών και ελέγχων. Οι περιπτώσεις όπου είναι υποχρεωτικός ο έλεγχος υφιστάμενων δομημάτων καθορίζονται με απόφαση της Δημόσιας Αρχής. Στον Κανονισμό επίσης προβλέπονται οι αναγκαίοι έλεγχοι και επεμβάσεις για την αναβάθμιση του επιπέδου ασφαλείας υφιστάμενου δομήματος πέραν των περιπτώσεων προσθηκών ή αλλαγών χρήσεως που μπορούν να επιβληθούν στις εξής περιπτώσεις

- Τεχνικών έργων χωρίς μελέτη ή με μελέτη μη εγκεκριμένη (αυθαιρέτων).
- Τεχνικών έργων με μελέτη χωρίς εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού.
- Τεχνικών έργων με μελέτη στην οποία έγινε εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού αλλά βρίσκονται σε περιοχή όπου καθορίστηκε υψηλότερη σεισμικότητα.
- Τεχνικών έργων με αυξημένη τρωτότητα (π.χ. πιλοτή, κοντά υποστυλώματα κ.λπ.).

Δομήματα με βλάβες :

Ο Κανονισμός καλύπτει τον έλεγχο, την επισκευή ή ενίσχυση και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό υφισταμένων δομημάτων που έχουν υποστεί βλάβες. Από τον Κανονισμό καλύπτονται όλες οι παθολογικές αιτίες βλαβών. Η αντιμετώπιση βαρέων φθορών και βλαβών από φυσικοχημικές δράσεις θα καλύπτονται με συμπληρωματικές διατάξεις. Οι επεμβάσεις σε περιπτώσεις βλαβών από πυρκαγιά θα αποτελέσουν αντικείμενο ιδιαίτερου Κανονισμού. Από τον Κανονισμό προσδιορίζονται οι προϋποθέσεις υπό τις οποίες είναι υποχρεωτικός ο ανασχεδιασμός και η ενίσχυση υφισταμένου δομήματος με βλάβες και εκείνες υπό τις οποίες

θα αρκεί απλή επισκευή του δομήματος. Ο κύριος του έργου καλείται να επιλέξει αν θα γίνει απλή αποκατάσταση, με τήρηση των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων ασφάλειας που καθορίζονται από την πολιτεία, ή αποκατάσταση και ενίσχυση πέραν των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων.

2.3 Επιρροή παραδοχών για τις δυσκαμψίες Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ)-Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ)

Μία από τις βασικές διαφοροποιήσεις του ΚΑΝΕΠΕ από τους ισχύοντες ελληνικούς κανονισμούς συνίσταται στην εισαγωγή μειωμένων τιμών δυσκαμψιών των δομικών στοιχείων εξαιτίας της ρηγμάτωσης, ολίσθησης οπλισμών, κλπ.

Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ η ενεργός δυσκαμψία σε μήκος όσο το μήκος διάτμησης του δομικού στοιχείου υπολογίζεται συναρτήσει της ροπής και της γωνίας στροφής του κατά τη διαρροή της ακραίας διατομής.

Η δυσκαμψία του φορέα στο σύνολο προκύπτει μεγαλύτερη στην περίπτωση της ανάλυσης βάσει των δυσκαμψιών του ΕΑΚ. Μεγαλύτερη δυσκαμψία και στις δύο διευθύνσεις συνεπάγεται μικρότερες ασύζευκτες ιδιοπεριόδους (μεγαλύτερες από την T2 για κατηγορία εδάφους Γ). Επομένως βρισκόμαστε στον τρίτο –φθίνοντα– κλάδο του φάσματος στον οποίο αύξηση της ιδιοπεριόδου (άρα και της ευκαμψίας) συνεπάγεται μικρότερη τιμή επιτάχυνσης της βάσης $\Phi(T)$.

Το αποτέλεσμα είναι να προκύπτουν μεγαλύτερες τέμνουσες βάσης στην περίπτωση των δυσκαμψιών του ΕΑΚ, άρα και μεγαλύτερα μεγέθη έντασης, όχι βεβαίως σε ευθεία αναλογία εφόσον το ποσοστό της τέμνουσας βάσης που θα αναλάβει κάθε δομικό στοιχείο εξαρτάται επιπλέον από τη σχέση των δυσκαμψιών των δομικών στοιχείων που συμβάλλουν στον κόμβο. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για τη δυναμική μέθοδο (ιδιομορφική ανάλυση) καθώς οι σημαντικές ιδιοπεριόδοι του φορέα είναι μεγαλύτερες του T2 (κυμαίνονται μεταξύ 0,9 και 1,6 sec, ανάλογα με την παραδοχή για τις δυσκαμψίες). Ο λόγος της διαθέσιμης αντοχής λ, δηλαδή ο λόγος της τιμής του εντατικού μεγέθους προς την αντοχή του δομικού στοιχείου αναμένεται (με βάση τα προαναφερθέντα) να είναι δυσμενέστερος στην περίπτωση που η ανάλυση γίνεται με τις δυσκαμψίες ΕΑΚ.

Αντίθετα στην περίπτωση της διάτμησης οι διαφορές δεν είναι σημαντικές. Τα αποτελέσματα και για τις δυο παραδοχές δυσκαμψιών είναι παρόμοια και μάλιστα ορισμένες φορές αυτά που προκύπτουν από την ανάλυση με δυσκαμψίες ΕΑΚ είναι ευνοϊκότερα. Όπως προαναφέρθηκε, αυτό εξηγείται εφόσον οι δείκτες λ στην περίπτωση της διάτμησης προκύπτουν λαμβάνοντας τις ικανοτικές τέμνουσες και όχι τις τέμνουσες που προκύπτουν από την ανάλυση. Οι ικανοτικές τέμνουσες ελάχιστα διαφοροποιούνται στις δύο περιπτώσεις (τυχόν διαφοροποιήσεις οφείλονται στις διαφορετικές τιμές του αξονικού στα υποστυλώματα που δίνουν διαφορετικές M_{Rc} και στο ενδεχόμενο η ροπή που υπολογίζεται για το άκρο του στοιχείου κατά το σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης, M_i , να προκύψει μεγαλύτερη από την M_{sd} οπότε $M_i = M_{sd}$) ενώ η μοναδική παράμετρος που διαφοροποιεί την τέμνουσα αντοχής στις δύο περιπτώσεις είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης και το μήκος διάτμησης.

Η παρατήρηση ότι όταν λαμβάνονται υπόψη οι 'πραγματικές' δυσκαμψίες (τιμές ΚΑΝ.ΕΠΕ) το ποσοστό αστοχίας που προκύπτει σε κάμψη των δομικών στοιχείων είναι μικρότερο απ' ότι στην περίπτωση των δυσκαμψιών του ΕΑΚ, δίνει μια εξήγηση στο γιατί παλαιά κτίρια που έχουν σχεδιαστεί για πολύ χαμηλές τέμνουσες βάσης δεν αστοχούν σε σεισμούς αρκετά ισχυρότερους από αυτόν για τον οποίο σχεδιάστηκαν. Η άλλη όψη, όμως, της χρήσης ρεαλιστικών τιμών για τις δυσκαμψίες είναι η επίπτωση που έχουν αναφορικά με τις μετακινήσεις των ορόφων και τα φαινόμενα δευτέρας τάξεως. Ενώ λοιπόν στη περίπτωση των δυσκαμψιών του Κανονισμού Επεμβάσεων η ανάλυση δείχνει πως υπάρχει πρόβλημα πλευρικής αστάθειας σε βαθμό που να απαιτείται ενίσχυση του κτιρίου, οι προσεγγιστικές δυσκαμψίες κατά τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό οδηγούν σε πολύ ευνοϊκότερα αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο Κανονισμός Επεμβάσεων προβλέπει μια συγκεκριμένη διαδικασία προκειμένου να ελέγξουμε ένα κτίριο και να φτάσουμε σε ασφαλή και σωστά αποτελέσματα. Τα στάδια που προβλέπει ο Κανονισμός, αναλύονται παρακάτω.

3.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ

Πριν από οποιαδήποτε ενέργεια (μελέτη ή επέμβαση) προηγείται η διερεύνηση και τεκμηρίωση του υφιστάμενου δομήματος σε επαρκή έκταση και βάθος έτσι ώστε να καταστούν όσο γίνεται πιο αξιόπιστα τα δεδομένα στα οποία θα στηριχθεί η μελέτη. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, απαραίτητη είναι η αποτύπωση του δομήματος και της κατάστασής του, η σύνταξη του ιστορικού της κατασκευής και της συντήρησής του, η καταγραφή βλαβών ή φθορών, καθώς και η εκτέλεση επιτόπου διερευνητικών εργασιών και μετρήσεων.

3.1.2 Αποτύπωση φέροντος οργανισμού

Η αποτύπωση του φέροντος οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων γίνεται παράλληλα με την αρχιτεκτονική αποτύπωση η οποία χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο. Η μελέτη επεμβάσεων μπορεί να καταγραφεί με βάση τα υπάρχοντα σχέδια του δομήματος αν διαπιστώνεται ότι έχει εφαρμοστεί επαρκώς, διαφορετικά απαιτείται η σύνταξη των απαραίτητων σχεδίων του φέροντος οργανισμού. Για την αποτύπωση αφανών στοιχείων, ο μελετητής Μηχανικός συντάσσει πρόγραμμα διερευνητικών τομών.

3.1.3 Ιστορικό

Απαιτείται η σύνταξη του ιστορικού του δομήματος, δηλαδή η συγκέντρωση των πληροφοριών σχετικά με :

- Τις φάσεις κατασκευής
- Μεταγενέστερες επεμβάσεις ή αλλαγές χρήσης, φορτίων κ.λ.π
- Εμφάνιση βλαβών ή φθορών κατά το παρελθόν καθώς και ο τρόπος αποκατάστασής τους
- Έκτακτες δράσεις όπως σεισμοί, πυρκαγιά, πρόσκρουση, κ.λ.π

Η έκταση του ιστορικού είναι ανάλογη με τη σπουδαιότητα του αντικειμένου. Σε ιδιωτικά έργα περιορισμένης σημασίας, το ιστορικό μπορεί να είναι μια απλή καταγραφή πληροφοριών που δίνονται από τον κύριο του έργου.

3.1.4 Καταγραφή βλαβών

Η καταγραφή των βλαβών, αν αυτές υπάρχουν, συμπληρώνει την αποτύπωση του φέροντος οργανισμού. Με τον όρο «βλάβη», νοείται κάθε αλλοίωση ή απομείωση της γεωμετρίας ή των μηχανικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού ή των τοιχοπληρώσεων.

Ως βλάβες νοούνται :

- Σημαντικές παραμορφώσεις ή αποκλίσεις
- Ρηγματώσεις ή αποκολλήσεις
- Τοπικές αστοχίες και θραύσεις
- Απομειώσεις διατομών, απολεπίσεις και αποφλοιώσεις
- Διάβρωση οπλισμών ή προσβολή σκυροδέματος

Καταγράφονται και οι κακοτεχνίες που προκαλούν αλλοίωση της γεωμετρίας ή των χαρακτηριστικών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού καθώς και οι ενδεχόμενες βλάβες των τοιχοπληρώσεων οι οποίες και αξιολογούνται.

Τέλος ανάλογα με την ένταση και έκταση των βλαβών εξετάζεται η ανάγκη λήψεως άμεσων μέτρων επέμβασης.

- Τα άμεσα μέτρα επέμβασης μπορεί να είναι :
 - Άμεση κατεδάφιση τμημάτων
 - Απομάκρυνση χαλαρών ή επικρεμάμενων στοιχείων
 - Μείωση ή αφαίρεση μεγάλων φορτίων
 - Υποσύλωση έναντι κατακόρυφων φορτίων
 - Αντιστήριξη έναντι οριζόντιων φορτίων
 - Απαγόρευση χρήσης του κτιρίου
- Η επιλογή των προσωρινών μέτρων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως :
 - Ο τύπος και η χρήση του κτιρίου
 - Το είδος της βλάβης
 - Τα διαθέσιμα μέσα
 - Ο βαθμός του επείγοντος της κατάστασης
 - Η πιθανή εξέλιξη των βλαβών
 - Η αναμενόμενη συμπεριφορά κατά τους μετασεισμούς
 - Το κόστος των επεμβάσεων

3.1.5 Διερευνητικές εργασίες

Οι εργασίες αυτές αποσκοπούν στη συγκέντρωση χρήσιμων στοιχείων για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου.

Επισημαίνονται διάφορα τμήματα της διερεύνησης, ανάλογα με το είδος του στοιχείου που βρίσκεται υπό εξέταση :

- Αποτύπωση αφανών στοιχείων
- Χαρακτηριστικά των υλικών και του τρόπου δόμησης

- Έδαφος θεμελίωσης
- Άλλοι παράγοντες

Ο μελετητής Μηχανικός συντάσσει το πρόγραμμα των διερευνητικών εργασιών. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σημασία κάθε δομικού στοιχείου για την αντισεισμική ικανότητα του κτιρίου.

Τελικά, ο μελετητής Μηχανικός παρακολουθεί και αξιολογεί τα αποτελέσματα των διερευνήσεων.

3.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

3.2.1 Έλεγχος ασφαλείας

Ο έλεγχος ασφαλείας, όταν εκτελείται στο ανάλογο μέλος ή τμήμα ή γενικότερα στο σύνολο του δομήματος, όπου αυτός είναι απαραίτητος, οφείλει να αποδείξει ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο μέγεθος είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα.

3.2.2 Ανίσωση ασφαλείας

Η ανίσωση ασφαλείας που ισχύει κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων, έχει την ίδια μορφή με αυτή που προβλέπεται στους Ευρωκώδικες :

$$S_d < R_d, \text{ με}$$

$$S_d = \gamma_{sd} S (S_k \gamma_f) \text{ και } R_d = (1/\gamma_{Rd}) R (R_k/\gamma_m)$$

Επεξήγηση μεταβλητών

S_d : Οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις.

R_d : Οι τιμές σχεδιασμού των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων.

S_k : Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων, για τις οποίες υπάρχει ορισμένη πιθανότητα υπερβάσεως σε 50 έτη.

R_k : Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις και έχουν ορισμένη πιθανότητα υποσκέλισεως.

γ_f, γ_m : Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις και τις ιδιότητες των υλικών, με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.

γ_{sd}, γ_{Rd} : Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω των οποίων εκτιμώνται οι συνέπειες των δράσεων και οι κάθε είδους αντιστάσεις.

Σχετικώς με το ιδιαίτερο πρόβλημα της αποτίμησης και του ανασχεδιασμού με βάση αποτελέσματα πειραμάτων, γίνεται αναφορά στον Ευρωκώδικα ENV 1990, Παράγραφος 5.2 και Παράρτημα Δ. Σχεδιασμός με τη βοήθεια δοκιμών.

3.2.3 Βασικές μεταβλητές

Δράσεις

Βασικές δράσεις (μη – σεισμικές) : Κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη όλες οι βασικές δράσεις, η πιθανή συνεργασία τους και ο απαιτούμενος συνδυασμός τους. Βασικό ρόλο κατέχουν και οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας (θα αναφερθούμε σ' αυτούς παρακάτω αναλυτικότερα) που προβλέπονται από τους σύγχρονους Κανονισμούς.

Τυχηματικές δράσεις (σεισμός) : Η κύρια τυχηματική δράση του σεισμού εξαρτάται από τον στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή σπουδαιότητας γ_1 και τον συντελεστή απόσβεσης η , για υλικά των πρωτευόντων στοιχείων με κρίσιμο ποσοστό απόσβεσης ξ διάφορο του 5%.

Φάσματα απόκρισης : Χρησιμοποιούνται σε όρους επιτάχυνσης κατά ΕΚ 8-1, συναρτήσει της ιδιοπεριόδου T_a του κτιρίου και του ποσοστού κρίσιμης ιξώδους απόσβεσης ξ ή του δείκτη συμπεριφοράς q . Σε περίπτωση εφαρμογής γραμμικών μεθόδων ανάλυσης, χρησιμοποιούνται τα τροποποιημένα «φάσματα σχεδιασμού», $S_d(T)$. Αλλιώς σε περίπτωση εφαρμογής μη – γραμμικών μεθόδων ανάλυσης, χρησιμοποιούνται τα ομαλοποιημένα «ελαστικά φάσματα», $S_e(T)$.

Δυσκαμφίες : Σε κάθε περίπτωση, η δυσκαμψία θα υπολογίζεται με βάση τα πραγματικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου, την καταπόνηση υπό σεισμό, με μέσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών χωρίς συντελεστές.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.3.1 Στάθμες επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού

Οι στάθμες επιτελεστικότητας του φέροντος οργανισμού, για τις ανάγκες του παρόντος Κανονισμού, ορίζονται ως εξής :

Άμεση χρήση μετά το σεισμό, (Α). κατά την κατάσταση αυτή καμία λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται στη διάρκεια ή και μετά το σεισμό σχεδιασμού, εκτός ίσως από λειτουργίες δευτερεύουσας σημασίας. Είναι πιθανό να παρουσιασθούν μερικές τριχοειδείς ρωγμές στο φέροντα οργανισμό.

Για τη στάθμη αυτή, η γενική ανίσωση ασφαλείας $S_d < R_d$, ελέγχεται για πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία, σε όρους εντατικών μεγεθών. Αλλιώς για την ανελαστική ανάλυση και

πλάστιμους τρόπους αστοχίας, ο έλεγχος της ανίσωσης ασφαλείας μπορεί να γίνει σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών.

Προστασία ζωής, (B). κατά την κατάσταση αυτή αναμένεται να παρουσιασθούν επισκευάσιμες βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, κατά το σεισμό σχεδιασμού, χωρίς όμως να συμβεί θάνατος ή σοβαρός τραυματισμός ατόμων εξαιτίας αυτών, και χωρίς να συμβούν ουσιώδεις βλάβες στην οικοσκευή ή τα αποθηκευόμενα στο κτίριο υλικά.

Για τη στάθμη αυτή, όλα τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού επιτρέπεται να αναπτύξουν σημαντικές ανελαστικές παραμορφώσεις, αλλά τα πρωτεύοντα στοιχεία πρέπει να διαθέτουν σημαντικό περιθώριο ασφαλείας έναντι εξάντλησης της διαθέσιμης παραμόρφωσης αστοχίας τους.

Οιονεί κατάρρευση, (Γ). κατά την κατάσταση αυτή και στη διάρκεια του σεισμού σχεδιασμού, αναμένεται να παρουσιασθούν εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές, μη επισκευάσιμες βλάβες στο φέροντα οργανισμό ο οποίος όμως έχει ακόμα την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία, χωρίς βέβαια να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης.

Για τη στάθμη αυτή, δεν επιτρέπεται να ξεπεραστεί η διαθέσιμη παραμόρφωση αστοχίας των πρωτευόντων και των κατακόρυφων δευτερευόντων στοιχείων του φέροντος οργανισμού, ενώ για τα οριζόντια δευτερεύοντα στοιχεία, γενικώς επιτρέπονται υπερβάσεις.

3.3.2 Ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς η

Κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, γίνεται χρήση του ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς για το σύνολο του δομήματος η τιμή του οποίου θα εκτιμάται σύμφωνα με τους παράγοντες που συνεργούν στην κατανάλωση σεισμικής ενέργειας. Ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό του φέροντος οργανισμού του κτιρίου, λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιημένες τιμές η όπως αυτές ισχύουν για τον σχεδιασμό νέων κτιρίων.

Για τη στάθμη επιτελεστικότητας A, ο τελικός δείκτης συμπεριφοράς έχει τιμές λίγο μεγαλύτερες από 1,0 και μικρότερες από 1,5.

Σε κτίρια με σημαντική επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών, προτείνεται εφαρμογή στατικής ανελαστικής ανάλυσης σε συνδυασμό με δυναμική ελαστική ανάλυση, έτσι πραγματοποιούνται όλοι οι έλεγχοι και με τις δυο μεθόδους. Ενώ επιτρέπεται αύξηση κατά 25% των τιμών των παραμέτρων που υπεισέρχονται στα κριτήρια ελέγχου.

3.3.3 Τοπικοί δείκτες πλαστιμότητας m

Στις κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων, η διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα, εκτιμάται μέσω των δεικτών m .

Στη στάθμη επιτελεστικότητας (Α), ο φέρων οργανισμός έχει σχεδόν ελαστική συμπεριφορά και δεν αναπτύσσει μετελαστικές παραμορφώσεις ή έντονες βλάβες.

Στην ενδιάμεση στάθμη επιτελεστικότητας (Β), ο φέρων οργανισμός μπορεί να αναπτύξει σημαντικές και εκτεταμένες μετελαστικές παραμορφώσεις, αλλά πρέπει να διαθέτει επαρκή και αξιόπιστα περιθώρια έναντι ενδεχόμενης εξάντλησης των παραμορφώσεων αστοχίας που διαθέτει.

Στην τελευταία στάθμη επιτελεστικότητας (Γ), ο φέρων οργανισμός αναπτύσσει μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις και επιτρέπεται να φτάσει και σε εξάντληση των διαθέσιμων παραμορφώσεων αστοχίας, για πολλά δομικά στοιχεία χωρίς όμως να καταρρεύσει υπό τα φορτία βαρύτητας.

Σε κτίρια με σημαντική επιρροή ανώτερων ιδιομορφών, προτείνεται εφαρμογή ανελαστικής στατικής ανάλυσης σε συνδυασμό με ελαστική δυναμική ανάλυση, έτσι πραγματοποιούνται όλοι οι έλεγχοι και με τις δυο μεθόδους. Ενώ επιτρέπεται αύξηση κατά 25% των τιμών των δεικτών m που υπεισέρχονται στα κριτήρια ελέγχου.

3.3.4 Ανάλυση πριν και μετά την επέμβαση

Για να προσδιορίσουμε τα εντατικά μεγέθη και την παραμόρφωση του κτιρίου, είναι απαραίτητη η ανάλυσή του για τους συνδυασμούς δράσεων. Με βάση τα εντατικά μεγέθη και τις παραμορφώσεις που προκύπτουν από την ανάλυση με μία από τις συνιστώμενες μεθόδους, γίνονται οι αντίστοιχοι έλεγχοι ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.

Μέθοδοι ανάλυσης

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση είναι :

- Ελαστική στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη πλαστιμότητας (m)
- Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη πλαστιμότητας (m)
- Ανελαστική στατική ανάλυση
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ, λ

3.4.1 Δείκτης ανεπάρκειας δομικού στοιχείου

Για να προσδιοριστεί το μέγεθος και η κατανομή των απαιτήσεων ανελαστικής συμπεριφοράς στα πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία του φορέα ανάληψης των σεισμικών δράσεων, είναι απαραίτητη μια προκαταρκτική ελαστική ανάλυση του κτιρίου έτσι ώστε για κάθε στοιχείο του να υπολογισθούν οι λόγοι $\lambda = S_E / R_m$, όπου

S_E : το εντατικό μέγεθος (ροπή) λόγω των δράσεων του σεισμικού συνδυασμού, όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται χωρίς μείωση, $q=1$
 R_m : η αντίστοιχη διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου, υπολογιζόμενη με βάση τις μέσες τιμές των αντοχών των υλικών.

Οι λόγοι λ θα υπολογίζονται τόσο για την αποτίμηση όσο και για τον ανασχεδιασμό, σε κάθε πρωτεύον φέρον στοιχείο. Ο μεγαλύτερος λόγος λ για ένα επιμέρους στοιχείο σε έναν όροφο θα θεωρείται κρίσιμος λόγος λ για τον όροφο.

3.4.2 Μορφολογική κανονικότητα

Το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Το κτίριο θεωρείται ως μορφολογικά κανονικό όταν ικανοποιούνται οι συνθήκες που αναφέρονται στον ΕΚ 8-1. Πιο συγκεκριμένα, για τα υφιστάμενα κτίρια μπορούν εναλλακτικά να ικανοποιούνται όλες οι παρακάτω συνθήκες :

- Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης, σεισμικών δράσεων δε διακόπτεται καθ' ύψος ούτε συνεχίζει σε διαφορετικό φάτνωμα.
- Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δε συνεχίζει στον γειτονικό όροφο σε εκτός επιπέδου εσοχή.

Το κτίριο δε περιλαμβάνει όροφο του οποίου ο μέσος δείκτης ανεπάρκειας λ_k υπερβαίνει το 150% του μέσου δείκτη ανεπάρκειας ενός γειτονικού ορόφου, όπου

$$\lambda_k = \frac{\sum_1^n \lambda_i V_{Si}}{\sum_1^n V_{Si}} \quad \text{με } \lambda_i \text{ να είναι ο δείκτης ανεπάρκειας για το κύριο στοιχείο } i \text{ του ορόφου,}$$

V_{Si} είναι η αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα και n ο αριθμός των κύριων στοιχείων του ορόφου k .

- Το κτίριο δε περιλαμβάνει όροφο του οποίου για μια δεδομένη διεύθυνση της σεισμικής δράσης, το πηλίκο του λόγου λ στοιχείου που βρίσκεται στη μια πλευρά του ορόφου, προς τον αντίστοιχο λόγο στοιχείου που βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη πλευρά υπερβαίνει το 1,5.

3.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ Η ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ύστερα από όλες τις απαραίτητες ενέργειες που περιγράφηκαν προηγουμένως, ακολουθεί η ανάλυση, ελαστική ή ανελαστική σύμφωνα με την ισχύουσα περίπτωση.

3.5.1 Ελαστικές μέθοδοι

Στις ελαστικές μεθόδους, η αντίσταση στις δυνάμεις ανατροπής θα προέρχεται από τη σταθεροποιητική δράση των μόνιμων φορτίων που δρουν είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα της σύνδεσης των δομικών στοιχείων με άλλα υποκείμενα στοιχεία του κτιρίου. Ο έλεγχος των στοιχείων της θεμελίωσης θα γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τα αυξημένα θλιπτικά φορτία που προκύπτουν στην περιοχή του άκρου γύρω από το οποίο ο φορέας τείνει να ανατραπεί.

3.5.2 Ανελαστικές μέθοδοι

Στις ανελαστικές μεθόδους η επιρροή της ανύψωσης στην εφελκυσόμενη πλευρά του φορέα ή του λικνισμού του φορέα, θα προσομοιώνεται άμεσα εισάγοντας τους αντίστοιχους μη-γραμμικούς βαθμούς ελευθερίας. Η ικανότητα των στοιχείων πάνω και κάτω από το επίπεδο της ανύψωσης ή του λικνισμού συμπεριλαμβανομένων και αυτών της θεμελίωσης, θα ελέγχεται για κάθε ανακατανομή δυνάμεων ή παραμορφώσεων την οποία συνεπάγεται η ανύψωση ή ο λικνισμός.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτενέστερη αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης.

3.6 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

3.6.1 Εισαγωγή

Κάθε επέμβαση σε μια υπάρχουσα κατασκευή, με ή χωρίς βλάβες, στοχεύει στην εξυπηρέτηση του ανασχεδιασμού. Αυτό πραγματοποιείται με την προσθήκη νέων υλικών ή στοιχείων σε υφιστάμενα δομικά στοιχεία, με την οποία θεωρείται ότι αποκαθίσταται σχεδόν μονολιθική συνεργασία παλαιών και νέων υλικών.

Οι απαιτούμενες κάθε φορά συνδέσεις παλαιών και νέων υλικών οφείλουν να ελέγχονται ώστε στη διεπιφάνεια να ισχύει η σχέση $R_{id} \geq S_{id}$ όπου :

R_{id} : η αντίσταση της υπόψη σύνδεσης στη σχετική διεπιφάνεια

S_{id} : αντίστοιχη δύναμη που δρα στην υπόψη διεπιφάνεια, όπως υπολογίζεται από τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού τα οποία ενεργούν στη περιοχή.

Οι επιστρατευόμενες αντιστάσεις των επιμέρους τμημάτων των διεπιφανειών των στοιχείων που προκύπτουν μετά την επέμβαση, ελέγχονται με βάση τις απαιτήσεις των ανάλογων Κανονισμών για κάθε υλικό, λαμβάνοντας υπόψη τις μετακινήσεις στις διεπιφάνειες.

Οι αυξημένες αβεβαιότητες που έχουν σχέση με τις αντιστάσεις κατά τη διαστασιολόγηση των στοιχείων μετά την επέμβαση, υπολογίζονται μέσω ειδικών επιμέρους συντελεστών ασφαλείας γ_{Rd} όπου αυτό απαιτείται.

Η αστοχία του ενισχυμένου στοιχείου πρέπει να προηγείται της αστοχίας των διεπιφανειών παλαιών προς νέα υλικά, γι αυτό ο έλεγχος αντοχής της διεπιφάνειας θα πραγματοποιείται για εντατικά μεγέθη πολλαπλασιασμένα με συντελεστή $\gamma_{sd}=1,35$.

3.6.2 Αντίσταση διεπιφάνειας

Η αντίσταση μιας διεπιφάνειας μπορεί να είναι αντίσταση σε θλίψη ή αντίσταση σε εφελκυσμό ή διατμητική αντίσταση.

Αντίσταση διεπιφάνειας σε θλίψη

Οι αντιστάσεις διεπιφάνειας σε θλίψη υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη θλιπτική αντοχή του ασθενέστερου υλικού εκατέρωθεν της διεπιφάνειας, με την προϋπόθεση ότι έχουν συμπληρωθεί όλα τα κενά ή οι ρωγμές μέσω κατάλληλης τεχνικής και υλικού.

Αντίσταση διεπιφάνειας σε εφελκυσμό

Οι αντιστάσεις διεπιφάνειας σε εφελκυσμό υπολογίζονται βάσει των παρακάτω κριτηρίων :

- Υπό ορισμένες αξιόπιστες και πλήρως ελέγξιμες συνθήκες εφαρμογής και ειδικής συντήρησης, επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη η εφελκυστική αντοχή αποκόλλησης του σκυροδέματος προς το πρόσθετο υλικό.
- Όταν δεν πληρούνται οι συνθήκες της προηγούμενης παραγράφου, η εφελκυστική αντίσταση στη διεπιφάνεια διασφαλίζεται μέσω πρόσθετων καταλλήλως αγκυρωμένων αγκυριών.

Διατμητική αντίσταση διεπιφάνειας

Οι διατμητικές αντιστάσεις στις διεπιφάνειες υπολογίζονται ως εξής:

1. Για την ανεκτή τιμή σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες, υπολογίζονται οι αντιστάσεις οι οποίες επιστρατεύονται από το σύνολο των διαθέσιμων μηχανισμών στη διεπιφάνεια.
2. Λαμβάνεται υπόψη η τυχόν αλληλόδραση μεταξύ των πιο πάνω μηχανισμών.
3. Ανάλογα με τη θέση και την κρισιμότητα των περιοχών που είναι υπό έλεγχο, του διαστασιολογούμενου δομικού στοιχείου, λαμβάνεται υπόψη η τυχόν εξασθένηση των πιο πάνω μηχανισμών λόγω ανακύκλισης των επιβαλλομένων δράσεων.
4. Επιτρέπεται ο υπολογισμός της συνολικής αντίστασης, αθροίζοντας τις μέγιστες τιμές αντίστασης του κάθε διαθέσιμου μηχανισμού, μειωμένες μέσω κατάλληλων συντελεστών συμμετοχής μικρότερων της μονάδας.
5. Η μέγιστη ανηγμένη διατμητική δύναμη στη διεπιφάνεια δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την διατμητική αντοχή ψαλιδισμού του ασθενέστερου σκυροδέματος $\tau_d \leq 0.30 \cdot f_{cd}$

3.6.3 Εντατικά μεγέθη που δρουν στη διεπιφάνεια

Ο υπολογισμός των εντατικών μεγεθών που δρουν στις διεπιφάνειες οι οποίες περιέχονται στην υπό διαστασιολόγηση κρίσιμη περιοχή, υπολογίζονται με βάση την συμβατή προς τον στόχο σχεδιασμού ανάλυση του φορέα.

3.6.4 Μέγιστα και ελάχιστα

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες απαιτήσεις για κάθε είδος επέμβασης διατυπώνονται κατά περίπτωση στις σχετικές παραγράφους του παρόντος Κανονισμού, όπου αυτό απαιτείται.

3.7 ΝΕΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.7.1 Φάση αποτίμησης

Έκθεση συλλογής στοιχείων και πληροφοριών

Η Έκθεση πρέπει να περιέχει όλα τα διατιθέμενα στοιχεία, οι γενικές πληροφορίες και το ιστορικό ως προς :

- Τα διαθέσιμα στοιχεία μελετών
- Την οικοδομική άδεια
- Τις βλάβες ή φθορές
- Τυχόν προηγούμενες επεμβάσεις, προσθήκες κ.λ.π

Έκθεση αποτύπωσης-τεκμηρίωσης

Στην Έκθεση αποτύπωσης-τεκμηρίωσης πρέπει να περιέχονται όλες οι ενέργειες και τα αποτελέσματά τους για την αποτύπωση και τεκμηρίωση του δομήματος.

Γενικά σχέδια αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού και παρουσίασης των βλαβών

Συντάσσονται σχέδια του φέροντος οργανισμού, τα οποία θα πρέπει να ανταποκρίνονται σε όσα εφαρμόστηκαν κατά την κατασκευή του δομήματος. Στα σχέδια αυτά επισημαίνονται όσο αναλυτικότερα γίνεται οι τυχόν βλάβες ή φθορές που έχει υποστεί. Εάν δεν υπάρχουν τα αντίστοιχα σχέδια της άδειας κατασκευής συντάσσονται και αρχιτεκτονικά σχέδια του δομήματος όπου παρουσιάζεται ο οργανισμός πλήρωσης με τις πιθανές βλάβες ή φθορές.

Έκθεση αποτίμησης φέρουσας ικανότητας

Συντάσσεται Έκθεση με αναλυτική αναφορά στις παραδοχές αποτίμησης φέρουσας ικανότητας στη στάθμη επιτελεστικότητας, σύμφωνα με όσα αποτυπώθηκαν, με αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών όπως και υπολογιστικούς ελέγχους όπου αυτοί είναι απαραίτητοι. Στην Έκθεση αυτή αναφέρεται και συνεκτιμάται η Στάθμη Αξιοπιστίας των Δεδομένων καθώς και το έδαφος θεμελίωσης.

Έκθεση λήψης αποφάσεων – Προτάσεις επεμβάσεων

Με όσα προέκυψαν από την αποτίμηση, συντάσσεται Έκθεση με τις προτάσεις επεμβάσεων σύμφωνα με τις αποφάσεις που θα παρθούν. Στις προτάσεις αυτές πρέπει να περιέχονται η επιδιωκόμενη στάθμη επιτελεσματικότητας, το πόσο εφικτές και οικονομικές είναι οι επεμβάσεις σε σχέση με το σύνολο του κόστους της καθαίρεσης και ανακατασκευής του δομήματος.

Τεύχη υπολογισμών, αναλύσεων και ελέγχων

Όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, σχέδια και τεχνικές εκθέσεις, πρέπει να τεκμηριώνονται από τεύχη υπολογισμών, αναλύσεων και ελέγχων. Στα τεύχη αυτά πρέπει να περιλαμβάνονται οι παραδοχές αποτίμησης, τα φορτία, τα χαρακτηριστικά των υλικών, τα προσομοιώματα των αναλύσεων όπως και συνοπτική περιγραφή του λογισμικού που έχει χρησιμοποιηθεί.

3.7.2 Φάση ανασχεδιασμού*Έκθεση εφαρμογής επεμβάσεων*

Η Έκθεση εφαρμογής επεμβάσεων πρέπει να περιέχει :

- Κατάλογο με αριθμούς και περιγραφή σχεδίων και τευχών που συνοδεύουν τη μελέτη.
- Περιγραφή υφιστάμενου φέροντος οργανισμού.
- Περιγραφή βλαβών και φθορών.
- Παραδοχές μελέτης και υλικών επεμβάσεων και Κανονισμοί που εφαρμόζονται.
- Συνοπτική περιγραφή επεμβάσεων.
- Περιγραφή μέτρων ασφαλείας που πρέπει να ληφθούν κατά τη διάρκεια του έργου.
- Περιγραφή προεργασιών.
- Αναλυτική περιγραφή των στοιχείων των επεμβάσεων και της σύνδεσής τους με τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό.
- Οποιοδήποτε άλλο στοιχείο που είναι απαραίτητο για την εφαρμογή των επεμβάσεων.

Γενικά σχέδια περιγραφής των επεμβάσεων

Όλες οι επεμβάσεις που προτείνονται πρέπει να περιγράφονται σε σχέδια συμβατά με τις τεχνικές εκθέσεις.

Σχέδια λεπτομερειών

Όλες οι επεμβάσεις που προτείνονται είναι απαραίτητο να καλύπτονται από σχέδια που θα περιγράφουν με λεπτομέρειες όλα τα στοιχεία των κατασκευών. Στα σχέδια αυτά πρέπει να επισημαίνονται απαραίτητως η σύνδεση των νέων δομικών στοιχείων, αν αυτά προβλέπονται, με τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό.

Πρότυπα υλικών, προδιαγραφές εργασιών και απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου

Στην Έκθεση εφαρμογής των επεμβάσεων, θα πρέπει να αναφέρονται αναλυτικά τα πρότυπα των υλικών που προτείνονται να χρησιμοποιηθούν όπως και οι τεχνικές προδιαγραφές των εργασιών. Επίσης πρέπει να αναφέρονται με αναλυτικό τρόπο οι απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου κατά τη διάρκεια της κατασκευής, είτε στο έργο είτε σε αναγνωρισμένο εργαστήριο.

Έκθεση μέτρων συντήρησης

Στο τεύχος της Έκθεσης εφαρμογής των επεμβάσεων πρέπει να αναφέρονται προβλέψεις για απαιτούμενα μέτρα συντήρησης μετά το τέλος των εργασιών των επεμβάσεων και κατά τη διάρκεια της προβλεπόμενης τεχνικής διάρκειας ζωής του έργου. Η Έκθεση αυτή πρέπει να παραδίδεται στον κύριο του έργου κατά την παραλαβή του έργου.

Τεύχη υπολογισμών, αναλύσεων και ελέγχων

Όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, σχέδια και τεχνικές εκθέσεις, πρέπει να τεκμηριώνονται από τεύχη υπολογισμών, αναλύσεων και ελέγχων. Στα τεύχη αυτά πρέπει να περιλαμβάνονται οι παραδοχές αποτίμησης, τα φορτία, τα χαρακτηριστικά των υλικών, τα προσομοιώματα των αναλύσεων όπως και συνοπτική περιγραφή του λογισμικού που έχει χρησιμοποιηθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Τα δρώντα εντατικά μεγέθη ή και οι απαιτούμενες πλαστικές γωνίες στροφής όλων των δομικών στοιχείων του κτιρίου υπό τον σεισμό σχεδιασμού και τους προβλεπόμενους άλλους συνδυασμούς δράσεων, προσδιορίζονται μέσω κατάλληλων αναλυτικών μεθόδων.
Για τον προσδιορισμό των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών, η γειτνίαση με άλλα κτίρια επιτρέπεται να αγνοείται.
- Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης θα γίνεται με βάση τη σπουδαιότητα και τις τυχόν βλάβες ή φθορές του κτιρίου, καθώς και τα διαθέσιμα δεδομένα για τις διατομές και τις αντοχές των δομικών στοιχείων. Όποτε αυτό είναι δυνατό, συνιστάται η βαθμονόμηση των μεθόδων αυτών, μέσω σύγκρισης με τη συμπεριφορά κτιρίων που έχουν ήδη μελετηθεί με τις αντίστοιχες μεθόδους.
- Όπου απαιτείται, θα εφαρμόζονται και *αυξητικοί συντελεστές ασφαλείας γ_{sd}* για τις πρόσθετες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων ανάλυσης.

4.1 ΣΥΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Η συνεκτίμηση των τοιχοποιιών πλήρωσης στον ανασχεδιασμένο φορέα μπορεί να γίνει υπό τους όρους:

- Οι τοιχοποιίες πλήρωσης δεν επιτρέπεται να συνεκτιμώνται στην ανάληψη μη σεισμικών δράσεων.*

Για τον υπολογισμό της έντασης του φορέα λόγω μη σεισμικών δράσεων, (π.χ. λόγω κατακόρυφων φορτίων), θα χρησιμοποιούνται προσομοιώματα χωρίς τοίχους πλήρωσης ή προσομοιώματα που δεν θα προκαλούν ένταση στους τοίχους πλήρωσης.

- Οι τοιχοποιίες πλήρωσης συνιστάται να συνεκτιμώνται στην ανάληψη σεισμικών δράσεων.*

Η συνεκτίμηση των τοιχοποιιών πλήρωσης εν γένει συμβάλλει στην ακριβέστερη προσέγγιση της συμπεριφοράς του δομήματος υπό τις σεισμικές δράσεις ιδίως κατά τη φάση της αποτίμησης.

- Οι τοιχοποιίες πλήρωσης συνεκτιμώνται υποχρεωτικώς στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, όταν αυτό συνεπάγεται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό σε γενικό ή τοπικό επίπεδο.*

Η εκτίμηση της δυσμενούς ή ευμενούς επιρροής των τοιχοπληρώσεων γίνεται από τον μελετητή Μηχανικό, επισημαίνεται όμως η δυσκολία της εκτίμησης, ιδίως όταν δεν

διατίθενται στοιχεία αναλύσεων και υπολογισμών. Συνεπώς, η εκτίμηση αυτή θα είναι ασφαλέστερη εάν εξ αρχής εισαχθούν οι τοιχοπληρώσεις στα προσομοιώματα των αναλύσεων.

- iv. Για τις προϋποθέσεις εφαρμογής των ανωτέρω, τις περιπτώσεις απαλλαγής κλπ.
- v. Ο παρών Κανονισμός δεν αναφέρεται σε φέρουσες τοιχοποιίες που έχουν κατασκευαστεί ταυτόχρονα με τον σκελετό.

Στις περιπτώσεις αυτές οι τοιχοποιίες συνδέονται με τον σκελετό πρακτικώς μονολιθικά, και έτσι συμμετέχουν και στην ανάληψη μη σεισμικών δράσεων.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό ενός κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις παρακάτω μεθόδους ανάλυσης. Το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου ανάλυσης συναρτάται με την εκπλήρωση μιας σειράς προϋποθέσεων, κανονικότητας κυρίως.

4.2.1 Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση

με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς ή πλαστιμότητας, ανεξαρτήτως στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων και υπό τις εξής προϋποθέσεις .

Ορισμοί

Δείκτης ανεπάρκειας δομικού στοιχείου:

Οι δείκτες ανεπάρκειας λ , στους οποίους έχει γίνει αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο, (κεφάλαιο 3) συμπίπτουν, πρακτικώς, με τους λόγους “ ρ ” του ΕΚ 8-3, αν $\rho_{min} = 1$. Στο προσομοίωμα για την ανάλυση αυτή θα συμπεριλαμβάνονται γενικώς και τα δευτερεύοντα στοιχεία, ενώ για τις τοιχοπληρώσεις ισχύουν τα αναφερόμενα παραπάνω, χωρίς πάντως να απαιτείται υπολογισμός των δεικτών λ για τα δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία ή τα στοιχεία τοιχοπλήρωσης καθαυτά.

Οι λόγοι λ υπολογίζονται μόνο με βάση τις αντοχές σε κάμψη, αφενός για συντόμηση των σχετικών υπολογισμών και αφετέρου διότι, ακόμη και στην περίπτωση που επιλεγεί (συνεκτιμώντας και τις τιμές των λ) ελαστική μέθοδος ανάλυσης, οι έλεγχοι σε τέμνουσα γίνονται με ικανοτική θεώρηση, άρα ελέγχεται η απαίτηση $\lambda < 1$ για την ικανοτική τέμνουσα. Οι λόγοι λ , πέραν του ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ορισμό της κανονικότητας, δίνουν και μια πρώτη εικόνα της αντίστασης του κτιρίου σε σεισμό. Π.χ. αν $\lambda > 4$ για μεγάλο αριθμό στοιχείων (άνω του 1/3 του συνόλου), είναι σαφής η ανεπάρκεια και θα περίπτευε περαιτέρω αποτίμηση του κτιρίου. Στην περίπτωση των κατακόρυφων στοιχείων που επιπονούνται σε διαξονική κάμψη με αξονική δύναμη, ο λόγος λ (για κάμψη και ορθή δύναμη) είναι πιο εύκολο να υπολογίζεται ως ο λόγος του απαιτούμενου διαμήκους οπλισμού που προκύπτει με βάση τις ροπές (στις δύο διευθύνσεις) και τις αξονικές δυνάμεις οι οποίες αντιστοιχούν στη δράση SE του σεισμικού συνδυασμού, προς τον αντίστοιχο υπάρχοντα.

Για τον προσδιορισμό του κρίσιμου λόγου ορόφου δεν είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι δοκοί εκτός εάν πρόκειται για δοκούς κυρίων πλαισίων σε αμιγώς πλαισιακά συστήματα.

Μορφολογική κανονικότητα

Το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου, εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά του υπό σεισμικές δράσεις. Το κτίριο θεωρείται ως μορφολογικά κανονικό όταν ικανοποιούνται οι αναφερόμενες στον ΕΚ 8-1 συνθήκες. Ειδικότερα, για τα υφιστάμενα κτίρια μπορούν εναλλακτικά να ικανοποιούνται όλες οι παρακάτω συνθήκες:

- Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν διακόπτεται καθ' ύψος ούτε συνεχίζει σε διαφορετικό φάτνωμα.
- Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν συνεχίζει στον γειτονικό όροφο σε εκτός επιπέδου εσοχή.
- Το κτίριο δεν περιλαμβάνει όροφο του οποίου ο μέσος δείκτης ανεπάρκειας λ_k υπερβαίνει το 150% του μέσου δείκτη ανεπάρκειας ενός γειτονικού (υποκείμενου ή υπερκείμενου) ορόφου, όπου :

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_1^n \lambda_i V_{Sd}}{\sum_1^n V_{Sd}}$$

Στη σχέση αυτή, λ_i είναι ο δείκτης ανεπάρκειας για το κύριο στοιχείο i του ορόφου, V_{Sd} είναι η αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα (από ελαστική ανάλυση για $q=1$), και n ο αριθμός των κύριων στοιχείων του ορόφου 'κ'.

Ο όροφος k του οποίου ο λόγος $\lambda_k > 1.5\lambda_{k-1}$ ή $\lambda_k > 1.5\lambda_{k+1}$ ονομάζεται καμπτοδιατμητικώς ασθενής όροφος. Η συνθήκη αυτή δεν είναι απαραίτητο να ελέγχεται όταν $\lambda_k < 1.0$.

Ως κύρια στοιχεία νοούνται τα πρωτεύοντα φέροντα στοιχεία.

- Το κτίριο δεν περιλαμβάνει όροφο του οποίου, για μια δεδομένη διεύθυνση της σεισμικής δράσης, το πηλίκο του λόγου λ στοιχείου που βρίσκεται στη μια πλευρά του ορόφου, προς τον αντίστοιχο λόγο στοιχείου που βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη πλευρά (του ορόφου) υπερβαίνει το 1.5. Ο κανόνας αυτός αφορά ορόφους των οποίων το υπερκείμενο διάφραγμα δεν είναι ευπαραμόρφωτο εντός του επιπέδου του.
Ένας τέτοιος όροφος ονομάζεται στρεπτικώς ασθενής όροφος.

Προϋποθέσεις εφαρμογής

Η εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται υπό τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στον ΕΚ 8-3. Ειδικότερα για τα κτίρια της χώρας μας, ισχύουν τα εξής:

Η εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται (για στάθμες επιτελεστικότητας Β ή Γ) όταν ικανοποιείται το σύνολο των παρακάτω συνθηκών:

- Για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2.5$, ή για ένα ή περισσότερα από αυτά προκύπτει $\lambda > 2.5$.
- Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου T_0 είναι μικρότερη του $4 T_c$ ή $2s$.
- Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό όροφο δεν υπερβαίνει το 1.5 (εξαιρούνται ο τελευταίος όροφος και τα προσαρτήματα). Ως κριτήριο αυτής της προϋπόθεσης, στην περίπτωση που το διάφραγμα δεν είναι ευπαραμόρφωτο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κανόνας το σχετικό βέλος ορόφων σε οποιαδήποτε πλευρά του κτιρίου να μην υπερβαίνει το 150% του μέσου σχετικού βέλους.
- Το κτίριο δεν παρουσιάζει έντονα ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας σε κάτοψη, σε οποιονδήποτε όροφο. Ως κριτήριο αυτής της προϋπόθεσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κανόνας το μέσο σχετικό βέλος ενός ορόφου να μην υπερβαίνει το 150% του σχετικού βέλους του υποκείμενου ή του υπερκείμενου ορόφου. Το κτίριο δεν παρουσιάζει έντονα ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας σε κάτοψη, σε οποιονδήποτε όροφο.
- Το κτίριο σε καθ' ύψος τομή δεν παρουσιάζει ασύμμετρη κατανομή της μάζας ή της δυσκαμψίας. Δεν απαιτείται έλεγχος της συνθήκης αυτής σε επαρκή μικτά συστήματα.
- Το κτίριο διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων σε δύο περίπου κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.

Ανεξαρτήτως της ισχύος των παραπάνω συνθηκών, αλλά υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για τους σκοπούς της αποτίμησης η εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου. Στην περίπτωση αυτή οι συντελεστές ασφαλείας προσομοιώματος γ_{sd} αυξάνονται κατά 0,15.

Βάσεις της μεθόδου

Η προσομοίωση κτιρίων θα γίνεται με θεώρηση «ελαστικής» δυσκαμψίας και ιξώδους απόσβεσης που να αντιστοιχούν στην πρώτη διαρροή των στοιχείων. Η ανάλυση για ισοδύναμα στατικά φορτία θα γίνεται για τον υπολογισμό των δυνάμεων και των παραμορφώσεων.

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης, θα γίνονται οι αντίστοιχοι έλεγχοι ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.

Προσδιορισμός της ιδιοπεριόδου

Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος εκτιμάται μέσω ιδιομορφικής ανάλυσης κατάλληλου προσομοιώματος του κτιρίου. Εναλλακτικά επιτρέπεται η χρήση της μεθόδου Rayleigh-Ritz ή και αξιόπιστων εμπειρικών σχέσεων. Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος μπορεί να εκτιμάται με βάση αξιόπιστες σχέσεις της βιβλιογραφίας. Για τα κτίρια της χώρας μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η παρακάτω εμπειρική σχέση:

$$T_0 = C_t h_n \beta$$

όπου, για κτίρια από ΟΣ, $C_t = 0.052$ και $\beta = 0.90$

Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων

Το συνολικό οριζόντιο (ψευδοστατικό) φορτίο θα κατανέμεται καθ' ύψος με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1 και θα υπολογίζεται με βάση τα παρακάτω:

Υπολογισμός ισοδύναμων στατικών φορτίων στη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς.

Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q), το συνολικό οριζόντιο φορτίο (τέμνουσα βάσεως) σε μια διεύθυνση του κτιρίου θα υπολογίζεται με βάση τον ΕΚ 8-1 και όσα ειδικότερα αναφέρονται στον παρόντα Κανονισμό.

Υπολογισμός ισοδύναμων στατικών φορτίων στη μέθοδο των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας.

α. Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m), η τέμνουσα βάσεως σε κάθε διεύθυνση του κτιρίου θα υπολογίζεται κατά τρόπον ώστε να προσεγγίζονται με επαρκή ακρίβεια οι μετακινήσεις, λαμβανομένης υπόψη την ανελαστική συμπεριφορά των επιμέρους δομικών στοιχείων, και τον ρόλο των ανώτερων ιδιομορφών.

Η μέθοδος με βάση τον καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) οδηγεί σε αποτελέσματα παρόμοια ή συντηρητικότερα εκείνων που προκύπτουν από τη μεθοδολογία των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m) και συνιστάται η εφαρμογή της σε φορείς που δεν παρουσιάζουν έντονη ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων (όπως π.χ. συμβαίνει στην περίπτωση κτιρίων με ασθενή όροφο). Για τους φορείς όπου αναμένεται έντονη ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων συνιστάται να εφαρμόζεται η μέθοδος των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m).

β. Για την εφαρμογή της απαίτησης της § α, όταν δεν υιοθετούνται ακριβέστερες προσεγγίσεις, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της ακόλουθης σχέσης για τον υπολογισμό της τέμνουσας βάσης:

$$V = C_1 C_m \Phi_e W,$$

όπου :

C₁: Συντελεστής που συσχετίζει την αναμενόμενη μέγιστη ανελαστική μετακίνηση με τις μετακινήσεις που υπολογίζονται από γραμμική ελαστική ανάλυση, και απλοποιητικώς λαμβάνεται ίσος με 1.

C_m: Συντελεστής δρώσας μάζας (για συνεκτίμηση ανώτερων ιδιομορφών), που μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0,85.

Φ_e: Η φασματική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T .

W: Το βάρος που αντιστοιχεί στη συνολικά ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

Οι μετακινήσεις του φορέα λαμβάνονται απευθείας από την επίλυση για τις δυνάμεις που προκύπτουν από τη σεισμική δράση που αντιστοιχεί στην τέμνουσα βάση, ενώ οι δυνάμεις προκύπτουν με διαίρεση των αντίστοιχων εντατικών μεγεθών με τους συντελεστές m .

Κατανομή των σεισμικών φορτίων

Η κατανομή των σεισμικών φορτίων καθ' ύψος θα γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ 8-1. Δεν απαιτείται λογιστικός έλεγχος στην περίπτωση διαφραγμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα .

Δυνάμεις στα διαφράγματα

Όταν γίνεται λογιστικός έλεγχος, τα διαφράγματα θα ελέγχονται είτε με βάση τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από προσομοίωση στην οποία συμπεριλαμβάνεται το διάφραγμα, είτε με αυτοτελές προσομοίωμα για τη συνδυασμένη δράση των αδρανειακών δυνάμεων και εκείνων που δημιουργούνται λόγω εσοχών ή ασυνεχειών στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω από το διάφραγμα.

Όταν τα διαφράγματα δεν περιλαμβάνονται άμεσα στο προσομοίωμα, οι αδρανειακές δυνάμεις του διαφράγματος μπορεί να υπολογιστούν από τη σχέση :

$$F_{px} = \sum_{i=x}^a F_i \frac{m_x}{\sum_{i=x}^a m_i}$$

όπου

F_{px} η συνολική αδρανειακή δύναμη του διαφράγματος στο επίπεδο x , και τα F_i , m_i , m_x ορίζονται όπως στον ΕΚ 8-1.

Δηλαδή θα ελέγχεται η αντοχή τους και όχι η ικανότητα παραμόρφωσης.

Στα διαφράγματα που δέχονται δυνάμεις λόγω ασυνεχειών της δυσκαμψίας των κατακόρυφων στοιχείων, ο έλεγχος θα γίνεται σε όρους δυνάμεων.

4.2.2 Ελαστική δυναμική ανάλυση

με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες, υπό προϋποθέσεις και ανεξαρτήτως στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων. Η εφαρμογή της ελαστικής δυναμικής μεθόδου επιτρέπεται υπό τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στον ΕΚ 8-3. Ειδικότερα για τα κτίρια της χώρας μας, ισχύουν εναλλακτικά οι παρακάτω αναφερόμενες προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές δεν είναι απαραίτητες για στάθμη επιτελεστικότητας Α.

Προϋποθέσεις εφαρμογής

Το πεδίο εφαρμογής της δυναμικής ελαστικής μεθόδου ορίζεται από τη συνθήκη πως για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2,5$. Για τις ελαστικές μεθόδους δεν τίθενται προϋποθέσεις εφαρμογής σχετιζόμενες με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.

Ανεξαρτήτως της ισχύος των συνθηκών της προηγούμενης παραγράφου, αλλά υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για τους σκοπούς της αποτίμησης η εφαρμογή της δυναμικής ελαστικής μεθόδου. Στην περίπτωση αυτή οι συντελεστές ασφαλείας προσομοιώματος γ_{sd} αυξάνονται κατά 0,15.

Βάσεις της μεθόδου

Στην προσομοίωση των κτιρίων, οι τιμές της γραμμικής ελαστικής δυσκαμψίας και της ιξώδους απόσβεσης θα αντιστοιχούν σε απόκριση των δομικών στοιχείων κοντά στο όριο διαρροής τους. Γι' αυτό, οι τιμές των δυνάμεων διαρροής των στοιχείων θα εκτιμώνται με βάση τις μέσες τιμές των αντοχών των υλικών.

Προσομοίωση και ανάλυση

Γενικά στην ελαστική δυναμική ανάλυση θα εισάγεται ως σεισμική δράση είτε το φάσμα σχεδιασμού του ΕΚ 8-1, είτε χρονοϊστορίες επιταχύνσεων βάσεως συμβατές με το φάσμα αυτό (σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ 8-1).

Μέθοδος φάσματος απόκρισης

Η δυναμική ανάλυση για τον προσδιορισμό των μέγιστων τιμών που αντιστοιχούν σε κάθε ιδιομορφή θα γίνεται με βάση τη μέθοδο της φασματικής ιδιομορφικής ανάλυσης, χρησιμοποιώντας επαρκή αριθμό ιδιομορφών, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΚ 8-1. Οι μέγιστες τιμές εντατικών μεγεθών, μετακινήσεων, δυνάμεων ορόφων, τεμνουσών ορόφων, τεμνουσών βάσεως για κάθε ιδιομορφή, συνδυάζονται με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1. Η χωρική επαλληλία των ανωτέρω μεγεθών γίνεται με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1.

Μέθοδος χρονοϊστορίας της απόκρισης

Η ανάλυση με τη μέθοδο της χρονοϊστορίας της απόκρισης θα γίνεται για επιταχυνσιογραφήματα βάσεως από πραγματικές καταγραφές ή για συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα.

Το μητρώο απόσβεσης θα περιγράφει τα χαρακτηριστικά απόσβεσης του κτιρίου για απόκριση κοντά στο όριο διαρροής των στοιχείων.

Εφόσον χρησιμοποιούνται τουλάχιστον τρία επιταχυνσιογραφήματα, ο έλεγχος θα γίνεται για τη μέγιστη τιμή κάθε εντατικού μεγέθους που προκύπτει από την ανάλυση της χρονοϊστορίας. Εφόσον χρησιμοποιούνται τουλάχιστον επτά επιταχυνσιογραφήματα, επιτρέπεται να γίνεται ο έλεγχος για τη μέση τιμή κάθε μεγέθους. Π.χ. μέγιστες ροπές ή τέμνουσες, και αντίστοιχα αξονικά φορτία.

Η χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων. Εναλλακτικά, επιτρέπεται η ανάλυση προσομοιώματος στον χώρο για ταυτόχρονη δράση ζευγών οριζοντίων συνιστωσών (επιταχυνσιογραφήματων), μίας σε κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου.

Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων

Τροποποίηση των απαιτούμενων μεγεθών

Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q), οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση είτε με βάση τη φασματική ιδιομορφική μέθοδο είτε με βάση τη μέθοδο της χρονοϊστορίας της απόκρισης, θα πολλαπλασιάζονται επί τον συντελεστή συμπεριφοράς (q), ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.

Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m), όλα τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση, είτε με βάση τη φασματική ιδιομορφική μέθοδο είτε με βάση τη μέθοδο της χρονοϊστορίας της απόκρισης, θα αυξάνονται κατάλληλα ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.

Σε όλες τις περιπτώσεις, τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα επαυξάνονται ώστε να συνεκτιμάται η επιρροή της στρέψης.

Διαφράγματα

Τα διαφράγματα θα ελέγχονται για τη συνδυασμένη δράση των δυνάμεων που προκύπτουν από τη δυναμική ανάλυση, καθώς και εκείνων που δημιουργούνται λόγω ασυνεχειών της δυσκαμψίας των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω από το διάφραγμα. Οι δυνάμεις από τη δυναμική ανάλυση δεν επιτρέπεται να λαμβάνονται μικρότερες από το 85% εκείνων που προκύπτουν με βάση τις διατάξεις του ΕΚ 8-1. Οι δυνάμεις λόγω ασυνεχειών στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων θα λαμβάνονται ίσες με τις ελαστικές δυνάμεις χωρίς μείωση, εκτός εάν ακριβέστερη ανάλυση δικαιολογεί χρήση μειωμένων τιμών. Δηλαδή οι δυνάμεις του διαφράγματος θα αντιστοιχούν σε $q=1$, ή, στην περίπτωση χρήσης των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m), δεν χρειάζεται να πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή C_1 .

4.2.3 Ανελαστική στατική ανάλυση

Στην περίπτωση αυτή συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.

Βάσεις της μεθόδου

Σκοπός της ανάλυσης

Κύριος στόχος της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία όταν το κτίριο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός. Για πλαστικά στοιχεία, οι τιμές των παραμορφώσεων αυτών συγκρίνονται απευθείας με τις αντίστοιχες τιμές σχεδιασμού.

Η μέθοδος αναφέρεται ενίοτε και ως μέθοδος ελέγχου των μετακινήσεων. Εκτός από τις τιμές των ανελαστικών παραμορφώσεων, η μέθοδος δίνει και τιμές των δυνάμεων (εντατικών μεγεθών) στα δομικά στοιχεία που έχουν εισέλθει στην μετελαστική περιοχή της απόκρισής τους. Οι τιμές αυτές είναι εν γένει πιο αξιόπιστες από εκείνες που υπολογίζονται με βάση τις ελαστικές μεθόδους.

Βασικές παραδοχές της μεθόδου

Στη στατική ανελαστική ανάλυση το προσομοίωμα του κτιρίου θα συνεκτιμά με άμεσο τρόπο τα μη- γραμμικά χαρακτηριστικά του νόμου δύναμης- παραμόρφωσης των δομικών στοιχείων.

Το προσομοίωμα αυτό θα υποβάλλεται σε οριζόντια φορτία κατανεμημένα κατά τρόπο ανάλογο προς τις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού, τα οποία θα αυξάνονται μονότονα, μέχρις ότου κάποιο δομικό στοιχείο δεν είναι πλέον σε θέση να φέρει τα κατακόρυφα φορτία του. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει η *καμπύλη αντίστασης* του κτιρίου, η οποία χαράσσεται σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης χαρακτηριστικού σημείου του κτιρίου (κόμβος ελέγχου), το οποίο λαμβάνεται στην κορυφή του. Η καμπύλη αυτή αποτελεί τη βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας. Στην πρακτική εφαρμογή της μεθόδου αρκεί η χάραξη της καμπύλης αντίστασης μέχρι ένα σημείο που αντιστοιχεί σε μετακίνηση μεγαλύτερη (π.χ. κατά 50%) από τη στοχευόμενη.

Αφού επιλεγεί η σεισμική δράση (αποτίμησης ή ανασχεδιασμού), ο έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας γίνεται για τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου που αντιστοιχεί στη σεισμική αυτή δράση. Ελέγχεται ότι για τη μετακίνηση αυτή η παραμόρφωση (γωνία στροφής κατά ή μετά τη διαρροή) των πλάστιμων δομικών στοιχείων δεν συνεπάγεται βαθμό βλάβης μεγαλύτερο από εκείνον που γίνεται ανεκτός για τη σκοπούμενη στάθμη επιτελεστικότητας του κτιρίου.

Όταν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός, η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου (*στοχευόμενη μετακίνηση d_i*) που προκαλείται από τη σεισμική δράση (αποτίμησης ή ανασχεδιασμού) μπορεί να εκτιμηθεί με βάση το φάσμα μετακινήσεων που αντιστοιχεί σε πλαστιμότητα συμβατή με τη μετακίνηση του κτιρίου.

Π.χ. ανάλυση της ιστορίας της απόκρισης κατάλληλου προσομοιώματος του κτιρίου, για σειρά σεισμικών διεγέρσεων. Προϋπόθεση για να ισχύει η παραδοχή αυτή είναι η δυναμική απόκριση του κτιρίου να κυριαρχείται από την πρώτη ιδιομορφή.

Για τον προσδιορισμό της στοχευόμενης μετακίνησης επιτρέπεται η χρήση ευρέως αποδεκτών απλοποιητικών μεθόδων, όπως περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους.

Προϋποθέσεις εφαρμογής

Συνιστάται όταν εφαρμόζεται η ανελαστική στατική μέθοδος, να διασφαλίζεται τουλάχιστον «Ικανοποιητική» ΣΑΔ.

Όλες οι μέθοδοι ανάλυσης είναι πρακτικώς εξίσου ευαίσθητες στη διακύμανση των τιμών των βασικών δεδομένων, ενώ το ίδιο ισχύει γενικά και για τους συνακόλουθους ελέγχους ασφαλείας. Συνιστάται ωστόσο, όταν εφαρμόζεται η ανελαστική στατική μέθοδος, να διασφαλίζεται τουλάχιστον «Ικανοποιητική» ΣΑΔ, δεδομένου ότι είναι ευρύτατα διαδεδομένη στους Μηχανικούς η αίσθηση ότι μια υψηλής στάθμης ανάλυση οφείλει να βασίζεται σε αντίστοιχης στάθμης δεδομένα.

Η στατική ανελαστική μέθοδος εφαρμόζεται σε κτίρια στα οποία η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική. Για τον έλεγχο της προϋπόθεσης αυτής απαιτείται μια αρχική δυναμική ελαστική ανάλυση όπου θα συνεκτιμώνται οι ιδιομορφές οι οποίες συνεισφέρουν τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας. Κατόπιν θα γίνεται δεύτερη δυναμική ελαστική ανάλυση με βάση μόνο την πρώτη ιδιομορφή (σε κάθε διεύθυνση). Η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών μπορεί να θεωρείται ότι είναι σημαντική όταν η τέμνουσα σε κάθε όροφο που προκύπτει από την πρώτη ανάλυση υπερβαίνει το 130% εκείνης από τη δεύτερη ανάλυση. Για τις πιο πάνω δυναμικές αναλύσεις γίνεται χρήση του ελαστικού φάσματος του ΕΚ 8-1 ($q=1$).

Όταν η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών είναι σημαντική, επιτρέπεται να εφαρμόζεται η στατική ανελαστική ανάλυση, υπό τον όρο ότι θα εφαρμόζεται σε συνδυασμό με μια συμπληρωματική δυναμική ελαστική ανάλυση. Στην περίπτωση αυτή, διεξάγονται όλοι οι έλεγχοι και με τις δύο μεθόδους, ενώ επιτρέπεται μια αύξηση κατά 25 % των τιμών των παραμέτρων που υπεισέρχονται στα κριτήρια ελέγχου και των δύο μεθόδων. Δηλαδή, εφόσον εφαρμόζεται η μέθοδος του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q , αυτός μπορεί να λαμβάνεται αυξημένος κατά 25 %, ενώ αν εφαρμόζεται η μέθοδος των επιμέρους δεικτών πλαστιμότητας (m), η αύξηση του 25 %.

Προσομοίωση και ανάλυση

Η καμπύλη αντίστασης, δηλαδή η σχέση ανάμεσα στην τέμνουσα βάσεως και την οριζόντια μετακίνηση του κόμβου ελέγχου θα υπολογίζεται για μετακινήσεις του κόμβου ελέγχου οι οποίες θα κυμαίνονται από μηδέν μέχρι και πέρα από την μετακίνηση για την οποία θα γίνει ο έλεγχος.

Αυτό γίνεται αφενός για να είναι αντιπροσωπευτική της διαθέσιμης απόκρισης του κτιρίου η διγραμμική καμπύλη που θα χρησιμοποιηθεί για τους ελέγχους και αφετέρου για να διασφαλιστεί αριθμητική ευστάθεια της μεθόδου ανάλυσης στη στάθμη της μετακίνησης ελέγχου. Κατ' ελάχιστον, η καμπύλη θα χαράσσεται ως το 150% της στοχευόμενης μετακίνησης, εφόσον βεβαίως δεν έχει στο μεταξύ επέλθει αστοχία του φορέα (όταν γίνεται προσομοίωση της αστοχίας στοιχείων). Συνιστάται, ωστόσο, η χάραξη 'πλήρους' καμπύλης αντίστασης, δηλαδή μέχρι την μετακίνηση που αντιστοιχεί σε ουσιώδη πτώση της αντοχής του φορέα, η οποία παρέχει, πέραν της μέγιστης φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, και μία εκτιμήτρια της διαθέσιμης πλαστιμότητας μετακινήσεων (μ_s), ανεξαρτήτως της τιμής που θα ληφθεί τελικώς υπόψη για σχετικούς ελέγχους.

Τα κατακόρυφα φορτία των στοιχείων θα συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα, ώστε να συνδυάζονται με τα οριζόντια φορτία σύμφωνα με τον σεισμικό συνδυασμό του ΕΚ 8-1. Τα οριζόντια φορτία θα εφαρμόζονται γενικά σε δύο αντίθετες διευθύνσεις («θετική» - «αρνητική») και ο έλεγχος θα γίνεται για τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν σε κάθε στοιχείο.

Το αναλυτικό προσομοίωμα θα υιοθετεί τέτοιο βαθμό διακριτοποίησης ώστε να λαμβάνεται υπόψη η σχέση έντασης-παραμόρφωσης κάθε περιοχής στην οποία μπορεί να εμφανιστεί ανελαστική συμπεριφορά.

Στο προσομοίωμα θα συμπεριλαμβάνονται τόσο τα πρωτεύοντα, όσο και τα δευτερεύοντα στοιχεία, αλλά και οι τοιχοπληρώσεις.

Η σχέση έντασης-παραμόρφωσης κάθε στοιχείου θα συμπεριλαμβάνεται στο προσομοίωμα, μέσω πλήρων καμπυλών μονότονης φόρτισης μέχρις αστοχίας, οι οποίες θα περιλαμβάνουν τη φάση εξασθένησης της αντίστασης του πλάστιμου στοιχείου, καθώς και την παραμένουσα αντίστασή του.

Για τα στοιχεία ή ισοδύναμης διαγωνίου διατμητικού φατώματος που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων, εισάγεται κατάλληλη προσέγγιση (κατά κανόνα τριγραμμική) της περιβάλλουσας του διαγράμματος $\tau - \gamma$ (ή $N - \epsilon$ για τις διαγωνίους). Ο κλάδος της παραμένουσας αντίστασης θα τερματίζεται σε σημείο συμβατό με την εκτός ή εντός επιπέδου αστοχία της τοιχοπλήρωσης, μόνον για οπλισμένες τοιχοπληρώσεις.

Εναλλακτικώς, επιτρέπεται χρήση απλοποιημένης στατικής ανελαστικής ανάλυσης, όπου μπορούν να προσομοιώνονται μόνο τα πρωτεύοντα στοιχεία ανάληψης σεισμικών δυνάμεων του κτιρίου υπό τις προϋποθέσεις που αναφέραμε παραπάνω. Η σχέση έντασης- παραμόρφωσης κάθε τέτοιου στοιχείου θα είναι διγραμμική, χωρίς να προσομοιώνεται άμεσα η φάση εξασθένησης της αντίστασης του στοιχείου.

Στην απλοποιημένη στατική ανελαστική ανάλυση, φέροντα δομικά στοιχεία που δεν πληρούν τους ελέγχους θα θεωρούνται ως δευτερεύοντα και θα αφαιρούνται από το προσομοίωμα του κτιρίου. Αντίστοιχη απλοποίηση μπορεί να εφαρμοσθεί και για τις άοπλες τοιχοπληρώσεις.

Καθορισμός του κόμβου ελέγχου

Ο κόμβος ελέγχου της στοχευόμενης μετακίνησης θα λαμβάνεται γενικά στο κέντρο μάζας της οροφής του κτιρίου. Για κτίρια με σοφίτες ή μικρούς οικίσκους στο δώμα, ο κόμβος ελέγχου θα λαμβάνεται στην οροφή του πλήρους υποκείμενου ορόφου. Η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου θα υπολογίζεται από την ανάλυση του προσομοιώματος για τα οριζόντια στατικά φορτία.

Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ' ύψος

Τα οριζόντια στατικά φορτία θα εφαρμόζονται στη στάθμη κάθε διαφράγματος (πλάκα ορόφου), σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών φορτίων του σεισμού. Για όλες τις αναλύσεις απαιτείται η εφαρμογή δύο τουλάχιστον διαφορετικών καθ' ύψος κατανομών φορτίων, ώστε να λαμβάνεται (κατά το δυνατό) υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω μετελαστικής συμπεριφοράς ορισμένων περιοχών του φορέα, αλλά και λόγω της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών.

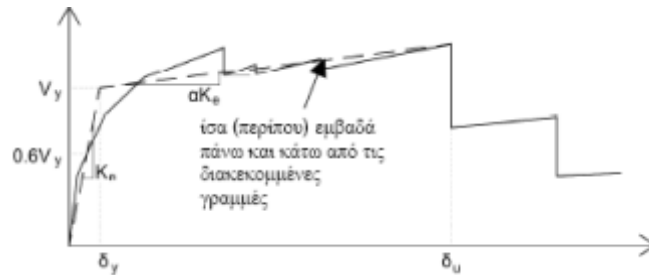
Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στον ΕΚ 8-1, μπορούν να εφαρμοστούν οι εξής κατανομές:

- “Ομοιόμορφη”, βασισμένη σε οριζόντια φορτία ανάλογα ως προς τη μάζα κάθε ορόφου ανεξάρτητα από τη στάθμη του (ομοιόμορφη επιτάχυνση απόκρισης)
- “Ιδιομορφική”, ανάλογη προς οριζόντια φορτία συμβατά προς την κατανομή οριζοντίων φορτίων στην υπό εξέταση διεύθυνση, όπως προκύπτει από ελαστική ανάλυση.

Εξιδανικευμένη καμπύλη δύναμης-μετακίνησης

Η μη-γραμμική σχέση δύναμης-μετακίνησης που συνδέει την τέμνουσα βάσεως και τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου, θα αντικαθίσταται από μια εξιδανικευμένη καμπύλη για τον υπολογισμό της ισοδύναμης πλευρικής δυσκαμψίας K_e και της αντίστοιχης δύναμης διαρροής V_y του κτιρίου.

Η εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης (σχέση δύναμης- μετακίνησης) συνιστάται να είναι διγραμμική, με κλίση του πρώτου κλάδου K_e και κλίση του δεύτερου κλάδου ίση με αK_e . Οι δύο ευθείες που συνθέτουν τη διγραμμική καμπύλη μπορεί να προσδιορίζονται γραφικά, με κριτήριο την κατά προσέγγιση ισότητα των εμβαδών των χωρίων που προκύπτουν πάνω και κάτω από τις τομές της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης. (Σχήμα 1)



Σχήμα 1. Εξιδανίκευση μιας (σχηματικής) καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη. [KAN.ΕΠΕ]

Η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e προκύπτει ως η επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση προς το 60% της δύναμης διαρροής V_y , η οποία ορίζεται από την τομή των ευθειών που προαναφέρθηκαν. Η ανηγμένη κλίση (α) του δεύτερου κλάδου προσδιορίζεται από μια ευθεία που διέρχεται από το σημείο της (πραγματικής) μη-γραμμικής καμπύλης αντίστασης που αντιστοιχεί στη μετακίνηση αστοχίας (δ_u), πέραν της οποίας παρατηρείται σημαντική μείωση της αντοχής του φορέα. Σε κάθε περίπτωση η προκύπτουσα τιμή της α πρέπει να είναι θετική (ή μηδέν), αλλά να μην ξεπερνά το 0.10 (ώστε να είναι συμβατή και με τις λοιπές παραδοχές της μεθόδου εκτίμησης της δ_u , όπως ο συντελεστής C_1). Η συνιστώμενη τιμή του ποσοστού μείωσης της αντοχής είναι το 15%, εφόσον στη στάθμη αυτή δεν έχει επέλθει αστοχία κύριου κατακόρυφου στοιχείου. Απλοποιητικώς, και εφόσον δεν απαιτείται εκτίμηση της διαθέσιμης πλαστιμότητας του κτιρίου, η μεν κλίση K_e μπορεί να λαμβάνεται ως η επιβατική τιμή για στάθμη αντοχής ίση προς το 60% της μέγιστης αντίστασης (V_{max}), η δε δύναμη διαρροής V_y , για τον υπολογισμό του δείκτη R , ως το 80% της V_{max} .

Προσδιορισμός ιδιοπεριόδου

Η ισοδύναμη κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση θα εκτιμάται με βάση την εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης. Η τιμή T_e της ισοδύναμης κυριαρχούσας ιδιοπεριόδου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$$

όπου:

T η ελαστική κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση που υπολογίζεται με βάση μια ελαστική δυναμική ανάλυση

K_0 η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία,

K_e ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία.

Ανάλυση του προσομοιώματος

Για ανάλυση στο επίπεδο θα χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικά προσομοιώματα, αντιπροσωπευτικά του φέροντος οργανισμού του κτιρίου κατά μήκος δύο κάθετων μεταξύ τους αξόνων. Αν αυτοί οι άξονες δεν υφίστανται, θα γίνεται ανάλυση στον χώρο, με βάση προσομοίωμα αντιπροσωπευτικό του συνόλου του φέροντος οργανισμού του κτιρίου.

Η επιρροή της στρέψης θα λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με την συνεκτίμηση της στρέψης.

Η χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων θα γίνεται σύμφωνα με την χωρική επαλληλία δράσεων.

Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων

Γενικά

Για κτίρια με απαραμόρφωτα διαφράγματα σε κάθε στάθμη ορόφου, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_i μπορεί να υπολογίζεται σύμφωνα με την στοχευόμενη μετακίνηση, ή με άλλη αποδεκτή μεθοδολογία που συνεκτιμά την ανελαστική συμπεριφορά του κτιρίου.

Για κτίρια με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα σε κάθε στάθμη ορόφου, η εντός του επιπέδου του παραμορφωσιμότητα του διαφράγματος θα συνεκτιμάται στο προσομοίωμα. Η στοχευόμενη μετακίνηση θα υπολογίζεται όπως και στα κτίρια με απαραμόρφωτα διαφράγματα, αλλά θα επαυξάνεται με βάση το λόγο της μέγιστης μετακίνησης της οροφής (σε οποιοδήποτε σημείο της), προς τη μετακίνηση στο κέντρο μάζας της οροφής. Οι δύο αυτές μετακινήσεις θα υπολογίζονται από φασματική ιδιομορφική (ελαστική) ανάλυση ενός χωρικού προσομοιώματος του κτιρίου. Εναλλακτικά, σε κτίρια με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα σε κάθε στάθμη ορόφου, η στοχευόμενη μετακίνηση μπορεί να υπολογίζεται χωριστά για κάθε φορέα ανάληψης σεισμικών δράσεων. Η στοχευόμενη μετακίνηση για κάθε επιμέρους φορέα θα υπολογίζεται όπως και στα κτίρια με απαραμόρφωτα διαφράγματα, με κατάλληλο ορισμό των μαζών που αντιστοιχούν σε κάθε φορέα. Απλοποιητικά, οι μάζες αυτές μπορεί να καθορίζονται με βάση τις αντίστοιχες επιφάνειες επιρροής.

Τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση κατά τη στιγμή που η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου ισούται με δ_i , θα ελέγχονται σύμφωνα με τα κριτήρια του ελέγχου ασφαλείας.

Στοχευόμενη μετακίνηση

Η στοχευόμενη μετακίνηση δ_i θα υπολογίζεται συνεκτιμώντας κατάλληλα όλους του παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μετακίνηση ενός ανελαστικά αποκρινόμενου κτιρίου. Επιτρέπεται να γίνεται θεώρηση της μετακίνησης ενός ελαστικού μονοβάθμιου συστήματος με ιδιοπερίοδο ίση με τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου το οποίο υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται ο έλεγχος, με κατάλληλη διόρθωση ώστε να προκύπτει η αντίστοιχη μετακίνηση του κτιρίου. Γι αυτό αρκεί να λαμβάνονται προσεγγιστικώς υπόψη:

- Η διαφορά ελαστικής – ανελαστικής μετακίνησης
- Η διαφορά της μετακίνησης του ανωτέρω μονοβάθμιου συστήματος και του «κόμβου ελέγχου» του κτιρίου.
- Η διαφορά της μετακίνησης ενός ελαστοπλαστικού μονοβάθμιου συστήματος και ενός αντίστοιχου συστήματος με φθίνουσα δυσκαμψία κατά την ανακύκλωση.
- Η επιρροή των φαινομένων 2ας τάξεως στη μετακίνηση.

Εφόσον δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη προσέγγιση, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_i επιτρέπεται να υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση και να διορθώνεται (όποτε απαιτείται) ως εξής :

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_{e2}/4\pi_2) S_e(T)$$

όπου:

$S_e(T)$ η ελαστική φασματική ψευδοεπιτάχυνση (από το φάσμα του ΕΚ 8-1) που αντιστοιχεί στην ισοδύναμη ιδιοπερίοδο της κατασκευής T_e υπολογιζόμενη με βάση το σημείο καμπής του διαγράμματος δυνάμεων – μετακινήσεων του φορέα,

και C_0, C_1, C_2 και C_3 διορθωτικοί συντελεστές που ορίζονται ως εξής:

C_0 : Συντελεστής που συσχετίζει τη φασματική μετακίνηση του ισοδύναμου ελαστικού φορέα με δυσκαμψία K_e ($S_d=[T_{e2}/4\pi_2] \Phi_e$), με την πραγματική μετακίνηση δ_t της κορυφής του ελαστοπλαστικά αποκρινόμενου φορέα. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται ίσες προς 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, για αριθμό ορόφων 1, 2, 3, 5, και ≥ 10 , αντίστοιχα.

Ο λόγος $C_1=\delta_{inel}/\delta_{el}$ της μέγιστης ανελαστικής μετακίνησης ενός κτιρίου προς την αντίστοιχη ελαστική επιτρέπεται να λαμβάνεται από τις σχέσεις:

$$C_1=1.0 \text{ για } T \geq T_c, \text{ και}$$

$$C_1=[1.0+(R-1)T_c/T]/R \text{ για } T < T_c,$$

όπου T_c η τιμή στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης και $R=V_{el}/V_y$ ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς την αντίσταση διαρροής του φορέα. Ο λόγος αυτός μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση

$$R = \frac{\Phi_e / g}{V_y / W} C_m$$

στην οποία η αντίσταση διαρροής V_y υπολογίζεται με κατάλληλη διγραμμικοποίηση του διαγράμματος δυνάμεων (τέμνουσα βάσεως) – μετακινήσεων (κορυφής) του κτιρίου. Απλοποιητικά (και προς το μέρος της ασφάλειας), ο λόγος V_y/W στη σχέση μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0.15 για κτίρια με μικτό σύστημα, και 0.10 για κτίρια με αμιγώς πλαίσιακό σύστημα.

C_2 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του σχήματος του βρόχου υστέρησης στη μέγιστη μετακίνηση. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται από τον Πίνακα 1. Για τιμές T μεταξύ 0.1s και T_c πρέπει να γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 1. Τιμές του συντελεστή C_2 [ΚΑΝ.ΕΠΕ]

Στάθμη επιτελεστικότητας	$T \leq 0.1s$		$T \geq T_c$	
	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2
Άμεση χρήση μετά τον σεισμό	1.0	1.0	1.0	1.0
Προστασία ζωής	1.3	1.0	1.1	1.0
Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης	1.5	1.0	1.2	1.0

Ως φορείς τύπου 1 νοούνται οι φορείς χαμηλής πλαστιμότητας (π.χ. κτίρια πριν το 1985, ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μικρότερη του 2, που αναμένεται να έχουν φτωχότερη υστερητική συμπεριφορά

από εκείνους με υψηλή πλαστιμότητα (φορείς τύπου 2, π.χ. κτίρια από το 1985 και έπειτα, ή κτίρια που η καμπύλη αντίστασής τους χαρακτηρίζεται από διαθέσιμη πλαστιμότητα μετακινήσεων μεγαλύτερη του 2).

C_3 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως (P-7). Μπορεί να ληφθεί ίσος προς $1+5(\theta-0.1)/T$, όπου θ ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας. Στη συνήθη (για κτίρια από ΟΣ και από τοιχοποιία) περίπτωση, όπου $\theta < 0.1$, λαμβάνεται $C_3=1.0$.

Η στοχευόμενη μετακίνηση θα επαυξάνεται κατάλληλα για να συνεκτιμηθούν τα στρεπτικά φαινόμενα.

Διαφράγματα

Τα διαφράγματα θα ελέγχονται έναντι της συνδυασμένης δράσης των οριζοντίων φορτίων που δημιουργούνται λόγω ασυνεχειών στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω από το διάφραγμα, και των αδρανειακών δυνάμεων του διαφράγματος.

4.2.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση

(ανάλυση χρονοϊστορίας). Στην περίπτωση αυτή συνιστάται και πάλι η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.

Προϋποθέσεις εφαρμογής

Ως προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου συνιστάται η επαρκής εμπειρία και εξειδίκευση του Πολιτικού Μηχανικού. Όταν εφαρμόζεται η ανελαστική δυναμική μέθοδος, συνιστάται να διασφαλίζεται «ικανοποιητική» ΣΑΔ. Δημόσια Αρχή αποφασίζει σχετικά με τον τρόπο πιστοποίησης των προσόντων του Πολιτικού Μηχανικού, καθώς και για τους τυχόν πρόσθετους ελέγχους που απαιτούνται, στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου αυτής.

Βάσεις της μεθόδου

Το προσομοίωμα θα συνεκτιμά με άμεσο τρόπο τα μη-γραμμικά χαρακτηριστικά της σχέσης έντασης- παραμόρφωσης των στοιχείων του κτιρίου, και θα υποβάλλεται σε σεισμική δράση υπό μορφή ιστορικού επιταχύνσεων βάσεως, , για να υπολογισθούν τόσο τα εντατικά μεγέθη όσο και οι μετακινήσεις.

Τα εντατικά μεγέθη και οι μετακινήσεις που υπολογίζονται από τη μέθοδο θα ελέγχονται απευθείας με τις αντίστοιχες τιμές σχεδιασμού.

Προσομοίωση και ανάλυση

Γενικά

Οι απαιτήσεις προσομοίωσης για την ανελαστική στατική ανάλυση ισχύουν και για την ανελαστική δυναμική ανάλυση, με εξαίρεση τις διατάξεις για τον κόμβο ελέγχου και τη στοχευόμενη μετακίνηση. Είναι γενικά σκόπιμο τα αποτελέσματα της ανελαστικής δυναμικής

ανάλυσης να ελέγχονται και με βάση τα αποτελέσματα μιας ανελαστικής στατικής ανάλυσης του ίδιου προσομοιώματος για την ίδια στάθμη σεισμικής δράσης.

Σεισμική δράση

Στην ανελαστική δυναμική ανάλυση η σεισμική δράση θα εισάγεται υπό μορφή ιστορικού επιταχύνσεων βάσεων, είτε από πραγματικές καταγραφές είτε από συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα.

Μέθοδος χρονοϊστορίας της απόκρισης

Στη δυναμική ανελαστική ανάλυση, η χρονοϊστορία της απόκρισης θα υπολογίζεται για οριζόντιες επιταχύνσεις βάσεως εισαγόμενες.

Η χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων θα γίνεται σύμφωνα με την **Χωρική επαλληλία δράσεων**.

Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών και παραμορφώσεων

Τα εντατικά μεγέθη και οι μετακινήσεις θα υπολογίζονται σύμφωνα με την *Μέθοδος χρονοϊστορίας της απόκρισης*. Η επιρροή των στρεπτικών φαινομένων θα συνεκτιμάται όπως ορίζεται στην Συνεκτίμηση της στρέψης.

Τα διαφράγματα θα ελέγχονται για τη συνδυασμένη δράση των δυνάμεων που προκύπτουν από τη δυναμική ανάλυση, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν και εκείνες οι οποίες δημιουργούνται λόγω εσοχών ή ασυνχειών στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω από το διάφραγμα.

Απαλλαγή από την υποχρέωση συνεκτίμησης

Οι τοιχοποιίες πλήρωσης συνεκτιμώνται υποχρεωτικώς στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, όταν αυτό συνεπάγεται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό σε γενικό ή τοπικό επίπεδο. Από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται κτίρια για τα οποία ισχύει μια τουλάχιστον από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Έχουν μελετηθεί και έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΑΚ και ΕΚΟΣ 2000 και νεότερων.
- Η πρόσθετη πλευρική δυσκαμψία λόγω των τοιχοπληρώσεων δεν υπερβαίνει το $\frac{1}{4}$ της συνολικής πλευρικής δυσκαμψίας του φέροντος οργανισμού ενός τουλάχιστον ορόφου.

Κριτήρια δυσμενούς επιρροής

Οι τοιχοποιίες πλήρωσης, δεν συνεπάγονται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό εφόσον δεν επιφέρουν αύξηση της σεισμικής τέμνουσας ενός τουλάχιστον πρωτεύοντος κατακόρυφου στοιχείου ή της σεισμικής μετακίνησης ενός ορόφου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 15%, σε οποιαδήποτε στάθμη του κτιρίου. Για την προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων, με σκοπό τον έλεγχο αυτόν, επιτρέπονται απλοποιήσεις.

Η προσομοίωση μιας τοιχοπληρώσεως μπορεί να γίνει, είτε μέσω διατμητικού φατνώματος είτε μέσω ισοδύναμης θλιβόμενης διαγωνίου. Η αντιστοίχιση της δυστένειας ($E A_p$) της διαγωνίου με τη δυστημσία ($G A_\phi$) του φατνώματος γίνεται με βάση τη σχέση:

$$EA_p = \frac{GA_\phi}{\cos^2 a \sin a}$$

όπου:

“α” η γωνία κλίσεως της ισοδύναμης διαγωνίου (ίδια και για τις δύο διαγωνίους κάθε φατνώματος). Στην ελαστική ανάλυση χωρικών προσομοιωμάτων και εφόσον χρησιμοποιούνται ισοδύναμες διαγώνιοι, επιτρέπεται να θεωρούνται αυτές σε χιαστί διάταξη (άρα η μια διαγώνιος θλίβεται και η άλλη εφελκύεται, ενώ δεν προκύπτει ανάγκη διαδοχικών προσεγγίσεων σε κάθε επίλυση ώστε να κρατιούνται στο προσομοίωμα μόνο οι θλιβόμενες διαγώνιοι), δίνοντας σε κάθε διαγώνιο το ήμισυ της προαναφερθείσας δυστένειας ($EA_p/2$). Η προσομοίωση αυτή είναι και η μόνη εφικτή στην περίπτωση της ελαστικής δυναμικής (ιδιομορφικής) ανάλυσης. Στην ανελαστική ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιείται (εφόσον διατίθεται το αντίστοιχο λογισμικό) ζεύγος χιαστί διαγωνίων με δυστένεια EA_p η καθεμιά, αλλά μονόπλευρο καταστατικό νόμο (λειτουργία μόνο σε θλίψη). Στην περίπτωση που οι τοιχοποιίες πλήρωσης έχουν ανοίγματα, οι αντίστοιχοι καταστατικοί νόμοι τροποποιούνται κατάλληλα, ώστε να προσεγγίσουν την δυσμενή επιρροή των ανοιγμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥΣ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ

5.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Πλάστιμη και ψαθυρή συμπεριφορά

Όταν η τιμή του δείκτη πλαστιμότητας μ_δ ενός δομικού στοιχείου, μιας κρίσιμης περιοχής στοιχείου, ή μιας συνδέσεως στοιχείων βρίσκεται εκτός ενός ορισμένου ορίου, η συμπεριφορά χαρακτηρίζεται ως *πλάστιμη*, οπότε και η ανίσωση ασφαλείας του θα εκφράζεται σε όρους παραμορφώσεων δ . Σε αντίθετη περίπτωση, η συμπεριφορά χαρακτηρίζεται ως *ψαθυρή*, οπότε και η ανίσωση ασφαλείας θα εκφράζεται σε όρους δυνάμεων F .

Όσα στοιχεία χαρακτηρίζονται σύμφωνα με τα ανωτέρω ως πλάστιμα, είναι απαραίτητο να ελέγχονται σε όρους δυνάμεων έναντι του ενδεχομένου μετελαστικής αστοχίας από διάτμηση λόγω εξασθένησης της διατμητικής αντοχής κατά την ανακύκλιση των παραμορφώσεων.

5.1.1 Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος

Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s ισούται με $K = M_y L_s / 3\theta_y$, όπου M_y και θ_y η τιμή της ροπής και της γωνίας στροφής χορδής αντίστοιχα, στη διαρροή της ακραίας διατομής του στοιχείου. Η ενεργός δυσκαμψία K του συνολικού μήκους του στοιχείου μπορεί να λαμβάνεται ίση με το μέσο όρο των τιμών που υπολογίζονται από την παραπάνω εξίσωση στις δύο ακραίες διατομές του στοιχείου. Αν οι διατομές αυτές έχουν μη-συμμετρικό σχήμα ή σπλισμό, λαμβάνονται οι μέσοι όροι των τιμών του K από την εξίσωση για τις δύο φορές της κάμψης, θετική ή αρνητική.

5.1.2 Παραμορφώσεις αστοχίας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος

5.1.2.1 Παραμορφώσεις κατά την αστοχία από κάμψη

Καμπυλότητα διατομής ΟΣ κατά την αστοχία.

Η καμπυλότητα αστοχίας διατομής οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να υπολογισθεί από το διάγραμμα ροπών-καμπυλοτήτων της διατομής μέχρι την αστοχία, λαμβάνοντας υπόψη ότι η διατομή μπορεί να αστοχήσει είτε λόγω θραύσης του εφελκυσμένου οπλισμού είτε λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη πριν ή μετά την αποφλοίωση του απερίσφιγκτου τμήματος της διατομής.

Πλαστική γωνία στροφής χορδής και συνολική γωνία στροφής χορδής.

Η γωνία πλαστικής στροφής μιας κρίσιμης περιοχής και η διαθέσιμη συνολική γωνία στροφής στο άκρο δομικού στοιχείου πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με τις παραμέτρους των μεγεθών αυτών.

5.1.2.2 Παραμορφώσεις κατά την αστοχία από τέμνουσα

Εάν σε ένα στοιχείο προηγείται η αστοχία από τέμνουσα από αυτή σε κάμψη, τότε επιτρέπεται να λαμβάνεται πλαστική γωνία στροφής στο άκρο του μετά την εξάντληση της διατμητικής αντοχής ίση με το 40% της αντίστοιχης γωνίας στροφής χορδής στην καμπτική διαρροή θ_y .

5.1.3 Αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας για τον υπολογισμό ενεργούς δυσκαμψίας στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.

Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$K = M_y L_s / 3 \theta_y$$

όπου

M_y η ροπή διαρροής

L_s το μήκος στοιχείου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται σε σταθερή τιμή με τους εξής τρόπους:

- Αν πρόκειται για δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού.
- Αν πρόκειται για δοκούς που συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο, , το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα της δοκού.
- Αν πρόκειται για υποστυλώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό του καθαρού ύψους μεταξύ δοκών με τις οποίες το υποστύλωμα συνδέεται μονολιθικά μέσα στο υπόψη επίπεδο της κάμψης.
- Αν πρόκειται για τοιχώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται σε κάθε όροφο διαφορετικό και ίσο με το μισό της απόστασης της διατομής βάσης ορόφου από την κορυφή του τοιχώματος στο κτίριο.

θ_y η γωνία στροφής-χορδής κατά τη διαρροή

- Για δοκούς ή υποστυλώματα ο υπολογισμός της γωνίας στροφής-χορδής γίνεται από τον τύπο :

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

- Ενώ για τοιχώματα ο υπολογισμός γίνεται από τον τύπο :

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0.0013 + \frac{(1/r)_y d b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Στις δύο παραπάνω εξισώσεις ο 1^{ος} όρος εκφράζει τη συμβολή των καμπτικών παραμορφώσεων, ο 2^{ος} όρος εκφράζει τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος L_s , ενώ ο 3^{ος} όρος εκφράζει την επιρροή της εξόλκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου.

Επεξήγηση μεταβλητών για τους τύπους υπολογισμού της γωνίας στροφής-χορδής :

L_s : μήκος στοιχείου, οι περιπτώσεις του οποίου αναφέρθηκαν προηγουμένως

h ύψος αρχικού στοιχείου ή ύψος διατομής

d_b διάμετρος εφελκυσμένων διαμήκων ράβδων

f_y όριο διαρροής ράβδου

f_c θλιπτική αντοχή σκυροδέματος

$\alpha_y z$: εκφράζει την επιρροή του 'μήκους μετάθεσης' των ροπών κάμψης σ' αυτές, όπου z είναι ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, $z=d-d'$ (d στατικό ύψος διατομής στοιχείου, d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου σπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος)

Συντελεστής α_v

Ο συντελεστής α_v ισούται με 1 εάν η τέμνουσα V_{R1} υπολείπεται της τιμής της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή, V_{mu} και με 0 αν είναι μεγαλύτερη.

Προσδιορισμός της τέμνουσας V_{R1}

$$V_{R1} = [\tau_{Rd} k(1.20+40\rho_l)+0.15 \sigma_{cp}] b_w d$$

Όπου:

τ_{Rd} τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 11.1.1 : Τιμές της τ_{Rd} σε Μρα

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40
τ_{Rd}	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.41

f_{ck}	45	50
τ_{Rd}	0.44	0.48

$$k=1.60-d \text{ (d σε m)} \geq 1,00$$

$\rho_l=A_{sl}/(b_w d)\leq 0,02$ όπου A_{sl} εμβαδό εφελκυσμένου σπλισμού στοιχείου

$\sigma_{cp}=N_{sd}/A_c$ όπου N_{sd} ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης και $A_c=b_w h$

b_w πλάτος στοιχείου

Τέμνουσα κατά την καμπτική διαρροή V_{mu}

$$V_{mu}=M_y/L_s$$

Όπου :

M_y ροπή διαρροής

L_s μήκος στοιχείου

$(1/r)_y$: καμπυλότητα διαρροής

**Αναλυτικός υπολογισμός καμπυλότητας διαρροής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος με
ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη**

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού, τότε :

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (\text{A.1})$$

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη-γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος, τότε :

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (\text{A.2})$$

Λαμβάνεται η μικρότερη των τιμών $(1/r)_y$ από τις εξισώσεις (A.1) και (A.2).

Επεξήγηση μεταβλητών για τους τύπους υπολογισμού της καμπυλότητας διαρροής :

f_y : όριο διαρροής ράβδου

E_s : μέτρο ελαστικότητας χάλυβα

ε_c : ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος

f_c : θλιπτική αντοχή σκυροδέματος

E_c : μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος

d : στατικό ύψος διατομής

ξ_y : ύψος θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ανηγμένο στο στατικό ύψος d

$$\xi_y = \left(\alpha^2 A^2 + 2\alpha B \right)^{1/2} - \alpha A$$

όπου :

$$\alpha = E_s / E_c$$

A και B προσδιορίζονται από τις ακόλουθες εξισώσεις, εάν η διαρροή ελέγχεται από τον εφελκόμενο οπλισμό ή από το θλιβόμενο σκυρόδεμα αντίστοιχα :

1. Διαρροή λόγω χάλυβα

$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0.5 \rho_v (1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$$

2. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon_c E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8 \alpha b d f_c}$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0.5 \rho_v (1 + \delta')$$

Όπου :

ρ : ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού

ρ' : ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού

ρ_v : ποσοστό του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού

$\delta' = d'/d$

όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές έχουν ήδη επεξηγηθεί προηγουμένως.

Για τον υπολογισμό του ύψους της θλιβόμενης ζώνης, ξ_y παραπάνω, χρησιμοποιούνται οι ελάχιστες τιμές των A και B που υπολογίστηκαν προηγουμένως.

Στη θέση των παραπάνω εξισώσεων για τον υπολογισμό της καμπυλότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικά οι ακόλουθες ημι-εμπειρικές σχέσεις :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

$$(1/r)_y = 1.77 f_y / E_s h$$

ή

$$(1/r)_y = 1.55 f_y / E_s d$$

Για τοιχώματα

$$(1/r)_y = 1.44 f_y / E_s h$$

ή

$$(1/r)_y = 1.36 f_y / E_s d$$

Με δεδομένη την καμπυλότητα στη διαρροή, η αντίστοιχος λόγος για τον υπολογισμό της ροπής M_y προκύπτει ως :

$$\frac{M_y}{b d^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1 - \xi_y) \rho + (\xi_y - \delta') \rho' + \frac{\rho_v}{6} (1 - \delta') \right] (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

Και τελικά καταλήγουμε στον υπολογισμό της ενεργούς δυσκαμψίας του μήκους L_s :

$$K = (M_y L_s) / (3 \theta_y)$$

5.1.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής, για τη στατική επίλυση βάση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) χρησιμοποιήθηκε πενταόροφο κτίριο με υπόγειο για το οποίο ισχύουν οι παρακάτω παραδοχές.

Στάθμη επιτελεστικότητας B2
Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων Ανεκτή

I.ΦΟΡΤΙΑ**1. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ****1.1 ΜΟΝΙΜΑ**

Ίδιο βάρος οπλισμένου σκυροδέματος	25.00KN/m ³
Ίδιο βάρος δομικού χάλυβα	78.00KN/m ³
Επικάλυψη δαπέδων και εσωτερικά χωρίσματα	1.00KN/m ³
Δρομικές οπτοπλινθοδομές	2.10KN/m ³
Μπατικές οπτοπλινθοδομές	3.60KN/m ³

1.2 ΚΙΝΗΤΑ

Δαπέδων γενικώς	2.00KN/m ³
Δαπέδων εξωστών	5.00KN/m ³
Δαπέδων δώματος	1.00KN/m ³

2. ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΦΟΡΤΙΑ**2.1 ΣΕΙΣΜΟΣ (Σύμφωνα με τον ΕΑΚ)**

Σεισμική επιτάχυνση εδάφους	$\alpha=0.16$
Κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας εδάφους	B
Κατηγορία σπουδαιότητας	$\Sigma 2 (\gamma_I=1.00)$
Συντελεστής θεμελίωσης	$\theta=0.9$

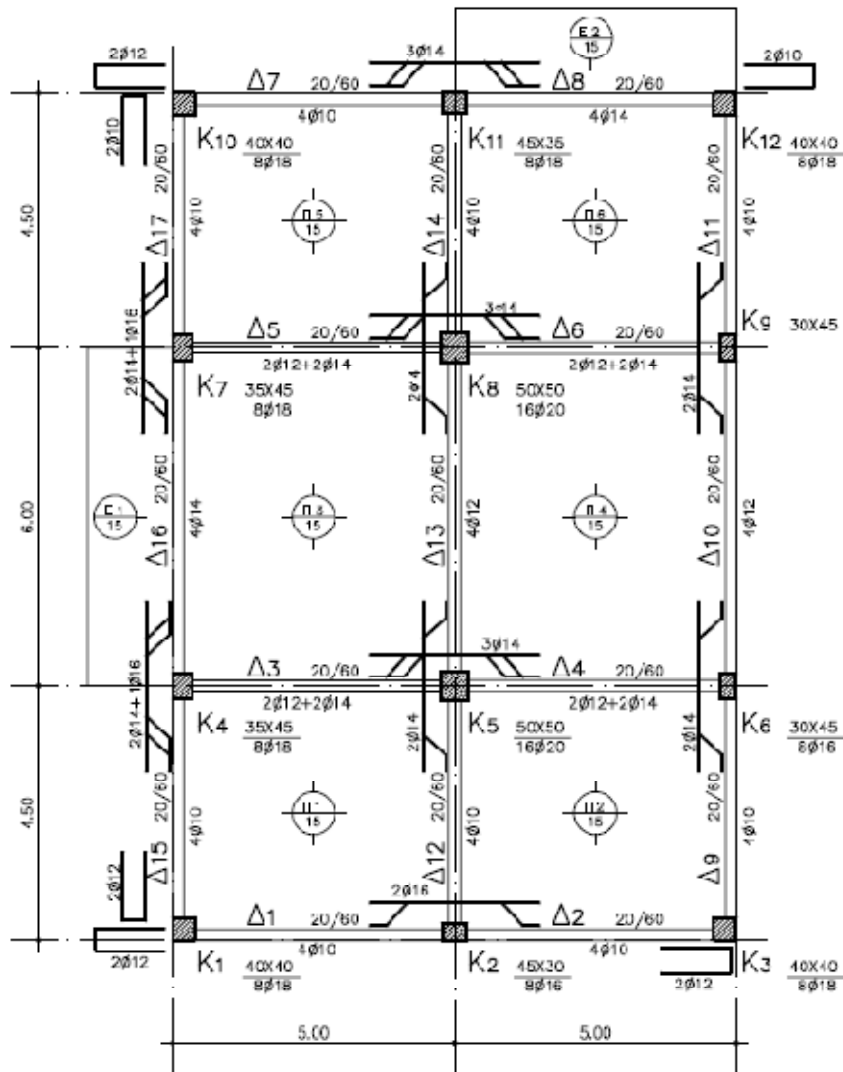
II.ΥΛΙΚΑ**ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

Ποιότητα σκυροδέματος	$f_{ck}=16\text{MPa}$ $f_{cm}=25\text{MPa}$
Χάλυβας οπλισμού	St III (S400)

ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ

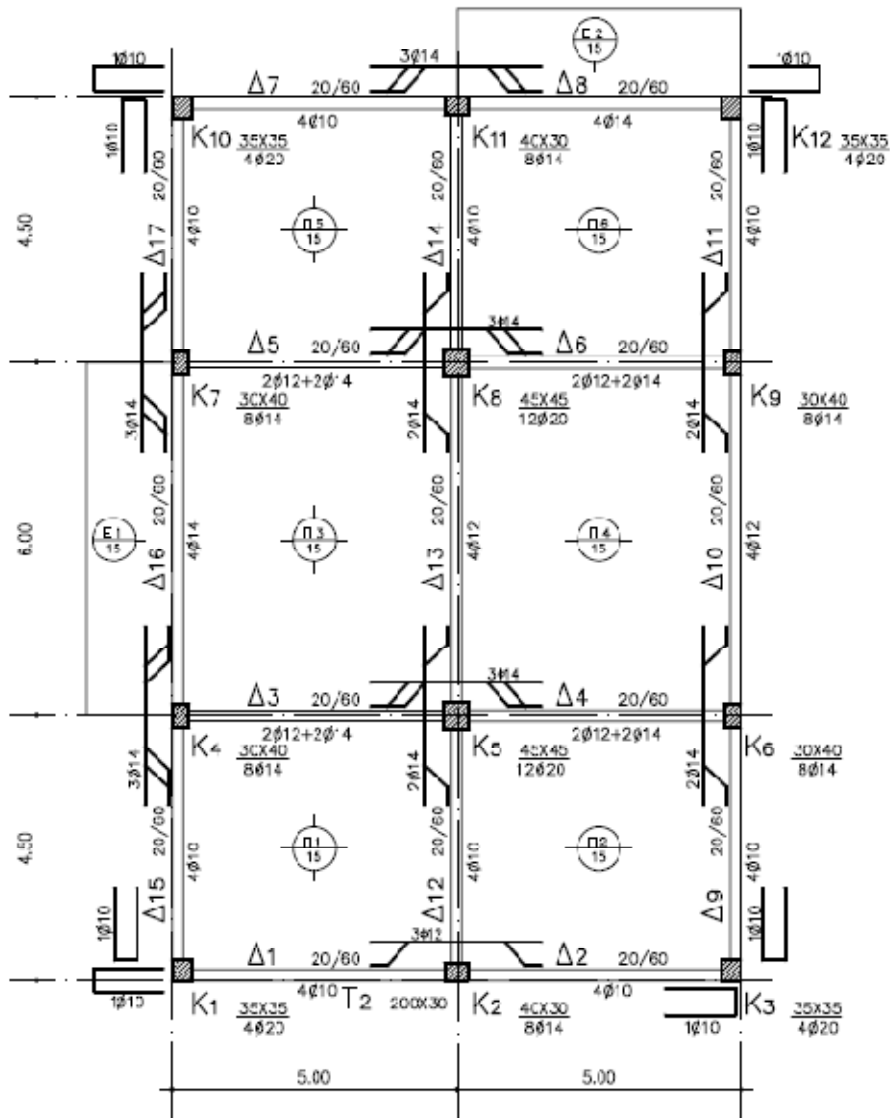
Ποιότητα σκυροδέματος	C 20/25
Χάλυβας οπλισμού	S 500s

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι ξυλότυποι ισογείου και ενός τυπικού ορόφου, του εν λόγω κτιρίου καθώς και οι οπλισμοί υποστυλωμάτων και δοκών



ΞΥΛΟΥΠΟΣ ΣΟΦΕΙΟΥ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1: 00



ΞΥΛΟΤΥΠΟΣ Α' ΟΡΟΦΟΥ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Πίνακας 2. Οπλισμοί δοκών, ισογείου.

	Αριστερά	Δεξιά
Δ1	4Φ10 + 4Φ12	6Φ10 + 2Φ16
Δ2	6Φ10 + 2Φ16	4Φ10 + 4Φ12
Δ3	2Φ12 + 2Φ14	2Φ12 + 7Φ14
Δ4	4Φ12+ 5Φ14	2Φ14 + 2Φ12
Δ5	4Φ12	2Φ12 + 7Φ14
Δ6	2Φ12 + 7Φ14	3Φ14 + 2Φ12
Δ7	4Φ10 + 4Φ12	4Φ10 + 5Φ14
Δ8	2Φ10 + 7Φ14	4Φ10 + 4Φ14
Δ9	4Φ10	4Φ10 + 2Φ12
Δ10	2Φ10 + 4Φ12 + 2Φ14	2Φ10 + 4Φ12
Δ11	4Φ10 + 2Φ12 + 2Φ14	4Φ10
Δ12	2Φ10	4Φ10 + 2Φ12
Δ13	2Φ10 + 4Φ12 + 2Φ14	2Φ10 + 4Φ12
Δ14	4Φ10 + 2Φ12 + 2Φ14	4Φ10
Δ15	4Φ10 + 4Φ12	4Φ10 + 4Φ14
Δ16	2Φ10 + 6Φ14 1Φ16	2Φ10 + 6Φ14
Δ17	4Φ10 + 4Φ14 + 1Φ16	8Φ10

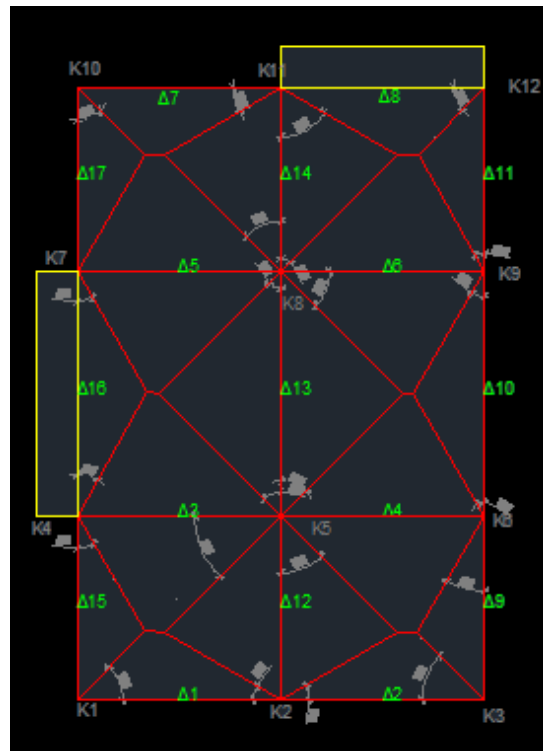
Πίνακας 3. Οπλισμοί δοκών, ορόφου.

	Αριστερά	Δεξιά
Δ1	6Φ10	6Φ10 + 3Φ12
Δ2	6Φ10 + 3Φ12	6Φ10
Δ3	2Φ12 + 2Φ14	2Φ12 + 7Φ14
Δ4	4Φ12 5Φ14	2Φ12 2Φ14
Δ5	4Φ12	2Φ12 7Φ14
Δ6	2Φ12 7Φ14	3Φ14 2Φ12
Δ7	6Φ10	4Φ10 5Φ14
Δ8	2Φ10 7Φ14	4Φ10 4Φ14
Δ9	6Φ10	4Φ10 2Φ12 2Φ14
Δ10	2Φ10 4Φ12 4Φ14	2Φ10 4Φ12
Δ11	4Φ10 2Φ12 2Φ14	6Φ10
Δ12	4Φ10	4Φ10 2Φ12
Δ13	2Φ10 4Φ12 2Φ14	2Φ10 4Φ12
Δ14	4Φ10 2Φ12 2Φ14	4Φ10
Δ15	6Φ10	4Φ10 5Φ14
Δ16	2Φ10 7Φ14	2Φ10 6Φ14
Δ17	4Φ10 5Φ15	6Φ10

Πίνακας 4. Οπλισμοί υποστυλωμάτων, ισογείου-τυπικού ορόφου.

	Ισόγειο	Όροφος
K1	8Φ18	4Φ20
K2	8Φ16	8Φ14
K3	8Φ18	4Φ20
K4	8Φ18	8Φ14
K5	16Φ20	12Φ20
K6	8Φ16	8Φ14
K7	8Φ18	8Φ14
K8	16Φ20	12Φ20
K9	8Φ16	8Φ14
K10	8Φ18	4Φ20
K11	8Φ18	8Φ14
K12	8Φ18	4Φ20

Τα αξονικά φορτία των υποστυλωμάτων τα υπολογίσαμε σύμφωνα με τη μέθοδο των τραπεζίων. Παρακάτω φαίνεται ο χωρισμός του κτιρίου σε τραπέζια καθώς και ο συγκεντρωτικός πίνακας των αξονικών φορτίων κάθε ορόφου.



Πίνακας 5. Αξονικά φορτία ορόφων.

	Αξονικό φορτίο, N (KN)				
	4ος	3ος	2ος	1ος	Ισόγειο
K1	35,0	105,0	175,0	250,0	320,0
K2	80,0	205,0	335,0	470,0	600,0
K3	35,0	105,0	175,0	250,0	350,0
K4	135,0	330,0	530,0	725,0	930,0
K5	240,0	555,0	860,0	1180,0	1490,0
K6	90,0	240,0	405,0	570,0	730,0
K7	135,0	330,0	530,0	700,0	895,0
K8	240,0	555,0	860,0	1095,0	1375,0
K9	90,0	240,0	405,0	530,0	670,0
K10	35,0	105,0	175,0	250,0	335,0
K11	115,0	275,0	440,0	605,0	775,0
K12	75,0	175,0	280,0	385,0	490,0

Παρακάτω παραθέτονται ενδεικτικά φύλλα του προγράμματος Microsoft Excel τα οποία υποδεικνύουν αναλυτικά την πορεία υπολογισμού της ενεργούς δυσκαμψίας σε κάθε υποσύλωμα και δοκό για όλους τους ορόφους του κτιρίου.

Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος				
Δομικό στοιχείο	υποσύλωμα Κ4			
	b (cm)	X	h (cm)	
Διαστάσεις	35	X	45	
Οπλισμός	8	Φ	18	
Συνολικό εμβαδό οπλισμού		$A_{οπ}$	20,3575	cm ²
Συνολικό εμβαδό διατομής		$A_δ$	0,1575	m ²
	θλιβόμενος οπλισμός	3	Φ	18
	μεσαίος οπλισμός	2	Φ	18
	εφελκούμενος οπλισμός	3	Φ	18
c	3,5 cm	επικάλυψη		
N	930,0 KN	αξονική δύναμη		
h	0,45 m	ύψος αρχικού στοιχείου ή ύψος διατομής		
H	3 m	ύψος ορόφου		
b	0,35 m	πλάτος διατομής (στη θέση της διεπιφάνειας) ή (πλάτος θλιβόμενης ζώνης) ή πλάτος διαγωνίου τοιχοπλήρωσης		
d	41,5 cm	στατικό ύψος διατομής στοιχείου		
d _b	18 mm	διάμετρος εφελκυσμένων διαμήκων ράβδων		
ρ	0,0048	0,48 %	ποσοστό εφελκυσμένου οπλισμού	
ρ'	0,0048	0,48 %	ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού	
ρ _v	0,0032	0,32 %	ποσοστό του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού	
f _c	25 Mpa	25000	kN/m ²	θλιπτική αντοχή σκυροδέματος
f _y	400 MPa	400000	kN/m ²	όριο διαρροής ράβδου
ε _c	0,0035	ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος		
E _c	21000000	kN/m ² μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος		
E _s	200000000	kN/m ² μέτρο ελαστικότητας χάλυβα		
Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L _s στοιχείου ισούται με :				
	K=(My*L_s)/(3*θy)		η εξίσωση εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της ενεργού	
	13202,15		δυσκαμψίας, ακόμα και αν η διατημητική αστοχία του	
	στουχείου προηγείται της καμπτικής διαρροής του άκρου του.			
όπου:				
My	273,39 KNm	ροπή διαρροής		
L _s	μήκος στοιχείου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται σα σταθερή τιμή, ως εξής:			
1. Σε δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία, το L _s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού.				
2. Σε δοκούς που συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο, το L _s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα της δοκού.				
3. Σε υποστυλώματα, το L _s μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό του καθαρού ύψους μεταξύ δοκών με τις οποίες το υποσύλωμα συνδέεται μονολιθικά μέσα στο υπόψη επίπεδο της κάμψης.				

Ls	1,2 m				
θ_y	γωνία στροφής-χορδής κατά τη διαρροή				
Για δοκούς ή υποστυλώματα :					
$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$					
θ_y	0,008283				
<p>Στην παραπάνω εξίσωση, ο 1^{ος} όρος εκφράζει την συμβολή των καμπικών παραμορφώσεων, ο 2^{ος} όρος εκφράζει τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος Ls, ενώ ο 3^{ος} όρος εκφράζει την επιρροή της εξόλκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου.</p>					
<u>όπου:</u>					
$(1/r)_y$	καμπυλότητα διαρροής				
Αναλυτικός υπολογισμός καμπυλότητας διαρροής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη					
Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκυσμένου οπλισμού, τότε :					
$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d} \quad (A.1) \quad (1/r)_y \quad 0,00865 \text{ m}^{-1}$					
Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη-γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος, τότε :					
$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \quad (1/r)_y \quad 0,01905 \text{ m}^{-1}$					
Λαμβάνεται η μικρότερη των τιμών $(1/r)_y$ από τις εξισώσεις (A.1) και (A.2)					
$(1/r)_y$	0,008647 m⁻¹				
Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ξ_y , ανηγμένο στο στατικό ύψος d, είναι :					
$\xi_y = \left(\alpha^2 A^2 + 2\alpha B \right)^{1/2} - \alpha A$					
ξ_y	0,442634				
όπου $\alpha = E_s/E_c$ και τα A,B προσδιορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις, εάν η διαρροή ελέγχεται από τον εφελκυσμένο οπλισμό ή από το θλιβόμενο σκυροδέμα αντίστοιχα :					
α	9,52380952				
1. Διαρροή λόγω χάλυβα :					

$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}$	A	0,02893
	(A.3)	
$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$	B	0,02309
2. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος :		
$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8 \alpha b d f}$	A	0,00378
	(A.4)	
$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta')$	B	0,00709

Για τον υπολογισμό του ύψους της θλιβόμενης ζώνης, ξ_y παραπάνω, χρησιμοποιώ τις τιμές των A και B που προκύπτουν από τη διαρροή λόγω χάλυβα.

A	0,028932
B	0,023093

Στις εξισώσεις (A.3) και (A.4), ρ , ρ' και ρ_v είναι τα ποσοστά του εφελκυσμένου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους κατανεμημένου σπλισμού (ανηγγμένα στο bd), $\delta' = d'/d$, όπου d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου σπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος, b το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και N το αξονικό φορτίο (θετικό σε θλίψη).

d	0,415 m
d'	0,04 m
δ'	0,09638554

Στη θέση των παραπάνω εξισώσεων για τον υπολογισμό της καμπυλότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικά οι ακόλουθες ημι-εμπειρικές σχέσεις :

Για δοκούς ή υποστυλώματα :

$$\left(\frac{1}{r}\right)_y = 1.77 f_y / E_s h \quad \left(\frac{1}{r}\right)_y \quad \mathbf{0,00787}$$

ή

$$\left(\frac{1}{r}\right)_y = 1.55 f_y / E_s d \quad \left(\frac{1}{r}\right)_y \quad \mathbf{0,00747}$$

Εάν οι παραμορφώσεις "δ" αναφέρονται στο σύνολο του μήκους $L_s = a_s h$ στο άκρο δομικού στοιχείου (π.χ. όταν ως δ χρησιμοποιείται η γωνία στροφής χορδής θ), τότε στη φάση της καμπτικής διαρροής το τμήμα της θ_y που οφείλεται στην κάμψη, μπορεί να ληφθεί ίσο με $(1/r)_y(L_s + a_v z)/3$, όπου :

$\alpha_v z$	εκφράζει την επιρροή του "μήκους μετάθεσης" των ροπών κάμψης σ'αυτές.		
z	είναι ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, $z=d-d'$		0,375 m
η τέμνουσα που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση του στοιχείου		V_{R1}	188,54 KN
τέμνουσα κατά την καμπτική διαρροή		$V_{mu}=M_y/L_\xi$	227,83 KN

Ο συντελεστής α_v ισούται με 1 εάν η τέμνουσα V_{R1} υπολείπεται της τιμής της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή, V_{mu} και με 0 αν είναι μεγαλύτερη.

δηλαδή $\alpha_v = 1$

Προσδιορισμός της V_{R1}

$$V_{R1} = [\tau_{Rd} k(1.20 + 40\rho_1) + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d$$

$V_{R1} = 188,54 \text{ KN}$

όπου:

h	0,45 m	ύψος
b_w	0,4 m	το πλάτος του στοιχείου
τ_{Rd}	0,22	τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον Πιν.11.1.1
d	0,415 m	στατικό ύψος
$k=1,60-d$	1,185 $\geq 1,00$	d σε m
$\rho_1=A_{sl}/(b_w d)$	0,00459884 $\leq 0,02$	
$\sigma_{cp}=N_{sd}/A_c$	5166,66667 KN/m^2	
N_{sd}	930 KN	ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης (θλίψη θετική)
$A_c=b_w h$	0,18 m^2	
A_{sl}	0,00076341 m^2	επεκτείνεται πέραν της διατομής στην οποία υπολογίζεται η V_{R1} κατά $d+l_{b,net}$

Πίνακας 11.1.1 : Τιμές της τ_{Rd} σε Μπα

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40
τ_{Rd}	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.41
f_{ck}	45	50					
τ_{Rd}	0.44	0.48					

Με δεδομένη την καμπυλότητα στη διαρροή, η αντίστοιχη ροπή M_y προκύπτει ως :

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1+\delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1-\xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1-\delta') \right] (1-\delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

$$\frac{M_y}{bd^3} = 10928,88 \text{ KN/m}^3$$

Ύστερα από όλους αυτούς τους υπολογισμούς, η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με

		$K=(M_y \cdot L_s)/(3 \cdot \theta_y)$		13202,2	KNm^2			

Ενεργός δυσκαμψία στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος						
Δομικό στοιχείο	δοκός Δ1					
	b (cm)	X	h (cm)	$I=bh^3/12(m^4)$	$E*I(KN/m^2)$	
Διαστάσεις	20		60	0,00360	75600,000	
Οπλισμός		Φ				
Συνολικό εμβαδό οπλισμού		$A_{οπ}$		7,66548607	cm^2	
Συνολικό εμβαδό διατομής		$A_δ$		0,12	m^2	
	θλιβόμενος οπλισμός	2	Φ	10		
		2	Φ	12	3,83274304	cm^2
	μεσαίος οπλισμός					
	εφελκυσόμενος οπλισμός	2	Φ	10		
		2	Φ	12	3,83274304	cm^2
c	3,50 cm	επικάλυψη				
N	0 KN	αξονική δύναμη				
h	0,60 m	ύψος αρχικού στοιχείου ή ύψος διατομής				
H	3,00 m					
l	5 m	μήκος δοκού				
b	0,20 m	πλάτος διατομής (στη θέση της διεπιφάνειας) ή (πλάτος θλιβόμενης ζώνης) ή πλάτος διαγωνίου τοιχοπλήρωσης				
d	56,50 cm	στατικό ύψος διατομής στοιχείου				
d_b	18,00 mm	διάμετρος εφελκυσόμενων διαμήκων ράβδων				
ρ	0,0032	0,32 %	ποσοστό εφελκυσόμενου οπλισμού			
ρ'	0,0032	0,32 %	ποσοστό θλιβόμενου οπλισμού			
ρ_v	0,0000	0,00 %	ποσοστό του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού			
f_c	25 Mpa	25000 kN/m^2	θλιπτική αντοχή σκυροδέματος			
f_y	400 MPa	400000 kN/m^2	όριο διαρροής ράβδου			
ϵ_c	0,0035	ανηγμένη παραμόρφωση σκυροδέματος				
E_c	21000000 kN/m^2	μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος				
E_s	200000000 kN/m^2	μέτρο ελαστικότητας χάλυβα				
Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με :						
	$K=(My*L_s)/(3*\theta_y)$		η εξίσωση εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της ενεργού δυσκαμψίας, ακόμα και αν η διατημητική αστοχία του στοιχείου προηγείται της καμπτικής διαρροής του άκρου του.			
	9906,38903					
όπου:						
My	76,04 kNm	ροπή διαρροής				
L_s	μήκος στοιχείου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται σε σταθερή τιμή, ως εξής:					
1. Σε δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού.						
	L_s	2,5 m				
2. Σε δοκούς που συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα της δοκού.						

3. Σε υποστυλώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό του καθαρού ύψους μεταξύ δοκών με τις οποίες το υποστυλώμα συνδέεται μονολιθικά μέσα στο υπόψη επίπεδο της κάμψης.

θ_y γωνία στροφής-χορδής κατά τη διαρροή
Για δοκούς ή υποστυλώματα :

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

θ_y **0,006396**

Στην παραπάνω εξίσωση, ο 1^{ος} όρος εκφράζει την συμβολή των καμπτικών παραμορφώσεων, ο 2^{ος} όρος εκφράζει τις μέσες διατμητικές παραμορφώσεις στο μήκος L_s , ενώ ο 3^{ος} όρος εκφράζει την επιρροή της εξόγκευσης του τμήματος των ράβδων πέραν της ακραίας διατομής του στοιχείου.

όπου:

$(1/r)_y$ καμπυλότητα διαρροής

Αναλυτικός υπολογισμός καμπυλότητας διαρροής διατομής οπλισμένου σκυροδέματος με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκυσμένου οπλισμού, τότε :

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d} \quad (A.1) \quad (1/r)_y \quad \mathbf{0,00443335 \text{ m}^{-1}}$$

Αν η διαρροή διατομής οφείλεται σε μη-γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος, τότε :

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \quad (1/r)_y \quad \mathbf{0,03073573 \text{ mm}^{-1}}$$

Λαμβάνεται η μικρότερη των τιμών $(1/r)_y$ από τις εξισώσεις (A.1) και (A.2)

$(1/r)_y$ **0,00 m⁻¹**

Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή, ξ_y , ανηγμένο στο στατικό ύψος d , είναι :

$$\xi_y = \left(\alpha^2 A^2 + 2\alpha B \right)^{1/2} - \alpha A$$

ξ_y **0,201547**

όπου $\alpha = E_s/E_c$ και τα A, B προσδιορίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις, εάν η διαρροή ελέγχεται από τον εφελκυσμένο οπλισμό ή από το θλιβόμενο σκυροδέμα αντίστοιχα :

α	9,52380952				
	1. Διαρροή λόγω χάλυβα :				
	$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}$		A	0,006387905	
			(A.3)		
	$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$		B	0,003420073	
	2. Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος :				
	$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8 \alpha b d f}$		A	0,00639	
			(A.4)		
	$B = \rho + \rho'\delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta')$		B	0,00342	
<p><i>Για τον υπολογισμό του ύψους της θλιβόμενης ζώνης, ξ_y παραπάνω, χρησιμοποιώ τις τιμές των A και B που προκύπτουν από τη διαρροή λόγω χάλυβα.</i></p>					
	A	0,006388			
	B	0,00342			
<p>Στις εξισώσεις (A.4) και (A.5), ρ, ρ' και ρ_v είναι τα ποσοστά του εφελκόμενου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού (ανηγμένα στο bd), $\delta' = d'/d$, όπου d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος, b το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και N το αξονικό φορτίο (θετικό σε θλίψη).</p>					
d	0,565	m			
d'	0,04	m			
δ'	0,07079646				
<p>Στη θέση των παραπάνω εξισώσεων για τον υπολογισμό της καμπυλότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσεγγιστικά οι ακόλουθες ημι-εμπειρικές σχέσεις :</p>					
<p><i>Για δοκούς ή υποστυλώματα :</i></p>					
	$(1/r)_y = 1.77 f_y / E_s h$		(1/r) _y	0,0059	m ⁻¹
			ή		
	$(1/r)_y = 1.55 f_y / E_s d$		(1/r) _y	0,00549	m ⁻¹

Εάν οι παραμορφώσεις "δ" αναφέρονται στο σύνολο του μήκους $L_s = \alpha_v h$ στο άκρο δομικού στοιχείου (π.χ. όταν ως δ χρησιμοποιείται η γωνία στροφής χορδής θ), τότε στη φάση της καμπτικής διαρροής το τμήμα της θ_y που οφείλεται στην κάμψη, μπορεί να ληφθεί ίσο με $(1/r)_y (L_s + \alpha_v z)/3$, όπου :

$\alpha_v z$	εκφράζει την επιρροή του "μήκους μετάθεσης" των ροπών κάμψης σ'αυτές.		
z	είναι ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων, $z = d - d'$		0,525 m
η τέμνουσα που προκαλεί λοξή ρηγμάτωση του στοιχείου	V_{R1}		63,18292129 KN
τέμνουσα κατά την καμπτική διαρροή	$V_{mu} = M_y / L_s$		30,41560637 KN

Ο συντελεστής α_v ισούται με 1 εάν η τέμνουσα V_{R1} υπολείπεται της τιμής της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή, V_{mu} και με 0 αν είναι μεγαλύτερη.

δηλαδή	α_v		0
--------	------------	--	---

Προσδιορισμός της V_{R1}

$V_{R1} = [\tau_{Rd} k(1.20 + 40\rho_l) + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d$			
V_{R1}		63,18292 KN	
όπου:			
h	0,6 m	ύψος	
b_w	0,4 m	το πλάτος του στοιχείου	
τ_{Rd}	0,22	τιμή σχεδιασμού διατμητικής αντοχής σύμφωνα με τον Πιν.11.1.1	
d	0,565 m	στατικό ύψος	
$k = 1,60 - d$	1,035 $\geq 1,00$	d σε m	
$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$	0,00069504 $\leq 0,02$		
$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c$	0 KN/m ²		
N_{sd}	0 KN	ορθή δύναμη λόγω φόρτισης και προέντασης (θλίψη θετική)	
$A_c = b_w h$	0,24 m ²		
A_{sl}	0,00015708 m ²	διατομή διαμήκους εφελκυσμένου οπλισμού, ο οποίος επεκτείνεται πέραν της διατομής στην οποία υπολογίζεται η V_{R1} κατά $d + l_{b,net}$	

Πίνακας 11.1.1 : Τιμές της τ_{Rd} σε Μπα

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40
τ_{Rd}	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.41
f_{ck}	45	50					
τ_{Rd}	0.44	0.48					

Με δεδομένη την καμπυλότητα στη διαρροή, η αντίστοιχη ροπή M_y προκύπτει ως :

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1 - \xi_y) \rho + (\xi_y - \delta') \rho' + \frac{\rho_v}{6} (1 - \delta') \right] (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

	$\frac{M_y}{bd^3}$	2107,954						
Ύστερα από όλους αυτούς τους υπολογισμούς, η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με								
	$K=(M_y \cdot L_s)/(3 \cdot \theta_y)$	9906,39 α						

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται η ενεργός δυσκαμψία για όλα τα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με την ενεργό δυσκαμψία όλων των δοκών και των υποστυλωμάτων.

Πίνακας 6. Ενεργός δυσκαμψία δοκών.

Ισόγειο		Τυπικός Όροφος	
Δοκός	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)	Δοκός	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)
Δ1	10257,54	Δ1	8164,20
Δ2	10257,54	Δ2	8164,20
Δ3	10584,93	Δ3	10584,93
Δ4	10037,47	Δ4	10037,47
Δ5	10087,82	Δ5	10087,82
Δ6	11515,11	Δ6	11515,11
Δ7	10678,19	Δ7	8899,22
Δ8	12645,91	Δ8	11735,37
Δ9	6967,84	Δ9	7908,90
Δ10	12270,34	Δ10	12270,34
Δ11	7522,73	Δ11	8463,75
Δ12	6967,88	Δ12	6967,88
Δ13	12270,34	Δ13	12270,34
Δ14	6967,88	Δ14	6967,88
Δ15	10271,41	Δ15	8404,42
Δ16	16392,26	Δ16	15919,88
Δ17	9493,03	Δ17	8404,42

Πίνακας 7. Ενεργός δυσκαμψία υποστυλωμάτων, ισογείου

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)
K1	8038,31
K2	5481,51
K3	8198,98
K4	13202,15
K5	28583,87

K6	216,71
K7	13031,69
K8	27979,52
K9	10536,75
K10	8118,99
K11	8030,46
K12	8914,51

Πίνακας 8. Ενεργός δυσκαμψία υποστυλωμάτων, ορόφων.

Α' όροφος		Β' όροφος	
Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)	Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)
K1	5057,06	K1	4199,99
K2	4528,12	K2	4046,30
K3	5057,06	K3	4199,99
K4	9147,66	K4	8120,75
K5	17795,56	K5	16315,40
K6	8341,64	K6	7391,80
K7	9022,69	K7	8120,75
K8	17417,01	K8	16315,40
K9	8120,75	K9	7391,80
K10	5057,06	K10	4199,99
K11	4965,35	K11	4425,19
K12	5695,46	K12	5204,79

Γ' όροφος		Δ' όροφος	
Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)	Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (KN/m ²)
K1	3859,04	K1	3494,72
K2	3531,35	K2	2978,00
K3	3859,04	K3	3494,72
K4	6923,22	K4	4913,60
K5	14749,65	K5	12940,15
K6	5566,85	K6	4614,72
K7	6923,22	K7	4913,60
K8	14749,65	K8	12940,15
K9	5566,85	K9	4614,72
K10	3859,04	K10	3494,72
K11	3815,48	K11	3139,47
K12	4199,99	K12	3705,95

Όπως δείξαμε παραπάνω για τον υπολογισμό της ενεργούς δυσκαμψίας χρησιμοποιήσαμε το Microsoft Excel στο οποίο κάναμε κάποιες παραδοχές. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι για το υποστύλωμα Κ5 του Α' ορόφου που διαθέτει σπλισμό 12Φ20 θεωρήσαμε τη διάταξη σύμφωνα με την οποία προκύπτουν 3Φ20 εφελκόμενος σπλισμός, 6Φ20 μεσαίος σπλισμός και 3Φ20 θλιβόμενος σπλισμός. Με αυτά τα δεδομένα προκύπτει ροπή διαρροής, $M_y=379,22\text{KNm}$ και ενεργός δυσκαμψία, $K=17795,56\text{KNm}^2$.

Για να διαπιστώσουμε αν και πόσο επηρεάζει αυτός ο παράγοντας τους υπολογισμούς μας, θα κάνουμε μια νέα παραδοχή η οποία θα προβλέπει 5Φ20 εφελκόμενο σπλισμό, 2Φ20 μεσαίο σπλισμό και 5Φ20 θλιβόμενο σπλισμό. Με τα νέα δεδομένα προκύπτουν, ροπή διαρροής $M_y=426,70\text{KNm}$ και ενεργός δυσκαμψία $K=20023,55\text{KNm}^2$. Πρόκειται λοιπόν για μια διαφορά της ενεργούς δυσκαμψίας της τάξης του 11%, όχι και τόσο σημαντική.

Για να ελέγξουμε τη συμβολή και άλλων σημαντικών παραμέτρων στον υπολογισμό της ενεργούς δυσκαμψίας πραγματοποιήσαμε διαδοχικές δοκιμές μεταβάλλοντας κάθε φορά την τιμή τους ώστε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα. Αλλάζοντας λοιπόν το αξονικό φορτίο η ενεργός δυσκαμψία διαφοροποιείται. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι πως όταν αυξάνουμε το αξονικό φορτίο κατά 1000KN η ενεργός δυσκαμψία παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβολή (15%) από αυτή που προκύπτει αν μειώσουμε το φορτίο κατά 1000KN (10%). Σημαντικό ρόλο φαίνεται πως έχει το ύψος του κτιρίου, καθώς αν αυξήσουμε κατά 1 μέτρο το ύψος, η ενεργός δυσκαμψία αυξάνεται κατά 28%. Ενώ σχεδόν αμελητέα είναι η συμβολή της επικάλυψης.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το λόγο Κ/ΕΙ ώστε να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης για τη μείωση που παρουσιάζει η Ενεργός Δυσκαμψία σύμφωνα με τα όσα ορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ).

Πίνακας 9. Λόγος Κ/ΕΙ δοκών, ισογείου.

Δοκοί	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
Δ1	10257,54	75600	0,14	13,57
Δ2	10257,54	75600	0,14	13,57
Δ3	10584,93	75600	0,14	14,00
Δ4	10037,47	75600	0,13	13,28
Δ5	10087,82	75600	0,13	13,34
Δ6	11515,11	75600	0,15	15,23
Δ7	10678,19	75600	0,14	14,12
Δ8	12645,91	75600	0,17	16,73
Δ9	6967,88	75600	0,09	9,22
Δ10	12270,34	75600	0,16	16,23
Δ11	7522,73	75600	0,10	9,95
Δ12	6967,88	75600	0,09	9,22

Δ13	12270,34	75600	0,16	16,23
Δ14	6967,88	75600	0,09	9,22
Δ15	10271,41	75600	0,14	13,59
Δ16	16392,26	75600	0,22	21,68
Δ17	9493,03	75600	0,13	12,56

Πίνακας 10. Λόγος Κ/ΕΙ δοκών, ισογείου.

Δοκοί	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
Δ1	8164,19	75600	0,11	10,80
Δ2	8164,19	75600		
Δ3	10584,93	75600	0,14	14,00
Δ4	10037,47	75600	0,13	13,28
Δ5	10087,82	75600	0,13	13,34
Δ6	11515,11	75600	0,15	15,23
Δ7	8899,22	75600	0,12	11,77
Δ8	11735,37	75600	0,16	15,52
Δ9	7908,90	75600	0,10	10,46
Δ10	12270,34	75600	0,16	16,23
Δ11	8463,75	75600	0,11	11,20
Δ12	6967,88	75600	0,09	9,22
Δ13	12270,34	75600	0,16	16,23
Δ14	6967,88	75600	0,09	9,22
Δ15	8404,42	75600	0,11	11,12
Δ16	15919,88	75600	0,21	21,06
Δ17	8404,42	75600	0,11	11,12

Πίνακας 11. Λόγος Κ/ΕΙ υποστυλωμάτων, ισογείου.

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
Κ1	8038,31	44800	0,179	17,94
Κ2	5481,51	21262,5	0,258	25,78
Κ3	8198,98	44800	0,183	18,30
Κ4	13202,15	55814,06	0,237	23,65
Κ5	28583,87	109375	0,261	26,13
Κ6	10853,09	47840,63	0,227	22,69
Κ7	13031,69	55814,06	0,233	23,35
Κ8	27979,52	21333,33	1,312	131,15

K9	10536,75	47840,63	0,220	22,02
K10	8118,99	44800	0,181	18,12
K11	8030,46	7776	1,033	103,27
K12	8914,51	44800	0,199	19,90

Πίνακας 12. Λόγος Κ/ΕΙ υποστυλωμάτων, Α' ορόφου.

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
K1	5057,06	26260,94	0,193	19,26
K2	4528,12	18900	0,240	23,96
K3	5057,06	26260,94	0,193	19,26
K4	9147,66	33600	0,272	27,23
K5	17795,56	71760,94	0,248	24,80
K6	17795,56	33600	0,530	52,96
K7	9022,69	33600	0,269	26,85
K8	17417,01	71760,94	0,243	24,27
K9	8120,75	33600	0,242	24,17
K10	5057,06	26260,94	0,193	19,26
K11	4965,35	18900	0,263	26,27
K12	5695,46	26260,94	0,217	21,69

Πίνακας 13. Λόγος Κ/ΕΙ υποστυλωμάτων, Β' ορόφου.

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
K1	4199,99	26260,9375	0,160	15,99
K2	4199,99	18900	0,222	22,22
K3	4199,99	26260,9375	0,160	15,99
K4	8120,75	33600	0,242	24,17
K5	16315,40	71760,9375	0,227	22,74
K6	7391,80	33600	0,220	22,00
K7	8120,75	33600	0,242	24,17
K8	16315,40	71760,9375	0,227	22,74
K9	7391,80	33600	0,220	22,00
K10	4199,99	26260,9375	0,160	15,99
K11	4425,19	18900	0,234	23,41
K12	5204,79	26260,9375	0,198	19,82

Πίνακας 14. Λόγος Κ/ΕΙ υποστυλωμάτων, Γ' ορόφου.

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
K1	3859,04	26260,9375	0,147	14,69
K2	3531,35	18900	0,187	18,68
K3	3859,04	26260,9375	0,147	14,69
K4	6923,22	33600	0,206	20,60
K5	14749,65	71760,9375	0,206	20,55
K6	5566,85	33600	0,166	16,57
K7	6923,22	33600	0,206	20,60
K8	14749,65	71760,9375	0,206	20,55
K9	5566,85	33600	0,166	16,57
K10	3859,04	26260,9375	0,147	14,69
K11	3859,04	18900	0,204	20,42
K12	4199,99	26260,9375	0,160	15,99

Πίνακας 15. Λόγος Κ/ΕΙ υποστυλωμάτων, Δ' ορόφου.

Υποστυλώματα	Ενεργός δυσκαμψία (Κ)	Ε*Ι	Κ/(Ε*Ι)	%
K1	3494,72	26260,94	0,133	13,31
K2	2978,00	18900	0,158	15,76
K3	3494,72	26260,94	0,133	13,31
K4	4913,60	33600	0,146	14,62
K5	12940,15	71760,94	0,180	18,03
K6	4614,72	33600	0,137	13,73
K7	4913,60	33600	0,146	14,62
K8	12940,15	71760,94	0,180	18,03
K9	4614,72	33600	0,137	13,73
K10	3494,72	26260,94	0,133	13,31
K11	3139,47	18900	0,166	16,61
K12	3705,95	26260,94	0,141	14,11

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό, ισχύει:

- για υποστυλώματα: $K/(E*I)=1$
- για δοκούς : $K/(E*I)=0,5$
- για τοιχώματα : $K/(E*I)=0,6$

Τρέχοντας το λογισμικό ETABS με τις παραπάνω τιμές που ισχύουν για τον Ε.Α.Κ. και τα δεδομένα που μας δόθηκαν για το πενταόροφο κτίριο προκύπτουν οι παρακάτω τιμές περιόδου:

Mode	Περίοδος
1	1,089126
2	1,042031
3	1,015938
4	0,353681
5	0,338641
6	0,330583
7	0,204993
8	0,196585
9	0,192557
10	0,145879
11	0,140161
12	0,137523

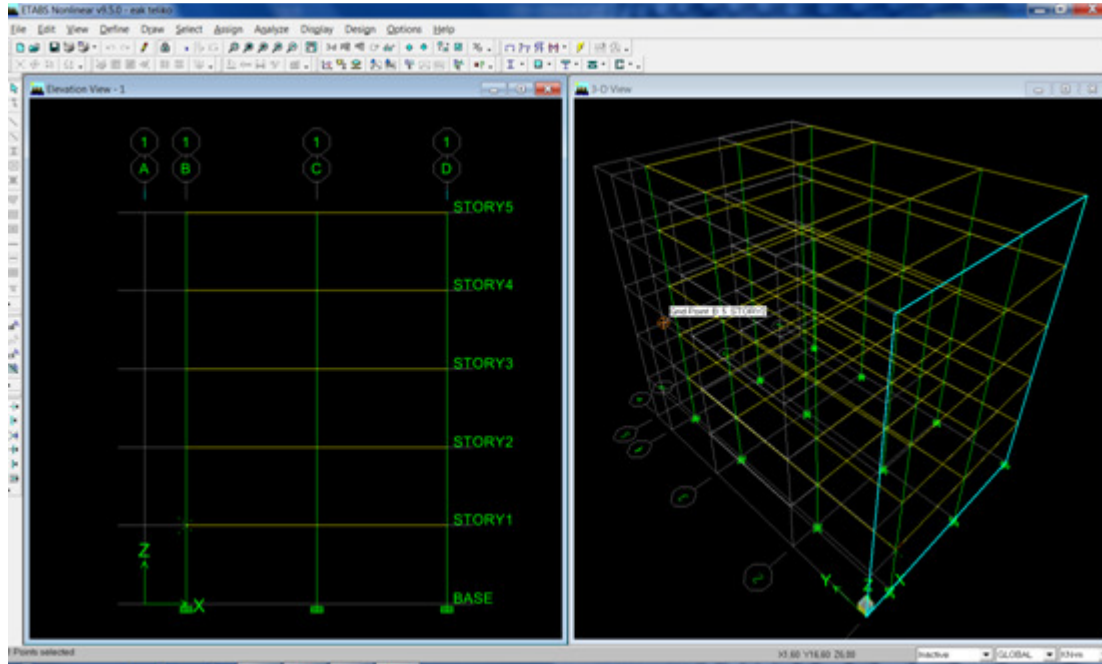
Με βάση τις τιμές των λόγων Κ/ΕΙ που προέκυψαν σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (από τους πίνακες 9 μέχρι και 15) προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Mode	Περίοδος
1	1,809967
2	1,755346
3	1,726075
4	0,604037
5	0,585963
6	0,576275
7	0,36733
8	0,356875
9	0,351037
10	0,275408
11	0,268143
12	0,263728

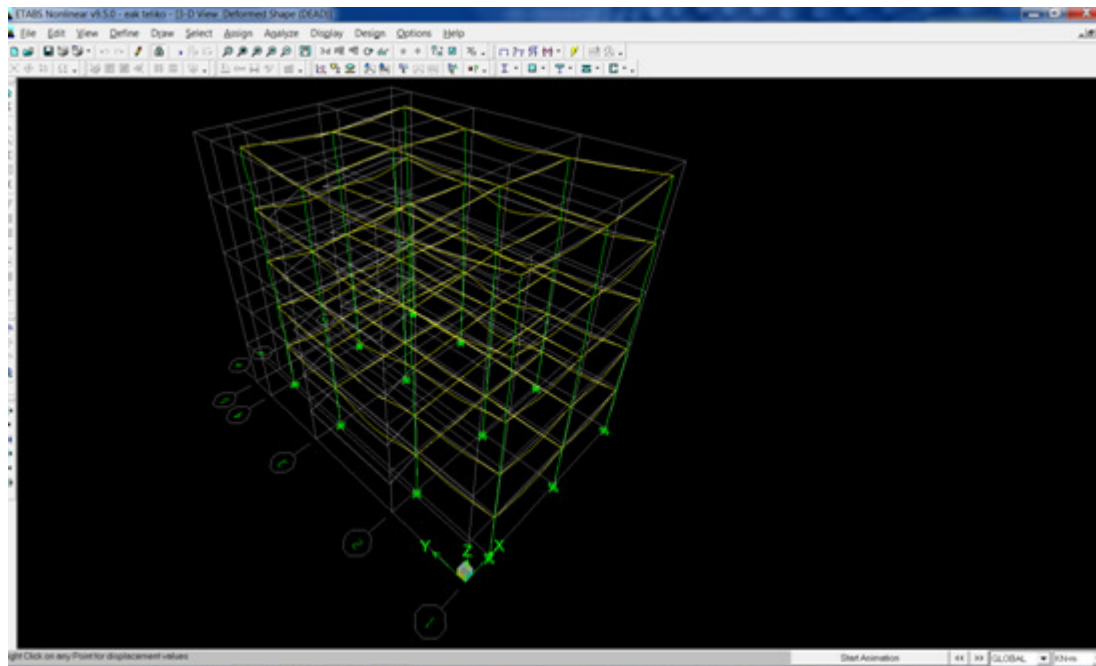
Από τη σύγκριση των δύο αυτών πινάκων παρατηρείται μεταβολή και συγκεκριμένα αύξηση της ιδιοπεριόδου κάθε ιδιομορφής στη περίπτωση που είναι υπολογισμένη σύμφωνα με όσα ορίζει ο Κανονισμός Επεμβάσεων.

Παρακάτω σας παρουσιάζουμε ενδεικτικά τις ιδιομορφές που προκύπτουν με τη βοήθεια του προγράμματος στατικής επίλυσης, αφενός με αυτά που προβλέπει ο Ε.Α.Κ αφετέρου με όσα υπολογίσαμε εμείς για τη μειωμένη δυσκαμψία.

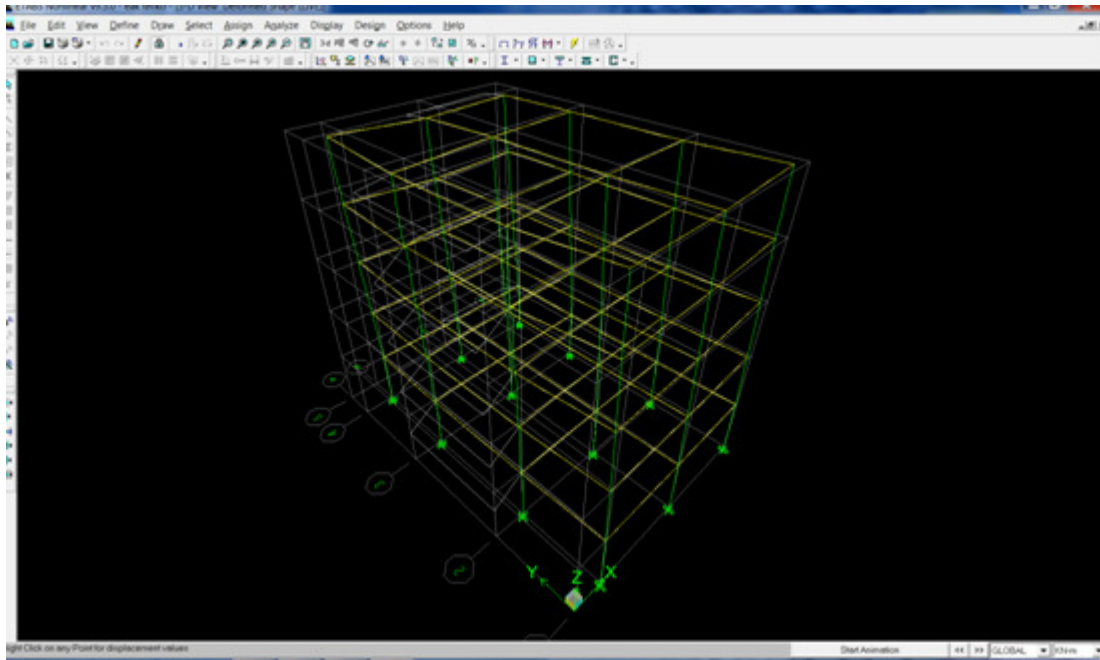
ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ Ε.Α.Κ.



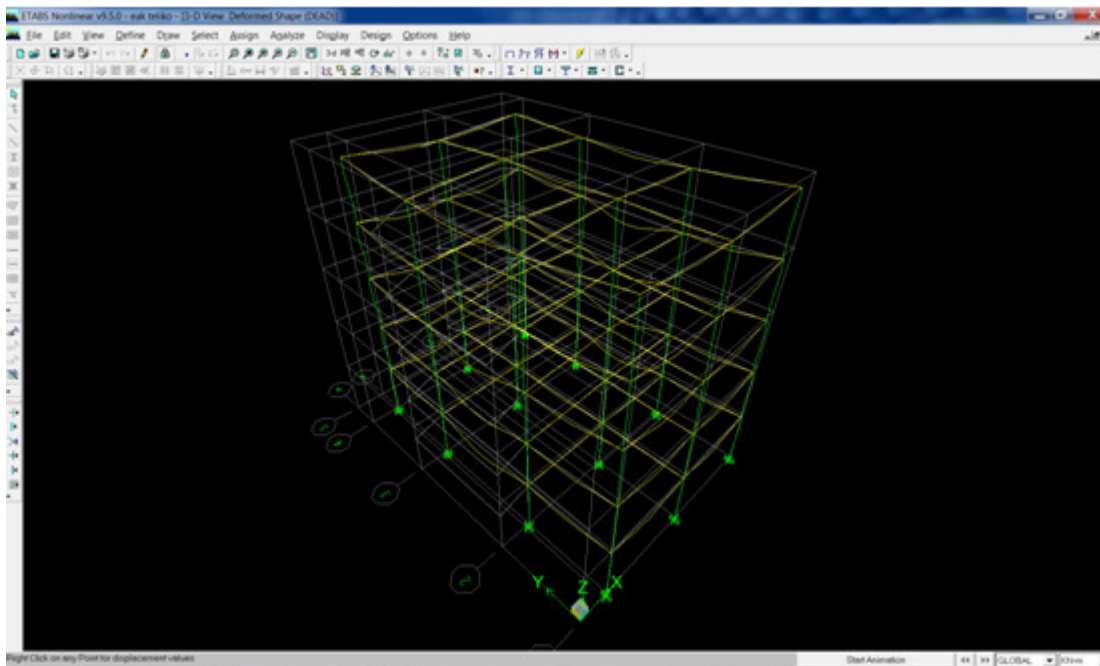
1^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



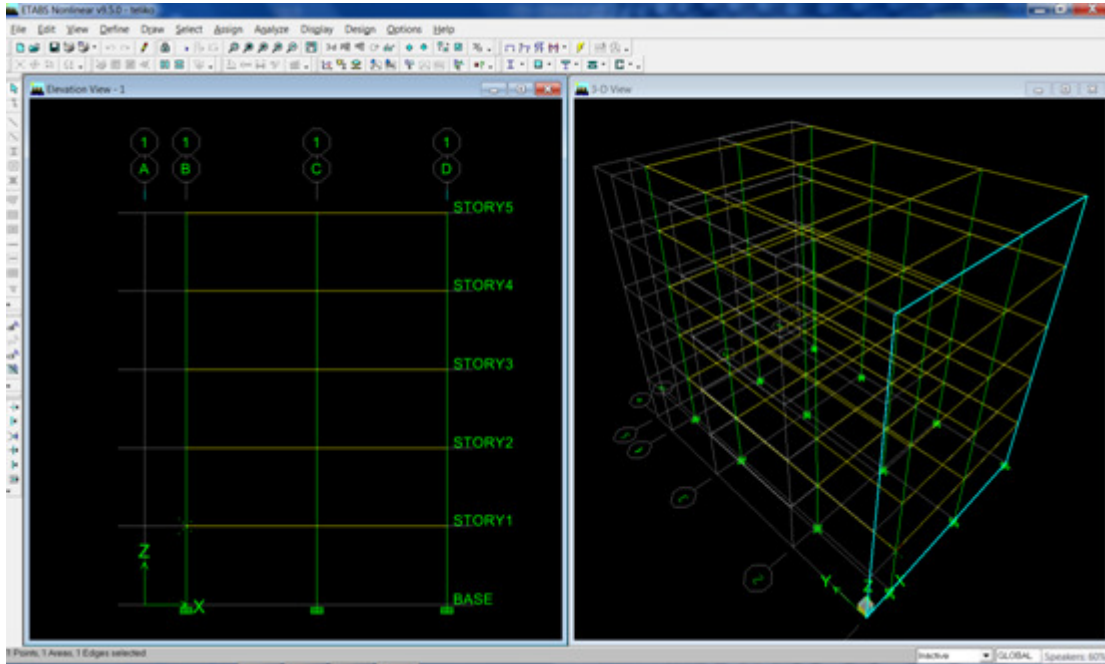
2^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



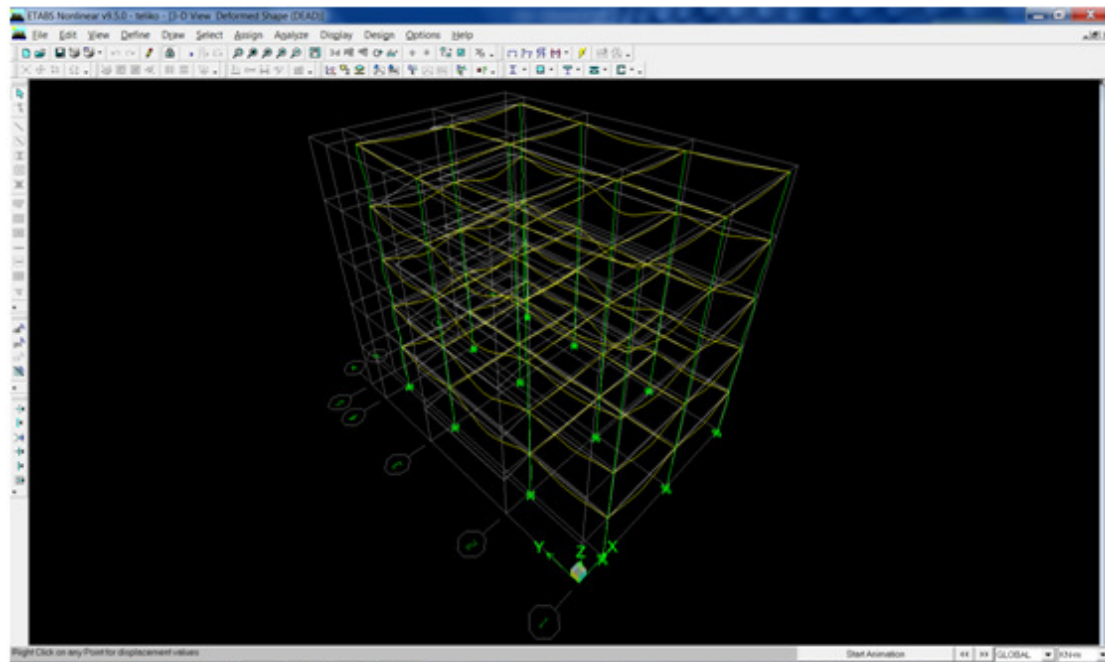
3^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



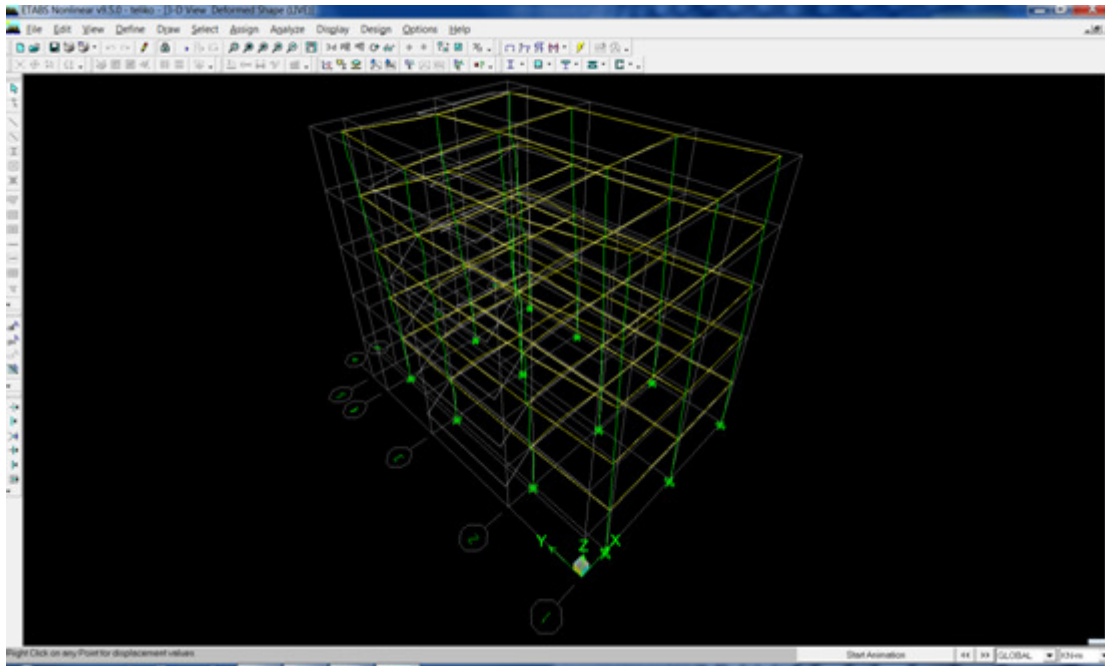
ΙΔΙΟΜΟΡΦΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΚΑΜΨΙΕΣ ΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΑΜΕ (ΚΑΝ.ΕΠΕ)



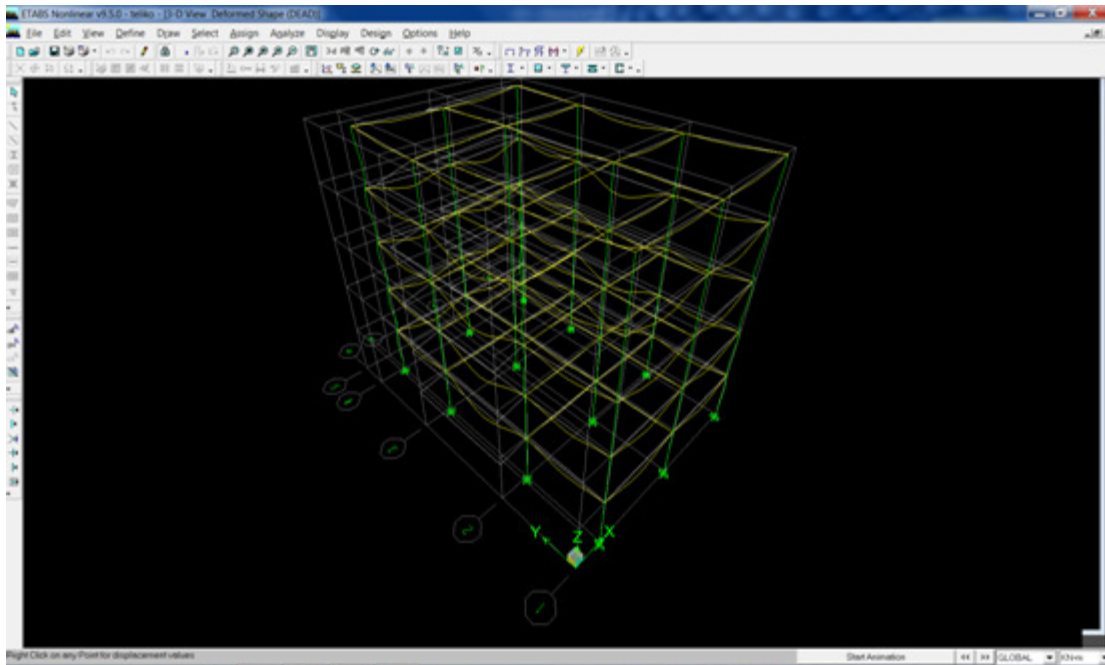
1^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



2^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



3^η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ



ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τέλος θα αναφέρουμε τα συμπεράσματα σχετικά με την ενεργό δυσκαμψία των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος, συνδυάζοντας αυτά που προβλέπει ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το πρόγραμμα στατικής επίλυσης Etabs. Το πρόγραμμα αυτό υπολογίζει τις ιδιομορφές, τις ιδιοπεριόδους καθώς και τα αξονικά φορτία των υποστρωμάτων κάθε ορόφου (τα οποία έχουν υπολογιστεί και με τη μέθοδο των τραπεζίων). Επίσης με το πρόγραμμα επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων, Microsoft Excel, υπολογίσαμε τη δυσκαμψία των δομικών στοιχείων, η οποία προκύπτει μειωμένη σε σχέση με αυτή που προβλέπουν οι ισχύοντες Κανονισμοί (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, Ευρωκώδικας).

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις διαφοροποιήσεις που κάναμε στις αρχικές μας παραδοχές, όπως δείξαμε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 5) ήταν τα εξής.

Η Ενεργός Δυσκαμψία εξαρτάται από τη διάταξη του οπλισμού κάθε δομικού στοιχείου. Είδαμε συγκεκριμένα ότι μεταβάλλοντας τη διάταξη οπλισμού από 3Φ20 εφελκόμενο, 6Φ20 μεσαίο και 3Φ20 θλιβόμενο οπλισμό σε 5Φ20 εφελκόμενο, 2Φ20 μεσαίο και 5Φ20 θλιβόμενο, παρατηρείται αύξηση της ενεργούς δυσκαμψίας 11%.

Επίσης είδαμε και για τις υπόλοιπες παραμέτρους ότι, αύξηση του αξονικού φορτίου επιφέρει μεταβολή της ενεργούς δυσκαμψίας μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει αν μειώσουμε το φορτίο κατά την ίδια τιμή. Επίσης σημαντική είναι η συμβολή του ύψους του κτιρίου, καθώς αν το αυξήσουμε κατά ένα μέτρο, έχουμε 28% αύξηση της ενεργούς δυσκαμψίας, ενώ σχεδόν αμελητέα είναι η συμβολή της επικάλυψης.

Κάνοντας χρήση του προγράμματος στατικής επίλυσης Etabs, μπορέσαμε να υπολογίσουμε και να απεικονίσουμε τις ιδιομορφές, όπως δείξαμε προηγουμένως (κεφάλαιο 5) καθώς επίσης και τις ιδιοπεριόδους κάθε ιδιομορφής σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό αλλά και τον Κανονισμό Επεμβάσεων, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.

Παρατηρήσαμε λοιπόν, μετά από τις συγκρίσεις, ότι η ενεργός δυσκαμψία που υπολογίζεται σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), εμφανίζεται αρκετά μειωμένη σε σχέση με αυτή που προβλέπεται από τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ). Αυτό οφείλεται στο ότι οι συντελεστές που ορίζει ο ΕΑΚ είναι 1,00 για τα υποστρώματα και 0,50 για τις δοκούς ενώ (ενδεικτικά) από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ προκύπτουν 0,23 και 0,15 αντίστοιχα. Ταυτόχρονα σημειώνεται σημαντική αύξηση της ιδιοπεριόδου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Κωνσταντίνο Ρεπαπή, για την πολύτιμη συμβολή του και την επιστημονική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *ΕΑΚ 2000, Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, ΟΑΣΠ*
- *ΚΑΝ.ΕΠΕ. -Τελικό σχέδιο κειμένου 3 Κανονισμός Επεμβάσεων, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας(ΟΑΣΠ) ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009*

http://www.oasp.gr/.../%CE%9A%CE%91%CE%9D_%CE%95%CE%A0%CE%95_2012_telik_o_FEK_42_B_20_01_2012....
- *Αντισεισμικές Κατασκευές από Σκυρόδεμα εκδόσεις ΖΗΤΗ*
- *ETABS: INTEGRATED ANALYSIS, DESIGN AND DRAFTING OF BUILDING SYSTEMS*
- *Συντήρηση και Επισκευή/Ενίσχυση των κατασκευών κεφάλαιο 22*
ikaros.teipir.gr/phyche/Subjects/Routoulas/Petyl/.../Ch22.pdf