ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ. ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Όθων Γ. Γαλάνης
Επιβλέπων:Εμμανουήλ Βουγιούκας

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1....7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΜΙΣΜΩΝ....7
1.1 Εισαγωγή....7
1.2 Οι προ του 1985 κατασκευές....7
1.3 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1984....7
1.3 Τροποποίηση και εισαγωγή του ΝΕΑΚ....8
1.4 Συμπεράσματα....8
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ....9
2.1 Εισαγωγή....9
2.2 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού....10
2.3 Στάθμες Επιτελεστικότητας....11
2.4 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)....12
2.5 Δράσεις-Συντελεστές ασφαλείας....14
2.6 Μέθοδοι Ανάλυσης....16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3....23
ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ-ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER)....23
3.1 Πλαστιμότητα....23
3.2 Πλαστικές αρθρώσεις....24
3.3 Καμπύλη ικανότητας (capacity curve)....26
3.4 Καμπύλη F-δ δομικού στοιχείου....27
3.5 Πλάστιμα και ψαθυρά στοιχεία....28
3.6 Έλεγχος στοχευόμενης ικανότητας....30
3.7 Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover)....31
3.7.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής....31
3.7.2 Προσομοίωση και ανάλυση....32
3.7.3 Καθορισμός κόμβου ελέγχου....32
3.7.4 Κατανομή σεισμικών φορτίων....32
3.7.5 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης....33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4....36
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ....36
4.1 Εισαγωγή....36
4.2 Μορφολογία φέροντος οργανισμού-προσομοίωση....36
4.3 Υλικά-Φορτία-Παραδοχές....38
4.4 Τοιχοπληρώσεις κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ....39
4.5 Προκαταρκτική ελαστική ανάλυση....41
4.6 Προέλεγχος δυναμική ανάλυση....44
4.7 Διερεύνηση επιρροής ανώτερων ιδιομορφών....45
4.8 Ανελαστική στατική ανάλυση για τα δύο προσομοιώματα....45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5....68
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ....68
5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων-Επιλογή θέσεων ενίσχυσης....68
5.2 Τελική ενίσχυση με μανδύα....72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6....89
ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ....89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7....91
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ....91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ....92

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

1.Πίνακας 2.1 Στόχοιαποτίμησης ή ανασχεδιασμού 10
2.Πίνακας 2.2 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.....11
3.Πίνακας 2.3 Κατηγορίες Σπουδαιότητας..... 11
4.Πίνακας 2.4 « Ερήμην » αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος.....13
5.Πίνακας 2.5 « Ερήμην » αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού.....13
6.Πίνακας 2.6 Στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων.....14
7.Πίνακας 2.7 Τιμές του συντελεστή γsd.....15
8.Πίνακας 2.8 Τιμές των ιδιοτήτων των υλικών και αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας.....16
9.Πίνακας 2.9 Τιμές του λόγου q*/q ανάλογα το στόχο επανελέγχου.....16
10.Πίνακας 4.1Συντελεστές ασφαλείας υλικών.....38
11.Πίνακας 4.2 Παράμετροι προκαταρκτικής ελαστκής ανάλυσης.....42
12.Πίνακας 4.3 Παράμετροι προελέγχου δυναμικής ανάλυσης.....44
13.Πίνακας 4.4 Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών.....45
14.Πίνακας 4.5 Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών(με τοιχοπληρώσεις).....45
15.Πίνακας 4.6 Παράμετροι pushover.....46
16.Πίνακας 4.7 Σεισμικοί συνδυασμοί.....46
17.Πίνακας 4.8Φάσματα-στόχοι σχεδιασμού.....47
18.Πίνακας 4.9 Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx.....48
19.Πίνακας 4.10 Διγραμμική Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx.....49
20.Πίνακας 4.11 Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης..... 49
21.Πίνακας 4.12 Καμπύλη στοχευόμενης μετακίνησης για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx.....49
22.Πίνακας 4.13 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz.....50
23.Πίνακας 4.14Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx.....50
24.Πίνακας 4.15 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz.....51
25.Πίνακας 4.16 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx.....51
26.Πίνακας 4.17 Συγκεντρωτικός πίνακας ελέγχων για το κτίριο.....52
27.Πίνακας 4.18 Εμφάνιση μεγεθών με χρωματική διαβάθμιση.....53
28.Πίνακας 4.19 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την κατανομή Fx + 0.30 Fz.....55
29.Πίνακας 4.20 Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx.....55
30.Πίνακας 4.21Διγραμμική Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx.....56
31.Πίνακας 4.22Καμπύλη στοχευόμενης μετακίνησης για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx.....56
32.Πίνακας 4.23 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz(με τοιχοπληρώσεις).....57
33.Πίνακας 4.24 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις).....57
34.Πίνακας 4.25 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις).....58
35.Πίνακας 4.26 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις).....58
36.Πίνακας 4.27 Συγκεντρωτικός πίνακας ελέγχων για το κτίριο(με τοιχοπληρώσεις).....59
37.Πίνακας 4.28 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz.....61
38.Πίνακας 4.29 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz.....61
39.Πίνακας 4.30 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx.....62
40.Πίνακας 4.31 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx.....63
41.Πίνακας 4.32 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz.....64
42.Πίνακας 4.33 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz.....65
43.Πίνακας 4.34Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx.....66
44.Πίνακας 4.35 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx.....67
45.Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας υπέρβασης ορίου για όλες τις ανελαστικές αναλύσεις.....68
46.Πίνακας 5.2 Έλεγχος επάρκειας διατομών σε όρους παραμορφώσεων (mrad).....69

47.Πίνακας 5.3Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών....70
48.Πίνακας 5.4 Πίνακας ελέγχων για την αρχική ενίσχυση....71
49.Πίνακας 5.5 Πίνακας ελέγχων για την τελική ενίσχυση....73
50.Πίνακας 5.6 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων....74
51.Πίνακας 5.7 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz....75
52.Πίνακας 5.8 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz....76
53.Πίνακας 5.9 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz....76
54.Πίνακας 5.10 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz....76
55.Πίνακας 5.11 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz....77
56.Πίνακας 5.12 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz....77
57.Πίνακας 5.13 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30Fx....77
58.Πίνακας 5.14 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30Fx....78
59.Πίνακας 5.15 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική Fz + 0.30Fx....78
60.Πίνακας 5.16 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30Fx....79
61.Πίνακας 5.17Πίνακας 5.17 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30Fx....80
62.Πίνακας 5.18 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική - Fz + 0.30Fx....80
63.Πίνακας 5.19 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz....80
64.Πίνακας 5.20 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνικ Fx+0.30Fz....81
65.Πίνακας 5.21 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz....81
66.Πίνακας 5.22 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30Fz....82
67.Πίνακας 5.23 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz....83
68.Πίνακας 5.24 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz....83
69.Πίνακας 5.25 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx....84
70.Πίνακας 5.26 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fz+0.30 Fx....85
71.Πίνακας 5.27 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx....86
72.Πίνακας 5.28 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fz +0.30 Fx....86
73.Πίνακας 5.29 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx....87
74.Πίνακας 5.30 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική -Fz + 0.30Fx....88
75.Πίνακας 6.1 Κοστολόγηση παρεμβάσεων....90

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1.Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ροής σκοπού προκαταρκτικής ανάλυσης (στατικής)....18
2.Σχήμα 2.2Διάγραμμα ροής προϋποθέσεων-εκτέλεσης ελαστικής στατικής ανάλυση....19
3.Σχήμα 2.3 Διάγραμμα ροής σκοπού προκαταρκτικής ανάλυσης (δυναμικής)....20
4.Σχήμα 2.4 Διάγραμμα ροής προϋποθέσεων-εκτέλεσης ελαστικής δυναμικής ανάλυσης....21
5.Σχήμα 3.1 Ανακυκλιζόμενη φόρτιση για α) πλάστιμο μέλος και β)μη πλάστιμο μέλος....23
6.Σχήμα 3.2 Σχήμα 3.2 Διάταξη συνδετήρων α)σημερινοί κανονισμοι και β)παλαιότεροι κανονισμοί....24
7.Σχήμα 3.2Σχήμα 3.3 Πιθανές θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων 25
8.Σχήμα 3.4 Σχήμα 3.4 Πλαστικές αρθρώσεις και διαγράμματα ροπών....25
9.Σχήμα 3.5Σχήμα 3.5 Καμπύλη έντασης-παραμόρφωσης....26
10.Σχήμα 3.6Σχήμα 3.6 Καμπύλη ικανότητας κατασκευής....26
11.Σχήμα 3.7 Ορισμός γωνίας στροφής χορδής, θ 27
12.Σχήμα 3.8Σχήμα 3.8 Καμπύλη F-δ α)καμπτικής και β)διατμητικής συμπεριφοράς....27
13.Σχήμα 3.9Σχήμα 3.9 Ιδεατή καμπύλη F-δ δομικών στοιχείων....28
14.Σχήμα 3.10Σχήμα 3.10(α) μεταβολή της αντοχής σε τέμνουσα V_R με τη γωνία στροφής χορδής θ,(β)Μετατροπή του διαγράμματος σε διάγραμμα ροπής-στροφής χορδής M_R-θ....29
15.Σχήμα 3.11Σχήμα 3.11 Αστοχία μόνο σε κάμψη....29
16.Σχήμα 3.12Σχήμα 3.12 Αστοχία σε διάτμηση πριν τη διαρροή σε κάμψη....30
17.Σχήμα 3.13Σχήμα 3.13 Αστοχία σε διάτμηση μετά τη διαρροή σε κάμψη, αλλά πριν την αστοχία σε κάμψη....30
18.Σχήμα 3.14Σχήμα 3.14 Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος....31
19.Σχήμα 3.15Σχήμα 3.15 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης....33
20.Σχήμα 3.16Σχήμα 3.16 Διάγραμμα ροής προϋοθέσεων pushover....34
21.Σχήμα 3.17Σχήμα 3.17 Διάγραμμα ροής εκτέλεσης ανελαστικής στατικής ανάλυσης....35
22.Σχήμα 4.1Σχήμα 4.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου 36
23.Σχήμα 4.2Σχήμα 4.2 Κάτοψη τυπικού ορόφου....37
24.Σχήμα 4.3Σχήμα 4.3 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου με τις τοιχοπληρώσεις....40
25.Σχήμα 4.4Σχήμα 4.4 Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων με διαγώνιους θλιπτήρες....40
26.Σχήμα 4.5Σχήμα 4.5 Εισαγωγή των πλακών στο φορέα....41
27.Σχήμα 4.6Σχήμα 4.6 Όπλιση τυπικού υποστυλώματος 30/30....42
28.Σχήμα 4.7Σχήμα 4.7 Όπλιση δοκού 20/55....43
29.Σχήμα 4.8Σχήμα 4.8 Τρισδιάστατη απεικόνιση οπλισμού υποστυλώματος....43
30.Σχήμα 4.9Σχήμα 4.9 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων....53
31.Σχήμα 4.10Σχήμα 4.10 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών....54
Σχήμα 4.11 Γραφική απεικόνιση αστοχίας απο τέμονουσα....54
32.Σχήμα 4.12Σχήμα 4.12 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων για το κτίριο (με τοιχοπληρώσεις)....59
33.Σχήμα 4.13Σχήμα 4.13 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών για το κτίριο (με τοιχοπληρώσεις)....60
34.Σχήμα 5.1Σχήμα 5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση μέλους 2....70
35.Σχήμα 5.2Σχήμα 5.2 Απεικόνιση μαδύα σκυροδέματος για το μέλος 2....71
36.Σχήμα 5.3Σχήμα 5.3 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων....72
37.Σχήμα 5.4Σχήμα 5.4 Απεικόνιση μαδύα σκυροδέματος για το μέλος 15....72
38.Σχήμα 5.5Σχήμα 5.5 Τελική απεικόνιση ενισχυμένου φορέα....73
39.Σχήμα 5.6Σχήμα 5.6 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων (ενισχυμένου φορέα) για την ορθογωνική Fx+ 0.30 Fz....74
40.Σχήμα 5.7Σχήμα 5.7 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών (ενισχυμένου φορέα) για την ορθογωνική Fx+ 0.30 Fz....75

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Βουγιούκα Ε. για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα καθώς επίσης και για την καθοριστική συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.
Ευχαριστώ τον Δήμο Ζωγράφου που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα υφιστάμενο κτίριο παρέχοντας μου όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και διευκρινήσεις σχετικά με το έτος κατασκευής και την παλαιότητα του κτιρίου, καθώς και τη δυνατότητα για πρόσβαση στο χώρο, προκειμένου να γίνει η αποτύπωση του κτιρίου.
Το τμήμα υποστήριξης του λογισμικού Scada Pro για τις πολύτιμες συμβουλές, καθώς και την ευκαιρία να εκπονήσω τη διπλωματική με το συγκεκριμένο πρόγραμμα, μέσω της ακαδημαικής άδειας που μου προσφέρθηκε.
Τον κ. Πετρόπουλο Χ. για τις συμβουλές του και τον χρόνο του σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μου.
Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την συμπαράσταση και την κατανόηση που έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε υπάρχουσα κατασκευή με την αποτίμηση της συμπεριφοράς της έναντι σεισμού , μελετημένης με τον κανονισμό του ΒΔ/1959 στην περιοχή του Ζωγράφου. Για τη σεισμική αποτίμηση χρησιμοποιήθηκαν κατά βάση οι διατάξεις του Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ. ΕΠΕ).
Στη συνέχεια, και αφού διαπιστώθηκε η ανεπάρκεια της κατασκευής, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς προτείνεται ενίσχυσή της και αποτιμάται η συμπεριφορά της ενισχυμένης κατασκευής.
Συγκεκριμένα, η κατασκευή προσομοιώνεται στο λογισμικό Scada Pro και εκτιμάται η φέρουσα ικανότητά του φορέα, με συνεκτίμηση της συνεισφοράς της τοιχοποιίας και μη, με χρήση της μεθόδου στατικής ανελαστικής ανάλυσης (pushover).
Εν κατά κλείδι , παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται και παρατηρούνται από τη δημιουργία του μοντέλου, την αποτίμηση και την ενίσχυσή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΜΙΣΜΩΝ

1.1 Εισαγωγή

Το αντικείμενο του πολιτικού μηχανικού εξελίσσεται συνεχώς ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες της κοινωνίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό του δομικού πλούτου της Ελλάδας, αλλά και του πλανήτη είναι κατασκευασμένο με προγενέστερους κανονισμούς οι οποίοι υστερούν έναντι των ισχυόντων. Η αποκατάσταση ενός τόσο μεγάλου αριθμού κτιρίων, έτσι ώστε να συμμορφωθούν στα σημερινά δεδομένα, δεν είναι εφικτή από οικονομικής άποψης. Γεννήθηκε, λοιπόν, η ανάγκη αποτίμησης της συμπεριφοράς αυτών των κτιρίων έναντι σεισμικών δράσεων έτσι ώστε να έχουμε μια εικόνα για τη διάσταση του προβλήματος και να βρεθεί μια οικονομικά εφικτή λύση. Για την ικανοποίηση της ανάγκης αυτής αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, η μέθοδος pushover, την οποία θα εφαρμόσουμε για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

1.2 Οι προ του 1985 κατασκευές

Το κτίριο έχει μελετηθεί, σχεδιαστεί και κατασκευαστεί με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959. Ο αντισεισμικός κανονισμός του ‘59 εισάγει για πρώτη φορά την απαίτηση διαστασιολόγησης για οριζόντιες δυνάμεις ανάλογες με τη μάζα της κατασκευής και τη σεισμικότητα της εκάστοτε περιοχής.
Για τη διαστασιολόγηση των φερόντων στοιχείων απο οπλισμένο σκυρόδεμα ίσχυε ο κανονισμός του ‘54(μετάφραση του γερμανικού του ‘36) και δεν περιελάμβανε διατάξεις και δεν περιελάμβανε διατάξεις που να αφορούν την εξασφάλιση της τοπικής πλαστιμότητας των μελών. Ο εν λόγω κανονισμός συνεπώς, αφορούσε κυρίως τον σχεδιασμό για την ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων. Η θέση των υποστυλωμάτων και των δοκών καθοριζόταν σχεδόν απόλυτα απο την αρχιτεκτονική διάταξη, με αποτέλεσμα ο φέρων οργανισμός να αποτελείται απο πολλές έμμεσες στηρίξεις και να μην εξασφαλίζεται πάντα η πλαισιακή λειτουργία του κτιρίου.Άλλα συνήθη προβλήματα που συναντώνται στις προ του 1985 κατασκευές,είναι τα χαμηλά ποσοστά διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού, οι χαμηλές αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα, οι ανεπαρκείς αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού, η περιορισμένη όπλιση των κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων, η περιορισμένη όπλιση των κόμβων τοιχωμάτων-δοκών, τα μικρά πάχη επικαλύψεων των δομικών στοιχείων και η απουσία ικανοτικού σχεδιασμού. Τέλος, σημαντική είναι η έλλειψη κατασκευαστικών λεπτομερειών όπλισης.
Η τοπική πλαστιμότητα των προ του 1985 κατασκευών εκτιμάται στο 1.5-2 και κρίνονται για αυτό το λόγο ιδιαίτερα τρωτές σεισμικά.

1.3 Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1984

Το 1984 πραγματοποιήθηκε αναθεώρηση του αντισεισμικού κανονισμού και η αντισεισμική προστασία αναβαθμίστηκε. Εισάγονται έννοιες όπως ο ικανοτικός σχεδιασμός υποστυλωμάτων σε

κάμψη, η κατασκευαστική διαμόρφωση και οι λεπτομέρειες όπλισης μελών που σχετίζεται με την τοπική πλαστιμότητα, έλεγχος για βλάβες στην πλήρωση της κατασκευής και υπολογισμός επιρροών δεύτερης τάξης. Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1984 εμφανίζουν αυξημένη επάρκεια και διαθέτουν τοπική πλαστιμότητα ισοδύναμη με δείκτη συμπεριφοράς 2~2.5 . Με τις τροποποιήσεις του 1984 στον ΕΑΚ 1959 έγινε ένα σημαντικό πρώτο βήμα στην βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας του αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών.

1.3 Τροποποίηση και εισαγωγή του ΝΕΑΚ

Το επόμενο βήμα αποτελεί η σύνταξη του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΝΕΑΚ) το 1992 (ΦΕΚ 613Β/12-10-1992), λαμβάνοντας υπ' όψη και τις μέχρι τότε διεθνείς εξελίξεις. Ο ΝΕΑΚ τέθηκε σε υποχρεωτική εφαρμογή το 1995 και σε συνδυασμό με τον ΝΕΚΟΣ που είχε συνταχθεί το 1991, καθόρισαν τον ισχύοντα σήμερα αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών. Ισχύουν και σήμερα (2021), εναλλακτικά ως προς τους Ευρωκώδικες (από το 2005). Ο σεισμός της Πάρνηθας επέσπευσε την αναθεώρηση του ΝΕΑΚ, ο οποίος εφαρμόσθηκε αυτούσιος επί σχεδόν 5 χρόνια. Το 1999 ο ΝΕΑΚ αναθεωρήθηκε (χωρίς αλλαγή της φιλοσοφίας του), ώστε να γίνει πλήρως συμβατός με τους Ευρωκώδικες ΕC7 και ΕC8 . Η αναθεωρημένη μορφή του ΝΕΑΚ είναι γνωστή ως ΕΑΚ2000 (ΦΕΚ 2184 Β'/20-12-1999), τέθηκε σε υποχρεωτική εφαρμογή το 2001 και ισχύει μέχρι σήμερα (με τις εν τω μεταξύ ενημερώσεις του).

1.4 Συμπεράσματα

Μέχρι τον σεισμό της Θεσσαλονίκης το 1978 και των Αλκυονίδων το 1981 (γεγονότα τα οποία οδήγησαν στην αναθεώρηση των μέχρι τότε ισχύοντων κανονισμών), οι προσπάθειες της πολιτείας για εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών ακολουθούσαν με διαφορά φάσης σημαντικούς καταστροφικούς σεισμούς του Ελληνικού χώρου. Την τελευταία 20ετία, αυτή η αντιμετώπιση άλλαξε ριζικά. Οι σύγχρονοι Αντισεισμικοί Κανονισμοί, δίνουν την ελπίδα ότι οι νέες αντισεισμικές κατασκευές θα συμπεριφερθούν πολύ καλύτερα από τις παλαιότερες στους μελλοντικούς σεισμούς.
Δεδομένου όμως ότι η πλειοψηφία των κτιρίων στον ελλαδικό χώρο είναι κατασκευασμένα με παλαιότερους κανονισμούς, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη διερεύνησης τους όσον αφορά το κατά πόσο είναι ικανά να πληρούν τις προδιαγραφές για τις οποίες κατασκευάστηκαν. Επιπλέον, σε πολλά απο αυτά ίσως είναι απαραίτητη η ενίσχυσή τους. Το κενό που υπήρχε σε αυτόν τον τομέα ήρθε να καλύψει ο Κανονισός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι ένας ελληνικός κανονισνός που λαμβάνει υπόψιν τις ιδιαιτερότητες των υφιστάμενων ελληνικών κατασκευών και συνδέει τις απαιτήσεις αντοχής αυτών με τους σύγχρονους κανονισμούς (ευρωκώδικες). Αφορά κατά κύριο λόγο κατασκευές απο οπλισμένο σκυρόδεμα.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

2.1 Εισαγωγή

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.Η διαδικασία αποτίμησης, διαφοροποιείται ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι βλαβών στο προς αποτίμηση κτίριο. Στη περίπτωση όπου δεν υπάρχουν βλάβες, το αποτέλεσμα της αποτίμησης, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, θα οδηγήσει στην απόφαση για ενίσχυση ή όχι του δομήματος.

Η αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων ακολουθεί τα εξής βήματα:
i)Συλλογή στοιχείων (έρευνα του ιστορικού του δομήματος)
ii)Ανάλυση
iii)Έλεγχος οριακών καταστάσεων.

Επίσης,η αποτίμηση των υφιστάμενων δομημάτων ακολουθεί τις παρακάτω αρχές:
α. Όταν ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη μόνον κατακορύφων φορτίων, η αποτίμησή του μπορεί να γίνεται με βάση απλές, πάντως συντηρητικές, μεθόδους.
β. Όταν, αντίθετα, ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη τόσο κατακορύφων όσο και σεισμικών φορτίων, πρέπει να γίνεται αποτίμησή του με βάση τις παρακάτω αρχές:

i) Η αποτίμηση γίνεται με αναλυτικές μεθόδους.Ειδικώς στα δομήματα για τα οποία διατίθεται εγκεκριμένη μελέτη (η οποία έχει εφαρμοσθεί) και τα οποία δεν παρουσιάζουν βλάβες, η αποτίμηση μπορεί να γίνει βάσει των περιεχομένων της εγκεκριμένης μελέτης.
ii) Τα προσομοιώματα που θα χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση μπορεί να αντιπροσωπεύουν το σύνολο του δομήματος ή επί μέρους στοιχεία. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται διαφορετικά προσομοιώματα, ανάλογα με το είδος των επιβαλλομένων δράσεων. Γενικώς, το είδος των προσομοιωμάτων πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με τις μεθόδους υπολογισμού που θα εφαρμοσθούν.
iii) Η ακρίβεια των χρησιμοποιουμένων μεθόδων, συνιστάται να είναι συμβατή με την ακρίβεια των δεδομένων.
iv) Η χρήση εμπειρικών-αναλυτικών ή αμιγώς εμπειρικών μεθόδων επιτρέπεται μόνον στις περιπτώσεις που καλύπτονται από σχετικές ειδικές διατάξεις εκδιδόμενες από τη Δημόσια Αρχή.
v) Στις περιπτώσεις δομημάτων που ήδη παρουσιάζουν βλάβες ή φθορές, η εφαρμοζόμενη μέθοδος αποτίμησης οφείλει να μπορεί να ερμηνεύσει κατά αδρομερή προσέγγιση τόσο τη μορφή όσο και τη θέση των ουσιωδών αυτών βλαβών. Σε δομήματα μεγάλης σημασίας, στα οποία έχουν διαπιστωθεί βλάβες, ενδέχεται να απαιτηθούν παραμετρικές αναλύσεις προκειμένου να επιτευχθεί η ερμηνεία των βλαβών κατά μορφή και θέση.
vi) Για την ανάλυση, τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων, την επαλήθευση του επιλεγέντος δείκτη συμπεριφοράς, τον έλεγχο των επιβαλλομένων μετακινήσεων και τους τοπικούς

δείκτες, έχουν κατ΄ αναλογία εφαρμογή οι διατάξεις των Παραγράφων 2.4.3 έως 2.4.5 του παρόντος Κανονισμού.

vii)Σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να είναι χρήσιμη ή/και αναγκαία μια ταχεία εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος που έχει υποστεί βλάβες ή φθορές. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να γίνεται ανάλογα με την ένταση και έκταση των βλαβών σύμφωνα με δόκιμες (ακριβείς ή προσεγγιστικές) μεθόδους .

2.2 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Για την εξυπηρέτηση ευρύτερων κοινωνικο-οικονομικών αναγκών, θεσπίζονται διάφορες «στάθμες επιτελεστικότητας» (στοχευόμενες συμπεριφορές) υπό δεδομένους αντίστοιχους σεισμούς σχεδιασμού.Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού αποτελούν συνδυασμούς αφενός μιας στάθμης επιτελεστικότητας και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη «ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου» (σεισμός σχεδιασμού). Επισημαίνεται, ότι οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού δεν είναι κατ' ανάγκη ίδιοι. Οι τελευταίοι, ενδέχεται να είναι υψηλότεροι από τους πρώτους. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του στόχου σχεδιασμού επαφίεται στον κύριο του έργου, υπό τον όρο ότι είναι ίσος ή υψηλότερος από τον ελάχιστο στόχο που καθορίζει η αρμόδια Δημόσια Αρχή. Γενικώς,γίνεται δεκτή μία ονομαστική τεχνική διάρκεια ζωής ίση με τον συμβατικό χρόνο ζωής των 50 ετών, ανεξαρτήτως της εικαζόμενης κατά περίπτωση «πραγματικής» υπολειπόμενης διάρκειας ζωής του κτίσματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για νέα δομήματα προβλέπεται στόχος σχεδιασμού Β1. Η υιοθέτηση στόχου αποτίμησης ή ανασχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 50% οδηγεί εν γένει σε πιο συχνές, πιο εκτεταμένες και πιο έντονες βλάβες έναντι ενός αντίστοιχου στόχου με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10%. Η πιθανότητα υπέρβασης 50% (μέγιστη ανεκτή) σε 50 έτη αντιστοιχεί σε μέση περίοδο επαναφοράς περίπου 70 ετών, ενώ η πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 έτη αντιστοιχεί σε μέση περίοδο επαναφοράς περίπου 475 ετών.

Ο στόχος επανελέγχου (αποτίμηση ή ανασχεδιασμός) επιλέγεται από τον κύριο του έργου και δεν μπορεί να είναι χαμηλότερος από τον οριζόμενο από την Δημόσια Αρχή. Κατά τον ορισμό των στόχων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μεταξύ άλλων τα ακόλουθα κριτήρια:

i)Κοινωνική σπουδαιότητα του κτιρίου

ii)Διαθέσιμα οικονομικά μέσα του υπόψη κοινωνικού συνόλου κατά τη δεδομένη περίοδο

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	Α1	Β1	Γ1
50%	Α2	Β2	Γ2

2.1 Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφιστάμενων δομημάτων,

ορίζονται σύμφωνα με τον παράρτημα 2.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. και συγκεκριμένα ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητα ως εξής:

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	Β1
IV	Β1 και Α2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Πίνακας 2.2 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Σε κάθε περίπτωση, να θεωρηθεί ότι ισχύει Α1>Α2, Β1>Β2, Γ1>Γ2, Α1>Β1>Γ1 και Α2>Β2>Γ2. Οι παραπάνω κατηγορίες σπουδαιότητας ορίζονται ως εξής:

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Κτίρια
I	**Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, όπως**: αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα, στάβλοι, βουστάσια, χοιροστάσια, ορνιθοτροφεία, κλπ.
II	**Συνήθη κτίρια, όπως**: κατοικίες και γραφεία, βιομηχανικά - βιοτεχνικά κτίρια, ξενοδοχεία (τα οποία δεν περιλαμβάνουν χώρους συνεδρίων), ξενώνες, οικοτροφεία, χώροι εκθέσεων, χώροι εστιάσεως και ψυχαγωγίας (ζαχαροπλαστεία, καφενεία, μπόουλινγκ, μπιλιάρδου, ηλεκτρονικών παιχνιδιών, εστιατόρια, μπαρ, κλπ), τράπεζες, ιατρεία, αγορές, υπεραγορές, εμπορικά κέντρα, καταστήματα, φαρμακεία, κουρεία, κομμωτήρια, ινστιτούτα γυμναστικής, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφεία, ξυλουργεία, εργαστήρια ερευνών, παρασκευαστήρια τροφίμων, καθαριστήρια, κέντρα μηχανογράφησης, αποθήκες, κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων, πρατήρια υγρών καυσίμων, ανεμογεννήτριες, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών και τοπικής αυτοδιοίκησης που δεν εμπίπτουν στην κατηγορία IV, κλπ.
III	**Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς και κτίρια δημόσιων συναθροίσεων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου, όπως**: αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, φροντιστήρια, νηπιαγωγεία, χώροι συναυλιών, αίθουσες δικαστηρίων, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, αίθουσες αναμονής επιβατών, ψυχιατρεία, ιδρύματα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ιδρύματα χρονίως πασχόντων, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, βρεφικοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί, παιδότοποι, αναμορφωτήρια, φυλακές, εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού και αποβλήτων, κλπ.
IV	**Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως**: κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, νοσοκομεία, κλινικές, αγροτικά ιατρεία, υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, κτίρια δημόσιων επιτελικών υπηρεσιών για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών από σεισμό. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, όπως: **μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ.**

Πίνακας 2.3 Κατηγορίες Σπουδαιότητας

2.3 Στάθμες Επιτελεστικότητας

Όλοι οι κανονισμοί ορίζουν με μικροδιαφορές τρεις βασικές στάθμες επιτελεστικότητας για τον φέροντα οργανισμό και τα μη-φέροντα στοιχεία, ανάλογα με το επίπεδο βλαβών:

i)Άμεση χρήση (immediate occupancy)

Το επίπεδο βλαβών είναι τέτοιο ώστε να μην διακόπτεται καμία λειτουργία μετά ή και κατά την διάρκεια του σεισμού. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι επιτρέπονται μόνο μερικές τριχοειδείς ρωγμές καμπτικού χαρακτήρα οι οποίες δεν επηρεάζουν την κατασκευή να φέρει τα κατακόρυφα φορτία. Επίσης, ο κίνδυνος τραυματισμού ατόμων από τις βλάβες είναι αμελητέος.

ii)Προστασία ζωής (life safety)
Αναμένεται να εμφανιστούν βλάβες, οι οποίες είναι επισκευάσιμες και δεν αποτελούν αιτία απώλειας της στατικής ευστάθειας της κατασκευής ή σοβαρό τραυματισμό ατόμων. Για την επανάχρηση της κατασκευής απαιτείται να επισκευαστούν οι βλάβες.

ii)Οιονεί κατάρρευση (structural stability)
Αναμένεται να εμφανιστούν εκτεταμένες, μη επισκευάσιμες ως επί το πλείστον, βλάβες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμα την ικανότητα να φέρει τα κατακόρυφα φορτία, αλλά η οριζόντια δυσκαμψία του έχει μειωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα να τίθεται θέμα κατάρρευσης σε ενδεχόμενο μετασεισμό. Ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού ατόμων είναι μεγάλος, κυρίως λόγω πτώσης στοιχείων. Για την επανάχρηση της κατασκευής απαιτούνται εκτεταμένες διορθώσεις , ενώ είναι πιθανό να μην είναι τεχνικά ή οικονομικά δυνατή η επισκευή της.

2.4 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων, εφεξής Σ.Α.Δ. που αφορούν δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφισταμένου κτιρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Η Σ.Α.Δ. δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτίριο, αλλά προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών. Για την επιλογή των μεθόδων ανάλυσης του Κεφ. 5 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. θα χρησιμοποιείται η δυσμενέστερη από τις επιμέρους Σ.Α.Δ.
Διακρίνονται τρεις στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων:
i) Υψηλή
ii) Ικανοποιητική
iii) Ανεκτή

Ανάλογα με την Σ.Α.Δ. που θα οριστεί, επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας γ_f για ορισμένες δράσεις με αβέβαιες τιμές, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{sd} και επίσης επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας γ_m για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών, σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{Rd}.

Σε περιπτώσεις αντικειμενικής αδυναμίας εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχων και διερευνήσεων για τα χαρακτηριστικά των υλικών, και αν δεν διαπιστωθούν προβλήματα κακοτεχνιών, φθορών, βλαβών κ.λπ. επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για την τεκμηρίωση της αντοχής των υλικών, αξιόπιστα αποτελέσματα παλαιοτέρων ποιοτικών ελέγχων. Αν και τούτα δεν διατίθενται, κατ' εξαίρεση, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν "ερήμην" αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής υλικών σύμφωνα με το Παράρτημα 3.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή $fcm\,(MPa)$	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $fck\,(MPa)$
… <1954	10	6
1954< … <1985	12	8
1985< … <1995	16	12
1995< …	20	16

Πίνακας 2.4 « Ερήμην » αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση τιμή $fym\,(MPa)$	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{yk}(MPa)$
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

Πίνακας 2.5 « Ερήμην » αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού

Για μικρά (μέχρι διώροφα) κτίρια, το απολύτως ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος πυρήνων, είναι n = 3, από ομοειδή δομικά στοιχεία. Για μεγαλύτερα κτίρια, απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον «κρίσιμο» όροφο.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις διερεύνησης για τα χαρακτηριστικά των υλικών, ορίζονται ως ακολούθως:

Για το σκυρόδεμα

i)Υψηλή ΣΑΔ σκυροδέματος

Πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν σε κάθε όροφο επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα το 45% των κατακόρυφων στοιχείων και το 25% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

ii)Ικανοποιητική ΣΑΔ σκυροδέματος

Πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν ένα μικρότερο αλλά επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα το 30% των κατακόρυφων στοιχείων και το 15% των οριζόντιων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες). Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση S < 0,20 X), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «υψηλή».

iii)Ανεκτή ΣΑΔ σκυροδέματος

Με εφαρμογή της μεθόδου στο μισό των παραπάνω ποσοστών του άνω εδαφίου, η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ανεκτή», εκτός αν τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση S < 0,20 X), οπότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «ικανοποιητική».

Για το χάλυβα

Ο προσδιορισμός της κατηγορίας του χάλυβα οπλισμού υφισταμένου κτιρίου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Η κατάταξη του χάλυβα μπορεί να γίνει με οπτική αναγνώριση (επιφάνεια λεία ή με νευρώσεις, τυχόν αναγνώσιμες σημάνσεις στην επιφάνεια των ράβδων), σε συνδυασμό και με την εποχή κατασκευής του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θεωρείται «ικανοποιητική».

Για τα γεωμετρικά δεδομένα του δομήματος, η Σ.Α.Δ. εξαρτάται από την προέλευση του δεδομένου και διαφοροποιείται κατά περίπτωση σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
					ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ				Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή
√		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)			√			√			√
√		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)			√			√		√	
√		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	√			√			√		
	√	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		√			√			√	
	√	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	√	√		√	√		√	√	
	√	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	√	√		√	√		√	√	

Πίνακας 2.6 Στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων

2.5 Δράσεις-Συντελεστές ασφαλείας

Κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, λαμβάνονται υπόψη όλες οι βασικές (μη σεισμικές) δράσεις, η ενδεχόμενη συνεργία τους και ο απαιτούμενος συνδυασμός τους. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_f (γ_g, γ_q) που προβλέπονται από τους σύγχρονους ισχύοντες Κανονισμούς.

Η κύρια τυχηματική (σεισμική) δράση του σεισμού, εξαρτάται από τον στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού, λαμβάνοντας υπόψη (ενδεχομένως) τον διορθωτικό συντελεστή απόσβεσης η κατά τον ΕΚ 8-1, για υλικά των πρωτευόντων (υπό σεισμό) στοιχείων με κρίσιμο ποσοστό (ιξώδους) απόσβεσης ξ διάφορο του 5%. Για πιθανότητα υπερβάσεως 10% εντός του συμβατικού χρόνου των 50 ετών, λαμβάνεται υπόψη η σεισμική δράση του ΕΚ 8-1, ενώ για πιθανότητα υπερβάσεως 50% εντός του συμβατικού χρόνου των 50 ετών, λαμβάνεται υπόψη το 60% της σεισμικής δράσεως του ΕΚ 8-1, θεωρώντας αντίστοιχα και στις δύο περιπτώσεις το συντελεστή σπουδαιότητας γ_I ίσο με τη μονάδα. Άλλες τυχηματικές δράσεις δεν εξετάζονται κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό, πλην αυτής της *πυρκαγιάς* κατά το ισχύον θεσμικό πλαίσιο (π.χ. Κανονισμός Πυροπροστασίας, ΦΕΚ 32/Α/17-02-88, και άλλες
σχετικές αποφάσεις, διατάξεις κ.λπ.), αναλόγως της χρήσεως και του βαθμού κινδύνου του δομήματος (ως συνόλου ή ως τμήματος).

Για τα προσομοιώματα ανάλυσης και συμπεριφοράς, όπως και για τους ελέγχους, χρησιμοποιούνται κατάλληλοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_{Sd} και γ_{Rd}. Έτσι λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες που τα συνοδεύουν. Όταν οι σεισμικές δράσεις σε ποσοστό τουλάχιστον 75% αναλαμβάνονται κυρίως από νέους, ικανούς και επαρκείς φορείς, ισχύει ότι ο συντελεστής ασφαλείας γ_{Sd} γίνεται ίσος με τη μονάδα. Αντίθετα, όταν αναλαμβάνονται και από το υφιστάμενο δόμημα χωρίς να γίνουν διερευνήσεις και έλεγχοι, οι τιμές γ_{Sd} εξαρτώνται από τη σοβαρότητα και την έκταση των βλαβών ή / και των επεμβάσεων. Όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές γ_{Sd} του πίνακα που ακολουθεί (πίνακας
Σ 4.2ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
γ_{Sd} =1,20	γ_{Sd} =1,10	γ_{Sd} =1,00

Πίνακας 2.7 Τιμές του συντελεστή γsd

Γενικότερα, για τους συντελεστές ασφαλείας των υφιστάμενων υλικών παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας του ΚΑΝ.ΕΠΕ.(Πίνακας 4.1)

	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ [1]					
	ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ [2]			ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ [3]		
	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ[6]	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ		ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	
		Ναι	Όχι		Ναι	Όχι
Αντιπροσωπευτικές τιμές [5]	— X – s	X_k	X_k	— X	— X	— X
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ'_m [4]	Αναλόγως ΣΑΔ	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας		Αναλόγως ΣΑΔ	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας	
	$\gamma'_c = 1,30 \pm 0,15$ $\gamma'_s = 1,15 \pm 0,10$	γ'_m•(1,05 ή 1,20)	Αυξημένοι	$\gamma'_m = 1,10 \pm 0,10$	γ'_m=1,15 ή 1,25	γ'_m=1,15 ή 1,25

Πίνακας 2.8 Τιμές των ιδιοτήτων των υλικών και αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

2.6 Μέθοδοι Ανάλυσης

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 (παράγραφος 5 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

i)Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη (m)

ii) Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη (m)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ q

Όταν η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q, ο οποίος εκτιμάται σύμφωνα με τη στάθμη επιτελεστικότητας για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό, η τέμνουσα βάσεως σε μία διεύθυνση του κτιρίου υπολογίζεται σύμφωνα με τον EC8.
Χρησιμοποιείται σε φορείς που δεν παρουσιάζουν σημαντική ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής είναι παρόμοια ή συντηρητικότερα από τα αποτελέσματα της μεθόδου των τοπικών δεικτών (m).

Ανάλογα την στάθμη επιτελεστικότητας για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές τιμές του q* που δίνονται στον ακόλουθο πίνακα 4. Επίσης οι τιμές του πίνακα ισχύουν ανεξάρτητα της πιθανότητας υπερβάσεως για τον σεισμό σχεδιασμό (10% ή 50%).

Στάθμη επιτελεστικότητας		
«Περιορισμένες βλάβες» Α	«Σημαντικές βλάβες» Β	«Οιονεί κατάρρευση» Γ
0,6 ($1,1 \leq q^* \leq 1,5$)	1,0	1,4

Πίνακας 2.9 Τιμές του λόγου q*/q ανάλογα το στόχο επανελέγχου

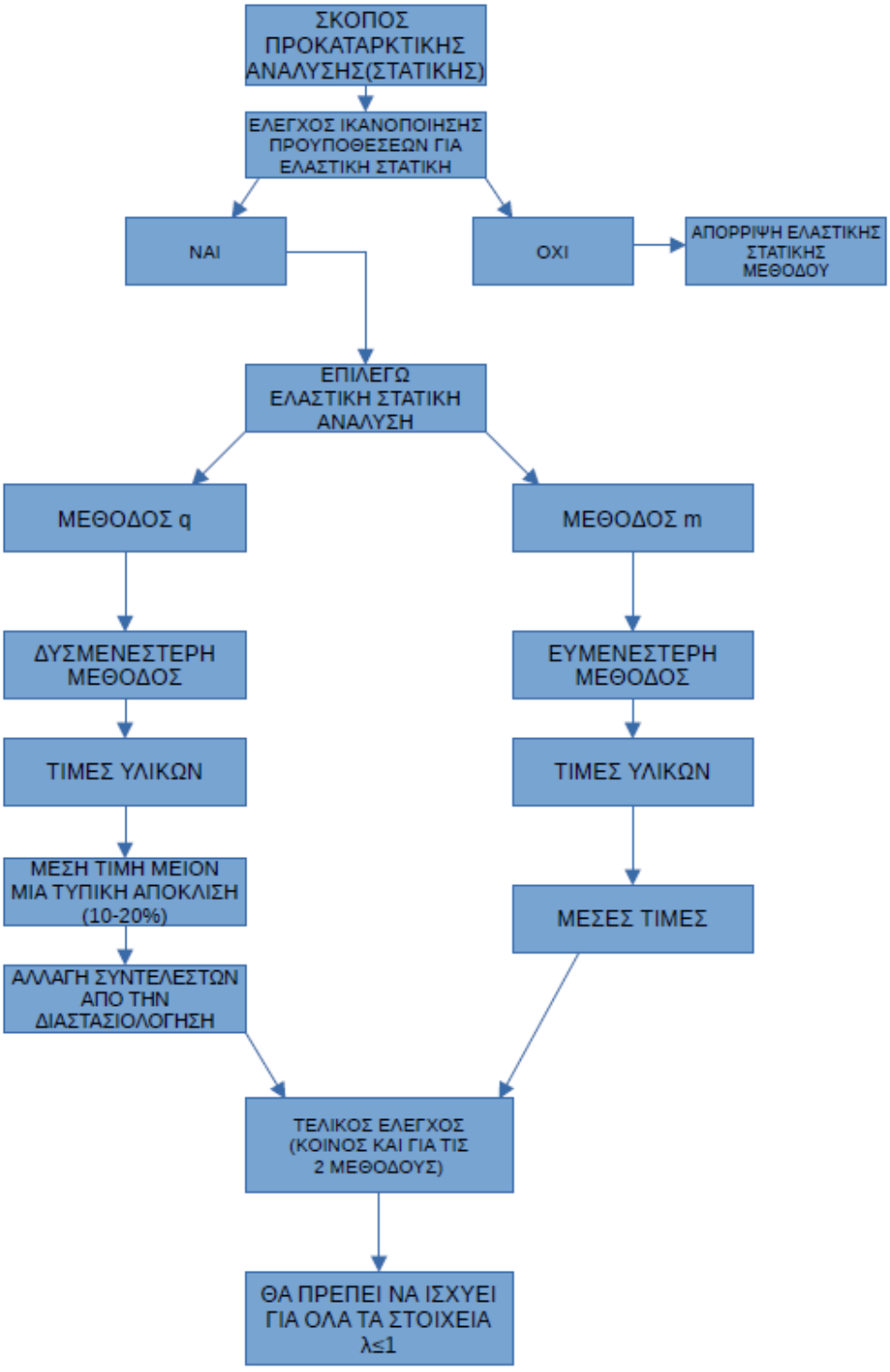
ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ m

Η διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα, στις περιοχές ελέγχου δομικών στοιχείων, εκτιμάται μέσω των δεικτών m. Όπως και στην μέθοδο q έτσι και στην m, οι στάθμες επιτελεστικότητας επηρεάζουν τον δείκτη m. Για την στάθμη Α, ο φέρων οργανισμός αναμένεται να συμπεριφερθεί οιονεί ελαστικός, χωρίς την ανάπτυξη μετελαστικών παραμορφώσεων. Για την στάθμη Β, ο φέρων οργανισμός αναπτύσσει σημαντικές μετελαστικές παραμορφώσεις, σε

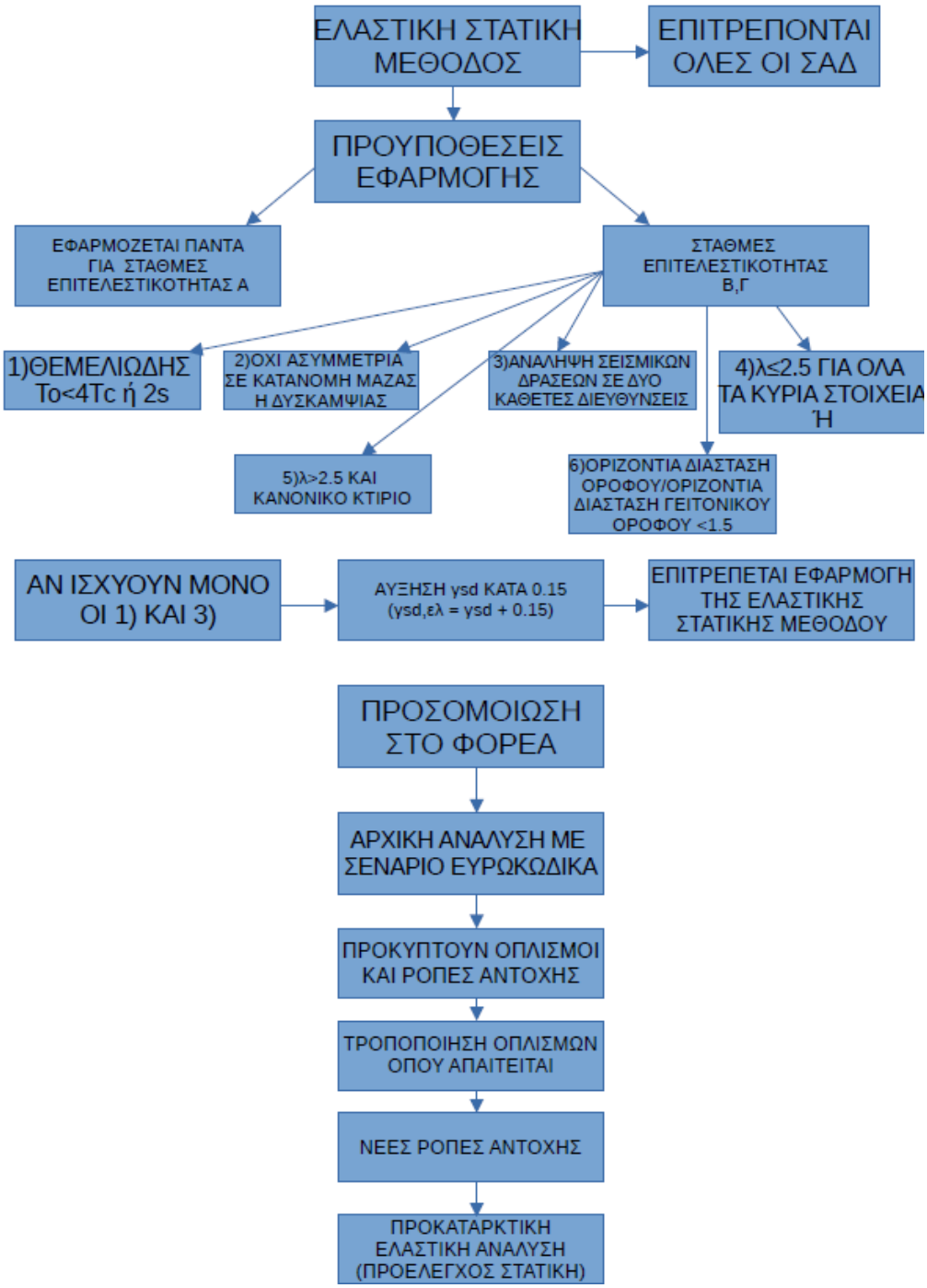
μεγάλη έκτασή του αλλά διαθέτει επαρκή και αξιόπιστα περιθώρια έναντί ενδεχόμενης εξάντλησης των διαθέσιμων παραμορφώσεων. Τέλος στη στάθμη Γ, ο φέρων οργανισμός αναπτύσσει μεγάλες μετελαστικές παραμορφώσεις, σε μεγάλη έκτασή του, φτάνοντας ακόμη και σε εξάντληση των διαθέσιμων παραμορφώσεων αστοχίας, χωρίς ωστόσο κίνδυνο κατάρρευσης υπό τα φορτία βαρύτητας.

Εάν η ανάλυση είναι ελαστική η γενική ανίσωση ασφαλείας (αντοχή>έντασης) ελέγχεται πλέον σε όρους εντατικών μεγεθών και ο τοπικός δείκτης συμπεριφοράς m διαιρεί τις σεισμικές δυνάμεις. Πιο συγκεκριμένα, για πλάστιμους τρόπου αστοχίας έχουμε $S_d=S_G+S_E/m <R_d$, με το τοπικό δείκτη m να ισούται με δ_d/δ_y=(παραμόρφωση σχεδιασμού κατά την αστοχία)/(παραμόρφωση διαρροής) και το R_d να υπολογίζεται σε όρους δυνάμεων με μέσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών. Ενώ για ψαθυρούς τρόπου αστοχίας το R_d υπολογίζεται σε όρους εντατικών μεγεθών με τις αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών για τα πρωτεύοντα στοιχεία και με τις μέσες για τα δευτερεύοντα. Και το S_d στην περίπτωση της ψαθυρής αστοχίας υπολογίζεται με βάση τον ικανοτικό σχεδιασμό και την ισορροπία του στοιχείου, όταν στις πλάστιμες περιοχές που το επηρεάζουν αναπτύσσεται η υπεραντοχή τους με μια διαδικασία για κάθε δομικό μέλος να παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 9.3.2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

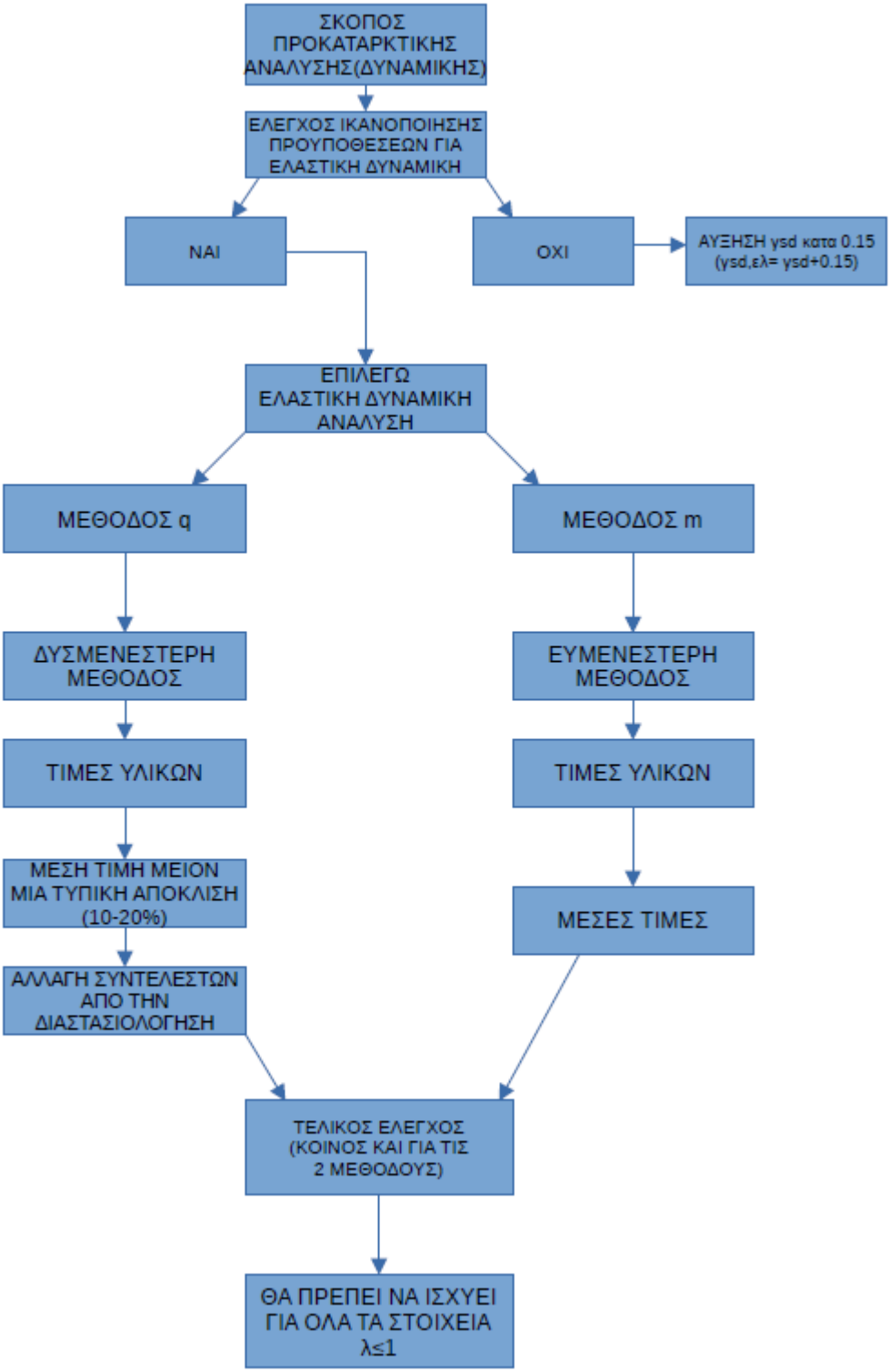
Ακολουθούν τα διαγράμματα ροής για τις ελαστικές μεθόδους.



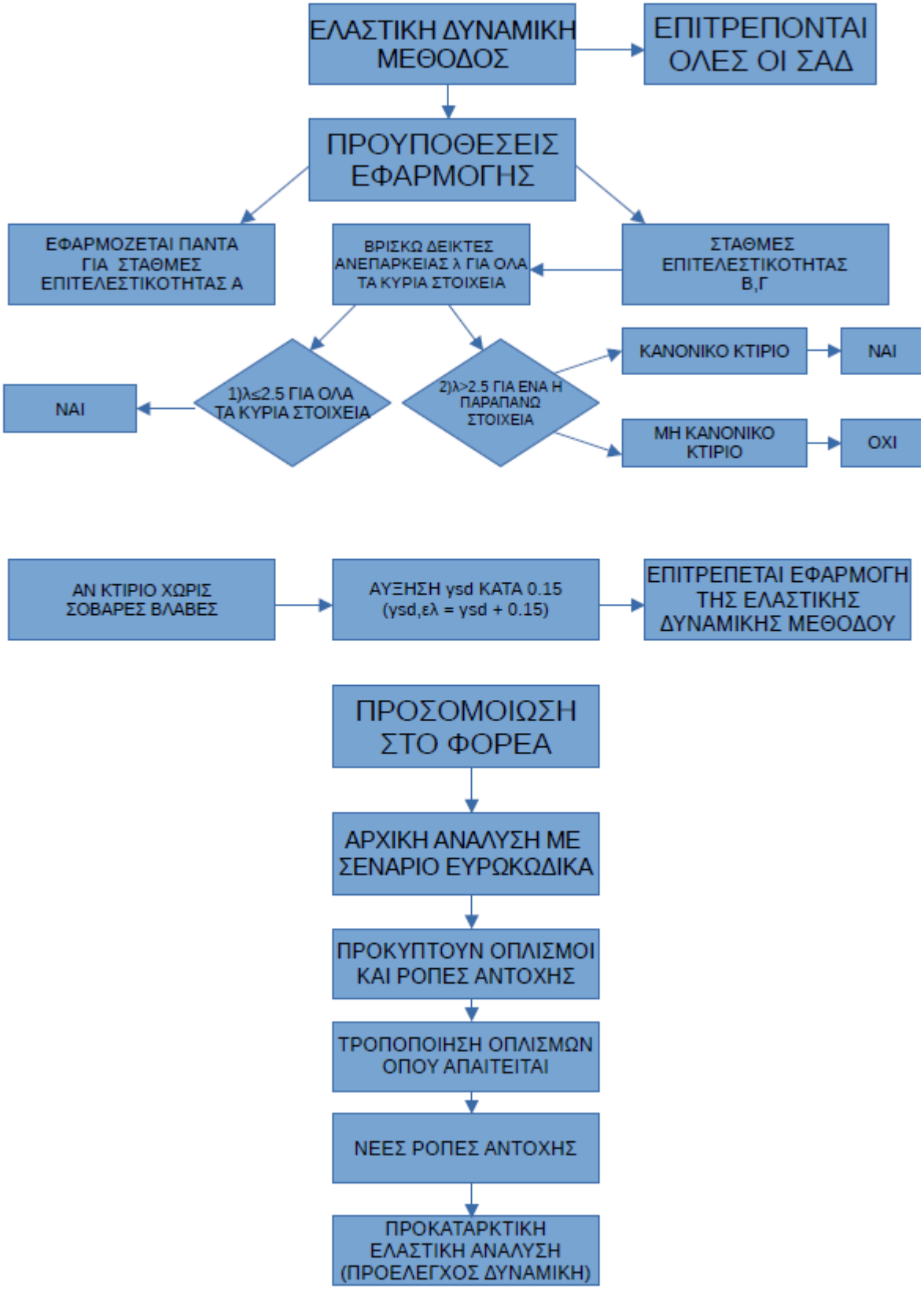
Σχήμα 2.1 Διάγραμμα ροής σκοπού προκαταρκτικής ανάλυσης (στατικής)



Σχήμα 2.2 Διάγραμμα ροής προϋποθέσεων-εκτέλεσης ελαστικής στατικής ανάλυσης



Σχήμα 2.3 Διάγραμμα ροής σκοπού προκαταρκτικής ανάλυσης (δυναμικής)



Σχήμα 2.4 Διάγραμμα ροής προϋποθέσεων-εκτέλεσης ελαστικής δυναμικής ανάλυσης

iii) Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover)
Η μέθοδος pushover με την οποία θα εκτιμηθεί και η φέρουσα ικανότητας του υπο μελέτη κτιρίου θα αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 3.

iv) Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας)
Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου θεωρείται η εμπειρία και οι γνώσεις του Μηχανικού, όπως επίσης και η εξασφάλιση της «Ικανοποιητικής» ΣΑΔ.

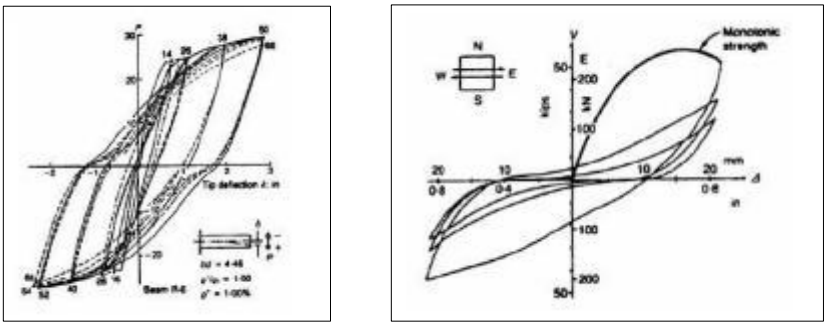
v) Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως ενδεικτικά για αποτίμηση κτιρίων ώστε να προσδιοριστεί εάν καταρχήν απαιτείται προσεισμική ενίσχυση ή για αποτίμηση κτιρίων μικρής σημασίας, η αποτίμηση είναι δυνατόν να γίνει με εμπειρικές μεθόδους, υπό τις προϋποθέσεις της § 2.1.4.1. β (iv) του ΚΑΝ.ΕΠΕ. όπως για παράδειγμα με τη μέθοδο χρήσης εντύπου προσεισμικού ελέγχου κτιρίων (έλεγχος δομικής τρωτότητας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ-ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER)

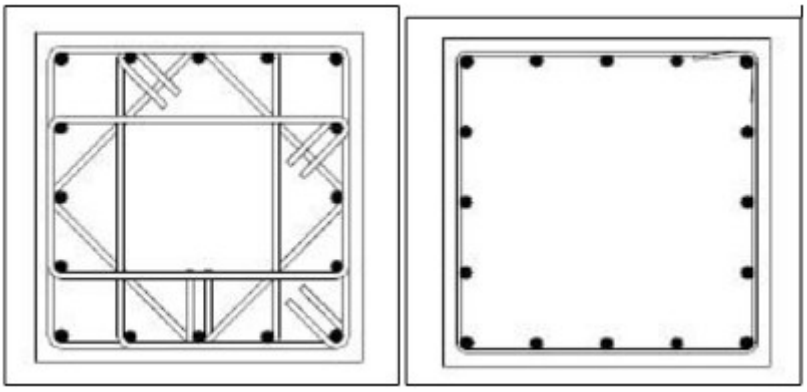
3.1 Πλαστιμότητα

Ο όρος πλαστιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα μια κατασκευής, μέλους η υλικού να υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις, χωρίς απώλεια ή μείωση της φέρουσας ικανότητας αυτού. Υλικά με μικρή πλαστιμότητα χαρακτηρίζονται ως ψαθυρά(π.χ. άοπλο σκυρόδεμα), ενώ υλικά με μεγάλη πλαστιμότητα ως όλκιμα(π.χ. χάλυβας). Η πλαστιμότητα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τις αντισεισμικές κατασκευές, καθώς καθορίζει αν μια κατασκευή καταρρεύσει ή όχι στην περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περισσότεροι συντελεστές που χρησιμοποιούνται στους κανονισμούς προϋποθέτουν ότι ένα μέρος της σεισμικής ενέργειας θα καταναλωθεί στην κατασκευή σαν έργο πλαστικών παραμορφώσεων.
Η πλαστιμότητα μιας πραγματικής κατασκευής είναι δύσκολο να υπολογισθεί ή ακόμα και να εκτιμηθεί με κάποιο τρόπο. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν καθιερωμένες μέθοδοι ή κανονισμοί στους οποίους υπεισέρχεται άμεσα σαν φυσικό μέγεθος. Σε επίπεδο κατασκευής η πλαστιμότητα εξασφαλίζεται μέσω της πλάστιμης συμπεριφοράς των μελών τα οποία συνθέτουν την κατασκευή. Ένα μέλος λέμε ότι έχει πλάστιμη συμπεριφορά, όταν, για μεν μονότονη φόρτιση παρατηρείται αύξηση των παραμορφώσεων χωρίς σημαντική μείωση της αντοχής του μέλους, για δε ανακυκλιζόμενη φόρτιση οι βρόγχοι υστέρησης δύναμης-παραμόρφωσης είναι περίπου σταθεροί σε πλάτος και σε μέγιστη δύναμη για σταθερό εύρος των κύκλων παραμόρφωσης. Αντίθετα, όταν ένα μέλος δεν έχει πλάστιμη συμπεριφορά, μετά από δύο ή τρεις κύκλους φόρτισης-επαναφόρτισης παρατηρείται σημαντική μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας. Τα παραπάνω φαίνονται στο Σχήμα 3.1



Σχήμα 3.1 Ανακυκλιζόμενη φόρτιση για α) πλάστιμο μέλος και β)μη πλάστιμο μέλος

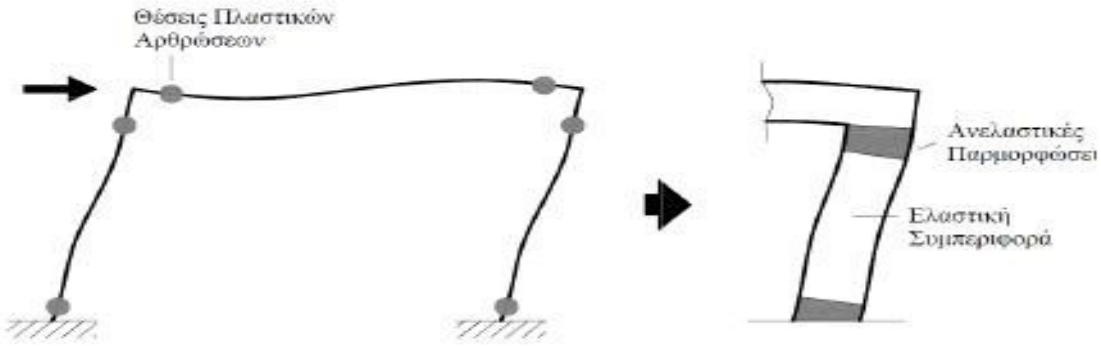
Πρακτικά, η πλάστιμη συμπεριφορά ενός μέλους εξασφαλίζεται μέσω της αύξησης της πλαστιμότητας των τμημάτων που συνθέτουν την διατομή του. Συγκεκριμένα του σκυροδέματος εξασφαλίζεται, πλέον, μέσω κατάλληλων οπλισμών (συνδετήρων)(Σχήμα 2.2) στις κρίσιμες περιοχές των μελών (περίσφιξη), οι οποίοι δίνουν ικανότητα πλαστικής στροφής στα άκρα των μελών.



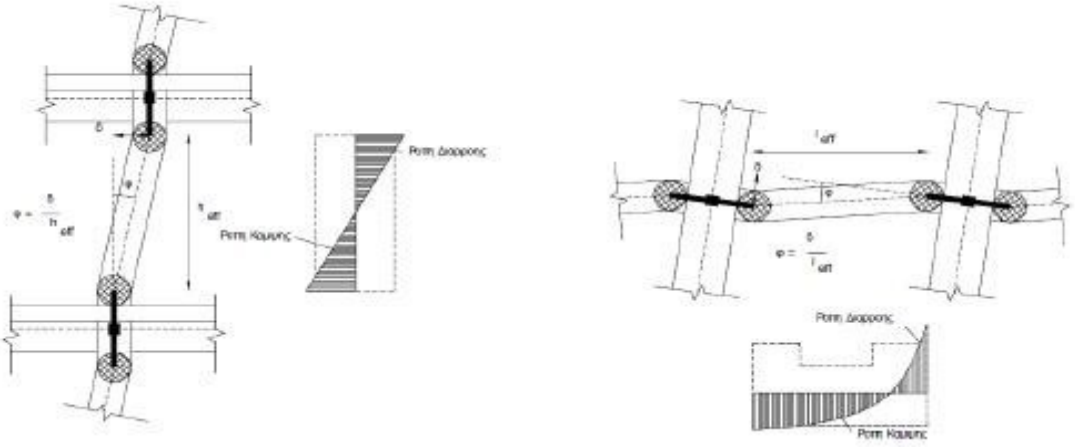
Σχήμα 3.2 Διάταξη συνδετήρων α)σημερινοί κανονισμοι και β)παλαιότεροι κανονισμοί

3.2 Πλαστικές αρθρώσεις

Η συμπεριφορά μιας κατασκευής που αποκρίνεται ελαστικά σε μια δράση περιγράφεται από την ελαστική θεωρία. Ωστόσο οι κατασκευές σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συμπεριφερθούν πλαστικά για σεισμικές φορτίσεις. Επομένως, προϋπόθεση του σχεδιασμού είναι η ανάπτυξη σημαντικών ανελαστικών παραμορφώσεων στα μέλη, οι οποίες συμβάλουν στην κατανάλωση της ενέργειας που εισάγεται στον φορέα μέσω του σεισμού. Πρέπει, να λαμβάνεται υπ' όψιν η δυνατότητα του κτιρίου να καταναλώνει ενέργεια μέσω αυτού του μηχανισμού, έτσι ώστε να προκύψουν ακριβή συμπεράσματα για την φέρουσα ικανότητα του. Οι ελαστικές μέθοδοι λαμβάνουν υπόψη την ανελαστική συμπεριφορά του κτιρίου μέσω του συντελεστή συμπεριφοράς q. Αντίθετα, κατά την εφαρμογή ανελαστικών αναλύσεων απαιτείται η άμεση προσομοίωση της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων σε όλο το φάσμα της απόκρισης τους.
Κατά την επιβολή μιας αυξανόμενης έντασης σε μια κατασκευή, τα μέλη της σταδιακά διαρρέουν και αναπτύσσουν ανελαστικές παραμορφώσεις. Οι θέσεις αυτές εντοπίζονται στα άκρα των δοκών και στην κορυφή και βάση των υποστυλωμάτων.

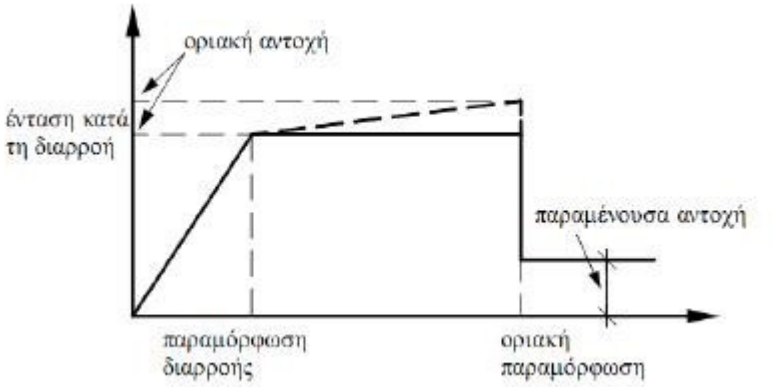


Σχήμα 3.3 Πιθανές θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων



Σχήμα 3.4 Πλαστικές αρθρώσεις και διαγράμματα ροπών

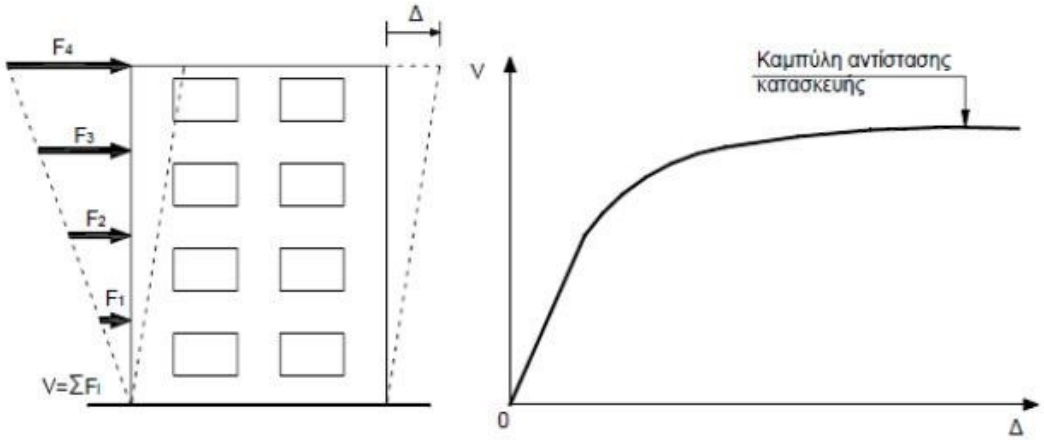
Τα παραπάνω αποτυπώνονται και στο σχεδιασμό νέων κατασκευών με την ύπαρξη κρίσιμων περιοχών σε δοκούς και υποστυλώματα ώστε να αντιμετωπιστούν οι αντίστοιχα αυξημένες απαιτήσεις παραμόρφωσης σε περίπτωση σεισμικής έντασης. Κατά συνέπεια, τα μέλη μιας κατασκευής αναμένεται να αναπτύξουν ανελαστικές παραμορφώσεις σε περιοχές πεπερασμένου μήκους οι οποίες αναφέρονται με τον όρο πλαστικές αρθρώσεις.
Γνωρίζοντας λοιπόν ότι οι πλαστικές αρθρώσεις εκτείνονται σε πεπερασμένο μήκος του δομικού στοιχείου, απαιτείται ο εντοπισμός αυτών των περιοχών στο προσομοίωμα και η περιγραφή της συμπεριφοράς τους. Η προσομοίωση τους γίνεται με χρήση στροφικών ελατηρίων και οι ιδιότητες τους καθορίζονται από διαγράμματα έντασης παραμόρφωσης. Η μορφή του διαγράμματος είναι τέτοια ώστε να προσεγγίζει την περιβάλλουσα των βρόγχων υστέρησης. Τελικώς, υιοθετείται ένα διγραμμικό διάγραμμα με έναν απολύτως ελαστικό κλάδο μέχρι την διαρροή και πέρα από αυτή συνεχίζει οριζόντιος πλαστικός κλάδος μέχρι την αστοχία.



Σχήμα 3.5 Καμπύλη έντασης-παραμόρφωσης

3.3 Καμπύλη ικανότητας (capacity curve)

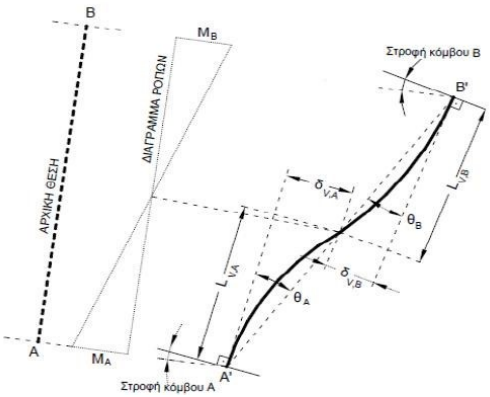
Ο καθορισμός των διάφορων σταθμών επιτελεστικότητας (όπως εξηγήθηκαν αναλυτικά και στο κεφάλαιο 2) γίνεται πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη μη γραμμική σχέση μεταξύ επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και μετατόπισης της κορυφής. Η κατασκευή της καμπύλης ικανότητας γίνεται με υπολογισμό της ανελαστικής μετακίνησης της κορυφής για διάφορες τιμές του οριζόντιου φορτίου, με δεδομένη κατανομή φορτίων στους ορόφους. Ως κατανομή των φορτίων καθ' ύψος της κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τριγωνική, η πρώτη ιδιομορφή η ακόμα και συνδυασμοί με συμμετοχή ανώτερων ιδιομορφών. Για την κατασκευή αυτής της καμπύλης γίνονται πολλές στατικές επιλύσεις, με σταδιακή αύξηση της τέμνουσας βάσης και υπολογισμό της μετακίνησης στην κορυφή σε κάθε βήμα, λαμβάνοντας υπόψη την μειωμένη δυσκαμψία των μελών που έχουν διαρρεύσει.



Σχήμα 3.6 Καμπύλη ικανότητας κατασκευής

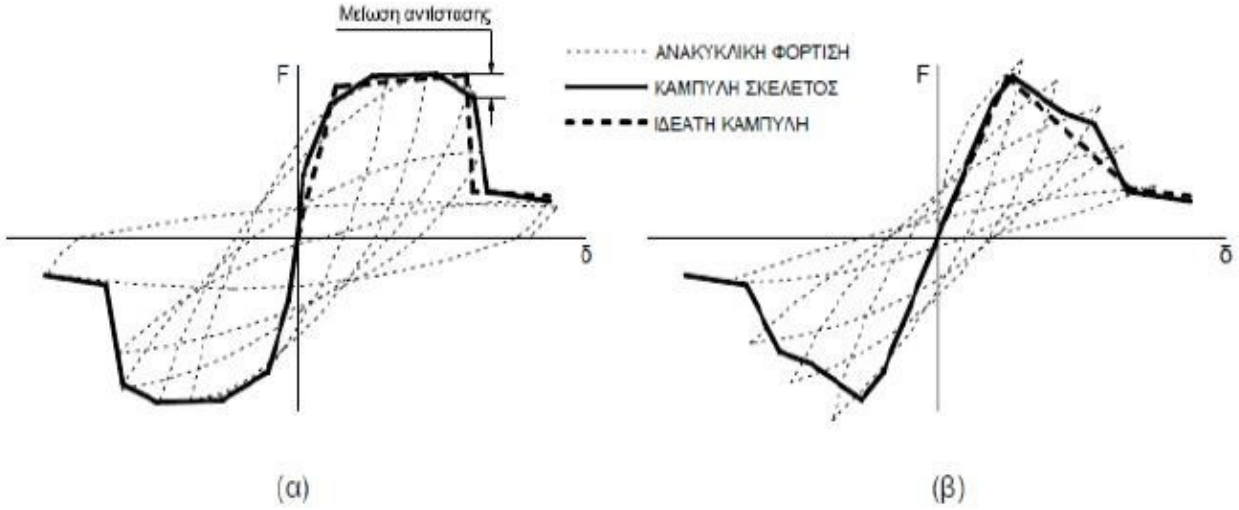
3.4 Καμπύλη F-δ δομικού στοιχείου

Το πρώτο βήμα για να μορφώσουμε την καμπύλη ικανότητας της κατασκευής είναι ο καθορισμός των νόμων που διέπουν την ανελαστική συμπεριφορά των μελών αυτής, οι οποίοι περιγράφονται μέσω διαγραμμάτων *F-δ*(ένταση- μετακίνηση). Σε στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα συγκεκριμένα επιλέγουμε ως ένταση τη ροπή κάμψης *M* και ως μετακίνηση την στροφής χορδής $\theta=\delta_v/L_v$, όπου $L_v=M/V$.



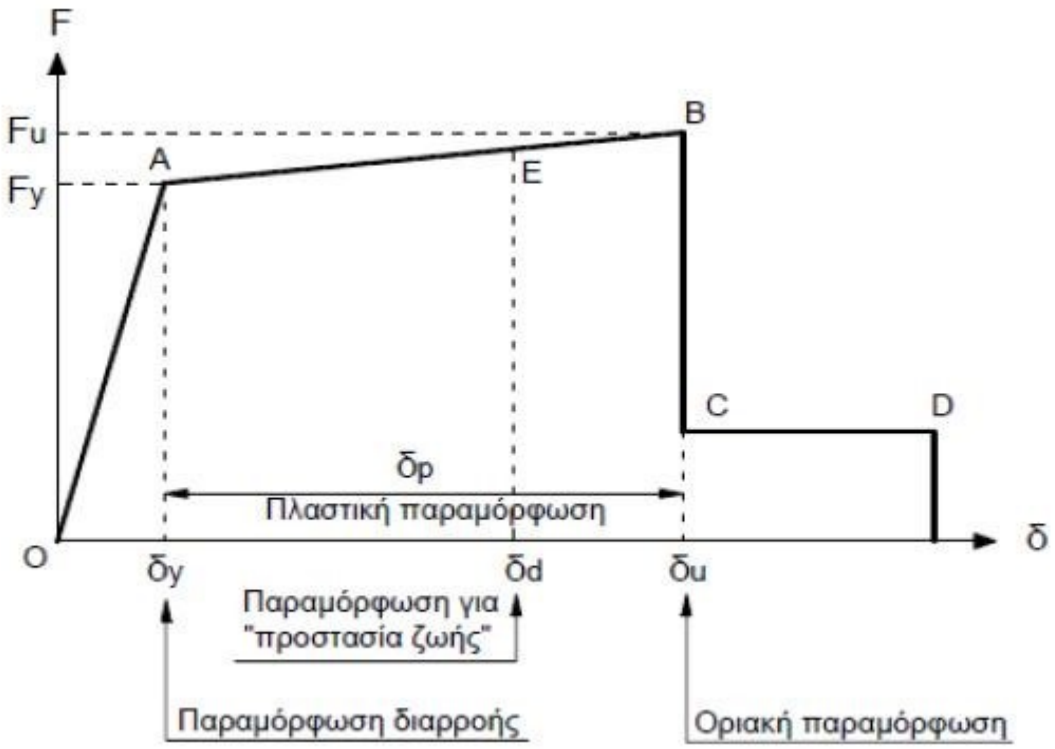
Σχήμα 3.7 Ορισμός γωνίας στροφής χορδής, θ

Η κατασκευή των διαγραμμάτων έχει ιδεατή μορφή, η οποία βασίζεται στην καμπύλησκελετό της συμπεριφοράς σε ανακυκλική φόρτιση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.8 Καμπύλη F-δ α)καμπτικής και β)διατμητικής συμπεριφοράς

Η γενική μορφή των διαγραμμάτων *F-δ* λαμβάνεται συνήθως όπως στο σχήμα 3.9.

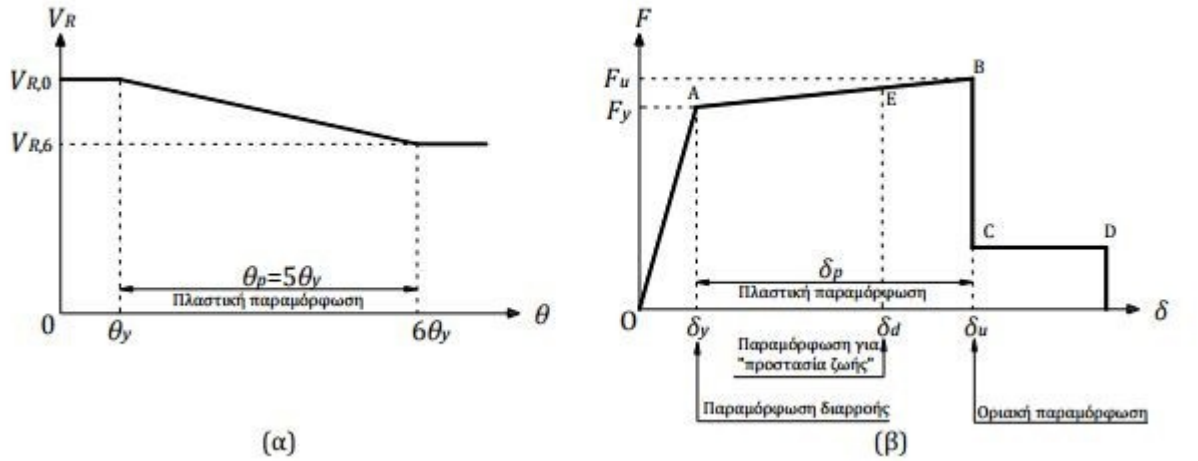


Σχήμα 3.9 Ιδεατή καμπύλη F-δ δομικών στοιχείων

3.5 Πλάστιμα και ψαθυρά στοιχεία

Σε περιπτώσεις πλάστιμων στοιχείων (όταν η καμπτική αστοχία προηγείται της διατμητικής) κρίσιμες είναι οι παραμορφώσεις, γι'αυτό ο ορισμός των σταθμών επιτελεστικότητας γίνεται σε όρους παραμορφώσεων. Αντίθετα, σε περιπτώσεις ψαθυρών στοιχείων ο ορισμός τους γίνεται σε όρους δυνάμεων.

Για τον καθορισμό του τελικού διαγράμματος *F-δ* , πρέπει να ελεγχθεί ποια μορφή αστοχίας εμφανίζεται πρώτα, καμπτική ή διατμητική. Στην περίπτωση που η διατμητική αστοχία εμφανίζεται πρώτα πρέπει να τροποποιηθεί το διάγραμμα *F-δ* του μέλους που αντιστοιχεί στην κάμψη. Μορφώνουμε το διάγραμμα V_R-θ όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα με αρχική αντοχή σε τέμνουσα $V_{R,0}$, η οποία μειώνεται μετά τη διαρροή της διατομής σε κάμψη ανάλογα με την πλαστιμότητα των στροφών μ_θ. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. θεωρεί ότι η μείωση αυτή ισχύει για γωνίες στροφής έως και $6\theta_y$. Για μεγαλύτερες στροφές θεωρούμε ότι η αντοχή σε τέμνουσα παραμένει σταθερή με τιμή $V_{R,6}$.



Σχήμα 3.10(α) μεταβολή της αντοχής σε τέμνουσα V_R με τη γωνία στροφής χορδής θ, (β)Μετατροπή του διαγράμματος σε διάγραμμα ροπής-στροφής χορδής M_R-θ

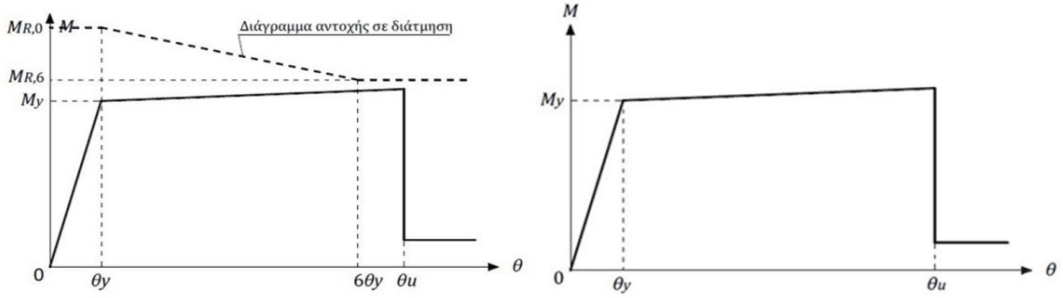
Για τον καθορισμό του τελικού διαγράμματος *M-θ* του στοιχείου μετατρέπουμε το V_R-*θ* του σχήματοσσε διάγραμμα M_R-*θ*, όπου M_R είναι η ροπή στη διατομή που αντιστοιχεί στη V_R(M_R=V_R*L_V). Έπειτα τοποθετούμε το διάγραμμα M_R-*θ* πάνω στο *M-θ* της κάμψης.

Υπάρχουν τρεις πιθανές περιπτώσεις:

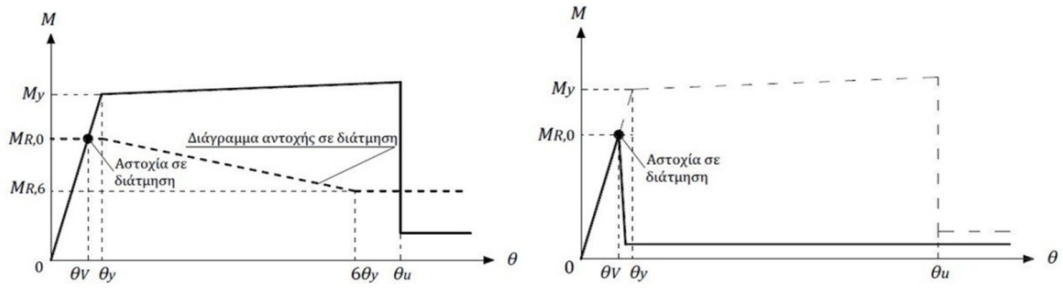
i)Το διάγραμμα της αστοχίας σε διάτμηση βρίσκεται εξ ολοκλήρου πάνω από αυτό της αστοχίας σε κάμψη (σχήμα 3.11) Σε αυτή την περίπτωση η αστοχία είναι καμπτική και η συμπεριφορά του μέλους περιγράφεται πλήρως από το διάγραμμα *M-θ* της κάμψης.

ii)Συμβαίνει αστοχία σε διάτμηση πριν την διαρροή σε κάμψη. Στην περίπτωση αυτή η διατομή αστοχεί σε διάτμηση (ψαθυρή αστοχία) για γωνία στροφής $\theta=\theta_v$. Πέραν της θ_v η αντοχή της διατομής μειώνεται δραματικά (πρακτικά μηδενίζεται).

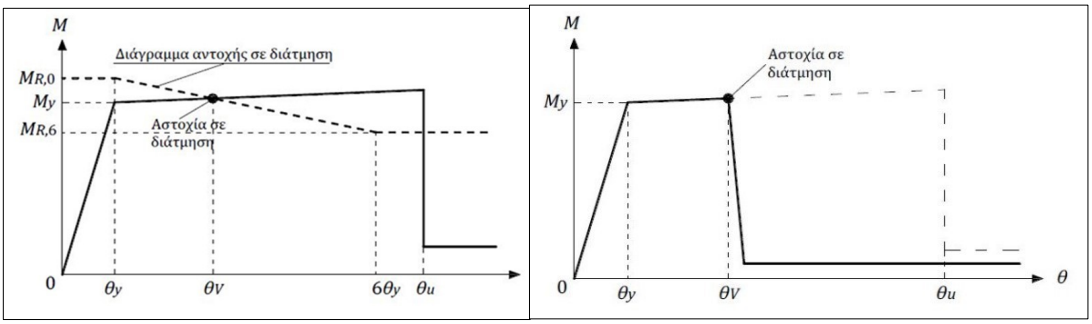
iii)Αστοχία σε διάτμηση μετά την διαρροή της διατομής σε κάμψη αλλά πριν την αστοχία της. Η διατομή αστοχεί για γωνία στροφής $\theta=\theta_v$ ($\theta_y < \theta_v < \theta_u$). Για γωνίες μεγαλύτερες της *θν* η αντοχή, όπως στην προηγούμενη περίπτωση, πέφτει απότομα.



Σχήμα 3.11 Αστοχία μόνο σε κάμψη



Σχήμα 3.12 Αστοχία σε διάτμηση πριν τη διαρροή σε κάμψη



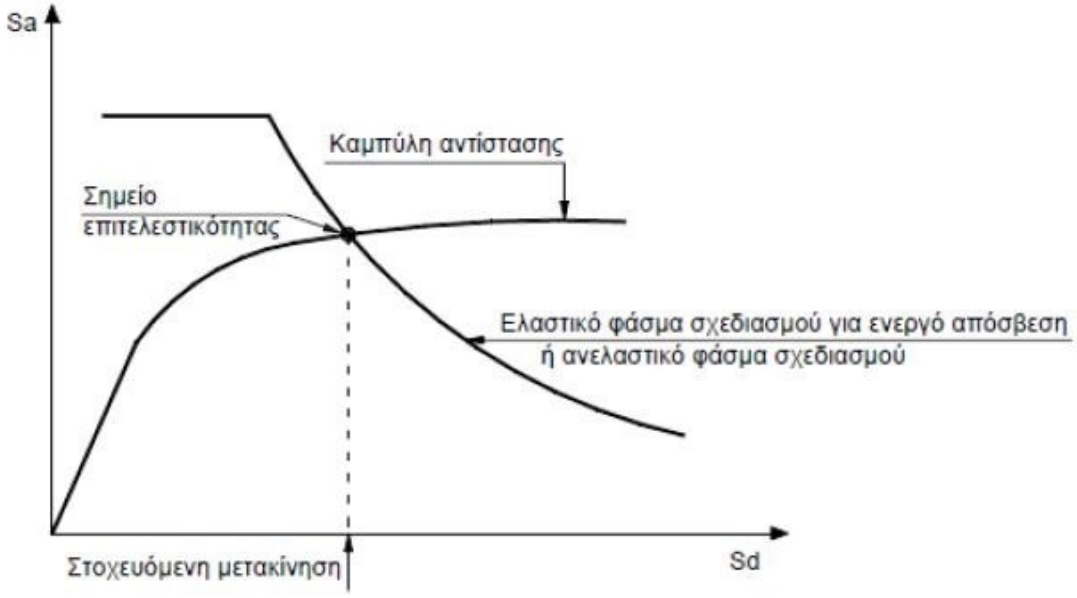
Σχήμα 3.13 Αστοχία σε διάτμηση μετά τη διαρροή σε κάμψη, αλλά πριν την αστοχία σε κάμψη

3.6 Έλεγχος στοχευόμενης ικανότητας

Για δεδομένη περίοδο επανάληψης του σεισμού σχεδιασμού, υπολογίζεται κατ' αρχήν η αναμενόμενη μετακίνηση της κατασκευής (στοχευόμενη μετακίνηση – target displacement) που ορίζει το σημείο επιτελεστικότητας (performance point) της κατασκευής γι' αυτό τον σεισμό. Ο ακριβέστερος τρόπος υπολογισμού αυτής της μετακίνησης είναι με μη γραμμική ανάλυση χρονοϊστορίας. Η μέθοδος αυτή, όμως, απαιτεί εξειδικευμένα προγράμματα και σημαντικό υπολογιστικό χρόνο, ενώ τα αποτελέσματα δεν είναι κατ' ανάγκη αξιόπιστα, καθώς εξαρτώνται από την επιλογή της σεισμικής δράσης. Ως απλοποίηση του προβλήματος χρησιμοποιούνται άλλες προσεγγιστικές μέθοδοι, όπως την μέθοδο των συντελεστών ή με στατική μη γραμμική ανάλυση (pushover), η ακρίβεια των οποίων όμως είναι αμφισβητήσιμη.

Αφού υπολογιστεί η αναμενόμενη μετακίνηση της κορυφής της κατασκευής σημειώνεται στην καμπύλη ικανότητας το αντίστοιχο σημείο επιτελεστικότητας για τη συγκεκριμένη σεισμική διέγερση. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις στάθμες επιτελεστικότητας για τις οποίες γίνεται έλεγχος. Διαπιστώνεται έτσι εάν έχει υπερβληθεί ή όχι κάποιος στόχος σεισμικής ικανότητας.

Για τη στοχευόμενη μετακίνηση που αντιστοιχεί σε κάποια στάθμη σεισμικής δόνησης, μπορεί να ελεγχθεί σε ποιο σημείο της δικής του καμπύλης F-δ βρίσκεται κάθε στοιχείο. Στοιχεία, στα οποία υπάρχει υπέρβαση της επιθυμητής στάθμη επιτελεστικότητας, πρέπει να ενισχυθούν και να επαναληφθεί η διαδικασία.



Σχήμα 3.14 Προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος

3.7 Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover)

Η στατική ανελαστική ανάλυση δίνει αποτελέσματα, ακρίβειας που βρίσκονται ανάμεσα στις ελαστικές μεθόδους και την ανελαστική δυναμική μέθοδο. Επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που η εξωτερικά επιβαλλόμενη φόρτιση είναι οριζόντια σεισμικά φορτία, η ανελαστική στατική ανάλυση είναι γνωστή και ως ανάλυση Pushover. Έτσι η τελευταία, παρότι δεν έχει την ακρίβεια της ανελαστικής δυναμικής, δεδομένου ότι τα σεισμικά φορτία (που είναι δυναμικά) τα λαμβάνει υπόψη προσεγγιστικά ως στατικά, οδηγεί ωστόσο σε σημαντικά ακριβέστερη εκτίμηση της απόκρισης της κατασκευής σε σχέση με τις ελαστικές μεθόδους, ενώ η εφαρμογή της είναι πολύ πιο απλή από την αντίστοιχη ανελαστική δυναμική.

3.7.1 Προϋποθέσεις εφαρμογής

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

ii)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 έστω και σε έναν 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.

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 (σύμφωνα με την §5.6 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. ανεξαρτήτως δε των λοιπών προϋποθέσεων εφαρμογής της δυναμικής ελαστικής μεθόδου). 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.

3.7.2 Προσομοίωση και ανάλυση

i)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.

ii)Τα κατακόρυφα φορτία των στοιχείων θα συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα, ώστε να συνδυάζονται με τα οριζόντια φορτία σύμφωνα με τον σεισμικό συνδυασμό. Τα οριζόντια φορτία θα εφαρμόζονται εν γένει σε δύο αντίθετες διευθύνσεις και ο έλεγχος θα γίνεται για τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν σε κάθε στοιχείο.

iii)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.

3.7.3 Καθορισμός κόμβου ελέγχου

Ο κόμβος ελέγχου της στοχευόμενης μετακίνησης θα λαμβάνεται εν γένει στο κέντρο μάζας της οροφής του κτιρίου. Για τα 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.

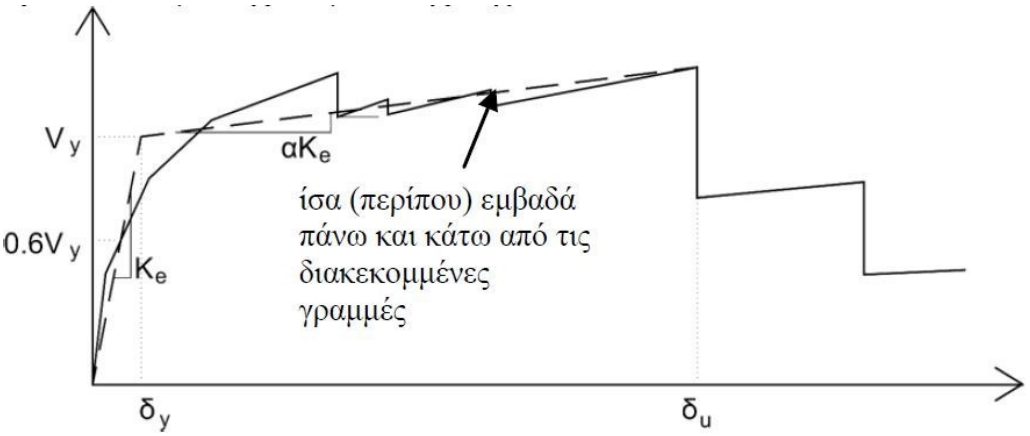
3.7.4 Κατανομή σεισμικών φορτίων

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:
i)«Ομοιόμορφη», βασισμένη σε οριζόντια φορτία ανάλογα ως προς τη μάζα κάθε ορόφου ανεξάρτητα από τη στάθμη του (ομοιόμορφη επιτάχυνση απόκρισης)

ii)«Ιδιομορφική», ανάλογη προς οριζόντια φορτία συμβατά προς την κατανομή οριζοντίων φορτίων στην υπό εξέταση διεύθυνση, όπως προκύπτει από ελαστική ανάλυση.

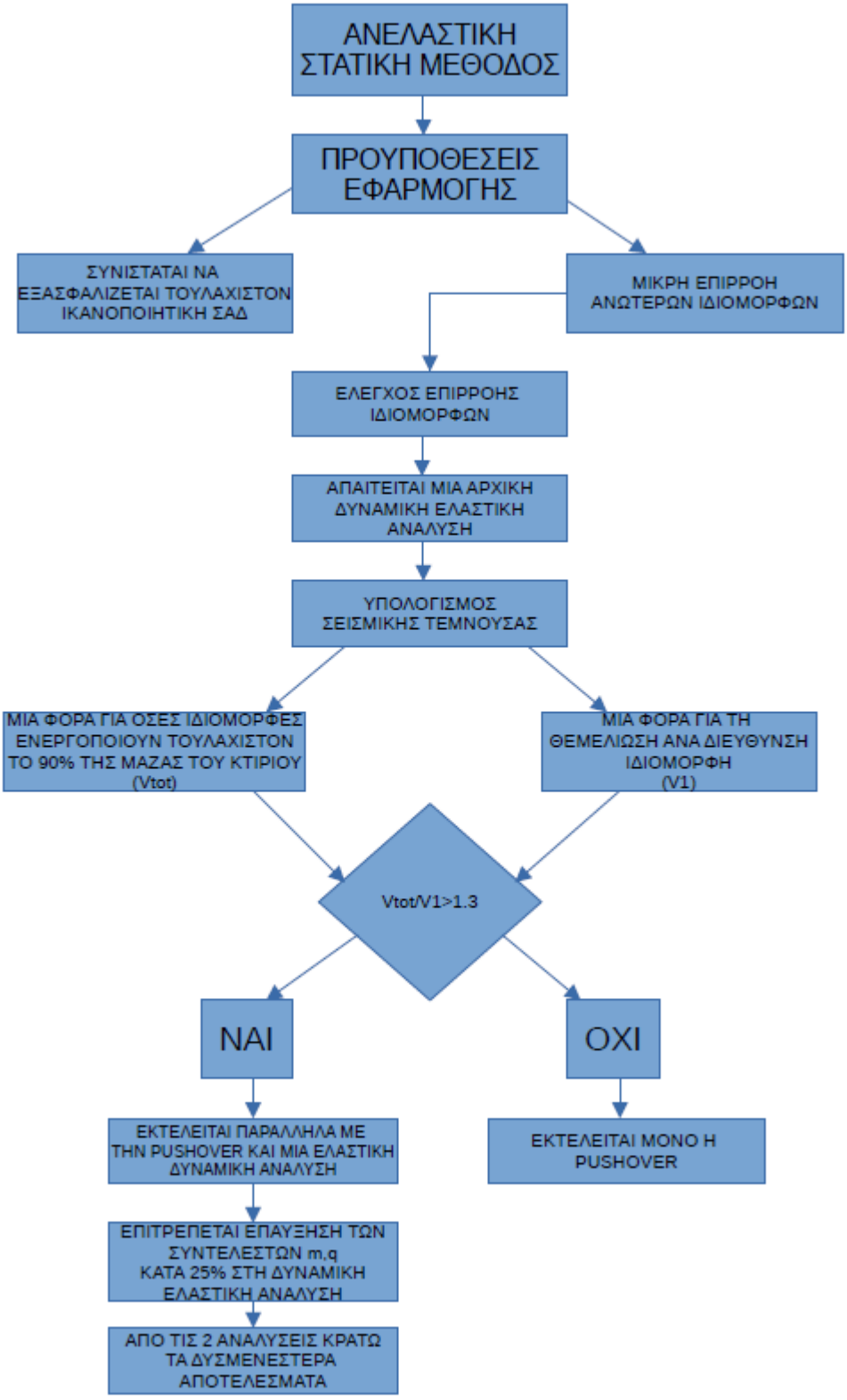
3.7.5 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης

Η μη-γραμμική σχέση δύναμης μετακίνησης που συνδέει την τέμνουσα βάσεως και τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου, θα μετατρέπεται σε μια εξιδανικευμένη καμπύλη για τον υπολογισμό της ισοδύναμης πλευρικής δυσκαμψίας K_e και της αντίστοιχης δύναμης διαρροής του κτιρίου.
Η εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης συνίσταται να είναι διγραμμική με κλίση πρώτου κλάδου K_e και κλίση δεύτερου κλάδου ίση με αK_e. Οι δύο ευθείες που συνθέτουν τη διγραμμική καμπύλη μπορεί να προσδιορίζεται γραφικά με κριτήριο την ισότητα των εμβαδών των χωρίων που προκύπτουν εκατέρωθεν της εξιδανικευμένης καμπύλης.

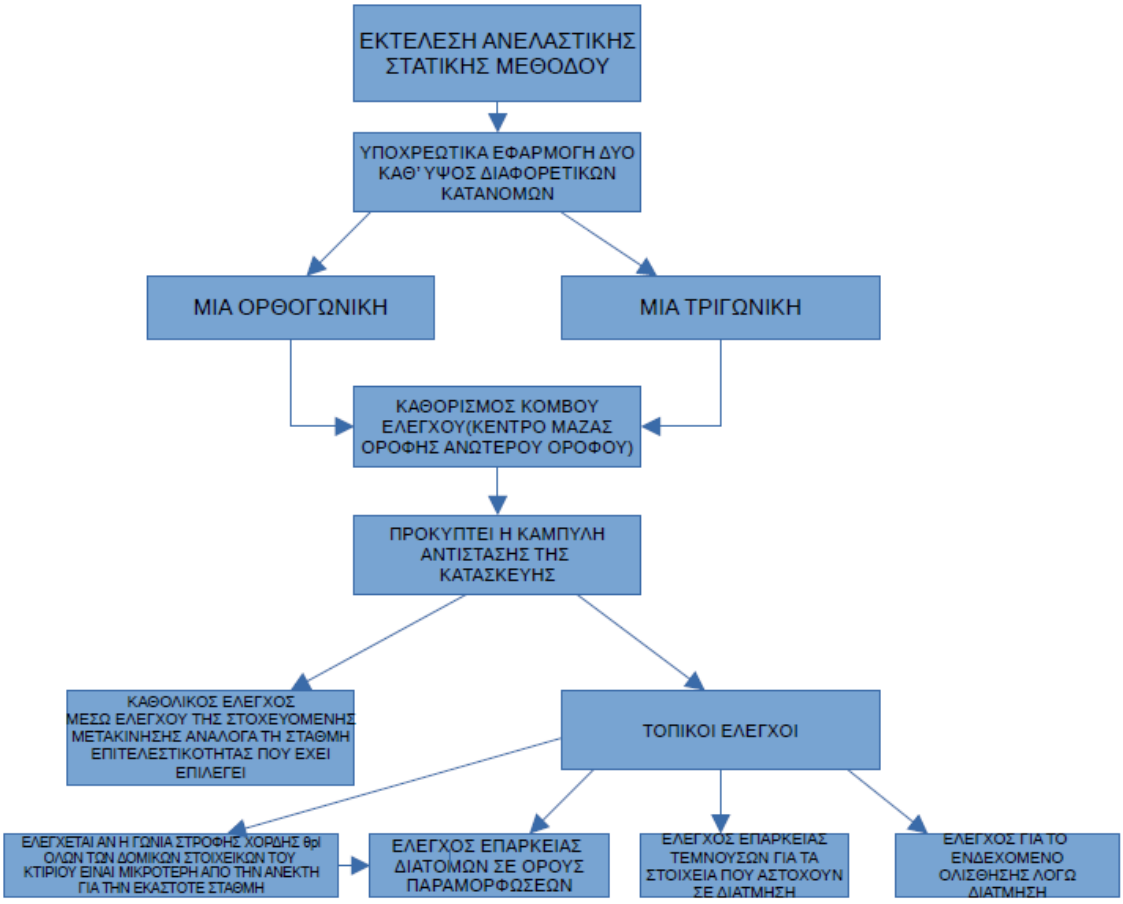


Σχήμα 3.15 Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης

Ακολουθούν τα διαγράμματα ροής για την ανελαστική στατική ανάλυση.



Σχήμα 3.16 Διάγραμμα ροής προϋοθέσεων pushover



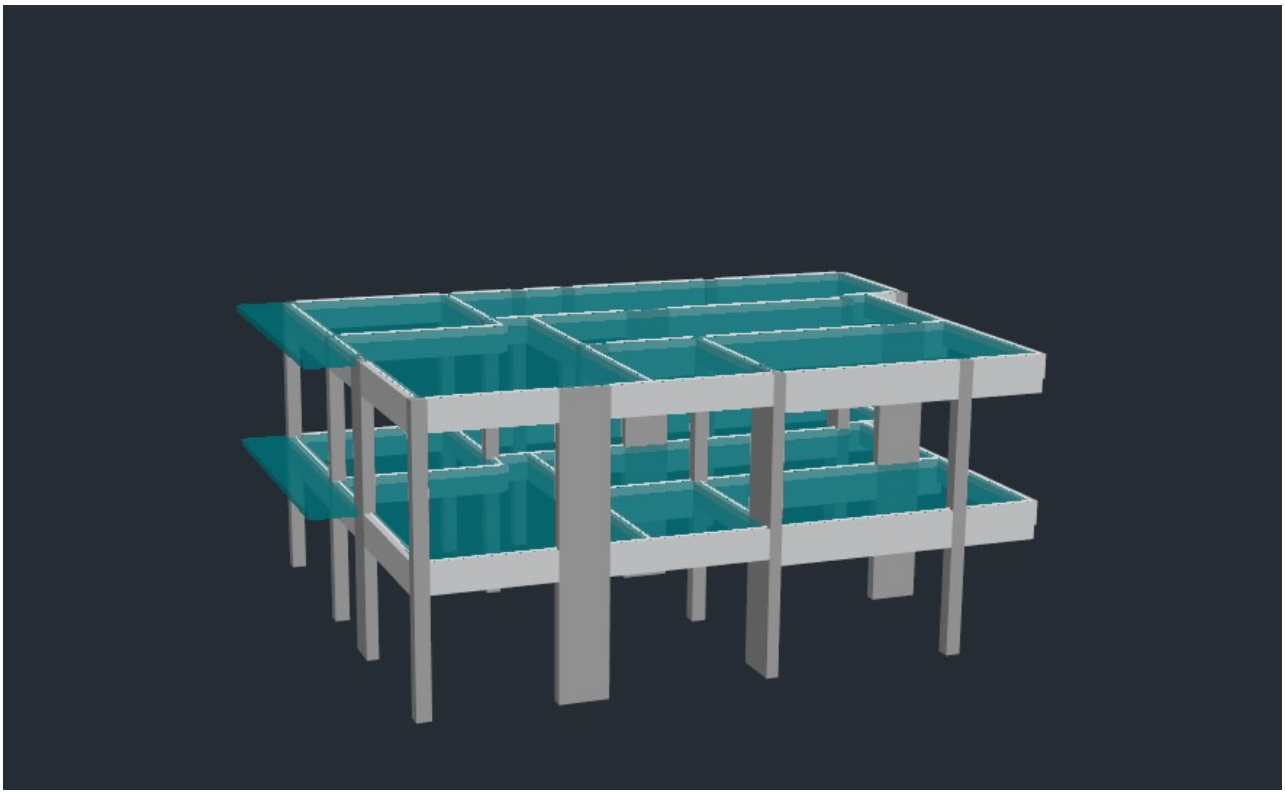
Σχήμα 3.17 Διάγραμμα ροής εκτέλεσης ανελαστικής στατικής ανάλυσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΟΡΕΑ

4.1 Εισαγωγή

Το υπό μελέτη κτίριο είναι ένα υφιστάμενο κτίριο στην περιοχή του Ζωγράφου, επι της οδού Διακρίας 5 το οποίο είναι λειτουργικό μέχρι σήμερα. Σχεδιάστηκε με τον κανονισμό του ΒΔ/1959 με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σε αυτό στεγάζεται ο 2ος βρεφονηπιακός σταθμός της περιοχής.

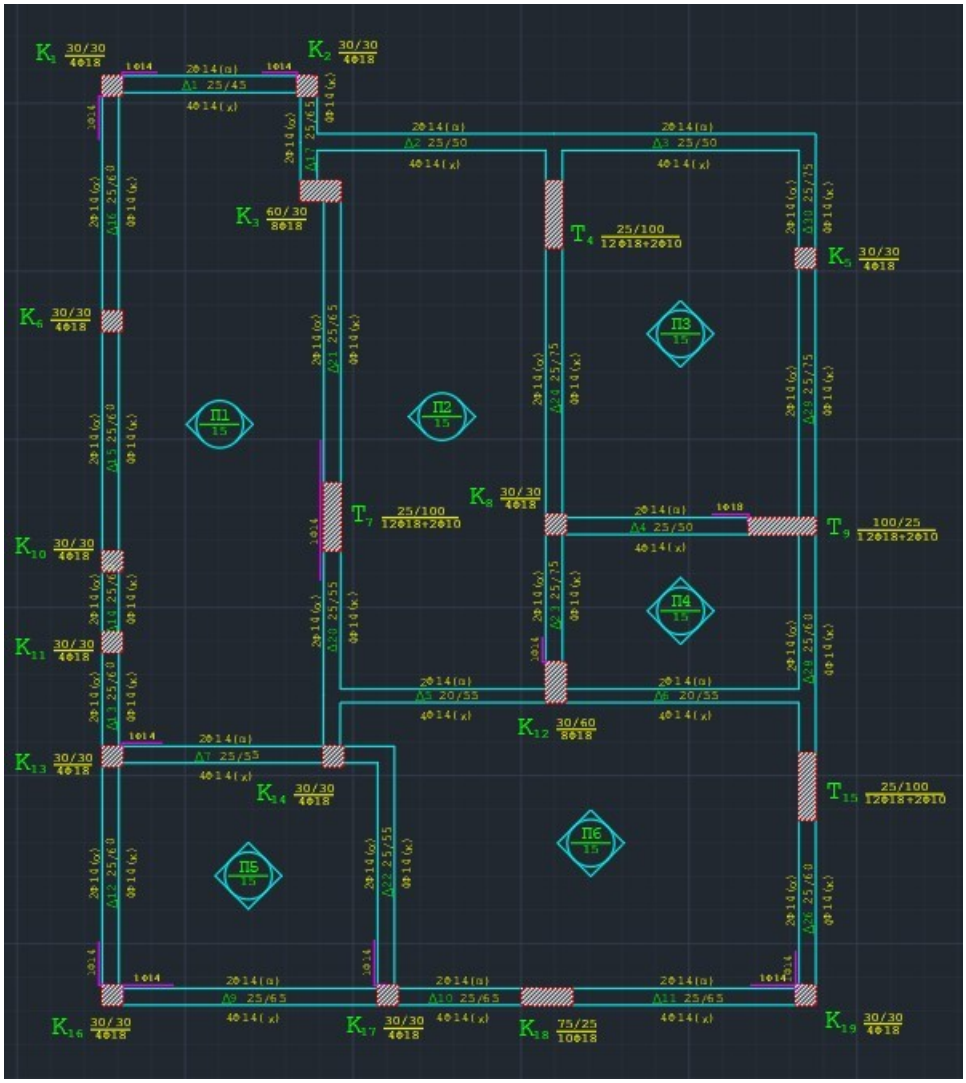


Σχήμα 4.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου

4.2 Μορφολογία φέροντος οργανισμού-προσομοίωση

Το κτίριο είναι μια διώροφη κατασκευή απο οπλισμένο σκυρόδεμα. Για την προσομοίωση του χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SCADA PRO.
Λόγω της απώλειας του πολεοδομικού φακέλου της κατασκευής, δεν ήταν δυνατή η εύρεση των

ξυλοτύπων και των λεπτομερειών όπλισης του κτιρίου. Για το λόγο αυτό ήταν αναγκαία μια επιτόπου μέτρηση και αποτύπωση των φερόντων στοιχείων. Με τη χρήση ενός αποστασιόμετρου (laser) και ενός μέτρου, αποτυπώθηκε το περίγραμμα του κτιρίου, τα περισσότερα υποστυλώματα και τοιχεία, καθώς και το πάχος των τοίχων.
Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος Autocad σχεδιάστηκε η κάτοψη η οποία χρησιμοποιήθηκε στο SCADA PRO σαν βάση για να μορφωθεί ο φορέας.
Αρχικά ορίστηκαν οι αντοχές του κτηρίου σαν αυτό να είναι καινούργιο και στην συνέχεια τροποποιήθηκαν ώστε να ληφθούν υπόψιν οι πραγματικές υφιστάμενες αντοχές με τους κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας. Αυτό πραγματοποιήθηκε όταν ο χρήστης επιλέξει να φτιάξει σενάρια διαστασιολόγησης ανάλογα με την μέθοδο ανάλυσης. Η διαστασιολόγηση πραγματοποιήθηκε βήμα βήμα για την τοποθέτηση των υφιστάμενων οπλισμών με όποιες κατασκευαστικές λεπτομέρειες απαιτούνταν. Οι επιφάνειες των πλακών χωρίστηκαν αναλυτικά έτσι ώστε ο καταμερισμός των φορτίων να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερος γίνεται.



Σχήμα 4.2 Κάτοψη τυπικού ορόφου

4.3 Υλικά-Φορτία-Παραδοχές

Σκυρόδεμα: C12/15
Χάλυβας: S400

Η ποιότητα του σκυροδέματος είναι C12/15 με "ονομαστική" μέση τιμή f_{cm}=12 Mpa και "χαρακτηριστική" (μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση) f_{ck}= 8 Mpa.
Η ποιότητα του χάλυβα είναι S400 με ονομαστική μέση τιμή τα 450MPa και χαρακτηριστική τα 410MPa. Για Σ.Α.Δ. ικανοποιητική οι συντελεστές ασφαλείας των υλικών είναι για σκυρόδεμα γ_c=1.3 για την οιονεί χαρακτηριστική αντοχή f_{cm}-s και για τον χάλυβα γ_s=1,15. Οι παραπάνω συντελεστές χρησιμοποιήθηκαν για έλεγχο σε όρους δυνάμεων ενώ έλεγχο σε όρους παραμορφώσεων έχουμε συντελεστή ασφαλείας γ_m=1,10 για όλα τα υφιστάμενα υλικά.

	Οιονεί Χαρακτηριστική			Μέση Τιμή		
Στάθμη αξιοπιστίας	Ανεκτή	Ικανοποιη-τική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιη-τική	Υψηλή
Σκυρόδεμα	1,45	1,3	1,15	1,20	1,10	1,00
Χάλυβας	1,25	1,15	1,05			

Πίνακας 4.1 Συντελεστές ασφαλείας υλικών

Φορτία
-Οπλισμένο σκυρόδεμα: 25 kN/m^3

-Ειδικό βάρος χάλυβα: 78.50 kN/m^3

-Μόνιμο φορτίο : 1.50 kN/m^3

-Κινητό φορτίο: 2.0 kN/m^3

Σεισμικότητα
-Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: I (0.16g)

-Κατηγορία Εδάφους: B

-Κατηγορία Σπουδαιότητας: III (γ_I= 1.30)

-Ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης: ζ = 5%

-Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς: q = 3.50

4.4 Τοιχοπληρώσεις κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στο παραπάνω προσομοίωμα αγνοούνται οι τοιχοπληρώσεις. Γενικότερα οι τοιχοπληρώσεις δεν συμμετέχουν στην ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων, πλην του ίδιου βάρους τους. Η συνεισφορά των υφιστάμενων τοιχοπληρώσεων λαμβάνεται υπόψιν για τις στάθμες επιτελεστικότητας Α και Β ενώ αγνοούνται πλήρως για την Γ.
Όταν εντός ενός φατνώματος η τοιχοπλήρωση έχει ανοίγματα, η προσομοίωσή της θα πρέπει να προσαρμόζεται καταλλήλως. Αυτό πραγματοποιείται ελέγχοντας κατά πόσον η διάταξη των ανοιγμάτων επιτρέπει την λειτουργία διατμητικού φατνώματος ή την διαμόρφωση λοξών θλιβόμενων ράβδων τοιχοποιίας, για τις οποίες εξασφαλίζονται συνοριακές συνθήκες επιτρέπουσες την συμμετοχή των θλιβόμενων ράβδων στο σχήμα αντίστασης του πλαισίου.
Η επιρροή του μεγέθους και της θέσεως των ανοιγμάτων στην δυστμησία ή δυστένεια και την φέρουσα ικανότητα των τοιχοποληρώσεων δεν προσομοιώνεται με απλά μέσα. Έλλειψη λεπτομερέστερης διερεύνησης για τις άοπλες τοιχοπληρώσεις μπορούν να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία :

i)Όταν υπάρχει άνοιγμα περίπου στο κέντρο του φατνώματος, του οποίου οι διαστάσεις πλησιάζουν ή υπερβαίνουν το 50% των αντίστοιχων διαστάσεων του φατνώματος, η τοιχοπλήρωση μπορεί να αμεληθεί.

ii)Όταν υπάρχει άνοιγμα τοποθετημένο περίπου στο κέντρο του φατνώματος, του οποίου οι διαστάσεις είναι μεταξύ του 20% και του 50% των αντίστοιχων διαστάσεων του φατνώματος, τότε είναι δυνατό να ληφθούν υπόψιν δύο διαγώνιοι θλιτπήρες ανά φάτνωμα. Αυτοί οι θλιπτήρες θα ξεκινούν από τα άκρα της κύρια διαγωνίου και θα καταλήγουν κοντά στο μέσον της υπερκείμενης δοκού αντιστοίχως. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει αν λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των θλιπτήρων στην έναντι τέμνουσας ασφάλεια των δοκών.

iii)Δύο μικρά και γειτονικά ανοίγματα στο ίδιο φάτνωμα μπορούν να θεωρηθούν μπορούν να θεωρηθούν ως ένα ισοδύναμο και ενιαίο, περιγεγραμμένο σε αυτά.

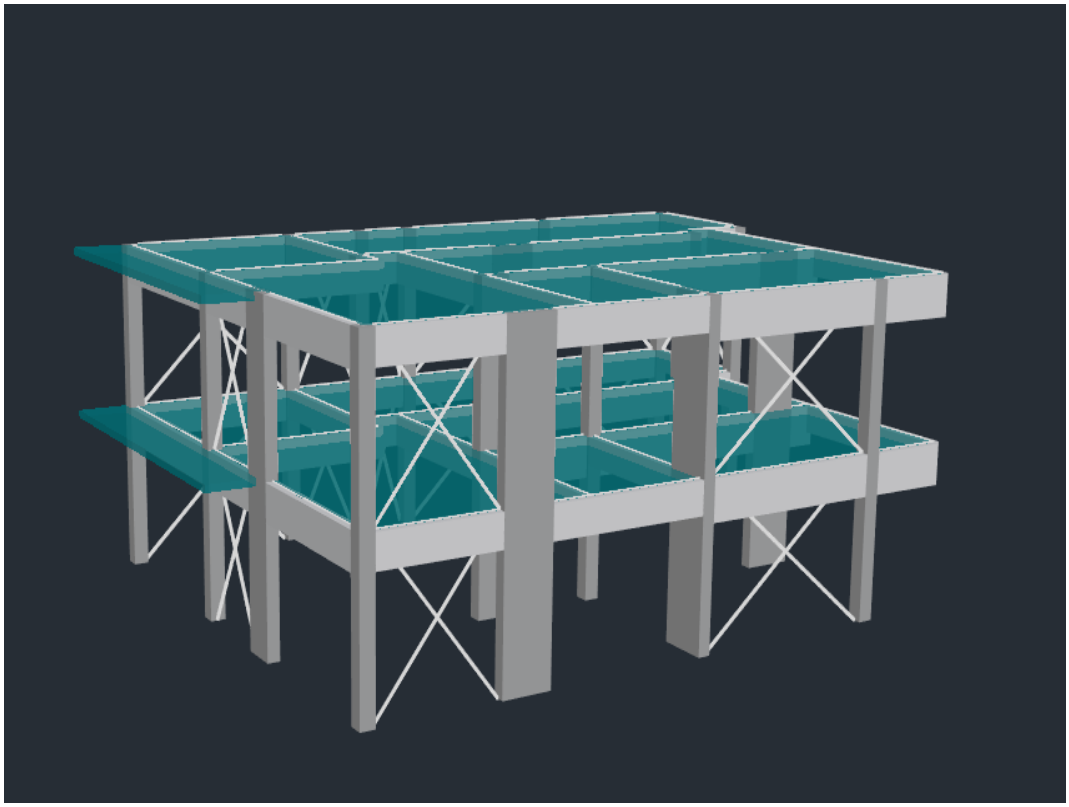
iv)Όταν υπάρχουν δύο μεγάλα ανοίγματα κοντά σ' αμφότερα άκρα του φατνώματος, η τοιχοπλήρωση αμελείται.

v)Όταν υπάρχει άνοιγμα με διαστάσεις οι οποίες δεν υπερβαίνουν το 20% των αντίστοιχων διαστάσεων του φατνώματος και είναι τοποθετημένο περίπου στο κέντρο του φατνώματος, η επιρροή του στα χαρακτηριστικά της τοιχοπλήρωσης μπορεί να αμελείται.

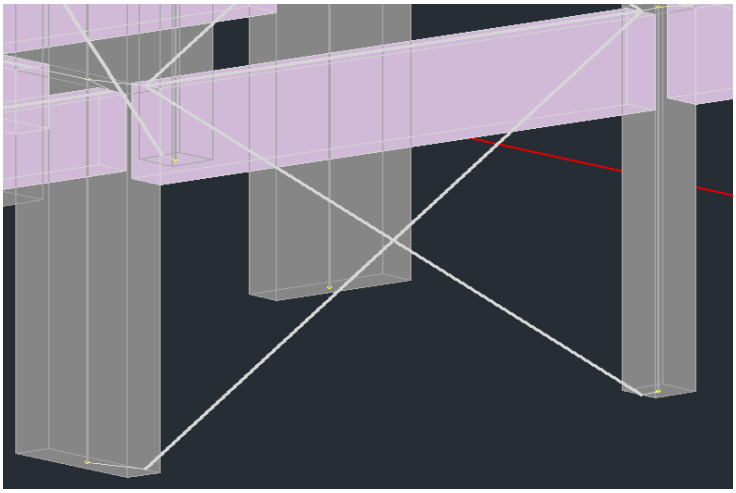
Γενικώς, θα πρέπει πάντα να εξασφαλίζεται ότι οι άοπλες τοιχοπληρώσεις δεν αστοχούν πρόωρα εκτός επιπέδου.

Στην περίπτωση που δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός, μπορεί να μειώνεται καταλλήλως η διατμητική και η θλιπτική αντίσταση της τοιχοποιίας. Οι μειώσεις των αντοχών μπορούν να γίνουν υπολογιστικά μέσω της λυγηρότητας της τοιχοποιίας. Επιπρόσθετα η μείωση της αντοχής της άοπλης τοιχοποιίας μπορεί να εκτιμηθεί μέσω ενός διαγράμματος που προτείνει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.
Η αντίσταση της τοιχοπλήρωσης είναι συνάρτηση του μήκους επαφής μεταξύ τοιχοπλήρωσης και στοιχείων του περιβάλλοντος πλαισίου. Το μήκος επαφής με την σειρά του εξαρτάται από το μέγεθος της οριζόντιας επιβαλλόμενης μετακίνησης και τις βλάβες. Έτσι τα γεωμετρικά μεγέθη που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις εκτιμώνται αναλόγως την στάθμη επιτελεστικότητας, αναλόγως των μετακινήσεων και του ανεκτού βαθμού βλάβης της τοιχοπλήρωσης.

Τέλος, αν η τοιχοπλήρωση προσομοιωθεί ως φάτνωμα η συμπεριφορά της σε αυτή την περίπτωση περιγράφεται από κατάλληλο διάγραμμα διατμητικών τάσεων-γωνιών παραμορφώσεων. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνεται υπόψιν και η επιρροή της ανακύκλισης, καθώς και ο ευνοικός ρόλος της εντός επιπέδου περίσφιγξης της τοιχοποιίας από το περιμετρικό πλαισίωμα.



Σχήμα 4.3 Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου με τις τοιχοπληρώσεις

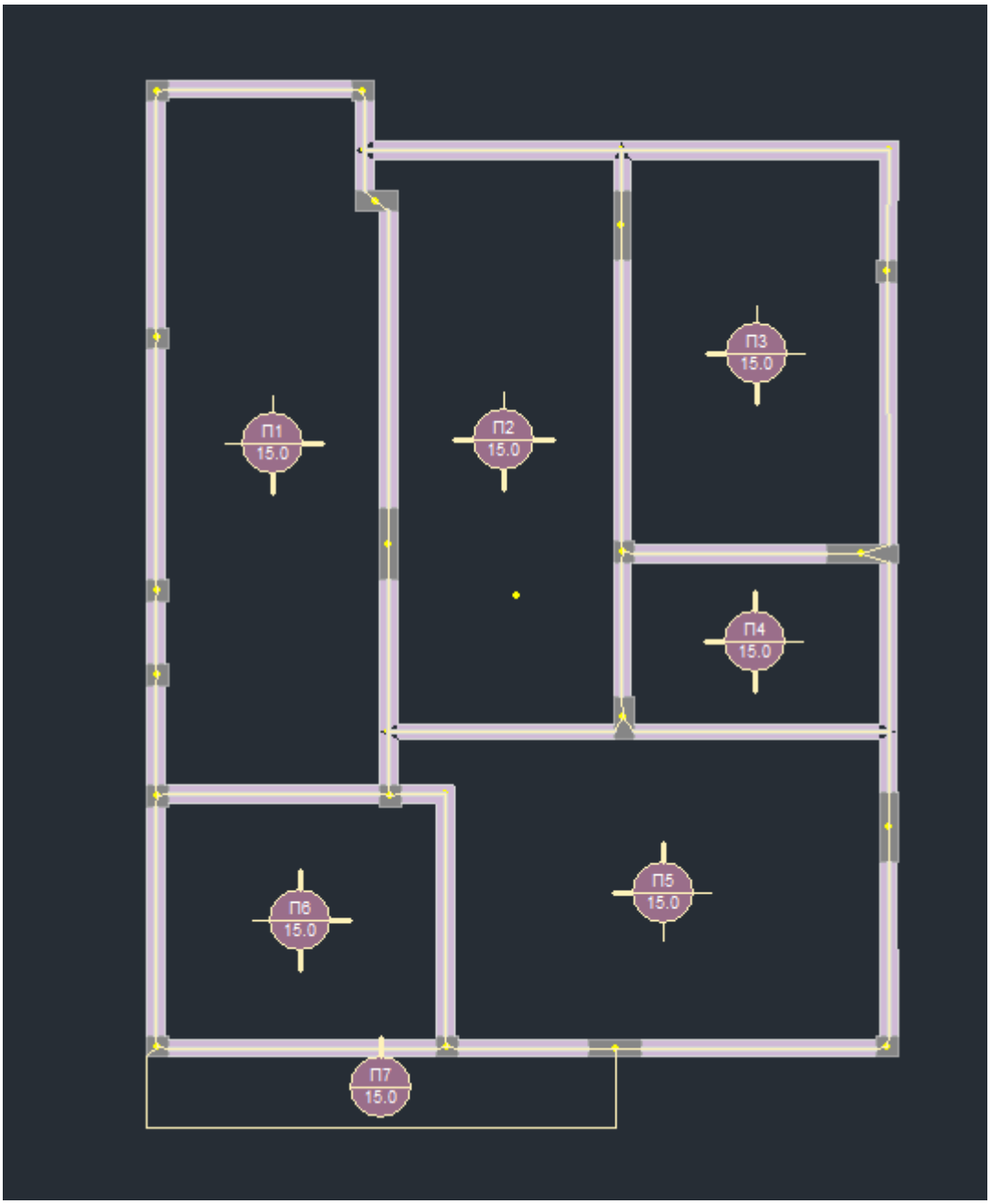


Σχήμα 4.4 Προσομοίωση τοιχοπληρώσεων με διαγώνιους θλιπτήρες

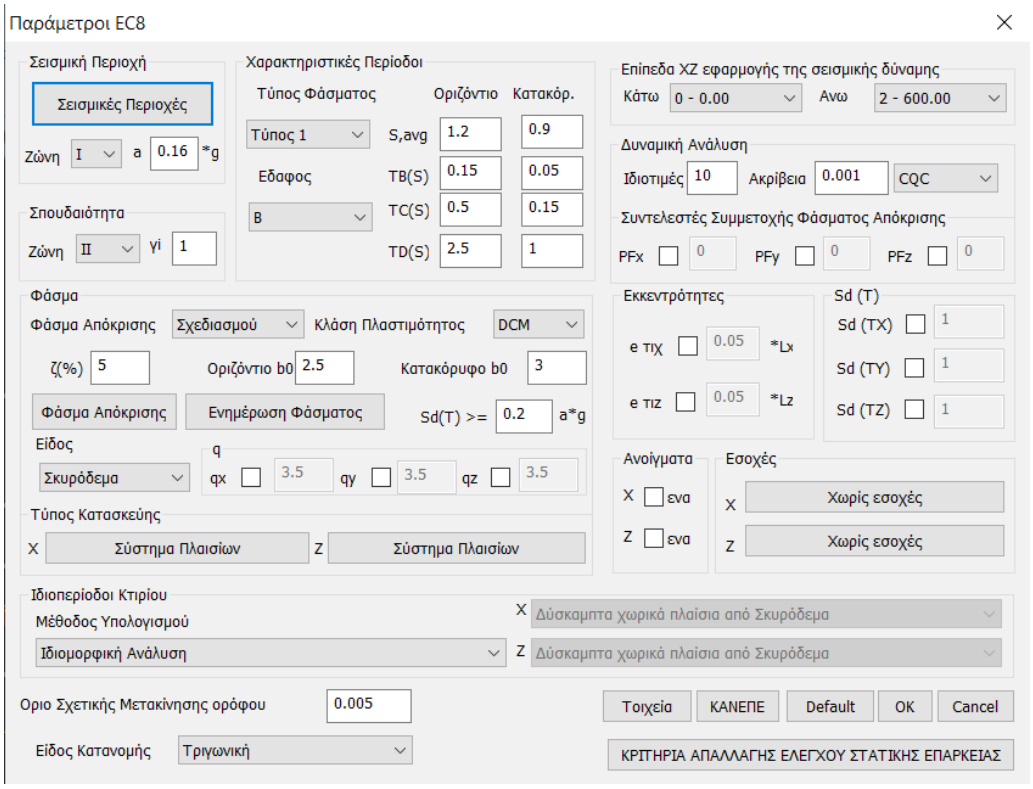
4.5 Προκαταρκτική ελαστική ανάλυση

Μετά την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης του φορέα, τη δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου, την εισαγωγή των πλακών και την απόδοση όλων των φορτίων στα αντίστοιχα μέλη, ακολουθεί η ανάλυση της μελέτης βάση του κανονισμού που θα οριστεί, η δημιουργία των συνδυασμών των φορτίσεων και τα αποτελέσματα των ελέγχων που θα προκύψουν.
Για την εκτέλεση της αρχικής ανάλυσης, με σκοπό να προκύψουν οπλισμοί στα μέλη οι οποίοι θα προσαρμοστούν στους υφιστάμενους, αρχικά απαιτείται η δημιουργία σεναρίου του Ευρωκώδικα 8 στατικής ή δυναμικής.

Στη παρούσα, επιλέχθηκε το default σενάριο του Ευρωκώδικα 8 με δυναμική (EC-8_Greek Dynamic).

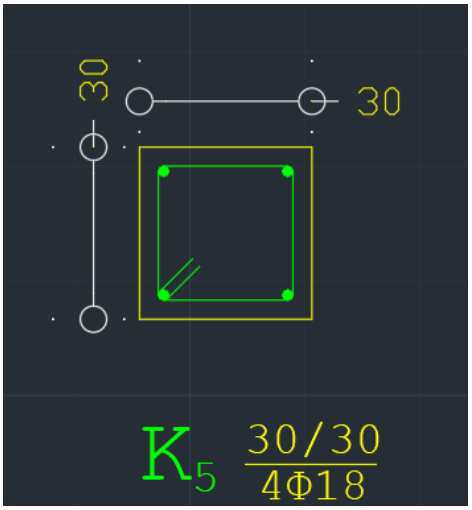


Σχήμα 4.5 Εισαγωγή των πλακών στο φορέα

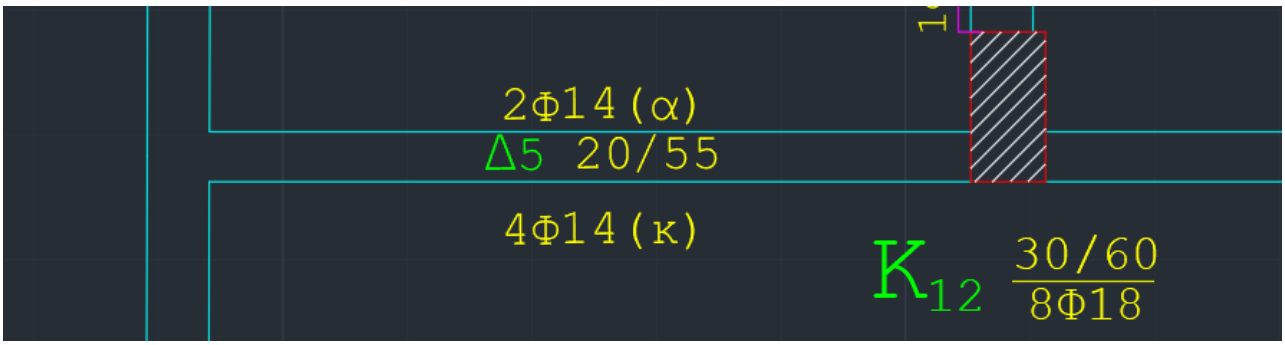


Πίνακας 4.2 Παράμετροι προκαταρκτικής ελαστκής ανάλυσης

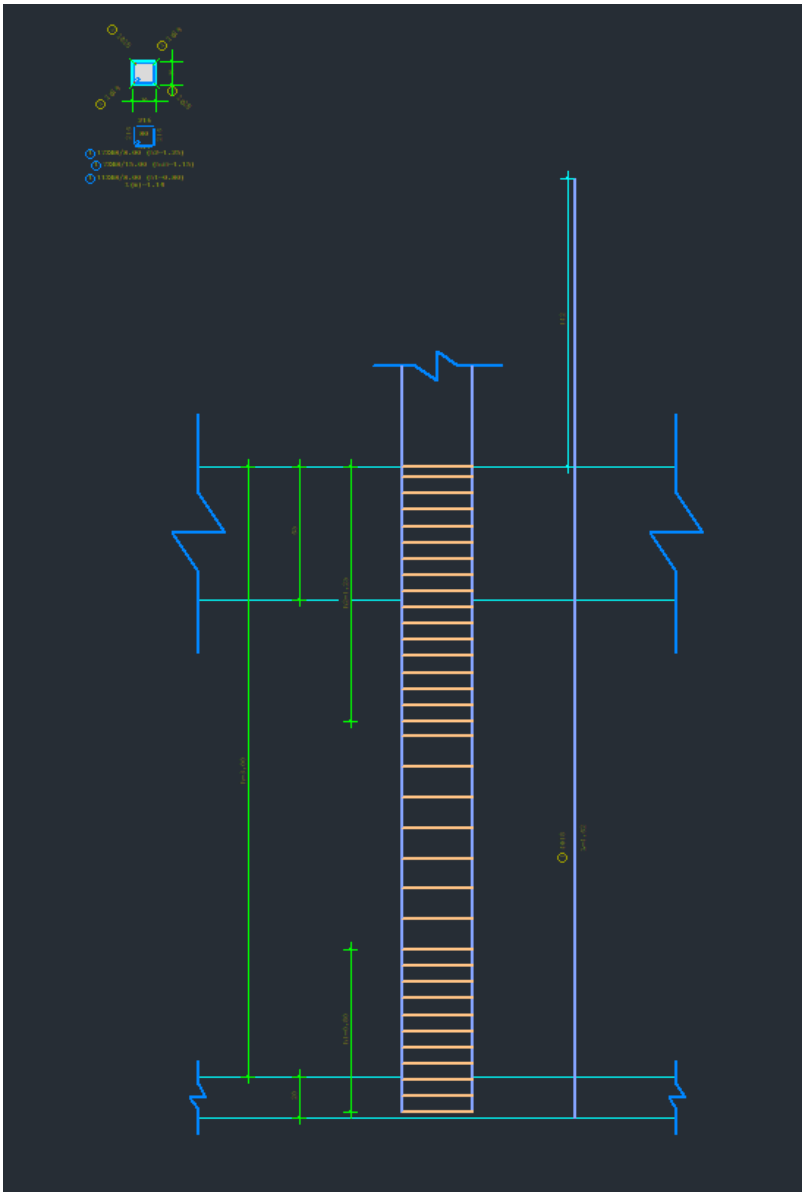
Στη συνέχεια, έχοντας ορίσει τα υλικά και τους συντελεστές ασφαλείας γίνεται η αυτόματη διαστασιολόγηση της μελέτης. Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τους οπλισμούς με αυτόν τον τρόπο, επόμενο βήμα είναι η τροποποίηση τους στους ήδη υπάρχοντες.
Όπως έχει προαναφερθεί, λόγω απώλειας του πολεδομικού φακέλου και κατ'επεκταση των λεπτομερειών όπλισης του κτιρίου, έγιναν εύλογες παραδοχές για τους οπλισμούς τόσο των δοκών, όσο και των υποστυλωμάτων.
Ενδεικτικά, στα υποστυλώματα τοποθετήθηκαν 4Φ18 γωνιακά και στις δοκούς 4Φ14 (κάτω) και 2Φ14 (άνω).



Σχήμα 4.6 Όπλιση τυπικού υποστυλώματος 30/30



Σχήμα 4.7 Όπλιση δοκού 20/55



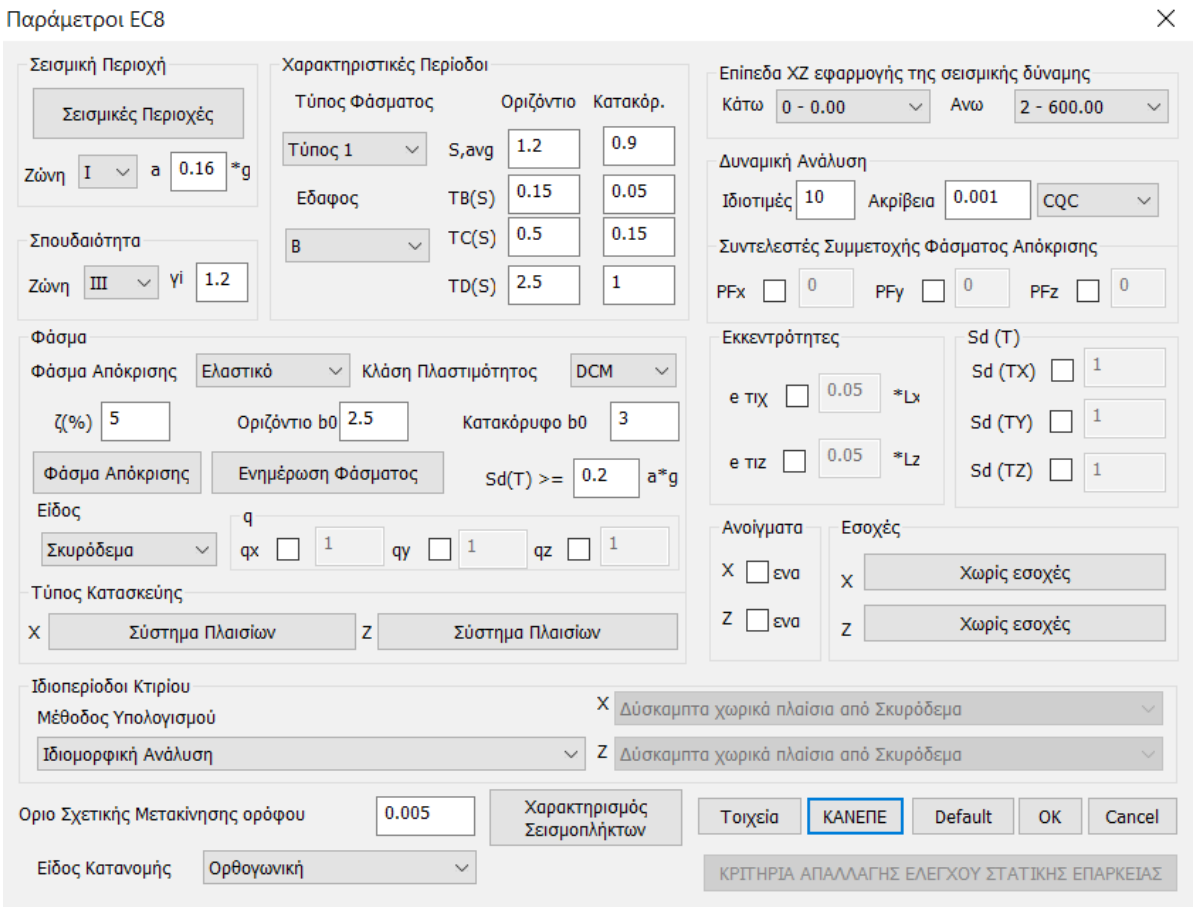
Σχήμα 4.8 Τρισδιάστατη απεικόνιση οπλισμού υποστυλώματος

Όσον αφορά τα δοκάρια, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στους κανονισμούς της εποχής τα μισά σίδερα του οπλισμού των δοκαριών κάτω (οπλισμός ανοίγματος), "έσπαγαν" στις στηρίξεις και συνυπολογίζονταν μαζί με τα άνω. Στο SCADA PRO μέσω της ενεργοποίησης της εντολής «Λοξός Οπλισμός Ανοίγματος Κάτω», ο μισός κάτω οπλισμός των ανοιγμάτων λαμβάνεται υπόψη αυτόματα από το λογισμικό ως λοξός οπλισμός, με αποτέλεσμα να προστίθεται στις στηρίξεις άνω και να αφαιρείται από τις στηρίζεις κάτω.

Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός των διαγραμμάτων αλληλεπίδρασης M-N μέσω της αντίστοιχης εντολής του SCADA PRO, για όλα τα υποστυλώματα του φορέα σε όλες τις στάθμες. Επιπλέον δημιουργείται το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων για το χάλυβα και το σκυρόδεμα. Για τις δοκούς, αναφέρεται ότι δεν απαιτείται συνολικός υπολογισμός των διαγραμμάτων αλληλεπίδρασης, γιατί το λογισμικό υπολογίζει ταυτόχρονα τις νέες ροπές αντοχής τους, στο στάδιο προσαρμογής των οπλισμών τους.

4.6 Προέλεγχος δυναμική ανάλυση

Όπως έχει προαναφερθεί, για να μπορεί να εκτελεστεί η ανελαστική στατική ανάλυση πρέπει να γίνει ένας έλεγχος με βάση τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Αυτός ο έλεγχος γίνεται και για τα δύο προσομοιώματα (με ή χωρίς τοιχοπληρώσεις). Μέσω της ανάλυσης που παρέχεται απο το πρόγραμμα "Προέλεγχος δυναμική".



Πίνακας 4.3 Παράμετροι προελέγχου δυναμικής ανάλυσης

4.7 Διερεύνηση επιρροής ανώτερων ιδιομορφών

Έχοντας πραγματοποιήσει τον προέλεγχο της δυναμικής ανάλυσης, θα διερευνηθεί το κατά πόσο μπορεί να εφαρμοστεί η ανελαστική στατική ανάλυση.
Μέσω της εντολής "Σεισμική δράση" βλέπω τον έλεγχο της επιρροής των ανώτερων ιδομορφών.

Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών							& 5.7.2(ΚΑΝ.ΕΠΕ.)
α/α Σταθμ.	Συνολικό ύψος (m)	Χ διεύθυνση			Υ διέθυνση		
		Vall (Kn)	V 1 (Kn)	Λόγος	Vall (Kn)	V 1 (Kn)	Λόγος
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.00	1073.72	949.11	1.13	1113.8	884.04	1.26
3	6.00	732.52	653.13	1.12	736.07	588.86	1.25
Σημείωση		Οι λόγοι δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή 1.3					

Πίνακας 4.4 Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών

Βλέπω ότι η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική.

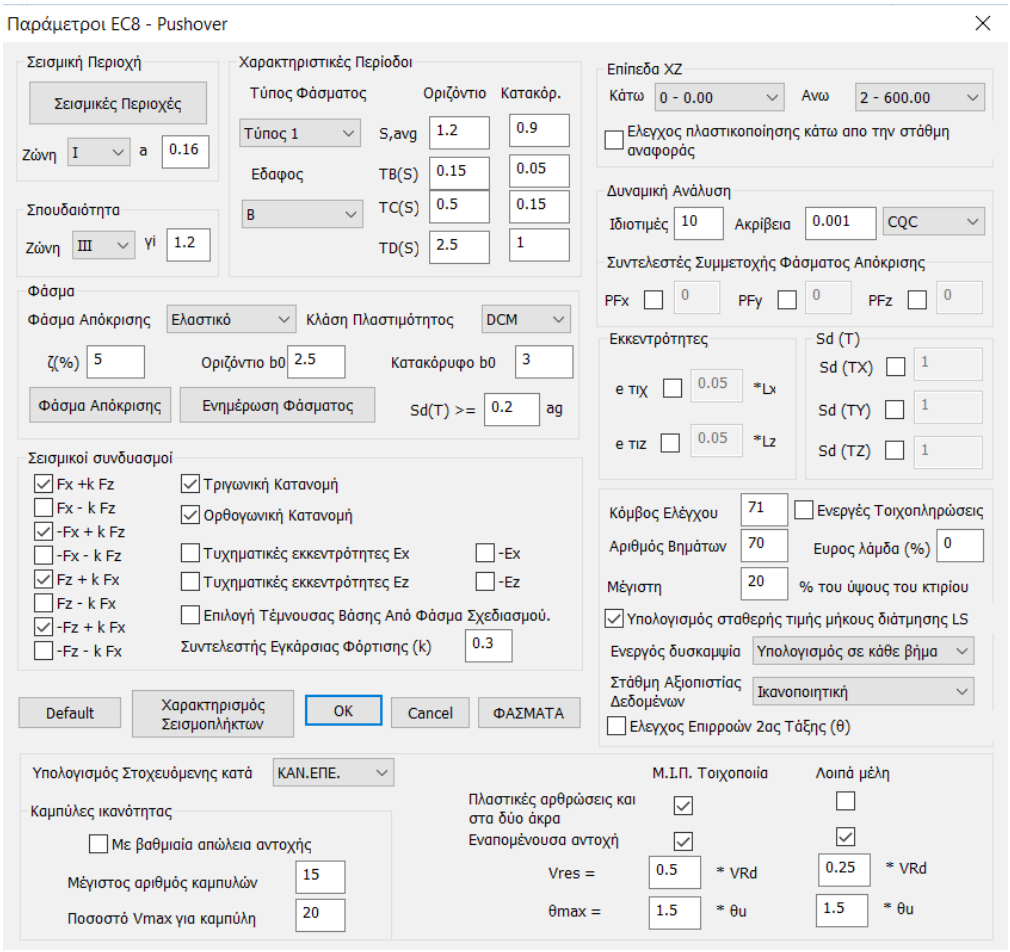
Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών							& 5.7.2(ΚΑΝ.ΕΠΕ.)
α/α Σταθμ.	Συνολικό ύψος (m)	Χ διεύθυνση			Υ διέθυνση		
		Vall (Kn)	V 1 (Kn)	Λόγος	Vall (Kn)	V 1 (Kn)	Λόγος
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.00	1209.27	1195.47	1.01	618.63	507.07	1.22
3	6.00	840.78	819.75	1.03	293.74	233.13	1.26
Σημείωση		Οι λόγοι δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή 1.3					

Πίνακας 4.5 Έλεγχος επιρροής ανώτερων ιδιομορφών(με τοιχοπληρώσεις)

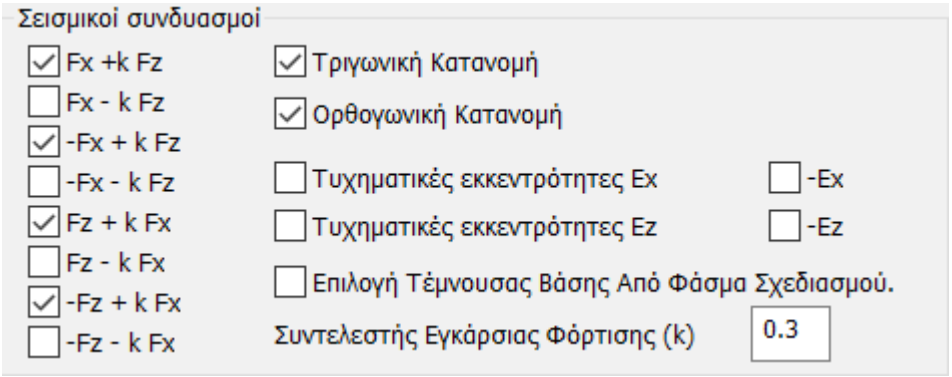
Παρατηρώ ότι το ίδιο συμβαίνει και στο προσομοίωμα με τις τοιχοπληρώσεις.
Άρα, μπορεί να εφαρμοστεί η pushover, χωρίς να είναι απαραίτητη και μια συμπληρωματική ελαστική δυναμική ανάλυση.

4.8 Ανελαστική στατική ανάλυση για τα δύο προσομοιώματα

i)Για το προσομοίωμα χωρίς τοιχοπληρώσεις
Στο στάδιο αυτό δημιουργείται ένα σενάριο Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης σύμφωνα με το οποίο η κατασκευή εξωθείται σταδιακά με μονότονα αυξανόμενη πλευρική φόρτιση μέχρι να φτάσει στην αστοχία. Έτσι σταδιακά σχηματίζονται πλαστικές αρθρώσεις στα άκρα των μελών του κτιρίου (δοκών, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων) μέχρι την κατάρρευσή του.



Πίνακας 4.6 Παράμετροι pushover



Πίνακας 4.7 Σεισμικοί συνδυασμοί

Όπως έχει αναφερθεί για την εκτέλεση της μεθόδου pushover, δημιουργούνται δύο κατανομές:
i)Μία ορθογωνική

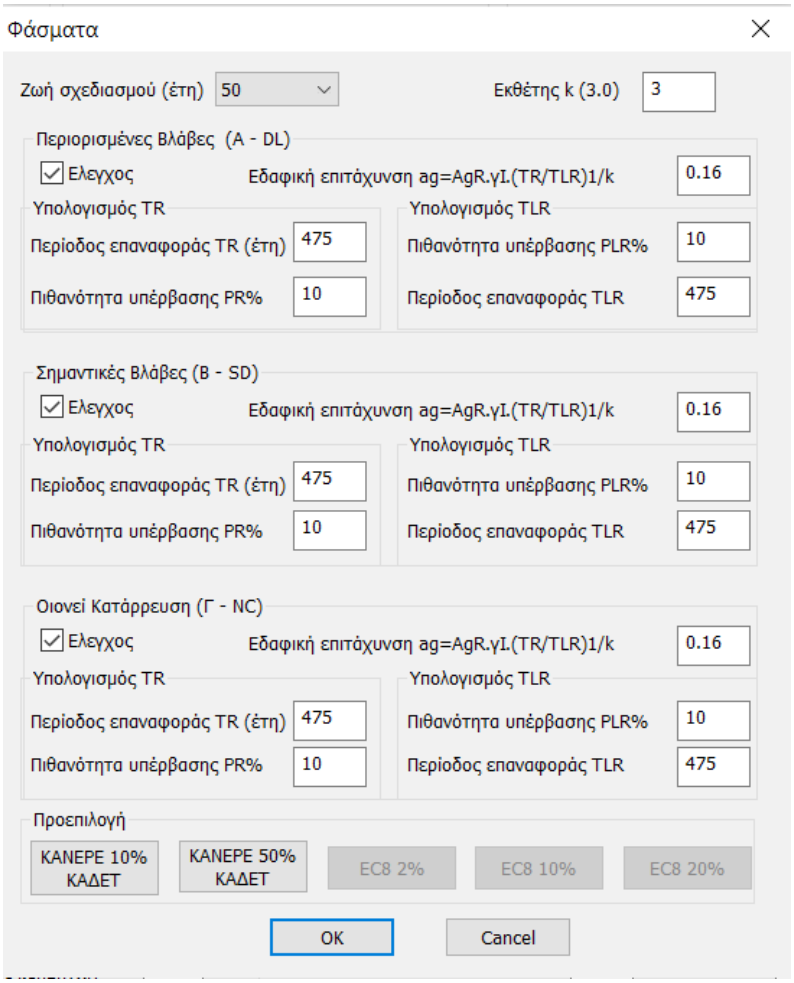
ii)Μία τριγωνική

Οι συνδυασμοί που επιλέγονται είναι οι:
i) Fx + kFz
ii) -Fx + kFz

iii) Fz + kFx

iv) -Fz + k Fx

Κάνοντας κλικ στην επιλογή φάσματα εμφανίζεται ο παρακάτω πίνακας που αφορά τη στοχευόμενη συμπεριφορά σε σχέση με το επίπεδο βλάβης. Υπενθυμίζεται ότι ορίστηκε κατηγορία σπουδαιότητας ΙΙΙ και ως εκ τούτου ελάχιστος στόχος αποτίμησης και ανασχεδιασμού Β1. Επομένως και επιλέγοντας τον ελάχιστο, ο στόχος αποτίμησης και ανασχεδιασμού των υπό μελέτη κτιριακών υποδομών ορίζεται από στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού «Σημαντικές βλάβες» και πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών 10%, δηλαδή μέση περίοδο επαναφοράς στα 475 έτη.



Πίνακας 4.8 Φάσματα-στόχοι σχεδιασμού

Η μόνη διαφορά στο προσομοίωμα με τις τοιχοπληρώσεις είναι το τσεκάρισμα της επιλογής "Ενεργές Τοιχοπληρώσεις", ώστε να συμπεριληφθούν οι θλιπτήρες που έχουν εισαχθεί και να γίνει ο αντίστοιχος έλεγχος κατα ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Τρέχοντας την ανάλυση στο πρόγραμμα και επιλέγοντας την εντολή «Κατανομή Μαζών», της ομάδας εντολών «Εμφάνιση« => «Αποτελέσματα», δίνεται η δυνατότητα εμφάνισης όλων των αποτελεσμάτων όλων των Pushover αναλύσεων υπό μορφή διαγραμμάτων, με παράλληλη απεικόνιση του φορέα καθώς ανταποκρίνεται στην εκάστοτε pushover.

ii)Εμφάνιση αποτελεσμάτων-Έλεγχοι-Προσομοίωμα χωρίς τοιχοπληρώσεις

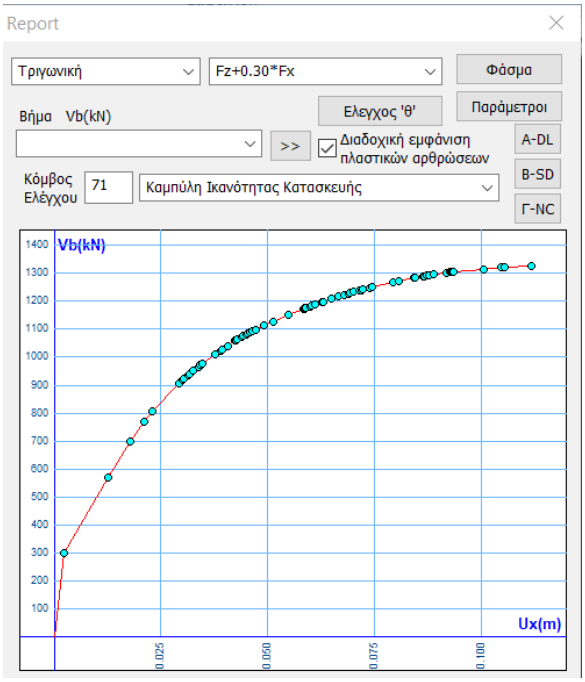
Από το SCADA PRO ελέγχεται: αν η γωνία στροφής χορδής θpl όλων των δομικών στοιχείων του κτιρίου δεν συνεπάγεται βαθμό βλάβης μεγαλύτερο από εκείνον που γίνεται ανεκτός για τη απαιτούμενη στάθμη επιτελεστικότητας. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να παρουσιάζει αυτά τα δεδομένα, τόσο γραφικά όσο και σε μορφή τεύχους όπως θα δούμε και στη συνέχεια.
Έχοντας επιλέξει απο πριν τον κόμβο ελέχου (ο κόμβος του διαφράγματος της τελευταίας στάθμης) προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

α)Η καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη μη γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης του κόμβου ελέγχου.

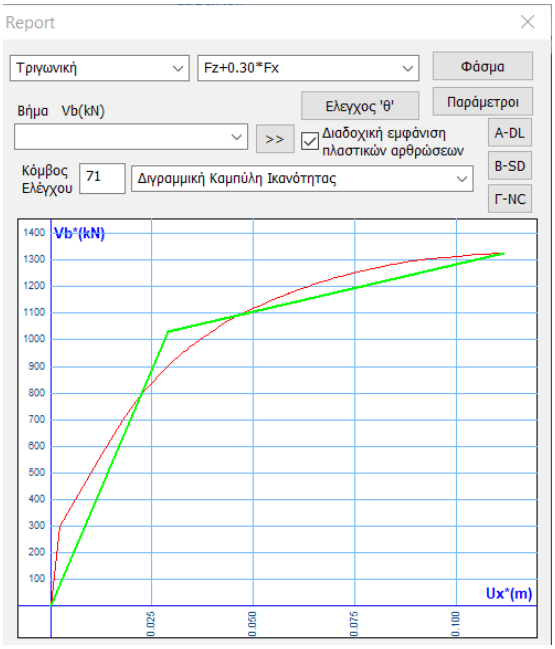
β) Η διγραμμική καμπύλη ικανότητας, δηλαδή η αντίστοιχη διγραμμική καμπύλη υπολογισμένη είτε με τον απλοποιητικό τρόπο που προβλέπει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. είτε με τον υπολογισμό των ίσων εμβαδών.

γ)Η στοχευόμενη μετακίνηση, εμφανίζει τις τρεις στοχευόμενες μετακινήσεις, μία για κάθε στάθμης επιτελεστικότητας.

Ενδεικτικά παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα για την τριγωνική κατανομή Fz + 0.30 Fx



Πίνακας 4.9 Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx

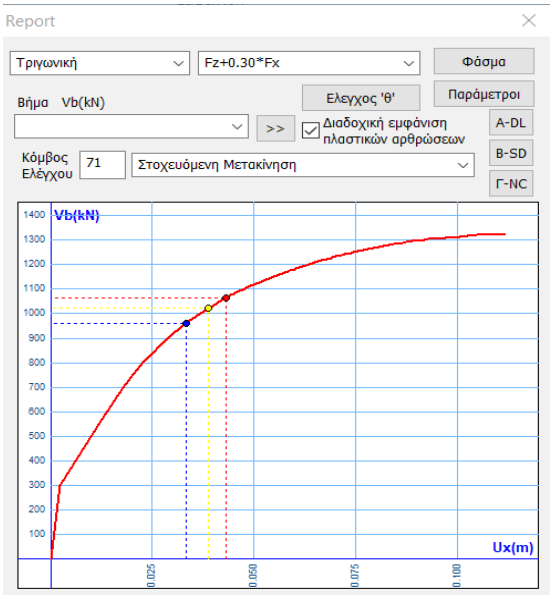


Πίνακας 4.10 Διγραμμική Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx

Όσον αφορά τη στοχευόμενη μετακίνηση, υπολογίζεται με τη βοήθεια του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού της διέγερσης εφαρμόζοντας τη λεγόμενη Μέθοδο Τροποποίησης της Μετακίνησης

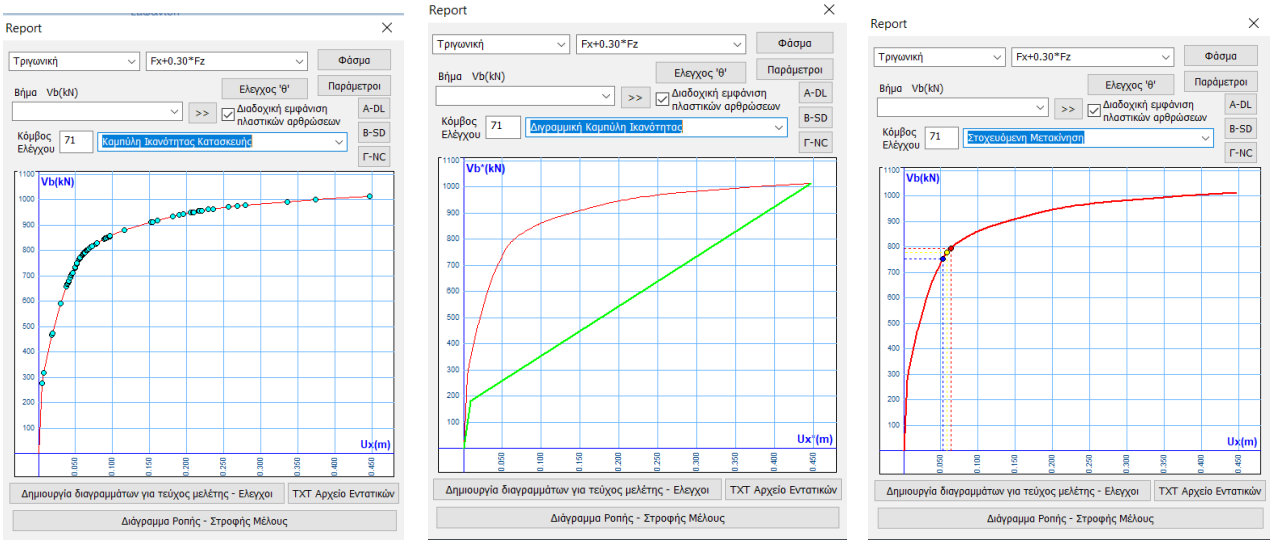
$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \frac{T_e^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot S_e(T)$$

Πίνακας 4.11 Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης

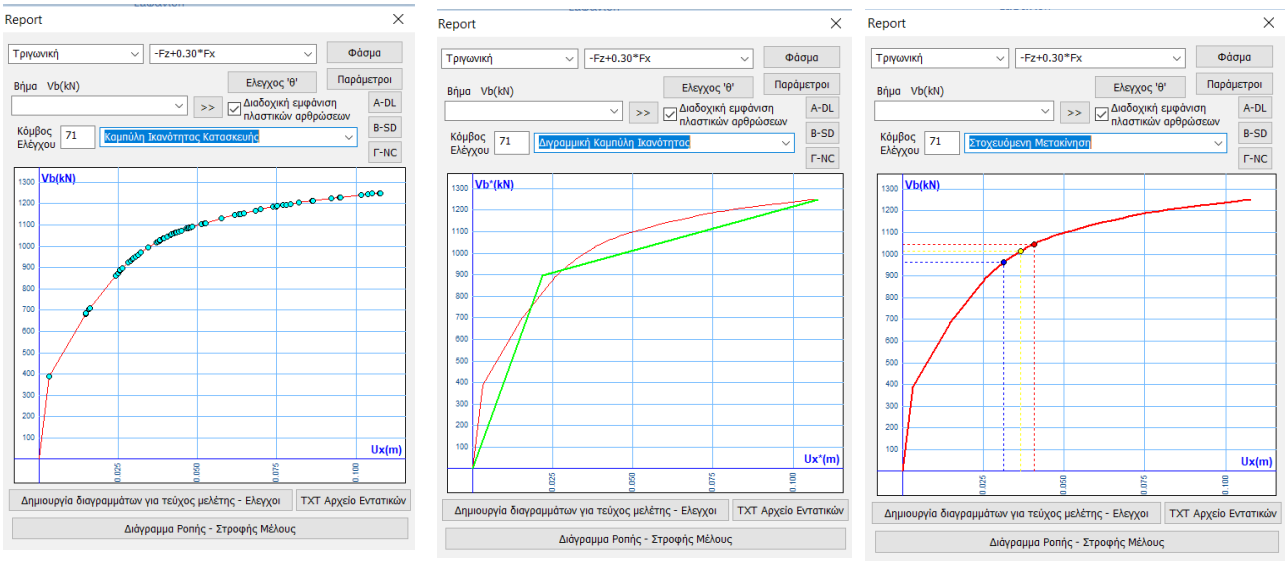


Πίνακας 4.12 Καμπύλη στοχευόμενης μετακίνησης για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx

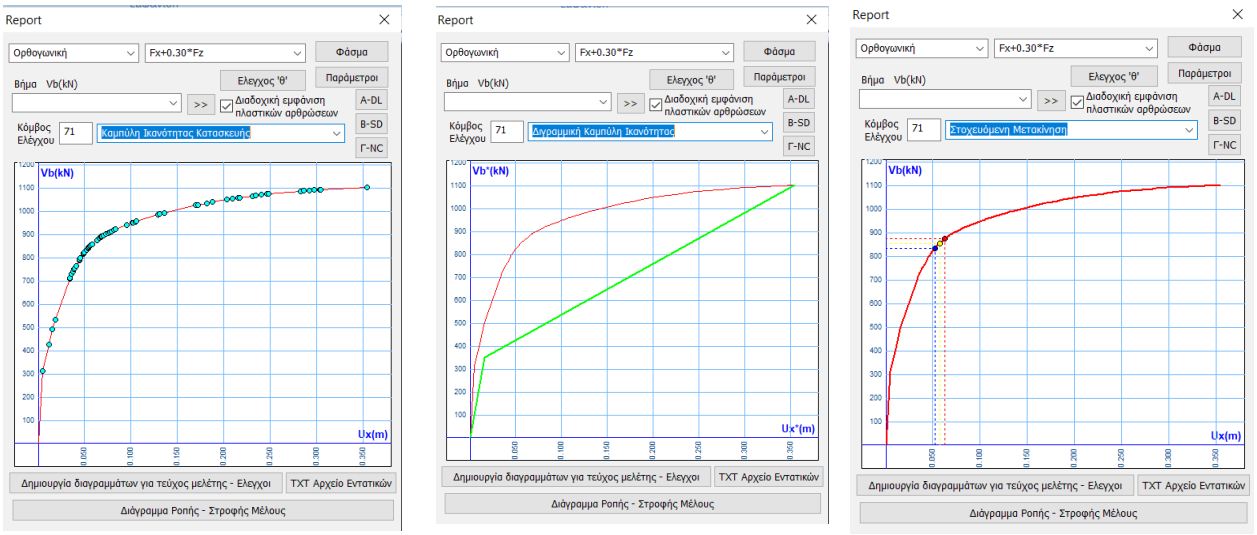
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα για τις υπόλοιπες αναλύσεις (ορθογωνική και τριγωνική, για τις διευθύνσεις που έχουν επιλεγεί).



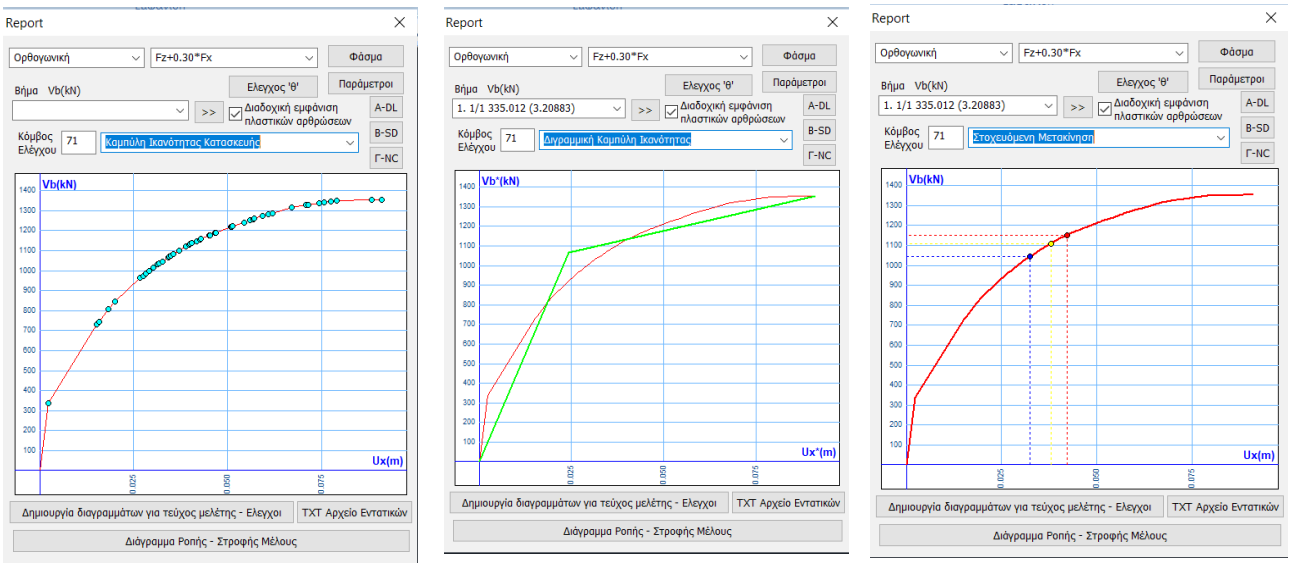
Πίνακας 4.13 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz



Πίνακας 4.14 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx



Πίνακας 4.15 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz



Πίνακας 4.16 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx

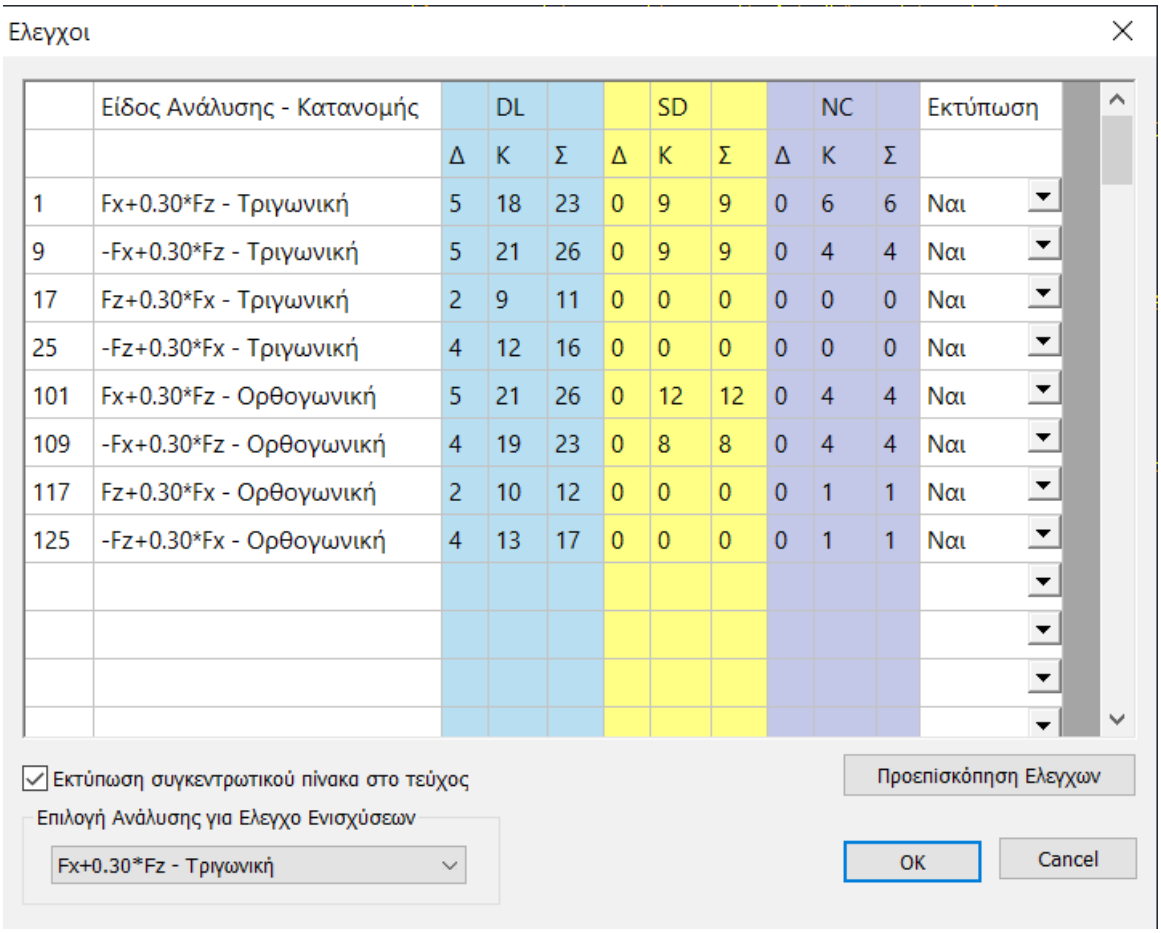
Μία συνολική εποπτεία των ελέγχων μπορώ να έχω επιλέγοντας το παράθυρο "Έλεγχοι". Ο πίνακας αυτός σας δίνει, για την κάθε ανάλυση που έχει εκτελεστεί, το συνολικό αριθμό των δοκών και των στύλων που δεν επαρκούν, για την κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.
Με την εντολή "Προεπισκόπηση Ελέγχων" και το τσεκάρισμα της ανάλυσης που επιθυμώ, μπορώ να δω τους εξής ελέγχους:
i)Έλεγχος Επάρκειας Τεμνουσών μόνο για τα στοιχεία που αστοχούν σε διάτμηση

ii) Έλεγχος για το ενδεχόμενο ολίσθησης λόγω διάτμησης (2η Αναθεώρηση 2017)

iii) Έλεγχος Επάρκειας Διατομών σε όρους παραμορφώσεων

iv) Έλεγχος Επάρκειας Τοιχοπληρώσεων σε όρους παραμορφώσεων

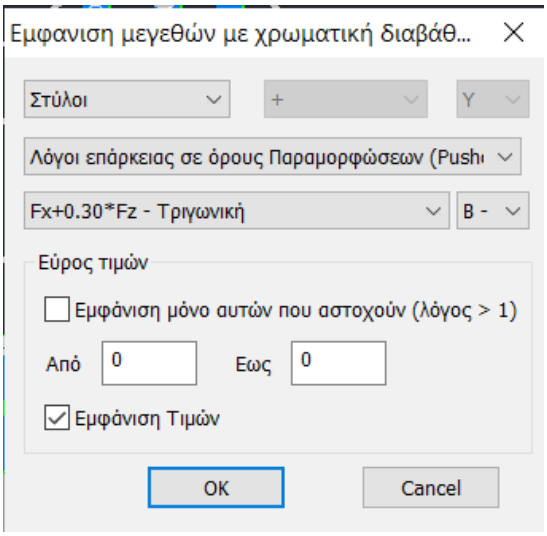
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των στοιχείων (δοκών και υποστυλωμάτων) στους οποίους συμβαίνει υπέρβαση ορίων και για τους τέσσερις συνδυασμούς των ανελαστικών αναλύσεων που έχουν επιλεγεί. Από το Πίνακα, μπορεί να παρατηρήσει και συμπεράνει κανείς την έκταση και τον βαθμό των βλαβών και ανεπαρκειών της κατασκευής.



Πίνακας 4.17 Συγκεντρωτικός πίνακας ελέγχων για το κτίριο

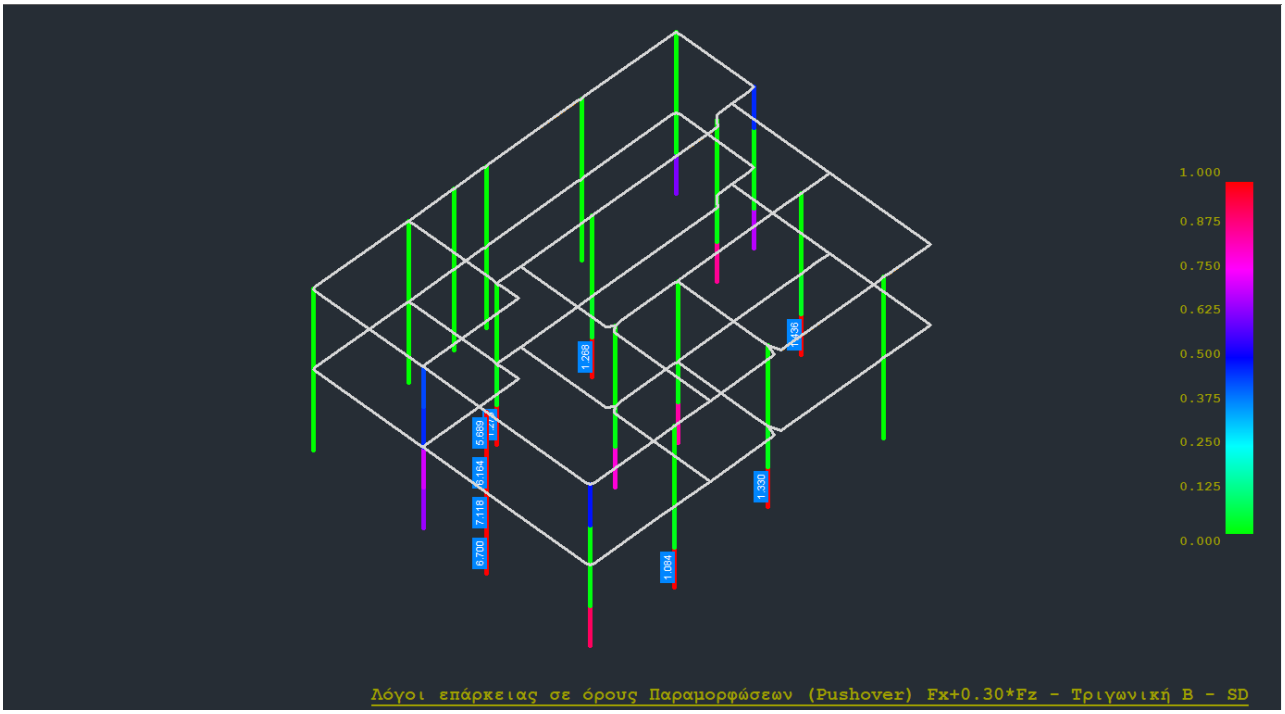
Στο συγκεκριμένο κτίριο έχει αναφερθεί ότι μας αφορά η στάθμη επιτελεστικότητας Β1, άρα με ενδιαφέρει η μεσαία στήλη του παραπάνω πίνακα. Βλέπουμε ότι δεν έχω αστοχία σε καμία δοκό, ενώ υπάρχουν αστοχίες για κάποια υποστυλώματα.

Ένας άλλος τρόπος για να βλέπω γραφικά τα αποτελέσματα είναι μέσω της εντολής "Εμφάνιση χρωματικών διαβαθμίσεων".



Πίνακας 4.18 Εμφάνιση μεγεθών με χρωματική διαβάθμιση

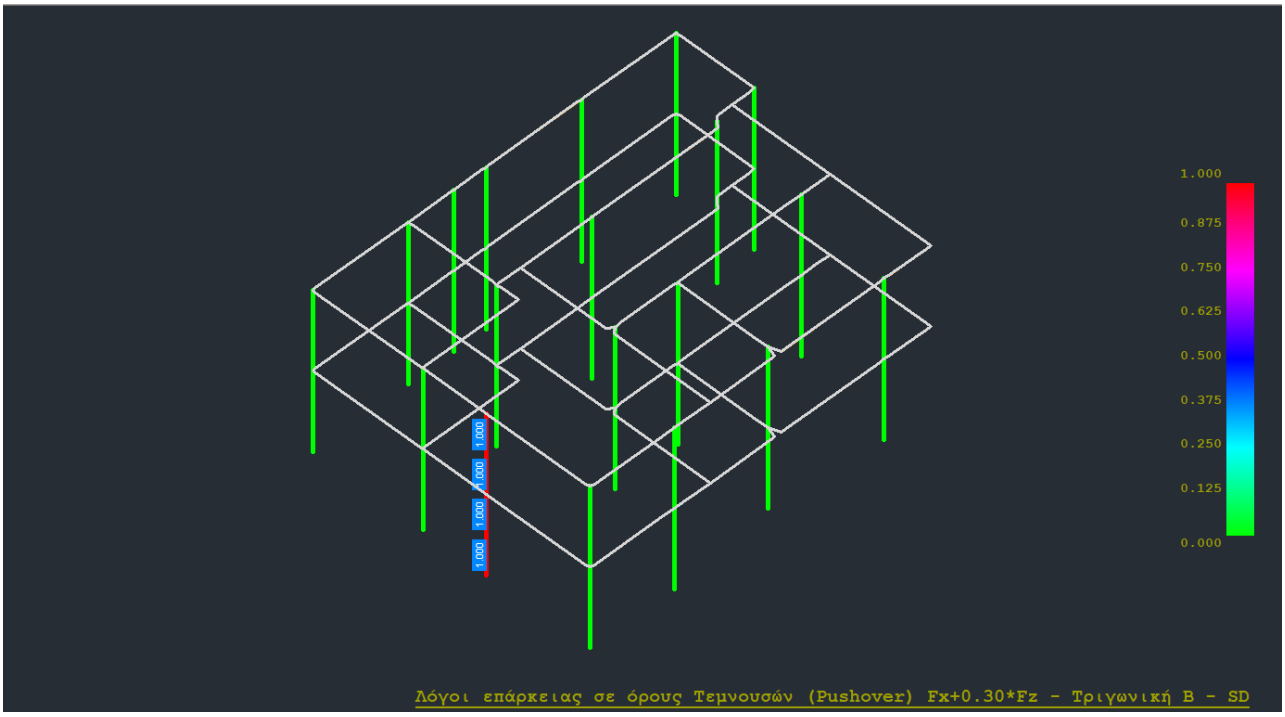
Για παράδειγμα όπως είδαμε στον συγκεντρωτικό πίνακα, για την τριγωνική κατανομή Fx + 0.30Fz αστοχούν λόγω κάμψης 9 στύλοι (ή πιο σωστά 9 κόμβοι στύλων). Επιλέγοντας τη συγκεκριμένη κατανομή, και κλικάροντας το ¨Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων (Pushover)" θα εμφανιστούν τα αντίστοιχα στοιχεία του φορέα και ο λόγος ανεπάρκειάς τους για τη συγκεικριμένη στάθμη επιτελεστικότητας.



Σχήμα 4.9 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων

Έτσι μπορώ να δω συγκεκριμένα ποια μέλη αστοχούν, για κάθε κατανομή και για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας. Κλικάροντας την επιλογή "Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών" π.χ. για τους

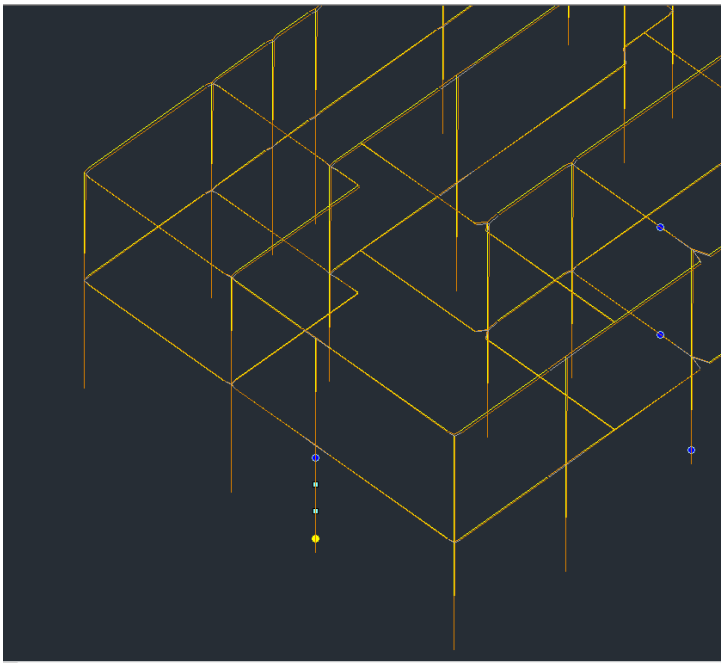
στύλους, εμφανίζονται ποια υποστυλώματα έχουν ψαθυρή αστοχία λόγω διάτμησης (στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ένα).
Ακολουθεί παρακάτω ο πίνακας με τους λόγους επάρκειας σε όρους τεμνουσών.



Σχήμα 4.10 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά και στο τεύχος υπολογισμών.

Ένας άλλος τρόπος που καταλαβαίνω ότι ένα μέλος αστοχεί πρώτα απο τέμνουσα είναι η ύπαρξη ενός θαλασσί τετραγώνου στον αντίστοιχο κόμβο όπως διακρίνεται στην παρακάτω εικόνα


Σχήμα 4.11 Γραφική απεικόνιση αστοχίας απο τέμονουσα

Όταν λοιπόν έχω δημιουργία αστοχίας απο διάτμηση (ψαθυρή αστοχία), στο επόμενο βήμα δημιουργείται πλαστική άρθρωση στο μέλος, με ταυτόχρονη απομείωση της θy όπως προβλέπει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

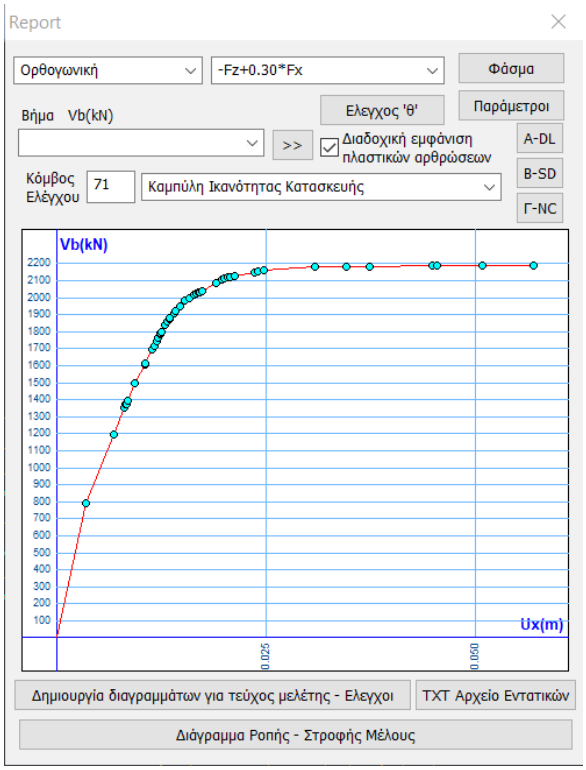
ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (1)*					BHMA : [A-DL=20:1/20 B-SD=23:1/23 Γ-NC=31:1/31]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
15	15	y	0.00	257.04	80.73	81.19	1/3	1.0058	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1140.89								
15	34	y	0.00	257.04	79.46	81.19	1/3	1.0219	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1140.89								
34	34	y	0.00	257.04	72.11	89.10	1/5	1.2356	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 570.44								
34	53	y	0.00	257.04	70.85	89.10	1/5	1.2576	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 570.44								

Πίνακας 4.19 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την κατανομή Fx + 0.30 Fz

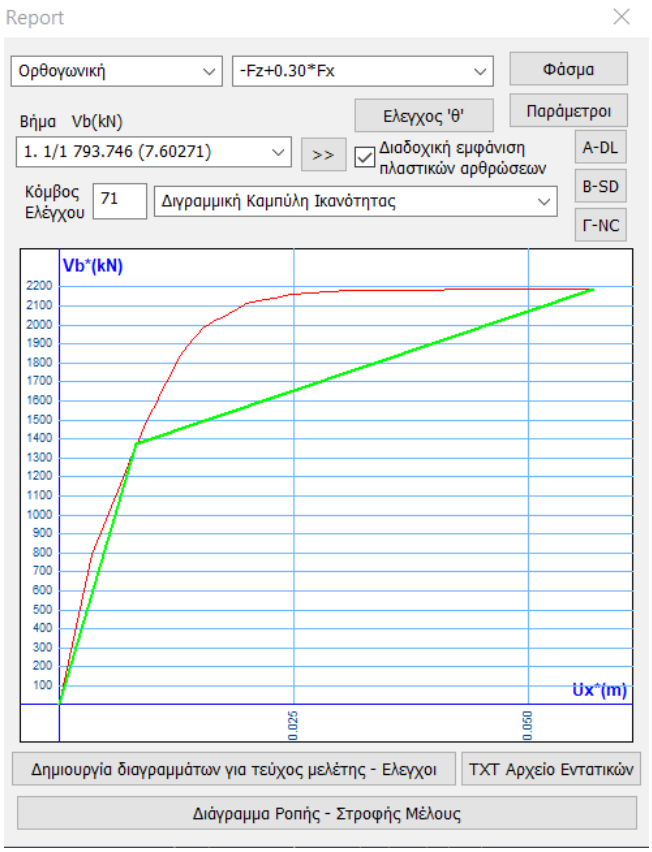
<u>iii)Εμφάνιση αποτελεσμάτων-Έλεγχοι-Προσομοίωμα με τοιχοπληρώσεις</u>

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία, η μόνη διαφορά είναι η εισαγωγή των τοιχοπληρώσεων για τις οποίες θα γίνει και έλεγχος λόγω θλίψης.

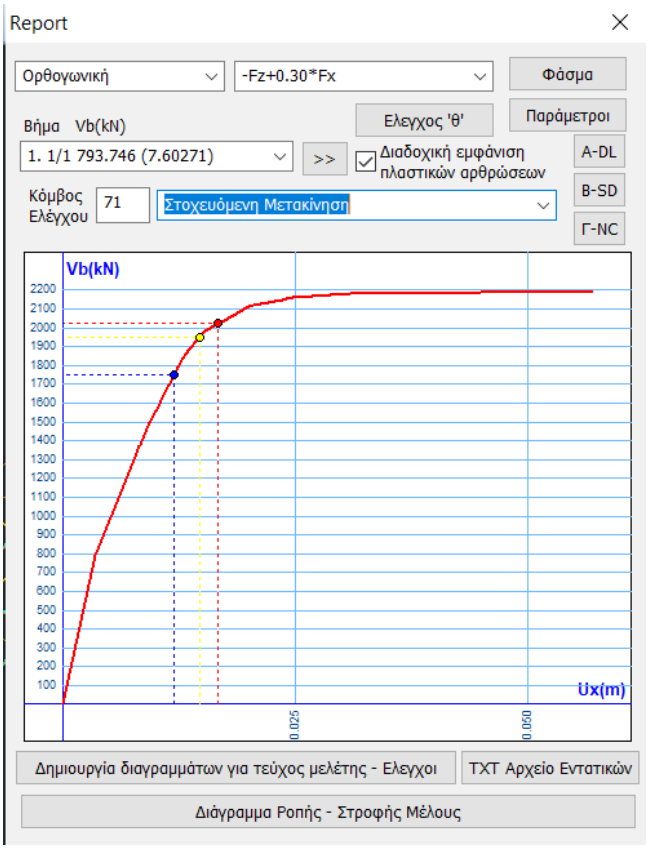
Ενδεικτικά, παρουσιάζονται τα παρακάτω αποτελέσματα για την τριγωνική κατανομή -Fz + 0.30 Fx



Πίνακας 4.20 Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx

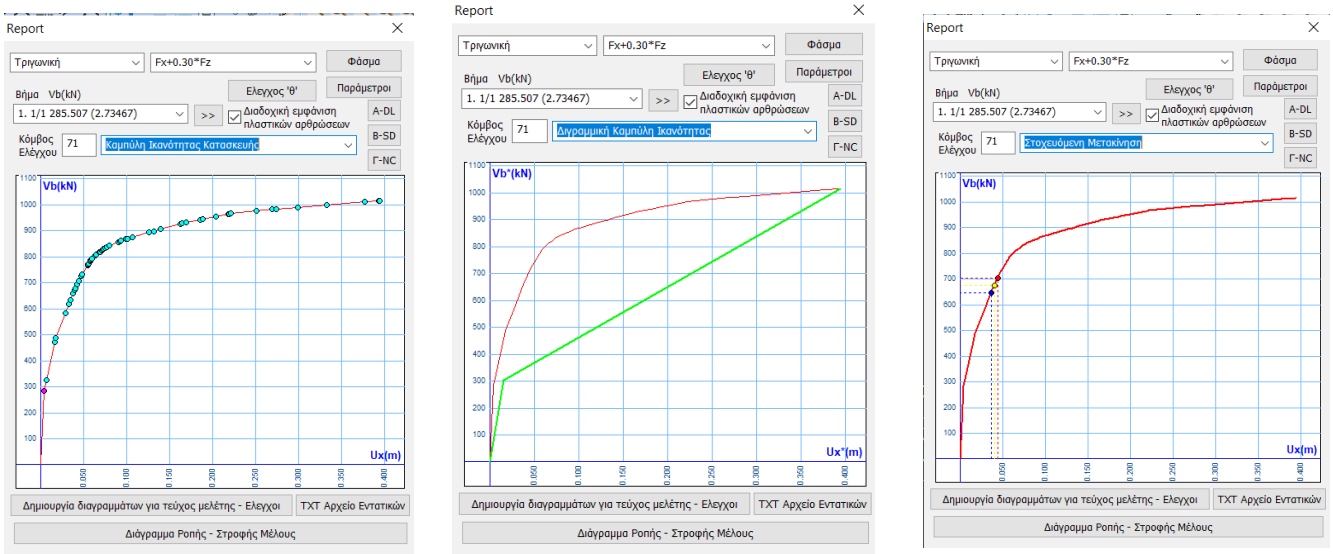


Πίνακας 4.21Διγραμμική Καμπύλη ικανότητας για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx

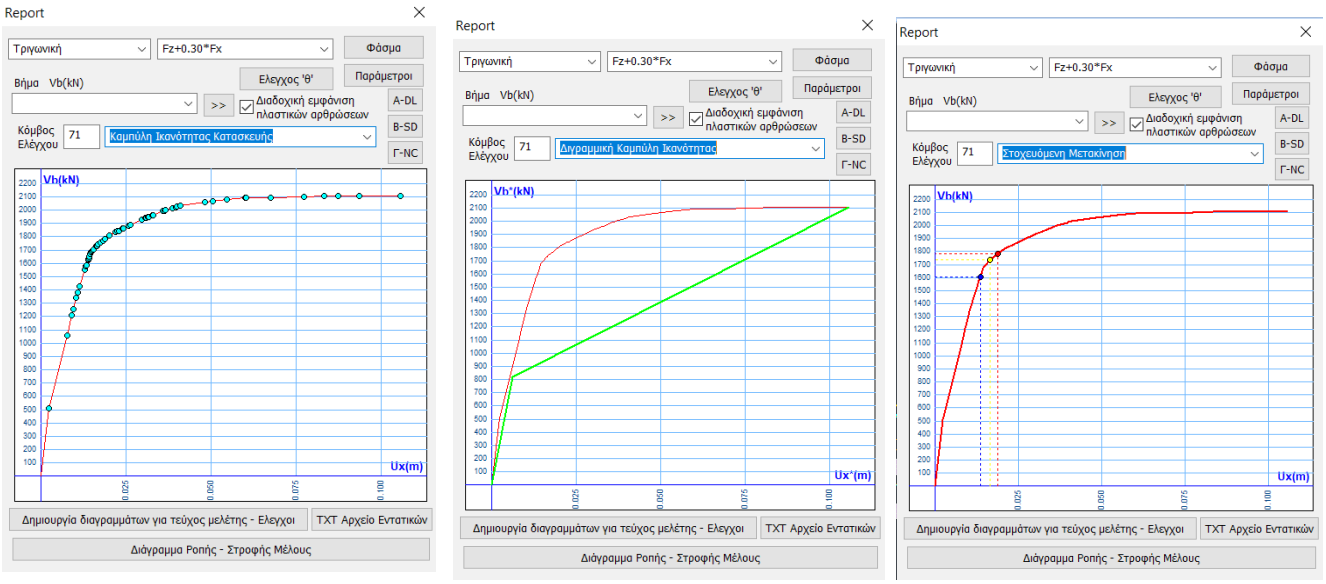


Πίνακας 4.22Καμπύλη στοχευόμενης μετακίνησης για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx

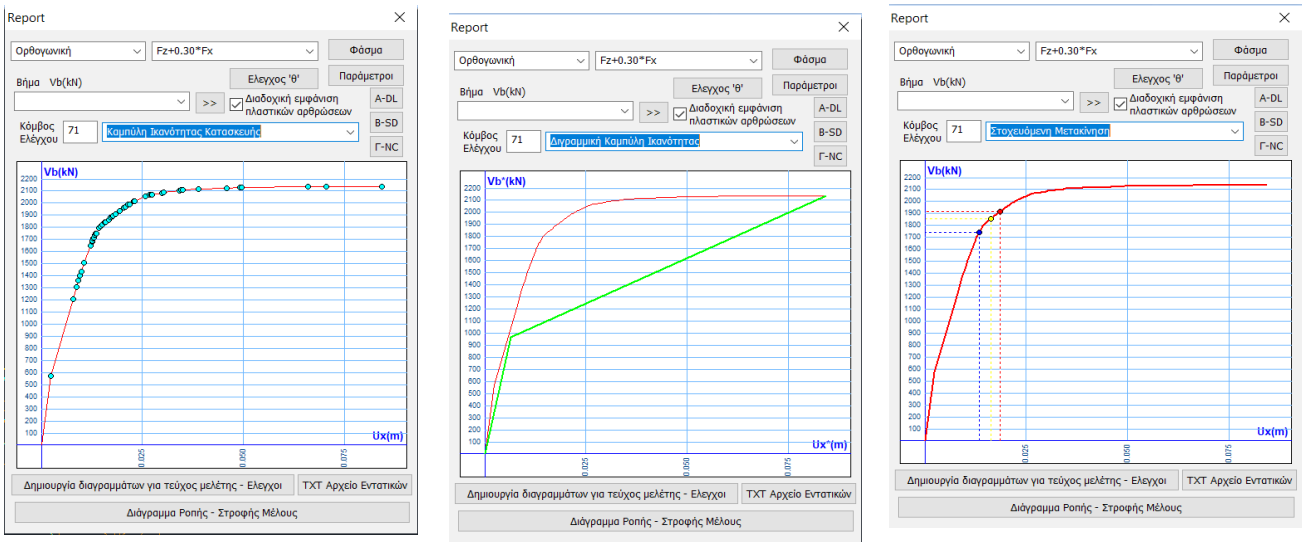
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα για τις υπόλοιπες αναλύσεις (ορθογωνική και τριγωνική, για τις διευθύνσεις που έχουν επιλεγεί).



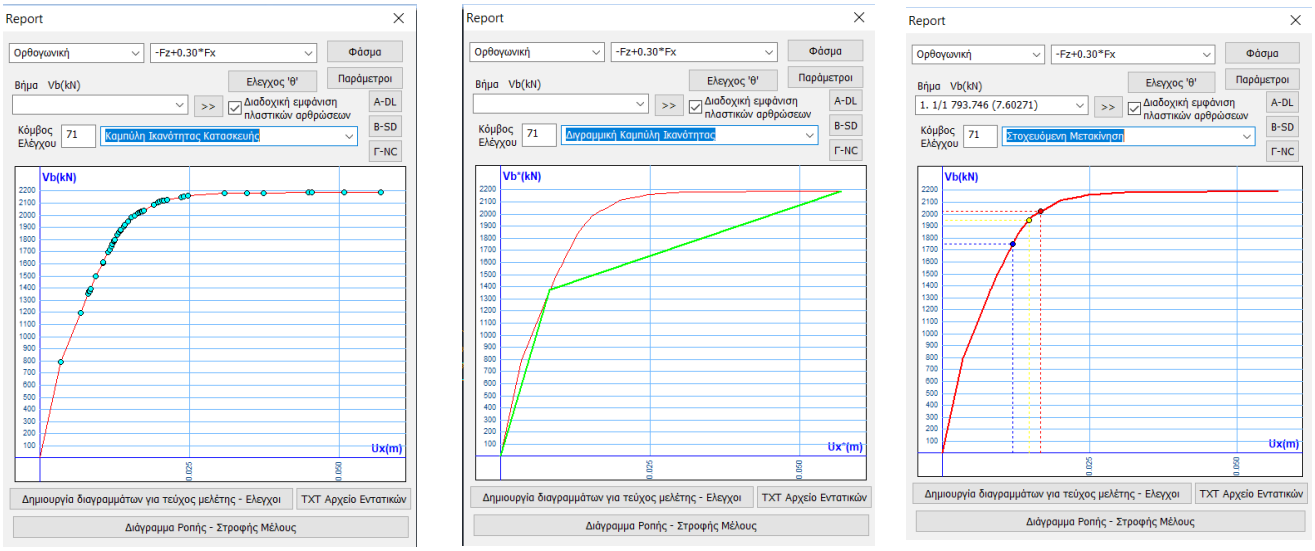
Πίνακας 4.23 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz(με τοιχοπληρώσεις)



Πίνακας 4.24 Συγκεντρωτικός πίνακας για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις)



Πίνακας 4.25 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις)



Πίνακας 4.26 Συγκεντρωτικός πίνακας για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx(με τοιχοπληρώσεις)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των στοιχείων (δοκών και υποστυλωμάτων) στους οποίους συμβαίνει υπέρβαση ορίων και για τους τέσσερις συνδυασμούς των ανελαστικών αναλύσεων που έχουν επιλεγεί. Από το Πίνακα, μπορεί να παρατηρήσει και συμπεράνει κανείς την έκταση και τον βαθμό των βλαβών και ανεπαρκειών της κατασκευής.

Ελεγχοι

	Είδος Ανάλυσης - Κατανομής	DL			SD			NC			Εκτύπωση
		Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	
1	Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	4	7	11	0	4	4	0	4	4	Ναι
9	-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	3	8	11	0	4	4	0	4	4	Ναι
17	Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	3	10	13	0	2	2	0	0	0	Ναι
25	-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	5	10	15	0	4	4	0	4	4	Ναι
101	Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	3	9	12	0	4	4	0	4	4	Ναι
109	-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	2	11	13	0	4	4	0	4	4	Ναι
117	Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	3	13	16	0	0	0	0	0	0	Ναι
125	-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	5	9	14	0	4	4	0	3	3	Ναι

Εκτύπωση συγκεντρωτικού πίνακα στο τεύχος

Προεπισκόπηση Ελεγχων

Επιλογή Ανάλυσης για Ελεγχο Ενισχύσεων

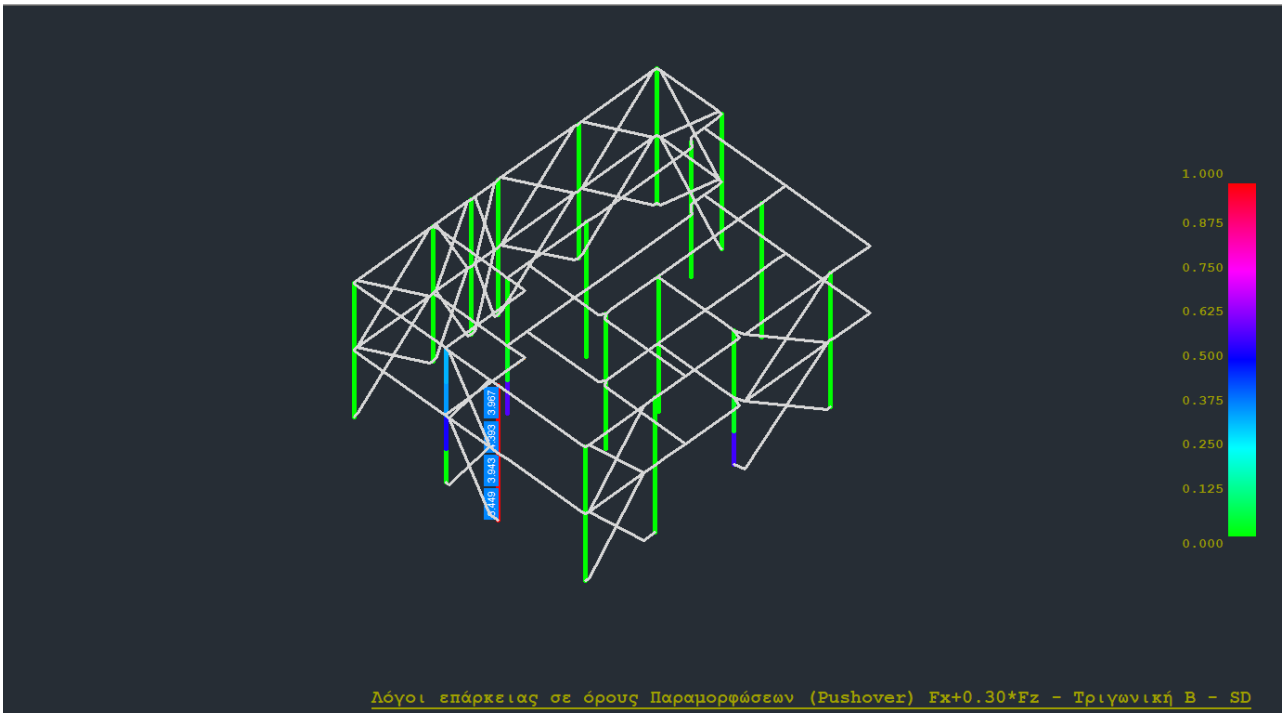
Fx+0.30*Fz - Τριγωνική

OK

Cancel

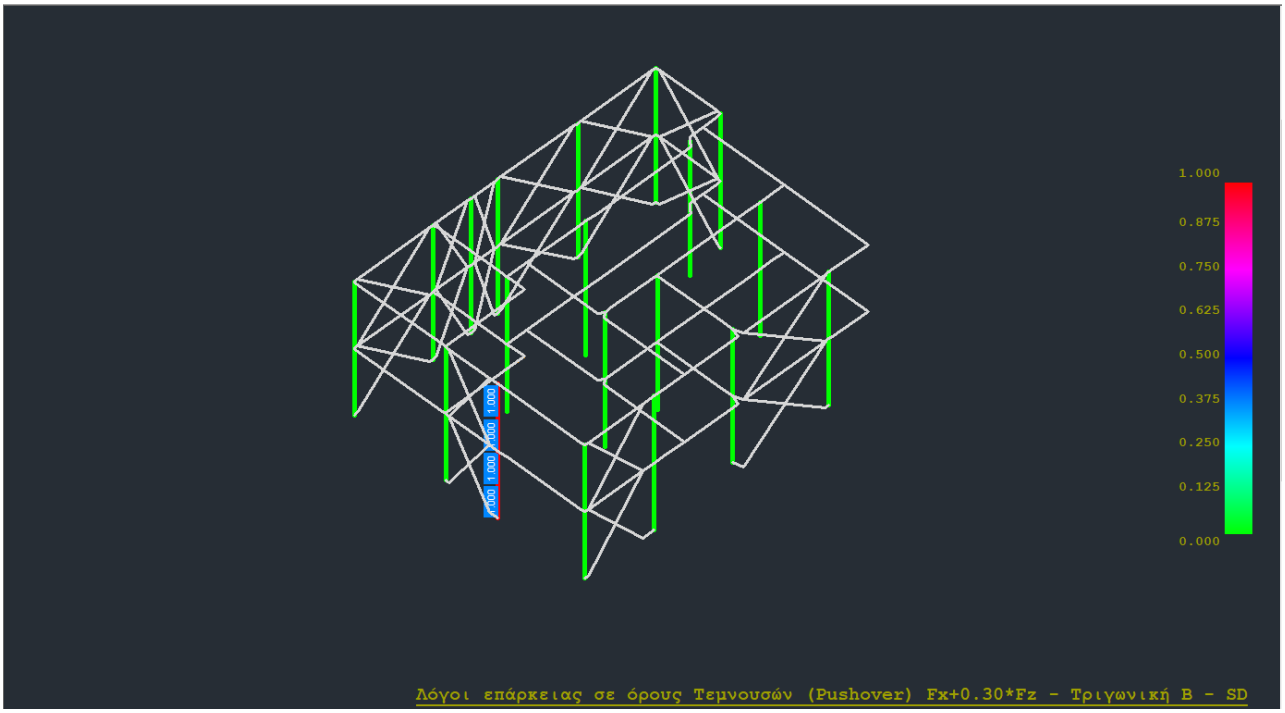
Πίνακας 4.27 Συγκεντρωτικός πίνακας ελέγχων για το κτίριο(με τοιχοπληρώσεις)

Όπως είναι φανερό, σε σχέση με την ανάλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις, αστοχούν πολύ λιγότεροι στύλοι απο κάμψη. Οι δοκοί εξακολουθούν να μην χρίζουν ενίσχυσης.
Ενδεικτικά παρατίθεται ο πίνακας με τις χρωματικές διαβαθμίσεις για την τριγωνική κατανομή Fx + 0.30 Fz.



Σχήμα 4.12 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων για το κτίριο (με τοιχοπληρώσεις)

Ακολουθεί παρακάτω ο πίνακας με τους λόγους επάρκειας σε όρους τεμνουσών για τη συγκεκριμένη κατανομή.



Σχήμα 4.13 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών για το κτίριο (με τοιχοπληρώσεις)

Παρατηρώ ότι τα δύο υποστυλώματα που αστοχούσαν και πριν ψαθυρά, εξακολουθούν να αστοχούν και στην ανάλυση με τις τοιχοπληρώσεις.

-Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων

Στο συγκεκριμένο προσομοίωμα θα πρέπει να γίνει κι ο έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων σε θλίψη. Δεν εξετάζεται η περίπτωση του εφελκυσμού, παρά μόνο της θλίψης.

Ακολουθούν οι έλεγχοι για όλες τις κατανομές.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Μέλος		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Εφελκ									
101	Εφελκ									
102	Εφελκ									
103	Εφελκ									
104	Εφελκ									
105	Εφελκ									
106	Εφελκ									
107	Εφελκ									
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									

ΕΚΠΑ

110	Εφελκ									
111	Εφελκ									
112	Εφελκ									
113	Εφελκ									
114	Εφελκ									
115	Εφελκ									
116	Εφελκ									
117	Εφελκ									
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι						
128	Εφελκ									
129	Θλιβ.	0.00029	0.00150	Ναι	0.00030	0.00308	Ναι	0.00030	0.00400	Ναι
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι						
133	Εφελκ									
134	Εφελκ									

Πίνακας 4.28 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ										
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος		γsd*εf	εγ	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Θλιβ.	0.00021	0.00150	Ναι	0.00021	0.00308	Ναι	0.00022	0.00400	Ναι
101	Εφελκ									
102	Θλιβ.	0.00018	0.00150	Ναι	0.00019	0.00308	Ναι	0.00019	0.00400	Ναι
103	Εφελκ									
104	Θλιβ.	0.00016	0.00150	Ναι	0.00017	0.00308	Ναι	0.00017	0.00400	Ναι
105	Εφελκ									
106	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι	0.00022	0.00308	Ναι	0.00022	0.00400	Ναι
107	Θλιβ.	0.00021	0.00150	Ναι	0.00021	0.00308	Ναι	0.00021	0.00400	Ναι
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									
110	Θλιβ.	0.00026	0.00150	Ναι	0.00027	0.00308	Ναι	0.00027	0.00400	Ναι
111	Εφελκ									
112	Θλιβ.	0.00017	0.00150	Ναι	0.00017	0.00308	Ναι	0.00017	0.00400	Ναι
113	Εφελκ									
114	Θλιβ.	0.00014	0.00150	Ναι	0.00014	0.00308	Ναι	0.00013	0.00400	Ναι
115	Εφελκ									
116	Θλιβ.	0.00027	0.00150	Ναι	0.00028	0.00308	Ναι	0.00028	0.00400	Ναι
117	Θλιβ.	0.00024	0.00150	Ναι	0.00025	0.00308	Ναι	0.00025	0.00400	Ναι
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Εφελκ									
128	Εφελκ									
129	Εφελκ									
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Εφελκ									
133	Εφελκ									
134	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι	0.00024	0.00308	Ναι	0.00025	0.00400	Ναι

Πίνακας 4.29 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz

SCADA Pro Εκπαιδευτική έκδοση

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ										
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Θλιβ.	0.00109	0.00150	Ναι	0.00120	0.00308	Ναι	0.00126	0.00400	Ναι
101	Εφελκ									
102	Θλιβ.	0.00080	0.00150	Ναι	0.00087	0.00308	Ναι	0.00091	0.00400	Ναι
103	Εφελκ									
104	Θλιβ.	0.00058	0.00150	Ναι	0.00063	0.00308	Ναι	0.00065	0.00400	Ναι
105	Εφελκ									
106	Θλιβ.	0.00108	0.00150	Ναι	0.00119	0.00308	Ναι	0.00125	0.00400	Ναι
107	Θλιβ.	0.00107	0.00150	Ναι	0.00118	0.00308	Ναι	0.00124	0.00400	Ναι
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									
110	Θλιβ.	0.00079	0.00150	Ναι	0.00085	0.00308	Ναι	0.00090	0.00400	Ναι

111	Εφελκ									
112	Θλιβ.	0.00060	0.00150	Ναι	0.00066	0.00308	Ναι	0.00069	0.00400	Ναι
113	Εφελκ									
114	Θλιβ.	0.00048	0.00150	Ναι	0.00052	0.00308	Ναι	0.00054	0.00400	Ναι
115	Εφελκ									
116	Θλιβ.	0.00082	0.00150	Ναι	0.00089	0.00308	Ναι	0.00094	0.00400	Ναι
117	Θλιβ.	0.00078	0.00150	Ναι	0.00085	0.00308	Ναι	0.00090	0.00400	Ναι
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Θλιβ.	0.00185	0.00150	Όχι	0.00258	0.00308	Ναι	0.00346	0.00400	Ναι
128	Εφελκ									
129	Θλιβ.	0.00152	0.00150	Όχι	0.00173	0.00308	Ναι	0.00198	0.00400	Ναι
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Θλιβ.	0.00154	0.00150	Όχι	0.00218	0.00308	Ναι	0.00295	0.00400	Ναι
133	Εφελκ									
134	Θλιβ.	0.00126	0.00150	Ναι	0.00143	0.00308	Ναι	0.00165	0.00400	Ναι

Πίνακας 4.30 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Σελίδα : 4

Μέλος		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Θλιβ.	0.00118	0.00150	Ναι	0.00136	0.00308	Ναι	0.00144	0.00400	Ναι
100	Εφελκ									
101	Θλιβ.	0.00090	0.00150	Ναι	0.00102	0.00308	Ναι	0.00108	0.00400	Ναι
102	Εφελκ									
103	Θλιβ.	0.00062	0.00150	Ναι	0.00070	0.00308	Ναι	0.00073	0.00400	Ναι
104	Εφελκ									
105	Θλιβ.	0.00117	0.00150	Ναι	0.00135	0.00308	Ναι	0.00143	0.00400	Ναι
106	Εφελκ									
107	Εφελκ									
108	Θλιβ.	0.00118	0.00150	Ναι	0.00136	0.00308	Ναι	0.00144	0.00400	Ναι
109	Θλιβ.	0.00099	0.00150	Ναι	0.00112	0.00308	Ναι	0.00118	0.00400	Ναι
110	Εφελκ									
111	Θλιβ.	0.00080	0.00150	Ναι	0.00091	0.00308	Ναι	0.00096	0.00400	Ναι
112	Εφελκ									
113	Θλιβ.	0.00057	0.00150	Ναι	0.00065	0.00308	Ναι	0.00069	0.00400	Ναι
114	Εφελκ									
115	Θλιβ.	0.00100	0.00150	Ναι	0.00114	0.00308	Ναι	0.00120	0.00400	Ναι
116	Εφελκ									
117	Εφελκ									
118	Θλιβ.	0.00100	0.00150	Ναι	0.00113	0.00308	Ναι	0.00119	0.00400	Ναι
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Εφελκ									
128	Θλιβ.	0.00109	0.00150	Ναι	0.00145	0.00308	Ναι	0.00183	0.00400	Ναι
129	Εφελκ									
130	Θλιβ.	0.00118	0.00150	Ναι	0.00141	0.00308	Ναι	0.00156	0.00400	Ναι
131	Θλιβ.	0.00139	0.00150	Ναι	0.00188	0.00308	Ναι	0.00236	0.00400	Ναι
132	Εφελκ									
133	Θλιβ.	0.00119	0.00150	Ναι	0.00144	0.00308	Ναι	0.00158	0.00400	Ναι
134	Εφελκ									

SCADA Pro
Τοποθετική έκδοση

Πίνακας 4.31 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ										
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Εφελκ									
101	Εφελκ									
102	Εφελκ									
103	Εφελκ									
										Σελίδα : 3
104	Εφελκ									
105	Εφελκ									
106	Εφελκ									
107	Εφελκ									
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									
110	Εφελκ									
111	Εφελκ									
112	Εφελκ									
113	Εφελκ									
114	Εφελκ									
115	Εφελκ									
116	Εφελκ									
117	Εφελκ									
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Εφελκ									
128	Εφελκ									
129	Θλιβ.	0.00039	0.00150	Ναι	0.00039	0.00308	Ναι	0.00040	0.00400	Ναι
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι	0.00023	0.00308	Ναι	0.00023	0.00400	Ναι
133	Εφελκ									
134	Εφελκ									

Πίνακας 4.32 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz

CADA Pro
Δυτική έκδοση

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Μέλος		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Θλιβ.	0.00023	0.00150	Ναι	0.00023	0.00308	Ναι	0.00023	0.00400	Ναι
101	Εφελκ									
102	Θλιβ.	0.00019	0.00150	Ναι	0.00020	0.00308	Ναι	0.00020	0.00400	Ναι
103	Εφελκ									
104	Θλιβ.	0.00017	0.00150	Ναι	0.00017	0.00308	Ναι	0.00018	0.00400	Ναι
105	Εφελκ									
106	Θλιβ.	0.00023	0.00150	Ναι	0.00024	0.00308	Ναι	0.00024	0.00400	Ναι
107	Θλιβ.	0.00022	0.00150	Ναι	0.00022	0.00308	Ναι	0.00023	0.00400	Ναι
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									
110	Θλιβ.	0.00024	0.00150	Ναι	0.00025	0.00308	Ναι	0.00026	0.00400	Ναι
111	Εφελκ									
112	Θλιβ.	0.00015	0.00150	Ναι	0.00015	0.00308	Ναι	0.00016	0.00400	Ναι
113	Εφελκ									
114	Θλιβ.	0.00012	0.00150	Ναι	0.00012	0.00308	Ναι	0.00012	0.00400	Ναι
115	Εφελκ									
116	Θλιβ.	0.00025	0.00150	Ναι	0.00026	0.00308	Ναι	0.00026	0.00400	Ναι
117	Θλιβ.	0.00023	0.00150	Ναι	0.00023	0.00308	Ναι	0.00024	0.00400	Ναι
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Εφελκ									
128	Εφελκ									
129	Εφελκ									
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Εφελκ									
133	Εφελκ									
134	Θλιβ.	0.00020	0.00150	Ναι	0.00022	0.00308	Ναι	0.00024	0.00400	Ναι

SCADA Pro
Σεισμική έκδοση

Πίνακας 4.33 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ										
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Εφελκ									
100	Θλιβ.	0.00117	0.00150	Ναι	0.00129	0.00308	Ναι	0.00135	0.00400	Ναι
101	Εφελκ									
102	Θλιβ.	0.00086	0.00150	Ναι	0.00094	0.00308	Ναι	0.00098	0.00400	Ναι
103	Εφελκ									
104	Θλιβ.	0.00062	0.00150	Ναι	0.00067	0.00308	Ναι	0.00069	0.00400	Ναι
105	Εφελκ									
106	Θλιβ.	0.00117	0.00150	Ναι	0.00128	0.00308	Ναι	0.00134	0.00400	Ναι
107	Θλιβ.	0.00116	0.00150	Ναι	0.00127	0.00308	Ναι	0.00132	0.00400	Ναι
108	Εφελκ									
109	Εφελκ									
110	Θλιβ.	0.00064	0.00150	Ναι	0.00068	0.00308	Ναι	0.00071	0.00400	Ναι
111	Εφελκ									
112	Θλιβ.	0.00049	0.00150	Ναι	0.00053	0.00308	Ναι	0.00055	0.00400	Ναι
113	Εφελκ									
114	Θλιβ.	0.00040	0.00150	Ναι	0.00043	0.00308	Ναι	0.00045	0.00400	Ναι
									Σελίδα : 4	
115	Εφελκ									
116	Θλιβ.	0.00067	0.00150	Ναι	0.00072	0.00308	Ναι	0.00075	0.00400	Ναι
117	Θλιβ.	0.00064	0.00150	Ναι	0.00068	0.00308	Ναι	0.00072	0.00400	Ναι
118	Εφελκ									
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Θλιβ.	0.00194	0.00150	Όχι	0.00280	0.00308	Ναι	0.00360	0.00400	Ναι
128	Εφελκ									
129	Θλιβ.	0.00131	0.00150	Ναι	0.00150	0.00308	Ναι	0.00163	0.00400	Ναι
130	Εφελκ									
131	Εφελκ									
132	Θλιβ.	0.00164	0.00150	Όχι	0.00239	0.00308	Ναι	0.00310	0.00400	Ναι
133	Εφελκ									
134	Θλιβ.	0.00107	0.00150	Ναι	0.00124	0.00308	Ναι	0.00138	0.00400	Ναι

Πίνακας 4.34 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ										
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος		γsd*εf	εy	Επαρκεί	γsd*εf	εu/γrd	Επαρκεί	γsd*εf	εu	Επαρκεί
99	Θλιβ.	0.00126	0.00150	Ναι	0.00146	0.00308	Ναι	0.00149	0.00400	Ναι
100	Εφελκ									
										Σελίδα : 4
101	Θλιβ.	0.00096	0.00150	Ναι	0.00109	0.00308	Ναι	0.00111	0.00400	Ναι
102	Εφελκ									
103	Θλιβ.	0.00066	0.00150	Ναι	0.00074	0.00308	Ναι	0.00075	0.00400	Ναι
104	Εφελκ									
105	Θλιβ.	0.00125	0.00150	Ναι	0.00145	0.00308	Ναι	0.00148	0.00400	Ναι
106	Εφελκ									
107	Εφελκ									
108	Θλιβ.	0.00126	0.00150	Ναι	0.00146	0.00308	Ναι	0.00149	0.00400	Ναι
109	Θλιβ.	0.00086	0.00150	Ναι	0.00097	0.00308	Ναι	0.00100	0.00400	Ναι
110	Εφελκ									
111	Θλιβ.	0.00070	0.00150	Ναι	0.00080	0.00308	Ναι	0.00082	0.00400	Ναι
112	Εφελκ									
113	Θλιβ.	0.00050	0.00150	Ναι	0.00058	0.00308	Ναι	0.00060	0.00400	Ναι
114	Εφελκ									
115	Θλιβ.	0.00087	0.00150	Ναι	0.00099	0.00308	Ναι	0.00102	0.00400	Ναι
116	Εφελκ									
117	Εφελκ									
118	Θλιβ.	0.00086	0.00150	Ναι	0.00098	0.00308	Ναι	0.00101	0.00400	Ναι
119	Εφελκ									
120	Εφελκ									
121	Εφελκ									
122	Εφελκ									
123	Εφελκ									
124	Εφελκ									
125	Εφελκ									
126	Εφελκ									
127	Εφελκ									
128	Θλιβ.	0.00121	0.00150	Ναι	0.00173	0.00308	Ναι	0.00210	0.00400	Ναι
129	Εφελκ									
130	Θλιβ.	0.00102	0.00150	Ναι	0.00125	0.00308	Ναι	0.00136	0.00400	Ναι
131	Θλιβ.	0.00149	0.00150	Ναι	0.00218	0.00308	Ναι	0.00259	0.00400	Ναι
132	Εφελκ									
133	Θλιβ.	0.00097	0.00150	Ναι	0.00119	0.00308	Ναι	0.00126	0.00400	Ναι
134	Εφελκ									

SCADA Pro
Δοκιμαστική έκδοση

Πίνακας 4.35 Έλεγχος επάρκειας τοιχοπληρώσεων για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ

5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων-Επιλογή θέσεων ενίσχυσης

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση του φορέα, τόσο στην περίπτωση που αγνοηθοούνται οι τοιχοπληρώσεις, όσο και στην περίπτωση που συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα. Είναι εμφανής η ευμενής παρουσία των τοιχοπληρώσεων στο προσομοίωμα. Παρ'όλα αυτά, αποφασίστηκε η ενίσχυση να γίνει με βάση το προσομοίωμα χωρίς τις τοιχοπληρώσεις. Αυτό έγινε γιατί κατά την αρχική αποτύπωση διαπιστώθηκαν ρωγμές σε κάποιες τοιχοποϊίες, καθώς επίσης λόγω έλλειψης στοιχείων για την ποιότητα και το υλικό της. Έτσι, παρατίθεται και ο πίνακας που υπάρχει στο τεύχος υπολογισμών για τα στοιχεία που αστοχούν απο το σύνολο των ανελαστικών αναλύσεων.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Αριθμ. Ανάλυσης	Είδος Ανάλυσης	Περιορισμένες Βλάβες (A-DL)		Σημαντικές Βλάβες (B-SD)		Οιονεί Κατάρρευση (Γ-NC)	
		Δοκοί	Στύλοι	Δοκοί	Στύλοι	Δοκοί	Στύλοι
1	Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	18	0	9	0	6
9	-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	21	0	9	0	4
17	Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	2	9	0	0	0	0
25	-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	4	12	0	0	0	0
101	Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	5	21	0	12	0	4
109	-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	4	19	0	8	0	4
117	Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	2	10	0	0	0	1
125	-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	4	13	0	0	0	1

Πίνακας 5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας υπέρβασης ορίου για όλες τις ανελαστικές αναλύσεις

Μετά το τέλος των ενισχύσεων, ο στόχος είναι, για τη στάθμη επιτελεστικότητας που θα επιλεγεί, να μην υπάρχουν στοιχεία που αστοχούν για όλες τις ανελαστικές αναλύσεις. Τα βήματα που πρέπει να γίνουν είναι:

i)Επιλογή Στάθμης Επιτελεστικότητας

ii)Επιλογή ανάλυσης για έλεγχο ενισχύσεων (κατανομή και συνδυασμός)

iii)Εντοπισμός στοιχείων που αστοχούν πρώτα

iv)Επαναληπτική διαδικασία ενίσχυσης και ελέγχου

Η στάθμη επιτελεστικότητας που επιλέγεται για τον ανασχεδιασμό είναι ξανά η Β1. Για την επιλογή

της ανάλυσης ελέγχου των ενισχύσεων, επιλέγεται η ορθογωνική Fx + 0.30 Fz που είναι και η δυσμενέστερη, καθώς όπως διακρίνεται στον παραπάνω πίνακα αστοχούν 12 στύλοι.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		*Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (101)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	-4.76	0.00	Όχι	-5.92	5.87	Όχι	-6.03	11.76	Ναι
					1.008			0.513		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.39	Ναι	0.00	14.81	Ναι
										Σελίδα : 244
					0.019			0.011		
2	2	-5.04	0.00	Όχι	-6.30	3.74	Όχι	-6.42	7.47	Ναι
					1.687			0.860		
	21	0.00	0.00	Ναι	0.00	3.36	Ναι	0.00	6.73	Ναι
					0.043			0.024		
3	3	0.00	0.00	Ναι	-6.22	6.42	Ναι	-6.33	12.78	Ναι
					0.968			0.495		
	22	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.56	Ναι	0.00	13.06	Ναι
					0.022			0.013		
4	4	-4.59	0.00	Όχι	-6.17	3.65	Όχι	-6.31	7.30	Ναι
					1.690			0.864		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.45	Ναι	0.00	8.88	Ναι
					0.032			0.018		
5	5	-5.72	0.00	Όχι	-5.79	7.21	Ναι	-5.93	14.50	Ναι
					0.803			0.409		
	24	0.00	0.00	Ναι	-4.52	7.36	Ναι	-4.60	14.80	Ναι
					0.614			0.311		
6	6	-5.15	0.00	Όχι	-7.17	6.89	Όχι	-7.35	13.81	Ναι
					1.042			0.532		
	25	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.71	Ναι	0.00	11.44	Ναι
					0.025			0.014		
7	7	-4.64	0.00	Όχι	-6.22	3.87	Όχι	-6.35	7.73	Ναι
					1.608			0.822		
	26	0.00	0.00	Ναι	0.00	3.45	Ναι	0.00	6.89	Ναι
					0.042			0.024		
8	8	-4.30	0.00	Όχι	-5.96	4.87	Όχι	-6.13	9.64	Ναι
					1.223			0.635		
	27	-3.77	0.00	Όχι	-5.13	4.99	Όχι	-5.24	9.87	Ναι
					1.029			0.530		
12	12	0.00	0.00	Ναι	-7.61	8.88	Ναι	-7.81	17.92	Ναι
					0.857			0.436		
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.06	Ναι	0.00	18.28	Ναι
					0.016			0.009		
13	13	0.00	0.00	Ναι	-7.93	8.25	Ναι	-8.15	16.56	Ναι
					0.962			0.492		
	32	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.41	Ναι	0.00	16.89	Ναι
					0.017			0.010		
14	14	-4.22	0.00	Όχι	-6.13	7.08	Ναι	-6.33	14.04	Ναι
					0.866			0.451		
	33	-4.71	0.00	Όχι	-6.63	7.23	Ναι	-6.90	14.34	Ναι
					0.918			0.481		
15	15	-4.22	0.00	Όχι	-6.14	0.68	Όχι	-6.33	1.35	Όχι
					9.089			4.687		
	34	-4.52	0.00	Όχι	-6.37	0.68	Όχι	-6.46	1.35	Όχι
					9.432			4.782		
16	16	-5.35	0.00	Όχι	-6.13	6.35	Ναι	-6.32	12.67	Ναι
					0.964			0.499		
	35	0.00	0.00	Ναι	-4.50	6.49	Ναι	-5.04	12.94	Ναι
					0.694			0.389		
17	17	-4.72	0.00	Όχι	-6.73	4.62	Όχι	-6.90	9.21	Ναι
					1.458			0.749		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	3.92	Ναι	0.00	7.81	Ναι
					0.037			0.021		
										Σελίδα : 245
18	18	-5.81	0.00	Όχι	-7.03	10.09	Ναι	-7.20	20.29	Ναι
					0.697			0.355		
	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.29	Ναι	0.00	20.68	Ναι
					0.014			0.008		
19	19	-5.22	0.00	Όχι	-6.32	8.22	Ναι	-6.43	16.42	Ναι
					0.769			0.391		
	38	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.39	Ναι	0.00	16.75	Ναι
					0.017			0.010		
33	33	-3.67	0.00	Όχι	-4.36	9.48	Ναι	-4.72	18.91	Ναι
					0.460			0.249		
	52	-3.31	0.00	Όχι	-4.04	9.66	Ναι	-4.51	19.28	Ναι
					0.418			0.234		
34	34	-3.48	0.00	Όχι	-4.29	0.68	Όχι	-4.29	1.35	Όχι
					6.354			3.177		
	53	-3.43	0.00	Όχι	-4.18	0.68	Όχι	-4.18	1.35	Όχι
					6.200			3.100		
35	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	18.68	Ναι
					0.000			0.009		
	54	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-5.33	19.05	Ναι
					0.000			0.280		
38	38	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.36	Ναι	0.00	20.69	Ναι
					0.014			0.008		
	57	-4.28	0.00	Όχι	-4.96	10.56	Ναι	-5.02	21.09	Ναι
					0.470			0.238		

Πίνακας 5.2 Έλεγχος επάρκειας διατομών σε όρους παραμορφώσεων (mrad)

SCADA Pro Εκπαιδευτική έκδοση

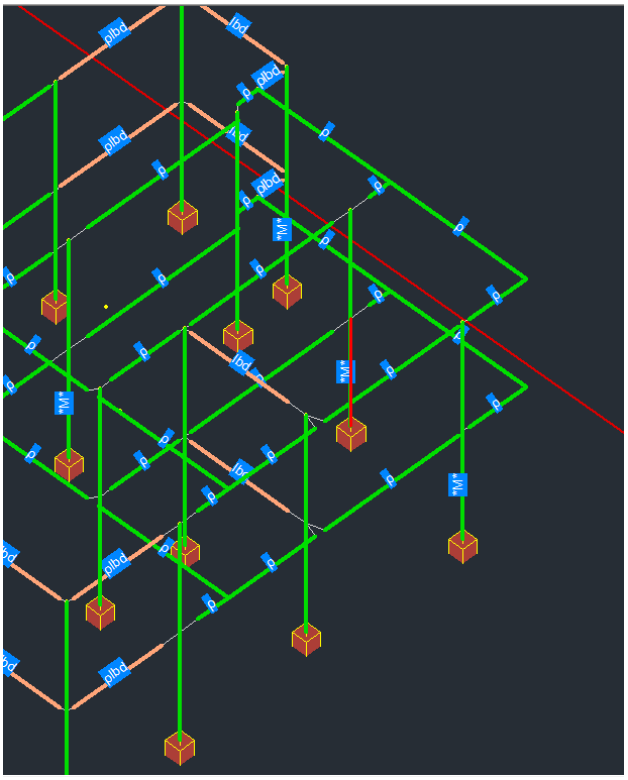
Τα μέλη των στύλων που αστοχούν πρώτα είναι:
i)Το μέλος 7
ii)Το μέλος 2
iii)Το μέλος 3
iv)Το μέλος 19
Επιπλέον έχω και την ψαθυρή αστοχία των μελών 15 και 34.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (101)*					ΒΗΜΑ : [A-DL=23:1/23 B-SD=28:1/28 Γ-NC=29:1/29]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
4	23	y	208.11	345.67	516.82	281.95	1/59	1.3548			
			Vrd,s = 2301.45								
15	15	y	0.00	257.04	80.46	85.54	1/3	1.0631	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1140.89								
15	34	y	0.00	257.04	79.19	85.54	1/3	1.0802	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1140.89								
34	34	y	0.00	257.04	72.07	85.84	1/5	1.1910	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 570.44								
34	53	y	0.00	257.04	70.81	85.84	1/5	1.2122	OXI	OXI	OXI
			Vrd,s = 570.44								

Πίνακας 5.3 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών

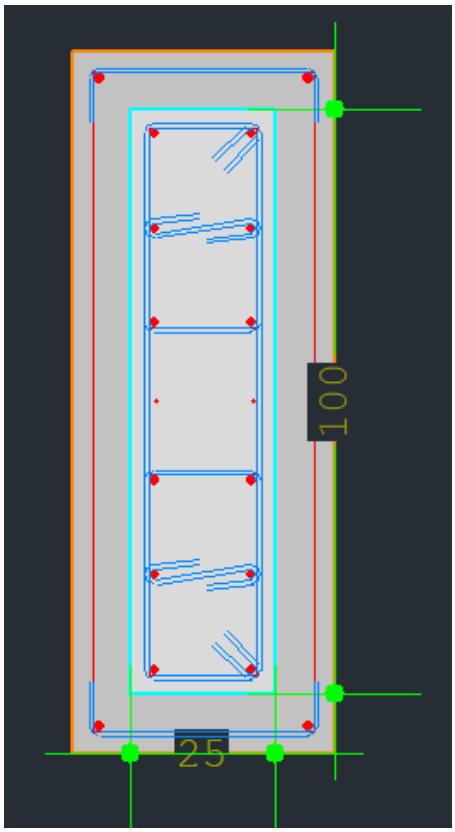
Τρέχοντας την pushover μπορώ να δω ποια μέλη αστοχούν πρώτα και σε ποιο βήμα.Έτσι αποφασίζω να ενισχύσω αρχικά τα παραπάνω μέλη με τη χρήση μανδύα σκυροδέματος.

Ενδεικτικά, παρουσιάζεται η διαδικασία για το μέλος 2.



Σχήμα 5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση μέλους 2

Επιλέγεται μανδύας σκυροδέματος με πάχος 10cm και επικάλυψη 30mm. Επίσης τοποθετούνται 4Φ18 γωνιακά και ένας συνδετήρας Φ6 κλειστός.



Σχήμα 5.2 Απεικόνιση μαδύα σκυροδέματος για το μέλος 2

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα μέλη 2 , 3 και 19. Όλα βρίσκονται στη στάθμη 1. Μετά το τέλος των ενισχύσεων πρέπει να εκτελεστεί ξανά η pushover ανάλυση, επιλέγοντας την ενημέρωση δεδομένων για να ληφθούν υπόψιν και οι ενισχύσεις. Πηγαίνοντας ξανά στους ελέγχους προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Ελεγχοι

	Είδος Ανάλυσης - Κατανομής	DL			SD			NC			Εκτύπωση
		Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	
1	Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	7	12	0	4	4	0	4	4	Ναι
9	-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	10	15	0	4	4	0	4	4	Ναι
17	Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	2	5	7	0	0	0	0	0	0	Ναι
25	-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	5	3	8	0	0	0	0	0	0	Ναι
101	Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	4	8	12	0	4	4	0	4	4	Ναι
109	-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	5	10	15	0	4	4	0	4	4	Ναι
117	Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	2	9	11	0	2	2	0	2	2	Ναι
125	-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	4	7	11	0	0	0	0	0	0	Ναι

Εκτύπωση συγκεντρωτικού πίνακα στο τεύχος

Προεπισκόπηση Ελεγχων

Επιλογή Ανάλυσης για Ελεγχο Ενισχύσεων

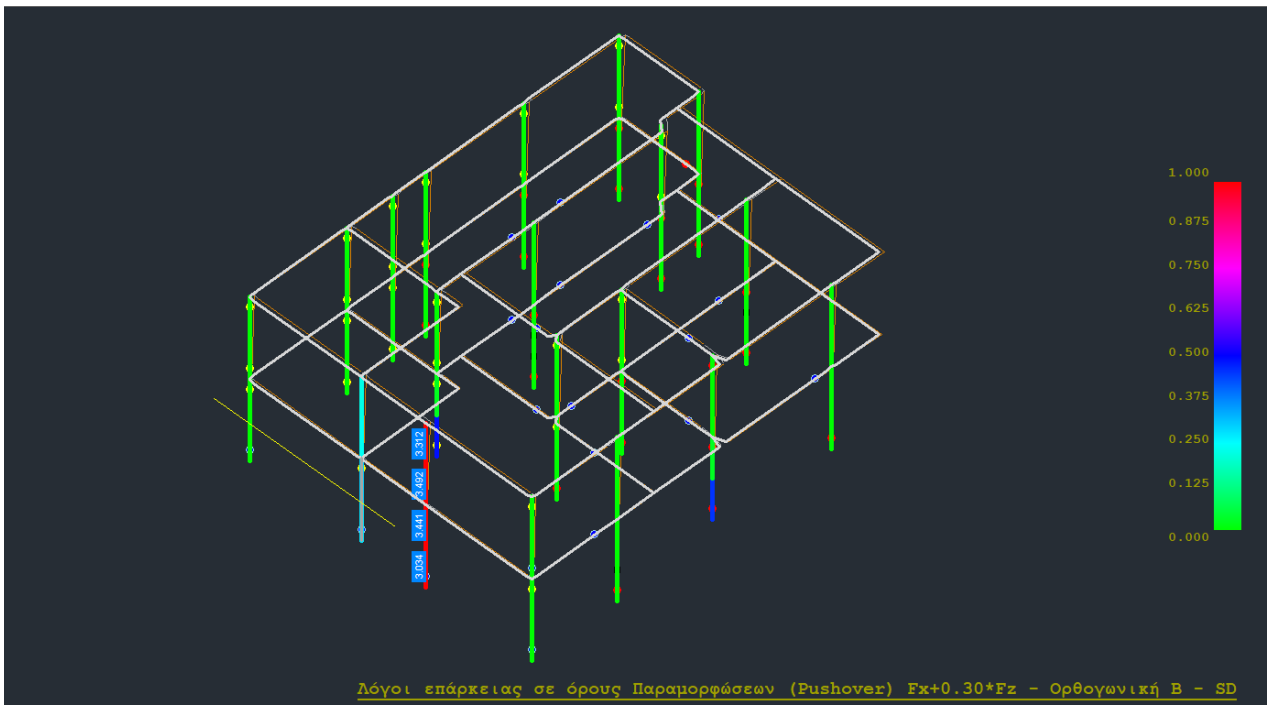
Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική

OK

Cancel

Πίνακας 5.4 Πίνακας ελέγχων για την αρχική ενίσχυση

Παρατηρώ ότι για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β που μ αφορά, αστοχούν λιγότεροι στύλοι, αλλά υπάρχουν ακόμα 4 που χρίζουν ενίσχυσης. Επιλέγοντας την "Εμφάνιση Χρωματικών Διαβαμίσεων" μπορώ να δω ποια στοιχεία είναι αυτά.

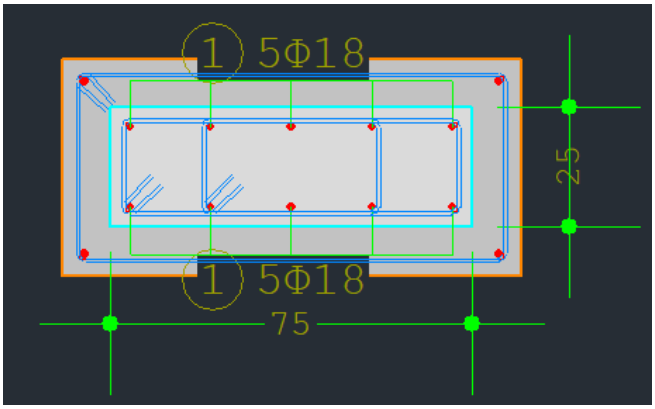


Σχήμα 5.3 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων

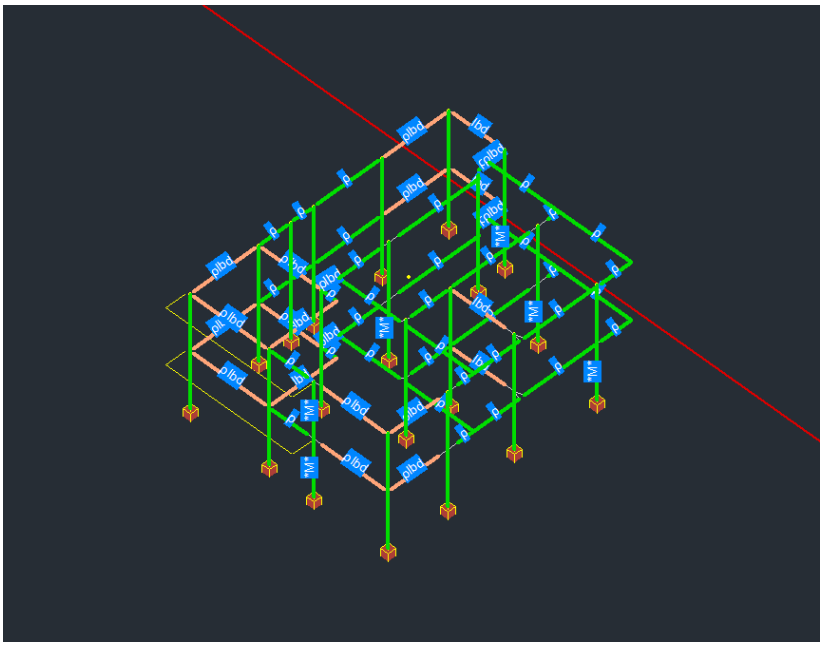
Πρόκειται για τα μέλη 15 και 34, στα οποία μία πιθανή εξήγηση είναι η συγκέντρωση της δυσκαμψίας λόγω της διατομής τους.

5.2 Τελική ενίσχυση με μανδύα

Επόμενο βήμα είναι η προσθήκη μανδύα σκυροδέματος στα μέλη 15 και 34 τα οποία αστοχούν ψαθυρά λόγω τέμνουσας. Επιλέγεται μανδύας σκυροδέματος με πάχος 10cm και επικάλυψη 30mm. Επίσης τοποθετούνται 4Φ18 γωνιακά και ένας συνδετήρας Φ6 κλειστός.



Σχήμα 5.4 Απεικόνιση μαδύα σκυροδέματος για το μέλος 15



Σχήμα 5.5 Τελική απεικόνιση ενισχυμένου φορέα

Όπως διακρίνεται στο παραπάνω σχήμα, με το γράμμα "M" είναι οι θέσεις που έχουν επιλεγεί για να γίνει η ενίσχυση του φορέα. Επόμενο βήμα, είναι η εκτέλεση εκ νέου της pushover ανάλυσης με ενημέρωση των δεδομένων, για να ληφθούν οι θέσεις των νέων μανδυών. Πηγαίνοντας στους ελέγχους του μοντέλου, διακρίνω ότι για την επιλεχθείσα στάθμη επιτελεστικότητας, δεν αστοχεί πλέον κανένα στοιχείο του φορέα.

Ελεγχοι

	Είδος Ανάλυσης - Κατανομής	DL			SD			NC			Εκτύπωση
		Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	Δ	Κ	Σ	
1	Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	3	8	0	0	0	0	0	0	Ναι
9	-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	7	12	0	0	0	0	0	0	Ναι
17	Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	2	7	9	0	0	0	0	0	0	Ναι
25	-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	6	9	15	0	0	0	0	0	0	Ναι
101	Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	4	4	8	0	0	0	0	0	0	Ναι
109	-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	5	7	12	0	0	0	0	0	0	Ναι
117	Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	2	10	12	0	0	0	0	0	0	Ναι
125	-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	4	7	11	0	0	0	0	0	0	Ναι

Εκτύπωση συγκεντρωτικού πίνακα στο τεύχος

Προεπισκόπηση Ελεγχων

Επιλογή Ανάλυσης για Ελεγχο Ενισχύσεων

Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική

OK

Cancel

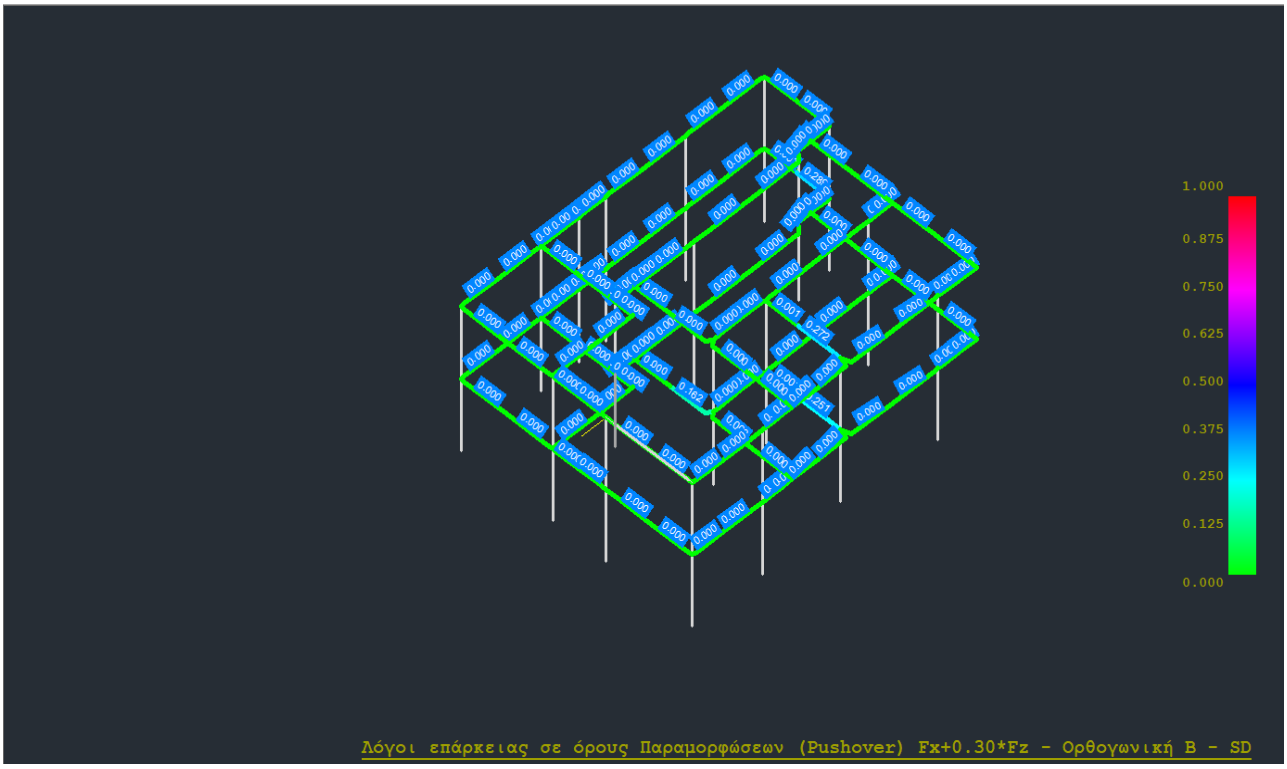
Πίνακας 5.5 Πίνακας ελέγχων για την τελική ενίσχυση

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

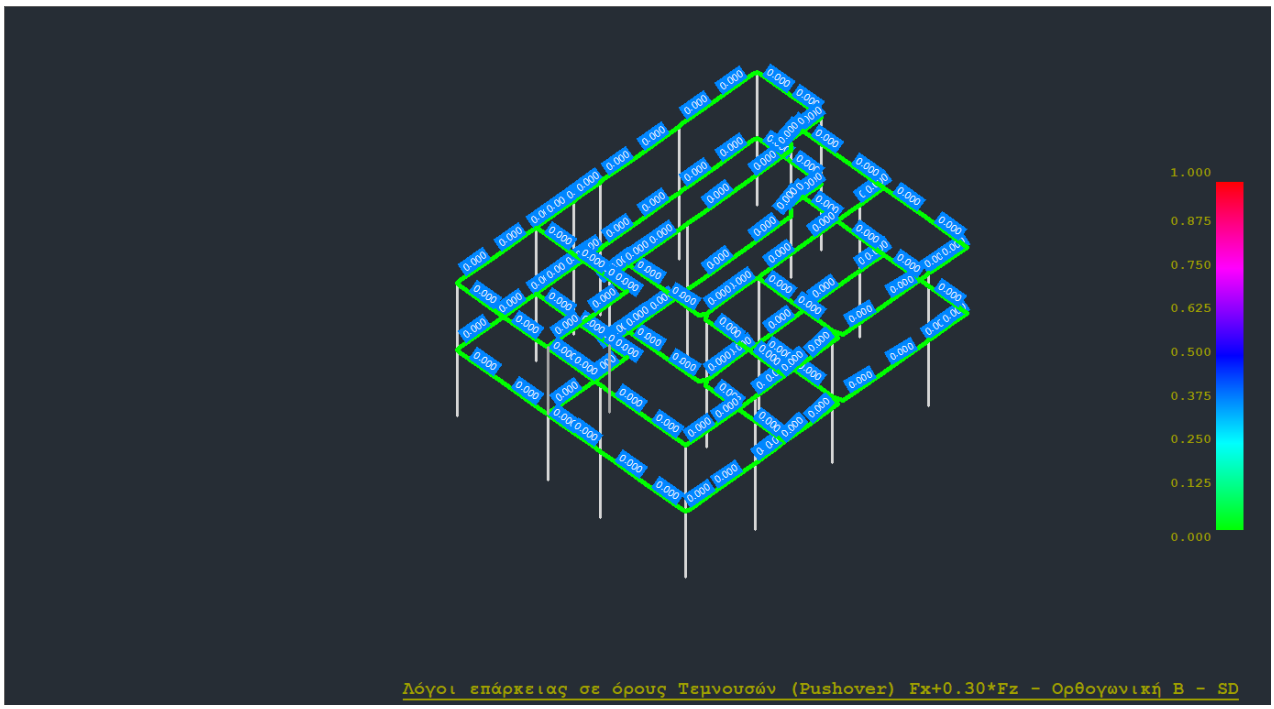
Αριθμ. Ανάλυσης	Είδος Ανάλυσης	Περιορισμένες Βλάβες (A-DL)		Σημαντικές Βλάβες (B-SD)		Οιονεί Κατάρρευση (Γ-NC)	
		Δοκοί	Στύλοι	Δοκοί	Στύλοι	Δοκοί	Στύλοι
1	Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	3	0	0	0	0
9	-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική	5	7	0	0	0	0
17	Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	2	7	0	0	0	0
25	-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική	6	9	0	0	0	0
101	Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	4	4	0	0	0	0
109	-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική	5	7	0	0	0	0
117	Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	2	10	0	0	0	0
125	-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική	4	7	0	0	0	0

Πίνακας 5.6 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων

Ενδεικτικά, για την ορθογωνική κατανομή Fx + 0.30 Fz παρουσιάζεται η εμφάνιση των χρωματικών διαβαθμίσεων για το σύνολο των μελών του φορέα.



Σχήμα 5.6 Λόγοι επάρκειας σε όρους παραμορφώσεων (ενισχυμένου φορέα) για την ορθογωνική Fx+ 0.30 Fz



Σχήμα 5.7 Λόγοι επάρκειας σε όρους τεμνουσών (ενισχυμένου φορέα) για την ορθογωνική Fx+ 0.30 Fz

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των ελέγχων του ενισχυμένου φορέα για όλες τις κατανομές.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (1)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.42	Ναι	0.00	16.83	Ναι
					0.002			0.001		
	38	2.71	0.00	Όχι	2.76	8.42	Ναι	2.79	16.83	Ναι
					0.328			0.166		
50	25	1.47	0.00	Όχι	1.59	8.48	Ναι	1.67	16.96	Ναι
					0.187			0.099		
	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.48	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.001			0.000		
63	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.27	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.002			0.001		
	23	2.32	0.00	Όχι	2.46	8.27	Ναι	2.56	16.53	Ναι
					0.297			0.155		
68	33	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	12.83	Ναι
					0.000			0.000		
	34	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	1.96	12.83	Ναι
					0.000			0.153		
80	44	1.02	0.00	Όχι	1.12	8.48	Ναι	1.20	16.96	Ναι
					0.132			0.070		
	66	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.48	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.000			0.000		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.26	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.002			0.001		
	42	2.74	0.00	Όχι	2.93	8.26	Ναι	3.06	16.53	Ναι
					0.354			0.185		

SCADA Εκπαιδευτική

Πίνακας 5.7 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)				
ΣΤΥΛΟΙ		*Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (1)*		
Μέλος	Κόμβος	Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)	Σημαντικές Βλάβες (B - SD)	Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)

		γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
4	4	-1.12	0.00	Όχι	-1.17	3.66	Ναι	-1.21	7.31	Ναι
					0.320			0.166		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.46	Ναι	0.00	8.91	Ναι
					0.013			0.005		
14	14	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.94	Ναι	0.00	15.92	Ναι
					0.001			0.001		
	33	0.00	0.00	Ναι	-2.55	8.10	Ναι	-2.27	16.24	Ναι
					0.315			0.140		
33	33	-1.71	0.00	Όχι	-2.38	9.84	Ναι	-2.12	19.78	Ναι
					0.242			0.107		
	52	-1.95	0.00	Όχι	-2.22	10.03	Ναι	-2.42	20.16	Ναι
					0.222			0.120		
35	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.23	Ναι	-1.77	18.40	Ναι
					0.006			0.096		
	54	0.00	0.00	Ναι	-2.82	9.41	Ναι	-2.34	18.76	Ναι
					0.300			0.125		

Πίνακας 5.8 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (9)*					BHMA : [A-DL=13:1/13 B-SD=16:1/16 Γ-NC=20:1/20]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
15	34	y	0.00	587.11	237.57	240.02	1/59	1.0103			
			Vrd,s =	1475.29							

Πίνακας 5.9 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (9)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	-2.86	0.00	Όχι	-3.22	8.42	Ναι	-3.42	16.83	Ναι
					0.382			0.203		
	38	-2.75	0.00	Όχι	-3.10	8.42	Ναι	-3.30	16.83	Ναι
					0.368			0.196		
63	24	-2.41	0.00	Όχι	-2.77	8.27	Ναι	-2.52	16.53	Ναι
					0.335			0.152		
	23	-2.16	0.00	Όχι	-2.45	8.27	Ναι	-2.58	16.53	Ναι
					0.297			0.156		
66	34	0.00	0.00	Ναι	-2.68	8.14	Ναι	-2.87	16.29	Ναι
					0.329			0.176		
	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.14	Ναι	0.00	16.29	Ναι
					0.001			0.001		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.26	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.001			0.000		
	42	-2.80	0.00	Όχι	-3.06	8.26	Ναι	-3.19	16.53	Ναι
					0.370			0.193		

Πίνακας 5.10 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		*-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (9)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	0.00	0.00	Ναι	1.75	6.11	Ναι	1.90	12.22	Ναι
					0.287			0.155		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.70	Ναι	0.00	15.40	Ναι
					0.019			0.010		
4	4	1.29	0.00	Όχι	1.55	4.06	Ναι	1.68	8.12	Ναι
					0.381			0.208		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.12	Ναι	0.00	10.23	Ναι

					0.028			0.015		
5	5	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	1.71	9.04	Ναι
					0.000			0.189		
	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.26	Ναι
					0.000			0.016		
8	8	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	2.07	11.52	Ναι
					0.000			0.180		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	11.77	Ναι
					0.000			0.013		
12	12	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	2.20	12.67	Ναι
					0.000			0.174		
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	12.95	Ναι
					0.000			0.012		
14	14	1.14	0.00	Όχι	1.34	4.23	Ναι	1.47	8.36	Ναι
					0.317			0.175		
	33	1.62	0.00	Όχι	2.36	4.33	Ναι	2.56	8.56	Ναι
					0.545			0.298		
24	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.91	Ναι	0.00	15.82	Ναι
					0.019			0.010		
	43	2.05	0.00	Όχι	2.23	8.07	Ναι	2.51	16.14	Ναι
					0.276			0.156		
31	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.31	Ναι	1.61	18.60	Ναι
					0.016			0.086		
	50	2.21	0.00	Όχι	2.53	9.50	Ναι	2.11	18.96	Ναι
					0.266			0.111		
33	33	0.00	0.00	Ναι	2.76	8.01	Ναι	2.92	15.96	Ναι
					0.345			0.183		
	52	2.96	0.00	Όχι	2.40	8.18	Ναι	2.51	16.29	Ναι
					0.293			0.154		
37	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.73	Ναι	0.00	19.44	Ναι
					0.015			0.008		
	56	2.97	0.00	Όχι	3.04	9.92	Ναι	3.15	19.81	Ναι
					0.307			0.159		

Πίνακας 5.11 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*-Fx+0.30*Fz - Τριγωνική (9)*						ΒΗΜΑ : [A-DL=13:1/13 B-SD=16:1/16 Γ-NC=20:1/20]				
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
15	34	y	0.00	587.11	237.57	240.02	1/59	1.0103			
			Vrd,s =	1475.29							

Πίνακας 5.12 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (17)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
52	26	0.00	0.00	Όχι	-0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
82	45	0.00	0.00	Όχι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	39	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		

Πίνακας 5.13 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		*Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (17)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
4	4	-0.33	0.00	Όχι	-0.36	3.69	Ναι	-0.38	7.35	Ναι
					0.098			0.052		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.51	Ναι	0.00	8.97	Ναι
					0.010			0.003		
5	5	0.00	0.00	Ναι	-0.37	7.07	Ναι	-0.39	14.26	Ναι
					0.052			0.027		
	24	-0.68	0.00	Όχι	-0.56	7.22	Ναι	-0.59	14.56	Ναι
					0.077			0.040		
6	6	-0.39	0.00	Όχι	-0.42	6.03	Ναι	-0.47	12.00	Ναι
					0.070			0.039		
	25	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.03	Ναι	0.00	10.00	Ναι
					0.009			0.003		
8	8	-0.41	0.00	Όχι	-0.43	4.69	Ναι	-0.48	9.27	Ναι
					0.093			0.052		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.80	Ναι	0.00	9.49	Ναι

											Σελίδα : 251
					0.010			0.003			
9	9	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.41	14.10	Ναι	
					0.000			0.029			
	28	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	14.40	Ναι	
					0.000			0.002			
12	12	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.48	15.04	Ναι	
					0.000			0.032			
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	15.35	Ναι	
					0.000			0.002			
13	13	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.39	14.00	Ναι	
					0.000			0.028			
	32	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	14.29	Ναι	
					0.000			0.002			
14	14	0.00	0.00	Ναι	-0.41	6.61	Ναι	-0.51	13.29	Ναι	
					0.062			0.038			
	33	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.75	Ναι	0.00	13.57	Ναι	
					0.007			0.002			
16	16	0.00	0.00	Ναι	-0.42	5.52	Ναι	-0.53	10.82	Ναι	
					0.075			0.030			
	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.65	Ναι	-0.53	11.06	Ναι	
					0.008			0.048			
17	17	-0.30	0.00	Όχι	-0.32	5.10	Ναι	-0.38	10.20	Ναι	
					0.062			0.037			
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.22	Ναι	0.00	8.43	Ναι	
					0.011			0.003			
24	24	-0.56	0.00	Όχι	-0.62	9.35	Ναι	-0.64	18.79	Ναι	
					0.066			0.034			
	43	-0.56	0.00	Όχι	-0.62	9.54	Ναι	-0.63	19.16	Ναι	
					0.065			0.033			
31	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.83	Ναι	-0.32	19.71	Ναι	
					0.005			0.016			
	50	0.00	0.00	Ναι	-0.48	10.03	Ναι	-0.40	20.09	Ναι	
					0.048			0.020			
35	35	0.00	0.00	Ναι	-0.44	8.78	Ναι	-0.63	17.41	Ναι	
					0.050			0.036			
	54	0.00	0.00	Ναι	-0.52	8.96	Ναι	-0.57	17.76	Ναι	
					0.058			0.032			

Πίνακας 5.14 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (17)*					BHMA : [A-DL=10:1/10 B-SD=16:1/16 Γ-NC=21:1/21]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
2	2	z	0.00	746.66	324.86	328.24	1/39	1.0104			
			Vrd,s = 1917.87								
2	21	z	0.00	746.66	322.39	323.40	1/36	1.0031			
			Vrd,s = 1917.87								
7	7	z	0.00	746.66	325.18	329.41	1/25	1.0130			
			Vrd,s = 1869.93								
7	26	z	0.00	746.66	322.67	329.41	1/25	1.0209			
			Vrd,s = 1869.93								

Πίνακας 5.15 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (25)								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.42	Ναι	0.00	16.83	Ναι
					0.001			0.000		
	38	0.00	0.00	Ναι	1.56	8.42	Ναι	1.84	16.83	Ναι
					0.185			0.109		
47	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.45	Ναι	0.00	14.90	Ναι
					0.000			0.000		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.45	Ναι	0.00	14.90	Ναι
					0.000			0.000		
50	25	0.00	0.00	Ναι	0.89	8.48	Ναι	0.95	16.96	Ναι
					0.105			0.056		
	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.48	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.000			0.000		
52	26	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
62	21	0.00	0.00	Όχι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
63	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.27	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.000			0.000		
	23	0.79	0.00	Όχι	0.94	8.27	Ναι	1.13	16.53	Ναι
					0.114			0.068		
64	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.000			0.000		
	26	0.00	0.00	Όχι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.001			0.000		
92	40	0.00	0.00	Όχι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι

										Σελίδα : 253
					0.000			0.000		
	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.26	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.000			0.000		
	42	0.92	0.00	Όχι	1.24	8.26	Ναι	1.50	16.53	Ναι
					0.150			0.091		
94	66	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.001			0.000		
	45	0.00	0.00	Όχι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.001			0.000		

Πίνακας 5.16 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (25)								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	-0.38	0.00	Όχι	-0.56	5.74	Ναι	-0.72	11.53	Ναι
					0.097			0.063		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.23	Ναι	0.00	14.51	Ναι
					0.011			0.010		
4	4	-0.39	0.00	Όχι	-0.53	3.64	Ναι	-0.62	7.29	Ναι
					0.144			0.085		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.43	Ναι	0.00	8.87	Ναι
					0.019			0.016		
5	5	-0.56	0.00	Όχι	-0.59	5.82	Ναι	-0.70	11.39	Ναι
					0.102			0.061		
	24	0.00	0.00	Ναι	-0.58	5.94	Ναι	-0.69	11.64	Ναι
					0.098			0.059		
6	6	0.00	0.00	Ναι	-0.54	7.96	Ναι	-0.60	16.06	Ναι
					0.067			0.037		
	25	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.56	Ναι	0.00	13.24	Ναι
					0.013			0.011		
8	8	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.62	11.49	Ναι
					0.000			0.054		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	11.75	Ναι
					0.000			0.012		
9	9	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.91	15.28	Ναι
					0.000			0.059		
	28	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	15.59	Ναι
					0.000			0.009		
10	10	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.68	13.59	Ναι
					0.000			0.050		
	29	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	13.88	Ναι
					0.000			0.010		
12	12	0.00	0.00	Ναι	-0.71	8.38	Ναι	-0.75	16.69	Ναι
					0.084			0.045		
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.55	Ναι	0.00	17.03	Ναι
					0.010			0.008		
17	17	-0.39	0.00	Όχι	-0.50	4.43	Ναι	-0.53	8.83	Ναι
					0.112			0.060		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	3.80	Ναι	0.00	7.58	Ναι
					0.022			0.019		

18	18	0.00	0.00	Ναι	-0.95	8.55	Ναι	-1.41	17.11	Ναι
					0.111			0.082		
	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.72	Ναι	0.00	17.45	Ναι
					0.009			0.008		
20	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.62	Ναι	0.00	21.21	Ναι
					0.008			0.007		
	39	-0.37	0.00	Όχι	-0.63	8.68	Ναι	-0.91	17.34	Ναι
					0.072			0.052		
24	24	0.00	0.00	Ναι	-0.88	9.09	Ναι	-1.06	18.01	Ναι
					0.096			0.059		
	43	-0.88	0.00	Όχι	-0.89	9.27	Ναι	-1.07	18.36	Ναι
					0.096			0.058		
28	28	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.80	Ναι	-0.79	19.60	Ναι
					0.009			0.040		
	47	0.00	0.00	Ναι	-1.58	9.99	Ναι	-1.88	19.98	Ναι
					0.158			0.094		
29	29	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.65	Ναι	-0.34	19.29	Ναι
					0.009			0.018		
	48	0.00	0.00	Ναι	-1.06	9.84	Ναι	-1.26	19.67	Ναι
					0.108			0.064		
30	30	0.00	0.00	Ναι	-0.08	10.89	Ναι	-0.18	21.81	Ναι
					0.008			0.008		
	49	0.00	0.00	Ναι	-0.90	11.09	Ναι	-1.06	22.23	Ναι
					0.081			0.048		
31	31	-0.31	0.00	Όχι	-0.48	10.18	Ναι	-0.49	20.28	Ναι
					0.047			0.024		
	50	-0.48	0.00	Όχι	-0.71	10.37	Ναι	-0.76	20.67	Ναι
					0.068			0.037		
32	32	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	20.26	Ναι
					0.000			0.007		
	51	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.56	20.65	Ναι
					0.000			0.027		
37	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.31	Ναι	-1.78	20.66	Ναι
					0.008			0.086		
	56	-1.61	0.00	Όχι	-2.48	10.51	Ναι	-2.51	21.05	Ναι
					0.236			0.119		

Πίνακας 5.17 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την τριγωνική -Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ

ΣΤΥΛΟΙ *-Fz+0.30*Fx - Τριγωνική (25)* ΒΗΜΑ : [A-DL=16:1/16 B-SD=29:1/29 Γ-NC=36:1/36]

Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
7	26	z	0.00	746.66	319.35	321.36	1/69	1.0063			
			Vrd,s = 1869.93								

Πίνακας 5.18 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την τριγωνική - Fz + 0.30Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)

ΔΟΚΟΙ *Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (101)*

		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.42	Ναι	0.00	16.83	Ναι
					0.001			0.001		
	38	2.43	0.00	Όχι	2.43	8.42	Ναι	2.81	16.83	Ναι
					0.289			0.167		
50	25	1.38	0.00	Όχι	1.38	8.48	Ναι	1.57	16.96	Ναι
					0.162			0.093		
	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.48	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.000			0.000		
63	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.27	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.001			0.001		
	23	2.07	0.00	Όχι	2.07	8.27	Ναι	2.44	16.53	Ναι
					0.251			0.148		
68	33	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	12.83	Ναι
					0.000			0.000		
	34	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	1.85	12.83	Ναι
					0.000			0.144		
80	44	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	1.01	16.96	Ναι
					0.000			0.059		
	66	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.000			0.000		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.26	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.001			0.001		
	42	2.24	0.00	Όχι	2.24	8.26	Ναι	2.58	16.53	Ναι
					0.272			0.156		

Πίνακας 5.19 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)				
ΣΤΥΛΟΙ		*Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (101)*		
Μέλος	Κόμβος	Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)	Σημαντικές Βλάβες (B - SD)	Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)

										Σελίδα : 256
		γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.45	11.65	Ναι
					0.000			0.124		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	14.66	Ναι
					0.000			0.004		
4	4	-1.10	0.00	Όχι	-1.10	3.66	Ναι	-1.35	7.31	Ναι
					0.300			0.185		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.46	Ναι	0.00	8.89	Ναι
					0.013			0.007		
8	8	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.72	9.93	Ναι
					0.000			0.173		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.16	Ναι
					0.000			0.006		
14	14	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.85	Ναι	0.00	15.75	Ναι
					0.001			0.001		
	33	-2.22	0.00	Όχι	-2.22	8.01	Ναι	-2.27	16.07	Ναι
					0.278			0.142		
16	16	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.89	12.38	Ναι
					0.000			0.152		
	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	12.65	Ναι
					0.000			0.005		
33	33	-1.86	0.00	Όχι	-1.86	9.74	Ναι	-1.86	19.57	Ναι
					0.191			0.095		
	52	-1.64	0.00	Όχι	-1.64	9.93	Ναι	-2.05	19.95	Ναι
					0.165			0.103		
35	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	18.50	Ναι
					0.000			0.003		
	54	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-2.72	18.87	Ναι
					0.000			0.144		

Πίνακας 5.20 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (101)*						ΒΗΜΑ : [A-DL=9:1/9 B-SD=9:1/9 Γ-NC=15:1/15]				
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
15	15	y	0.00	587.11	255.36	256.83	1/32	1.0058			
			Vrd,s = 1475.29								
15	34	y	0.00	587.11	253.46	254.72	1/31	1.0050			
			Vrd,s = 1475.29								

Πίνακας 5.21 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (109)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	-2.78	0.00	Όχι	-2.55	8.42	Ναι	-2.72	16.83	Ναι
					0.304			0.162		
	38	-2.72	0.00	Όχι	-3.01	8.42	Ναι	-2.51	16.83	Ναι
					0.357			0.149		
63	24	-2.13	0.00	Όχι	-2.24	8.27	Ναι	-2.37	16.53	Ναι
					0.271			0.144		
	23	-1.94	0.00	Όχι	-2.28	8.27	Ναι	-2.41	16.53	Ναι
					0.276			0.146		
66	34	0.00	0.00	Ναι	-2.51	8.14	Ναι	-2.54	16.29	Ναι
					0.308			0.156		
	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.14	Ναι	0.00	16.29	Ναι
					0.001			0.001		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.26	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.001			0.000		
	42	-2.47	0.00	Όχι	-2.62	8.26	Ναι	-2.70	16.53	Ναι
					0.318			0.163		

Πίνακας 5.22 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		*-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (109)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	1.65	0.00	Όχι	1.86	6.10	Ναι	2.11	12.20	Ναι
					0.305			0.173		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.69	Ναι	0.00	15.37	Ναι
					0.020			0.013		
4	4	1.41	0.00	Όχι	1.62	4.07	Ναι	1.76	8.13	Ναι
					0.398			0.217		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.13	Ναι	0.00	10.25	Ναι

											Σελίδα : 258
					0.030			0.020			
5	5	1.31	0.00	Όχι	1.64	4.51	Ναι	1.78	9.02	Ναι	
					0.364			0.197			
	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.62	Ναι	0.00	9.23	Ναι	
					0.034			0.022			
8	8	1.68	0.00	Όχι	1.96	5.77	Ναι	2.06	11.54	Ναι	
					0.339			0.178			
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.90	Ναι	0.00	11.80	Ναι	
					0.026			0.017			
12	12	0.00	0.00	Ναι	1.91	6.37	Ναι	2.01	12.70	Ναι	
					0.300			0.158			
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.51	Ναι	0.00	12.97	Ναι	
					0.024			0.016			
14	14	1.07	0.00	Όχι	1.33	4.25	Ναι	1.34	8.43	Ναι	
					0.313			0.159			
	33	1.35	0.00	Όχι	2.29	4.35	Ναι	2.31	8.64	Ναι	
					0.525			0.268			
18	18	0.00	0.00	Ναι	1.92	7.07	Ναι	2.18	14.14	Ναι	
					0.272			0.154			
	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.22	Ναι	0.00	14.44	Ναι	
					0.022			0.014			
19	19	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	2.29	11.98	Ναι	
					0.000			0.191			
	38	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	12.07	Ναι	
					0.000			0.017			
24	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.91	Ναι	0.00	15.82	Ναι	
					0.020			0.013			
	43	0.00	0.00	Ναι	2.07	8.07	Ναι	2.13	16.14	Ναι	
					0.256			0.132			
31	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.33	Ναι	0.00	18.64	Ναι	
					0.017			0.011			
	50	0.00	0.00	Ναι	2.31	9.51	Ναι	2.37	19.00	Ναι	
					0.243			0.125			
33	33	0.00	0.00	Ναι	2.49	8.09	Ναι	2.53	16.13	Ναι	
					0.308			0.157			
	52	0.00	0.00	Ναι	2.08	8.25	Ναι	2.12	16.46	Ναι	
					0.252			0.129			
37	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.76	Ναι	0.00	19.50	Ναι	
					0.016			0.011			
	56	2.32	0.00	Όχι	2.81	9.95	Ναι	2.97	19.88	Ναι	
					0.282			0.149			

5.23 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*-Fx+0.30*Fz - Ορθογωνική (109)*					ΒΗΜΑ : [A-DL=13:1/13 B-SD=20:1/20 Γ-NC=21:1/21]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
4	23	y	208.09	345.67	515.48	249.08	1/67	1.1970			
			Vrd,s = 2301.45								
15	15	y	0.00	587.11	242.75	245.32	1/43	1.0106			
			Vrd,s = 1475.29								
15	34	y	0.00	587.11	240.85	245.32	1/43	1.0186			
			Vrd,s = 1475.29								

Πίνακας 5.24 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική -Fx + 0.30 Fz

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (117)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
52	26	0.00	0.00	Όχι	-0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
82	45	0.00	0.00	Όχι	0.00	9.09	Ναι	-0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	39	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.09	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		

Πίνακας 5.25 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		*Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (117)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.45	10.94	Ναι
					0.000			0.041		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	13.75	Ναι
					0.000			0.020		
2	2	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.50	2.13	Ναι
					0.000			0.233		
	21	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.28	1.52	Ναι
					0.000			0.181		
4	4	-0.34	0.00	Όχι	-0.37	3.68	Ναι	-1.01	7.33	Ναι
					0.100			0.137		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.50	Ναι	0.00	8.94	Ναι
					0.009			0.031		
5	5	-0.33	0.00	Όχι	-0.36	7.04	Ναι	-0.93	14.24	Ναι
					0.051			0.065		
	24	-0.49	0.00	Όχι	-0.54	7.19	Ναι	-1.33	14.54	Ναι

										Σελίδα : 260
					0.075			0.091		
6	6	-0.39	0.00	Όχι	-0.51	6.06	Ναι	-1.54	12.04	Ναι
					0.085			0.128		
	25	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.04	Ναι	0.00	10.03	Ναι
					0.008			0.027		
7	7	0.00	0.00	Ναι	-0.36	1.07	Ναι	-0.91	2.13	Ναι
					0.337			0.428		
	26	0.00	0.00	Ναι	0.04	0.74	Ναι	0.28	1.49	Ναι
					0.054			0.185		
8	8	-0.41	0.00	Όχι	-0.57	4.73	Ναι	-1.25	9.35	Ναι
					0.121			0.133		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.84	Ναι	-1.27	9.58	Ναι
					0.008			0.133		
9	9	0.00	0.00	Ναι	-0.31	7.09	Ναι	-0.64	14.11	Ναι
					0.044			0.045		
	28	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.24	Ναι	0.00	14.40	Ναι
					0.006			0.019		
10	10	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.05	19.55	Ναι
					0.000			0.054		
	29	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	19.93	Ναι
					0.000			0.014		
11	11	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.23	16.22	Ναι
					0.000			0.076		
	30	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	16.55	Ναι
					0.000			0.017		
12	12	0.00	0.00	Ναι	-0.51	7.49	Ναι	-1.64	14.98	Ναι
					0.069			0.109		
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.65	Ναι	0.00	15.29	Ναι
					0.005			0.018		
13	13	0.00	0.00	Ναι	-0.58	7.05	Ναι	-2.08	14.01	Ναι
					0.083			0.149		
	32	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.20	Ναι	0.00	14.30	Ναι
					0.006			0.019		
14	14	-0.38	0.00	Όχι	-0.71	6.58	Ναι	-1.58	13.21	Ναι
					0.109			0.119		
	33	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.72	Ναι	-1.89	13.50	Ναι
					0.006			0.140		
15	15	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.92	8.31	Ναι
					0.000			0.231		
	34	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.74	Ναι
					0.000			0.026		
16	16	-0.34	0.00	Όχι	-0.46	5.59	Ναι	-1.58	10.95	Ναι
					0.082			0.144		
	35	0.00	0.00	Ναι	-0.50	5.71	Ναι	-2.02	11.20	Ναι
					0.087			0.180		
17	17	-0.30	0.00	Όχι	-0.47	5.10	Ναι	-1.56	10.21	Ναι
					0.093			0.153		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.22	Ναι	0.00	8.44	Ναι
					0.010			0.033		
24	24	-0.50	0.00	Όχι	-0.53	9.36	Ναι	-1.04	18.76	Ναι
					0.057			0.055		
	43	-0.48	0.00	Όχι	-0.51	9.54	Ναι	-0.86	19.13	Ναι
					0.053			0.045		

										Σελίδα : 261
31	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	19.66	Ναι
					0.000			0.014		
	50	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.61	20.04	Ναι
					0.000			0.030		
35	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.91	17.63	Ναι
					0.000			0.052		
	54	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.55	17.98	Ναι
					0.000			0.030		

Πίνακας 5.26 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΣΚΟΠΟΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (117)*						BHMA : [A-DL=13:1/13 B-SD=17:1/17 Γ-NC=26:1/26]				
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
2	2	z	0.00	746.66	325.72	326.15	1/23	1.0013	NAI	NAI	OXI
			Vrd,s =	1917.87							
2	21	z	0.00	746.66	323.22	323.60	1/21	1.0012	NAI	NAI	OXI
			Vrd,s =	1917.87							
7	7	z	0.00	746.66	326.52	331.50	1/15	1.0153	NAI	OXI	OXI
			Vrd,s =	1869.93							
7	26	z	0.00	746.66	324.01	331.50	1/15	1.0231	NAI	OXI	OXI
			Vrd,s =	1869.93							
17	17	z	207.51	345.67	481.27	209.50	1/52	1.0096			
			Vrd,s =	1534.30							
17	36	z	207.38	345.67	473.43	246.11	1/58	1.1868			
			Vrd,s =	1534.30							

Πίνακας 5.27 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΔΟΚΟΙ		*-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (125)*								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
39	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.42	Ναι	0.00	16.83	Ναι
					0.001			0.000		
	38	0.00	0.00	Ναι	1.75	8.42	Ναι	2.43	16.83	Ναι
					0.208			0.144		
47	35	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	14.90	Ναι
					0.000			0.000		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	14.90	Ναι
					0.000			0.000		
50	25	0.00	0.00	Ναι	0.75	8.48	Ναι	1.06	16.96	Ναι
					0.089			0.062		
	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.48	Ναι	0.00	16.96	Ναι
					0.000			0.000		
52	26	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	18.18	Ναι
					0.000			0.000		
62	21	0.00	0.00	Όχι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
63	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.27	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.000			0.000		
	23	0.60	0.00	Όχι	0.96	8.27	Ναι	1.15	16.53	Ναι
					0.116			0.070		
64	60	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.000			0.000		
	26	0.00	0.00	Όχι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.000			0.000		
92	40	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι

										Σελίδα : 263
					0.000			0.000		
	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.28	Ναι	0.00	16.56	Ναι
					0.000			0.000		
93	43	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	16.53	Ναι
					0.000			0.000		
	42	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	1.09	16.53	Ναι
					0.000			0.066		
94	66	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.000			0.000		
	45	0.00	0.00	Όχι	0.00	7.31	Ναι	0.00	14.62	Ναι
					0.000			0.000		

Πίνακας 5.28 Έλεγχος επάρκειας διατομών (δοκών) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ (mrad)										
ΣΤΥΛΟΙ		-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (125)								
		Περιορισμένες Βλάβες (A - DL)			Σημαντικές Βλάβες (B - SD)			Οιονεί Κατάρρευση (Γ - NC)		
Μέλος	Κόμβος	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί	γsd*θsd	θpl/γrd	Επαρκεί
1	1	-0.35	0.00	Όχι	-0.94	5.78	Ναι	-1.37	11.60	Ναι
					0.163			0.118		
	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.27	Ναι	0.00	14.60	Ναι
					0.025			0.018		
2	2	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-1.41	9.75	Ναι
					0.000			0.145		
	21	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.07	Ναι
					0.000			0.038		
4	4	-0.36	0.00	Όχι	-0.65	3.64	Ναι	-0.94	7.30	Ναι
					0.180			0.128		
	23	0.00	0.00	Ναι	0.00	4.43	Ναι	0.00	8.88	Ναι
					0.041			0.030		
5	5	-0.38	0.00	Όχι	-0.66	5.96	Ναι	-0.92	11.72	Ναι
					0.111			0.079		
	24	-0.23	0.00	Όχι	-0.51	6.10	Ναι	-0.92	11.98	Ναι
					0.084			0.077		
6	6	-0.44	0.00	Όχι	-0.55	7.88	Ναι	-0.76	15.87	Ναι
					0.070			0.048		
	25	0.00	0.00	Ναι	0.00	6.50	Ναι	0.00	13.09	Ναι
					0.028			0.020		
7	7	0.00	0.00	Ναι	-0.67	1.07	Ναι	-0.93	2.13	Ναι
					0.625			0.436		
	26	0.00	0.00	Ναι	-0.18	0.75	Ναι	-0.27	1.49	Ναι
					0.242			0.179		
8	8	0.00	0.00	Ναι	-0.53	5.80	Ναι	-0.70	11.54	Ναι
					0.091			0.061		
	27	0.00	0.00	Ναι	0.00	5.93	Ναι	0.00	11.79	Ναι
					0.030			0.023		
9	9	0.00	0.00	Ναι	-0.85	7.64	Ναι	-1.24	15.27	Ναι
					0.112			0.081		
	28	0.00	0.00	Ναι	0.00	7.80	Ναι	0.00	15.59	Ναι
					0.023			0.017		

11	11	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.81	19.53	Ναι
					0.000			0.041		
	30	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	19.91	Ναι
					0.000			0.013		
12	12	0.00	0.00	Ναι	-0.63	8.44	Ναι	-0.87	16.87	Ναι
					0.075			0.052		
	31	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.61	Ναι	0.00	17.21	Ναι
					0.021			0.016		
17	17	-0.37	0.00	Όχι	-0.44	4.45	Ναι	-0.58	8.88	Ναι
					0.098			0.066		
	36	0.00	0.00	Ναι	0.00	3.81	Ναι	0.00	7.61	Ναι
					0.047			0.035		
18	18	0.00	0.00	Ναι	-1.39	8.54	Ναι	-2.00	17.03	Ναι
					0.163			0.117		
	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	8.71	Ναι	0.00	17.37	Ναι
					0.021			0.015		
20	20	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.67	Ναι	0.00	21.30	Ναι
					0.017			0.013		
	39	0.00	0.00	Ναι	-0.39	8.72	Ναι	-0.40	17.41	Ναι
					0.045			0.023		
24	24	0.00	0.00	Ναι	0.00	9.23	Ναι	-0.86	18.34	Ναι
					0.020			0.047		
	43	0.00	0.00	Ναι	-1.24	9.41	Ναι	-0.87	18.70	Ναι
					0.132			0.046		
30	30	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	0.00	21.74	Ναι
					0.000			0.012		
	49	0.00	0.00	Ναι	0.00	0.00	Ναι	-0.47	22.15	Ναι
					0.000			0.021		
31	31	0.00	0.00	Ναι	-0.38	10.22	Ναι	-0.54	20.41	Ναι
					0.038			0.027		
	50	-0.44	0.00	Όχι	-0.49	10.41	Ναι	-0.68	20.81	Ναι
					0.047			0.033		
37	37	0.00	0.00	Ναι	0.00	10.29	Ναι	0.00	20.58	Ναι
					0.018			0.013		
	56	0.00	0.00	Ναι	-1.49	10.49	Ναι	-1.81	20.97	Ναι
					0.142			0.087		

Πίνακας 5.29 Έλεγχος επάρκειας διατομών (στύλων) σε όρους παραμορφώσεων για την ορθογωνική -Fz + 0.30 Fx

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ											
ΣΤΥΛΟΙ	*-Fz+0.30*Fx - Ορθογωνική (125)*					BHMA : [A-DL=12:1/12 B-SD=24:1/24 Γ-NC=31:1/31]					
Μέλος	Κόμβος		VR,SLS	Vrd,max	Vr	Ved	Βήμα	Λόγος	A-DL	B-SD	Γ-NC
2	2	z	0.00	746.66	338.67	340.48	1/49	1.0053			
			Vrd,s = 1917.87								
2	21	z	0.00	746.66	336.16	340.48	1/49	1.0129			
			Vrd,s = 1917.87								
7	7	z	0.00	746.66	324.27	324.48	1/14	1.0006	NAI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1869.93								
7	26	z	0.00	746.66	321.76	324.48	1/14	1.0084	NAI	OXI	OXI
			Vrd,s = 1869.93								
17	17	z	208.39	345.67	534.18	212.26	1/64	1.0186			
			Vrd,s = 1534.30								

Πίνακας 5.30 Έλεγχος επάρκειας τεμνουσών για την ορθογωνική -Fz + 0.30Fx

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η κοστολόγηση των παρεμβάσεων έγινε σύμφωνα με τις τιμές που δίνεται απο τον πίνακα προϋπολογισμού του Ν.4495/17. Οι τιμές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν είναι ενδεικτικές λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας που υπάρχει αυτή την περίοδο στην αγορά. Οι παρεμβάσεις οι οποίες κοστολογήθηκαν είναι μόνο αυτές οι οποίες είναι άμεσα απαιτούμενες για την ενίσχυση του φορέα με μανδύες και δεν προσμετρήθηκαν τυχόν εργασίες πλήρους αποκατάστασης, όπως βάψιμο, σοβάτισμα κλπ, που μπορούν να χρειαστούν λόγω των καθαιρέσεων και την προσθήκη του μανδύα.Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τα σχετικά κόστη.

2. ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ				
2.01 Καθαιρ. Πλινθοδ. με συνήθη κονίαμα	m3	11,71	11,74 €	137,48 €
2.02 Καθαιρ. Πλινθοδ. με ισχυρό κονίαμα	m3		14,68 €	
2.03 Καθαιρέσεις απλού σκυροδέματος	m3		41,08 €	
2.04 Καθαιρέσεις οπλισμένου σκυροδέματος	m3	19,52	64,56 €	1.260,21 €
2.05 Καθαιρέσεις επιχρισμάτων	m2	58,56	4,10 €	240,10 €
2.06 Καθαιρέσεις τοίχων δια την διαμόρφωση θυρών	τεμάχιο		14,68 €	
2.07 Καθαιρέσεις ξύλινων ή σιδηρών θυρών & παραθύρων	m2		8,80 €	
2.08 Αποξήλωση σκελετού στέγης πάσης φύσεως	m2		1,50 €	
2.09 Αποξήλωση υλικών επικάλυψης στέγης (κεραμίδια, πάνελ κτλ)	m2		0,80 €	
2.10 Αποξήλωση κιγκλιδωμάτων	m2		0,80 €	
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ				**1.637,78 €**

3. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ - ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΣΚΕΛΕΤΟΣ				
3.01 Οπλισμένο σκυρόδεμα	m3		146,74 €	
3.02 Ελαφρά οπλ. σκυρόδεμα (με πλέγμα)	m3		105,64 €	
3.03 Ελαφρό Μπετόν	m3		70,44 €	
3.04 Άοπλο σκυρόδεμα δαπέδων	m2		5,86 €	
3.05 Εξισωτικές στρώσεις	m2		4,10 €	
3.06 Επιφάνειες εμφανούς σκυροδέματος	m2		5,86 €	
3.07 Σενάζ δρομικά	τρέχων μ.		7,04 €	
3.08 Σενάζ μπατικά	τρέχων μ.		11,74 €	
3.09 Μανδύας χυτού σκυροδέματος	m3	11,71	234,78 €	2.749,74 €
3.10 Μανδύας εκτοξευομένου σκυροδέματος	m2	95,26	46,96 €	4.473,30 €
3.11 Σιδηροδοοί ως φέρων οργανισμός	kg	1.405,20	1,80 €	2.529,36 €
ΣΥΝΟΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ				**9.752,40 €**
5. ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ				
5.01 Ασβεστοτσιμεντοκονιαματα τριπτά	m2	117,12	5,86 €	686,32 €
5.02 Τσιμεντοκονιάματα τριπτά με διογκωμένο περλίτη στη 2 στ	m2		6,46 €	
5.03 Ασβεστοτσιμεντοκονιαματα με κάλυψη σαγρε	m2		7,04 €	
5.04 Αρτιφισιέλ τριπτά	m2		8,80 €	
5.05 Επιχρίσματα χωριάτικου τύπου	m2		7,64 €	
5.06 Επιχρίσματα τραβηκτά	m2		29,34 €	
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ				**686,32 €**

Πίνακας 6.1 Κοστολόγηση παρεμβάσεων

Σύνολο σε ευρώ: 12076.05€

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αποτιμάται η σεισμική συμπεριφορά κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, μελετημένης ως κτίριο βρεφονηπιακού σταθμού σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις του ΒΔ/1959. Φαίνεται ότι οι κατασκευαστικές απαιτήσεις εκείνης της εποχής είναι διαφορετικές από τις αντίστοιχες σημερινές, με τα κτήρια της περιόδου αυτής να έχουν μικρότερο ποσοστό οπλισμού, υλικά χαμηλότερης ονομαστικής αντοχής και με χαμηλές απαιτήσεις πλαστιμότητας. Συνεπώς, η διαδικασία που θα πρέπει να ακολουθείται κατά τη σεισμική αποτίμηση τους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες αυτές αλλά και να εκτιμά σωστά πόσο επηρεάζουν τη σεισμική συμπεριφορά των υπό μελέτη κτηρίων.

Δεδομένου της απώλειας του πολεοδομικού φακέλου του κτιρίου, ήταν απαραίτητη η πλήρης αποτύπωση του χώρου, καθώς ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εντοπίσει όλα τα επιμέρους χαρακτηριστικά της κατασκευής, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν μεγαλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας. Επίσης, απαραίτητη γενικότερα κρίνεται η αυτοψία του υπό μελέτη κτιρίου και για τον εντοπισμό τυχών βλαβών των δομικών στοιχείων. Η διαδικασία της αποτύπωσης ήταν χρονοβόρα, καθώς πέραν της μη εμπειρίας σε τέτοιου είδους μετρήσεις, έγιναν αρκετές παραδοχές για τις θέσεις και τα μήκη των φερόντων στοιχείων. Επιπλέον, ένα ακόμα πρόβλημα που υπήρχε στα κτίρια της εποχής, ήταν η ύπαρξη πολλών συνδέσεων δοκών επί δοκού, δηλαδή το κάθε δοκάρι δεν ήταν απαραίτητο ότι θα καταλήγει σε υποστύλωμα και ότι θα υπάρχει πλαισιακή λειτουργία. Ως αποτέλεσμα, έγινε κάθε δυνατή προσπάθεια για να "στηθεί" ένας φορέας που να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα της εποχής. Για τα υποστυλώματα που δεν ήταν εμφανή, με τη χρήση ενός σφυριού χτυπούνταν ο τοίχος και όπου ήταν πιο συμπαγής θεωρήθηκε υποστύλωμα με τις ανάλογες διαστάσεις.

Τα γραμμικά στοιχεία του κτηρίου κρίνονται ανεπαρκώς οπλισμένα, κυρίως εάν συγκριθεί η διαστασιολόγησή τους με τη διαστασιολόγηση που θα προέκυπτε βάσει των κανονισμών που ισχύουν σήμερα. Η ανεπάρκεια οπλισμού διαφαίνεται εντονότερα στον εγκάρσιο οπλισμό, ιδιαίτερα στα υποστυλώματα, τα οποία δεν έχουν τον απαραίτητο οπλισμό διάτμησης, πόσο μάλλον περίσφιγξης, για να μπορέσουν να αποκριθούν με πλάστιμο τρόπο.

Η επίδραση της τοιχοποιίας κρίνεται σημαντίκη για το κτίριο, καθώς προσφέρει ευμενή επιρροή στην δυσκαμψία της κατασκευής, με την αύξηση της. Όπως φάνηκε και στους αναλυτικούς πίνακες παρατηρείται αστοχία λιγότερων υποστυλωμάτων όταν ληφθεί υπόψιν. Παρ' όλα αυτά, λόγω της ύπαρξης κάποιων ρωγμών σε αυτή (ίσως λόγω ανεπρακούς σφήνωσης) , κρίθηκε σκόπιμη η ενίσχυση του φορέα στο προσομοίωμα που δεν λαμβάνει υπόψιν την ύπαρξη της τοιχοποιίας.

Το κτίριο παρά τις παθογένειές του, φαίνεται να έχει, αν και ανεπαρκή για τους στόχους που έχουν τεθεί, μια καλή συμπεριφορά έναντι σεισμικής φόρτισης, ιδιαίτερα εάν ληφθεί υπόψη η ευμενής επίδραση της τοιχοποιίας στη συνολική δυσκαμψία και απόκριση της κατασκευής. Προτείνεται η ενίσχυσή με μανδύες σκυροδέματος, έτσι ώστε να υπερβεί τις σεισμικές απαιτήσεις και να μπορέσει να αντεπεξέλθει στις αναμενόμενες σεισμικές δράσεις. Η προτεινόμενη μέθοδος ενίσχυσης φαίνεται να λειτουργεί, καθώς παρατηρείται ότι ο φορέας πλέον είναι σε θέση να φέρει τα οριζόντια φορτία του σεισμού αποτίμησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1.Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) (2017). ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2η Αναθεώρηση.

2.Λογισμικό Scada Pro

3.ΕΑΚ 2000 (2001), Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Αθήνα.

4.ΕΚΩΣ 2000 (2001), Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος 2000, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, Αθήνα.

5.Πενέλης Γ. Γ., Κάππος Α.Ι. (1990). ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

6.Σπυράκος Κων/νος (2004) : «Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία»

7.Παναγιώτης. Τσίκας – Στέφανος. Δρίτσος (2009), "Διερεύνηση του τρόπου προσομοίωσης τοιχοπληρώσεων πλαισίων με ανοίγματα, σε κατασκευές Ο.Σ. ", 16ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Πάφος, Κύπρος.

8.Ψυχάρης Ι.Ν. (2015). ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

9.Δ.Κ. Μπάρος, Σ. Η. Δρίτσος (2006). ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΔΟΧΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΕ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

10.Βουγιούκας Μ. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

11.Ευρωκώδικας 2 (ΕΝ-1992): Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από σκυρόδεμα

12.Ευρωκώδικας 6 (ΕΝ-1996): Σχεδιασμός φερουσών κατασκευών από τοιχοποιίας

13.Ευρωκώδικας 8 (ΕΝ-1998): Αντισεισμικός σχεδιασμός φερουσών κατασκευών