

# A: FESPA- ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

(Παρουσίαση: Νίκος Καλαθάς)

## A. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Δυναμική ανάλυση:

- Ισχυρό εργαλείο για ανάλυση των κατασκευών.
- Ανάγκη για αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

## B. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΟ FESPA

Ενότητες δυναμικής μεθόδου στο FESPA:

1. Υπολογισμός ιδιοτιμών και ιδιομορφών του φορέα.
2. Επαλληλία ιδιομορφικών μεγεθών.
3. Χωρική επαλληλία ιδιομορφικών μεγεθών.

### 1. Ιδιοτιμές και Ιδιομορφές φορέα

Χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι ανάλογα με τον αριθμό των απαιτούμενων ιδιοτιμών.

#### **Inverse Iteration method:**

- Εφαρμογή για υπολογισμό μίας ιδιοτιμής.
- Συγκλίνει πολύ γρήγορα στην 1<sup>η</sup> ιδιοτιμή.
- Δεν προσφέρεται για υπολογισμό πολλών ιδιοτιμών (επαναλήψεις μόνο σε ένα διάνυσμα, ανάγκη καθαρισμού δοκιμαστικού διανύσματος από τα ιδιοδιανύσματα που έχουν υπολογιστεί).

### **Subspace Iteration method** (Bathe 1971):

- Χρήση όταν απαιτούνται περισσότερες από μία ιδιοτιμή.
- Ιδιαίτερα γρήγορη σε μεγάλα προβλήματα ιδιοτιμών όπου αναζητούνται μερικές ιδιοτιμές ( $\rho \leq 20$ ).
- Εκτελεί επαναλήψεις σε μητρώο  $m$  δοκιμαστικών διανυσμάτων.

Η μέθοδος 'προβάλλει' τα μητρώα ακαμψίας  $K_{n \times n}$  και μάζας  $M_{n \times n}$  σε ένα υπόχωρο πολύ μικρότερης διάστασης  $m \times m$ . Εάν ζητούνται  $\rho$  ιδιοτιμές, η διάσταση υπόχωρου  $m$  είναι:

$$\min \{2\rho, \rho+8\} \quad (\text{π.χ. } 9 \text{ ιδιοτιμές} \Rightarrow m=17)$$

Ακολουθεί έλεγχος αντιστοιχίας ιδιοδιανυσμάτων - ιδιομορφών με τη μέθοδο **Sturm sequence**.

### 2. Επαλληλία ιδιομορφικών μεγεθών

Η επαλληλία των ιδιομορφικών μεγεθών μόνο με τη μέθοδο της πλήρους τετραγωνικής επαλληλίας (**CQC**).

Σε αυτή τη φάση εισέρχονται τα δεδομένα του φάσματος και σε συνδυασμό με τα ιδιομορφικά μεγέθη υπολογίζονται οι μετατοπίσεις, οι σχετικές μετακινήσεις ορόφων, οι ιδιομορφικές εντάσεις κάθε διεύθυνσης και τα υπόλοιπα ισορροπίας σε κάθε κόμβο.

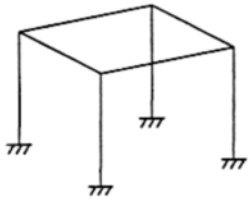

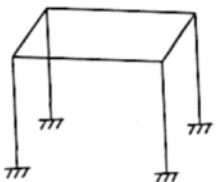
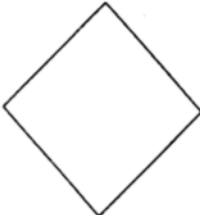
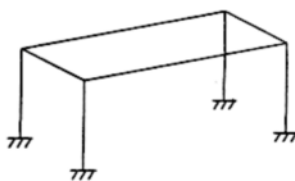

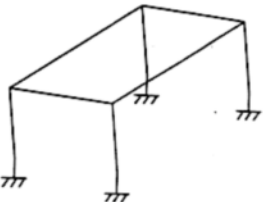
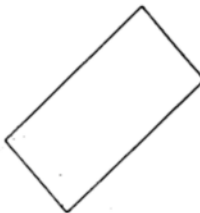
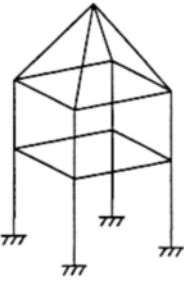
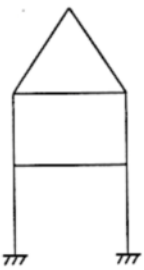
### 3. Χωρική Επαλληλία ιδιομορφικών μεγεθών

Η χωρική επαλληλία των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

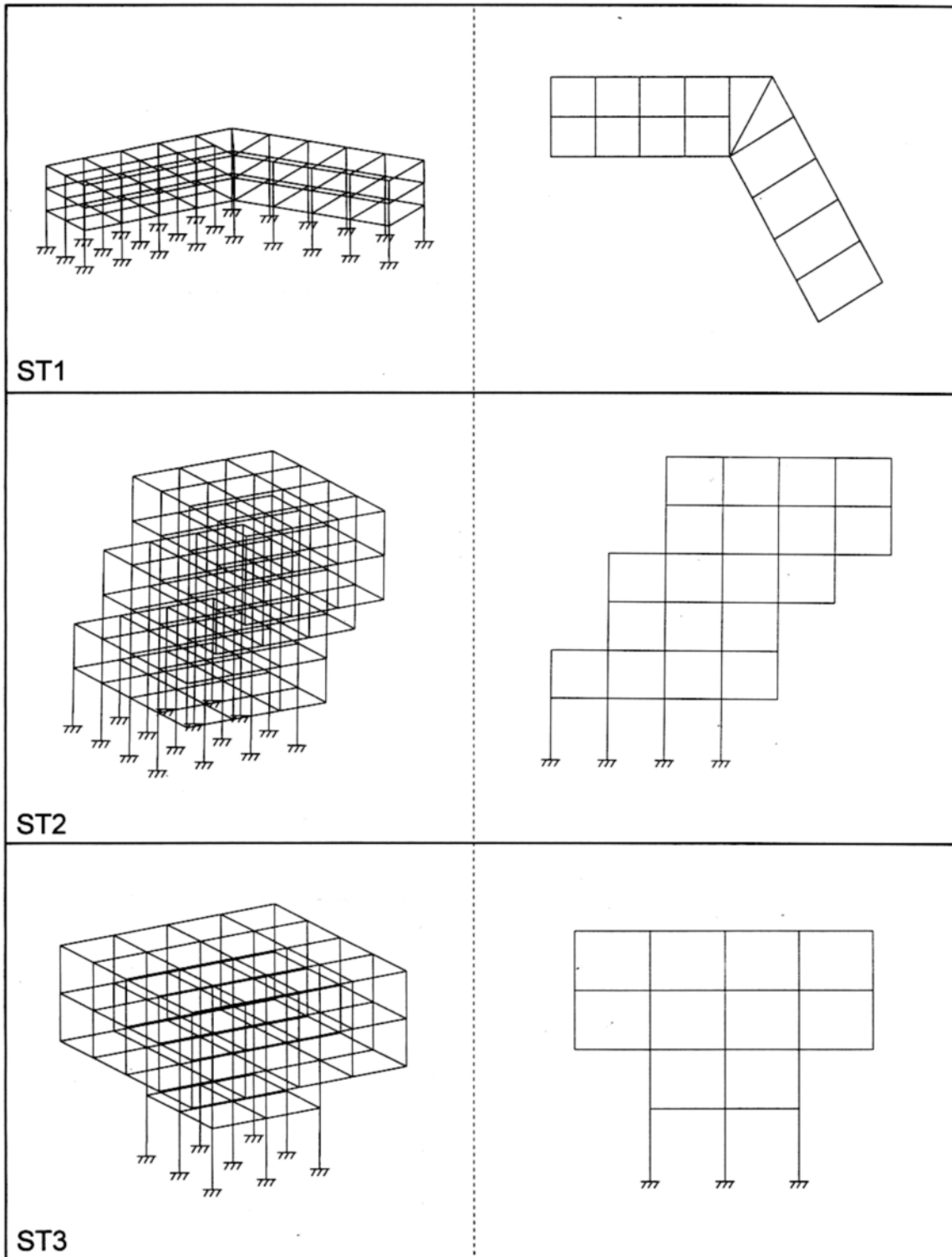
- Μέθοδος ταυτόχρονων εντατικών μεγεθών (**Gupta**).
- Μέθοδος των ακραίων εντατικών μεγεθών.

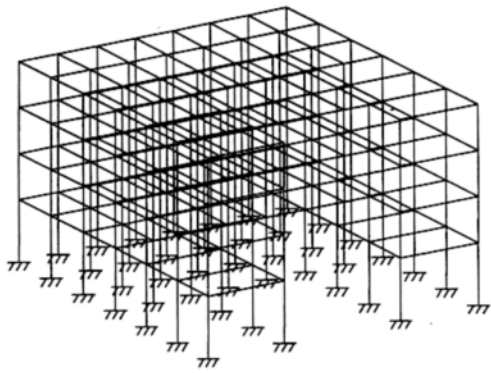
# Γ. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

## ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΜΑΔΑΣ Α

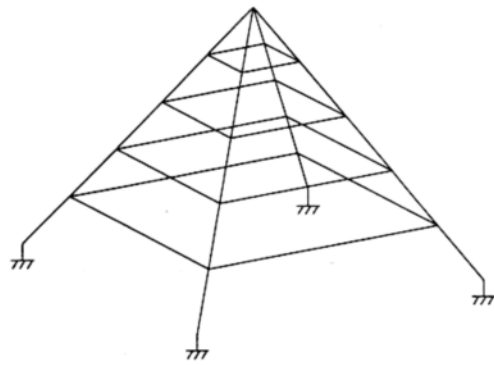
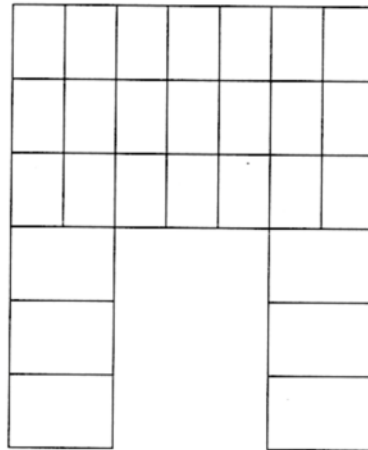
 <p>T1</p>	
 <p>T2</p>	
 <p>T3</p>	
 <p>T4</p>	
 <p>T5</p>	

# ΕΛΕΓΧΟΙ ΟΜΑΔΑΣ Β

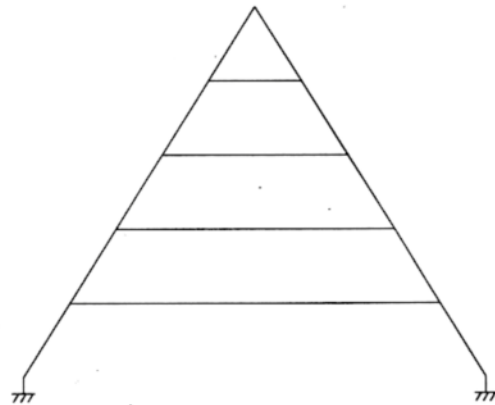




ST4



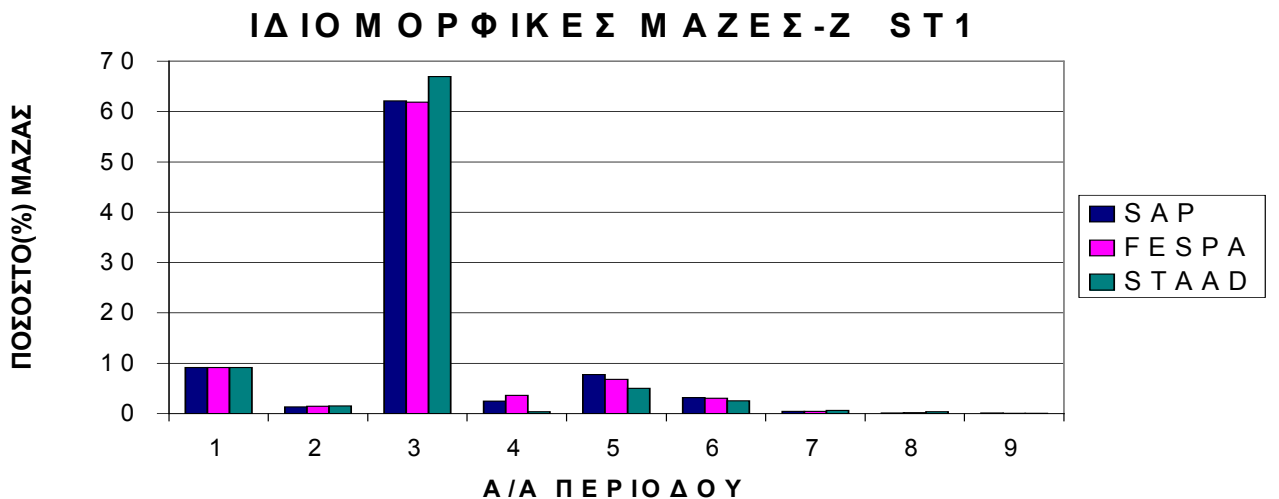
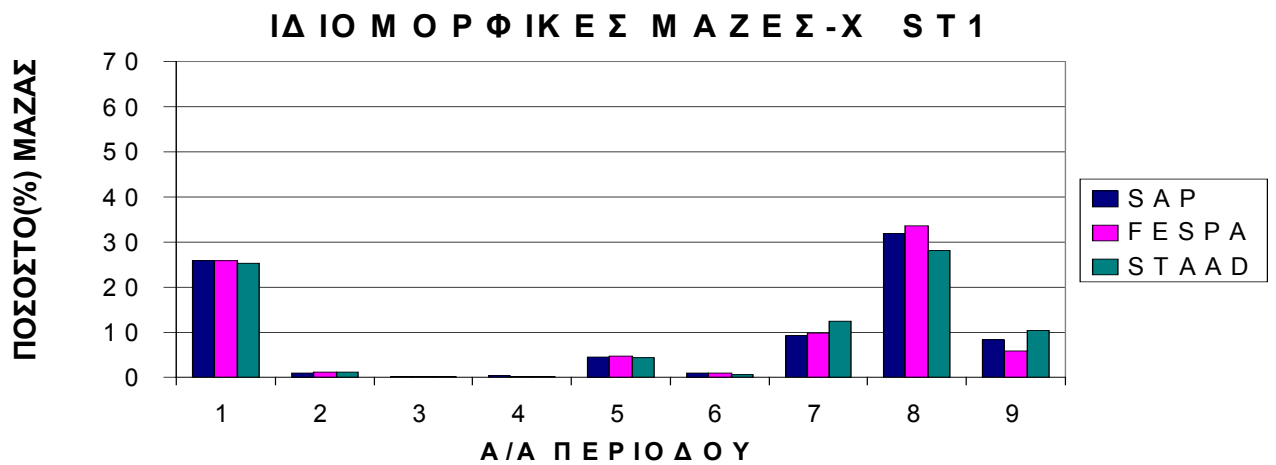
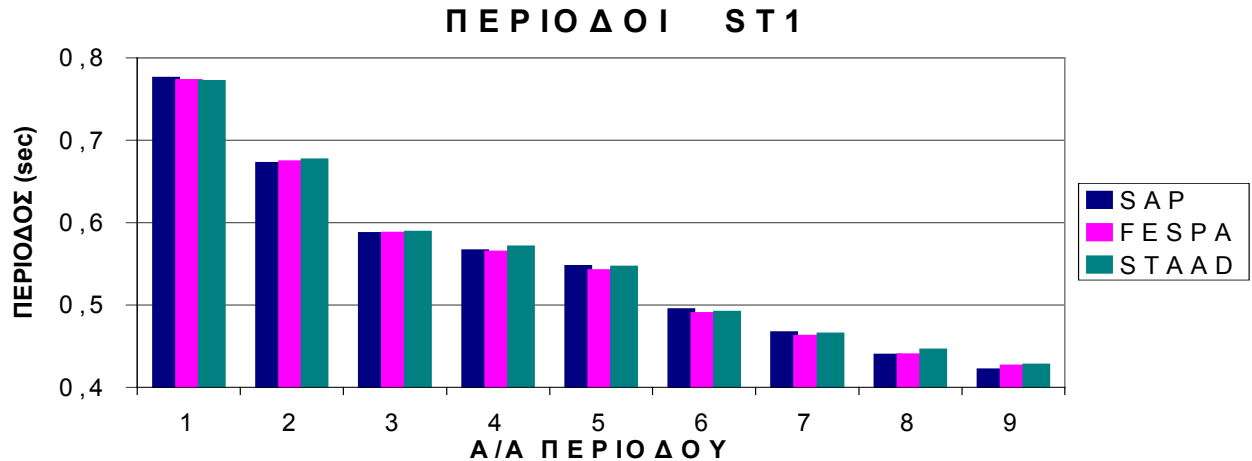
ST5



## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΦΟΡΕΑ ST1

Χαρακτηριστικά του φορέα ST1:

- Διαφοροποιήσεις ακαμψίας στον φορέα.
- Έντονα στρεπτικά φαινόμενα.



ΠΙΝΑΚΑΣ 3 - ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ ΚΟΜΒΩΝ ST1 (cm)

	Κομβ.	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ Χ			ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ Ζ		
		SAP	FESPA	STAAD	SAP	FESPA	STAAD
Σεισ. Χ	76	0.66	0.66	0.67	0.33	0.32	0.32
	91	0.67	0.68	0.68	0.30	0.30	0.29
	100	2.17	2.17	2.15	1.33	1.34	1.33
Σεισ. Ζ	76	0.23	0.23	0.22	1.22	1.20	1.19
	91	0.24	0.23	0.23	1.31	1.33	1.36
	100	1.27	1.26	1.28	1.32	1.37	1.37

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ST1

		ΣΕΙΣΜΟΣ Χ			ΣΕΙΣΜΟΣ Ζ		
		SAP	FESPA	STAAD	SAP	FESPA	STAAD
ΣΤΟΙΧ. 15	N	7.05	6.90	6.41	27.28	27.50	28.21
	M <sub>y</sub>	17.70	17.54	16.16	76.35	75.31	78.96
	M <sub>z</sub>	128.13	129.31	136.80	26.97	27.16	27.87
ΣΤΟΙΧ. 24	N	85.69	86.63	87.88	106.61	106.44	108.96
	M <sub>y</sub>	133.86	135.05	134.13	80.99	82.09	82.77
	M <sub>z</sub>	69.88	70.04	74.48	159.36	158.79	160.46
ΣΤΟΙΧ. 60	N	7.05	7.19	6.44	34.04	34.08	36.87
	M <sub>y</sub>	11.42	11.51	11.51	7.11	7.06	7.28
	M <sub>z</sub>	42.13	42.99	45.52	58.76	58.81	58.23

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 – ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ST1  
(ΜΕ ΑΚΑΜΠΤΕΣ ΖΩΝΕΣ)

		ΣΕΙΣΜΟΣ Χ		ΣΕΙΣΜΟΣ Ζ	
		SAP	FESPA	SAP	FESPA
ΣΤΟΙΧ. 15	N	6.24	6.17	27.06	27.20
	M <sub>y</sub>	14.09	13.97	61.01	60.88
	M <sub>z</sub>	95.18	95.22	20.88	21.06
ΣΤΟΙΧ. 24	N	77.75	77.81	97.71	99.10
	M <sub>y</sub>	98.65	99.03	59.91	60.87
	M <sub>z</sub>	53.30	53.37	123.68	122.87
ΣΤΟΙΧ. 60	N	6.89	6.95	30.89	30.91
	M <sub>y</sub>	8.38	8.41	5.31	5.29
	M <sub>z</sub>	33.64	33.71	49.78	49.80

ELEMENT 4:



ΠΙΝΑΚΑΣ 6 – ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ST1 (ΜΕ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ)

		ΣΕΙΣΜΟΣ Χ			ΣΕΙΣΜΟΣ Ζ		
		SAP	FESPA	STAAD	SAP	FESPA	STAAD
ΣΤΟΙΧ. 15	N	0	0	0	0	0	0
	M <sub>y</sub>	47.90	48.54	49.10	160.94	169.01	168.56
	M <sub>z</sub>	344.93	354.32	355.84	154.80	153.43	157.43
ΣΤΟΙΧ. 24	N	0	0	0	0	0	0
	M <sub>y</sub>	388.16	375.89	376.73	277.66	280.76	286.32
	M <sub>z</sub>	182.34	186.33	190.95	544.42	555.13	561.03
ΣΤΟΙΧ. 60	N	13.58	13.55	13.89	11.06	11.60	11.56
	M <sub>y</sub>	14.69	14.90	15.08	10.43	11.41	11.32
	M <sub>z</sub>	0	0	0	0	0	0

ELEMENT 5:





## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των τριών προγραμμάτων (FESPA, SAP, STAAD) για τους ελέγχους της δυναμικής μεθόδου καταρτίστηκε ένας συγκριτικός πίνακας αποκλίσεων όλων των στοιχείων για κάθε εντατικό μέγεθος χωριστά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 – ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ST1(%)

ΕΝΤΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	<u>SAP</u> FES	<u>STA</u> FES	<u>SAP</u> STA
N	1.20	1.25	1.29
V <sub>y</sub>	1.29	1.37	1.41
V <sub>z</sub>	1.32	1.35	1.38
T	1.97	2.21	2.19
M <sub>z</sub>	1.45	1.74	1.78
M <sub>y</sub>	1.50	1.67	1.65

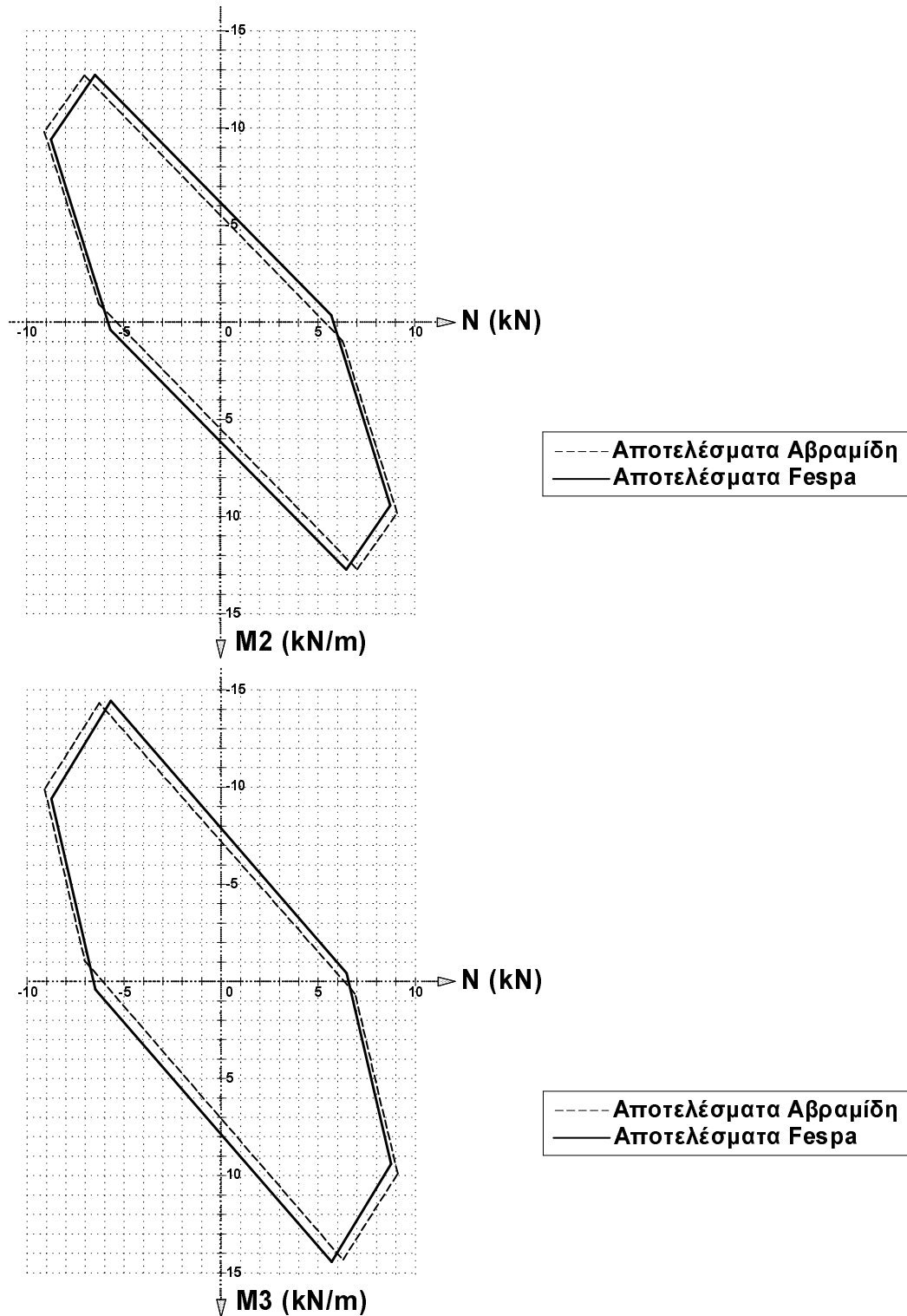
Με βάση τα προηγούμενα παραδείγματα έγινε ο έλεγχος και η πιστοποίηση της δυναμικής ανάλυσης κατά την κατασκευή του προγράμματος Fespa.

## B: ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ

### Πρότυπα παραδείγματα 6 και 13 ΟΑΣΠ - Αβραμίδα

#### Σύγκριση με Fespa :

Παράδειγμα 6 - Υποστύλωμα C1 κάτω - Θέση μάζας 2  
 Πιθανές ταυτόχρονες τιμές εντατικών μεγεθών N , M2 , M3



\*Σημείωση:Γίνεται σύγκριση των εντατικών μεγεθών χωρίς τη στατική συνιστώσα η οποία μόνο θα μετέθετε τα διαγράμματα κατά μήκος των αξόνων.Εξάλλου ο έλεγχος της στατικής συνιστώσας είναι τετριμένος καθόσον είναι το βάρος του ορόφου (G + 0.3Q) διά 4.

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6

### Απλοποιημένη φασματική μέθοδος – Πλασματικός ελαστικός άξονας

		ΟΑΣΠ - Αβραμίδης	Fespa
Συντεταγμένες πλασματικού ελαστικού άξονα	X(Po)	2.50	2.50
	Y(Po)	2.00	2.00
Γωνία κύριου συστήματος	$\alpha$	0.00	0.00
Ακτίνες δυστροπίας ως προς κέντρο μάζας	$\rho_x$	3.22	3.20
	$\rho_y$	3.27	3.27
Εκκεντρότητες σχεδιασμού	$\max(e_{xi})$	0.26	0.25
	$\max(e_{yi})$	0.21	0.20
	$\min(e_{xi})$	-0.26	-0.25
	$\min(e_{yi})$	-0.21	-0.21

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 13

### Απλοποιημένη φασματική μέθοδος – Πλασματικός ελαστικός άξονας

		ΟΑΣΠ Πυρήνας με πεπερασμένα στοιχεία	FESPA Πυρήνας με τρία σκέλη	ΟΑΣΠ Πυρήνας με τρία σκέλη
		Μοντέλο SH	Fespa	Μοντέλο S3
Συντεταγμένες πλασματικού ελαστικού άξονα	X(Po)	3.03	3.16	3.14
	Y(Po)	7.69	7.54	7.54
Γωνία κύριου συστήματος	A	-2.24	-2.046	-1.70
Εκκεντρότητες σχεδιασμού	$\max(e_{xi})$	3.469	3.46	3.302
	$\max(e_{yi})$	5.952	5.63	5.734
	$\min(e_{xi})$	0.473	0.467	0.417
	$\min(e_{yi})$	1.434	1.32	1.361
Ακτίνα αδρανείας	Ri	3.798	3.75	3.798
Ακτίνες δυστροπίας	$\rho_{m_{xi}}$	5.475	5.49	5.481
	$\rho_{m_{yi}}$	5.30	5.29	5.378

\*Σημείωση: Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα είναι αναγκαίο να μοντελοποιηθούν στο fespa όλες οι παραδοχές που έχουν γίνει σε κάθε ένα από τα χρησιμοποιούμενα αρχεία των προτύπων παραδειγμάτων. Αυτό περιλαμβάνει και τις φορτίσεις, π.χ. στο παράδειγμα 13 για να εξαχθούν τα παραπάνω νούμερα πρέπει να τα φορτία των τοίχων να εισαχθούν ως κατανεμημένα επί των πλακών έτσι ώστε το κέντρο μάζας να βρίσκεται στο γεωμετρικό κέντρο της κάτοψης όπως λάμβανεται στο αντίστοιχο πρότυπο παράδειγμα.