

## ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΚΟΝΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΕΙΜΕΝΩΝ ΦΑΤΝΩΜΑΤΩΝ

ΛΥΚΟΥΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

### Περίληψη

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η αναζήτηση μηχανισμών επέμβασης σε φατνώματα μεταξύ κοντών υποστηλωμάτων, τέτοιων που να μετριάζουν τα προβλήματα διατμητικής καταπόνησης που αυτά προκαλούν. Η εργασία περιλαμβάνει μια σύντομη περιγραφή του προβλήματος, την φιλοσοφία και τη μεθοδολογία της ανάλυσης που έγινε και μια συγκριτική περιγραφή των προτεινόμενων λύσεων.

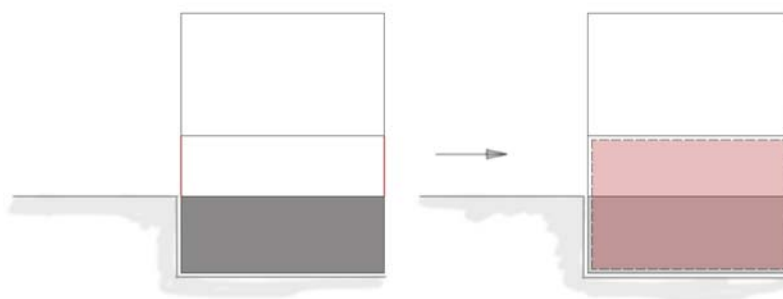
### 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κοντά υποστηλωματα συναντώνται σε πολλές περιπτώσεις όπου μειώνεται το ενεργό μήκος των κατακορύφων στοιχείων (π.χ. φεγγίτες, ημίροφοι, κλιμακοστάσια). Ένα γενικό και απλοποιητικό κριτήριο για τον χαρακτηρισμό τους ως τέτοια είναι λόγος διάτμησης μικρότερος του 2 [4]. Αποτελούν ένα δύσκολο αντιμετωπιζόμενο πρόβλημα στις υφιστάμενες κατασκευές, καθώς τόσο η μεγάλη δυσκαμψία τους (άρα και η αντίστοιχη τέμνουσα) όσο και ο ψαθυρός τρόπος αστοχίας τους καθιστούν συνήθως την ενίσχυση των ίδιων των μελών ανεπαρκή.

Εδώ θα εξετασθεί η περίπτωση των φεγγιτών και ειδικότερα των φεγγιτών οροφής υπογείου, η οποία είναι από τις δυσμενέστερες αλλά και από τις πιο κανονικές γεωμετρικά.

### 2.ΑΡΧΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ - ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

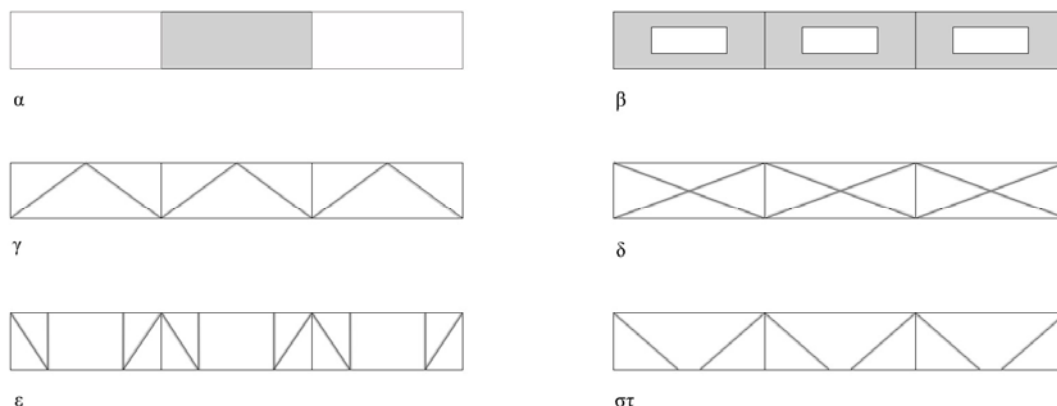
Η βασική ιδέα της επέμβασης είναι να ενοποιηθεί το φάτνωμα ανάμεσα σε δύο διαδοχικά κοντά υποστηλώματα με το τοίχειο του υπογείου που βρίσκεται ακριβώς από κάτω. Έτσι η τέμνουσα θα παραληφθεί από το νέο ενιαίο επιφανειακό στοιχείο (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: φιλοσοφία επέμβασης

Για την ενίσχυση φατνωμάτων γενικότερα, έχουν προταθεί από πολλές μελέτες στο παρελθόν διάφορα συστήματα, κυρίως παραλλαγές δύο βασικών, ενφαινούμενων τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα και μεταλλικών συνδέσμων δυσκαμψίας.

Στην παρούσα εργασία και για το πρώτο στάδιο της ανάλυσης, επιλέχθηκαν οι διατάξεις του Σχήματος 2, οι οποίες υποβλήθηκαν σε τυχαία μονοτονική στατική φόρτιση (με το πρόγραμμα SAP), για σύγκριση των μεταξύ τους αποτελεσμάτων.

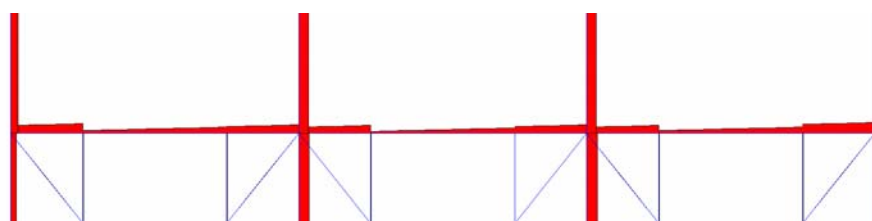


Σχήμα 2

Η επιλογή μεταξύ των διατάξεων έγινε με τα εξής κριτήρια:

- Την παραλαβή ικανοποιητικού ποσοστού της τέμνουσας ορόφου
- Τη διατήρηση σε κάποιο ποσοστό της λειτουργικότητας της κατασκευής (αερισμός, φωτισμός)
- Την προστασία των γειτονικών δομικών μελών από το εύρος της επέμβασης και την ανακατανομή των δυνάμεων

Οι διατάξεις γ και ε απορρίφθηκαν λόγω της καταπόνησης των δοκών οροφής υπογείου, δεδομένου ότι οι δοκοί αυτές δεν είναι σχεδιασμένες για κάτι τέτοιο (παράδειγμα Σχήμα 3).



Σχήμα 3: διάγραμμα τεμνουσών διάταξης ε

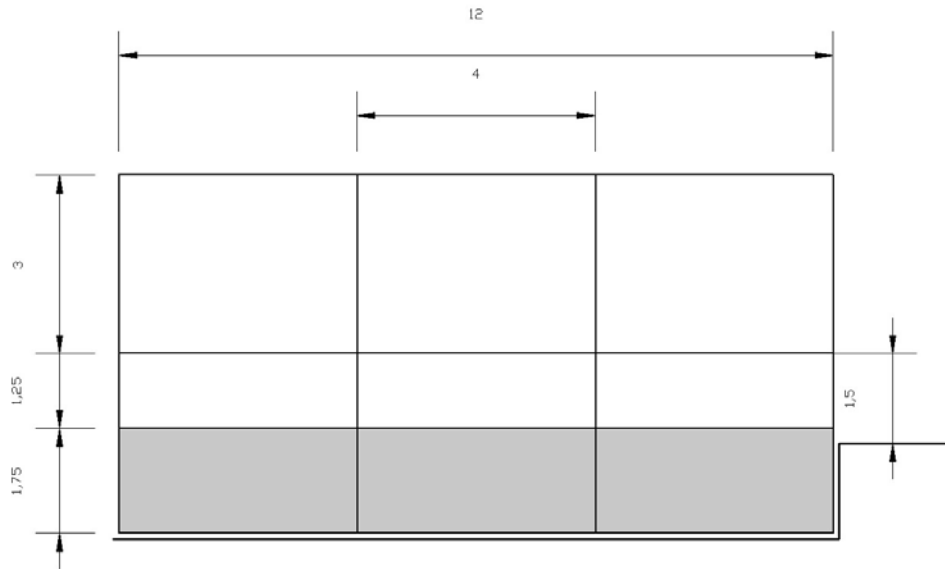
Επίσης οι κλασσικοί χιαστοί σύνδεσμοι (διάταξη δ), παρ' ότι παρέλαβαν σημαντικό μέρος της τέμνουσας, δεν συμφωνούν με το σκεπτικό της επέμβασης, καθώς μεταφέρουν τις δυνάμεις στη βάση των κοντών υποστηλωμάτων και δεν αποτελούν σαφή συνέχεια του τοιχώματος.

Με βάση τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν επιλέχθηκαν τελικά για τη φασματική ανάλυση οι διατάξεις α, β και στ.

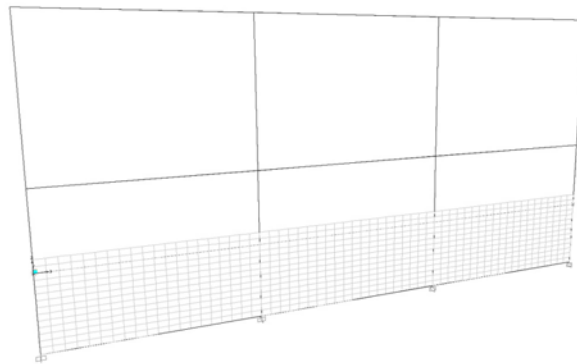
#### 4.ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τη φασματική ανάλυση σχεδιάστηκε ένα μοντέλο που περιλαμβάνει και την ανωδομή, για να φανεί η επίδραση της επέμβασης στις βάσεις των υποστηλωμάτων του ισογείου. Πρόκειται για

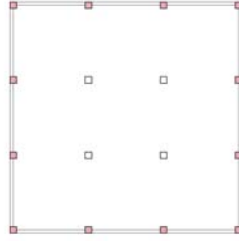
ένα επίπεδο πλαίσιο (Σχήματα 4 και 5), πρόσοψη μιας συνήθους κάτοψης με κοντά υποστηλώματα (Σχήμα 6). Τα υποστηλώματα είναι τετραγωνικά με διάσταση 0.35m, οι δοκοί έχουν διαστάσεις 0.25X0.55m, και τα τοιχεία πάχος 0.25m.



Σχήμα 4: γεωμετρία του μοντέλου (διαστάσεις σε m)



Σχήμα 5: στατικό μοντέλο στο SAP



Σχήμα 6: κάτοψη υπογείου υποτιθέμενης κατασκευής

Επίσης σημαντική ήταν η αύξηση της τέμνουσας στη στάθμη των κοντών υποστηλωμάτων. Επειδή η πλευρική δυσκαμψία τους είναι πολλαπλάσια των άλλων, παραλαμβάνουν την τέμνουσα του ορόφου τους κατα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό απ' ότι σχεδιάστηκαν. Στην περίπτωση μας, όπου έχουν περίπου το μισό ύψος απο τα τυπικά, ισχύουν τα εξής:

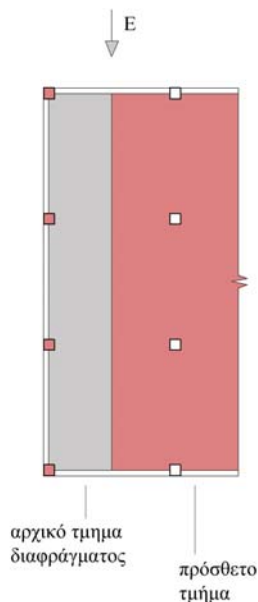
$$k_{\text{κοντου}} = \frac{12EI}{\left(\frac{h}{2}\right)^3} = 8k_{\text{τυπικου}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{ολικη}} &= 8V_{\text{κοντου}} + 8V_{\text{τυπικου}} = \\ &= 64V_{\text{τυπικου}} + 8V_{\text{τυπικου}} = 72V_{\text{τυπικου}} \end{aligned}$$

$$\text{και } V_{\text{κοντου}} = \frac{8}{72}V_{\text{ολικης}}$$

άρα τα τέσσερα υποστυλώματα του πλαισίου πρέπει να παραλάβουν  $\frac{32}{72}V_{\text{ολικης}}$  δηλαδή τη διπλάσια περίπου από το  $\frac{1}{4}V_{\text{ολικης}}$  που ήταν σχεδιασμένα να παραλάβουν.

Για να προσομοιωθεί αυτό στη φασματική ανάλυση στο SAP, προστέθηκαν σημειακές μάζες στο επίπεδο οροφής υπογείου, που αντιστοιχούν στο επιπλέον μέρος του διαφράγματος που μεταφέρει την αδρανειακή του δύναμη μέσω των τεμνουσών των κοντών υποστηλωμάτων. (Σχήμα 7)

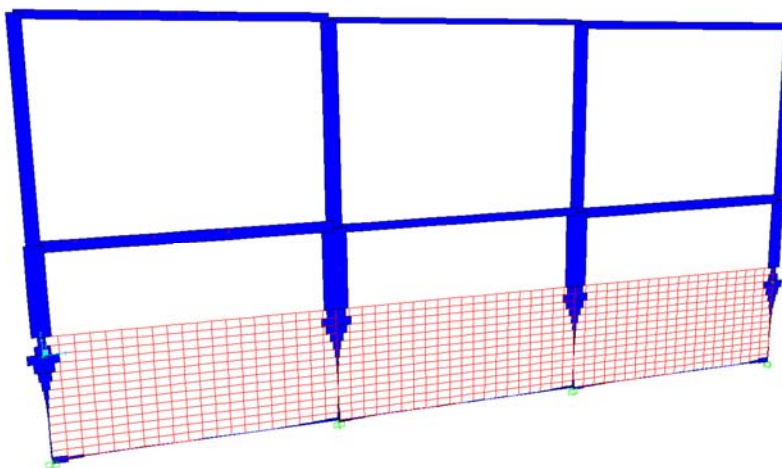


Σχήμα 7

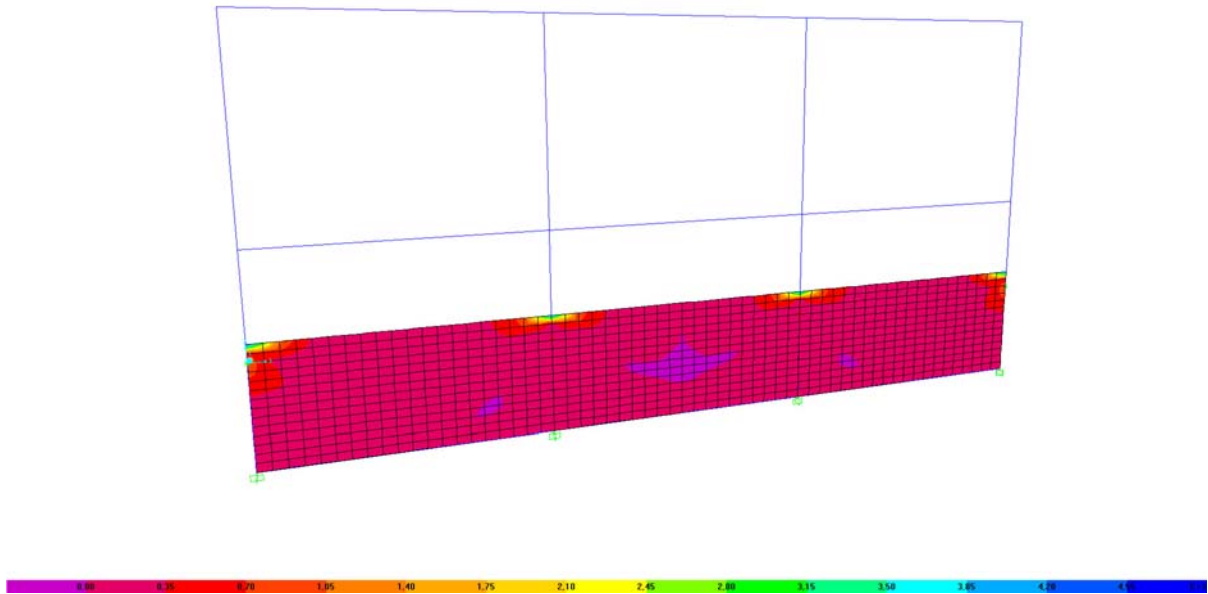
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα τεμνουσών των υποστηλωμάτων και εντός επιπέδου τασεων των τοιχωμάτων σχηματικά (η κλίμακα της παρούσας εκτύπωσης καθιστά την ανάγνωση αριθμητικών τιμών δύσκολη). Ακολουθεί ένας λεπτομερέστερος συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων με τα σημαντικότερα εντατικά μεγέθη.

**Αρχικό πλαίσιο:**

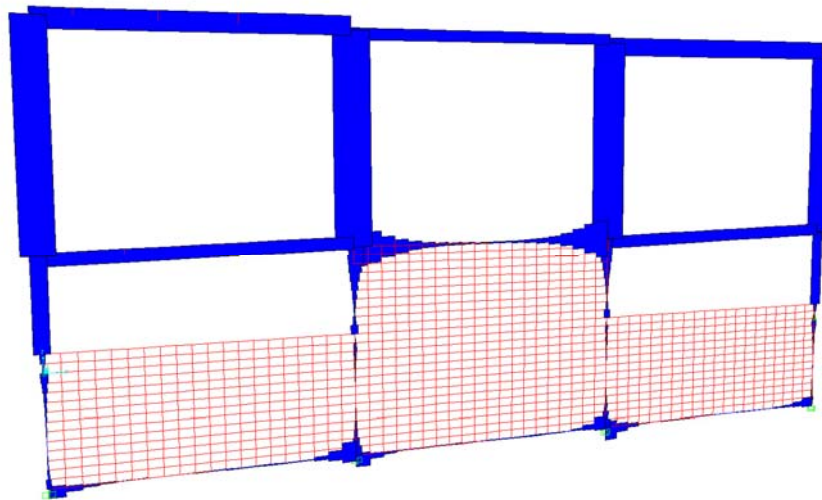


Σχήμα 8: Διάγραμμα τεμνουσών

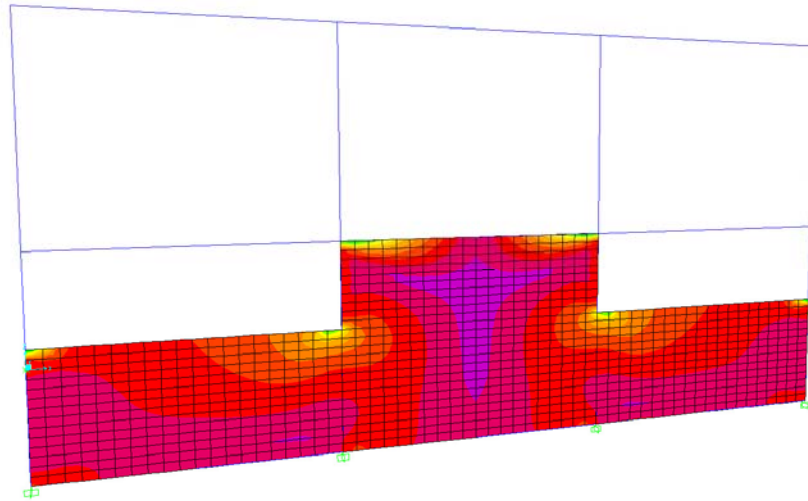


Σχήμα 9: Διάγραμμα εντός επιπέδου τάσεων στα τοιχώματα

Διάταξη α:

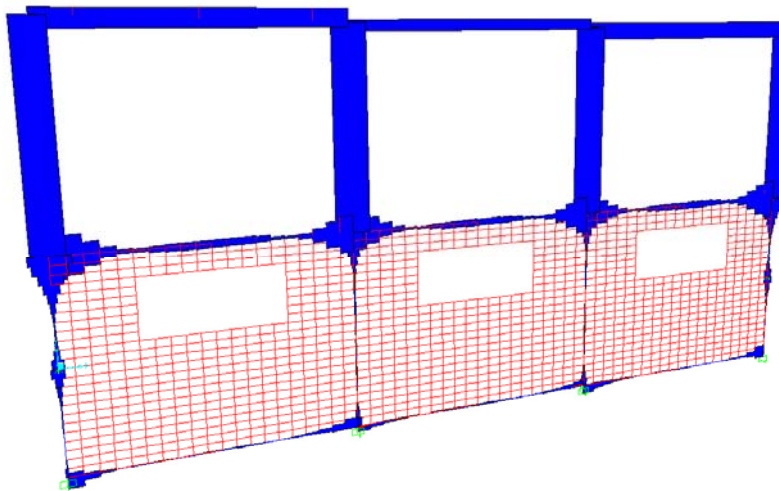


Σχήμα 10: Διάγραμμα τεμνουσών

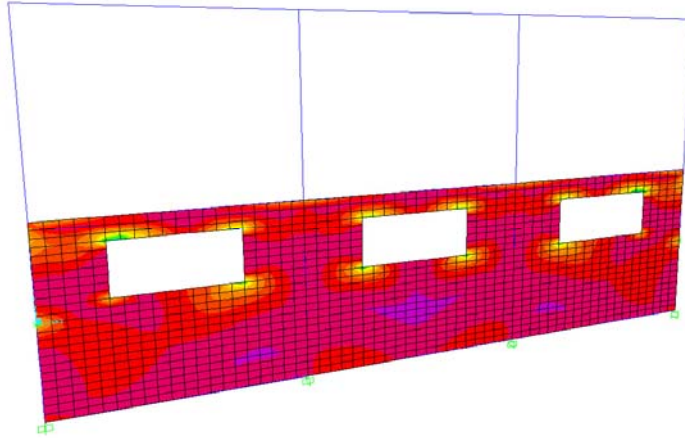


Σχήμα 11: Διάγραμμα εντός επιπέδου τάσεων στα τοιχώματα

Διάταξη β:

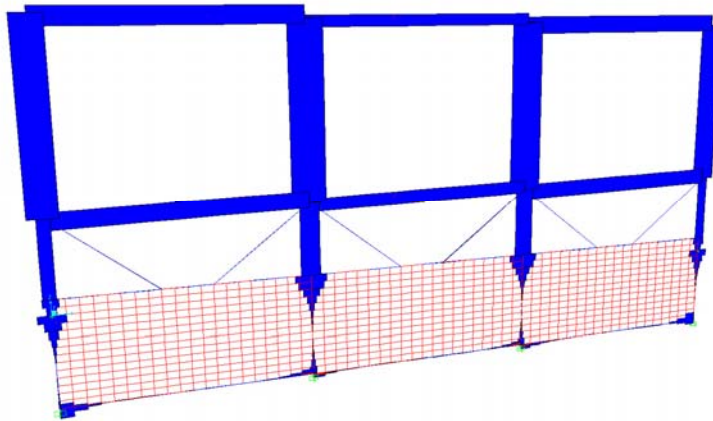


Σχήμα 12: Διάγραμμα τεμνουσών



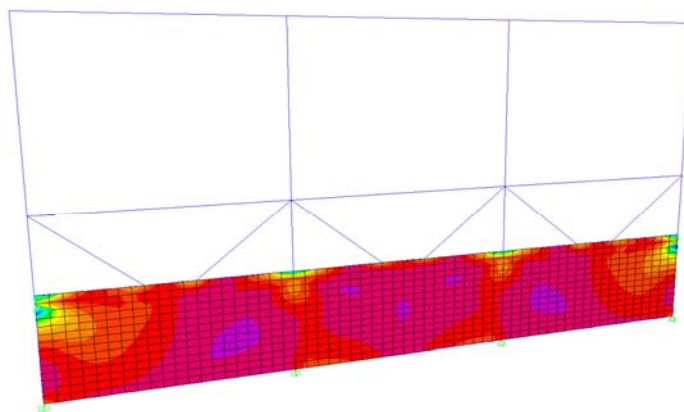
Σχήμα 13: Διάγραμμα εντός επιπέδου τάσεων στα τοιχώματα

Διάταξη στ:



Σχήμα 14: Διάγραμμα τεμνουσών





Σχήμα 15: Διάγραμμα εντός επιπέδου τάσεων στα τοιχώματα

\*(επεξήγηση διάταξης στ: οι έκκεντροι αυτοί σύνδεσμοι έχουν προκύψει με το σκεπτικό που απεικονίζεται στο Σχήμα16)



Σχήμα 16

Επεξήγηση συμβόλων του πίνακα αποτελεσμάτων:

$V_k$ : μέγιστη τέμνουσα σε κοντό υποστήλωμα

$V_i$ : μέγιστη τέμνουσα σε υποστήλωμα ισογείου

$\sigma_{max}$ : μέγιστη τάση σε τοιχείο

$V_{k0}$ : μέγιστη τέμνουσα σε κοντό υποστήλωμα πριν την επέμβαση

$V_{i0}$ : μέγιστη τέμνουσα σε υποστήλωμα ισογείου πριν την επέμβαση

$\sigma_{max0}$ : μέγιστη τάση σε τοιχείο πριν την επέμβαση

(για τις διατάξεις β και στ έχουν γίνει υπολογισμοί για δύο υποπεριπτώσεις: για την β με άνοιγμα 2 και 2.4 μέτρα και για την στ για δυο διατομές συνδέσμων)

	$V_k$ (kN)	$V_i$ (kN)	$\sigma_{max}$ (kPa)	$V_k/ V_{k0}$	$V_i/ V_{i0}$	$\sigma_{max}/ \sigma_{max0}$
<b>αρχικό πλαίσιο</b>	<b>262.940</b>	<b>165.505</b>	<b>4446.418</b>			
<b>διάταξη α</b>	<b>70.735</b>	<b>132.443</b>	<b>788.539</b>	<b>0.269</b>	<b>0.800</b>	<b>0.177</b>
<b>διάταξη β</b>						
2m	<b>αμελητ.</b>	<b>108.507</b>	<b>961.002</b>	<b>≈0</b>	<b>0.656</b>	<b>0.216</b>
2.4m	<b>αμελητ.</b>	<b>131.192</b>	<b>1198.340</b>	<b>≈0</b>	<b>0.793</b>	<b>0.270</b>

διάταξη στ						
SHS 60. 5	<b>83.010</b>	<b>145.662</b>	<b>559.927</b>	<b>0.316</b>	<b>0.880</b>	<b>0.126</b>
SHS 100. 5.5	<b>46.429</b>	<b>139.811</b>	<b>446.075</b>	<b>0.176</b>	<b>0.845</b>	<b>0.100</b>

Σχήμα 17: πίνακας αποτελεσμάτων

## 6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν λάβει κανείς υπόψιν μόνο τα αριθμητικά αποτελέσματα, η διάταξη των τοιχωμάτων με τα ανοίγματα (β) φαίνεται να υπερτερεί σημαντικά, καθώς τα κατακόρυφα στοιχεία ενσωματώνονται πλήρως στο συμπαγές διάφραγμα του υπογείου και δεν παραλαμβάνουν σχεδόν καμία τέμνουσα.

Όταν όμως έχουμε να κάνουμε με επισκευές ή ενισχύσεις υφισταμένων κατασκευών, η επιλογή δεν είναι μονοσήμαντη και η σωστή λύση είναι κάθε φορά προσαρμοσμένη στην συγκεκριμένη κατασκευή. Αυτή η καλύτερη σε πρώτη ανάγνωση λύση απαιτεί μια πολύ μεγάλη σε εύρος επέμβαση, η οποία θα πρέπει να διαταράξει πολλά σημαντικά δομικά στοιχεία. Ίσως είναι μια καλή λύση όταν οι τέμνουσες είναι πολύ μεγάλες (πολλοί όροφοι).

Από την άλλη, συμπαγή τοιχώματα σε επιλεγμένες θέσεις (διάταξη α) μπορούν να φανούν πιο εύχρηστα σε συνήθεις περιπτώσεις, αν συνυπολογίσει κανείς και την πιο εύκολη όπλιση.

Τέλος, οι έκκεντροι μεταλλικοί σύνδεσμοι (διάταξη στ) αποτελούν την πιο ήπια λύση, καθώς ο περιορισμός της λειτουργικότητας είναι ελάχιστος, όπως και η καταπόνηση των γύρω στοιχείων είναι η μικρότερη. Η μόνη επισήμανση για αυτούς είναι πως δεν πρέπει να σχεδιάζονται με βάση την αντοχή, αλλά τη δυσκαμψία. Στις αναλύσεις που έγιναν, ο συντελεστής επάρκειας των συνδέσμων σε τρεις απόπειρες σχεδιασμού κυμαινόταν περίπου μεταξύ 0.4 και 0.7. Αν και σε άλλη περίπτωση θα θεωρούνταν υπερδιαστασιολογημένοι, όταν η διατομή τους μειωνόταν και άλλο, μειωνόταν και η πλευρική τους δυσκαμψία που ήταν και το κύριο ζητούμενο.

## 7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] **Ενισχύσεις/Επισκευές Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.** Σ. Η. Δρίτσος, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 2007
- [2] **Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος.** Μ. Ν. Φαρδής, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 2008
- [3] **Δυναμική των Κατασκευών, Θεωρία και Εφαρμογές στη Σεισμική Μηχανική.** Α. Κ. Chorga, Γκιούρδας, Αθήνα, 2008
- [4] **Αντοχή και Ικανότητα Παραμόρφωσης Μελών Οπλισμένου Σκυροδέματος με ή χωρίς Ενίσχυση.** Δ. Ε. Μπισκίνης, Διδακτορική Διατριβή, Πάτρα, 2007
- [5] **Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance.**