



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ
ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ

ΕΥΘΥΜΑΚΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

A.M. 7077

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα Διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου στη σχολή Μηχανικών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών.

Στο ταξίδι των σπουδών μου η συμβολή των καθηγητών μου ήταν καθοριστική ώστε να με καθοδηγήσουν στα μονοπάτια της γνώσης και να αποτελέσουν πηγή έμπνευσης για εμένα για το λόγο αυτό τους οφείλω ευχαριστίες.

Ιδιαίτερος οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου και επιβλέποντα διδάσκοντα της Διπλωματικής μου εργασίας κύριο Μπισκίνη Διονύσιο. Η επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας ήταν πολύτιμη.

Ευχαριστίες αποδίδονται στην LH Λογισμική η οποία μου παραχώρησε το λογισμικό που χρησιμοποίησα για τους σκοπούς της Διπλωματικής. Συγκεκριμένα οι επιλύσεις και τα αποτελέσματα του φορέα προέκυψαν από τη χρήση της ακαδημαϊκής έκδοσης του λογισμικού του στατικού προγράμματος FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη προσθήκης ορόφου σε υφιστάμενη κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος και ενίσχυση αυτής κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. Τα αποτελέσματα της μελέτης εξάγονται με εφαρμογή της Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης (Pushover) και σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ. ΕΠΕ) χρησιμοποιώντας το λογισμικό του στατικού προγράμματος FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.

Η αποτίμηση του υφιστάμενου φορέα αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της πτυχιακής μου εργασίας με τη συμφοιτήτρια μου Μαζαράκου Παρασκευή με τίτλο «Αποτίμηση υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ». Ο φορέας της υφιστάμενης κατασκευής διαθέτει ισόγειο έναν υπερκείμενο όροφο και έναν όροφο θεμελίωσης.

Στο πλαίσιο της Διπλωματικής εργασίας εξετάζεται το ενδεχόμενο προσθήκης ενός επιπλέον ορόφου στον υφιστάμενο φορέα και η ενίσχυση του αν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Πιο αναλυτικά, ο φορέας με την προσθήκη ορόφου υποβάλλεται ξανά σε αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του με την εφαρμογή της Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης (Pushover). Η μελέτη της κατασκευής πραγματοποιείται για κτήριο κατηγορίας σπουδαιότητας II (συνήθη κτήρια). Η αποτίμησή γίνεται για στάθμη επιτελεστικότητας B2 «Προστασία Ζωής» για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη και Γ1 «Αποφυγή Κατάρρευσης» για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη συμβολή της προσθήκης ορόφου σημειώνονται ανεπάρκειες σε ορισμένα δομικά στοιχεία και δεν πληρούνται οι παραπάνω στόχοι σχεδιασμού. Κρίνεται απαραίτητο ο φορέας να ενισχυθεί.

Εφαρμόζονται μέθοδοι ενίσχυσης στα δομικά στοιχεία όπου υποδεικνύεται από τις αναλύσεις και πραγματοποιείται για μια ακόμα φορά αποτίμηση. Εξετάζεται μέσω των νέων αποτελεσμάτων αποτίμησης η αποδοτικότητα των μεθόδων ενίσχυσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	xiii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ	1
Υφιστάμενες κατασκευές πριν το 1959	1
Υφιστάμενες κατασκευές πριν το 1985	1
Υφιστάμενες κατασκευές από το 1985 έως το 1995	1
Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1995.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	3
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.	3
Εισαγωγή στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	3
Σκοπός αποτίμησης υφιστάμενης κατασκευής	3
Αρχές αποτίμησης.....	4
Στόχοι αποτίμησης.....	4
Στάθμες επιτελεστικότητας.....	6
Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων	7
Έλεγχοι και ανίσωση ασφαλείας.....	11
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας	13
Συμπεριφορά οπλισμένου σκυροδέματος.....	20
Παραμορφώσεις αστοχίας οπλισμένου σκυροδέματος	21
Παραμόρφωση αστοχίας σε κάμψη	21
Παραμόρφωση αστοχίας υπό τέμνουσα.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	23
ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER).....	23
Σκοπός και πλεονεκτήματα	23
Εφαρμογή της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) σε νέα και παλαιά κτίρια.....	24
Φορτία και μέλη κατασκευής.....	24
Κατανομή σεισμικών φορτίων	25

Τριγωνική κατανομή.....	25
Ομοιόμορφη κατανομή.....	26
Ιδιομορφική κατανομή.....	26
Κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία.....	27
Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης.....	28
Στοχευόμενη μετακίνηση.....	29
Τελικός έλεγχος επάρκειας.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	36
ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	36
Γενικά.....	36
Βλάβες σε υποστυλώματα.....	36
Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα.....	37
Βλάβες διατμητικού χαρακτήρα.....	37
Βλάβες σε δοκούς.....	39
Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	41
Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306.....	45
Πλάστιμη συμπεριφορά.....	46
Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά.....	48
Ψαθυρή συμπεριφορά.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	51
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	51
Ειδικοί τύποι σκυροδέματος.....	51
Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου.....	51
Σκυρόδεμα με πολυμερή.....	51
Σκυροτσιμεντόπηγμα.....	52
Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	52
Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.....	52
Πολυμερικές κόλλες.....	53
Επικολλητά φύλλα χάλυβα.....	54
Ινοπλισμένα πολυμερή.....	54
Διατμητικοί Σύνδεσμοι – Αγκύρια.....	55
Αγκυρώσεις – Συγκολλήσεις νέων ράβδων οπλισμού.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	58

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	58
Γενικά.....	58
Επισκευές Υποστυλωμάτων.....	58
Επισκευές με ρητινενέσεις και επισκευαστικά κονιάματα.....	58
Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής.....	59
Ενισχύσεις υποστυλωμάτων.....	62
Ενισχύσεις υποστυλωμάτων με περίσφιξη	62
Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος	66
Μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος	68
Γενικά	68
Μέθοδοι εκτόξευσης	69
Διαδικασία κατασκευής μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος	70
Ανοικτοί μανδύες.....	73
Επισκευές δοκών και πλακών	73
Ενισχύσεις Δοκών.....	75
Καμπτική ενίσχυση δοκών.....	76
Διατμητική ενίσχυση δοκών	77
Ενίσχυση τοιχωμάτων με προσθήκη οπλισμένου σκυροδέματος	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	79
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	79
Γενικά.....	79
Υλικά υφιστάμενης κατασκευής	82
Γεωμετρία της υφιστάμενης κατασκευής	82
Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία - Τοιχώματα & Υποστυλώματα.....	82
Λεπτομέρειες Υποστυλωμάτων.....	84
Οριζόντια φέροντα στοιχεία - Δοκοί	86
Πλάκες	88
Φορτία.....	89
Κανονισμοί ανάλυσης.....	89
Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού.....	89
Στόχοι της αποτίμησης.....	89
Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ.....	90
Έδαφος θεμελίωσης.....	91

Διαφραγματική λειτουργία πλακών.....	92
Σεισμός.....	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	93
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ.....	93
Πορεία εργασίας.....	93
Δεδομένα νέου ορόφου.....	93
Εισαγωγή δεδομένων & βήματα της διαδικασίας.....	93
Καθορισμός κόμβου ελέγχου.....	95
Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης.....	96
Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β].....	96
Λόγοι επάρκειας των μελών.....	100
Λόγοι επάρκειας των δοκών.....	100
Λόγοι επάρκειας υποστηλωμάτων.....	104
Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία.....	106
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων.....	108
Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων.....	109
Συμπεράσμα αποτίμησης.....	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	112
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ & ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ	112
Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου.....	112
Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων χωρίς την προσθήκη ορόφου.....	113
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα διαγραμμάτων Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] Χωρίς την προσθήκη ορόφου.....	114
Συμπεράσματα σύγκρισης αποτελεσμάτων.....	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....	117
ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	117
Ενίσχυση έναντι κάμψεως.....	117
Ενίσχυση σε κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού.....	117
Δεδομένα ενίσχυσης υποστυλωμάτων.....	117
Ενισχυμένη διατομή υποστυλώματος.....	119
Ενίσχυση σε οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού.....	119
Δεδομένα ενίσχυσης δοκών.....	120
Λεπτομέρειες διαθέσιμων βλήτρων.....	121

Ενισχυμένη διατομή δοκού	122
Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης φορέα με ενισχυμένα μέλη	123
Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β].....	123
Λόγοι επάρκειας μελών ενισχυμένου φορέα	127
Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα	131
Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων για το φορέα κατόπιν ενίσχυσης	133
Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων.....	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.....	135
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	135
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	136

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (διάγραμμα παράρτημα 4.4 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).....	16
Εικόνα 2 Διάγραμμα μηχανικής συμπεριφοράς δομικού στοιχείου υπό ανακυκλιζόμενη παραμόρφωση (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	17
Εικόνα 3 Πολυγραμμικό διάγραμμα της καμπύλης F-δ (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	18
Εικόνα 4 Τριγωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	26
Εικόνα 5 Ορθογωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	26
Εικόνα 6 Ιδιομορφική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	27
Εικόνα 7 Εξιδανίκευση μιας καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη (σχήμα Σ5.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).....	28
Εικόνα 8 Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	32
Εικόνα 9 Διάγραμμα τελικού ελέγχου επάρκειας κατασκευής. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	34
Εικόνα 10 Διάγραμμα μη ικανοποίησης του ελέγχου επάρκειας. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).....	35
Εικόνα 11 Αριστερά, καμπική αστοχία τοιχώματος & Δεξιά, καμπική αστοχία θλιβόμενης ζώνης. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).....	37
Εικόνα 12 Διατμητική αστοχία σε λοξό εφελκυσμό. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).....	38
Εικόνα 13 Διατμητική αστοχία κοντών υποστλωμάτων. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).....	38
Εικόνα 14 Καμπτικές βλάβες σε δοκούς. (Α) Καμπτικές ρωγμές στο εφελκυόμενο πέλμα, (Β) Καμπτική αστοχία στο άνω πέλμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).....	39
Εικόνα 15 Διατμητική αστοχία δοκού. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).....	40
Εικόνα 16 Διατμητική αστοχία λόγω συγκεντρωμένου φορτίου. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).....	40
Εικόνα 17 Οπλισμός σύζευξης τοιχώματος. Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).....	41
Εικόνα 18 Σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς ($F' - d'$) στοιχείων που έχουν υποστεί βλάβες, Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ	41
Εικόνα 19 Σ1 : Τυπικοί βαθμοί βλαβών υποστλωμάτων (και δοκών)(d: η σχετική μετακίνηση των άκρων του στοιχείου) Βλάβες σε κόμβους δοκών – υποστλωμάτων. Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ	43

Εικόνα 20 Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων	46
Εικόνα 21 Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Παράδειγμα πλάστιμης, καμπτικής συμπεριφοράς.....	48
Εικόνα 22 Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Περίπτωση ψαθυρής συμπεριφοράς σε λοξό εφελκυσμό.	50
Εικόνα 23 Επίδραση ιών συμπεριφοράς σε κάμψη. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	53
Εικόνα 24 Επίδραση θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	54
Εικόνα 25 Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων για σύνθετα υλικά σε εφελκυσμό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	55
Εικόνα 26 (Α) Τυπική μορφή μονότμητου βλήτρου τύπου Γ. (Β) Διατάξεις μονότμητων βλήτρων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	56
Εικόνα 27 Σύνδεσμοι παλαιών – νέων ράβδων οπλισμού. Εύκαμπτοι και δύσκαμπτοι. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005).....	57
Εικόνα 28 Διάγραμμα πλευρικών φορτίσεων και οριζόντιων μετακινήσεων πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες σε σύγκριση με το αρχικό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	59
Εικόνα 29 Επισκευή υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).	59
Εικόνα 30 Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	60
Εικόνα 31 Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	61
Εικόνα 32 Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση στην περιοχή βλάβης. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005).....	62
Εικόνα 33 Περίσφιξη με σπειροειδή οπλισμό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	63
Εικόνα 34 Χρήση ινοπλισμένων πολυμερών. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)	64
Εικόνα 35 Ενίσχυση με μεταλλικό κλωβό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	64
Εικόνα 36 Χρήση μεταλλικού κλωβού. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)	65

Εικόνα 37 Διάγραμμα πλευρικής φόρτισης – οριζοντίων μετακινήσεων από πειραματική έρευνα για την ενίσχυση υποστυλωμάτων με την τεχνική της περίσφιξης.	65
Εικόνα 38 Μηχανικά χαρακτηριστικά περισφιγμένου σκυροδέματος. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	66
Εικόνα 39 Λεπτομέρειες διαμόρφωσης μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου) ..	68
Εικόνα 40 Χρήση Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος χειροκίνητα ελεγχόμενη. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου) ..	70
Εικόνα 41 Εφαρμογή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)	71
Εικόνα 42 Απόληξη μανδύα στα στοιχεία της θεμελίωσης. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	72
Εικόνα 43 Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	73
Εικόνα 44 Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005).	74
Εικόνα 45 Κλειστός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	75
Εικόνα 46 Ανοικτός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	75
Εικόνα 47 Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)	76
Εικόνα 48 Καμπτική και διατμητική ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή. . (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου) ..	76
Εικόνα 49 Διατμητική ενίσχυση δοκών με FRPs. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)	77
Εικόνα 50 Ενίσχυση τοιχωμάτων με μανδύες. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)	78
Εικόνα 51 Θέση του κτιρίου επί του ακινήτου (Ελληνικό Κτηματολόγιο Α.Ε.)	79
Εικόνα 52 Κάτοψη ισογείου από αρχείο μελέτης.....	80
Εικόνα 53 Κάτοψη 1ου ορόφου από αρχείο μελέτης.....	81
Εικόνα 54 Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων ισογείου και 1 ^{ου} ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	84
Εικόνα 55 Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων ισογείου και 1 ^{ου} ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	85
Εικόνα 56 Διάταξη δοκών και υποστυλωμάτων τυπικού ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	87
Εικόνα 57 Γενικός ξυλότυπος ισογείου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	88
Εικόνα 58 Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)	92
Εικόνα 59 Κόμβος ελέγχου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	95

Εικόνα 60 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $0^{\circ}+30\% \cdot 90^{\circ} +eZ$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.	96
Εικόνα 61 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $90^{\circ}-30\% \cdot 180^{\circ} +eX$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	97
Εικόνα 62 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $180^{\circ}-30\% \cdot 270^{\circ} +eZ$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	98
Εικόνα 63 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $270^{\circ}+30\% \cdot 0^{\circ} +eX$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.2299	
Εικόνα 64 Δοκός: Δ1.1, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	106
Εικόνα 65 Δοκός: Δ1.4, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	106
Εικόνα 66 Δοκός: Δ4.3, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	107
Εικόνα 67 Δοκός: Δ7.1, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	107
Εικόνα 68 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	108
Εικόνα 69 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	108
Εικόνα 70 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων -+ X. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	109
Εικόνα 71 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων -+Z. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	110
Εικόνα 72 Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία <i>Αποτίμηση υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.</i> Λογισμικό Fespa.	112
Εικόνα 73 Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία <i>Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.</i> Λογισμικό Fespa.....	113
Εικόνα 74 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία <i>Αποτίμηση υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.</i> Λογισμικό Fespa.....	113
Εικόνα 75 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Κτήριο χωρίς την προσθήκη ορόφου. Λογισμικό Fespa.	114
Εικόνα 76 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Κτήριο χωρίς την προσθήκη ορόφου. Λογισμικό Fespa.....	115
Εικόνα 77 Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	117
Εικόνα 78 Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος. Υλικά αποτίμηση. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22	118

Εικόνα 79 Διατομές K1. Δεξιά υφιστάμενη διατομή & Αριστερά με την εφαρμογή μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος 10 εκατοστά. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	119
Εικόνα 80 Παράμετροι διατομής υφιστάμενης δοκού. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	120
Εικόνα 81 Παράμετροι διατομής ενισχυμένης δοκού. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	120
Εικόνα 82 Παράμετροι διατομής ενισχυμένης δοκού. Υλικά – Αποτίμηση Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	121
Εικόνα 83 Λεπτομέρειες διαθέσιμων βλήτρων. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	121
Εικόνα 84 Ενισχυμένη δοκός. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	122
Εικόνα 85 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση 0°+30°·90° +eZ. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	123
Εικόνα 86 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση 90°-30°·180° +eX. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	124
Εικόνα 87 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση 180°-30°·270° +eZ. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	125
Εικόνα 88 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση 270°+30°·0° +eX. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.....	126
Εικόνα 89 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.....	133
Εικόνα 90 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC . Ενισχυμένος φορέας κατασκευής.....	133
Εικόνα 91 Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων + -X.....	134
Εικόνα 92 Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων + - Z.....	134

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Πίνακας 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.....	5
Πίνακας 2 Πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ, Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.....	5
Πίνακας 3 Κατηγορίες σπουδαιότητας.....	6
Πίνακας 4 Πίνακας 3.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ. Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων	10
Πίνακας 5 Πίνακας 3.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.	11
Πίνακας 6 «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Διαρροής Χάλυβα Οπλισμού.	11
Πίνακας 7 Τιμές του συντελεστή γ_{sd}	14
Πίνακας 8 Πίνακας Π 4.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ .Τιμές των ιδιοτήτων των υλικών και αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας $\gamma' m$	15
Πίνακας 9 Πίνακας Σ 4.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ. Τιμές του λόγου $\gamma' m/\gamma m$ για προστιθέμενα «συμβατικά» υλικά.....	15
Μηχανική συμπεριφορά δομικών στοιχείωνΠίνακας 10	16
Πίνακας 11 Τιμές του συντελεστή C_2	30
Πίνακας 12 Μετατροπή μεγεθών από το πολυβάθμιο σύστημα για τη δημιουργία του διαγράμματος ADRS. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).	33
Πίνακας 13 Π1: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένα υποστυλώματα (και δοκούς), Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ	43
Πίνακας 14 Π2: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένες περιοχές αναμονών υποστυλωμάτων (ή άλλες ενώσεις με «μάτισμα») Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ	44
Πίνακας 15 Τύποι στοιχείων για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχώματα, FEMA 306.....	45
Πίνακας 16 Διατομές και οπλισμός τοιχωμάτων, υποστυλωμάτων τυπικού ορόφου	83
Πίνακας 17 Διατομές και οπλισμός δοκών τυπικού ορόφου.....	86
Πίνακας 18 Πίνακας 5.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ, Στόχοι αποτίμησης.....	90
Πίνακας 19 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.....	90
Πίνακας 20 Κατηγορίες εδάφους (πίνακας 2.5 ΕΑΚ2000).....	91
Πίνακας 21 Σεισμική επιτάχυνση εδάφους (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Υφιστάμενες κατασκευές πριν το 1959

Με αφορμή τον καταστρεπτικό σεισμό στην Κόρινθο και το Λουτράκι συντάχθηκαν οδηγίες για την ανοικοδόμηση των νέων «αντισεισμικών» κτηρίων αυτών των περιοχών. Οι Οδηγίες πήραν τη μορφή «Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου -Λουτρακίου» με το από Προεδρικό Διάταγμα 1-11-1928. Συμπληρωματικές οδηγίες εκδόθηκαν με το από Προεδρικό Διάταγμα 2-10-1931 «Περί Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού της σεισμοπλήκτου περιοχής Κορίνθου -Λουτρακίου». Επέκταση της εφαρμογής του Κανονισμού πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Λάρισας, με το από Κανονιστικό Διάταγμα 9-8-1941 καθώς μεγάλος σεισμός έπληξε την πόλη. Έπειτα το 1947 έγιναν βελτιώσεις σύμφωνα με της γνώσεις της εποχής. Τέλος κατόπιν του μεγάλου σεισμού στη Ζάκυνθο και την Κεφαλονιά

Υφιστάμενες κατασκευές πριν το 1985

Στον Ελλαδικό χώρο παρατηρούμε ότι η ανοικοδόμηση σε μεγάλο ποσοστό τοποθετείται πριν το 1980. Η χώρα μας θεωρείται μια από τις πλέον σεισμογενείς χώρες στον κόσμο. Οι κατασκευές εκείνης της εποχής έχουν σχεδιαστεί με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959. Οι κατασκευές αυτές παρατηρούμε ότι δεν εμφανίζουν ικανοποιητική αντοχή έναντι σεισμού ειδικά οι περιπτώσεις των πολυώροφων κατασκευών. Συγκεκριμένα τα κτήρια που έχουν σχεδιαστεί με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 εντοπίζουμε να διαθέτουν τοπική πλαστιμότητα ισοδύναμη κατά προσέγγιση με δείκτη συμπεριφοράς 1.5 ~ 2. Επομένως τα κτήρια αυτά εμφανίζουν αυξημένη σεισμική τρωτότητα εκτός και αν υπάρχουν υπεραντοχές που οφείλονται σε καλή ποιότητα των τοιχοπληρώσεων και μικρά και λίγα ανοίγματα.

Υφιστάμενες κατασκευές από το 1985 έως το 1995

Πραγματοποιείται αναθεώρηση του Αντισεισμικού Κανονισμού. Κατόπιν των πρόσθετων διατάξεων του 1985 οδηγούμαστε σε ουσιαστική αναβάθμιση της αντισεισμικής προστασίας. Ο Αντισεισμικός Κανονισμό αποκτά σύγχρονα χαρακτηριστικά κανονισμού, όπως τον ικανοτικό σχεδιασμό υποστυλωμάτων σε

κάμψη, την κατασκευαστική διαμόρφωση και τις λεπτομέρειες όπλισης μελών για λόγους τοπικής πλαστιμότητας. Επομένως τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1985 χαρακτηρίζονται κατά μέσο όρο από πολύ μικρότερη τρωτότητα. Εκτιμάται ότι διαθέτουν τοπική πλαστιμότητα που ισοδυναμεί περίπου με δείκτη συμπεριφοράς μεταξύ 2 και 2.5.

Υφιστάμενες κατασκευές μετά το 1995

Τα κτήρια που σχεδιάστηκαν με το ΝΕΑΚ (1995), τον ΕΑΚ-2000 ή ακόμα περισσότερο με τους Ευρωκώδικες χαρακτηρίζονται από πολύ μικρή σεισμική τρωτότητα. Τα κτίρια αυτά εκτιμάται ότι διαθέτουν τοπική πλαστιμότητα που ισοδυναμεί με δείκτη συμπεριφοράς της τάξεως του 3.5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Εισαγωγή στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Σκοπός του Κανονισμού είναι, μέσα από θεσμοθετημένα κριτήρια, να γίνει η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας των υφιστάμενων δομημάτων και η επισύμανση των κανόνων εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους αλλά και οι ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν στα δομικά στοιχεία τους.

Σαν Κανονισμός οφείλει να λειτουργεί με βάση κάποιες ορισμένες αρχές, σύμφωνα με τις οποίες ικανοποιούνται οι θεμελιώδεις συνθήκες επάρκειας ενός δομήματος.

Οι υποχρεωτικές διατάξεις που πρέπει να εφαρμοστούν καθορίζουν:

- Τα κριτήρια με τα οποία αποτιμάται η φέρουσα ικανότητα μιας υφιστάμενης κατασκευής.
- Τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας για τα ανασχεδιασμένα δομήματα ή μέλη.
- Τους τρόπους που μπορεί να γίνει η επέμβαση.
- Τη συσχέτιση του παρόντος Κανονισμού με τους υπόλοιπους (υλικών, φορτίσεων κλπ.).

Σκοπός αποτίμησης υφιστάμενης κατασκευής

Σκοπός της αποτίμησης υφισταμένου δομήματος είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητάς του και ο έλεγχος ικανοποίησης των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες Κανονισμούς. Η διαδικασία της αποτίμησης εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι βλαβών στο προς αποτίμηση κτίριο. Όταν δεν υπάρχουν βλάβες, το αποτέλεσμα της αποτίμησης θα είναι η ανάγκη για ενίσχυση ή όχι του δομήματος. Όταν, όμως, υπάρχουν ήδη βλάβες αποτιμάται το δόμημα ως έχει δηλαδή συνυπολογίζοντας και τις βλάβες. Ενώ διαφορετικά, σύμφωνα με την απόφαση του μηχανικού ότι χρειάζονται επεμβάσεις, αποτιμάται το δόμημα στην αρχική του κατάσταση, δηλαδή πριν τις βλάβες και με την παραδοχή ότι απλώς θα αποκατασταθούν.

Η διαδικασία της αποτίμησης υφιστάμενου δομήματος είναι η ακόλουθη:

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

Αρχές αποτίμησης

Όταν ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη μόνο των κατακόρυφων φορτίων τότε η αποτίμηση γίνεται με απλές μεθόδους. Όταν όμως ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός προβλέπεται να συμμετάσχει στη διαμόρφωση του ανασχεδιαζόμενου φορέα για την ανάληψη και των κατακόρυφων και των σεισμικών φορτίων τότε η αποτίμηση περιλαμβάνει τις εξής αρχές:

- Η αποτίμηση γίνεται με αναλυτικές μεθόδους
- Τα προσομοιώματα που θα χρησιμοποιηθούν αντιπροσωπεύουν το σύνολο του δομήματος ή επιμέρους στοιχεία
- Η ακρίβεια των εφαρμοζόμενων μεθόδων πρέπει να είναι ανάλογη με την ακρίβεια των δεδομένων
- Η χρήση εμπειρικών-αναλυτικών ή αμιγώς εμπειρικών μεθόδων επιτρέπεται μόνον στις περιπτώσεις που καλύπτονται από σχετικές ειδικές διατάξεις εκδιδόμενες από τη Δημόσια Αρχή
- Στην περίπτωση που υπάρχουν ήδη βλάβες η εφαρμοζόμενη μέθοδος πρέπει να προσεγγίσει, όχι και τόσο λεπτομερώς, τη μορφή και τη θέση των βλαβών αυτών
- Για την ανάλυση, τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων, την επαλήθευση του επιλεγέντος δείκτη συμπεριφοράς, τον έλεγχο των επιβαλλομένων μετακινήσεων και τους τοπικούς δείκτες, έχουν κατ' αναλογία εφαρμογή οι διατάξεις των Παραγράφων 2.4.3 έως 2.4.5 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι χρήσιμη ή αναγκαία μια ταχεία εκτίμηση της απώλειας της φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος που έχει υποστεί βλάβες.

Στόχοι αποτίμησης

Οι στόχοι της αποτίμησης ή του ανασχεδιασμού περιλαμβάνουν συνδυασμούς μιας στάθμης επιτελεστικότητας και μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη ανεκτή

πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου. Επιπλέον οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού δεν είναι απαραίτητα ίδιοι. Οι στόχοι ανασχεδιασμού πιθανότατα είναι υψηλότεροι από τους στόχους αποτίμησης. Στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. προβλέπονται στόχοι επανελέγχου μόνο για τον φέροντα οργανισμό και τις τοιχοπληρώσεις. Ο στόχος της αποτίμησης ή του ανασχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης 50%, έχει σαν αποτελέσματα, πιο συχνές, πιο εκτεταμένες και πιο έντονες βλάβες, σε αντίθεση με έναν αντίστοιχο στόχο πιθανότητας υπέρβασης σεισμικής δράσης 10%. Η πιθανότητα υπέρβασης 50% 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. Σύμφωνα με τον πίνακα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ

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 1 Πίνακας 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων δομημάτων, ορίζονται ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητάς του, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

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

Πίνακας 2 Πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ, Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

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

Οι παραπάνω κατηγορίες σπουδαιότητας ορίζονται ως εξής (πίνακας παράρτημα 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

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

Πίνακας 3 Κατηγορίες σπουδαιότητας.

Στάθμες επιτελεστικότητας

Οι στάθμες επιτελεστικότητας ορίζονται ανάλογα με τη σοβαρότητα της βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. ως εξής:

«Περιορισμένες βλάβες» (Α): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες. Καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό, εκτός από δευτερεύουσας σημασίας

λειτουργίες. Στο φέροντα οργανισμό είναι πιθανό να εμφανιστούν τριχοειδής καμπτικές ρωγμές χωρίς εμφανείς μόνιμες μετακινήσεις υποστρωμάτων ή τοιχωμάτων. Επιπλέον ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού ατόμων είναι αμελητέος.

«Σημαντικές βλάβες» (B): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς μέτριας έντασης. Σε αυτή τη στάθμη επιτελεστικότητας είναι πιθανό να εμφανιστούν καμπτικές και διατμητικές ρωγμές, περιορισμένες απολεπίσεις σκυροδέματος, τοπικοί λυγισμοί διαμήκων ράβδων οπλισμού και άνοιγμα ορισμένων συνδετήρων σε λίγα υποστρώματα ή τοιχώματα. Σε περίπτωση σεισμού είναι απαραίτητη η επισκευή των βλαβών για τη χρήση του κτιρίου.

«Οιονεί κατάρρευση» (Γ): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές (μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία, χωρίς πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης. Στον φέροντα οργανισμό είναι πιθανό να εμφανιστούν εκτεταμένες θραύσεις και αποδιοργάνωση πυρήνα σκυροδέματος, τοπικές θραύσεις οπλισμών και άνοιγμα συνδετήρων. Επιπλέον ο κίνδυνος σοβαρού τραυματισμού ατόμων είναι μεγάλος.

Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (Σ.Α.Δ.) που αφορούν δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των συλλεγόμενων πληροφοριών για το υφιστάμενο κτίριο που λαμβάνονται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό.

Διακρίνονται τρεις Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων:

«Υψηλή»

«Ικανοποιητική»

«Ανεκτή»

Όσον αφορά τα δευτερεύοντα φέροντα στοιχεία μπορούν να ληφθούν υπόψη ακόμα και αν τα δεδομένα δεν είναι επαρκή. Σε αυτή τη περίπτωση εφαρμόζονται τα ισχύοντα για «ανεκτή» Σ.Α.Δ.

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

Για το σκυρόδεμα:

Κύριος σκοπός της διερεύνησης του σκυροδέματος είναι ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής για όλες τις περιοχές του φέροντος οργανισμού. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με συνδυασμό έμμεσων μεθόδων και πυρηνοληψίας για να υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου σε περισσότερες θέσεις με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Για μικρά κτίρια (έως δύο όροφοι), το απολύτως ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος πυρήνων είναι $n = 3$, από ομοειδή δομικά στοιχεία. Για μεγαλύτερα κτίρια, απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον κρίσιμο όροφο.

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

Το 45% των κατακόρυφων στοιχείων

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

β) Για να θεωρηθεί «ικανοποιητική» η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του σκυροδέματος, πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν ένα μικρότερο αλλά επαρκές ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

Το 30% των κατακόρυφων στοιχείων

Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $S \leq 0,20 X$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρηθεί «υψηλή».

γ) Για να θεωρηθεί «ανεκτή» η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του σκυροδέματος, πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των εμμέσων μεθόδων να καλύπτουν ακόμα ένα μικρότερο αλλά ποσοστό για κάθε είδος δομικού στοιχείου και ειδικότερα:

Το 15% των κατακόρυφων στοιχείων.

Το 7,5% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση (τυπική απόκλιση $S \leq 0,20 X$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρηθεί «ικανοποιητική».

Σε ειδικές περιπτώσεις κτιρίων για τα οποία διατίθενται υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής τους, δηλαδή διατίθεται φάκελος μελέτης που έχει εφαρμοστεί στην πράξη, αποδείξεις περί συνεχούς επίβλεψης και αποτελέσματα δοκιμών σκυροδέματος κατά τη διάρκεια της κατασκευής, οι δοκιμές για την επαλήθευση των διατιθέμενων πληροφοριών μπορούν να περιορίζονται στην ελάχιστη πυρηνοληψία από ομοειδή δομικά στοιχεία κάθε ορόφου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επαρκής σύγκλιση των αποτελεσμάτων, δηλαδή η απόκλιση αντοχής κάθε πυρήνα να είναι μικρότερη από το 15% της μέσης τιμής. Στις περιπτώσεις αυτές η Σ.Α.Δ. θεωρείται «ικανοποιητική». Υπάρχει όμως πιθανότητα, αν εκτελεστούν οι δοκιμές της παραγράφου (β), η Σ.Α.Δ. να θεωρείται «υψηλή». Εάν η σύγκλιση των αποτελεσμάτων της πυρηνοληψίας δεν είναι ικανοποιητική, τότε επιβάλλεται η εφαρμογή των πιο πάνω παραγράφων (α), (β), (γ).

Για το χάλυβα:

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

χάλυβα που θα χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων, επιτρέπεται να λαμβάνονται από τα προβλεπόμενα στους αντίστοιχους κανονισμούς για την κατηγορία χάλυβα. Στην περίπτωση που υπάρχουν αμφιβολίες για την αξιοπιστία της κατάταξης του χάλυβα με οπτική αναγνώριση, θα πρέπει να προβούν σε δοκιμή τουλάχιστον τρία δείγματα από δομικά στοιχεία του κρίσιμου ορόφου και ίδιας περίπου γεωμετρίας. Αν από τα δείγματα αυτά παρθούν αποτελέσματα διαφορετικής κατηγορίας χάλυβα, τότε ο έλεγχος θα πρέπει να συνεχιστεί για να προσδιοριστούν τα δομικά στοιχεία στα οποία έχει εφαρμοστεί κάθε κατηγορία. Μόνο τότε η Σ.Α.Δ. για την αντοχή του χάλυβα θα θεωρείται «υψηλή».

Η Σ.Α.Δ. δεν είναι απαραίτητα ενιαία για ολόκληρο το κτίριο αλλά προσδιορίζονται επιμέρους Σ.Α.Δ. για τις διάφορες επιμέρους κατηγορίες πληροφοριών. Για την επιλογή των μεθόδων ανάλυσης θα χρησιμοποιείται η δυσμενέστερη από τις επιμέρους Σ.Α.Δ.

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

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ									
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ			
				Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	
ΥΠΑΡΧΟΝ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΝ	1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδοκιμασμένα 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 4 Πίνακας 3.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ. Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Σε περίπτωση αντικειμενικής αδυναμίας εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχων διερευνήσεων για τα χαρακτηριστικά των υλικών, και αν δεν διαπιστωθούν προβλήματα κακοτεχνιών, φθορών, βλαβών κλπ., επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αντοχής των υλικών, αξιόπιστα αποτελέσματα παλαιότερων ποιοτικών ελέγχων. Αν και αυτά δεν διατίθενται, κατ' εξαίρεση, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν «ερήμην» αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής υλικών (σύμφωνα με το Παράρτημα 3.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή f_{cm} (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση f_{ck} (MPa)
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<...<1995	16	12
1995<...	20	16

Πίνακας 5 Πίνακας 3.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

A) Σκυρόδεμα

B) Χάλυβα

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

Πίνακας 6 «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Διαρροής Χάλυβα Οπλισμού.

Έλεγχοι και ανίσωση ασφαλείας

Ο έλεγχος ασφαλείας, εκτελούμενος σε κατάλληλο κατά περίπτωση μέλος ή τμήμα ή στο σύνολο του δομήματος, οφείλει να αποδείξει ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο εντατικό ή παραμορφωσιακό μέγεθος είναι αξιόπιστα μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα. Η ανίσωση ασφαλείας που εφαρμόζεται κατά την αποτίμηση

και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων, έχει την ίδια γενική μορφή που προβλέπεται στους Ευρωκώδικες:

$S_d < R_d$, με $S_d = \gamma_{sd} \cdot S$ ($S_k \cdot \gamma_f$) και $R_d = (1/\gamma_{Rd}) \cdot R$ (R_k/γ_m), όπου:

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

R_d : Οι τιμές σχεδιασμού (και επανελέγχου) των διαθέσιμων αντίστοιχων αντιστάσεων (εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών).

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

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

γ_{sd} : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω του οποίου εκτιμώνται οι συνέπειες των δράσεων.

γ_{Rd} : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων, μέσω του οποίου εκτιμώνται οι συνέπειες των κάθε είδους αντιστάσεων.

γ_f : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις δράσεις των υλικών με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.

γ_m : Ο επιμέρους συντελεστής ασφαλείας για τις ιδιότητες των υλικών με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες δυσμενείς αποκλίσεις των αντίστοιχων μεταβλητών από τις αντιπροσωπευτικές τιμές.

Όταν η ανάλυση γίνεται με γραμμικές μεθόδους, ο έλεγχος και η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζονται σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, με όσα ειδικότερα αναφέρονται στον παρόντα Κανονισμό, ενώ γενικά οι έλεγχοι γίνονται σε όρους εντατικών μεγεθών.

Αντίστοιχα όταν η ανάλυση γίνεται με μη-γραμμικές μεθόδους, γίνεται σύγκριση της μέγιστης διαθέσιμης και στοχευόμενης απόκρισης της «κορυφής» του δομήματος σε

όρους δυνάμεων και μετακινήσεων, με τις απαιτήσεις του φάσματος δυνάμεων / μετακινήσεων που αντιστοιχεί στην σεισμική δράση επανελέγχου. Οι αντιπροσωπευτικές τιμές και οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας ιδιοτήτων υλικών ή αξιοπιστίας προσομοιωμάτων, επιλέγονται σύμφωνα με την προέλευση του ελεγχόμενου κρίσιμου μεγέθους και τον τύπο της αστοχίας. Η κατηγορία μεθόδων ελέγχου επιλέγεται με βάση τον αναμενόμενο τύπο αστοχίας, δηλαδή αν η συμπεριφορά είναι οιονεί-πλάστιμη, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους παραμορφώσεων, ενώ αν η συμπεριφορά είναι οιονεί-ψαθυρή, οι έλεγχοι γίνονται σε όρους δυνάμεων. Γενικά οι μη-γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης, εφαρμόζονται για στάθμες επιτελεστικότητας Β ή Γ.

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας

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

- Για τους βασικούς συνδυασμούς και για δυσμενείς επιρροές της δράσεως:

- Υψηλή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,20$
- Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_g = 1,35$
- Ανεκτή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,50$

- Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών και επιρροών της δράσεως:

- Υψηλή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,00$

• Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_g = 1,10$

• Ανεκτή ΣΑΔ $\gamma_g = 1,20$

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

Πίνακας 7 Τιμές του συντελεστή γ_{sd}

Για τα νέα στοιχεία ή τις νέες κατασκευές οι τιμές του γ_g είναι γενικώς καθιερωμένες.

Από την άλλη, για τις μεταβλητές δράσεις, οι τιμές των συντελεστών γ_f και ψ_i είναι καθιερωμένες από τους Κανονισμούς.

Για τα υφιστάμενα υλικά όταν η αντιπροσωπευτική τιμή είναι ίση με τη μέση μείον μία τυπική απόκλιση, οι τιμές του συντελεστή γ_m θα λαμβάνονται, και εδώ, σύμφωνα με τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων ως εξής:

Υψηλή ΣΑΔ $\gamma_c = 1,15$ και $\gamma_s = 1,05$

Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_c = 1,30$ και $\gamma_s = 1,15$

Ανεκτή ΣΑΔ $\gamma_c = 1,45$ και $\gamma_s = 1,25$

Όταν οι υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις λαμβάνονται υπόψη στην αποτίμηση ή στον ανασχεδιασμό, τότε οι τιμές γ_m θα διαμορφώνονται ως εξής:

Υψηλή ΣΑΔ $\gamma_m = 1,30$

Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_m = 1,50$

Ανεκτή ΣΑΔ $\gamma_m = 1,70$

Όλα τα παραπάνω για τους συντελεστές ασφαλείας των υφιστάμενων υλικών είναι συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Π 4.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ).

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

Πίνακας 8 Πίνακας Π 4.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ .Τιμές των ιδιοτήτων των υλικών και αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας $\gamma' m$.

Για τα προστιθέμενα υλικά όταν η αντιπροσωπευτική τιμή είναι ίση με την χαρακτηριστική ισχύουν τα εξής:

- Για τα νέα υλικά που καλύπτονται από τους ισχύοντες κανονισμούς για σκυρόδεμα και χάλυβα χρησιμοποιούνται συντελεστές γ'_m μεγαλύτεροι των καθιερωμένων, για να καλυφθούν πρόσθετες αβεβαιότητες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας Σ 4.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

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

Πίνακας 9 Πίνακας Σ 4.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ. Τιμές του λόγου γ'_m/γ_m για προστιθέμενα «συμβατικά» υλικά.

Για τις μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών, που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αντιστάσεων, οι τιμές των συντελεστών γ_m είναι περίπου ίσες με τη μονάδα.

Για τα υφιστάμενα υλικά:

Υψηλή ΣΑΔ $\gamma_m=1,00$

Ικανοποιητική ΣΑΔ $\gamma_m=1,10$

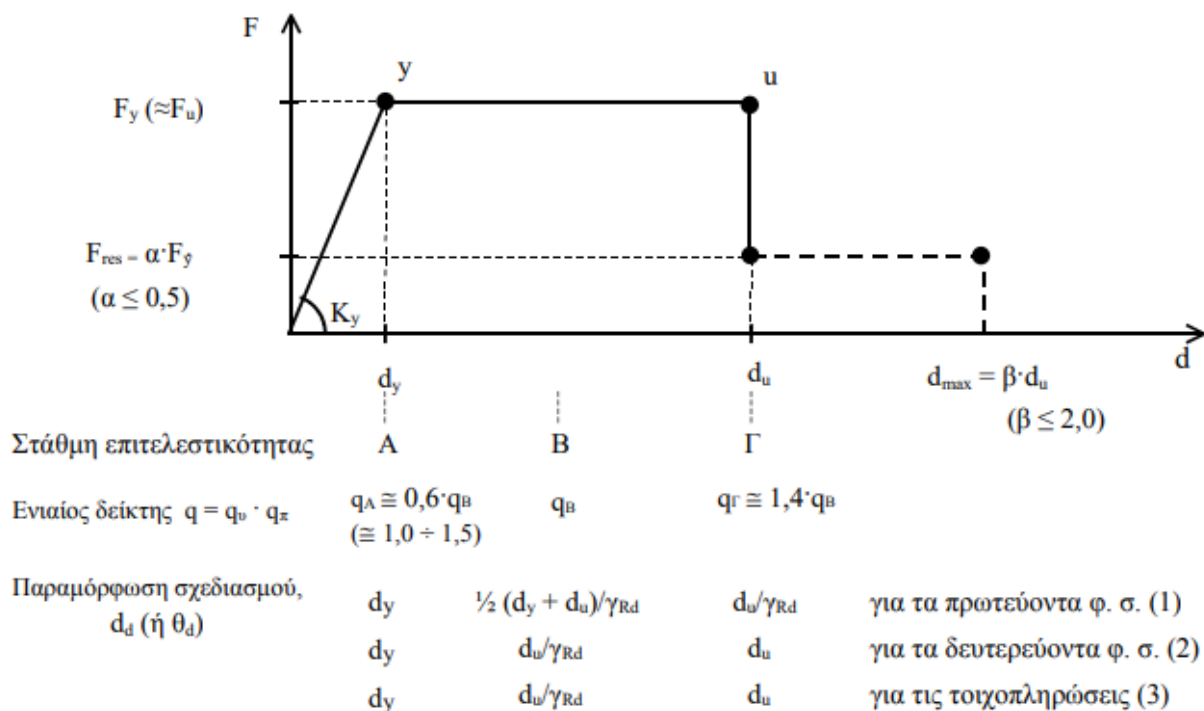
Ανεκτή ΣΑΔ $\gamma_m=1,20$

Για τα προστιθέμενα υλικά:

για κανονική (συνήθη) διατομή και προσπελασιμότητα $\gamma_m=1,15$

για μειωμένη διατομή ή προσπελασιμότητα $\gamma_m=1,25$

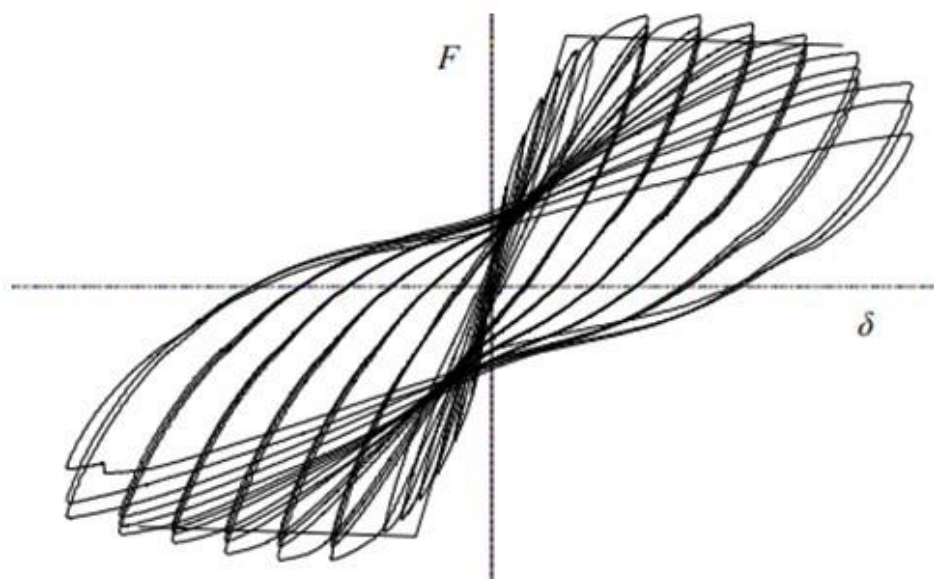
Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. οι έλεγχοι ασφαλείας παρουσιάζονται εποπτικά στο παρακάτω σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας και του ελέγχου σε όρους δυνάμεων (μέσω του q ή των m) ή παραμορφώσεων (μέσω της παραμόρφωσης σχεδιασμού, $d_d=\theta_d$).



Εικόνα 1 Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (διάγραμμα παράρτημα 4.4 ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Μηχανική συμπεριφορά δομικών στοιχείων Πίνακας 10

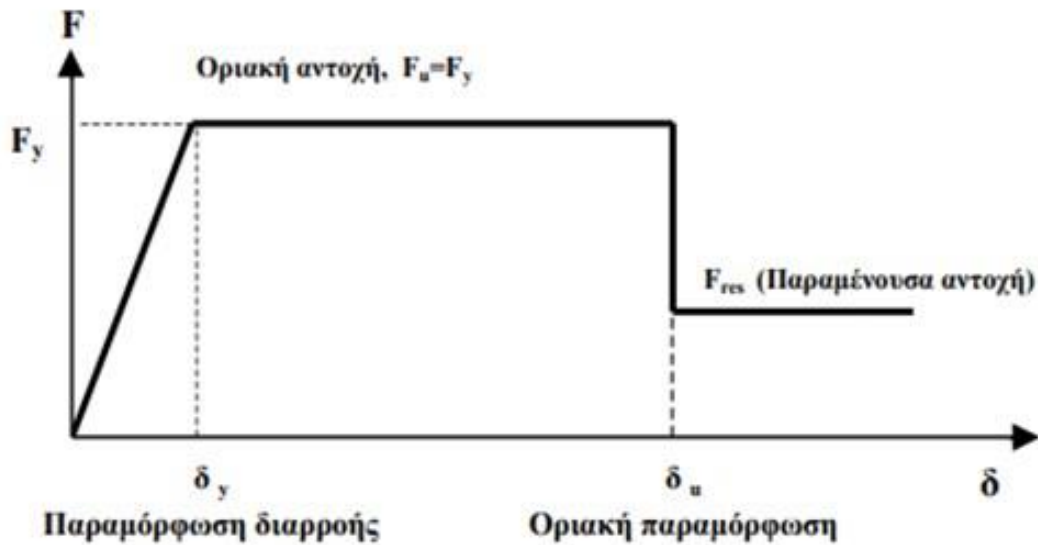
Η μηχανική συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου μιας κρίσιμης περιοχής ή ενός κόμβου περιγράφεται μέσα από το διάγραμμα εντατικού μεγέθους «F» συναρτήσει της παραμόρφωσης ή της σχετικής μετακίνησης «δ». Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. το διάγραμμα αυτό περιγράφει την περιβάλλουσα των αποκρίσεων κάτω από ανακυκλιζόμενη παραμόρφωση. Το τελικό στάδιο αστοχίας είναι η απώλεια της φέρουσας ικανότητας ή αντίστασης έναντι κατακόρυφων φορτίων, όπου σε αυτή την περίπτωση οι παραμορφώσεις είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που προκαλούν απώλεια έναντι των σεισμικών δράσεων. Συνήθως λαμβάνονται υπόψη τρεις κύκλοι φόρτισης – αποφόρτισης – επαναφόρτισης για κάθε επιβαλλόμενη παραμόρφωση, που φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 2 Διάγραμμα μηχανικής συμπεριφοράς δομικού στοιχείου υπό ανακυκλιζόμενη παραμόρφωση (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Κατά την ανελαστική συμπεριφορά, όταν η αστοχία επέρχεται λόγω κάμψης, τότε τα πιο κατάλληλα μεγέθη F και δ είναι η ροπή κάμψης M και η καμπυλότητα $1/r$ ή αλλιώς η γωνία στροφής θ . Όταν όμως η αστοχία επέρχεται λόγω διάτμησης, κατάλληλα μεγέθη είναι η τέμνουσα δύναμη V και η γωνιακή παραμόρφωση γ .

Τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος συνδυάζονται με τις διατμητικές και με τις στροφές των ακραίων διατομών λόγω εξόλκευσης των οπλισμών στην αγκύρωση πέραν του άκρου του στοιχείου. Γι' αυτό η πιο αξιόπιστη επιλογή F και δ είναι η ροπή M και η γωνία στροφής χορδής θ , αφού η γωνία στροφής χορδής περιλαμβάνει το σύνολο των καμπτικών και διατμητικών παραμορφώσεων, καθώς και τη στροφή των άκρων λόγω εξόλκευσης οπλισμών. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μία προσεγγιστική καμπύλη F - δ που αποτελείται από τέσσερα γραμμικά τμήματα και θεωρείται επαρκής για τις ανάγκες του σχεδιασμού.



Εικόνα 3 Πολυγραμμικό διάγραμμα της καμπύλης F-δ (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Για τα τμήματα-κλάδους της καμπύλης ισχύουν:

Οιονεί ελαστικός κλάδος και διαρροή

Το πρώτο ευθύγραμμο τμήμα εκτείνεται από την αρχή των αξόνων μέχρι το σημείο διαρροής. Ο κλάδος αυτός θεωρείται ευθύγραμμος διότι αγνοείται η ρηγμάτωση, που πιθανότατα υπάρχει λόγω παλαιότερων σεισμικών ή μη φορτίσεων. Όμως αυτό δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ανάγκες του σχεδιασμού, αν δηλαδή το συγκεκριμένο τμήμα θεωρείται ευθύγραμμο ή τεθλασμένο.

Η αντίσταση διαρροής F_y μπορεί να ληφθεί ίση με την οριακή αντίσταση για τον κρίσιμο τρόπο αστοχίας.

Σε ένα μέλος που αστοχεί σε κάμψη με ροπή στο άκρο ίση με M_u θα έχουμε:

$F_y = M_u$, εάν οι F εκφράζονται σε όρους ροπών,

$F_y = V_{Mu}$, εάν οι F εκφράζονται σε όρους τέμνουσών, (όπου V_{Mu} η τέμνουσα τη στιγμή της καμπτικής αστοχίας).

Σε ένα μέλος που αστοχεί από τέμνουσα, δηλαδή $V_u < V_{Mu}$ θα έχουμε:

$F_y = M_{Vu}$, εάν οι F εκφράζονται σε όρους ροπών, (όπου M_{Vu} η ροπή τη στιγμή της διατμητικής αστοχίας),

$F_y = V_u$, εάν οι F εκφράζονται σε όρους τεμνουσών

Ισχύει: $V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$, όπου $\alpha_s = M / (V \cdot h)$ ο «λόγος διάτμησης» της υπόψη περιοχής κατά την εξεταζόμενη εντατική κατάσταση.

Η ενεργός δυσκαμψία Κορίζεται ως το πηλίκο του εντατικού μεγέθους και της παραμόρφωσης διαρροής: $K = F_y / \delta_y$.

Για τον υπολογισμό των F_y και δ_y , άρα και της ενεργού δυσκαμψίας K , πρέπει να έχει ληφθεί γνώση του οπλισμού του εξεταζόμενου στοιχείου. Επιπλέον η δυσκαμψία K εκτιμάται από τις μέσες τιμές ιδιοτήτων των υλικών.

Εάν δεν είναι γνωστός ο οπλισμός μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προσεγγιστικές σχέσεις που διατυπώνει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. στην παράγραφο 7.1.2.2, σύμφωνα με τις οποίες η δυσκαμψία προσδιορίζεται συναρτήσει της ροπής αδράνειας της αρηγμάτωτης διατομής I_c , του μέτρου ελαστικότητας του σκυροδέματος E_c , της αξονικής δύναμης λόγω κατακόρυφων δράσεων N , της επιφάνειας διατομής A_c και του λόγου διάτμησης α_s . Από τις σχέσεις αυτές καταλήγουμε σε τιμές ενεργού δυσκαμψίας όχι μεγαλύτερες από το 25% της δυσκαμψίας του αρηγμάτωτου στοιχείου.

Βασική σχέση για τον προσδιορισμό της ενεργού δυσκαμψίας, σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. είναι: $K = M_y L_c / 3\theta_y$, όπου M_y η ροπή διαρροής, L_c το μήκος διάτμησης και θ_y η γωνία στροφής χορδής στη διαρροή του στοιχείου. Από αυτή τη σχέση η δυσκαμψία λαμβάνεται ως ο μέσος όρος των τιμών που υπολογίζονται στις δύο ακραίες διατομές του στοιχείου και σε περίπτωση μη συμμετρικής διατομής λαμβάνεται ο μέσος όρος των τιμών για αρνητική και για θετική φορά κάμψης.

Μεταελαστικός κλάδος

Το τμήμα αυτό εκφράζει την πλάστιμη συμπεριφορά του στοιχείου και καταλήγει στην παραμόρφωση αστοχίας δ_u . Για να ληφθεί υπόψη η τυχόν αναμενόμενη έντονη εξασθένηση της απόκρισης με την ανακύκλιση της παραμόρφωσης, ή φαινόμενα 2ας τάξεως, ο μεταελαστικός κλάδος θα πρέπει να έχει αρνητική κλίση, πράγμα το οποίο δημιουργεί προβλήματα στην ανελαστική ανάλυση. Γι' αυτό λοιπόν προτείνεται μια κατάλληλη μείωση της τιμής της αντίστασης F_y έτσι ώστε ο κλάδος να μετατραπεί σε

οριζόντιος, για να συμπεριλαμβάνεται και η εξασθένηση απόκρισης για μεγαλύτερες παραμορφώσεις.

Κλάδος παραμόρφωσης αστοχίας

Η πτώση του τμήματος αυτού, δηλαδή της αντίστασης F , εκφράζει την αστοχία του στοιχείου έναντι πλευρικών δράσεων. Αστοχία θεωρείται η μείωση της αντίστασης κατά το 20% της μέγιστης τιμής της, χωρίς βέβαια να συνοδεύεται απαραίτητα και από τη μείωση της αντίστασης έναντι των φορτίων βαρύτητας. Για την παραμόρφωση αστοχίας δ_u , λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί σε αυτή τη μειωμένη τιμή της αντίστασης.

Απομένουσα αντίσταση

Ο κλάδος αυτός λαμβάνεται γραμμικός με σταθερή την τιμή της απομένουσας αντίστασης F_{res} μέχρι την παραμόρφωση που προκαλεί απώλεια της αντίστασης έναντι των φορτίων βαρύτητας. Εδώ μειώνεται σημαντικά η απόκριση του στοιχείου λόγω σεισμικών δράσεων υπό αυξανόμενη παραμόρφωση που συνήθως δεν μηδενίζεται. Από την άλλη, λόγω μεγάλων αβεβαιοτήτων, δεν είναι εύκολος ο υπολογισμός της απομένουσας αντίστασης F_{res} και κατά συνέπεια της τελικής παραμόρφωσης. Όμως για την προσομοίωση της απόκρισης μίας κατασκευής με ανελαστικές μεθόδους για πλάστιμα στοιχεία και κυρίως για στάθμη επιτελεστικότητας Γ , η απομένουσα αντοχή μπορεί να ληφθεί ίση με το 25% της οριακής αντοχής των στοιχείων.

Συμπεριφορά οπλισμένου σκυροδέματος

Η συμπεριφορά ενός στοιχείου οπλισμένου σκυροδέματος χαρακτηρίζεται ψαθυρή ή πλάστιμη.

Ψαθυρή συμπεριφορά έχουν τα στοιχεία που διαρρέουν σε διάτμηση πριν από τη διαρροή σε κάμψη και ισχύει: $V_u < V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$.

Ενώ πλάστιμη έχουν εκείνα που διαρρέουν σε κάμψη πριν από τη διαρροή σε διάτμηση και ισχύει: $V_u > V_{Mu} = M_u / (\alpha_s \cdot h)$.

Εξαιρούνται τα στοιχεία με χαμηλό λόγο διάτμησης (π.χ. μικρότερος του 2), των οποίων η συμπεριφορά τους μπορεί να ληφθεί ως ψαθυρή, χωρίς τον υπολογισμό και τον έλεγχο του δείκτη πλαστιμότητας.

Όπου: V_u : η αντοχή σε τέμνουσα

V_{Mu} : η τέμνουσα της καμπτικής αστοχίας

M_u : η ροπή της διατμητικής αστοχίας

α_s : ο λόγος διάτμησης

h : το ύψος της διατομής

Για στοιχεία με πλάσιμη συμπεριφορά είναι απαραίτητο να ελέγχονται σε όρους δυνάμεων με το ενδεχόμενο της μετελαστικής αστοχίας σε διάτμηση λόγω εξασθένησης της διατμητικής αντοχής κατά την ανακύκλιση των παραμορφώσεων.

Παραμορφώσεις αστοχίας οπλισμένου σκυροδέματος

Παραμόρφωση αστοχίας σε κάμψη

Η καμπυλότητα αστοχίας διατομής προσδιορίζεται μέσω του διαγράμματος ροπών-καμπυλοτήτων της διατομής μέχρι το σημείο της αστοχίας, θεωρώντας ότι η διατομή μπορεί να αστοχήσει λόγω θραύσης του εφελκόμενου οπλισμού ή λόγω αστοχίας του σκυροδέματος σε θλίψη, πριν ή μετά την αποφλοίωση του απερίσφιγκτου τμήματος της διατομής.

Όταν η αστοχία οφείλεται στη θραύση του εφελκόμενου οπλισμού, η καμπυλότητα αστοχίας είναι: $(1/r)_{su} = \epsilon_{su} / [(1 - \xi_{su})d]$

Ενώ όταν οφείλεται στην αστοχία του θλιβόμενου σκυροδέματος, η καμπυλότητα αστοχίας είναι: $(1/r)_{cu} = \epsilon_{cu} / \xi_{cu}d$

Όπου: ϵ_{su} : η επιμήκυνση αστοχίας του εφελκόμενου οπλισμού

ξ_{su} : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του χάλυβα

d : το στατικό ύψος

ϵ_{cu} : η παραμόρφωση αστοχίας της ακραίας θλιβόμενης ίνας του σκυροδέματος

ξ_{cu} : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης κατά την αστοχία του σκυροδέματος

Παραμόρφωση αστοχίας υπό τέμνουσα

Όταν το στοιχείο αστοχίσει λόγω τέμνουσας πριν τη διαρροή σε κάμψη, δηλαδή όταν ισχύει η συνθήκη $V_R < V_{My}$, τότε μπορεί να ληφθεί πλαστική γωνία στροφής στο άκρο του μετά την εξάντληση της διατμητικής αντοχής σε ποσοστό 40% της αντίστοιχης γωνίας στροφής χορδής στη καμπτική διαρροή. Στις μετελαστικές ανακυκλίσεις, η μείωση της αντίστασης V_R σε τέμνουσα μπορεί να προκαλέσει αστοχία λόγω αυτής, ακόμα και όταν αρχικά ήταν $V_R > V_{My}$. Γι' αυτό γίνεται εκτίμηση της μείωσης της V_R σε συνάρτηση με τον απαιτούμενο για το σχεδιασμό δείκτη πλαστιμότητας επιβαλλόμενων μετακινήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER)

Σκοπός και πλεονεκτήματα

Σκοπός της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι:

Η δημιουργία της καμπύλης αντίστασης του κτιρίου, που είναι το θεμέλιο για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεσματικότητας, και εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης κορυφής.

Την επάρκεια της υπεραντοχής στο κτίριο, λόγος a_u/a_1 .

Την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των μελών της κατασκευής κατά σειρά και τα σημεία εμφάνισης των πλαστικών αρθρώσεων. Έτσι γίνεται η αποτύπωση της κατανομής των ζημιών στην κατασκευή και γίνεται κατανοητός ο μηχανισμός απορρόφησης ενέργειας και ο έλεγχος σχεδιαστικών απαιτήσεων.

Η μη γραμμική ανάλυση πλεονεκτεί έναντι της ελαστικής, καθώς παρουσιάζει τα παρακάτω:

Έχει μεγαλύτερης ακρίβειας αποτελέσματα διότι λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τη δυσκαμψία των μελών αλλά και την αντοχή τους. Ακόμη μπορεί να γίνει ο έλεγχος της δυνατότητας παραμόρφωσης, όπως διαμορφώνεται.

Είναι δυνατή η εποπτεία κατανομής των βλαβών στο φορέα.

Απαλλάσσονται τα ικανοτικά προσομοιώματα.

Μπορεί να γίνει ο έλεγχος της επάρκειας του φορέα για πολλές στάθμες επιτελεσματικότητας ταυτόχρονα.

Πληροφορεί σχετικά με την μορφή της δομικής ανεπάρκειας και συνεισφέρει στο σχεδιασμό της ενίσχυσης είτε με αύξηση της αντοχής, είτε με αύξηση της πλαστιμότητας, είτε με συνδυασμό και των δύο.

Για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό των υφιστάμενων κτιρίων η ανελαστική ανάλυση χαράσσει την καμπύλη αντίστασης, σύμφωνα με την οποία προσδιορίζεται το σημείο επιτελεσματικότητας για δεδομένη σεισμική διέγερση και με βάση αυτό

γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων ή δυνάμεων. Είναι δεδομένο ότι έχει ληφθεί γνώση της γεωμετρίας του φορέα, των υφιστάμενων υλικών και των κατασκευαστικών λεπτομερειών. Η στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων κυμαίνεται από πλήρης μέχρι περιορισμένη.

Ένα υφιστάμενο κτίριο παρουσιάζει διαφορετικούς στόχους αποτίμησης για τις διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας, ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας του.

Εφαρμογή της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) σε νέα και παλαιά κτίρια

Η ανάλυση Pushover είναι απαραίτητη τόσο στα νέα όσο και στα παλαιά κτίρια και η διαφοροποίησή της εξαρτάται από το σκοπό που επιδιώκεται να επιτευχθεί με την ανάλυση αυτή. Πιο συγκεκριμένα:

- Στα νέα κτίρια, με την ανάλυση Pushover, επιδιώκεται η χάραξη της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής και μέσω αυτής ο προσδιορισμός του λόγου au/a_1 , ο οποίος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή συμπεριφοράς της κατασκευής. Παρόλα αυτά οι απαιτούμενοι έλεγχοι της κατασκευής γίνονται σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ελαστικής ανάλυσης. Θεωρείται ότι υπάρχει πλήρης γνώση της γεωμετρίας του φορέα, της θεωρητικής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών και των διάφορων κατασκευαστικών λεπτομερειών.
- Στις παλαιές κατασκευές που αποτιμώνται ή ανασχεδιάζονται, με την ανάλυση Pushover, επιδιώκεται η χάραξη της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής και σύμφωνα με αυτή ο προσδιορισμός του σημείου επιτελεστικότητας για δεδομένη σεισμική διέγερση. Με βάση το σημείο επιτελεστικότητας γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι σε όρους παραμορφώσεων ή δυνάμεων. Θεωρείται ότι υπάρχει πλήρης έως περιορισμένη γνώση της γεωμετρίας του φορέα, της πραγματικής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υλικών και των διάφορων κατασκευαστικών λεπτομερειών.

Φορτία και μέλη κατασκευής

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες βασικές απαιτήσεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τη θέση των φορτίων στην κατασκευή και τη συμπεριφορά των μελών της.

- Τα κατακόρυφα φορτία των στοιχείων θα συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα, σε συνδυασμό με τα οριζόντια φορτία, σύμφωνα με τον EC8.
- Τα πλευρικά στατικά φορτία τοποθετούνται στη στάθμη κάθε διαφράγματος, σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών σεισμικών δυνάμεων.
- Με την εφαρμογή τους σε δύο αντίθετες διευθύνσεις, θα ληφθούν δύο αποτελέσματα για κάθε κρίσιμη διατομή, από τα οποία θα χρησιμοποιηθεί το δυσμενέστερο.
- Στο προσομοίωμα θα συμπεριλαμβάνονται και τα κύρια και τα δευτερεύοντα στοιχεία, όπως επίσης και οι τοιχοπληρώσεις εφόσον λαμβάνεται υπόψη η φάση εξασθένησης της αντίστασης του στοιχείου. Διαφορετικά τα δευτερεύοντα στοιχεία θα αποκλύονται από την ανάλυση.

Κατανομή σεισμικών φορτίων

Η σεισμική ένταση κατανέμεται με οριζόντια φορτία, σύμφωνα με την κατανομή των αδρανειακών δυνάμεων, αυξανόμενη σταδιακά μέχρι το επίπεδο της κρίσιμης μετακίνησης του δομήματος, που ταυτίζεται με την οροφή του κτιρίου.

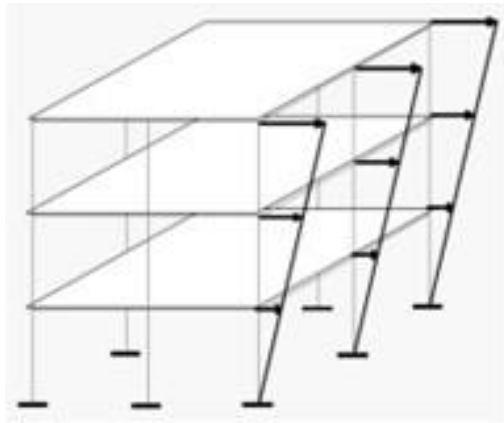
Οριζόντια κατανομή φορτίων

Σύμφωνα με τις διατάξεις του EC8 και του ΚΑΝ.ΕΠΕ., η εφαρμογή τους γίνεται στη στάθμη του διαφράγματος (πλάκα ορόφου), και στις δύο διευθύνσεις για θετικό και αρνητικό πρόσημο. Στην κάθε περίπτωση που προκύπτει εφαρμόζονται τουλάχιστον δύο καθ' ύψος κατανομές των οριζόντιων φορτίων, για να λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή του τρόπου κατανομής των φορτίων λόγω της μετελαστικής συμπεριφοράς ορισμένων περιοχών του φορέα και της επιρροής των ανώτερων ιδιομορφών.

Καθ' ύψος κατανομή φορτίων

Τριγωνική κατανομή

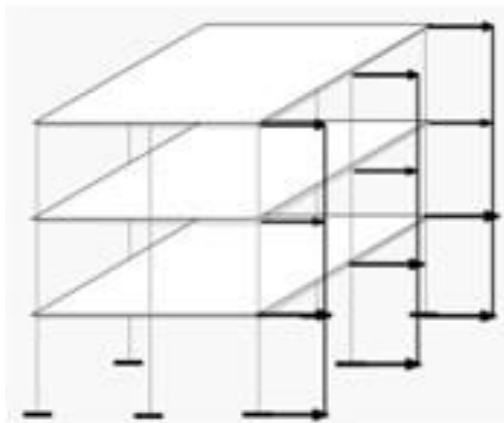
Η επιλογή της πρώτης κατανομής οριζόντιων φορτίων είναι ανάλογη με τις πλευρικές δυνάμεις που είναι συμβατές με την κατανομή των οριζοντίων δυνάμεων που προκύπτουν από την ελαστική ανάλυση.



Εικόνα 4 Τριγωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

Ομοιόμορφη κατανομή

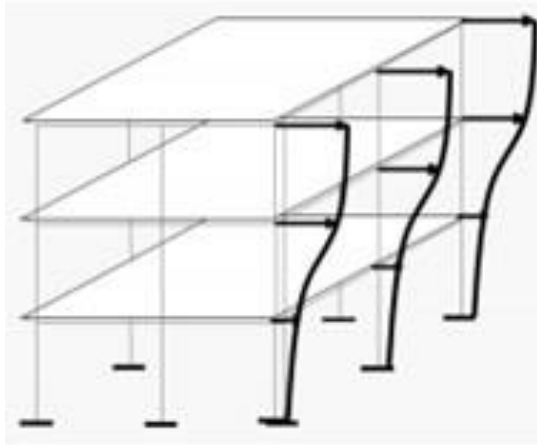
Η επιλογή της δεύτερης κατανομής οριζόντιων φορτίων στηρίζεται σε οριζόντιες δυνάμεις, ανάλογες της μάζας και ανεξαρτήτως στάθμης.



Εικόνα 5 Ορθογωνική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

Ιδιομορφική κατανομή

Η επιλογή της τρίτης κατανομής οριζόντιων φορτίων βασίζεται στην ιδιομορφή της κατασκευής που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της ιδιομορφικής μάζας που προέκυψε από την ελαστική ιδιομορφική ανάλυση.



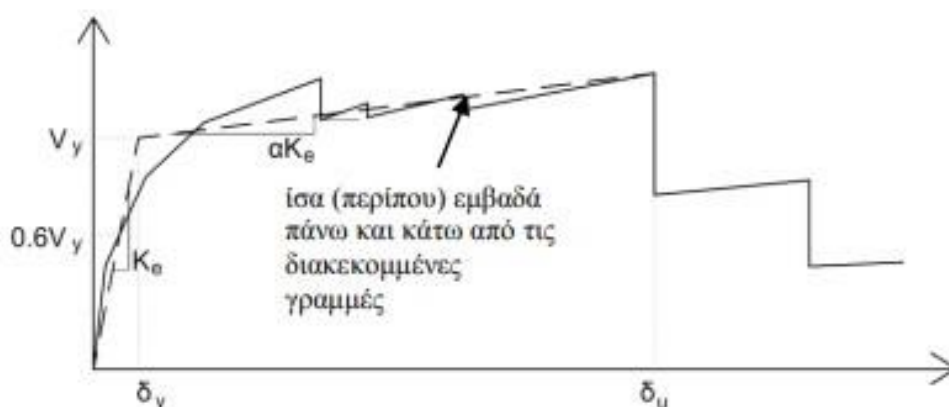
Εικόνα 6 Ιδιομορφική κατανομή φόρτισης καθ' ύψος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

Κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, οι επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού μιας κατασκευής και τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία διακρίνονται σε κύρια και δευτερεύοντα. Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση τη συνεισφορά τους στην παραλαβή των σεισμικών φορτίων. Κύρια (ή πρωτεύοντα) μέλη χαρακτηρίζονται όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία που συμβάλλουν στην αντοχή και την ευστάθεια του δομήματος υπό σεισμικά φορτία, ενώ δευτερεύοντα χαρακτηρίζονται τα υπόλοιπα, αυτά δηλαδή που δεν συμβάλλουν ιδιαίτερα στην αντοχή και στην ευστάθεια της κατασκευής. Όσον αφορά τα δευτερεύοντα στοιχεία η δυσκαμψία και η αντοχή τους υπό σεισμικές δράσεις αγνοείται, ενώ διατηρούν την ικανότητα παραλαβής των κατακόρυφων φορτίων βαρύτητας. Γενικά ο διαχωρισμός των μελών σε κύρια και δευτερεύοντα επηρεάζει τους συντελεστές ασφαλείας των υλικών για έλεγχο σε όρους δυνάμεων. Πιο συγκεκριμένα στα δευτερεύοντα η αντοχή υπολογίζεται κατά περίπτωση από τις μέσες ή χαρακτηριστικές τιμές χωρίς διαίρεση με τους συντελεστές ασφαλείας γ_s και γ_c . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στα δευτερεύοντα μέλη να προκύπτει μεγαλύτερη τιμή των αντιστάσεων (τέμνουσα), απ' ό,τι στα κύρια. Για τον έλεγχο σε όρους παραμορφώσεων η διάκριση σε κύρια και δευτερεύοντα μέλη αφορά μόνο τις στάθμες επιτελεστικότητας Προστασία Ζωής (SD) και Αποφυγή Κατάρρευσης (NC). Σε αυτές τις δύο στάθμες τα δευτερεύοντα στοιχεία επιτρέπεται να υποστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες από τα κύρια, διότι ισχύουν διαφορετικά κριτήρια επιτελεστικότητας. Για τη στάθμη Περιορισμένες Βλάβες (DL), τα κριτήρια επιτελεστικότητας για κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία ταυτίζονται.

Εξιδανικευμένη καμπύλη αντίστασης

Η μη γραμμική σχέση της τέμνουσας βάσεως συναρτήσει της μετακίνησης του κόμβου ελέγχου, αντικαθίσταται από μια εξιδανικευμένη καμπύλη για τον προσδιορισμό της ισοδύναμης πλευρικής δυσκαμψίας K_e και της αντίστοιχης δύναμης διαρροής V_y του κτιρίου. Η μορφή αυτής συνιστάται να είναι διγραμμική, με K_e την κλίση του πρώτου κλάδου και αK_e την κλίση του δεύτερου κλάδου. Οι δύο αυτές ευθείες που συνθέτουν τη διγραμμική καμπύλη προσδιορίζονται γραφικά, με οδηγό την κατά προσέγγιση ισότητα των εμβαδών των χωρίων που προκύπτουν πάνω και κάτω από τις τομές της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης.



Εικόνα 7 Εξιδανίκευση μιας καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη (σχήμα Σ5.2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e λαμβάνεται από την επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση προς το 60% της δύναμης διαρροής V_y που ορίζεται από την τιμή των ευθειών που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Η ανηγμένη κλίση α του δεύτερου τμήματος υπολογίζεται από την ευθεία που διέρχεται από το σημείο της πραγματικής μη γραμμικής καμπύλης αντίστασης που αντιστοιχεί στη μετακίνηση αστοχίας δ_u . Εν συνεχεία παρατηρείται ότι η αντοχή του φορέα μειώνεται σημαντικά. Η τιμή που προκύπτει για την κλίση α πρέπει να είναι θετική ή οριακά ίση με το μηδέν, αλλά να μην ξεπερνά το 0,10, για να είναι συμβατή με τις υπόλοιπες παραδοχές της μεθόδου εκτίμησης της δ_i , όπως ο συντελεστής C_1 . Το μειωμένο ποσοστό της τιμής της αντοχής συνιστάται στο 15%, εφόσον σε αυτή τη στάθμη δεν έχει αστοχήσει κάποιο κύριο κατακόρυφο στοιχείο. Συμπερασματικά, αν δεν απαιτείται εκτίμηση της διαθέσιμης πλαστιμότητας της κατασκευής, η κλίση K_e λαμβάνεται ως η επιβατική

τιμή για στάθμη αντοχής ίση προς το 60% της μέγιστης αντίστασης V_{max} και η δύναμη διαρροής V_y , για τον προσδιορισμό του δείκτη R , ως το 80% της V_{max} .

Στοχευόμενη μετακίνηση

Μέθοδος ΚΑΝ.ΕΠΕ. (μέθοδος των συντελεστών)

Η στοχευόμενη μετακίνηση διπροσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μετατόπιση ενός ανελαστικά αποκρινόμενου κτιρίου και εφόσον δεν χρησιμοποιείται πιο ακριβή προσέγγιση υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$E(4.4.7.1): \delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) S_{e(T)}$$

όπου: $T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$, η ισοδύναμη θεμελιώδης ιδιοπερίοδος, με T : η ελαστική κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση που υπολογίζεται με βάση μια ελαστική δυναμική ανάλυση, K_0 : η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία, K_e : η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία.

C_0 : Ο συντελεστής που συνδέει την πραγματική μετακίνηση κορυφής δ_t με τη φασματική μετακίνηση S_d του ισοδύναμου ελαστικού φορέα. Οι τιμές του μπορούν να λαμβάνονται ίσες με 1.0, 1.2, 1.3, 1.4 και 1.5 για αριθμό ορόφων 1, 2, 3, 5 και ≥ 10 αντίστοιχα.

C_1 : Ο συντελεστής που συνδέει τη μετακίνηση ανελαστικού συστήματος με αυτή του αντίστοιχου ελαστικού και υπολογίζεται από τα παρακάτω:

$$\text{Για } T_e \geq T_c, C_1 = 1$$

$$\text{Για } T_e < T_c, C_1 = [1 + (R-1)T_c/T_e]/R$$

με T_c : η τιμή στην οποία αρχίζει ο κατιών κλάδος του φάσματος απόκρισης, R : ο λόγος της ελαστικής απαίτησης προς τη δύναμη διαρροής του φορέα. C_2 : Ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τη μορφή των βρόχων υστέρησης της ανελαστικής συμπεριφοράς. Οι τιμές του λαμβάνονται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (πίνακας Σ5.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

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 11 Τιμές του συντελεστή C_2

Παρατηρείται διαφοροποίηση ανάμεσα στις στάθμες διότι η υστερητική απόσβεση είναι σημαντικότερη σε μεγαλύτερα επίπεδα μεταλαστικής συμπεριφοράς του φορέα.

C_3 : Ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2ας τάξεως και παίρνει τιμές σύμφωνα με τη σχέση:

$$C_3 = 1 + 5(\theta - 1)/T_e$$

με θ : ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας, που είναι ίσος με τη μέγιστη τιμή από τις προκύπτουσες για τον κάθε όροφο της κατασκευής.

Μετά την εύρεση της στοχευόμενης μετακίνησης ελέγχεται, αν τα δομικά στοιχεία της κατασκευής ικανοποιούν τις απαιτήσεις για αντοχή και παραμόρφωση, για την επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας. Στην περίπτωση που όλα τα στοιχεία επαρκούν, τότε ο φορέας κρίνεται επαρκής.

- Μέθοδος EC8 (Μέθοδος N2)

Η μετατροπή της απόκρισης του πολυβάθμιου συστήματος στην αντίστοιχη του ισοδύναμου μονοβάθμιου θεωρείται απαραίτητη για τη σύγκριση της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού. Τα φορτία κατανέμονται στο επίπεδο του κέντρου βάρους των ορόφων βάσει της κατανομής των αδρανειακών του χαρακτηριστικών σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$E(4.4.7.2): F_i = V \frac{m_i \varphi_i}{\sum_{j=0}^N m_j \varphi_j}$$

Όπου:

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

Οι συντελεστές φ_i υποδεικνύουν την κατανομή των μετακινήσεων στους ορόφους. Οι τιμές των ιδιομορφικών μετατοπίσεων κανονικοποιούνται ως προς την μετακίνηση οροφής για να γίνει η τιμή του φ στην οροφή ίση με τη μονάδα. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εξίσωση η μετατροπή του πολυβάθμιου συστήματος σε ισοδύναμο μονοβάθμιο γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$E(4.4.7.3): Q = \Gamma Q^*$$

Όπου:

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

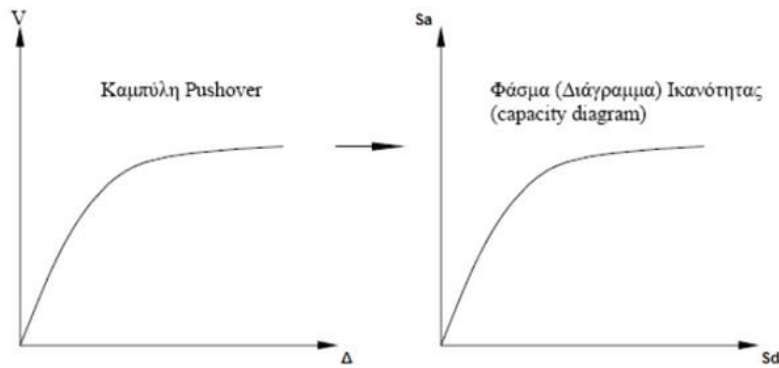
$$E(4.4.7.4): \Gamma = \frac{\sum m_i \varphi_i}{\sum m_i \varphi_i^2}$$

Όπου ο αριθμητής $\sum m_i \varphi_i$ ισούται με τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος m^* .

Οι δυνάμεις και οι μετακινήσεις ακολουθούν τον ίδιο μετασχηματισμό της σχέσης (4.4.7.3), επομένως η δυσκαμψία του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος θα ισούται με τη δυσκαμψία του αντίστοιχου πολυβάθμιου. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με τις ιδιοπεριόδους των δύο συστημάτων.

Για να είναι δυνατή η αντιπαραβολή της ικανότητας της κατασκευής με τη σεισμική απαίτηση ώστε να είναι εφικτός ο σχεδιασμός τους στο ίδιο διάγραμμα, η καμπύλη Pushover του μονοβάθμιου συστήματος μετατρέπεται σε φάσμα ικανότητας (ADRS).

Η μετατροπή γίνεται με βάση τις παρακάτω σχέσεις:



Εικόνα 8 Μετατροπή της καμπύλης αντίστασης του πολυβάθμιου συστήματος σε φάσμα ικανότητας του μονοβάθμιου ισοδύναμου συστήματος. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

$$E(4.4.7.5): S_a = \frac{V}{a \cdot m_{tot}}$$

$$E(4.4.7.6): S_d = \frac{\Delta}{\Gamma \cdot \varphi_{top}}$$

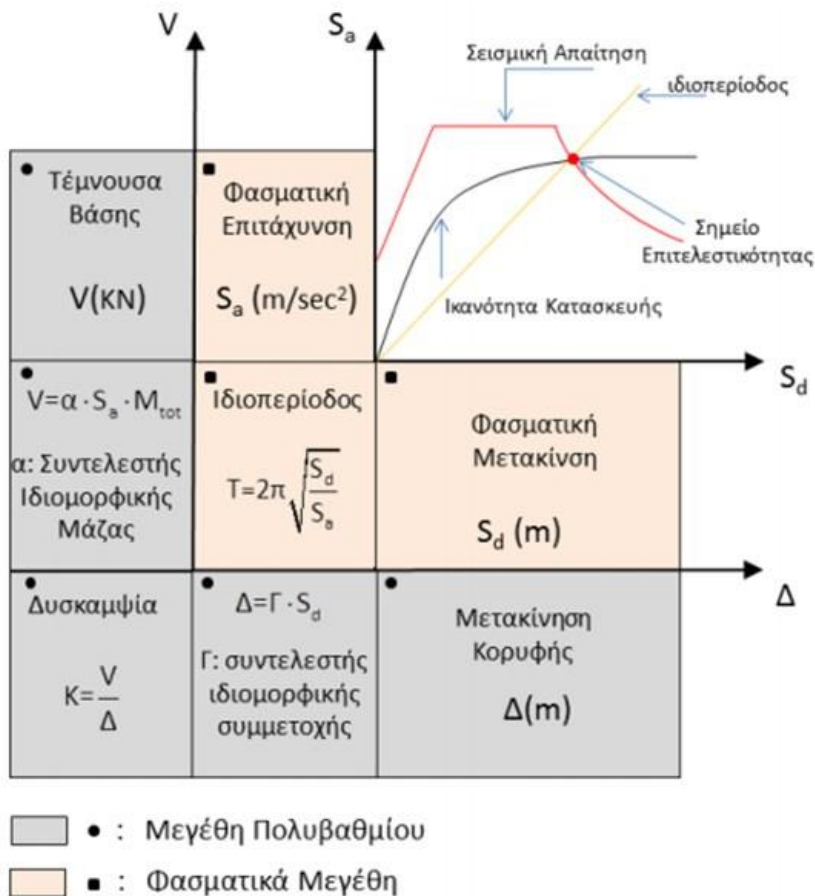
Όπου:

- V η τέμνουσα βάσης του πολυβάθμιου συστήματος.
- m_{tot} η συνολική μάζα του πολυβάθμιου συστήματος.
- a το ποσοστό της συνολικής μάζας που συμμετέχει στη δυναμική απόκριση της κατασκευής για την αναμενόμενη ιδιομορφή της παραμόρφωσης, που δίνεται από την ακόλουθη σχέση, όπου φαίνεται πως ο αριθμητής αντιπροσωπεύει τη μάζα του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος.

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

- Δ η μετακίνηση οροφής πολυβάθμιου συστήματος.
- φ_{top} η κανονικοποιημένη ιδιομορφική μετακίνηση κορυφής (συνήθως ισούται με τη μονάδα).
- Γ ο συντελεστής συμμετοχής.

Στο παρακάτω σχήμα συνοψίζεται η διαδικασία μετατροπής της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου σε φάσμα ικανότητας.

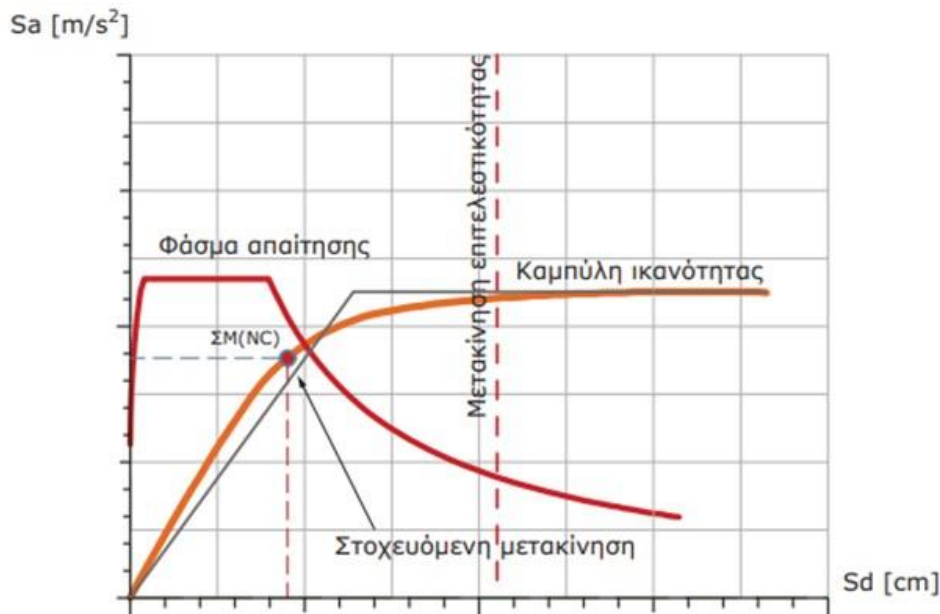


Πίνακας 12 Μετατροπή μεγεθών από το πολυβάθμιο σύστημα για τη δημιουργία του διαγράμματος ADRS. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

Από το διάγραμμα, λοιπόν, ADRS που προκύπτει, σημειώνεται η τιμή της στοχευόμενης μετακίνησης για τη δεδομένη στάθμη επιτελεστικότητας.

Τελικός έλεγχος επάρκειας

Ο έλεγχος γίνεται με βάση τις μετακινήσεις και πιο συγκεκριμένα αν η ικανότητα μετακίνησης της κατασκευής για τη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας είναι μεγαλύτερη από τη στοχευόμενη. Η διαδικασία αυτή 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. Στο παρακάτω διάγραμμα η απαίτηση αυτή ικανοποιείται.



Εικόνα 9 Διάγραμμα τελικού ελέγχου επάρκειας κατασκευής. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

- Έλεγχος σε επίπεδο μέλους

Αφού γίνει 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 ευρισκόμενης αυτής τιμής προς την αντίστοιχη τιμή που ορίζει το κριτήριο επιτελεστικότητας, εκφράζει το συντελεστή επάρκειας της κάθε στάθμης επιτελεστικότητας. Αυτά ισχύουν για τον έλεγχο επάρκειας σε κάμψη. Από την άλλη ο λόγος της τέμνουσας του μέλους που αντιστοιχεί στη στοχευόμενη μετακίνηση προς την διατμητική αντοχή του μέλους, εκφράζει το λόγο επάρκειας σε διάτμηση και αφορά μόνο τη στάθμη επιτελεστικότητας Αποφυγή Κατάρρευσης (NC).

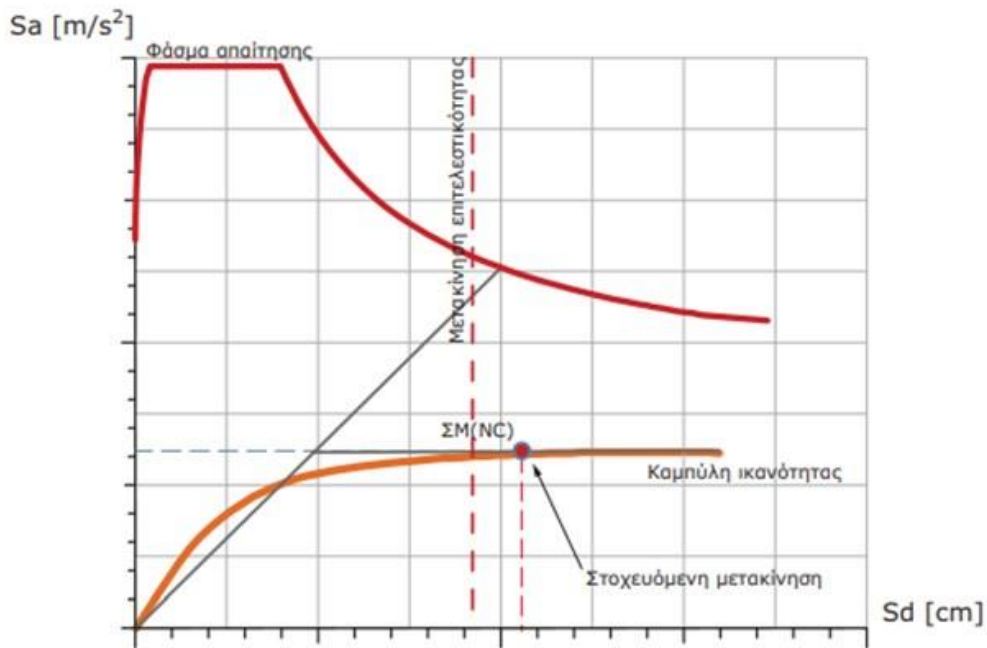
$$\lambda = \frac{\theta}{\theta_{lim}}$$

$$\lambda = \frac{V}{V_R}$$

Όταν κάποιοι έλεγχοι επάρκειας υπερβούν τη μονάδα, τότε η κατασκευή δεν πληροί τον καθολικό έλεγχο επάρκειας. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται επανασχεδιασμός του φορέα σε περίπτωση νέου δομήματος ή ενίσχυση σε περίπτωση υπάρχοντος. Στόχος είναι η εκπλήρωση όλων των στόχων επιτελεστικότητας και επιτυγχάνεται με τα εξής:

Αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της κατασκευής μέσω αύξησης των διαστάσεων των διατομών και του οπλισμού.

Αύξηση της διατιθέμενης πλαστιμότητας της κατασκευής μέσω της καλύτερης περίσφιξης των διατομών.



Εικόνα 10 Διάγραμμα μη ικανοποίησης του ελέγχου επάρκειας. (βλέπε LH Λογισμική (2013): «Pushover – θεωρητικά στοιχεία», Αθήνα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γενικά

Οι βλάβες στις κατασκευές εντοπίζονται τόσο στο δομικό σύστημα όσο και σε μη φέροντα δομικά στοιχεία. Είναι αδύνατον να αποφευχθούν ακόμα και στην περίπτωση μελέτης με σύγχρονους Κανονισμούς με άρτιο σχεδιασμό και κατασκευή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον βαθμό αξιοπιστίας των δεδομένων, ιδιαιτέρως των σεισμικών δεδομένων, τις προσεγγίσεις των αναλύσεων του προσομοιώματος και άλλων εξιδανικευμένων παραδοχών. Πιο συγκεκριμένα στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ο.Α.Σ.Π, 1999, Άρθρο 1.2) επισημάνεται ότι ο φορέας θα υποστεί βλάβες κατά τη δράση του σεισμού σχεδιασμού οι οποίες οφείλουν να είναι «περιορισμένες και επιδιορθώσιμες». Στην περίπτωση ενός μεγαλύτερου σεισμού γίνεται πρόβλεψη για πιθανότητα κατάρρευσης επαρκώς μικρή. Ακόμα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα σε όλες τις φάσεις κατά την διαδικασία κατασκευής. Τελευταία συνιστώσα που δεν πρέπει να αγνοηθεί είναι οι κατασκευές που δομήθηκαν με παλαιούς κανονισμούς και οι εμπειρικές συμπεριφορές που εφαρμόζονται μέχρι και στις σύγχρονες κατασκευές κουβαλώντας εσφαλμένες τεχνικές του παρελθόντος. Ένα παράδειγμα είναι τα κτήρια με Pilotis και καταστήματα στο ισόγειο με αποτέλεσμα να δημιουργείται μαλακός όροφος καθιστώντας την κατασκευή σεισμικά ευάλωτη. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Βλάβες σε υποστυλώματα

Οι βλάβες που εντοπίζονται στα κατακόρυφα δομικά στοιχεία είναι από τις πιο συχνές και συγχρόνως σοβαρές μετά από το πέρασμα μιας σημαντικής σεισμικής διέγερσης. Αποτελούν πρώτη προτεραιότητα με βάση την οποία αξιολογείται η ασφάλεια της κατασκευής καθώς ο φορέας μπορεί να οδηγηθεί σε τμηματική ή ολική κατάρρευση. Ο χαρακτήρας των βλαβών μπορεί να είναι καμπτικός ή διατμητικός και πραγματοποιείται συσχετισμός της καμπτικής και διατμητικής καταπόνησης του υποστυλώματος. Τα υποστυλώματα με μεγάλο ύψος και μικρές διαστάσεις διατομής είναι ευάλωτα σε κάμψη ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι ευάλωτα σε διάτμηση.

Βλάβες καμπτικού χαρακτήρα

Στην κορυφή και τη βάση των υποστυλωμάτων υπάρχει μεγάλη καμπτική ένταση και κατά κανόνα εντοπίζονται οι βλάβες καμπτικού χαρακτήρα. Η βλάβη που εμφανίζεται ως οριζόντια καμπτική ρωγμή προκαλείται από υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα σε εφελκυσμό και εντοπίζεται συχνά σε υποστυλώματα περιμετρικής διάταξης των ανώτερων ορόφων. Το εύρος της ρωγμής είναι ενδεικτικό του βαθμού βλάβης. Υπάρχει περίπτωση να γίνει αποφλοίωση του σκυροδέματος και αποκάλυψη των ράβδων οπλισμού στο σημείο επικάλυψης των οπλισμών λόγω υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής (σύνθλιψη της άντυγας). Άλλη μορφή βλάβης πιο σοβαρή και ψαθυρού χαρακτήρα είναι αυτή που εντοπίζεται σε στοιχεία μεγάλων θλιπτικών φορτίων με σύγχρονη επιβολή κάμψης και διάτμησης. Παρατηρείται εγκάρσια διόγκωση του σκυροδέματος και διαρροή ή θραύση των συνδετήρων στην περιοχή βλάβης. Συνήθως διαπιστώνεται η ύπαρξη χαμηλής ποιότητας σκυροδέματος και ανεπάρκεια συνδετήρων που συμβάλουν στην περίσφιξη του στοιχείου. Ως εκ τούτου πέραν από την ψαθυρότητα της αστοχίας μειώνεται σημαντικά η δυσκαμψία του υποστυλώματος και υπάρχει αδυναμία μεταφοράς των κατακόρυφων φορτίσεων. Προκαλείται ανακατανομή της έντασης και τα γειτονικά κατακόρυφα στοιχεία υπερφορτίζονται πυροδοτώντας μια αλυσιδωτή σειρά από αστοχίες που πιθανόν οδηγήσει στην κατάρρευση του φορέα. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).



Εικόνα 11 Αριστερά, καμπτική αστοχία τοιχώματος & Δεξιά, καμπτική αστοχία θλιβόμενης ζώνης. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).

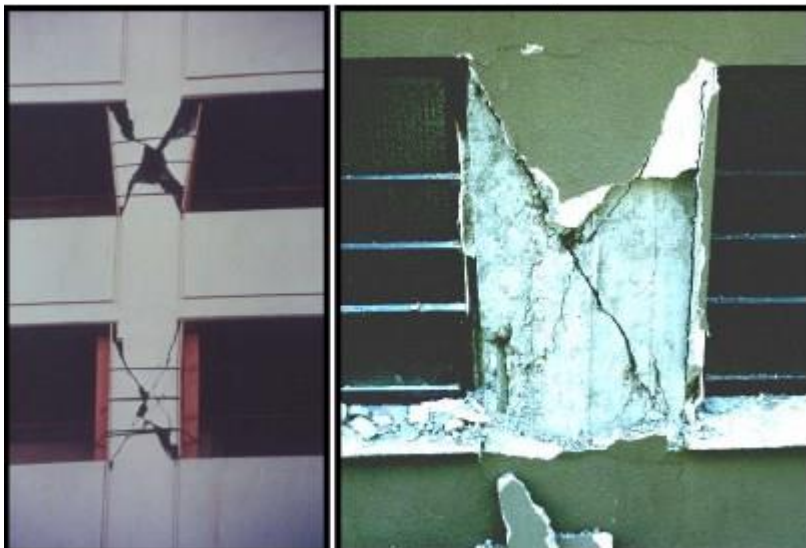
Βλάβες διατμητικού χαρακτήρα

Τα υποστυλώματα με μικρό λόγο διάτμησης μπορεί να εμφανίσουν βλάβες διατμητικού χαρακτήρα. Ευάλωτα θεωρούνται τα άκρα των υποστυλωμάτων των τελευταίων ορόφων στα κτήρια σε θέσεις που βρίσκονται στην περίμετρο. Όπως

αναφέραμε, στις θέσεις αυτές εμφανίζονται υψηλές τιμές καμπτικών ροπών και ταυτοχρόνως λόγω της έλλειψης αλληλοεμπλοκής των αδρανών μειωμένη διατμητική αντίσταση. Οι βλάβες αυτές εμφανίζονται συχνότερα σε κοντά υποστυλώματα. Η μορφή των διατμητικών βλαβών είναι ψαθυρή και θεωρείται σημαντική. Δημιουργούνται λοξές ρωγμές λόγω αντίστροφης σεισμικής δράσης σε χιαστί μορφή. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).



Εικόνα 12 Διατμητική αστοχία σε λοξό εφελκυσμό. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).

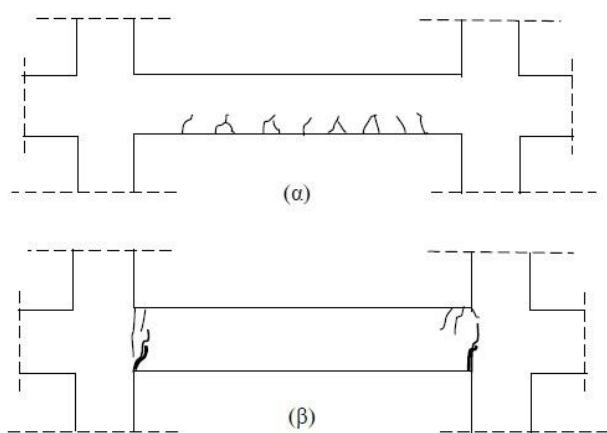


Εικόνα 13 Διατμητική αστοχία κοντών υποστυλωμάτων. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).

Βλάβες σε δοκούς

Οι βλάβες σε δοκούς οπλισμένου σκυροδέματος αποτελούν ένα συχνό φαινόμενο, δεν είναι ωστόσο τόσο απειλητικές για την ευστάθεια του φορέα. Ακολουθεί μια παρουσίαση από βλάβες που εμφανίζονται συχνότερα σε δοκούς.

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

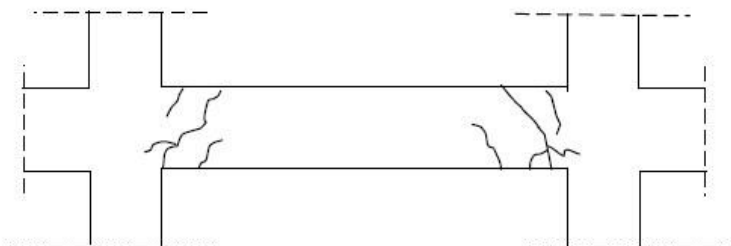


Εικόνα 14 Καμπτικές βλάβες σε δοκούς. (Α) Καμπτικές ρωγμές στο εφελκόμενο πέλμα, (Β) Καμπτική αστοχία στο άνω πέλμα και ολίσθηση οπλισμών στο κάτω. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Παρατηρούμε παραπάνω στην περίπτωση (α) ότι εμφανίζεται καμπτική ανεπάρκεια η οποία οφείλεται στη δράση των κατακόρυφων φορτίσεων του σεισμού. Εντοπίζονται ρωγμές μεγάλου πλάτους συγκεντρωμένες σε μια περιοχή της δοκού, πιθανότατα στο σημείο μεγίστου των τιμών ροπής κάμψης. Αποτελεί ένδειξη διαρροής του εφελκόμενου χάλυβα.

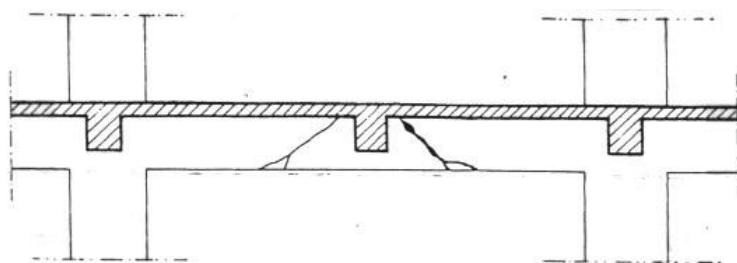
Στην περίπτωση (β) η ρωγμές εμφανίζονται κοντά στις στηρίξεις και πιθανότατα οφείλονται σε δράσεις μακροχρόνιες ή σεισμικές. Παρόμοιες μπορεί να εμφανιστούν στο κάτω πέλμα της δοκού. Μια περίπτωση είναι η διατομή να αστοχήσει σε κάμψη εξαιτίας της διαρροής του εφελκόμενου οπλισμού στο κάτω πέλμα. Άλλη περίπτωση είναι η ανεπαρκής αγκύρωση και η ολίσθηση του οπλισμού. Είναι συχνότερη εκδοχή και εμφανίζεται με μια ρωγμή μεγάλου πλάτους στην παρειά της στήριξης.

Σοβαρότερες βλάβες είναι οι διατμητικές. Εντοπίζονται μετά από ισχυρό σεισμό στις περιοχές των στηρίξεων. Η μορφή της αστοχίας είναι ψαθυρή και θεωρείται ο πλέον ανεπιθύμητος τύπος βλάβης. Οι σύγχρονοι κανονισμοί για την αποφυγή αυτής της μορφής αστοχίας προβλέπουν στον ικανοτικό σχεδιασμό την τέμνουσα με βάση τις μέγιστες ροπές που αναπτύσσονται στα άκρα της δοκού. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).



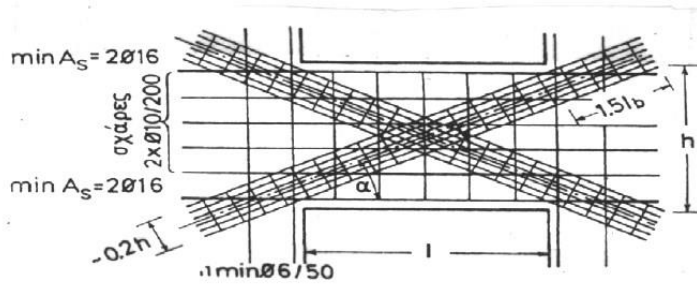
Εικόνα 15 Διατμητική αστοχία δοκού. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

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



Εικόνα 16 Διατμητική αστοχία λόγω συγκεντρωμένου φορτίου. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

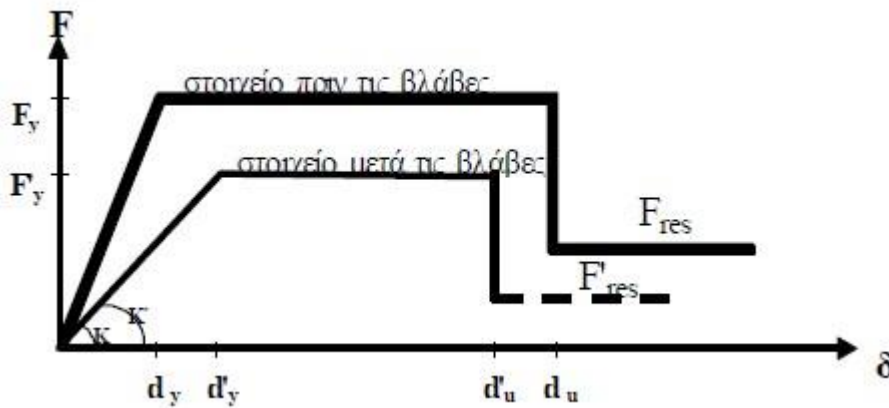
Τέλος γίνεται λόγος για αστοχίες που παρατηρούνται σε οριζόντια στοιχεία σύνδεσης συζευγμένων τοιχωμάτων. Αστοχούν όμοια με τα κοντά υποστυλώματα με λοξές χιαστί ρωγμές. Τα στοιχεία αυτά συμβάλλουν στην δυσκαμψία και την ικανότητα απόσβεσης ενέργειας των συζευγμένων τοιχωμάτων. Η αποφυγή αστοχίας τέτοιας μορφής προβλέπεται από τον ΕΚΩΣ 2000 με τον δισδιαγώνιο οπλισμό (ΕΚΩΣ 2000 παράγραφος 18.5.8). (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).



Εικόνα 17 Οπλισμός σύζευξης τοιχώματος. Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ

Στον Κανονισμό Επεμβάσεων στο παράρτημα 7Δ εμφανίζονται ενδεικτικές τιμές μειωτικών συντελεστών r για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που εντοπίζονται οι βλάβες χωρίς επισκευή ή ενίσχυση. Η σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων ($F' - d'$) που έχουν υποστεί βλάβες παρουσιάζεται υποβαθμισμένη. Ειδικά για τα στοιχεία με βλάβες δεν προβλέπεται κλάδος εξαιτίας της αυξημένης αβεβαιότητας μετά την οιοσεί αστοχία $F_{res} \sim 0$.



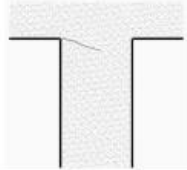
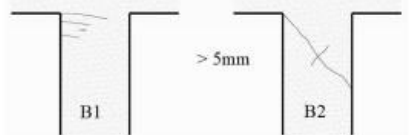

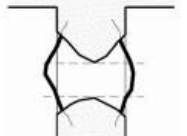
Εικόνα 18 Σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς ($F' - d'$) στοιχείων που έχουν υποστεί βλάβες, Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ

Με γνώμονα τον τύπο και το βαθμό βλάβης των δομικών στοιχείων ορίζονται συντελεστές r απομείωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών («δείκτες» βλάβης).

$$r_K (=K'/K) \leq r_R (=F'_y / F_y) \leq r_{d_u} (=d'_u / d_u)$$

Οι τιμές του συντελεστή r ίσες με 1 (ή και ελαφρώς μικρότερες) ισχύουν για την αρχική κατάσταση του στοιχείου, πριν από τις βλάβες (ή για βλάβες με πολύ μικρή επιρροή), ενώ τιμές του συντελεστή r τείνουσες προς το 0 ισχύουν για πλήρη αστοχία και ουσιαστική «απώλεια» του βλαμμένου στοιχείου (εξάντληση και της πλαστικότητας του).

Οι βλάβες που οδήγησαν σε απομείωση της φέρουσας ικανότητας (σε όρους δύναμης) μεγαλύτερη του 25%, δηλ. $rR \leq 0,75$ είναι σημαντικές. Σύμφωνα με το Κεφ. 8 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., επιβάλλεται να εφαρμοσθούν κατάλληλες τεχνικές (και υλικά) επισκευής, προς πλήρη αποκατάσταση (υπό προϋποθέσεις) των μηχανικών χαρακτηριστικών των βλαμμένων στοιχείων για r που τείνει στο 1, ανεξαρτήτως της ενδεχόμενης ενίσχυσης. Κατά 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 r μπορούν να τροποποιηθούν μέσω καταλλήλων συντελεστών (προσομοιώματος) γR_d , κατά την αιτιολογημένη κρίση του Μηχανικού (§7.3.β ΚΑΝ.ΕΠΕ). Προϋπάρχοντα προβλήματα φθοράς αναδεικνύονται με το σεισμό και ενδέχεται να απαιτείται πρόσθετη σχετική απομείωση των συντελεστών r , αναλόγως της ηλικίας, της χρήσεως και του περιβάλλοντος του κτιρίου, καθώς και των παρατηρούμενων φθορών του στοιχείου, κατά την αιτιολογημένη κρίση του Μηχανικού. Γίνεται κατάταξη του βαθμού της βλάβης ανάλογα το δομικό στοιχείο και εκτιμάται ο μειωτικός συντελεστής r . Σύμφωνα με τα παρακάτω σχήμα γίνεται κατάταξη των βλαβών για τα υποστυλώματα και τις δοκούς. . (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).

Περιορισμένης σπουδαιότητας	Ελαφρές βλάβες	A		$d=0$
		B		$d \ll$
Επιρρεΐζουν την ασφάλεια του συνόλου	Σοβαρές	Γ		$d < 1\%$
	Βαρίες	Δ ή Δ/Ε	 Λυγισμός ή και θραύση ράβδων, άνοιγμα ή και θραύση συνδετήρων	$d > 2\%$

Εικόνα 19 Σ1 : 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	1,00	1,00	M
		0,80	0,90	1,00	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	0,80	0,90	M
		0,40	0,60	0,80	V
Γ/Δ	Σοβαρές έως βαριές βλάβες. 1. Καμπτικές. Λυγισμός ράβδων και αποφλοιώση, αποδιοργάνωση πυρίνα ή έντονη διαμετρής 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	0,50	0,70	M
		0,20	0,30	0,60	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

Πίνακας 13 Π1: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένα υποστυλώματα (και δοκούς), Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ

Τυπ. Βαθμός	Περιγραφή βλάβης	ΓΚ	ΓR	Γ _{du}	F(=R)
A/B	Μέτριες βλάβες στις περιοχές ενώσεων οπλισμών με υπερκάλυψη άκρων. Ρηγματώση 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 ^(*)

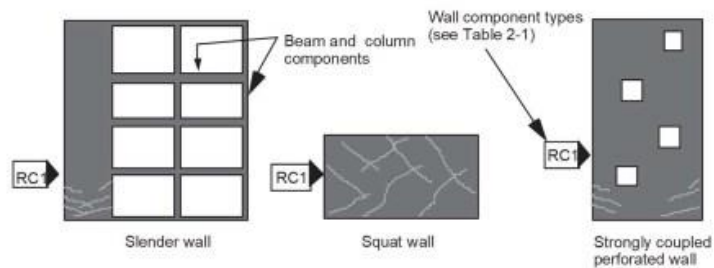
Πίνακας 14 Π2: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένες περιοχές αναμονών υποστρωμάτων (ή άλλες ενώσεις με «μάτισμα») Παράρτημα 7Δ ΚΑΝ.ΕΠΕ

Βαθμοί βλάβης σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306

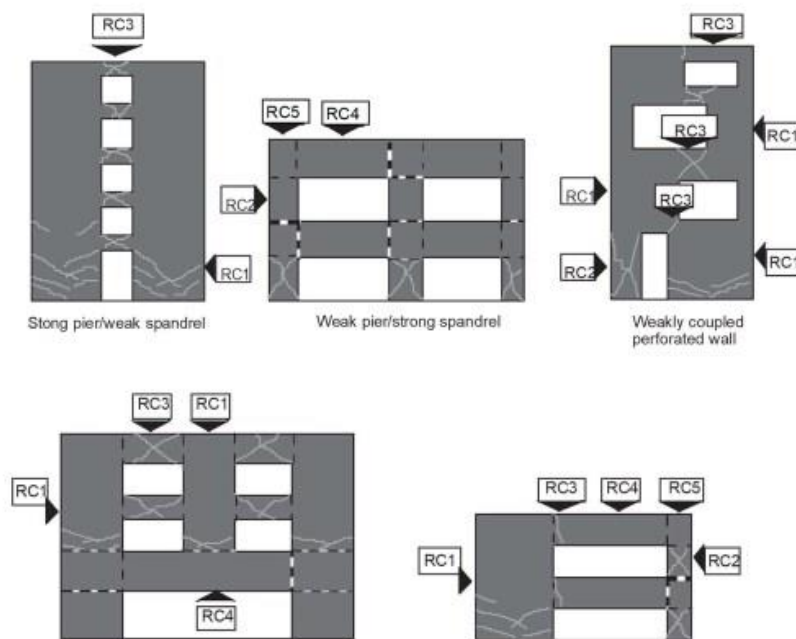
Κατά την αποτίμηση της κατάστασης ενός κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία που υπέστη βλάβη από σεισμό λαμβάνουμε αναλυτικά όλες τις οδηγίες για τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν από το κείμενο της FEMA 306 “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings”. Περιέχονται αναλυτικές πληροφορίες για τα επίπεδα βλάβης και για μέτρα αποκατάστασης της δομικής ακεραιότητας. Γίνεται κατηγοριοποίηση των στοιχείων μιας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος και δίνονται όλες οι βασικές πληροφορίες για τους βαθμούς βλάβης σε τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ.

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 προβόλου). 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 15 Τύποι στοιχείων για κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχώματα, FEMA 306



Cantilever Wall Mechanisms

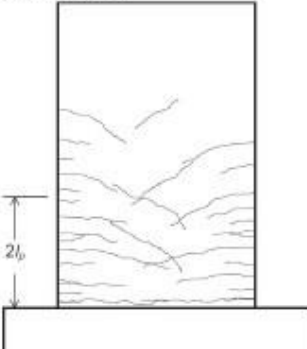


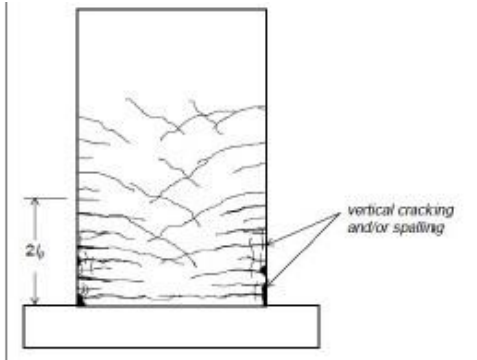
Εικόνα 20 Παραδείγματα μηχανισμών τοιχωμάτων και κατηγοριοποίησης των στοιχείων

Για μέλη Ο.Σ. προδιαγράφονται τρεις κατηγορίες συμπεριφοράς, ανάλογα με την πλαστιμότητα αστοχίας:

Πλάστικη συμπεριφορά

Πλάστικη συμπεριφορά ή καμπτική συμπεριφορά στα ορθά σχεδιασμένα τοιχώματα Ο.Σ ως αποτέλεσμα της καμπτικής συμπεριφοράς μέχρι την αστοχία. Πρέπει να αποφεύγεται η διατμητική αστοχία σε λοξό εφελκυσμό, θραύση κορμού σε λοξή θλίψη ή διατμητική ολίσθηση. Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται ο λυγισμός ράβδων στα ακραία στοιχεία του τοιχώματος στις περιοχές πλαστικής άρθρωσης η θραύση σκυροδέματος σε μη-περισφιγμένες περιοχές ακραίων στοιχείων στις περιοχές πλαστικής άρθρωσης, η ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης και ο εκτός επιπέδου λυγισμός λεπτών τοιχωμάτων. Παρουσιάζεται ένα παράδειγμα πίνακα ταξινόμησης βλαβών σύμφωνα με την Αμερικανική οδηγία FEMA 306.

RC1A	ΟΔΗΓΟΣ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ	Υλικό:	Οπλισμένο Σκυρόδεμα
		Είδος στοιχείου:	Μειμονωμένο τοίχωμα ή ισχυρό τοίχωμα
		Είδος συμπεριφοράς:	Πλάσμη, καμπτική
Σπουδαιότητα	Περιγραφή βλάβης	Μέτρα αποκατάστασης	
<p>Ασήμαντη</p> <p>$\lambda_K = 0.8$ $\lambda_U = 1.0$ $\lambda_D = 1.0$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Οι ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 5mm, και Οι διαμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν 3.2mm, και Δεν υπάρχει σημαντική αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση. <p><i>Τοπική εμφάνιση:</i></p> 	<p>Μπορεί να χρειαστούν επισκευές για την αποκατάσταση μη-δομικών χαρακτηριστικών</p>	
<p>Ελαφριά</p> <p>$\lambda_K = 0.6$ $\lambda_U = 1.0$ $\lambda_D = 1.0$</p>	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Οι ρωγμές δεν ξεπερνούν τα 6.5mm, και Οι διαμητικές ρωγμές δεν ξεπερνούν 3.2mm, και Δεν υπάρχει σημαντική αποφλοίωση ή κατακόρυφη ρηγμάτωση, και Δεν υπάρχει λυγισμός ή θραύση ραβδών, και Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τοπική 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>$\lambda_K^* = 0.9$ $\lambda_U^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</p>	
<p>Μέτρια</p> <p>$\lambda_K = 0.5$ $\lambda_U = 0.8$ $\lambda_D = 0.9$</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 ραβδών, και Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τοπική 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>$\lambda_K^* = 0.8$ $\lambda_U^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$</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 21 Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Παράδειγμα πλάστιμης, καμπτικής συμπεριφοράς.

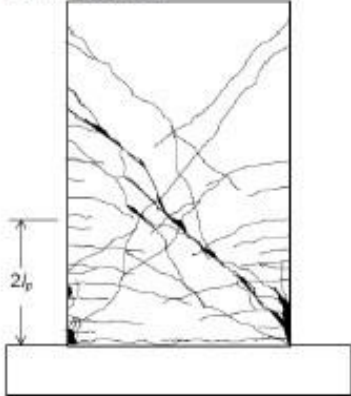
Μερικώς πλάστιμη συμπεριφορά

Ένα τοίχωμα μπορεί να εμφανίζει μερική πλαστιμότητα παρουσιάζοντας συμπεριφορά καμπτική και διατμητική σε λοξό εφελκυσμό, καμπτική και διατμητική με θραύση κορμού σε λοξή θλίψη, καμπτική και διατμητική ολίσθηση, κάμψη και θραύση σκυροδέματος στα ακραία στοιχεία, κάμψη και ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης, κάμψη με εκτός επιπέδου λυγισμό. 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.

Ψαθυρή συμπεριφορά

Σε ψαθυρή αστοχία μπορεί να οδηγηθούμε από πρόωρη διατμητική αστοχία σε λοξό εφελκυσμό, πρόωρη διατμητική αστοχία με θραύση κορμού σε λοξή θλίψη, πρόωρη εμφάνιση διατμητικής ολίσθησης, πρόωρη θραύση σκυροδέματος στα ακραία στοιχεία, πρόωρη ολίσθηση ράβδων σε περιοχές μάτισης. Οι ψαθυροί μηχανισμοί αστοχίας παρατηρούνται πριν την καμπτική διαρροή. Σημειώνεται ότι η πρόωρη εμφάνιση διατμητικής ολίσθησης μπορεί να εμφανιστεί σε κοντά τοιχώματα με προβληματικούς κατασκευαστικούς αρμούς. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).

RC1B	ΟΔΗΓΟΣ	Υλικό:	Οπλισμένο Σκυρόδεμα
	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	Είδος στοιχείου:	Μεμονωμένο τοίχωμα ή ισχυρό τοίχωμα
	ΒΛΑΒΩΝ	Είδος συμπεριφοράς:	Καμπτική / Διατμητική σε λοξό εφελκυσμό
Σπουδαιότητα	Περιγραφή βλάβης	Μέτρα αποκατάστασης	
<p>Ασήμαντη</p> <p>$\lambda_K = 0.8$</p> <p>$\lambda_Q = 1.0$</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>	

Ελαφριά	Δεν χρησιμοποιείται	
Μέτρια $\lambda_K = 0.5$ $\lambda_Q = 0.8$ $\lambda_D = 0.9$	<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 αποφλοιώση στον κορμό ή στις ακραίες περιοχές του τοιχώματος, και • Δεν υπάρχει λυγισμός ή θραύση ραβδών, και • Δεν υπάρχει σημαντική παραμένουσα μετακίνηση. <p><i>Τοπική εμφάνιση:</i> Ίδια 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. $\lambda_K^* = 0.8$ $\lambda_Q^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$
Βαριά $\lambda_K = 0.2$ $\lambda_Q = 0.3$ $\lambda_D = 0.7$	<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>Τοπική 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 $\lambda_K^* = 0.8$ $\lambda_Q^* = 1.0$ $\lambda_D^* = 1.0$
Ακραία	<p><i>Κριτήρια:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Θραύση οπλισμού. <p><i>Τοπικές 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 22 Ταξινόμηση των βλαβών για τοιχώματα ΟΣ, δοκούς σύζευξης ΟΣ και πλαίσια ΟΣ σύμφωνα με την οδηγία FEMA 306. Περίπτωση ψαθυρής συμπεριφοράς σε λοξό εφελκυσμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Η επιλογή για την καταλληλότερη μέθοδο επισκευής και ενίσχυσης μιας κατασκευής προϋποθέτει να διαθέτουμε γνώσεις για τα υλικά και τις τεχνικές των επεμβάσεων. Στο εν λόγω κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των συχνότερων υλικών και τεχνικών επέμβασης που εφαρμόζονται σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος.

Ειδικοί τύποι σκυροδέματος

Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου

Η παραγωγή έγχυτου σκυροδέματος σταθερού όγκου συνήθως γίνεται με προσθήκη ειδικών πρόσθετων τα οποία συμβάλλουν στην εξουδετέρωση της συστολής σκλήρυνσης. Εναλλακτικά παράγεται με χρήση διογκωμένου τσιμέντου. Είναι σημαντικό να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του προμηθευτή. Πλεονέκτημα του υλικού αποτελεί η παρεμπόδιση των ρηγματώσεων στην επιφάνεια και τις θέσεις επαφής με τα υφιστάμενα στοιχεία του σκυροδέματος. Η εφαρμογή του σε παλαιό σκυρόδεμα ως μέθοδο επέμβασης εξασφαλίζει καλύτερη πρόσφυση. Τέλος παρουσιάζει αυξημένη αντοχή σε επιφανειακή φθορά και δράσεις χημικών. (CEB. BULL. 162, 1983)

Σκυρόδεμα με πολυμερή

Η παραγωγή σκυροδέματος με πολυμερή πραγματοποιείται με τη χρήση πολυεστερικών ή εποξειδικών ρητινών αντί τσιμέντου ή με μερική αντικατάσταση του νερού με υδατοδιαλυτό πολυμερές ή με εμποτισμό συμβατικού σκυροδέματος με μονομερές που πολυμερίζεται στην συνέχεια. Το κόστος κατασκευής είναι υψηλό όμως τα πλεονεκτήματα υπερτερούν. Οι αντοχές σε θλίψη είναι τετραπλάσιες ενώ σε εφελκυσμό εικοσαπλάσιες. Η σκλήρυνση είναι ταχύτατη με τη συμβολή θερμοκρασίας. Η πρόσφυση με το παλαιό σκυρόδεμα είναι εξαιρετική. Η αντίσταση στις επιφανειακές φθορές και δράσεις χημικών είναι βέλτιστη. Το πορώδες και η συστολή ξήρανσης ελαττώνονται. Τα μοναδικά μειονεκτήματα προέρχονται από την χρήση πολυμερών καθώς είναι θερμικά αγωγία και έχουν μικρή αντοχή σε πυρκαγιά και υψηλό ερπυστικό συντελεστή. Σε υψηλές θερμοκρασίες τα πλεονεκτήματα που αναφέραμε εξαλείφονται σε μεγάλο βαθμό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Σκυροτσιμεντόπηγμα

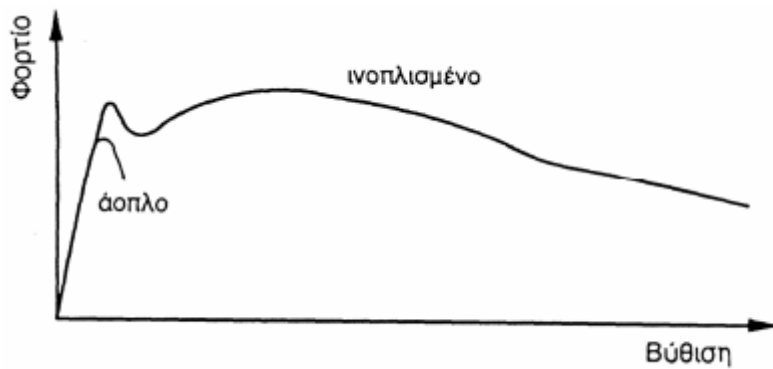
Ο τύπος αυτός σκυροδέματος δημιουργείται με αρχική διάστρωση αδρανών μεγάλης διαμέτρου στα καλούπια. Τα κενά των αδρανών πληρώνονται με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση. Ελάχιστο μέγεθος κόκκων αδρανών 10~15 χιλιοστά. Αρχικά η αντοχή είναι μικρότερη του συμβατικού σκυροδέματος και αποκαθιστάται με την πάροδο του χρόνου. Πλεονεκτεί του συμβατικού σκυροδέματος με μικρότερη συστολή ξήρανσης, αυξημένη αντοχή χρονικά, μεγαλύτερη στεγανότητα και πρόσφυση με το υφιστάμενο σκυρόδεμα. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος στα έργα επεμβάσεων. Είναι λεπτής διαβάθμισης αδρανών (sprayed concrete ή shotcrete ή gunite) και σκυροδετείται με τη μέθοδο της εκτόξευσης. Αποτελεί μια σύνθεση τσιμέντου, λεπτοκόκκων αδρανών, νερού, πιθανόν περιλαμβάνει πρόσθετα όπως ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικάμινων, οξειδία του πυριτίου και άλλα βελτιωτικά καθώς και χαλύβδινες, πλαστικές ή γυάλινες ίνες. Χρησιμοποιείται συχνά σε μετασεισμικές επεμβάσεις ανεξάρτητα από το είδος του φέροντα οργανισμού. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε μανδύα ως μέθοδος ενίσχυσης με πλήθος πλεονεκτημάτων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα).

Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

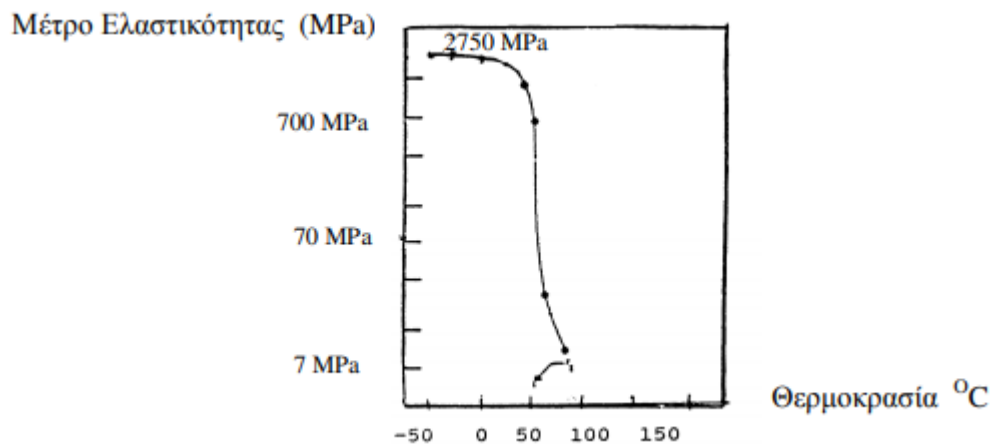
Η παρουσία ινών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα συμβάλει στον περιορισμό των ρηγματώσεων καθιστώντας τη συστολή ξήρανσης υψηλή. Το υλικό των ινών είναι από γάλυβα, προπυλένιο ή γυαλί. Διαθέτουν μήκος μερικά εκατοστά και διάμετρο που εξαρτάται από το υλικό τους χωρίς να υπερβαίνει το χιλιοστό. Το ποσοστό των ινών στο μίγμα ανέρχεται στο 1% έως 3 % και η τυχόν διάβρωση τους δεν επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθεκτικότητα του υλικού. Ακόμα 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. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 23 Επίδραση ινών συμπεριφοράς σε κάμψη. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Πολυμερικές κόλλες

Οι πολυμερικές κόλλες ανήκουν στην κατηγορία των συγκολλητικών υλικών και παρασκευάζονται με επιτόπου ανάμειξη των συστατικών. Τα δυο συστατικά είναι το πολυμερές και ο σκληρυντής. Τα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλα συνδετικά υλικά είναι ασυναγώνιστα. Η κατανομή των φορτίων γίνεται σε εύρος επιφάνειας και αποφεύγεται η συγκέντρωση εντάσεων. Δεν απαιτούνται τροποποιήσεις στο σχήμα και την επαφή σύνδεσης των υλικών. Τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για ενίσχυση οπλισμένου σκυροδέματος είναι οι εποξειδικές και οι πολυεστερικές ρητίνες. Τα μειονεκτήματα 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. Επίσης το υλικό διαθέτει μικρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 24 Επίδραση θερμοκρασίας στο μέτρο ελαστικότητας. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

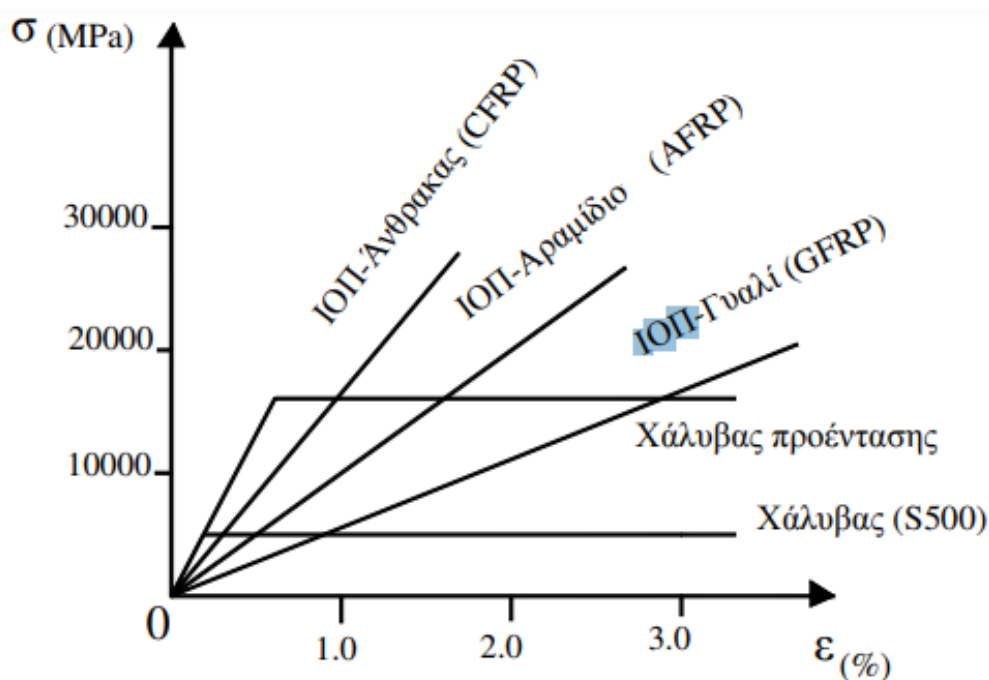
Επικολητά φύλλα χάλυβα

Τα χαλύβδινα επικολητά ελάσματα επικολώνονται εξωτερικά στο δομικό στοιχείο οπλισμένου σκυροδέματος. Σκοπός είναι η ενίσχυση του υφιστάμενου οπλισμού με νέο. Όπως θα αναλύσουμε και σε επόμενο κεφάλαιο με τη μέθοδο αυτή πραγματοποιείται αύξηση της καμπτικής αντοχής σε δοκούς, πλάκες και της διατμητικής αντοχής σε δοκούς. Η επικόλληση των ελασμάτων γίνεται με χρήση εποξειδικής ρητίνης. Για ενίσχυση σε κάμψη τοποθετούνται στο εφελκόμενο πέλμα των στοιχείων ενώ για ενίσχυση σε διάτμηση στις παρειές των δοκών. Τέλος μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την τεχνική των κλειστών μανδύων για περίσφιξη σε υποστρώματα. Το κόστος της μεθόδου θεωρείται χαμηλό και η εφαρμογή εύκολη (αν εξαιρέσουμε το βάρος μεταφοράς του χάλυβα ως μειονέκτημα) χωρίς να υπάρχει όχληση. Το μειονέκτημα είναι ότι σημειώνονται υψηλοί δείκτες διάβρωσης και το κόστος της μεθόδου αυξάνεται διαμέσου της συντήρησης και σε περιπτώσεις μεγάλων ανοιγμάτων απαιτούνται ενώσεις.

Ινοπλισμένα πολυμερή

Η χρήση φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή είναι μια σύγχρονη τεχνική στον τομέα των ενισχύσεων η οποία παρουσιάζεται σε επόμενο κεφάλαιο. Αποτελεί εξέλιξη της τεχνικής των χαλύβδινων επικολητών ελασμάτων εξαλείφοντας όμως αρκετά από τα μειονεκτήματα εκείνης της τεχνικής. Συγκεκριμένα τα φύλλα ινοπλισμένων

πολυμερών (Fiber Reinforced Polymers, FRPs) διαθέτουν εξαιρετικά υψηλή αντοχή, πολύ μικρό βάρος και δυνατότητα κάλυψης μεγάλων ανοιγμάτων καθώς διατίθενται σε μεγάλα μήκη. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος του υλικού. Βέβαια η αυξημένη ζήτηση προκαλεί αύξηση της παραγωγής του με αποτέλεσμα το κόστος να τείνει να μειωθεί στην πάροδο του χρόνου. Τα ινοπλισμένα πολυμερή είναι υλικά σύνθετα. Αποτελούνται από ίνες υψηλής εφελκυστικής αντοχής εμποτισμένες με θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη ώστε να μην καθίσταται ευάλωτο το υλικό σε θερμοκρασίες.

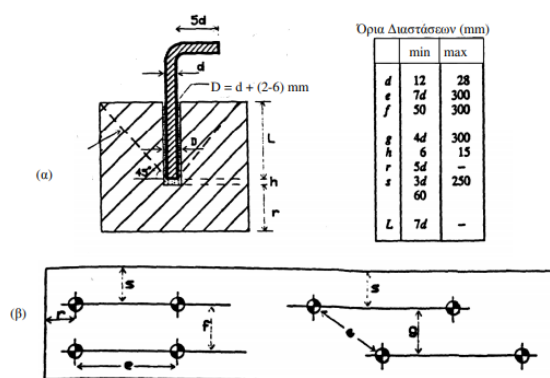


Εικόνα 25 Διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων για σύνθετα υλικά σε εφελκυσμό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Διατμητικοί Σύνδεσμοι – Αγκύρια

Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι αγκυρώνονται στα υφιστάμενα στοιχεία του οπλισμένου σκυροδέματος και δρουν είτε ως βλήτρα είτε ως αγκύρια με την καταπόνηση σε αξονικό φορτίο. Στο εμπόριο διατίθενται σύνδεσμοι βιομηχανοποιημένοι που αγκυρώνονται στο σκυρόδεμα με τρόπο χημικό ή μηχανικό σε τρύπες που διανοίγονται στα υφιστάμενα στοιχεία. Η χημική πάκτωση πραγματοποιείται με εποξειδικές ρητίνες. Η χρήση διατμητικών συνδέσμων προϋποθέτει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες των προμηθευτών. Με τους διατμητικούς συνδέσμους παραλαμβάνεται η τέμνουσα στην διεπιφάνεια παλαιού και νέου

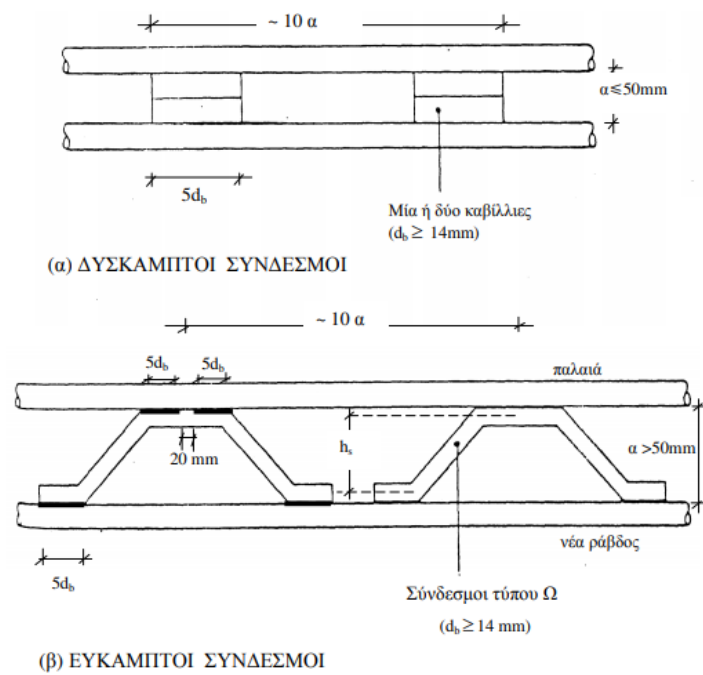
σκυροδέματος. Οι συνηθέστεροι τύποι διατμητικών συνδέσμων είναι μεταλλικοί με ένα ή δυο σκέλη και είναι μονότμητοι με μορφή Γ. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 26 (Α) Τυπική μορφή μονότμητου βλήτρου τύπου Γ. (Β) Διατάξεις μονότμητων βλήτρων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Αγκυρώσεις – Συγκολλήσεις νέων ράβδων οπλισμού

Η μέθοδος αγκύρωσης νέων ράβδων οπλισμού στον υφιστάμενο φορέα και οι συνδέσεις νέων και παλαιών ράβδων είναι μια διαδεδομένη τακτική ενίσχυσης οπλισμένου σκυροδέματος. Οι ράβδοι οπλισμού αγκυρώνονται σε σκληρυμένο σκυρόδεμα με το χημικό τρόπο της εποξειδικής ρητίνης. Εφαρμόζονται πιστά οι διατάξεις περί συγκολλήσεων του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος Υ. ΠΕ. ΧΩ. ΔΕ, 2000β). Εφαρμόζονται συνηθώς είτε σύνδεσμοι δύσκαμπτοι είτε εύκαμπτοι και πάντοτε δεν πρέπει να υπολείπονται της μικρότερης διατομής συγκόλλησης των ράβδων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 27 Σύνδεσμοι παλαιών – νέων ράβδων οπλισμού. Εύκαμπτοι και δύσκαμπτοι. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Γενικά

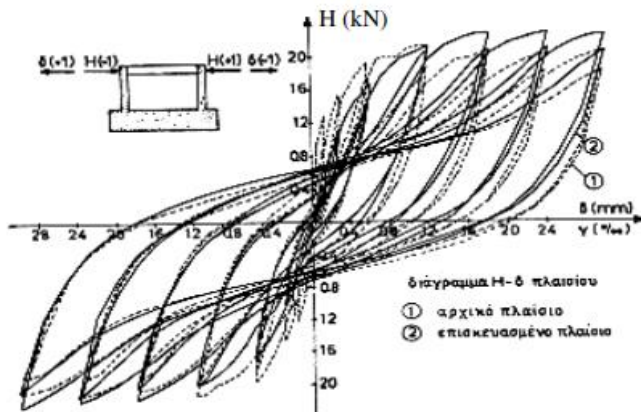
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μέθοδοι επισκευών ενισχύσεων σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Γίνεται λόγος για τις τεχνικές εφαρμογής, τα χαρακτηριστικά και την αποτελεσματικότητα των χαρακτηριστικών που χρησιμοποιούνται καθώς και τα συνηθέστερα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην πράξη. Η διαστασιολόγηση πραγματοποιείται με μεθόδους και αναλύσεις μεγάλης ομοιότητας των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ως μονολιθικά. Στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό, οι επεμβάσεις στα υποστυλώματα που έχουν υποστεί βλάβη είναι συνήθης τακτική. Συχνά προβλέπεται αποκατάσταση των αρχικών του χαρακτηριστικών (επισκευή) ή βελτίωση αυτών (ενίσχυση). Η επιλογή της ενίσχυσης μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από την εμφάνιση βλάβης. Στην περίπτωση που υπάρχουν βλάβες ασχολούμαστε πρώτιστα με την επισκευή τους.

Επισκευές Υποστυλωμάτων

Η διαδικασία της επισκευής αφορά την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών ενός στοιχείου με φθορά ή βλάβη. Ο βαθμός της βλάβης υποδεικνύει τη μέθοδο επισκευής. Μια περίπτωση επισκευής επιτυγχάνεται με τη χρήση ρητινενέσεων ή επισκευαστικών κονιαμάτων ταυτόχρονα με καθαίρεση και αποκατάσταση των περιοχών βλάβης. Η επιλογή μεθόδου επισκευής γίνεται σύμφωνα με το βαθμό της βλάβης που εντοπίζεται στο υποστυλώμα. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα)

Επισκευές με ρητινενέσεις και επισκευαστικά κονιάματα

Στην περίπτωση που η βλάβη έχει τη μορφή απλής ρηγματώσης ή επιφανειακής αποφλοιώσης σκυροδέματος και δεν παρατηρείται αποδιοργάνωση του περισφιγμένου πυρήνα της διατομής και λυγισμός των κατακόρυφων ράβδων πραγματοποιείται η συγκόλληση των ρωγμών με χρήση εποξειδικής ρητίνης. Έπειτα για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιείται επισκευαστικό κονίαμα.

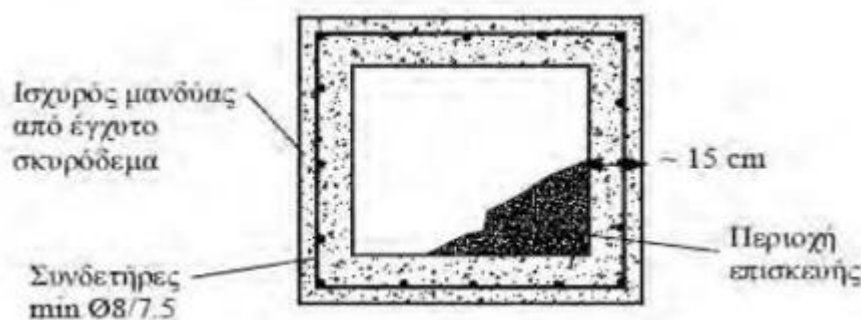


Εικόνα 28 Διάγραμμα πλευρικών φορτίσεων και οριζόντιων μετακινήσεων πλαισίου επισκευασμένου με εποξειδικές ρητίνες σε σύγκριση με το αρχικό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

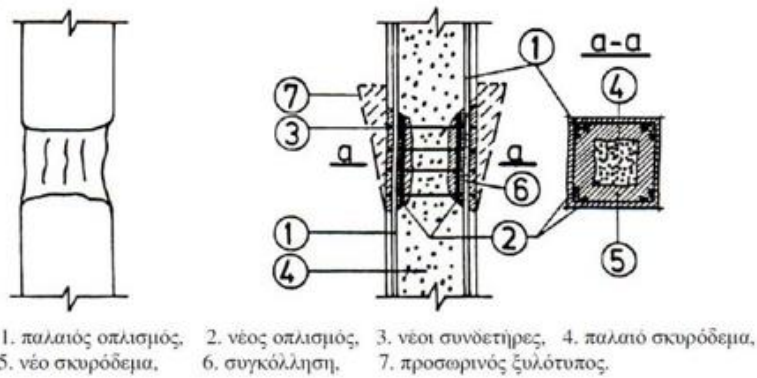
Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής

Βλάβη μερικής αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

Στην περίπτωση που η βλάβη είναι τοπική και ταυτοχρόνως εντοπίζεται μερική αποδιοργάνωση σκυροδέματος του υποστυλώματος ακολουθείται η παρακάτω μέθοδος επισκευής. Αρχικά πραγματοποιείται υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν το στοιχείο που εντοπίζεται βλάβη. Στη συνέχεια γίνεται καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος και αποκάλυψη των οπλισμών καθώς και συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων. Έπειτα γίνεται διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα. Ακόμα εκτός από σκυρόδεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικό έτοιμο κονίαμα. Εναλλακτικά, υπάρχει η δυνατότητα επισκευής της διατομής με μεταλλική κατασκευή από κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολάρα ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα (μεταλλικός κλωβός).



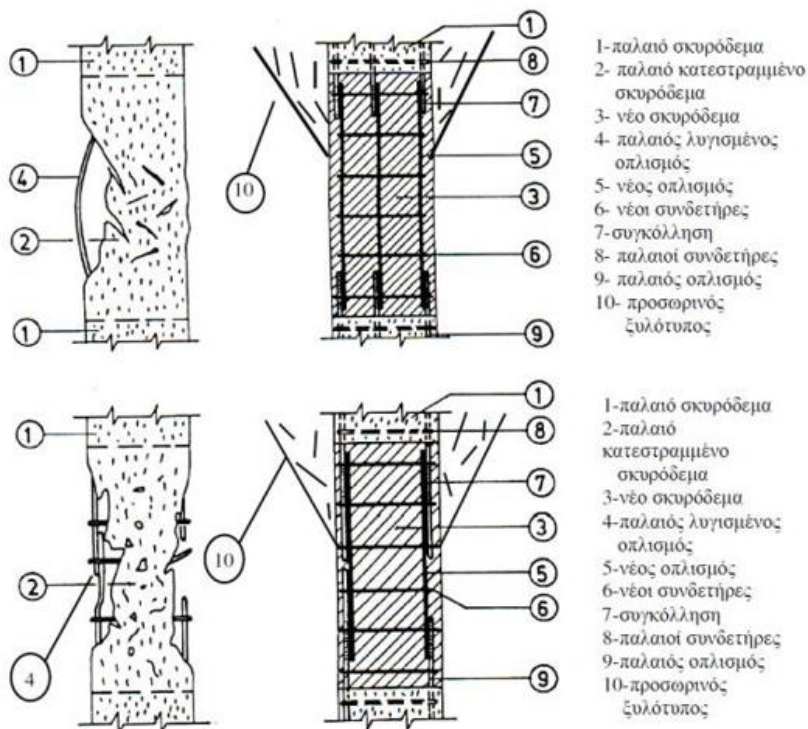
Εικόνα 29 Επισκευή υποστυλώματος με μανδύα από έγχυτο σκυρόδεμα. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).



Εικόνα 30 Αποκατάσταση υποστύλωματος με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος στη βλαφθείσα περιοχή. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

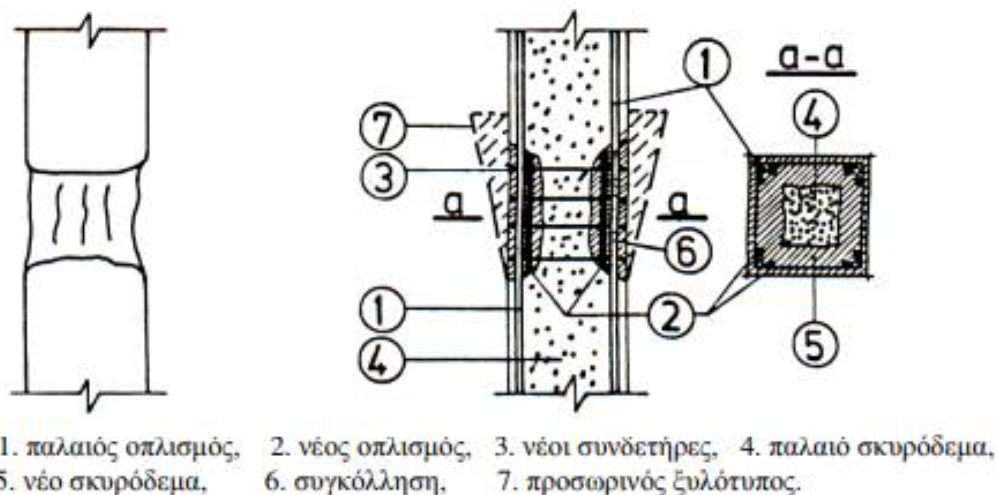
Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος

Η πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε υποστύλωμα υποδεικνύει περίπτωση σοβαρής βλάβης. Εντοπίζεται διαρροή των συνδετήρων και λυγισμός των κατακόρυφων ράβδων. Η επισκευή προβλέπει υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν το εν λόγω υποστύλωμα. Γίνεται πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστύλωματος σε ύψος κατά ελάχιστο 30 εκατοστά. Πραγματοποιείται έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκους οπλισμού όπου κρίνεται απαραίτητο. Ακόμα γίνεται προσθήκη πυκνών συνδετήρων, τοποθετείται ξυλότυπος, διαστρώνεται έγχυτο σκυρόδεμα 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)

Σημαντικός παράγοντας προς αντιμετώπιση αποτελεί η συστολή ξήρανσης. Για το λόγο αυτό γίνεται χρήση πρόσμικτων και σκυροδέματος ειδικής σύνθεσης. Η σύνθεση του σκυροδέματος οφείλει να περιέχει αδρανή με μέγιστο κόκκο που δεν θα υπερβαίνει τον υπάρχοντα ενώ κρίνεται απαραίτητο να εφαρμόζονται αυστηρά οι οδηγίες των προμηθευτών. Η σκυροδέτηση διευκολύνεται και επιτυγχάνεται καλύτερη συμπίκνωση όταν ο ξυλότυπος καταλήγει προς τα επάνω σε χοάνη. Το περιττό σκυρόδεμα αφαιρείται την επόμενη ημέρα. Κατά την επέμβαση το υποστύλωμα απαιτείται να είναι αποφορτισμένο με σχολαστική υποστύλωση.



Εικόνα 32 Αποκατάσταση υποστυλώματος με μερική αποδιοργάνωση στην περιοχή βλάβης. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Παραπάνω παρατηρούμε ότι το κεντρικό τμήμα του στοιχείου δεν υπέστη βλάβη. Επομένως δεν αφαιρείται. Πιθανότατα θα τοποθετηθούν νέοι συνδετήρες ώστε να πληρούνται οι κατασκευαστικές διατάξεις του ισχύοντος Κανονισμού. Η τριβή εξασφαλίζει τη μεταφορά φορτίων και τη λειτουργία του στοιχείου ως μονολιθικό στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος.

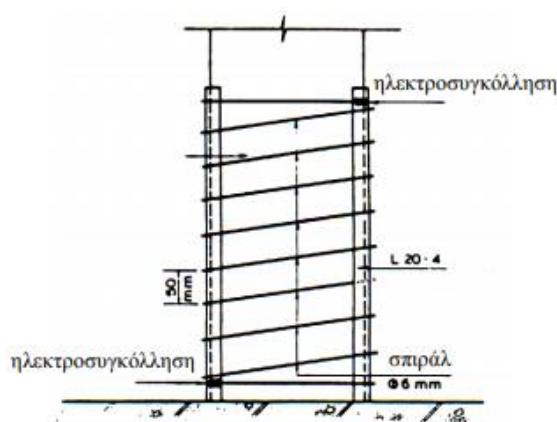
Ενισχύσεις υποστυλωμάτων

Οι τεχνικές ενίσχυσης υποστυλωμάτων διαφοροποιούνται με βάση την αύξηση ή όχι της αρχικής διατομής του υποστυλώματος. Στην περίπτωση που η ενίσχυση επιτυγχάνεται με ενεργή περίσφιξη του στοιχείου η διατομή παραμένει ίδια. Η ενίσχυση που πραγματοποιείται με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος και νέο οπλισμό συνεπάγεται και αύξηση των διαστάσεων της διατομής. Γίνεται κατασκευή μανδύα γύρω από το αρχικό στοιχείο.

Ενισχύσεις υποστυλωμάτων με περίσφιξη

Η μέθοδος ενίσχυσης με εξωτερική περίσφιξη επιλέγεται όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος και της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Ακόμα συνηθίζεται αν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών του υποστυλώματος στην περιοχή υπερκάλυψης τους και όταν απαιτείται αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος. Η επιβολή περίσφιξης γίνεται με χρήση επικολλητών κολάρων (μεταλλικά ελάσματα ή λωρίδες από ινοπλισμένα

πολυμερή, FRPs). Άλλες μέθοδοι περίσφιξης είναι η χρήση προεντεταμένων κολάρων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή, η χρήση σπειροειδούς οπλισμού μεταλλικού ελάσματος ή ινοπλισμένου πολυμερούς ή ολόσωμος μανδύας από φύλλα χάλυβα ή ινοπλισμένο πολυμερές επικολλητό επί των πλευρών του υποστρώματος. Τέλος η περίσφιξη εκτός από τη χρήση ινοπλισμένων πολυμερών γίνεται με χρήση μεταλλικού κλωβού. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 33 Περίσφιξη με σπειροειδή οπλισμό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Μανδύες με ινοπλισμένα πολυμερή

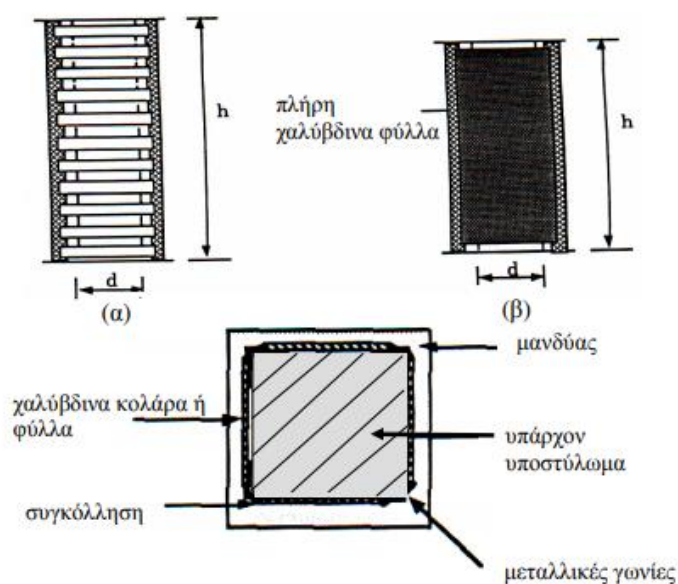
Φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών (Fiber Reinforced Polymers, FRPs) τοποθετούνται γύρω από το υποστύλωμα, με τις ίνες σε οριζόντια διεύθυνση. Η διατμητική αντοχή του υποστρώματος αυξάνεται διαμέσου της επιβολής περίσφιξης. Ακόμα και στα κυκλικά υποστρώματα η μέθοδος είναι εύκολη και ιδιαίτερα αποδοτική. Στην περίπτωση υποστρωμάτων ορθογωνικής διατομής γίνεται πρώτα εξομάλυνση των γωνιών με σκοπό να αποκτήσουν καμπυλότητα τουλάχιστον 30χιλιοστά (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου).



Εικόνα 34 Χρήση ινοπλισμένων πολυμερών. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Τεχνική του μεταλλικού κλωβού

Η μέθοδος του μεταλλικού κλωβού προβλέπει τοποθέτηση μεταλλικών γωνιακών ελασμάτων σε κάθε γωνία του υποστυλώματος. Έπειτα γίνεται συγκόλληση των οριζόντιων μεταλλικών ελασμάτων ή ράβδων οπλισμού πάνω στα γωνιακά. Γίνεται πλήρωση των κενών μεταξύ του υπάρχοντος σκυροδέματος και του κλωβού με κόλα ή με ένα μη συρρικνούμενο κονίαμα. Η μέθοδος ενδείκνυται για υποστυλώματα μικρών διαστάσεων, έως 40εκατοστών. Αποτελεί μια μέθοδο γρήγορη και εύκολη στην εφαρμογή της. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)



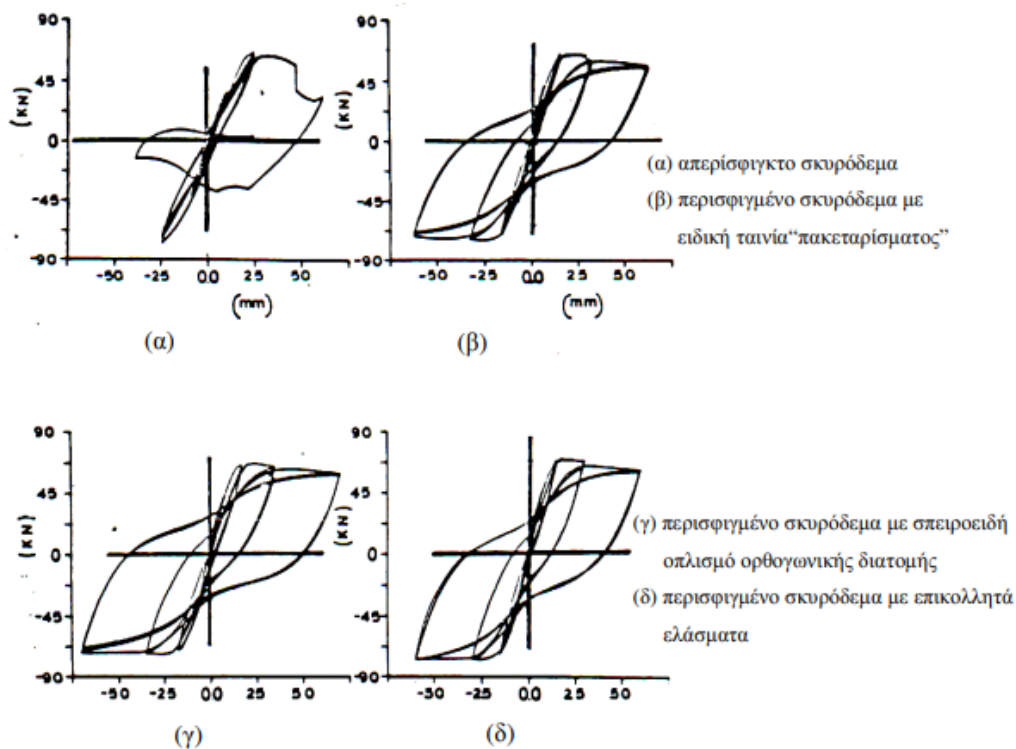
Εικόνα 35 Ενίσχυση με μεταλλικό κλωβό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 36 Χρήση μεταλλικού κλωβού. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

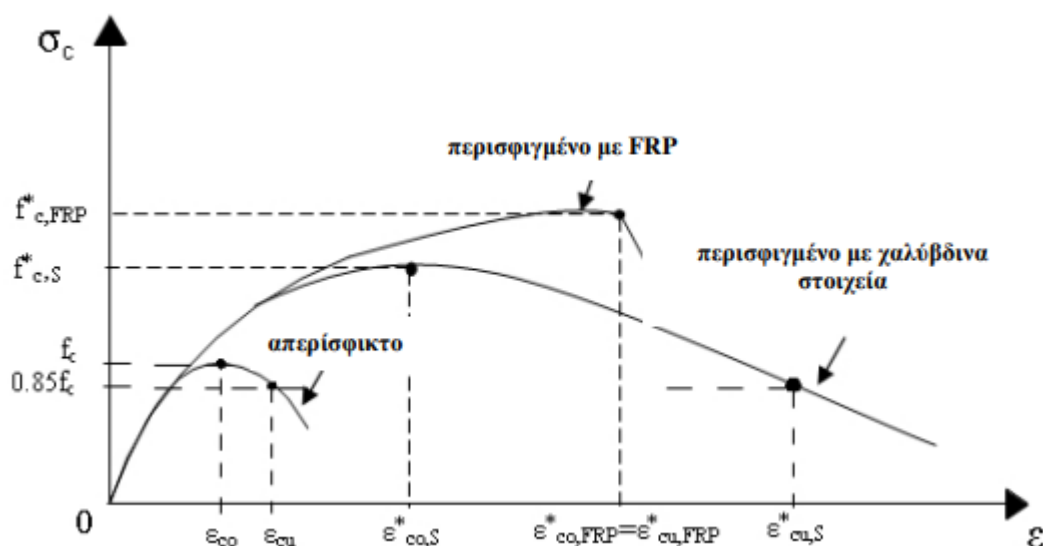
Μηχανικά χαρακτηριστικά περισφιγμένου σκυροδέματος

Η συμβολή της περίσφιξης έχει αποτέλεσμα να εισάγει ως κύρια δράση την τριαξονική θλίψη. Επομένως οδηγούμαστε σε αύξηση της πλαστιμότητας του υποστρώματος και αύξηση της θλιπτικής του αντοχής.



Εικόνα 37 Διάγραμμα πλευρικής φόρτισης – οριζοντίων μετακινήσεων από πειραματική έρευνα για την ενίσχυση υποστρώματων με την τεχνική της περίσφιξης.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας πειραματικής έρευνας για τρεις διαφορετικές διαδικασίες περίσφιξης. Παρά τις διαφορετικές μεθόδους περίσφιξης παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις σημειώνεται αύξηση της πλαστιμότητας του στοιχείου που περισφίγγεται.



Εικόνα 38 Μηχανικά χαρακτηριστικά περισφισμένου σκυροδέματος. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

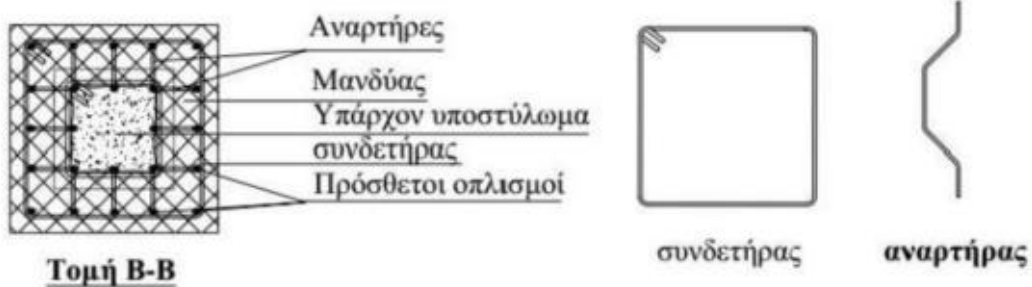
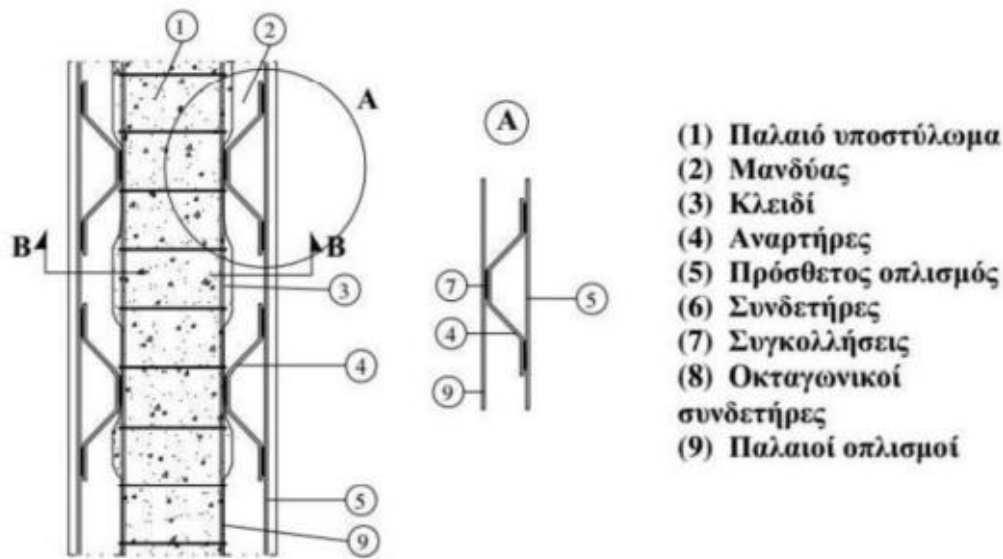
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η ποιοτική απεικόνιση καταστατικών νόμων για το περισφισμένο και απερίσφικτο σκυρόδεμα. Στην περίπτωση περίσφιξης με ινοπλισμένα πολυμερή απουσιάζει εντελώς ο φθίνων κλάδος. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος αποτελούν την πλέον αποτελεσματική μέθοδο ενίσχυσης των υφιστάμενων υποστυλωμάτων με προβλήματα ανεπάρκειας στην αντοχή, τη δυσκαμψία και την πλαστιμότητά τους. Η κατασκευή του μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος συμβάλει στην αύξηση των διαστάσεων της διατομής. Αν το υποστύλωμα έχει υπερβεί τη φέρουσα ικανότητά του λόγω των υφιστάμενων φορτίων δεν είναι εφικτό να εφαρμοστεί η μέθοδος του μανδύα παρά μόνο αν προηγηθεί της κατασκευής του μανδύα αποφόρτιση του στοιχείου που πρόκειται να ενισχυθεί. Τα συνηθέστερα είδη μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος παρουσιάζονται παρακάτω. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Είδη μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος

Όταν ο μανδύας έχει πάχος πάνω από 8 εκατοστά τότε είναι κατασκευασμένος από έγχυτο σκυρόδεμα. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται χρήση ξυλότυπου. Στην περίπτωση που το πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10 εκατοστά μπορεί να κατασκευαστεί από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χωρίς την χρήση ξυλότυπου. Επίσης ο μανδύας μπορεί να είναι κατασκευασμένος από σκυροτσιμεντόπηγμα. Ακόμα και στην περίπτωση που εντοπίζεται πυκνός διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός η σκυροδέτηση μανδύα από σκυροτσιμεντόπηγμα είναι εύκολη. Τοποθετούνται τα αδρανή σε καλούπια και γίνεται πλήρωση των κενών με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Η μέθοδος αυτή δεν είναι τόσο διαδεδομένη καθώς απαιτεί υψηλή εξειδίκευση τεχνιτών στην εφαρμογή και έχει αυξημένο κόστος. Τέλος υπάρχει η επιλογή κατασκευής μανδύα από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα. Η μέθοδος αυτή δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής μανδύα μικρού πάχους βέβαια το κόστος κατασκευής είναι και εδώ αυξημένο. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 39 Λεπτομέρειες διαμόρφωσης μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Γενικά

Η μέθοδος ενίσχυσης με εκτοξευόμενο σκυροδέμα είναι ευρύτατα διαδεδομένη και παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων. Συγκεκριμένα διαθέτει υψηλή θλιπτική αντοχή εξαιτίας του χαμηλού λόγου νερό προς τσιμέντο καθώς και υψηλό ποσοστό συμπίκνωσης χάριν την μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης. Η μεγάλη ταχύτητα εκτόξευσης προσφέρει ακόμα πολύ καλή πρόσφυση των κόκκων των αδρανών στην επιφάνεια που έχει προηγουμένως εκτραχυνθεί. Τέλος αξεπέραστο πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο εξοπλισμός είναι κινητός και επιτυγχάνεται σχεδόν παντού σκυροδέτηση χωρίς την απαίτηση ξυλοτύπου. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Μέθοδοι εκτόξευσης

Ξηρή μέθοδος

Στην ξηρή μέθοδο το σκυρόδεμα αποτελείται από μείγμα αδρανών και τσιμέντου σε προκαθορισμένη αναλογία και πιθανόν τον επιταχυντή σε σκόνη. Το μείγμα διαμέσου μιας ειδικά σχεδιασμένης μηχανής εισάγεται σε ρεύμα αέρος υψηλής ταχύτητας και στην συνέχεια μεταφέρεται με εύκαμπτο σωλήνα σε ακροφύσιο. Σε αυτή τη φάση προστίθεται νερό και ενδεχομένως επιταχυντής σε υγρή μορφή στο ρεύμα των υλικών με σκοπό την ενυδάτωση του τσιμέντου και την ανάπτυξη της κατάλληλης συνεκτικότητας. Το ρεύμα του υλικού έχει τη δυνατότητα να εκτοξεύεται με υψηλή ταχύτητα, στη θέση του και η πρόσκρουση να επιτυγχάνει συμπίκνωση του υλικού. Τα πρόσθετα μπορεί να βρίσκονται σε μορφή σκόνης στο ξηρό μείγμα, σε υγρή μορφή μαζί με το νερό ή σε ξεχωριστή εισαγωγή στο ακροφύσιο. Οι ίνες προστίθενται στο ξηρό μείγμα. Η ξηρά μέθοδος είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε έργα με απαιτήσεις ελεγχόμενων χαμηλών ρυθμών λεπτών στρώσεων ή ακανόνιστων σχημάτων και δομών όσο και σε έργα όπως κατασκευή σήραγγας ή ενίσχυση πρανών, όπου απαιτείται μεγάλος ρυθμός εκτόξευσης. Ο έλεγχος στο ακροφύσιο είναι κατευθυνόμενος χειρωνακτικά. Η ροή των υλικών διευθύνεται από τον χειριστή που αποφασίζει το ποσό του νερού που προστίθεται και μπορεί αυτή να μεταβάλλεται σε συγκεκριμένα όρια, αφού η πολύ μικρή ποσότητα νερού δεν επιτρέπει στο μείγμα να δημιουργήσει με την πρόσκρουση στην επιφάνεια, μια ομογενή μάζα, ενώ μεγάλη ποσότητα νερού κάνει το μείγμα πολύ εργάσιμο μειώνοντας την ευστάθεια μετά την πρόσκρουση στην επιφάνεια. Γίνεται χρήση βραχιόνων εκτόξευσης με τηλεχειρισμό σε περιπτώσεις που το περιβάλλον δεν είναι ασφαλές για τον χειριστή και σε περιπτώσεις που πρέπει να καλυφθούν επιφάνειες σε μεγάλα ύψη. Η αναπήδηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι κυρίως αδρανή υλικά. Το σκυρόδεμα που επικολλάται στην επιφάνεια είναι πιο πλούσιο σε τσιμέντο από το αρχικό μείγμα. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Υγρή μέθοδος

Η διαφοροποίηση της υγρής μεθόδου από την ξηρά έγκειται στην ανάδειξη του μείγματος των δρανών και του τσιμέντου με το πριν από την άντληση του, δια μέσου σωλήνα προς το ακροφύσιο εξαγωγής. Το υλικό προωθείται και σε αυτή τη μέθοδο

με αέρα υψηλής πίεσης. Σε αυτή την μέθοδο ο λόγος νερού προς τσιμέντο μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια και με την χρήση ρευστοποιητών επιτυγχάνοντας υψηλές αντοχές. Στο εκτοξευόμενο σκυροδέμα με την υγρή μέθοδο οι υψηλές αντοχές επιτυγχάνονται κυρίως με την υψηλή περιεκτικότητα σε τσιμέντο σε 28 μέρες χωρίς την χρήση πρόσθετων. Με την χρήση πρόσθετων που ελέγχουν την ενυδάτωση του τσιμέντου στην μέθοδο αυτή ο χρόνος χρήσεως του υλικού εκτείνεται μέχρι και τις 72 ώρες επιτρέποντας στο σύστημα να έχει μεγάλη ευελιξία και καθιστώντας πλέον μη απαραίτητο τον καθαρισμό του συστήματος μετά από κάθε εφαρμογή. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)



Εικόνα 40 Χρήση Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος χειροκίνητα ελεγχόμενη. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

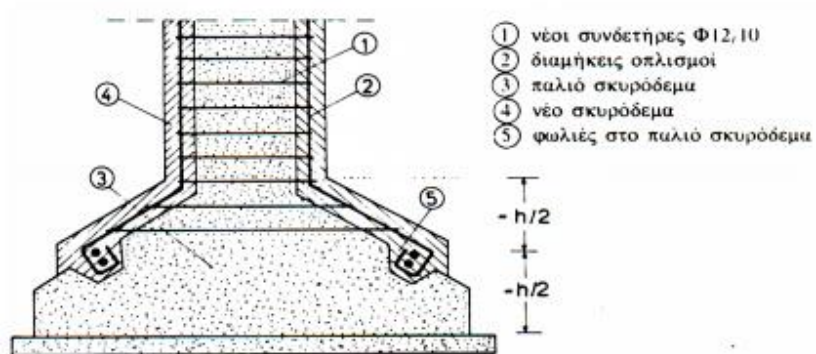
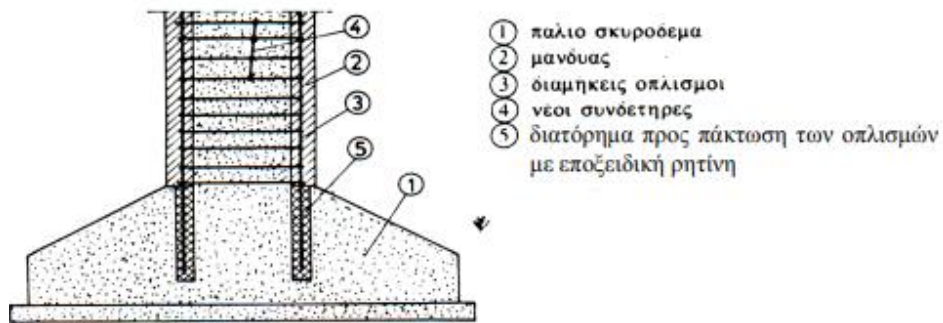
Διαδικασία κατασκευής μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος

Αρχικά αποφορτίζονται και υποστυλώνονται οι πλάκες και οι δοκοί που συντρέχουν στο υποστύλωμα. Γίνεται απομάκρυνση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος. Επισκευάζεται το υποστύλωμα και αποκαλύπτονται οι οπλισμοί σε θέσεις που έχουν προεπιλεγεί για συγκόλληση με νέους οπλισμούς. Έπειτα διανοίγονται οι οπές στις θέσεις αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού και στις θέσεις που προβλέπονται βλήτρα. Απομακρύνεται η επιδερμική στρώση τσιμεντοπολτού και αποκαλύπτονται τα αδρανή κάνοντας εκτράχυνση. Με τη χρήση αέρα υπό πίεση καθαρίζεται επιμελώς η επιφάνεια και το εσωτερικό των οπών με αναρρόφηση. Αγκυρώνονται στα άκρα τους οι διαμήκεις ράβδοι με εποξειδική ρητίνη (χημική πάκτωση) και τα μηχανικά ή τα χημικά βλήτρα όπου προβλέπονται. Τοποθετούνται και ηλεκτροσυγκολλούνται τα

χαλύβδινα παρεμβλήματα σύνδεσης παλαιών και νέων οπλισμών (αναρτήρες),εφόσον προβλέπονται συγκολλήσεις. Τελικά τοποθετούνται νέοι συνδετήρες και καθαρίζονται οι επιφάνειες με αέρα και νερό υπό πίεση. Γίνεται διαβροχή της τελικής επιφάνειας του παλαιού σκυροδέματος περίπου 6ώρες πριν τη σκυροδέτηση του νέου σκυροδέματος καθώς επίσης διαβρέχεται και ο ξυλότυπος αν υπάρχει και τα αδρανή στην περίπτωση του σκυροτσιμεντοπήγματος. Τέλος ολοκληρώνεται η διαδικασία με τη σκυροδέτηση του μανδύα. Ακολουθούνται όλα τα μέτρα συντήρησης σύμφωνα με τον ΚΤΣ-2016. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 41 Εφαρμογή μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)



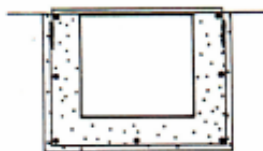
Εικόνα 42 Απόληξη μανδύα στα στοιχεία της θεμελίωσης. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Ανοικτοί μανδύες

Η μέθοδος ενίσχυσης με ανοικτού τύπου μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος εφαρμόζεται όταν ο μανδύας δεν μπορεί να περιβάλλει ολόκληρη τη διατομή. Τέτοια περίπτωση συναντάμε σε υποστύλωμα που βρίσκεται στο όριο με άλλη ιδιοκτησία.

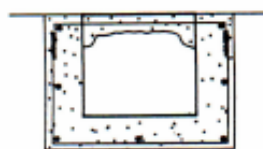
(α) Νέοι συνδετήρες με εξωτερική ράβδο ή λάμα και συγκόλληση

(α)

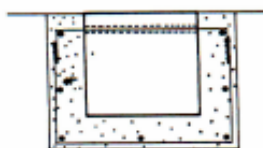


(β, γ) Νέοι συνδετήρες με διαμπερές χάντρωμα ή τρύπα και συγκόλληση

(β)

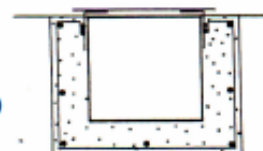


(γ)



(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.

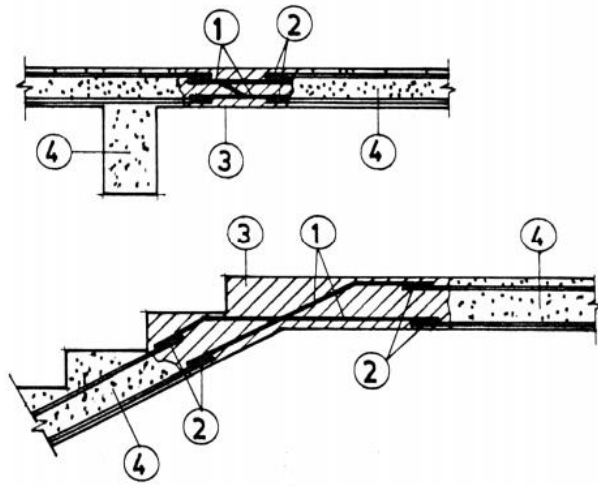
(ε)



Εικόνα 43 Περιπτώσεις ανοικτών μανδύων. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)

Επισκευές δοκών και πλακών

Οι μέθοδοι επισκευής δοκών και πλακών ακολουθούν τις τεχνικές που εφαρμόζονται σε τοιχώματα και υποστυλώματα. Η περιοχή κόμβου υποστυλώματος - δοκού είναι σημείο συγκέντρωσης βλαβών σε περίπτωση σεισμικής έντασης. Η επέμβαση αφορά κυρίως τα κατακόρυφα στοιχεία στον κόμβο. Ανάλογα το βαθμό βλάβης γίνεται χρήση ρητινενέσεων, επισκευαστικών κονιαμάτων ή η τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής.

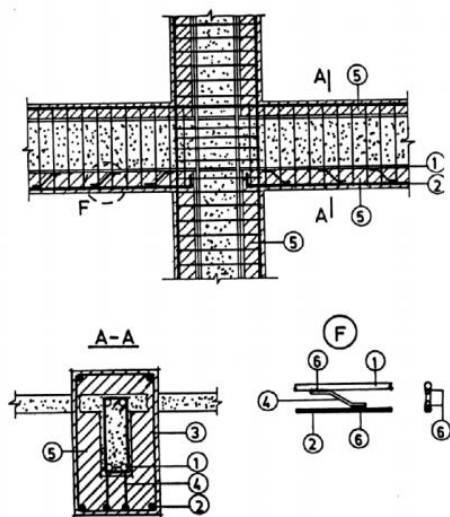


1. πρόσθετοι οπλισμοί, 2. συγκολλήσεις, 3. νέο σκυρόδεμα, 4. υφιστάμενη κατασκευή

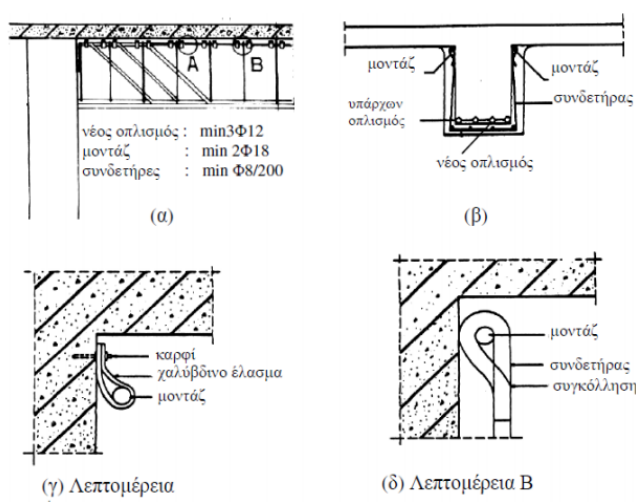
Εικόνα 44 Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005).

Ενισχύσεις Δοκών

Οι τεχνικές ενισχύσεων σε δοκούς μπορεί να αποσκοπούν στην αύξηση της καμπτικής αντοχής (ανάλογη με τις περιπτώσεις σε πλάκες), στην αύξηση της διατμητικής αντοχής ή και στα δυο. Εφαρμόζονται κατά παρόμοιο τρόπο με τις ενισχύσεις στα υποστυλώματα. Η θραύση της πλάκας για την κατασκευή κλειστού μανδύα δεν είναι πάντοτε εφικτή. Έτσι επιλέγεται η λιγότερο αποτελεσματική λύση του ανοικτού μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος. Κατασκευάζεται με τη χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την εξασφάλιση της επαρκούς αγκύρωσης των συνδετήρων.



Εικόνα 45 Κλειστός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 46 Ανοικτός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Σ. Η. Δρίτσος, Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, 2005)



Εικόνα 47 Μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος σε δοκό. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Καμπτική ενίσχυση δοκών

Η καμπτική ενίσχυση δοκού επιτυγχάνεται με τη χρήση μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος, καθώς και με επικολλητά ελάσματα χάλυβα στο εφελκυσμένο πέλμα της δοκού. Μειονέκτημα αποτελεί η δυσκολία αγκύρωσης των ελασμάτων και η ευαισθησία έναντι διάβρωσης. Ακόμα για ενίσχυση σε κάμψη της δοκού μπορούμε να επιλέξουμε χρήση ινοπλισμένων πολυμερών (FRPs) με τεχνική παρόμοια με τη χρήση επικολλητών ελασμάτων χάλυβα.



Εικόνα 48 Καμπτική και διατμητική ενίσχυση με ινοπλισμένα πολυμερή. . (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Διατμητική ενίσχυση δοκών

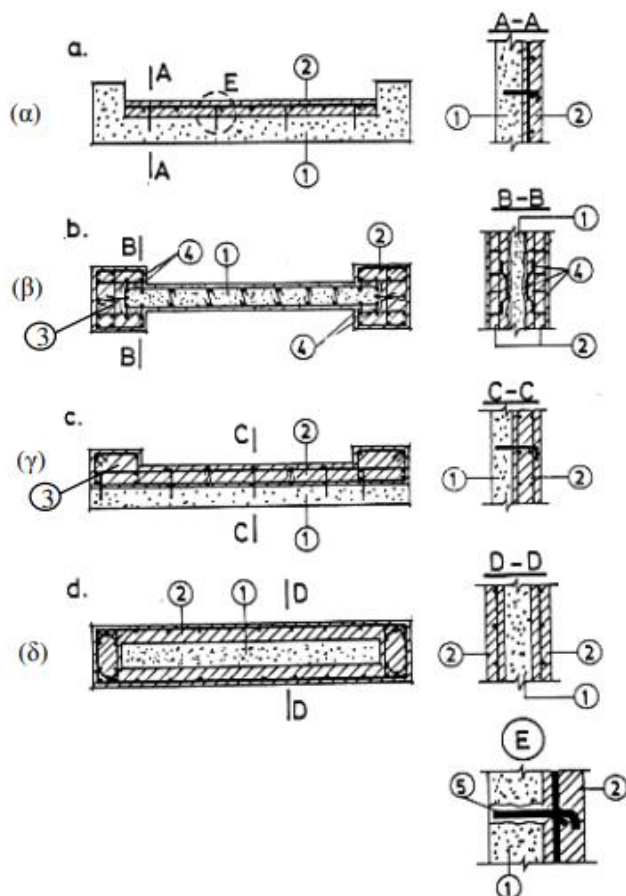
Η διατμητική ενίσχυση δοκών πραγματοποιείται με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή με ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs). Επικολλώνται στη δοκό λαμβάνοντας το ρόλο του οπλισμού διάτμησης. Χρησιμοποιούνται εξωτερικά στοιχεία που μπορεί να είναι είτε επικολλητά φύλλα είτε κολάρα. Η χρήση χάλυβα μπορεί να πάρει τη μορφή ράβδων ή ελασμάτων. Στην περίπτωση των ινοπλισμένων πολυμερών τα εξωτερικά στοιχεία μπορεί να είναι λωρίδες υφάσματος ή ελάσματα.



Εικόνα 49 Διατμητική ενίσχυση δοκών με FRPs. (Μπισκίνης Διονύσιος, Παρουσιάσεις μαθήματος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Ενίσχυση τοιχωμάτων με προσθήκη οπλισμένου σκυροδέματος

Τα τοιχώματα ενισχύονται με παρόμοιες μεθόδους με αυτές των υποστυλωμάτων. Το μεγάλο μήκος που διαθέτουν δίνει τη δυνατότητα κατασκευής ακόμα και ανοιχτού μανδύα με μονόπλευρή ή δίπλευρη αύξηση του πάχους του τοιχώματος (κυρίως για διατμητική ενίσχυση), ή εναλλακτικά ενίσχυση των άκρων του (κυρίως για καμπτική ενίσχυση).



1. παλιό τοίχωμα, 2. νέα επένδυση Ο.Σ., 3. ακραίες ενισχύσεις, 4. συγκολλήσεις, 5. αγκυρώσεις με εποξειδικές ρητίνες.

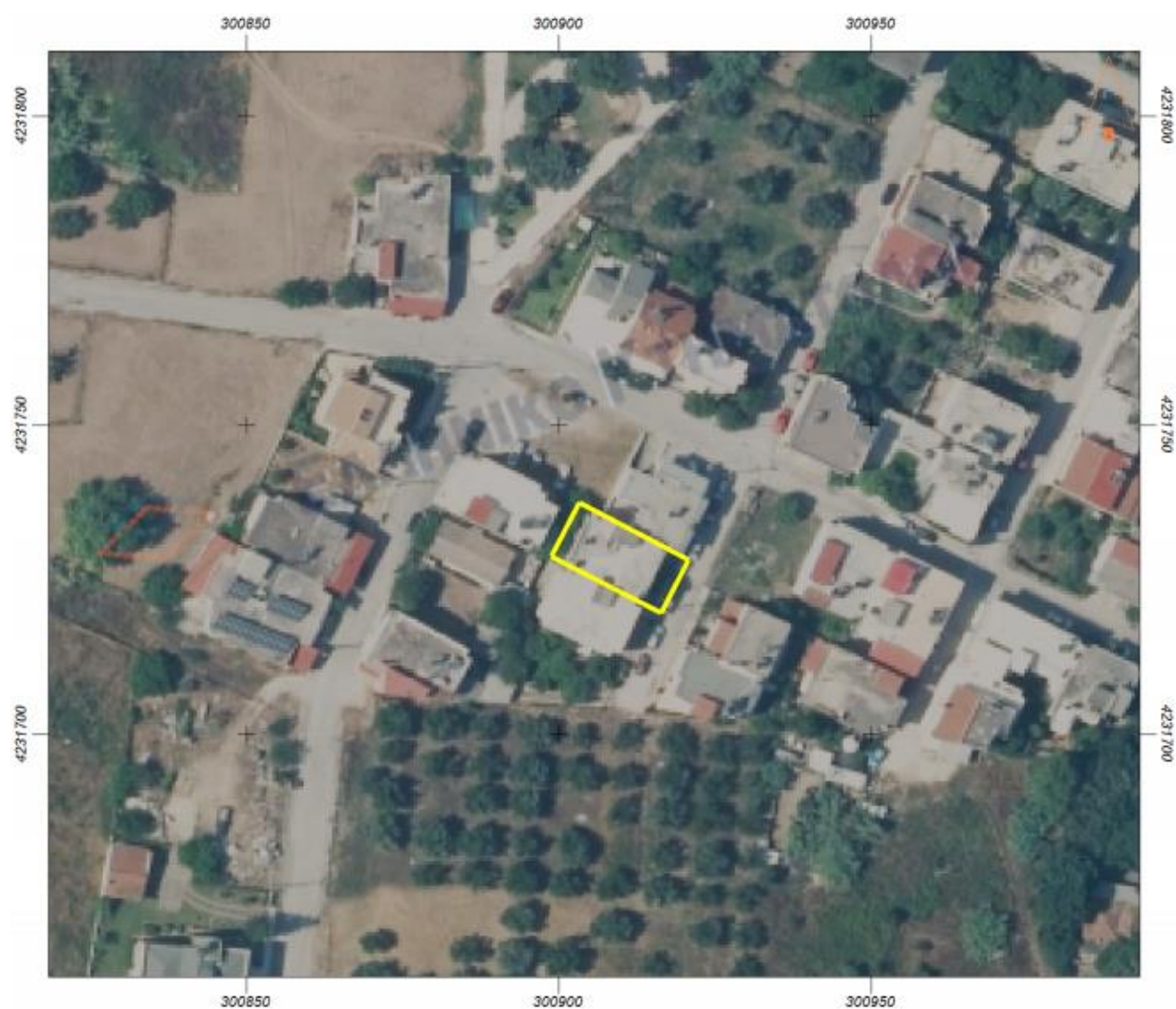
Εικόνα 50 Ενίσχυση τοιχομάτων με μανδύες. (Σ. Η. Δρίτσος, *Επισκευές και Ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα*, 2005)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

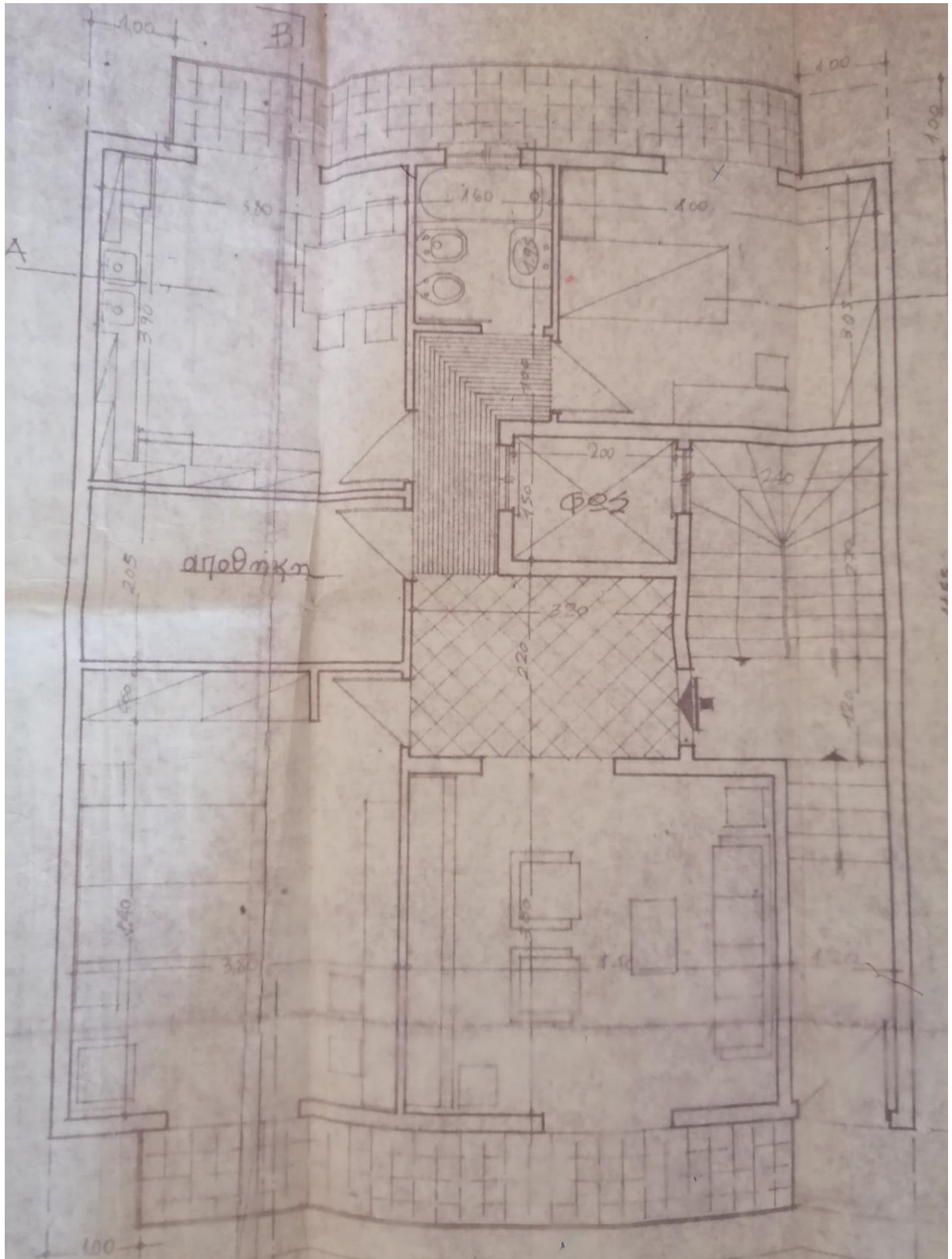
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Γενικά

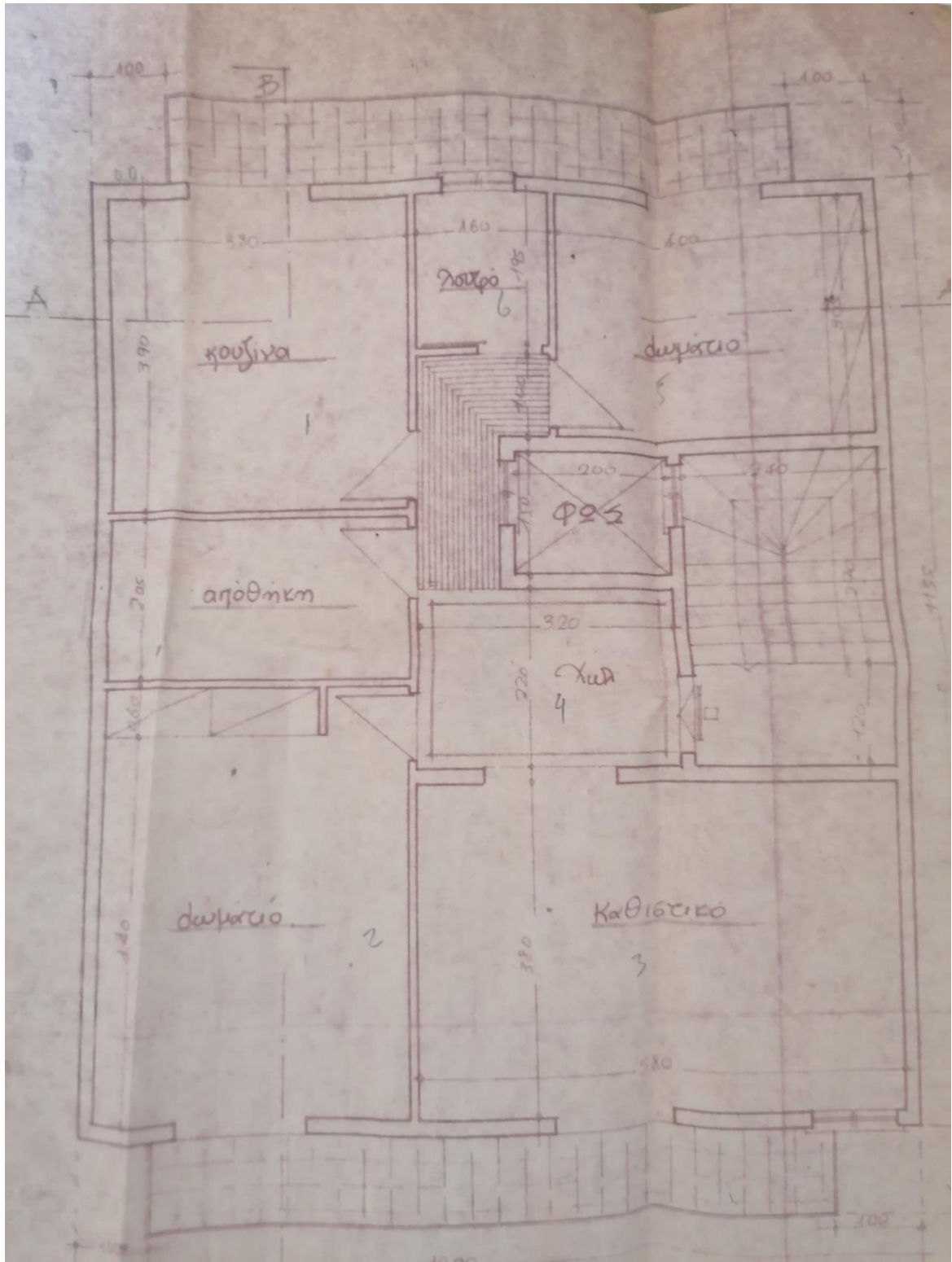
Αντικείμενο μελέτης της εργασίας αποτελεί μια υφιστάμενη κατασκευή η οποία εντάσσεται στο πολεοδομικό συγκρότημα του Δήμου Πατρέων στη συνοικία Κρύα Ιτεών εντός σχεδίου πόλεως. Το υφιστάμενο κτήριο αποτελείται από ισόγειο και όροφο και είναι μελετημένο το 1983. Η άδεια κατασκευής διαθέτει πρόβλεψη προσθήκης ορόφου. Η θεμελίωση είναι τύπου εσχάρας. Η μελέτη είναι σύμφωνα με τον Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος του 1954 και του Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων του 1959. Ο φέροντας οργανισμός του είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, διαμορφωμένος με πλαίσια δοκών-υποστυλωμάτων. Εντοπίζονται τυπικά τοιχώματα εκείνης της περιόδου. Η κάτοψη εγγράφεται σε ορθογώνιο σχήμα διαστάσεων 10x11,55 μέτρα.



Εικόνα 51 Θέση του κτιρίου επί του ακινήτου (Ελληνικό Κτηματολόγιο Α.Ε.)



Εικόνα 52 Κάτοψη ισογείου από αρχείο μελέτης



Εικόνα 53 Κάτοψη 1ου ορόφου από αρχείο μελέτης

Υλικά υφιστάμενης κατασκευής

Σύμφωνα με τα δεδομένα από τη μελέτη της κατασκευής εντοπίζεται κατηγορία σκυροδέματος B160, με βάση τα σημερινά δεδομένα εκτιμάται κατηγορίας C12/15 και χάλυβας ποιότητας StI, με βάση τα σημερινά δεδομένα εκτιμάται ποιότητας S220. Παρατηρούμε ότι τα εν λόγω υλικά αποτελούσαν ένα σύνηθες συνδυασμό των κτηρίων εκείνης της εποχής.

Σκυρόδεμα	B160
Μέτρο ελαστικότητας	26 GPa
Μέση θλιπτική αντοχή	12 MPa
Χάλυβας Διαμήκους Οπλισμού	StI
Μέτρο ελαστικότητας	200 GPa
Μέση τάση διαρροής	220 MPa
Χάλυβας Συνδετήρων	StI
Μέτρο ελαστικότητας	200 GPa
Μέση τάση διαρροής	220 MPa

Γεωμετρία της υφιστάμενης κατασκευής

Τα γεωμετρικά δεδομένα της κατασκευής είναι σύμφωνα με τον ξυλότυπο και τη μελέτη αυτής. Επίσκεψη στο κτήριο επιβεβαίωσε ότι η γεωμετρία του φορέα αποτυπώνεται στη μελέτη και τον ξυλότυπο είναι αντιπροσωπευτική της υφιστάμενης κατάστασης του κτηρίου. Θεωρείται επομένως «as built».

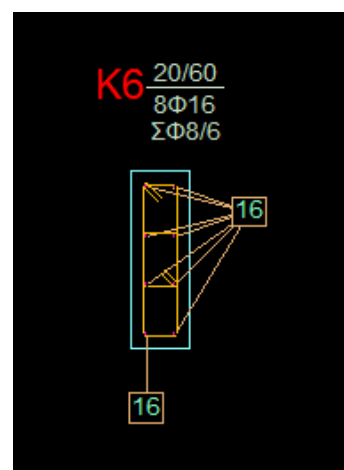
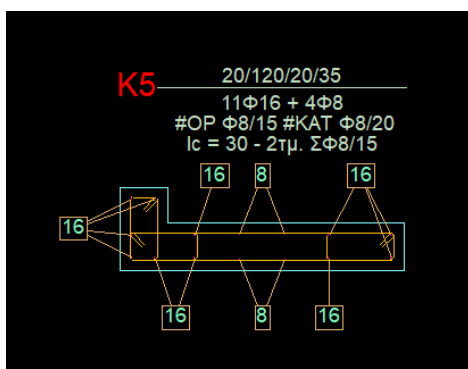
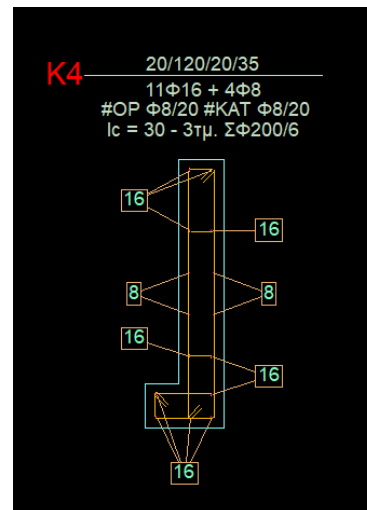
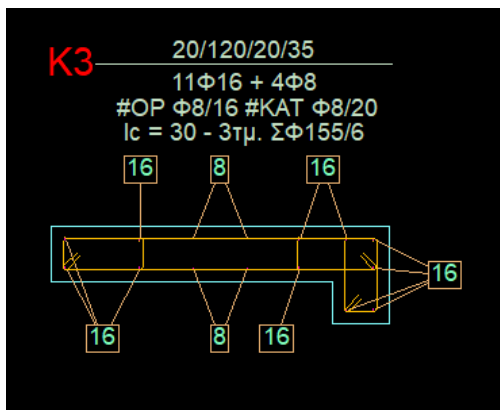
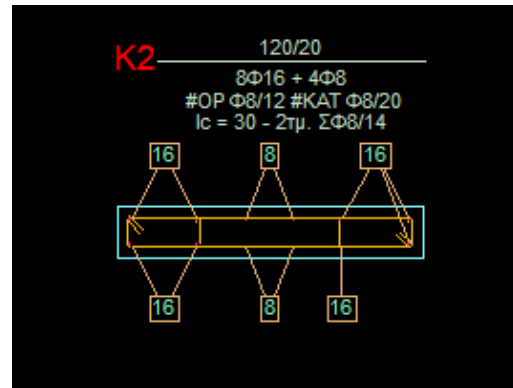
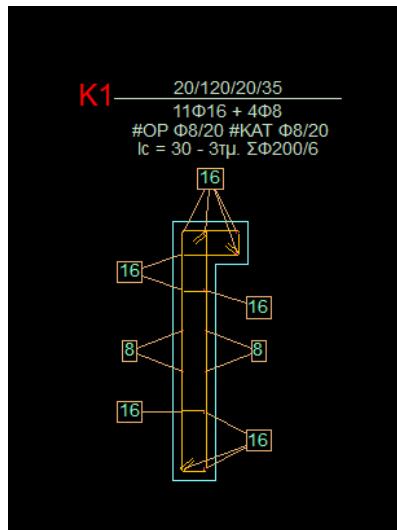
Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία - Τοιχώματα & Υποστυλώματα

Οι στάθμες του φορέα είναι τυπικές για τους ορόφους. Τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία δημιουργούν μια σύνθεση πλαισίων – τοιχωμάτων (μεικτό φέρον σύστημα). Ειδικότερα η κάθε στάθμη αποτελείται από 4 υποστυλώματα και 8 τοιχεία. Τα υποστυλώματα είναι 2 διαστάσεων 35×35 και 2 διαστάσεων 60×20. Τα τοιχεία είναι 4 γωνιακά με διαστάσεις 35×20×120 και 4 με διαστάσεις 120×20. Η επιλογή της συγκεκριμένης διάταξης των τοιχείων αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της στρέψης και τη συμμετρία του φορέα.

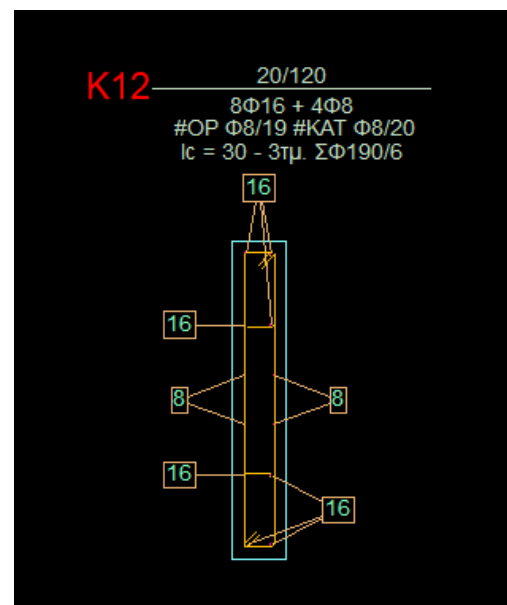
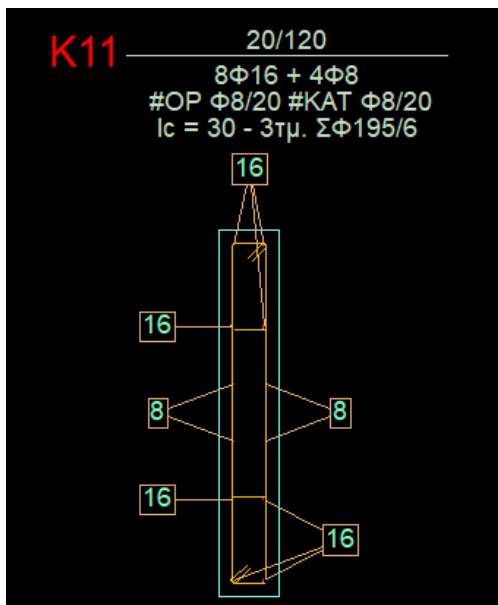
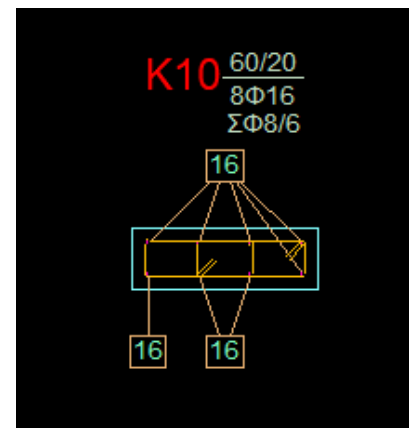
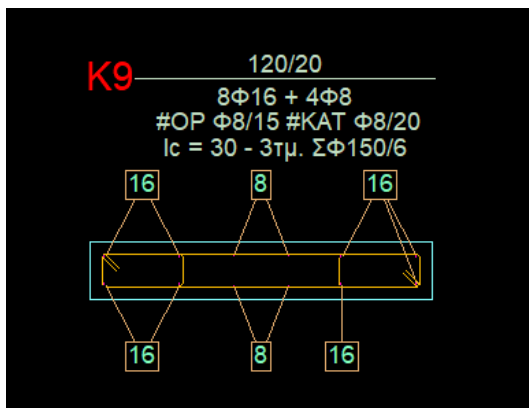
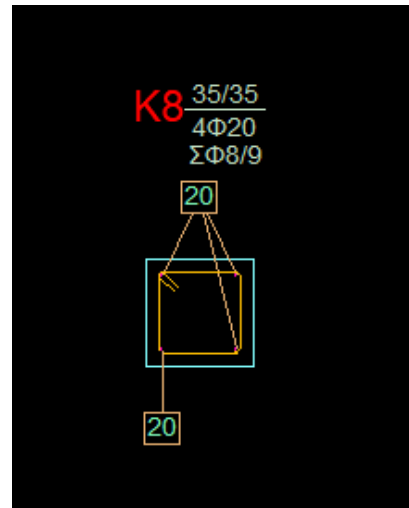
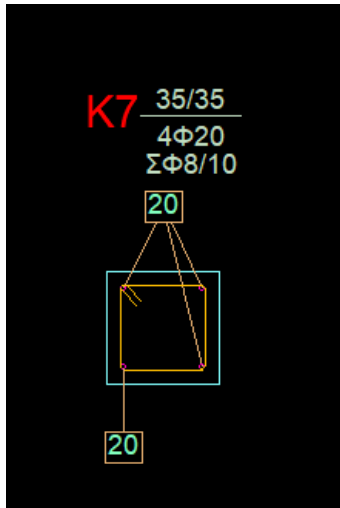
A/A	Διαστάσεις (cm)				Διαμήκεις οπλισμοί
	b	d	b1	d1	
K1	35	120	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K2	120	20			8Φ16 + 4Φ8
K3	120	35	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K4	35	120	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K5	120	35	20	20	11Φ16 + 4Φ8
K6	20	60			8Φ16
K7	35	35			4Φ20
K8	35	35			4Φ20
K9	120	20			8Φ16 + 4Φ8
K10	60	20			8Φ16
K11	20	120			8Φ16 + 4Φ8
K12	20	120			8Φ16 + 4Φ8

Πίνακας 16 Διατομές και οπλισμός τοιχωμάτων, υποστυλωμάτων τυπικού ορόφου

Λεπτομέρειες Υποστυλωμάτων



Εικόνα 54 Λεπτομέρειες υποστυλωμάτων ισογείου και 1^{ου} ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



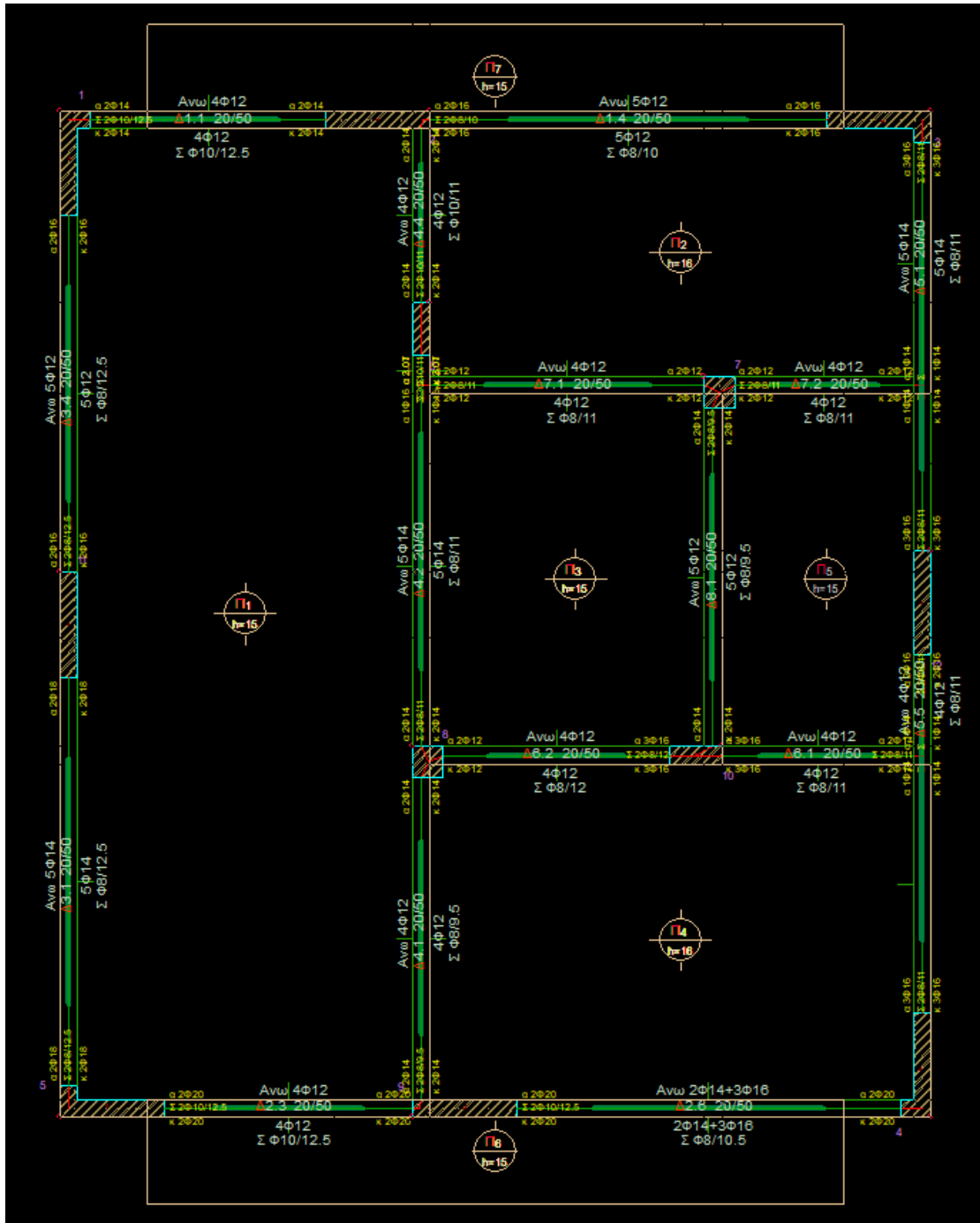
Εικόνα 55 Λεπτομέρειες υποστρωμάτων ισογείου και 1^{ου} ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Οριζόντια φέροντα στοιχεία - Δοκοί

Οι δοκοί του κτηρίου είναι όλες διατομής 20/50 (b/d). Έγινε αρίθμηση αυτών με την εισαγωγή του φορέα στο λογισμικό του Fespa.

Α/Α	ΑΡΧΗ		ΑΝΟΙΓΜΑ		ΤΕΛΟΣ	
	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ	ΑΝΩ	ΚΑΤΩ
Δ1.1	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ1.4	2Φ16	2Φ16	5Φ12	5Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ2.3	2Φ20	2Φ20	4Φ12	4Φ12	2Φ20	2Φ20
Δ2.6	2Φ20	2Φ20	2Φ14+3Φ1 6	2Φ14+3Φ1 6	2Φ20	2Φ20
Δ3.1	2Φ18	2Φ18	5Φ14	5Φ14	2Φ18	2Φ18
Δ3.4	2Φ16	2Φ16	5Φ12	5Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ4.1	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ4.2	2Φ14	2Φ14	5Φ14	5Φ14	2Φ16	2Φ16
Δ4.3	2Φ16	2Φ16	5Φ14	5Φ14	2Φ14	2Φ14
Δ4.4	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ5.1	2Φ14	2Φ14	5Φ14	5Φ14	3Φ16	3Φ16
Δ5.2	3Φ16	3Φ16	5Φ14	5Φ14	2Φ14	2Φ14
Δ5.5	2Φ14	2Φ14	4Φ12	4Φ12	2Φ16	2Φ16
Δ5.6	3Φ16	3Φ16	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ6.1	3Φ16	3Φ16	4Φ12	4Φ12	2Φ14	2Φ14
Δ6.2	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	3Φ16	3Φ16
Δ7.1	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12
Δ7.2	2Φ12	2Φ12	4Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12
Δ8.1	2Φ14	2Φ14	5Φ12	5Φ12	2Φ14	2Φ14

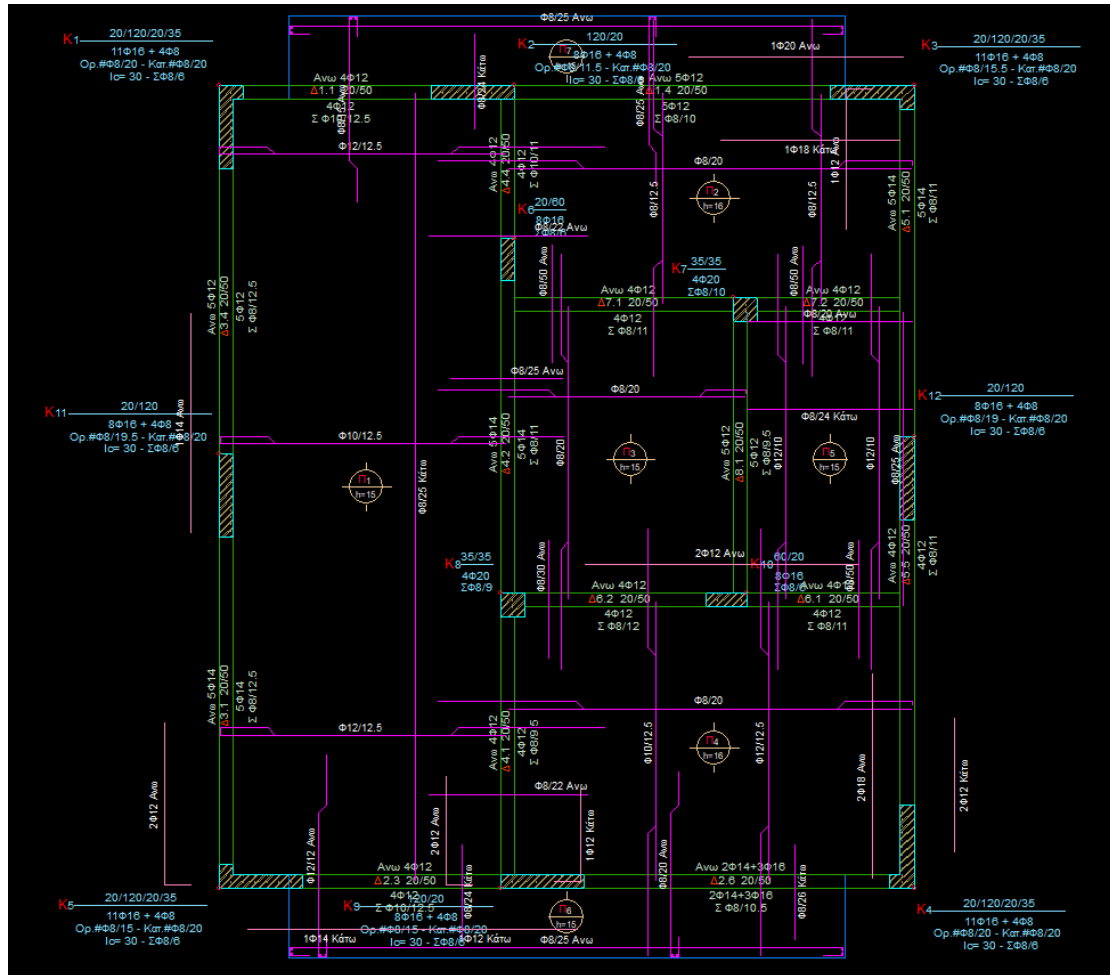
Πίνακας 17 Διατομές και σπλισμός δοκών τυπικού ορόφου



Εικόνα 56 Διάταξη δοκών και υποστλωμάτων τυπικού ορόφου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Πλάκες

Το πάχος των πλακών δεν είναι ενιαίο. Οι πλάκες Π2 και Π4 έχουν πάχος 16 cm ενώ οι υπόλοιπες είναι 15 cm. Παρακάτω φαίνονται τα σίδερα των πλακών στον γενικό ξυλότυπο



Εικόνα 57 Γενικός ξυλότυπος ισογείου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Φορτία

Τα φορτία της υφιστάμενης κατασκευής προέκυψαν από το φύλλο υπολογισμών της στατικής μελέτης το κτιρίου.

Μόνιμα φορτία

Ίδιο Βάρος σκυροδέματος 2400 kg/m³

Επικάλυψη δαπέδων: 80 kg/m²

Επικάλυψη δωματίων: 150 kg/m²

Επικάλυψη κλιμάκων: 120 kg/m²

Κινητά φορτία

Δαπέδων: 200 kg/m²

Δώμα: 150 kg/m²

Πρόβολος/Εξώστης: 500 kg/m²

Κλιμάκων: 500 kg/m²

Κανονισμοί ανάλυσης

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

Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού

Στο υπό μελέτη κτήριο διεξήχθη επιτόπιος έλεγχος κατά τον οποίο δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην εφαρμογή των σχεδίων. Όσο αφορά τα θεμέλια οι διαστάσεις και η διάταξη της θεμελίωσης σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα σχέδια καθώς ήταν αδύνατος ο επιτόπιος έλεγχος σε αυτά. Να σημειωθεί επίσης ότι δεν εντοπίστηκαν θέσεις βλαβών τέτοιες που να υποδεικνύουν στατική ή δομική ανεπάρκεια καθώς ούτε βλάβες που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε παλαιότερα σεισμικά επεισόδια.

Στόχοι της αποτίμησης

Η αποτίμηση του υφισταμένου κτηρίου πραγματοποιείται για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 <<Οιονεί Κατάρρευση>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα

υπέρβασης 10% στα 50 έτη και B2 <<Προστασία Ζωής>>, για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη.

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 18 Πίνακας 5.3 ΚΑΝ.ΕΠΕ, Στόχοι αποτίμησης

Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ

Δεδομένα	Προέλευση δεδομένων	Στάθμη Αξιοπιστίας
Γεωμετρικά στοιχεία θεμελίωσης	Σχέδια αρχικής μελέτης μη επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική
Γεωμετρικά στοιχεία ανωδομής	Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική
Υφιστάμενο σκυρόδεμα	Παραδοχές αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένες με οπτική αναγνώριση	Ικανοποιητική
Υφιστάμενος χάλυβας	Παραδοχές αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένες με οπτική αναγνώριση	Ικανοποιητική
Οπλισμοί (πλήθος, διάταξη, λεπτομέρειες)	Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα.	Ικανοποιητική

Πίνακας 19 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Με βάση τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (υψηλή, ικανοποιητική, ανεκτή) λαμβάνεται υπόψη η αυξημένη αβεβαιότητα στις αριθμητικές τιμές των δεδομένων στην υφιστάμενη κατασκευή. Για τις ανάγκες της εργασίας, αν και έχουν γίνει κάποιες παραδοχές για την προέλευση των δεδομένων, η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων λήφθηκε «Ικανοποιητική».

Έδαφος θεμελίωσης

Η φύση της σύνδεσης μιας κατασκευής με το έδαφος καθορίζεται κυρίως από τη μορφή της θεμελίωσης. Οι δύσκαμπτες θεμελιώσεις (περιμετρικά τοιχεία, πεδילוδοκοί) θεωρείται γενικά ότι εξασφαλίζουν συνθήκες πάκτωσης. Ωστόσο τέτοιου είδους θεμελιώσεις συναντώνται σπάνια σε παλαιότερες κατασκευές, ιδιαίτερα σε σχετικά μικρά κτήρια όπως το υπό μελέτη. Ωστόσο, για λόγους απλοποίησης της προσομοίωσης η στήριξη στο έδαφος θεωρήθηκε πάκτωση. Για το εν λόγω κτήριο επιλέχθηκε η κατηγορία εδάφους Β. Επιπλέον από αυτή την κατηγορία λαμβάνουμε το συντελεστή θεμελίωσης που είναι $\theta=1,00$.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσασθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοιλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιθείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

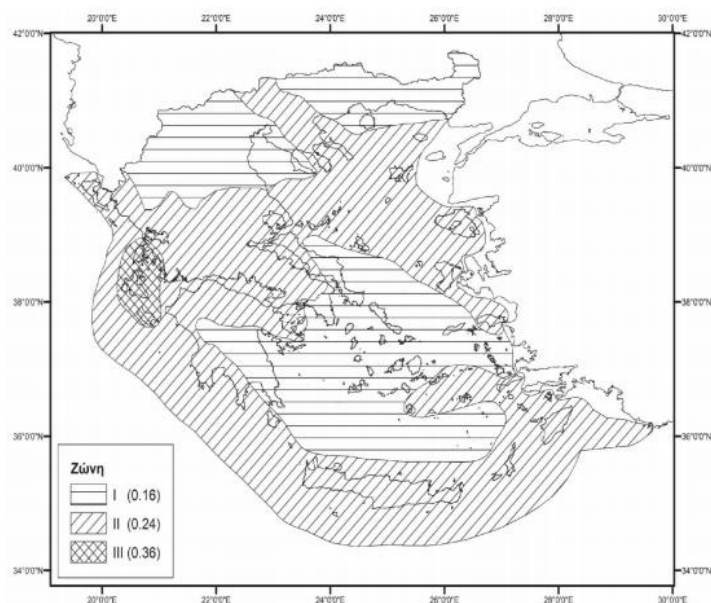
Πίνακας 20 Κατηγορίες εδάφους (πίνακας 2.5 ΕΑΚ2000)

Διαφραγματική λειτουργία πλακών

Για να εξασφαλίζεται η διαφραγματική λειτουργία των πλακών θα πρέπει όλα τα σημεία της ίδιας στάθμης να μετατοπίζονται το ίδιο. Θεωρητικώς, τα διαφράγματα παραμένουν απαραμόρφωτα στο επίπεδό τους, λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας τους. Αυτό συμβαίνει όταν σε κάθε στάθμη ενός κτηρίου κατασκευάζονται πλάκες επαρκούς πάχους και χωρίς μεγάλα κενά. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται στο υπό μελέτη κτήριο.

Σεισμός

Η Ελλάδα θεωρείται μία έντονα σεισμογενής περιοχή. Ένα μεγάλο ποσοστό των κατασκευών (περί το 70%) δεν διαθέτουν την ασφάλεια έναντι του σεισμού που απαιτούν οι σημερινοί κανονισμοί. Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται μεγάλο πρόβλημα. Η χώρα 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 ΦΕΚ 1154/Β' 12.8.2003. Σύμφωνα λοιπόν με αυτόν τον χάρτη η κατασκευή βρίσκεται στη Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II, με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $agR=0,24g$.



Εικόνα 58 Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III
α	0.16	0.24	0.36

Πίνακας 21 Σεισμική επιτάχυνση εδάφους (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ

Στο φορέα της υφιστάμενης κατασκευής που παρουσιάσαμε πραγματοποιείται προσθήκη ενός ορόφου και αποτίμηση φέρουσας ικανότητας του κτηρίου στη νέα κατάσταση.

Πορεία εργασίας

Γίνεται επίλυση και όπλιση της προσθήκης του νέου ορόφου με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Έπειτα προχωράμε σε αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτηρίου σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ και τον EC8-3.

Τέλος αξιολογούνται τα αποτελέσματα.

Δεδομένα νέου ορόφου

Κανονισμός σκυροδέματος: EC2, Αντισεισμικός κανονισμός: EC8

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II, $ag=0.24$, έδαφος B, Σπουδαιότητα Σ2 με $\gamma=1$, $\theta=1$

Ποιότητα σκυροδέματος C25/30 Ποιότητα χάλυβα B500C,

Ποιότητα χάλυβα συνδετήρων B500C

Ύψος ορόφου 3m

Εισαγωγή δεδομένων & βήματα της διαδικασίας

Βήμα 1. Γίνεται παραγωγή του ορόφου προσθήκης και συμπληρώνεται το προσομοίωμα της κατασκευής.

Βήμα 2. Τα μέλη της προσθήκης καθορίζονται ως Νέα.

Βήμα 3. Εισάγονται οι τιμές των αντοχών σκυροδέματος και χάλυβα στον όροφο της προσθήκης.

Βήμα 4. Προσδιορίζεται ο συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς q για τη διαστασιολόγηση.

Βήμα 5. Καθορίζεται από της παραμέτρους του κτηρίου να οπλιστούν κατά τη διαστασιολόγηση μόνο τα μέλη που έχουν χαρακτηριστεί ως Νέα & Ενισχυόμενα

Βήμα 6. Πραγματοποιείται διαστασιολόγηση με τους νέους κανονισμούς, ώστε να προκύψουν οπλισμοί του ορόφου της προσθήκης βάσει των EC2, EC8.

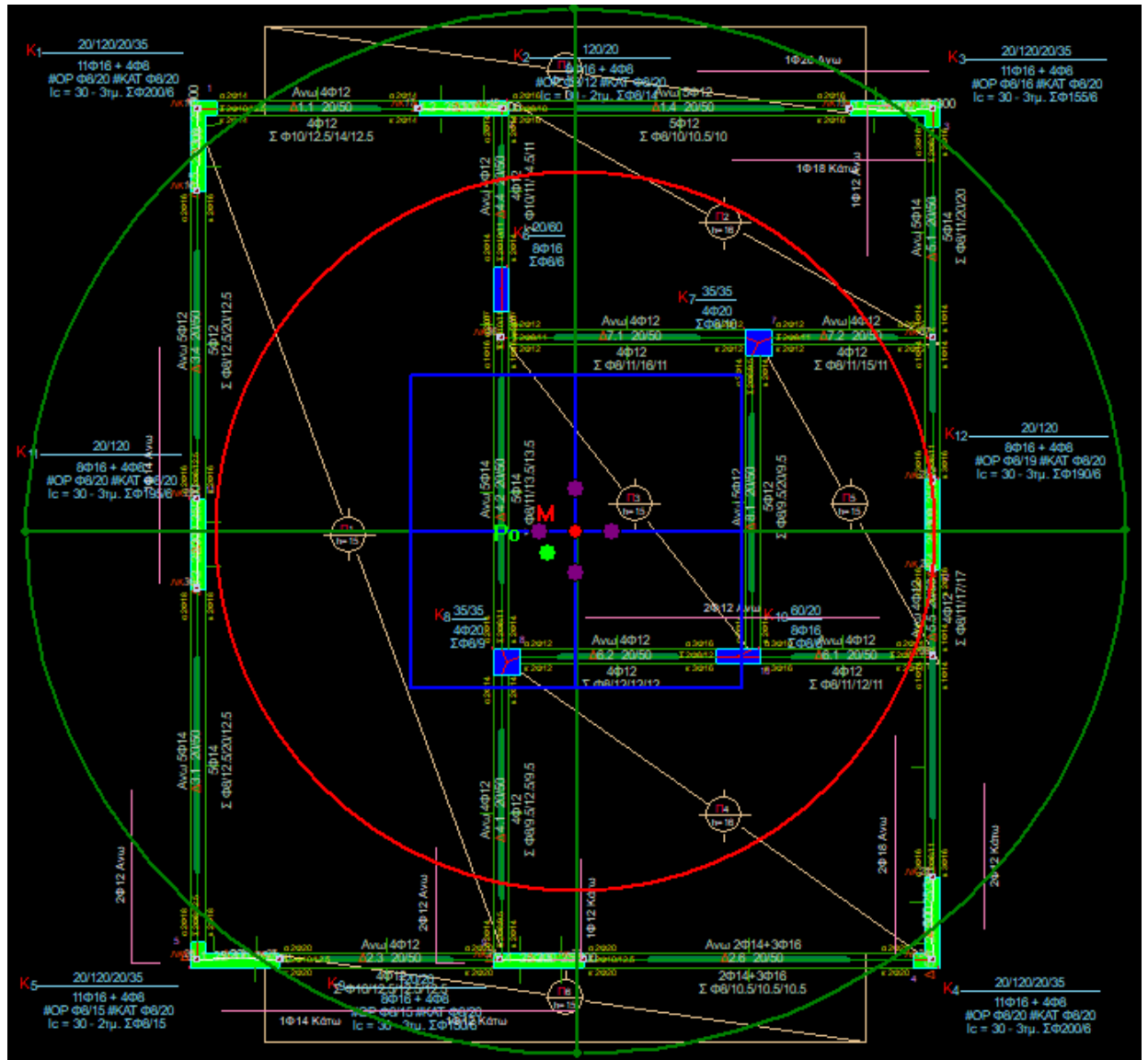
Βήμα 7. Ορίζεται η στάθμη επιτελεστικότητας για την οποία θα γίνει ο έλεγχος, της σεισμικής απαίτησης που αντιστοιχεί σε αυτήν και των λοιπών παραμέτρων της pushover.

Βήμα 8. Πραγματοποιούμε επίλυση από την οποία λαμβάνομε την καμπύλη ικανότητας - απαίτησης, προσδιορίζεται η στοχευόμενη μετακίνηση και οι συντελεστές επάρκειας κάθε μέλους για κάθε εξεταζόμενη στάθμη επιτελεστικότητας.

Βήμα 9. Αξιολογούνται τα αποτελέσματα.

Βήμα 10. Εξετάζεται αν χρειάζεται ενίσχυση κάποιων μελών ή καθορισμός κάποιων άλλων ως δευτερευόντων, ή μείωση των απαιτήσεων και μετά τις τροποποιήσεις επαναλαμβάνονται οι επιλύσεις του βήματος 8.

Καθορισμός κόμβου ελέγχου

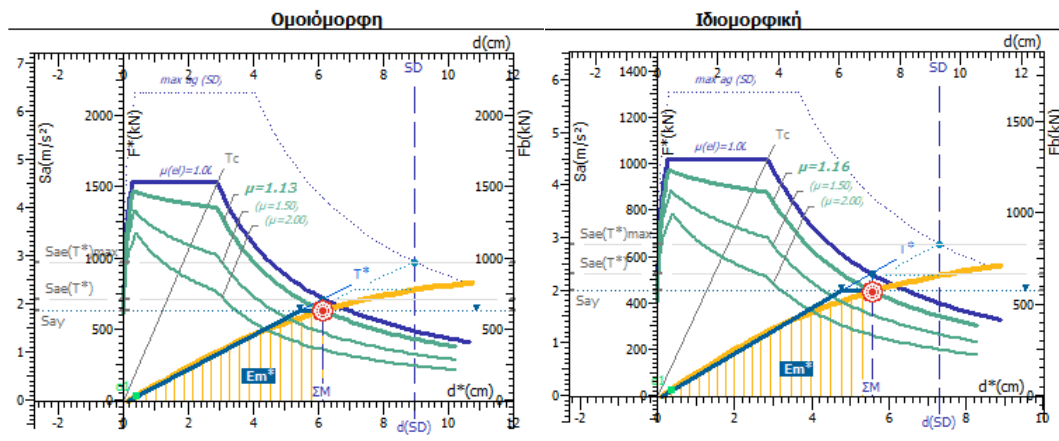


Εικόνα 59 Κόμβος ελέγχου. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

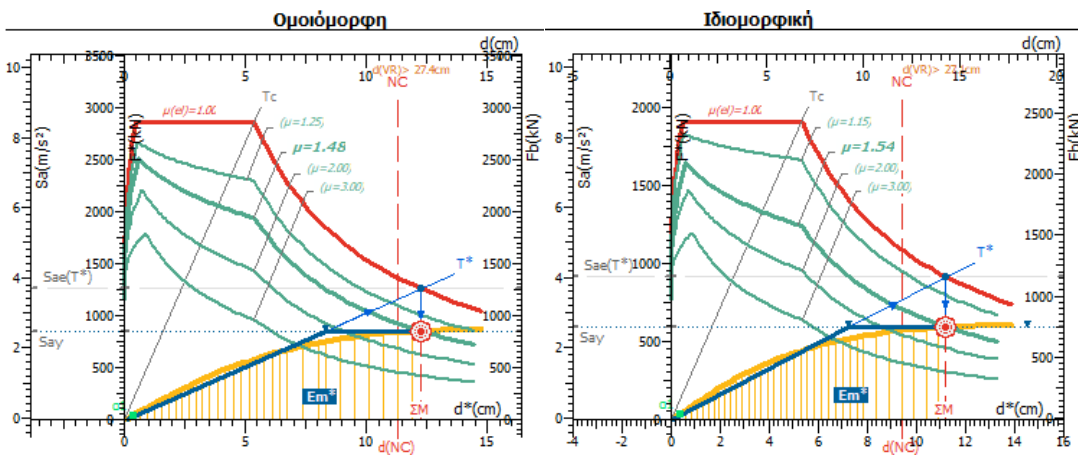
Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]

SD, κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$

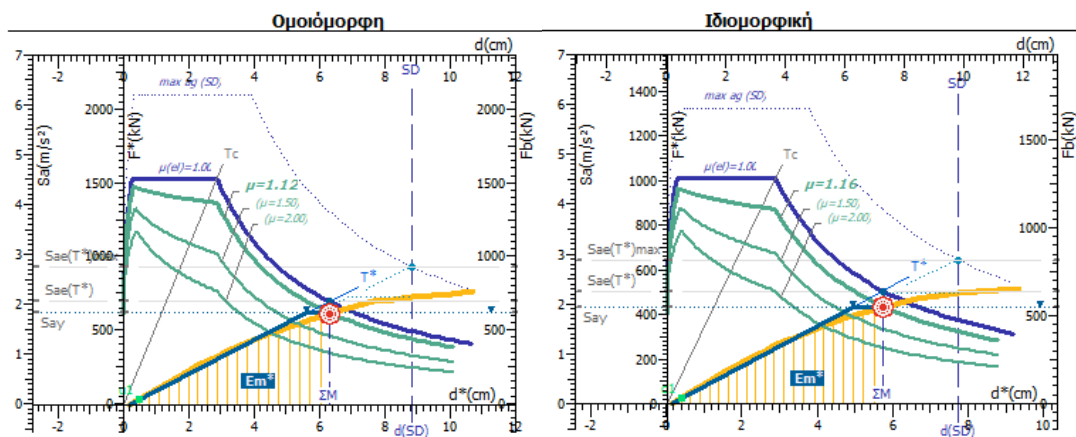


NC, κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$

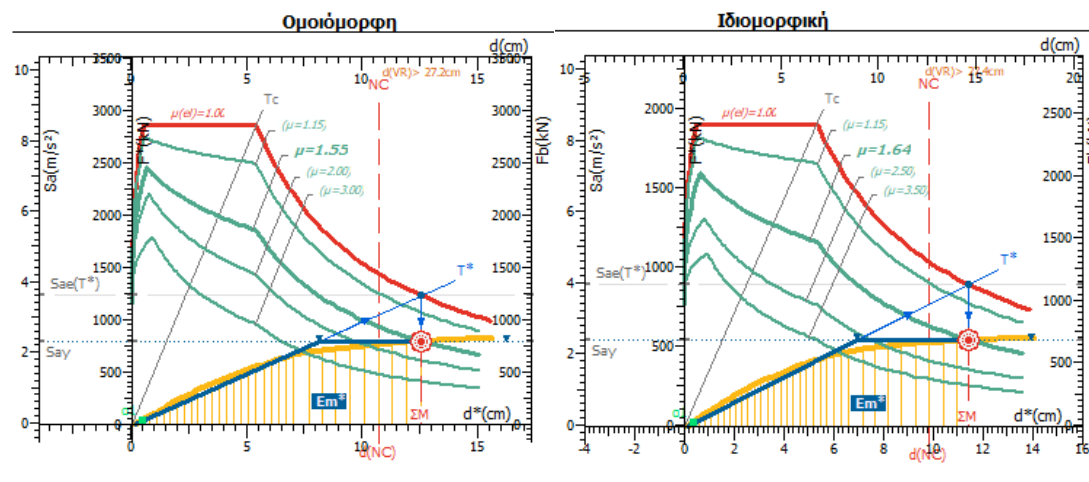


Εικόνα 60 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση 90° -30%·180° +eX

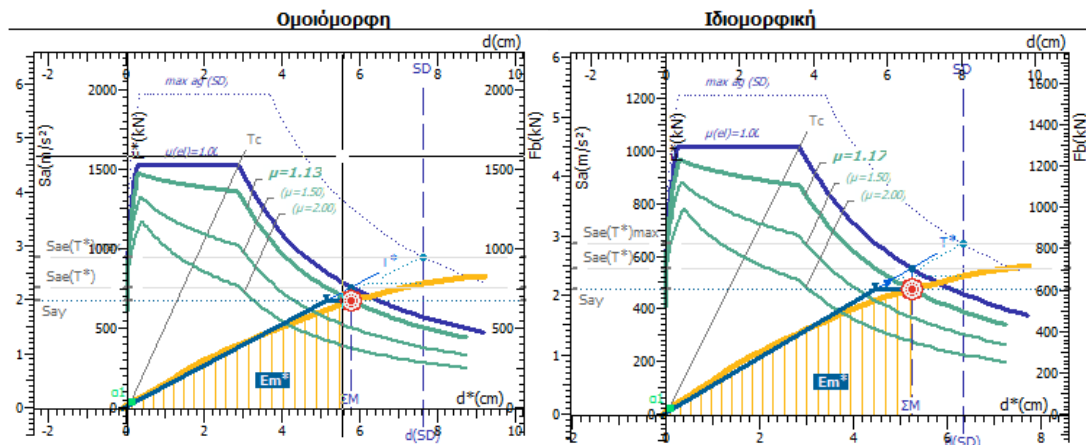


NC, κατεύθυνση 90° -30%·180° +eX

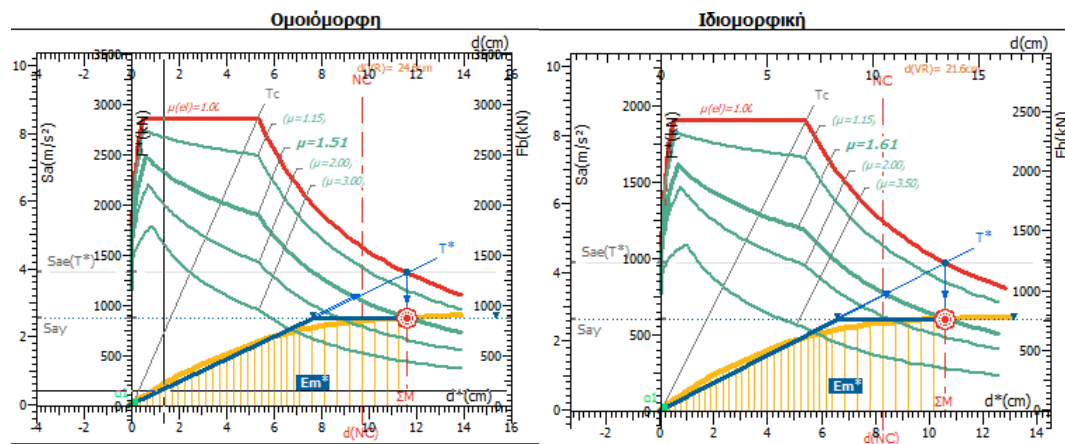


Εικόνα 61 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση 90° -30%·180° +eX. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30^{\circ}\cdot 270^{\circ} + eZ$

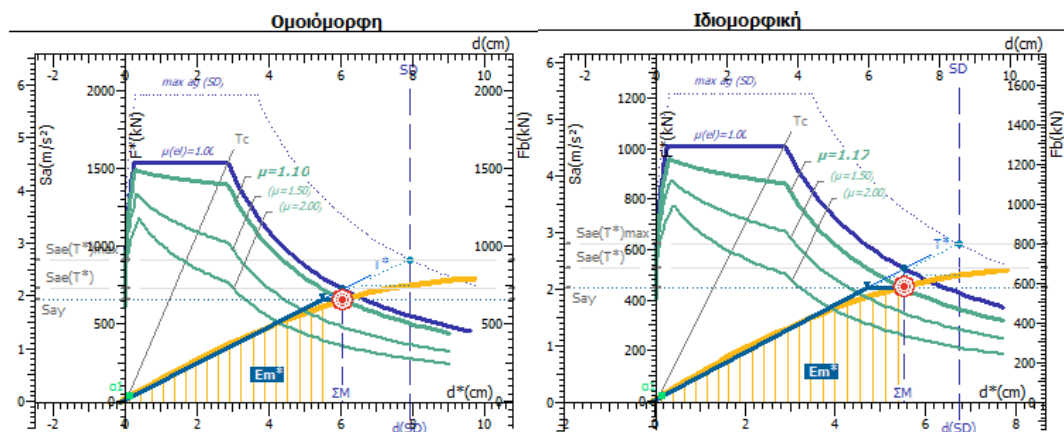


NC, κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30^{\circ}\cdot 270^{\circ} + eZ$

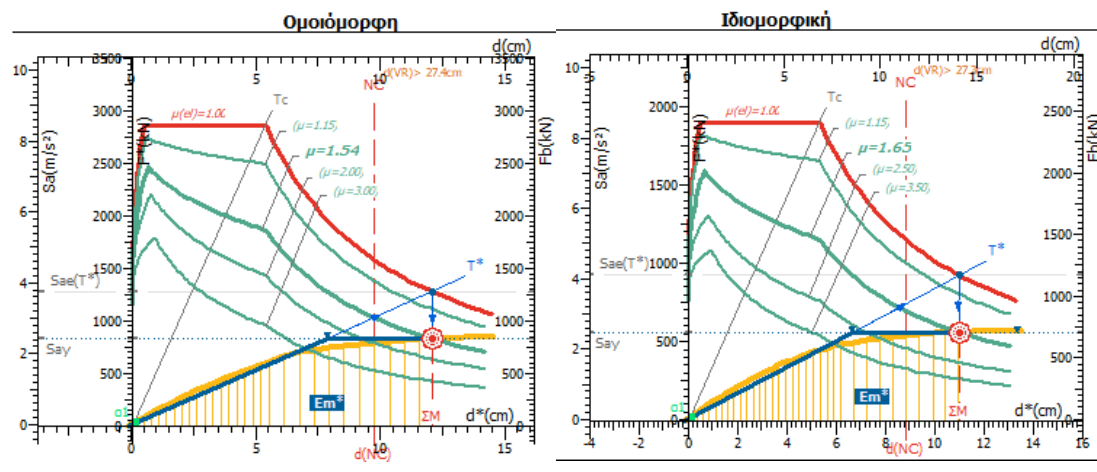


Εικόνα 62 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30^{\circ}\cdot 270^{\circ} + eZ$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ + eX$



NC, κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ + eX$



Εικόνα 63 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] , κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ + eX$. Απεικόνιση με το λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Συμπεράσματα διαγραμμάτων απαίτησης ικανότητας

Στα διαγράμματα φαίνεται ότι για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD, ο φορέας επαρκεί πλήρως για όλες τις κατευθύνσεις. Δηλαδή, η στοχευόμενη μετακίνηση εντοπίζεται δεξιά από την οριακή (μπλε διακεκομμένη γραμμή) τόσο για την ομοιόμορφη όσο και για την ιδιομορφική κατανομή. Η κατασκευή δεν παρουσιάζει βλάβες επιπέδου B2 για την επιβαλλόμενη μετακίνηση.

Ωστόσο, για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC, ο φορέας δεν εκπληρώνει τους στόχους και εντοπίζονται βλάβες επιπέδου Γ1. Η στοχευόμενη μετακίνηση βρίσκεται αριστερά από την οριακή (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή) για την ομοιόμορφη και την ιδιομορφική κατανομή.

Λόγοι επάρκειας των μελών

Παρουσιάζονται 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). Πραγματοποιείται έλεγχος της επάρκειας έναντι διάτμησης για τη μέγιστη στάθμη επιτελεστικότητας κατά τον EC8-3. Οι πίνακες λαμβάνονται από το τεύχος αποτελεσμάτων του λογισμικού FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22.

Λόγοι επάρκειας των δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ	SD	NC
			λ _{vy}	
Δ1.1(-1) , Λ 16(-1), κ	0.07	0.07	0.30	0.38
Δ1.1(-1) , Λ 17(-1), κ	0.25	0.25	0.25	0.31
Δ1.4(-1) , Λ 18(-1), κ	0.24	0.22	0.28	0.30
Δ1.4(-1) , Λ 19(-1), κ	0.19	0.15	0.31	0.35
Δ2.3(-1) , Λ 27(-1), κ	0.21	0.19	0.37	0.45
Δ2.3(-1) , Λ 31(-1), κ	0.27	0.28	0.30	0.35
Δ2.6(-1) , Λ 32(-1), κ	0.19	0.25	0.19	0.24
Δ2.6(-1) , Λ 24(-1), κ	0.06	0.06	0.22	0.29
Δ3.1(-1) , Λ 28(-1), κ	0.04	0.06	0.18	0.21
Δ3.1(-1) , Λ 30(-1), κ	0.16	0.15	0.18	0.21
Δ3.4(-1) , Λ 29(-1), κ	0.20	0.19	0.23	0.29
Δ3.4(-1) , Λ 15(-1), κ	0.19	0.16	0.25	0.27
Δ4.1(-1) , Λ 31(-1), κ	0.04	0.06	0.12	0.16
Δ4.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.04	0.06	0.14	0.18
Δ4.2(-1) , Λ 8(-1), κ	0.04	0.06	0.16	0.22
Δ4.3(-1) , Λ 6(-1), κ	0.02	0.02	0.16	0.20
Δ4.4(-1) , Λ 6(-1), κ	0.07	0.11	0.15	0.23
Δ4.4(-1) , Λ 18(-1), κ	0.05	0.07	0.11	0.19
Δ5.1(-1) , Λ 20(-1), κ	0.09	0.09	0.19	0.20
Δ5.2(-1) , Λ 21(-1), κ	0.15	0.12	0.19	0.21
Δ5.5(-1) , Λ 22(-1), κ	0.16	0.14	0.27	0.31
Δ5.6(-1) , Λ 23(-1), κ	0.20	0.16	0.26	0.28
Δ6.2(-1) , Λ 10(-1), κ	0.09	0.13	0.16	0.25
Δ6.2(-1) , Λ 8(-1), κ	0.07	0.09	0.15	0.21
Δ7.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.06	0.07	0.09	0.12
Δ7.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.06	0.09	0.46	0.60
Δ8.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.04	0.05	0.11	0.13
Δ8.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.03	0.02	0.11	0.13
Δ33.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.04	0.06	0.12	0.14
Δ33.1(-1) , Λ 29(-1), κ	0.09	0.09	0.63	0.72
Δ34.1(-1) , Λ 30(-1), κ	0.08	0.08	0.10	0.13
Δ34.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.06	0.08	0.56	0.63
Δ35.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.07	0.08	0.10	0.12
Δ35.1(-1) , Λ 19(-1), κ	0.06	0.05	0.54	0.72

Δ36.1(-1) , Λ 21(-1), κ	0.12	0.10	0.12	0.14
Δ36.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.06	0.07	0.65	0.76
Δ37.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.10	0.11	0.10	0.15
Δ37.1(-1) , Λ 22(-1), κ	0.10	0.09	0.66	0.88
Δ38.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.06	0.07	0.11	0.13
Δ38.1(-1) , Λ 23(-1), κ	0.11	0.08	0.63	0.71
Δ1.1(0) , Λ 16(0), κ	0.83	1.34!	0.37	0.54
Δ1.1(0) , Λ 17(0), κ	0.94	1.46!	0.38	0.58
Δ1.4(0) , Λ 18(0), κ	0.81	1.28!	0.55	0.84
Δ1.4(0) , Λ 19(0), κ	0.92	1.38!	0.53	0.83
Δ2.3(0) , Λ 27(0), κ	0.86	1.28!	0.52	0.71
Δ2.3(0) , Λ 31(0), κ	0.77	1.22!	0.55	0.75
Δ2.6(0) , Λ 32(0), κ	0.62	0.93	0.46	0.62
Δ2.6(0) , Λ 24(0), κ	0.42	0.78	0.45	0.59
Δ3.1(0) , Λ 28(0), κ	0.43	0.79	0.30	0.39
Δ3.1(0) , Λ 30(0), κ	0.57	0.85	0.30	0.40
Δ3.4(0) , Λ 29(0), κ	0.68	0.98	0.29	0.40
Δ3.4(0) , Λ 15(0), κ	0.73	0.98	0.30	0.42
Δ4.1(0) , Λ 31(0), κ	0.32	0.59	0.33	0.42
Δ4.1(0) , 8(0), κ	0.47	0.82	0.37	0.48
Δ4.2(0) , 8(0), κ	0.39	0.77	0.34	0.46
Δ4.3(0) , 6(0), κ	0.77	1.12!	0.50	0.75
Δ4.4(0) , 6(0), κ	0.78	1.21!	0.32	0.44
Δ4.4(0) , Λ 18(0), κ	0.47	0.90	0.31	0.40
Δ5.1(0) , Λ 20(0), κ	0.57	0.83	0.30	0.41
Δ5.2(0) , Λ 21(0), κ	0.74	0.98	0.37	0.56
Δ5.5(0) , Λ 22(0), κ	0.87	1.15!	0.45	0.69
Δ5.6(0) , Λ 23(0), κ	0.76	0.98	0.32	0.45
Δ6.1(0) , Λ 38(0), κ	0.18	0.21	0.29	0.43
Δ6.1(0) , 10(0), κ	0.41	0.76	0.38	0.53
Δ6.2(0) , 10(0), κ	0.54	0.86	0.37	0.48
Δ6.2(0) , 8(0), κ	0.64	1.07!	0.44	0.73
Δ7.1(0) , Λ 36(0), κ	0.39	0.74	0.26	0.32
Δ7.1(0) , 7(0), κ	0.69	1.09!	0.29	0.42
Δ7.2(0) , 7(0), κ	0.64	0.98	0.31	0.47
Δ7.2(0) , Λ 37(0), κ	0.23	0.30	0.24	0.30
Δ8.1(0) , 7(0), κ	0.39	0.67	0.19	0.25
Δ8.1(0) , 10(0), κ	0.19	0.51	0.17	0.21

Δ1.1(1) , Λ 16(1), κ	0.82	1.30!	0.45	0.71
Δ1.1(1) , Λ 17(1), κ	0.90	1.38!	0.47	0.78
Δ1.4(1) , Λ 18(1), κ	0.75	1.17!	0.60	0.88
Δ1.4(1) , Λ 19(1), κ	0.87	1.29!	0.57	0.87
Δ2.3(1) , Λ 27(1), κ	0.77	1.16!	0.55	0.74
Δ2.3(1) , Λ 31(1), κ	0.64	1.07!	0.60	0.84
Δ2.6(1) , Λ 32(1), κ	0.59	0.88	0.49	0.69
Δ2.6(1) , Λ 24(1), κ	0.43	0.80	0.49	0.67
Δ3.1(1) , Λ 28(1), κ	0.45	0.80	0.31	0.42
Δ3.1(1) , Λ 30(1), κ	0.54	0.81	0.30	0.42
Δ3.4(1) , Λ 29(1), κ	0.65	0.95	0.31	0.41
Δ3.4(1) , Λ 15(1), κ	0.64	0.95	0.31	0.42
Δ4.1(1) , Λ 31(1), κ	0.29	0.54	0.36	0.49
Δ4.1(1) , 8(1), κ	0.36	0.61	0.42	0.52
Δ4.2(1) , 8(1), κ	0.29	0.57	0.35	0.44
Δ4.3(1) , 6(1), κ	0.67	0.98	0.50	0.72
Δ4.4(1) , 6(1), κ	0.81	1.23!	0.40	0.61
Δ4.4(1) , Λ 18(1), κ	0.43	0.85	0.37	0.47
Δ5.1(1) , Λ 20(1), κ	0.53	0.80	0.30	0.40
Δ5.2(1) , Λ 21(1), κ	0.71	0.98	0.36	0.55
Δ5.5(1) , Λ 22(1), κ	0.86	1.12!	0.47	0.71
Δ5.6(1) , Λ 23(1), κ	0.69	0.99	0.33	0.47
Δ6.1(1) , Λ 38(1), κ	0.16	0.20	0.28	0.42
Δ6.1(1) , 10(1), κ	0.34	0.59	0.36	0.48
Δ6.2(1) , 10(1), κ	0.45	0.73	0.36	0.45
Δ6.2(1) , 8(1), κ	0.53	0.90	0.38	0.58
Δ7.1(1) , Λ 36(1), κ	0.34	0.61	0.25	0.30
Δ7.1(1) , 7(1), κ	0.61	0.95	0.29	0.40
Δ7.2(1) , 7(1), κ	0.52	0.80	0.30	0.40
Δ7.2(1) , Λ 37(1), κ	0.21	0.26	0.23	0.31
Δ8.1(1) , 7(1), κ	0.31	0.54	0.17	0.24
Δ8.1(1) , 10(1), κ	0.12	0.29	0.16	0.20
Δ1.1(2) , Λ 16(2), κ	0.21	0.41	0.44	0.67
Δ1.1(2) , Λ 17(2), κ	0.36	0.70	0.53	0.75
Δ1.4(2) , Λ 18(2), κ	0.26	0.52	0.64	0.83
Δ1.4(2) , Λ 19(2), κ	0.40	0.74	0.61	0.87
Δ2.3(2) , Λ 27(2), κ	0.44	0.82	0.61	0.81
Δ2.3(2) , Λ 31(2), κ	0.38	0.80	0.66	0.86
Δ2.6(2) , Λ 32(2), κ	0.29	0.60	0.52	0.68
Δ2.6(2) , Λ 24(2), κ	0.16	0.41	0.43	0.59

Δ3.1(2) , Λ 28(2), κ	0.16	0.25	0.26	0.36
Δ3.1(2) , Λ 30(2), κ	0.29	0.58	0.29	0.39
Δ3.4(2) , Λ 29(2), κ	0.43	0.73	0.39	0.48
Δ3.4(2) , Λ 15(2), κ	0.46	0.79	0.38	0.50
Δ4.1(2) , Λ 31(2), κ	0.15	0.21	0.27	0.32
Δ4.1(2) , 8(2), κ	0.05	0.06	0.37	0.42
Δ4.2(2) , 8(2), κ	0.07	0.06	0.39	0.44
Δ4.3(2) , 6(2), κ	0.05	0.06	0.44	0.48
Δ4.4(2) , 6(2), κ	0.20	0.28	0.33	0.48
Δ4.4(2) , Λ 18(2), κ	0.10	0.17	0.20	0.32
Δ5.1(2) , Λ 20(2), κ	0.20	0.45	0.20	0.27
Δ5.2(2) , Λ 21(2), κ	0.37	0.76	0.30	0.43
Δ5.5(2) , Λ 22(2), κ	0.43	0.80	0.53	0.69
Δ5.6(2) , Λ 23(2), κ	0.49	0.84	0.44	0.57
Δ6.1(2) , Λ 38(2), κ	0.11	0.15	0.23	0.35
Δ6.1(2) , 10(2), κ	0.17	0.23	0.33	0.39
Δ6.2(2) , 10(2), κ	0.20	0.37	0.31	0.43
Δ6.2(2) , 8(2), κ	0.12	0.23	0.25	0.38
Δ7.1(2) , Λ 36(2), κ	0.11	0.16	0.18	0.23
Δ7.1(2) , 7(2), κ	0.12	0.25	0.26	0.31
Δ7.2(2) , 7(2), κ	0.16	0.16	0.28	0.32
Δ7.2(2) , Λ 37(2), κ	0.10	0.11	0.16	0.23
Δ8.1(2) , 7(2), κ	0.14	0.21	0.12	0.17
Δ8.1(2) , 10(2), κ	0.04	0.04	0.11	0.16

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπήs

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ1.1(0)	Κύριο	0.94
NC	Δ1.1(0)	Κύριο	1.46!

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ2.3(2)	Κύριο	0.66
NC	Δ1.4(1)	Κύριο	0.88

Λόγοι επάρκειας υποστηλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD	NC		SD	NC
	λ	λ		λν	
<u>K1(0)</u> , κάτω, κ	0.62	1.26!	sls:	-	0.42
<u>K1(0)</u> , άνω, κ	0.21	0.25	z:	0.44	0.65
<u>K1(1)</u> , κάτω, κ	0.19	0.22	sls:	-	-
<u>K1(1)</u> , άνω, κ	0.30	0.34	z:	0.32	0.48
<u>K1(2)</u> , κάτω, κ	0.16	0.16	sls:	-	-
<u>K1(2)</u> , άνω, κ	0.37	0.48	z:	0.07	0.09
<u>K2(0)</u> , κάτω, κ	0.45	0.98	sls:	-	0.47
<u>K2(0)</u> , άνω, κ	0.18	0.20	z:	0.35	0.52
<u>K2(1)</u> , κάτω, κ	0.22	0.25	sls:	-	-
<u>K2(1)</u> , άνω, κ	0.25	0.28	z:	0.30	0.38
<u>K2(2)</u> , κάτω, κ	0.14	0.17	sls:	-	-
<u>K2(2)</u> , άνω, κ	0.27	0.29	z:	0.24	0.27
<u>K3(0)</u> , κάτω, κ	0.50	0.99	sls:	0.31	0.41
<u>K3(0)</u> , άνω, κ	0.22	0.23	z:	0.41	0.53
<u>K3(1)</u> , κάτω, κ	0.22	0.19	sls:	-	-
<u>K3(1)</u> , άνω, κ	0.33	0.31	z:	0.30	0.46
<u>K3(2)</u> , κάτω, κ	0.23	0.28	sls:	-	0.14
<u>K3(2)</u> , άνω, κ	0.58	0.76	z:	0.18	0.22
<u>K4(0)</u> , κάτω, κ	0.68	1.42!	sls:	0.27	0.45
<u>K4(0)</u> , άνω, κ	0.32	0.32	z:	0.49	0.70
<u>K4(1)</u> , κάτω, κ	0.31	0.29	sls:	-	-
<u>K4(1)</u> , άνω, κ	0.43	0.44	z:	0.36	0.54
<u>K4(2)</u> , κάτω, κ	0.24	0.22	sls:	-	-
<u>K4(2)</u> , άνω, κ	0.41	0.43	z:	0.08	0.11
<u>K5(0)</u> , κάτω, κ	0.43	0.75	sls:	-	0.40
<u>K5(0)</u> , άνω, κ	0.16	0.17	z:	0.37	0.46
<u>K5(1)</u> , κάτω, κ	0.17	0.15	sls:	-	-
<u>K5(1)</u> , άνω, κ	0.27	0.30	z:	0.26	0.39
<u>K5(2)</u> , κάτω, κ	0.20	0.23	sls:	-	-
<u>K5(2)</u> , άνω, κ	0.47	0.59	z:	0.13	0.15
<u>K6(0)</u> , κάτω, κ	0.23	0.34	y:	0.06	0.12
<u>K6(0)</u> , άνω, κ	0.09	0.10	z:	0.16	0.26
<u>K6(1)</u> , κάτω, κ	0.11	0.10	y:	0.05	0.07
<u>K6(1)</u> , άνω, κ	0.15	0.16	z:	0.11	0.11
<u>K6(2)</u> , κάτω, κ	0.08	0.09	y:	0.04	0.06
<u>K6(2)</u> , άνω, κ	0.24	0.37	z:	0.15	0.23
<u>K7(0)</u> , κάτω, κ	0.18	0.28	y:	0.11	0.19
<u>K7(0)</u> , άνω, κ	0.04	0.06	z:	0.15	0.25

K7(2) , κάτω, κ	0.07	0.10	γ:	0.08	0.15
K7(2) , άνω, κ	0.16	0.23	z:	0.10	0.19
K8(0) , κάτω, κ	0.17	0.24	γ:	0.12	0.18
K8(0) , άνω, κ	0.06	0.08	z:	0.16	0.25
K8(1) , κάτω, κ	0.12	0.10	γ:	0.13	0.16
K8(1) , άνω, κ	0.16	0.18	z:	0.16	0.20
K8(2) , κάτω, κ	0.10	0.11	γ:	0.10	0.18
K8(2) , άνω, κ	0.18	0.30	z:	0.15	0.23
K9(0) , κάτω, κ	0.44	0.80	sls:	-	0.46
K9(0) , άνω, κ	0.19	0.21	z:	0.34	0.55
K9(1) , κάτω, κ	0.28	0.30	sls:	-	-
K9(1) , άνω, κ	0.31	0.33	z:	0.34	0.46
K9(2) , κάτω, κ	0.22	0.24	sls:	-	0.10
K9(2) , άνω, κ	0.35	0.46	z:	0.22	0.24
K10(0) , κάτω, κ	0.21	0.31	γ:	0.08	0.14
K10(0) , άνω, κ	0.11	0.14	z:	0.18	0.28
K10(1) , κάτω, κ	0.15	0.16	γ:	0.06	0.10
K10(1) , άνω, κ	0.19	0.22	z:	0.15	0.18
K10(2) , κάτω, κ	0.11	0.14	γ:	0.05	0.10
K10(2) , άνω, κ	0.18	0.29	z:	0.13	0.22
K11(0) , κάτω, κ	0.52	0.95	sls:	-	0.41
K11(0) , άνω, κ	0.12	0.13	z:	0.36	0.54
K11(1) , κάτω, κ	0.14	0.14	sls:	-	-
K11(1) , άνω, κ	0.20	0.23	z:	0.28	0.37
K11(2) , κάτω, κ	0.07	0.11	sls:	-	-
K11(2) , άνω, κ	0.24	0.22	z:	0.18	0.21
K12(0) , κάτω, κ	0.51	0.98	sls:	-	0.46
K12(0) , άνω, κ	0.13	0.14	z:	0.42	0.60
K12(1) , κάτω, κ	0.14	0.15	sls:	-	-
K12(1) , άνω, κ	0.22	0.23	z:	0.29	0.39
K12(2) , κάτω, κ	0.05	0.09	sls:	-	-
K12(2) , άνω, κ	0.25	0.26	z:	0.23	0.24

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K4(0)	Κύριο	0.68
NC	K4(0)	Κύριο	1.42!

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K4(0)	Κύριο	0.49
NC	K4(0)	Κύριο	0.70

Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]
1.15G+1.50Q	0	0,00	29,81	-	-	29,81	42,83	0,70
1.15G+1.50Q	17	0,00	24,90	-	-	24,90	29,82	0,83
1.15G+1.50Q	16	0,00	-32,56	-	-	-32,56	-26,67	1,22

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEdmax [kN]	VRdMax [kN]	Θέση [/]	VEd [kN]	VRdc [kN]	VRds [kN]	cotθ [/]	λ [/]
1.15G+1.50Q	16	65,77	176,88	0,45	50,24	29,76	176,88	1,72	0,37
1.15G+1.50QB	17	-34,75	176,88	0,45	-19,22	29,76	176,88	1,72	0,20

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Περιορισμός Τάσεων [EC2-1-1 §7.2]

Φορτ [/]	Κόμβ [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	As1_pr [cm ²]	As2_pr [cm ²]	σc [MPa]	<	k1*fc [MPa]	σs [MPa]	<	k3*fy [MPa]	Προσθ.1 [/]	Προσθ.2 [/]
1.00G+1.00Q	0	23,11	0,00	4,52	4,52	1,5	<	8,6	120,5	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	16	-25,19	0,00	3,07	3,07	4,5	<	8,6	201,2	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	17	18,84	0,00	3,07	3,07	1,5	<	8,6	143,4	<	201,6	.	.

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Συνθήκη απαλλαγής αναλυτικού υπολογισμού βέλους [EC2-1-1 §7.4]

l [m]	d [m]	κ [/]	Θέση [/]	ρ0 [o/oo]	ρ1_ca [o/oo]	ρ2_ca [o/oo]	l/d [/]	<	(l/d)lim [/]
3,13	0,45	1,30	0	3,651	0,702	0,000	7,0	<	200,0

Εικόνα 64 Δοκός: Δ1.1, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]
1.15G+1.50QC	18	0,00	-43,30	-	-	-43,30	-68,18	0,63
1.15G+1.50QA	0	0,00	32,73	-	-	32,73	53,97	0,61
1.15G+1.50QD	19	0,00	-76,92	-	-	-76,92	-34,30	2,24

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEdmax [kN]	VRdMax [kN]	Θέση [/]	VEd [kN]	VRdc [kN]	VRds [kN]	cotθ [/]	λ [/]
1.15G+1.50QA	18	72,05	163,46	0,45	56,70	32,56	163,46	1,99	0,44
1.15G+1.50QD	19	-86,83	163,46	0,45	-71,48	32,56	163,46	1,99	0,53

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Περιορισμός Τάσεων [EC2-1-1 §7.2]

Φορτ [/]	Κόμβ [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	As1_pr [cm ²]	As2_pr [cm ²]	σc [MPa]	<	k1*fc [MPa]	σs [MPa]	<	k3*fy [MPa]	Προσθ.1 [/]	Προσθ.2 [/]
1.00G+1.00Q	0	25,50	0,00	5,65	5,65	1,3	<	8,6	106,1	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	18	-30,61	0,00	4,02	4,02	2,9	<	8,6	19,2	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	19	-59,48	0,00	4,02	4,02	8,2	<	8,6	264,5	?	201,6	.	.

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Συνθήκη απαλλαγής αναλυτικού υπολογισμού βέλους [EC2-1-1 §7.4]

l [m]	d [m]	κ [/]	Θέση [/]	ρ0 [o/oo]	ρ1_ca [o/oo]	ρ2_ca [o/oo]	l/d [/]	<	(l/d)lim [/]
5,05	0,45	1,30	0	3,651	0,546	0,000	11,3	<	200,0

Εικόνα 65 Δοκός: Δ1.4, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]
1.15G+1.50QC	6	0,00	-55,85	-	-	-55,85	-26,67	2,09

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEdmax [kN]	VRdMax [kN]	Θέση [/]	VEd [kN]	VRdc [kN]	VRds [kN]	cotθ [/]	λ [/]
1.35G+1.05QC	6	-93,41	184,16	0,18	-88,67	29,76	184,16	1,58	0,51

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Περιορισμός Τάσεων [EC2-1-1 §7.2]

Φορτ [/]	Κόμβ [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	As1_pr [cm²]	As2_pr [cm²]	σc [MPa]	<	k1*fc [MPa]	σs [MPa]	<	k3*fy [MPa]	Προσθ.1 [/]	Προσθ.2 [/]
1.00G+1.00Q	6	-40,89	0,00	3,07	3,07	7,3	<	8,6	326,5	?	201,6	.	.

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Συνθήκη απαλλαγής αναλυτικού υπολογισμού βέλους [EC2-1-1 §7.4]

l [m]	d [m]	K [/]	Θέση [/]	ρ0 [o/oo]	ρ1_ca [o/oo]	ρ2_ca [o/oo]	l/d [/]	<	(l/d)lim [/]
4,93	0,45	1,50	0	3,651	0,001	0,000	11,0	<	200,0

Εικόνα 66 Δοκός: Δ4.3, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]
1.35G+1.05QB	36	0,00	8,80	-	-	8,80	24,86	0,35
1.15G+1.50QE	0	0,00	17,77	-	-	17,77	43,15	0,41
1.15G+1.50QD	7	0,00	-35,24	-	-	-35,24	-19,97	1,76

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEdmax [kN]	VRdMax [kN]	Θέση [/]	VEd [kN]	VRdc [kN]	VRds [kN]	cotθ [/]	λ [/]
1.15G+1.50QE	36	27,10	157,64	0,45	17,26	26,87	157,64	2,11	0,17
1.35G+1.05Q	7	-46,44	157,64	0,45	-36,35	26,87	157,64	2,11	0,29

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Περιορισμός Τάσεων [EC2-1-1 §7.2]

Φορτ [/]	Κόμβ [/]	MEd [kNm]	NEd [kN]	As1_pr [cm²]	As2_pr [cm²]	σc [MPa]	<	k1*fc [MPa]	σs [MPa]	<	k3*fy [MPa]	Προσθ.1 [/]	Προσθ.2 [/]
1.00G+1.00Q	0	11,94	0,00	4,52	4,52	0,7	<	8,6	62,1	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	36	6,90	0,00	2,26	2,26	0,6	<	8,6	70,7	<	201,6	.	.
1.00G+1.00Q	7	-25,76	0,00	2,26	2,26	5,3	<	8,6	276,8	?	201,6	.	.

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Συνθήκη απαλλαγής αναλυτικού υπολογισμού βέλους [EC2-1-1 §7.4]

l [m]	d [m]	K [/]	Θέση [/]	ρ0 [o/oo]	ρ1_ca [o/oo]	ρ2_ca [o/oo]	l/d [/]	<	(l/d)lim [/]
3,33	0,45	1,30	0	3,651	0,378	0,000	7,4	<	200,0

Εικόνα 67 Δοκός: Δ7.1, Όροφος 0. Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας υπό στατικά φορτία ορόφου 0.

Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων

Στάθμη επιτελεστικότητας SD

1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+7.1cm -6.9cm	$0^{\circ}\text{-}30\%\text{:}270^{\circ}\text{+eZ, Ιδιομορφική}$ $180^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{-eZ, Ιδιομορφική}$	Z: +7.3cm -7.1cm
			$90^{\circ}\text{-}30\%\text{:}180^{\circ}\text{+eX, Ιδιομορφική}$ $270^{\circ}\text{+}30\%\text{:}0^{\circ}\text{-eX, Ιδιομορφική}$
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.97	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (= a_n) =$	1.19	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	max $\mu_d =$	1.19	$0^{\circ}\text{-}30\%\text{:}270^{\circ}\text{+eZ, Ιδιομορφική}$
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (= a_n)$ και υπεραντοχής $q_s (= a_y)$	$q_u =$	1.18	$q_s =$ 8.48
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	min q =	$q_u \cdot q_s =$	10.03
			$180^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{-eZ, Ομοίωμορφη}$
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	max $C_1 =$	$\mu_d / q_u =$	1.00
	$= 1.17 / 1.17 =$		$270^{\circ}\text{-}30\%\text{:}180^{\circ}\text{-eX, Ιδιομορφική}$
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{max} = 1$			
	max $a_g(SD) =$	0.161	$0^{\circ}\text{-}30\%\text{:}270^{\circ}\text{-eZ, Ιδιομορφική}$
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max T_R / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \therefore \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$	$\max T_R(SD) = (0.161/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	143 έτη > 72 (ok) [EC8-2 (A.3)]
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P = 1 - e^{-T_L / \max T_R}$	P(SD) = 1 - e^{-50/143} =	29.43% < 50% (ok) [EC8-1§2.1(1)]
Στόχος που ικανοποιείται:	B2 : P(SD) < 50%		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Εικόνα 68 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Στάθμη επιτελεστικότητας NC

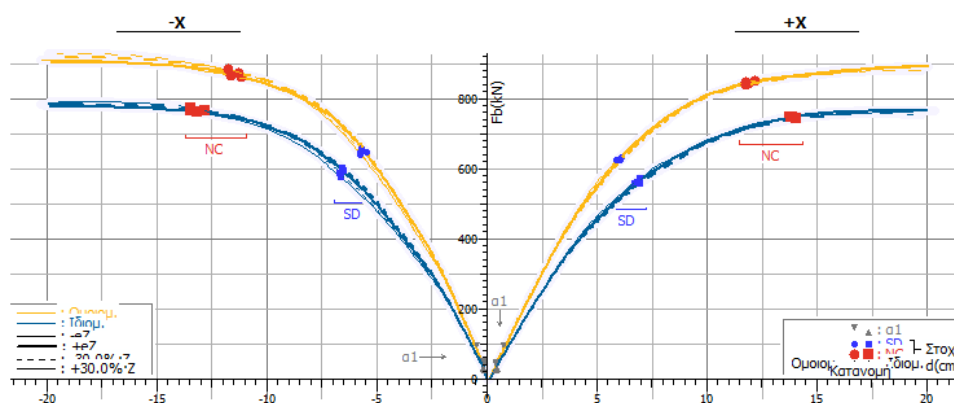
1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+14.3cm -13.8cm	$0^{\circ}\text{-}30\%\text{:}270^{\circ}\text{+eZ, Ιδιομορφική}$ $180^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{-eZ, Ιδιομορφική}$	Z: +14.6cm -14.2cm
			$90^{\circ}\text{-}30\%\text{:}180^{\circ}\text{+eX, Ιδιομορφική}$ $270^{\circ}\text{+}30\%\text{:}0^{\circ}\text{-eX, Ιδιομορφική}$
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	1.02	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (= a_n) =$	1.65	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	max $\mu_d =$	1.65	$270^{\circ}\text{+}30\%\text{:}0^{\circ}\text{+eX, Ιδιομορφική}$
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (= a_n)$ και υπεραντοχής $q_s (= a_y)$	$q_u =$	1.33	$q_s =$ 9.33
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	min q =	$q_u \cdot q_s =$	12.44
			$180^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{-eZ, Ομοίωμορφη}$
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	max $C_1 =$	$\mu_d / q_u =$	1.00
	$= 1.61 / 1.61 =$		$270^{\circ}\text{-}30\%\text{:}180^{\circ}\text{-eX, Ιδιομορφική}$
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{max} = 1$			
	max $a_g(NC) =$	0.209	$0^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{-eZ, Ιδιομορφική}$
	max $a_g(VR) >$	0.420	$180^{\circ}\text{+}30\%\text{:}90^{\circ}\text{+eZ, Ιδιομορφική}$
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς NC	$\max T_R / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \therefore \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$	$\max T_R(NC) = (0.209/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	313 έτη < 475 ! [EC8-2 (A.3)]
Περίοδος επαναφοράς VR	$\max T_R(VR) > (0.420/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	2542 έτη	> 475 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	$P = 1 - e^{-T_L / \max T_R}$	P(NC) = 1 - e^{-50/313} =	14.78% > 10% ! [EC8-1§2.1(1)]
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	P(VR) < 1 - e^{-50/2542} =	1.95%	< 10% (ok)
Στόχος που ικανοποιείται:	G2 : P(NC), P(VR) < 50%		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Εικόνα 69 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

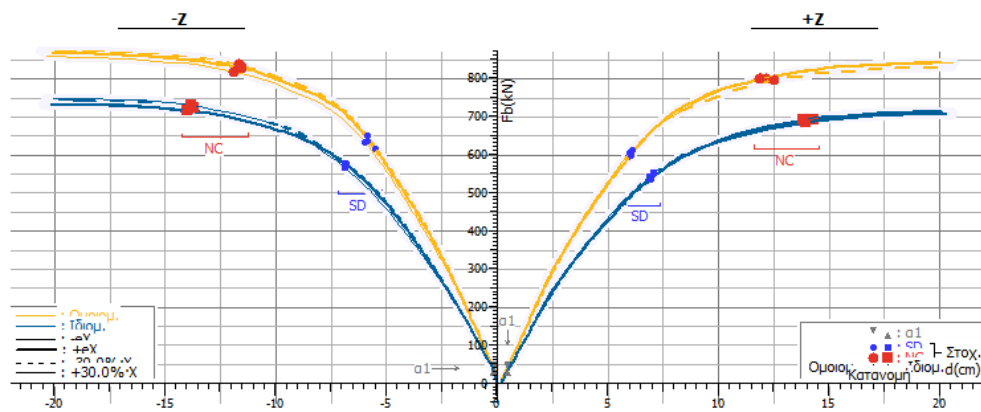
Στους συγκεντρωτικούς πίνακες εντοπίζουμε τα εξής αποτελέσματα:

- Τη στοχευόμενη μετακίνηση $d_{tτων}$ τεσσάρων διευθύνσεων σε επίπεδο κάτοψης.
- Τη στοχευόμενη πλαστιμότητα $max_{μd}$, για την περίπτωση ανασχεδιασμού. Προκύπτει από την περίοδο του μονοβάθμιου συστήματος $T^*(s)$ και το συντελεστή συμπεριφοράς της πλαστιμότητας $μ$.
- Το συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς $μ_{inh}$ βάσει της πλαστιμότητας $μ$ και της υπεραντοχής q_s
- Το λόγο των ανελαστικών μετατοπίσεων max_{C1}
- Τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $max_{αg}$ που αντέχει η κατασκευή.
- Την περίοδο επαναφοράς του σεισμού max_{TR} καθώς και την πιθανότητα υπέρβασης του φαινομένου.

Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων



Εικόνα 70 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων -+ X. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 71 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαιτήσης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων +Z. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Συμπέρασμα αποτίμησης

Πραγματοποιήθηκε αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής με την μέθοδο της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (Pushover). Οι δυσμενέστεροι λόγοι επάρκειας που προέκυψαν με τιμές λ που ξεπερνούν τη μονάδα φανερώνουν τα πλέον εύρωτα δομικά μέλη της κατασκευής. Τα μέλη αυτά πρέπει να ενισχυθούν.

Οι δυσμενέστεροι λόγοι επάρκειας των δοκών προέκυψαν για στάθμη επιτελεστικότητας NC (αποφυγή κατάρρευσης). Συγκεκριμένα οι δυσμενέστεροι λόγοι με λ μεγαλύτερο της μονάδας προέκυψαν για 8 μέλη δοκών στη στάθμη του ισογείου, Δ1.1(0), Δ1.4(0), Δ2.3(0), Δ4.3(0), Δ4.4(0), Δ5.5(0), Δ6.2(0), Δ7.1(0) και 5 μέλη δοκών στη στάθμη του πρώτου ορόφου, Δ1.1(1), Δ1.4(1), Δ2.3(1), Δ4.4(1), Δ5.5(1). Μέγιστο λόγο επάρκειας σε έλεγχο ροπής παρουσίασε η δοκός του ισογείου Δ1.1(0) για στάθμη επιτελεστικότητας NC με $\lambda=1.46$ και μέγιστο λόγο επάρκειας σε έλεγχο διάτμησης η Δ1.4(1) του πρώτου ορόφου για στάθμη επιτελεστικότητας NC με $\lambda=0.88 < 1$.

Επιπλέον, οι δυσμενέστεροι λόγοι επάρκειας των υποστυλωμάτων επίσης προκύπτουν για στάθμη επιτελεστικότητας NC. Ειδικότερα οι δυσμενέστεροι λόγοι με λ μεγαλύτερο της μονάδας προέκυψαν για 2 μέλη υποστυλωμάτων στη στάθμη του ισογείου, K1(0) και K4(0). Μέγιστο λόγο επάρκειας σε έλεγχο ροπής παρουσίασε το υποστύλωμα του ισογείου K4(0) για στάθμη επιτελεστικότητας NC με $\lambda=1.42$ και μέγιστο λόγο επάρκειας σε έλεγχο διάτμησης το ίδιο υποστύλωμα για στάθμη επιτελεστικότητας NC με $\lambda=0.70 < 1$.

Συμπεραίνουμε ότι πρέπει να ενισχυθούν έναντι κάμψης οι δοκοί του ισογείου, Δ1.1 (0), Δ1.4(0), Δ2.3(0), Δ4.3(0), Δ4.4(0), Δ5.5(0), Δ6.2(0), Δ7.1(0) και του πρώτου ορόφου, Δ1.1(1), Δ1.4(1), Δ2.3(1), Δ4.4(1), Δ5.5(1). Ακόμα απαιτείται ενίσχυση έναντι κάμψης για τα υποστυλώματα του ισογείου, K1(0) και K4(0).

Τέλος σύμφωνα με τους συγκεντρωτικούς πίνακες για τις στάθμες επιτελεστικότητας φαίνεται ότι ικανοποιείται ο στόχος B2 με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη και μέση περίοδο επαναφοράς 70 έτη. Στην περίπτωση μας η πιθανότητα υπέρβασης SD στα 50 έτη είναι 29.43% μικρότερο του 50% . Ωστόσο, ο στόχος Γ1 με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη και μέση περίοδο επαναφοράς 457 έτη δεν ικανοποιείται. Πιο συγκεκριμένα η πιθανότητα υπέρβασης NC στα 50 έτη είναι 14.78% μεγαλύτερο του 10% . Επομένως η υφιστάμενη κατασκευή κατόπιν της προσθήκης ορόφου χρίζει ενισχύσεων στα προαναφερθέντα μέλη με ανεπάρκειες έναντι κάμψεως καθώς δεν εκπληρώνεται ο στόχος σχεδιασμού Γ1, αποφυγή κατάρρευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ & ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΟΥ

Η αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής χωρίς την προσθήκη ορόφου αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της πτυχιακής μου εργασίας στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών του πρώην ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας με τη συμφοιτήριά μου Μαζαράκου Παρασκευή. Ο τίτλος της εργασίας «Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.». Το κτήριο διαθέτει κατηγορία σπουδαιότητας II, δηλαδή συντελεστή $\gamma=1$. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της αποτίμησης της κατασκευής με την προσθήκη ορόφου και χωρίς αυτή είναι μια αξιολογή ενέργεια. Με την σύγκριση των αποτελεσμάτων αναδεικνύεται ο τρόπος επίδρασης της προσθήκης στην κατασκευή. Ο επιπλέον όροφος δημιουργεί αύξηση της μάζας της κατασκευής. Επομένως οι αδρανειακές δυνάμεις λόγω σεισμού είναι μεγαλύτερες. Τέλος δημιουργούνται αυξημένες σεισμικές ροπές στα οριζόντια και τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία της κατασκευής.

Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος	Κ/Δ	ΑΔΙ Αρχής	ΑΔΙ Τέλους	ΑΣΔ Αρχής	ΑΣΔ Τέλους	ΛΙΣ Αρχής	ΛΙΣ Τέλους	λ VRy Αρχής	λ VRy Τέλους
Δ1.1(-1)	Κύριο	-	-	0.04	0.19	0.06	0.20	0.34	0.28
Δ1.4(-1)	Κύριο	-	-	0.16	0.15	0.19	0.13	0.29	0.32
Δ2.3(-1)	Κύριο	-	-	0.17	0.21	0.16	0.23	0.43	0.33
Δ2.6(-1)	Κύριο	-	-	0.15	0.04	0.19	0.05	0.21	0.26
Δ3.1(-1)	Κύριο	-	-	0.03	0.12	0.05	0.13	0.20	0.19
Δ3.4(-1)	Κύριο	-	-	0.16	0.15	0.16	0.14	0.26	0.26
Δ4.1(-1)	Κύριο	-	-	0.03	0.03	0.04	0.04	0.14	0.16
Δ4.2(-1)	Κύριο	-	-	0.03	-	0.05	-	0.20	-
Δ4.3(-1)	Κύριο	-	-	-	0.01	-	0.02	-	0.18
Δ4.4(-1)	Κύριο	-	-	0.06	0.04	0.08	0.06	0.19	0.17
Δ5.1(-1)	Κύριο	-	-	0.07	-	0.07	-	0.18	-
Δ5.2(-1)	Κύριο	-	-	-	0.11	-	0.10	-	0.21
Δ5.5(-1)	Κύριο	-	-	0.12	-	0.12	-	0.29	-
Δ5.6(-1)	Κύριο	-	-	-	0.15	-	0.13	-	0.26
Δ6.2(-1)	Κύριο	-	-	0.07	0.05	0.09	0.07	0.21	0.17
Δ7.1(-1)	Κύριο	-	-	0.04	0.04	0.05	0.06	0.11	0.52
Δ8.1(-1)	Κύριο	-	-	0.03	0.02	0.05	0.02	0.12	0.12
Δ33.1(-1)	Κύριο	-	-	0.03	0.06	0.04	0.07	0.13	0.69
Δ34.1(-1)	Κύριο	-	-	0.06	0.05	0.06	0.06	0.12	0.58
Δ35.1(-1)	Κύριο	-	-	0.05	0.05	0.07	0.04	0.10	0.67
Δ36.1(-1)	Κύριο	-	-	0.09	0.05	0.08	0.06	0.13	0.65
Δ37.1(-1)	Κύριο	-	-	0.07	0.08	0.08	0.08	0.12	0.78
Δ38.1(-1)	Κύριο	-	-	0.04	0.07	0.05	0.07	0.12	0.63
Δ1.1(0)	Κύριο	-	-	0.74	0.60	1.13 !	0.92	0.47	0.43
Δ1.4(0)	Κύριο	-	-	0.62	0.69	0.98	1.09 !	0.68	0.73
Δ2.3(0)	Κύριο	-	-	0.68	0.51	0.99	0.86	0.61	0.56
Δ2.6(0)	Κύριο	-	-	0.44	0.34	0.69	0.66	0.55	0.55
Δ3.1(0)	Κύριο	-	-	0.37	0.41	0.65	0.62	0.36	0.35
Δ3.4(0)	Κύριο	-	-	0.53	0.53	0.77	0.76	0.35	0.34
Δ4.1(0)	Κύριο	-	-	0.23	0.26	0.48	0.48	0.39	0.40
Δ4.2(0)	Κύριο	-	-	0.24	-	0.41	-	0.36	-
Δ4.3(0)	Κύριο	-	-	-	0.50	-	0.86	-	0.58
Δ4.4(0)	Κύριο	-	-	0.46	0.24	0.80	0.66	0.47	0.39
Δ5.1(0)	Κύριο	-	-	0.41	-	0.70	-	0.37	-
Δ5.2(0)	Κύριο	-	-	-	0.51	-	0.81	-	0.46
Δ5.5(0)	Κύριο	-	-	0.68	-	0.95	-	0.58	-
Δ5.6(0)	Κύριο	-	-	-	0.59	-	0.84	-	0.39
Δ6.1(0)	Κύριο	-	-	0.07	0.25	0.11	0.41	0.40	0.42
Δ6.2(0)	Κύριο	-	-	0.34	0.46	0.60	0.79	0.41	0.52
Δ7.1(0)	Κύριο	-	-	0.24	0.45	0.49	0.79	0.28	0.34
Δ7.2(0)	Κύριο	-	-	0.41	0.10	0.71	0.18	0.37	0.28

Εικόνα 72 Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. Λογισμικό Fespa.

Δ8.1(0)	Κύριο	-	-	0.26	0.09	0.44	0.21	0.21	0.17
Δ1.1(1)	Κύριο	-	-	0.32	0.45	0.83	0.87	0.51	0.52
Δ1.4(1)	Κύριο	-	-	0.47	0.55	0.91	1.05 !	0.73	0.81
Δ2.3(1)	Κύριο	-	-	0.54	0.40	0.94	0.77	0.65	0.60
Δ2.6(1)	Κύριο	-	-	0.34	0.11	0.63	0.22	0.56	0.50
Δ3.1(1)	Κύριο	-	-	0.16	0.35	0.34	0.57	0.32	0.34
Δ3.4(1)	Κύριο	-	-	0.47	0.48	0.72	0.73	0.36	0.35
Δ4.1(1)	Κύριο	-	-	0.12	0.16	0.21	0.19	0.32	0.41
Δ4.2(1)	Κύριο	-	-	0.15	-	0.15	-	0.34	-
Δ4.3(1)	Κύριο	-	-	-	0.30	-	0.43	-	0.46
Δ4.4(1)	Κύριο	-	-	0.32	0.10	0.44	0.20	0.48	0.36
Δ5.1(1)	Κύριο	-	-	0.15	-	0.35	-	0.29	-
Δ5.2(1)	Κύριο	-	-	-	0.35	-	0.68	-	0.38
Δ5.5(1)	Κύριο	-	-	0.58	-	0.88	-	0.56	-
Δ5.6(1)	Κύριο	-	-	-	0.52	-	0.83	-	0.41
Δ6.1(1)	Κύριο	-	-	0.04	0.15	0.07	0.23	0.28	0.34
Δ6.2(1)	Κύριο	-	-	0.18	0.18	0.34	0.46	0.36	0.36
Δ7.1(1)	Κύριο	-	-	0.07	0.18	0.26	0.24	0.25	0.31
Δ7.2(1)	Κύριο	-	-	0.21	0.09	0.31	0.17	0.31	0.20
Δ8.1(1)	Κύριο	-	-	0.16	0.02	0.22	0.05	0.15	0.14

Σημείωση: Ο λόγος επάρκειας έναντι διάτμησης υπολογίζεται στη στάθμη: NC

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος στροφής.

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος [I]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [I]
DL	-	-	-
SD	Δ1.1(0)	Κύριο	0.74
NC	Δ1.1(0)	Κύριο	1.13

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης.

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος [I]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [I]
DL	-	-	-
SD	Δ37.1(-1)	Κύριο	0.62
NC	Δ1.4(1)	Κύριο	0.81

Εικόνα 73 Λόγοι επάρκειας δοκών χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. Λογισμικό Fespa.

Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων χωρίς την προσθήκη ορόφου

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

Μέλος	Κ/Δ	ΛΔΙ Αρχής	ΛΔΙ Τέλους	ΛSD Αρχής	ΛSD Τέλους	ΛNC Αρχής	ΛNC Τέλους	λ VRy	λ VRz
K1(0)	Κύριο	-	-	0.55	0.16	0.91	0.16	-	0.72
K1(1)	Κύριο	-	-	0.12	0.39	0.13	0.34	-	0.18
K2(0)	Κύριο	-	-	0.27	0.13	0.48	0.15	-	0.70
K2(1)	Κύριο	-	-	0.15	0.21	0.18	0.28	-	0.30
K3(0)	Κύριο	-	-	0.42	0.18	0.75	0.15	-	0.74
K3(1)	Κύριο	-	-	0.19	0.55	0.22	0.85	-	0.36
K4(0)	Κύριο	-	-	0.58	0.25	1.06 !	0.22	-	0.78
K4(1)	Κύριο	-	-	0.18	0.56	0.24	0.82	-	0.22
K5(0)	Κύριο	-	-	0.36	0.11	0.59	0.13	-	0.72
K5(1)	Κύριο	-	-	0.16	0.48	0.20	0.51	-	0.25
K6(0)	Κύριο	-	-	0.19	0.06	0.27	0.07	0.05	0.20
K6(1)	Κύριο	-	-	0.07	0.17	0.07	0.21	0.05	0.17
K7(0)	Κύριο	-	-	0.13	0.05	0.20	0.06	0.14	0.19
K7(1)	Κύριο	-	-	0.08	0.13	0.10	0.23	0.18	0.21
K8(0)	Κύριο	-	-	0.13	0.06	0.18	0.08	0.13	0.19
K8(1)	Κύριο	-	-	0.09	0.12	0.12	0.21	0.16	0.19
K9(0)	Κύριο	-	-	0.33	0.11	0.57	0.15	-	0.75
K9(1)	Κύριο	-	-	0.22	0.31	0.23	0.49	-	0.40
K10(0)	Κύριο	-	-	0.16	0.09	0.24	0.12	0.08	0.20
K10(1)	Κύριο	-	-	0.12	0.17	0.17	0.27	0.09	0.21
K11(0)	Κύριο	-	-	0.41	0.11	0.65	0.10	-	0.57
K11(1)	Κύριο	-	-	0.07	0.16	0.07	0.16	-	0.27
K12(0)	Κύριο	-	-	0.38	0.10	0.70	0.10	-	0.59
K12(1)	Κύριο	-	-	0.07	0.18	0.08	0.18	-	0.31

Σημείωση: Ο λόγος επάρκειας έναντι διάτμησης υπολογίζεται στη στάθμη: NC

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος στροφής.

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος [I]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [I]
DL	-	-	-
SD	K4(0)	Κύριο	0.58
NC	K4(0)	Κύριο	1.06

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης.

Στάθμη Επιτελεσιμότητας	Μέλος [I]	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας [I]
DL	-	-	-
SD	K4(0)	Κύριο	0.44
NC	K4(0)	Κύριο	0.78

Εικόνα 74 Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων χωρίς την προσθήκη ορόφου από την Πτυχιακή εργασία Αποτίμηση υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. Λογισμικό Fespa.

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα διαγραμμάτων Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β] Χωρίς την προσθήκη ορόφου

Στάθμη επιτελεστικότητας SD

1. Στοχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+3.6cm -3.6cm	<i>0°-30%·270° +eZ, Ιδιομορφική</i> <i>180°+30%·90° -eZ, Ιδιομορφική</i>	Z:
			+3.8cm -3.8cm
			<i>90°-30%·180° +eX, Ιδιομορφική</i> <i>270°+30%·0° -eX, Ιδιομορφική</i>
2. Στοχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.63	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_u (=q_n) =$	1.15	
Παράγοντας στοχευόμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.15 <i>180°+30%·90° -eZ, Ιδιομορφική</i>	
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_u (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_s (=q_u)$	$q_u =$	1.18	$q_s =$
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_u \cdot q_s$	= 11.68
			<i>180°+30%·90° +eZ, Ομοιόμορφη</i>
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_1 =$	= μ_d / q_u	= 1.00
	= 1.10 / 1.10		<i>270°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική</i>
5. Ικανότητα επάχυνσης για $\lambda_{max} = 1$			
	$\max a_g(SD) =$	0.167	<i>180°+30%·90° +eZ, Ιδιομορφική</i>
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
	$\max a_g / a_{gR} = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \therefore \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$		<i>[EC8-2 (A.3)]</i>
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max T_R(SD) = (0.167/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	161 έτη	> 72 (ok)
	$p = 1 - e^{-T_u/\max T_R}$		<i>[EC8-1§2.1(1)]</i>
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P(SD) = 1 - e^{-50/161} =$	26.73%	< 50% (ok)
Στόχος που ικανοποιείται:	B2 : P(SD) < 50%		<i>[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]</i>

Εικόνα 75 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Κτήριο χωρίς την προσθήκη ορόφου. Λογισμικό Fespa.

Στάθμη επιτελεστικότητας NC

1. Στοιχευόμενη μετακίνηση dt			
X:	+7.2cm -7.4cm	<i>0°-30%·270° +eZ, Ιδιομορφική</i> <i>180°+30%·90° -eZ, Ιδιομορφική</i>	Z: +7.5cm -7.5cm
			<i>90°-30%·180° +eX, Ιδιομορφική</i> <i>270°+30%·0° -eX, Ιδιομορφική</i>
2. Στοιχευόμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	T*(s) =	0.69	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	q _U (=q _n) =	1.47	
Παράγοντας στοιχευόμενης πλαστιμότητας	max μ _d =	1.47	<i>90°-30%·180° +eX, Ιδιομορφική</i>
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας q _U (=q _n) και υπεραντοχής q _S (=q _U)	q _U =	1.32	q _S = 9.90
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	min q =	q _U · q _S	= 13.06
			<i>180°+30%·90° +eZ, Ιδιομορφική</i>
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	max C ₁ =	μ _d / q _U	
	= 1.37 / 1.37	=	1.00
			<i>270°-30%·180° -eX, Ιδιομορφική</i>
5. Ικανότητα επίταχυνσης για λmax = 1			
	max a _g (NC) =	0.217	<i>180°+30%·90° +eZ, Ιδιομορφική</i>
	max a _g (VR) >	0.556	<i>90°+30%·0° +eX, Ιδιομορφική</i>
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς NC	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 VR	max T _R (NC) = (0.217/0.240) ^{3.0} · 475 =	349 έτη	< 475 !
	max T _R (VR) > (0.556/0.240) ^{3.0} · 475 =	5915 έτη	> 475 (ok)
	P = 1 - e ^{-T_R/max T_R}		[EC8-1§2.1(1)]
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	P(NC) = 1 - e ^{-50/349} =	13.33%	> 10% !
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	P(VR) < 1 - e ^{-50/5915} =	0.84%	< 10% (ok)
Στόχος που ικανοποιείται:	Γ2 : P(NC), P(VR) < 50%		[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Εικόνα 76 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαίτησης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Κτήριο χωρίς την προσθήκη ορόφου. Λογισμικό Fespa.

Συμπεράσματα σύγκρισης αποτελεσμάτων

Παρατηρούμε ότι ικανοποιείται ο στόχος B2 με πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 έτη με την προσθήκη ορόφου και χωρίς αυτήν στο κτήριο μας. Συγκεκριμένα η πιθανότητα υπέρβασης SD στα 50 έτη χωρίς την προσθήκη ορόφου είναι 26.73% μικρότερο του 50% και βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή με την προσθήκη ορόφου 29.43% μικρότερο του 50%.

Ο στόχος Γ1 με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη δεν ικανοποιούνταν εξ αρχής στην κατασκευή μας. Πιο αναλυτικά η πιθανότητα υπέρβασης NC στα 50 έτη είναι 13.33% μεγαλύτερο του 10% χωρίς την προσθήκη επιπλέον ορόφου και βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή υπέρβασης με την προσθήκη 14.78% μεγαλύτερο του 10%.

Γίνεται αντιληπτό ότι η προσθήκη ορόφου εντείνει τις ανεπάρκειες των μελών και δημιουργεί ανεπάρκειες σε επιπλέον μέλη. Ειδικότερα να σχολιάσουμε ότι χωρίς τον επιπλέον όροφο στο ισόγειο δεν επαρκούσαν 2 μέλη δοκών ενώ με την προσθήκη ορόφου δεν επαρκούν 8 μέλη δοκών και στον πρώτο όροφο χωρίς την προσθήκη ορόφου δεν επαρκούσε ένα μέλος δοκού ενώ τώρα δεν επαρκούν 5 δοκοί. Στα

υποστυλώματα μόνο ένα μέλος δεν επαρκούσε ενώ τώρα με την προσθήκη δεν επαρκούν δυο μέλη. Τέλος η προσθήκη ορόφου μας οδηγεί σε υψηλότερες τιμές λόγων επάρκειας και αρκετά δυσμενέστερες καθώς ξεπερνούν κατά πολύ τη μονάδα.

Η κατασκευή μας χρειάζεται ενίσχυση έναντι κάμψεως σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα ειδικά στο ενδεχόμενο της προσθήκης ενός ακόμα ορόφου ώστε να εκπληρώνει τους στόχους σχεδιασμού B2 και Γ1 για συνήθη κτήρια κατηγορίας σπουδαιότητας II.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ενίσχυση έναντι κάμψεως

Ο φορέας της υφιστάμενης κατασκευής παρουσιάζει ανάγκες ενίσχυσης έναντι κάμψεως όπως φανερώνεται και από το κεφάλαιο της αποτίμησης. Επιλέγεται η χρήση μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Ενίσχυση σε κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού

Σύμφωνα με την αποτίμηση απαιτείται ενίσχυση έναντι κάμψεως στα υποστυλώματα K1(0) και K4(0) του ισογείου ορόφου τα οποία παρουσιάζουν αυξημένους λόγους επάρκειας από τη μονάδα με $\lambda=1.26$ για το K1(0) και $\lambda=1.42$ για το K4(0).

Δεδομένα ενίσχυσης υποστυλωμάτων

Το τοιχείο ενισχύεται με μανδύα 10 εκατοστά εκτοξευόμενου σκυροδέματος C25/30 κατά 10cm. Το μέλος χαρακτηρίζεται Ενισχυόμενο.



Εικόνα 77 Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστυλώματος. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Υποστύλωμα

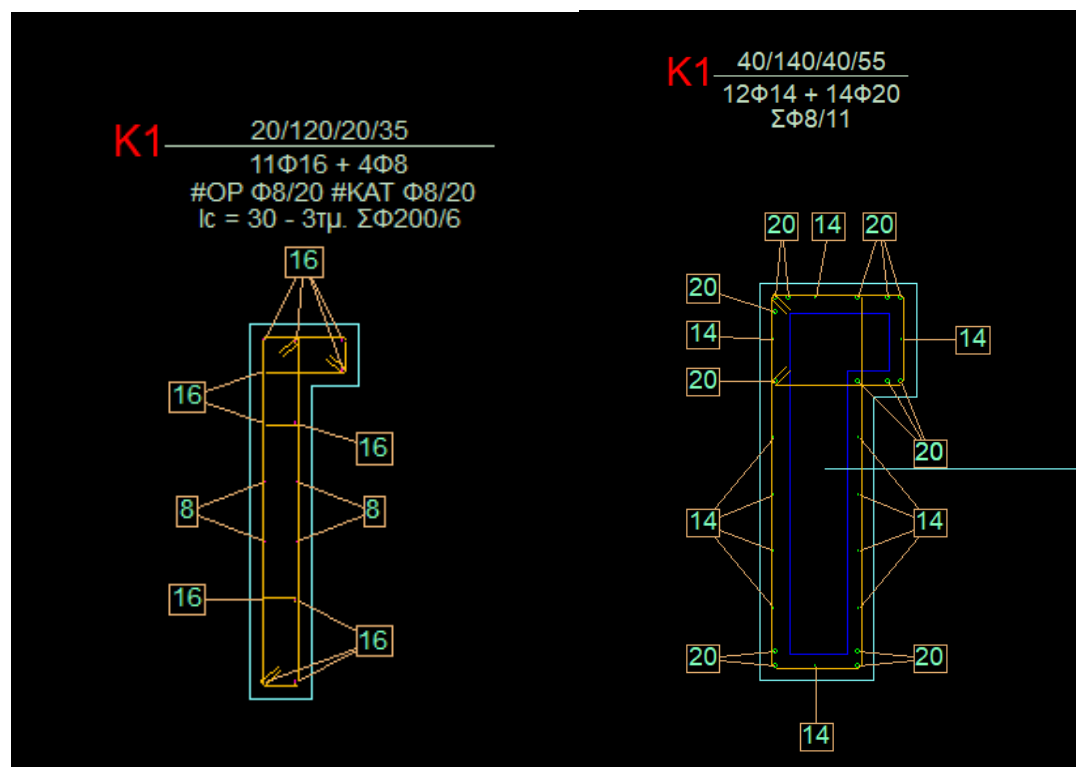
Σκυρόδεμα | Οπλισμοί | Έδαφος | Δομικός χάλυβας | Υλικά - Αποτίμηση | Αποτίμη

<input checked="" type="checkbox"/>	Χαρακτηρισμός μέλους	?	Ενισχυόμενο
<input checked="" type="checkbox"/>	Μέθοδος ενίσχυσης	?	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
<input checked="" type="checkbox"/>	Αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
<input checked="" type="checkbox"/>	Υποστύλμ. μ. σμνκτ. δοκμψ. γ_{flmax}	?	Ναι
Σκυρόδεμα			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ποιότητα σκυροδέματος	?	C25/30
<input checked="" type="checkbox"/>	Χρκτηρ. αντχ. ακρόμης f_{ck} [MPa]	?	25
Οπλισμός			
<input checked="" type="checkbox"/>	Χαρακτηριστική αντοχή νέου χάλυβα f_{yk} [MPa]	?	500
<input checked="" type="checkbox"/>	Μέση αντοχή υφιστάμενου χάλυβα f_{ym} [MPa]	?	280.0
<input checked="" type="checkbox"/>	Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού $\epsilon_{yk,n}$?	6.000
<input checked="" type="checkbox"/>	Ορκ. ημμορφ. υφαστμν. οπλισμ. $\epsilon_{yk,e}$ [%]	?	6.000
<input checked="" type="checkbox"/>	Χρκτηρ. αντχ. χάλβ. ανδτρν f_{yk} [MPa]	?	500
Ενισχύσεις με μανδύα σκυροδέματος			
<input checked="" type="checkbox"/>	Πάχος μανδύα εντός της νέας διατομής t_f	?	10.0
<input checked="" type="checkbox"/>	Αξονικό φορτίο υποστύλωσης N_{sup} [kN]	?	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	Αξονικός ρυθμός ρ_{ax}	?	1.4

Μεταλλικός κλωβός

Εικόνα 78 Παράμετροι διατομής ενισχυόμενου υποστύλωματος. Υλικά αποτίμηση. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Ενισχυμένη διατομή υποστύλωματος



Εικόνα 79 Διατομές K1. Δεξιά υφιστάμενη διατομή & Αριστερά με την εφαρμογή μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος 10 εκατοστά. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Η υφιστάμενη διατομή του γωνιακού υποστύλωματος K1 είναι διαστάσεων 20/120/20/35 και διαθέτει ράβδους οπλισμού 11Φ16 + 4Φ8 . Η διατομή με την εφαρμογή ενίσχυσης μανδύα 10 εκατοστών εκτοξευόμενου σκυροδέματος έχει πλέον διαστάσεις 40/140/40/55 και διαθέτει ράβδους οπλισμού 12Φ14 + 14Φ20.

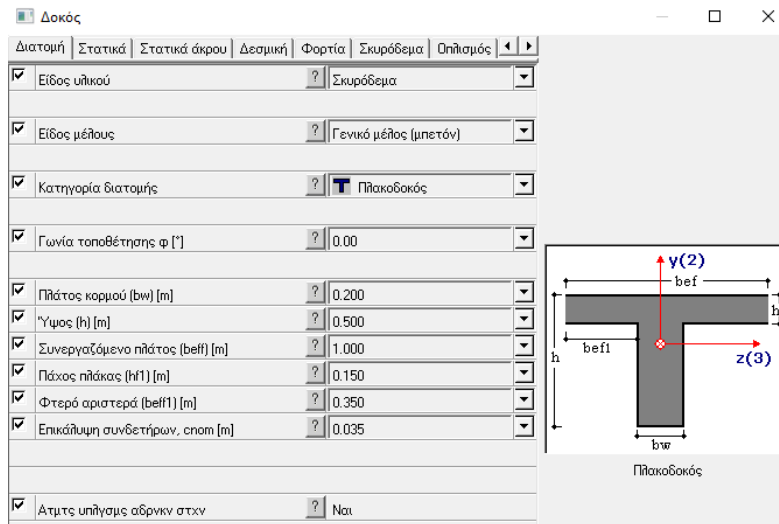
Ομοίως εφαρμόζεται ενίσχυση στο γωνιακό υποστύλωμα K4 πανομοιότυπης διατομής με το K1.

Ενίσχυση σε οριζόντια στοιχεία του φέροντα οργανισμού

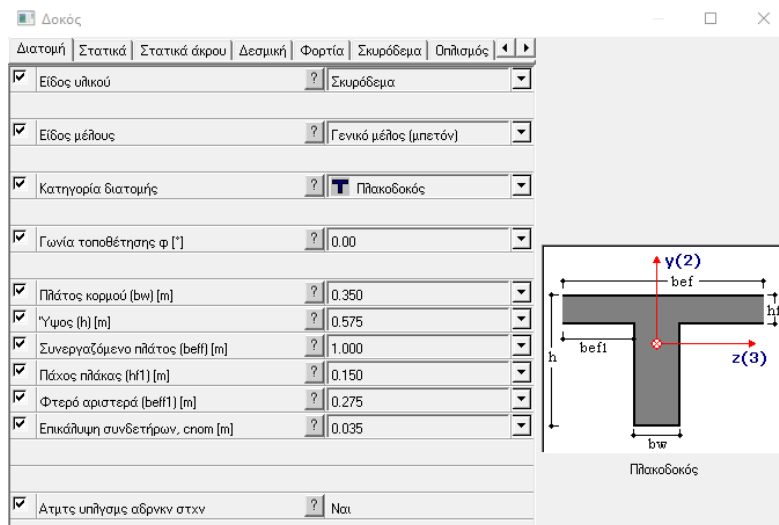
Η αποτίμηση φανερώνει τις ανάγκες εφαρμογής ενίσχυσης έναντι κάμψης σε μέλη δοκών στη στάθμη του ισογείου, Δ1.1 (0), Δ1.4(0), Δ2.3(0), Δ4.3(0), Δ4.4(0), Δ5.5(0), Δ6.2(0), Δ7.1(0) και 5 μέλη δοκών στη στάθμη του πρώτου ορόφου, Δ1.1(1), Δ1.4(1), Δ2.3(1), Δ4.4(1), Δ5.5(1).

Δεδομένα ενίσχυσης δοκών

Οι δοκοί ενισχύονται με μανδύα ανοικτού τύπου 7.5 εκατοστά εκτοξευόμενου σκυροδέματος C25/30 . Τα μέλη αυτά χαρακτηρίζονται ως Ενισχυόμενα.



Εικόνα 80 Παράμετροι διατομής υφιστάμενης δοκού. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22



Εικόνα 81 Παράμετροι διατομής ενισχυμένης δοκού. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

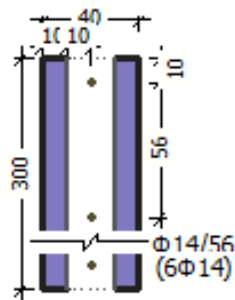
Δοκός						
Δεσμική	Φορτία	Σκυρόδεμα	Οπλισμός	Έδαφος	Υλικά - Αποτίμηση	Ράβδος
<input checked="" type="checkbox"/>	Χαρακτηρισμός μέλους	?	Ενισχυόμενο			
<input checked="" type="checkbox"/>	Μέθοδος ενίσχυσης	?	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα			
<input checked="" type="checkbox"/>	Αυξημένες απαιτήσεις πιστασιμότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)			
Σκυρόδεμα						
<input checked="" type="checkbox"/>	Ποιότητα σκυροδέματος	?	C25/30			
<input checked="" type="checkbox"/>	Χρκτηστικ αντχ σκρδμτς f _{ck} [MPa]	?	25			
Οπλισμός						
<input checked="" type="checkbox"/>	Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f _{yk} [MPa]	?	500			
<input checked="" type="checkbox"/>	Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ε _{su_n}	?	6.000			
<input checked="" type="checkbox"/>	Χρκτηρ. αντχ χιβ ανδτρν f _{ywk} [MPa]	?	500			

Εικόνα 82 Παράμετροι διατομής ενισχυμένης δοκού. Υλικά – Αποτίμηση Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

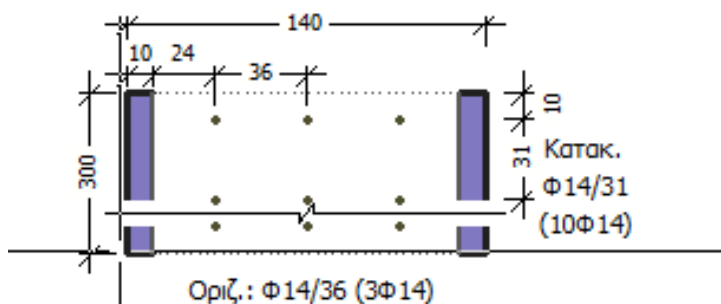
Λεπτομέρειες διαθέσιμων βλήτρων

Για τα υποστυλώματα K1(0) & K4(0) που ενισχύονται με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 10 εκατοστών προτείνονται ανά παρεία βλήτρα τάξεως 6Φ14 ανά μικρή πλευρά 20 εκατοστών υφιστάμενου και 30Φ14 ανά μεγάλη πλευρά 120 εκατοστών υφιστάμενου τοιχώματος.

ανά μικρή πλευρά: Φ14/56 (6Φ14)

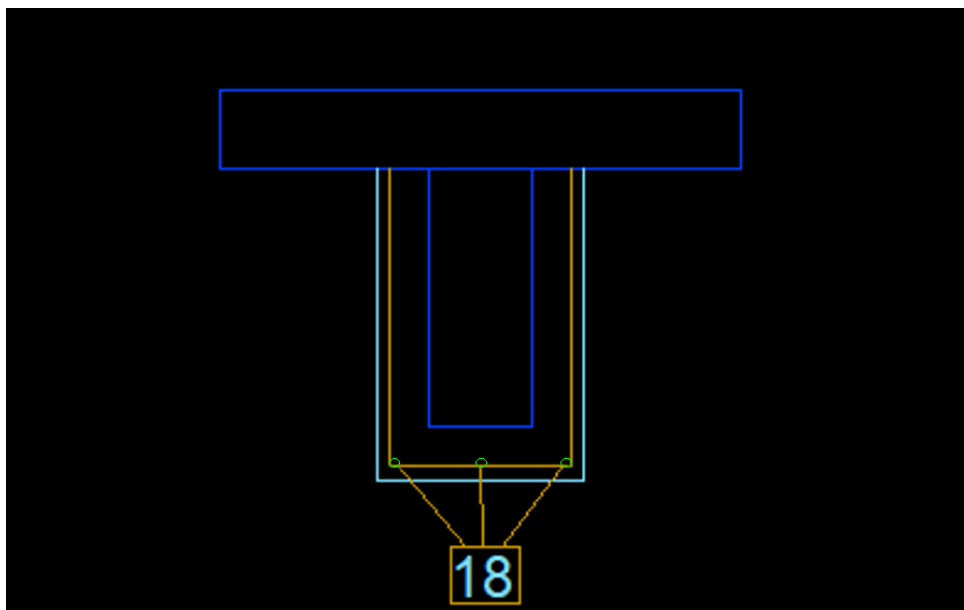


ανά μεγάλη πλευρά: Φ14/31/36 (30Φ14)



Εικόνα 83 Λεπτομέρειες διαθέσιμων βλήτρων. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Ενισχυμένη διατομή δοκού



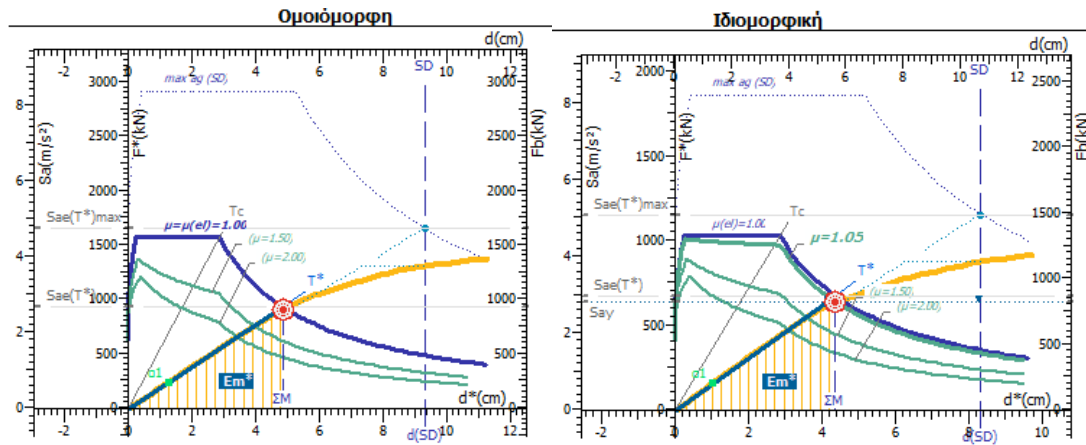
Εικόνα 84 Ενισχυμένη δοκός. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Εφαρμόζεται μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος ανοικτού τύπου ως μέθοδος ενίσχυσης των δοκών. Ενδεικτικά παρουσιάζεται η δοκός Δ1.1(0) του ισογείου. Η υφιστάμενη διατομή της δοκού έχει διαστάσεις 20/50. Κατόπιν ενίσχυσης με μανδύα εκτοξευόμενου σκυροδέματος 7.5 εκατοστά ανοικτού τύπου η διατομή μας γίνεται 35/57.5. Διαθέτει ράβδους ενισχυόμενου μέλους 3Φ18. Όμοια εφαρμόζεται ενίσχυση σε όλα τα μέλη των δοκών που παρουσίασαν λόγο επάρκειας μεγαλύτερο της μονάδας στην αποτίμηση της κατασκευής με την προσθήκη ορόφου.

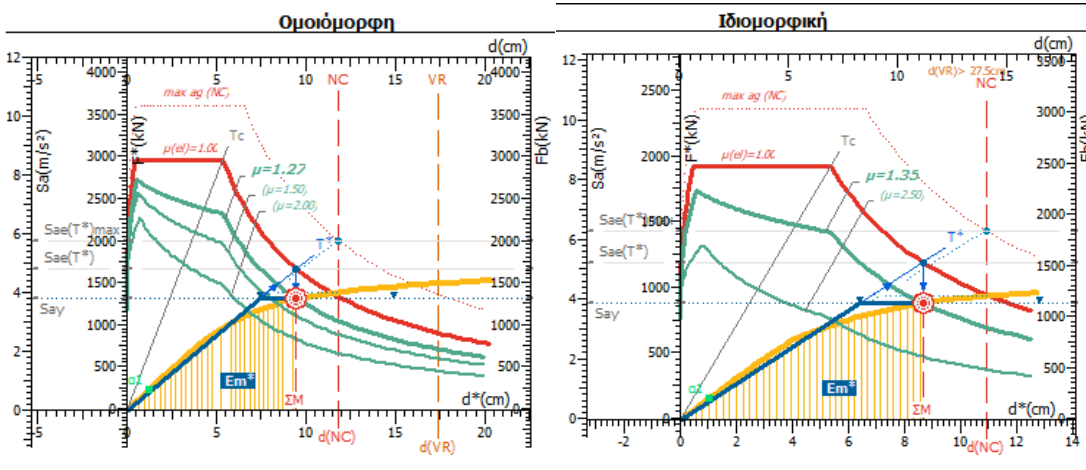
Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης φορέα με ενισχυμένα μέλη

Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β]

SD, κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$

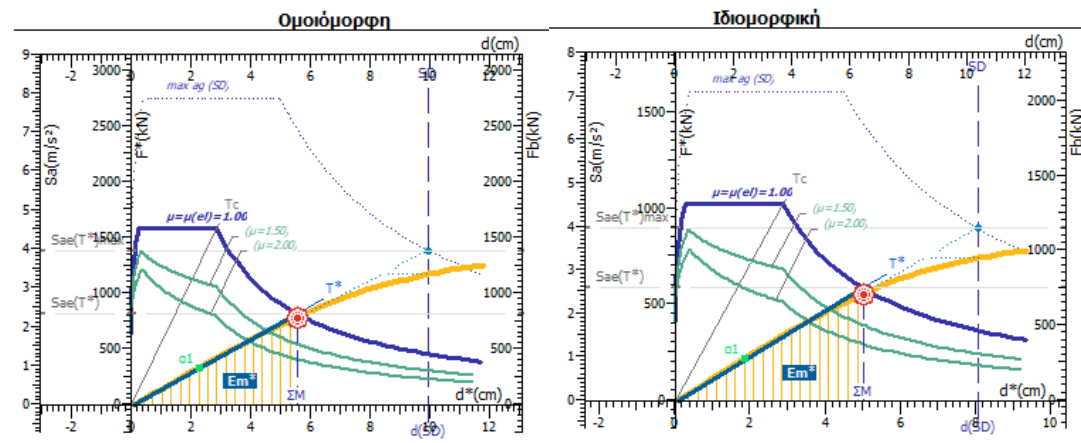


NC, κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$

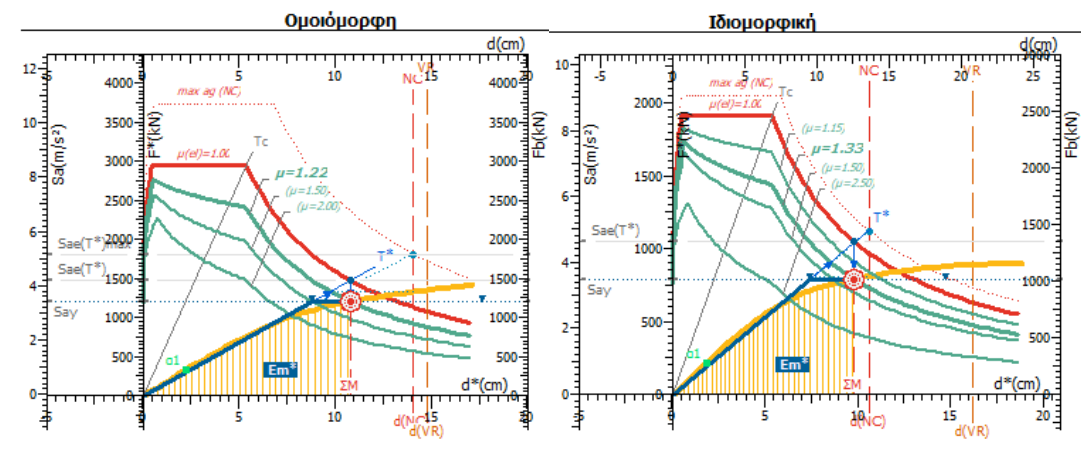


Εικόνα 85 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση $0^\circ+30^\circ\cdot 90^\circ +eZ$. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση 90° - 30° · 180° +eX

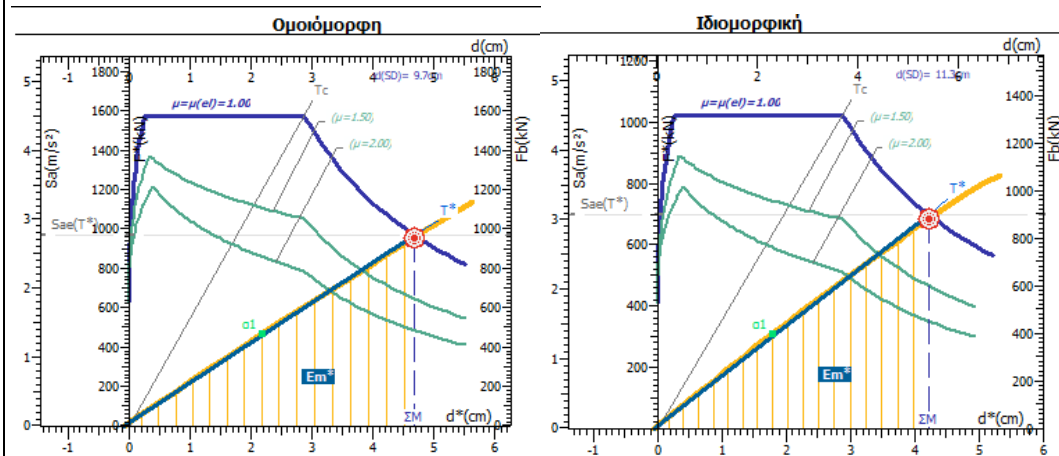


NC, κατεύθυνση 90° - 30° · 180° +eX

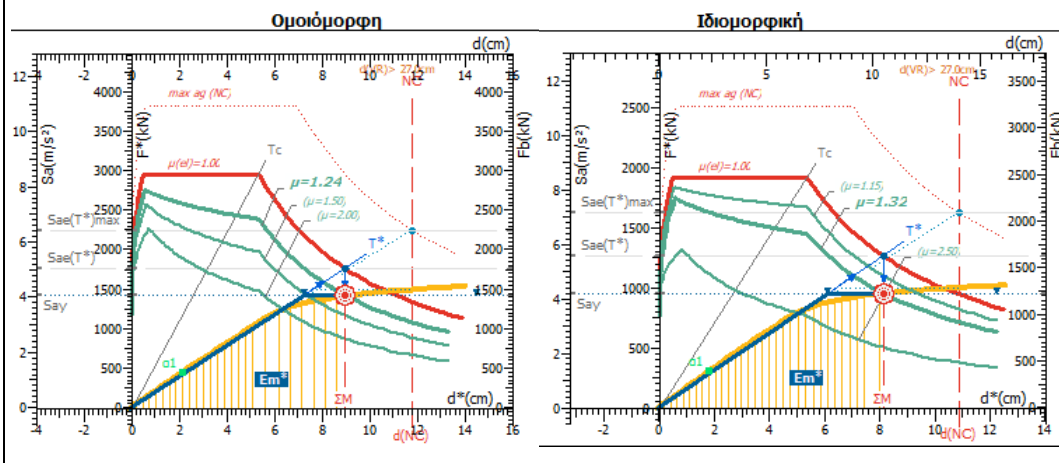


Εικόνα 86 Διαγράμματα Απαίτησης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση 90° - 30° · 180° +eX. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30\%\cdot 270^{\circ} + eZ$

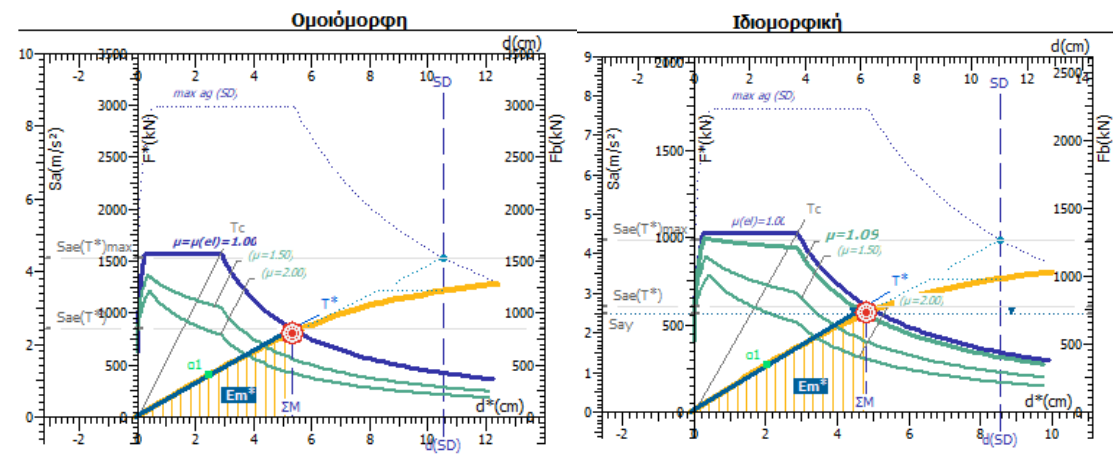


NC, κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30\%\cdot 270^{\circ} + eZ$

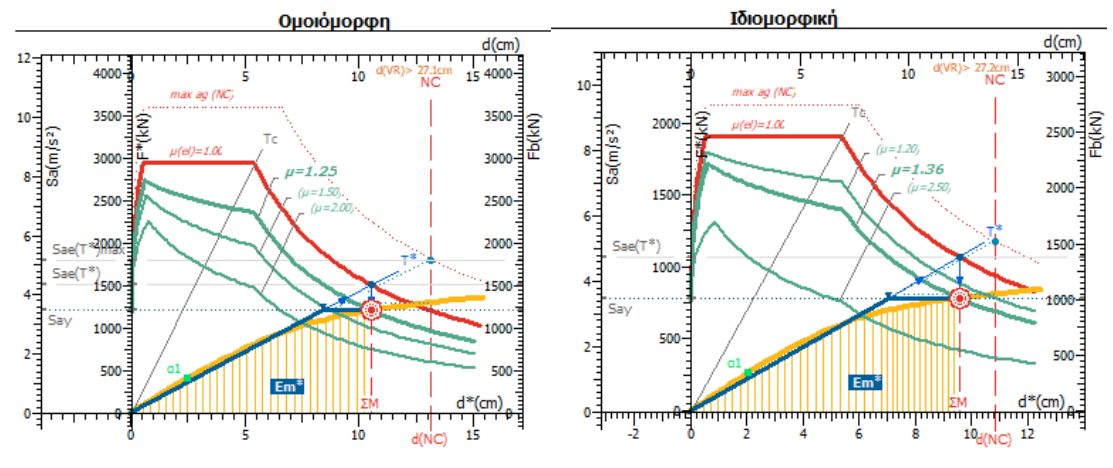


Εικόνα 87 Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση $180^{\circ}\text{-}30\%\cdot 270^{\circ} + eZ$.
Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

SD, κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ +eX$



NC, κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ +eX$



Εικόνα 88 Διαγράμματα Απαιτήσης - Ικανότητας [EC8, Παρ. Β], κατεύθυνση $270^\circ+30\% \cdot 0^\circ +eX$. Λογισμικό FespaC & FespaR έκδοση 8.1.0.22

Λόγοι επάρκειας μελών ενισχυμένου φορέα

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Δοκών

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ	SD λνγ	NC
Δ1.1(-1) , Λ 16(-1), κ	0.18	0.27	0.36	0.48
Δ1.1(-1) , Λ 17(-1), κ	0.25	0.24	0.30	0.41
Δ1.4(-1) , Λ 18(-1), κ	0.18	0.22	0.25	0.29
Δ1.4(-1) , Λ 19(-1), κ	0.17	0.16	0.27	0.35
Δ2.3(-1) , Λ 27(-1), κ	0.20	0.19	0.33	0.40
Δ2.3(-1) , Λ 31(-1), κ	0.23	0.27	0.26	0.33
Δ2.6(-1) , Λ 32(-1), κ	0.20	0.30	0.22	0.27
Δ2.6(-1) , Λ 24(-1), κ	0.15	0.21	0.26	0.38
Δ3.1(-1) , Λ 28(-1), κ	0.04	0.06	0.17	0.20
Δ3.1(-1) , Λ 30(-1), κ	0.13	0.13	0.17	0.20
Δ3.4(-1) , Λ 29(-1), κ	0.17	0.19	0.25	0.33
Δ3.4(-1) , Λ 15(-1), κ	0.26	0.35	0.26	0.35
Δ4.1(-1) , Λ 31(-1), κ	0.04	0.05	0.12	0.15
Δ4.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.05	0.06	0.14	0.17
Δ4.2(-1) , Λ 8(-1), κ	0.05	0.07	0.19	0.24
Δ4.3(-1) , Λ 6(-1), κ	0.02	0.02	0.17	0.21
Δ4.4(-1) , Λ 6(-1), κ	0.09	0.11	0.15	0.22
Δ4.4(-1) , Λ 18(-1), κ	0.04	0.06	0.12	0.16
Δ5.1(-1) , Λ 20(-1), κ	0.08	0.09	0.18	0.21
Δ5.2(-1) , Λ 21(-1), κ	0.12	0.10	0.18	0.19
Δ5.5(-1) , Λ 22(-1), κ	0.16	0.17	0.27	0.36
Δ5.6(-1) , Λ 23(-1), κ	0.22	0.29	0.26	0.36
Δ6.2(-1) , Λ 10(-1), κ	0.09	0.12	0.16	0.23
Δ6.2(-1) , Λ 8(-1), κ	0.07	0.10	0.14	0.22
Δ7.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.06	0.06	0.09	0.12
Δ7.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.06	0.09	0.48	0.65
Δ8.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.04	0.04	0.10	0.11
Δ8.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.04	0.03	0.11	0.12
Δ33.1(-1) , Λ 6(-1), κ	0.05	0.07	0.12	0.14
Δ33.1(-1) , Λ 29(-1), κ	0.07	0.08	0.63	0.75
Δ34.1(-1) , Λ 30(-1), κ	0.06	0.08	0.10	0.13
Δ34.1(-1) , Λ 8(-1), κ	0.06	0.10	0.55	0.65
Δ35.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.07	0.08	0.10	0.12
Δ35.1(-1) , Λ 19(-1), κ	0.06	0.05	0.52	0.67
Δ36.1(-1) , Λ 21(-1), κ	0.10	0.11	0.11	0.13
Δ36.1(-1) , Λ 7(-1), κ	0.07	0.08	0.60	0.81

Δ37.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.10	0.13	0.10	0.14
Δ37.1(-1) , Λ 22(-1), κ	0.08	0.09	0.61	0.91
Δ38.1(-1) , Λ 10(-1), κ	0.04	0.06	0.12	0.18
Δ38.1(-1) , Λ 23(-1), κ	0.16	0.23	0.71	1.04!
Δ1.1(0) , Λ 16(0), κ	0.26	0.54	0.34	0.50
Δ1.1(0) , Λ 17(0), κ	0.31	0.47	0.33	0.47
Δ1.4(0) , Λ 18(0), κ	0.28	0.39	0.38	0.50
Δ1.4(0) , Λ 19(0), κ	0.35	0.50	0.37	0.48
Δ2.3(0) , Λ 27(0), κ	0.36	0.66	0.51	0.72
Δ2.3(0) , Λ 31(0), κ	0.34	0.60	0.49	0.63
Δ2.6(0) , Λ 32(0), κ	0.40	0.66	0.42	0.55
Δ2.6(0) , Λ 24(0), κ	0.47	0.76	0.43	0.58
Δ3.1(0) , Λ 28(0), κ	0.38	0.61	0.29	0.35
Δ3.1(0) , Λ 30(0), κ	0.51	0.72	0.28	0.37
Δ3.4(0) , Λ 29(0), κ	0.59	0.84	0.28	0.36
Δ3.4(0) , Λ 15(0), κ	0.60	0.79	0.28	0.35
Δ4.1(0) , Λ 31(0), κ	0.29	0.45	0.29	0.38
Δ4.1(0) , 8(0), κ	0.23	0.40	0.34	0.39
Δ4.2(0) , 8(0), κ	0.16	0.20	0.19	0.25
Δ4.3(0) , 6(0), κ	0.04	0.04	0.26	0.33
Δ4.4(0) , 6(0), κ	0.20	0.29	0.24	0.38
Δ4.4(0) , Λ 18(0), κ	0.11	0.16	0.19	0.30
Δ5.1(0) , Λ 20(0), κ	0.38	0.65	0.25	0.34
Δ5.2(0) , Λ 21(0), κ	0.47	0.69	0.30	0.41
Δ5.5(0) , Λ 22(0), κ	0.26	0.49	0.41	0.54
Δ5.6(0) , Λ 23(0), κ	0.36	0.56	0.33	0.47
Δ6.1(0) , Λ 38(0), κ	0.24	0.62	0.35	0.52
Δ6.1(0) , 10(0), κ	0.29	0.47	0.39	0.48
Δ6.2(0) , 10(0), κ	0.21	0.36	0.25	0.37
Δ6.2(0) , 8(0), κ	0.17	0.23	0.22	0.38
Δ7.1(0) , Λ 36(0), κ	0.10	0.13	0.12	0.18
Δ7.1(0) , 7(0), κ	0.18	0.24	0.14	0.20
Δ7.2(0) , 7(0), κ	0.35	0.46	0.26	0.31
Δ7.2(0) , Λ 37(0), κ	0.16	0.20	0.17	0.22
Δ8.1(0) , 7(0), κ	0.33	0.48	0.16	0.22
Δ8.1(0) , 10(0), κ	0.15	0.30	0.16	0.19
Δ1.1(1) , Λ 16(1), κ	0.18	0.34	0.29	0.42
Δ1.1(1) , Λ 17(1), κ	0.31	0.53	0.30	0.44
Δ1.4(1) , Λ 18(1), κ	0.29	0.44	0.39	0.51
Δ1.4(1) , Λ 19(1), κ	0.31	0.52	0.40	0.53

Δ2.3(1) , Λ 27(1), κ	0.34	0.70	0.51	0.74
Δ2.3(1) , Λ 31(1), κ	0.33	0.62	0.49	0.65
Δ2.6(1) , Λ 32(1), κ	0.39	0.70	0.45	0.62
Δ2.6(1) , Λ 24(1), κ	0.28	0.62	0.45	0.61
Δ3.1(1) , Λ 28(1), κ	0.39	0.76	0.31	0.41
Δ3.1(1) , Λ 30(1), κ	0.50	0.79	0.30	0.42
Δ3.4(1) , Λ 29(1), κ	0.60	0.93	0.30	0.41
Δ3.4(1) , Λ 15(1), κ	0.60	0.90	0.30	0.40
Δ4.1(1) , Λ 31(1), κ	0.28	0.53	0.35	0.49
Δ4.1(1) , 8(1), κ	0.35	0.64	0.42	0.52
Δ4.2(1) , 8(1), κ	0.28	0.55	0.35	0.44
Δ4.3(1) , 6(1), κ	0.53	0.65	0.46	0.59
Δ4.4(1) , 6(1), κ	0.26	0.53	0.26	0.44
Δ4.4(1) , Λ 18(1), κ	0.10	0.19	0.21	0.37
Δ5.1(1) , Λ 20(1), κ	0.36	0.67	0.26	0.36
Δ5.2(1) , Λ 21(1), κ	0.49	0.83	0.30	0.47
Δ5.5(1) , Λ 22(1), κ	0.27	0.53	0.37	0.51
Δ5.6(1) , Λ 23(1), κ	0.35	0.59	0.29	0.42
Δ6.1(1) , Λ 38(1), κ	0.20	0.50	0.34	0.54
Δ6.1(1) , 10(1), κ	0.28	0.57	0.39	0.51
Δ6.2(1) , 10(1), κ	0.31	0.58	0.34	0.41
Δ6.2(1) , 8(1), κ	0.42	0.78	0.32	0.54
Δ7.1(1) , Λ 36(1), κ	0.23	0.40	0.23	0.29
Δ7.1(1) , 7(1), κ	0.46	0.71	0.26	0.34
Δ7.2(1) , 7(1), κ	0.42	0.69	0.27	0.35
Δ7.2(1) , Λ 37(1), κ	0.15	0.19	0.20	0.28
Δ8.1(1) , 7(1), κ	0.26	0.49	0.15	0.24
Δ8.1(1) , 10(1), κ	0.12	0.29	0.14	0.19
Δ1.1(2) , Λ 16(2), κ	0.25	0.56	0.44	0.63
Δ1.1(2) , Λ 17(2), κ	0.38	0.68	0.48	0.67
Δ1.4(2) , Λ 18(2), κ	0.28	0.59	0.61	0.80
Δ1.4(2) , Λ 19(2), κ	0.36	0.64	0.57	0.76
Δ2.3(2) , Λ 27(2), κ	0.42	0.86	0.55	0.77
Δ2.3(2) , Λ 31(2), κ	0.37	0.74	0.60	0.79
Δ2.6(2) , Λ 32(2), κ	0.32	0.65	0.50	0.66
Δ2.6(2) , Λ 24(2), κ	0.15	0.44	0.42	0.56
Δ3.1(2) , Λ 28(2), κ	0.16	0.26	0.26	0.37
Δ3.1(2) , Λ 30(2), κ	0.29	0.59	0.29	0.40
Δ3.4(2) , Λ 29(2), κ	0.39	0.71	0.38	0.48
Δ3.4(2) , Λ 15(2), κ	0.45	0.76	0.34	0.47

Δ4.1(2) , Λ 31(2), κ	0.14	0.21	0.26	0.31
Δ4.1(2) , 8(2), κ	0.05	0.06	0.36	0.42
Δ4.2(2) , 8(2), κ	0.07	0.06	0.40	0.45
Δ4.3(2) , 6(2), κ	0.05	0.08	0.43	0.47
Δ4.4(2) , 6(2), κ	0.22	0.29	0.33	0.51
Δ4.4(2) , Λ 18(2), κ	0.10	0.19	0.20	0.33
Δ5.1(2) , Λ 20(2), κ	0.18	0.52	0.20	0.28
Δ5.2(2) , Λ 21(2), κ	0.31	0.74	0.29	0.44
Δ5.5(2) , Λ 22(2), κ	0.45	0.85	0.44	0.61
Δ5.6(2) , Λ 23(2), κ	0.43	0.79	0.33	0.44
Δ6.1(2) , Λ 38(2), κ	0.11	0.13	0.22	0.32
Δ6.1(2) , 10(2), κ	0.15	0.21	0.32	0.40
Δ6.2(2) , 10(2), κ	0.18	0.29	0.29	0.39
Δ6.2(2) , 8(2), κ	0.11	0.18	0.23	0.36
Δ7.1(2) , Λ 36(2), κ	0.10	0.14	0.17	0.21
Δ7.1(2) , 7(2), κ	0.10	0.18	0.25	0.29
Δ7.2(2) , 7(2), κ	0.15	0.16	0.28	0.31
Δ7.2(2) , Λ 37(2), κ	0.10	0.11	0.15	0.20
Δ8.1(2) , 7(2), κ	0.12	0.21	0.11	0.17
Δ8.1(2) , 10(2), κ	0.04	0.04	0.10	0.16

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ3.4(1)	Κύριο	0.60
NC	Δ3.4(1)	Κύριο	0.93

Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητα	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	Δ38.1(-1)	Κύριο	0.71
NC	Δ38.1(-1)	Κύριο	1.04!

Λόγοι επάρκειας υποστυλωμάτων ενισχυμένου φορέα

Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων

Μέλος, άκρο, Κύριο/Δευτ. Σ. Μ.	SD λ	NC λ		SD λV	NC
<u>K1(0)</u> , κάτω, κ	0.15	0.20	γ:	0.06	0.10
<u>K1(0)</u> , άνω, κ	0.07	0.10	z:	0.07	0.13
<u>K1(1)</u> , κάτω, κ	0.32	0.44	sls:	-	0.37
<u>K1(1)</u> , άνω, κ	0.47	0.57	z:	0.35	0.60
<u>K1(2)</u> , κάτω, κ	0.29	0.34	sls:	-	-
<u>K1(2)</u> , άνω, κ	0.36	0.34	z:	0.09	0.12
<u>K2(0)</u> , κάτω, κ	0.37	0.73	sls:	-	0.70
<u>K2(0)</u> , άνω, κ	0.19	0.30	z:	0.49	0.78
<u>K2(1)</u> , κάτω, κ	0.33	0.46	sls:	-	0.66
<u>K2(1)</u> , άνω, κ	0.32	0.50	z:	0.50	0.69
<u>K2(2)</u> , κάτω, κ	0.17	0.25	sls:	-	-
<u>K2(2)</u> , άνω, κ	0.21	0.26	z:	0.32	0.48
<u>K3(0)</u> , κάτω, κ	0.39	0.66	sls:	-	0.44
<u>K3(0)</u> , άνω, κ	0.23	0.23	z:	0.48	0.61
<u>K3(1)</u> , κάτω, κ	0.22	0.26	sls:	-	-
<u>K3(1)</u> , άνω, κ	0.36	0.37	z:	0.40	0.56
<u>K3(2)</u> , κάτω, κ	0.19	0.21	sls:	-	-
<u>K3(2)</u> , άνω, κ	0.50	0.46	z:	0.27	0.29
<u>K4(0)</u> , κάτω, κ	0.15	0.21	γ:	0.03	0.05
<u>K4(0)</u> , άνω, κ	0.06	0.07	z:	0.07	0.12
<u>K4(1)</u> , κάτω, κ	0.29	0.31	sls:	-	-
<u>K4(1)</u> , άνω, κ	0.42	0.48	z:	0.45	0.72
<u>K4(2)</u> , κάτω, κ	0.25	0.20	sls:	-	-
<u>K4(2)</u> , άνω, κ	0.35	0.34	z:	0.18	0.20
<u>K5(0)</u> , κάτω, κ	0.36	0.65	sls:	-	0.51
<u>K5(0)</u> , άνω, κ	0.19	0.24	z:	0.52	0.71
<u>K5(1)</u> , κάτω, κ	0.26	0.30	sls:	-	-
<u>K5(1)</u> , άνω, κ	0.36	0.41	z:	0.42	0.64
<u>K5(2)</u> , κάτω, κ	0.19	0.16	sls:	-	-
<u>K5(2)</u> , άνω, κ	0.44	0.59	z:	0.26	0.28
<u>K6(0)</u> , κάτω, κ	0.23	0.35	γ:	0.06	0.12
<u>K6(0)</u> , άνω, κ	0.17	0.29	z:	0.27	0.40
<u>K6(1)</u> , κάτω, κ	0.21	0.38	γ:	0.04	0.07
<u>K6(1)</u> , άνω, κ	0.18	0.31	z:	0.19	0.28
<u>K6(2)</u> , κάτω, κ	0.11	0.26	γ:	0.03	0.05
<u>K6(2)</u> , άνω, κ	0.22	0.40	z:	0.17	0.30

K7(0) , κάτω, κ	0.15	0.22	y:	0.15	0.28
K7(0) , άνω, κ	0.07	0.10	z:	0.13	0.23
K7(1) , κάτω, κ	0.11	0.16	y:	0.10	0.17
K7(1) , άνω, κ	0.11	0.13	z:	0.12	0.22
K7(2) , κάτω, κ	0.06	0.09	y:	0.06	0.12
K7(2) , άνω, κ	0.14	0.23	z:	0.09	0.20
K8(0) , κάτω, κ	0.17	0.24	y:	0.16	0.28
K8(0) , άνω, κ	0.11	0.18	z:	0.19	0.33
K8(1) , κάτω, κ	0.15	0.24	y:	0.11	0.22
K8(1) , άνω, κ	0.14	0.16	z:	0.17	0.25
K8(2) , κάτω, κ	0.09	0.11	y:	0.08	0.16
K8(2) , άνω, κ	0.18	0.30	z:	0.14	0.23
K9(0) , κάτω, κ	0.41	0.65	sls:	-	0.59
K9(0) , άνω, κ	0.18	0.23	z:	0.43	0.69
K9(1) , κάτω, κ	0.34	0.38	sls:	-	0.60
K9(1) , άνω, κ	0.36	0.43	z:	0.44	0.68
K9(2) , κάτω, κ	0.20	0.21	sls:	-	0.11
K9(2) , άνω, κ	0.29	0.39	z:	0.27	0.35
K10(0) , κάτω, κ	0.19	0.29	y:	0.07	0.13
K10(0) , άνω, κ	0.12	0.16	z:	0.19	0.35
K10(1) , κάτω, κ	0.15	0.20	y:	0.05	0.10
K10(1) , άνω, κ	0.15	0.19	z:	0.13	0.21
K10(2) , κάτω, κ	0.10	0.14	y:	0.05	0.10
K10(2) , άνω, κ	0.15	0.25	z:	0.12	0.22
K11(0) , κάτω, κ	0.47	0.73	sls:	-	0.37
K11(0) , άνω, κ	0.13	0.13	z:	0.34	0.47
K11(1) , κάτω, κ	0.13	0.18	sls:	-	-
K11(1) , άνω, κ	0.17	0.17	z:	0.24	0.34
K11(2) , κάτω, κ	0.05	0.06	sls:	-	-
K11(2) , άνω, κ	0.23	0.23	z:	0.20	0.24
K12(0) , κάτω, κ	0.46	0.74	sls:	-	0.50
K12(0) , άνω, κ	0.16	0.20	z:	0.47	0.68
K12(1) , κάτω, κ	0.36	0.42	sls:	-	0.55
K12(1) , άνω, κ	0.38	0.41	z:	0.50	0.70
K12(2) , κάτω, κ	0.17	0.17	sls:	-	-
K12(2) , άνω, κ	0.21	0.19	z:	0.28	0.36

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος Ροπής

Στάθμη Επιτελεσματικότητας	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K3(2)	Κύριο	0.50
NC	K12(0)	Κύριο	0.74

Μέγιστα λόγων επάρκειας υποστυλωμάτων - Έλεγχος διάτμησης

Στάθμη Επιτελεσματικότητας	Μέλος	Κύριο/ Δευτερεύον	Λόγος Επάρκειας
SD	K5(0)	Κύριο	0.52
NC	K2(0)	Κύριο	0.78

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

Στάθμη επιτελεστικότητας SD

1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt			
X:	+5.6cm -5.5cm	$0^\circ+30^\circ\cdot90^\circ +eZ, \text{Ιδιομορφική}$ $180^\circ+30^\circ\cdot90^\circ -eZ, \text{Ιδιομορφική}$	Z: +6.4cm -6.3cm
2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.84	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_U (=q_n) =$	1.09	
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.09	$270^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_U (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_S (=q_U)$	$q_U =$	1.29	$q_S = 2.81$
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_U \cdot q_S =$	3.62
$270^\circ+30^\circ\cdot0^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$			
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_1 =$	$\mu_d / q_U =$	1.00
	$= 1.06 / 1.06 =$		$270^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ -eX, \text{Ιδιομορφική}$
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{\max} = 1$			
	$\max a_g (SD) =$	0.241	$90^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς SD	$\max T_R (SD) = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$	$(0.241/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	481 έτη > 72 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη	$P(SD) = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$	$1 - e^{-T_i / \max T_R} =$	9.87% < 50% (ok)
Στόχοι που ικανοποιούνται:	B1 : $P(SD) < 10\%$ και	B2 : $P(SD) < 50\%$	[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

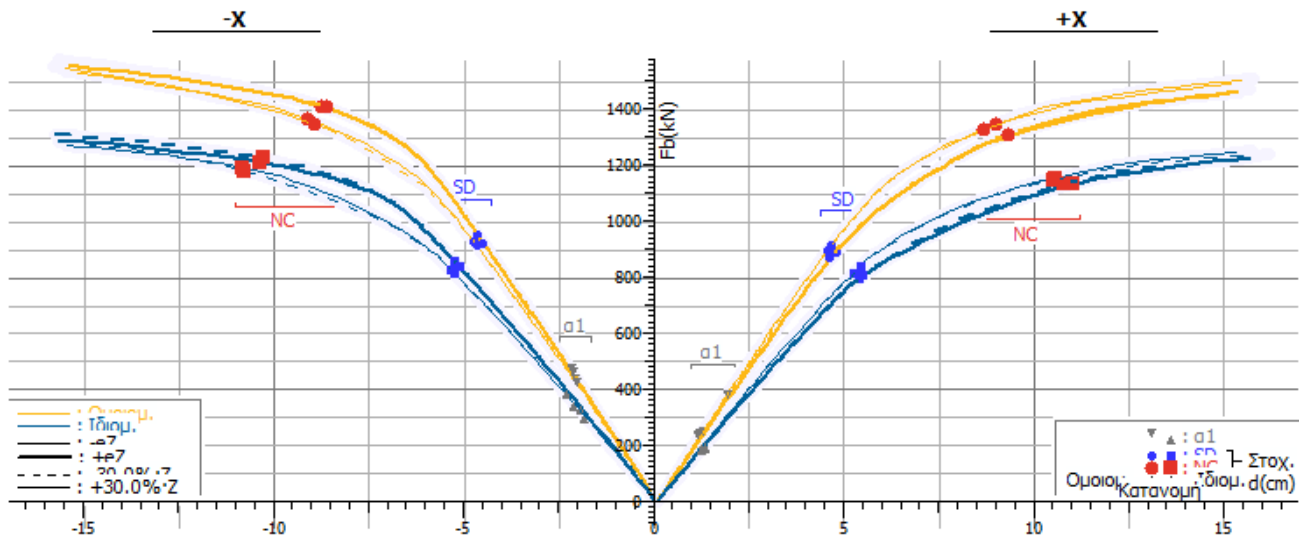
Εικόνα 89 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαιτήσης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας SD. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής

Στάθμη επιτελεστικότητας NC

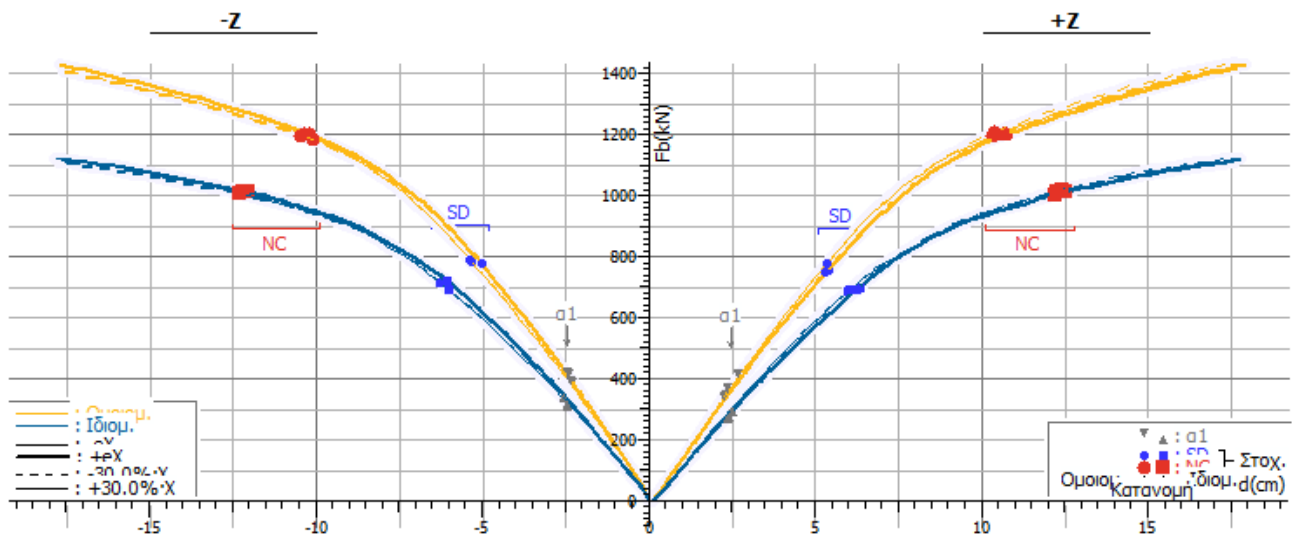
1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt			
X:	+11.1cm -10.9cm	$0^\circ+30^\circ\cdot90^\circ +eZ, \text{Ιδιομορφική}$ $180^\circ\cdot30^\circ\cdot270^\circ -eZ, \text{Ιδιομορφική}$	Z: +12.6cm -12.5cm
2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)			
Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος	$T^*(s) =$	0.89	
Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας	$q_U (=q_n) =$	1.38	
Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας	$\max \mu_d =$	1.38	$270^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$
3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)			
Πλαστιμότητας $q_U (=q_n)$ και υπεραντοχής $q_S (=q_U)$	$q_U =$	1.44	$q_S = 3.01$
Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$\min q =$	$q_U \cdot q_S =$	4.35
$270^\circ+30^\circ\cdot0^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$			
4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς, [ΚΑΝΕΠΕ, §5.7.4.2]			
Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων	$\max C_1 =$	$\mu_d / q_U =$	1.00
	$= 1.35 / 1.35 =$		$270^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ -eX, \text{Ιδιομορφική}$
5. Ικανότητα επιτάχυνσης για $\lambda_{\max} = 1$			
	$\max a_g (NC) =$	0.309	$90^\circ\cdot30^\circ\cdot180^\circ +eX, \text{Ιδιομορφική}$
	$\max a_g (VR) =$	0.281	$90^\circ+30^\circ\cdot0^\circ -eX, \text{Ομόμορφη}$
6. Στόχοι αποτίμησης, [ΚΑΝΕΠΕ, §2.2.1]			
Περίοδος επαναφοράς NC	$\max T_R (NC) = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$	$(0.309/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	1017 έτη > 475 (ok)
Περίοδος επαναφοράς VR	$\max T_R (VR) = (\max T_R / T_{LR})^{1/k} \cdot \max T_R = (\max a_g / a_{gR})^k \cdot T_{LR}$	$(0.281/0.240)^{3.0} \cdot 475 =$	764 έτη > 475 (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης NC σε 50 έτη	$P(NC) = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$	$1 - e^{-T_i / \max T_R} =$	4.80% < 10% (ok)
Πιθανότητα υπέρβασης VR σε 50 έτη	$P(VR) = 1 - e^{-T_i / \max T_R}$	$1 - e^{-T_i / \max T_R} =$	6.34% < 10% (ok)
Στόχοι που ικανοποιούνται:	Γ1 : $P(NC), P(VR) < 10\%$ και	Γ2 : $P(NC), P(VR) < 50\%$	[ΚΑΝΕΠΕ Πίν. 2.1]

Εικόνα 90 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Απαιτήσης - Ικανότητας των 32 αναλύσεων. Στάθμη επιτελεστικότητας NC. Ενισχυμένος φορέας κατασκευής

Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων



Εικόνα 91 Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων + -X



Εικόνα 92 Συγκεντρωτικά διαγράμματα (F – d) 32 αναλύσεων + - Z

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αξιολογώντας τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα απαίτησης - ικανότητας των 32 αναλύσεων του φορέα στον οποίο πραγματοποιήσαμε ενισχύσεις στα μέλη που μας υπέδειξε η αποτίμηση της προσθήκης ορόφου εξαγάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Οι συγκεντρωτικοί πίνακες στάθμεων επιτελεστικότητας δείχνουν ότι ικανοποιείται ο στόχος B2 με πιθανότητα υπέρβασης SD 50% στα 50 έτη. Συγκεκριμένα λαμβάνουμε πιθανότητα υπέρβασης 9.87% μικρότερη από το 50% καθώς και από το 10%. Επομένως κατόπιν ενίσχυσης εκπληρώνεται ο στόχος σχεδιασμού B2 και επιπλέον ο στόχος σχεδιασμού B1.

Στην περίπτωση της στάθμης NC ο στόχος Γ1 με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη πριν την εφαρμογή ενίσχυσης δεν ικανοποιούνταν. Τώρα με την εφαρμογή ενισχύσεων στα μέλη λαμβάνουμε πιθανότητα υπέρβασης NC 4.80% μικρότερη του 10%. Αισίως, πληρείται ο στόχος σχεδιασμού Γ1, αποφυγή κατάρρευσης.

Στους πίνακες των λόγων επάρκειας των μελών (δοκών και υποστυλωμάτων) δεν εντοπίζεται κανένας λόγος επάρκειας που να υπερβαίνει τη μονάδα και παρατηρούμε ότι οι τιμές στα μέλη όπου αρχικά φαίνονταν να μην επαρκούν τώρα έχουν μειωθεί αισθητά. Παρατηρούμε ότι σημειώνεται οριακή υπέρβαση της διατμητικής αντοχής του λόγου επάρκειας για μια συνδετήρια δοκό στον όροφο της θεμελίωσης ($\lambda=1.04$). Η υπέρβαση θεωρείται μικρή και αφορά μόνο μία συνδετήρια δοκό, επομένως δεν κρίθηκε σκόπιμο για τις ανάγκες της διπλωματικής να γίνουν επεμβάσεις στην θεμελίωση.

Τα συμπεράσματα που εξάγουμε από τα διαγράμματα απαίτησης ικανότητας και τους πίνακες των λόγων επάρκειας των μελών για την κατασκευή με εφαρμογές ενισχύσεων συνάδουν με την ικανοποίηση των στόχων σχεδιασμού. Δεν παρατηρείται σε κανένα διάγραμμα απαίτησης ικανότητας των σταθμών SD και NC η στοχευόμενη μετακίνηση να υπερβαίνει την οριακή. Αντιθέτως παρατηρούμε πολύ μειωμένες τιμές κατόπιν της εφαρμογής ενισχύσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Διονύσης Μπισκίνης,
Σεισμική αποτίμηση και στρατηγικές επέμβασης. Σημειώσεις μαθήματος *Επισκευές και ενισχύσεις δομικών κατασκευών* ακαδημαϊκού έτους 2019-2020, 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», 2^η Αναθεωρημένη Έκδοση, Αθήνα.
- LHΛογισμική,
«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
- Κοσμόπουλος Αντώνης,
«Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και ενίσχυση μη-κανονικών σε κάτοψη κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος», Διδακτορική διατριβή, 2005, Πάτρα
- Αμερικανική Οδηγία FEMA 306, Βλάβες
- Μιχαήλ Φαρδής,
Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος *Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2005

- 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.
- 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»
- No. 162. Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading (Redesign) (1983).
- Ευθυμάκη Παναγιώτα, Μαζαράκου Παρασκευή, *Αποτίμηση υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.*, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Πάτρα, 2020