

Συγκριτική Αξιολόγηση Κανονιστικών Κειμένων στην Αποτίμηση Κτηρίων από Φέρουσα Τοιχοποιία

Αριστείδης Παπαχρηστίδης^{1*}, Κωνσταντίνος Βαδαλούκας², Μανώλης Γεωργιουδάκης³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή διερευνάται η εφαρμογή των επεμβάσεων σε κτήριο φέρουσας τοιχοποιίας με βάση τον κανονισμό για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ) και τον Ευρωκώδικα 8 - Μέρος 3. Το κτήριο εφαρμογής είναι διώροφο ορθογωνικής κάτοψης, στην περιοχή των Ιωαννίνων, με φέρουσα τοιχοποιία από δίστρωτη αργολιθοδομή πάχους 50 cm. Η πλάκα ισογείου είναι ξύλινη επί δοκών 12 x 15 cm και η στέγη με επικάλυψη από κεραμίδια. Εφαρμόζονται οι μέθοδοι ανάλυσης q και m για επιτελεστικότητα A, B και Γ. Ακολουθεί συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μεταξύ των εναλλακτικών μεθόδων ανάλυσης ως προς την απαίτηση και την ικανότητα. Τέλος, σχολιάζονται οι διαφορές απαίτησης και ικανότητας και συγκρίνονται οι επεμβάσεις που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους ανάλυσης σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ και τον Ευρωκώδικα 8 - Μέρος 3.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ύπαρξη πολλαπλών κανονιστικών κειμένων σε συνδυασμό με τον πλούσιο οικοδομικό ιστό της χώρας σε κτήρια φέρουσας τοιχοποιίας (κυρίως σε χωριά) πολλά εκ των οποίων έχουν σημαντικό αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον, δημιουργεί την ανάγκη συγκριτικής εφαρμογής των κανονιστικών διατάξεων αυτών. Άλλωστε, η συνεχιζόμενη οικονομική κρίση στη χώρα μας αποτελεί έναν επιπλέον σημαντικό παράγοντα που δημιουργεί την ανάγκη για ελαχιστοποίηση επεμβάσεων, αφού ως επί το πλείστον οι επεμβάσεις επιβαρύνουν εξ' ολοκλήρου τον ιδιοκτήτη. Οι υφιστάμενες κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία είναι υπολογισμένες με τη μέθοδο πεσσών, πολλές εκ των οποίων χωρίς αντισεισμικό κανονισμό.

Το 2010 εκδόθηκε ο Ευρωκώδικας 8 / Μέρος 3 [1] για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και το σχεδιασμό επεμβάσεων κτηρίων, ο οποίος στο Παράρτημα Γ αναφέρεται σε κτήρια από τοιχοποιία και τέθηκε σε ισχύ από το 2014. Ωστόσο, ο ισχύων κανονισμός επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) για την αποτίμηση κτηρίων σύμφωνα με την τελευταία αναθεώρηση (2017) δεν περιλαμβάνει κανόνες σχεδιασμού για κτήρια τοιχοποιίας, αλλά μόνο γενικές αρχές. Το πρώτο

¹ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, 3DR Engineering Software Ltd, Κηφισίας 340, 15233, Χαλάνδρι, aristidi@3dr.eu

² Πολιτικός Μηχανικός, 3DR Engineering Software Ltd, Κηφισίας 340, 15233, Χαλάνδρι, kostasv@3dr.eu

³ Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, 3DR Engineering Software Ltd, Κηφισίας 340, 15233, Χαλάνδρι, mgeorg@3dr.eu

σχέδιο για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας κυκλοφόρησε τον Σεπτέμβριο του 2014. Τον Απρίλιο του 2017 τέθηκε προς διαβούλευση ο κανονισμός για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ) [2].

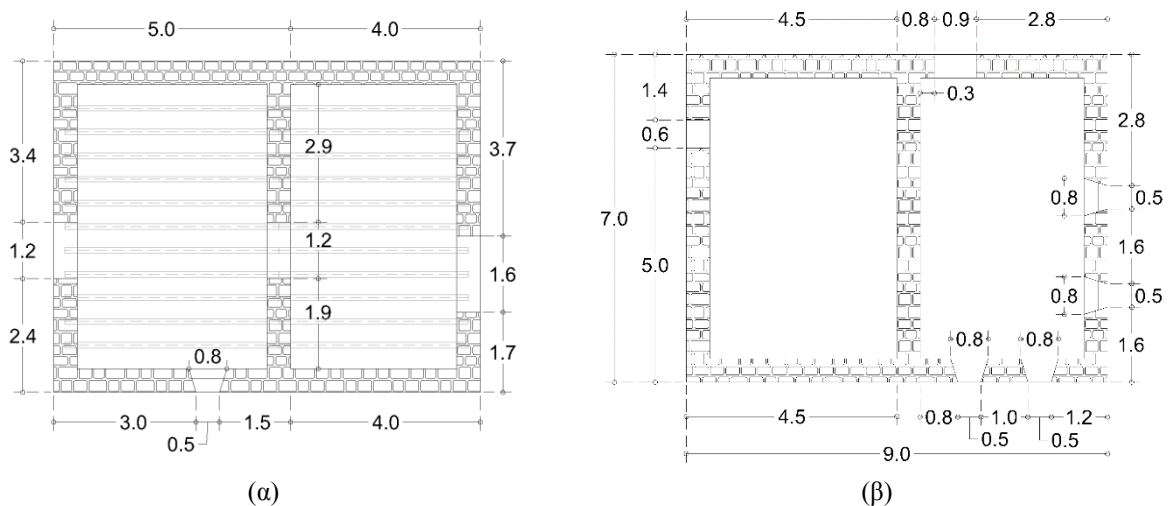
Σκοπός του ΚΑΔΕΤ είναι η θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφισταμένων δομημάτων από φέρουσα τοιχοποιία. Ο κανονισμός ρυθμίζει επίσης τον ανασχεδιασμό αυτών των δομημάτων, μετά από ενδεχόμενες επεμβάσεις τους, επισκευές ή/και ενισχύσεις. Οι ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται από τις υφιστάμενες κατασκευές, μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να είναι μειωμένες σε σχέση με τις προβλέψεις των ισχυόντων κανονισμών σχεδιασμού νέων δομημάτων κατά τον χρόνο της αποτίμησης. Στο πλαίσιο αυτό, είναι σημαντική η εφαρμογή του ΚΑΔΕΤ, τόσο για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της φέρουσας ικανότητας αυτών των κτηρίων όσο και τη σύγκριση με το ισχύον κανονιστικό καθεστώς.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αποτίμηση ενός υφισταμένου δομήματος από φέρουσα τοιχοποιία βάσει των δύο προαναφερθέντων κανονιστικών κειμένων (Ευρωκώδικας 8/Μέρος 3 και ΚΑΔΕΤ). Γίνεται εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητάς του και ελέγχονται τα κριτήρια ικανοποίησης των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων που επιβάλλονται από τις εκάστοτε κανονιστικές διατάξεις.

2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

2.1 Γεωμετρία, υλικά και φορτία

Το κτήριο εφαρμογής είναι διώροφο ορθογωνικής κάτοψης με φέρουσα τοιχοποιία από δίστρωτη αργολιθοδομή πάχους 50 cm [3]. Η πλάκα ισογείου είναι ξύλινη με δοκούς 12 cm x 15 cm (ανά 0.5 m) και η στέγη με επικάλυψη από κεραμίδια. Οι περιμετρικές ξύλινες δοκοί στην οροφή ισογείου είναι διάστασης 50 cm x 15 cm. Το ύψος των ορόφων είναι 3 m. Η κάτοψη του επιπέδου εισόδου καθώς και του άνω επιπέδου του κτηρίου εφαρμογής φαίνονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Κάτοψη (α) επιπέδου εισόδου και (β) άνω επιπέδου κτηρίου εφαρμογής.

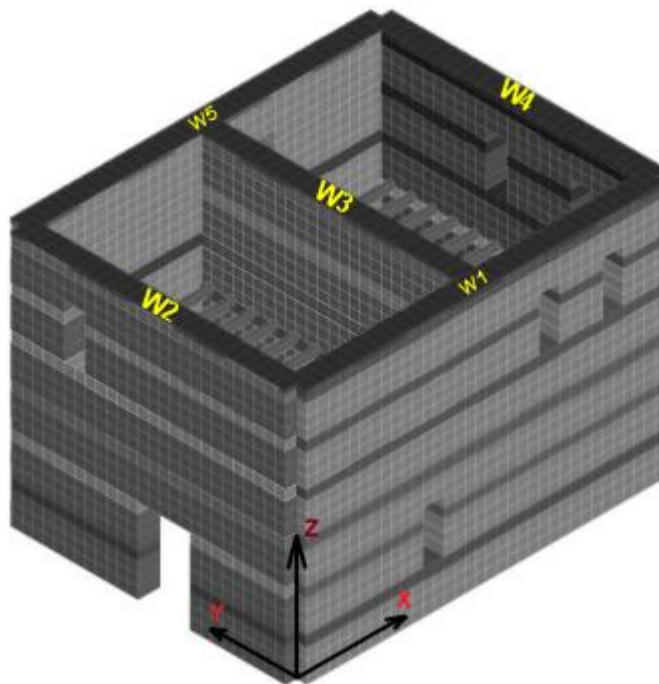
Η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων f_b ελήφθη ίση με 40 MPa, η χαρακτηριστική αντοχή f_m του κονιάματος ίση με 1.50 MPa, η μέση εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας f_{tk} ίση με 0.78 MPa και η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας f_{ck} ίση με 7.26 MPa. Η διατμητική αντοχή σε περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου f_{vm0} ελήφθη ίση με 0.20 MPa και το ίδιο βάρος γ_w της τοιχοποιίας ίσο με 18 kN/m³. Ο συντελεστής ασφάλειας του υλικού γ_w ίσος με 1.35.

Επί όλων των πλακών θεωρήθηκε μόνιμο φορτίο ίσο με 1.5 kN/m² και κινητό φορτίο ίσο με 2.0 kN/m². Το κτήριο βρίσκεται σε περιοχή ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας I (κατά ΕΑΚ, σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0.16g), με κατηγορία εδάφους B, σπουδαιότητας Σ2 και συντελεστή φασματικής ενίσχυσης $\beta = 2.50$.

Για τα γεωμετρικά δεδομένα ελήφθη επίπεδο γνώσης KL3, ενώ για τα υλικά επίπεδο γνώσης KL2 ($C_f = 1.2$).

2.2 Προσομοίωμα και ανάλυση

Το κτήριο εφαρμογής προσομοιώθηκε με πεπερασμένα στοιχεία δοκού (ξύλινες δοκοί) και τετραπλευρικά-τετρακομβικά στοιχεία κελύφους (φέρουσα τοιχοποιία) στο λογισμικό GT.STRUDEL 2019 [4] και 3DR.PESSOS 2019. Το προσομοίωμα αποτελείται από **3496** κόμβους, **170** στοιχεία δοκού και **3305** στοιχεία κελύφους (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Προσομοίωμα κτηρίου εφαρμογής με το καθολικό σύστημα αναφοράς. Διακρίνεται η ομαδοποίηση των στοιχείων κελύφους ανά 1 m καθ' ύψος.

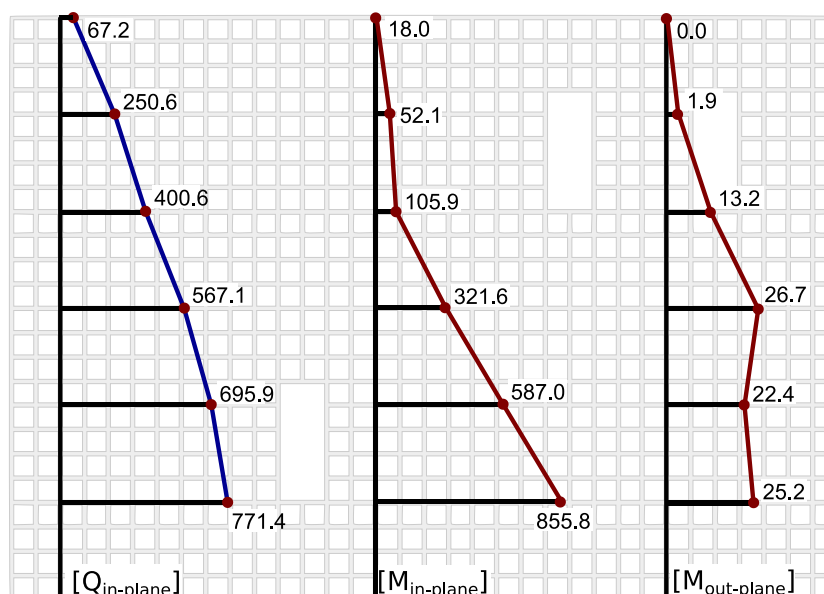
Από τα φορτία που περιγράφηκαν στην Ενότητα 2, δημιουργήθηκαν οι συνδυασμοί φόρτισης που φαίνονται στον Πίνακα 1. Η ανάλυση του προσομοιώματος πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό GT.STRU DL 2019.

Πίνακας 1: Συνδυασμοί φόρτισης για τις περιπτώσεις (όπου G, Q οι περιπτώσεις φόρτισης για τα μόνιμα και κινητά φορτία αντίστοιχα, και EXY, EQY οι σεισμικές δράσεις κατά X και Y, αντίστοιχα).

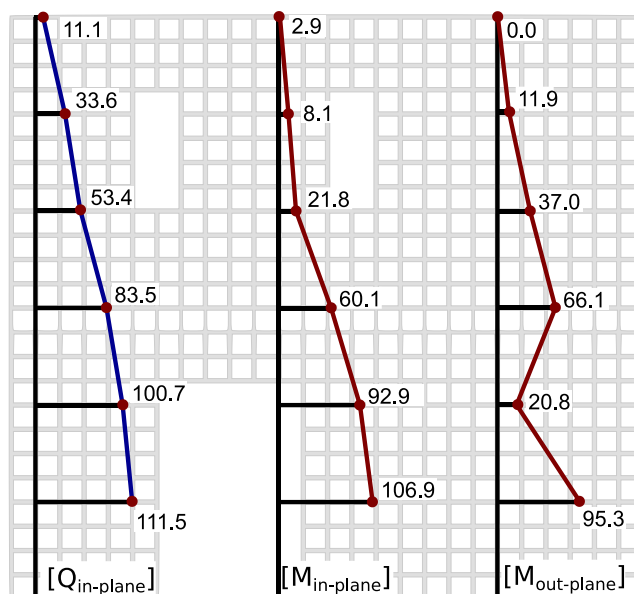
α/α	Περιγραφή	Τιμή
1	LOAD _{base}	1.35 G + 1.50 Q
2	LOAD _{mass}	1.00 G + 0.30 Q
3	EQX1	1.00 EQX + 0.30 EQY
4	EQX2	1.00 EQX - 0.30 EQY
5	EQX3	-1.00 EQX + 0.30 EQY
6	EQX4	-1.00 EQX - 0.30 EQY
7	EQY1	1.00 EQY + 0.30 EQX
8	EQY2	1.00 EQY - 0.30 EQX
9	EQY3	-1.00 EQY + 0.30 EQX
10	EQY4	-1.00 EQY - 0.30 EQX

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στα Σχήματα 3 και 4 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι περιβάλλουσες της δύναμης εντός επιπέδου ($Q_{in-plane}$), της ροπής εκτός επιπέδου ($M_{in-plane}$) και της ροπής εκτός επιπέδου ($M_{out-of-plane}$) για τον Τοίχο W1 (κατά τη διεύθυνση X) που προέκυψε για τους συνδυασμούς φόρτισης του Πίνακα 1.



Σχήμα 3: Περιβάλλουσα δύναμης εντός επιπέδου ($Q_{in-plane}$) σε kN, ροπής εντός επιπέδου ($M_{in-plane}$) και ροπής εκτός επιπέδου ($M_{out-of-plane}$) σε kNm για τον Τοίχο W1 (κατά X) των συνδυασμών του Πίνακα 1.



Σχήμα 4: Περιβάλλουσα δύναμη εντός επιπέδου ($Q_{in-plane}$), ροπής εντός επιπέδου ($M_{in-plane}$) και ροπής εκτός επιπέδου ($M_{out-of-plane}$) για τον Τοίχο W3 (κατά Y) των συνδυασμών του Πίνακα 1.

3.1 Αποτίμηση βάσει ΚΑΔΕΤ

Για την αποτίμηση του κτηρίου βάσει ΚΑΔΕΤ [2] για τις διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας όπως φαίνονται στον Πίνακα 2, λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

Πίνακας 2: Εξεταζόμενοι στόχοι αποτίμησης για τις διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας.

Στάθμη Επιτελεστικότητας	Στόχος Αποτίμησης	
Περιορισμός Βλαβών (DL)	A1	A2
Σημαντικές Βλάβες (SD)	B1	B2
Οιονεί Κατάρρευση (NC)	Γ1	-

Επιτελεστικότητα Α: Προσδιορίζεται η απαίτηση σύμφωνα με την Εξ. (9-1). Λόγω του ότι τα διαφράγματα είναι ευαπαραμόρφωτα η ικανότητα σε κάθε οριζόντια διεύθυνση ελέγχεται για κάθε μεμονωμένο δομικό στοιχείο.

Επιτελεστικότητα Β: Η ικανότητα του τοίχου που ελέγχεται από την κάμψη μπορεί να εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης και λαμβάνεται ίση με τις αντίστοιχες ονομαστικές τιμές των δ_u και θ_u , σύμφωνα με Παράγραφο 7.4.1 για δράση εντός επιπέδου και την Παράγραφο 7.4.2 για εκτός επιπέδου κάμψη των τοίχων. Αντίστοιχα, η ικανότητα του τοίχου που ελέγχεται από την διάτμηση μπορεί να εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης δ_u ή στροφής θ_u , και υπολογίζονται σύμφωνα με την Παράγραφο 7.4.1 για δράση εντός επιπέδου και την Παράγραφο 7.4.2(β) για εκτός επιπέδου κάμψη των τοίχων.

Επιτελεστικότητα Γ: η ικανότητα του τοίχου που ελέγχεται από την κάμψη εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης και λαμβάνεται ίση με τα 4/3 των αντίστοιχων ονομαστικών τιμών των δ_u και θ_u . Η ικανότητα του τοίχου που ελέγχεται από την διάτμηση εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης ή στροφής και λαμβάνεται ίση με τα 4/3 των αντίστοιχων ονομαστικών τιμών των δ_u και θ_u , που προσδιορίστηκαν στις Παραγράφους 7.4.1 και 7.4.2.

Πίνακας 3: Αποτίμηση του Τοίχου W1 για διάφορους στόχους επιτελεστικότητας με την ελαστική μέθοδο q. Δίνονται οι λόγοι ανεπάρκειας κάθε ελέγχου.

Επιτελεστικότητα	Υπολογισμός βάσει	Υπολογισμοί		Λόγοι Επάρκειας	
				A1	A2
A (q = 1.5)	Εξ. (9-1)	$V_{E,d} = 678 \text{ kN}$ $N_{sd} = 1010.64 \text{ kN}$ $V_{sd} = 514.34 \text{ kN}$	$v_d = 0.06$	0.77 1.15 με q = 1	
	Εξ. (7.2β)	$V_f = 667.33 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3α)	$V_v = 935.51 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.4)	Ελέγχεται από Κάμψη			
B (q = 1.5)		Ικανότητες (σε όρους εντατικών)	Απαιτήσεις (σε όρους εντατικών)	B1	B2
	Εξ. (7.2α)	$f_{mc} = 5.45 \text{ MPa}$ $M_{Rd} = 4004.00 \text{ kNm}$	$v_d = 0.06$ $M_{Rd} = 596.62 \text{ kNm}$	0.06 0.15	0.06 0.07
	Εξ. (7.2β)	$V_f = 667.33 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3α)	$V_v = 935.51 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3β)	$f_{vd} = 0.22 \text{ MPa}$			
	Εξ. (7.4)	Ελέγχεται από Κάμψη			
	Εξ. (7.4)	$\min V = 667.33 \text{ kN}$	$\min V = 514.34 \text{ kN}$	0.77	0.38
	Εξ. (7.5)	$V_{tier} = 0.00 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.6α)	$M_{Rd1,o} = 237.76 \text{ kNm}$	$M_{Rd1,o} = 20.73 \text{ kNm}$	0.09	0.04
	Εξ. (7.6β)	$M_{Rd2,o} = 153.47 \text{ kNm}$	$M_{Rd2,o} = 44.57 \text{ kNm}$	0.29	0.15
	§7.3	$F_{yr1} = 79.25 \text{ kN}$	$F_{yr1} = 76.31 \text{ kN}$	0.96	0.48
	§7.3	$F_{yr2} = 36.11 \text{ kN}$	$F_{yr2} = 76.31 \text{ kN}$	2.11	1.06
		Ικανότητες (σε όρους παραμορφώσεων)	Απαιτήσεις (σε όρους παραμορφώσεων)		
	Εξ. (Σ7.4α)	$du = 5.647E-03$	$du = 3.045E-05$	0.77	0.03
	Εξ. (Σ7.6)	$F_{Rd} = 425.2$			
Εξ. (Σ7.7)	$\Theta_{R,u} = 8.333E-02$				
Εξ. (Σ7.8)	$\Theta_{u,1} = 3.600E-02$				
Εξ. (Σ7.9)	$\Theta_{u,2} = 6.780E-02$				
§7.4.2(β)	$\min \Theta_{u1,2} = 3.600E-02$ Όριο $6.000E-03$ (διάτμηση) $\Theta_{R,uplan} = 1.176E-01$ $\Theta_{u1,plan} = 2.550E-02$ $\Theta_{u2,plan} = 1.077E-01$	$\min \Theta_{u1,2} = 3.423E-05$ $\Theta_{u1,plan} = 1.071E-05$	0.96 2.11	0.01 0.01	
Γ (q = 2.8)		Ικανότητες (σε όρους εντατικών)	Απαιτήσεις (σε όρους εντατικών)	Γ1	*
	Εξ. (7.2α)	$f_{mc} = 5.45 \text{ MPa}$ $M_{Rd} = 3790.34 \text{ kNm}$	$v_d = 0.06$ $M_{Rd} = 596.62 \text{ kNm}$	0.05 0.09	
	Εξ. (7.2β)	$V_f = 631.72 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3α)	$V_v = 912.35 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3β)	$f_{vd} = 0.21 \text{ MPa}$			
	Εξ. (7.4)	Ελέγχεται από κάμψη			
	Εξ. (7.4)	$\min V = 631.72 \text{ kN}$	$\min V = 514.34 \text{ kN}$	0.44	
	Εξ. (7.5)	$V_{tier} = 0.00 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.6α)	$M_{Rd1,o} = 224.95 \text{ kNm}$	$M_{Rd1,o} = 20.73 \text{ kNm}$	0.06	
	Εξ. (7.6β)	$M_{Rd2,o} = 153.47 \text{ kNm}$	$M_{Rd2,o} = 44.57 \text{ kNm}$	0.16	
	§7.3	$F_{yr1} = 79.98 \text{ kN}$	$F_{yr1} = 76.31 \text{ kN}$	0.62	
§7.3	$F_{yr2} = 36.11 \text{ kN}$	$F_{yr2} = 76.31 \text{ kN}$	1.28		



		Ικανότητες (σε όρους παραμορφώσεων)	Απαιτήσεις (σε όρους παραμορφώσεων)		
	Εξ. (Σ7.4α)	$du = 7.592E-03$	$du = 3.045E-05$	0.44	
	Εξ. (Σ7.6)	$F_{Rd} = 425.2$			
	Εξ. (Σ7.7)	$\Theta_{R,u} = 1.111E-01$			
	Εξ. (Σ7.8)	$\Theta_{u,1} = 4.800E-02$			
	Εξ. (Σ7.9)	$\Theta_{u,2} = 9.152E-02$			
	§7.4.2(β)	$\min \Theta_{u,1,2} = 4.800E-02$ Όριο $8.000E-03$ $\Theta_{R,uplan} = 1.569E-01$ $\Theta_{u1,plan} = 3.400E-02$ $\Theta_{u2,plan} = 1.435E-01$	$\min \Theta_{u1,2} = 3.423E-05$ $\Theta_{u1,plan} = 1.071E-05$	0.62 1.29	

Πίνακας 4: Αποτίμηση του Τοίχου W1 για διάφορους στόχους επιτελεστικότητας με την ελαστική μέθοδο m. Δίνονται οι λόγοι ανεπάρκειας κάθε ελέγχου.

Επιτελεστικότητα	Υπολογισμός βάσει	Υπολογισμοί	Λόγοι Επάρκειας		
B	Κάμψη εντός επιπέδου = 6.03 Κάμψη εκτός επιπέδου περί οριζοντίου άξονα = 3.90 Κάμψη εκτός επιπέδου περί κατακορύφου άξονα = 13.00				
		Ικανότητες (σε όρους εντατικών)	Απαιτήσεις (σε όρους εντατικών)	B1	B2
		$f_{mc} = 5.45 \text{ MPa}$	$v_d = 0.06$	0.06	0.06
	Εξ. (7.2α)	$M_{Rd} = 4004.00 \text{ kNm}$	$M_{Rd} = 168.02 \text{ kNm}$	0.04	0.02
	Εξ. (7.2β)	$V_f = 667.33 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.3α)	$V_v = 935.51 \text{ kN}$	$V_v = 667.33 \text{ kN}$	0.71	0.71
	Εξ. (7.3β)	$f_{vd} = 0.22 \text{ MPa}$			
	Εξ. (7.4)	Ελέγχεται από Κάμψη			
	Εξ. (7.5)	$V_{tier} = 0.00 \text{ kN}$			
	Εξ. (7.6α)	$M_{Rd1,o} = 237.76 \text{ kNm}$	$M_{Rd1,o} = 11.56 \text{ kNm}$	0.05	0.02
	Εξ. (7.6β)	$M_{Rd2,o} = 153.47 \text{ kNm}$	$M_{Rd2,o} = 6.06 \text{ kNm}$	0.04	0.02
	§7.3	$F_{yr1} = 79.25 \text{ kN}$	$F_{yr1} = 36.34 \text{ kN}$	0.46	0.23
	§7.3	$F_{yr2} = 36.11 \text{ kN}$	$F_{yr2} = 36.34 \text{ kN}$	1.01	0.50
		Ικανότητες (σε όρους παραμορφώσεων)	Απαιτήσεις (σε όρους παραμορφώσεων)		
		$du = 5.647E-03$	$du = 3.045E-05$	0.00	0.00
Εξ. (Σ7.4α)	$F_{Rd} = 425.2$				
Εξ. (Σ7.6)	$\Theta_{R,u} = 8.333E-02$				
Εξ. (Σ7.7)	$\Theta_{u,1} = 3.600E-02$				
Εξ. (Σ7.8)	$\Theta_{u,2} = 6.780E-02$				
Εξ. (Σ7.9)	$\min \Theta_{u1,2} = 3.600E-02$	$\min \Theta_{u1,2} = 3.423E-05$	0.08	0.04	
§7.4.2(β)	Όριο $6.000E-03$ (διάτμηση) $\Theta_{R,uplan} = 1.176E-01$ $\Theta_{u1,plan} = 2.550E-02$ $\Theta_{u2,plan} = 1.077E-01$	$\Theta_{u1,plan} = 1.071E-05$	0.26	0.13	

3.2 Αποτίμηση βάσει Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3

Το Παράρτημα Γ του Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3 [1] περιέχει συστάσεις για την αποτίμηση και το σχεδιασμό των επεμβάσεων κτηρίων από τοιχοποιία σε περιοχές με σεισμική δραστηριότητα. Οι συστάσεις που περιγράφονται στο Μέρος 3 έχουν εφαρμογή μόνο σε στοιχεία τοιχοποιίας από οπτόπλινθους ή λιθοσώματα σκυροδέματος που αντιστέκονται σε πλευρικές δυνάμεις, στα πλαίσια ενός δομικού συστήματος με άοπλη, διαζωματική ή οπλισμένη τοιχοποιία. Παρ' ότι το κτήριο εφαρμογής δεν είναι τέτοιου τύπου, χάρη πληρότητας και επειδή ο Ευρωκώδικας 8/Μέρος 3 αποτελεί το μόνο ισχύον κανονιστικό κείμενο για τον έλεγχο κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία, θα γίνει έλεγχος σύμφωνα με αυτό.

Πιο συγκεκριμένα, στο Παράρτημα Γ του Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3 περιγράφονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής γραμμικών και μη-γραμμικών μεθόδων ανάλυσης. Για τον εξετζόμενο φορέα δεν έχουν εφαρμογή οι γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης γιατί δεν ικανοποιείται η προϋπόθεση (iii) της §Γ3.2 (*Τα δάπεδα διαθέτουν αρκετή δυσκαμψία εντός του επιπέδου τους και είναι επαρκώς συνδεδεμένα με τους περιμετρικούς τοίχους έτσι, ώστε να μπορεί να υποτεθεί ότι μπορούν να καταναείμουν τις δυνάμεις αδρανείας στα κατακόρυφα στοιχεία με διαφραγματική λειτουργία.*). Επομένως η αποτίμηση του κτηρίου γίνεται βάσει των Παραγράφων 2 και 3 της §Γ3.3 εφαρμόζοντας μη-γραμμική μέθοδο ανάλυσης.

Για την αποτίμηση του κτηρίου σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3 θα πρέπει να αξιολογηθεί η δυσκαμψία του κάθε τοίχου, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την καμπτική όσο και την διατμητική ευκαμψία, χρησιμοποιώντας δυσκαμψίες ρηγματωμένων διατομών. Στην παρούσα εργασία, λαμβάνονται υπόψη και οι δύο παράγοντες συμβολής στη δυσκαμψία, ως το ήμισυ των αντίστοιχων τιμών των μη ρηγματωμένων διατομών.

Η απαίτηση, προς σύγκριση με την ικανότητα, είναι ίση με τη μετακίνηση της οροφής, η οποία αντιστοιχεί στην επιδιωκόμενη μετακίνηση όπως ορίζεται στον Ευρωκώδικα 8/Μέρος 1 για την υπό εξέταση σεισμική δράση. Ο υπολογισμός της επιδιωκόμενης μετακίνησης γίνεται σύμφωνα με το Παράρτημα Β του Ευρωκώδικα 8/Μέρος 1. Για το κτήριο εφαρμογής προκύπτει στοχευμένη μετατόπιση ίση με 0.009 m. Επιπρόσθετα, η οριακή ικανότητα μετακίνησης λαμβάνεται ως η μετακίνηση οροφής στην οποία η τέμνουσα βάσης έχει μειωθεί στο 80% της μέγιστης αντοχής (μέγιστη τέμνουσα), λόγω προοδευτικής βλάβης και αστοχίας των τοίχων. Η του κτηρίου εφαρμογής κατά τους άξονες X και Y καθώς και οι αντίστοιχοι δείκτες επάρκειας δίνονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Ικανότητα κτηρίου εφαρμογής για τους άξονες X και Y και αντίστοιχοι δείκτες επάρκειας.

Διεύθυνση	Ικανότητα [m]	Στοχευμένη Μετατόπιση [m]	Δείκτης Επάρκειας
X	0.0127	0.009	0.71
Y	0.0100	0.009	0.79

Η ικανότητα ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία που ελέγχεται από την κάμψη μπορεί να εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης και να λαμβάνεται ίση με $0.008H_0/D = 0.004$ για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους. Για τοίχους που ελέγχονται από διάτμηση η σχετική μετατόπιση μπορεί να λαμβάνεται ίση με 0.004 για πρωτεύοντες σεισμικούς τοίχους. Οι τιμές είναι ίδιες με τον ΚΑΔΕΤ (Παράγραφος 7.4.1).

Πίνακας 5: Ικανότητα κάθε τοίχο βάσει Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3 σε όρους μετατόπισης.

Τοίχος	Διεύθυνση	Ικανότητα δεπτ. [cm]	Ελέγχεται από
W1	X	2.4	Διάτμηση
W2	Y	3.1	Κάμψη
W3	X	2.4	Διάτμηση
W4	Y	3.1	Κάμψη
W5	Y	2.4	Διάτμηση

3.3 Συγκριτική αξιολόγηση και συμπεράσματα

Από τις παραπάνω συγκριτικές αναλύσεις προέκυψε, για τις γραμμικές αναλύσεις, ότι η μέθοδος m έδωσε «ευνοϊκότερα» αποτελέσματα. Η μέθοδος m ικανοποιεί το στόχο αποτίμησης B2, αλλά οριακά δεν ικανοποιεί το στόχο B1. Η μέθοδος q δεν ικανοποιεί ούτε το στόχο B1 ούτε το στόχο B2. Η μη γραμμική ανάλυση, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3, έδωσε ευμενέστερα αποτελέσματα από αυτά των γραμμικών αναλύσεων.

Γίνεται σαφές, ότι η αναγκαιότητα θεσμοθέτησης του ΚΑΔΕΤ καθίσταται επιτακτική λόγω της αδυναμίας του Παραρτήματος Γ (του ισχύοντος Ευρωκώδικα 8/Μέρος 3) για έλεγχο κτιρίων εκτός από οπτόπλινθους ή τσιμεντότουβλα. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι η αποτίμηση ενός τοίχου βάσει ΚΑΔΕΤ γίνεται ανά τοίχο, εν αντιθέσει με το Παράρτημα Γ όπου η αποτίμηση αφορά στο σύνολο του κτηρίου.

4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ευρωκώδικας 8: Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών - Μέρος 3: Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κτιρίων και επεμβάσεις, ΕΛΟΤ EN 1998-3, ΕΛΟΤ 2005.
2. Κανονισμός για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ), ΟΑΣΠ, Απρίλιος 2017.
3. Baud-Bovy M., Αρχιτεκτονική στο Ζαγόρι - Καπέσοβο και άλλα γειτονικά χωριά. Έκδοση Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα, 2010.
4. GT STRUDL Analysis User Guide, Hexagon PPM, April 2019.