## ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΛΑΒΗΣ ΜΕΤΑΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΥΠΟ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

N. Νάνος M.Sc., Ph.D. Candidate Portsmouth University PO1 3AH, Portsmouth, England Email: nikos\_nanos@yahoo.com

**Α. Ελένας** Αναπληρωτής Καθηγητής Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης Ξάνθη, Τ.Κ. 67100 Email: elenas@civil.duth.gr

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία παρουσιάζει την επίδραση των τοιχοπληρώσεων στην απόκριση ενός δεκαώροφου μεταλλικού πλαισίου τριών ανοιγμάτων, υπό σεισμική φόρτιση. Η διαστασιολόγηση του πλαισίου βασίζεται στον Ευρωκώδικα 3 και στον ΕΑΚ (2004) για μεταλλικές και αντισεισμικές κατασκευές, αντίστοιχα. Για την μελέτη της κατασκευής εφαρμόζονται μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις και χρησιμοποιούνται 225 συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα, συμβατά με φάσματα απόκρισης του ισχύοντος ΕΑΚ. Η απόκριση της κατασκευής υπολογίστηκε για ένα πλαίσιο χωρίς τοιχοπληρώσεις και για τέσσερα πλαίσια με εναλλακτικές θέσεις τοιχοπληρώσεων. Στα αποτελέσματα, η προσοχή εστιάστηκε στους ολικούς δείκτες βλάβης (δ.β.). Έτσι, επιλέχθηκαν το μοντέλο κατά Park/Ang και η μέγιστη ανηγμένη σχετική μετατόπιση των ορόφων (maximum inter-storey drift ratio, MISDR). Στόχος της διαδικασίας είναι ο αριθμητικός προσδιορισμός της επιρροής της τοπολογίας των τοιχοπληρώσεων στην σεισμική απόκριση της κατασκευής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τοιχοπληρώσεις ευνόησαν την σεισμική απόκριση του πλαισίου, σε όλες τις περιπτώσεις, είτε μηδενίζοντας είτε μειώνοντας σημαντικά τους δ.β. συγκριτικά με το αντίστοιχο πλαίσιο χωρίς τοιχοπληρώσεις. Επιπλέον, ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης και των δ.β. είναι μέτριος. Ενώ, ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ έντασης Arias και των δ.β. είναι μεγάλος.

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεταλλικοί φορείς με τοιχοπληρώσεις αποτελούν έναν τυπικό φορέα για κτηριακές και άλλες κατασκευές. Οι τοιχοπληρώσεις, ανάλογα με τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις παρουσιάζουν είτε μερική είτε ολική κάλυψη του φατνώματος. Συνήθως, η προσομοίωση του στατικού φορέα αγνοεί τις τοιχοπληρώσεις, οι οποίες εμφανίζονται απλώς ως επιπλέον μόνιμο φορτίο, χωρίς να συνυπολογίζονται στη δυσκαμψία του κτηρίου. Από την άλλη πλευρά, είναι γνωστό από παρατηρήσεις μετά από καταστροφικούς σεισμούς, από πειραματικές και από υπολογιστικές μελέτες ότι οι τοιχοπληρώσεις ενός κτηρίου επηρεάζουν σημαντικά την σεισμική απόκριση μιας κατασκευής. Ως αιτίες αυτής της επιρροής θεωρούνται η επίδραση των τοιχοπληρώσεων στη δυσκαμψία του φορέα, στην ιδιοπερίοδο και στην απόσβεση της κατασκευής. Στην παρούσα εργασία προσδιορίζεται αριθμητικά η επίδραση της τοπολογίας των τοιχοπληρώσεων στην σεισμική απόκριση μιας μεταλλικής κατασκευής. Η απόκριση εστιάζεται στους ολικούς δείκτες βλάβης.

## 3. ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ

Οι σεισμικές διεγέρσεις στις μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις της παρούσας εργασίας προσομοιώθηκαν με τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα, συμβατά με το φάσμα απόκρισης του ισχύοντα αντισεισμικού κανονισμού. Η διαδικασία παρέχει την δυνατότητα παραγωγής μεγάλου αριθμού σεισμικών επιταχυνσιογραφημάτων ώστε να προκύψει ένα στατιστικό δείγμα με μεγάλη στατιστική αξιοπιστία. Επιπλέον, όλα τα τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα είναι συμβατά με τις αναμενόμενες διεγέρσεις βάσει του ισχύοντος αντισεισμικού κανονισμού. Με παραλλαγή διαφόρων παραμέτρων δημιουργήθηκαν 225 τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα, συμβατά με τα φάσματα απόκρισης του ΕΑΚ (2004). Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Η/Υ Simqke [1]. Ως παράμετροι χρησιμοποιήθηκαν η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους (PGA), η συνολική διάρκεια της διέγερσης (Total Duration (TD): 20s, 30s και 40s), η ενεργός εδαφική επιτάχυνση για τις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας Ι, ΙΙ και ΙΙΙ (0.16g, 0.24g και 0.36g) και για κατηγορία εδάφους Β.

Είναι γνωστό ότι το καταστροφικό δυναμικό ενός σεισμού περιγράφεται με διάφορες εντατικές παραμέτρους της σεισμικής καταγραφής [2]. Στην περούσα μελέτη επιλέχτηκαν η μεγίστη επιτάχυνση του εδάφους [2] και η ένταση Arias [3] ως σεισμικές παράμετροι, λόγω της απλότητας του ορισμού τους και της υψηλής συσχέτισης που παρουσιάζουν με σεισμικές βλάβες των κατασκευών [4]. Στην ονοματολογία των επιταχυνσιογραφημάτων εφαρμόστηκε η εξής κωδικοποίηση: σεισμική ζώνη - συνολική διάρκεια της διέγερσης (TD) - αύξουσα αρίθμηση. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται η ονοματολογία και οι μέσες τιμές των παραμέτρων των τεχνητών επιταχυνσιογραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Seismic	PGA	Arias	Seismic	PGA	Arias	Seismic	PGA	Arias
excitation	$[m/s^2]$	$[m^2/s^3]$	excitation	$[m/s^2]$	$[m^2/s^3]$	excitation	$[m/s^2]$	$[m^2/s^3]$
I_20_1-5	0.12	3.014	I_30_1-5	0.12	6.068	I_40_1-5	0.12	11.121
I_20_6-10	0.15	6.108	I_30_6-10	0.15	8.442	I_40_6-10	0.15	10.330
I_20_11-15	0.20	5.951	I_30_11-15	0.20	7.979	I_40_11-15	0.20	9.965
I_20_16-20	0.25	5.509	I_30_16-20	0.25	7.542	I_40_16-20	0.25	9.572
I_20_21-25	0.30	5.152	I_30_21-25	0.30	7.295	I_40_21-25	0.30	8.941
II_20_1-5	0.17	9.096	II_30_1-5	0.17	13.921	II_40_1-5	0.17	19.491
II_20_6-10	0.20	14.381	II_30_6-10	0.20	19.167	II_40_6-10	0.20	23.933
II_20_11-15	0.25	13.535	II_30_11-15	0.25	18.484	II_40_11-15	0.25	22.680
II_20_16-20	0.30	13.373	II_30_16-20	0.30	17.939	II_40_16-20	0.30	22.418
II_20_21-25	0.35	12.746	II_30_21-25	0.35	17.240	II_40_21-25	0.35	21.365
III_20_1-5	0.27	10.136	III_30_1-5	0.27	45.571	III_40_1-5	0.27	55.616
III_20_6-10	0.30	31.322	III_30_6-10	0.30	43.598	III_40_6-10	0.30	53.924
III_20_11-15	0.35	30.817	III_30_11-15	0.35	42.466	III_40_11-15	0.35	52.372
III_20_16-20	0.40	29.635	III_30_16-20	0.40	40.762	III_40_16-20	0.40	50.451
III_20_21-25	0.45	29.133	III_30_21-25	0.45	40.439	III_40_21-25	0.45	51.165

Πίν. 1: Ονοματολογία και χαρακτηριστικά τεχνητών επιταχυνσιογραφημάτων

#### ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

## 4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΒΛΑΒΗΣ

Ως ολικοί δείκτες βλάβης της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν το τροποποιημένο μοντέλο κατά Park/Ang [5] και η μέγιστη ανηγμένη σχετική μετακίνηση των ορόφων. Ο τοπικός δ.β. κατά Park/Ang δίνεται από την σχέση (1):

$$DI_{L} = \frac{\theta_{m} - \theta_{r}}{\theta_{u} - \theta_{r}} + \frac{\beta}{M_{y} \cdot \theta_{u}} \cdot E_{h}$$
(1)

όπου,

DI<sub>L</sub>: ο τοπικός δ.β. κατά Park/Ang,

- $\theta_m$ : η μέγιστη στροφή της διατομής λόγω σεισμικής φόρτισης,
- $\theta_u$ : η αντοχή της διατομής σε στροφή,
- $θ_r$ : η ανακτώμενη στροφή της διατομής κατά την αποφόρτιση,
- β : παράμετρος μείωσης της αντοχής που προσδιορίζεται πειραματικά,
- My: ροπή διαρροής της διατομής,
- $E_h$ : η απορροφηθείσα υστερτική ενέργεια.

Από τους τοπικούς δείκτες βλάβης στις άκρες διατομές των δομικών στοιχείων του συνολικού φορέα, προκύπτει ο ολικός δ.β. κατά Park/Ang από την σχέση (2):

$$DI_{G} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left( DI_{L,i} \cdot E_{i} \right)}{\sum_{i=1}^{n} E_{i}}$$
(2)

όπου,

 $DI_G$ : ο ολικός δ.β. κατά Park/Ang,

 $DI_{L,i}$ : ο τοπικός δ.β. κατά Park/Ang στη διατομή i,

- $E_i$ : η απορροφηθείσα υστερητική ενέργεια στη διατομή i,
- n : ο συνολικός αριθμός θέσεων που υπολογίστηκε τοπικός δείκτης βλάβης.

Η μέγιστη ανηγμένη σχετική μετατόπιση των ορόφων (MISDR), προβάλλει ικανοποιητικά το μετασεισμικό επίπεδο βλαβών, τόσο των δομικών όσο και των αρχιτεκτονικών στοιχείων μιας κατασκευής. Η αξιοπιστία αυτού του δ.β. έχει αποδειχθεί τόσο πειραματικά όσο και με επί τόπου παρατηρήσεις μετά από καταστροφικούς σεισμούς [6]. Επιπλέον, η ανηγμένη σχετική μετατόπιση των ορόφων είναι απλή στον υπολογισμό και προσδιορίζεται από την σχέση (3):

$$ISDR_{i} = \frac{u_{i} - u_{i-1}}{h_{i}} 100 \, [\%]$$
(3)

όπου,

ISDR<sub>i</sub>: η ανηγμένη σχετική μετατόπιση του ορόφου i (inter-storey drift ratio),

- $u_i$ : η μετατόπιση ορόφου i,
- $u_{i-1}$ : η μετατόπιση ορόφου i-1,
- $h_i$ : το ύψος του ορόφου i.

# 5. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το Σχήμα 1 παρουσιάζει την γεωμετρία και τις διατομές των δομικών στοιχείων του δεκαώροφου μεταλλικού πλαισίου χωρίς τοιχοπληρώσεις (πλαίσιο\_0), που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη. Η διαστασιολόγηση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους κανόνες που ορίζουν ο Ευρωκώδικας 3 [7] και ο ΕΑΚ (2004) [8] για μεταλλικές και αντισεισμικές κατασκευές, αντίστοιχα. Το πάχος της πλάκας είναι 20 cm. Η κατασκευή υπολογίστηκε με συντελεστή σπουδαιότητας 2 (συνήθη κτήρια), μικρή πλαστιμότητα, κατηγορία εδάφους Β και σεισμική ζώνη Ι (α = 0.16) σύμφωνα με τον ΕΑΚ (2004). Επιπλέον, λήφθηκαν υπόψη τα κινητά φορτία, το φορτίο χιονιού, το φορτίο ανέμου και η απόκλιση των υποστυλωμάτων από την κατακόρυφο. Οι αριθμητικές τιμές των φορτίων, των συντελεστών ασφαλείας καθώς και οι συνδυασμοί φορτίσεων επιλέχθηκαν σύμφωνα με τις διατάξεις των Ευρωκωδίκων 1, 3 και του ΕΑΚ (2004). Στη συνέχεια, μορφώθηκαν 4 διαφορετικές περιπτώσεις τοιχοπληρώσεων που διαφέρουν μεταξύ τους στην τοπολογία (πλαίσιο\_1 έως πλαίσιο\_4) όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

HEA 550	HEA 550	HEA 550	
HEB 340 HEA 450	HEB 500 HEA 550	HEA 450	
HEB 340 HEA 450	HEB 500 HEA 550	HEA 450	
HEB 340 HEA 450	HEB 550 HEA 550	HEA 450	
HEB 340 HEA 450	HEB 550 HEA 550	IIEA 450	
HEB 340 HEA 450	HEB 550 HEA 550	HEA 450	9x4m 41m
HEB 340 HEA 450	HEB 550 HEA 550	HEA 450	
HEB 400 HEA 450	HEB 1000 HEA 550	HEA 450	
HEB 400 HEA 450	HEB 1000 HEA 550	HEA 450	
HEB 400 HEA 450	HEB 1000 HEA 550	HEA 450	
HEB 400	HEB 1000		Зщ
9 m		   9m	Material: Fe 510
	30 m		

Σχ. 1: Πλαισιακή κατασκευή χωρίς τοιχοπληρώσεις



Σχ. 2: Εναλλακτικές θέσεις τοιχοπληρώσεων

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκαν για τα 5 πλαίσια μια σειρά από μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις με χρήση των τεχνητών επιταχυνσιογραφημάτων, που προαναφέρθηκαν (Πίνακας 1). Η δυναμική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό IDARC [9], στο οποίο είναι ενσωματωμένη η μικραυξητική διαδικασία κατά Newmark, συνοδευόμενη από μια επαναληπτική διαδικασία βελτιστοποίησης της λύσης ανά χρονικό βήμα κατά Newton/Raphson. Ως σχέση ροπών-καμπυλοτήτων των διατομών των χαλύβδινων στοιχείων της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε ένα διγραμμικό ελαστοπλαστικό μοντέλο με 5 % κράτυνση μετά την διαρροή. Η καμπυλότητα διαρροής αντιστοιχεί στην κατάσταση έναρξης της πλαστικοποίησης της διατομής. Ενώ, η καμπυλότητα θραύσης αντιστοιχεί στην μικρότερη τιμή, είτε της κατάστασης πλήρους πλαστικοποίησης της διατομής, είτε της κατάστασης όπου η μέγιστη ανηγμένη παραμόρφωση της διατομής είναι ίση με την ανηγμένη παραμόρφωση θραύσης ( $\varepsilon_u = 22$  %). Οι τοιχοπληρώσεις λήφθηκαν υπόψη με τη χρήση διαγωνίων θλιπτικών ράβδων στα αντίστοιχα φατνώματα. Για το υλικό των τοιχοπληρώσεων υπό μονότονη φόρτιση, χρησιμοποιήθηκε ένας μη γραμμικός νόμος τάσεων-παραμορφώσεων και δύναμης-μετακίνησης. Ως νόμος δύναμης-μετακίνησης υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση χρησιμοποιήθηκε το μη-γραμμικό μοντέλο κατά Bouc/Wen [9].

Η απόκριση της κατασκευής για τα τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα που εξετάστηκαν εστιάζεται στον ολικό δείκτη βλάβης κατά Park/Ang και στη μέγιστη ανηγμένη σχετική μετατόπιση των ορόφων (maximum inter-storey drift ratio, MISDR), ώστε να συμπυκνώνεται η απόκριση σε μια και μοναδική εποπτική και εύχρηστη αριθμητική τιμή.

## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τα μέγιστα, ελάχιστα και τους μέσους όρους των ολικών δ.β. της κατασκευής και την ποσοστιαία τους μεταβολή σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς τοιχοπληρώσεις (πλαίσιο\_0). Έτσι, τα πλαίσια με τοιχοπληρώσεις παρουσιάζουν ένα ποσοστό μείωσης έως 46.811% της μέγιστης τιμής του δ.β. κατά Park/Ang, σε σχέση με το πλαίσιο χωρίς τοιχοπληρώσεις. Ενώ, η αντίστοιχη μείωση της μέσης τιμής είναι έως 81.111%. Ανάλογα αποτελέσματα παρουσιάζονται και για τον δ.β. MISDR. Εδώ η μείωση της μέσης τιμής του MISDR ανέρχεται έως το ποσοστό των 67.476%, ενώ η αντίστοιχη μείωση της μέσης τιμής ανέρχεται έως 60.795%. Σε όλες τις περιπτώσεις, η μέγιστη μείωση παρατηρείται στο πλαίσιο με τις περισσότερες τοιχοπληρώσεις (πλαίσιο\_1).

Για τον προσδιορισμό του βαθμού συσχέτισης μεταξύ των ολικών δ.β. και των σεισμικών παραμέτρων PGA και ένταση Arias, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης (σ.σ.) κατά Pearson και κατά Spearman [10]. Ο πρώτος δηλώνει τον βαθμό της γραμμικής συμμεταβολής δύο μεγεθών, ενώ ο δεύτερος τον βαθμό της ιεραρχικής συμμεταβολής. Συντελεστές συσχέτισης με απόλυτες τιμές έως 0.5, δηλώνουν μικρή αλληλεξάρτηση των εξεταζομένων μεγεθών, ενώ τιμές από 0.5 έως 0.8, δηλώνουν μέτρια συσχέτιση. Τέλος, αριθμητικές τιμές του σ.σ. από 0.8 έως 1.0, δηλώνουν ισχυρή αλληλεξάρτηση των μεγεθών. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αριθμητικά αποτελέσματα των συντελεστών συσχέτισης κατά Pearson και κατά Spearman, μεταξύ των ολικών δ.β. και των σεισμικών παραμέτρων που εξετάστηκαν. Από τις τιμές των σ.σ. προκύπτει ότι η ύπαρξη τοιχοπληρώσεων δεν μεταβάλει τον βαθμό αλληλεξάρτησης μεταξύ των εξεταζομένων μεγεθών, συγκριτικά με το πλαίσιο χωρίς τοιχοπληρώσεις. Έτσι, ο βαθμός συσχέτισης κατά Pearson και κατά Spearman μεταξύ έντασης Arias και των δ.β. είναι μεγάλος (με σ.σ. από 0.800 έως 0.925). Ενώ, ο βαθμός συσχέτισης κατά Pearson και κατά Spearman μεταξύ της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης και των δ.β. είναι μέτριος (με σ.σ. από 0.585 έως 0.751).

	Park/Ang					Ποσοστιαία μεταβολή			
						σε σχέση με το Πλαίσιο _0 [%]			
Πλαίσιο	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Min	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00
Max	0.304	0.162	0.175	0.197	0.191	-46.811	-42.341	-35.108	-37.344
Mean	0.188	0.035	0.037	0.049	0.047	-81.111	-80.442	-74.131	-74.799
						Ποσοστιαία μεταβολή			
		101		0]		σε σχέση με το Πλαίσιο _0 [%]			
Πλαίσιο	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Min	0.612	0.220	0.242	0.224	0.248	-64.052	-60.458	-63.399	-59.477
Max	2.718	0.892	0.958	0.884	0.952	-67.182	-64.753	-67.476	-64.974
Mean	1.408	0.552	0.585	0.553	0.587	-60.795	-58.452	-60.724	-58.310

Πίν. 2: Στατιστικές τιμές αποτελεσμάτων

		Park/Ang							
		Πλαίσιο_0	Πλαίσιο_1	Πλαίσιο_2	Πλαίσιο_3	Πλαίσιο_4			
	Arias	.890	.921	.899	.917	.913			
	PGA	.740	.602	.585	.633	.634			
Σ.σ. κατά		MISDR							
Pearson		Πλαίσιο_0	Πλαίσιο_1	Πλαίσιο_2	Πλαίσιο_3	Πλαίσιο_4			
	Arias	.897	.925	.921	.922	.919			
	PGA	.674	.720	.712	.725	.715			
		Park/Ang							
		Πλαίσιο_0	Πλαίσιο_1	Πλαίσιο_2	Πλαίσιο_3	Πλαίσιο_4			
	Arias	.910	.807	.800	.806	.806			
	PGA	.751	.619	.613	.620	.654			
Σ.σ. κατά		MISDR							
Spearman		Πλαίσιο_0	Πλαίσιο_1	Πλαίσιο_2	Πλαίσιο_3	Πλαίσιο_4			
	Arias	.902	.900	.904	.902	.904			
	PGA	.710	.660	.678	.680	.683			

Πίν. 3: Συντελεστές συσχέτισης κατά Pearson και κατά Spearman

# 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία παρουσίασε μια διαδικασία ποσοτικού προσδιορισμού της αλληλεξάρτησης μεταξύ της τοπολογίας των τοιχοπληρώσεων αφενός, των σεισμικών παραμέτρων και των δεικτών βλάβης αφετέρου. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε μια σε μία πλαισιακή κατασκευή από χάλυβα, με εναλλακτικές τοπολογίες τοιχοπληρώσεων. Αρχικά, δημιουργήθηκαν 225 τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα συμβατά με τα φάσματα απόκρισης του ΕΑΚ (2004). Ακολούθως, υπολογίσθηκαν για όλα τα επιταχυνσιογραφήματα, η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση και η ένταση Arias. Τέλος, υπολογίστηκαν οι ολικοί δ.β. κατά Park/Ang και η μέγιστη ανηγμένη σχετική μετακίνηση των ορόφων (MISDR). Στατιστικές αναλύσεις καταδεικνύουν τον βαθμό αλληλεξάρτησης των μεγεθών που εξετάστηκαν.

Έτσι, τα αριθμητικά αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση των δ.β. των πλαισίων με τοιχοπληρώσεις συγκριτικά με το αντίστοιχο χωρίς τοιχοπληρώσεις. Ευνοϊκότερα συμπεριφέρθηκαν τα πλαίσια με τοιχοπληρώσεις σε όλους τους ορόφους. Σε όλες τις περιπτώσεις ο βαθμός συσχέτισης κατά Pearson και κατά Spearman μεταξύ έντασης Arias και των δ.β. της κατασκευής είναι μεγάλος, ενώ ο αντίστοιχος μεταξύ της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης και των δ.β. είναι μέτριος.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Gasparini D.A. and Vanmarcke E.H., "SIMQKE, a program for artificial motion generation, user's manual and documentation", *Publication No. R76-4*, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, Massachusetts, 1976.
- [2] Meskouris K. "Structural dynamics", Ernst & Sohn, Berlin, 2000.
- [3] Arias A. "A Measure of Earthquake Intensity". In: *Seismic Design for Nuclear Power Plants*, (ed. R. Hansen), MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1970, pp. 438-483.
- [4] Elenas A., "Correlation between seismic acceleration parameters and overall structural damage indices of structures", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 20, No. 1, 2000, pp.93-100.
- [5] Park Y.J. and Ang A. H.-S., "Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete", *Journal of Structural Engineering*, Vol. 111, No 4, 1985, pp. 722-739.
- [6] Gunturi S.K.V. and Shah H.C. "Building specific damage estimation", *Proceedings of the 10th World Conference on Earthquake Engineering*, 1992, pp. 6001-6006.
- [7] CEN, "EN 1993: Eurocode 3 Design of steel structures", *European Committee for Standardization*, Brussels, 1993.
- [8] Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, ΟΑΣΠ, Αθήνα, 2003.
- [9] Valles R., Reinhorn A.M., Kunnath S.K., Li C. and Madan A. "IDARC 2D Version 4.0: A program for the Inelastic Damage Analysis of Buildings", *Technical Report NCEER-96-0010*, State University of New York, Buffalo, 1996.
- [10] Ryan T.P. "Modern Engineering Statistics", John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2007.

#### EVALUATION OF INFILL WALLS CONTRIBUTION ON STEEL STRUCTURES' DAMAGE INDICES UNDER SEISMIC EXCITATION

N. Nanos M.Sc., Ph.D. candidate Portsmouth University PO1 3AH, Portsmouth, England Email: nikos\_nanos@yahoo.com

#### A. Elenas

Assoc. Professor Democritus University of Thrace 67100 Xanthi, Greece Email: elenas@civil.duth.gr

#### SUMMARY

This paper provides a methodology to quantify the influence of masonry infill walls on the structural damage of a steel frame building suffer from seismic events. Initially, several artificial accelerograms, compatible with the design spectrum of the Greek Antiseismic Code, have been composed. The intensity seismic parameters that have been evaluated were the peak ground acceleration (PGA) and the Arias intensity. The presented methodology is applied on a steel frame designed according to the rules of the recent Eurocode for steel structures EC3 and the Greek Antiseismic Code, respectively. In addition, the initial bare frame has been examined having 4 different layouts of infill walls on it, resulting into 5 different frame types. Nonlinear dynamic analyses have been carried out in order to evaluate the structures' seismic response. For this purpose the computer program IDARC has been used. Among the several structural response characteristics, the focus is on the overall structure damage indices (OSDI). These have been expressed by the OSDI after Park/Ang and by the maximum inter-story drift ratio (MISDR).

As the numerical results have shown infill walls proved to have a very positive contribution in the structure's seismic response giving us an average of 44% reduction of the mean DI after Park/Ang and a 70% decrease in the non-zero values of the same DI between the bare frame structure and its infill wall reinforced counterpart. Similar results have been observed for the MISDR as well, where an approximate 42% average reduction has been noted in all 4 infill wall reinforced cases as opposed to the bare frame. Finally, a statistical study provided strong correlation between the examined damage indices and the Arias intensity, and on the other hand, medium correlation between the damage indices and the PGA, for all the frame types.