



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Αποτίμηση Διώροφου Κτιρίου κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών: Αντισεισμικός
Σχεδιασμός Κατασκευών

Ανασχεδιασμός Υφιστάμενων Κατασκευών

Μελανή Χριστοδούλου

Πάτρα

Φεβρουάριος 2015



Αποτίμηση Υφιστάμενων Κατασκευών

- ✓ Ένα Πρόβλημα αρκετά περίπλοκο
- ✓ Υφιστάμενη Κατασκευή με:
 - 1) Μεγάλη ηλικία
 - 2) Μελέτη και κατασκευή με πρόνοιες και διατάξεις άλλων εποχών
 - 3) Απουσία Προνοιών Αντισεισμικού Σχεδιασμού (Ικανοτικός Σχεδιασμός, Πλαστιμότητα, κτλ)

ΜΕΓΑΛΕΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ



Αποτίμηση Υφιστάμενων Κατασκευών

- ✓ Πολλά δεδομένα άγνωστα και ασαφή
- ✓ Απαίτηση για νέους συντελεστές ασφαλείας υλικών και νέες μεθόδους ανάλυσης ανάλογα με την αξιοπιστία των πληροφοριών οι οποίες μας είναι διαθέσιμες.
- ✓ Βήματα Αποτίμησης
 - 1) Συλλογή στοιχείων (ανατομία της υφιστάμενης κατασκευής)
 - 2) Ανάλυση
 - 3) Έλεγχος Οριακών Καταστάσεων



Αποτίμηση Υφιστάμενων Κατασκευών

- ✓ Σκοπός: η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας δομήματος και ο έλεγχος ικανοποίησης των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων από τους Κανονισμούς.
- ✓ Αρκετοί Κανονισμοί ανά το παγκόσμιο που καταπιάνονται με την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών.
 - EC8-3 (Αποτίμηση και Ενίσχυση Κτιρίων)
 - ΚΑΝ.ΕΠΕ.-Κανονισμός Επεμβάσεων



Κανονισμός Επεμβάσεων- ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

- ✓ Διάφορες κανονιστικές διατάξεις.
- ✓ Βασίζεται σε κριτήρια επιτελεστικότητας (επιθυμητή συμπεριφορά-Performance-based seismic design).
- ✓ Φιλοσοφία συγκεκριμένου κανονισμού: Η κατασκευή πρέπει να ικανοποιεί τα απαιτούμενα επίπεδα επιτελεστικότητας.



Στάθμες Επιτελεστικότητας

✓ Ορίζονται συναρτήση του βαθμού βλάβης.

Στάθμη Α «Περιορισμένες Βλάβες»

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές ζημιές.

Στάθμη Β «Σημαντικές Βλάβες»

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες βλάβες, αλλά επισκευάσιμες.

Στάθμη Γ «Οιονεί Κατάρρευση»

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές, μη επισκευάσιμες βλάβες.



Σεισμική Επικινδυνότητα

- ✓ 2 επίπεδα σεισμικής επικινδυνότητας
- ✓ Επιλογή στόχου αποτίμησης ή ανασχεδιασμού: Τροποποίηση δεικτών q ή m , ή ανεκτών παραμορφώσεων δ_d .

	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Άμεση χρήση μετά το σεισμό	Προστασία ζωής	Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

20%	V5	B5	L5
-----	----	----	----



Υπάρχον Πρόβλημα

- ✓ Κατηγορία Μελέτης: Αποτίμηση Υφιστάμενης Κατασκευής.
- ✓ Δεδομένα Προβλήματος:
 - Διώροφη Οικοδομή του 1975
 - Σπουδαιότητα συνήθη
 - Ζώνης σεισμικότητας II
 - Κατηγορία εδάφους B
 - Επιτάχυνση Εδάφους: $a_g=0.20g$

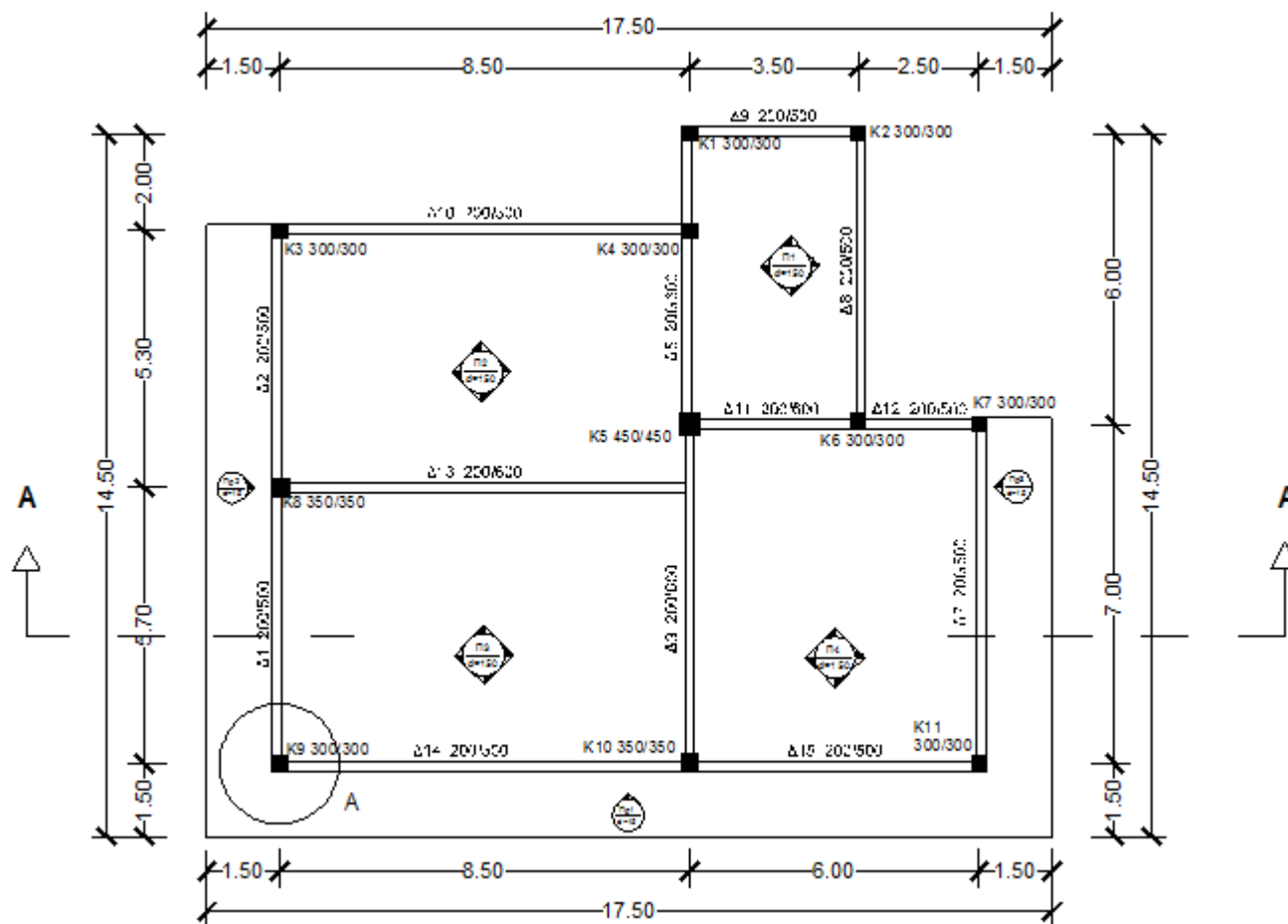


Υπάρχον Πρόβλημα

- ✓ Απαίτηση «Στάθμη Επιτελεστικότητας Β1-Ασφάλεια Ζωής Ενοίκων»
- ✓ Υλικά
 - Σκυρόδεμα: C16/20
 - Χάλυβας: S400
- ✓ Διαστάσεις μελών
 - Δοκοί
 - Περιμετρικές: 200/500(mm)
 - Εσωτερικές: 200/600(mm)
 - Υποστυλώματα
 - Γωνιακά: 300/300(mm)
 - Περιμετρικά: 350/350(mm)
 - Κεντρικό: 450/450(mm)

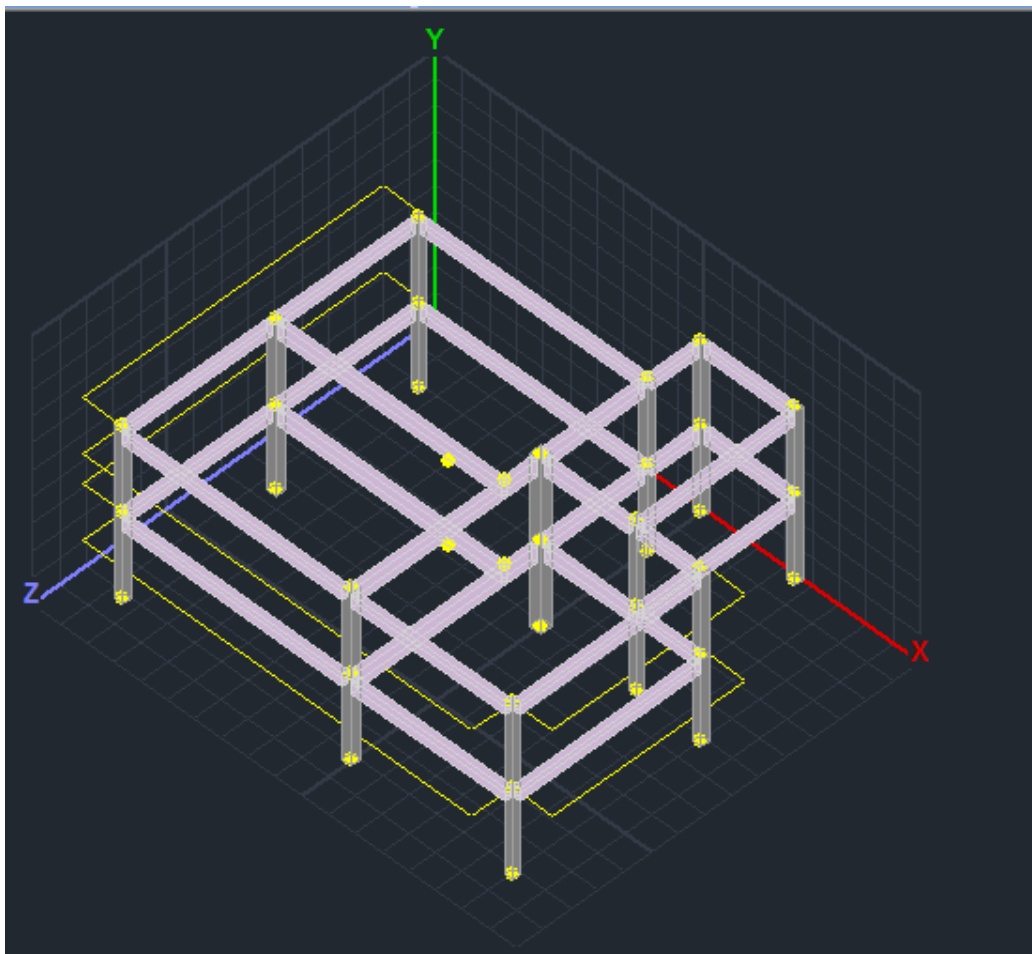


Κάτοψη Κτιρίου





Προσομοίωση Φορέα





Φορτία

- ✓ Κατακόρυφα
- Φορτίο επίστρωσης = 1.5 kN/m^2
- Το δώμα θεωρείται μη βατό. Θεώρηση ύπαρξης ωφέλιμου φορτίου χιονιού ίσο με 0.625 kN/m^2 .
- Ωφέλιμο φορτίο ίσο με 5.0 kN/m^2 για τους προβόλους.
- Ωφέλιμο φορτίο 2.0 kN/m^2 για τις υπόλοιπες πλάκες .
- Ύπαρξη στηθαίου από μπατική τοιχοποιία ύψους 1.20 m στο δώμα.
- Μπατική τοιχοποιία με εκτιμώμενο φαινόμενο βάρος 3.6 kN/m^2 - Μείωση 50% στα ανοίγματα.
- Δρομική τοιχοποιία με φαινόμενο βάρος 2.1 kN/m^2 - Μείωση 35% στα ανοίγματα.



Βασικές Παραδοχές Προσομοίωσης

- 1) Θεώρηση Διαφραγματικής Λειτουργίας των Πλακών.
- 2) Θεώρηση Άκαμπτων Κόμβων.
- 3) Η κατανομή των φορτίων των πλακών γίνεται σύμφωνα με τον κανόνα των 45° ή των 60° .
- 4) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου βρίσκεται συγκεντρωμένη στο κέντρο βάρους M του αντιστοίχου διαφράγματος.
- 5) Ανάλυση κτιρίου ως ένα χωρικό μόρφωμα αποτελούμενο από επιμέρους φορείς και δομικά στοιχεία.



Μεθόδοι Ανάλυσης

- ✓ Αποτίμηση Υφιστάμενης Κατασκευής με:
 - 1) Ελαστικές Μεθόδους Ανάλυσης
 - Χρήση κλασσικής γραμμικής σχέσης έντασης– παραμόρφωσης για τα δομικά στοιχεία της κατασκευής
 - 2) Ανελαστική Μέθοδο Ανάλυσης
 - Παρατήρησης προοδευτικής κατάρρευσης του φορέα μας και των μηχανισμών αστοχίας
 - 3) Προσεγγιστική Μέθοδος Ανάλυσης



Ερωτήματα

- ✓ Προσομοίωμα με και χωρίς τοιχοπληρώσεις
Πώς επηρεάζουν οι τοιχοπληρώσεις τον φορέα μας;
- ✓ Ανάλυση με 4 διαφορετικές μεθόδους
Υπάρχει κάποια σύγκριση που μπορεί να γίνει όσων αφορά τα αποτελέσματα και τις μεθόδους ανάλυσης; Διαφορές; Κοινά Σημεία;
- ✓ Σεισμική επιτάχυνση για στάθμη Α και στάθμη Γ



Δείκτης Ανεπάρκειας Δομικού Στοιχείου, λ

- ✓ Λόγος δράσεων-αντιδράσεων.
- ✓ Υπολογίζεται μόνο με βάση τις αντοχές σε κάμψη.
- ✓ Ο μεγαλύτερος λόγος, λ, για ένα επιμέρους στοιχείο σε ένα όροφο, θεωρείται κρίσιμος λόγος, λ, για τον όροφο.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Προκαταρκτική Ελαστική Ανάλυση

- Εφαρμόζεται όταν ισχύει ταυτόχρονα να επιλεγεί στάθμη επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» ή «Οιονεί κατάρρευση» και στο κτίριο να μην υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες ή κακοτεχνίες.
- Προσδιορισμός κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί.



Ελαστικές Δυναμικές Μέθοδοι Ανάλυσης

- ✓ Ελαστική Δυναμική Ανάλυση με Καθολικό Δείκτη Συμπεριφοράς (q).
- ✓ Ελαστική Δυναμική Ανάλυση με Τοπικό Δείκτη Πλαστιμότητας (m).



Ελαστικές Δυναμικές Μέθοδοι Ανάλυσης

✓ Προϋποθέσεις Εφαρμογής

Όλα τα κύρια στοιχεία να προκύπτει $\lambda \leq 2,5$ ή για ένα ή περισσότερα από αυτά να προκύπτει $\lambda > 2,5$ και το κτίριο να είναι μορφολογικά κανονικό.

Τι σημαίνει, όμως, μορφολογικά κανονικό κτίριο;



Μορφολογική Κανονικότητα

- ✓ Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν διακόπτεται καθ' ύψος και ούτε συνεχίζει σε διαφορετικό φάτνωμα.
- ✓ Κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν συνεχίζει στο γειτονικό όροφο σε εκτός επιπέδου εσοχή.
- ✓ Το κτίριο δεν περιλαμβάνει όροφο του οποίου ο μέσος δείκτης ανεπάρκειας, υπερβαίνει το 150% του μέσου δείκτη ανεπάρκειας του υποκείμενου ή υπερκείμενου ορόφου.



Ελαστικές Δυναμικές Μέθοδοι Ανάλυσης

- Ανεξαρτήτως αν ισχύει η προϋπόθεση εφαρμογής, και όταν δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για σκοπούς μόνο αποτίμησης, η εφαρμογή της δυναμικής ελαστικής μεθόδου. Σε τέτοια περίπτωση, όμως, οι συντελεστές προσομοιώματος γsd, αυξάνονται κατά 15%.



Συντελεστές προσομοιώματος, γ_{sd}

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή/και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή/και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{sd}=1,2$	$\gamma_{sd}=1,1$	$\gamma_{sd}=1,0$



Ελαστικής Δυναμικής Ανάλυσης με Καθολικό Δείκτη Συμπεριφοράς (η)

Μέλος	Συντελεστής ακαμψίας
Υποστύλωμα εσωτερικό	$0.8 \cdot E_c \cdot I_g$
Υποστύλωμα περιμετρικό	$0.6 \cdot E_c \cdot I_g$
Τοίχωμα μη ρηγματωμένο	$0.7 \cdot E_c \cdot I_g$
Τοίχωμα ρηγματωμένο	$0.5 \cdot E_c \cdot I_g$
Δοκός	$0.4 \cdot E_c \cdot I_g$



Ελαστικής Δυναμικής Ανάλυσης με Καθολικό Δείκτη Συμπεριφοράς (q)

- ✓ Καθορισμός μιας συγκεκριμένης τιμής καθολικού δείκτη συμπεριφοράς.

Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή q :

- 1) Την επάρκεια των Κανονισμών κατά την περίοδο μελέτης και κατασκευής του κτιρίου.
- 2) Την πιθανή ύπαρξη ουσιωδών βλαβών.
- 3) Τη στάθμη επιτελεστικότητας.
- 4) Τους διαθέσιμους βοηθητικούς μηχανισμούς αντισεισμικής συμπεριφοράς (πχ τοιχοπληρώσεις)



Ελαστικής Δυναμικής Ανάλυσης με Καθολικό Δείκτη Συμπεριφοράς (q)

✓ Για το δικό μας παράδειγμα αποτίμησης
Στάθμη Επιτελεστικότητας B

Εφαρμοσθέντες κανονισμοί	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων		Δυσμενής παρουσία τοιχοπληρώσεων	
	Ουσιώδης βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδης βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995<...	3.0	2.3	2.3	1.7
1985<...<1995	2.3	1.7	1.7	1.3
...<1985	1.7	1.3	1.3	1.1



Εφαρμογή Ελαστικής Δυναμικής Ανάλυσης με Τοπικό Δείκτη Συμπεριφοράς (m)

- ✓ Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου οι φορείς παρουσιάζουν έντονη ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών παραμορφώσεων.
- ✓ Δείκτης m : μια τιμή η οποία καθορίζει την διαθέσιμη, τοπική πλαστιμότητα του μέλους.
- ✓ Ενεργώς Δυσκαμψία

$$K = MyLs / 3\theta\gamma$$



Τοπικός δείκτης m

- ✓ $m = \theta_u / \theta_y$
- ✓ Για «Στάθμη Επιτελεστικότητας Β-Προστασία ζωής», η μέγιστη γωνιάς στροφής χορδής στην αστοχία είναι μικρότερη από την τιμή της θ_u και ίση με,

$$\theta_d = 0,5(\theta_y + \theta_u) / \gamma_{Rd}$$

$$m = \theta_d / \theta_y$$



Τοπικός δείκτης m

- ✓ Διαίρεση των εντατικών μεγεθών με τις αντίστοιχες τιμές m , ούτως ώστε να υπολογιστούν οι τιμές των δεικτών ανεπάρκειας, λ .

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ, ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Προϋποθέσεις Εφαρμογής Στατικής Ανελαστικής Μεθόδου

- ✓ Συνίσταται όταν εφαρμόζεται η ανελαστική στατική μέθοδος να διασφαλίζεται τουλάχιστον «Ικανοποιητική» ΣΑΔ.
- ✓ Η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών να μην είναι σημαντική. Για τον έλεγχο της προϋπόθεσης αυτής απαιτείται μια αρχική δυναμική ελαστική ανάλυση όπου θα συνεκτιμώνται οι ιδιομορφές οι οποίες συνεισφέρουν τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας .



Ανελαστική Στατική Ανάλυση

- ✓ Προωθούν μια καλύτερη εποπτεία και αντίληψη όσον αφορά την απόκριση της κατασκευής υποδεικνύοντας τους μηχανισμούς αστοχίας και το ενδεχόμενο προοδευτικής κατάρρευσης.
- ✓ Οι παραμορφώσεις που αναπτύσσονται πρέπει να είναι μικρότερες από τις παραμορφώσεις που απαιτούνται σύμφωνα με τους στόχους αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που έχουν τεθεί.



Ανελαστική Στατική Ανάλυση

- ✓ Μετατόπιση μέχρι μια στοχευμένη μετακίνηση.
- ✓ Υπολογισμός εσωτερικών παραμορφώσεων.

Στοχευμένη μετακίνηση,

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) S_e(T)$$

$S_e(T)$: Η ελαστική φασματική ψευδοεπιτάχυνση.

T_e =ισοδύναμη ιδιοπερίοδο της κατασκευής .

C_0, C_1, C_2, C_3 =Διορθωτικοί Συντελεστές.



Ανελαστική Στατική Ανάλυση

- ✓ Τα οριζόντια φορτία θα εφαρμόζονται σε 2 διευθύνσεις και ο έλεγχος γίνεται για τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν σε κάθε στοιχείο.
- ✓ 16 Συνδυασμοί (8 Τριγωνική Κατανομή, 8 Ορθογωνική Κατανομή)



Καμπύλη αντίστασης του κτιρίου

- ✓ Μετά την ανελαστική, στατική ανάλυση προκύπτει η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου.
- ✓ Χαράσσεται σε όρους τέμνουσας βάσης- μετακίνησης χαρακτηριστικού σημείου του κτιρίου (κόμβου ελέγχου- κέντρο του διαφράγματος οροφής).
- ✓ Αποτελεί τη βάση για όλους τους απαιτούμενους ελέγχους ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας.

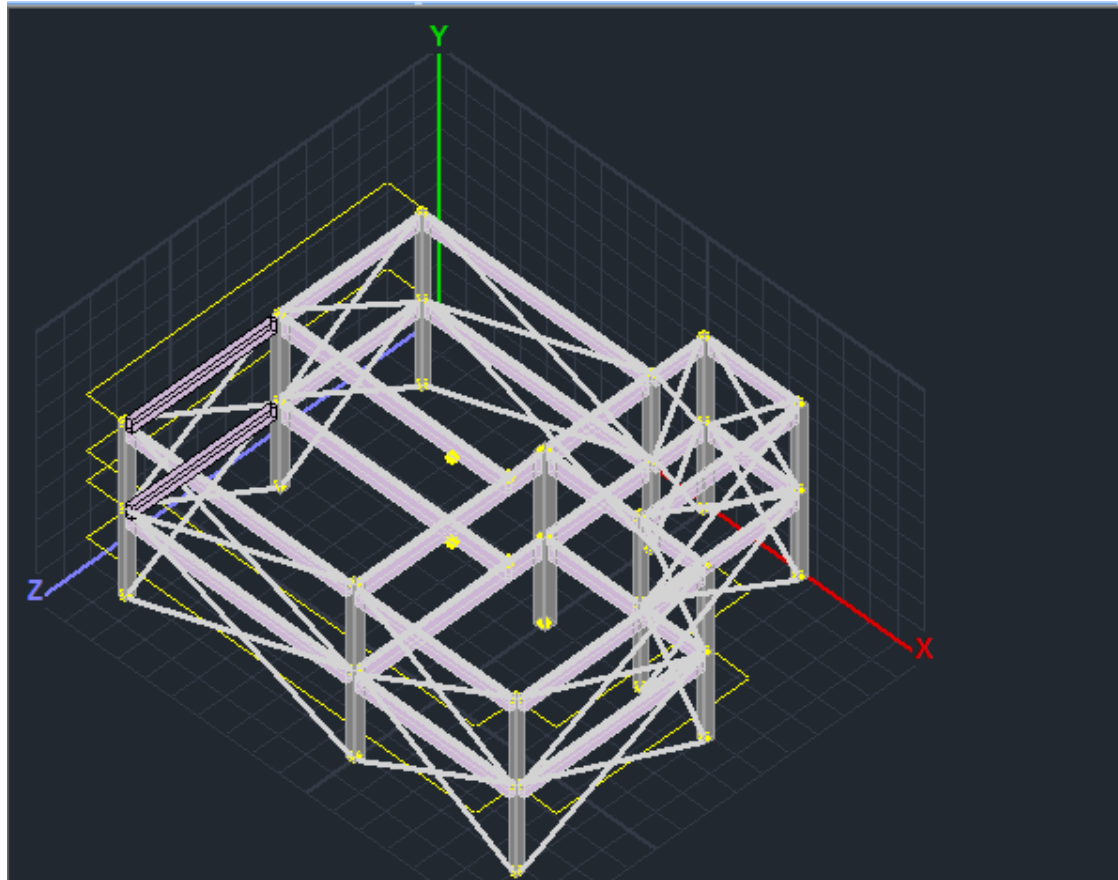


Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Η προσομοίωση των τοιχοπληρώσεων έγινε μέσω 2 θλιβόμενων, διαγώνιων χιαστί αμφιαρθρωτών ράβδων σε κάθε φάτνωμα.
- ✓ Οι τοιχοπληρώσεις τοποθετούνται μόνο στους περιμετρικούς τοίχους.
- ✓ Χαρακτηριστικά Τοιχοποιίας
 - Μπατική Οπτοπλιθοδομή-M2 25 cm
 - Τσιμεντοκονίαμα-M2
 - Θλιπτική Αντοχή (Μέση) $f_m=1,5$ MPa
 - Μέτρο Ελαστικότητας, $E_m=1500$ MPa
 - Άνοιγμα: Μικρό ή Καθόλου Άνοιγμα



Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις





Κατηγοριοποίηση αστοχίας μελών σε πλάστιμη ή ψαθυρή

✓ Κριτήρια Πλάστιμης ή ψαθυρής αστοχίας σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

1) $as \geq 2$ Για πλάστιμη αστοχία.
 $as < 2$ Για ψαθυρή αστοχία.

2) $\mu_1/r \geq 3$ Για πλάστιμη αστοχία.
 $\mu_1/r < 3$ Για ψαθυρή αστοχία.

3) $\mu_d \geq 2$ Για πλάστιμη αστοχία.
 $\mu_d < 2$ Για ψαθυρή αστοχία.

4) $VR \geq V_{my}$ Για πλάστιμη αστοχία
 $VR < V_{my}$ Για ψαθυρή αστοχία.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Αποτελέσματα

- ✓ Χρήση Προγράμματος ScadaPro14
- 2 Ελαστικές Δυναμικές Μέθοδοι
- Ανελαστική, Στατική Μέθοδος

- ✓ Υπολογισμοί (Προσεγγιστικοί)
- Προσεγγιστική Μέθοδος



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q , Χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- Αποτελέσματα Προελέγχου

	$\lambda_{x,k}$	$\lambda_{z,k}$	Ποσοστό Δοκών που αστοχούν	Ποσοστό Υποστυλωμάτων που αστοχούν	θ_x	θ_z
ΣΤΑΘΜΗ 1	2,53	3,70	47%	23%	0,0463	0,0424
ΣΤΑΘΜΗ 2	3,44	2,11	10%	36%	0,0313	0,0301



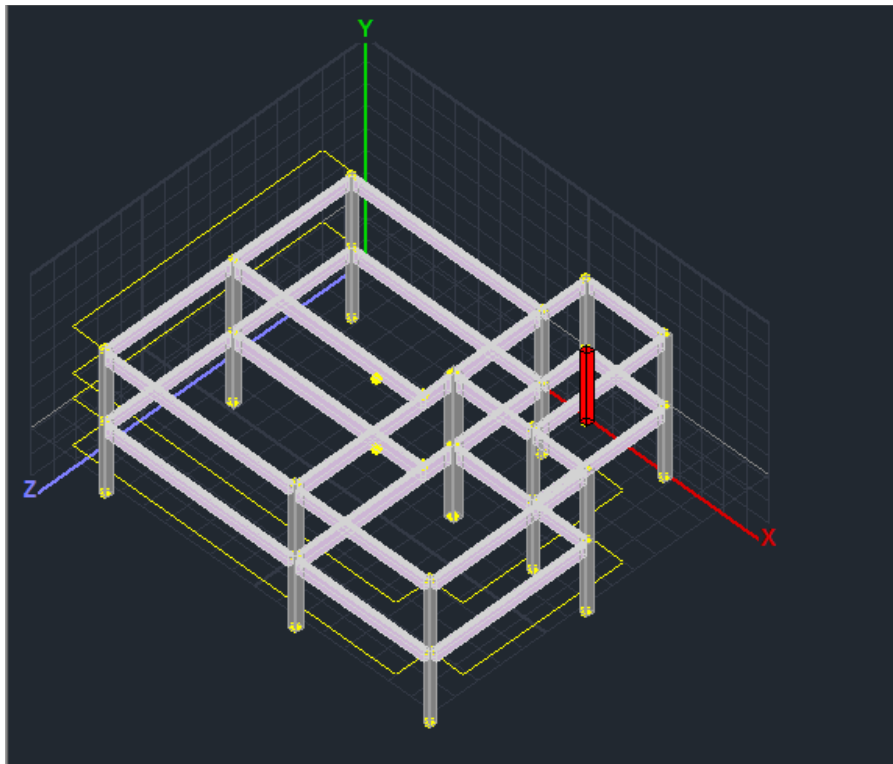
Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q , Χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Από τις 30 δοκούς μόνο 3 δοκοί του 1^{ου} ορόφου δεν αστοχούν (Δ38, Δ50, Δ51).
- ✓ Όλες οι δοκοί του ισόγειου αστοχούν.
- ✓ 2 δοκοί από το ισόγειο και 2 δοκοί από τον 1^ο όροφο αστοχούν ψαθυρά. Οι υπόλοιπες 26 δοκοί αστοχούν με πλάστιμο τρόπο.



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q , Χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- Μόνο 1 υποστύλωμα δεν αστόχησε (Υ6-Υποστύλωμα 1^{ου} ορόφου).





Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q- Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

✓ Αποτελέσματα Προελέγχου

Μείωση τιμών λ, ορόφου με την παρουσία των
τοιχοπληρώσεων

	λ_{xk}	λ_{zk}	Ποσοστό Δοκών που αστοχούν	Ποσοστό Υποστυλωμάτων που αστοχούν	θ_x	θ_z
ΣΤΑΘΜΗ 1	1,12	1,59	3%	5%	0,0469	0,0422
ΣΤΑΘΜΗ 2	1,82	0,90	0%	14%	0,0219	0,0265



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q- Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

✓ Από τις 15 δοκούς του ισογείου, επαρκούν οι 10.

Αριθμός Δοκού	Δείκτης Ανεπάρκεια λ	Επάρκεια	Ποσοστό υπέρβασης αστοχίας	Τρόπος Αστοχίας
23	0,98	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
24	0,73	ΝΑΙ	-	ΨΑΘΥΡΟΣ
25	0,97	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
26	0,90	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
27	0,85	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
28	0,85	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
29	0,87	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
30	1,40	ΟΧΙ	41%	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
31	1,27	ΟΧΙ	28%	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
32	1,44	ΟΧΙ	45%	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
33	2,47	ΟΧΙ	149%	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
34	0,94	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
35	0,92	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
36	0,93	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
37	1,11	ΟΧΙ	12%	ΨΑΘΥΡΟΣ



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q- Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

✓ Μόνο 1 δοκός στον 1^ο όροφο αστοχεί ($\lambda=1,14$)

Αριθμός Δοκού	Δείκτης Ανεπάρκεια λ	Επάρκεια	Ποσοστό υπέρβασης αστοχίας	Τρόπος Αστοχία
38	0,56	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
39	0,32	ΝΑΙ	-	ΨΑΘΥΡΟΣ
40	0,39	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
41	0,44	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
42	0,35	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
43	0,55	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
44	0,57	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
45	0,98	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
46	0,75	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
47	0,90	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
48	1,14	ΟΧΙ	15%	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
49	0,46	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
50	0,48	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
51	0,50	ΝΑΙ	-	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
52	0,71	ΝΑΙ	-	ΨΑΘΥΡΟΣ



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q- Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Στο ισόγειο, επαρκούν τα 8 από τα 11 υποστυλώματα.
- ✓ Στον 1^ο όροφο επαρκούν 5 από τα 11. (Ο 1^{ος} όροφος καταπονείται περισσότερο-Για υποστυλώματα!)



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση q-Προσομοίωμα με και χωρίς Τοιχοπληρώσεις

✓ Προσομοίωμα Χωρίς Τοιχοπληρώσεις
Αστοχούν 48 από τα 52 μέλη.

✓ Προσομοίωμα Με Τοιχοπληρώσεις
Αστοχούν 15 από τα 52 μέλη.



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση m- Προσομοίωμα χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Η προκαταρκτική ανάλυση μας δίνει τα ίδια αποτελέσματα για τα λ ορόφου με τη μέθοδο q (Λογικό-q=1). Υπάρχει διαφορά στο θ (Επιρροή φαινομένων 2ας τάξης).

Αποτελέσματα Προελέγχου	$\lambda_{x,k}$	$\lambda_{z,k}$	Ποσοστό Δοκών που αστοχούν	Ποσοστό Υποστυλωμάτων που αστοχούν	θ_x	θ_z
ΣΤΑΘΜΗ 1	2,53	3,70	47%	23%	0,0463	0,0424
ΣΤΑΘΜΗ 2	3,44	2,11	10%	36%	0,0313	0,0301



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση m- Προσομοίωμα χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Μόνο 3 δοκοί ισογείου επαρκούν.
- ✓ Όσον αφορά τις δοκούς του 1^{ου} ορόφου, μόνο 2 αστοχούν (μικρή υπέρβαση ορίου λ)!

Αριθμός Δοκού	Δείκτης Ανεπάρκεια λ	Επάρκεια	Ποσοστό υπέρβασης αστοχίας	m	Τρόπος Αστοχίας
38	0,70	ΝΑΙ	-	2,53	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
39	0,41	ΝΑΙ	-	4,65	ΨΑΘΥΡΟΣ
40	0,67	ΝΑΙ	-	3,40	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
41	0,61	ΝΑΙ	-	2,65	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
42	0,51	ΝΑΙ	-	4,05	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
43	0,71	ΝΑΙ	-	3,23	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
44	0,74	ΝΑΙ	-	2,94	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
45	1,05	ΟΧΙ	6%	2,65	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
46	0,72	ΝΑΙ	-	2,91	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
47	0,91	ΝΑΙ	-	3,52	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
48	1,17	ΟΧΙ	18%	3,71	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
49	0,56	ΝΑΙ	-	2,92	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
50	0,56	ΝΑΙ	-	2,75	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
51	0,54	ΝΑΙ	-	2,79	ΠΛΑΣΤΙΜΟΣ
52	0,64	ΝΑΙ	-	5,03	ΨΑΘΥΡΟΣ



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση m- Προσομοίωμα χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- ✓ 3 υποστυλώματα ισογείου επαρκούν.
- ✓ 4 υποστυλώματα 1^{ου} ορόφου επαρκούν.
- ✓ Παρατήρηση!
10 από τα 11 υποστυλώματα ισογείου
αστοχούν ψαθυρά (Μέθοδος q:2/11)



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση m- Προσομοίωμα με Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Από τις 30 δοκούς (ισογείου και 1^{ου} ορόφου) αστοχούν μόνο 2 (δοκοί ισογείου).
- ✓ 3 υποστυλώματα στο ισόγειο αστοχούν.
- ✓ Στον 1^ο όροφο, αστοχούν 4 υποστυλώματα



Ελαστική Δυναμική Ανάλυση m-Προσομοίωμα με και χωρίς Τοιχοπληρώσεις

- ✓ Προσομοίωμα Χωρίς Τοιχοπληρώσεις
Αστοχούν 29 από τα 52 μέλη.
- ✓ Προσομοίωμα Με Τοιχοπληρώσεις
Αστοχούν 9 από τα 52 μέλη.



Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία

- ✓ Προέλεγχος (Αρχική Δυναμική Ελαστική Ανάλυση-ιδιομορφές οι οποίες συνεισφέρουν τουλάχιστον το 90% της συνολικής μάζας)

<u>Ιδιομορφή</u>	Κατά X	%	Κατά Z	%
1	166,07	35,68	23,06	4,95
2	104,52	22,45	317,10	68,13
3	158,19	33,98	91,28	19,61
4	12,20	2,62	2,21	0,47
5	8,71	1,87	25,69	5,52
6	15,98	3,43	5,97	1,28
7	0	0	0,07	0,01
8	0	0	0,09	0,02
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	465,67	100,04	465,47	100



Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία

- ✓ 16 συνδυασμοί
 - 8 τριγωνική κατανομή
 - 8 ορθογωνική κατανομή
- 1) $F_x+0,3F_z$
 - 2) $F_x-0,3F_z$
 - 3) $-F_x+0,3F_z$
 - 4) $-F_x-0,3F_z$
 - 5) $F_z+0,3F_x$
 - 6) $F_z-0,3F_x$
 - 7) $-F_z+0,3F_x$
 - 8) $-F_z-0,3F_x$



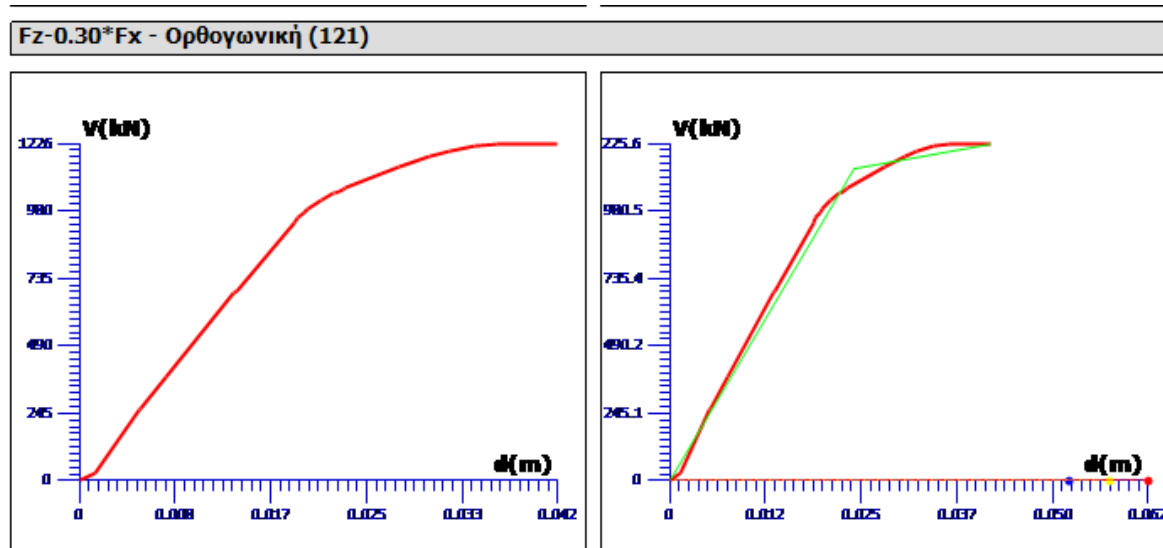
Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία

- ✓ Από την ανάλυση προκύπτει η καμπύλη ικανότητας.
- ✓ Όταν η μέγιστη μετακίνηση του κτιρίου είναι μικρότερη από την στοχευμένη μετακίνηση, έχουμε αστοχία του φορέα.
- ✓ Για αυτό το προσομοίωμα, προκύπτει πως ο φορέας μου αστοχεί σε 3 συνδυασμούς.



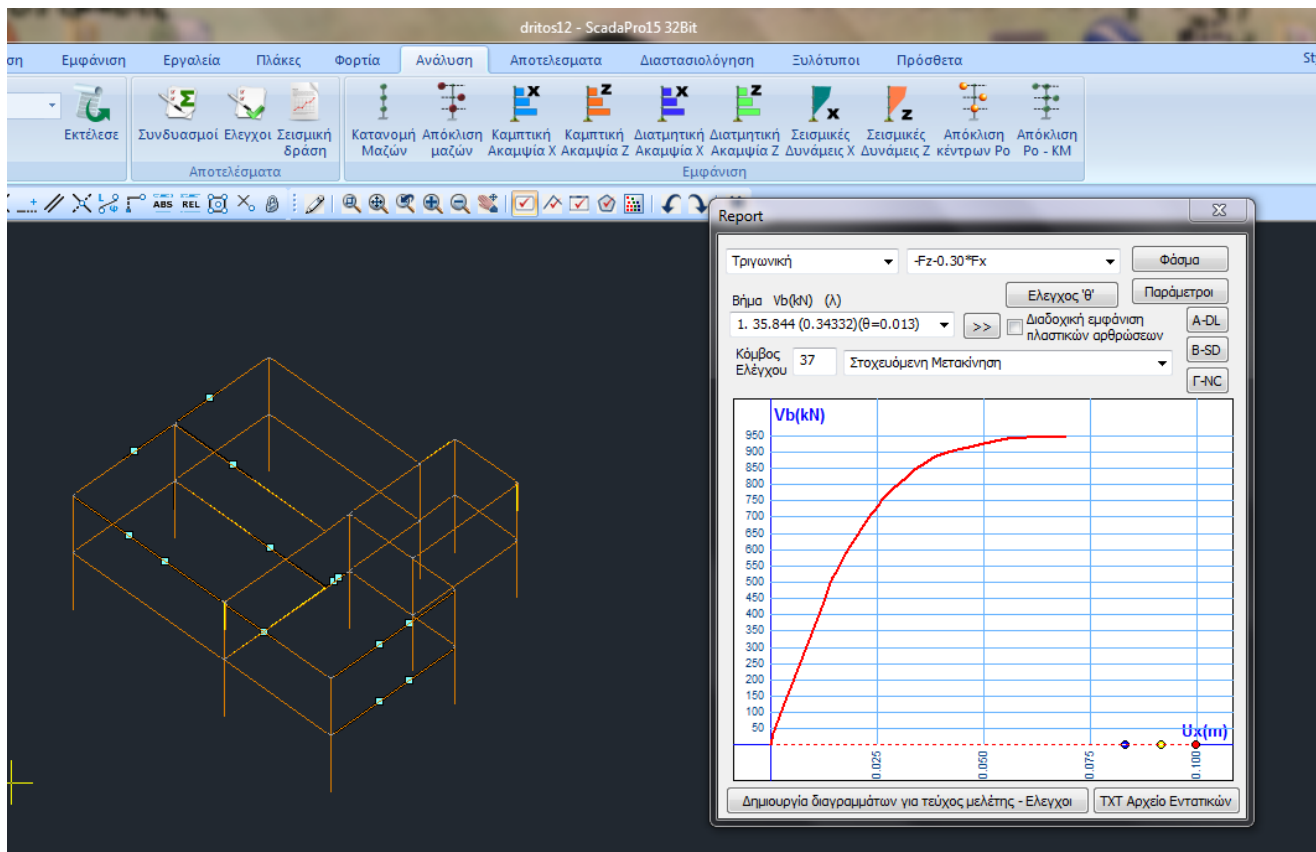
Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία

- ✓ Συνδυασμός $Fz-0,3F_x$ (Ορθογωνική Κατανομή)
- Στοχευμένη Μετακίνηση=0,057 m
- Μέγιστη Μετακίνηση=0,042 m



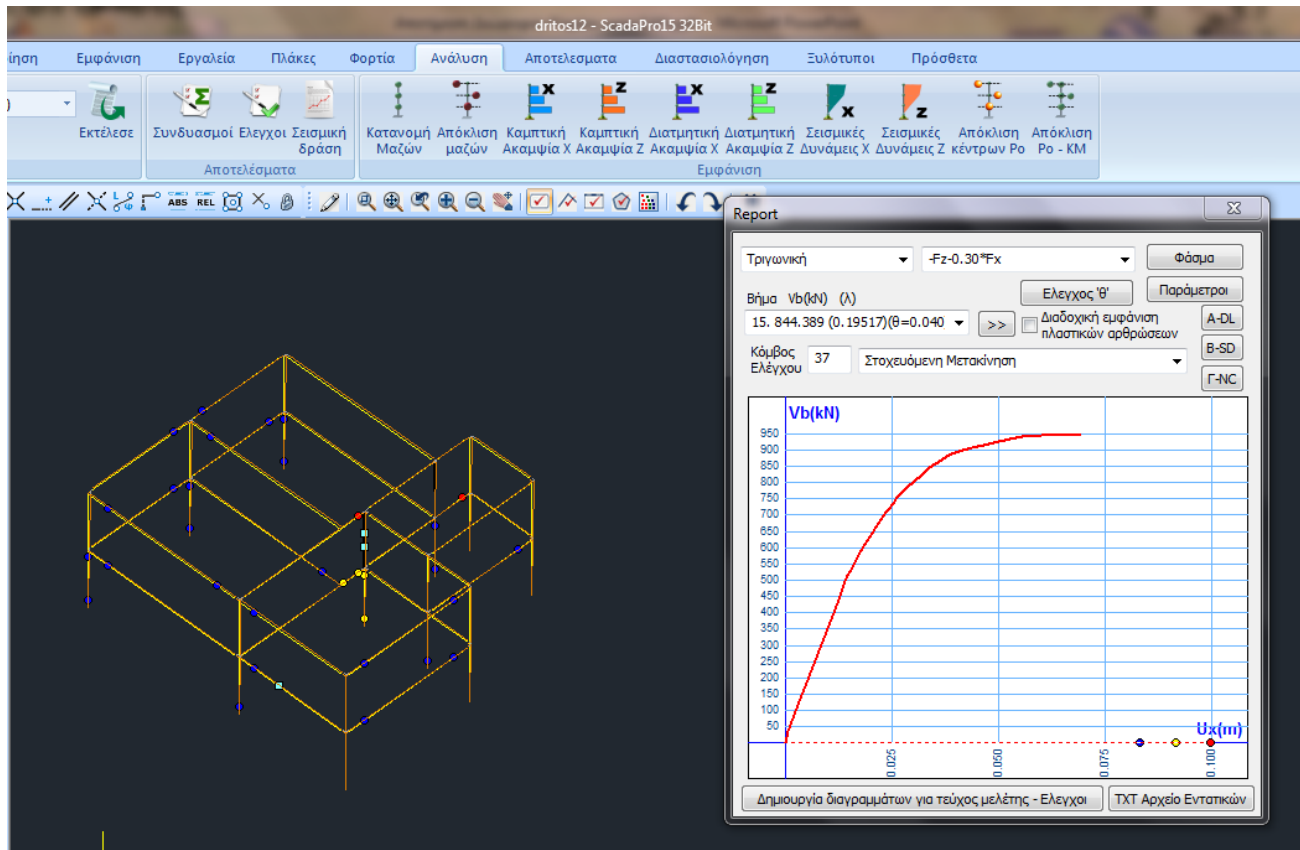


Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία





Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία





Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία

✓ Υπολογισμός λ (παραμορφώσεις)

Αριθμός Δοκού	Δείκτης Ανεπάρκεια λ	Επάρκεια
38	0	ΝΑΙ
39	0	ΝΑΙ
40	0	ΝΑΙ
41	0	ΝΑΙ
42	0	ΝΑΙ
43	32,19	ΟΧΙ
44	28,57	ΟΧΙ
45	20,51	ΟΧΙ
46	33,46	ΟΧΙ
47	2,23	ΟΧΙ
48	2,36	ΟΧΙ
49	0	ΝΑΙ
50	23,33	ΟΧΙ
51	23,12	ΟΧΙ
52	0	ΝΑΙ



Ανελαστική, Στατική Ανάλυση- Προσομοίωμα με τοιχοποιία

- ✓ Ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε και για προσομοίωμα χωρίς τοιχοποιία.
- ✓ Στις επόμενες διαφάνειες θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα που είναι αρκετά ενδιαφέρον.



Προσεγγιστική Μέθοδος

- ✓ Η τέμνουσα βάσης προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο q.
- ✓ Θεωρείται ότι κατανέμεται στα μέλη, αναλόγως των δυσκαμψιών τους.

Αριθμός Δοκού	Δείκτης Ανεπάρκεια λ	Επάρκεια
23	3,22	ΟΧΙ
24	1,23	ΟΧΙ
25	2,93	ΟΧΙ
26	3,08	ΟΧΙ
27	2,19	ΟΧΙ
28	2,47	ΟΧΙ
29	2,49	ΟΧΙ
30	2,65	ΟΧΙ
31	2,51	ΟΧΙ
32	1,1	ΟΧΙ
33	2,93	ΟΧΙ
34	1,67	ΟΧΙ
35	3,14	ΟΧΙ
36	2,09	ΟΧΙ
37	0,74	ΝΑΙ



Προσεγγιστική Μέθοδος

Αριθμός Υποστυλώματος	Δείκτης Ανεπάρκειας λ	Επάρκεια
12	2,14	NAI
13	2,18	NAI
14	2,22	NAI
15	1,85	NAI
16	2,22	OXI
17	1,79	NAI
18	2,48	OXI
19	1,95	OXI
20	2,85	NAI
21	2,54	NAI
22	1,47	OXI



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΗ Α ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΗ Γ



Στάθμη Α

- ✓ Μέθοδος q
- ✓ Προσομοίωμα Χωρίς Τοιχοπληρώσεις
- ✓ Αλλάζει η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς q
 - Στάθμη Α «Περιορισμένες Βλάβες»
 - $q^*/q' = 0,4$
 - $1,0 < q^* < 1,5$



Στάθμη Α

- ✓ Σεισμική Επιτάχυνση=0,02 g
- ✓ Προκύπτει πως αστοχούν 2 δοκοί και 4 υποστυλώματα

Σεισμική Επιτάχυνση:0,02g	Ποσοστό Δοκών που επαρκούν	Ποσοστό Υποστυλωμάτων που επαρκούν
ΣΥΝΟΛΟ	93%	82%



Στάθμη Γ

- ✓ Από το πρόγραμμα
- $q=3,22$
- ✓ Σεισμική Επιτάχυνση=0,098g
- ✓ Προκύπτει πως αστοχούν 3 δοκοί και 5 υποστυλώματα

Σεισμική Επιτάχυνση:0,098g	Ποσοστό Δοκών που επαρκούν	Ποσοστό Υποστυλωμάτων που επαρκούν
ΣΥΝΟΛΟ	90%	77%



Συμπεράσματα

✓ Ανάλυση με:

2 Ελαστικές, Δυναμικές Μεθόδους

1 Ανελαστική, Στατική Μέθοδο

1 Προσεγγιστική Μέθοδο

Προκύπτουν κάποια αρκετά ενδιαφέροντα συμπεράσματα που αξίζουν σχολιασμό.



Συμπεράσματα

1) Επιρροή της παρουσίας των τοιχοπληρώσεων στο φορέα

- Ελαστικές Δυναμικές Μέθοδοι

Φαίνεται ξεκάθαρα η θετική επιρροή των τοιχοπληρώσεων στο φορέα.



Συμπεράσματα

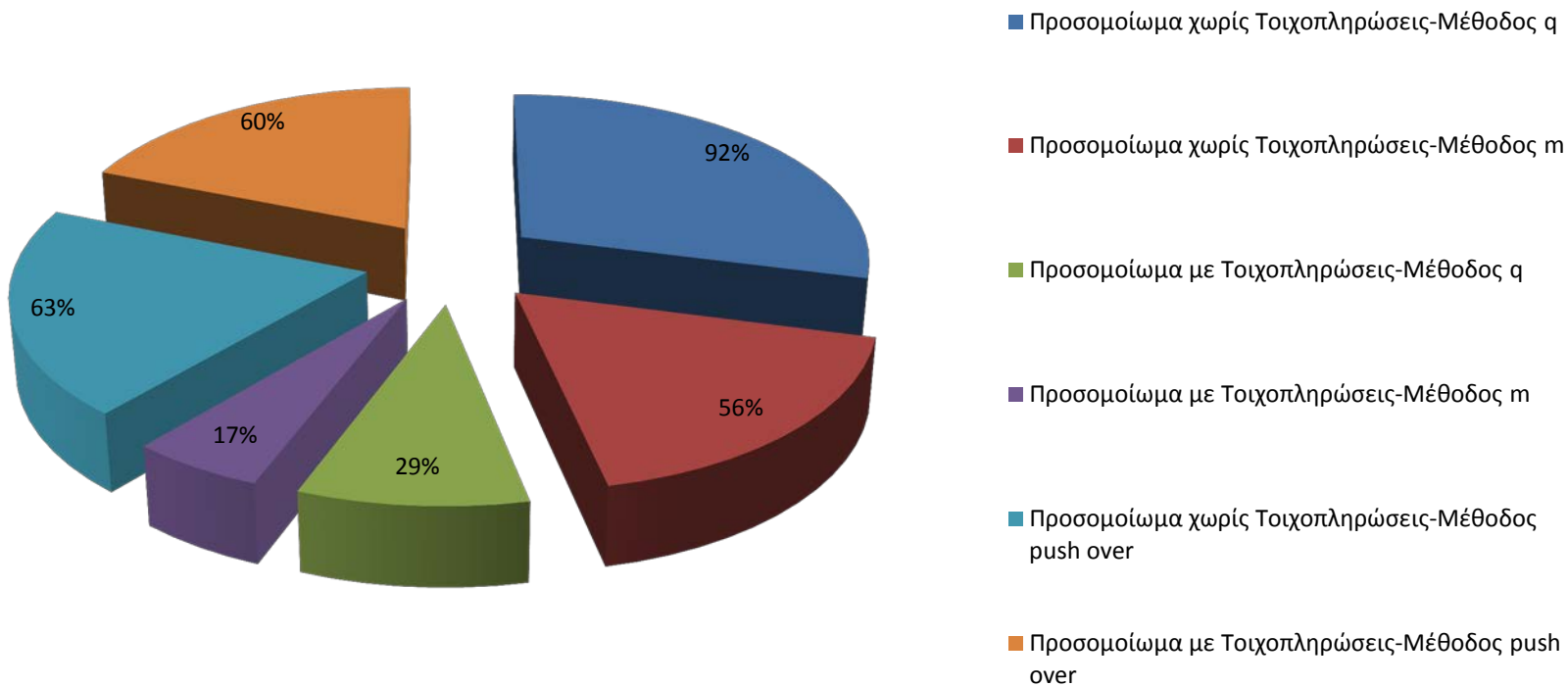
- Ανελαστική, Στατική Μέθοδος
Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, δεν επηρεάζει το φορέα μας η παρουσία των τοιχοπληρώσεων (Ψαθυρό Μέλος η τοιχοποιία-αστοχεί από κάποιο σημείο και μετά;)



Συμπεράσματα-

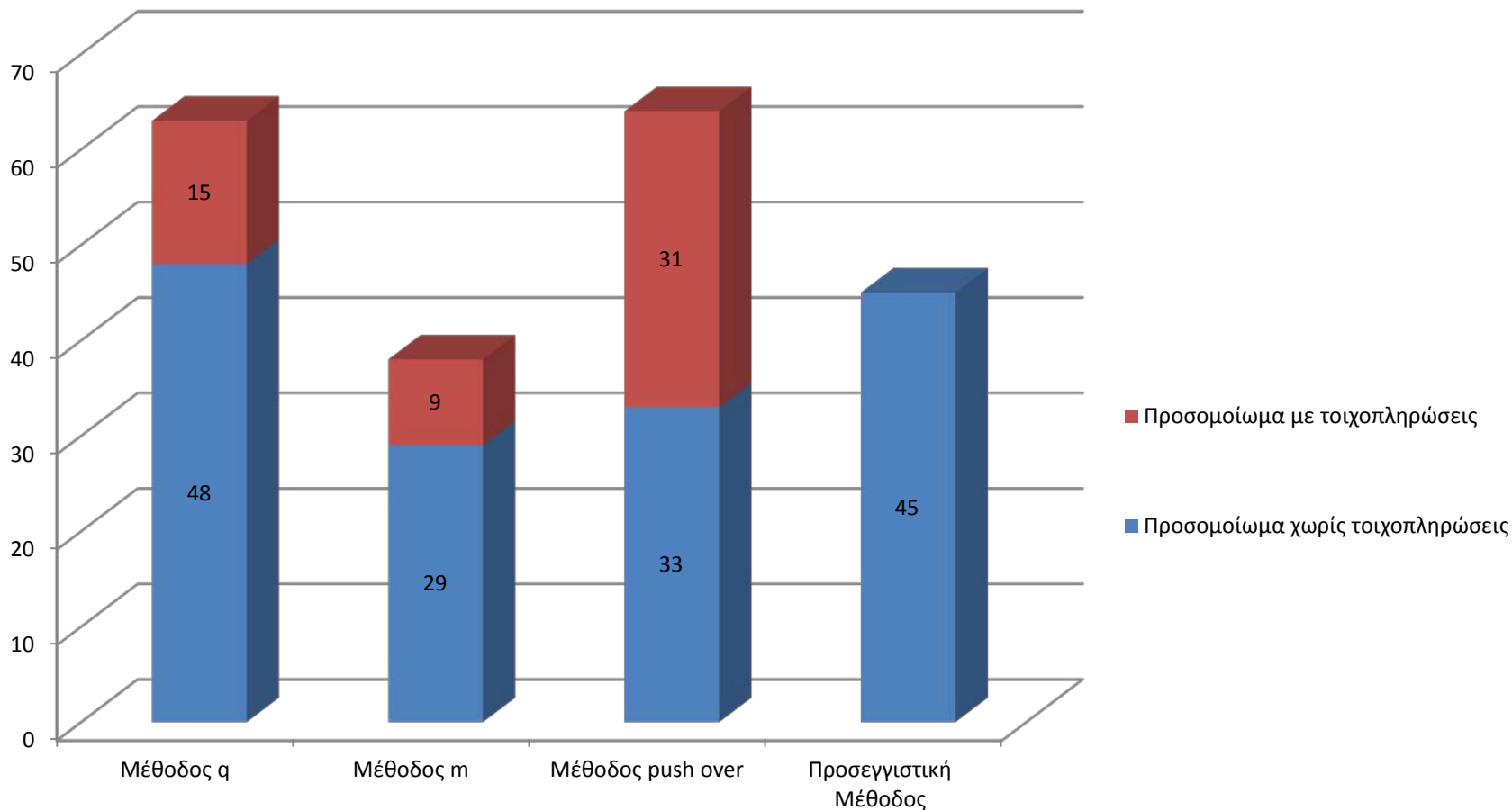
Προσομοίωμα με και χωρίς τοιχοπληρώσεις

ΒΛΑΜΜΕΝΑ ΜΕΛΗ



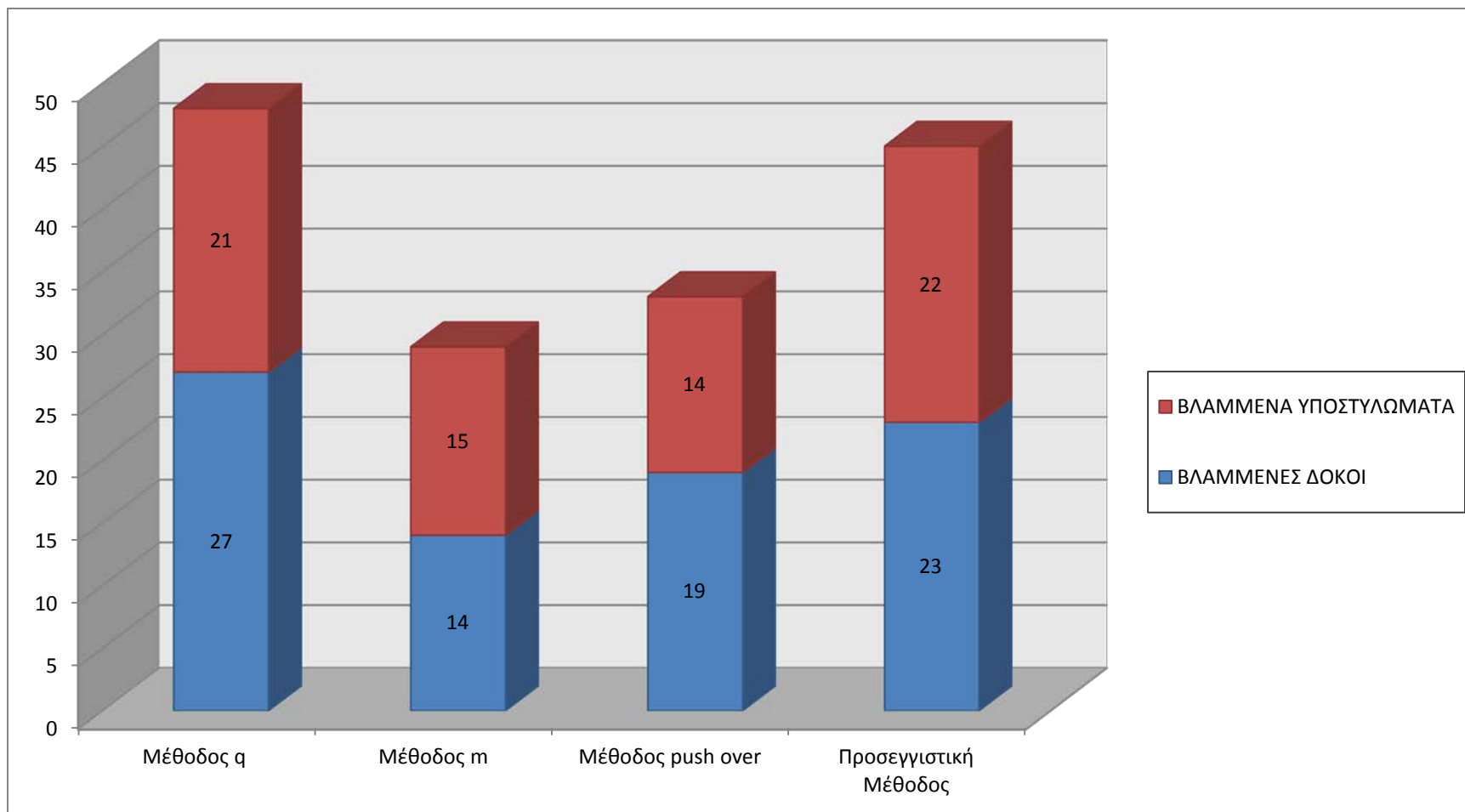


Συμπεράσματα- Προσομοίωμα με και χωρίς τοιχοπληρώσεις



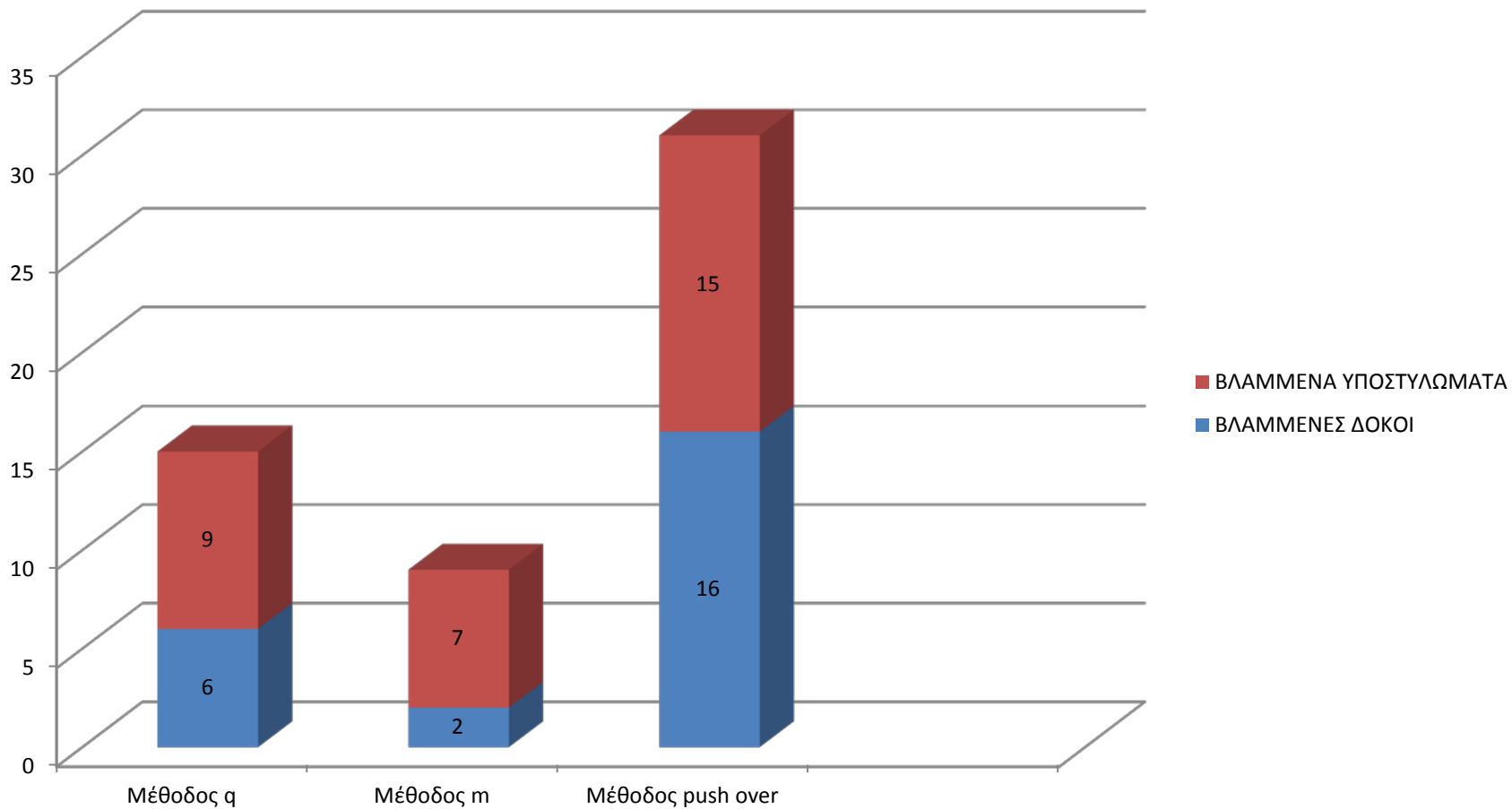


Συμπεράσματα-Προσομοίωμα χωρίς τοιχοπληρώσεις





Συμπεράσματα-Προσομοίωμα με τοιχοπληρώσεις





Συμπεράσματα

2) Οι δοκοί και τα υποστυλώματα ισογείου καταπονούνται περισσότερο από τις δοκούς και τα υποστυλώματα του 1^{ου} ορόφου.

Οι πιο κάτω πίνακες υποδεικνύουν το πιο πάνω (λογικό) συμπέρασμα.



Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

- ✓ Προσομοίωση χωρίς τοιχοπληρώσεις
- Αστοχία Δοκών

ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ	Μέθοδος q	Μέθοδος m	Μέθοδος Push Over	Προσεγγιστική Μέθοδος
Ισόγειο	15	12	11	14
1 ^{ος} όροφος	12	2	8	9



Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

- ✓ Προσομοίωση χωρίς τοιχοπληρώσεις
- Αστοχία Υποστυλωμάτων

ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ	Μέθοδος q	Μέθοδος m	Μέθοδος Push Over	Προσεγγιστική Μέθοδος
Ισόγειο	10	8	8	11
1 ^{ος} όροφος	11	7	6	11



Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

- ✓ Προσομοίωση με τοιχοπληρώσεις
- Αστοχία Δοκών

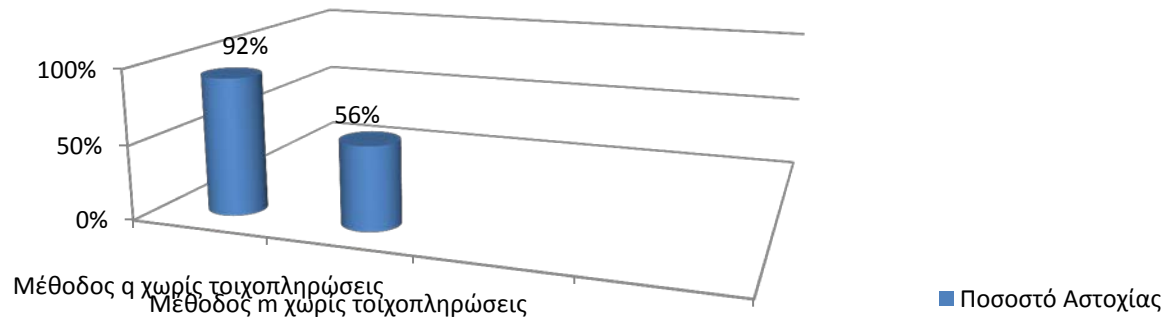
ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΛΑΜΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ	Μέθοδος q	Μέθοδος m	Μέθοδος Push Over
Ισόγειο	5	2	9
1 ^{ος} όροφος	1	0	7



Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

3) Σύγκριση μεθόδων

Με την μέθοδο τ προκύπτει μικρότερο ποσοστό αστοχίας απ'ότι σ τη μέθοδο ρ .





Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

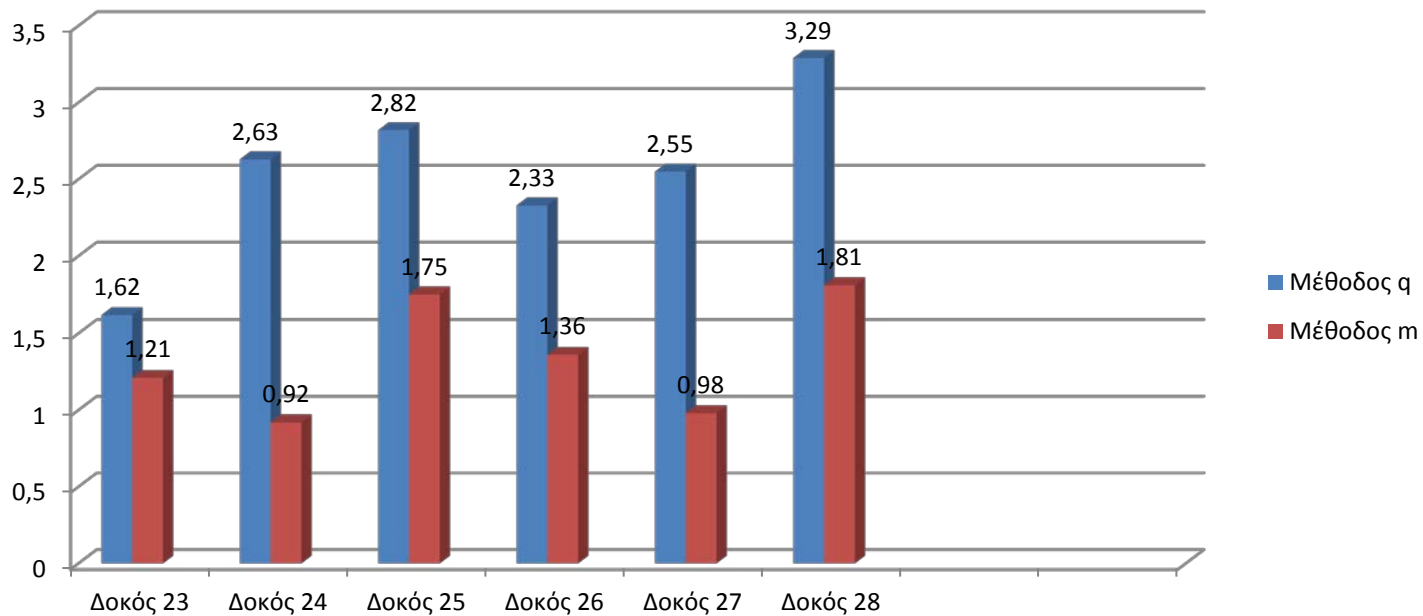
3) Σύγκριση μεθόδων

Σχεδόν σε όλα τα μέλη, ο προκύπτον δείκτης ανεπάρκειας από τη μέθοδο m έχει μικρότερη τιμή απότι στη μέθοδο q .



Συμπεράσματα-Σχολιασμοί

Η μέθοδος m δίνει μικρότερες τιμές του δείκτη ανεπάρκειας λ





Συμπεράσματα

- ✓ Σύγκριση των 2 ελαστικών δυναμικών μεθόδων ανάλυσης
- Με τη μέθοδο m υπάρχει μικρότερο ποσοστό αστοχίας σε σχέση με την μέθοδο q , τόσο στο προσομοίωμα χωρίς τοιχοπληρώσεις, όσο και στο προσομοίωμα με τις τοιχοπληρώσεις.
- Στη μέθοδο m , τα υποστυλώματα ισογείου που αστοχούν με ψαθυρό τρόπο είναι πολύ περισσότερα από ότι στη μέθοδο q . Αν το γενικεύσουμε, θα μπορούσαμε να πούμε πως στη μέθοδο q τα υποστυλώματα ισογείου αστοχούν με πλάστιμο τρόπο, ενώ στη μέθοδο m , τα υποστυλώματα ισογείου αστοχούν με ψαθυρό τρόπο.



Συμπεράσματα

- ✓ Σύγκριση των 2 ελαστικών δυναμικών μεθόδων ανάλυσης με την ανελαστική, στατική μέθοδο
- Οι δείκτες ανεπάρκειας που προκύπτουν από την ανελαστική, στατική μέθοδο είναι αρκετά πιο μεγάλοι από αυτούς που προκύπτουν με τις 2 ελαστικές μεθόδους. Το γεγονός αυτό, ίσως, να οφείλεται στο γεγονός ότι ο δείκτης ανεπάρκειας στις ελαστικές μεθόδους προκύπτει από εντατικά μεγέθη ενώ την ανελαστική μέθοδο προκύπτει από τις παραμορφώσεις.
- Στην ανελαστική, στατική μέθοδο, η ύπαρξη τοιχοπληρώσεων δεν βοηθά τον φορέα μου. Στην ουσία, σχεδόν καθόλου δεν διαφοροποιούνται τα αποτελέσματα για προσομοίωμα με και χωρίς τοιχοπληρώσεις.
- Για προσομοίωμα χωρίς τοιχοπληρώσεις, το ποσοστό αστοχίας που προκύπτει με την ανελαστική, στατική μέθοδο βρίσκεται ανάμεσα στις ελαστικές μεθόδους.



Συμπεράσματα

- ✓ Σύγκριση προσεγγιστικής μεθόδου με τις 2 ελαστικές δυναμικές μεθόδους ανάλυσης και την 1 ανελαστική μέθοδο
- Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσεγγιστική ανάλυση είναι πολύ κοντά στα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ελαστική, δυναμική μέθοδο q (Δείκτες ανεπάρκειας λ)



Επίλογος

- ✓ Η συγκεκριμένη εργασία μας βοήθησε να αντιληφθούμε καλύτερα, την διαδικασία αποτίμησης μιας υφιστάμενης κατασκευής.
- ✓ Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν αρκετά ενδιαφέρον αν και κάποια απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ