ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΑΣΥΝΔΕΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ Κ.Α.Δ.Ε.Τ.

ΤΣΙΜΕΡΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
Προπτυχιακός φοιτητής Π.Π.,email : t.alexandro@hotmail.com

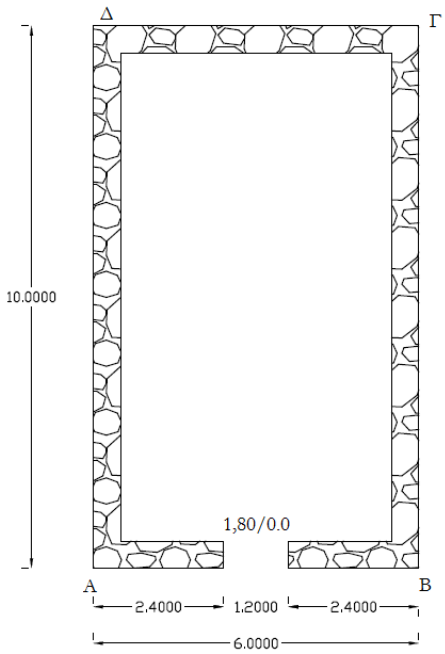
Περίληψη
Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την διερεύνηση της επιρροής των ασύνδετων τοίχων στην απόκριση ενός απλού κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία , μέσω του (υπό σύνταξη) Κανονισμού για την Αποτίμηση Δομητικών Επεμβάσεων σε κτίρια από Τοιχοποιία (Κ.Α.Δ.Ε.Τ.) . Για τον σκοπό αυτό αναλύθηκε ένα απλό κτήριο από φέρουσα τοιχοποιία 6χ10 μέσω του λογισμικού SAP2000 v16 , όπου στην μία περίπτωση οι τοίχοι ήταν συνδεδεμένοι ενώ στην δεύτερη περίπτωση ένας εξ' αυτών ήταν ασύνδετος (ΒΓ τοίχος) . Τέλος , τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν μεταξύ τους , με βασικό κριτήριο τους λόγους ανεπάρκειας που προέκυψαν με βάση τις γωνιακές παραμορφώσεις και τις επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κ.Α.Δ.Ε.Τ.[1] .

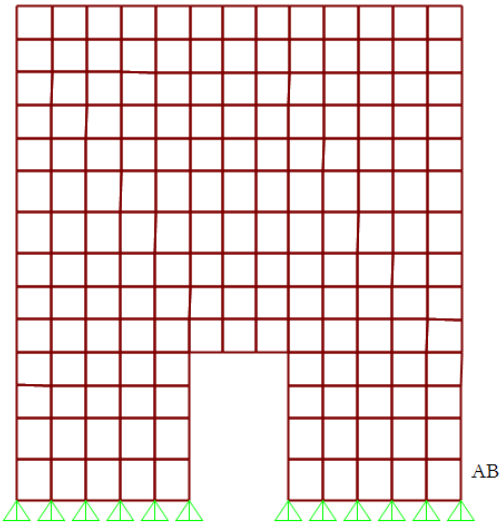
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τοιχοποιία είναι το παλαιότερο δομικό υλικό . Κατασκευές από τοιχοποιία συναντά κανείς σε όλες τις περιοχές του Ελλαδικού χώρου αλλά και παγκοσμίως. Μέχρι την δεκαετία του ΄70 δεν υπήρξε κάποια ουσιαστική έρευνα πάνω στο υλικό αυτό , λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης των κατασκευών από σκυρόδεμα. Η γνώση που αποκτήθηκε ήταν απόρροια της αύξησης της υπολογιστικής δύναμης αλλά και των αναγκών συντήρησης παλαιών κατασκευών. Αποτέλεσμα όλων τον παραπάνω ήταν η δημιουργία κανονισμών όπως του Ευρωκώδικα 6 και τώρα η σύνταξη ενός νέου κανονισμού του Κ.Α.Δ.Ε.Τ. Οι οποίοι διέπουν τα της μελέτης και κατασκευής οικοδομικών έργων από τοιχοποιία.

2.ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

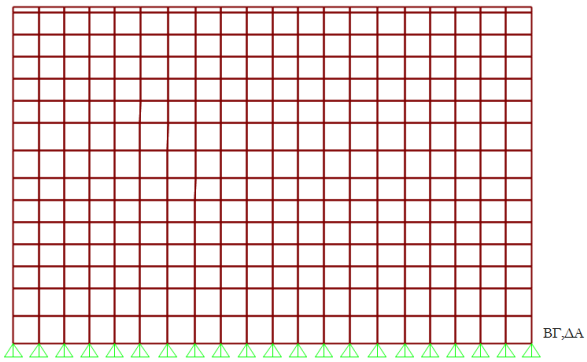
Στην συγκεκριμένη εργασία αναλύθηκε ένα ιδεατό κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία. Η κάτοψη του κτηρίου είναι ορθογωνικής διατομής με συνολικό μήκος 6m και πλάτος 10m. Αποτελείται από δύο ορόφους των 3m έκαστος. Οι τοιχοποιίες του κτηρίου αποτελούνται από φυσική πέτρα και το πάχος είναι 0.5μ . Δεν περιλαμβάνει ανοίγματα πάρα μόνο την είσοδο ώστε να μην μας επηρεάσουν τα αποτελέσματά μας. Το ίδιο συνέβει και με τα πατώματα ώστε να μην πραγματοποιηθεί η διαφραγματική λειτουργεία και μας αλλοιώσει το συνολικό αποτέλεσμα.

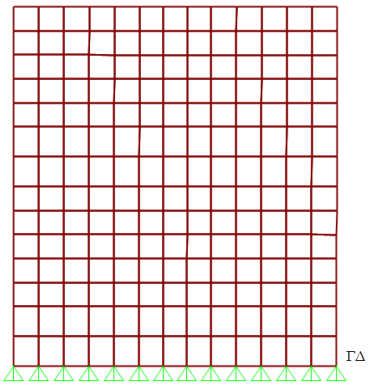




εικόνα 1: κάτοψη

εικόνα 2: τοίχος ΑΒ



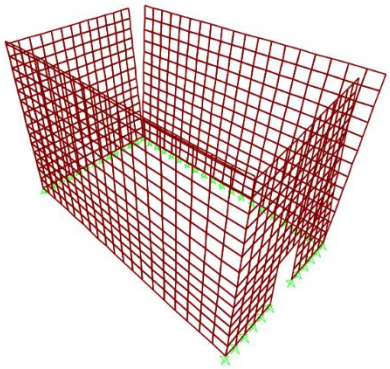


εικόνα 3:τοίχος ΒΓ,ΔΑ

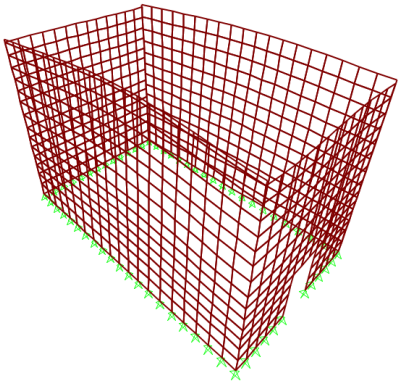
εικόνα 4: τοίχος ΓΔ

3. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ SAP2000 [7]

Η προσομοίωση του κτηρίου επιτεύχθηκε με το πρόγραμμα SAP2000 v16. Και στις δύο περιπτώσεις το κτίριο θεωρήθηκε αρθρωμένο στη βάση του. Οι τοιχοποιίες προσομοιωθήκαν ως επιφάνειες στο Area Sections με πάχος 0,5μ . Επειδή το sap δημιουργεί αυτόματα κόμβο όταν τέμνονται δύο ευθείες , για να το άρουμε οι τοίχοι με το μεγαλύτερο μήκος σχεδιάστηκαν ελάχιστα ψηλότεροι (1cm) από τους άλλους, με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε να δημιουργήσουμε επιφάνειες όπου στις γωνίες του κτιρίου δεν θα είναι συνδεδεμένες . Οι επιφάνειες αυτές διακριτοποιήθηκαν (area elements) με διαστάσεις 0,5χ0,5 [4] και για την σύνδεση των τοίχων εφαρμόστηκε η εντολή generate edge constraints .



εικόνα 5 : ασύνδετο



εικόνα 6: συνδεδεμένο

4. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

4.1 ΘΛΙΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Η θλιτική αντοχή υπολογίζεται από *την* εξίσωση *(Τάσιος 1986) [3] :*
$fwc=\xi((23\sqrt{fbc}-\alpha)+\beta\cdot fmc$

όπου: K=0,3, K_0=0,1, α=1.5, β=0.5, ξ=1/(1+3,5(K-K_0))=0,588, f_{bc}=75MPa

Υλικό	Θλιπτική Αντοχή (MPa)
Φυσική Πέτρα	75
Οπτόπλινθοι	17
Κονίαμα	2
Κονίαμα Εσωτερικής Στρώσης	1,5

Πίνακας (1): Επιλογή θλιπτικής αντοχής των δομικών στοιχείων της τοιχοποιίας [5]

Επομένως με βάση τα παραπάνω η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας είναι : f_{wc}=3MPa

4.2 ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ , ΛΟΓΟΣ POISSON ,ΜΕΤΡΟ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Το μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται από εξίσωση (Τάσιος 1992 CIB,1958)

E=a * f_{wc} όπου α=800 άρα E=2400MPa,
Ο λόγος POISSON ν= 0.37
Και το μέτρο διάτμησης υπολογίζεται από την εξίσωση(Τάσιος ,1992CIB,1958)
G=875.91MPa

5.ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τα φορτία της κατασκευής που λαμβάνονται υπόψη και στα δύο προσομοιώματα είναι τα ίδια βάρη και τα εξωτερικά φορτία .Το ίδιο βάρος της τοιχοποιίας, υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα λαμβάνοντας υπόψη το ίδιο βάρος της λιθοδομής – το οποίο εισάγεται κατά τον ορισμό του υλικού της τοιχοποιίας – και το συνολικό όγκο των στοιχείων που την αποτελούν .Επίσης υπάρχουν και τα φορτία λόγο σεισμού όπου έγινε η χρήση του φάσματος σχεδιασμού του Ευροκώδικα [2] , για ζώνη σεισμικότητας 2 , κατηγορία εδάφους Β, εδαφική επιτάχυνση 0,24 και συντελεστής συμπεριφοράς 1.5.

6. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Οι συνδυασμοί φόρτισης είναι

1,35G+1.5Q , G+0.3Q+Ex+Ey,G+0.3Q+0.3Ex+Ey,G+0.3Q

7. ΣΧΕΣΗ ΕΛΑΣΤΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Η μέθοδος με την οποία έγινε η επίλυση και στις δύο περιπτώσεις είναι η ελαστική (ισοδύναμη)Στατική Ανάλυση όπου η κατανομή των οριζόντιων σεισμικών φορτιών καθ' ύψος ήταν ομοιόμορφη κατανομή οριζόντιων σεισμικών ωθήσεων στο ύψος του κτηρίου. Επιλέχτηκε αυτή η μέθοδος διότι είναι πλησιέστερη στην πραγματικότητα , αφού η μάζα είναι κατανεμημένη σε όλο το ύψος του κτηρίου και όχι συγκεντρωμένη στις στάθμες των δαπέδων . Με την χρήση αυτής της μεθόδου μας προκύπτουν οι ελαστικές μετακινήσεις των κόμβων κορυφής κάθε ορόφου. Στην συνέχεια πολλαπλασιάστηκαν οι ελαστικές μετακινήσεις με τους κατάλληλους συντελεστές ανάλογα την διεύθυνση των τοίχων και προέκυψαν οι πραγματικές ανελαστικές παραμορφώσεις.

7.1 ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΧ ,ΤΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ C

Υπολογίστηκαν οι θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι για τις διευθύνσεις T_X και T_y . Με βάση την παράγραφο του Κ.Α.Δ.ΕΤ. κεφ.5(παρ.5.4.3) , προκύπτει ο λόγος $c_1=(d_{inel}/d_{el})$ της μέγιστης ανελαστικής μετακίνησης , ενός κτιρίου προς την αντίστοιχη ελαστικής .

Διεύθυνση	Συντελεστής c
C_X διεύθυνση χ	1,87
C_Y διεύθυνση y	2,238

Πίνακας 2 : τιμές C_x ,C_y

8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Το κτήριο επιλύθηκε και για τις δύο περιπτώσεις για τους σεισμικούς συνδυασμούς G+0.3Q+Ex+Ey,G+0.3Q+0.3Ex+Ey. Με βάση τις μέγιστες ανελαστικές μετακινήσεις βρέθηκαν οι γωνιακές παραμορφώσεις ανά όροφο για δράση σεισμού εντός και εκτός επιπέδου.

Γωνιακή παραμόρφωση $=(U_{K,O}-U_{B,O})/H$

H:ύψος ορόφου

9. ΕΥΡΕΣΗ ΛΟΓΩΝ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ

9.1. ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΚΑΔΕΤ

Με βάση τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ.(7.2.3 σχέση 7.4) , σε δράση εντός επιπέδου , θεωρείται ότι κυριαρχεί η κάμψη έναντι διάτμησης αν ισχύει η σχέση : $V_f \leq V_v$

Αρχικά υπολογίζεται η ικανοτική τέμνουσα V_f σύμφωνα με τον Κ.ΑΔ.ΕΤ.(7.2.1 σχέση 7,2β)

Στην συνέχεια υπολογίζεται η διατμητική V_v σύμφωνα με τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ. (παρ.7.2.2 σχέση 7,3α)

Έλεγχος μορφής αστοχίας για εντός επιπέδου φόρτιση

	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ		ΑΣΥΝΔΕΤΟ			
ΤΟΙΧΟΣ	V_f	V_v	V_f	V_v	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΑΣΤΟΧΙΑ
ΑΒ	200	270	100	180	$V_f \leq V_v$	Κάμψη
ΒΓ	195	261	99	215	$V_f \leq V_v$	Κάμψη
ΑΔ	195	261	164	216	$V_f \leq V_v$	Κάμψη
ΓΔ	234	300	277	340	$V_f \leq V_v$	Κάμψη

Πίνακας 3: έλεγχος μορφής αστοχίας

9.2. Κριτήρια αστοχίας για έλεγχο εντός/εκτός επιπέδου δράση

Εντός επιπέδου

Με βάση τα παραπάνω λόγω του ότι η αστοχία προέκυψε καμπτική , σύμφωνα με τον Κ.ΑΔ.Ε.Τ η ανίσωση ασφαλείας είναι (Κ.Α.Δ.Ε.Τ. παρ. 9.3.1):

$$\mathbf{S_d=S_G+S_E < R_d}$$

Η τιμή R_d είναι η τιμή της διαθέσιμης παραμόρφωσης. Η τιμή αυτή λαμβάνεται για την στάθμη επιτελεστικότητας Β ,για πρωτεύοντα στοιχεία από την σχέση του Κ.Α.Δ.Ε.Τ.(παρ. 9.3.1 σχέση 9.2α)

Όπου $\delta_u = d_{\delta,B} = 0.008H/L$ για τοίχο που ελέγχεται από κάμψη (Κ.Α.Δ.Ε.Τ. παρ 7.4.1 σχέση Σ.7.4α) , ενώ για τοίχο που ελέγχεται από διάτμηση $\delta = d = 0.004$ (Κ.Α.Δ.Ε.Τ. παρ.7.4.1 σχέση Σ7.5α) και $\gamma = 1.5$ για ένταση παράλληλη προς το επίπεδο του τοίχου.

Εκτός επιπέδου

Για την εκτός επιπέδου φόρτιση , η γενική ανίσωση ασφαλείας είναι ίδια με την εξίσωση του εντός επιπέδου όμως εδώ $\gamma_{rd}=2$. Σύμφωνα με τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ. για τοίχο που ελέγχεται από την κάμψη λαμβάνεται η μικρότερη τιμή από (παρ.7.4.2 σχέσεις 7,8 &7,9) .

9.3. ΛΟΓΟΙ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ [6]

Τοίχος ΑΒ (πίνακας 4)

	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ					ΑΣΥΝΔΕΤΟ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	Χ		Υ		Χ		Υ	
ΑΣΤΟΧΙΑ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ
Max δς(‰)	1,8	0,5	0,09	0,16	0,07	4,6	0,02	23,8
$\Delta_{d,B}$(‰)	3	18	3	18	3	18	3	18
λ	0,5	0,03	0,03	0,009	0,02	0,3	0,006	1,3

Τοίχος ΒΓ (πίνακας 5)

	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ					ΑΣΥΝΔΕΤΟ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	Χ		Υ		Χ		Υ	
ΑΣΤΟΧΙΑ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ
Max δς(‰)	0,07	22,37	0,24	6,23	0,04	124,6	44,76	0,1
$\Delta_{d,B}$(‰)	3	18	3	18	3	18	3	18
λ	0,021	1,24	0,072	0,3	0,012	6,9	13,4	0,005

Τοίχος ΓΔ (πίνακας 6)

	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ					ΑΣΥΝΔΕΤΟ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	Χ		Υ		Χ		Υ	
ΑΣΤΟΧΙΑ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ
Max δς(‰)	0,8	0,4	2,9	0,13	0,1	10,4	0,19	25,3
$\Delta_{d,B}$(‰)	3	18	3	18	3	18	3	18
λ	0,2	0,02	0,9	0,007	0,03	0,5	0,006	1,4

Τοίχος ΔΑ (πίνακας 7)

	ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ					ΑΣΥΝΔΕΤΟ		
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	Χ		Υ		Χ		Υ	
ΑΣΤΟΧΙΑ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ	ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ
Max δς(‰)	0,06	20,63	0,22	6,29	0,16	100	0,9	0,4
$\Delta_{d,B}$(‰)	3	18	3	18	3	18	3	18
λ	0,02	1,2	0,06	0,4	0,05	5,5	0,3	0,02

Με βάση τους πίνακες που παρήχθησαν παρατηρείτε ότι στο ασύνδετο κτήριο έχουμε πολύ μεγάλους λόγους ανεπάρκειας, με αποτέλεσμα να το καθιστά πιο τρωτό από το συνδεδεμένο κτήριο.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τιμές με λ>1 υποδηλώνουν ότι χρειάζεται ενίσχυση . Τέτοιες τιμές συναντάμε στο ασύνδετο κτήριο στους πίνακες (4,5,6,7). Στην παρούσα εργασία ο τοίχος ΒΓ ήταν ασύνδετος με αποτέλεσμα να μας δώσει πολύ μεγάλες τιμές λόγων ανεπάρκειας . Επίσης σημαντικό είναι να τονιστεί ότι λόγω της μη – σύνδεσης του τοίχου ΒΓ είχαμε μία αύξηση των λόγων ανεπάρκειας στους υπόλοιπους τοίχους.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στην παρούσα εργασία έγινε λόγος για την επιρροή ενός ασύνδετου τοίχου σε ένα απλό κτήριο από φέρουσα τοιχοποιία με χρήση της Ελαστικής Ανάλυσης με βάση τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ.
- Προέκυψε ότι το ασύνδετο κτήριο είναι πιο τρωτό από το συνδεδεμένο κτήριο
- Η σύνδεση των τοίχων παίζει σημαντικό ρόλο στην αντίσταση του κτηρίου για εκτός δράση σεισμού παρά για εντός.
- Οι λόγοι ανεπάρκειας που προέκυψαν για το συνδεδεμένο κτήριο είναι πολύ μικρότεροι από τους λόγους του ασύνδετου .
- Στο κεφάλαιο 7 (παρ.7.2.2 Κ.Α.Δ.Ε.Τ.) για το υπολογισμό της διατμητικής αντίστασης V_V είναι αναγκαίο να βρεθεί το L΄ το οποίο είναι το μήκος της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου .Στον κανονισμό δεν υπήρχε κάποιος ενδεδειγμένος τρόπος για την εύρεσή του . Στην παρούσα εργασία , το μήκος L΄ βρέθηκε προσεγγιστικά μέσω του προγράμματος sap 2000.

11.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]ΟΑΣΠ(2018), Κανονισμός για την Αποτίμηση Δομητικών Επεμβάσεων σε κτίρια απόΤοιχοποιία(Κ.Α.Δ.Ε.Τ)

[2] Eurocode8 «Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings» . Brussels: European Standard EN1998-1, Stage51 Draft , European Committee for standardization (CEN)2005.

[3] Θ. Τάσιος . «Η μηχανική της τοιχοποιίας» . Αθήνα :Συμμετρία ,1992.

[4] Φυλλίτσα Β. Καραντώνη «Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός & Επισκευές»ΑΘΗΝΑ2012,2ήΕκδοση.

[5] Μιχαέλα Βασιλειάδη « Εφαρμόζοντας τον Κ.Α.Δ.Ε.Τ σε ένα απλό κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία». 23^0 Φοιτητικό συνέδριο : Επισκευές ενισχύσεις Κατασκευών 2017Πάτρα,Φεβρουάριος

[6]Μιχαέλα Βασιλειάδη ,Στέφανος Η. Δρίτσος , Edmond V. Muho «Διερεύνηση επιρροής διαφραγμάτων σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία σύμφωνα με το σχέδιο του Κ.Α.Δ.Ε.Τ.» 18^0 Συνέδριο Σκυροδέματος ,Αθήνα Μάρτιος2018

[7]SAP2000MANUAL