



ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ

συγκρίσεις αποτελεσμάτων του ΡΑΦ με το βιβλίο :

**‘Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ
σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες’**

των

Ι.Αβραμίδη–Α.Αθανατοπούλου–Κ.Μορφίδη–Α.Σέξτου
Εργαστήριο στατικής και δυναμικής των κατασκευών της
πολυτεχνικής σχολής του Α.Π.Θ.



ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ
www.tol.com.gr



ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Καρτερού 60, 71201 Ηράκλειο - Τηλ.: 2810.332684
www.tol.com.gr info@tol.com.gr

Copyright © 2008-2020

Απαγορεύεται οποιαδήποτε μερική ή ολική ανατύπωση, αναδημοσίευση, φωτοτύπηση ή αναπαραγωγή με άλλο τρόπο ολόκληρου του παρόντος ή μέρους του, χωρίς την σύμφωνη γνώμη και την γραπτή άδεια του εκδότη.

Το περιεχόμενο του κειμένου, αντιστοιχεί στην τελική έκδοση του προϊόντος λογισμικού που συνοδεύει, όποτε αυτό είναι δυνατό. Το περιεχόμενο του τεύχους αυτού είναι δυνατό να αλλάξει από τον εκδότη χωρίς προειδοποίηση. Ο εκδότης δεν φέρει καμία ευθύνη για την πληρότητα ή και την ορθότητα του κειμένου και δεν φέρει καμία ευθύνη για τυχόν ζημία ή απώλεια οποιουδήποτε είδους που οφείλεται στο περιεχόμενο αυτού του τεύχους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Α.....	4
2.1	Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα	5
2.2	Παραδοχές	9
2.2.1	Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς (αναλύσεις βιβλίου παραδειγμάτων ΕΚ8)	9
2.2.2	Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ	11
2.3	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης.....	15
2.4	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2Q$	15
2.5	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ).....	17
2.5.1	Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης	17
2.5.2	Μεγέθη έντασης.....	18
2.5.3	Έλεγχος της επιρροής των φαινομένων 2ης τάξης	19
2.5.4	Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων	20
2.6	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Απλοποιημένης Φασματικής Μεθόδου (ΑΦΜ)	21
2.6.1	Προκαταρκτικοί υπολογισμοί.....	21
2.6.2	Μεγέθη έντασης.....	24
2.6.3	Έλεγχος της επιρροής των φαινομένων 2 ^{ης} τάξης.....	26
2.6.4	Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων	27
3	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Β.....	28
3.1	Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα	29
3.2	Παραδοχές	33
3.2.1	Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς	33
3.2.2	Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ	35
3.3	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης.....	39
3.3.1	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2Q$	39
3.3.2	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ)	41
4	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Γ	46
4.1	Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα	46
4.2	Παραδοχές	54
4.2.1	Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς (αναλύσεις βιβλίου παραδειγμάτων ΕΚ8)	54
4.2.2	Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ	58
4.3	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης.....	65
4.3.1	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2Q$	67
4.3.2	Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ)	68
4.4	Παρουσίαση αποτελεσμάτων ελέγχων αντοχής.....	72

4.4.1	Έλεγχος αντοχής διατομής δοκού	72
4.4.2	Έλεγχος αντοχής διατομής υποστυλώματος	74
4.4.3	Έλεγχος αντοχής διατομής τοιχώματος	74

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ΤΟΛ με το παρόν εγχειρίδιο, στοχεύει στην σαφή επιβεβαίωση της ποιότητας των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ για τον στατικό και τον αντισεισμικό υπολογισμό των κτιρίων.

Για την συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ, έγινε η επιλογή των παραδειγμάτων του νέου βιβλίου «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτηρίων Ο/Σ σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες» των Ι.Αβραμίδη – Α.Αθανατοπούλου – Κ.Μορφίδη – Α.Σέξτου του εργαστηρίου στατικής και δυναμικής των κατασκευών της πολυτεχνικής σχολής του Α.Π.Θ, για την ορθή εφαρμογή των Ευρωκωδίκων 2 & 8, και τον έλεγχο προγραμμάτων Η/Υ’.

Τα παραδείγματα αυτά αφορούν την στατική και αντισεισμική ανάλυση διαφόρων παραδειγμάτων κτιρίων, όλα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Αρχικά γίνεται μία σύγκριση των παραδοχών των πρότυπων παραδειγμάτων κτιρίων του βιβλίου με τις παραδοχές του ΡΑΦ.

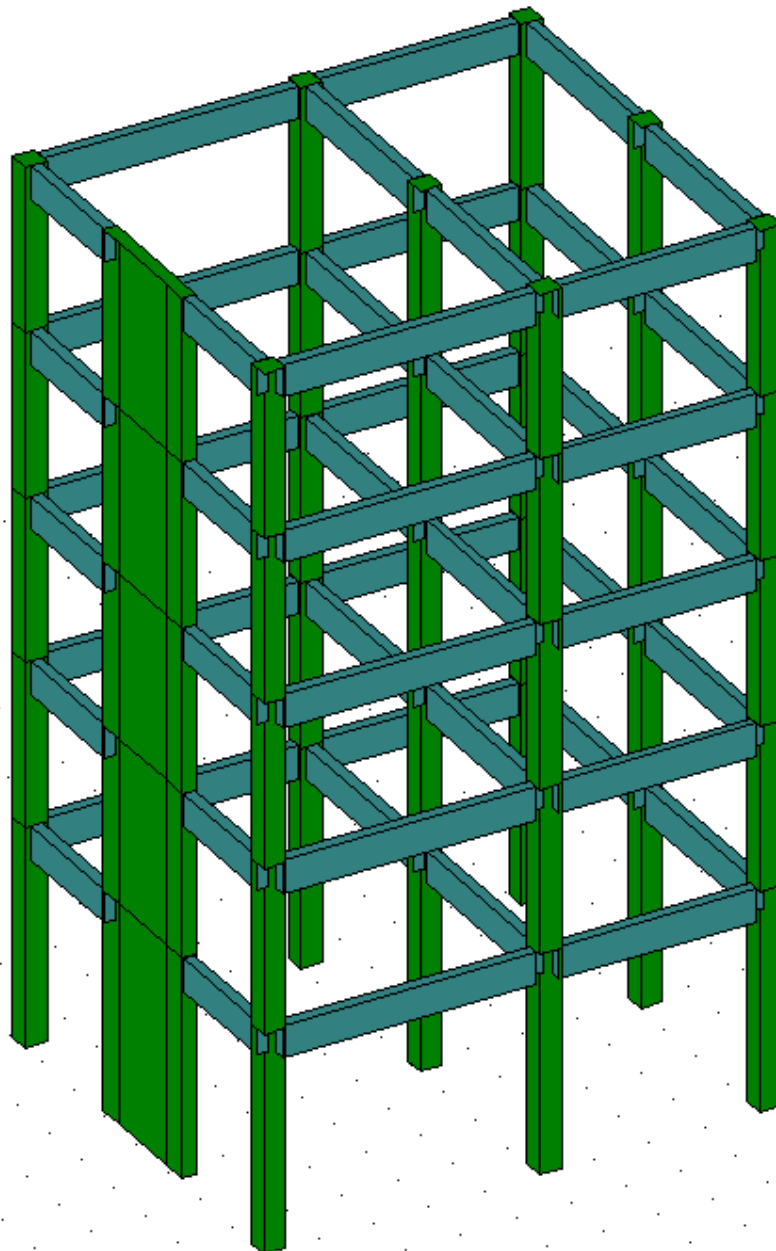
Στην συνέχεια γίνεται μια λεπτομερής, βήμα προς βήμα, σύγκριση των αποτελεσμάτων της στατικής και αντισεισμικής ανάλυσης των πρότυπων παραδειγμάτων του βιβλίου, με τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ΡΑΦ.

Για τα παραδείγματα κτιρίων αυτού του εγχειριδίου, ο ΤΟΛ διαθέτει προς το αναγνωστικό κοινό, τα αρχεία δεδομένων τους για το πρόγραμμα ΡΑΦ. Είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του ΤΟΛ εδώ: <http://www.tol.com.gr/documentation/docsRAFVerification.php>

2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Α

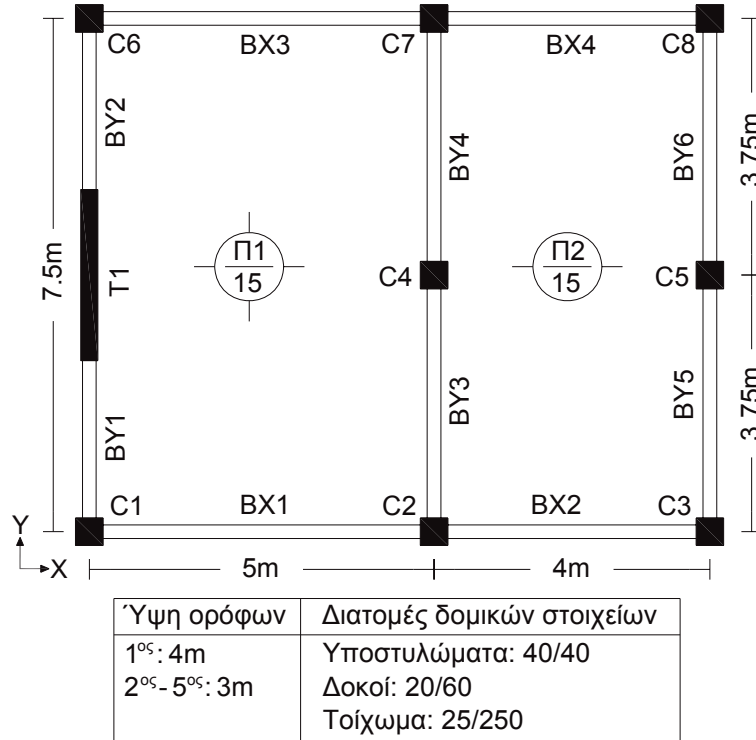
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Α

Πενταώροφος μικτός φορέας με απλή συμμετρία και ένα περιμετρικό τοίχωμα



2.1 Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα

- Υλικό: Οπλισμένο σκυρόδεμα ($E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, $\nu=0.2$, $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$)
- Δεδομένα ανωδομής:



Σχήμα 1. Τυπική κάτοψη ορόφων

Κατακόρυφα φορτία

- Περιμετρικά το κτίριο έχει μπατική τοιχοποιία (3.6 kN/m^2), ενώ κατά μήκος των δοκών BY3 και BY4 υπάρχει δομική τοιχοποιία (2.1 kN/m^2) σε όλους τους ορόφους. Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες.
- Στο δώμα υπάρχει κατά μήκος όλης της περιμέτρου στηθαίο από μπατική τοιχοποιία ύψους 1m.
- Τα δάπεδα έχουν επίστρωση από μάρμαρο, βάρους 1.3 kN/m^2 .
- Το ωφέλιμο φορτίο ελήφθη ίσο με $Q=2 \text{ kN/m}^2$.

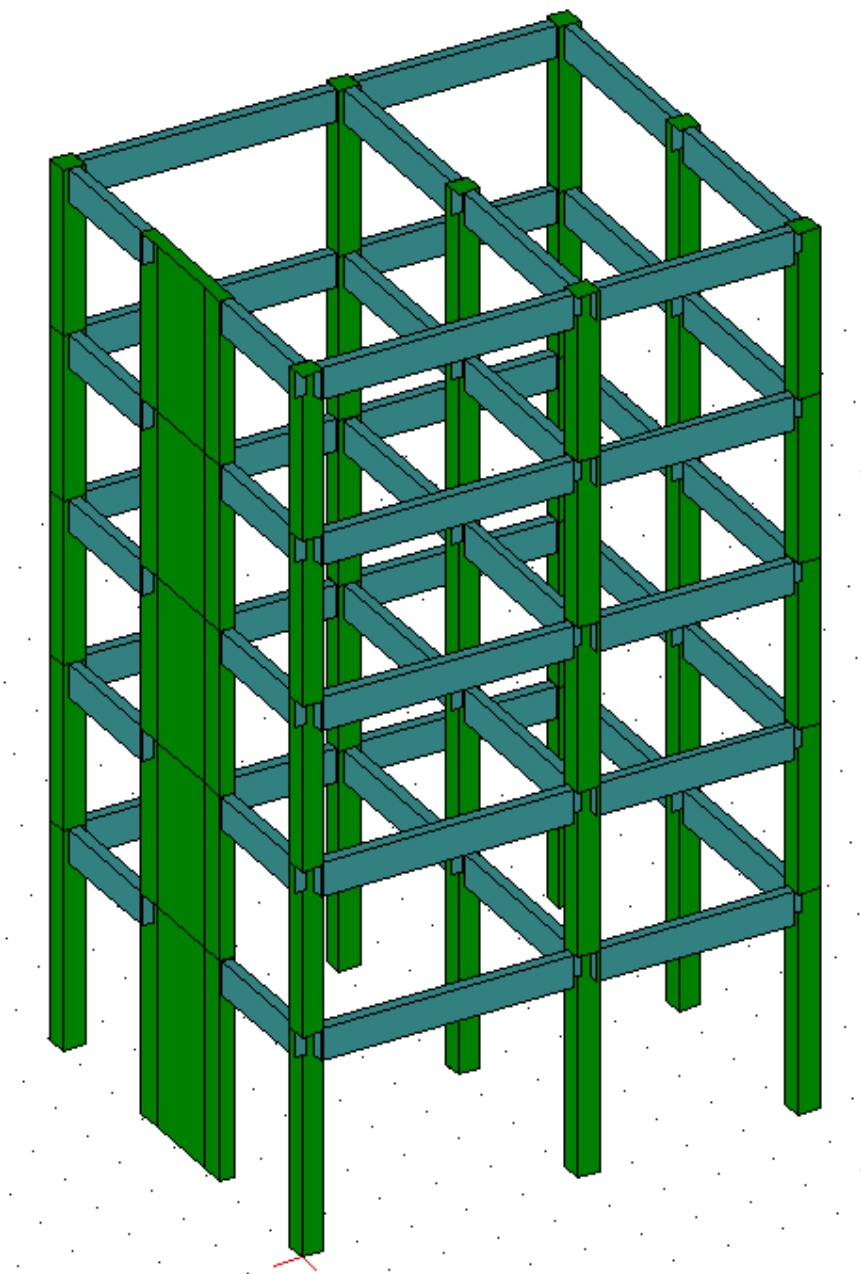
Διευθύνσεις δράσης σεισμικών δυνάμεων: Άξονες X, Y [ΕΚ8, § 4.3.3.1(11)Ρ].

Κατηγορία διαθέσιμης πλαστιμότητας: ΚΠΥ

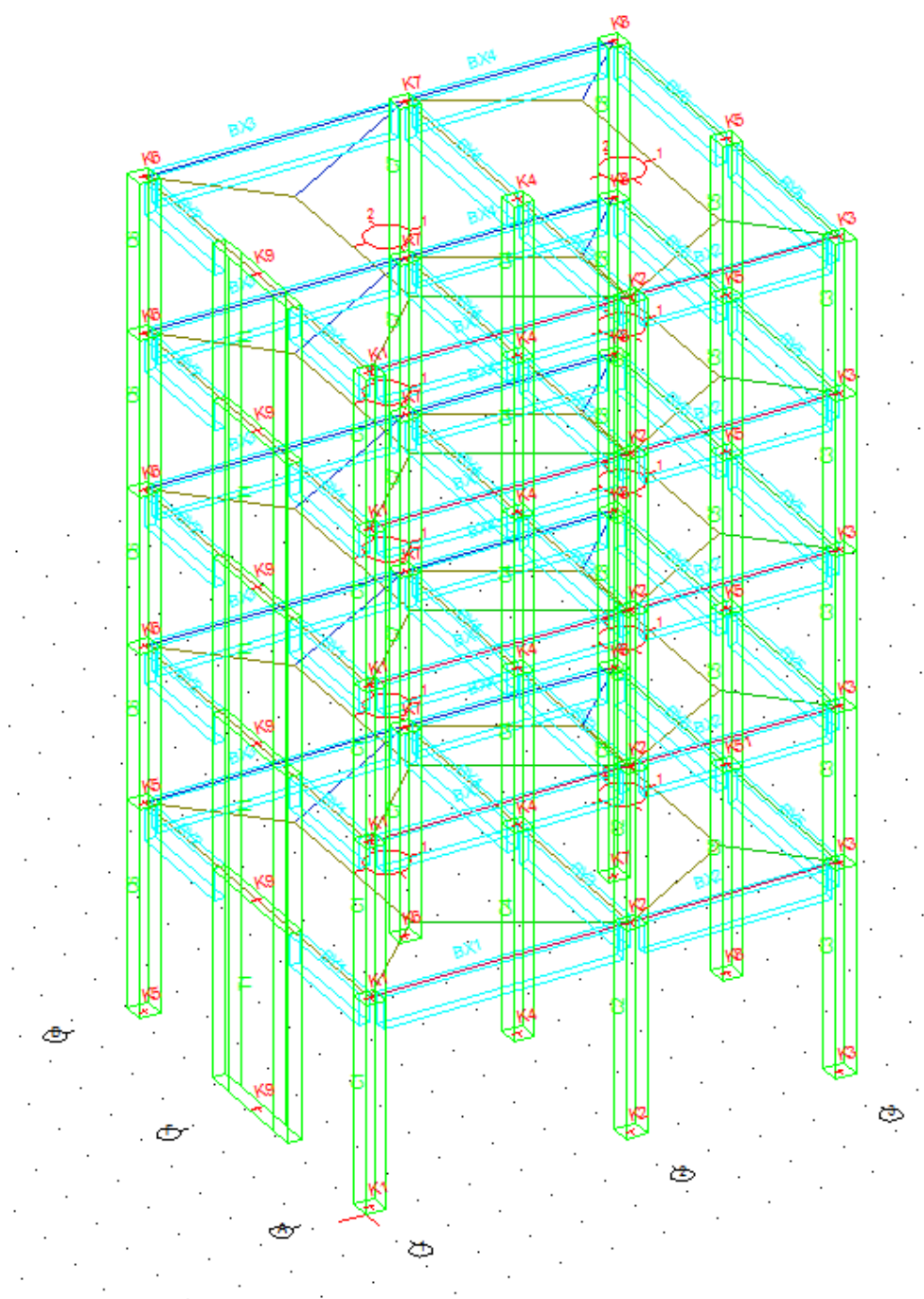
Δεδομένα Φάσματος σχεδιασμού: ΕΚ8 [ΕΚ8, § 3.2.2.5].

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: Ζ2
- Κατηγορία εδάφους: C
- Κατηγορία σπουδαιότητας: II (κτίριο κατοικιών)
- Ποσοστό απόσβεσης: $\zeta=5\%$
- Συντελεστής συμπεριφοράς: $q=4$

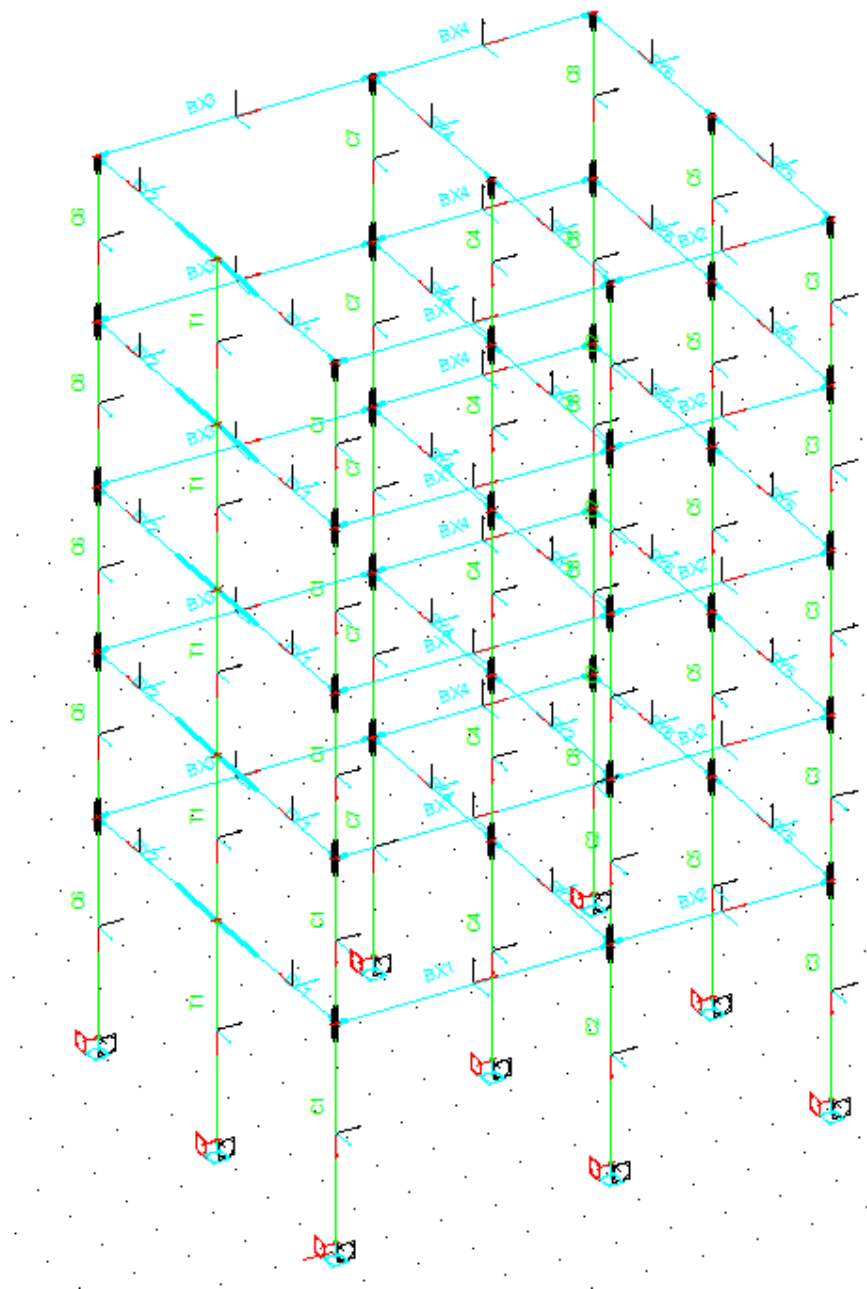
Σκαριφήματα φορέα



Τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση του φορέα



Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Αρίθμηση πλακών και κόμβων



Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Διακριτοποίηση – Αρίθμηση και τοπικοί άξονες στοιχείων

2.2 Παραδοχές

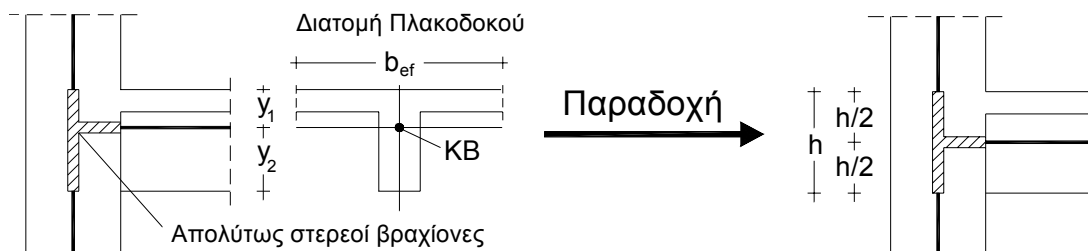
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται:

- Οι παραδοχές με τις οποίες έγινε η προσομοίωση του φορέα στα πλαίσια των αναλύσεων αναφοράς (Από το βιβλίο: «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011).
- Οι προκαθορισμένες (default) παραδοχές που γίνονται αυτόματα από το πρόγραμμα για τη μόρφωση του υπολογιστικού προσομοιώματος.

2.2.1 Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς (αναλύσεις βιβλίου παραδειγμάτων ΕΚ8)

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

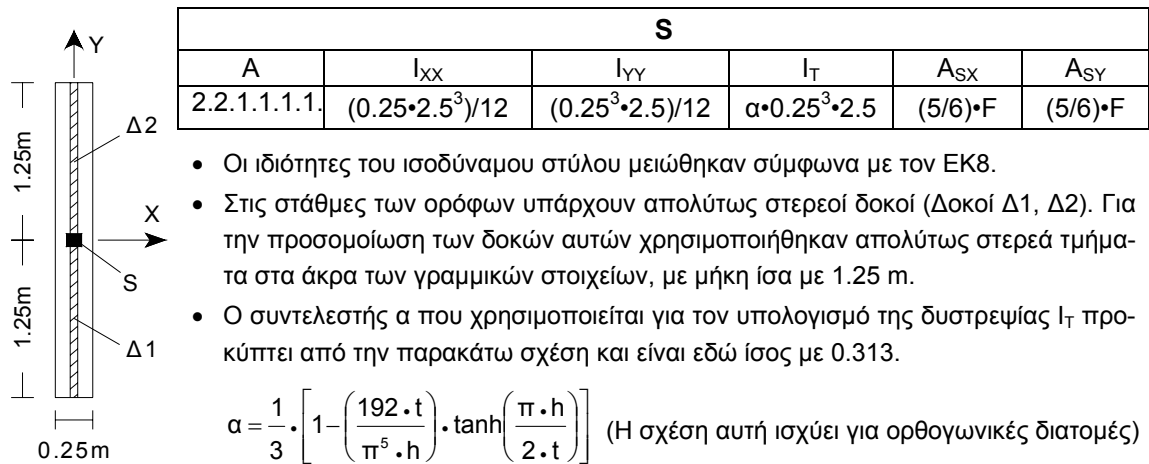
- (α1) Διαφραγματική λειτουργία πλακών: Θεώρηση ατενούς διαφράγματος στις στάθμες που ορίζονται στο σχήμα 2.
- (α2) Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκών (σύμφωνα με τον ΕΚ2, § 5.3.2.1):
Για πλακοδοκούς Τ: $b_{eff} = b_w + 0.2 \cdot l_0$
Για πλακοδοκούς Γ: $b_{eff} = b_w + 0.1 \cdot l_0$
(όπου $l_0 = 0.85 \cdot l$ και l = το θεωρητικό άνοιγμα των δοκών που ελήφθη ίσο με το μήκος μεταξύ των δύο παρειών στήριξης των δοκών).
- (α3) Οι δυσκαμψίες, οι δυσστησίες και οι δυστρεψίες των διατομών ελήφθησαν μειωμένες σύμφωνα με τον ΕΚ8 (§4.3.1(7)).
- (α4) Ελήφθησαν υπόψη καμπτικές, διατμητικές, αξονικές και στρεπτικές παραμορφώσεις.
- (α5) Κατά τη μόρφωση του μοντέλου θεωρήθηκαν στους κόμβους απολύτως στερεά τμήματα σύμφωνα με την απαίτηση της παρ. 4.3.1(2) του ΕΚ8 (βλ. σχήμα 2).
- (α6) Η δυσκαμψία και η δυστένεια των τοιχοποιιών αγνοήθηκαν κατά την προσομοίωση του φορέα σύμφωνα με το εδάφιο 4.3.1(8) του ΕΚ8, θεωρώντας ότι η συνεισφορά τους στην οριζόντια στιβαρότητα και στην αντοχή του κτιρίου είναι ασήμαντη.



Σχήμα 2. Λεπτομέρεια προσομοίωσης των πλαισιακών κόμβων

(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση του τοιχώματος T1

- (β1) Κατανομή Η προσομοίωση του τοιχώματος έγινε με έναν ισοδύναμο στύλο S στο κέντρο βάρους της διατομής του. Οι γεωμετρικές ιδιότητες της διατομής αυτής δίνονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Πλαισιακή προσομοίωση του τοιχώματος T1

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

- (γ1) Κατανομή φορτίων πλακών με τον κανόνα 45° ή 60° (και χωρίς ομοιομορφοποίηση).
 (γ2) Το ίδιο βάρος των υποστυλωμάτων ελήφθη υπόψη ως κατανεμημένο ομοιόμορφο αξονικό φορτίο.
 (γ3) Ίδια βάρη δοκών και τοιχοποιιών επί αυτών, ελήφθησαν υπόψη ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία. Για τις τοιχοποιίες αγνοήθηκαν τα ανοίγματα θυρών/παραθύρων.

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο γεωμετρικό κέντρο βάρους M του αντίστοιχου ατενούς διαφράγματος.
 (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται από:
- τη μάζα των πλακών και των δοκών του ορόφου συμπεριλαμβανομένων και των επιστρώσεων,
 - τη μάζα των τοιχοποιιών οι οποίες εδράζονται επί αυτών (η μάζα του στηθαίου προστίθεται στη μάζα του τελευταίου διαφράγματος),
 - τη μάζα των υποκείμενων και των υπερκείμενων υποστυλωμάτων μέχρι το μέσον του ύψους τους και,
 - τη μάζα που αντιστοιχεί σε ποσοστό ψ_E του ωφέλιμου φορτίου όπως το ορίζει ο ΕΚ8 στις παραγράφους 3.2.4(2)P, 4.2.4(2)P και 4.3.1(10)P. Το ψ_E υπολογίζεται από τη σχέση $\psi_E = \phi \cdot \psi_2$. Το κτίριο του παραδείγματος είναι κτίριο κατοικιών και επομένως ανήκει στην κατηγορία Α του πίνακα Α1.1 του παραρτήματος Α1 του ΕΝ 1990:2002, ο οποίος βρίσκεται και στο κείμενο του Ελληνικού Εθνικού Προσαρτήματος: Άρα $\psi_2 = 0.3$. Ο μειωτικός συντελεστής ϕ λαμβάνεται από τον πίνακα 4.2 της § 4.2.4 του ΕΚ8. Σύμφωνα με αυτόν, η τιμή του ϕ στο δώμα (τελευταίο όροφο) για κτίρια κατηγορίας Α είναι ίση με το 1.0. Στους υπόλοιπους ορόφους οι τιμές του ϕ λαμβάνονται ίσες με 0.8, θεωρώντας εδώ ότι οι όροφοι έχουν συσχετισμένες χρήσεις.

(δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου και της τοιχοποιίας του ισογείου δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

2.2.2 Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

(α1) Ισχύει η παραδοχή της ανάλυσης αναφοράς (α1) για την διαφραγματική λειτουργία των πλακών.

(α2) Για τον υπολογισμό των συνεργαζόμενων πλατών των δοκών χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:

$$\text{Διατομές Τ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.2 \cdot (0.7 \cdot L)$$

$$\text{Διατομές Γ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.1 \cdot (0.7 \cdot L)$$

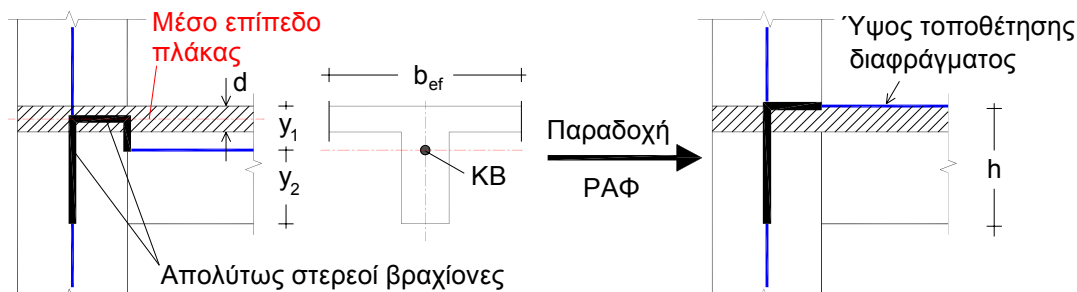
Όπου εδώ το L είναι το μήκος του καθαρού ανοίγματος της δοκού (χωρίς τους στερεούς βραχίονες). Η διαφορά από την επίλυση αναφοράς έγκειται στο ότι κατά την προκαθορισμένη προσομοίωση του ΡΑΦ το l_0 λαμβάνεται ίσο με $0.7L$ και όχι με $0.85L$.

(α3) Ισχύει η παραδοχή (α3) της ανάλυσης αναφοράς για την μείωση των δυσκαμψιών και των δυστρεψιών σύμφωνα με τον ΕΚ8.

(α4) Ισχύει η παραδοχή (α4) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση των καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων.

(α5) Ισχύει η παραδοχή (α5) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση απολύτων στερεών βραχιόνων στα άκρα των δομικών στοιχείων με τις εξής διαφοροποιήσεις:

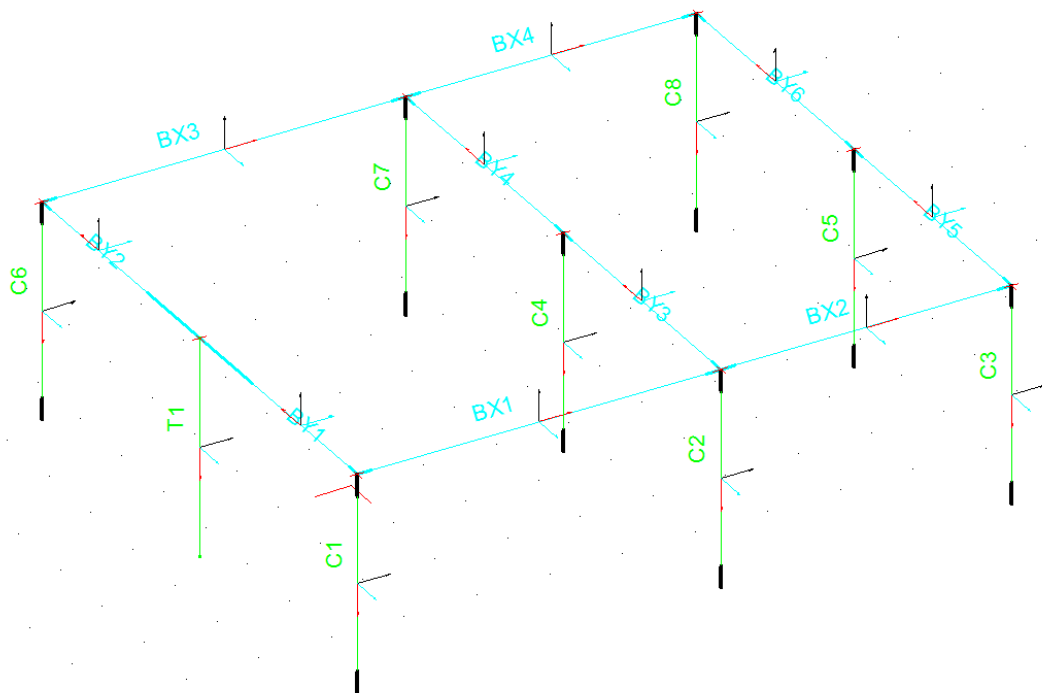
- Το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων δεν συμπίπτει με το ύψος τοποθέτησης που παρουσιάζεται στο σχήμα σχήμα 2. Το ύψος στο οποίο τοποθετούνται από το ΡΑΦ τα διαφράγματα παρουσιάζεται στο σχήμα 4 (βλ. και εγχειρίδιο τεκμηρίωσης ΡΑΦ, §8.2.3):



Σχήμα 4. Παραδοχή του ΡΑΦ για το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων.

αναλύσεων αναφοράς, και επιπλέον οι στερεοί βραχίονες των κόμβων αρχής τους έχουν διπλάσιο μήκος.

- Στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ, τα υποστυλώματα C4, C5 και το τοίχωμα T1 προσομοιώνονται με εφαρμογή της ενσωματωμένης δυνατότητας του προγράμματος για την θεώρηση «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων (βλ. εγχειρίδιο θεωρητικής τεκμηρίωσης ΡΑΦ). Έτσι επειδή τα συγκεκριμένα στοιχεία συντρέχουν σε κόμβους στους οποίους υπάρχουν δοκοί μόνον κατά την διεύθυνση του τοπικού άξονα 3 της διατομής τους, το πρόγραμμα τοποθετεί αυτόματα αξονικούς στερεούς βραχίονες οι οποίοι ενεργοποιούνται μόνον κατά την κάμψη εντός του τοπικού επιπέδου τους 1-3, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (οι συγκεκριμένοι βραχίονες έχουν γαλάζιο χρώμα):



Σχήμα 5. Αυτόματη τοποθέτηση «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων στα υποστυλώματα C3, C4 και στο τοίχωμα T1.

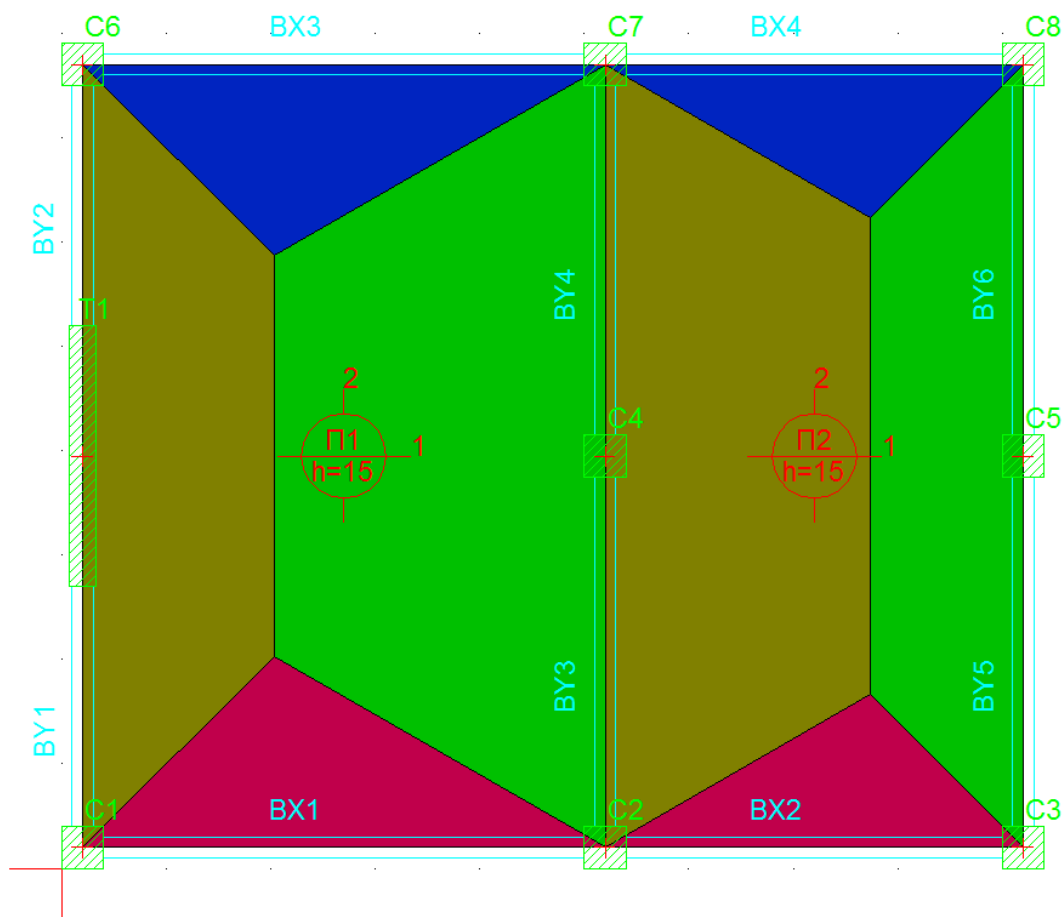
(α6) Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες.

(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση του τοιχώματος T1

Η αυτόματη προσομοίωση του τοιχώματος από το ΡΑΦ γίνεται με βάση τις ίδιες ακριβώς παραδοχές με τις οποίες γίνεται η προσομοίωση του κατά την ανάλυση αναφοράς.

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

Ισχύουν οι ίδιες παραδοχές με αυτές της ανάλυσης αναφοράς (βλ. σχήμα 6):



Σχήμα 6. Αυτόματη κατανομή των φορτίων των πλακών στις δοκούς με τον κανόνα 45° ή 60°

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο κέντρο μάζας το οποίο υπολογίζεται με βάση τη διάταξη όλων των φορτίων του ορόφου, και όχι στο γεωμετρικό κέντρο μάζας.
- (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται όπως ακριβώς στην περίπτωση της ανάλυσης αναφοράς.
- (δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου και της τοιχοποιίας του ισογείου δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

Στον παρακάτω πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μάζες και τα σημεία στα οποία τοποθετούνται, τόσο στα πλαίσια της μόρφωσης του προσομοιώματος αναφοράς όσο στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Θέσεις και τιμές των μαζών σύμφωνα με την ανάλυση αναφοράς και το ΡΑΦ

	$X_m(m)$		$Y_m(m)$		$m(tn)$	
	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ
1^{ος} όροφος	4.5	4.66 (4.46)*	3.75	3.95 (3.75)*	90.77	91.83
2^{ος} όροφος	4.5	4.69 (4.49)	3.75	3.95 (3.75)	88.34	89.40
3^{ος} όροφος	4.5	4.69 (4.49)	3.75	3.95 (3.75)	88.34	89.40
4^{ος} όροφος	4.5	4.69 (4.49)	3.75	3.95 (3.75)	88.34	89.40
5^{ος} όροφος	4.5	4.64 (4.44)	3.75	3.95 (3.75)	66.00	67.22

* Εκτός παρενθέσεων δίνονται οι τιμές των συντεταγμένων όπως εμφανίζονται στην οθόνη του ΡΑΦ και αντιστοιχούν στο γενικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται. Εντός παρενθέσεων δίνονται οι τιμές των συντεταγμένων που αντιστοιχούν στο σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται κατά τις αναλύσεις αναφοράς (τα σημεία αρχής των δύο αυτών συστημάτων απέχουν μεταξύ τους 0.2m τόσο κατά τον άξονα Χ όσο και κατά τον άξονα Υ).

Συνοψίζοντας την σύγκριση των μεταξύ των βασικών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και των βασικών παραδοχών του ΡΑΦ μπορεί να συνταχθεί ο παρακάτω πίνακας:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Συγκεντρωτική παρουσίαση των κοινών και των μη κοινών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και του ΡΑΦ.

Παραδοχή		Βιβλίο / ΡΑΦ
(α1)	Διαφραγματική λειτουργία	Κοινή
(α2)	Συνεργαζόμενο πλάτος	Διαφορετική
(α3)	Απομείωση δυσκαμψιών	Κοινή
(α4)	Θεώρηση καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων	Κοινή
(α5)	Προσομοίωση στερεών βραχιόνων / θέση τοποθέτησης διαφραγμάτων	Διαφορετική
(α6)	Θεώρηση ανοιγμάτων στις τοιχοποιίες	Κοινή
(β)	Ισοδύναμη πλαισιακή προσομοίωση τοιχώματος	Κοινή
(γ1)	Κατανομή φορτίων πλακών	Κοινή
(γ2)	Προσομοίωση ίδιου βάρους υποστυλωμάτων	Κοινή
(γ3)	Προσομοίωση ιδίων βαρών δοκών και τοιχοποιιών	Κοινή
(δ1)	Υπολογισμός θέσης κέντρου βάρους ορόφου	Διαφορετική
(δ2)	Υπολογισμός μάζας ορόφου	Κοινή
(δ3)	Θεώρηση μαζών πλάκας δαπέδου ισογείου και τοιχοποιίας ισογείου	Κοινή

2.3 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης

Στις ακόλουθες παραγράφους θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις αναλύσεις αναφοράς που παρουσιάζονται στο βιβλίο «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011, με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις με το ΡΑΦ. Για να είναι αντικειμενικές οι συγκρίσεις, προσαρμόστηκαν οι παραδοχές των αναλύσεων που έγιναν με το ΡΑΦ, με τις παραδοχές του συγκεκριμένου βιβλίου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι λέγοντας προσαρμογή των παραδοχών, εννοείται ειδικά η προσαρμογή των παραδοχών που παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Έτσι έγιναν οι εξής επεμβάσεις στο αρχικό (και αυτόματα μορφομένο από το ΡΑΦ) προσομοίωμα με τη βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος:

- Προσαρμόστηκαν τα συνεργαζόμενα πλάτη των δοκών.
- Προσαρμόστηκαν τα μήκη των στερεών βραχιόνων των στοιχείων.
- Εισήχθησαν οι τιμές των μαζών και των μαζικών ροπών αδράνειας που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις αναφοράς.

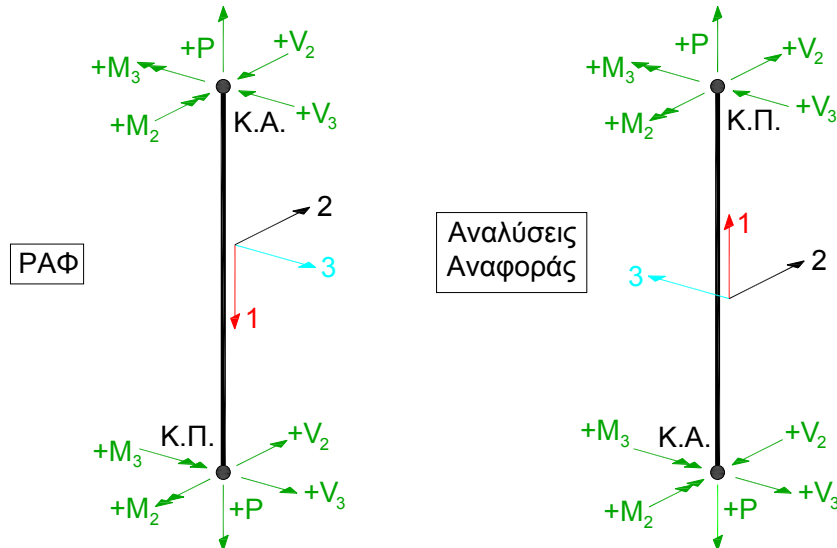
Παρά τις παραπάνω προσαρμογές δεν είναι δυνατή η πλήρης (100%) ταύτιση των παραδοχών επίλυσης, διότι δεν υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής των συντεταγμένων των κέντρων μάζας που υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα. Θα πρέπει επίσης να καταστεί σαφές ότι δεν μπορούν να αποκλειστούν κάποιοι παράγοντες απόκλισης των αποτελεσμάτων οι οποίοι πηγάζουν από τις διαφορετικές τεχνολογίες των μεταγλωτιστών με τους οποίους μεταγλωτίστηκε το ΡΑΦ και το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς. Αποκλίσεις στα αποτελέσματα δημιουργούνται επίσης και από τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των τεχνικών επίλυσης του ΡΑΦ και του προγράμματος με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς (π.χ. αλγόριθμοι σχηματισμού μητρώων δυσκαμψίας, υπολογισμού ιδιοπεριόδων κ.τ.λ.). Επομένως είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης ταύτιση των συγκρινόμενων αποτελεσμάτων. Σε κάθε περίπτωση πάντως παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων με τρόπο που ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει με την κρίση του την επάρκεια και την αξιοπιστία του ΡΑΦ, ενώ όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο παρατίθενται και βοηθητικά σχόλια.

Σημειώνεται τέλος ότι στα πλαίσια του ΡΑΦ δεν εκτελούνται υπολογισμοί για αυτόματο έλεγχο κανονικότητας κτιρίων καθ' ύψος και σε κάτοψη οι οποίοι στα πλαίσια του ΕΚ8 είναι εκτενείς (βλ. παραγράφους 4.2.3.2 και 4.2.3.3 του ΕΚ8). Ο λόγος είναι ότι πολλοί από τους ελέγχους αυτούς είναι ποιοτικοί και όχι ποσοτικοί. Επομένως το ΡΑΦ αφήνει στον μελετητή να αποφανθεί για την κανονικότητα ή όχι του κτιρίου. Κλείνοντας αυτήν την εισαγωγική αναφορά θα πρέπει να γραφεί ότι το ΡΑΦ δεν εκτελεί αυτόματα την διαδικασία που περιγράφεται στον ΕΚ8 αλλά και στο βιβλίο αναφοράς για τον υπολογισμό της τιμής του q , θεωρώντας ότι και η απόφαση αυτή ανήκει στον μελετητή.

2.4 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2Q$

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης του υποστύλματος C3, του τοιχώματος T1 στο ισόγειο και της δοκού BX2 στον πρώτο όροφο. Λόγω του διαφορετικού προ-

σανατολισμού του τοπικού συστήματος αναφοράς των **κατακορύφων** στοιχείων που χρησιμοποιείται από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς, στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης προσαρμοσμένες με βάση το παρακάτω σχήμα 7 έτσι ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμες.



Σχήμα 7. Ορισμός των συμβατικά θετικών τιμών των μεγεθών έντασης των κατακορύφων στοιχείων από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Εντασιακά μεγέθη του υποστυλώματος C3 του τοιχώματος T1 στο ισόγειο, και της δοκού BX2 στον πρώτο όροφο

Στοιχείο/ Θέση		P			M2			M3		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	κάτω	-684.76	-691.35	1.0%	0	0	-	0.28	0.29	2.6%
	άνω	-622.26	-628.85	1.1%	0	0	-	0.158	0.154	-2.3%
C3	κάτω	-327.14	-333.10	1.8%	-2.01	-2.05	1.8%	2.63	2.69	2.3%
	άνω	-312.34	-318.30	1.9%	3.71	3.78	1.9%	-4.41	-4.50	2.0%
BX2	αρχή	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	-20.47	-21.02	2.7%
	πέρας	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	-12.58	-12.81	1.8%

Στοιχείο/ Θέση		T			V2			V3		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	κάτω	≈0.0	≈0.0	-	0.03	0.032	-	0.00	≈0.0	-
	άνω	≈0.0	≈0.0	-	0.03	0.032	-	0.00	≈0.0	-
C3	κάτω	≈0.0	≈0.0	-	1.90	1.94	2.2%	-1.54	-1.58	2.5%
	άνω	≈0.0	≈0.0	-	1.90	1.94	2.2%	-1.54	-1.58	2.5%
BX2	αρχή	0.043	0.042	-2.7%	-29.18	-29.95	2.6%	0.00	0.00	-
	πέρας	0.043	0.042	-2.7%	26.39	26.98	2.2%	0.00	0.00	-

Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το γενικό συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα του ΡΑΦ συγκλίνουν σε πάρα πολύ ικανοποιητικό βαθμό στα αποτελέσματα αναφοράς. Σε καμία από τις περιπτώσεις δεν εμφανίζονται αποκλίσεις μεγαλύτερες του 2.7%.

2.5 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ)

2.5.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται η σύγκριση των τιμών των 6 πρώτων ιδιοπεριόδων ταλάντωσης του κτιρίου, και στον πίνακα 5 τα αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Ιδιοπερίοδοι ταλάντωσης (με τη μάζα στα μετατοπισμένα ΚΜ)

Ιδιομ ορφή	Ιδιοπερίοδος (sec)											
	Θέση 1			Θέση 2			Θέση 3			Θέση 4		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.881	0.881	0.00%	0.881	0.881	0.00%	0.883	0.883	0.00%	0.883	0.883	0.00%
2	0.598	0.597	-0.18%	0.674	0.706	4.72%	0.634	0.632	-0.36%	0.634	0.632	-0.36%
3	0.316	0.317	0.28%	0.281	0.273	-2.81%	0.297	0.298	0.44%	0.297	0.298	0.44%
4	0.273	0.273	0.04%	0.273	0.269	-1.43%	0.274	0.274	-0.11%	0.274	0.274	-0.11%
5	0.183	0.183	-0.11%	0.207	0.216	4.25%	0.194	0.193	-0.31%	0.194	0.193	-0.31%
6	0.148	0.148	0.07%	0.148	0.148	0.07%	0.148	0.148	0.27%	0.148	0.148	0.27%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών (%)

Ιδιομ ορφή	Θέση 1						Θέση 2					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	91.93	91.93	0.00%	0.00	0.00	-	91.93	91.93	0.00%	0	0	-
2	91.93	91.93	0.00%	66.21	66.19	-0.02%	91.93	91.93	0.00%	69.84	71.31	2.10%
3	91.93	91.93	0.00%	87.38	87.36	-0.02%	91.93	98.33	6.97%	87.34	71.31	-18.35%
4	98.33	98.33	0.00%	87.38	87.36	-0.02%	98.33	98.33	0.00%	87.34	86.73	-0.69%
5	98.33	98.33	0.00%	93.58	93.55	-0.04%	98.33	98.33	0.00%	94.53	94.86	0.35%
6	99.57	99.57	0.00%	93.58	93.55	-0.04%	99.57	99.57	0.00%	94.53	94.86	0.35%

Ιδιομ ορφή	Θέση 3						Θέση 4					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	91.57	91.59	0.02%	0.21	0.20	-	91.57	91.59	0.02%	0.21	0.20	-
2	91.92	91.91	-0.01%	68.21	68.15	-0.09%	91.92	91.91	-0.01%	68.21	68.15	-0.09%
3	91.95	91.94	-0.01%	87.48	87.48	0.00%	91.95	91.94	-0.01%	87.48	87.48	0.00%
4	98.32	98.31	-0.01%	87.48	87.48	0.00%	98.32	98.31	-0.01%	87.48	87.48	0.00%
5	98.34	98.33	-0.01%	94.10	94.07	-0.03%	98.34	98.33	-0.01%	94.10	94.07	-0.03%
6	99.57	99.56	-0.01%	94.10	94.07	-0.03%	99.57	99.56	-0.01%	94.10	94.07	-0.03%

Οι αποκλίσεις των τιμών των δύο παραπάνω πινάκων είναι γενικά πάρα πολύ μικρές και θεωρούνται αποδεκτές. Εξαιρέση – που αποδίδεται όμως στο διαφορετικό αλγόριθμο που χρησιμοποιήθηκε στις δύο συγκρινόμενες αναλύσεις – αποτελεί η συμμετοχή της τρίτης αντί της τέ-

ταρτης ιδιομορφής στη διέγερση του κτιρίου με τη μάζα στη θέση 2. Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα όπως θα φανεί παρακάτω.

2.5.2 Μεγέθη έντασης

Στον παρακάτω πίνακα 6 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων τιμών των μεγεθών P , M_2 , M_3 (δηλαδή των μεγεθών έντασης με τα οποία εκτελείται ο έλεγχος σε διαξονική κάμψη με ορθή δύναμη) λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου, για το υποστύλωμα C3 και το τοίχωμα T1 στο ισόγειο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Ακραίες τιμές των μεγεθών έντασης των στοιχείων C3 και T1 στο ισόγειο

Θέση μάζας		Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
C3	1	κάτω	281.8	281.5	-0.09%	126.7	126.4	-0.28%	124.4	124.4	-0.04%
		άνω	281.8	281.5	-0.09%	102.4	102.2	-0.28%	96.2	96.1	-0.04%
	2	κάτω	282.7	282.8	0.01%	132.8	134.7	1.42%	125.8	124.4	-1.10%
		άνω	282.7	282.8	0.01%	107.5	109.0	1.44%	97.2	97.6	0.38%
	3	κάτω	284.0	283.9	-0.03%	130.6	130.5	-0.10%	122.9	123.0	0.03%
		άνω	284.0	283.9	-0.03%	105.6	105.5	-0.10%	95.0	95.1	0.04%
	4	κάτω	280.7	280.7	0.00%	130.6	130.5	-0.10%	127.0	126.9	-0.05%
		άνω	280.7	280.7	0.00%	105.7	105.6	-0.10%	98.2	98.1	-0.04%

Θέση μάζας		Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	1	κάτω	61.2	61.1	-0.03%	899.2	901.8	0.29%	121.0	120.9	-0.03%
		άνω	61.2	61.1	-0.03%	48.3	48.5	0.54%	46.0	45.9	-0.20%
	2	κάτω	61.2	61.1	-0.03%	703.8	627.0	-10.92%	121.0	120.9	-0.03%
		άνω	61.2	61.1	-0.03%	39.6	21.6	-45.43%	46.0	45.9	-0.20%
	3	κάτω	61.0	61.0	-0.02%	804.0	809.2	0.65%	120.7	120.7	-0.02%
		άνω	61.0	61.0	-0.02%	43.9	44.3	0.98%	45.9	45.8	-0.17%
	4	κάτω	61.0	61.0	-0.02%	804.0	809.2	0.65%	120.7	120.7	-0.02%
		άνω	61.0	61.0	-0.02%	43.9	44.3	0.98%	45.9	45.8	-0.17%

Στα πλαίσια των υπολογισμών οι τιμές του πίνακα λαμβάνονται και με αρνητικό πρόσημο.

Από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Για το υποστύλωμα C3:

- Πολύ καλή σύγκλιση όλων των μεγεθών. Ειδικά για τις θέσεις μάζας 1,3,4 οι αποκλίσεις από τις τιμές αναφοράς δεν υπερβαίνουν το 0.3%. Για την θέση μάζας 2 οι αποκλίσεις στις τιμές των ροπών M_2 , M_3 είναι λίγο μεγαλύτερες αλλά επίσης πολύ μικρές (δεν ξεπερνούν το 1.5% σε κάθε περίπτωση).

Για το τοίχωμα T1:

- Γενικώς πολύ καλή σύγκλιση όλων των μεγεθών με αποκλίσεις που δεν ξεπερνούν το 1%. Μεγαλύτερες – των υπολοίπων μεγεθών – αποκλίσεις των ροπών M_2 για τη θέση μάζας 2 που όμως οφείλονται στην διαφορετική τεχνολογία προσομοίωσης των στερεών βραχιόνων

από το ΡΑΦ, η οποία έχει πολύ σημαντικότερη επιρροή στα τοιχώματα όπου το μήκος των βραχιόνων των εκατέρωθεν δοκών ΒΥ1, ΒΥ2 (ίσο με 1.25m) είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό των δοκών που συντρέχουν στα υποστυλώματα.

Στον πίνακα 7 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων και ταυτόχρονων τιμών των μεγεθών P , M_2 , M_3 λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου και των στατικών φορτίων του συνδυασμού $G+\psi_2Q$, στη βάση του υποστυλώματος C3 και του τοιχώματος T1 στο ισόγειο. Με τα μεγέθη αυτά γίνεται ως γνωστόν ο έλεγχος αντοχής των διατομών έναντι μεγεθών ορθής έντασης. Οι συγκρίσεις αφορούν την ανάλυση με τις μάζες των ορόφων τοποθετημένες στη θέση 1 που ορίζει ο ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 Ακραίες και ταυτόχρονες τιμές των μεγεθών έντασης των στοιχείων C3 και T1 στο ισόγειο

C3 κάτω	P			M ₂				M ₃				
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	
1	exP=	-45.4	-51.6	13.73%	M _{2,P} =	67.1	66.72	-0.51%	M _{3,P} =	-63.4	-63.5	0.25%
2	P _{,M2} =	-173.5	-179.9	3.68%	exM ₂ =	124.7	124.3	-0.31%	M _{3,M2} =	52.7	52.6	-0.19%
3	P _{,M3} =	-476.6	-483.0	1.34%	M _{2,M3} =	48.9	48.62	-0.65%	exM ₃ =	127.1	127.1	0.00%
4	-exP=	-608.9	-614.6	0.94%	-M _{2,P} =	-71.1	-70.82	-0.38%	-M _{3,P} =	68.6	68.9	0.39%
5	-P _{,M2} =	-480.8	-486.3	1.15%	-exM ₂ =	-128.7	-128.4	-0.23%	-M _{3,M2} =	-47.4	-47.2	-0.42%
6	-P _{,M3} =	-177.7	-183.3	3.13%	-M _{2,M3} =	-53.0	-52.73	-0.43%	-exM ₃ =	-121.8	-121.7	-0.09%

T1 κάτω	P			M ₂				M ₃				
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	
1	exP=	-623.6	-630.2	1.06%	M _{2,P} =	0.0	0.0	-	M _{3,P} =	118.2	118.2	-0.03%
2	P _{,M2} =	-684.8	-691.3	0.96%	exM ₂ =	899.2	901.8	0.29%	M _{3,M2} =	0.3	0.3	1.79%
3	P _{,M3} =	-625.1	-631.7	1.06%	M _{2,M3} =	0.0	0.0	-	exM ₃ =	121.2	121.2	-0.02%
4	-exP=	-745.9	-752.5	0.88%	-M _{2,P} =	0.0	0.0	-	-M _{3,P} =	-117.7	-117.6	-0.05%
5	-P _{,M2} =	-684.8	-691.3	0.96%	-exM ₂ =	-899.2	-901.8	0.29%	-M _{3,M2} =	0.3	0.3	1.79%
6	-P _{,M3} =	-744.4	-751.0	0.88%	-M _{2,M3} =	0.0	0.0	-	-exM ₃ =	-120.7	-120.6	-0.05%

Με εξαίρεση τις τιμές των αξονικών δυνάμεων του υποστυλώματος C3 οι αποκλίσεις είναι γενικά πολύ μικρές. Δεν ξεπερνούν κατά κανόνα το 1.0%. Οι κάπως μεγαλύτερες αποκλίσεις των αξονικών δυνάμεων του υποστυλώματος C3 οφείλονται αποκλειστικά στις αποκλίσεις των αξονικών φορτίων του συνδυασμού $G+\psi_2Q$ οι οποίες παρουσιάστηκαν στον πίνακα 3.

2.5.3 Έλεγχος της επιρροής των φαινομένων 2ης τάξης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8 (για την πρώτη θέση μάζας)

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου επιρροής φαινομένων 2^{ης} τάξης (θέση μάζας 1)

ΟΡΟΦΟΣ	θ_x			θ_y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.106	0.103	-2.83%	0.056	0.0520	-7.14%
2	0.076	0.062	-18.42%	0.033	0.0310	-6.06%
3	0.052	0.051	-1.92%	0.024	0.0230	-4.17%
4	0.034	0.033	-2.94%	0.016	0.0153	-3.77%
5	0.018	0.015	-16.67%	0.009	0.0086	-2.27%

Θα πρέπει να τονιστεί καταρχήν ότι τα αποτελέσματα του ΡΑΦ συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του πίνακα Α9-1.20 του βιβλίου αναφοράς. Στον συγκεκριμένο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης με βάση την δεύτερη εκδοχή της εναλλακτικής μεθόδου εκτέλεσης του ελέγχου. Η συγκεκριμένη μέθοδος ακολουθείται από το ΡΑΦ.

Όπως προκύπτει από την μελέτη του πίνακα 8 τα αποτελέσματα του ΡΑΦ προσεγγίζουν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό τα αποτελέσματα αναφοράς. Εξαίρεση αποτελεί η τιμή του θ_x στο δεύτερο όροφο. Η απόκλιση αυτή, όπως και γενικότερα και οι υπόλοιπες αποκλίσεις στα αποτελέσματα του ελέγχου θα μπορούσαν να αποδοθούν στο γεγονός ότι η τιμή του θ προκύπτει από τιμές τόσο μεγεθών έντασης (αθροίσματα αξονικών φορτίων, και τεμνουσών των ορόφων) όσο και μετακίνησης (μέσοι όροι των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων). Έτσι οι αποκλίσεις που εισάγουν τα μεγέθη αυτά αυξάνουν την τελική απόκλιση της τιμής του θ . Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι στον συγκεκριμένο έλεγχο δεν έχει τόσο αξία η σύγκλιση των τιμών αλλά το τελικό συμπέρασμα του ελέγχου που είναι η υπέρβαση των οριακών τιμών του θ (0.1 / 0.2 / 0.3) οι οποίες καθορίζουν κατά τον ΕΚ8 τόσο το αν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα φαινόμενα 2^{ης} τάξης όσο και αν θα πρέπει να αυξηθούν ή όχι οι διαστάσεις των δομικών στοιχείων. Σε αυτό το επίπεδο σύγκρισης το ΡΑΦ επιτυγχάνει πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα του βιβλίου αναφοράς, καθώς επιτυγχάνει να οδηγήσει στο συμπέρασμα της υπέρβασης της οριακής τιμής 0.1 για το θ_x στον πρώτο όροφο του κτιρίου, κάτι που σημαίνει ότι θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν τα μεγέθη όλων των κατακόρυφων δομικών στοιχείων του συγκεκριμένου ορόφου με τον συντελεστή $[1/(1-\theta_x)]$.

2.5.4 Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων

ΟΡΟΦΟΣ	(v•extrd _{rx})/h			(v•extrd _{ry})/h		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.0056	0.0058	3.08%	0.0033	0.0033	1.36%
2	0.0045	0.0046	1.56%	0.0022	0.0023	2.27%
3	0.0034	0.0034	-0.29%	0.0017	0.0018	5.49%
4	0.0024	0.0024	-1.53%	0.0013	0.0013	0.00%
5	0.0013	0.00127	-2.05%	0.0007	0.0007	1.13%

Είναι εμφανής η πολύ ικανοποιητική σύγκλιση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ στα αποτελέσματα αναφοράς. Η σύγκλιση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων είναι ακόμα καλύτερη από την περίπτωση του ελέγχου επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης. Το συμπέρασμα αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς ο έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων είναι πιο αξιόπιστος και πιο σημαντικός από τον έλεγχο επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος.

Κλείνοντας θα πρέπει να πούμε ότι το ΡΑΦ επιτυγχάνει να προσεγγίσει την υπέρβαση του ορίου του 0.005 στην σχετική μετακίνηση του πρώτου ορόφου κατά τη διεύθυνση Χ.

2.6 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Απλοποιημένης Φασματικής Μεθόδου (ΑΦΜ)

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Απλοποιημένης Φασματικής Μεθόδου. Η παράθεση των αποτελεσμάτων ξεκινά από την παρουσίαση των προκαταρκτικών εξαγόμενων της μεθόδου και καταλήγει στην παρουσίαση των μεγεθών έντασης στα ίδια στοιχεία όπου έγινε η παρουσίαση για την Δυναμική Φασματική Μέθοδο.

2.6.1 Προκαταρκτικοί υπολογισμοί

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών υπολογισμών της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου τα οποία είναι:

- (α) Οι ασύζευκτες ιδιοπερίοδοι του κτιρίου κατά τις διευθύνσεις των αξόνων Χ και Υ,
- (β) Οι εκκεντρότητες σχεδιασμού,
- (γ) Οι συντεταγμένες των θέσεων εφαρμογής των σεισμικών φορτίων, και
- (δ) Η κατανομή καθ' ύψος των σεισμικών φορτίων.

(α) Ασύζευκτες ιδιοπερίοδοι του κτιρίου κατά τις διευθύνσεις των αξόνων Χ και Υ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των ασύζευκτων ιδιοπεριοδών ταλάντωσης του κτιρίου κατά τις διευθύνσεις των αξόνων Χ και Υ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό των τεμνουσών βάσης του κτιρίου κατά τις συγκεκριμένες διευθύνσεις διέγερσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Σύγκριση των τιμών των ασύζευκτων ιδιοπεριοδών ταλάντωσης του κτιρίου κατά Χ, Υ

	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση
T _x (sec)=	0.88	0.881	0.11%
T _y (sec)=	0.443	0.443	0.00%

Παρατηρούμε ότι οι τιμές που προκύπτουν από το ΡΑΦ πρακτικώς συμπίπτουν με τις αντίστοιχες τιμές της ανάλυσης αναφοράς.

(β) Εκκεντρότητες σχεδιασμού

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι εκκεντρότητες σχεδιασμού για τις τέσσερις αναλύσεις που απαιτούνται στα πλαίσια της απλοποιημένης φασματικής μεθόδου:

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Σύγκριση των τιμών των εκκεντροτήτων σχεδιασμού για τις τέσσερις αναλύσεις της ΑΦΜ

	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση
$\max(e_{x,i})=$	0.46	0.45	-2.17%
$\max(e_{y,i})=$	0.385	0.375	-2.60%
$\min(e_{x,i})=$	-0.46	-0.45	-2.17%
$\min(e_{y,i})=$	-0.385	-0.375	-2.60%

Στον πίνακα αυτό παρατηρούνται κάποιες μικροδιαφορές οι οποίες αιτιολογούνται ως εξής: Όπως είναι γνωστό οι εκκεντρότητες σχεδιασμού στα πλαίσια της ΑΦΜ του ΕΚ8 για κτίρια χωρίς έντονη ασυμμετρία στις τοιχοπληρώσεις (όπως το κτίριο του παρόντος παραδείγματος) υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$e_{xa}=0.05 \cdot L_x \text{ και } e_{ya}=0.05 \cdot L_y.$$

Η διαφορά μεταξύ ΡΑΦ και αναλύσεων αναφοράς προκύπτει από το γεγονός ότι κατά τις αναλύσεις με το ΡΑΦ λαμβάνονται $L_x=9.00\text{m}$ και $L_y=7.50\text{m}$ (δηλ. οι αποστάσεις μεταξύ των αξόνων των περιμετρικών δοκών κατά Χ και Υ αντίστοιχα), ενώ κατά τις αναλύσεις αναφοράς λαμβάνονται $L_x=9.20\text{m}$ και $L_y=7.70\text{m}$ (δηλ. οι αποστάσεις μεταξύ των αξόνων των περιμετρικών δοκών κατά Χ και Υ αντίστοιχα επαυξημένες όμως με το διπλάσιο του ημίσεως του πλάτους τους που είναι ίσο με 0.2m).

(γ) Συντεταγμένες των θέσεων εφαρμογής των σεισμικών φορτίων

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τις συντεταγμένες των θέσεων εφαρμογής των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων της ΑΦΜ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Σύγκριση των συντεταγμένων των σημείων εφαρμογής των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων

	(mine _y)				(maxe _y)			
	X		Y		X		Y	
ΟΡΟΦΟΣ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
1	4.5	4.46	3.365	3.375	4.5	4.46	4.135	4.125
2	4.5	4.485	3.365	3.375	4.5	4.485	4.135	4.125
3	4.5	4.485	3.365	3.375	4.5	4.485	4.135	4.125
4	4.5	4.485	3.365	3.375	4.5	4.485	4.135	4.125
5	4.5	4.442	3.365	3.375	4.5	4.442	4.135	4.125

	(mine _x)				(maxe _x)			
	X		Y		X		Y	
ΟΡΟΦΟΣ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
1	4.04	4.01	3.75	3.75	4.96	4.91	3.75	3.75
2	4.04	4.035	3.75	3.75	4.96	4.935	3.75	3.75
3	4.04	4.035	3.75	3.75	4.96	4.935	3.75	3.75
4	4.04	4.035	3.75	3.75	4.96	4.935	3.75	3.75
5	4.04	3.992	3.75	3.75	4.96	4.892	3.75	3.75

Σημείωση: Οι συντεταγμένες που αφορούν στην ανάλυση με το ΡΑΦ έχουν προσαρμοστεί στο σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται κατά τις αναλύσεις αναφοράς. Τα σημεία αρχής των δύο συστημάτων απέχουν μεταξύ τους 0.2m τόσο κατά X όσο και κατά Y.

Οι διαφορές που παρατηρούνται στον παραπάνω πίνακα μπορούν να αιτιολογηθούν ως εξής:

- (α) Λόγω του διαφορετικού τρόπου προσδιορισμού των συντεταγμένων των θέσεων μάζας (βλέπε ειδικές παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών, και πίνακα 1).
- (β) Λόγω του διαφορετικού τρόπου υπολογισμού των τιμών των εκκεντροτήτων σχεδιασμού (βλέπε προηγούμενο εδάφιο).

Πάντως παρά τις συγκεκριμένες πηγές αποκλίσεων οι διαφοροποιήσεις στις τιμές των συντεταγμένων των θέσεων εφαρμογής των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων δεν είναι σημαντικές.

(δ) Κατανομή καθ' ύψος των σεισμικών φορτίων

Από τη μελέτη του ακόλουθου πίνακα προκύπτει ότι οι τιμές των σεισμικών δυνάμεων που προκύπτουν από το ΡΑΦ ταυτίζονται πρακτικά με τις αντίστοιχες τιμές των αναλύσεων αναφοράς. Το συγκεκριμένο επίπεδο σύγκλισης οφείλεται στο ότι πρακτικώς ταυτίζονται τόσο οι τιμές των μαζών όσο και οι τιμές των ασύζευκτων ιδιοπεριόδων ταλάντωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Σύγκριση των τιμών των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων σε όλους τους ορόφους

ΟΡΟΦΟΣ	Βιβλίο		ΡΑΦ		Απόκλιση	Βιβλίο		ΡΑΦ		Απόκλιση
1	F _x =	36.91	F _x =	36.90	0.0%	F _y =	54.13	F _y =	54.13	0.0%
2		62.86		62.84	0.0%		92.19		92.20	0.0%
3		89.80		89.77	0.0%		131.70		131.71	0.0%
4		116.75		116.70	0.0%		171.22		171.22	0.0%
5		107.40		107.31	-0.1%		157.46		157.44	0.0%

2.6.2 Μεγέθη έντασης

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων των αναλύσεων του ΡΑΦ και των αναλύσεων αναφοράς για τα μεγέθη έντασης συγκεκριμένων δομικών στοιχείων του κτιρίου. Τα στοιχεία αυτά αλλά και οι θέσεις υπολογισμού των συγκρινόμενων μεγεθών έντασης είναι αυτά που παρουσιάστηκαν και κατά τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων της Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (παράγραφος 3.3.2).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα μεγέθη ορθής έντασης για τα στοιχεία C3 και T1 στο ισόγειο όπως αυτά προκύπτουν από τις τέσσερις μεμονωμένες επιλύσεις της ΑΦΜ (δηλ. χωρίς την χωρική επαλληλία):

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Σύγκριση των τιμών μεγεθών ορθής έντασης του υποστυλώματος C3 και του τοιχώματος T1 στο ισόγειο λόγω των τεσσάρων μεμονωμένων επιλύσεων της ΑΦΜ

	ΑΙΤΙΟ	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
C3	F _x (mine _y)	κάτω	-222.57	-222.60	0.01%	7.24	7.07	-2.35%	108.34	108.23	-0.10%
		άνω	-222.57	-222.60	0.01%	-6.36	-6.21	-2.36%	-82.43	-82.35	-0.10%
	F _x (maxe _y)	κάτω	-234.93	-234.64	-0.12%	-6.26	-6.08	-2.88%	102.06	102.12	0.06%
		άνω	-234.93	-234.64	-0.12%	4.54	4.40	-3.08%	-77.48	-77.53	0.06%
	F _y (mine _x)	κάτω	166.23	165.72	-0.31%	105.79	105.32	-0.44%	36.93	36.72	-0.57%
		άνω	166.23	165.72	-0.31%	-84.94	-84.56	-0.45%	-30.70	-30.52	-0.59%
F _y (maxe _x)	κάτω	187.89	186.91	-0.52%	129.45	128.47	-0.76%	47.93	47.47	-0.96%	
	άνω	187.89	186.91	-0.52%	-104.04	-103.25	-0.76%	-39.36	-39.00	-0.91%	
	ΑΙΤΙΟ	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	F _x (mine _y)	κάτω	60.65	60.61	-0.07%	-59.44	-57.86	-2.66%	111.38	111.31	-0.06%
		άνω	60.65	60.61	-0.07%	0.02	0.02	0.0%	-41.23	-41.13	-0.24%
	F _x (maxe _y)	κάτω	60.65	60.61	-0.07%	59.44	57.86	-2.66%	111.38	111.31	-0.06%
		άνω	60.65	60.61	-0.07%	-0.02	-0.02	0.0%	-41.23	-41.13	-0.24%
	F _y (mine _x)	κάτω	0.00	0.00	-	1268.02	1272.13	0.32%	0.00	0.00	-
		άνω	0.00	0.00	-	13.92	13.95	0.22%	0.00	0.00	-
F _y (maxe _x)	κάτω	0.00	0.00	-	1059.74	1068.38	0.82%	0.00	0.00	-	
	άνω	0.00	0.00	-	13.99	14.03	0.29%	0.00	0.00	-	

Στα πλαίσια των υπολογισμών οι τιμές του πίνακα λαμβάνονται και με αρνητικό πρόσημο.

Από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτει η πάρα πολύ καλή σύγκλιση για όλα τα συγκρινόμενα μεγέθη. Έτσι οι αξονικές δυνάμεις αποκλίνουν σε κάθε περίπτωση λιγότερο από 0.5%, οι ροπές M₂ λιγότερο από 3% και οι ροπές M₃ λιγότερο από 1%.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι πιθανές ακραίες και ταυτόχρονες τιμές των μεγεθών ορθής έντασης (αξονική δύναμη P , και ροπές M_2 , M_3) για συνδυασμένη δράση των σεισμικών δυνάμεων από τις επιλύσεις 1 ($F_x - \min e_y$) και 3 ($F_y - \min e_x$), και επαλληλισμένες με τις αντίστοιχες τιμές του συνδυασμού $G+\psi_2 Q$. Πρόκειται δηλαδή για τις τιμές με τις οποίες γίνονται οι έλεγχοι αντοχής των διατομών των κατακορύφων στοιχείων έναντι διαξονικής κάμψης με ορθή δύναμη. Τα μεγέθη του πίνακα αφορούν τη στάθμη πάκτωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15. Σύγκριση των μεγεθών σχεδιασμού ($G+\psi_2 Q \pm E$) έναντι ορθής έντασης για τη στάθμη πάκτωσης του υποστυλώματος C3 και του τοιχώματος T1. (Τα μεγέθη λόγω σεισμού προέρχονται από την επαλληλία των επιλύσεων 1 ($F_x - \min e_y$) και 3 ($F_y - \min e_x$))

C3 κάτω		P				M ₂				M ₃		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	exP=	-49.35	-55.59	12.64%	M _{2,P} =	55.49	55.17	-0.58%	M _{3,P} =	-62.07	-62.20	0.21%
2	P _{,M2} =	-176.51	-182.66	3.48%	exM ₂ =	104.03	103.51	-0.50%	M _{3,M2} =	46.88	46.57	-0.66%
3	P _{,M3} =	-484.16	-490.67	1.34%	M _{2,M3} =	38.98	38.47	-1.31%	exM ₃ =	117.09	116.98	-0.09%
4	exP=	-604.93	-610.62	0.94%	M _{2,P} =	-59.51	-59.28	-0.39%	M _{3,P} =	67.33	67.58	0.37%
5	P _{,M2} =	-477.77	-483.55	1.21%	exM ₂ =	-108.05	-107.61	-0.41%	M _{3,M2} =	-41.62	-41.19	-1.03%
6	P _{,M3} =	-170.12	-175.54	3.19%	M _{2,M3} =	-43.00	-42.58	-0.98%	exM ₃ =	-111.83	-111.61	-0.20%

T1 κάτω		P				M ₂				M ₃		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	exP=	-624.11	-630.73	1.06%	M _{2,P} =	-59.44	-57.86	-2.66%	M _{3,P} =	111.66	111.60	-0.05%
2	P _{,M2} =	-687.60	-694.10	0.95%	exM ₂ =	1269.41	1273.44	0.32%	M _{3,M2} =	-4.94	-4.77	-3.44%
3	P _{,M3} =	-624.11	-630.73	1.06%	M _{2,M3} =	-59.44	-57.86	-2.66%	exM ₃ =	111.66	111.60	-0.05%
4	exP=	-745.41	-751.96	0.88%	M _{2,P} =	59.44	57.86	-2.66%	M _{3,P} =	-111.11	-111.02	-0.08%
5	P _{,M2} =	-681.92	-688.59	0.98%	exM ₂ =	-1269.41	-1273.44	0.32%	M _{3,M2} =	5.49	5.35	-2.55%
6	P _{,M3} =	-745.41	-751.96	0.88%	M _{2,M3} =	59.44	57.86	-2.66%	exM ₃ =	-111.11	-111.02	-0.08%

Και από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει γενικά η πολύ καλή σύγκλιση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ και του βιβλίου αναφοράς. Γενικά οι αποκλίσεις για τις ροπές M_2 δεν υπερβαίνουν για το υποστύλωμα C3 το 1.5% και για το τοίχωμα T1 το 3%. Αντίστοιχα για τις ροπές M_3 οι αποκλίσεις για το υποστύλωμα C3 δεν υπερβαίνουν το 1% και για το τοίχωμα T1 το 3.5%. Τέλος οι αποκλίσεις για τις αξονικές δυνάμεις του τοιχώματος T1 δεν υπερβαίνουν το 1.1%, ενώ για το υποστύλωμα C3 παρατηρούνται κάποιες μεγαλύτερες αποκλίσεις σε μεμονωμένες περιπτώσεις (και όχι γενικά) οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν καθώς προκύπτουν από το κομμάτι του σεισμικού συνδυασμού που αφορά στα κατακόρυφα φορτία ($G+\psi_2 Q$) για την προσομοίωση των οποίων όπως τονίστηκε και προηγουμένως στο παρόν κείμενο δεν υπάρχει δυνατότητα πλήρους ταύτισης με τις αναλύσεις αναφοράς.

2.6.3 Έλεγχος της επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου επιρροής των φαινομένων 2^{ης} τάξης όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου επιρροής φαινομένων 2^{ης} τάξης

ΟΡΟΦΟΣ	θ_x					
	Επίλυση 1			Επίλυση 2		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.106	0.1030	-2.83%	0.106	0.1027	-3.11%
2	0.076	0.0650	-14.47%	0.076	0.0650	-14.47%
3	0.052	0.0520	0.00%	0.052	0.0522	0.38%
4	0.034	0.0340	0.00%	0.034	0.0340	0.00%
5	0.018	0.016	-11.11%	0.018	0.0160	-11.11%

ΟΡΟΦΟΣ	θ_y					
	Επίλυση 3			Επίλυση 4		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.043	0.0430	0.00%	0.050	0.0499	-0.20%
2	0.027	0.0280	3.70%	0.031	0.0308	-0.65%
3	0.021	0.0210	-0.05%	0.023	0.0229	-0.43%
4	0.014	0.0146	4.29%	0.016	0.0157	-1.88%
5	0.008	0.0086	7.50%	0.009	0.0090	-0.33%

Θα πρέπει αρχικά να διευκρινιστεί ότι το ΡΑΦ εξάγει τις τιμές των θ_x και θ_y όπως αυτές προκύπτουν από την χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων με τον κανόνα SRSS. Αντίθετα στο βιβλίο αναφοράς (για λόγους που εξηγούνται επαρκώς στην παράγραφο Α9.2.3) παρουσιάζονται οι τιμές που προκύπτουν από τις τέσσερις μεμονωμένες επιλύσεις. Ωστόσο στα πλαίσια του συγκεκριμένου παραδείγματος οι τιμές από τις μεμονωμένες επιλύσεις ταυτίζονται με τις τιμές που προκύπτουν από την χωρική επαλληλία. Έτσι είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Από τη μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτει το γενικό συμπέρασμα ότι το ΡΑΦ προσεγγίζει πολύ ικανοποιητικά τις τιμές που προκύπτουν από τις αναλύσεις αναφοράς. Κάποια εξαίρεση που παρουσιάζεται στην απόκλιση της τιμής του θ_x στον δεύτερο όροφο θα μπορούσε να αποδοθεί σε αριθμητικούς λόγους που πολλές φορές μπορούν να δημιουργήσουν αποκλίσεις κατά τον υπολογισμό πολύ μικρών τιμών.

Ωστόσο το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει τόσο από το ΡΑΦ όσο και από τις αναλύσεις αναφοράς είναι κοινό: *Η οριακή τιμή του 0.1 υπερβαίνεται μόνον κατά τον έλεγχο κατά την διεύθυνση X και μόνον στον πρώτο όροφο.*

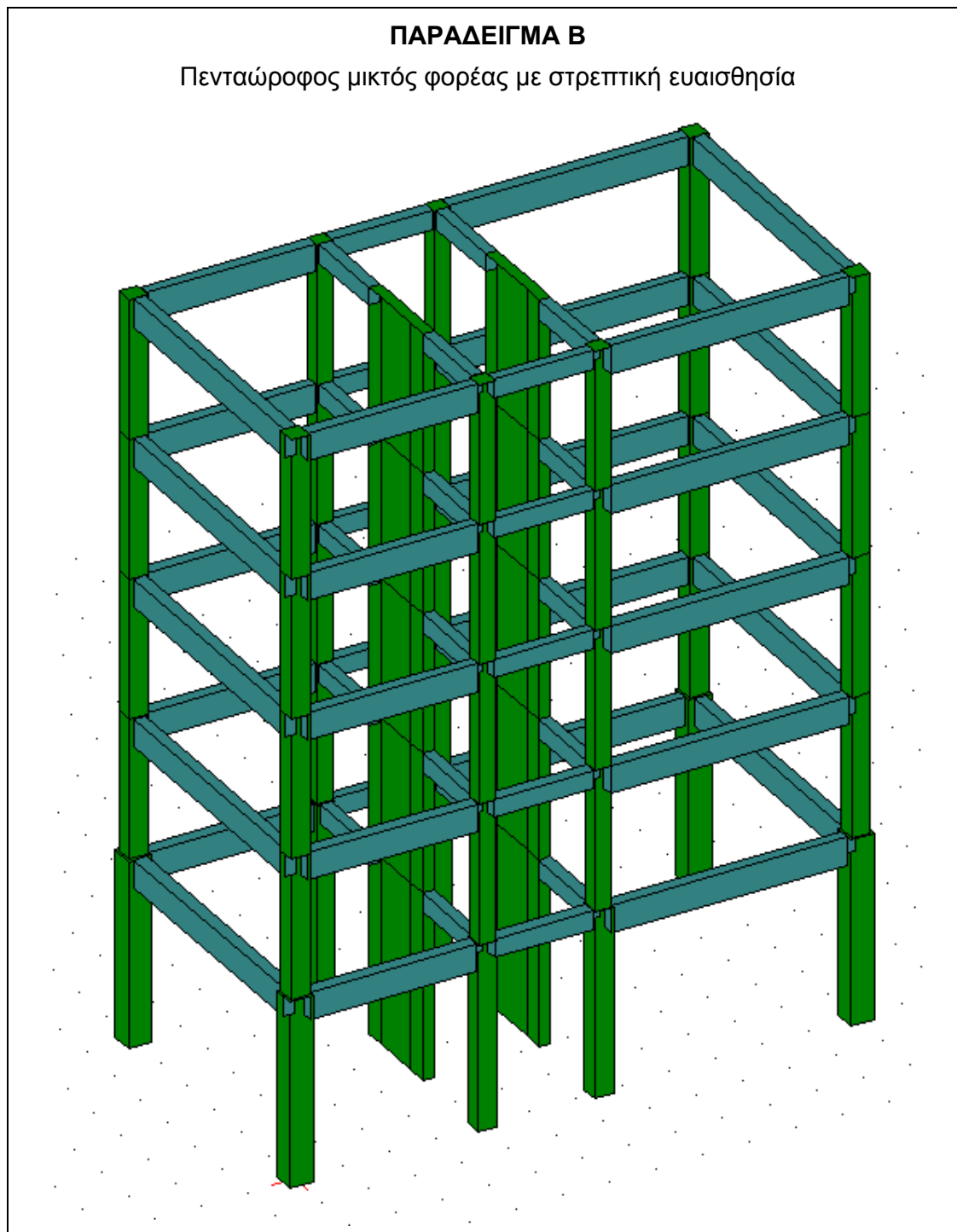
2.6.4 Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων

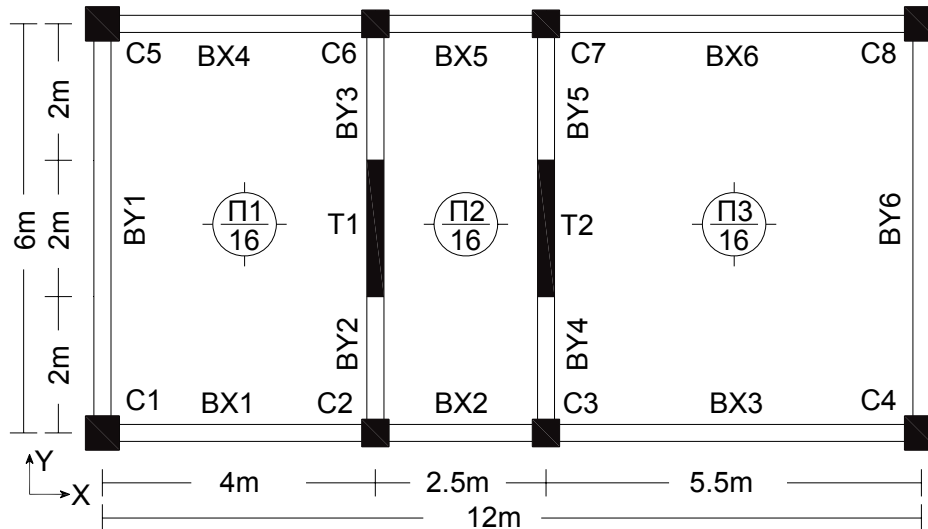
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
1-3	$(\text{extrd}_{r,x} \cdot v)/h$		$(\text{extrd}_{r,y} \cdot v)/h$	
	0.0052	0.00515	0.0030	0.00302
	0.0043	0.00428	0.0023	0.00227
	0.0033	0.00332	0.0019	0.00194
	0.0024	0.00241	0.0015	0.00149
	0.0014	0.00136	0.0009	0.00093
1-4	$(\text{extrd}_{r,x} \cdot v)/h$		$(\text{extrd}_{r,y} \cdot v)/h$	
	0.0052	0.00515	0.0035	0.00351
	0.0043	0.00428	0.0025	0.00252
	0.0033	0.00332	0.0021	0.00211
	0.0024	0.00241	0.0016	0.00161
	0.0014	0.00136	0.0010	0.00098
2-3	$(\text{extrd}_{r,x} \cdot v)/h$		$(\text{extrd}_{r,y} \cdot v)/h$	
	0.0052	0.00515	0.0030	0.00302
	0.0043	0.00428	0.0023	0.00227
	0.0033	0.00332	0.0019	0.00194
	0.0024	0.00241	0.0015	0.00149
	0.0014	0.00136	0.0009	0.00093
2-4	$(\text{extrd}_{r,x} \cdot v)/h$		$(\text{extrd}_{r,y} \cdot v)/h$	
	0.0052	0.00515	0.0035	0.00351
	0.0043	0.00428	0.0025	0.00252
	0.0033	0.00332	0.0021	0.00211
	0.0024	0.00241	0.0016	0.00161
	0.0014	0.00136	0.0010	0.00098

Όπως παρατηρούμε από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτει το συμπέρασμα ότι πρακτικώς το ΡΑΦ εξάγει ίδια αποτελέσματα με τις αναλύσεις αναφοράς.

3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Β

3.1 Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα

- Υλικό: Οπλισμένο σκυρόδεμα ($E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, $\nu=0.2$, $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$)
- Δεδομένα ανωδομής:



Ύψη ορόφων	Υποστυλώματα	Δοκοί	Τοιχώματα
1 ^{ος} : 4m 2 ^{ος} -5 ^{ος} : 3m	1 ^{ος} όροφος: C ₁ , C ₄ , C ₅ , C ₈ : 50/50 C ₂ , C ₃ , C ₆ , C ₇ : 40/40 2 ^{ος} -5 ^{ος} όροφος: C ₁ , C ₄ , C ₅ , C ₈ : 40/40 C ₂ , C ₃ , C ₆ , C ₇ : 35/35	1 ^{ος} -5 ^{ος} όροφος: BX1, BX2, BX3, BX4, BX5, BX6, BY1, BY6: 25/60 BX2, BX5, BY2, BY3, BY4, BY5: 25/40	1 ^{ος} -5 ^{ος} όροφος: T1, T2: 25/200

Σχήμα 1. Τυπική κάτοψη ορόφων

• Κατακόρυφα φορτία

- Περιμετρικά το κτίριο έχει μπατική τοιχοποιία (3.6 kN/m^2), ενώ οι εσωτερικές δοκοί δεν φέρουν τοιχοποιίες σε όλους τους ορόφους. Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες για τον υπολογισμό των φορτίων και των μαζών.
- Στο δώμα υπάρχει κατά μήκος όλης της περιμέτρου στηθαίο από μπατική τοιχοποιία ύψους 1m.
- Τα δάπεδα έχουν επίστρωση από μάρμαρο, βάρους 1.3 kN/m^2 .
- Το ωφέλιμο φορτίο ελήφθη ίσο με $Q=2 \text{ kN/m}^2$.

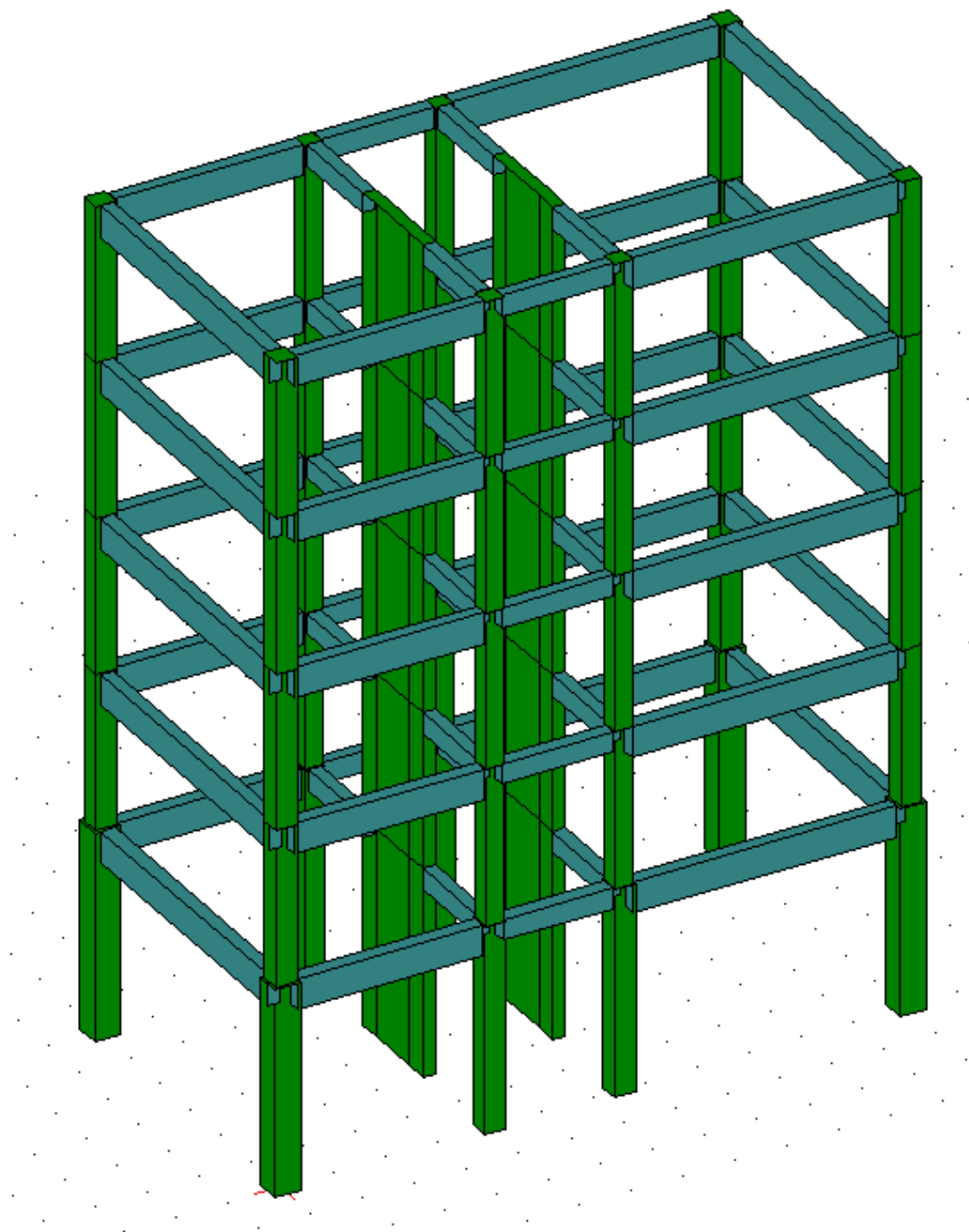
• Διευθύνσεις δράσης σεισμικών δυνάμεων: Άξονες X, Y [EK8, § 4.3.3.1(11)P].

• Κατηγορία διαθέσιμης πλαστιμότητας: ΚΠΜ

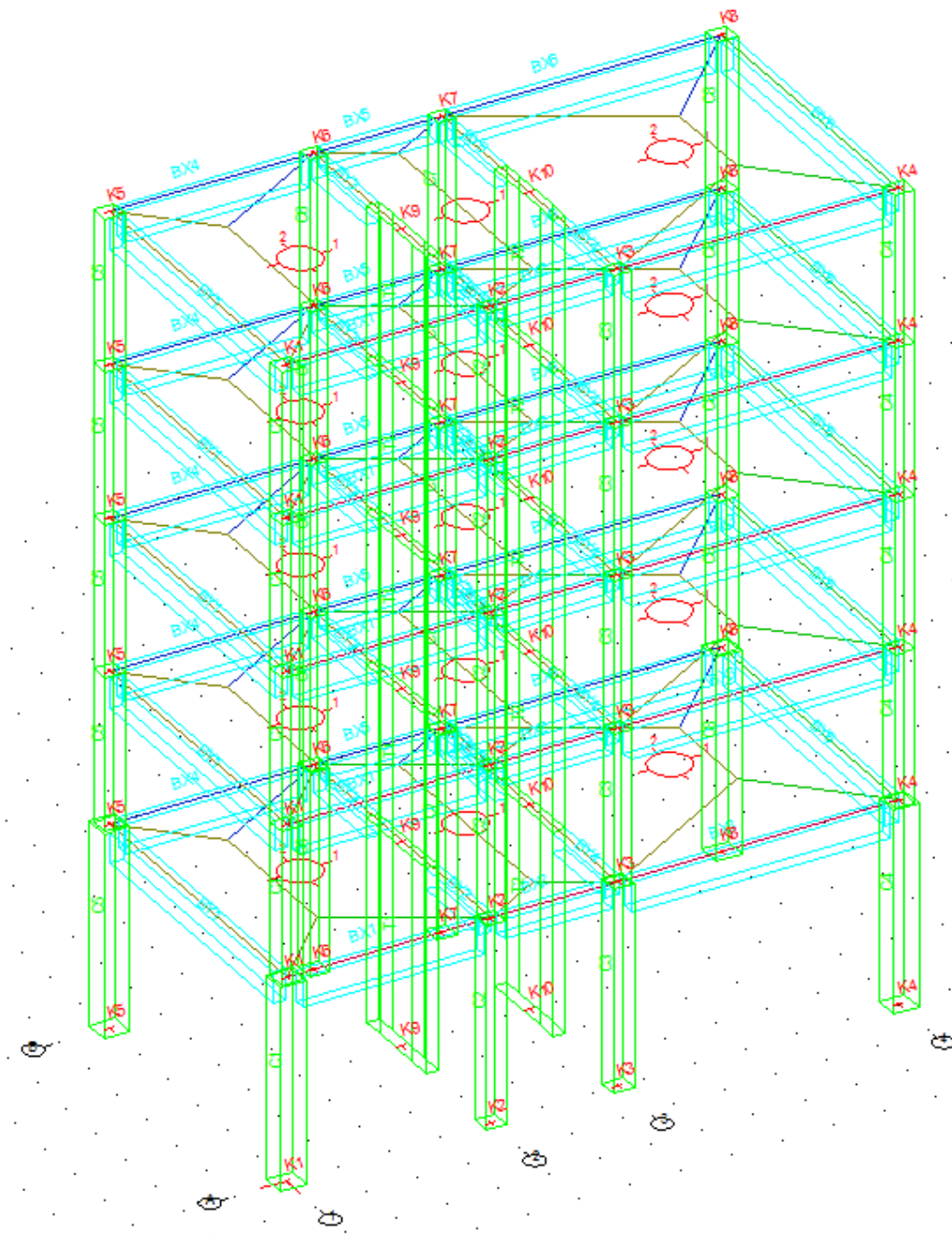
• Δεδομένα Φάσματος σχεδιασμού: EK8 [EK8, § 3.2.2.5].

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: Z2
- Κατηγορία εδάφους: B
- Κατηγορία σπουδαιότητας: II (κτίριο κατοικιών)
- Ποσοστό απόσβεσης: $\zeta=5\%$

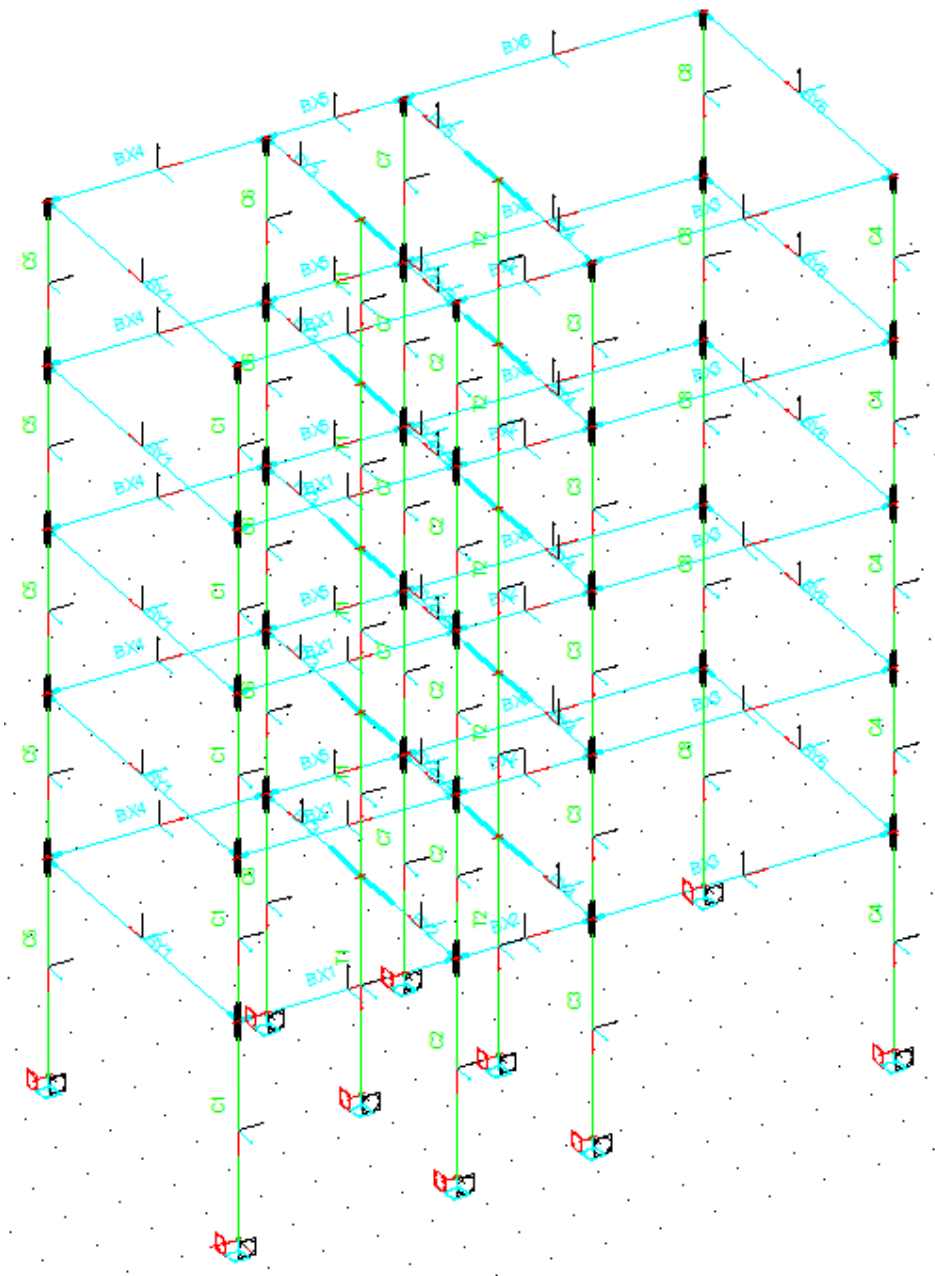
- Συντελεστής συμπεριφοράς: $\eta=2$
- Σκαριφήματα φορέα



Τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση του φορέα



Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Αρίθμηση πλακών και κόμβων



Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Διακριτοποίηση – Αρίθμηση και τοπικοί άξονες στοιχείων

3.2 Παραδοχές

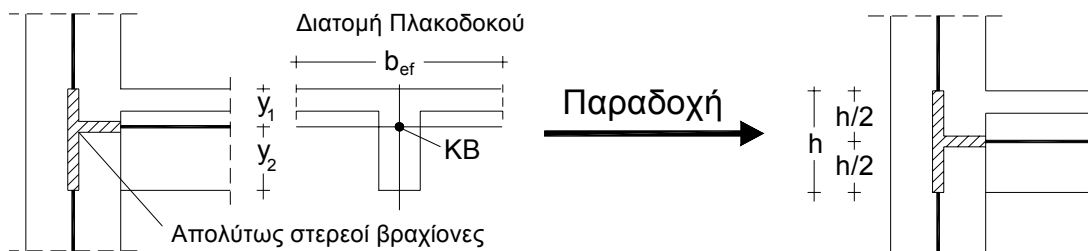
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται:

- Οι παραδοχές με τις οποίες έγινε η προσομοίωση του φορέα στα πλαίσια των αναλύσεων αναφοράς (Από το βιβλίο: «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011).
- Οι προκαθορισμένες (default) παραδοχές που γίνονται αυτόματα από το πρόγραμμα για τη μόρφωση του υπολογιστικού προσομοιώματος.

3.2.1 Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

- (α1) Διαφραγματική λειτουργία πλακών: Θεώρηση ατενούς διαφράγματος στις στάθμες που ορίζονται στο σχήμα 2.
- (α2) Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκών (σύμφωνα με τον ΕΚ2, § 5.3.2.1):
Για πλακοδοκούς Τ: $b_{eff}=b_w+0.2\cdot\ell_0$
Για πλακοδοκούς Γ: $b_{eff}=b_w+0.1\cdot\ell_0$
($\ell_0=0.85\cdot\ell$ για ακραία ανοίγματα και $\ell_0=0.70\cdot\ell$ για μεσαία ανοίγματα, όπου το ℓ είναι το θεωρητικό άνοιγμα των δοκών, το οποίο λαμβάνεται ίσο με το μήκος μεταξύ των δύο παρειών στήριξης των δοκών).
- (α3) Οι δυσκαμψίες, οι δυστημψίες και οι δυστρεψίες των διατομών ελήφθησαν μειωμένες σύμφωνα με τον ΕΚ8 (§4.3.1(7)).
- (α4) Ελήφθησαν υπόψη καμπτικές, διατμητικές, αξονικές και στρεπτικές παραμορφώσεις.
- (α5) Κατά τη μόρφωση του μοντέλου θεωρήθηκαν στους κόμβους απολύτως στερεά τμήματα σύμφωνα με την απαίτηση της παρ. 4.3.1(2) του ΕΚ8 (βλ. σχήμα 2).
- (α6) Η δυσκαμψία και η δυστένεια των τοιχοποιιών αγνοήθηκαν κατά την προσομοίωση του φορέα σύμφωνα με το εδάφιο 4.3.1(8) του ΕΚ8, θεωρώντας ότι η συνεισφορά τους στην οριζόντια στιβαρότητα και στην αντοχή του κτιρίου είναι ασήμαντη.



Σχήμα 2. Λεπτομέρεια προσομοίωσης των πλαίσιακών κόμβων

(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων

Η προσομοίωση των τοιχωμάτων έγινε με έναν ισοδύναμο στύλο στο κέντρο βάρους της διατομής τους. Οι γεωμετρικές ιδιότητες της διατομής αυτής δίνονται στο σχήμα 3.

A	I _{xx}	I _{yy}	I _T	A _{sx}	A _{sy}
---	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------

1.	0	0.1667	0.002604	0.0096	0.4167	0.4167
----	---	--------	----------	--------	--------	--------

- Οι ιδιότητες των ισοδυνάμων στύλων μειώθηκαν σύμφωνα με τον ΕΚ8.
- Στις στάθμες των ορόφων υπάρχουν απολύτως στερεοί δοκοί. Για την προσομοίωση των δοκών αυτών χρησιμοποιήθηκαν απολύτως στερεά τμήματα στα άκρα των γραμμικών στοιχείων, με μήκη ίσα με 1.00 m.

Σχήμα 3. Πλαισιακή προσομοίωση των δύο τοιχωμάτων του κτιρίου

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

- (γ1) Κατανομή φορτίων πλακών με τον κανόνα 45ο ή 60ο σύμφωνα με τον ΕΚΟΣ/2000 (και χωρίς ομοιομορφοποίηση).
- (γ2) Το ίδιο βάρος των υποστυλωμάτων ελήφθη υπόψη ως κατανεμημένο ομοιόμορφο αξονικό φορτίο.
- (γ3) Ίδια βάρη δοκών και τοιχοποιιών επί αυτών, ελήφθησαν υπόψη ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία.

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο γεωμετρικό κέντρο βάρους Μ του αντίστοιχου ατενούς διαφράγματος.
- (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται από:
- τη μάζα των πλακών και των δοκών του ορόφου συμπεριλαμβανομένων και των επιστρώσεων,
 - τη μάζα των τοιχοποιιών – αγνοώντας τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων – οι οποίες εδράζονται επί αυτών (η μάζα του στηθαίου προστίθεται στη μάζα του τελευταίου διαφράγματος),
 - τη μάζα των υποκείμενων και των υπερκείμενων υποστυλωμάτων μέχρι το μέσον του ύψους τους και,
 - τη μάζα που αντιστοιχεί σε ποσοστό ψ_E του ωφέλιμου φορτίου όπως το ορίζει ο ΕΚ8 στις παραγράφους 3.2.4(2)P, 4.2.4(2)P και 4.3.1(10)P. Το ψ_E υπολογίζεται από τη σχέση $\psi_E = \phi \cdot \psi_2$. Το κτίριο του παραδείγματος είναι κτίριο κατοικιών και επομένως ανήκει στην κατηγορία Α του πίνακα Α1.1 του παραρτήματος Α1 του ΕΝ 1990:2002, ο οποίος βρίσκεται και στο κείμενο του Ελληνικού Εθνικού Προσαρτήματος: Άρα $\psi_2 = 0.3$. Ο μειωτικός συντελεστής ϕ λαμβάνεται από τον πίνακα 4.2 της § 4.2.4 του ΕΚ8. Σύμφωνα με αυτόν, η τιμή του ϕ στο δώμα (τελευταίο όροφο) για κτίρια κατηγορίας Α είναι ίση με το 1.0. Στους υπόλοιπους ορόφους οι τιμές του ϕ λαμβάνονται ίσες με 0.8, θεωρώντας εδώ ότι οι όροφοι έχουν συσχετισμένες χρήσεις.
- (δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου και της τοιχοποιίας του ισογείου δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

3.2.2 Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

(α1) Ισχύει η παραδοχή της ανάλυσης αναφοράς (α1) για την διαφραγματική λειτουργία των πλακών.

(α2) Για τον υπολογισμό των συνεργαζόμενων πλατών των δοκών χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:

$$\text{Διατομές Τ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.2 \cdot (0.7 \cdot L)$$

$$\text{Διατομές Γ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.1 \cdot (0.7 \cdot L)$$

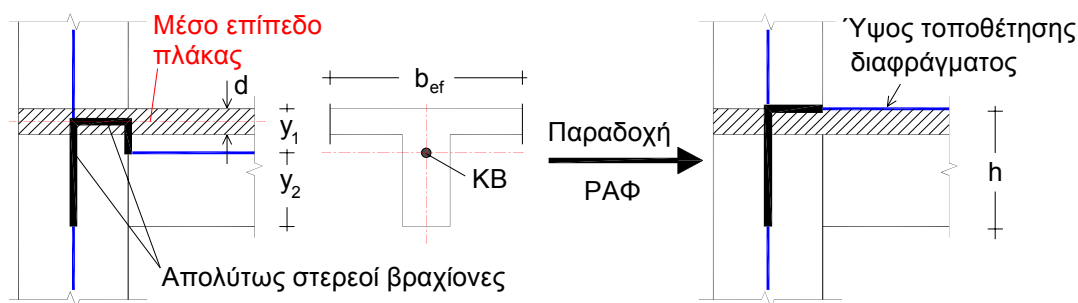
Όπου εδώ το L είναι το μήκος του καθαρού ανοίγματος της δοκού (χωρίς τους στερεούς βραχίονες). Η διαφορά από την επίλυση αναφοράς έγκειται στο ότι κατά την προκαθορισμένη προσομοίωση του ΡΑΦ το l_0 λαμβάνεται ίσο με $0.7L$ και όχι με $0.7L$ ή $0.85L$ ανάλογα με το αν η δοκός είναι σε μεσαίο ή ακραίο άνοιγμα αντίστοιχα.

(α3) Ισχύει η παραδοχή (α3) της ανάλυσης αναφοράς για την μείωση των δυσκαμψιών και των δυστρεψιών σύμφωνα με τον ΕΚ8.

(α4) Ισχύει η παραδοχή (α4) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση των καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων.

(α5) Ισχύει η παραδοχή (α5) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση απολύτως στερεών βραχιόνων στα άκρα των δομικών στοιχείων με τις εξής διαφοροποιήσεις:

- Το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων δεν συμπίπτει με το ύψος τοποθέτησης που παρουσιάζεται στο σχήμα σχήμα 2. Το ύψος στο οποίο τοποθετούνται από το ΡΑΦ τα διαφράγματα παρουσιάζεται στο σχήμα 4 (βλ. και εγχειρίδιο τεκμηρίωσης ΡΑΦ, §8.2.3):

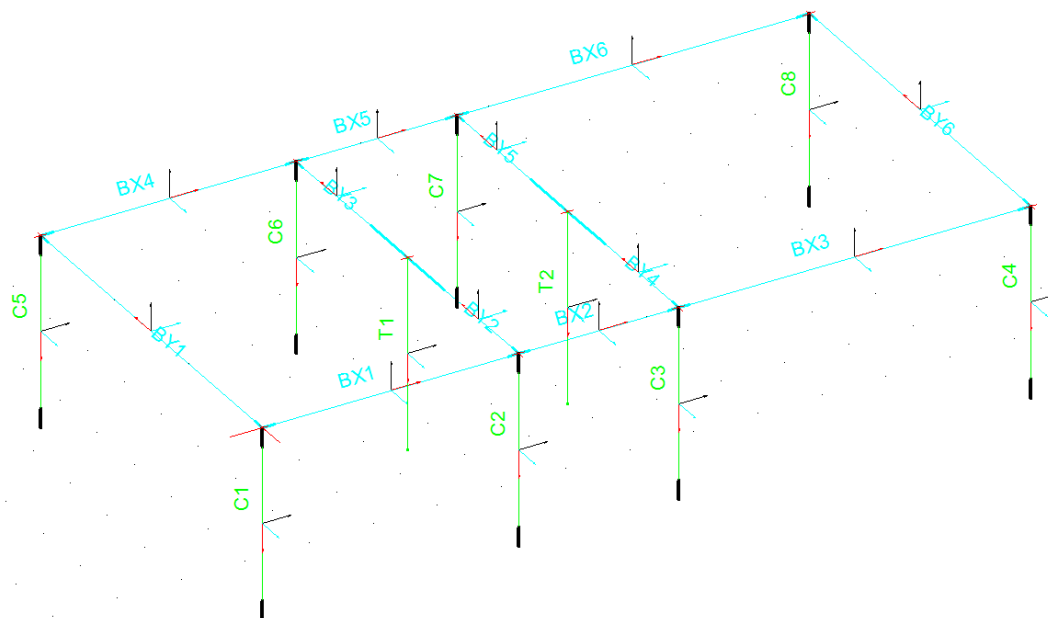


Σχήμα 4. Παραδοχή του ΡΑΦ για το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων.

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα υποστυλώματα δεν έχουν στερεούς βραχίονες στους κόμβους πέρατος τους, όπως προκύπτει από την προσομοίωση με τις παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς, και επιπλέον οι στερεοί βραχίονες των κόμβων αρχής τους έχουν διπλάσιο μήκος.

- Στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ, τα υποστυλώματα C2, C3, C6, C7 και τα τοιχώματα T1, T2 προσομοιώνονται με εφαρμογή της ενσωματωμένης δυνατότητας του προγράμματος για την θεώρηση «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων (βλ. εγχειρίδιο θεωρητικής τεκμηρίωσης ΡΑΦ). Έτσι επειδή τα συγκεκριμένα στοιχεία συντρέχουν σε κόμβους στους οποί-

ους υπάρχουν δοκοί με διαφορετικό ύψος διατομής κατά τους τοπικούς άξονες 2 και 3, το πρόγραμμα τοποθετεί αυτόματα αξονικούς στερεούς βραχίονες οι οποίοι ενεργοποιούνται με διαφορετικό μήκος κατά την κάμψη εντός του τοπικού επιπέδου τους 1-3 και κατά την κάμψη εντός του τοπικού επιπέδου τους 1-2, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (οι βραχίονες έχουν γαλάζιο χρώμα και άσπρο χρώμα ανάλογα με το τοπικό επίπεδο ενεργοποίησης):



Σχήμα 5. Αυτόματη τοποθέτηση «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων στα υποστυλώματα και στα τοιχώματα.

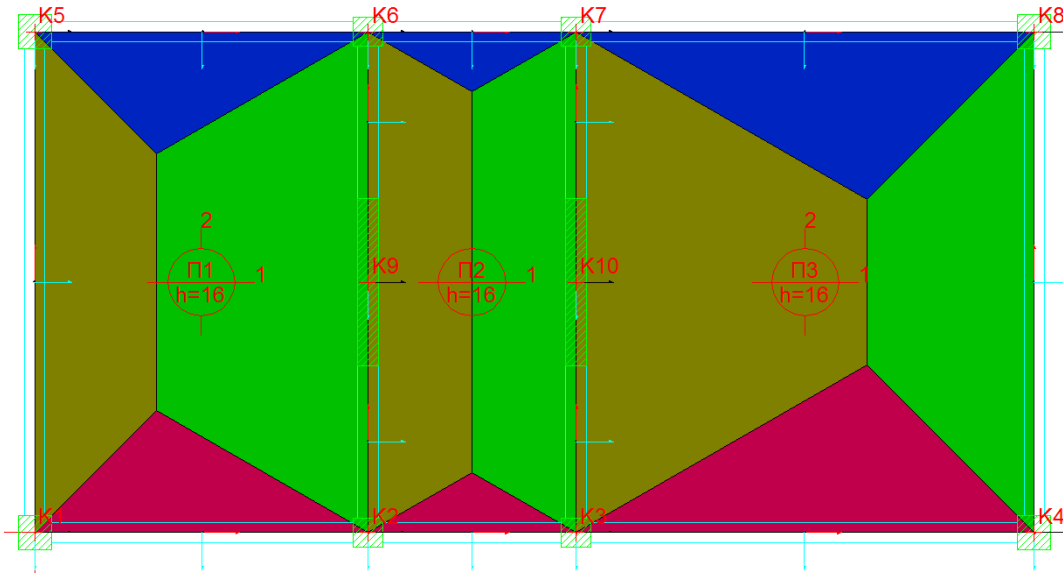
(α6) Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες.

(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων T1 και T2

Η αυτόματη προσομοίωση των τοιχωμάτων από το ΡΑΦ γίνεται με βάση τις ίδιες ακριβώς παραδοχές με τις οποίες γίνεται η προσομοίωση τους κατά την ανάλυση αναφοράς.

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

Ισχύουν οι ίδιες παραδοχές με αυτές που γίνονται και για την ανάλυση αναφοράς (βλ. σχήμα 6):



Σχήμα 5. Αυτόματη κατανομή των φορτίων των πλακών στις δοκούς με τον κανόνα 45° ή 60° σύμφωνα με τον ΕΚΟΣ

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο κέντρο μάζας το οποίο υπολογίζεται με βάση τη διάταξη όλων των φορτίων του ορόφου, και όχι στο γεωμετρικό κέντρο μάζας.
- (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται όπως ακριβώς στην περίπτωση της ανάλυσης αναφοράς.
- (δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου και της τοιχοποιίας του ισογείου δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

Στον παρακάτω πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μάζες και τα σημεία στα οποία τοποθετούνται, τόσο στα πλαίσια της μόρφωσης του προσομοιώματος αναφοράς όσο στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Θέσεις και τιμές των μαζών σύμφωνα με την ανάλυση αναφοράς και το ΡΑΦ

	$X_m(m)$		$Y_m(m)$		$m(tn)$	
	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ
1 ^{ος} όροφος	6.00	5.91	3.00	3.00	105.20	104.16
2 ^{ος} όροφος	6.00	5.92	3.00	3.00	100.59	99.59
3 ^{ος} όροφος	6.00	5.92	3.00	3.00	100.59	99.59
4 ^{ος} όροφος	6.00	5.92	3.00	3.00	100.59	99.59
5 ^{ος} όροφος	6.00	5.94	3.00	3.00	77.22	76.16

Συνοψίζοντας την σύγκριση των μεταξύ των βασικών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και των βασικών παραδοχών του ΡΑΦ μπορεί να συνταχθεί ο παρακάτω πίνακας:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Συγκεντρωτική παρουσίαση των κοινών και των μη κοινών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και του ΡΑΦ.

Παραδοχή		Βιβλίο / ΡΑΦ
(α1)	Διαφραγματική λειτουργία	Κοινή
(α2)	Συνεργαζόμενο πλάτος	Διαφορετική
(α3)	Απομείωση δυσκαμψιών	Κοινή
(α4)	Θεώρηση καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων	Κοινή
(α5)	Προσομοίωση στερεών βραχιόνων / θέση τοποθέτησης διαφραγμάτων	Διαφορετική
(α6)	Θεώρηση ανοιγμάτων στις τοιχοποιίες	Κοινή
(β)	Ισοδύναμη πλαισιακή προσομοίωση τοιχώματος	Κοινή
(γ1)	Κατανομή φορτίων πλακών	Κοινή
(γ2)	Προσομοίωση ίδιου βάρους υποστυλωμάτων	Κοινή
(γ3)	Προσομοίωση ιδίων βαρών δοκών και τοιχοποιιών	Κοινή
(δ1)	Υπολογισμός θέσης κέντρου βάρους ορόφου	Διαφορετική
(δ2)	Υπολογισμός μάζας ορόφου	Κοινή
(δ3)	Θεώρηση μαζών πλάκας δαπέδου ισογείου και τοιχοποιίας ισογείου	Κοινή

3.3 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης

Στις ακόλουθες παραγράφους θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις αναλύσεις αναφοράς που παρουσιάζονται στο βιβλίο «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011, με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις με το ΡΑΦ. Για να είναι αντικειμενικές οι συγκρίσεις, προσαρμόστηκαν οι παραδοχές των αναλύσεων που έγιναν με το ΡΑΦ, με τις παραδοχές του συγκεκριμένου βιβλίου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι λέγοντας προσαρμογή των παραδοχών, εννοείται ειδικά η προσαρμογή των παραδοχών που παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Έτσι έγιναν οι εξής επεμβάσεις στο αρχικό (και αυτόματα μορφομένο από το ΡΑΦ) προσομοίωμα με τη βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος:

- Προσαρμόστηκαν τα συνεργαζόμενα πλάτη των δοκών.
- Προσαρμόστηκαν τα μήκη των στερεών βραχιόνων των στοιχείων.
- Εισήχθησαν οι τιμές των μαζών και των μαζικών ροπών αδράνειας που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις αναφοράς.

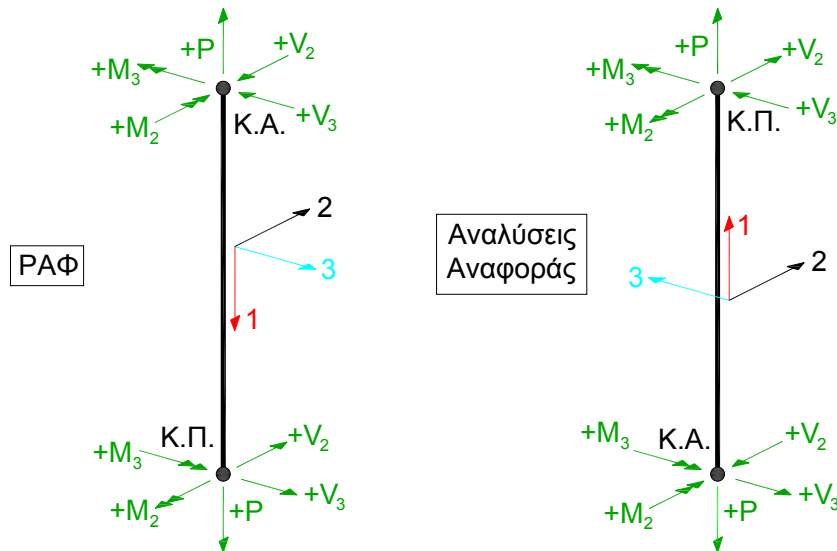
Παρά τις παραπάνω προσαρμογές δεν είναι δυνατή η πλήρης (100%) ταύτιση των παραδοχών επίλυσης, διότι δεν υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής των συντεταγμένων των κέντρων μάζας που υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα. Θα πρέπει επίσης να καταστεί σαφές ότι δεν μπορούν να αποκλειστούν κάποιοι παράγοντες απόκλισης των αποτελεσμάτων οι οποίοι πηγάζουν από τις διαφορετικές τεχνολογίες των μεταγλωτιστών με τους οποίους μεταγλωτίστηκε το ΡΑΦ και το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς. Αποκλίσεις στα αποτελέσματα δημιουργούνται επίσης και από τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των τεχνικών επίλυσης του ΡΑΦ και του προγράμματος με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς (π.χ. αλγόριθμοι σχηματισμού μητρώων δυσκαμψίας, υπολογισμού ιδιοπεριόδων κ.τ.λ.). Επομένως είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης ταύτιση των συγκρινόμενων αποτελεσμάτων. Σε κάθε περίπτωση πάντως παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων με τρόπο που ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει με την κρίση του την επάρκεια και την αξιοπιστία του ΡΑΦ, ενώ όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο παρατίθενται και βοηθητικά σχόλια.

Σημειώνεται τέλος ότι στα πλαίσια του ΡΑΦ δεν εκτελούνται υπολογισμοί για αυτόματο έλεγχο κανονικότητας κτιρίων καθ' ύψος και σε κάτοψη οι οποίοι στα πλαίσια του ΕΚ8 είναι εκτενείς (βλ. παραγράφους 4.2.3.2 και 4.2.3.3 του ΕΚ8). Ο λόγος είναι ότι πολλοί από τους ελέγχους αυτούς είναι ποιοτικοί και όχι ποσοτικοί. Επομένως το ΡΑΦ αφήνει στον μελετητή να αποφανθεί για την κανονικότητα ή όχι του κτιρίου. Κλείνοντας αυτήν την εισαγωγική αναφορά θα πρέπει να γραφεί ότι το ΡΑΦ δεν εκτελεί αυτόματα την διαδικασία που περιγράφεται στον ΕΚ8 αλλά και στο βιβλίο αναφοράς για τον υπολογισμό της τιμής του q , θεωρώντας ότι και η απόφαση αυτή ανήκει στον μελετητή.

3.3.1 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2 Q$

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης του υποστυλώματος C1, του τοιχώματος T1 στο ισόγειο και της δοκού ΒΧ1 στον πρώτο όροφο. Λόγω του διαφορετικού προσανατολισμού του τοπικού συστήματος αναφοράς των **κατακορύφων** στοιχείων που χρησι-

μπορείται από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς, στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης προσαρμοσμένες με βάση το παρακάτω σχήμα 7 έτσι ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμες.



Σχήμα 7. Ορισμός των συμβατικά θετικών τιμών των μεγεθών έντασης των κατακορύφων στοιχείων από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Εντασιακά μεγέθη του υποστυλώματος C1 του τοιχώματος T1 στο ισόγειο, και της δοκού ΒΧ1 στον πρώτο όροφο

Στοιχείο/ Θέση		P			M2			M3		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	κάτω	-670.84	-680.28	1.4%	0	0	-	-0.54	-0.56	3.1%
	άνω	-620.84	-630.28	1.5%	0	0	-	≈0.0	≈0.0	-
C1	κάτω	-476.19	-470.69	-1.2%	-11.63	-12.20	4.9%	-6.17	-6.50	5.3%
	άνω	-453.07	-447.57	-1.2%	21.68	22.75	4.9%	9.41	9.96	5.9%
ΒΧ1	αρχή	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	-14.11	-15.17	7.5%
	πέρας	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	-10.64	-11.63	9.3%

Στοιχείο/ Θέση		T			V2			V3		
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	κάτω	≈0.0	≈0.0	-	-0.13	-0.13	1.5%	0.00	≈0.0	-
	άνω	≈0.0	≈0.0	-	-0.13	-0.13	1.5%	0.00	≈0.0	-
C1	κάτω	≈0.0	≈0.0	-	-4.21	-4.46	5.8%	-9.00	-9.44	4.9%
	άνω	≈0.0	≈0.0	-	-4.21	-4.46	5.8%	-9.00	-9.44	4.9%
ΒΧ1	αρχή	0.199	0.196	-1.5%	-29.35	-31.54	7.5%	0.00	0.00	-
	πέρας	0.199	0.196	-1.5%	25.66	27.69	7.9%	0.00	0.00	-

Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το γενικό συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα του ΡΑΦ συγκλίνουν σε πάρα πολύ ικανοποιητικό βαθμό στα αποτελέσματα αναφοράς. Ειδικά σε επίπεδο απολύτων τιμών οι διαφορές είναι πολύ μικρές ώστε να δημιουργήσουν αποκλίσεις κατά

τους ελέγχους αντοχής. Αλλά και σε επίπεδο ποσοστών απόκλισης δεν υφίστανται σημαντικές αποκλίσεις. Ακόμα και για την περίπτωση της απόκλισης των V2 και M3 για τη δοκό ΒΧ1 υπάρχει αιτιολόγηση η οποία συνίσταται στο ότι δεν είναι δυνατή η απόλυτη ταύτιση της προσομοίωσης των τραπεζοειδούς μορφής κατακορύφων φορτίων των στοιχείων του κτιρίου όπως πραγματοποιείται στην επίλυση αναφοράς.

3.3.2 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ)

3.3.2.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται η σύγκριση των τιμών των 7 πρώτων ιδιοπεριοδών ταλάντωσης του κτιρίου, και στον πίνακα 5 τα αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Ιδιοπεριόδοι ταλάντωσης (με τη μάζα στα μετατοπισμένα ΚΜ)

Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος (sec)											
	Θέση 1			Θέση 2			Θέση 3			Θέση 4		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.798	0.798	0.00%	0.798	0.798	0.00%	0.800	0.800	0.05%	0.800	0.800	0.05%
2	0.571	0.572	0.09%	0.632	0.640	1.33%	0.585	0.581	-0.72%	0.585	0.581	-0.72%
3	0.487	0.486	-0.12%	0.440	0.434	-1.32%	0.470	0.473	0.68%	0.470	0.473	0.68%
4	0.258	0.258	0.08%	0.258	0.258	0.08%	0.259	0.259	-0.04%	0.259	0.259	-0.04%
5	0.182	0.182	0.22%	0.199	0.202	1.31%	0.186	0.185	-0.81%	0.186	0.185	-0.81%
6	0.147	0.147	0.00%	0.147	0.147	0.00%	0.147	0.147	0.20%	0.147	0.147	0.20%
7	0.142	0.142	0.07%	0.130	0.129	-0.92%	0.138	0.139	0.65%	0.138	0.139	0.65%

Από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτει το συμπέρασμα της πολύ καλής σύγκλισης του ΡΑΦ στις τιμές των ιδιοπεριοδών ταλάντωσης που προκύπτουν από τις αναλύσεις αναφοράς. Σε καμία περίπτωση οι αποκλίσεις δεν ξεπερνούν το 2%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών (%)

Ιδιομορφή	Θέση 1						Θέση 2					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	89.02	89.02	0.00%	0.00	0.00	-	89.02	89.02	0.00%	0	0	-
2	89.02	89.02	0.00%	0.01	0.37	-	89.02	89.02	0.00%	30.03	32.07	6.78%
3	89.02	89.02	0.00%	82.36	82.35	-0.01%	89.02	89.02	0.00%	82.33	82.31	-0.03%
4	97.24	97.24	0.00%	82.36	82.35	-0.01%	97.24	97.24	0.00%	82.33	82.31	-0.03%
5	97.24	97.24	0.00%	82.36	82.38	0.02%	97.24	97.24	0.00%	86.12	86.47	0.40%
6	99.22	99.22	0.00%	82.36	82.38	0.02%	99.22	99.22	0.00%	86.12	86.47	0.40%
7	99.22	99.22	0.00%	95.13	95.12	-0.01%	99.22	99.22	0.00%	94.69	94.51	-0.19%

Ιδιομορφή	Θέση 3						Θέση 4					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	88.39	88.45	0.07%	0.03	0.02	-	88.39	88.45	0.07%	0.03	0.02	-
2	88.99	89.00	0.01%	16.17	13.70	-15.24%	88.99	89.00	0.01%	16.17	13.70	-15.24%
3	89.02	89.02	0.00%	82.38	82.38	0.00%	89.02	89.02	0.00%	82.38	82.38	0.00%
4	97.18	97.19	0.01%	82.39	82.38	-0.01%	97.18	97.19	0.01%	82.39	82.38	-0.01%
5	97.24	97.24	0.00%	84.00	83.69	-0.37%	97.24	97.24	0.00%	84.00	83.69	-0.37%
6	99.21	99.21	0.00%	84.00	83.69	-0.37%	99.21	99.21	0.00%	84.00	83.69	-0.37%
7	99.21	99.21	0.00%	95.07	95.08	0.01%	99.21	99.21	0.00%	95.07	95.08	0.01%

Και από τον πίνακα 4 προκύπτει γενικά η πολύ καλή σύγκλιση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ στα αποτελέσματα αναφοράς. Οι περιπτώσεις των αποκλίσεων για την δεύτερη ιδιομορφή στις θέσεις μάζας 2,3 και 4 για διέγερση κατά Υ, θα μπορούσε να αποδοθεί σε λόγους αριθμητικής σύγκλισης του αλγόριθμου του ΡΑΦ και του αλγόριθμου που χρησιμοποιείται στις αναλύσεις αναφοράς, οι οποίοι οδηγούν σε ορισμένες περιπτώσεις σε διαφορετικά αποτελέσματα.

3.3.2.2 Μεγέθη έντασης

Στον παρακάτω πίνακα 6 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων τιμών των μεγεθών P , M_2 , M_3 (δηλαδή των μεγεθών έντασης με τα οποία εκτελείται ο έλεγχος σε διαξονική κάμψη με ορθή δύναμη) λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου, για το υποστύλωμα C1 και το τοίχωμα T1 στο ισόγειο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Ακραίες τιμές των μεγεθών έντασης των στοιχείων C1 και T1 στο ισόγειο

	Θέση μάζας	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
C1	1	κάτω	442.9	441.5	-0.33%	94.5	89.0	-5.84%	267.3	267.6	0.09%
		άνω	442.9	441.5	-0.33%	49.4	46.3	-6.37%	169.5	169.6	0.07%
	2	κάτω	420.5	418.3	-0.52%	152.5	151.5	-0.70%	277.2	277.7	0.18%
		άνω	420.5	418.3	-0.52%	88.0	87.7	-0.41%	175.1	175.4	0.15%
	3	κάτω	434.6	437.0	0.56%	151.3	148.5	-1.82%	260.7	260.1	-0.23%
		άνω	434.6	437.0	0.56%	85.5	83.6	-2.29%	165.0	164.7	-0.24%
	4	κάτω	429.2	431.4	0.53%	151.3	148.5	-1.82%	281.8	281.1	-0.26%
		άνω	429.2	431.4	0.53%	85.5	83.6	-2.29%	177.9	177.5	-0.27%

	Θέση μάζας	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T1	1	κάτω	39.9	39.9	0.08%	1832.6	1798.0	-1.88%	98.4	98.1	-0.26%
		άνω	39.9	39.9	0.08%	94.8	95.8	1.03%	26.5	26.0	-2.15%
	2	κάτω	39.9	39.9	0.08%	1502.9	1454.4	-3.23%	98.4	98.1	-0.26%
		άνω	39.9	39.9	0.08%	101.7	101.4	-0.34%	26.5	26.0	-2.15%
	3	κάτω	39.6	39.6	0.13%	1781.3	1817.2	2.01%	97.6	97.4	-0.20%
		άνω	39.6	39.6	0.13%	102.1	101.3	-0.77%	26.3	25.8	-2.09%
	4	κάτω	39.6	39.6	0.13%	1781.3	1817.2	2.01%	97.6	97.4	-0.20%
		άνω	39.6	39.6	0.13%	102.1	101.3	-0.77%	26.3	25.8	-2.09%

Στα πλαίσια των υπολογισμών οι τιμές του πίνακα λαμβάνονται και με αρνητικό πρόσημο.

Από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Για το υποστύλωμα C3:

- Πολύ καλή σύγκλιση γενικά με αποκλίσεις που δεν υπερβαίνουν το 1%. Εξαιρέση οι ροπές M2 για την πρώτη θέση μάζας οι οποίες είναι τις τάξης του 6%. Και αυτές όμως θεωρούνται ανεκτές ενώ και σε απόλυτες τιμές δεν θεωρούνται ικανές να προκαλέσουν εσφαλμένα αποτελέσματα κατά τους ελέγχους αντοχής.

Για το τοίχωμα T1:

- Πολύ ικανοποιητικές συγκλίσεις για τις αξονικές δυνάμεις που δεν υπερβαίνουν το 0.2%. Για τις ροπές M2 και M3 οι αντίστοιχες αποκλίσεις δεν υπερβαίνουν το 3.5% και θεωρούνται επίσης ανεκτές.

Στον πίνακα 7 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων και ταυτόχρονων τιμών των μεγεθών P, M₂, M₃ λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου και των στατικών φορτίων του συνδυασμού G+ψ₂Q, στη βάση του υποστυλώματος C1 και του τοιχώματος T1 στο ισόγειο. Με τα μεγέθη αυτά γίνεται ως γνωστόν ο έλεγχος αντοχής των διατομών έναντι μεγεθών ορθής έντασης. Οι συγκρίσεις αφορούν την ανάλυση με τις μάζες των ορόφων τοποθετημένες στη θέση 1 που ορίζει ο ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Ακραίες και ταυτόχρονες τιμές των μεγεθών έντασης των στοιχείων C1 και T1 στο ισόγειο

C1 κάτω	P				M ₂				M ₃		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
exP=	-33.3	-29.2	-12.13%	M _{2,P} =	34.06	29.99	-11.95%	M _{3,P} =	222.81	224.84	0.91%
P _{1,M2} =	-262.0	-261.3	-0.25%	exM ₂ =	82.84	76.75	-7.35%	M _{3,M2} =	-2.25	-0.34	-84.89%
P _{1,M3} =	-96.8	-89.0	-8.07%	M _{2,M3} =	-10.24	-10.15	-0.88%	exM ₃ =	261.15	261.06	-0.03%
-exP=	-919.1	-912.2	-0.76%	-M _{2,P} =	-57.32	-54.39	-5.11%	-M _{3,P} =	-235.15	-237.84	1.14%
-P _{1,M2} =	-690.4	-680.1	-1.50%	-exM ₂ =	-106.10	-101.15	-4.67%	-M _{3,M2} =	-10.09	-12.66	25.43%
-P _{1,M3} =	-855.6	-852.4	-0.37%	-M _{2,M3} =	-13.02	-14.245	9.41%	-exM ₃ =	-273.49	-274.06	0.21%

T1 κάτω	P				M ₂				M ₃		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %		Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
exP=	-631.0	-640.0	1.43%	M _{2,P} =	0.0	0.0	-	M _{3,P} =	-94.98	-94.74	-0.25%
P _{1,M2} =	-670.8	-680.3	1.41%	exM ₂ =	1832.6	1798.0	-1.88%	M _{3,M2} =	-0.54	-0.55	2.04%
P _{1,M3} =	-709.1	-718.6	1.34%	M _{2,M3} =	0.0	0.0	-	exM ₃ =	97.82	97.54	-0.29%
-exP=	-710.7	-720.2	1.33%	-M _{2,P} =	0.0	0.0	-	-M _{3,P} =	93.90	93.63	-0.29%
-P _{1,M2} =	-670.8	-680.3	1.41%	-exM ₂ =	-1832.6	-1798.0	-1.88%	-M _{3,M2} =	-0.54	-0.55	2.04%
-P _{1,M3} =	-632.6	-642.0	1.49%	-M _{2,M3} =	0.0	0.0	-	-exM ₃ =	-98.90	-98.66	-0.24%

Από τη μελέτη του παραπάνω πίνακα εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

(α) Για το υποστύλωμα C1:

Παρατηρούνται κάποιες σχετικά μεγάλες αποκλίσεις για τις αξονικές δυνάμεις κυρίως ως προς τα ποσοστά απόκλισης ΚΑΙ όχι ως προς τις απόλυτες τιμές. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται στην αδυναμία πλήρους ταύτισης της μορφής των τραπεζοειδών κατακόρυφων φορτίων που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις αναφοράς (βλέπε παράγραφο 3.1 παρόντος κειμένου). Αντίθετα οι αποκλίσεις που προέρχονται από την σεισμική απόκριση είναι πολύ μικρές. Έτσι κατά την επαλληλία των μη σεισμικών με τις σεισμικές συνιστώσες του συνδυασμού μπορεί να προκύψουν χαμηλές τελικές τιμές στις οποίες οι διαφορές προκαλούν μεγάλα ποσοστά απόκλισης. Έτσι π.χ. για την πιθανή ακραία τιμή της αξονικής δύναμης είναι από την ανάλυση αναφοράς -33.3kN και από το ΡΑΦ -29.2kN. Πρόκειται για δύο τιμές οι οποίες δεν προκαλούν σημαντικές διαφοροποιήσεις κατά τον έλεγχο αντοχής αλλά έχουν ποσοστό απόκλισης 12.13%. Ανάλογη είναι η εικόνα και για τις ροπές M₂, M₃: σε απόλυτες τιμές οι αποκλίσεις δεν είναι σημαντικές και δεν οδηγούν σε ανατρεπτικές διαφορές στους ελέγχους αντοχής. Οι όποιες διαφορές και εδώ προέρχονται από τα κατακόρυφα φορτία του συνδυασμού G+ψ₂Q.

(β) Για το τοίχωμα T1:

Εδώ οι αποκλίσεις είναι σημαντικά μικρότερες από τις αποκλίσεις του υποστυλώματος κυρίως σε επίπεδο ποσοστών. Δύο είναι οι λόγοι: (α) Οι ροπές λόγω των κατακόρυφων φορτίων στο τοίχωμα είναι πολύ μικρές και έτσι δεν μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες αποκλίσεις μετά την επαλληλία τους με τις σεισμικές ροπές, και (β) Αντίθετα οι αξονικές δυνάμεις λόγω των κατακόρυφων φορτίων είναι πολύ μικρές και έτσι επαλληλιζόμενες με τις πολύ

υψηλότερες τιμές των σεισμικών αξονικών δυνάμεων δεν μπορούν να οδηγήσουν επαλληλιζόμενες σε μικρές τιμές στις οποίες τα ποσοστά των αποκλίσεων είναι κατά κανόνα μεγαλύτερα.

3.3.2.3 Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων (για την τρίτη θέση μάζας) όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων

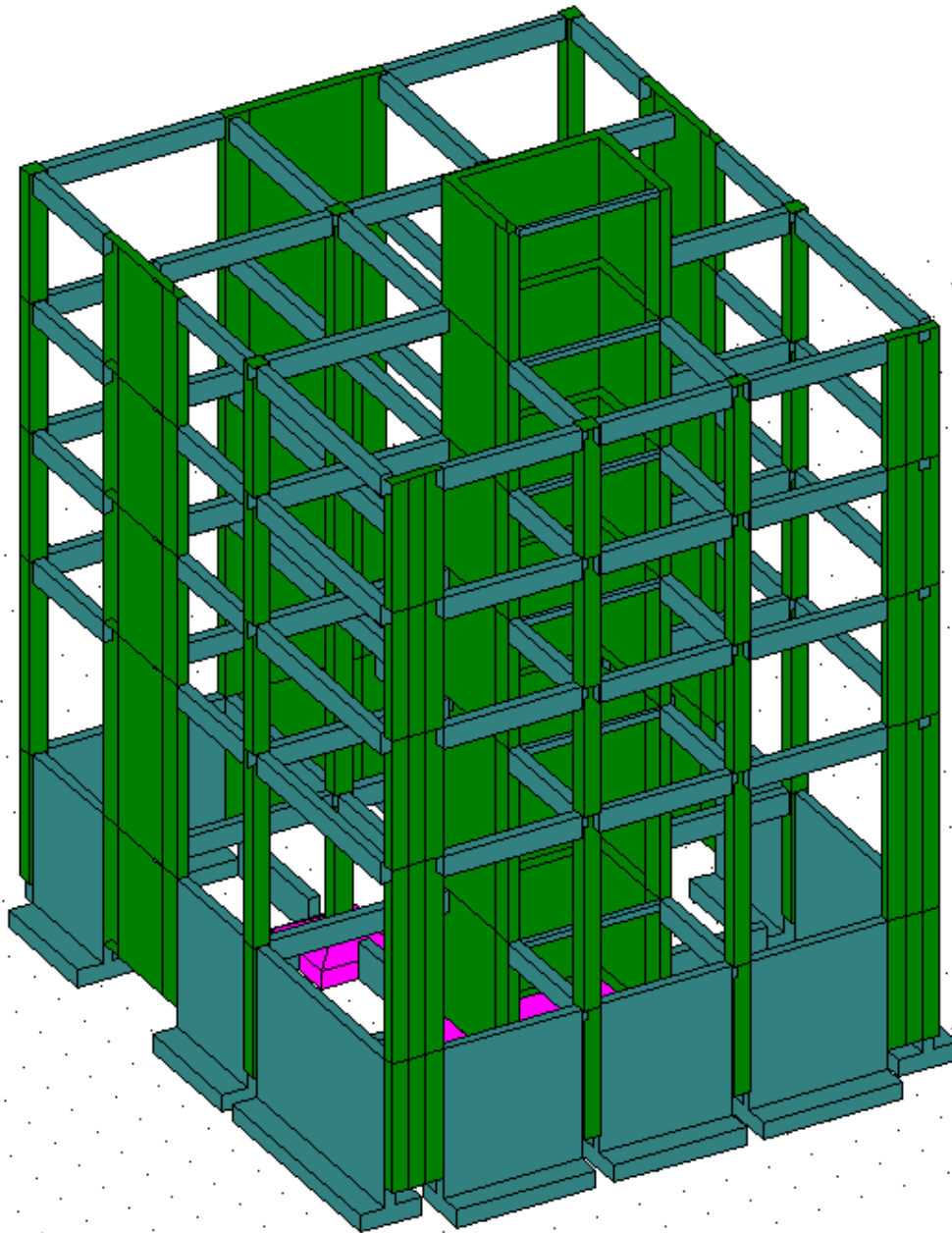
ΟΡΟΦΟΣ	(v•extrd _{rx})/h			(v•extrd _{ry})/h		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.0030	0.0030	1.50%	0.0010	0.0013	29.75%
2	0.0032	0.0033	2.29%	0.0016	0.0019	17.29%
3	0.0026	0.0026	-0.64%	0.0015	0.0018	17.33%
4	0.0019	0.0018	-4.30%	0.0013	0.0014	9.49%
5	0.0010	0.000965	-3.50%	0.0010	0.0010	2.67%

Είναι εμφανής η πολύ ικανοποιητική σύγκλιση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ στα αποτελέσματα αναφοράς ειδικά στον έλεγχο κατά τη διεύθυνση Χ. Ακόμα όμως και στην περίπτωση του ελέγχου κατά τη διεύθυνση Υ, οι εμφανιζόμενες μεγαλύτερες ποσοστιαίες αποκλίσεις δεν είναι ανατρεπτικές καθώς σε επίπεδο απολύτων τιμών οι διαφορές δεν είναι μεγάλες.

4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Γ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Γ

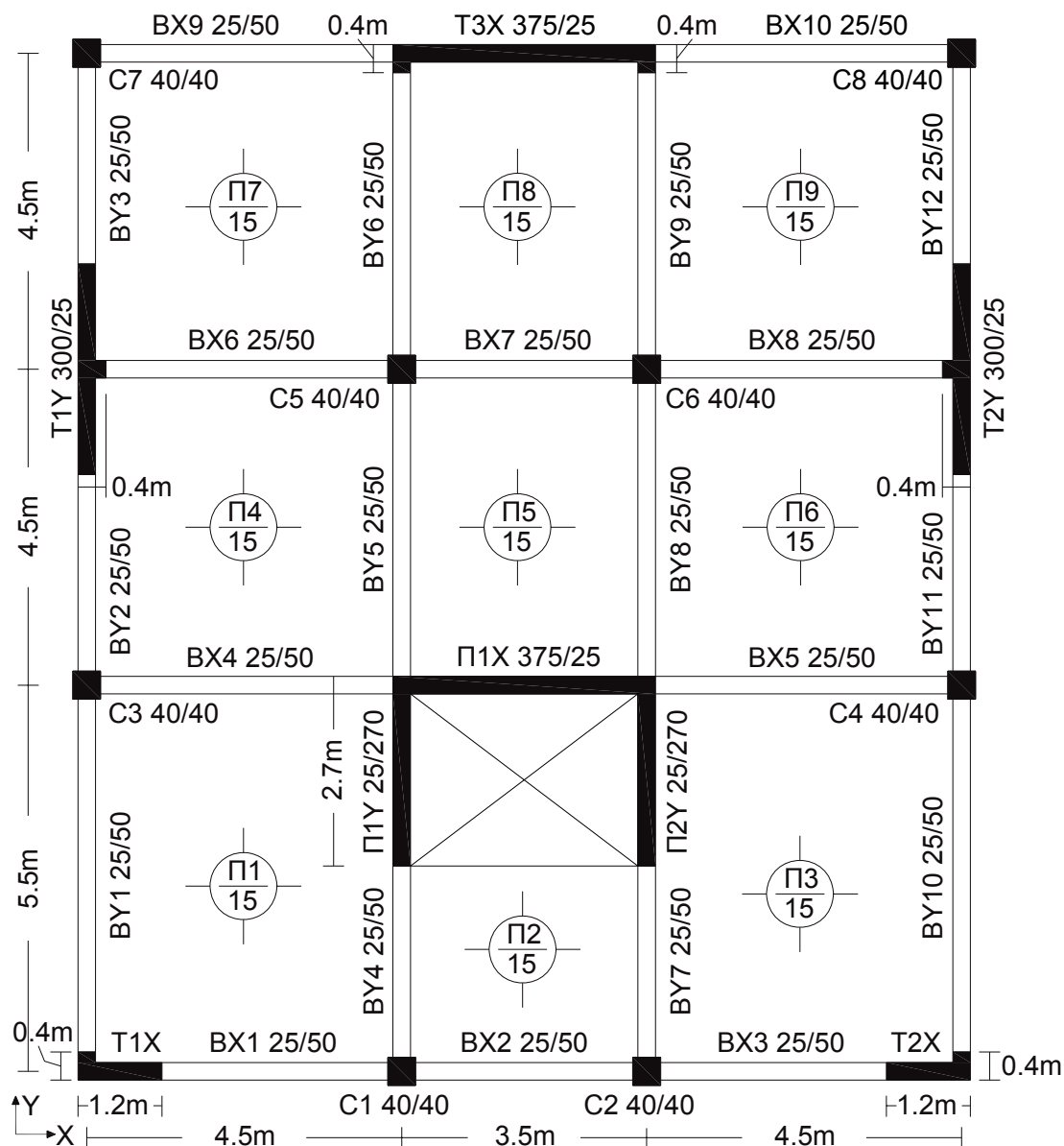
Πενταώροφος μικτός φορέας με απλή συμμετρία (με ένα περιμετρικό τοίχωμα)



4.1 Δεδομένα – Σκαριφήματα φορέα

- Υλικό: Οπλισμένο σκυρόδεμα ($E=2.9 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2$, $\nu=0.2$, $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$)

• Περιγραφή ανωδομής:

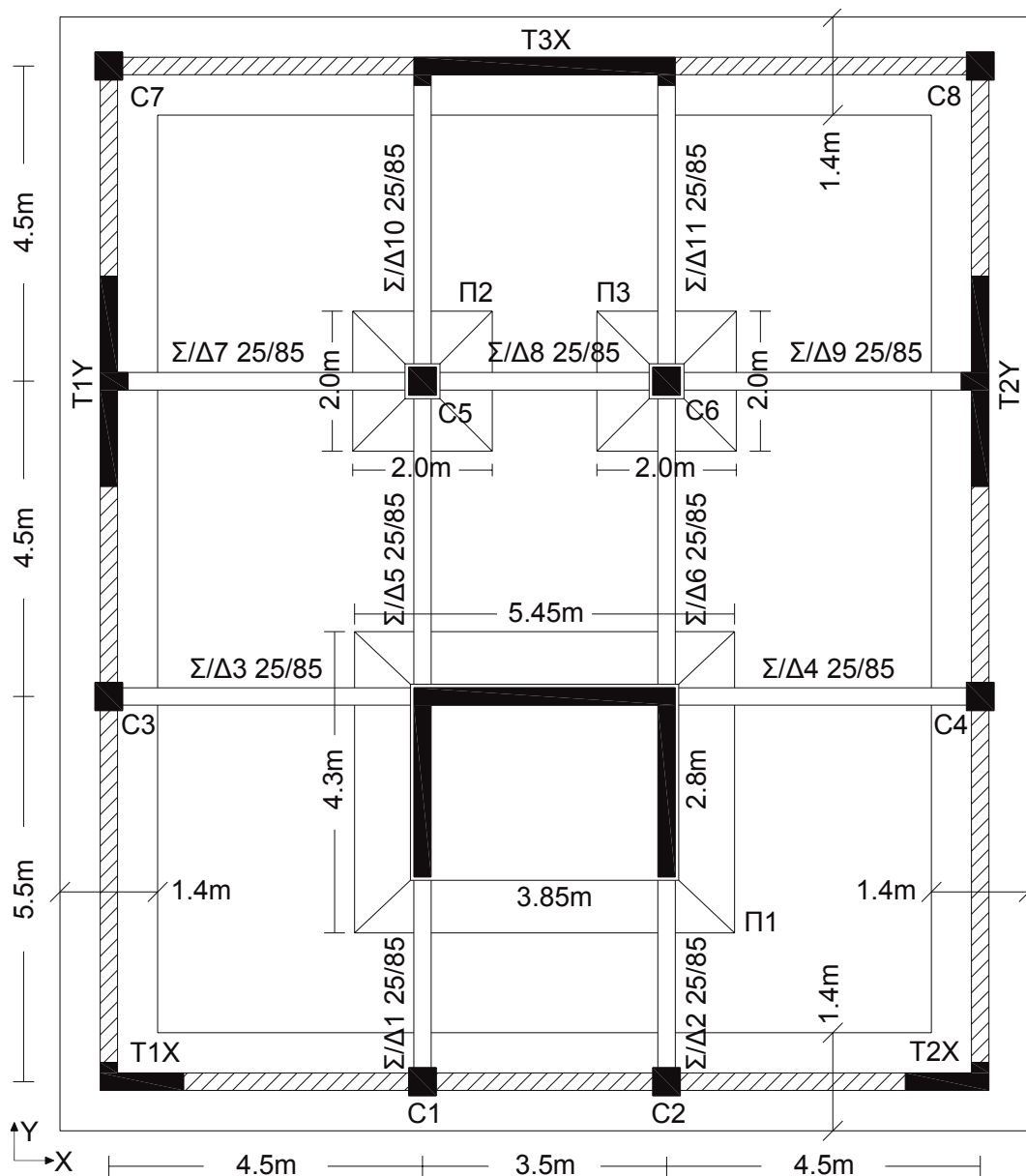


Σχήμα 1. Τυπική κάτοψη ορόφων ανωδομής

• Ύψη ορόφων:

Υπόγειο: 3m, Ισόγειο: 4.5m, 1^{ος} – 3^{ος} όροφος: 3m.

• Περιγραφή θεμελίωσης:



Σχήμα 2. Κάτοψη θεμελίωσης

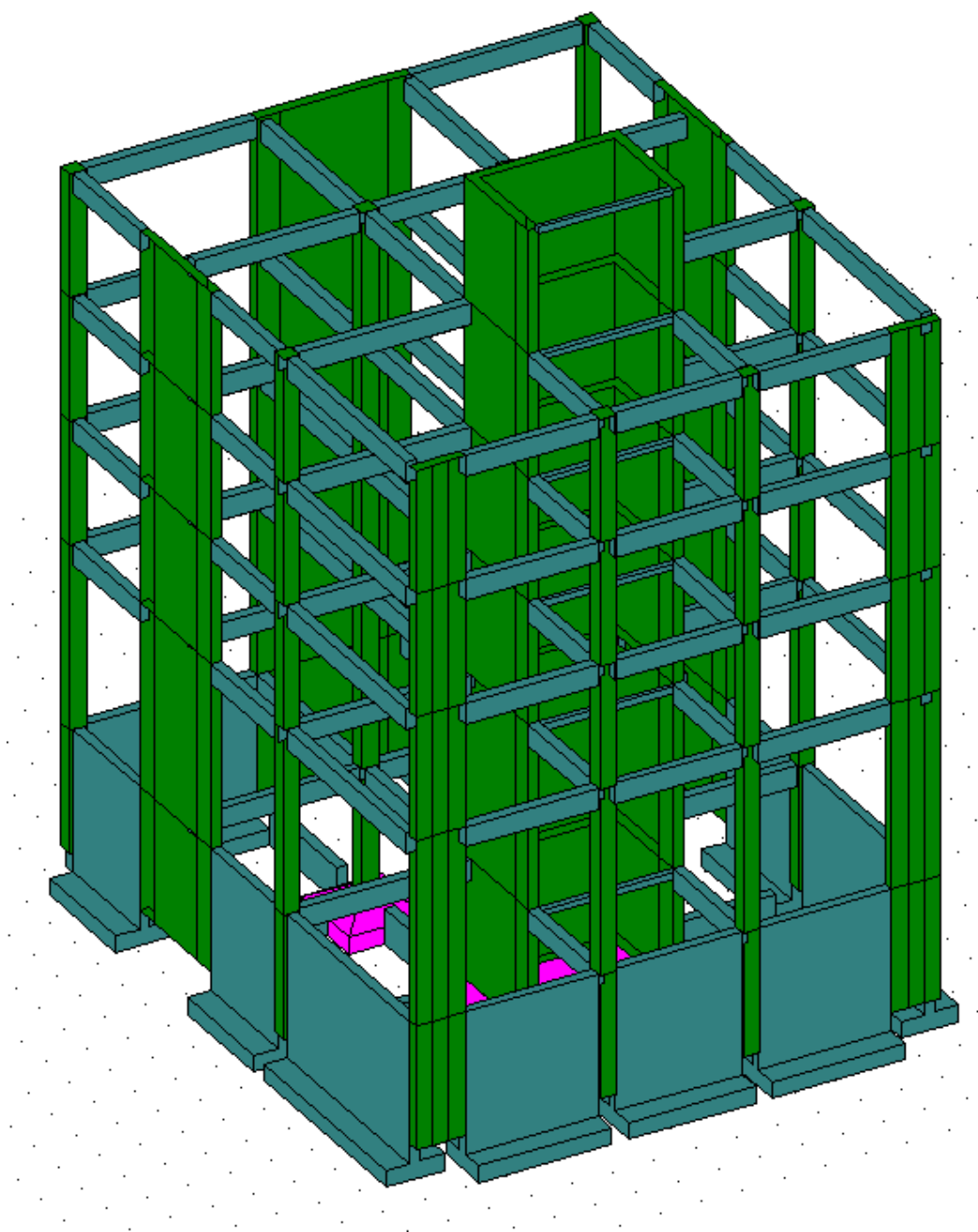
• **Δεδομένα εδάφους θεμελίωσης**

- Άμμος μέσης πυκνότητας.
- Δείκτης εδάφους: $K_s=90000\text{kN/m}^3$ (Από τους πίνακες Terzaghi).
- Υπολογισμός ελατηριακών σταθερών: Ακολουθείται η διαδικασία που προτείνεται στο αντίστοιχο παράρτημα του βιβλίου: «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011.

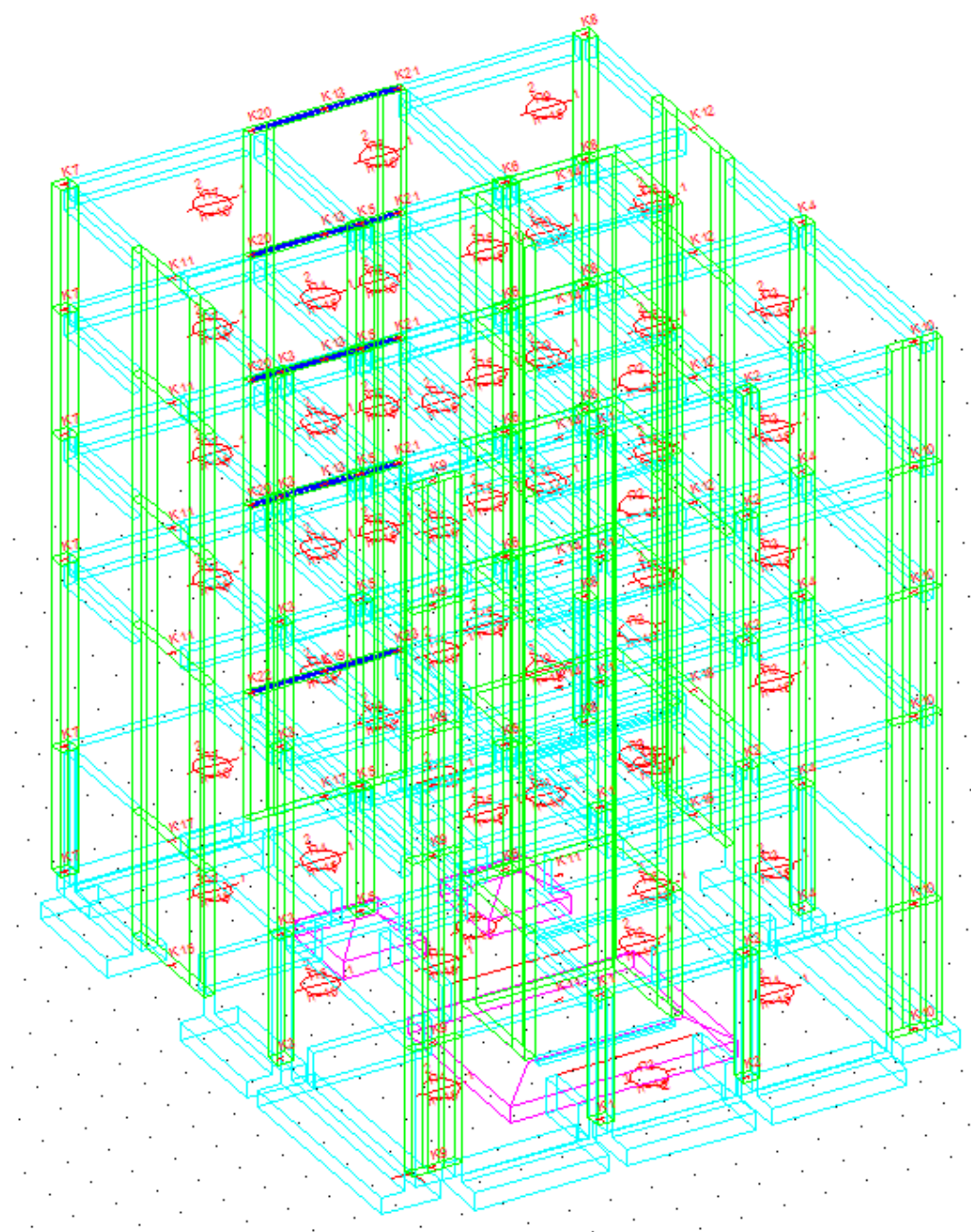
• **Κατακόρυφα φορτία**

- Περιμετρικά το κτίριο έχει μπατική τοιχοποιία (3.6 kN/m^2), ενώ κατά μήκος των εσωτερικών δοκών υπάρχει δομική τοιχοποιία (2.1 kN/m^2) σε όλους τους ορόφους πλην του υπογείου και του δώματος. Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες.
- Στο δώμα υπάρχει κατά μήκος όλης της περιμέτρου στηθαίο από μπατική τοιχοποιία ύψους 1m.
- Τα δάπεδα σε όλους τους ορόφους και στο κλιμακοστάσιο έχουν επίστρωση από μάρμαρο, βάρους 1.3 kN/m^2 .
- Το ωφέλιμο φορτίο ελήφθη ίσο με $Q=2 \text{ kN/m}^2$ για τις πλάκες και $Q=3.5 \text{ kN/m}^2$ για το κλιμακοστάσιο.
- **Διευθύνσεις δράσης σεισμικών δυνάμεων:** Άξονες X, Y [EK8, § 4.3.3.1(11)P].
- **Κατηγορία διαθέσιμης πλαστιμότητας:** ΚΠΜ
- **Δεδομένα Φάσματος σχεδιασμού:** EK8 [EK8, § 3.2.2.5].
 - Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: Z2
 - Κατηγορία εδάφους: B
 - Κατηγορία σπουδαιότητας: II (κτίριο κατοικιών)
 - Ποσοστό απόσβεσης: $\zeta=5\%$
 - Συντελεστής συμπεριφοράς: $q=2$

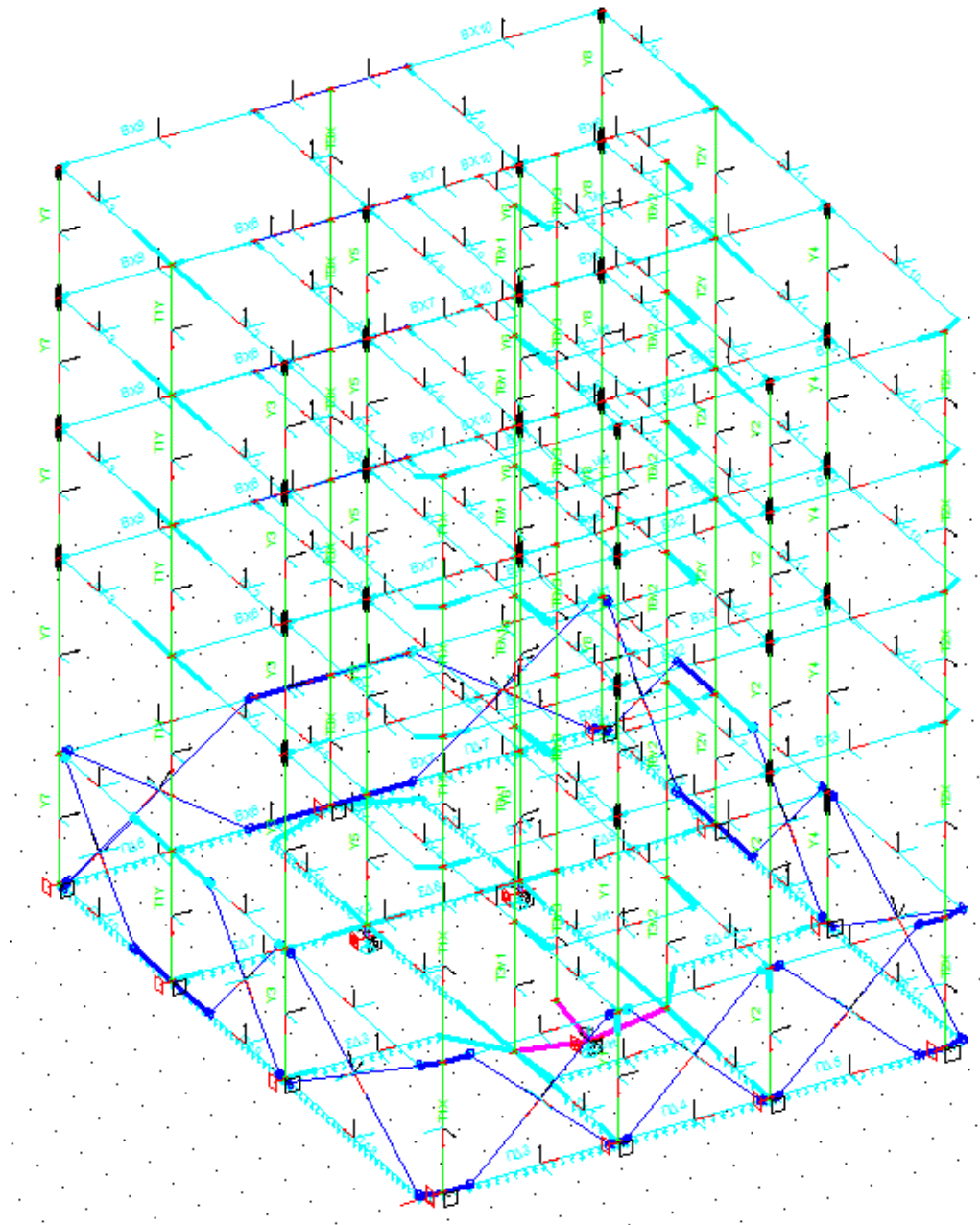
- **Σκαριφήματα φορέα**



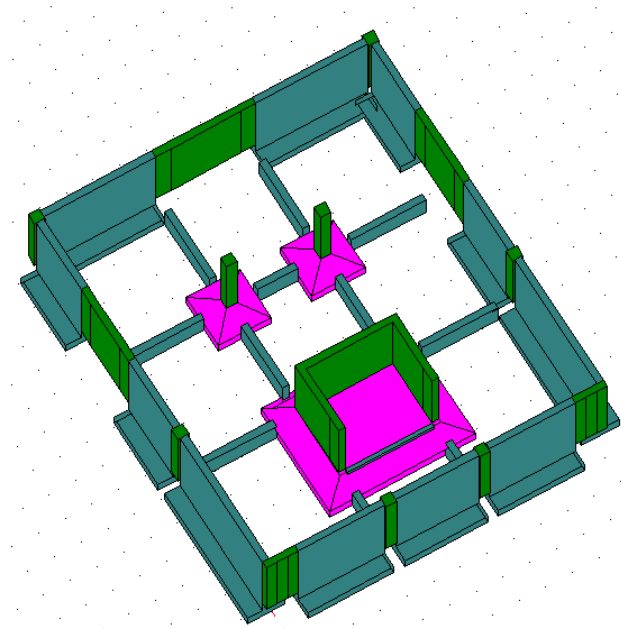
Τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση του φορέα



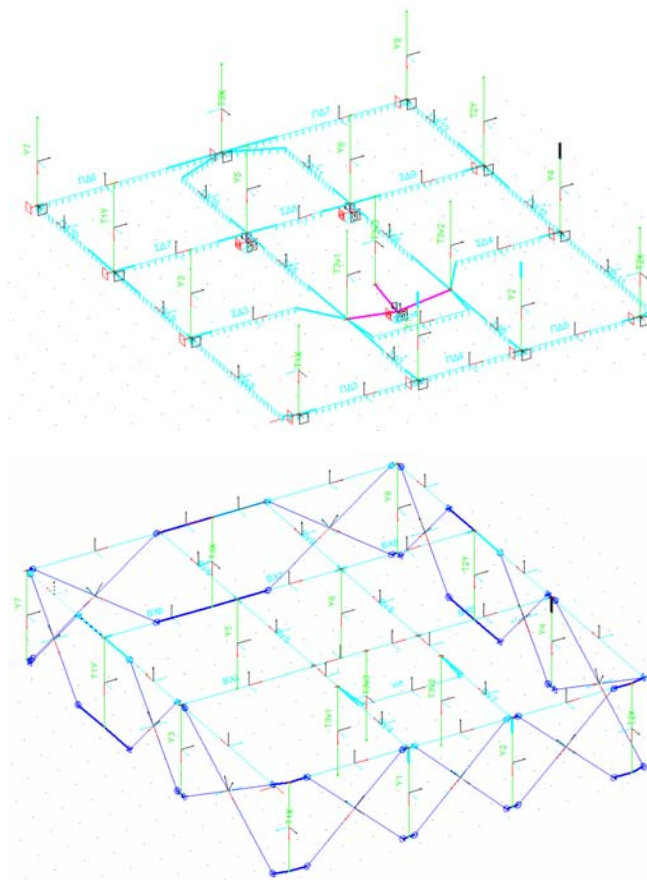
Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Αρίθμηση πλακών και κόμβων



Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα: Διακριτοποίηση – Αρίθμηση και τοπικοί άξονες στοιχείων



Λεπτομέρεια φορέα θεμελίωσης - Τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση



Λεπτομέρεια φορέα θεμελίωσης – Προσομοίωση στάθμης οροφής και δαπέδου υπογείου

4.2 Παραδοχές

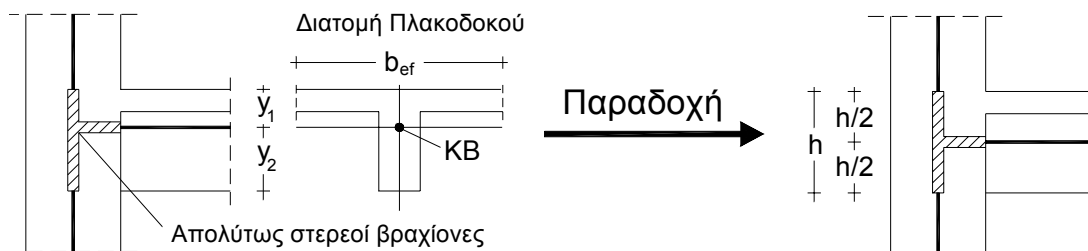
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται:

- Οι παραδοχές με τις οποίες έγινε η προσομοίωση του φορέα στα πλαίσια των αναλύσεων αναφοράς (Από το βιβλίο: «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011).
- Οι προκαθορισμένες (default) παραδοχές που γίνονται αυτόματα από το πρόγραμμα για τη μόρφωση του υπολογιστικού προσομοιώματος.

4.2.1 Παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς (αναλύσεις βιβλίου παραδειγμάτων ΕΚ8)

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

- (α1) Διαφραγματική λειτουργία πλακών: Θεώρηση ατενούς διαφράγματος στις στάθμες που ορίζονται στο σχήμα 2.
- (α2) Συνεργαζόμενο πλάτος πλακοδοκών (σύμφωνα με τον ΕΚ2, § 5.3.2.1):
Για πλακοδοκούς Τ: $b_{eff}=b_w+0.2\cdot\ell_0$
Για πλακοδοκούς Γ: $b_{eff}=b_w+0.1\cdot\ell_0$
($\ell_0=0.85\cdot\ell$ για ακραία ανοίγματα και $\ell_0=0.70\cdot\ell$ για μεσαία ανοίγματα, όπου το ℓ είναι το θεωρητικό άνοιγμα των δοκών, το οποίο λαμβάνεται ίσο με το μήκος μεταξύ των δύο παρειών στήριξης των δοκών).
- (α3) Οι δυσκαμψίες, οι δυστημψίες και οι δυστρεψίες των διατομών ελήφθησαν μειωμένες σύμφωνα με τον ΕΚ8 (§4.3.1(7)).
- (α4) Ελήφθησαν υπόψη καμπτικές, διατμητικές, αξονικές και στρεπτικές παραμορφώσεις.
- (α5) Κατά τη μόρφωση του μοντέλου θεωρήθηκαν στους κόμβους απολύτως στερεά τμήματα σύμφωνα με την απαίτηση της παρ. 4.3.1(2) του ΕΚ8 (βλ. σχήμα 2).
- (α6) Η δυσκαμψία και η δυστένεια των τοιχωποιιών αγνοήθηκαν κατά την προσομοίωση του φορέα σύμφωνα με το εδάφιο 4.3.1(8) του ΕΚ8, θεωρώντας ότι η συνεισφορά τους στην οριζόντια στιβαρότητα και στην αντοχή του κτιρίου είναι ασήμαντη.



Σχήμα 2. Λεπτομέρεια προσομοίωσης των πλαίσιακών κόμβων

(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων και του πυρήνα

(β1) Παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων

Η προσομοίωση των τοιχωμάτων έγινε με έναν ισοδύναμο στύλο S στο κέντρο βάρους της διατομής τους. Οι γεωμετρικές ιδιότητες των διατομών αυτών είναι:

	A	I _{xx}	I _{yy}	I _T	A _{Sx}	A _{Sy}
T1X,T2X	0.3	0.036	0.001563	0.00543	0.25	0.25
T3X	0.9375	1.0986	0.004883	0.0187	0.7813	0.7813
T1Y,T2Y	0.75	0.5625	0.003906	0.0148	0.625	0.625

- Οι ιδιότητες των ισοδύναμων στύλων μειώθηκαν σύμφωνα με τον ΕΚ8.
- Στις στάθμες των ορόφων υπάρχουν απολύτως στερεοί δοκοί. Για την προσομοίωση των δοκών αυτών χρησιμοποιήθηκαν απολύτως στερεά τμήματα στα άκρα των οριζόντιων γραμμικών στοιχείων με μήκη ίσα με το ήμισυ του μήκους της κάθε διατομής.
- Οι γεωμετρικές ιδιότητες των διατομών που δίνονται στον παραπάνω πίνακα αντιστοιχούν σε ορθογωνικές διατομές και όχι στις διατομές των τοιχωμάτων με τις διαπλάτυνσεις που έχουν στα άκρα ή στο μέσον τους (βλέπε σχ. 1).

Σχήμα 3. Πλαισιακή προσομοίωση των επιπέδων τοιχωμάτων του κτιρίου

(β2) Παραδοχές για την προσομοίωση του πυρήνα

Η προσομοίωση του πυρήνα έγινε βάσει του «μοντέλου του ισοδύναμου πλαισίου» και πιο συγκεκριμένα με τρεις ισοδύναμους στύλους στα κέντρα βάρους των επιμέρους σκελών και με οριζόντιους, στερεούς βραχιόνες στις στάθμες των ορόφων. Οι ιδιότητες των στοιχείων αυτών (που απομεινώνονται κατά ΕΚ8) δίνονται παρακάτω:

The diagram illustrates a core model with three equivalent columns, labeled $\Delta 1$, $\Delta 2$, and $\Delta 3$. The columns are positioned at the corners of a square frame. The dimensions are as follows: the distance between the centerlines of the columns is 1.625m, and the width of each column is 0.25m. The height of the frame is 1.35m. The columns are labeled $\Delta 1$ (left), $\Delta 2$ (top), and $\Delta 3$ (right). The nodes are labeled A (bottom-left), B (top-center), and Γ (bottom-right). The coordinate systems are defined as follows: X_A and Y_A at node A, X_B and Y_B at node B, and X_Γ and Y_Γ at node Γ . The properties of the columns are summarized in the table below.

	$\Sigma_1 (T_1)$	$\Sigma_2 (T_2)$	$\Sigma_3 (T_3)$
	0.675	0.8125	0.675
I_{xx}	0.00352	0.00423	0.00352
I_{yy}	0.4101	0.7152	0.4101
I_T	0.0132	0.0161	0.0132
A_{sx}	0.675	0.8125	0.675
A_{sy}	0.0	0.0	0.0

Για τις δοκούς Δ1, Δ2, Δ3, που τοποθετούνται στις στάθμες των ορόφων ισχύουν:

- Θεωρούνται απολύτως ατενείς, άκαμπτες και άτμητες, αλλά με πεπερασμένη δυστρεψία προκειμένου να προσομοιωθεί η στρέβλωση του πυρήνα υπό στρεπτική φόρτιση.
- Οι πεπερασμένες αυτές τιμές (διαφορετικές σε κάθε όροφο) είναι οι εξής:

	Δ1	Δ2	Δ3	Δ1
Απόληξη	I _T =0.007	I _T =0.007	I _T =0.007	I _T =0.007
4 ^{ος} – 3 ^{ος} – 2 ^{ος}	I _T =0.0148	I _T =0.0148	I _T =0.0148	I _T =0.0148
1 ^{ος}	I _T =0.0187	I _T =0.0187	I _T =0.0187	I _T =0.0187
Ισόγειο	I _T =0.0265	I _T =0.0265	I _T =0.0265	I _T =0.0265

Σχήμα 4. Πλαισιακή προσομοίωση του πυρήνα

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

(γ1) Κατανομή φορτίων πλακών με τον κανόνα 45° ή 60° (και χωρίς ομοιομορφοποίηση).

- (γ2) Το ίδιο βάρος των υποστυλωμάτων ελήφθη υπόψη ως κατανεμημένο ομοιόμορφο αξονικό φορτίο.
- (γ3) Ίδια βάρη δοκών και τοιχοποιιών επί αυτών, ελήφθησαν υπόψη ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία. Για τις τοιχοποιίες αγνοήθηκαν τα ανοίγματα θυρών /παραθύρων.
- (γ4) Το ίδιο βάρος καθώς και το ωφέλιμο φορτίο του κλιμακοστασίου λαμβάνονται υπόψη υπολογίζοντας τα φορτία των βαθμιδοφόρων πλακών και του πλατύσκαλου και εισάγοντας τα ως μοναχικά φορτία στα μέσα του ύψους των τριών ισοδύναμων στύλων με τους οποίους προσομοιώνεται ο πυρήνας.
- (γ5) Το ίδιο βάρος του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου και των συνδετήριων δοκών λαμβάνεται υπόψη εισάγοντας την τιμή του ειδικού βάρους του σκυροδέματος στις ιδιότητες του υλικού των διατομών τους.
- (γ6) Το ίδιο βάρος των πεδίων λαμβάνεται υπόψη εισάγοντας μοναχικές δυνάμεις στους κόμβους που τοποθετούνται στα κέντρα βάρους της επιφάνειας έδρασης τους. Ο υπολογισμός των δυνάμεων αυτών γίνεται πολλαπλασιάζοντας τον όγκο του σώματος των πεδίων με το ειδικό βάρος του σκυροδέματος.

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο γεωμετρικό κέντρο βάρους M του αντίστοιχου ατενούς διαφράγματος.
- (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται από:
- τη μάζα των πλακών και των δοκών του ορόφου συμπεριλαμβανομένων και των επιστρώσεων,
 - τη μάζα των τοιχοποιιών οι οποίες εδράζονται επί αυτών (η μάζα του στηθαίου προστίθεται στη μάζα του τελευταίου διαφράγματος),
 - τη μάζα των υποκείμενων και των υπερκείμενων υποστυλωμάτων μέχρι το μέσον του ύψους τους και,
 - τη μάζα που αντιστοιχεί σε ποσοστό ψ_E του ωφέλιμου φορτίου όπως το ορίζει ο ΕΚ8 στις παραγράφους 3.2.4(2)P, 4.2.4(2)P και 4.3.1(10)P. Το ψ_E υπολογίζεται από τη σχέση $\psi_E = \phi \cdot \psi_2$. Το κτίριο του παραδείγματος είναι κτίριο κατοικιών και επομένως ανήκει στην κατηγορία Α του πίνακα Α1.1 του παραρτήματος Α1 του ΕΝ 1990:2002, ο οποίος βρίσκεται και στο κείμενο του Ελληνικού Εθνικού Προσαρτήματος: Άρα $\psi_2 = 0.3$. Ο μειωτικός συντελεστής ϕ λαμβάνεται από τον πίνακα 4.2 της § 4.2.4 του ΕΚ8. Σύμφωνα με αυτόν, η τιμή του ϕ στο δώμα (τελευταίο όροφο) για κτίρια κατηγορίας Α είναι ίση με το 1.0. Στους υπόλοιπους ορόφους οι τιμές του ϕ λαμβάνονται ίσες με 0.8, θεωρώντας εδώ ότι οι όροφοι έχουν συσχετισμένες χρήσεις.
 - Στη μάζα του τέταρτου ορόφου προστίθεται και η μάζα της απόληξης του κλιμακοστασίου, η οποία συνίσταται από την καθ' ύψος επέκταση του πυρήνα κατά 3m και από την πλάκα οροφής της (πάχους 15cm).
- (δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου, της τοιχοποιίας του ισογείου, αλλά και η μάζα του υπογείου και του φορέα θεμελίωσης δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

(ε) Παραδοχές για την προσομοίωση της θεμελίωσης**(ε1) Προσομοίωση πεδίων / συνδετηρίων δοκών**

(ε1.1) Η προσομοίωση των πεδίων γίνεται με έναν κόμβο στο κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης τους. Ο κόμβος αυτός συνδέεται με τον κόμβο του πόδα του επί του πεδίου εδραζόμενου στοιχείου μέσω απολύτως στερεών δοκών. Ειδικά στην περίπτωση του πεδίου επί του οποίου εδράζεται ο πυρήνας, ο οποίος προσομοιώνεται με τρεις ισοδύναμους στύλους, ο κόμβος στο κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης συνδέεται με τους πόδες των ισοδύναμων στύλων μέσω τριών απολύτως στερεών δοκών.

(ε1.2) Στους κόμβους που τοποθετούνται στα κέντρα βάρους της επιφάνειας έδρασης εισάγονται τρία ελατήρια: ένα κατακόρυφο μεταφορικό και δύο στροφικά για στροφή γύρω από τους δύο οριζόντιους άξονες που είναι παράλληλοι με τις πλευρές των πεδίων.

(ε1.3) Οι συνδετήριες δοκοί (ορθογωνικής διατομής 25/85) προσομοιώνονται με γραμμικά στοιχεία, τα οποία τοποθετούνται στη στάθμη του κεντροβαρικού τους άξονα. Η διακριτοποίησή τους γίνεται με στοιχεία ίσου μήκους, στους κόμβους των οποίων τοποθετούνται κατακόρυφα μεταφορικά ελατήρια. Η σύνδεση των στοιχείων των συνδετηρίων δοκών με τα πέδιλα υλοποιείται μέσω απολύτως στερεών δοκών.

(ε2) Προσομοίωση του περιμετρικού τοιχώματος του υπογείου

(ε2.1) Το περιμετρικό τοίχωμα υπογείου προσομοιώθηκε με επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία κελύφους και με πεπερασμένα στοιχεία δοκού. Με τα επίπεδα στοιχεία κελύφους προσομοιώθηκε ο κορμός του τοιχώματος μεταξύ της μέσης στάθμης της οροφής και του δαπέδου του υπογείου. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία κελύφους πάχους 25cm, όσο δηλαδή είναι και το πάχος του κορμού του τοιχώματος. Μεταξύ της μέσης γραμμής του δαπέδου του υπογείου και της στάθμης θεμελίωσης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία δοκού με γεωμετρικές ιδιότητες διατομής που αντιστοιχούν σε ανεστραμμένη πλακοδοκό ύψους 0.85m. Οι δοκοί διακριτοποιήθηκαν με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία και η σύνδεση τους με τα στοιχεία κελύφους έγινε με κατακόρυφα απολύτως στερεά στοιχεία δοκού.

(ε2.2) Η έδραση των τοιχωμάτων στο έδαφος προσομοιώθηκε με μεμονωμένα μεταφορικά και στρεπτικά ελατήρια, τα οποία τοποθετήθηκαν στους κόμβους των στοιχείων δοκού μέσω απολύτως κατάλληλων απολύτων στερεών στοιχείων. Τα στρεπτικά ελατήρια τοποθετήθηκαν προκειμένου να προσομοιωθεί η αντίσταση που αναπτύσσεται στο ενδόσιμο έδαφος λόγω της στρεπτικής παραμόρφωσης της θεμελιοδοκού επί της οποίας εδράζεται το τοίχωμα.

(ε2.3) Στις στάθμες των πλακών οροφής και δαπέδου του υπογείου θεωρήθηκε – όπως και στις στάθμες των πλακών της ανωδομής – διαφραγματική λειτουργία.

(Όλες οι λεπτομέρειες για τον τρόπο προσομοίωσης των πεδίων, των συνδετηρίων δοκών της μεταξύ τους σύνδεσης, αλλά και όλες οι επιμέρους παραδοχές προσομοίωσης των περιμετρικών τοιχωμάτων υπογείου αλλά και της έδρασης τους παρουσιάζονται αναλυτικά στο βιβλίο «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης

& διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011).

4.2.2 Προκαθορισμένες (default) παραδοχές ΡΑΦ

(α) Παραδοχές για την προσομοίωση του φορέα

(α1) Ισχύει η παραδοχή της ανάλυσης αναφοράς (α1) για την διαφραγματική λειτουργία των πλακών.

(α2) Για τον υπολογισμό των συνεργαζόμενων πλατών των δοκών χρησιμοποιούνται οι σχέσεις:

$$\text{Διατομές Τ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.2 \cdot (0.7 \cdot L)$$

$$\text{Διατομές Γ: } b_{\text{eff}} = b_0 + 0.1 \cdot (0.7 \cdot L)$$

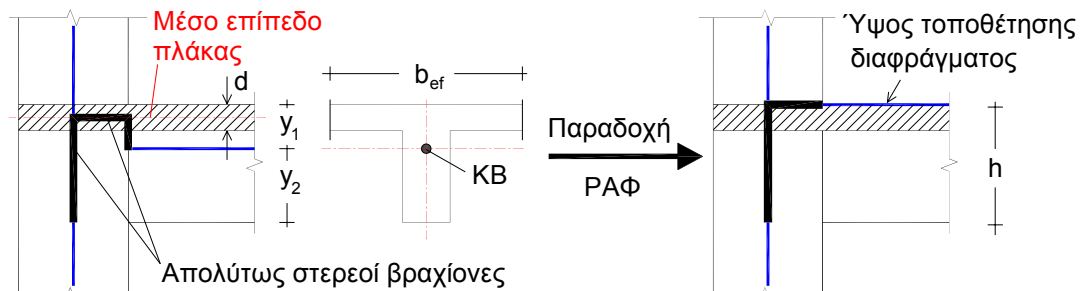
Όπου εδώ το L είναι το μήκος του καθαρού ανοίγματος της δοκού (χωρίς τους στερεούς βραχίονες). **Η διαφορά από την επίλυση αναφοράς έγκειται στο ότι κατά την προκαθορισμένη προσομοίωση του ΡΑΦ το ℓ_0 λαμβάνεται ίσο με $0.7L$ και όχι με $0.85L$.**

(α3) Ισχύει η παραδοχή (α3) της ανάλυσης αναφοράς για την μείωση των δυσκαμψιών και των δυστρεψιών σύμφωνα με τον ΕΚ8.

(α4) Ισχύει η παραδοχή (α4) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση των καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων.

(α5) Ισχύει η παραδοχή (α5) της ανάλυσης αναφοράς για την θεώρηση απολύτων στερεών βραχιόνων στα άκρα των δομικών στοιχείων με τις εξής διαφοροποιήσεις:

- Το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων δεν συμπίπτει με το ύψος τοποθέτησης που παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Το ύψος στο οποίο τοποθετούνται από το ΡΑΦ τα διαφράγματα παρουσιάζεται στο σχήμα 4 (βλ. εγχειρίδιο ΡΑΦ, §8.2.3):



Σχήμα 4. Παραδοχή του ΡΑΦ για το ύψος τοποθέτησης των διαφραγμάτων.

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα υποστυλώματα δεν έχουν στερεούς βραχίονες στους κόμβους πέρατος τους, όπως προκύπτει από την προσομοίωση με τις παραδοχές των αναλύσεων αναφοράς, και επιπλέον οι στερεοί βραχίονες των κόμβων αρχής τους έχουν διπλάσιο μήκος.

- Στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ, τα υποστυλώματα και τα τοιχώματα προσομοιώνονται με εφαρμογή της ενσωματωμένης δυνατότητας του προγράμματος για την θεώρηση «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων (βλ. εγχειρίδιο θεωρητικής τεκμηρίωσης ΡΑΦ). Έτσι επειδή κάποια στοιχεία συντρέχουν σε κόμβους στους οποίους είτε υπάρχουν δοκοί μόνον κατά την διεύθυνση του ενός τοπικού άξονα της διατομής τους είτε υπάρχουν δοκοί με δια-

φορετικό ύψος διατομής ανά διεύθυνση, το πρόγραμμα τοποθετεί αυτόματα αξονικούς στερεούς βραχίονες οι οποίοι ενεργοποιούνται διαφορετικά ανά διεύθυνση τοπικού άξονα.

(α6) Δεν ελήφθησαν υπόψη ανοίγματα στις τοιχοποιίες.

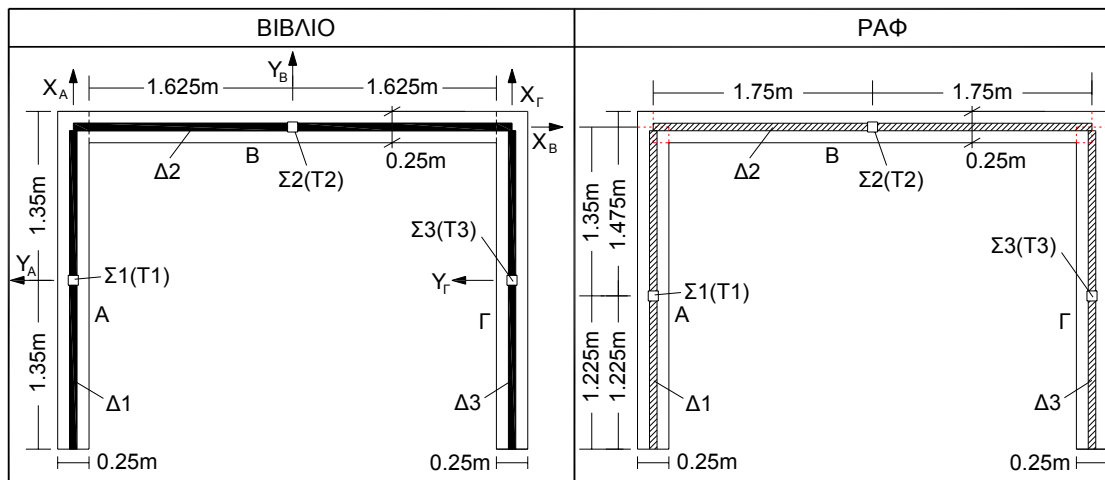
(β) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων και του πυρήνα

(β1) Παραδοχές για την προσομοίωση των τοιχωμάτων

Η αυτόματη προσομοίωση των τοιχωμάτων από το ΡΑΦ γίνεται με βάση τις ίδιες ακριβώς παραδοχές με τις οποίες γίνεται η προσομοίωση του κατά την ανάλυση αναφοράς. Επομένως το ΡΑΦ εισάγει για τις διατομές των τοιχωμάτων αυτόματα τις τιμές που δίνονται στο σχήμα 3.

(β2) Παραδοχές για την προσομοίωση του πυρήνα

Η αυτόματη προσομοίωση του πυρήνα από το ΡΑΦ γίνεται με την λογική του ισοδύναμου πλαισίου όπως και κατά την επίλυση αναφοράς. Κάποιες μικρές διαφορές υφίστανται στα χαρακτηριστικά των διατομών των τριών ισοδυνάμων στύλων οι οποίες οφείλονται στον διαφορετικό τρόπο με τον οποίον διαιρείται η διατομή Π σε τρεις επιμέρους ορθογωνικές διατομές. Οι διαφορές αυτές αποτυπώνονται στο σχήμα 5:



	$\Sigma_1(T_1)$		$\Sigma_2(T_2)$		$\Sigma_3(T_3)$	
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
Διατομή	270/25	257.5/25	325/25	350/25	270/25	257.5/25
A	0.675	0.64375	0.8125	0.875	0.675	0.64375
I_{xx}	0.00352	0.00335	0.00423	0.00456	0.00352	0.00335
I_{yy}	0.4101	0.3557	0.7152	0.8932	0.4101	0.3557
I_T	0.0132	0.0168	0.0161	0.0174	0.0132	0.0168
A_{Sx}	0.675	0.64375	0.8125	0.875	0.675	0.64375
A_{Sy}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

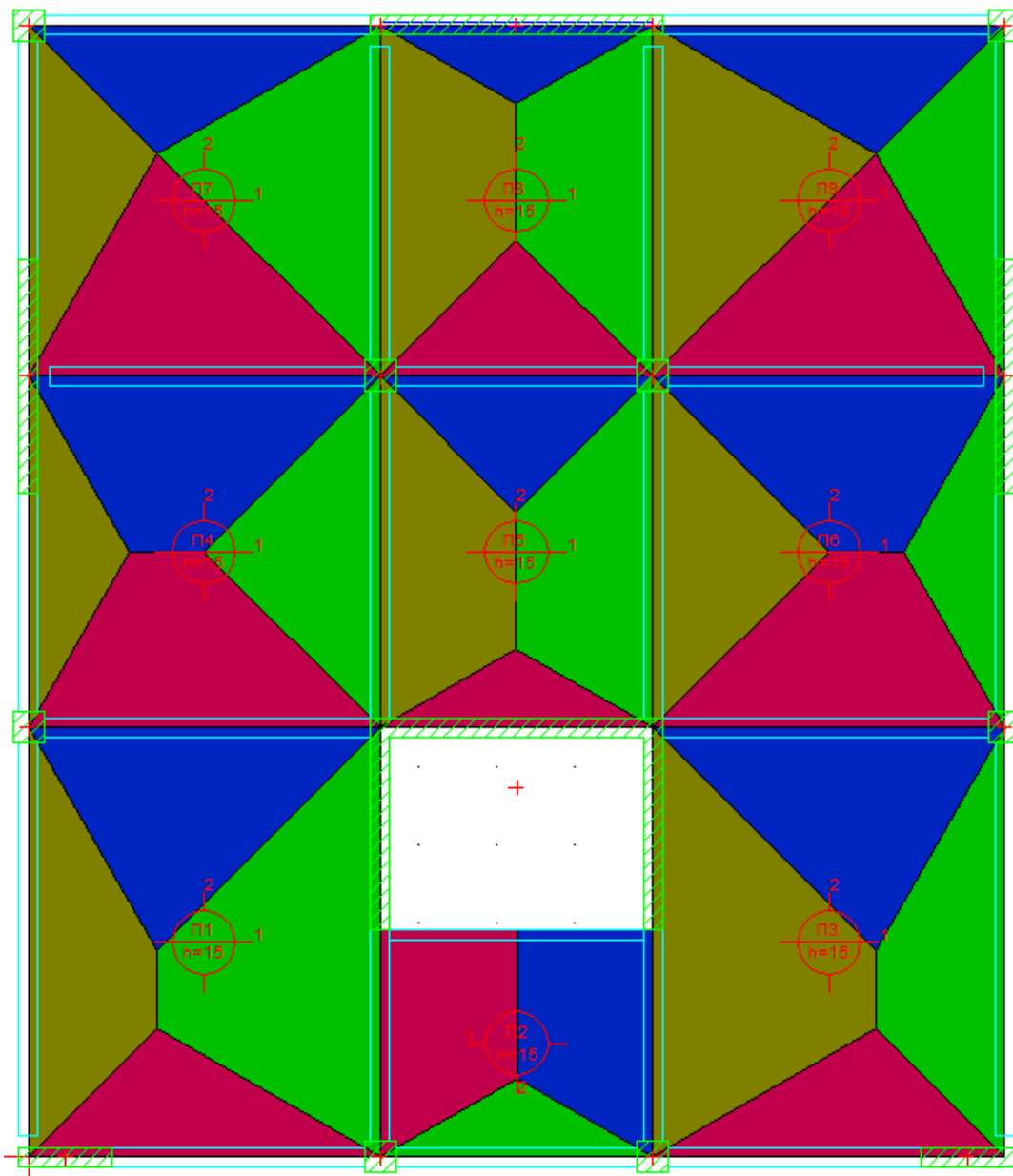
Σχήμα 5. Συγκριτική παρουσίαση της προσομοίωσης του πυρήνα από το βιβλίο και το ΡΑΦ

Σημειώσεις:

- Οι τιμές του παραπάνω πίνακα είναι οι τιμές των ιδιοτήτων των διατομών των ισοδυνάμων στύλων πριν την μείωση τους σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΚ8.
- Η προσομοίωση των δοκών Δ1, Δ2 και Δ3 γίνεται και στο ΡΑΦ με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να προσομοιωθεί η στρέβλωση της διατομής του πυρήνα υπό στρεπτική φόρτιση.

(γ) Παραδοχές για την προσομοίωση των κατακόρυφων φορτίων

Ισχύουν οι παραδοχές (γ1), (γ2) και (γ3) όπως στην ανάλυση αναφοράς (βλ. σχήμα 6):



Σχήμα 6. Αυτόματη κατανομή των φορτίων των πλακών στις δοκούς με τον κανόνα 45° ή 60°

- (γ4) Δεν ισχύει η παραδοχή αυτή στο ΡΑΦ. Δηλαδή δεν λαμβάνονται υπόψη αυτόματα τα φορτία των κλιμάκων και του πλατυσκάλου. Είναι όμως δυνατή η θεώρηση των φορτίων αυτών ως μοναχικών φορτίων στους κόμβους των ισοδυνάμων στύλων από το χρήστη.
- (γ5) Το ίδιο βάρος του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου λαμβάνεται υπόψη ως φορτίο των κατακορύφων ραβδωτών στοιχείων με τα οποία – μεταξύ άλλων – προσομοιώνεται. Στο σημείο αυτό δεν μπορεί να υπάρξει ταύτιση των παραδοχών βιβλίου και ΡΑΦ, αφού το ΡΑΦ δεν χρησιμοποιεί για την προσομοίωση του τοιχώματος επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία, αλλά ραβδωτά όπως θα δούμε και ακολούθως.
- (γ6) Το ίδιο βάρος των πεδίων υπολογίζεται αυτόματα από το ΡΑΦ κατά τη διαδικασία ελέγχου των τάσεων εδάφους, και δεν εισάγεται ως μεμονωμένο φορτίο στον κόμβο τους. Και αυτή δεν μπορεί να υπάρξει άμεση ταύτιση παραδοχών Βιβλίου και ΡΑΦ.

(δ) Ειδικότερες παραδοχές για την προσομοίωση των μαζών

- (δ1) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου θεωρήθηκε συγκεντρωμένη στο κέντρο μάζας το οποίο υπολογίζεται με βάση τη διάταξη όλων των φορτίων του ορόφου, και όχι στο γεωμετρικό κέντρο μάζας.
- (δ2) Η συνολική μάζα κάθε ορόφου συντίθεται όπως ακριβώς στην περίπτωση της ανάλυσης αναφοράς. Εξαιρέση αποτελεί η μάζα του τετάρτου ορόφου, καθώς σε αυτήν δεν προστίθεται όπως στο βιβλίο η μάζα απόληξης του κλιμακοστασίου (η οποία συνίσταται από την καθ' ύψος επέκταση του πυρήνα κατά 3m και από την πλάκα οροφής της). Η συγκεκριμένη μάζα εισάγεται ως αυτοτελής μάζα στο προσομοίωμα.
- (δ3) Οι μάζες της πλάκας δαπέδου του ισογείου και της τοιχοποιίας του ισογείου αλλά και η μάζα του υπογείου και του φορέα θεμελίωσης δεν συμπεριλαμβάνονται στην ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής.

Στον παρακάτω πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μάζες και τα σημεία στα οποία τοποθετούνται, τόσο στα πλαίσια της μόρφωσης του προσομοιώματος αναφοράς όσο στα πλαίσια της προσομοίωσης με τις προκαθορισμένες παραδοχές του ΡΑΦ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1α. Θέσεις και τιμές των μαζών σύμφωνα με την ανάλυση αναφοράς και το ΡΑΦ

	$X_m(m)$		$Y_m(m)$		$m(tn)$	
	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ	Ανάλυση βιβλίου	ΡΑΦ
1^{ος} όροφος	6.25	6.25	7.25	7.13	243.52	254.48
2^{ος} όροφος	6.25	6.25	7.25	7.16	230.71	238.06
3^{ος} όροφος	6.25	6.25	7.25	7.16	230.71	238.06
4^{ος} όροφος	6.25	6.25	7.25	7.02	188.72	183.27

Σημείωση: Οι διαφορές στην τεταγμένη Y_m του κέντρου μάζας, οφείλονται στο ότι το ΡΑΦ υπολογίζει τη θέση αυτή λαμβάνοντας υπόψη και τα ενδεχόμενα κενά στις πλάκες (όπως το κενό που υπάρχει στην θέση του πυρήνα) ενώ στις επιλύσεις αναφοράς έγινε η παραδοχή ότι το κέντρο μάζας συμπίπτει με το γεωμετρικό κέντρο βάρους. Βλέπε (δ1).

(ε) Παραδοχές για την προσομοίωση της θεμελίωσης

(ε1) Προσομοίωση πεδίων / συνδετηρίων δοκών

(ε1.1) Ισχύει η προσομοίωση του βιβλίου, και τα πέδιλα προσομοιώνονται με τον ίδιο τρόπο. Ελαφρά διαφοροποίηση υφίσταται στο ύψος τοποθέτησης των κόμβων προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα στις αναλύσεις του βιβλίου οι κόμβοι προσομοίωσης των πεδίων τοποθετήθηκαν στην διεπιφάνεια του εδάφους με τα πέδιλα. Αντίθετα στο ΡΑΦ τοποθετούνται στον κόμβο σύνδεσης πεδίου – φερόμενου στοιχείου (λαμμός). Επομένως οι κόμβοι του προσομοιώματος που μορφώνει αυτόματα το ΡΑΦ τοποθετούνται στην συγκεκριμένη περίπτωση 0.85m πιο ψηλά από τους αντίστοιχους κόμβους των προσομοιωμάτων αναφοράς.

(ε1.2) Ισχύουν και στο ΡΑΦ οι ίδιες παραδοχές: τοποθετούνται αυτόματα ένα κατακόρυφο μεταφορικό και δύο στρωφικά ελατήρια για στροφή γύρω από τους δύο οριζόντιους άξονες που είναι παράλληλοι με τις πλευρές των πεδίων. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί το εξής: Στο παράδειγμα του βιβλίου, οι σταθερές των τριών ελατηρίων υπολογίζονται ξεκινώντας από την αρχική τιμή του δείκτη εδάφους $K_s=90000\text{kN/m}^3$. Κάνοντας τροποποιήσεις για κάθε πέδιλο ξεχωριστά προκύπτουν (μέσω της θεωρίας Terzaghi) οι τελικές τιμές για το δείκτη εδάφους, από τις οποίες υπολογίζονται οι ζητούμενες ελατηριακές σταθερές. Η διαδικασία αυτή δεν ακολουθείται από το ΡΑΦ. Έτσι εφόσον εισαχθεί για κάθε πέδιλο η κατηγορία εδάφους η οποία στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει δείκτη $K_s=90000\text{kN/m}^3$ ο υπολογισμός των σταθερών των ελατηρίων γίνεται απευθείας με αυτήν την τιμή χωρίς επιμέρους διορθώσεις. Η φιλοσοφία του ΡΑΦ είναι να μην δεσμεύει το χρήστη με εφαρμογή διορθώσεων βάσει κάποιας θεωρίας η οποία ενδεχομένως να μην είναι και η μοναδική. Ωστόσο του δίνει τη δυνατότητα να ορίσει όποια κατηγορία εδάφους επιθυμεί στην οποία μπορεί κάλλιστα να προσδώσει τις διορθωμένες από τον ίδιο τιμές του δείκτη εδάφους. Η συγκεκριμένη πρακτική ακολουθήθηκε και στα πλαίσια των συγκριτικών αναλύσεων κατά τις οποίες προσδόθηκε σε κάθε ένα από τα τρία πέδιλα διαφορετική κατηγορία εδάφους με δείκτη που αντιστοιχεί στις διορθωμένες τιμές που είναι διαθέσιμες στο βιβλίο αναφοράς. Έτσι προέκυψαν οι παρακάτω τιμές σταθερών για τα ελατήρια των τριών πεδίων:

ΠΕΔΙΛΟ	k_3 (kN/m)		$k_{\phi 1}$ (kNm/rad)		$k_{\phi 2}$ (kNm/rad)	
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
Π1	560986.0	560148.	864386.0	863095.	1388557.3	1386484.
Π2, Π3	119025.0	119025.0	39675.0	39675.0	39675.0	39675.0

(ε1.3) Οι συνδετήριες δοκοί (ορθογωνικής διατομής 25/85) προσομοιώνονται από το ΡΑΦ με γραμμικά στοιχεία τα οποία όμως τοποθετούνται στη στάθμη του λαιμού των πεδίων τα οποία συνδέουν. Έτσι οι άξονες των συνδετηρίων δοκών στο προσομοίωμα του ΡΑΦ βρίσκονται σε στάθμη που βρίσκεται $(0.85/2=)$ 0.425m υψηλότερα από την αντίστοιχη στάθμη του προσομοιώματος του βιβλίου αναφοράς. Μία επίσης σημαντική διαφορά είναι ότι στο προσομοίωμα του ΡΑΦ δεν υπάρχει ανάγκη να διακριτοποιηθούν οι συνδετήριες δοκοί αφού γίνεται χρήση μητρώων δυσκαμψίας και φόρτισης στα οποία λαμβάνεται αυτόματα και με ακριβή τρόπο η συνεχής ελαστική

τους έδραση επί του εδάφους. Έτσι στο προσομοίωμα του ΡΑΦ εισάγουμε για κάθε πεδילוδοκό απευθείας τον διορθωμένο δείκτη εδάφους σύμφωνα με τα όσα γράφονται στο ειδικό παράρτημα του βιβλίου αναφοράς (βλ. πίνακα Γ9.5-9 του συγκεκριμένου βιβλίου). Τέλος, η σύνδεση των στοιχείων των συνδετήριων δοκών με τα πέδιλα υλοποιείται και στο ΡΑΦ μέσω απολύτως στερεών δοκών.

Κάνοντας μία μικρή σύνοψη της σύγκρισης μεταξύ των παραδοχών του βιβλίου αναφοράς και του ΡΑΦ όσον αφορά στις παραδοχές προσομοίωσης των πεδίων και των συνδετηρίων δοκών μπορούμε να πούμε ότι:

Σε γενικές γραμμές ακολουθείται η ίδια φιλοσοφία προσομοίωσης. Ωστόσο υφίστανται και διαφορές οι οποίες συνίστανται στην διαφορετική τοποθέτηση καθ' ύψος των στοιχείων προσομοίωσης, στην δυνατότητα χρήσης αναλυτικών μητρώων για τα ελαστικώς εδραζόμενα στοιχεία από το ΡΑΦ, καθώς και στην μη αυτόματη προσαρμογή των δεικτών εδάφους σε διορθωμένες τιμές. Από τις τρεις αυτές διαφοροποιήσεις η μόνη που μπορεί να προσαρμοστεί στις παραδοχές του βιβλίου αναφοράς είναι η χρήση διορθωμένων τιμών για τους δείκτες εδάφους. Ως εκ τούτου μπορεί να προκύψουν αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων ΡΑΦ και βιβλίου αναφοράς οι οποίες προστίθενται σε αποκλίσεις που προκύπτουν και από άλλες μικρές ή μεγάλες διαφοροποιήσεις στην φιλοσοφία προσομοίωσης (π.χ. μικροδιαφορές στην προσομοίωση του πυρήνα όπως είδαμε προηγουμένως, ή διαφορές στην προσομοίωση των περιμετρικών τοιχωμάτων υπογείου όπως θα δούμε παρακάτω).

(ε2) Προσομοίωση του περιμετρικού τοιχώματος του υπογείου

(ε2.1) Σε αντίθεση με το προσομοίωμα του βιβλίου αναφοράς, το περιμετρικό τοίχωμα υπογείου προσομοιώνεται με τη βοήθεια ραβδωτών πεπερασμένων στοιχείων. Αναλυτικές λεπτομέρειες για την προσομοίωση που κάνει αυτόματα το ΡΑΦ υπάρχουν στο εγχειρίδιο τεκμηρίωσης του προγράμματος. Στο σημείο αυτό έχουμε επομένως μία σημαντική διαφοροποίηση στην φιλοσοφία προσομοίωσης μεταξύ βιβλίου αναφοράς και ΡΑΦ. Το εύρος της επιρροής αυτής της διαφοροποίησης αίρεται όμως σε μεγάλο βαθμό από το γεγονός ότι τα υπόγεια λόγω των διαφραγμάτων οροφής και δαπέδου συμπεριφέρονται ως κλειστά και άκαμπτα «κουτιά». Επομένως η επιρροή τους επί της συνολικής απόκρισης του κτιρίου (π.χ. επί των ιδιοπεριόδων ταλάντωσης) είναι ενδεχομένως μικρή αν μάλιστα συνδυαστεί και με την επιρροή της ενδοσιμότητας του εδάφους η οποία μπορεί να έχει μεγαλύτερη επιρροή επ' αυτής. Αποκλίσεις ενδεχομένως να δημιουργηθούν στα σημεία έδρασης των κατακορύφων στοιχείων επί του τοιχώματος υπογείου. Ωστόσο το προσομοίωμα που μορφώνει το ΡΑΦ λαμβάνει ειδικά μέτρα για την όσο το δυνατό ρεαλιστικότερη προσομοίωση της σύνδεσης αυτής.

(ε2.2) Η έδραση των περιμετρικών τοιχωμάτων υπογείου στο έδαφος προσομοιώνεται από το ΡΑΦ με χρήση – όπως και στις συνδετήριες δοκούς – των ειδικών μητρώων δυσκαμψίας και φόρτισης που λαμβάνουν αυτόματα υπόψη την ελαστική έδραση τόσο κατά την μεταφορική κίνηση εγκάρσια στον άξονα του τοιχώματος όσο και κατά την στρεπτική παραμόρφωση του. Σε αντίθεση με το προσομοίωμα αναφο-

ράς, ο άξονας των στοιχείων του τοιχώματος με τα οποία προσομοιώνεται η έδραση επί του εδάφους τοποθετείται και αυτός σε στάθμη η οποία βρίσκεται στο ίδιο ύψος με το ύψος της στάθμης στο οποίο τοποθετούνται τα σημεία σύνδεσης των κατακορύφων στοιχείων με τα πέδιλα (Γενική παρατήρηση: Το ΡΑΦ τοποθετεί αυτόματα στην ίδια στάθμη όλα τα δομικά στοιχεία με τα οποία προσομοιώνεται ο φορέας θεμελίωσης. Η στάθμη αυτή λαμβάνει από το πρόγραμμα το χαρακτηρισμό «θεμελίωση»). Υπενθυμίζεται εδώ ότι τόσο ο άξονας των στοιχείων με τα οποία υλοποιείται η έδραση των περιμετρικών τοιχωμάτων στο βιβλίο αναφοράς, όσο και τα μεμονωμένα ελατήρια τοποθετούνται σε διαφορετικές στάθμες (βλ. σχήμα Γ2-4 βιβλίου αναφοράς).

(ε2.3) Στις στάθμες των πλακών οροφής και δαπέδου του υπογείου θεωρήθηκε – όπως και στις στάθμες των πλακών της ανωδομής – διαφραγματική λειτουργία. Εδώ έχομε ταύτιση παραδοχών βιβλίου αναφοράς και ΡΑΦ.

Συνοψίζοντας την σύγκριση των μεταξύ των βασικών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και των βασικών παραδοχών του ΡΑΦ μπορεί να συνταχθεί ο παρακάτω πίνακας:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Συγκεντρωτική παρουσίαση των κοινών και των μη κοινών παραδοχών των αναλύσεων αναφοράς και του ΡΑΦ.

Παραδοχή		Βιβλίο / ΡΑΦ
(α1)	Διαφραγματική λειτουργία	Κοινή
(α2)	Συνεργαζόμενο πλάτος	Διαφορετική
(α3)	Απομείωση δυσκαμψιών	Κοινή
(α4)	Θεώρηση καμπτικών, διατμητικών, αξονικών και στρεπτικών παραμορφώσεων	Κοινή
(α5)	Προσομοίωση στερεών βραχιόνων / θέση τοποθέτησης διαφραγμάτων	Διαφορετική
(α6)	Θεώρηση ανοιγμάτων στις τοιχοποιίες	Κοινή
(β1)	Ισοδύναμη πλαισιακή προσομοίωση τοιχώματος	Κοινή
(β2)	Ισοδύναμη πλαισιακή προσομοίωση πυρήνα	Κοινή με μικρές διαφοροποιήσεις
(γ1)	Κατανομή φορτίων πλακών	Κοινή
(γ2)	Προσομοίωση ίδιου βάρους υποστυλωμάτων	Κοινή
(γ3)	Προσομοίωση ιδίων βαρών δοκών και τοιχοποιιών	Κοινή
(γ4)	Φορτία κλιμάκων και πλατυσκάλου	Δεν προσομοιώνονται αυτόματα από το ΡΑΦ
(γ5)	Ίδιο βάρος περιμετρικού τοιχώματος	Διαφορετική
(γ6)	Ίδιο βάρος πεδίων	Διαφορετική

(δ1)	Υπολογισμός θέσης κέντρου βάρους ορόφου	Διαφορετική
(δ2)	Υπολογισμός μάζας ορόφου	Κοινή με μικρές διαφοροποιήσεις
(δ3)	Θεώρηση μαζών πλάκας δαπέδου ισογείου και τοιχοποιίας ισογείου, και υπογείου	Κοινή
(ε1.1)	Προσομοίωση πεδίων	Κοινή με μικρές διαφοροποιήσεις
(ε1.2)	Έδραση πεδίων	Κοινή με διαφοροποιήσεις
(ε1.3)	Προσομοίωση και έδραση πεδιλοδοκών	Διαφορετική
(ε2.1)	Προσομοίωση τοιχωμάτων υπογείου	Διαφορετική
(ε2.2)	Έδραση τοιχωμάτων υπογείου	Διαφορετική
(ε2.3)	Πλάκα οροφής και δαπέδου υπογείου	Κοινή με διαφοροποιήσεις

4.3 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης

Στις ακόλουθες παραγράφους θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις αναλύσεις αναφοράς που παρουσιάζονται στο βιβλίο «Αντισεισμικός σχεδιασμός κτιρίων Ο/Σ και αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης & διαστασιολόγησης σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες», Αβραμίδης Ι., Αθανατοπούλου Α., Μορφίδης Κ., Σέξτος Α., 2011, με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις με το ΡΑΦ. Για να είναι αντικειμενικές οι συγκρίσεις, προσαρμόστηκαν οι παραδοχές των αναλύσεων που έγιναν με το ΡΑΦ, με τις παραδοχές του συγκεκριμένου βιβλίου όπου αυτό ήταν βέβαια εφικτό. Θα πρέπει να τονιστεί ότι λέγοντας προσαρμογή των παραδοχών, εννοείται ειδικά η προσαρμογή κάποιων εκ των παραδοχών που παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Από τη μελέτη του συγκεκριμένου πίνακα καθίστανται σαφή τα αρκετά σημεία στα οποία υφίσταται διαφορετική προσέγγιση στη φιλοσοφία προσομοίωσης που χρησιμοποιείται στο βιβλίο αναφοράς και στο ΡΑΦ. Η πλειοψηφία των διαφοροποιήσεων προέρχεται από την προσομοίωση της θεμελίωσης που έτσι και αλλιώς αποτελεί ένα τμήμα του κτιρίου το οποίο επιδέχεται πολλές – και ίσως και πολύ διαφορετικές μεταξύ τους – προσεγγίσεις.

Έτσι έγιναν οι εξής επεμβάσεις στο αρχικό (και αυτόματα μορφωμένο από το ΡΑΦ) προσομοίωμα με τη βοήθεια του γραφικού περιβάλλοντος του προγράμματος:

- Προσαρμόστηκαν τα συνεργαζόμενα πλάτη των δοκών.
- Προσαρμόστηκαν τα μήκη των στερεών βραχιόνων των στοιχείων.
- Εισήχθησαν τα φορτία των κλιμάκων και του πλατυσκάλου στους κόμβους των ισοδυνάμων στύλων του πυρήνα.
- Εισήχθησαν οι τιμές των μαζών και των μαζικών ροπών αδράνειας που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις αναφοράς.

Παρά τις παραπάνω προσαρμογές δεν είναι δυνατή η πλήρης (100%) ταύτιση των παραδοχών επίλυσης, διότι:

- Το ίδιο βάρος του περιμετρικού τοιχώματος και των πεδίων υπολογίζεται αυτόματα από το ΡΑΦ χωρίς δυνατότητα παρέμβασης.
- Δεν υπάρχει δυνατότητα προσαρμογής των συντεταγμένων των κέντρων μάζας που υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα.
- Δεν μπορούν να αρθούν οι μικροδιαφοροποιήσεις στην ισοδύναμη πλαισιακή προσομοίωση του πυρήνα.
- Οι άξονες των στοιχείων θεμελίωσης τοποθετούνται από το ΡΑΦ σε μία κοινή στάθμη και όχι σε διαφορετικές όπως στο προσομοίωμα του βιβλίου αναφοράς.
- Η έδραση των συνδετηρίων δοκών και του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου γίνεται με μαθηματικό τρόπο και όχι με διακριτοποίηση των εδραζόμενων στοιχείων και προσθήκη σημειακών ελατηρίων.
- Το περιμετρικό τοίχωμα υπογείου υπολογίζεται με ραβδωτά και όχι επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία.

Θα πρέπει επίσης να καταστεί σαφές ότι δεν μπορούν να αποκλειστούν κάποιοι παράγοντες απόκλισης των αποτελεσμάτων οι οποίοι πηγάζουν από τις διαφορετικές τεχνολογίες των μεταγλωτιστών με τους οποίους μεταγλωτίστηκε το ΡΑΦ και το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς. Αποκλίσεις στα αποτελέσματα δημιουργούνται επίσης και από τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των τεχνικών επίλυσης του ΡΑΦ και του προγράμματος με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς (π.χ. αλγόριθμοι σχηματισμού μητρώων δυσκαμψίας, υπολογισμού ιδιοπεριόδων κ.τ.λ.). Επομένως είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης ταύτιση των συγκρινόμενων αποτελεσμάτων. Σε κάθε περίπτωση πάντως παρατίθενται ακολούθως τα αποτελέσματα των αναλύσεων με τρόπο που ο χρήστης μπορεί να αξιολογήσει με την κρίση του την επάρκεια και την αξιοπιστία του ΡΑΦ, ενώ όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο παρατίθενται και βοηθητικά σχόλια.

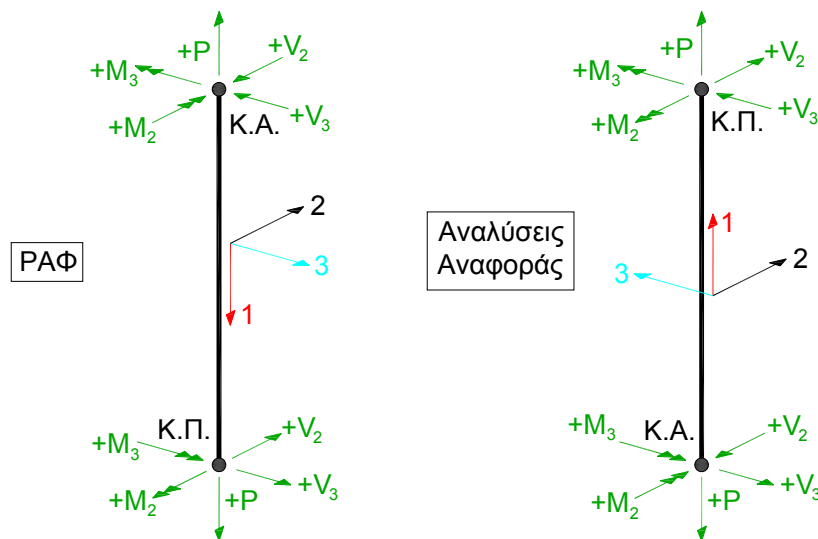
Από όλα τα παραπάνω καθίσταται σαφές το ότι το παρόν παράδειγμα Γ αποτελεί, ως ρεαλιστικό παράδειγμα της πράξης, ένα πολύ σύνθετο παράδειγμα στο οποίο υπεισέρχονται όλα τα στοιχεία προσομοίωσης τα οποία μπορούν να προκαλέσουν μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις αποτελεσμάτων. Ειδικά, και αν θέλαμε να κάνουμε μία ιεράρχηση του επιπέδου επιρροής των διαφόρων στοιχείων προσομοίωσης επί των αποκλίσεων θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ύπαρξη της θεμελίωσης με όλους τους πιθανούς τύπους δομικών στοιχείων (πέδιλα με ένα ή περισσότερα εδραζόμενα στοιχεία, συνδετήριες δοκοί, περιμετρικά τοιχώματα υπογείου) αποτελεί το βασικό παράγοντα δημιουργίας αποκλίσεων. Επομένως τα κριτήρια για τον χαρακτηρισμό ικανοποιητικής ή όχι για την σύγκλιση των μεγεθών που συγκρίνονται στα πλαίσια του παραδείγματος Γ δεν μπορεί να έχουν το ίδιο επίπεδο αυστηρότητας με τα αντίστοιχα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων των παραδειγμάτων Α και Β.

Σημειώνεται τέλος ότι στα πλαίσια του ΡΑΦ δεν εκτελούνται υπολογισμοί για αυτόματο έλεγχο κανονικότητας κτιρίων καθ' ύψος και σε κάτοψη οι οποίοι στα πλαίσια του ΕΚ8 είναι εκτενείς (βλ. παραγράφους 4.2.3.2 και 4.2.3.3 του ΕΚ8). Ο λόγος είναι ότι πολλοί από τους ελέγχους αυτούς είναι ποιοτικοί και όχι ποσοτικοί. Επομένως το ΡΑΦ αφήνει στον μελετητή να αποφανθεί για την κανονικότητα ή όχι του κτιρίου. Κλείνοντας αυτήν την εισαγωγική αναφορά θα πρέπει να γραφεί ότι το ΡΑΦ δεν εκτελεί αυτόματα την διαδικασία που περιγράφεται στον ΕΚ8

αλλά και στο βιβλίο αναφοράς για τον υπολογισμό της τιμής του q , θεωρώντας ότι και η απόφαση αυτή ανήκει στον μελετητή.

4.3.1 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων ανάλυσης λόγω στατικών φορτίων $G+\psi_2 Q$

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης του υποστυλώματος C8, του τοιχώματος T3X στο ισόγειο και της δοκού BX10 στον πρώτο όροφο. Λόγω του διαφορετικού προσανατολισμού του τοπικού συστήματος αναφοράς των **κατακορύφων** στοιχείων που χρησιμοποιείται από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς, στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται οι τιμές των μεγεθών έντασης προσαρμοσμένες με βάση το παρακάτω σχήμα 7 έτσι ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμες.



Σχήμα 7. Ορισμός των συμβατικά θετικών τιμών των μεγεθών έντασης των κατακορύφων στοιχείων από το ΡΑΦ και από το πρόγραμμα με το οποίο έγιναν οι αναλύσεις αναφοράς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Εντασιακά μεγέθη του υποστυλώματος C8 του τοιχώματος T3X στο ισόγειο, και της δοκού BX10 στον πρώτο όροφο

Στοιχείο/ Θέση		P		M2		M3	
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
T3X	κάτω	-1072.60	-1037.90	-34.46	-35.72	≈0.00	≈0.00
	άνω	-958.65	-932.43	36.29	34.40	≈0.00	≈0.00
C8	κάτω	-243.06	-244.42	-0.073	-1.11	1.35	2.67
	άνω	-226.06	-227.42	1.86	2.40	-5.00	-5.60
BX10	αρχή	0.00	0.00	0.00	0.00	-29.78	-30.61
	πέρας	0.00	0.00	0.00	0.00	-14.92	-15.50

Στοιχείο/ Θέση		T		V2		V3	
		Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ	Βιβλίο	ΡΑΦ
T3X	κάτω	0.00	0.00	≈0.00	≈0.00	15.72	15.59
	άνω	0.00	0.00	≈0.00	≈0.00	15.72	15.59
C8	κάτω	0.00	0.00	-1.49	-1.95	0.46	0.82
	άνω	0.00	0.00	-1.49	-1.95	0.46	0.82
BX10	αρχή	-0.204	-0.158	-36.16	-37.20	0.00	0.00
	πέρας	-0.204	-0.158	31.35	32.26	0.00	0.00

Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το γενικό συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα του ΡΑΦ συγκλίνουν σε πάρα πολύ ικανοποιητικό βαθμό στα αποτελέσματα αναφοράς, παρά την επιρροή των πολλών πηγών δημιουργίας αποκλίσεων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

4.3.2 Συγκρίσεις αποτελεσμάτων Δυναμικής Φασματικής Μεθόδου (ΔΦΜ)

4.3.2.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

Στον πίνακα 4 παρουσιάζεται η σύγκριση των τιμών των 6 πρώτων ιδιοπεριοδών ταλάντωσης του κτιρίου, και στον πίνακα 5 τα αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Ιδιοπερίοδοι ταλάντωσης (με τη μάζα στα μετατοπισμένα ΚΜ)

Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος (sec)											
	Θέση 1			Θέση 2			Θέση 3			Θέση 4		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.498	0.492	-1.15%	0.498	0.492	-1.15%	0.491	0.484	-1.51%	0.508	0.508	-0.12%
2	0.472	0.464	-1.61%	0.472	0.464	-1.61%	0.470	0.463	-1.45%	0.470	0.464	-1.23%
3	0.312	0.310	-0.64%	0.312	0.310	-0.64%	0.318	0.320	0.66%	0.308	0.300	-2.44%
4	0.102	0.100	-1.67%	0.102	0.100	-1.67%	0.097	0.100	3.31%	0.106	0.107	0.85%
5	0.095	0.090	-5.46%	0.095	0.090	-5.46%	0.095	0.090	-5.46%	0.095	0.090	-5.46%
6	0.077	0.080	4.30%	0.077	0.080	4.30%	0.081	0.080	-0.99%	0.074	0.072	-2.44%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Αθροιστικά ποσοστά συμμετοχής των μαζών (%)

Ιδιομορφή	Θέση 1						Θέση 2					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	87.17	85.03	-2.45%	1.89	1.82	-3.70%	87.17	85.04	-2.44%	1.89	1.81	-4.23%
2	89.37	87.24	-2.38%	88.70	88.01	-0.78%	89.37	87.24	-2.38%	88.70	88.01	-0.78%
3	90.79	89.81	-1.08%	89.43	88.78	-0.73%	90.79	89.81	-1.08%	89.43	88.78	-0.73%
4	96.33	95.80	-0.55%	90.82	90.10	-0.79%	96.33	95.80	-0.55%	90.82	90.10	-0.79%
5	97.90	97.37	-0.54%	98.78	98.68	-0.10%	97.90	97.37	-0.54%	98.78	98.68	-0.10%
6	99.38	99.27	-0.11%	99.14	99.04	-0.10%	99.38	99.27	-0.11%	99.14	99.04	-0.10%

Ιδιομορφή	Θέση 3						Θέση 4					
	Διέγερση x			Διέγερση y			Διέγερση x			Διέγερση y		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	90.58	89.04	-1.70%	0.00	0.00	-	87.13	84.68	-2.81%	0.00	0.00	-
2	90.58	89.04	-1.70%	89.42	88.77	-0.73%	87.13	84.68	-2.81%	89.42	88.77	-0.73%
3	90.71	89.71	-1.10%	89.42	88.77	-0.73%	90.89	89.92	-1.07%	89.42	88.77	-0.73%
4	98.68	98.14	-0.55%	89.42	88.77	-0.73%	97.19	96.67	-0.54%	89.42	88.77	-0.73%
5	98.68	98.14	-0.55%	99.13	99.04	-0.09%	97.19	96.67	-0.54%	99.13	99.04	-0.09%
6	99.36	99.23	-0.13%	99.13	99.04	-0.09%	99.43	99.32	-0.11%	99.13	99.04	-0.09%

Οι αποκλίσεις των τιμών των δύο παραπάνω πινάκων είναι γενικά πάρα πολύ μικρές και θεωρούνται αποδεκτές, παρά τις διαφορές που υφίστανται σε διάφορες προσεγγίσεις στα θέματα της προσομοίωσης κυρίως του υπογείου.

4.3.2.2 Μεγέθη έντασης

Στον παρακάτω πίνακα 6 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων τιμών των μεγεθών P , M_2 , M_3 (δηλαδή των μεγεθών έντασης με τα οποία εκτελείται ο έλεγχος σε διαξονική κάμψη με ορθή δύναμη) λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου, για το υποστύλωμα C8 και το τοίχωμα T3X στο ισόγειο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Ακραίες τιμές των μεγεθών έντασης των στοιχείων C8 και T3X στο ισόγειο

	Θέση μάζας	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
C8	1	κάτω	298.9	310.3	3.79%	28.2	30.8	9.23%	21.9	21.9	-0.27%
		άνω	298.9	310.3	3.79%	26.3	27.8	5.59%	18.2	17.8	-2.30%
	2	κάτω	329.1	338.6	2.90%	38.0	40.1	5.66%	23.5	22.5	-4.29%
		άνω	329.1	338.6	2.90%	35.2	36.2	2.78%	19.3	18.5	-4.20%
	3	κάτω	306.2	316.1	3.24%	32.2	33.9	5.47%	27.2	26.3	-3.35%
		άνω	306.2	316.1	3.24%	29.8	30.7	2.71%	22.3	21.4	-4.12%
	4	κάτω	322.9	333.6	3.31%	34.9	37.6	7.62%	17.3	17.2	-0.29%
		άνω	322.9	333.6	3.31%	32.5	33.9	4.21%	14.4	14.2	-1.25%

	Θέση μάζας	Θέση στο στοιχείο	P			M2			M3		
			Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
T3X	1	κάτω	194.8	189.7	-2.60%	52.5	51.0	-2.73%	3371.4	3460.5	2.64%
		άνω	194.8	189.7	-2.60%	39.9	38.8	-2.56%	365.0	400.9	9.84%
	2	κάτω	194.8	189.7	-2.60%	52.5	51.0	-2.73%	3371.4	3460.4	2.64%
		άνω	194.8	189.7	-2.60%	39.9	39.1	-1.86%	365.0	490.1	34.28%
	3	κάτω	196.1	191.1	-2.59%	52.8	51.4	-2.71%	4042.7	4084.3	1.03%
		άνω	196.1	191.1	-2.59%	40.1	39.1	-2.57%	464.0	490.1	5.62%
	4	κάτω	196.1	196.1	-0.04%	52.8	51.4	-2.71%	2542.7	2708.2	6.51%
		άνω	196.1	196.1	-0.04%	40.1	39.1	-2.57%	236.8	278.3	17.49%

Στα πλαίσια των υπολογισμών οι τιμές του πίνακα λαμβάνονται και με αρνητικό πρόσημο.

Από την μελέτη του παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Για το υποστύλωμα C8:

- Οι αποκλίσεις στις τιμές των αξονικών δυνάμεων δεν υπερβαίνουν το 4%, των ροπών M2 (με ελάχιστες εξαιρέσεις) το 5.5% και των ροπών M3 το 4.5%. Οι αποκλίσεις αυτές θα πρέπει να θεωρηθούν πάρα πολύ ικανοποιητικές αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι οι συνθήκες έδρασης του υποστυλώματος στο περιμετρικό τοίχωμα υπογείου προσομοιώνονται με διαφορετικό τρόπο. Έτσι αποδεικνύεται ότι η προσομοίωση που γίνεται από το ΡΑΦ για το περιμετρικό τοίχωμα υπογείου με ραβδωτά πεπερασμένα στοιχεία είναι ιδιαίτερα αποδοτική και προσεγγίζει αρκετά καλά τα αποτελέσματα των αναλύσεων αναφοράς στα πλαίσια των οποίων η προσομοίωση του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου γίνεται με χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων.

Για το τοίχωμα T3X:

- Οι αποκλίσεις των αξονικών δυνάμεων δεν υπερβαίνουν το 3%, των ροπών M2 το 3%, ενώ για τις ροπές M3 παρατηρούνται και κάποιες μεγαλύτερες αποκλίσεις οι οποίες αφενός δεν είναι ανατρεπτικές για τα αποτελέσματα των ελέγχων αντοχής, και αφετέρου μπορούν να αιτιολογηθούν από τον διαφορετικό τρόπο προσομοίωσης του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου.

Στον πίνακα 7 παρουσιάζεται η σύγκριση των πιθανών μέγιστων και ταυτόχρονων τιμών των μεγεθών P, M₂, M₃ λόγω ταυτόχρονης σεισμικής δράσης κατά τη διεύθυνση των καθολικών αξόνων του κτιρίου και των στατικών φορτίων του συνδυασμού G+ψ₂Q, στη βάση του υποστύ-

λώματος C8 και του τοιχώματος T3X στο ισόγειο. Με τα μεγέθη αυτά γίνεται ως γνωστόν ο έλεγχος αντοχής των διατομών έναντι μεγεθών ορθής έντασης. Οι συγκρίσεις αφορούν την ανάλυση με τις μάζες των ορόφων τοποθετημένες στη θέση 1 που ορίζει ο ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Ακραίες και ταυτόχρονες τιμές μεγεθών έντασης των στοιχείων C8 και T3X στο ισόγειο

	C8 κάτω	P		M ₂			M ₃		
		Βιβλίο	ΡΑΦ		Βιβλίο	ΡΑΦ		Βιβλίο	ΡΑΦ
1	exP=	55.9	65.8	M _{2,P} =	26.9	28.76	M _{3,P} =	-10.6	-11.5
2	P _{,M2} =	43.6	56.8	exM ₂ =	28.1	29.66	M _{3,M2} =	-5.3	-7.6
3	P _{,M3} =	-405.7	-446.2	M _{2,M3} =	-8.7	-15.6	exM ₃ =	23.3	24.5
4	-exP=	-541.99	-554.7	-M _{2,P} =	-27.09	-30.98	-M _{3,P} =	13.27	16.9
5	-P _{,M2} =	-529.71	-545.6	-exM ₂ =	-28.24	-31.88	-M _{3,M2} =	8.03	13.0
6	-P _{,M3} =	-80.45	-42.7	-M _{2,M3} =	8.52	13.38	-exM ₃ =	-20.56	-19.2

	T3X κάτω	P		M ₂			M ₃		
		Βιβλίο	ΡΑΦ		Βιβλίο	ΡΑΦ		Βιβλίο	ΡΑΦ
1	exP=	-877.78	-848.2	M _{2,P} =	17.81	15.1	M _{3,P} =	-754.02	-747.2
2	P _{,M2} =	-878.49	-849.0	exM ₂ =	18.01	15.3	M _{3,M2} =	-757.60	-750.4
3	P _{,M3} =	-1116.12	-1078.9	M _{2,M3} =	-46.25	-46.8	exM ₃ =	3371.41	3460.6
4	-exP=	-1267.34	-1227.6	-M _{2,P} =	-86.73	-86.6	-M _{3,P} =	754.02	747.4
5	-P _{,M2} =	-1266.63	-1226.9	-exM ₂ =	-86.93	-86.8	-M _{3,M2} =	757.60	750.6
6	-P _{,M3} =	-1029.00	-996.9	-M _{2,M3} =	-22.67	-24.7	-exM ₃ =	-3371.41	-3460.4

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα είναι τα πλέον «εκτεθειμένα» σε όλες τις πηγές δημιουργίας αποκλίσεων μεταξύ των αναλύσεων με το ΡΑΦ και του βιβλίου αναφοράς. Μεταξύ άλλων υπεισέρχεται η διαφορά στην προσομοίωση των κατακορύφων φορτίων, των θέσεων των κέντρων μάζας, της προσομοίωσης του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου, της προσομοίωσης της ενδοσιμότητας του εδάφους και της προσομοίωσης των στοιχείων θεμελίωσης. Έτσι η σύγκριση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων θα πρέπει να γίνει υπό το πρίσμα της τάξης μεγεθών και όχι του αυστηρού ελέγχου των ποσοστών απόκλισης.

Παρά τις πολλές πηγές αποκλίσεων παρατηρούμε γενικώς ότι τα αποτελέσματα του ΡΑΦ δεν αποκλίνουν σε βαθμό που να παραπέμπουν σε «αστοχία» της ανάλυσης. Σε κάθε περίπτωση είναι της ίδιας τάξης μεγεθών με τα αποτελέσματα αναφοράς, και μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις συγκλίνουν πολύ ικανοποιητικά και σε επίπεδο σύγκρισης των ποσοστών απόκλισης.

Κατά την αποτίμηση των αποτελεσμάτων του παραπάνω πίνακα θα πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη η διαφορετική διαδικασία προσομοίωσης του περιμετρικού τοιχώματος υπογείου. Η διαφορετική αυτή προσομοίωση δημιουργεί διαφορετικές συνθήκες στήριξης για τα ελεγχόμενα στοιχεία C8 και T3X και από μόνη της δημιουργεί πολύ μεγάλες αποκλίσεις.

4.3.2.3 Έλεγχος περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα του ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετατοπίσεων των ορόφων όπως αυτός περιγράφεται από τον ΕΚ8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Σύγκριση αποτελεσμάτων ελέγχου περιορισμού των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων

ΟΡΟΦΟΣ	(v•extrd _{rx})/h			(v•extrd _{ry})/h		
	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %	Βιβλίο	ΡΑΦ	Απόκλιση %
1	0.0016	0.0015	-4.74%	0.0014	0.0013	-7.01%
2	0.0017	0.0016	-3.73%	0.0016	0.0015	-6.16%
3	0.0016	0.0016	-3.13%	0.0015	0.0014	-4.44%
4	0.0015	0.0014	-4.76%	0.0014	0.0013	-4.14%

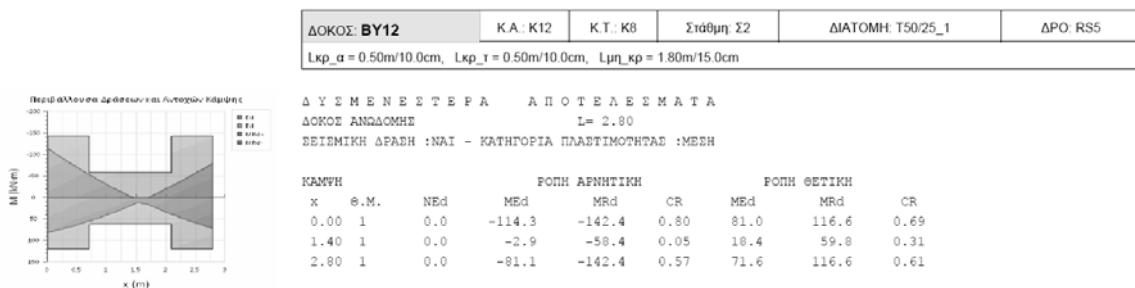
Παρατηρούμε την πολύ καλή σύγκλιση των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ με τα αποτελέσματα του βιβλίου αναφοράς.

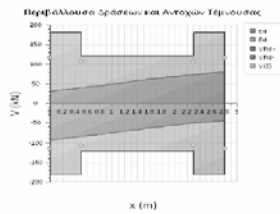
4.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων ελέγχων αντοχής

Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ελέγχων αντοχής συγκεκριμένων δομικών στοιχείων του κτιρίου με βάση τη φιλοσοφία και τη διαδικασία που ακολουθεί το ΡΑΦ. Θα γίνει μία απλή παρουσίαση και όχι σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του βιβλίου αναφοράς λόγω της διαφορετικής φιλοσοφίας που ακολουθείται στο συγκεκριμένο βιβλίο. Όπως είναι γνωστό, το ΡΑΦ ακολουθεί τη διαδικασία της τοποθέτησης συγκεκριμένων διατάξεων όπλισης και εν συνεχεία του ελέγχου επάρκειας της. Αντίθετα στο βιβλίο αναφοράς ακολουθείται η κλασσική διαδικασία διαστασιολόγησης με βάση την απαίτηση που προκύπτει από τον υπολογισμό των μεγεθών σχεδιασμού. Έτσι κρίθηκε πως μία προσπάθεια σύγκρισης των αποτελεσμάτων του ΡΑΦ με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του βιβλίου αναφοράς δεν θα μπορούσε να είναι τόσο άμεση όσο η αντίστοιχη σύγκριση των μεγεθών σχεδιασμού που προηγήθηκε.

Έτσι παρακάτω παρουσιάζονται με την μορφή που εξάγονται από το ΡΑΦ τα δυσμενέστερα αποτελέσματα από τον έλεγχο αντοχής των δομικών στοιχείων των οποίων ο υπολογισμός των μεγεθών σχεδιασμού έγινε στην προηγούμενη παράγραφο.

4.4.1 Έλεγχος αντοχής διατομής δοκού





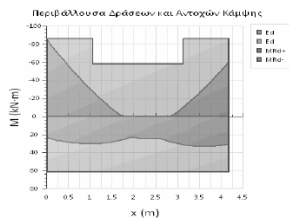
ΔΙΑΤΜΗΣΗ - ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

x	V _{ed}	V _{RdMAX}	V _{Rds}	CR
0.00	44.5	380.9	181.1	0.25
0.50	32.6		120.7	0.27
2.30	20.0		120.7	0.17
2.80	29.4	380.9	181.1	0.16

ΔΙΑΤΜΗΣΗ - ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

x	Θ.Μ.	ζ	Δισδ.	V _{ed}	V _{CD}	V _{RdMAX}	V _{Rds}	CR
0.00	1	-0.60	OXI	16.3	115.6	380.9	181.1	0.64
0.50	1			24.4	107.3		120.7	0.89
2.30	1			59.5	107.3		120.7	0.89
2.80	1	-0.60	OXI	66.1	115.6	380.9	181.1	0.64

ΔΟΚΟΣ: BX10	Κ.Α.: K21	Κ.Τ.: K8	Στάθμη: Σ2	ΔΙΑΤΜΗ: T50/25_1	ΔΡΟ: RS2
L _{kr_α} = 0.60m/11.0cm, L _{kr_γ} = 0.60m/11.0cm, L _{μη_κρ} = 2.97m/32.0cm					

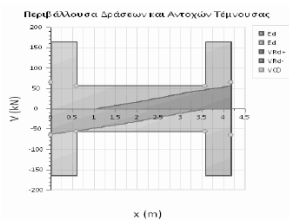


Δ Υ Σ Μ Ε Ν Ε Σ Τ Ε Ρ Α Α Π Ο Τ Ε Λ Ε Σ Μ Α Τ Α

ΔΟΚΟΣ ΑΝΩΔΟΜΗΣ L = 4.17

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ : ΝΑΙ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ : ΜΕΣΗ

KAMVH	Θ.Μ.	N _{ed}	M _{ed}	M _{Rd}	CR	M _{ed}	M _{Rd}	CR
0.00	1	0.0	-84.6	-86.3	0.98	23.3	60.3	0.39
2.09	1	0.0	0.0	-58.4	0.00	23.6	60.1	0.39
4.17	1	0.0	-61.5	-86.3	0.71	30.5	60.3	0.51



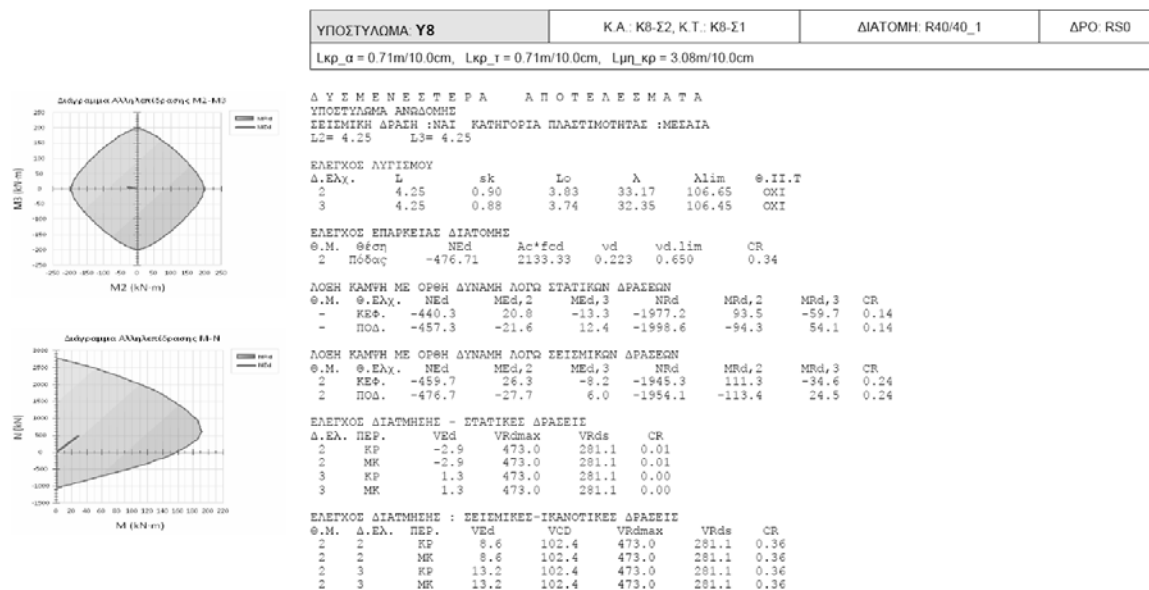
ΔΙΑΤΜΗΣΗ - ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

x	V _{ed}	V _{RdMAX}	V _{Rds}	CR
0.00	54.1	380.9	164.6	0.33
0.60	44.8		56.6	0.79
3.57	37.1		56.6	0.66
4.17	47.7	380.9	164.6	0.29

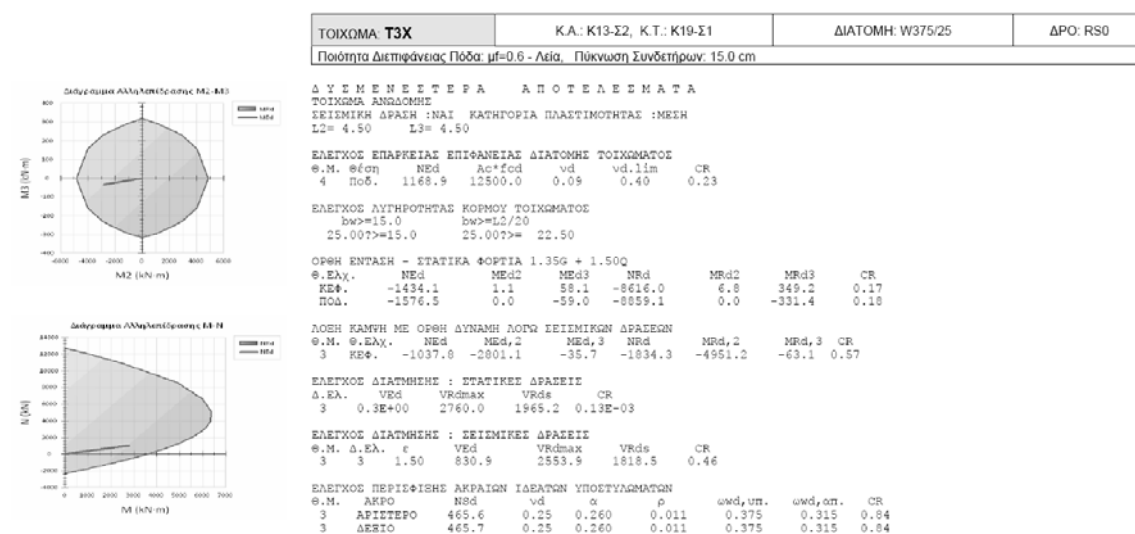
ΔΙΑΤΜΗΣΗ - ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

x	Θ.Μ.	ζ	Δισδ.	V _{ed}	V _{CD}	V _{RdMAX}	V _{Rds}	CR
0.00	1	-0.09	OXI	17.8	64.4	380.9	164.6	0.39
0.60	1			11.0	56.0		56.6	0.99
3.57	1			44.3	56.0		56.6	0.99
4.17	1	-0.09	OXI	51.7	64.4	380.9	164.6	0.39

4.4.2 Έλεγχος αντοχής διατομής υποστυλώματος



4.4.3 Έλεγχος αντοχής διατομής τοιχώματος





ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ



ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ
www.tol.com.gr info@tol.com.gr

Copyright © 2008-2012
