

## ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΕ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΜΑΛΑΚΟΥ ΟΡΟΦΟΥ ΜΕΣΩ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### ΚΥΤΙΝΟΣ ΗΛΙΑΣ

#### Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετάτε υποτυπώδες 4 όροφο κτίριο με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, του οποίου το ισόγειο χρησιμοποιείται ως χώρος στάθμευσης. Εξετάζεται λοιπόν, το ενδεχόμενο σχηματισμού μαλακού ορόφου, καθώς και δύο μέθοδοι που μπορούν να βελτιώσουν την γενικότερη συμπεριφορά του κτιρίου. Οι μέθοδοι που εξετάζονται είναι, το γέμισμα κάποιων φατνωμάτων περιμετρικά του ισογείου με τοιχοπληρώσεις, καθώς, και η τοποθέτηση χιαστί συνδέσμων σε επιλεγμένα φατνώματα. Έπειτα, συγκρίνονται τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων σε σχέση με την συμπεριφορά του κτιρίου χωρίς τοιχοπληρώσεις στο σύνολό του. Τέλος, γίνεται ένας απολογισμός για τις δυο μεθόδους και παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά, ως προς την κατασκευή και την γενικότερη συμπεριφορά των μεθόδων αυτών.

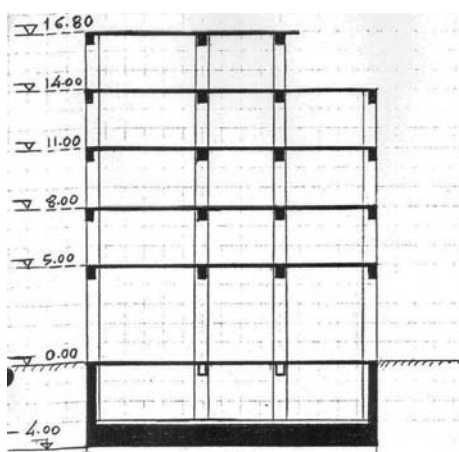
#### 1.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο είναι 4 όροφο με υπόγειο και περιμετρικά τοιχώματα, τα οποία θεμελιώνονται σε εσχάρα πεδילוδοκών 4m κάτω από την επιφάνεια του ισογείου.

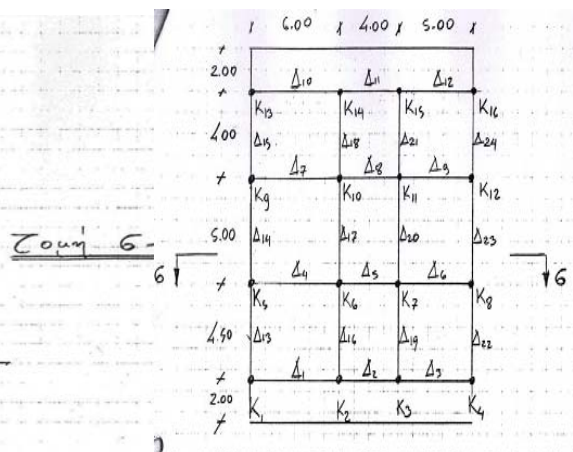
Για το υποτυπώδες κτίριο θεωρήθηκαν κάποιες παραδοχές, όπως..[7]

Τα κατακόρυφα φορτία, μόνιμα και κινητά, κατανέμονται ομοιόμορφα στις πλάκες του κάθε ορόφου με φορτίο  $w= 12.5 \text{ KN/m}^2$  και έπειτα στα δοκάρια με τις επιφάνειες επιρροής. Οι πλάκες των πατωμάτων, πάχους 15 cm θεωρήθηκαν απαραμόρφωτες στο επίπεδό του. Οι οριζόντιες φορτίσεις ασκούνται με τριγωνικό σχήμα καθ ύψος του κτιρίου με  $F=0.36W$  στα 2/3 του ύψους του [1]. Οι ροπές αδράνειας των φερόντων στοιχείων υπολογίστηκαν για δυσκαμψίες κατά ΕΑΚ.[8]

Η ποιότητα των υλικών είναι C25/S400.



Σχ.1 Τομή σ-σ [7]



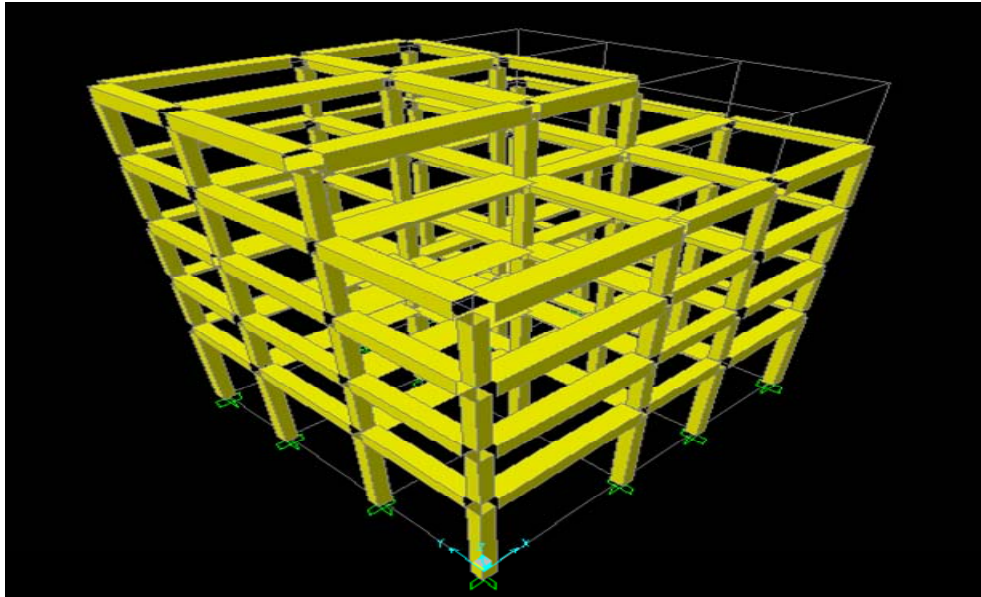
Σχ.2 Κάτοψη [7]

Υπόγειο & Ισόγειο :  $K_3, K_7, K_{11}, K_{15} : 45/45$   
 Υπόλοιποι :  $50/50$

1<sup>ος</sup> & 2<sup>ος</sup> όροφος :  $K_3, K_7, K_{11}, K_{15} : 40/40$   
 Υπόλοιποι :  $45/45$

3<sup>ος</sup> & 4<sup>ος</sup> όροφος :  $K_3, K_7, K_{11}, K_{15} : 35/35$   
 Υπόλοιποι  $40/40$

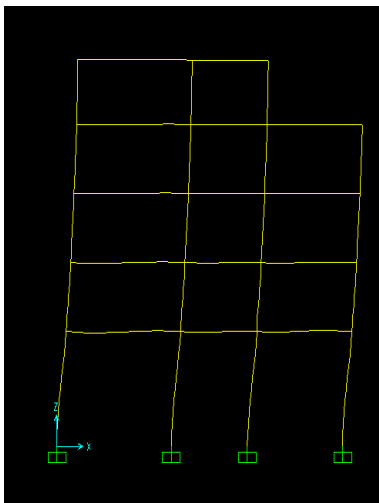
Διατομές δοκών 25/60 cm



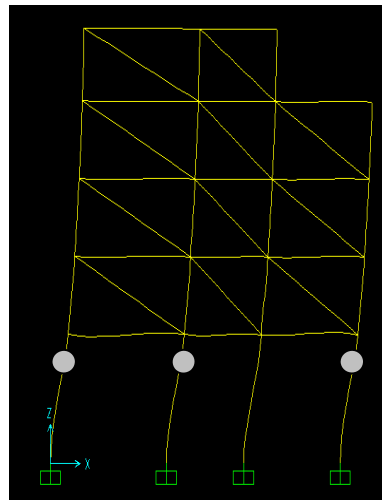
Αξονομετρικό-Σκελετός [3]

Παρακάτω φαίνεται η συμπεριφορά του κτιρίου σε συνδυασμό φορτίσεων (κατακόρυφων και οριζόντιων), για τα εξής στάδια κατασκευής.

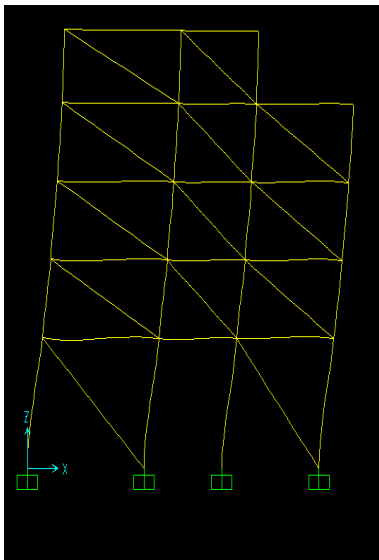
- Σκελετός
- Με τοιχοπληρώσεις
- Ενίσχυση με τοιχοπήρωση στο ισόγειο
- Ενίσχυση με χιαστί συνδέσμους



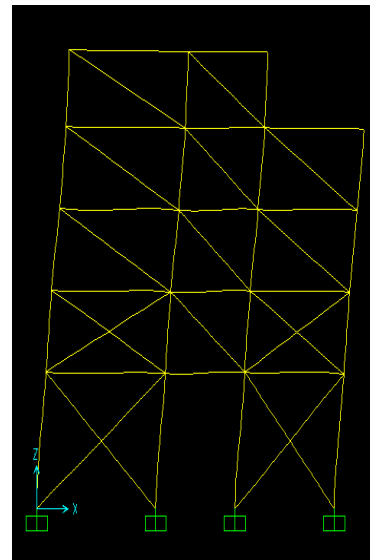
Σχ.3 Σκελετός



Σχ.4 Με τοιχοπληρώσεις

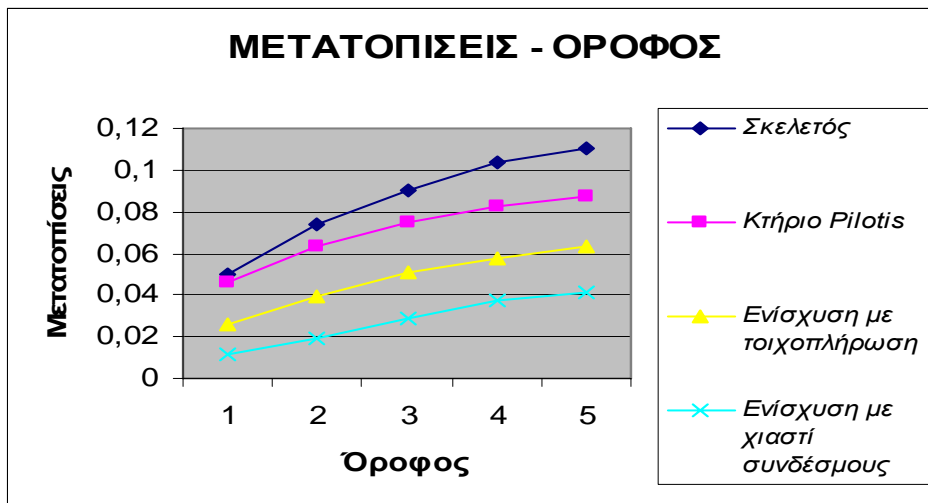


Σχ.5 Ενίσχυση με τοιχοπληρώσεις

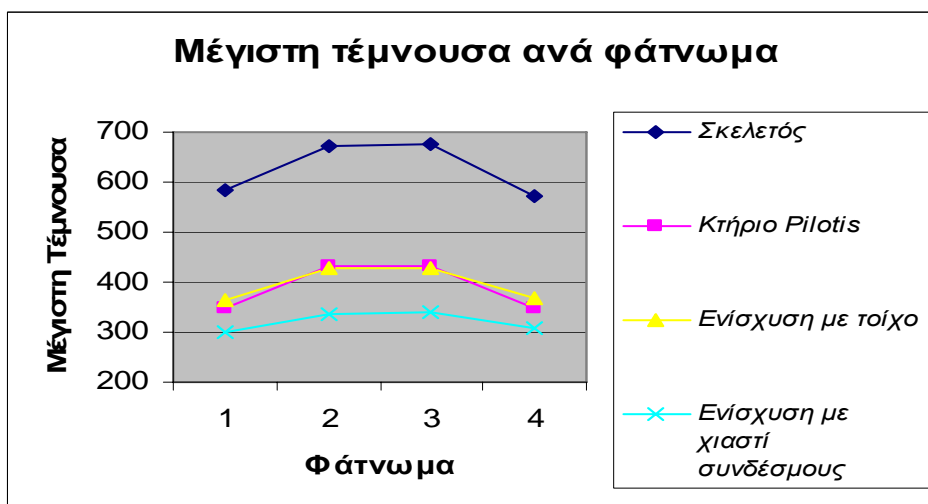


Σχ.6 Ενίσχυση με δικτυωτούς συνδέσμους

## 2.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2

- **Σχόλια επί των διαγραμμάτων**

Το 1<sup>ο</sup> φάτνωμα ξεκινά από την αρχή των αξόνων και αυξάνει προς την y διεύθυνση. Παρατηρώντας τα διαγράμματα, όσο μεγαλώνει η δυσκαμψία με την ενίσχυση που χρησιμοποιούμε, τόσο μικραίνουν οι μετατοπίσεις των ορόφων, όπως μικραίνουν και τα εντατικά μεγέθη που αναπτύσσονται στα γραμμικά μέλη του φέροντος οργανισμού. Αναλόγως, όμως επιβαρύνονται και οι κόμβοι που συνορεύουν με τις ενισχυμένες περιοχές, κάτι που αναλύεται παρακάτω.

Κατά την ελαστική ανάλυση παρατηρήθηκε δημιουργία μαλακού ορόφου στα υποστυλώματα που έχουν σημειωθεί (σχήμα 4), σε όλα τα φάτνωμα του άξονα y. Πλέον, είναι αναγκαία η ενίσχυσή του κτιρίου σύμφωνα με κάποια τεχνική. Εδώ μελετώνται 2 μόνο πιθανές μέθοδοι ενίσχυσης.

### 3.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΙΣΟΓΕΙΟ

#### ➤ Περιγραφή-Παρατηρήσεις

Σε αυτή την περίπτωση γίνεται προσθήκη τοίχου περιμετρικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Η τοιχοποιία προσομοιώθηκε βάση των συστάσεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ ως διαγώνιος θλιπτήρας με πάχος όσο το πάχος της εκάστοτε τοιχοποιίας και ενεργό ύψος  $w=0.1L$  ή  $w=0.2L$  ανάλογα με την ύπαρξη ανοιγμάτων. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε  $E_w=2000$  MPa και η αντοχή της τοιχοποιίας υπολογίστηκε από τον τύπο,  $f_{wc}=0.33 f_{bc}^{0.7} f_{mc}^{0.3}$ , όπου  $f_{bc}$  και  $f_{mc}$  είναι οι αντοχές λιθοσώματος και κονιάματος αντίστοιχα.

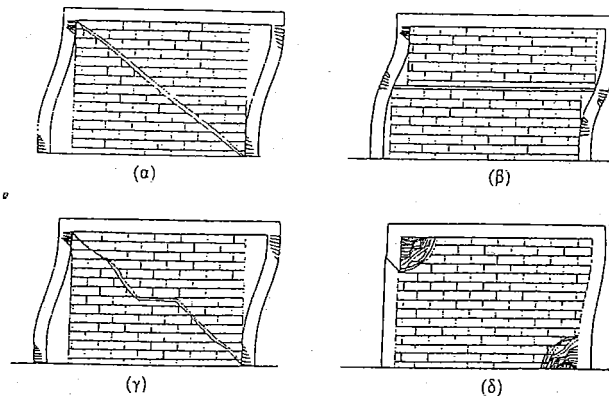
Με  $f_{mc}=8$  MPa και  $f_{bc}=2,7$  MPa προκύπτει  $f_{wc}=2$  MPa,  $bc=0.18$  m. [2]

Από τα αποτελέσματα προκύπτει μια μείωση των εντατικών μεγεθών τις τάξης του 50% για τα υποστυλώματα του ισογείου και 15-30 % για τους ανώτερους ορόφους, ενώ παρατηρείται η αύξηση της αξονικής δύναμης στα υποστυλώματα ισογείου κυρίως λόγω της φόρτισης από τον διαγώνιο θλιπτήρα.

Γενικότερα, μειώνεται ο κίνδυνος δημιουργίας μαλακού ορόφου, ενώ παράλληλα υπεισέρχονται δυσμενέστερες φορτίσεις για τους κόμβους, οι οποίοι πρέπει να ελεγχθούν ότι λαμβάνουν αυτές τις πρόσθετες δυνάμεις.

Οι συνήθεις μορφές αστοχίας είναι 4εις, Φαίνονται στα παρακάτω σχήματα [4.Εισαγωγή]

- Αστοχία με διαγώνια ρηγμάτωση
- Ολίσθηση του οριζόντιου αρμού κοντά στο μέσον του ύψους της τοιχοποιίας
- Συνδυασμός των δυο παραπάνω
- Σύνθλιψη των θλιβόμενων γωνιών



Σχήμα 1: Μορφές αστοχίας των τοιχοποιιών πλήρωσης.  
Figure 1: Cracking shapes of masonry infilled.

Σχ.7 [4]

Από τη μορφή αστοχίας της τοιχοποιίας εξαρτάται κατά κανόνα και η μορφή αστοχίας του περιβάλλοντος πλαισίου. Όλες οι υπόψη μορφές αστοχίας, οδηγούν σε μηχανισμούς αστοχίας στύλων, που είναι είτε πλάστιμοι, είτε ψαθυροί.

➤ **ΘΕΤΙΚΑ-ΑΡΝΗΤΙΚΑ [4]**

**Θετικά**

- η αύξηση της δυσκαμψίας και τις αντοχής του φορέα,
- η συνεισφορά των τοιχοποιιών στην απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας

**Αρνητικά**

- Ανωμαλία στην κατανομή της δυσκαμψίας
- Σταδιακή αστοχία κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης
- Σταδιακά προστιθέμενες κρουστικές σεισμικές δράσεις επί του πλαισίου

#### **4.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΙΑΣΤΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥΣ**

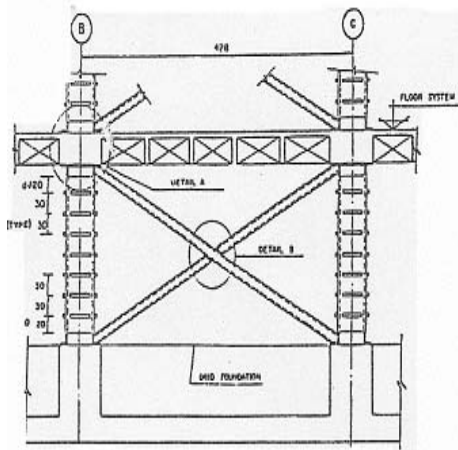
➤ **Περιγραφή-Παρατηρήσεις**

Σε αυτή την περίπτωση, χιαστί σύνδεσμοι τοποθετούνται περιμετρικά σε επιλεγμένα φατνώματα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 6. Μάλιστα, **επειδή παρατηρήθηκε αστοχία στύλων στην βάση του 1<sup>ου</sup> ορόφου, σε κόμβους όπου συνόρευαν με τα ενισχυμένα φατνώματα, προτιμήθηκε η ενίσχυση και του 2<sup>ου</sup> ορόφου στα ίδια φατνώματα.**

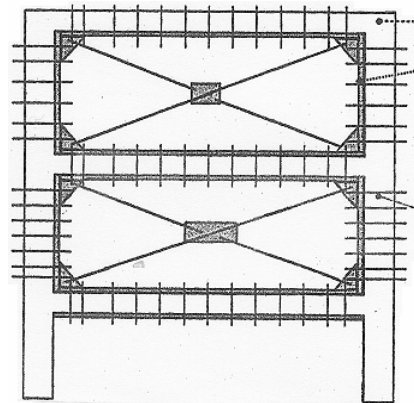
Στο παράδειγμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν διατομές HEA140 και HEA 100 Fe 360(S 235) για την ενίσχυση του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου αντίστοιχα. Τα διαγώνια στοιχεία των συνδέσμων είναι συγκολλημένα στο μέσον του μήκους τους. Αφού ελέγξω τις διαγώνιες και θλιβόμενες διαγώνιους κατά ΕΑΚ 2000 και EC3, ελέγγω τη διατομή σε λυγισμό περί ισχυρό και ασθενή άξονα κατά euler. Επίσης, πρέπει να ικανοποιείται η σχέση της ανηγμένης αδιάστατης λυγηρότητας και του ιδεατού κρίσιμου φορτίου euler. [8, Παράρτημα Γ]

Όσον αφορά την κατανομή των εντατικών μεγεθών της κατασκευής σε σχέση με το γυμνό κτίριο, παρατηρώ μείωση έως και 70% για τα υποστυλώματα του ισογείου και 5-30 % σε υποστυλώματα ανώτερων ορόφων. Συγκεκριμένα τα υποστυλώματα του 2<sup>ου</sup> ορόφου και των φατνωμάτων 2-3 επιδέχονται την μικρότερη ανακούφιση από τις ασκούμενες δυνάμεις. Τέλος, πρέπει να γίνει έλεγχος των κόμβων του υφιστάμενου φορέα, όπου πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εντατικά μεγέθη που εισάγονται σε αυτούς λόγω ανακατανομής της έντασης.

Παρακάτω φαίνονται μερική τύποι συνδέσεων για ενισχύσεις πλαισιακών φορέων καθώς και λεπτομέρειές τους.



Σχ.8 [5]



Σχ.9 [5]

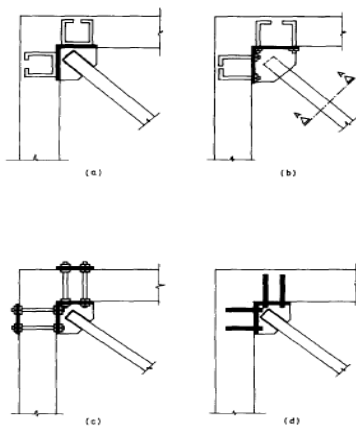
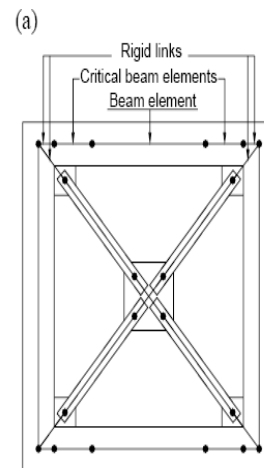


Figure 17 Details of some practical brace-frame connections: (a) and (b) connection arrangement for frames under constructions; (c) and (d) connection arrangements for existing frames

Σχ.10 [6]



Σχ.11 [6]

## ➤ ΘΕΤΙΚΑ-ΑΡΝΗΤΙΚΑ [2]

### Θετικά

- Ο χάλυβας λόγω των όλκιμων χαρακτηριστικών του μπορεί να παραλάβει μεγάλες πλαστικές παραμορφώσεις και κατά συνέπεια ενδείκνυται για την απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας.
- Με την συγκεκριμένη μέθοδο επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο αύξηση της δυσκαμψίας της κατασκευής, ενώ ανάλογα με το είδος των συνδέσμων μπορεί να επιτευχθεί σημαντική αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας.
- Μικρή επιβάρυνση των κατακόρυφων φορτίων του φορέα με αποτέλεσμα το μηδαμινό κόστος θεμελίωσης.
- Μειωμένο κόστος ενίσχυσης της κατασκευής σχέση με άλλες μεθόδους

- Λόγω της ευκολίας τοποθέτησης μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της ενίσχυσης.
- Δεν αλλοιώνεται η φυσιογνωμία του κτιρίου. Είναι δυνατή η αντικατάσταση ορισμένων στοιχείων αν υποστούν βλάβη
- Αν ο υπάρχον φορέας αστοχήσει, κατάλληλη διάταξη των μεταλλικών συνδέσμων είναι ικανοί να παραλάβουν τα μόνιμα φορτία και να μειώσουν τον κίνδυνο της κατάρρευσης.

### Αρνητικά

- Τα δυο υλικά (χάλυβας – οπλισμένο σκυρόδεμα) έχουν διαφορετική μεταλαστική συμπεριφορά με συνέπεια να μειώνεται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της ελαστικής ανάλυσης
- Κρίσιμος είναι ο λυγισμός των διαγώνιων ράβδων και η συγκέντρωση δυνάμεων στα σημεία σύνδεσης των μεταλλικών στοιχείων με το πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος
- Υπάρχει έλλειψη εμπειρίας τόσο στο επίπεδο μελέτης, όσο και κατασκευής, με κύριο πρόβλημα τη σύνδεση των διαγώνιων ράβδων με τους κόμβους του πλαισίου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Υπάρχουν οι εξής πιθανές μορφές αστοχίας κατά την ενίσχυση πλαισίου με δικτυωτούς συνδέσμους.

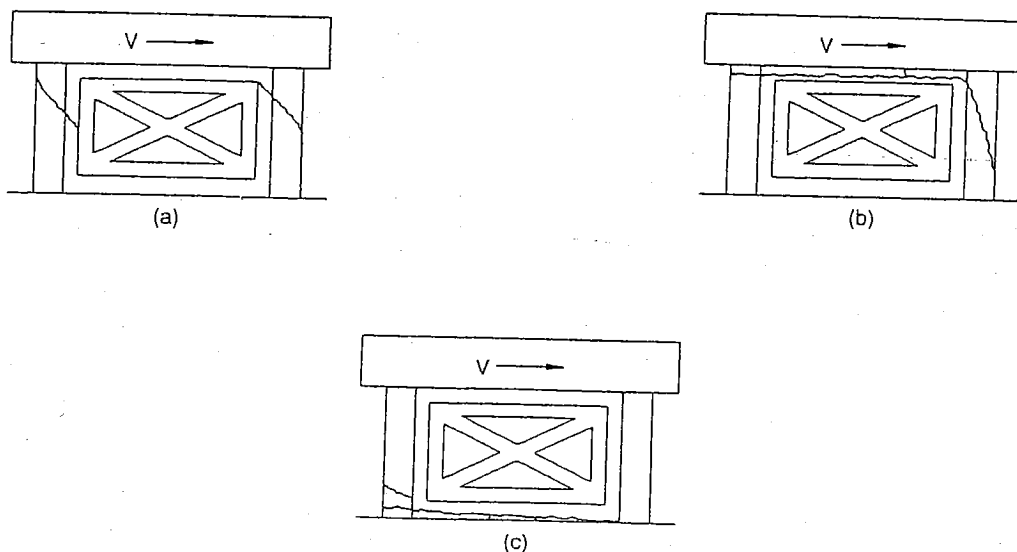
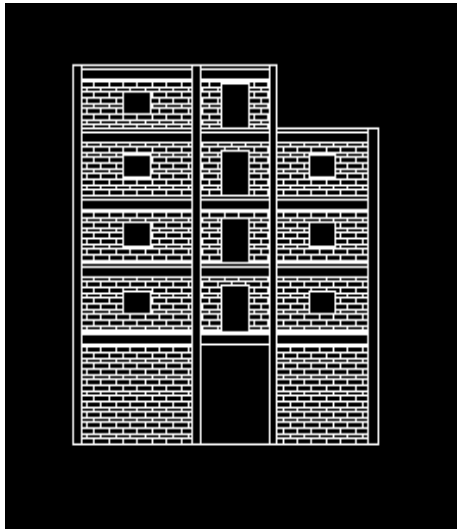


Fig. 42. Failure modes of framed steel braces: (a) type 1: shear failure; (b) type 2: direct shear failure; (c) type 3: flexural failure (JBDPA, 1990b)

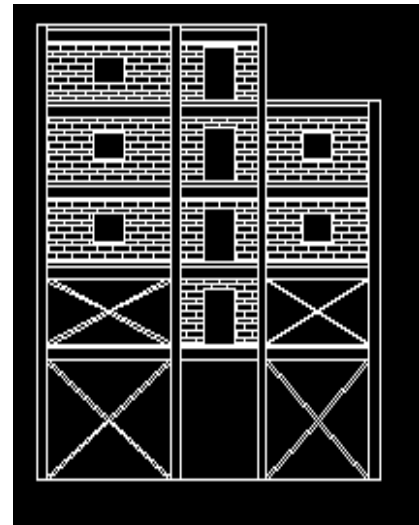
Σχ.12 [5]



Τέλος, παρουσιάζονται οι προσόψεις του κτιρίου για τις δυο πιθανές κατασκευαστικές βελτιώσεις – ενισχύσεις.



Πρόσοψη 1



Πρόσοψη 2

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φαρδής, Μ., "Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος, Τόμοι ΙΙΙ", Εκδ. Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 2005 (Λυμένο Παράδειγμα)
2. Συστάσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τις τοιχοπληρώσεις, δικτυωτούς συνδέσμους  
[www.episkeves.upatras.gr](http://www.episkeves.upatras.gr)
3. **Sap2000 Design concrete manual**
4. Διερεύνηση του ρόλου των τοιχοποιιών πλήρωσης στη σεισμική απόκριση της κατασκευής με μη γραμμική ανάλυση- Δρούγιας Δ, Μακάριος Τα
5. **Strength and ductility of frames strengthened with steel bracing**, Yasutoshi Yamamoto
6. **Use of steel bracing in reinforced, concrete frames** M. R. Maheri, *Department of Civil Engineering, Shiraz University, Shiraz*,  
[www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2Y-3SN63B3-](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2Y-3SN63B3-)
7. Αναγνωστόπουλος Στ, **Δυναμική των κατασκευών** (Θέμα1-Ανάλυση κτιρίου),  
[eclass.upatras.gr](http://eclass.upatras.gr)
8. **ΕΑΚ**, Κεφάλαιο 3,4, Παράρτημα Γ

