

**ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ Φ.Ο. ΚΑΙ
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΞΗΡΑΣ ΔΟΜΗΣΗΣ**

Δημήτρης Δόντας

Αναπληρωτής Γενικός Διευθυντής
KNAUF, Γυψοποιία Α.Β.Ε.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: dontas.dimitri@knauf.gr

F-O. Henkel

Σύμβουλος Πολιτικός Μηχανικός
Wölfel Beratende Ingenieure GmbH+Co.KG
Höchberg, Γερμανία
e-mail: henkel@woelfel.de

Λουτσία Καράπιττα

Πολιτικός Μηχανικός, Δρ. Μηχανικός
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: klucia@central.ntua.gr

Παναγιώτης Καρύδης

Ομότιμος Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: pkary@tee.gr

Χάρης Μουζάκης

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: harrismo@central.ntua.gr

Αθανάσιος Τριανταφύλλου

Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών
Πάτρα, Ελλάδα
e-mail: ttriant@upatras.gr

Μαρία Φούντη

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: mfou@central.ntua.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα σεισμικών δοκιμών διώροφου κτιρίου φυσικής κλίμακας το οποίο αποτελείτο από μεταλλικό σκελετό με στέγη και σύστημα ξηράς δόμησης. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του σεισμικού προσομοιωτήρα του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το κτίριο, διερευνήθηκε πειραματικά σε τρεις φάσεις κατά την κατασκευή του: α) μεταλλικός φορέας, β) μεταλλικός φορέας με στέγη και δάπεδο ορόφου και γ) πλήρες κτίριο με μεταλλικό φορέα, δάπεδο ορόφου, στέγη και σύστημα ξηράς δόμησης. Το δοκίμιο διεγέρθηκε με διαξονικές XZ / YZ και τριαξονικές XYZ σεισμικές διεγέρσεις με τη χρήση τεχνητών επιταχυνσιογραφημάτων. Ο σεισμός σχεδιασμός του κτιρίου αντιστοιχούσε σε επιτάχυνση βάσης 0.24g και Κατηγορία Εδάφους Β. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 44 διαξονικές και τριαξονικές σεισμικές δοκιμές ξεκινώντας από το 50% του σεισμού σχεδιασμού μέχρι το 450% αυτού. Ενδιάμεσως των σεισμικών δοκιμών πραγματοποιήθηκαν ημιτονικές σαρώσεις σταθερής επιτάχυνσης 0.02g ή 0.04g για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών των εξεταζόμενων φορέων. Μετά το πέρας των δοκιμών ουδεμία βλάβη ή χαλάρωση παρατηρήθηκε στο κτίριο.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια του προγράμματος της Ε.Υ. με τίτλο: “The Integrated Safe Smart Built Concept I-SSB” [1] κατασκευάστηκαν δύο πρωτότυπα σε φυσική κλίμακα κτίρια, ένα στην Αμφιλοχία αρκετά μεγάλων διαστάσεων εξοπλισμένο με σύγχρονα αυτόματα συστήματα ελέγχου – χαρακτηριζόμενο ως ένα “έξυπνο” κτίριο (κτίριο αναφοράς) και ένα μικρότερον διαστάσεων. Για την πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς του δεύτερου κτιρίου έναντι σεισμικών δράσεων, πραγματοποιήθηκαν δυναμικές δοκιμές με τη χρήση του σεισμικού προσομοιωτήρα του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου [2]. Η επιτάχυνση σχεδιασμού και των δύο κτιρίων ήταν 0.24 g, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000 [3] και έδαφος κατηγορίας Β.

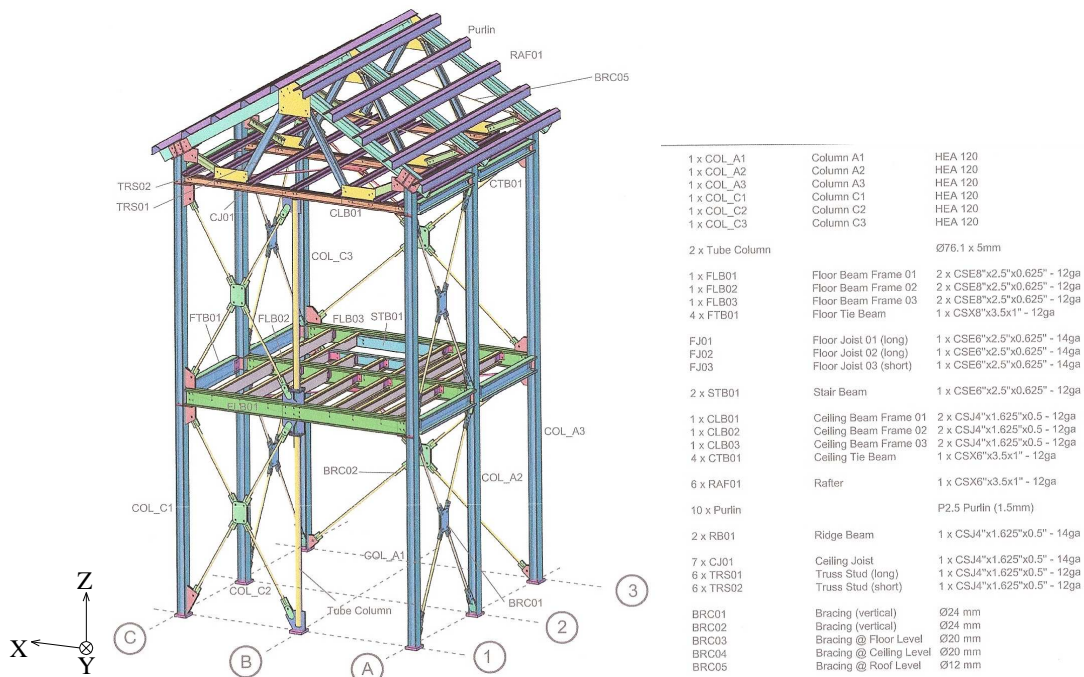
Η πειραματική διαδικασία χωρίστηκε σε τρεις φάσεις, με το κτίριο να ελέγχεται σε διάφορες φάσεις της κατασκευής του (Φάση I - γυμνό πλαίσιο, Φάση II - γυμνό πλαίσιο με στέγη, Φάση III – πλήρες κτίριο με μεταλλικό πλαίσιο με στέγη και στοιχεία ξηράς δόμησης ως εξωτερική και εσωτερική τοιχοπλήρωση).

Το κτίριο κατά την πειραματική διερεύνησή του στη Φάση I και II υποβλήθηκε σε διαξονικές XZ /YZ και τριαξονικές σεισμικές διεγέρσεις μέχρι την επιτάχυνση σχεδιασμού του (0.24g). Στη Φάση III, το πλήρες κτίριο διεγέρθηκε (διαξονικές XZ/YZ και τριαξονικές XYZ σεισμικές δοκιμές) με κλιμακωτά αυξανόμενη σεισμική επιτάχυνση βάσης μέχρι 1.08g. Επίσης, ενδιάμεσως των εν λόγω σεισμικών δοκιμών πραγματοποιήθηκαν ημιτονικές διεγέρσεις λογαριθμικής σάρωσης συχνοτήτων σταθερής μικρής επιτάχυνσης (0.02 g ή 0.04 g) για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών του δοκιμίου. Το κτίριο μετά από κάθε δοκιμή επιθεωρείτο οπτικώς για διαπίστωση ενδεχόμενων βλαβών και χαλάρωσης των στοιχείων του.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα κύρια αποτελέσματα της πειραματικής διερεύνησης του κτιρίου κατά τις τρεις Φάσεις κατασκευής του και επιχειρείται μια ερμηνεία της απόκρισης του δοκιμίου έναντι σεισμικών δράσεων, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων.

3. ΔΟΚΙΜΙΟ

Το εξεταζόμενο δοκίμιο στην τελική φάση κατασκευής του (πλήρες κτίριο) ήταν ένα διώροφο κτίριο φυσικής κλίμακας το οποίο αποτελείτο από μεταλλικό σκελετό, στέγη, δάπεδα και σύστημα ξηράς δόμησης, με διαστάσεις κάτοψης $3.40 \times 3.40 \text{m}^2$ και συνολικό ύψος 7.20m. Το ύψος των ορόφων ήταν 2.90m και το ύψος της στέγης 1.40m. Τα υποστύλωματα, τα διαγώνια και οι κόμβοι ήταν από χάλυβα θερμής έλασης S275, EC3 ενώ οι δοκοί και τα λοιπά στοιχεία ήταν από χάλυβα ψυχράς έλασης (CFS) $f_y=33\text{ksi}$, NAS 2004. Στο Σχήμα 1 φαίνεται ο μεταλλικός φέρων οργανισμός και οι διατομές που χρησιμοποιήθηκαν. Το δοκίμιο σχεδιάστηκε από την ομάδα του WP1 στα πλαίσια του προγράμματος I-SSB [1].



Σχ. 1: Μεταλλικός φέρων οργανισμός – Λεπτομέρειες διατομών

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η κατασκευή του κτιρίου έγινε πάνω στην επιφάνεια του σεισμικού προσομοιωτήρα. Το δοκίμιο παγιώθηκε στο σεισμικό προσομοιωτήρα μέσω μεταλλικής βάσης στον πόδα κάθε υποστύλωματος, με 4 κοχλίες M20 ποιότητας 8.8. Όπως έχει αναφερθεί το κτίριο διερευνήθηκε πειραματικά σε τρεις Φάσεις. Στη Φάση I εξετάστηκε μόνο ο μεταλλικός σκελετός (Δοκίμιο I), Στη Φάση II, διαμορφώθηκε επιπλέον η στέγη και το πάτωμα ισογείου (Δοκίμιο III), ενώ στη Φάση III τοποθετήθηκε το σύστημα ξηράς δόμησης (Δοκίμιο III). Η πειραματική διάταξη του κτιρίου στο σεισμικό προσομοιωτήρα κατά τις τρεις φάσεις δοκιμής του παρουσιάζονται στα Σχήματα 2(α) έως 2(γ). Κατά τη Φάση I, δεν τοποθετήθηκε πρόσθετη μάζα στον εξεταζόμενο φορέα, ενώ κατά τη Φάση δοκιμής II και III, τοποθετήθηκε στο δοκίμιο πρόσθετη μάζα 0.5Mgr στο δάπεδο του ορόφου. Η μάζα αυτή αντιστοιχούσε σε προσθετο μόνιμο φορτίο 1.50kN/m^2 και στο 30% κινητού φορτίου 2.00kN/m^2 . Η συνολική μάζα του Δοκιμίου I ήταν 1.95Mgr, του Δοκιμίου II 4.48Mgr και του Δοκιμίου III 9.56Mgr.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών καταγράφονταν οι επιταχύνσεις και οι απόλυτες μετακινήσεις στην στάθμη ισογείου και ορόφου κατά τη διεύθυνση X και Y, οι επιταχύνσεις κατά τις διευθύνσεις X, Y και Z στο μέσο της οροφής ισογείου και ορόφου καθώς επίσης και η επιτάχυνση και η μετακίνηση του σεισμικού προσομοιωτήρα σε κάθε κύρια διεύθυνση X, Y και Z.



(α)

(β)

(γ)

Σχ. 2: Πειραματική διάταξη δοκιμίου: (α): Φάση I, (β): Φάση II, (γ): Φάση III

5. ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ

Αρχικά το δοκίμιο διεγέρθηκε ξεχωριστά σε κάθε διεύθυνση X, Y και Z από μια χρονοϊστορία ημιτονικής μορφής σταθερής επιτάχυνσης 0.02g ή 0.04g με λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων από 1-32Hz για τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών του (ιδιοπερίοδος και λόγος απόσβεσης). Ο υπολογισμός των δυναμικών χαρακτηριστικών του κάθε δοκιμίου έγινε σε όλες τις φάσεις κατασκευής του (γυμνός μεταλλικός σκελετός με / και χωρίς / διαγώνια, με / και χωρίς / μάζες μεταλλικός σκελετός και στέγη, πλήρες κτίριο με στοιχεία ξηράς δόμησης). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν διαξονικές XZ / YZ σεισμικές δοκιμές και ακολούθως τριαξονικές XYZ σεισμικές δοκιμές. Οι χρονοϊστορίες επιτάχυνσης κατά τις διευθύνσεις X, Y και Z αποτελούσαν τις συνιστώσες ενός τεχνητού σεισμού. Το φάσμα επιταχύνσεων κάθε συνιστώσας περιβάλλει το φάσμα απόκρισης του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού [3] με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0.24g (Ζώνη Σεισμικής Επικυδυνότητας II), Έδαφος Κατηγορίας B ($T_1=0.15\text{sec}$ και $T_2=0.60\text{sec}$), απόσβεση 4% ($\eta=1.08$), Συντελεστή θεμελίωσης $\theta=1.00$ και Κατηγορία Σπουδαιότητας Σ_2 ($\gamma_1=1.00$). Οι τρεις συνιστώσες του τεχνητού σεισμού ήταν ασυγχρότιστες, ενώ η κατακόρυφη διέγερση ήταν το 70% των αντίστοιχων διεγέρσεων κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις X και Y.

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν αντίστοιχη σε κάθε φάση δοκιμής του κτιρίου. Στη Φάση I και II το αντίστοιχο δοκίμιο διεγέρθηκε μέχρι την επιτάχυνση σχεδιασμού (0.24g). Στο πλήρες κτίριο (Δοκίμιο III), η σεισμική ένταση των τριαξονικών XYZ δοκιμών αυξανόταν κλιμακωτά μέχρι επιτάχυνση βάσης 1.08g. Στον Πίνακα 1 δίνεται η πορεία των σεισμικών δοκιμών στο πλήρες κτίριο (Δοκίμιο III).

Αρ. Δοκιμής	Περιγραφή	Επιτάχυνση (g)
1	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
2	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
3	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Z	0.04
4	Διαξονική σεισμική διέγερση XZ	0.12
5	Διαξονική σεισμική διέγερση YZ	0.12
6	Διαξονική σεισμική διέγερση XZ	0.24
7	Διαξονική σεισμική διέγερση YZ	0.24
8	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.24
9	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
10	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
Αφαίρεση χιαστί 2 ^{ου} ορόφου κατά τη διεύθυνση		
11	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
12	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
13	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Z	0.04
14	Διαξονική σεισμική διέγερση XZ	0.12
15	Διαξονική σεισμική διέγερση YZ	0.12
16	Διαξονική σεισμική διέγερση XZ	0.24
17	Διαξονική σεισμική διέγερση YZ	0.24
18	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.24
19	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
20	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
21	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.36
22	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.48
23	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.60
24	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.72
25	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
26	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
27	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.84
28	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	0.96
29	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων X	0.04
30	Λογαριθμική σάρωση συχνοτήτων Y	0.04
31	Τριαξονική σεισμική διέγερση XYZ	1.08

Πιν. 1: Δοκίμιο III – Σεισμικές διεγέρσεις

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

Υπολογισμός δυναμικών χαρακτηριστικών δοκιμίων

Τα δυναμικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου κτιρίου, προσδιορίζονται από τη δοκιμή σταθερής επιτάχυνσης λογαριθμικής σάρωσης συχνοτήτων σε διάφορες φάσεις της κατασκευής του και επίπεδου έντασης σεισμικών διεγέρσεων. Ο λόγος απόσβεσης ζ υπολογίστηκε με τη μέθοδο της μισής ισχύος πλάτους λωρίδας [4]. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τιμές της ιδιοσυχνότητας και του λόγου απόσβεσης οι οποίες αντιστοιχούν στον συντονισμό της πρώτης κανονικής μορφής.

Βλάβες

Σε κάθε Φάση δοκιμής, μετά το πέρας κάθε σεισμικής δοκιμής γινόταν οπτικός έλεγχος

του εξεταζόμενου φορέα για να διαπιστωθούν τυχόν βλάβες. Καθ' όλη την πειραματική διαδικασία (γυμνός σκελετός, διαμόρφωση δαπέδου ορόφου και στέγης, τοποθέτηση συστήματος ξηράς δόμησης), δεν παρατηρήθηκε ορατή βλάβη στο εκάστοτε εξεταζόμενο κτίριο.

Δοκίμιο	Φάση Κατασκευής	Διεύθυνση	Ιδιοσυχνότητα (Hz)	Απόσβεση (%)
I	Μεταλλικός σκελετός	X	10.56	1.09
		Y	9.85	1.97
	Αφαίρεση χιαστί συνδέσμων 2 ^ο ορόφου στη διεύθυνση X	X	6.48	1.87
		Y	10.30	1.75
II	Μεταλλικός σκελετός, δάπεδο ορόφου, στέγη, πρόσθετη μάζα	X	4.62	2.80
		Y	6.80	2.50
	Επανατοποθέτηση χιαστί συνδέσμων 2 ^ο ορόφου στη διεύθυνση X	X	8.00	3.46
		Y	6.72	3.85
III	Μεταλλικός σκελετός, δάπεδο ορόφου, στέγη, πρόσθετη μάζα, σύστημα ξηράς δόμησης	X	7.64	3.87
		Y	6.16	3.99
	Πέρας Δοκιμής 8 (τριαζονική διέγερση 0.24g)	X	7.12	3.94
		Y	6.10	3.89
	Αφαίρεση χιαστί συνδέσμων 2 ^ο ορόφου στη διεύθυνση X	X	6.06	3.93
		Y	6.54	4.04
	Πέρας Δοκιμής 18 (τριαζονική διέγερση 0.24g)	X	6.06	4.53
		Y	6.40	4.87
	Πέρας Δοκιμής 24 (τριαζονική διέγερση 0.72g)	X	5.86	5.75
		Y	6.13	4.90
Πέρας Δοκιμής 28 ((τριαζονική διέγερση 0.96g)	X	4.92	10.1	
	Y	5.53	11.5	

Πιν. 2: Δυναμικά χαρακτηριστικά εξεταζόμενου κτιρίου σε διάφορες φάσεις κατασκευής του και επίπεδα έντασης σεισμικών διεγέρσεων.

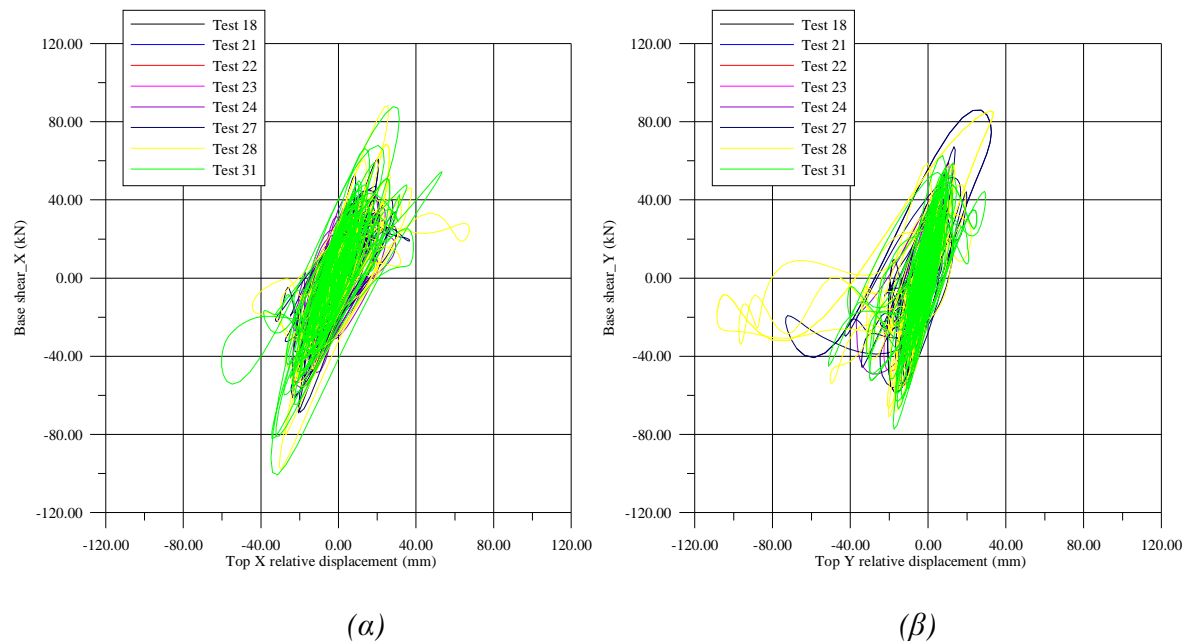
Βρόγχοι υστέρησης

Στα Σχήματα 3(α) και 3(β) παρουσιάζονται τα διαγράμματα τέμνουσας βάσης – σχετικής ως προς τη βάση μετακίνησης ορόφου κατά τις διευθύνσεις X και Y για τις ισχυρές σεισμικές δοκιμές (βλ. Πίνακα 1) του Δοκιμίου III (πλήρες κτίριο). Η τέμνουσα σε κάθε διεύθυνση προέκυψε από την καταγραμμένη επιτάχυνση στην διεύθυνση αυτή πολλαπλασιασμένη με την αντίστοιχη ταλαντούμενη μάζα κάθε ορόφου. Η σχετική μετακίνηση σε κάθε διεύθυνση προέκυψε από τη διαφορά της καταγραμμένης απόλυτης μετακίνησης κάθε ορόφου και της μετακίνησης του σεισμικού προσομοιωτήρα.

Γωνιακή Παραμόρφωση

Ως γωνιακή παραμόρφωση ισογείου ορίζεται ο λόγος της αναπτυσσόμενης σχετικής ως προς τη βάση οριζόντιας μετακίνησης στη στάθμη του ισογείου προς το ύψος του, ενώ η γωνιακή παραμόρφωση ορόφου ορίζεται ως ο λόγος της διαφοράς της αναπτυσσόμενης μετακίνησης ορόφου και ισογείου προς το ύψος του ορόφου. Η γωνιακή παραμόρφωση ισογείου και ορόφου προκύπτει από το μέσο όρο των αντίστοιχων καταγραφών των μετακινήσεων. Η γωνιακή παραμόρφωση υπολογίζεται σε κάθε διεύθυνση. Στον Πίνακα 3

δίνονται τα μέγιστα, κατά απόλυτη τιμή, της γωνιακής παραμόρφωσης ισογείου και ορόφου στη διεύθυνση X και Y όπως αυτές υπολογίστηκαν για το πλήρες κτίριο στις ισχυρές τριαξονικές δοκιμές.



Σχ. 3: Δοκίμιο III (πλήρες κτίριο): Διαγράμματα τέμνουσας δύναμης-σχετικής μετακίνησης ορόφου: (α): Διεύθυνση X, (β): Διεύθυνση Y

Επιτάχυνση Βάσης (g)	Γωνιακή Παραμόρφωση Ισογείου (%)		Γωνιακή Παραμόρφωση Ορόφου (%)	
	X	Y	X	Y
0.24	3.00	2.63	2.54	2.39
0.36	2.25	3.54	2.96	2.54
0.48	3.10	4.32	3.27	2.70
0.60	3.85	6.13	3.86	2.82
0.72	5.28	9.35	4.88	4.41
0.84	7.83	15.53	6.55	9.78
0.96	13.16	22.29	11.09	15.31
1.08	10.43	10.93	10.92	7.21

Πιν. 3: Δοκίμιο III (πλήρες κτίριο) – Γωνιακή Παραμόρφωση

7. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το πλήρες κτίριο με το σύστημα ξηράς δόμησης υπέστη διαδοχικές τριαξονικές σεισμικές διεγέρσεις με αυξανόμενη σεισμική επιτάχυνση βάσης μέχρι επιτάχυνση 1.08g, η οποία αντιστοιχεί σε 450% του σεισμού σχεδιασμού του κτιρίου (0.24g).

Μετά από οπτικό έλεγχο στο δοκίμιο με το πέρας των σεισμικών δοκιμών, δεν παρατηρήθηκε καμία ορατή βλάβη.

- Η διαφορά της ιδιοσυχνότητας στη διεύθυνση X και Y του Δοκιμίου III (πλήρες κτίριο) λόγω της ύπαρξης του συστήματος ξηράς δόμησης είναι της τάξης του 5-10%, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες τιμές ιδιοσυχνοτήτων του Δοκιμίου II. Επιπλέον η αφαίρεση των χιαστί συνδέσμων των πλαισίων 1 και 3 στον όροφο κατά τη διεύθυνση X, επηρεάζει σημαντικά την ιδιοσυχνότητα στη διεύθυνση αυτή (βλ. Πίνακα 2).
- Η μεταβολή των δυναμικών χαρακτηριστικών του Δοκιμίου III (πλήρες κτίριο) μετά το πέρας των ισχυρών τριαξονικών διεγέρσεων μπορεί να οφείλεται σε ανελαστικές παραμορφώσεις του συστήματος ξηράς δόμησης και στην ανάπτυξη τριβής μεταξύ των συνδέσεων των διάφορων στοιχείων. Η προσθήκη των στοιχείων ξηράς δόμησης, αφ' ενός μεν προσθέτει μάζα, αφ' ετέρου δε αυξάνει τη δυσκαμψία.
- Η μέγιστη κατά απόλυτη τιμή γωνιακή παραμόρφωση ορόφου του Δοκιμίου I (μεταλλικός σκελετός) είναι 4.45‰ και 2.92‰ κατά τη διεύθυνση X και Y αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες τιμές για το Δοκίμιο II (μεταλλικός σκελετός, δάπεδο ορόφου και στέγη) είναι 4.26‰ και 5.58‰, ενώ για το Δοκίμιο III (μεταλλικός σκελετός, δάπεδο ορόφου, στέγη, σύστημα ξηράς δόμησης) είναι 13.16‰ και 22.29‰.
- Η μέγιστη κατά απόλυτη τιμή τέμνουσα βάσης η οποία αναπτύχθηκε στο πλήρες κτίριο είναι 100.58kN και 85.91kN κατά τη διεύθυνση X και Y αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες σχετικές ως προς τη βάση μετακινήσεις ορόφου είναι 67.44mm και 108.61mm.
- Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα τέμνουσα βάσης - σχετικής μετακίνησης ορόφου (βλ. Σχήματα 3(α) και 3(β)), η απόκριση του κτιρίου με το σύστημα ξηράς δόμησης (Δοκίμιο III) χαρακτηρίζεται «ελαστική». Επιπλέον, από τα διαγράμματα αυτά παρατηρείται ότι το πλήρες κτίριο μέχρι την εξεταζόμενη στάθμη επιτάχυνσης (1.08g) δεν έχει υποστεί μείωση της δυσκαμψίας ή της αντοχής του. Επίσης από τα ίδια διαγράμματα παρατηρείται αύξηση του εύρους των βρόχων υστέρησης (απορροφούμενη ενέργεια) κατά τις ισχυρές σεισμικές δοκιμές με επιτάχυνση βάσης 0.72g (Δοκιμή 24) 0.84g (Δοκιμή 27), 0.96g (Δοκιμή 28) και 1.08g (Δοκιμή 31). Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται στην ανάπτυξη τριβής μεταξύ των σανίδων και των μεταλλικών ορθοστατών.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] www.issb-project.com
- [2] CARYDIS P. “I-SSB Deliverable 5.2.5.1: Report with full scale seismic test”, 2010.
- [3] “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός ΕΑΚ”, 2000.
- [4] CLOUGH R.W. and PENZIEN J. “Dynamic of Structures”, McGraw Hill, New York, 1975.

SEISMIC PERFORMANCE OF A STEEL - FRAMED STRUCTURE WITH DRY WALL SYSTEMS

Dimitris Dontas

Deputy General Manager
KNAUF, Gypsopiia A.B.E.E.
Athens, Greece
e-mail: dontas.dimitri@knauf.gr

F-O. Henkel

Wölfel Beratende Ingenieure GmbH+Co.KG
Höchberg, Germany
e-mail: henkel@woelfel.de

Lucia Karapitta

Civil Engineer, Ph.D. in Engineering
N.T.U.Athens, Greece
e-mail: klucia@central.ntua.gr

Παναγιώτης Καρύδης

Professor Emeritus
N.T.U.Athens, Greece
e-mail: pkary@tee.gr

Harris Mouzakis

Ass. Professor of N.T.U.Athens, Greece
e-mail: harrismo@central.ntua.gr

Athanasios Triantafyllou

Professor of Patras University, Greece
e-mail: ttriant@upatras.gr

Maria Founti

Professor of N.T.U.Athens, Greece
e-mail: mfou@central.ntua.gr

SUMMARY

This paper presents the results of an experimental research carried out to investigate the seismic performance of a two storey full-scale steel-framed structure with dry-wall systems. The specimen constructed by cold-formed and hot-rolled sections, floor and ceilings boards, inclined roof with OSB sheathing and dry-wall systems by double gypsum panels. The tests were performed using the shaking table of Laboratory for Earthquake Engineering of the National Technical University of Athens. The characteristic elements of the specimen (walls and floor/ceiling) were assembled on the bare frame step by step, and totally 3 series of shaking table tests were performed. The primary test for each specimen was a biaxial XZ/ YZ and a triaxial XYZ earthquake test using artificial time histories generated to match the Hellenic elastic design spectrum with base acceleration 0.24g; soil class B and damping 4%. Several tests were performed with the acceleration of the shaking table to be scaled step-wise in order to verify and estimate the behaviour of each model under earthquake excitation. Dynamic characteristics of each system were assessed through sine sweep tests before and after earthquake tests. During testing procedure, the tested structure did not loose any significant global resistance (no strength reduction or stiffness degradation is occurred) and no visible damage observed after inspection at the end of testing.