

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ "ΟΙΚΙΑ ΖΑΜΠΕΛΙΩΝ" ΣΤΗ ΛΕΥΚΑΔΑ

ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Στατική Μελέτη

Σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες.

Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ.

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ.

Κεφάλαιο 1^ο

Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς Δομήματος

Στόχος της μελέτης είναι η αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου «Οικία Ζαμπελίων»

Κανονιστικό Πλαίσιο

Εφαρμόζονται οι διατάξεις των ακόλουθων Κανονισμών:

Ευρωκώδικας 6 και το αντίστοιχο Εθνικό κείμενο εφαρμογής για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία

Ευρωκώδικας 8

Στοιχεία από τον ΕΑΚ 2000

ΚΑΝΕΠΕ

ΚΑΔΕΤ (υπο διαβούλευση κανονισμός, ο οποίος αποτελεί συνέχεια του Ευρωκώδικα και του ΚΑΝΕΠΕ).

Μηχανικά Χαρακτηριστικά Υλικών Φέροντος Οργανισμού –Εδάφους

Φέρουσα Τοιχοποιία - Ξύλινος σκελετός - Στέγη

Το ισόγειο του κτιρίου είναι χτισμένο από λίθους τοπικής προέλευσης. Είναι επεξεργασμένοι και παρουσιάζουν ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο σχήμα. Η τοιχοποιία είναι δομημένη από ακανόνιστους και ορθοκανονικούς λίθους σε περισσότερες από μια φάσεις κατασκευής.

Οι λιθοδομές από ακανόνιστους επεξεργασμένους λίθους δεν δομούνται από μεγάλων διαστάσεων λίθους, αντιθέτως, χρησιμοποιήθηκαν μεσαίας και μικρής διάστασης λίθοι και λιθοθραύσματα (σόμπολα). Γι αυτό το λόγο δεν θεωρείται ότι είναι επαρκώς πλεγμένοι οι λίθοι και προσομοιώνουμε την τοιχοποιία σε 3στρωτη για λογούς ασφάλειας .

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ ΚΕΦ6 μπορούμε σε δίστρωτη τοιχοποιία ελλείψει δεδομένων να χρησιμοποιήσουμε τους τύπους Σ6.1,Σ6.2,Σ6.3 (οι τύποι αυτοί υπάρχουν και στον ευρωκωδικα 6) με θεώρηση τρίστρωτης τοιχοποιίας επί τω δυσμενεστέρω. Αξίζει να αναφερθεί ότι με βάσει τον ΚΑΝΕΠΕ μπορούσαμε να λάβουμε υπόψη ερήμη αντοχή τοιχοποιίας ίση με 2Μρα, παρόλα αυτά ακολουθήσαμε την αναλυτική μέθοδο η οποία μας οδήγησε σε παραπλήσια (πιο συντηρητικά) αποτελέσματα.

Το δευτερεύον ξύλινο φέρον σύστημα στο ισόγειο του κτιρίου είναι ιδιαίτερα εύκαμπτο σε σχέση με το δύσκαμπτο κύριο φέρον σύστημα από τοιχοποιία. Το ξύλινο σύστημα ενεργοποιείται μόνο μετά από την ρηγμάτωση και μερική κατάρρευση της φέρουσας τοιχοποιίας και φέρει ασφαλώς τα κατακόρυφα φορτία του δομήματος, επιτρέποντας την διάσωση των χρηστών και την μετασεισμική επισκευή και επανάχρησή του. Η υπόθεση αυτή έχει επιβεβαιωθεί πλήρως από την παθολογία των κτιρίων μετά τον τελευταίο σεισμό και από παραμετρικές διερευνήσεις που πραγματοποιήθηκαν από διάφορους ερευνητές (Vintzileou et al. 2006).

Στον όροφο οι περιμετρικοί τοίχοι αποτελούνται από ενισχυμένη με ξύλα φέρουσα τοιχοποιία. Οι τοίχοι αυτοί είναι οπλισμένοι με διαγώνιους ξύλινους θλιπτήρες (χιαστές ξυλοδεσιές), όμως κατά τη διάρκεια των καθαιρέσεων των επιχρισμάτων πιθανότατα, λόγω χρήσης μη κατάλληλων εργαλείων και μεθόδων (σε αυτές τις εργασίες απαιτείται μεγάλη προσοχή και μόνο με το χέρι, χωρίς καθόλου ηλεκτρικά εργαλεία, από πολύ πεπειραμένους σε παρόμοιες εργασίες τεχνίτες) διαταράχθηκε η μονολιθικότητα της τοιχοποιίας πλήρως και δεν τη λάβαμε υπόψη στην ανάλυση. Οι εσωτερικοί

χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τους συμμετέχοντες στην αντοχή του κτιρίου και τους απλούς που δεν συμμετέχουν.

Οι συμμετέχοντες παρουσιάζονται στα σχέδια λεπτομερειών, φέρουν πολλά διαγώνια και κατακόρυφα μέλη για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις των δράσεων.

Τα ξύλινα πατώματα στα παραδοσιακά σπίτια της Λευκάδας αποτελούνται από σανίδες σε απλή παράθεση, καρφωμένες επί ισχυρών ξύλινων δοκών. Τα πατώματα αυτά εξασφαλίζουν μικρή δυσκαμψία και σημαντική διαφοροποίηση της διαφραγματικής λειτουργίας κατά κατεύθυνση εξαιτίας της έδρασης των ξύλινων φερουσών δοκών επί των φερουσών τοιχοποιιών σε μία μόνο από τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου.

Το συγκεκριμένο κτίριο δεν αποτελεί εξαίρεση. Το πάτωμά του αποτελείται από σανίδες καρφωμένες σε ξύλινες δοκούς. Κάθετα στις δοκούς αυτές συναντάμε τις καρίνες. Τελικά τα φορτία του πατώματος περνούν μέσω του σανιδώματος στα πρώτα ξύλινα δοκάρια και από αυτά μοιράζονται στους τοίχους και στις καρίνες. Ο στατικός λόγος των καρινών είναι κυρίως να ελαττώνουν τα ανοίγματα στα δοκάρια (τα οποία συγκρατούν το σανίδωμα) προσφέροντας τους ενδιάμεσες στηρίξεις.

Η στέγη του κτιρίου αποτελείται και αυτή από μια εσχάρα. Οι τεγίδες και το σανίδωμα εδράζονται στο πρώτο στρώμα ξύλινων κεκλιμένων δοκών πυκνής διάταξης. Δύο ενδιάμεσες σειρές δοκών σε κάθε πλευρά (παράλληλες με τον κορφιά της στέγης) προσφέρουν ενδιάμεσες στηρίξεις στις δοκούς αυτές. Τα φορτία μεταφέρονται στους περιμετρικούς τοίχους και διαμέσου των δυο σειρών δοκών που αναφερθήκαμε πριν, στον κύριο σκελετό της στέγης.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των επί μέρους υλικών και της λιθοδομής αποτιμώνται ως εξής:

Φέρουσα Τοιχοποιία	
Θλιπτική αντοχή (MPa)	1,20
Εφελκυστική αντοχή (MPa)	0,1
Διατμητική Αντοχή (MPa)	0,15 – 0,18
Πυκνότητα (kg/m ³)	2240
Μέτρο Ελαστικότητας (MPa)	1500
Λόγος Poisson	0.25

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μπορεί να εκτιμηθεί βάσει τη σχέσης του ΚΑΔΕΤ 2019

Λόγω έλλειψης πειραματικών δοκιμών, γίνονται κάποιες παραδοχές αναφορικά με τα συνθετικά στοιχεία της τοιχοποιίας βάσει των διαθέσιμων βιβλιογραφικών στοιχείων.

Θλιπτική αντοχή λίθων (MPa) f_{bc}	40
Θλιπτική αντοχή κονιάματος δόμησης f_m (MPa)	1,50
Ποσοστό όγκου κονιάματος ως προς τον όγκο της λιθοδομής	0,26 – 0,3
Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή λιθοδομής (MPa)	$f_{vk}^s = 0,1 + 0,4\sigma_d \leq 1MPa$
Μέτρο Ελαστικότητας λιθοδομής E_s (MPa)	1500
Πυκνότητα (t/m ³)	2,24
Ειδικό βάρος (kN/m ³)	22,00
Λόγος Poisson	0,25

Για τον υπολογισμό των φορτίων που οφείλονται στα ίδια βάρη των ξύλινων στοιχείων του

φορέα, υιοθετήθηκαν οι ακόλουθες παραδοχές βάσει διαθέσιμων βιβλιογραφικών στοιχείων:

Πυκνότητα (t/m ³)	0,82
Ειδικό βάρος (kN/m ³)	8,00
Μέτρο Ελαστικότητας (MPa)	10000
Λόγος Poisson	0,3

Η θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας μπορεί να εκτιμάται μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$f_{wc} = 1,7 R_d (2 \lambda e \delta f_{c,e} + \lambda i f_{c,i}) : (1 + 2 \delta)$$

Ελλείψει άλλων στοιχείων, μπορούν να χρησιμοποιούνται οι σχέσεις

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40(f_{bc} - f_{mc})] (1 - 0,8 \sqrt{\alpha_3}), f_{bc} > f_{mc} \quad (\Sigma 6.1)$$

$$f_{wc} = f_{bc} (1 - 0,8 \sqrt{\alpha_3}), f_{bc} < f_{mc} \quad (\Sigma 6.2)$$

$$f_{wc} = \xi [\{ 23 \sqrt{f_{bc} - f_0} \} + \lambda f_{mc}] \quad (\Sigma 6.3)$$

Η τοιχοποιία, ως ανισότροπο υλικό, χαρακτηρίζεται από εφελκυστική αντοχή η οποία έχει διαφορετική τιμή ανάλογα με την γωνία υπό την οποία εμφανίζεται ο εφελκυσμός.

Σε ορισμένες περιπτώσεις λιθοδομών (π.χ. όταν χρησιμοποιούνται μικρών διαστάσεων αργοί λίθοι με μεγάλη ποσότητα κονιάματος), παρατηρείται μειωμένη ανισοτροπία και, επομένως, οι τιμές των εφελκυστικών αντοχών της τοιχοποιίας δεν διαφέρουν σημαντικά αναλόγως με την γωνία υπό την οποία ασκείται ο εφελκυσμός. Στη βιβλιογραφία δίνονται διάφορες τιμές της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας, οι οποίες στηρίζονται σε πειραματικά αποτελέσματα και διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διεύθυνση εφαρμογής της εφελκυστικής δύναμης (Blume & Proulx) (Borchelt). Ακόμα όμως και αυτές οι τιμές παρουσιάζουν έντονη διασπορά. Συνεπώς, στη συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνεται υπόψη μία συντηρητική τιμή της εφελκυστικής αντοχής ίση με

$$f_{wt} = 0,1 \text{ MPa}$$

Σχετικά με τις τιμμεντενέσεις και τα αρμολογήματα που έχουν λάβει χώρα στο έργο αυτό, δεν τα λάβαμε υπόψη στους υπολογισμούς διότι σε αυτοψία μας υστερούσαν των βασικών συνθηκών και των ελαχίστων απαιτούμενων από τον κανονισμό για να τα λάβουμε υπόψη.

Πιο αναλυτικά:

Σύμφωνα με το κεφάλαιο 6 παράγραφος 7 του ΚΑΔΕΤ, το αρμολόγημα (βαθύ πάντα, περίπου στο 50% του φάρδους του αντίστοιχου λίθου) έχει σαν στόχο την επαναφορά της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας και όχι την ενίσχυσή της, παρά μόνον σε τοιχοποιίες περιορισμένου πάχους.

Οπότε αρχικά είναι μια εργασία επαναφοράς που έτσι κι αλλιώς ο μηχανικός δεν θα τη θεωρήσει εργασία ενίσχυσης σε ένα τέτοιο τοίχο.

Βέβαια ο ΚΑΔΕΤ είναι ένας υπό διαβούλευση κανονισμός, όμως αυτά που λέει δεν έρχονται σε αντιπαράθεση με τους ισχύοντες κανονισμούς. Επίσης ούτε ο ευρωκώδικας ή ο ΚΑΝΕΠΕ προτείνουν αρμολόγημα σαν εργασία ενίσχυσης.

Όσων αφορά τις τιμμεντενέσεις, κατά τη διάρκεια της αυτοψίας έγινε διερεύνησή τους και μας δημιουργήθηκαν εύλογα ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο και τις συνθήκες διεξαγωγής τους, τόσο μεγάλα που προς τη μεριά της ασφαλείας του κτιρίου δεν λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς.

Έδαφος Θεμελίωσης

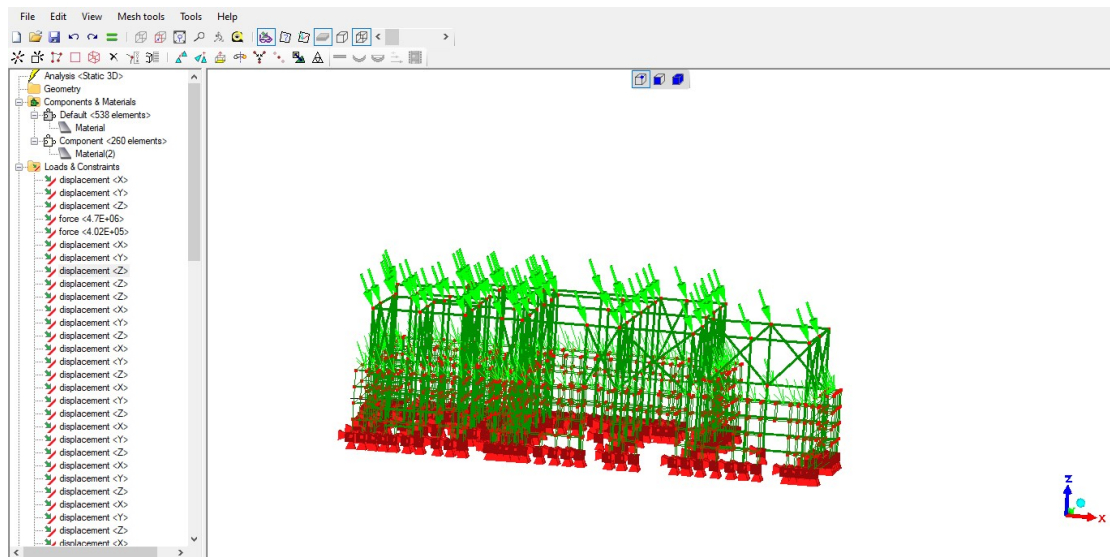
Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα το έδαφος της Λευκάδας στη θέση θεμελίωσης του υπό μελέτη κτιρίου κατατάσσεται στην κατηγορία εδάφους B.

Παραδοχές στατικής επίλυσης και μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων.

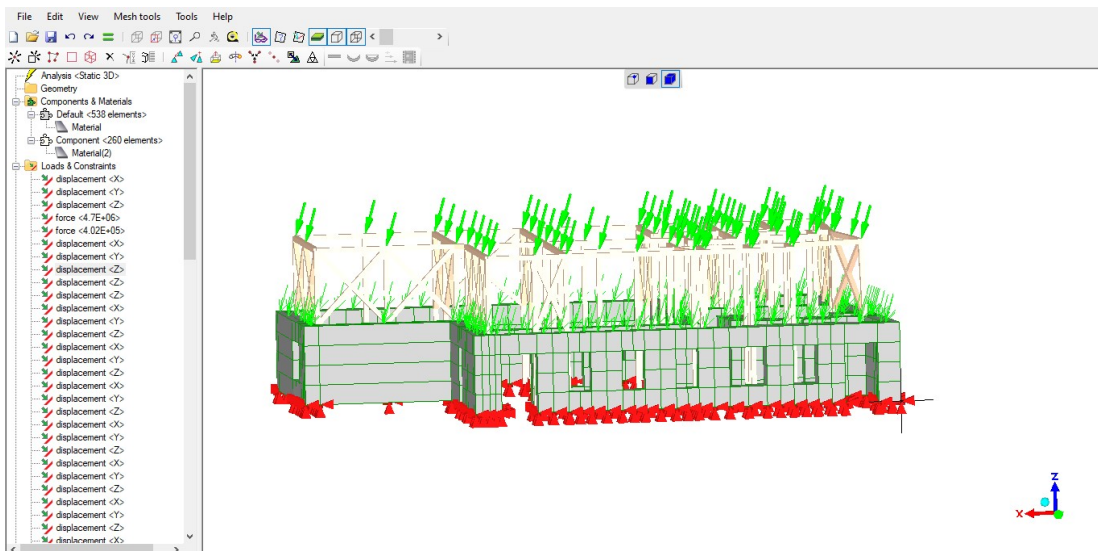
Η συγκεκριμένη μελέτη έγινε με χωρικά πεπερασμένα στοιχεία και ο παράγοντας του πάχους της τοίχοποιίας ελήφθη υπόψη εξ αρχής για τη δημιουργία του μοντέλου των πεπερασμένων. Η μέθοδος αυτή αν και δεν υποστηρίζεται από τα απλά στατικά προγράμματα και απαιτεί πραγματικά μεγάλο υπολογιστικό χρόνο (αρκετές ώρες επίλυσης ανάλογα με τον αριθμό των πεπερασμένων και την ισχύ της υπολογιστικής μηχανής), επιλέχθηκε διότι υπολογίζει σωστά όλα τα εντατικά μεγέθη, ακόμα και τα εντατικά μεγέθη λυγισμού. Υπολογίζει δε και τα φαινόμενα δευτέρας τάξης μέσα από τρισδιάστατα πεπερασμένα και όχι απλά από εμπειρικούς τύπους. Οι εμπειρικοί τύποι των κανονισμών χρησιμοποιήθηκαν μόνο για λόγους περισσότερης ασφαλείας.

Στο τεύχος αποτελεσμάτων, παρουσιάζονται όλα τα επικόμβια φορτία των πεπερασμένων δίνοντας μας ακριβή εικόνα όχι μόνο των μέγιστων τάσεων αλλά και σε ποιο σημείο του πάχους του τοίχου αναπτύσσονται αυτές κάτι που μας έδωσε καλύτερη εικόνα του τρόπου λειτουργίας του δομήματος και του τρόπου αστοχίας του.

Το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του φορέα είναι το Iisa 8.1. Η διακριτοποίηση του φορέα παρουσιάζεται στις Εικόνες που ακολουθούν



Εικόνα 1 Τριδιάστατο προσομοίωμα του φορέα στο LISA 8.1



Εικόνα 2 Τριδιάστατο προσομοίωμα του φορέα στο LISA 8.1

Η προσομοίωση του κτιρίου γίνεται με χωρικά πεπερασμένα στοιχεία solid finite elements. Η στήριξη της τοιχοποιίας στο έδαφος έχει προσομοιωθεί με στρεπτή στήριξη (επί τω δυσμενέστερω).

Τα ξύλινα πατώματα, τα οποία αποτελούνται από ξύλινες διαδοκίδες πάνω στις οποίες καρφώνονται οι σανίδες του πατώματος ελήφθησαν υπόψη μόνο μέσω των φορτίων τους (ίδιο βάρος και κινητό) και μέσω των μαζών τους, οι οποίες ελήφθησαν υπόψη στην δυναμική ανάλυση του φορέα.

Επιβαλλόμενα Φορτία

Τα μόνιμα φορτία προέρχονται από το ίδιο βάρος

- α) της τοιχοποιίας
- β) του ξύλινου σκελετού
- γ) των πατωμάτων
- δ) της οροφής
- ε) των κεραμιδιών και του σανιδώματος της στέγης

Τα ίδια βάρη των τοιχοποιιών ορίστηκαν στις ιδιότητες των εισαχθέντων υλικών στο πρόγραμμα (DEAD). Παράλληλα υπολογίστηκαν τα μόνιμα φορτία των ξύλινων στοιχείων (πάτωμα, οροφή, στέγη) ως εξής:

A. Φορτία πατωμάτων

Τα ξύλινα πατώματα αποτελούνται από ξύλινες διαδοκίδες πάνω στις οποίες καρφώνονται οι σανίδες του πατώματος. Η στήριξη τους στους περιμετρικούς τοίχους θεωρήθηκε αμφιαρθρωτή. Το σανίδωμα των πατωμάτων θεωρήθηκε ότι αποτελείται από σανίδες πάχους 2,5cm με ίδιο βάρος $8,00 \text{ kN/m}^3$.

Παράλληλα, θεωρήθηκε κινητό φορτίο πατωμάτων ίσο με $5,00 \text{ kN/m}^2$.

Τα φορτία αυτά κατανέμονται στις ξύλινες διαδοκίδες ανάλογα με το φορτικό πλάτος επιρροής τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3 και στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω των διαδοκίδων στους περιμετρικούς τοίχους. Στις Εικόνες 3 και 4 παρουσιάζεται η κατανομή των μόνιμων και κινητών φορτίων στους περιμετρικούς τοίχους.

B. Φορτία Στέγης

Για τον υπολογισμό του φορτίου των περιμετρικών τοίχων λόγω των στεγών θεωρήθηκε ,ως μία καλή προσέγγιση, ένα μέσο φορτίο στέγης ανά τετραγωνικό επιφάνειας της ίσο με $1,2 \text{ kN/m}^2$.

Για την κεκλιμένη επιφάνεια της στέγης λαμβάνεται υπόψη επιφανειακό κινητό φορτίο $q_{στ} = 0,5 \text{ kN/m}^2$ (μη προσβάσιμη στέγη παρά μόνο για επισκευή και συντήρηση).

Μέθοδοι Ανάλυσης Φορέα

Η απόκριση του κτιρίου προσεγγίζεται μέσω ιδιομορφικής και μέσω δυναμικής φασματικής ανάλυσης

ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

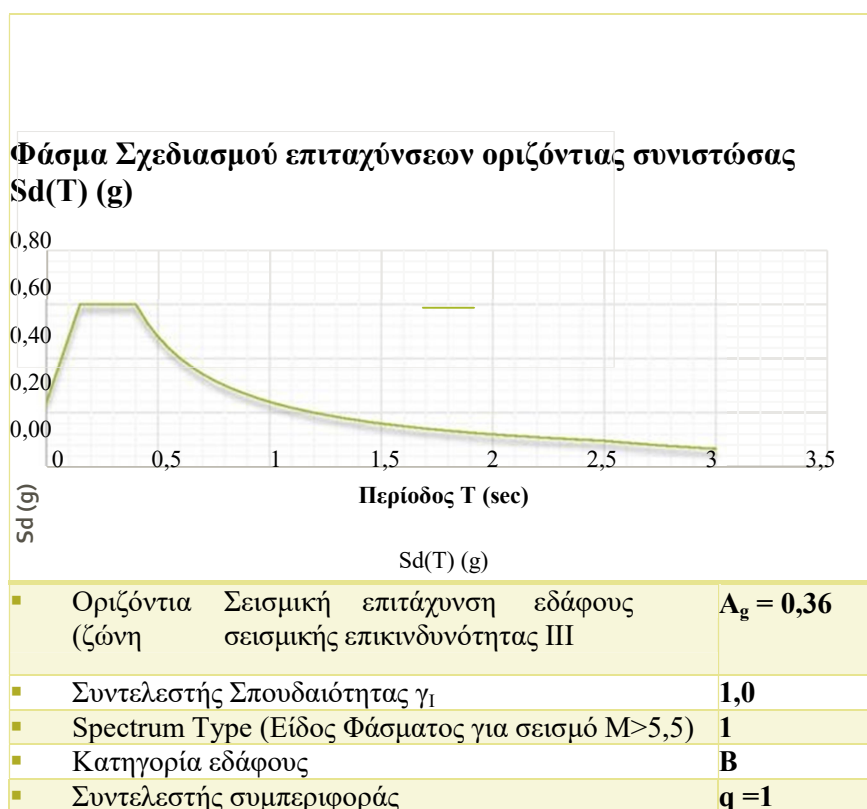
Κατά την ανάλυση συνυπολογίστηκαν ιδιομορφές του φορέα, ώστε να επιτευχθεί ενεργοποίηση ποσοστού μεγαλύτερου του 90% της δρώσας μάζας.

Οι ιδιομορφές που ενεργοποιούν σημαντικό ποσοστό μάζας κατά τις δύο οριζόντιες διευθύνσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η δυναμική φασματική μέθοδος εφαρμόζεται για σεισμική φόρτιση στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει πλήρη ιδιομορφική ανάλυση του συστήματος, υπολογισμό της μέγιστης σεισμικής απόκρισης για κάθε ιδιομορφή ταλάντωσης και, τέλος, τετραγωνική επαλληλία των μέγιστων ιδιομορφικών αποκρίσεων.

Το φάσμα απόκρισης που υιοθετήθηκε για τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων ακολούθησε τα οριζόμενα στον Ευρωκώδικα 8 και παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.



Φάσμα Σχεδιασμού Επιταχύνσεων Οριζόντιας Συνιστώσας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8

Το κτίριο αναλύθηκε για τους εξής συνδυασμούς:

Στατική φόρτιση, σεισμός κατά x, σεισμός κατά y και σεισμός κατά z

ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για τους σεισμικούς φορτιστικούς συνδυασμούς που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα, αναγνωρίζονται και ελέγχονται σε κάθε όψη του κτιρίου οι κρίσιμες σε όρους εντατικών μεγεθών περιοχές. Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται έναντι μονοαξονικής κάμψης παράλληλα στους αρμούς με αξονικό φορτίο, έναντι μονοαξονικής κάμψης κάθετα στους αρμούς με αξονικό φορτίο, έναντι εντος επιπέδου κάμψης και έναντι τέμνουσας.

Εισαγωγικά στοιχεία

Κάτωθι επεξηγούνται, αναλυτικά, δύο στοιχεία με συχνή εμφάνιση στους ελέγχους των επόμενων υποκεφαλαίων. Τα δύο αυτά στοιχεία είναι:

- Ο συντελεστής ασφάλειας για την τοιχοποιία γ_M
- Η κατακόρυφη τάση σχεδιασμού της τοιχοποιίας σ_d

Συντελεστής ασφάλειας για την τοιχοποιία γ_M

Η ποιότητα κτισίματος της τοιχοποιίας επηρεάζει την αντοχή της. Ως εκ τούτου, ο παράγοντας αυτός λαμβάνεται υπόψη μέσω του επιμέρους συντελεστή ασφαλείας για την τοιχοποιία, ο οποίος καθορίζεται αφενός ανάλογα με την κατηγορία ελέγχου δόμησης της τοιχοποιίας.

Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε

$$\gamma_M = 1,8$$

Κατακόρυφη τάση σχεδιασμού της τοιχοποιίας σ_d

Ακολουθούν οι έλεγχοι της κατασκευής. Κύριο μέγεθος των ελέγχων αυτών είναι η κατακόρυφη τάση σχεδιασμού της τοιχοποιίας σ_d . Η κατακόρυφη αυτή τάση προκύπτει από τις μόνιμες δράσεις επί του τοίχου στην υπό έλεγχο στάθμη. Οι μόνιμες δράσεις αντιστοιχούν στον φορτικό συνδυασμό **1,00 x μόνιμα + 0,30 x κινητά**.

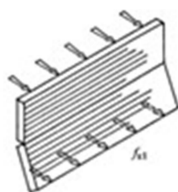
Καμπτική αντοχή τοιχοποιίας για εκτός επιπέδου κάμψη παράλληλα στις οριζόντιες ακμές

Η άοπλη τοιχοποιία ελέγχεται έναντι κάμψης με την ανίσωση ελέγχου:

$$M_{sd} < M_{Rd} \quad (\tau. 1.1)$$

Όπου η εκτός επιπέδου αντοχή σχεδιασμού έναντι καμπτικής ροπής ανά μονάδα μήκους ή ύψους δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$M_{Rd} = (f_{td} \cdot Z) / \gamma_M \quad (\tau 1.2)$$



Τιμές της f_{td}

Υλικό λιθοσώματος	f_{td} (N/mm ²)			
	Κονίαμα γενικής εφαρμογής		Κονίαμα λεπτής στρώσεως	Ελαφροκονίαμα
	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$		
Άργιλος	0,10	0,10	0,15	0,10
Πυριτικό ασβέστιο	0,05	0,10	0,20	Δεν χρησιμοποιείται
Σκυρόδεμα με αδρανή	0,05	0,10	0,20	Δεν χρησιμοποιείται
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	0,05	0,10	0,15	0,10
Τεχνητοί λίθοι	0,05	0,10	Δεν χρησιμοποιείται	Δεν χρησιμοποιείται
Λαξευτοί φυσικοί λίθοι	0,05	0,10	0,15	Δεν χρησιμοποιείται

Τιμές καμπτικής αντοχής για επίπεδο αστοχίας παράλληλα στις οριζόντιες ακμές

Σύμφωνα με τις Ειδικές Διατάξεις για Κτήρια σε σειсмоγενείς περιοχές, για τον έλεγχο ασφαλείας έναντι κατάρρευσης άοπλων τοίχων εκτός επιπέδου μπορεί να εφαρμόζεται η εξής σχέση:

$$M_{Rd} = 1/2(\sigma_d \cdot t \cdot l^2) \cdot (1 - \gamma_M \cdot \sigma_d / f_k) \quad (\tau. 1.4)$$

Σχόλιο: Κατά τον έλεγχο έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, παράλληλης στις οριζόντιες ακμές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ο τύπος (τ. 1.2) είτε ο (τ. 1.4) για την εύρεση της καμπτικής αντοχής. Παρ' όλα αυτά, ο τύπος (τ. 1.4) δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τον πρώτο. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη, για τον έλεγχο

έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, παράλληλης στις οριζόντιες ακμές, προτιμήθηκε και χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$M_{Rd} = 1/2(\sigma_d \cdot t \cdot l^2) \cdot (1 - \gamma_M \cdot \sigma_d / f_k) \quad (\tau. 3.4)$$

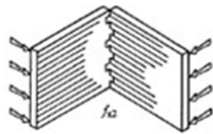
Καμπτική αντοχή τοιχοποιίας για εκτός επίπεδο κάμψη παράλληλα στις κατακόρυφες ακμές

Η άοπλη τοιχοποιία ελέγχεται έναντι κάμψης με την ανίσωση ελέγχου:

$$M_{sd} < M_{Rd}$$

Όπου η εκτός επιπέδου αντοχή σχεδιασμού έναντι καμπτικής ροπής ανά μονάδα μήκους ή ύψους δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$M_{Rd} = (f_{tk2} \cdot Z) / \gamma_M \quad (\tau. 3.5)$$



Τιμές της f_{tk2}

Υλικό λιθοσώματος	f_{tk2} (N/mm ²)			
	Κονίαμα γενικής εφαρμογής		Κονίαμα λεπτής στρώσεως	Ελαφροκονίαμα
	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$		
Άργιλος	0,20	0,40	0,15	0,10
Πυριτικό ασβέστιο	0,20	0,40	0,30	Δεν χρησιμοποιείται
Σκυρόδεμα με αδρανή	0,20	0,40	0,30	Δεν χρησιμοποιείται
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	0,20	0,20	0,30	0,15
Τεχνητοί λίθοι	0,20	0,40	Δεν χρησιμοποιείται	Δεν χρησιμοποιείται
Λαξευτοί φυσικοί λίθοι	0,20	0,40	0,15	Δεν χρησιμοποιείται

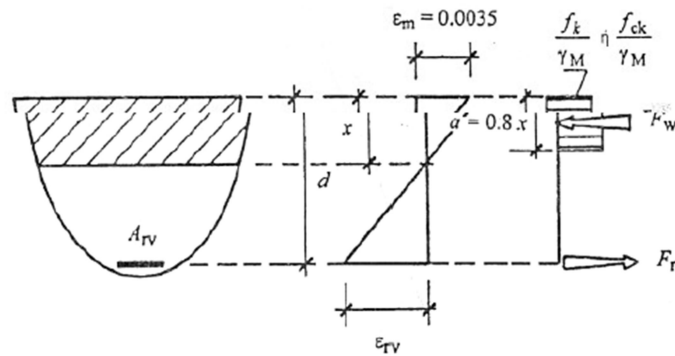
Τιμές καμπτικής αντοχής για επίπεδο αστοχίας κάθετα στις οριζόντιες ακμές

Σχόλιο: Κατά τον έλεγχο έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, παράλληλης στις κατακόρυφες ακμές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ο τύπος (τ. 1.4) είτε ο (τ.1.5) για την εύρεση της καμπτικής αντοχής. Παρ' όλα αυτά, ο τύπος (τ. 1.5) δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τον (τ. 1.4). Συνεπώς, στην παρούσα εργασία, για τον έλεγχο έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, παράλληλης στις κατακόρυφες ακμές, προτιμήθηκε και χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

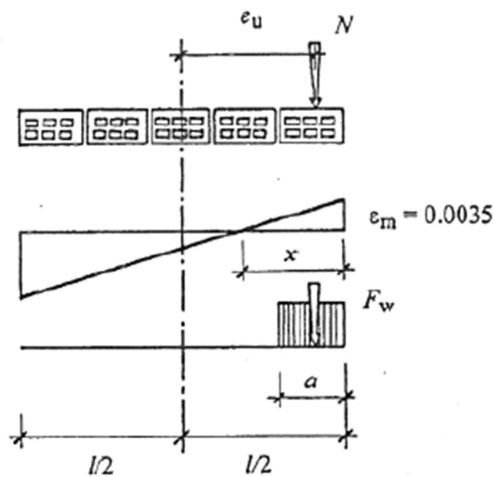
$$M_{Rd} = (f_{tk2} \cdot Z) / \gamma_M \quad (\tau. 1.5)$$

Καμπτική αντοχή τοιχοποιίας για εντός επιπέδου κάμψη

Με την παραδοχή ότι η συμπεριφορά της τοιχοποιίας σε μονοαξονική θλίψη είναι όμοια με του σκυροδέματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της καμπτικής ικανότητας μιας διατομής ενός τοίχου, ένα ίδιο σχήμα κατανομής των θλιπτικών τάσεων, ένα ισοδύναμο ορθογώνιο, όπως στην περίπτωση του σκυροδέματος. Η πρόταση η οποία γίνεται στον EC 6 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Απλοποιημένη ισοδύναμη ορθογωνική κατανομή τάσεων (EC6)



Ισορροπία των εντατικών μεγεθών στην καμπτική αστοχία ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία

Η καμπτική φέρουσα ικανότητα της διατομής ενός τοίχου, υπολογίζεται ως εξής:

$$M_{Ru} = (\sigma_d \cdot t \cdot l^2) / 2 \cdot (1 - \sigma_d / f) \quad (\tau. 1.6)$$

Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας

Η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας ελέγχεται από την ανίσωση:

$$V_{sd} \leq V_{Rd}$$

Όπου V_{sd} η διατμητική δράση που δέχεται η τοιχοποιία και V_{Rd} η διατμητική αντοχή της που δίνεται από τη σχέση:

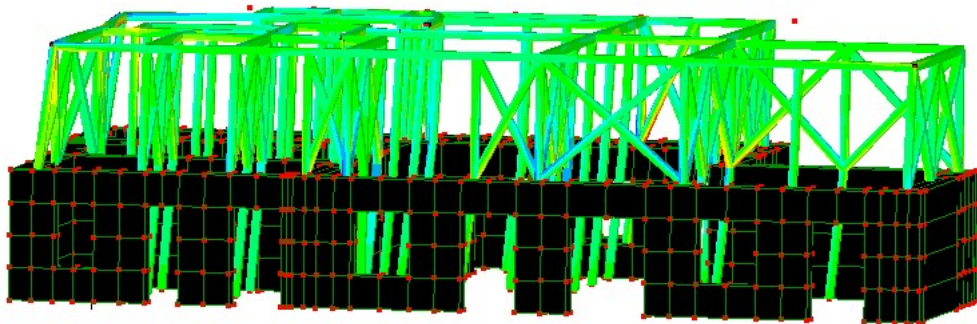
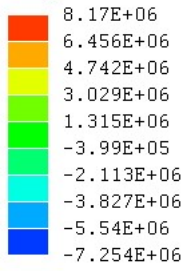
$$V_{Rd} = f_{vwk} \cdot t \cdot l_c / \gamma_M \quad (\tau. 1.8)$$

Η χαρακτηριστική διατμητική αντοχή f_{vwk} της τοιχοποιίας δίνεται από τη σχέση (§3.6.3, EC6):

$$f_{vwk} = \min\{f_{vko} + 0,4\sigma_d \text{ ή } 0,065f_b\} \text{ και } f_{vwk} \geq \min\{f_{vko} \text{ ή } f_{vk}^{\text{lim}}\} \quad (\tau. 1.9)$$

Ανάλυση του ξύλινου τμήματος της κατασκευής

Longitudinal Stress Point 1



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ (Sd) – ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ (EN 1995-1-1, κεφ. 2, EN 1990:2002 και EN 1991)

Η γενική φιλοσοφία σχεδιασμού είναι κοινή για όλους τους Ευρωκώδικες (οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας σε συνδυασμό με την μέθοδο των επί μέρους συντελεστών).

$$S_d \leq R_d$$

όπου :

Sd = τιμή σχεδιασμού των εσωτερικών δυνάμεων που δημιουργούν οι δράσεις

Rd = τιμή σχεδιασμού αντοχής

α. Χωρίς σεισμό $\Sigma \gamma G, j G_{k, j} + \gamma Q, 1 Q_{k, 1} + \Sigma \gamma Q, i \psi_{0, i} Q_{k, i}$

Παραδείγματα συνδυασμών φορτίσεων για συνήθεις εφαρμογές

Πάτωμα : $1.35G + 1.5Q$

Κεκλιμένη στέγη $1.35 G$

(μη βατή): $1.35 G + 1.5 S$ $1.35 G + 1.5 W$

$1.35G + 1.5S + 0.6 \cdot 1.5W$ $1.35G + 1.5W + 0.5 \cdot 1.5S$

Βατό δώμα : $1.35 G$

$1.35 G + 1.5 S + 0.7 \cdot 1.5Q = 1.35 G + 1.5S + 1.05Q$

$1.35G + 1.5Q + 0.5 \cdot 1.5S = 1.35G + 1.5Q + 0.75S$

β. Με σεισμό $\Sigma G_{k, j} + A_d + \Sigma \psi_{2, i} Q_{k, i}$

Παραδείγματα συνδυασμού φορτίσεων για συνήθεις εφαρμογές

Πάτωμα κατοικίας : $G + A$

$G + A + \psi_2(q) Q = G + A + 0.3 Q$

Μη βατή (κεκλιμένη στέγη): $G + A + 0.0 S + 0.0W$ (υψόμετρο <1000μ.)

ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ (Συγκεντρωτικός Πίνακας), (βλ. Εθνικό Προσάρτημα, EN 1990:2002)

G = ίδια βάρη, Q ή q = επιβαλλόμενα φορτία, S = χιόνι, W = άνεμος

$\gamma G = 1.35$ $\gamma Q = 1.5$

$\psi_0(q) = 0.7$ (χώροι συνάθροισης)

$\psi_2(q) = 0.6$ (χώροι συνάθροισης)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ (Rd), (EN 1995-1-1, κεφ 2, κεφ 3)

$$S_d \leq R_d = S_d \leq k_{mod} R_k / \gamma_M$$

όπου:

Rk είναι η χαρακτηριστική τιμή της φέρουσας ικανότητας.

γ_M είναι ο επί μέρους συντελεστής ασφαλείας.

k_{mod} είναι ένας τροποποιητικός συντελεστής με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της διάρκειας φορτίσεως και του ποσοστού περιεχομένης υγρασίας του ξύλου.

Στον Ευρωκώδικα 5 εισάγονται συντελεστές που επηρεάζουν τις αντοχές και οι οποίοι δεν συναντώνται στους υπόλοιπους Ευρωκώδικες λόγω των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει το ξύλο.

Στοιχεία για τον προσδιορισμό του συντελεστή υλικού (γ_M), (EN 1995-1-1, 2.4)

Ο συντελεστής ασφαλείας γ_M διαφόρων ειδών ξύλου, προϊόντων ξύλου και συνδέσεων δίδεται στον Πίνακα 2.3 του EN 1995-1-1. Στο Εθνικό Προσάρτημα έγινε αποδοχή των συνιστώμενων από τον Ευρωκώδικα 5 τιμών.

Στη περίπτωση μας είναι $\gamma_M=1,3$ (φυσική ξυλεία)

Στοιχεία για τον προσδιορισμό του τροποποιητικού συντελεστή αντοχών (k_{mod}) (EN 1995-1-1, 2.3.2.1, 2.4, 3.1.3, 3.2)

Η διάρκεια φορτίσεως και το ποσοστό περιεχομένης υγρασίας επηρεάζουν τις αντοχές και τις ιδιότητες δυσκαμψίας² του ξύλου και των προϊόντων ξύλου. Λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό μέσω του συντελεστή k_{mod} , του οποίου η ύπαρξη αποτελεί ιδιαιτερότητα του Ευρωκώδικα 5.

Αναλυτικότερα :

Επιρροή διάρκειας φόρτισης

Η φέρουσα ικανότητα του ξύλου και των προϊόντων ξύλου επηρεάζεται σημαντικά από τον χρόνο επιβολής των φορτίων. Κατά συνέπεια, οι ξύλινες κατασκευές παραλαμβάνουν λιγότερα φορτία όταν αυτά τις καταπονούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. μόνιμα φορτία). Γι' αυτό οι δράσεις που εισάγονται στους υπολογισμούς αντοχών και δυσκαμψιών κατατάσσονται ανάλογα με την διάρκεια επιβολής τους στις κατασκευές σε μια από τις κατηγορίες (κατηγορίες διάρκειας φόρτισης) που δίδονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας κατατάξεως φορτίσεων σε κατηγορίες διάρκειας όπως ορίζονται στο Ελληνικό Εθνικό Προσάρτημα (βλ. επίσης EN 1995-1-1, Πίνακες 2.1, 2.2)

Κατηγορία διάρκειας φόρτισης	Παραδείγματα φορτίων	Σωρευτική διάρκεια χαρακτηριστικού φορτίου
Μόνιμη	ίδιο βάρος	άνω των 10 ετών
Μακροχρόνια	φορτία αποθηκείσεως	6 μήνες έως 10 έτη
Μεσοχρόνια	Επιβαλλόμενα (κινητά) φορτία	1 εβδομάδα έως 6 μήνες
Βραχυχρόνια	χιόνι	λιγότερο από 1 εβδομάδα
Στιγμιαία	άνεμος, τυχηματικά φορτία (π.χ. σεισμός)	

Κατηγορίες λειτουργίας κατασκευών

Η υγρασία επηρεάζει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου όταν μεταβάλλεται κάτω από το σημείο κορεσμού των ιών του. Οι μηχανικές αντοχές αυξάνονται όταν ελαττώνεται η υγρασία λόγω της συμπύκνωσης της μάζας των κυτταρικών τοιχωμάτων. Σημαντική είναι επίσης η επιρροή του Π.Π.Υ. του ξύλου στις ερπυστικές παραμορφώσεις (βλ. κεφ.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας).

Στον EC5 καθορίζονται κατηγορίες λειτουργίας στις οποίες κατατάσσονται οι κατασκευές ανάλογα με την σχετική υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος τους. Το σύστημα των κατηγοριών λειτουργίας προορίζεται :

- για τον καθορισμό τιμών αντοχών μέσω του συντελεστή k_{mod} ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επιρροή της υγρασίας στις αντοχές του ξύλου και
- για τον υπολογισμό των ερπυστικών παραμορφώσεων μέσω του συντελεστή k_{def} υπό δεδομένες περιβαλλοντικές συνθήκες

Πίνακας κατάταξης κατασκευών σε κατηγορίες λειτουργίας (βλ. EN 1995-1-1, 2.3.1.3 και Εθνικό Προσάρτημα)

Κατηγορία λειτουργίας	Θερμοκρασία και σχετική υγρασία περιβάλλοντος κατασκευών	Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου (Π.Π.Υ.)	Παραδείγματα
1	20oC, υγρασία >65% για λίγες εβδομάδες το χρόνο.	Το Π.Π.Υ. των ξύλινων στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε αυτούς τους χώρους σταθεροποιείται στο $9 \pm 3\%$.	Κλειστές κατασκευές ή χώροι που θερμαίνονται, (θερμές στέγες, πατώματα εσωτερικών χώρων και εσωτερικοί τοίχοι).
2	20oC, υγρασία >85% για λίγες εβδομάδες το χρόνο.	Π.Π.Υ. ξύλινων στοιχείων = $(12 \pm 3)\%$. Π.Π.Υ. ξύλινων στοιχείων = $(15 \pm 3)\%$.	Κλειστές κατασκευές μη θερμαινόμενες ή περιοδικά θερμαινόμενες (π.χ. εξοχικές κατοικίες). Ανοικτές στεγασμένες κατασκευές, ψυχρές στέγες, εξωτερικοί τοίχοι, και γενικότερα κατασκευές που δεν είναι άμεσα εκτεθειμένες στα καιρικά φαινόμενα.
3	Κλιματικές συνθήκες οι οποίες οδηγούν σε Π.Π.Υ. του ξύλου ανώτερο από εκείνο της κατηγορίας 2.	Το Π.Π.Υ. των ξύλινων στοιχείων που χρησιμοποιούνται σε αυτούς τους χώρους είναι >19%.	Κατασκευές σε υγρούς χώρους ή κατασκευές εκτεθειμένες στα καιρικά φαινόμενα (π.χ. άμεση διαβροχή).

Για το υπόψη κτίριο της μελέτης κατάλληλη κατηγορία κρίθηκε η 2 του παραπάνω πίνακα του ευρωκώδικα 5.

Τιμές τροποποιητικού συντελεστή (k_{mod})

Τιμές του k_{mod}

(βλ. EN 1995-1-1, 2.4, Πίνακα 3.1 στο Amendment, EN 1995-1-1:2004/A - June 2008))

Υλικό	Πρότυπο	Κατηγορία Λειτουργίας	Κατηγορία διάρκειας φόρτισης				
			Μόνη δράση	Μακρο-χρόνια δράση	Μεσο-χρόνια δράση	Βραχυ-χρόνια δράση	Στημιαία δράση
Φυσική ξυλεία	EN 1408-1-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Επικολλητή ξυλεία	EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Ξυλεία επικολλημένων ξυλοφύλλων (LVL)	EN 14374, EN 14279	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Αντικολλητή ξυλεία (“κόντρα-πλακέ”, plywood)	EN 636 EN 636-1 EN 636-2 EN 636-3						
Πλάκες προσανατολισμένων ξυλοτεμαχιδίων (Oriented Strand	EN 300	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/2	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90

Boards - OSB)							
Μοριοπλάκες (particleboards)	EN 312						
	Τύπου P4, P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Τύπου P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Τύπου P6, P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Τύπου P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Ινοπλάκες σκληρές (Fibreboards, hard ή hardboard)	EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA1 ή 2 HB.HLA1 ή 2	1 2	0,30 0,20	0,45 0,30	0,65 0,45	0,85 0,60	1,10 0,80
Ινοπλάκες μέσης σκληρότητας (Fibreboards, medium ή mediumboard)	EN 622-3						
	MBH.LA1 ή 2 MBH.HLS1 ή 2	1 1	0,20 0,20	0,40 0,40	0,60 0,60	0,80 0,80	1,10 1,10
	MBH.HLS1 ή 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (Fibreboards, MDF)	EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1 2	0,20 -	0,40 -	0,60 -	0,80 0,45	1,10 0,80

Παρατηρήσεις:

- Ο συντελεστής k_{mod} είναι μειωτικός συντελεστής των αντοχών εκτός των στιγμιαίων φορτίσεων (άνεμου και σεισμού).
- Οι τιμές του k_{mod} είναι ίδιες για την φυσική ξυλεία, την επικολλητή ξυλεία, το LVL και την αντικολλητή ξυλεία, για όλες τις κατηγορίες λειτουργίας και διάρκειας φόρτισης.
- Επισημαίνεται η σημαντική μείωση της αντοχής των ξύλων (40% - έως και 50%) και για τα μεγάλης διάρκειας φορτία (μόνιμα και μακροχρόνια).
- Επισημαίνεται η σημαντική μείωση της αντοχής των ξύλων (40% έως και 80%) για τις ξυλοπλάκες διαφόρων τύπων όταν καταπονούνται από μόνιμες δράσεις (ίδια βάρη).

Τροποποιητικός συντελεστής k_{mod} για συνδυασμούς φορτίσεων

Συνήθως για τον υπολογισμό των δομικών στοιχείων δεν χρησιμοποιούνται οι μεμονωμένες δράσεις αλλά οι συνδυασμοί τους. Στην περίπτωση αυτή, **όταν ένας συνδυασμός φορτίων απαρτίζεται από δράσεις που κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες διάρκειας φόρτισης, θα πρέπει να λαμβάνεται η τιμή του k_{mod} που αντιστοιχεί στην δράση μικρότερης διάρκειας** (EN 1995-1-1, 3.1.3(2)).

π.χ. για τον συνδυασμό (1.35G+1.5S) που περιλαμβάνει ένα μόνιμο (ίδιο βάρος) και ένα βραχυχρόνιο φορτίο (χιόνι), θα πρέπει να χρησιμοποιείται η τιμή του k_{mod} που αντιστοιχεί στο βραχυχρόνιο φορτίο.

Κατά συνέπεια, ο δυσμενέστερος συνδυασμός φορτίσεων εξαρτάται και από την αντίστοιχη τιμή του k_{mod} . Για παράδειγμα, σε στέγες με βαριά επικάλυψη π.χ. κολυμβητά κεραμίδια ή σχιστόπλακες, ο συνδυασμός φόρτισης 1.35G στον οποίο αντιστοιχεί $k_{mod}=0.60$ (μόνιμη φόρτιση για κατ. λειτουργίας 1,2) μπορεί να είναι ο δυσμενέστερος και από το συνδυασμό 1.35G+1.5S στον οποίο αντιστοιχεί $k_{mod}=0.90$ (βραχυχρόνια φόρτιση λόγω χιονιού (S)) αλλά και από το συνδυασμό 1.35G+1.5S+0.9W στον οποίο αντιστοιχεί $k_{mod}=1.10$ (στιγμιαία φόρτιση λόγω ανέμου (W)), (βλ. επίσης στα παραδείγματα της παρούσας εργασίας (κεφ. 7), τον τρόπο επιλογής του δυσμενέστερου συνδυασμού).

Συντελεστής επιρροής μεγέθους μέλους (k_h), (EN 1995-1-1, 3.2(2)-(3), 3.3(2)-(3), 3.4(2)-(5))

Αυξητικός συντελεστής των αντοχών ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επιρροή του μεγέθους του μέλους στην καμπτική και εφελκυστική αντοχή. Περιγράφει το «φαινόμενο κλίμακας»,

την παρατηρούμενη δηλαδή αύξηση της αντοχής ενός δοκιμίου όταν μειώνεται ο όγκος του. Όσο μικρότερος είναι ο όγκος ενός δομικού στοιχείου, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα να βρεθούν περιοχές χαμηλής αντοχής που θα καθορίσουν την αντοχή του συνόλου. Στο ξύλο το φαινόμενο αυτό είναι πολύ πιο έντονο από άλλα δομικά υλικά, λόγω της μεγάλης πιθανότητας ύπαρξης η μη ρόζων και άλλων φυσικών ελαττωμάτων τα οποία καθορίζουν την αντοχή των ξύλινων μελών.

ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΡΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (EN 1995-1-1, κεφ. 6)

Οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει ο Ευρωκώδικας 5 οφείλονται στις ιδιαιτερότητες του υλικού (ανισοτροποία και ανομοιομορφία). Οι διαφορές αυτές αποτυπώνονται και στους ελέγχους που απαιτούνται για τον υπολογισμό των ξύλινων στοιχείων και των συνδέσεων τους.

Εφελκυσμός παραλλήλως προς τις ίνες (EN 1995-1-1, 6.1.2)

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

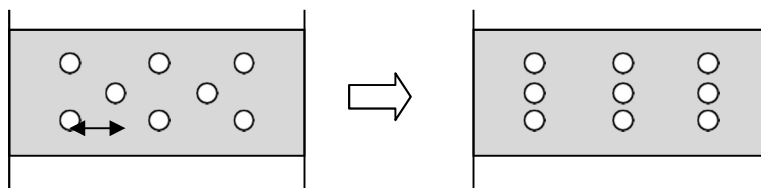
(EN 1995-1-1, (6.1))

Κατά τον έλεγχο των εφελκυσόμενων μελών πρέπει να λαμβάνεται η μείωση της διατομής των ξύλινων στοιχείων στις περιοχές όπου διαμορφώνονται εγκοπές για την σύνδεση των ξύλων (π.χ. ξυλουργικές παραδοσιακές συνδέσεις) και όπου υπάρχουν μεταλλικοί σύνδεσμοι (βλ. EN 1995-1-1, 5.2 (2)).

Η απομείωση της διατομής αγνοείται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ήλοι και βίδες διαμέτρου το πολύ έως 6 mm, χωρίς προδιάτρηση,
- οπές στη θλιβόμενη ζώνη στις οποίες όμως υπάρχει υλικό μεγαλύτερης δυσκαμψίας από το ξύλο (π.χ. μεταλλικοί σύνδεσμοι από χάλυβα - βλήτρα, ήλοι, μπουλόνια).

Κατά τον υπολογισμό της δρώσας διατομής σε μια σύνδεση με πολλούς συνδέσμους, όλες οι οπές που βρίσκονται σε απόσταση από την δεδομένη διατομή ίση προς το ήμισυ της ελάχιστης απόστασης μεταξύ των συνδέσμων παραλλήλως προς τις ίνες ($a \leq d_{\min}/2$), θα πρέπει να θεωρούνται σαν να βρίσκονται στην ίδια θέση (EN 1995 -1-1, 5.2 (4), παρακάτω σχήμα).



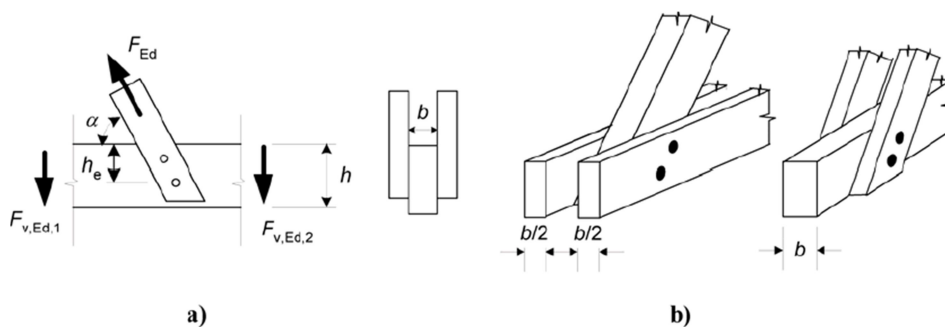
$$a \leq d_{\min}/2$$

Εφελκυσμός καθέτως προς τις ίνες (EN 1995-1-1, 6.1.3)

Το ξύλο είναι ιδιαίτερα αδύναμο σε εφελκυσμό κάθετα στις ίνες. Η αντοχή του είναι σχεδόν μηδενική ($\sim 0,5\text{N/mm}^2$), όταν η αντοχή σε εφελκυσμό παράλληλα στις ίνες είναι $\sim 13\text{N/mm}^2$ και η αντοχή σε κάμψη $\sim 22\text{N/mm}^2$ (βλ. πίνακα αντοχών για C22).

Αποτελεί ιδιαίτερα επικίνδυνη καταπόνηση και καλό είναι να αποφεύγεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού των συνδέσεων.

Ο Ευρωκώδικας 5 στο κεφ. 6 (οριακές καταστάσεις αστοχίας) αναφέρει μόνο το ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή του μεγέθους του μέλους χωρίς να δίδονται άλλα στοιχεία (EN 1995-1-1, 6.1.3). Όμως στο εδάφιο 8.1.4. (δυνάμεις συνδέσεως υπό γωνία προς τις ίνες) του κεφ. 8 του EN 1995-1-1 που αφορά στις συνδέσεις, επισημαίνεται ότι εάν η δύναμη σε μια σύνδεση δρα υπό γωνία προς τις ίνες (Σχήμα 8.1) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το ενδεχόμενο σχισίματος λόγω της κάθετης προς τις ίνες εφελκυστικής συνιστώσας, $F_{Ed} \sin \alpha$ (βλ. επίσης παρακάτω, κεφ. 5 για τις συνδέσεις).



Συνδέσεις που μεταφέρουν δυνάμεις υπό γωνία (EN 1995-1-1, Σχήμα 8.1)

Για να ληφθεί υπόψη το ενδεχόμενο σχισίματος λόγω της κάθετης προς τις ίνες εφελκυστικής συνιστώσας, $F_{Ed} \sin \alpha$, πρέπει να ικανοποιούνται τα εξής:

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd} \quad (\text{EN 1995-1-1, (8.2)})$$

Θλίψη καθέτως προς τις ίνες (EN 1995-1-1, 6.1.5, Amendment, EN 1995-1-1:2004/A - June 2008)

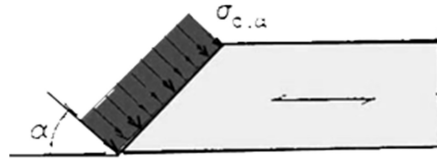
Η θλιπτική αντοχή κάθετα στις ίνες είναι δύσκολο να μετρηθεί γιατί αυξάνει όσο αυξάνει η παραμόρφωση, φθάνοντας στο μέγιστο της τιμής όταν το ξύλο έχει συμπιεστεί στο ένα τρίτο περίπου της αρχικής του διατομής. Οι ίνες που δεν βρίσκονται στην περιοχή εφαρμογής της δύναμης υποβοηθούν τις άμεσα φορτιζόμενες. Γι' αυτό, η αντοχή μικρών περιοχών φόρτισης είναι μεγαλύτερη από την αντοχή μεγαλύτερων περιοχών, για την ίδια τάση. Η συμπεριφορά αυτή λαμβάνεται υπ' όψιν μέσω του αυξητικού της θλιπτικής αντοχής συντελεστή ($k_{c,90}$).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \quad (\text{EN 1995-1-1, (6.3)})$$

$$\sigma_{c,90,d} = F_{c,90,d} / A_{ef} \leq k_{c,90} k_{sys} k_{mod} f_{c,90,k} / \gamma_M$$

Θλίψη υπό γωνία προς τις ίνες (EN 1995-1-1, 6.2.2)

Η τιμή της θλιπτικής αντοχής του ξύλου υπό γωνία (α) ως προς την διεύθυνση των ινών βρίσκεται μεταξύ των τιμών της θλιπτικής αντοχής παράλληλα προς τις ίνες και κάθετα προς αυτές.



Θλιπτικές τάσεις υπό γωνία προς τις ίνες (EN 1995-1-1, Σχήμα 6.7)

Στις ξύλινες κατασκευές συχνά οι συνδέσεις σχεδιάζονται έτσι ώστε τα φορτία να μεταφέρονται με θλίψη υπό γωνία ως προς τις ίνες.

Θλίψη παράλληλως προς τις ίνες – απουσία λυγισμού (EN 1995-1-1, 6.1.4)

Αφορά περιπτώσεις για τις οποίες οι ανηγμένες λυγηρότητες είναι συγχρόνως : $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ και $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$

Θλίψη παράλληλως προς τις ίνες - Ευστάθεια μελών (λυγισμός) (EN 1995-1-1, 6.3)

Περιπτώσεις που οι ανηγμένες λυγηρότητες είναι : $\lambda_{rel,z} > 0,3$ και $\lambda_{rel,y} > 0,3$ (βλ. παρακάτω 3.1.6.1, υπολογισμό συντελεστών $k_{c,y}$ $k_{c,z}$).

Στον Ευρωκώδικα 5 δεν δίδεται σχέση για λυγισμό ως προς ένα άξονα (y ή z). Προκύπτει από τις σχέσεις του εδαφίου 6.3.2, «Υποστυλώματα που υπόκεινται σε θλίψη ή συνδυασμό θλίψης και κάμψης» αφαιρώντας τον παράγοντα που αφορά στην κάμψη (βλ. παρακάτω, 3.1.12).

Πρέπει να ελέγχονται και οι 2 διευθύνσεις y και z γιατί το ξύλινο στοιχείο μπορεί να έχει διαφορετική διατομή κατά y και z καθώς και άλλες εδράσεις ή δεσμεύσεις κατά μήκος ή καθ' ύψος του.

Κάμψη ως προς τον άξονα y για μέλη χωρίς πρόβλημα στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας για τα οποία ισχύει $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$, (συνήθως τετραγωνισμένης διατομής)

Στον Ευρωκώδικα 5 δεν δίδεται η σχέση για κάμψη ως προς ένα άξονα (y ή z). Προκύπτει από την σχέση της διαξονικής κάμψης.

Κάμψη ως προς τον άξονα y για μέλη με πρόβλημα στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας (πλευρικού λυγισμού) για τα οποία ισχύει $\lambda_{rel,m} > 0,75$, (λεπτόκορμες διατομές)

Προκύπτει από την σχέση του EN 1995-1-1, (6.11), για $k_m = 0$, και από τον έλεγχο στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας (EN 1995-1-1, 6.3.3).

Υπολογισμός μειωτικού της καμπτικής αντοχής συντελεστή λόγω στρεπτοκαμπτικού (πλευρικού) λυγισμού (k_{crit}), (EC5 1995-1-1, 6.3.3)

Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο σε στρεπτοκαμπτική ευστάθεια δοκών ή φορέων που υπόκεινται είτε σε κάμψη.

Συνδυασμός κάμψης ως προς τον άξονα y και αξονικού εφελκυσμού

Για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που καταπονείται από συνδυασμό κάμψης και αξονικού εφελκυσμού πρέπει να γίνουν οι 2 παρακάτω έλεγχοι :

1. Έλεγχος σε κάμψη και αξονικό εφελκυσμό (έλεγχος αντοχή
2. Έλεγχος στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας κατά τον άξονα y (έλεγχος πλευρικού λυγισμού σε περίπτωση που η εφελκυστική τάση είναι μικρή)

Συνδυασμός διαξονικής κάμψης και αξονικού εφελκυσμού (EN 1995-1-1, 6.2.3)

Για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που καταπονείται από συνδυασμό κάμψης και αξονικού εφελκυσμού πρέπει να γίνουν οι παρακάτω έλεγχοι :

1. Έλεγχος σε διαξονική κάμψη και αξονικό εφελκυσμό (έλεγχος αντοχής, $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$).
2. Έλεγχος στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας, ($\lambda_{rel,m} > 0,75$).

Συνδυασμός κάμψης ως προς τον άξονα y και αξονικής θλίψης (EN 1995-1-1, 6.2.4, 6.3.2, 6.3.3)

Για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που καταπονείται από συνδυασμό κάμψης και αξονικής θλίψης πρέπει να γίνουν οι παρακάτω έλεγχοι (Trada 2007, 93) :

1. Έλεγχος σε κάμψη και αξονική θλίψη (έλεγχος αντοχής).
2. Έλεγχος ευστάθειας
3. Έλεγχος στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας κατά τον άξονα y (έλεγχος ως δοκός).

Συνδυασμός διαξονικής κάμψης και αξονικής θλίψης (EN 1995-1-1, 6.2.4)

Για τον υπολογισμό ενός δομικού στοιχείου που καταπονείται από συνδυασμό κάμψης και αξονικής θλίψης πρέπει να γίνουν οι παρακάτω έλεγχοι (Trada Manual 2007, 93):

1. Έλεγχος σε κάμψη και αξονική θλίψη (έλεγχος αντοχής).
2. Έλεγχος ευστάθειας (έλεγχος λυγισμού ως υποστύλωμα).
3. Έλεγχος στρεπτοκαμπτικής ευστάθειας κατά τον άξονα y (έλεγχος ως δοκός).

Διάτμηση (EN 1995-1-1, 6.1.7)

Για τον έλεγχο διάτμησης με μία συνιστώσα παράλληλη προς τις ίνες, (EN 1995-1-1, Σχήμα 6.5(a)), καθώς και για τον έλεγχο διάτμησης με τις δύο συνιστώσες κάθετες προς τις ίνες, (EN 1995-1-1, Σχήμα 6.5(b)), πρέπει να ικανοποιείται η ακόλουθη σχέση :

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (\text{EN 1995-1-1, (6.13)})$$

Διάτμηση δοκών με ρωγμές ξήρανσης (Amendment, EN 1995-1-1:2004/A-June 2008)

Στο τροποποιητικό κείμενο του Ευρωκώδικα 5 με διορθώσεις τεχνικού περιεχομένου (Amendment, EN 1995-1-1:2004/A-June 2008), δίδονται στοιχεία για τον υπολογισμό δοκών που παρουσιάζουν ρωγμές, συνήθως λόγω ξήρανσης. Αποτελεί σύνηθες φαινόμενο σε μεγάλες διατομές από φυσική ξυλεία ιστορικών – παραδοσιακών ξύλινων κατασκευών ή σε φυσική ξυλεία σύγχρονων κατασκευών η οποία δεν είχε ξηρανθεί επαρκώς πριν την χρήση της.

Διάτμηση δοκών με απότμηση στην στήριξη (EN 1995-1-1, 6.5.2)

Οι αποτμήσεις, οι οπές και οι εγκοπές, εκτός από απομείωση της διατομής (h_{ef}) προκαλούν συγκέντρωση τάσεων στις αντίστοιχες περιοχές των ξύλινων διατομών προκαλώντας πρώιμες και ψαθυρές διατμητικές αστοχίες και γι' αυτό μείωση της φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση. Η ύπαρξη τους υπαγορεύεται συχνά από κατασκευαστικού λόγους.

Οι διατμητικές τάσεις στην περιοχή της απότμησης στην στήριξη δοκού ορθογωνικής διατομής πρέπει να υπολογίζονται βάσει του δρώντος (μειωμένου) ύψους διατομής.

Παραμορφώσεις – Γενικά

Στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας ελέγχονται οι παραμορφώσεις μιας κατασκευής που προκύπτουν λόγω :

1. εντατικών μεγεθών (κάμψης) = (στιγμιαία παραμόρφωση (βέλος) - u_{inst} ,
2. ερπυσμού (u_{creep}),
3. ολίσθησης των συνδέσεων των ξύλινων στοιχείων
4. Ταλαντώσεων

4.2 Απαιτήσεις λειτουργικότητας - Οριακές τιμές καμπτικών παραμορφώσεων

Οι παραμορφώσεις πρέπει να παραμένουν εντός καταλλήλων ορίων, λαμβάνοντας υπόψη το ενδεχόμενο βλαβών σε μη φέροντα στοιχεία (επικαλύψεις, οροφές, δάπεδα, διαχωριστικά στοιχεία και τελειώματα), να μην επηρεάζουν την λειτουργία της κατασκευής και την εξωτερική της εμφάνιση, την άνεση και το αίσθημα ασφάλειας των χρηστών λόγω δυσάρεστης αντίληψης της παραμόρφωσης, είτε κατά την χρήση είτε οπτικά, (βλ. EN 1995-1-1, 2.2.2(1), EN 1990, 6.3, 6.5.2, Παράρτημα A, A1.4.1(2)). Οι οριακές τιμές των παραμορφώσεων καθορίζονται στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας. Όμως, μπορεί να οριστούν για κάθε έργο κατόπιν συμφωνίας των μηχανικών με τον πελάτη ή την αρμόδια Εθνική αρχή.

Στον Ευρωκώδικα 5 προτείνεται να γίνονται οι δύο παρακάτω έλεγχοι παραμορφώσεων :

1. Έλεγχος στιγμιαίας παραμόρφωσης (u_{inst}).
2. Έλεγχος τελικής παραμόρφωσης ($u_{net,fin}$ για δοκούς χωρίς αντιβέλος, ή u_{fin} για δοκούς με αντιβέλος).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τόσο η κατασκευή του ισογείου, που είναι φέρουσα τοιχοποιία, όσο και η κατασκευή του υπερκείμενου ορόφου που είναι ξύλινη κατασκευή, αντέχουν τα φορτία των κανονισμών.

Επιτόπιες κρουσημετρήσεις έγιναν και επιβεβαίωσαν τις αντοχές των επιμέρους υλικών της φέρουσας τοιχοποιίας.

Η κατάσταση της δομικής ξυλείας του κτιρίου κρίνεται μέτρια και σε ένα ποσοστό της χρειάζεται

αντικατάσταση. Επιτόπια διερεύνηση μας έδωσε μια εικόνα του ποσοστού της που μπορεί να παραμείνει. Το ποσοστό αυτό για κάθε μία κατηγορία φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο σεισμός είναι κρουστικό φορτίο και όχι στατικό, έγινε και ανελαστική ανάλυση φόρτισης με σειсмоγράφημα που μας δόθηκε από τον ΙΤΣΑΚ. Το κτίριο συμπεριφέρθηκε πολύ καλά, παρόλα αυτά έγινε αισθητή η αρνητική επίδραση του κρουστικού φορτίου σε σχετικά δύσκαμπτη κατασκευή.

Για τον λόγο αυτό προτείνεται η ολοκλήρωση της αρμολόγησης του κτιρίου και η επισκευή αυτής στα σημεία που παρουσιάζει αδυναμίες σύμφωνα και με τα προαναφερθέντα και η πλήρωση των μεγάλων ρωγμών με τσιμεντένεμα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί ανάμεσα στα ανοίγματα όπου είναι καλό να πυκνώσουν τα ενέματα και να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο αρμολόγημα στις περιοχές αυτές.

Οι αρμοί θα πρέπει να ανοιχτούν τουλάχιστον κατά το ήμισυ του πάχους των λίθων της υπό αρμολόγηση στρώσης του τοίχου.

Η αντικατάσταση της δομικής ξυλείας πρέπει να γίνει με ξυλεία κατηγορίας C24 (κωνοφόρα) ή D33 (πλατύφυλλα) ή ανώτερη. Η υπάρχουσα ξυλεία είναι κυρίως κυπαρίσσι. Το κυπαρίσσι αποτελεί ιδιαίτερα καλής ποιότητας ξυλεία τόσο από αντοχή στον χρόνο όσο και από μηχανικές ιδιότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της αντοχής του στο χρόνο αποτελεί η πόρτα του ιερού ναού του Αγίου Πέτρου της Ρώμης που είναι 1200 ετών. Αν επιλεγεί, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη ποιότητα του, διότι το πιθανότερο είναι να προέρχεται από εγχώριο πριστήριο. Το αρνητικό της εγχώριας ξυλείας είναι ότι προέρχεται από φυσικά δάση, δεν είναι προϊόν καλλιέργειας, και ξηραίνεται πολλές φορές στο φυσικό περιβάλλον.

Αυτό έχει τα εξής αρνητικά:

Το δέντρο από το οποίο προέρχεται το ξύλο είναι πιθανό να είχε κάποιο μύκητα, είναι γνωστό εξάλλου ότι τους τελευταίους 2 αιώνες ένα μύκητας (*Seiridium unicorn*) προερχόμενος από το κυπαρίσσι τύπο λένταντ έχει προσβάλλει σε μεγάλο ποσοστό τα δάση κυπαρισσιών σε όλο τον κόσμο. Ο μύκητας αυτός δημιουργεί μικρές οπές κατά μήκος των νευρώνων του δέντρου και παραμένει ενεργός και μετά το κόψιμο του αν η σχετική υγρασία δεν πέσει κάτω από το 20%.

Η φυσική ξήρανση είναι πιθανό να μην επιτύχει το επιθυμητό ποσοστό υγρασίας. Διότι για να το επιτύχει χρειάζεται τουλάχιστον ένα έτος, και τελικά πολλές φορές το ξύλο έχει υψηλά ποσοστά υγρασίας και ξηράνεται με λάθος τρόπο στο σημείο τοποθέτησης του, με αποτέλεσμα την απόσχιση του, κάτι που οδηγεί σε μειωμένες μηχανικές ιδιότητες όπως είδαμε και πιο πάνω.

Το ξύλο ακόμα και να χάσει την υγρασία του διατηρεί τα θρεπτικά του συστατικά, αυτά που είχε ο κορμός μέσα στο πλέγμα αγωγών του και προοριζόταν για το ίδιο το φυτό. Αποτελούν θρεπτικό στοιχείο για τα περισσότερα παράσιτα του ξύλου.

Αυγά που υπήρχαν συνεχίζουν να υπάρχουν και μόλις οι συνθήκες γίνουν κατάλληλες (υγρασία ξύλου μεγαλύτερη του 20%) θα εκκολαφθούν και θα αρχίσει η αντίστροφη μέτρηση για τη ζημιά.

Η ξυλεία από καλλιέργεια όπως η Σουηδική πεύκη δεν έχει τα ανωτέρω μειονεκτήματα καθώς ως προϊόν καλλιέργειας δεν έχει μύκητες το δέντρο από το οποίο βγαίνει η ξυλεία.

Στη συνέχεια η ξυλεία πλένεται με ειδικό τρόπο (διαβροχή και στέγνωμα υπο ελεγχόμενες συνθήκες για μια εβδομάδα) και χάνει τα θρεπτικά συστατικά που είχε μέσα στο σύστημα αγωγών του κατά τη κοπή.

Στη συνέχεια οδηγείται σε ξηραντήριο όπου και αποκτά την κατάλληλη υγρασία.

Και αυτά είναι τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματά της.

Αν επιλέξουμε εγχώρια ξυλεία, καλό θα είναι να φροντίσουμε να τη περάσουμε από ξηραντήριο προκειμένου να επιτύχουμε το 12% ποσοστό υγρασίας που είναι ασφαλές για εσωτερικές εφαρμογές. Στη ξυλεία των πατωμάτων επιλέγουμε ακόμα μικρότερου ποσοστού υγρασίας ξυλεία προκειμένου να μην ανοίξουν οι αρμοί στο μέλλον.

Αν δεν είναι ξηραντηρίου η ξυλεία, τότε δεν τη βάζουμε στα πατώματα γιατί θα ανοίξει, είναι δύσκολο να έχει τη σωστή υγρασία, εκτός και αν είναι πολλών ετών, πράγμα που αυξάνει τον κίνδυνο για προσβολή από παθογόνα.

Όπου χρησιμοποιήσουμε ξυλεία που δεν είναι ξηραντηρίου, είναι απαραίτητο να την εμποτίσουμε.

Ο κανονικός εμποτισμός κοστίζει και γίνεται σε λίγα μέρη στην Ελλάδα. Πρέπει να έχει θάλαμο κενού,

να μπει το ξυλο, να αφαιρεθεί όλος ο αέρας και κατόπιν να εισαχθεί το κατάλληλο υγρό.

Αν δεν γίνει τέτοιου ίδους εμποτισμός υπάρχει κίνδυνος προσβολής του ξύλου μας.

Αν είμαστε σίγουροι ότι το αρχικό δέντρο ήταν υγιές, τότε μπορούμε να εμποτίσουμε με επιμέλεια τα σόκορα του ξύλου και την υπόλοιπη επιφάνεια προκειμένου να το θωρακίσουμε για ένα χρονικό διάστημα.

Σε κάθε περίπτωση η υγρασία δεν μετριέται στην επιφάνεια του ξύλου αλλά σε ένα πάχος ίσο με το 35-40% και με μια απόσταση μεγαλύτερη των 30 εκατοστών από το πλησιέστερο σόκορο.

Αν μετρήσουμε την υγρασία επιφανείας υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο να λάβουμε λανθασμένα μικρή ένδειξη και μας οδηγήσει σε ζημίες.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ



Στη παραπάνω εικόνα βλέπουμε μια από τις πολλές περιοχές με βλάβες στη δομή της τοιχοποιίας, οι σπασμένοι οπτόπλινθοι και το θρυμματισμένο υλικό χτισίματος είναι εμφανή.



Σε αυτή τη περιοχή όχι απλά υπάρχουν φθορές στο υλικό χτισίματος και σπασίματα στους οπτόπλινθους, αλλά από τις δυνάμεις κρούσης έχει υπάρξει σχετική μετακίνηση οπτοπλίνθων και ξυλοδεσιάς στην εγκάρσια διεύθυνση.



Ακόμα μία περιοχή με εκτεταμένη ζημιά από τις εργασίες απομάκρυνσης των επιχρισμάτων.



Ζημιές από τις εργασίες απομάκρυνσης των επιχρισμάτων.



Ακροφύσιο εισπίεσης ενέματος, αφού απομακρύνθηκε το υλικό γύρω από αυτό, παρατηρούμε τον αρμό που έχει το αρχικό υλικό.



Το ίδιο με πριν από άλλη γωνία λήψης. Το αρμολόγημα είναι επιφανειακό. Δεν αποτελεί βαθύ αρμολόγημα.



Σε αυτό το σημείο το αρμολόγημα και το υλικό ενεμάτων ήσαν τόσο ατελή που κατάφερε και φύτρωσε και φυτό.



Παρά τις εργασίες αρμολογήματος και ενέματος, υγρασία διαπερνά την τοιχοποιία.



Σε αυτό το σημείο γίνεται φανερό ότι το αρμολόγημα έγινε χωρίς να καθαριστεί ο τοίχος.



Εδώ βλέπουμε μια από τις θολωτές κατασκευές τις νότιας όψης. Έγινε αρμολόγημα για να συγκατηθεί το υλικό της τσιμεντένεσης αλλά δεν ολοκληρώθηκε. Η καμάρα αυτή πρέπει να αρμολογηθεί σωστά ξανά διότι δεν έχει αποκατασταθεί η στατικότητα της.



Η ίδια καμάρα με παραπάνω. Δεν έχει γίνει τίποτα για να εξασφαλιστεί το κλείδωμα της. Επίσης είναι αδύνατο να συγκατήθηκε το υλικό των τσιμεντενέσεων με τόσο μεγάλους ανοικτούς αρμούς. Οι καμάρες αυτές χρειάζονται άμεσα συνέχιση των εργασιών αποκατάστασης.



Παρότι στο κτίριο έγιναν κάποιες εργασίες αποκατάστασης, έχουν μείνει πολλές κρίσιμες περιοχές χωρίς αποκατάσταση. Όπως η παραπάνω που τη συναντάμε στη βόρεια όψη. Πρέπει οι εργασίες αυτές να συνεχιστούν με ορθό τρόπο σε αυτές τις περιοχές και να διορθωθούν σε όσες έχουν ολοκληρωθεί και παρουσιάζουν αδυναμία για να εξασφαλιστεί η αποκατάσταση του κτιρίου.



Ούτε κι εδώ αν και παρουσιάζονται ανοίγματα στην κλείδα δεν έγινε καμμία ενέργεια αποκατάστασης.



Ανοίγματα στους αρμούς που δεν αποκαταστάθηκαν. Οι εργασίες πρέπει να ολοκληρωθούν σωστά και να διορθωθούν οι αστοχίες στα μέχρι σήμερα σημεία αποκατάστασης.



Ακόμα μία κλείδα που δεν έχει αποκατασταθεί.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το αρμολόγημα αυτό είναι επιφανειακό και δε συμμετέχει στην αντοχή της τοιχοποιίας, ούτε και την επαναφέρει.

Για τους παραπάνω λόγους δεν το λάβαμε υπόψη και προτείνουμε η εργασία αρμολογήματος να επαναληφθεί με βαθύ αρμολόγημα με σκοπό την επαναφορά της τοιχοποιίας (και όχι την ενίσχυση αυτής διότι δεν απαιτείται εργασία ενίσχυσης).

Σχετικά με την εισπίεση του ενέματος, αν και στις επιμετρήσεις παρατηρήσαμε εισρόφηση μεγάλων ποσοτήτων, παρόλα αυτά κατά τη διάρκεια της αυτοψίας παρατηρήσαμε τα παρακάτω.

Τα ακροφύσια δεν ήταν όλα ως όφειλαν γεμάτα με ένεμα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο χειριστής του μηχανήματος εισπίεσης είτε δεν ρύθμισε σωστά την πίεση εισπίεσης, είτε δεν είχαν μπει με σωστό τρόπο τα ακροφύσια, είτε η διάρκεια εισπίεσης δεν ήταν αρκετή. Υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος που γίνονται αυτές οι εργασίες και η πίεση πρέπει να σταθεροποιηθεί για αρκετή ώρα πριν “αφήσουμε” ένα ακροφύσιο και προχωρήσουμε στο επόμενο. Δε μπορούμε να γνωρίζουμε τι ακριβώς συνέβη αλλά το να μην είναι πλήρως γεμάτα τα ακροφύσια δεν είναι φυσιολογικό ούτε καλό και δημιουργεί ερωτηματικά για την αντοχή του τελικού αποτελέσματος. (Η έλλειψη προσοχής και εμπειρίας του προσωπικού σε τόσο λεπτές εργασίες είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αποτυχία του όλου εγχειρήματος).

Δοκιμάζοντας να βγάλουμε μερικά ακροφύσια διαπιστώσαμε ότι είχαν σκόνες μέσα οι οποίες ενδεχομένως εμπόδισαν το ένεμα να φτάσει στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.



Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα από τα ακροφύσια στα οποία το ένεμα δεν τα διαπέρασε λόγω της σκόνης (λευκή περιοχή) που είχε το άκρο που βρισκόταν μέσα στην τοιχοποιία.



Το βουλωμένο από τις σκόνες άκρο του ακροφυσίου εισπίεσης.



Περιοχή που έχει γίνει αρμολόγημα και τσιμεντενέσεις και φυτρώνει αυτοφυές μέσα από όλα αυτά.

Τα ανωτέρω μας οδήγησαν στην απόφαση να μη λάβουμε υπόψη στη μελέτη τις παραπάνω εργασίες. Παρόλα αυτά (όπως μας έδειξαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης) το κτίριο δεν χρειάζεται εργασίες ενίσχυσης παρά μόνο εργασίες αποκατάστασης. Και πρέπει να γίνουν με τρόπο σωστό αυτή τη φορά

στα κρίσιμα σημεία και στα σημεία που παρουσιάζονται αστοχίες στις μέχρι τώρα εργασίες όπως έδειξε ο επιτόπου έλεγχος και διερεύνηση.