

Εισαγωγή στον Ευρωκώδικα 6 (EN 1996)

Συντακτική ομάδα

Βιντζηλαίου Ελισάβετ

Καραντώνη Φυλλίτσα

Στυλιανίδης Κοσμάς

Περιεχόμενα

Γενικά.....	4
Εθνικό Προσάρτημα	5
1 EN 1996-1-1: Γενικοί κανόνες για οπλισμένη και άοπλη τοιχοποιία	6
1.1 Γενικά.....	6
1.2 Βάσεις σχεδιασμού	7
1.3 Υλικά	9
1.4 Ανθεκτικότητα	17
1.5 Ανάλυση	18
1.6 Οριακή κατάσταση αστοχίας	23
1.7 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας.....	31
1.8 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες.....	31
1.9 Κατασκευή.....	34
1.10 Παραρτήματα	34
2 EN 1996-1-2: Γενικοί κανόνες – Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς.....	35
2.1 Γενικά.....	35
2.2 Βασικές αρχές και κανόνες.....	35
2.3 Υλικά	36
2.4 Διαδικασία σχεδιασμού για τον υπολογισμό της πυραντίστασης τοίχων	37
2.5 Λεπτομέρειες.....	38
2.6 Παραρτήματα	38
3 EN 1996-2: Σχεδιασμός, επιλογή υλικών και κατασκευή τοιχοποιίας	39
3.1 Γενικά.....	39
3.2 Σχεδιασμός	39
3.3 Κατασκευή.....	40
3.4 Παραρτήματα	40
4 EN 1996-3 Απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού για κατασκευές από άοπλη τοιχοποιία	41
4.1 Γενικά.....	41
4.2 Βάσεις Σχεδιασμού.....	41
4.3 Υλικά	41
4.4 Σχεδιασμός τοίχων άοπλης τοιχοποιίας με τη χρήση απλοποιημένων μεθόδων υπολογισμού	41
4.5 Παραρτήματα	42
5 EN 1998-1 Σχεδιασμός Κατασκευών σε σειсмоγενείς περιοχές	43

5.1	Κεφάλαιο 9, Ειδικοί κανόνες για κτίρια από τοιχοποιία	43
-----	---	----

Εισαγωγή

Γενικά

Το 1975 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε να άρει τα τεχνικά εμπόδια στο εμπόριο μέσω της εναρμόνισης των τεχνικών προδιαγραφών. Το κεντρικό σημείο αυτής της διαδικασίας ήταν η θέσπιση ενός συνόλου εναρμονισμένων τεχνικών προδιαγραφών για το σχεδιασμό των τεχνικών έργων που θα αντικαθιστούσαν τους εθνικούς κανονισμούς των κρατών-μελών. Η ευθύνη για το έργο αυτό πέρασε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) ώστε να καταρτίσει τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα (EN).

Οι Ευρωκώδικες για τις κατασκευές αποτελούνται από τα κατωτέρω πρότυπα, τα οποία εν γένει απαρτίζονται από διάφορα μέρη.

EN 1990	Ευρωκώδικας:	Βάσεις Σχεδιασμού
EN 1991	Ευρωκώδικας 1:	Δράσεις στις κατασκευές
EN 1992	Ευρωκώδικας 2:	Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα
EN 1993	Ευρωκώδικας 3:	Σχεδιασμός Κατασκευών από Χάλυβα
EN 1994	Ευρωκώδικας 4:	Σχεδιασμός Συμμείκτων Κατασκευών από Χάλυβα και Σκυρόδεμα
EN 1995	Ευρωκώδικας 5:	Σχεδιασμός Ξύλινων Κατασκευών
EN 1996	Ευρωκώδικας 6:	Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία
EN 1997	Ευρωκώδικας 7:	Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
EN 1998	Ευρωκώδικας 8:	Σχεδιασμός Κατασκευών σε σειсмоγενείς περιοχές
EN 1999	Ευρωκώδικας 9:	Σχεδιασμός Κατασκευών από Αλουμίνιο

Τα Εθνικά Πρότυπα θα αποτελούνται από το κείμενο (και τα πιθανά προσαρτήματα) που έχει εγκριθεί από τη CEN, συμπληρωμένο με μία σελίδα τίτλου και ένα πρόλογο, και μπορεί να συμπληρώνονται από τα Εθνικά Προσαρτήματα.

Τα Προσαρτήματα του πλήρους κειμένου των Ευρωκωδίκων είναι κανονιστικά και θεωρούνται ως τμήματα των Ευρωκωδίκων, και πληροφοριακά, για τα οποία ορίζεται στα Εθνικά Προσαρτήματα αν θα είναι κανονιστικά ή όχι.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στους Ευρωκώδικες οι προτάσεις που συνοδεύονται από το γράμμα A (=Αρχή) (P στο αρχικό Αγγλικό κείμενο) είναι υποχρεωτικές στην εφαρμογή τους και δεν επιτρέπεται απόκλιση από αυτά που ορίζουν. Οι υπόλοιπες προτάσεις, οι οποίες βασίζονται στις προηγούμενες, είναι δυνητικές.

Στόχος του Ευρωκώδικα 6

Ο Ευρωκώδικας 6 (EN 1996) αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- *Μέρος 1-1: Γενικοί κανόνες για οπλισμένη και άοπλη τοιχοποιία*
- *Μέρος 1-2: Γενικοί κανόνες - Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς*
- *Μέρος 2: Σχεδιασμός, επιλογή υλικών και κατασκευή τοιχοποιίας*
- *Μέρος 3: Απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού για κατασκευές από άοπλη τοιχοποιία.*

- Για τις ανάγκες της χώρας μας, ο Ευρωκώδικας 6 συνδυάζεται με το Κεφάλαιο 9 του Ευρωκώδικα 8.

Σημειώνεται ότι ο Ευρωκώδικας 6 δεν καλύπτει:

- ειδικά θέματα ειδικών τύπων έργων Πολιτικού Μηχανικού από τοιχοποιία (όπως, γέφυρες, φράγματα, καπνοδόχοι ή δεξαμενές υγρών)
- ειδικά θέματα ειδικών τύπων κατασκευών (όπως τόξα ή τρούλοι)
- τοιχοποιίες στις οποίες χρησιμοποιούνται κονιάματα γύψου/τσιμέντου
- τοιχοποιίες στις οποίες τα λιθοσώματα δεν δομούνται σε κανονικές στρώσεις (αργολιθοδομή)
- τοιχοποιίες οπλισμένες με άλλα υλικά εκτός του χάλυβα

Εθνικό Προσάρτημα

Κάθε Ευρωκώδικας περιέχει παραμέτρους και εναλλακτικές μεθόδους για τις οποίες πρέπει να δοθεί μία Εθνική τιμή από τα κράτη-μέλη. Αυτές οι παράμετροι καλούνται Εθνικά Προσδιοριζόμενες Παράμετροι, οι δε τιμές τους έχουν σχέση με τα επίπεδα ασφάλειας - για τα οποία κάθε κράτος έχει την αποκλειστική ευθύνη - και πρέπει να χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό κτιρίων και κατασκευών που θα γίνουν στο υπόψη κράτος. Τα Εθνικά Πρότυπα που σχετίζονται με την εφαρμογή κάθε Ευρωκώδικα και Πρότυπου είναι επιθυμητό να περιέχουν ένα Εθνικό Προσάρτημα μαζί με το κείμενο, το οποίο θα ορίζει όλες τις Εθνικά Προσδιοριζόμενες Παραμέτρους.

Όμως το Εθνικό Προσάρτημα επιτρέπεται να περιέχει πληροφορίες αποκλειστικά και μόνον για:

- Τιμές ή κατηγορίες, όπου από τον Ευρωκώδικα προτείνονται εναλλακτικές δυνατότητες
- Τιμές όπου στον Ευρωκώδικα υπάρχει μόνο σύμβολο
- Ειδικά στοιχεία για τη χώρα, όπως γεωγραφικά, κλιματολογικά, χάρτες χιονιού κλπ.
- Τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, στις περιπτώσεις που προτείνονται εναλλακτικές διαδικασίες από τον Ευρωκώδικα

Επίσης μπορεί να περιέχει:

- Αποφάσεις για την εφαρμογή των πληροφοριακών προσαρτημάτων
- Αναφορές σε μη αντικρουόμενες συμπληρωματικές πληροφορίες, οι οποίες προορίζονται να βοηθήσουν το χρήστη στην εφαρμογή του Ευρωκώδικα

1 EN 1996-1-1: Γενικοί κανόνες για οπλισμένη και άοπλη τοιχοποιία

1.1 Γενικά

Κεφάλαιο 1: Αυτό το κεφάλαιο του EN 1996-1-1 καλύπτει το σκοπό του Ευρωκώδικα 6 και κάνει αναφορά στα άλλα Μέρη και τις εξαιρέσεις του Μέρους 1-1. Επίσης περιλαμβάνει όλους τους ορισμούς και τη σχετική με την τοιχοποιία ορολογία και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται. Κατωτέρω αναφέρονται ενδεικτικά μερικοί βασικοί ορισμοί.

Τοιχοποιία: Μια σύνθεση λιθοσωμάτων τοποθετημένων κατά καθορισμένη διάταξη και συνδεόμενων μεταξύ τους με κονίαμα.

Άοπλη τοιχοποιία: Τοιχοποιία η οποία δεν διαθέτει επαρκή οπλισμό, ώστε να θεωρείται οπλισμένη τοιχοποιία.

Οπλισμένη τοιχοποιία: Τοιχοποιία στην οποίαν ράβδοι ή πλέγματα, συνήθως χαλύβδινα, ενσωματώνονται στο κονίαμα ή στο σκυρόδεμα, έτσι ώστε όλα τα υλικά να ανθίστανται από κοινού στις επιβαλλόμενες δράσεις.

Προεντεταμένη τοιχοποιία: Τοιχοποιία στην οποίαν έχουν εισαχθεί σκοπίμως εσωτερικές θλιπτικές τάσεις, μέσω τανυόμενου οπλισμού.

Διαζωματική τοιχοποιία: Τοιχοποιία η οποία περιβάλλεται κατά την κατακόρυφη και κατά την οριζόντια διεύθυνση από περισφίγγοντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος ή οπλισμένης τοιχοποιίας.

Θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας: Η αντοχή της τοιχοποιίας σε θλίψη, απαλλαγμένη από την επιρροή των πλακών φόρτισης, από την λυγηρότητα ή από την εκκεντρότητα του φορτίου.

Κονίαμα γενικής εφαρμογής: Κονίαμα τοιχοποιίας, χωρίς ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Κονίαμα λεπτής στρώσεως: Μελετημένο κονίαμα με μέγιστο μέγεθος αδρανούς μικρότερο ή ίσο από μια προκαθορισμένη τιμή.

Ελαφροκονίαμα: Μελετημένο κονίαμα, ώστε η πυκνότητα του σκληρυμένου και ξηρού κονιάματος να είναι μικρότερη από μια προκαθορισμένη τιμή.

Κονίαμα με μελέτη συνθέσεως: Κονίαμα του οποίου η σύνθεση και η μέθοδος παρασκευής επιλέγονται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται προδιαγεγραμμένες ιδιότητες (επιτελεστικότητα).

Προδιαγεγραμμένο κονίαμα τοιχοποιίας: Κονίαμα παρασκευαζόμενο βάσει προκαθορισμένης συνθέσεως, του οποίου οι ιδιότητες συνάγονται από τις δηλούμενες αναλογίες των συστατικών του (συνταγή) .

Εργοστασιακό κονίαμα: Κονίαμα παρασκευαζόμενο (σύνθεση και ανάμιξη) σε εργοστάσιο.

Ημι-εργοστασιακό κονίαμα: Προδοσολογημένο κονίαμα ή προαναμεμιγμένο ασβεστοκονίαμα.

Προδοσολογημένο κονίαμα: Κονίαμα του οποίου τα συστατικά είναι πλήρως δοσολογημένα σε εργοστάσιο, μεταφέρονται στο εργοτάξιο και αναμιγνύονται εκεί, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις προϋποθέσεις που τίθενται από τον παραγωγό.

Προαναμεμιγμένο ασβεστοκονίαμα: Ασβεστοκονίαμα του οποίου τα συστατικά είναι πλήρως δοσολογημένα και αναμεμιγμένα στο εργοστάσιο, μεταφέρονται στο εργοτάξιο, όπου προστίθενται περαιτέρω συστατικά, προδιαγεγραμμένα ή παρεχόμενα από το εργοστάσιο, (π.χ. τσιμέντο) τα οποία αναμιγνύονται με τον ασβέστη και την άμμο.

Εργοταξιακό κονίαμα: Κονίαμα αποτελούμενο από επί μέρους υλικά των οποίων η δοσολόγηση και η ανάμιξη πραγματοποιούνται στο εργοτάξιο.

Οριζόντιος αρμός: Μια στρώση κονιάματος μεταξύ δύο οριζόντιων εδρών λιθοσωμάτων.

Κατακόρυφος αρμός (επί κεφαλής αρμός): Αρμός κονιάματος κάθετος στον οριζόντιο αρμό και στην όψη του τοίχου.

Διαμήκης αρμός: Κατακόρυφος αρμός μέσα στο πάχος του τοίχου, παράλληλος προς την όψη του τοίχου.

Αρμός λεπτής στρώσεως: Αρμός κατασκευαζόμενος από κονίαμα λεπτής στρώσεως.

Φέρων τοίχος: Τοίχος ο οποίος έχει μελετηθεί ώστε να φέρει επιβαλλόμενα φορτία πέραν του ιδίου βάρους του.

Μονός τοίχος: Τοίχος χωρίς κοιλότητα ή συνεχή κατακόρυφο αρμό μέσα στο επίπεδό του.

Κοίλος τοίχος: Τοίχος αποτελούμενος από δύο παράλληλους μονούς τοίχους, συνδεδεμένους μεταξύ τους μέσω συνδέσμων ή μέσω οπλισμού οριζόντιων αρμών. Ο χώρος μεταξύ των δύο τοίχων παραμένει ως συνεχές κενό ή πληρούται εν μέρει ή εν όλω με μη φέρον θερμομονωτικό υλικό.

Διπλός τοίχος: Τοίχος αποτελούμενος από δύο παράλληλους μονούς τοίχους με τον μεταξύ τους διαμήκη αρμό καθ' ολοκληρία πληρωμένο με κονίαμα. Οι δύο τοίχοι είναι ασφαλώς συνδεδεμένοι με συνδέσμους, ώστε να συνεργάζονται πλήρως για την ανάλυση φορτίων.

Κοίλος τοίχος με πυρήνα: Τοίχος αποτελούμενος από δύο παράλληλους μονούς τοίχους με το μεταξύ τους κενό καθ' ολοκληρία πληρωμένο με σκυρόδεμα. Οι δύο τοίχοι συνδέονται ασφαλώς με συνδέσμους ή με οπλισμό οριζόντιων αρμών, ώστε να συνεργάζονται πλήρως για την ανάλυση φορτίων.

1.2 Βάσεις σχεδιασμού

Κεφάλαιο 2: Το Κεφάλαιο αυτό καλύπτει τις βασικές αρχές στις οποίες πρέπει να βασίζεται ο σχεδιασμός. Περιλαμβάνει τις δράσεις, τους συνδυασμούς δράσεων, τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας και τους συντελεστές ασφαλείας των υλικών. Ορίζεται ότι οι ιδιότητες των υλικών πρέπει να προσδιορίζονται πειραματικά και γίνεται παραπομπή σε άλλους Ευρωκώδικες τόσο για τις δράσεις όσο και για τον τρόπο υπολογισμού με βάση τα αποτελέσματα δοκιμών. Προτείνονται επίσης οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για την τοιχοποιία, οι οποίοι είναι σε σημείωση, επομένως πρέπει να προσδιορίζονται στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας.

Το Εθνικό Προσάρτημα υιοθέτησε τις τιμές του παρακάτω Πίνακα. Το Εθνικό Προσάρτημα επίσης προβλέπει ότι οι κατηγορίες λιθοσωμάτων και οι στάθμες ποιοτικού ελέγχου κατασκευής θα ορίζονται μέσω σχετικής Υπουργικής Απόφασης.

Ενδεικτικώς πάντως, κατά την άποψη των συγγραφέων, για διδακτικούς και μόνον σκοπούς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω αντιστοιχίες:

Λιθοσώματα κατηγορίας I: Τα λιθοσώματα κατατάσσονται στην κατηγορία I, όταν ο παραγωγός αποδέχεται να προμηθεύει λιθοσώματα της προδιαγεγραμμένης θλιπτικής αντοχής, η οποία θα προκύπτει από δοκιμές, όπως αυτές ορίζονται στο EN 772-1. Η μονάδα παραγωγής λειτουργεί βάσει πιστοποιημένου συστήματος ελέγχου ποιότητας, τα αποτελέσματα του ο-

ποίου είναι διαθέσιμα, ώστε μία ανεξάρτητη Αρχή να ελέγχει και να διαπιστώνει συστηματική συμμόρφωση της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων με την προδιαγραφόμενη τιμή.

Λιθοσώματα κατηγορίας II: Τα λιθοσώματα κατατάσσονται στην Κατηγορία II, όταν ο παραγωγός ικανοποιεί την απαίτηση προμήθειας λιθοσωμάτων με την προδιαγεγραμμένη θλιπτική αντοχή, αλλά δεν πληροί τους όρους που περιγράφονται για την Κατηγορία I.

Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 1: Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν ικανοποιούνται όλες οι παρακάτω απαιτήσεις ταυτοχρόνως:

(α) Προκαταρκτικές δοκιμές θλιπτικής αντοχής κονιάματος, σκυροδέματος πληρώσεως και λιθοσωμάτων αποδεικνύουν την συμφωνία με τις προδιαγραφόμενες από την μελέτη τιμές.

(β) Τακτικές δοκιμές του κονιάματος, του σκυροδέματος πληρώσεως και των λιθοσωμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται στο εργοτάξιο, αποδεικνύουν την συστηματική συμμόρφωση αυτών των υλικών με τις προδιαγεγραμμένες απαιτήσεις.

Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 2: Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν σποραδικοί έλεγχοι πραγματοποιούμενοι απ' τον Επιβλέποντα Μηχανικό ή από Εκπρόσωπό του και οι αντίστοιχες δοκιμές του κονιάματος, του σκυροδέματος πληρώσεως και των λιθοσωμάτων αποδεικνύουν την συμμόρφωση με τις προδιαγεγραμμένες τιμές αντοχών.

Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής 3: Αυτή η στάθμη μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει, όταν οι σχετικοί έλεγχοι από τον Επιβλέποντα Μηχανικό δεν είναι συχνοί ή όταν οι έλεγχοι πραγματοποιούνται μόνον απ' τον Ανάδοχο.

Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι, κατά το Εθνικό Προσάρτημα του 1998-1, στους ελέγχους οριακής κατάστασης αστοχίας υπό το σεισμικό συνδυασμό, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται επιμέρους συντελεστές γ_m για τις ιδιότητες της τοιχοποιίας και γ_s για τον χάλυβα οπλισμού με την τιμή γ_m να είναι τα 2/3 της τιμής που ορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα του EN 1996-1-1, όχι όμως λιγότερο από 1,5. Η τιμή για το γ_s είναι 1,0.

Αριθμητικές τιμές για τον συντελεστή γ_m για την τοιχοποιία

Υλικό		γ_m		
		Στάθμη ποιοτικού ελέγχου κατασκευής		
		1	2	3
	Τοιχοποιία από:			
A	Λιθοσώματα Κατηγορίας I, κονίαμα με μελέτη συνθέσεως	1,7	2,0	2,2
B	Λιθοσώματα Κατηγορίας I, προδιαγεγραμμένο κονίαμα	2,0	2,2	2,5
Γ	Λιθοσώματα Κατηγορίας II, οποιοδήποτε κονίαμα	2,2	2,5	2,7
Δ	Συνάφεια του χάλυβα οπλισμού	2,0	2,2	2,5
E	Χάλυβας οπλισμού και χάλυβας προέντασης	1,15		
ΣΤ	Δευτερεύοντα στοιχεία	2,0	2,2	2,5
Z	Υπέρθυρα σύμφωνα με το EN 845-2	1,7	2,0	2,2

1.3 Υλικά

Κεφάλαιο 3: Στο Κεφάλαιο αυτό δίδονται στοιχεία για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των υλικών προς χρήση στο σχεδιασμό των κατασκευών από τοιχοποιία.

Εδάφιο 3.1 Λιθοσώματα

Τα λιθοσώματα κατατάσσονται σε Κατηγορίες και Ομάδες. Προβλέπονται δύο Κατηγορίες, I και II, ανάλογα με το επίπεδο του ποιοτικού ελέγχου στο εργοστάσιο παραγωγής τους (βλέπε και προηγούμενο Πίνακα για το συντελεστή γ_M της τοιχοποιίας). Προβλέπονται επίσης τέσσερις ομάδες λιθοσωμάτων, ανάλογα με το ποσοστό των κενών, τα πάχη των τοιχωμάτων και την διεύθυνση των οπών τους (βλέπε Πίνακα 3.1).

Πίνακας 3.1: Γεωμετρικές απαιτήσεις για την ομαδοποίηση των λιθοσωμάτων

	Ομάδα λιθοσώματος							
	Ομάδα 1 (ανεξάρ- τητη υλικού)	Υλικά	Ομάδα 2		Ομάδα 3		Ομάδα 4	
			Κατακόρυφες οπές				Οριζόντιες οπές	
Όγκος όλων των κενών (ως πο- σοστό % του μικ- τού όγκου)	≤25	άργιλος	> 25 , ≤ 55		≥ 25 , ≤ 70		>25 , ≤70	
		πυριτικό ασβέστιο	> 25 , ≤ 55		Δεν χρησιμοποιείται		Δεν χρησιμοποιείται	
		σκυρόδεμα ²	> 25 , ≤ 60		> 25 , ≤ 70		> 25 , ≤ 50	
Όγκος ενός κενού (% του μεικτού όγκου)	≤12.5	άργιλος	Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 10 Λαβές συνολικώς ≤ 12.5		Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 10 Λαβές συνολικώς ≤ 12.5		Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 30	
		πυριτικό ασβέστιο	Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 15 Λαβές συνολικώς ≤ 30		Δεν χρησιμοποιείται		Δεν χρησιμοποιείται	
		σκυρόδεμα ²	Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 30 Λαβές συνολικώς ≤ 30		Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 30 Λαβές συνολικώς ≤ 30		Καθένα από τα πολ- λαπλά κενά ≤ 25	
Ελάχιστο πάχος μέσα και γύρω από τις οπές (mm)	Καμία απαίτηση		τοίχωμα	κέλυφος	τοίχωμα	κέλυφος	τοίχωμα	κέλυφος
		άργιλος	5	8	3	6	6	8
		πυριτικό ασβέστιο	5	10	Δεν χρησιμοποιείται		Δεν χρησιμοποιείται	
		σκυρόδεμα ²	15	20	15	15	20	20
Σύνθετο πάχος ¹ τοιχωμάτων και κελυφών (% του συνολικού πλά- τους)	Καμία απαίτηση	άργιλος	≥ 16		≥12		≥16	
		πυριτικό ασβέστιο	≥ 20		Δεν χρησιμοποιείται		Δεν χρησιμοποιείται	
		σκυρόδεμα	≥ 20		≥15		≥45	

Σημειώσεις:

1. Σύνθετο πάχος είναι το πάχος όλων των κελυφών και των τοιχωμάτων, μετρούμενο οριζοντίως επί όλης της διαστάσεως του λιθοσώματος κατά ορθή γωνία ως προς την όψη του λιθοσώματος. Στην περίπτωση κωνικών ή κυψελοειδών κενών, θα χρησιμοποιείται η μέση τιμή του πάχους των κελυφών και των τοιχωμάτων. Ο έλεγχος πρέπει να εκλαμβάνεται ως δοκιμή χαρακτηρισμού και απαιτείται να επαναλαμβάνεται μόνον στην περίπτωση μεγάλων τροποποιήσεων στον σχεδιασμό των διαστάσεων των λιθοσωμάτων.

2. Ο όρος περιλαμβάνει το σκυρόδεμα με αδρανή, καθώς και το αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα

Καλύπτονται τα εξής λιθοσώματα:

- *Οπτόπλινθοι κατά το EN 771-1*
- *Λιθοσώματα από πυριτικό ασβέστιο, κατά το EN 771-2.*
- *Λιθοσώματα από σκυρόδεμα (με συνήθη ή ελαφρά αδρανή), κατά το EN 771-3.*
- *Αυτόκλειστοι κυψελωτοί τσιμεντόλιθοι, κατά το Πρότυπο EN 771-4.*
- *Τεχνητοί λίθοι, κατά το EN 771-5.*

Επισημαίνεται ότι, λόγω αντισεισμικών απαιτήσεων, στην Ελλάδα πρέπει να χρησιμοποιούνται λιθοσώματα αποκλειστικά και μόνον των Ομάδων 1 και 2 με ελάχιστη θλιπτική αντοχή $f_{b,min} = 5 \text{ N/mm}^2$ κάθετα και $f_{bh,min} = 2 \text{ N/mm}^2$ παράλληλα στη διεύθυνση διάστρωσης.

Εδάφιο 3.2 Κονιάματα

Ο κανονισμός καλύπτει τις κατηγορίες κονιαμάτων που πρέπει να χρησιμοποιούνται και διακρίνει τις κατηγορίες κονιαμάτων σε:

- γενικής εφαρμογής (συνήθη αδρανή, πάχος αρμού $3\text{mm} \leq t_{αρμ} \leq 15\text{mm}$),
- λεπτής στρώσης - κόλλες ($3\text{mm} \leq t_{αρμ} \leq 15\text{mm}$),
- ελαφροκονιάματα ($\rho \leq 1500 \text{ Kg/m}^3$, ελαφρά αδρανή, $3\text{mm} \leq t_{αρμ} \leq 15\text{mm}$).

Τα κονιάματα κατατάσσονται βάσει της θλιπτικής αντοχής τους, η οποία εκφράζεται από το γράμμα M ακολουθούμενο από τη μέση θλιπτική αντοχή 28 ημερών σε N/mm^2 , για παράδειγμα M5. Τα προδιαγεγραμμένα κονιάματα, επί πλέον του M ακολουθούμενου από τον κατάλληλο αριθμό, θα πρέπει να περιγράφονται και μέσω της προδιαγεγραμμένης συνθέσεώς τους, για παράδειγμα, 1 : 1 : 5, τσιμέντο : ασβέστη : άμμο (κατ' όγκον).

Το Εθνικό Προσάρτημα έχει συμπεριλάβει τη σύνθεση των προδιαγεγραμμένων κονιαμάτων στον ακόλουθο Πίνακα, με τη σημείωση ότι σε όλη την ελληνική επικράτεια ισχύουν γενικώς οι απαιτήσεις του EN 1998-1 και του Εθνικού Προσαρτήματος EN 1998-1, σύμφωνα με τα οποία για φέρουσες κατασκευές εν γένει, δεν επιτρέπεται η χρήση κονιάματος κατηγορίας κατώτερης της M5. Για φέρουσες κατασκευές από οπλισμένη τοιχοποιία δεν επιτρέπεται η χρήση κονιάματος κατηγορίας κατώτερης της M10.

Σύνθεση προδιαγεγραμμένων κονιαμάτων

Κατηγορία κονιάματος	Μέση θλιπτική αντοχή (MPa)	Αναλογίες αναμίξεως (σε μέρη κατ' όγκον)		
		Τσιμέντο	Ασβέστης	Άμμος
M2,5	2,5	1	3	9
M5	5,0	1	2	6
M10	10,0	1	0,5	5
M20	20,0	1	-	3

Τα κονιάματα γενικής εφαρμογής μπορούν να είναι κονιάματα με μελέτη συνθέσεως κατά το EN 998-2 ή προδιαγεγραμμένα κονιάματα κατά το EN 998-2. Τα κονιάματα λεπτής στρώσεως και τα ελαφροκονιάματα πρέπει να είναι κονιάματα με μελέτη συνθέσεως κατά το EN 998-2.

Στα εδάφια 3.3, 3.4 και 3.5 δίδονται οδηγίες για τις ιδιότητες των σκυροδεμάτων πλήρωσης καθώς και του χάλυβα οπλισμού και προέντασης. Η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή, f_{ck} , και η

χαρακτηριστική διατμητική αντοχή, f_{cvk} , του σκυροδέματος πληρώσεως, μπορούν να λαμβάνονται από τον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικές αντοχές σκυροδέματος πληρώσεως - διαζωμάτων

Κατηγορία αντοχής σκυροδέματος	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30 ή ανώτερη
f_{ck} (N/mm ²)	12	16	20	25
f_{cvk} (N/mm ²)	0,27	0,33	0,39	0,45

Εδάφιο 3.6: Μηχανικές ιδιότητες τοιχοποιίας

Σε αυτό το Κεφάλαιο δίδονται οι σχέσεις υπολογισμού της χαρακτηριστικής θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, της χαρακτηριστικής διατμητικής αντοχής, της χαρακτηριστικής καμπτικής αντοχής και της χαρακτηριστικής αντοχής συνάφειας του οπλισμού.

Ειδικότερα:

- Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας

Εκτιμάται εναλλακτικά από δοκιμές ή λαμβάνεται από εμπειρικές σχέσεις. Το Εθνικό Προσάρτημα έχει προβλέψει τη χρήση μόνον των εμπειρικών σχέσεων. Ανάλογα με τον τύπο του κονιάματος που χρησιμοποιείται, δίδονται δυο εμπειρικές σχέσεις:

$$f_k = K f_b^{0.7} f_m^{0.3} \quad \text{για κονίαμα γενικής εφαρμογής ή ελαφροκονίαμα} \quad (3.1)$$

$$f_k = K f_b^{0.85} \quad \text{για κονίαμα λεπτής στρώσεως} \quad (3.2)$$

όπου:

K είναι μια σταθερά, εξαρτώμενη από τον τύπο του λιθοσώματος και του κονιάματος, λαμβανόμενη από τον Πίνακα 3.3

f_b είναι η ανηγμένη μέση θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων κατά την διεύθυνση ασκήσεως των δράσεων, σε N/mm²,

f_m είναι η μέση θλιπτική αντοχή του κονιάματος, σε N/mm²

Οι πιο πάνω σχέσεις εφαρμόζονται υπό τον όρον ότι οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες της τοιχοποιίας ακολουθούν το Κεφάλαιο 8 του EN 1996-1-1 και όλοι οι αρμοί ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγράφου 8.1.5, ώστε να θεωρούνται πλήρεις.

Όταν οι δράσεις είναι παράλληλες προς την διεύθυνση των οριζόντιων αρμών, η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μπορεί και πάλι να προσδιορισθεί από τις εξισώσεις (3.1) και (3.2). Στην περίπτωση αυτήν, η χρησιμοποιούμενη ανηγμένη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος, f_b , θα λαμβάνεται από δοκιμές στις οποίες η διεύθυνση εφαρμογής του φορτίου στο δοκίμιο θα ταυτίζεται με την διεύθυνση εφαρμογής της δράσεως στην τοιχοποιία. Στην περίπτωση αυτήν, πάντως, ο συντελεστής δ , ο οποίος δίδεται στο EN 771-1 έως 6, δεν θα λαμβάνεται μεγαλύτερος από 1,0. Ακολούθως, στην περίπτωση λιθοσωμάτων Ομάδων 2 και 3, η τιμή του συντελεστή K θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί 0,5.

Στην περίπτωση τοιχοποιίας με κονίαμα γενικής εφαρμογής, στην οποία χρησιμοποιούνται λιθοσώματα από σκυρόδεμα υπαγόμενα στις Ομάδες 2 ή 3 και όταν τα κατακόρυφα κενά των

λιθοσωμάτων είναι ολοκληρωτικά πληρωμένα με σκυρόδεμα, η τιμή της f_b θα πρέπει να λαμβάνεται ως εάν τα λιθοσώματα ανήκαν στην Ομάδα 1. Ως θλιπτική αντοχή θα λαμβάνεται είτε η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων είτε η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος πληρώσεως, όποια είναι η μικρότερη. Για την εφαρμογή των σχέσεων τίθενται οι εξής περιορισμοί:

- η f_b δεν θα ληφθεί μεγαλύτερη από 75 MPa όταν χρησιμοποιείται κονίαμα γενικής εφαρμογής
- η f_b δεν θα ληφθεί μεγαλύτερη από 50 MPa όταν χρησιμοποιείται κονίαμα λεπτής στρώσεως
- η f_m δεν θα ληφθεί μεγαλύτερη από 20 MPa ούτε μεγαλύτερη από $2f_b$ για κονίαμα γενικής εφαρμογής
- η f_m δεν θα ληφθεί μεγαλύτερη από 10 MPa για κονίαμα λεπτής στρώσεως
- Η τοιχοποιία κατασκευάζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κανονισμού
- Ο συντελεστής μεταβλητότητας της αντοχής των λιθοσωμάτων δεν είναι μεγαλύτερος από 25%
- Οι αρμοί ικανοποιούν τις απαιτήσεις για να θεωρούνται πληρωμένοι.
- Το πάχος της τοιχοποιίας σχηματίζεται έτσι ώστε να μην υπάρχει πουθενά κατακόρυφος αρμός.

Πίνακας 3.3: Τιμές του συντελεστή K για τοιχοποιίες με κονίαμα γενικής εφαρμογής, λεπτής στρώσεως και ελαφροκονίαμα

Υλικό λιθοσώματος		Κονίαμα γενικής εφαρμογής	Κονίαμα λεπτής στρώσεως (N/mm^2) (οριζόντιος αρμός $\leq 3mm$)	Ελαφροκονίαμα με πυκνότητα	
				$600 \leq \rho \leq 700$ Kg/m^3	$700 \leq \rho \leq 1500$ Kg/m^3
Άργιλος	Ομάδα 1	0,50	0,75	0,30	0,40
	Ομάδα 2	0,45	0,55	0,30	0,40
	Ομάδα 3	0,40	0,45	0,20	0,25
	Ομάδα 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Πυριτικό Ασβέστιο	Ομάδα 1	0,50	0,80	‡	‡
	Ομάδα 2	0,45	0,55	‡	‡
Σκυρόδεμα με αδρανή	Ομάδα 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Ομάδα 2	0,45	0,80	0,45	0,45
	Ομάδα 3	0,40	0,60	‡	‡
	Ομάδα 4	0,35	‡	‡	‡
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	Ομάδα 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Τεχνητοί λίθοι	Ομάδα 1	0,45	0,75	‡	‡
Λαξευτοί φυσικοί λίθοι	Ομάδα 1	0,45	‡	‡	‡
‡ Συνδυασμός κονιάματος/λιθοσώματος ο οποίος συνήθως δεν εφαρμόζεται. Δεν δίδεται σχετική τιμή του K .					

Για τοιχοποιία κατασκευαζόμενη με κονίαμα γενικής εφαρμογής, όταν υπάρχει διαμήκης αρμός κονιάματος σε όλο ή σε τμήμα του μήκους του, οι τιμές του συντελεστή K μπορούν να προκύπτουν από τις αντίστοιχες τιμές του Πίνακα 3.3 πολλαπλασιασμένες επί 0,8.

Η ανηγμένη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος f_b δίδεται από τη σχέση:

$$f_b = \delta f_{bc}$$

όπου:

f_{bc} είναι η μέση θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος

δ είναι συντελεστής αναγωγής συναρτήσει του ύψους και της ελαχίστης από τις άλλες δύο διαστάσεις του

Συντελεστής αναγωγής δ

Ύψος λιθοσώματος [mm]	Ελάχιστη οριζόντια διάσταση [mm]				
	50	100	150	200	≥ 250
50	0.85	0.75	0.70	-	-
65	0.95	0.85	0.75	0.70	0.65
100	1.15	1.00	0.90	0.80	0.75
150	1.30	1.20	1.10	1.00	0.95
200	1.45	1.35	1.25	1.15	1.10
≥ 250	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15

- Χαρακτηριστική διατμητική αντοχή τοιχοποιίας

Η χαρακτηριστική διατμητική αντοχή της άοπλης τοιχοποιίας, f_{vk} , μπορεί να υπολογίζεται από την εξίσωση (3.3), όταν στην τοιχοποιία χρησιμοποιείται κονίαμα γενικής εφαρμογής ή κονίαμα λεπτής στρώσης σε οριζόντιους αρμούς πάχους όχι μεγαλύτερου των 3mm ή ελαφροκονίαμα και όταν όλοι οι αρμοί ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγράφου 8.1.5, ώστε να μπορούν να θεωρούνται πλήρεις.

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma_d \quad (3.3)$$

αλλά όχι μεγαλύτερη από $0,065f_b$

όπου:

f_{vk0} η χαρακτηριστική τιμή της συνοχής, λαμβανόμενη από τον Πίνακα 3.4

f_{vk} η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής τάσεως της κάθετης προς την τέμνουσα του στοιχείου στην θεωρούμενη στάθμη και η οποία έχει προκύψει βάσει του κατάλληλου συνδυασμού φορτίσεων

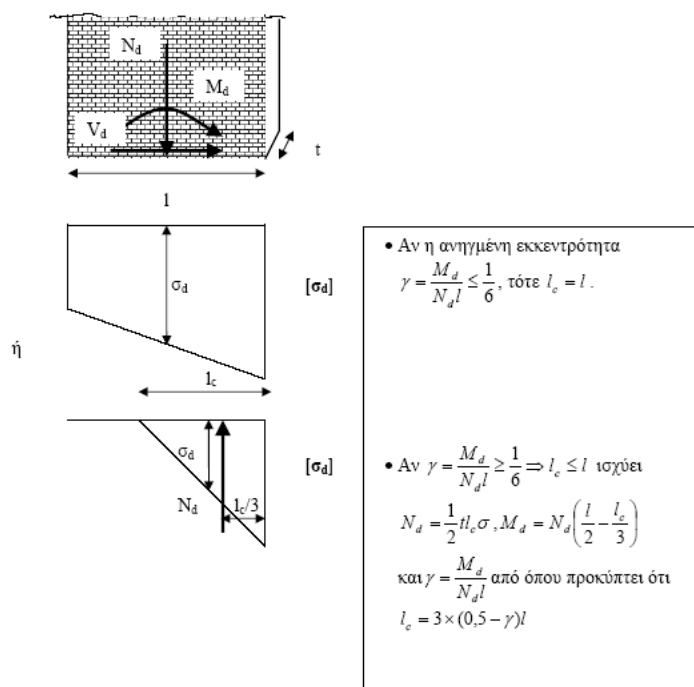
σ_d η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής τάσεως της κάθετης προς την τέμνουσα του στοιχείου στην θεωρούμενη στάθμη και η οποία έχει προκύψει βάσει του κατάλληλου συνδυασμού φορτίσεων

f_b η ανηγμένη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος, όπως ορίζεται στην 3.1.2.1 για διεύθυνση εφαρμογής του φορτίου στα δοκίμια κάθετη προς τους οριζόντιους αρμούς.

Σχόλιο:

Η σ_d αναφέρεται στο θλιβόμενο τμήμα του τοίχου, καθότι το εφελκυσμένο τμήμα του τοίχου δεν παραλαμβάνει διατμητικά φορτία.

Στην παραπάνω σχέση είναι σαφής ο ευεργετικός ρόλος του θλιπτικού φορτίου, καθώς αυξάνει και το τμήμα της διατομής που βρίσκεται υπό θλίψη.

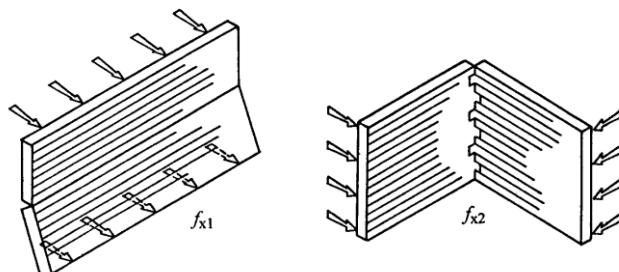


Πίνακας 3.4: Τιμές της f_{vk0}

Υλικό λιθοσώματος	f_{vk0} (N/mm ²)			
	Κονίαμα γενικής εφαρμογής, δεδομένης κατηγορίας αντοχής		Κονίαμα λεπτής στρώσεως (οριζόντιος αρμός $\leq 3\text{mm}$)	Ελαφροκονίαμα
Άργιλος	M10-M20	0,30	0,30	0,15
	M2,5-M9	0,20		
	M1-M2	0,10		
Πυριτικό ασβέστιο	M10-M20	0,20	0,40	0,15
	M2,5-M9	0,15		
	M1-M2	0,10		
Σκυρόδεμα με αδρανή	M10-M20	0,20	0,30	0,15
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	M2,5-M9	0,15		
Τεχνητοί λίθοι Λαξευτοί Φυσικοί λίθοι	M1-M2	0,10		

- Χαρακτηριστική καμπτική αντοχή της τοιχοποιίας

Η καμπτική αντοχή της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη, προσδιορίζεται είτε πειραματικά, είτε χρησιμοποιούνται οι τιμές των παρακάτω πινάκων που περιλαμβάνονται στο Εθνικό Προσάρτημα, ανάλογα με την διεύθυνση της κάμψης, το υλικό των λιθοσωμάτων και το είδος και την αντοχή του κονιάματος.



Σχ. 3.1: Επίπεδα αστοχίας λόγω κάμψης παράλληλα και κάθετα στους αρμούς

Τιμές της f_{xk1}

Υλικό λιθοσώματος	$f_{xk1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$			
	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

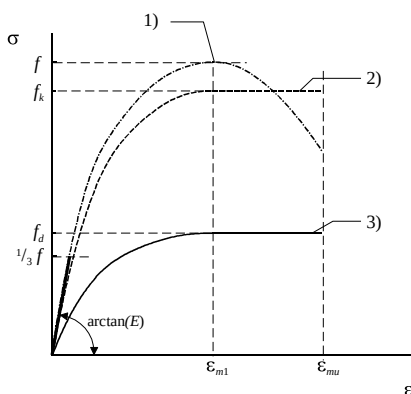
Τιμές της f_{xk2}

Υλικό λιθοσώματος	$f_{xk2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$			
	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 ασ- βέστιο	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 φυ- σικοί λίθοι	0,20	0,40	0,15	Δεν χρησιμοποιείται

Υπενθυμίζεται και πάλι ότι σε όλη την ελληνική επικράτεια, για φέρουσες κατασκευές εν γένει, δεν επιτρέπεται η χρήση κονιάματος κατηγορίας κατώτερης της M5. Για φέρουσες κατασκευές από οπλισμένη τοιχοποιία δεν επιτρέπεται η χρήση κονιάματος κατηγορίας κατώτερης της M10.

Εδάφιο 3.7 Παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας

- Το διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων είναι μη γραμμικό, μπορεί όμως να λαμβάνεται είτε ως γραμμικό, είτε ως παραβολικό, είτε ως παραβολικό-ορθογωνικό.



Κλείδα

- 1) τυπικό διάγραμμα
- 2) σχηματοποιημένο διάγραμμα (παραβολικό - ορθογωνικό)
- 3) διάγραμμα σχεδιασμού

Σχήμα 3.2: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων της τοιχοποιίας υπό θλίψη

- Το μέτρο ελαστικότητας προκύπτει είτε από δοκιμές είτε λαμβάνεται από εμπειρικούς τύπους ($E=1000f_k$). Λόγω φαινομένων ερπυσμού, το μακροχρόνιο μέτρο ελαστικότητας απομειώνεται σε

$$E_{\text{long term}} = E / (1 + \phi_{\infty}) \quad (3.8)$$

Ο τελικός συντελεστής ερπυσμού ϕ_{∞} επιλέγεται από τον κατωτέρω Πίνακα, ανάλογα με τον τύπο του λιθοσώματος. Παρατηρείται μεγάλη διασπορά του συντελεστή.

- Το Μέτρο Διάτμησης λαμβάνεται ίσο με $G=40\%E$

Εύρος τιμών συντελεστών ερπυσμού, διαστολής λόγω υγρασίας ή συστολής ξηράνσεως και θερμικής διαστολής τοιχοποιίας.

Τύπος λιθοσώματος	Τελικός συντελεστής ερπυσμού (βλέπε σημ. 1) ϕ_{∞}	Μακροχρόνια διαστολή λόγω υγρασίας ή συστολή ξηράνσεως (βλέπε σημ. 2) mm/m	Συντελεστής θερμικής διαστολής, α , $10^{-6}/K$
	Εύρος τιμών	Εύρος τιμών	Εύρος τιμών
Άργιλος	0,5 ÷ 1,5	-0,2 ÷ +1,0	4 ÷ 8
Πυριτικό ασβέστιο	1,0 ÷ 2,0	-0,4 ÷ -0,1	7 ÷ 11
Σκυρόδεμα με συνήθη αδρανή και τεχνητοί λίθοι	1,0 ÷ 2,0	-0,6 ÷ -0,1	6 ÷ 12
Σκυρόδεμα με ελαφρά αδρανή	1,0 ÷ 3,0	-1,0 ÷ -0,2	8 ÷ 12
Αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	0,5 ÷ 2,0	-0,4 ÷ +0,2	7 ÷ 9
Φυσικοί λίθοι (ηφαιστειογενείς, ιζηματογενείς, μεταμορφωσιγενείς)	(βλέπε σημ. 3)	-0,4 ÷ +0,7	5 ÷ 9 2 ÷ 7 1 ÷ 18
Σημειώσεις:			

1. Ο τελικός συντελεστής ερπυσμού $\varphi_{\infty} = \varepsilon_{c\infty} / \varepsilon_{el}$, όπου $\varepsilon_{c\infty}$ είναι η τελική παραμόρφωση λόγω ερπυσμού και $\varepsilon_{el} = \sigma / E$.
2. Όταν η μακροχρόνια τιμή της μηκύνσεως λόγω υγρασίας ή της συστολής ξηράνσεως είναι αρνητική, δηλώνει την θράχυνση, ενώ όταν είναι θετική δηλώνει μήκυνση.
3. Οι τιμές είναι συνήθως πολύ χαμηλές.

1.4 Ανθεκτικότητα

Στο **Κεφάλαιο 4** παρατίθενται οι απαιτήσεις ανθεκτικότητας των επί μέρους υλικών ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ανθεκτικότητα της τοιχοποιίας. Ειδικώς για το χάλυβα οπλισμού και τις ελάχιστες επικαλύψεις του ισχύουν οι ακόλουθοι πίνακες

Πίνακας 4.1: Επιλογή χάλυβα οπλισμού για την εξασφάλιση ανθεκτικότητας

Κατηγορία εκθέσεως	Ελάχιστη στάθμη προστασίας οπλισμού	
	Τοποθετημένος σε κονίαμα	Τοποθετημένος σε σκυρόδεμα με επικάλυψη μικρότερη από την απαιτούμενη κατά τον Πίνακα 4.2
MX1	Κοινός χάλυβας χωρίς προστασία (βλέπε σημ. 1)	Κοινός χάλυβας χωρίς προστασία
MX2	Κοινός χάλυβας, βαρέως γαλβανισμένος ή με άλλη ισοδύναμη προστασία (βλέπε σημ. 2)	Χάλυβας χωρίς προστασία ή, όταν χρησιμοποιείται κονίαμα για την πλήρωση των κενών, βαρέως γαλβανισμένος ή με άλλη ισοδύναμη προστασία
	Κοινός χάλυβας χωρίς προστασία, σε τοιχοποιία επιχρισμένη κατά την εκτεθειμένη παρειά της (βλέπε σημ. 3)	
MX3	Ωστεννητικός ανοξείδωτος χάλυβας (βλέπε σημ. 4)	Κοινός χάλυβας, βαρέως γαλβανισμένος ή με άλλη ισοδύναμη προστασία
	Κοινός χάλυβας χωρίς προστασία, σε τοιχοποιία επιχρισμένη κατά την εκτεθειμένη παρειά της (βλέπε σημ. 3)	
MX4	Ωστεννητικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316. Συνήθης χάλυβας βαρέως γαλβανισμένος ή με ισοδύναμη προστασία (βλέπε σημ. 2) σε τοιχοποιία επιχρισμένη κατά την εκτεθειμένη παρειά της (βλέπε σημ. 3)	Ωστεννητικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316
MX5	Ωστεννητικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316 ή 304 (βλέπε σημ. 4)	Ωστεννητικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316 ή 304 (βλέπε σημ. 4)
Σημειώσεις: 1. Για τον εσωτερικό τοίχο εξωτερικού κοίλου τοίχου, ο οποίος ενδέχεται να υγρανθεί, θα πρέπει να χρησιμοποιείται κοινός χάλυβας εντόνως γαλβανισμένος ή χάλυβας με άλλη ισοδύναμη προστασία, κατά την σημείωση 2. 2. Ο κοινός χάλυβας πρέπει να γαλβανίζεται με μια ελάχιστη μάζα επιψευδαργύρωσης ίση με 900g/m^2 ή με ελάχιστη μάζα 60 g/m^2, υπό τον όρον ότι θα εξασφαλίζεται και στρώση εποξειδικού περιβλήματος με ελάχιστο πάχος $80\mu\text{m}$ και μέσο πάχος $100\mu\text{m}$. Βλέπε επίσης σημειώσεις 3,4. 3. Το κονίαμα της τοιχοποιίας θα πρέπει να είναι κονίαμα γενικής εφαρμογής, ποιότητας τουλάχιστον M4, η πλευρική επικάλυψη του σχήματος 8.2 θα πρέπει να αυξάνεται στα 30 mm και η τοιχοποιία θα πρέπει να είναι επιχρισμένη με κονίαμα συμμορφούμενο με το EN 998-1. 4. Ο ανοξείδωτος χάλυβας ενδέχεται να μην είναι κατάλληλος για όλα τα διαβρωτικά περιβάλλοντα. Το θέμα αυτό πρέπει να εξετάζεται κατά περίπτωση.		

Πίνακας 4.2 Ελάχιστη επικάλυψη σκυροδέματος για κοινό χάλυβα χωρίς προστασία έναντι διαβρώσεως

Κατηγορία εκθέσεως	Ελάχιστο πάχος επικάλυψης σκυροδέματος (mm)			
	Λόγος νερού προς τσιμέντο όχι μεγαλύτερος από			
	0,65	0,55	0,50	0,45
	Περιεκτικότητα σε τσιμέντο (Kg/m^3) όχι μικρότερη από			
	260	280	300	300
MX1	20	20	20	20
MX2	-	25	25	25
MX3	-	-	40	40
MX4	-	-	40	40
MX5	-	-	-	40

1.5 Ανάλυση

Το **Κεφάλαιο 5** είναι ένα από τα βασικά κεφάλαια του Ευρωκώδικα 6 στο οποίο παρατίθενται οι αρχές για την ανάλυση των κατασκευών αλλά και οι απαιτούμενοι έλεγχοι. Δεν πρέπει όμως να λησμονείται ότι στον παρόντα Ευρωκώδικα περιγράφονται οι απαιτήσεις της ανάλυσης κυρίως έναντι κατακορύφων φορτίων. Ορισμένες από τις διατάξεις, κυρίως οι απλοποιητικές (π.χ. η διάσπαση της κατασκευής σε επί μέρους τμήματα) δεν μπορούν να εφαρμοσθούν έναντι σεισμικών δράσεων.

Εδάφιο 5.1 Γενικά

Η βασική απαίτηση είναι ότι τόσο η γενική διάταξη όσο και η σύνδεση των μελών της κατασκευής πρέπει να εξασφαλίζει σταθερότητα και στιβαρότητα κατά την κατασκευή και τη χρήση της. Για τον έλεγχο κάθε οριακής κατάστασης πρέπει να καταστρώνεται ένα προσομοίωμα το οποίο πρέπει να βασίζεται στα παρακάτω στοιχεία:

- την κατάλληλη περιγραφή του δομήματος, των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο και του περιβάλλοντος της θέσης κατασκευής του
- τη συμπεριφορά του συνόλου ή τμημάτων της κατασκευής, συσχετιζόμενη με την εξεταζόμενη οριακή κατάσταση
- τις δράσεις και τον τρόπο επιβολής τους

Μπορεί να θεωρείται ολόκληρη η κατασκευή ή τα διαφορετικά τμήματά της ξεχωριστά, υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνεται υπόψη η ευστάθεια και στιβαρότητα της κατασκευής. Μπορούν να επιλεγούν είτε μη-γραμμικές είτε γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης και τα αποτελέσματα που θα λαμβάνονται θα πρέπει να είναι:

- τα αξονικά φορτία από κατακόρυφη και οριζόντια φόρτιση
- οι τέμνουσες δυνάμεις από κατακόρυφη ή/και οριζόντια φόρτιση
- οι εκκεντρότητες των αξονικών φορτίων
- οι καμπτικές ροπές από κατακόρυφη ή/και οριζόντια φόρτιση.

Με προσδιορισμένες τις δράσεις στην κατασκευή, θα πρέπει να ελέγχονται τα μέλη στην οριακή κατάσταση αστοχίας και λειτουργικότητας κατά τα Κεφάλαια 6 και 7.

Το εδάφιο 5.2 προσδιορίζει τι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ώστε η κατασκευή να μπορεί να ανταπεξέλθει σε άλλες τυχηματικές δράσεις εκτός σεισμού και πυρκαγιάς

Εδάφιο 5.3 Ατέλειες

Οι κατασκευαστικές ατέλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό. Οι ενδεχόμενες συνέπειες των ατελειών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μέσω της παραδοχής ότι το δόμημα παρουσιάζει κλίση υπό γωνία $\nu = 1/(100 \cdot h_{tot})$ ακτίνια ως προς την κατακόρυφο, όπου h_{tot} είναι το συνολικό ύψος του δομήματος σε μέτρα. Η προκύπτουσα οριζόντια δράση πρέπει να προστίθεται στις άλλες δράσεις.

Εδάφιο 5.4 Φαινόμενα δευτέρας τάξεως

Τα κτίρια από τοιχοποιία πρέπει να έχουν τα τμήματά τους καταλλήλως συνδεδεμένα μεταξύ τους έτσι ώστε η μεταθετότητα του κτιρίου να αποκλείεται ή να λαμβάνεται υπόψη μέσω υπολογισμού. Εάν τα κατακόρυφα στοιχεία δυσκαμψίας ικανοποιούν την εξίσωση (5.1) κατά την υπό εξέταση διεύθυνση του κτιρίου, η μεταθετότητα δεν χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη:

$$h_{tot} \sqrt{\frac{N}{\Sigma EI}} \leq 0,6 h_{tot} \quad \text{για } n \geq 4 \quad (5.1)$$

$$\leq 0,2 + 0,1n \quad \text{για } 1 \leq n < 4$$

όπου:

h_{tot} είναι το συνολικό ύψος του κτιρίου από τη στέψη της θεμελίωσης

N είναι το άθροισμα όλων των κατακόρυφων φορτίων σχεδιασμού του κτιρίου

ΣEI είναι το άθροισμα των δυσκαμψιών όλων των στοιχείων δυσκαμψίας κατά τη θεωρούμενη διεύθυνση.

n είναι το πλήθος των ορόφων

Όταν τα στοιχεία δυσκαμψίας δεν ικανοποιούν την ανωτέρω απαίτηση πρέπει να γίνονται κατάλληλοι υπολογιστικοί έλεγχοι ότι το δόμημα διαθέτει επαρκή αντίσταση έναντι της μεταθετότητας.

Εδάφιο 5.5 Ανάλυση δομικών μελών

- Τοίχοι υπό κατακόρυφα φορτία
- Γενικά

Για τον υπολογισμό εντατικών μεγεθών σε τοίχους υποβαλλόμενους σε κατακόρυφα φορτία, ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα κατακόρυφα φορτία που εφαρμόζονται στον τοίχο, τα φαινόμενα δευτέρας τάξεως, τις εκκεντρότητες που υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη την διάταξη των τοίχων και την αλληλεπίδραση πατωμάτων και τοίχων δυσκαμψίας και τις εκκεντρότητες που προκύπτουν από κατασκευαστικές αποκλίσεις και από διαφορές στις ιδιότητες των υλικών των διαφόρων στοιχείων.

Οι ροπές κάμψεως μπορούν να υπολογίζονται βάσει των ιδιοτήτων των υλικών οι οποίες δίνονται στο Κεφάλαιο 3, της συμπεριφοράς των συνδέσεων και των αρχών της Μηχανικής.

Για να ληφθούν υπόψη οι κατασκευαστικές ατέλειες, θα πρέπει να συνυπολογίζεται μια αθέλητη εκκεντρότητα, e_{init} , σε όλο το ύψος του τοίχου. Η αθέλητη εκκεντρότητα, e_{init} , μπορεί να ληφθεί ίση με $h_{ef}/450$, όπου h_{ef} είναι το μήκος λυγισμού του τοίχου.

■ Μήκος λυγισμού

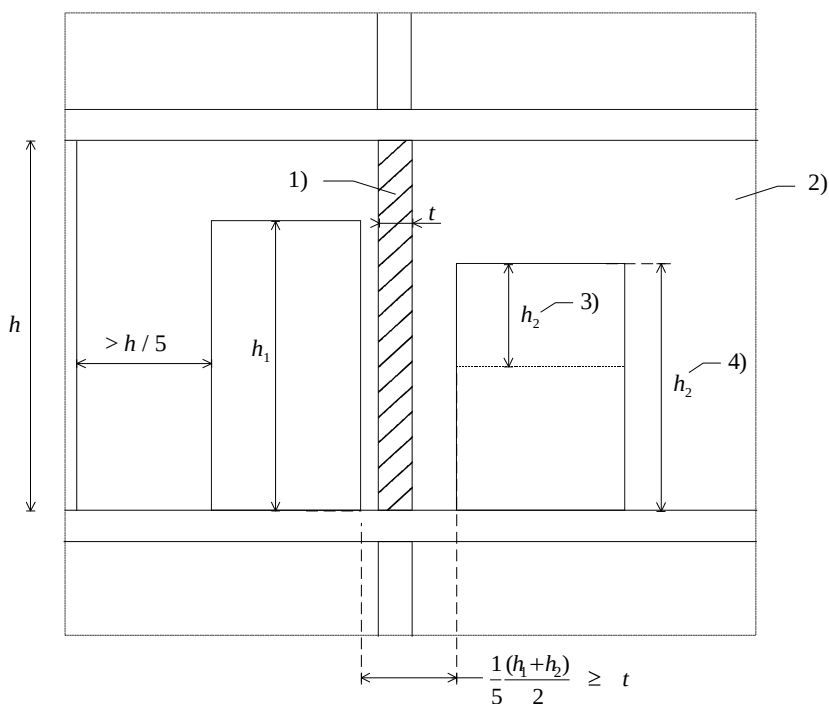
Το μήκος λυγισμού h_{ef} αποτελεί βασικό στοιχείο της συμπεριφοράς των τοίχων έναντι κατακόρυφων φορτίων αλλά και της διαδικασίας υπολογισμού. Εξαρτάται: από τη σχετική δυσκαμψία των συνδεόμενων μελών και την αποτελεσματικότητα των συνδέσεων (στήριξη στην κεφαλή και στον πόδα του, πλάκα ή ξύλινο πάτωμα και περιορισμός από εγκάρσιου τοίχους).

Σημειώνεται ότι προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη οι εγκάρσιοι τοίχοι θα πρέπει:

α) να έχουν μήκος τουλάχιστον ίσο με το 1/5 του καθαρού ύψους του ορόφου και ελάχιστο πάχος τουλάχιστον ίσο με το 30% του ενεργού πάχους του εξεταζόμενου τοίχου,

β) εάν ο εγκάρσιος τοίχος διακόπτεται από ανοίγματα, το ελάχιστο μήκος του τοίχου μεταξύ ανοιγμάτων, τα οποία ευρίσκονται εκατέρωθεν του εξεταζόμενου τοίχου, πρέπει να είναι όπως στο Σχήμα 5.1, ενώ ο εγκάρσιος τοίχος πρέπει να συνεχίζεται πέραν κάθε ανοίγματος τουλάχιστον σε μήκος ίσο με το 1/5 του ύψους του ορόφου,

γ) τοίχοι με στοιχεία δυσκαμψίας κατά μήκος δύο κατακόρυφων πλευρών με $\ell \geq 30t$, ή τοίχοι με στοιχεία δυσκαμψίας κατά μήκος μιας κατακόρυφης πλευράς και $\ell \geq 15t$, όπου ℓ είναι το καθαρό μήκος του τοίχου και t είναι το πάχος του, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως δεσμευμένοι μόνον στη στέψη και στη βάση τους.



Σχήμα 5.1: Ελάχιστο μήκος εγκάρσιου τοίχου με ανοίγματα

Το μήκος λυγισμού h_{ef} εκτιμάται από τη σχέση

$$h_{ef} = \rho_h h \quad (5.2)$$

όπου:

h είναι το καθαρό ύψος του ορόφου και

ρ_h ένας μειωτικός συντελεστής που λαμβάνει υπόψη του το πλήθος των πακτωμένων ή δεσμευμένων πλευρών του τοίχου ($n=2,3,4$).

Για τοίχους δεσμευμένους στην κορυφή και στη βάση τους ($n = 2$) από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, οι οποίες εκτείνονται εκατέρωθεν του τοίχου και στην ίδια στάθμη ή από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος οι οποίες εκτείνονται μόνον από την μια πλευρά του τοίχου, αλλά εδράζονται πάνω στον τοίχο σε πλάτος τουλάχιστον ίσο με τα 2/3 του πάχους του:

$$\rho_2 = 0,75 \quad (5.3)$$

Εάν η εκκεντρότητα του φορτίου στην κορυφή του τοίχου είναι μεγαλύτερη από το 25% του πάχους του τοίχου:

$$\rho_2 = 1,0 \quad (5.4)$$

Για ξύλινα πατώματα

$$\rho_2 = 1,0 \quad (5.5)$$

Για τοίχους δεσμευμένους στην κορυφή και στη βάση τους και με στοιχεία δυσκαμψίας κατά μήκος μιας κατακόρυφης πλευράς (με μια ελεύθερη πλευρά) ($n = 3$) (ℓ είναι το μήκος του τοίχου):

$$\text{- όταν } h \leq 3.5\ell, \quad \rho_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 h}{3\ell} \right]^2} \rho_2 > 0.3 \quad (5.6)$$

με ρ_2 το κατάλληλο από τις σχέσεις (5.3), (5.4), (5.5)

$$\text{- όταν } h > 3.5\ell, \quad \rho_3 = \frac{1.5\ell}{h} \quad (5.7)$$

Για τοίχους δεσμευμένους πάνω και κάτω και με εγκάρσιους τοίχους δυσκαμψίας στις δύο κατακόρυφες πλευρές ($n = 4$) (l είναι το μήκος του τοίχου):

$$\text{- όταν } h \leq 1,15\ell \quad \rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 h}{l} \right]^2} \rho_2 \quad (5.8)$$

με ρ_2 το κατάλληλο από τις σχέσεις (5.3), (5.4), (5.5)

$$\text{- όταν } h > 1,15\ell, \quad \rho_4 = \frac{0,5l}{h} \quad (5.9)$$

▪ Ενεργό πάχος

Το ενεργό πάχος, t_{ef} , ενός μονού τοίχου, ενός διπλού τοίχου, ενός πετάσματος όψεως, ενός τοίχου από σκαφοειδή λιθοσώματα και ενός κοίλου τοίχου με πυρήνα, όπως αυτοί ορίστηκαν στην παράγραφο 1.5.10, θα πρέπει να λαμβάνεται ίσο με το πραγματικό πάχος του τοίχου.

Το ενεργό πάχος ενός τοίχου, του οποίου η δυσκαμψία αυξάνεται μέσω αντηρίδων θα πρέπει να λαμβάνεται από την εξίσωση (5.10):

$$t_{ef} = \rho_t t \quad (5.10)$$

όπου:

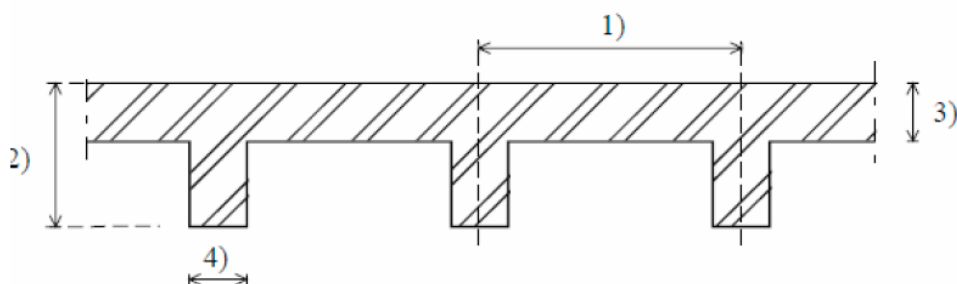
t_{ef} είναι το ενεργό πάχος

ρ_t είναι συντελεστής λαμβανόμενος από τον Πίνακα 5.1

t είναι το πάχος του τοίχου

Πίνακας 5.1: Συντελεστής δυσκαμψίας, ρ_t , για τοίχους με αντηρίδες
(επιτρέπεται γραμμική παρεμβολή)

Λόγος της αξονικής αποστάσεως των αντηρίδων προς το πλάτος των αντηρίδων	Λόγος του πάχους της αντηρίδας προς το πραγματικό πάχος του τοίχου με τον οποίο συνδέεται		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0



Σχ. 5.2: Ορισμοί του Πίνακα 5.1. (1) απόσταση των αντηρίδων, (2) πάχος αντηρίδας, (3) πάχος τοίχου, (4) πλάτος αντηρίδων

Το ενεργό πάχος, t_{ef} , ενός κοίλου τοίχου του οποίου οι δύο τοίχοι είναι συνδεδεμένοι μέσω συνδέσμων θα πρέπει να προσδιορίζεται βάσει της εξίσωσης:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} t_1^3 + t_2^3} \quad (5.11)$$

Όπου, t_1, t_2 είναι τα πραγματικά πάχη των δύο τοίχων ή τα ενεργά πάχη τους και k_{tef} ο λόγος των μέτρων ελαστικότητας των υλικών των στρώσεων 1 και 2.

▪ Λυγηρότητα

Η λυγηρότητα ενός τοίχου θα υπολογίζεται ως ο λόγος του μήκους λυγισμού, h_{ef} , προς το ενεργό πάχος, t_{ef} . Η λυγηρότητα ενός τοίχου υποβαλλόμενου κυρίως σε κατακόρυφα φορτία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 27. Σημειώνεται ότι όταν υπάρχουν αντισεισμικές απαιτήσεις η μέγιστη λυγηρότητα περιορίζεται σημαντικά. Ισχύει σχετικά ο Πίνακας 9.2: *Προτεινόμενες γεωμετρικές απαιτήσεις για τοίχους* του EN 1998-1, ο οποίος, πέραν της μέγιστης λυγηρότητας, περιλαμβάνει και άλλες γεωμετρικές προβλέψεις.

• Στοιχεία από οπλισμένη τοιχοποιία υπό κατακόρυφα φορτία

Περιλαμβάνει διατάξεις για το θεωρητικό άνοιγμα δοκών από οπλισμένη τοιχοποιία, τις υψίκορμες δοκούς, την ανακατανομή εσωτερικών δυνάμεων και τον περιορισμό των ανοιγμάτων των καμπτόμενων στοιχείων.

• Τοίχοι υπό οριζόντια φορτία

Δίδεται ο τρόπος υπολογισμού της καμπτικής ροπής από εκτός επιπέδου φόρτιση, εξαιρουμένου του σεισμού (π.χ. άνεμος, ωθήσεις γαιών, πίεση υγρών, ακόμη και φορτία εκρήξεων).

Όταν ο τοίχος εδράζεται κατά μήκος 3 ή 4 πλευρών, ο υπολογισμός της δρώσας ροπής, M_{Ed} , μπορεί να γίνεται ως εξής:

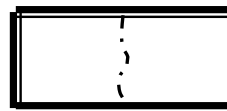
όταν το επίπεδο αστοχίας είναι παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς, δηλαδή, στην διεύθυνση της f_{xk1} :



$$M_{Ed1} = \alpha_1 W_{Ed} l^2 \text{ ανά μονάδα μήκους του τοίχου} \quad (5.17)$$

ή

όταν το επίπεδο αστοχίας είναι κάθετο προς τους οριζόντιους αρμούς, δηλαδή, κατά την διεύθυνση της f_{xk2} :



$$M_{Ed2} = \alpha_2 W_{Ed} l^2 \text{ ανά μονάδα ύψους του τοίχου} \quad (5.18)$$

α_1, α_2 είναι συντελεστές εξαρτώμενοι από το βαθμό ενδοσιμότητας κατά μήκος των πλευρών του τοίχου, καθώς και από το λόγο του ύψους προς το μήκος του τοίχου. Οι τιμές των συντελεστών ροπών, α_1 και α_2 , μπορούν να ληφθούν από το Παράρτημα Ε για μονούς τοίχους με πάχος έως 250mm, ($\alpha_1 = \alpha_2$) ή μέσω κατάλληλης μεθόδου υπολογισμού.

μ είναι ο λόγος μεταξύ των καμπτικών αντοχών σχεδιασμού της τοιχοποιίας κατά δύο κύριες διευθύνσεις

ℓ είναι το μεταξύ στηρίξεων μήκος του τοίχου

W_{Ed} είναι το εγκάρσιο φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα επιφανείας

1.6 Οριακή κατάσταση αστοχίας

Το **Κεφάλαιο 6** αποτελείται από εννέα εδάφια που καλύπτουν το σχεδιασμό και είναι τα εξής:

- Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία
- Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό τέμνουσα

- Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου φόρτιση
- Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό συνδυασμένη κατακόρυφη και εκτός επιπέδου φόρτιση
- Σύνδεσμοι
- Στοιχεία από οπλισμένη τοιχοποιία υπό κάμψη, κάμψη και αξονικό φορτίο ή αξονικό φορτίο
- Στοιχεία από οπλισμένη τοιχοποιία υπό διάτμηση
- Προεντεταμένη τοιχοποιία
- Διαζωματική τοιχοποιία

Εδάφιο 6.1 Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό κυρίως κατακόρυφα φορτία

Το αξονικό φορτίο αστοχίας εξαρτάται από τη γεωμετρία του τοίχου, την εκκεντρότητα των φορτίων και τις ιδιότητες της τοιχοποιίας. Οι βασικές παραδοχές είναι ότι οι διατομές παραμένουν επίπεδες και η τοιχοποιία δεν έχει εφελκυστική αντοχή κάθετα στους οριζόντιους αρμούς. Για τον υπολογισμό της λυγνρότητας και του μειωτικού συντελεστή Φ απαιτείται λεπτομερής διαδικασία. Γενικώς ελέγχεται η ικανοποίηση της ανίσωσης ασφαλείας ανά μέτρο μήκους του τοίχου:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad (6.1)$$

$$N_{Rd} = \Phi \times t \times f_d \quad (6.2)$$

Ο συντελεστής Φ εισάγει την απομείωση της διαθέσιμης αντίστασης λόγω λυγνρότητας και εκκεντρότητας. Γίνεται έλεγχος στη βάση και στην κορυφή (σήμανση $\Phi = \Phi_i$) καθώς και στο μέσον του τοίχου (σήμανση $\Phi = \Phi_m$), ανά τρέχον μέτρο. Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

- Στην κορυφή ή τη βάση του τοίχου: Υπολογίζεται ο συντελεστής $\Phi_i = 1 - \frac{2e_i}{t}$ (6.4)

e_i είναι η εκκεντρότητα στην κορυφή ή τη βάση του τοίχου υπολογιζόμενη από τη σχέση:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05t \quad (6.5)$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$
 εκκεντρότητα λόγω κατακόρυφων φορτίων, τυχηματική εκκεντρότητα
 εκκεντρότητα λόγω οριζοντίων φορτίων (πχ. άνεμος)

όπου:

M_{id} και N_{id} η τιμή σχεδιασμού της ροπής κάμψης και του κατακόρυφου φορτίου αντιστοίχως, στην κορυφή/βάση του τοίχου.

Στην τυχηματική εκκεντρότητα λαμβάνονται υπόψη κατασκευαστικές ατέλειες και η τιμή της

είναι ενιαία για όλο το ύψος: $e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$.

Στο Σχ. 6.1 φαίνονται οι ροπές για τον υπολογισμό των εκκεντροτήτων. Οι ροπές M_1 και M_2 στην κορυφή και τη βάση ενός τοίχου είναι δυνατόν να υπολογισθούν βάσει του παραρτήματος Γ του Ευρωκώδικα 6, ανάλογα με τις δυσκαμψίες των επιμέρους στοιχείων με τα οποία συνδέεται ο υπό εξέταση τοίχος.

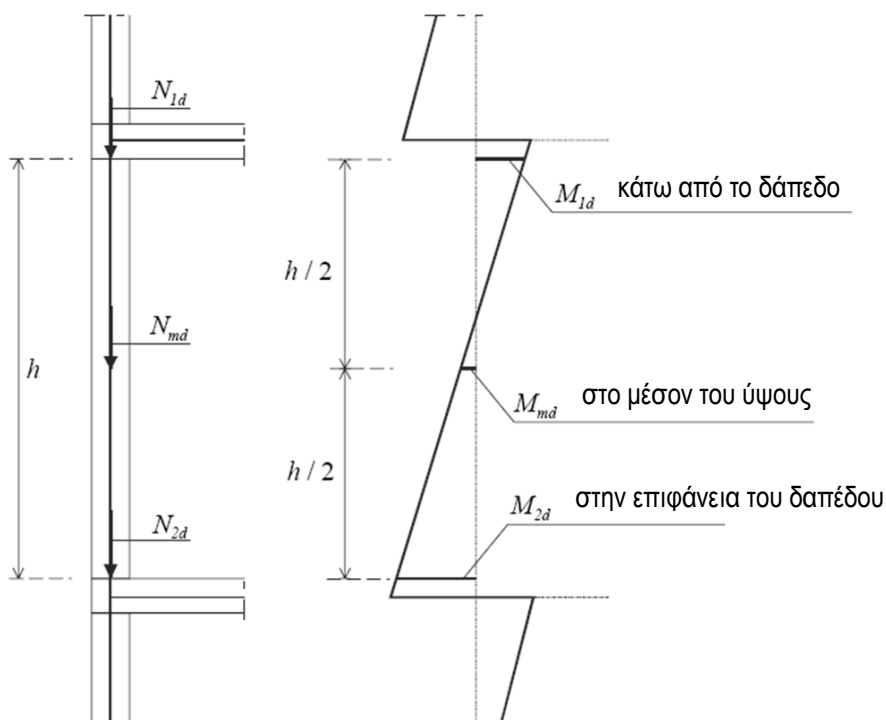
- **Στο μέσον του τοίχου:** Ο μειωτικός συντελεστής Φ_m λαμβάνεται από το παρακάτω διάγραμμα, ανάλογα με τη λυγηρότητα $\frac{h_{ef}}{t_{ef}}$ και το λόγο $\frac{e_{mk}}{t}$, όπου η εκκεντρότητα στο μέσο του τοίχου προκύπτει ως το παρακάτω άθροισμα:

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05t \quad (6.6)$$

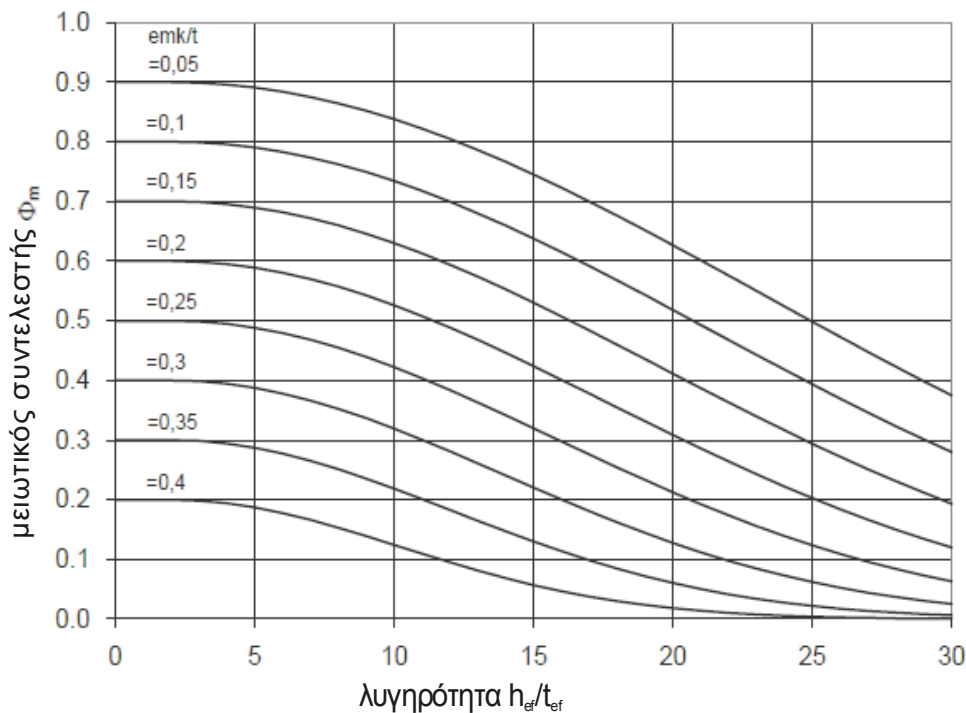
$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} \pm e_{init} \quad \text{εκκεντρότητα λόγω φορτίων (όπως προηγουμένως)} \quad (6.7)$$

$$e_k = 0,002\varphi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{te_m} \quad \text{εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού} \quad (6.8)$$

Σημειώνεται ότι η εκκεντρότητα λόγω ερπυσμού, e_k , μπορεί να ληφθεί ίση με το μηδέν για όλους τους τοίχους από οπτοπλινθοδομή ή από λιθοδομή, καθώς και τους τοίχους που είναι κατασκευασμένοι από άλλου είδους λιθοσώματα αλλά έχουν λυγηρότητα μικρότερη ή ίση από 15.



Σχ. 6.1: Ροπές για τον υπολογισμό των εκκεντροτήτων



Τιμές του μειωτικού συντελεστή Φ_m συναρτήσει της λυγηρότητας για διάφορες τιμές εκκεντρότητας. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε $E = 1000f_k$

Στην περίπτωση συγκεντρωμένων φορτίων λαμβάνεται υπόψη η αυξημένη αντοχή του τοίχου, είναι όμως αναγκαίος ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης και του τρόπου εφαρμογής τους.

Εδάφιο 6.2 Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό τέμνουσα

Ασχολείται με τη ικανότητα ανάληψης οριζώντιου φορτίου εντός του επιπέδου του τοίχου. Χαρακτηριστικό είναι ότι η τέμνουσα αναλαμβάνεται μόνο από το θλιβόμενο τμήμα της διατομής. Ελέγχεται και πάλι η ικανοποίηση της ανίσωσης ασφαλείας:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (6.12)$$

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} t l_c \quad (6.13)$$

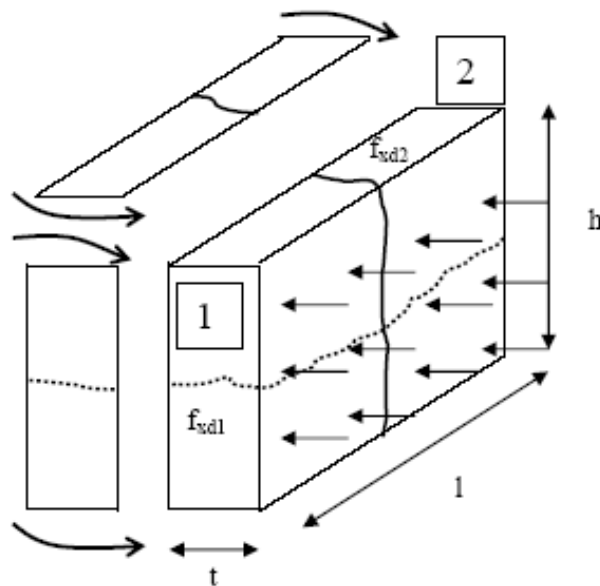
Για την άοπλη τοιχοποιία, η αστοχία σε διάτμηση αντιστοιχεί σε διατμητική ρωγμή περί το μέσον του τοίχου στο κονίαμα. Στον έλεγχο ασφαλείας το V_{Ed} προκύπτει από τον κατάλληλο συνδυασμό των δράσεων. Στον υπολογισμό της f_{vk} από τη σχέση 3.3 αμελούνται τα εφελκόμενα τμήματα της διατομής. Το μήκος l_c αντιστοιχεί στο μη ρηγματωμένο τμήμα της διατομής. Οι τιμές της f_{vk0} είναι συνάρτηση του τύπου του λιθοσώματος και του κονιάματος. Οι τιμές λαμβάνονται από τον πίνακα 3.4.

Εδάφιο 6.3 Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό εκτός επιπέδου φόρτιση

Διατίθενται δύο τρόποι υπολογισμού της ικανότητας ανάληψης φορτίου που προκαλεί κάμψη εκτός επιπέδου στον τοίχο. Πρέπει να τονιστεί πάντως ότι οι αναφερόμενοι τρόποι υπολογισμού δεν έχουν εφαρμογή σε τυχατική φόρτιση που οφείλεται σε σεισμικά φορτία.

Ο πρώτος τρόπος βασίζεται στην καμπτική αντοχή της τοιχοποιίας. Η άοπλη και διαζωματική τοιχοποιία ελέγχεται έναντι κάμψης με την ανίσωση ελέγχου:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (6.14)$$



Η εκτός επιπέδου αντίσταση σχεδιασμού έναντι καμπτικής ροπής M_{Rd} ανά μονάδα μήκους ή ύψους, δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$M_{Rd} = f_{xd} Z \quad (6.15)$$

όπου:

f_{xd} είναι η καμπτική αντοχή σχεδιασμού για το κατάλληλο επίπεδο κάμψης, λαμβανόμενη από τις παραγράφους των εδαφίων 3.6.3, 6.3.1(4) ή 6.6.2(9)

Z είναι η ροπή αντιστάσεως ανά μονάδα μήκους ή ύψους του τοίχου

Όταν ασκείται ένα μόνιμο κατακόρυφο φορτίο στον τοίχο, η θετική επιρροή της κατακόρυφης τάσεως μπορεί να λαμβάνεται υπόψη μέσω χρήσεως της φαινόμενης καμπτικής αντοχής, $f_{xd1,app}$, η οποία δίδεται από την εξίσωση 6.16, με ταυτόχρονη κατάλληλη τροποποίηση του λόγου μ , ο οποίος αναφέρεται πιο πάνω. Η θλιπτική τάση σ_d δεν πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη από $0.2f_d$.

$$f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d \quad (6.16)$$

όπου:

f_{xd1} η καμπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας, όταν το επίπεδο αστοχίας είναι παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς κονιάματος, βλέπε 3.6.3

σ_d η κατακόρυφη τάση σχεδιασμού της, η οποία προκύπτει από τις μόνιμες δράσεις επί του τοίχου στην υπό έλεγχο στάθμη,

Κατά τον υπολογισμό της ροπής αντίστασης ενός πεσσού ή ενός τοίχου, το εξέχον μήκος του συνεργαζόμενου πλάτους πρέπει να λαμβάνεται ως το μικρότερο από τα ακόλουθα μεγέθη:

- $h / 10$, για τοίχους με δεσμεύσεις στις στάθμες των ορόφων
- $h / 5$, για τοίχους - προβόλους

- το ήμισυ της καθαρής αποστάσεως μεταξύ διαδοχικών πεσσών ή τοίχων

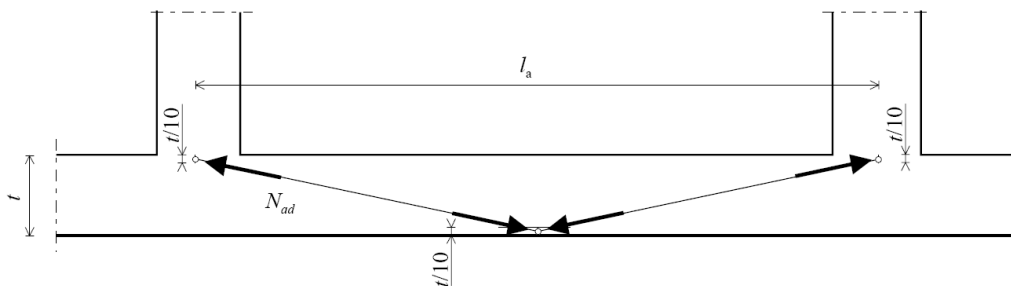
όπου h είναι το καθαρό ύψος του τοίχου.

Σε έναν κοίλο τοίχο, το εκτός επιπέδου φορτίο σχεδιασμού ανά μονάδα επιφανείας W_{Ed} πρέπει να κατανέμεται αναλογικώς στους δύο μονούς τοίχους και η αντίσταση σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνεται ως το άθροισμα των αντιστάσεων σχεδιασμού των δύο τοίχων, υπό τον όρον ότι οι μεταξύ τους σύνδεσμοι ή άλλα μέσα συνδέσεως είναι ικανά να μεταφέρουν τις δράσεις στις οποίες υποβάλλεται ο κοίλος τοίχος.

Το φορτίο W_{Ed} μπορεί να επιμερίζεται μεταξύ των δύο μονών τοίχων αναλογικώς είτε προς την αντοχή (π.χ. αναλογικώς προς την M_{Rd}) είτε προς τη δυσκαμψία τους. Κάθε τοίχος πρέπει να ελέγχεται έναντι του φορτίου που του αναλογεί.

Ο δεύτερος τρόπος βασίζεται στη δράση τόξου εντός του πάχους της τοιχοποιίας. Στην οριακή κατάσταση αστοχίας, το εκτός επιπέδου φορτίο σχεδιασμού ενός τοίχου, το οφειλόμενο σε λειτουργία τόξου, πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο με την αντίσταση σχεδιασμού έναντι δράσεως τόξου και η αντοχή σχεδιασμού των στηρίξεων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την δράση του οριζόντιου φορτίου. Όταν ένας τοίχος κατασκευάζεται μεταξύ στηρίξεων ικανών να παραλάβουν τις ωθήσεις τόξου, τότε ο τοίχος επιτρέπεται να μελετηθεί με την παραδοχή ότι μέσα στο πάχος του σχηματίζεται ένα οριζόντιο ή ένα κατακόρυφο τόξο.

Η ανάλυση μπορεί να βασίζεται στη θεώρηση ενός τριαρθρωτού τόξου, όπου το πλάτος που αναλαμβάνει την ώθηση του τόξου τόσο στην θέση των στηρίξεων, όσο και στην μεσαία άρθρωση λαμβάνεται ίσο με το $1/10$ του πάχους του τοίχου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.3. Εάν στην περιοχή της γραμμής των πιέσεων υπάρχουν εγκοπές ή εσοχές, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επιρροή τους στην αντοχή της τοιχοποιίας.



Σχ. 6.3: Σχηματική λειτουργία τόξου για την αντίσταση σε εκτός επιπέδου φορτία

Η ώθηση του τόξου θα πρέπει να αποτιμάται βάσει της τιμής του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου, της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, της αποτελεσματικότητας της συνδέσεως μεταξύ της τοιχοποιίας και της εδράσεώς της, η οποία αναλαμβάνει την ώθηση, καθώς και βάσει της ελαστικής και της χρόνιας βράχυνσης του τοίχου. Η ώθηση του τόξου μπορεί να προκληθεί από ένα κατακόρυφο φορτίο.

Το βέλος του τόξου δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$r = 0.9t - d_a \quad (6.17)$$

όπου:

t είναι το πάχος του τοίχου, λαμβανομένης υπόψη της μείωσης του πάχους, λόγω ενδεχομένως εισεχόντων αρμών

d_a είναι η παραμόρφωση του τόξου υπό το οριζόντιο φορτίο σχεδιασμού. Μπορεί να ληφθεί ίση με το μηδέν για τοίχους με λόγο μήκους προς πάχος μικρότερο ή ίσο με 25.

Η μέγιστη ώθηση σχεδιασμού του τόξου ανά μονάδα μήκους του τοίχου μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι:

$$N_{ad} = 1,5 f_d \frac{t}{10} \quad (6.18)$$

ενώ, όταν η εγκάρσια παραμόρφωση είναι μικρή, η αντοχή σχεδιασμού για εγκάρσιο φορτίο δίδεται από την ακόλουθη σχέση:

$$q_{lat,d} = f_d \left[\frac{t}{l_a} \right]^2 \quad (6.19)$$

όπου:

N_{ad} είναι η ώθηση σχεδιασμού του τόξου

$q_{lat,d}$ είναι η εκτός επιπέδου αντοχή σχεδιασμού, ανά μονάδα επιφανείας του τοίχου

t είναι το πάχος του τοίχου

f_d είναι η θλιπτική αντοχή σχεδιασμού της τοιχοποιίας,

l_a είναι το μήκος ή το ύψος του τοίχου μεταξύ στηρίξεων οι οποίες είναι ικανές να παραλάβουν την ώθηση του τόξου

υπό τον όρον ότι

- οποιαδήποτε στρώση στεγάνωσης ή άλλο επίπεδο χαμηλής αντοχής έναντι τριβής εντός του τοίχου, είναι σε θέση να μεταφέρει τις αναπτυσσόμενες οριζόντιες δυνάμεις
- η τάση σχεδιασμού λόγω κατακόρυφων φορτίων δεν υπολείπεται του $0,1 \text{ N/mm}^2$
- η λυγηρότητα δεν υπερβαίνει το 20

Εδάφιο 6.4 Τοίχοι από άοπλη τοιχοποιία υπό συνδυασμένη κατακόρυφη και εκτός επιπέδου φόρτιση

Για τον έλεγχο αυτών των τοίχων μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις μεθόδους που αναφέρονται στα προηγούμενα εδάφια, δηλαδή:

- η μέθοδος του συντελεστή Φ του εδαφίου 6.1.2.1
- η μέθοδος της φαινόμενης καμπτικής αντοχής του εδαφίου 6.3.1 με αύξηση της χαρακτηριστικής καμπτικής αντοχής της τοιχοποιίας f_{xk1} , λόγω του μόνιμου κατακόρυφου φορτίου, σε μια φαινόμενη καμπτική αντοχή, $f_{xk1,app}$
- η μέθοδος των ισοδύναμων συντελεστών κάμψης κατά την οποία ισοδύναμες ροπές κάμψης μπορούν να προκύψουν από το συνδυασμό των άρθρων 6.4.2 και 6.4.3, ώστε να συνυπολογισθούν οι κατακόρυφες και οι οριζόντιες φορτίσεις και στο παράρτημα Ε δίδε-

ται ένας τρόπος μετατροπής του συντελεστή α_2 του εδαφίου 5.5.5 για την περίπτωση αυτή

Εδάφιο 6.5 Σύνδεσμοι

Καλύπτει την αντοχή των συνδέσμων που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σύνδεση των κατακόρυφων στρώσεων κοίλων τοίχων ή τοιχοπετασμάτων με τους τοίχους, λαμβάνοντας υπόψη το συνδυασμό των:

- διαφορικής μετακίνησης των συνδεόμενων τμημάτων
- φορτίο ανέμου
- δυνάμεις αλληλεπίδρασης των στρώσεων κοίλων τοίχων
- Επίσης παρέχει, μέσω εξίσωσης τον ελάχιστο αριθμό των μεταλλικών συνδέσμων ανά τετραγωνικό μέτρο κατακόρυφης επιφάνειας τοίχου

Εδάφιο 6.6 Στοιχεία από οπλισμένη τοιχοποιία υπό κάμψη, κάμψη και αξονικό φορτίο ή αξονικό φορτίο

Πραγματεύεται τον έλεγχο τοίχων και δοκών από οπλισμένη τοιχοποιία υποκείμενων μόνο σε κάμψη, μόνο σε θλίψη και συνδυασμό τους. Αναφέρονται οι γενικές υποθέσεις και δίδονται σχέσεις υπολογισμού των γεωμετρικών μεγεθών τοίχων με οπλισμό στις φωλιές καθώς και οπλισμένων πτυχωτών τοίχων.

Εδάφιο 6.7 Στοιχεία από οπλισμένη τοιχοποιία υπό διάτμηση

Ασχολείται με οπλισμένους τοίχους και δοκούς (υψίκορμες ή όχι) υποκείμενους σε διατμητικά φορτία.

Εδάφιο 6.8 Προεντεταμένη τοιχοποιία

Ασχολείται με την προεντεταμένη τοιχοποιία, τύπο που δεν έχει ακόμα τύχει εφαρμογής στην Ελλάδα. Επίσης αναφέρονται οι λόγοι απώλειας της προέντασης.

Εδάφιο 6.9 Διαζωματική τοιχοποιία

Πραγματεύεται τον τύπο της τοιχοποιίας που είναι περισφιγμένη από οριζόντιες και κατακόρυφες ζώνες οπλισμένου σκυροδέματος. Κατά τον έλεγχο σε θλίψη αυτός ο τύπος τοιχοποιίας θα αντιμετωπίζεται όπως η άοπλη τοιχοποιία. Κατά τον έλεγχο σε διάτμηση, η διατμητική δύναμη αντοχής θα υπολογίζεται ως το άθροισμα της διατμητικής δύναμης αντοχής της τοιχοποιίας και του σκυροδέματος των στοιχείων περισφιγής αλλά θα αγνοείται η συνεισφορά του οπλισμού των κατακόρυφων ζωνών και ως μήκος ℓ_c θα λαμβάνεται το μήκος της τοιχοποιίας ℓ .

Για έλεγχο σε διάτμηση, ισχύει η σχέση:

$$V_{Rd} = V_{Rd}^{TOIXOΠΟΙΙΑΣ} + V_{Rd}^{\DeltaΙΑΖΩΜΑΤΩΝ}$$

Η τιμή της $V_{Rd}^{TOIXOΠΟΙΙΑΣ}$ υπολογίζεται για άοπλη τοιχοποιία και ως μήκος λαμβάνεται αυτό που αντιστοιχεί στο μέλος της τοιχοποιίας.

Για τον υπολογισμό της $V_{Rd}^{\DeltaΙΑΖΩΜΑΤΩΝ}$ λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά μόνο του σκυροδέματος (f_{cvk}/γ_{Mc}) και αγνοείται η συνεισφορά του οπλισμού των διαζωμάτων.

Για έλεγχο σε κάμψη αγνοείται η συνεισφορά των διαζωμάτων για την παραλαβή των εκτός επιπέδου φορτίων.

1.7 Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Στο **Κεφάλαιο 7** ο EN 1996-1-1 θέτει τις γενικές αρχές στις οποίες στηρίζονται οι έλεγχοι λειτουργικότητας. Εν γένει αναφέρεται ότι αν τηρούνται οι απαιτήσεις των ελέγχων οριακής αντοχής και οι κατασκευαστικές οδηγίες αλλά και τα ελάχιστα που αναφέρονται στο επόμενο Κεφάλαιο, δεν απαιτούνται έλεγχοι λειτουργικότητας αν και μπορεί να αναπτυχθούν μερικές ρωγμές, π.χ. στις στέγες όταν ικανοποιούνται οι έλεγχοι οριακής αντοχής για την άοπλη τοιχοποιία και στην οπλισμένη τοιχοποιία αν η επικάλυψη του οπλισμού είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη απαιτούμενη.

1.8 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Το **Κεφάλαιο 8** καλύπτει τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες που πρέπει να τηρούνται για:

- Την τοιχοποιία
- Τις λεπτομέρειες όπλισης
- Τις λεπτομέρειες προέντασης
- Τη διαζωματική τοιχοποιία
- Τη σύνδεση των τοίχων
- Τις εγκοπές και εσοχές σε τοίχους
- Τις στρώσεις στεγάνωσης
- Τις θερμικές και χρόνιες παραμορφώσεις

Ειδικότερα:

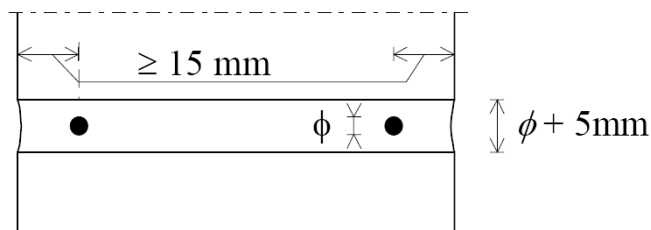
Εδάφιο 8.1 Λεπτομέρειες τοιχοποιιών

Περιγράφεται ο τρόπος δόμησης αλλά και τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιούνται. Έτσι, αναφέρεται το ελάχιστο μήκος αλληλοκάλυψης των λιθοσωμάτων, το είδος των φυσικών λιθοσωμάτων καθώς και η ελάχιστη αντοχή κονιάματος στην οπλισμένη με ράβδους τοιχοποιία που είναι εν γένει M5, ή στην οπλισμένη με προκατασκευασμένο οπλισμό αρμών, M2.5. Επισημαίνονται οι τιμές του Εθνικού Προσαρτήματος του EN1998-1-1 που αναφέρονται στο σχετικό εδάφιο πιο κάτω. Επίσης αναφέρονται τα όρια του πάχους των αρμών (μεγαλύτερο από 6mm και το πολύ ίσο με 15mm για κονίαμα γενικής εφαρμογής και ελαφροκονίαμα και μεγαλύτερο από 0,5mm αλλά το πολύ ίσο με 3mm για κονιάματα λεπτής στρώσης).

Εδάφιο 8.2 Λεπτομέρειες όπλισης

Το αρκετά εκτενές αυτό εδάφιο αναφέρεται σε όλες τις λεπτομέρειες όπλισης, μήκη αγκύρωσης, επικάλυψης, διαμέτρους και ποσοστά οπλισμών, ανάλογα με το είδος της οπλισμένης τοιχοποιίας. Αναλυτικά:

- Επικάλυψη: Για να είναι δυνατή η ανάπτυξη των δυνάμεων συναφείας όπου υπάρχει οπλισμός στους οριζόντιους αρμούς του κονιάματος, θα πρέπει το ελάχιστο βάθος επικάλυψης του κονιάματος να είναι 15mm.



Κονιάματα γενικής
εφαρμογής και
ελαφροκονιάματα

Επικάλυψη των ράβδων οπλισμού μέσα σε οριζόντιους αρμούς

- Ελάχιστο εμβαδόν οπλισμού:

Σε μέλη από οπλισμένη τοιχοποιία, όπου τοποθετείται οπλισμός για τη βελτίωση της αντοχής εντός του επιπέδου του τοίχου, το εμβαδόν του κυρίου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0,05% της θεωρητικής διατομής του μέλους.

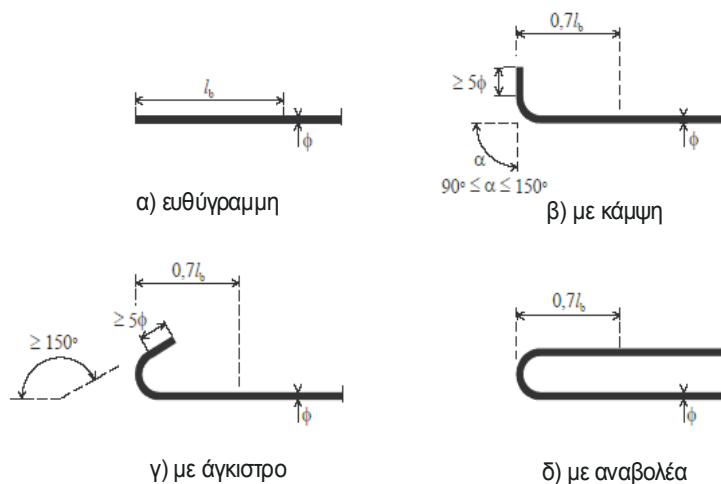
Σε τοίχους όπου ο τοποθετούμενος οπλισμός χρησιμοποιείται για την βελτίωση της αντίστασης έναντι εκτός επιπέδου φορτίσεων, ο οπλισμός δεν πρέπει να είναι μικρότερος από το 0,03% της συνολικής διατομής (0,015% στο κάθε μέτωπο)

Όπου προβλέπεται η τοποθέτηση οπλισμού σε οριζοντίους αρμούς για τον έλεγχο της ρηγμάτωσης ή για την επίτευξη όλκιμης συμπεριφοράς, ο συνολικός οπλισμός δεν πρέπει να είναι μικρότερος από το 0,03% της συνολικής διατομής του τοίχου.

Όπου χρειάζεται η τοποθέτηση διατμητικού οπλισμού σε κάποιο μέλος, το εμβαδόν του οπλισμού διάτμησης δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 0,05% της θεωρητικής διατομής του μέλους.

- Διάμετρος οπλισμού: Ορίζεται μια μέγιστη διάμετρος έτσι ώστε ο οπλισμός να περισφίγγεται επαρκώς στο κονίαμα ή στο σκυρόδεμα πλήρωσης: $\Phi_{\text{MIN}}=5\text{mm}$ και Φ_{MAX} , τέτοια ώστε να μη γίνεται υπέρβαση των τάσεων αγκύρωσης και να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις περί ελάχιστης επικάλυψης του οπλισμού.

- Αγκυρώσεις - Ματίσματα: Ορίζονται επαρκή μήκη αγκύρωσης, έτσι ώστε οι εσωτερικές δυνάμεις οι οποίες επιβάλλονται στον οπλισμό να μεταφέρονται στο κονίαμα ή στο σκυρόδεμα πλήρωσης και να αποφεύγεται η διαμήκης ρηγμάτωση και ο θρυμματισμός της τοιχοποιίας.



Λεπτομέρειες
αγκυρώσεων

- Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών:

Να είναι επαρκείς για να είναι εφικτή η έγχυση/διάστρωση του κονιάματος ή του σκυροδέματος πλήρωσης.

Η καθαρή απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων, είναι το μέγιστο από α) την μέγιστη διάσταση αδρανών προσαυξημένη κατά 5 mm, β) την διάμετρο Φ και γ) 10mm.

Εκτός απο την περίπτωση καλωδίων ή δεσμών ράβδων, για τον εφελκυσμό η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 400mm.

Όπου απαιτείται η χρήση οπλισμού διάτμησης, η απόσταση των συνδετήρων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το μικρότερο των (0,75 θεωρητικού βάθους) ή 300mm.

Εδάφιο 8.3 Λεπτομέρειες προέντασης

Αναφέρει ότι οι λεπτομέρειες των εξαρτημάτων προέντασης θα πρέπει να είναι σε συμφωνία με το EN 1992-1-1.

Εδάφιο 8.4 Λεπτομέρειες διαζωματικής τοιχοποιίας

Αναφέρεται ο τρόπος κατασκευής της διαζωματικής τοιχοποιίας ώστε να αποτελεί ένα ενιαίο σύνολο, τα ποσοστά οπλισμών των στοιχείων περίσφιξης καθώς και ότι τα τελευταία δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 4.0m.

Εδάφιο 8.5 Συνδέσεις τοίχων

Περιγράφονται κατασκευαστικές απαιτήσεις για τη σύνδεση τοίχων με στέγες, πατώματα αλλά και μεταξύ τους. Στην αρχή αναφέρεται ότι η μεταφορά των οριζόντιων φορτίων στα στοιχεία δυσκαμψίας μπορεί να πραγματοποιείται μέσω του φέροντος οργανισμού του πατώματος ή της στέγης (π.χ. διαδοκίδες από οπλισμένο σκυρόδεμα ή προκατασκευασμένες ή ξύλινες, υπό τον όρον ότι αυτή η κατασκευή εξασφαλίζει διαφραγματική λειτουργία) ή μέσω μιας περιμετρικής δοκού ικανής να μεταφέρει τα εντατικά μεγέθη λόγω κάμψεως και τέμνουσας. Τα δρώντα φορτία θα πρέπει να μπορούν να μεταφερθούν είτε μέσω τριβής στις διεπιφάνειες έδρασης των πατωμάτων και των στεγών επί των τοίχων, είτε μέσω καταλλήλων μεταλλικών στοιχείων σύνδεσης. Στη συνέχεια αναφέρονται οι απαιτήσεις για κάθε τύπο σύνδεσης. Για οριζόντια διαζώματα από σκυρόδεμα ο ελάχιστος οπλισμός είναι 2 ράβδοι ελάχιστης διατομής 150mm^2 . Όταν χρησιμοποιούνται πατώματα χωρίς διαφραγματική λειτουργία ή όταν δημιουργούνται επιφάνειες ολίσθησης κάτω από τις στηρίξεις των πατωμάτων, η οριζόντια δυσκαμψία των τοίχων θα πρέπει να εξασφαλίζεται με περιμετρικές δοκούς ή με στατικές ισοδύναμες τεχνικές. Στη συνέχεια του εδαφίου αναφέρονται οι απαιτήσεις για τη σύνδεση στη συμβολή τοίχων και των στρώσεων κοίλων και διπλών τοίχων.

Εδάφιο 8.6 Εσοχές και εγκοπές σε τοίχους

Αναφέρονται ποιες εσοχές και εγκοπές δεν επηρεάζουν την ευστάθεια του τοίχου. Αναλόγως της διεύθυνσης τους (οριζόντιες, κεκλιμένες ή κατακόρυφες) αλλά και του χρόνου δημιουργίας τους (κατά την κατασκευή ή μετά από αυτήν), τα όρια παρέχονται από πίνακες.

Εδάφιο 8.7 Στρώσεις στεγάνωσης

Αναφέρεται ότι οι στρώσεις στεγάνωσης πρέπει να είναι ικανές να μεταφέρουν τα οριζόντια και τα κατακόρυφα φορτία σχεδιασμού χωρίς να υφίστανται ή να προκαλούν βλάβη. Επίσης,

πρέπει να έχουν επαρκή αντίσταση σε τριβή, ώστε να αποφεύγεται η μετακίνηση της τοιχοποιίας που εδράζεται πάνω σε τέτοιες στρώσεις.

Εδάφιο 8.8 Θερμικές και χρόνιες παραμορφώσεις

Ορίζεται ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες των χρόνιων παραμορφώσεων, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται δυσμενώς η συμπεριφορά της τοιχοποιίας.

1.9 Κατασκευή

Στο εξαιρετικά σύντομο **Κεφάλαιο 9** αναφέρονται οδηγίες για τους κανόνες που πρέπει να διέπουν τις εργασίες κατασκευής των στοιχείων από τοιχοποιία.

1.10 Παραρτήματα

Ο EN 1996-1-1 περιλαμβάνει και 10 Παραρτήματα τα οποία προτείνουν μεθόδους υπολογισμού και γραφήματα χρήσιμα στο Κεφάλαιο της ανάλυσης και του ελέγχου. Στο παρόν κείμενο, στοιχεία από τα Παραρτήματα έχουν ενσωματωθεί στα αντίστοιχα εδάφια.

2 EN 1996-1-2: Γενικοί κανόνες – Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς

2.1 Γενικά

Το **Κεφάλαιο 1** αναφέρεται στο αντικείμενο του Μέρους αυτού του EN 1996. Το Μέρος 1-2 ασχολείται με το σχεδιασμό των κατασκευών από τοιχοποιία έναντι πυρκαγιάς και πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα Μέρη του Ευρωκώδικα 6. Προσδιορίζει μόνο τις διαφορές από το σχεδιασμό υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και ασχολείται μόνο με τις παθητικές μεθόδους πυροπροστασίας.

Ειδικότερα, το Τμήμα 1-2 έχει εφαρμογή σε κατασκευές οι οποίες πρέπει να εκπληρούν συγκεκριμένες λειτουργίες όταν εκτίθενται σε φωτιά, για λόγους ασφαλείας, όπως:

- αποφυγή πρόωρης κατάρρευσης της κατασκευής (λειτουργία φέρουσας ικανότητας)
- περιορισμένη εξάπλωση της φωτιάς (φλόγες, θερμά αέρια, υψηλή θερμοκρασία) πέραν των περιοχών σχεδιασμού (λειτουργία διαχωρισμού)

Το Μέρος 1-2 δίδει αρχές και κανόνες εφαρμογής για το σχεδιασμό των κατασκευών που θα είναι σύμφωνες με τα άλλα Μέρη αλλά επί πλέον θα εκπληρούν ειδικές απαιτήσεις πυροπροστασίας. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι το Μέρος αυτό δεν καλύπτει την οπλισμένη τοιχοποιία και τη λιθοδομή από φυσικούς λίθους. Καλύπτει το σχεδιασμό των εξής τύπων τοίχων:

- Μη φέροντες εσωτερικοί τοίχοι
- Μη φέροντες εξωτερικοί τοίχοι
- Φέροντες εσωτερικοί τοίχοι με ή χωρίς λειτουργία διαχωρισμού
- Φέροντες εξωτερικοί τοίχοι με ή χωρίς λειτουργία διαχωρισμού

2.2 Βασικές αρχές και κανόνες

Το **Κεφάλαιο 2** ασχολείται με τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας. Θεμελιώδης απαίτηση είναι ότι, όπου απαιτείται μηχανική αντίσταση, η κατασκευή πρέπει να σχεδιάζεται και να υλοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να παραμένει η φέρουσα ικανότητα της κατά τη σχετική διάρκεια της φωτιάς. Αυτό σημαίνει ότι όταν απαιτείται η δημιουργία πυροδιαμερίσματος, τα στοιχεία που αποτελούν τα όριά του, συμπεριλαμβανομένων των αρμών, πρέπει να σχεδιάζονται και να υλοποιούνται με τρόπο που θα εξασφαλίζει τη λειτουργία διαχωρισμού.

Για την πρότυπη έκθεση σε φωτιά τα μέλη πρέπει να συμμορφώνονται με τα κριτήρια R (μηχανική αντίσταση), E (μη κατάρρευση), I (μόνωση) και M (μηχανική επίδραση), ανάλογα με την επιλεγόμενη κατάσταση, ως εξής:

Κατάσταση	κριτήριο
Φέρουσα ικανότητα μόνο	R
Διαχωρισμός μόνο	E I
Διαχωρισμός και φέρουσα ικανότητα	REI
Φέρουσα ικανότητα, διαχωρισμός και μηχανική επίδραση	REI-M
Διαχωρισμός και μηχανική επίδραση	EI-M

- Το κριτήριο R θεωρείται ότι ικανοποιείται όταν η φέρουσα ικανότητα διατηρείται καθόλη την απαιτούμενη διάρκεια της έκθεσης σε φωτιά.

- Το κριτήριο I θεωρείται ότι ικανοποιείται όταν η μέση θερμοκρασία της μη εκτεθειμένης στη φωτιά πλευράς δεν υπερβαίνει τους 140°C και η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κάθε σημείο αυτής της επιφάνειας δεν υπερβαίνει τους 180°C .
- Το κριτήριο E υποτίθεται ότι ικανοποιείται όταν εμποδίζεται η διάδοση της φλόγας και των θερμών αερίων μέσω του στοιχείου.

Για παραμετρική έκθεση σε φωτιά, η λειτουργία διαχωρισμού ικανοποιείται όταν:

- Η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε όλη τη μη εκτεθειμένη στη φωτιά επιφάνεια δεν υπερβαίνει τους 140°C και η μέγιστη θερμοκρασία σε κάθε σημείο αυτής της επιφάνειας δεν υπερβαίνει τους 180°C , τη στιγμή της μέγιστης θερμοκρασίας των αερίων.
- Η μέση θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε όλη την μη εκτεθειμένη στη φωτιά επιφάνεια δεν υπερβαίνει τους 180°C και η μέγιστη θερμοκρασία σε κάθε σημείο αυτής της επιφάνειας δεν υπερβαίνει τους 220°C , κατά τη διάρκεια της σβέσης της φωτιάς ή μέχρι ένα απαιτούμενο χρονικό διάστημα.

Οι τιμές σχεδιασμού των μηχανικών ιδιοτήτων (αντοχές και παραμορφώσεις) προκύπτουν από τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές, πολλαπλασιαζόμενες επί ένα μειωτικό συντελεστή που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υλικού και διαιρούμενες με ένα συντελεστή ασφαλείας που γενικώς λαμβάνει την τιμή 1.0.

Το Μέρος 1-2 προτείνει μία σειρά μεθόδων αποτίμησης σε κατάσταση πυρκαγιάς:

- δοκιμή της κατασκευής
- στοιχεία από πίνακες
- ανάλυση των μελών
- ανάλυση τμήματος της κατασκευής
- ανάλυση ολόκληρης της κατασκευής

Η ανάλυση των μελών μπορεί να γίνει με τις απαιτήσεις του EN 1991-1-2, για χρόνο $t=0$ με την απλοποιημένη μέθοδο του εδαφίου 2.4.2(2). Εναλλακτικά, για την ανάλυση στο χρόνο $t=0$ οι αντιδράσεις στις στηρίξεις και τα εντατικά μεγέθη στα όρια του τμήματος της κατασκευής μπορούν να ληφθούν από ανάλυση υπό κανονική θερμοκρασία κατά το εδάφιο 5.1.4(2) του EN 1990.

Στις περιπτώσεις που γίνεται ανάλυση για το σύνολο της κατασκευής πρέπει να ληφθούν υπόψη οι θερμοκρασιακές ιδιότητες του υλικού, η δυσκαμψία των μελών και οι θερμοκρασιακές παραμορφώσεις.

2.3 Υλικά

Στο **Κεφάλαιο 3** δίδονται οι απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρούν τα υλικά. Για τα λιθοσώματα ισχύουν τα του Μέρους EN 1996-1-1 με την προσθήκη ότι στην Ομάδα 1S ανήκουν λιθοσώματα που έχουν οπές λιγότερες από 5% κατ' όγκον. Επιπλέον, στην επιφάνεια έδρασης μπορεί να έχουν εγκοπές, για παράδειγμα χαράξεις, οπές ή αυλακώσεις για τη μεταφορά, που θα γεμίσουν με κονίαμα κατά το κτίσιμο του τοίχου.

Για το κονίαμα και την τοιχοποιία ορίζεται ότι για θερμοκρασία 20°C ισχύουν οι ιδιότητες του EN 1996-1-1. Για αυξανόμενες θερμοκρασίες με ρυθμό 2° έως 50°C/min οι μηχανικές και ελαστικές ιδιότητες πρέπει να λαμβάνονται από δοκιμές ή από δεδομένα. Στο Παράρτημα Δ

δίδονται σχέσεις τάσης - παραμόρφωσης για μερικά υλικά, καθώς και θερμοκρασιακής παραμόρφωσης, θερμικής αγωγιμότητας και ειδικής θερμότητας.

2.4 Διαδικασία σχεδιασμού για τον υπολογισμό της πυραντίστασης τοίχων

Το **Κεφάλαιο 4** καλύπτει τη διαδικασία σχεδιασμού που πρέπει να ακολουθείται ώστε να εξασφαλισθεί η πυραντίσταση της τοιχοποιίας. Γίνεται διάκριση μεταξύ φερόντων και μη τοίχων καθώς και μεταξύ διαχωριστικών ή μη τοίχων. Οι διαχωριστικοί τοίχοι έχουν ως στόχο την παρεμπόδιση της εξάπλωσης της φωτιάς και είναι εκτεθειμένοι μόνο από τη μια πλευρά τους σε φωτιά. Οι εξωτερικοί τοίχοι είναι δυνατόν να είναι ή να μην είναι διαχωριστικοί. Ωστόσο, εξωτερικοί τοίχοι μήκους μικρότερου από 1.0 m, δεν πρέπει να θεωρούνται ως διαχωριστικοί κατά τον έλεγχο της πυραντίστασης. Εισάγεται επίσης ο όρος «τοίχοι πυροπροστασίας» οι οποίοι είναι διαχωριστικοί, επί πλέον όμως των δράσεων REI ή EI, απαιτείται να διαθέτουν αντίσταση έναντι μηχανικών επιδράσεων. Στοιχεία δυσκαμψίας, όπως εγκάρσιοι τοίχοι, πατώματα, δοκοί, υποστυλώματα ή πλαίσια, θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον την ίδια πυραντίσταση με τον τοίχο πυροπροστασίας.

Επίσης για το σχεδιασμό σε φωτιά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- η χρήση μη εύφλεκτων υλικών
- η επίδραση σε ένα τοίχο πυροπροστασίας της θερμοκρασιακής αντίδρασης ή διαστολής μίας γειτονικής κατασκευής που βρίσκεται κοντά στον τοίχο αυτό.
- η επίδραση σε ένα τοίχο, της μετατόπισης κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, υποστυλωμάτων και δοκών που βρίσκονται πλησίον του.

Στη συνέχεια δίδονται τέσσερις εναλλακτικοί τρόποι προσομοίωσης των κοίλων και των διπλών τοίχων.

Η πυραντίσταση των τοίχων μπορεί να αυξηθεί με εφαρμογή μίας στρώσης κατάλληλου επιχρίσματος, για παράδειγμα:

- προαναμεμειγμένο γυψοκονίαμα κατά το EN 13279-1

- επίχρισμα τύπου LW ή T κατά το EN 998-1

Για κοίλους και ασύνδετους τοίχους, χρειάζεται επίχρισμα μόνο στις εξωτερικές όψεις και όχι μεταξύ των δύο μονών τοίχων. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία πρόσθετη στρώση τοιχοποιίας επένδυσης για την αύξηση της πυραντίστασης ενός τοίχου.

Η πυραντίσταση της τοιχοποιίας μπορεί να λαμβάνεται με δοκιμές. Η διαδικασία αυτή συνήθως εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες τιμές της πυραντίστασης για το συγκεκριμένο τύπο τοίχου που χρησιμοποιείται.

Ο υπολογισμός των τοίχων μπορεί να πραγματοποιείται με χρήση των πινάκων του Παραρτήματος Β, οι οποίοι δίνουν το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος της τοιχοποιίας, ώστε ανάλογα με το κριτήριο, να επιτυγχάνεται το καθορισμένο χρονικό διάστημα της πυραντίστασης, όταν κατασκευάζεται από λιθοσώματα δεδομένου υλικού, Ομάδας και πυκνότητας. Φυσικά, το πάχος αυτό είναι το απαιτούμενο για την εξασφάλιση της πυραντίστασης και δεν σχετίζεται με το απαιτούμενο πάχος για την ικανοποίηση των ελέγχων κατά το EN 1996-1-1.

Η αποτίμηση μπορεί επίσης να γίνεται μέσω υπολογισμού. Στα Παραρτήματα Γ και Δ δίδονται αντίστοιχα μια απλοποιημένη και μια προχωρημένη μέθοδος υπολογισμού της πυραντίστασης.

2.5 Λεπτομέρειες

Στο **Κεφάλαιο 5** δίδονται κατασκευαστικές λεπτομέρειες που πρέπει να εφαρμόζονται προκειμένου να αποφεύγεται η εξάπλωση της φωτιάς.

2.6 Παραρτήματα

Το Παράρτημα Α είναι πληροφοριακό και παρέχει οδηγίες για την επιλογή των χρονικών διαστημάτων πυραντίστασης. Το πολύ εκτεταμένο κανονιστικό Παράρτημα Β περιέχει τα πινακωποιημένα στοιχεία για τον υπολογισμό της πυραντίστασης τοίχων από διάφορα υλικά. Όπως προαναφέρθηκε, τα πληροφοριακά Παραρτήματα Γ και Δ παρέχουν μια απλοποιημένη και μια προχωρημένη μέθοδο υπολογισμού της πυραντίστασης. Το πληροφοριακό Παράρτημα Ε περιλαμβάνει παραδείγματα συνδέσεων που εκπληρούν τις απαιτήσεις του Κεφαλαίου 5.

3 EN 1996-2: Σχεδιασμός, επιλογή υλικών και κατασκευή τοιχοποιίας

3.1 Γενικά

Το **Κεφάλαιο 1** περιγράφει το αντικείμενο του Μέρους αυτού του EN 1996. Το Μέρος 2 δίδει τους βασικούς κανόνες για την επιλογή των υλικών και την κατασκευή της τοιχοποιίας, ώστε να καθιστά δυνατή τη συμμόρφωσή του με τις παραδοχές της μελέτης των άλλων μερών του Ευρωκώδικα 6. Ασχολείται με συνήθεις πτυχές του σχεδιασμού και της κατασκευής της τοιχοποιίας και περιλαμβάνει:

- την επιλογή των υλικών της τοιχοποιίας
- τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιτελεσματικότητα και την ανθεκτικότητα της τοιχοποιίας
- την αντίσταση των κτιρίων σε διείσδυση υγρασίας
- την αποθήκευση, την προετοιμασία και τη χρήση των υλικών στο εργοτάξιο
- την κατασκευή της τοιχοποιίας
- την προστασία της τοιχοποιίας κατά την κατασκευή.

3.2 Σχεδιασμός

Το **Κεφάλαιο 2** ασχολείται με θέματα σχεδιασμού της τοιχοποιίας. Ως βασική αρχή, η τοιχοποιία πρέπει να διαθέτει την απαιτούμενη επιτελεσματικότητα για τη σκοπούμενη χρήση της.

Κατά το σχεδιασμό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες στις οποίες αναμένεται να εκτεθεί η τοιχοποιία. Οι τοπικές συνθήκες έκθεσης της αποπερατωμένης τοιχοποιίας πρέπει να κατατάσσονται σε κατηγορίες ως ακολούθως:

- *MX1 - Ξηρό περιβάλλον*
- *MX2 - Έκθεση σε υγρασία ή διαβροχή*
- *MX3 - Έκθεση σε υγρασία ή διαβροχή και επί πλέον σε κύκλους ψύξης / απόψυξης*
- *MX4 - Έκθεση σε αέρα κορεσμένο σε άλατα ή θαλασσινό νερό*
- *MX5 - Επιθετικό χημικό περιβάλλον*

Για την κατασκευή τοιχοποιίας που ικανοποιεί προδιαγεγραμμένα κριτήρια επιτελεσματικότητας και ανθίσταται στις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες εκτίθεται, ο καθορισμός της κατηγορίας έκθεσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη:

- τους κλιματικούς παράγοντες
- τη δριμύτητα της έκθεσης σε υγρασία ή διαβροχή
- την έκθεση σε κύκλους ψύξης / απόψυξης
- την παρουσία χημικών ουσιών που μπορεί να οδηγήσουν σε βλαπτικές αντιδράσεις

Κατά τον καθορισμό της διαβροχής της τοιχοποιίας και της έκθεσής της σε κύκλους ψύξης / απόψυξης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των γενικών επί των τοπικών συνθηκών. Αναφορικά με τις γενικές συνθήκες, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- βροχή και χιόνι
- συνδυασμός ανέμου και βροχής
- διακύμανση θερμοκρασίας
- διακύμανση σχετικής υγρασίας

Αναγνωρίζεται ότι το κλίμα (γενικές συνθήκες) ποικίλει σημαντικά ανά την Ευρώπη και ότι συγκεκριμένες πτυχές του κλίματος μπορούν να επηρεάσουν τον κίνδυνο έκθεσης της τοιχοποιίας σε διαβροχή ή κύκλους ψύξης / απόψυξης. Ωστόσο, με τον καθορισμό της ανθεκτικότητας της τοιχοποιίας σχετίζεται η κατάταξη των τοπικών συνθηκών και όχι η ιεράρχηση των γενικών συνθηκών. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται παραδείγματα σχετικής έκθεσης στοιχείων τοιχοποιίας σε διαβροχή σε ένα τυπικό κτίριο.

Τα υλικά, όπου αυτά ενσωματώνονται στις εργασίες, πρέπει να μπορούν να αντιστέκονται στις δράσεις στις οποίες αναμένεται να εκτεθούν, συμπεριλαμβανομένων και των περιβαλλοντικών δράσεων. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον υλικά, προϊόντα και συστήματα αναγνωρισμένης καταλληλότητας. Όπου η επιλογή των υλικών για την τοιχοποιία δεν καλύπτεται με άλλο τρόπο στο Μέρος 2, θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την τοπική πρακτική και εμπειρία. Διατίθενται υποδείξεις για την επιλογή των λιθοσωμάτων, του κονιάματος, των δευτερευόντως στοιχείων και του οπλισμού.

Για την τοιχοποιία διατίθενται γενικές προβλέψεις που αναφέρονται στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, τα τελειώματα των αρμών, την πρόβλεψη ανοχής έναντι διαφορικών καθιζήσεων, τους συνδέσμους και τους αρμούς διαστολής, τις επιτρεπόμενες αποκλίσεις από την προβλεπόμενη θέση και την αντίσταση της διείσδυσης υγρασίας μέσω των εξωτερικών τοίχων.

3.3 Κατασκευή

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στην κατασκευή της τοιχοποιίας. Περιλαμβάνονται προβλέψεις για την παραλαβή, διαχείριση και αποθήκευση των υλικών, την προετοιμασία των υλικών πριν από την ενσωμάτωσή τους στην κατασκευή, τις επιτρεπόμενες αποκλίσεις των τοίχων από την κατακόρυφο και τη μετάθεσή τους από την προβλεπόμενη θέση, την προετοιμασία των διεπιφανειών κατά τις φάσεις κατασκευής, τη συντήρηση και τα μέτρα προστασίας κατά την κατασκευή.

3.4 Παραρτήματα

Διατίθενται τρία πληροφοριακά Παραρτήματα. Το Παράρτημα Α περιλαμβάνει την κατηγοριοποίηση των τοπικών συνθηκών έκθεσης της αποπερατωμένης τοιχοποιίας. Το Παράρτημα Β περιλαμβάνει προδιαγραφές λιθοσωμάτων και κονιάματος για ανθεκτική τοιχοποιία σε διάφορες συνθήκες έκθεσης. Το Παράρτημα Γ περιλαμβάνει την επιλογή υλικού και τις προδιαγραφές προστασίας έναντι διάβρωσης για τα δευτερεύοντα στοιχεία ανάλογα με την κατηγορία έκθεσης.

4 ΕΝ 1996-3 Απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού για κατασκευές από άοπλη τοιχοποιία

4.1 Γενικά

Το **Κεφάλαιο 1** του Μέρους 3 αναφέρεται στο αντικείμενο του Μέρους αυτού. Το Μέρος 3 παρέχει απλοποιημένες μεθόδους υπολογισμού, για τη διευκόλυνση του σχεδιασμού των ακόλουθων περιπτώσεων τοίχων άοπλης τοιχοποιίας, οι οποίοι υπόκεινται σε ορισμένα είδη φορτίσεων:

- *τοίχοι υποβαλλόμενοι σε κατακόρυφα φορτία και φορτία ανέμου*
- *τοίχοι υποβαλλόμενοι σε συγκεντρωμένα φορτία*
- *διατμητικοί τοίχοι*
- *υπόγειοι τοίχοι υποβαλλόμενοι σε εκτός επιπέδου ώθηση γαιών και κατακόρυφα φορτία*
- *τοίχοι υποβαλλόμενοι σε εκτός επιπέδου φορτία αλλά μη υποβαλλόμενοι σε κατακόρυφα φορτία*

Οι κανόνες που δίδονται στο Μέρος 3 είναι συμβατοί με αυτούς που δίδονται στο Μέρος 1-1, είναι όμως πιο συντηρητικοί ως προς τις προϋποθέσεις και τους περιορισμούς χρήσης τους και δεν καλύπτουν το σχεδιασμό έναντι τυχηματικών καταστάσεων. Είναι προφανές ότι δεν καλύπτονται αντισεισμικές απαιτήσεις.

4.2 Βάσεις Σχεδιασμού

Στο Κεφάλαιο 2 αναφέρεται ότι οι βάσεις σχεδιασμού είναι ταυτόσημες με αυτές του Μέρους 1-1.

4.3 Υλικά

Στο Κεφάλαιο 3 σημειώνεται ότι τα υλικά που καλύπτονται από αυτό το Μέρος είναι αυτά που αναφέρονται στο Μέρος 1-1. Γίνεται παραπομπή στο Παράρτημα Δ στο οποίο προτείνονται απλοποιημένες μέθοδοι υπολογισμού της χαρακτηριστικής θλιπτικής, διατμητικής και καμπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Πρακτικώς οι μέθοδοι αυτές αποτελούν πινακοποίηση των τιμών που προβλέπονται στο Μέρος 1-1.

4.4 Σχεδιασμός τοίχων άοπλης τοιχοποιίας με τη χρήση απλοποιημένων μεθόδων υπολογισμού

Στο Εδάφιο 4.2 προτείνεται μια απλοποιημένη διαδικασία ελέγχου τοίχων που υποβάλλονται σε κατακόρυφα φορτία εφόσον πληρούν ορισμένους περιορισμούς σχετικούς με το μέγιστο ύψος του κτιρίου, το άνοιγμα των πατωμάτων που εδράζονται στους εν λόγω τοίχους, το ύψος του ισογείου και το μέγεθος των κατακορύφων φορτίων. Στο Παράρτημα Α δίδεται μια περαιτέρω απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε κτίρια που δεν υπερβαίνουν τους 3 ορόφους.

Στο Εδάφιο 4.3 προτείνεται μία απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού για τοίχους υποβαλλόμενους σε συγκεντρωμένα φορτία. Η αντοχή σχεδιασμού σε κατακόρυφα φορτία υπολογίζεται από σχέσεις που εξαρτώνται από την Ομάδα των λιθοσωμάτων.

Στο Εδάφιο 4.4 καλύπτεται ο απλοποιημένος τρόπος υπολογισμού της διατμητικής αντίστασης σχεδιασμού όταν ισχύουν ορισμένες προϋποθέσεις.

Στο Εδάφιο 4.5 προτείνεται μία μέθοδος υπολογισμού υπόγειων τοίχων ύψους το πολύ 2.6m οι οποίοι υπόκεινται σε ωθήσεις γαιών.

Τέλος τα Εδάφια 4.6 και 4.7 παραπέμπουν στα Παραρτήματα Β και Γ για τον προσδιορισμό του ελαχίστου πάχους και την επιλογή των οριακών διαστάσεων εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων με περιορισμένο ομοιόμορφο εκτός επιπέδου φορτίο.

4.5 Παραρτήματα

Το πληροφοριακό Παράρτημα Α παρέχει τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της απλοποιημένης μεθόδου ελέγχου τοίχων κτιρίων μέχρι 3 ορόφους υπό κατακόρυφα φορτία αλλά και σχέσεις για την πραγματοποίηση του ελέγχου. Επιπλέον, παραθέτει τις προϋποθέσεις απαλλαγής από τον έλεγχο για φορτία ανέμου.

Το κανονιστικό Παράρτημα Β ουσιαστικά παρέχει το ελάχιστο πάχος και τις οριακές διαστάσεις εσωτερικών τοίχων μη υποβαλλόμενων σε κατακόρυφα φορτία και με περιορισμένο εκτός επιπέδου φορτίο.

Το πληροφοριακό Παράρτημα Γ προσδιορίζει τα διαφορετικά πάχη των τοίχων του Παραρτήματος Β, συναρτήσει του μήκους τους, στην περίπτωση που υποβάλλονται σε εκτός επιπέδου φόρτιση.

Το κανονιστικό Παράρτημα Δ περιέχει πίνακες υπολογισμού των αντοχών της τοιχοποιίας συναρτήσει της αντοχής του λιθοσώματος και της αντοχής του κονιάματος.

5 EN 1998-1 Σχεδιασμός Κατασκευών σε σεισμογενείς περιοχές

5.1 Κεφάλαιο 9, Ειδικοί κανόνες για κτίρια από τοιχοποιία

Το γενικό μέρος του Ευρωκώδικα 8 (EN 1998-1) αφιερώνει το Κεφάλαιο 9 ειδικά στα κτίρια από τοιχοποιία. Πριν όμως από την παρουσίαση του αρμόδιου αυτού Κεφαλαίου, κρίνεται σκόπιμη μια πολύ συνοπτική υπενθύμιση των απαραίτητων βασικών εννοιών του Κεφαλαίου 3 του EN 1998-1 και των αντίστοιχων προβλέψεων του Εθνικού Προσαρτήματος που θα βοηθήσει στην κατανόηση των ειδικών διατάξεων του Κεφαλαίου 9.

Σεισμικές ζώνες και εδαφικές επιταχύνσεις

Το Εθνικό Προσάρτημα του EN 1998-1 ορίζει στα εδάφια 3.2.1(1), (2), (3) τους Χάρτες σεισμικών ζωνών και τις τιμές αναφοράς των αντίστοιχων εδαφικών επιταχύνσεων. Τόσο οι οριζόμενες σεισμικές ζώνες όσο και οι σεισμικές επιταχύνσεις είναι οι ισχύουσες κατά ΕΑΚ2000, όπως τροποποιήθηκαν το 2003. Η ιδιαιτερότητα στην προκειμένη περίπτωση είναι ότι οι τιμές της επιτάχυνσης αντιστοιχούν σε έδαφος κατηγορίας Α κατά EN 1998-1. Ακολουθεί ο σχετικός Πίνακας 1.

Πίνακας 1: Τιμές αναφοράς a_{gR} της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης σε έδαφος κατηγορίας Α

Ζώνη	a_{gR}/g
Z1	0,16
Z2	0,24
Z3	0,36

Επισημαίνεται ότι, σύμφωνα με το EN 1998-1 η σεισμική δράση σε κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται από την επιτάχυνση του εδάφους a_{gR} , η οποία ορίζεται για έδαφος κατηγορίας Α, ενώ προβλέπεται ουσιαστική αύξησή της (πολλαπλασιασμός επί τον συντελεστή $S > 1.0$) για τις άλλες κατηγορίες εδάφους. Αντίθετα, ο ΕΑΚ2000 δεν προβλέπει εξάρτηση της επιτάχυνσης του εδάφους από την κατηγορία εδάφους.

Τιμές συντελεστή S

Κατά τα εδάφια 3.2.2.1(4), 3.2.2.2(1)P, 3.2.2.2(2)P του Εθνικού Προσαρτήματος EN 1998-1 οι τιμές του πολλαπλασιαστή S δίδονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Τιμές παραμέτρων που καθορίζουν το οριζόντιο φάσμα ελαστικής απόκρισης

Κατηγορία Εδάφους	S	$T_{B\ B}(s)$	$T_{C\ B}(s)$	$T_{D\ B}(s)$
A	1,0	0,15	0,4	2,5
B	1,2	0,15	0,5	2,5
C	1,15	0,20	0,6	2,5
D	1,35	0,20	0,8	2,5
E	1,4	0,15	0,5	2,5

Ζώνες χαμηλής και πολύ χαμηλής σεισμικότητας

Ο EN 1998-1 προβλέπει τη δυνατότητα καθορισμού ζωνών χαμηλής και πολύ χαμηλής σεισμικότητας.

Συνιστάται να θεωρούνται ως περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας είτε εκείνες όπου η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A, a_g , δεν υπερβαίνει το 0,08g (0,78 m/s²), ή εκείνες όπου το γινόμενο $a_g \cdot S$ δεν υπερβαίνει το 0,10g (0,98 m/s²). Η επιλογή αν θα χρησιμοποιηθεί η τιμή του a_g , ή αυτή του γινομένου $a_g \cdot S$ για να καθορισθεί το όριο για περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας σε μια χώρα, μπορεί να βρεθεί στο Εθνικό Προσάρτημα.

Συνιστάται να θεωρούνται ως περιπτώσεις πολύ χαμηλής σεισμικότητας είτε εκείνες όπου η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A, a_g , δεν υπερβαίνει το 0,04g (0,39 m/s²), ή εκείνες όπου το γινόμενο $a_g \cdot S$ δεν υπερβαίνει το 0,05g (0,49 m/s²). Η επιλογή αν θα χρησιμοποιηθεί η τιμή του a_g , ή αυτή του γινομένου $a_g \cdot S$ για να καθορισθεί το όριο για περιπτώσεις πολύ χαμηλής σεισμικότητας σε μια χώρα, μπορεί να βρεθεί στο Εθνικό Προσάρτημα.

Κατά τα εδάφια 3.2.1(4) και (5) του Εθνικού Προσαρτήματος EN 1998-1, στην Ελλάδα δεν προβλέπονται ζώνες χαμηλής και πολύ χαμηλής σεισμικότητας. Κατά συνέπεια τυχόν αναφορές σε πίνακες ή κείμενα στις ζώνες αυτές, ως κατάλοιπο των σχετικών πινάκων του EN 1998-1, δεν έχουν εφαρμογή στη χώρα μας.

Εδάφιο 9.1 Πεδίο εφαρμογής

Καθορίζει τις απαιτήσεις σχεδιασμού όλων των τύπων τοιχοποιίας σε σειсмоγενείς περιοχές. Οι κανόνες που δίδει είναι πρόσθετοι και γενικά δυσμενέστεροι εκείνων του EN 1996-1-1.

Εδάφιο 9.2 Υλικά και τρόπος δόμησης

Αναφέρεται στις απαιτήσεις για το είδος των λιθοσωμάτων, τον τρόπο διαμόρφωσης των κατακόρυφων αρμών και την ελάχιστη θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων και του κονιάματος. Προτείνει ορισμένες τιμές, εξουσιοδοτεί όμως το Εθνικό Προσάρτημα να κάνει τις επιλογές για τη χώρα.

- Σύμφωνα με το Ελληνικό Προσάρτημα πρέπει να χρησιμοποιούνται λιθοσώματα Ομάδων 1 και 2 του EN 1996-1-1 με ελάχιστη θλιπτική αντοχή $f_{b,min} = 5 \text{ N/mm}^2$ κάθετα και $f_{bh,min} = 2 \text{ N/mm}^2$ παράλληλα στη διεύθυνση διάστροφης του τοίχου.
- Το κονίαμα πρέπει να είναι τουλάχιστον M5 για άοπλη και διαζωματική τοιχοποιία και M10 για οπλισμένη.
- Οι κατακόρυφοι αρμοί πρέπει να πληρούνται με κονίαμα.

Εδάφιο 9.3 Τύποι κατασκευής και συντελεστές συμπεριφοράς

Προβλέπει ότι τα κτίρια από τοιχοποιία πρέπει να κατατάσσονται σε έναν από τους ακόλουθους τύπους κατασκευής:

- Άοπλη
- Διαζωματική
- Οπλισμένη

Το πιο σημαντικό σημείο του εδαφίου είναι ο καθορισμός ότι δεν επιτρέπεται η χρήση της άοπλης τοιχοποιίας σε περιοχές με $a_g \cdot S > a_{g,urm} = 0,20g$. Είναι προφανές από τα εισαγωγικά

στοιχεία ότι στη χώρα μας επιτρέπεται η κατασκευή άοπλης τοιχοποιίας μόνον στη Ζώνη Ι και μάλιστα μόνον σε εδάφη Α, Β και C.

Ορίζονται επί πλέον οι συντελεστές συμπεριφοράς q για κάθε τύπο κατασκευής για τον υπολογισμό των σεισμικών δυνάμεων. Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα οι ανώτερες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q δίδονται στον Πίνακα 9.1.

Σημειώνεται πάντως ότι προβλέπεται η δυνατότητα χρήσης συστημάτων τοιχοποιίας, τα οποία παρέχουν αυξημένη πλαστιμότητα στο φορέα. Στην περίπτωση αυτή μπορούν να χρησιμοποιούνται ειδικές τιμές για το συντελεστή συμπεριφοράς q , υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα και οι σχετικές τιμές για το q ελέγχονται πειραματικά. Οι τιμές του q καθορίζονται στο Εθνικό Προσάρτημα κάθε χώρας. Σύμφωνα λοιπόν με το Εθνικό μας Προσάρτημα η τιμή του q σε συστήματα τοιχοποιίας αυξημένης πλαστιμότητας θα καθορίζεται για κάθε συγκεκριμένο έργο με βάση προηγούμενη επαλήθευση και επιβεβαίωσή της, πιστοποιούμενη από ETA (Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση) ή από πειραματικά αποτελέσματα, εγκεκριμένα από την αρμόδια Δημόσια αρχή στην Ελλάδα.

Πίνακας 9.1: Τύποι κατασκευής και ανώτερο όριο του συντελεστή συμπεριφοράς

Τύπος Κατασκευής	Συντελεστής συμπεριφοράς q
Άοπλη τοιχοποιία σύμφωνα με το EN 1998-1	1.5
Διαζωματική τοιχοποιία	2.0
Οπλισμένη τοιχοποιία	2.5

Εδάφιο 9.4 Ανάλυση του φορέα

Περιλαμβάνει τους τρόπους προσομοίωσης για την ανάλυση ενός κτιρίου και τις προϋποθέσεις ανακατανομής της τέμνουσας βάσης.

Όταν δεν διατίθενται προσομοιώματα για τον ακριβή προσδιορισμό της δυσκαμψίας των δομικών στοιχείων που να τεκμηριώνεται μέσω ορθολογικής ανάλυσης, η ρηγματωμένη καμπτική και διατμητική δυσκαμψία μπορούν να λαμβάνονται ως το μισό της αρηγμάτωσης ελαστικής δυσκαμψίας της διατομής.

Στο προσομοίωμα του φορέα, τα υπέρθυρα από τοιχοποιία μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να λαμβάνονται υπόψη ως δοκοί σύζευξης ανάμεσα σε δύο στοιχεία τοίχων.

Η τέμνουσα βάσης των τοίχων που προσδιορίζεται από τη γραμμική ανάλυση μπορεί να ανακατανέμεται στους τοίχους, υπό την προϋπόθεση ότι:

- α) ικανοποιείται η ισορροπία του συνόλου (δηλαδή επιτυγχάνεται η ίδια συνολική τέμνουσα βάσης και η ίδια θέση της συνισταμένης των δυνάμεων),
- β) η τέμνουσα σε οποιονδήποτε τοίχο ούτε μειώνεται πάνω από το 25 %, ούτε αυξάνεται πάνω από 33%, και
- γ) λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες της ανακατανομής για το διάφραγμα ή τα διαφράγματα.

Εδάφιο 9.5 Κριτήρια σχεδιασμού και κατασκευαστικοί κανόνες

Ορίζει τις γεωμετρικές απαιτήσεις των τοίχων που παραλαμβάνουν τις σεισμικές δυνάμεις. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν:

- το ελάχιστο ενεργό πάχος των τοίχων t_{ef} ,
- τη μέγιστη λυγηρότητα, δηλαδή την τιμή του λόγου h_{ef}/t_{ef} του μήκους λυγισμού του τοίχου προς το ενεργό πάχος του,
- την ελάχιστη τιμή του λόγου του μήκους του τοίχου, ℓ , προς το μεγαλύτερο καθαρό ύψος, h , των εκατέρωθεν ανοιγμάτων.

Πίνακας 9.2: Προτεινόμενες γεωμετρικές απαιτήσεις για τοίχους

Τύπος τοιχοποιίας	$t_{ef, min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(\ell/h)_{min}$
Άοπλη, λιθοσώματα από φυσική πέτρα	350	9	0.5
Άοπλη, με οποιοδήποτε άλλο τύπο λιθοσωμάτων	240	12	0.4
Άοπλη, με οποιοδήποτε άλλο τύπο λιθοσωμάτων, σε περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας (*)	170	15	0.35
Διαζωματική τοιχοποιία	240	15	0.30
Οπλισμένη τοιχοποιία	240	15	χωρίς περιορισμό

(*)Υπενθυμίζεται ότι στη χώρα μας δεν υπάρχουν περιοχές χαμηλής σεισμικότητας

Όσα τοιχώματα δεν συμμορφώνονται με τις ελάχιστες γεωμετρικές του Πίνακα μπορούν να θεωρηθούν ως δευτερεύοντα αντισεισμικά στοιχεία.

Στη συνέχεια αναφέρονται συμπληρωματικές κατασκευαστικές απαιτήσεις για τα τρία είδη της τοιχοποιίας.

Εδάφιο 9.6 Έλεγχοι ασφαλείας

Θα ικανοποιείται σε κάθε περίπτωση ο έλεγχος ασφάλειας του κτηρίου έναντι κατάρρευσης, εκτός από τα κτήρια τα οποία ικανοποιούν τους κανόνες για «απλά κτίρια από τοιχοποιία» (βλέπε επόμενο εδάφιο). Για τον έλεγχο ασφαλείας έναντι κατάρρευσης, η αντοχή σχεδιασμού κάθε δομικού στοιχείου θα υπολογίζεται σύμφωνα με το EN 1996-1-1. Ορίζεται επίσης ότι στους ελέγχους οριακής κατάστασης αστοχίας υπό το σεισμικό συνδυασμό, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται επιμέρους συντελεστές γ_m για τις ιδιότητες της τοιχοποιίας και γ_s για τον χάλυβα οπλισμού με την τιμή γ_m να είναι τα 2/3 της τιμής που ορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα στο EN 1996-1-1, όχι όμως λιγότερο από 1,5. Η τιμή για το γ_s είναι 1,0.

Εδάφιο 9.7 Κανόνες για «απλά κτίρια από τοιχοποιία»

Καθορίζει τις προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο ως «απλό». Για τα κτίρια αυτά δεν είναι υποχρεωτικός ο έλεγχος ασφαλείας κατά το προηγούμενο εδάφιο. Οι προϋποθέσεις που τίθενται αφορούν στην κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου, στον επιτρεπόμενο αριθμό υπέργειων ορόφων, στο ελάχιστο ποσοστό της επιφάνειας των τοίχων, στη γεωμετρία της κάτοψης του κτιρίου και στη μέγιστη απόσταση μεταξύ των φερόντων τοίχων. Συγκεκριμένα:

1. Πρέπει να ανήκει στις κατηγορίες σπουδαιότητας I ή II.
2. Πρέπει να έχει μέγιστο αριθμό υπέργειων ορόφων n , που εξαρτάται από το είδος της τοιχοποιίας και από το ποσοστό των τοίχων στις δύο ορθογώνιες διευθύνσεις, εκφρασμένο ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας της κάτοψης ανά όροφο, το οποίο ποικίλει ανάλογα με την τοπική επιτάχυνση, όπως ειδικότερα φαίνεται στον Πίνακα 9.3.

Πίνακας 9.3: Προτεινόμενος επιτρεπόμενος αριθμός υπέργειων ορόφων και ελάχιστη επιφάνεια τοίχων για «απλά κτίρια από τοιχοποιία»

Τοπική επιτάχυνση $a_{g,S}$		$\leq 0.07 \text{ k.g}$	$\leq 0.10 \text{ k.g}$	$\leq 0.15 \text{ k.g}$	$\leq 0.20 \text{ k.g}$
Τύπος τοιχοποιίας	Αριθμός ορόφων (n)	Ελάχιστη συνολική διατομή οριζόντιων τοίχων ανά διεύθυνση, ως ποσοστό της συνολικής επιφάνειας ανά όροφο ($p_{A,min}$)			
Άοπλη τοιχοποιία	1	2,0%	2,0%	3,5%	ΔΕ
	2	2,0%	2,5%	5,0%	ΔΕ
	3	3,0%	5,0%	ΔΕ	ΔΕ
	4	5,0%	ΔΕ	ΔΕ	ΔΕ
Διαζωματική τοιχοποιία	2	2,0%	2,5%	3,0%	3,5%
	3	2,0%	3,0%	4,0%	ΔΕ
	4	4,0%	5,0%	ΔΕ	ΔΕ
	5	6,0%	ΔΕ	ΔΕ	ΔΕ
Οπλισμένη τοιχοποιία	2	2,0%	2,0%	2,0%	3,5%
	3	2,0%	2,0%	3,0%	5,0%
	4	3,0%	4,0%	5,0%	ΔΕ
	5	4,0%	5,0%	ΔΕ	ΔΕ

ΔΕ: Δεν εφαρμόζεται

Στον Πίνακα 9.3, ο συντελεστής k λαμβάνει τις ακόλουθες τιμές:

- Στην περίπτωση που τουλάχιστον το 70% των τοίχων ενός κτιρίου έχουν μήκος μεγαλύτερο από 2m, ο συντελεστής k δίδεται από τη σχέση

$$k=1+(\ell_{av}-2)/4 \leq 2$$

όπου ℓ_{av} είναι το μέσο μήκος σε m, των υπό εξέταση τοίχων

- Στις λοιπές περιπτώσεις $k = 1$.

Ανεξάρτητα από την τιμή του k , ο περιορισμός στη χρήση της άοπλης τοιχοποιίας που περιλαμβάνεται στο εδάφιο 9.3 εξακολουθεί να ισχύει.

3. Η διαμόρφωση της κάτοψης θα πρέπει να πληροί όλες τις παρακάτω συνθήκες:

- Να είναι περίπου ορθογώνια.
- ο λόγος του μήκους της μικρής προς το μήκος της μεγάλης πλευράς, σε κάτοψη, να είναι μεγαλύτερος από την ελάχιστη τιμή $\lambda_{min} = 0.25$.
- η επιφάνεια της προβολής των εσοχών από το ορθογώνιο σχήμα να είναι μικρότερη από το 15% της συνολικής επιφάνειας του ορόφου πάνω από την υπό εξέταση στάθμη.

4. Οι τοίχοι πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες συνθήκες:

- Να είναι σχεδόν συμμετρικά διατεταγμένοι σε κάτοψη σε δύο ορθογώνιες διευθύνσεις.
- Τουλάχιστον δύο παράλληλοι τοίχοι να είναι τοποθετημένοι σε δύο ορθογωνικές διευθύνσεις, με το μήκος του κάθε τοίχου να είναι μεγαλύτερο από το 30% του μήκους του κτιρίου στην διεύθυνση του υπό εξέταση τοίχου.
- Οι τοίχοι μιας διεύθυνσης, να έχουν μεταξύ τους απόσταση μεγαλύτερη από το 75% του μήκους του κτιρίου στην άλλη διεύθυνση.

- Να φέρουν τουλάχιστον το 75% των κατακόρυφων φορτίων.
 - Να είναι συνεχείς από την κορυφή μέχρι τη βάση του κτιρίου.
5. Σε αμφότερες τις ορθογωνικές οριζόντιες διευθύνσεις, η διαφορά στη μάζα και στην οριζόντια διατομή τοιχωμάτων μεταξύ προσκείμενων ορόφων να περιορίζεται στη μέγιστη τιμή $\Delta_{m,max} = \Delta_{A,max} = 20\%$.
6. Στα κτίρια από άοπλη τοιχοποιία, οι τοίχοι της μιας διεύθυνσης να συνδέονται με τοίχους κατά την άλλη ορθογωνική διεύθυνση σε απόσταση το πολύ 7m.