Αποτίμηση διωρόφου κτιρίου φέρουσας τοιχοποιίας και παραμετρική διερεύνηση των κρίσιμων δομικών χαρακτηριστικών του.

Λώρα-Σίλια Κούλια

Πολιτικός Μηχανικός και Μεταπτ. Φοιτήτρια ΣΜΑ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

klorasilia@gmail.com , std168403@ac.eap.gr

Κωνσταντίνος Ρεπαπής

Καθηγητής ΠΑΔΑ και Μέλος ΣΕΠ ΣΜΑ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

crepapis@uniwa.gr

Περίληψη **– Η παρούσα εργασία αξιολογεί τη σεισμική επάρκεια ενός διώροφου κτιρίου φέρουσας τοιχοποιίας μέσω ελαστικής ισοδύναμης στατικής ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και διερευνά την αποτελεσματικότητα διαφόρων τεχνικών ενίσχυσης για τη βελτίωση της αντισεισμικής του συμπεριφοράς σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ.**

Λέξεις-Κλειδιά: Φέρουσα τοιχοποιία, σεισμική αποτίμηση, ΚΑΔΕΤ, Τεχνικές ενίσχυσης.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί ένα από τα παλαιότερα και πιο διαδεδομένα δομικά συστήματα, παρουσιάζοντας ικανοποιητική αντοχή σε κατακόρυφα φορτία, αλλά αυξημένη ευαισθησία στις σεισμικές δράσεις λόγω της χαμηλής εφελκυστικής αντοχής και της ψαθυρής συμπεριφοράς της. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δίστρωτη λιθοδομή, της οποίας η μηχανική συμπεριφορά εξαρτάται από τον βαθμό σύνδεσης των παρειών και τις ιδιότητες των υλικών.

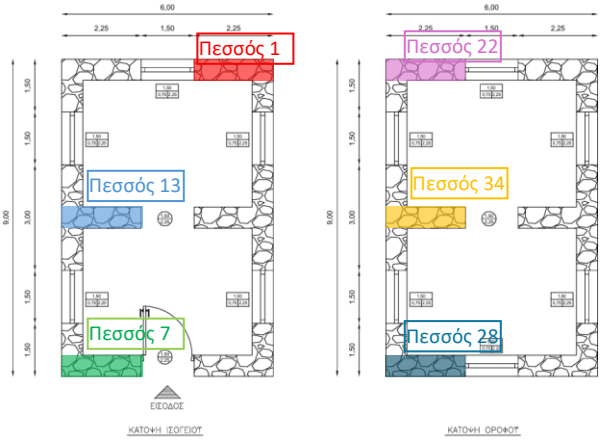
Η αποτίμηση της σεισμικής επάρκειας των υφιστάμενων κατασκευών πραγματοποιείται σύμφωνα με τον Κανονισμό Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων Τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ), ο οποίος καθορίζει τις διαδικασίες αξιολόγησης, τις μεθόδους ανάλυσης και τα κριτήρια ελέγχου. Η αξιολόγηση βασίζεται στον έλεγχο των κυριότερων μηχανισμών αστοχίας και στη σύγκριση των απαιτήσεων φόρτισης με τις διαθέσιμες αντιστάσεις της κατασκευής.

Για τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς εφαρμόζονται επεμβάσεις ενίσχυσης, όπως τα ενέματα, τα οπλισμένα ή ινοπλισμένα επιχρίσματα, οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος και τα σύνθετα υλικά FRP, με στόχο την αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

II. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το εξεταζόμενο κτίριο είναι διώροφη κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας από δίστρωτη αργολιθοδομή πάχους 60 cm, με κάτοψη 6.00 × 9.00 m και ύψος ορόφου 3.00 m. Για τη διερεύνηση της σεισμικής του συμπεριφοράς αναπτύχθηκε αριθμητικό προσομοίωμα, το οποίο προσομοιώνει τοιχοποιία από φυσικούς λίθους και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα με χαρακτηριστικά καλής ποιότητας δόμησης. Η τοιχοποιία θεωρείται δίστρωτη με διάτονους λίθους και καλή ποιότητα δόμησης, με φαινόμενο βάρος 20 kN/m³, χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή 2.0 MPa, μέτρο ελαστικότητας 1560 MPa και μέτρο διάτμησης 624 MPa.

Η κατασκευή παρουσιάζει χαρακτηριστικά που συναντώνται συχνά σε παραδοσιακά κτίρια, όπως περιορισμένη συνδεσμολογία των τοίχων, απουσία οριζόντιων διαζωμάτων και περιορισμένη διαφραγματική λειτουργία λόγω ξύλινου πατώματος και ξύλινης στέγης, γεγονός που αυξάνει τη σεισμική της τρωτότητα. Η θεμελίωση θεωρείται πακτωμένη, το υπέδαφος ανήκει στην κατηγορία Β και η κατασκευή βρίσκεται στη σεισμική ζώνη Z2 (α = 0.24g), ενώ η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.) θεωρείται «Ικανοποιητική». Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη του αριθμητικού προσομοιώματος και την αξιολόγηση της σεισμικής επάρκειας και των επεμβάσεων ενίσχυσης.



Σχήμα 1. Κάτοψη ισογείου και ορόφου του εξεταζόμενου κτιρίου και αρίθμηση πεσσών.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Α. *Μέθοδος Ανάλυσης*

Η αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου κτιρίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της ελαστικής ισοδύναμης στατικής ανάλυσης, σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ. Για τον υπολογισμό των σεισμικών απαιτήσεων χρησιμοποιήθηκε καθολικός δείκτης συμπεριφοράς q = 1.50, με ομοιόμορφη κατανομή των σεισμικών δυνάμεων καθ' ύψος. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τις στάθμες επιτελεστικότητας Β1–Β4, με στόχο τον προσδιορισμό του καθολικού δείκτη ανεπάρκειας λ και την αξιολόγηση της απαιτούμενης ενίσχυσης του κτιρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ Η ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ. (ΚΑΔΕΤ 2022).

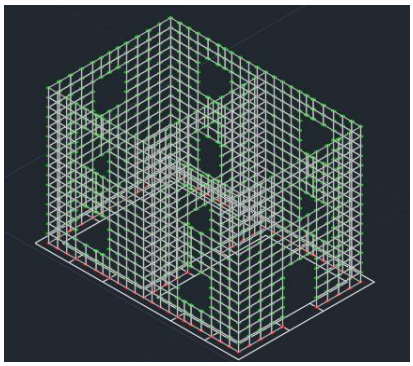
$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεστικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	Α «Περιορισμένες Βλάβες»	Β «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	**Α0**	**Β0**	**Γ0**
1.30	**Α1⁺**	**Β1⁺**	**Γ1⁺**
1.00	**Α1**	**Β1**	**Γ1**
0.75	**Α2⁺**	**Β2⁺**	**Γ2⁺**
0.60	**Α2**	**Β2**	**Γ2**
0.45	**Α3⁺**	**Β3⁺**	**Γ3⁺**
0.35	**Α3**	**Β3**	**Γ3**
0.25	**Α4⁺**	**Β4⁺**	**Γ4⁺**
<0.25	**Α4**	**Β4**	**Γ4**

Β. *Μέθοδος Προσομοίωσης*

Για την ανάπτυξη του αριθμητικού προσομοιώματος του εξεταζόμενου κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων μέσω του λογισμικού 3DR PESSOS, το οποίο είναι ειδικά σχεδιασμένο για την ανάλυση, αποτίμηση και ανασχεδιασμό κατασκευών τοιχοποιίας σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ. Στο προσομοίωμα εισήχθησαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών, καθώς και οι μόνιμες και κινητές δράσεις που επιδρούν στην κατασκευή.

Στις μόνιμες δράσεις λήφθηκαν υπόψη το ίδιο βάρος της λιθοδομής (20.0 kN/m³), της ξυλείας C24 (3.60 kN/m³), οι επικαλύψεις των δαπέδων (0.144 kN/m²) και της στέγης (1.00 kN/m²), ενώ στα κινητά φορτία θεωρήθηκαν φορτίο δαπέδων 2.00 kN/m² και μη βατής στέγης 0.50 kN/m². Για την αποτίμηση χρησιμοποιήθηκαν οι συνδυασμοί φόρτισης οριακής κατάστασης αστοχίας σύμφωνα με τον EC1, και ενδεικτικά παρουσιάζονται αποτελέσματα για τους συνδυασμούς

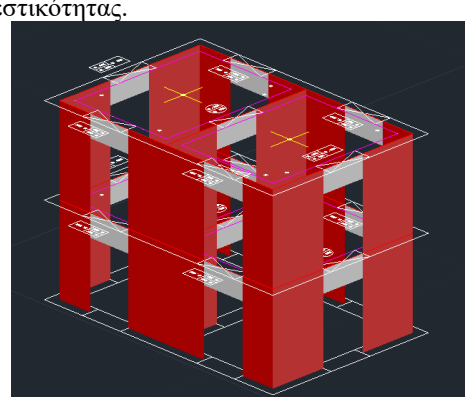
- EC1-006: 1.1G + 0.3Q + Ex + 0.3Ey
- EC1-042: 1.1G + 0.3Q + Ey + 0.3Ex.



Σχήμα 2. Αναλυτικό μοντέλο προσομοιώματος στο λογισμικό 3DR PESSOS.

IV. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η αξιολόγηση της σεισμικής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου κτιρίου στην υφιστάμενη κατάστασή του πραγματοποιήθηκε για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1. Για τον σκοπό αυτό εξετάστηκαν οι έλεγχοι επάρκειας των δομικών στοιχείων, καθώς και τα εντατικά μεγέθη, οι τάσεις και οι παραμορφώσεις που αναπτύσσονται στον φορέα, με στόχο την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητάς του και τον εντοπισμό πιθανών ανεπαρκειών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα, όπου η καθολική εμφάνιση κόκκινου χρώματος στους πεσσούς υποδηλώνει αστοχία του συνόλου των δομικών στοιχείων και, κατά συνέπεια, ανεπάρκεια του κτιρίου για τη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας.



Σχήμα 3. Αρχικές ανεπάρκειες πεσσών στη στάθμη Β1

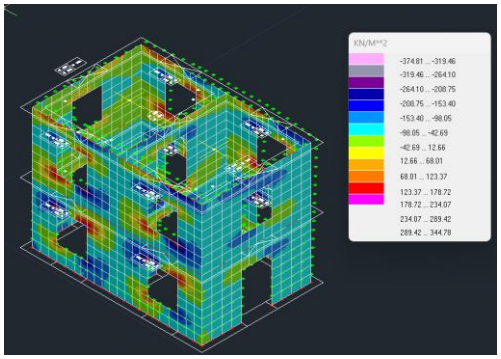
Στο πλαίσιο των γενικών ελέγχων του κτιρίου, σύμφωνα με την §5.3.8 του ΚΑΔΕΤ, εξετάστηκε η επάρκεια έναντι ανατροπής μέσω των ελέγχων αδρανούς περιοχής, μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης και εκκεντρότητας. Οι δύο πρώτοι έλεγχοι ικανοποιούνται, ενώ ο έλεγχος εκκεντρότητας δεν πληροί τα απαιτούμενα κριτήρια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ
ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑΣ.

Έλεγχος εκκεντροτήτων (βάσει παρ. 5.3.8(α))

Διεύθυνση	L	M	N	Έλεγχος
	[m]	[kNm]	kN	
X	6.00	3975.04	2002.07	1.99
Y	9.00	3975.04	2002.07	1.32

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η κατανομή των τάσεων Sxx στο προσομοίωμα για την στάθμη επιτελεστικότητας Β1 ενδεικτικά για τον συνδυασμό φόρτισης EC1_042.



Σχήμα 4. Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_042 στο λογισμικό 3DR PESSOS.

Για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 διενεργήθηκαν έλεγχοι σε όρους παραμορφωσιακών και εντατικών μεγεθών. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι απαιτήσεις σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών ικανοποιούνται πλήρως, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων σε όρους εντατικών μεγεθών.

Α. *Έλεγχοι σε όρους εντατικών μεγεθών*

Οι έλεγχοι επάρκειας των πεσσών σε όρους εντατικών μεγεθών πραγματοποιούνται για κατακόρυφα φορτία, καθώς και για καμπτική και διατμητική καταπόνηση, τόσο εντός όσο και εκτός επιπέδου. Στον παρακάτω

πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων για δύο εξωτερικούς πεσσούς του ισογείου (Πεσσοί 1 και 7), δύο εξωτερικούς πεσσούς του ορόφου (Πεσσοί 22 και 28), καθώς και για έναν εσωτερικό πεσσό του ισογείου (Πεσσός 13) και έναν εσωτερικό πεσσό του ορόφου (Πεσσός 34) (Σχήμα 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ
ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΛΕΓΧΩΝ.

Έλεγχος	1	7	13	22	28	34
Κατακόρυφα φορτία	0.19	0.20	0.20	0.08	0.08	0.08
Διάτμηση εντός επιπέδου	2.88	10.00	10.00	-	-	-
Διάτμηση εκτός επιπέδου	0.22	4.79	1.54	-	-	-
Κάμψη εντός επιπέδου	0.52	1.19	13.05	0.24	0.30	1.65
Κάμψη εκτός επιπέδου (οριζόντιος άξονας)	0.52	4.36	1.04	0.12	0.31	0.12
Κάμψη εκτός επιπέδου (κατακόρυφος άξονας)	0.18	0.38	0.29	1.20	1.26	0.71

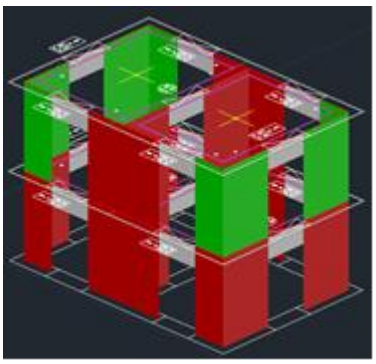
Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι το δόμημα παρουσιάζει σημαντικές ανεπάρκειες στη στάθμη επιτελεστικότητας Β1, καθώς σε αρκετά δομικά στοιχεία καταγράφονται υψηλοί δείκτες ανεπάρκειας και, σε ορισμένες περιπτώσεις, πλήρης αστοχία. Για την πληρέστερη αξιολόγηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση για όλες τις στάθμες επιτελεστικότητας, από την οποία προκύπτει ότι το κτίριο κατατάσσεται στη στάθμη Β4, όπου παρουσιάζει πλήρη επάρκεια. Ωστόσο, οι εκτεταμένες ανεπάρκειες που εμφανίζονται στη στάθμη Β1 καθιστούν αναγκαία τη διερεύνηση μέτρων ενίσχυσης, τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια.

V. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά δεκαπέντε προτάσεις ενίσχυσης του κτιρίου. Οι πρώτες επτά αφορούν μεμονωμένες τεχνικές, όπως η προσθήκη σενάζ και διαφράγματος, το βαθύ αρμολόγημα, η ομογενοποίηση μάζας (ενέματα), ο μανδύας σκυροδέματος, τα οπλισμένα και ινοπλισμένα επιχρίσματα, καθώς και οι λωρίδες FRP. Οι υπόλοιπες οκτώ αποτελούν συνδυασμούς των παραπάνω μεθόδων, με βαθύ αρμολόγημα ή ενέσεις σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες τεχνικές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα μίας μεθόδου ενίσχυσης από κάθε κατηγορία.

A. Ενίσχυση με οπλισμένο επίχρισμα

Η επέμβαση περιλαμβάνει την τοποθέτηση οπλισμού και την επικάλυψή του με τσιμεντοκονίαμα, ώστε να δημιουργηθεί ένα συνεργαζόμενο σύστημα με την υφιστάμενη τοιχοποιία. Το επίχρισμα έχει πάχος 4 cm και οπλίζεται με ράβδους διαμέτρου 10 mm σε διάταξη 15 × 15 cm, χάλυβα αντοχής f_y = 500 MPa, μέτρο ελαστικότητας E = 10 GPa και ποσοστό αγκύρωσης 0.85.



Σχήμα 5. Ανεπάρκειες πεσσών στη στάθμη Β1 μετά από ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.

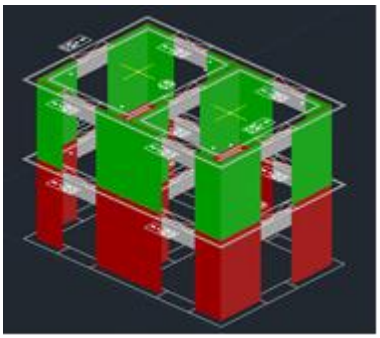
ΠΙΝΑΚΑΣ IV
ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΛΕΓΧΩΝ.

Έλεγχος	1	7	13	22	28	34
Διάτμηση εντός επιπέδου	0.13	0.14	0.18	-	-	-
Διάτμηση εκτός επιπέδου	0.27	5.92	1.94	-	-	-
Κάμψη εντός επιπέδου	0.52	1.06	8.70	0.32	0.43	1.57
Κάμψη εκτός (οριζόντιος άξονας)	0.23	0.32	0.27	0.03	0.02	0.02
Κάμψη εκτος (κατακόρ. άξονας)	0.04	0.06	0.04	0.14	0.15	0.03

Παρατηρείται αισθητή βελτίωση συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς οι ακραίοι πεσσοί του ορόφου εμφανίζονται πλέον επαρκείς. Αντίθετα, οι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες. Επιπλέον, ο Πίνακας IV δείχνει σημαντική μείωση των δεικτών ανεπάρκειας, επιβεβαιώνοντας τη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα μετά την επέμβαση. Η βελτίωση αυτή συνεχίζεται έως τη στάθμη επιτελεστικότητας Β3, όπου όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς.

B. Ενίσχυση με συνδυασμό ενεμάτων και ινοπλισμένων επιχρισμάτων

Εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με συνδυασμένη εφαρμογή ενέσεων (ενεμάτων) και αμφίπλευρου ινοπλισμένου επιχρίσματος. Οι ενέσεις αποτελούν έμμεση μέθοδο ενίσχυσης, καθώς βελτιώνουν τη συνοχή και ομογενοποιούν τη μάζα της τοιχοποιίας, προετοιμάζοντάς την για την αποτελεσματικότερη συνεργασία με το ινοπλισμένο επίχρισμα.



Σχήμα 6. Ανεπάρκειες πεσσών στη στάθμη Β1 μετά από συνδυασμένη ενίσχυση

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ένεμα με θλιπτική αντοχή 10 MPa, λόγο όγκου ενέματος προς όγκο κονιάματος n = 0.30 και συντελεστή συνάφειας λιθοσώματος–κονιάματος λ = 0.50. Το ινοπλισμένο επίχρισμα εφαρμόστηκε αμφίπλευρα και χαρακτηρίζεται από μέτρο ελαστικότητας E_f = 240 GPa, πάχος t_f = 0.17 mm και παραμόρφωση αστοχίας ε_{fk} = 0.005, συμβάλλοντας στην αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της τοιχοποιίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ V
ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΕΛΕΓΧΩΝ.

Έλεγχος	1	7	13	22	28	34
Διάτμηση εντός επιπέδου	0.28	0.30	0.18	-	-	-
Διάτμηση εκτός επιπέδου	0.24	5.44	1.61	-	-	-
Κάμψη εντός επιπέδου	0.05	0.08	0.07	0.01	0.01	0.02
Κάμψη εκτός (οριζόντιος άξονας)	0.22	0.29	0.29	0.08	0.08	0.06
Κάμψη εκτός (κατακόρ. άξονας)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Διαπιστώνεται σημαντική αναβάθμιση της απόκρισης του φορέα συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, καθώς οι πεσσοί του ορόφου κρίνονται πλέον επαρκείς, ενώ οι εναπομένουσες ανεπάρκειες εντοπίζονται μόνο στο ισόγειο. Επιπλέον, οι δείκτες ανεπάρκειας του Πίνακα V επιβεβαιώνουν τη βελτίωση της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων μετά την επέμβαση. Η συμπεριφορά του δομήματος βελτιώνεται περαιτέρω στις ανώτερες στάθμες επιτελεστικότητας, με πλήρη επάρκεια όλων των πεσσών να επιτυγχάνεται ήδη από τη στάθμη B2.

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της αποτίμησης έδειξαν ότι το υφιστάμενο κτίριο παρουσιάζει σημαντικές ανεπάρκειες και εκτεταμένες αστοχίες, κυρίως στους πεσσούς του ισογείου, γεγονός που καταδεικνύει την αυξημένη σεισμική του τρωτότητα.

Στο πλαίσιο της εργασίας εξετάστηκαν μεμονωμένες και συνδυαστικές τεχνικές ενίσχυσης. Από τις αναλύσεις προέκυψε ότι όλες οι επεμβάσεις οδηγούν σε μείωση των δεικτών ανεπάρκειας και βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα. Ωστόσο, οι ήπιες επεμβάσεις, όπως τα σενάζ, τα διαφράγματα, τα αρμολογήματα και τα ενέματα, δεν ήταν επαρκείς για ουσιαστική αναβάθμιση της στάθμης επιτελεστικότητας, λόγω των σημαντικών ανεπαρκειών της αρχικής κατάστασης. Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρουσίασαν τα οπλισμένα επιχρίσματα, οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος και ιδιαίτερα τα σύνθετα υλικά, τα οποία οδήγησαν στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας και στη σημαντικότερη μείωση των ανεπαρκειών. Παράλληλα, οι συνδυαστικές επεμβάσεις εμφάνισαν καλύτερη συμπεριφορά από τις αντίστοιχες μεμονωμένες εφαρμογές. Η αποδοτικότερη λύση προέκυψε από τον συνδυασμό ενεμάτων και ινοπλισμένου επιχρίσματος, ο οποίος παρουσίασε τη βέλτιστη συνολική σεισμική απόκριση.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι τελικές στάθμες επιτελεστικότητας που επιτεύχθηκαν για κάθε εξεταζόμενη μέθοδο ενίσχυσης, επιτρέποντας την άμεση σύγκριση της αποτελεσματικότητάς τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ VI
ΤΕΛΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΘΕ ΜΕΘΟΔΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Μέθοδος Ενίσχυσης	**Τελική Στάθμη Επιτελεστικότητας**
Σενάζ+ Διάφραγμα	B4
Ομογενοποίηση μάζας μέσω ενέσεων (ενέματα)	B4
Βαθύ Αρμολόγημα	B4
Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Μανδύα Σκυροδέματος	B3
FRPs Λωρίδων	B3+
Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B3+
Ενέματα + Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Ενέματα + Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B2
Ενέματα + FRPs Λωρίδων	B3+
Ενέματα + Μανδύας Σκυροδέματος	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Βαθύ Αρμολόγημα + Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + FRPs Λωρίδων	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + Μανδύας Σκυροδέματος	B3+

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κωνσταντίνο Ρεπαπή, για την υποστήριξη και την καθοδήγησή του, καθώς και την εταιρεία 3DR Engineering Software και ιδιαίτερα τον κ. Αριστείδη Παπαχρηστίδη για την παραχώρηση της άδειας χρήσης του λογισμικού 3DR.PESSOS και τη συνδρομή τους στην ολοκλήρωση της εργασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

3DR.PESSOS 2022 Οδηγός Εφαρμογής Περιγραφή Γεωμετρίας & Φορτίων.

3DR.PESSOS 2023 Οδηγός Μελέτης Αποτίμησης με βάση τον ΚΑΔΕΤ.

Eleftheriou, A., Papachristidis, A., & Repapis, C. (2024). Seismic Assessment and Proposal for Interventions of a Historical Masonry Building in Rhodes. Technical Annals,1(6).

EN1998-3 (2025) Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance—Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, Brussels.

Βιντζηλαίου, Ε. Καραντώνη, Φ. Στυλιανίδης, Κ. (2009). Σημειώσεις: Εισαγωγή στον Ευρωκώδικα 6. Αθήνα.

Δρίτσος, Σ. Βασιλειάδη, Μ. (2018). Σεμινάριο: Αποτίμηση Σεισμικής Επάρκειας, Ανασχεδιασμός και Ενισχύσεις, ΚΑΝ.ΕΠΕ., ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8-3 και Κ.Α.Δ.Ε.Τ. Χανιά

Ελευθερίου, Α. (2022). Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και πρόταση ενίσχυσης ιστορικού κτιρίου, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Ιγνατάκης, Χ. & Στυλιανίδης, Κ. (2009). Σεμινάριο μικρής διάρκειας: Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία Κανονισμός-Βλάβες-Αποκατάσταση. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, ΚΑΔΕΤ. ΟΑΣΠ.

Καραντώνη, Φ. (2004). Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και επισκευές. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Παπαχρηστίδης Α. και Βαδαλούκας Κ. (2024). Παρουσίαση ΚΑΔΕΤ και ενισχύσεις.

Σπυράκος Κ. (2019). Κατασκευές από τοιχοποιία. Αποτίμηση και Επεμβάσεις για σεισμικά φορτία, Αθήνα.

Τουραλιάς, Θ. (2024). Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας Παραδοσιακού Κτιρίου Πρό του 1955, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.