

ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ - ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟ ΕΛΕΓΧΟ ΚΑΤΑ ΟΑΣΠ

ΣΑΡΡΗ ΑΛΚΥΟΝΗ

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί ο προσδιορισμός της απόκρισης σε όρους μετακινήσεων και γωνιακών παραμορφώσεων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία παρουσία σεισμικής έντασης και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με την προσεγγιστική μέθοδο του ΟΑΣΠ μέσω της σύγκρισης της σεισμικής αντίστασης (R) του κάθε κτιρίου με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης. Επιλέχθηκε να εξεταστούν δύο κατηγορίες κτιρίων, ιδεατά συμμετρικά κτίρια και ιδεατά ασύμμετρα κτίρια. Τα υπό μελέτη κτίρια διαφοροποιούνται ως προς το δείκτη ανοιγμάτων φερόντων τοίχων (R_2). Ο δείκτης R_2 εξαρτάται από την τιμή του α , δηλαδή το λόγο του αθροίσματος των μηκών των ανοιγμάτων στους φερόντες τοίχους σε μια διεύθυνση προς το συνολικό μήκος των φερόντων τοίχων στη διεύθυνση αυτή, περιλαμβανομένων και των ανοιγμάτων. Επιλέχθηκε να μελετηθούν κτίρια για 3 διαφορετικές τιμές του λόγου α . Οι τιμές αυτές είναι 0.2, 0.52, 0.8, για μικρά, μεσαία και μεγάλα ανοίγματα αντιστοίχως. Η ανάλυση των κτιρίων έγινε με χρήση του προγράμματος ETABS 2015, χρησιμοποιώντας επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα ο σχεδιασμός κτιρίων με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία ήταν σχεδόν εμπειρικός. Σε χώρες με παράδοση στη χρήση της φέρουσας τοιχοποιίας και σχετικά άσειστες (Μ.Βρετανία) εξακολουθεί ακόμα και σήμερα εκτεταμένη χρήση της φέρουσας τοιχοποιίας σε νέα κτίρια μέχρι και τεσσάρων ορόφων. Διεθνώς τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ενδιαφέρον για τη συντήρηση και ανάδειξη της οικιστικής πολιτιστικής κληρονομιάς. Μέσα σε αυτό το παγκόσμιο ρεύμα δόθηκε έμφαση στην έρευνα της μηχανικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των μνημείων και διατηρητέων κτιρίων και συνόλων είναι κτίσματα από φέρουσα τοιχοποιία. Παράλληλα άρχισαν να ανακαλύπτονται και τα ξεχασμένα πλεονεκτήματα που παρέχει η τοιχοποιία στις κατασκευές, όπως η θερμομόνωση και η πυρασφάλεια αλλά και η αντοχή στο χρόνο σε συνδυασμό με το καλαίσθητο αποτέλεσμα.[1]

1.2 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ (R) ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στη σεισμική αντίσταση (Resistance) “ R ” του κτιρίου συμβάλλουν διάφορες “παράμετροι αντίστασης” που κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν οι παράμετροι που αφορούν την αντοχή των τοίχων, καθ’ αυτούς, όπως υλικό, πάχη, ποσοστά και θέσεις ανοιγμάτων, διαθέσιμα διαζώματα, υφιστάμενες τυχόν βλάβες. Στη δεύτερη κατηγορία υπάγονται τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην συνεργασία συνόλου, δηλαδή σύνδεση και αποστάσεις εγκάρσιων τοίχων, διαθέσιμα διαφράγματα, καθώς και η αποτίμηση της κανονικότητας του κτιρίου σε κάτοψη και καθ’ ύψος.

Ο σχετικός αλγόριθμος για τον υπολογισμό της τιμής “ R ” για το συγκεκριμένο κτίριο, περιλαμβάνει για κάθε επιμέρους παράμετρο συμβατικούς συντελεστές βαρύτητας “ η ”. Οι συντελεστές αυτοί αποπειρώνται να εκφράσουν την συνέργια των παραμέτρων αντίστασης αντί για την απλή άθροιση των τιμών κάθε παραμέτρου.[1]

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Για την αποτίμηση των κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία απαιτείται ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών της, δηλαδή : θλιπτική αντοχή, μέτρο ελαστικότητας, λόγος Poisson και μέτρο διάτμησης που υπολογίζονται από τις σχέσεις του Τάσιου. Τα κτίρια μας αποτελούνται από άοπλη αργολιθοδομή. Όσον αφορά τη θλιπτική αντοχή του κονιάματος και των λιθοσωμάτων, που δομούν την τοιχοποιία, επιλέγονται οι τιμές 1.5 και 77MPa αντιστοίχως.[2],[3]

- **Προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής τοιχοποιίας**

Για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής πρέπει αρχικά να υπολογιστεί ο συντελεστής ξ από την εξίσωση:

$$\xi = \frac{1}{1+3.5(K-K_0)} = \frac{1}{1+3.5(0.3-0.1)} = 0.588 \quad (1)$$

όπου επιλέχθηκε $K=0.3$ και για ημιλαξευτούς λίθους $K_0=0.1$

Η θλιπτική αντοχή υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$f_{wc} = \xi \left(\left(\frac{2}{3} \sqrt{f_{bc}} - \alpha \right) + \beta * f_{mc} \right) = 0.588 \left(\left(\frac{2}{3} \sqrt{77} - 1.5 \right) + 0.5 * 1.5 \right) \rightarrow f_{wc} = 3 \text{MPa} \quad (2)$$

όπου επιλέχθηκαν οι τιμές $\alpha=1.5$ για ημιλαξευτούς λίθους και $\beta=0.5$ για λιθοδομή

- **Προσδιορισμός μέτρου ελαστικότητας (E)**

Το μέτρο ελαστικότητας προσδιορίζεται θεωρώντας $\alpha=800$ από την εξίσωση:

$$E = \alpha * f_{wc} = 800 * 3 = 2400 \text{MPa} \quad (3)$$

- **Προσδιορισμός λόγου Poisson (ν)**

Ο λόγος Poisson υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\nu = 0.5 - 0.1 \sqrt[4]{3} = 0.5 - 0.1 \sqrt[4]{3} = 0.37 \quad (4)$$

- **Προσδιορισμός μέτρου διάτμησης (G)**

Το μέτρο διάτμησης προσδιορίζεται σαν συνάρτηση του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson από την εξίσωση:

$$G = E/2[(1+\nu)] = 2400/[2(1+0.37)] = 875.91 \text{MPa} \quad (5)$$

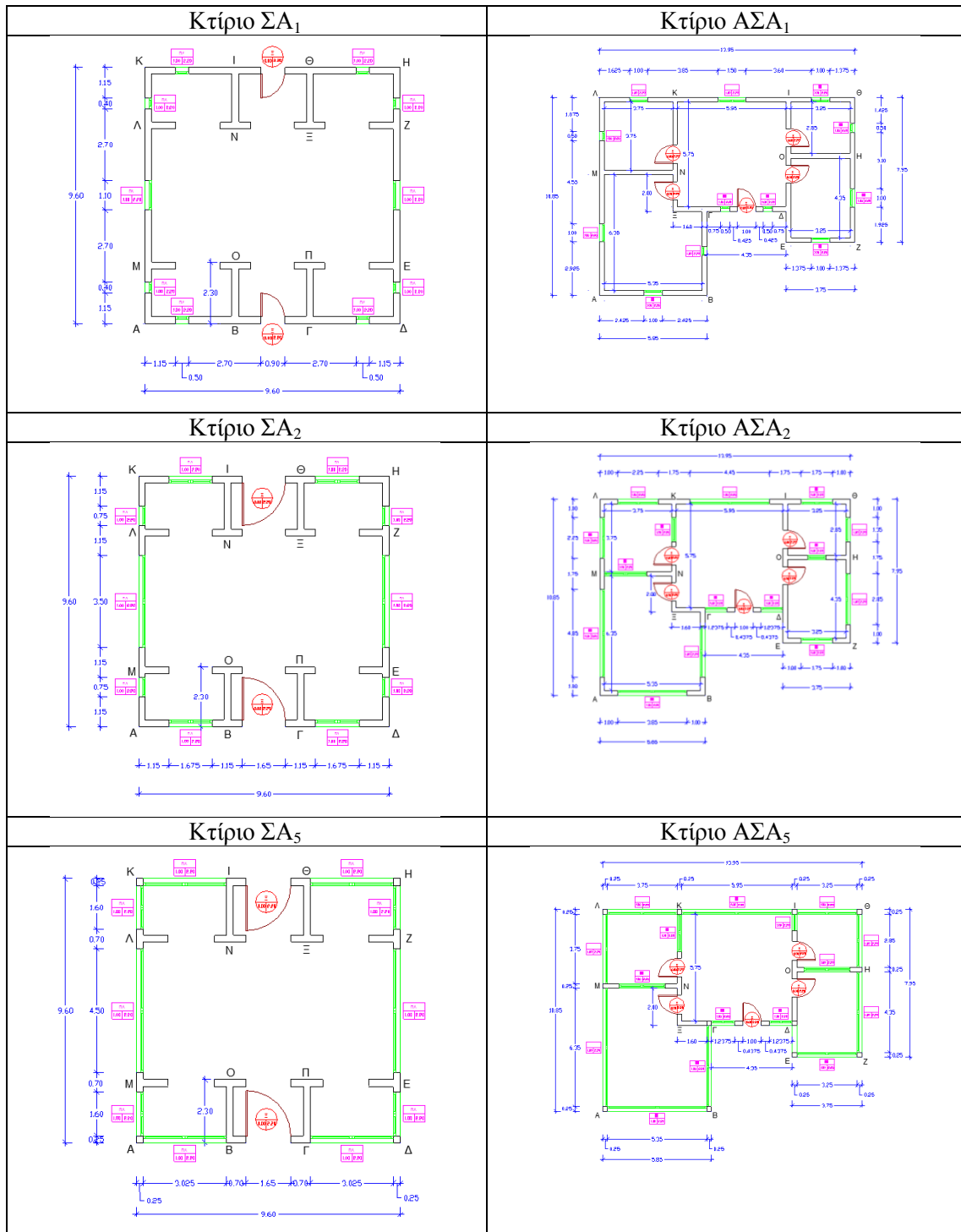
2.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Για να γίνει η ανάλυση και ο προσδιορισμός της απόκρισης των κτιρίων είναι απαραίτητη προϋπόθεση να αποτυπωθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους όπως οι θέσεις και τα πάχη των εσωτερικών και εξωτερικών φερόντων τοίχων και η ακριβής θέση και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων.

Ο σχεδιασμός των κατόψεων των υπό μελέτη κτιρίων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος autocad. Όπως προαναφέρθηκε επιλέχθηκε να εξεταστούν συμμετρικά και ασύμμετρα κτίρια με διαφορετική τιμή του δείκτη ανοιγμάτων φερόντων τοίχων (R_2). Οι διαστάσεις των εσωτερικών και εξωτερικών φερόντων τοίχων είναι κοινές για τα συμμετρικά κτίρια, ομοίως και για τα ασύμμετρα, τα οποία διαφοροποιούνται ως προς το μέγεθος των ανοιγμάτων, καθώς έχουν διαφορετική τιμή του δείκτη α . Στα ιδεατά

συμμετρικά κτίρια η διάταξη των φερόντων τοίχων και ανοιγμάτων είναι συμμετρική και στις δύο διευθύνσεις σε αντίθεση με τα ασύμμετρα ιδεατά κτίρια όπου η διάταξη των φερόντων τοίχων και ανοιγμάτων δεν παρουσιάζει συμμετρία. Επίσης, η κάτοψη των ορόφων είναι ίδια με την κάτοψη του ισογείου για όλα τα κτίρια. Και στις δύο κατηγορίες κτιρίων το πάχος τοιχοποιίας που χρησιμοποιήθηκε είναι 0.25 m. Το τυπικό ύψος ορόφου θεωρήθηκε 3.20 m, η ποδιά των ανοιγμάτων 1.00 m και το πρέκι αυτών 2.20 m.

ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΩΝ



Σχήμα 1: Κατόψεις κτιρίων

2.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΟΡΤΙΩΝ

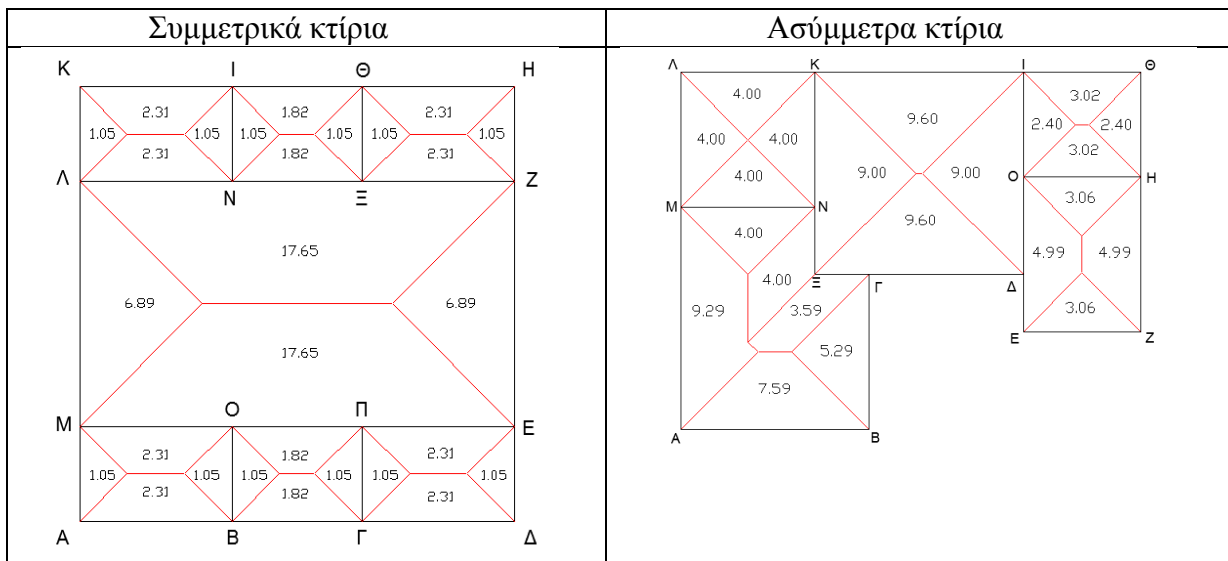
Τα κτίρια καταπονούνται από δύο ειδών φορτία, τα μόνιμα και τα κινητά.

Μόνιμα φορτία (G): Αποτελούνται από το ίδιο βάρος της κατασκευής και το φορτίο των επικαλύψεων των δαπέδων. Το ίδιο βάρος της κατασκευής υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω του ειδικού βάρους της τοιχοποιίας γ ($\gamma=24 \text{ kN/m}^3$) καθώς έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της. Το φορτίο των επικαλύψεων επιλέχθηκε 2 kN/m^2 .

Κινητά φορτία (Q): Τα κινητά φορτία της κατασκευής θεωρήθηκαν ίσα με 2 kN/m^2 .

Η κατανομή των φορτίων στους φέροντες τοίχους των κατασκευών έγινε σύμφωνα με τις επιφάνειες επιρροής (m^2). Συγκεκριμένα υπολογίζεται το εμβαδόν επιρροής που αντιστοιχεί σε κάθε τοίχο και διαιρείται με το μήκος του τοίχου.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ



Σχήμα 2: Επιφάνειες επιρροής κτιρίων

2.4 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Κατά την προσομοίωση :

- ✓ Η στήριξη των κτιρίων στη στάθμη θεμελίωσης θεωρήθηκε αρθρωτή.
- ✓ Επιλέχθηκε θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας $f_{wc}=3\text{MPa}$ και ειδικό βάρος $\gamma=24 \text{ kN/m}^3$.
- ✓ Για τον υπολογισμό του μέτρου ελαστικότητας E της τοιχοποιίας επιλέχθηκε συντελεστής $\alpha=800$.
- ✓ Η προσομοίωση των τοίχων έγινε με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία 6 βαθμών ελευθερίας τύπου κελύφους (shell elements) με μέγεθος $0.50 \times 0.50 \text{m}$.
- ✓ Δεν πραγματοποιήθηκε προσομοίωση των πατωμάτων. Για τη μεταβίβαση των φορτίων τους στους φέροντες τοίχους χρησιμοποιήθηκαν γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία τύπου δοκού (frame elements) με διαστάσεις $0.15 \times 0.15 \text{m}$ στις στάθμες των ορόφων. Τα πατώματα θεωρήθηκαν πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος με $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$.
- ✓ Η διαφραγματική λειτουργία των πατωμάτων ορίστηκε μέσω κατάλληλης δέσμωσης των κόμβων στη στάθμη κάθε ορόφου.
- ✓ Ο ορισμός του φάσματος έγινε σύμφωνα με τον Eurocode 8-2004 όπου :
 - Ο τύπος εδάφους είναι B.
 - Ο συντελεστής συμπεριφοράς $q=1.50$.
 - Η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας είναι τύπου II.
 - Η επιτάχυνση του εδάφους είναι 0.24 .

- Ο συντελεστής θεμελίωσης είναι 1.2.
- ✓ Ορίστηκαν οι εξής συνδυασμοί φόρτισης : $G+0.3Q \pm E_x \pm 0.3E_y$ (Σεισμός X) και $G+0.3Q \pm E_y \pm 0.3E_x$ (Σεισμός Y).
- ✓ Η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής προκύπτει από το συνδυασμό $G+0.3Q$ για τα κατακόρυφα φορτία.
- ✓ Τα φορτία που εισήχθησαν στο πρόγραμμα είναι τα εξής:
 - Μόνιμα φορτία : ίδιο βάρος πλάκας $G_{\text{ΠΛΑΚΑΣ}} = \gamma_{\text{σκυρ}} \cdot h_f = 25 \cdot 0.15 = 3.75 \text{ kN/m}^2$ και ίδιο βάρος δαπέδων 2 kN/m^2 .
 - Κινητά φορτία : για εσωτερικούς χώρους 2 kN/m^2 .

2.5 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ (R) ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Κατά τον υπολογισμό της σεισμικής αντίστασης κτιρίου (R) της μεθόδου ΟΑΣΠ :

- ✓ Κατά τον υπολογισμό του δείκτη διατμητικής αντίστασης ισογείου (R_1) θεωρήθηκε καλή πλοκή λιθοσωμάτων και όχι σοβαρή αποσάθρωση του κονιάματος, άρα ο μειωτικός συντελεστής $\lambda_m = 1$. Επίσης επιλέχθηκε ασβεστοκονίαμα ως τύπος κονιάματος δόμησης, άρα ο συντελεστής τύπου φέρουσας τοιχοποιίας m προέκυψε ίσος με : $m = 0.5$.
- ✓ Θεωρήθηκε απουσία διαζωμάτων άρα ο δείκτης διαζωμάτων (R_3) πάρθηκε ίσος με 0.5.
- ✓ Κατά τον υπολογισμό του δείκτη ανοιγμάτων κοντά σε γωνίες (R_5), στις περιπτώσεις πεσσών με μήκος $< 1\text{m}$ σε εξέχουσες γωνίες, το μήκος πεσσών πάρθηκε από την εξωτερική πλευρά του τοίχου.
- ✓ Θεωρήθηκε απουσία βλαβών στην τοιχοποιία, άρα ο δείκτης παθολογίας φερουσών τοιχοποιιών (R_6) πάρθηκε ίσος με 1.
- ✓ Θεωρήθηκε επαρκής σύνδεση σε όλες τις διασταυρώσεις μεταξύ εγκάρσιων τοίχων άρα ο δείκτης σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων (R_7) πάρθηκε ίσος με 1.

2.6 ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ(Σ)					ΑΣΥΜΜΕΤΡΑ(ΑΣ)						
ΚΤΙΡΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΘΑΛΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	ΟΡΟΦΟΣ	ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	α	ΚΤΙΡΙΑ	ΠΑΧΟΣ	ΘΑΛΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	ΟΡΟΦΟΣ	ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	α
ΣΑ	0.25m	3MPa	ΣΑ1	ΧΩΡΙΣ	0.2	ΑΣΑ	0.25m	3MPa	ΑΣΑ1	ΧΩΡΙΣ	0.2
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΑ2	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΑ2	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΑ5	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΑ5	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	
ΣΒ	0.25m	3MPa	ΣΒ1	ΧΩΡΙΣ	0.52	ΑΣΒ	0.25m	3MPa	ΑΣΒ1	ΧΩΡΙΣ	0.52
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΒ2	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΒ2	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΒ5	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΒ5	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	
ΣΓ	0.25m	3MPa	ΣΓ1	ΧΩΡΙΣ	0.8	ΑΣΓ	0.25m	3MPa	ΑΣΓ1	ΧΩΡΙΣ	0.8
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΓ2	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΓ2	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	
			ΣΓ5	ΧΩΡΙΣ					ΑΣΓ5	ΧΩΡΙΣ	
				ΜΕ						ΜΕ	

Πίνακας 1: Πίνακας κτιρίων

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Τα υπό μελέτη κτίρια αναλύονται για τους σεισμικούς συνδυασμούς $G+0.3Q \pm E_x \pm 0.3E_y$ (Σεισμός X) και $G+0.3Q \pm 0.3E_x \pm E_y$ (Σεισμός Y) παρουσία και απουσία διαφράγματος. Οι πραγματικές μετατοπίσεις των κατασκευών προσδιορίστηκαν με πολλαπλασιασμό των μετακινήσεων που προέκυψαν από τις αναλύσεις του προγράμματος με το συντελεστή

συμπεριφοράς $\eta = 1.5$. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

$\alpha=0.2$	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	μα	μα	μα	μα			μα	μα	μα	μα		
ΣΑ1	11.85	0.45	3.30	0.45	26.33	7.33	1.20	0.45	1.05	0.45	2.67	2.33
ΣΑ2	10.65	1.50	4.35	1.35	7.10	3.22	3.00	1.50	3.45	1.35	2.00	2.56
	26.10	2.55	11.70	2.40	10.24	4.88	5.10	2.55	8.40	2.40	2.00	3.50
ΣΑ5	12.00	4.65	6.45	4.35	2.58	1.48	7.05	4.65	6.15	4.35	1.52	1.41
	24.45	10.65	18.45	10.05	2.30	1.84	15.60	10.65	17.55	10.05	1.46	1.75
	36.60	16.50	33.75	15.90	2.22	2.12	23.85	16.50	32.10	15.90	1.45	2.02
	47.55	21.75	50.40	21.30	2.19	2.37	31.05	21.75	47.70	21.30	1.43	2.24
	63.90	25.80	69.00	25.50	2.48	2.71	36.60	25.80	63.75	25.50	1.42	2.50

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης συμμετρικών κτιρίων με $\alpha=0.2$

$\alpha=0.52$	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	μα	μα	μα	μα			μα	μα	μα	μα		
ΣΒ1	12.00	0.75	3.45	0.60	16.00	5.75	1.20	0.75	1.05	0.60	1.60	1.75
ΣΒ2	11.25	2.40	4.65	2.25	4.69	2.07	3.00	2.40	3.90	2.25	1.25	1.73
	27.30	4.20	12.60	4.65	6.50	2.71	5.10	4.20	9.45	4.65	1.21	2.03
ΣΒ5	12.00	6.75	7.80	6.75	1.78	1.16	8.85	6.75	7.65	6.75	1.31	1.13
	26.70	15.45	23.40	16.95	1.73	1.38	19.80	15.45	22.65	16.95	1.28	1.34
	40.65	24.00	43.05	27.75	1.69	1.55	30.45	24.00	41.55	27.75	1.27	1.50
	52.80	31.50	64.20	37.50	1.68	1.71	39.60	31.50	61.80	37.50	1.26	1.65
	69.90	37.05	87.00	45.60	1.89	1.91	46.65	37.05	82.50	45.60	1.26	1.81

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ανάλυσης συμμετρικών κτιρίων με $\alpha=0.52$

$\alpha=0.8$	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός X (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Y (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	μα	μα	μα	μα			μα	μα	μα	μα		
ΣΓ1	12.45	1.35	4.65	1.20	9.22	3.88	1.50	1.35	1.50	1.20	1.11	1.25
ΣΓ2	11.55	4.05	5.85	3.90	2.85	1.50	3.60	4.05	4.20	3.90	0.89	1.08
	31.20	7.20	13.95	8.55	4.33	1.63	6.45	7.20	10.50	8.55	0.90	1.23
ΣΓ5	14.55	10.80	9.15	10.35	1.35	0.88	12.15	10.80	9.30	10.35	1.13	0.90
	32.85	25.35	27.75	27.15	1.30	1.02	28.05	25.35	27.45	27.15	1.11	1.01
	50.25	39.60	51.00	45.45	1.27	1.12	43.35	39.60	50.25	45.45	1.09	1.11
	65.10	52.05	76.20	62.25	1.25	1.22	56.40	52.05	74.70	62.25	1.08	1.20
	83.40	61.20	102.60	76.65	1.36	1.34	66.90	61.20	99.15	76.65	1.09	1.29

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ανάλυσης συμμετρικών κτιρίων με $\alpha=0.8$

ΑΣΥΜΜΕΤΡΑ ΚΤΙΡΙΑ

α=0.2	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	ΑΣΑ1	18.90	0.30	16.35			0.30	63.00	54.50	0.45		
ΑΣΑ2	12.30	1.50	11.85	1.50	8.20	7.90	1.20	1.50	2.40	1.50	0.80	1.60
	29.85	2.55	29.25	2.70	11.71	10.83	2.25	2.55	4.65	2.70	0.88	1.72
ΑΣΑ5	13.95	4.80	14.40	5.10	2.91	2.82	5.10	4.80	7.05	5.10	1.06	1.38
	27.00	10.95	30.30	11.70	2.47	2.59	11.55	10.95	16.20	11.70	1.05	1.38
	41.25	17.10	45.90	18.60	2.41	2.47	19.35	17.10	25.80	18.60	1.13	1.39
	59.70	22.35	62.25	24.75	2.67	2.52	27.15	22.35	34.50	24.75	1.21	1.39
	95.40	26.25	94.35	29.70	3.63	3.18	34.50	26.25	42.00	29.70	1.31	1.41

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ανάλυσης ασύμμετρων κτιρίων με α=0.2

α=0.52	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	ΑΣΒ1	24.00	0.90	19.50			1.05	26.67	18.57	1.05		
ΑΣΒ2	17.10	3.15	13.65	3.60	5.43	3.79	2.55	3.15	4.05	3.60	0.81	1.13
	36.45	5.85	36.00	6.45	6.23	5.58	5.70	5.85	7.80	6.45	0.97	1.21
ΑΣΒ5	19.80	8.70	16.05	9.45	2.28	1.70	11.40	8.70	13.65	9.45	1.31	1.44
	41.25	20.10	35.25	21.60	2.05	1.63	27.00	20.10	30.30	21.60	1.34	1.40
	65.85	31.20	53.70	33.60	2.11	1.60	44.10	31.20	46.20	33.60	1.41	1.38
	92.55	40.95	70.20	44.10	2.26	1.59	60.45	40.95	59.40	44.10	1.48	1.35
	145.35	48.15	101.40	52.20	3.02	1.94	75.45	48.15	69.60	52.20	1.57	1.33

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ανάλυσης ασύμμετρων κτιρίων με α=0.52

α=0.8	Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εκτός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ	Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Χ (mm)		Εντός επιπέδου Μετατοπίσεις Σεισμός Υ (mm)		Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Χ	Βαθμός επιρροής διαφράγματος (εδ), Σεισμός Υ
	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα			Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα	Χωρίς Διάφραγμα	Με Διάφραγμα		
	ΑΣΓ1	45.90	4.35	37.95			6.30	10.55	6.02	17.85		
ΑΣΓ2	41.10	10.65	36.90	14.40	3.86	2.56	39.45	10.65	25.20	14.40	3.70	1.75
	89.70	18.30	83.25	23.40	4.90	3.56	65.40	18.30	41.85	23.40	3.57	1.79
ΑΣΓ5	43.05	23.70	34.35	22.20	1.82	1.55	42.90	23.70	32.85	22.20	1.81	1.48
	84.90	50.55	66.30	50.40	1.68	1.32	85.20	50.55	65.25	50.40	1.69	1.29
	124.50	74.55	94.35	78.90	1.67	1.20	124.80	74.55	95.70	78.90	1.67	1.21
	159.60	93.60	121.20	104.25	1.71	1.16	159.75	93.60	122.85	104.25	1.71	1.18
	187.20	106.05	146.10	124.65	1.77	1.17	188.40	106.05	143.85	124.65	1.78	1.15

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ανάλυσης ασύμμετρων κτιρίων με α=0.8

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΠΛΗΘΟΥΣ ΟΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Για τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- ✓ Και για τις δύο κατηγορίες κτιρίων που εξετάστηκαν, συμμετρικά και ασύμμετρα κτίρια, με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων αυξάνονται οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις των κτιρίων και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης, συνεπώς και οι γωνιακές παραμορφώσεις.
- ✓ Οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις επηρεάζονται σημαντικά από την ύπαρξη διαφράγματος και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Η επιρροή του διαφράγματος είναι λίγο μεγαλύτερη για σεισμό στη διεύθυνση x. Όσον αφορά τα συμμετρικά κτίρια ο μέγιστος

βαθμός επιρροής διαφράγματος προέκυψε για το μονώροφο κτίριο ΣA_1 με τιμή 26.33 για σεισμό x ενώ στα ασύμμετρα κτίρια προέκυψε για το μονώροφο κτίριο $A\Sigma A_1$ με τιμή 63 επίσης για σεισμό στη διεύθυνση x .

- ✓ Με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων μειώνεται ο συντελεστής εδ. Συγκεκριμένα στο συμμετρικό μονώροφο κτίριο ΣA_1 ο συντελεστής εδ έχει μέγιστη τιμή 26.33, 16, 9.22 για $\alpha=0.2$ (μικρά ανοίγματα), για $\alpha=0.52$ (μεσαία ανοίγματα) και $\alpha=0.8$ (μεγάλα ανοίγματα) αντιστοίχως. Στο ασύμμετρο μονώροφο κτίριο $A\Sigma A_1$ ο συντελεστής εδ έχει μέγιστη τιμή 63, 26.67, 10.55 για $\alpha=0.2$ (μικρά ανοίγματα), για $\alpha=0.52$ (μεσαία ανοίγματα) και $\alpha=0.8$ (μεγάλα ανοίγματα) αντιστοίχως. Άρα με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων η επιρροή του διαφράγματος είναι λιγότερο ευεργετική ανεξάρτητα από το αν το κτίριο είναι συμμετρικό ή ασύμμετρο.
- ✓ Όσο αυξάνεται το ύψος των κτιρίων η επιρροή του διαφράγματος μειώνεται και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Συνεπώς σε κτίρια με μικρό ύψος η ύπαρξη διαφράγματος είναι περισσότερο ευεργετική.
- ✓ Με την αύξηση του πλήθους των ορόφων αυξάνονται οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις της κορυφής των κτιρίων και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις μετακινήσεις των μονώροφων κτιρίων με τις μετακινήσεις της κορυφής των διώροφων και πενταώροφων οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις προέκυψαν από 2.2 έως 7.8 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 5.4 έως 76 για τα πενταώροφα για τα συμμετρικά κτίρια. Για τα ασύμμετρα κτίρια προέκυψαν από 1.5 έως 8.5 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 3.8 έως 99 για τα πενταώροφα. Επίσης παρατηρείται ότι με την αύξηση του ύψους των κτιρίων για τον ίδιο όροφο αυξάνονται οι μετατοπίσεις με εξαίρεση τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις για σεισμό x για τα συμμετρικά κτίρια και τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις για σεισμό x και y για τα ασύμμετρα κτίρια χωρίς διάφραγμα. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις μετακινήσεις των μονώροφων κτιρίων με τις μετακινήσεις του πρώτου ορόφου των διώροφων και πενταώροφων κτιρίων οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις προέκυψαν από 1.3 έως 3.8 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 2 έως 11.3 για τα πενταώροφα για τα συμμετρικά κτίρια. Για τα ασύμμετρα κτίρια προέκυψαν από 2.3 έως 5 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 3.5 έως 17 για τα πενταώροφα.

Για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- ✓ Και για τις δύο κατηγορίες κτιρίων που εξετάστηκαν, συμμετρικά και ασύμμετρα κτίρια, με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων αυξάνονται οι εντός επιπέδου μετακινήσεις των κτιρίων και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης, συνεπώς και οι γωνιακές παραμορφώσεις.
- ✓ Η επιρροή του διαφράγματος για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις είναι μικρότερη από τις εκτός και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Ενδεικτικά στο μονώροφο κτίριο για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις η τιμή του συντελεστή εδ είναι από 3.1 έως 10 φορές μικρότερη από τις εκτός επιπέδου για τα συμμετρικά κτίρια και από 2.6 έως 42 για τα ασύμμετρα κτίρια.
- ✓ Με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων μειώνεται ο συντελεστής εδ για τα συμμετρικά κτίρια. Συγκεκριμένα στο συμμετρικό μονώροφο κτίριο ΣA_1 ο συντελεστής εδ έχει μέγιστη τιμή 2.67, 1.75, 1.25 για $\alpha=0.2$ (μικρά ανοίγματα), για $\alpha=0.52$ (μεσαία ανοίγματα) και $\alpha=0.8$ (μεγάλα ανοίγματα) αντιστοίχως. Στο ασύμμετρο μονώροφο κτίριο $A\Sigma A_1$ ο συντελεστής εδ έχει μέγιστη τιμή 2, 1.43, 4.1 για $\alpha=0.2$ (μικρά ανοίγματα), για $\alpha=0.52$ (μεσαία ανοίγματα) και $\alpha=0.8$ (μεγάλα ανοίγματα) αντιστοίχως. Άρα με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων η επιρροή του διαφράγματος είναι λιγότερο ευεργετική στα συμμετρικά κτίρια όχι όμως και στα ασύμμετρα.
- ✓ Με την αύξηση του ύψους των κτιρίων δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή του συντελεστή εδ, συνεπώς για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις η επιρροή του

διαφράγματος είναι ανεξάρτητη από το ύψος των κτιρίων.

- ✓ Με την αύξηση του πλήθους των ορόφων αυξάνονται οι εντός επιπέδου μετακινήσεις της κορυφής των κτιρίων και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις μετακινήσεις των μονώροφων κτιρίων με τις μετακινήσεις της κορυφής των διώροφων και πενταώροφων οι εντός επιπέδου μετακινήσεις προέκυψαν από 4.3 έως 9 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 30.5 έως 78.6 για τα πενταώροφα για τα συμμετρικά κτίρια. Για τα ασύμμετρα κτίρια προέκυψαν από 3.7 έως 9 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 10.6 έως 99 για τα πενταώροφα. Επίσης παρατηρείται ότι με την αύξηση του ύψους των κτιρίων για τον ίδιο όροφο αυξάνονται οι μετατοπίσεις. Συγκεκριμένα, συγκρίνοντας τις μετακινήσεις των μονώροφων κτιρίων με τις μετακινήσεις του πρώτου ορόφου των διώροφων και πενταώροφων κτιρίων οι εντός επιπέδου μετακινήσεις προέκυψαν από 2.4 έως 3.8 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 5.9 έως 11.3 για τα πενταώροφα για τα συμμετρικά κτίρια. Για τα ασύμμετρα κτίρια προέκυψαν από 2.2 έως 5 φορές μεγαλύτερες για τα διώροφα κτίρια και από 2.4 έως 17 για τα πενταώροφα.

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ(R)

Οι δείκτες σεισμικής αντίστασης R των κτιρίων υπολογίστηκαν με βάση τους τύπους του δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου και δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και σύμφωνα με τους υπολογισμούς ο δείκτης κανονικότητας της κάτοψης ισογείου (R_0) για τα ασύμμετρα κτίρια προέκυψε ίσος με 1 (κανονική κάτοψη), θεωρήθηκε ίσος με 0.5 (μη κανονική κάτοψη) λόγω ασυμμετρίας του κτιρίου.[1]

ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Όροφος	Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου ΣΑ		Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου ΣΒ		Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου ΣΓ	
	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα
1 όροφος	0.595	0.615	0.5445	0.5645	0.3515	0.3715
2 όροφοι	0.555	0.575	0.5145	0.5345	0.3375	0.3575
5 όροφοι	0.531	0.551	0.4965	0.5165	0.3275	0.3475

Πίνακας 8: Δείκτης R συμμετρικών κτιρίων

ΑΣΥΜΜΕΤΡΑ ΚΤΙΡΙΑ

Όροφος	Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου		Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου		Εκτιμήτρια Σεισμικής Αντίστασης (R) κτιρίου	
	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα	χωρίς διάφραγμα	με διάφραγμα
1 όροφος	0.595	0.615	0.5445	0.5645	0.3515	0.3715
2 όροφοι	0.555	0.575	0.5145	0.5345	0.3375	0.3575
5 όροφοι	0.531	0.551	0.4965	0.5165	0.3275	0.3475

Πίνακας 9: Δείκτης R ασύμμετρων κτιρίων

Από τους πίνακες 8 και 9 παρατηρείται ότι:

- ✓ Με την αύξηση του πλήθους των ορόφων μειώνονται οι δείκτες σεισμικής αντίστασης (R). Άρα κτίρια με μεγαλύτερο πλήθος ορόφων είναι δυσμενέστερα παρουσία σεισμικής δράσης.
- ✓ Παρουσία διαφράγματος οι δείκτες σεισμικής αντίστασης (R) είναι μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους απουσία διαφράγματος. Συνεπώς η συμβολή του διαφράγματος είναι

ευεργετική στην απόκριση των κτιρίων.

- ✓ Οι δείκτες σεισμικής αντίστασης (R) των κτιρίων Γ είναι μικρότεροι από τους αντίστοιχους των κτιρίων Α και Β. Άρα τα κτίρια με μεγαλύτερο μέγεθος ανοιγμάτων είναι δυσμενέστερα παρουσία σεισμικής δράσης.

6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΟΥ ΟΑΣΠ

Για να γίνει έλεγχος της αξιοπιστίας της προσεγγιστικής μεθόδου του ΟΑΣΠ επιλέχθηκε να γίνει σύγκριση της σεισμικής αντίστασης (R) των υπό μελέτη κτιρίων με το αντίστροφο της μέγιστης γωνιακής παραμόρφωσης (γ) που προκύπτει από τις σχετικές μετακινήσεις των ορόφων των κτιρίων σύμφωνα με τον εξής τύπο:

$$\text{Γωνιακή παραμόρφωση} = \frac{u_{\text{κορυφής ορόφου}} - u_{\text{βάσης ορόφου}}}{h} \quad (6)$$

Όπου:

h: τυπικό ύψος ορόφου

u κορυφής ορόφου: η μετακίνηση στην κορυφή του κρίσιμου τοίχου ανά όροφο

u βάσης ορόφου: η μετακίνηση στη βάση του κρίσιμου τοίχου ανά όροφο

Λαμβάνονται οι μέγιστες γωνιακές παραμορφώσεις που προκύπτουν και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης διότι η τιμή της εκτιμήτριας R που προκύπτει με τη μέθοδο του ΟΑΣΠ αφορά κάθε όροφο του κτιρίου και δε λαμβάνει υπόψη τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης. Ακόμη, για κάθε κτίριο υπολογίζονται ξεχωριστά οι λόγοι $1/\gamma$ στην περίπτωση ύπαρξης ή όχι διαφράγματος. Η σύγκριση της σεισμικής αντίστασης (R) με το λόγο $1/\gamma$ έγινε για τις εκτός επιπέδου γωνιακές παραμορφώσεις καθώς ήταν οι μέγιστες.

Στους πίνακες 10 και 11 δίνονται οι μέγιστες γωνιακές παραμορφώσεις (γ) και ο λόγος $1/\gamma$ για το μονώροφο, διώροφο και πεντάωροφο κτίριο για τις τρεις διαφορετικές τιμές του λόγου α για τα κτίρια χωρίς διαφραγματική λειτουργία και τα κτίρια παρουσία διαφραγματικής λειτουργίας:

ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

α	ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ						ΜΕ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ					
	1 όροφος		2 όροφοι		5 όροφοι		1 όροφος		2 όροφοι		5 όροφοι	
	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ
0.2	3.703	0.270	4.828	0.207	5.813	0.172	0.141	7.092	0.469	2.132	1.875	0.533
0.52	3.750	0.267	5.016	0.199	7.125	0.140	0.234	4.274	0.750	1.333	3.375	0.296
0.8	3.891	0.257	6.141	0.163	8.250	0.121	0.422	2.370	1.453	0.688	5.719	0.175

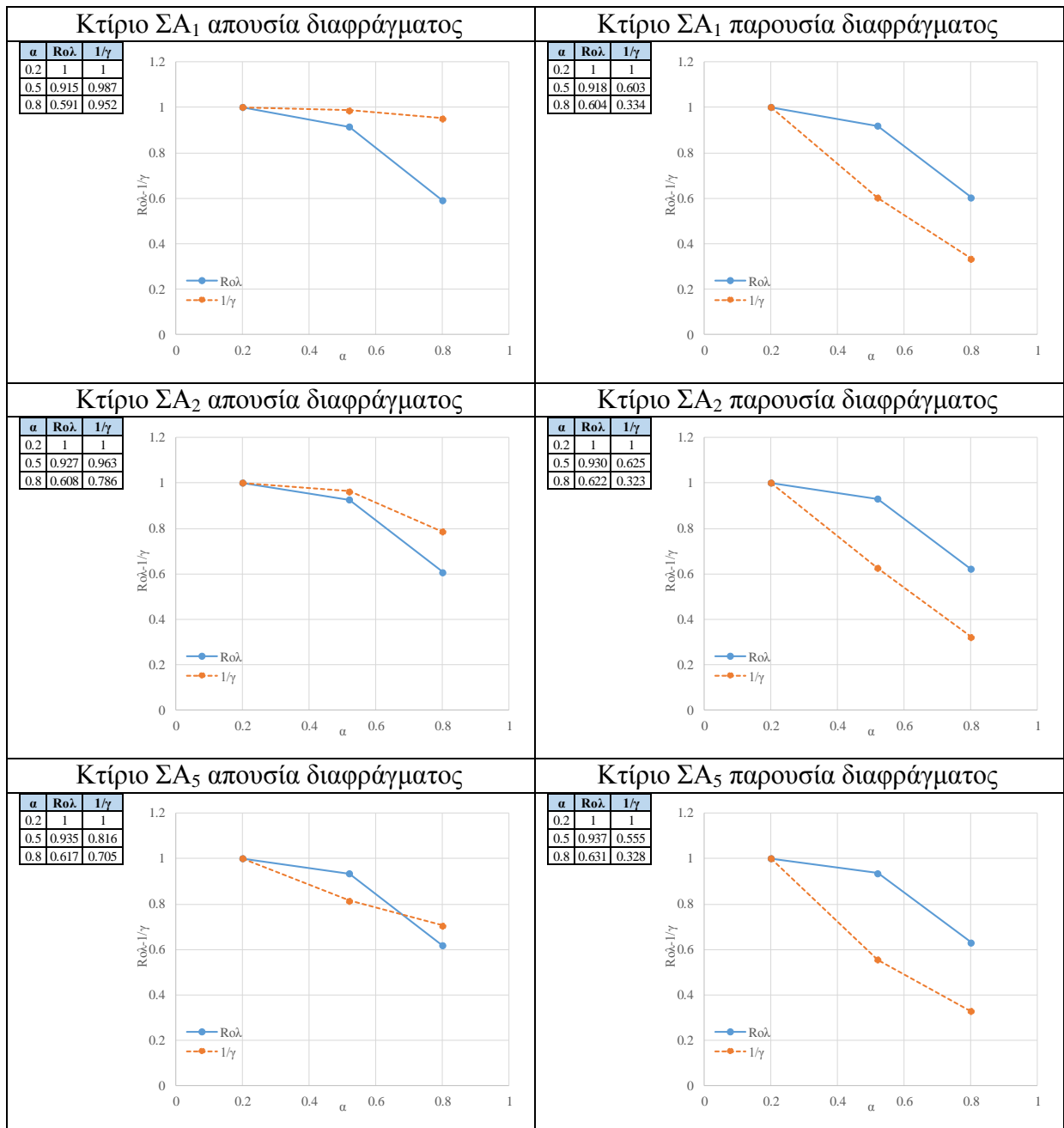
Πίνακας 10: Υπολογισμός $1/\gamma$ συμμετρικών κτιρίων

ΑΣΥΜΜΕΤΡΑ ΚΤΙΡΙΑ

α	ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ						ΜΕ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ					
	1 όροφος		2 όροφοι		5 όροφοι		1 όροφος		2 όροφοι		5 όροφοι	
	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ	max γ	1/ γ
0.2	5.906	0.169	5.484	0.182	11.156	0.090	0.094	10.638	0.469	2.132	2.156	0.464
0.52	7.500	0.133	6.984	0.143	16.500	0.061	0.328	3.049	1.125	0.889	3.797	0.263
0.8	14.344	0.070	15.188	0.066	13.453	0.074	1.969	0.508	4.500	0.222	8.906	0.112

Πίνακας 11: Υπολογισμός $1/\gamma$ ασύμμετρων κτιρίων

Για ορθότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων, έγινε κανονικοποίηση των R και $1/\gamma$ στη μονάδα. Στα σχήματα που ακολουθούν δίνονται οι κανονικοποιημένες τιμές των R και $1/\gamma$ και τα διαγράμματα αυτών για τις τρεις διαφορετικές τιμές του λόγου α απουσία και παρουσία διαφράγματος.

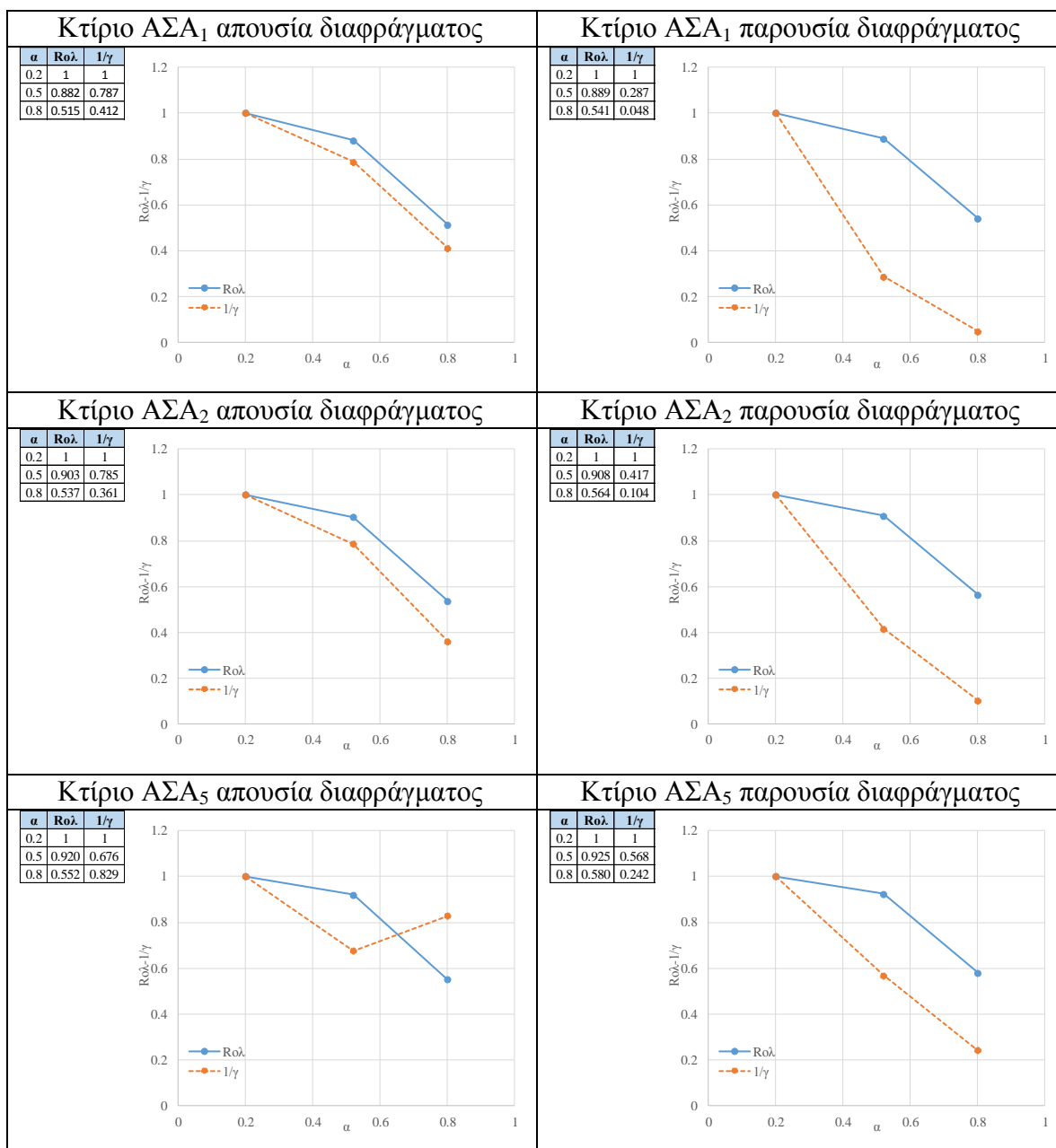


Σχήμα 3: Σύγκριση R και 1/γ συμμετρικών κτιρίων

Από το σχήμα 3 για τα κτίρια χωρίς διάφραγμα προκύπτει ότι για $\alpha=0.8$ η απόκλιση της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης είναι 36.1%, 17.8% και 8.8% για το μονώροφο, διώροφο και πεντάροφο κτίριο αντιστοίχως. Η αντιστοιχη απόκλιση για $\alpha=0.52$ είναι 7.2%, 3.6% και 11.9%. Συγκρίνοντας την απόκλιση του R και του $1/\gamma$ του μονώροφου κτιρίου με το διώροφο και πεντάροφο διαπιστώνεται πως για $\alpha=0.8$ είναι 2 και 4.1 φορές μεγαλύτερη αντίστοιχα ενώ για $\alpha=0.52$ είναι 2 φορές μεγαλύτερη από το διώροφο και 1.65 φορές μικρότερη από το πεντάροφο. Συμπεραίνεται λοιπόν πως σε συμμετρικά κτίρια με πολύ μεγάλα ανοίγματα ($\alpha=0.8$) με την αύξηση του πλήθους των ορόφων μειώνεται η διαφορά του R και του $1/\gamma$. Επίσης, παρατηρείται πως η

απόκλιση του R και $1/\gamma$ στο μονώροφο και δώροφο κτίριο για $\alpha=0.8$ είναι 5 και 4.9 φορές μεγαλύτερη από ότι για $\alpha=0.52$ σε αντίθεση με το πεντάροφο κτίριο που είναι 1.35 φορές μικρότερη.

Από το σχήμα 3 για τα κτίρια με διάφραγμα προκύπτει ότι για $\alpha=0.8$ η απόκλιση της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης είναι 27%,29.9% και 30.3% για το μονώροφο,δώροφο και πεντάροφο κτίριο αντιστοίχως. Η αντιστοιχη απόκλιση για $\alpha=0.52$ είναι 31.5%,30.5% και 38.2%. Άρα, συμπεραίνεται πως στα συμμετρικά κτίρια με διάφραγμα η διαφορά του R και του $1/\gamma$ είναι περίπου 30% ανεξάρτητα από το πλήθος των ορόφων και το μέγεθος των ανοιγμάτων.



Σχήμα 4: Σύγκριση R και $1/\gamma$ ασύμμετρων κτιρίων

Από το σχήμα 4 για τα κτίρια χωρίς διάφραγμα προκύπτει ότι για $\alpha=0.8$ η απόκλιση της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης είναι 10.3%,17.6% και 27.7% για το μονώροφο,διδώροφο και πεντάροφο κτίριο αντιστοίχως. Η

αντίστοιχη απόκλιση για $\alpha=0.52$ είναι 9.5%,11.8% και 24.4%. Συγκρίνοντας την απόκλιση του R και του $1/\gamma$ του μονώροφου κτιρίου με το διώροφο και πενταώροφο διαπιστώνεται πως για $\alpha=0.8$ είναι 1.7 και 2.7 φορές μικρότερη αντίστοιχα ενώ για $\alpha=0.52$ είναι 1.2 φορές μικρότερη από το διώροφο και 2.6 από το πενταώροφο. Συμπεραίνεται λοιπόν πως στα ασύμμετρα κτίρια χωρίς διάφραγμα η απόκλιση του R και $1/\gamma$ αυξάνεται τόσο με την αύξηση του πλήθους των ορόφων όσο και με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων.

Από το σχήμα 4 για τα κτίρια με διάφραγμα προκύπτει ότι για $\alpha=0.8$ η απόκλιση της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης είναι 49.3%,46% και 33.8% για το μονώροφο,διώροφο και πενταώροφο κτίριο αντίστοιχως. Η αντίστοιχη απόκλιση για $\alpha=0.52$ είναι 60.2%,49.1% και 35.7%. Συγκρίνοντας την απόκλιση του R και του $1/\gamma$ του μονώροφου κτιρίου με το διώροφο και πενταώροφο διαπιστώνεται πως για $\alpha=0.8$ είναι 1.1 και 1.5 φορές μεγαλύτερη αντίστοιχα ενώ για $\alpha=0.52$ είναι 1.2 φορές μεγαλύτερη από το διώροφο και 1.7 από το πενταώροφο. Συμπεραίνεται λοιπόν πως η απόκλιση του R και $1/\gamma$ μειώνεται με την αύξηση του πλήθους των ορόφων και για $\alpha=0.8$ και για $\alpha=0.52$. Επίσης, οι αποκλίσεις για $\alpha=0.52$ είναι μεγαλύτερες από αυτές για $\alpha=0.8$ σε όλα τα κτίρια. Άρα, με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων μεώνεται η διαφορά του R και του $1/\gamma$.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ R - $1/\gamma$

Από τον έλεγχο αξιοπιστίας της προσεγγιστικής μεθόδου του ΟΑΣΠ, με τη σύγκριση των δεικτών της εκτιμήτριας σεισμικής αντίστασης (R) με το αντίστροφο της γωνιακής παραμόρφωσης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Στα συμμετρικά κτίρια χωρίς διάφραγμα με πολύ μεγάλα ανοίγματα ($\alpha=0.8$) με την αύξηση του πλήθους των ορόφων μειώνεται η διαφορά του R και του $1/\gamma$. Για κτίρια με μεσαία ανοίγματα ($\alpha=0.52$) ενώ στο διώροφο κτίριο με την αύξηση του πλήθους των ορόφων η διαφορά μειώνεται,στο πενταώροφο αυξάνεται. Στα ασύμμετρα κτίρια χωρίς διάφραγμα η απόκλιση του R και $1/\gamma$ αυξάνεται τόσο με την αύξηση του πλήθους των ορόφων όσο και με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων.
- Στα συμμετρικά κτίρια με διάφραγμα η διαφορά του R και του $1/\gamma$ είναι περίπου 30% ανεξάρτητα από το πλήθος των ορόφων και το μέγεθος των ανοιγμάτων. Στα ασύμμετρα κτίρια τόσο με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων όσο και με την αύξηση του πλήθους των ορόφων μειώνεται η διαφορά του R και του $1/\gamma$.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΥ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το γεγονός ότι δεν εξετάστηκε μεγάλος αριθμός κτιρίων καθιστά δύσκολη την πρόταση λύσεων για τη βελτίωση των δεικτών της προσεγγιστικής μεθόδου του ΟΑΣΠ. Ωστόσο με βάση τα κτίρια που μελετήθηκαν παρατίθενται ορισμένες προτάσεις βελτίωσης της μεθόδου:

- ✓ Με την αύξηση του πλήθους των ορόφων οι δείκτες σεισμικής αντίστασης R μεταβάλλονται ελάχιστα σε αντίθεση με τις μετακινήσεις και συνεπώς τις γωνιακές παραμορφώσεις που προκύπτουν από την ανάλυση των κτιρίων. Άρα ο δείκτης διατμητικής αντίστασης (R_1) του δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου που λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των ορόφων θα πρέπει να αναθεωρηθεί και η επιρροή του πλήθους των ορόφων θα πρέπει να συμπεριληφθεί και σε άλλους δείκτες εκτός από τον δείκτη R_1 .
- ✓ Με πολλαπλασιασμό του δείκτη σεισμικής αντίστασης R με το συντελεστή 0.5 έχουμε μια πολύ καλή προσέγγιση του R με το $1/\gamma$ στα συμμετρικά κτίρια με διάφραγμα καθώς η διαφορά του R και του $1/\gamma$ είναι περίπου 30% ανεξάρτητα από το πλήθος των ορόφων και το μέγεθος των ανοιγμάτων και μια πιο ικανοποιητική προσέγγιση στα ασύμμετρα κτίρια με διάφραγμα.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ο.Α.Σ.Π (Δρίτσος Σ., Ιγνατάκης Χ., Παναγιωτοπούλου Δ., Σπηλιόπουλος Α.), Νοέμβριος 2012
- [2] Παπαλυμπέρη Κ. Αργυρή, “Επιρροή δομικών χαρακτηριστικών κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στο βαθμό της σεισμικής τους επάρκειας σύμφωνα με τον EC8 και την προσεγγιστική μέθοδο του ΟΑΣΠ”, Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πάτρα Μάρτιος 2015
- [3] Χουτόπουλος Γ. Πέτρος, “Επιρροή δομικών χαρακτηριστικών κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στην απόκρισή τους παρουσία σεισμικής έντασης”, Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πάτρα Μάρτιος 2015