



Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τεχνολογικής Εκπαίδευσης



Πτυχιακή Εργασία

Εκτίμηση της Θεμελιώδους Ιδιοπεριόδου Κτιρίων Ω.Σ. με Ακανονικότητες

Επιμέλεια : Μανιώτη Αθηνά
Μπλέτσα Κωνσταντίνα

Επιβλέπων : Ρεπαπής Κωνσταντίνος

Αθήνα, Δεκέμβριος 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή.....	19
---------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συστάσεις για τον Προσδιορισμό της Ιδιοπεριόδου των Κατασκευών.....	25
---	----

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....	27
------------------------------	----

2.2 Εθνικοί και Διεθνείς Κανονισμοί.....	29
--	----

2.3 Προτάσεις Ερευνητών.....	31
------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Προσομοίωση Τοιχοπληρωμένων Κατασκευών.....	35
---	----

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....	37
------------------------------	----

3.2 Μαθηματικά Προσομοιώματα της Τοιχοπλήρωσης.....	40
---	----

3.2.1 Προσομοίωμα μιας διαγώνιας ράβδου (Single-strut model).....	40
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχεδιασμός πλαισίων με τους Ευρωκώδικες και τον Παλαιό Κανονισμό του '59 – Αναλυτική Προσομοίωση για τον Υπολογισμό των Ιδιοπεριόδων.....	49
--	----

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία.....	51
------------------------------	----

4.2 Χαρακτηριστικά Ευρωκωδίκων.....	52
-------------------------------------	----

4.3 Χαρακτηριστικά Παλαιού Κανονισμού.....	53
--	----

4.4 Χαρακτηριστικά του Προγράμματος Fespa.....	55
--	----

4.4.1 Εισαγωγικά στοιχεία προγράμματος Fespa.....	55
---	----

4.4.2 Εισαγωγή δεδομένων.....	55
-------------------------------	----

4.4.3 Μοντελοποίηση και έλεγχος δεδομένων.....	55
--	----

4.4.4 Επίλυση.....	55
--------------------	----

4.4.5 Διαστασιολόγηση.....	56
----------------------------	----

4.4.6 Αποτελέσματα.....	56
-------------------------	----

4.5 Χαρακτηριστικά του Προγράμματος Seismostruct.....	56
---	----

4.5.1 Εισαγωγικά στοιχεία προγράμματος Seismostruct.....	56
--	----

4.5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης.....	57
----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αποτελέσματα.....	63
-------------------	----

5.1 Εισαγωγή.....	65
5.2 Επιρροή ύψους κτιρίου.....	65
5.3 Επιρροή μήκους ανοίγματος.....	77
5.4 Επιρροή τοιχοποιίας.....	83
5.5 Επιρροή εσοχής.....	84
5.6 Επιρροή κανονισμού.....	88
5.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων με την σχέση του Ευρωκώδικα.....	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συμπεράσματα.....	93
--------------------------	-----------

6.1 Εισαγωγή.....	95
6.2 Γενικά συμπεράσματα.....	95

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Αναφορές – Βιβλιογραφία.....	97
-------------------------------------	-----------

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τ.Τ υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή Κωνσταντίνου Ρεπαπή, τον οποίο ευχαριστούμε θερμά για την ουσιαστική καθοδήγησή του και την πολύτιμη βοήθειά του, καθώς μας παραχώρησε οτιδήποτε ήταν αναγκαίο για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής. Επίσης, ευχαριστούμε την εταιρία LH Λογισμική που μας παραχώρησε το στατικό πρόγραμμα Fespa καθώς και την εταιρία Seismosoft για το πρόγραμμα ανάλυσης κατασκευών Seismostruct.

Αθήνα, 2016

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

Κεφάλαιο 2:

A_c	: ενεργός επιφάνεια του πρώτου ορόφου
A_i	: η περιοχή ενεργούς διατομής του τοίχου i στον πρώτο όροφο
c	: απόσβεση
c και α	: συντελεστές θεωρητικά ή πειραματικά προερχόμενοι
C_t	: συντελεστής διόρθωσης
d	: μετατόπιση της βάσης του κτιρίου
F_i	: σύνολο πλευρικών δυνάμεων στο επίπεδο του ορόφου που μπορεί να είναι μια λιγική κατανομή σε όλο το ύψος του κτιρίου
g	: επιτάχυνση βαρύτητας
H, h	: ύψος του κτιρίου
k	: δυσκαμψία ελατηρίου
L	: το πλάτος του κτιρίου κατά τη θεμελιώδη διεύθυνση υπολογισμού
l_{wi}	: το μήκος του τοίχου i στον πρώτο όροφο στην θεωρούμενη κατάσταση
M	: μάζα ελατηρίου
N	: αριθμός των επαναλήψεων/ορόφων
T	: ιδιοπερίοδος
u	: σχετική κίνηση
u_i	: οι μετατοπίσεις του ορόφου εξαιτίας στατικών εφαρμογών
W_i	: το βάρος του νιοστού ορόφου
x	: μετατόπιση
\dot{x}	: ταχύτητα
\ddot{x}	: επιτάχυνση
Δ_t	: χρονικό διάστημα

- ρ : ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς τη συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων
- ω : γωνιακή επιτάχυνση

Κεφάλαιο 3:

- A: επιφάνεια της ράβδου
- A_c, A_b : διατομή της στήλης του πλαισίου και του υλικού του δοκαριού
- C: εμπειρική σταθερά
- d: το διαγώνιο μήκος του τοιχοπληρωμένου πλαισίου
- EI: η ελαστική δυσκαμψία των υποστυλωμάτων
- E_c, E_b : μέτρο ελαστικότητας του στύλου του πλαισίου και της δοκού αστοχίας
- E_w : μέτρο ελαστικότητας του πλαισίου τοιχοποιίας
- h: ύψος του ορόφου αξονομετρικά
- h_w : ύψος της τοιχοπλήρωσης
- I: ροπές αδράνειας
- I_c, I_b : ροπές αδράνειας του στύλου και της δοκού του πλαισίου αντίστοιχα
- L_w : πλάτος της τοιχοπλήρωσης
- t_w : πάχος της τοιχοποιίας και της ισοδύναμης ράβδου
- w: αποτελεσματικό πλάτος της ισοδύναμης διαγώνιας ράβδου
- θ : η γωνία της διαγωνίου της τοιχοπλήρωσης
- λ_n : αδιάστατη παράμετρος που εκφράζει τη σχετική δυσκαμψία του σύνθετου πλαισίου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Τιμές των συντελεστών C και α που υπεισέρχονται στον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου.....	32
Πίνακας 4.1 : Παράμετροι εξεταζόμενων κτιρίων.....	52
Πίνακας 5.1 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),EC.....	65
Πίνακας 5.2 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),EC.....	66
Πίνακας 5.3 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),EC.....	66
Πίνακας 5.4 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),EC.....	67
Πίνακας 5.5 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),EC.....	68
Πίνακας 5.6 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),EC.....	69
Πίνακας 5.7 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),EC.....	70
Πίνακας 5.8 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),EC.....	71
Πίνακας 5.9 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),EC.....	72

- Πίνακας 5.10** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),Π.Κ.'59.....73
- Πίνακας 5.11** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),Π.Κ.'59.....73
- Πίνακας 5.12** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),Π.Κ.'59.....73
- Πίνακας 5.13** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),Π.Κ.'59.....74
- Πίνακας 5.14** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),Π.Κ.'59.....74
- Πίνακας 5.15** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),Π.Κ.'59.....74
- Πίνακας 5.16** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),Π.Κ.'59.....75
- Πίνακας 5.17** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),Π.Κ.'59.....75
- Πίνακας 5.18** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),Π.Κ.'59.....76
- Πίνακας 5.19** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων για EC και Π.Κ. '59 (για 8όροφο τοιχοπληρωμένο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),Π.Κ.'59.....76
- Πίνακας 5.20** : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα),EC.....77

- Πίνακας 5.21 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα),EC.....78
- Πίνακας 5.22 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα),EC.....79
- Πίνακας 5.23 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), Π.Κ.'59.....80
- Πίνακας 5.24 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα),Π.Κ.'59.....80
- Πίνακας 5.25 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα),Π.Κ.'59.....81
- Πίνακας 5.26 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος για EC και Π.Κ. '59 (για δόροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....82
- Πίνακας 5.27 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 14όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος),EC.....83
- Πίνακας 5.28 :** Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 8όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος),Π.Κ.'59.....84
- Πίνακας 5.29:** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος,με 6 ανοίγματα).....85
- Πίνακας 5.30 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος,με 6 ανοίγματα).....85

Πίνακας 5.31 : Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....	86
Πίνακας 5.32 : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....	87
Πίνακας 5.33 : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....	88
Πίνακας 5.34 : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....	88
Πίνακας 5.35 : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....	89
Πίνακας 5.36 : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων σε σχέση με τον Ευρωκώδικα (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).....	90

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 : Μονοβάθμιος ταλαντωτής (α. Συμβολισμοί , b. Συνθήκη δυναμικής ισορροπίας , c. Διάγραμμα τεμνουσών σχετικής μετατοπίσεως στύλων) (Κωστάκη_&_Μάρκου 2013).....	28
Σχήμα 2.2 : Διαφορές μεταξύ των τιμών της ιδιοπεριόδου με χρήση διαφόρων τύπων (Κωστάκη_&_Μάρκου 2013).....	33
Σχήμα 3.1 : Τρόποι αστοχίας της τοιχοποιίας των τοιχοπληρωμένων πλαισίων (Asteris et al., 2011).....	39
Σχήμα 3.2 : Μοντέλο με ισοδύναμη ράβδο για την προσομοίωση της τοιχοποιίας του πλαισίου (Κωστάκη_&_Μάρκου 2013).....	41
Σχήμα 3.3 : Προσομοίωμα τοιχοπλήρωσης (Γεωμετρία και συμβολισμοί) (Asteris et al., 2011).....	42
Σχήμα 3.4 : Ισοδύναμο πλάτος διαγωνίου συναρτήσει της σχετικής δυσκαμψίας αυτού (Asteris et al., 2011).....	44

- Σχήμα 3.5 :** Ισοδύναμο πλάτος διαγωνίου συναρτήσει της σχετικής δυσκαμψίας αυτού (Decanini και Fantin 1987).....45
- Σχήμα 4.1 :** (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (14όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....57
- (β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (2όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....57
- Σχήμα 4.2 :** (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή και εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (10όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....58
- (β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή και εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....58
- Σχήμα 4.3 :** (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (8όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....58
- (β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....58
- Σχήμα 4.4 :** (α) Γυμνό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (4όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....59
- (β) Γυμνό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (4όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....59
- Σχήμα 4.5 :** (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (12όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....59
- (β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....59
- Σχήμα 4.6 :** (α) Γυμνό μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (6όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....60
- (β) Γυμνό μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (8όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα).....60

Σχήμα 5.1 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),σχεδιασμένο με EC.....	65
Σχήμα 5.2 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),σχεδιασμένο με EC.....	66
Σχήμα 5.3 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),σχεδιασμένο με EC.....	67
Σχήμα 5.4 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m),σχεδιασμένο με EC.....	68
Σχήμα 5.5 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m),σχεδιασμένο με EC.....	68
Σχήμα 5.6 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m),σχεδιασμένο με EC.....	69
Σχήμα 5.7 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο,με 6 ανοίγματα,για μήκος ανοίγματος 3m),σχεδιασμένο με EC.....	70
Σχήμα 5.8 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο,με 6 ανοίγματα,για μήκος ανοίγματος 4,5m),σχεδιασμένο με EC.....	71
Σχήμα 5.9 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο,με 6 ανοίγματα,για μήκος ανοίγματος 6m),σχεδιασμένο με EC.....	72
Σχήμα 5.10 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο,με 6 ανοίγματα,για μήκος ανοίγματος 4,5m),σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....	74
Σχήμα 5.11 : Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα,για μήκος ανοίγματος 4,5m),σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....	75

- Σχήμα 5.12** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....76
- Σχήμα 5.13** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του αριθμού των ορόφων για EC και Π.Κ. '59 (για δόροφο τοιχοπληρωμένο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....77
- Σχήμα 5.14** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με EC.....78
- Σχήμα 5.15** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με EC.....78
- Σχήμα 5.16** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με EC.....79
- Σχήμα 5.17** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....80
- Σχήμα 5.18** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....81
- Σχήμα 5.19** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....81
- Σχήμα 5.20** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως του μήκους ανοίγματος για EC και Π.Κ. '59 (για δόροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....82
- Σχήμα 5.21** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 14όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος), σχεδιασμένο με EC.....83
- Σχήμα 5.22** : Ιδιοπερίοδος συναρτήσεως της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος), σχεδιασμένο με Π.Κ.'59.....84
- Σχήμα 5.23** : Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσεως των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....85

- Σχήμα 5.24 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....86
- Σχήμα 5.25 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....87
- Σχήμα 5.26 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).....87
- Σχήμα 5.27 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....88
- Σχήμα 5.28 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....89
- Σχήμα 5.29 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 6όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).....89
- Σχήμα 5.30 :** Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων σε σχέση με τον Ευρωκώδικα (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).....90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες παραμέτρους για το σεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών καθώς επηρεάζει τον καθορισμό της σεισμικής δύναμης. Οι Αντισεισμικοί Κανονισμοί διαφόρων χωρών καθώς και αρκετών ερευνητών προτείνουν εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό της ιδιοπεριόδου. Αυτοί οι τύποι αναπτύσσονται βάσει των περιόδων που παρατηρούνται από πραγματικά κτίρια κατά τη διάρκεια της επίγειας κίνησης. Οι περισσότερες σχέσεις συσχετίζουν την τιμή της ιδιοπεριόδου μόνο με το ύψος της κατασκευής ή των αριθμό των ορόφων, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους άλλες σημαντικές παραμέτρους όπως η παρουσία τοιχοπληρώσεων καθώς και η γεωμετρία της κατασκευής, που όπως έχει δειχθεί επηρεάζουν σημαντικά την τιμή της. Συγκεκριμένα, η κατανομή της ακαμψίας και της μάζας κατά μήκος του ύψους ενός κτιρίου επηρεάζει τη θεμελιώδη ιδιοπεριόδο του. Κατά συνέπεια, κάθε στοιχείο (κατασκευαστικό ή μη) με δυσκαμψία, μάζα ή και τα δύο, έχει επίδραση στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του κτιρίου.

Τις τελευταίες δεκαετίες είναι προφανής η επικράτηση του σκυροδέματος ως το βασικότερο δομικό στοιχείο των κατασκευών, το οποίο συνήθως συνδυάζεται με τη χρήση άοπλης τοιχοποιίας για τη μερική ή ολική κάλυψη των φατνωμάτων, αποτελώντας έτσι τον κυρίαρχο τύπο κτιριακών φορέων. Ως τοιχοποιία χρησιμοποιείται κυρίως οπτοπλινθοδομή (τούβλα). Η παρουσία των τοιχοπληρώσεων αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αντισεισμική συμπεριφορά των πλαισιακών κατασκευών. Από τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών που έχουν γίνει έως σήμερα, έχει προσδιοριστεί σε μεγάλο βαθμό τόσο η ευμενής όσο και η δυσμενής επιρροή των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων, οι οποίες λαμβάνονται υπόψη από τους αντισεισμικούς κανονισμούς. Ωστόσο, η δυνατότητα μιας ακριβούς αναλυτικής εκτίμησης της επιρροής αυτής παραμένει μέχρι και σήμερα περιορισμένη και αποτελεί ένα σοβαρό προς διερεύνηση αντικείμενο. Η δυσκολία αυτή οφείλεται κυρίως στους μονόπλευρους συνδέσμους (που εισάγονται συνήθως για την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης πλαισίου-τοιχοπληρώσεων) μεταξύ των δύο τμημάτων της κατασκευής, οι οποίοι σε άλλα σημεία της κατασκευής εμφανίζουν πλήρη σύνδεση (θλιβόμενοι σύνδεσμοι) μεταξύ πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος και τοιχοπλήρωσης, και σε άλλα επιτρέπουν την αποκόλληση και των δύο μερών (εφελκούμενοι σύνδεσμοι). Η δυσμενής επιρροή των τοιχοπληρώσεων που παρατηρείται, η αβεβαιότητα των χαρακτηριστικών τους (υλικά) και η αβεβαιότητα των χαρακτηριστικών της σύνδεσής τους με τα πλαίσια λόγω των αλληλεπιδράσεων στις διεπιφάνειες τοιχοπλήρωσης-πλαισίου δεν επιτρέπουν μία αξιόπιστη πρόβλεψη της συμπεριφοράς του φορέα και καθιστούν την προσομοίωση δύσκολη έως ανέφικτη.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος ακανονικότητας καθ' ύψος στα μοντέρνα κτίρια είναι οι εσοχές. Η λειτουργικότητα, η αισθητική και οι απαιτήσεις του αρχιτεκτονικού

κώδικα είναι οι κύριοι λόγοι που προτιμούνται. Τα κτίρια αυτά είναι πολύ χρήσιμα σε αστικές περιοχές που είναι πυκνοκατοικημένες, καθώς οι εσοχές παρέχουν επαρκή φυσικό φωτισμό και αερισμό για τους χαμηλότερους ορόφους.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο καθορισμός της ιδιοπεριόδου σε πλαισιακές κατασκευές με ακανονικότητες. Ο σχεδιασμός των πλαισίων σύμφωνα με τους EC2 και EC8 και με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 (Βασιλικό Διάταγμα της 19/26.2.1959) θα γίνει με το στατικό πρόγραμμα FESPA της εταιρίας LH Λογισμική και με το πρόγραμμα ανάλυσης κατασκευών SEISMOSTRUCT της εταιρίας SEISMOSOFT, και στη συνέχεια θα εκτελεστεί ο υπολογισμός της ιδιοπεριόδου. Θα εξεταστούν κανονικές κατασκευές και κατασκευές με ακανονικότητες καθ' ύψος, όπως είναι η εσοχή στους ανώτερους ορόφους. Στις κατασκευές θα ληφθεί υπόψη και η παρουσία τοιχοπληρώσεων και θα φανεί η διαφορά στην περίπτωση που δεν λαμβάνεται υπόψη. Οι τιμές που θα προκύψουν θα συγκριθούν με τιμές της ιδιοπεριόδου που προκύπτουν από τις εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας.

Παρακάτω αναφέρεται περιληπτικά το περιεχόμενο των υπόλοιπων κεφαλαίων της παρούσας πτυχιακής εργασίας:

Κεφάλαιο 2: Συστάσεις για τον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου των κατασκευών

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι Εθνικοί και Διεθνείς Κανονισμοί στους οποίους συμπεριλαμβάνονται συστάσεις για την εκτίμηση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου των πλαισιακών κατασκευών. Επιπλέον, παρουσιάζονται και προτάσεις διαφόρων ερευνητών της βιβλιογραφίας για τον προσδιορισμό αυτής.

Κεφάλαιο 3: Προσομοίωση τοιχοπληρωμένων κατασκευών

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η περιγραφή της συμπεριφοράς των τοιχοπληρωμένων πλαισίων. Ειδικότερα, αναφέρονται οι τρόποι αστοχίας των πλαισίων, όπως επίσης και τα κυριότερα μαθηματικά μακρο-προσομοιώματα που έχουν προταθεί για τη μαθηματική προσομοίωση αυτών. Συγκεκριμένα, αναλύεται το προσομοίωμα μιας διαγώνιας ράβδου.

Κεφάλαιο 4: Σχεδιασμός πλαισίων με τους Ευρωκώδικες και τον Παλαιό Κανονισμό του '59 – Αναλυτική Προσομοίωση για τον υπολογισμό των ιδιοπεριόδων

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται κάποια γενικά χαρακτηριστικά για τους Ευρωκώδικες και το Βασιλικό Διάταγμα του '59. Αναλύονται, επίσης, ορισμένα γνωρίσματα του λογισμικού FESPA και του προγράμματος SEISMOSTRUCT, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό των

πλαisiών και την αναλυτική προσομοίωσή τους για τον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου. Τέλος, συνοψίζεται η διαδικασία επίλυσης των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, τα οποία προήλθαν από την επίλυση που πραγματοποιήθηκε για όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν (πλαίσια γυμνά ή τοιχοπληρωμένα, με ή χωρίς πιλοτή, με ή χωρίς εσοχές, με 6 ανοίγματα μήκους 3m, 4,5m και 6m, με διάφορο αριθμό ορόφων, σχεδιασμένα με τους EC ή τον Π.Κ. '59).

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής, τα οποία προέκυψαν για τις περιπτώσεις της επιρροής αριθμού ορόφων (ύψους κτιρίου), μήκους ανοίγματος, τοιχοπλήρωσης, εσοχής, κανονισμού, αριθμού ορόφου σε σχέση με τον Ευρωκώδικα. Οι τιμές που προκύπτουν συγκρίνονται με τιμές της ιδιοπεριόδου που προκύπτουν από εμπειρικές σχέσεις της βιβλιογραφίας.

Κεφάλαιο 7: Αναφορές – Βιβλιογραφία

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η βιβλιογραφία και όλες οι αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεκπεραίωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

**Συστάσεις για τον Προσδιορισμό της
Ιδιοπεριόδου των Κατασκευών**

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Η ιδιοπερίοδος χαρακτηρίζει κάθε περιοδικό φαινόμενο. Είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να εκτελεστεί μία επανάληψη του φαινομένου, συμβολίζεται με T και μετριέται σε δευτερόλεπτα (sec). Εξ'ορισμού προκύπτει ότι $T = \Delta t / N$, όπου N ο αριθμός των επαναλήψεων που έγιναν σε χρονικό διάστημα Δt .

Μία συνηθισμένη μέθοδος για τη μελέτη της δυναμικής απόκρισης των κατασκευών είναι η ανάλυση της ταλαντώσεως του φορέα σε ιδιομορφές ταλαντώσεως. Οι ιδιομορφές σε ένα σύστημα είναι τόσες όσοι και οι βαθμοί ελευθερίας κίνησης αυτού. Σε κάθε τέτοια ιδιομορφή ταλαντώσεως όλες οι διακριτοποιημένες μάζες ταλαντώνονται εντός φάσεως, δηλαδή περνούν κάθε φορά την ίδια χρονική στιγμή από τη θέση ηρεμίας και τη θέση μέγιστης αποκλίσεως. Άμεσα συνδεδεμένη με κάθε ιδιομορφή είναι η αντίστοιχη περίοδος ταλαντώσεως, δηλαδή ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης. Επομένως, κάθε ιδιομορφή μπορεί να θεωρηθεί ως μονοβάθμιο σύστημα με τη δική του ιδιοπερίοδο. Η πρώτη (ή θεμελιώδης) ιδιομορφή ενός συστήματος αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο.

Το απλούστερο δυναμικό σύστημα που μπορούμε να θεωρήσουμε είναι αυτό του σχήματος 2.1, το οποίο αποτελείται από μία μάζα (M) πάνω σε ένα ελατήριο (δύο όμοιους στύλους) που παραμένει στη γραμμική ελαστική περιοχή ($V = ku$) όταν ταλαντώνεται υπό τη διέγερση κάποιου σεισμού $\dot{x}_o(t)$. Στην περίπτωση αυτή η μόνη εξωτερική φόρτιση είναι η επιτάχυνση βάσης \ddot{x}_o , οπότε η ολική επιτάχυνση του σώματος \ddot{x} καθώς και οι αντίστοιχες ταχύτητα \dot{x} και μετατόπιση x δίνονται από τις σχέσεις:

$$x = x_o + u \quad (2.1)$$

$$\dot{x} = \dot{x}_o + \dot{u} \quad (2.2)$$

$$\ddot{x} = \ddot{x}_o + \ddot{u} \quad (2.3)$$

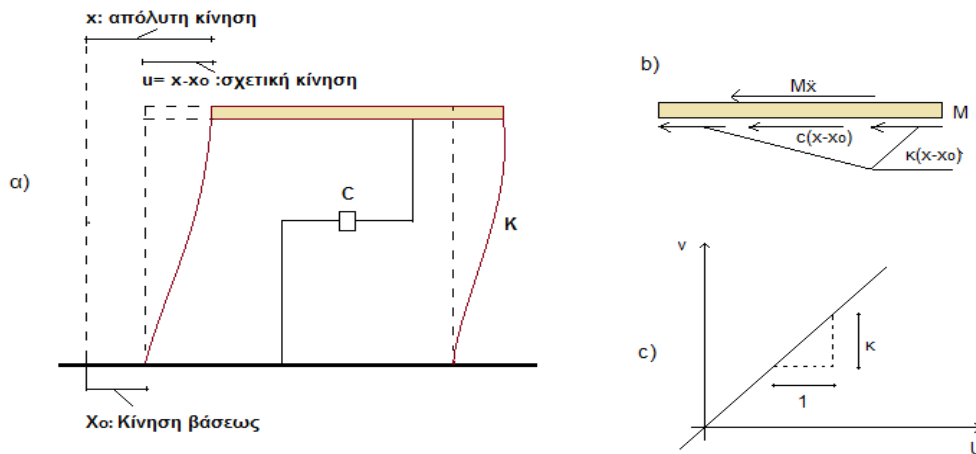
Εφαρμόζοντας την εξίσωση δυναμικής ισορροπίας D' Alambert έχουμε:

$$M\ddot{x} + c(\dot{x} - \dot{x}_o) + k(x - x_o) = 0$$

Ή

$$M\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -M\dot{x}_o(t) \quad (2.4)$$

Στην παραπάνω σχέση (εξ. 2.4) ο όρος $c\dot{u}$ εκφράζει την ιξώδη απόσβεση, που θεωρείται ανάλογη της σχετικής ταχύτητας ταλαντώσεως.



Σχήμα 2.1 Μονοβάθμιος ταλαντωτής (α. Συμβολισμοί , b. Συνθήκη δυναμικής ισορροπίας , c. Διάγραμμα τεμνουσών σχετικής μετατοπίσεως στύλων) (Κωστάκη_ &_ Μάρκου 2013)

Όταν μετά την έναρξη της ταλαντώσεως μηδενιστεί το διεγείρον αίτιο [$\ddot{x}(t) = 0$], το σύστημα εξακολουθεί να ταλαντεύεται ελεύθερα. Για την περίπτωση μηδενικής αποσβέσεως ($c = 0$) έχουμε:

$$u = u_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T}\right) t \quad (2.5)$$

Όπου

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{2\pi}{\omega} \text{ (sec)} \quad (2.6)$$

η ιδιοπερίοδος του συστήματος.

Η ιδιοπερίοδος (T) αποτελεί τη δυναμική σταθερά του συστήματος, στην οποία έχει ενσωματωθεί το σύνολο των χαρακτηριστικών του που υπεισέρχονται στο πρόβλημα, δηλαδή η μάζα (M) και η δυσκαμψία (k) του ελατηρίου.

Οι σχέσεις των κανονισμών σχεδιασμού, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, έχουν εξεταστεί και τα πορίσματά τους έχουν συγκριθεί με εκείνα που προέρχονται από αριθμητικές προσομοιώσεις και πειραματικές μετρήσεις. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές πειραματικές και αριθμητικές μελέτες προκειμένου να προσδιοριστεί, με έναν απλούστερο τρόπο, η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος των πλαισιακών κατασκευών.

Μια αξιόπιστη εκτίμηση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου (T) είναι σημαντική και στις δύο περιπτώσεις σχεδιασμού στην κλασσική, βασισμένη σε δυνάμεις και στην πιο πρόσφατη ανελαστική στατική ανάλυση ή τον σχεδιασμό με βάση τη μετατόπιση.

Σύμφωνα με τη μέθοδο που θα υιοθετηθεί, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τιμές της ιδιοπεριόδου. Όταν πραγματοποιείται σχεδιασμός με βάση τις δυνάμεις, απαιτείται η τιμή της ιδιοπεριόδου, στην οποία λαμβάνεται υπόψη η ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής. Αντιθέτως, στην ανελαστική ανάλυση και τον σχεδιασμό με βάση τη μετατόπιση, υιοθετείται συνήθως μια τιμή της ιδιοπεριόδου, στην οποία λαμβάνεται υπόψη η μετα-ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής.

Στις διαδικασίες σχεδιασμού με βάση τις δυνάμεις, τα αποτελέσματα των σεισμικών φορτίσεων στα κτίρια μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους ανάλυσης. Υποθέτοντας μια γραμμική ελαστική συμπεριφορά της κατασκευής, δύο μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Η ανάλυση με την ισοδύναμη στατική μέθοδο ή μέθοδο της πλευρικής δύναμης (Lateral Force Method of Analysis – LFMA) για «απλά» κτίρια
- Η μέθοδος της φασματικής ανάλυσης (Modal Response Spectrum Analysis – MRSA) για όλους τους τύπους κτιρίων

Για τον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου (T), μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκφράσεις βασισμένες σε μεθόδους στατικής δυναμικής (μέθοδος Rayleigh). Για παράδειγμα, ο σχολιασμός των διατάξεων σχεδιασμού δίνει τον παρακάτω τύπο:

$$T = 2\pi[\sum_{i=0}^N W_i u_i^2 / g \sum_{i=1}^N F_i u_i]^{1/2} \quad (2.7)$$

Όπου W_i είναι το βάρος του νιοστού ορόφου και u_i είναι οι μετατοπίσεις του ορόφου εξαιτίας στατικών εφαρμογών από ένα σύνολο πλευρικών δυνάμεων F_i στο επίπεδο ορόφου $i = (1, 2, \dots, N)$, που μπορεί να είναι μία λογική κατανομή σε όλο το ύψος του κτιρίου.

Παρόμοιες εκφράσεις δίνονται επίσης και στον Εθνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του Καναδά και του Μεξικό. Πολλοί κανονισμοί παρέχουν απλές σχέσεις για τον υπολογισμό της ιδιοπεριόδου και βασίζονται στα υλικά δόμησης (μπετόν, χάλυβα, τοιχοποιία, κτλ), στον τύπο κτιρίου και στις διαστάσεις του.

2.2 Εθνικοί και Διεθνείς Κανονισμοί

Παρακάτω περιγράφονται οι σχέσεις για τον προσδιορισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου, όπως αυτές αποτυπώνονται στους Αντισεισμικούς Κανονισμούς ανά τον κόσμο.

Η τυπική μορφή της έκφρασης της ιδιοπεριόδου (T), η οποία αναφέρεται στους περισσότερους Αντισεισμικούς Κανονισμούς είναι η εξής:

$$T = CH^\alpha \quad (2.8)$$

Όπου C και α είναι συντελεστές θεωρητικά ή πειραματικά προερχόμενοι.

- Η πρώτη ημι-εμπειρική σχέση που χρησιμοποιήθηκε στους Αντισεισμικούς Κανονισμούς έχει ως εξής [ATC 3-06 (1978)] :

$$T = CH^{0.75} \quad (2.9)$$

Όπου H το ύψος του κτιρίου σε πόδια. Η τιμή του C αποκτήθηκε από τη μέτρηση περιόδων των κτιρίων κατά τη διάρκεια του σεισμού Σαν Φερνάντο το 1971.

- Στον Αντισεισμικό Κώδικα της Νέας Ζηλανδίας (NZSEE, 2006) η ιδιοπερίοδος (T) μπορεί να υπολογιστεί μέσω της εξίσωσης (2.9) όπου το C είναι ίσο με 0.09 για ροπή αντίστασης σε πλαίσια από μπετό , 0.14 για χάλυβα και 0.06 για λοιπές κατασκευές.

- Ινδικός Αντισεισμικός Κανονισμός (IS: 1893-2002)

$$T = \frac{0.09h}{\sqrt{d}} \quad (2.10)$$

Όπου h το ύψος του κτιρίου και d η μετατόπιση της βάσης του κτιρίου που προκύπτει από την εξωτερική δύναμη.

- Γαλλικός Αντισεισμικός Κανονισμός (AFPS-90 1990)

$$T = 0.6 \frac{h}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{h}{2d+h}} \quad (2.11)$$

Όπου h το ύψος του κτιρίου και d η μετατόπιση της βάσης του κτιρίου που προκύπτει από τη εξωτερική δύναμη.

- Αντισεισμικός Κανονισμός Κόστα Ρίκα (1986)

$$T = 0.08N \quad (2.12)$$

Όπου N ο αριθμός των ορόφων του κτιρίου.

- Ισραηλινός Αντισεισμικός Κανονισμός (SJ-413-1995)

$$T = 0.049h^{0.75} \quad (2.13)$$

Όπου h το ύψος της κατασκευής.

- Αλγερινός Αντισεισμικός Κανονισμός

$$T = 0.05h^{0.75} \quad (2.14)$$

Ή

$$T = \frac{0.09h}{\sqrt{d}} \text{ (το μικρότερο)} \quad (2.15)$$

Όπου h το ύψος του κτιρίου και d η μετατόπιση της βάσης του κτιρίου που προκύπτει από την εξωτερική δύναμη.

- Ευρωκώδικας 8 (CEN 2004)

$$T = C_t h^{0.75} \quad (2.16)$$

$$C_t = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} \quad (2.17)$$

$$A_c = \sum A_i \left(0.2 + \frac{l_{wi}}{h}\right)^2 \quad (2.18)$$

Όπου C_t ο συντελεστής διόρθωσης, A_c η ενεργός επιφάνεια του πρώτου ορόφου, A_i η περιοχή ενεργούς διατομής του τοίχου i στον πρώτο όροφο και l_{wi} το μήκος του τοίχου i στον πρώτο όροφο στην θεωρούμενη κατεύθυνση.

- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (2000)

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{H+\rho L}} \quad (2.19)$$

Όπου H το ύψος του κτιρίου, L το πλάτος του κτιρίου κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού και ρ ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς τη συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων.

2.3 Προτάσεις ερευνητών

Πέρα από τους Εθνικούς και Διεθνείς κανονισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω, στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται οι πιο αντιπροσωπευτικές προτάσεις ερευνητών για τον προσδιορισμό της τιμής της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου.

Στο Εθνικό Πρόγραμμα Μείωσης Σεισμικού Κινδύνου στις ΗΠΑ (NEHRP 2003) καθώς και στην πρόταση των Goel and Chopra (1997) η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος σε πλαίσια από σκυρόδεμα ορίζεται ως:

$$T = 0.0466H^{0.9} \quad (2.20)$$

Μια ακόμα έκφραση για τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο των πλαισίων που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό με βάση τις δυνάμεις, αναφέρεται από τους Hong and Hwang (2000) ως εξής:

$$T = 0.0294H^{0.804} \quad (2.21)$$

Οι σχέσεις ιδιοπεριόδου-ύψους για το σχεδιασμό με βάση τη μετατόπιση αναφέρονται στους Chopra and Goel (2000) και στους Crowley and Pinho (2004). Η προηγούμενη σχέση δημιουργήθηκε προσθέτοντας μια τυπική απόκλιση στην καμπύλη, δίνοντας:

$$T = 0.067H^{0.9} \quad (2.22)$$

Οι Crowley and Pinho (2004) πρότειναν μία σχέση βασισμένη σε αναλυτικές μεθόδους στοχεύοντας στην παροχή λογικών εκτιμήσεων της απόδοσης της ιδιοπεριόδου σε ευρωπαϊκά κτίρια με πλαίσια από σπλισμένο σκυρόδεμα. Με βάση τα αποτελέσματα προέκυψε η παρακάτω απλή σχέση ιδιοπεριόδου-ύψους ως:

$$T = 0.1H \quad (2.23)$$

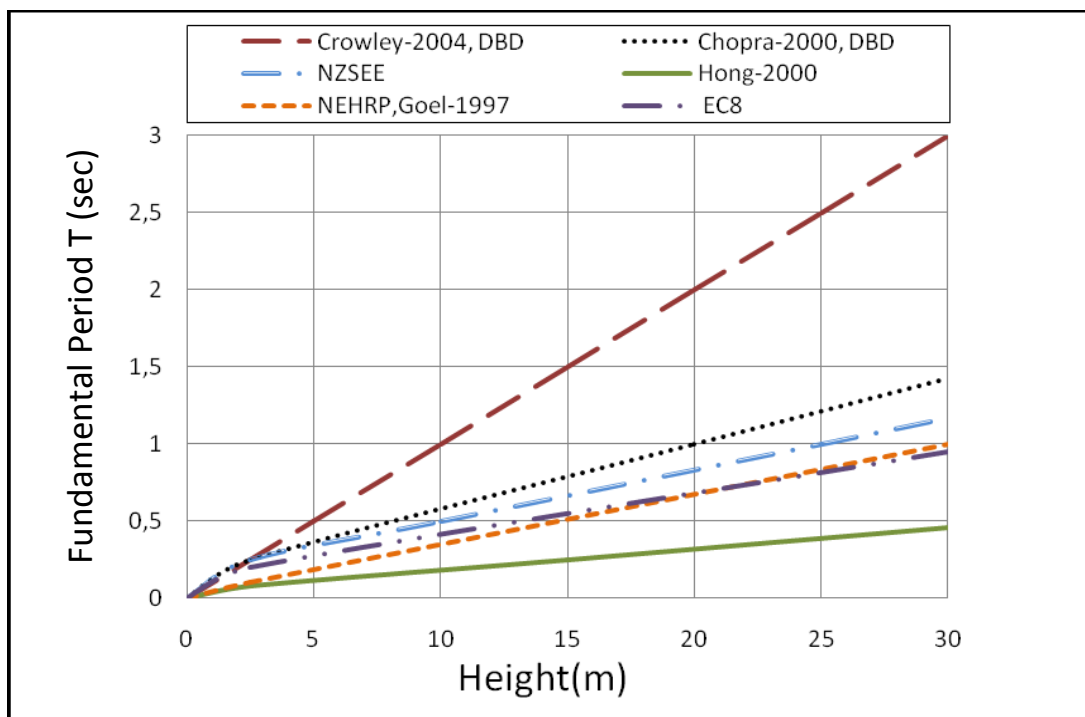
Στον πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρακάτω, παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών C και α, θεωρητικά ή πειραματικά προερχόμενοι, για τις κυριότερες από τις παραπάνω προτάσεις.

Πίνακας 2.1 Τιμές των συντελεστών C και α που υπεισέρχονται στον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου (εξ. 2.8) (Mucciarelli et al. , 2008)

Κώδικες / Προτάσεις Ερευνητών	C (m)	α	Σχόλια
ATC 3-06 (1978), EC8 (2004)	0.075	0.75	Η τιμή του C αποκτήθηκε από τη μέτρηση περιόδων των κτιρίων κατά τη διάρκεια του σεισμού Σαν Φερνάντο το 1971.
NZSEE (2006)	0.09	0.75	
NEHRP, Goel and Chopra (1997)	0.0466	0.90	Μέτρηση ιδιοπεριόδων από σεισμούς των ΗΠΑ (από τον San Fernando, 1971 μέχρι τον Northridge, 1994). Οι συντελεστές λαμβάνονται αφαιρώντας μία τυπική απόκλιση από τη βέλτιστη καμπύλη.
Hong and Hwang (2000)	0.0294	0.804	Μέτρηση ιδιοπεριόδων σε 21 κτίρια της Ταϊβάν, τα οποία υποβάλλονται σε μέτριας έντασης σεισμούς.
Chopra and Goel (2000)	0.067	0.90	Ίδια στοιχεία με των Chopra and Goel (1997), συντελεστές που προκύπτουν από την προσθήκη μιας τυπικής απόκλισης από τη βέλτιστη καμπύλη.
Crowley and Pinho (2004)	0.10	1	Έκφραση που προέρχεται από αριθμητικές προσομοιώσεις και βιβλιογραφικά δεδομένα που προτείνονται στην Ευρώπη.

Στο σχήμα 2.2 που ακολουθεί, πραγματοποιείται συγκριτική διερεύνηση των κυριότερων προτάσεων για τον υπολογισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου των

πλαισιακών κατασκευών. Από το σχήμα αυτό προκύπτει η ύπαρξη μεγάλης απόκλισης στις τιμές της ιδιοπεριόδου μεταξύ των κυριότερων προτάσεων που έχουν διατυπωθεί έως σήμερα, τόσο σε επίπεδο Εθνικών και Διεθνών Αντισεισμικών Κανονισμών, όσο και σε ερευνητικό επίπεδο.



Σχήμα 2.2 Διαφορές μεταξύ των τιμών της ιδιοπεριόδου με χρήση διαφόρων τύπων (Κωστάκη_&_Μάρκου 2013)

Ειδικότερα, η σχέση των Hong and Hwang (2000) υποεκτιμά τις τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου (δεν ξεπερνούν τα 0.5 sec ακόμα και για κτίρια των 30m), ενώ η σχέση των Crowley and Pinho (2004) υπερεκτιμά τις τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου (για υψηλά κτίρια, στα 30m, η τιμή της φτάνει ως τα 3sec). Επίσης, παρατηρείται ότι για τις υπόλοιπες σχέσεις (NEHRP 2003, Goel and Chopra 1997, Chopra and Goel 2000, ATC 3-06 1978 και CEN 2004, NZSEE 2006) οι τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου έχουν πολύ μικρές αποκλίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
Προσομοίωση Τοιχοπληρωμένων
Κατασκευών

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Είναι γνωστό ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των πλαισίων και των τοίχων πλήρωσης, σε περίπτωση ισχυρών εδαφικών κινήσεων, αποτελεί έναν από τους σοβαρότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αντισεισμική συμπεριφορά των πλαισιακών κατασκευών.

Παρόλα αυτά, κατά τον σχεδιασμό των πλαισίων δεν λαμβάνεται υπόψη η τοιχοπλήρωση. Η λογική πίσω από την παραμέλησή της κατά την διαδικασία του σχεδιασμού είναι εν μέρει το αποτέλεσμα της ελλιπούς γνώσης της συμπεριφοράς των ψαθυρών υλικών, όπως η άοπλη τοιχοποιία, και της έλλειψης πειστικών πειραματικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων προκειμένου να τεκμηριωθεί μια αξιόπιστη διαδικασία σχεδιασμού αυτού του είδους των κατασκευών. Από την άλλη πλευρά, όταν συμπεριλαμβάνεται στο σχεδιασμό των πλαισίων η τοιχοποιία πλήρωσης, λόγω του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων που αλληλεπιδρούν, προκύπτει πρόβλημα κατά την προσομοίωσή τους εξαιτίας των πολλών παραγόντων που υπεισέρχονται. Για το λόγο αυτό, παρά τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για περισσότερο από πέντε δεκαετίες, δεν προέκυψε ένα ενιαίο μαθηματικό προσομοίωμα για το σχεδιασμό των τοιχοπληρωμένων κατασκευών. Πάντως, είναι γενικά αποδεκτό ότι η τοιχοπλήρωση υπό πλευρική φόρτιση δρα σα διαγώνια ράβδος που συνδέει τις δύο απέναντι γωνίες. Ωστόσο, αυτό μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση των τοιχοπληρώσεων χωρίς ανοίγματα επί της διαγωνίου της τοιχοπλήρωσης. (Asteris et al. , 2011)

Το εν λόγω σύστημα δόμησης των τοιχοπληρωμένων κατασκευών καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολο να προσομοιωθεί και δεν λαμβάνεται υπόψη στα αναλυτικά μοντέλα κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

- Υπολογιστική πολυπλοκότητα: Η σύνθετη φύση της τοιχοποιίας πλήρωσης και οι συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες επαφής της με το εξωτερικό πλαίσιο, αποτελούν πρόσθετη αναλυτική επιβάρυνση.
- Αβεβαιότητες κατασκευής: Οι μηχανικές ιδιότητες της τοιχοποιίας και οι συνθήκες αλληλεπίδρασής της με την εσωτερική επιφάνεια του πλαισίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες κατασκευής.
- Η μη γραμμική συμπεριφορά των τοιχοπληρωμένων πλαισίων εξαρτάται από τις συνθήκες αλληλεπίδρασης (αναπόσπαστο και μη, παρουσία κενών κτλ.) μεταξύ τοιχοποιίας πλήρωσης και περιβάλλοντος πλαισίου.

Η προσομοίωση των τοιχοπληρωμένων πλαισίων υπό πλευρική φόρτιση (κυρίως σεισμικά φορτία) είναι ένα περίπλοκο ζήτημα επειδή οι κατασκευές αυτές παρουσιάζουν μια αρκετά μη γραμμική συμπεριφορά, που προκύπτει από την αλληλεπίδραση της τοιχοπλήρωσης και του περιβάλλοντος πλαισίου. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα διάφορους τρόπους αστοχίας, καθένας εκ των οποίων έχει ένα διαφορετικό φορτίο αστοχίας και επομένως μια διαφορετική τελική ικανότητα και συνολική συμπεριφορά.

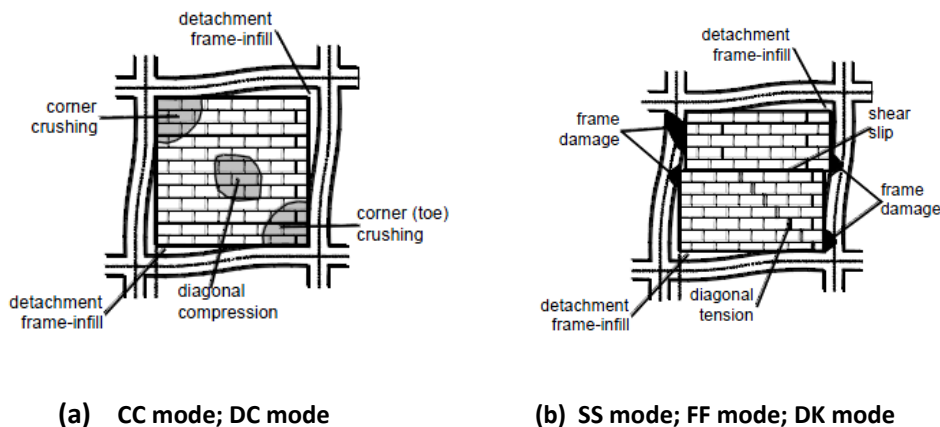
Υπό μέτρια επίπεδα φόρτισης, η πλήρωση διαχωρίζεται από το εξωτερικό πλαίσιο, και ενεργεί ως διαγώνια ράβδος (Σχ. 3.1). Η αύξηση του φορτίου, έχει ως αποτέλεσμα την αστοχία είτε του πλαισίου είτε της πλήρωσης. Εάν η αντοχή του πλαισίου είναι ικανή να αποτρέψει την αστοχία του, τότε η αύξηση του φορτίου επιφέρει την αστοχία της τοιχοπλήρωσης. Συνήθως, η επίπεδη πλευρική φόρτιση που εφαρμόζεται σε μία από τις πάνω γωνίες απορροφάται από μια δοκό ενίσχυσης, η οποία συνδέει τη φορτισμένη γωνία και την απέναντι κάτω γωνία. Η κατάσταση της φόρτισης στην πλήρωση δημιουργεί μια κύρια θλιπτική δύναμη κατά μήκος της μιας διαγωνίου και μια κύρια εφελκυστική δύναμη στην άλλη διαγώνιο. Εάν η πλήρωση έχει κατασκευαστεί από σκυρόδεμα, οι διαδοχικές αστοχίες αρχικά δημιουργούν ρωγμές κατά μήκος της διαγωνίου και στη συνέχεια τη συνθλίβουν κοντά σε μια από τις φορτισμένες γωνίες ή σε οποιοδήποτε άλλο σημείο της, με αποτέλεσμα αυτό να οδηγήσει το πλαίσιο σε κατάρρευση. (Asteris et al. 2011)

Κατόπιν πειραματικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν από έρευνες κατά τη διάρκεια των πέντε τελευταίων δεκαετιών (Thomas 1953, Wood 1958, Mainstone 1962, Liauw και Kwan 1983, Mehrabi και Shing 1997, Calvi and Bolognini 2001, Smyrou et al. 2006, Kakaletsis Karayannis 2009, Celarec et al. 2012, Su and Shi 2013, Κοζακ et al. 2013), μπορεί να γίνει μια ταξινόμηση των διαφόρων τρόπων αστοχίας (failure modes) και μάλιστα να διακριθούν αυτοί σε πέντε κατηγορίες, (Wood 1978, El-Dakhakhni 2002, Ghosh and Made 2002, El-Dakhakhni et al. 2003), οι οποίες και παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Αστοχία των γωνιών της τοιχοπλήρωσης (Corner Crushing (CC) mode): Εκφράζει τη σύνθλιψη της πλήρωσης σε τουλάχιστον μία από τις φορτισμένες γωνίες της, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1(a). Αυτός ο τρόπος αστοχίας αφορά συνήθως τοιχοπληρωμένα πλαίσια που αποτελούνται από μία μη ισχυρή τοιχοπλήρωση και ισχυρό περιβάλλον πλαίσιο (Mehrabi και Shing 1997, El-Dakhakhini 2002, Ghosh και Amde 2002, El-Dakhakhini et al. 2003).
2. Θλιπτική διαγώνια αστοχία (Diagonal Compression (DC) mode): Εκφράζει τη σύνθλιψη της πλήρωσης στην κεντρική περιοχή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1(a). Αυτός ο τρόπος αστοχίας αφορά ένα πλαίσιο με μία σχετικά ανεπαρκή πλήρωση, όπου η αστοχία είναι αποτέλεσμα κύρτωσής της.
3. Αστοχία λόγω ολίσθησης (Sliding Shear (SS) mode): Εκφράζει την οριζόντια σύνθλιψη των συνδέσμων κονιάματος της τοιχοπλήρωσης,

όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1(b). Αυτός ο τρόπος αστοχίας αφορά την πλήρωση, στην οποία υπάρχουν αδύναμοι σύνδεσμοι κονιάματος και ένα ισχυρό πλαίσιο.

4. Εφελκυστική αστοχία της διαγωνίου (Diagonal Cracking (DK) mode): Παρατηρείται με τη μορφή μιας ρωγμής κατά μήκος της θλιβόμενης διαγωνίου του πλαισίου πλήρωσης και συχνά συμβαίνει ταυτόχρονα με τον τρόπο αστοχίας λόγω ολίσθησης (SS mode), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1(b). Αυτός ο τρόπος αστοχίας αφορά ένα αδύναμο πλαίσιο ή ένα πλαίσιο με ασθενείς συνδέσμους και μία αρκετά ισχυρή πλήρωση (Mehrabi και Shing 1997, El-Dakhkhini 2002).
5. Αστοχία του περιβάλλοντος πλαισίου (Frame Failure (FF) mode): Εκφράζεται με τη μορφή ρωγμών που αναπτύσσονται στα υποστυλώματα ή στους κόμβους σύνδεσης δοκού-υποστυλώματος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1(b). Αυτός ο τρόπος αστοχίας αναφέρεται σε ένα αδύναμο πλαίσιο ή ένα πλαίσιο με ασθενείς συνδέσμους και σε μία αρκετά ισχυρή πλήρωση.



Σχήμα 3.1 Τρόποι αστοχίας της τοιχοποιίας των τοιχοπληρωμένων πλαισίων
(Asteris et al. 2011)

Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο οι τρόποι CC (Corner Crushing mode) και SS (Sliding Shear mode) είναι σημαντικοί από πρακτικής άποψης (Comité Euro-International du Beton CEB 1996) δεδομένου ότι ο δεύτερος τρόπος DC (Diagonal Compression mode) εμφανίζεται πολύ σπάνια. Ο τέταρτος τρόπος DK (Diagonal Cracking mode) δεν πρέπει να θεωρείται ως ένας τρόπος αστοχίας, λόγω του γεγονότος ότι η πλήρωση μπορεί να αντέξει επιπρόσθετο φορτίο μετά την εμφάνιση ρωγμών. Ο πέμπτος τρόπος αστοχίας FF (Frame Failure mode) ίσως αξίζει να αναφερθεί στην περίπτωση των πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος.

Το 2000 ο Karros, βασισμένος σε μια αναλυτική μελέτη της συμπεριφοράς των τοιχοπληρωμένων πλαισίων Ο.Σ. έναντι σεισμού, διαπίστωσε ότι ο συνυπολογισμός της πλήρωσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της δυσκαμψίας μέχρι και 44%.

3.2 Μαθηματικά Προσομοιώματα της Τοιχοπλήρωσης

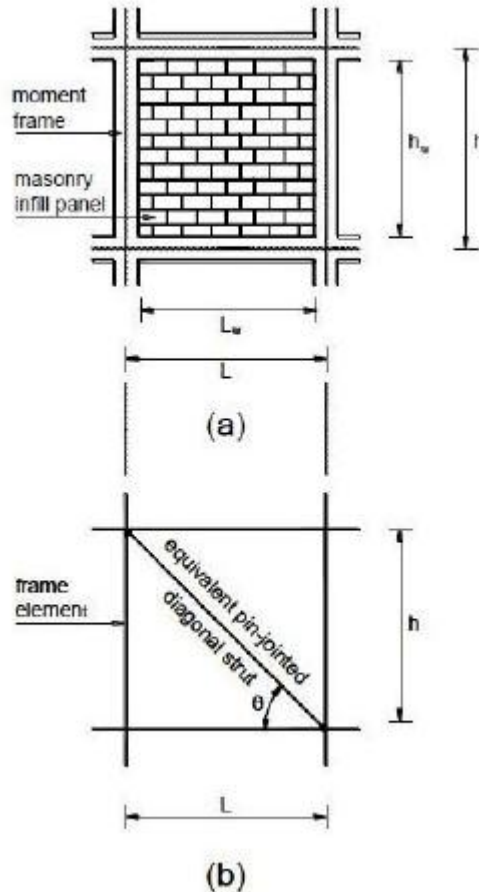
Τα πιο αντιπροσωπευτικά μαθηματικά προσομοιώματα που έχουν προταθεί για την προσομοίωση της τοιχοπλήρωσης συνοψίζονται παρακάτω (αναφέρονται μόνο τα μακρο-προσομοιώματα):

- **Προσομοίωμα μιας διαγώνιας ράβδου (Single-strut model)**
- **Προσομοιώματα με πολλές ράβδους (Multi-strut model)**
- **Προσομοίωση τοίχων πλήρωσης με κενά/ανοίγματα μικρο-προσομοιώματα**

Από τις πρώτες προσπάθειες προσομοίωσης των τοιχοπληρωμένων πλαισίων, έχει καταδειχθεί ότι μια διαγώνια ράβδος, με κατάλληλα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, θα μπορούσε να αποτελέσει μια πιθανή λύση. Προηγούμενες έρευνες σχετικά με τη συμπεριφορά των τοιχοπληρωμένων πλαισίων που είχαν διεξαχθεί στο Σταθμό Έρευνας Κτιρίων (Building Research Station), στο Watford (αργότερα μετονομάστηκε σε Ίδρυμα Έρευνας Κτιρίων (Building Research Establishment), και τώρα απλώς BRE), το 1950 πρόσφεραν μια πρώτη εικόνα για τη συμπεριφορά αυτή και επιβεβαίωσαν σε μεγάλο βαθμό την ακαθόριστη φύση της (Thomas 1953, Wood 1958, Mainstone 1962). Με βάση αυτές τις λίγες δοκιμές, ο Wood (1959) πρότεινε έναν καθαρά εμπειρικό τύπο που θα χρησιμοποιείτο στο σχεδιασμό των πολυωρόφων πλαίσιακών κατασκευών. Αναγνώρισε επίσης ότι η αντοχή ενός τοιχοπληρωμένου πλαισίου σε διαφορετικά επίπεδα εξαρτάται κυρίως από τις πληρώσεις του.

3.2.1 Προσομοίωμα μιας διαγώνιας ράβδου (Single-strut model)

Στις αρχές τις δεκαετίας του εξήντα, ο Polyakov (1960) πρότεινε την προσομοίωση της τοιχοπλήρωσης σε κάθε πλαίσιο ως ισοδύναμη από μια διαγώνια θλιβόμενη ράβδο. Η πρόταση αυτή υιοθετήθηκε αργότερα από τον Holmes (1961), ο οποίος αντικατέστησε την τοιχοπλήρωση με ισοδύναμη διαγώνια ράβδο από το ίδιο υλικό, ίδιου πάχους και με πλάτος ίσο με το ένα τρίτο του διαγώνιου μήκους της (Σχήμα 3.2).



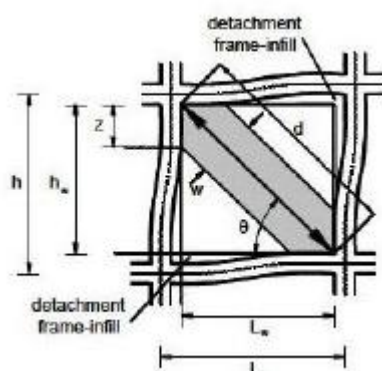
Σχήμα 3.2 Μοντέλο με ισοδύναμη ράβδο για την προσομοίωση της τοιχοποιίας του πλαισίου (Κωστάκη_&_Μάρκου 2013)

Οι Stafford Smith (1966) και Stafford Smith και Carter (1969), συσχέτισαν το πλάτος της ισοδύναμης διαγώνιας ράβδου με τα μήκη επαφής του πλαισίου χρησιμοποιώντας μια εξίσωση. Για το μήκος επαφής του πλαισίου τοιχοπλήρωσης, εναλλακτικές προτάσεις για την αξιολόγηση του ισοδύναμου πλάτους της ράβδου είχαν προταθεί από τους Mainstone (1971) και Kadir (1974).

Οι Stafford Smith και Carter (1969) και ο Mainstone (1971) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της ισοδύναμης ράβδου για να προσομοιώσουν την τοιχοπλήρωση στα πλαίσια από χάλυβα και να μελετήσουν τη συμπεριφορά των πληρωμένων κατασκευών που έχουν υποβληθεί σε μονοτονική φόρτιση. Επίσης, ανέπτυξαν εξισώσεις μέσω των οποίων υπολογίζονται οι ιδιότητες αυτών των ράβδων, όπως η αρχική δυσκαμψία και η μέγιστη αντοχή. Αυτή η προσομοίωση αποδείχθηκε η πιο δημοφιλής λόγω της ευρείας εφαρμογής της κατά το πέρασμα των ετών.

Στην προσομοίωση του περιβάλλοντος πλαισίου είναι προφανές ότι τα άκρα της ισοδύναμης διαγώνιας ράβδου θα πρέπει να συμπίπτουν με το σημείο τομής των δοκαριών και των υποστυλωμάτων του (Σχήμα 3.3). Αυτό υποδηλώνει ότι το

διαγώνιο μήκος του περιβάλλοντος πλαισίου είναι μεγαλύτερο από το διαγώνιο μήκος του τοιχοπληρωμένου πλαισίου. Ωστόσο, η διαφορά δεν είναι σημαντική (Chrisafulli et al. 2000), εάν ληφθεί υπόψη ότι η ισοδύναμη διαγώνια ράβδος του τοιχοπληρωμένου πλαισίου και η διαγώνιος του περιβάλλοντος πλαισίου βρίσκονται στον ίδιο άξονα. (Asteris et al., 2011)



Σχήμα 3.3 Προσομοίωμα τοιχοπλήρωσης (Γεωμετρία και συμβολισμοί)
(Asteris et al. 2011)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο Holmes (1961) αντικατέστησε την πλήρωση με ισοδύναμη διαγώνια ράβδο, κατασκευασμένη από το ίδιο υλικό και έχοντας το ίδιο πάχος με το τοιχοπληρωμένο πλαίσιο και πλάτος που ορίζεται από :

$$\frac{w}{d} = \frac{1}{3} \quad (3.1)$$

Όπου d είναι το μήκος της διαγωνίου της τοιχοπλήρωσης.

Όπως θα αποδειχθεί, ο τύπος του Holmes δίνει ένα μέγιστο όριο για το πλάτος και την αρχική έκταση που καταλαμβάνει η ισοδύναμη διαγώνια ράβδος. Ένα χρόνο αργότερα, ο Stafford Smith (1962) βασιζόμενος σε πειραματικά δεδομένα από μια σειρά δοκιμών με τοιχοπληρωμένα μεταλλικά πλαίσια διαπίστωσε ότι ο δείκτης κυμαινόταν από 0,10 έως 0,25. Για το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του 1960 ο Stafford Smith και οι συνεργάτες του, χρησιμοποιώντας πρόσθετα πειραματικά δεδομένα (Stafford Smith 1966 & 1967, Stafford Smith και Carter 1969) αναγνώρισαν ότι η περιοχή της ισοδύναμης ράβδου (ή συντελεστή) δεν είναι σταθερή, αλλά ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμοζόμενη φόρτιση ή μετατόπιση. Πρότειναν, λοιπόν, τη συνάρτηση του ισοδύναμου πλάτους με τη σχετική δυσκαμψία του πλαισίου, που δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda_h = h^4 \sqrt{\frac{E_w t_w \sin 2\theta}{4EI h_w}} \quad (3.2)$$

όπου E_w είναι το μέτρο ελαστικότητας (modulus of elasticity) του πλαισίου τοιχοποιίας,

EI η ελαστική δυσκαμψία των υποστυλωμάτων,

t_w το πάχος της τοιχοποιίας και της ισοδύναμης ράβδου,

h το ύψος του ορόφου αξονομετρικά,

h_w το ύψος της τοιχοπλήρωσης,

και θ η γωνία της διαγωνίου της τοιχοπλήρωσης η οποία ισούται με:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{h_w}{L_w} \quad (3.3)$$

όπου L_w είναι το πλάτος της τοιχοπλήρωσης (όλες οι παραπάνω παράμετροι επεξηγούνται στο Σχήμα 3.3).

Οι Paulay και Priestley (1992) επεσήμαναν ότι μια υψηλή τιμή του πλάτους της διαγώνιας ράβδου θα οδηγήσει σε μια πιο σταθερή κατασκευή και ως εκ τούτου σε υψηλότερες σεισμικές αποκρίσεις. Έτσι πρότειναν μια τιμή, χρήσιμη για το σεισμικό σχεδιασμό των τοιχοπληρωμένων πλαισίων, η οποία δίνεται από:

$$\frac{w}{d} = \frac{1}{4} \quad (3.4)$$

Η χρήση αυτής της εξίσωσης σεισμικού σχεδιασμού συνιστάται για πλευρική φόρτιση επιπέδου έως και 50% της τελικής αντοχής.

Ο Mainstone (1971) βασιζόμενος σε πειραματικά και αναλυτικά δεδομένα, πρότεινε μια εμπειρική εξίσωση για τον υπολογισμό του πλάτους της ισοδύναμης ράβδου, η οποία δίνεται από:

$$\frac{w}{d} = 0.16 \lambda_h^{-0.3} \quad (3.5)$$

Οι Mainstone και Weeks (1970) και ο Mainstone (1974), οι οποίοι βασίστηκαν σε πειραματικά και αναλυτικά δεδομένα, πρότειναν μια εμπειρική εξίσωση για τον υπολογισμό του πλάτους της ισοδύναμης ράβδου, η οποία δίνεται από:

$$\frac{w}{d} = 0.175 \lambda_h^{-0.4} \quad (3.6)$$

Ο τύπος αυτός είχε συμπεριληφθεί στη FEMA-274 (Federal Emergency Management Agency 1997) για την ανάλυση και την αποκατάσταση των κτιρίων, καθώς και στη FEMA-306 (Federal Emergency Management Agency 1998), και όπως έχει αποδειχθεί είναι ο πιο δημοφιλής κατά το πέρασμα των χρόνων. Η εξίσωση αυτή έγινε δεκτή από την πλειοψηφία των ερευνητών που ασχολούνται με την ανάλυση των τοιχοπληρωμένων πλαισίων (Klinger και Bertero 1978, Sobaih και Abdin 1988,

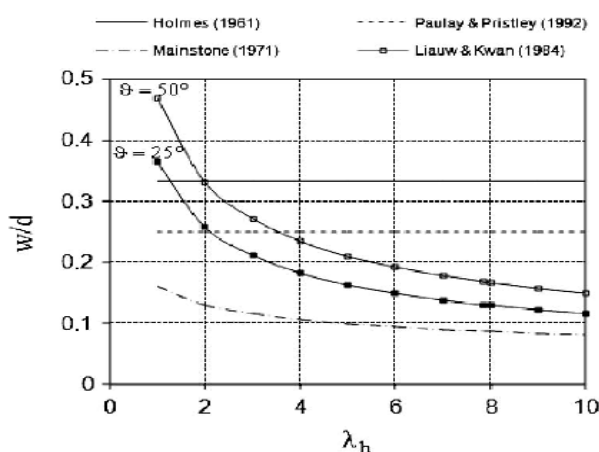
Fardis και Calvi 1994, Negro και Colombo 1997, Fardis και Panagiotakos 1997, Kodur et al. 1995 και 1998, Balendra και Huang 2003).

Οι Liauw και Kwan (1984), υιοθετώντας τιμές για τη γωνία θ ίση με 250 και 500 (καθαρά για πρακτικούς λόγους μηχανικής), πρότειναν επίσης μια ημι-εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό του ισοδύναμου πλάτους, η οποία δίνεται από:

$$\frac{w}{d} = \frac{0.95 \sin 2\theta}{2\sqrt{\lambda_h}} \quad (3.7)$$

Ο παραπάνω ημι-εμπειρικός τύπος έχει γίνει αποδεκτός και από πολλούς άλλους ερευνητές για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των τοιχοπληρωμένων πλαισίων (όπως για παράδειγμα από τους Crowley και Pinho 2006).

Το Σχήμα 3.4 απεικονίζει τη διακύμανση του πάχους της τοιχοπλήρωσης για τις διάφορες προτάσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Παρατηρείται ότι η πρόταση του Holmes (1961) (εξ. 3.1), δίνει ένα μέγιστο όριο τιμής για το πλάτος της ράβδου ενώ του Mainstone (1971) (εξ. 3.5) ένα ελάχιστο. Από την άλλη πλευρά, η τιμή της σταθεράς που πρότειναν οι Paulay και Priestley (1992) (εξ. 3.4) δίνει μια μέση τιμή των δύο άκρων. Η εξίσωση που προτείνεται από τους Liauw και Kwan (1984) (εξ. 3.7) καλύπτει όλο το φάσμα της σχετικής δυσκαμψίας των τοιχοπληρωμένων πλαισίων και δίνει τιμές για το πλάτος της ράβδου, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου ορίου, όπως ορίζεται από τις εξισώσεις που προτείνονται από τους Holmes (1961) και Mainstone (1971). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τιμή της σταθεράς που προτείνουν οι Paulay και Priestley (1992), ισχύει ισχύει για τις τιμές του λ_h μικρότερες από 4, ενώ αυτή που προτείνει ο Holmes για τις τιμές του λ_h μικρότερες από 2.



Σχήμα 3.4 Ισοδύναμο πλάτος διαγωνίου συναρτήσει της σχετικής δυσκαμψίας αυτού (Asteris et al. 2011)

Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την πλευρική φόρτιση, η οποία ασκείται στην τοιχοποιία των πλαισίων, οι Decanini και Fantin (1987) πρότειναν δύο

ζεύγη εξισώσεων (εξ. 3.8α και 3.8β) σκεπτόμενοι τις διαφορετικές καταστάσεις των τοιχοπληρώσεων που δίνονται από:

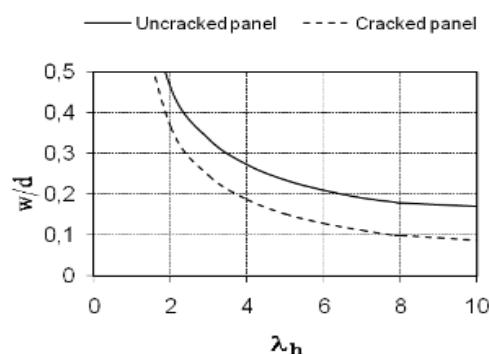
Πλαίσιο χωρίς ρωγμές (uncracked):

$$\frac{w}{d} = \begin{cases} 0.085 + \frac{0.748}{\lambda_h} & \text{αν } \lambda_h \leq 7.85 \\ 0.130 + \frac{0.393}{\lambda_h} & \text{αν } \lambda_h > 7.85 \end{cases} \quad (3.8\alpha)$$

Πλαίσιο με ρωγμές (cracked):

$$\frac{w}{d} = \begin{cases} 0.010 + \frac{0.707}{\lambda_h} & \text{αν } \lambda_h \leq 7.85 \\ 0.040 + \frac{0.470}{\lambda_h} & \text{αν } \lambda_h > 7.85 \end{cases} \quad (3.8\beta)$$

Στο Σχήμα 3.5 απεικονίζεται η διακύμανση του πάχους της τοιχοπλήρωσης που προκύπτει από τις παραπάνω σχέσεις.



Σχήμα 3.5 Ισοδύναμο πλάτος διαγωνίου συνάρτησης της σχετικής δυσκαμψίας αυτού (Decanini και Fantin)

Οι Bazan και Meli (1980), βασισμένοι στις παραμετρικές μελέτες για μονώροφα τοιχοπληρωμένα πλαίσια με μια εσοχή, παρήγαγαν ένα διάγραμμα που προβλέπει το πλάτος της ισοδύναμης ράβδου στην περίπτωση αστοχίας (cracking) της διαγωνίου του τοιχοπληρωμένου πλαισίου. Ο Tassios (1984) πρότεινε μια απλή αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του εν λόγω διαγράμματος, που δίνεται από:

$$\frac{w}{d} \cong 0.20 \sin \theta \sqrt{\frac{E_c A_c}{G_w A_w}} \quad \text{αν } 1 < \frac{E_c A_c}{G_w A_w} < 5 \quad (3.9)$$

Οι Durrani και Luo (1994) πρότειναν τον ακόλουθο ημι-εμπειρικό τύπο για τον υπολογισμό του πλάτους της ισοδύναμης ράβδου που δίνεται από:

$$\frac{w}{d} = \gamma \sin 2\theta \quad (3.10)$$

και στον οποίο οι παράμετροι γ και m δίνονται από:

$$\gamma = 0.32\sqrt{\sin 2\theta} \left(\frac{h^4 E_w t_w}{m E_c I_c h_w} \right)^{-0.1} \quad (3.11)$$

$$m = 6 \left(1 + \frac{6 E_b I_b h}{\pi E_c I_c L} \right) \quad (3.12)$$

όπου E_c, E_b είναι τα μέτρα ελαστικότητας του σύλου του πλαισίου και της δοκού αντίστοιχα, και I_c, I_b είναι αντίστοιχα οι ροπές αδράνειας του σύλου και της δοκού του πλαισίου.

Οι Flanagan και Bennet (1991 και 2001), βασισμένοι στα αποτελέσματα μιας σειράς από τοιχοπληρωμένα μεταλλικά πλαίσια πλήρους κλίμακας υπό επίπεδη φόρτιση, πρότειναν μια παρόμοια ισοδύναμη διαγώνια ράβδο για την προσομοίωση της τοιχοπλήρωσης. Η επιφάνεια της ράβδου δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$A = \frac{\pi t_w}{C \lambda \cos \theta} \quad (3.13)$$

όπου C είναι μια εμπειρική σταθερά ενώ όλες οι άλλες παράμετροι ορίζονται στην εξίσωση 3.1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

**Σχεδιασμός πλαισίων με τους Ευρωκώδικες
και τον Παλιό Κανονισμό του '59 -
Αναλυτική Προσομοίωση για τον
Υπολογισμό των Ιδιοπεριόδων**

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Ο σχεδιασμός των πλαισίων σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες καθώς και με το Βασιλικό Διάταγμα του 1959 πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Fespa με το οποίο επιτεύχθηκε η διαστασιολόγηση των μελών. Έπειτα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Seismostruct προκειμένου να μπορεί να ληφθεί υπόψη η τοιχοποιία στα πλαίσια και με αυτό πραγματοποιήθηκε η αναλυτική προσομοίωση για τον υπολογισμό των ιδιοπεριόδων.

Τα κτίρια είναι πλαίσιακές κατασκευές από ωπλισμένο σκυρόδεμα, κανονικά σε κάτοψη και αποτελούνται από δοκούς και υποστυλώματα. Λόγω της συμμετρίας εξετάζεται ένα τυπικό πλαίσιο των κτιρίων. Οι περιπτώσεις των κτιρίων που εξετάστηκαν φαίνονται στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί παρακάτω. Εξετάστηκαν συνολικά 180 κτίρια.

Επιλέχθηκαν κτίρια με 2, 4, 6, 8, 10, 12 και 14 ορόφους. Το ύψος των ορόφων είναι 3m. Το μήκος των ανοιγμάτων είναι 3.0m, 4.5m και 6.0m. Αρχικά τα κτίρια σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I, με επιτάχυνση στον βράχο, $a_{gR} = 0.16 g$, συντελεστή σπουδαιότητας $\Sigma 2$ ($\gamma_i = 1.0$), έδαφος κατηγορίας B και συντελεστή εδάφους $S = 1.2$. Τα κτίρια είναι κατηγορίας μέσης πλαστιμότητας και ο συντελεστής συμπεριφοράς 3.45. Το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας C25/30 και ο χάλυβας των οπλισμών κατηγορίας B500c. Τα μόνιμα φορτία είναι 1.50 kN/m^2 και επιπλέον 0.90 kN/m^2 για να συμπεριληφθούν στην μάζα οι εσωτερικές τοιχοποιίες. Τα κινητά φορτία είναι 3.5 kN/m^2 . Οι πλάκες έχουν πάχος 150 mm και οι δοκοί διαστάσεις 250/600 mm σε όλα τα πλαίσια.

Τα υποστυλώματα είναι τετραγωνικά. Κατά τον σχεδιασμό των κτιρίων τα ποσοστά των οπλισμών των υποστυλωμάτων κρατήθηκαν χαμηλά και κυμαίνονται μεταξύ 1-1.3%. Οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων εξαρτώνται από την περίπτωση του κτιρίου κάθε φορά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για το 14όροφο κτίριο με 6.0m μήκος ανοιγμάτων, σχεδιασμένο σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, τα υποστυλώματα είχαν διαστάσεις 650x650 mm στο ισόγειο και μειώνεται σε 500x500 mm στον ανώτερο όροφο, ενώ το 4όροφο κτίριο με 3.0m μήκος ανοιγμάτων έχει διαστάσεις υποστυλωμάτων 500x500 mm στο ισόγειο και 400x400 mm στον ανώτερο όροφο.

Στην συνέχεια, τα κτίρια με 2, 4, 6 και 8 ορόφους (για τις τρεις περιπτώσεις μήκους ανοίγματος) διαστασιολογήθηκαν και με τους παλαιούς κανονισμούς (Β.Δ. 1959) για σεισμικό συντελεστή $e = 0.04$. Το σκυρόδεμα είναι κατηγορίας B160 και ο χάλυβας κατηγορίας St I.

Μετά την διαστασιολόγηση των κτιρίων που επιτεύχθηκε με το λογισμικό Fespa, τα κτίρια προσομοιώθηκαν με το λογισμικό Seismostruct για να πραγματοποιηθεί ιδιομορφική ανάλυση και να υπολογισθεί η ιδιοπερίοδός τους. Επιλέχθηκε το

λογισμικό Seismostruct ώστε να προσομοιωθεί η τοιχοποιία και να διερευνηθεί και η επιρροή της τοιχοπλήρωσης στην θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της κατασκευής.

Όλα τα κτίρια που σχεδιάσθηκαν σύμφωνα με τους Παλαιούς Κανονισμούς και σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα, για τρία διαφορετικά μήκη ανοιγμάτων και για ύψη ορόφων από 2 έως 14, αναλύθηκαν τόσο χωρίς τοιχοποιία, όσο και πλήρως τοιχοπληρωμένα και με πιλοτή. Στα πλαίσια με τοιχοποιία θεωρήθηκε μπατική τοιχοποιία με κατανεμημένο φορτίο στις δοκούς 8.64 kN/m^2 . Στην συνέχεια, όλες αυτές οι περιπτώσεις κτιρίων εξετάστηκαν και με εσοχή στους ανώτερους ορόφους για να διερευνηθεί η επιρροή αυτής της ακανονικότητας καθ' ύψος στην θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της κατασκευής.

Πίνακας 4.1 Παράμετροι εξεταζόμενων κτιρίων

Κανονισμός σχεδιασμού	Παλιός Κανονισμός / Ευρωκώδικες
Διάσταση δοκών	
• Ευρωκώδικας	250/600 mm
• Παλιός Κανονισμός	200/500 mm
Πάχος πλάκας	150 mm
Μόνιμα φορτία	$1.50 \text{ kN/m}^2 + 0.90 \text{ kN/m}^2$
Κινητά φορτία	3.50 kN/m^2
Αριθμός ορόφων	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14
Ύψος κτιρίου	6m, 12m, 18m, 24m, 30m, 36m, 42m
Ακανονικότητα	Κανονικό κτίριο / Εσοχή στους ανώτερους ορόφους
Μήκος φατνωμάτων	3.0 m, 4.5 m, 6.0 m
Αριθμός φατνωμάτων	6
Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας, f_m	1.5 MPa, 3.0 MPa, 4.5 MPa, 8.0 MPa, 10.0 MPa
Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας, E_m	3.0 GPa
Πάχος τοιχοποιίας, t_w	250 mm

4.2 Χαρακτηριστικά Ευρωκωδίκων

Ο σχεδιασμός ενός δομήματος με βάση τους Ευρωκώδικες μπορεί να δώσει σαν αποτέλεσμα ένα κτίριο που είναι ασφαλέστερο στους σεισμούς, οικονομικότερο κατά την κατασκευή και λειτουργικότερο στη χρήση απ' ό,τι θα πετύχαινε κανένας σχεδιάζοντας το ίδιο κτίριο με βάση τους ελληνικούς κανονισμούς. Τα πλεονεκτήματα αυτά, τα οποία είναι αποτέλεσμα της πληρότητας και της λεπτομέρειας των διατάξεων, επιτεύχθηκαν με τη συλλογική εργασία των κορυφαίων επιστημόνων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ασφαλέστερα δομήματα επιτυγχάνονται λόγω του ότι εισάγονται νέοι ή αυστηροποιούνται ορισμένοι έλεγχοι, καθώς επίσης και επειδή αυξάνεται το επίπεδο των εισαγόμενων σεισμικών δυνάμεων. Καθώς στον Ευρωκώδικα κάθε δόμημα αντιμετωπίζεται με τις ιδιαιτερότητές του, π.χ. κανονικό σε κάτοψη, κανονικό καθ' ύψος κλπ, δίνεται η ευκαιρία στον προσεκτικό μελετητή προσαρμοζόμενος στις ιδιαιτερότητες κάθε κτιρίου να μειώσει αποτελεσματικά τους όγκους σιδήρου και σκυροδέματος που απαιτούνται κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου. Ο Ευρωκώδικας δεν επιβάλλει τα υπερβολικά μεγάλα τοιχώματα, 1.5 ή 2m, όπως επέβαλλε ο Ελληνικός κανονισμός σχεδόν σε κάθε οικοδομή αλλά αφήνει στην ευχέρεια του μελετητή να επιλέξει το πλήθος και το μήκος των τοιχωμάτων καθοδηγώντας τον για το είδος και τη λεπτομέρεια των ελέγχων που χρειάζονται κάθε φορά ώστε να εξασφαλισθεί η ικανότητα της κατασκευής να ανταπεξέλθει στους αναμενόμενους σεισμικούς κραδασμούς. Αυτό δίνει διέξοδο στο λειτουργικό σχεδιασμό των κτιρίων ώστε να δημιουργούνται οι εκάστοτε απαραίτητες θέσεις γκαράζ και να μην παρεμποδίζονται άλλες λειτουργίες του κτιρίου ή αρχιτεκτονικές απαιτήσεις.

4.3 Χαρακτηριστικά Παλαιού Κανονισμού

Ο Αντισεισμικός σχεδιασμός εισήχθη σε όλους τους νομούς της Ελλάδας με τη θέσπιση του πρώτου Αντισεισμικού Κανονισμού το 1959 (Βασιλικό Διάταγμα της 19/26.2.1959).

Για τα δομήματα που μελετήθηκαν πριν τη δεκαετία του 1960, η βασική φόρτιση ήταν τα κατακόρυφα φορτία, ενώ δεν δινόταν ιδιαίτερη προσοχή στην έναντι οριζοντίων δράσεων φέρουσα ικανότητα της κατασκευής. Τα παλαιότερα κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος δεν έχουν εν γένει επαρκή φέρουσα ικανότητα και πλαστιμότητα για να αντισταθούν στις δυνάμεις και τις μετακινήσεις οι οποίες επιβάλλονται από ισχυρές εδαφικές διεγέρσεις. Κοινές αδυναμίες παλαιών κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα σχετίζονται με τις ανεπαρκείς λεπτομέρειες οπλίσεως, όπως είναι η μάτιση των οπλισμών των υποστυλωμάτων, η ανεπαρκής αγκύρωση του κάτω οπλισμού των δοκών στις περιοχές των στηρίξεων, καθώς και ο ανεπαρκής οπλισμός διατμήσεως στα υποστυλώματα, στις δοκούς και στους κόμβους. Τα υποστυλώματα των υφιστάμενων κτιρίων είναι συχνά ευαίσθητα σε ψαθυρή αστοχία, γεγονός το οποίο ενδέχεται να οδηγήσει σε μερική ή ακόμα και ολική κατάρρευση της κατασκευής κατά τη διάρκεια μιας ισχυρής σεισμικής διέγερσης. Επίσης συνήθη προβλήματα και αδυναμίες που παρουσιάζουν τα κτίρια αυτά είναι η ύπαρξη μαλακών ορόφων, ο συνδυασμός ισχυρών δοκών και συγκριτικά πιο αδύναμων υποστυλωμάτων (έλλειψη ικανοτικού σχεδιασμού), η χρήση χαμηλής ποιότητας σκυροδέματος και χάλυβα καθώς και η έλλειψη επαρκούς οπλισμού (συνδετήρες, διαμήκης, κύριος και δευτερεύων οπλισμός, οπλισμός αγκύρωσης).

Ως γνωστόν, η γενική συμπεριφορά ενός δομικού συστήματος εξαρτάται από τη συμπεριφορά δομικών μελών που συνθέτουν το φέροντα οργανισμό του. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα κύρια χαρακτηριστικά δομικών μελών οπλισμένου σκυροδέματος σχεδιασμένων με βάση τους παλαιούς κανονισμούς: (Μαραγκός_&_Παγουλάτος, 2011)

1. Ανεπαρκώς αγκυρωμένοι ή ακόμη ανοιχτοί συνδετήρες σε γωνία 90° , γεγονός που τους εμπόδιζε να αναπτύξουν τη συνολική τους εφελκυστική αντοχή. Πολλές φορές η αντοχή τέτοιων συνδετήρων είναι πρακτικά μηδενική. Αποτέλεσμα: πρακτικά ανύπαρκτος εγκιβωτισμός του σκυροδέματος και πολύ μικρές αντοχές σε διάτμηση.
2. Ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού, που για μεν τους πρώτους οφειλόταν κυρίως στη μέθοδο ανάλυσης και στις χαμηλές σεισμικές δράσεις σχεδιασμού, για δε τους συνδετήρες οφειλόταν επιπλέον στην απουσία ελέγχων περισφιγξης και στις ελλειπείς κατασκευαστικές διατάξεις. Δεν έλειπαν βέβαια και οι περιπτώσεις όπου τα χαμηλά ποσοστά οπλισμού οφείλονταν κυρίως στη μη εφαρμογή της μελέτης από τους εργολάβους, για καθαρά κερδοσκοπικούς σκοπούς.
3. Ανεπαρκείς λεπτομέρειες κατασκευαστικής όπλισης, κυρίως σε ότι είχε να κάνει με τον εγκάρσιο οπλισμό.
4. Χαμηλές αντοχές σκυροδέματος, καθώς επίσης και ανομοιομορφία στην κατανομή της ποιότητας του σκυροδέματος στα διάφορα τμήματα του φορέα, γεγονός που οφειλόταν κυρίως στην επιτόπου παρασκευή και μεταφορά του σκυροδέματος και στην απουσία ποιοτικών ελέγχων.
5. Χαμηλές αντοχές χάλυβα, με ευρεία χρήση λείου οπλισμού με άγκιστρα.
6. Ανεπαρκείς αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού και ανεπαρκή μήκη αλληλοκάλυψης (ματίσεις οπλισμών) που πολλές φορές γινόταν εντός κρίσιμων περιοχών.
7. Ελαφρώς οπλισμένοι ή και σε πολλές περιπτώσεις τελείως άοπλοι κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων, στοιχείο που δημιουργούσε τοπικά σημεία αδυναμίας στις θέσεις σύνδεσης των διαφόρων δομικών μελών μεταξύ τους.
8. Διαστασιολόγηση με βάση τις επιτρεπόμενες τάσεις και απουσία ικανοτικού σχεδιασμού δοκών-υποστυλωμάτων σε κάμψη και διάτμηση.
9. Τήρηση μικρών επικαλύψεων με συνέπεια την έντονη ενανθράκωση του σκυροδέματος και διάβρωση των οπλισμών.
10. Ανεπαρκέστατοι οπλισμοί τοιχωμάτων δυσκαμψίας κυρίως λόγω εσφαλμένων παραδοχών υπολογισμού.
11. Απουσία περισφιγμένων κρυφο-υποστυλωμάτων στα άκρα τοιχωμάτων.

4.4 Χαρακτηριστικά του Προγράμματος Fespa

4.4.1 Εισαγωγικά στοιχεία προγράμματος Fespa

Το Fespa είναι το στατικό πρόγραμμα της LH Λογισμική για την ανάλυση και διαστασιολόγηση κατασκευών. Αποτελείται από γραμμικά και επιφανειακά μέλη, διαφορετικών υλικών και διατομών οποιουδήποτε σχήματος, υποβαλλόμενα σε διάφορες φορτιστικές καταστάσεις. Έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει τόσο ελαστικές στατικές και δυναμικές αναλύσεις, όσο και μη γραμμικές ανελαστικές στατικές αναλύσεις, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς. Χρησιμοποιείται για τη διαστασιολόγηση νέων κατασκευών, την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφισταμένων κτιρίων και τη μελέτη ενίσχυσής τους.

4.4.2 Εισαγωγή δεδομένων

Η εισαγωγή δεδομένων στο στατικό πρόγραμμα Fespa πραγματοποιείται με εισαγωγή υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων στις θέσεις που καθορίζονται με τη βοήθεια των γραμμών καννάβου του προγράμματος. Οι πλάκες εισάγονται με τον ίδιο τρόπο. Το στατικό μοντέλο ολοκληρώνεται με την εισαγωγή των δοκών. Διάφορες φορτίσεις και συνδυασμοί φορτίσεων μπορούν να επιβληθούν στις οντότητες μέσω ρυθμίσεων του προγράμματος.

4.4.3 Μοντελοποίηση και έλεγχος δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής δεδομένων, το Fespa παράγει αυτόματα το υπολογιστικό και το φορτιστικό μοντέλο. Οι σεισμικές δράσεις παράγονται σύμφωνα με το φάσμα σχεδιασμού. Οι συνδυασμοί δράσεων παράγονται και εμφανίζονται σε πίνακες. Η ακριβής μοντελοποίηση υποβοηθείται από τη χρήση άκαμπτων απολήξεων, δεσμικών δοκών, στοιχείων επί ελαστικού εδάφους. Μέσω του εργαλείου 3DV γίνεται εύκολα ο έλεγχος συνδεσμολογίας των μελών. Εμφανίζονται τα διαγράμματα φορτίσεων, τοπικές συντεταγμένες κόμβων και μήκη μελών.

4.4.4 Επίλυση

Με το Fespa μπορεί να πραγματοποιηθεί στατική και δυναμική γραμμική ανάλυση καθώς και μη γραμμική ανάλυση pushover. Μετά το τέλος της επίλυσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα τρισδιάστατης απεικόνισης (3DV):

- Εμφάνιση της παραμορφωμένης γεωμετρίας του μοντέλου υπό οποιαδήποτε στατική φόρτιση ή συνδυασμό φορτίσεων.
- Απεικόνιση της ταλάντωσης του φορέα υπό την επίδραση της σεισμικής φόρτισης (για οποιαδήποτε ιδιομορφή).

- Εμφάνιση διαγραμμάτων τεμνουσών, ροπών και αξονικών δυνάμεων.

4.4.5 Διαστασιολόγηση

Το Fespa παρέχει μια σειρά παλαιών ελληνικών κανονισμών καθώς και τους Ευρωκώδικες. Η διαστασιολόγηση όλων των δομικών μελών γίνεται σύμφωνα με τους επιλεγμένους κανονισμούς, τις ποιότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών και τα αποτελέσματα της επίλυσης και ξεκινάει αυτόματα μετά το τέλος της τελευταίας. Μόλις ολοκληρωθεί ο έλεγχος όλων των οντοτήτων (πλάκες, υποστυλώματα, δοκοί κτλ.) δημιουργείται και εμφανίζεται στην οθόνη μια λίστα σφαλμάτων. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστούν τα μέλη που αστόχησαν κατά την επίλυση, ενώ προτείνονται τρόποι αντιμετώπισής τους.

4.4.6 Αποτελέσματα

Κατά τη διάρκεια της διαστασιολόγησης εμφανίζονται σπλισμοί στον ξυλότυπο. Μετά την ολοκλήρωση όλων των υπολογισμών, δημιουργούνται αυτόματα τα σχέδια ξυλοτύπων για κάθε όροφο.

4.5 Χαρακτηριστικά του προγράμματος SeismoStruct

4.5.1 Εισαγωγικά στοιχεία προγράμματος Seismostruct

Το SeismoStruct, της εταιρίας Seismosoft, είναι ένα πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων για δομική ανάλυση, το οποίο έχει την ικανότητα να προβλέψει την απόκριση σε μεγάλες παραμορφώσεις πλαισιωτών κατασκευών υπό στατικά ή και δυναμικά φορτία λαμβάνοντας υπόψη τις γεωμετρικές μη γραμμικότητες και την ανελαστικότητα των υλικών, ενώ παρέχει τη δυνατότητα μη γραμμικής ανάλυσης.

Το λογισμικό αποτελείται από τρεις βασικές ενότητες: έναν προεπεξεργαστή (Pre-Processor), έναν επεξεργαστή (Processor) και έναν μετα-επεξεργαστή (Post-Processor).

- Στην ενότητα του Προεπεξεργαστή (Pre-Processor) γίνεται η επιλογή ανάλυσης του φορέα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέγεται η Ιδιομορφική ανάλυση (Eigenvalue analysis). Ορίζονται τα Υλικά (Materials), οι Διατομές (Sections), τα Στοιχεία (Element classes), οι Κόμβοι (Nodes), η Συνδεσιμότητα των στοιχείων (Element connectivity), η Στήριξη του φορέα (Restraints), τα Φορτία (Applied loads).
- Στην ενότητα του Επεξεργαστή (Processor) πραγματοποιείται η ανάλυση του φορέα.

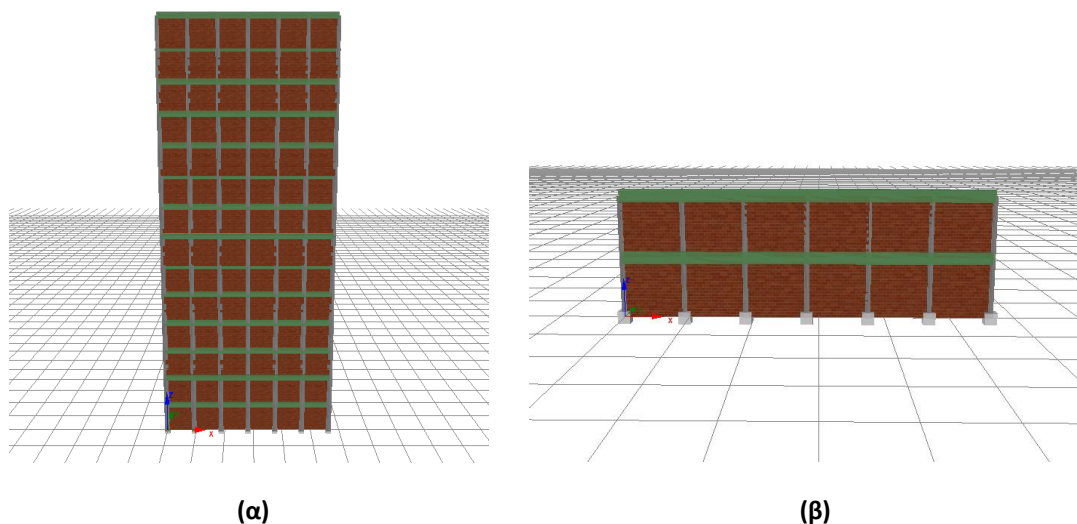
- Στην ενότητα του Μετα-επεξεργαστή (Post-Processor) γίνεται η ανάγνωση των αποτελεσμάτων που προήλθαν από την επίλυση της ανάλυσης.

Το πρόγραμμα SeismoStruct έχει τη δυνατότητα προσομοίωσης επιπέδων αλλά και χωρικών πλαισίων. Διαθέτει γραφικό περιβάλλον και μεγάλες δυνατότητες όσον αφορά την ανάλυση καθώς παρέχει διαφορετικούς τύπους ανάλυσης οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω:

- Eigenvalue analysis: Ιδιομορφική ανάλυση
- Static analysis (non-variable load): Στατική ανάλυση με σταθερή τιμή φορτίων
- Static pushover analysis: Στατική ανελαστική ανάλυση τύπου pushover
- Static adaptive pushover analysis: Στατική ανελαστική ανάλυση
- Static time-history analysis: Στατική ανάλυση με ιστορία φόρτισης
- Dynamic time-history analysis: Δυναμική ανάλυση με ιστορία φόρτισης
- Incremental dynamic analysis: Δυναμική ανάλυση με ιστορία φόρτισης αυξανόμενης έντασης

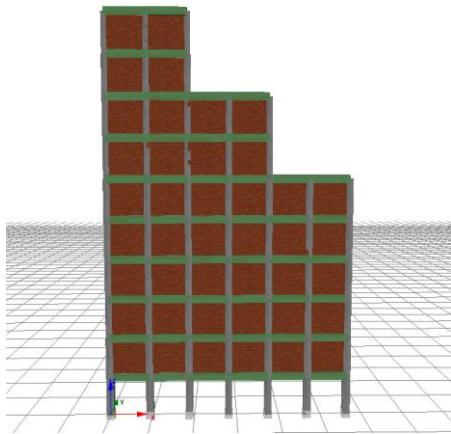
4.5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης

Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά μερικά πλαίσια που δημιουργήθηκαν για περιπτώσεις που εξετάστηκαν (γυμνό ή τοιχοπληρωμένο πλαίσιο, με ή χωρίς πιλοτή, με ή χωρίς εσοχές, με 6 ανοίγματα μήκους 3m, 4,5m και 6m, με διάφορο αριθμό ορόφων, σχεδιασμένο με τους EC ή τον Π.Κ. '59).

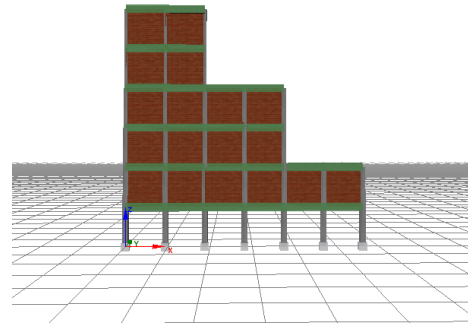


Σχήμα 4.1 (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (14όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (2όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)



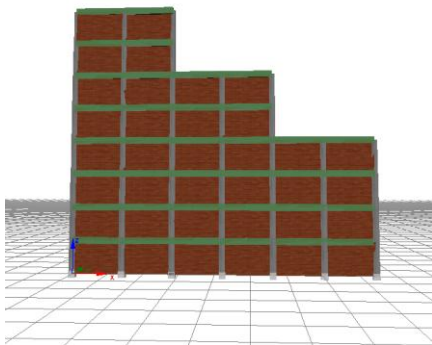
(α)



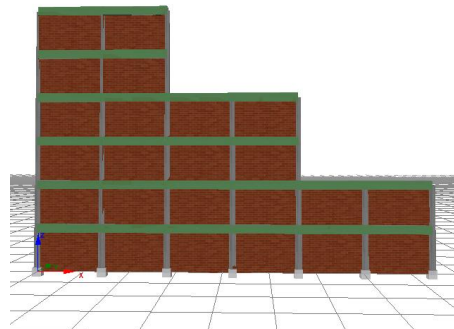
(β)

Σχήμα 4.2 (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή και εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (10όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή και εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 3m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)



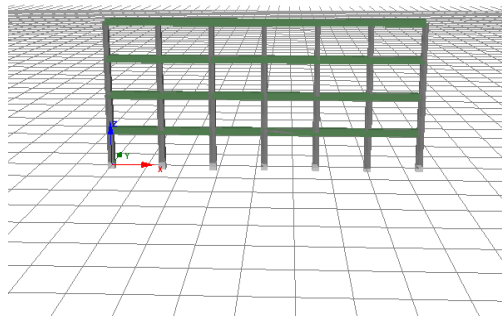
(α)



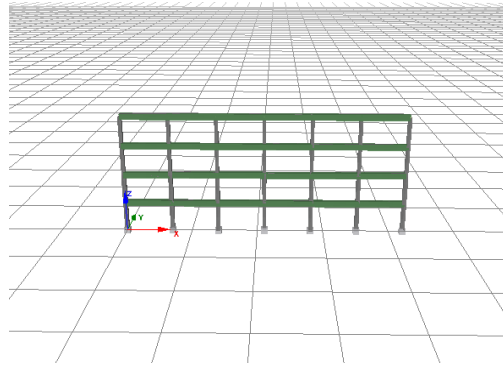
(β)

Σχήμα 4.3 (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (8όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)



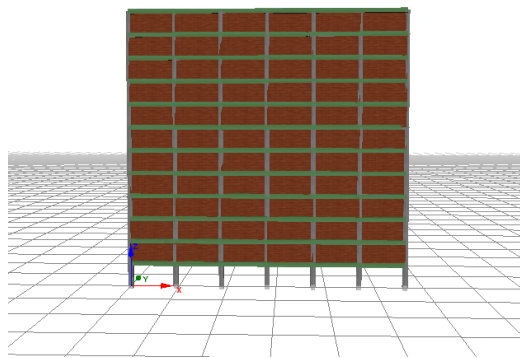
(α)



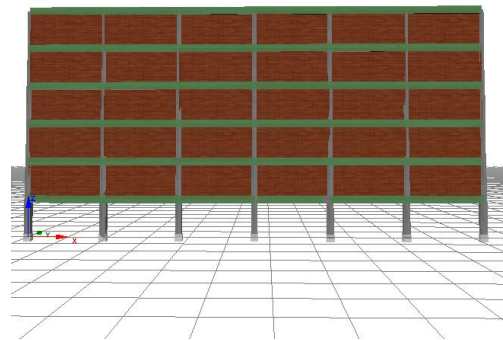
(β)

Σχήμα 4.4 (α) Γυμνό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC.
(4όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Γυμνό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59.
(4όροφο, 4,5m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)



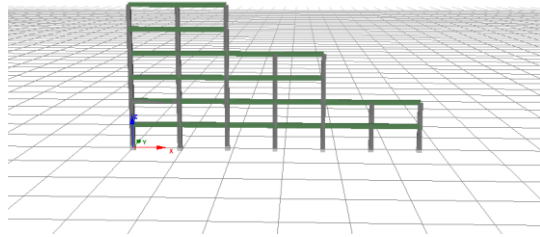
(α)



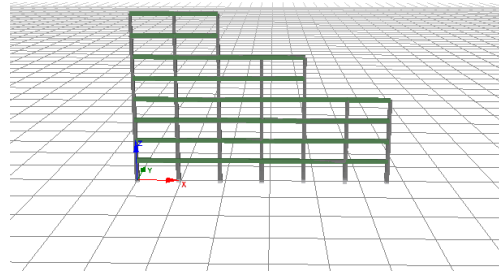
(β)

Σχήμα 4.5 (α) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με πιλοτή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC. (12όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Τοιχοπληρωμένο μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59. (6όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)



(α)



(β)

Σχήμα 4.6 (α) Γυμνό μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με τους EC.
(6όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

(β) Γυμνό μοντέλο με εσοχή που χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμένο με το Β.Δ. '59.
(8όροφο, 6m μήκος ανοίγματος, 6 ανοίγματα)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
Αποτελέσματα

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα αποτελέσματα από όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, έπειτα από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν μέσω του προγράμματος Seismostruct.

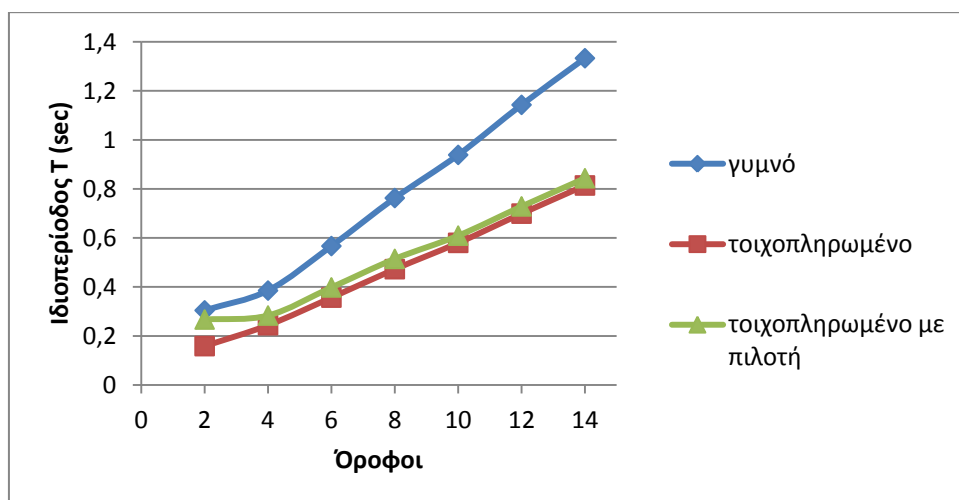
5.2 Επιρροή ύψους κτιρίου

▪ ΕC

Στους πίνακες 5.1, 5.2, 5.3 παρουσιάζονται οι μετρήσεις για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα για τρία διαφορετικά μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m, 6m) μεταξύ των υποστυλωμάτων. Με βάση αυτές τις μετρήσεις προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα των σχημάτων 5.1, 5.2, 5.3.

Πίνακας 5.1 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

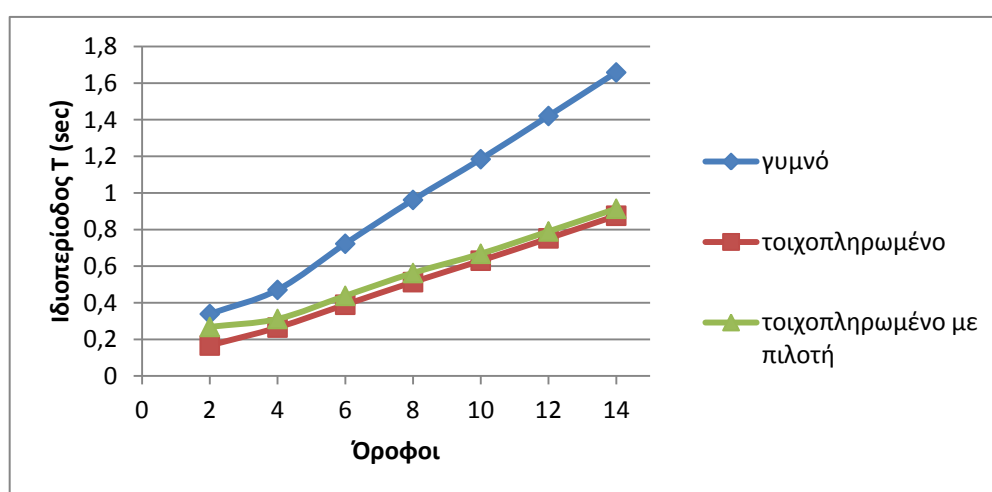
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,3044	0,1586	0,2671
4	0,3851	0,2440	0,2834
6	0,5667	0,3565	0,3981
8	0,7626	0,4725	0,5145
10	0,9386	0,5798	0,6093
12	1,1428	0,6991	0,7286
14	1,3330	0,8139	0,8434



Σχήμα 5.1 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

Πίνακας 5.2 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

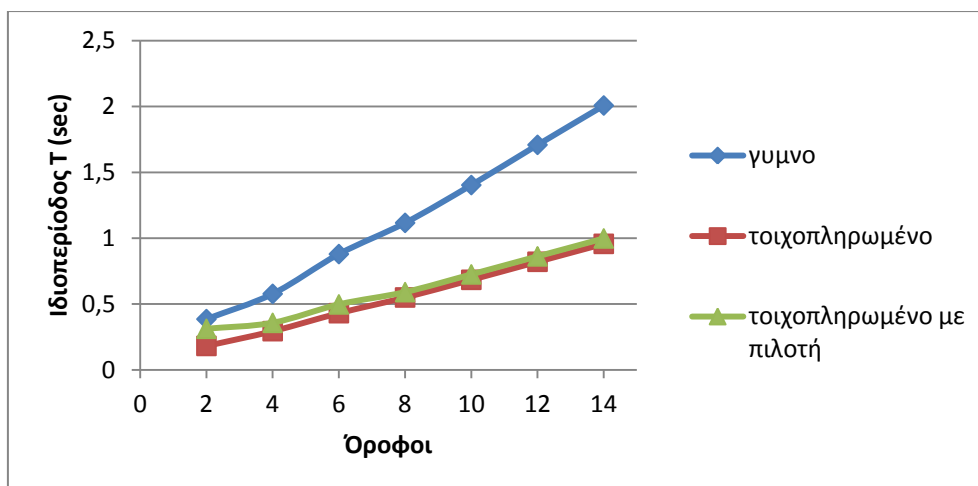
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,3388	0,1665	0,2683
4	0,4705	0,2646	0,3118
6	0,7225	0,3894	0,4381
8	0,9621	0,5130	0,5628
10	1,1846	0,6301	0,6679
12	1,4206	0,7520	0,7900
14	1,6586	0,8756	0,9139



Σχήμα 5.2 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Πίνακας 5.3 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,3854	0,1818	0,3119
4	0,5773	0,2940	0,3571
6	0,8794	0,4306	0,4970
8	1,1164	0,5498	0,5903
10	1,4036	0,6838	0,7250
12	1,7088	0,8209	0,8620
14	2,0077	0,9570	0,9982



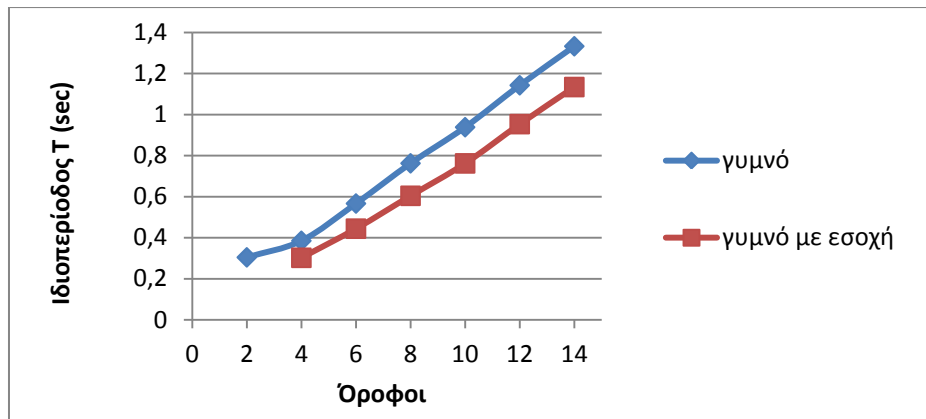
Σχήμα 5.3 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.1, 5.2, 5.3), η ιδιοπερίοδος αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ορόφων. Στο τοιχοπληρωμένο και στο τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο οι τιμές των ιδιοπεριόδων έχουν μικρές διαφορές μεταξύ τους σε αντίθεση με το γυμνό μοντέλο.

Παρακάτω, στους πίνακες 5.4, 5.5, 5.6 παρουσιάζονται οι μετρήσεις για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα για τρία διαφορετικά μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m, 6m) μεταξύ των υποστυλωμάτων. Με βάση αυτές τις μετρήσεις προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα των σχημάτων 5.4, 5.5, 5.6.

Πίνακας 5.4 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

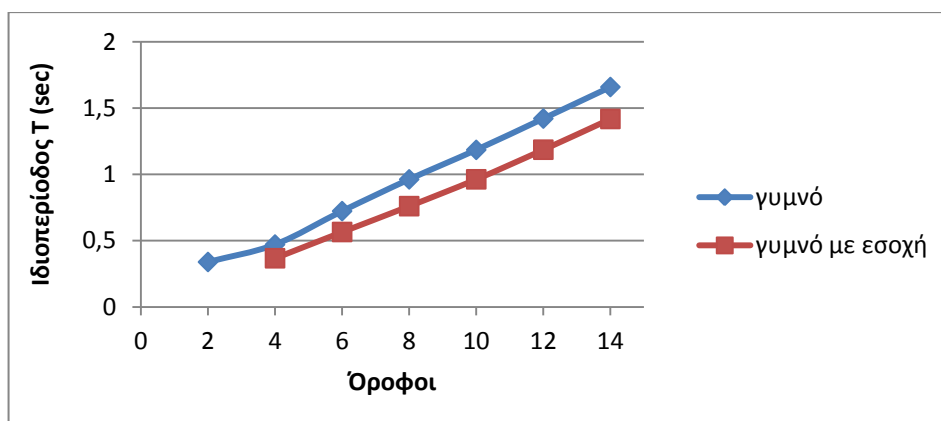
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3044	-
4	0,3851	0,3022
6	0,5667	0,4442
8	0,7626	0,6043
10	0,9386	0,7622
12	1,1428	0,9537
14	1,3330	1,1342



Σχήμα 5.4 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

Πίνακας 5.5 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

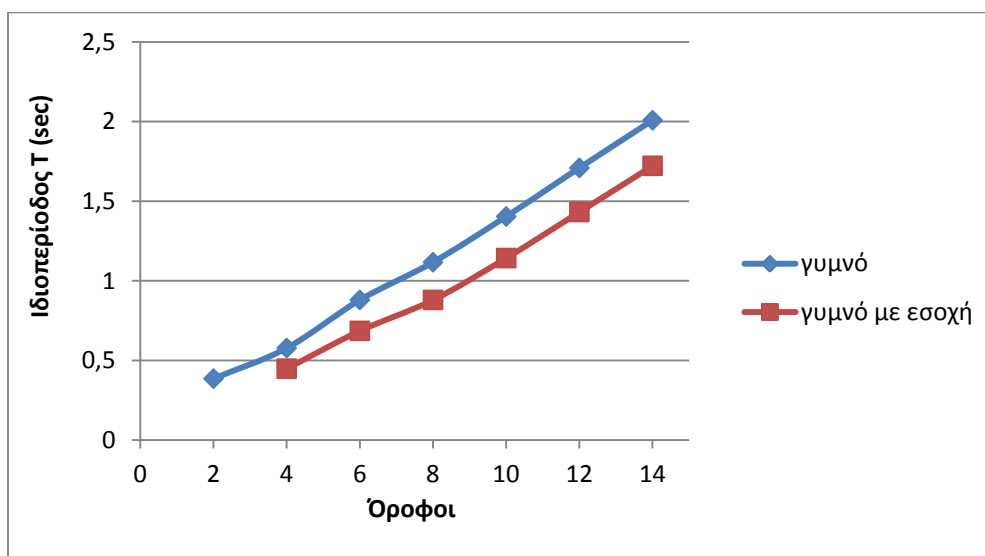
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3388	-
4	0,4705	0,3670
6	0,7225	0,5650
8	0,9621	0,7599
10	1,1846	0,9625
12	1,4206	1,1857
14	1,6586	1,4176



Σχήμα 5.5 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Πίνακας 5.6 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3854	-
4	0,5773	0,4478
6	0,8794	0,6851
8	1,1164	0,8792
10	1,4036	1,1425
12	1,7088	1,4315
14	2,0077	1,7219



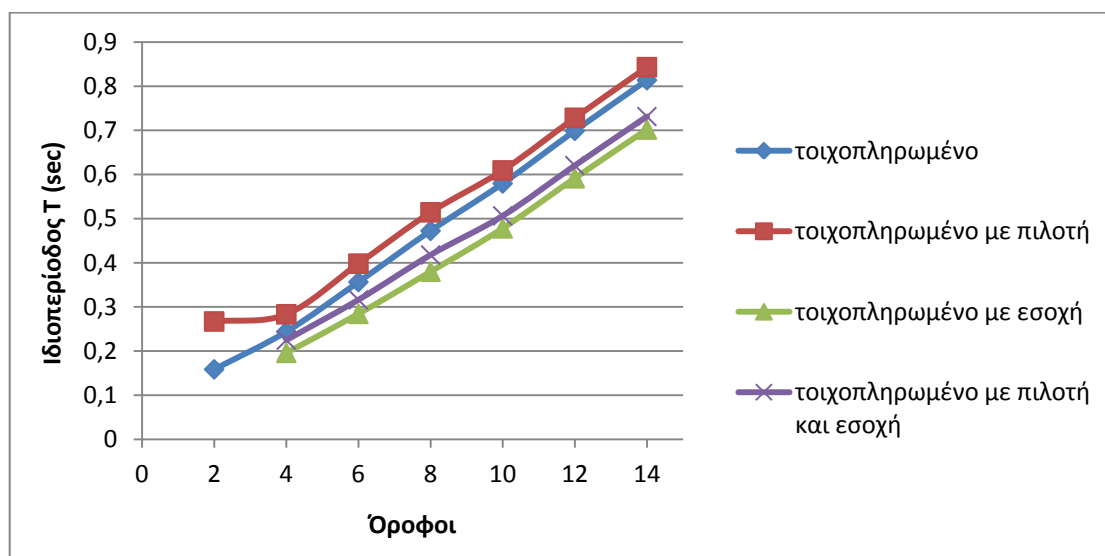
Σχήμα 5.6 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

Στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.4, 5.5, 5.6) η ιδιοπερίοδος αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ορόφων και στα τρία μήκη ανοίγματος για γυμνό- γυμνό με εσοχή μοντέλο.

Αντίστοιχα στους πίνακες 5.7, 5.8, 5.9 παρουσιάζονται οι μετρήσεις για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα για τρία διαφορετικά μήκη ανοίγματος (3m, 4.5m, 6m) μεταξύ των υποστυλωμάτων. Με βάση αυτές τις μετρήσεις προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα των σχημάτων 5.7, 5.8, 5.9.

Πίνακας 5.7 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

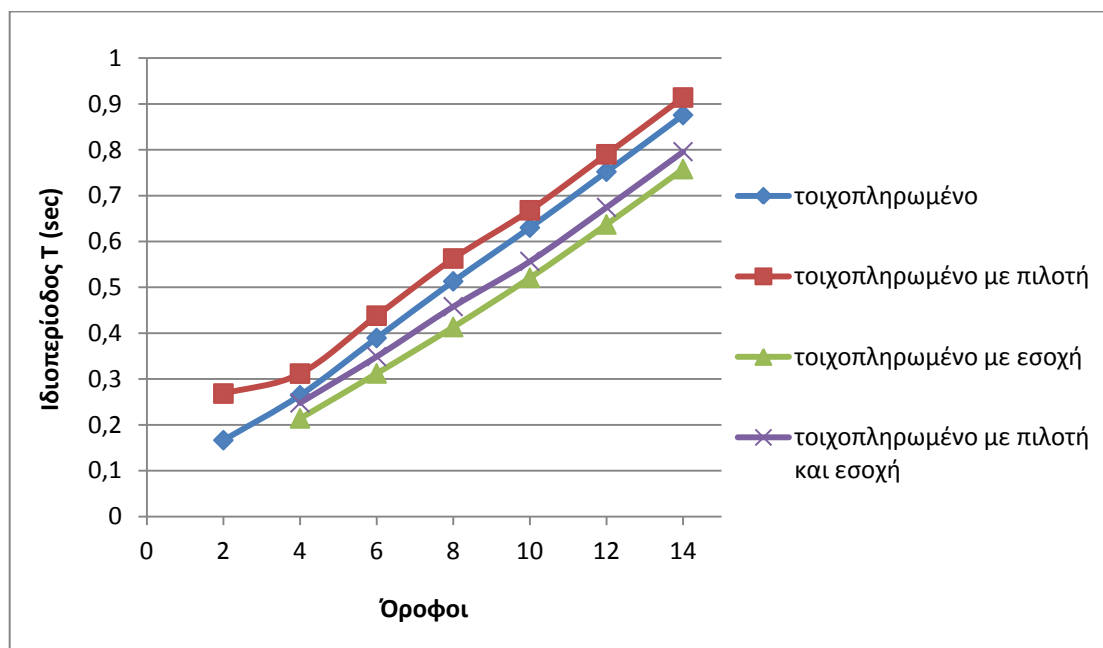
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1586	0,2671	-	-
4	0,2440	0,2834	0,1960	0,2248
6	0,3565	0,3981	0,2844	0,3162
8	0,4725	0,5145	0,3800	0,4178
10	0,5798	0,6093	0,4781	0,5063
12	0,6991	0,7286	0,5916	0,6204
14	0,8139	0,8434	0,7020	0,7314



Σχήμα 5.7 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

Πίνακας 5.8 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

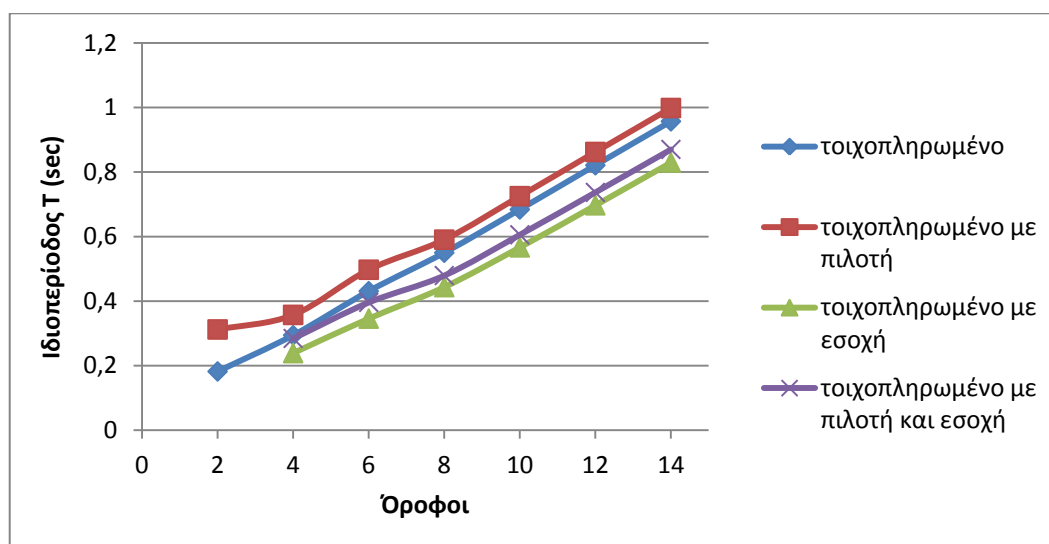
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1665	0,2683	-	-
4	0,2646	0,3118	0,2140	0,2479
6	0,3894	0,4381	0,3121	0,3488
8	0,5130	0,5628	0,4133	0,4579
10	0,6301	0,6679	0,5206	0,5566
12	0,7520	0,7900	0,6370	0,6743
14	0,8756	0,9139	0,7578	0,7958



Σχήμα 5.8 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Πίνακας 5.9 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1818	0,3119	-	-
4	0,2940	0,3571	0,2387	0,2841
6	0,4306	0,4970	0,3456	0,3958
8	0,5498	0,5903	0,4432	0,4791
10	0,6838	0,7250	0,5664	0,6054
12	0,8209	0,8620	0,6968	0,7368
14	0,9570	0,9982	0,8294	0,8699



Σχήμα 5.9 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

Στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.7, 5.8, 5.9) η ιδιοπερίοδος αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των ορόφων και στα τρία μήκη ανοίγματος για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο. Παρατηρούμε ότι από τα τέσσερα μοντέλα που εξετάστηκαν, και για τα τρία μήκη ανοίγματος, τη μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο έχει το τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και τη μικρότερη το τοιχοπληρωμένο με εσοχή.

▪ **Π.Κ. '59**

Με τον ίδιο τρόπο που έγινε η ανάλυση των μοντέλων σύμφωνα με τον ΕC, παρομοίως πραγματοποιήθηκε η ανάλυση για τα μοντέλα σύμφωνα με τον Παλαιό Κανονισμό '59 για τα ίδια μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m, 6m). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες για όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, όσον αφορά τα μοντέλα και τα μήκη ανοίγματος. Τα διαγράμματα που προέκυψαν ακολουθούν την ίδια λογική και είναι παρεμφερή για κάθε μήκος ανοίγματος, γ'αυτό παρακάτω δίνονται συγκεκριμένα τα διαγράμματα για μήκος ανοίγματος 4,5m.

Πίνακας 5.10 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

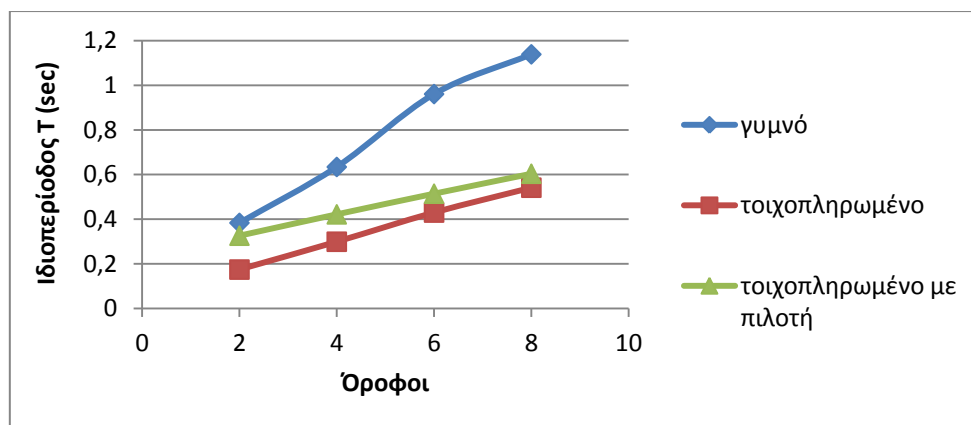
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,5298	0,1744	0,4603
4	0,7947	0,2996	0,5161
6	0,9247	0,4012	0,4950
8	1,1987	0,5221	0,5848

Πίνακας 5.11 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,3833	0,1741	0,3259
4	0,6340	0,2988	0,4216
6	0,9608	0,4296	0,5141
8	1,1388	0,5410	0,6036

Πίνακας 5.12 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,4558	0,1914	0,3781
4	0,7681	0,3288	0,4848
6	1,0300	0,4540	0,5371
8	1,2003	0,5646	0,6143



Σχήμα 5.10 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Πίνακας 5.13 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

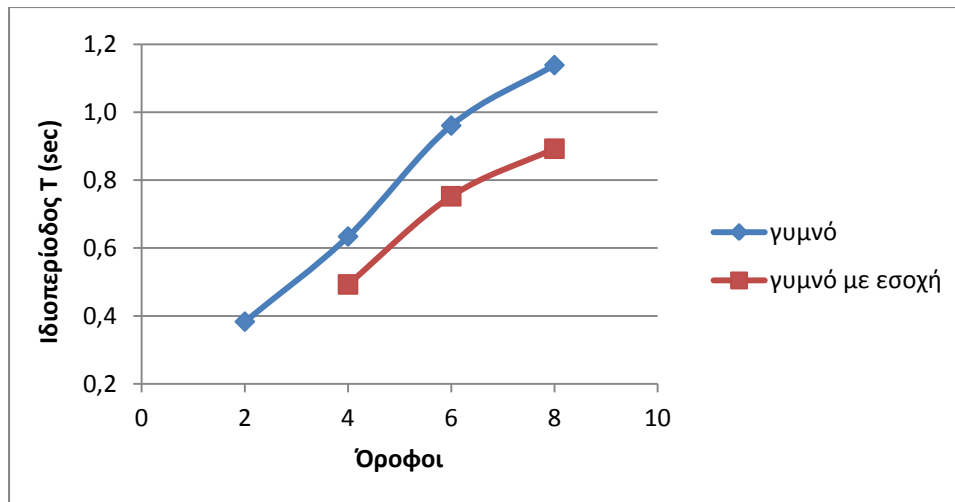
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,5298	-
4	0,7947	0,6208
6	0,9247	0,7287
8	1,1987	0,9385

Πίνακας 5.14 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3833	-
4	0,6340	0,4928
6	0,9608	0,7525
8	1,1388	0,8926

Πίνακας 5.15 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,4558	-
4	0,7681	0,5959
6	1,0300	0,8045
8	1,2003	0,9438



Σχήμα 5.11 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Πίνακας 5.16 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 3m).

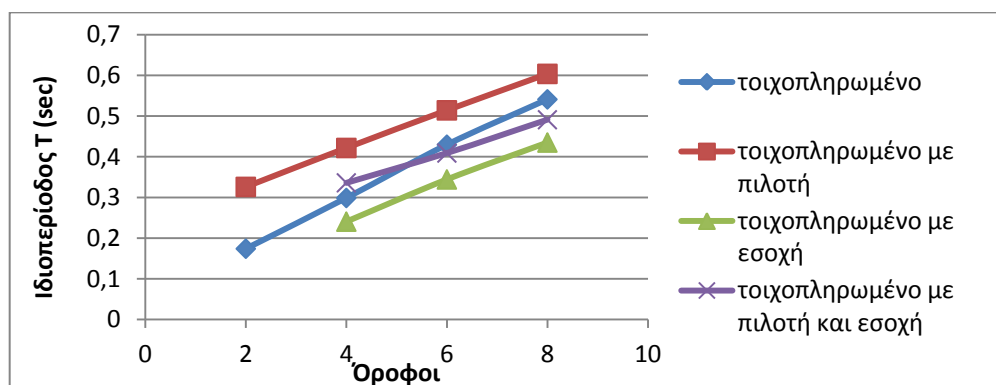
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1744	0,4603	-	-
4	0,2996	0,5161	0,2407	0,4143
6	0,4012	0,4950	0,3214	0,3942
8	0,5221	0,5848	0,4196	0,4758

Πίνακας 5.17 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1741	0,3259	-	-
4	0,2988	0,4216	0,2406	0,3360
6	0,4296	0,5141	0,3443	0,4091
8	0,5410	0,6036	0,4350	0,4910

Πίνακας 5.18 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 6m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1914	0,3781	-	-
4	0,3288	0,4848	0,2662	0,3872
6	0,4540	0,5371	0,3649	0,4280
8	0,5646	0,6143	0,4548	0,4990

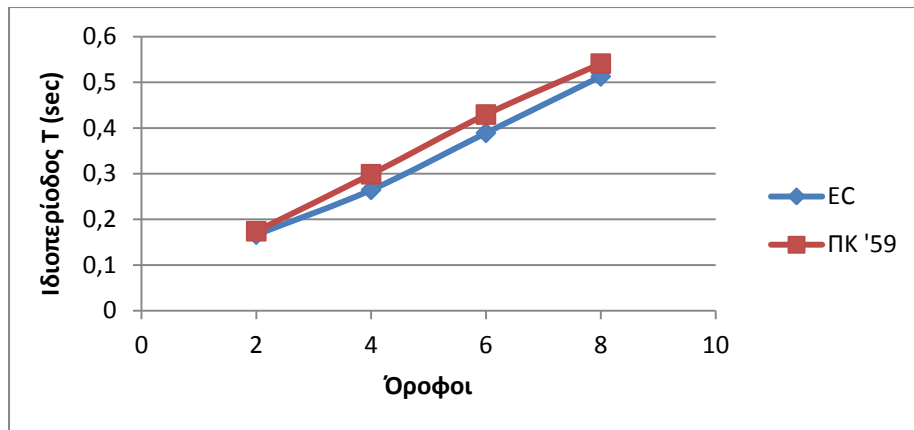


Σχήμα 5.12 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή μοντέλο, με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.10, 5.11, 5.12) για μήκος ανοίγματος 4,5m η ιδιοπερίοδος αυξάνεται όσο αύξανεται ο αριθμός των ορόφων. Ωστόσο, στα σχήματα 5.10 και 5.11 την μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο έχει το γυμνό μοντέλο ενώ στο σχήμα 5.12 το τοιχοπληρωμένο με πιλοτή.

Πίνακας 5.19 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων για EC και Π.Κ. '59 (για 8οροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ EC	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Π.Κ. '59
2	0,1665	0,1741
4	0,2646	0,2988
6	0,3894	0,4296
8	0,5130	0,5410



Σχήμα 5.13 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του αριθμού των ορόφων για EC και Π.Κ. '59 (για 8όροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για μήκος ανοίγματος 4,5m).

Στο παραπάνω διάγραμμα διακρίνεται η επιρροή του ύψους ενός πλαισίου στην θεμελιώδη ιδιοπερίοδό του όταν αυτό είναι σχεδιασμένο με τον EC και αντίστοιχα με τον Π.Κ. '59. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ιδιοπερίοδος του πλαισίου στην περίπτωση του Παλαιού Κανονισμού '59 είναι μεγαλύτερη της ιδιοπεριόδου στην περίπτωση του EC.

5.3 Επιρροή μήκους ανοίγματος

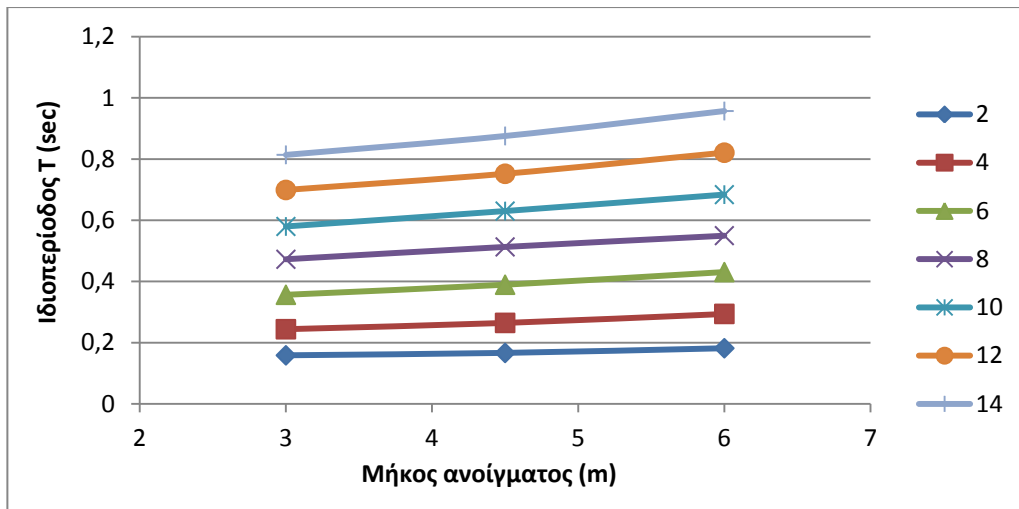
Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα αποτελέσματα της επιρροής του μήκους ανοίγματος στην ιδιοπερίοδο.

▪ EC

Στον παρακάτω πίνακα 5.20 δίνονται οι μετρήσεις για τοιχοπληρωμένο 14όροφο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για 8 ορόφους, για 3 διαφορετικά μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m, 6m). Στη συνέχεια προκύπτει και το αντίστοιχο διάγραμμα του σχήματος 5.14.

Πίνακας 5.20 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

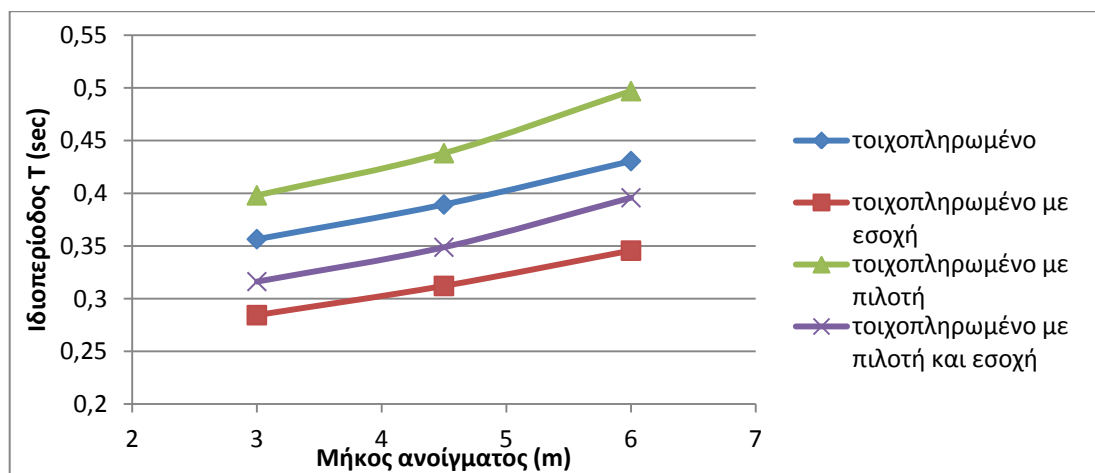
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΟΡΟΦΟΣ 2	ΟΡΟΦΟΣ 4	ΟΡΟΦΟΣ 6	ΟΡΟΦΟΣ 8	ΟΡΟΦΟΣ 10	ΟΡΟΦΟΣ 12	ΟΡΟΦΟΣ 14
3,00m	0,1586	0,2440	0,3565	0,4725	0,5798	0,6991	0,8139
4,50m	0,1665	0,2646	0,3894	0,5130	0,6301	0,7520	0,8756
6,00m	0,1818	0,2940	0,4306	0,5498	0,6838	0,8209	0,9570



Σχήμα 5.14 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.21 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

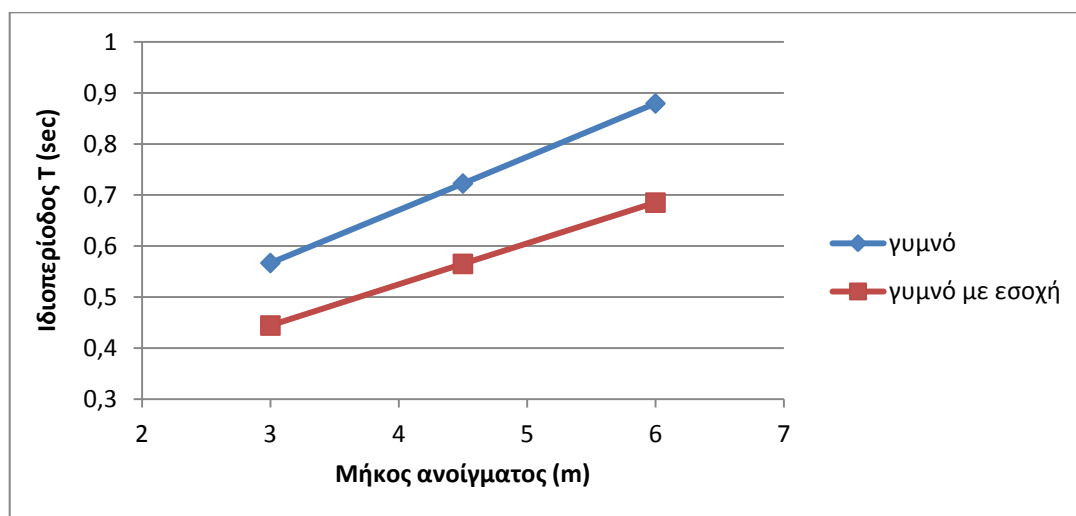
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
3,00m	0,3565	0,2844	0,3981	0,3162
4,50m	0,3894	0,3121	0,4381	0,3488
6,00m	0,4306	0,3456	0,497	0,3958



Σχήμα 5.15 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.22 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
3,00m	0,5667	0,4442
4,50m	0,7225	0,5650
6,00m	0,8794	0,6851



Σχήμα 5.16 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

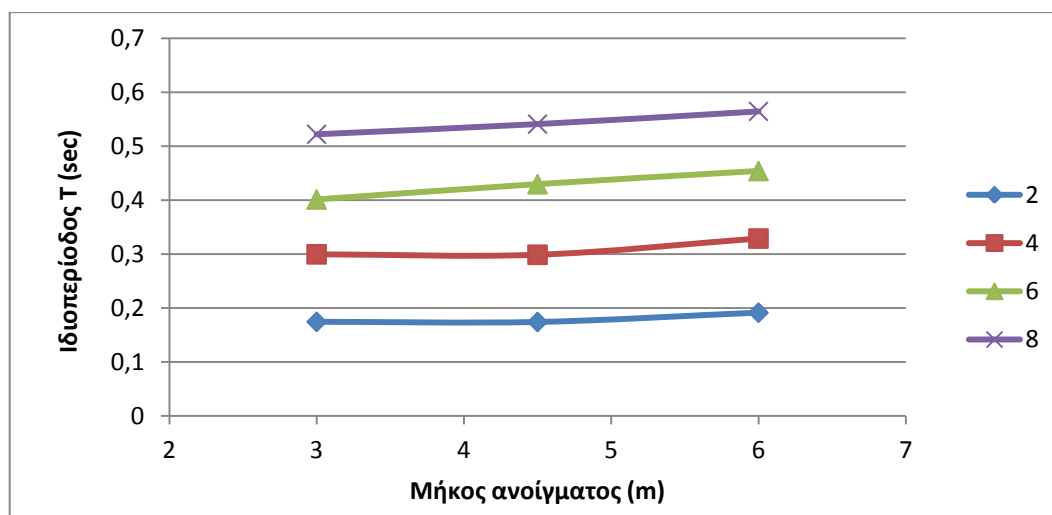
Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.14, 5.15, 5.16) η ιδιοπερίοδος επηρεάζεται από το μήκος ανοίγματος. Συγκεκριμένα αύξηση του μήκους ανοίγματος συνεπάγεται αύξηση της ιδιοπεριόδου. Επίσης, στο σχήμα 5.14 είναι εμφανές ότι όσο αυξάνεται το ύψος του πλαισίου αυξάνεται και η ιδιοπερίοδος του όπως προαναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

- **Π.Κ. '59**

Στον παρακάτω πίνακα 5.23 δίνονται οι μετρήσεις για τοιχοπληρωμένο δόροφο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για 4 ορόφους, για 3 διαφορετικά μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m ,6m). Στη συνέχεια προκύπτει και το αντίστοιχο διάγραμμα του σχήματος 5.17.

Πίνακας 5.23 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

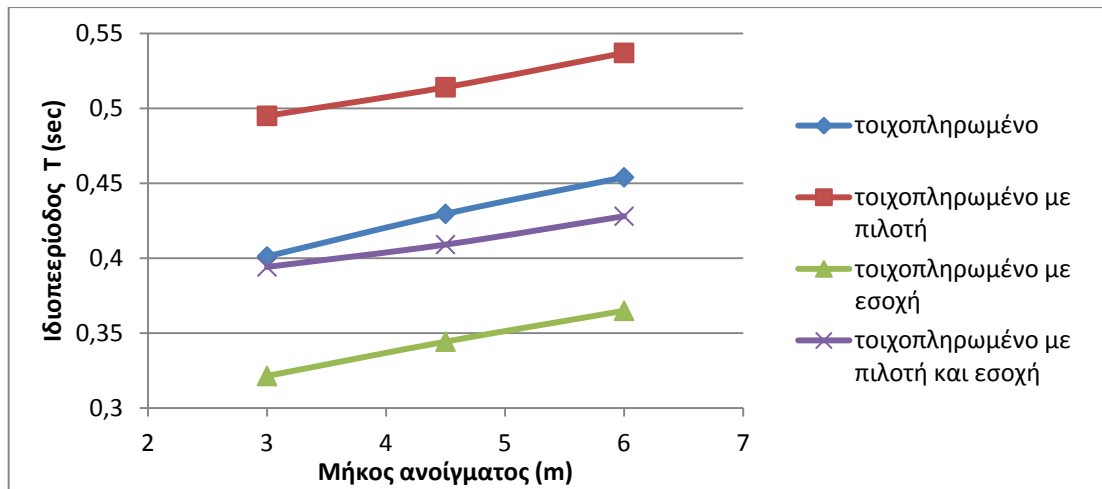
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΟΡΟΦΟΣ 2	ΟΡΟΦΟΣ 4	ΟΡΟΦΟΣ 6	ΟΡΟΦΟΣ 8
3,00m	0,1744	0,2996	0,4012	0,5221
4,50m	0,1741	0,2988	0,4296	0,5410
6,00m	0,1914	0,3288	0,4540	0,5646



Σχήμα 5.17 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.24 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

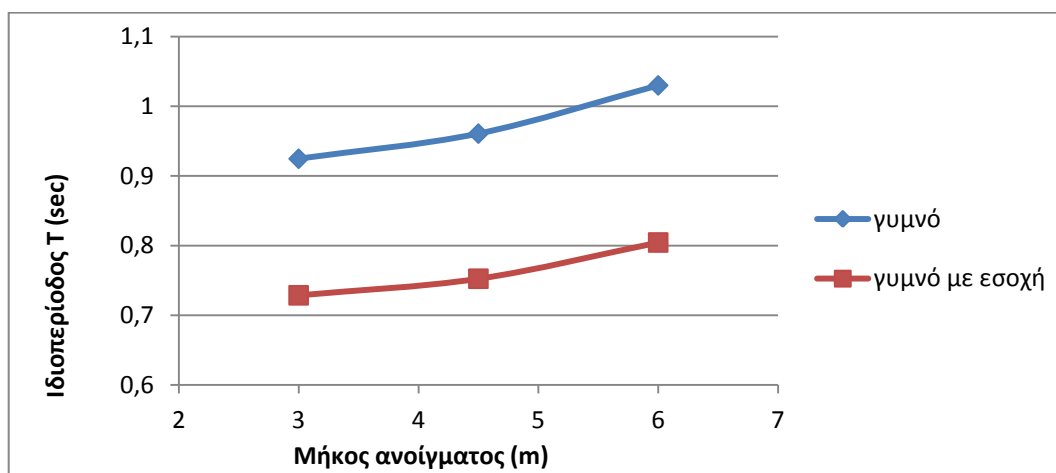
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
3,00m	0,4012	0,3214	0,4950	0,3942
4,50m	0,4296	0,3443	0,5141	0,4091
6,00m	0,5410	0,3649	0,5371	0,4280



Σχήμα 5.18 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.25 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
3,00m	0,9247	0,7287
4,50m	0,9608	0,7525
6,00m	1,0300	0,8045

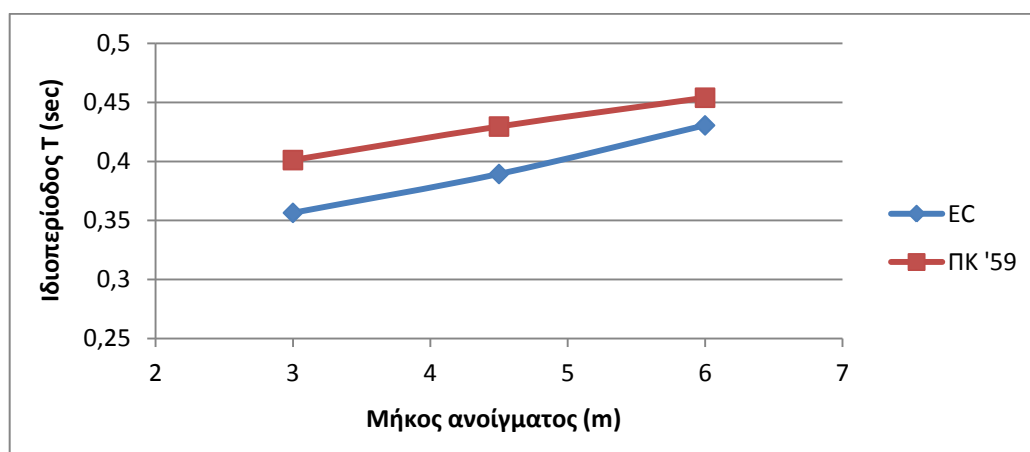


Σχήμα 5.19 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό-γυμνό με εσοχή δόροφο μοντέλο, με 6 ανοίγματα)

Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.17, 5.18, 5.19) η ιδιοπερίοδος επηρεάζεται από το μήκος ανοίγματος. Συγκεκριμένα, αύξηση του μήκους ανοίγματος συνεπάγεται αύξηση της ιδιοπεριόδου. Επίσης, στο σχήμα 5.17 είναι εμφανές ότι όσο αυξάνεται το ύψος του πλαισίου αυξάνεται και η ιδιοπερίοδος του όπως προαναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο.

Πίνακας 5.26 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος για EC και Π.Κ. '59 (για δόροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα)

ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ EC	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Π.Κ. '59
3,00m	0,3565	0,4012
4,50m	0,3894	0,4296
6,00m	0,4306	0,4540



Σχήμα 5.20 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει του μήκους ανοίγματος για EC και Π.Κ. '59 (για δόροφο τοιχοπληρωμένο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

Στο παραπάνω διάγραμμα διακρίνεται η επιρροή του μήκους ανοίγματος ενός πλαισίου στην θεμελιώδη ιδιοπεριόδο του όταν αυτό είναι σχεδιασμένο με τον EC και αντίστοιχα με τον Π.Κ. '59. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ιδιοπερίοδος του πλαισίου στην περίπτωση του Παλαιού Κανονισμού '59 είναι μεγαλύτερη της ιδιοπεριόδου στην περίπτωση του EC.

5.4 Επιρροή τοιχοποιίας

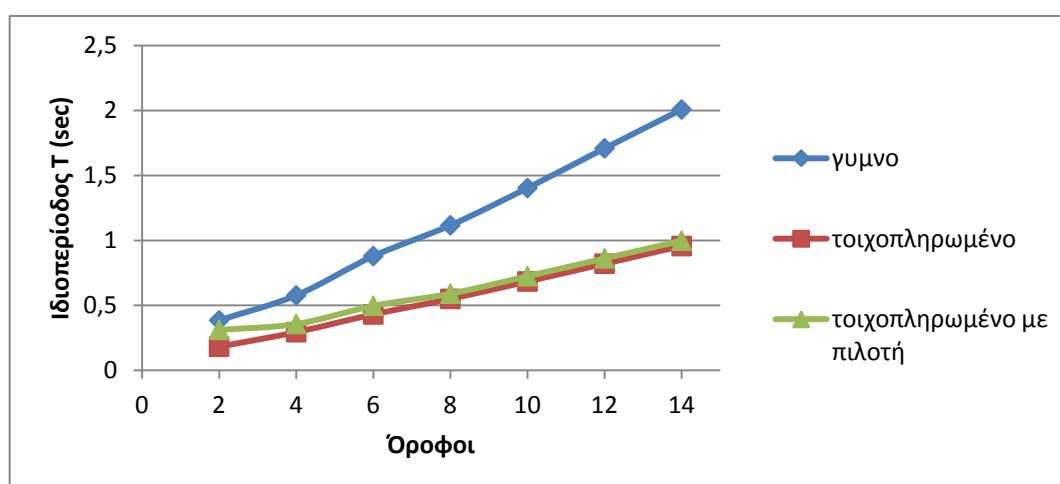
Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα αποτελέσματα της επιρροής της τοιχοπλήρωσης στην ιδιοπερίοδο.

Στους παρακάτω πίνακες 5.27 (για EC) και 5.28 (για Π.Κ. '59) δίνονται οι μετρήσεις για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 14όροφο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος. Στη συνέχεια προκύπτουν και τα αντίστοιχα διαγράμματα των σχημάτων 5.21 (για EC) και 5.22 (για Π.Κ. '59).

▪ EC

Πίνακας 5.27 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 14όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,3854	0,1818	0,3119
4	0,5773	0,2940	0,3571
6	0,8794	0,4306	0,4970
8	1,1164	0,5498	0,5903
10	1,4036	0,6838	0,7250
12	1,7088	0,8209	0,8620
14	2,0077	0,9570	0,9982

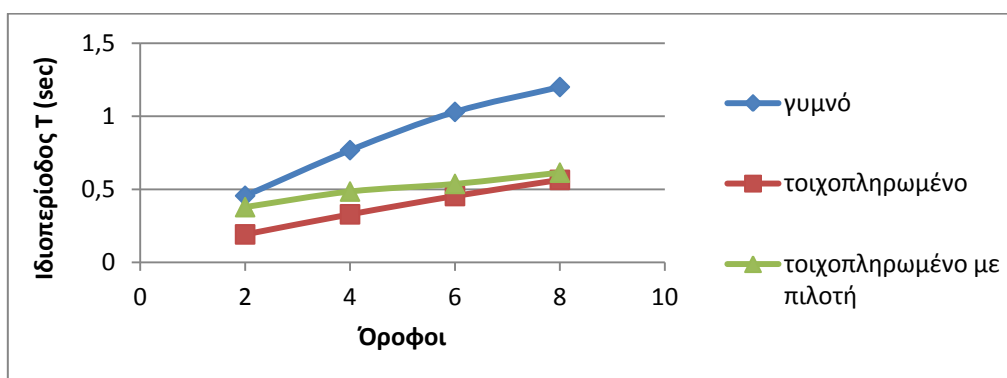


Σχήμα 5.21 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή 14όροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος).

- **Π.Κ. '59**

Πίνακας 5.28 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή
2	0,4558	0,1914	0,3781
4	0,7681	0,3288	0,4848
6	1,0300	0,4540	0,5371
8	1,2003	0,5646	0,6143



Σχήμα 5.22 Ιδιοπερίοδος συναρτήσει της τοιχοποιίας (για γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα, για 6m μήκος ανοίγματος).

Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι εμφανές το πώς επηρεάζεται η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος ενός πλαισίου από την τοιχοποιία. Και στις δύο περιπτώσεις (είτε του EC είτε του Π.Κ. '59) οι μετρήσεις της ιδιοπεριόδου είναι μεγαλύτερες για το γυμνό πλαίσιο. Για το τοιχοπληρωμένο και το τοιχοπληρωμένο με πιλοτή πλαίσιο οι μετρήσεις είναι πιο κοντινές. Ωστόσο, το τοιχοπληρωμένο μοντέλο έχει τη μικρότερη ιδιοπερίοδο.

5.5 Επιρροή εσοχής

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επιρροής εσοχής στην ιδιοπερίοδο.

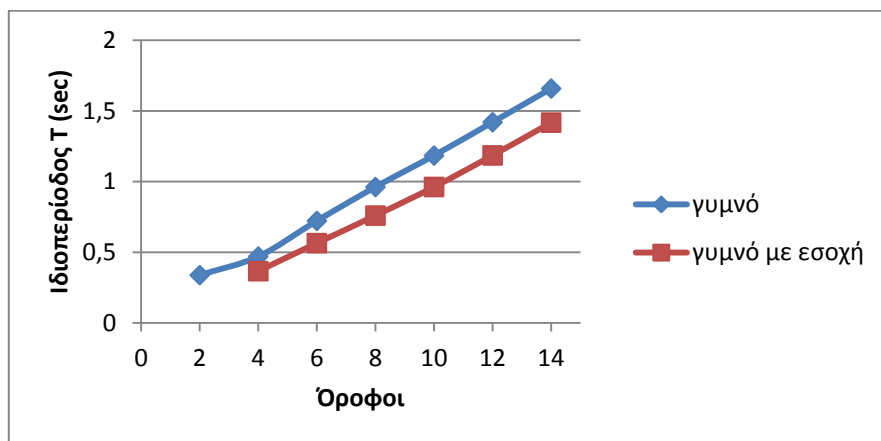
- **EC**

Στους παρακάτω πίνακες 5.29 και 5.30 δίνονται οι μετρήσεις για γυμνό-γυμνό με εσοχή και για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με

πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 14όροφο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για 4,5m μήκος ανοίγματος αντίστοιχα. Στη συνέχεια δίνονται και τα διαγράμματα που προκύπτουν, τα σχήματα 5.23 και 5.24.

Πίνακας 5.29 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

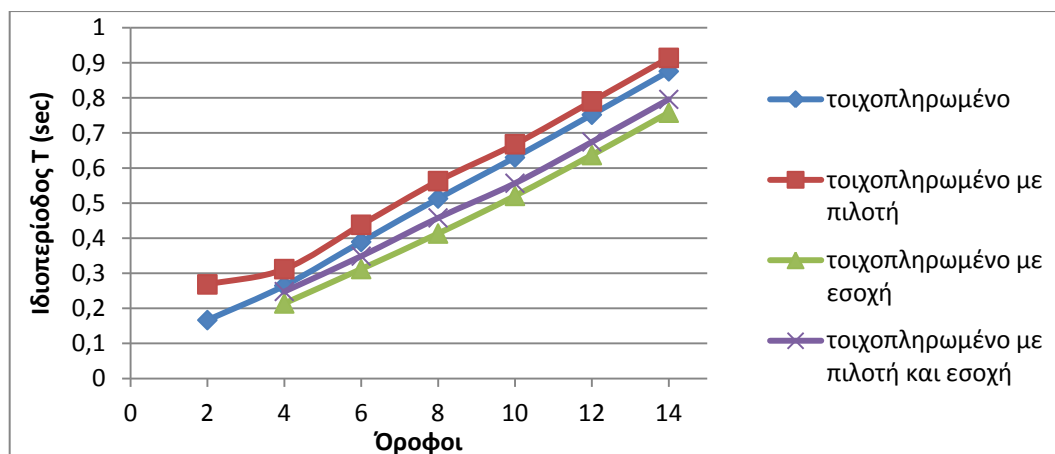
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3388	-
4	0,4705	0,3670
6	0,7225	0,5650
8	0,9621	0,7599
10	1,1846	0,9625
12	1,4206	1,1857
14	1,6586	1,4176



Σχήμα 5.23 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.30 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1665	0,2683	-	-
4	0,2646	0,3118	0,2140	0,2479
6	0,3894	0,4381	0,3121	0,3488
8	0,5130	0,5628	0,4133	0,4579
10	0,6301	0,6679	0,5206	0,5566
12	0,7520	0,7900	0,6370	0,6743
14	0,8756	0,9139	0,7578	0,7958



Σχήμα 5.24 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 14όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

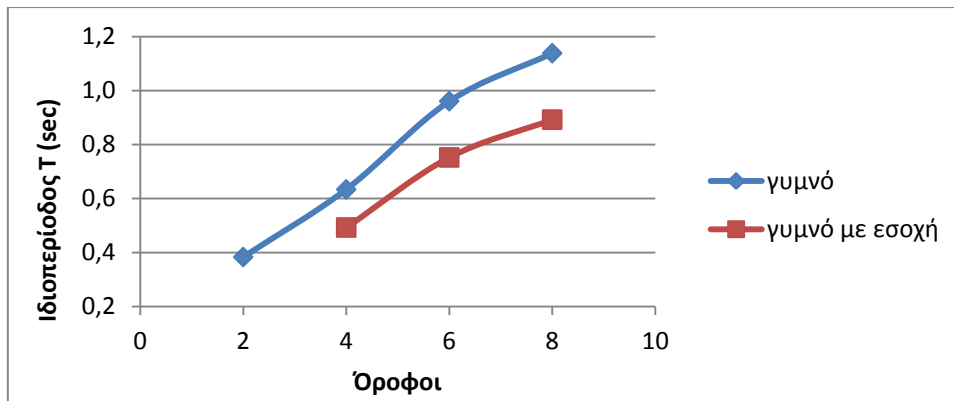
Στα διαγράμματα παραπάνω (Σχ. 5.23 και 5.24) είναι εμφανής η επιρροή εσοχής στην ιδιοπερίοδο ενός πλαισίου. Και στις τρεις περιπτώσεις (γυμνό-γυμνό με εσοχή, τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή και τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή) η παρουσία εσοχής μειώνει την θεμελιώδη ιδιοπερίοδο των πλαισίων.

- **Π.Κ. '59**

Στους παρακάτω πίνακες 5.31 και 5.32 δίνονται οι μετρήσεις για γυμνό-γυμνό με εσοχή και για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 8όροφο πλαίσιο με 6 ανοίγματα, για 4,5m μήκος ανοίγματος αντίστοιχα. Στη συνέχεια δίνονται και τα διαγράμματα που προκύπτουν, τα σχήματα 5.25 και 5.26.

Πίνακας 5.31 Τιμές της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

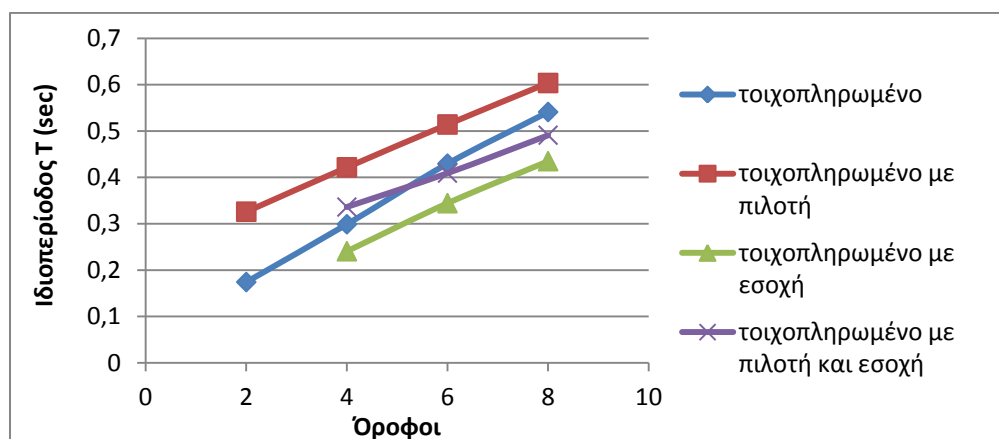
ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Γυμνό με εσοχή
2	0,3833	-
4	0,6340	0,4928
6	0,9608	0,7525
8	1,1388	0,8926



Σχήμα 5.25 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για γυμνό-γυμνό με εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.32 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με εσοχή	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή
2	0,1741	0,3259	-	-
4	0,2988	0,4216	0,2406	0,3360
6	0,4296	0,5141	0,3443	0,4091
8	0,5410	0,6036	0,4350	0,4910



Σχήμα 5.26 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει των ορόφων (για τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή 8όροφο μοντέλο, με 4,5 m μήκος ανοίγματος, με 6 ανοίγματα).

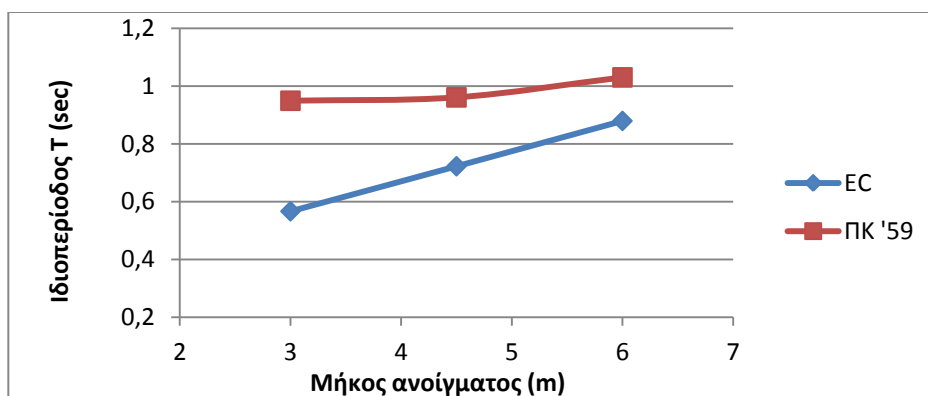
Στα διαγράμματα παραπάνω (Σχ. 5.25 και 5.26) παρουσιάζεται η επιρροή εσοχής στην ιδιοπερίοδο ενός πλαισίου. Και στις τρεις περιπτώσεις (γυμνό-γυμνό με εσοχή, τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με εσοχή και τοιχοπληρωμένο με πιλοτή-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή και εσοχή) η παρουσία εσοχής μειώνει την θεμελιώδη ιδιοπερίοδο των πλαισίων.

5.6 Επιρροή κανονισμού

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα αποτελέσματα της επιρροής κανονισμού, δηλαδή της περιόδου κατασκευής ενός κτιρίου.

Πίνακας 5.33 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό βόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

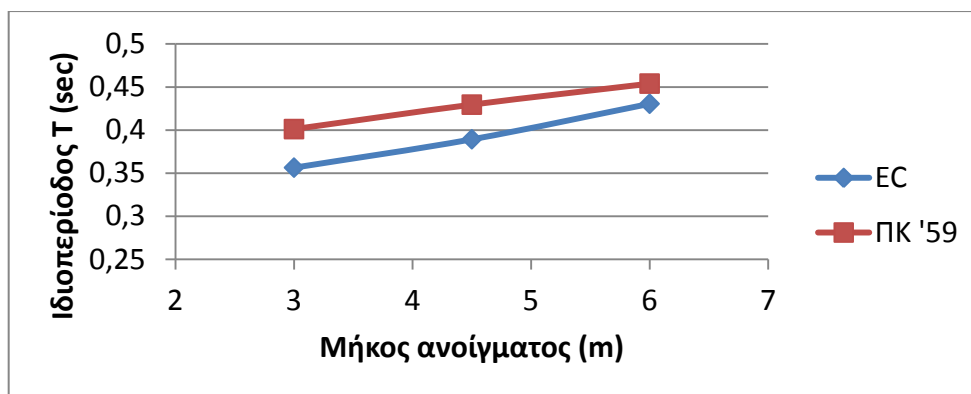
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ EC	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Π.Κ. '59
3,00m	0,5667	0,9492
4,50m	0,7225	0,9608
6,00m	0,8794	1,0300



Σχήμα 5.27 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για γυμνό βόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.34 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο βόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

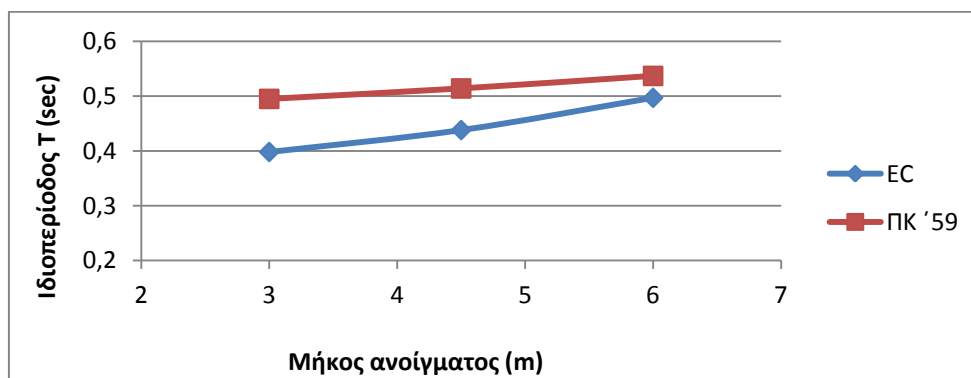
ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ EC	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Π.Κ. '59
3,00m	0,3565	0,4012
4,50m	0,3894	0,4296
6,00m	0,4306	0,4540



Σχήμα 5.28 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

Πίνακας 5.35 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο με πιλοτή δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ EC	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ Π.Κ. '59
3,00m	0,3981	0,4950
4,50m	0,4381	0,5141
6,00m	0,4970	0,5370



Σχήμα 5.29 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του μήκους ανοίγματος (για τοιχοπληρωμένο με πιλοτή δόροφο μοντέλο με 6 ανοίγματα).

Στα παραπάνω διαγράμματα (Σχ. 5.27, 5.28, 5.29) φαίνεται ότι και για τις τρεις περιπτώσεις (γυμνό-τοιχοπληρωμένο-τοιχοπληρωμένο με πιλοτή) οι μετρήσεις της ιδιοπεριόδου για τον Π.Κ. '59 είναι μεγαλύτερες από αυτές που προκύπτουν για τον EC. Αυτό συμβαίνει γιατί, οι σεισμικοί συντελεστές που είχαν υιοθετηθεί στον Παλιό Κανονισμό του '59, ήταν χαμηλοί με επακόλουθο οι σεισμικές δράσεις που λαμβάνονταν κατά την ανάλυση να είναι αρκετά μειωμένες έως ανύπαρκτες. Το

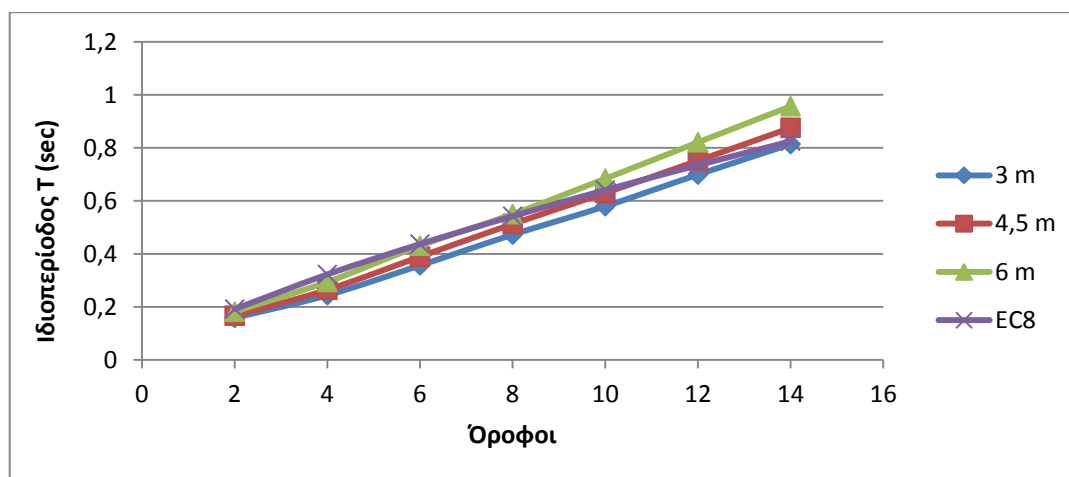
γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την χρησιμοποίηση υποστυλωμάτων μικρών διατομών που έχουν σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερες ιδιοπεριόδους.

5.7 Σύγκριση αποτελεσμάτων με την σχέση του Ευρωκώδικα

Στον πίνακα 5.36 παρουσιάζονται οι τιμές της ιδιοπεριόδου για τοιχοπληρωμένο πλαίσιο, με 6 ανοίγματα, για τα τρία μήκη ανοίγματος (3m, 4,5m, 6m). Επίσης, παρουσιάζονται οι τιμές που υπολογίστηκαν σύμφωνα με την σχέση που προτείνει ο Ευρωκώδικας για «άλλες κατασκευές» ($T=0.05H^{0.75}$, όπου H το ύψος του κτιρίου). Με βάση τα παραπάνω προκύπτει και το παρακάτω διάγραμμα.

Πίνακας 5.36 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων σε σχέση με τον Ευρωκώδικα (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ (για μήκος 3m)	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ (για μήκος 4,5m)	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ (για μήκος 6m)	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ
2	0,1586	0,1665	0,1818	0,1917
4	0,2440	0,2646	0,2940	0,3224
6	0,3565	0,3894	0,4306	0,4369
8	0,4725	0,5130	0,5498	0,5422
10	0,5798	0,6301	0,6838	0,6409
12	0,6991	0,7520	0,8209	0,7348
14	0,8139	0,8756	0,9570	0,8249



Σχήμα 5.30 Τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου συναρτήσει του αριθμού των ορόφων σε σχέση με τον Ευρωκώδικα (για τοιχοπληρωμένο μοντέλο, με 6 ανοίγματα).

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι οι τιμές που προκύπτουν από τον τύπο του Ευρωκώδικα είναι κοντά στις μετρήσεις που υπολογίστηκαν από τη μελέτη και για τα τρία μήκη ανοίγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
Συμπεράσματα

6.1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής ήταν ο καθορισμός της ιδιοπεριόδου σε πλαίσιακές κατασκευές με ακανονικότητες. Εξετάστηκαν κανονικές κατασκευές και κατασκευές με ακανονικότητα καθ' ύψος, όπως η εσοχή στους ανώτερους ορόφους. Επίσης, διερευνήθηκε η επιρροή των τοίχων πληρώσεως στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο των κατασκευών καθώς και η επιρροή των κανονισμών. Συνολικά αναλύθηκαν 180 κτίρια.

6.2 Γενικά συμπεράσματα

Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, εξήχθησαν βασικά συμπεράσματα, τα οποία επικεντρώνονται στα εξής:

- Το **ύψος** της κατασκευής, κατά συνέπεια και ο αριθμός των ορόφων, επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ιδιοπερίοδο. Συγκεκριμένα, αύξηση του ύψους μιας κατασκευής συνεπάγεται αύξηση της τιμής της ιδιοπεριόδου.
- Το **μήκος ανοίγματος** μεταξύ των υποστυλωμάτων μιας κατασκευής επιδρά στην τιμή της ιδιοπεριόδου. Ειδικότερα, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος ανοίγματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ιδιοπερίοδος.
- Η τιμή της ιδιοπεριόδου εξαρτάται από την **παρουσία τοιχοπλήρωσης**. Η ύπαρξη τοιχοποιίας σε μια κατασκευή επιφέρει σημαντική μείωση της ιδιοπεριόδου της, με αποτέλεσμα η κατασκευή να είναι πιο άκαμπτη.
- Η **ύπαρξη εσοχής** σε μια κατασκευή προκαλεί μεταβολές στην τιμή της ιδιοπεριόδου της. Ειδικά, η παρουσία εσοχής προκαλεί μείωση της τιμής της ιδιοπεριόδου.
- Η **επιλογή των κανονισμών** με τους οποίους θα σχεδιαστεί μια κατασκευή, αποτελεί έναν παράγοντα που επηρεάζει την ιδιοπερίοδο της. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα, οι τιμές της ιδιοπεριόδου για κατασκευές σχεδιασμένες με τους Ευρωκώδικες είναι μικρότερες συγκριτικά με αυτές που είναι σχεδιασμένες με τον Παλαιό Κανονισμό του 1959.
- Το σύνολο των μέχρι τώρα προτάσεων για τον προσδιορισμό της τιμής της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου φαίνεται να αδυνατεί να προβλέψει με αξιοπιστία και ακρίβεια την τιμή αυτής.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως η περαιτέρω συνέχιση των ερευνών πάνω στο εν λόγω αντικείμενο είναι ιδιαίτερα σημαντική και αναγκαία πόσο μάλλον όταν η χώρα μας είναι μια χώρα με μεγάλη σεισμικότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
Αναφορές - Βιβλιογραφία

1. Agrawal, V. M., (2013), Effect of setback on fundamental period of RC framed buildings, Doctoral dissertation, National Institute of Technology Rourkela, India.
2. Al-Nimry, H., Resheidat, M., & Al-Jamal, M. (2014). Ambient vibration testing of low and medium rise infilled RC frame buildings in Jordan. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 59, 21-29.
3. Al-Nimry, H., Resheidat, M., & Qeran, S. (2015). Rapid assessment for seismic vulnerability of low and medium rise infilled RC frame buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 14(2), 275-293.
4. Applied Technology Council (ATC) (1978), "Tentative Provision for the development of seismic regulations for buildings", Report No. ATC3-06. Applied Technology Council. Palo Alto, California.
5. Asteris, P. G., Antoniou, S. T., Sophianopoulos, D. S., & Chrysostomou, C. Z. (2011). Mathematical macromodeling of infilled frames: state of the art. *Journal of Structural Engineering*, 137(12), 1508-1517.
6. Asteris, P. G., Repapis, C. C., Cavaleri, L., Sarhosis, V., & Athanasopoulou, A. (2015). On the fundamental period of infilled RC frame buildings. *Structural Engineering and Mechanics*, 54(6), 1175-1200.
7. Asteris, P. G., Repapis, C. C., Tsaris, A. K., Di Trapani, F., & Cavaleri, L. (2015). Parameters affecting the fundamental period of infilled RC frame structures. *Earthquakes and Structures*, 9(5), 999-1028.
8. Chopra, A. K., & Goel, R. K. (2000). Building period formulas for estimating seismic displacements. *Earthquake Spectra*, 16(2), 533-536.
9. Crisafulli, F. J., & Carr, A. J. (2007). Proposed macro-model for the analysis of infilled frame structures. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 40(2), 69-77.
10. Crowley, H., & Pinho, R. (2006). Simplified equations for estimating the period of vibration of existing buildings. In *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology* (pp. 11-22).
11. Dominguez Morales M., (2000), *Fundamental period of vibration for reinforced concrete buildings*. University of Ottawa (Canada).
12. European Committee for Standardization C.E.N. (2004). Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. European Standard EN 1998-1:2004. European Committee for Normalization, Brussels
13. Fespa 10, Ευρωκώδικες, ΚΑΝ.ΕΠΕ., Το επίσημο εγχειρίδιο αναφοράς, ΛΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ, Αθήνα, 2013, Version 1.4.16
14. Goel, R. K., & Chopra, A. K. (1997). Period formulas for moment-resisting frame buildings. *Journal of Structural Engineering*, 123(11), 1454-1461.
15. Hatzigeorgiou, G. D., & Kanapitsas, G. (2013), Evaluation of fundamental period of low-rise and mid-rise reinforced concrete buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(11), 1599-1616.
16. Indian Standard, Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures, Part 1 General Provisions and Buildings, (Fifth Revision)
17. Kose, M. M., (2009), Parameters affecting the fundamental period of RC buildings with infill walls. *Engineering Structures*, 31(1), 93-102.
18. Moretti, M. L., (2015), Seismic Design of Masonry and Reinforced Concrete Infilled Frames: A Comprehensive Overview. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(4), 748.
19. Mucciarelli, M., Herak, M., & Cassidy, J. (Eds.). (2008). *Increasing seismic safety by combining engineering technologies and seismological data*. Springer Science & Business Media.

20. New Zealand Society for Earthquake Engineering, Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes. Recommendations of a NZSEE Study Group on Earthquake Risk Buildings, June 2006
21. Seismostruct User Manual, Seismosoft, 2012
22. Smyrou, E. (2006), Implementation and Verification of a Masonry Panel Model for Nonlinear Dynamic Analysis of Infilled Frames, MSc Dissertation, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (Rose School), University of Pavia, Italy.
23. Smyrou, E., Blandon, C., Antoniou, S., Pinho, R., & Crisafulli, F. (2011). Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9(5), 1519-1534.
24. Young K., Adeli H., (2013), "Fundamental period of irregular concentrically braced steel frame structures", *Struct. Design Tall Spec. Build.*
25. Young K.C., (2011), "An Investigation of the Fundamental Period of Vibration of Irregular Steel Structures", Graduate Program in Civil Engineering, The Ohio State University
26. Αστέρης Π.Γ., "Επιρροή των Τοιχοπληρώσεων στη Σεισμική Απόκριση Πλαισίων Ωπλισμένου Σκυροδέματος", 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 5-7 Νοεμβρίου, 2008, Άρθρο 2022
27. Β.Δ. [1959], ΦΕΚ 36 Α/26-2-1959, Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων.
28. ΕΑΚ 2000, (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000), Αθήνα 2001, ΟΑΣΠ(Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας) , ΣΠΜΕ (Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος)
29. Κάραλη Α., Παπαναστασίου Ε., (2014), "Διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο τοιχοπληρωμένων πλαισιακών κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα", Πτυχιακή Εργασία, Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., Αθήνα
30. Κωστάκη Ε., Μάρκου Β., (2013), "Επιρροή των τοιχοπληρώσεων στην θεμελιώδη ιδιοπερίοδο των κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα", Πτυχιακή Εργασία, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Τμήμα Εκπαιδευτικών Πολιτικών Έργων Υποδομής, Αθήνα
31. Μαραγκός Χ., Παγουλάτος Δ., (2011), "Αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς υφιστάμενων και νέων κτιρίων Ω.Σ.", Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, Τομέας Δομοστατικού Σχεδιασμού
32. Πασπάτης Λ.Γ., (2009), "Διερεύνηση της επιρροής των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική απόκριση πλαισιακών κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος", Διπλωματική Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Χανιά
33. Ρεπατής Κ., (2007), "Αποτίμηση της Σεισμικής Συμπεριφοράς Υφισταμένων Κτιρίων από Ω.Σ.", Διδακτορική Διατριβή ΕΜΠ, Αθήνα
34. Σταματάκος Π., (2008), "Ο ρόλος των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική συμπεριφορά κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα", 14^ο Φοιτητικό συνέδριο: Επισκευές Κατασκευών, Πάτρα.
35. Τεχνική Έκθεση Νο.9 (2014), Εισαγωγή στο πρόγραμμα Seismostruct, Seismosoft, 2012

Εξώφυλλο : Προσωπική επεξεργασία, (υπόβαθρο : <http://www.buildinghow.com>)