

Η φιλοσοφία των ελέγχων των Κεφαλαίων 7 & 9 του ΚΑΔΕΤ



• Σ. Πανταζοπούλου

York University, the Lassonde Faculty of Engineering, Canada



• Φ. Καραντώνη

Πανεπιστήμιο Πατρών

1

ΚΑΔΕΤ: Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις σε Τοιχοποιίες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:](#) ΣΚΟΠΟΣ-ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ-ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΥΘΥΝΕΣ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:](#) ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ, ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:](#) ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:](#) ΒΑΣΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:](#) ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:](#) ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:](#) ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:](#) ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9:](#) ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

[ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10:](#) ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

2

Πρόθεση: Διατύπωση Κανόνων για:

- Σεισμική Αποτίμηση & Ανασχεδιασμό
- Εύχρηστοι, για να μπορούν να καλύψουν το πλήθος των διαφορετικών τύπων κτιρίων που θεωρούνται “non – engineered”
- Αξιόπιστα αποτελέσματα που θα καθοδηγήσουν τις αποφάσεις για ενίσχυση / επισκευή
- Ένταση προσπάθειας ανάλογη με το επίπεδο της αβεβαιότητας που υπάρχει ως προς τα δεδομένα και το μέγεθος του μελλοντικού σεισμικού κινδύνου.



Σημαντικές Αποφάσεις από τους Μελετητές που υπόκειται σε πλήθος περιορισμών ως προς

- Το είδος της προσομοίωσης του φορέα
- Το είδος της προσομοίωσης της συμπεριφοράς των υλικών
- Το είδος της Μεθόδου Ανάλυσης
- Πως θα προσομοιωθούν τα φορτία
- ...κλπ

3

Αντικείμενο των Κεφαλαίων

- Το Κεφάλαιο 7 περιλαμβάνει προσομοιώματα για τον υπολογισμό της αντίστασης (φέρουσας ικανότητας), της δυσκαμψίας και της ικανότητας μετελαστικής παραμόρφωσης δομικών στοιχείων τοιχοποιίας, με ή χωρίς πρότερη βλάβη.
- Το Κεφάλαιο 9 περιλαμβάνει τα κριτήρια ελέγχου της ανίσωσης ασφαλείας, κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό, σε όρους εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών:

$$S_d \leq R_d$$

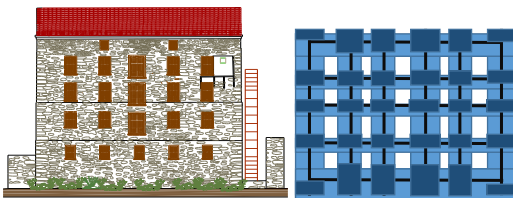
4

Κεφάλαιο 7

5

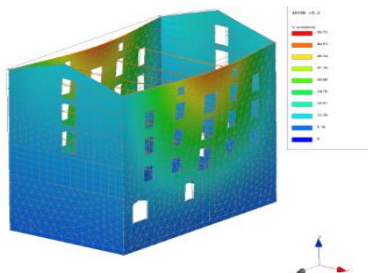
Καμπύλη Αντίστασης (Απουσία Διαφραγμ.):

- **Ισοδύναμη Ανάλυση Πλαισιακού τύπου** / μακροστοιχεία (ανελαστική, δυναμική ή στατική)



- Προσομοίωση επιπέδων πλαισίων. Ακολουθεί έλεγχος μεμονωμένων τοίχων για εκτός επιπέδου μηχανισμούς

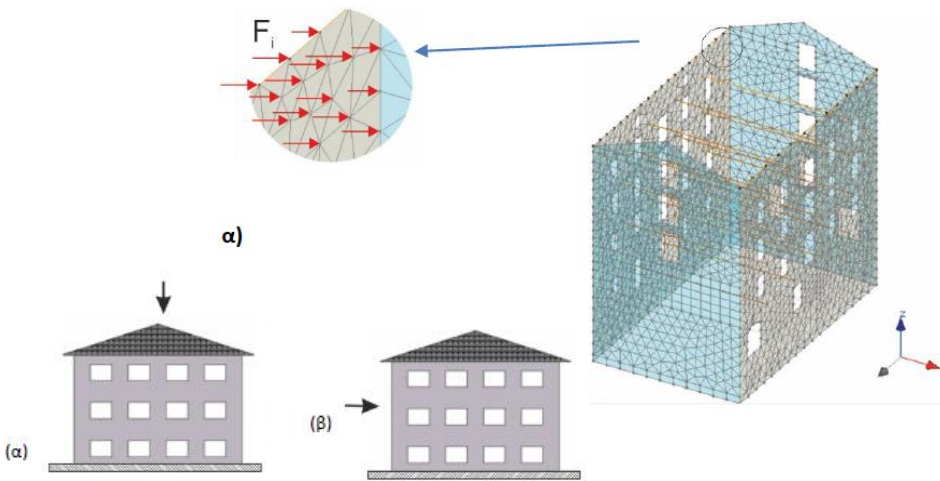
- **3-D Ελαστική ή Ανελαστική Ανάλυση** – στοιχεία κελύφους / πλάκας ή στερεά (+ μη γραμμικά ελατήρια για μονόπλευρες επαφές)



Ειδικά για την Ανελαστική Ανάλυση, ο όγκος της απαιτούμενης πληροφορίας δεν είναι απαραίτητα συμβατός με το επίπεδο τεκμηρίωσης που μπορούμε για συνήθη κτίρια: Προτείνεται για ιδιαίτερες κατασκευές μεγάλης ιστορικής αξίας.

6

3D-Προσομοίωση με Πεπερασμένα Στοιχεία: Υπερωθητική Ανάλυση με Πεδίο Βαρύτητας στην οριζόντια έννοια.

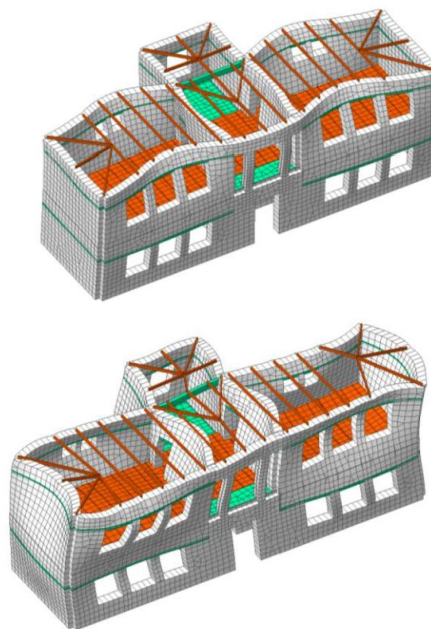


(α) Ανάλυση για βαρυντικά φορτία για το σεισμικό συνδυασμό (β) προσδιορισμός εσωτερικών δυνάμεων και μετατοπίσεων για ολική φασματική επιτάχυνση (απόκριση) ίση με $1g$. Για την εκτίμηση των ελαστικών δυνάμεων λόγω σεισμού στο σεισμικό συνδυασμό, οι τιμές από την ανάλυση (β) πολλαπλασιάζονται επί το σεισμικό συντελεστή $= S_e(T)/g$.

7

Nonlinear Modelling Parameters for URM Structures

Απουσία Διαφραγμάτων η Πολυπλοκότητα της μη-γραμμικής ανάλυσης είναι σημαντική, και οι αβεβαιότητες της ως προς την πραγματική συμπεριφορά των υλικών είναι μη συμβατή με τα αποδεκτά επίπεδα γνώσης για τα χαρακτηριστικά του κτιρίου (knowledge levels).



POST-PROCESSOR
FORMING OF MESH
PROPERTY
UNIT(S) (REV)
SCALE FACTOR
COORDINATES
DELTAS
MASS
INERTIA
COMMODITY
PROPERTY
UNIT(S) (REV)
SCALE FACTOR
COORDINATES
DELTAS
MASS
INERTIA
COMMODITY
PROPERTY
UNIT(S) (REV)
SCALE FACTOR
COORDINATES
DELTAS
MASS
INERTIA
COMMODITY

Μελέτη: Δ. Νικολαΐδης

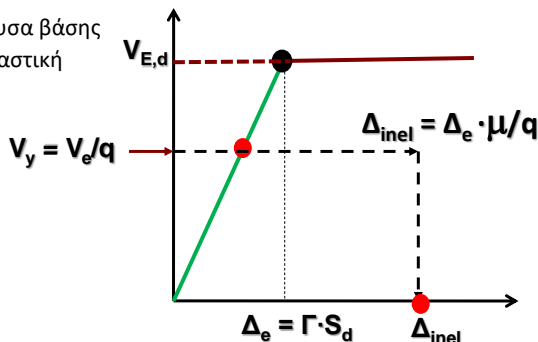
8

Εκτίμηση Ανελαστικών Παραμορφώσεων από τις Ελαστικές τιμές:

Πολλαπλασιάζονται οι απαιτήσεις με τον λόγο: $\mu/q = \Delta_{inel}/\Delta_{el}$

- Εκτίμηση του συντελεστή συμπεριφοράς $q = V_{E,d}/V_y$, όπου $V_{E,d} = C_m \cdot S_e(T) \cdot W/g$
- $\Delta_{inel}/\Delta_{el} = 1$ για $T > T_c$
- $\Delta_{inel}/\Delta_{el} = (1 + (q-1) \cdot T_c/T)/q$ για $T < T_c$

Μέγιστη τέμνουσα βάση
 $V_{E,d}$ από την ελαστική
ανάλυση



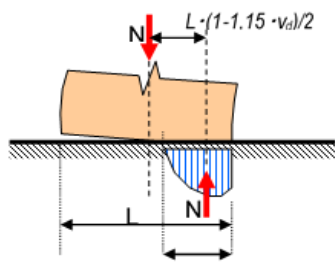
- **Για τον υπολογισμό της V_y :** Κεφ. 7: Η δύναμη που αναλαμβάνει στο σύστημα σε σχετική στροφή της τάξης του 0.15 - 0.2%

9

#1 Σημαντικό Στοιχείο για κατανόηση των Μεθόδων Προσομοίωσης και Ελέγχου:

(α) Στην άοπλη τοιχοποιία, η αντοχή διατομής σε κάμψη οφείλεται στο αξονικό φορτίο (θλίψη).

→ Χωρίς αξονική δύναμη, η διατομή (και το στοιχείο) δεν μπορεί να παραλάβει ροπή



$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15v_{sd}) \cdot L/2$$

ανηγμένο αξονικό φορτίο

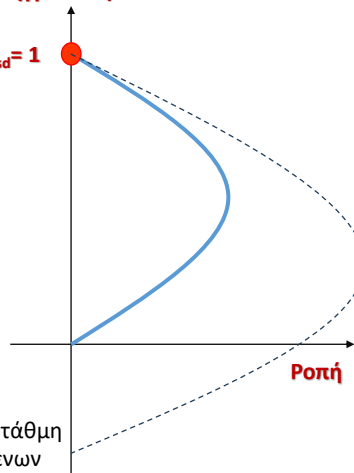
$$v_{sd} = N_{sd}/(L \cdot t \cdot f_d)$$

$$f_d = f_{mc}/\gamma_w$$

Εξαρτάται από τη στάθμη
αξιοπιστίας δεδομένων

Ανηγμένο Αξονικό

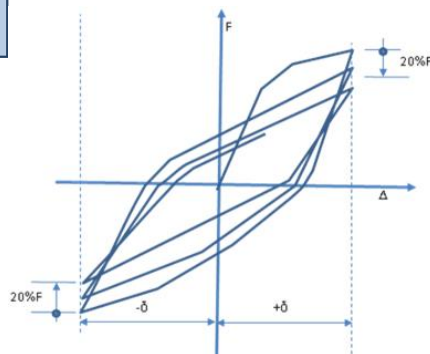
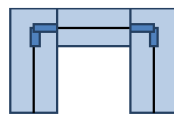
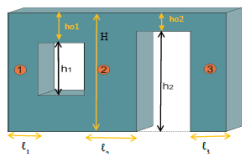
$$v_{sd} = 1$$



10

• Έλεγχοι Ασφαλείας & Κριτήρια Αποδοχής:

I. Μέθοδος Πλαισίου: Καμπύλες Ροπής-Στροφής για τα «μέλη». Σημεία αναφοράς: «Οιονεί Διαρροή», και «Αστοχία»



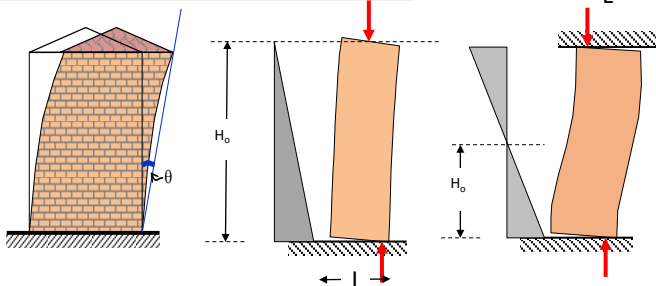
$$V_{res} = \min\{V_{flex}, V_v, V_{slid}, V_d \dots\}$$

- Μηχανισμοί που ελέγχονται σε όρους παραμόρφωσης: **Κάμψη, διατμητική ολίσθηση**
- Μηχανισμοί που ελέγχονται σε όρους δυνάμεων (ψαθυροί): **Σύνθλιψη γωνίας στη βάση, διαγώνια ρηγμάτωση**

11

• Ορισμός Αντοχής Διαρροής, F_y στοιχείου (και προσδιορισμός μορφής αστοχίας)

Εντός Επιπέδου: Ελεγγόμενη από Κάμψη



$$F_{y,fl} = \frac{L \cdot (1 - 1,15 \cdot v_d)}{2H_o} \cdot N$$

12

- Ορισμός Αντοχής Διαρροής, F_y στοιχείου (και προσδιορισμός μορφής αστοχίας)

Εντός Επιπέδου: Ελεγχόμενη από Διάτμηση

$$F_{y,v} = f_{vd} L' t$$

$$f_{vd} = \min(f_{vd,t}, f_{vd,s}) \leq 0,065 f_{bc}$$

$$f_{vd,t} = \sqrt{f_{wtd} \cdot (f_{wtd} + v_d \cdot f_d)}$$

$$f_{vd,s} = f_{v0} + \mu \cdot (v_d f_d)$$

13

- Έλεγχοι Ασφαλείας & Κριτήρια Αποδοχής:

- Μέθοδος Πλαισίου: Καμπύλες Ροπής-Στροφής για τα «μέλη» Σημεία αναφοράς: «Οιονεί Διαρροή», και «Αστοχία»

$$V_{res} = \min\{V_{flex}, V_v, V_{slid}, V_d \dots\}$$

Local Checks only

Καμπτόμενος Πεσσός (α) εντός επιπέδου, και (β) εκτός επιπέδου, και ισοδύναμος πρόβολος

14

• Γραμμικοποίηση Καμπυλών Αντίστασης Στοιχείων:

- Μέθοδος Πλαισίου:** Καμπύλες Ροπής-Στροφής για τα «μέλη» Σημεία αναφοράς: «Οιονεί Διαρροή», και «Αστοχία»

Σχ. Σ 7.2(α): Ορισμός παραμόρφωσης οιονεί διαρροής και αστοχίας στην καμπύλη αντίστασης τοίχου.

Δυσκαμψία Ανιόντα κλάδου:
 ΚΑΔΕΤ & ΑΣΨΕ/ΣΕΙ 41 (2017): Κλίση που αντιστοιχεί στο 80% της αντοχής.
 Ευρωκώδικας: στο 70% της αντοχής

15

Σχέση Οριζόντιας Δύναμης – Στροφής σύμφωνα με την ASCE-41 για κάθε τύπο πεσσού (δηλ. είτε άοπλου είτε οπλισμένου).

Για Δράσεις που ελέγχονται από τις Παραμορφώσεις

Για άοπλη τοιχοπ. $e=d$ (δεν υπάρχει πλατώ)

Για Δράσεις που ελέγχονται από τις Δυνάμεις (ASCE 41)

$$k = \left[\frac{H_e^3}{3E_m I_g} + \frac{H_e}{0.35A_v G_m} \right]^{-1}$$

$$k = \left[\frac{H_e^3}{12E_m I_g} + \frac{H_e}{0.35A_v G_m} \right]^{-1}$$

Οριακές Καταστάσεις Αναφοράς για Άοπλη Τοιχοποιία:

Type	Structural Performance Levels		
	Immediate Occupancy: A: IO / DL (περιορισμός βλαβών)	Life Safety: B: LS / SD (Επισκευάσιμες βλάβες)	Collapse Prevention: Γ: CP / NC (αποφυγή κατάρρευσης)
Primary Elements	Minor cracking of veneers. Minor spalling in veneers at a few corner openings. No observable out-of-plane offsets.	Major cracking. Noticeable in-plane offsets of masonry. Minor out-of-plane offsets	Extensive cracking; face course and veneer might peel off. Noticeable in-plane and out-of-plane offsets
Secondary Elements	Same as for primary elements	Same as for primary elements	Non-bearing panels dislodge
Drift	Transient drift that causes minor or no non-structural damage. Negligible permanent drift.	Transient drift sufficient to cause non-structural damage. Noticeable permanent drift.	Transient drift sufficient to cause extensive non-structural damage. Extensive permanent drift.

16

Modelling Parameters for URM Walls with $v_{tL} \geq 0.2 \text{ MPa}$ (ASCE-41)

Limiting Behavior Mode for URM Walls/Piers	Modelling Parameters			
	c	d	e	f
Rocking	$Q_{toe,L}/Q_{roc,E}$	Δ_c/H_e %	Δ_c/H_e %	$\frac{\Delta_c + \Delta_y}{H_e}$ %
Bed-joint sliding	$Q_{c,E,F}/Q_{slid,E}$	0.4%	1.0%	$1.0 + \frac{\Delta_y}{H_e}$ %

Δ_c = Lateral displacement associated with the onset of toe crushing $V_{tc,rr}$ **Table 11-4**

Limiting Behavior Mode	Drift Ratio limits		
	IO \rightarrow A	LS \rightarrow B	CP \rightarrow Γ
Rocking	Simplified	$0.4h_{eff}/L \leq 1.5\%$	$0.6h_{eff}/L \leq 2.25\%$
	Comprehensive	0.1%	$0.6h_{eff}/L \leq 2.25\%$
Bed-joint Sliding	0.1%	0.75%	1.0%

EC8-III (2022):

Flexural (Rocking)			Bed-joint shear sliding			Diagonal shear cracking		
θ_{DL}	$\theta_{SD}=\theta_{t,u}$	$\theta_{NC}=\theta_{t,u,z}$	θ_{DL}	$\theta_{SD}=\theta_{s,u}$	$\theta_{NC}=\theta_{s,u,z}$	θ_{DL}	$\theta_{SD}=\theta_{d,u}$	$\theta_{NC}=\theta_{d,u,z}$
elastic limit θ_y	(1-v)%	$\left(\frac{4}{3}\right)\theta_{f,u}$	elastic limit θ_y	0.4% (solid bricks) 0.5% (hollow bricks) 0.8% (stone)	$\left(\frac{4}{3}\right)\theta_{s,u}$	elastic limit θ_y	0.5%* or 0.6% [▲]	$\left(\frac{4}{3}\right)\theta_{d,u}$

17

#2 Σημαντικό Στοιχείο για κατανόηση των Μεθόδων Προσομοίωσης και Ελέγχου:

Το μέτρο «ελαστικότητας» που μετράμε από την αρχική κλίση του νόμου τάσης παραμόρφωσης σε θλίψη, δεν έχει σχέση με το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας σε οριζόντια φόρτιση.

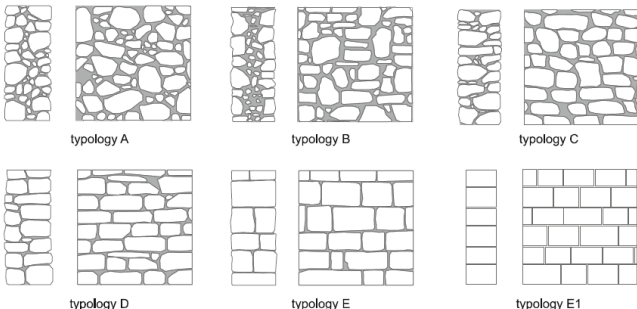


Fig. 2 Stone masonry typologies: sketches of typical textures and cross-sections

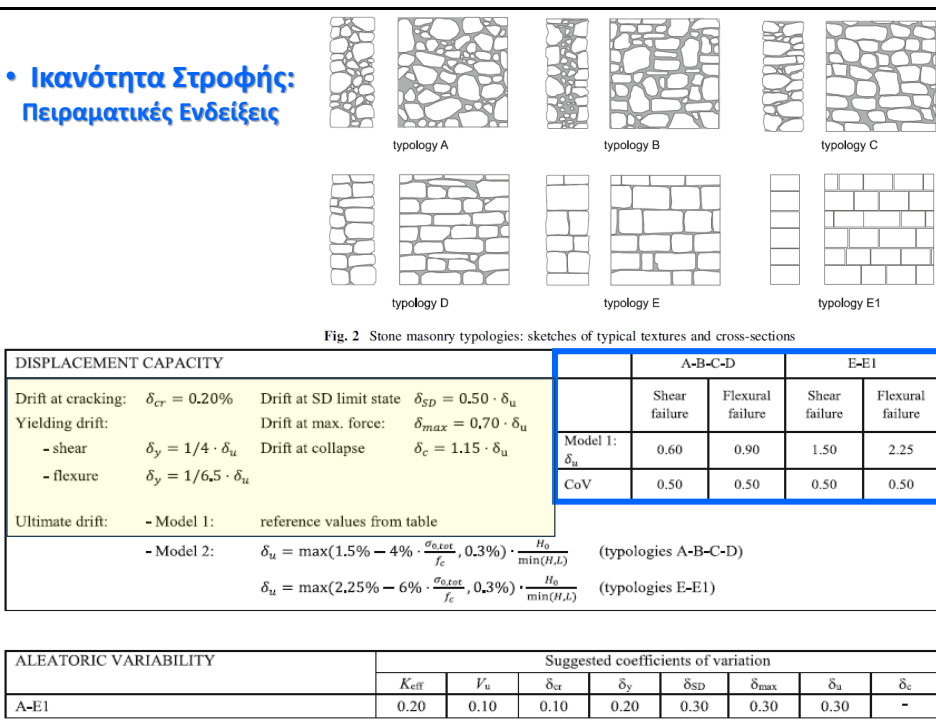
	Masonry typology					
	A	B	C	D	E	E1
Effective stiffness, E_{eff}	320	(2240) ^b	900	430	550	630
Median (MPa)	0.49	(0.22) ^b	0.38	0.42	0.57	0.42
CoV	0.49	(0.22) ^b	0.38	0.42	0.57	0.42
$(E_{eff}/f_c)_{ref}$	400	(700) ^b	300	250	200	250

$E_{eff} \approx \alpha \cdot f_w$

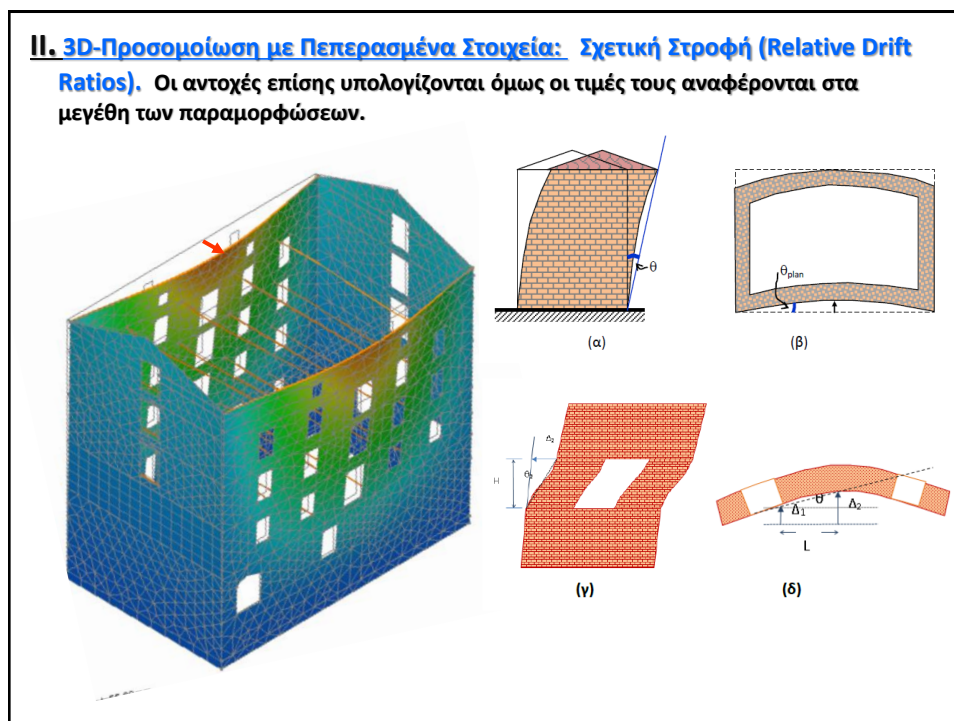
α μεταξύ 200 και 400 αναλόγως της δομής \rightarrow Μικρές τιμές!

- **Δυσκαμψία ρηγματωμένης διατομής (EI) & (GA) $\approx 1/2$ της αντίστοιχης ελαστικής ιδιότητας αρηγμάτωτης διατομής του δομικού στοιχείου.**

18



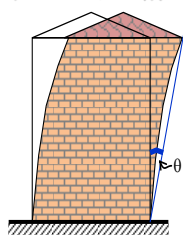
19



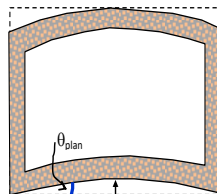
20

Ορισμός κριτηρίων αποδοχής σε όρους σχετικής στροφής:

Σχετική μετακίνηση μεταξύ δύο σημείων κατά μήκος κατακόρυφου ή οριζόντιας ευθείας στην επιφάνεια ενός πεσσού, ανηγμένη ως προς την απόσταση μεταξύ των σημείων.



Εντός επιπέδου - καθύψος,



Εκτός επιπέδου, οριζόντια

Καμπτικά: Διαρροή: $\theta_v = 0.15\%$
 Αστοχία: $\theta_u = 0.008 \cdot H_0/L$ (για Δευτερεύοντα στοιχεία,
 $\theta_u = 0.012 \cdot H_0/L$)

Διαρροή: $\theta_{plan,y} = 0.2\%$

Διατμητικά:
 Διαρροή: $\gamma_v = 0.20\%$
 Αστοχία: $\gamma_u = 0.40\%$ (για Δευτερεύοντα στοιχεία, $\gamma_u = 0.60\%$)

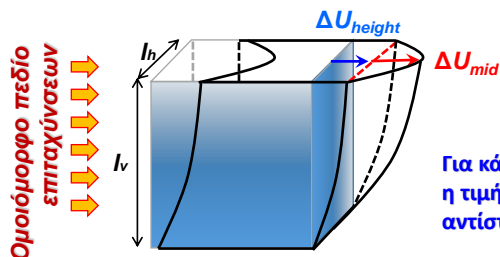
Πεσσοί που ελέγχονται από τέμνουσα (άκαμπτα διαφράγματα.)
 Αστοχία: $\theta_{plan,u} = 0.72\%$ συμπαγείς πλινθοί; **s.d = 35%**
 $\theta_{plan,u} = 0.45\%$ διάτρητα; **s.d. 30%**
 $\theta_{plan,u} = 0.6\%$ πέτρα; **s.d 25%**

21

Κριτήρια Αποδοχής: Έλεγχος απαιτήσεων έναντι των ικανοτήτων



Φωτο: Δρ. Καραντώνη

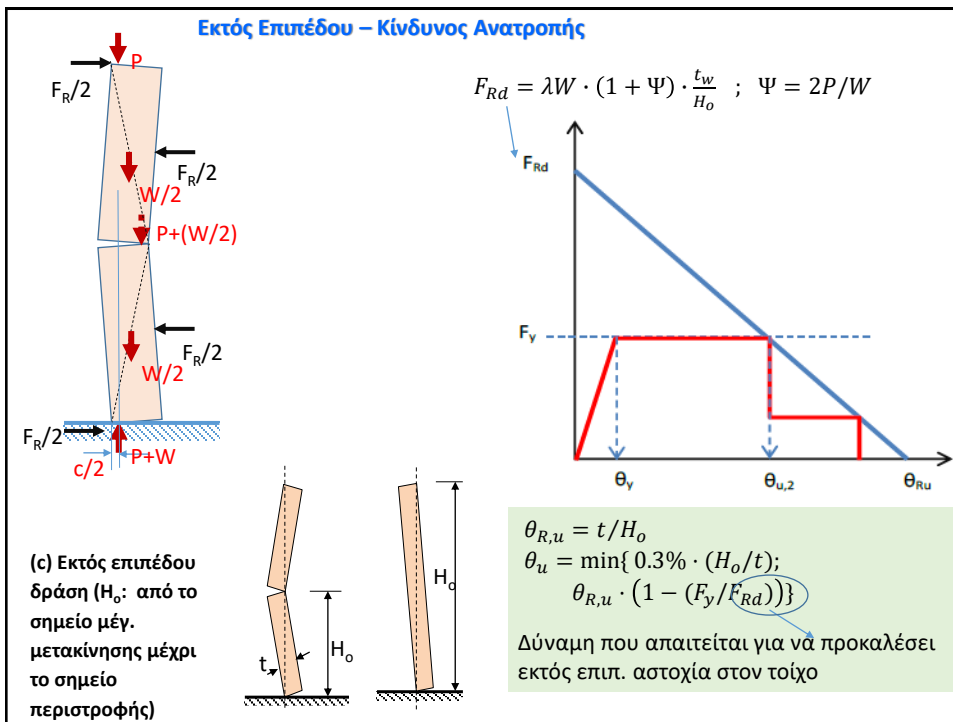


$$\theta_{height} = \Delta U_{height} / I_v$$

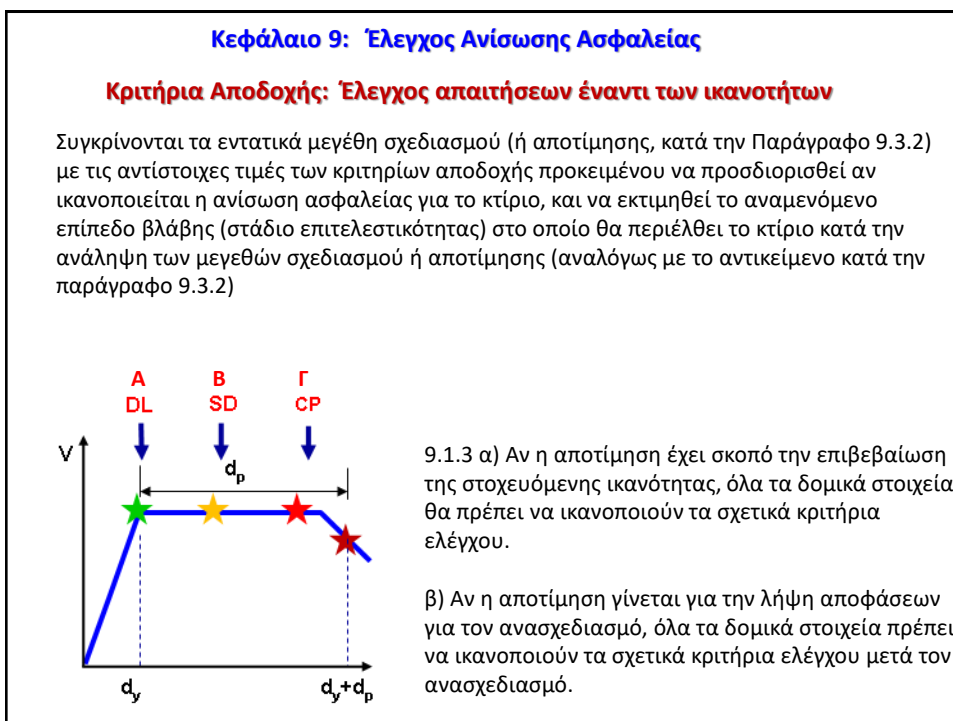
$$\theta_{plan} = 2 \cdot \Delta U_{mid} / I_h$$

Για κάθε στάδιο επιτελεστικότητας, ελέγχεται η τιμή της στροφής γ ή θ σε σχέση με τις αντίστοιχες οριακές τιμές

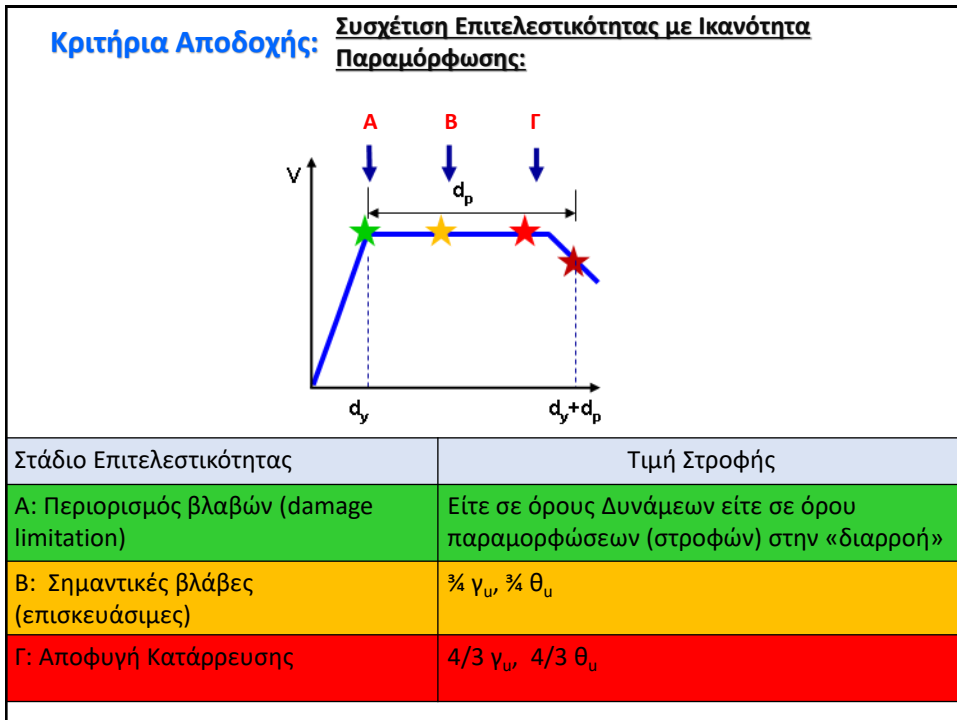
22



23



24



25

Ικανότητα παραμόρφωσης σε όρους στροφής, για εντός και εκτός επιπέδου δράση		
Είδος Σεισμικής Απόκρισης	Οριακή Στροφή στην Αστοχία	
Εντός επιπέδου, πεσοί που ανήκουν στο σύστημα οριζόντια αντίστασης.	Στοιχεία που ελέγχονται από κάμψη: $\theta_{u,in}=0.008 \cdot H_o/L$	
	Elements controlled by Shear: $\theta_{u,in}=0.004$	
Εκτός επιπέδου (ανατροπή)	$\theta_{u,out} = \min \{ \theta_{u,1}, \theta_{u,2} \}$	
Όρια Επιτελεσματικότητας (κριτήρια αποδοχής) για εντός και εκτός επιπέδου δράση		
Είδος Σεισμικής Απόκρισης	Όρια Σχετικής Στροφής	Στάθμη Επιτελεσματικότητας
Εντός Επιπέδου	$\theta_{in} < 0.15\%$	A: Άμεση Επανάχρηση /Ελεγχος Βλαβών
	$0.15\% \leq \theta_{in} < 0.75 \cdot \theta_{u,in}$	B: Σημαντικές αλλά επισκευάσιμες βλάβες
	$0.75 \cdot \theta_{u,in} \leq \theta_{in} < 1.33 \cdot \theta_{u,in}$	Γ: Ασφάλεια ζωής – Αποφυγή Κατάρρευσης
Εκτός Επιπέδου (σε οριζόντια έννοια)	$\{ \theta_{out-v}; \theta_{out-h} \} < 0.20\%$	A: Άμεση Επανάχρηση /Ελεγχος Βλαβών
	$0.20\% \leq \{ \theta_{out-v}; \theta_{out-h} \} < 0.75 \cdot \theta_{u,out}$	B: Σημαντικές αλλά επισκευάσιμες βλάβες
	$0.75 \cdot \theta_{u,out} \leq \{ \theta_{out-v}; \theta_{out-h} \} < 1.33 \cdot \theta_{u,out}$	Γ: Ασφάλεια ζωής – Αποφυγή Κατάρρευσης

26

Η ικανότητα ελέγχεται στην αντίστοιχη στάθμη του κτιρίου, κατά την διεύθυνση της σεισμικής δράσης ως εξής:

(α) Σε περίπτωση ευπαράμορφων διαφραγμάτων, η ικανότητα σε μία οριζόντια διεύθυνση ελέγχεται για κάθε μεμονωμένο δομικό στοιχείο.

(β) Σε περίπτωση δυσπαράμορφων διαφραγμάτων, η ικανότητα της κατασκευής μπορεί να λαμβάνεται ως ίση με το άθροισμα των τεμνουσών αντοχής των μεμονωμένων τοίχων.

Η τέμνουσα αντοχής κάθε μεμονωμένου τοίχου στην οριζόντια διεύθυνση της σεισμικής δράσης υπολογίζεται κατά το Κεφ. (7), όπως αυτή ελέγχεται από την κάμψη (βλ. Εξ. (7.1)) ή από την διάτμηση (βλ. Εξ. (7.2)).

α) Για πλαστικούς τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς στοιχείων του φορέα, ο έλεγχος γίνεται σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών

$$R_d = \delta_{d,B} = \frac{\delta_u}{\gamma_{Rd}}$$

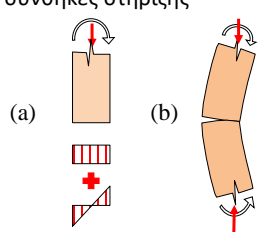
- Εντός Επιπέδου: $\gamma_{Rd} = 1,33$. Εκτός Επιπέδου: $\gamma_{Rd} = 2,0$.
- Για δευτερευοντα στοιχεία ο συντελεστής είναι 1.33 πάντα για στάθμη Β, αλλά 1.15 για στάθμη Γ

β) Για ψαθυρούς τρόπους αστοχίας και συμπεριφοράς στοιχείων του φορέα, ο έλεγχος γίνεται σε όρους δυνάμεων.

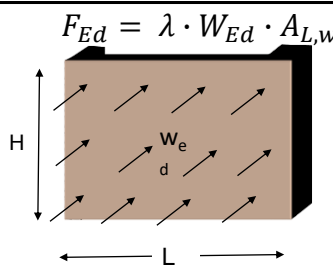
27

Εκτός Επιπέδου Δράση: Σημασία της:

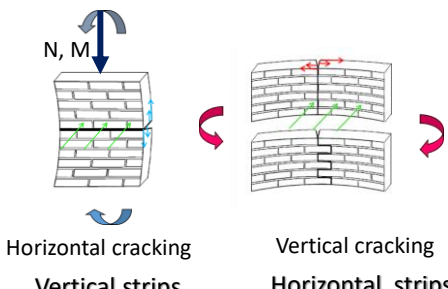
$A_{L,w}$ Επιφάνεια τοίχου.
 λ : συνθήκης στήριξης



(a) Stress superposition at cracking,
 (b) Ultimate Flexural Strength

$$F_{Ed} = \lambda \cdot W_{Ed} \cdot A_{L,w}$$


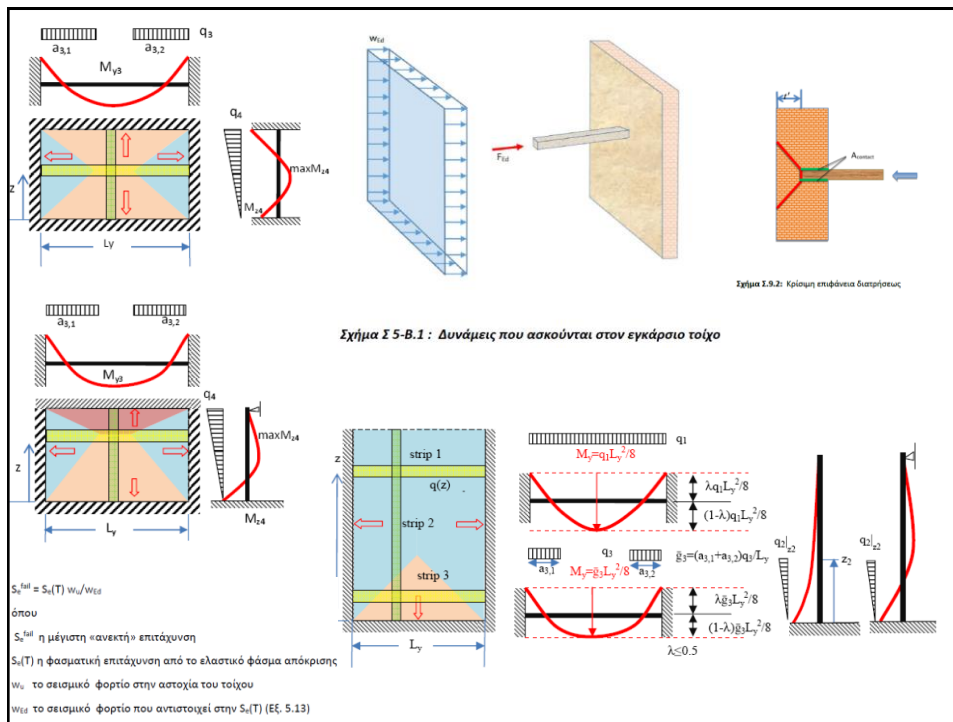
Παράδειγμα: Τοίχος με πάχος 0,5 μ και ειδικό βάρος 18 KN/m^3 , για επιτάχυνση κορυφής 0,5g υφίσταται εγκάρσια πίεση: $w_e = 4,5 \text{ Kpa}$ (περίπου τόσο είναι το ίδιο βάρος μιας πλάκας από ΟΣ)



Horizontal cracking
Vertical strips

Vertical cracking
Horizontal strips

28



29

Συμπερασματικά από την Μεθοδολογία της Ανάλυσης & Αποτίμησης διακρίνονται τρία κύρια στάδια, ασχέτως μεθόδου προσομοίωσης του φορέα και της μηχανικής συμπεριφοράς των υλικών

• Βήματα:

- Προσδιορισμός της κατανομής οριζόντιων μετατοπίσεων του κτιρίου από ΦΤ**
- Εκτιμάται για το κτίριο (είτε ως πολυβάθμιο είτε ως ισοδύναμο μονοβάθμιο) η κατανομή των σεισμικών μετατοπίσεων στο φορέα για την μέγιστη μετατόπιση κορυφής**
- Τοπική απαίτηση σε όρους παραμόρφωσης και επιβολή ελέγχων για την εύρεση του σταδίου επιτελεστικότητας (έκταση βλάβης)**

30

Παράδειγμα Εφαρμογής: Κτίριο του 1893, υπέστη το σεισμό του 1978 στην Θεσσαλονίκη



(a1)



(a2)

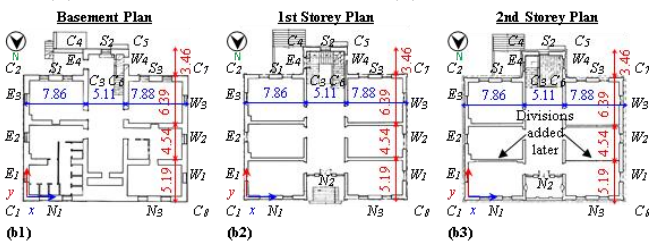
Stone Masonry: $f_k = 5.5 \text{ MPa}$,
Specific Weight = 28.5 kN/m^3

Clay bricks: $f_k = 4.0 \text{ MPa}$,
Specific Weight = 18.0 kN/m^3

Timber: $E = 10 \text{ GPa}$,
Iron beams: $E = 150 \text{ GPa}$

Roofing: 1.5 kN/m^2

Moving loads: 3.5 kN/m^2

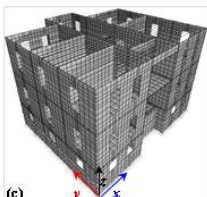


(b1)

(b2)

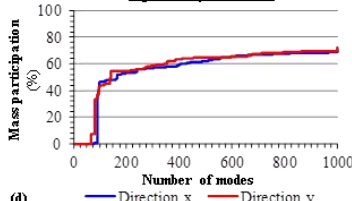
(b3)

3D F.E. Model



(c)

Eigen Analysis Results



(d)

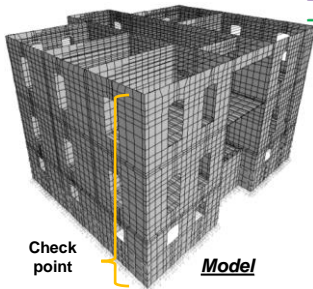
Μελέτη: Δρ.
Παρδαλόπουλος

31

Step 1: Estimate shape Φ of translational response at peak roof displacement

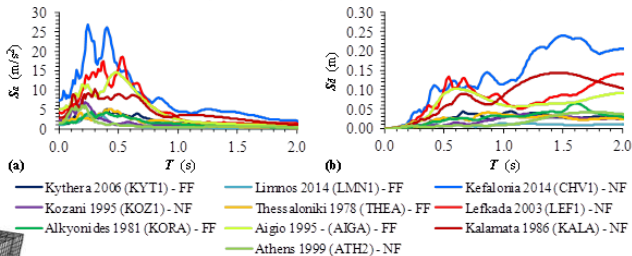
- Determine using linear elastic static analysis, the translational (lateral) deformed shape of the building when acted upon by its self weight \rightarrow a uniform field of acceleration $=g$ acting in the direction of the earthquake action.

Example: neoclassical URM building dating from the 19th Century

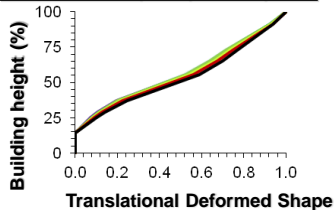


Check point

Model



Normalized Shape at peak response



32

Step 1: Estimate shape of translational response at peak roof displacement

- **WHY?** Easy to conduct: Just define the direction of the field of gravity in the horizontal direction. Superposition holds → add any effects from true self weight.
- **Basis:** Rayleigh's Principle. Confirmed by Results
- **Importance:** Engage the mass wherever it may lie distributed

Maximum Mass Participation

$$C_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \cdot U_i \right)^2}{\sum_{i=1}^N m_i \cdot \sum_{i=1}^N m_i \cdot U_i^2}$$

- **Shape will Account for Torsional Effects**

33

Application Example

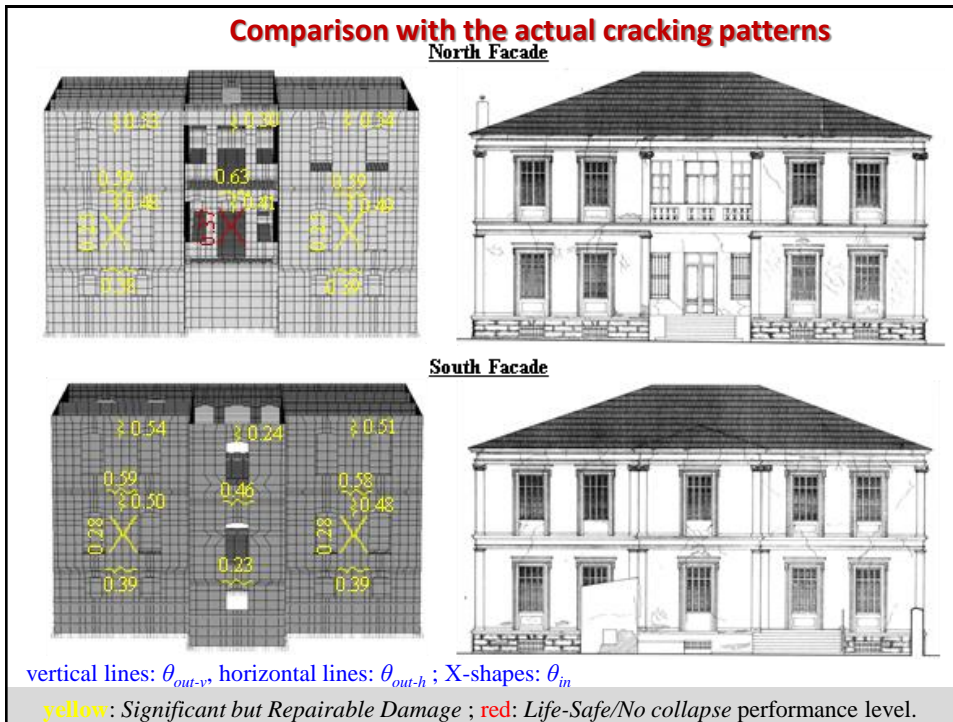
➤ **Critical relative drift ratios:**

$T_1 = 0.05 \cdot H^{3/4} \Rightarrow T_1 = 0.39 \text{ s}$

Projected locations of Cracking

South-East Facade **North-West Facade**

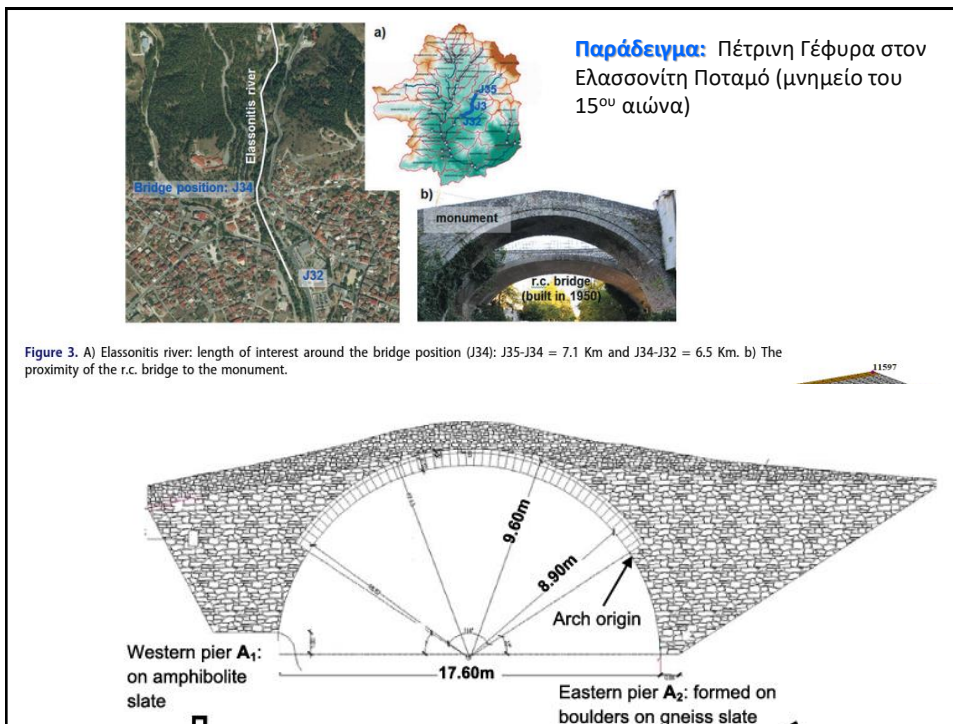
34



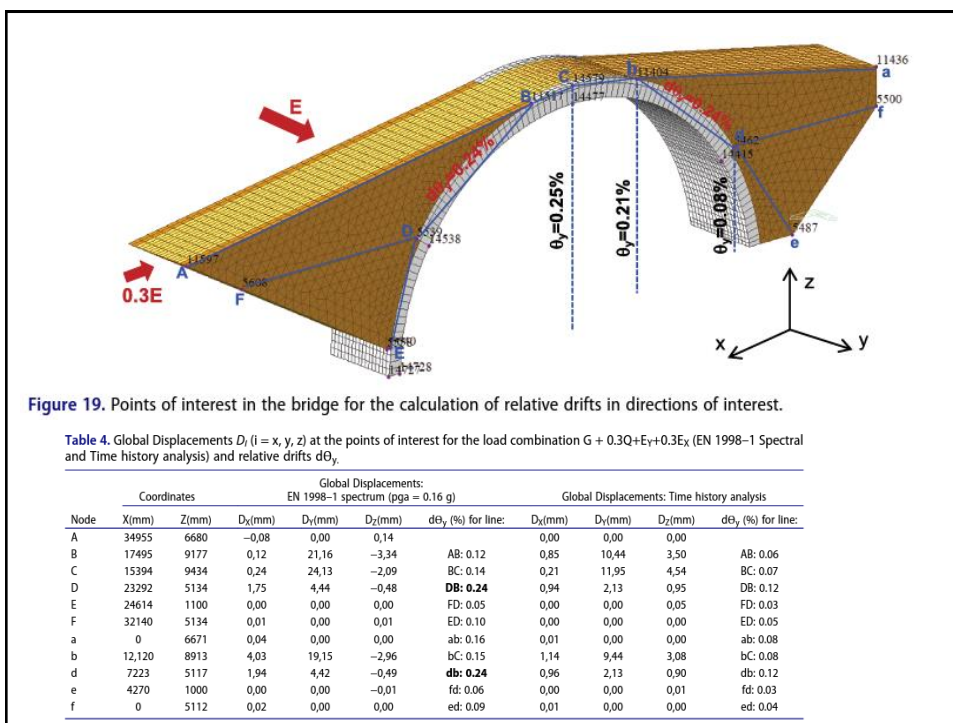
35



36



37



38