



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αποτίμηση και ενίσχυση τριώροφης σεισμόπληκτης κατοικίας στον Τύρναβο Θεσσαλίας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ:

ΝΤΑΝΑΣΗ ΑΘΑΝΑΣΙΑ

A.M.:7597

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2023

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Ντανάση Αθανασίας που την εκπόνησε.

Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οποιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Η συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Αποτίμηση και ενίσχυση τριώροφης σεισμόπληκτης κατοικίας στον Τύρναβο Θεσσαλίας», πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023.

Η εργασία αποτελείται από το θεωρητικό υπόβαθρο που βασίστηκε, την αποτίμηση και την ενίσχυση της υφιστάμενης κατασκευής αξιολογώντας σε κάθε στάδιο τα αποτελέσματα της αντίστοιχης διαδικασίας.

Αντικείμενο της μελέτης της εργασίας αποτελεί η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της υφιστάμενης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα και η ενίσχυση αυτής με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε η Ανελαστική Στατική Ανάλυση (pushover) σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Η μελέτη υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος FespaC&FespaR έκδοση 8.10.22 της εταιρείας LH Λογισμικής. Η μελέτη πραγματοποιείται για σεισμόπληκτο κτήριο σπουδαιότητας II (συνήθη κτήρια) για στάθμη επιτελεστικότητας B2 («Προστασία Ζωής») και Γ1 («Αποφυγή Κατάρρευσης»).

Τέλος, το υφιστάμενο κτήριο χρήζει ενίσχυσης. Εφαρμόζονται οι μέθοδοι ενίσχυσης στα δομικά στοιχεία, πραγματοποιείται η αποτίμηση με τα ενισχυόμενα μέλη και αξιολογούνται τα αποτελέσματα.

ABSTRACT

The present thesis titled "Assessment and Retrofitting of a Three-Story Earthquake-Damaged Building in Tyrnavos, Thessaly" was conducted within the framework of the undergraduate program of the Department of Civil Engineering at the University of Peloponnese during the academic year 2022-2023.

The work consists of the theoretical background it was based on, the assessment, and the strengthening of the existing structure, evaluating the results of the respective procedures at each stage.

The subject of the study is the assessment of the load-carrying capacity of the existing reinforced concrete structure and its retrofitting according to the Greek Code of Structural Interventions (KAN.EPE). Specifically, a Nonlinear Static Analysis (pushover) was applied according to Eurocode 8 and KAN.EPE. The study was carried out using the software program Fespa C & Fespa R version 8.10.22 by LH Software Company (LH Logistics). The study was conducted for a seismic building of importance class II (ordinary buildings) with performance level B2 ("Life Safety") and C1 ("Collapse Prevention").

Finally, the existing building requires retrofitting. Retrofitting methods are applied to the structural elements, the assessment is performed with the retrofitted members, and the results are evaluated.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της Διπλωματικής μου εργασίας κύριο Μπισκίνη Διονύσιο. Καθόλη την διάρκεια του κύκλου σπουδών, καθώς και την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας υπήρξε πηγή έμπνευσης με τις γνώσεις που προσέφερε και η βοήθεια και καθοδήγηση ήταν πολύτιμη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται στην LH Λογισμική, που μου παραχώρησε την ακαδημαϊκή έκδοση του λογισμικού στατικού προγράμματος FespaC&FespaR έκδοση 8.1.0.22 , με την συμβολή του οποίου προέκυψε η επίλυση και τα αποτελέσματα του φορέα του υφιστάμενου κτηρίου.

Πίνακας περιεχομένων

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ	1
1.2	ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	2
1.3	ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	3
2.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.	4
2.1	ΣΤΑΔΙΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	4
2.2	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ	6
2.2.1	Σκοπός αποτίμησης	6
2.2.2	Στόχοι Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού	6
2.2.3	Στάθμες Επιτελεστικότητας	7
2.2.4	Σεισμική Κλάση	8
2.2.5	Συλλογή δεδομένων υφιστάμενης κατασκευής	8
2.2.6	Αποτύπωση	10
2.2.7	Ιστορικό Υφιστάμενης Κατασκευής	10
2.2.8	Καταγραφή Βλαβών	11
2.2.9	Διερευνητικές Εργασίες	11
2.3	Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων	12
2.4	Μέθοδοι Ανάλυσης	12
2.5	Συντελεστής Συμπεριφοράς	14
2.6	Ανελαστική Στατική Ανάλυση	15
2.6.1	Σκοπός	15
2.6.2	Βασικές παραδοχές της μεθόδου	15
2.6.3	Βήματα Υπολογισμού στην Κατασκευή κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ	16
2.6.4	Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)	18
2.6.5	Έλεγχος Επάρκειας	21
3.	ΒΛΑΒΕΣ	23
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	23
3.2	Βαθμοί Βλάβης Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.	26
3.3	Βαθμοί Βλάβης Σύμφωνα με την Οδηγία FEMA 306	31
3.3.1	Πλάστιμη συμπεριφορά (καμπτική συμπεριφορά)	33
3.3.2	Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά	35
3.3.3	Ψαθυρή συμπεριφορά	36

3.4	Βλάβες σε Υποστυλώματα	38
3.4.1	Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα	38
3.4.2	Βλάβες διατμητικού χαρακτήρα.....	40
3.5	Βλάβες σε Κόμβους Δοκών -Υποστυλωμάτων.....	41
3.6	Βλάβες σε Τοιχώματα.....	41
3.7	Βλάβες σε Δοκούς	43
3.8	Βλάβες σε Πλάκες.....	45
4.	ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ.....	47
4.1	Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων.....	47
4.1.1	Γενικά.....	47
4.1.2	Ειδικοί Τύποι Σκυροδέματος.....	47
4.2	Επισκευές και Ενισχύσεις Δομικών Κατασκευών.....	55
4.2.1	Γενικά.....	55
4.2.2	Επισκευές – Ενισχύσεις Υποστυλωμάτων	55
4.2.3	Ενισχύσεις υποστυλωμάτων.....	59
4.2.4	Μανδύες υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα	65
4.3	Επισκευές – Ενισχύσεις Δοκών και Πλακών	68
4.4	Επισκευή – Ενίσχυση Κόμβων Δοκών – Υποστυλωμάτων	71
4.6	Επισκευές- Ενισχύσεις Τοιχωμάτων	72
5.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	73
5.1	Γενικά.....	73
5.2	Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	76
5.3	Φορτία	81
5.4	Έδαφος	82
5.5	Σεισμικότητα.....	82
5.6	Κανονισμοί Ανάλυσης.....	83
5.7	Στόχοι Αποτίμησης.....	83
5.8	Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων- ΣΑΔ.....	84
6.	ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	85
6.1	Γενικά.....	85
6.2	Διαδικασία Αποτίμησης.....	85
6.3	Ο Φορέας της Υφιστάμενης Κατασκευής.....	86
6.4	Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτηρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3.....	90

6.5 Επιλογή στάθμης επιτελεστικότητας και έλεγχου του προγράμματος.....	93
6.6 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	94
6.6.1 Γραφική αναπαράσταση δυστρεψίας και στατικής εκκεντρότητας	94
6.6.2 Στατική Ανελαστική Ανάλυση Υφιστάμενου Κτηρίου	95
6.6.3 Λόγοι Επάρκειας Μελών.....	102
6.6.4 Διαγράμματα Απαίτησης – Ικανότητας[EC8, Παρ. Β].....	108
6.6.5 Συγκεντρικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων	141
6.7 Συμπεράσματα Μελέτης Αποτίμησης.....	144
7. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	145
7.1 Γενικά.....	145
7.2 Ενίσχυση σε κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού με το λογισμικό FESPA	153
7.2.1 Ενίσχυση κατακόρυφων στοιχείων με Ινοπλισμένα Πολυμερή με το λογισμικό FESPA.....	153
7.2.2 Ενίσχυση κατακόρυφων στοιχείων με Μανδύα Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος με το λογισμικό FESPA	154
7.3 Ενίσχυση σε οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού με το λογισμικό FESPA.....	156
7.4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης φορέα με ενισχυμένα μέλη	157
7.4.1 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]	157
7.4.2 Λόγοι επάρκειας ενισχυμένου φορέα	190
7.5 Συγκεντρικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων για το φορέα κατόπιν ενίσχυσης	196
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	198
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	199

Εικόνα 1: Εξιδανίκευση μιας καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με δι γραμμική καμπύλη.....	16
Εικόνα 2: Μετατροπή καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος.	19
Εικόνα 3: Μετατροπή μεγεθών από το πολυβάθμιο σύστημα για τη δημιουργία του διαγράμματος ADRS.	20
Εικόνα 4: Διάγραμμα τελικού ελέγχου επάρκειας κατασκευής.	21
Εικόνα 5: Διάγραμμα μη ικανοποίησης του ελέγχου επάρκειας.	22
Εικόνα 6: Μαλακός Όροφος	24
Εικόνα 7: Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων.	25
Εικόνα 8: Σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς ($F' - d'$) στοιχείων που έχουν υποστεί βλάβες.....	26
Εικόνα 9: Τυπικοί βαθμοί βλαβών υποστυλωμάτων (και δοκών)(d : η σχετική μετακίνηση των άκρων του στοιχείου).....	27
Εικόνα 10: Χαρακτηριστικές ελαφρές (εώς μέτριες) βλάβες τοιχοπληρώσεων, με ρωγμές εύρους <math><2-3\text{mm}</math> (ορισμένες από τις βλάβες μπορεί να οφείλονται στις μόνιμες παραμορφώσεις του υποκείμενου σκελετού, του συστήματος πλακών/δοκών.	30
Εικόνα 11: Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων.....	32
Εικόνα 12: Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Παράδειγμα πλάστιμης, καμπτικής συμπεριφοράς.....	35
Εικόνα 13: Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Περίπτωση ψαθυρής συμπεριφοράς σε λοξό εφελκυσμό.	37
Εικόνα 14: Καμπτική βλάβη υποστυλώματος.....	39
Εικόνα 15: Διατμητική Αστοχία.....	40
Εικόνα 16: Καμπτική Αστοχία Τοιχώματος.	42
Εικόνα 17: Καμπτικές βλάβες σε δοκούς. (Α) Καμπτικές ρωγμές στο εφελκυόμενο πέλμα, (Β) Καμπτική αστοχία στο άνω πέλμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω.....	43
Εικόνα 18: Διατμητική Αστοχία Δοκού.....	44
Εικόνα 19: Διατμητική Αστοχία λόγω συγκεκριμένου φορτίου.	44
Εικόνα 20: Ειδικός οπλισμός σύζευξης τοιχωμάτων.	45
Εικόνα 21: Βλάβες σε πλάκες.	46
Εικόνα 22: Βλάβη πλάκας λόγω διάτρησης.	46
Εικόνα 23: Σωστές θέσεις εκτόξευσης. Μπισκίνης 2022	49
Εικόνα 24: Επίδραση ιών στη συμπεριφορά σε κάμψη.....	50
Εικόνα 25: Επίδραση θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας.	51
Εικόνα 26: Σχέσεις τάσης-παραμόρφωσης για σύνθετα υλικά σε εφελκυσμό.	52
Εικόνα 27: α) Τυπική μορφή μονόμτητου βλήτρου μορφής Γ, β) Τυπικές διατάξεις μονόμτητων βλήτρων.	53
Εικόνα 28: Σύνδεσμοι παλαιών-νέων ράβδων οπλισμού.....	54
Εικόνα 29: Διάγραμμα πλευρικών φορτίσεων-οριζοντίων μετακινήσεων πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες και σύγκριση με το αρχικό.....	56
Εικόνα 30: Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση στην περιοχή βλάβης.	57
Εικόνα 31: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή.....	58
Εικόνα 32: Περίσφιξη με σπειροειδή οπλισμό.....	59
Εικόνα 33: Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό.....	60

Εικόνα 34: Χρήση ινοπλισμένων πολυμερών.....	61
Εικόνα 35: Εναλλακτική εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού χρησιμοποιώντας ‘βίδες’ ή ‘ντίζες’.....	62
Εικόνα 36: Χρήση μεταλλικού κλωβού. Μπισκίνης 2022.....	62
Εικόνα 37: Τροποποιημένος καταστατικός νόμος περισφιγμένου σκυροδέματος.....	63
Εικόνα 38: α) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό, β) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με ινοπλισμένα πολυμερή.....	64
Εικόνα 39: Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος.....	65
Εικόνα 40: Ολικός μανδύας.....	66
Εικόνα 41: Κατασκευή μανδύων Ο.Σ. μαζί με την εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού.....	66
Εικόνα 42: Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων.....	67
Εικόνα 43: Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής.....	68
Εικόνα 44: Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού.....	69
Εικόνα 45: Κλειστός μανδύας δοκού.....	70
Εικόνα 46: Ανοιχτός μανδύας δοκού.....	71
Εικόνα 47: Τοπογραφικό διάγραμμα υφιστάμενης κατασκευής.....	73
Εικόνα 48: Ξυλότυπος ισογείου υφιστάμενης κατασκευής.....	74
Εικόνα 49: Ξυλότυπος θεμελίωσης υφιστάμενης κατασκευής.....	75
Εικόνα 50: Προσδιορισμός αντοχής σε θλίψη πυρήνων σκυροδέματος κατά Ε-7.....	76
Εικόνα 51: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.....	77
Εικόνα 52: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.....	78
Εικόνα 53: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.....	79
Εικόνα 54: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.....	80
Εικόνα 55: Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος.....	82
Εικόνα 56: Κάτοψη ισογείου.....	86
Εικόνα 57: Κάτοψη Α' ορόφου.....	87
Εικόνα 58: Κάτοψη Β' ορόφου.....	87
Εικόνα 59: Θεμελίωση.....	88
Εικόνα 60: Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου.....	88
Εικόνα 61: Ξυλότυπος ισογείου.....	89
Εικόνα 62: Παράμετροι αποτίμησης κτηρίου.....	90
Εικόνα 63: Χαρακτηρισμός φάσματος.....	91
Εικόνα 64: Χαρακτηρισμός μελών.....	91
Εικόνα 65: ΣΑΔ.....	92
Εικόνα 66: Παράμετροι για τις στάθμες SD (B2) και NC (Γ1).....	93
Εικόνα 67: Γραφική αναπαράσταση δυστρεψίας και στατικής εκκεντρότητας.....	94
Εικόνα 68: Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας.....	96
Εικόνα 69: Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας.....	97
Εικόνα 70: Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας.....	98
Εικόνα 71: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.....	99
Εικόνα 72: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.....	100
Εικόνα 73: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.....	101
Εικόνα 74: Κάτοψη ισογείου.....	145
Εικόνα 75: Κάτοψη Α' ορόφου.....	146
Εικόνα 76: Κάτοψη Β' ορόφου.....	146

Εικόνα 77: Κάτοψη ισογείου.....	147
Εικόνα 78: Κάτοψη ισογείου υφιστάμενου κτηρίου και φωτογραφίες βλαβών.....	148
Εικόνα 79: Υποστύλωμα Ισογείου Κ11.	149
Εικόνα 80: Υποστύλωμα Ισογείου Κ11.	149
Εικόνα 81: Υποστύλωμα Ισογείου Κ12.	150
Εικόνα 82: Υποστύλωμα Ισογείου Κ9.	151
Εικόνα 83: Υποστύλωμα Ισογείου Κ9.	151
Εικόνα 84: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος.....	153
Εικόνα 85: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος.....	154
Εικόνα 86: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος.....	154
Εικόνα 87: Διατομή ενισχυόμενου υποστυλώματος Κ11.....	155
Εικόνα 88: Λεπτομέρειες τοποθετούμενων βλήτρων.....	155
Εικόνα 89: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενης δοκού.....	156

Πίνακας 1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού.	6
Πίνακας 2: Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση.	7
Πίνακας 3: Ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις υφισταμένων κτηρίων σπουδαιότητας Ι και ΙΙ.....	8
Πίνακας 4: Τιμές του Δείκτη Συμπεριφοράς.	14
Πίνακας 5: Στάθμη Επιτελεστικότητας.	14
Πίνακας 6: Τιμές Συντελεστή C2. ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	18
Πίνακας 7: Μειωτικοί συντελεστές γ για βλαμμένα υποστυλώματα (και δικούς), Παράρτημα 7Δ.....	29
Πίνακας 8: Μειωτικοί συντελεστές γ για βλαμμένες περιοχές αναμονών υποστυλωμάτων (ή άλλες ενώσεις με «μάτισμα») Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	29
Πίνακας 9: Τύποι στοιχείων για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχώματα, FEMA 306.....	31
Πίνακας 10: Φορτία υφιστάμενης κατασκευής.	81
Πίνακας 11: Στόχοι Αποτίμησης ή Ανασχεδιασμού. (Κανονισμός Επεμβάσεων (2η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 2984Β/30-08-2017)).....	83
Πίνακας 12: Στάθμη Αξιοπιστίας Γεωμετρικών Δεδομένων.....	84
Πίνακας 13: Λόγοι Επάρκειας Δοκών.....	105
Πίνακας 14: Λόγοι Επάρκειας Υποστυλωμάτων.....	107
Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για την στάθμη επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής).....	141
Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για την στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης).	142
Πίνακας 17: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ΚΑΝ.ΕΠΕ (2η αναθεώρηση 2017).	142

Πίνακας 18: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022)	143
Πίνακας 19: Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση. ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022)	144
Πίνακας 20: Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα.	191
Πίνακας 21: Λόγοι επάρκειας δοκών ενισχυμένου φορέα.	195
Πίνακας 22: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης-Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεσματικότητας SD. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.	196
Πίνακας 23: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης-Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεσματικότητας NC. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.	197

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Σε μία χώρα, όπως η Ελλάδα, που ευρίσκεται σε μία έντονα σεισμική περιοχή, οι γνώσεις μας για τη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών δοκιμάζονται κάθε φορά που ερχόμαστε αντιμέτωποι με έναν ισχυρό σεισμό.

Οι αντισεισμικοί κανονισμοί εξελίσσονται ανάλογα με τους ισχυρούς σεισμούς που αντιμετώπισε η χώρα μας. Αρχικά, ο πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός συντάχθηκε και άρχισε να ισχύει το 1959. Αυτός ο κανονισμός κατατάσσει τις περιοχές της χώρας σε τρεις κατηγορίες: ασθενώς (I), μετρίως (II) και ισχυρώς (III) σεισμόπληκτες. Επίσης, τα εδάφη κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: μικρής, μέτριας, μεγάλης και εξαιρετικής επικινδυνότητας. Η αδυναμία στην εφαρμογή αυτού του κανονισμού εντοπίζεται στην προσεγγιστική εκτίμηση της έντασης των πολυώροφων συστημάτων (αντί της συνεπούς στατικής επίλυσης), λόγω αδυναμίας χρήσης H/Y. Οι σεισμοί που έγιναν το 1968 στην θαλάσσια περιοχή του Αγίου Ευστρατίου (7,1R), το 1978 στην περιοχή της λίμνης Βόλβης κοντά στην Θεσσαλονίκη (6,5R) και το 1981 στα νησιά Αλκυονίδες του Κορινθιακού κόλπου (6,7R) αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για τροποποίηση του ΕΑΚ1959. Στη συνέχεια, το 1986 με τον ισχυρό σεισμό στην Καλαμάτα (6R) και το 1990 στην περιοχή της Γουμένισσας (6R) θεσπίστηκε ο Νέος Αντισεισμικός Κανονισμός ΝΕΑΚ 1992. Όμως το 1995 εκδηλώνονται δύο μεγάλοι σεισμοί, στην περιοχή Κοζάνης-Γρεβενών (6,6R) και στην περιοχή του Αιγίου (6,1R). Το 1999 ο σεισμός της Πάρνηθας (5,9R) επίσπευσε την αναθεώρηση του ΝΕΑΚ, ώστε να γίνει συμβατός με τους Ευρωκώδικες EC7 και EC8. Η αναθεωρημένη μορφή του ΝΕΑΚ γνωστή ως ΕΑΚ2000 άρχισε να ισχύει το 2001 έως σήμερα, με τις μεταξύ ενημερώσεις του. Συγκεκριμένα, με τον ΕΑΚ2000 καταργείται η έννοια του σταθερού σεισμικού συντελεστή ϵ και εισάγεται το φάσμα των σεισμικών επιταχύνσεων σχεδιασμού και θέτει σε λειτουργία την δυναμική φασματική μέθοδο ως γενική μέθοδο ανάλυσης έναντι σεισμού. Επιπλέον, ο συντελεστής συμπεριφοράς q μειώνει τις σεισμικές επιταχύνσεις σχεδιασμού στις πλαστικές κατασκευές με παράλληλη αποδοχή τοπικών και εύκολα επισκευάσιμων βλαβών. Παράλληλα, επιδιώκεται η δημιουργία πλαστικών κατασκευών με αυξημένη ικανότητα απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας και για σεισμούς μεγαλύτερους από τους σεισμούς που έχουν σχεδιαστεί επιτυχάνεται η αποφυγή βλαβών ψαθυρής μορφής, μέσω μέτρων «ικανοτικού σχεδιασμού» των δομικών στοιχείων για την ιεράρχηση των βλαβών. Επιπρόσθετα, διαθέτει αναφορά σε γεωτεχνικά θέματα θεμελιώσεων, αντιστηρίξεων και γεωκατασκευών. Για την εκπόνηση αντισεισμικής μελέτης με τον ΕΑΚ2000 κρίνεται απαραίτητη η χρήση H/Y και εξειδικευμένου λογισμικού.

Συνοπτικά, τα κτήρια που σχεδιάστηκαν με τους μετά το 1984 και 1995 αντισεισμικούς κανονισμούς, υπερτερούν σημαντικά ως προς την αντισεισμική τους ασφάλεια, σε σχέση με τα

παλαιότερα κτήρια, ενώ οι εκσυγχρονισμένοι Αντισεισμικοί Κανονισμοί εναποθέτουν την ελπίδα ότι οι νέες κατασκευές θα συμπεριφερθούν πολύ καλύτερα από τις παλαιότερες σε μελλοντικούς σεισμούς.

1.2 ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σήμερα η χώρα μας έρχεται αντιμέτωπη με ένα τεράστιο απόθεμα σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα και ανεπάρκειες σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς. Προκύπτει λοιπόν ο προβληματισμός για τον ανασχεδιασμό των κατασκευών, ο οποίος πρέπει να τεθεί έγκαιρα για το σύνολο των κατασκευών που είχαν σχεδιαστεί με παλαιότερους κανονισμούς και όχι μόνο για τις κατασκευές που έπαθαν σοβαρές ζημιές σε μία συγκεκριμένη περιοχή μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

Όταν υπάρχουν βλάβες σε μία κατασκευή τίθεται το θέμα του ανασχεδιασμού, ενώ στην περίπτωση κατασκευών που δεν υπάρχουν βλάβες, δεν είναι επαρκές στοιχείο για την απόφαση ανασχεδιασμού η μειωμένη σεισμική ασφάλεια. Έτσι προκύπτει ένα σύνθετο θέμα που προϋποθέτει παράγοντες όπως είναι η σπουδαιότητα, το κόστος, η ηλικία και ο υπόλοιπος χρόνος ζωής, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον ανασχεδιασμό της κατασκευής.

Επομένως, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τρεις βασικούς λόγους ανασχεδιασμού:

- 1) Απαίτηση για συμμόρφωση με τους κανονισμούς είτε λόγω αλλαγών στη χρήση της κατασκευής είτε λόγω αλλαγής του κανονισμού είτε για άλλες αιτίες.
- 2) Επιδίωξη του ιδιοκτήτη για βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής (συνήθως της σεισμικής) για ελαχιστοποίηση του κινδύνου για τους ενοίκους (προστασία από κατάρρευση) ή ελαχιστοποίηση των βλαβών (οικονομική προστασία).
- 3) Αποκατάσταση βλαβών, συνήθως μετά από έναν ισχυρό σεισμό και πιθανή ενίσχυση για καλύτερη συμπεριφορά σε μελλοντική ένταση.

Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα, το 90% των επεμβάσεων γίνονται ύστερα από έναν ισχυρό σεισμό.

1.3 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στον ανασχεδιασμό η κατασκευή σχεδιάζεται προκειμένου η διαθέσιμη ικανότητα μετά την επέμβαση να ξεπερνάει την απαιτούμενη από τις κείμενες Κανονιστικές διατάξεις.

Συνήθως, ύστερα από σεισμούς, ως απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής θεωρείται από την πολιτεία η κατά τον χρόνο ανέγερσης της κατασκευής προβλεπόμενη. Ως αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι η επέμβαση περιορίζεται στην επισκευή, όμως εάν ο ιδιοκτήτης το επιθυμεί, η απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα μπορεί να επαυξηθεί μέχρι το επίπεδο που προβλέπεται από τον κανονισμό για τις νέες κατασκευές. Αυτό, προφανώς σημαίνει ενίσχυση.

Παρακάτω περιγράφεται η συνολική διαδικασία για τον ανασχεδιασμό μιας κατασκευής.

- Εξέταση της υπάρχουσας κατάστασης της κατασκευής και αποτίμηση της σεισμικής της ικανότητας.
- Εξέταση πιθανών σχημάτων επέμβασης και επιλογή λύσης.
- Αναδιαστασιολόγηση του επισκευασμένου/ενισχυμένου φορέα.
- Κόστος.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

2.1 ΣΤΑΔΙΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Υπάρχουν τα εξής τρία στάδια στην διαδικασία ανασχεδιασμού:

- 1) Στάδιο 1 - Αποτίμηση: η εξέταση της υπάρχουσας κατάστασης, η τεκμηρίωση του υφιστάμενου φορέα και τελικά η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει:
 - την αποτύπωση του φέροντα οργανισμού
 - την καταγραφή τυχόν βλαβών
 - την εκτίμηση των συνοριακών συνθηκών,
 - τα κατακόρυφα φορτία
 - τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών της κατασκευήςΑνεξάρτητα από την ειδικότερη μέθοδο ανάλυσης που θα επιλεγεί για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής, είτε επιλεγεί μια προσεγγιστική μέθοδος είτε χρησιμοποιηθούν προχωρημένες μέθοδοι ανελαστικών αναλύσεων, στις οποίες θα εκτιμηθεί η παραμορφωσιακή ικανότητα των μελών του φορέα, στο τέλος αυτού του σταδίου αποφασίζεται αν υπάρχει ανάγκη για ενίσχυση της κατασκευής.
- 2) Στάδιο 2 – Λήψη απόφασης: η διαδικασία για τη λήψη της απόφασης περιλαμβάνει την εξέταση πιθανών σχημάτων επέμβασης και την επιλογή λύσης, συμπεριλαμβανόμενης και της κατεδάφισης.

Υπάρχουν τρεις επιλογές:

- α) επισκευή της κατασκευής (αν υπάρχουν βλάβες) ή καμία επέμβαση
- β) ενίσχυση της κατασκευής
- γ) κατεδάφιση της κατασκευής και ανέγερση νέας

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι το Στάδιο 2 είναι το δυσκολότερο τμήμα της όλης διαδικασίας, διότι εμπλέκεται ένα πλήθος παραγόντων που δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν. Κυρίως όμως, θα πρέπει να γίνουν όλες οι αξιολογήσεις στις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση προς κάθε μία από τις παραπάνω τρεις επιλογές.

Η απόφαση είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας επαναληπτικής εξέτασης εναλλακτικών σχημάτων επέμβασης, με στόχο την αποδεκτή σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής ως σύνολο και εξέτασης του κόστους αυτών. Όμως σε περίπτωση που επιλέξουμε να κάνουμε ενίσχυση η αναζήτηση του σχήματος επέμβασης μπορεί να γίνει σε δύο κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, η πρώτη κατεύθυνση αναζητά την λύση με την οποία η κατασκευή ενισχύεται ως σύνολο έτσι ώστε να

μειωθεί η ένταση στα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής σε επίπεδα χαμηλότερα από τα ανεκτά όρια ικανότητας τους. Αντίθετα, στη δεύτερη κατεύθυνση αναζητείται η λύση με την οποία ενισχύονται τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής προσδίδοντας πρόσθετη ικανότητα (αντοχή, πλαστιμότητα) σε μεμονωμένα στοιχεία. Επίσης, την πρώτη κατεύθυνση την ακολουθούμε συνήθως όταν τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής είναι πολλά και επομένως χρειάζεται μία συνολική αντιμετώπιση του θέματος. Ενώ η δεύτερη κατεύθυνση ακολουθείται όταν αξιολογείται ότι πρέπει να εξαλειφθούν μόνο κάποιες τοπικές αδυναμίες της κατασκευής.

- 3) Στάδιο 3 – Μελέτη Ενίσχυσης: Αφορά τη μελέτη και τον σχεδιασμό της λύσης που επελέγη και περιλαμβάνει την διαστασιολόγηση των μελών του επισκευασμένου/ενισχυμένου φορέα, την τεχνική περιγραφή των προβλεπόμενων εργασιών και το κόστος της λύσης. Πιο αναλυτικά, περιλαμβάνει τη διαστασιολόγηση των επισκευασμένων /ενισχυμένων μελών. Επίσης, η χρήση νέων στοιχείων σε συνεργασία με τα παλαιά δημιουργεί νέα πολυφασικά, σύνθετα στοιχεία, η διαστασιολόγηση των οποίων ξεφεύγει συχνά από τις συνήθεις διαδικασίες διαστασιολόγησης μονολιθικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Επιπλέον είναι δυνατόν να γίνει χρήση νέων υλικών (υφασμάτων ή ελασμάτων από ινοπλισμένα πολυμερή) που δεν χρησιμοποιούνται σε νέες κατασκευές. Στη συνέχεια, η αναδιαστασιολόγηση του φορέα καταλήγει πάντα στα σχέδια λεπτομερειών της οριστικής μελέτης επέμβασης και κοστολόγηση των εργασιών. Τέλος, η επιλογή πρέπει τελικά να κριθεί οικονομικά ωφέλιμη.

2.2 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Η αποτίμηση υφιστάμενων κτηρίων έχει τα εξής βήματα:

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

2.2.1 Σκοπός αποτίμησης

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

Στην Ελλάδα η αποτίμηση και η ενίσχυση γίνεται με βάση το Μέρος 3 του Ευρωκώδικα 8 και από τον Κανονισμό Επεμβάσεων.

2.2.2 Στόχοι Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού

Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού είναι συνδυασμοί αφενός μιας στάθμης επιτελεσματικότητας και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη «ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτηρίου» (σεισμός σχεδιασμού).

$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεσματικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	A «Περιορισμένες Βλάβες»	B «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1 ⁺	B1 ⁺	Γ1 ⁺
1.00	A1	B1	Γ1
0.75	A2 ⁺	B2 ⁺	Γ2 ⁺
0.60	A2	B2	Γ2
0.45	A3 ⁺	B3 ⁺	Γ3 ⁺
0.35	A3	B3	Γ3
0.25	A4 ⁺	B4 ⁺	Γ4 ⁺
<0.25	A4	B4	Γ4

- $\alpha_{g,ref}$ είναι η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς, που ορίζεται με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου.
- α_g είναι η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση.

Πίνακας 1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού.

KAN.EΠΕ (3^η αναθεώρηση 2022)

2.2.3 Στάθμες Επιτελεστικότητας

Στην παράγραφο 2.2.2 του Κανονισμού Επεμβάσεων (3^η αναθεώρηση 2022) ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας συναρτήσει του βαθμού βλάβης ως εξής:

- 1) «Περιορισμένες βλάβες» (Α) : Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου 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. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Καμπτικές ρωγμές (ανοίγματος μέχρι περίπου 2mm), χωρίς ευδιάκριτες μόνιμες οριζόντιες μετακινήσεις υποστρωμάτων.
- 2) «Σημαντικές βλάβες» (Β): Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου 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. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Καμπτικές και διατμητικές ρωγμές, περιορισμένες απολεπίσεις τεμαχίων σκυροδέματος, τοπικοί λυγισμοί διαμήκων ράβδων οπλισμού και άνοιγμα ορισμένων αγκίστρων συνδετήρων σε λίγους στύλους, μικρές γενικώς οριζόντιες μετακινήσεις.
- 3) «Οιονεί κατάρρευση» (Γ): Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου 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 μετασεισμικούς μέτριας έντασης. Ως αντίστοιχες οριακές βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για το φέροντα οργανισμό: Εκτεταμένες θραύσεις και αποδιοργάνωση πυρήνα σκυροδέματος, τοπικές θραύσεις οπλισμών, μεγάλες μόνιμες οριζόντιες μετακινήσεις.

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
2475	2%	1.80
975	5%	1.30
475	10%	1.00
225	20%	0.75
135	30%	0.60
70	50%	0.45
40	70%	0.35
20	90%	0.25
<20	>90%	<0.25

Πίνακας 2: Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση.

Μπισκίνης 2022

2.2.4 Σεισμική Κλάση

Η σεισμική κλάση κτηρίου είναι ο μέγιστος στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που μπορεί να εξασφαλίσει ένα κτήριο για μια επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας. Η σεισμική κλάση κτηρίου για στάθμη επιτελεστικότητας Β («Σημαντικές Βλάβες») θεωρείται βασική σεισμική κλάση.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	Ελάχιστη Βασική Σεισμική Κλάση Κτηρίου
...<1985	B3
1985≤...<1995	B3 ⁺
1995≤...	B2 ⁺

Πίνακας 3: Ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις υφιστάμενων κτηρίων σπουδαιότητας Ι και ΙΙ.

Μπισκίνης 2022

2.2.5 Συλλογή δεδομένων υφιστάμενης κατασκευής

Πριν από οποιαδήποτε διαδικασία μελέτης ή επέμβασης, υπάρχει η απαίτηση διερεύνησης και τεκμηρίωσης του υφιστάμενου κτηρίου σε επαρκή έκταση και βάθος, ώστε να καταστούν όσο γίνεται πιο αξιόπιστα τα δεδομένα στα οποία θα στηριχθεί η μελέτη αποτίμησης ή ανασχεδιασμού. Γι' αυτό τον λόγο απαιτείται η αποτύπωση του κτηρίου και της κατάστασής του, η σύνταξη του ιστορικού της κατασκευής και της συντήρησής του, η καταγραφή των τυχόν βλαβών ή φθορών, καθώς και η εκτέλεση επιτόπου διερευνητικών εργασιών και μετρήσεων.

Η αξιοπιστία των δεδομένων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

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

Κατά την διάρκεια διερεύνησης/τεκμηρίωσης ύστερα από έναν σεισμό, είναι αναγκαίο να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ασφαλείας των ενοίκων και του προσωπικού. Η φύση και η έκταση αυτών των μέτρων και ενεργειών θα εξαρτάται από την ένταση των βλαβών και απ' τη σπουδαιότητα των λειτουργιών του κτηρίου.

Αναφέρουμε τις εξής περιπτώσεις που προκύπτουν ανάλογα με την ένταση και την έκταση των βλαβών ή φθορών, και σε ό,τι αφορά τη δυνατότητα χρήσης του κτηρίου:

- Καθόλου ή μικρές βλάβες : Το κτήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς περιορισμούς.
- Σοβαρές βλάβες :Θα πρέπει να περιορίζεται σημαντικά η δυνατότητα χρήσης του κτηρίου, ώσπου να πραγματοποιηθεί ακριβέστερη και τελική εκτίμηση της κατάστασης. Επιπλέον θα πρέπει να εξετάζεται η πιθανότητα λήψης μέτρων ασφαλείας και υποστυλώσεων ή αντιστηρίξεων.
- Βαριές βλάβες, με ή χωρίς κατάρρευση: Θα πρέπει να απαγορεύεται η πρόσβαση στο κτήριο και η πρόσβαση στη γύρω περιοχή. Τα τμήματα που ενδέχεται να καταρρεύσουν ξαφνικά, πρέπει να κατεδαφίζονται άμεσα και πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο άμεσων μέτρων επέμβασης.

Για να εξετάσουμε ένα κτήριο συλλέγουμε τις εξής απαιτούμενες πληροφορίες:

- Προσδιορισμός του δομητικού συστήματος.
- Πληροφορίες σχετικά με τις δομικές αλλαγές από την εποχή κατασκευής, οι οποίες πιθανόν μεταβάλλουν τη συμπεριφορά και την απόκριση του κτηρίου.
- Προσδιορισμός των συνθηκών του υπεδάφους (κατάταξη σε κατηγορίες εδάφους).
- Προσδιορισμός του τύπου και των χαρακτηριστικών θεμελίωσης του κτηρίου.
- Προσδιορισμός της κατηγορίας περιβαλλοντικών συνθηκών, ενδεχομένως βλαπτικών για τα στοιχεία του δομήματος.
- Πληροφορίες σχετικά με τις διαστάσεις και τις διατομές των δομικών στοιχείων του κτηρίου και σχετικά με την κατάσταση των υλικών που τα απαρτίζουν, του τρόπου δόμησης και κατασκευής κ.λπ.
- Περιγραφή της πραγματικής ή /και σχεδιαζόμενης χρήσης του κτηρίου (με προσδιορισμό και της κατηγορίας σπουδαιότητας).
- Εκτίμηση των κινητών φορτίων, λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική χρήση των διαφόρων χώρων του κτηρίου.
- Πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα των υφισταμένων υλικών, με ποσοτικούς όρους όπου είναι δυνατόν.
- Πληροφορίες σχετικές με τον τύπο και την έκταση προηγούμενων και σημερινών δομητικών βλαβών ή φθορών, εάν υπάρχουν, συμπεριλαμβανομένων προηγούμενων μέτρων επισκευής ή ενίσχυσης.
- Πληροφορίες σχετικές με αναγνωρίσιμα σημαντικά σφάλματα στη μελέτη, σχετικά με ελαττώματα των υλικών, καθώς και περιγραφή τους.
- Γεωμετρικές μετρήσεις όπως:
- Διαστάσεις των διατομών, του μήκους των δομικών στοιχείων και του πάχους των τελειωμάτων, όπως κατασκευάστηκαν.
- Χωροσταθμίσεις, μετρήσεις εκκεντροτήτων, αποκλίσεων κ.λπ.
- Εύρος ρωγμών ή αποκολλήσεις σε κατασκευές από σκυρόδεμα ή τοιχοποιία.
- Παραμορφώσεις και ασυνέχειες σε αρμούς, μετατοπίσεις κλπ.
- Παραμένουσες παραμορφώσεις.

- Χρονική εξέλιξη των ανωτέρω χαρακτηριστικών, ιδιαίτερα λόγω μετασεισμών (ενδεχόμενη εγκατάσταση αισθητήρων παρακολούθησης).

2.2.6 Αποτύπωση

Η αποτύπωση του φέροντος οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων γίνεται παράλληλα με την αρχιτεκτονική αποτύπωση, τα σχέδια της οποίας χρησιμοποιούνται ως υπόβαθρο.

Η μελέτη επεμβάσεων βασίζεται και σε "υπάρχοντα σχέδια" του φέροντος οργανισμού, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει μελέτη η οποία διαπιστώνεται ότι έχει εφαρμοστεί επαρκώς. Αντίθετα, απαιτείται η σύνταξη καταλλήλων σχεδίων του φέροντος οργανισμού (αποτύπωση). Στην αποτύπωση αφανών στοιχείων, ο μελετητής Μηχανικός θα πρέπει να κάνει σύνταξη προγράμματος διερευνητικών τομών ή άλλων διερευνήσεων.

2.2.7 Ιστορικό Υφιστάμενης Κατασκευής

Η σύνταξη του ιστορικού του κτηρίου γίνεται όταν συγκεντρωθούν οι πληροφορίες σχετικά με:

- Τις φάσεις κατασκευής.
- Μεταγενέστερες επεμβάσεις ή αλλαγές χρήσης, φορτίων.
- Εμφάνιση βλαβών ή φθορών κατά το παρελθόν, και τρόπος αποκατάστασής τους.
- Έκτακτες δράσεις όπως σεισμοί, πυρκαγιά, πρόσκρουση, κατασκευή μεγάλου γειτονικού έργου.

Επίσης συμπεριλαμβάνονται:

- i. Ημερομηνία κατασκευής, ο Κανονισμός μελέτης που ίσχυε και εφαρμόστηκε, εκτίμηση της παραμένουσας οικονομικής αξίας του κτηρίου, καθώς και πληροφορίες από τον φάκελο ποιοτικού ελέγχου (εάν υπάρχει) κατά την κατασκευή.
- ii. Αξιολογούνται τα τεύχη του φακέλου της υφιστάμενης μελέτης, η οποία περιλαμβάνει εξέταση των κατασκευαστικών σχεδίων και των υπολογισμών.
- iii. Συλλέγονται πληροφορίες που αφορούν την προηγούμενη κατάσταση του κτηρίου, 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.λ.π.

2.2.8 Καταγραφή Βλαβών

Για τα κτήρια τα οποία έχουν υποστεί βλάβες, η καταγραφή τους συμπληρώνει την αποτύπωση του φέροντος οργανισμού.

2.2.9 Διερευνητικές Εργασίες

Οι διερευνητικές εργασίες σκοπεύουν στη συγκέντρωση στοιχείων τα οποία μπορεί να είναι χρήσιμα για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτηρίου. Ανάλογα με το είδος του εξεταζόμενου στοιχείου διακρίνονται διάφορα τμήματα της διερεύνησης:

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

Οι κατάλληλες μετρήσεις και δοκιμές πραγματοποιούνται επιτόπου ή σε εργαστήριο. Η επιλογή των μετρήσεων και δοκιμών γίνεται συνήθως κατά περίπτωση κατά την κρίση του μελετητή Μηχανικού. Για να ελαχιστοποιήσουμε τις αμφιβολίες, καλό είναι να πραγματοποιείται διασταύρωση των πληροφοριών της κάθε πηγής. Ο μελετητής Μηχανικός, βάσει των παραπάνω διερευνητικών εργασιών, πρέπει να αιτιολογήσει τις παραδοχές με τις οποίες θα γίνει η αποτίμηση και ο ανασχεδιασμός. Επίσης, κατά τη σύνταξη του προγράμματος διερευνήσεων, ο μελετητής Μηχανικός θα πρέπει να λάβει υπόψη του τη σπουδαιότητα του κτηρίου καθώς και το είδος και τις μεθόδους υπολογισμού που θα χρησιμοποιήσει για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Επιπλέον, ο μελετητής Μηχανικός συντάσσει το πρόγραμμα των διερευνητικών εργασιών, οι οποίες εκτελούνται στα εργαστήρια.

Για την επιλογή του πλήθους και των θέσεων δειγματοληψίας πρέπει να εφαρμοστούν κριτήρια όπως:

- η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων ή των θέσεων,
- οι τοπικές βλάβες,
- οι κακοτεχνίες του φέροντος οργανισμού που ενδεχομένως έχουν παρατηρηθεί.

Ο καθορισμός του ελάχιστου πλήθους δοκιμών είναι υποχρεωτικό να γίνεται έτσι ώστε να είναι δυνατή η στατιστική επεξεργασία ή η βαθμονόμηση. Τέλος, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σημασία κάθε δομικού στοιχείου για την αντισεισμική ικανότητα του κτηρίου και παρακολούθηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των διερευνήσεων, η οποία γίνεται από τον μελετητή ή από άλλο Μηχανικό με τα απαιτούμενα προσόντα.

2.3 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) που αφορά δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφισταμένου κτηρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό.

Η Σ.Α.Δ. δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτήριο. Προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών.

Διακρίνονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων:

i. «Υψηλή»

ii. «Ικανοποιητική»

iii. «Ανεκτή»

• Αντιστοιχούν στα Επίπεδα Γνώσης (KL: KnowledgeLevel) 1 έως 3 (περιορισμένη, κανονική, πλήρης) του ΕΚ8-3.

2.4 Μέθοδοι Ανάλυσης

Κατά τον ΚΑΝΕΠΕ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μια από τις παρακάτω μεθόδους ανάλυσης (η εφαρμογή της κάθε μεθόδου επιτρέπεται υπό προϋποθέσεις):

- Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό δείκτη πλαστιμότητας (m).
- Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό δείκτη (q) ή τοπικό δείκτη (m) με την μέθοδο φάσματος απόκρισης ή χρονοϊστορίας της απόκρισης.
- Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover). Σημείωση αποτελεί ότι για την περίπτωση αυτή συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας). Κατά την περίπτωση αυτή συνιστάται και πάλι η διασφάλιση τουλάχιστον «ικανοποιητικής» στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.

Τονίζεται ότι οι ελαστικές μέθοδοι επιτρέπεται να εφαρμόζονται υπό την προϋπόθεση ότι συγχρόνως:

- Ο δείκτης ανεπάρκειας (λ) κάθε πρωτεύοντος στοιχείου είναι γενικά μικρότερος του 2.5.
- Ο μέσος δείκτης ανεπάρκειας (λ_k) κάθε ορόφου δεν υπερβαίνει το 1.50 του μέσου δείκτη ανεπάρκειας του υποκείμενου και του υπερκείμενου ορόφου.
- Ο δείκτης ανεπάρκειας (λ) κάθε πρωτεύοντος στοιχείου που βρίσκεται σε μια πλευρά του κτηρίου, για δεδομένη διεύθυνση σεισμικής δράσης, δεν υπερβαίνει το 1.50 του δείκτη ανεπάρκειας (λ) πρωτεύοντος στοιχείου που βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη πλευρά του ίδιου ορόφου.

Ο δείκτης ανεπάρκειας λ ορίζεται ως ο λόγος:

$$\lambda = SE/R_m$$

Όπου:

SE: το εντατικό μέγεθος (ροπή) λόγω των δράσεων του σεισμικού συνδυασμού όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται χωρίς μείωση ($q=1$).

R_m : η αντίστοιχη διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου, υπολογιζόμενη με βάση τις μέσες τιμές των αντοχών των υλικών.

Σημειώνεται ότι, η τιμή του παραπάνω λόγου είναι το βασικό κριτήριο για την επιτρεπόμενη μέθοδο ανάλυσης. Επιπλέον, υψηλές τιμές του δείκτη, άνω του 2.5 δηλώνουν ανεπάρκεια του φέροντος οργανισμού οπότε οι ελαστικές μέθοδοι δεν θεωρούνται κατάλληλες.

2.5 Συντελεστής Συμπεριφοράς

Κατά την αποτίμηση λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές του δείκτη συμπεριφοράς q' για την στάθμη επιτελεστικότητας B («Σημαντικές Βλάβες»)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων (1)		Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων (1)	
	Ουσιώδεις βλάβες σε προτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε προτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995≤...	3,0	2,3	2,3	1,7
1985≤...<1995(2)	2,3	1,7	1,7	1,3
...<1985	1,7	1,3	1,3	1,1

Πίνακας 4: Τιμές του Δείκτη Συμπεριφοράς.

Μπισκίνης 2022

Κατά τον ανασχεδιασμό σε περιπτώσεις διάταξης ισχυρών νέων φορέων ή και αναβάθμισης υφιστάμενων στοιχείων μπορεί να είναι $q' = q$ (q των σύγχρονων κανονισμών). Ακόμη, σε περιπτώσεις ήπιων αλλά εκτεταμένων επεμβάσεων μπορεί να εφαρμοστούν κατάλληλες τιμές q' κατά τον ανασχεδιασμό, μεγαλύτερες αυτών της αποτίμησης.

Σύμφωνα με την στάθμη επιτελεστικότητας του φέροντος οργανισμού του κτηρίου, λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιημένες τιμές q^* του παρακάτω πίνακα, με τιμή αναφοράς q' την τιμή που ισχύει για στάθμη επιτελεστικότητας B (προστασία ζωής).

Στάθμη επιτελεστικότητας		
«Περιορισμένες βλάβες» (A)	«Σημαντικές βλάβες» (B)	«Οιονεί κατάρρευση» (Γ)
0,6	1,0	1,4
πάντως δε $1,0 < q^* < 1,5$		

Πίνακας 5: Στάθμη Επιτελεστικότητας.

Μπισκίνης 2022

2.6 Ανελαστική Στατική Ανάλυση

2.6.1 Σκοπός

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

2.6.2 Βασικές παραδοχές της μεθόδου

Στη στατική ανελαστική ανάλυση το προσομοίωμα του κτηρίου θα συνεκτιμά με άμεσο τρόπο τα μη γραμμικά χαρακτηριστικά του νόμου δύναμης-παραμόρφωσης των δομικών στοιχείων. Συγκεκριμένα, το προσομοίωμα αυτό θα υποβάλλεται σε οριζόντια φορτία κατανεμημένα κατά τρόπο ανάλογο προς τις αδρανειακές δυνάμεις του σεισμού, τα οποία θα αυξάνονται μονότονα, εν γένει μέχρις ότου κάποιο δομικό στοιχείο δεν είναι πλέον σε θέση να φέρει τα κατακόρυφα φορτία του. Σύμφωνα με την ανάλυση αυτή προκύπτει η καμπύλη αντίστασης του κτηρίου, η οποία εν γένει χαράσσεται σε όρους τέμνουσας βάσης –μετακίνησης χαρακτηριστικού σημείου του κτηρίου (κόμβος ελέγχου), το οποίο εν γένει λαμβάνεται στην κορυφή του. Η καμπύλη αυτή είναι η βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας. Στη συνέχεια και αφού επιλεγεί η σεισμική δράση (αποτίμησης ή ανασχεδιασμού), ο έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας γίνεται για τη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου που αντιστοιχεί στη σεισμική αυτή δράση. Γίνεται ο έλεγχος για τη μετακίνηση αυτή η παραμόρφωση (γωνία στροφής κατά ή μετά τη διαρροή) των πλαστικών δομικών στοιχείων δεν συνεπάγεται βαθμό βλάβης μεγαλύτερο από εκείνον που γίνεται ανεκτός για τη σκοπούμενη στάθμη επιτελεστικότητας του κτηρίου. Όταν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός, η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου (στοχευόμενη μετακίνηση δ_t) που προκαλείται από τη σεισμική δράση (αποτίμησης ή ανασχεδιασμού) μπορεί να εκτιμηθεί με βάση το φάσμα μετακινήσεων που αντιστοιχεί σε πλαστιμότητα συμβατή με τη μετακίνηση του κτηρίου. Τέλος, για τον προσδιορισμό της στοχευόμενης μετακίνησης μπορεί να επιτραπεί η χρήση ευρέως αποδεκτών απλοποιητικών μεθόδων.

Η τιμή T_e της ισοδύναμης κυριαρχούσας ιδιοπεριόδου υπολογίζεται από τη σχέση:

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

Όπου:

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

K_0 : η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία και

K_e : η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία

Εφόσον δεν χρησιμοποιείται ακριβέστερη προσέγγιση, η στοχευόμενη μετακίνηση δ_t επιτρέπεται να υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) S_e(T)$$

όπου:

$S_e(T)$: η ελαστική φασματική ψευδοεπιτάχυνση (από το φάσμα του ΕΚ 8-1) που αντιστοιχεί στην ισοδύναμη ιδιοπερίοδο της κατασκευής

T_e : (υπολογιζόμενη με βάση το σημείο καμπής του διαγράμματος δυνάμεων – μετακινήσεων του φορέα και C_0 , C_1 , C_2 και C_3 διορθωτικοί συντελεστές που ορίζονται ως εξής:

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

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

$C_1 = 1.0$ για $T_e \geq T_c$, και

$C_1 = [1.0 + (R-1)T_c / T_e] / R$ για $T_e < T_c$,

όπου:

T_c : η τιμή στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης (από ΕΚ 8-1) και

$R = V_{el} / V_y$: ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς την αντίσταση διαρροής του φορέα. Ο λόγος αυτός μπορεί να εκτιμηθεί από τη σχέση

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

στην παραπάνω σχέση η αντίσταση διαρροής V_y υπολογίζεται με κατάλληλη διγραμμοποίηση του διαγράμματος δυνάμεων (τέμνουσα βάσεως) – μετακινήσεων (κορυφής) του κτηρίου. Πιο απλά (και προς το μέρος της ασφάλειας), ο λόγος V_y / W στη σχέση (Σ5.7) μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0.15 για κτήρια με μικτό σύστημα, και 0.10 για κτήρια με αμιγώς πλαισιακό σύστημα.

- C2: Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του σχήματος του βρόχου υστέρησης στη μέγιστη μετακίνηση. Οι τιμές του μπορεί να λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα. Για τιμές T_e μεταξύ 0.1s και T_c πρέπει να γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Στάθμη επιτελεστικότητας	$T_e \leq 0.1s$		$T_e \geq T_c$	
	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2
«Περιορισμένες βλάβες»	1.0	1.0	1.0	1.0
«Σημαντικές βλάβες»	1.3	1.0	1.1	1.0
«Οιονεί κατάρρευση»	1.5	1.0	1.2	1.0

Πίνακας 6: Τιμές Συντελεστή C2. ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- C3: Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως (P-Δ). Μπορεί να ληφθεί ίσος προς:
 $1+5(\theta-0.1)/T_e$,
 Όπου:
 θ : ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας (από. ΕΚ 8-1).
 Στη συνήθη (για κτίρια από ΟΣ και από τοιχοποιία περίπτωση, όπου $\theta < 0.1$, λαμβάνεται $C3=1.0$).

2.6.4 Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)

Για την σύγκριση της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού είναι αναγκαία η μετατροπή της απόκρισης του πολυβάθμιου συστήματος στην αντίστοιχη του ισοδύναμου μονοβάθμιου.

Σύμφωνα με την εξίσωση, που παρουσιάζεται, τα φορτία κατανέμονται στο επίπεδο του κέντρου βάρους των ορόφων βάσει της κατανομής των αδρανειακών του χαρακτηριστικών .

$$F_i = V m_i \phi_i / \sum m_j \phi_j \quad N \quad j=0$$

Όπου:

- i, j : οι στάθμες της κατασκευής
- V : η τέμνουσα βάσης
- ϕ_i : οι ιδιομορφικές μετατοπίσεις του διαφράγματος i
- m_i : οι αντίστοιχες μάζες

Η μετατροπή του πολυβάθμιου συστήματος σε ισοδύναμο μονοβάθμιο πραγματοποιείται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$Q = \Gamma Q^*$$

Όπου:

- Q^* : οποιοδήποτε μέγεθος στο ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα
- Q : αντίστοιχο μέγεθος στο πολυβάθμιο σύστημα
- Γ : ο συντελεστής συμμετοχής που δίνεται από την ακόλουθη σχέση (EC8-1):

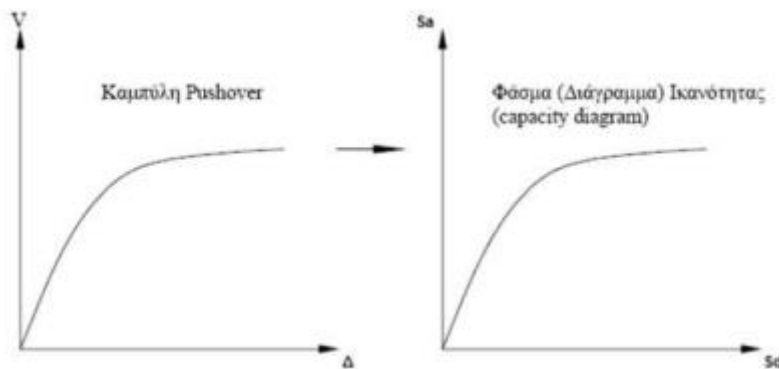
$$\Gamma = \frac{\sum m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i^2}$$

Όπου:

- $\sum m_i \phi_i$ ισούται με τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος m^* .

Οι δυνάμεις και οι μετακινήσεις γίνονται όπως την σχέση ($Q = \Gamma Q^*$), με αποτέλεσμα 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 επιτύχει η δυνατή αντιπροβολή της ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση προκειμένου να είναι εφικτός ο σχεδιασμός τους στο ίδιο διάγραμμα, η καμπύλη Pushover του μονοβάθμιου συστήματος μετατρέπεται σε φάσμα ικανότητας (ADRS).



Εικόνα 2: Μετατροπή καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος.

(βλέπε LH Λογισμική (2013):

«Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

$$S_a = V / a \cdot m_{tot}$$

$$S_d = \Delta / \Gamma \cdot \phi_{tot}$$

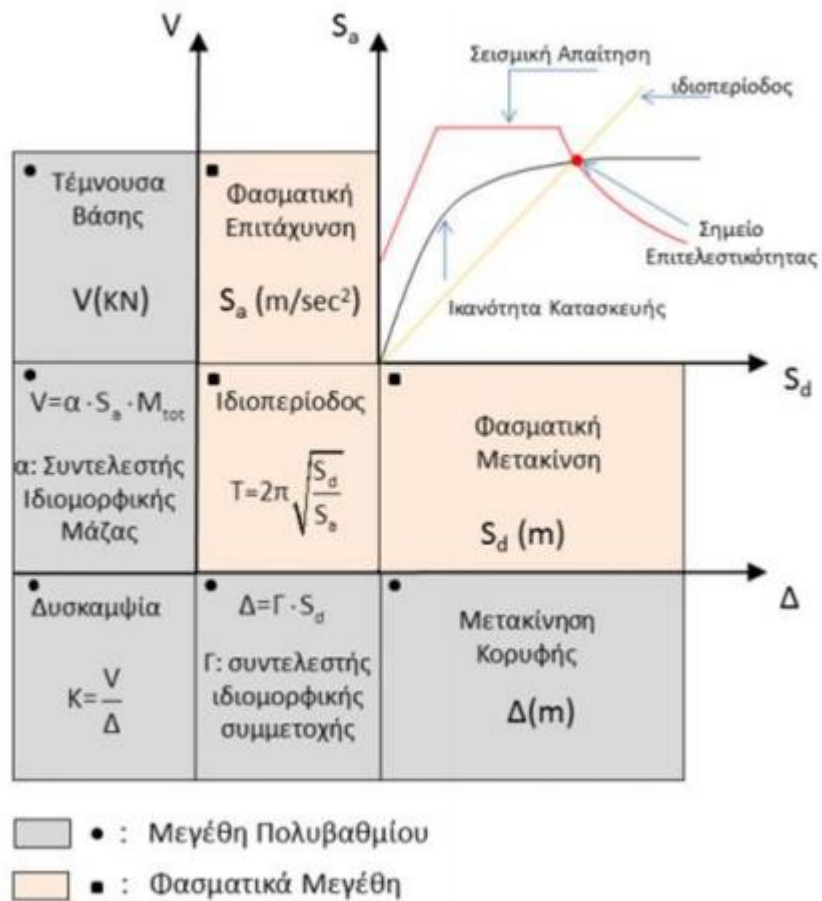
Όπου:

- V : τέμνουσα βάσης του πολυβάθμιου συστήματος.
- m_{tot} : η συνολική μάζα του πολυβάθμιου συστήματος.

- α : ποσοστό της συνολικής μάζας που συμμετέχει στη δυναμική απόκριση της κατασκευής για την αναμενόμενη ιδιομορφή της παραμόρφωσης, που δίνεται από την παρακάτω σχέση και φαίνεται ότι ο αριθμητής αντιπροσωπεύει τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος.

$$\alpha = \Gamma \sum m_i \phi_i / m_{tot} = \Gamma m^* m_{tot}$$
- Δ : μετακίνηση οροφής πολυβάθμιου συστήματος.
- ϕ_{top} : ικανοικοποιημένη ιδιομορφική μετακίνηση κορυφής (συνήθως ισούται με τη μονάδα).
- Γ : συντελεστής συμμετοχής.

Παρακάτω δίνεται η διαδικασία μετατροπής της καμπύλης ικανότητας του κτηρίου σε φάσμα ικανότητας.



Εικόνα 3: Μετατροπή μεγεθών από το πολυβάθμιο σύστημα για τη δημιουργία του διαγράμματος ADRS.

(βλέπε LH Λογισμική (2013):

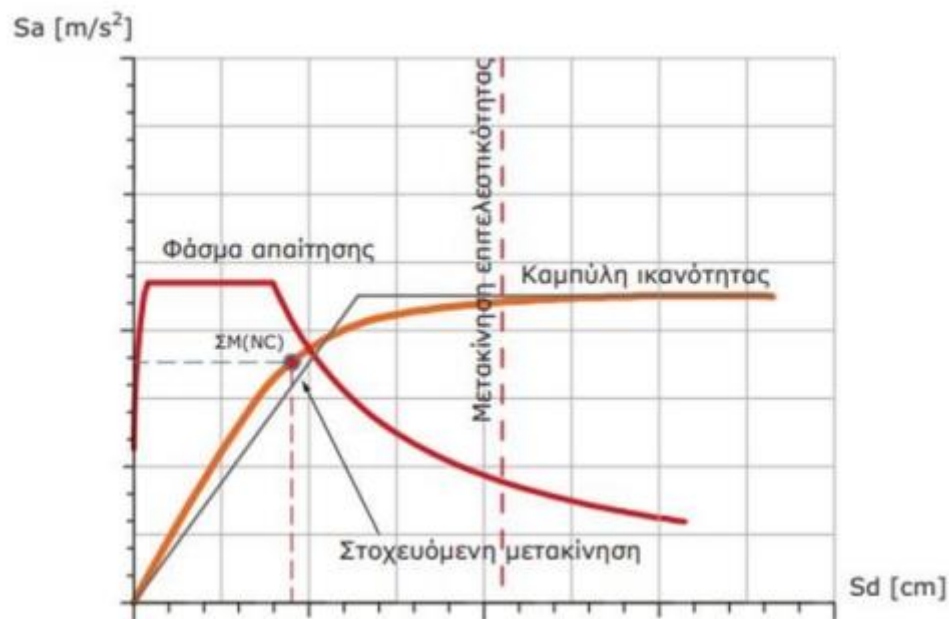
«Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα)

Το διάγραμμα ADRS δίνει την τιμή της στοχευόμενης μετακίνησης για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας.

2.6.5 Έλεγχος Επάρκειας

Ο έλεγχος γίνεται με βάση τις μετακινήσεις. Πιο αναλυτικά, για το γεγονός, αν η ικανότητα μετακίνησης της κατασκευής για τη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας είναι μεγαλύτερη από τη στοχευόμενη. Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει τον έλεγχο της θέσης της στοχευόμενης μετατόπισης, δηλαδή αν βρίσκεται αριστερά της διακεκομμένης γραμμής που συμβολίζει τη μετακίνηση για την αστοχία του πρώτου μέλους της κατασκευής, γεγονός που θα σήμαινε την επάρκειά της.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα όπου ικανοποιεί την συγκεκριμένη απαίτηση.



Εικόνα 4: Διάγραμμα τελικού ελέγχου επάρκειας κατασκευής.

(βλέπε LH Λογισμική (2013):
«Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

Ακολουθεί ο έλεγχος σε επίπεδο μέλους. Πραγματοποιείται η εύρεση της στοχευόμενης μετακίνησης της κατασκευής, υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε μέλος οι γωνίες στροφής-χορδής που αντιστοιχούν στο βήμα επίλυσης όπου παρατηρείται η μετακίνηση αυτή. Ο λόγος της τιμής αυτής, προς την αντίστοιχη τιμή που ορίζει το κριτήριο επιτελεστικότητας, είναι ο συντελεστής επάρκειας της κάθε στάθμης επιτελεστικότητας και αυτό ισχύει για τον έλεγχο επάρκειας σε

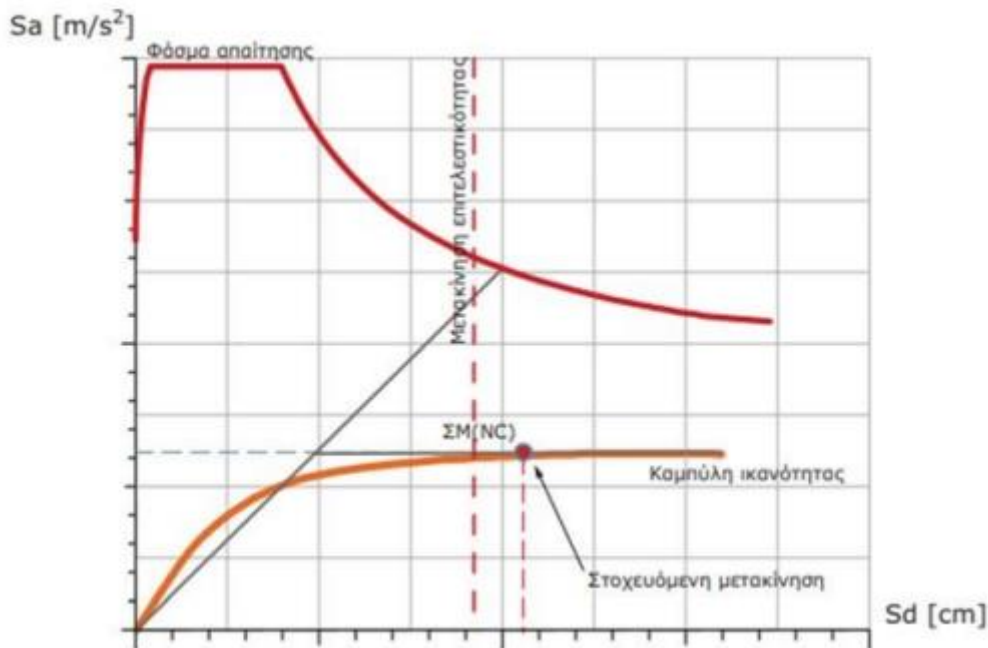
κάμψη. Αντίθετα, ο λόγος της τέμνουσας του μέλους που αντιστοιχεί στη στοχευόμενη μετακίνηση προς την διατμητική αντοχή του μέλους, είναι ο λόγος επάρκειας σε διάτμηση και αφορά μόνο τη στάθμη επιτελεστικότητας Αποφυγή Κατάρρευσης (NC).

$$\lambda = \theta / \theta_{lim}$$

$$\lambda = V / V_R$$

Στην περίπτωση που κάποιοι έλεγχοι επάρκειας υπερβούν τη μονάδα, η κατασκευή δεν πληροί τον καθολικό έλεγχο επάρκειας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται επανασχεδιασμός του φορέα σε περίπτωση νέου δομήματος ή ενίσχυση σε περίπτωση υφιστάμενου. Ο στόχος επιτυγχάνεται με την εκπλήρωση όλων των στόχων επιτελεστικότητας και γίνεται ως εξής:

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



Εικόνα 5: Διάγραμμα μη ικανοποίησης του ελέγχου επάρκειας.

(βλέπε LH Λογισμική (2013):
«Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

3. ΒΛΑΒΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αρχικά, πρέπει να τονιστεί ότι δεν μπορούμε να αποφύγουμε τις βλάβες στις κατασκευές έστω και αν ο σχεδιασμός είχε γίνει σύμφωνα με τους πιο σύγχρονους Κανονισμούς με άρτια μελέτη και κατασκευή. Το γεγονός αυτό, δεν οφείλεται μόνο στο βαθμό αξιοπιστίας των δεδομένων και ιδιαίτερα των σεισμικών ή στις παραδοχές εξιδανίκευσης και τις προσεγγίσεις του αναλυτικού προσομοιώματος. Επιπλέον, η φιλοσοφία των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών, επιτρέπει τις βλάβες όχι μόνο στα μη-φέροντα στοιχεία αλλά στο ίδιο το δομικό σύστημα. Επιπρόσθετα, αξίζει να τονιστεί ότι ο χρόνος διάρκειας κατασκευής του έργου είναι τεράστιος. Επίσης, πάνω από το 50% των διώροφων και τριώροφων κτηρίων έχουν χρόνο περάτωσης 10 χρόνια.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ότι συχνά οι ιδιοκτήτες κυρίως διώροφων οικοδομών φροντίζουν την αποπεράτωση του ορόφου που κατοικούν σε αντίθεση με το ισόγειο που παραμένει αδιαμόρφωτο. Εξάιρεση αποτελεί η περιοχή του συνήθως έκκεντρου κλιμακοστασίου μαζί με την είσοδο για τον όροφο, όπου χτίζονται οι τοιχοπληρώσεις αυξάνοντας έτσι ακόμη περισσότερο την ασυμμετρία κατανομής των δυσκαμψιών στο ισόγειο. Έτσι δημιουργείται:

- η περίπτωση μαλακού ορόφου και
- η δυσμενέστερη από σεισμικής απόψεως κατανομή των δυσκαμψιών.

Επίσης, τα κτήρια με πυλωτή, όπου έχουμε την δημιουργία μαλακού ορόφου είναι ευάλωτα σε έναν ισχυρό σεισμό. Ακόμη, οι εκκεντρότητες από ακανόνιστη κατανομή των δυσκαμψιών των κατακόρυφων μελών του δομήματος ή από "υποτιθέμενη" μη συνεργασία των τοιχοπληρώσεων με το δομικό σύστημα, επαυξάνουν την ένταση με στρεπτικές δυνάμεις και δημιουργούν ανομοιόμορφη κατανομή της σεισμικής καταπόνησης στο επίπεδο.

Μαλακός όροφος (κτίρια τύπου Pilotis)
(Avramidis et al 2016)



Εικόνα 6: Μαλακός Όροφος

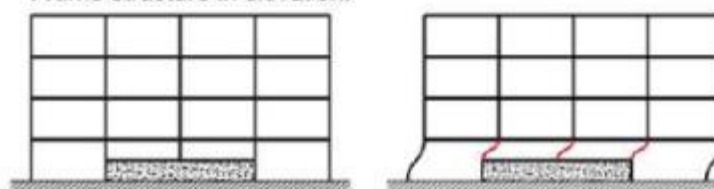
Μπισκίνης 2022

Συμπληρώνουμε ότι τα «κοντά» υποστυλώματα καταπονούνται με μεγαλύτερη διατμητική ένταση λόγω της μεγαλύτερης δυσκαμψίας τους αλλά έχουν και μικρότερη διατμητική αντοχή.

Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων (Avramidis et al 2016).



Frame structure in elevation:



Εικόνα 7: Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων.

Μπισκίνης 2022

Βέβαια, μπορούν να εμφανιστούν βλάβες λόγω δυσμενούς επίδρασης των τοιχοπληρώσεων στα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία.

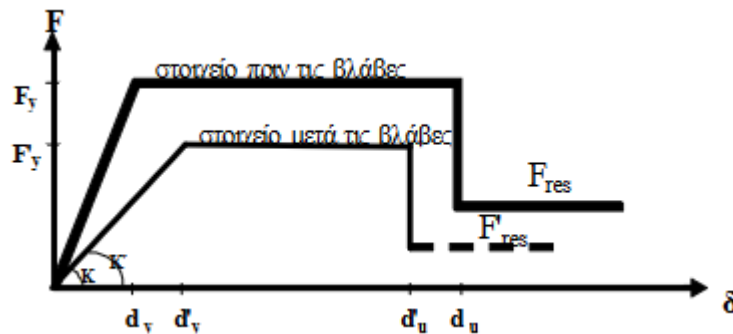
Επίσης, βλάβες παρουσιάζονται όταν κατά τον σεισμό γίνεται πρόσκρουση με γειτονικό κτήριο ή εμφανίζονται προβλήματα στην θεμελίωση.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι μία κατηγορία βλαβών που δημιουργούνται στις κατασκευές οφείλεται στην επίδραση περιβαλλοντικών δράσεων, όπως για παράδειγμα οξείδωση των οπλισμών και αποφλοιώση του σκυροδέματος επικάλυψης.

3.2 Βαθμοί Βλάβης Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ και συγκεκριμένα στο Παράρτημα 7Δ δίδονται ενδεικτικές τιμές των μειωτικών συντελεστών r για τα μηχανικά χαρακτηριστικά βλαμμένων στοιχείων, χωρίς επισκευή ή ενίσχυση σύμφωνα με τα παρακάτω:

- Η σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς ($F' - d'$) δομικών στοιχείων, ενώσεων, συνδέσεων, κόμβων κ.λπ., μετά απ' τις βλάβες (κυρίως από σεισμό) είναι υποβαθμισμένη σε σχέση με αυτήν ($F - d$) πριν απ' τις βλάβες, όπως απεικονίζει το παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 8: Σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς ($F' - d'$) στοιχείων που έχουν υποστεί βλάβες,

Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Σημείωση: Για βλαμμένα στοιχεία, λόγω των πολλών αβεβαιοτήτων, δεν προβλέπεται κλάδος μετά την οιονεί – αστοχία (δηλ. $F'_{res} \approx 0$).


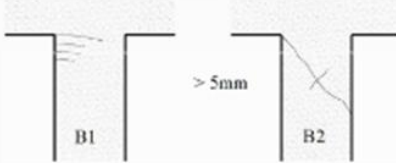
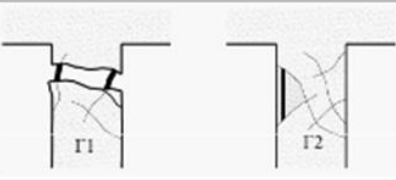
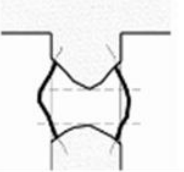
- Αναλόγως του τύπου και του βαθμού βλάβης, για δομικά στοιχεία, κόμβους κ.λπ., μπορούν να ορισθούν συντελεστές r απομείωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών («δείκτες» βλάβης), ως εξής :

$$r_K (=K'/K) \leq rR (=F'_y / F_y) \leq rdu (=d'_u / du)$$

Για τιμές r ίσες με 1 (ή και ελαφρώς μικρότερες) ισχύουν για την αρχική κατάσταση του στοιχείου, πριν απ' τις βλάβες (ή για βλάβες με πολύ μικρή επιρροή). Ωστόσο, για τιμές του συντελεστή r που τείνουν προς το 0 ισχύουν για πλήρη αστοχία και ουσιαστική «απώλεια» του βλαμμένου στοιχείου (εξάντληση και της πλαστιμότητάς του).
- Ως ουσιώδεις βλάβες, ορίζονται αυτές που έχουν οδηγήσει σε απομείωση της φέρουσας ικανότητας (σε όρους δύναμης) μεγαλύτερη του 25%, δηλ. $rR \leq 0,75$. Βεβαίως, σύμφωνα με τις προβλέψεις και διατάξεις του Κεφ. 8 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., μπορούν (ή επιβάλλεται) να εφαρμοσθούν κατάλληλες τεχνικές (και υλικά) επισκευής, προς πλήρη αποκατάσταση (υπό προϋποθέσεις) των μηχανικών χαρακτηριστικών των βλαμμένων στοιχείων, δηλ. $r \rightarrow 1$, ανεξαρτήτως της ενδεχόμενης ενίσχυσης.
- Για την αποτίμηση μόνο, και προς ενδεχόμενη παραμετρική διερεύνηση των συνεπειών των βλαβών (και της έντονης ανακατανομής των συνεπειών των δράσεων που αυτές συνεπάγονται), οι

τιμές των συντελεστών γ μπορούν να τροποποιηθούν μέσω καταλλήλων συντελεστών (προσομοιώματος) γR_d , δηλ. μέσω της σχέσεως $\gamma/\gamma R_d$, με τιμές των γR_d μεγαλύτερες ή μικρότερες του 1 (για δυσμενή ή ευμενή επιρροή).

- Επειδή ο σεισμός «προβάλει», έχει παρατηρηθεί, προϋπάρχοντα προβλήματα φθοράς (προσβολής των υλικών) ενδέχεται να απαιτείται πρόσθετη σχετική απομείωση των συντελεστών γ , αναλόγως της ηλικίας, της χρήσεως και του περιβάλλοντος του κτηρίου, καθώς και των παρατηρούμενων φθορών του στοιχείου.
- Καταλήγοντας, ανάλογα το δομικό στοιχείο και τον τύπο/του βαθμού της βλάβης του, εκτιμώνται οι κατάλληλες τιμές γ , μικρότερες για σοβαρότερες (και πιο «επικίνδυνες») βλάβες.
- Συγκεκριμένα, για υποστηλώματα και δοκούς οι βλάβες κατατάσσονται σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα:

Περιορισμένη σπουδαιότητα	Ελαφρές βλάβες	A		$d=0$
		B	 $> 5\text{mm}$ $< 3\text{mm}$	$d \ll$
Επηρεάζουν την ασφάλεια του συνόλου	Σοβαρές	Γ	 $\Gamma 1$ $\Gamma 2$	$d < 1\%$
	Βαρύς	Δ ή Δ/Ε	 Λυγισμός ή και θραύση ράβδων, άνοιγμα ή και θραύση συνδετήρων	$d > 2\%$

d η σχετική μετακίνηση των άκρων του στοιχείου

Εικόνα 9: Τυπικοί βαθμοί βλαβών υποστυλωμάτων (και δοκών)(d : η σχετική μετακίνηση των άκρων του στοιχείου)
Βλάβες σε κόμβους δοκών – υποστυλωμάτων. Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ

Τυπ. Βαθμός	Περιγραφή βλάβης	r _K	r _R	r _{du}	F(=R)
A	Ελαφρές καμπτικές (καθόλου διατμ.) βλάβες. Απλές, μεμονωμένες ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου, < 2mm, απουσία λοξών ρωγμών	0,95	1,00	1,00	M ή V
A/B	Ελαφρές καμπτικές ή διατμητικές βλάβες. 1. Ρωγμές (μάλλον πολλαπλές) περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (<2mm), λοξές ρωγμές (<1mm). Απουσία εμφανών μόνιμων μετακινήσεων ή λυγισμού. Απουσία αποφλοιώσης. 2. Μέτριες ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (3÷5mm), λοξές ρωγμές (1÷2mm). Απουσία εμφανών μόνιμων μετακινήσεων ή λυγισμού. Μικρή αποφλοιώση.	0,90 0,80	1,00 0,90	1,00 1,00	M V
B	Σοβαρές καμπτικές/μέτριες διατμητικές βλάβες. Ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (>5mm), λοξές ρωγμές (<3mm). Απουσία μετακινήσεων ή λυγισμού. Αποφλοιώση.	0,55 0,40	0,80 0,60	0,90 0,80	M V

Τυπ. Βαθμός	Περιγραφή βλάβης	r _K	r _R	r _{du}	F(=R)
Γ/Δ	Σοβαρές έως βαριές βλάβες. 1. Καμπτικές. Λυγισμός ράβδων και αποφλοιώση, αποδιοργάνωση πυρήνα ή έντονη διαμπερής ρηγμάτωση, με ολίσθηση, ή μόνιμη μετακίνηση των άκρων 1÷2% l. 2. Διατμητικές. Έντονες λοξές ρωγμές (>3mm), μάλλον πολλαπλές, χιαστί ή απλώς διαγώνιες, μικρές αλλά αισθητές μόνιμες μετακινήσεις των άκρων του στοιχείου.	0,30 0,20	0,50 0,30	0,70 0,60	M V
Δ (ή Δ/Ε)	Πλήρης αστοχία, απώλεια στοιχείου. Λυγισμός ή/και θραύση ράβδων, ή άνοιγμα (ή θραύση) συνδ/ρων, ή ρωγμή >10mm, ή μόνιμη μετακίνηση των άκρων >2% l (συμπεριλαμβανομένης και της ενδεχόμενης ολίσθησης).	0	0	0	M ή V

Τυπ. Βαθμός	Περιγραφή βλάβης	r _K	r _R	r _{du}	F(=R)
A/B	Μέτριες βλάβες στις περιοχές ενώσεων οπλισμών με υπερκάλυψη άκρων. Ρηγμάτωση κατά μήκος των ράβδων. Ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα, μικρού εύρους. Ελαφρά αποφλοιώση.	0,70	0,70	0,90	M ^(*)
Γ/Δ	Βαριές βλάβες στις περιοχές ενώσεων οπλισμών με υπερκάλυψη άκρων. Εκτεταμένη και βαθιά αποφλοιώση, γυμνά μήκη ράβδων οπλισμού (αποκάλυψη).	0,50	0,50	0,70	M ^(*)

(*) Μπορεί να ληφθεί υπόψη $r_V \approx 0,85 r_M$.

Πίνακας 7: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένα υποστυλώματα (και δικούς), Παράρτημα 7Δ

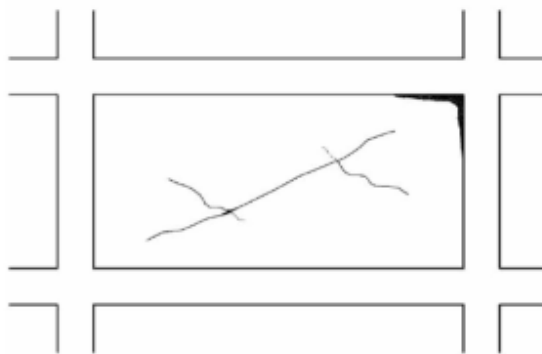
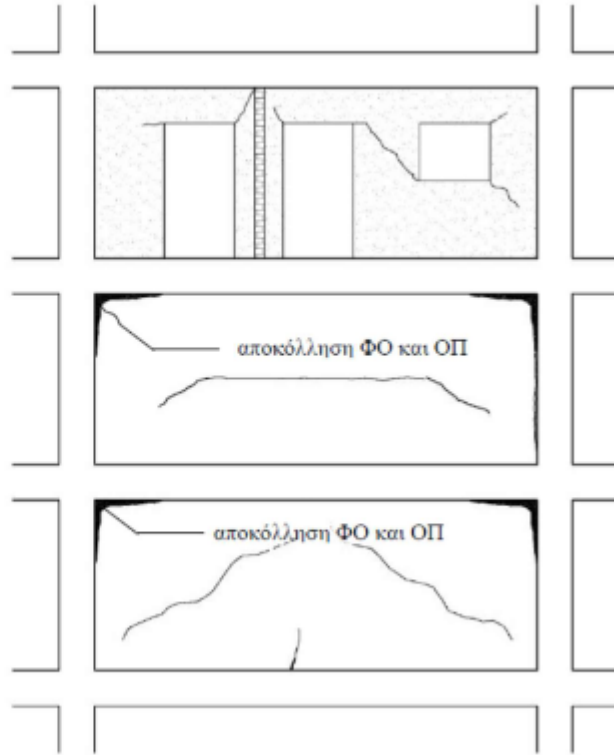
KAN.EΠΕ.

Τυπ. Βαθμός	Περιγραφή βλάβης	r _K	r _R	r _{du}	F(=R)
A/B	Μέτριες βλάβες στις περιοχές ενώσεων οπλισμών με υπερκάλυψη άκρων. Ρηγμάτωση κατά μήκος των ράβδων. Ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα, μικρού εύρους. Ελαφρά αποφλοιώση.	0,70	0,70	0,90	M ^(*)
Γ/Δ	Βαριές βλάβες στις περιοχές ενώσεων οπλισμών με υπερκάλυψη άκρων. Εκτεταμένη και βαθιά αποφλοιώση, γυμνά μήκη ράβδων οπλισμού (αποκάλυψη).	0,50	0,50	0,70	M ^(*)

Πίνακας 8: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένες περιοχές αναμονών υποστυλωμάτων (ή άλλες ενώσεις με «μάτισμα») Παράρτημα 7Δ KAN.EΠΕ.

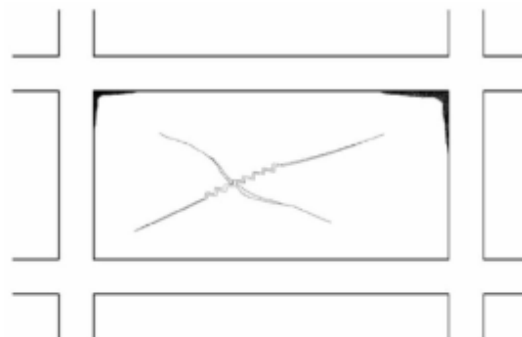
- Για Τοιχώματα, πρωτεύοντα (υπό σεισμόν) φέροντα στοιχεία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις οριζόντιας ολίσθησης στην βάση τοιχώματος (π.χ. λόγω ανεπάρκειας των αναμονών, μικρού λόγου l:h ή/και μικρού αξονικού φορτίου), και αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής τιμές:
 - 1) Απλή ολίσθηση, με ρωγμή <3mm και μετακίνηση <10mm:
 $r_M \approx r_V$, $r_K \approx 0,40$ / $r_R \approx 0,60$ / $r_{du} \approx 0,70$
 - 2) Έντονη ολίσθηση, με ρωγμή >5 mm και μετακίνηση >15mm:
 $r_V \approx 0,90 r_M$, με r_M ως εξής: $r_K \approx 0,20$ / $r_R \approx 0,30$ / $r_{du} \approx 0,50$
- Για συνήθεις άοπλες (υφιστάμενες) τοιχοπληρώσεις, με διάτρητα πλινθοσώματα και φτωχά κονιάματα, μπορούν (σε περιπτώσεις βλαβών) να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω σχήματα:

Χαρακτηριστικές ελαφρές (έως μέτριες) βλάβες τοιχοπληρώσεων, με ρωγμές εύρους <math>< 2-3\text{mm}</math> (ορισμένες από τις βλάβες μπορεί να οφείλονται στις μόνιμες παραμορφώσεις του υποκείμενου σκελετού, του συστήματος πλακών/δοκών)



Σοβαρή βλάβη τοιχοπλήρωσης, ρωγμές > 5mm

Βαριά βλάβη τοιχοπλήρωσης, ρωγμές > 10mm



Εικόνα 10: Χαρακτηριστικές ελαφρές (έως μέτριες) βλάβες τοιχοπληρώσεων, με ρωγμές εύρους <math>< 2-3\text{mm}</math> (ορισμένες από τις βλάβες μπορεί να οφείλονται στις μόνιμες παραμορφώσεις του υποκείμενου σκελετού, του συστήματος πλακών/δοκών).

3.3 Βαθμοί Βλάβης Σύμφωνα με την Οδηγία FEMA 306

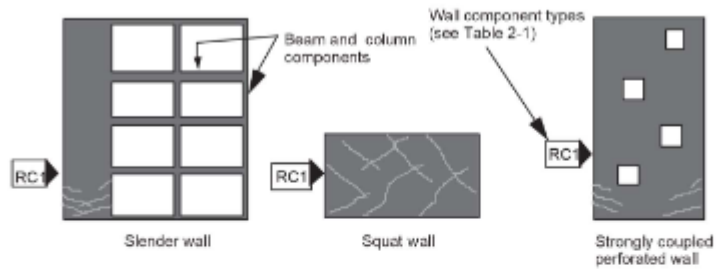
Η Αμερικάνικη οδηγία FEMA 306 “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings” είναι ένα πολύ λεπτομερές κείμενο που ορίζει αναλυτικά όλες τις ενέργειες που πρέπει να λάβουν χώρα κατά την αποτίμηση της κατάστασης ενός κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία που υπέστη βλάβη από σεισμό. Επίσης, δίνει σαφείς πληροφορίες για τα επίπεδα βλάβης και για μέτρα αποκατάστασης της δομικής ακεραιότητας. Πιο κάτω δίδονται πληροφορίες για την κατηγοριοποίηση των στοιχείων μιας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος και όλες οι σημαντικές πληροφορίες για τους βαθμούς βλάβης σε τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ.

Τύποι στοιχείων για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχώματα, FEMA 306

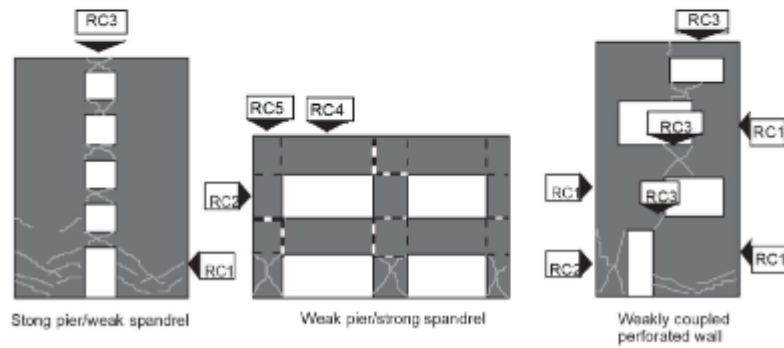
Τύπος στοιχείου		Περιγραφή
RC1	Τοίχωμα πρόβολος ή ισχυρό τοίχωμα.	Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ισχυρότερος απ' τις δοκούς (ή γενικότερα τα οριζόντια στοιχεία) που μπορεί να σχηματίζουν πλαίσια μαζί του, με τρόπο ώστε η μη-γραμμική συμπεριφορά (και οι βλάβες) είναι γενικά συγκεντρωμένη στη βάση, με σχηματισμό πλαστικής άρθρωσης ή διατμητική αστοχία. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει επίσης μεμονωμένα τοιχώματα (μορφής πρόβολου). Εάν υπάρχει μεταβολή της γεωμετρίας ή του οπλισμού καθ' ύψος, θα πρέπει να ελέγχεται και η θέση αυτή για μη-γραμμική συμπεριφορά.
RC2	Ασθενές τοίχωμα	Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ασθενέστερος απ' τα οριζόντια στοιχεία με τα οποία συνδέεται. Οι βλάβες χαρακτηρίζονται απ' τη δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στην κορυφή και τη βάση του τοιχώματος ή από διατμητική αστοχία.
RC3	Ασθενή οριζόντια στοιχεία (ή δοκοί σύζευξης)	Αυτός ο τύπος στοιχείου είναι ασθενέστερος απ' τα τοιχώματα με τα οποία συνδέεται. Οι βλάβες χαρακτηρίζονται από δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα του, διατμητική αστοχία, ή διατμητική ολίσθηση.
RC4	Ισχυρά οριζόντια στοιχεία	Αυτός ο τύπος στοιχείου δεν αναμένεται να εμφανίσει βλάβες καθώς είναι ισχυρότερος απ' τα στοιχεία με τα οποία συνδέεται. Σε περίπτωση που εμφανίσει βλάβες θα πρέπει να ταξινομηθεί ως RC3.
RC5	Περιοχή σύνδεσης τοιχώματος με οριζόντια στοιχεία	Αφορά την περιοχή σύνδεσης του τοιχώματος με τα οριζόντια στοιχεία. Υψηλές διατμητικές δυνάμεις μπορεί να προκαλέσουν ρηγμάτωσης. Οι σοβαρές βλάβες δεν είναι και συχνές στο οπλισμένο σκυρόδεμα και την τοιχοποιία.

Πίνακας 9: Τύποι στοιχείων για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχώματα, FEMA 306

Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων

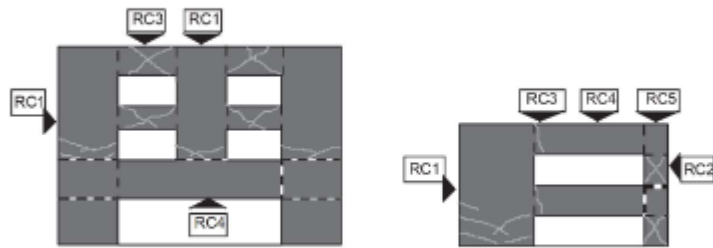


Cantilever Wall Mechanisms



Pier/Spandrel Mechanisms

Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων



Mixed Mechanisms

Εικόνα 11: Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων.

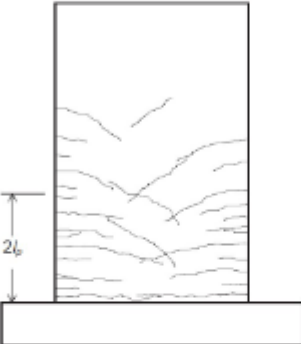
FEMA 306

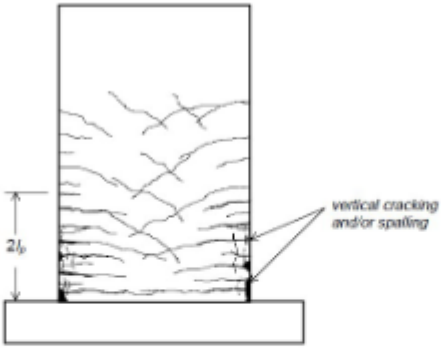
Παρακάτω περιγράφονται τρεις κατηγορίες συμπεριφοράς, για μέλη οπλισμένου σκυροδέματος, ανάλογα με την πλαστιμότητα αστοχίας:

- α) Πλάστιμη συμπεριφορά,
- β) Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά,
- γ) Ψαθυρή συμπεριφορά.

3.3.1 Πλάστιμη συμπεριφορά (καμπτική συμπεριφορά)

Τα σωστά σχεδιασμένα τοιχώματα Ο.Σ. εμφανίζουν πλάστιμη συμπεριφορά η οποία ορίζεται ως αποτέλεσμα καμπτικής συμπεριφοράς μέχρι την αστοχία. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αποφεύγεται η διατμητική αστοχία σχετικά με λοξό εφελκυσμό, θραύση κορμού σε λοξή θλίψη ή διατμητική ολίσθηση. Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται ο λυγισμός ράβδων στα ακραία στοιχεία του τοιχώματος στις περιοχές πλαστικής άρθρωσης. Επιπλέον, συνιστάται να αποφεύγεται η θραύση σκυροδέματος σε μη-περισφιγμένες περιοχές ακραίων στοιχείων στις περιοχές πλαστικής άρθρωσης. Ακόμη, πρέπει να αποφεύγεται η ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης και ο εκτός επιπέδου λυγισμός λεπτών τοιχωμάτων.

RC1A	ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ	Υλικό:	Οπλισμένο Σκυρόδεμα
		Είδος στοιχείου:	Μεμονωμένο τοίχωμα ή ισχυρό τοίχωμα
		Είδος συμπεριφοράς:	Πλάστιμη, καμπτική
Σπουδαιότητα	Περιγραφή βλάβης	Μέτρα αποκατάστασης	
<p>Ασήμαντη</p> <p>$\lambda_x = 0.8$ $\lambda_D = 1.0$ $\lambda_D = 1.0$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Οι ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 5mm, και • Οι διατμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν 3.2mm, και • Δεν υπάρχει σημαντική αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> 	<p>Μπορεί να χρειαστούν επισκευές για την αποκατάσταση μη-δομικών χαρακτηριστικών</p>	
<p>Ελαφριά</p> <p>$\lambda_x = 0.6$ $\lambda_D = 1.0$ $\lambda_D = 1.0$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Οι ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 6,5mm, και • Οι διατμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν 3.2mm, και • Δεν υπάρχει σημαντική αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση, και • Δεν υπάρχει λυγισμός ή θραύση ράβδων, και • Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> <p>Ίδια με τον προηγούμενο βαθμό σπουδαιότητας εκτός του ότι υπάρχουν μεγαλύτερες καμπτικές ρωγμές και γενικότερα πιο εκτεταμένη ρηγμάτωση.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Πλήρωση των ρωγμών με ένεμα. <p>$\lambda_x^* = 0.9$ $\lambda_D^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</p>	
<p>Μέτρια</p> <p>$\lambda_x = 0.5$ $\lambda_D = 0.8$ $\lambda_D = 0.9$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση στην περιοχή πλαστικής άρθρωσης, και • Δεν υπάρχει λυγισμός ή θραύση ράβδων, και • Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> <p>Οι ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 6.5mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αφαίρεση και αποκατάσταση του χαλαρού σκυροδέματος. Πλήρωση των ρωγμών με ένεμα. <p>$\lambda_x^* = 0.8$ $\lambda_D^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</p>	

		
Βαριά	Δεν χρησιμοποιείται	
Ακραία	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Θραύση ράβδων οπλισμού. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Καμπτική ρηγμάτωση μεγάλου εύρους, συγκεντρωμένη συνήθως σε μία ρωγμή. • Μεγάλη παραμένουσα μετακίνηση. 	<ul style="list-style-type: none"> • Αντικατάσταση ή ισχυρή ενίσχυση.

Εικόνα 12: Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Παράδειγμα πλάστιμης, καμπτικής συμπεριφοράς.

3.3.2 Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά

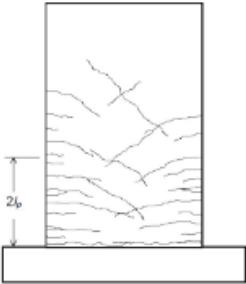
Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά δίνει ένα τοίχωμα όταν παρουσιάζει καμπτική / διατμητική σε λοξό εφελκυσμό, καμπτική / διατμητική με θραύση κορμού σε λοξή θλίψη, καμπτική / διατμητική ολίσθηση, καμπτική / θραύση σκυροδέματος στα ακραία στοιχεία, καμπτική / ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης και καμπτική / εκτός επιπέδου λυγισμός.

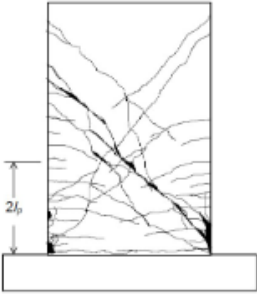
Στις περιπτώσεις αυτές η συμπεριφορά είναι αρχικά καμπτική, στη συνέχεια όμως και μετά από έναν αριθμό κύκλων, φτάνοντας σε κάποιο επίπεδο μετακινήσεων, κάποιος άλλος μηχανισμός γίνεται κρίσιμος της συμπεριφοράς του τοιχώματος.

3.3.3 Ψαθυρή συμπεριφορά

Σε ψαθυρή αστοχία οδηγεί η πρόωρη διατμητική αστοχία σε λοξό εφελκυσμό, η πρόωρη διατμητική αστοχία με θραύση κορμού σε λοξή θλίψη, η πρόωρη εμφάνιση διατμητικής ολίσθησης, η πρόωρη θραύση σκυροδέματος στα ακραία στοιχεία και η πρόωρη ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης.

Στις περιπτώσεις που μόλις αναφέρθηκαν, οι ψαθυροί μηχανισμοί αστοχίας εμφανίζονται πριν την καμπτική διαρροή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η πρόωρη εμφάνιση διατμητικής ολίσθησης μπορεί να εμφανιστεί σε κοντά τοιχώματα με προβληματικούς κατασκευαστικούς αρμούς.

RC1B	ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ	Υλικό:	Οπλισμένο Σκυρόδεμα
		Είδος στοιχείου:	Μεμονωμένο τοίχωμα ή ισχυρό τοίχωμα
		Είδος συμπεριφοράς:	Καμπτική / Διατμητική σε λοξό εφελκυσμό
Σπουδαιότητα	Περιγραφή βλάβης	Μέτρα αποκατάστασης	
<p>Ασήμαντη</p> <p>$\lambda_K = 0.8$</p> <p>$\lambda_D = 1.0$</p> <p>$\lambda_D = 1.0$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Οι διατμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 1.6mm, και Οι καμπτικές ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 4.8mm, και Δεν υπάρχει σημαντική αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> 	<p>Μπορεί να χρειαστούν επισκευές για την αποκατάσταση μη-δομικών χαρακτηριστικών</p>	

<p>Ελαφριά Μέτρια</p> <p>$\lambda_x = 0.5$ $\lambda_D = 0.8$ $\lambda_D = 0.9$</p>	<p>Δεν χρησιμοποιείται</p> <p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Οι διατμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 3.2mm, και • Οι καμπτικές ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 6.4mm, και • Διατμητικές ρωγμές μεγαλύτερες των 1.6mm, ή ελαφριά αποφλοίωση στον κορμό ή στις ακραίες περιοχές του τοιχώματος, και • Δεν υπάρχει λυγισμός ή θραύση ράβδων, και • Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i> Όμοια με τις ασήμαντες βλάβες εκτός του ότι υπάρχουν μεγαλύτερες ρωγμές και γενικότερα πιο εκτεταμένη ρηγμάτωση.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αφαίρεση και αποκατάσταση του χαλαρού σκυροδέματος. Πλήρωση των ρωγμών με ένεμα. <p>$\lambda_x^* = 0.8$ $\lambda_D^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</p>
<p>Βαριά</p> <p>$\lambda_x = 0.2$ $\lambda_D = 0.3$ $\lambda_D = 0.7$</p> <p>Σημείωση: Το λ_D μπορεί να υπολογιστεί απ' τη διατμητική αντοχή σε υψηλή πλαστικότητα. (FEMA 306, παράγραφος 5.3.6).</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Οι διατμητικές ρωγμές μπορεί να ξεπερνούν τα 3.2mm, αλλά όχι τα 9.5mm. Τα μεγαλύτερα πάχη ρωγμών είναι συγκεντρωμένα σε μία ή περισσότερες ρωγμές. <p><i>Τυπική εμφάνιση:</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Είναι απαραίτητη η αντικατάσταση ή η ενίσχυση για πλήρη αποκατάσταση της σεισμικής συμπεριφοράς. • Για μερική αποκατάσταση της συμπεριφοράς, πλήρωση των ρωγμών με ένεμα <p>$\lambda_x^* = 0.8$ $\lambda_D^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</p>
<p>Ακραία</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Θραύση οπλισμού. <p><i>Τυπικές ενδείξεις:</i> Διατμητική ρηγμάτωση μεγάλου εύρους, συγκεντρωμένη συνήθως σε μία ρωγμή.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Είναι απαραίτητη η αντικατάσταση ή η ενίσχυση

Εικόνα 13: Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Περίπτωση ψαθυρής συμπεριφοράς σε λοξό εφελκυσμό.

3.4 Βλάβες σε Υποστυλώματα

Ύστερα από ένα ισχυρό σεισμό, οι βλάβες στα υποστυλώματα μιας κατασκευής αποτελούν τις πιο συχνές και συγχρόνως από τις πιο σοβαρές. Είναι η πρώτη προτεραιότητα για την εκτίμηση της ασφάλειας της κατασκευής διότι μπορεί να οδηγήσουν σε τμηματική ή ολική κατάρρευση του δομήματος. Συγκεκριμένα, οι βλάβες αυτές μπορεί να είναι καμπτικού ή διατμητικού χαρακτήρα. Ο τύπος της βλάβης εξαρτάται από τη συσχέτιση της καμπτικής και διατμητικής καταπόνησης του υποστυλώματος.

3.4.1 Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα

Οι βλάβες καμπτικού χαρακτήρα εμφανίζονται συνήθως στην κορυφή και τη βάση των υποστυλωμάτων αφού εκεί γενικά παρουσιάζεται η μεγαλύτερη καμπτική ένταση. Πιο αναλυτικά, η βλάβη εμφανίζεται ως οριζόντια καμπτική ρωγμή από υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό. Αυτό συμβαίνει συνήθως στην περίπτωση μικρών αξονικών φορτίων όπως για παράδειγμα σε περιμετρικά υποστυλώματα των ανωτέρων ορόφων. Το εύρος της ρωγμής είναι ενδεικτικό του βαθμού βλάβης και οφείλεται σε ανεπάρκεια των διαμήκων ράβδων οπλισμού. Επίσης, από υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής μπορεί να εμφανιστεί αποφλοίωση του σκυροδέματος στην περιοχή επικάλυψης των οπλισμών. Εδώ μπορούμε να πούμε ότι η βλάβη αυτή δεν εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους εφόσον περιορίζεται στην εκτός του πυρήνα περιοχή. Επίσης, μία σοβαρή βλάβη ψαθυρού χαρακτήρα είναι αυτή που εμφανίζεται σε στοιχεία με μεγάλα θλιπτικά φορτία από σύγχρονη ύπαρξη κάμψης και διάτμησης. Η εκδήλωση της γίνεται με σύνθλιψη και αποδιοργάνωση της θλιβόμενης ζώνης που λόγω της αντιστροφής της σεισμικής δράσης μπορεί να εμφανιστεί και στις δύο πλευρές του υποστυλώματος ως εκ τούτου συχνά παρατηρείται εγκάρσια διόγκωση του σκυροδέματος και διαρροή ή θραύση των συνδετήρων στην περιοχή βλάβης που πολλές φορές οδηγεί σε βράχυνση του υποστυλώματος και λυγισμό των κατακόρυφων ράβδων οπλισμού. Διαπιστώνεται συνήθως, η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος και η έλλειψη περίσφιγξης από ανεπάρκεια συνδετήρων είναι τις περισσότερες φορές εμφανείς. Είναι φανερό ότι αυτός ο τύπος βλάβης είναι από τους πιο σοβαρούς σε μία κατασκευή διότι πέρα από τη ψαθυρότητα της αστοχίας και τη σημαντική μείωση της δυσκαμψίας του υποστυλώματος, συνεπάγεται αδυναμία μεταφοράς των κατακόρυφων φορτίων. Η υπερφόρτιση των γειτονικών κατακόρυφων στοιχείων από ανακατανομή της έντασης μπορεί να επιφέρει την κατάρρευση του κτηρίου.



Εικόνα 14: Καμπτική βλάβη υποστυλώματος.

Μπισκίνης 2022

3.4.2 Βλάβες διατμητικού χαρακτήρα

Οι βλάβες διατμητικού χαρακτήρα παρουσιάζονται κυρίως σε υποστυλώματα με μικρό λόγο διάτμησης στις περιοχές με τη μεγαλύτερη διατμητική αδυναμία, και δεν είναι υποχρεωτικά στα άκρα του υποστυλώματος. Ευάλωτα μπορεί να είναι τα άκρα των υποστυλωμάτων. Αυτό οφείλεται σε πιθανή διαρροή των διαμήκων ράβδων οπλισμού λόγω υψηλών καμπτικών ροπών σε αυτές τις θέσεις και επομένως μία μειωμένη διατμητική αντίσταση αναμένεται από έλλειψη αλληλοεμπλοκής των αδρανών. Οι διατμητικού χαρακτήρα βλάβες, χαρακτηρίζονται ψαθυρής μορφής, θεωρούνται σοβαρές και παρουσιάζονται με λοξές ρωγμές που λόγω της αντιστροφής της σεισμικής δράσης πολλές φορές έχουν χιαστί μορφή.



Εικόνα 15: Διατμητική Αστοχία.

Μπισκίνης 2022

3.5 Βλάβες σε Κόμβους Δοκών -Υποστυλωμάτων

Τα αποτελέσματα καταστρεπτικών σεισμών στη χώρα μας έχουν δείξει ότι οι κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων, ιδιαίτερα οι εξωτερικοί, είναι ένα από τα ευπαθή στοιχεία των υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Κυρίως αυτό οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- 1) Η διατμητική ένταση στους κόμβους είναι ιδιαίτερα υψηλή.
- 2) Ο σχεδιασμός των κόμβων, δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της τοπικής έντασης.
- 3) Οι κόμβοι είναι συχνά περιοχές κακής σκυροδέτησης λόγω μεγάλης πυκνότητας οπλισμών.
Οι βλάβες στους κόμβους θεωρούνται από τις πλέον κρίσιμες για την ασφάλεια της ακεραιότητας του φορέα. Ως σοβαρότερη βλάβη, σε σχέση με άλλα δομικά στοιχεία, είναι η ρηγμάτωση κόμβου, έστω και πολύ μικρού ανοίγματος ρωγμών.

3.6 Βλάβες σε Τοιχώματα

Το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής έντασης σε μία κατασκευή παραλαμβάνουν τα τοιχώματα. Οι βλάβες που μπορεί να εμφανιστούν είναι διατμητικής ή καμπτικής μορφής. Οι διατμητικού τύπου εμφανίζονται με λοξά ρήγματα που λόγω της αντιστροφής της σεισμικής δράσης εμφανίζουν χιαστί μορφή. Η σοβαρότητα της βλάβης αυτής δεν οφείλεται μόνο στη ψαθυρότητα της αστοχίας αλλά οφείλεται και στο γεγονός ότι μπορεί να προκληθούν εκατέρωθεν μετακινήσεις των τριγωνικών τμημάτων του τοιχώματος. Ακολουθεί βράχυνση του συνολικού στοιχείου και πιθανή αδυναμία μεταφοράς των κατακόρυφων φορτίων.

Οι βλάβες καμπτικού τύπου παρουσιάζονται στη βάση του τοιχώματος κοντά στη θεμελίωση, και είναι εμφανείς στον ισόγειο όροφο των κτηρίων, όταν έχουν κατασκευαστεί με ισχυρή θεμελίωση ή όταν διαθέτουν υπόγειο όροφο τα περιμετρικά τοιχώματα του οποίου δημιουργούν συνθήκες πάκτωσης του τοιχώματος. Οι ροπές που αναπτύσσονται στη βάση όταν αναφερόμαστε στην περίπτωση θεμελίωσης τοιχωμάτων σε απλά πέδιλα, θεωρούνται πολύ μικρότερες λόγω στροφής του πεδίου, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην αναπτυσσόμενη τέμνουσα. (Πενέλης και Κάππος, 1990).

Έτσι οι βλάβες θα είναι διατμητικής μορφής με πιθανές αστοχίες στις συνδετήριες δοκούς της θεμελίωσης. Ακόμη, μία περίπτωση βλάβης που παρουσιάζεται πάρα πολύ συχνά στα τοιχώματα είναι αυτή που παρατηρείται με ρηγμάτωση των αρμών διακοπής εργασίας.



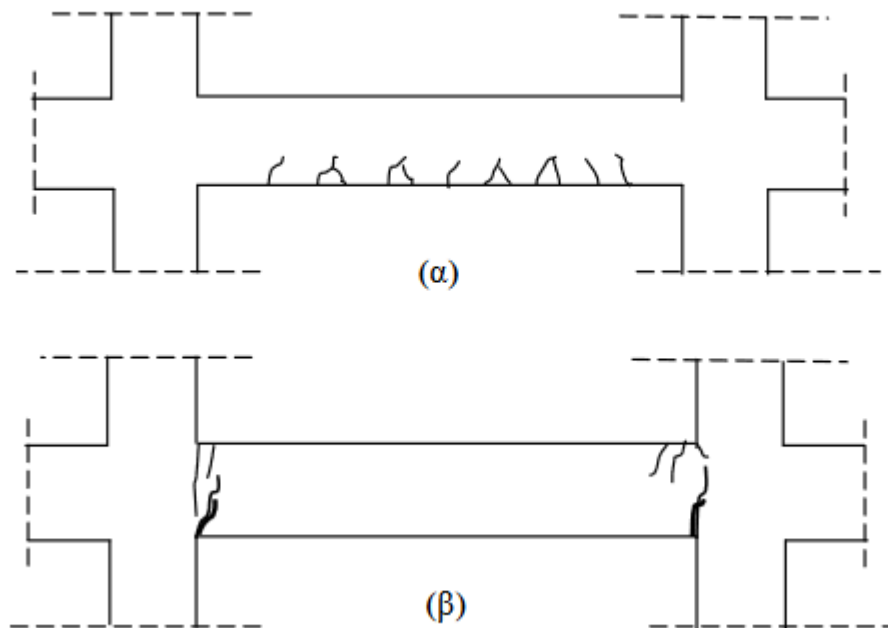
Εικόνα 16: Καμπτική Αστοχία Τοιχώματος.

Μπισκίνης 2022

3.7 Βλάβες σε Δοκούς

Συχνά έχουμε βλάβες σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα που προέρχονται από σεισμό ή από κατακόρυφα φορτία.

Οι εγκάρσιες καμπτικές ρωγμές στο κάτω πέλμα της δοκού θεωρείται ως ο συχνότερος τύπος βλάβης σε δοκάρια κατόπιν της δράσης μιας σημαντικής κλίμακας σεισμική διέγερση. Στην αποκάλυψη υπαρχουσών τριχοειδών ρωγμών συμβάλλει η δράση του σεισμού αφού διευρύνθηκαν εξαιτίας της κατακόρυφης συνιστώσας του.



Εικόνα 17: Καμπτικές βλάβες σε δοκούς. (Α) Καμπτικές ρωγμές στο εφελκόμενο πέλμα, (Β) Καμπτική αστοχία στο άνω πέλμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω.

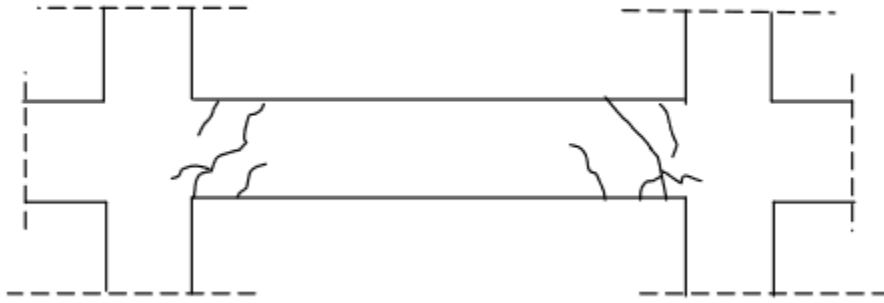
(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Καμπτικές βλάβες σε δοκούς:

(α) καμπτικές ρωγμές στο εφελκόμενο πέλμα,

(β) καμπτική αστοχία στο άνω πέλμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω.

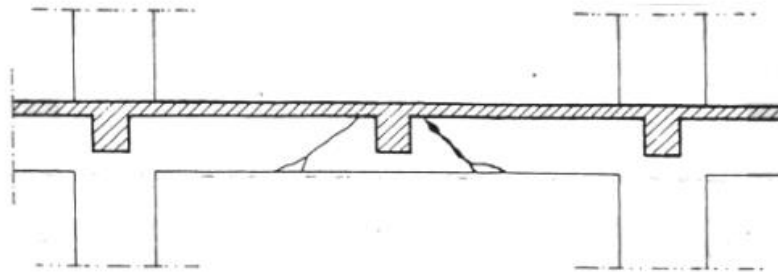
Οι διατμητικές βλάβες στις περιοχές στήριξης των δοκών παρουσιάζονται μετά από ένα ισχυρό σεισμό. Για να αποφευχθεί αυτό προβλέπεται στους σύγχρονους κανονισμούς ο ικανοτικός σχεδιασμός σε τέμνουσα με βάση τις μέγιστες ροπές που μπορεί να αναπτυχθούν στα άκρα της δοκού.



Εικόνα 18: Διατμητική Αστοχία Δοκού.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

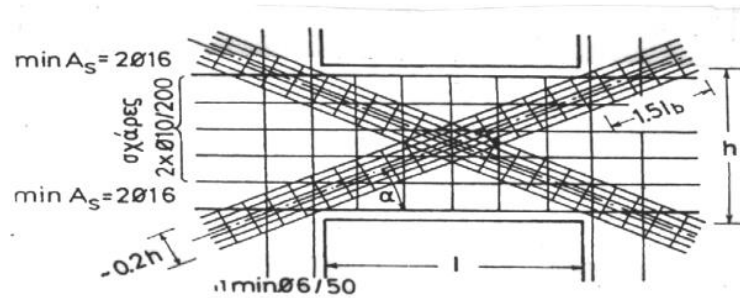
Διατμητική αστοχία μπορεί να προκύψει λόγω συγκεντρωμένων φορτίων εξαιτίας φυτευτών υποστυλωμάτων, ή δευτερευουσών δοκών. Αυτό οφείλεται στον ανεπαρκή οπλισμό διάτμησης και ανάρτησης. (Φαρδής, 2005).



Εικόνα 19: Διατμητική Αστοχία λόγω συγκεκριμένου φορτίου.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Για αστοχίες που παρατηρούνται σε οριζόντια στοιχεία σύνδεσης συζευγμένων τοιχωμάτων παρόμοια με τα κοντά υποστυλώματα με λοξές χιαστί ρωγμές. Τα στοιχεία αυτά συμβάλλουν στην δυσκαμψία και την ικανότητα απόσβεσης ενέργειας των συζευγμένων τοιχωμάτων. Για την αποφυγή τέτοιας μορφής αστοχίας, προβλέπει ο ΕΚΩΣ 2000 με τον δισδιαγώνιο οπλισμό (ΕΚΩΣ 2000 παράγραφος 18.5.8).



Εικόνα 20: Ειδικός οπλισμός σύζευξης τοιχωμάτων.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

3.8 Βλάβες σε Πλάκες

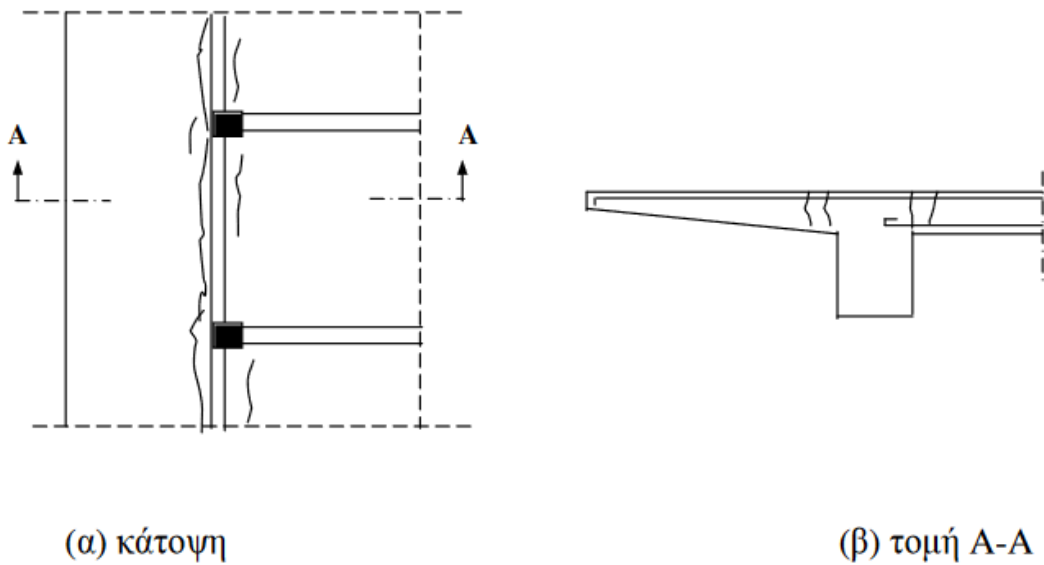
Οι βλάβες στις πλάκες, είναι εν γένει δευτερεύουσας σημασίας αφού σχεδόν πάντα δεν επηρεάζουν την ευστάθεια του συνολικού φορέα. Δεν υπάρχει κίνδυνος ούτε για την ίδια την πλάκα λόγω του μεγάλου βαθμού υπερστατικότητας της, με εξαίρεση βέβαια τους προβόλους.

Μετά από ένα ισχυρό σεισμό, μπορεί να παρατηρηθούν διαμπερείς εγκάρσιες ρωγμές κατ' επέκταση καμπτικών ρηγματώσεων στη παρειά στήριξης των δοκών, σαν αποτέλεσμα της συνεργασίας πλάκας και δοκού. Για διευκόλυνση, ο ΕΚΩΣ 2000 (βλ. παράγραφο 18.3.2) προτείνει τοποθέτηση του 1/4 του απαιτούμενου οπλισμού στήριξης εντός της πλάκας και εκατέρωθεν του κορμού.

Μία μορφή βλάβης οφείλεται σε καθιζήσεις υποστρωμάτων και συνοδεύεται συνήθως από βλάβες των γειτονικών δοκών και ρηγματώσεις των τοιχοπληρώσεων. Αυτό οφείλεται σε προϋπάρχουσες τριχοειδείς ρηγματώσεις που αποκαλύφθηκαν αφού διευρύνθηκαν λόγω της κατακόρυφης σεισμικής έντασης.

Αν η βλάβη οφείλεται σε μακροχρόνιες δράσεις δηλαδή σε μόνιμα και κινητά φορτία, και οι βλάβες εντοπίζονται σε περιοχές μεγίστων ροπών, τότε πιθανόν έχουμε καμπτική ανεπάρκεια.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζονται οι τυχόν ρηγματώσεις στους προβόλους με διεύθυνση κάθετη προς τον κύριο οπλισμό, που θα εμφανιστούν στο πάνω πέλμα, στην παρειά στήριξης τους με τη δοκό.

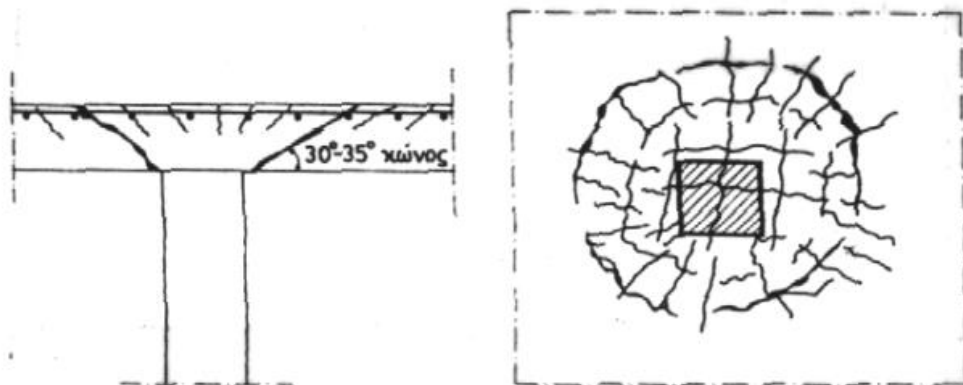


Εικόνα 21: Βλάβες σε πλάκες.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Οι ρηγματώσεις αυτές συνήθως οφείλονται στο μειωμένο στατικό ύψος που δημιουργείται αθέλητα μετά από την τοποθέτηση του οπλισμού και πριν τη σκυροδέτηση.

Μία σοβαρή μορφή βλάβης σε πλάκες εδραζόμενες απ' ευθείας σε υποστυλώματα χωρίς την παρεμβολή δοκών είναι αυτή που οφείλεται σε αστοχία της πλάκας από διάτρηση. Συνιστάται η αποφυγή τέτοιου είδους μόρφωσης σε αντισεισμικές κατασκευές (Ο.Α.Σ.Π., 1999).



Εικόνα 22: Βλάβη πλάκας λόγω διάτρησης.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

4. ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

4.1 Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων

4.1.1 Γενικά

Η επιλογή της κατάλληλης λύσης για την επισκευή ή την ενίσχυση μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα απαιτεί να χρησιμοποιηθούν νέα υλικά και νέες τεχνολογίες σε συνδυασμό με τροποποιημένα παραδοσιακά υλικά.

4.1.2 Ειδικοί Τύποι Σκυροδέματος

Για να αντιμετωπιστούν τα μειονεκτήματα του έγχυτου σκυροδέματος όπως για παράδειγμα η συστολή ξήρανσης και η μειωμένη συνάφεια του με το παλιό σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται στην Τεχνολογία των Επεμβάσεων ειδικοί τύπου σκυροδέματος.

4.1.2.1 Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου

Το έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου γίνεται με χρήση διογκούμενου τσιμέντου ή με προσθήκη ειδικών πρόσθετων που προκαλούν σταδιακή αύξηση του όγκου του σκυροδέματος εξουδετερώνοντας έτσι τη συστολή ξήρανσης. Επίσης, ένα πλεονέκτημα του θεωρείται η παρεμπόδιση της ρηγματώσης τόσο στην επιφάνεια του όσο και στις θέσεις επαφής με τα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος. Ακόμη ένα πλεονέκτημα, είναι ότι εξασφαλίζει καλύτερη πρόσφυση σε παλιό σκυρόδεμα. Ιδιαίτερα είναι σημαντικό ότι εμφανίζει αυξημένη αντοχή σε επιφανειακή φθορά και δράσεις χημικών. (CEB.BULL. 162, 1983).

4.1.2.2 Σκυρόδεμα με πολυμερή

Η παραγωγή του σκυροδέματος με πολυμερή γίνεται είτε με αντικατάσταση του τσιμέντου με πολυμερές (χρησιμοποιώντας πολυεστερικές ή εποξειδικές ρητίνες), είτε με μερική αντικατάσταση του νερού με υδατοδιαλυτό πολυμερές (latex), είτε εμποτίζοντας σκληρυμένο συμβατικό σκυρόδεμα με μονομερές που στη συνέχεια πολυμερίζεται.

Συγκεκριμένα επισημαίνεται ότι οι επιτυγχανόμενες αντοχές σε θλίψη μπορεί να φθάσουν μέχρι και το τετραπλάσιο των αντοχών των αντίστοιχων συμβατικών σκυροδεμάτων, ενώ η αντοχή σε εφελκυσμό μπορεί να φθάσει μέχρι και το 20πλάσιο. Επίσης, η σκλήρυνση του σκυροδέματος πραγματοποιείται πολύ γρήγορα και επιταχύνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον σημειώνεται ότι σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μπορεί να επιτευχθούν ιδιαίτερα υψηλές

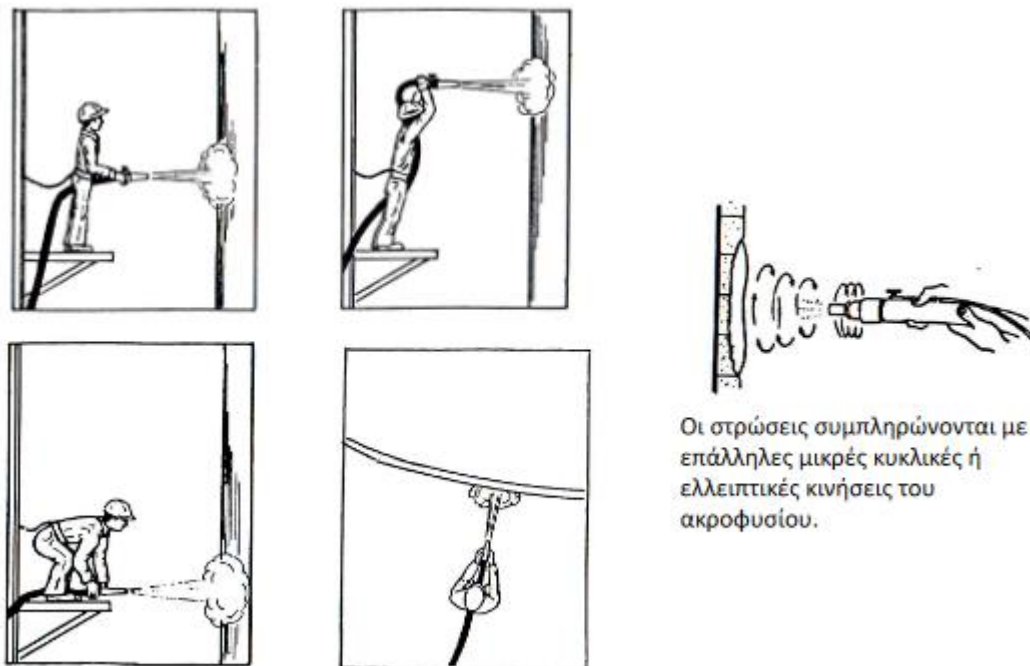
αντοχές. Επιπρόσθετα, επιτυγχάνεται εξαιρετικά καλή πρόσφυση με το παλαιό σκυρόδεμα, εξασφαλίζοντας σχεδόν μονολιθική συμπεριφορά του τελικού πολυφασικού στοιχείου. Η αντίσταση στις επιφανειακές φθορές και δράσεις χημικών είναι βέλτιστη. Κύριο μειονέκτημα θεωρείται ότι είναι θερμικά αλώγιμα και έχουν μικρή αντοχή σε πυρκαγιά και υψηλό ερπυστικό συντελεστή.

4.1.2.3 Σκυροτσιμεντόπηγμα

Αυτό ο τύπος σκυροδέματος δημιουργείται με αρχική διάστρωση αδρανών μεγάλης διαμέτρου στα καλούπια του προς σκυροδέτηση στοιχείου και στη συνέχεια πλήρωση των κενών των αδρανών με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση. Σημειώνεται ότι τα αδρανή έχουν ελάχιστο μέγεθος κόκκων 10-15 mm. Αρχικά, έχουν μικρότερη αντοχή, όμως με την πορεία η διαφορά μειώνεται συνεχώς μέχρι που παύει να υπάρχει. Το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι έχει μικρότερη συστολή ξήρανσης, μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο, μεγαλύτερη στεγανότητα και ικανοποιητική πρόσφυση στο παλαιό σκυρόδεμα.

4.1.2.4 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

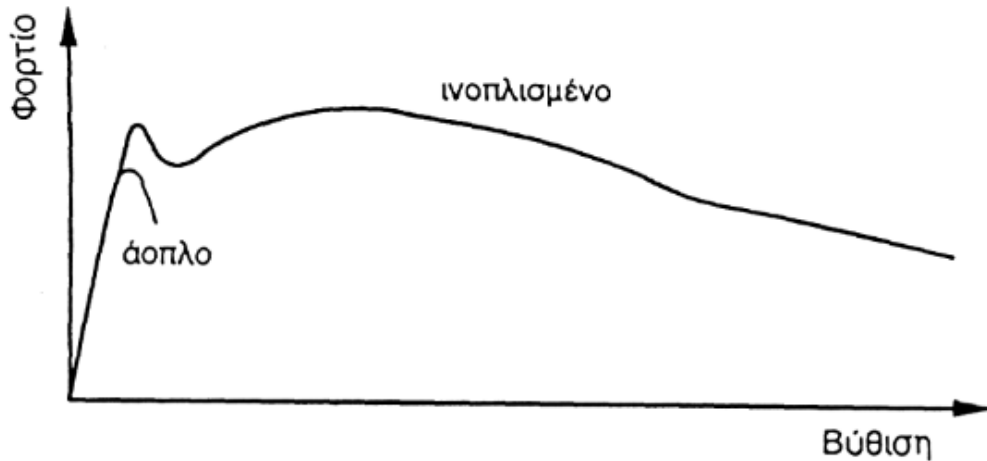
Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (sprayed concrete ή shotcrete ή gunitite) χρησιμοποιείται στα έργα επεμβάσεων και είναι σκυρόδεμα λεπτής διαβάθμισης αδρανών που σκυροδετείται με εκτόξευση. Η εφαρμογή του απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Η μεγάλη ταχύτητα εκτόξευσης παρέχει τη δυνατότητα πολύ καλής πρόσφυσης με το υλικό βάσης. Επίσης, οι διαστάσεις των κόκκων των αδρανών παρέχουν μεγάλη ικανότητα διείσδυσης μέσα στις μικρό ανωμαλίες της επιφάνειας βάσης, που συνήθως έχει προηγουμένως εκτραχυνθεί. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αυτοστηρίζεται, και δεν απαιτείται η χρήση ξυλότυπου.



Εικόνα 23: Σωστές θέσεις εκτόξευσης. Μπισκίνης 2022

4.1.2.5 Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Για τον περιορισμό της ρηγμάτωσης (λόγω της υψηλής συστολής ξήρανσης) προστίθενται ίνες στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Οι ίνες αυτές, είναι από χάλυβα, προπυλένιο ή γυαλί. Έχουν μήκος τάξης μερικών εκατοστών, και η διάμετρος τους, που εξαρτάται από το υλικό, συνήθως δεν ξεπερνά το χιλιοστό. Αποτέλεσμα της προσθήκης ινών είναι η αύξηση της παραμόρφωσης του υλικού κατά την αστοχία και μια μικρή αύξηση της εφελκυστικής αντοχής.



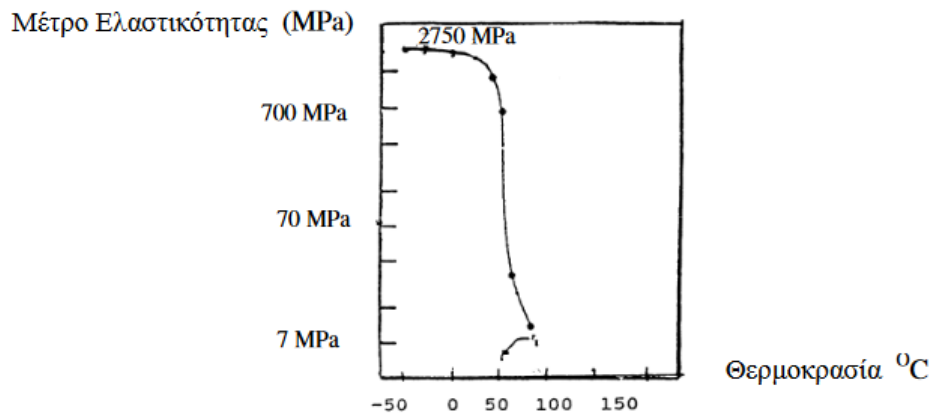
Εικόνα 24: Επίδραση ινών στη συμπεριφορά σε κάμψη.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Φτάνοντας σε αυτό το σημείο να συμπληρώσουμε ότι οι ίνες συμβάλλουν στην αύξηση της παραμόρφωσης αστοχίας, τη μικρή αύξηση της εφελκυστικής αντοχής επομένως η ικανότητα του υλικού για απορρόφηση ενέργειας γίνεται 10 έως 40 φορές μεγαλύτερη (Τριανταφύλλου, 1998).

4.1.2.6 Πολυμερικές Κόλλες

Οι πολυμερικές κόλλες είναι μία κατηγορία συγκολλητικών υλικών. Παρασκευάζονται με επιτόπου ανάμειξη των συστατικών και τα δυο συστατικά είναι το πολυμερές και ο σκληρυντής. Η κατανομή των φορτίων γίνεται σε εύρος επιφάνειας και αποφεύγεται η συγκέντρωση εντάσεων. Για την επαφή σύνδεσης των υλικών δεν απαιτείται τροποποίηση στο σχήμα. Χρησιμοποιούνται για ενίσχυση οπλισμένου σκυροδέματος κυρίως εποξειδικές και πολυεστερικές ρητίνες. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι ο μικρός χρόνος εργασιμότητας τους (ο χρόνος που βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση) και η μεγάλη διάρκεια συγκόλλησης, τα στοιχεία που συγκολλούνται πρέπει να μείνουν αδιατάρακτα. Τέλος, το υλικό διαθέτει μικρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 25: Επίδραση θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

4.1.2.7 Επισκευαστικά Κονιάματα

Τα επισκευαστικά κονιάματα χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές αποκατάστασης και ενίσχυσης των κατασκευών, όταν το απαιτούμενο πάχος του υλικού είναι μικρό και απαιτείται πολύ καλή πρόσφυση. Κύριο μειονέκτημα που παρουσιάζουν θεωρείται το υψηλό τους κόστος, που όμως συχνά εξουδετερώνεται από το γεγονός ότι η ποσότητα που απαιτείται είναι μικρή και το μέγεθος της προστασίας που προσφέρεται θεωρείται υψηλό. Εφαρμόζονται δύο τύποι κονιαμάτων, τα κονιάματα με πολυμερή και τα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

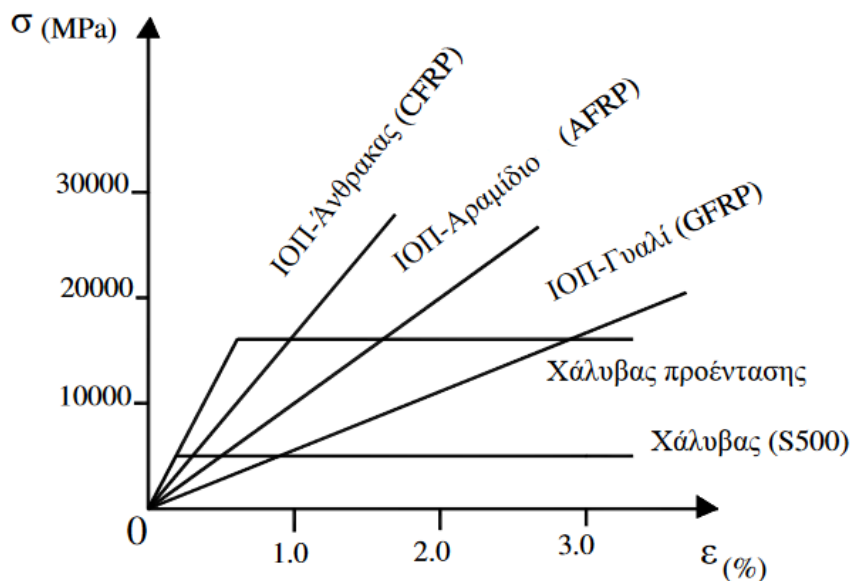
4.1.2.8 Επικολητά Φύλλα από Χάλυβα ή Ινοπλισμένα Πολυμερή

Σήμερα γίνεται γνωστή η χρήση επικολητών φύλλων, από χάλυβα ή ινοπλισμένων πολυμερών (FRPS) για την ενίσχυση στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, λόγω της ευκολίας εφαρμογής της.

Η χρήση χαλύβδινων ελασμάτων που επικολώνται στην εξωτερική επιφάνεια δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα θεωρείται μια πολύ πρακτική τεχνική ενίσχυσης, που έχει ως στόχο την συμπλήρωση του ελλείμματος του προϋπάρχοντος οπλισμού, με νέους οπλισμούς. Συγκεκριμένα, η μέθοδος εφαρμόζεται για την αύξηση της καμπτικής αντοχής δοκών και πλακών ή της διατμητικής αντοχής δοκών. Τέλος, μεταλλικά ελάσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τη μορφή κλειστών μανδύων για την ενίσχυση υποστυλωμάτων με τη τεχνική της περίσφιξης.

Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (ΙΟΠ)-FiberReinforced Polymers (FRPS)-σηματοδοτεί την εξέλιξη της τεχνικής των χαλύβδινων επικολητών ελασμάτων αντιμετωπίζοντας επιτυχώς τις αδυναμίες αυτής της τεχνικής. Συγκεκριμένα χαρακτηρίζονται από το πολύ μικρό βάρος και την εξαιρετικά υψηλή αντοχή. Επίσης, διατίθενται σε μεγάλα μήκη και δεν είναι ευαίσθητα σε διάβρωση. Μειονέκτημα τους είναι το υψηλό κόστος του υλικού που όμως μειώνεται σταδιακά. Ακόμη, αποτελούνται από ίνες υψηλής εφελκυστικής αντοχής εμποτισμένες με “θερμοσκληρυνόμενη” ρητίνη, ώστε να μην καθίσταται ευάλωτο το υλικό σε θερμοκρασίες. Διακρίνουμε τους εξής τύπους ινών:

- Ίνες από γυαλί ή αραμίδιο (που συχνά αναφέρεται ως κέβλαρ)
- Ίνες από άνθρακα με πολύ μικρή διάμετρο, της τάξης των 5-25 μm .



Εικόνα 26: Σχέσεις τάσης-παραμόρφωσης για σύνθετα υλικά σε εφελκυσμό.

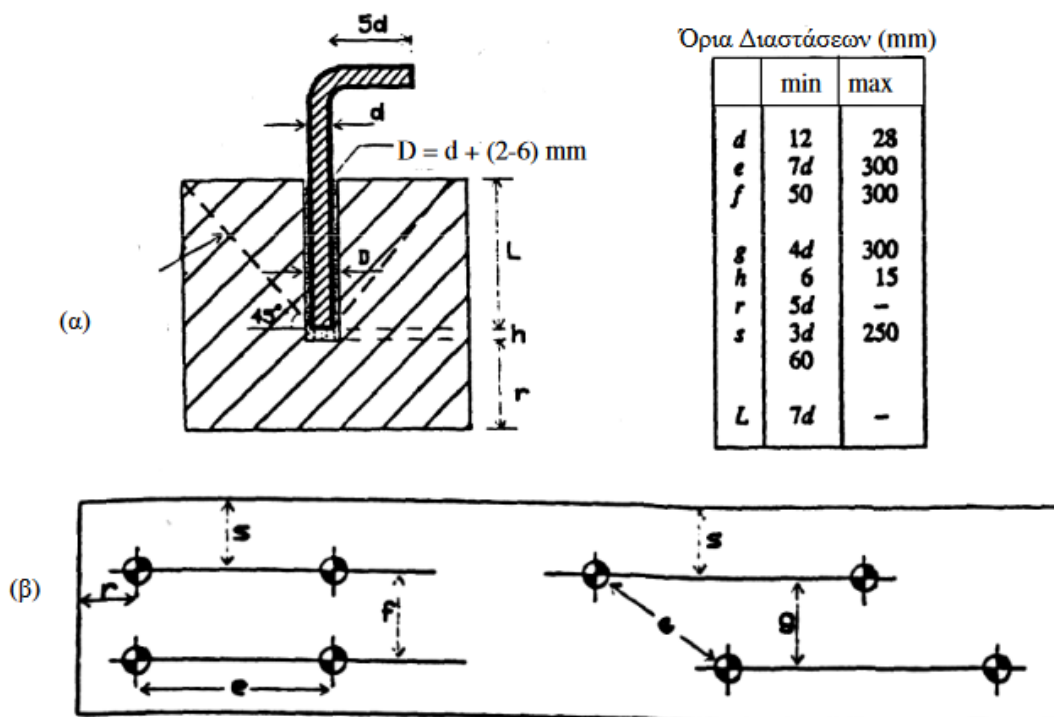
(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

4.1.2.9 Διατμητικοί Σύνδεσμοι– Αγκύρια

Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι αγκυρώνονται σε υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος και δρουν ως βλήτρα με την καταπόνηση σε διάτμηση ή ως αγκύρια με την καταπόνηση σε αξονικό φορτίο.

Διατίθενται από βιομηχανοποιημένους συνδέσμους οι οποίοι αγκυρώνονται στα στοιχεία σκυροδέματος με χημικό ή μηχανικό τρόπο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τμήματα ράβδων οπλισμού ή δομικού χάλυβα που πακτώνονται με χημικό τρόπο σε τρύπες που διανοίγονται στα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος. Η χημική πάκτωση επιτυγχάνεται με εποξειδικές ρητίνες.

Κυρίως χρησιμοποιούνται μονότμητοι διατμητικοί σύνδεσμοι με μορφή Γ για καλύτερη αγκύρωση στο νέο σκυρόδεμα.



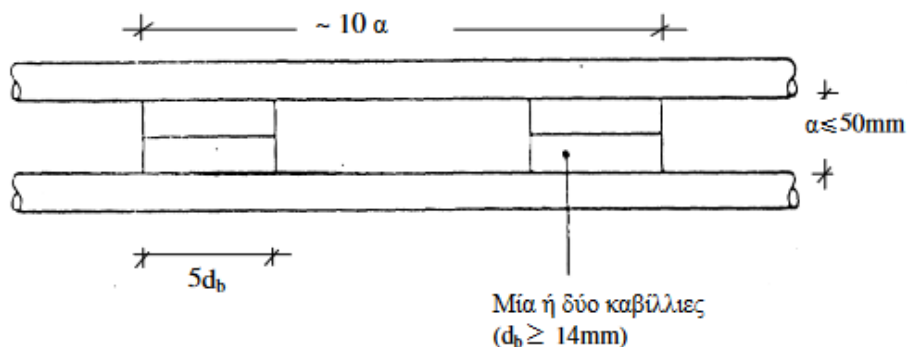
Εικόνα 27: α) Τυπική μορφή μονότμητου βλήτρου μορφής Γ, β) Τυπικές διατάξεις μονότμητων βλήτρων.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

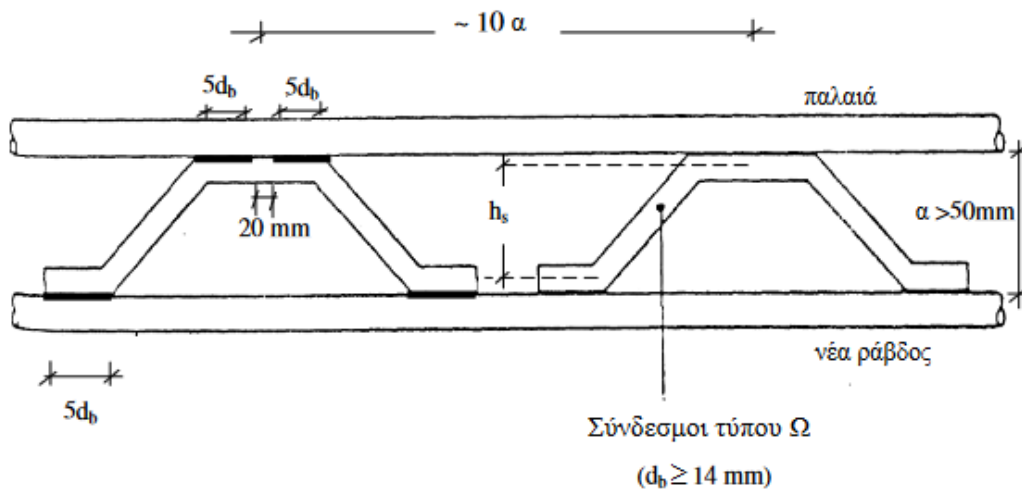
4.1.2.10 Αγκυρώσεις και Συγκολλήσεις Νέων Ράβδων Οπλισμού

Συχνά στις ενισχύσεις κατασκευών χρησιμοποιούνται οι αγκυρώσεις νέων ράβδων οπλισμού. Συγκεκριμένα, οι αγκυρώσεις ράβδων οπλισμού σε σκληρυμένο σκυρόδεμα επιτυγχάνονται με χημικό τρόπο, χρησιμοποιώντας κάποια εποξειδική ρητίνη. Για τις συγκολλήσεις παλαιών και νέων ράβδων οπλισμού εφαρμόζονται πιστά οι διατάξεις περί συγκολλήσεων του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 2000β).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα παρακάτω σύμφωνα με την απόσταση των ράβδων χρησιμοποιούνται οι δύο τύποι συνδέσμων, οι «δύσκαμπτοι» σύνδεσμοι και οι «εύκαμπτοι» σύνδεσμοι (CEBBul.162, 1983).



(α) ΔΥΣΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ



(β) ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

Εικόνα 28: Σύνδεσμοι παλαιών-νέων ράβδων οπλισμού

α) Δύσκαμπτοι σύνδεσμοι

β) Εύκαμπτοι σύνδεσμοι

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

4.2 Επισκευές και Ενισχύσεις Δομικών Κατασκευών

4.2.1 Γενικά

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε σε μεθόδους που αναπτύσσονται και τεχνικές που εφαρμόζονται στην επισκευή και στην ενίσχυση δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πιο αναλυτικά, θα αναφερθούμε σε χαρακτηριστικά και αποτελέσματα κάθε τεχνικής. Επιπλέον, θα αναφερθούμε σε διαδικασίες εφαρμογής και προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην πράξη. Η διαστασιολόγηση γίνεται για τα μονολιθικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Θα αναφερθούμε στις παρακάτω τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης:

- Σε Υποστυλώματα,
- Σε Τοιχώματα,
- Σε Δοκούς και πλάκες,
- Σε Κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων,
- Σε Στοιχεία θεμελίωσης.

4.2.2 Επισκευές – Ενισχύσεις Υποστυλωμάτων

Οι επεμβάσεις στα υποστυλώματα όταν έχουν αυτά έχουν εμφανίσει βλάβες, μπορεί να γίνει με αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών του υποστυλώματος (επισκευή) ή με τη βελτίωσή τους (ενίσχυση).

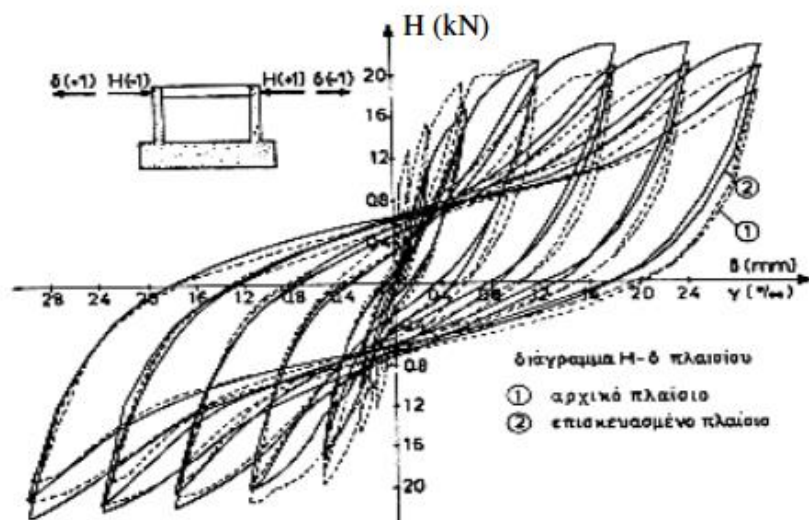
4.2.2.1 Επισκευές υποστυλωμάτων

Η επισκευή του υποστυλώματος, σκοπεύει στη διαδικασία επέμβασης με την οποία αποκαθίστανται τα αρχικά χαρακτηριστικά ενός στοιχείου που έχει υποστεί φθορά ή βλάβη. Διακρίνουμε δύο ειδών μεθόδους επισκευής:

- με χρήση ρητινενέσεων ή επισκευαστικών κονιαμάτων
- με καθαίρεση και αποκατάσταση των περιοχών βλάβης.

4.2.2.2 Επισκευές με ρητινένεσες ή επισκευαστικά κονιάματα

Εάν η βλάβη είναι σε απλή ρηγμάτωση ή επιφανειακή αποφλοΐωση του σκυροδέματος, χωρίς αποδιοργάνωση του περισφιγμένου πυρήνα της διατομής και λυγισμό των κατακόρυφων ράβδων, η συγκόλληση των ρωγμών γίνεται με τη βοήθεια εποξειδικής ρητίνης, ενώ για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιείται συνήθως επισκευαστικό κονίαμα.



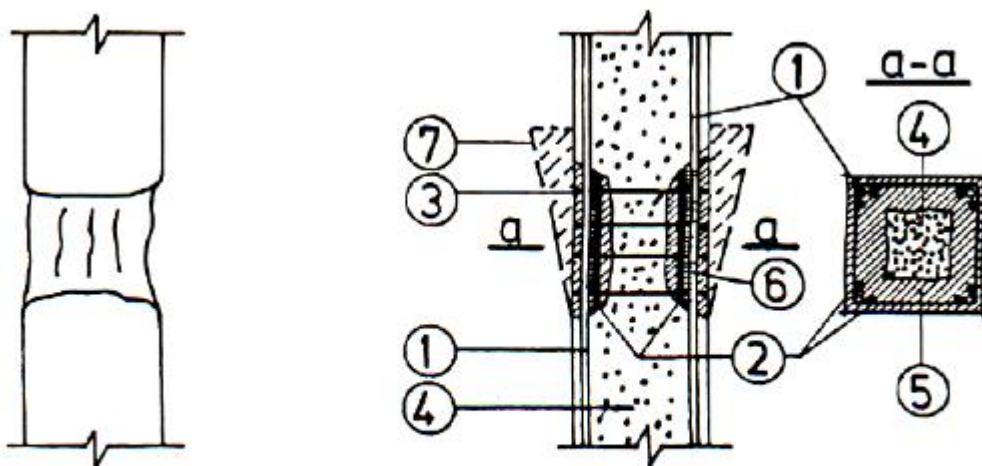
Εικόνα 29: Διάγραμμα πλευρικών φορτίσεων-οριζοντίων μετακινήσεων πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες και σύγκριση με το αρχικό.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

4.2.2.3 Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής

Εάν η βλάβη θεωρείται μεν τοπική αλλά εμφανίζεται με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος, η διαδικασία επισκευής είναι η εξής:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο στοιχείο.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Αποκάλυψη οπλισμών.
- Συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων.
- Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα. Αντί για σκυρόδεμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ειδικό έτοιμο κονίαμα.
- Εναλλακτικά, η διατομή μπορεί να επισκευαστεί με μεταλλική κατασκευή από κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολάρα ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα(μεταλλικός κλωβός).



1. παλιός οπλισμός, 2. νέος οπλισμός, 3. νέοι συνδετήρες, 4. παλιό σκυρόδεμα,
5. νέο σκυρόδεμα, 6. συγκόλληση, 7. προσωρινός ξυλότυπος.

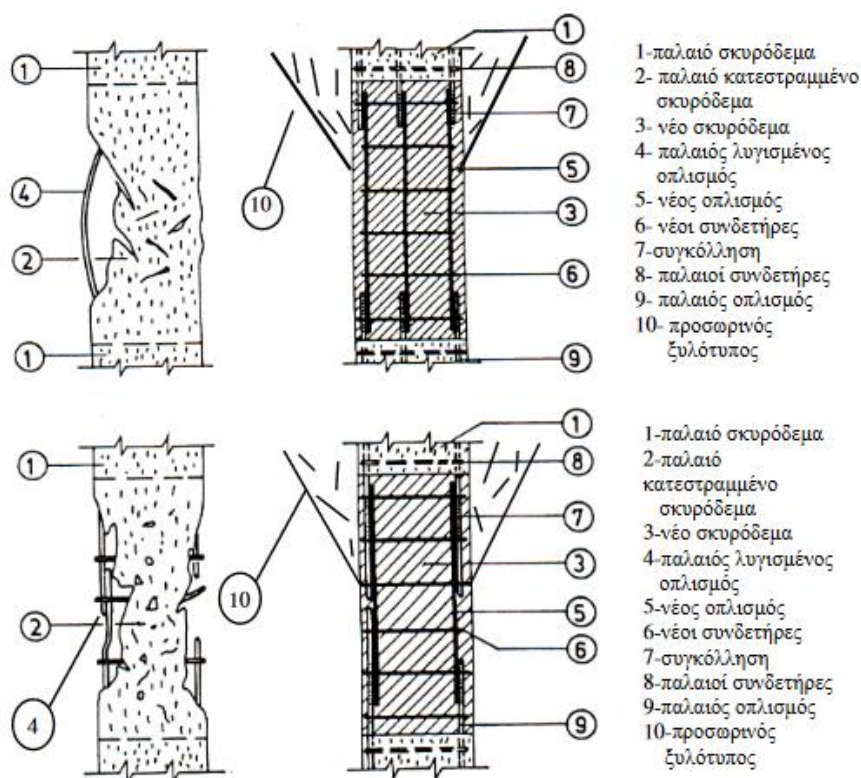
Εικόνα 30: Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση στην περιοχή βλάβης.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.2.2.4 Σοβαρή Βλάβη με Πλήρη Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος

Όταν παρουσιάζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος που συνοδεύεται από διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των κατακορύφων ράβδων, η επισκευή ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστύλωμα.
- Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστυλώματος σε ύψος τουλάχιστον 30cm.
- Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκουσ οπλισμού όπου αυτό απαιτείται.
- Προσθήκη πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλοτύπου.
- Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή έτοιμου κονιάματος.



Εικόνα 31: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.2.3 Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

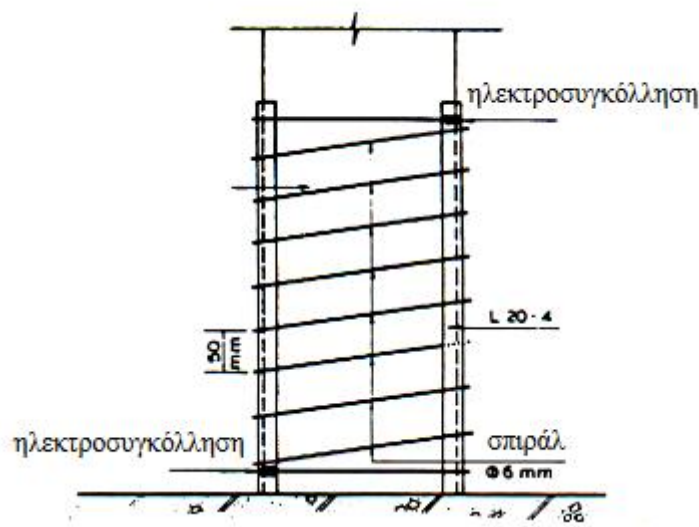
Οι τεχνικές ενίσχυσης των υποστυλωμάτων μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τεχνικές στις οποίες δεν αυξάνεται η διατομή του υποστυλώματος και η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ενεργή περίσφιγξη του στοιχείου και
- τεχνικές με τις οποίες η ενίσχυση επιτυγχάνεται με αύξηση της διατομής του υποστυλώματος με νέες στρώσεις σκυροδέματος και νέους οπλισμούς, κατασκευάζοντας ένα μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο.

4.2.3.1 Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περίσφιγξη

Η μέθοδος ενίσχυσης με εξωτερική περίσφιξη επιλέγεται όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος και της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος και γίνεται με τους εξής τρόπους:

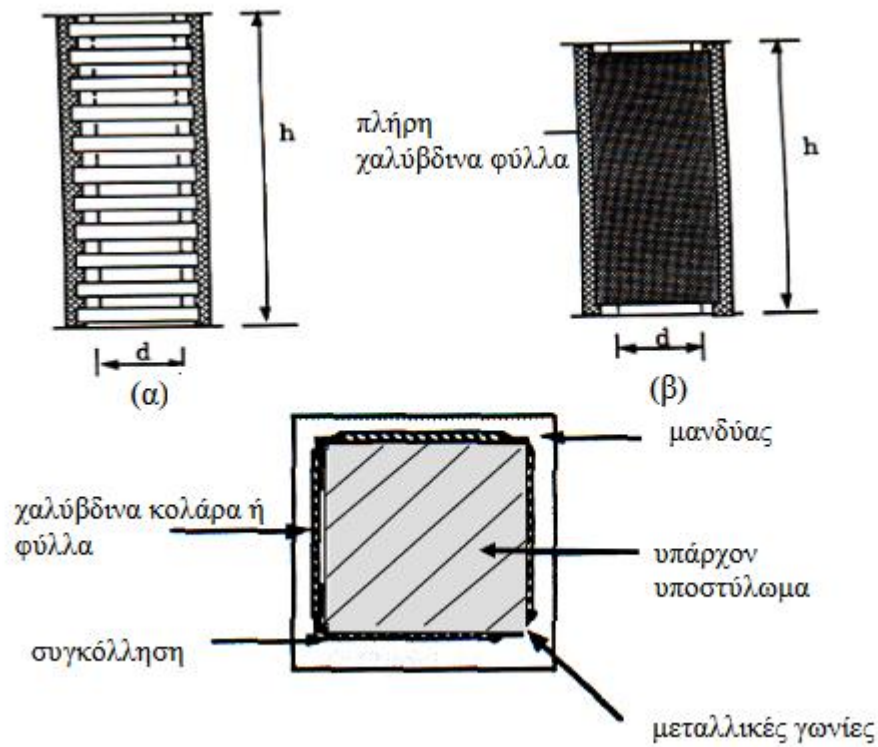
- Με χρήση επικολητών κολάρων που μπορεί να είναι μεταλλικά ελάσματα συνήθους πάχους 1-2 mm ή λωρίδες από ινοπλισμένα πολυμερή (FRPS). Με χρήση προεντεταμένων κολάρων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs), που μπορεί να έχουν τη μορφή ταινιών “πακεταρίσματος”. Με χρήση σπειροειδούς οπλισμού που μπορεί να είναι από μεταλλικό έλασμα ή από ινοπλισμένο πολυμερές (FRP). Με χρήση ολόσωμου μανδύα από φύλλα χάλυβα ή ινοπλισμένο πολυμερές (FRP), επικολητού επί των πλευρών του υποστυλώματος.



Εικόνα 32: Περίσφιξη με σπειροειδή οπλισμό.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

- Με χρήση μεταλλικού κλωβού η οποία δημιουργεί κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και είτε οριζόντια μεταλλικά κολάρα είτε πλήρη χαλύβδινα φύλλα (Dritsos 1997a - Dritsos and Pilakoutas 1992, 1994 - Dritsoetal, 1993).



Εικόνα 33: Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από σπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.2.3.2 Μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή

Η χρήση Ινοπλισμένων Πολυμερών γίνεται με την τοποθέτηση φύλλων ινοπλισμένων πολυμερών γύρω από το υποστυλώμα, με τις ίνες σε οριζόντια διεύθυνση. Έτσι, επιτυγχάνεται περίσφιγξη του υποστυλώματος και αύξηση της διατμητικής αντοχής. Η μέθοδος εύκολη στην εφαρμογή στα κυκλικά υποστυλώματα, ενώ για εφαρμογή σε ορθογωνικά υποστυλώματα απαιτείται εξομάλυνση των γωνιών τους, ώστε να αποκτήσουν καμπυλότητα τουλάχιστον 30mm.

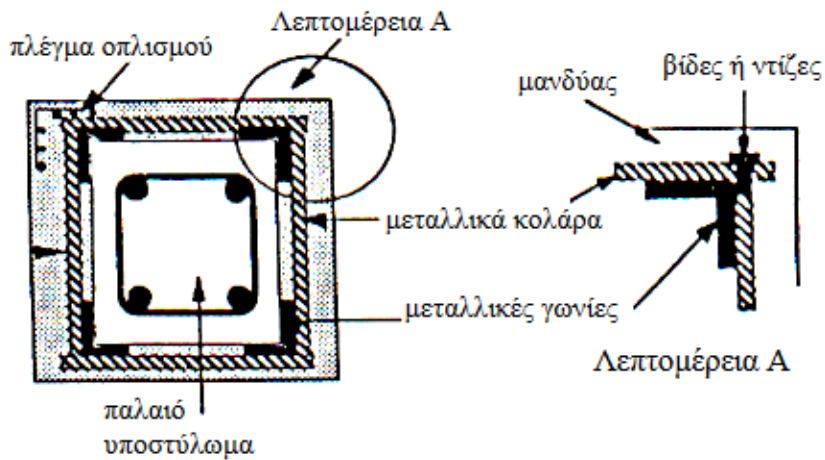


Εικόνα 34: Χρήση ινοπλισμένων πολυμερών.

Μπισκίνης 2022

4.2.3.3 Τεχνική του μεταλλικού κλωβού

Η τεχνική του μεταλλικού κλωβού στοχεύει στην επιβολή της περίσφιγξης με τέσσερα μεταλλικά γωνιακά ελάσματα, προσαρμόζονται στις γωνίες του υποστύλωματος και οριζόντια μεταλλικά ελάσματα (ή ράβδοι από δομικό χάλυβα) υπό μορφή “κολάρων”, που συγκολλούνται πάνω στα γωνιακά. Ακόμη, τα κενά που εμφανίζονται στην επαφή του μεταλλικού κλωβού και του σκυροδέματος, συμπληρώνονται με ένα μη-συρρικνούμενο κονίαμα ή εποξειδική κόλλα. Τέλος, η επιφάνεια μπορεί να δημιουργηθεί με μία ισχυρή τσιμεντοκονία οπλισμένη με ένα ελαφρύ πλέγμα.



Εικόνα 35: Εναλλακτική εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού χρησιμοποιώντας ‘βίδες’ ή ‘ντίζες’.

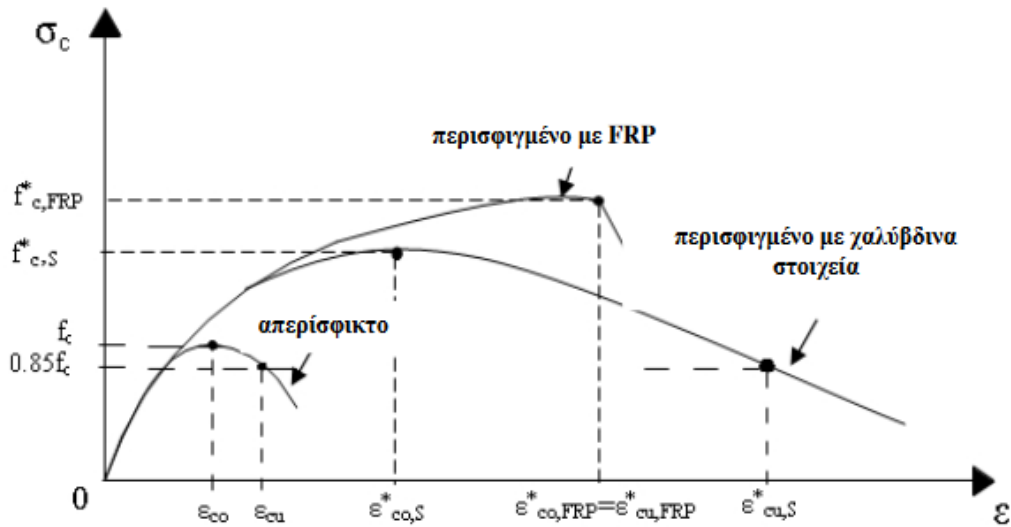
(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 36: Χρήση μεταλλικού κλωβού. Μπισκίνης 2022.

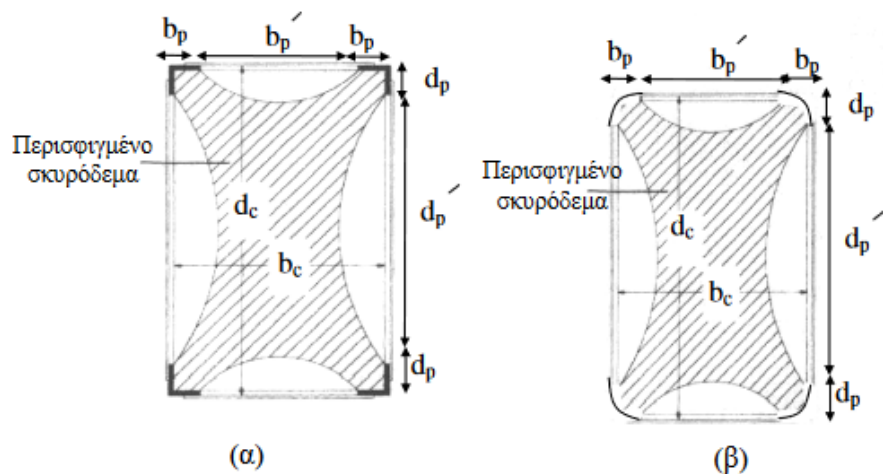
4.3.3.4 Μηχανικά χαρακτηριστικά περισιφιγμένου σκυροδέματος

Η τριαξονική θλίψη είναι η κύρια δράση που εισάγεται με την επιβολή της περίσιφιξης. Σημαντική είναι η αύξηση της πλαστιμότητας του υποστρώματος. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η θλιπτική του αντοχή. Το διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων περισιφιγμένου σκυροδέματος προκύπτει από σχέσεις παρόμοιες με αυτές που ισχύουν για την περίσιφιξη του σκυροδέματος με συμβατικούς συνδετήρες.



Εικόνα 37: Τροποποιημένος καταστατικός νόμος περισιφιγμένου σκυροδέματος.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από σπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Σχήμα 5.12: (α) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό, (β) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με ινοπλισμένα πολυμερή

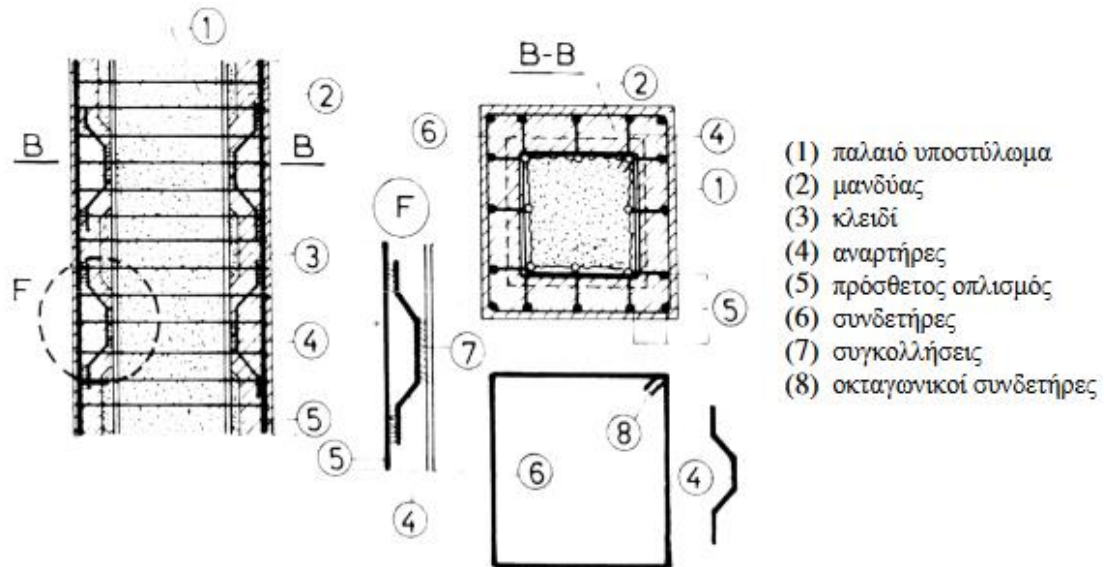
Εικόνα 38: α) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό, β) Διατομή υποστυλώματος για περίσφιξη με ινοπλισμένα πολυμερή.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.2.4 Μανδύες υποστυλωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα

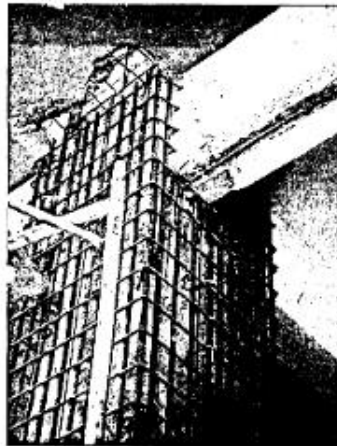
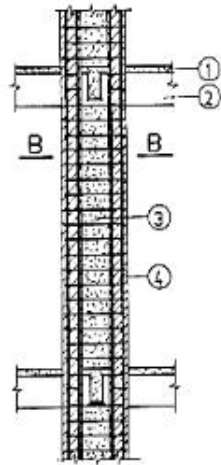
Η τεχνική της κατασκευής μανδύων σε υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος επιτυγχάνει αύξησης της αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας (Dritsoetal, 1997, 1998a, 1998b – Dritsos and Georgakopoulou, 1999). Εφαρμόζεται σε υποστυλώματα που έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες ή γενικότερα όταν διαπιστώνεται ιδιαίτερη ανεπάρκεια της αντοχής τους ή άλλων χαρακτηριστικών τους.

Η κατασκευή τους γίνεται από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή από σκυροτσιμεντόπηγμα ή από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.



Εικόνα 39: Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



- (1) υφιστάμενη πλάκα
- (2) υφιστάμενη δοκός
- (3) υφιστάμενο υποστύλωμα
- (4) μανδύας

Εικόνα 40: Ολικός μανδύας.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Διακρίνουμε τα εξής είδη μανδυών οπλισμένου σκυροδέματος:

- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα.
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
- Μανδύες από σκυροτσιμεντόπηγμα.
- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα.



Εικόνα 41: Κατασκευή μανδυών Ο.Σ. μαζί με την εφαρμογή της τεχνικής του μεταλλικού κλωβού.

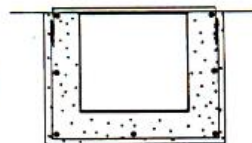
(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.2.4.1 Ανοικτοί μανδύες

Ο ανοικτός μανδύας εφαρμόζεται όταν ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή. Μία περίπτωση που συναντάμε σε υποστύλωμα όταν βρίσκεται στο όριο με άλλη ιδιοκτησία.

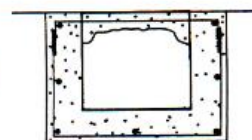
(α) Νέοι συνδετήρες με εξωτερική ράβδο ή λάμα και συγκόλληση

(α)

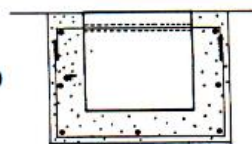


(β, γ) Νέοι συνδετήρες με διαμπερές χάντρωμα ή τρύπα και συγκόλληση

(β)

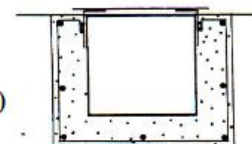


(γ)



(δ) Νέοι συνδετήρες συγκολλημένοι σε δύο γωνιακά (π.χ. L 50.100.5) και εξωτερική λάμα

(δ)



(ε) Νέοι συνδετήρες συγκολλημένοι σε δύο γωνιακά (π.χ. L 50.100.5) στερεωμένα στο υποστύλωμα με βλήτρα.

(ε)



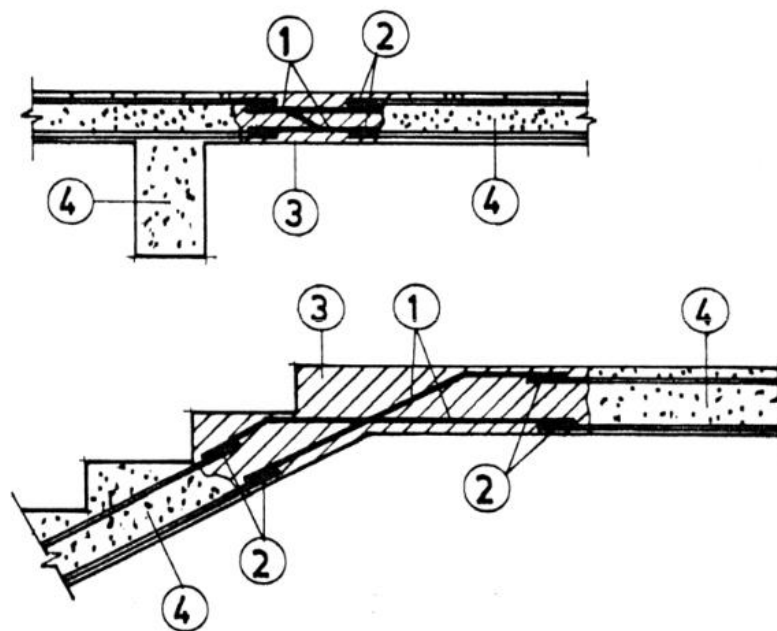
Εικόνα 42: Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.3 Επισκευές – Ενισχύσεις Δοκών και Πλακών

Όταν έχουμε σεισμική ένταση οι βλάβες εμφανίζονται στην περιοχή του κόμβου υποστυλώματος δοκού. Γι' αυτό τον λόγο η επέμβαση στις δοκούς αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία και τον κόμβο.

Ανάλογα με την σοβαρότητα της βλάβης χρησιμοποιούνται, η τεχνική των ρητινενέσεων και των επισκευαστικών κονιαμάτων (για ελαφρές βλάβες) και η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής (για βαριές βλάβες).



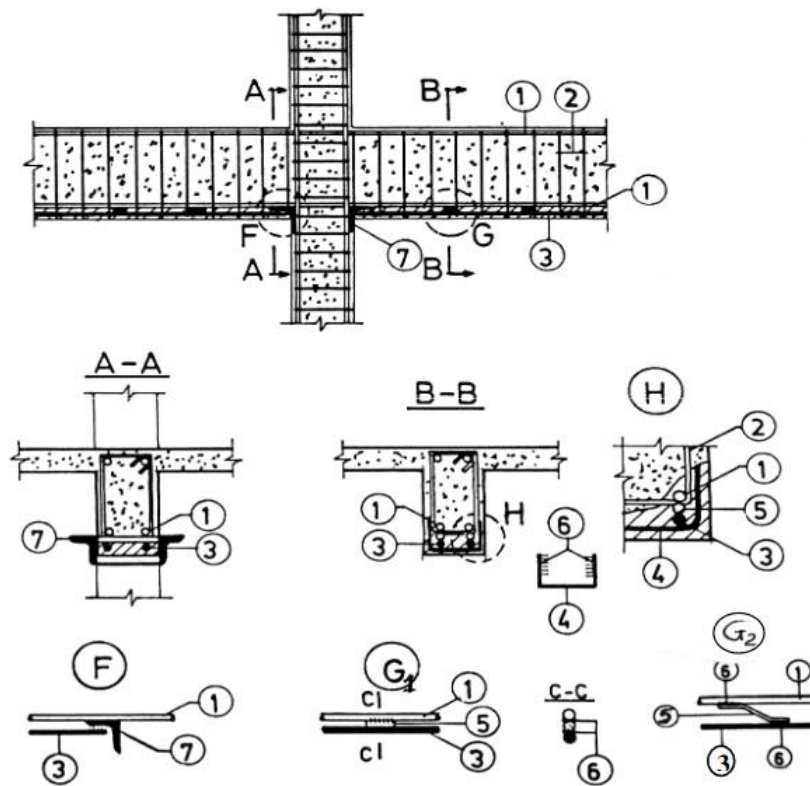
1. πρόσθετοι οπλισμοί, 2. συγκολλήσεις, 3. νέο σκυρόδεμα, 4. υφιστάμενη κατασκευή

Εικόνα 43: Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.3.1 Ενίσχυση δοκών

Οι τεχνικές ενίσχυσης των δοκών στοχεύουν την αύξηση της καμπτικής αντοχής (ανάλογη και στις πλάκες) και την αύξηση της διατμητικής αντοχής ή και στα δύο.



1. παλιός οπλισμός, 2. παλιοί συνδετήρες, 3. πρόσθετος διαμήκης, 4. πρόσθετοι συνδετήρες, 5. παρεμβλήματα (καβίλα ή σχήματος Z), 6. συγκόλληση, 7. κολάρο από γωνιακά.

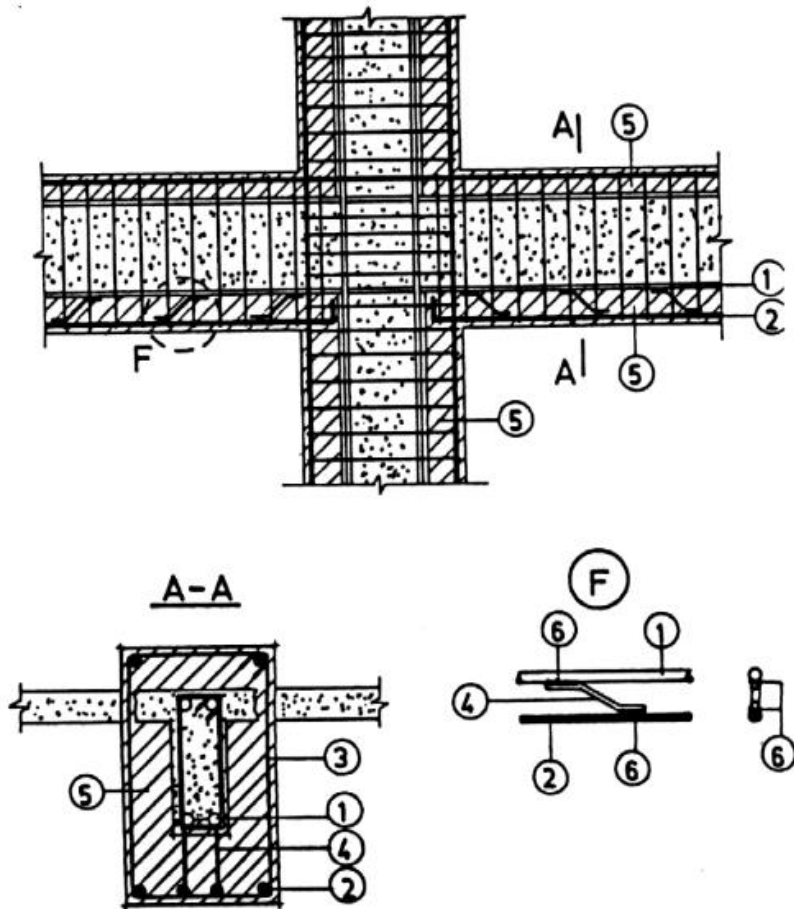
Εικόνα 44: Ενίσχυση κάτω πέλματος δοκού.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.3.1.1 Ενίσχυση με μανδύες Ο.Σ.

Η τεχνική κατασκευής μανδυών σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί την καταλληλότερη μέθοδο για αύξηση της διατμητικής και καμπτικής αντοχής.

Η τεχνική σκοπεύει την αύξηση της διατομής της δοκού με νέο σκυρόδεμα, νέους διαμήκεις οπλισμούς και νέους συνδετήρες περιμετρικά του αρχικού στοιχείου. Κυρίως γίνεται χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

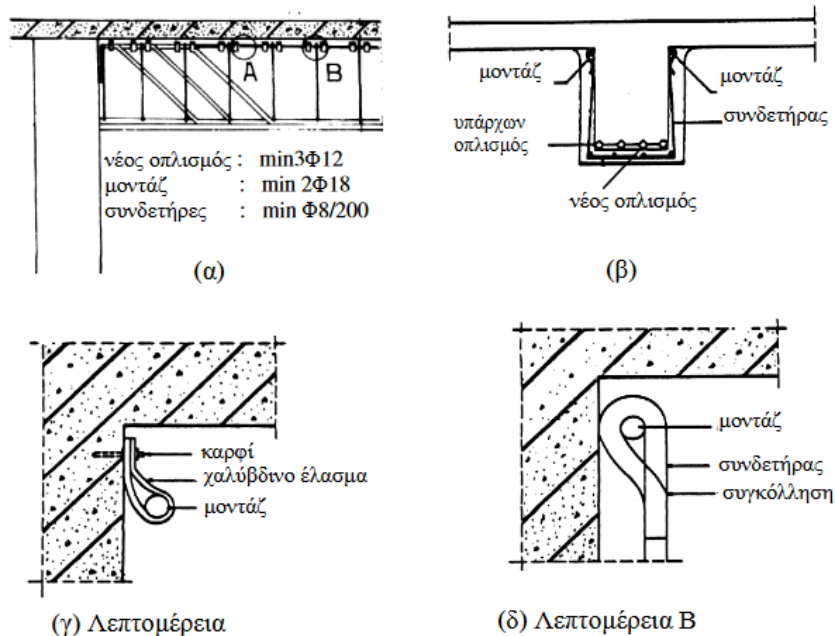


1. παλαιός οπλισμός, 2. πρόσθετος οπλισμός, 3. πρόσθετοι συνδετήρες, 4. ράβδοι συνδέσεως, 5. μανδύας σκυροδέματος, 6. συγκόλληση.

Εικόνα 45: Κλειστός μανδύας δοκού.

(Πενέλης και Κάππος, 1990 - UNDP/UNIDO, 1983)

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 46: Ανοιχτός μανδύας δοκού.

(Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

4.4 Επισκευή – Ενίσχυση Κόμβων Δοκών – Υποστυλωμάτων

Οι κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων ευπαθή στοιχεία των υφιστάμενων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η επισκευή και ενίσχυση στους κόμβους είναι δύσκολη, επειδή εκεί συντρέχουν πολλά στοιχεία του φορέα. Συγκεκριμένα, οι τεχνικές επισκευής των κόμβων για ελαφρές ρηγματώσεις είναι η τεχνική των ρητινενέσεων και των επισκευαστικών κονιαμάτων ενώ για βαριές βλάβες είναι η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής. Επίσης, οι τύποι ενίσχυσης που εφαρμόζονται είναι τρεις: μανδύα σκυροδέματος, χρήση χιαστί κολάρων και χρήση επικολλητών φύλλων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή.

4.5 Ενισχύσεις Στοιχείων Θεμελίωσης

Ο τρόπος ενίσχυσης των στοιχείων θεμελίωσης στοχεύει στην αύξηση της επιφάνειας της βάσης των πεδύλων ή των πεδιλοδοκών μιας κατασκευής. Οι συνήθεις περιπτώσεις είναι οι εξής:

- Αύξηση της βάσης του πεδύλου. Εφαρμόζεται η τεχνική των μανδύων για ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου (υποστυλώματος ή τοιχώματος).
- περιμετρική εκσκαφή κάτω από το παλαιό πέδιλο με προσωρινή στήριξη σ' αυτήν την περιοχή, η οποία γίνεται με μεταλλικές διατομές I που ενσωματώνονται στο νέο στοιχείο.

4.6 Επισκευές- Ενισχύσεις Τοιχωμάτων

Η επισκευή των τοιχωμάτων επιτυγχάνεται με δύο τρόπους. Στα τοιχώματα με ελαφριές βλάβες, εφαρμόζονται ρητινενέσεις ή επισκευαστικά κονιάματα. Σε τοιχώματα με βαριές βλάβες, εφαρμόζεται η τεχνική της τοπικής αποκατάστασης ίσης διατομής.

Η ενίσχυση των τοιχωμάτων επιτυγχάνεται με την τεχνική της περίσφιγξης και την τεχνική των μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος.

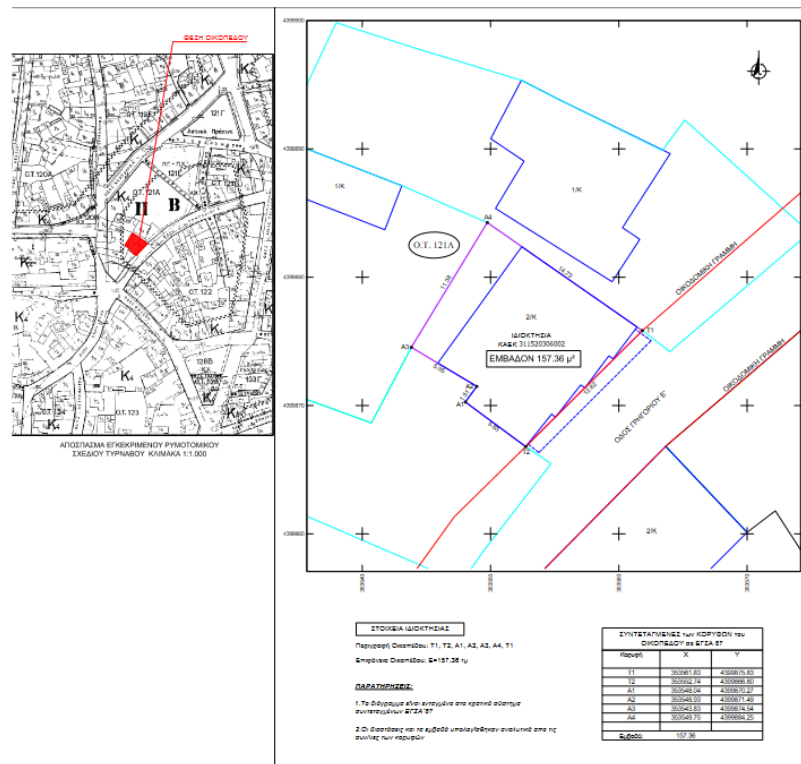
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

5.1 Γενικά

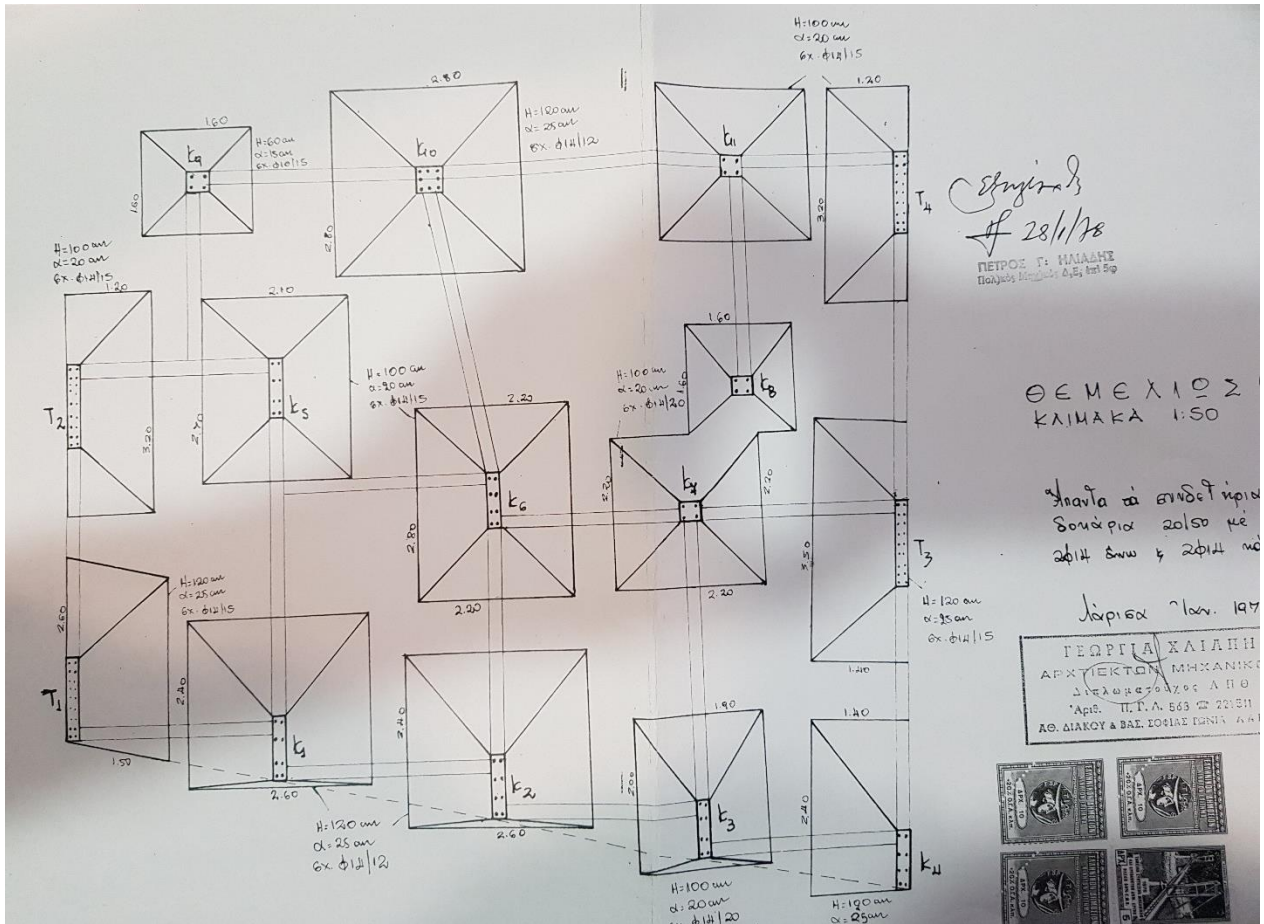
Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί μία σεισμόπληκτη κατασκευή στον Τύρναβο, Θεσσαλίας. Πρόκειται για ένα υφιστάμενο κτήριο οπλισμένου σκυροδέματος, το οποίο αποτελείται από ισόγειο-πυλωτή και δύο ορόφους. Η μελέτη του υφιστάμενου κτηρίου έγινε σύμφωνα με τον Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος του 1954 και του Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων του 1959. Το συγκεκριμένο κτήριο έπειτα από τον σεισμό της Ελασσόνας, που πραγματοποιήθηκε στις 3 Μαρτίου 2021 και ήταν μεγέθους 6.3 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, υπέστη σοβαρές βλάβες και καθίσταται ως σεισμόπληκτο.

Επίσης, ο φέρων οργανισμός του κτηρίου αποτελείται από δοκούς, υποστυλώματα και τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος και ο οργανισμός πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή.

Παρακάτω ακολουθούν το τοπογραφικό και οι ξυλότυποι του κτηρίου.



Εικόνα 47: Τοπογραφικό διάγραμμα υφιστάμενης κατασκευής.




Εικόνα 49: Ξυλότυπος θεμελίωσης υφιστάμενης κατασκευής.

Σημειώνεται ότι, με βάση των παραπάνω ξυλότυπο προσαρμόστηκαν στο λογισμικό όλοι οι όροφοι του κτηρίου.

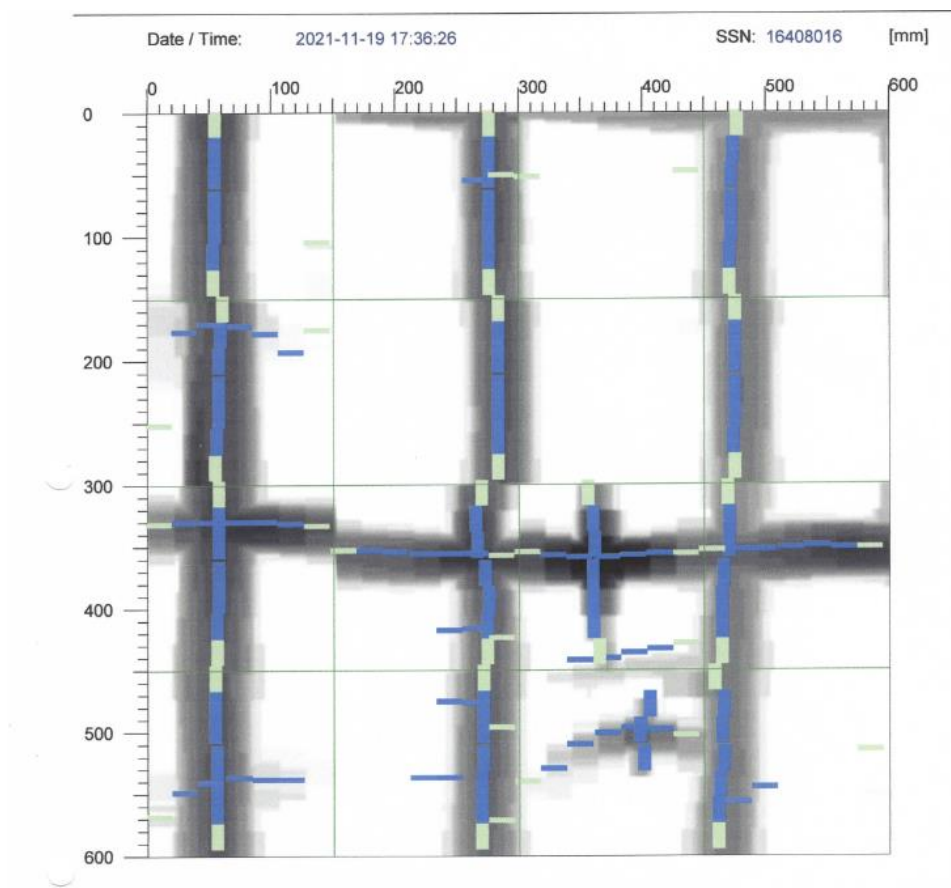
5.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Με βάση τον ξυλότυπο, το στατικό τεύχος της μελέτης και μετρήσεις που έγιναν στο υφιστάμενο κτήριο αντλούνται οι παραδοχές περί φορτίων και ποιότητας των υλικών.

 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ Τηλ. 2410 / 661818, 2410 / 661919		Αριθμός Πρωτοκόλλου		276						
		Ημερομηνία Έκδοσης		12/11/2021						
ΑΝΑΦΟΡΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ κατά E-7 ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΛΕΙ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΟΠΤΕΙΑ ΤΟΥ ΥΠΕΧΩΔΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ										
Πελάτης Customer	Γ. ΡΟΥΠΑΚΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΟΕ									
Περιγραφή Δείγματος Sample Description	ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΠΥΡΗΝΕΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ									
Κωδικός Δείγματος Sample Code Nr	1522-1524									
Έργο Project	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ , ΚΟΛΟΒΕΤΣΙΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ, ΣΤΟΝ ΤΥΡΝΑΒΟ Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ									
Θέση Δειγματοληψίας Job Location	ΤΟΙΧΙΟ Κ12 , ΤΟΙΧΙΟ Κ 11 , ΤΟΙΧΙΟ Κ 7									
Ημερομηνία Έκυρωδότησης Concrete Date	-									
Ημερομηνία Δειγματοληψίας Date Sampled	8/11/2021									
Ημερομηνία Δοκιμής Test Date	12/11/2021									
A/A	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (cm)	ΥΨΟΣ H (cm)	ΒΑΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ (kgf)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΠΥΡΗΝΑ (kgf/m ³)	ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)					
1522	10,00	10,10	1905	2402	175,2					
1523	10,00	10,10	1913	2412	163,9					
1524	10,00	10,10	1898	2393	171,4					
A/A	Αντοχή πυρήνα (MPa)	H/D	L1	L2	L4	L2xL4	L1xL2xL4	Αντοχή κυλίνδρου 15x30cm (MPa)	L3	Αντοχή κύβου 15cm (MPa)
1522	22,3	1,01	0,852	0,959	1,03	0,988	0,842	18,8	1,217	22,9
1523	20,9	1,01	0,852	0,959	1,03	0,988	0,842	17,6	1,224	21,5
1524	21,8	1,01	0,852	0,959	1,03	0,988	0,842	18,4	1,220	22,4
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ										
$x_6 = 22,3 \text{ MPa}$			$s = 0,7 \text{ MPa}$			$f_H = 21,2 \text{ MPa}$				
20^{21,2}25 (c 16/20) (c 20/25)										
Σύμφωνα με την Εγκύκλιο Ε-7, η παρτίδα σκυροδέματος που αντιπροσωπεύεται από τους ανωτέρω πυρήνες, ανήκει στην κατηγορία σκυροδέματος C 16/20.										

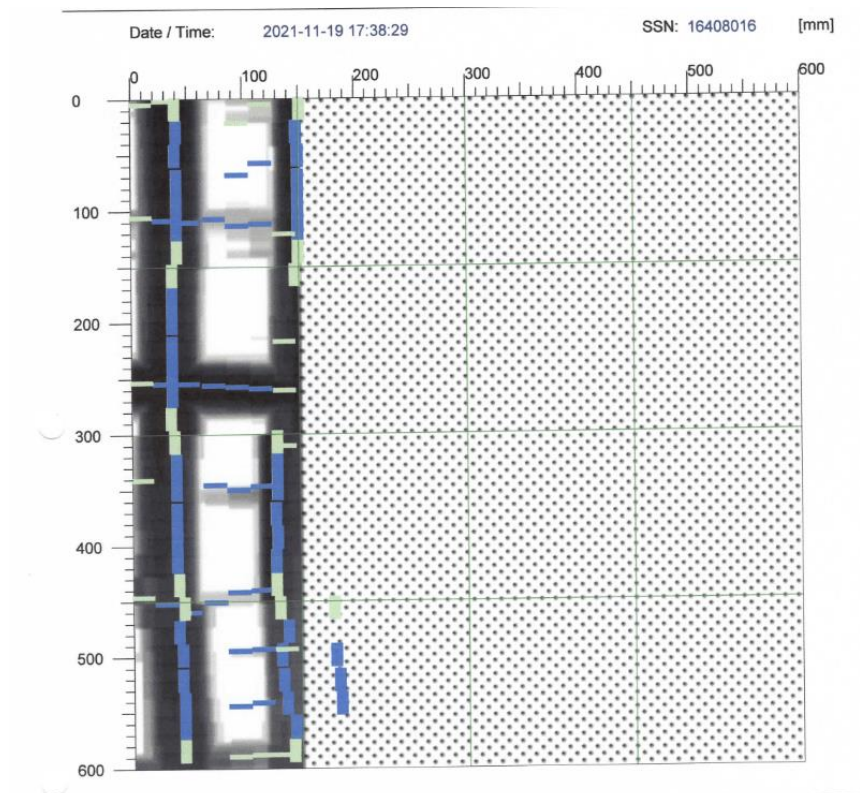
Εικόνα 50: Προσδιορισμός αντοχής σε θλίψη πυρήνων σκυροδέματος κατά E-7.

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι σύμφωνα με την Εγκύκλιο Ε-7, η παρτίδα σκυροδέματος που αντιπροσωπεύεται από τους ανωτέρω πυρήνες, ανήκει στην κατηγορία σκυροδέματος C 16/20.



Εικόνα 51: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.

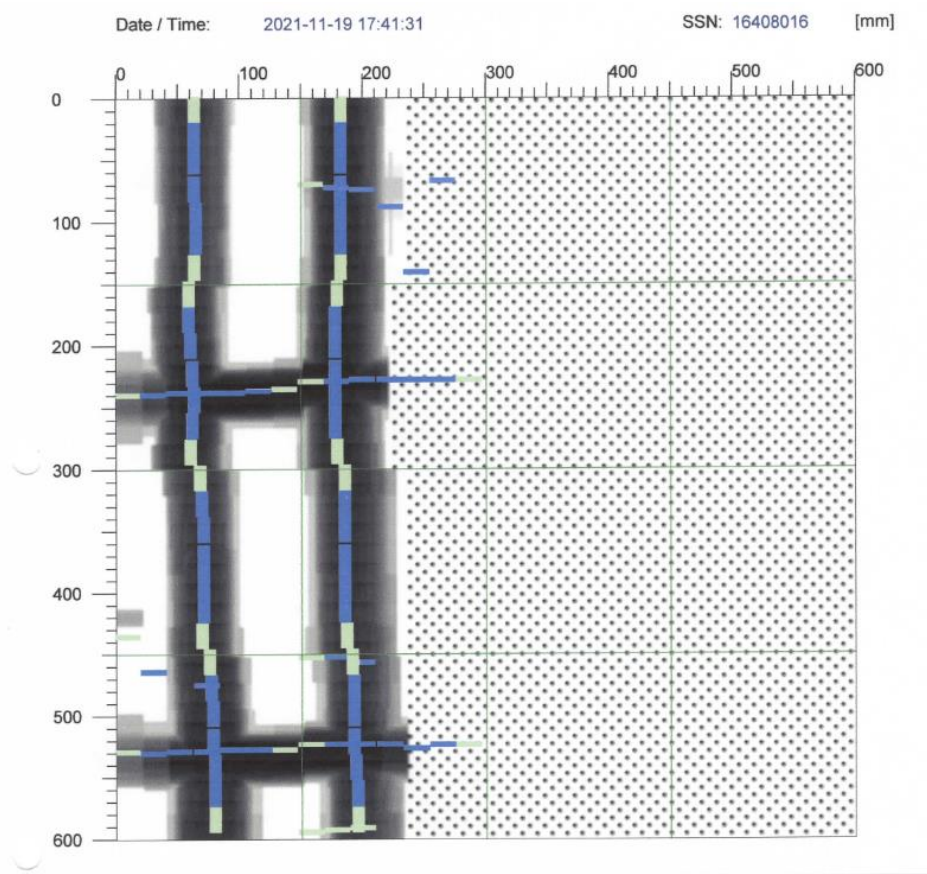
Υποσύλωμα Κ2.



Εικόνα 52: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.

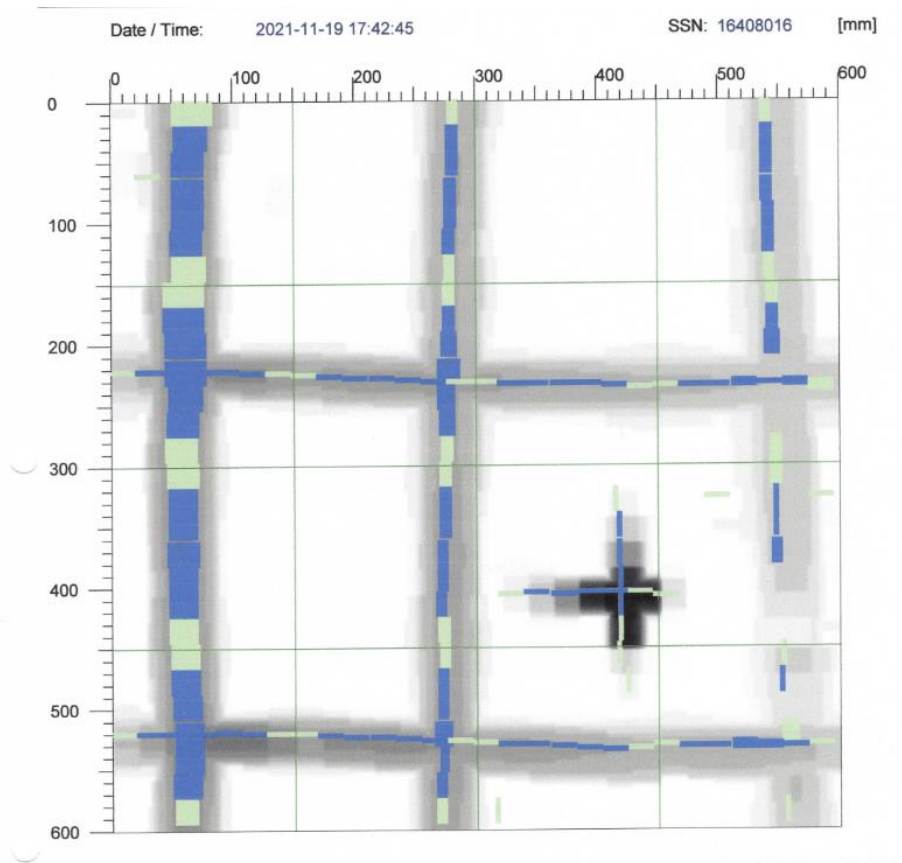
Υποστύλωμα Κ2.

Οι παραπάνω εικόνες αναφέρονται σε μία δοκιμή που έγινε με το όργανο ελέγχου FERROSCANPS 200 (HILTI) και παρουσιάζει τον έλεγχο βάθους επικάλυψης οπλισμού σε στοιχεία από σκυρόδεμα καθώς και την αποτύπωση των υφιστάμενων ράβδων οπλισμού. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον παλιό ξυλότυπο (εικόνα: 44) απεικονίζει τον οπλισμό στο υποστύλωμα Κ2 του ισογείου. Ο οριζόντιος οπλισμός του υποστυλώματος είναι Φ6, ενώ ο κατακόρυφος οπλισμός Φ12.



Εικόνα 53: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.

Υποσύλωμα Κ6



Εικόνα 54: Αποτύπωση υφιστάμενου οπλισμού.

Υποστύλωμα Κ6 (συνέχεια)

Οι παραπάνω εικόνες αναφέρονται στο υποστύλωμα Κ6 του ισογείου (αρίθμηση σύμφωνα με την εικόνα 44). Ο οριζόντιος οπλισμός του υποστυλώματος είναι $\Phi 6$, ενώ ο κατακόρυφος οπλισμός $\Phi 12$.

Ακόμη, σύμφωνα με τα δεδομένα μελέτης της κατασκευής εντοπίζεται ότι η ποιότητα του χάλυβα είναι StI. Με βάση τα σημερινά δεδομένα εκτιμάται ποιότητας S220.

5.3 Φορτία

Τα φορτία της υφιστάμενης κατασκευής είναι τα εξής:

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ	
gc Επικάλυψη:	
Πρόβολος	1.00 KN/m ²
Πλάκα	1.50 KN/m ²
gd Μόνιμο Κατανεμημένο:	
Πρόβολος	0.75 KN/m ²
Πλάκα	0.75 KN/m ²
gb Κονίαμα:	
Πρόβολος	0.00 KN/m ²
Πλάκα	0.00 KN/m ²
ΦΟΡΤΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ	
q Κινητό:	
Πρόβολος	5.00 KN/m ²
Πλάκα	2.00 KN/m ²

Πίνακας 10: Φορτία υφιστάμενης κατασκευής.

5.4 Έδαφος

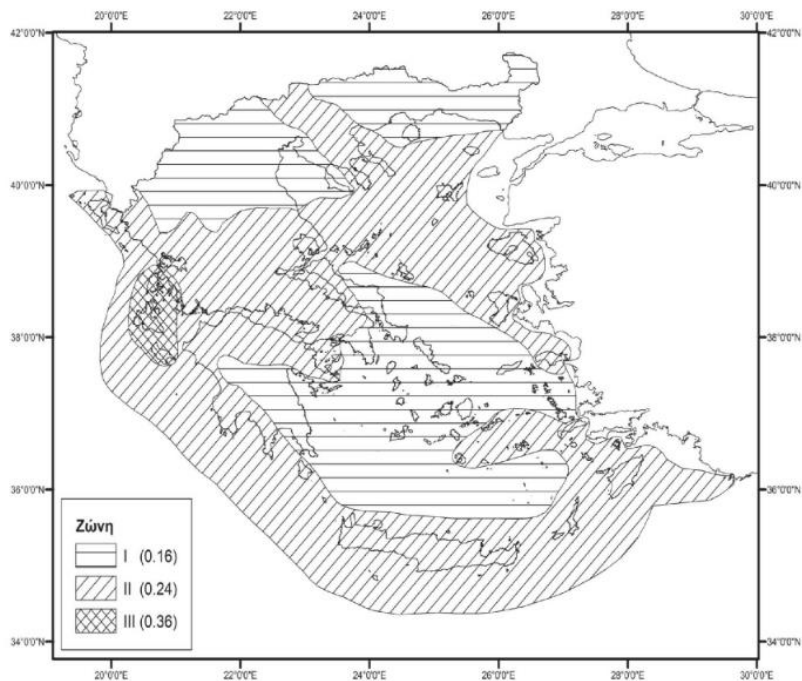
Σύμφωνα με τα δεδομένα του κτηρίου η επιτρεπόμενη τάση του εδάφους είναι $\sigma_{\text{επ.}} = 250 \text{ KN/m}^2$.

Επίσης, ο δείκτης εδάφους προκύπτει $K_s = 45000 \text{ KN/m}^3$.

5.5 Σεισμικότητα

Η Ελλάδα είναι μία σεισμογενής χώρα και γι' αυτό τον λόγο υποδιαιρείται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II και III, τα όρια των οποίων φαίνονται στον Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας, ο οποίος αναθεωρήθηκε και οι τροποποιήσεις του αναγράφονται στο ΦΕΚ1154/Β' 12.8.2003.

Συγκεκριμένα, η κατασκευή που μελετάμε βρίσκεται στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I, με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $agR=0,16g$.



Εικόνα 55: Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος.

(ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)

Το υφιστάμενο κτήριο ανήκει στην κατηγορία σπουδαιότητας II (συνήθη κτήρια) με συντελεστή σπουδαιότητας $\gamma I=1.00$.

5.6 Κανονισμοί Ανάλυσης

Στην ανάλυση (κυρίως με το λογισμικό) θα χρησιμοποιηθούν ο Κανονισμός Επεμβάσεων (2η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 2984B/30-08-2017), ο Κανονισμός Σκυροδέματος 1954, Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 1959, Ευρωκώδικας 8 «Αντισεισμικός Σχεδιασμός» και ο Ευρωκώδικας 2 «Κανονισμός σκυροδέματος».

Επίσης, στην εργασία θα χρησιμοποιηθούν ο Κανονισμός Επεμβάσεων (3^η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 3197/B/22-6-2022) και ΦΕΚ 455B/25-02-2014 Σεισμόπληκτων.

5.7 Στόχοι Αποτίμησης

Στόχος της αποτίμηση του υφισταμένου κτηρίου αποτελεί η στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 «Οιονεί Κατάρρευση», για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη και Β2 «Προστασία Ζωής», για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη. 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. (Κανονισμός Επεμβάσεων (2η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 2984B/30-08-2017)).

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

Πίνακας 11: Στόχοι Αποτίμησης ή Ανασχεδιασμού. (Κανονισμός Επεμβάσεων (2η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 2984B/30-08-2017)).

5.8 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων- ΣΑΔ

Στην συγκεκριμένη υφιστάμενη κατασκευή, με βάση τα δεδομένα των ξυλοτύπων, πυρήνων και στατικών μελετών που διαθέτουμε από παλαιά η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων λήφθηκε «Ικανοποιητική».

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
				ΣΑΔγ (= η δυσμενέστερη μεταξύ των ΣΑΔγ1 & ΣΑΔγ2)						ΣΑΔλ		
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ (ΣΑΔγ1)			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ. (ΣΑΔγ2)			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ		Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)			✓			✓		✓
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)			✓			✓	✓	✓
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓			✓		✓		
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		✓	✓		✓	✓	✓	✓
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Πίνακας 12: Στάθμη Αξιοπιστίας Γεωμετρικών Δεδομένων.

(Κανονισμός Επεμβάσεων (3η Αναθεώρηση, ΦΕΚ 3197/Β/21-06-2022)).

6. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

6.1 Γενικά

Η αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής υλοποιείται με τη χρήση του στατικού προγράμματος FespaC&FespaR έκδοση 8.1.0.22. Το FespaR, το οποίο λειτουργεί είτε αυτόνομα είτε σε συνεργασία με το FespaC, είναι πρόγραμμα της LH Λογισμική για την αποτίμηση και ενίσχυση κτηρίων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Πιο αναλυτικά, αποτελεί ολοκληρωμένη λύση για μελέτη στατικής επάρκειας και ενίσχυσης κτηρίων καθώς διαθέτει δύο μεθόδους ανάλυσης την ανελαστική ανάλυση Pushover και την ελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας. Η διαδικασία ελέγχου είναι κλειστή και αποδίδει μετά την ολοκλήρωσή της τον σεισμικό συντελεστή επιτελεστικότητας, δηλαδή μας πληροφορεί πρακτικά σε τί σεισμό αντέχει το εξεταζόμενο δόμημα. (Πηγή: LHlogismiki).

6.2 Διαδικασία Αποτίμησης

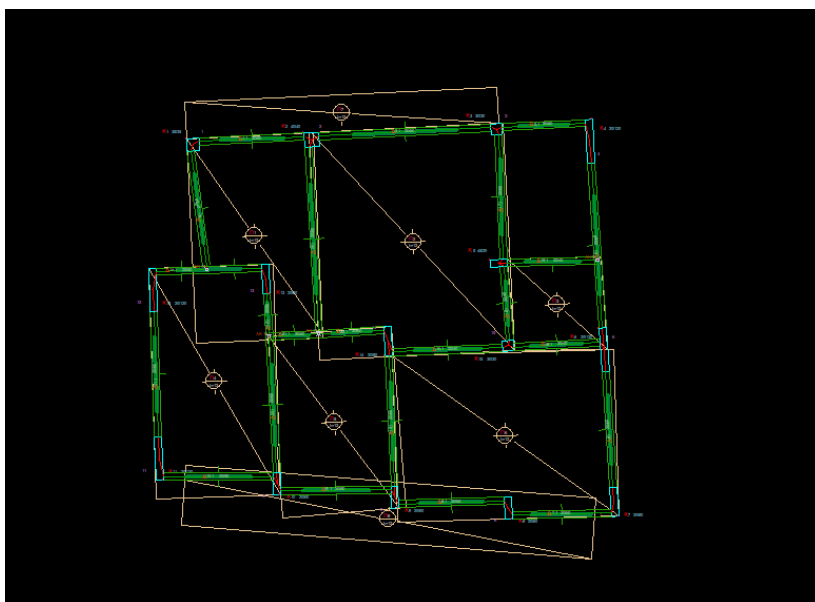
Τα βήματα για την διαδικασία για την εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα αναφέρονται περιληπτικά ως εξής:

- Εισάγουμε στο πρόγραμμα (FESPA) το προσομοίωμα της κατασκευής.
- Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η επίλυση και όπλιση του προσομοιώματος σύμφωνα με τους κανονισμούς κατά τον χρόνο κατασκευής.
- Τα αποτελέσματα του προαναφερόμενου βήματος τροποποιούνται ώστε να δοθούν στα δομικά μέλη οι πραγματικοί υφιστάμενοι οπλισμοί.
- Ορίζουμε τα μέλη ως υφιστάμενα και εισάγουμε τις τιμές σκυροδέματος και χάλυβα.
- Καθορίζουμε τη στάθμη επιτελεστικότητας και την αντίστοιχη σεισμική απαίτηση σύμφωνα με τις οποίες θα γίνει ο έλεγχος.
- Πραγματοποιούμε την επίλυση της κατασκευής και παράγεται η καμπύλης ικανότητας, του φάσματος απαίτησης, ο προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης και ο υπολογισμός των συντελεστών επάρκειας του κάθε μέλους συναρτήσει της εξεταζόμενης στάθμης επιτελεστικότητας.
- Τέλος, αξιολογούνται τα αποτελέσματα.

6.3 Ο Φορέας της Υφιστάμενης Κατασκευής

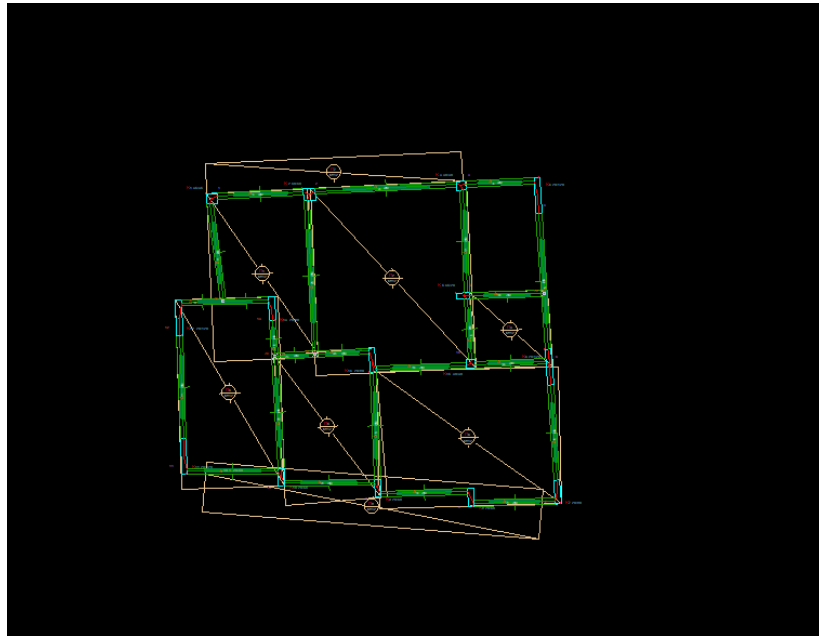
Ο φορέας του υφιστάμενου κτηρίου αποτελείται (όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5) από ισόγειο-πυλωτή και 2 ορόφους.

Η θεμελίωση προέκυψε προσεγγιστικά από το πρόγραμμα για επίλυση σύμφωνα με τους κανονισμούς που είχε μελετηθεί το κτήριο.



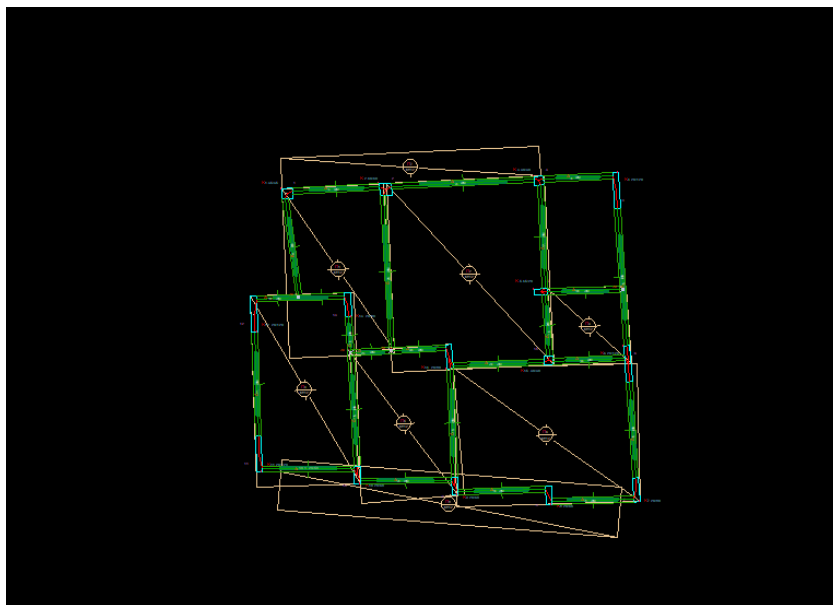
Εικόνα 56: Κάτοψη ισογείου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



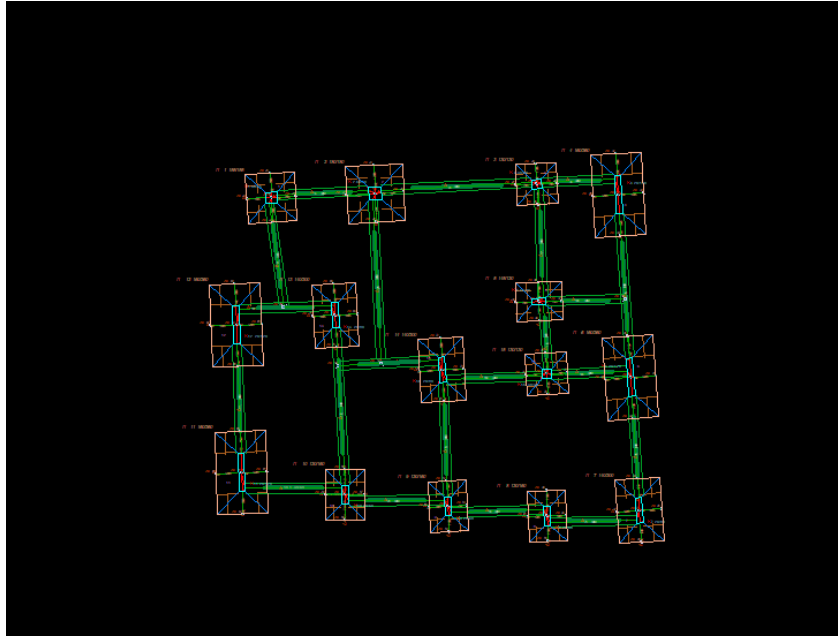
Εικόνα 57: Κάτοψη Α' ορόφου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



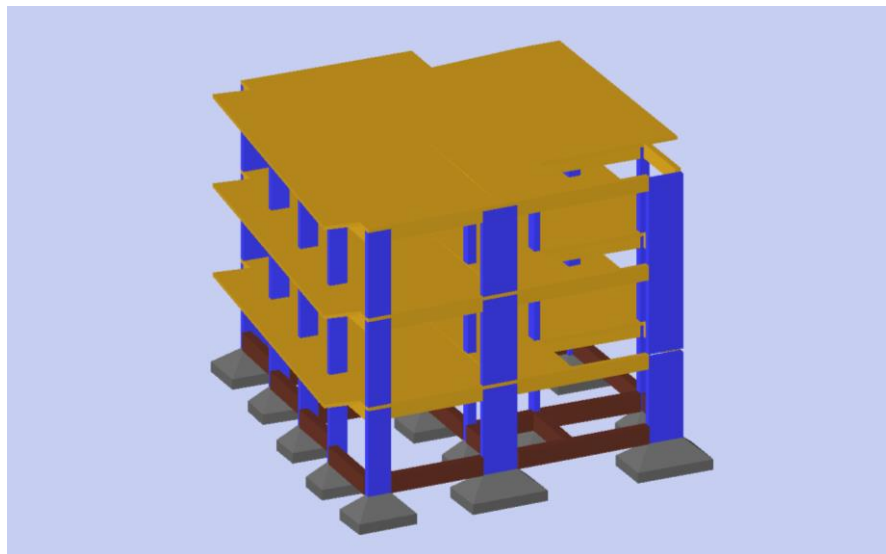
Εικόνα 58: Κάτοψη Β' ορόφου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 59: Θεμελίωση.

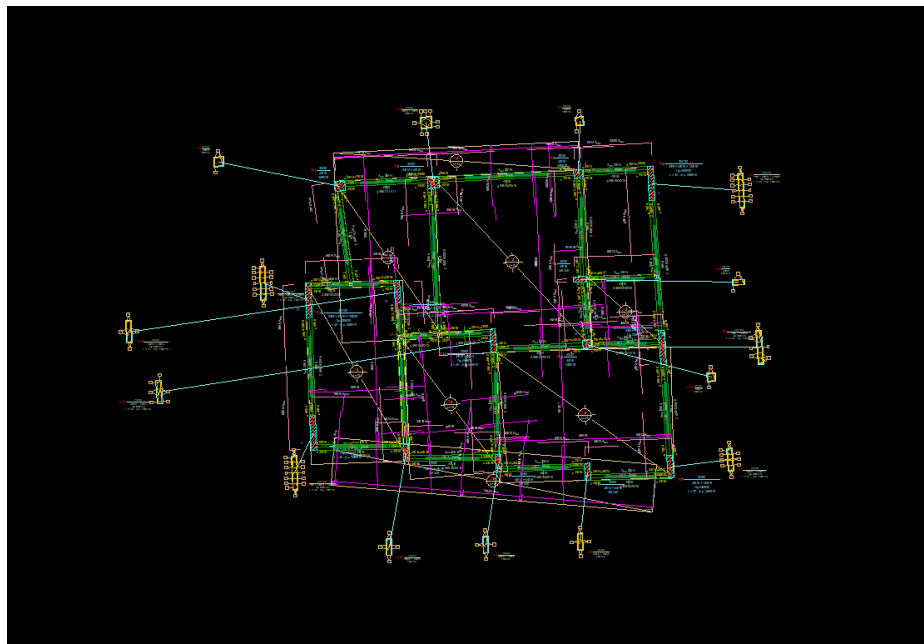
Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 60: Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Αφού εισάγουμε το προσομοίωμα στο πρόγραμμα, ακολουθεί η όπλιση των μελών συναρτήσει των κανονισμών της μελέτης (κανονισμός σκυροδέματος 1954 και αντισεισμικός κανονισμός 1959).



Εικόνα 61: Ξυλότυπος ισογείου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Η παραπάνω όπλιση του κτηρίου που αποτέλεσε εργαλείο και με ελάχιστες τροποποιήσεις εισήγαμε τους πραγματικούς υφιστάμενους οπλισμούς σύμφωνα με τους οποίους θα γίνει η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

6.4 Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτηρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3.

Εφόσον εισήγαμε τους υφιστάμενους οπλισμούς σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς (1954-1959), προχωρήσαμε στην αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτηρίου, τα αποτελέσματα της οποίας θα αξιολογηθούν σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Επιπλέον, από τους Ευρωκώδικες επιλέγουμε το φάσμα των κανονισμών το οποίο καθορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Παράμετρος	Αποτίμηση
Γενική περιγραφή εργασίας	Προσθήκες - Ενισχύσεις - Αποτίμηση
Στόχος μελέτης	Αποτίμηση Φ.Ι.
Υλικό	
Κύριο υλικό κτηρίου	Σκυρόδεμα
Δευτερεύον υλικό κτηρίου	Σκυρόδεμα
Κανονισμοί	
Κανονισμός σκυροδέματος	EC2
Κανονισμός διαστασιολόγησης μεταλλικών στοιχείων	EC3
Αντσεισμικός κανονισμός	EC8
Εθνικό προσάρτημα	GR - Ελλάδα
Θεμελίωση	
Όροφος θεμελίωσης	.1

Υπόδειγμα >> Ενότητα Όλες/Καμία

Εικόνα 62: Παράμετροι αποτίμησης κτηρίου.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

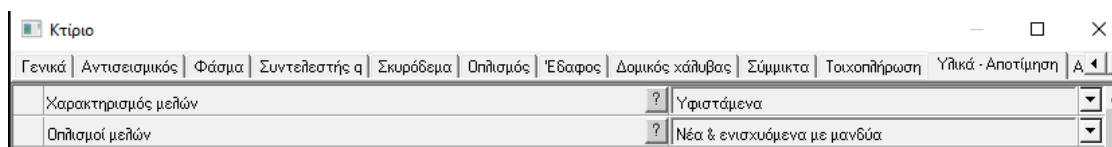
Στη συνέχεια, καθορίζουμε τον σεισμικό συντελεστή σύμφωνα με την σεισμική ζώνη που ανήκει η κατασκευή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 5 το κτήριο ανήκει στην σεισμική ζώνη I με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_gR ίση με 0,16.



Εικόνα 63: Χαρακτηρισμός φάσματος.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Επίσης, στον χαρακτηρισμό των μελών, ορίζουμε τα υλικά ως «Υφιστάμενα» και τον οπλισμό μελών «Νέα και ενισχυόμενα με μανδύα».



Εικόνα 64: Χαρακτηρισμός μελών.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Σημαντική παράμετρος που πρέπει να ρυθμίσουμε στο πρόγραμμα είναι η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ). Το πρόγραμμα διαθέτει για τα υφιστάμενα υλικά τις εξής επιλογές:

- KL1 για Περιορισμένη γνώση (Ανεκτή ΣΑΔ).
- KL2 για Κανονική γνώση (Ικανοποιητική ΣΑΔ).
- KL3 για Πλήρης γνώση (Υψηλή ΣΑΔ).

Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) υφιστάμενων υλικών - Συντ. ασφαλείας		
Επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ._Υ) σκυροδέματος	?	KL2 - Κανονική (Ικανοποιητική)
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών σκυροδέματος CFc	?	1.200
Συντελεστής ασφαλείας σκυροδέματος γ'c	?	1.300
Επίπεδο γνώσης υλικού (Σ.Α.Δ._Υ) χάλυβα οπλισμού	?	KL2 - Κανονική (Ικανοποιητική)
Επίπεδο γνώσης λεπτομερειών όπλισης (Σ.Α.Δ._Λ) χάλυβα οπλισμού	?	KL2 - Κανονική (Ικανοποιητική)
Συντελεστής εμπιστοσύνης χαρακτηριστικών χάλυβα CFs	?	1.200
Συντελεστής ασφαλείας χάλυβα γ's	?	1.150

Εικόνα 65: ΣΑΔ.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

6.5 Επιλογή στάθμης επιτελεστικότητας και έλεγχοι του προγράμματος

Στο υφιστάμενο κτήριο θα γίνει η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας για στάθμη επιτελεστικότητας B ή SD (Προστασία Ζωής) για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 50% σε 50 χρόνια (B2) επίσης, θα γίνει και για στάθμη επιτελεστικότητας Γ ή NC (Αποφυγή Οιονεί Κατάρρευσης) για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 χρόνια (Γ1).

Για την Οριακή Κατάσταση Σημαντικών Βλαβών (B) τα φέροντα στοιχεία έχουν την δυνατότητα αναπτύξουν σημαντικές ανελαστικές παραμορφώσεις αλλά και να διαθέτουν επαρκές περιθώριο ασφαλείας έναντι της διαθέσιμης παραμόρφωσης αστοχίας θ_u . Για την Οριακή Κατάσταση Αποφυγής Κατάρρευσης (Γ) το σημαντικό είναι τα φέροντα στοιχεία να μην ξεπεράσουν τη διαθέσιμη παραμόρφωση αστοχίας.

Τέλος, παρουσιάζεται το διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας στο οποίο εισάγονται κατακόρυφες γραμμές, που αντιστοιχούν, μία για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας, στις τιμές της μετακίνησης κορυφής του κτηρίου κατά την οποία «αστοχεί» το πρώτο δομικό μέλος της κατασκευής. Βλέποντας τη θέση του σημείου της Στοχευόμενης Μετακίνησης και της κατακόρυφης γραμμής και συγκρίνοντας αυτές, εξετάζουμε την επάρκεια του κτηρίου.

SD - Σημαντικές βλάβες	
Στάθμη επιτελεστικότητας SD	? 1η υπέρβαση ορίου σε υποστ/μα ή κύρια δοκού*
SD - Περίοδος επαναφοράς T_SDR [Ετη]	? 140.2
SD - Πιθανότητα υπέρβασης P_SDR [%]	? 30.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ($\gamma^*_{agR_SD}$)	? 0.096
NC - Οιονεί κατάρρευση	
Στάθμη επιτελεστικότητας NC	? 1η αστοχία υποστ/τος ή κύριας δοκού*
NC - Περίοδος επαναφοράς T_NCR [Ετη]	? 475.0
NC - Πιθανότητα υπέρβασης P_NCR [%]	? 10.00
Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ($\gamma^*_{agR_NC}$)	? 0.160

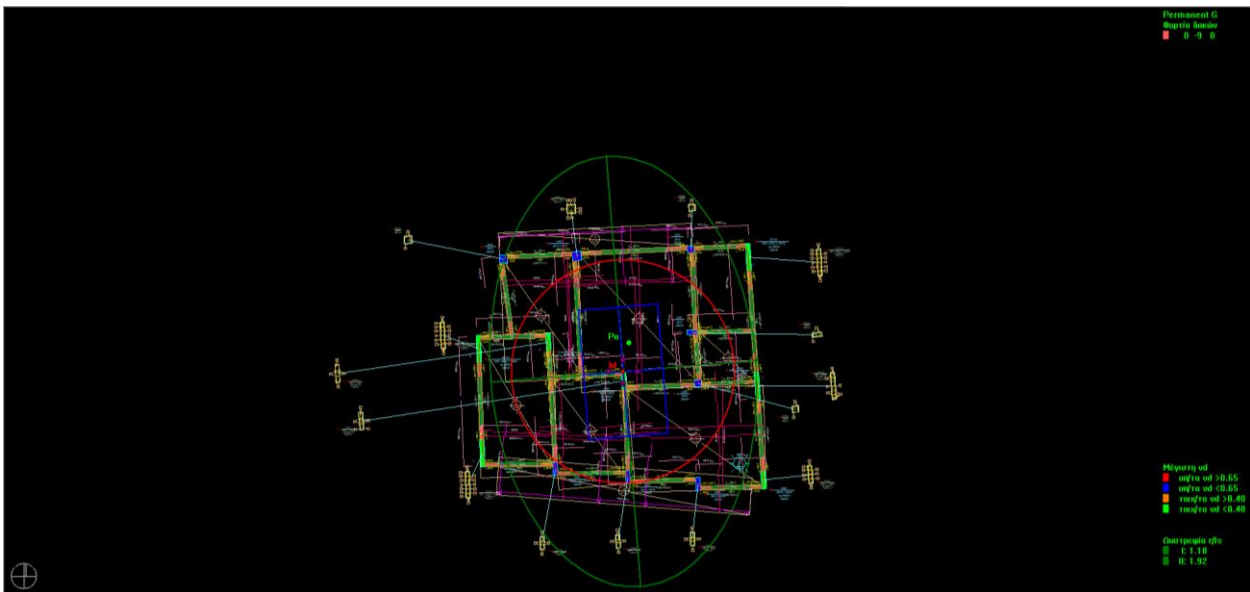
Εικόνα 66: Παράμετροι για τις στάθμες SD (B2) και NC (Γ1)

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

6.6 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

6.6.1 Γραφική αναπαράσταση δυστρεψίας και στατικής εκκεντρότητας

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την στατική εκκεντρότητα, τον κύκλο αδράνειας και την δυστρεψία (υπό μορφή έλλειψης).



Εικόνα 67: Γραφική αναπαράσταση δυστρεψίας και στατικής εκκεντρότητας.

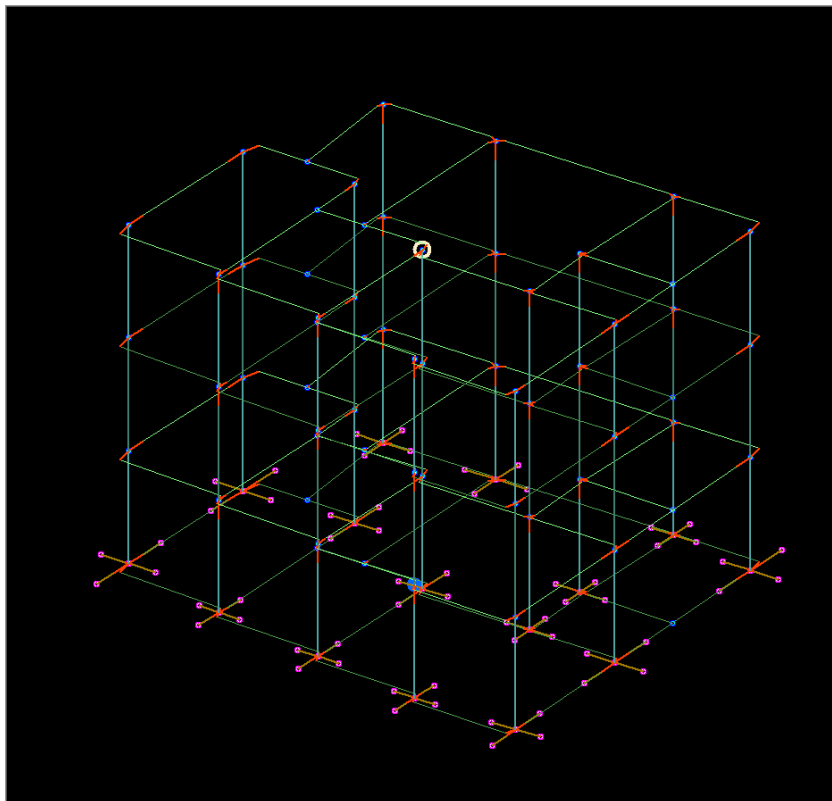
Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

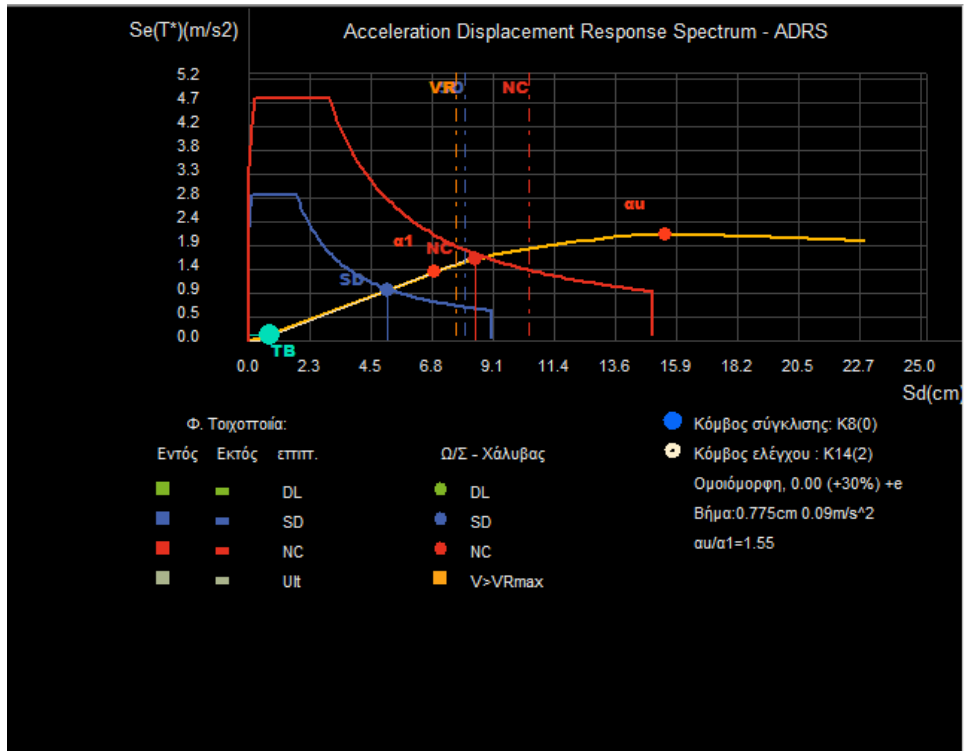
6.6.2 Στατική Ανελαστική Ανάλυση Υφιστάμενου Κτηρίου

Στο υφιστάμενο κτήριο πραγματοποιήθηκαν στατικές ανελαστικές αναλύσεις και παρατηρήθηκε η συμπεριφορά του κτηρίου μέχρι την κατάρρευσή του.

6.6.2.1 Διάγραμμα απαίτησης- ικανότητας (ADRS).

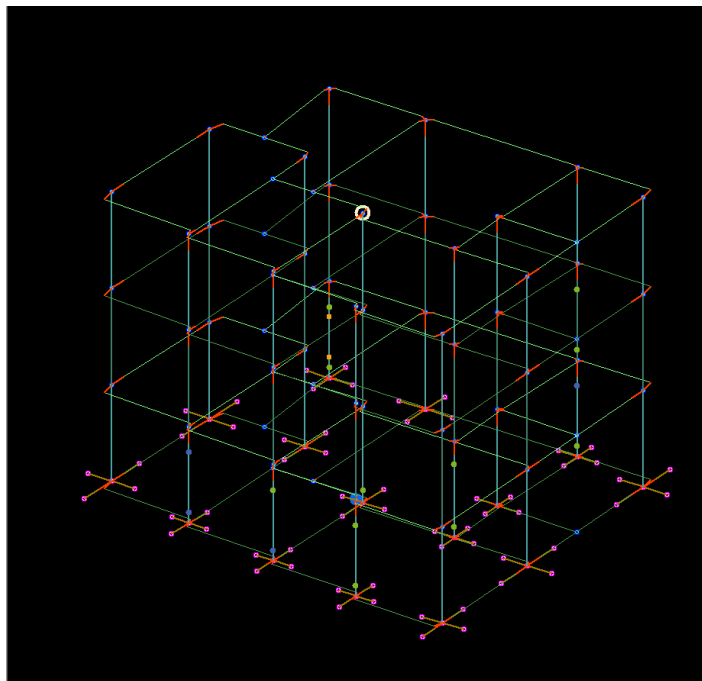
Οι εικόνες που θα εμφανιστούν παρακάτω παρουσιάζουν το διάγραμμα απαίτησης- ικανότητας (ADRS).





Εικόνα 68: Διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

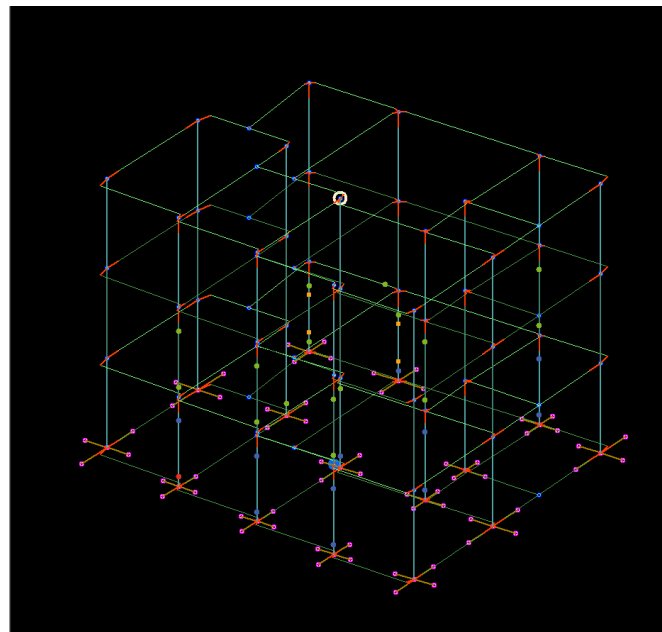


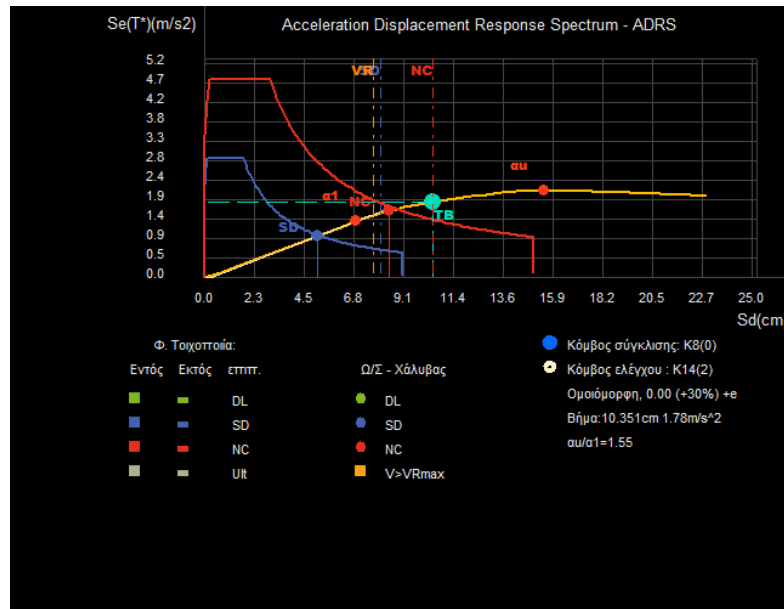


Εικόνα 69: Διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Παραπάνω παρατηρούμε ότι για στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία Ζωής», επαρκεί.





Εικόνα 70: Διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

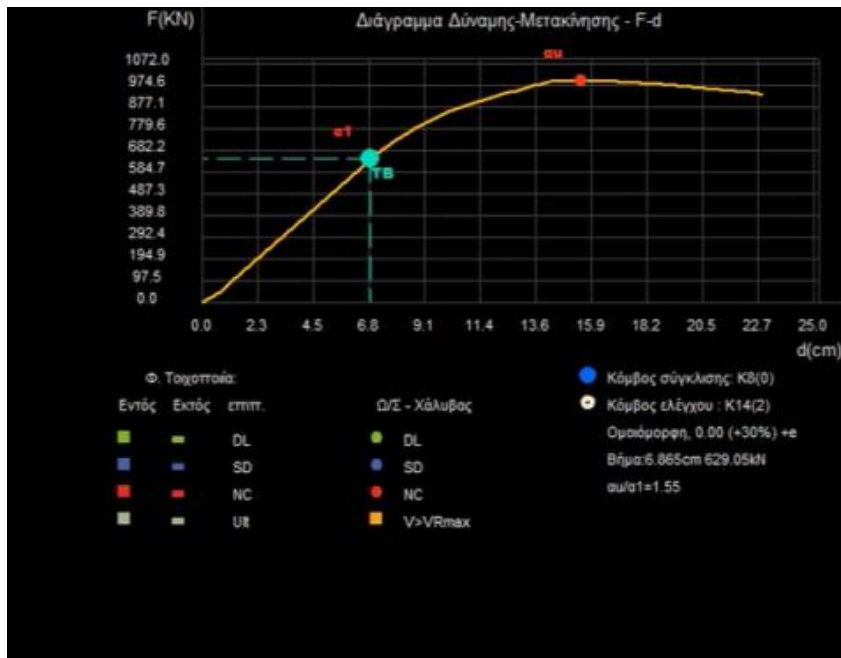
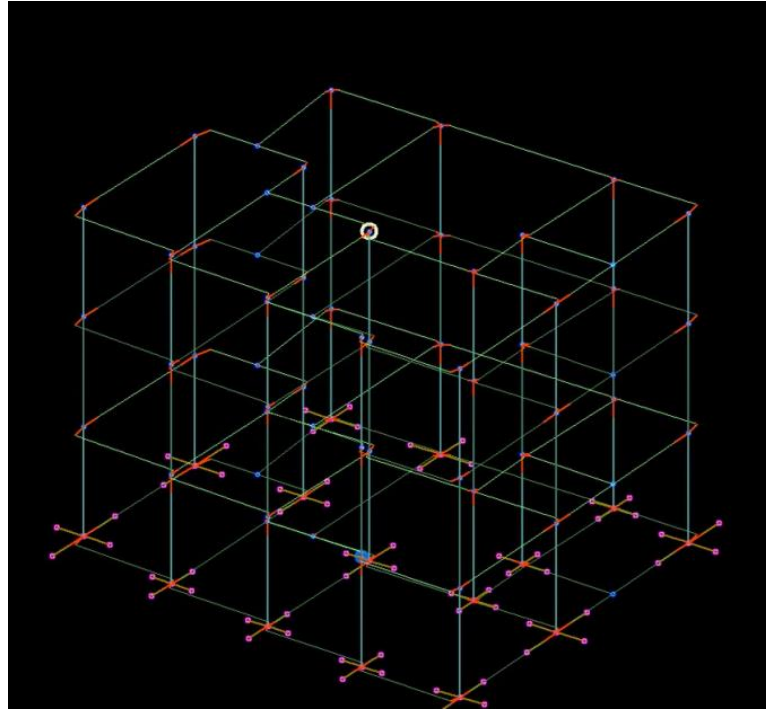
Σε αυτό το σημείο, για NC όπως δείχνει και η παραπάνω εικόνα, έχουμε ήδη αστοχίες σε διάτμηση και το κτήριο καταρρέει.

Επίσης, οι παραπάνω απεικονίσεις δείχνουν (με πράσινες κουκίδες) τις πλαστικές αρθρώσεις κατά τις μετακινήσεις -X και -Z, κατανομής ιδιομορφικής και στάθμης επιτελεστικότητας NC, στις δοκούς και στα υποστυλώματα.

Επιπλέον, στα διαγράμματα παρατηρείται ότι η μπλε κουκίδα που αντιστοιχεί σε στοχευόμενη μετακίνηση για τη στάθμη SD είναι πιο αριστερά από την αντίστοιχη διακεκομμένη γραμμή η οποία αντιστοιχεί στην ικανότητα μετακίνησης του κτηρίου για τη στάθμη SD. Ακόμη, βλέπουμε στα διαγράμματα ότι η γαλάζια κουκίδα, η οποία αντιστοιχεί σε στοχευόμενη μετακίνηση για τη στάθμη NC είναι πιο αριστερά από την αντίστοιχη διακεκομμένη γραμμή, που αντιστοιχεί στην ικανότητα μετακίνησης του κτηρίου της στάθμης αυτής. Τέλος, παρατηρείται ότι έχουμε διατμητική αστοχία του κτηρίου, καθώς η διακεκομμένη γραμμή VR (διατμητική αστοχία) στο διάγραμμα ADRS βρίσκεται πριν από την κουκίδα της στοχευόμενης μετακίνησης της στάθμης επιτελεστικότητας NC και από αυτό συμπεραίνουμε ότι απαιτείται ενίσχυση του κτηρίου.

6.6.2.2 Διάγραμμα Δύναμης – Μετακίνησης

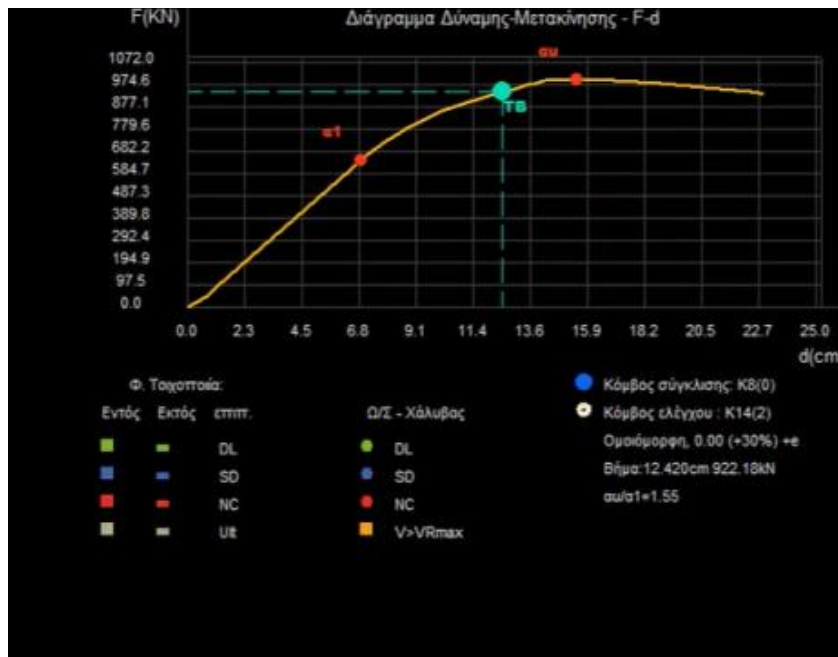
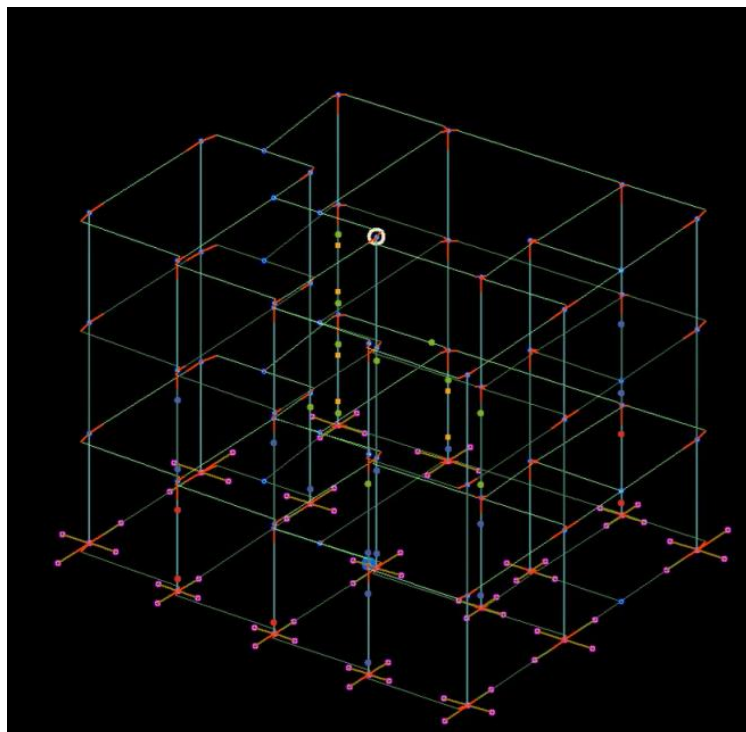
Α) Πρώτη Στάθμη Επιτελεστικότητας «Άμεση Χρήση»



Εικόνα 71: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

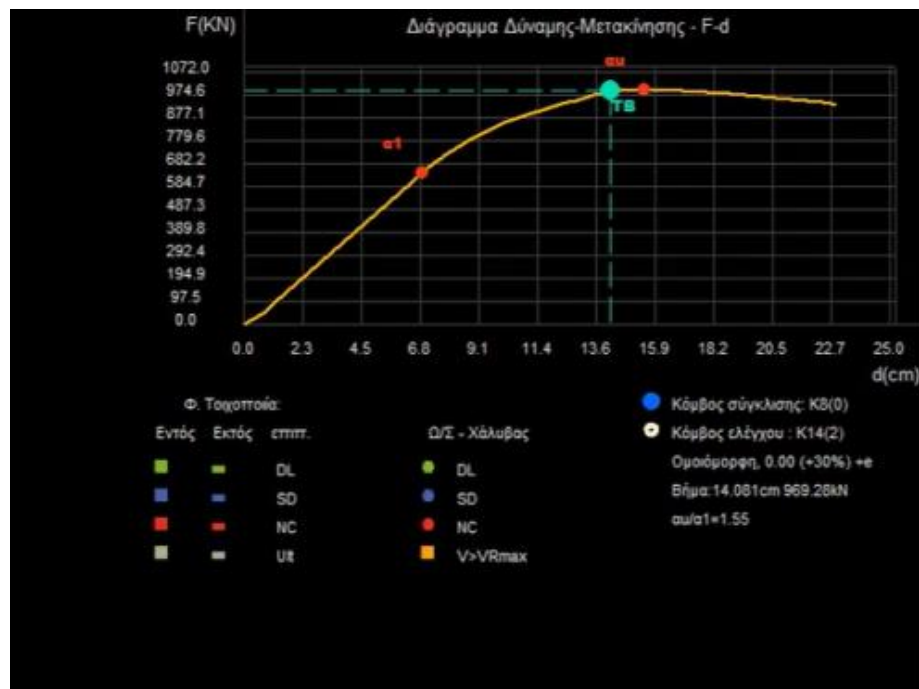
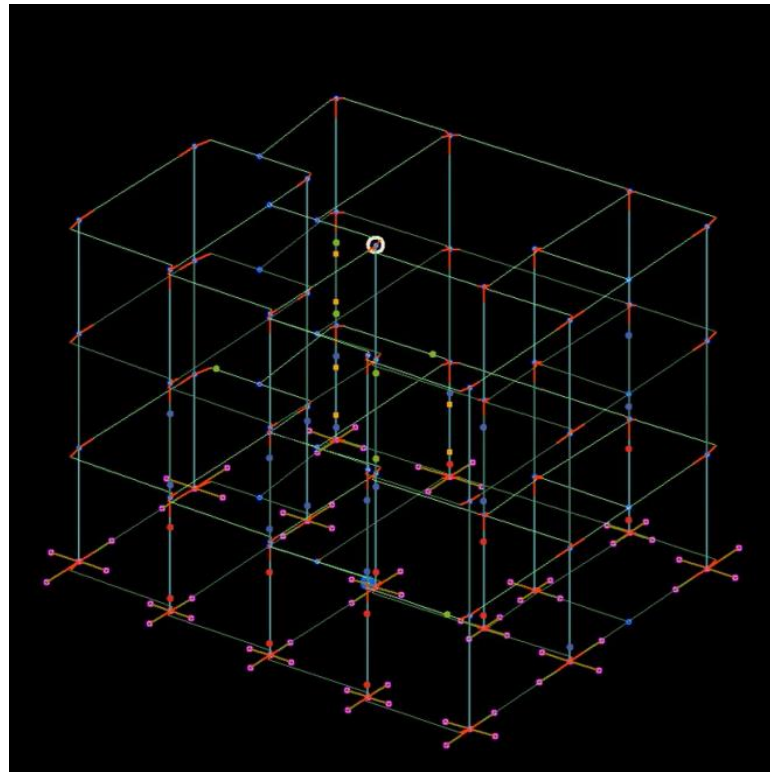
Β) Δεύτερη Στάθμη Επιτελεστικότητας «Προστασία Ζωής»



Εικόνα 72: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Γ) Τρίτη Στάθμη Επιτελεστικότητας «Οιονή Κατάρρευση»



Εικόνα 73: Διάγραμμα Δύναμης-Μετακίνησης.

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

6.6.3 Λόγοι Επάρκειας Μελών

Παρακάτω εμφανίζονται αναλυτικά οι λόγοι επάρκειας Δοκών και Υποστυλωμάτων και οι μέγιστοι λόγοι σε έλεγχο στροφής και έλεγχο διάτμησης και για τις δύο στάθμες επιτελεστικότητας SD (προστασία ζωής) και NC (Αποφυγή κατάρρευσης).

Ο έλεγχος επάρκειας έναντι διάτμησης για την μέγιστη στάθμη επιτελεστικότητας έγινε με βάση τον EC8-3.

Όλοι οι πίνακες που εμφανίζονται παρακάτω είναι από το τεύχος αποτελεσμάτων του λογισμικού FespaC&FespaR έκδοση 8.1.0.22.

Ακολουθούν οι πίνακες με τους λόγους επάρκειας των δοκών:

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD Λ	NC Λ	SD		NC
			Λ	Λ/γ	
Δ1.1(-1) , Λ 1(-1), κ	0.10	0.10	0.24		0.31
Δ1.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.08	0.08	0.20		0.27
Δ2.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.10	0.09	0.29		0.35
Δ2.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.09	0.08	0.26		0.31
Δ3.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.07	0.05	0.10		0.17
Δ3.1(-1) , Λ 4(-1), κ	0.09	0.08	0.22		0.26
Δ4.1(-1) , Λ 1(-1), κ	0.06	0.06	0.19		0.23
Δ4.1(-1) , Λ 16(-1), κ	0.04	0.04	0.15		0.20
Δ5.1(-1) , Λ 4(-1), κ	0.19	0.18	0.37		0.52
Δ5.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.15	0.15	0.35		0.50
Δ6.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.16	0.16	0.33		0.50
Δ6.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.15	0.16	0.32		0.49
Δ7.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.08	0.08	0.18		0.24
Δ7.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.04	0.04	0.17		0.23
Δ8.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.06	0.05	0.17		0.22
Δ8.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.05	0.05	0.16		0.21
Δ9.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.05	0.05	0.20		0.26
Δ9.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.08	0.07	0.17		0.21
Δ10.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.08	0.06	0.14		0.20
Δ10.1(-1) , Λ 11(-1), κ	0.10	0.09	0.23		0.29
Δ11.1(-1) , Λ 11(-1), κ	0.19	0.19	0.36		0.55
Δ11.1(-1) , Λ 12(-1), κ	0.18	0.18	0.35		0.54
Δ12.1(-1) , Λ 13(-1), κ	0.11	0.10	0.30		0.37
Δ12.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.07	0.07	0.27		0.35
Δ13.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.10	0.09	0.25		0.34
Δ13.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.09	0.09	0.24		0.33
Δ14.1(-1) , Λ 12(-1), κ	0.09	0.07	0.28		0.36
Δ14.2(-1) , Λ 13(-1), κ	0.06	0.06	0.18		0.25
Δ15.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.16	0.12	0.27		0.33
Δ15.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.08	0.07	0.11		0.18
Δ16.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.09	0.07	0.11		0.18
Δ16.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.07	0.07	0.22		0.29
Δ17.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.05	0.06	0.17		0.21
Δ17.1(-1) , Λ 5(-1), κ	0.03	0.02	0.16		0.20
Δ18.1(-1) , Λ 5(-1), κ	0.02	0.02	0.12		0.17
Δ18.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.07	0.06	0.14		0.19
Δ20.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.12	0.10	0.28		0.30
Δ20.1(-1) , Λ 17(-1), κ	0.03	0.02	0.15		0.17
Δ21.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.16	0.12	0.50		0.53
Δ1.1(0) , 1(0), κ	0.21	0.23	0.44		0.63
Δ1.1(0) , 2(0), κ	0.24	0.26	0.50		0.71
Δ2.1(0) , 2(0), κ	0.24	0.21	0.61		0.75
Δ2.1(0) , 3(0), κ	0.15	0.16	0.60		0.72
Δ3.1(0) , 3(0), κ	0.16	0.14	0.37		0.75
Δ3.1(0) , 4(0), κ	0.21	0.23	0.37		0.50

Δ4.1(0) , 1(0), κ	0.22	0.23	0.34	0.45
Δ4.1(0) , Λ 16(0), κ	0.10	0.09	0.28	0.40
Δ5.1(0) , 4(0), κ	0.35	0.37	0.63	1.05!
Δ5.1(0) , 6(0), κ	0.31	0.35	0.61	1.28!
Δ6.1(0) , 6(0), κ	0.35	0.37	0.66	1.41!
Δ6.1(0) , 7(0), κ	0.31	0.34	0.59	0.84
Δ7.1(0) , 7(0), κ	0.20	0.21	0.46	0.63
Δ7.1(0) , 8(0), κ	0.11	0.10	0.54	0.71
Δ8.1(0) , 8(0), κ	0.14	0.13	0.46	0.59
Δ8.1(0) , 9(0), κ	0.15	0.14	0.45	0.59
Δ9.1(0) , 9(0), κ	0.16	0.15	0.45	0.59
Δ9.1(0) , 10(0), κ	0.11	0.11	0.43	0.54
Δ10.1(0) , 10(0), κ	0.15	0.13	0.51	0.71
Δ10.1(0) , 11(0), κ	0.21	0.21	0.48	0.62
Δ11.1(0) , 11(0), κ	0.35	0.36	0.64	0.84
Δ11.1(0) , 12(0), κ	0.33	0.37	0.64	1.52!
Δ12.1(0) , 13(0), κ	0.31	0.30	0.57	0.66
Δ13.1(0) , 14(0), κ	0.24	0.23	0.62	0.85
Δ13.1(0) , 9(0), κ	0.22	0.24	0.58	0.82
Δ14.1(0) , 12(0), κ	0.20	0.20	0.54	0.72
Δ14.2(0) , 13(0), κ	0.14	0.14	0.52	0.71
Δ15.1(0) , 14(0), κ	0.25	0.20	0.58	0.71
Δ15.1(0) , 15(0), κ	0.21	0.20	0.44	0.56
Δ16.1(0) , 15(0), κ	0.20	0.20	0.54	1.10!
Δ16.1(0) , 6(0), κ	0.22	0.24	0.47	0.68
Δ17.1(0) , 3(0), κ	0.16	0.17	0.40	0.51
Δ17.1(0) , 5(0), κ	0.06	0.06	0.40	0.51
Δ18.1(0) , 5(0), κ	0.08	0.06	0.39	0.53
Δ18.1(0) , 15(0), κ	0.20	0.21	0.37	0.51
Δ20.1(0) , 2(0), κ	0.22	0.22	0.66	0.72
Δ20.1(0) , Λ 17(0), κ	0.10	0.10	0.52	0.59
Δ21.1(0) , Λ 19(0), κ	0.06	0.04	0.28	0.31
Δ21.1(0) , Λ 17(0), κ	0.17	0.13	0.15	0.18
Δ22.1(0) , Λ 19(0), κ	0.17	0.11	0.30	0.40
Δ22.1(0) , 10(0), κ	0.26	0.26	0.50	0.59
Δ23.1(0) , Λ 17(0), κ	0.14	0.11	0.22	0.26
Δ23.1(0) , 14(0), κ	0.18	0.16	0.36	0.39
Δ1.1(1) , 1(1), κ	0.18	0.18	0.45	0.64
Δ1.1(1) , 2(1), κ	0.19	0.19	0.50	0.72
Δ2.1(1) , 2(1), κ	0.20	0.19	0.58	0.70
Δ2.1(1) , 3(1), κ	0.11	0.12	0.56	0.66
Δ3.1(1) , 3(1), κ	0.13	0.10	0.29	0.44
Δ3.1(1) , 4(1), κ	0.18	0.18	0.32	0.44
Δ4.1(1) , 1(1), κ	0.19	0.20	0.33	0.44
Δ4.1(1) , Λ 16(1), κ	0.07	0.06	0.27	0.38
Δ5.1(1) , 4(1), κ	0.32	0.32	0.59	0.97
Δ5.1(1) , 6(1), κ	0.29	0.31	0.57	1.11!
Δ6.1(1) , 6(1), κ	0.31	0.32	0.60	1.20!
Δ6.1(1) , 7(1), κ	0.30	0.32	0.57	0.83
Δ7.1(1) , 7(1), κ	0.17	0.16	0.43	0.56
Δ7.1(1) , 8(1), κ	0.10	0.09	0.47	0.61
Δ8.1(1) , 8(1), κ	0.13	0.11	0.42	0.53
Δ8.1(1) , 9(1), κ	0.11	0.10	0.41	0.51

Δ8.1(1) , 8(1), κ	0.13	0.11	0.42	0.53
Δ8.1(1) , 9(1), κ	0.11	0.10	0.41	0.51
Δ9.1(1) , 9(1), κ	0.12	0.12	0.42	0.53
Δ9.1(1) , 10(1), κ	0.09	0.10	0.39	0.48
Δ10.1(1) , 10(1), κ	0.13	0.11	0.48	0.63
Δ10.1(1) , 11(1), κ	0.19	0.19	0.44	0.56
Δ11.1(1) , 11(1), κ	0.33	0.35	0.61	0.84
Δ11.1(1) , 12(1), κ	0.32	0.34	0.60	1.25!
Δ12.1(1) , 13(1), κ	0.30	0.30	0.57	0.65
Δ13.1(1) , 14(1), κ	0.22	0.21	0.59	0.81
Δ13.1(1) , 9(1), κ	0.22	0.23	0.57	0.79
Δ14.1(1) , 12(1), κ	0.17	0.15	0.49	0.62
Δ14.2(1) , 13(1), κ	0.10	0.10	0.45	0.59
Δ15.1(1) , 14(1), κ	0.21	0.16	0.54	0.64
Δ15.1(1) , 15(1), κ	0.18	0.17	0.41	0.51
Δ16.1(1) , 15(1), κ	0.17	0.17	0.45	0.62
Δ16.1(1) , 6(1), κ	0.20	0.20	0.42	0.58
Δ17.1(1) , 3(1), κ	0.15	0.15	0.38	0.48
Δ17.1(1) , 5(1), κ	0.06	0.05	0.38	0.48
Δ18.1(1) , 5(1), κ	0.06	0.05	0.36	0.49
Δ18.1(1) , 15(1), κ	0.19	0.19	0.35	0.47
Δ20.1(1) , 2(1), κ	0.21	0.20	0.66	0.71
Δ20.1(1) , Λ 17(1), κ	0.09	0.09	0.50	0.56
Δ21.1(1) , Λ 19(1), κ	0.06	0.04	0.27	0.29
Δ21.1(1) , Λ 17(1), κ	0.17	0.12	0.14	0.16
Δ22.1(1) , Λ 17(1), κ	0.14	0.10	0.21	0.24
Δ22.1(1) , 14(1), κ	0.16	0.13	0.36	0.40
Δ23.1(1) , Λ 19(1), κ	0.16	0.11	0.28	0.38
Δ23.1(1) , 10(1), κ	0.26	0.26	0.50	0.58
Δ1.1(2) , 1(2), κ	0.10	0.10	0.31	0.40
Δ1.1(2) , 2(2), κ	0.11	0.09	0.38	0.47
Δ2.1(2) , 2(2), κ	0.10	0.09	0.52	0.58
Δ2.1(2) , 3(2), κ	0.09	0.06	0.48	0.54
Δ3.1(2) , 3(2), κ	0.05	0.05	0.19	0.25
Δ3.1(2) , 4(2), κ	0.11	0.10	0.20	0.26
Δ4.1(2) , 1(2), κ	0.09	0.11	0.26	0.33
Δ4.1(2) , Λ 16(2), κ	0.08	0.06	0.24	0.31
Δ5.1(2) , 4(2), κ	0.24	0.23	0.49	0.87
Δ5.1(2) , 6(2), κ	0.21	0.20	0.50	0.90
Δ6.1(2) , 6(2), κ	0.21	0.20	0.44	0.64
Δ6.1(2) , 7(2), κ	0.20	0.20	0.44	0.65
Δ7.1(2) , 7(2), κ	0.07	0.08	0.31	0.37
Δ7.1(2) , 8(2), κ	0.05	0.04	0.37	0.43
Δ8.1(2) , 8(2), κ	0.08	0.07	0.37	0.41
Δ8.1(2) , 9(2), κ	0.05	0.04	0.34	0.39
Δ9.1(2) , 9(2), κ	0.05	0.05	0.33	0.37
Δ9.1(2) , 10(2), κ	0.04	0.04	0.31	0.36
Δ10.1(2) , 10(2), κ	0.08	0.05	0.38	0.45
Δ10.1(2) , 11(2), κ	0.07	0.09	0.35	0.41
Δ11.1(2) , 11(2), κ	0.27	0.27	0.53	0.79
Δ11.1(2) , 12(2), κ	0.24	0.26	0.48	0.94
Δ12.1(2) , 13(2), κ	0.28	0.25	0.62	0.68
Δ13.1(2) , 14(2), κ	0.12	0.14	0.47	0.60
Δ13.1(2) , 9(2), κ	0.12	0.13	0.49	0.62

Δ14.1(2) , 12(2), κ	0.05	0.06	0.40	0.47
Δ14.2(2) , 13(2), κ	0.05	0.04	0.39	0.44
Δ15.1(2) , Λ 19(2), κ	0.17	0.11	0.22	0.28
Δ15.1(2) , 10(2), κ	0.16	0.16	0.47	0.53
Δ16.1(2) , 15(2), κ	0.08	0.09	0.34	0.41
Δ16.1(2) , 6(2), κ	0.07	0.09	0.33	0.40
Δ17.1(2) , 3(2), κ	0.06	0.09	0.31	0.36
Δ17.1(2) , 5(2), κ	0.07	0.04	0.33	0.39
Δ18.1(2) , 5(2), κ	0.05	0.03	0.29	0.36
Δ18.1(2) , 15(2), κ	0.11	0.11	0.26	0.33
Δ20.1(2) , 2(2), κ	0.12	0.10	0.64	0.67
Δ20.1(2) , Λ 17(2), κ	0.10	0.09	0.50	0.54
Δ21.1(2) , Λ 19(2), κ	0.05	0.04	0.26	0.27
Δ21.1(2) , Λ 17(2), κ	0.17	0.12	0.13	0.14
Δ22.1(2) , Λ 17(2), κ	0.14	0.09	0.19	0.21
Δ22.1(2) , 14(2), κ	0.12	0.09	0.37	0.39
Δ23.1(2) , 14(2), κ	0.20	0.13	0.47	0.52
Δ23.1(2) , 15(2), κ	0.13	0.11	0.34	0.39

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ5.1(0)	Κύριο	0.35
NC	Δ11.1(0)	Κύριο	0.37

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ20.1(0)	Κύριο	0.66
NC	Δ11.1(0)	Κύριο	1.52!

Πίνακας 13: Λόγοι Επάρκειας Δοκών

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Ακολουθούν οι πίνακες με τους λόγους επάρκειας των υποστυλωμάτων:

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποσυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ		SD λV	NC
K1(0) , κάτω, κ	0.46	0.51	γ:	0.64	1.55!
K1(0) , άνω, κ	0.35	0.36	z:	0.37	0.58
K1(1) , κάτω, κ	0.32	0.32	γ:	0.63	1.32!
K1(1) , άνω, κ	0.36	0.36	z:	0.35	0.55
K1(2) , κάτω, κ	0.21	0.21	γ:	0.41	0.62
K1(2) , άνω, κ	0.33	0.27	z:	0.38	0.55
K2(0) , κάτω, κ	0.54	0.57	γ:	0.70	1.61!
K2(0) , άνω, κ	0.47	0.42	z:	0.38	0.52
K2(1) , κάτω, κ	0.41	0.36	γ:	0.62	1.13!
K2(1) , άνω, κ	0.44	0.37	z:	0.34	0.46
K2(2) , κάτω, κ	0.30	0.25	γ:	0.42	0.66
K2(2) , άνω, κ	0.44	0.39	z:	0.48	0.59
K3(0) , κάτω, κ	0.64	0.75	γ:	0.72	0.92
K3(0) , άνω, κ	0.59	0.75	z:	0.29	0.45
K3(1) , κάτω, κ	0.56	0.68	γ:	0.76	0.96
K3(1) , άνω, κ	0.58	0.64	z:	0.32	0.49
K3(2) , κάτω, κ	0.42	0.38	γ:	0.65	0.97
K3(2) , άνω, κ	0.53	0.49	z:	0.35	0.50
K4(0) , κάτω, κ	0.41	0.53	sls:	-	-
K4(0) , άνω, κ	0.25	0.26	z:	0.42	0.68
K4(1) , κάτω, κ	0.23	0.24	sls:	-	-
K4(1) , άνω, κ	0.25	0.29	z:	0.20	0.33
K4(2) , κάτω, κ	0.16	0.15	sls:	-	-
K4(2) , άνω, κ	0.21	0.21	z:	0.15	0.19
K5(0) , κάτω, κ	0.60	0.63	γ:	0.26	0.45
K5(0) , άνω, κ	0.44	0.42	z:	0.56	0.78
K5(1) , κάτω, κ	0.44	0.43	γ:	0.30	0.51
K5(1) , άνω, κ	0.47	0.48	z:	0.34	0.38
K5(2) , κάτω, κ	0.39	0.35	γ:	0.28	0.45
K5(2) , άνω, κ	0.56	0.48	z:	0.58	0.62
K6(0) , κάτω, κ	0.50	0.68	sls:	-	-
K6(0) , άνω, κ	0.29	0.30	z:	0.56	0.95
K6(1) , κάτω, κ	0.24	0.25	sls:	-	-
K6(1) , άνω, κ	0.31	0.34	z:	0.37	0.61
K6(2) , κάτω, κ	0.16	0.13	sls:	-	-
K6(2) , άνω, κ	0.27	0.31	z:	0.34	0.56
K7(0) , κάτω, κ	0.45	0.62	sls:	-	-
K7(0) , άνω, κ	0.31	0.36	z:	0.29	0.46
K7(1) , κάτω, κ	0.34	0.35	sls:	-	-
K7(1) , άνω, κ	0.37	0.41	z:	0.24	0.39
K7(2) , κάτω, κ	0.22	0.21	sls:	-	-
K7(2) , άνω, κ	0.33	0.39	z:	0.21	0.34
K8(0) , κάτω, κ	0.51	0.58	γ:	0.41	0.67
K8(0) , άνω, κ	0.48	0.55	z:	0.08	0.14
K8(1) , κάτω, κ	0.47	0.51	γ:	0.43	0.69
K8(1) , άνω, κ	0.46	0.50	z:	0.05	0.09
K8(2) , κάτω, κ	0.32	0.32	γ:	0.32	0.50
K8(2) , άνω, κ	0.32	0.32	z:	0.05	0.08

K9(0) , κάτω, κ	0.60	0.71	γ:	0.40	0.65
K9(0) , άνω, κ	0.52	0.59	z:	0.31	0.45
K9(1) , κάτω, κ	0.49	0.54	γ:	0.38	0.62
K9(1) , άνω, κ	0.51	0.56	z:	0.30	0.45
K9(2) , κάτω, κ	0.35	0.33	γ:	0.30	0.48
K9(2) , άνω, κ	0.42	0.47	z:	0.38	0.54
K10(0) , κάτω, κ	0.63	0.77	γ:	0.43	0.68
K10(0) , άνω, κ	0.58	0.73	z:	0.28	0.39
K10(1) , κάτω, κ	0.56	0.65	γ:	0.41	0.67
K10(1) , άνω, κ	0.55	0.60	z:	0.30	0.40
K10(2) , κάτω, κ	0.38	0.37	γ:	0.28	0.46
K10(2) , άνω, κ	0.54	0.50	z:	0.43	0.53
K11(0) , κάτω, κ	0.35	0.44	sls:	-	-
K11(0) , άνω, κ	0.29	0.34	z:	0.28	0.46
K11(1) , κάτω, κ	0.19	0.17	sls:	-	-
K11(1) , άνω, κ	0.21	0.20	z:	0.24	0.39
K11(2) , κάτω, κ	0.18	0.17	sls:	-	-
K11(2) , άνω, κ	0.23	0.25	z:	0.15	0.21
K12(0) , κάτω, κ	0.37	0.46	sls:	-	-
K12(0) , άνω, κ	0.28	0.29	z:	0.35	0.59
K12(1) , κάτω, κ	0.29	0.28	sls:	-	-
K12(1) , άνω, κ	0.28	0.29	z:	0.25	0.39
K12(2) , κάτω, κ	0.18	0.16	sls:	-	-
K12(2) , άνω, κ	0.26	0.26	z:	0.17	0.28
K13(0) , κάτω, κ	0.45	0.53	sls:	-	-
K13(0) , άνω, κ	0.39	0.39	z:	0.34	0.51
K13(1) , κάτω, κ	0.36	0.34	sls:	-	-
K13(1) , άνω, κ	0.36	0.36	z:	0.32	0.46
K13(2) , κάτω, κ	0.24	0.20	sls:	-	-
K13(2) , άνω, κ	0.46	0.43	z:	0.45	0.56
K14(0) , κάτω, κ	0.58	0.61	sls:	-	-
K14(0) , άνω, κ	0.50	0.50	z:	0.27	0.43
K14(1) , κάτω, κ	0.46	0.45	sls:	-	-
K14(1) , άνω, κ	0.49	0.49	z:	0.28	0.45
K14(2) , κάτω, κ	0.34	0.30	sls:	-	-
K14(2) , άνω, κ	0.44	0.41	z:	0.32	0.50
K15(0) , κάτω, κ	0.53	0.59	γ:	0.56	0.91
K15(0) , άνω, κ	0.41	0.44	z:	0.23	0.37
K15(1) , κάτω, κ	0.39	0.41	γ:	0.54	0.92
K15(1) , άνω, κ	0.41	0.42	z:	0.23	0.37
K15(2) , κάτω, κ	0.25	0.22	γ:	0.38	0.60
K15(2) , άνω, κ	0.30	0.29	z:	0.24	0.36

sls: Διαστημική ολίσθηση VR,SLS [ΚΑΝ.ΕΠ.Ε. ΠΑΡ. 7Γ (Γ.6)].

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος Ροπήs

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K3(0)	Κύριο	0.64
NC	K10(0)	Κύριο	0.77

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K3(1)	Κύριο	0.76
NC	K2(0)	Κύριο	1.61!

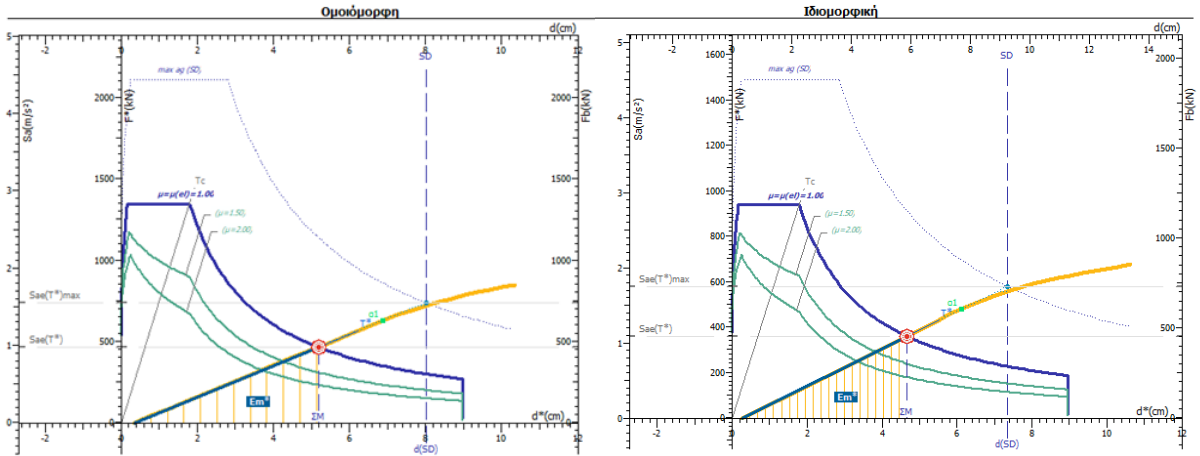
Πίνακας 14: Λόγοι Επάρκειας Υποστυλωμάτων

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

6.6.4 Διαγράμματα Απαίτησης – Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]

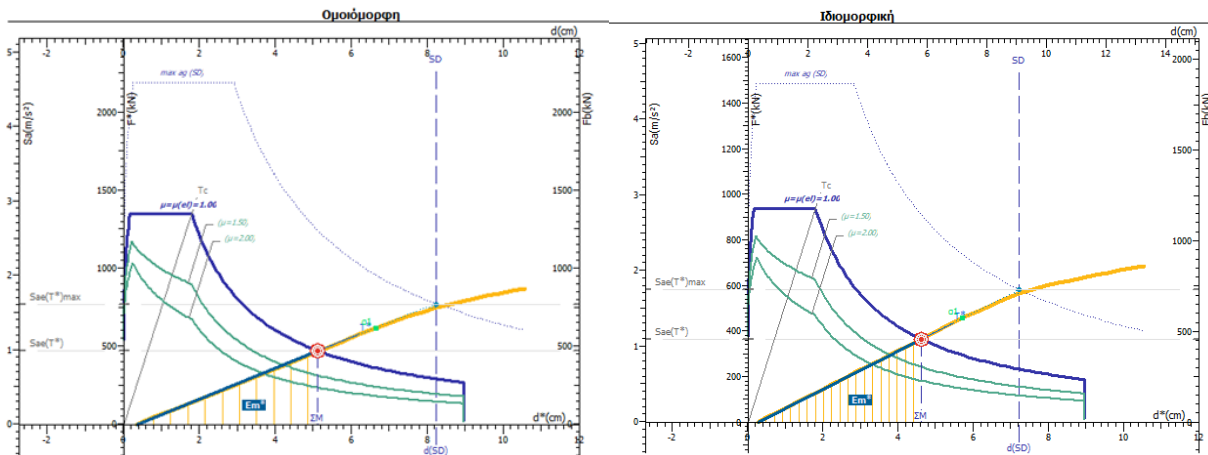
- Στάθμη επιλεστικότητα SD

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση $0^\circ+30\% \cdot 90^\circ +eZ$.



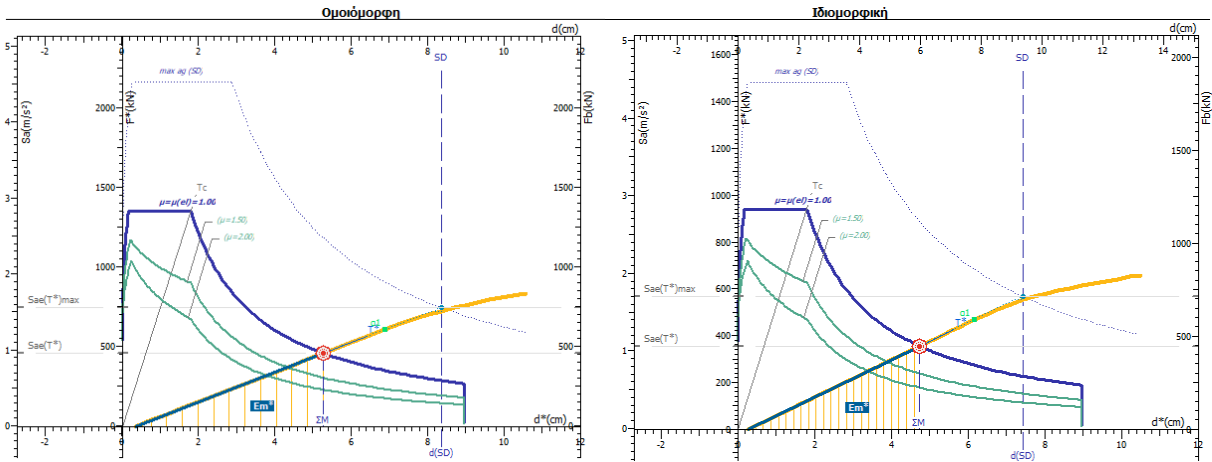
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 476.7 \text{tn}, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.18 \text{cm}}{0.98 \cdot 10^3 \text{cm/s}^2}} = 1.44 \text{s}$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_n}{F^*}$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_a \equiv R = 1$	$m^* = 331.6 \text{tn}, \Gamma = 1.26$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.66 \text{cm}}{1.09 \cdot 10^3 \text{cm/s}^2}} = 1.30 \text{s}$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(5.18 \text{cm} - \frac{1210.5 \text{cm} \cdot \text{kN}}{467.63 \text{kN}} \right) = 5.18 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 0.98 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.44 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 5.18 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.18 \text{cm} = 5.18 \text{cm}$ $dy = 5.18 \text{cm}, dt = 5.18 \text{cm}$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.66 \text{cm} - \frac{842.1 \text{cm} \cdot \text{kN}}{361.74 \text{kN}} \right) = 4.66 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.09 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.30 \text{s}}{2\pi} \right]^2 = 4.66 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.66 \text{cm} = 4.66 \text{cm}$ $dy = 5.86 \text{cm}, dt = 5.86 \text{cm}$
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιλεστικότητα SD.		
$\max a_g = 0.150 \geq 0.096 \text{ (ok)}$		$\max a_g = 0.153 \geq 0.096 \text{ (ok)}$
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{ax}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°+30%·90° -eZ.



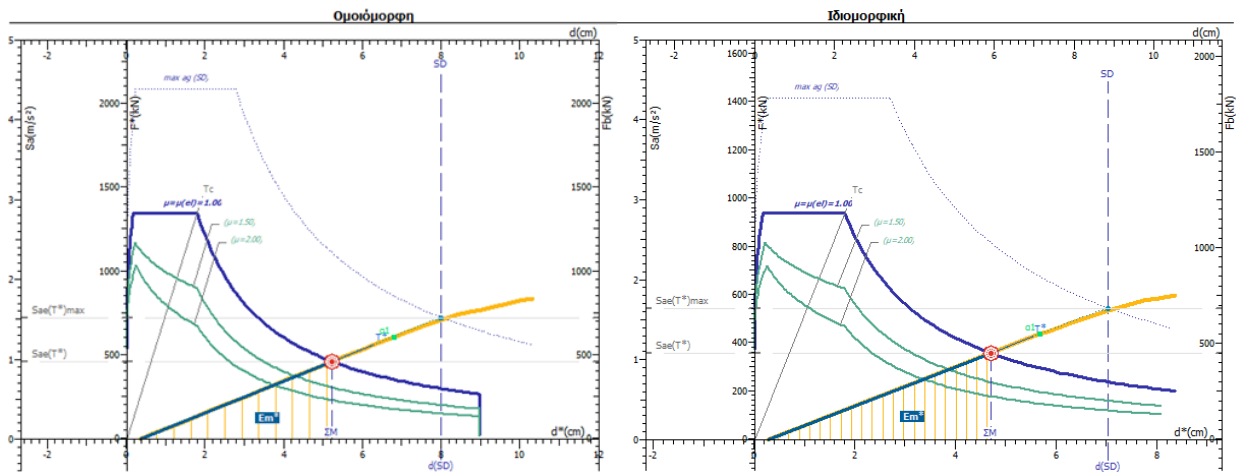
<p>1.</p> <p>Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>m* = 476.7tn, Γ = 1.00</p> <p>T* = 2π √(5.12cm / (0.99 · 10²cm/s²)) = 1.43s</p> <p>q_u = 1.00</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_r}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>S_{ay} > S_{ae}(T*) ∴ q_u ≡ q_s ≡ R = 1</p>	<p>m* = 331.6tn, Γ = 1.26</p> <p>T* = 2π √(4.61cm / (1.10 · 10²cm/s²)) = 1.29s</p> <p>q_u = 1.00</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>μ_d = 1.00</p>	<p>T* ≥ T_c = 0.50s ∴ μ_d = q_u</p>	<p>μ_d = 1.00</p>
<p>3.</p> <p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>dy* = 2 (5.12cm - (1210.5cm · kN) / 472.79kN) = 5.12cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 0.99m/s² · [(1.43s) / 2π]² = 5.12cm</p> <p>dt* = 1.00 · 5.12cm = 5.12cm</p> <p>dy = 5.12cm, dt = 5.12cm</p>	<p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u</p> <p>d_{et}* = S_e(T*) [(T*) / 2π]²</p> <p>dt* = μ_d/q_u · d_{et}*</p> <p>dy = Γ · dy*, dt = Γ · dt*</p>	<p>dy* = 2 (4.61cm - (842.1cm · kN) / 365.24kN) = 4.61cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 1.10m/s² · [(1.29s) / 2π]² = 4.61cm</p> <p>dt* = 1.00 · 4.61cm = 4.61cm</p> <p>dy = 5.81cm, dt = 5.81cm</p>
<p>4.</p> <p>max a_g = 0.156 ≥ 0.096 (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιπελεστικότητα SD.</p>	<p>max a_g = 0.152 ≥ 0.096 (ok)</p>
<p>5.</p> <p>q_s = 1.0</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>q_s ≡ q_u = (S_{aw} / S_{at}) ≥ 1.0</p>	<p>q_s = 1.0</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°-30°·270° +eZ.



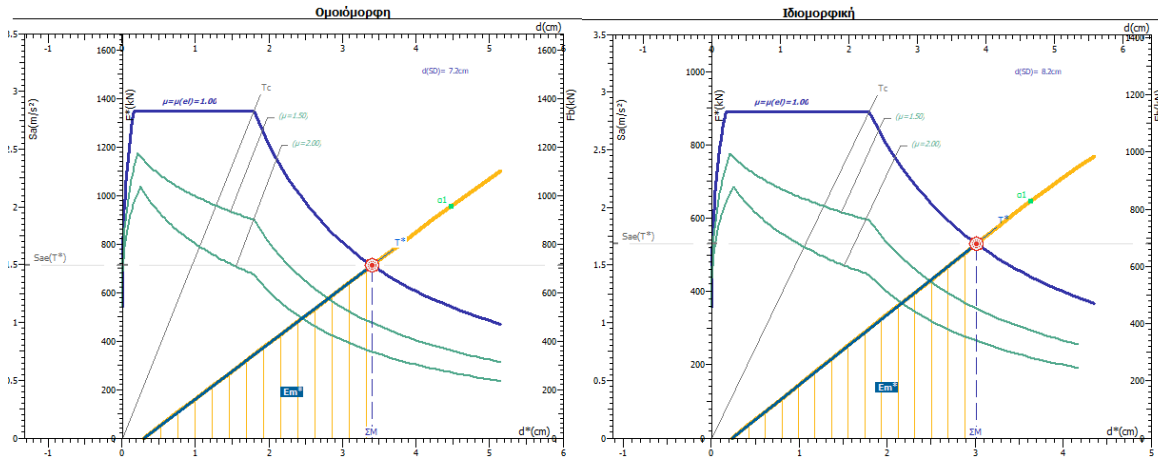
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>m* = 476.7tn, Γ = 1.00</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.27\text{cm}}{0.96 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.47\text{s}$</p> <p>q_u = 1.00</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>S_{av} > S_{as}(T*) ∴ q_u ≡ q_u ≡ R = 1</p>	<p>m* = 331.6tn, Γ = 1.26</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.74\text{cm}}{1.07 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.32\text{s}$</p> <p>q_u = 1.00</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>μ_d = 1.00</p>	<p>T* ≥ T_c = 0.50s ∴ μ_d = q_u</p>	<p>μ_d = 1.00</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>dy* = 2 (5.27cm - $\frac{1210.5\text{cm} \cdot \text{kN}}{459.66\text{kN}}$) = 5.27cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 0.96m/s² · $\left[\frac{1.47\text{s}}{2n}\right]^2 = 5.27\text{cm}$</p> <p>dt* = 1.00 · 5.27cm = 5.27cm</p> <p>dy = 5.27cm, dt = 5.27cm</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E \cdot m^*}{F_y} \right)$ <p>C₁ ≡ μ_d/q_u</p> $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ <p>dt* = μ_d/q_u · d_{et}*</p> <p>dy = Γ · dy*, dt = Γ · dt*</p>	<p>dy* = 2 (4.74cm - $\frac{842.1\text{cm} \cdot \text{kN}}{355.52\text{kN}}$) = 4.74cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 1.07m/s² · $\left[\frac{1.32\text{s}}{2n}\right]^2 = 4.74\text{cm}$</p> <p>dt* = 1.00 · 4.74cm = 4.74cm</p> <p>dy = 5.96cm, dt = 5.96cm</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_d για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.</p>		
<p>max a_d = 0.154 ≥ 0.096 (ok)</p>		<p>max a_d = 0.152 ≥ 0.096 (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>q_s = 1.0</p>	<p>q_s ≡ q_u = $\frac{S_{av}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>q_s = 1.0</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°-30%-270° -eZ.



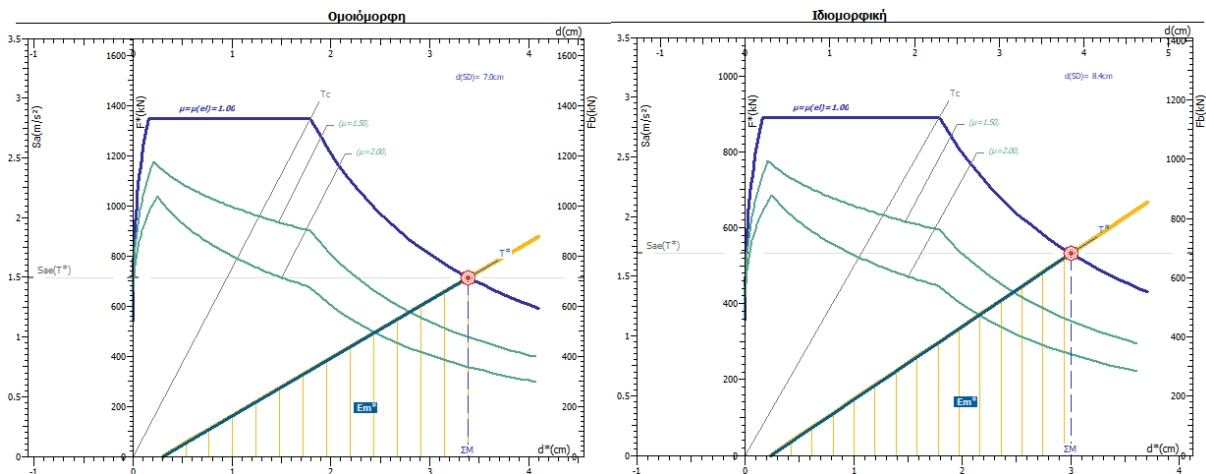
<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 476.7\text{tn}$, $\Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.22\text{cm}}{0.97 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.46\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 331.6\text{tn}$, $\Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.70\text{cm}}{1.08 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.31\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50\text{s} \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(5.22\text{cm} - \frac{1210.5\text{cm} \cdot \text{kN}}{463.57\text{kN}} \right) = 5.22\text{cm}$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 0.97\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.46\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 5.22\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 5.22\text{cm} = 5.22\text{cm}$</p> <p>$dy = 5.22\text{cm}$, $dt = 5.22\text{cm}$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*$, $dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.70\text{cm} - \frac{842.1\text{cm} \cdot \text{kN}}{358.61\text{kN}} \right) = 4.70\text{cm}$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.08\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.31\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 4.70\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.70\text{cm} = 4.70\text{cm}$</p> <p>$dy = 5.91\text{cm}$, $dt = 5.91\text{cm}$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.149 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.145 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a,p}}{S_{a,t}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°+30%·0° +eX.



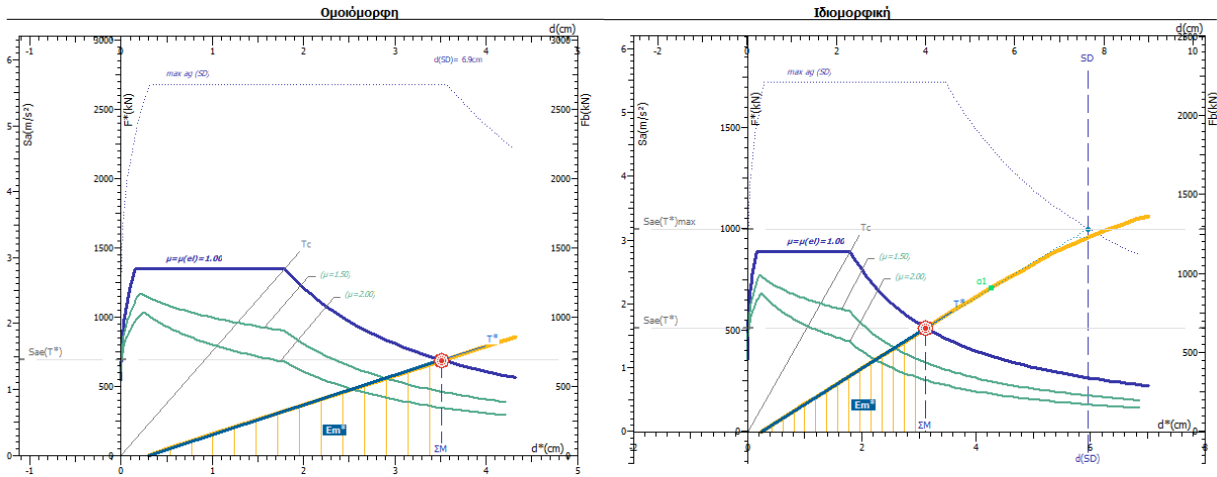
1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.		
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.40cm}{1.49 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.95s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$	$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.01cm}{1.69 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.84s$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
$dy^* = 2 \left(3.40cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{711.37kN} \right) = 3.40cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.49m/s^2 \cdot \left[\frac{0.95s}{2n} \right]^2 = 3.40cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.40cm = 3.40cm$ $dy = 3.40cm, dt = 3.40cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(3.01cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{531.58kN} \right) = 3.01cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.69m/s^2 \cdot \left[\frac{0.84s}{2n} \right]^2 = 3.01cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.01cm = 3.01cm$ $dy = 3.86cm, dt = 3.86cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.		
$\max a_g = 0.206 \geq 0.096$ (ok)		$\max a_g = 0.206 \geq 0.096$ (ok)
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a,m}}{S_{a,i}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°+30°·0° -eX.



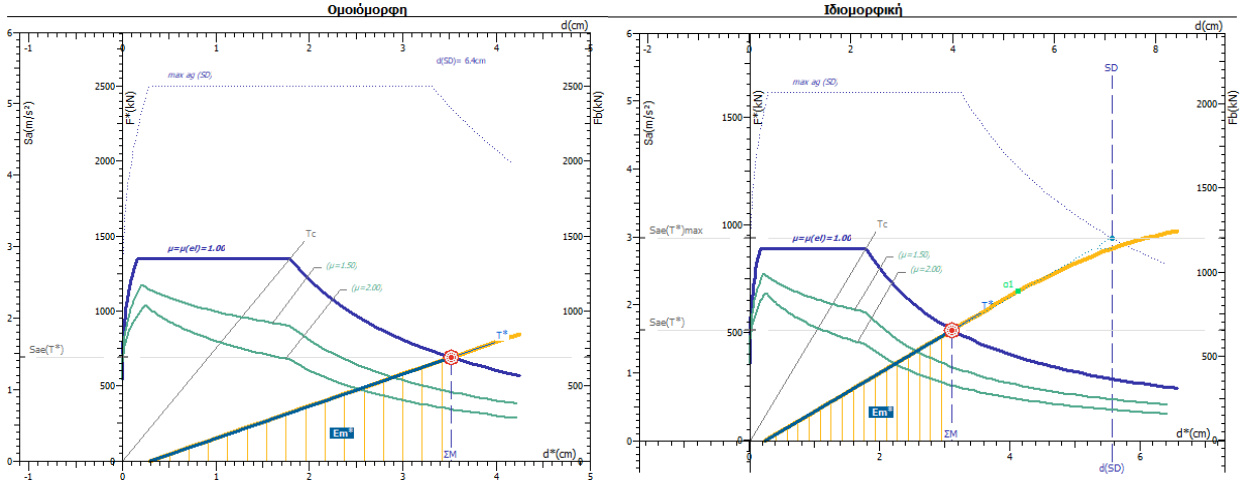
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>m* = 476.7tn, Γ = 1.00</p> <p>T* = 2n √(3.39cm / (1.50 · 10²cm/s²)) = 0.95s</p> <p>q_u = 1.00</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>S_{ay} > S_{ax}(T*) ∴ q_u ≡ q_m ≡ R = 1</p>	<p>m* = 315.2tn, Γ = 1.28</p> <p>T* = 2n √(3.01cm / (1.69 · 10²cm/s²)) = 0.84s</p> <p>q_u = 1.00</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>μ_d = 1.00</p>		
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>dy* = 2 (3.39cm - (1210.5cm · kN / 714.20kN)) = 3.39cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 1.50m/s² · [0.95s / 2n]² = 3.39cm</p> <p>dt* = 1.00 · 3.39cm = 3.39cm</p> <p>dy = 3.39cm, dt = 3.39cm</p>	$dy^* = 2(d_m^* - \frac{E_{pl}^*}{F_y^*})$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>dy* = 2 (3.01cm - (800.4cm · kN / 532.29kN)) = 3.01cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 1.69m/s² · [0.84s / 2n]² = 3.01cm</p> <p>dt* = 1.00 · 3.01cm = 3.01cm</p> <p>dy = 3.85cm, dt = 3.85cm</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιπεδοτικότητα SD.</p> <p>max a_g = 0.201 ≥ 0.096 (ok)</p>		
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>q_s = 1.0</p>		
<p>q_s ≡ q_u = (S_{ax})₁ / (S_{ax})₂ ≥ 1.0</p> <p>q_s = 1.0</p>		

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%-180° +εΧ.



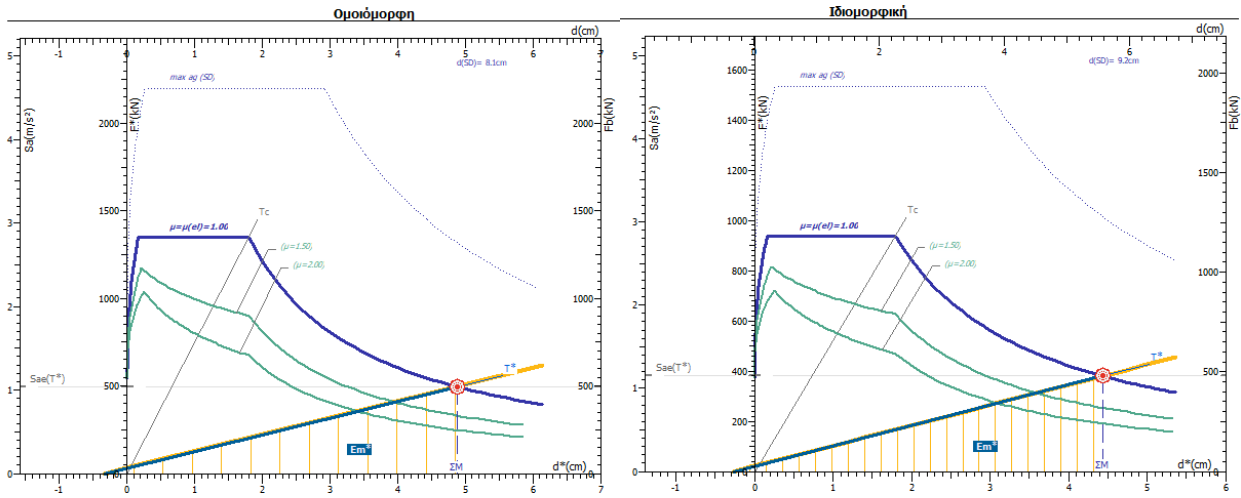
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.52cm}{1.44 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.98s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$ $S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$	$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.12cm}{1.63 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.87s$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(3.52cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{688.28kN} \right) = 3.52cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.44m/s^2 \cdot \left[\frac{0.98s}{2n} \right]^2 = 3.52cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.52cm = 3.52cm$ $dy = 3.52cm, dt = 3.52cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_{m^*}}{Fy^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(3.12cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{512.68kN} \right) = 3.12cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.63m/s^2 \cdot \left[\frac{0.87s}{2n} \right]^2 = 3.12cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.12cm = 3.12cm$ $dy = 4.00cm, dt = 4.00cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.	
$max a_g = 0.191 \geq 0.096$ (ok)	$max a_g = 0.186 \geq 0.096$ (ok)	
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%-180° -εΧ.



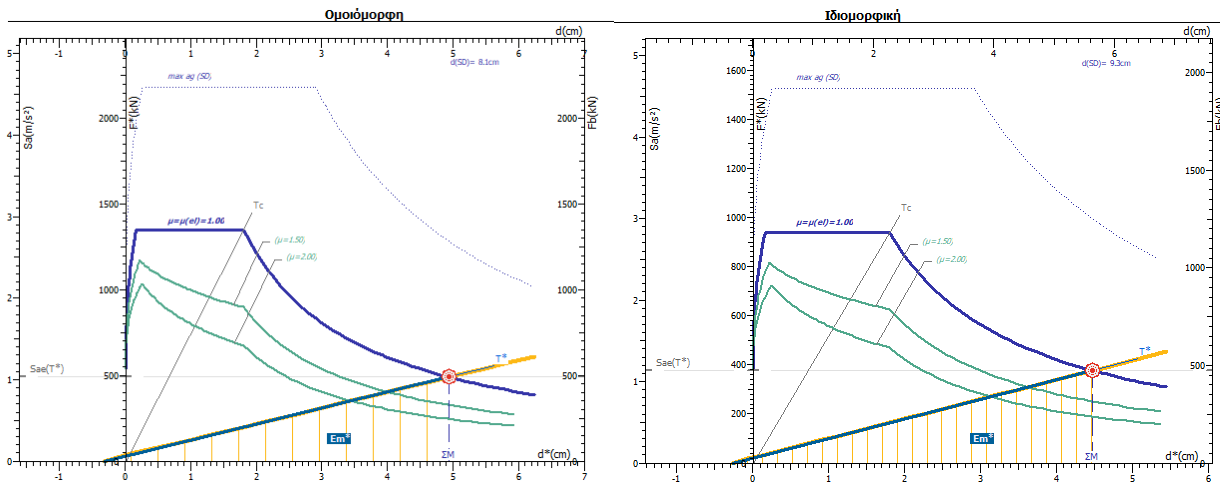
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.52cm}{1.44 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.98s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$ $S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_m \equiv R = 1$	$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.11cm}{1.63 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.87s$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(3.52cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{688.39kN} \right) = 3.52cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.44m/s^2 \cdot \left[\frac{0.98s}{2n} \right]^2 = 3.52cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.52cm = 3.52cm$ $dy = 3.52cm, dt = 3.52cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_x(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(3.11cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{514.08kN} \right) = 3.11cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.63m/s^2 \cdot \left[\frac{0.87s}{2n} \right]^2 = 3.11cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.11cm = 3.11cm$ $dy = 3.99cm, dt = 3.99cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_d για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.	
$\max a_d = 0.178 \geq 0.096 (ok)$	$\max a_d = 0.174 \geq 0.096 (ok)$	
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°+30%·90° +eZ.



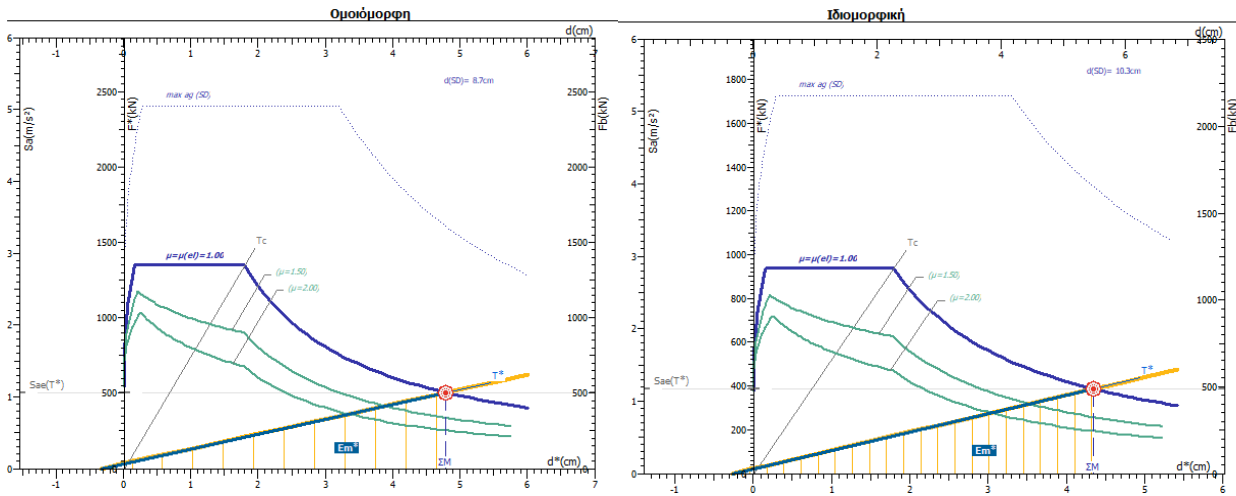
<p>1.</p> <p>Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>m* = 476.7tn, Γ = 1.00</p> $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.88\text{cm}}{1.04 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.36\text{s}$ <p>q_u = 1.00</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>S_{ay} > S_{ax}(T^*) ∴ q_u ≡ q_m ≡ R = 1</p>	<p>m* = 331.6tn, Γ = 1.26</p> $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.43\text{cm}}{1.15 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.24\text{s}$ <p>q_u = 1.00</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>μ_d = 1.00</p>	<p>T* ≥ Tc = 0.50s ∴ μ_d = q_u</p>	<p>μ_d = 1.00</p>
<p>3.</p> <p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(4.88\text{cm} - \frac{1210.5\text{cm} \cdot \text{kN}}{495.83\text{kN}} \right) = 4.88\text{cm}$ <p>C_1 ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> $d_{et}^* = 1.04\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.36\text{s}}{2n} \right]^2 = 4.88\text{cm}$ <p>dt* = 1.00 · 4.88cm = 4.88cm</p> <p>dy = 4.88cm, dt = 4.88cm</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ <p>C_1 ≡ μ_d/q_u</p> $d_{et}^* = S_x(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ <p>dt* = μ_d/q_u · d_{et}^*</p> <p>dy = Γ · dy*, dt = Γ · dt*</p>	$dy^* = 2 \left(4.43\text{cm} - \frac{842.1\text{cm} \cdot \text{kN}}{380.06\text{kN}} \right) = 4.43\text{cm}$ <p>C_1 ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> $d_{et}^* = 1.15\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.24\text{s}}{2n} \right]^2 = 4.43\text{cm}$ <p>dt* = 1.00 · 4.43cm = 4.43cm</p> <p>dy = 5.58cm, dt = 5.58cm</p>
<p>4.</p> <p>max a_g = 0.157 ≥ 0.096 (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_max = 1 και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>max a_g = 0.157 ≥ 0.096 (ok)</p>
<p>5.</p> <p>q_s = 1.0</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>q_s ≡ q_u = S_{ay} / S_{ax} ≥ 1.0</p>	<p>q_s = 1.0</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°+30%·90° -eZ.



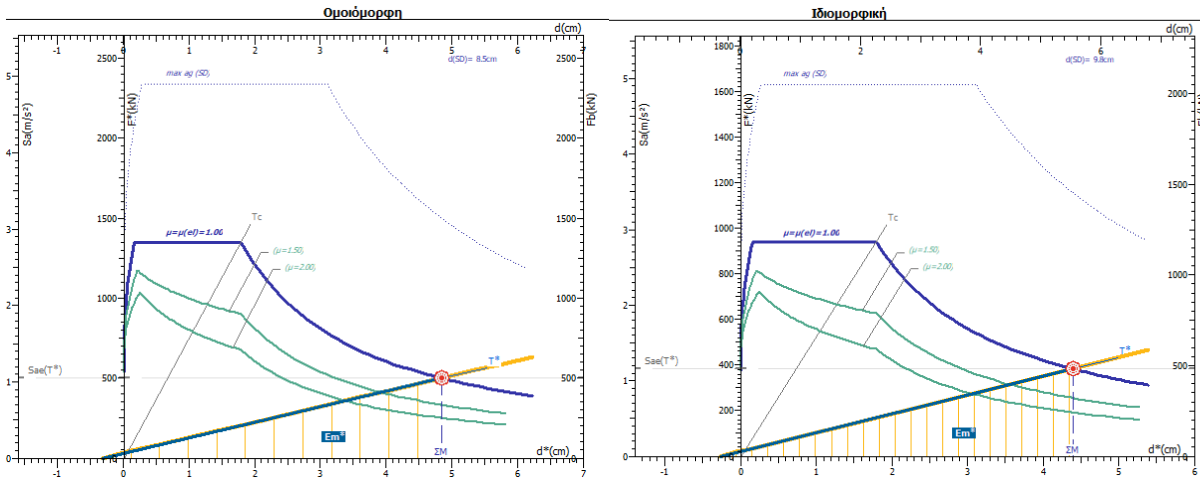
<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.94cm}{1.03 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.38s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_p \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.47cm}{1.14 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.25s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(4.94cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{490.50kN} \right) = 4.94cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.03m/s^2 \cdot \left[\frac{1.38s}{2n} \right]^2 = 4.94cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.94cm = 4.94cm$</p> <p>$dy = 4.94cm, dt = 4.94cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E m^*}{F_y} \right)$ <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.47cm - \frac{842.1cm \cdot kN}{376.53kN} \right) = 4.47cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.14m/s^2 \cdot \left[\frac{1.25s}{2n} \right]^2 = 4.47cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.47cm = 4.47cm$</p> <p>$dy = 5.63cm, dt = 5.63cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτόχυνση $max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>		
<p>$max a_g = 0.156 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>$max a_g = 0.156 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>$max a_g = 0.156 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = 1.0$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%-270° +eZ.



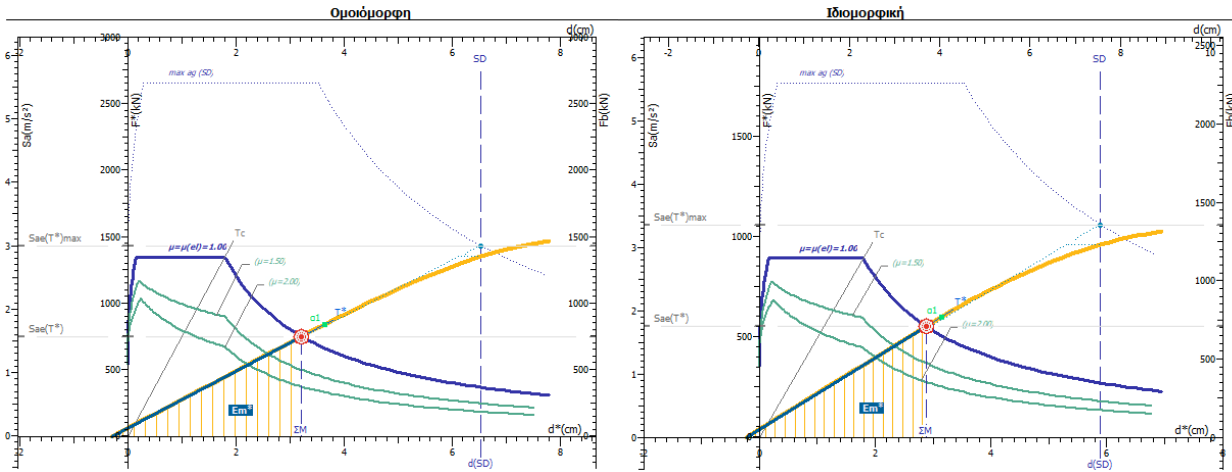
<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.79cm}{1.06 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.34s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F_b^*}$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{ay} > S_{sa}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.35cm}{1.17 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.21s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.79cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{505.38kN} \right) = 4.79cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.06m/s^2 \cdot \left[\frac{1.34s}{2n} \right]^2 = 4.79cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.79cm = 4.79cm$</p> <p>$dy = 4.79cm, dt = 4.79cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.35cm - \frac{842.1cm \cdot kN}{387.30kN} \right) = 4.35cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.17m/s^2 \cdot \left[\frac{1.21s}{2n} \right]^2 = 4.35cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.35cm = 4.35cm$</p> <p>$dy = 5.47cm, dt = 5.47cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.172 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.172 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%·270° -eZ.



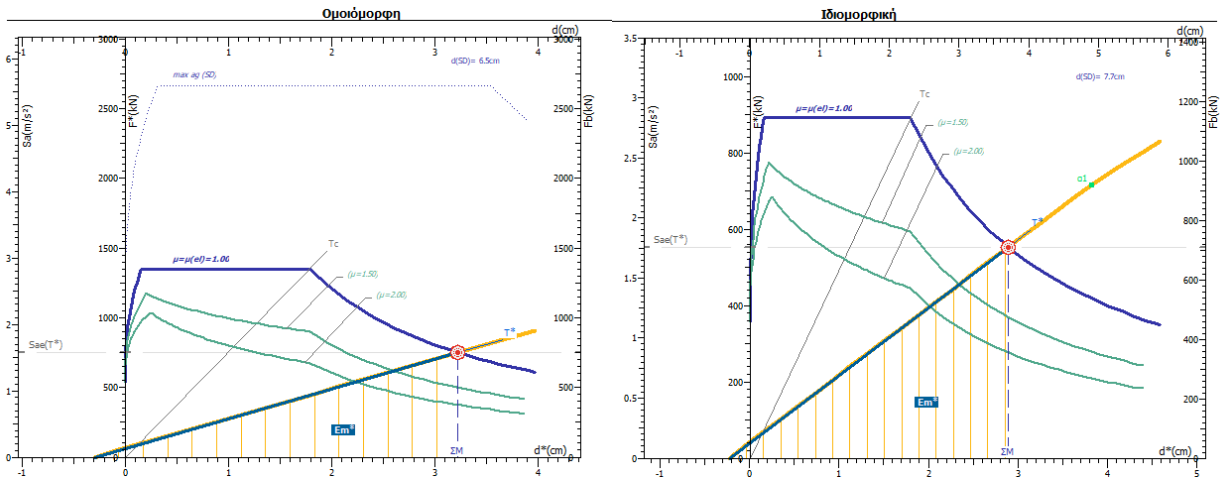
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.85cm}{1.05 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.35s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$	$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.39cm}{1.16 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.23s$ $q_u = 1.00$
$T^* > S_{xy} > S_{xe}(T^*) \therefore q_u \equiv q_s \equiv R = 1$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(4.85cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{499.31kN} \right) = 4.85cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.05m/s^2 \cdot \left[\frac{1.35s}{2n} \right]^2 = 4.85cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.85cm = 4.85cm$ $dy = 4.85cm, dt = 4.85cm$	$dy^* = 2 \left(d_{et}^* - \frac{E \cdot m^*}{F_y^*} \right)$	$dy^* = 2 \left(4.39cm - \frac{842.1cm \cdot kN}{383.29kN} \right) = 4.39cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.16m/s^2 \cdot \left[\frac{1.23s}{2n} \right]^2 = 4.39cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.39cm = 4.39cm$ $dy = 5.53cm, dt = 5.53cm$
$d_{et}^* = 1.05m/s^2 \cdot \left[\frac{1.35s}{2n} \right]^2 = 4.85cm$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$	
$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$	$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$	
$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιπελεστικότητα SD.		
$\max a_g = 0.167 \geq 0.096$ (ok)		$\max a_g = 0.167 \geq 0.096$ (ok)
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{ax}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°+30%·0° +eX.



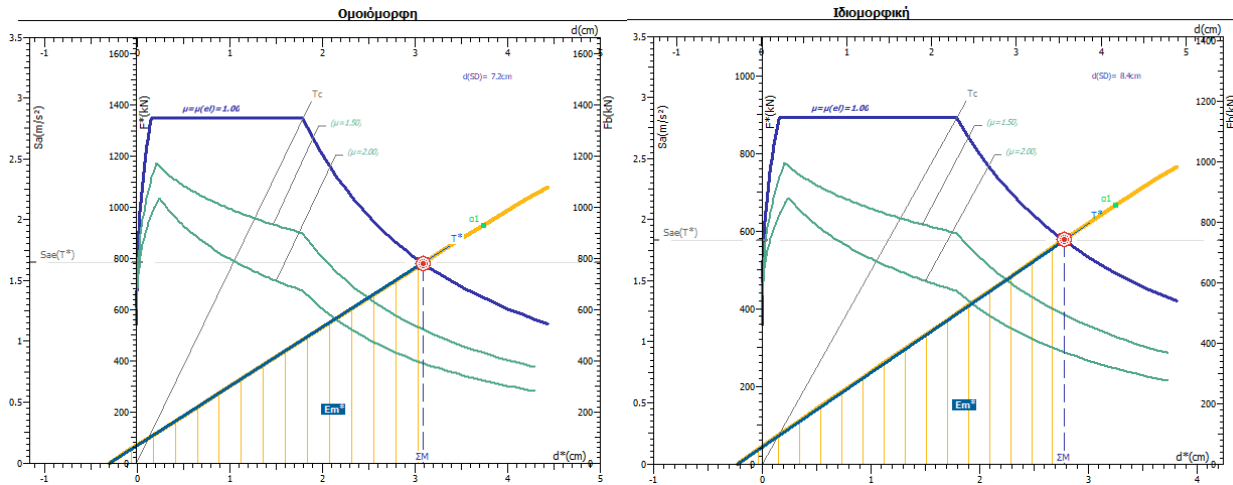
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.22cm}{1.58 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.90s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{2.88cm}{1.76 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.80s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.</p>		
<p>$mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore mu_d = q_u$</p>	<p>$mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(3.22cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{753.01kN} \right) = 3.22cm$</p> <p>$C_1 \equiv mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.58m/s^2 \cdot \left[\frac{0.90s}{2n} \right]^2 = 3.22cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.22cm = 3.22cm$</p> <p>$dy = 3.22cm, dt = 3.22cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ <p>$C_1 \equiv mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(2.88cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{556.12kN} \right) = 2.88cm$</p> <p>$C_1 \equiv mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.76m/s^2 \cdot \left[\frac{0.80s}{2n} \right]^2 = 2.88cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.88cm = 2.88cm$</p> <p>$dy = 3.69cm, dt = 3.69cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιπελεστικότητα SD.</p>		
<p>$max a_g = 0.189 \geq 0.096 (ok)$</p>		<p>$max a_g = 0.190 \geq 0.096 (ok)$</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = 1.0$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{ax}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°+30%·0° -eX.



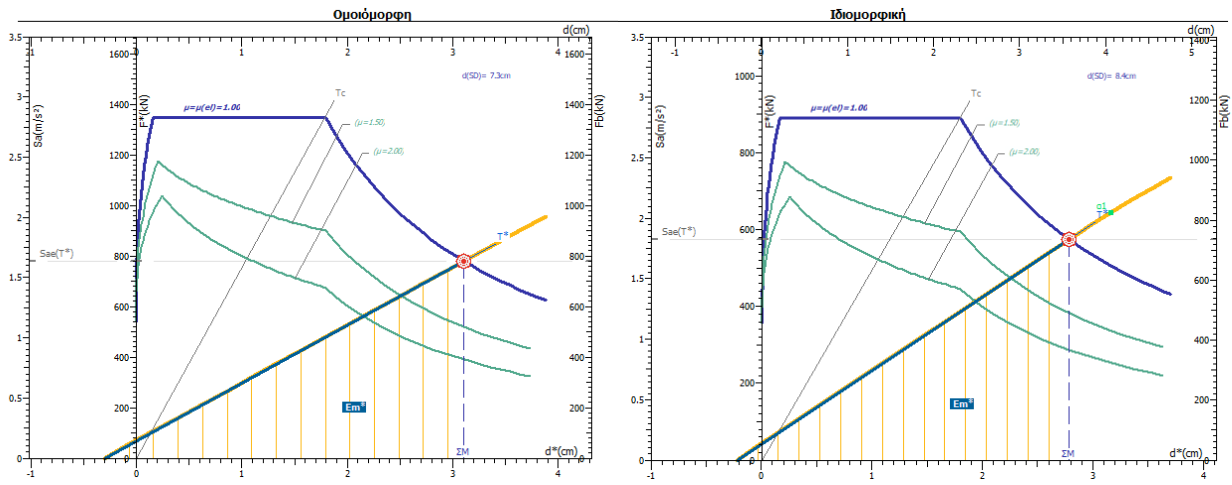
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας αμ.			
	$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$		$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$
	$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.23cm}{1.57 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.90s$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$		$T^* = 2n \sqrt{\frac{2.89cm}{1.76 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.81s$
	$q_u = 1.00$	$S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_a \equiv R = 1$		$q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μd.			
	$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$		$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.			
	$dy^* = 2 \left(3.23cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{750.54kN} \right) = 3.23cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E m^*}{F_y} \right)$		$dy^* = 2 \left(2.89cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{554.15kN} \right) = 2.89cm$
	$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$	$C_1 \equiv \mu_d / q_u$		$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$
	$d_{et}^* = 1.57m/s^2 \cdot \left[\frac{0.90s}{2n} \right]^2 = 3.23cm$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$		$d_{et}^* = 1.76m/s^2 \cdot \left[\frac{0.81s}{2n} \right]^2 = 2.89cm$
	$dt^* = 1.00 \cdot 3.23cm = 3.23cm$	$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$		$dt^* = 1.00 \cdot 2.89cm = 2.89cm$
	$dy = 3.23cm, dt = 3.23cm$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$		$dy = 3.70cm, dt = 3.70cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max αd για λmax = 1 και επιτελεστικότητα SD.			
	$\max \alpha_d = 0.190 \geq 0.096 (ok)$			$\max \alpha_d = 0.195 \geq 0.096 (ok)$
5.	Παράγοντας υπεραντοχής qs.			
	$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ax}}{S_{ax}} \geq 1.0$		$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°-30%·180° +eX.



<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 476.7\text{tn}$, $\Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.09\text{cm}}{1.64 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.86\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u = q_u = R = 1$</p>	<p>$m^* = 315.2\text{tn}$, $\Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{2.78\text{cm}}{1.83 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.77\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50\text{s} \therefore \mu_d = q_u$</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>3.</p> <p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(3.09\text{cm} - \frac{1210.5\text{cm} \cdot \text{kN}}{783.25\text{kN}} \right) = 3.09\text{cm}$</p> <p>$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.64\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.86\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 3.09\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.09\text{cm} = 3.09\text{cm}$</p> <p>$dy = 3.09\text{cm}$, $dt = 3.09\text{cm}$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.215 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p> <p>$\max a_g = 0.218 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>$dy^* = 2 \left(2.78\text{cm} - \frac{800.4\text{cm} \cdot \text{kN}}{576.34\text{kN}} \right) = 2.78\text{cm}$</p> <p>$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.83\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.77\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 2.78\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.78\text{cm} = 2.78\text{cm}$</p> <p>$dy = 3.56\text{cm}$, $dt = 3.56\text{cm}$</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.78\text{cm} = 2.78\text{cm}$</p> <p>$dy = 3.56\text{cm}$, $dt = 3.56\text{cm}$</p>

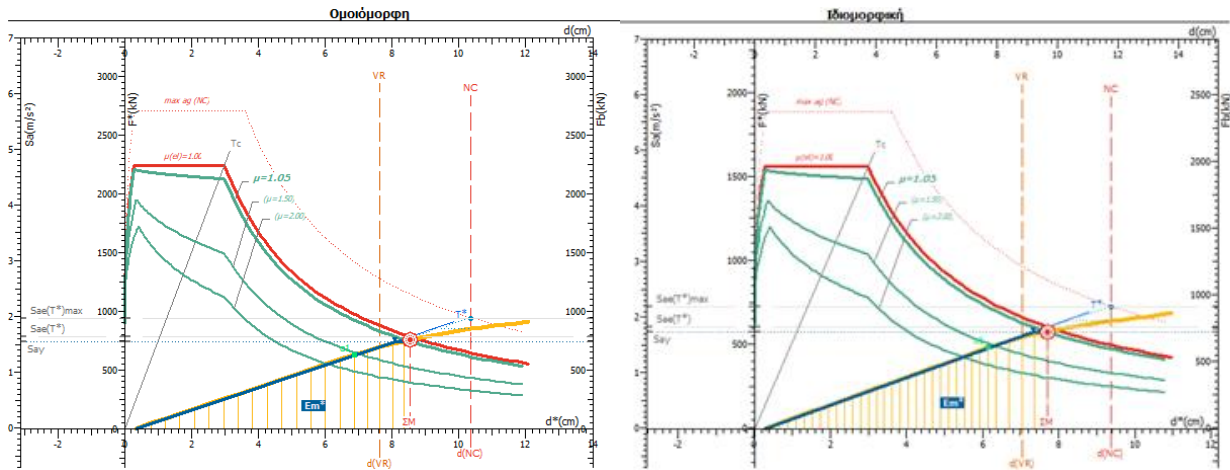
Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°-30%·180° -eX.



<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.11cm}{1.63 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.87s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{xy} > S_{xx}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{2.78cm}{1.82 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.78s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(3.11cm - \frac{1210.5cm \cdot kN}{779.26kN} \right) = 3.11cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.63m/s^2 \cdot \left[\frac{0.87s}{2n} \right]^2 = 3.11cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.11cm = 3.11cm$</p> <p>$dy = 3.11cm, dt = 3.11cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(2.78cm - \frac{800.4cm \cdot kN}{575.22kN} \right) = 2.78cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.82m/s^2 \cdot \left[\frac{0.78s}{2n} \right]^2 = 2.78cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.78cm = 2.78cm$</p> <p>$dy = 3.57cm, dt = 3.57cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.216 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.217 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

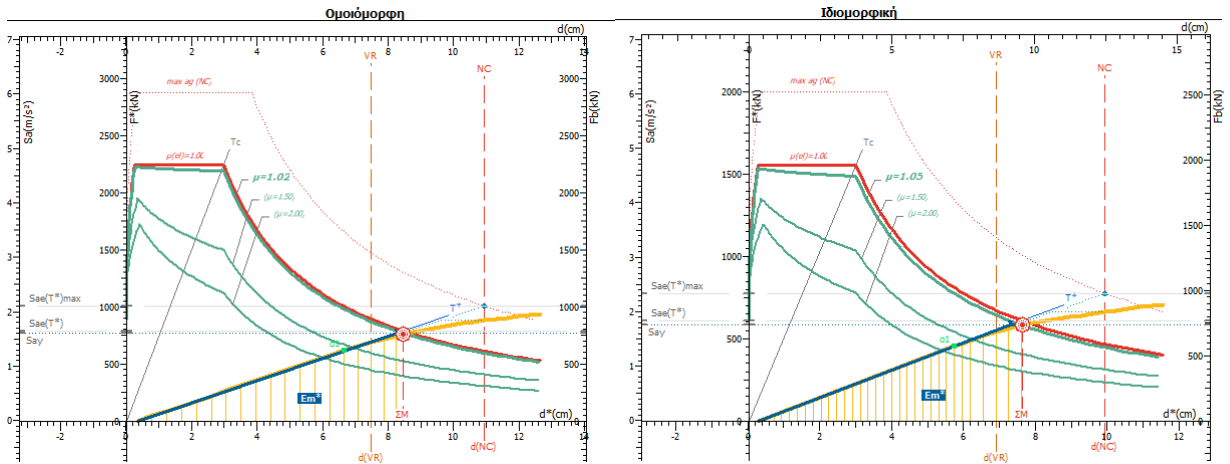
- Στάθμη επιτελεστικότητας NC

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°+30%·90° +eZ.



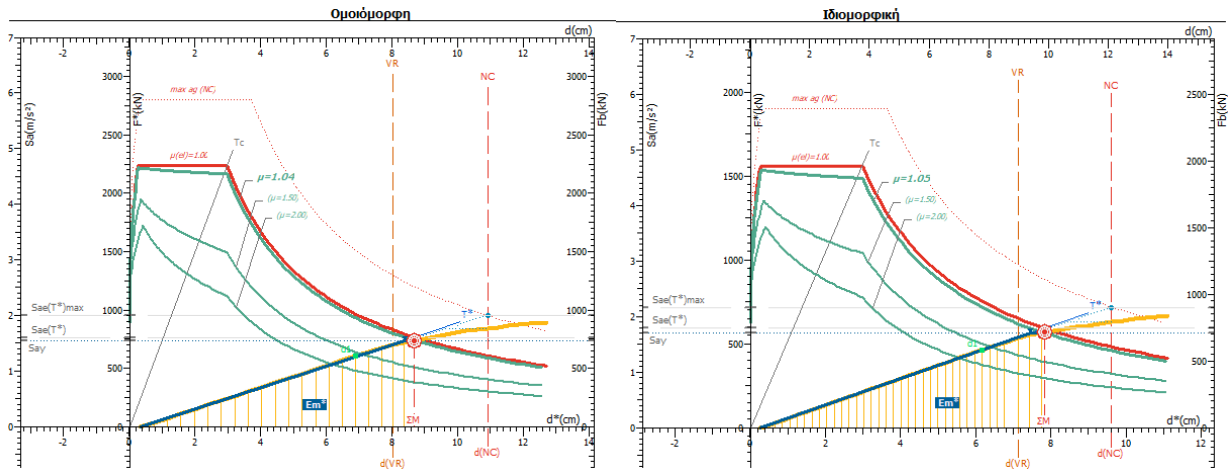
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{8.09cm}{1.56 \cdot 10^3 cm/s^2}} = 1.43s$</p> <p>$q_u = \frac{1.65m/s^2}{1.56m/s^2} \therefore q_u = 1.05$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}^*}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{se}(T^*)}{S_{ay}}$	<p>$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.32cm}{1.74 \cdot 10^3 cm/s^2}} = 1.29s$</p> <p>$q_u = \frac{1.83m/s^2}{1.74m/s^2} \therefore q_u = 1.05$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.05$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.05$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(8.36cm - \frac{3213.2cm \cdot kN}{744.84kN} \right) = 8.09cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.65m/s^2 \cdot \left[\frac{1.43s}{2n} \right]^2 = 8.52cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 8.52cm = 8.52cm$</p> <p>$dy = 8.09cm, dt = 8.52cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_{yk}^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>$dy^* = 2 \left(7.68cm - \frac{2318.7cm \cdot kN}{576.90kN} \right) = 7.32cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.83m/s^2 \cdot \left[\frac{1.29s}{2n} \right]^2 = 7.69cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 7.69cm = 7.69cm$</p> <p>$dy = 9.21cm, dt = 9.68cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: $\max a_g = 0.193 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.143 < 0.160$ (!)</p>		<p>NC: $\max a_g = 0.193 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.146 < 0.160$ (!)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = \frac{1.56m/s^2}{1.32m/s^2} = 1.18$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = \frac{1.74m/s^2}{1.45m/s^2} = 1.20$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°+30°·90° -eZ.



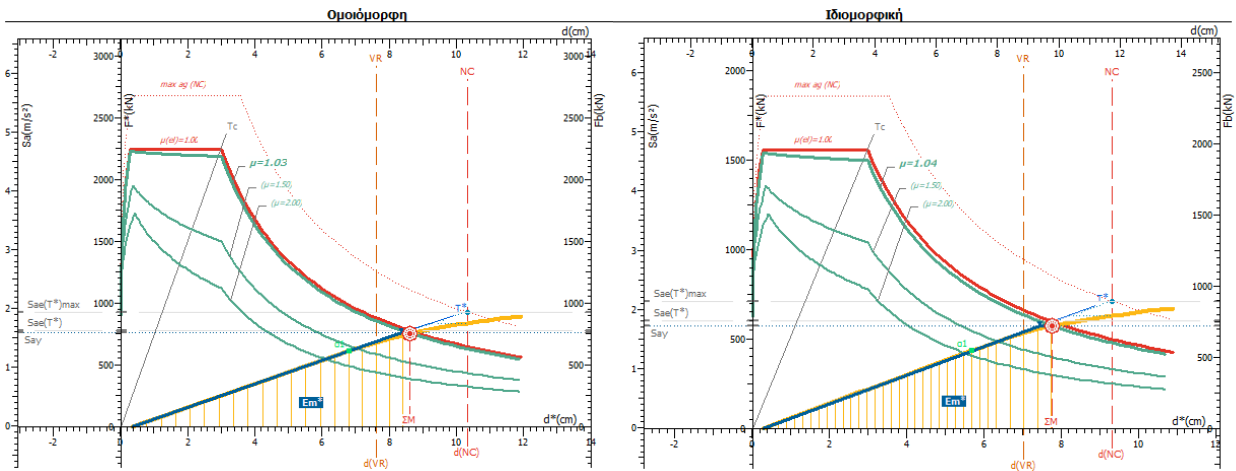
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{8.25cm}{1.62 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.42s$ $q_u = \frac{1.66m/s^2}{1.62m/s^2} \therefore q_u = 1.02$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$	$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.28cm}{1.76 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.28s$ $q_u = \frac{1.84m/s^2}{1.76m/s^2} \therefore q_u = 1.05$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.02$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.05$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(8.60cm - \frac{3458.4cm \cdot kN}{772.97kN} \right) = 8.25cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.02 / 1.02 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.66m/s^2 \cdot \left[\frac{1.42s}{2n} \right]^2 = 8.45cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 8.45cm = 8.45cm$ $dy = 8.25cm, dt = 8.45cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(7.59cm - \frac{2306.9cm \cdot kN}{583.97kN} \right) = 7.28cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.84m/s^2 \cdot \left[\frac{1.28s}{2n} \right]^2 = 7.62cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.62cm = 7.62cm$ $dy = 9.16cm, dt = 9.59cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιπελεστικότητα NC.		
NC: $\max a_g = 0.205 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.142 < 0.160$ (!)		NC: $\max a_g = 0.206 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.145 < 0.160$ (!)
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = \frac{1.62m/s^2}{1.30m/s^2} = 1.25$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a1}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{1.76m/s^2}{1.38m/s^2} = 1.28$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°-30°·270° +εΖ.



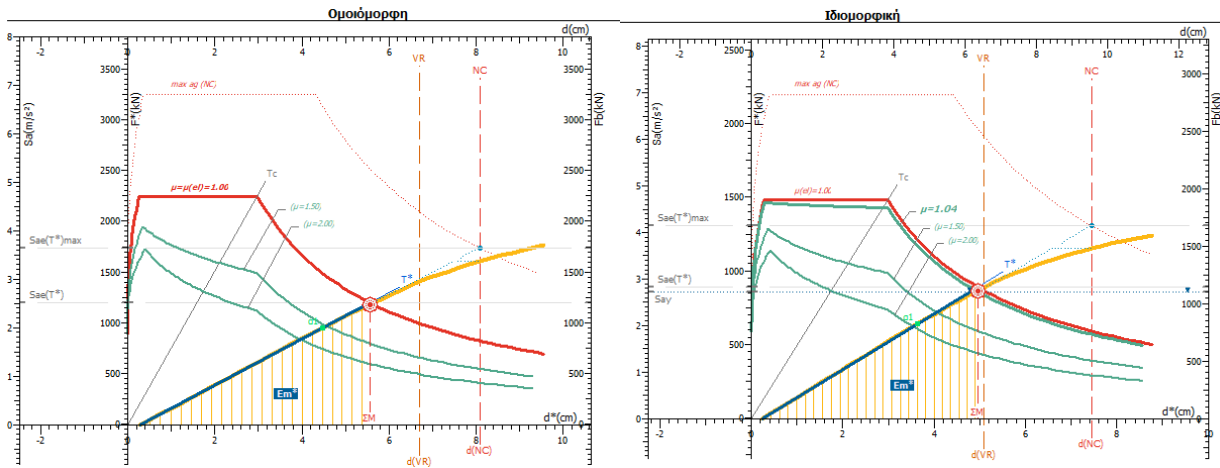
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{8.38cm}{1.56 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.45s$ $q_u = \frac{1.62m/s^2}{1.56m/s^2} \therefore q_u = 1.04$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{**}(T^*)}{S_{ay}}$	$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.45cm}{1.71 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.31s$ $q_u = \frac{1.80m/s^2}{1.71m/s^2} \therefore q_u = 1.05$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.04$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.05$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(8.70cm - \frac{3357.0cm \cdot kN}{745.16kN} \right) = 8.38cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.62m/s^2 \cdot \left[\frac{1.45s}{2n} \right]^2 = 8.68cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 8.68cm = 8.68cm$ $dy = 8.38cm, dt = 8.68cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(7.73cm - \frac{2275.6cm \cdot kN}{567.80kN} \right) = 7.45cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.80m/s^2 \cdot \left[\frac{1.31s}{2n} \right]^2 = 7.82cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.82cm = 7.82cm$ $dy = 9.38cm, dt = 9.84cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.		
NC: $\max a_g = 0.200 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.148 < 0.160$ (!)		NC: $\max a_g = 0.195 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.146 < 0.160$ (!)
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = \frac{1.56m/s^2}{1.28m/s^2} = 1.22$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{1.71m/s^2}{1.41m/s^2} = 1.22$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°-30%·270° -eZ.



<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{8.38cm}{1.59 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.44s$</p> <p>$q_u = \frac{1.63m/s^2}{1.59m/s^2} \therefore q_u = 1.03$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$	<p>$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.45cm}{1.74 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.30s$</p> <p>$q_u = \frac{1.81m/s^2}{1.74m/s^2} \therefore q_u = 1.04$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.03$</p>	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	<p>$\mu_d = 1.04$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(8.72cm - \frac{3434.2cm \cdot kN}{757.94kN} \right) = 8.38cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.03 / 1.03 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.63m/s^2 \cdot \left[\frac{1.44s}{2n} \right]^2 = 8.60cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 8.60cm = 8.60cm$</p> <p>$dy = 8.38cm, dt = 8.60cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>$dy^* = 2 \left(7.74cm - \frac{2315.5cm \cdot kN}{576.35kN} \right) = 7.45cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.81m/s^2 \cdot \left[\frac{1.30s}{2n} \right]^2 = 7.76cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 7.76cm = 7.76cm$</p> <p>$dy = 9.38cm, dt = 9.77cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_max = 1 και επιπελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: $\max a_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.142 < 0.160$ (!)</p>		<p>NC: $\max a_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.145 < 0.160$ (!)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = \frac{1.59m/s^2}{1.28m/s^2} = 1.24$</p>	$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	<p>$q_s = \frac{1.74m/s^2}{1.32m/s^2} = 1.32$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°+30%·0° +eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_r}{F^*}$ $m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.56cm}{2.52 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.93s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.78cm}{2.73 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.83s$

$S_{ay} > S_{se}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{se}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{2.83m/s^2}{2.73m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.04$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(5.56cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1203.15kN} \right) = 5.56cm$ $dy^* = 2 \left(4.90cm - \frac{2158.9cm \cdot kN}{861.41kN} \right) = 4.78cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.52m/s^2 \cdot \left[\frac{0.93s}{2n} \right]^2 = 5.56cm$ $d_{et}^* = 2.83m/s^2 \cdot \left[\frac{0.83s}{2n} \right]^2 = 4.96cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.56cm = 5.56cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.96cm = 4.96cm$

$dy = 5.56cm, dt = 5.56cm$ $dy = 6.13cm, dt = 6.35cm$

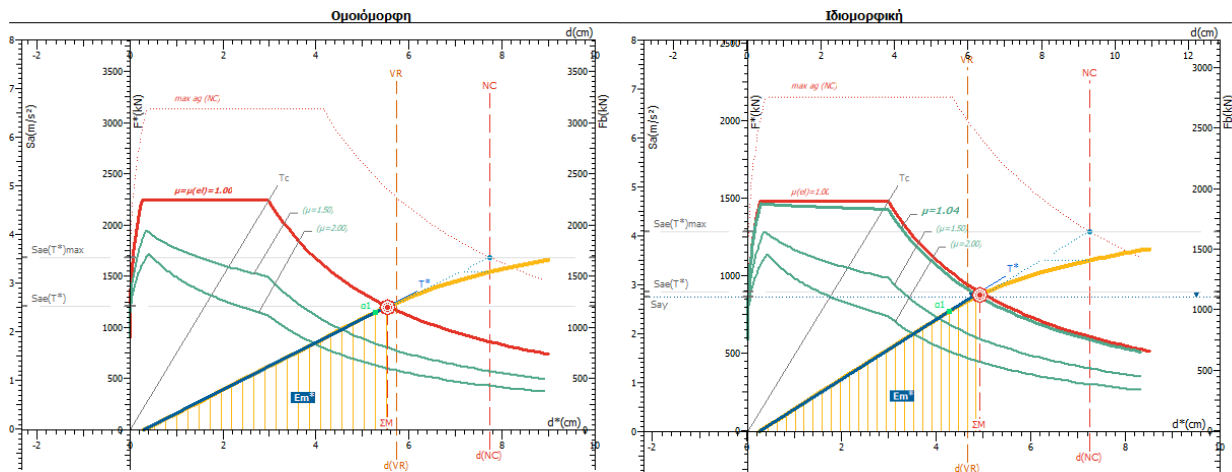
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: max a_g = 0.232 ≥ 0.160 (ok) NC: max a_g = 0.237 ≥ 0.160 (ok)
 VR: max a_g = 0.193 ≥ 0.160 (ok) VR: max a_g = 0.164 ≥ 0.160 (ok)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

$q_s = \frac{2.52m/s^2}{2.01m/s^2} = 1.26$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_s}}{S_{a_1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.73m/s^2}{2.05m/s^2} = 1.33$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°+30%·0° -εΧ.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.54cm}{2.54 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.93s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$

$q_u = 1.00$

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_y}{F^*}$$

$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.76cm}{2.75 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.83s$

$q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ay}(T^*)}{S_{ay}} = \frac{2.85m/s^2}{2.75m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.

$\mu_d = 1.00$ $\mu_d = 1.04$

$T \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(5.54cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1208.89kN} \right) = 5.54cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.54m/s^2 \cdot \left[\frac{0.93s}{2n} \right]^2 = 5.54cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.54cm = 5.54cm$

$dy = 5.54cm, dt = 5.54cm$

$$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$$

$$C_1 \equiv \mu_d/q_u$$

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

$$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$$

$$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$$

$dy^* = 2 \left(4.84cm - \frac{2139.8cm \cdot kN}{867.53kN} \right) = 4.76cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.85m/s^2 \cdot \left[\frac{0.83s}{2n} \right]^2 = 4.93cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 4.93cm = 4.93cm$

$dy = 6.09cm, dt = 6.31cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_max = 1 και επιτελεσιμότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.223 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.232 \geq 0.160$ (ok)
 VR: $\max a_g = 0.166 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.151 < 0.160$ (!)

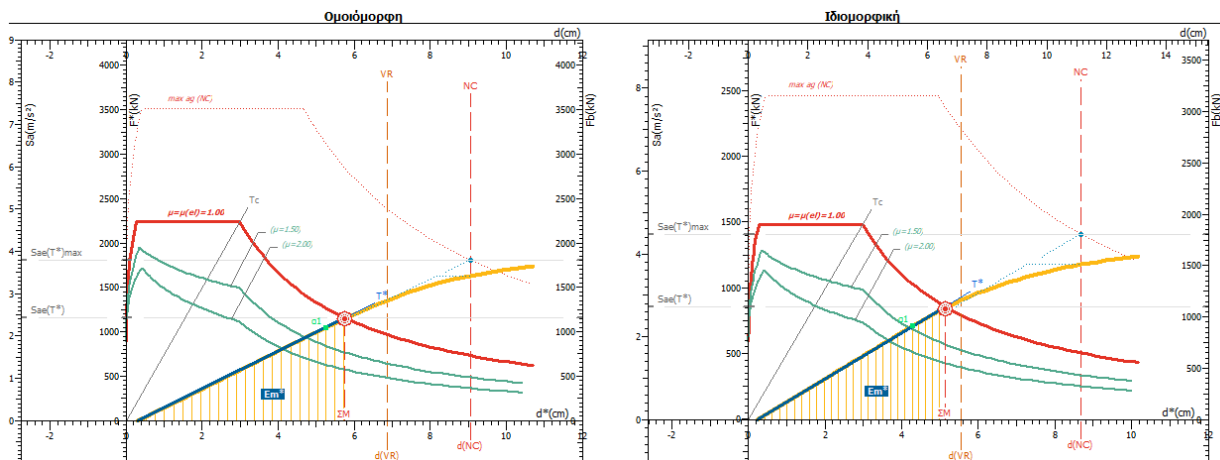
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

$q_s = \frac{2.54m/s^2}{2.41m/s^2} = 1.05$

$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$

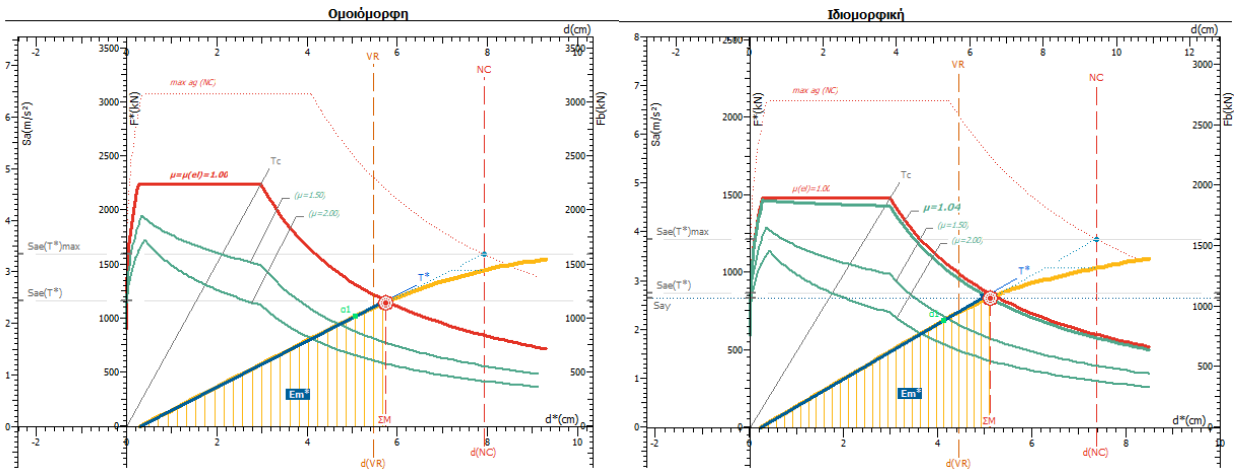
$q_s = \frac{2.75m/s^2}{2.46m/s^2} = 1.12$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°-30%·180° +εX.



<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F_d^*}$	<p>$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$</p>
<p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.76cm}{2.44 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.97s$</p>	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}^*}}$	<p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.13cm}{2.74 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.86s$</p>
<p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$S_{dv} > S_{dv}^*(T^*) \therefore q_u \equiv q_p \equiv R = 1$</p>	<p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(5.76cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1162.03kN} \right) = 5.76cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$	<p>$dy^* = 2 \left(5.13cm - \frac{2212.9cm \cdot kN}{863.46kN} \right) = 5.13cm$</p>
<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p>	<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u$</p>	<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p>
<p>$d_{et}^* = 2.44m/s^2 \cdot \left[\frac{0.97s}{2\pi} \right]^2 = 5.76cm$</p>	<p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$</p>	<p>$d_{et}^* = 2.74m/s^2 \cdot \left[\frac{0.86s}{2\pi} \right]^2 = 5.13cm$</p>
<p>$dt^* = 1.00 \cdot 5.76cm = 5.76cm$</p>	<p>$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$</p>	<p>$dt^* = 1.00 \cdot 5.13cm = 5.13cm$</p>
<p>$dy = 5.76cm, dt = 5.76cm$</p>	<p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy = 6.57cm, dt = 6.57cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: $\max a_g = 0.250 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)</p>		<p>NC: $\max a_g = 0.266 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.173 \geq 0.160$ (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = \frac{2.44m/s^2}{2.21m/s^2} = 1.10$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{av}}{S_{av}^*} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = \frac{2.74m/s^2}{2.26m/s^2} = 1.21$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°-30%·180° -eX.



1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F_c^*}$ $m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.75cm}{2.44 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.96s$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}^*}}$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.94cm}{2.65 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.86s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{2.74m/s^2}{2.65m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.04$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .

$dy^* = 2 \left(5.75cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1164.43kN} \right) = 5.75cm$ $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $dy^* = 2 \left(5.09cm - \frac{2190.1cm \cdot kN}{834.08kN} \right) = 4.94cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.44m/s^2 \cdot \left[\frac{0.96s}{2\pi} \right]^2 = 5.75cm$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$ $d_{et}^* = 2.74m/s^2 \cdot \left[\frac{0.86s}{2\pi} \right]^2 = 5.12cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.75cm = 5.75cm$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.12cm = 5.12cm$

$dy = 5.75cm, dt = 5.75cm$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ $dy = 6.32cm, dt = 6.56cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.

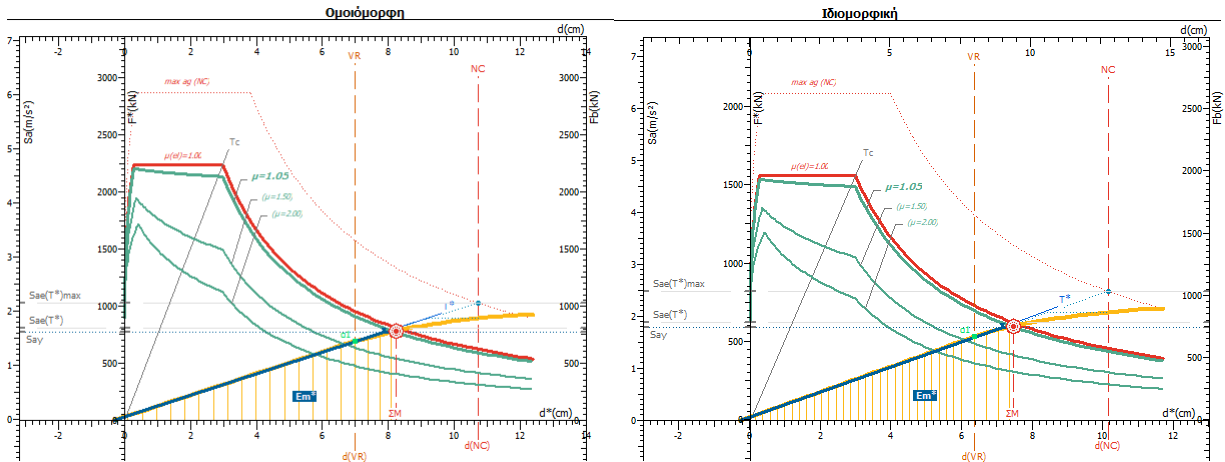
NC: $\max a_g = 0.220 \geq 0.160$ (ok) $NC: \max a_g = 0.228 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.152 < 0.160$ (!) $VR: \max a_g = 0.139 < 0.160$ (!)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .

$q_s = \frac{2.44m/s^2}{2.14m/s^2} = 1.14$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.65m/s^2}{2.20m/s^2} = 1.20$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°+30%·90° +eZ.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.86cm}{1.62 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.38s$

$q_u = \frac{1.70m/s^2}{1.62m/s^2} \therefore q_u = 1.05$

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_n}{F^*}$$

$$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$$

$$q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{**}(T^*)}{S_{ay}}$$

$m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.13cm}{1.80 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.25s$

$q_u = \frac{1.88m/s^2}{1.80m/s^2} \therefore q_u = 1.05$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.

$\mu_d = 1.05$

$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$

$\mu_d = 1.05$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 (8.08cm - \frac{3209.3cm \cdot kN}{773.99kN}) = 7.86cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$

$d_{et}^* = 1.70m/s^2 \cdot \left[\frac{1.38s}{2n} \right]^2 = 8.25cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 8.25cm = 8.25cm$

$dy = 7.86cm, dt = 8.25cm$

$$dy^* = 2 (d_m^* - \frac{E \cdot m^*}{F})$$

$$C_1 \equiv \mu_d/q_u$$

$$d_{et}^* = S_{**}(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$$

$$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$$

$$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$$

$dy^* = 2 (7.33cm - \frac{2243.8cm \cdot kN}{596.08kN}) = 7.13cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$

$d_{et}^* = 1.88m/s^2 \cdot \left[\frac{1.25s}{2n} \right]^2 = 7.47cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 7.47cm = 7.47cm$

$dy = 8.98cm, dt = 9.40cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.205 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.136 < 0.160$ (!)

NC: $\max a_g = 0.214 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.136 < 0.160$ (!)

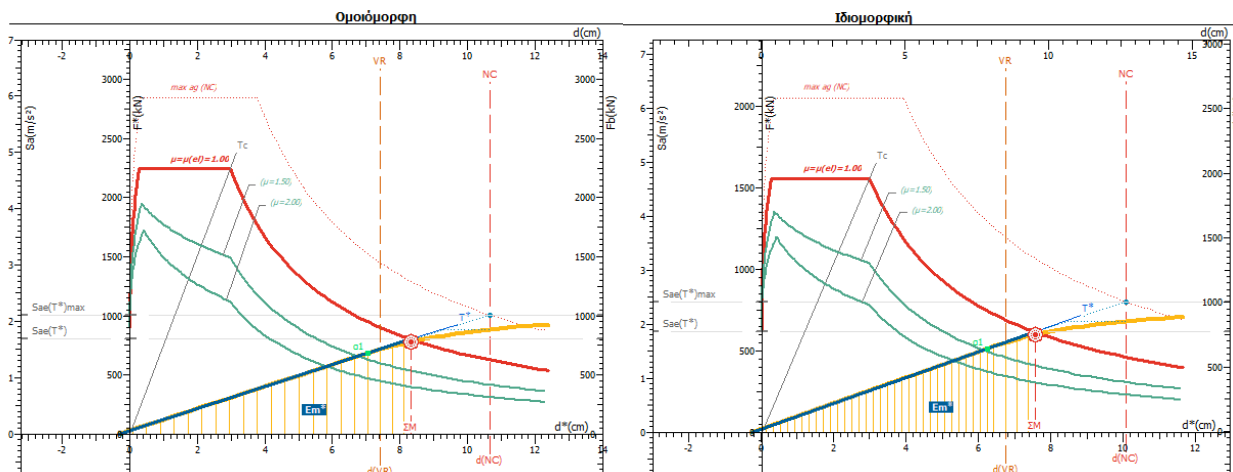
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

$q_s = \frac{1.62m/s^2}{1.45m/s^2} = 1.12$

$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a\gamma}}{S_{a1}} \geq 1.0$

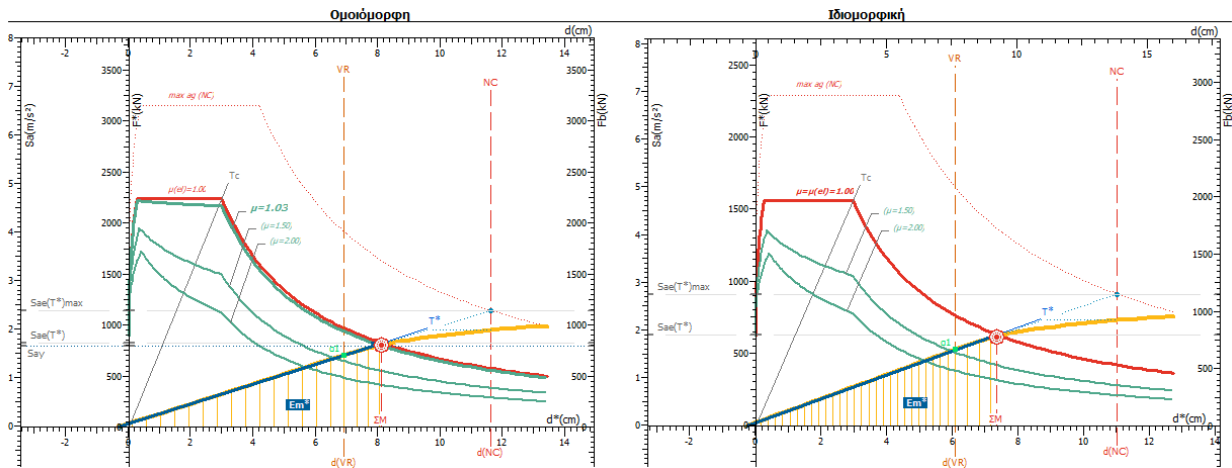
$q_s = \frac{1.80m/s^2}{1.61m/s^2} = 1.12$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°+30%·90° -eZ.



<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7tn$, $\Gamma = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$	<p>$m^* = 331.6tn$, $\Gamma = 1.26$</p>
<p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{8.33cm}{1.68 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 1.40s$</p>	$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	<p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.55cm}{1.86 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 1.27s$</p>
<p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(8.33cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{803.17kN} \right) = 8.33cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$	<p>$dy^* = 2 \left(7.55cm - \frac{2328.1cm \cdot kN}{617.06kN} \right) = 7.55cm$</p>
<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p>	<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u$</p>	<p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p>
<p>$d_{et}^* = 1.68m/s^2 \cdot \left[\frac{1.40s}{2n} \right]^2 = 8.33cm$</p>	<p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p>	<p>$d_{et}^* = 1.86m/s^2 \cdot \left[\frac{1.27s}{2n} \right]^2 = 7.55cm$</p>
<p>$dt^* = 1.00 \cdot 8.33cm = 8.33cm$</p>	<p>$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$</p>	<p>$dt^* = 1.00 \cdot 7.55cm = 7.55cm$</p>
<p>$dy = 8.33cm$, $dt = 8.33cm$</p>	<p>$dy = \Gamma \cdot dy^*$, $dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy = 9.50cm$, $dt = 9.50cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: $\max a_g = 0.203 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.143 < 0.160$ (!)</p>		<p>NC: $\max a_g = 0.211 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.143 < 0.160$ (!)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = \frac{1.68m/s^2}{1.44m/s^2} = 1.17$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = \frac{1.86m/s^2}{1.55m/s^2} = 1.20$</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°-30%·270° +eZ.



1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $m^* = 331.6tn, \Gamma = 1.26$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.83cm}{1.68 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.36s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.34cm}{1.91 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.23s$

$q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$ $S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$

$q_u = \frac{1.73m/s^2}{1.68m/s^2} \therefore q_u = 1.03$ $q_u = 1.00$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .

$\mu_d = 1.03$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.00$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .

$dy^* = 2 \left(8.04cm - \frac{3292.5cm \cdot kN}{798.82kN} \right) = 7.83cm$ $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $dy^* = 2 \left(7.34cm - \frac{2328.1cm \cdot kN}{634.28kN} \right) = 7.34cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.03 / 1.03 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 1.73m/s^2 \cdot \left[\frac{1.36s}{2n} \right]^2 = 8.10cm$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $d_{et}^* = 1.91m/s^2 \cdot \left[\frac{1.23s}{2n} \right]^2 = 7.34cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 8.10cm = 8.10cm$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.34cm = 7.34cm$

$dy = 7.83cm, dt = 8.10cm$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ $dy = 9.24cm, dt = 9.24cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.

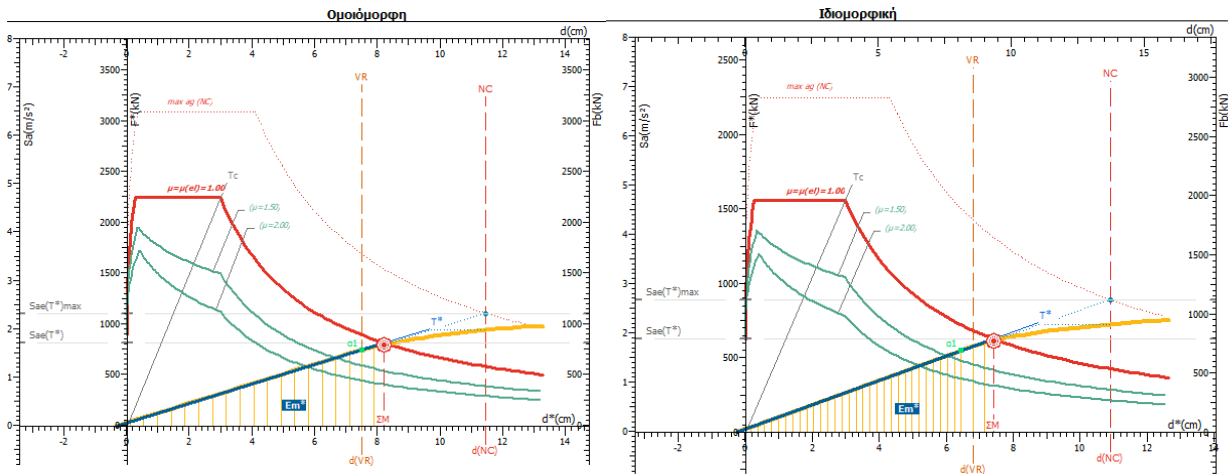
NC: $\max a_g = 0.225 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.235 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.137 < 0.160$ (!) VR: $\max a_g = 0.133 < 0.160$ (!)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .

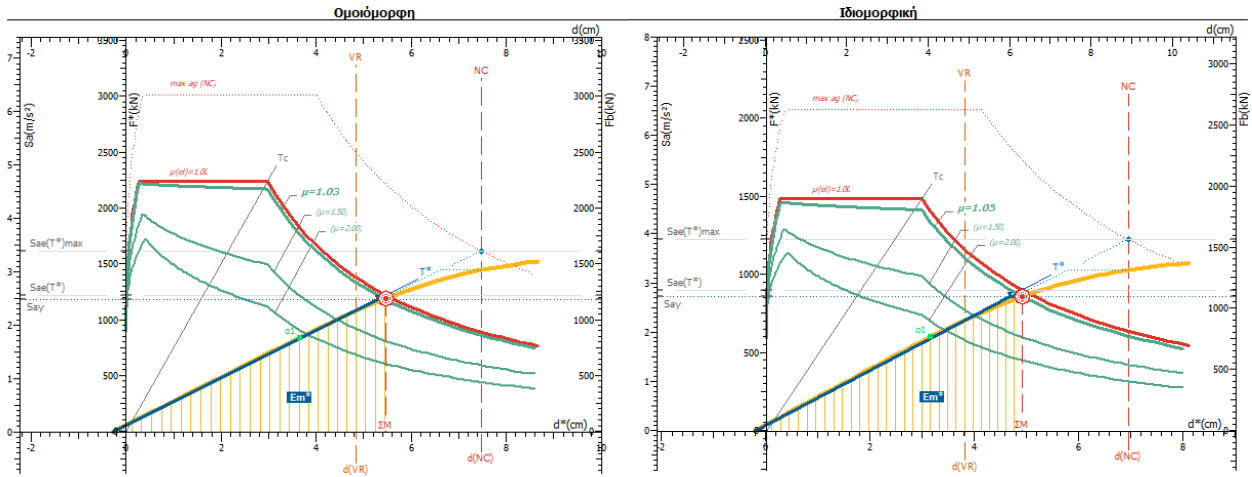
$q_s = \frac{1.68m/s^2}{1.48m/s^2} = 1.13$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{a1}}{S_{a1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{1.91m/s^2}{1.60m/s^2} = 1.20$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°-30%·270° -eZ.



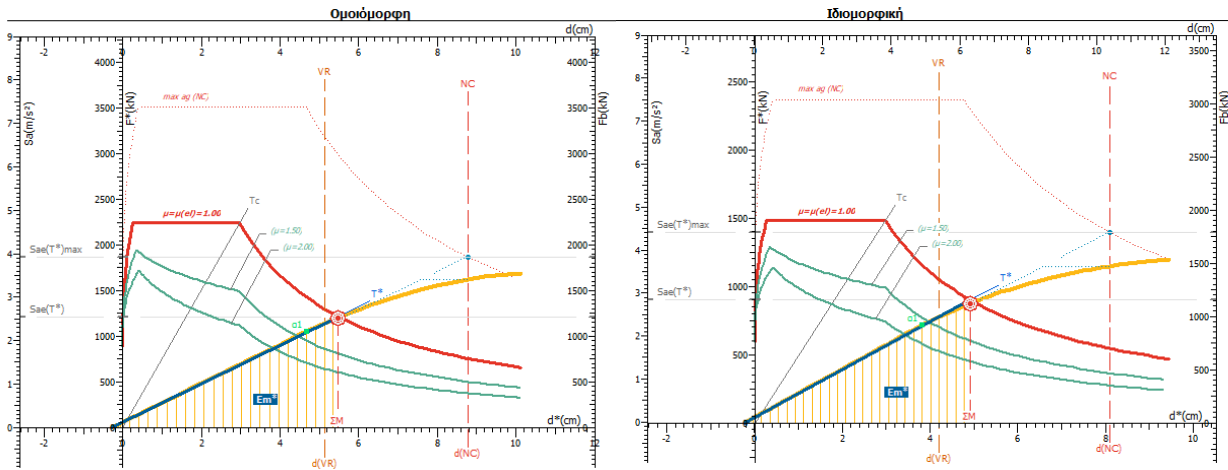
<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 476.7\text{tn}, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{8.18\text{cm}}{1.72 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.37\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}^*}}$ <p>$S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_m \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 331.6\text{tn}, \Gamma = 1.26$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.41\text{cm}}{1.89 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.24\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50\text{s} \therefore \mu_d = q_u$</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>		
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(8.18\text{cm} - \frac{3346.9\text{cm} \cdot \text{kN}}{817.85\text{kN}} \right) = 8.18\text{cm}$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.72\text{m/s} \cdot \left[\frac{1.37\text{s}}{2n} \right]^2 = 8.18\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 8.18\text{cm} = 8.18\text{cm}$</p> <p>$dy = 8.18\text{cm}, dt = 8.18\text{cm}$</p>		
<p>4. Μέγιστη επιτόχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.</p> <p>NC: $\max a_g = 0.220 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.147 < 0.160$ (!)</p>		
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s = \frac{1.72\text{m/s}^2}{1.57\text{m/s}^2} = 1.09$</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$</p> <p>$q_s = \frac{1.89\text{m/s}^2}{1.66\text{m/s}^2} = 1.14$</p>		

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°+30%·0° +eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας αμ.		
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{5.30cm}{2.48 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.92s$ $\alpha_u = \frac{2.57m/s^2}{2.48m/s^2} \therefore \alpha_u = 1.03$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_r}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $\alpha_u \equiv \alpha_n \equiv R = \frac{S_{**}(T^*)}{S_{ay}}$	$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.68cm}{2.73 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.82s$ $\alpha_u = \frac{2.86m/s^2}{2.73m/s^2} \therefore \alpha_u = 1.05$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μd.		
$\mu_d = 1.03$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = \alpha_u$	$\mu_d = 1.05$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
$dy^* = 2 \left(5.44cm - \frac{3299.7cm \cdot kN}{1184.56kN} \right) = 5.30cm$ $C_1 \equiv \mu_d / \alpha_u = 1.03 / 1.03 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.57m/s^2 \cdot \left[\frac{0.92s}{2n} \right]^2 = 5.47cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.47cm = 5.47cm$ $dy = 5.30cm, dt = 5.47cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E \cdot m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / \alpha_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / \alpha_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.91cm - \frac{2212.7cm \cdot kN}{859.14kN} \right) = 4.68cm$ $C_1 \equiv \mu_d / \alpha_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.86m/s^2 \cdot \left[\frac{0.82s}{2n} \right]^2 = 4.91cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.91cm = 4.91cm$ $dy = 5.99cm, dt = 6.29cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση max αg για λmax = 1 και επιτελεστικότητα NC.		
NC: $\max \alpha_g = 0.215 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max \alpha_g = 0.142 < 0.160$ (!)		NC: $\max \alpha_g = 0.222 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max \alpha_g = 0.125 < 0.160$ (!)
5. Παράγοντας υπεραντοχής αs.		
$\alpha_s = \frac{2.48m/s^2}{1.77m/s^2} = 1.40$	$\alpha_s \equiv \alpha_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$\alpha_s = \frac{2.73m/s^2}{1.91m/s^2} = 1.43$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°+30%·0° -eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$

 $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$

 $m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.48cm}{2.56 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.92s$

 $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$

 $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.91cm}{2.86 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.82s$

$q_u = 1.00$

 $S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$

 $q_u = 1.00$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.

$\mu_d = 1.00$

 $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$

 $\mu_d = 1.00$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(5.48cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1220.69kN} \right) = 5.48cm$

 $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_m^*} \right)$

 $dy^* = 2 \left(4.91cm - \frac{2212.9cm \cdot kN}{901.03kN} \right) = 4.91cm$

$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

 $C_1 = \mu_d / q_u$

 $C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.56m/s^2 \cdot \left[\frac{0.92s}{2n} \right]^2 = 5.48cm$

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

 $d_{et}^* = 2.86m/s^2 \cdot \left[\frac{0.82s}{2n} \right]^2 = 4.91cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.48cm = 5.48cm$

 $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$

 $dt^* = 1.00 \cdot 4.91cm = 4.91cm$

$dy = 5.48cm, dt = 5.48cm$

 $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$

 $dy = 6.29cm, dt = 6.29cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.251 \geq 0.160$ (ok)
 VR: $\max a_g = 0.150 < 0.160$ (!)

 NC: $\max a_g = 0.256 \geq 0.160$ (ok)
 VR: $\max a_g = 0.138 < 0.160$ (!)

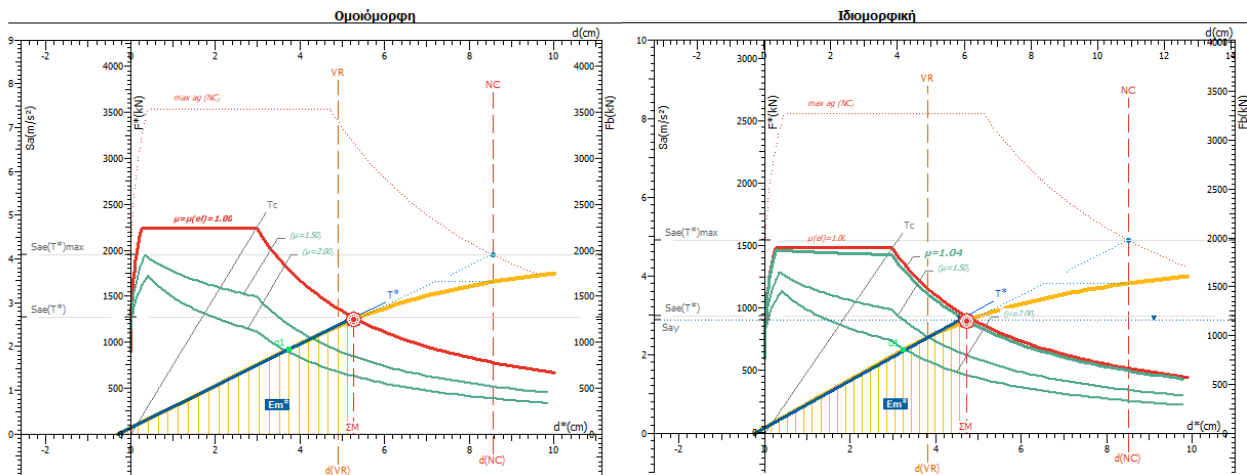
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

$q_s = \frac{2.56m/s^2}{2.22m/s^2} = 1.15$

 $q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$

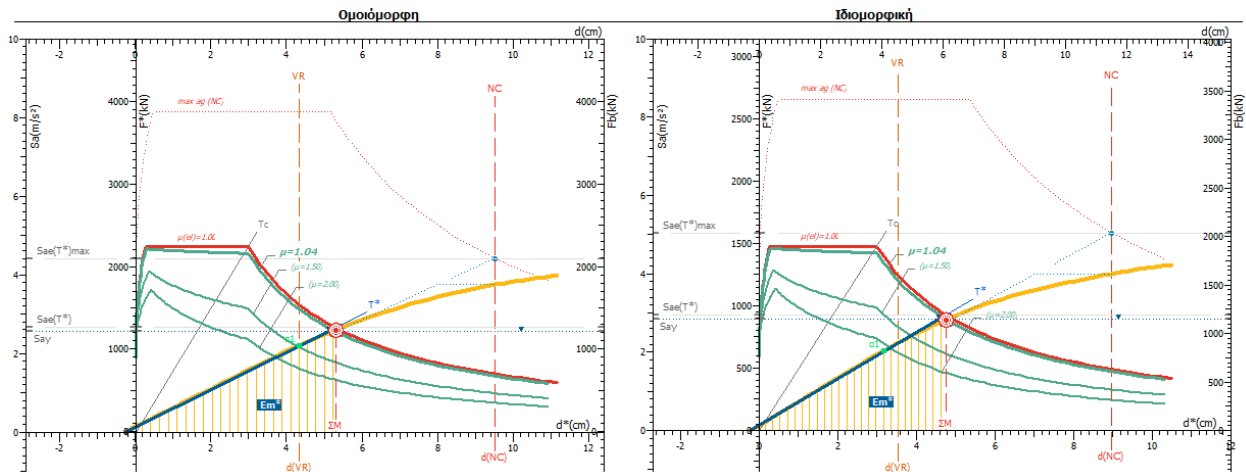
 $q_s = \frac{2.86m/s^2}{2.27m/s^2} = 1.26$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°-30%·180° +eX.



<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{5.27cm}{2.66 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 0.88s$</p> <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p>	<p>$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.55cm}{2.86 \cdot 10^{-2}cm/s^2}} = 0.79s$</p> <p>$q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$</p> <p>$q_u = \frac{2.97m/s^2}{2.86m/s^2} \therefore q_u = 1.04$</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p> <p>$\mu_d = 1.04$</p>	<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(5.27cm - \frac{3346.9cm \cdot kN}{1269.03kN} \right) = 5.27cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 2.66m/s^2 \cdot \left[\frac{0.88s}{2\pi} \right]^2 = 5.27cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 5.27cm = 5.27cm$</p> <p>$dy = 5.27cm, dt = 5.27cm$</p>	
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση $max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.</p> <p>NC: $max a_g = 0.253 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $max a_g = 0.149 < 0.160$ (!)</p>		
<p>5.</p> <p>$q_s = \frac{2.66m/s^2}{1.95m/s^2} = 1.37$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p> <p>$q_s = \frac{2.86m/s^2}{2.11m/s^2} = 1.35$</p>	

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°-30%·180° -eX.



1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 476.7tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{5.10cm}{2.56 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.89s$ $q_u = \frac{2.66m/s^2}{2.56m/s^2} \therefore q_u = 1.04$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{se}(T^*)}{S_{ay}}$	$m^* = 315.2tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.57cm}{2.85 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.80s$ $q_u = \frac{2.96m/s^2}{2.85m/s^2} \therefore q_u = 1.04$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.04$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.04$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(5.21cm - \frac{3255.0cm \cdot kN}{1221.33kN} \right) = 5.10cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.66m/s^2 \cdot \left[\frac{0.89s}{2n} \right]^2 = 5.29cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.29cm = 5.29cm$ $dy = 5.10cm, dt = 5.29cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E \cdot m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.80cm - \frac{2255.2cm \cdot kN}{897.42kN} \right) = 4.57cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.96m/s^2 \cdot \left[\frac{0.80s}{2n} \right]^2 = 4.75cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.75cm = 4.75cm$ $dy = 5.86cm, dt = 6.09cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	
$NC: \max a_g = 0.277 \geq 0.160$ (ok) $VR: \max a_g = 0.132 < 0.160$ (!)		$NC: \max a_g = 0.287 \geq 0.160$ (ok) $VR: \max a_g = 0.120 < 0.160$ (!)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = \frac{2.56m/s^2}{2.21m/s^2} = 1.16$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.85m/s^2}{2.05m/s^2} = 1.39$

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα της μελέτης αποτίμησης διαπιστώνουμε ότι για την στάθμη επιτελεσματικότητας SD, δεν παρατηρούμε κάποια αστοχία, αφού η μπλε διακεκομμένη γραμμή SD βρίσκεται δεξιά απ' την στοχευόμενη μετακίνηση, με αποτέλεσμα το κτήριο μας να επαρκεί. Όσον αφορά την στάθμη επιτελεσματικότητας NC, από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι η πορτοκαλί διακεκομμένη γραμμή VR βρίσκεται πάντα αριστερά από την στοχευόμενη μετακίνηση (κόκκινη κουκίδα), με αποτέλεσμα το κτήριο μας να εμφανίζει ανεπάρκεια. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε διατμητικές αστοχίες.

6.6.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα απαίτησης-ικανότητας των 32 αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τις στάθμες επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής) (B2) και NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) (Γ1).

Στάθμη επιτελεστικότητας SD

1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+6.0cm -5.6cm	$0^\circ\text{-}30^\circ\text{-}270^\circ +eZ$, Ιδιομορφική $180^\circ\text{+}30^\circ\text{-}90^\circ -eZ$, Ιδιομορφική	Z: +4.0cm -3.7cm
			$90^\circ\text{-}30^\circ\text{-}180^\circ +eX$, Ιδιομορφική $270^\circ\text{+}30^\circ\text{-}0^\circ -eX$, Ιδιομορφική
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s)$ =	0.78	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (\equiv q_n)$ =	1.00	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	max μ_d =	1.00	$270^\circ\text{-}30^\circ\text{-}180^\circ -eX$, Ιδιομορφική
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (\equiv q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (\equiv q_u)$	q_u =	1.04	q_s = 1.10
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	min q =	$q_u \cdot q_s$	1.14
			$180^\circ\text{-}30^\circ\text{-}270^\circ -eZ$, Ομοιόμορφη
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	max C_1 =	μ_d / q_u	1.00
	= 1.00 / 1.00 =		$270^\circ\text{-}30^\circ\text{-}180^\circ -eX$, Ιδιομορφική
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{max} = 1$			
	max a_g (SD) =	0.145	$0^\circ\text{-}30^\circ\text{-}270^\circ -eZ$, Ιδιομορφική
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
	$\max a_g / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \therefore \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$		[EC8-2 (A.3)]
Περίοδος επαναφοράς SD	max T_R (SD) = $(0.145/0.160)^{2.4} \cdot 475 =$	376 έτη	> 140 (ok)
	$P = 1 - e^{-T_L/\max T_R}$		[EC8-1§2.1(1)]
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	P(SD) = $1 - e^{-50/376} =$	12.46%	< 30% (ok)
Στόχος που ικανοποιείται:	B2 : P(SD) < 50%		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για την στάθμη επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής).

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Στάθμη επιτελεστικότητας NC

1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt			
X:	+9.8cm -9.5cm	0°-30%·270° +eZ, Ιδιομορφική 180°+30%·90° -eZ, Ιδιομορφική	Z: +6.6cm -6.3cm
			90°-30%·180° +eX, Ιδιομορφική 270°+30%·0° -eX, Ιδιομορφική
2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	1.43	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (\equiv q_n) =$	1.05	
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.05	0°+30%·90° +eZ, Ομοιόμορφη
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (\equiv q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (\equiv q_u)$	$q_u =$	1.13	$q_s =$ 1.29
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_u \cdot q_s =$	1.47
			180°+30%·90° -eZ, Ομοιόμορφη
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_d =$ = 1.04 / 1.04	$\mu_d / q_u =$ 1.00	270°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{\max} = 1$			
	$\max a_g (NC) =$	0.191	0°-30%·270° -eZ, Ιδιομορφική
	$\max a_g (VR) =$	0.120	270°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
	$\max a_g / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \therefore \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$		[EC8-2 (A.3)]
Περίοδος επαναφοράς NC	$\max T_R (NC) = (0.191/0.160)^{2.4} \cdot 475 =$	725 έτη	> 475 (ok)
Περίοδος επαναφοράς VR	$\max T_R (VR) = (0.120/0.160)^{2.4} \cdot 475 =$	239 έτη	< 475 !
	$P = 1 - e^{-T_u/\max T_R}$		[EC8-1§2.1(1)]
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	$P(NC) = 1 - e^{-50/725} =$	6.67%	< 10% (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	$P(VR) = 1 - e^{-50/239} =$	18.84%	> 10% !
Στόχος που ικανοποιείται:	$\Gamma 2 : P(NC), P(VR) < 50\%$		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Πίνακας 16: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για την στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης).

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Οι παραπάνω πίνακες είναι με βάση τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2η αναθεώρηση 2017).

Με βάση τα αποτελέσματα της αποτίμησης του κτηρίου διαπιστώθηκε ανεπάρκεια του φορέα για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) με στόχο Γ1 για κτήρια σπουδαιότητας II.

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

Πίνακας 17: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ΚΑΝ.ΕΠΕ (2η αναθεώρηση 2017).

Από τους πίνακες αντλούμε τις εξής πληροφορίες:

- η στάθμη επιτελεσματικότητας SD (Σημαντικές Βλάβες) επιτυγχάνεται για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης σε 50 έτη 12.46 % < 50% και περίοδο επαναφοράς 376 έτη >140 έτη που σημαίνει ότι ικανοποιείται ο στόχος B2.
- για τη στάθμη επιτελεσματικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) δεν ικανοποιείται ο στόχος Γ1. Παρατηρούμε διατμητική αστοχία του κτηρίου για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης σε 50 έτη 18.84 % > 10% και περίοδο επαναφοράς 239 έτη < 475 έτη.
- ο φορέας χρειάζεται κάποιο είδος ενίσχυσης, αν όχι συνολικά, τουλάχιστον στα μέλη που εμφάνισαν ανεπάρκειες.

Κατά την πρόσφατη αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022) ορίζονται περισσότερες σεισμικές κλάσεις σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω για στάθμη επιτελεσματικότητας SD «Σημαντικές Βλάβες» συμπεραίνουμε ότι το κτήριο επιτυγχάνει τον στόχο B2+ που αντιστοιχεί σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 20% στα 50 έτη (περίοδο επαναφοράς 225 έτη). Για τη στάθμη επιτελεσματικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης) επιτυγχάνεται , ο στόχος Γ2+ που αντιστοιχεί και πάλι σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 20% στα 50 έτη (περίοδο επαναφοράς 225 έτη), ο οποίος είναι όμως χαμηλότερος απ' τον ελάχιστο απαιτούμενο που για κτήρια κατηγορίας σπουδαιότητας II είναι ο Γ1 (σεισμός με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη και περίοδο επαναφοράς 475 έτη). Συμπερασματικά λοιπόν, το κτήριο χρειάζεται ενίσχυση.

$a_g / a_{g.ref}$	Στάθμη Επιτελεσματικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	A «Περιορισμένες Βλάβες»	B «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1 ⁺	B1 ⁺	Γ1 ⁺
1.00	A1	B1	Γ1
0.75	A2 ⁺	B2 ⁺	Γ2 ⁺
0.60	A2	B2	Γ2
0.45	A3 ⁺	B3 ⁺	Γ3 ⁺
0.35	A3	B3	Γ3
0.25	A4 ⁺	B4 ⁺	Γ4 ⁺
<0.25	A4	B4	Γ4

Πίνακας 18: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022)

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
2475	2%	1.80
975	5%	1.30
475	10%	1.00
225	20%	0.75
135	30%	0.60
70	50%	0.45
40	70%	0.35
20	90%	0.25
<20	>90%	<0.25

Πίνακας 19: Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση. ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022)

6.7 Συμπεράσματα Μελέτης Αποτίμησης

Συμπερασματικά λοιπόν, παρατηρούμε ότι ικανοποιείται ο στόχος B2+ που αντιστοιχεί σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 20% στα 50 έτη στο κτήριο μας. Ειδικότερα, (όπως αναφέραμε και παραπάνω) η πιθανότητα υπέρβασης SD στα 50 έτη είναι 12.46 % < 20% .

Ο στόχος Γ1 που αντιστοιχεί σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη δεν ικανοποιείται στο κτήριο μας. Συγκεκριμένα, για NC έχουμε πιθανότητα υπέρβασης NC 18.84% > 10% στα 50 έτη.

Συνολικά, σύμφωνα με τα αποτελέσματα αποτίμησης του προγράμματος, στο κτήριο μας αστόχησαν 7 δοκοί και 4 υποστυλώματα, ενώ παρατηρούμε τιμές του λόγου επάρκειας σε δοκούς και υποστυλώματα που πλησιάζουν την μονάδα και είναι οριακά στο να αστοχήσουν.

Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι η κατασκευή μας χρειάζεται ενίσχυση έναντι διάτμησης ώστε να εκπληρώνει τους στόχους σχεδιασμού B2 και Γ1 για συνήθη κτήρια κατηγορίας σπουδαιότητας II.

7. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

7.1 Γενικά

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης αποτίμησης ο φορέας της υφιστάμενης κατασκευής παρουσιάζει ανάγκες ενίσχυσης έναντι διάτμησης. Σημειώνεται ότι, στα παρακάτω δομικά στοιχεία που θα αναφερθούν, η αρίθμηση τους διατυπώνεται με βάση τον ξυλότυπο της αποτίμησης του προγράμματος FESPA (βλέπε παρακάτω εικόνα:74,75,76). Όπως λοιπόν αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 6, τα εξής μέλη δοκών αστόχησαν:

- Στο ισόγειο: Δ5.1 (0), Δ6.1 (0), Δ11.1(0), και Δ16.1(0)
- Στον Α' όροφο: Δ5.1 (1), Δ6.1 (1) και Δ11.1(1)

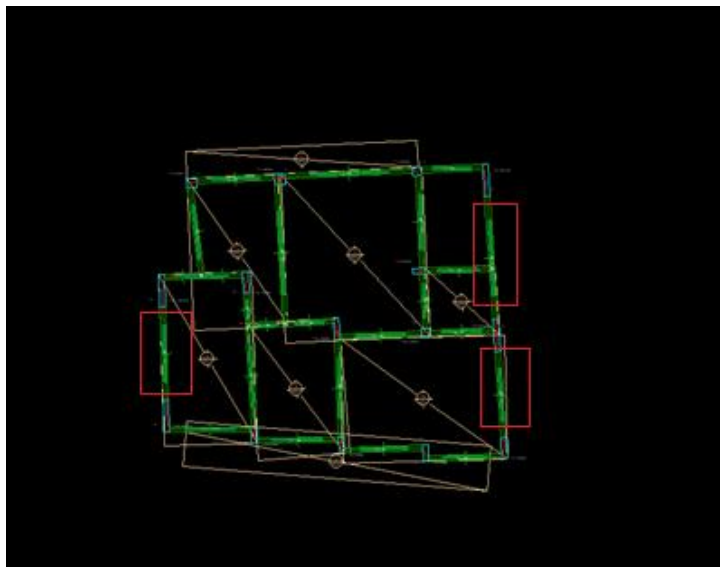
Επίσης, παρατηρούμε ότι η δοκός Δ11.1(2) στους λόγους επάρκειας πλησιάζει την μονάδα και είναι αναγκαίο να ενισχυθεί έναντι διάτμησης.

Τα αναφερόμενα οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού θα ενισχυθούν με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).



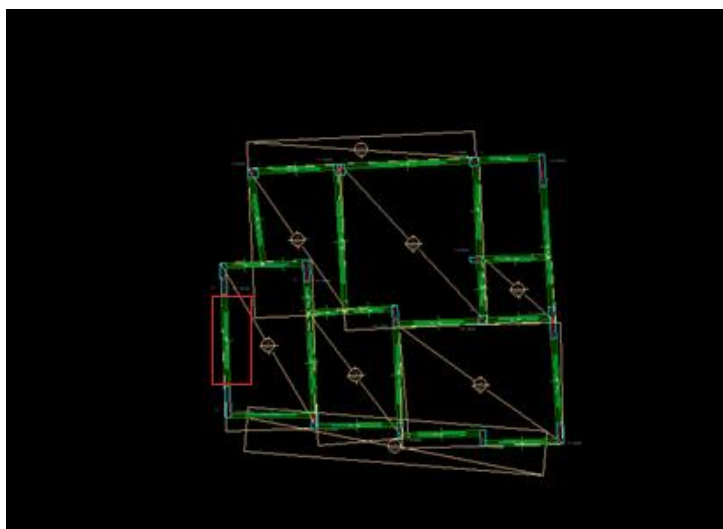
Εικόνα 74: Κάτοψη ισογείου

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 75: Κάτοψη Α' ορόφου

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 76: Κάτοψη Β' ορόφου

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

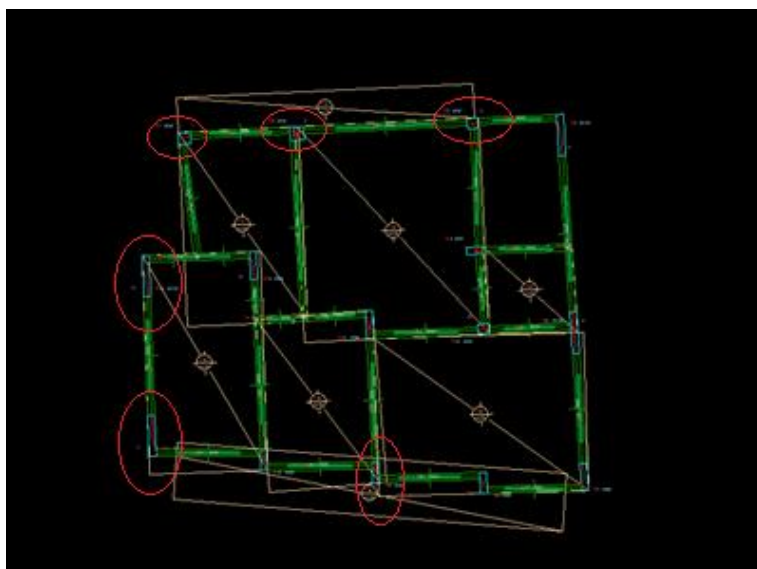
Επίσης, τα μέλη των υποστυλωμάτων που αστόχησαν έναντι διάτμησης είναι τα εξής:

- Στο ισόγειο: K1 (0), K2(0), K3(0)
- Στον Α' όροφο: K1 (1), K2(1), K3(1)

Ακόμη, παρατηρώντας τα αποτελέσματα της αποτίμησης διαπιστώνουμε ότι το υποστύλωμα K3(2) του Β' ορόφου πλησιάζει στους λόγους επάρκειας την μονάδα και συνεπώς θα ενισχυθεί.

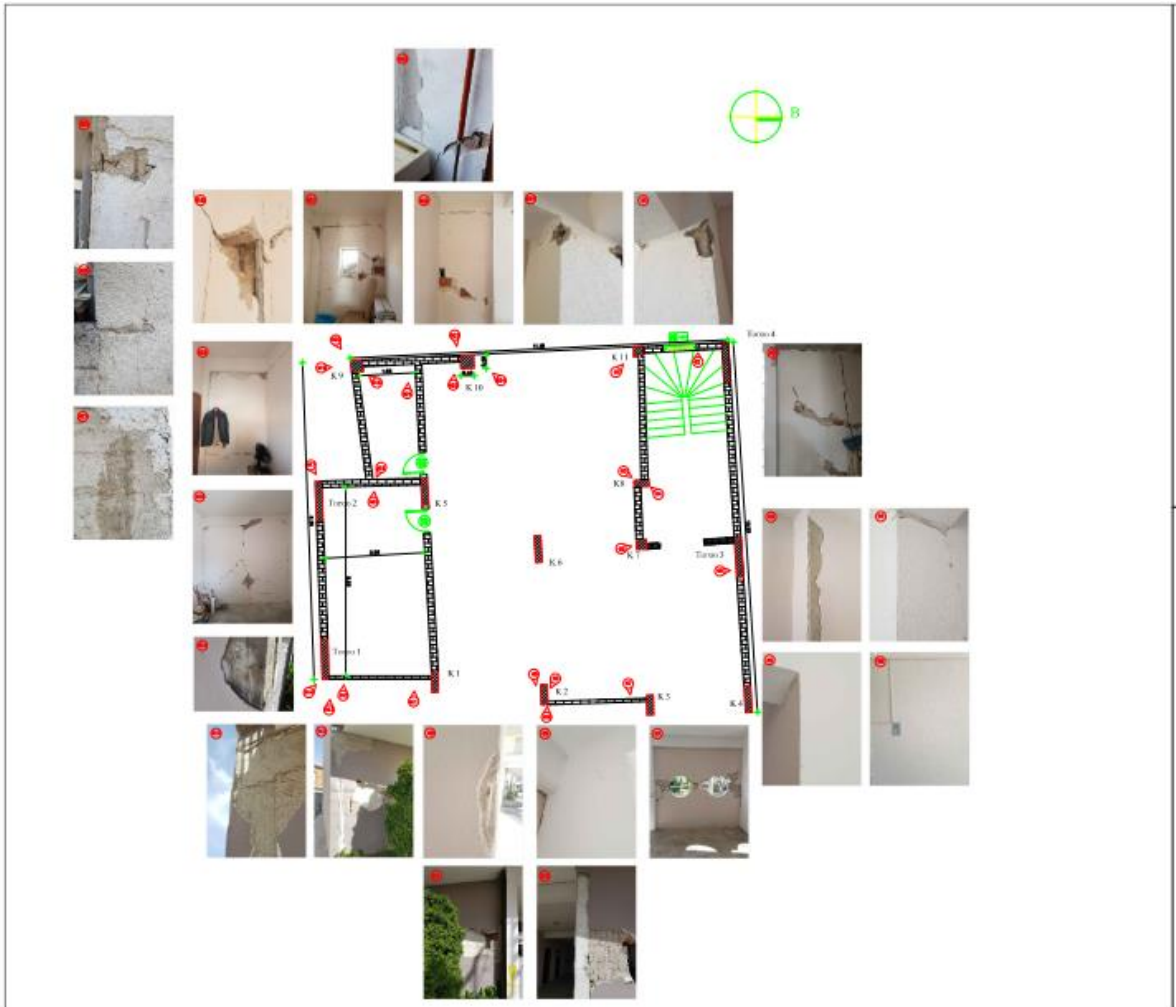
Τα παραπάνω υποστυλώματα θα ενισχυθούν με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).

Επιπροσθέτως, με βάση τα στοιχεία που έχουμε από την κατάσταση του σεισμόπληκτου κτηρίου και κυρίως το φωτογραφικό υλικό, που απεικονίζεται παρακάτω, χρήζουν ενίσχυση τα υποστυλώματα K9 (0), K11(0) και K12(0) (αρίθμηση σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα).



Εικόνα 77: Κάτοψη ισογείου

Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 78: Κάτοψη ισογείου υφιστάμενου κτηρίου και φωτογραφίες βλαβών.



Εικόνα 79: Υποστύλωμα Ισογείου Κ11.



Εικόνα 80: Υποστύλωμα Ισογείου Κ11.



Εικόνα 81: Υποστώμα Ισογείου Κ12.



Εικόνα 82: Υποστύλωμα Ισογείου Κ9.



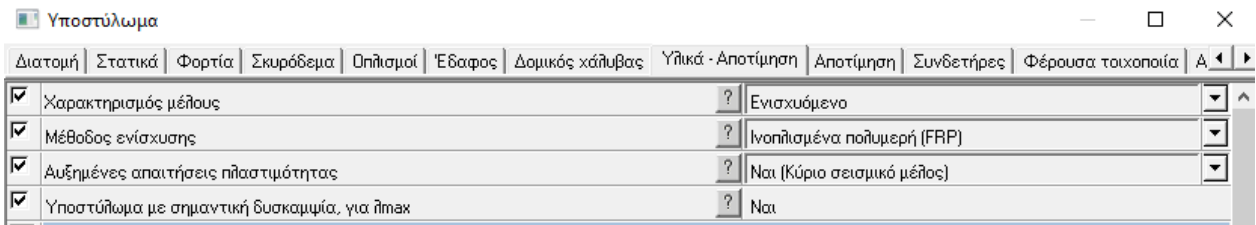
Εικόνα 83: Υποστύλωμα Ισογείου Κ9.

Τα υποστυλώματα K11 και K12 που είδαμε στις παραπάνω φωτογραφίες(αρίθμηση υποστυλωμάτων βλέπε Κεφάλαιο 6 εικόνα: 55) θα ενισχυθούν με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Επίσης το υποστυλώμα K9 (αρίθμηση υποστυλωμάτων βλέπε Κεφάλαιο 6 εικόνα: 55) όπως είδαμε στις παραπάνω εικόνες θα ενισχυθεί με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).

7.2 Ενίσχυση σε κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού με το λογισμικό FESPA

7.2.1 Ενίσχυση κατακόρυφων στοιχείων με Ινοπλισμένα Πολυμερή με το λογισμικό FESPA

Όπως αναφέραμε, τα υποστυλώματα του ισογείου K1(0), K2(0), K3(0), K9(0), τα υποστυλώματα του Α' ορόφου K1 (1), K2(1), K3(1), καθώς και το υποστύλωμα K3(2) του Β' ορόφου θα ενισχυθούν με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP). Ενδεικτικά, στο πρόγραμμα τροποποιούνται οι παράμετροι ως εξής:



Εικόνα 84: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

7.2.2 Ενίσχυση κατακόρυφων στοιχείων με Μανδύα Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος με το λογισμικό FESPA

Επίσης, τα κατακόρυφα στοιχεία K11(0) και K12(0) θα ενισχυθούν με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι τροποποιημένες παράμετροι του υποστρώματος K11 (0) σύμφωνα με το πρόγραμμα FESPA.

Το τοιχίο ενισχύεται με μανδύα 10 εκατοστά εκτοξευόμενου σκυροδέματος C25/30 και το μέλος χαρακτηρίζεται ως Ενισχυόμενο.

Παράμετρος	Τύπος	Αξία
Είδος υλικού	?	Σκυρόδεμα
Κατηγορία διατομής	?	Ορθογωνική
Γωνία τοποθέτησης φ [°]	?	0.00
b [m]	?	0.400
d [m]	?	1.400
Επικάλυψη οπλισμών, cnom [m]	?	0.035
Αυτόματος υπολογισμός αδρανειακών στοιχείων	?	Ναι

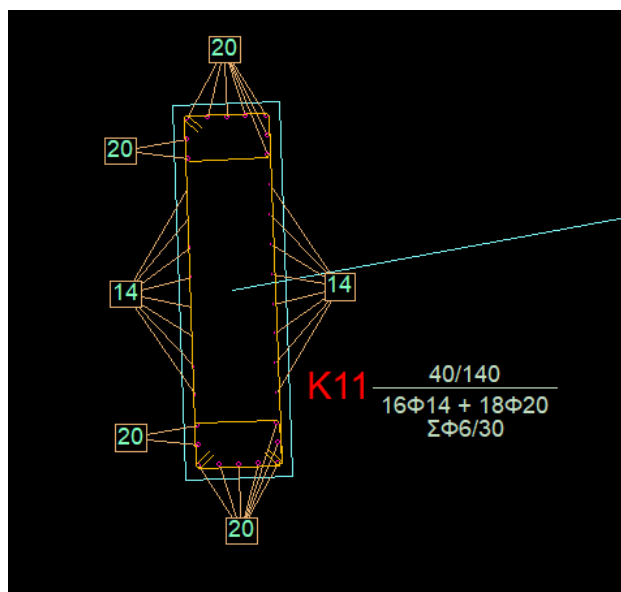
Εικόνα 85: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστρώματος.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Παράμετρος	Τύπος	Αξία
Χαρακτηρισμός μέλους	?	Ενισχυόμενο
Μέθοδος ενίσχυσης	?	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
Αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
Υποστύλωμα με σημαντική διακαμψία, για άπιακ	?	Ναι
Σκυρόδεμα		
Ποιότητα νέου σκυροδέματος	?	C25/30
Χαρακτηριστική αντοχή νέου σκυροδέματος fck [MPa]	?	25
Μέση αντοχή υφιστάμενου σκυροδέματος fcm [MPa]	?	22.5
Οπλισμός		
Χαρακτηριστική αντοχή νέου κάλυβα fyk [MPa]	?	500
Μέση αντοχή υφιστάμενου κάλυβα fyw [MPa]	?	460.0
Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού esu_n [%]	?	6.000
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού esu_e [%]	?	6.000
Χαρακτηρ. αντοχή κάλυβα συνδετήρων fywk [MPa]	?	500
Μέση αντοχή κάλυβα συνδετήρων fywm [MPa]	?	460.0
Ενισχύσεις με μανδύα σκυροδέματος		
Πάχος μανδύα εντός της νέας διατομής tj [cm]	?	10.0
Αξονικό φορτίο υποστύλισης Nv' [kN]	?	0.00
Διάμετρος βήτηρων [mm]	?	14

Εικόνα 86: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστρώματος.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 87: Διατομή ενισχυόμενου υποστυλώματος K11.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Η υφιστάμενη διατομή του υποστυλώματος K11 είχε διαστάσεις 20/120. Η διατομή με την εφαρμογή ενίσχυσης μανδύα 10 εκατοστών εκτοξευόμενου σκυροδέματος έχει πλέον διαστάσεις 40/140 και διαθέτει ράβδους σπλισμού 16Φ14 + 18Φ20.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία ενίσχυσης εφαρμόζεται και στο υποστυλώμα K12.

Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζονται οι λεπτομέρειες των βλήτρων. Συγκεκριμένα, για τα υποστυλώματα K11(0) και K12(0) που ενισχύονται με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 εκατοστών προτείνονται ανά παρειά βλήτρα 5Φ14 ανά μικρή πλευρά 20 εκατοστών υφιστάμενου και 24Φ14 ανά μεγάλη πλευρά 120 εκατοστών υφιστάμενου τοιχώματος.

Λεπτομέρειες προτεινόμενων βλήτρων ανά παρειά

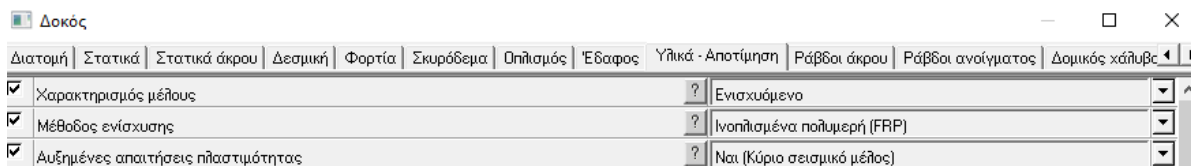


Εικόνα 88: Λεπτομέρειες τοποθετούμενων βλήτρων.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

7.3 Ενίσχυση σε οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού με το λογισμικό FESPA

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι δοκοί του ισογείου Δ5.1 (0), Δ6.1 (0), Δ11.1(0), Δ16.1(0), οι δοκοί του Α' ορόφου Δ5.1 (1), Δ6.1 (1), Δ11.1(1) και η δοκός Δ11.1 (2) του Β' ορόφου θα ενισχυθούν με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP). Ενδεικτικά, παρουσιάζεται η τροποποίηση των παραμέτρων τους με το πρόγραμμα FESPA.



Εικόνα 89: Παράμετροι διατομής ενισχυόμενης δοκού.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

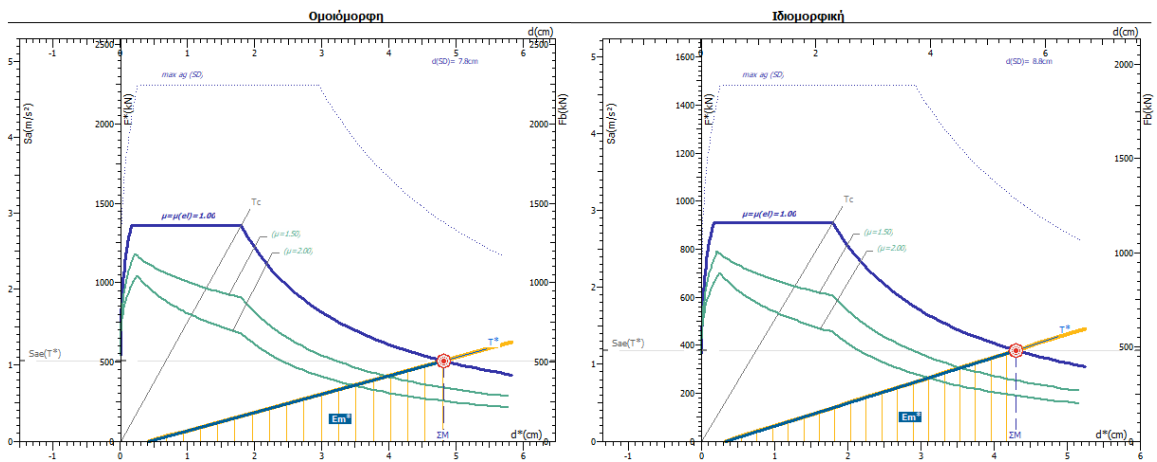
7.4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης φορέα με ενισχυμένα μέλη

7.4.1 Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]

Μετά την ενίσχυση των μελών, όπως θα διαπιστώσουμε στα παρακάτω διαγράμματα Απαιτήσης – Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], το κτήριο είναι επαρκές. Παρατηρώντας τα διαγράμματα, βλέπουμε ότι τόσο στην στάθμη επιτελεστικότητας SD (Προστασία Ζωής), τόσο και στην στάθμη επιτελεστικότητας NC (Αποφυγή Κατάρρευσης), η διακεκομμένη γραμμή SD και η διακεκομμένη γραμμή VR αντίστοιχα βρίσκονται πιο δεξιά από την στοχευόμενη μετακίνηση, γεγονός που υποδηλώνει την επάρκεια της κατασκευής μας.

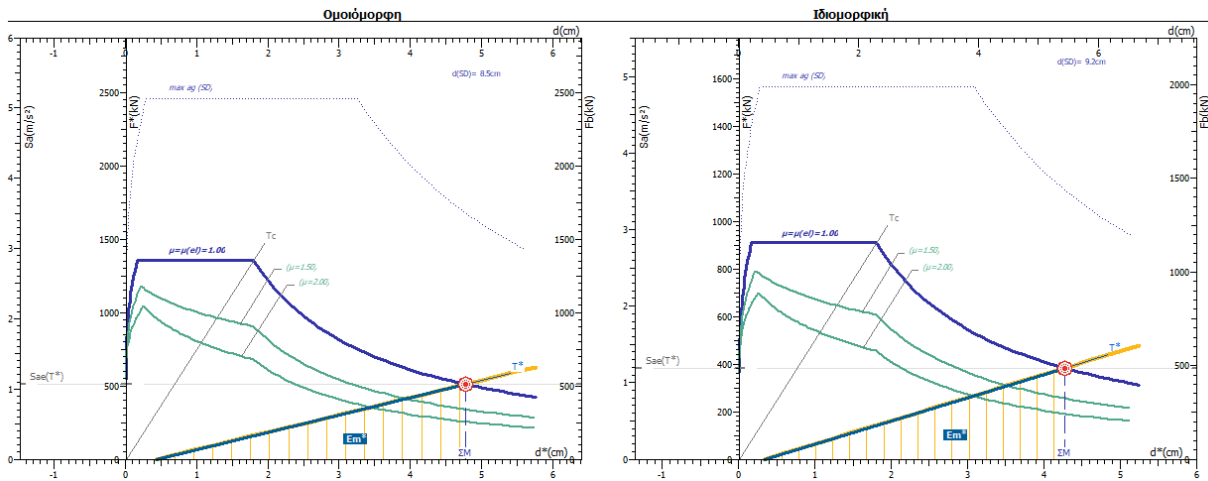
- Για την στάθμη επιτελεστικότητας SD:

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$.



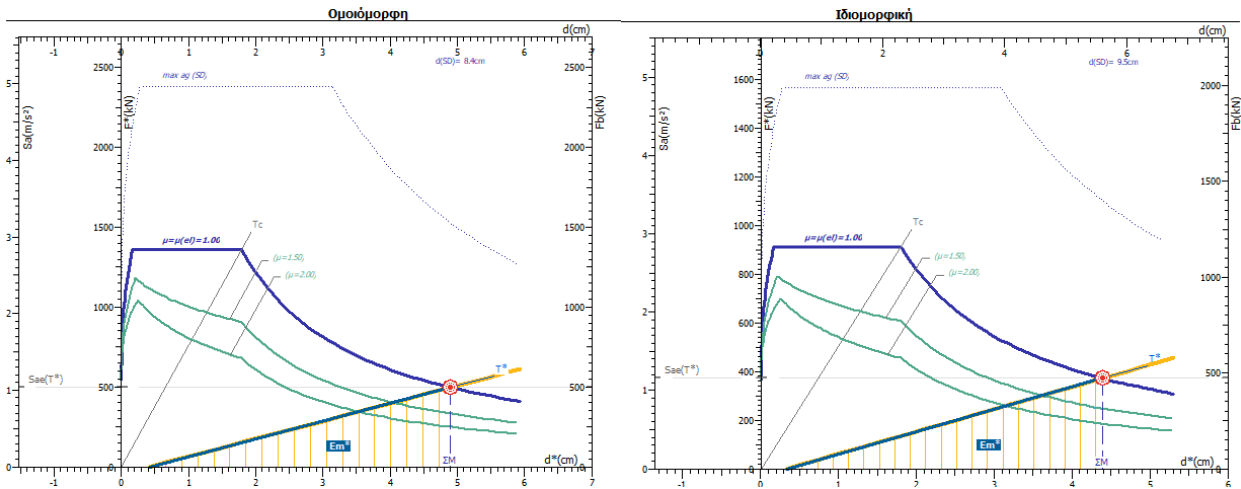
<p>1.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.82cm}{1.05 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.34s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p align="center">Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p align="center">$S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.31cm}{1.18 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.20s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p align="center">Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p align="center">$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.82cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{505.73kN} \right) = 4.82cm$</p> <p>$C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.05m/s^2 \cdot \left[\frac{1.34s}{2n} \right]^2 = 4.82cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.82cm = 4.82cm$</p> <p>$dy = 4.82cm, dt = 4.82cm$</p>	<p align="center">Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ <p align="center">$C_1 = \mu_d/q_u$</p> <p align="center">$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p align="center">$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p align="center">$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.31cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{378.76kN} \right) = 4.31cm$</p> <p>$C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.18m/s^2 \cdot \left[\frac{1.20s}{2n} \right]^2 = 4.31cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.31cm = 4.31cm$</p> <p>$dy = 5.48cm, dt = 5.48cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.159 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p align="center">Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.157 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p align="center">Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p align="center">$q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°+30%·90° -eZ.



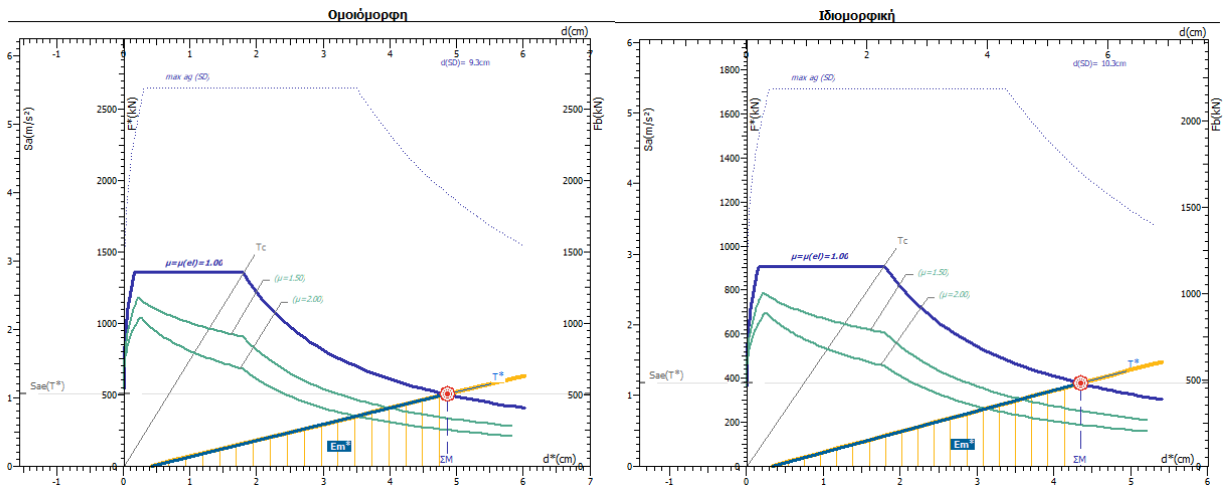
<p>1.</p> <p>Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.77cm}{1.07 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.33s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.26cm}{1.19 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.19s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.77cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{510.91kN} \right) = 4.77cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.07m/s^2 \cdot \left[\frac{1.33s}{2n} \right]^2 = 4.77cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.77cm = 4.77cm$</p> <p>$dy = 4.77cm, dt = 4.77cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_{et}^* - \frac{E m^*}{F_y^*} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \frac{T^*}{2n}$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.26cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{382.95kN} \right) = 4.26cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.19m/s^2 \cdot \left[\frac{1.19s}{2n} \right]^2 = 4.26cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.26cm = 4.26cm$</p> <p>$dy = 5.42cm, dt = 5.42cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.174 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_max = 1 και επιτελεσιτικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.165 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_{max}}}{S_{a_1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°-30%·270° +eZ.



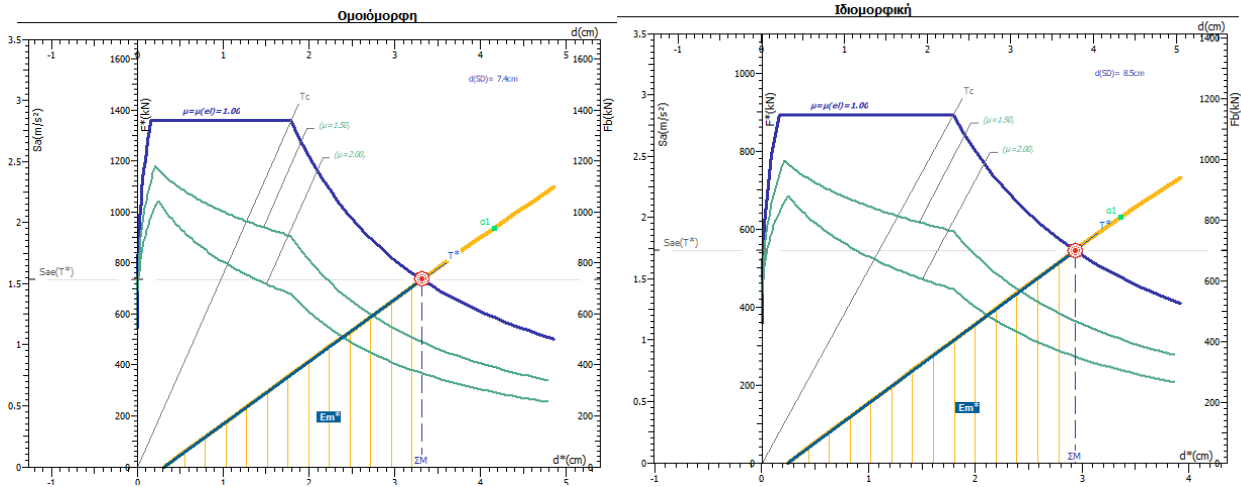
<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6\text{tn}, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.90\text{cm}}{1.04 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.37\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F_b^*}$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1\text{tn}, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{4.39\text{cm}}{1.16 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.22\text{s}$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. $\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50\text{s} \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. $dy^* = 2 \left(4.90\text{cm} - \frac{1217.9\text{cm} \cdot \text{kN}}{497.05\text{kN}} \right) = 4.90\text{cm}$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.04\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.37\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 4.90\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.90\text{cm} = 4.90\text{cm}$</p> <p>$dy = 4.90\text{cm}, dt = 4.90\text{cm}$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.39\text{cm} - \frac{815.4\text{cm} \cdot \text{kN}}{371.24\text{kN}} \right) = 4.39\text{cm}$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.16\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.22\text{s}}{2\pi} \right]^2 = 4.39\text{cm}$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.39\text{cm} = 4.39\text{cm}$</p> <p>$dy = 5.59\text{cm}, dt = 5.59\text{cm}$</p>
<p>4. $\max a_g = 0.169 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.166 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5. $q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_k}}{S_{a_1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 0°-30%·270° -eZ.



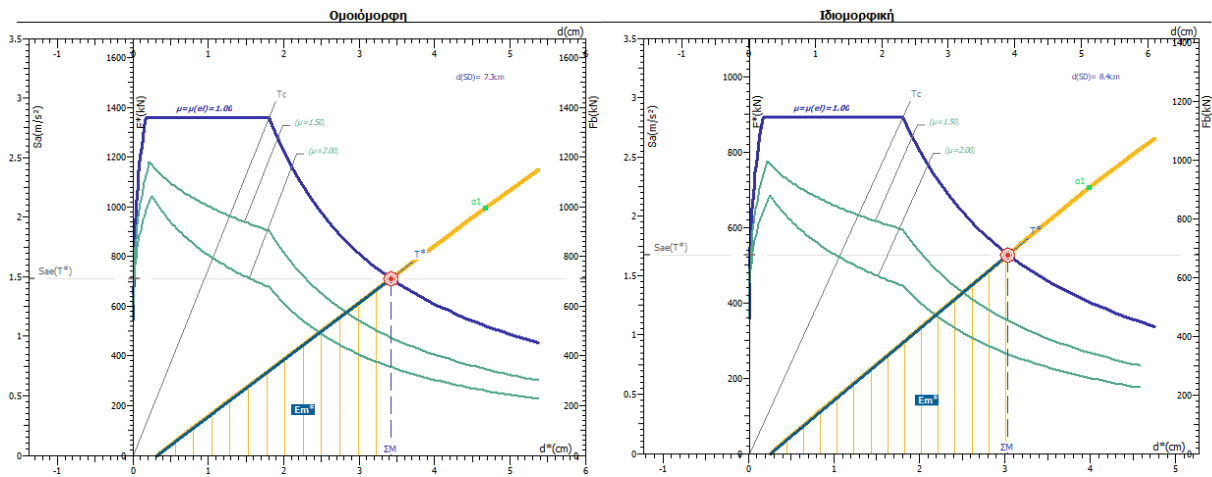
<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.86cm}{1.05 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.35s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.34cm}{1.17 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.21s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.86cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{501.47kN} \right) = 4.86cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.05m/s^2 \cdot \left[\frac{1.35s}{2n} \right]^2 = 4.86cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.86cm = 4.86cm$</p> <p>$dy = 4.86cm, dt = 4.86cm$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_{m^*}}{F_{m^*}} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.34cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{375.52kN} \right) = 4.34cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.17m/s^2 \cdot \left[\frac{1.21s}{2n} \right]^2 = 4.34cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.34cm = 4.34cm$</p> <p>$dy = 5.53cm, dt = 5.53cm$</p>
<p>4.</p> <p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p> <p>$\max a_g = 0.188 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.182 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°+30%·0° +eX.



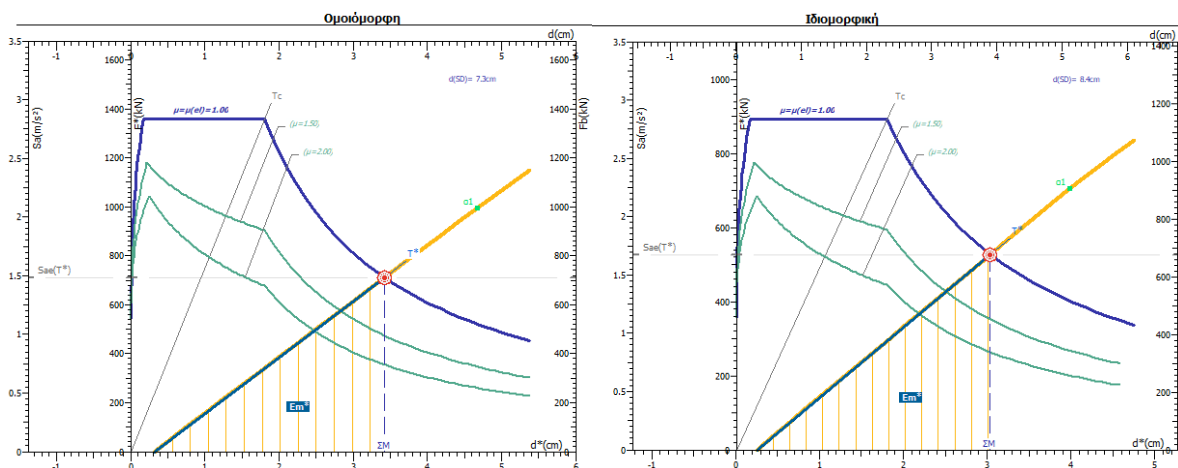
<p>1.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.32cm}{1.53 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.93s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $S_{ay} > S_{a1}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ </div>	<p>$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{2.93cm}{1.73 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.82s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ </div>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(3.32cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{733.90kN} \right) = 3.32cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.53m/s^2 \cdot \left[\frac{0.93s}{2n} \right]^2 = 3.32cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.32cm = 3.32cm$</p> <p>$dy = 3.32cm, dt = 3.32cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $d_{et}^* = S_a(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ </div>	<p>$dy^* = 2 \left(2.93cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{545.46kN} \right) = 2.93cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.73m/s^2 \cdot \left[\frac{0.82s}{2n} \right]^2 = 2.93cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.93cm = 2.93cm$</p> <p>$dy = 3.76cm, dt = 3.76cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max \alpha_a = 0.218 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max \alpha_a$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max \alpha_a = 0.218 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> $q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_y}}{S_{a_1}} \geq 1.0$ </div>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°+30%·0° -eX.



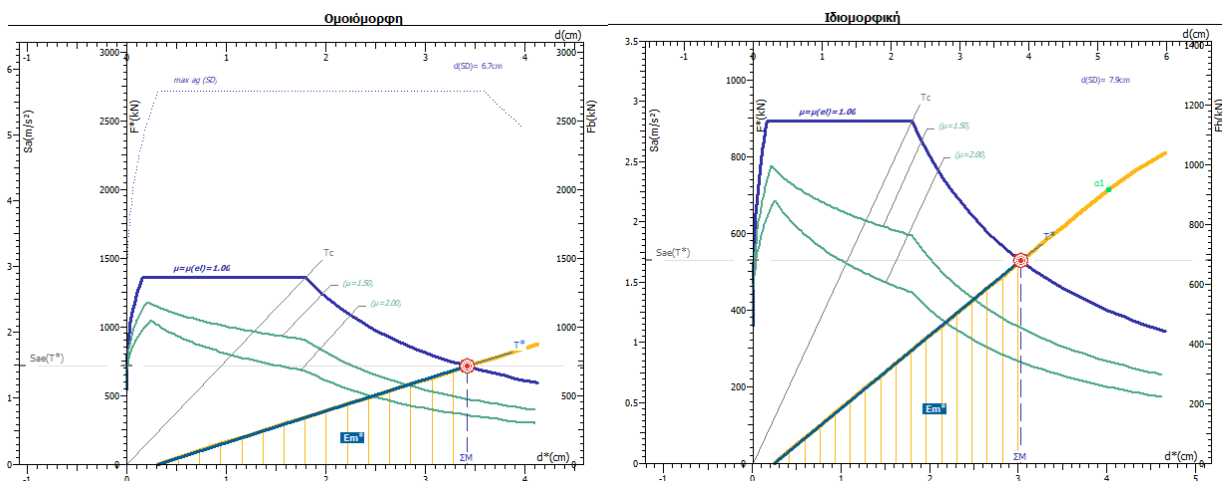
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.32cm}{1.53 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.92s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$
	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{2.93cm}{1.73 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.82s$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.
$dy^* = 2 \left(3.32cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{734.70kN} \right) = 3.32cm$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.53m/s^2 \cdot \left[\frac{0.92s}{2n} \right]^2 = 3.32cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.32cm = 3.32cm$ $dy = 3.32cm, dt = 3.32cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$
	$dy^* = 2 \left(2.93cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{546.17kN} \right) = 2.93cm$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.73m/s^2 \cdot \left[\frac{0.82s}{2n} \right]^2 = 2.93cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 2.93cm = 2.93cm$ $dy = 3.76cm, dt = 3.76cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_d για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.
$\max a_d = 0.204 \geq 0.096 (ok)$	$\max a_d = 0.219 \geq 0.096 (ok)$
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_y}}{S_{a_z}} \geq 1.0$
	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%·180° +eX.



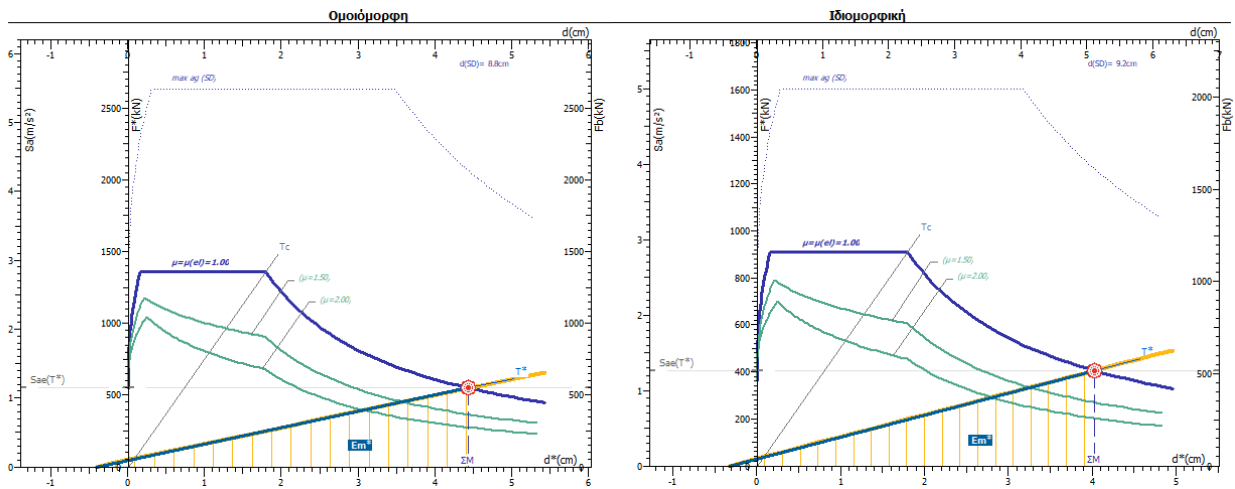
1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.		
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.42cm}{1.49 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.95s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.03cm}{1.68 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.85s$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
$dy^* = 2 \left(3.42cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{712.42kN} \right) = 3.42cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.49m/s^2 \cdot \left[\frac{0.95s}{2n} \right]^2 = 3.42cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.42cm = 3.42cm$ $dy = 3.42cm, dt = 3.42cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E \cdot m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(3.03cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{527.31kN} \right) = 3.03cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.68m/s^2 \cdot \left[\frac{0.85s}{2n} \right]^2 = 3.03cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.03cm = 3.03cm$ $dy = 3.89cm, dt = 3.89cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.		
$max a_g = 0.210 \geq 0.096 (ok)$		$max a_g = 0.210 \geq 0.096 (ok)$
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 90°-30%·180° +eX.



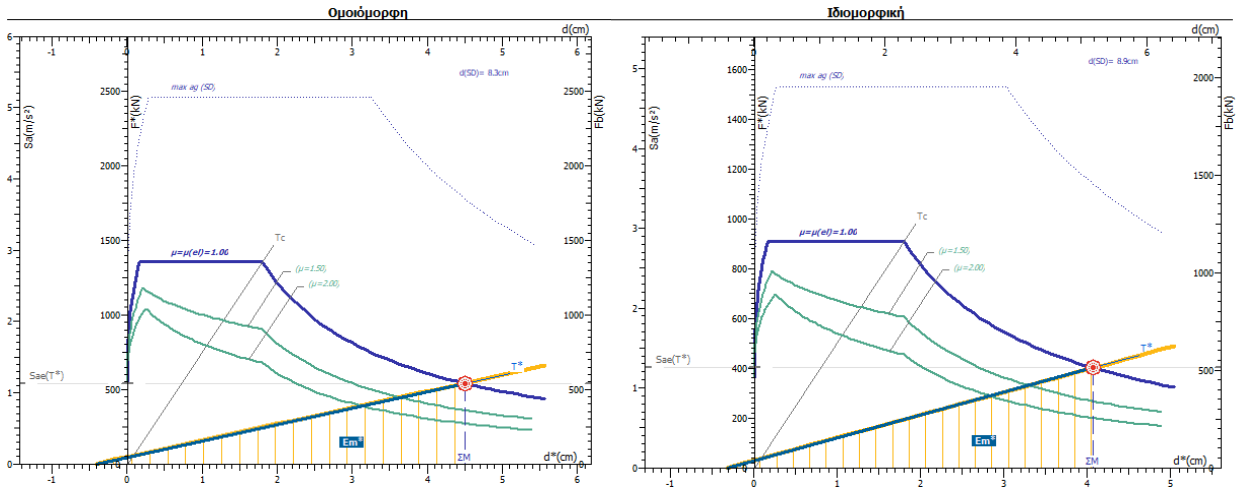
<p>1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.42cm}{1.49 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.95s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_k}{F_k^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{a,el}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u^* \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.03cm}{1.68 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.84s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(3.42cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{713.17kN} \right) = 3.42cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.49m/s^2 \cdot \left[\frac{0.95s}{2n} \right]^2 = 3.42cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.42cm = 3.42cm$</p> <p>$dy = 3.42cm, dt = 3.42cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_z(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>$dy^* = 2 \left(3.03cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{527.76kN} \right) = 3.03cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.68m/s^2 \cdot \left[\frac{0.84s}{2n} \right]^2 = 3.03cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.03cm = 3.03cm$</p> <p>$dy = 3.89cm, dt = 3.89cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτόχυνση $max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>		
<p>$max a_g = 0.192 \geq 0.096$ (ok)</p>		<p>$max a_g = 0.192 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = 1.0$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a,y}}{S_{a,t}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°+30%·90° +eZ.



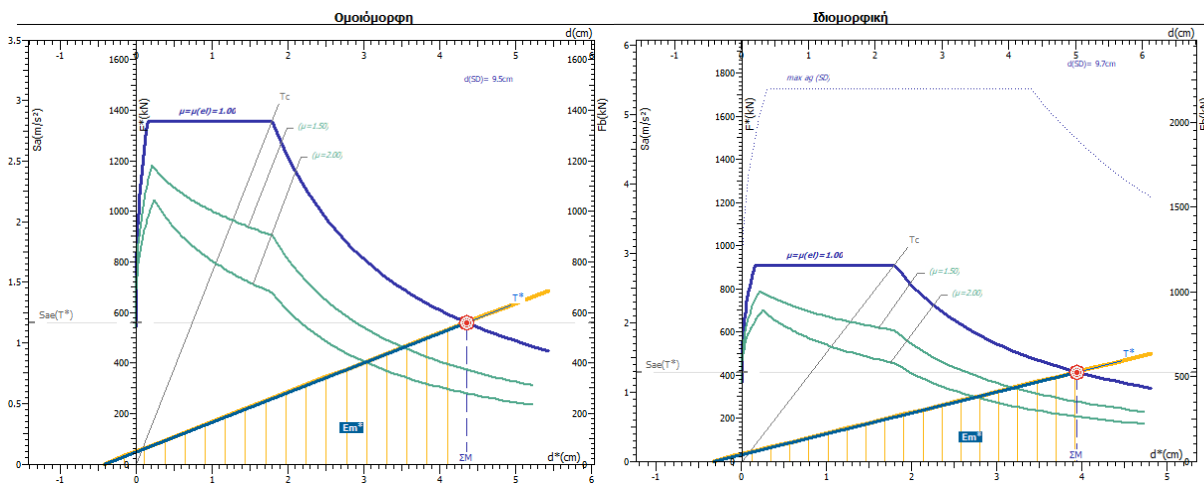
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.44cm}{1.14 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.24s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_y}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$ $S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.02cm}{1.26 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.12s$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	μ_d = 1.00
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(4.44cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{549.13kN} \right) = 4.44cm$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.14m/s^2 \cdot \left[\frac{1.24s}{2n} \right]^2 = 4.44cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.44cm = 4.44cm$ $dy = 4.44cm, dt = 4.44cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.02cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{405.63kN} \right) = 4.02cm$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.26m/s^2 \cdot \left[\frac{1.12s}{2n} \right]^2 = 4.02cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.02cm = 4.02cm$ $dy = 5.12cm, dt = 5.12cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.	max a_g = 0.170 ≥ 0.096 (ok)
$max a_g = 0.187 \geq 0.096 (ok)$	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_u}}{S_{a_1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°+30%·90° -eZ.



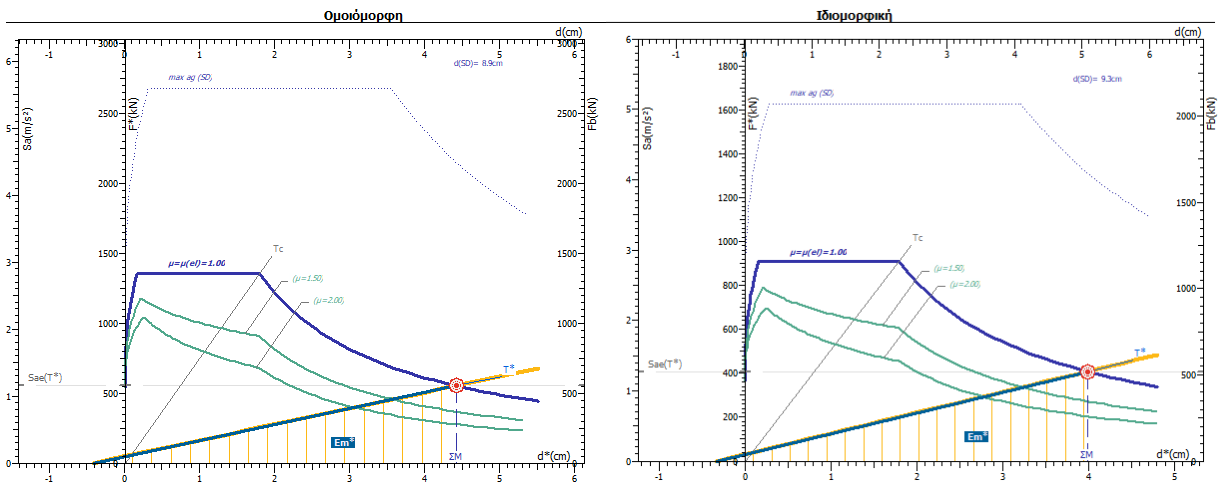
<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.49cm}{1.13 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.25s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.06cm}{1.25 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.13s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.49cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{541.89kN} \right) = 4.49cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.13m/s^2 \cdot \left[\frac{1.25s}{2n} \right]^2 = 4.49cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.49cm = 4.49cm$</p> <p>$dy = 4.49cm, dt = 4.49cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_m^*} \right)$ <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u$</p> $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ <p>$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(4.06cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{401.26kN} \right) = 4.06cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.25m/s^2 \cdot \left[\frac{1.13s}{2n} \right]^2 = 4.06cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.06cm = 4.06cm$</p> <p>$dy = 5.17cm, dt = 5.17cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.175 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.162 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%·270° +eZ.



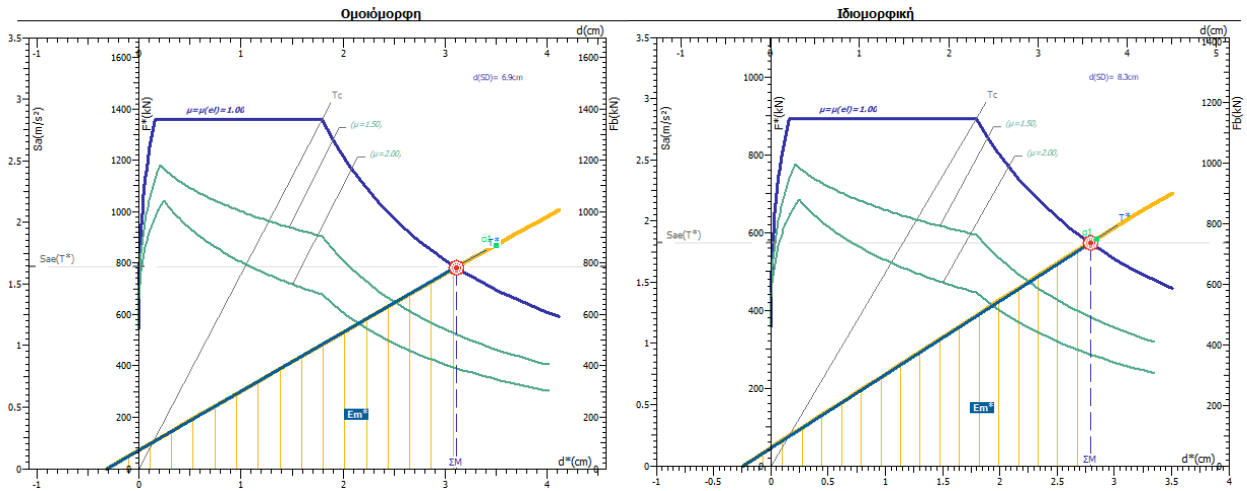
<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.35cm}{1.17 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.21s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{3.94cm}{1.29 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.10s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(4.35cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{559.37kN} \right) = 4.35cm$</p> <p>$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.17m/s^2 \cdot \left[\frac{1.21s}{2n} \right]^2 = 4.35cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 4.35cm = 4.35cm$</p> <p>$dy = 4.35cm, dt = 4.35cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 = \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_a(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(3.94cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{413.77kN} \right) = 3.94cm$</p> <p>$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.29m/s^2 \cdot \left[\frac{1.10s}{2n} \right]^2 = 3.94cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.94cm = 3.94cm$</p> <p>$dy = 5.02cm, dt = 5.02cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.204 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.183 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s = q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a_s}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = 1.0$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 180°-30%·270° -eZ.



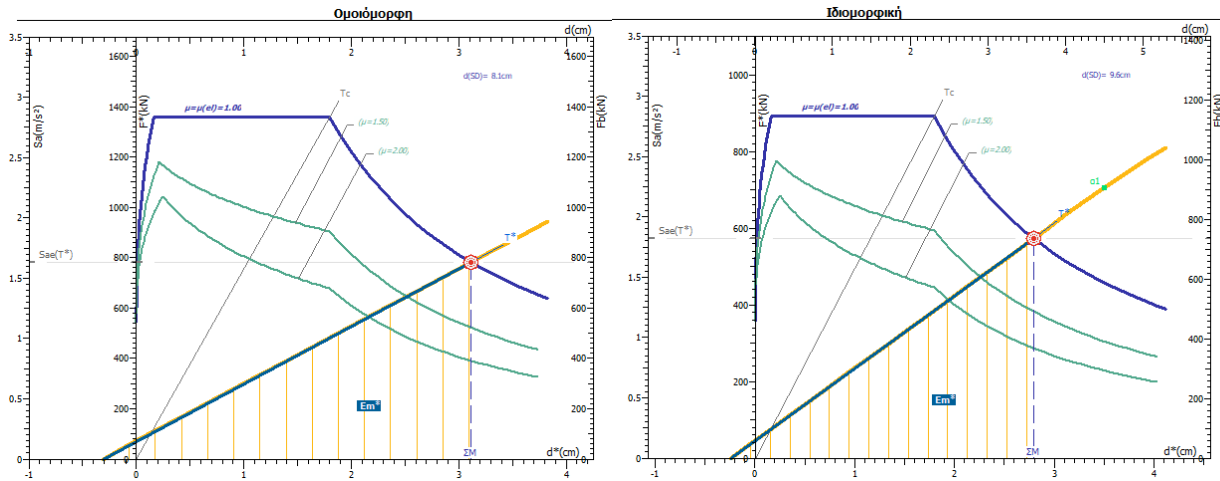
1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας αμ.		
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.41cm}{1.15 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.23s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{a*}(T^*) \therefore q_u \equiv q_m \equiv R = 1$	$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.99cm}{1.27 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.11s$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μd.		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
$dy^* = 2 \left(4.41cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{552.23kN} \right) = 4.41cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.15m/s^2 \cdot \left[\frac{1.23s}{2n} \right]^2 = 4.41cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.41cm = 4.41cm$ $dy = 4.41cm, dt = 4.41cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(3.99cm - \frac{815.4cm \cdot kN}{408.73kN} \right) = 3.99cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.27m/s^2 \cdot \left[\frac{1.11s}{2n} \right]^2 = 3.99cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.99cm = 3.99cm$ $dy = 5.08cm, dt = 5.08cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση max αd για λmax = 1 και επιτελεστικότητα SD.		
$\max \alpha_d = 0.190 \geq 0.096 \text{ (ok)}$		$\max \alpha_d = 0.173 \geq 0.096 \text{ (ok)}$
5. Παράγοντας υπεραντοχής αs.		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. B]. SD, κατεύθυνση $270^\circ + 30\% \cdot 0^\circ + eX$.



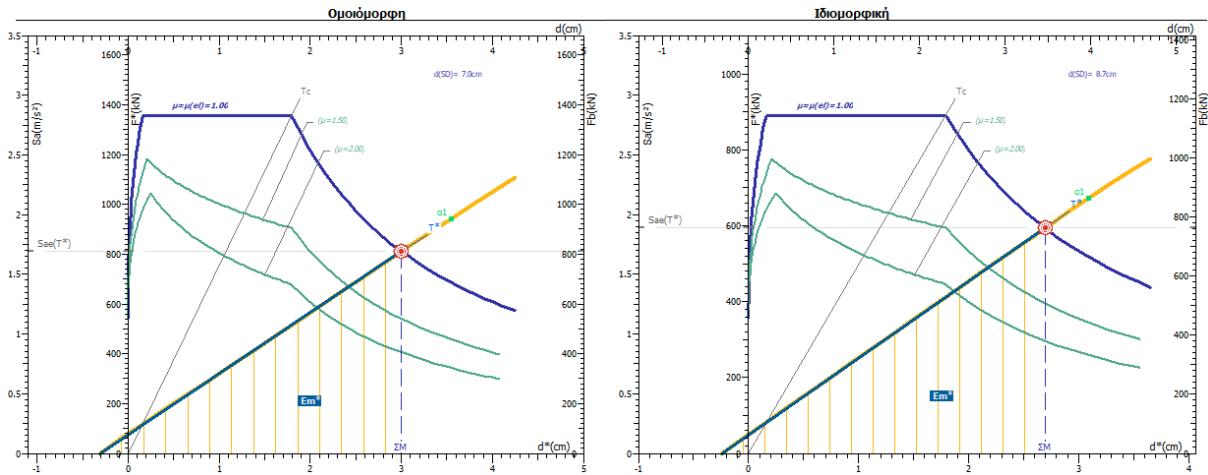
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 479.6 \text{tn}, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.11 \text{cm}}{1.64 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.87 \text{s}$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_n}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ay}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 314.8 \text{tn}, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{2.79 \text{cm}}{1.82 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.78 \text{s}$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(3.11 \text{cm} - \frac{1217.9 \text{cm} \cdot \text{kN}}{784.37 \text{kN}} \right) = 3.11 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.64 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.87 \text{s}}{2n} \right]^2 = 3.11 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.11 \text{cm} = 3.11 \text{cm}$ $dy = 3.11 \text{cm}, dt = 3.11 \text{cm}$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(2.79 \text{cm} - \frac{799.4 \text{cm} \cdot \text{kN}}{572.90 \text{kN}} \right) = 2.79 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.82 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.78 \text{s}}{2n} \right]^2 = 2.79 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 2.79 \text{cm} = 2.79 \text{cm}$ $dy = 3.58 \text{cm}, dt = 3.58 \text{cm}$
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{\max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.		
$\max a_g = 0.204 \geq 0.096 \text{ (ok)}$		$\max a_g = 0.213 \geq 0.096 \text{ (ok)}$
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°+30%·0° -eX



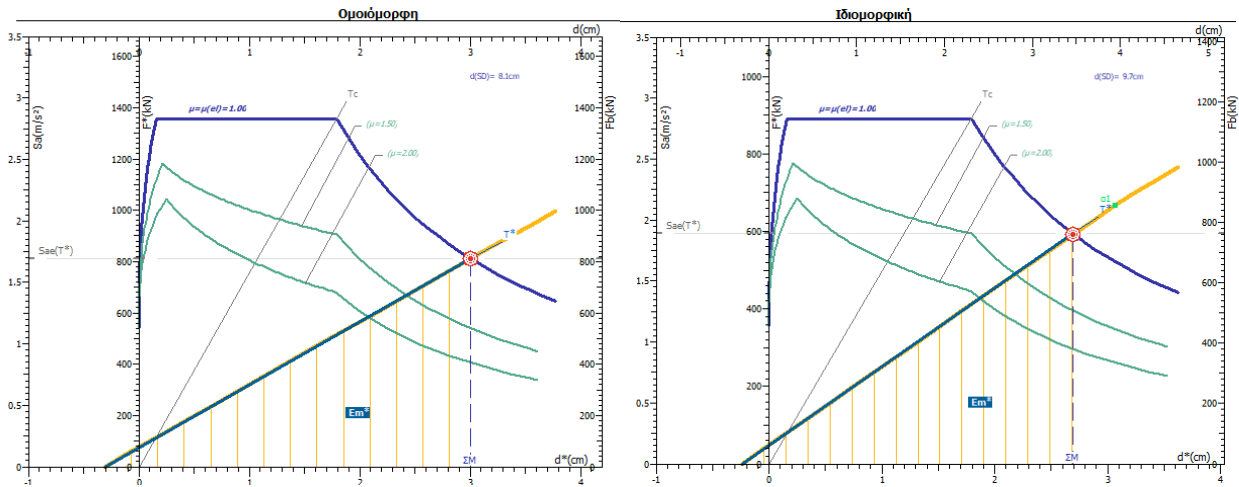
1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .		
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.11cm}{1.63 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.87s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_p}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{Say}}$ $S_{xy} > S_{x^*}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{2.79cm}{1.82 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.78s$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .		
$dy^* = 2 \left(3.11cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{783.33kN} \right) = 3.11cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.63m/s^2 \cdot \left[\frac{0.87s}{2n} \right]^2 = 3.11cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.11cm = 3.11cm$ $dy = 3.11cm, dt = 3.11cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E \cdot m_{se}^*}{F_{y^*}} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(2.79cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{573.90kN} \right) = 2.79cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.82m/s^2 \cdot \left[\frac{0.78s}{2n} \right]^2 = 2.79cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 2.79cm = 2.79cm$ $dy = 3.58cm, dt = 3.58cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.		
$\max a_g = 0.238 \geq 0.096$ (ok)	$\max a_g = 0.244 \geq 0.096$ (ok)	
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .		
$q_s = 1.0$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_y}}{S_{a_1}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°-30%·180° +eX.



1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.		
	$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{3.00cm}{1.69 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.84s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_p}{F_p^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{aε}(T^*) \therefore q_u \equiv q_s \equiv R = 1$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{2.69cm}{1.89 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.75s$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.		
	$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$	
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
	$dy^* = 2 \left(3.00cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{810.79kN} \right) = 3.00cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.69m/s^2 \cdot \left[\frac{0.84s}{2n} \right]^2 = 3.00cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 3.00cm = 3.00cm$ $dy = 3.00cm, dt = 3.00cm$	$dy^* = 2 \left(2.69cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{594.29kN} \right) = 2.69cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.89m/s^2 \cdot \left[\frac{0.75s}{2n} \right]^2 = 2.69cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 2.69cm = 2.69cm$ $dy = 3.46cm, dt = 3.46cm$	
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα SD.		
	$\max a_g = 0.215 \geq 0.096 \text{ (ok)}$	$\max a_g = 0.230 \geq 0.096 \text{ (ok)}$	
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.		
	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{aε}} \geq 1.0$	$q_s = 1.0$	

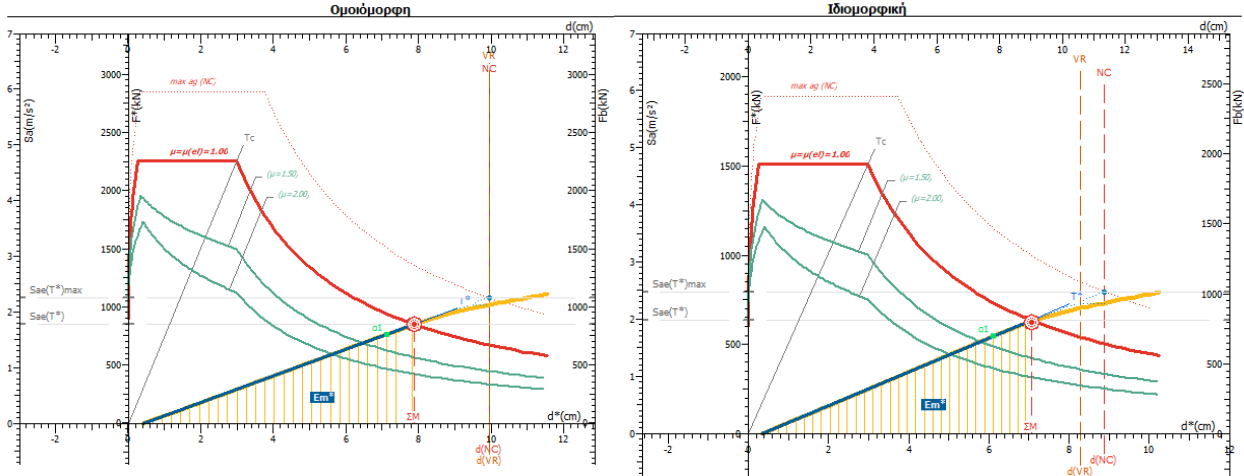
Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. SD, κατεύθυνση 270°-30%·180° -eX.



<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντα πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{3.01cm}{1.69 \cdot 10^3 cm/s^2}} = 0.84s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_y}{F^*}$	<p>$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$</p> <p>$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{2.69cm}{1.89 \cdot 10^3 cm/s^2}} = 0.75s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>$dy^* = 2 \left(3.01cm - \frac{1217.9cm \cdot kN}{810.22kN} \right) = 3.01cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.69m/s^2 \cdot \left[\frac{0.84s}{2\pi} \right]^2 = 3.01cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 3.01cm = 3.01cm$</p> <p>$dy = 3.01cm, dt = 3.01cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>$dy^* = 2 \left(2.69cm - \frac{799.4cm \cdot kN}{593.77kN} \right) = 2.69cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.89m/s^2 \cdot \left[\frac{0.75s}{2\pi} \right]^2 = 2.69cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 2.69cm = 2.69cm$</p> <p>$dy = 3.46cm, dt = 3.46cm$</p>
<p>4.</p> <p>$\max a_g = 0.245 \geq 0.096$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα SD.</p>	<p>$\max a_g = 0.253 \geq 0.096$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = 1.0$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> $q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_y}}{S_{a_t}} \geq 1.0$	<p>$q_s = 1.0$</p>

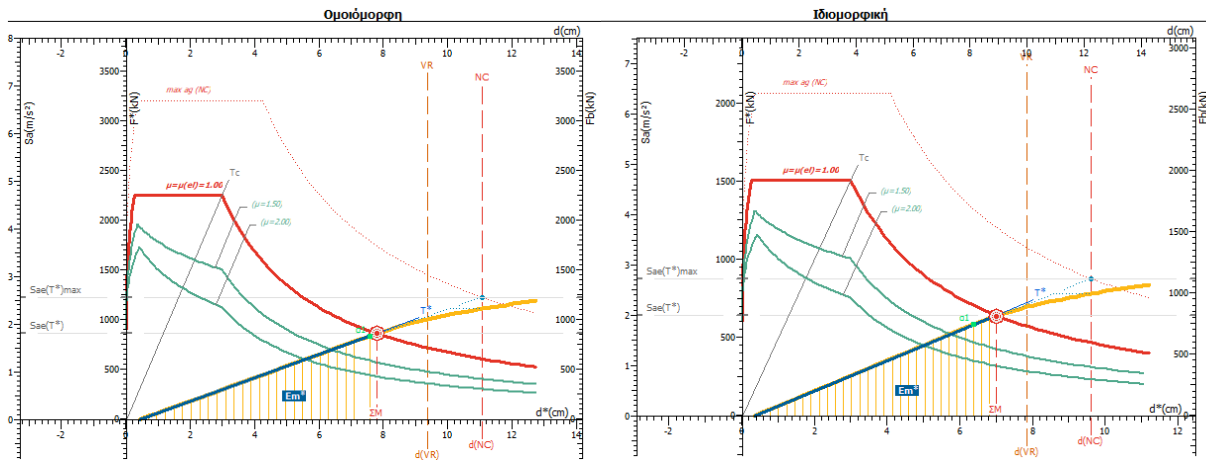
- Για την στάθμη επιτελεστικότητας NC:

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση $0^\circ+30\% \cdot 90^\circ +eZ$.



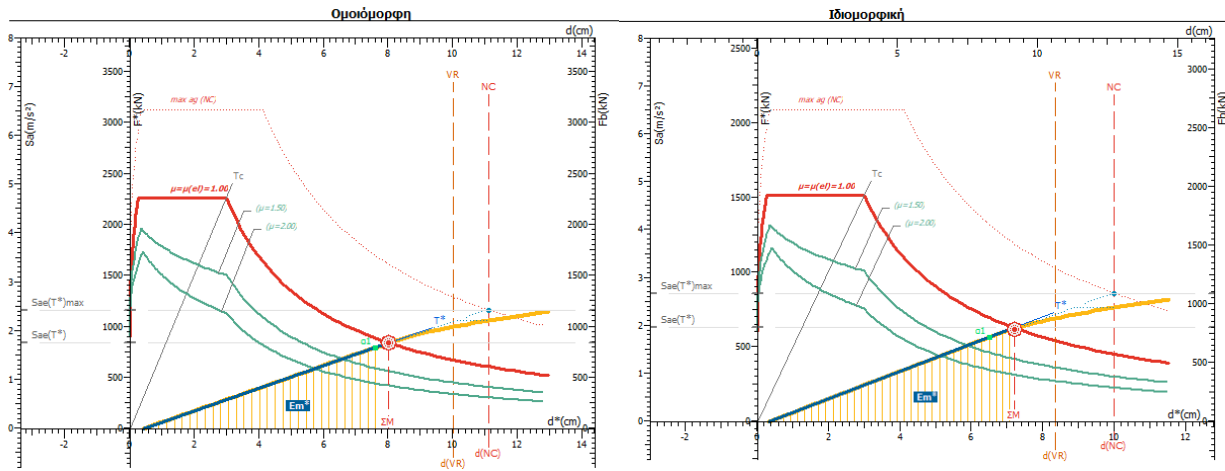
1.	Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.87cm}{1.78 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.32s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{a_e}(T^*) \therefore q_u = q_n = R = 1$
$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.06cm}{1.99 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.18s$ $q_u = 1.00$	$\mu_d \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.
$\mu_d = 1.00$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.
$dy^* = 2 \left(7.87cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{855.96kN} \right) = 7.87cm$ $C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{est}^* = 1.78m/s^2 \cdot \left[\frac{1.32s}{2n} \right]^2 = 7.87cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.87cm = 7.87cm$ $dy = 7.87cm, dt = 7.87cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 = \mu_d/q_u$ $d_{est}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{est}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$
$dy^* = 2 \left(7.06cm - \frac{2254.3cm \cdot kN}{638.63kN} \right) = 7.06cm$ $C_1 = \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{est}^* = 1.99m/s^2 \cdot \left[\frac{1.18s}{2n} \right]^2 = 7.06cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.06cm = 7.06cm$ $dy = 8.99cm, dt = 8.99cm$	$\mu_d = 1.00$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.
NC: $\max a_g = 0.202 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.202 \geq 0.160$ (ok)	NC: $\max a_g = 0.200 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.188 \geq 0.160$ (ok)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.
$q_s = \frac{1.78m/s^2}{1.61m/s^2} = 1.11$	$q_s = q_u = \frac{S_a}{S_{a_1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{1.99m/s^2}{1.71m/s^2} = 1.16$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°+30%·90° -εΖ.



1.	Μάζα m* και περιόδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 479.6 \text{tn}, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.78 \text{cm}}{1.80 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.31 \text{s}$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 321.1 \text{tn}, \Gamma = 1.27$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{6.98 \text{cm}}{2.01 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.17 \text{s}$ $q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(7.78 \text{cm} - \frac{3367.2 \text{cm} \cdot \text{kN}}{865.29 \text{kN}} \right) = 7.78 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 1.80 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.31 \text{s}}{2n} \right]^2 = 7.78 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 7.78 \text{cm} = 7.78 \text{cm}$ $dy = 7.78 \text{cm}, dt = 7.78 \text{cm}$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(6.98 \text{cm} - \frac{2254.3 \text{cm} \cdot \text{kN}}{646.13 \text{kN}} \right) = 6.98 \text{cm}$ $C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.01 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.17 \text{s}}{2n} \right]^2 = 6.98 \text{cm}$ $dt^* = 1.00 \cdot 6.98 \text{cm} = 6.98 \text{cm}$ $dy = 8.88 \text{cm}, dt = 8.88 \text{cm}$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	
NC: $\max a_g = 0.227 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.193 \geq 0.160$ (ok)		NC: $\max a_g = 0.219 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.179 \geq 0.160$ (ok)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = \frac{1.80 \text{m/s}^2}{1.75 \text{m/s}^2} = 1.03$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.01 \text{m/s}^2}{1.83 \text{m/s}^2} = 1.10$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°-30%·270° +εΖ.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$	$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$
$T^* = 2n \sqrt{\frac{8.01cm}{1.75 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.34s$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.19cm}{1.95 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.21s$
$q_u = 1.00$	$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$	$q_u = 1.00$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.

$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
----------------	---	----------------

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(8.01cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{840.61kN} \right) = 8.01cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E}{F_m^*} \right)$	$dy^* = 2 \left(7.19cm - \frac{2254.3cm \cdot kN}{627.00kN} \right) = 7.19cm$
$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$	$C_1 \equiv \mu_d / q_u$	$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$
$d_{et}^* = 1.75m/s^2 \cdot \left[\frac{1.34s}{2n} \right]^2 = 8.01cm$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$	$d_{et}^* = 1.95m/s^2 \cdot \left[\frac{1.21s}{2n} \right]^2 = 7.19cm$
$dt^* = 1.00 \cdot 8.01cm = 8.01cm$	$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$	$dt^* = 1.00 \cdot 7.19cm = 7.19cm$
$dy = 8.01cm, dt = 8.01cm$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy = 9.15cm, dt = 9.15cm$

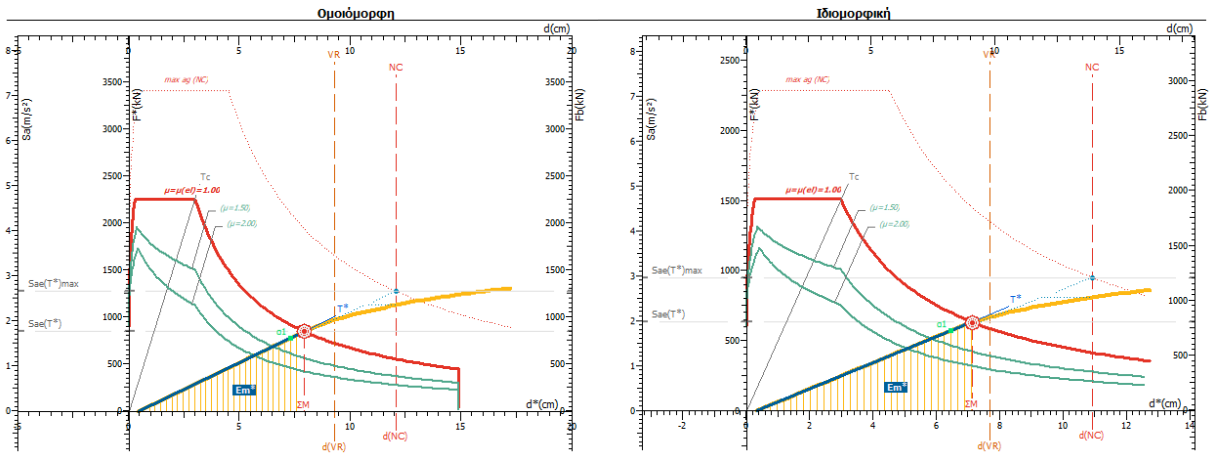
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.221 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.200 \geq 0.160$ (ok)	NC: $\max a_g = 0.220 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.186 \geq 0.160$ (ok)
--	--

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

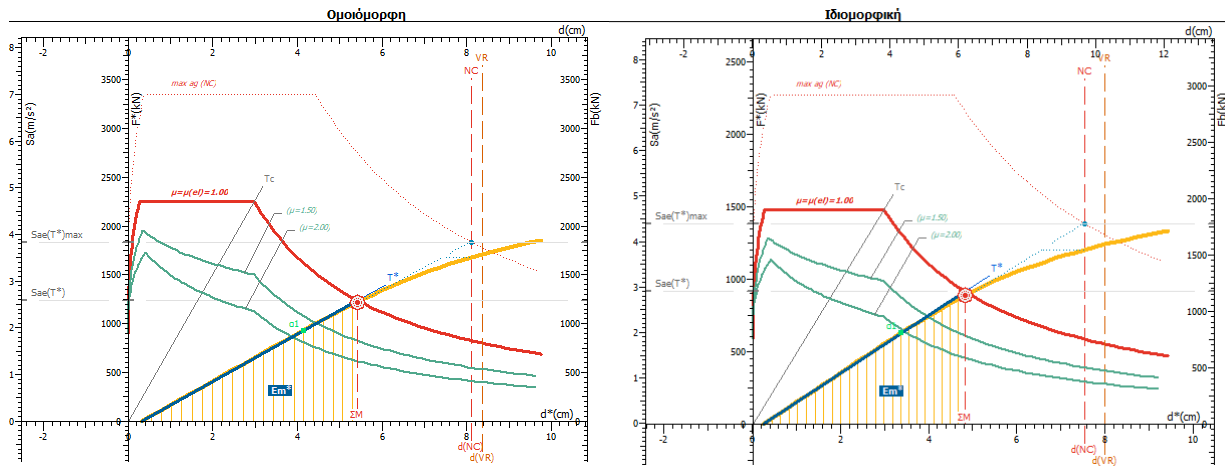
$q_s = \frac{1.75m/s^2}{1.66m/s^2} = 1.06$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_s}}{S_{a_s^*}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{1.95m/s^2}{1.75m/s^2} = 1.11$
--	---	--

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 0°-30%·270° -eZ



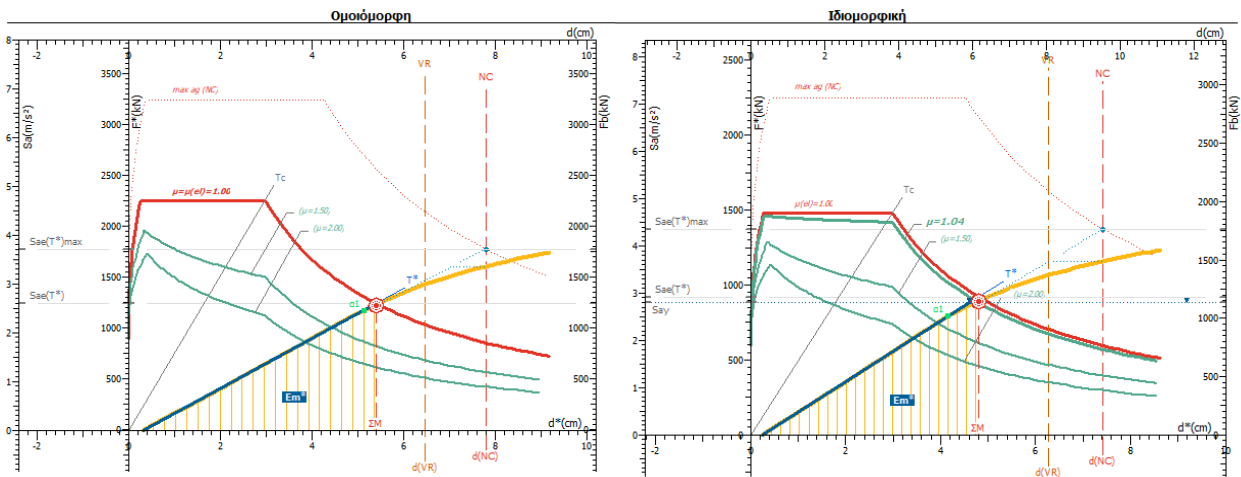
<p>1.</p> <p>Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>m* = 479.6tn, Γ = 1.00</p> $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.92\text{cm}}{1.77 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.33\text{s}$ <p>q_u = 1.00</p>	<p>Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>S_{ay} > S_{ax}(T*) ∴ q_u ≡ q_u ≡ R = 1</p>	<p>m* = 321.1tn, Γ = 1.27</p> $T^* = 2n \sqrt{\frac{7.11\text{cm}}{1.97 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.19\text{s}$ <p>q_u = 1.00</p>
<p>2.</p> <p>μ_d = 1.00</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>T* ≥ T_c = 0.50s ∴ μ_d = q_u</p>	<p>μ_d = 1.00</p>
<p>3.</p> $dy^* = 2 \left(7.92\text{cm} - \frac{3367.2\text{cm} \cdot \text{kN}}{849.89\text{kN}} \right) = 7.92\text{cm}$ <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> $d_{et}^* = 1.77\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.33\text{s}}{2n} \right]^2 = 7.92\text{cm}$ <p>dt* = 1.00 · 7.92cm = 7.92cm</p> <p>dy = 7.92cm, dt = 7.92cm</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E}{F} m_{se}^* \right)$ <p>C₁ ≡ μ_d/q_u</p> $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ <p>dt* = μ_d/q_u · d_{et}*</p> <p>dy = Γ · dy*, dt = Γ · dt*</p>	$dy^* = 2 \left(7.11\text{cm} - \frac{2254.3\text{cm} \cdot \text{kN}}{633.92\text{kN}} \right) = 7.11\text{cm}$ <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> $d_{et}^* = 1.97\text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{1.19\text{s}}{2n} \right]^2 = 7.11\text{cm}$ <p>dt* = 1.00 · 7.11cm = 7.11cm</p> <p>dy = 9.05cm, dt = 9.05cm</p>
<p>4.</p> <p>NC: max α_g = 0.242 ≥ 0.160 (ok)</p> <p>VR: max α_g = 0.188 ≥ 0.160 (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση max α_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.</p>	<p>NC: max α_g = 0.242 ≥ 0.160 (ok)</p> <p>VR: max α_g = 0.173 ≥ 0.160 (ok)</p>
<p>5.</p> $q_s = \frac{1.77\text{m/s}^2}{1.62\text{m/s}^2} = 1.09$	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> $q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{1.97\text{m/s}^2}{1.78\text{m/s}^2} = 1.11$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°+30%·0° +eX.



1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$
$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.42cm}{2.59 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.91s$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.82cm}{2.91 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.81s$
$q_u = 1.00$	$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u = q_m = R = 1$	$q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(5.42cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1242.59kN} \right) = 5.42cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$	$dy^* = 2 \left(4.82cm - \frac{2210.1cm \cdot kN}{916.37kN} \right) = 4.82cm$
$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$	$C_1 = \mu_d / q_u$	$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$
$d_{et}^* = 2.59m/s^2 \cdot \left[\frac{0.91s}{2n} \right]^2 = 5.42cm$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$	$d_{et}^* = 2.91m/s^2 \cdot \left[\frac{0.81s}{2n} \right]^2 = 4.82cm$
$dt^* = 1.00 \cdot 5.42cm = 5.42cm$	$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$	$dt^* = 1.00 \cdot 4.82cm = 4.82cm$
$dy = 5.42cm, dt = 5.42cm$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy = 6.20cm, dt = 6.20cm$
4.	Μέγιστη επιτόχηση max α_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	
NC: $\max \alpha_g = 0.238 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max \alpha_g = 0.245 \geq 0.160$ (ok)		NC: $\max \alpha_g = 0.246 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max \alpha_g = 0.260 \geq 0.160$ (ok)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = \frac{2.59m/s^2}{1.96m/s^2} = 1.33$	$q_s = q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.91m/s^2}{2.00m/s^2} = 1.46$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°+30%·0° -εΧ.



1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .

$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F_b^*}$ $m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.40cm}{2.60 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.91s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}^*}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.60cm}{2.80 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.81s$

$S_{ay} > S_{se}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{se}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{2.92m/s^2}{2.80m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.04$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .

$dy^* = 2 \left(5.40cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1246.86kN} \right) = 5.40cm$ $dy^* = 2 \left(4.73cm - \frac{2144.0cm \cdot kN}{881.69kN} \right) = 4.60cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.60m/s^2 \cdot \left[\frac{0.91s}{2n} \right]^2 = 5.40cm$ $d_{et}^* = 2.92m/s^2 \cdot \left[\frac{0.81s}{2n} \right]^2 = 4.80cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.40cm = 5.40cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.80cm = 4.80cm$

$dy = 5.40cm, dt = 5.40cm$ $dy = 5.91cm, dt = 6.17cm$

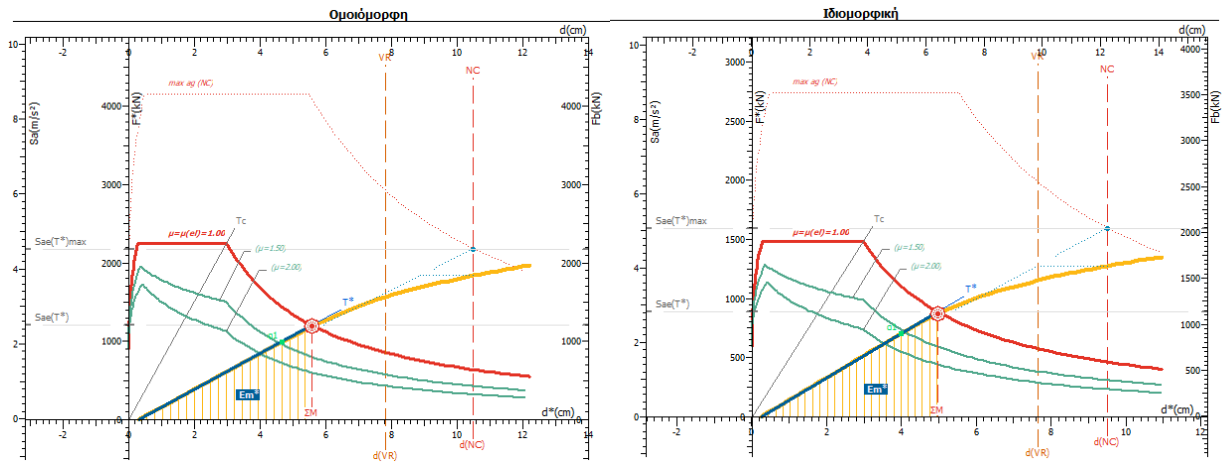
4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.230 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.243 \geq 0.160$ (ok)
 VR: $\max a_g = 0.192 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.207 \geq 0.160$ (ok)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .

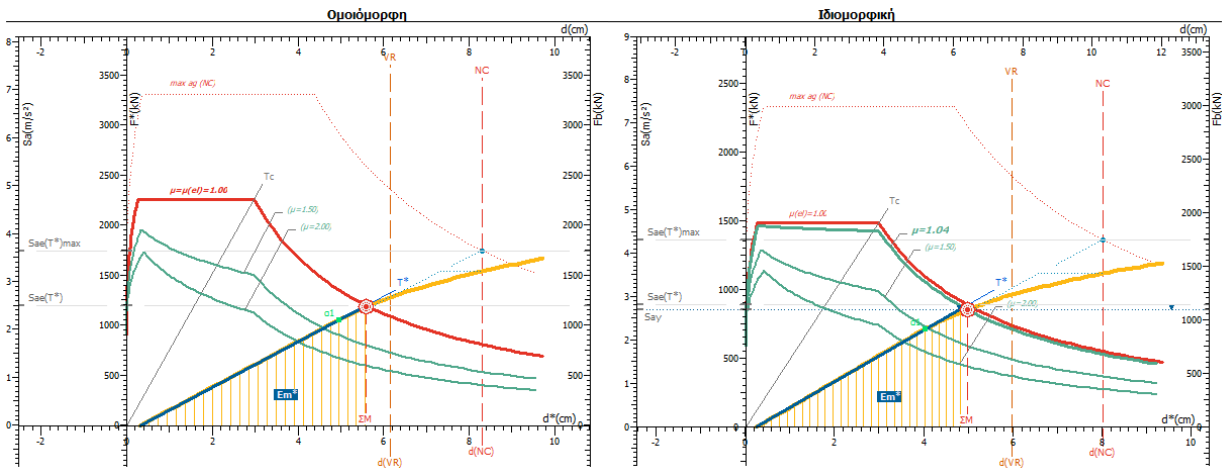
$q_s = \frac{2.60m/s^2}{2.46m/s^2} = 1.06$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.80m/s^2}{2.52m/s^2} = 1.11$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°-30%-180° +eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.		
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{5.59cm}{2.51 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.94s$ $q_u = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.97cm}{2.82 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.83s$ $q_u = 1.00$
2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.		
$\mu_d = 1.00$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.		
$dy^* = 2 \left(5.59cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1204.51kN} \right) = 5.59cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{st}^* = 2.51m/s^2 \cdot \left[\frac{0.94s}{2n} \right]^2 = 5.59cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.59cm = 5.59cm$ $dy = 5.59cm, dt = 5.59cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{st}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{st}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.97cm - \frac{2210.1cm \cdot kN}{889.19kN} \right) = 4.97cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $d_{st}^* = 2.82m/s^2 \cdot \left[\frac{0.83s}{2n} \right]^2 = 4.97cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.97cm = 4.97cm$ $dy = 6.38cm, dt = 6.38cm$
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.		
NC: $\max a_g = 0.295 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.224 \geq 0.160$ (ok)		NC: $\max a_g = 0.297 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.243 \geq 0.160$ (ok)
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.		
$q_s = \frac{2.51m/s^2}{2.07m/s^2} = 1.21$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a_i}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.82m/s^2}{2.24m/s^2} = 1.26$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 90°-30%·180° -eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_n}{F^*}$ $m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.59cm}{2.51 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.94s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.78cm}{2.71 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.83s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{2.82m/s^2}{2.71m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.04$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(5.59cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1205.05kN} \right) = 5.59cm$ $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_{m^*}}{F_y} \right)$ $dy^* = 2 \left(4.98cm - \frac{2212.0cm \cdot kN}{854.20kN} \right) = 4.78cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.51m/s^2 \cdot \left[\frac{0.94s}{2n} \right]^2 = 5.59cm$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $d_{et}^* = 2.82m/s^2 \cdot \left[\frac{0.83s}{2n} \right]^2 = 4.98cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.59cm = 5.59cm$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.98cm = 4.98cm$

$dy = 5.59cm, dt = 5.59cm$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ $dy = 6.15cm, dt = 6.39cm$

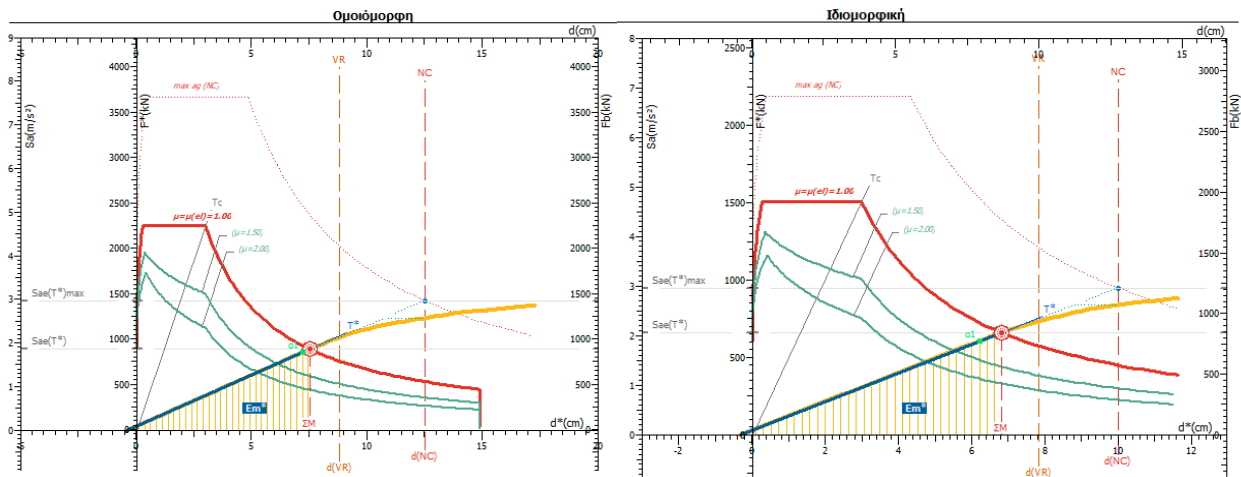
4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.235 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.251 \geq 0.160$ (ok)
 VR: $\max a_g = 0.176 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

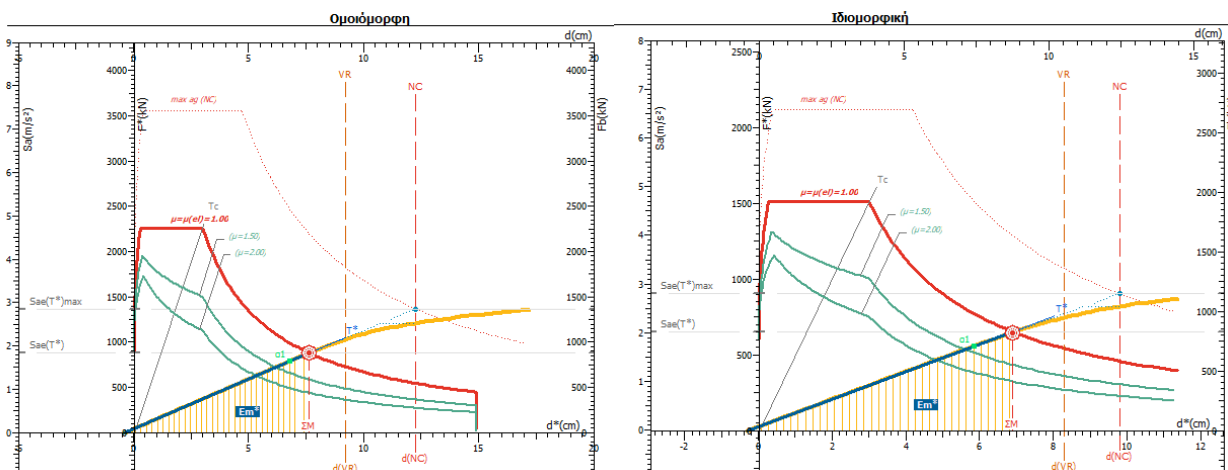
$q_s = \frac{2.51m/s^2}{2.21m/s^2} = 1.13$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{a_{max}}}{S_{a_i}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.71m/s^2}{2.27m/s^2} = 1.20$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°+30%·90° +eZ.



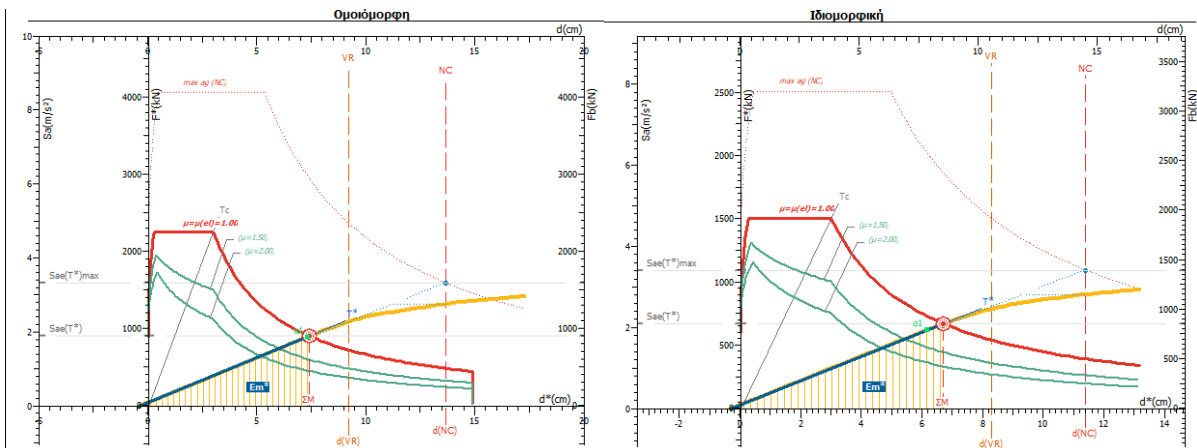
1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.		
	$m^* = 479.6 \text{tn}, \Gamma = 1.00$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_s}{F^*}$	$m^* = 321.1 \text{tn}, \Gamma = 1.27$
	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{7.52 \text{cm}}{1.87 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.26 \text{s}$	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$	$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{6.80 \text{cm}}{2.06 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 1.14 \text{s}$
	$q_u = 1.00$	$S_{ay} > S_{se}(T^*) \therefore q_u = q_u = R = 1$	$q_u = 1.00$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.00$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$	$dy^* = 2 \left(6.80 \text{cm} - \frac{2254.3 \text{cm} \cdot \text{kN}}{663.07 \text{kN}} \right) = 6.80 \text{cm}$
	$dy^* = 2 \left(7.52 \text{cm} - \frac{3367.2 \text{cm} \cdot \text{kN}}{895.10 \text{kN}} \right) = 7.52 \text{cm}$	$C_1 = \mu_d / q_u$	$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$
	$C_1 = \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$	$d_{et}^* = S_e(T^*) \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)^2$	$d_{et}^* = 2.06 \text{m/s}^2 \cdot \left(\frac{1.14 \text{s}}{2\pi} \right)^2 = 6.80 \text{cm}$
	$d_{et}^* = 1.87 \text{m/s}^2 \cdot \left(\frac{1.26 \text{s}}{2\pi} \right)^2 = 7.52 \text{cm}$	$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$	$dt^* = 1.00 \cdot 6.80 \text{cm} = 6.80 \text{cm}$
	$dt^* = 1.00 \cdot 7.52 \text{cm} = 7.52 \text{cm}$	$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy = 8.66 \text{cm}, dt = 8.66 \text{cm}$
	$dy = 7.52 \text{cm}, dt = 7.52 \text{cm}$		
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	$q_s = q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.06 \text{m/s}^2}{1.90 \text{m/s}^2} = 1.09$
	NC: $\max a_g = 0.260 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.187 \geq 0.160$ (ok)		NC: $\max a_g = 0.232 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.183 \geq 0.160$ (ok)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.		
	$q_s = \frac{1.87 \text{m/s}^2}{1.79 \text{m/s}^2} = 1.04$		

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°+30%·90° -eZ.



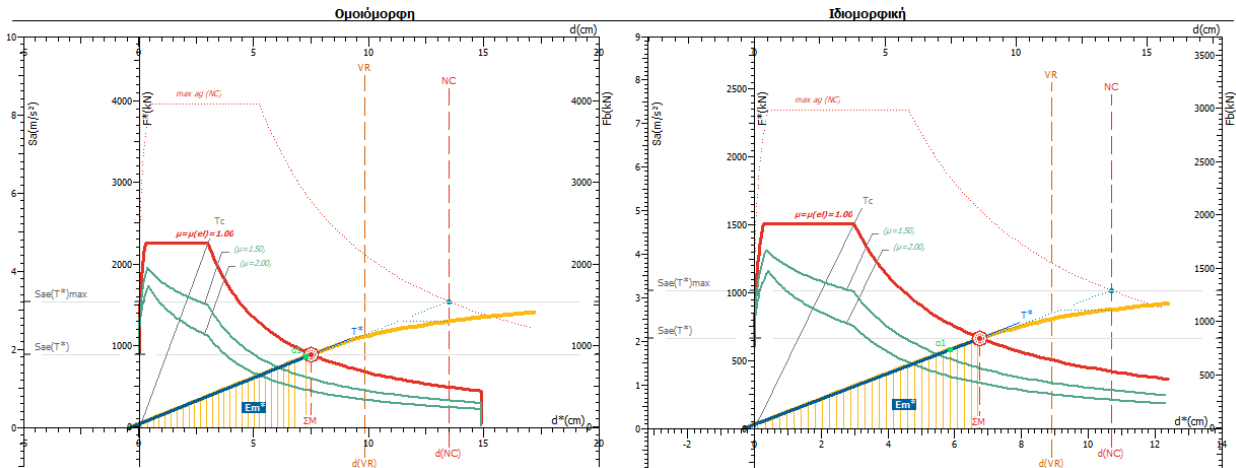
<p>1.</p> <p>Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p> <p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.62cm}{1.84 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.28s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	<p>$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$</p> <p>$S_{ay} > S_{ax}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{6.88cm}{2.04 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.15s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2.</p> <p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p> <p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3.</p> <p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(7.62cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{884.19kN} \right) = 7.62cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 1.84m/s^2 \cdot \left[\frac{1.28s}{2n} \right]^2 = 7.62cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 7.62cm = 7.62cm$</p> <p>$dy = 7.62cm, dt = 7.62cm$</p>	<p>Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p> <p>$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y} \right)$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u$</p> <p>$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$</p> <p>$dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$</p> <p>$dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$</p>	<p>$dy^* = 2 \left(6.88cm - \frac{2254.3cm \cdot kN}{655.05kN} \right) = 6.88cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{et}^* = 2.04m/s^2 \cdot \left[\frac{1.15s}{2n} \right]^2 = 6.88cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 6.88cm = 6.88cm$</p> <p>$dy = 8.76cm, dt = 8.76cm$</p>
<p>4.</p> <p>NC: $\max \alpha_g = 0.253 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max \alpha_g = 0.192 \geq 0.160$ (ok)</p>	<p>Μέγιστη επιτάχυνση $\max \alpha_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιτελεσιτικότητα NC.</p>	<p>NC: $\max \alpha_g = 0.224 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max \alpha_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)</p>
<p>5.</p> <p>$q_s = \frac{1.84m/s^2}{1.65m/s^2} = 1.12$</p>	<p>Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p> <p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{at}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = \frac{2.04m/s^2}{1.74m/s^2} = 1.17$</p>

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°-30%·270° +eZ.



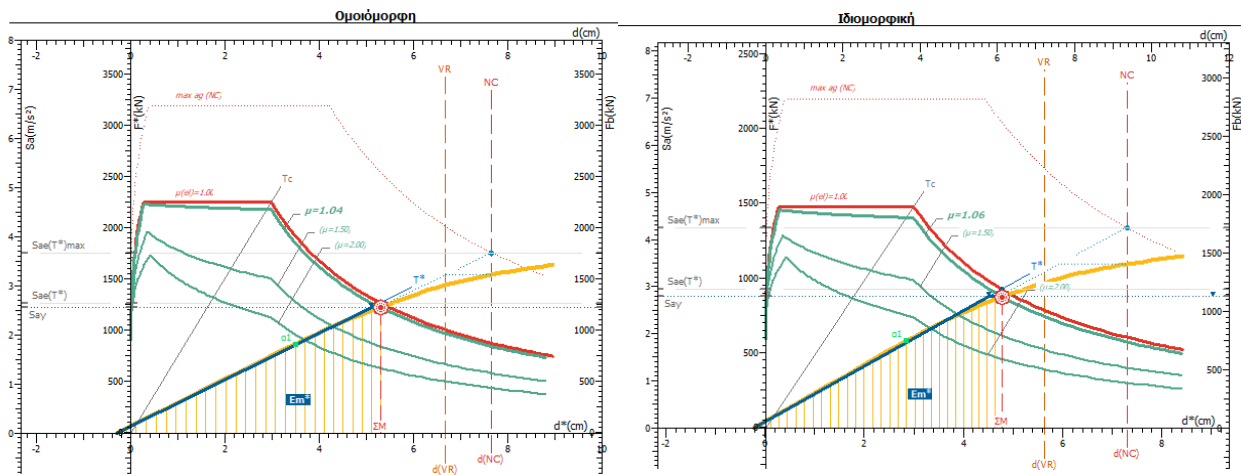
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{7.38cm}{1.90 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.24s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_d}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{Fy^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>$S_{av} > S_{sa}(T^*) \therefore q_u \equiv q_u \equiv R = 1$</p>	<p>$m^* = 321.1tn, \Gamma = 1.27$</p> <p>$T^* = 2n \sqrt{\frac{6.67cm}{2.10 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 1.12s$</p> <p>$q_u = 1.00$</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.</p>		
<p>$\mu_d = 1.00$</p>	<p>$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$</p>	<p>$\mu_d = 1.00$</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>$dy^* = 2 \left(7.38cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{912.12kN} \right) = 7.38cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{st}^* = 1.90m/s \cdot \left[\frac{1.24s}{2n} \right]^2 = 7.38cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 7.38cm = 7.38cm$</p> <p>$dy = 7.38cm, dt = 7.38cm$</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E m^*}{F y} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{st}^* = S_u(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{st}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	<p>$dy^* = 2 \left(6.67cm - \frac{2254.3cm \cdot kN}{675.50kN} \right) = 6.67cm$</p> <p>$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$</p> <p>$d_{st}^* = 2.10m/s \cdot \left[\frac{1.12s}{2n} \right]^2 = 6.67cm$</p> <p>$dt^* = 1.00 \cdot 6.67cm = 6.67cm$</p> <p>$dy = 8.50cm, dt = 8.50cm$</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: $\max a_g = 0.288 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.198 \geq 0.160$ (ok)</p>		<p>NC: $\max a_g = 0.266 \geq 0.160$ (ok)</p> <p>VR: $\max a_g = 0.197 \geq 0.160$ (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>$q_s = \frac{1.90m/s^2}{1.88m/s^2} = 1.01$</p>	<p>$q_s \equiv q_u = \frac{S_a}{S_{a1}} \geq 1.0$</p>	<p>$q_s = \frac{2.10m/s^2}{1.95m/s^2} = 1.08$</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 180°-30%·270° -eZ.



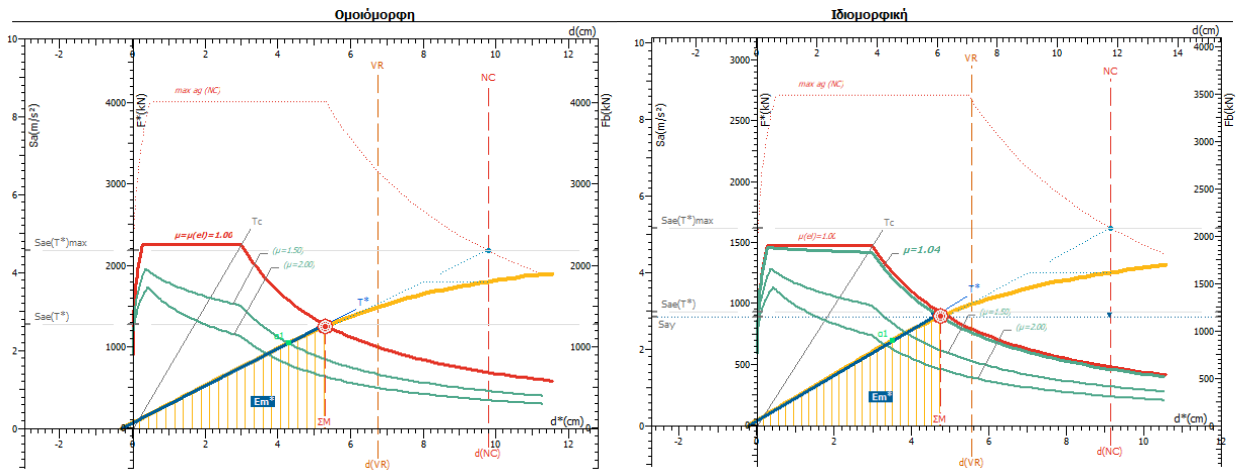
<p>1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.</p>		
<p>m* = 479.6tn, Γ = 1.00</p> <p>T* = 2π √ (7.49cm / (1.88 · 10²cm/s²)) = 1.26s</p> <p>q_u = 1.00</p>	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_r}{F^*}$ $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ <p>S_{av} > S_{az}(T*) ∴ q_u ≡ q_u ≡ R = 1</p>	<p>m* = 321.1tn, Γ = 1.27</p> <p>T* = 2π √ (6.76cm / (2.08 · 10²cm/s²)) = 1.13s</p> <p>q_u = 1.00</p>
<p>2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.</p>		
<p>μ_d = 1.00</p>	<p>T* ≥ T_c = 0.50s ∴ μ_d = q_u</p>	<p>μ_d = 1.00</p>
<p>3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.</p>		
<p>dy* = 2 (7.49cm - (3367.2cm · kN) / 899.47kN) = 7.49cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 1.88m/s² · [(1.26s / 2π)]² = 7.49cm</p> <p>dt* = 1.00 · 7.49cm = 7.49cm</p> <p>dy = 7.49cm, dt = 7.49cm</p>	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_m^*} \right)$ <p>C₁ ≡ μ_d/q_u</p> <p>d_{et}* = S_e(T*) [T* / 2π]²</p> <p>dt* = μ_d/q_u · d_{et}*</p> <p>dy = Γ · dy*, dt = Γ · dt*</p>	<p>dy* = 2 (6.76cm - (2254.3cm · kN) / 667.21kN) = 6.76cm</p> <p>C₁ ≡ μ_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00</p> <p>d_{et}* = 2.08m/s² · [(1.13s / 2π)]² = 6.76cm</p> <p>dt* = 1.00 · 6.76cm = 6.76cm</p> <p>dy = 8.60cm, dt = 8.60cm</p>
<p>4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.</p>		
<p>NC: max a_g = 0.281 ≥ 0.160 (ok)</p> <p>VR: max a_g = 0.209 ≥ 0.160 (ok)</p>		<p>NC: max a_g = 0.248 ≥ 0.160 (ok)</p> <p>VR: max a_g = 0.209 ≥ 0.160 (ok)</p>
<p>5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.</p>		
<p>q_s = (1.88m/s²) / (1.82m/s²) = 1.03</p>	<p>q_s ≡ q_u = (S_{av} / S_{az}) ≥ 1.0</p>	<p>q_s = (2.08m/s²) / (1.82m/s²) = 1.14</p>

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°+30%·0° +eX.



1.	Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.	
$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{5.12cm}{2.56 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.89s$ $q_u = \frac{2.65m/s^2}{2.56m/s^2} \therefore q_u = 1.04$	$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_n}{F^*}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ay}(T^*)}{S_{ay}}$	$m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.51cm}{2.79 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.80s$ $q_u = \frac{2.95m/s^2}{2.79m/s^2} \therefore q_u = 1.06$
2.	Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d.	
$\mu_d = 1.04$	$T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$	$\mu_d = 1.06$
3.	Στοχευόμενη μετατόπιση dt.	
$dy^* = 2 \left(5.30cm - \frac{3362.1cm \cdot kN}{1226.24kN} \right) = 5.12cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.65m/s^2 \cdot \left[\frac{0.89s}{2n} \right]^2 = 5.30cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 5.30cm = 5.30cm$ $dy = 5.12cm, dt = 5.30cm$	$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$	$dy^* = 2 \left(4.79cm - \frac{2228.8cm \cdot kN}{879.61kN} \right) = 4.51cm$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.06 / 1.06 = 1.00$ $d_{et}^* = 2.95m/s^2 \cdot \left[\frac{0.80s}{2n} \right]^2 = 4.76cm$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.76cm = 4.76cm$ $dy = 5.79cm, dt = 6.12cm$
4.	Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για λ_{max} = 1 και επιτελεστικότητα NC.	
NC: $\max a_g = 0.226 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.199 \geq 0.160$ (ok)		NC: $\max a_g = 0.238 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.187 \geq 0.160$ (ok)
5.	Παράγοντας υπεραντοχής q_s.	
$q_s = \frac{2.56m/s^2}{1.81m/s^2} = 1.41$	$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$	$q_s = \frac{2.79m/s^2}{1.86m/s^2} = 1.51$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°+30%·0° -eX.



1. Μάζα m^* και περίοδος T^* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u .

$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_c}{F^*}$ $m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.30cm}{2.65 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.89s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.56cm}{2.84 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.80s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ay}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{2.96m/s^2}{2.84m/s^2} \therefore q_u = 1.04$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας μ_d .

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.04$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt .

$dy^* = 2 \left(5.30cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1271.38kN} \right) = 5.30cm$ $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $dy^* = 2 \left(4.73cm - \frac{2188.7cm \cdot kN}{895.06kN} \right) = 4.56cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.04 / 1.04 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.65m/s^2 \cdot \left[\frac{0.89s}{2n} \right]^2 = 5.30cm$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $d_{et}^* = 2.96m/s^2 \cdot \left[\frac{0.80s}{2n} \right]^2 = 4.75cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.30cm = 5.30cm$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.75cm = 4.75cm$

$dy = 5.30cm, dt = 5.30cm$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ $dy = 5.86cm, dt = 6.09cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση $\max a_g$ για $\lambda_{max} = 1$ και επιπελεστικότητα NC.

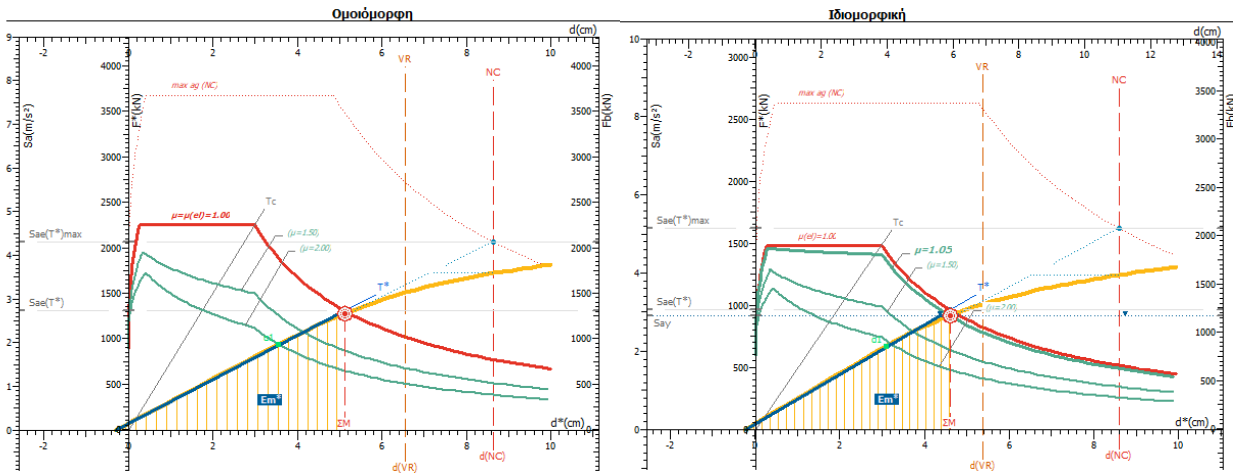
NC: $\max a_g = 0.285 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.293 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.202 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.186 \geq 0.160$ (ok)

5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s .

$q_s = \frac{2.65m/s^2}{2.20m/s^2} = 1.21$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.84m/s^2}{2.24m/s^2} = 1.27$

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°-30%·180° +eX.



1. Μάζα m* και περίοδος T* μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας q_u.

$m^* = 479.6 \text{tn}$, $\Gamma = 1.00$ $m^* = 314.8 \text{tn}$, $\Gamma = 1.28$

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F^*}$$

$$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.13 \text{cm}}{2.74 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.86 \text{s}$$

$$T^* = 2n \sqrt{\frac{4.36 \text{cm}}{2.91 \cdot 10^2 \text{cm/s}^2}} = 0.77 \text{s}$$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$

$q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$
 $q_u = \frac{3.06 \text{m/s}^2}{2.91 \text{m/s}^2} \therefore q_u = 1.05$

$q_u = 1.00$ $q_u = 1.05$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας mu_d.

$\mu_d = 1.00$ $\mu_d = 1.05$

$T^* \geq T_c = 0.50 \text{s} \therefore \mu_d = q_u$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση dt.

$dy^* = 2 \left(5.13 \text{cm} - \frac{3367.2 \text{cm} \cdot \text{kN}}{1313.76 \text{kN}} \right) = 5.13 \text{cm}$

$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.74 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.86 \text{s}}{2n} \right]^2 = 5.13 \text{cm}$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.13 \text{cm} = 5.13 \text{cm}$

$dy = 5.13 \text{cm}$, $dt = 5.13 \text{cm}$

$dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_{pa}^*}{F_y^*} \right)$

$C_1 \equiv \mu_d / q_u$

$d_{et}^* = S_e(T^*) \cdot \frac{T^*}{2n}$

$dt^* = \mu_d / q_u \cdot d_{et}^*$

$dy = \Gamma \cdot dy^*$, $dt = \Gamma \cdot dt^*$

$dy^* = 2 \left(4.58 \text{cm} - \frac{2193.1 \text{cm} \cdot \text{kN}}{915.07 \text{kN}} \right) = 4.36 \text{cm}$

$C_1 \equiv \mu_d / q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$

$d_{et}^* = 3.06 \text{m/s}^2 \cdot \left[\frac{0.77 \text{s}}{2n} \right]^2 = 4.59 \text{cm}$

$dt^* = 1.00 \cdot 4.59 \text{cm} = 4.59 \text{cm}$

$dy = 5.60 \text{cm}$, $dt = 5.90 \text{cm}$

4. Μέγιστη επιτάχυνση max a_g για lambda_max = 1 και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.261 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.202 \geq 0.160$ (ok)

NC: $\max a_g = 0.284 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.185 \geq 0.160$ (ok)

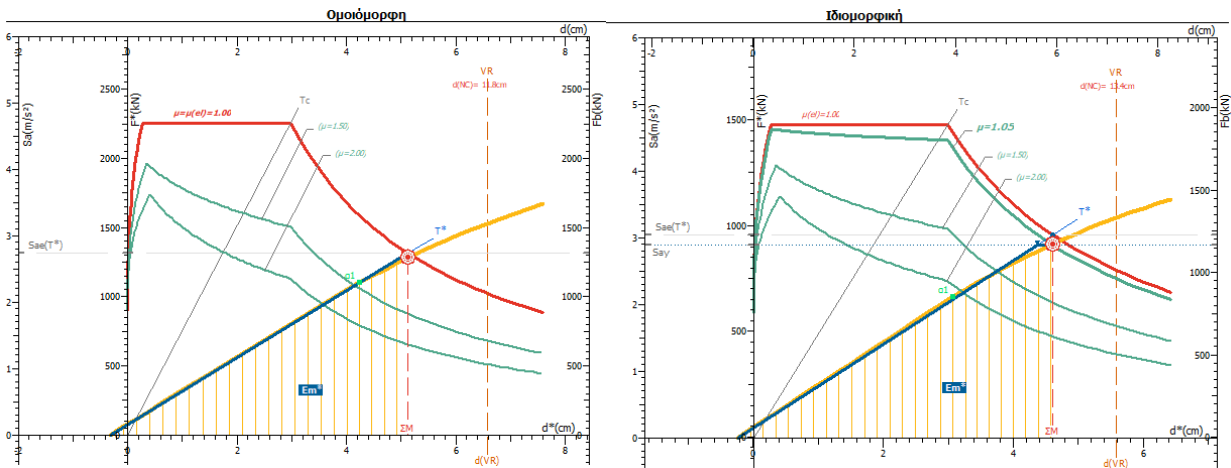
5. Παράγοντας υπεραντοχής q_s.

$q_s = \frac{2.74 \text{m/s}^2}{1.96 \text{m/s}^2} = 1.39$

$q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$

$q_s = \frac{2.91 \text{m/s}^2}{2.14 \text{m/s}^2} = 1.36$

Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]. NC, κατεύθυνση 270°-30%·180° -εΧ.



1. Μάζα \$m^*\$ και περίοδος \$T^*\$ μονοβάθμιου συστήματος και παράγοντας πλαστιμότητας \$q_u\$.

$m^* = 479.6tn, \Gamma = 1.00$ $\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{d}{d^*} = \frac{F_b}{F_b^*}$ $m^* = 314.8tn, \Gamma = 1.28$

$T^* = 2n \sqrt{\frac{5.13cm}{2.74 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.86s$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{m^* dy^*}{F_y^*}} = 2n \sqrt{\frac{dy^*}{S_{ay}}}$ $T^* = 2n \sqrt{\frac{4.37cm}{2.90 \cdot 10^2 cm/s^2}} = 0.77s$

$S_{ay} > S_{ae}(T^*) \therefore q_u \equiv q_n \equiv R = 1$ $q_u \equiv q_n \equiv R = \frac{S_{ae}(T^*)}{S_{ay}}$

$q_u = 1.00$ $q_u = \frac{3.05m/s^2}{2.90m/s^2} \therefore q_u = 1.05$

2. Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας \$\mu_d\$.

$\mu_d = 1.00$ $T^* \geq T_c = 0.50s \therefore \mu_d = q_u$ $\mu_d = 1.05$

3. Στοχευόμενη μετατόπιση \$dt\$.

$dy^* = 2 \left(5.13cm - \frac{3367.2cm \cdot kN}{1312.86kN} \right) = 5.13cm$ $dy^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$ $dy^* = 2 \left(4.57cm - \frac{2179.4cm \cdot kN}{912.11kN} \right) = 4.37cm$

$C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.00 / 1.00 = 1.00$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u$ $C_1 \equiv \mu_d/q_u = 1.05 / 1.05 = 1.00$

$d_{et}^* = 2.74m/s^2 \cdot \left[\frac{0.86s}{2n} \right]^2 = 5.13cm$ $d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2n} \right]^2$ $d_{et}^* = 3.05m/s^2 \cdot \left[\frac{0.77s}{2n} \right]^2 = 4.60cm$

$dt^* = 1.00 \cdot 5.13cm = 5.13cm$ $dt^* = \mu_d/q_u \cdot d_{et}^*$ $dt^* = 1.00 \cdot 4.60cm = 4.60cm$

$dy = 5.13cm, dt = 5.13cm$ $dy = \Gamma \cdot dy^*, dt = \Gamma \cdot dt^*$ $dy = 5.61cm, dt = 5.91cm$

4. Μέγιστη επιτάχυνση \$\max a_g\$ για \$\lambda_{max} = 1\$ και επιτελεστικότητα NC.

NC: $\max a_g = 0.345 \geq 0.160$ (ok) NC: $\max a_g = 0.336 \geq 0.160$ (ok)

VR: $\max a_g = 0.202 \geq 0.160$ (ok) VR: $\max a_g = 0.191 \geq 0.160$ (ok)

5. Παράγοντας υπεραντοχής \$q_s\$.

$q_s = \frac{2.74m/s^2}{2.30m/s^2} = 1.19$ $q_s \equiv q_u = \frac{S_{ay}}{S_{a1}} \geq 1.0$ $q_s = \frac{2.90m/s^2}{2.12m/s^2} = 1.37$

7.4.2 Λόγοι επάρκειας ενισχυμένου φορέα

7.4.2.1 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ενισχυμένου φορέα και σύμφωνα με τους λόγους επάρκειας, όλα τα υποστυλώματα επαρκούν.

Πίνακες υποστυλωμάτων

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ		SD	NC
				λγ	
K1(0), κάτω, κ	0.17	0.17	γ:	0.04	0.06
K1(0), άνω, κ	0.14	0.14	z:	0.02	0.03
K1(1), κάτω, κ	0.19	0.17	γ:	0.04	0.06
K1(1), άνω, κ	0.19	0.16	z:	0.02	0.03
K1(2), κάτω, κ	0.24	0.22	γ:	0.45	0.69
K1(2), άνω, κ	0.33	0.27	z:	0.40	0.60
K2(2), κάτω, κ	0.22	0.18	γ:	0.39	0.62
K2(2), άνω, κ	0.45	0.42	z:	0.44	0.53
K4(0), κάτω, κ	0.39	0.48	sls:	-	-
K4(0), άνω, κ	0.23	0.23	z:	0.42	0.68
K4(1), κάτω, κ	0.23	0.27	sls:	-	-
K4(1), άνω, κ	0.25	0.30	z:	0.19	0.31
K4(2), κάτω, κ	0.17	0.18	sls:	-	-
K4(2), άνω, κ	0.22	0.23	z:	0.16	0.21
K5(0), κάτω, κ	0.55	0.54	γ:	0.27	0.43
K5(0), άνω, κ	0.43	0.43	z:	0.48	0.61
K5(1), κάτω, κ	0.48	0.46	γ:	0.31	0.50
K5(1), άνω, κ	0.48	0.47	z:	0.28	0.35
K5(2), κάτω, κ	0.40	0.36	γ:	0.29	0.44
K5(2), άνω, κ	0.54	0.46	z:	0.59	0.62
K6(0), κάτω, κ	0.49	0.64	sls:	-	-
K6(0), άνω, κ	0.29	0.30	z:	0.54	0.94
K6(1), κάτω, κ	0.30	0.32	sls:	-	-
K6(1), άνω, κ	0.31	0.36	z:	0.41	0.62
K6(2), κάτω, κ	0.16	0.14	sls:	-	-
K6(2), άνω, κ	0.26	0.31	z:	0.36	0.55
K7(0), κάτω, κ	0.43	0.61	sls:	-	-
K7(0), άνω, κ	0.29	0.31	z:	0.29	0.48
K7(1), κάτω, κ	0.34	0.39	sls:	-	-
K7(1), άνω, κ	0.36	0.41	z:	0.26	0.41
K7(2), κάτω, κ	0.22	0.22	sls:	-	-
K7(2), άνω, κ	0.32	0.39	z:	0.22	0.33
K8(0), κάτω, κ	0.46	0.48	γ:	0.36	0.58
K8(0), άνω, κ	0.43	0.46	z:	0.08	0.13
K8(1), κάτω, κ	0.46	0.49	γ:	0.43	0.69
K8(1), άνω, κ	0.46	0.49	z:	0.05	0.08
K8(2), κάτω, κ	0.33	0.34	γ:	0.33	0.54
K8(2), άνω, κ	0.33	0.34	z:	0.05	0.08
K9(1), κάτω, κ	0.47	0.50	γ:	0.37	0.62
K9(1), άνω, κ	0.50	0.54	z:	0.27	0.41
K9(2), κάτω, κ	0.37	0.36	γ:	0.32	0.51
K9(2), άνω, κ	0.44	0.45	z:	0.38	0.52
K10(0), κάτω, κ	0.61	0.72	γ:	0.39	0.67
K10(0), άνω, κ	0.60	0.69	z:	0.26	0.35
K10(1), κάτω, κ	0.60	0.69	γ:	0.43	0.67
K10(1), άνω, κ	0.54	0.61	z:	0.29	0.39
K10(2), κάτω, κ	0.40	0.40	γ:	0.30	0.54
K10(2), άνω, κ	0.57	0.52	z:	0.44	0.53

K11(0) , κάτω, κ	0.18	0.21	γ:	0.35	0.52
K11(0) , άνω, κ	0.12	0.11	z:	0.21	0.34
K11(1) , κάτω, κ	0.12	0.11	sls:	-	-
K11(1) , άνω, κ	0.20	0.19	z:	0.24	0.38
K11(2) , κάτω, κ	0.21	0.20	sls:	-	-
K11(2) , άνω, κ	0.25	0.27	z:	0.15	0.22
K12(0) , κάτω, κ	0.18	0.22	γ:	0.32	0.48
K12(0) , άνω, κ	0.08	0.08	z:	0.24	0.40
K12(1) , κάτω, κ	0.21	0.22	sls:	-	-
K12(1) , άνω, κ	0.26	0.27	z:	0.27	0.42
K12(2) , κάτω, κ	0.20	0.19	sls:	-	-
K12(2) , άνω, κ	0.27	0.27	z:	0.18	0.29
K13(0) , κάτω, κ	0.44	0.51	sls:	-	-
K13(0) , άνω, κ	0.39	0.38	z:	0.32	0.47
K13(1) , κάτω, κ	0.37	0.38	sls:	-	-
K13(1) , άνω, κ	0.34	0.35	z:	0.34	0.47
K13(2) , κάτω, κ	0.24	0.21	sls:	-	-
K13(2) , άνω, κ	0.45	0.42	z:	0.46	0.56
K14(0) , κάτω, κ	0.54	0.58	sls:	-	-
K14(0) , άνω, κ	0.45	0.42	z:	0.28	0.45
K14(1) , κάτω, κ	0.45	0.44	sls:	-	-
K14(1) , άνω, κ	0.47	0.47	z:	0.29	0.46
K14(2) , κάτω, κ	0.35	0.32	sls:	-	-
K14(2) , άνω, κ	0.44	0.41	z:	0.33	0.50
K15(0) , κάτω, κ	0.48	0.49	γ:	0.55	0.91
K15(0) , άνω, κ	0.41	0.39	z:	0.23	0.37
K15(1) , κάτω, κ	0.40	0.41	γ:	0.54	0.93
K15(1) , άνω, κ	0.40	0.39	z:	0.22	0.35
K15(2) , κάτω, κ	0.26	0.24	γ:	0.39	0.63
K15(2) , άνω, κ	0.31	0.29	z:	0.23	0.35

sls: Διαμητική ολισθήση VR,SLS [KAN.ΕΠ.Ε. ΠΑΡ. 7Γ (Γ.6)].

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K10(0)	Κύριο	0.61
NC	K10(0)	Κύριο	0.72

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K5(2)	Κύριο	0.59
NC	K6(0)	Κύριο	0.94

Πίνακας 20: Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

7.4.2.2 Λόγοι επάρκειας δοκών ενισχυμένου φορέα

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ενισχυμένου φορέα και σύμφωνα με τους λόγους επάρκειας, οι δοκοί του κτηρίου επαρκούν.

Πίνακες δοκών

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ	SD λNγ	NC
Δ1.1(-1) , Λ 1(-1), κ	0.07	0.07	0.22	0.31
Δ1.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.09	0.09	0.20	0.27
Δ2.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.11	0.10	0.30	0.37
Δ2.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.08	0.08	0.26	0.34
Δ3.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.08	0.06	0.08	0.14
Δ3.1(-1) , Λ 4(-1), κ	0.08	0.06	0.22	0.27
Δ4.1(-1) , Λ 1(-1), κ	0.06	0.06	0.19	0.24
Δ4.1(-1) , Λ 16(-1), κ	0.05	0.05	0.16	0.21
Δ5.1(-1) , Λ 4(-1), κ	0.19	0.18	0.37	0.52
Δ5.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.15	0.15	0.35	0.49
Δ6.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.16	0.16	0.33	0.50
Δ6.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.16	0.15	0.32	0.47
Δ7.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.07	0.06	0.17	0.22
Δ7.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.04	0.04	0.15	0.20
Δ8.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.05	0.04	0.17	0.22
Δ8.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.04	0.05	0.15	0.20
Δ9.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.05	0.05	0.18	0.22
Δ9.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.05	0.04	0.14	0.18
Δ10.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.05	0.03	0.22	0.32
Δ10.1(-1) , Λ 11(-1), κ	0.20	0.19	0.29	0.40
Δ11.1(-1) , Λ 11(-1), κ	0.20	0.20	0.40	0.63
Δ11.1(-1) , Λ 12(-1), κ	0.22	0.22	0.40	0.63
Δ12.1(-1) , Λ 13(-1), κ	0.11	0.09	0.29	0.36
Δ12.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.06	0.07	0.26	0.34
Δ13.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.10	0.09	0.27	0.37
Δ13.1(-1) , Λ 9(-1), κ	0.13	0.12	0.27	0.37
Δ14.1(-1) , Λ 12(-1), κ	0.16	0.14	0.35	0.46
Δ14.2(-1) , Λ 13(-1), κ	0.06	0.06	0.25	0.34
Δ15.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.15	0.11	0.25	0.31
Δ15.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.08	0.07	0.10	0.16
Δ16.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.09	0.07	0.09	0.15
Δ16.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.06	0.06	0.22	0.27
Δ17.1(-1) , Λ 3(-1), κ	0.06	0.07	0.18	0.22
Δ17.1(-1) , Λ 5(-1), κ	0.03	0.02	0.17	0.21
Δ18.1(-1) , Λ 5(-1), κ	0.02	0.02	0.12	0.17
Δ18.1(-1) , Λ 15(-1), κ	0.06	0.06	0.13	0.19
Δ20.1(-1) , Λ 2(-1), κ	0.15	0.12	0.29	0.31
Δ20.1(-1) , Λ 17(-1), κ	0.03	0.02	0.15	0.18
Δ21.1(-1) , Λ 14(-1), κ	0.16	0.12	0.51	0.54
Δ1.1(0) , 1(0), κ	0.16	0.17	0.42	0.63
Δ1.1(0) , 2(0), κ	0.25	0.26	0.47	0.71
Δ2.1(0) , 2(0), κ	0.27	0.27	0.63	0.81
Δ2.1(0) , 3(0), κ	0.16	0.16	0.63	0.84
Δ3.1(0) , 3(0), κ	0.20	0.20	0.34	0.70
Δ3.1(0) , 4(0), κ	0.18	0.18	0.37	0.55

Δ4.1(0) , 1(0), κ	0.21	0.21	0.33	0.43
Δ4.1(0) , Λ 16(0), κ	0.10	0.08	0.29	0.40
Δ5.1(0) , 4(0), κ	0.33	0.34	0.18	0.30
Δ5.1(0) , 6(0), κ	0.30	0.31	0.18	0.30
Δ6.1(0) , 6(0), κ	0.31	0.34	0.20	0.31
Δ6.1(0) , 7(0), κ	0.30	0.30	0.19	0.26
Δ7.1(0) , 7(0), κ	0.18	0.19	0.44	0.59
Δ7.1(0) , 8(0), κ	0.09	0.09	0.50	0.66
Δ8.1(0) , 8(0), κ	0.13	0.11	0.45	0.58
Δ8.1(0) , 9(0), κ	0.13	0.14	0.43	0.57
Δ9.1(0) , 9(0), κ	0.17	0.15	0.43	0.53
Δ9.1(0) , 10(0), κ	0.08	0.08	0.38	0.47
Δ10.1(0) , 10(0), κ	0.10	0.07	0.18	0.35
Δ10.1(0) , 11(0), κ	0.31	0.32	0.20	0.27
Δ11.1(0) , 11(0), κ	0.33	0.33	0.21	0.27
Δ11.1(0) , 12(0), κ	0.31	0.33	0.20	0.35
Δ12.1(0) , 13(0), κ	0.31	0.29	0.57	0.64
Δ13.1(0) , 14(0), κ	0.23	0.23	0.61	0.85
Δ13.1(0) , 9(0), κ	0.24	0.24	0.60	0.82
Δ14.1(0) , 12(0), κ	0.30	0.29	0.62	0.83
Δ14.2(0) , 13(0), κ	0.13	0.13	0.55	0.80
Δ15.1(0) , 14(0), κ	0.23	0.19	0.54	0.66
Δ15.1(0) , 15(0), κ	0.17	0.17	0.42	0.52
Δ16.1(0) , 15(0), κ	0.16	0.16	0.15	0.22
Δ16.1(0) , 6(0), κ	0.14	0.15	0.15	0.22
Δ17.1(0) , 3(0), κ	0.19	0.19	0.41	0.52
Δ17.1(0) , 5(0), κ	0.05	0.05	0.40	0.51
Δ18.1(0) , 5(0), κ	0.06	0.05	0.38	0.54
Δ18.1(0) , 15(0), κ	0.20	0.21	0.36	0.51
Δ20.1(0) , 2(0), κ	0.26	0.24	0.68	0.73
Δ20.1(0) , Λ 17(0), κ	0.10	0.10	0.51	0.58
Δ21.1(0) , Λ 19(0), κ	0.06	0.04	0.27	0.30
Δ21.1(0) , Λ 17(0), κ	0.17	0.13	0.14	0.17
Δ22.1(0) , Λ 19(0), κ	0.17	0.11	0.29	0.39
Δ22.1(0) , 10(0), κ	0.25	0.25	0.50	0.58
Δ23.1(0) , Λ 17(0), κ	0.14	0.10	0.21	0.26
Δ23.1(0) , 14(0), κ	0.18	0.15	0.35	0.39
Δ1.1(1) , 1(1), κ	0.17	0.17	0.50	0.72
Δ1.1(1) , 2(1), κ	0.23	0.24	0.51	0.77
Δ2.1(1) , 2(1), κ	0.26	0.25	0.64	0.80
Δ2.1(1) , 3(1), κ	0.15	0.16	0.60	0.79
Δ3.1(1) , 3(1), κ	0.20	0.20	0.32	0.68
Δ3.1(1) , 4(1), κ	0.17	0.16	0.36	0.53
Δ4.1(1) , 1(1), κ	0.20	0.20	0.33	0.44
Δ4.1(1) , Λ 16(1), κ	0.07	0.06	0.27	0.37
Δ5.1(1) , 4(1), κ	0.29	0.30	0.17	0.29
Δ5.1(1) , 6(1), κ	0.28	0.28	0.17	0.29
Δ6.1(1) , 6(1), κ	0.28	0.30	0.18	0.32
Δ6.1(1) , 7(1), κ	0.29	0.28	0.18	0.26
Δ7.1(1) , 7(1), κ	0.17	0.17	0.43	0.58
Δ7.1(1) , 8(1), κ	0.10	0.09	0.48	0.63

Δ8.1(1) , 8(1), κ	0.13	0.11	0.42	0.53
Δ8.1(1) , 9(1), κ	0.10	0.10	0.41	0.52
Δ9.1(1) , 9(1), κ	0.13	0.12	0.42	0.54
Δ9.1(1) , 10(1), κ	0.10	0.10	0.40	0.50
Δ10.1(1) , 10(1), κ	0.13	0.12	0.48	0.64
Δ10.1(1) , 11(1), κ	0.18	0.19	0.44	0.56
Δ11.1(1) , 11(1), κ	0.31	0.31	0.19	0.26
Δ11.1(1) , 12(1), κ	0.29	0.32	0.19	0.31
Δ12.1(1) , 13(1), κ	0.31	0.29	0.58	0.65
Δ13.1(1) , 14(1), κ	0.21	0.21	0.58	0.80
Δ13.1(1) , 9(1), κ	0.22	0.22	0.57	0.77
Δ14.1(1) , 12(1), κ	0.16	0.15	0.48	0.62
Δ14.2(1) , 13(1), κ	0.10	0.11	0.45	0.60
Δ15.1(1) , 14(1), κ	0.21	0.16	0.54	0.65
Δ15.1(1) , 15(1), κ	0.18	0.18	0.41	0.51
Δ16.1(1) , 15(1), κ	0.17	0.17	0.46	0.66
Δ16.1(1) , 6(1), κ	0.20	0.20	0.42	0.59
Δ17.1(1) , 3(1), κ	0.18	0.19	0.40	0.51
Δ17.1(1) , 5(1), κ	0.05	0.05	0.39	0.49
Δ18.1(1) , 5(1), κ	0.05	0.04	0.35	0.48
Δ18.1(1) , 15(1), κ	0.18	0.19	0.34	0.46
Δ20.1(1) , 2(1), κ	0.24	0.22	0.67	0.73
Δ20.1(1) , Λ 17(1), κ	0.10	0.09	0.50	0.56
Δ21.1(1) , Λ 19(1), κ	0.06	0.04	0.27	0.30
Δ21.1(1) , Λ 17(1), κ	0.16	0.12	0.14	0.17
Δ22.1(1) , Λ 17(1), κ	0.13	0.10	0.20	0.24
Δ22.1(1) , 14(1), κ	0.16	0.13	0.36	0.39
Δ23.1(1) , Λ 19(1), κ	0.16	0.11	0.27	0.37
Δ23.1(1) , 10(1), κ	0.26	0.25	0.50	0.58
Δ1.1(2) , 1(2), κ	0.10	0.11	0.31	0.41
Δ1.1(2) , 2(2), κ	0.09	0.08	0.37	0.47
Δ2.1(2) , 2(2), κ	0.08	0.08	0.53	0.60
Δ2.1(2) , 3(2), κ	0.09	0.09	0.50	0.58
Δ3.1(2) , 3(2), κ	0.10	0.10	0.22	0.31
Δ3.1(2) , 4(2), κ	0.10	0.09	0.23	0.32
Δ4.1(2) , 1(2), κ	0.11	0.12	0.27	0.34
Δ4.1(2) , Λ 16(2), κ	0.08	0.06	0.25	0.31
Δ5.1(2) , 4(2), κ	0.24	0.23	0.49	0.87
Δ5.1(2) , 6(2), κ	0.22	0.20	0.51	0.67
Δ6.1(2) , 6(2), κ	0.20	0.21	0.43	0.65
Δ6.1(2) , 7(2), κ	0.20	0.19	0.44	0.63
Δ7.1(2) , 7(2), κ	0.08	0.09	0.32	0.39
Δ7.1(2) , 8(2), κ	0.05	0.04	0.38	0.45
Δ8.1(2) , 8(2), κ	0.08	0.07	0.37	0.42
Δ8.1(2) , 9(2), κ	0.05	0.04	0.34	0.40
Δ9.1(2) , 9(2), κ	0.06	0.06	0.33	0.39
Δ9.1(2) , 10(2), κ	0.04	0.04	0.32	0.38

Δ10.1(2) , 10(2), κ	0.08	0.06	0.39	0.47
Δ10.1(2) , 11(2), κ	0.08	0.11	0.36	0.43
Δ11.1(2) , 11(2), κ	0.24	0.24	0.16	0.23
Δ11.1(2) , 12(2), κ	0.22	0.24	0.14	0.27
Δ12.1(2) , 13(2), κ	0.28	0.25	0.63	0.68
Δ13.1(2) , 14(2), κ	0.12	0.13	0.47	0.60
Δ13.1(2) , 9(2), κ	0.13	0.13	0.49	0.62
Δ14.1(2) , 12(2), κ	0.06	0.07	0.40	0.48
Δ14.2(2) , 13(2), κ	0.05	0.05	0.39	0.46
Δ15.1(2) , Λ 19(2), κ	0.17	0.11	0.22	0.28
Δ15.1(2) , 10(2), κ	0.16	0.16	0.48	0.53
Δ16.1(2) , 15(2), κ	0.08	0.10	0.35	0.43
Δ16.1(2) , 6(2), κ	0.08	0.10	0.33	0.41
Δ17.1(2) , 3(2), κ	0.09	0.11	0.33	0.39
Δ17.1(2) , 5(2), κ	0.07	0.05	0.34	0.39
Δ18.1(2) , 5(2), κ	0.05	0.03	0.29	0.36
Δ18.1(2) , 15(2), κ	0.11	0.11	0.26	0.32
Δ20.1(2) , 2(2), κ	0.12	0.09	0.63	0.67
Δ20.1(2) , Λ 17(2), κ	0.10	0.09	0.51	0.54
Δ21.1(2) , Λ 19(2), κ	0.06	0.04	0.26	0.27
Δ21.1(2) , Λ 17(2), κ	0.17	0.12	0.13	0.14
Δ22.1(2) , Λ 17(2), κ	0.14	0.09	0.19	0.21
Δ22.1(2) , 14(2), κ	0.12	0.09	0.37	0.39
Δ23.1(2) , 14(2), κ	0.20	0.13	0.48	0.53
Δ23.1(2) , 15(2), κ	0.13	0.12	0.34	0.40

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ11.1(0)	Κύριο	0.33
NC	Δ6.1(0)	Κύριο	0.34

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ20.1(0)	Κύριο	0.68
NC	Δ5.1(2)	Κύριο	0.87

Πίνακας 21: Λόγοι επάρκειας δοκών ενισχυμένου φορέα.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

7.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων για το φορέα κατόπιν ενίσχυσης

Για τον ενισχυόμενο φορέα οι συγκεντρωτικοί πίνακες των στάθμεων επιτελεστικότητας με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2η αναθεώρηση 2017) δείχνουν ότι ικανοποιείται ο στόχος B2 με πιθανότητα υπέρβασης SD 50% στα 50 έτη. Πιο αναλυτικά, λαμβάνουμε πιθανότητα υπέρβασης 10.46% μικρότερη από το 50%. Ακόμη, με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022), ικανοποιείται ο στόχος B2+ που αντιστοιχεί σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 20% στα 50 έτη και οριακά δεν ικανοποιείται ο στόχος B1 που αντιστοιχεί σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη (έχουμε πιθανότητα 10.46% > 10%).

Στην περίπτωση της στάθμης NC, για τον ενισχυόμενο φορέα επιτυγχάνεται ο στόχος Γ1 για σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη (ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2η αναθεώρηση 2017) καθώς λαμβάνουμε πιθανότητα υπέρβασης VR8.37 % μικρότερη του 10%. Το ίδιο ισχύει και για τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3η αναθεώρηση 2022), όπου επιτυγχάνεται ο στόχος Γ1 καθώς λαμβάνουμε πιθανότητα υπέρβασης VR 8.37 % < 10%. Δεν επιτυγχάνεται ο στόχος Γ1+ που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 5% στα 50 έτη. Δεδομένου όμως ότι η ελάχιστη απαίτηση για κτήριο σπουδαιότητας II είναι οι στόχοι B2 και Γ1, συμπεραίνουμε ότι το ενισχυμένο κτήριο πληροί τους στόχους σχεδιασμού.

Στάθμη επιτελεστικότητας SD

1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+5.6cm -5.2cm	$0^\circ-30^\circ \cdot 270^\circ + eZ$, Ιδιομορφική $180^\circ+30^\circ \cdot 90^\circ - eZ$, Ιδιομορφική	Z: +3.9cm -3.6cm
			$90^\circ-30^\circ \cdot 180^\circ + eX$, Ιδιομορφική $270^\circ+30^\circ \cdot 0^\circ + eX$, Ιδιομορφική
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.75	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (=q_n) =$	1.00	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.00	$270^\circ-30^\circ \cdot 180^\circ - eX$, Ιδιομορφική
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (=q_u)$	$q_u =$	1.00	$q_s =$ 1.10
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_u \cdot q_s =$	1.10
			$0^\circ+30^\circ \cdot 90^\circ + eZ$, Ομοιόμορφη
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max c_1 =$	$\mu_d / q_u =$	1.00
	$= 1.00 / 1.00 =$		$270^\circ-30^\circ \cdot 180^\circ - eX$, Ιδιομορφική
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{\max} = 1$			
	$\max a_g (SD) =$	0.157	$0^\circ+30^\circ \cdot 90^\circ + eZ$, Ιδιομορφική
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max a_g / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$		[EC8-2 (A.3)]
	$\max T_R (SD) = (0.157/0.160)^{2.4} \cdot 475 =$	453 έτη	> 140 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$		[EC8-1§2.1(1)]
	$P(SD) = 1 - e^{-50/453} =$	10.46%	< 30% (ok)
Στόχος που ικανοποιείται:	B2 : $P(SD) < 50\%$		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Πίνακας 22: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης-Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.

Στάθμη επιτελεστικότητας NC

1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+9.2cm -8.8cm	0°-30%·270° +eZ, Ιδιομορφική 180°+30%·90° -eZ, Ιδιομορφική	Z: +6.4cm -6.1cm
			90°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική 270°+30%·0° +eX, Ιδιομορφική
2. Στοχευόμενη πλαστικότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	T*(s) =	0.80	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστικότητας	q _u (=q _p) =	1.06	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστικότητας	max μ _d =	1.06	270°+30%·0° +eX, Ιδιομορφική
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστικότητας q _u (=q _p) και υπεραντοχής q _s (=q _u)	q _u =	1.06	q _s = 1.33
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	min q =	q _u · q _s	= 1.41
			0°+30%·90° +eZ, Ομοιόμορφη
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	max C ₁ =	1.05 / 1.05	μ _d / q _u = 1.00
			270°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για λ _{max} = 1			
	max a _g (NC) =	0.200	0°+30%·90° +eZ, Ιδιομορφική
	max a _g (VR) =	0.173	0°-30%·270° -eZ, Ιδιομορφική
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
	max a _g / a _{gR} = (max T _R / T _{LR}) ^{1/k} ∴ max T _R = (max a _g / a _{gR}) ^k · T _{LR}		[EC8-2 (A.3)]
Περίοδος επαναφοράς NC	max T _R (NC) = (0.200/0.160) ^{2.4} · 475 =	815 έτη	> 475 (ok)
Περίοδος επαναφοράς VR	max T _R (VR) = (0.173/0.160) ^{2.4} · 475 =	572 έτη	> 475 (ok)
	P = 1 - e ^{-T_L/max T_R}		[EC8-1§2.1(1)]
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	P(NC) = 1 - e ^{-50/815} =	5.95%	< 10% (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	P(VR) = 1 - e ^{-50/572} =	8.37%	< 10% (ok)
Στόχοι που ικανοποιούνται:	Γ1 : P(NC), P(VR) < 10%	και	Γ2 : P(NC), P(VR) < 50% [ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Πίνακας 23: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης-Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αποτίμηση και η ενίσχυση ενός τριώροφου σεισμόπληκτου κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα στον Τύρναβο, Θεσσαλίας.

Με την βοήθεια του λογισμικού FESPA, της εταιρείας LH ΛΟΓΙΣΜΙΚΗΣ, έγινε η αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής. Στόχος της ανελαστικής ανάλυσης είναι η αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής, η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητάς της και ο έλεγχος ικανοποίησης των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες κανονισμούς. Τα αποτελέσματα της στατικής ανελαστικής ανάλυσης (pushover) του κτηρίου έδειξαν την ανεπάρκεια του κτηρίου έναντι διάτμησης, ικανοποιώντας τον στόχο B2 αλλά αποτυγχάνοντας την επίτευξη του στόχου Γ1 για συνήθη κτήρια κατηγορίας σπουδαιότητας II. Τα αποτελέσματα αυτά, σχολιάστηκαν με βάση την 2^η και 3^η Αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Τέλος, ενισχύοντας το κτήριο με μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος και ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) καταφέραμε να επιτύχουμε την επάρκεια του κτηρίου, ικανοποιώντας τους στόχους B2 και Γ1 με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Διονύσης Μπισκίνης, Σεισμική αποτίμηση και στρατηγικές επέμβασης. Σημειώσεις μαθήματος Επισκευές και ενισχύσεις δομικών κατασκευών ακαδημαϊκού έτους 2022-2023, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
- Στέφανος Δρίτσος, Επισκευές και ενισχύσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα, γ' έκδοση αναθεωρημένη, Πάτρα, 2005. Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, Σημειώσεις μαθήματος Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2015. Ενισχύσεις – Επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, Σημειώσεις μαθήματος Ενισχύσεις και επισκευές κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2020.
- ΟΑΣΠ (2017): «Κανονισμός Επεμβάσεων – ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017», 2η Αναθεωρημένη Έκδοση, Αθήνα.
- ΟΑΣΠ (2022): «Κανονισμός Επεμβάσεων – ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2022», 3η Αναθεωρημένη Έκδοση, Αθήνα.
- ΛΗΛογισμική, «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα (2013) «Αποτίμηση στατικής επάρκειας υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012», Αθήνα. «Ευρωκώδικες ΚΑΝ.ΕΠΕ. το επίσημο εγχειρίδιο αναφοράς», Αθήνα 2018 Fespa R, Προσθήκη ορόφου και ενισχύσεις σε υφιστάμενη κατασκευή Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου στη νέα κατάσταση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ 2012 Αθήνα, Δεκέμβριος 2012
- Μιχαήλ Φαρδής, Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2005
- Αμερικανική Οδηγία FEMA 306, Βλάβες "Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings"
- ΟΑΣΠ (2001): «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000». Αθήνα
- ΦΕΚ 1154 Β' 12.08.2003: «Τροποποίηση διατάξεων του "Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000" λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας»
- [https://el.wikipedia.org/wiki/Σεισμός_της_Ελασσόνας_\(2021\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Σεισμός_της_Ελασσόνας_(2021))

- ΦΕΚ 455B/25-02-2014 Σεισμόπληκτων
- Κοσμόπουλος Αντώνης, «Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και ενίσχυση μη-κανονικών σε κάτοψη κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος», Διδακτορική διατριβή, 2005, Πάτρα
- Χρήστος Ιγνατάκης, Αντισεισμικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Ελλάδα. Στο 30 χρόνια μετά το σεισμό της Θεσσαλονίκης – Μνήμες και προοπτική, Πολυτεχνική σχολή Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 2008.
- Ιωάννης Ν. Δουδούμης, ομότιμος καθηγητής τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ. Η Εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών και ο Ρόλος του Σεισμού της Θεσσαλονίκης το 1978 (The Development of the Anti-seismic Regulations and the Role of Thessaloniki Earthquake 1978).
- Καραβεζύρογλου-Βέμπερ Μαρία, Καθηγήτρια Α.Π.Θ. «Στοιχεία Υπολογισμού και Διαμόρφωσης Ολόσωμων Κατασκευών (3^η Έκδοση)»
- Α.Ι. Κάππος, 2009. Ανάλυση κτηρίου πριν και μετά την επέμβαση. Available: http://library.tee.gr/digital/m2472/m2472_kappos.pdf
- Στάθμες και Στόχοι Επιτελεστικότητας. Available: <http://www.episkevesold.civil.upatras.gr/English/notes/7.pdf>
- Πενέλης Γ., Κάππος Α., (1990) “Αντισεισμικές Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα” Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., (2000) “Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος – ΕΚΩΣ 2000”. Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Αθήνα.
- CEB Bulletin No 162, (1983) “Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading”, Paris.
- Τριανταφύλλου Θ., (1998) “Προηγμένες Τεχνολογίες Υλικών και Κατασκευών”, Εκδόσεις Παν.Πατρών, Πάτρα.
- Dritsos S., Georgakopoulou M., (1999) “Concrete Jacketing for Seismic Strengthening”, CD Proc. of fib Symposium 1999: Structural Concrete-The Bridge Between People, Paper No 395, Prague
- Ευρωκώδικας 8 (2004). Αντισεισμικός Σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες, σεισμικές δράσεις και κανόνες για κτίρια, EN 1998-1

