

## Προβληματισμοί:

### Δομές με διάφορα υλικά (λίθος/πλίνθος) που συνυπάρχουν



Ο μηχανικός χρειάζεται εύρη τιμών αντοχής για τις παραδοσιακές δομές ώστε να μπορεί να κάνει ποιοτικές αναλύσεις εκτιμώντας πιθανές μορφές αστοχίας κρίσιμων περιοχών.

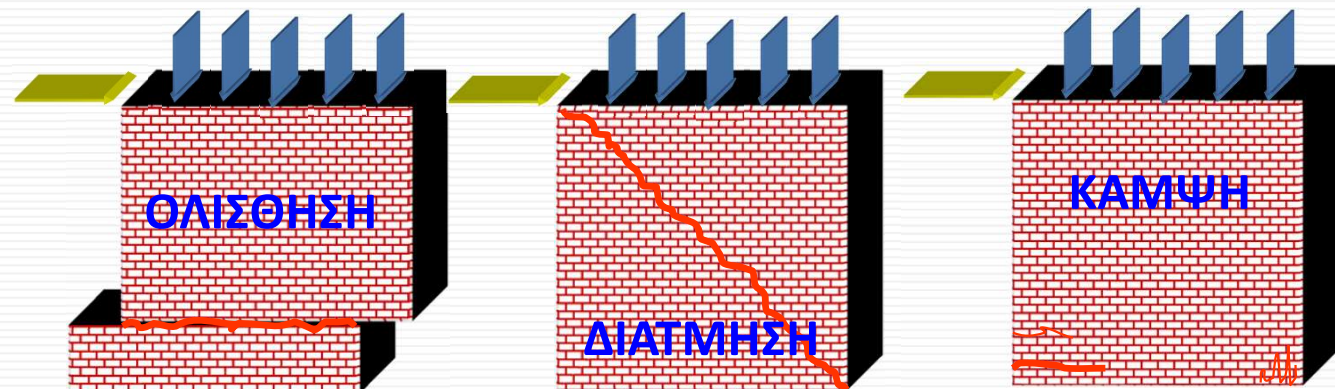
Ποια μηχανικά χαρακτηριστικά ενδιαφέρουν:

→ Μέτρο Ελαστικότητας

→ Εφελκυστική αντοχή (κονιάματος),  $f_t$

→ Θλιπτική συμπεριφορά,  $f_c - \epsilon_c$ ,

→ Συνάφεια κονιάματος – λίθου/πλίνθου (συνοχή, συντελεστής τριβής,  $c$ )



## Προβληματισμοί:

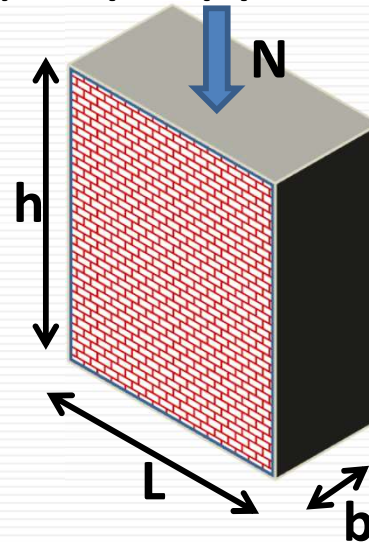
### Δομές με διάφορα υλικά (λίθος/πλίνθος) που συνυπάρχουν

Ο μηχανικός χρειάζεται εύρη τιμών των μεγεθών αντοχής για τις παραδοσιακές δομές ώστε να μπορεί να κάνει ποιοτικές αναλύσεις εκτιμώντας πιθανές μορφές αστοχίας κρίσιμων περιοχών.

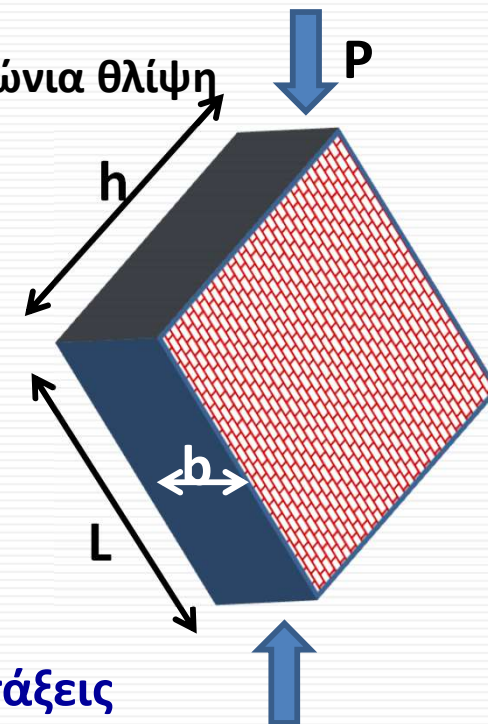
Ποια μηχανικά χαρακτηριστικά ενδιαφέρουν:

- Μέτρο Ελαστικότητας
- Εφελκυστική αντοχή (κονιάματος),  $f_t$
- Θλιπτική συμπεριφορά,  $f_c - \epsilon_c$
- Συνάφεια κονιάματος – λίθου/πλίνθου (συνοχή, συντελεστής τριβής,  $c$ )

Αξονική θλίψη

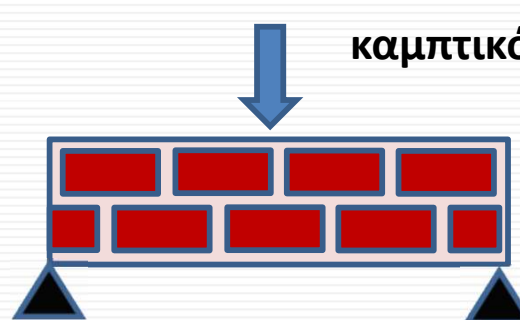


διαγώνια θλίψη

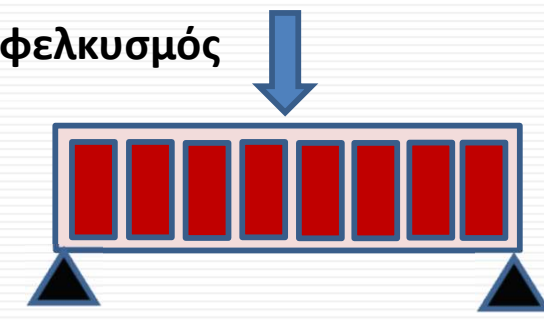


Διάφορες πειραματικές διατάξεις

καμπτικός εφελκυσμός



Κάθετα στον αρμό



Παράλληλα στον αρμό



## Τιμές Αναφοράς Βασικών Ιδιοτήτων για την τοιχοποιία

**Table 1. Reference values of the mechanical parameters and average specific weights for selected types of masonry (extract from Table C8A.2.2. of Circ. NTC08, 2009).**

Masonry typology	$f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_o$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	W (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max	min-max	min-max	
Irregular stone masonry (pebbles, erratic, irregular stone)	1.0 1.8	0.020 0.032	690 1050	230 350	19
Uncut stone masonry with facing walls of limited thickness and infill core	2.0 3.0	0.035 0.051	1020 1440	340 480	20
Cut stone with good bonding	2.6 3.8	0.056 0.074	1500 1980	500 660	21
Soft stone masonry (tuff, limestone, etc.)	1.4 2.4	0.028 0.042	900 1260	300 420	16
Dressed rectangular (ashlar) stone masonry	6.0 8.0	0.090 0.120	2400 3200	780 940	22
Solid brick masonry with lime mortar	2.4 4.0	0.060 0.090	1200 1800	400 600	18

# Διατμητική αντοχή

Μοντέλο τριβής:

$$V_{Rd} = C + \mu \cdot \sigma_z$$

Ορθή  
τάση

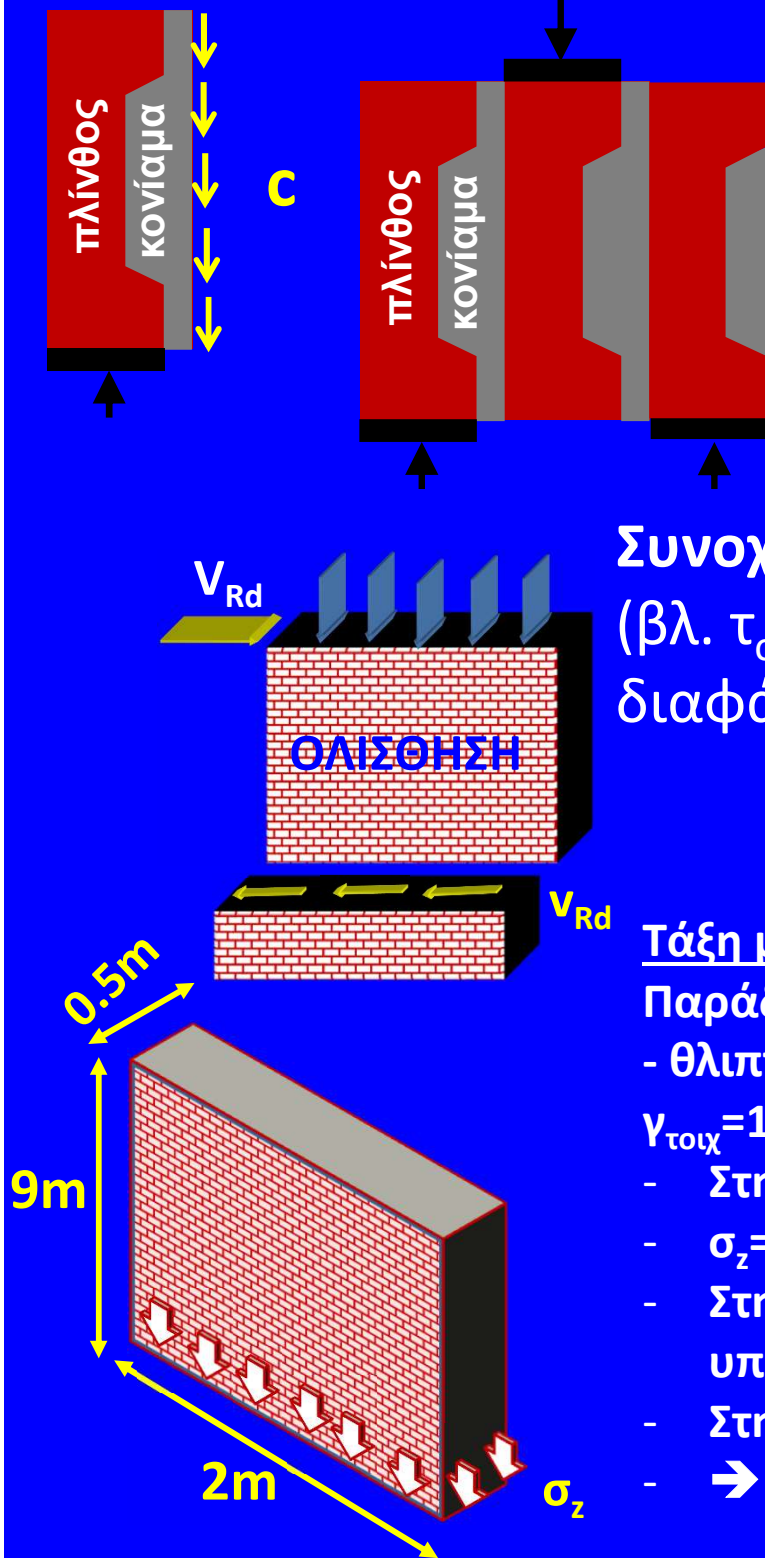
Συντελεστής τριβής  
(0.4 - 0.6, ΚΑΔΕΤ)

Συνοχή (κονίαμα) = 0.02-0.1MPa  
(βλ.  $\tau_0$  από προηγούμενη  
διαφάνεια)

Τάξη μεγέθους:

Παράδειγμα: Σε τοίχο ύψους 9m, μήκους  $L=2m$  και πάχους  $t=0.5m$   
- θλιπτική αντοχή  $f_m=1.4MPa=1.4 \times 1000 \text{ kN/m}^2 = 1400 \text{ kN/m}^2$  με  
 $\gamma_{\text{τοιχ}}=16 \text{ kN/m}^3$ ,

- Στην βάση του το βάρος είναι:  $N=9m \times L \times t \times 16 \text{ (kN)} \rightarrow$
- $\sigma_z=N/(L \times t) = 144 \text{ kN/m}^2 = 0,144 \text{ MPa} < f_m=1.4 \text{ MPa} \rightarrow 10\% f_m$
- Στην στέψη του η διατμητική αντοχή είναι  $v_{Rd}=c=0.03 \text{ MPa}$  (δεν υπάρχει άνωθεν φορτίο)
- Στην βάση του  $v_{Rd}=c+\mu\sigma_z=0.03+0.4 \times 0,144=0.09 \text{ MPa}$
- $\rightarrow 0.09 \text{ MPa} \times 2m \times 0.5m= 90 \text{ kN}=V_{Rd}$  ικανότητα έναντι ολίσθησης!



## *Αναζήτηση θέματος: ΠΟΥ?*

### **1. lib.duth.gr → HEALink → Εκδοτικούς οίκους**

- Elsevier (Sciencedirect)
- Springer
- Taylor & Francis
- Wiley InterScience

### **2. Research Gate, Google Scholar**

### **3. Ερευνητικά Ινστιτούτα**

- ASCE.org → publications
- earthquake spectra

## *Αναζήτηση θέματος : ΠΩΣ?*

### **Λέξεις – κλειδιά → θεματική οριοθέτηση πεδίου έρευνας**

- Traditional/historical Masonry, lateral loading, compression

➔ Περιπτώσεις παραδοσιακής τοιχοποιίας: Γιατί τις μελετάμε;

- υπερστατικότητα
- απόσβεση σεισμικής ενέργειας
- δομική πλαστιμότητα
- κιβωτιοειδής συμπεριφορά

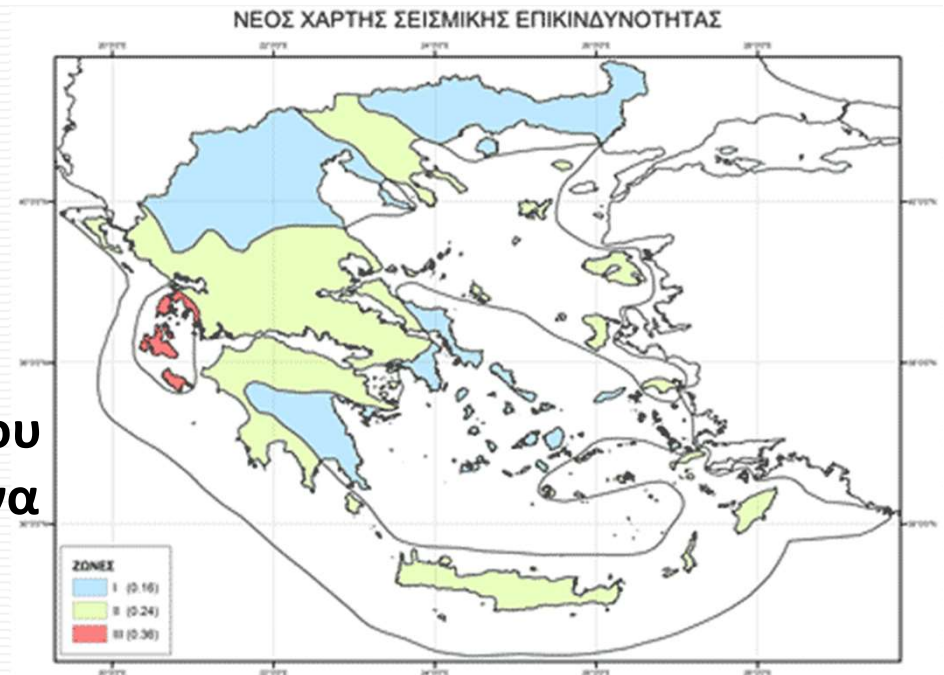
Βέλτιστη αντισεισμική συμπεριφορά

## 1. Διπλό δομικό σύστημα Λευκάδας

Υλικά χαμηλής αντοχής (ασθενή κονιάματα ασβέστη, πλιθιά, ξύλο)

➔ Στον ισχυρό σεισμό της Λευκάδας (2003) όπου καταγράφηκε εδαφική επιτάχυνση 0.42g, κανένα κτήριο της τοπικής παραδοσιακής τεχνικής δεν κατέρρευσε.

Η υψηλή σεισμικότητα του Ιονίου οδήγησε τους «μηχανικούς»- πρωτομάστορες της εποχής (από το 1850), να εφεύρουν το διπλό δομικό σύστημα ώστε να μειώσουν τις ζημιές από τους σεισμούς ➔ η Ευρωπαϊκή Επιστημονική Κοινότητα το έχει αναγνωρίσει ως ένα από τα πρώτα ευρωπαϊκά αντισεισμικά συστήματα.





- **Διπλό δομικό σύστημα Λευκάδας: σε 2-3όροφα κτίρια**

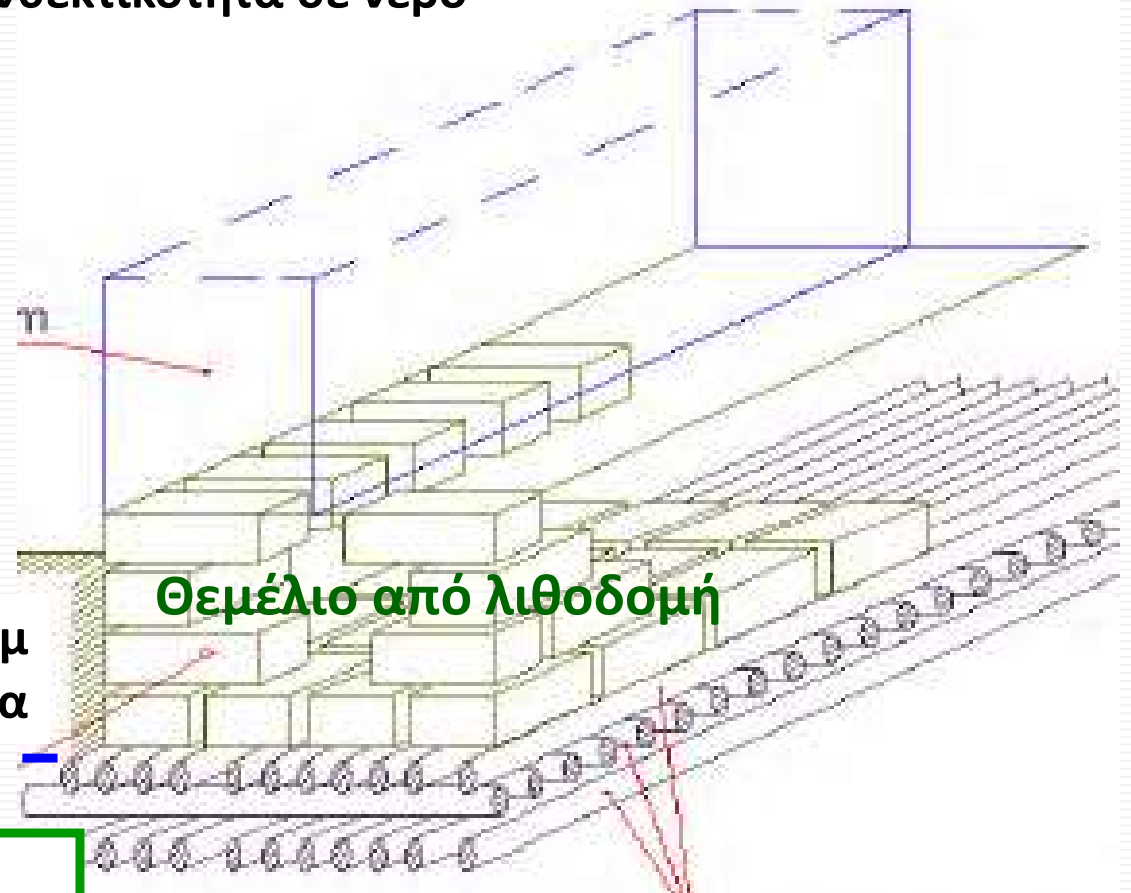
### Η θεμελίωση:

Τύπος ξύλου: δρυς, οξιά, κυπαρίσσι → ανθεκτικότητα σε νερό

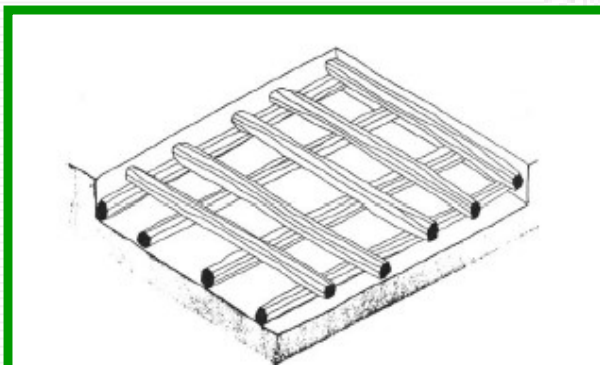
Κοπή: ορισμένη εποχή του έτους

Προετοιμασία: 1 εβδομάδα μέσα σε «θαλάσσια λάσπη» → εξολόθρευση βιολογικών παραγόντων, επάλειψη με πίσσα και κατράμι για στεγάνωση.

Υπόγεια ύδατα: 0.5-1μ  
υπό την επιφάνεια



εσχάρα ξύλινων  
δοκών γεμισμένη  
με άμμο



**1. Υποθεμελίωση: 3στρώτη εσχάρα ξύλινων δοκών → Διευκόλυνση εργατών κατά την δόμηση της θεμελίωσης**  
Αποφυγή καθιζήσεων, «σεισμική μόνωση»

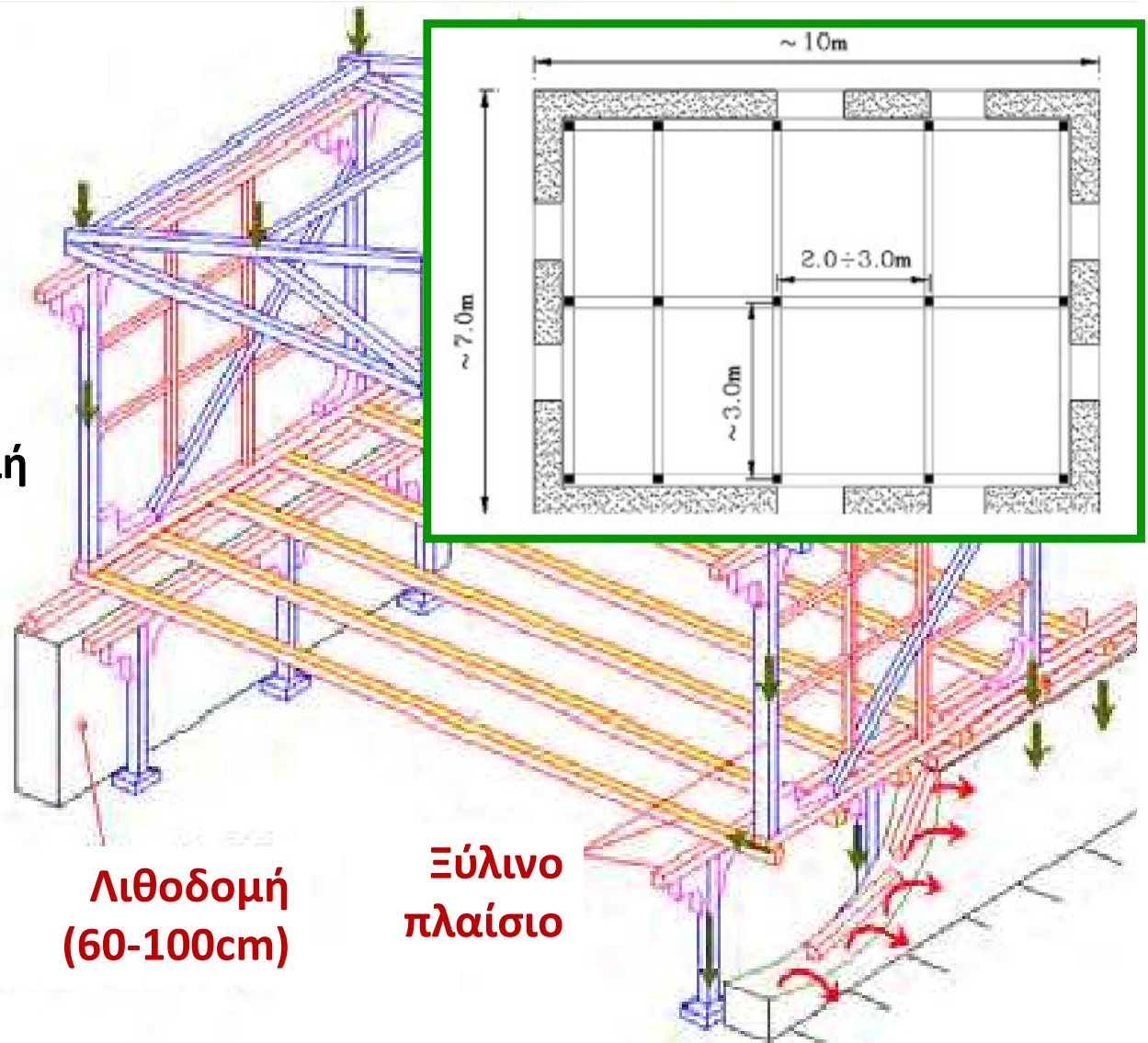
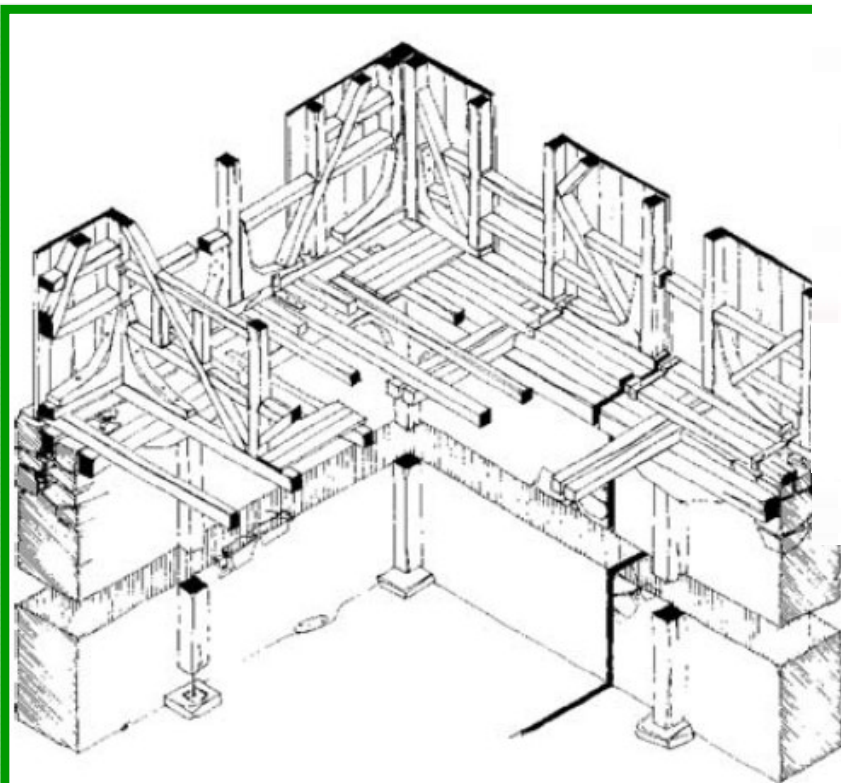
- **Διπλό δομικό σύστημα Λευκάδας: σε 2-3όροφα κτίρια**

Η θεμελίωση:

Το ισόγειο:

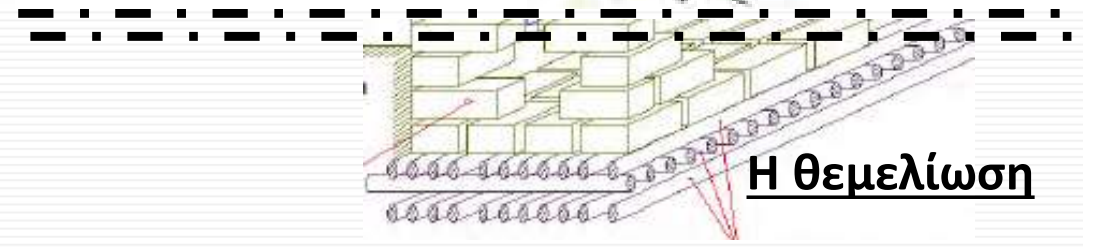
περιμετρική δίστρωτη ή  
τρίστρωτη λιθοδομή (60-100cm)

Εσωτερικά των περιμετρικών τοίχων:  
διαμόρφωση ξύλινων πλαισίων  
(υποστυλώματα - δοκάρια) που  
έφεραν συνδυαστικά με την λιθοδομή  
τα φορτία του ορόφου



Λιθοδομή  
(60-100cm)

Ξύλινο  
πλαίσιο



Η θεμελίωση



- **Διπλό δομικό σύστημα Λευκάδας: σε 2-3όροφα κτίρια**

Η θεμελίωση:

Το ισόγειο:

περιμετρική δίστρωτη ή  
τρίστρωση λιθοδομή (60-100cm)

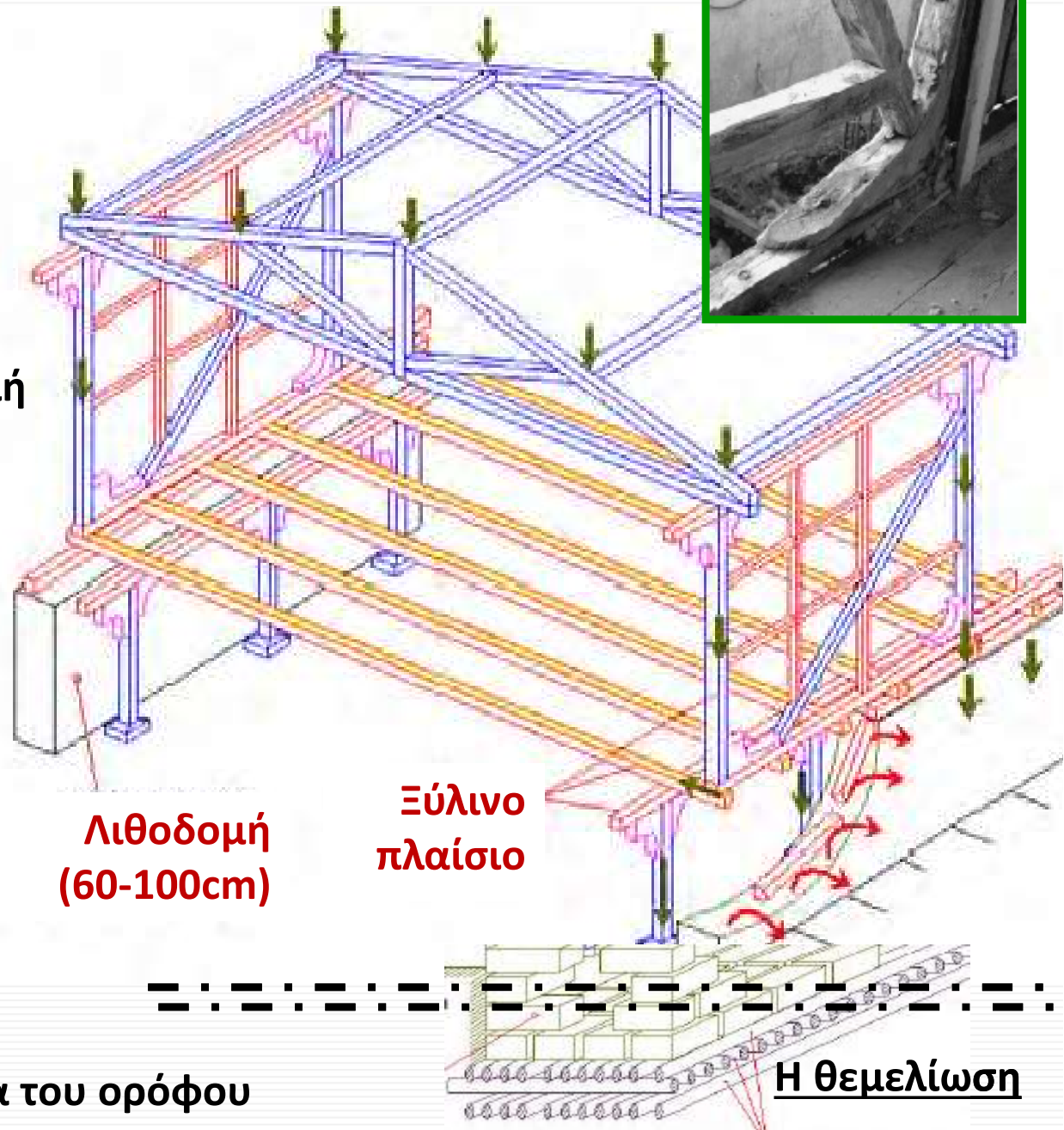
Εσωτερικά των περιμετρικών τοίχων:  
διαμόρφωση ξύλινων πλαισίων  
(υποστυλώματα - δοκάρια) που  
έφεραν συνδυαστικά με την λιθοδομή  
τα φορτία του ορόφου

Ο όροφος (ξυλόπηκτη):

ξύλινο χωρικό δικτύωμα  
κύριοι κόμβοι: ενισχύονται με  
γωνιακούς ξύλινους συνδέσμους  
(άνω Γ, κάτω L) αυξάνοντας την  
ακαμψία τους.

Γέμισμα του ξύλινου σκελετού με  
πλινθοδομή και επικάλυψη με  
λαμαρίνα (υγροπροστασία ξύλων)

Μάζα/δυσκαμψία ισογείου: 5πλάσια του ορόφου



- **Διπλό δομικό σύστημα Λευκάδας: σε 2-3όροφα κτίρια**

Θέματα προς συζήτηση:

A) Κατάρρευση της λιθοδομής ισογείου:

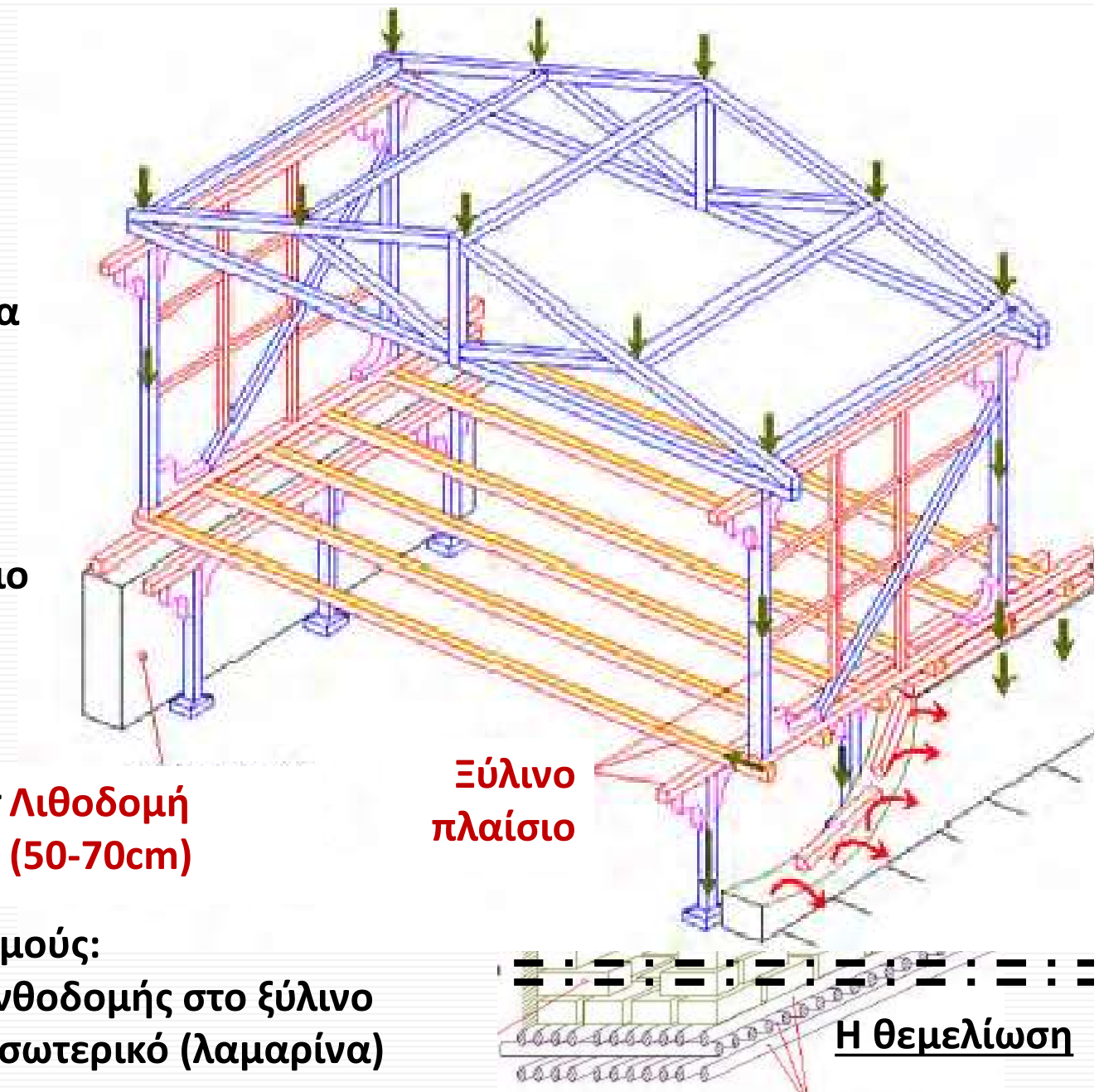
→ το ξύλινο πλαίσιο ισογείου πρέπει να είναι ικανό να φέρει τα βαρυτικά φορτία της ανωδομής (ελαφριά κατασκευή).

B) Υιοθέτηση μεθόδου σε υφιστάμενα, στα οποία το ισόγειο στερείται ξυλοδεσιών

Γ) Αλλαγή υλικών πλήρωσης → ελαφρύτερη ανωδομή (π.χ. ξηρά δόμηση)

Δ) βλάβες από πρόσφατους σεισμούς:

→ χαλάρωση σφήνωσης της πλινθοδομής στο ξύλινο πλαίσιο, πτώση υλικού προς το εσωτερικό (λαμαρίνα)



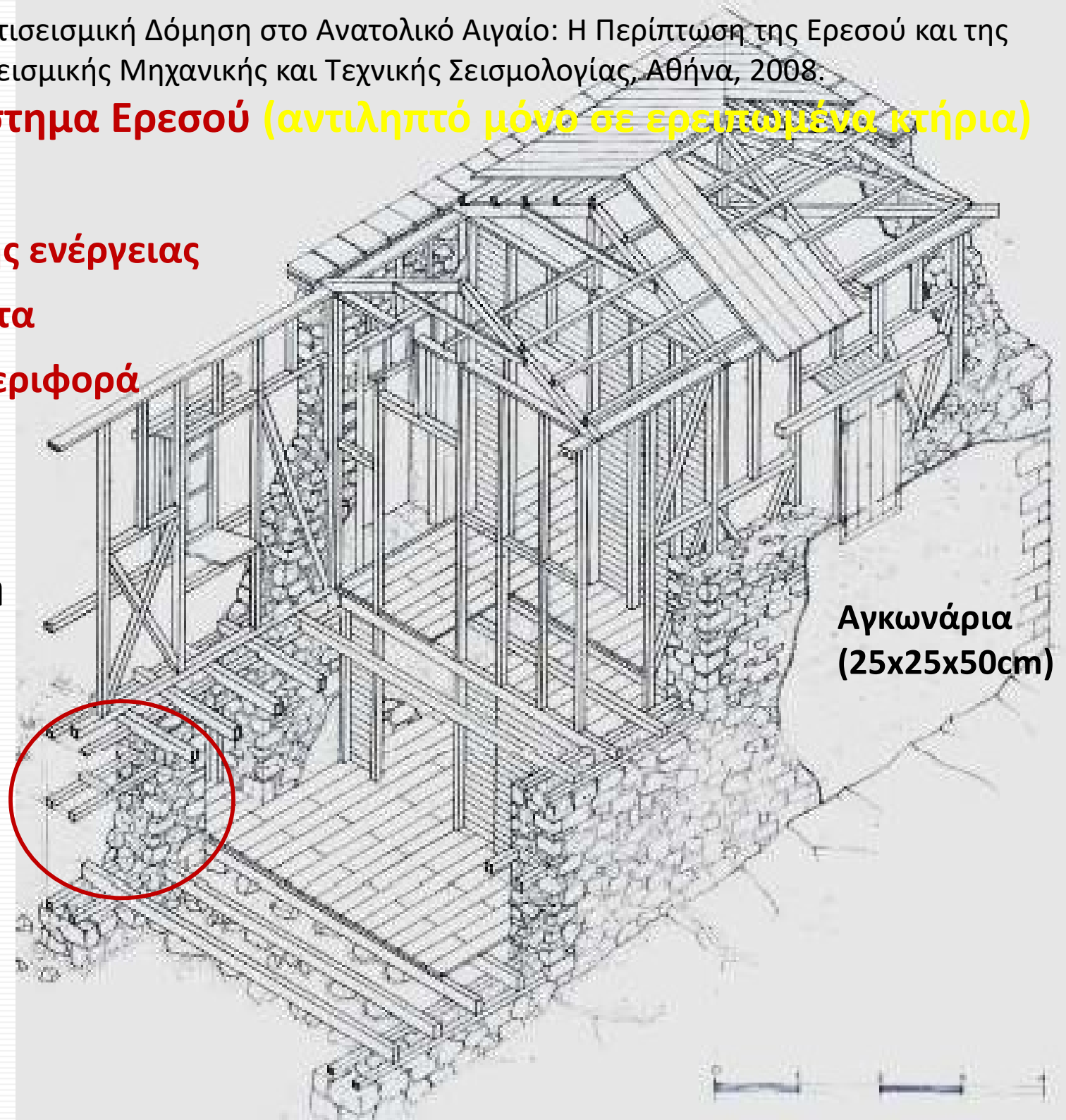
Καρύδης Ν: Παραδοσιακή Αντισεισμική Δόμηση στο Ανατολικό Αιγαίο: Η Περίπτωση της Ερεσού και της Περγάμου. 3<sup>ο</sup> Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Αθήνα, 2008.

- **Μικτό δομικό σύστημα Ερεσού (αντιληπτό μόνο σε ερειπωμένα κτήρια)**

- υπερστατικότητα
- απόσβεση σεισμικής ενέργειας
- δομική πλαστικότητα
- κιβωτιοειδής συμπεριφορά

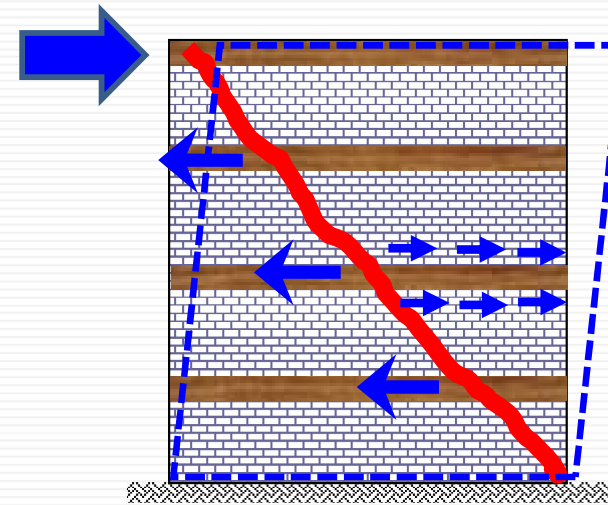
Εντοπίσθηκε σε  
διώροφες κατοικίες με  
κάτοψη: 10 x 4 (μ)

**Ισόγειο:** αργολιθοδομή  
(λίθοι ηφαιστειακής  
προέλευσης) με  
ξυλοδεσιές





**Δόμηση αργολιθοδομής: αναγκαία η τοποθέτηση ξυλοδεσιών περιμετρικά:**  
→ συνδέουν τις δύο παρειές  
→ παραλαμβάνουν εφελκυσμό (ρηγμάτωση διαγωνίου)



Καρύδης Ν: Παραδοσιακή Αντισεισμική Δόμηση στο Ανατολικό Αιγαίο: Η Περίπτωση της Ερεσού και της Περγάμου. 3<sup>ο</sup> Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Αθήνα, 2008.

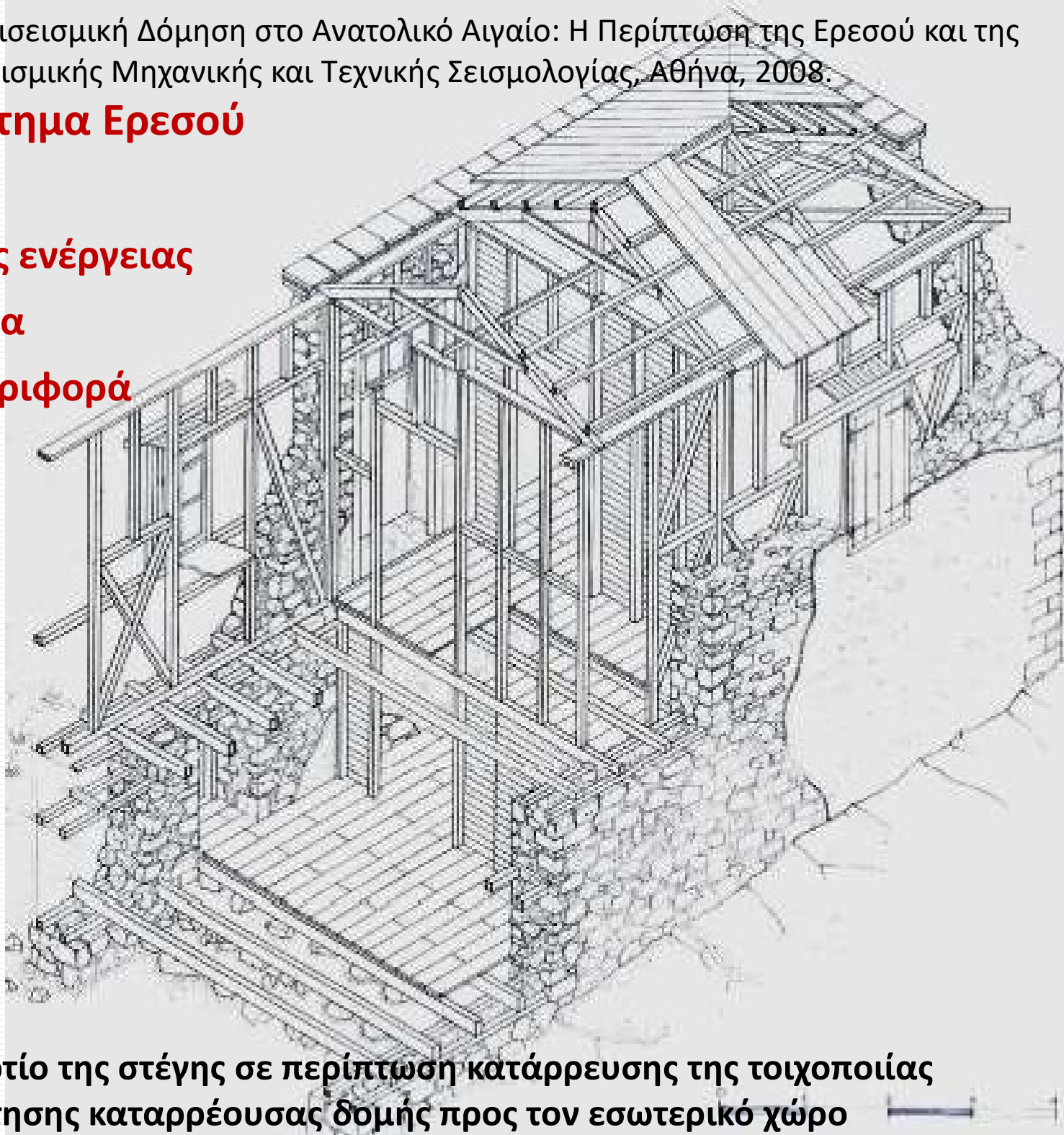
- **Μικτό δομικό σύστημα Ερεσού**

- **υπερστατικότητα**
- **απόσβεση σεισμικής ενέργειας**
- **δομική πλαστιμότητα**
- **κιβωτιοειδής συμπεριφορά**

Εντοπίσθηκε σε  
διώροφες κατοικίες με  
κάτοψη: 10 x 4 (μ)

**Ισόγειο:** αργολιθοδομή  
(Λίθοι ηφαιστειακής  
προέλευσης) με  
ξυλοδεσιές

**Όροφος:** ξύλινος  
σκελετός («φριγγιά»)  
στην εσωτερική παρειά,  
ενσωματωμένος σε  
αργολιθοδομή πάχους  
50cm



- ➔ **ικανός να φέρει το φορτίο της στέγης σε περίπτωση κατάρρευσης της τοιχοποιίας**
- ➔ **και ως πλέγμα συγκράτησης καταρρέουσας δομής προς τον εσωτερικό χώρο**

## ορολογία

1. ΔΟΚΟΣ ΞΥΛΟΔΕΣΙΑΣ 8x8
2. ΔΟΚΟΙ ΠΑΤΩΜΑΤΟΣ 15x8
3. ΣΤΡΩΤΗΡΑΣ "ΦΡΙΓΓΙΩΝ" 8x8
4. ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ ΣΚΕΛΕΤΟΥ 8x8
5. ΔΙΑΓΩΝΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΑΜΨΙΑΣ 8x8
6. ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΟΚΑΡΙΑ ΣΚΕΛΕΤΟΥ
7. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ
8. ΣΤΡΩΤΗΡΑΣ ΣΤΕΓΗΣ 5x15
9. ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΔΙΑΣ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ 5x8
10. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΗ ΔΟΚΟΣ I 8x8
11. ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΗ ΔΟΚΟΣ II 8x8

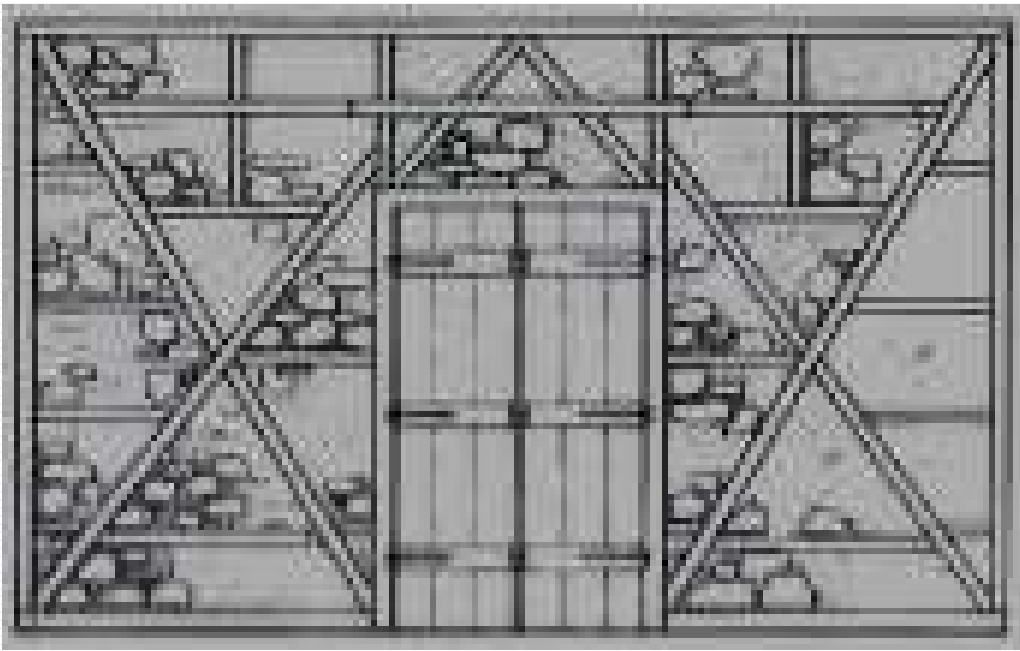
όροφος

ισόγειο

Ξυλοδεσιές

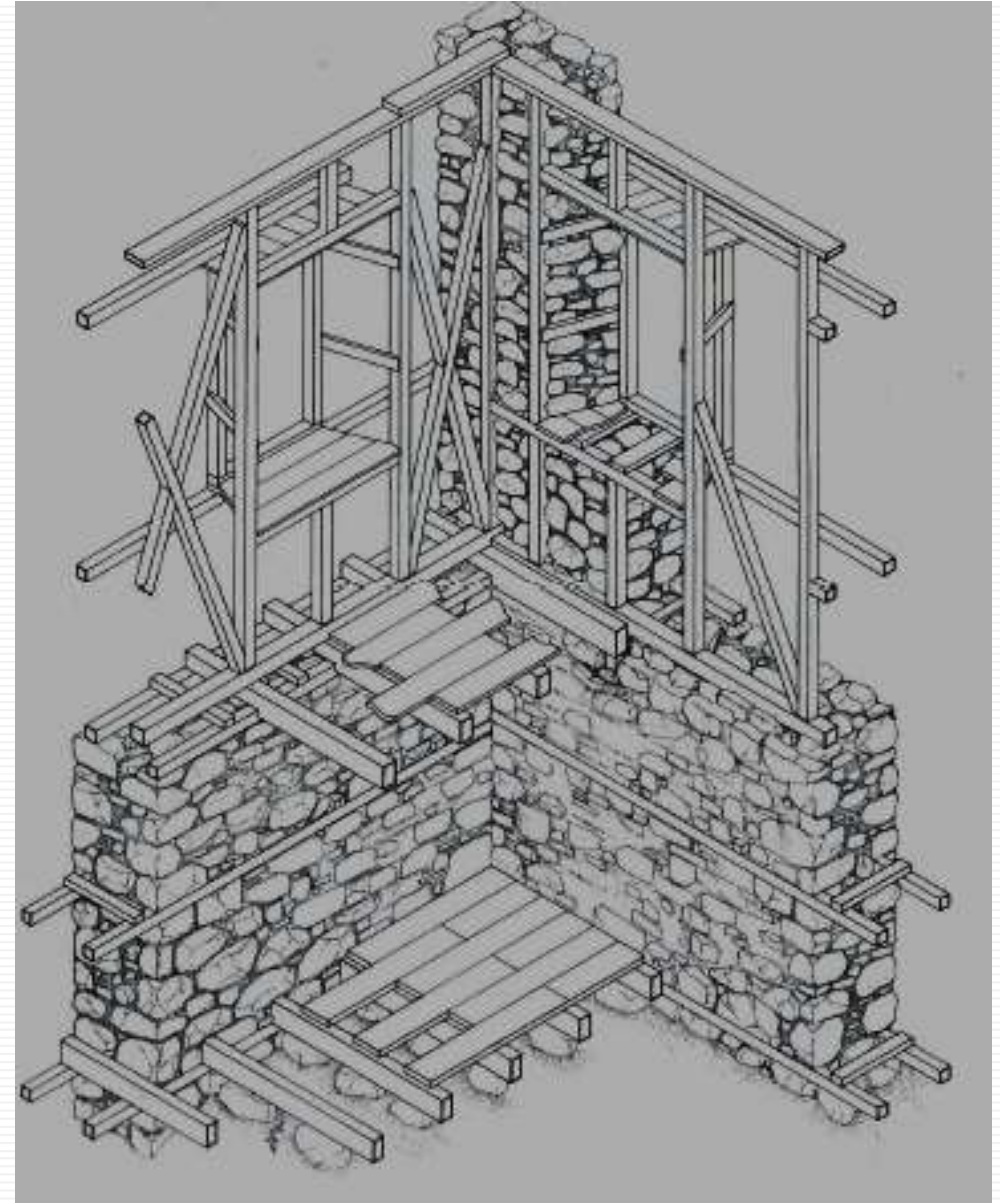
2. Διάταξη με αυξημένη ροπή αδράνειας
6. Μείωση του μήκους λυγισμού





Εκατέρωθεν των  
μεγάλων ανοιγμάτων:  
ισχυρός ξύλινος  
σκελετός

Στις στάθμες των  
παραθύρων:  
εξωτερικές ξύλινες  
δοκοί – συνδεδεμένες  
με τον εσωτερικό  
σκελετό - που  
περιτρέχουν την  
περίμετρο.



Καρύδης Ν: Παραδοσιακή Αντισεισμική Δόμηση στο Ανατολικό Αιγαίο: Η Περίπτωση της Ερεσού και της Περγάμου. 3<sup>ο</sup> Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Αθήνα, 2008.

- **Μικτό δομικό σύστημα Ερεσού**

- **Αδυναμίες:**

**Σε περίπτωση κατάρρευσης  
ισογείου, πλήρη κατάρρευση  
και της ανωδομής (δεν  
υπάρχει εναλλακτική για την  
ροή των φορτίων)**

**Σε κάποιες περιπτώσεις οι  
τυφλοί τοίχοι ορόφου (χωρίς  
ανοίγματα) δεν έφεραν ξύλινο  
σκελετό... → ο ξύλινος  
σκελετός προορίζονταν στους  
ασθενείς τοίχους (λόγω  
ανοιγμάτων )**

**Παρόμοια τεχνική στην Πέργαμο, Τουρκία , και στους δύο ορόφους → διπλό  
δομικό σύστημα, με προστασία έναντι κατάρρευσης και του ισογείου**

