

Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία

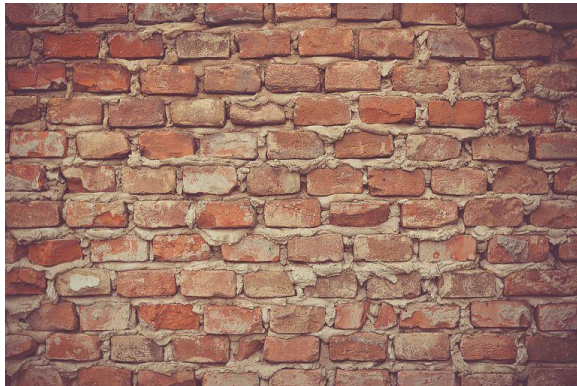
Εισαγωγή



ΑΣΠΑΙΤΕ

Ορισμός

- Τοιχοποιίες
 - Οικοδομικές κατασκευές που προκύπτουν από την έντεχνη τοποθέτηση φυσικών ή τεχνητών **λιθосωμάτων** με ή χωρίς συνδετικό **κονίαμα**



Κανονιστικό πλαίσιο

- Ευρωκώδικας 6
- Ευρωκώδικας 8
- ΚΑΔΕΤ

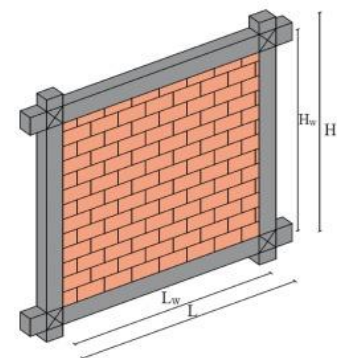
EUROPEAN STANDARD	EN 1996-1-1
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	November 2005
ICS 91.010.30; 91.080.30	Supersedes ENV 1996-1-1:1995, ENV 1996-1-3:1998 Incorporating corrigendum July 2009
English Version	
Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures	

EUROPEAN STANDARD	EN 1998-1
NORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE NORM	December 2004
ICS 91.120.25	Supersedes ENV 1998-1-1:1994, ENV 1998-1-2:1994, ENV 1998-1-3:1995 Incorporating corrigendum July 2009
English version	
Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings	



Σημασία

- ~**30%** του παγκόσμιου πληθυσμού ζει και εργάζεται σε κτήρια από τοιχοποιία
- Ρόλος **τοιχοπληρώσεων** στη σεισμική συμπεριφορά πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος
- Πολιτισμική **κληρονομιά**
- Υφιστάμενη **υποδομή** στις μεταφορές



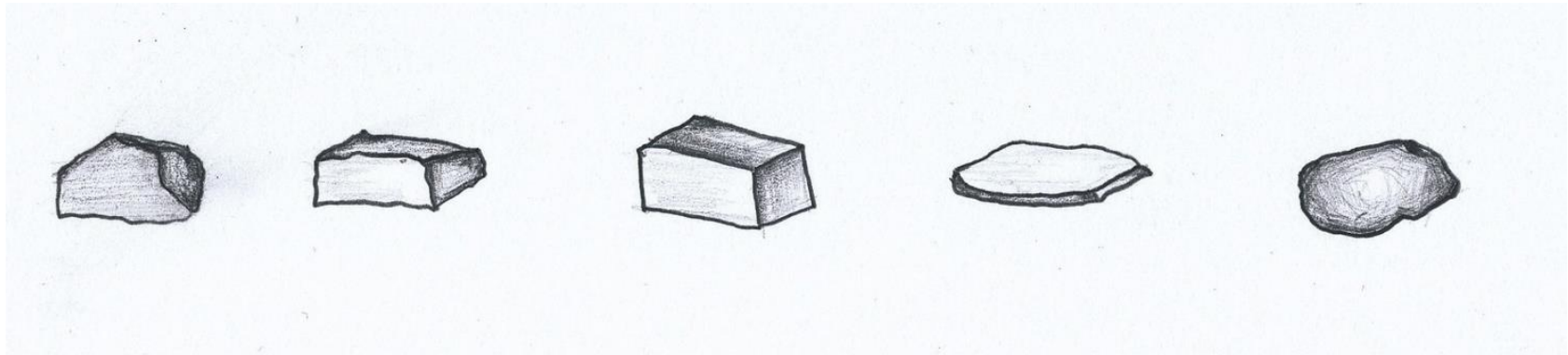
Συνιστώντα υλικά – Φυσικά λιθοσώματα

- Προέλευση
 - Ορυκτά
 - Εξόρυξη και τεμαχισμός πετρωμάτων
 - Συλλεκτά
 - Φυσικός κατακερματισμός πετρωμάτων
- Πετρώματα
 - Ασβεστόλιθοι
 - Ψαμμίτες
 - Σχιστόλιθοι
 - ...



Συνιστώντα υλικά – Φυσικά λιθοσώματα

- Μορφή
 - **Αργοί λίθοι:** Ανεπεξέργαστοι
 - **Ημίξεστοι λίθοι:** Επεξεργασμένοι σε κάποιες έδρες τους
 - **Ξεστοί λίθοι:** Επεξεργασμένοι σε όλες τις έδρες τους
 - **Πλακοειδείς:** μορφή πλάκας λόγω φυσικής διάταξης πετρώματος
 - **Κροκάλες:** στρογγυλεμένοι λόγω φυσικής τριβής



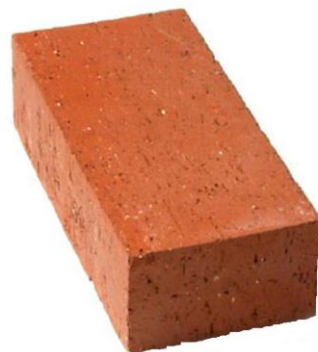
Συνιστώντα υλικά – Τεχνητά λιθοσώματα

- Ορισμός
 - Βιοτεχνικό ή βιομηχανικό προϊόν με συγκεκριμένο σχήμα και διαστάσεις
- Τύποι
 - Ωμές πλίνθοι
 - Οπτόπλινθοι
 - Τσιμεντόπλινθοι
 - Λιθοσώματα από ελαφρά πορώδη υλικά



Συνιστώντα υλικά – Τεχνητά λιθοσώματα

- Πλεονεκτήματα
 - Ενιαίες ιδιότητες υλικού
 - Έλεγχος μεγέθους
 - Εύκολος χειρισμός και μεταφορά
 - Μείωση διατομών και νεκρών φορτίων

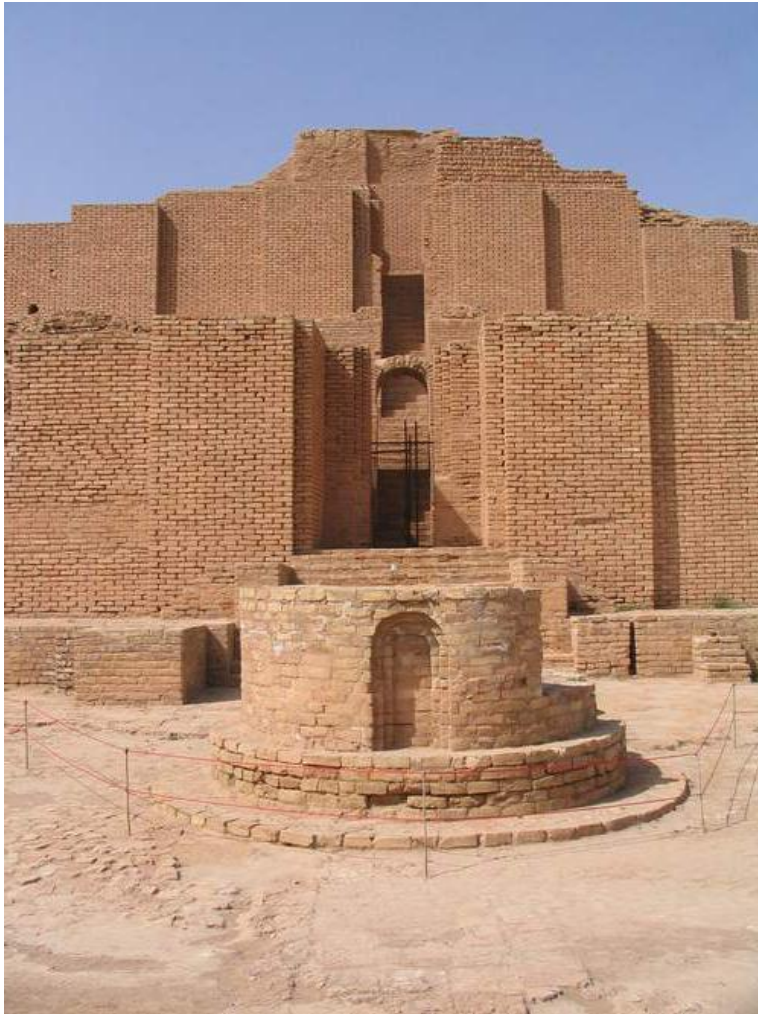


Ωμές πλίνθοι

- Διαστάσεις
 - Ποικίλλουν, βάσει καλουπιού
- Σύνθεση
 - Άργιλος 30 – 40% κατά βάρος
 - Αδρανή διαμέτρου 30 mm κατά μέγιστο
 - Νερό (~30% του βάρους της αργίλου)
 - Φυτικές ή ζωικές ίνες
- Αντοχή σε θλίψη
 - 2 – 5 MPa

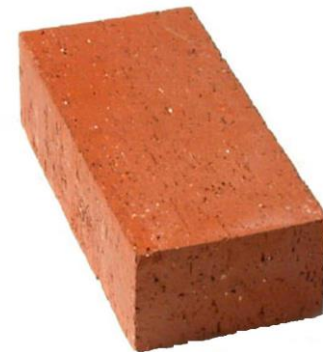


Ωμές πλίνθοι

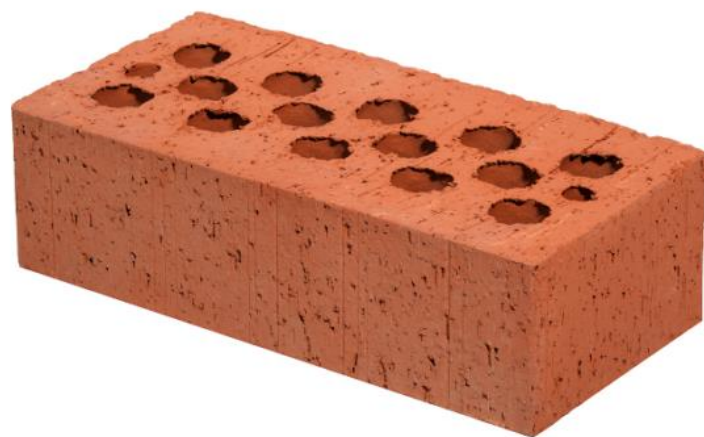


Οπτόπλινθοι

- Διαστάσεις
 - ποικίλουν, βάσει τρόπου παραγωγής
- Σύνθεση
 - Άργιλος, πυριτικό ασβέστιο, ...
 - Λεπτόκοκκα αδρανή
 - Νερό
- Γεωμετρία
 - Συμπαγείς
 - Με οπές (κατακόρυφες ή οριζόντιες)
 - Με εγκοπές ή μη
 - Σκαφοειδείς ή μη
 - ...



Οπτόπλινθοι



Τσιμεντόπλινθοι

- Διαστάσεις
 - 10 – 20 cm πλάτος x 30 – 40 μήκος cm x 10 – 20 cm ύψος
- Σύνθεση
 - Τσιμέντο
 - Άμμος + γαρμπίλι (αναλογία 1:7 – 1:10 κατά βάρος τσιμέντου)
 - Κίσηρις: Κισηρόλιθοι (χαμηλότερο βάρος, αυξημένη θερμομόνωση)
 - Νερό



Αυτόκλειστα κυψελωτά λιθοσώματα

- Σύνθεση
 - Χαλαζιακή άμμος, ασβέστης, τσιμέντο ...
 - Ψιλή άμμος, ιπτάμενη τέφρα
 - Λεπτόκοκκο αλουμίνιο
 - Νερό
- Πλεονεκτήματα
 - Μικρό βάρος
 - Θερμική μόνωση



Συνιστώντα υλικά – Κονιάματα

- Ορισμός
 - Συνδετικό υλικό μεταξύ των λιθοσωμάτων
 - Διαμορφώνουν οριζόντιους και εγκάρσιους αρμούς
- Απαιτήσεις
 - Μηχανική αντοχή
 - Δυσκαμψία
 - Ανθεκτικότητα
- Σύνθεση
 - Μείγμα κονίας (συνδετικού υλικού), αδρανών (άμμου) και νερού
 - Πιθανή χρήση επιπλέον προσμιγμάτων
 - Μετά από ορισμένο χρόνο το κονίαμα αρχίζει να στερεοποιείται λόγω πήξης της κονίας και τελικά μετατρέπεται σε στερεό και συμπαγές σώμα

Συνιστώντα υλικά – Κονιάματα

- Κυριότερα είδη
 - Ασβεστοκονιάματα
 - Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα
 - Τσιμεντοκονιάματα
 - Υδραυλικά κονιάματα (προσθήκη ποζολάνης, π.χ. θηραϊκή γη)
 - Πηλοκονιάματα



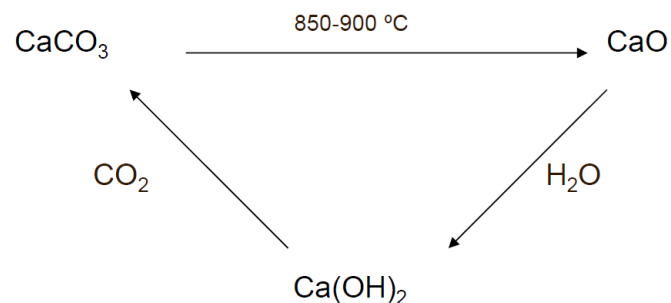
- Αερικές
 - Κατόπιν ανάμειξης με νερό, πήζουν, σκληραίνουν και αποκτούν αντοχή σε επαφή με τον αέρα
 - Συντηρούνται μόνο στο περιβάλλον του αέρα - Υφίστανται λύση από το νερό, ακόμη και όταν βρεθούν σε περιβάλλον με μεγάλη υγρασία
 - Άργιλος
 - Άσβεστος
 - Γύψος
- Υδραυλικές
 - Κατόπιν ανάμειξης με νερό, πήζουν, σκληραίνουν και αποκτούν αντοχή τόσο σε επαφή με τον αέρα όσο και μέσα στο νερό
 - Ποζολάνες
 - Υδραυλική άσβεστος
 - Τσιμέντο

Ιστορικά κονιάματα

- Σύνθεση
 - Χώμα ή...
 - Χώμα και άσβεστος ή...
 - Άμμος και άσβεστος
 - Πιθανά πρόσμικτα
 - Άχυρο
 - Ζωικές ίνες
 - Κεραμικά θραύσματα
 - Ηφαιστειακή τέφρα
 - ...
 - Ανάμιξη με νερό

- Κύκλος του ασβέστη

- Ασβεστόλιθος CaCO_3
- Άσβεστος CaO
- Υδράσβεστος Ca(OH)_2



Ιστορικά κονιάματα

- Χαμηλή αντοχή
- Χαμηλή ανθεκτικότητα
- Ανομοιομορφία



Σύγχρονα κονιάματα

- Σύνθεση
 - Τσιμέντο (για αντοχή)
 - Άσβεστος (για εργασιμότητα)
 - Άμμος
 - Νερό



Απαιτούμενες ιδιότητες κονιαμάτων

- Νωπού μίγματος
 - **Εργασιμότητα** (να “δουλεύεται”, να μη δισπάται και να μη ρέει)
 - **Πλαστιμότητα** (να έχει συνοχή, ώστε να συγκρατείται και να μη ρέει υπό υπερκείμενα φορτία)
 - **Συνοχή** με τα λιθοσώματα
 - **Ογκοσταθερότητα** (όχι συστολές και διαστολές)
- Σκληρημένου μίγματος
 - Προδιαγεγραμμένη **αντοχή**
 - Απαιτούμενο **πορώδες**



Κατηγορίες κονιαμάτων

- Βάσει σύνθεσης
 - Γενικής εφαρμογής
 - Συνήθη αδρανή
 - Πάχος αρμού 3 – 15 mm
 - Λεπτής στρώσης ή κόλλες
 - Ελαφροκονιάματα
 - $\rho < 1500 \text{ kg/m}^3$
 - Πάχος αρμού 3 – 15 mm
- Βάσει θλιπτικής αντοχής
 - π.χ. Κονίαμα M5
 - M από την αγγλική λέξη mortar
 - Αριθμός εκφράζει τη χαρακτηριστική αντοχή στις 28 μέρες

Κατηγορίες κονιαμάτων

- Η σύνθεση των κονιαμάτων, δηλαδή η κατ' όγκο αναλογία των υλικών
 - Προδιαγράφεται (για κονιάματα γενικής εφαρμογής) ή ...
 - Σχεδιάζεται κατά EN 998-2 (για όλες τις κατηγορίες κονιαμάτων)

Κατηγορία	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Αναλογίες κατ' όγκο		
		Τσιμέντο	Ασβέστης	Άμμος
M2.5	2.5	1	3	9
M5	5	1	2	6
M10	10	1	0.5	5
M20	20	1	-	3

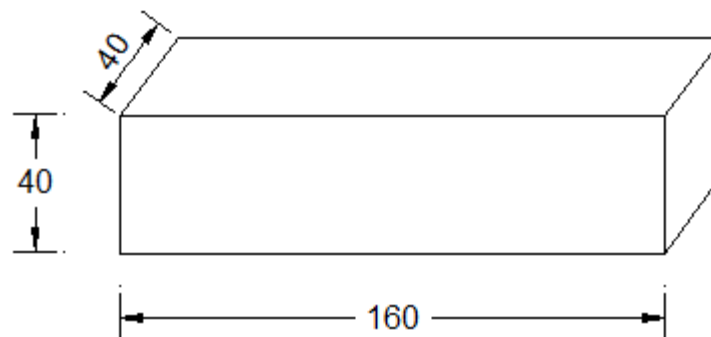
Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 και το Εθνικό Προσάρτημα του στην Ελλάδα, για Φέρουσες Τοιχοποιίες εν γένει, **ΔΕΝ επιτρέπεται η χρήση κονιάματος κατηγορίας κατώτερης της M5** (για οπλισμένη τοιχοποιία μικρότερης της M10)

Μηχανικά χαρακτηριστικά κονιαμάτων



- Θλιπτική αντοχή f_m
 - Στον EC6 προδιαγράφεται ως η βασική (και μοναδική) μηχανική ιδιότητα του κονιάματος
 - Προσδιορίζεται βάσει του προτύπου EN1015-11 (κυβικά δοκίμια 40 x 40 x 40 που προκύπτουν από τη δοκιμή κάμψης και υποβάλλονται σε δοκιμή θλίψης)
- Καμπτική αντοχή f_b
 - Δεν προδιαγράφεται στον EC6 ως μηχανική ιδιότητα του κονιάματος
 - Προσδιορίζεται βάσει του προτύπου EN1015-11 (πρισματικά δοκίμια 40x40x160 που υποβάλλονται σε δοκιμή κάμψης τριών σημείων)

Μηχανικά χαρακτηριστικά κονιαμάτων



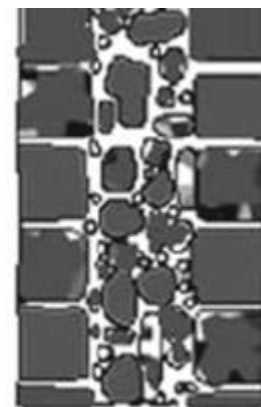
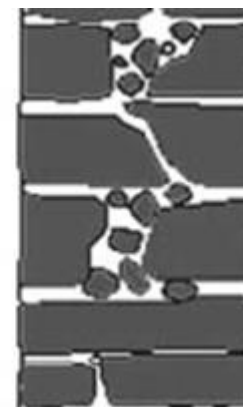
Τρόποι δόμησης – Φυσικά λιθοσώματα

- Ξηρολιθοδομές
 - (συνήθως) Αργοί λίθοι με απουσία κονιάματος
- Λιθοδομές
 - Λίθοι συγκολλημένοι με κονίαμα
 - Πιθανή ύπαρξη πολλαπλών στρώσεων εγκάρσιως (εξωτερικές στρώσεις + πυρήνας)
- Χυτές τοιχοποιίες
 - Μείγμα πηλού και κροκάλων σε καλούπι



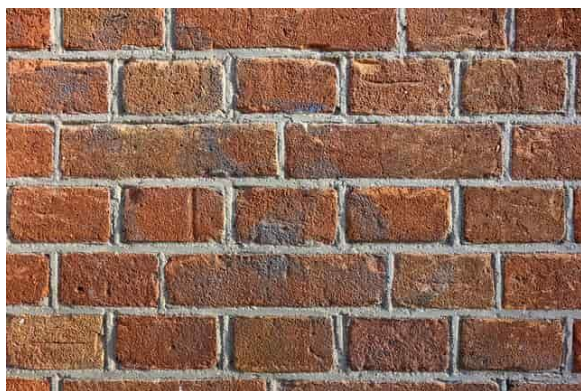
Τρόποι δόμησης – Φυσικά λιθοσώματα

- Ξηρολιθοδομές
 - (συνήθως) Αργοί λίθοι με απουσία κονιάματος
- Λιθοδομές
 - Λίθοι συγκολλημένοι με κονίαμα
 - Πιθανή ύπαρξη πολλαπλών στρώσεων εγκάρσιως (εξωτερικές στρώσεις + πυρήνας)
- Χυτές τοιχοποιίες
 - Μείγμα άσβεστου ή πηλού και κροκάλων σε καλούπι



Τρόποι δόμησης – Τεχνητά λιθοσώματα

- Οπτοπλινθοδομές
 - Αργιλικά τούβλα με κονίαμα
- Τσιμεντοπλινθοδομές
 - Χυτοί πλίνθοι από τσιμέντο, άμμο και αδρανή με κονίαμα
- Ωμοπλινθοδομές
 - Ωμές πλίνθοι (πρόσμικτες ζωικές ή φυτικές ίνες)

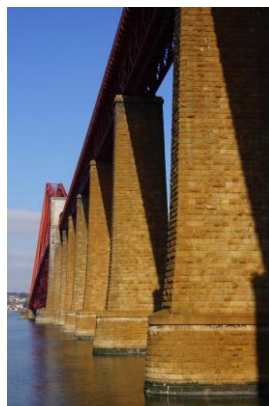


Είδη τοιχοποιίας βάσει λειτουργίας

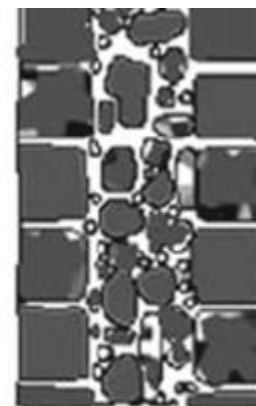
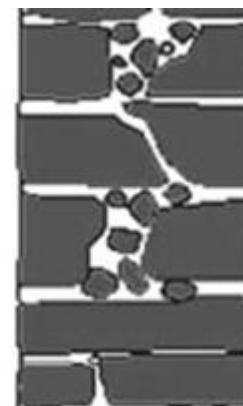
- Φέρουσα
 - Κύριο στοιχείο του φέροντος οργανισμού
- Πλήρωσης
 - Διαμόρφωση εσωτερικών χώρων
 - Πλήρωση πλαισίων κύριου φέροντος οργανισμού
- Επένδυσης
 - Διακοσμητικά στοιχεία

Κατηγορίες φερόντων μελών τοιχοποιίας

- Κατακόρυφα
 - Τοίχοι/πесσοί
- Οριζόντια
 - Τόξα
 - Θόλοι/τρούλοι



- Διαμόρφωση τοιχοποιίας κατά την έννοια του πάχους
 - Συμπαγής ή μονόστρωτη
 - Δίστρωτη
 - Τρίστρωτη

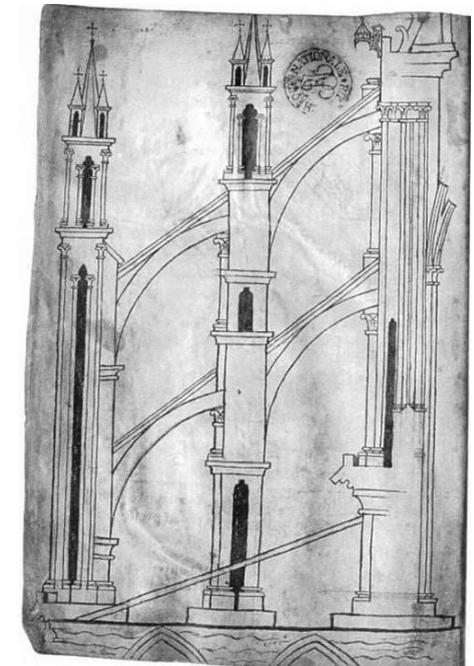
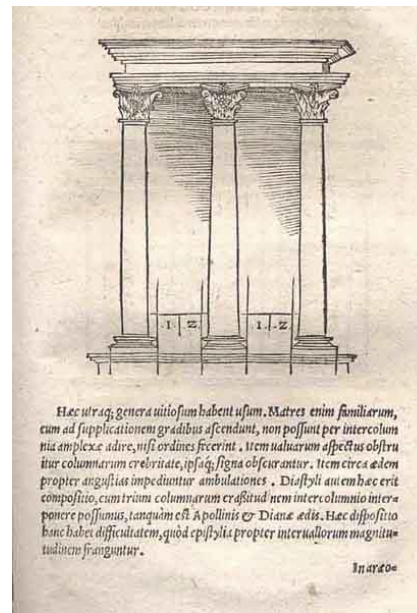
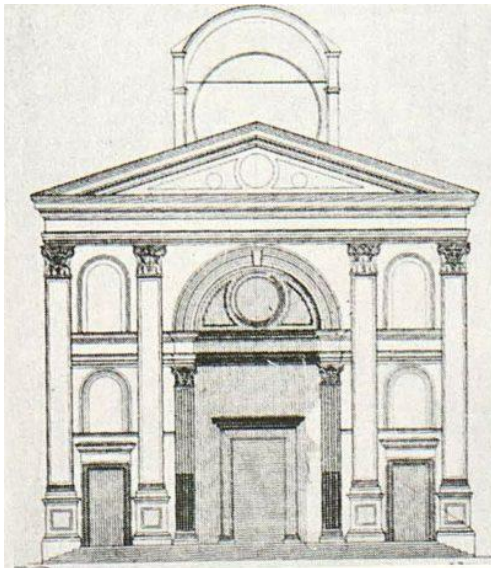


Είδη τοιχοποιίας βάσει παρουσίας οπλισμού/διαζωμάτων

- Άοπλη
- Οπλισμένη
 - Κατακόρυφος/οριζόντιος οπλισμός
- Διαζωματική
 - Παρουσία οπλισμένων κατακόρυφων/οριζόντιων διαζωμάτων
- Προεντεταμένη
 - Παρουσία εξωτερικά εφελκυόμενου οπλισμού

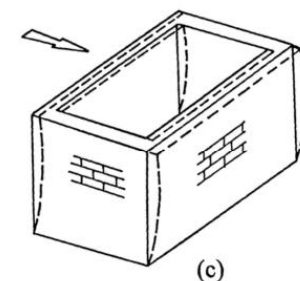
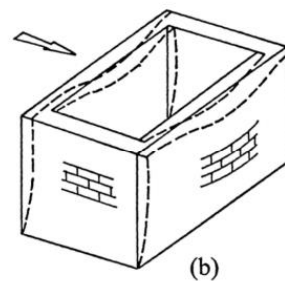
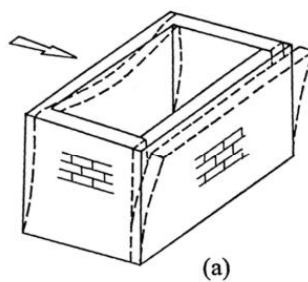
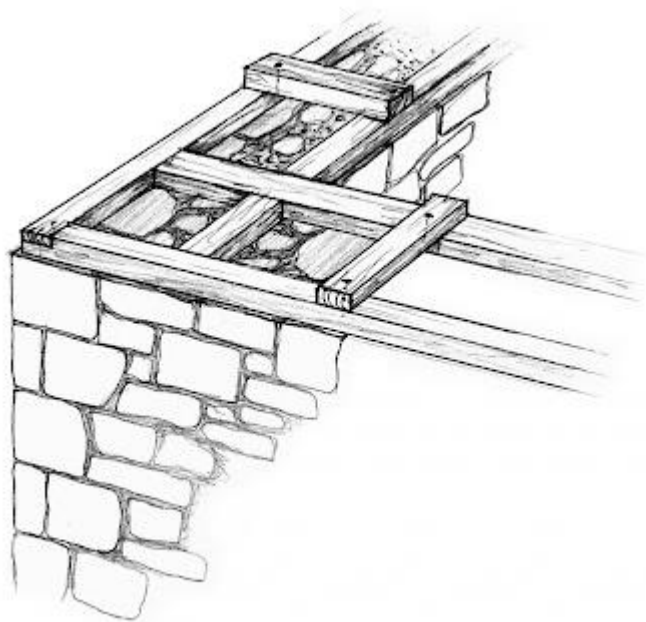
Άοπλη τοιχοποιία – Παραδοσιακοί κανόνες

- Εμπειρικές γεωμετρικές αναλογίες για ανοίγματα και πάχη τοίχων



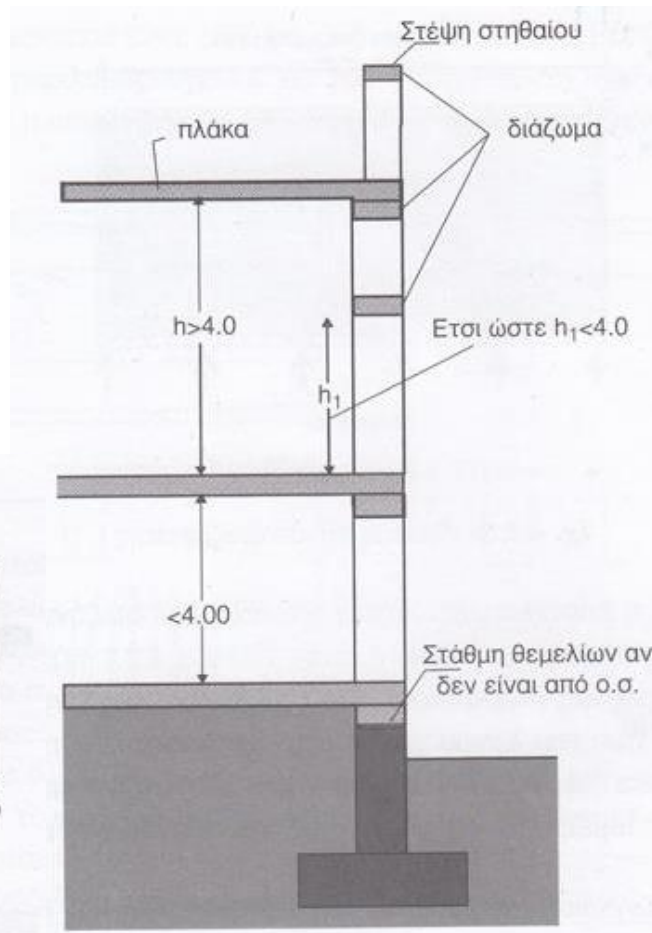
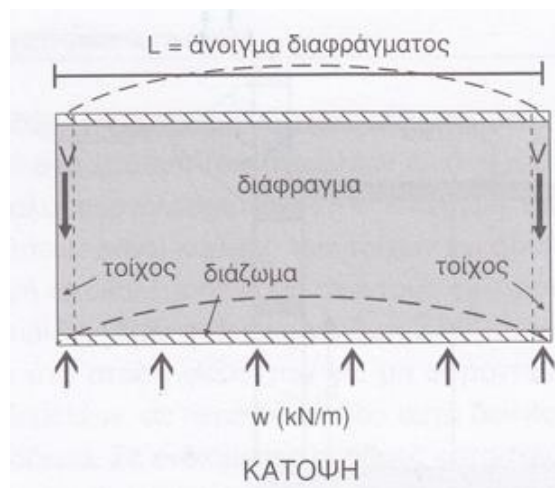
Άοπλη τοιχοποιία – Παραδοσιακοί κανόνες

- Ξυλοδεσιές
 - Ιστορικό σύστημα βελτίωσης της συνολικής συμπεριφοράς του κτηρίου και αύξησης της πλαστιμότητάς του.
 - Περίδεση και εγκιβωτισμός κτηρίων σε διάφορες στάθμες του



Άοπλη τοιχοποιία – Σύγχρονες απαιτήσεις

- Οπλισμένα οριζόντια διαζώματα (σενάζ) στη στέψη των τοίχων
 - Πλάτος ίσο με πάχος τοίχου
 - Ύψος 15 cm
 - Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός 2 cm^2
 - Ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός $\Phi 6/25$

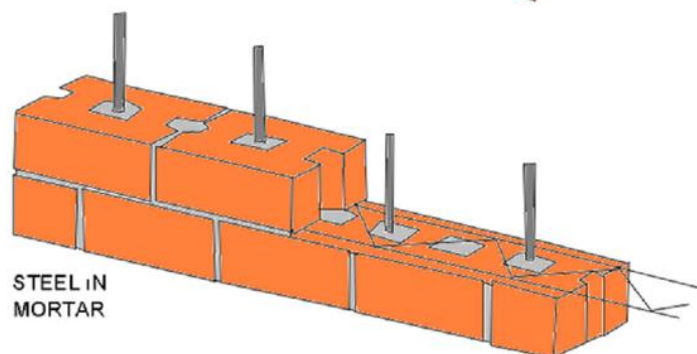
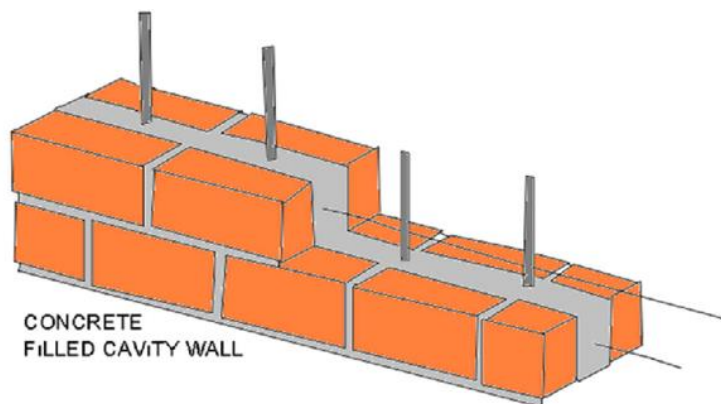


Άοπλη τοιχοποιία – Σύγχρονες απαιτήσεις



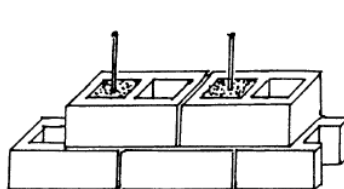
Οπλισμένη τοιχοποιία

- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς

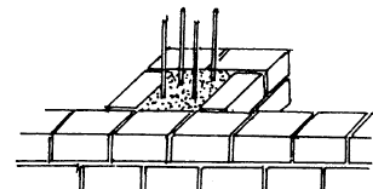


Οπλισμένη τοιχοποιία

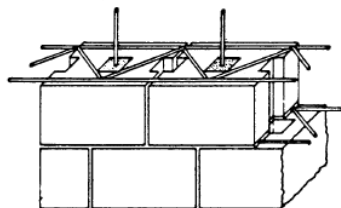
- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς



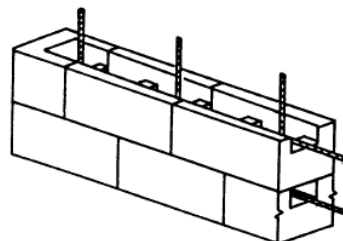
(a)



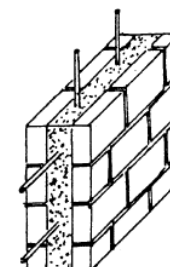
(b)



(c)



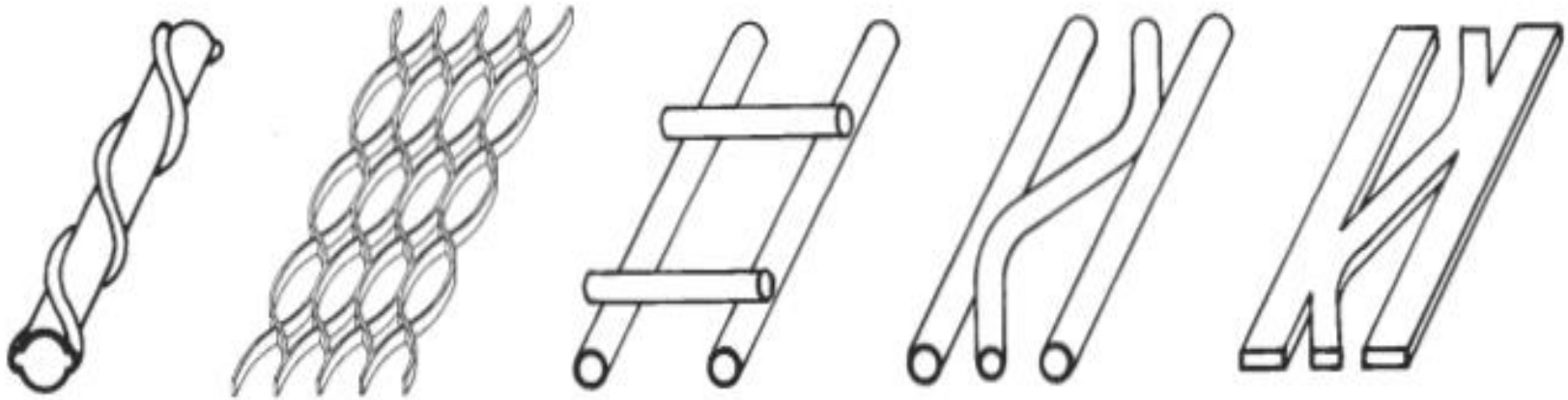
(d)



(e)

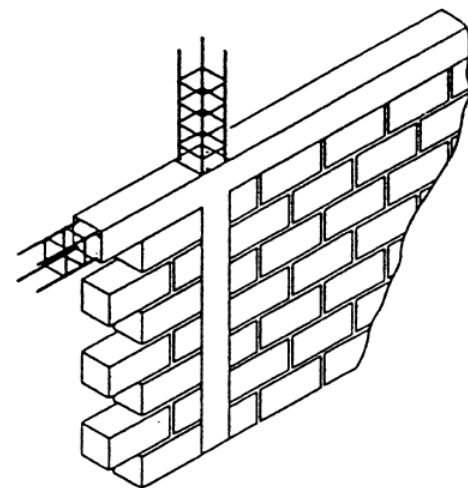
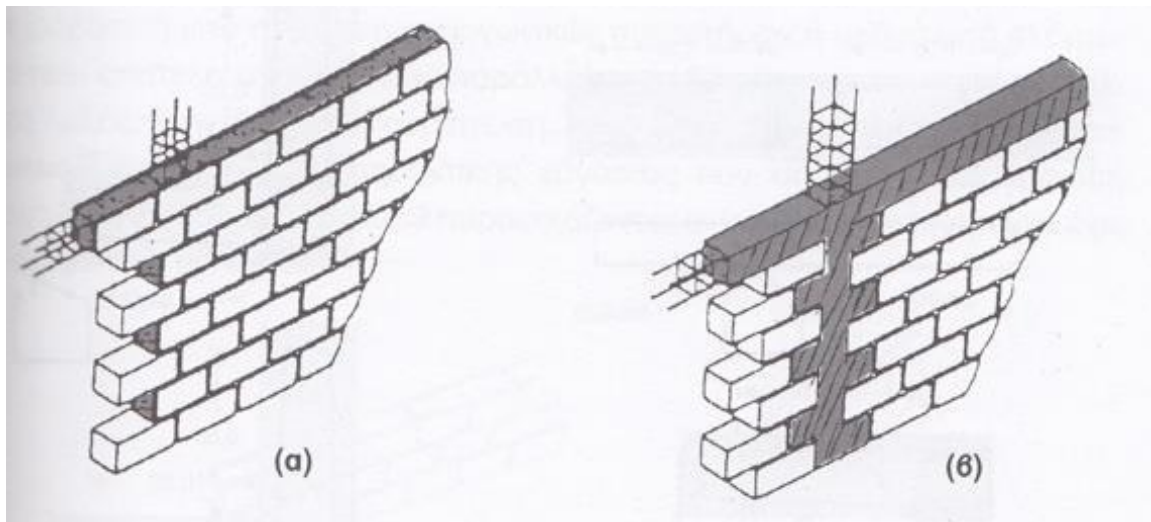
Οπλισμένη τοιχοποιία

- Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός
 - Τοποθετημένος σε πυρήνα
 - Διάσπαρτος στα λιθοσώματα και τους αρμούς



Διαζωματική τοιχοποιία

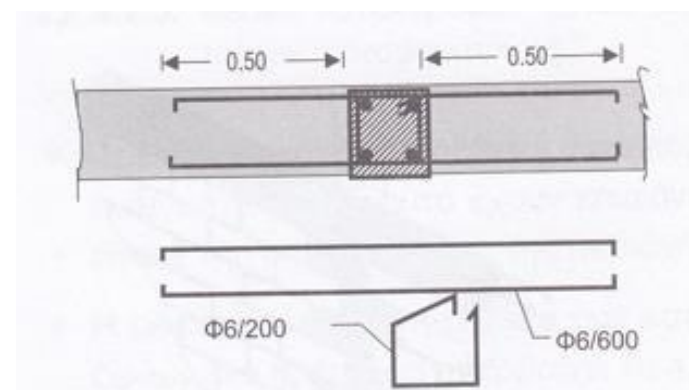
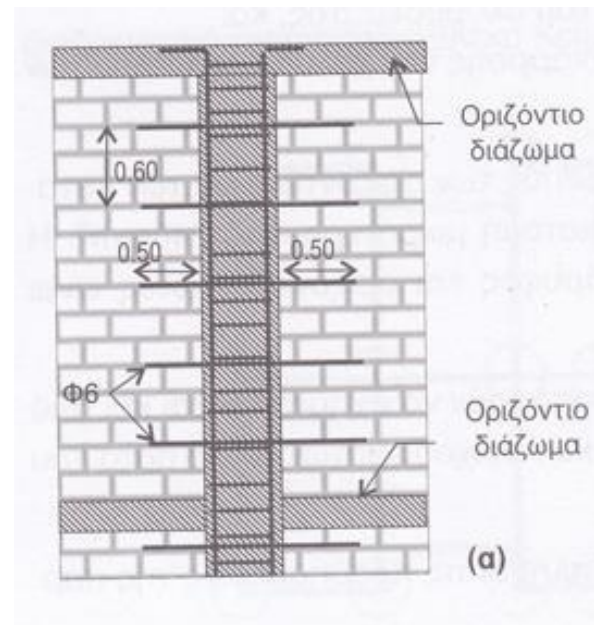
- Κατασκευή οριζόντιων και κατακόρυφων ζωνών οπλισμένου σκυροδέματος
 - Εντός ειδικά διαμορφωμένων λιθοσωμάτων
 - Σε διαμορφωμένα διαζώματα



Διαζωματική τοιχοποιία

• Απαιτήσεις

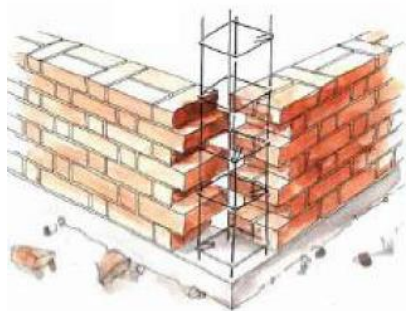
- Τα οριζόντια και κάθετα διαζώματα θα συνδέονται μεταξύ τους και θα αγκυρώνονται στα στοιχεία του κυρίως δομικού συστήματος.
- Η σκυροδέτηση των διαζωμάτων θα γίνεται αφού έχει κατασκευαστεί η τοιχοποιία
- Οι διαστάσεις των διατομών τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων διαζωμάτων δεν μπορούν να είναι μικρότερες από 15 cm
- Διαμήκης οπλισμός $> 3 \text{ cm}^2$ και από το 1% της διατομής του διαζώματος.
- min συνδετήρες $\Phi 5/15$ γύρω από τον διαμήκη οπλισμό.



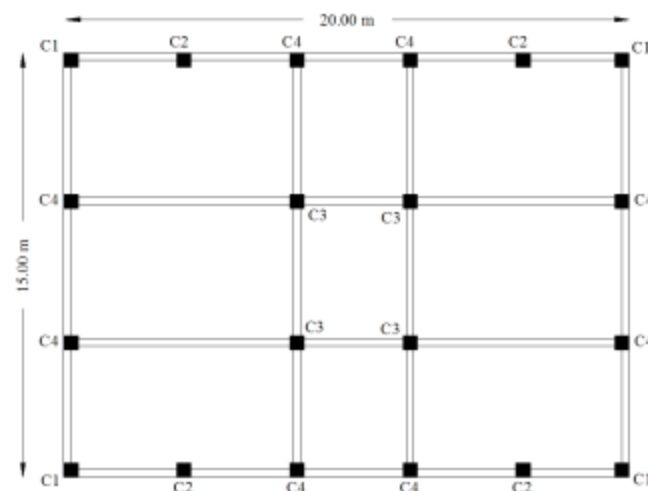
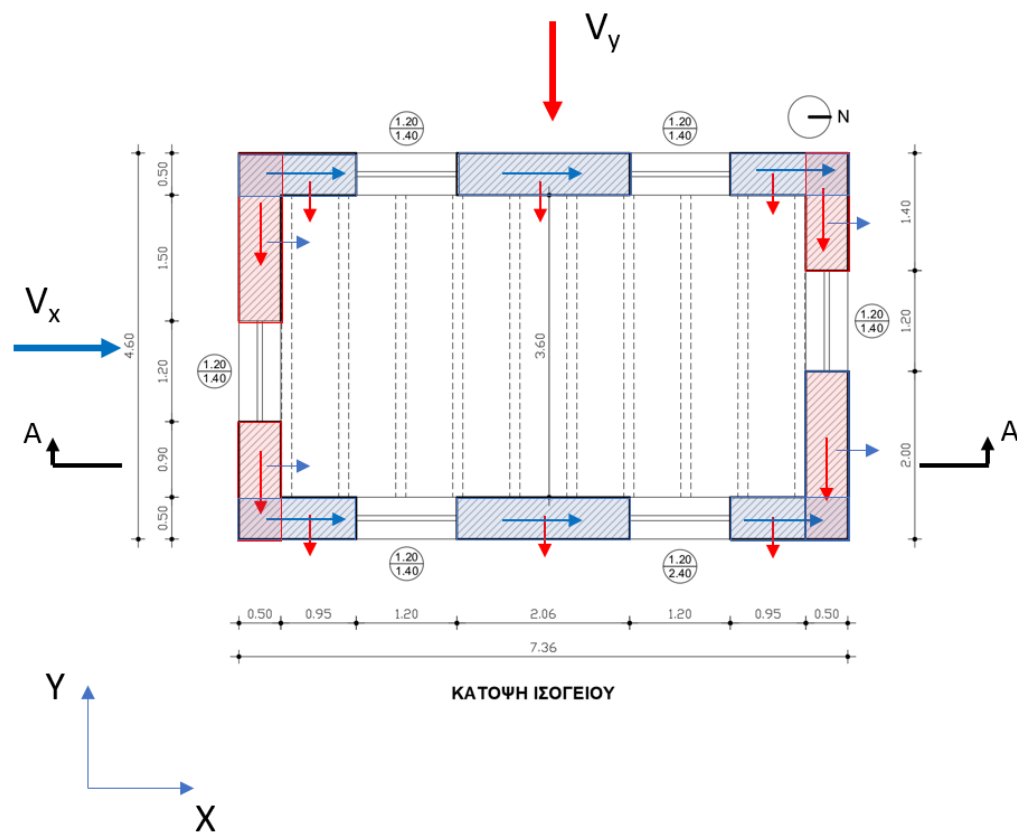
Διαζωματική τοιχοποιία

- **Κατακόρυφα διαζώματα** θα πρέπει να τοποθετούνται:
 - Στα ελεύθερα άκρα κάθε φέροντα τοίχου
 - Και στις δύο πλευρές οποιουδήποτε ανοίγματος σε τοίχο με επιφάνεια πάνω από 1.5 m^2
 - Μέσα στον τοίχο αν αυτό απαιτείται προκειμένου να μην υπερβαίνεται η απόσταση των 5 m ανάμεσα στα διαζώματα
 - Στις ενώσεις φερόντων τοίχων, όταν τα διαζώματα τα οποία επιβάλλονται από τους παραπάνω κανόνες βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 1.5 m
- **Οριζόντια διαζώματα** θα πρέπει να τοποθετούνται:
 - στο επίπεδο του τοίχου στη στάθμη κάθε ορόφου και σε κατακόρυφη απόσταση μεταξύ τους όχι μεγαλύτερη από 4 m

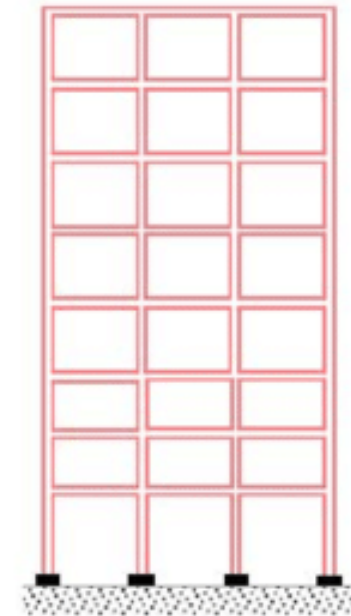
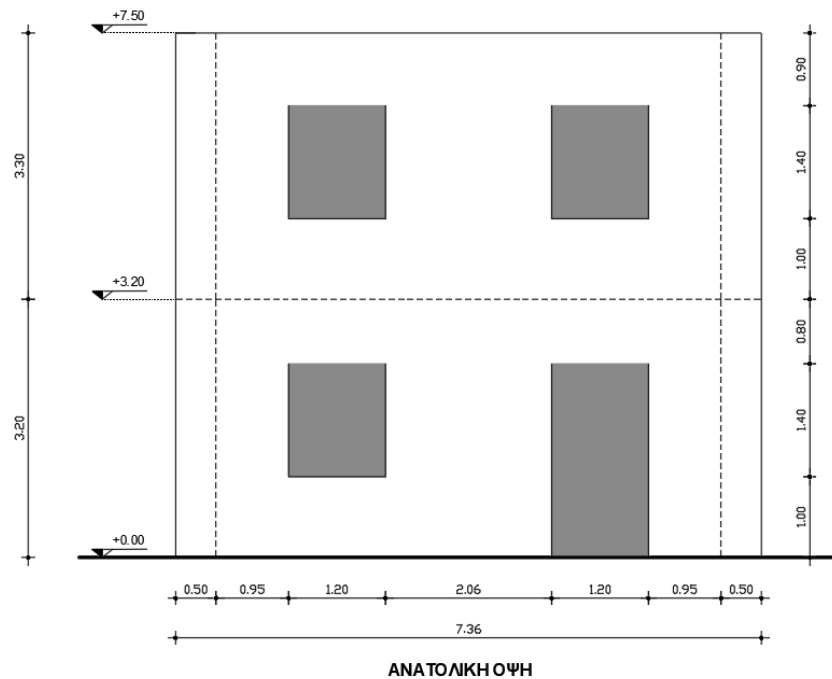
Διαζωματική τοιχοποιία



Διαμόρφωση φέροντος οργανισμού



Διαμόρφωση φέροντος οργανισμού



Σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

- Ανθεκτικότητα
 - Μικρές παραμορφώσεις
 - Θερμική και ακουστική μόνωση
 - Πυρασφάλεια
 - Ταχύτητα κατασκευής
 - Αισθητική
-
- Αυξημένες διατομές
 - Αυξημένο ίδιο βάρος
 - Σεισμική τρωτότητα
 - Απαιτήσεις ποιότητας κατασκευής