

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ



**ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΣΤΗΝ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ Ω.Σ.**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΟΡΕΣΤΗΣ ΖΕΚΙΟ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ
ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ Ω.Σ.

ΟΡΕΣΤΗΣ ΖΕΚΙΟ

ΑΘΗΝΑ 2021

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ζέκιο Ορέστης, με αριθμό μητρώου 47227 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



**Τίτλος: ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΦΕΡΟΥΣΑ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ Ω.Σ.**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΡΕΠΑΠΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Επιβλέπων)	
ΒΡΥΖΙΔΗΣ ΙΣΑΑΚ (Μέλος Τριμελούς Επιτροπής)	
ΔΡΙΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Μέλος Τριμελούς Επιτροπής)	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Επιρροή της μορφής ακανονικότητας στην φέρουσα ικανότητα κτιρίων ΩΣ», εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020 - 21. Στην εν λόγω εργασία, αρχικά, γίνεται διαστασιολόγηση, με το λογισμικό Fespa, ενός μεγάλου αριθμού τυπικών κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος, με διάφορες μορφές ακανονικότητας, σύμφωνα με παλαιούς κανονισμούς (Β.Δ. 1959). Στην συνέχεια πραγματοποιούνται στατικές ανελαστικές αναλύσεις με σκοπό την αποτίμηση της ικανότητάς τους βάσει του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2^η Αναθεώρηση, 2017), αλλά και του Ευρωκώδικα 8. Διερευνάται η επιρροή της μορφής ακανονικότητας, του κανονισμού και της γεωμετρίας των κτιρίων στην φέρουσα ικανότητα και την ιδιοπερίοδό τους.

Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη. Το 1^ο μέρος της αφορά το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο είναι βασισμένη. Το 2^ο μέρος αναφέρεται στο υπολογιστικό τμήμα της, δηλαδή στη προσομοίωση, τη διαστασιολόγηση και την αποτίμηση των κτιρίων. Τέλος, στο 3^ο μέρος γίνεται σύνοψη και σύγκριση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει και εξάγονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

Η αποτίμηση γίνεται για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD. Τα αποτελέσματα των στατικών αναλύσεων δείχνουν ότι η υπεραντοχή των υφισταμένων κτιρίων είναι σημαντική, ωστόσο, η διατιθέμενη πλαστιμότητα και η υπεραντοχή τους είναι μικρή. Για τις μορφές ακανονικότητας που εξετάστηκαν, τα κτήρια με φυτευτά υποστυλώματα παρουσιάζουν την δυσμενέστερη συμπεριφορά. Τα κτήρια με μεγαλύτερα φατώματα παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά από εκείνα με μικρότερα φατώματα. Ωστόσο, τονίζεται ότι τα αποτελέσματα των μη γραμμικών στατικών είναι ευαίσθητα σε έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων, και επηρεάζονται από παραδοχές που γίνονται τόσο κατά την προσομοίωση, όσο και την ανάλυση. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα είναι κυρίως χρήσιμα για να δείξουν κάποιες γενικές τάσεις σεισμικής συμπεριφοράς και κάποια όρια των τιμών των διαφόρων παραμέτρων ανάλογα με την κατηγορία του κτηρίου, και όχι για να δώσουν απόλυτες τιμές των μεγεθών.

ABSTRACT

This graduation thesis entitled “Influence of the irregularity form on the bearing capacity of RC buildings” is composed for the department of civil engineering of the University of West Attica during the academic year 2020-2021. Primarily a large number of existing RC buildings with various forms of irregularities is being dimensioned using the Fespa IS structural software and according to older regulations (R.S 1959). Subsequently, inelastic dynamic analysis was performed in order to evaluate each building’s capacity according to the Code of Structural Interventions (2nd revision, 2017) and the EN 1998-1: Eurocode 8. The effect of the form of irregularity, the regulation and the geometry of the building, is examined on its bearing capacity and vertical irregularity.

The graduation thesis is composed of three parts. Part 1 concentrates on the theoretical base that the thesis is based on. Part 2 consists of the calculations that are made such as the simulation, instant calculation and the evaluation of the buildings. Conclusions are drawn on part 3 where the results are presented and also compared.

The evaluation concerns each building’s performance level. The results of the structural analysis indicate that the overstrength of the existing buildings examined is high, although the plasticity and the available overstrength have smaller rates. For the examined irregularity forms, buildings with fix end columns present the most adverse behavior. Buildings with larger spans perform better than buildings with smaller spans. However, it is pointed out that the pushover results are sensitive to a large number of parameters and they are affected by assumptions that are set either during the simulation or even during the analysis. Consequently, the results are mainly useful to prove general tendencies of seismic behavior and set some limits of the range of various assumptions depending on the category of the building. The results do not lead to standard values of the examined figures.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον Δρ. Ρεπαπή Κωνσταντίνο για την πολύτιμη καθοδήγηση και την βοήθειά του κατά τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ για τη παραχώρηση του στατικού λογισμικού Fespa, το οποίο ήταν απαραίτητο για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ορέστης Ζέκιο

Αθήνα, Ιούνιος 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 Γενικά.....	13
1.2 Στόχος.....	14
1.3 Περίγραμμα εργασίας.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ EC8	16
2.1 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959.....	16
2.1.1 Βασικές Διατάξεις	16
2.1.2 Ακριβής Ελληνική Μέθοδος.....	18
2.2 Τροποποίηση του 1984 στον ΕΑΚ 1959.....	20
2.3 Στατική απλότητα.....	21
2.4 Ομοιομορφία, συμμετρία και υπερστατικότητα	21
2.5 Κανονικότητα σε κάτοψη.....	22
2.5.1 Κριτήρια κανονικότητας σε κάτοψη	22
Ένα κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί κανονικό σε κάτοψη αν πληροί όλες τις παρακάτω συνθήκες, σε όλους τους ορόφους:	22
2.5.2 Επιπτώσεις κανονικότητας σε κάτοψη στο συντελεστή συμπεριφοράς q	26
2.6 Κανονικότητα σε όψη	27
2.6.1 Κριτήρια κανονικότητας σε όψη	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	32
3.1 Σκοπός & Πεδίο εφαρμογής.....	32
3.2 Αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων	33
3.3 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού	35
3.4 Ορισμοί & φιλοσοφία λήψης αποφάσεων για επέμβαση.....	37
3.5 Ανασχεδιασμός.....	38
3.5.1 Μέθοδοι ανάλυσης	38

3.5.2 Κύρια (ή πρωτεύοντα) και δευτερεύοντα στοιχεία	39
3.6 Διερεύνηση, τεκμηρίωση φέροντος οργανισμού υφιστάμενου δομήματος.....	39
3.6.1 Αποτύπωση φέροντος οργανισμού	40
3.6.2 Ιστορικό	40
3.6.3 Καταγραφή βλαβών.....	41
3.6.4 Διερευνητικές εργασίες	42
3.7 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.).....	42
3.7.1 Γενικά	42
3.7.2 Σ.Α.Δ. Σκυροδέματος	43
3.7.3 Σ.Α.Δ. Χάλυβα	45
3.8 Βασικά δεδομένα αποτίμησης και ανασχεδιασμού.....	47
3.8.1 Έλεγχοι & Ανίσωση Ασφαλείας	47
3.8.2 Επιμέρους Συντελεστές Ασφαλείας	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER).....	50
4.1 Γενικά.....	50
4.2 Στόχοι της μεθόδου	50
4.3 Πλεονέκτημα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover)	51
4.4 Πλαστική άρθρωση	52
4.5 Συντελεστής α_u/α_1	52
4.6 Διαγραμματική ροή ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover).....	53
4.7 Στοχευόμενη μετατόπιση	55
4.7.1 Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)	55
4.8 Τελικός έλεγχος επάρκειας κατασκευής	59
4.8.1 Καθολικός έλεγχος κατασκευής.....	59
4.8.2 Έλεγχος σε επίπεδο μέλους	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	63
5.1 Εισαγωγή.....	63

5.2 Γεωμετρία κτιρίων	63
5.3 Υλικά.....	66
5.4 Σεισμικές παραδοχές	67
5.4.1 Ελαστικό Φάσμα Σχεδιασμού κατά EC8	67
5.4.2 Ανελαστικό Φάσμα Σχεδιασμού κατά EC8.....	68
5.4.3 Κατηγορία εδάφους	69
5.4.4 Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	72
5.4.5 Συντελεστής Σπουδαιότητας	74
5.5 Λοιπές παραδοχές	75
5.5.1 Όπλιση δομικών στοιχείων.....	75
5.5.2 Φορτία.....	76
5.5.3 Γενικές παραδοχές	76
5.6 Αποτίμηση.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ FESPA	80
6.1 Γενικά.....	80
6.2 Κάνναβος.....	80
6.3Κτίριο	81
6.4 Υποστυλώματα.....	85
6.5 Δοκοί.....	86
6.6 Πλάκες.....	86
6.7 Παραγωγές	87
6.8 Αποτίμηση.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑ EC8-3.....	98
7.1 Εισαγωγή.....	98
7.2 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 1 (Κτίρια κανονικά σε κάτοψη και καθ' ύψος).....	99
7.3 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 2 (Κτίρια με ψηλό ισόγειο)	107

7.4 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 3 (Κτίρια με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή).....	115
7.5 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 4 (Κτίρια με φυτευτό υποστύλωμα).....	123
7.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	142
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	144

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Σχήμα 2. 1: Οριζόντια και κατακόρυφα σεισμικά φορτία (Δουδούμης, 2018).....	17
Σχήμα 2. 2: Τοιχώματα μορφής Γ, Τ	17
Σχήμα 2. 3: Γωνιακό υποστύλωμα.....	18
Σχήμα 2. 4: Στα πολυώροφα πλαίσια διάτμησης: ικανοποιητική εν γένει ακρίβεια αποτελεσμάτων (Δουδούμης, 2018)	19
Σχήμα 2. 5: Στα πολυώροφα μικτά συστήματα πλαισίων - τοιχωμάτων: ενδεχόμενο διάπραξης πολύ σοβαρού σφάλματος (Δουδούμης, 2018).....	19
Σχήμα 2. 6: Άνω τριγωνική κατανομή σε πολυώροφο πλαίσιο (Δουδούμης, 2018).....	20
Σχήμα 2. 7: Κριτήρια για κανονικότητα καθ' ύψος	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχήμα 4. 1: Καμπύλη αντίστασης κατασκευής (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013).....	53
Σχήμα 4. 2: Μηχανικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων υλικών (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013).....	54
Σχήμα 4. 3: Διαγράμματα ροπών - καμπυλοτήτων (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)	54
Σχήμα 4. 4: Διαγράμματα ροπών - γωνιών στροφής (M - θ) (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013) ..	54
Σχήμα 4. 5: Διαγράμματα δύναμης μετακίνησης (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)	55
Σχήμα 4. 6: Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)	56
Σχήμα 4. 7: Μετατροπή του φάσματος αντίστασης του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή σε διαγραμμικό (EC8 - 1).....	58
Σχήμα 4. 8: Τελικός έλεγχος επάρκειας κατασκευής (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013).....	60
Σχήμα 4. 9: Μη ικανοποίηση του ελέγχου επάρκειας (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013).....	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σχήμα 5. 1: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 1	64
Σχήμα 5. 2: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 2	64
Σχήμα 5. 3: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 3	65

Σχήμα 5. 4: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 4	66
Σχήμα 5. 5: Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον EC8	68
Σχήμα 5. 6: Ανελαστικό φάσμα σύμφωνα με τον EC8 για $q=4$ και το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα.....	69
Σχήμα 5. 7: Μέσα φάσματα απόκρισης απόλυτων επιταχύνσεων διάφορων σεισμών για $\zeta=5\%$ ανάλογα με το είδος του εδάφους (Seed et al, 1976) (<i>Ψυχάρης, 2015</i>).....	71
Σχήμα 5. 8: Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον EC8	73
Σχήμα 5. 9: Ιδιομορφική & Ομοιόμορφη κατανομή φορτίων	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Σχήμα 6. 1: Κάνναβος στο Fespa.....	80
Σχήμα 6. 2: Γενικοί χαρακτηρισμοί εργασίας στο Fespa	81
Σχήμα 6. 3: Δεδομένα αντισεισμικού στο Fespa	82
Σχήμα 6. 4: Δεδομένα φάσματος στο Fespa	82
Σχήμα 6. 5: Δεδομένα σκυροδέματος στο Fespa.....	83
Σχήμα 6. 6: Δεδομένα οπλισμού στο Fespa.....	84
Σχήμα 6. 7: Δεδομένα εδάφους στο Fespa.....	85
Σχήμα 6. 8: Χαρακτηριστικά υποστυλωμάτων στο Fespa.....	85
Σχήμα 6. 9: Χαρακτηριστικά δοκών στο Fespa.....	86
Σχήμα 6. 10: Χαρακτηριστικά πλακών στο Fespa.....	87
Σχήμα 6. 11: Η εντολή «Προσαρμογή δοκών – υποστυλωμάτων» τακτοποιεί τους λοιπούς κόμβους της κάτοψης του τρέχοντος ορόφου (<i>LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013</i>).....	89
Σχήμα 6. 12: Γενικά δεδομένα αποτίμησης στο Fespa.....	89
Σχήμα 6. 13: Φάσμα αποτίμησης στο Fespa.....	90
Σχήμα 6. 14: Συντελεστής q αποτίμησης στο Fespa.....	91
Σχήμα 6. 15: Υλικά αποτίμησης στο Fespa	92
Σχήμα 6. 16: Αποτίμηση στο Fespa.....	92
Σχήμα 6. 17: Πλήθος ανελαστικών αναλύσεων ανάλογα με τις επιλογές για την εγκάρσια συνιστώσα της φόρτισης και την τυχηματική εκκεντρότητα (<i>LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013</i>) ...	94
Σχήμα 6. 18: Τροποποίηση του γεωμετρικού μητρώου της κατασκευής σε κάθε βήμα της ανάλυσης pushover βάσει της μετατόπισης ώστε να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις 2ης τάξης (<i>LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013</i>)	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Σχήμα 7. 1: Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m και 3 ορόφους	99
Σχήμα 7. 2: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους	100
Σχήμα 7. 3: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους	101
Σχήμα 7. 4: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους	102
Σχήμα 7. 5: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους	103
Σχήμα 7. 6: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους	104
Σχήμα 7. 7: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους	105
Σχήμα 7. 8: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους	106
Σχήμα 7. 9: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους	107
Σχήμα 7. 10: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους	108
Σχήμα 7. 11: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους	109
Σχήμα 7. 12: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους	110
Σχήμα 7. 13: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους	111
Σχήμα 7. 14: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους	112
Σχήμα 7. 15: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους	113
Σχήμα 7. 16: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους	114

Σχήμα 7. 17: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους	115
Σχήμα 7. 18: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους	116
Σχήμα 7. 19: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους	117
Σχήμα 7. 20: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους	118
Σχήμα 7. 21: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους	119
Σχήμα 7. 22: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους	120
Σχήμα 7. 23: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους	121
Σχήμα 7. 24: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους	122
Σχήμα 7. 25: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους	123
Σχήμα 7. 26: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους	124
Σχήμα 7. 27: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους	125
Σχήμα 7. 28: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους	126
Σχήμα 7. 29: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους	127
Σχήμα 7. 30: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους	128
Σχήμα 7. 31: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους	129
Σχήμα 7. 32: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους	130
Σχήμα 7. 33: Ερμηνεία ονομασίας κτιρίων.....	131
Σχήμα 7. 34: Ιδιοπερίοδος κτιρίων κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m	133

Σχήμα 7. 35: Ιδιοπερίοδος πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m.....	133
Σχήμα 7. 36: Ιδιοπερίοδος πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m.....	133
Σχήμα 7. 37: Παράγοντας πλαστιμότητας κτιρίων κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m.....	134
Σχήμα 7. 38: Παράγοντας πλαστιμότητας πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m	135
Σχήμα 7. 39: Παράγοντας πλαστιμότητας πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m	135
Σχήμα 7. 40: Παράγοντας υπεραντοχής πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m.....	137
Σχήμα 7. 41: Παράγοντας υπεραντοχής πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m.....	137
Σχήμα 7. 42: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων δοκών, υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας SD με ομοιόμορφη κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με φυτευτό υποστύλωμα και άνοιγμα 4,75m.....	138
Σχήμα 7. 43: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας NC με ομοιόμορφη κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή και άνοιγμα 4,75m b3_4.75_5.	138
Σχήμα 7. 44: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας NC με ιδιομορφική κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή και άνοιγμα 4,75m b3_4.75_5.	139
Σχήμα 7. 45: Στοχευόμενη μετακίνηση πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m	140
Σχήμα 7. 46: Στοχευόμενη μετακίνηση πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m	140
Σχήμα 7. 47: Διάγραμμα επάρκειας – Ανεπάρκειας για ομοιόμορφη φόρτιση.....	141
Σχήμα 7. 48: Διάγραμμα επάρκειας – Ανεπάρκειας για ιδιομορφική φόρτιση.....	141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Ο βασικός τομέας δράσης του Πολιτικού Μηχανικού είναι εκείνος της ανέγερσης δομικών έργων, αλλά και της αξιολόγησης των ήδη υφιστάμενων ενάντια κυρίως στους σεισμούς. Ειδικότερα στον ελλαδικό χώρο, ο οποίος βρίσκεται στα όρια της Αφρικανικής τεκτονικής πλάκας και της Ευρασιατικής, η εμφάνιση των σεισμών είναι καθημερινή. Συνεπώς, βρισκόμαστε σε μια σεισμογενή χώρα και η σεισμική δράση θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στη προσομοίωση των κατασκευών.

Ωστόσο, η πλειοψηφία των κατασκευών έχει παραχθεί με παλαιότερους κανονισμούς, οι οποίοι δε προέβλεπαν τη σεισμική θωράκιση των κατασκευών ή την προέβλεπαν αλλά για πολύ μικρής σεισμική ένταση. Για παράδειγμα, η γνώση για τους πλαστικούς μηχανισμούς κατάρρευσης ή επιθυμητών μηχανισμών κατάρρευσης, ήταν ελλιπής, ιδιαίτερα σε κτήρια τύπου Pilotis. Έτσι είχαμε τη δημιουργία μαλακού ορόφου, ενώ αντίστοιχα προβλήματα, σε επίπεδο γνώσεων, υπήρχαν για τα κοντά υποστυλώματα, την επιρροή τοιχοπληρώσεων την επίδραση των γειτονικών κτιρίων κτλ.

Ο πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός τέθηκε σε εφαρμογή το 1959 (Β.Δ. 1959) και ίσχυε έως το 1985, οπότε και επιδέχθηκε κάποιες σημαντικές βελτιώσεις και προσθήκες. Ο αντισεισμικός κανονισμός του 1959 ήταν δόκιμος σε διεθνές επίπεδο και ενσωμάτωνε δεδομένα της τότε εποχής, κοινωνικά, οικονομικά, τεχνολογικά, τεχνικά. Καθώς όμως το οικονομικό - κοινωνικό - τεχνολογικό επίπεδο διαφοροποιούνταν έκτοτε και αυξάνονταν οι χρηστικές και αρχιτεκτονικές απαιτήσεις ο εν λόγω κανονισμός άρχισε να γίνεται παρωχημένος και να ανακύπτουν προβλήματα από την εφαρμογή του σε σύγχρονα κτίρια και απαιτήσεις οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί το 1959, όπως είναι η δημιουργία του ελεύθερου ισογείου Pilotis, η χρήση ελαφρών διαχωριστικών που απέχουν πολύ ως προς την αντοχή και τη δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας από τα ισχυρά τούβλα της εποχής, τα κοντά υποστυλώματα κ.τ.λ.. Ως εκ τούτου, κτίρια κατασκευασμένα πριν από το 1985, δεν παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια έναντι σεισμού, δεδομένης της ανεπαρκούς πλαστιμότητας που τα χαρακτηρίζει. Νέες μελέτες έχουν δείξει ότι οι σύγχρονες κατασκευές, μπορούν να παραλάβουν έως και δύομιση φορές μεγαλύτερο σεισμικό φορτίο από τις κατασκευές που έχουν σχεδιαστεί πριν το

1984. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι, ότι ένας όλο και μεγαλύτερος αριθμός κατασκευών χρήζουν άμεσης επέμβασης και ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας τους, καθώς αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια ζωή.

Γίνεται επομένως σαφής η επιτακτική ανάγκη αποτίμησης της συμπεριφοράς των υφιστάμενων κατασκευών έναντι σεισμικών φορτίων, με σκοπό είτε την αντικατάστασή τους από νέους, ικανούς φορείς, είτε συνηθέστερα την αναβάθμιση της σεισμικής τους συμπεριφοράς μέσω μίας σειράς επεμβάσεων. Προς ικανοποίηση της ανάγκης αυτής, ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, ΟΑΣΠ, ξεκίνησε το 2000 την έρευνα για την θέσπιση Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), ο οποίος πλέον βρίσκεται σε εφαρμογή με την τελική του μορφή (2η Αναθεώρηση, Αύγουστος 2017). Διαφορετικά υπάρχει η δυνατότητα αποτίμησης και ανασχεδιασμού βάση του EC8-3.

1.2 Στόχος

Στη παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται διαστασιολόγηση 32 τυπικών κτιρίων κατοικιών με βάση το Β.Δ. του 1959 (Πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός). Ύστερα, γίνεται εφαρμογή των διατάξεων του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2^η Αναθεώρηση, Αύγουστος 2017) και του Ευρωκώδικα 8 Μέρος 3. Δεδομένου ότι τα παραπάνω κτήρια έχουν διαστασιολογηθεί με παλιό κανονισμό είναι αναμενόμενο ότι θα προκύψουν ανεπάρκειες.

Η μέθοδος αποτίμησης της σεισμικής επάρκειας των κατασκευών που έχει επιλεγεί για τους απαιτούμενους ελέγχους είναι η ανελαστική στατική ανάλυση (Pushover). Η στάθμη επιτελεστικότητας που έχει επιλεγεί για τη στοχευόμενη μετακίνηση είναι η Σημαντικές Βλάβες (SD). Για την διαστασιολόγηση των κτιρίων με τους παλαιούς κανονισμούς και στην συνέχεια για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητάς τους με χρήση ανελαστικών στατικών αναλύσεων χρησιμοποιείται το λογισμικό Fespa.

Κύριος στόχος είναι να συγκριθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την μορφή ακανονικότητας των κτιρίων, τον κανονισμό με τον οποίον διαστασιολογήθηκαν και τη γεωμετρία τους.

1.3 Περίγραμμα εργασίας

Αναλυτικά στο θεωρητικό κομμάτι της εργασίας (ΚΕΦΑΛΑΙΑ 2,3,4) θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή της εξέλιξης των αντισεισμικών κανονισμών και της κανονικότητας σε κάτοψη και καθ' ύψος βάσει τον EC8-1. Ύστερα, παρουσιάζεται ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2^η Αναθεώρηση, Αύγουστος 2017), με εκτενής αναφορά στις βασικές αρχές και τη φιλοσοφία αποτίμησης και ανασχεδιασμού, από αποσπάσματα του Κανονισμού. Το θεωρητικό μέρος κλείνει με αναλυτική παρουσίαση της Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης (Pushover) βάσει τον ΚΑΝ.ΕΠΕ (2^η Αναθεώρηση, Αύγουστος 2017) και τον EC8-3.

Το ερευνητικό μέρος της εργασίας (ΚΕΦΑΛΑΙΑ 5,6,7,8) ξεκινά με τη παρουσίαση των προσομοιωμάτων και των παραδοχών που χρησιμοποιήθηκαν. Παράλληλα, φαίνονται πιστά τα βήματα που ακολουθήθηκαν ώστε να υλοποιηθεί η προσομοίωση στο λογισμικό Fespa. Τέλος, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της αποτίμησης, μεταξύ τους σύγκριση και τα συμπεράσματα που εξάγονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ EC8

Η εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών προήλθε από την ανάγκη κατασκευής ασφαλέστερων κτιρίων. Οι σεισμοί που έπληξαν τη χώρα από το 1928 μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 90, είχαν ως αποτέλεσμα εκατοντάδες θύματα και πολλές οικονομικές ζημιές. Ξεκινάμε την ιστορική αναδρομή από το 1959, όπου συντάσσεται ο πρώτος αντισεισμικός σχεδιασμός υποχρεωτικής εφαρμογής για όλη τη χώρα.

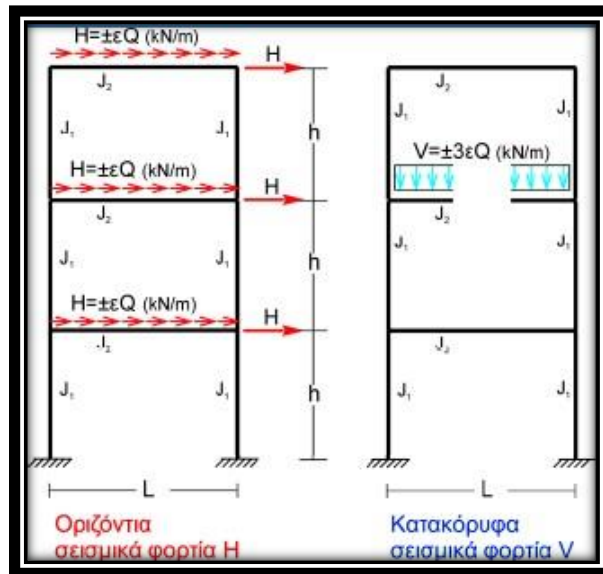
2.1 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959

2.1.1 Βασικές Διατάξεις

Όπως προαναφέρθηκε ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959, ο οποίος δημοσιεύτηκε με το Β.Δ. 19-2-1959 (ΦΕΚ 36^Α/26-2-1959) «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών έργων», ήταν ο πρώτος αντισεισμικός κανονισμός με καθολική εφαρμογή σε όλη τη χώρα. Οι βασικές του διατάξεις είναι οι εξής:

- Οι περιοχές της χώρας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, ασθενώς (I), μετρίως (II) και ισχυρώς (III) σεισμόπληκτες. Περιλαμβάνεται "Πίναξ χαρακτηρισμού σεισμικότητας οικισμών Ελλάδος". Σε αυτόν τον πίνακα εντοπίζεται η κατηγορία κάθε περιοχής.
- Τα εδάφη αναλόγως με τη σεισμική επικινδυνότητα κατά τάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: εδάφη α) μικρής, β) μέτριας, γ) μεγάλης, δ) εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας).
- Ο σεισμός εισάγεται ως οριζόντια (στατική) δύναμη (+-) εναλλασσόμενη H_i στο κέντρο κάθε μάζας M_i : ίση με σταθερό ποσοστό ε (συντελεστής επιβαρύνσεως) του βάρους της. Ο σεισμικός συντελεστής $\varepsilon = a/g$ (%g) προκύπτει από τον συνδυασμό περιοχής σεισμικότητας και κατηγορίας εδάφους, κυμαινόμενος από $\varepsilon = 0,04$ μέχρι $\varepsilon = 0,16$ ($\alpha =$ επιτάχυνση σεισμού)
- Σε ειδικές περιπτώσεις (πρόβολοι κ.λπ.) εφαρμόζεται και κατακόρυφη δύναμη (βλ. Σχήμα 2.1)

$$V_i = 3\varepsilon * (M_i * g) \quad (2.1)$$



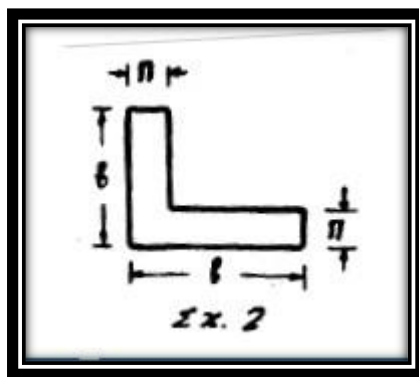
Σχήμα 2. 1: Οριζόντια και κατακόρυφα σεισμικά φορτία (Δουδούμης, 2018)

- Εφαρμόζεται η ακριβής ελληνική μέθοδος αντισεισμικού υπολογισμού (μέθοδος Ρουσόπουλου), ή μία των ευρέως αποδεκτών άλλων επιστημονικών μεθόδων.
- Συνιστάται η τοποθέτηση τοιχωμάτων. Κατά την στατική ανάλυση συνήθων οικοδομικών έργων, επιτρέπεται η διάσπαση των διατομών τοιχωμάτων μορφής Γ, Τ, στα επί μέρους ορθογωνικά σκέλη τους. (βλ. Σχήμα 2.2)



Σχήμα 2. 2: Τοιχώματα μορφής Γ, Τ

- Σε κτίρια με Φ.Ο. οπλισμένου σκυροδέματος επιβάλλεται πρόσθετος ειδικός έλεγχος περιμετρικών υποστυλωμάτων και δοκών με οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις και συντελεστή $\epsilon/2$ (όπου $\epsilon \leq 0,06$).
- Σύσταση, τα γωνιακά υποστυλώματα να έχουν διατομή σχήματος Γ με ελάχιστο πάχος 20 cm και μήκος 35 cm. Εναλλακτικά, οι ελάχιστες διαστάσεις ορθογωνικών διατομών είναι: 30x30 για τους τρεις ανώτατους ορόφους, 35x35 για τους κατώτερους, οπλισμός $\geq 12\text{cm}^2$. (βλ. Σχήμα 2.3)



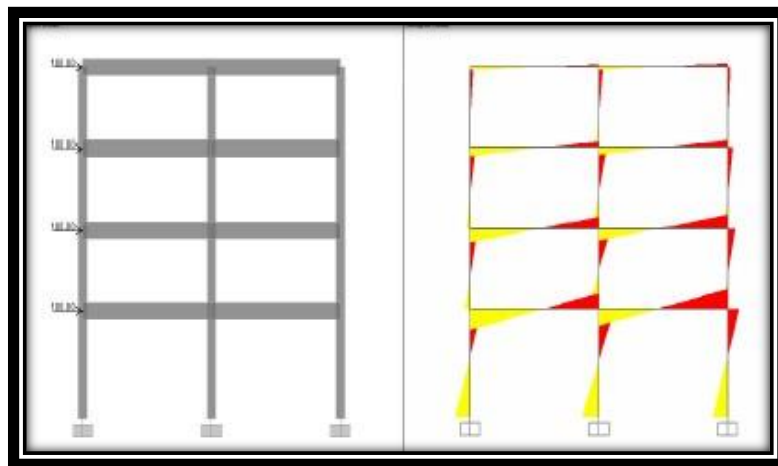
Σχήμα 2. 3: Γωνιακό υποστύλωμα

- Διαστασιολόγηση με την μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.
- Συνήθη οικοδομικά έργα με άνοιγμα οριζόντιων φορέων $\leq 6,5$ m ύψη ορόφων $\leq 5,5$ m, για σεισμικότητα I ή II και $\varepsilon \leq 0,08$ απαλλάσσονται από τον κανονικό αντισεισμικό έλεγχο, εφόσον:
 - Υπάρχουν επαρκή τοιχώματα, κατά τις 2 κύριες διευθύνσεις, κοντά στην περίμετρο, ώστε το Κέντρο Ελαστικής Στροφής κάθε ορόφου να βρίσκεται στο κεντρικό 1/3 της κάτοψης.
 - Η ολική διατομή τους ανά όροφο και διεύθυνση, σε σχέση με το εμβαδόν υπερκείμενων ορόφων είναι μεγαλύτερη:
 - του 1/500 για $\varepsilon = 0,06$ $\varepsilon = 0,08$
 - του 1/800 για $\varepsilon = 0,04$
 - Το μήκος κάθε τοιχώματος είναι τουλάχιστον:
 - 1,20 m για $\varepsilon = 0,06$ ή $\varepsilon = 0,08$
 - 1,00 m για $\varepsilon = 0,04$
- Στις επαλληλίες φορτίσεων με σεισμό, επιτρέπεται υπέρβαση τάσεων κατά 20% στο οπλισμένο σκυρόδεμα και 50% στο έδαφος.

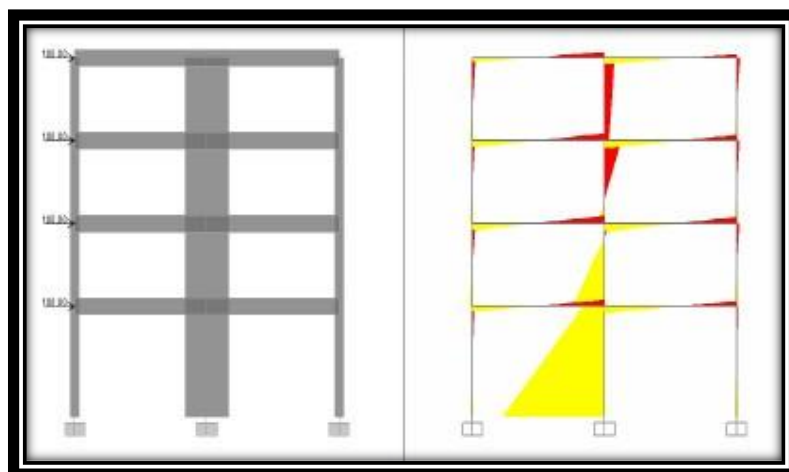
2.1.2 Ακριβής Ελληνική Μέθοδος

Όπως προαναφέρθηκε η μέθοδος αντισεισμικού υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν του Ρουσόπουλου ή αλλιώς «Ακριβής Ελληνική Μέθοδος». Γενικότερα, αποτελεί μια προσπάθεια εκτίμησης της έντασης του χωρικού προσομοιώματος του κτιρίου, για οριζόντια σεισμικά φορτία. Το Στατικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι, ψευδοχωρικό, με επίπεδα πλαίσια και τοιχώματα και ατενή

διαφράγματα στις στάθμες των πατωμάτων. Η κατανομή των σεισμικών τεμνουσών σε κάθε όροφο γίνεται ανάλογα με την πλευρική αντίσταση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων. Το θετικό για την δεδομένη εποχή είναι ότι η εφαρμογή της δεν απαιτεί επίλυση συστημάτων πολλών εξισώσεων, (η χρήση Η.Υ. δεν είναι απαραίτητη, αρκεί η χρήση λογαριθμικού κανόνα). Επιπλέον, η αρχική διατύπωση της συγκεκριμένης μέθοδος έχει βασιστεί σε μονώροφα συστήματα και παρέχει επαρκή ακρίβεια αποτελεσμάτων εφόσον δεν υπάρχουν πυρήνες τοιχωμάτων. Αντίθετα, στα πολυώροφα συστήματα επιχειρεί προσεγγιστική αντιμετώπιση του θέματος, επεκτείνοντας την θεωρία των μονώροφων μέσω "εκτίμησης" των "συντελεστών πάκτωσης λ" για κάθε κατακόρυφο μέλος. (βλ. Σχήμα 2.4 & 2.5) (Δουδούμης, 2018)



Σχήμα 2. 4: Στα πολυώροφα πλαίσια διάτμησης: ικανοποιητική εν γένει ακρίβεια αποτελεσμάτων (Δουδούμης, 2018)

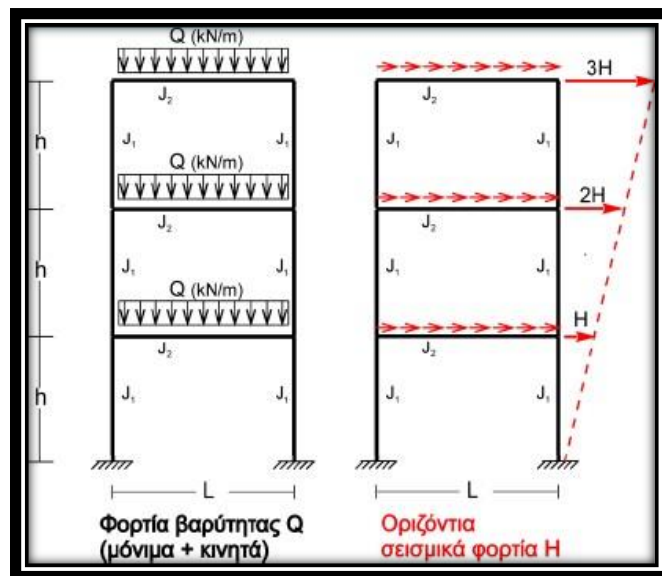


Σχήμα 2. 5: Στα πολυώροφα μικτά συστήματα πλαισίων - τοιχωμάτων: ενδεχόμενο διάπραξης πολύ σοβαρού σφάλματος (Δουδούμης, 2018)

2.2 Τροποποίηση του 1984 στον ΕΑΚ 1959

Η εσπευσμένη ανάγκη τροποποίησης του ΕΑΚ 1959, προήλθε από τραυματικές εμπειρίες από προηγούμενους σεισμούς (ΦΕΚ 239B/16-4-1984). Οι βασικές διατάξεις είναι οι εξής:

- Εισάγεται ο συντελεστής «σπουδαιότητας» κτιρίου ως πολλαπλασιαστής του σεισμικού συντελεστή ϵ_0 . Οι σπουδαιότητες των κτιρίων ήταν δύο, η Μεγάλη (Μ) και η Συνήθης (Σ).
- Στα κτίρια με περισσότερους από 3 ορόφους, η ανάλυση του φέροντος οργανισμού επιβάλλεται να γίνεται με το μοντέλο του «πολυώροφου πλαισίου».
- Επιβάλλεται η άνω τριγωνική κατανομή των οριζόντιων σεισμικών φορτίων. (Δουδούμης, 2018)



Σχήμα 2. 6: Άνω τριγωνική κατανομή σε πολυώροφο πλαίσιο (Δουδούμης, 2018)

- Επιβάλλεται έλεγχος των οριζόντιων μετακινήσεων λόγω σεισμού. Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων, απαιτείται έλεγχος. ικανοτικός έλεγχος. Σημειώνεται ότι είναι η πρώτη φορά για τα ελληνικά δεδομένα που συναντάται ο όρος του ικανοτικού ελέγχου σε μια απλουστευμένη μορφή του.
- Θεσπίζεται πληθώρα ελέγχων και κατασκευαστικών συστάσεων σε δομικά στοιχεία Ω.Σ., κόμβους πλαισίων και τοιχοπληρώσεις, για την εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας στις κρίσιμες περιοχές του Φ.Ο.. Συγκεκριμένα, γίνεται

πύκνωση συνδετήρων, σε ένα μήκος L_{cr} από τους κόμβους, των υποστυλωμάτων και των δοκών.

- Ο Κανονισμός δημιουργεί νέες υπολογιστικές ανάγκες για την στατική επίλυση των πολυώροφων πλαισίων, που συμπίπτουν με την αρχή της εξάπλωσης των προσωπικών υπολογιστών.

2.3 Στατική απλότητα

Στατική απλότητα σημαίνει ότι είναι διαθέσιμη μια σαφής και άμεση διαδρομή για τη μεταφορά των σεισμικών δυνάμεων. Οι σεισμικές δυνάμεις συσχετίζονται με τις μάζες του φορέα που τίθεται σε κίνηση λόγω της δυναμικής απόκρισής του στη σεισμική διέγερση. Σημαντικό μέρος αυτών των μαζών στα κτήρια βρίσκεται στα στοιχεία των δαπέδων, τα οποία παράγουν τις οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις και τις ασκούν στα κατακόρυφα στοιχεία. Αυτά, με τη σειρά τους, πρέπει να μεταφέρουν τις δυνάμεις στο έδαφος, στη στάθμη θεμελίωσης.

Έχοντας κατά νου ότι, ακόμη και για καλά σχεδιασμένους φορείς, ένας σεισμός μεγάλης έντασης αποτελεί πάντα ακραίο γεγονός που έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει τον φορέα στα όριά του και να αποκαλύψει όλες τις κρυφές αδυναμίες και τα ελαττώματά του, οι απλοί φορείς πλεονεκτούν επειδή η προσομοίωση, η ανάλυση, η διαστασιολόγηση, η διαμόρφωση των λεπτομερειών, και η κατασκευή τους υπόκεινται σε σημαντικά μικρότερη αβεβαιότητα και, επομένως, η σεισμική τους συμπεριφορά είναι πολύ πιο συνεπής. (Φαρδής κ.α.,2011)

2.4 Ομοιομορφία, συμμετρία και υπερστατικότητα

Η ομοιομορφία, η συμμετρία και η υπερστατικότητα είναι συγγενή χαρακτηριστικά που συνήθως συσχετίζονται με τη στατική απλότητα.

Το πλεονέκτημα της ομοιομορφίας του φορέα στο πλαίσιο του αντισεισμικού σχεδιασμού είναι ότι πρέπει να επιδιώκεται σε κάτοψη και καθ' ύψος του κτηρίου. Είναι ίσως χρήσιμη η υποδιαίρεση του κτηρίου σε πιο ομοιόμορφες δομικές μονάδες με τη χρήση σεισμικών αρμών, ώστε να επιτευχθεί η ομοιομορφία (και η συμμετρία) σε κάτοψη. Αυτές οι μονάδες συμπεριφέρονται ως δυναμικά ανεξάρτητες, αλλά πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δε θα υπάρξει πρόσκρουση μεμονωμένων μονάδων μεταξύ τους, με την παροχή κατάλληλου πλάτους αρμών.

Επιπλέον, η ομοιομορφία ενός κτηρίου σε κάτοψη πρέπει, στις περισσότερες περιπτώσεις, να συμβαδίζει με λίγο-πολύ ομοιόμορφη κατανομή μαζών των ορόφων. Αυτή η στενή σχέση μεταξύ της κατανομής των φερόντων στοιχείων και των μαζών συνήθως εξαλείφει τις μεγάλες εκκεντρότητες.

Η συμμετρική ή σχεδόν συμμετρική κατανομή των φερόντων στοιχείων σε κάτοψη αποτελεί πολύ θετικό χαρακτηριστικό για τη σεισμική απόκριση των κτιρίων, επειδή αποσυνδέει τις ιδιομορφές ταλάντωσης του κτηρίου στις δύο ανεξάρτητες οριζόντιες διευθύνσεις και, με αυτόν τον τρόπο, η απόκριση του κτιρίου στη σεισμική διέγερση είναι απλούστερη και λιγότερο επιρρεπής σε στρεπτικά φαινόμενα.

Από την άλλη πλευρά, η ομοιομορφία του κτηριακού φορέα καθ' ύψος συνήθως εξαλείφει την εμφάνιση μεγάλων διαφορών στο λόγο έντασης προς αντοχή μεταξύ των κατακόρυφων φέροντων στοιχείων. Έτσι αποφεύγεται η εμφάνιση ευαίσθητων περιοχών, όπου οι συγκεντρώσεις τάσεων ή η απαίτηση για μεγάλη πλαστιμότητα θα μπορούσαν να προκαλέσουν πρόωρη κατάρρευση. (Φαρδής κ.α.,2011)

2.5 Κανονικότητα σε κάτοψη

Η κανονικότητα σε κάτοψη επηρεάζει την επιλογή του προσομοιώματος του φορέα. Η λογική πίσω από τις σχετικές διατάξεις του πρότυπου EC8-1 είναι ότι φορείς κανονικοί σε κάτοψη συνήθως αποκρίνονται ανεξάρτητα στις κύριες διευθύνσεις κατά τη σεισμική διέγερση. Συνεπώς, στην περίπτωση σχεδιασμού κανονικών σε κάτοψη κτιρίων επιτρέπεται να αναλύονται τα κτήρια με απλοποιημένο τρόπο, με τη χρήση επίπεδων προσομοιωμάτων για κάθε κύρια διεύθυνση του φορέα.

2.5.1 Κριτήρια κανονικότητας σε κάτοψη

Ένα κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί κανονικό σε κάτοψη αν πληροί όλες τις παρακάτω συνθήκες, σε όλους τους ορόφους:

1. Η κατανομή σε κάτοψη της οριζόντιας δυσκαμψίας και της μάζας είναι κατά προσέγγιση συμμετρική ως προς δύο κάθετους μεταξύ τους οριζόντιους άξονες. Κανονικά, οι οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης ασκούνται σε αυτούς τους άξονες. Δεν απαιτείται απόλυτη συμμετρία και εναπόκειται στον μελετητή να κρίνει αν αυτή η συνθήκη ικανοποιείται ή όχι.
2. Το περίγραμμα της κάτοψης του φορέα πρέπει να έχει συμπαγή διαμόρφωση που ορίζεται από μια κυρτή πολυγωνική γραμμή. Σημασία έχει ο φορέας, όπως αυτός

ορίζεται σε κάτοψη από τα κατακόρυφα στοιχεία του, και όχι ο όροφος (μαζί με εξώστες και άλλα στοιχεία σε πρόβολο). Κάθε εισέχουσα γωνία ή εσοχή στο περίγραμμα της κάτοψης του φορέα δεν πρέπει να αφήνει μεταξύ της εσοχής και της περιβάλλουσας κυρτής πολυγωνικής καμπύλης επιφάνεια μεγαλύτερη από το 5% της επιφάνειας στο εσωτερικό του περιγράμματος. Για ορθογωνική κάτοψη με μία μόνον εσοχή ή εισέχουσα γωνία αυτό ισοδυναμεί, για παράδειγμα, με εσοχή στη μία διεύθυνση κατά 20% της παράλληλης διάστασης του ορόφου και κατά 25% στην άλλη. Αν υπάρχουν τέσσερις εσοχές ή εισέχουσες γωνίες, το κριτήριο ισοδυναμεί, για παράδειγμα, με εσοχή κατά 25% της παράλληλης διάστασης του ορόφου και στις δύο διευθύνσεις. Κατόψεις με σχήμα Γ,Π,Η,Ι ή Χ πρέπει να ικανοποιούν αυτή τη συνθήκη ώστε οι φορείς να θεωρούνται κανονικοί σε κάτοψη.

3. Πρέπει να είναι δύναμη η θεώρηση των δαπέδων ως άκαμπτων διαφραγμάτων δηλαδή, η δυσκαμψία στο επίπεδό τους να είναι αρκετά μεγάλη ώστε η παραμόρφωση του δαπέδου στο επίπεδό του λόγω σεισμικής δράσης να είναι αμελητέα σε σχέση με τις σχετικές μετακινήσεις των ορόφων, και να έχει ασήμαντη επίδραση στην κατανομή των σεισμικών τεμνουσών στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία. Συμβατικά ένα διάφραγμα ορίζεται ως άκαμπτο όταν προσομοιωθεί με την πραγματική με την πραγματική ευκαμψία στο επίπεδό του, οι οριζόντιες μετακινήσεις λόγω σεισμικής δράσης δεν υπερβαίνουν πουθενά τις μετακινήσεις προκύπτουν σύμφωνα με την παραδοχή άκαμπτου διαφράγματος περισσότερο από το 10% της αντίστοιχης απόλυτης οριζόντιας μετακίνησης. Όμως, δεν απαιτείται ούτε αναμένεται να ελέγχεται υπολογιστικά η συμμόρφωση με τον παραπάνω ορισμό. Για παράδειγμα, μια συμπαγής πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (ή επικάλυψη από επιτόπου έγχυτο σκυρόδεμα που συνδέεται με προκατασκευασμένα στοιχεία δαπέδου ή οροφής μέσω μιας καθαρής τραχείας επιφάνειας ή μέσω διατμητικών συνδέσμων) μπορεί να θεωρηθεί ως άκαμπτο διάφραγμα αν το πάχος της και ο οπλισμός (και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις) είναι αρκετά επάνω από το ελάχιστο πάχος των 70mm και τον ελάχιστο οπλισμό πλάκας κατά τον Ευρωκώδικα 2 (Εθνικά Προσδιοριζόμενη Παράμετρος που ορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα του Ευρωκώδικα 2) όπως αναφέρεται το *εδάφιο 5.10* του πρότυπου EN 1998-1 για (άκαμπτα ή μη) διαφράγματα σκυροδέματος. Για να θεωρείται άκαμπτο ένα διάφραγμα πρέπει επίσης να μη διαθέτει ανοίγματα, ειδικά σε γειτνίαση με τα κύρια κατακόρυφα φέροντα στοιχεία. Αν ο μελετητής δεν αισθάνεται σίγουρος ότι ισχύει η παραδοχή άκαμπτου διαφράγματος, λόγω μεγάλου μεγέθους των ανοιγμάτων ή

μικρού πάχους της πλάκας σκυροδέματος, μπορεί να εφαρμόσει τον προηγούμενο συμβατικό ορισμό για να ελέγξει τη δυσκαμψία του διαφράγματος.

4. Η λυγηρότητα της κάτοψης του ορόφου

$$\lambda = L_{max} / L_{min} \quad (2.2)$$

όπου L_{max} και L_{min} είναι αντίστοιχα η μέγιστη και η ελάχιστη διάσταση της κάτοψης του ορόφου που μετρώνται σε δύο οποιοσδήποτε κάθετες διευθύνσεις, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 4. Αυτό το όριο έχει σκοπό την αποφυγή καταστάσεων στις οποίες, πάρα τη δυσκαμψία του διαφράγματος στο επίπεδό του, οι λόγω σεισμικής δράσης παραμορφώσεις του διαφράγματος – που συμπεριφέρεται ως υψίκορμη δοκός σε ελάχιστες στηρίξεις – επηρεάζουν την κατανομή των σεισμικών τεμνουσών στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

5. Και στις δύο κάθετες οριζόντιες διευθύνσεις x και y , διευθύνσεις (σχεδόν) συμμετρίας σύμφωνα με την προηγούμενη συνθήκη 1, η «στατική» εκκεντρότητα e ανάμεσα στο κέντρο μάζας και το κέντρο οριζόντιας δυσκαμψίας του ορόφου δεν υπερβαίνει το 30% της αντίστοιχης ακτίνας δυστρεψίας του ορόφου r :

$$e_x \leq 0.3 r_x \quad (2.3)$$

$$e_y \leq 0.3 r_y \quad (2.4)$$

Η ακτίνα δυστρεψίας r_x στις Εξισώσεις (2.3) & (2.4) ορίζεται ως η τετραγωνικά ρίζα του λόγου (α) της στρεπτικής δυσκαμψίας του ορόφου ως προς το κέντρο οριζόντιας δυσκαμψίας προς (β) την οριζόντια δυσκαμψία του ορόφου στη διεύθυνση y (κάθετα στη x). Για την r_x χρησιμοποιείται στον παρανομαστή η οριζόντια δυσκαμψία του ορόφου στη διεύθυνση x (κάθετα στην y).

Και στις δύο κάθετες οριζόντιες διευθύνσεις x και y , διευθύνσεις (σχεδόν) συμμετρίας σύμφωνα με την προηγούμενη συνθήκη 1, η ακτίνα δυστρεψίας δεν υπερβαίνει την ακτίνα αδράνειας της μάζας του ορόφου:

$$r_x \geq I_s \quad (2.5)$$

$$r_y \geq I_s \quad (2.6)$$

Η ακτίνα αδράνειας της μάζας την πλάκας ορόφου σε κάτοψη I_s ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του λόγου (α) της πολικής ροπής αδράνεια της μάζας της πλάκας του ορόφου σε κάτοψη, ως προς το κέντρο μάζας της πλάκας του ορόφου, προς (β) της μάζας της πλάκας του ορόφου. Αν η μάζα είναι ομοιόμορφα κατανομημένη σε μια ορθογωνική επιφάνεια ορόφου με διαστάσεις l και b (που περιλαμβάνουν την επιφάνεια του ορόφου έξω από το περίγραμμα των κατακόρυφων στοιχείων του φορέα), η I_s είναι ίση με:

$$l_s = \sqrt{(l^2 + b^2)}/12 \quad (2.7)$$

Η συνθήκη 5 ότι η περίοδος της θεμελιώδους (κυρίως) μεταφορικής ιδιομορφής σε μια από τις δύο κύριες οριζόντιες διευθύνσεις x και y και δεν είναι βραχύτερη από την κατώτερη (κυρίως) στρεπτική ιδιομορφή γύρω από τον κατακόρυφο άξονα z .

6. Σε μονώροφα κτίρια το κέντρο δυσκαμψίας ορίζεται ως το κέντρο της μεταφορικής δυσκαμψίας όλων των βασικών σεισμικών μελών. Η ακτίνα δυστρεψίας r ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του λόγου της γενικής δυστρεψίας ως προς το κέντρο της μεταφορικής δυσκαμψίας, προς την γενική μεταφορική δυσκαμψία, σε μία διεύθυνση, στην οποία λαμβάνονται υπόψη όλα τα βασικά σεισμικά μέλη που δρουν στην διεύθυνση αυτή.
7. Σε πολυώροφα κτίρια είναι δυνατοί μόνο κατά προσέγγιση ορισμοί του κέντρου δυσκαμψίας και της ακτίνας δυστρεψίας. Απλουστευμένος ορισμός για την ταξινόμηση της στατικής κανονικότητας σε κάτοψη και για την κατά προσέγγιση ανάλυση των στρεπτικών αποτελεσμάτων, είναι δυνατός όταν ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:
 - a. όλα τα συστήματα ανάληψης οριζόντιων φορτίων, όπως πυρήνες, φέροντα τοιχώματα ή πλαίσια, είναι συνεχή, χωρίς διακοπή, από τα θεμέλια έως την κορυφή του κτιρίου
 - b. οι μορφές παραμόρφωσης των επιμέρους συστημάτων υπό οριζόντια φορτία δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Η συνθήκη αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιείται στις περιπτώσεις πλαισιωτών συστημάτων ή συστημάτων τοιχωμάτων. Γενικά η συνθήκη αυτή δεν ικανοποιείται σε διπλά συστήματα.
8. Σε πλαισιωτά συστήματα και σε συστήματα εύκαμπτων τοιχωμάτων στα οποία επικρατεί η παραμόρφωση σε κάμψη των στοιχείων, η θέση των κέντρων δυσκαμψίας και η ακτίνα δυστρεψίας όλων των ορόφων μπορούν να υπολογιστούν με βάση τις ροπές αδρανείας των διατομών των κατακόρυφων στοιχείων. Εάν, εκτός των καμπτικών, είναι επίσης σημαντικές οι διατμητικές παραμορφώσεις, οι τελευταίες μπορούν να ληφθούν υπόψη με τη χρήση ισοδύναμης ροπής αδρανείας της διατομής.

2.5.2 Επιπτώσεις κανονικότητας σε κάτοψη στο συντελεστή συμπεριφοράς q

Στα περισσότερα είδη φορέων η υπεραντοχή λόγω υπερστατικότητας του φορέα περιλαμβάνεται ρητά στην τιμή του q , λόγος α_u/α_1 . Πρόκειται για το λόγο της σεισμικής δράσης που προκαλεί ανάπτυξη ενός πλήρους πλαστικού μηχανισμού α_u , προς τη σεισμική δράση που προκαλεί τη πρώτη πλαστική άρθρωση του φορέα α_1 . Η τιμή της α_1 μπορεί να υπολογιστεί ως η χαμηλότερη τιμή, για όλα τα άκρα των μελών του φορέα, του λόγου $(S_{Rd} - S_v)/S_E$, όπου S_{Rd} είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής για το εντατικό μέγεθος στη θέση της πρώτης πλαστικής άρθρωσης, και S_E και S_v είναι αντίστοιχα οι τιμές του εντατικού μεγέθους στην ίδια θέση, που προκύπτουν από την ανάλυση για την σεισμική δράση σχεδιασμού και για τα φορτία βαρύτητας που περιλαμβάνονται στον συνδυασμό δράσεων για την «σεισμική κατάσταση σχεδιασμού». Η τιμή της α_u μπορεί να υπολογιστεί ως ο λόγος της τέμνουσας βάσης κατά τον σχεδιασμό. Επειδή ο μελετητής ενδέχεται να θεωρήσει ότι δεν αξίζει τον κόπο να πραγματοποιήσει επαναλήψεις μη γραμμικών στατικών αναλύσεων και ελαστικού σχεδιασμού με μοναδικό σκοπό τον υπολογισμό του λόγου α_u/α_1 για τον προσδιορισμό του συντελεστή q , ο EC8-1 παρέχει προεπιλεγμένες τιμές λόγου α_u/α_1 .

Για κανονικά σε κάτοψη κτήρια, οι προεπιλεγμένες τιμές μεταβάλλονται από $\alpha_u/\alpha_1=1,0$ για κτήρια με πολύ μικρή υπερστατικότητα, $\alpha_u/\alpha_1=1,3$ για πολώροφα πλαίσια πολλών ανοιγμάτων. Η προεπιλεγμένη τιμή $\alpha_u/\alpha_1=1,2$ για τους αρκετά συνήθεις δυαδικούς φορείς οπλισμένου σκυροδέματος (ισοδύναμους με πλαίσια ή τοιχώματα), για φορείς με συζευγμένα τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος και χαλύβδινα ή σύμμικτα πλαίσια με έκκεντρους συνδέσμους.

Για μη κανονικά σε κάτοψη κτήρια, η προεπιλεγμένη τιμή του α_u/α_1 είναι ο μέσος όρος των (α) 1,0 και (β) της προεπιλεγμένης τιμής για κανονικά κτήρια. Για τις προεπιλεγμένες τιμές $\alpha_u/\alpha_1=1,2-1,3$ που ορίστηκαν για τους συνήθεις φορείς στην περίπτωση κανονικότητας σε κάτοψη, η μείωση του προεπιλεγμένου συντελεστή q είναι περίπου 10%. Αν ο μελετητής θεωρεί αυτή τη μείωση υπερβολική, μπορεί να αποφύγει σε επαναλήψεις μη γραμμικών στατικών αναλύσεων και σχεδιασμού βασισμένου σε ελαστική ανάλυση ώστε να ποσοτικοποιήσει μια υψηλότερη πιθανόν τιμή του α_u/α_1 για τον μη κανονικό φορέα.

Η πλήρωση ή όχι των εξισώσεων (2.5) & (2.6) επηρεάζει σημαντικά την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν σε οποιαδήποτε όροφο δεν ικανοποιείται μία ή και οι δύο συνθήκες των εξισώσεων (2.5) & (2.6) (δηλαδή, αν η ακτίνα αδράνειας της μάζας του ορόφου υπερβαίνει την ακτίνα δυστρεψίας σε μια ή και στις δύο κύριες διευθύνσεις της κάτοψης του κτηρίου), ο φορέας χαρακτηρίζεται ως στρεπτικά εύκαμπτος και η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς q (δηλαδή πριν από οποιαδήποτε μείωση λόγω ενδεχόμενης μη κανονικότητας καθ' ύψος) μειώνεται στην τιμή $q_0=3$ για Κατηγορία Υψηλής Πλαστιμότητας. Καθώς η μη πλήρωση των εξισώσεων (2.5) & (2.6) οφείλεται κυρίως στη παρουσία δύσκαμπτων στοιχείων σκυροδέματος, όπως τοιχώματα ή πυρήνες, κοντά στο κέντρο της κάτοψης του κτηρίου. Ο EC8-1 υιοθετεί την ίδια μείωση της βασικής τιμής του συντελεστή q των κτιρίων από χάλυβα που χρησιμοποιούν τέτοια τοιχώματα ή πυρήνες για τη σεισμική τους αντίσταση (ή για ένα μέρος της). (Φαρδής κ.α., 2011)

2.6 Κανονικότητα σε όψη

2.6.1 Κριτήρια κανονικότητας σε όψη

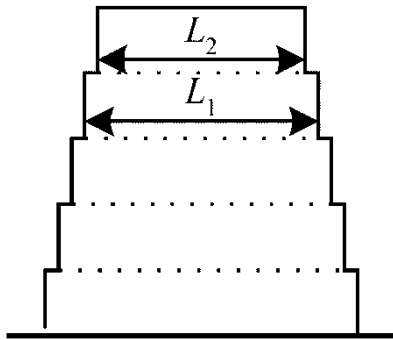
Ένα κτίριο χαρακτηρίζεται κανονικό καθ' ύψος αν πληροί όλες τις παρακάτω συνθήκες:

1. Όλα τα συστήματα ανάληψης οριζοντίων φορτίων, όπως πυρήνες, φέροντα τοιχώματα ή πλαίσια, θα είναι συνεχή χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτιρίου, ή, εάν υπάρχουν ζώνες εσοχών με διαφορετικά ύψη, έως την άνω επιφάνεια της σχετικής ζώνης του κτιρίου.
2. Η μεταφορική δυσκαμψία και η μάζα των επιμέρους ορόφων θα παραμένουν σταθερές ή θα μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες αλλαγές, από τη βάση προς την κορυφή ενός κτιρίου.
3. Σε πλαισιακά κτήρια δεν πρέπει να εμφανίζονται απότομες μεταβολές της υπεραντοχής των μεμονωμένων ορόφων (μαζί με την συμβολή των τοιχοπληρώσεων στη διατμητική αντοχή του ορόφου) ως προς τη τέμνουσα σχεδιασμού του ορόφου. Η διατμητική αντοχή σχεδιασμού του ορόφου μπορεί να υπολογιστεί ως το άθροισμα, για όλα τα κατακόρυφα στοιχεία, του λόγου της ροπής αντοχής στη βάση του ορόφου προς το αντίστοιχο διατρητικό άνοιγμα (το ήμισυ του καθαρού ύψους του ορόφου για υποστυλώματα ή το ήμισυ της απόστασης της βάσης του ορόφου από την κορυφή του κτηρίου για τα τοιχώματα),

συν το άθροισμα των διατμητικών αντοχών των τοιχοπληρώσεων (περίπου ίσο με το ελάχιστο εμβαδόν οριζόντιας διατομής της τοιχοπληρώσεως επί τη διατμητική αντοχή των αρμών).

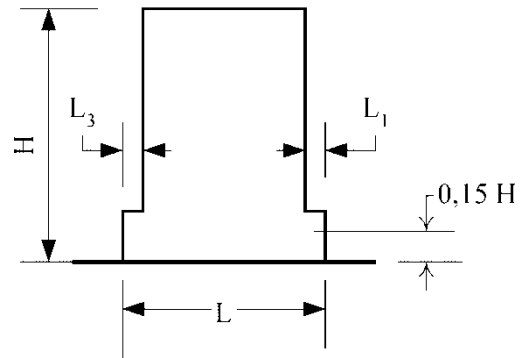
4. Όταν υπάρχουν εσοχές, ισχύουν οι ακόλουθες πρόσθετες συνθήκες:
 - a. για βαθμιδωτές εσοχές που διατηρούν την αξονική συμμετρία του φορέα, η εσοχή σε οποιονδήποτε όροφο δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 20% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη στην διεύθυνση της εσοχής (Σχήμα 2.7.a και Σχήμα 2.7.b)
 - b. για μια μεμονωμένη εσοχή μέσα σε ύψος μικρότερο από 15% του συνολικού ύψους του κύριου στατικού συστήματος, η εσοχή δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 50% της προηγούμενης διάστασης σε κάτοψη (Σχήμα 2.7.c). Σε τέτοια περίπτωση το κάτω μέρος του φορέα που περιλαμβάνεται μέσα στην κατακόρυφη προβολή της περιμέτρου των ανώτερων ορόφων πρέπει να μελετηθεί ώστε να αναλαμβάνει τουλάχιστον 75% των οριζόντιων τεμνουσών δυνάμεων που θα αναπτύσσονταν στην ίδια ζώνη σε παρόμοιο κτίριο χωρίς τη διεύρυνση του κάτω μέρους
 - c. εάν οι εσοχές δεν διατηρούν τη συμμετρία του φορέα, το άθροισμα των εσοχών όλων των ορόφων σε κάθε όψη δεν θα είναι μεγαλύτερο από το 30% της διάστασης της κάτοψης στο ισόγειο επάνω από την θεμελίωση ή επάνω από την άνω επιφάνεια άκαμπτου υπογείου, και κάθε επιμέρους εσοχή δεν θα είναι μεγαλύτερη από το 10% της προηγούμενης διάστασης κάτοψης (Σχήμα 2.7.d).

(a)



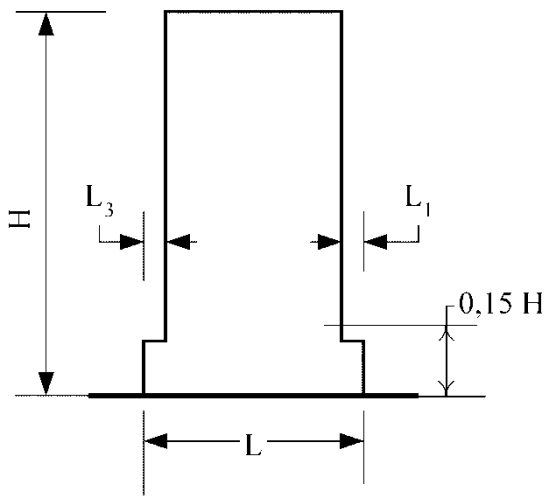
Κριτήριο για (a): $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,20$

(b) (εσοχή πάνω από 0,15H)



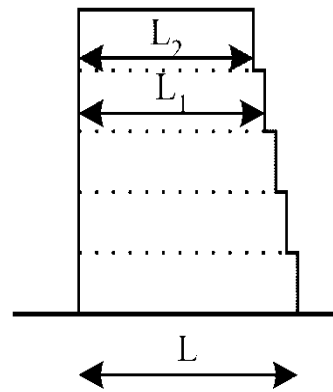
Κριτήριο για (b): $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,20$

(c) (εσοχή κάτω από 0,15H)



Κριτήριο για (c): $\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0,50$

d)



Κριτήρια για (d): $\frac{L - L_2}{L} \leq 0,30$

$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,10$

Σχήμα 2. 7: Κριτήρια για κανονικότητα καθ' ύψος

2.6.2 Επιπτώσεις κανονικότητας σε όψη στο συντελεστή συμπεριφοράς q

Σε περίπτωση μη κανονικότητας καθ' ύψος, τίθεται υπό αμφισβήτηση η ομοιόμορφη κατανομή των ανελαστικών παραμορφώσεων σε όλο το ύψος του κτηρίου που επιχειρείται μέσω:

- ικανοτικού σχεδιασμού των υποστυλωμάτων σε κάμψη στο πλαίσιο παραλαβής ροπών, ώστε να είναι ισχυρότερα από τις δοκούς
- ενθάρρυνσης της χρήσης τοιχωμάτων σκυροδέματος και της υπερδιαστασιολόγησής τους σε κάμψη και διάτμηση επάνω από τη βάση, ώστε να παραμένουν ελαστικά επάνω από τη βάση
- ικανοτικού σχεδιασμού όλων των μελών σε χαλύβδινα ή σύμμικτα πλαίσια με συνδέσμους που δεν προορίζονται για απορρόφηση ενέργειας, ώστε να παραμένουν ελαστικά, κτλ.

Είναι πιθανό να υπάρχει τοπική συγκέντρωση ανελαστικότητας στις στάθμες όπου παρατηρείται η μη κανονικότητα (π.χ. σε μια μεγάλη εσοχή, σε μια θέση όπου διακόπτεται κατακόρυφα το σύστημα το οποίο αναλαμβάνει τις οριζόντιες δυνάμεις, σε μια θέση όπου ένας όροφος έχει μάζα, οριζόντια δυσκαμψία, ή υπεραντοχή μεγαλύτερη από τον υποκείμενο, κτλ.) πέρα από τις προβλέψεις της (ελαστικής) ιδιομορφικής ανάλυσης φάσματος απόκρισης.

Αυτή η συγκέντρωση θα αυξήσει τοπικά την απαιτούμενη παραμόρφωση στις περιοχές απορρόφησης ενέργειας, επάνω από τη μέση τιμή για το κτίριο, η οποία αντιστοιχεί στην τιμή του συντελεστή q που χρησιμοποιήθηκε στον σχεδιασμό. Αντί να επιβάλλεται αυστηρότερη διαμόρφωση των λεπτομερειών στις περιοχές που ενδέχεται να επηρεαστούν από τη μη κανονικότητα, για να αυξηθεί η ικανότητα πλαστιμότητάς τους και να συμμορφώνονται με τις αυξημένες απαιτήσεις τοπικής πλαστιμότητας μειώνεται κατά 20% η τιμή του συντελεστή q που χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό με βάση τις δυνάμεις, χωρίς να χαλαρώνουν οι απαιτήσεις διαμόρφωσης των λεπτομερειών πουθενά στον φορέα.

Η προκύπτουσα κατά 25% αύξηση της έντασης για τη διαστασιολόγηση έχει σκοπό να μειώσει τις τοπικά αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, κοντά στις θέσεις όπου εμφανίζεται η μη κανονικότητα, στα επίπεδα της οριακής πλαστιμότητάς τους. Ανεξάρτητα του πόσο ικανοποιητικά επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος, η κατά 25% αύξηση

της έντασης για ολόκληρο τον φορέα αποτελεί σίγουρα ένα ισχυρό αντικίνητρο για την επιλογή ενός μη κανονικού καθ' ύψος φορέα. (Φαρδής κ.α.,2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

3.1 Σκοπός & Πεδίο εφαρμογής

Με βάση τα όσα προαναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η αποτίμηση μιας κατασκευής μπορεί να γίνει είτε με τον ΚΑΝ. ΕΠΕ είτε με τον EC8-3 (Ευρωκώδικας 8-Μέρος 3). Ιδιαίτερα, ο Κανονισμός του ΚΑΝ. ΕΠΕ. καθορίζει κάποια κριτήρια για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφισταμένων δομημάτων και κανόνων εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους, καθώς και για τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις.

Συγκεκριμένα, οι διατάξεις υποχρεωτικής εφαρμογής του κανονισμού καθορίζουν (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §1.1.3):

- Τα κριτήρια αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας υφισταμένου δομήματος.
- Τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας ανασχεδιασμένων δομημάτων ή μελών τους.
- Τον καθορισμό των τρόπων με τους οποίους μπορεί να γίνει επέμβαση.
- Τη συσχέτιση του Κανονισμού αυτού με άλλους Κανονισμούς (υλικών, φορτίσεων κ.λπ.).

Γενικότερα το πεδίο εφαρμογής του κανονισμού αφορά την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό υφισταμένων δομημάτων ή μελών τους. Βασικές αρχές και κριτήρια του Κανονισμού, όπως π.χ. οι στάθμες επιτελεστικότητας και οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού, οι στάθμες αξιοπιστίας των δεδομένων (και η επιρροή τους), οι προβλέψεις για τον καθολικό δείκτη συμπεριφοράς q , ή τους δείκτες μελών m κ.λπ., μπορούν να εφαρμόζονται και για κτίρια με φέροντα οργανισμό από άλλα υλικά. Έργα «υψηλής διακινδύνευσης» για τον πληθυσμό δεν καλύπτονται από τον Κανονισμό αυτόν. Ο Κανονισμός δεν καλύπτει τα έργα «υψηλής διακινδύνευσης», δηλαδή αυτά των οποίων ενδεχόμενη βλάβη μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες σε μεγάλη έκταση έξω από την περιοχή του έργου (π.χ. φράγματα ή θαλάσσια έργα). (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §1.2.1)

- *Ο Κανονισμός καλύπτει τους ελέγχους υφιστάμενων δομημάτων χωρίς εμφανείς βλάβες ή φθορές, όπως επίσης και τον ενδεχόμενο αντισεισμικό ανασχεδιασμό των δομημάτων αυτών. Αντίθετα καλύπτει επίσης και τον έλεγχο ,την επισκευή ή ενίσχυση και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων που έχουν υποστεί βλάβες. Όμως αξιόπιστα κριτήρια ανασχεδιασμού δίνονται μόνο για τις συνηθέστερες από αυτές. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §1.2.2 & § 1.2.3)*

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η χρήση ενός δομήματος έναντι συνδυασμών δράσεων στις οποίες περιλαμβάνονται τυχηματικές δράσεις, όπως ο σεισμός, γίνεται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ικανοποίηση, εν όλω ή εν μέρει, των ακολούθων απαιτήσεων, αναλόγως της στάθμης επιτελεστικότητας:

- Η πιθανότητα κατάρρευσης του δομήματος (ή τμημάτων του) να είναι επαρκώς μικρή
- Οι βλάβες σε στοιχεία του φέροντος οργανισμού υπό τη δράση σχεδιασμού να είναι περιορισμένες και επιδιορθώσιμες
- Οι βλάβες για δράσεις μικρότερης έντασης να ελαχιστοποιούνται, και
- Να διασφαλίζεται μια ελάχιστη στάθμη λειτουργιών του δομήματος, ανάλογα με τη χρήση και τη σημασία του.

Τα υφιστάμενα δομήματα:

- Αντικατοπτρίζουν τον βαθμό γνώσεων κατά το χρονικό διάστημα που μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν
- Πιθανώς εμπεριέχουν αφανή σφάλματα, ενώ
- Ενδέχεται να έχουν υποστεί άγνωστες καταπονήσεις και επιδράσεις.

(ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §1.3.1)

3.2 Αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων

Γενικά η αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων ακολουθεί 3 βήματα τα οποία είναι:

1. Συλλογή στοιχείων (έρευνα του ιστορικού του δομήματος)
2. Ανάλυση, και
3. Έλεγχος οριακών καταστάσεων

Σκοπός της αποτίμησης ενός υφιστάμενου δομήματος είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας και ύστερα η τήρηση των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες κανονισμούς. Η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας προκύπτει από στοιχεία που προκύπτουν από την

έρευνα του ιστορικού του δομήματος. Η έρευνα αυτή γίνεται από τον Μηχανικό καθώς και η σειρά των διερευνητικών εργασιών που θα υλοποιηθούν ώστε να προκύψουν οι παραδοχές της αποτίμησης. Η διαδικασία της αποτίμησης διακλαδίζεται σε δύο περιπτώσεις, στην ύπαρξη βλαβών και στη μη ύπαρξη βλαβών. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν βλάβες, το αποτέλεσμα της αποτίμησης, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, θα οδηγήσει στην απόφαση για ενίσχυση ή όχι του δομήματος. Στην περίπτωση που ήδη υπάρχουν βλάβες, η διαδικασία αποτίμησης έχει δύο σκέλη:

- Αποτιμάται πρώτα το δόμημα ως έχει, με συνεκτίμηση των βλαβών. Ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, το αποτέλεσμα της αποτίμησης θα οδηγήσει στην απόφαση για επέμβαση (επισκευή ή/και ενίσχυση) ή όχι.
- Σε περίπτωση που απαιτείται επέμβαση, αποτιμάται το δόμημα στην προ των βλαβών κατάσταση, δηλαδή με την παραδοχή ότι απλώς θα αποκατασταθούν (επισκευασθούν) οι βλάβες. Ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ανασχεδιασμού, το αποτέλεσμα της αποτίμησης αυτής θα οδηγήσει στην απόφαση για απλή μόνον επισκευή ή για επισκευή και ενίσχυση.

Οι αρχές αποτίμησης βασίζονται στη ιδιότητα το φέροντα οργανισμού και στην ικανότητά του να φέρει μόνο κατακόρυφα ή και σεισμικά φορτία. Στη πρώτη περίπτωση ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη μόνον κατακόρυφων φορτίων, η αποτίμησή του μπορεί να γίνεται με βάση απλές, πάντως συντηρητικές, μεθόδους. Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη τόσο κατακόρυφων όσο και σεισμικών φορτίων, πρέπει να γίνεται αποτίμησή του με βάση πιο αναλυτικές και σίγουρες μεθόδους.

Μία ακόμη σημαντική παράμετρος που θα αναλυθεί είναι η συνεκτίμηση των τοιχοποιιών πλήρωσης. Συγκεκριμένα :

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

- Οι τοιχοποιίες πλήρωσης συνεκτιμώνται υποχρεωτικώς στην ανάληψη σεισμικών δράσεων, όταν αυτό συνεπάγεται δυσμενή αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό σε γενικό ή τοπικό επίπεδο.
- Ο παρών Κανονισμός δεν αναφέρεται σε φέρουσες τοιχοποιίες που έχουν κατασκευαστεί ταυτόχρονα με τον σκελετό.

(ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §2.1.4.2)

3.3 Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Σε αυτό το υποκεφάλαιο του ΚΑΝ. ΕΠΕ. Όταν γίνεται αναφορά του όρου «φέρων οργανισμός», εννοείται το δομικό μέλος που έχει την ικανότητα να φέρει κατακόρυφα φορτία. Αντίθετα όταν γίνεται αναφορά σε «μη-φέρων οργανισμό» αντιστοιχεί σε σύστημα που δεν έχει την δυνατότητα να φέρει κατακόρυφα φορτία. Οι όροι «κύρια» και «δευτερεύοντα» φέροντα στοιχεία δεν υφίστανται σε αυτό το εδάφιο του Κανονισμού.

Οι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού διαφέρουν και η Δημόσια Αρχή μπορεί να ορίσει τα κριτήρια ελέγχου ικανοποίησης των αντίστοιχων στόχων. Ο κύριος του έργου επιλέγει το στόχο επανελέγχου ο οποίος δε μπορεί να είναι χαμηλότερος από εκείνον που έχει ορίσει η Δημόσια Αρχή. Γενικότερα, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για το καθορισμό του στόχου είναι τα εξής:

- Για την εξυπηρέτηση ευρύτερων κοινωνικό - 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).
- Στον παρόντα Κανονισμό προβλέπονται στόχοι επανελέγχου αναφερόμενοι αποκλειστικά και μόνον στον φέροντα οργανισμό και στις τοιχοπληρώσεις. Η σχετική πρόβλεψη του EC8-3 (§ 2.1(2)) υπηρετείται με τον ακόλουθο Πίνακα 3.1. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §2.2.1)

Πίνακας 3.1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Γίνεται γενικώς δεκτή μια 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 B1 κατά τον Πιν. 2.1. 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.

Όσον αφορά τις *στάθμες επιτελεστικότητας* που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα, ορίζονται συναρτήσει του βαθμού βλάβης ως εξής (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §2.2.2):

- a) **«Περιορισμένες βλάβες» (A)** : Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες.
- b) **«Σημαντικές βλάβες» (B)**: Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμικούς μέτριας έντασης.
- c) **«Οιονεί κατάρρευση» (Γ)**: Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων

οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία (κατά, και για ένα διάστημα μετά, τον σεισμό), χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης.

3.4 Ορισμοί & φιλοσοφία λήψης αποφάσεων για επέμβαση

Αρχικά δίνονται ορισμένοι ορισμοί οι οποίοι πολλές φορές δυσκολεύουν τους αναγνώστες να τους διακρίνουν μεταξύ τους. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §2.3.1):

- **Επέμβαση** νοείται οποιαδήποτε εργασία που έχει ως αποτέλεσμα την στοχευόμενη μεταβολή των υφισταμένων μηχανικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου ή δομήματος και έχει, ως συνέπεια, την τροποποίηση της απόκρισής του.
- **Επισκευή** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα που έχει βλάβες από οποιαδήποτε αιτία, η οποία αποκαθιστά τα προ της βλάβης μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του δομήματος και το επαναφέρει στην αρχική του φέρουσα ικανότητα.
- **Ενίσχυση** νοείται η διαδικασία επέμβασης σε ένα δόμημα με ή χωρίς βλάβες, η οποία αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα ή πλαστιμότητα του στοιχείου ή φορέα σε στάθμη υψηλότερη από αυτήν του αρχικού σχεδιασμού.

Αφού προηγηθεί η αποτίμηση του υφιστάμενου κτηρίου, ο Μηχανικός καλείται να λάβει μια απόφαση ως προς τον δομητικό τύπο επέμβασης. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση αυτή είναι, αρχικά, το κόστος όσο το αρχικό όσο και το μελλοντικό (δηλ. τα έξοδα συντήρησης και οι πιθανές μελλοντικές φθορές ή βλάβες), σε σχέση με τη σπουδαιότητα και την ηλικία του υπόψη κτιρίου, διαθεσιμότητας των απαιτούμενων μέσων, η χρήση του κτιρίου κτλ.

Με λίγα λόγια η επιλογή του τύπου επέμβασης έχει ως βασική μέριμνα την μέγιστη ικανότητα κατανάλωσης σεισμικής ενέργειας (πλαστιμότητα) μετά την επέμβαση. Παράλληλα όμως πρέπει να εξυπηρετούνται οι κοινωνικές ανάγκες, αλλά και να επιτυγχάνεται το ελάχιστο δυνατό κόστος.

3.5 Ανασχεδιασμός

Έχοντας υλοποιήσει την αποτίμηση και εφόσον έχει παρθεί η απόφαση περί δομικού τύπου επέμβασης, λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω, το επόμενο στάδιο είναι ο ανασχεδιασμός. Ο ανασχεδιασμός των υφιστάμενων κατασκευών αποτελείται από τα εξής βήματα:

- Σύλληψη και προκαταρκτικός σχεδιασμός
- Ανάλυση, και
- Έλεγχος οριακών καταστάσεων

Γενικότερα, καταστρώνεται μια στρατηγική επέμβασης και επιλέγονται οι τύποι των επεμβάσεων και η έκτασή τους. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή αυτή θα αιτιολογείται (σε σύγκριση με άλλες ενδεχόμενες δυνατότητες), θα περιγράφεται δε ποιοτικώς και η αναμενόμενη συμπεριφορά του κτιρίου μετά την επέμβαση. Προεκτιμούνται οι διαστάσεις και οι αντοχές των προστιθεμένων υλικών, καθώς και οι τροποποιημένες δυσκαμψίες των δομικών στοιχείων στα οποία γίνεται η επέμβαση. Προεκτιμάται η κατηγορία πλαστιμότητας στην οποία θα εμπίπτει το δόμημα μετά την επέμβαση ή (στην περίπτωση εφαρμογής στατικής ανελαστικής ανάλυσης) προεκτιμάτε η τάξη μεγέθους της στοχευόμενης μετακίνησης ή των ανεκτών γωνιών στροφής του συνόλου των δομικών στοιχείων μετά την επέμβαση. Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι για αποτίμηση ή ανασχεδιασμό δίνονται στον ΚΑΝΕΠΕ σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §2.4.1 & §2.4.2):

Πίνακας 3.2: Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι για αποτίμηση ή ανασχεδιασμό

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει $A1 > A2$, $B1 > B2$, $\Gamma1 > \Gamma2$, $A1 > B1 > \Gamma1$ και $A2 > B2 > \Gamma2$

3.5.1 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.

- a) **Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση** με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς ή πλαστιμότητας, ανεξαρτήτως στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- b) **Ελαστική δυναμική ανάλυση** με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες, ανεξαρτήτως στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- c) **Ανελαστική στατική ανάλυση.** Στην περίπτωση αυτή συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- d) **Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση προϊστορίας).** Στην περίπτωση αυτή συνιστάται και πάλι η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- e) Σε ειδικές περιπτώσεις, μόνον για την αποτίμηση υφισταμένων κτιρίων, επιτρέπεται να γίνεται προσεγγιστική αναλυτική εκτίμηση της έντασης, χωρίς λεπτομερή ανάλυση προσομοιώματος του συνόλου του κτιρίου.
- f) Εκτός από τις παραπάνω αναλυτικές μεθόδους, μόνον για την αποτίμηση υφισταμένων κτιρίων, σε ειδικές περιπτώσεις και για συγκεκριμένους σκοπούς, είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εμπειρικές μέθοδοι. (KAN.ΕΠΕ. 2017, §2.4.3.3)

3.5.2 Κύρια (ή πρωτεύοντα) και δευτερεύοντα στοιχεία

Οι επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού ενός κτιρίου, καθώς και τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία (μέλη) που επηρεάζουν τη δυσκαμψία και την κατανομή της έντασης στο κτίριο, ή που φορτίζονται λόγω των πλευρικών μετακινήσεων του κτιρίου, μπορεί κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό να διακρίνονται σε «κύρια» (ή «πρωτεύοντα») και «δευτερεύοντα». Ως κύρια εν γένει θα χαρακτηρίζονται τα στοιχεία ή οι επιμέρους φορείς που συμβάλλουν στην αντοχή και ευστάθεια του κτιρίου υπό σεισμικά φορτία. Τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία ή επιμέρους φορείς θα χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα. (KAN.ΕΠΕ. 2017, §2.4.3.4)

3.6 Διερεύνηση, τεκμηρίωση φέροντος οργανισμού υφιστάμενου δομήματος

Γενικά, πριν από οποιαδήποτε μελέτη ή επέμβαση, καταγράφονται οι βλάβες και οι φθορές ανεξαρτήτως του αν οφείλονται σε σεισμό ή άλλες δράσεις (πχ πυρκαγιά, δράσεις περιβάλλοντος κτλ). Απαιτείται επίσης, η διερεύνηση και τεκμηρίωση του υφιστάμενου δομήματος ώστε να καταστούν όσο γίνεται πιο αξιόπιστα δεδομένα στα οποία θα στηριχθεί η μελέτη αποτίμησης ή ανασχεδιασμού. Η επιζητούμενη κάθε φορά στάθμη αξιοπιστίας των πιο πάνω δεδομένων, εξαρτάται από σειρά παραγόντων, και επηρεάζει

τους υπολογισμούς των δράσεων και των αντιστάσεων. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής:

- Αποτύπωση του δομήματος και της κατάστασής του.
- Σύνταξη του ιστορικού της κατασκευής και συντήρησής του.
- Καταγραφή των τυχόν βλαβών ή φθορών.
- Εκτέλεση επιτόπου διερευνητικών εργασιών και μετρήσεων.

Η αξιοπιστία των δεδομένων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.1):

- Διαθεσιμότητα εγκεκριμένης μελέτης .
- Χρονική περίοδος κατασκευής δομήματος .
- Επάρκεια διερεύνησης ποιότητας υλικών και τρόπου δομήσεως .
- Λεπτομέρειες οπλίσεως, αγκυρώσεων και αναμονών .
- Τρόπος κατασκευής, κατάσταση και χαρακτηριστικά των τοιχοπληρώσεων .
- Δυσκολίες στην εκτίμηση των πραγματικών επιτόπου χαρακτηριστικών των υλικών.

Για την εκτίμηση της κατάστασης υφιστάμενου δομήματος, θα συλλέγονται δεδομένα από διαθέσιμα δημόσια ή ιδιωτικά αρχεία, από σχετικές υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες και από επιτόπου διερευνήσεις και ελέγχους.

3.6.1 Αποτύπωση φέροντος οργανισμού

Η αποτύπωση του φέροντος οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με την αρχιτεκτονική αποτύπωση, τα σχέδια της οποίας χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρο. Ειδιάλλως, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης των ξυλοτύπων της υπάρχουσας άδειας, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν εφαρμοστεί και στη πράξη. Διαφορετικά, ο μηχανικός προχωρά σε αποτύπωση του φέροντος οργανισμού. Διερευνητικές τομές απαιτούνται για την αποτύπωση των αφανών στοιχείων. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.2)

3.6.2 Ιστορικό

Για το ιστορικό του δομήματος συλλέγονται ορισμένες πληροφορίες που αφορούν (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.3):

- Τις φάσεις κατασκευής
- Μεταγενέστερες επεμβάσεις ή αλλαγές χρήσης, φορτίων κ.λπ.

- Εμφάνιση βλαβών ή φθορών κατά το παρελθόν, και τρόπος αποκατάστασής τους
- Έκτακτες δράσεις (σεισμοί, πυρκαγιά, πρόσκρουση, κατασκευή μεγάλου γειτονικού έργου κ.λπ.).

Αναλυτικότερα οι πληροφορίες αυτές μας γίνουν δεδομένα για (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.3):

- Την ημερομηνία κατασκευής, τον Κανονισμό μελέτης που ίσχυε και εφαρμόστηκε, την εκτίμηση της παραμένουσας οικονομικής αξίας του κτιρίου, καθώς και πληροφορίες από τον φάκελο ποιοτικού ελέγχου (εάν υπάρχει) κατά την κατασκευή.
- Αξιολόγηση των τευχών του φακέλου της υφιστάμενης μελέτης, η οποία περιλαμβάνει εξέταση των κατασκευαστικών σχεδίων και των υπολογισμών.
- Συλλογή πληροφοριών όσον αφορά την προηγούμενη κατάσταση του κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων των ενδεχόμενων προηγούμενων εργασιών επισκευής ή ενίσχυσης, τη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια προηγούμενων σεισμών, τις προϋπάρχουσες βλάβες ή φθορές, καθώς και πληροφορίες από εκσκαφές που έχουν πραγματοποιηθεί σε μικρή απόσταση, κ.λπ.

Η συμπεριφορά σε προγενέστερους σεισμούς αποτελεί πολύ σημαντική πληροφορία καθώς είναι μια φυσική δοκιμή της κατασκευής, αλλά μας δίνει τη δυνατότητα να εξάγουμε συγκριτικά αποτελέσματα σε σχέση με κτήρια της ίδιας περιοχής. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να βοηθήσουν σημαντικά τη βαθμονόμηση των μεθόδων αξιολόγησης, καθώς και τη λήψη αποφάσεων.

3.6.3 Καταγραφή βλαβών

Γενικά, Με τον όρο «βλάβη», νοείται κάθε αλλοίωση ή απομείωση της γεωμετρίας ή των μηχανικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού ή των τοιχοπληρώσεων. Στις βλάβες, συμπεριλαμβάνονται γενικώς και οι φθορές, π.χ. λόγω φυσικοχημικών δράσεων. Πιο αναλυτικά, ως βλάβες νοούνται (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.4):

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

Η ένταση και έκταση των βλαβών, αλλά και των κακοτεχνιών, συνδέονται άμεσα με την απομένουσα φέρουσα ικανότητα και τα διαθέσιμα περιθώρια ασφαλείας ή

πλαστιμότητας των βλαβέντων δομικών στοιχείων και του δομήματος ως συνόλου. Ανάλογα με την ένταση και έκταση των βλαβών εξετάζεται η ανάγκη λήψεως άμεσων μέτρων επέμβασης.

3.6.4 Διερευνητικές εργασίες

Οι διερευνητικές εργασίες αποτελούν πολύτιμο εργαλείο στα χέρια του μελετητή Μηχανικού τόσο για την διασταύρωση των δεδομένων με τα οποία θα δουλέψει όσο και για την τεκμηρίωση και αιτιολόγηση των παραδοχών που θα χρησιμοποιήσει. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν στη συγκέντρωση στοιχείων που είναι χρήσιμα για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου. Ανάλογα με το είδος του εξεταζόμενου στοιχείου διακρίνονται διάφορα τμήματα της διερεύνησης (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.5.1):

- Αποτύπωση αφανών στοιχείων.
- Χαρακτηριστικά των υλικών και του τρόπου δόμησης.
- Έδαφος θεμελίωσης.
- Άλλοι παράγοντες.

Ο μελετητής Μηχανικός συντάσσει το πρόγραμμα των διερευνητικών εργασιών, οι οποίες εκτελούνται από αναγνωρισμένα προς τούτο Εργαστήρια. Για την επιλογή του πλήθους και των θέσεων δειγματοληψίας πρέπει να εφαρμοστούν κριτήρια όπως:

- Η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων ή των θέσεων, και
- Οι τοπικές βλάβες και οι κακοτεχνίες του φέροντος οργανισμού που ενδεχομένως έχουν παρατηρηθεί, ενώ
- Ο καθορισμός του ελάχιστου πλήθους δοκιμών πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να είναι δυνατή η στατιστική επεξεργασία ή η βαθμονόμηση.

3.7 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)

3.7.1 Γενικά

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) αφορά τις δράσεις ή τις αντιστάσεις και εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφισταμένου κτιρίου. Λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Επίσης, η Σ.Α.Δ που προκύπτει δεν είναι υποχρεωτικά η ίδια για όλο το κτίριο. Σε αυτή τη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη Σ.Α.Δ. για την αποτίμηση του κτηρίου. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §3.6)

Είναι προφανές πως σε υφιστάμενες κατασκευές είναι πιθανό να υπεισέρχονται περισσότερα και σημαντικότερα σφάλματα στις τιμές των δεδομένων από ότι σε νέες κατασκευές. Γενικότερα με τον όρο Στάθμη Αξιοπιστίας δεδομένων εκφράζεται η επάρκεια των πληροφοριών που αφορούν το υφιστάμενο κτίριο.

- Δεν ορίζεται με βάση τη διασπορά των αποτελεσμάτων των διερευνητικών εργασιών.
- Εφαρμόζεται για την πληρότητα της αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων, ιδιαίτερα για τα αφανή στοιχεία.
- Δεν είναι αναγκαστικός ενιαία για ολόκληρο το κτίριο, αλλά προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών.

Οι κατηγορίες των Σταθμών Αξιοπιστίας δεδομένων είναι οι εξής:

- i. «Υψηλή»
- ii. «Ικανοποιητική»
- iii. «Ανεκτή».

Τα δευτερεύοντα στοιχεία μπορούν να λαμβάνονται υπόψη και ανεπαρκέστερα δεδομένα και συνεπώς εφαρμόζονται όσα ορίζονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. για την «ανεκτή» Σ.Α.Δ.. Με βάση την Σ.Α.Δ. που προκύπτει επιλέγονται ορισμένοι συντελεστές ασφαλείας και συγκεκριμένα:

- Οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας γ_f για ορισμένες δράσεις με αβέβαιες τιμές σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{sd} .
- Οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας γ_m για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών σε συνδυασμό με τους κατάλληλους γ_{Rd} .

3.7.2 Σ.Α.Δ. Σκυροδέματος

Σκοπός της διερεύνησης του σκυροδέματος είναι η εύρεση της θλιπτικής του αντοχής για κάθε περιοχή του φέροντος οργανισμού. Ιδιότητες όπως το μέτρο ελαστικότητας, η εφελκυστική αντοχή κτλ μπορούν να προκύψουν βάσει της θλιπτικής αντοχής. Για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό θα χρησιμοποιείται η αντοχή του σκυροδέματος στις κρίσιμες περιοχές, αλλά λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη συστηματική διαφοροποίηση αντοχής σκυροδέματος, ανάλογα με τη χαρακτηριστική θέση-του στον φορέα. Η εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος σε κάθε κρίσιμη

περιοχή δομικού στοιχείου γίνεται με αξιόπιστες έμμεσες (μη καταστροφικές) μεθόδους. Το πλήθος των χαρακτηριστικών θέσεων στις οποίες θα γίνονται τέτοιες μετρήσεις ανά όροφο και είδος δομικού στοιχείου πρέπει να είναι αρκετό για την επιζητούμενη αξιοπιστία, επηρεάζεται δε και απ' το μέγεθος της από θέση σε θέση διαφοράς τιμών που θα παρατηρηθούν.

Οι μέθοδοι εκτίμησης των αντοχών του σκυροδέματος είναι (ΚΑΝ.ΕΠΕ 2017, §3.7.1):

- a) Θα γίνεται συνδυασμός έμμεσων μεθόδων και πυρηνοληψίας, ώστε να δίνεται η δυνατότητα ελέγχου σε περισσότερες θέσεις, με μεγαλύτερη αξιοπιστία.
- b) Η μετατροπή της αντοχής των πυρήνων στην πραγματική επιτόπου αντοχή, γίνεται μέσω διορθωτικών συντελεστών, με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη:
 - Ο λόγος του ύψους προς τη διάμετρο του
 - πυρήνα
 - Η διάμετρος του πυρήνα
 - Το πάχος του στοιχείου από το οποίο ελήφθη πυρήνας
 - Η διαταραχή από την πυρηνοληψία.

Ως γνωστόν, η πυρηνοληψία αποτελεί μία καταστροφική μέθοδο η οποία δημιουργεί «πληγές» στον φορέα. Θα πρέπει επομένως, το πλήθος τους να είναι μεν επαρκές αλλά όχι υπερβολικό. Σύμφωνα με την Παράγραφο §3.7.1.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. :

- 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.

Για να μπορεί η Σ.Α.Δ., για την αντοχή του σκυροδέματος, να θεωρείται «**υψηλή**» πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν σε κάθε όροφο επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 45% των κατακορύφων στοιχείων
- Το 25% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

Για να μπορεί η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «**ικανοποιητική**», αρκεί οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν ένα μικρότερο αλλά επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

- Το 30% των κατακορύφων στοιχείων

- Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

αλλά, αν τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση $s \leq 0,20$ τότε η Σ.Α.Δ. χαρακτηρίζεται ‘Υψηλή’.

Η Σ.Α.Δ. μπορεί να χαρακτηριστεί «ανεκτή» αν οι θέσεις εφαρμογής έμμεσων μεθόδων καλύπτουν το:

- 15% των κατακόρυφων στοιχείων &
- 7,5% των οριζόντιων στοιχείων

Αλλά, αν τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση $s \leq 0,20$ τότε η Σ.Α.Δ. χαρακτηρίζεται ‘Ικανοποιητική’.

3.7.3 Σ.Α.Δ. Χάλυβα

Όπως για το σκυρόδεμα, έτσι και για τον χάλυβα απαιτείται ο προσδιορισμός της Σ.Α.Δ. του. Αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό. Η κατάταξη του μπορεί να γίνει οπτικά, με την αποκάλυψη του οπλισμού. Συγκεκριμένα αναζητείται η επιφάνεια του χάλυβα, λεία ή με νευρώσεις, τυχόν αναγνωρίσιμες σημάνσεις στην επιφάνεια τους σε συνδυασμό με την εποχή κατασκευής. Σε αυτή τη περίπτωση θεωρούμε τη Σ.Α.Δ. «ικανοποιητική».

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του χάλυβα που θα χρησιμοποιούνται κατά τον έλεγχο της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων, επιτρέπεται να λαμβάνονται από τα προβλεπόμενα στους αντίστοιχους Κανονισμούς για την κατηγορία χάλυβα που προσδιορίστηκε με τον παραπάνω τρόπο. Εφόσον υπάρχουν αμφιβολίες για την αξιοπιστία κατάταξης του χάλυβα, γίνονται περαιτέρω διερευνήσεις. Αναλυτικότερα, η διερεύνηση για τον προσδιορισμό των «πραγματικών» χαρακτηριστικών του χάλυβα (όριο διαρροής, αντοχή, ολκιμότητα) πρέπει να περιλαμβάνει τη δοκιμή σε τρία (3) τουλάχιστον δείγματα περίπου ίδιας διαμέτρου από δομικά στοιχεία του κρισίμου ορόφου. Αν από τα δείγματα αυτά, διαπιστωθεί η παρουσία χαλύβων που κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες, τότε η έρευνα πρέπει να επεκταθεί, ώστε να προσδιοριστούν τα δομικά στοιχεία στα οποία έχει εφαρμοστεί κάθε κατηγορία. Μόνον στην περίπτωση αυτή η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θα θεωρείται «υψηλή».

Όταν από τον ανασχεδιασμό προβλέπεται συγκόλληση νέων με παλιούς οπλισμούς, πρέπει να γίνεται έρευνα για τη «συγκολλησιμότητά» τους (Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων 2008).

3.7.4 Σ.Α.Δ. Γεωμετρικών δεδομένων

Ως γεωμετρικά δεδομένα θεωρούνται:

- Το είδος και η γεωμετρία του φορέα της θεμελίωσης,
- Το είδος και η γεωμετρία του φορέα της ανωδομής,
- Το είδος και η γεωμετρία των τοιχοπληρώσεων,
- Οι επιστρώσεις, επενδύσεις, κ.λπ.,
- Η όπλιση.

Η Σ.Α.Δ. εξαρτάται από την προέλευση του δεδομένου και διαφοροποιείται κατά περίπτωση, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στον επόμενο Πίνακα 3.3:

Πίνακας 3.3: Σ.Α.Δ. Γεωμετρικών Δεδομένων

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	Εκποιοπτική	Υψηλή	Ανεκτή	Εκποιοπτική	Υψηλή	Ανεκτή	Εκποιοπτική	Υψηλή
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδοτεγμένα 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)	✓	✓		✓	✓		✓	✓

3.8 Βασικά δεδομένα αποτίμησης και ανασχεδιασμού

3.8.1 Έλεγχοι & Ανίσωση Ασφαλείας

Ο έλεγχος ασφαλείας που εκτελείται σε ένα μέλος, τμήμα ή σε όλο το δόμημα δείχνει ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο μέγεθος (ένταση ή παραμόρφωση) είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα. Δηλαδή:

$$S_d < R_d \Rightarrow \gamma_{sd} \cdot (S_k / \gamma_f) < (R_k / \gamma_m) / \gamma_{Rd}$$

Όπου:

S_d = τιμές σχεδιασμού έντασης ή παραμόρφωσης που προκαλούνται από τις δράσεις

R_d = τιμές σχεδιασμού διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων

S_k = αντιπροσωπευτικές τιμές βασικών & τυχηματικών δράσεων με ορισμένη πιθανότητα υπέρβασης στα 50 έτη.

R_k = αντιπροσωπευτικές τιμές των ιδιοτήτων των υλικών που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις με ορισμένη πιθανότητα υποσκελίσεως.

γ_f , γ_m = συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις & τις ιδιότητες των υλικών για πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.

γ_{sd} , γ_{Rd} = αφορούν υφιστάμενες κατασκευές & είναι συντελεστές ασφαλείας με τους οποίους λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες σε σχέση με τον σχεδιασμό νέων κτιρίων, αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §4.1.2)

3.8.2 Επιμέρους Συντελεστές Ασφαλείας

➤ **Για τα προσομοιώματα:** Οι συντελεστές που χρησιμοποιούνται είναι οι γ_{sd} και γ_{Rd} με σκοπό να ληφθούν υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες που τα συνοδεύουν. (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §4.5.1):

- Όταν το σύνολο σχεδόν των σεισμικών δράσεων αναλαμβάνεται από νέους και ικανούς φορείς (σε ποσοστό π.χ. μεγαλύτερο του 75%) τότε ισχύει $\gamma_{sd}=1,00$.
- Όταν οι σεισμικές δράσεις αναλαμβάνονται και από το υφιστάμενο δόμημα και δεν γίνονται παραμετρικές διερευνήσεις και έλεγχοι, οι γ_{sd}

εξαρτώνται από τη σοβαρότητα και την έκταση των βλαβών ή και των επεμβάσεων.

- Η ελαστική ανάλυση επιτρέπεται για σκοπούς αποτίμησης μόνο αν οι γ_{sd} επαυξηθούν κατά $0,15 \gamma_{sd,ελ} = \gamma_{sd} + 0,15$.

Πίνακας 3.4: Τιμές του γ_{sd} όταν δεν διατίθενται ακριβέστερα στοιχεία.

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{sd} = 1,20$	$\gamma_{sd} = 1,10$	$\gamma_{sd} = 1,00$

➤ **Για τις δράσεις:**

- Για μεταβλητές δράσεις: γ_f και ψ_i κατά τους Κανονισμούς, δηλαδή $\gamma_q = 1,5$ και $\psi_i = 0,3$.
- Για μόνιμες δράσεις:

- Για τους βασικούς συνδυασμούς και για δυσμενείς επιρροές της δράσεως

- Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_g = 1,35$
- Ανεκτή ή υψηλή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,50$ ή $1,20$, αντιστοίχως

- Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών και επιρροών της δράσεως

- Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_g = 1,10$
- Ανεκτή ή υψηλή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,20$ ή $1,00$, αντιστοίχως

- Για τα νέα στοιχεία, τις νέες κατασκευές κ.λπ. χρησιμοποιούνται γενικώς οι καθιερωμένες τιμές γ_g .

➤ **Για τις ιδιότητες των υλικών:**

- Ικανοποιητική Σ.Α.Δ. : γ_m σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, δηλαδή $\gamma_c = 1,5$ και $\gamma_s = 1,15$,
- Ανεκτή Σ.Α.Δ. : οι τιμές γ_m λαμβάνονται αυξημένες σε σχέση με αυτές των κανονισμών, δηλαδή $\gamma_c = 1,65$ και $\gamma_s = 1,25$.
- Υψηλή Σ.Α.Δ. : οι τιμές γ_m λαμβάνονται μειωμένες σε σχέση με αυτές των κανονισμών, δηλαδή $\gamma_c = 1,35$ και $\gamma_s = 1,05$.
- Όταν οι υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις λαμβάνονται υπόψη στην αποτίμηση ή στον ανασχεδιασμό, τότε οι τιμές γ_m θα διαμορφώνονται αναλόγως της στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων . Για «ανεκτή» ή «υψηλή» στάθμη

αξιοπιστίας δεδομένων, οι τιμές γ_m για τις άοπλες τοιχοπληρώσεις μπορούν να ληφθούν ίσες με 2,50 ή 1,50, αντιστοίχως, ενώ για «ικανοποιητική» στάθμη μπορεί να ληφθεί υπόψη $\gamma_m = 2,00$.

- Για προστιθέμενα υλικά χρησιμοποιούνται συντελεστές γ_m γενικώς μεγαλύτεροι των καθιερωμένων, προκειμένου να καλυφθούν τυχόν πρόσθετες αβεβαιότητες οι οποίες σχετίζονται με την ποικιλία των τεχνικών επεμβάσεως και τη μικρή ενδεχομένως διατομή των προστιθέμενων νέων υλικών, και τη δυσκολία προσπελασιμότητας (και ελέγχου) και τις παρεπόμενες αποκλίσεις ομοιομορφίας και ποιότητας.

Πίνακας 3.6: Τιμές του γ_{sd} όταν δεν διατίθενται ακριβέστερα στοιχεία.

Διατομή προστιθέμενων υλικών ή / και προσπελασιμότητα της θέσης όπου γίνεται η επέμβαση	
Κανονικές (συνήθεις)	Μειωμένες
1,05	1,20

- Όταν για τον υπολογισμό των αντιστάσεων χρησιμοποιούνται οι «μέσες» τιμές ιδιοτήτων των υλικών, οι συντελεστές γ_m είναι κατ' αρχήν περίπου ίσοι με τη μονάδα, αυξάνονται δε καταλλήλως προκειμένου να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες γεωμετρικών διαστάσεων (για τα υφιστάμενα υλικά) ή και δυσχέρειες στην επιτόπου επίτευξη και στον έλεγχο των αντοχών (για τα προστιθέμενα υλικά). Για «ικανοποιητική» στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων και αν η τυπική απόκλιση των επιμέρους τιμών είναι σχετικά μικρή, μπορεί να ληφθεί $\gamma_m = 1,00$ για τα υφιστάμενα υλικά. Πρακτικώς, όμως, συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη τιμή $\gamma_m = 1,10$. Αντιστοίχως, για «υψηλή» ή «ανεκτή» στάθμη αξιοπιστίας, οι τιμές γ_m μπορούν να θεωρηθούν ίσες με 1,00 ή 1,20, αντιστοίχως. Για τα προστιθέμενα υλικά, μπορεί να ληφθεί υπόψη $\gamma_m = 1,15$ για κανονική (συνήθη) διατομή και προσπελασιμότητα ή $\gamma_m = 1,25$ για μειωμένη διατομή ή προσπελασιμότητα, ανεξαρτήτως του αν τα υλικά καλύπτονται ή όχι από Κανονισμούς (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017, §4.5.3.3).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER)

4.1 Γενικά

Ένα μεγάλο ζήτημα των δομοστατικών μηχανικών ήταν ο υπολογισμός της απόκρισης ελαστοπλαστικών φορέων υπό στατική ή δυναμική φόρτιση. Αρχικά, το πρώτο βήμα γίνεται με την θέσπιση νέων κανονισμών οι οποίοι αποκαλύπτουν τη πραγματική συμπεριφορά των κατασκευών. Παράλληλα, η ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών συστημάτων σε συνδυασμό με την βελτίωση των αλγορίθμων επίλυσης ανελαστικών αναλύσεων, διευκόλυναν τους μηχανικούς καθώς σε ένα μικρό χρονικό διάστημα εξήγαγαν μια πιο ρεαλιστική προσομοίωση της κατασκευής με τα αντίστοιχα αποτελέσματα ανελαστικών αναλύσεων. Πλέον η μη γραμμική ανάλυση έχει εξελιχθεί στο πιο αναγκαίο εργαλείο ενός μηχανικού είτε πρόκειται για αποτίμηση και ανασχεδιασμό είτε για νέα κατασκευή.

Γενικότερα οι κανονισμοί φαίνεται να συνιστούν τη μη γραμμική στατική ανάλυση (pushover) καθώς τα υλικά προσομοιώνονται μη γραμμικά και έτσι προκύπτουν ακριβέστερες προσεγγίσεις για τη συμπεριφορά των μελών. Η σεισμική ένταση εκφράζεται σαν μια αυξανόμενη οριζόντια στατική δύναμη (ομοίομορφη, τριγωνική, ιδιομορφική). Παράλληλα, οι οριζόντιες αυτές δυνάμεις κατανέμονται ανάλογα με τις αδρανειακές δυνάμεις και γίνεται αύξησή τους μέχρις ότου καταρρεύσει η κατασκευή. Ως κατάρρευση της κατασκευής ορίζεται το σημείο δημιουργίας πλαστικού μηχανισμού ή η διαρροή του δομήματος σε σημείο που αδυνατεί να παραλάβει κατακόρυφα φορτία βαρύτητας. Εν τέλει οι παραμορφώσεις της κατασκευής που προκύπτουν από τη μη γραμμική ανάλυση συγκρίνονται με τα αντίστοιχα όρια που ορίζουν οι στάθμες επιτελεστικότητας.

Όπως προηγουμένως προαναφέρθηκε, κατά τη διάρκεια της μελέτης υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης της ανελαστικής στατικής μεθόδου (pushover) τόσο στην αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό παλαιότερων κτιρίων όσο και στην ανάλυση νέων κατασκευών.

4.2 Στόχοι της μεθόδου

Η μη γραμμική ανελαστική στατική ανάλυση (pushover) έχει μια σειρά στόχων ή βημάτων η οποία είναι αναγκαία να ακολουθηθεί έτσι ώστε να μην υπάρξουν

υπολογιστικά λάθη τα οποία θα επιφέρουν μη αναμενόμενα αποτελέσματα. Οι στόχοι αυτοί επιγραμματικά είναι:

- Η δημιουργία της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης κορυφής. Η καμπύλη αυτή αποτελεί τη βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.
- Την τεκμηρίωση της ύπαρξης επαρκούς υπεραντοχής στο κτίριο (λόγος α_u/α_1).
- Την εποπτεία της συμπεριφοράς των μελών της κατασκευής ως προς τη σειρά και τα σημεία εμφάνισης των πλαστικών αρθρώσεων. Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η αποτύπωση της κατανομής των ζημιών στην κατασκευή και γίνεται κατανοητός ο μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας καθώς και ο έλεγχος σχεδιαστικών απαιτήσεων, όπως ο ικανοτικός σχεδιασμός ισχυρού υποστύλωματος-ασθενούς δοκού. (*LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013*)

4.3 Πλεονέκτημα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover)

Η μη γραμμική στατική ανάλυση υπερέχει της κλασικής ελαστικής καθώς παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Είναι πιο ακριβής διότι δεν βασίζεται μόνο στη δυσκαμψία των μελών, αλλά συνεκτιμά και την αντοχή τους. Επίσης, καθιστά δυνατό τον έλεγχο της δυνατότητας παραμόρφωσης όπως αυτή διαμορφώνεται βάσει π.χ. της περίσφιγξης και της λεπτομέρειας όπλισης.
- Εξασφαλίζεται η εποπτεία κατανομής των βλαβών στον φορέα.
- Μπορεί να ελεγχθεί η επάρκεια του φορέα για πολλές επιτελεστικότητες ταυτόχρονα (Περιορισμένες Βλάβες, Σημαντικές, Αποφυγή κατάρρευσης)
- Παρέχει πληροφόρηση σχετικά με την μορφή της δομικής ανεπάρκειας και βοηθάει να σχεδιαστεί η ενίσχυση είτε με αύξηση της αντοχής, είτε με αύξηση της πλαστιμότητας, είτε με συνδυασμό τους.
- Η μη γραμμική στατική ανάλυση (pushover) έχει τη δυνατότητα προσδιορισμού του μέγιστου σεισμικού συντελεστή που μπορεί να επιβληθεί σε μία κατασκευή έτσι ώστε αυτή να μην ξεπεράσει οριακά την αντίστοιχη στάθμη επιτελεστικότητας. (*LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013*)

4.4 Πλαστική άρθρωση

Κύριος στόχος σε μια κατασκευή είναι ο προσδιορισμός του τρόπου και των θέσεων εκδήλωσης ανελαστικών παραμορφώσεων και η εκτίμηση του μεγέθους τους συγκριτικά με τις αποδεκτές τινές. Η απορρόφηση της σεξιστικής ενέργειας εξασφαλίζεται κυρίως μέσω των πλαστικών αρθρώσεων. Για την εφαρμογή των ανελαστικών αναλύσεων, θα πρέπει να καθορήσουν τα μέλη, καθώς και τα Σητεία τους στα οποία ενδέχεται να αφανιστούν πλαστικές αρθρώσεις. Πρόκειται για το σύνολο των μελών της κατασκευής – υποστυλώνατε, τοιχώματα και δοκοί – στα Σητεία αρχής και τέλους. Ειδικότερα, για τα υποστυλώνατε ορίζεται κρασιού η αλληλεπίδραση σε διαξονική κόψη κατά τις δύο διευθύνσεις και αξονική δυνατή και για τις δοκούς αλληλεπίδραση μόνο σε κοπτική ροπή περί τον άξονα 3-3. Στη λογική αυτή, απαιτείται ο προσδιορισμός διαφορετικών πλαστικών αρθρώσεων, που θα εφαρμοστούν στα άκρα των στοιχείων για κάθε δοκό, ανάλογα με την ροπή διαρροής της. Αντίστοιχα, οι πλαστικές αρθρώσεις των υποστυλώνονταν θα πρέπει να οριστούν για κάθε ένα χωριστά, ώστε να περιέχουν τις τινές των αξονικών συνάψεων οι οποίες θα ληφθούν κατά το δυσμενέστερο από τον στατικό συνδυασμό 1.35G + 1.50Q. (Μπουρσιάνης, 2014)

4.5 Συντελεστής α_u/α_1

Ο ενιαίος συντελεστής συμπεριφοράς q μιας κατασκευής είναι σταθερός ή ανάλογος του λόγου α_u/α_1 , σύμφωνα με την τάξη της πλαστιμότητάς της (EC8-1, §5.2.2.2). Ο προσδιορισμός του συντελεστή συμπεριφοράς μπορεί να γίνει με δύο τρόπους κατά EC8:

- Προσεγγιστικά, ανάλογα με το στατικό σύστημα του φορέα και με κατάλληλη απομείωση σε περίπτωση που το κτίριο δεν είναι κανονικό σε κάτοψη.
- Υπολογιστικά, με πραγματοποίηση μη γραμμικής στατικής ανάλυσης (pushover).

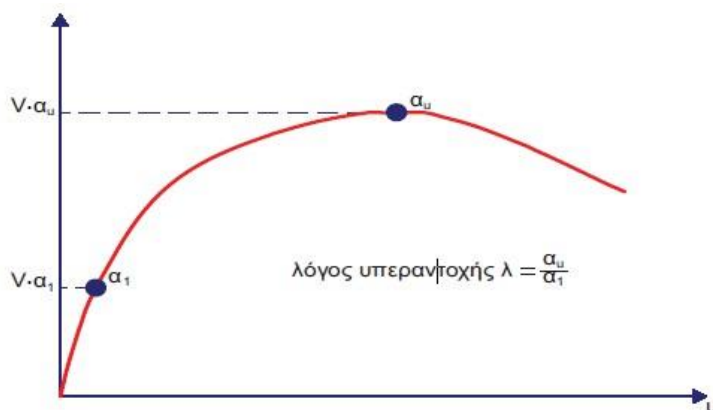
Ο λόγος αυτός απαρτίζεται από:

α_1 = τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστούν τα οριζόντια φορτία ώστε να φτάσει κάποιο μέλος της κατασκευής στην καμπτική διαρροή ενώ όλες οι άλλες φορτίσεις παραμένουν σταθερές (εμφάνιση της πρώτης πλαστικής άρθρωσης στο φέροντα οργανισμό).

α_u = τιμή με την οποία πρέπει να πολλαπλασιαστούν τα οριζόντια φορτία ώστε να δημιουργηθεί επαρκής αριθμός πλαστικών αρθρώσεων στο κτίριο για την αστάθεια του τελευταίου, ενώ όλες οι άλλες φορτίσεις παραμένουν σταθερές.

Με βάση την ερμηνεία των συντελεστών α_u και α_1 γίνεται αντιληπτό ότι όσο πιο υπερστατική είναι μια κατασκευή τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά της να καταναλώνει ενέργεια μέσω των πλαστικών παραμορφώσεων. Συνεπώς προκύπτει μεγαλύτερος λόγος α_u/α_1 . Για παράδειγμα, σε μια αμφιέρειστη δοκό ο λόγος αυτός είναι ίσος με 1 καθώς η δημιουργία της πλαστικής άρθρωσης σημαίνει κατάρρευση λόγω μη ύπαρξης υπεραντοχής.

Η μέγιστη τιμή του λόγου σύμφωνα με τον EC8, όταν δεν πραγματοποιείται ανελαστική στατική ανάλυση (pushover) είναι 1.3, ενώ για τιμές μεγαλύτερες, απαιτείται επαλήθευση με χρήση της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης. Αυτή η επαλήθευση είναι αναγκαία, προκειμένου να είναι βέβαιο πως η κατασκευή είναι «ικανή» να αναπτύξει μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις πριν να φτάσει στο σημείο κατάρρευσης. Ο λόγος αυτός δε μπορεί να είναι μεγαλύτερος του 1,5 ακόμη και αν οι προηγούμενες αναλύσεις έχουν εξάγει μεγαλύτερες τιμές. Ενδεικτικά το διάγραμμα α-δ φαίνεται στο Σχήμα 4.1.



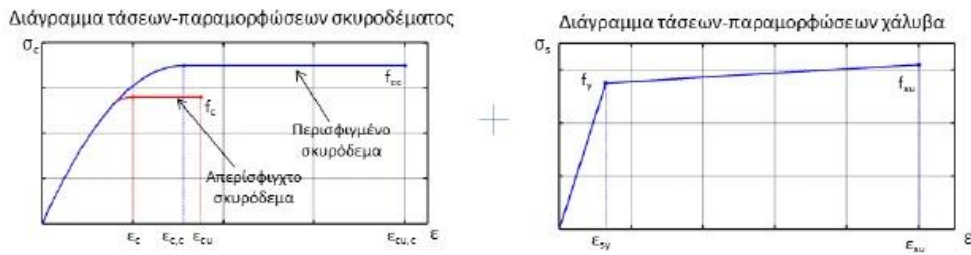
Σχήμα 4. 1: Καμπύλη αντίστασης κατασκευής (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

4.6 Διαγραμματική ροή ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover)

Για την εξαγωγή της καμπύλης αντίστασης απαιτείται ο προσδιορισμός της αντοχής των μελών της κατασκευής. Η διαδικασία που ακολουθείται φαίνεται στα Σχήματα 3.2 – 3.5. Η πορεία εξαγωγής της καμπύλης αντίστασης ακολουθεί τη λογική της εκκίνησης από την τοπική αντοχή των κρίσιμων διατομών μέσα στην κατασκευή (άκρα των φερόντων μελών της κατασκευής) και της κατάληξης στη γενική απόκριση ολόκληρης της κατασκευής. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής Σχήματα 4.2 – 4.5:

- Αρχικά ορίζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών.

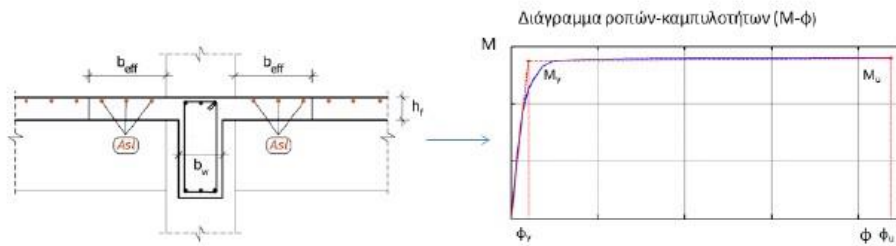
Υλικά



Σχήμα 4. 2: Μηχανικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων υλικών (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

- Χάραξη το διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων των ακραίων διατομών των φερόντων μελών της κατασκευής για διάφορα επίπεδα αξονικής δύναμης. Έτσι συνεκτιμάται η αλληλεπίδραση αξονικής ορθής έντασης και διαξονικής κάμψης. Ειδικότερα για το σκυρόδεμα, λόγω του ότι οι καμπτικές και οι διατμητικές παραμορφώσεις συνυπάρχουν, χρησιμοποιείται ο ανελαστικός νόμος ροπής κάμψης – γωνία στροφής χορδής (M-θ).

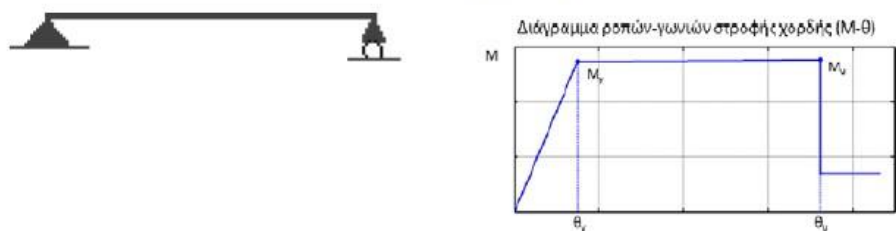
Επίπεδο διατομής



Σχήμα 4. 3: Διαγράμματα ροπών - καμπυλοτήτων (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

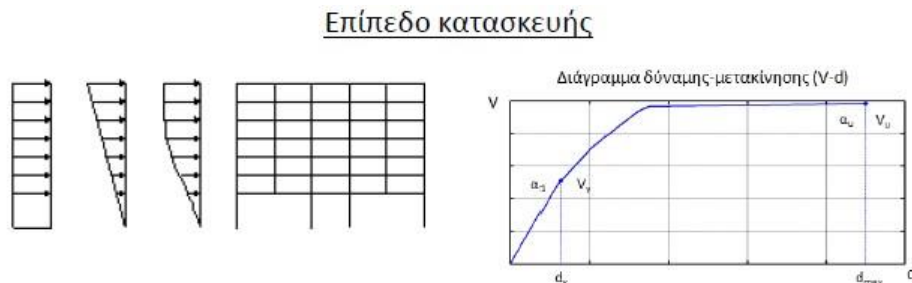
- Έχοντας διερευνήσει τον τρόπο απόκρισης και αστοχίας των κρίσιμων διατομών ενός μέλους είναι δυνατή η εύρεση της συμπεριφοράς του. Το διάγραμμα ροπών-γωνιών στροφής χορδής εκφράζει την συμπεριφορά ενός μέλους.

Επίπεδο μέλους



Σχήμα 4. 4: Διαγράμματα ροπών - γωνιών στροφής (M - θ) (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

- Από την ανάλυση του προσομοιώματος κατασκευάζεται η καμπύλη αντίστασης της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη σχέση μεταξύ της τέμνουσας βάσης, του κτηρίου και της μετατόπισης κορυφής, δ . Με βάση αυτή την καμπύλη γίνονται όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.



Σχήμα 4. 5: Διαγράμματα δύναμης μετακίνησης (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

4.7 Στοχευόμενη μετατόπιση

4.7.1 Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)

- **Μετατροπή του πολυβάθμιου συστήματος σε ισοδύναμο μονοβάθμιο**

Για να γίνει δυνατή η σύγκριση της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού είναι αναγκαία αρχικά η μετατροπή της απόκρισης του πολυβάθμιου συστήματος στην αντίστοιχη του ισοδύναμου μονοβαθμίου. Η κατανομή των φορτίων στο επίπεδο του κέντρου βάρους των ορόφων γίνεται με βάση την κατανομή των αδρανειακών του χαρακτηριστικών σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$F_i = V \frac{m_i \phi_i}{\sum_{j=1}^N m_j \phi_j} \quad (4.10)$$

όπου i, j οι στάθμες της κατασκευής, V είναι η τέμνουσα βάσης, ϕ_i οι ιδιομορφικές μετατοπίσεις του διαγράμματος i και m_i οι αντίστοιχες μάζες. Οι συντελεστές ϕ_i υποδεικνύουν την κατανομή των μετακινήσεων στους ορόφους.

Οι τιμές των ιδιομορφικών μετατοπίσεων κανονικοποιούνται ως προς την μετακίνηση οροφής ώστε η τιμή του ϕ στην οροφή να γίνεται ίση με τη μονάδα.

Με χρήση της εξίσωσης (4.10) η μετατροπή του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος σε πολυβάθμιο σύστημα γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$Q = \Gamma Q^* \quad (4.11)$$

Συγκεκριμένα,

Q^* οποιοδήποτε μέγεθος στο ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα

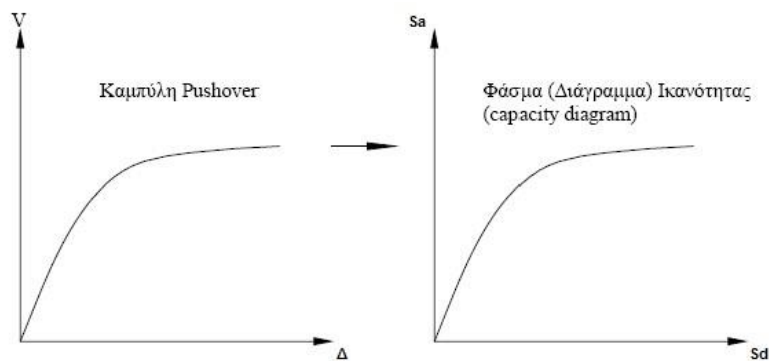
Q το αντίστοιχο μέγεθος στο πολυβάθμιο σύστημα

Γ ο συντελεστής συμμετοχής που δίνεται από την ακόλουθη σχέση [EC8-1 (B.3)]:

$$\Gamma = \frac{\sum m_i \varphi_i}{\sum m_i \varphi_i^2} \quad (4.12)$$

Ο αριθμητής στη σχέση (4.12) ισούται με τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος m^* . Εφόσον οι δυνάμεις και οι μετακινήσεις ακολουθούν τον ίδιο μετασχηματισμό που δίνεται από τη σχέση (4.11), η δυσκαμψία του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος θα ισούται με τη δυσκαμψία του αντίστοιχου πολυβάθμιου. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με τις ιδιοπεριόδους των δύο συστημάτων.

Για να είναι δυνατή η αντιπαραβολή της ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση ώστε να είναι εφικτός ο σχεδιασμός τους στο ίδιο διάγραμμα, η καμπύλη ικανότητας του μονοβάθμιου μετατρέπεται σε φάσμα ικανότητας (ADRS) (βλ. Σχήμα 4.6). Η μετατροπή γίνεται με βάση τις παρακάτω σχέσεις.



Σχήμα 4. 6: Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

Φασματική επιτάχυνση:

$$S_a = \frac{V}{\alpha \cdot m_{tot}} \quad (4.13)$$

$$S_d = \frac{\Delta}{\Gamma \varphi_{top}} \quad (4.14)$$

Φασματική μετακίνηση:

Όπου,

V: τέμνουσα βάσης του πολυβάθμιου συστήματος.

m_{tot}: συνολική μάζα πολυβάθμιου συστήματος.

φ_{top}: η κανονικοποιημένη ιδιομορφική μετακίνηση κορυφής. Συνήθως ισούται με τη μονάδα.

α: ποσοστό συνολικής μάζας που συμμετέχει στη δυναμική απόκριση της κατασκευής για την αναμενόμενη ιδιομορφή της παραμόρφωσης, που δίνεται από την ακόλουθη σχέση, όπου φαίνεται πως ο όρος του αθροίσματος στον αριθμητή αντιπροσωπεύει τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος.

$$\alpha = \frac{\Gamma \sum m_i \varphi_i}{m_{tot}} = \Gamma \frac{m^*}{m_{tot}} \quad (4.15)$$

Δ: μετακίνηση οροφής πολυβάθμιου συστήματος

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να μετατραπούν σε όρους δύναμης-μετακίνησης του αντίστοιχου μονοβαθμίου όπως αναγράφονται στο Παράρτημα Β του EC8-1, ως εξής:

$$F^* = \frac{V}{\Gamma} = S_a * m^* \quad (4.16)$$

$$d^* = \frac{\Delta}{\Gamma} = S_d \quad (4.17)$$

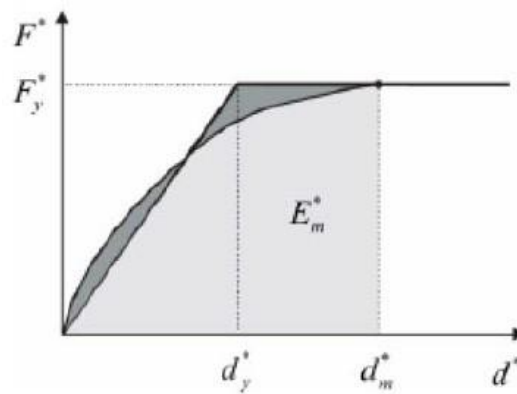
- **Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του μονοβάθμιου σε ιδεατό διγραμμικό φάσμα**

Σύμφωνα με το Παράρτημα Β του EC8-1 η καμπύλη αντίστασης του μονοβάθμιου συστήματος διαγραμμικοποιείται καθώς η πρώτη διαρροή στο πολυβάθμιο σύστημα δεν ταυτίζεται με τη διαρροή του μονοβαθμίου (βλ. Σχήμα 4.7). Το διγραμμικό διάγραμμα αντίστασης κατασκευάζεται χωρίς κράτυνση, το οποίο σημαίνει πως ο μετελαστικός κλάδος είναι οριζόντιος. Η κλίση του ελαστικού κλάδου είναι τέτοια ώστε τα εμβαδά που αποκόπτονται κάτω και πάνω από την αρχική καμπύλη να είναι ίσα, όπως φαίνεται στο

Σχήμα 4.7. Βάσει αυτής της παραδοχής, η μετακίνηση διαρροής του εξιδανικευμένου μονοβάθμιου συστήματος d_y^* δίνεται από:

$$d_y^* = 2 \left(d_m^* \cdot \frac{E_m^*}{F_y^*} \right) \quad (4.18)$$

όπου E_m^* είναι το εμβαδόν κάτω από την αρχική καμπύλη έως τη μέγιστη μετακίνηση και εκφράζει την ενέργεια παραμόρφωσης. Ακολουθεί μια επαναληπτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της μετακίνησης διαρροής.



Σχήμα 4. 7: Μετατροπή του φάσματος αντίστασης του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή σε διαγραμμικό (EC8 - 1)

Η ιδιοπερίοδος του εξιδανικευμένου ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος δυνάμει των προαναφερθέντων σχέσεων δίνεται από τη σχέση [EC8-1 (B.7)]:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}} \quad (4.19)$$

- **Υπολογισμός της ανελαστικής μετακίνησης του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος**

Μετά τον υπολογισμό της ιδιοπεριόδου του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος, είναι δυνατός ο υπολογισμός ελαστικής στοχευόμενης μετακίνησης σύμφωνα με τη σχέση:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2 \quad (4.20)$$

Όπου,

$S_e(T^*)$: η ελαστική φασματική επιτάχυνση στην περίοδο T^* .

Η ανελαστική στοχευόμενη μετακίνηση d_i^* του μονοβάθμιου συστήματος υπολογίζεται ως εξής:

1. $T^* < T_C$ (μικρές ιδιοπερίοδοι κατασκευών):

- Εάν $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$, η απόκριση είναι ελαστική και συνεπώς

$$d_i^* = d_{et}^*$$

- Εάν $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$, η απόκριση είναι μη γραμμική και

$$d_i^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left(1 + (q_u - 1) \frac{T_C}{T^*} \right) \geq d_{et}^* \quad \text{όπου} \quad q_u = \frac{S_e(T^*) m^*}{F_y^*}$$

2. $T^* \geq T_C$ (μεσαίες και μεγάλες ιδιοπερίοδοι κατασκευών) όπου θεωρείται ότι ισχύει η παραδοχή των ίσων μετακινήσεων και συνεπώς

$$d_i^* = d_{et}^*$$

Επομένως, η ανελαστική στοχευόμενη μετακίνηση του πολυβάθμιου συστήματος δίνεται από τη σχέση:

$$d_i = \Gamma d_i^* \quad (4.21)$$

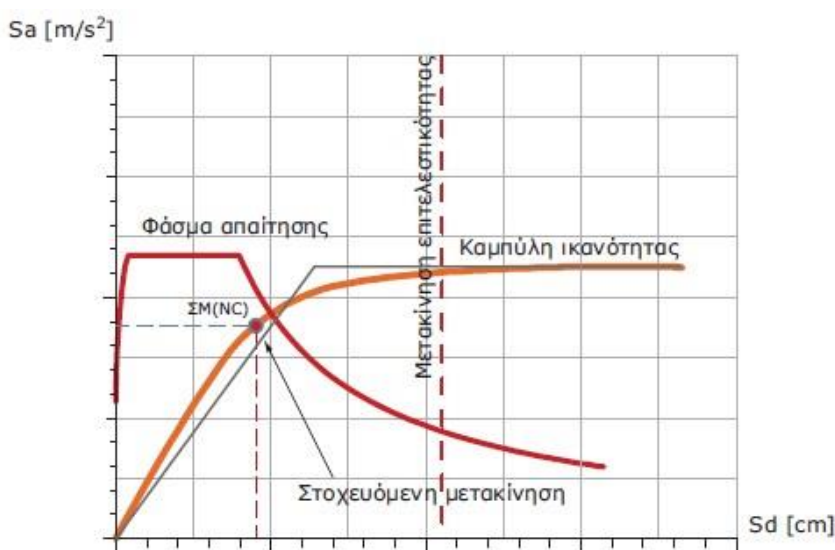
4.8 Τελικός έλεγχος επάρκειας κατασκευής

4.8.1 Καθολικός έλεγχος κατασκευής

Η λογική που έχουν υιοθετήσει οι Ευρωκώδικες είναι ο σχεδιασμός νέων κτιρίων με τέτοιο τρόπο ώστε να επαρκούν για στάθμη επιτελεστικότητας Αποφυγής Κατάρρευσης. Στο Σχήμα 4.11 φαίνονται το ελαστικό φάσμα, η καμπύλη αντίστασης της κατασκευής και η μετακίνηση που αντιστοιχεί σε στάθμη επιτελεστικότητας Αποφυγής Κατάρρευση. Επιπλέον, η στοχευόμενη μετακίνηση που λόγω των αυξημένων πλαστικών

παραμορφώσεων δεν βρίσκεται στο σημείο τομής της καμπύλης με το ελαστικό φάσμα, αλλά στο σημείο όπου θα αντιστοιχούσε η τομή με ένα υποβαθμισμένο πλαστικό φάσμα.

Ο έλεγχος γίνεται με βάση τις μετακινήσεις και συγκεκριμένα αν η ικανότητα μετακίνησης της κατασκευής για τη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεσματικότητας είναι μεγαλύτερη από τη στοχευόμενη. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στην παρατήρηση πως αν η διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για την αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής) βρίσκεται δεξιά της στοχευόμενης μετατόπισης, γεγονός που θα σήμαινε την επάρκεια της κατασκευής (βλ. Σχήμα 4.8). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η απαίτηση αυτή ικανοποιείται. (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)



Σχήμα 4. 8: Τελικός έλεγχος επάρκειας κατασκευής (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

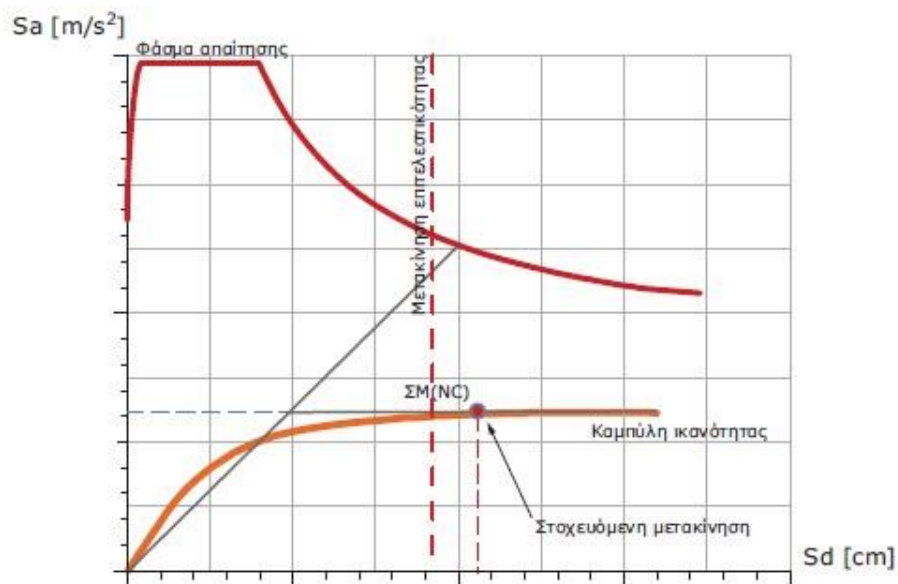
4.8.2 Έλεγχος σε επίπεδο μέλους

Αφού βρεθεί η στοχευόμενη μετακίνηση της κατασκευής, βρίσκονται για κάθε μέλος ξεχωριστά οι γωνίες στροφής-χορδής που αντιστοιχούν στο βήμα επίλυσης όπου παρατηρείται η μετακίνηση αυτή. Ως συντελεστής ανεπάρκειας της κάθε στάθμης επιτελεσματικότητας ορίζεται ο λόγος της ευρισκόμενης αυτής τιμής προς την αντίστοιχη τιμή που ορίζει το κριτήριο επιτελεσματικότητας. Τα παραπάνω ισχύουν για την περίπτωση της κάμψης, ενώ όσον αφορά την τέμνουσα ο λόγος ανεπάρκειας αφορά μόνο την Αποφυγή Κατάρρευσης και υπολογίζεται ως ο λόγος της τέμνουσας του μέλους που αντιστοιχεί στη στοχευόμενη μετακίνηση προς την διατμητική αντοχή του μέλους. (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_{\text{lim}}}, \quad \lambda = \frac{V}{V_R} \quad (4.22)$$

Για κάθε μέλος υπολογίζονται οι λόγοι ανεπάρκειας της κάθε στάθμης επιτελεστικότητας για όλες τις σεισμικές φορτίσεις που εκτελούνται. Στην περίπτωση που η κατασκευή δεν πληρεί τον καθολικό έλεγχο επάρκειας (βλ. Σχήμα 4.9) κάποιοι λόγοι ανεπάρκειας θα υπερβούν τη μονάδα. Συνεπώς, απαιτείται επανασχεδιασμός του φορέα σε περίπτωση νέου δομήματος ή ενίσχυση σε περίπτωση υπάρχοντος. Στόχος είναι η εκπλήρωση όλων των στόχων επιτελεστικότητας και επιτυγχάνεται γενικά με τις εξής περιπτώσεις:

- Με αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της κατασκευής μέσω αύξησης των διαστάσεων των διατομών και του οπλισμού
- Με αύξηση της διατιθέμενης πλαστιμότητας της κατασκευής μέσω της καλύτερης περίσφιξης των διατομών.



Σχήμα 4. 9: Μη ικανοποίηση του ελέγχου επάρκειας (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Οι κατασκευές που πρόκειται να μελετηθούν στη παρούσα διπλωματική ποικίλουν ως προς τη γεωμετρία του φορέα, την κανονικότητά τους και την επιλογή των διατομών. Αρχικά διαστασιολογούνται τα κτήρια με παλαιούς κανονισμούς και συγκεκριμένα το Β. Δ. του 1959. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν διαφέρουν ως προς κάθε περίπτωση σε μεγάλο βαθμό λόγω της ανομοιομορφίας των κτιριακών τύπων, αλλά και λόγω του διαφορετικού αριθμού ορόφων που αποτελούνται.

Τα αποτελέσματα των διαστασιολογήσεων και οι οπλισμοί των διατομών προκύπτουν σημαντικά υποβαθμισμένα σε σχέση με τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν από νέους κανονισμούς και αυτό φαίνεται από τις στατικές ανελαστικές αναλύσεις που πραγματοποιούνται στη συνέχεια. Οι μειωμένες απαιτήσεις πλαστιμότητας που είχαν εκείνη την εποχή οι κατασκευές σε συνάρτηση με το μικρό ποσοστό οπλισμού, οδηγούσαν σε μικρές τιμές πλαστιμότητας και μικρή δυνατότητα μετακινήσεων των κατασκευών.

5.2 Γεωμετρία κτιρίων

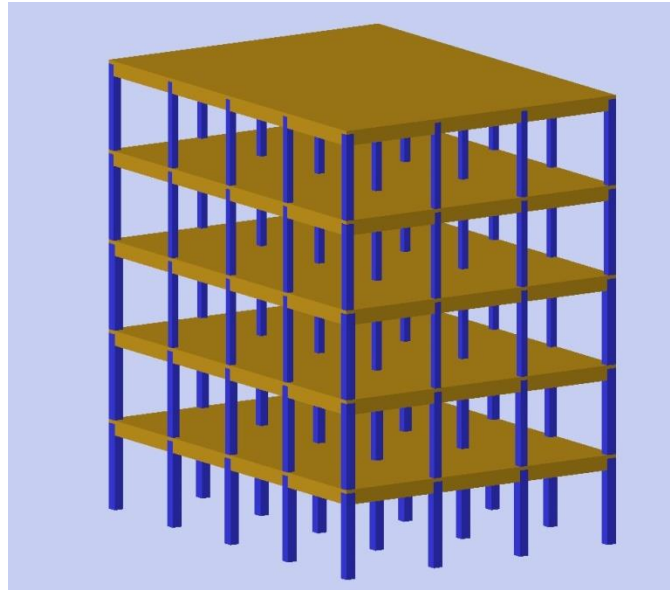
Ο αριθμός των κτιρίων που μελετήθηκε είναι 32. Τα κτήρια αυτά ανάγονται σε 4 κατηγορίες. Κάθε κατηγορία αποτελείται από 3, 5, 7, 9 ορόφους για ανοίγματα 3.5 m και 4.75m. Τα υποστυλώματα είναι τετραγωνικής διατομής και τοποθετούνται 5 στον άξονα x, 4 στον άξονα z. Συνολικά, σε κάθε ξυλότυπο συναντάμε $4 \times 5 = 20$ υποστυλώματα με αξονική απόσταση 3.50m και 4.75m.

Γενικά, τα δομικά στοιχεία που απαρτίζουν τα κτήρια της εργασίας είναι: υποστυλώματα, δοκάρια, και τετραέρειστες πλάκες. Τα τοιχεία δε συνηθίζονταν στους παλαιούς κανονισμούς και επίσης αποφεύχθηκε η τοποθέτηση εξωστών και κλιμακοστασίων ώστε να είναι πιο εύκολα συγκρίσιμα τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Η στάθμη θεμελίωσης είναι η βάση του ισογείου και οι συνθήκες στήριξης είναι πακτώσεις. Οι κατηγορίες των κτιρίων είναι οι εξής:

➤ **Κατηγορία 1:**

Ικανοποιούνται τα κριτήρια του EC8 για την κανονικότητα σε κάτοψη και καθ'

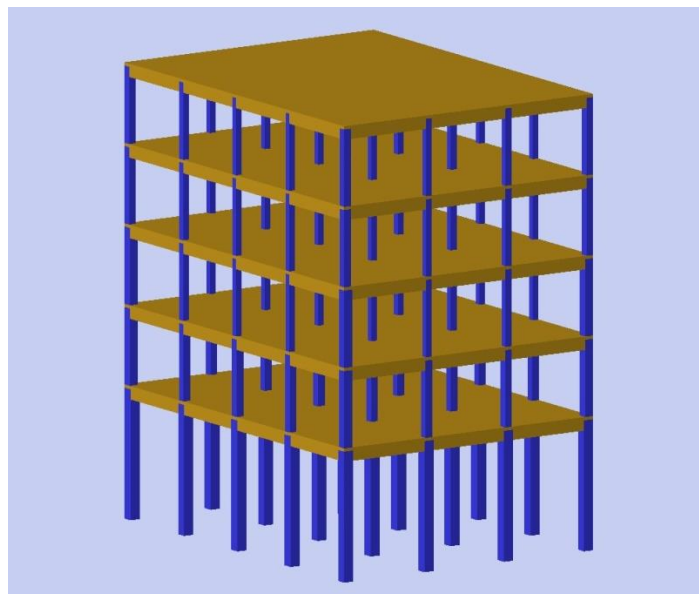
ύψος, καθώς είναι ένα συμμετρικό με ομοιόμορφη κατανομή μαζών και δυσκαμψίας. Τα ύψη όλων των ορόφων είναι 3m.



Σχήμα 5. 1: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 1

➤ Κατηγορία 2:

Ικανοποιούνται τα κριτήρια του EC8 για την κανονικότητα σε κάτοψη και καθ' ύψος, καθώς είναι ένα συμμετρικό με ομοιόμορφη κατανομή μαζών και δυσκαμψίας. Το ύψος του 1^ο ορόφου είναι στα 5m, ενώ όλοι οι επόμενοι όροφοι έχουν ύψος 3m.



Σχήμα 5. 2: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 2

➤ Κατηγορία 3:

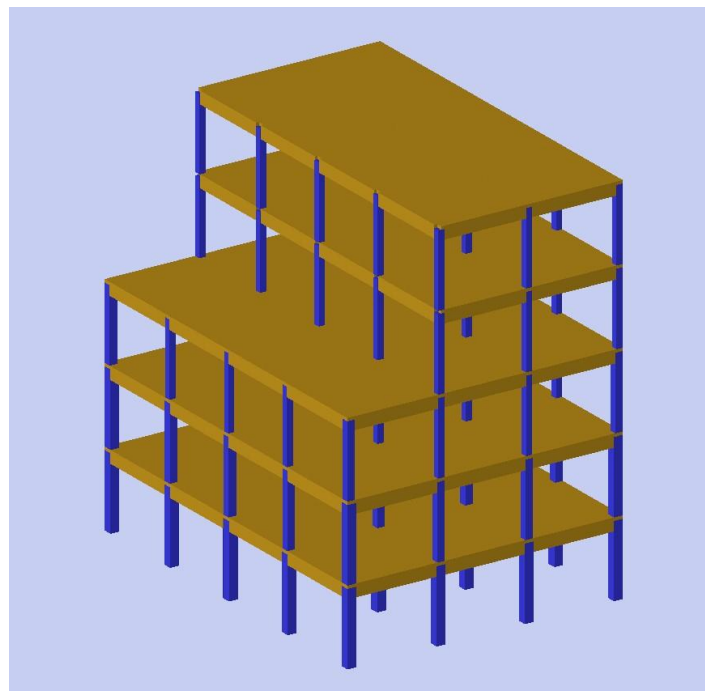
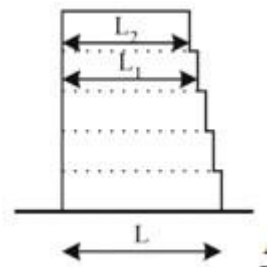
Ικανοποιούνται τα κριτήρια του EC8 για την κανονικότητα σε κάτοψη, καθώς είναι ένα συμμετρικό με ομοιόμορφη κατανομή μαζών και δυσκαμψίας. Αντιθέτως, πρέπει να διερευνηθεί η κανονικότητα καθ' ύψος του κτηρίου καθώς οι 2 ανώτεροι όροφοι βρίσκονται σε εσοχή. Συγκεκριμένα, από EC8 ισχύει ότι «Αν οι εσοχές στις δύο απέναντι πλευρές του κτιρίου στην υπόψη διεύθυνση δεν είναι συμμετρικές, η συνολική εσοχή του τελευταίου ορόφου ως προς τη βάση του κτιρίου να μην ξεπερνά το 30% της παράλληλης διάστασης της κάτοψης στη βάση». Ισχύει η σχέση: $(L-L_2)/L \leq 0.30$

Στη περίπτωση του κτιρίου με ανοίγματα 3.5m θα ισχύει:

$$(10,5-7)/10,5=0,33 > 0,30$$

Άρα η κατηγορία κτιρίων 3 είναι μη κανονική καθ' ύψος.

Τα ύψη όλων των ορόφων είναι 3m.

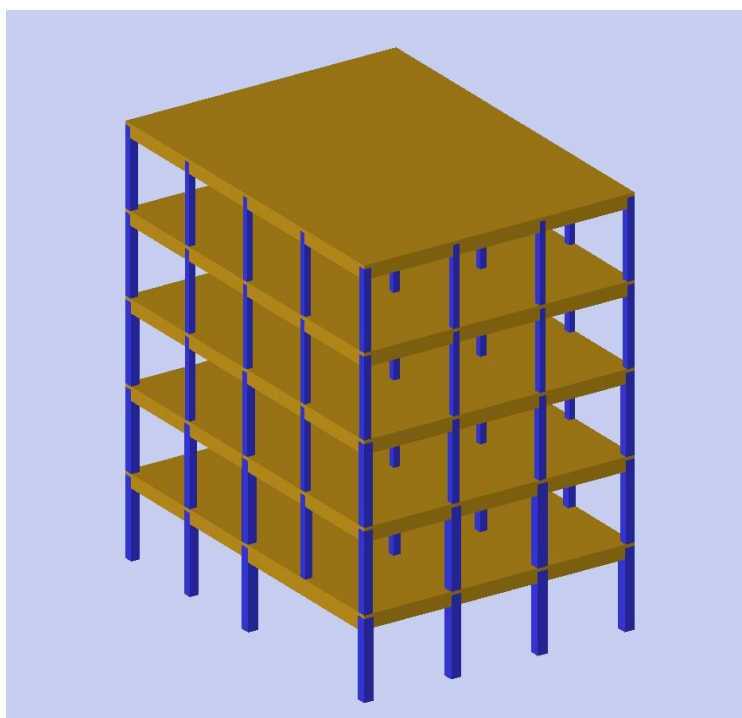


Σχήμα 5. 3: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 3

➤ Κατηγορία 4:

Ικανοποιούνται τα κριτήρια του EC8 για την κανονικότητα σε κάτοψη. Αντιθέτως, το κτίριο δεν είναι κανονικό καθ' ύψος καθώς δεν ικανοποιείται η απαίτηση του EC8-1

(4.2.3.3§2) «Όλα τα συστήματα ανάληψης οριζόντιων φορτίων, όπως πυρήνες, φέροντα τοιχώματα ή πλαίσια, θα είναι συνεχή χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτηρίου». Στη δεδομένη περίπτωση υπάρχει «φυτευτό» υποστύλωμα και συνεπώς το κριτήριο αυτό δεν ικανοποιείται. Το ύψος όλων των ορόφων είναι 3m.



Σχήμα 5. 4: Προσομοίωμα κτιρίων κατηγορίας 4

5.3 Υλικά

➤ Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα που επιλέχτηκε για τα κτήρια είναι κατηγορίας B160, όπου ήταν η συνηθέστερη κατηγορία για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκείνης της εποχής. Αυτό σημαίνει πως έχουμε μέση κυβική αντοχή 160 kg/cm^2 ή 16 MPa ($f_{cm,cube}$) και μέση κυλινδρική αντοχή $f_{cm}=f_{cm,cube}/1.25= 16/1.25=12.8\text{MPa}$. Θεωρούμε όμως υπέρ της ασφαλείας ότι $f_{cm}=f_{ck}= 12\text{MPa}$.

Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος, κάνοντας τη παραδοχή ότι το B160 αντιστοιχίζεται με το C12/15 από τις σύγχρονες ποιότητες σκυροδέματος, είναι $E_{cm}=21\text{GPa}$. Επίσης, ο λόγος Poisson για αρηγμάτωτο σκυρόδεμα λαμβάνεται ίσος με 1,2.

➤ Χάλυβας

Για τον χάλυβα, διαμήκη οπλισμό και εγκάρσιο, επιλέχτηκε η ποιότητα St I με χαρακτηριστική τάση διαρροής $f_{yk}=220$ MPa. Η μέση εφελκυστική αντοχή του χάλυβα θεωρούμε ότι είναι 310MPa. Το μέτρο ελαστικότητας το λαμβάνουμε ίσο με $E_s=200$ GPa.

5.4 Σεισμικές παραδοχές

5.4.1 Ελαστικό Φάσμα Σχεδιασμού κατά EC8

Οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί λαμβάνουν υπόψη τους την επιρροή των ιδιοτήτων του εδάφους στη μορφή του φάσματος τροποποιώντας τις χαρακτηριστικές περιόδους T_B και T_C που καθορίζουν την έναρξη της περιοχής σταθερής φασματικής επιτάχυνσης και σταθερής φασματικής ταχύτητας, αντίστοιχα. Επισημαίνεται ότι η χαρακτηριστική περίοδος T_D που ορίζει την έναρξη της περιοχής σταθερής φασματικής μετακίνησης δεν εξαρτάται από το έδαφος. Οι αναλυτικές σχέσεις που δίνουν την ελαστική φασματική επιτάχυνση S_e σε κάθε περιοχή είναι:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B \quad (5.1)$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C \quad (5.2)$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D \quad (5.3)$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec} \quad (5.4)$$

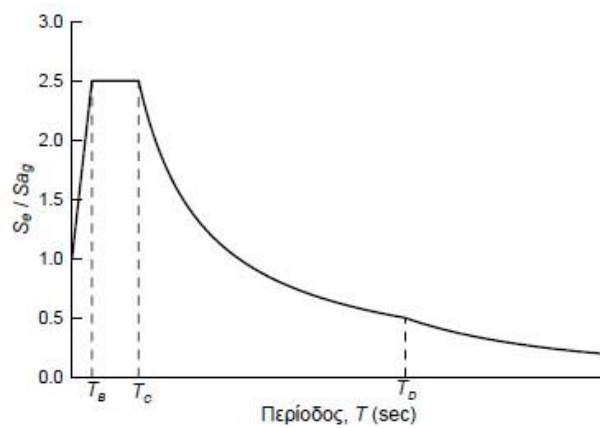
όπου η είναι ο συντελεστής απόσβεσης που δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \sqrt{\frac{0.10}{\zeta + 0.05}} \quad (5.5)$$

και τροποποιεί κατάλληλα τις φασματικές τιμές σε περίπτωση που η απόσβεση της κατασκευής είναι διαφορετική από 5%.

Στο Σχήμα 5.5 δίνεται η μορφή του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού του EC8 για απόσβεση 5%. Παρατηρούμε ότι:

- Για $T_a \leq T_B$ η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού S_e παρουσιάζει ανοδική πορεία με την αύξηση της περιόδου.
- Για $T_B \leq T \leq T_C$ η φασματική επιτάχυνση παραμένει σταθερή.
- Για $T_C \leq T \leq T_D$ η φασματική ταχύτητα παραμένει σταθερή και επομένως η φασματική επιτάχυνση μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την αύξηση της ιδιοπεριόδου της κατασκευής.
- Για $T_D \leq T$ η φασματική μετακίνηση παραμένει σταθερή και επομένως η φασματική επιτάχυνση μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της ιδιοπεριόδου της κατασκευής.



Σχήμα 5. 5: Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον EC8

5.4.2 Ανελαστικό Φάσμα Σχεδιασμού κατά EC8

Στον Ευρωκώδικα 8, το ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού ορίζεται διαιρώντας το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα με το συντελεστή συμπεριφοράς q , εκτός από την περιοχή περιόδων $0 < T < T_B$ όπου θεωρείται μία γραμμική συνάρτηση για την επιτάχυνση σχεδιασμού, η οποία ξεκινάει από την τιμή $S_d = (2/3) \cdot S \cdot a_g$ για $T = 0$ (Σχήμα 5.6). Ο λόγος που η S_d δεν ισούται με την εδαφική επιτάχυνση $S \cdot a_g$ για $T = 0$, είναι επειδή αυτό πρέπει να ισχύει για την επιτάχυνση διαρροής a_y , επομένως $S_d = S \cdot a_g / \gamma_{Rd}$. Αν θεωρήσουμε ότι οι πολύ δύσκαμπτες κατασκευές ($T=0$) διαθέτουν υπεραντοχή γ_{Rd} τουλάχιστον ίση με 1.5, προκύπτει $S_d(T=0) = (2/3) \cdot S \cdot a_g$.

Συγκεκριμένα, στις διάφορες χαρακτηριστικές περιοχές του φάσματος ισχύουν οι εξής σχέσεις:

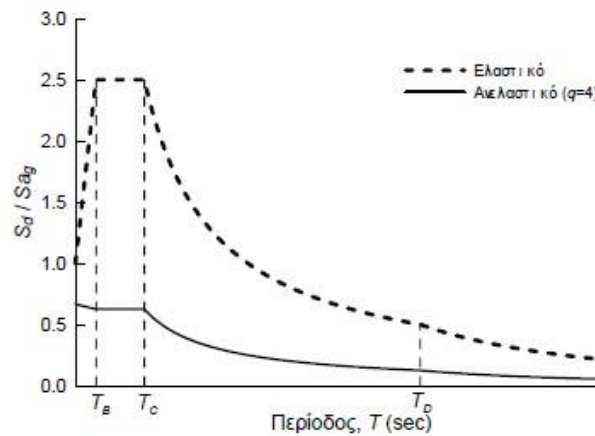
$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad \text{για } 0 \leq T \leq T_B \quad (5.6)$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \quad \text{για } T_B \leq T \leq T_C \quad (5.7)$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_C \leq T \leq T_D \quad (5.8)$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \geq \beta \cdot a_g \quad \text{για } T_D \leq T \leq 4 \text{ sec} \quad (5.9)$$

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα, η τιμή β ορίζεται σε $\beta = 0.2$.



Σχήμα 5. 6: Ανελαστικό φάσμα σύμφωνα με τον EC8 για $q=4$ και το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα

Οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q διαφέρουν αναλόγως με τα υλικά και περιέχουν και την επιρροή του συντελεστή απόσβεσης που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο υλικό και στατικό σύστημα, σε περίπτωση που αυτός είναι διάφορος του 5%. Γι' αυτό στις εξισώσεις (5.6 - 5.9) δεν περιλαμβάνεται ο διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης η όπως στο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού, αφού αυτός έχει συμπεριληφθεί στην προτεινόμενη τιμή του q .

5.4.3 Κατηγορία εδάφους

Με βάση τον EC8 οι κατηγορίες εδαφών είναι η A, B, C, D, E οι οποίες διακρίνονται με βάση τη στρωματογραφία τους και τις παραμέτρους που δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1: Κατηγορίες εδάφους και στρωματογραφία σύμφωνα με τον EC8.

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή στρωματογραφίας	Παράμετροι		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPPT} (κυκλάσεις/30 cm)	c_u (kPa)
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού.	> 800	–	–
B	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλικών, ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.	360 – 800	> 50	> 250
C	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλικών ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών), ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά.	< 180	< 15	< 70
E	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα υλός με τιμές v_s κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5m και 20m, με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s.			
S_1	Αποθέσεις που αποτελούνται ή που περιέχουν ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 10 m μαλακών αργίλων/ύλων με υψηλό δείκτη πλαστικότητας ($PI > 40$) και υψηλή περιεκτικότητα σε νερό.	< 100 (ενδεικτικό)	–	10 - 20
S_2	Στρώματα ρευστοποιήσιμων εδαφών, ευαίσθητων αργίλων, ή οποιαδήποτε άλλη εδαφική τομή που δεν περιλαμβάνεται στους τύπους A – E ή S_1			

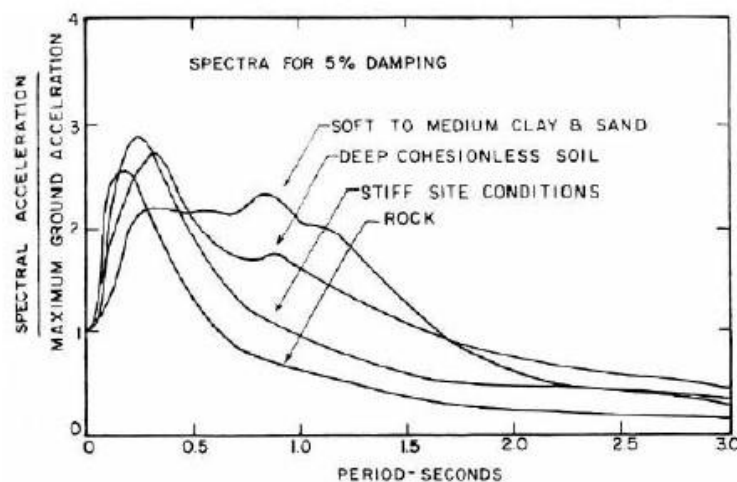
Αναλόγως, με τη κατηγορία εδάφους της περιοχής δίνονται οι αντίστοιχοι εδαφικοί συντελεστές με τις χαρακτηριστικές περιόδους τους, σύμφωνα με τον EC8.

Πίνακας 5.2: Συντελεστής εδάφους και χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος σχεδιασμού σύμφωνα με τον EC8.

Κατηγορία εδάφους	S	T_B (sec)	T_C (sec)	T_D (sec)
A	1.00	0.15	0.40	2.50
B	1.20	0.15	0.50	2.50
C	1.15	0.20	0.60	2.50
D	1.35	0.20	0.80	2.50
E	1.40	0.15	0.50	2.50

Επίσης, η μεγάλη επιρροή των χαρακτηριστικών του εδάφους στα φάσματα απόκρισης των σεισμών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου παρουσιάζεται ο μέσος

όρος κανονικοποιημένων φασμάτων διαφόρων σεισμών από την Καλιφόρνια και την Ιαπωνία, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, πάνω στο οποίο είχε γίνει η καταγραφή. Σε σκληρά και βραχώδη εδάφη, τα φάσματα δείχνουν μεγάλες επιταχύνσεις σε μικρές περιόδους, οι οποίες μειώνονται γρήγορα όσο μεγαλώνει η περίοδος της κατασκευής. Αντίθετα, σε μαλακά εδάφη εμφανίζονται μεγάλες φασματικές επιταχύνσεις ακόμη και σε αρκετά μεγάλες περιόδους (βλ. Σχήμα 5.7). (Ψυχάρης, 2015)



Σχήμα 5. 7: Μέρη φάσματα απόκρισης απόλυτων επιταχύνσεων διάφορων σεισμών για $\zeta=5\%$ ανάλογα με το είδος του εδάφους (Seed et al, 1976) (Ψυχάρης, 2015)

Από την άποψη της σεισμικής επικινδυνότητας ο πρώτος ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός (Β. Δ. 1959) κατέταξε τα εδάφη σε τέσσερις κατηγορίες:

- a) Εδάφη μικρής σεισμικής επικινδυνότητας
- b) Εδάφη μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας
- c) Εδάφη μεγάλης σεισμικής επικινδυνότητας
- d) Εδάφη εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας

Πιο αναλυτικά η κατηγορία a) αναφερόταν σε συμπαγή ομοιογενή αργιλομαργαϊκά στρώματα πάχους 15m, b) ψαθυρά ή χαλαρά εδάφη οριζόντιας στρώσης η με ελαφριά κλίση, c) εδάφη σε φυσικά ή δομικά κορήματα σε παραλιακές ή τεχνικές προσχώσεις, ελώδη ή τελματώδη και περιοχές αποξηραμένων λιμνών, d) ανομοιογενή ή χαλαρά εδάφη σε απότομες πλαγιές και περιοχές πάνω από σπηλαιώδες υπέδαφος.

Για τη προσομοίωση επιλέχτηκαν τα εξής:

- Είδος εδάφους : Άργιλος ξηρή
- Δείκτης εδάφους : 6000.00 [tn/m²/m]
- Επιτρεπόμενη τάση : 25.00 [tn/m²]
- Γωνία τριβής στη βάση του θεμελίου δ : 30.00 [°]
- Συντ. υπολογισμού παθητικής ώθησης : 0.300

5.4.4 Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας

Οι αναμενόμενες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης και ταχύτητας (η εδαφική μετακίνηση

χρησιμοποιείται σπανίως) προκύπτουν από μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας, μετά από

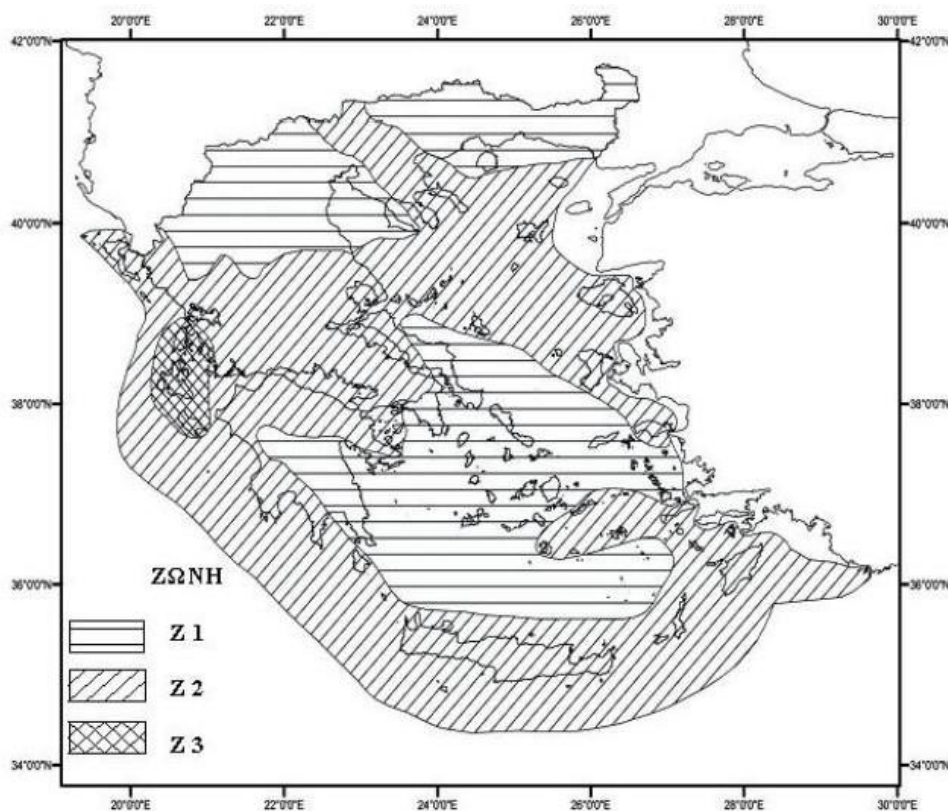
στατιστική επεξεργασία των σεισμικών γεγονότων που έχουν συμβεί στην ευρύτερη περιοχή του έργου. Τέτοιες μελέτες εκπονούνται για μεγάλα και σημαντικά έργα, ενώ για συνήθεις κατασκευές εφαρμόζονται οι τιμές που δίνονται στους κανονισμούς, ανάλογα με την περιοχή στην οποία πρόκειται να γίνει η κατασκευή. Στον Ευρωκώδικα 8 (EC8) έχουν υιοθετηθεί οι σεισμικές ζώνες του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ), όπου προβλέπονται τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας με τις τιμές εδαφικής επιτάχυνσης αναφοράς a_g που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.3: Τιμές ενεργούς επιτάχυνσης σεισμικών ζωνών Ελλάδας σύμφωνα με τον EC8.

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	Εδαφική επιτάχυνση αναφοράς a_{gR} (g)
Z1	0.16
Z2	0.24
Z3	0.36

Οι τιμές αυτές a_{gR} έχουν προκύψει από μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας και αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς $T_R = 475$ χρόνια, δηλαδή κατά μέσο όρο συμβαίνουν μία φορά κάθε 475 χρόνια. Θεωρώντας ότι οι σεισμοί που συμβαίνουν σε κάθε περιοχή ακολουθούν την κατανομή Poisson, περίοδος επανάληψης 475 χρόνια

σημαίνει ότι υπάρχει πιθανότητα 10% να συμβεί σεισμός στα επόμενα 50 χρόνια (συνήθης διάρκεια ζωής των κατασκευών), ο οποίος θα προκαλέσει εδαφική επιτάχυνση μεγαλύτερη από a_{gR} . Η πιθανότητα αυτή (πιθανότητα υπέρβασης) είναι αποδεκτή για συνήθεις κατασκευές, γι' αυτό και η a_{gR} ονομάζεται επιτάχυνση αναφοράς. Οι ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας για τη κάθε περιοχή δίνονται από τον παρακάτω χάρτη (βλ. Σχήμα 5.8):



Σχήμα 5. 8: Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον EC8

Η έννοια της ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας υπήρχε και στο Β. Δ 1959 και συγκεκριμένα κατέταξε όλη τη χώρα σε τρεις τρεις κατηγορίες σεισμικότητας:

- a) Ασθενώς σεισμόπληκτες περιοχές
- b) Μετρίως σεισμόπληκτες περιοχές
- c) Ισχυρές σεισμόπληκτες περιοχές

Επιπλέον, αναφορικά με την οριζόντια συνιστώσα των σεισμικών δυνάμεων ορίζονται οι τιμές του συντελεστή «ε» όπου δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.4: Πίνακας σεισμικών ζωνών & σεισμικών συντελεστών ε , βάσει του Β. Δ. 1959 (Πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός)

Π Ι Ν Α Κ Α Σ			
Σεισμικότητας περιοχών	Έπικινδυνότητας έδαφών		
	(α)	(β)	(γ)
I	0,04	0,06	0,08
II	0,06	0,08	0,12
III	0,03	0,12	0,16

Για την προσομοίωση των κτιρίων έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Σεισμικότητα : 1
- Σεισμικός συντελεστής ε : 0.040
- Αριθμός σεισμικών φορτίσεων : 4
- Συντελεστής στρεπτικής δυσκαμψίας υποστυλωμάτων τοιχωμάτων : 0.100
- Συντελεστής στρεπτικής δυσκαμψίας δοκών : 0.100
- Συντελεστής διαφραγματικής λειτουργίας : 10000.000

5.4.5 Συντελεστής Σπουδαιότητας

Για κατασκευές μεγάλης αξίας ή σπουδαιότητας, οι τιμές του Πίνακα 5.3 πολλαπλασιάζονται με το συντελεστή σπουδαιότητας Γ_{η} , ο οποίος λαμβάνει τιμές 0.8 για κατασκευές μικρής σημασίας, 1.0 για κατασκευές συνήθους σπουδαιότητας και 1.2 ή 1.4 για κατασκευές μεγάλης σπουδαιότητας (βλ. Πίνακας 5.5). Με αυτό τον τρόπο ο αντισεισμικός σχεδιασμός σημαντικών κατασκευών γίνεται για ισχυρότερο σεισμό που συμβαίνει σπανιότερα, δηλαδή για σεισμό με μεγαλύτερη περίοδο επαναφοράς ($T_R = 1000$ ή 2000 χρόνια), η οποία αντιστοιχεί σε μικρότερη πιθανότητα υπέρβασης της εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού ή και σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Έτσι, η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού ισούται με $\gamma_I \cdot a_{gR}$. Στον EC8, η τιμή αυτή συμβολίζεται με a_g , δηλαδή,

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} \quad (5.10)$$

Πίνακας 5.5: Τιμές συντελεστή σπουδαιότητας γ_I κατά EC8

Κατηγορία σπουδαιότητας	Συντελεστής σπουδαιότητας
I (μικρή σπουδαιότητα)	0.8
II (συνήθης σπουδαιότητα)	1.0
III (μεγάλη σπουδαιότητα)	1.2
IV (πολύ μεγάλη σπουδαιότητα)	1.4

5.5 Λοιπές παραδοχές

5.5.1 Όπλιση δομικών στοιχείων

Λαμβάνοντας υπόψη τον κανονισμό σκυροδέματος του 1954 και τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 προέκυψαν οι παρακάτω παραδοχές ως προς την όπλιση για τα φέροντα στοιχεία της κατασκευής.

- Υποστυλώματα
 - Μέγιστη απόσταση εγκάρσια συγκρατούμενων ράβδων 0.60
 - Απόσταση συνδετήρων υποστυλωμάτων και άκρων τοιχωμάτων 0.40
 - Διάμετροι οπλισμού Φ14, Φ16, Φ18, Φ20
- Δοκοί
 - Μέγιστη απόσταση συνδετήρων δοκών 0.40
 - Μέγιστο μήκος δοκού για ενοποίηση πρόσθετων οπλισμών στηρίξεων
 $L_{max}=1.0$ (με μια επιφύλαξη)
 - Εφαρμογή κανόνων αγκύρωσης Όχι
 - Κάλυψη διατμητικών δυνάμεων δοκών - Πάντοτε κάμψη μισών + 1
 - Διάμετροι οπλισμού Φ10, Φ12, Φ14, Φ16, Φ18, Φ20
- Πλάκες
 - Ισια σίδερα ανοιγμάτων πλακών: Όχι
 - Διάμετροι οπλισμών Φ8, Φ10

5.5.2 Φορτία

1. Μόνιμα Φορτία

- Ιδίο βάρος οπλισμένου σκυροδέματος 2,400 t/m³
- Επικάλυψεις δαπέδων γενικά 0,100 t/m²
- Επικάλυψεις με μάρμαρα 0,150 t/m²
- Επικάλυψεις με ξύλα 0,050 t/m²
- Επικάλυψεις με πλακίδια 0,130 t/m²
- Επικάλυψεις δώματος 0,200 t/m²
- Τοιχοποιία δρομική 0,210 t/m²
- Τοιχοποιία μπατική 0,360 t/m²
- Επιχωμάτωση 1,800 t/m³

2. Μεταβλητά Φορτία

- Μεταβλητά φορτία πλακών γενικά 0,20 t/m²
- Μεταβλητά φορτία εξωστών 0,50 t/m²
- Μεταβλητά φορτία κλιμάκων γενικά 0,35 t/m²
- Κλίμακες κτιρίων κατοικιών 0,35 t/m²
- Κλίμακες καταστημάτων - γραφείων 0,50 t/m²
- Μεταβλητά φορτία δώματος (άβατου) 0,05 t/m²
- Μεταβλητά φορτία δώματος (βατού) 0,20 t/m²

5.5.3 Γενικές παραδοχές

- Αυτόματη απόδοση οπλισμού πλακών στις δοκούς: Ναι
- Έλεγχος ρηγμάτωσης : Όχι
- Ικανοτικός έλεγχος κόμβων: Όχι (Η έννοια του ικανοτικού σχεδιασμού εφαρμόστηκε για πρώτη φορά σε μια απλοϊκή του μορφή με τις τροποποιήσεις του αντισεισμικού κανονισμού το 1985)
- Ικανοτικός έλεγχος διάτμησης: Όχι
- Αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας: Όχι
- Εφαρμογή κανόνων περίσφιγξης: Όχι

5.6 Αποτίμηση

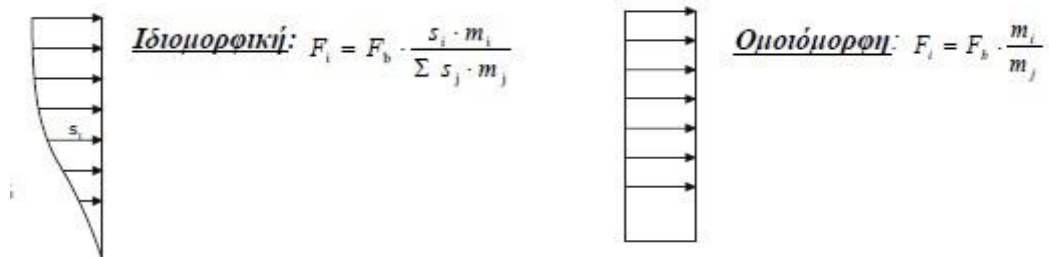
Για την αποτίμηση στο Fespa επιλέχθηκε η στατική ανελαστική ανάλυση (Pushover) για την οποία γίνεται εκτενέστερη ανάλυση στο Κεφάλαιο 4 της παρούσας εργασίας. Το πρόγραμμα για την αποτίμηση βασίζεται στον ΚΑΝ. ΕΠΕ., αλλά και σε διατάξεις του EC8.

- Υλικά αποτίμησης
 - Μέση αντοχή σκυροδέματος $f_{cm} = 16\text{MPa}$
 - Μέση αντοχή χάλυβα $f_{ym} = 310\text{MPa}$
 - Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού $\varepsilon_{su_e} [\%] = 6.0$
 - Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{ywm} = 310\text{MPa}$
- Σεισμική δράση
 - Η σεισμικότητα 1 του παλαιού κανονισμού αντιστοιχήθηκε σε Ζώνη 1 (Z1) στον EC8, με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0,16g
 - Η έννοια της σπουδαιότητας δεν υπήρχε στο Β. Δ. 1959, και δεδομένου ότι η χρήση των κτιρίων που διαστασιολογήθηκαν είναι η κατοικία επιλέχθηκε Συντελεστής σπουδαιότητας $S_2 = 1$ (συνήθη κτήρια).
- Παράμετροι Φάσματος
 - Επιλέχθηκε φάσμα σχεδιασμού αντί για ελαστικό φάσμα καθώς δε θεωρούμε ότι η κατασκευή μας συμπεριφέρεται ελαστικά.
 - Το έδαφος αντιστοιχίζεται σε εδαφικό τύπο Β, καθώς στη διαστασιολόγηση είχε επιλεχτεί ξηρή άργιλος. Συνεπώς, ο συντελεστής εδάφους S ισούται με 1.2.
 - Ο συντελεστής απόσβεσης ξ ισούται με 5% για οπλισμένο σκυρόδεμα.

Είδος κατασκευής		$\xi\%$
Σκυρόδεμα	άοπλο	3
	οπλισμένο	5
	προεντεταμένο	4
Δομικός χάλυβας	με συγκολλήσεις	2
	με κοχλιώσεις	4
τοιχοποιία	οπλισμένη	6
	διαζωματική	5
Δομική ξυλεία	κολλητή	4
	κοχλιωτή	4
	ηλωτή	5

Πίνακας 5.6: Συντελεστής απόσβεσης ξ (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

- Επίπεδο γνώσης Σ.Α.Δ. & συντελεστές ασφαλείας
 - Επίπεδο γνώσης σκυροδέματος και χάλυβα, KL2- Κανονική (Ικανοποιητική)
 - Συντελεστές εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών χάλυβα και σκυροδέματος $CF_s=1,2$
 - Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος $\gamma'_c=1,3$
 - Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα $\gamma'_s=1,15$
- Γενικά
 - Τυχηματική εκκεντρότητα: Όχι
 - Φαινόμενα 2ας τάξης (P-Δ): Ναι
 - Έλεγχος διάτμησης κόμβου: Ναι
- Pushover
 - Επιλέχθηκαν δύο τρόποι φόρτισης με βάση την κατανομή, η ιδιομορφική και η ομοιόμορφη.



Σχήμα 5. 9: Ιδιομορφική & Ομοιόμορφη κατανομή φορτίων

- Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]. Δε θα ακολουθηθεί η μέθοδος 30-100 που προτείνεται, δηλαδή 100% σεισμική συνιστώσα στη κύρια διεύθυνση του σεισμού και 30% στη δευτερεύουσα. Συνεπώς, οι συνολικές αναλύσεις που προκύπτουν είναι 8, 4 για κάθε τύπο κατανομής των δυνάμεων επί τις 4 διευθύνσεις: 0, 90, 270, 360.
- Φάσμα-αποτίμηση
 - Συμβατικός χρόνος ζωής $TL=50$ έτη.
 - Πιθανότητα υπέρβασης PR .
 - Πιθανότητα υπέρβασης $PLR=10\%$.
 - Περίοδος επαναφοράς $TLR=475$ έτη.
 - Εκθέτης $k=3$.

- DL-Περιορισμός βλαβών
 - Στάθμη επιτελεστικότητας DL- 1^η διαρροή δοκού ή υποστυλώματος.
 - DL Πιθανότητα υπέρβασης $P_{DLR}=50\%$.
- SD- Σημαντικές βλάβες
 - Στάθμη επιτελεστικότητας SD- 1^η υπέρβαση ορίου σε κύρια δοκό ή υποστύλωμα
 - SD Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR}=10\%$.
- NC- Οιονεί κατάρρευση
 - Στάθμη επιτελεστικότητας NC- 1^η αστοχία κύριας δοκού ή υποστυλώματος.
 - NC Πιθανότητα υπέρβασης $P_{NCR}=2\%$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΟ FESPA

6.1 Γενικά

Όπως έχει προαναφερθεί η προσομοίωση των κτιρίων θα γίνει στο FESPA v8.1.0.4. Η χρήση του λογισμικού είναι ιδιαίτερα εύκολη και το περιβάλλον εργασίας πολύ εύχρηστο. Στο Fespa μπορεί κανείς να συναντήσει τους συνηθέστερους κανονισμούς όπως για παράδειγμα οι Ευρωκώδικες, ο ΚΑΝ. ΕΠΕ., ο ΕΑΚ-ΕΚΩΣ, ο ινδικός, ο κυπριακός, αλλά ακόμα και παλαιοί κανονισμοί όπως ο αντισεισμικός κανονισμός του '59 και ο κανονισμός σκυροδέματος του '54, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία για τη διαστασιολόγηση των κτιρίων.

Σε αυτό το κεφάλαιο για να υπάρξει κοινό σημείο αναφορά, θα γίνει η παρουσίαση του κτηρίου της κατηγορία 1, με ανοίγματα 3.5m και αριθμό ορόφων 5. Θα αναλυθούν πλήρως οι διαδικασίες και ο χειρισμός που πραγματοποιήθηκε ώστε να διαστασιολογηθεί ο φορέας και ύστερα θα ακολουθήσει η ίδια διαδικασία για την αποτίμηση.

6.2 Κάνναβος

Αρχικά εισάγουμε τον κάνναβο της οικοδομής είτε μέσω του προγράμματος από το ΤΑΒ «Οδηγός», είτε μπορούμε να εισάγουμε αρχείο DXF τύπου Autocad. (βλ. Σχήμα 6.1)

Παράμετρος	Μονάδα	Τύπος	Αξία
Βήμα zoom		?	1.250
Όρια οδηγού			
Χ ελάχιστο [m]		?	-50.00
Ζ ελάχιστο [m]		?	-50.00
Χ μέγιστο [m]		?	50.00
Ζ μέγιστο [m]		?	50.00
Υψόμετρο βάσης ορόφου [m]		?	0.00
Γωνία περιστροφής κάτοψης [°]		?	0.00

Σχήμα 6. 1: Κάνναβος στο Fespa

6.3 Κτίριο

Έπειτα, γίνεται η εισαγωγή όλων των παραδοχών και των παραμέτρων της κατασκευής μέσω του TAB «Στατικά», «Κτίριο». Στη καρτέλα «Γενικά» εισάγουμε την γενική περιγραφή της εργασίας, τα υλικά κατασκευής, τον κανονισμό που εφαρμόζουμε ώστε να γίνει η διαστασιολόγηση και ο όροφος θεμελίωσης. (βλ. Σχήμα 6.2)

Σχήμα 6. 2: Γενικοί χαρακτηρισμοί εργασίας στο Fespa

Στη καρτέλα «Αντισεισμικός» ορίζεται αν θα ληφθεί υπόψη την κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού. Έχει απενεργοποιηθεί αυτή η επιλογή καθώς γίνεται διαστασιολόγηση με παλαιό Κανονισμό ο οποίος δεν προέβλεπε κατακόρυφη συνιστώσα. Αντίθετα αν γινόταν διαστασιολόγηση με EC8 τα αποτελέσματα της κατακόρυφης συνιστώσας της σεισμικής δράσης σύμφωνα με τον EC8-1 §4.3.3.5.2 πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην μελέτη, όταν συντρέχουν όλες οι ακόλουθες συνθήκες: $\alpha_{vg} \geq 0.25 \cdot \alpha_g$ (όπου $\alpha_{vg} = 0.9 \cdot \gamma_I \cdot \alpha_g R$), δηλαδή μόνο για κτίρια στη σεισμική ζώνη Z3 και για κτίρια ΣIII ή ΣIV στη σεισμική ζώνη Z2. Βλ. την παράμετρο Κτίριο> Φάσμα> Εδαφική επιτάχυνση κατακόρυφη $\alpha_{vg} R (= \lambda \cdot \alpha_g R)$. και σε μέλη με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- δοκοί με άνοιγμα μεγαλύτερο των 20m
- πρόβολοι (δοκοί ή πλάκες) μεγαλύτεροι από 5m
- δοκοί με φυτευτά υποστυλώματα
- προεντεταμένες δοκοί
- καθώς και στα στοιχεία, στα οποία στηρίζονται τα προαναφερόμενα μέλη.

Επιπλέον, αναζητούμε ιδιομορφές οι οποίες ενεργοποιούν το 90% της μάζας της κατασκευής και έτσι επιλέγονται οι 9 πρώτες. Βάσει των αναλύσεων στο συγκεκριμένο κτίριο, στον x άξονα απαιτήθηκαν 2 ιδιομορφές (90,032%), ομοίως και στον άξονα z (90.257%). (βλ. Σχήμα 6.3)

Παράμετρος	Τύπος	Αξία
Κατακόρυφη συνιστώσα σεισμού	?	Όχι
Ιδιομορφές		
Αριθμός ιδιομορφών	?	9
Αναζήτηση ιδιομορφών ώστε ΣΜi>90% μάζας	?	Ναι
Κέντρα δυσκαμψίας κτιρίου		
Υπολογισμός πλάσματος άξονα	?	Ναι
Απλοποιημένη φασματική μέθοδος		
Πρώτος υπέργειος όροφος (απλοποιημένη φασματική μέθοδος)	?	0
Συντελεστές δυσκαμψίας		
Συντ. στρεπτικής δυσκαμψίας υποστυλωμάτων τοιχωμάτων (I1)	?	0.100
Συντ. στρεπτικής δυσκαμψίας δοκών (I1)	?	0.100
Συντ. διαφραγματικής λειτουργίας (I2)	?	10000.000

Σχήμα 6. 3: Δεδομένα αντισεισμικού στο Fespa

Στη καρτέλα «Φάσμα» επιβεβαιώνεται ο αντισεισμικός κανονισμός που πρόκειται να εφαρμοστεί, η απενεργοποίηση της κατακόρυφης συνιστώσας και εισάγεται η σεισμικότητα και ο σεισμικός συντελεστής όπως έχει αναλυθεί στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. (βλ. Σχήμα 6.4)

Παράμετρος	Τύπος	Αξία
Αντισεισμικός κανονισμός	?	Παλαιός (59)
Σεισμική δράση		
Παράμετροι φάσματος		
Απλοποιημένη φασματική μέθοδος		
Συντ. υπολογισμού ιδιοπεριόδου T_{a_x} , C_t , $x=...$	?	0.050
Συντ. υπολογισμού ιδιοπεριόδου T_{a_z} , C_t , $z=...$	?	0.050
Βεβηλωδής ιδιοπεριόδου T_{a_x}	?	0.500
Βεβηλωδής ιδιοπεριόδου T_{a_z}	?	0.500
Κατακόρυφη συνιστώσα σεισμού	?	Όχι
Κατακόρυφη συνιστώσα σε πλάκες-προβόλους	?	Όχι
Σεισμικότητα	?	1
Σεισμικός συντ. ϵ	?	0.040

Σχήμα 6. 4: Δεδομένα φάσματος στο Fespa

Ακολουθεί η καρτέλα «Σκυροδέμα», όπου ορίζεται η ποιότητα του σκυροδέματος, τα μηχανικά του χαρακτηριστικά, ο συντελεστής ασφαλείας. Επιλέγοντας την λειτουργία της «Αυτόματης απόδοσης οπλισμού πλακών στις δοκούς», με την επίλυση πλακών, ο άνω οπλισμός στήριξης των πλακών παράλληλα σε δοκό αποδίδεται σε αυτήν καθώς θεωρείται συνεργαζόμενος βάσει της EC2-1-1 §9.2.1.2(2) & EC8-1 §5.4.3.1.1.

Απενεργοποιείται ο έλεγχος των ρηγματώσεων καθώς με την εφαρμογή των παλαιών κανονισμών δεν δινόταν βάση σε ελέγχους λειτουργικότητας. Επιπλέον, απενεργοποιούμε τον έλεγχο του ικανοτικού καθώς όπως έχει αναφερθεί, η έννοια του ικανοτικού σχεδιασμού εισήχθη για πρώτη φορά στον ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό με τις τροποποιήσεις του Β. Δ. 1959 το 1985. (βλ. Σχήμα 6.5)

Παράμετρος	Μονάδα	Τύπος	Αξία
Ποιότητα σκυροδέματος		?	B160
Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [N/mm ²]		?	1200
Συντ. ασφαλείας σκυροδέματος γ_c		?	1.000
Συντ. μακροχρόνιων επιδράσεων στην θλιπτική αντοχή α_{cc}		?	0.850
Επιτρεπόμενες τάσεις στύλων B160		?
Επιτρεπόμενες τάσεις στύλων B225		?
Επιτρεπόμενες τάσεις στύλων B300		?
Επιτρεπόμενες τάσεις δοκών B160		?
Επιτρεπόμενες τάσεις δοκών B225		?
Επιτρεπόμενες τάσεις δοκών B300		?
Δοκός			
Αυτόματη απόδοση οπλισμού πλακών στις δοκούς		?	Ναι
Έλεγχος ροής ανοίγματος με την ροπή της μονοπάκτου		?	Όχι
Έλεγχος λειτουργικότητας δοκών & πλακών			
Έλεγχος ρηγμάτωσης		?	Όχι
Υποστυλώμα			
Κανοντικός έλεγχος κόμβων		?	Όχι
Τείχος			
Υψόμετρο βάσης (υπολογισμός η_n & ν_d) [m]		?	0.00

Σχήμα 6. 5: Δεδομένα σκυροδέματος στο Fespa

Στη καρτέλα «Οπλισμός» επιλέγουμε τη ποιότητα του χάλυβα, τις διαμέτρους και τις αποστάσεις των οπλισμών. Οι παραδοχές έχουν εξαχθεί από τον πρώτο Ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό (Β. Δ. 1959) και από τον κανονισμό σκυροδέματος (Β. Δ. 1954). (βλ. Σχήμα 6.6)

Κτίριο

Γενικά | Αντισεισμικός | Φάσμα | Συντελεστής q | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Έδαφος | Δομικός χάλυβας | Σύμμικτα | Τοιχοπήρωση | Υλικό

Υλικό

Ποιότητα χάλυβα διαμήκων μελών	?	St1
Ποιότητα χάλυβα συνδετήρων	?	St1
Ποιότητα χάλυβα πλάκων	?	St1
Συντ. ασφαλείας χάλυβα ys	?	1.000

Συνδετήρας Siderfor

Τυποποιημένος συνδετήρας Siderfor	?	Όχι
-----------------------------------	---	-----

Διάμετροι οπλισμού

Διάμετροι κύριου οπλισμού πλάκων	?	....
Διάμετροι κατασκευαστικού οπλισμού πλάκων	?	....
Διάμετροι κύριου οπλισμού υποστυλωμάτων	?	....
Διάμετροι κατακόρ. οπλισμού κορμού τοιχωμάτων	?	....
Διάμετροι κύριου οπλισμού δοκών	?	....
Διάμετροι πλευρικού οπλ. δοκών, τοιχ/των υπογείου & πέδητος πεδ/κών	?	....
Διάμετροι άνω οπλισμών δοκών	?	Από διαμέτρου πλευρικού οπλισμού
Διάμετροι κύριου οπλισμού πεδίων	?	....
Διάμετροι οπλισμού διάτμησης δοκών & υπ/των	?	....

Οπλισμός υποστυλωμάτων

Μέγιστη απόσταση εγκάρσια συγκρατούμενων ράβδων [m]	?	0.600
Ελάχιστη καθαρή απόσταση ράβδων υποστυλωμάτων [m]	?	0.025
Ελάχιστες τμήσεις συνδετήρων υποστυλωμάτων	?	2
Απόσταση συνδετήρων υπ/των & άκρων τοιχωμάτων s_max [m]	?	0.400
Προτιμτέα μορφή συνδετήρα σε τετράγωνο υποστυλώμα	?	Ρόμβος
Ομοιομόρφιση ράβδων υποστυλωμάτων σε υποκείμενο όροφο	?	Σε έναν μόνο
Ράβδοι διαξονικής	?	Στις γωνίες
Απόσταση οριζόντ. ράβδων κορμού τοιχωμάτων sh_max [m]	?	0.200
Απόσταση κατακόρ. ράβδων κορμού τοιχωμάτων sv_max [m]	?	0.200

Οπλισμός δοκών

Ελάχιστος αριθμός ράβδων δοκών άνω	?	2
Ελάχιστος αριθμός ράβδων δοκών κάτω, στο άνοιγμα	?	2
Ελάχιστες τμήσεις συνδετήρων δοκών	?	2
Μέγιστη απόσταση συνδετήρων δοκών s [m]	?	0.400
Μέγιστο μήκος δοκού για ενοποίηση προσθέτων οπλισμών στηριξεων Lmax [m]	?	1.00
Μέγιστο μήκος ράβδου [m]	?	14.00
Εφαρμογή κανόνων αγκύρωσης	?	Όχι
Κάλυψη διατμητικών δυνάμεων δοκών	?	Μόνο συνδετήρες

Υπόδειγμα >> Ενότητα Όλες/Καμία

Σχήμα 6. 6: Δεδομένα οπλισμού στο Fespa

Στην καρτέλα «Έδαφος» επιλέγεται ο εδαφικός τύπος, ο δείκτης k_s , η Φέρουσα Ικανότητα του εδάφους, η γωνία τριβής και ο συντελεστής υπολογισμού παθητικής ολίσθησης. (βλ. Σχήμα 6.7) Κατά την διαστασιολόγηση των κτηρίων δεν εξετάστηκε η επιρροή και η επάρκεια του εδάφους, καθώς όλα τα κτήρια θεωρήθηκαν πακτωμένα στην βάση τους.

Γενικά	Αντισεισμικός	Φάσμα	Συντελεστής q	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Δομικός κάλυβας	Σύμμικτα
Είδος εδάφους						Αργίλος ξηρή		
Δείκτης K_s [tn/m ² /m]						6000.00		
Συντ. προδιαστασιολόγησης πεδίων						1.000		
Αναλυτική μέθοδος υπολογισμού Φ.Ι.								
Συνθήκες φόρτισης						Φόρτιση αργιλωδών εδαφών υπό αστράγγι		
Υπολογισμός επιφόρτισης στη βάση του θεμελίου						Ναι		
Ολικό ειδικό βάρος εδάφους γ [tn/m ³]						1.80		
Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού Φ.Ι. (χρήση σση)								
Επιτρεπόμενη φέρουσα τάση (σση) [tn/m ²]						25.00		
Συντ. αναγωγής επιτρεπόμενης τάσης εδάφους						2.500		
Έλεγχος τάσης θραύσης								
Τάση θραύσης εδάφους [tn/m ²]						50.00		
Έλεγχος ολίσθησης								
Γωνία τριβής στη βάση του θεμελίου, δ [°]						30.00		
Συντ. υπολογισμού παθητικής ώθησης $\beta \cdot k_p \cdot \lambda = \dots$						0.300		
Ενιαίος συντ. ασφαλείας εδάφους FS (στατικές φορτίσεις)						2.000		

Σχήμα 6. 7: Δεδομένα εδάφους στο Fespa

6.4 Υποστυλώματα

Οι παραδοχές όπλισης και υλικών των υποστυλωμάτων έχουν δοθεί από την καρτέλα «Οπλισμός», υπάρχει βέβαια η δυνατότητα τροποποίησης τους αν είναι επιθυμητό. Στη καρτέλα «Υποστώλωμα» δίνονται οι διαστάσεις και η γεωμετρία των υποστυλωμάτων. (βλ. Σχήμα 6.8)

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος για τα υποστυλώματα είναι ο καθορισμός του σταθερού σημείου τους έτσι ώστε σε τυχόν αυξομειώσεις των διαστάσεών τους να παραμένει σταθερή η επιθυμητή πλευρά του υποστυλώματος.

Διατομή	Στατικά	Φορτία	Σκυρόδεμα	Οπλισμοί	Έδαφος	Δομικός κάλυβας
<input checked="" type="checkbox"/> Είδος υλικού			Σκυρόδεμα			
<input checked="" type="checkbox"/> Κατηγορία διατομής			Ορθογωνική			
Διατομές Sidefor			Άλλη			
<input type="checkbox"/> Γωνία τοποθέτησης φ [°]			0.00			
<input checked="" type="checkbox"/> b [m]			0.350			
<input checked="" type="checkbox"/> d [m]			0.350			
<input checked="" type="checkbox"/> Επικάλυψη οπλισμών, c_{nom} [m]			0.020			
<input checked="" type="checkbox"/> Ατμets υπήγαμς αδρkn στχv			Ναι			

Σχήμα 6. 8: Χαρακτηριστικά υποστυλωμάτων στο Fespa

6.5 Δοκοί

Οι παραδοχές όπλισης και υλικών των δοκών έχουν δοθεί από την καρτέλα «Οπλισμός», υπάρχει βέβαια η δυνατότητα τροποποίησης τους αν είναι επιθυμητό. Στη καρτέλα «Δοκός» δίνονται οι διαστάσεις και η γεωμετρία των δοκών. Επιπλέον, εισάγονται εξωτερικά φορτία στις δοκούς ανεξαρτήτως από το ειδικό τους βάρος. Εξαιρετικής σημασίας είναι επίσης, να χαρακτηριστεί ένα υποστύλωμα ως «μεσαίο» ή «πλευρικό» ως προς x και ως προς z καθώς γίνονται διαφορετικοί έλεγχοι σύμφωνα με τους παλαιούς κανονισμούς. Μαζική αλλαγή των παραμέτρων μπορεί να επιτευχθεί από τους «Πίνακες». (βλ. Σχήμα 6.9)

Διατομή	Στατικά	Στατικά άκρου	Δεσμική	Φορτία	Σκυρόδεμα	Διατομή	Στατικά	Στατικά άκρου	Δεσμική	Φορτία	Σκυρόδεμα
Όνομα δράσης	?	Μόνιμα G				Είδος υλικού	?	Σκυρόδεμα			
Συντομογραφία	?	Μόνιμα G				Είδος μέλους	?	Γενικό μέλος (μπετόν)			
Υπολογισμός ίδιου βάρους	?	Όχι				Κατηγορία διατομής	?	Πλακοδοκός			
Κατεύθυνση φόρτισης	?	Καθοδικό Σ. Σ.				Διατομές Sidedor	?	Άλλη			
qx [tn/m]	?	0.000				Γωνία τοποθέτησης φ [°]	?	0.00			
qy [tn/m]	?	-0.900				Πλάτος κορμού (bw) [m]	?	0.200			
qz [tn/m]	?	0.000				Ύψος (h) [m]	?	0.500			
m _x (τοπικό Σ.Σ.) [tnm/m]	?	0.00				Συnergαζόμενο πλάτος (b _{eff}) [m]	?	0.750			
Εφαρμογή όλων των δράσεων	?	Όχι				Πάχος πλάκας (h _{f1}) [m]	?	0.120			
						Φτερό αριστερά (b _{eff1}) [m]	?	0.000			
						Επικάλυψη συνδετήρων, c _{nom} [m]	?	0.020			

Υπόδειγμα >> Ενόητα Όλες/Καμία Υπόδειγμα >> Ενόητα Όλες/Καμία

Σχήμα 6. 9: Χαρακτηριστικά δοκών στο Fespa



6.6 Πλάκες

Οι παραδοχές όπλισης και υλικών των πλακών έχουν δοθεί από την καρτέλα «Οπλισμός», υπάρχει βέβαια η δυνατότητα τροποποίησης τους αν είναι επιθυμητό. Στη καρτέλα «Πλάκα» δίνονται το πάχος, ο τύπος της πλάκας και η διατομή της. Επίσης, εισάγονται τα μόνιμα και τα κινητά φορτία επιφανειακά φορτία που έχουν προκύψει από τη χρήση του κτιρίου. (βλ. Σχήμα 6.10)



Σχήμα 6. 10: Χαρακτηριστικά πλακών στο Fespa

6.7 Παραγωγές

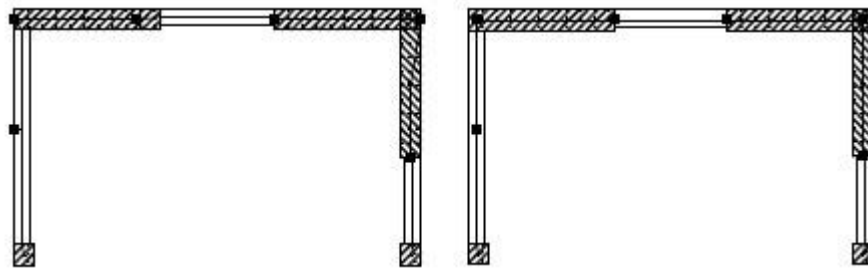
Στη καρτέλα «Παραγωγές», όπου αποτελεί το τελευταίο βήμα πριν την διαστασιολόγηση του κτιρίου, δίνονται κάποιες σημαντικές λεπτομέρειες που αφορούν την επίλυση, αλλά και η δυνατότητα παραγωγής n αριθμού τυπικών ορόφων.

- 
 Συγκεκριμένα, με την επιλογή του εικονιδίου «παραγωγή ορόφων», αντιγράφεται ο όροφος του ισογείου στον επιθυμητό αριθμό ορόφων με την υψομετρική του διαφορά από στάθμη σε στάθμη.
- 
 Άλλη μια απαραίτητη εντολή είναι η «προσαρμογή δοκών- πλακών» με την οποία θα ανιχνευθεί από το πρόγραμμα σε ποιες δοκούς εδράζεται κάθε πλάκα και συνακολούθως ποιες δοκούς θα φορτίζει. Η εντολή αυτή εκτελεί (για τον τρέχοντα όροφο) τις ακόλουθες ενέργειες:
 - Χρεώνει στην κάθε δοκό τις κατάλληλες (εκατέρωθεν αυτής) πλάκες, προκειμένου να της αποδοθούν τα σωστά φορτία μετά από την επίλυση των πλακών.
 - Προσδιορίζει τη συνέχεια των πλακών.
 - Υπολογίζει τις ισοδύναμες διαστάσεις (I_x , I_z) των στατικών πλακών του ορόφου.
 - Προσδιορίζει τη στατική λειτουργία κάθε πλάκας (τετραέρειστη,

τριέριστη πρόβολος, διέριστη, διέριστη σε γωνία κ.α.).

- Υπολογίζει τα στατικά ύψη (dx , dz) των πλακών.
 - Υπολογίζει τα συνεργαζόμενα πλάτη (b_{eff}) των δοκών, βάσει του κανονισμού, για δοκούς οπλισμένου σκυροδέματος αλλά και για δοκούς από χάλυβα και πλάκα από σκυρόδεμα.
 - Καθαρίζει το σχέδιο από περιττές γραμμές (πλευρές πλακών που συμπίπτουν με σχεδιαστικές δοκούς).
-  Η εντολή «καθορισμός μελών για διαστασιολόγηση» ενοποιεί αυτόματα όλα τα μέλη (δοκοί και υποστυλώματα) προς διαστασιολόγηση. Ειδικά για τις δοκούς η διαδικασία αυτή αφορά μόνο τον τρέχοντα όροφο. Η ενοποίηση είναι αναγκαία προκειμένου να περιγραφούν με ακρίβεια τα ελαστικά μήκη κάμψης δοκών και υποστυλωμάτων περί τους τοπικούς άξονες y και z και να εξασφαλιστεί:
 - Η βέλτιστη λύση όπλισης και η ορθή διαμόρφωση των λεπτομερειών όπλισης.
 - Αξιόπιστος προσδιορισμός τους μήκους καμπτικού και στρεπτοκαμπτικού λυγισμού.
 - Ακριβέστερος υπολογισμός των βελών κάμψης.
 -  Η εντολή «Προσαρμογή δοκών-υποστυλωμάτων» εκτελεί τις ενέργειες που αναλύονται ακολούθως, ανάλογα και με τις τιμές των σχετικών παραμέτρων στον τρέχοντα όροφο. Τακτοποιούνται αυτόματα στα σημεία τομής των αξόνων των δοκών όλοι οι λοιποί κόμβοι του τρέχοντος ορόφου ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα μήκη των άκαμπτων απολήξεων, Σχήμα 6.11. Πιο συγκεκριμένα, με την εκτέλεση της «Προσαρμογής δοκών -υποστυλωμάτων»:
 - Οι λοιποί κόμβοι μετακινούνται στο σημείο τομής των κεντροβαρικών αξόνων όλων των συντρεχουσών δοκών. Εξαιρούνται οι λοιποί κόμβοι που είναι ίχνη βάσης υποστυλωμάτων.

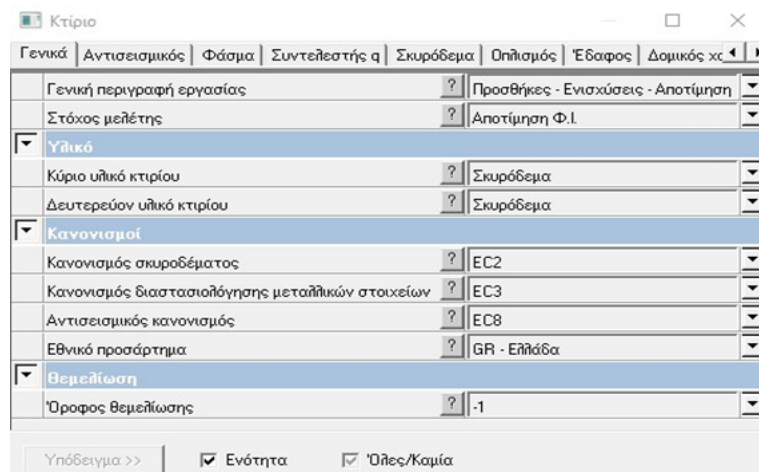
- Σε περίπτωση που ο λοιπός κόμβος είναι κόμβος τοιχώματος ($l_w / b_w \geq 4$), αυτός μετακινείται στο μέσον του πλησιέστερου άκρου του τοιχώματος. Εφαρμόζεται κυρίως μετά από αλλαγή διαστάσεων τοιχώματος.
- Σε διασταύρωση δύο τοιχωμάτων, ο λοιπός κόμβος που βρίσκεται στη γωνία μετακινείται στο σημείο τομής των διαμηκών αξόνων τους (βλ Σχήμα 6.11).



Σχήμα 6. 11: Η εντολή «Προσαρμογή δοκών – υποστλωμάτων» τακτοποιεί τους λοιπούς κόμβους της κάτοψης του τρέχοντος ορόφου (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

6.8 Αποτίμηση

Η διαδικασία της αποτίμησης απαιτεί διαφορετικούς χειρισμούς στο πρόγραμμα, καθώς αποτελεί μια νέα εργασία, με διαφορετικές παραμέτρους από εκείνες της διαστασιολόγησης. Στόχος της αποτίμησης είναι ο έλεγχος επάρκειας των υφιστάμενων φέροντων στοιχείων και ο ακριβής προσδιορισμός της αστοχίας τους. Στην καρτέλα «Γενικά», διαφοροποιούνται οι στόχοι της μελέτης, η περιγραφή της εργασίας καθώς και επίσης οι Κανονισμοί με τους οποίους θέλουμε να πραγματοποιηθεί η αποτίμηση.



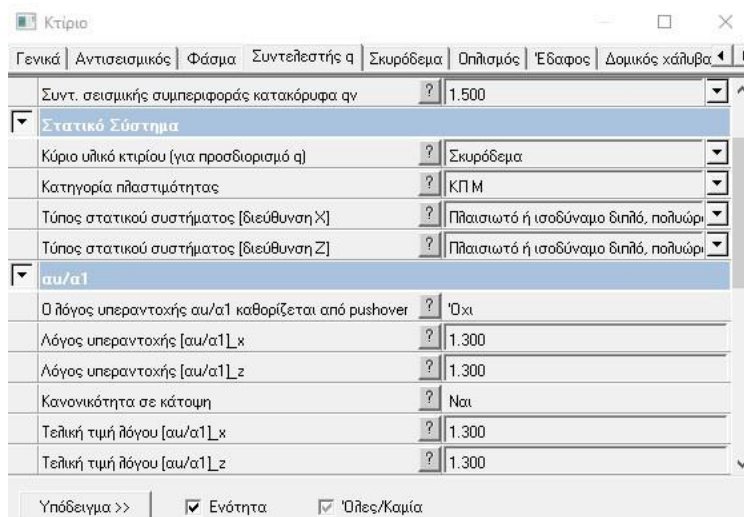
Σχήμα 6. 12: Γενικά δεδομένα αποτίμησης στο Fespa

- Στη καρτέλα «Φάσμα» δίνονται οι παραδοχές για τη σεισμική δράση όπως η σπουδαιότητα το φάσμα, ο εδαφικός τύπος κτλ καθώς και οι παράμετροι του φάσματος.

Παράμετρος	Τύπος	Τιμή
Αντισεισμικός κανονισμός	?	EC8
Εθνικό προσάρτημα	?	GR - Ελλάδα
Σεισμική δράση		
Σεισμική ζώνη	?	Z1
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση agR [g]	?	0.160
Σπουδαιότητα κτιρίου	?	II (συνήθη κτίρια)
Συντελεστής σπουδαιότητας I	?	1.000
Συντελεστής τοπογραφίας St	?	1.000
Παράμετροι φάσματος		
Φάσμα	?	Φάσμα σχεδιασμού
Εδαφικός τύπος	?	B
Συντελεστής εδάφους S	?	1.200
Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος	?
Συντελεστής απόσβεσης [%]	?	5.00
Συντ. β κάτω ορίου φάσματος σχεδιασμού	?	0.200

Σχήμα 6. 13: Φάσμα αποτίμησης στο Fespa

- Στη καρτέλα του «συντελεστή q» δίνονται οι παράμετροι για το στατικό σύστημα και παράλληλα ορίζεται η κατηγορία πλαστιμότητας. Επίσης, δίνεται και ο λόγος υπεραντοχής ο οποίος είτε υπολογίζεται από την ανάλυση Pushover είτε δίνεται χειροκίνητα από τον χρήστη λαμβάνοντας υπόψη τον EC8-3. Εύκολα παρατηρεί κανείς πως η τιμή του λόγου υπεραντοχής συσχετίζεται άμεσα με τη κανονικότητα σε κάτοψη του κτηρίου. Επιλέγοντας «Όχι» στο Tab της κανονικότητας σε κάτοψη μειώνεται σημαντικά η τελική τιμή του λόγου υπεραντοχής.



Παράμετρος	Τύπος	Τιμή
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα qv	?	1.500
Στατικό Σύστημα		
Κύριο υλικό κτιρίου (για προσδιορισμό q)	?	Σκυρόδεμα
Κατηγορία πλαστικότητας	?	ΚΠΜ
Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση X]	?	Πλαισιωτό ή ισοδύναμο διπλό, πολυώρι
Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση Z]	?	Πλαισιωτό ή ισοδύναμο διπλό, πολυώρι
αυ/α1		
Ο λόγος υπεραντοχής αυ/α1 καθορίζεται από pushover	?	Όχι
Λόγος υπεραντοχής [αυ/α1] _x	?	1.300
Λόγος υπεραντοχής [αυ/α1] _z	?	1.300
Κανονικότητα σε κάτοψη	?	Ναι
Τελική τιμή λόγου [αυ/α1] _x	?	1.300
Τελική τιμή λόγου [αυ/α1] _z	?	1.300

Σχήμα 6. 14: Συντελεστής q αποτίμησης στο Fespa

- Στη καρτέλα «Υλικά – Αποτίμηση» δίνονται εκ νέου τα δεδομένα των φέροντων στοιχείων (σκυροδέματος και χάλυβα), τόσο για τα υφιστάμενα όσο και για τα Νέα υλικά σε περίπτωση μελλοντικής ενίσχυσης. Παράλληλα, δίνεται η Σ.Α.Δ. (Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων) και οι συντελεστές που τη συνοδεύουν για τα αντίστοιχα επίπεδα γνώσης των υλικών. Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο λογισμικό, κατά την αποτίμηση ενός υφισταμένου κτηρίου, οι κατηγορίες των υλικών που πρέπει να δίνονται είναι οι αντίστοιχες των νέων κανονισμών, τροποποιώντας αν χρειαστεί τις τιμές (π.χ. δίνεται σκυρόδεμα κατηγορίας C12/15 αντί για κατηγορία B160 και χάλυβας κατηγορίας S220 αντί για St I, με κατάλληλη τροποποίηση στις αντοχές αν χρειάζεται).

Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Τοιχοπήρωση	Υλικά - Αποτίμηση	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση	Φέρουσα ταίσοποι
Χαρακτηρισμός μελών				Υφιστάμενα		
Οπλισμοί μελών				Νέα & ενισχυόμενα με μανδύα		
Αυτόματος υπολογισμός αντοχών				Ναι		
Νέο σκυρόδεμα						
Ποιότητα σκυροδέματος				C12/15		
Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f _{ck} [MPa]				12		
Νέος οπλισμός						
Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f _{yk} [MPa]				220		
Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ε _{su_n} [%]				6.000		
Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f _{ywk} [MPa]				220		
Υφιστάμενο σκυρόδεμα & Οπλισμός						
Μέση αντοχή σκυροδέματος f _{cm} [MPa]				16.0		
Μέση αντοχή χάλυβα f _{ym} [MPa]				310.0		
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού ε _{su_e} [%]				6.000		
Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f _{ywm} [MPa]				310.0		
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) υφιστ. υλικ - Σντ. ασφαίς						
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) σκυροδέματος				KL2 - Κανονική (Κανονιστική)		
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών σκυροδέματος C _{Fc}				1.200		
Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος γ _c				1.300		
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) χάλυβα οπλισμού				KL2 - Κανονική (Κανονιστική)		
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών χάλυβα C _{Fs}				1.200		
Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα γ _s				1.150		

Υπόδειγμα >> Ενότητα Όλες/Καμία

Σχήμα 6. 15: Υλικά αποτίμησης στο Fespa

- Στη καρτέλα «Αποτίμηση» ορίζονται ορισμένες πολύ σημαντικές παράμετροι οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

Δομικός χάλυβας	Σύμμικτα	Τοιχοπήρωση	Υλικά - Αποτίμηση	Αποτίμηση	Φάσμα - Αποτίμηση
Γενικά					
Τυχηματική εκκεντρότητα				Όχι	
Φαινόμενα 2ας τάξης (P-Δ)				Ναι	
Πλήθος Αξονικών (Αλληλεπίδραση N-M _y -M _z)				5	
Γωνία στροφής χορδής θ _u για ορθογωνικές διατομές γ _{el} για VR [ΚΑΝΕΠΕ ΠΑΡ. 7Γ, ή EC8 A3.3.1]				Εμπειρικό μοντέλο (EC8-3 (A.1))	
Επιρροή περισφιγής στα διαγράμματα αντοχής				1.000	
Γωνία στροφής χορδής BSD (BB) βάσει				Ναι	
Έλεγχος διάτμησης κόμβου				ΕC8	
Έλεγχος διάτμησης κόμβου				Ναι	
Pushover					
A` Κατανομή φόρτισης				Ομομόρφη	
B` Κατανομή φόρτισης				Ιδιομορφική	
Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]				0.0	
Άοπλες τοιχοπήρωσεις ενεργές				Ναι	
Ενισχυμένες τοιχοπήρωσεις ενεργές				Ναι	
Τοιχοματοποιήσεις ηλιασίων ενεργές				Ναι	
Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης				Ναι	
Έλεγχος VRSLs, VRsqmat				Ναι	

Υπόδειγμα >> Ενότητα Όλες/Καμία

Σχήμα 6. 16: Αποτίμηση στο Fespa

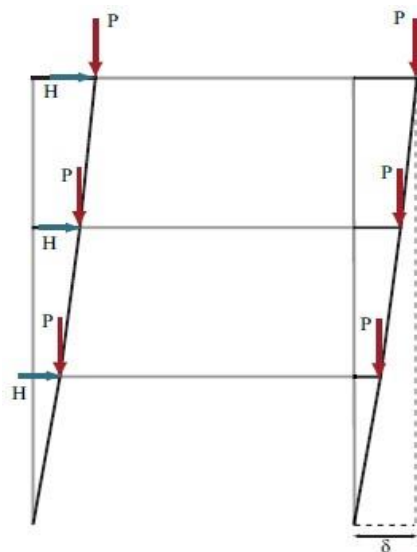
- **Τυχηματική εκκεντρότητα:** Τα πλευρικά φορτία εφαρμόζονται στις θέσεις των μαζών λαμβάνοντας υπόψη την τυχηματική εκκεντρότητα.
- Εφαρμόζοντας την μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση της συνιστώσας με την μεγαλύτερη τέμνουσα βάσεως για την ανάλυση της Pushover. Δηλαδή, σε φορτίσεις X (0° ή 180°) ανεξάρτητα τυχόν εγκάρσιας συνιστώσας λαμβάνεται τυχηματική εκκεντρότητα μόνο στην διεύθυνση $\pm Z$ (90° & 270°).
- Εφαρμογή κατά X & Z . Σε κάθε διεύθυνση φόρτισης εξετάζονται περιπτώσεις τυχηματικής εκκεντρότητας $\pm X$ και $\pm Z$.
- Αν ανεργοποιηθεί, η οριζόντια δράση εφαρμόζεται στο κέντρο μάζας. Για την ανάλυση Pushover (Σχήμα 6.17). Στη παρούσα διπλωματική δε λήφθηκε υπόψη η τυχηματική εκκεντρότητα.

α/α	Συντ. συνδυασμού εγκάρσιας φόρτ. [%]	Τυχημ. εκκεντρότητα	Περιπτώσεις φόρτισης	Πλήθος αναλύσεων
A	0	Όχι		4 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 8
B	0	Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση		8 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 16
Γ	0	Κατά X & Z		16 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 32
Δ	30	Όχι		8 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 16
E	30	Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση		16 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 32
ΣΤ	30	Κατά X & Z		32 κατευθύνσεις φόρτισης x 2 κατανομές = 64

Σχήμα 6. 17: Πλήθος ανελαστικών αναλύσεων ανάλογα με τις επιλογές για την εγκάρσια συνιστώσα της φόρτισης και την τυχαμική εκκεντρότητα (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

▪ **Φαινόμενα 2ης τάξης (P-Δ):**

- Ναι (λήφθηκαν υπόψη στις αναλύσεις): Οι στατικές επιρροές 2ας τάξεως λαμβάνονται υπόψη μεταβάλλοντας τη γεωμετρία της κατασκευής, λόγω της μετατόπισης του φορέα ει σε κάθε βήμα της ανάλυσης i (Σχήμα 6.18). Σε κάθε βήμα τροποποιούνται και τα γεωμετρικά δεδομένα του μητρώου ακαμψίας της κατασκευής βάσει της νέας θέσης των κόμβων με αποτέλεσμα τα κατακόρυφα φορτία P να παράγουν πρόσθετη ένταση.

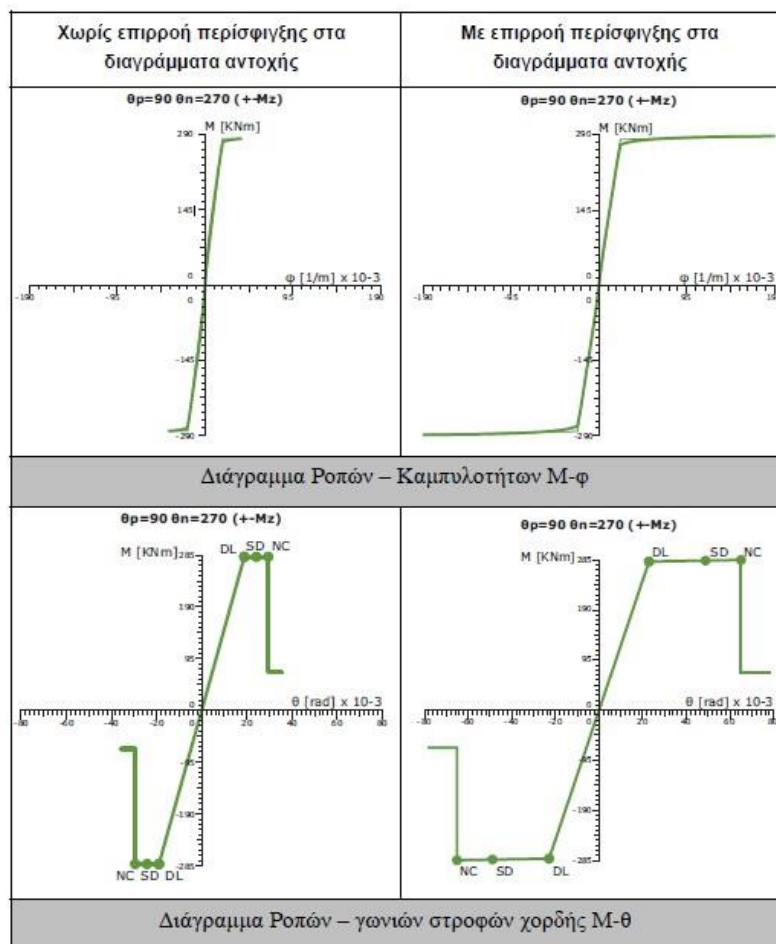


Σχήμα 6. 18: Τροποποίηση του γεωμετρικού μητρώου της κατασκευής σε κάθε βήμα της ανάλυσης pushover βάσει της μετατόπισης ώστε να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις 2ης τάξης (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

- **Επιρροή περίσφιξης στα διαγράμματα αντοχής:** Σε υποστυλώματα και τοιχώματα επιλέγεται εάν η οριακή ανηγμένη θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος ε_{cu} , η τάση του σκυροδέματος f_{cc} , καθώς και η θλιπτική παραμόρφωση του σκυροδέματος στην διαρροή ε_{cc} θα προσαυξηθούν λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της περίσφιξης. Μεγαλύτερα περιθώρια παραμόρφωσης σκυροδέματος συνεπάγονται αυξημένη οριακή καμπυλότητα φ_u και συνακόλουθα μεγαλύτερη οριακή ικανότητα γωνίας στροφής – χορδής θ_u .
- **Ναι:** Σε νέες κατασκευές και υφιστάμενες που έχουν μελετηθεί με κανονισμούς, στους οποίους προβλεπόταν διαμόρφωση λεπτομερειών για τοπική πλαστιμότητα (π.χ. στην Ελλάδα μετά το 1985).
- **Όχι:** Π.χ. σε υφιστάμενα κτίρια όπου διαπιστώνεται:
 - είτε παράλειψη διαμόρφωσης κλειστών συνδετήρων π.χ. με γάντζους 135°
 - ή/και ιδιαίτερα αραιή διάταξη εγκάρσιου οπλισμού ($/20$ ή πιο αραιά). Σε τέτοια, περίπτωση, βέβαια, ακόμη και εάν επιλεγεί «Ναι», η απόδοση της περίσφιξης είναι πρακτικά μηδενική και

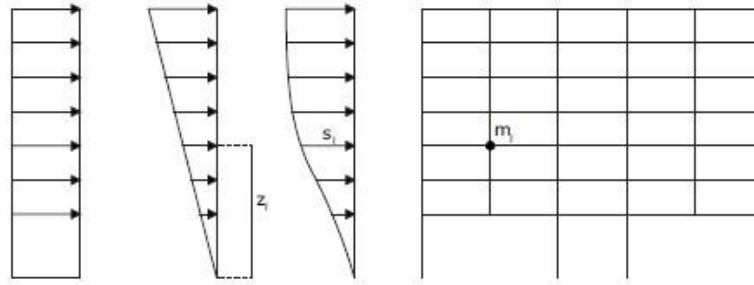
τελικά δεν θα έχει ιδιαίτερη επίδραση στα διαγράμματα M-φ.

* Στη παρούσα διπλωματική δε λήφθηκε υπόψη η περίσφιγξη.



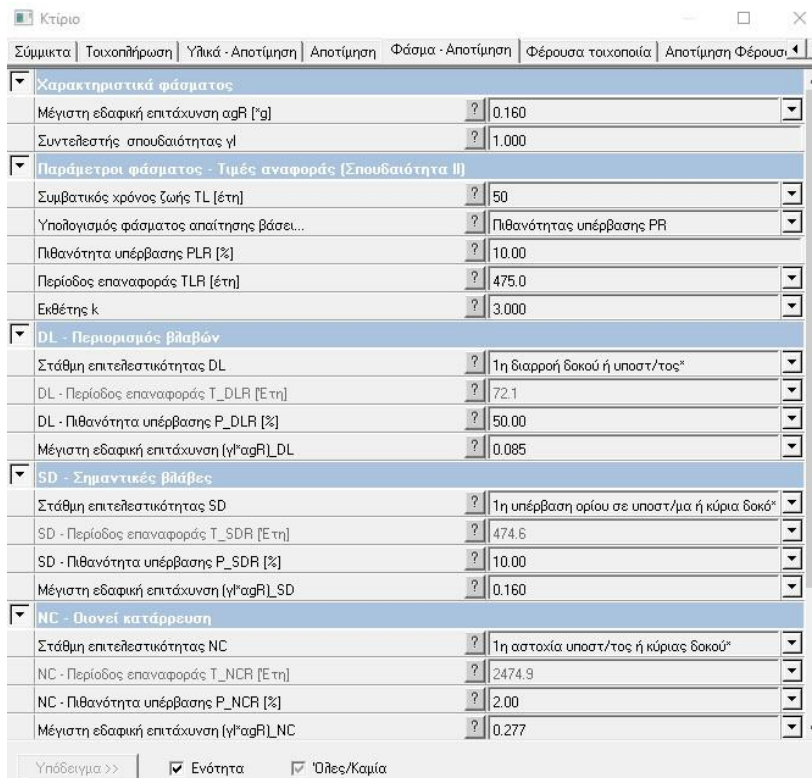
Σχήμα 6.19: Επιρροή περίσφιγξης στα διαγράμματα αντοχής υποστυλώματος. (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

- A' & B' Κατανομή φόρτισης:** Εισάγεται η κατανομή βάσει της οποίας εφαρμόζεται το οριζόντιο φορτίο της ανελαστικής στατικής ανάλυσης. Σε κάθε περίπτωση το μέγεθος της οριζόντιας δύναμης F_i που επιβάλλεται σε κάθε βήμα στον κόμβο i είναι ανάλογο της μάζας του m_i , ενώ στην τριγωνική κατανομή είναι ανάλογο και από το ύψος z_i ενώ στην ιδιομορφική κατανομή καθορίζεται από το μέγεθος της μετατόπισης s_i της μάζας στην θεμελιώδη ιδιομορφή κατά X ή Z .



Σχήμα 6.20: Κατανομές φόρτισης Ομοιόμορφη (ορθογωνική), τριγωνική και ιδιομορφική

- Στη καρτέλα «Φάσμα – Αποτίμηση» δίνονται παρααδοχές οι οποίες αφορούν τις στάθμες επιτελεστικότητας και τις παραμέτρους του φάσματος.



Σχήμα 6.21: Φάσμα αποτίμησης στο Fespa

- Αναλυτικά, οι στάθμες επιτελεστικότητας είναι οι εξής:

-DL – Περιορισμός βλαβών ή Άμεση χρήση μετά τον σεισμό (A)

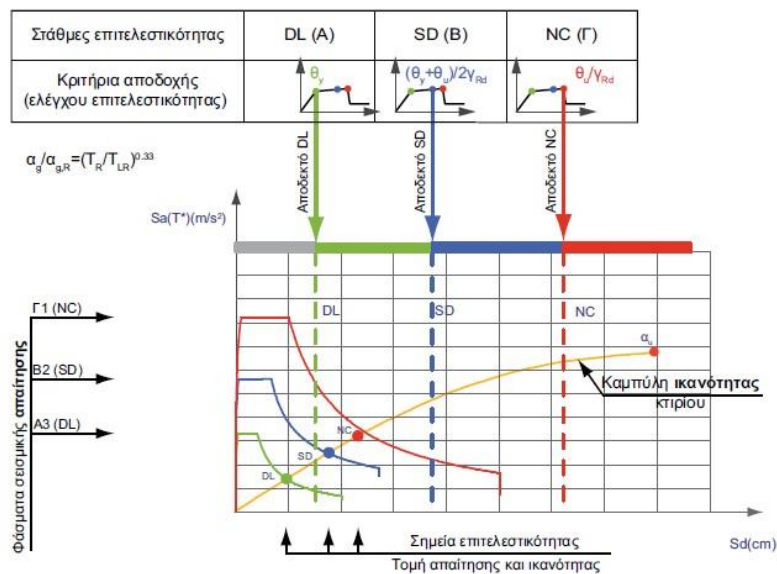
-SD – Σημαντικές βλάβες ή Προστασία ζωής (B)

-NC – Οιονεί κατάρρευση ή Αποφυγή Κατάρρευσης (Γ)

Δίδονται οι Στάθμες Επιτελεστικότητας ή αλλιώς οι Οριακές Καταστάσεις για τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η αποτίμηση της συμπεριφοράς υφιστάμενων κατασκευών ή η αξιολόγηση της μεθόδου αποκατάστασης με χρήση ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover).

➤ Απενεργοποιώντας, «Όχι», την επιλογή της αντίστοιχης στάθμης δεν πραγματοποιείται έλεγχος για την σχετική στάθμη και δεν υπολογίζονται ούτε οι συναφείς λόγοι επάρκειας.

➤ 1η υπέρβαση ορίου επιτελεστικότητας σε υποστύλωμα ή δοκό (προεπιλεγμένη τιμή για την στάθμη DL): Οι θέσεις υπέρβασης επιτελεστικότητας στο τεύχος στα «Διαγράμματα Απαίτησης-Ικανότητας» σημαδεύονται στο βήμα όπου σημειώνεται η πρώτη υπέρβαση που αφορά τον εκάστοτε στόχο σχεδιασμού (π.χ. θ_y , $(\theta_y + \theta_u)/2 \cdot \gamma_{Rd}$, θ_u/γ_{Rd}) σε κάποιο μέλος.



Σχήμα 6.22: Διαδικασία ελέγχου επιτελεστικότητας (LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, 2013)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑ EC8-3

7.1 Εισαγωγή

Η αποτίμηση των κτιρίων έγινε με την εφαρμογή της στατικής ανελαστικής ανάλυσης, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Υιοθετήθηκε για την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς των κτιρίων, να γίνει για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» SD.

Η προσομοίωση των κτιρίων και του λογισμικού παρουσιάστηκε αναλυτικότερα σε προηγούμενα κεφάλαια. Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβολή σχετικών δράσεων, αν μπορούν τα κτήρια να ανταπεξέλθουν σε απαιτήσεις που επιβάλλουν οι σύγχρονοι κανονισμοί. Παράλληλα, γίνεται σύγκριση μεταξύ τους για να εξαχθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα για την επιρροή της ακανονικότητας, των ανοιγμάτων, της προσθήκης ορόφων, αλλά και της μορφής φόρτισης (ομοιόμορφη ή ιδιομορφική).

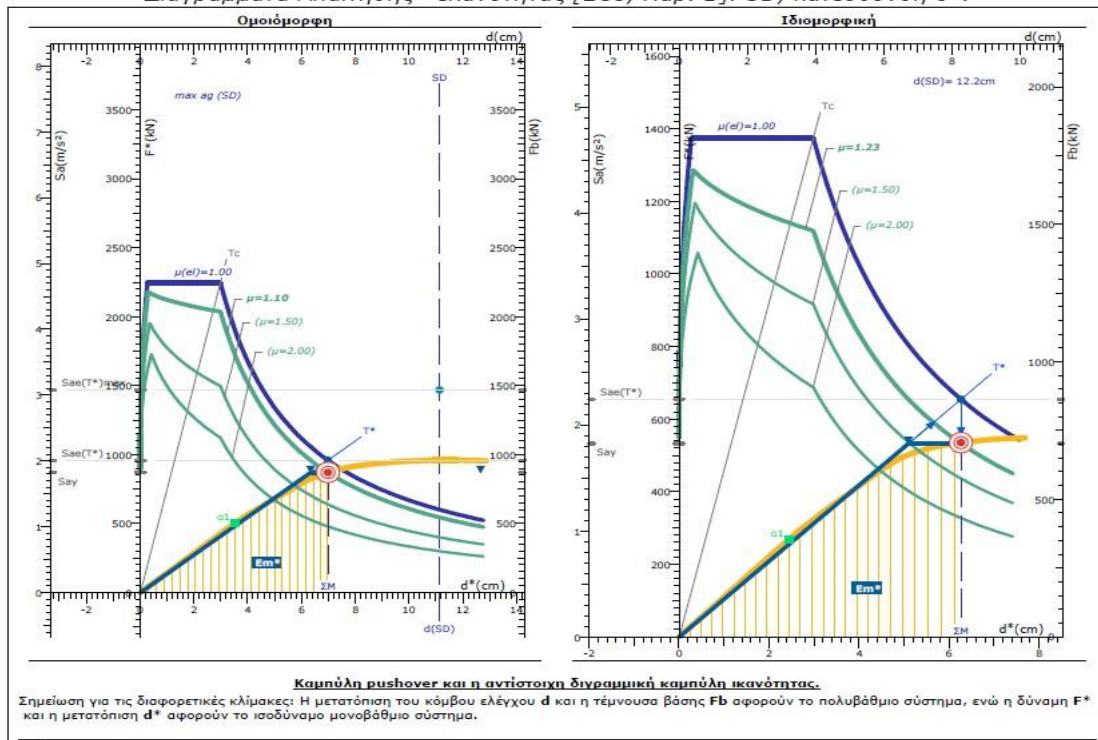
Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων που ακολουθούν φαίνεται ότι η μορφή της ακανονικότητας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Η υπεραντοχή, η πλαστιμότητα καθώς και ο δείκτης συμπεριφοράς εξαρτώνται από την ακανονικότητα του κτιρίου, την γεωμετρία του φορέα (μέγεθος φανωμάτων, αριθμός ορόφων κλπ.), τον Αντισεισμικό Κανονισμό που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό, καθώς και την διάταξη των τοιχοπληρώσεων.

Στα σχήματα (7.1) – (7.32) παρουσιάζονται η ιδιοπερίοδος του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή, ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς και πλαστιμότητα, η τιμή της στοχευόμενης μετακίνησης, η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση για σεισμό που αντέχει η κατασκευή (υπολογιζόμενη με αντίστροφη διαδικασία, υπολογίζοντας το φάσμα για το οποίο η στοχευόμενη μετακίνηση βρίσκεται στην μετακίνηση στην οποία παρατηρείται υπέρβαση του κριτηρίου επιτελεστικότητας) και η διατιθέμενη υπεραντοχή.

Επίσης, δίνεται το σημείο της στοχευόμενης μετακίνησης με κόκκινη κουκίδα, το οποίο συναντάται στο σημείο τομής της διγραμμικοποιημένης καμπύλης αντίστασης του αντίστοιχου μονοβάθμιου ταλαντωτή και φάσματος απαίτησης.

7.2 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 1 (Κτίρια κανονικά σε κάτοψη και καθ' ύψος)

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.

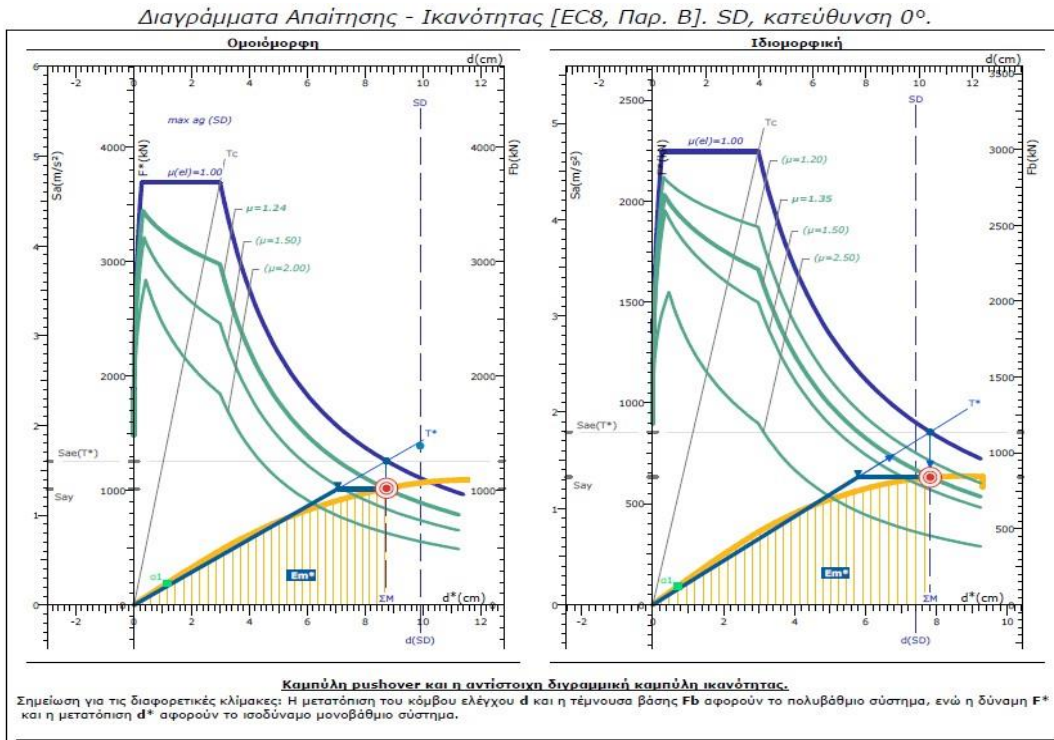


Σχήμα 7. 1: Διάγραμμα Απαίτησης - Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.1: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_3,5_3	T*(s)	qu	μd	d _{et} * (cm)	max _g	qs
Ομοιόμορφη	1,17	1,1	1,1	6,98	0,25	1,72
Ιδιομορφική	1,05	1,23	1,23	6,26	0,234	1,98

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16g$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.



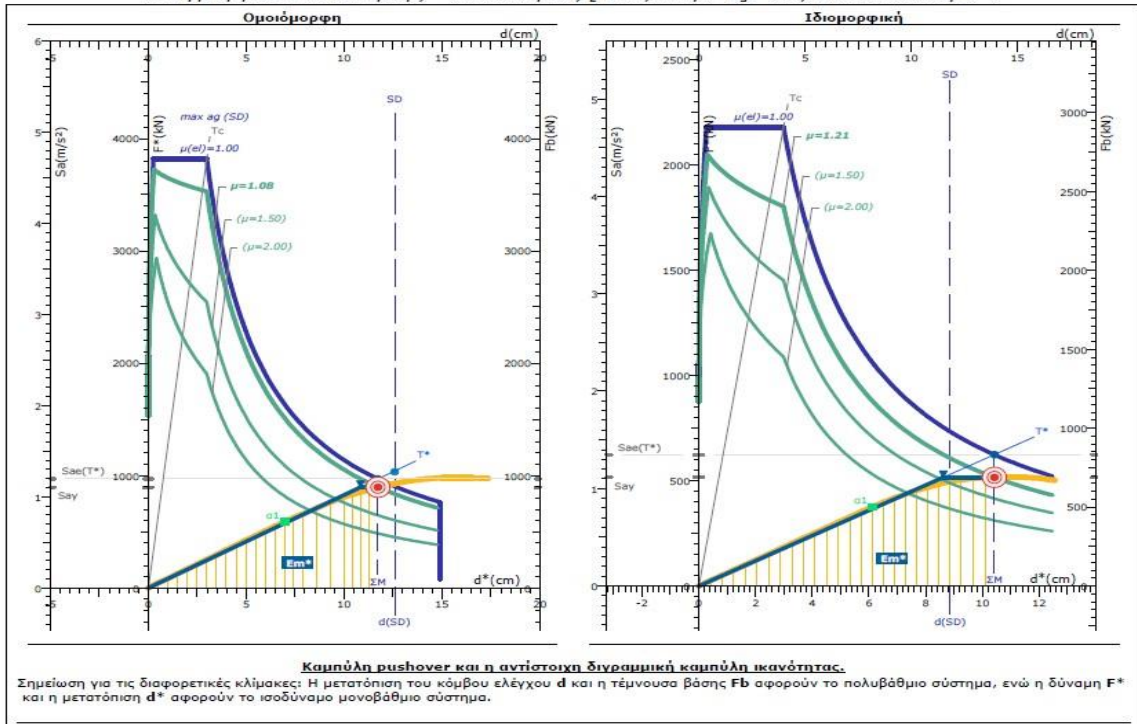
Σχήμα 7.2: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.2: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_4,75_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,47	1,24	1,24	8,74	0,179	5,27
Ιδιομορφική	1,31	1,35	1,35	7,82	0,152	6,85

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



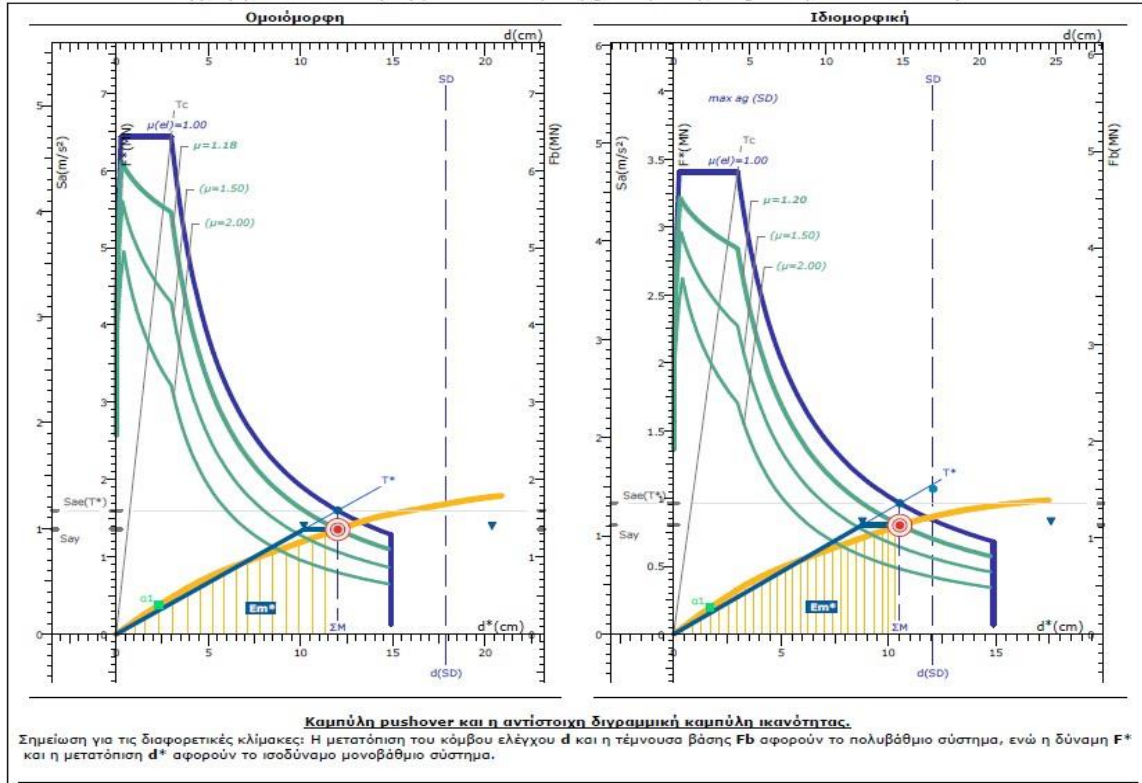
Σχήμα 7.3: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.3: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_3,5_5	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{ei}^*(cm)$	$max a_z$	q_s
Ομοιόμορφη	1,97	1,08	1,08	11,73	0,171	1,52
Ιδιομορφική	1,74	1,21	1,21	10,41	0,137	1,37

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



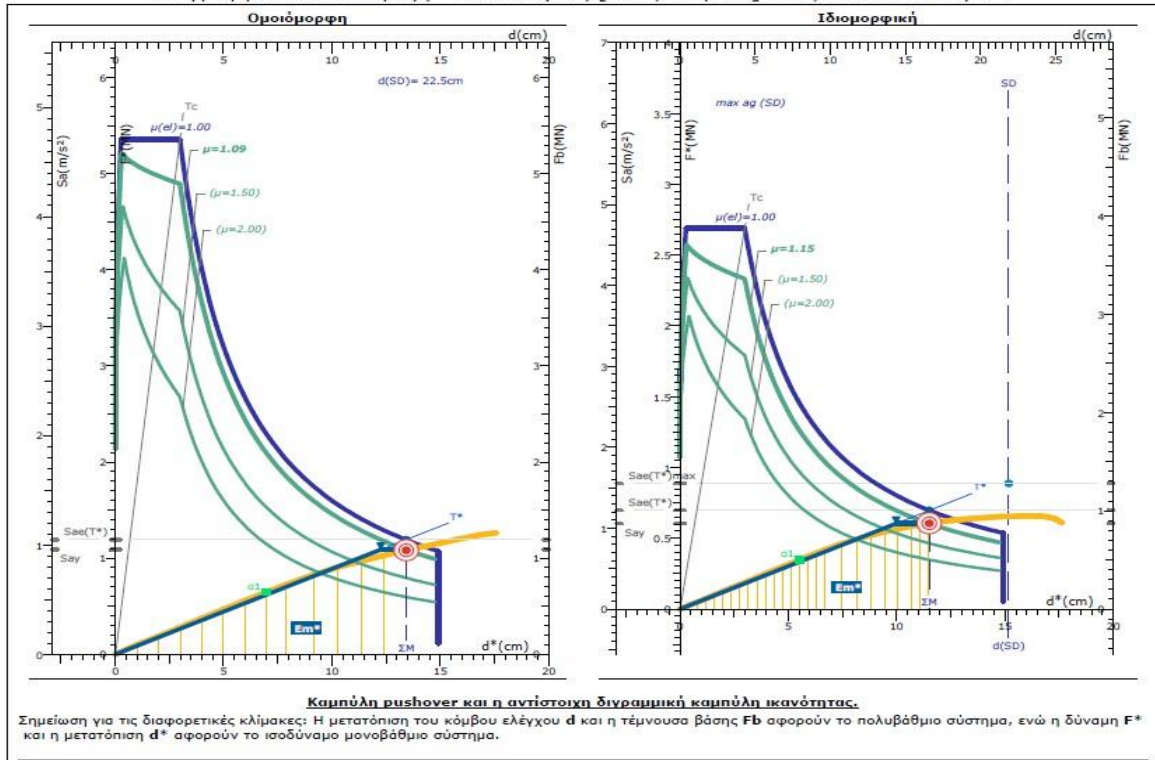
Σχήμα 7. 4: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.4: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_4,75_5	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	max a _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,01	1,18	1,18	12	0,228	3,61
Ιδιομορφική	1,77	1,2	1,2	10,53	0,181	4,1

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



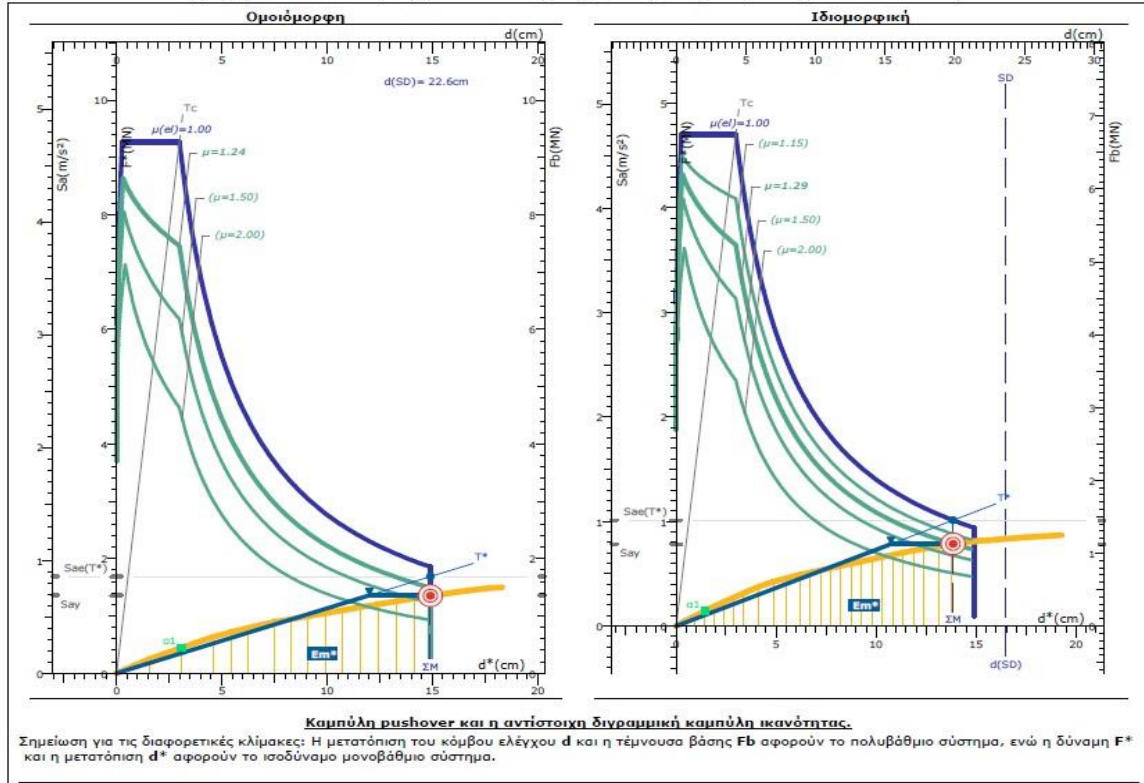
Σχήμα 7.5: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.5: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_3,5_7	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(\text{cm})$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,25	1,09	1,09	13,42	0,258	1,69
Ιδιομορφική	1,93	1,15	1,15	11,5	0,207	1,74

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



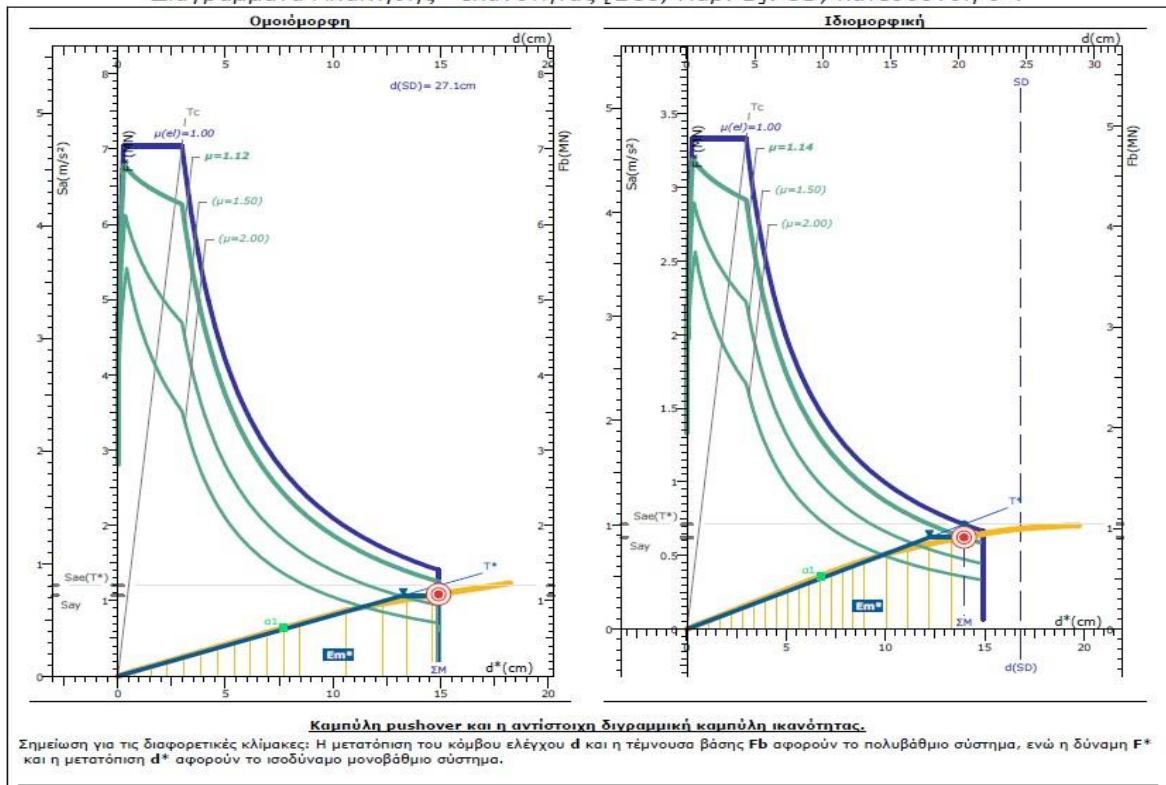
Σχήμα 7. 6: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.6: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_4,75_7	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,62	1,24	1,24	14,9	0,243	3,07
Ιδιομορφική	2,32	1,29	1,29	13,84	0,187	5,43

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



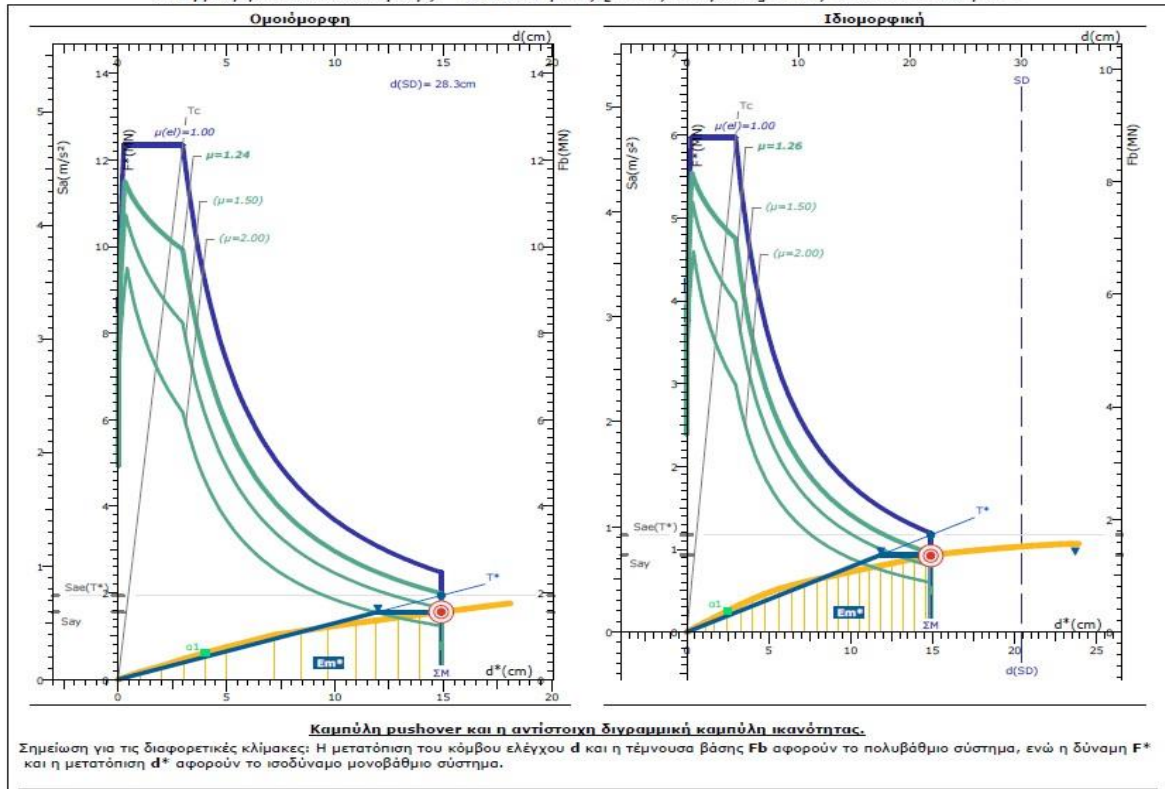
Σχήμα 7.7: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.7: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_3,5_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	maxa _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,7	1,12	1,12	14,9	0,291	1,67
Ιδιομορφική	2,34	1,14	1,14	13,95	0,19	1,73

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



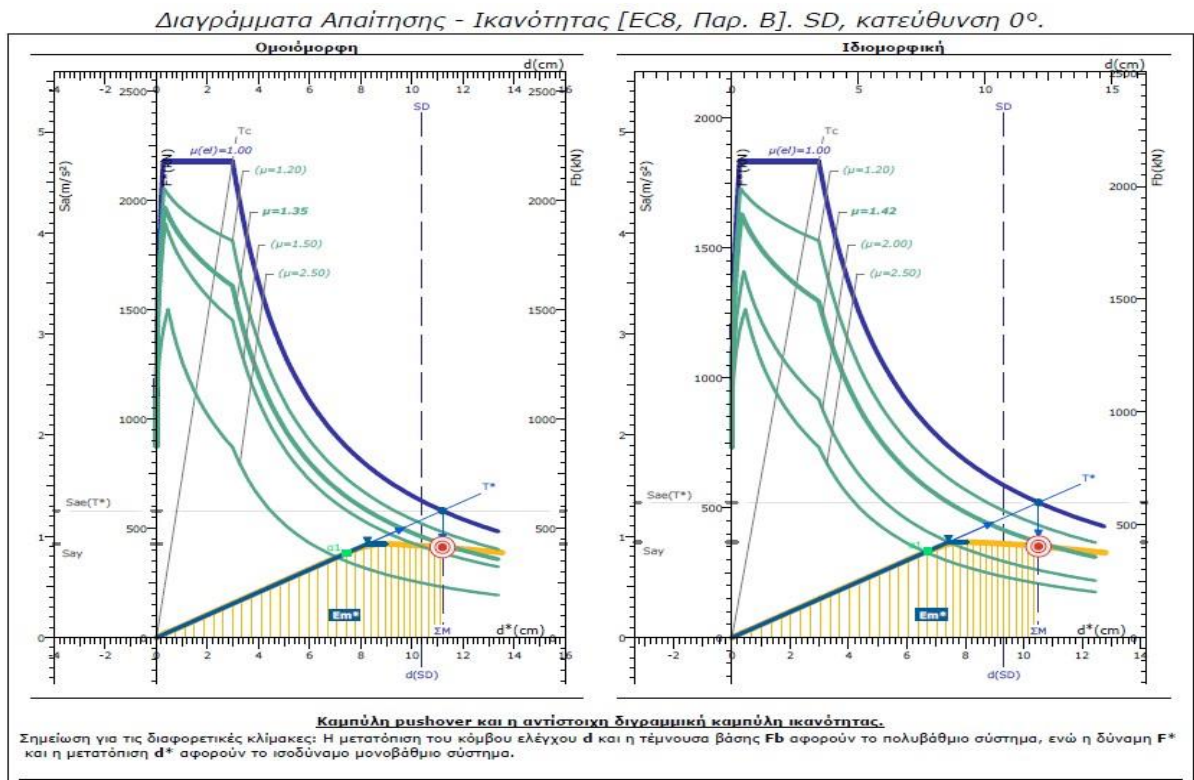
Σχήμα 7. 8: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.8: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b1_4,75_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	maxa _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,82	1,24	1,24	14,9	0,304	2,56
Ιδιομορφική	2,52	1,26	1,26	14,9	0,22	3,64

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

7.3 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 2 (Κτίρια με ψηλό ισόγειο)



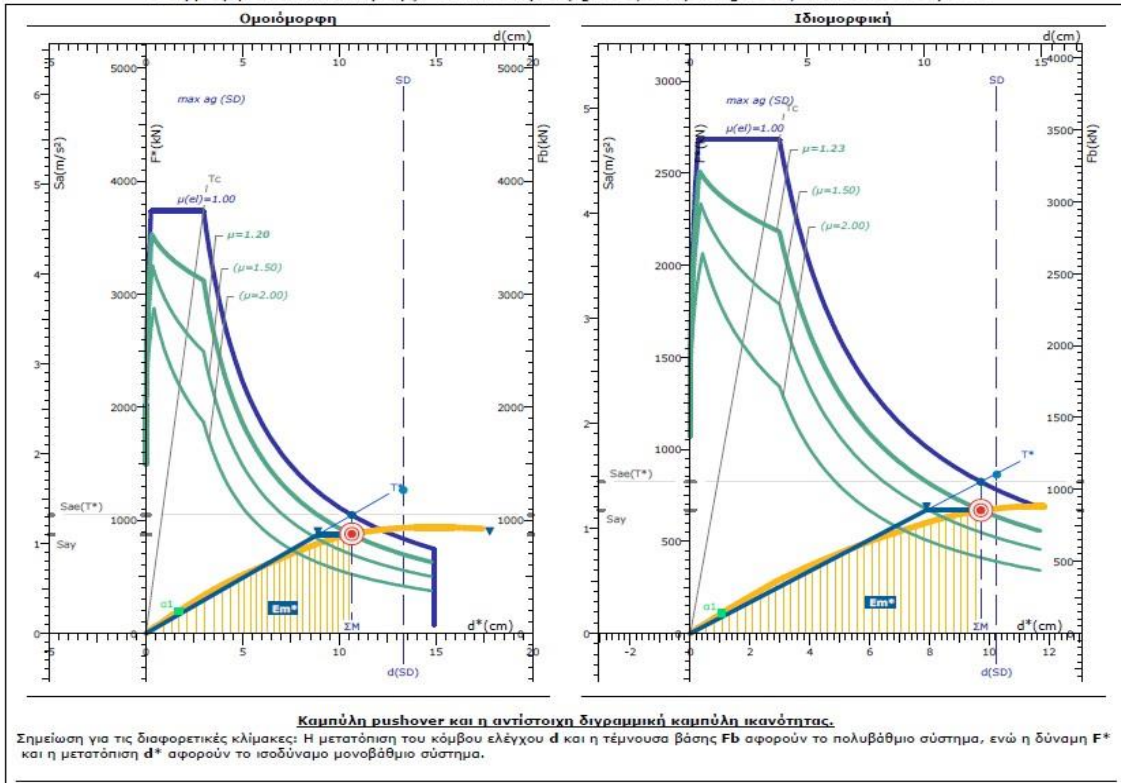
Σχήμα 7.9: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.9: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_3,5_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{el}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,88	1,35	1,35	11,19	0,147	1,11
Ιδιομορφική	1,76	1,42	1,42	10,5	0,141	1,11

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Η υπεραντοχή είναι ίση και για τις δύο μεθόδους φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



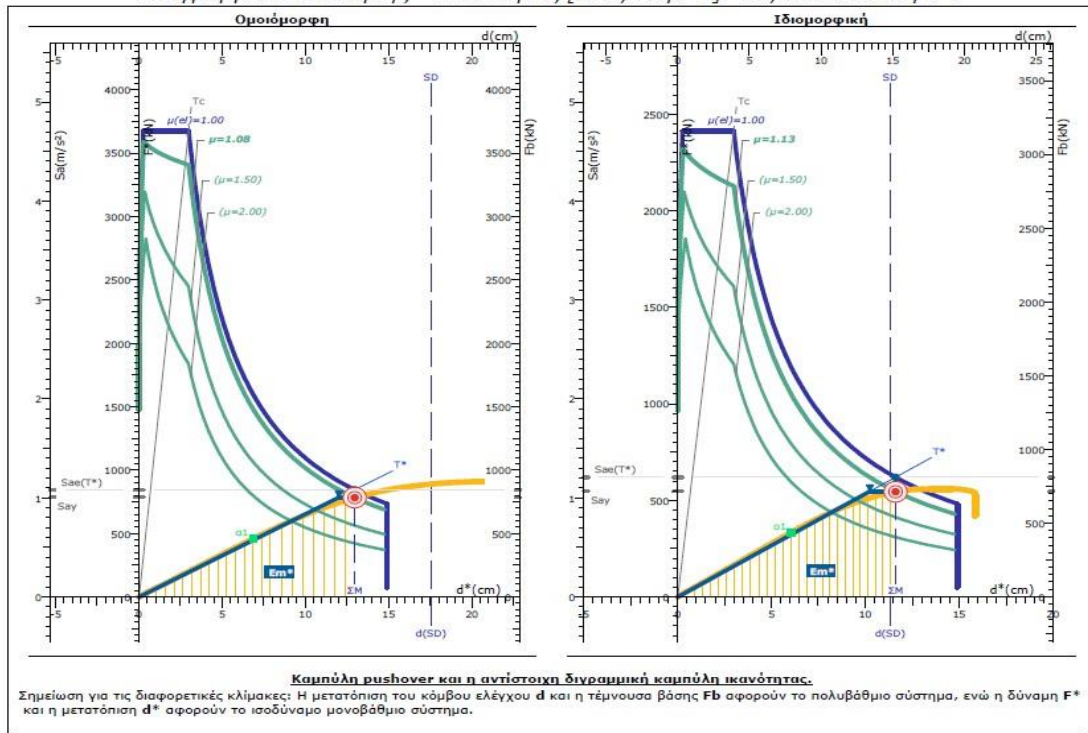
Σχήμα 7. 10: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.10: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_4,75_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,78	1,2	1,2	10,64	0,197	4,42
Ιδιομορφική	1,63	1,23	1,23	9,71	0,168	6,1

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.

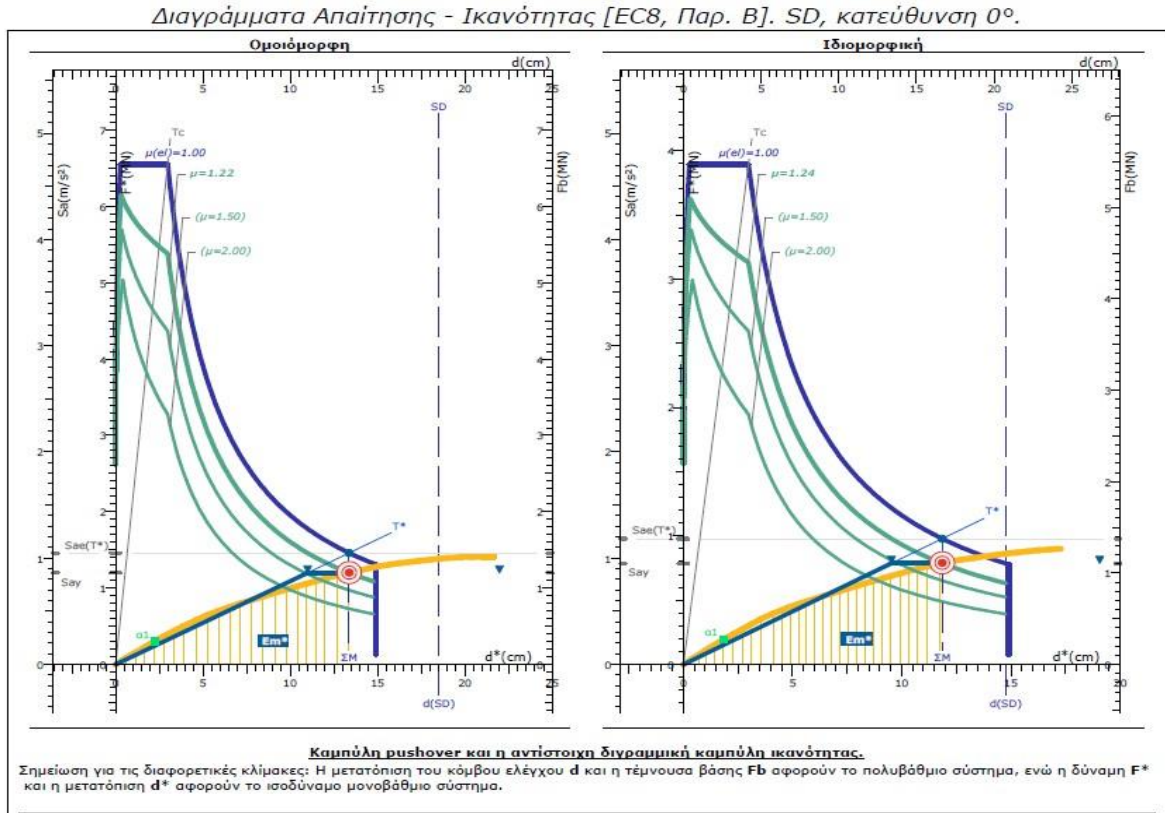


Σχήμα 7. 11: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.11: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_3,5_5	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} * (cm)	maxα _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,17	1,08	1,08	12,95	0,213	1,7
Ιδιομορφική	1,95	1,13	1,13	11,6	0,156	1,63

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.



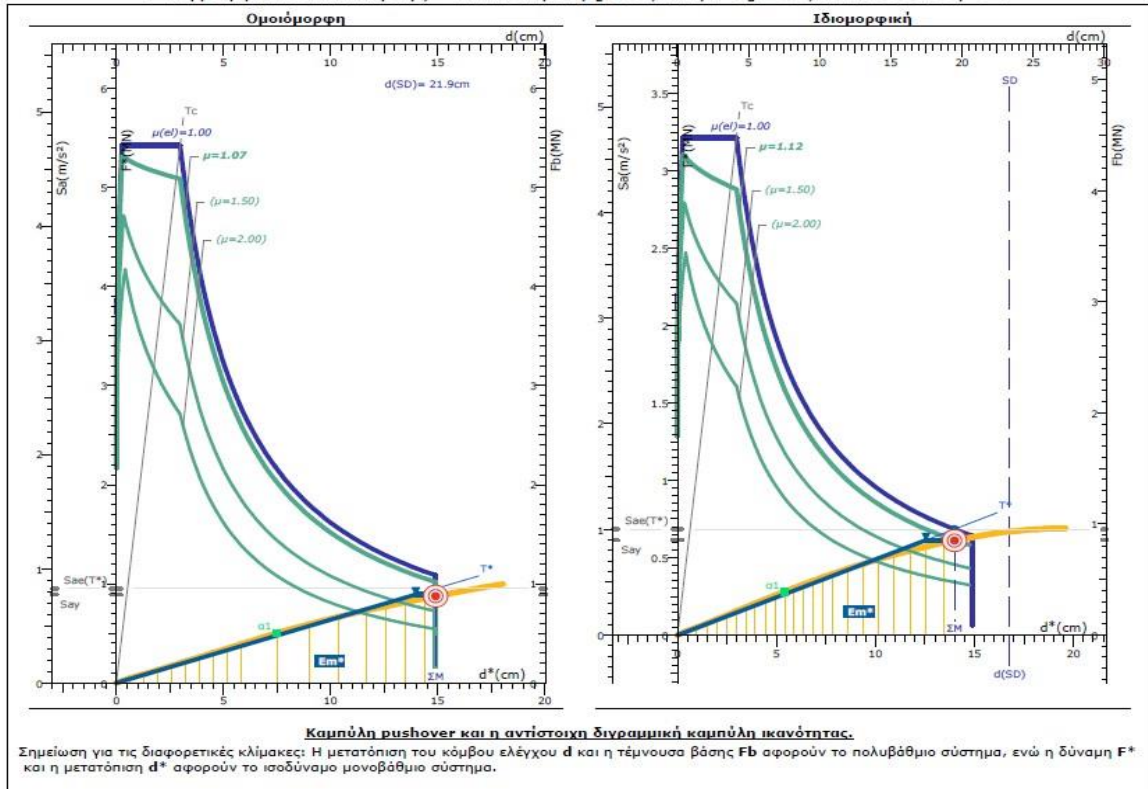
Σχήμα 7. 12: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.12: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_4,75_5	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,24	1,22	1,22	13,36	0,213	3,94
Ιδιομορφική	1,99	1,24	1,24	11,85	0,194	4,03

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



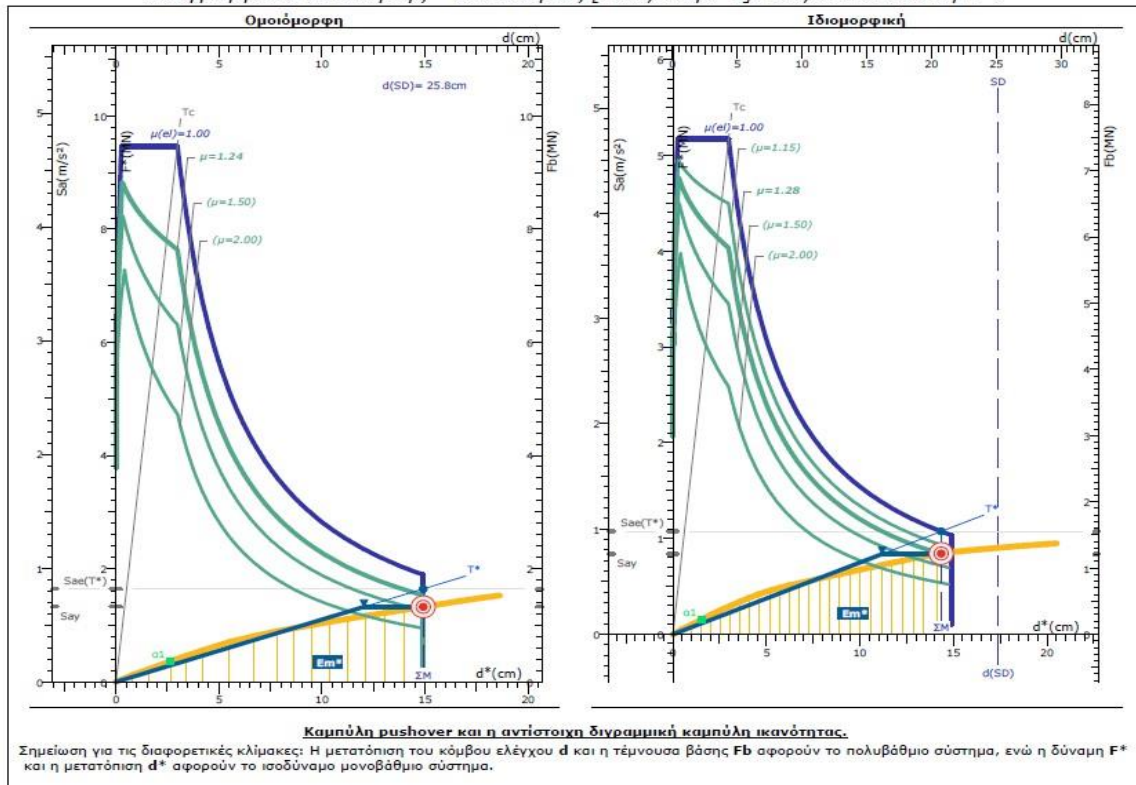
Σχήμα 7. 13: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.13: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_3,5_7	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,67	1,07	1,07	14,9	0,235	1,77
Ιδιομορφική	2,35	1,12	1,12	13,99	0,189	2,19

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



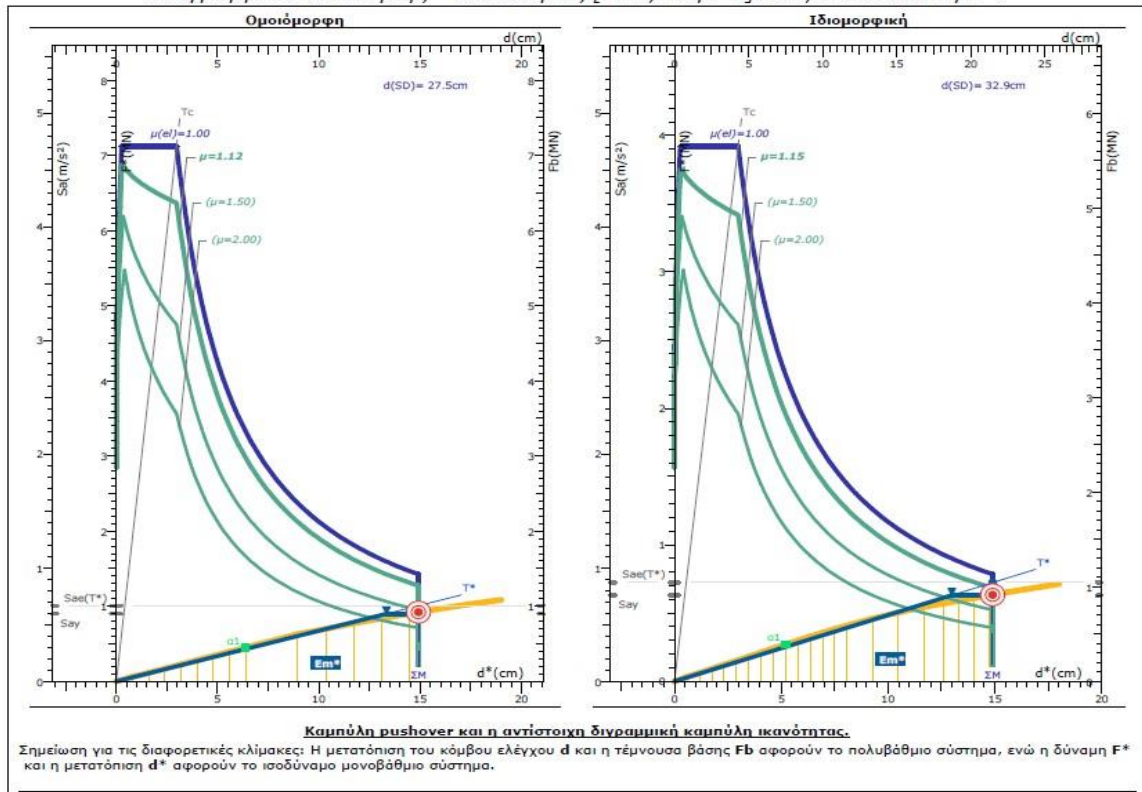
Σχήμα 7. 14: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.14: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_4,75_7	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,68	1,24	1,24	14,9	0,277	3,65
Ιδιομορφική	2,41	1,28	1,28	14,34	0,19	5,42

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



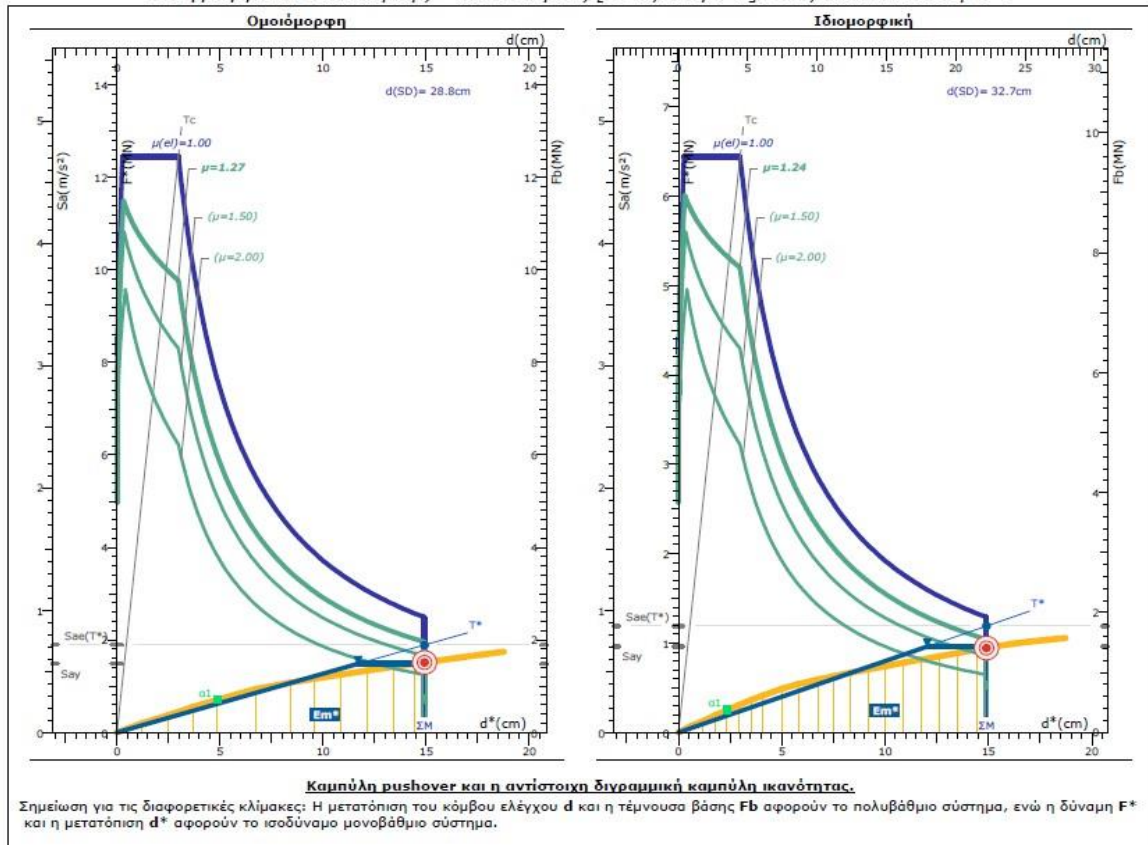
Σχήμα 7. 15: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.15: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_3,5_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{ei} *(cm)	max a _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,97	1,12	1,12	14,9	0,295	2,01
Ιδιομορφική	2,6	1,15	1,15	14,9	0,245	2,33

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



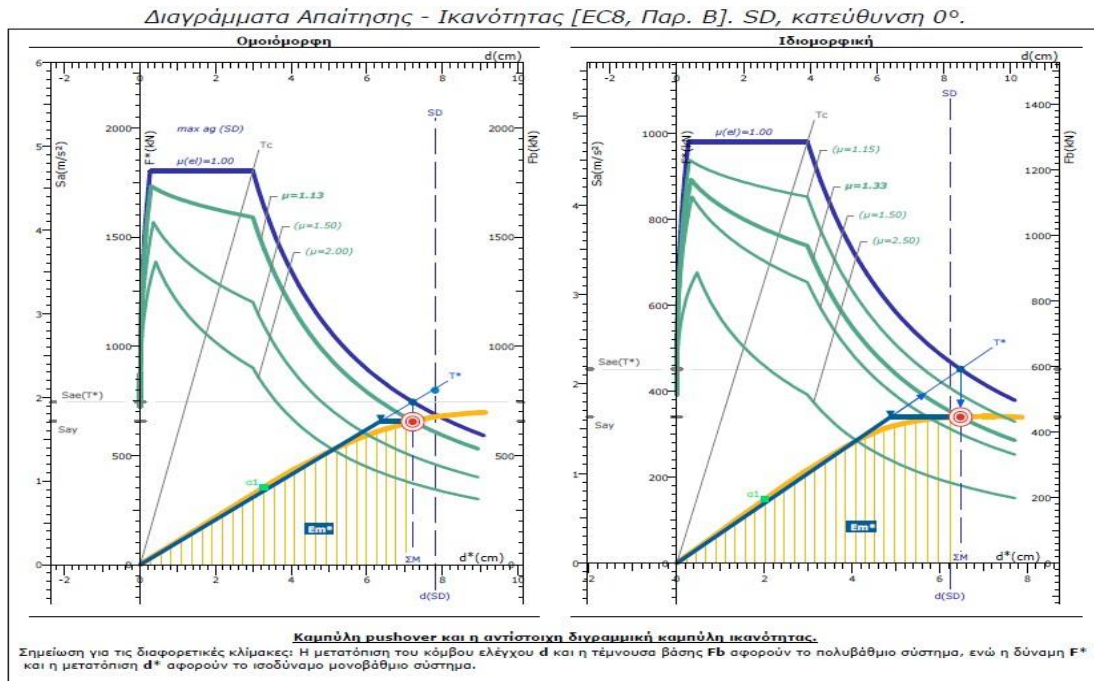
Σχήμα 7. 16: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.16: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b2_4,75_9	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,87	1,27	1,27	14,9	0,309	2,11
Ιδιομορφική	2,6	1,24	1,24	14,9	0,235	3,87

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

7.4 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 3 (Κτίρια με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή)

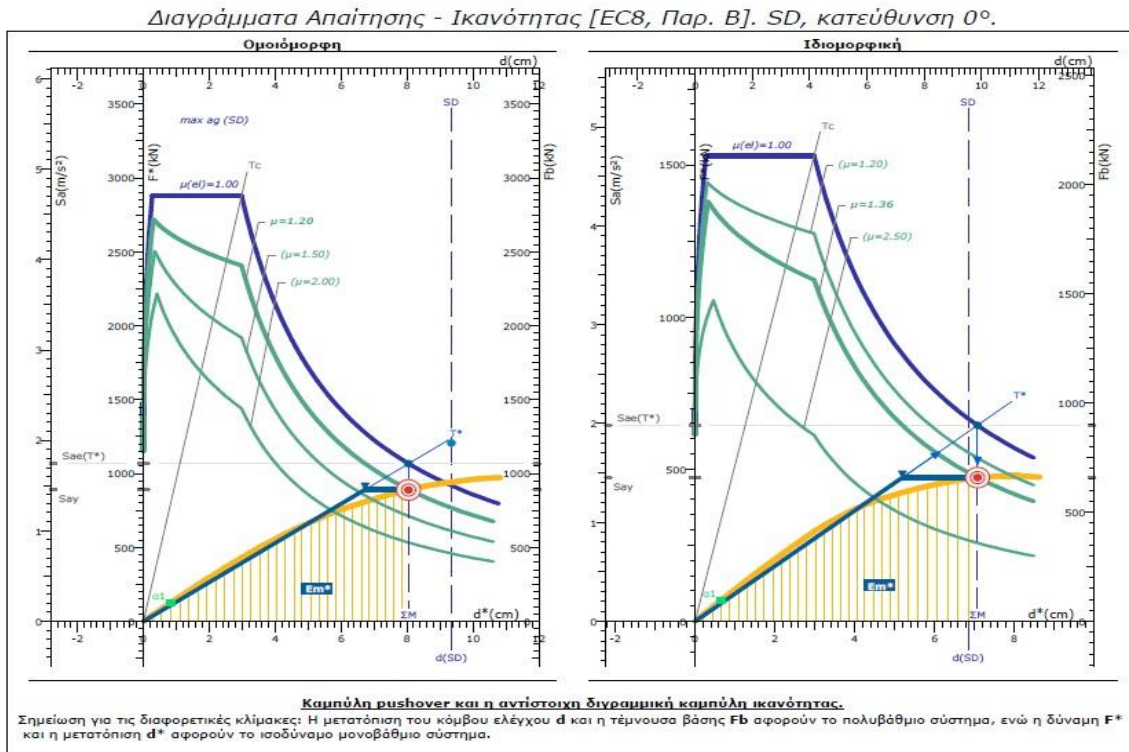


Σχήμα 7. 17: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.17: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_3,5_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,21	1,13	1,13	7,21	0,172	1,86
Ιδιομορφική	1,09	1,33	1,33	6,48	0,154	2,29

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.

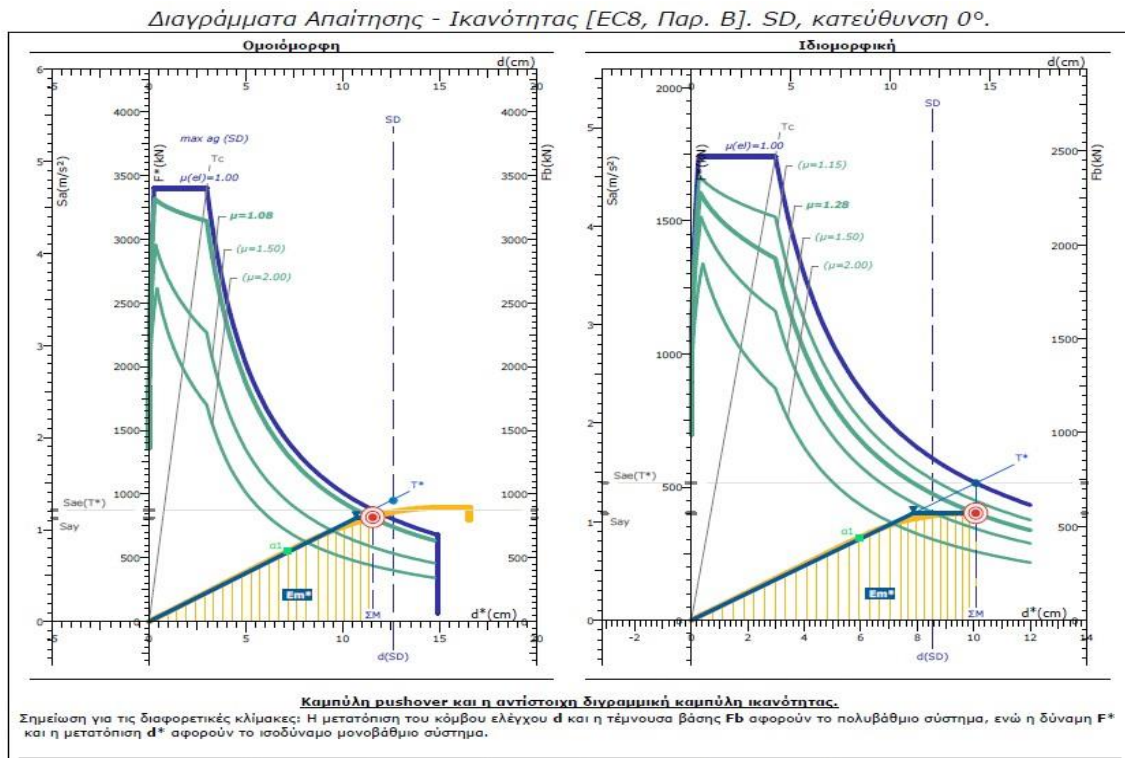


Σχήμα 7. 18: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.18: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_4,75_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,35	1,2	1,2	8,04	0,183	7,09
Ιδιομορφική	1,19	1,36	1,36	7,08	0,155	6,84

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.



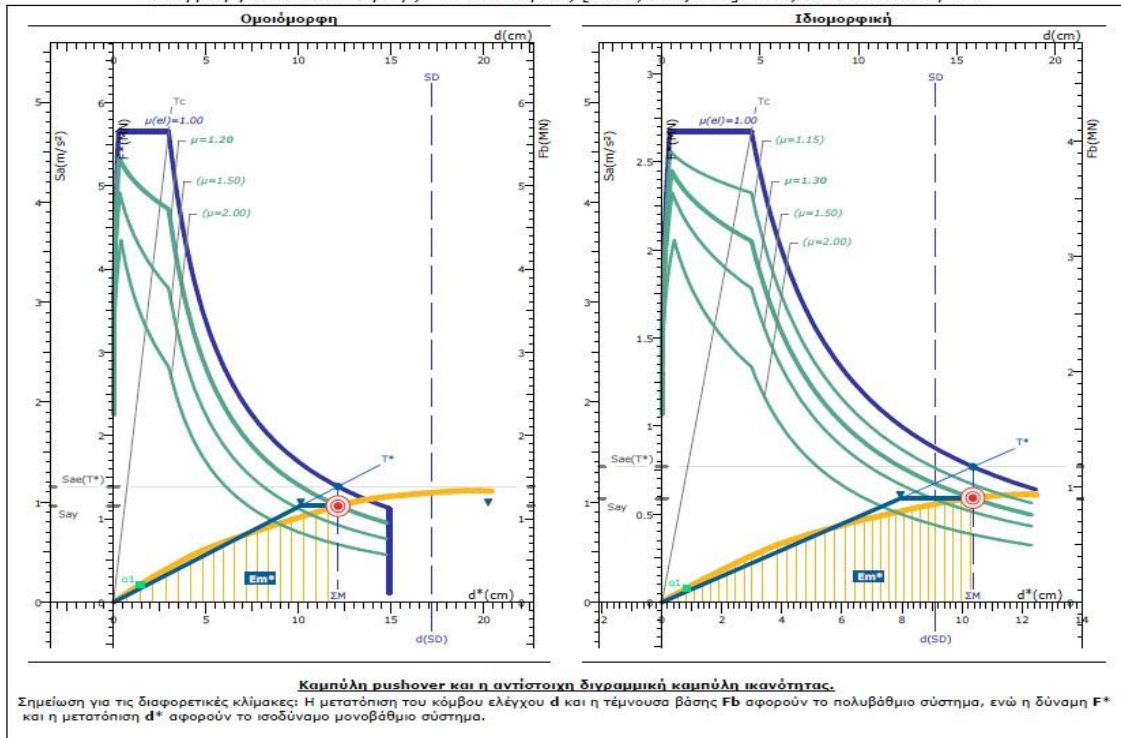
Σχήμα 7. 19: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους

Πίνακας 19: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_3,5_5	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,94	1,08	1,08	11,55	0,174	1,47
Ιδιομορφική	1,69	1,28	1,28	10,07	0,136	1,3

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



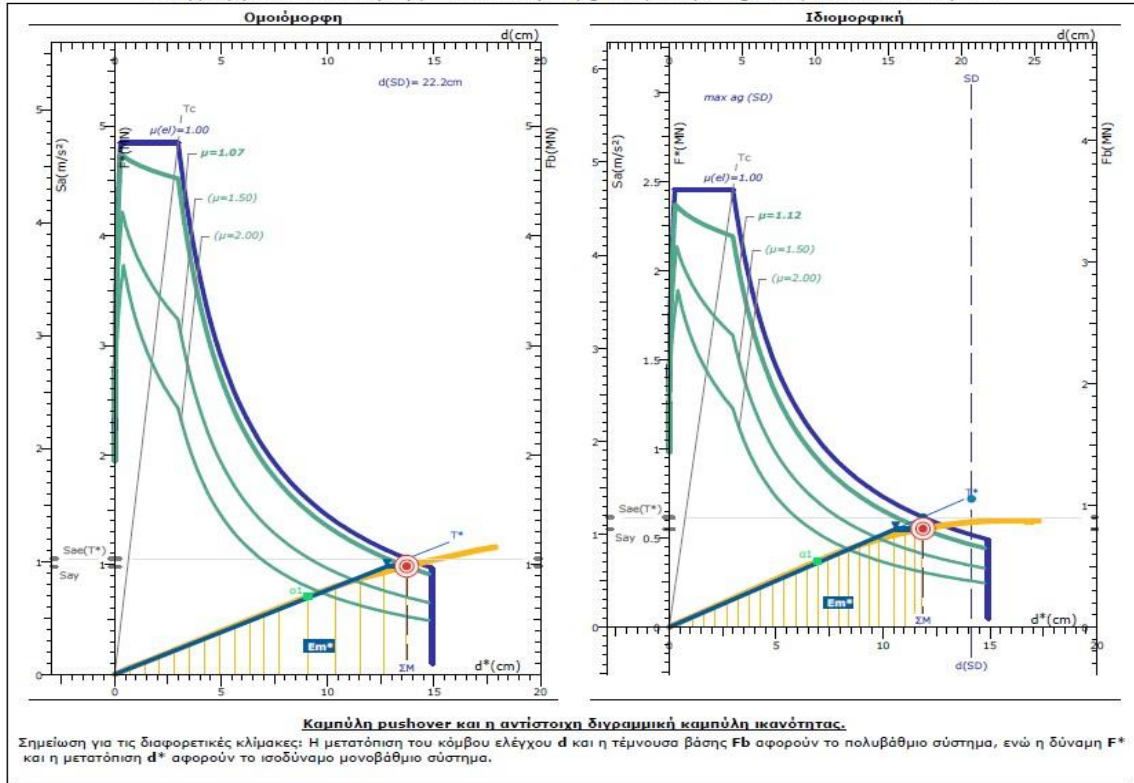
Σχήμα 7. 20: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.20: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_4,75_5	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$\max a_g$	q_5
Ομοιόμορφη	2,03	1,2	1,2	12,12	0,219	5,56
Ιδιομορφική	1,74	1,3	1,3	10,35	0,143	7,47

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD για ομοιόμορφη φόρτιση, καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο για ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων φορτίων, είναι $a > 0,16$. Αντιθέτως φαίνεται ότι για ιδιομορφική κατανομή το κτίριο κρίνεται ανεπαρκές καθώς ξεπερνάει την διακεκομμένη γραμμή ($a < 0,16$).
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.

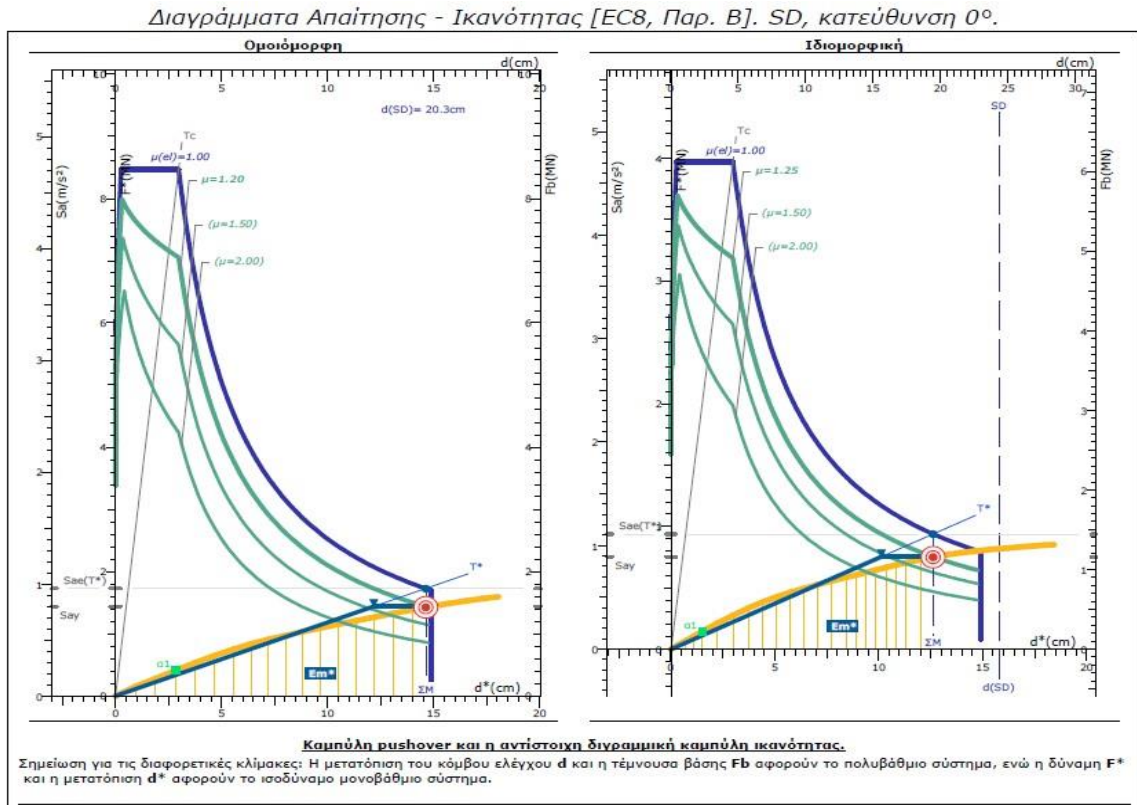


Σχήμα 7. 21: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.21: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 2 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_3,5_7	T*(s)	q _w	μ _d	d _{et} *(cm)	max a _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,3	1,07	1,07	13,71	0,25	1,38
Ιδιομορφική	1,99	1,12	1,12	11,86	0,189	1,48

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.



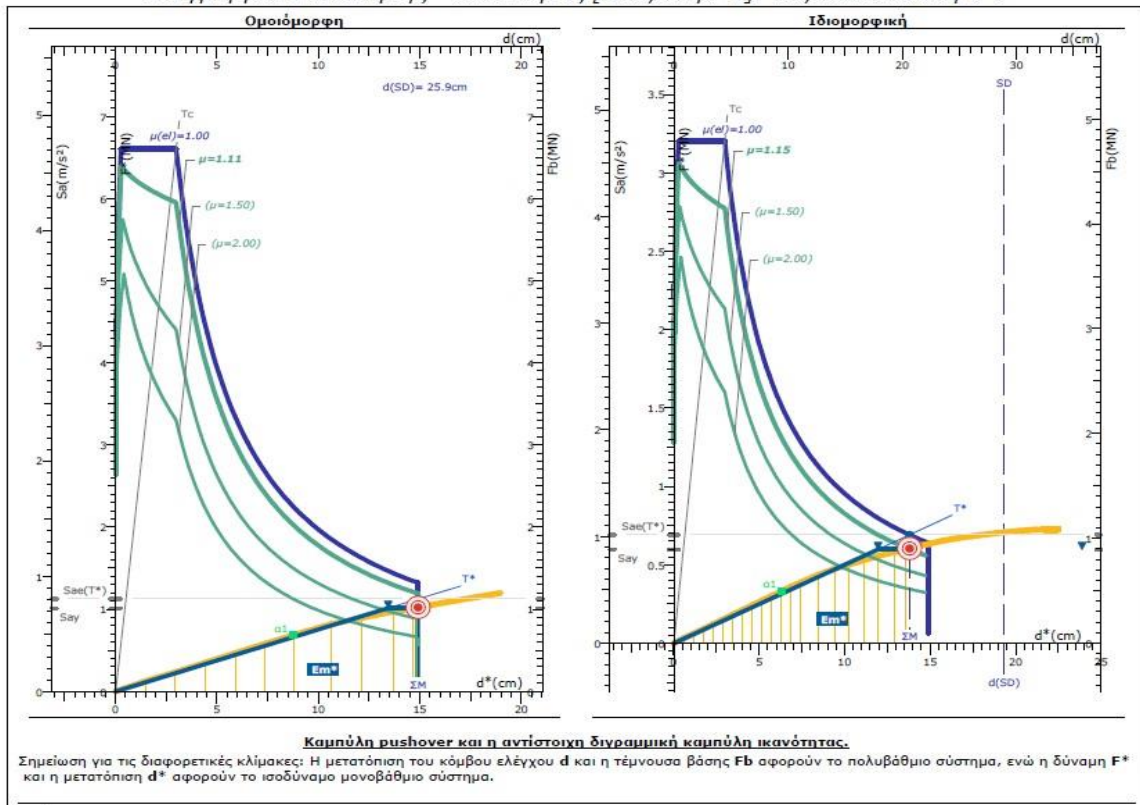
Σχήμα 7. 22: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.22: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_4,75_7	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	max a _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,45	1,2	1,2	14,63	0,218	3,51
Ιδιομορφική	2,12	1,25	1,25	12,61	0,195	5,22

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.

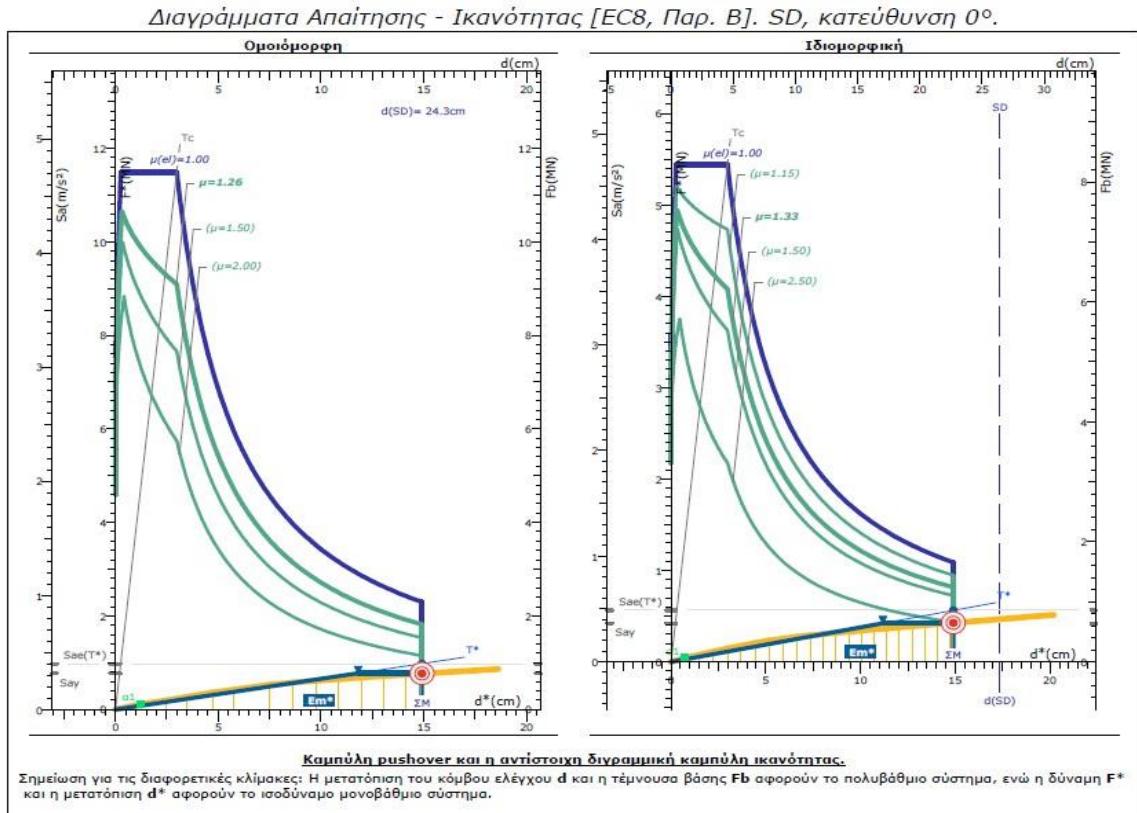


Σχήμα 7. 23: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.23: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_3,5_9	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,71	1,11	1,11	14,9	0,277	1,48
Ιδιομορφική	2,31	1,15	1,15	13,8	0,217	1,8

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.



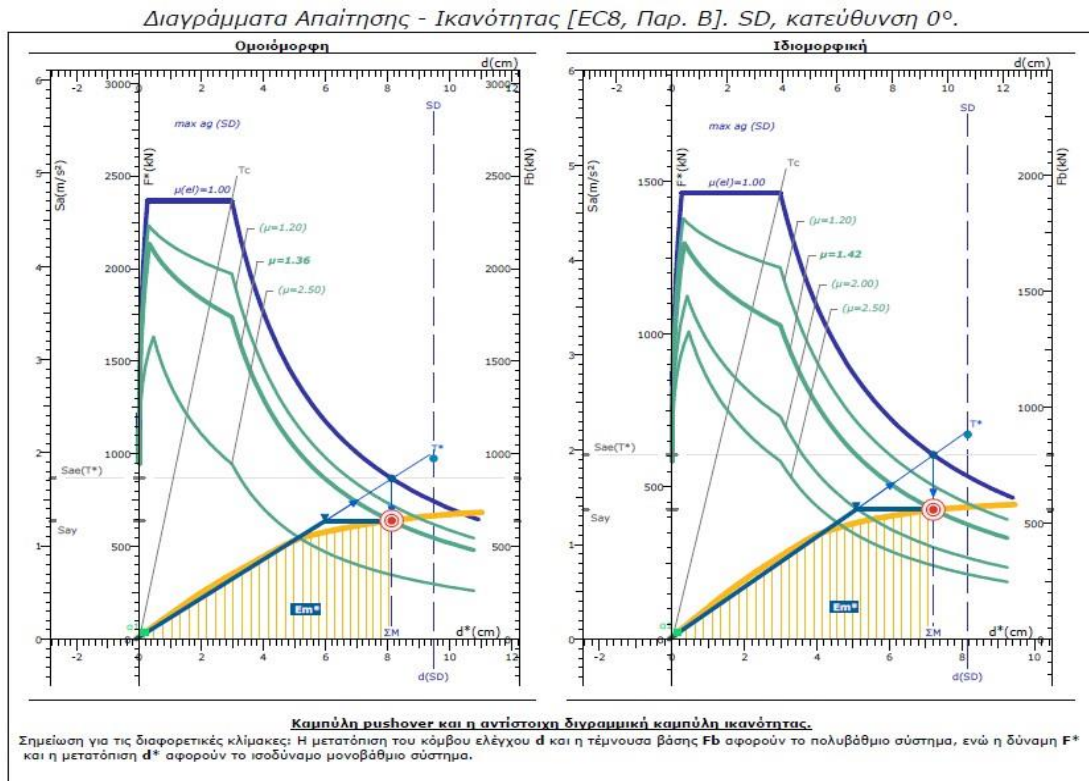
Σχήμα 7. 24: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.24: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 3 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b3_4,75_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{ετ} *(cm)	maxa _s	q _s
Ομοιόμορφη	3,83	1,26	1,26	14,9	0,261	7,02
Ιδιομορφική	3,47	1,33	1,33	14,9	0,186	9,82

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

7.5 Καμπύλες ικανότητας των φορέων κτιρίων κατηγορίας 4 (Κτίρια με φυτευτό υποστύλωμα)



Σχήμα 7. 25: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους

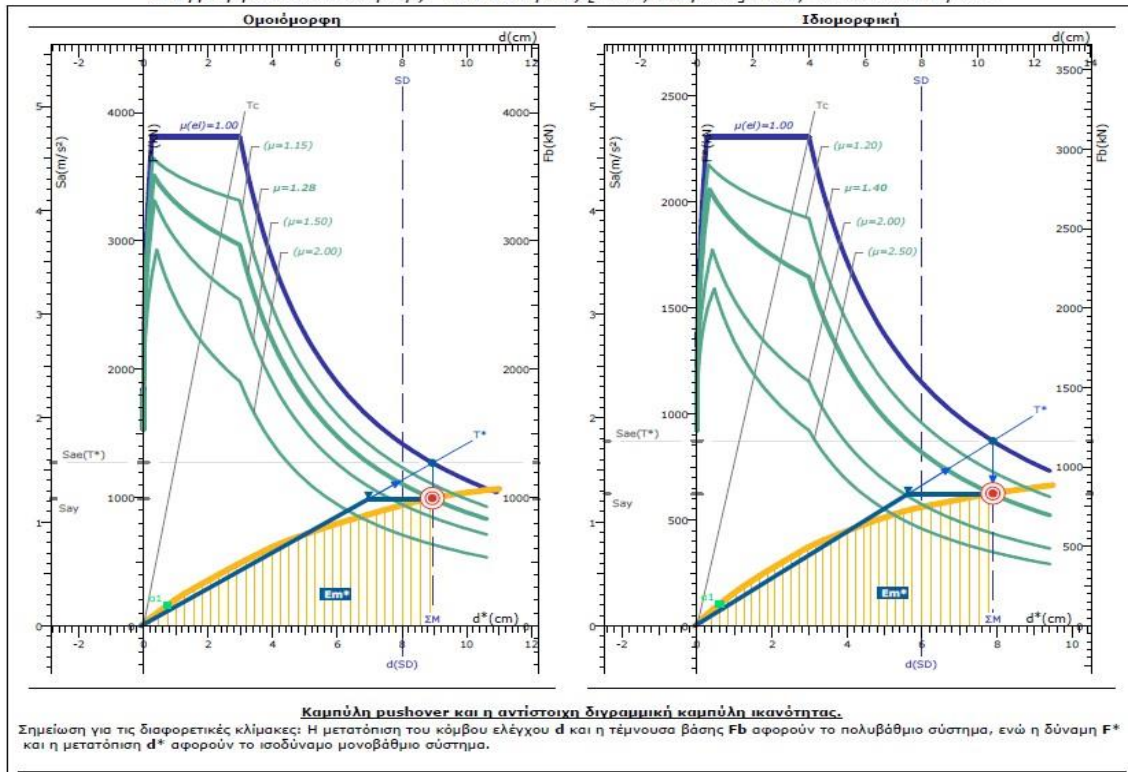
Πίνακας 7.25: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_3,5_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,36	1,36	1,36	8,13	0,183	9,99
Ιδιομορφική	1,21	1,42	1,42	7,21	0,179	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται επαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται αριστερά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a > 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.

- ✓ Η υπεραντοχή είναι ίση και για τις δύο μεθόδους φόρτισης.

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



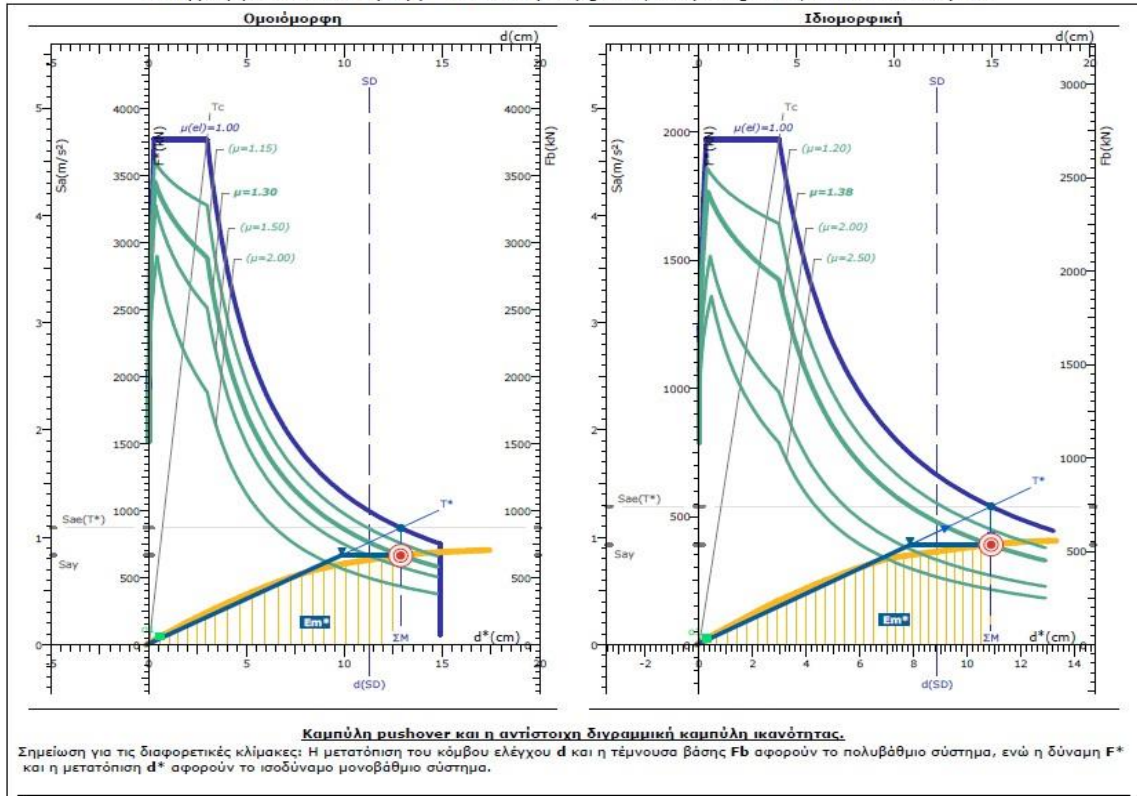
Σχήμα 7. 26: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους

Πίνακας 7.26: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 3 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_4,75_3	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,5	1,28	1,28	8,93	0,145	6,14
Ιδιομορφική	1,32	1,4	1,4	7,88	0,126	6,01

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ομοιόμορφης φόρτισης.

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°.



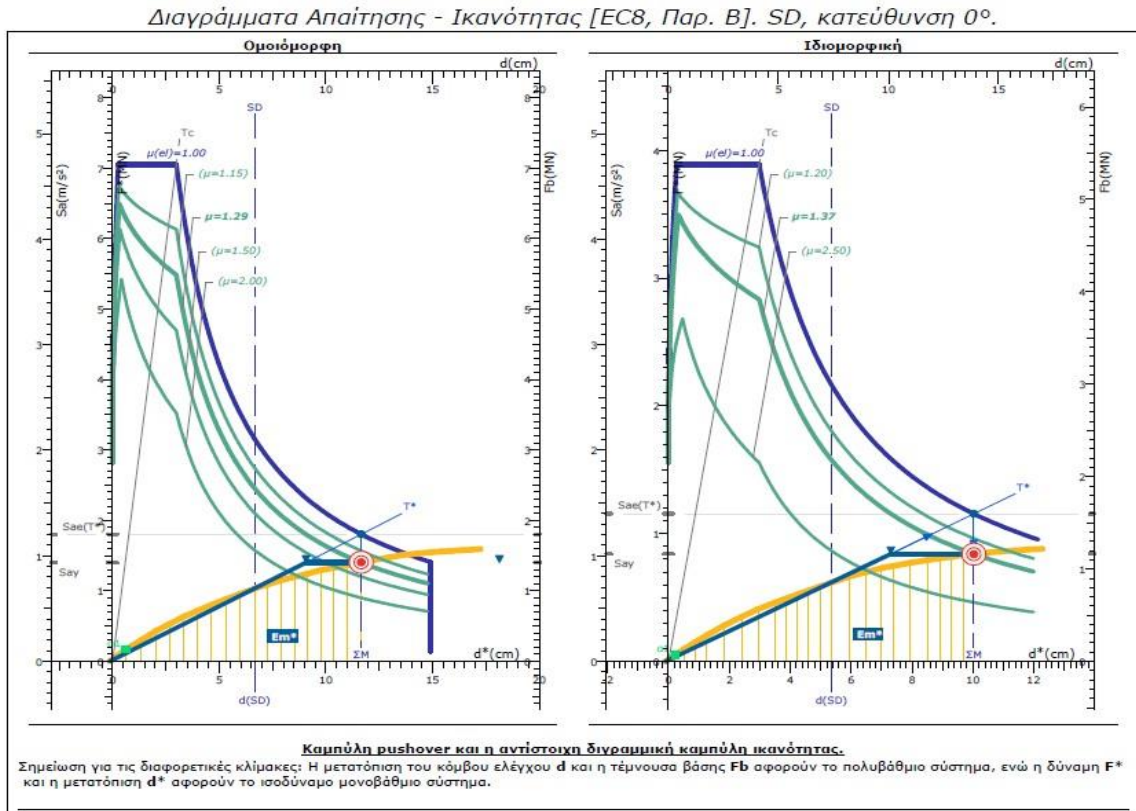
Σχήμα 7. 27: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.27: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_3,5_5	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{ei}^*(cm)$	$\max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,16	1,3	1,3	12,88	0,142	9,99
Ιδιομορφική	1,83	1,38	1,38	10,89	0,133	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.

- ✓ Η υπεραντοχή είναι ίση και για τις δύο μεθόδους φόρτισης.

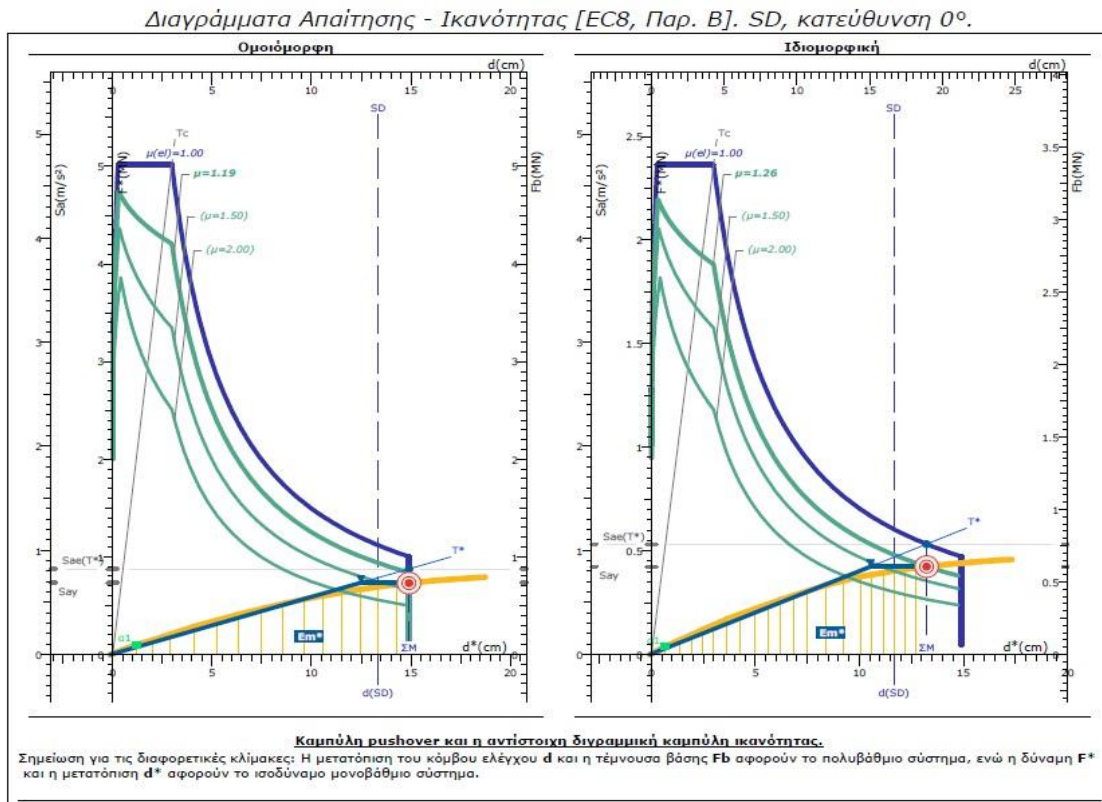


Σχήμα 7. 28: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους

Πίνακας 7.28: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 5 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_4,75_5	T*(s)	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	1,95	1,29	1,29	11,64	0,097	8,27
Ιδιομορφική	1,68	1,37	1,37	10,03	0,092	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.



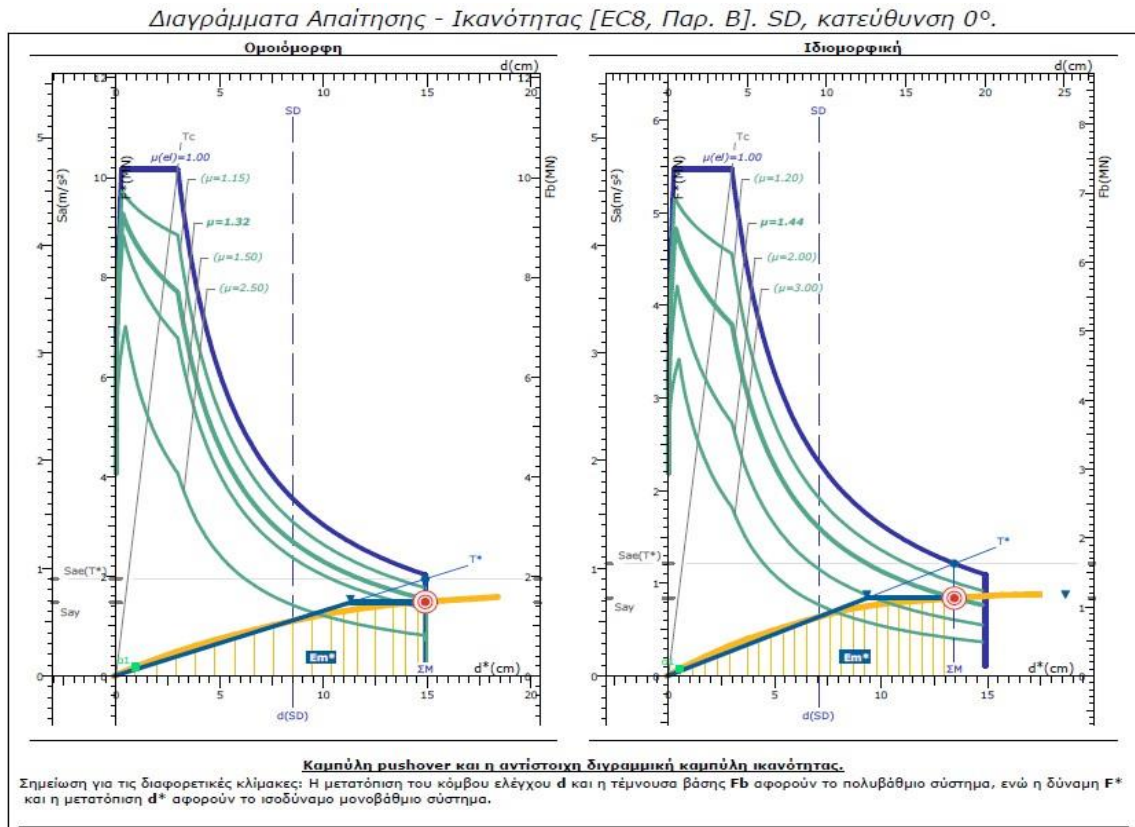
Σχήμα 7. 29: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.29: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_3,5_7	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	maxa _g	q _s
Ομοιόμορφη	2,67	1,19	1,19	14,9	0,143	7,35
Ιδιομορφική	2,22	1,26	1,26	13,22	0,143	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.

- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

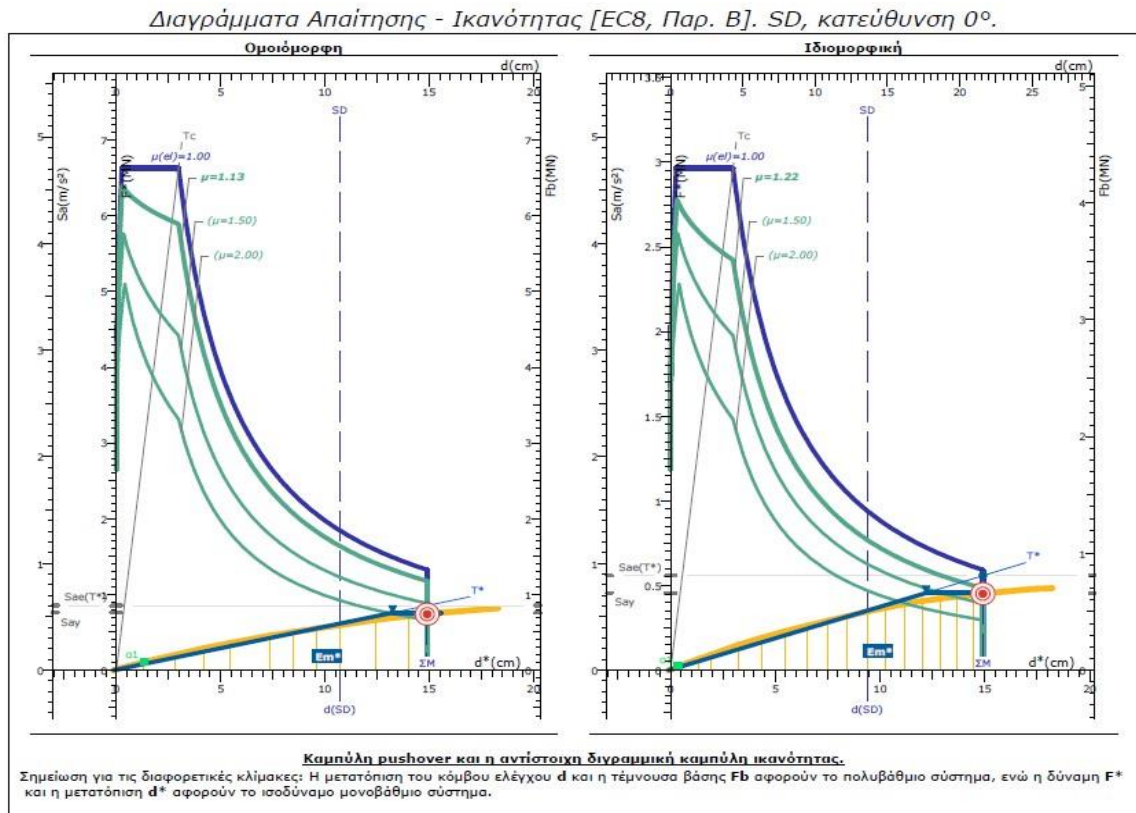


Σχήμα 7. 30: Διάγραμμα Απαίτησης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους

Πίνακας 7.30: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 7 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_4,75_7	$T^*(s)$	q_u	μ_d	$d_{et}^*(cm)$	$max a_g$	q_s
Ομοιόμορφη	2,55	1,32	1,32	14,9	0,094	8,03
Ιδιομορφική	2,25	1,44	1,44	13,43	0,089	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

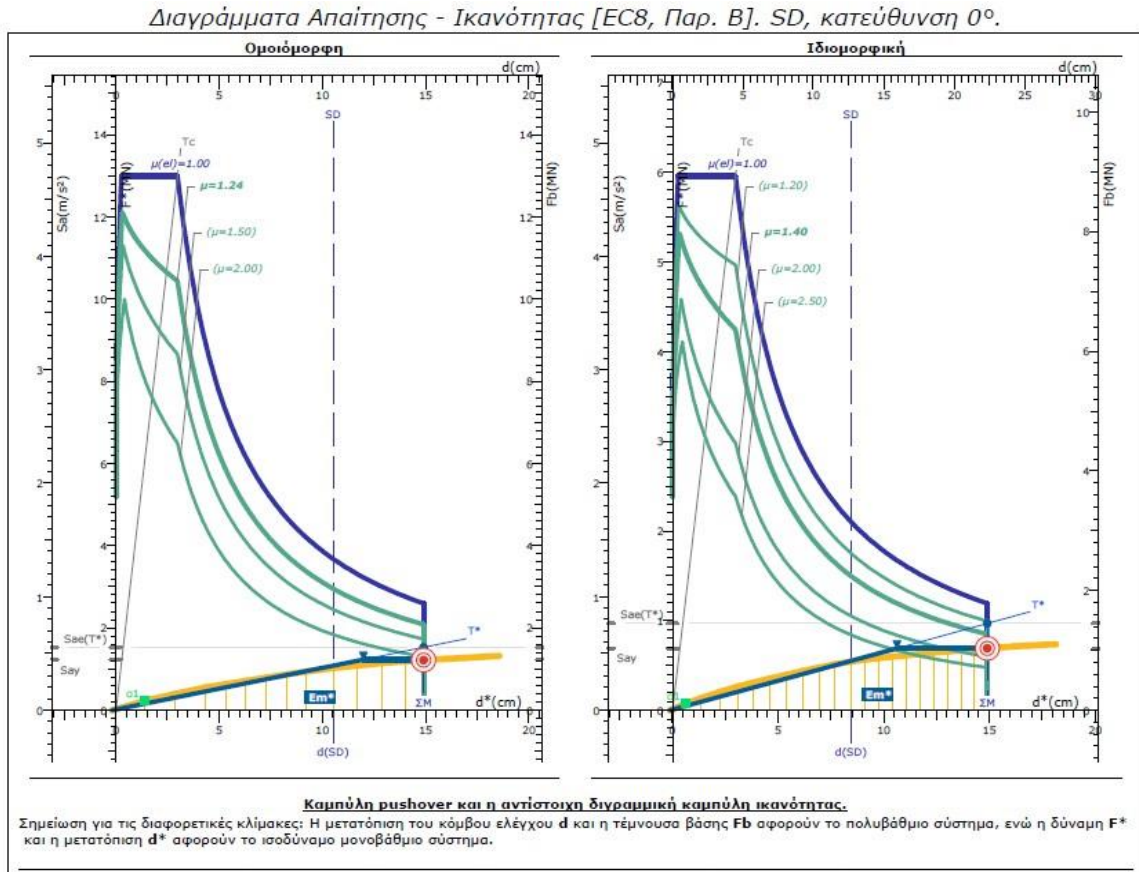


Σχήμα 7. 31: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.31: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_3,5_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	max _{α_s}	q _s
Ομοιόμορφη	3,11	1,13	1,13	14,9	0,115	6,89
Ιδιομορφική	2,58	1,22	1,22	14,9	0,102	9,99

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.



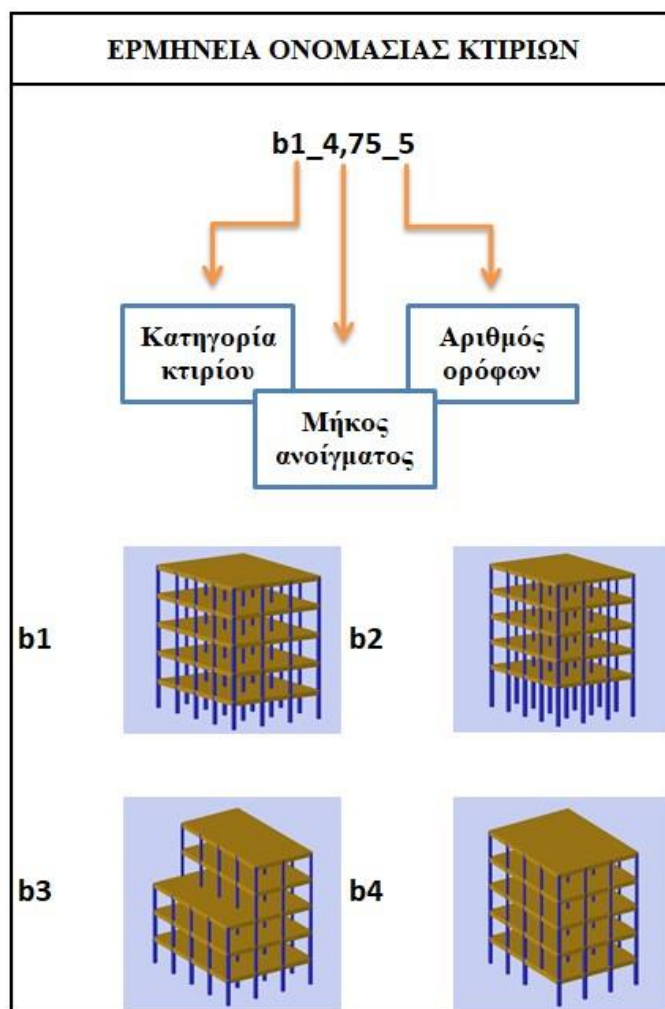
Σχήμα 7. 32: Διάγραμμα Απαιτήσης- Ικανότητας για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 4,75m και 9 ορόφους

Πίνακας 7.32: Αποτελέσματα ανελαστικής ανάλυσης για κτίριο κατηγορίας 4 με άνοιγμα 3,50m και 9 ορόφους για στάθμη επιτελεστικότητας SD και γωνία 0°.

b4_4,75_9	T*(s)	q _u	μ _d	d _{et} *(cm)	maxa _g	q _s
Ομοιόμορφη	3,26	1,24	1,24	14,9	0,113	5,34
Ιδιομορφική	2,77	1,4	1,4	14,9	0,091	9,35

- ✓ Το παραπάνω κτίριο κρίνεται ανεπαρκές για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD και για τα δύο είδη φορτίσεων (ομοιόμορφη – ιδιομορφική), καθώς η στοχευόμενη μετατόπιση βρίσκεται δεξιά από τη διακεκομμένη γραμμή (μετακίνηση για αστοχία του πρώτου κύριου μέλους της κατασκευής). Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση που μπορεί να αντέξει το κτίριο καθώς και στις δύο περιπτώσεις φορτίσεων, είναι $a < 0,16$.
- ✓ Παρατηρείται επίσης, ότι η ομοιόμορφη κατανομή φόρτισης μας δίνει υψηλότερες ιδιοπερίόδους μονοβάθμιου συστήματος και συνεπώς μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις.
- ✓ Μεγαλύτερη υπεραντοχή συναντάται με τη μέθοδο της ιδιομορφικής φόρτισης.

7.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων



Σχήμα 7. 33: Ερμηνεία ονομασίας κτιρίων

Για το σύνολο των επιλεγέντων κτιρίων (βλ. Κεφάλαιο 5), πραγματοποιήθηκαν μη γραμμικές στατικές αναλύσεις σε 32 γυμνά κτήρια με στόχο την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς τους και την μεταξύ τους σύγκριση.

Ιδιοπερίοδος

Σχετικά με την **ιδιοπερίοδο του μονοβάθμιου συστήματος T^*** παρατηρείται ότι αυξάνεται μεταξύ κτιρίων ίδιας κατηγορίας, με την αύξηση των ορόφων. Αυτό είναι λογικό καθώς παρατηρώντας τη σχέση:

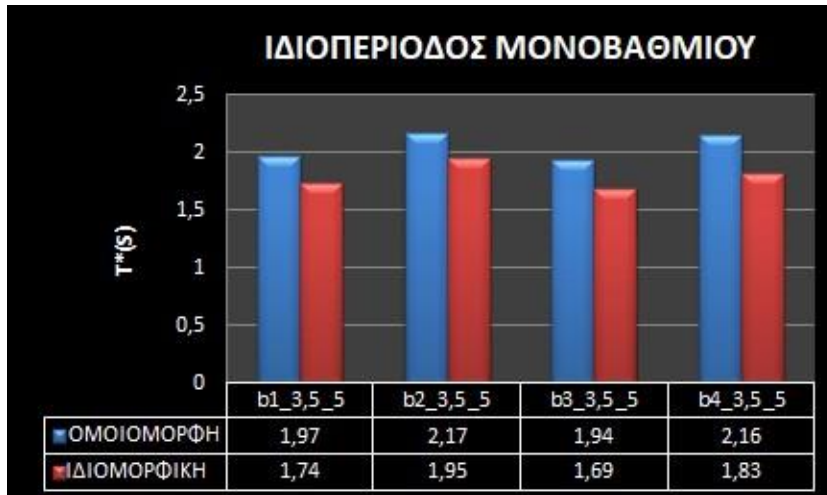
$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

η ιδιοπερίοδος του μονοβάθμιου συστήματος είναι ανάλογη της μάζας του μονοβάθμιου. Συνεπώς, αυξάνοντας τον αριθμό των ορόφων, αυξάνεται η συνολική μάζα της κατασκευής και κατά συνέπεια η μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου ταλαντωτή, καθώς όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα δύο αυτά μεγέθη είναι αλληλένδετα ($M=\Gamma m^*$) (βλ. Σχήμα 7.33).

Για τον παραπάνω λόγο συμβαίνει το ίδιο, συγκρίνοντας κτήρια ίδιων κατηγοριών και ορόφων, αλλά με διαφορετικό άνοιγμα. Συγκεκριμένα, ένα κτίριο με αξονικές αποστάσεις υποστυλωμάτων 3,5m έχει σαφώς μικρότερη μάζα από ένα κτίριο αξονικών αποστάσεων υποστυλωμάτων 4,75m. Καταλήγοντας, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι τα μεγάλα ανοίγματα αυξάνουν τη ιδιοπερίοδο του αντίστοιχου μονοβάθμιου συστήματος (βλ. Σχήματα 7.34 & 7.35).

Όσον αφορά τις τιμές των ιδιοπεριόδων μονοβάθμιων συστημάτων και τη συσχέτισή τους με την κανονικότητα των κτιρίων σε κάτοψη και καθ' ύψος, παρατηρείται ότι τα κτίρια που είναι κανονικά έχουν μικρότερη ιδιοπερίοδο από τα κτίρια των υπόλοιπων κατηγοριών. Τα κτίρια με ψηλό ισόγειο έχουν τη μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο ενώ τα κτίρια με φυτευτά έχουν την δεύτερη μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο. Ύστερα, το κτίριο που βρίσκεται σε εσοχή έχει ελαφρώς μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο από το κανονικό κτίριο. $T_2^* > T_4^* > T_3^* > T_1^*$. Για παράδειγμα, τα κτίρια κατηγορίας 2 έχουν στο ισόγειό του υποστυλώματα 5m, δηλαδή έχουν συνολικό ύψος 2m περισσότερα από τα υπόλοιπα κτίρια. Αυτό συνεπάγεται στο ότι είναι πιο εύκαμπτα καθώς η δυσκαμψία τους είναι μειωμένη. Ωστόσο, αυξάνονται οι διατομές των κτιρίων αυτής της κατηγορίας και τελικά είναι πιο δύσκαμπτα από τα υπόλοιπα κτίρια. (βλ. Σχήματα 7.34 & 7.35).

Τέλος, η ιδιομορφική φόρτιση δίνει μικρότερες ιδιοπεριόδους μονοβάθμιου συστήματος συγκριτικά με την ομοιόμορφη (βλ. Σχήματα 7.34 & 7.35).



Σχήμα 7. 34: Ιδιοπερίοδος κτιρίων κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m



Σχήμα 7. 35: Ιδιοπερίοδος πεντάροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m



Σχήμα 7. 36: Ιδιοπερίοδος πεντάροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m

Πλαστιμότητα

Η απαιτούμενη πλαστιμότητα των εξεταζομένων κτιρίων φαίνεται στα Σχήματα 7.36, 7.37, 7.38 για ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή της φόρτισης. Παρακάτω παρατηρείται ότι η απαιτούμενη πλαστιμότητα για ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή διαφέρει με τις τιμές για ιδιομορφική κατανομή να είναι ελαφρώς μεγαλύτερες (βλ. Σχήμα 7.36). Παράλληλα, με την αύξηση του μήκους των φατνωμάτων δε παρατηρείται ιδιαίτερη αυξομείωση των τιμών της απαιτούμενης πλαστιμότητας. Όσον αφορά τις ακανονικότητες παρατηρείται ότι το κτίριο με το φυτευτό υποστύλωμα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές απαιτούμενης πλαστιμότητας συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Ύστερα, ακολουθεί το κτίριο που βρίσκεται σε εσοχή, ενώ το ψηλό ισόγειο με το κανονικό κτίριο έχουν μικρή διαφορά. Επιπλέον, η απαιτούμενη πλαστιμότητα όσον αφορά τον αριθμό των ορόφων δε φαίνεται να παρουσιάζει κάποια τάση, καθώς οι τιμές της αυξομειώνονται συνεχώς.

Δεδομένου ότι ισχύει η παραδοχή των ίσων μετακινήσεων και ταυτίζονται οι τιμές της πλαστιμότητας και του δείκτη συμπεριφοράς, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές είναι < 1,5, όπως έχει ήδη προαναφερθεί.

Επίσης, κατά τη διάρκεια διαστασιολόγησης των κτιρίων παρατηρήθηκε με την αύξηση των διαστάσεων των υποστυλωμάτων και αύξηση της πλαστιμότητας. Η αύξηση του ποσοστού του οπλισμού των υποστυλωμάτων προκαλεί αύξηση στην πλαστιμότητα. Αντίθετα, μείωση της πλαστιμότητας παρατηρείται στην περίπτωση της αύξησης του ύψους των δοκών. (Ρεπαπής, 2007)



Σχήμα 7. 37: Παράγοντας πλαστιμότητας κτιρίων κατηγορίας 1 με άνοιγμα 3,5m



Σχήμα 7. 38: Παράγοντας πλαστιμότητας πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m



Σχήμα 7. 39: Παράγοντας πλαστιμότητας πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m

Παράγοντας υπεραντοχής

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων που ακολουθούν φαίνεται ότι η μορφή της ακανονικότητας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου. Η υπεραντοχή, η πλαστιμότητα καθώς και ο δείκτης συμπεριφοράς εξαρτώνται από την ακανονικότητα του κτηρίου, την γεωμετρία του φορέα (μέγεθος φατνωμάτων, αριθμός ορόφων κλπ.), τον Αντισεισμικό Κανονισμό που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό.

Τα τυπικά κτίρια τα οποία έχουν μεγάλα μήκη φατνωμάτων και είναι μεσαίου μεγέθους, συμπεριφέρονται καλύτερα από τα αντίστοιχα κτήρια μελετημένα με τον ίδιο

Κανονισμό, αλλά τα οποία ωστόσο χαρακτηρίζονται από φατνώματα μικρότερου μήκους. Ωστόσο, τα κτήρια με μεγαλύτερα φατνώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές υπεραντοχής σε σχέση με τα κτήρια που έχουν μικρότερα ανοίγματα, κυρίως εξαιτίας των μεγαλύτερων φατνωμάτων (βλ. Σχήματα 7.39 & 7.40). Επιπλέον, αναφορικά με τις ακανονικότητες των κτιρίων, παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές υπεραντοχής στα κτήρια που χαρακτηρίζονται μη κανονικά σε όψη. Επιπλέον το κτίριο με το φυτευτό υποστυλώμα παρουσιάζει σχετικά μεγάλη υπεραντοχή, αλλά ανεπιθύμητη κατανομή αστοχιών με μειωμένη απορρόφηση ενέργειας στις δοκούς και τοπική συγκέντρωση των πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα των κατωτέρων ορόφων και στις δοκούς που συγκρατούν το φυτευτό (βλ. Σχήμα 7.41), με συνεπεία την μειωμένη διατιθέμενη πλαστιμότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων και τα ποσοστά οπλισμών είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τα υποστυλώματα των άλλων τύπων κτιρίων. Επίσης, εκατέρωθεν του φυτευτού υποστυλώματος είναι απαραίτητα μεγαλύτερα υποστυλώματα ακόμα και για τα κατακόρυφα φορτία.

Μια ακόμα παρατήρηση που προκύπτει όσον αφορά την ομοιόμορφη και την ιδιομορφική φόρτιση είναι ότι στο κτίριο που βρίσκεται σε εσοχή, εφαρμόζοντας ομοιόμορφη κατανομή τα υποστυλώματα στη βάση αστοχούν και φτάνουν νωρίτερα στην στάθμη επιτελεστικότητας NC (βλ. Σχήμα 7.42). Σε αντίθετη περίπτωση εφαρμόζοντας ιδιομορφική φόρτιση αστοχούν νωρίτερα τα υποστυλώματα της εσοχής λόγω της κατανομής των δυνάμεων (βλ. Σχήμα 7.43).

Σχετικά μικρότερη τιμή υπεραντοχής παρουσιάζει το κτίριο με το ψηλό ισόγειο σε σχέση με το κανονικό (βλ. Σχήμα 7.40). Αντίθετα, οι ακανονικότητες λόγω της εσοχής στους δύο ανώτερους ορόφους δεν παρουσιάζουν μεγάλη επιρροή στην υπεραντοχή, σε σχέση με το κανονικό κτίριο (βλ. Σχήμα 7.39)

Γενικότερα, είναι συχνή η παρουσίαση πλαστικών αρθρώσεων σε σημεία όπου μειώνεται η διατομή του υποστυλώματος. Επίσης, οι τιμές της υπεραντοχής ακολουθούν τυχαία κατανομή με την αύξηση των ορόφων του δομήματος.

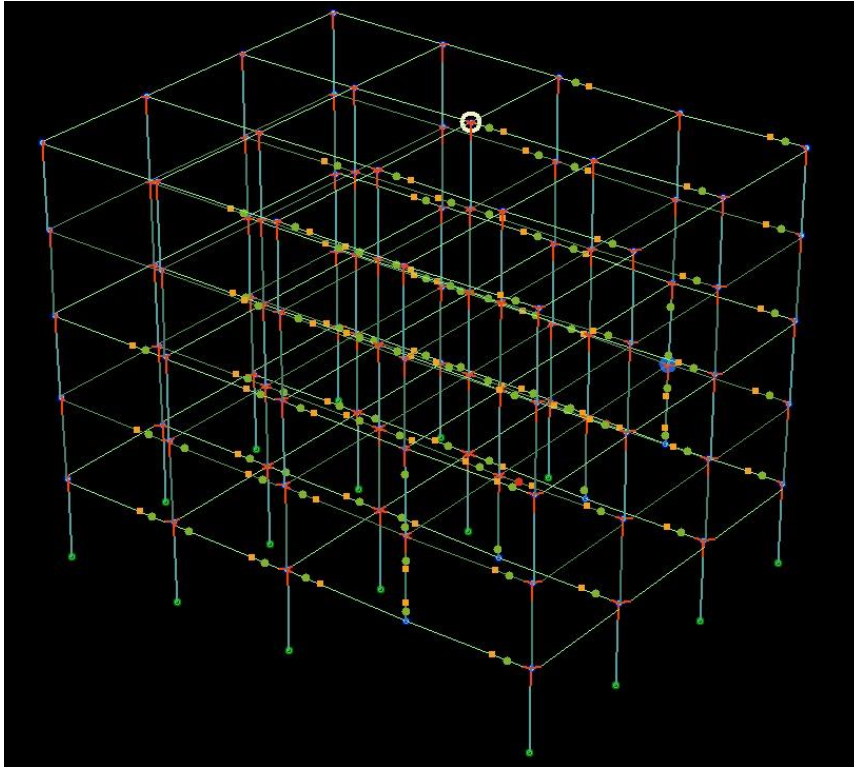
Παράλληλα, κατά τη διάρκεια διαστασιολόγησης των κτιρίων παρατηρήθηκε με την αύξηση των διαστάσεων των υποστυλωμάτων και αύξηση της υπεραντοχής. Το ίδιο συμβαίνει και με την αύξηση του ποσοστού του οπλισμού των υποστυλωμάτων.



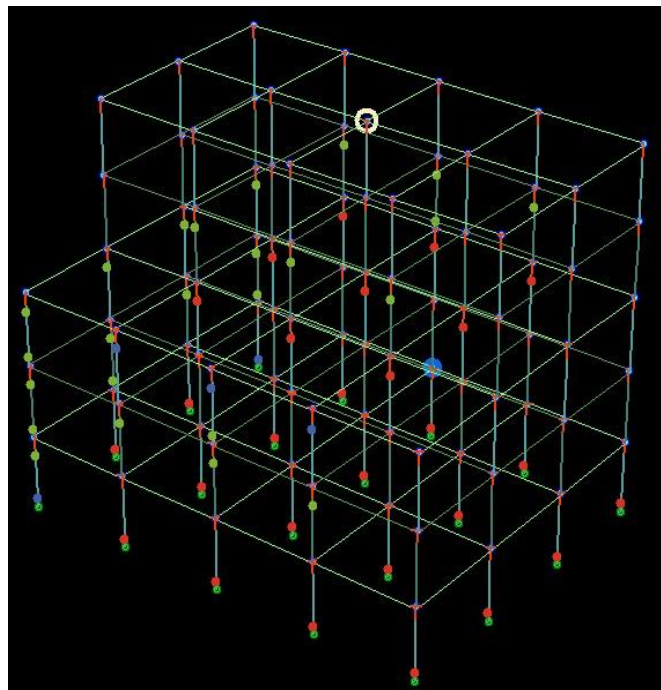
Σχήμα 7. 40: Παράγοντας υπεραντοχής πεντάωροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m



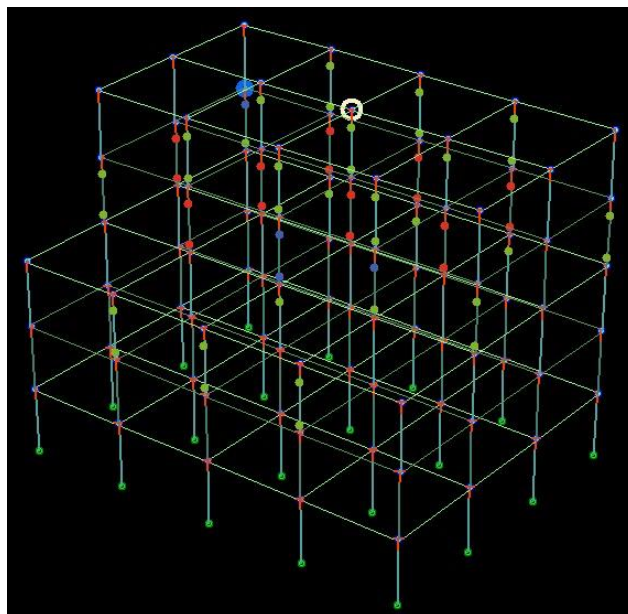
Σχήμα 7. 41: Παράγοντας υπεραντοχής πεντάωροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m



Σχήμα 7. 42: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων δοκών, υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας SD με ομοιόμορφη κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με φυτευτό υποστύλωμα και άνοιγμα 4,75m.



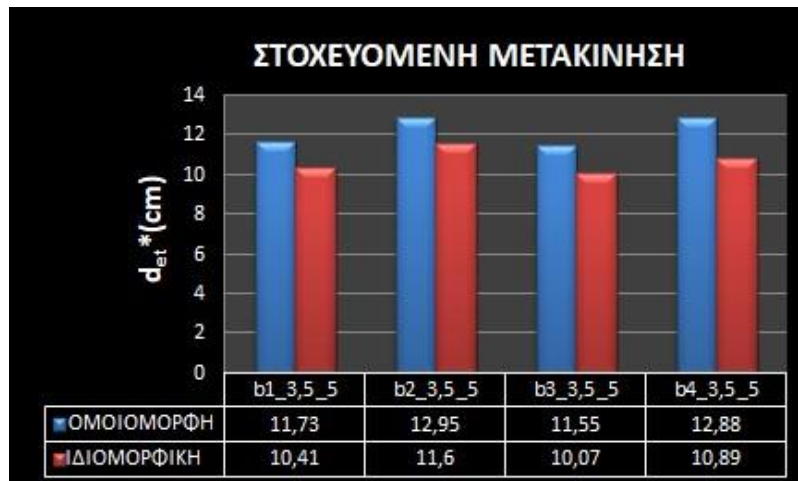
Σχήμα 7. 43: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας NC με ομοιόμορφη κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή και άνοιγμα 4,75m b3_4.75_5.



Σχήμα 7. 44: Δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων υποστυλωμάτων για στάθμη επιτελεστικότητας NC με ιδιομορφική κατανομή για το πενταώροφο κτίριο με τους δύο ανώτερους ορόφους σε εσοχή και άνοιγμα 4,75m b3_4.75_5.

Στοχευόμενη μετατόπιση

Μεγαλύτερη στοχευόμενη μετατόπιση έχει το κτίριο με το ψηλό ισόγειο (βλ. Σχήμα 7.44), κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς έχει μεγαλύτερο ύψος από τα υπόλοιπα κτήρια, άρα είναι πιο εύκαμπτο. Ύστερα, ακολουθεί το κτίριο με το φυτευτό υποστύλωμα, το κανονικό κτίριο και εκείνο σε εσοχή τα οποία έχουν παρόμοιες τιμές στοχευόμενης μετατόπισης. Επίσης, η στοχευόμενη μετακίνηση αυξάνεται όσο αυξάνονται και οι όροφοι. Μεγαλύτερες στοχευόμενες μετακινήσεις έχουν τα κτήρια με μεγαλύτερα φατνώματα.



Σχήμα 7. 45: Στοχευόμενη μετακίνηση πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 3,5m



Σχήμα 7. 46: Στοχευόμενη μετακίνηση πενταώροφων κτιρίων με άνοιγμα 4,75m

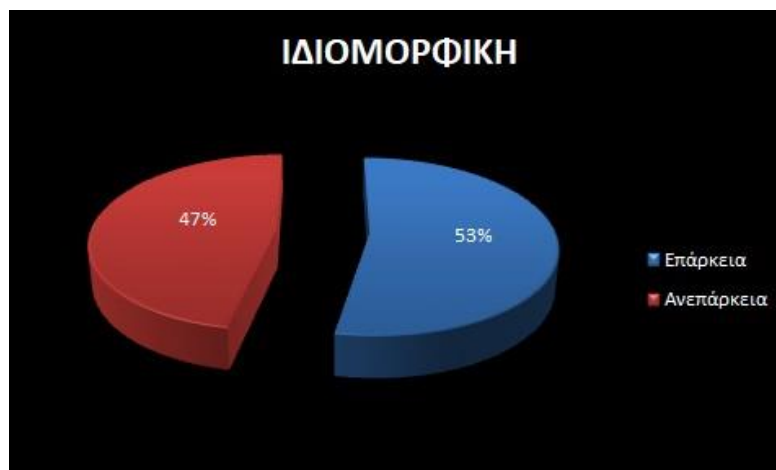
Στατική επάρκεια

Όπως ήταν αναμενόμενο πολλά από τα παραπάνω γυμνά κτήρια δε θα επαρκούσαν σε μια αποτίμηση με νέους κανονισμούς. Ιδιαίτερα τα κτήρια με ακανονικότητες έδειξαν να επηρεάζονται περισσότερο από τα υπόλοιπα και εν τέλη να μην επαρκούν.

Στα παρακάτω Σχήματα 7.46 & 7.47 παρουσιάζεται ποσοστιαία σε διάγραμμα πίτας η επάρκεια ή η ανεπάρκεια των κτιρίων για ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή φόρτισης. Η ιδιομορφική κατανομή δίνει σχεδόν το διπλάσιο ποσοστό ανεπάρκειας σε σχέση με την ομοιόμορφη.



Σχήμα 7. 47: Διάγραμμα επάρκειας – Ανεπάρκειας για ομοιόμορφη φόρτιση



Σχήμα 7. 48: Διάγραμμα επάρκειας – Ανεπάρκειας για ιδιομορφική φόρτιση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επιρροής κανονικότητας σε κάτοψη και καθ' ύψος κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος. Για αυτόν τον λόγο πραγματοποιήθηκαν στατικές ανελαστικές αναλύσεις (pushover) σε έναν μεγάλο αριθμό γυμνών κτιρίων, ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Επιλέχθηκαν τέσσερις διαφορετικές ομάδες κτιρίων.

Αναλυτικότερα, στη παρούσα διπλωματική παρουσιάστηκε η εξέλιξη των αντισεισμικών κανονισμών με την πάροδο των χρόνων. Ύστερα, έγινε αναφορά στη κανονικότητα σε κάτοψη και καθ' ύψος και στην στατική απλότητα βάσει τον EC8-1. Κατόπιν, μετά από μια συνοπτική παρουσίαση των διατάξεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ και της στατικής ανελαστικής ανάλυσης (pushover), πραγματοποιείται λεπτομερής περιγραφή των κτιρίων που επιλέχθηκαν, των παραδοχών και των στατικών προσομοιωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αποτιμήσεων και σχολιάζονται τα αποτελέσματα. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις διαστασιολογήσεις και τις αποτιμήσεις κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος είναι το FESPA, της εταιρείας LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ.

Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι διεξάχθηκε ένα μεγάλο πλήθος αναλύσεων δίνεται η δυνατότητα να γίνει εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων και της επιρροή της ακανονικότητας των κτιρίων, της γεωμετρίας τους και του Αντισεισμικού Κανονισμού. Η στάθμη επιτελεστικότητας για την οποία εξάχθηκαν τα αποτελέσματα είναι η SD (Σημαντικές Βλάβες - Severe Damage).

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων που ακολουθούν φαίνεται ότι η μορφή της ακανονικότητας μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την σεισμική συμπεριφορά του κτηρίου. Η υπεραντοχή, η πλαστιμότητα καθώς και ο δείκτης συμπεριφοράς εξαρτώνται από την ακανονικότητα του κτηρίου, την γεωμετρία του φορέα (μέγεθος φατνωμάτων, αριθμός ορόφων κλπ.) και τον Αντισεισμικό Κανονισμό που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό. Πιο αναλυτικά, τα τυπικά υφιστάμενα κτήρια, τα οποία έχουν μεγαλύτερα μήκη φατνωμάτων και είναι μεσαίου μεγέθους, συμπεριφέρονται καλύτερα από τα αντίστοιχα κτήρια μελετημένα με τον ίδιο Κανονισμό, αλλά τα οποία ωστόσο χαρακτηρίζονται από

φατνώματα μικρότερου μήκους. Παράλληλα, τα κτήρια με τα μεγάλα φατνώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη υπεραντοχή και απαιτούμενη πλαστιμότητα αλλά μικρότερη στοχευόμενη μετακίνηση. Όσον αφορά την ακανονικότητα, παρατηρήθηκε ότι το κανονικό κτίριο έχει παρόμοια συμπεριφορά με το ψηλό ισόγειο και στην υπεραντοχή και στη πλαστιμότητα. Μεγαλύτερη στοχευόμενη μετακίνηση έχει το κτίριο με το ψηλό ισόγειο λόγω μεγαλύτερου ύψους. Επίσης, τα κτήρια με φυτευτό υποστύλωμα παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές απαιτούμενης πλαστιμότητας και υπεραντοχής συγκριτικά με τα κτήρια που βρίσκονται σε εσοχή. Η στοχευόμενη μετακίνηση είναι παρόμοια για το κανονικό κτίριο, το κτίριο σε εσοχή και το κτίριο με το φυτευτό υποστύλωμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ο.Α.Σ.Π. (Αύγουστος 2017): «Κανονισμός επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) - 2η αναθεώρηση», Αθήνα.
- Ευρωκώδικας 8 (Δεκέμβριος 2004) : Αντισεισμικός Σχεδιασμός- Μέρος 1: «Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια», EN 1998-1.
- Β.Δ. 26/19 - 2 – (1959): «Περί αντισεισμικού κανονισμού οικοδομικών έργων», Αθήνα.
- ΛΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ (Οκτώβριος 2013) : «Pushover Θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα.
- ΛΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ (Ιούλιος 2020) : «FESPA 20 Ευρωκώδικες ΚΑΝ.ΕΠΕ., Κ.Α.Δ.Ε.Τ.», Αθήνα.
- Γιάννης Ν. Ψυχάρης (2015) : «Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας Τεύχος 1», Αθήνα.
- Γιάννης Ν. Ψυχάρης (2015) : «Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας Τεύχος 2», Αθήνα.
- Michael N Fardis, Eduardo Carvalho, Amr Elnashai, Ezio Faccioli, Paolo Pinto & Andre Plumier (2011) : «Οδηγός σχεδιασμού σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8: Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών».
- Κωνσταντίνος Ρεπαπής (2007) : «Αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων από ωπλισμένο σκυρόδεμα», Αθήνα.
- Ιωάννης Ν. Δουδούμης (Ιούνιος 2018) : «Η ο Εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών και Ρόλος του Σεισμού της Θεσσαλονίκης το 1978», Θεσσαλονίκη.
- Μπουρσιάνης Χάρης (Φεβρουάριος, 2014) : «ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER) ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ», Πάτρα.