1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόλογος

- Η τοιχοποιία είναι από τα αρχαιότερα δομικά υλικά. Εντούτοις, οι γνώσεις μας για τη μηχανική της συμπεριφορά και την απόκριση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία είναι σχετικά περιορισμένες. Η αντίφαση αυτή μπορεί να αποδοθεί στους ακόλουθους λόγους :
  α. Η ανάπτυξη της επιστήμης της μηχανικής σχεδόν συνέπεσε με την εμφάνιση νέων ισχυρών και εύπλαστων δομικών υλικών – χάλυβας, σκυρόδεμα – που μείωσαν το κόστος του φέροντα οργανισμού και βαθμιαία περιόρισαν την τοιχοποιία στο ρόλο του οργανισμού πλήρωσης.
  β. Η τοιχοποιία έχει σχετικά χαμηλές αντοχές και εμφανίζει ψαθυρή συμπεριφορά, γεγονός που οδηγεί στην ανάγκη αύξησης των διατομών και του κόστους του φέροντα οργανισμού και περιορίζει τον αριθμό των ορόφων ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή σεισμικότητα.
  γ. Η τοιχοποιία είναι υλικό πολυφασικό, πολύμορφο και "απείθαρχο". Τα βασικά συστατικά της είναι τα λιθοσώματα και το συνδετικό κονίαμα. Τα λιθοσώματα μπορεί να είναι τεμάχια φυσικών λίθων, πλίνθοι, τσιμεντόλιθοι κ.λ.π. και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία υλικών, κατεργασίας, σχημάτων και μεγεθών. Το κονίαμα παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία συνθέσεων και αντοχών αλλά μπορεί και να απουσιάζει εντελώς (ξηρολιθοδομές). Ένας επί πλέον παράγοντας πολυμορφίας είναι και ο τύπος δόμησης (πλέξη) της τοιχοποιίας. Κατά συνέπεια απαιτείται θεμελιώδης έρευνα των επί μέρους φάσεων (λιθοσώματα – κονίαμα) και της μηχανικής "συνεργασίας" τους στο σώμα της τοιχοποιίας για την κατανόηση της συμπεριφοράς της.
- Έτσι, μέχρι τις αρχές του $20^{ου}$ αιώνα ο σχεδιασμός κτιρίων με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία ήταν σχεδόν εμπειρικός.
- Σε χώρες με παράδοση στη χρήση της φέρουσας τοιχοποιίας και σχετικά άσεισστες (Μ. Βρετανία) εξακολουθεί ακόμη και σήμερα εκτεταμένη χρήση της φέρουσας τοιχοποιίας σε νέα κτίρια αρκετών ορόφων.
- Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται διεθνώς έντονη ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης για τη συντήρηση και ανάδειξη της οικιστικής πολιτιστικής κληρονομιάς. Μέσα στο κλίμα αυτό αναζωπυρώθηκε και η έρευνα της μηχανικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των μνημείων και διατηρητέων κτιρίων και συνόλων είναι κτίσματα από φέρουσα τοιχοποιία. Παράλληλα άρχισαν να ανακαλύπτονται ξανά τα ξεχασμένα προτερήματα της τοιχοποιίας όπως : Θερμομόνωση, Πυρασφάλεια, Αντοχή στο χρόνο, Αισθητική υπεροχή.
- Τροχοπέδη στην ανάπτυξη της διεθνούς συνεργασίας για την προώθηση της έρευνας της φυσικής και μηχανικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας είναι η πολυμορφία και πολυτυπία του ίδιου του υλικού, που έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη δυσκολία προτυποποίησης υλικών και μεθόδων.
- Χώρες με μεγάλη παράδοση σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία διέθεταν σχετικούς κανονισμούς οι οποίοι όμως χαρακτηρίζονταν από μεγάλη ανομοιομορφία ορισμών,

μεθόδων ανάλυσης και διαστασιολόγησης και μεγάλη διασπορά τιμών για τις μηχανικές ιδιότητες των διαφόρων τύπων τοιχοποιίας. Το πρώτο σχέδιο Ευρωκώδικα για κατασκευές από τοιχοποιία κυκλοφόρησε μόλις το 1989. Στην Ελλάδα μέχρι το 1995 το κενό καλυπτόταν από τον αντίστοιχο Γερμανικό Κανονισμό. Τη χρονιά εκείνη υιοθετήθηκε με Υπουργική Απόφαση η μετάφραση του προσωρινού κειμένου ENV 1996-1-1 [1α], το οποίο απηχούσε τις μέχρι τότε απόψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN), και το αντίστοιχο Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής [1β]. Από τον Ιανουάριο του 2011 τα τελικά κείμενα των διαφόρων μερών του Ευρωκώδικα 6, κυριότερο από τα οποία είναι το μέρος 1-1 [1γ], μαζί με τα Εθνικά Προσαρτήματα, αποτελούν το κανονιστικό πλαίσιο για κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία στην Ελλάδα. Το πλαίσιο αυτό συμπληρώνεται και ολοκληρώνεται από τον Ευρωκώδικα 8 [1δ], ιδιαίτερα από το Κεφ. 9 που αναφέρεται αποκλειστικά σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία.

- Σε κάθε μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους σεισμό, στον Ελλαδικό χώρο αλλά και παγκόσμια, διαπιστώνεται η υψηλή τρωτότητα των παλαιών κτισμάτων από φέρουσα τοιχοποιία. Η αδυναμία αυτή μπορεί να αποδοθεί σε μία σειρά από λόγους όπως:
  - Η ψαθυρότητα της άοπλης τοιχοποιίας.
  - Η ανεπαρκής διαφραγματική λειτουργία πατωμάτων και στεγών.
  - Η ανεπαρκής σύνδεση οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων του φέροντα οργανισμού.
  - Η παντελής απουσία ή η μη τήρηση της μελέτης όταν αυτή υπάρχει.
  - Οι κάθε είδους κακοτεχνίες.
  - Οι κατά καιρούς επεμβάσεις τροποποιήσεις και προσθήκες.
  - Η κακή συντήρηση και η γήρανση των υλικών.
- Η γνώση των Πολιτικών Μηχανικών όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες της τοιχοποιίας και τη δομή και συμπεριφορά κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία ήταν γενικά μέχρι πρόσφατα ανεπαρκής και επιφανειακή. Μόλις τα τελευταία χρόνια έχει ενταχθεί στα προπτυχιακά προγράμματα σπουδών των Ελληνικών Πολυτεχνείων περιορισμένος αριθμός μαθημάτων επιλογής με αντικείμενο τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία.

1.2 Τύποι Τοιχοποιιών – Ορολογία

1.2.1 Κατάταξη τοιχοποιιών με κριτήριο το είδος των λιθοσωμάτων

Α. Λιθοδομές
- α. Ξηρολιθοδομές
  - i Αργοξηρολιθοδομές (Ξηρολιθιές)
  - ii Ημιλάξευτες ξηρολιθοδομές } Λιθοδομές κλασικής αρχαιότητας
  - iii Λαξευτές ξηρολιθοδομές
- β. Αργολιθοδομές
- γ. Ημιλάξευτες λιθοδομές
- δ. Λαξευτές λιθοδομές

Β. Πλινθοδομές
  α. Ωμοπλινθοδομές
  β Οπτοπλινθοδομές
    i. Συμπαγών πλίνθων με ή χωρίς σκάφη
    ii. Διάτρητων πλίνθων (οριζόντιες οπές)
    iii. Ορθότρυπων πλίνθων (κατακόρυφες οπές ή διάκενα)
Γ. Τσιμεντολιθοδομές - Γυψοδομές
  α. Τσιμεντοπλίνθων βαρέως τύπου
  β. Πλίνθων ελαφροσκυροδέματος (Κισσηρόπλινθοι)
  γ. Πλίνθων αεροσκυροδέματος
  δ. Γυψοπλίνθων (Για μη φέροντα ηχομονωτικά χωρίσματα)
Δ. Μικτές τοιχοποιίες
  α. Λιθοπλινθοδομές
  β. Ξυλόπηκτες τοιχοποιίες (Τσατμάδες)
  γ. Σύνθετες τοιχοποιίες (Με επένδυση όψεως κ.τ.λ.)

1.2.2 Ονομασίες τοιχοποιιών με κριτήριο τον τύπο πλέξης των λιθοσωμάτων

α. Ανισόδομη τοιχοποιία
β. Ισόδομη τοιχοποιία
  i. Ισοϋψές σύστημα
  ii. Ανισοϋψές σύστημα
γ. Έμπλεκτες τοιχοποιίες
δ. Δρομική τοιχοποιία
ε. Μπατική τοιχοποιία
στ. Υπερμπατική τοιχοποιία
ζ. Οπλισμένη τοιχοποιία

1.2.3 Βασικοί τύποι τοιχοποιιών κατά ΕC6 (Σχ. 1.1)

α. Άοπλη τοιχοποιία

β. Διαζωματική τοιχοποιία [28]

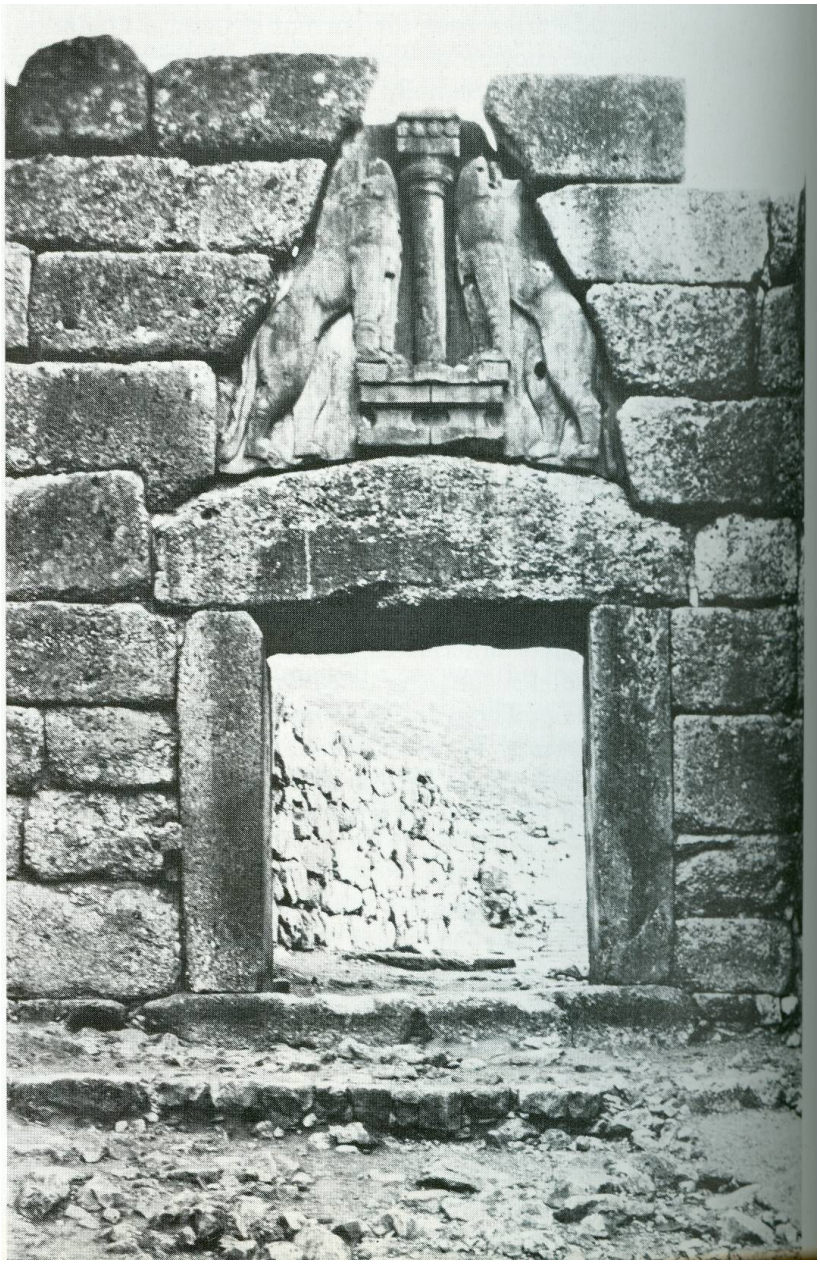
γ. Οπλισμένη τοιχοποιία [28]

δ. Προεντεταμένη τοιχοποιία [28]

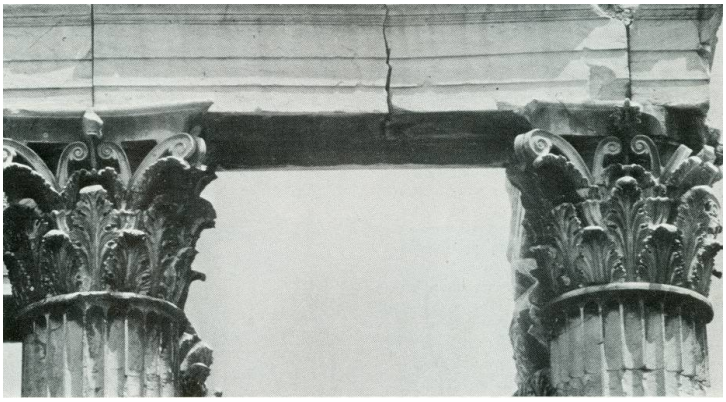
Σχ. 1.1: Βασικοί τύποι τοιχοποιιών κατά ΕC6

1.3 Ιστορική εξέλιξη

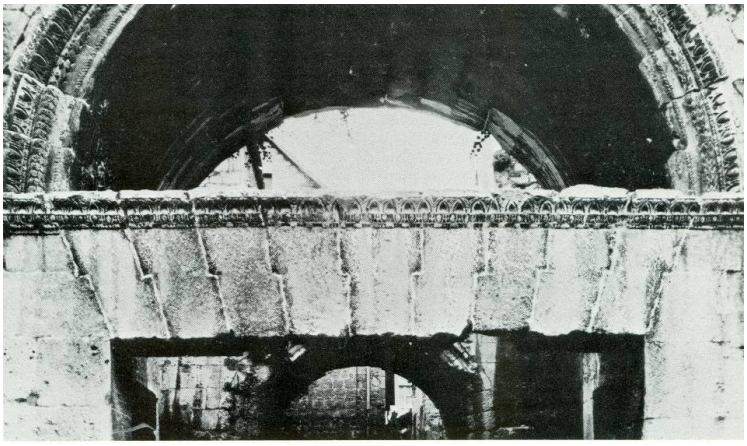
Χαρακτηριστικές εικόνες από το βιβλίο “Developments in Structural Form”, R. Mainstone, 1975 [18].



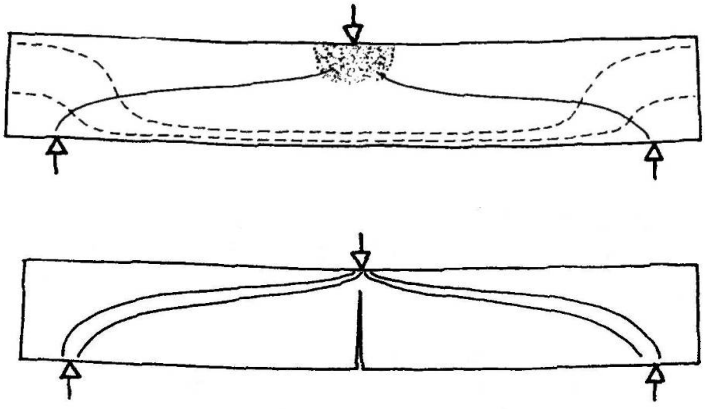
Σχ. 1.2: Πύλη των Λεόντων, Ανάκτορο Μυκηνών



Σχ. 1.3: Ναός Διός, Αθήνα, αστοχία Μονολιθικού Επιστύλιου



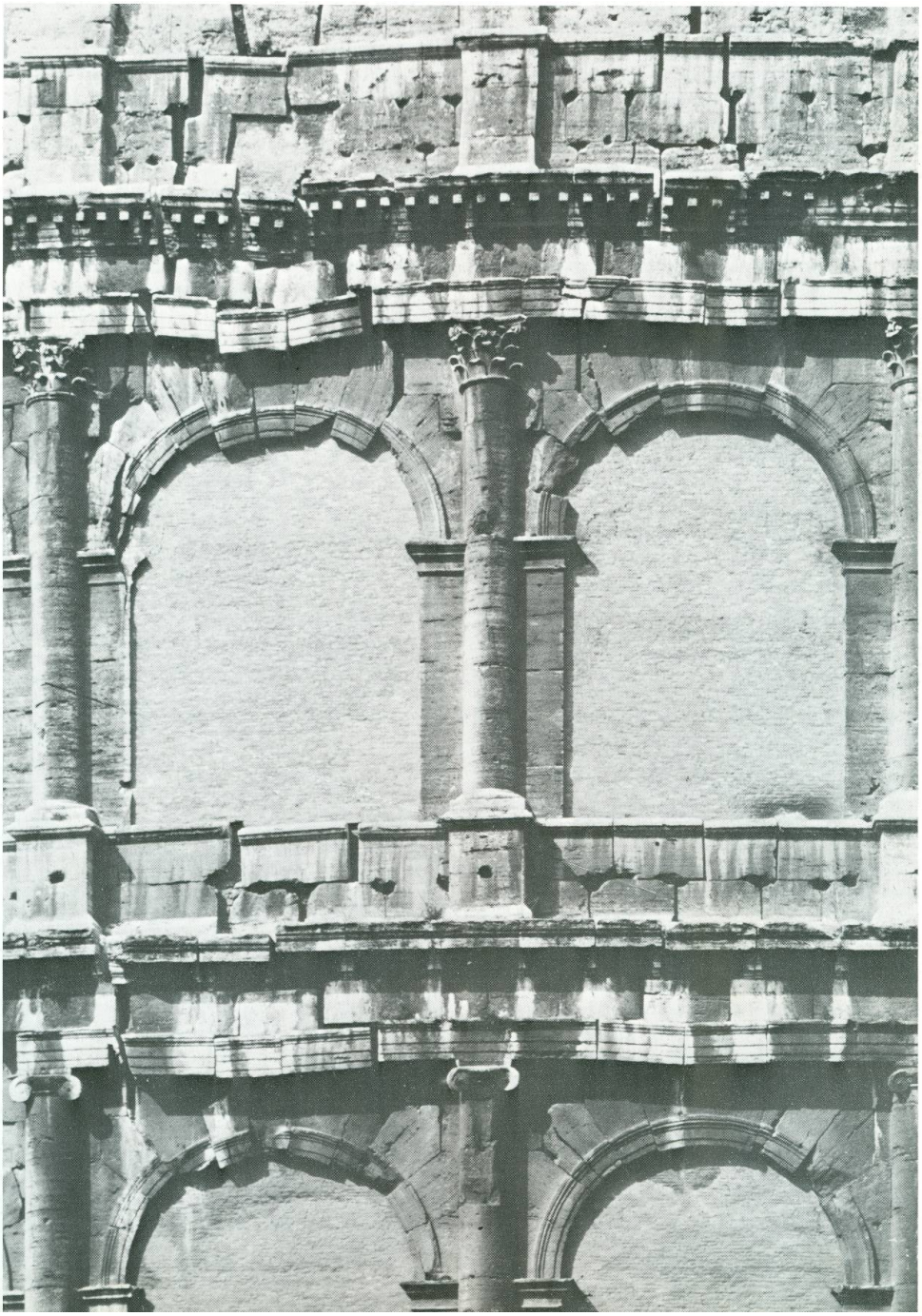
Σχ. 1.4: Παλάτι Διοκλητιανού, Split Κροατίας, Βόρεια Πύλη



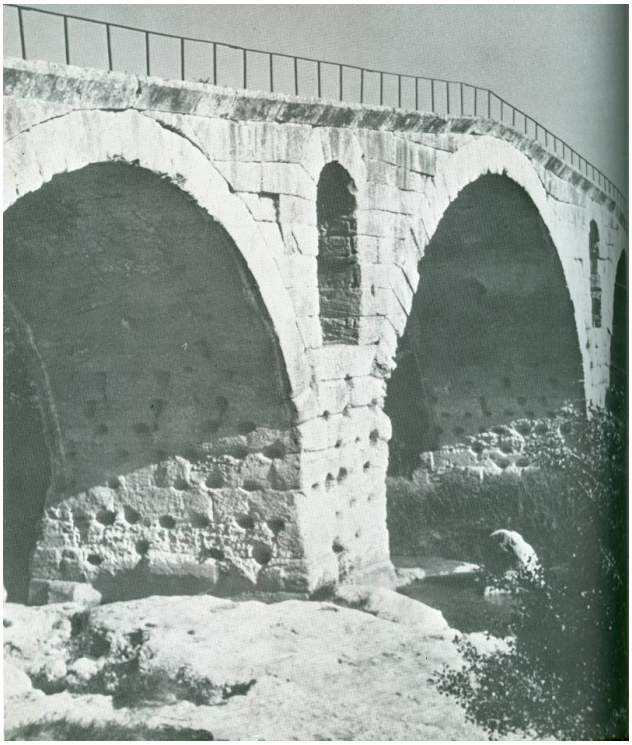
Σχ. 1.5: Λειτουργία μονολιθικής δοκού

Σχ. 1.6: Ναός της Ομόνοιας, Agrigento, Σικελία

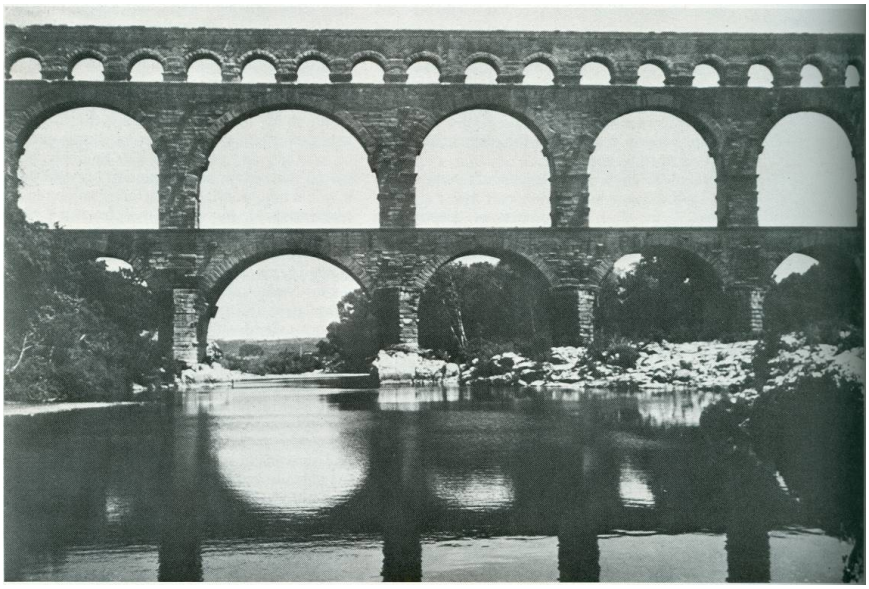
Σχ. 1.7: Ημιτελής Ναός, Segesta, Σικελία



Σχ. 1.8: Κολοσσαίο, Ρώμη, περιμετρική τοξοστοιχία

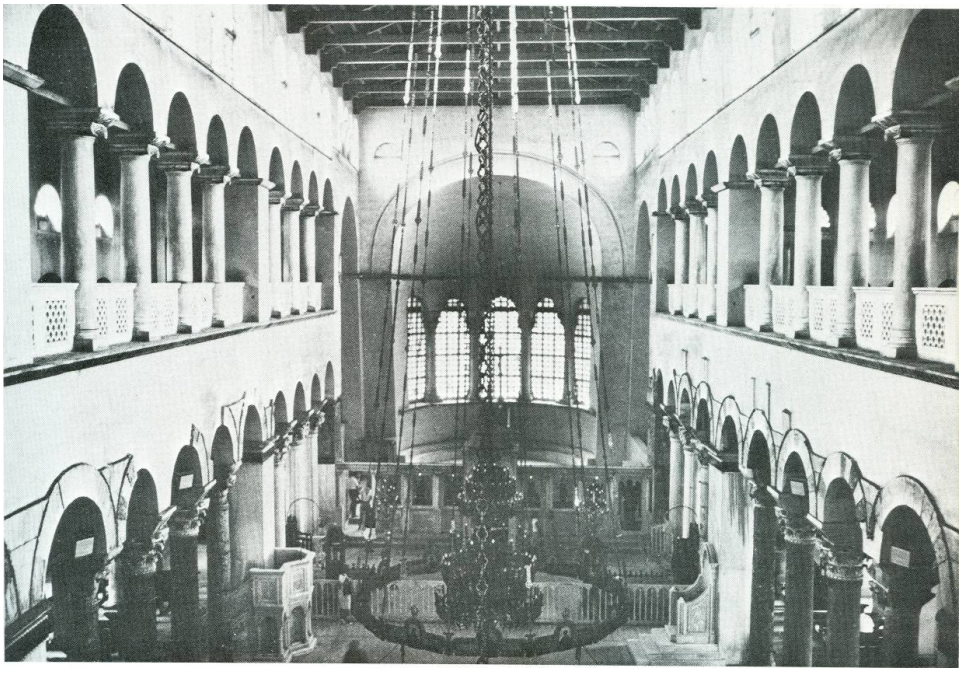


Σχ. 1.9: Ρωμαϊκή Γέφυρα, Προβηγκία, Γαλλία



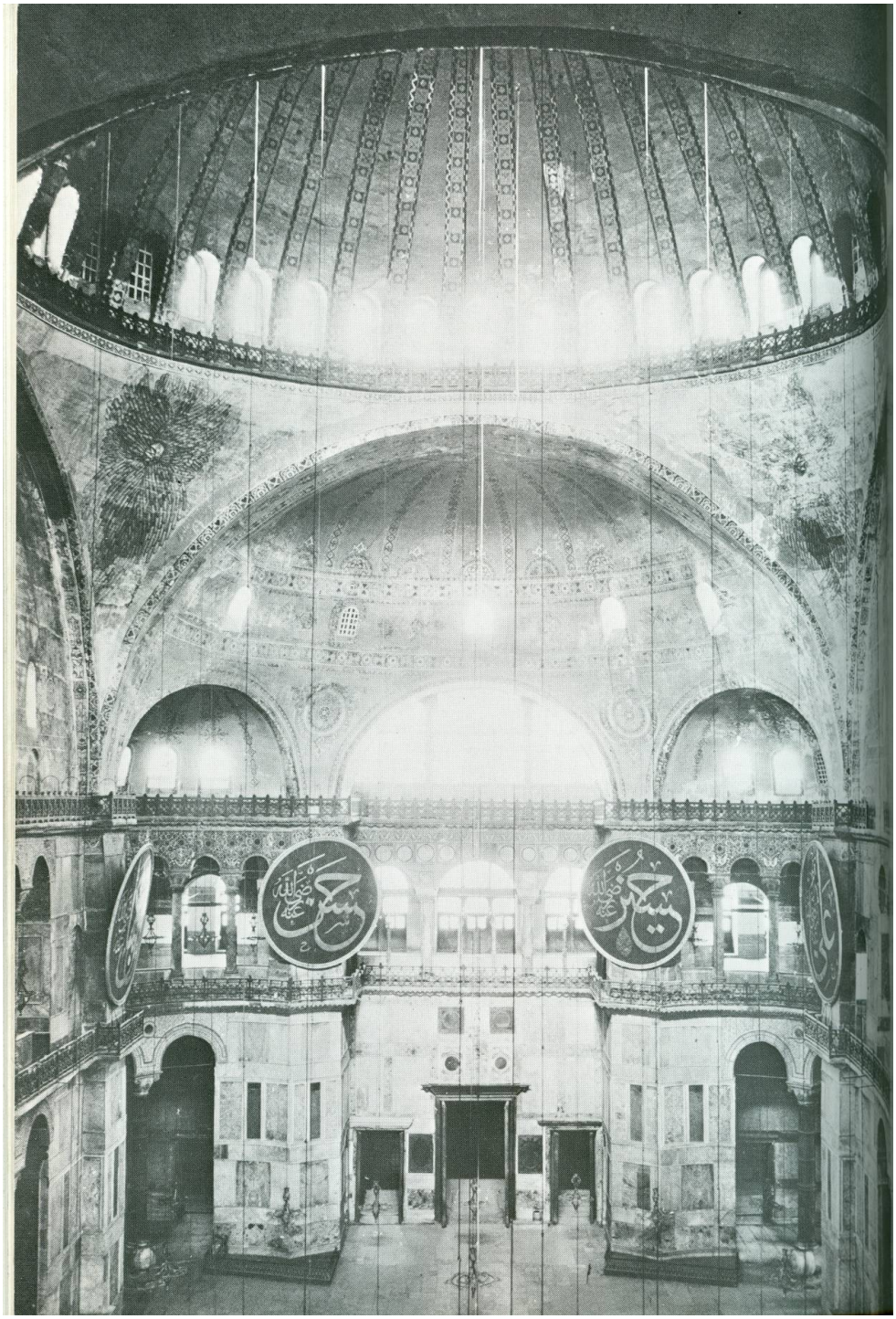
Σχ. 1.10: Ρωμαϊκό Υδραγωγείο, Προβηγκία, Γαλλία

Σχ. 1.11: Εκκλησία S. Lorenzo, Ρώμη

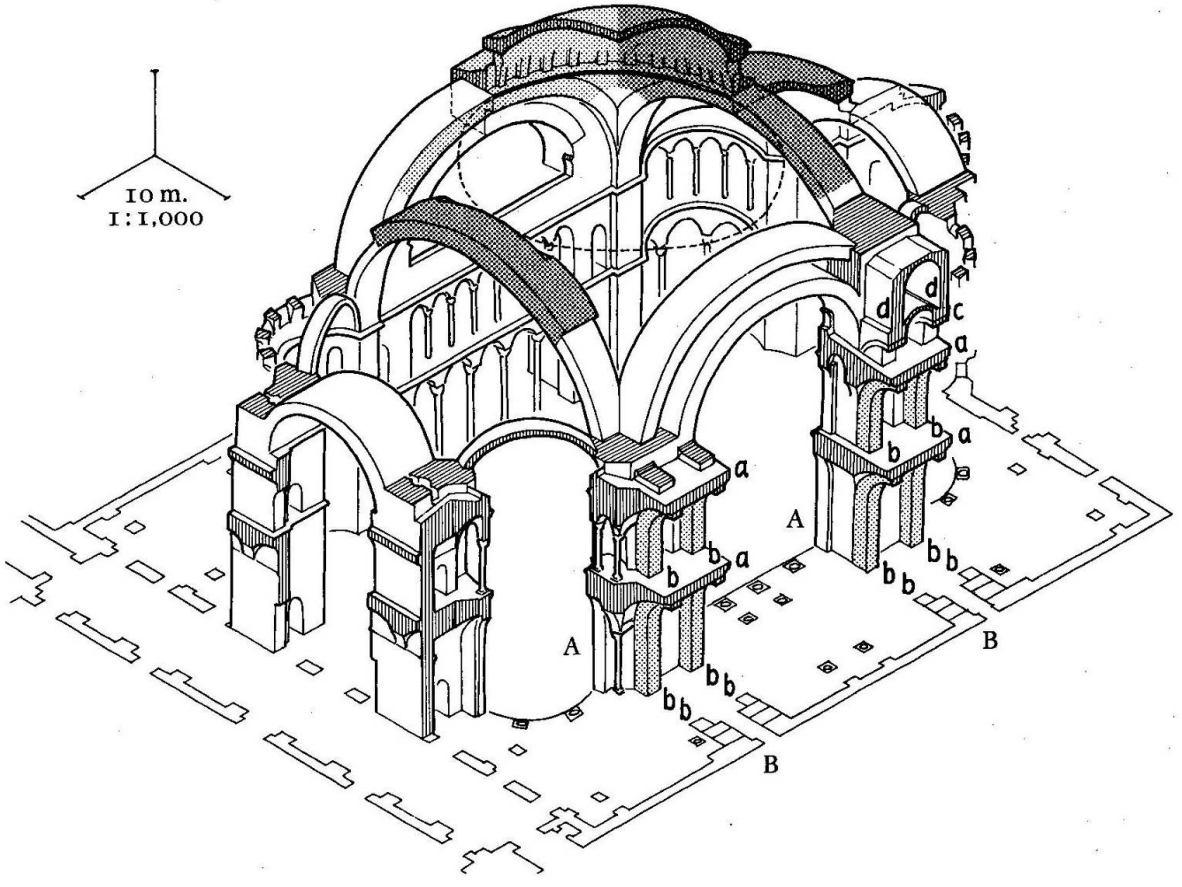


Σχ. 1.12: Εκκλησία Αγίου Δημητρίου, Θεσσαλονίκη

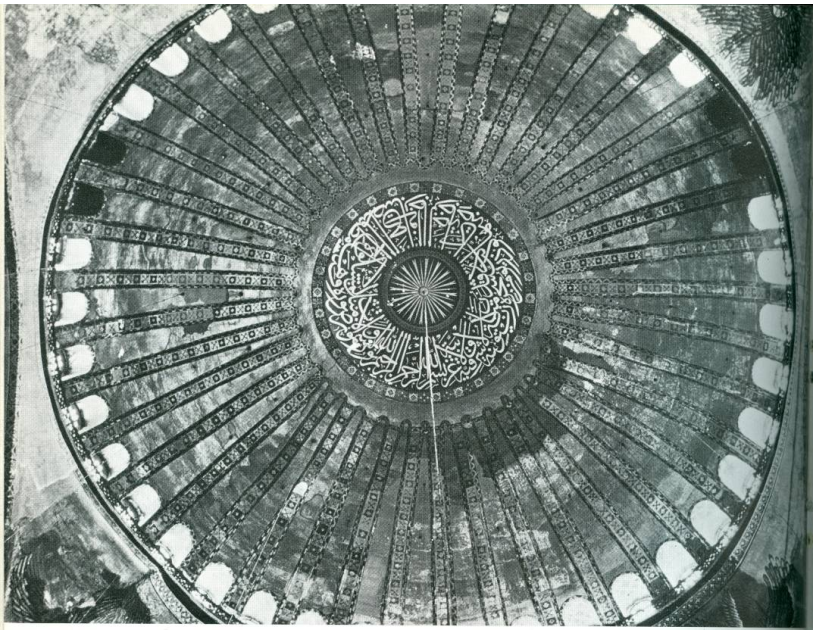
Σχ. 1.13: Θησαυρός του Ατρέα, Μυκήνες



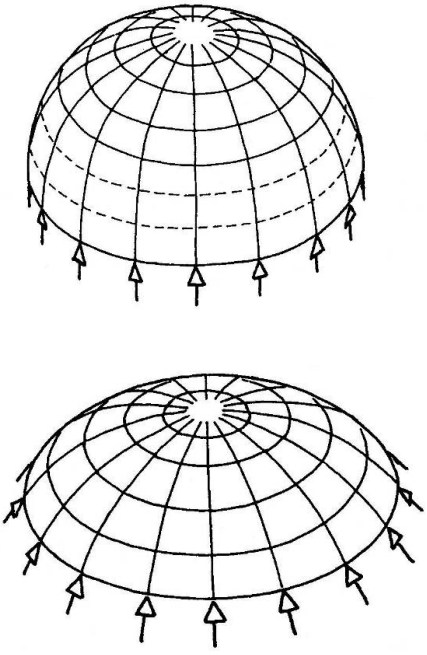
Σχ. 1.14: Αγία Σοφία, Κωνσταντινούπολη



Σχ. 1.15: Αγία Σοφία, Κωνσταντινούπολη, ισομετρική απεικόνιση του φέροντα οργανισμού

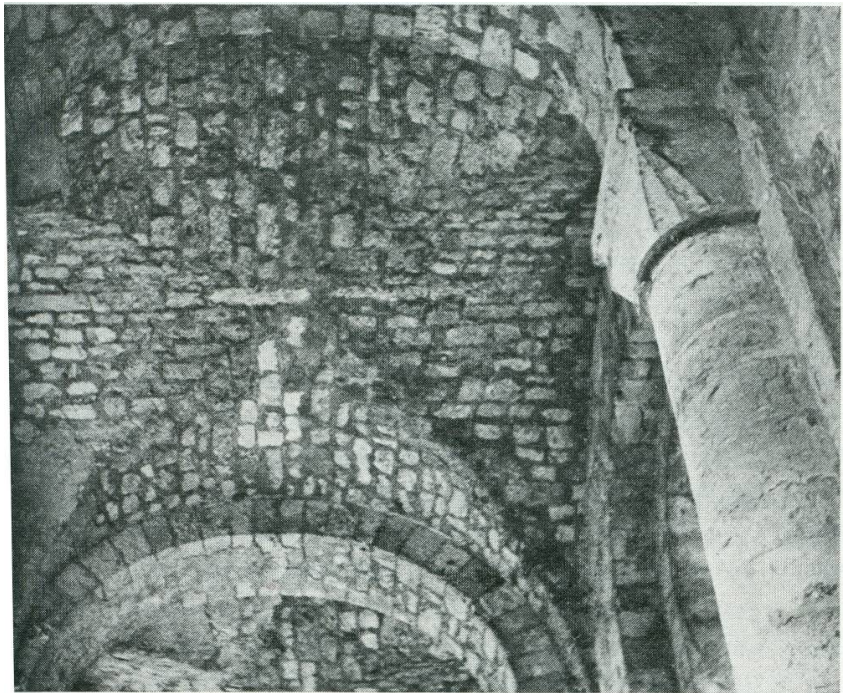


Σχ. 1.16: Αγία Σοφία, Κωνσταντινούπολη, κεντρικός θόλος



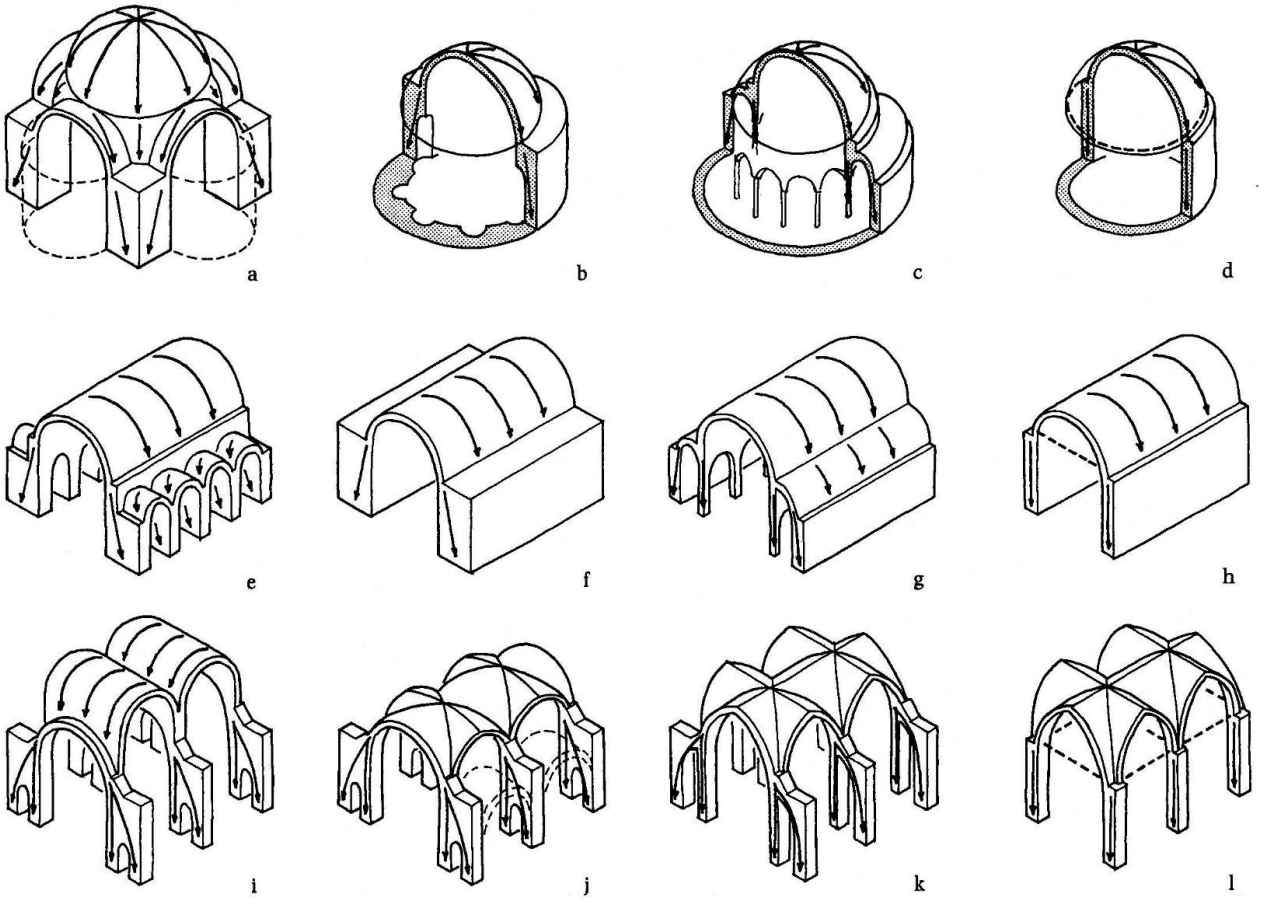
Σχ. 1.17: Σφαιρικό κέλυφος, ισοτασικές κύριων τάσεων

Σχ. 1.18: Αγία Σοφία, Κωνσταντινούπολη, θόλοι δυτικού περιδρόμου



Σχ. 1.19: Ναός στη Γαλλία, θόλοι Νάρθηκα

Σχ. 1.20: Καθεδρικός Ναός Φλωρεντίας



Σχ. 1.21: Φέροντες οργανισμοί θολωτών και καμαρωτών κατασκευών

Σχ. 1.22: Πολυώροφες κατασκευές από ξυλόπηκτη τοιχοποιία, Αμβούργο

1.4 Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών

1.4.1 Λιθοσώματα

1.4.1.1 Λίθοι

Οι λίθοι προέρχονται από διάφορα φυσικά πετρώματα τα οποία είναι ψαθυρά υλικά με σχετικά μεγάλη θλιπτική αντοχή, μικρή παραμόρφωση αστοχίας και μικρή εφελκυστική αντοχή. Όπως όλα τα φυσικά υλικά, τα πετρώματα χαρακτηρίζονται από μεγάλη διασπορά μηχανικών χαρακτηριστικών. Στους Πίνακες 1.1 και 1.2 δίνονται οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των συνήθων πετρωμάτων. Οι τιμές του Πίνακα 1.2 αναφέρονται σε δοκίμια ξηρού πετρώματος. Οι αντοχές κεκορεσμένων δοκιμίων είναι μικρότερες ή μεγαλύτερες κατά περίπτωση.

1.4.1.2 Πλίνθοι

- Κατάταξη πλίνθων με κριτήριο το υλικό κατασκευής τους:
  α. Ωμόπλινθοι (earthbricks): Είναι γνωστές με το όνομα πλίθρες ή πλιθιά. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ευρύτατα σε όλα τα μήκη και πλάτη της γης. Σήμερα χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα μόνο σε υπανάπτυκτες χώρες και για δευτερεύουσες κατασκευές. Κατασκευάζονται από πηλό με ανάμειξη άχυρου, ινών λιναριού ή κάνναβης ή τριχών ζώων για πρόσδοση συνοχής και ξηραίνονται σε καλούπια στον ήλιο. Οι ωμόπλινθοι εμφανίζουν χαμηλά μηχανικά χαρακτηριστικά έχουν όμως υψηλή θερμομονωτική ικανότητα. Τα τελευταία χρόνια γίνεται σοβαρή προσπάθεια ανάπτυξης ωμοπλίνθων με σχετικά αυξημένες αντοχές μέσω ισχυρής συμπίεσης.
  β. Πηλοτσιμεντόπλινθοι (soil-cement blocks): Είναι σε χρήση σε χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας και της Αφρικής. Κατασκευάζονται από πηλό με ανάμειξη τσιμέντου σε ποσοστό περίπου 5% κατά βάρος ξηρού εδάφους και ξηραίνονται στον ήλιο. Παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένες μηχανικές ιδιότητες σε σύγκριση με τους ωμοπλίνθους. Δεν είναι σε χρήση στον Ελληνικό χώρο.
  γ. Αργιλικές οπτόπλινθοι (clay bricks): Είναι τα γνωστά κοκκινόχρωμα τούβλα διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, χωρίς ή με οπές διαφόρων διευθύνσεων. Κατασκευάζονται από αργιλικό πηλό ο οποίος είτε συμπιέζεται και μορφοποιείται σε καλούπια είτε, συνηθέστερα, εξωθείται μέσω κατάλληλης μήτρας και στη συνέχεια ψήνεται σε υψηλή θερμοκρασία για πρόσδοση αντοχής. Η πυκνότητα και το βάρος μπορούν να μειωθούν με αερακτικά πρόσθετα με παράλληλη βελτίωση των θερμομονωτικών ιδιοτήτων. Είναι η κύρια μορφή πλίνθων σε χρήση στον Ελληνικό χώρο.
  δ. Ασβεστοπυριτικές οπτόπλινθοι (calcium – silicate bricks): Κατασκευάζονται από μείγμα πυριτικής άμμου και ασβέστου και ψήνονται σε ειδικούς φούρνους υπό πίεση. Δεν είναι σε χρήση στον ελληνικό χώρο.

Πίνακας 1.1: Φυσικές ιδιότητες πετρωμάτων [26]

Πέτρωμα	Τύπος	Τόπος δοκιμών	Φαινόμενο ειδικό βάρος	Πραγματικό ειδικό βάρος	Πορώδες $(\gamma - \gamma')/\gamma'$	Συντελεστής θερμικής διαστολής
			$\gamma'(KN/m^3)$	$\gamma\ (KN/m^3)$	(% κατ' όγκο)	$grad^{-1}$
Γρανίτης, Συηνίτης	Ε.	Η.Π.Α.	26.0 ÷ 30.4	26.0 ÷ 30.8	0.4 ÷ 3.8	$(6.3 \div 9.0) \times 10^{-6}$
Διορίτης, Γάβρος	Ε.	Γερμανία	28.0 ÷ 30.0	28.5 ÷ 30.5	0.5 ÷ 1.2	-
Πορφυρίτης, Ανδεσίτης	Ε.	Γερμανία	25.5 ÷ 28.0	25.8 ÷ 28.3	0.4 ÷ 1.8	-
Βασάλτης	Ε.	Γερμανία	29.5 ÷ 30.0	30.0 ÷ 31.5	0.2 ÷ 0.9	-
Λάβα	Ε.	Γερμανία	22.0 ÷ 23.5	30.0 ÷ 31.5	20.0 ÷ 25.0	-
Διαβάσης	Ε.	Γερμανία	28.0 ÷ 29.0	28.5 ÷ 29.5	0.3 ÷ 1.1	-
Γραουβάκης	Ι.	Γερμανία	26.0 ÷ 26.5	26.4 ÷ 26.8	0.4 ÷ 2.0	-
Χαλαζιακός ψαμμίτης	Ι.	Γερμανία	26.0 ÷ 26.5	26.4 ÷ 26.8	0.4 ÷ 2.0	-
Ηφαιστειακός τόφφος	Ι.	Γερμανία	18.0 ÷ 20.0	26.2 ÷ 27.5	20.0 ÷ 30.0	-
Ασβεστόλιθος	Ι.	Η.Π.Α.	18.7 ÷ 26.9	27.0 ÷ 28.6	1.10 ÷ 31.0	$(4.2 \div 22.0) \times 10^{-6}$
Ασβεστίτης – Δολομίτης	Ι.	Γερμανία	26.5 ÷ 28.5	27.0 ÷ 29.0	0.5 ÷ 2.0	-
Ψαμμίτης	Ι.	Η.Π.Α.	22.0 ÷ 27.0	-	1.9 ÷ 27.3	$(5.0 \div 12.0) \times 10^{-6}$
Τραβερτίνης	Ι.	Γερμανία	24.0 ÷ 25.0	26.9 ÷ 27.2	5.0 ÷ 12.0	-
Γνεύσιος, Γρανουλίτης	Μ.	Γερμανία	26.5 ÷ 30.0	26.7 ÷ 30.5	0.4 ÷ 2.0	-
Μάρμαρο	Μ.	Η.Π.Α.	26.4 ÷ 28.6	27.2 ÷ 28.8	0.4 ÷ 2.1	$(3.6 \div 16.0) \times 10^{-6}$
Σερπεντίνης	Μ.	Η.Π.Α.	25.0 ÷ 28.0	-	-	-
Σχιστόλιθος	Μ.	Η.Π.Α.	27.4 ÷ 28.9	27.7 ÷ 29.0	0.1 ÷ 1.7	$(9.4 \div 12.0) \times 10^{-6}$

Ε. : Εκρηξιγενή, Ι. : Ιζηματογενή, Μ. : Μεταμορφωσιγενή

Πίνακας 1.2: Μηχανικές ιδιότητες πετρωμάτων [26]

Πέτρωμα	Τύπος	Τόπος δοκιμών	Αντοχή σε				Μέτρο ελαστικότητας	Λόγος Poisson
			Θλίψη	Κάμψη	Διάτμηση	Εφελκυσμό		
			(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	v
Γρανίτης, Συηνίτης	Ε.	Η.Π.Α.	54.0÷422.0	10.0÷36.5	14.0÷34.0	4.0÷7.0	40.0 ÷ 57.0	0.23÷0.27
Διορίτης, Γάβρος	Ε.	Γερμανία	170.0÷300.0	10.0÷22.0	-	-	70.0÷110.0	0.26÷0.29
Πορφυρίτης, Ανδεσίτης	Ε.	Γερμανία	180.0÷300.0	15.0÷20.0	-	-	-	-
Βασάλτης	Ε.	Γερμανία	250.0÷400.0	15.0÷25.0	-	-	-	-
Λάβα	Ε.	Γερμανία	80.0÷150.0	8.0÷12.0	-	-	-	-
Διαβάσης	Ε.	Γερμανία	180.0÷250.0	15.0÷25.0	-	-	-	-
Γραουβάκης	Ι.	Γερμανία	150.0÷300.0	13.0÷25.0	-	-	-	-
Χαλαζιακός ψαμμίτης	Ι.	Γερμανία	120.0÷200.0	12.0÷20.0	-	-	-	-
Ηφαιστειακός τόφφος	Ι.	Γερμανία	20.0÷30.0	2.0÷6.0	-	-	-	-
Ασβεστόλιθος	Ι.	Η.Π.Α.	18.0÷197.0	3.5÷14.0	5.5÷32.0	2.0÷6.5	10.5÷87.0	0.27÷0.30
Ασβεστίτης – Δολομίτης	Ι.	Γερμανία	80.0÷180.0	6.0÷15.0	-	-	-	-
Ψαμμίτης	Ι.	Η.Π.Α.	35.0÷140.0	5.0÷16.0	2.0÷21.0	2.0÷3.5	13.0÷54.0	-
Τραβερτίνης	Ι.	Γερμανία	20.0÷60.0	4.0÷10.0	-	-	-	-
Γνεύσιος	Μ.	Γερμανία	160.0÷280.0	-	-	-	-	-
Μάρμαρο	Μ.	Η.Π.Α.	56.0÷350.0	4.0÷34.5	9.0÷45.5	1.0÷16.0	50.5÷102.0	0.27÷0.30
Σερπεντίνης	Μ.	Η.Π.Α.	77.0÷197.0	9.0÷77.0	-	5.5÷11.0	34.0÷67.5	
Σχιστόλιθος	Μ.	Η.Π.Α.	-	42.0÷105.0	14.0÷25.0	21.0÷30.0	69.0÷126.5	0.15÷0.20
Αμφιβολίτης	Μ.	Η.Π.Α.	100.0÷350.0	-	-	-	96.0÷124.0	0.28÷0.30

Οι τιμές του Πίνακα ισχύουν για την περίπτωση ξηρού πετρώματος. Εάν το πέτρωμα είναι κεκορεσμένο οι τιμές μεταβάλλονται κατά περίπτωση από το 0.54 έως το 1.35 των αντίστοιχων τιμών για ξηρό πέτρωμα

Ε. : Εκρηξιγενή, Ι. : Ιζηματογενή, Μ.: Μεταμορφωσιγενή

ε. Τσιμεντόπλινθοι (concrete blocks): Διακρίνονται σε βαρέως, ελαφρού τύπου και πλίνθους αεροσκυροδέματος. Κατασκευάζονται από λεπτόκοκκα αδρανή (ασβεστολιθικά, κίσσηρη, σκουριές καμίνων κ.λ.π.), τσιμέντο ή και άσβεστο και μορφοποιούνται σε καλούπια με μεγάλες οπές ή διάκενα.

στ. Πλίνθοι αερογυψοκονιάματος: Κατασκευάζονται από ελαφρά αδρανή και γυψοκονίαμα με προσθήκη αερακτικών για μείωση του βάρους και μορφοποιούνται σε καλούπια. Χρησιμοποιούνται κυρίως για μη φέρουσες τοιχοποιίες (διαχωριστικοί τοίχοι).

- Κατάταξη των πλίνθων με κριτήριο τη μορφή τους (Σχ. 1.23):

α. Πλήρεις πλίνθοι (solid units): Χωρίς διάκενα και οπές.

β. Θεωρούμενες πλήρεις πλίνθοι (Equivalent solid units): Με οπές ή κοιλότητες σε κατακόρυφη διεύθυνση, κάτω του 25% του όγκου της πλίνθου και μηχανική συμπεριφορά παρόμοια της πλήρους πλίνθου.

γ. Κατακορύφως διάτρητες πλίνθοι (vertically perforated units): Με οπές, εμβαδού μικρότερου των 50cm2, σε κατακόρυφη διεύθυνση και σε ποσοστό 25 - 50% του όγκου της πλίνθου.

δ. Οριζοντίως διάτρητες πλίνθοι (horizontally perforated units): Με οπές σε οριζόντια διεύθυνση που το συνολικό εμβαδόν τους μπορεί και να υπερβαίνει το 50% της αντίστοιχης διατομής της πλίνθου.

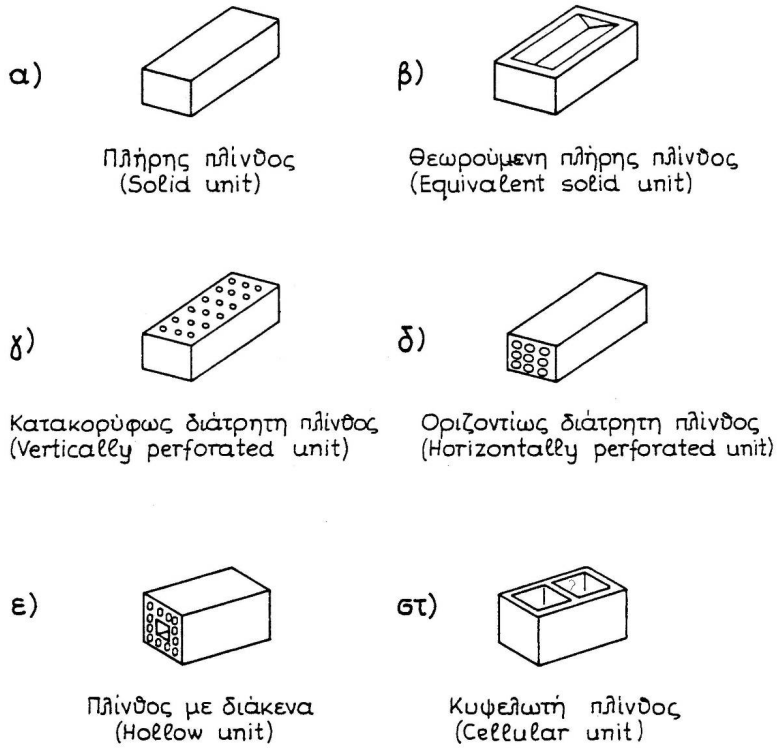
ε. Πλίνθοι με διάκενα (hollow units): Με οπές ανεξαρτήτως μεγέθους σε ποσοστό 25 – 50% του όγκου της πλίνθου.

στ. Κυψελωτές πλίνθοι (cellular units): Με μη διαμπερείς οπές ανεξαρτήτως μεγέθους σε ποσοστό 25 – 50% του όγκου της πλίνθου.

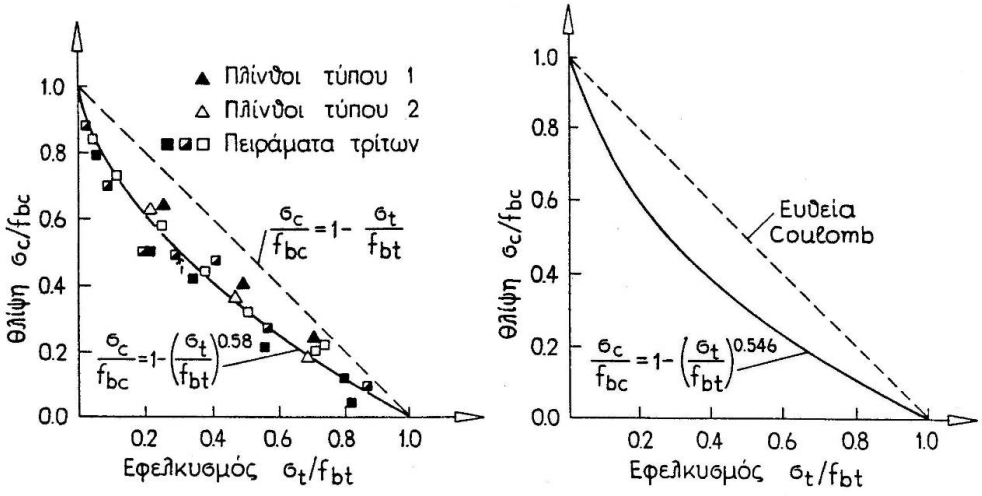
- Μηχανικά χαρακτηριστικά των πλίνθων

Είναι προφανές ότι τα μηχανικά χαρακτηριστικά των πλίνθων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας. Η θλιπτική αντοχή των αργιλικών τούβλων επηρεάζεται πολύ από την πρώτη ύλη, από τη διαδικασία παραγωγής και τον βαθμό όπτησής τους, αλλά και από το σχήμα και τη μορφή τους. Έτσι αναφέρονται τιμές μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής μικρότερες των 5.0MPa για οριζοντίως διάτρητες πλίνθους έως και 140.0MPa για πλήρεις μηχανοποίητες πλίνθους. Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι οι κορεσμένες αργιλικές πλίνθοι εμφανίζουν μείωση της θλιπτικής αντοχής ξηρού δοκιμίου σε ποσοστό έως και 20%.

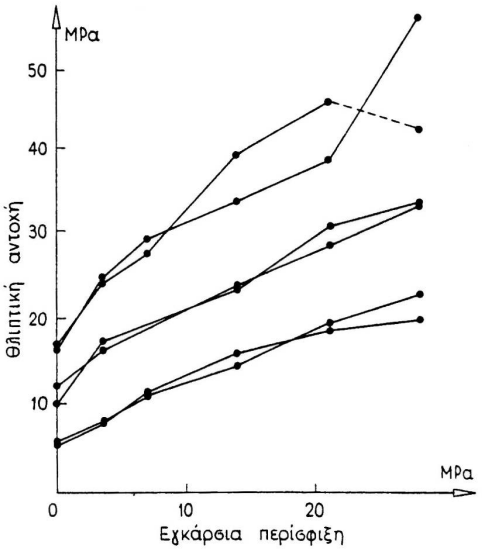
Όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια (Κεφ. 2.2), οι πλίνθοι στο σώμα της τοιχοποιίας βρίσκονται συνήθως υπό ετερόσημη τριαξονική καταπόνηση (θλίψη στον κατακόρυφο άξονα και εφελκυσμός στις δύο εγκάρσιες διευθύνσεις: -,+,+). Στα Σχ. 1.24 και 1.25 παρουσιάζονται πειραματικά αποτελέσματα απόκρισης πλίνθων υπό ετερόσημη διαξονική καταπόνηση και υπό τριαξονική θλιπτική καταπόνηση αντίστοιχα (θλίψη υπό εγκάρσια περίσφιξη). Οι πλίνθοι εμφανίζουν την τυπική συμπεριφορά ψαθυρού υλικού η οποία χαρακτηρίζεται από θεαματική μείωση της θλιπτικής αντοχής υπό εγκάρσιο εφελκυσμό και αντίθετα από σημαντική αύξηση της θλιπτικής αντοχής υπό εγκάρσια περίσφιξη.



Σχ. 1.23: Συνήθεις μορφές πλίνθων [3]



Σχ. 1.24: Περιβάλλουσες αστοχίας αργιλικών τούβλων υπό ετερόσημη διαξονική καταπόνηση [19], [20]



Σχ. 1.25: Αύξηση θλιπτικής αντοχής κυλινδρικών δοκιμίων οπτοπλίνθων λόγω εγκάρσιας περίσφιξης [21]

1.4.2 Κονιάματα

- Κατάταξη των κονιαμάτων με κριτήριο τη σύνθεσή τους:
  - α. Πηλοκονιάματα: Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ευρύτατα, σήμερα όμως βρίσκονται μόνο σε διατηρητέα κτίρια της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Παρασκευάζονταν από ανάμειξη πηλού υψηλής εργασιμότητας με άχυρα ή άλλα ινώδη υλικά για πρόσδοση συνοχής.
  - β. Ασβεστοκονιάματα: Παρασκευάζονται από άμμο και άσβεστο σε κατάλληλες αναλογίες.
  - γ. Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα: Όπως ο τύπος (β) με προσθήκη τσιμέντου σε διάφορες αναλογίες.
  - δ. Τσιμεντοκονιάματα: Τσιμέντο και άμμος σε κατάλληλες αναλογίες με πρόσθετα πλαστικοποιητικά για βελτίωση της εργασιμότητας.
  - ε. Ελαφροκονιάματα: Όπως οι τύποι (β) και (γ) με χρήση ελαφρών αδρανών (ειδικό βάρος ≤10.0KN/m3).
  - στ. Έτοιμα κονιάματα: Προδοσολογημένα μείγματα σε σάκους εν ξηρώ με προσθήκη νερού επί τόπου σε συγκεκριμένη αναλογία.
  - ζ. Κονιάματα λεπτής στρώσης: Όπως ο τύπος (στ) αλλά με μέγιστο κόκκο αδρανών ≤1.0mm και ειδικά πρόσθετα ομογενοποίησης.

Στους Πίνακες 1.3, 1.4, 1.5 παρουσιάζονται οι κατηγορίες και οι αντίστοιχες συνθέσεις και θλιπτικές αντοχές κονιαμάτων σύμφωνα με τους παλιούς Αμερικανικούς, Βρετανικούς και Γερμανικούς κανονισμούς, αντίστοιχα, ενώ στον Πίνακα 1.6 σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 6.

Πίνακας 1.3: Κατάταξη κονιαμάτων δόμησης κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές [22]

Τύπος Κονιάματος	Μέση θλιπτική αντοχή 28 ημερών		Σύνθεση σε μέρη κατ' όγκο		
	psi	MPa	Τσιμέντο	Υδράσβεστος	Άμμος
M	2500	18.0	1.00	0.25	3.00
S	1800	13.0	1.00	0.50	4.50
N	750	5.5	1.00	1.00	6.00
O	350	2.5	1.00	2.00	9.00
K	75	0.5	1.00	4.00	15.00

Πίνακας 1.4: Κατάταξη κονιαμάτων δόμησης κατά τις παλιές Βρετανικές προδιαγραφές [23]

Τύπος Κονιά-ματος	Μέση θλιπτική αντοχή 28 ημερών (MPa)		Σύνθεση κονιάματος σε μέρη όγκου				
	Δοκιμή στο Εργαστήριο	Δοκιμή επί τόπου	Τσιμέντο Άσβεστης Άμμος	Τσιμέντο Τοιχοποιίας Άμμος	Τσιμέντο Άμμος και Πλαστικο-ποιητής	Αυξημένη	
						Αντοχή	Παρα-μορφω-σιμότητα
(i)	16.0	11.0	1/0÷¼/3	-	-	↑	↓
(ii)	6.5	4.5	1/½÷4/4½	1/2½÷3½	1/3÷4		
(iii)	3.6	2.5	1/1/5÷6	1/4÷5	1/5÷6		
(iv)	1.5	1.0	1/2/8÷9	1/5½÷6½	1/7÷8		
Αυξημένη αντίσταση σε παγετό κατά την κατασκευή			→			Παρατηρήσεις	
Βελτιωμένη συνοχή και υδατοστεγανότητα			←				

Πίνακας 1.5: Κατάταξη κονιαμάτων δόμησης κατά τις παλιές Γερμανικές προδιαγραφές [24]

Τύπος Κονιάματος	Θλιπτική αντοχή 28 ημερών (MPa)		Σύνθεση κονιάματος σε μέρη όγκου					
	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή	Τσιμέντο	Τύποι ασβέστου				Άμμος
				a	b	c	d	
I	-	-	-	1	-	-	-	4
				-	1	-	-	3
				-	-	1	-	3
				-	-	-	1	4.5
II	≥2	≥2.5	1	1.5	-	-	-	8
			1	-	2	-	-	8
			-	-	-	-	1	3
IIa	≥4	≥5	1	-	1	-	-	6
			1	-	-	-	2	8
III	≥8	≥10	1	-	-	-	-	4

Πίνακας 1.6: Κατάταξη κονιαμάτων δόμησης κατά τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές [1α]

Κατηγορία κονιάματος	Μέση θλιπτική αντοχή (MPa)	Αναλογίες ανάμιξης (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

- Μηχανικά χαρακτηριστικά κονιαμάτων

Στις σύγχρονες τοιχοποιίες το μικρό πάχος των αρμών περιορίζει το κονίαμα σε ποσοστό κάτω του 15% κατ' όγκο τοιχοποιίας. Έτσι ιδιότητες του κονιάματος όπως η εργασιμότητα, η ικανότητα κατακράτησης νερού, η συνάφεια με τα λιθοσώματα, η ταχύτητα ανάπτυξης αντοχών κατέστησαν σημαντικότερες από τη θλιπτική αντοχή και καθορίζουν το ρόλο του κονιάματος ως παράγοντα σύνδεσης των λιθοσωμάτων και συγκρότησης της τοιχοποιίας μάλλον και δευτερευόντως ως παράγοντα αντοχής.
Αντίθετα σε τοιχοποιίες μνημειακών κτισμάτων ιδίως της Ρωμαϊκής και Βυζαντινής περιόδου, όπου οι αρμοί κονιάματος είναι σχεδόν ισοπαχείς με τις πλακοειδείς πλίνθους της εποχής, το ποσοστό κονιάματος κατ' όγκο τοιχοποιίας φθάνει ή και υπερβαίνει το 50%. Έτσι, στις τοιχοποιίες αυτές, το κονίαμα καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας.

Όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια (Κεφ. 2.2) το κονίαμα στους αρμούς της τοιχοποιίας βρίσκεται συνήθως σε τριαξονική θλιπτική καταπόνηση (θλίψη στον κατακόρυφο άξονα και ισχυρή περίσφιξη στις εγκάρσιες διευθύνσεις: -, -, -). Στα Σχ. 1.26 και 1.27 παρουσιάζονται πειραματικά αποτελέσματα απόκρισης δοκιμίων κονιαμάτων διαφόρων συνθέσεων υπό τριαξονική θλιπτική καταπόνηση. Τα κονιάματα εμφανίζουν την τυπική συμπεριφορά ψαθυρού υλικού με σημαντική αύξηση της θλιπτικής αντοχής και της βράχυνσης αστοχίας υπό εγκάρσια περίσφιξη ενώ συγχρόνως μειώνεται θεαματικά η εγκάρσια διάταση των δοκιμίων.

1.4.3 Ξύλο

Το ξύλο εμφανίζεται στο σώμα των φερουσών τοιχοποιιών παραδοσιακών διατηρητέων κτισμάτων με τη μορφή διαζωμάτων (ξυλοδεσιές) ή ελκυστήρων. Στο Κεφ. 3.4 παρουσιάζεται ο σημαντικός ρόλος των στοιχείων αυτών στη δομική συγκρότηση των κτιρίων. Το ξύλο είναι ένα τυπικό παράδειγμα ανισότροπου υλικού. Οι μηχανικές του ιδιότητες είναι τελείως διαφορετικές για φόρτιση παράλληλα ή κάθετα προς τις ίνες. Το ξύλο περιέχει ένα ποσοστό υγρασίας το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και επηρεάζει σοβαρά την αντοχή του. Αυξημένα ποσοστά υγρασίας μειώνουν όλα τα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Στον Πίνακα 1.7 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα μηχανικά χαρακτηριστικά των ξύλων που συναντώνται συνήθως σε κατασκευές στον Ελληνικό χώρο σύμφωνα με τις παλιές Γερμανικές προδιαγραφές.