

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΕΠ)

**ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ  
ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Χ. Παππας  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Ηλίας Γαλατας

Πειραιας 2008

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Συμβολισμοί .....	I
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
1. Γενικά .....	1
2. Φέροντες οργανισμοί.....	3
2.1. Στοιχεία συγκρότησης των Φ.Ο. κτιρίων .....	5
2.1.1. Στοιχεία σε οριζόντια έννοια .....	5
2.1.2 Στοιχεία σε κατακόρυφη έννοια .....	8
2.2. Τρόποι διαμόρφωσης φερόντων οργανισμός.....	12
2.3. Υλικά κατασκευής φερόντων οργανισμών.....	14
2.3.1. Επιλογή του υλικού δόμησης των φερόντων οργανισμών.....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
1. Γενικά .....	19
2. Κανόνες και γενικές συστάσεις για τη μόρφωση του φέροντα οργανισμού.....	19
2.1. Συμμετρία.....	19
2.2. Απλότητα κατόψεως.....	19
2.3. Διαχωρισμός με αρμούς.....	20
2.4. Απλότητα κτιρίου.....	20
2.5. Διαστάσεις κατόψεως.....	20
2.6. Διάταξη τοίχων.....	22
2.7. Ακαμψία δαπέδων.....	22
2.8. Ελάχιστα πάχη τοίχων.....	23
2.9. Απόσταση φερόντων τοίχων.....	23
2.10. Κατανομή ακαμψιών.....	23
2.11. Μικτά συστήματα.....	23
2.12. Μέγιστο ύψος και αριθμός ορόφων.....	27
2.13. Ανοίγματα.....	27
2.14. Διαζώματα συνδέσεις τοίχων.....	31
2.15. Πρόβολοι – Μαρκίζες.....	32
2.16. Υπέρθυρα – Στέγες – Αψίδες .....	38
3. Τύποι δόμησης.....	42
3.1 Άοπλη τοιχοποιία (συμπαγής – κοίλη).....	43

3.2	Διαζωματική τοιχοποιία.....	45
3.3.	Οπλισμένη τοιχοποιία.....	47
3.3.1.	Τοιχοποιία με πυρήνα.....	47
3.3.2.	Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό εντός λιθοσωμάτων.....	48

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

1.	Γενικά.....	57
2.	Άοπλη τοιχοποιία.....	58
2.1.	Γενικά.....	58
2.2.	Συστήματα τοιχοποιίας.....	58
2.3.	Μορφές τοιχοποιίας.....	59
2.2.	Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας.....	62
2.2.1.	Εμπειρικές σχέσεις της αντοχής τοιχοποιίας σε θλίψη προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών.....	62
2.2.2.	Η μηχανική της θραύσεως σε θλίψη.....	64
2.2.3.	Εξάρτηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας από τον λόγο πάχος αρμού προς ύψος λιθοσώματος.....	65
2.2.4.	Θεωρητική σχέση συνδέσεως της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας με τις θλιπτικές αντοχές των υλικών της.....	67
2.3.	Θλιπτικές παραμορφώσεις.....	71
2.3.1.	Διαγράμματα $\sigma - \epsilon$ τοιχοποιίας σε θλίψη.....	71
2.3.2.	Ενδεικτικές τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών (εμπειρικές σχέσεις).....	71
2.4.	Εφελκυστική αντοχή.....	75
2.4.1.	Γενικά.....	74
2.4.2.	Τιμές εφελκυστικής αντοχής (βιβλιογραφικά δεδομένα).....	75
2.5.	Διατμητική αντοχή υπό θλίψη.....	78
2.5.1.	Γενικά.....	78
2.5.1.1.	Μορφές θραύσεως.....	78
2.5.1.2.	Διαγράμματα διατμητικών τάσεων γωνιακών παραμορφώσεων.....	78
2.5.1.3.	Επίδραση της αξονικής θλίψεως της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας.....	79
2.5.1.4.	Συντελεστής τριβής.....	79

2.5.1.5	Ο ρόλος της αξονικής θλίψεως στη γωνιακή παραμόρφωση.....	80
2.5.2.	Μηχανισμοί θραύσεως και αντίστοιχες αναλυτικές σχέσεις.....	81
2.5.2.1.	Διατμητική ολίσθηση περί το μέσον του τοίχου.....	81
2.5.2.2.	Θραύση λιθοσώματος περί το μέσον του τοίχου .....	81
2.5.2.3.	Τοπική θλιπτική θραύση στην κάτω γωνία.....	82
2.5.3.	Διαγράμματα αλληλεπιδράσεως.....	83
2.5.4.	Απλοποιημένες σχέσεις διατμητικής αντοχής (για μικρά αξονικά φορτία).....	83
2.6.	Ανακυκλιζόμενη διάτμηση άοπλης τοιχοποιίας.....	92
2.6.1.	Γενικά.....	92
2.6.2.	Επιρροή της ανακυκλήσεως στην απόκριση και στην ακαμψία.....	92
2.6.3.	Πλαστιμότητα.....	92
2.6.4.	Πλαστιμότητα πολυώροφου κτιρίου .....	94
3.	Διαζωματική τοιχοποιία .....	97
3.1.	Μορφολογία – κατασκευή .....	97
3.3.	Η μηχανική των διαζωμάτων ή ελκυστήρων.....	97
3.3.1.	Εντατική κατάσταση των διαζωμάτων λόγω οριζόντιων δυνάμεων.....	99
3.3.2.	Εντατική κατάσταση του δικτυώματος λόγω διαφορικής καθιζήσεως.....	100
3.3.3.	Εντατική κατάσταση των διαζωμάτων λόγω ανατροπής.....	101
3.3.4.	Εντατική κατάσταση των διαζωμάτων λόγω στρέψης.....	101
3.4.	Κανόνες διαζωμάσεως.....	102
3.4.1.	Οριζόντια διαζώματα.....	102
4.	Οπλισμένη τοιχοποιία .....	106
4.1.	Γενικά.....	106
4.2.	Τοιχοποιία με πυρήνα.....	107
4.2.1.	Κατασκευαστικοί κανόνες.....	107
4.2.1.1.	Διαστασιολόγηση – οπλισμός .....	107
4.2.1.2.	Μέθοδοι πληρώσεως του κενού με κονίαμα.....	
4.2.2.	Υπολογισμός.....	108
4.3.	Οπλισμός διάσπαρτος μέσα στα λιθοσώματα.....	111
4.3.1.	Κατασκευαστικοί κανόνες.....	111

4.3.2.	Συμπεριφορά της οπλισμένης τοιχοποιίας σε μονοτονική φόρτιση.....	113
4.3.2.1.	Τρόποι αστοχίας της οπλισμένης τοιχοποιίας.....	113
4.3.2.1.1.	Καμπτική αστοχία.....	113
4.3.2.1.2.	Διατμητική αστοχία.....	113
4.3.2.1.3.	Αστοχία από ολίσθηση.....	119
4.3.2.1.4.	Διάκριση των τρόπων αστοχίας.....	120
4.3.2.1.5.	Διαγράμματα τάσεων – παραμορφώσεων .....	120
5.	Τοιχοποιία με κουφώματα.....	132
5.1.	Τοιχοποιία με κουφώματα (ανοίγματα).....	132
5.1.1.	Γενικά.....	132
5.1.2.	Συμπεριφορά τοιχοποιίας με ανοίγματα .....	132
5.1.2.1.	Επίδραση των ανοιγμάτων στην κατανομή των διατμητικών τάσεων του τοίχου.....	132
5.1.2.2.	Επίδραση των ανοιγμάτων στην ακαμψία των τοίχων	134
5.1.2.3.	Επίδραση των ανοιγμάτων στην ακαμψία τοίχων από οπλισμένη τοιχοποιία.....	134
5.1.2.4.	Επίδραση των ανοιγμάτων στο πάχος στο πάχος και στο δείκτη αντιστάσεως των τοιχωμάτων.....	135
5.1.2.5.	Στοιχεία υπολογισμού.....	135
5.2.	Συστήματα τοίχων – δοκών .....	148
5.2.1.	Γενικά .....	148
5.2.2.	Διατμητική αντοχή.....	149
5.2.2.1.	Μορφές αστοχίας.....	149
5.2.2.2.	Παράγοντες που επηρεάζουν την διατμητική αντοχή του τοίχου .....	150
5.2.2.3.	Τέμνουσα που παραλαμβάνει το στήριγμα.....	150
5.2.3.	Επίδραση της ακαμψίας των δοκών .....	151
5.2.4.	Μέθοδος υπολογισμού των δοκών Ο.Σ.....	152
6.	Μέθοδοι αποτίμησης μηχανικών χαρακτηριστικών υφισταμένων κατασκευών από τοιχοποιία	155
6.1.	Γενικά .....	155
6.2.	Τεχνικό περιεχόμενο – Μεθοδολογία.....	155
6.2.1.	Επί τόπου δοκιμές / IN SITU.....	157
6.2.3.	Δοκιμές στο εργαστήριο / IN – LAB (PDT).....	157
6.2.4.	Αναλυτική πρόβλεψη.....	158
6.3.	Δοκιμές και μετρήσεις.....	159

6.3.1.	Στο έργο .....	159
6.3.1.1.	Δοκιμές και μετρήσεις σε υλικά της τοιχοποιίας.....	159
6.3.1.1.1.	Λιθοσώματα.....	159
6.3.1.1.2.	Κονιάματα.....	160
6.3.1.1.3.	Άλλα υλικά.....	161
6.3.1.2.	Τοιχοποιία.....	162
6.3.1.2.1	Ηχητικές δοκιμές και υπερηχοσκοπήσεις τοίχων.....	163
6.3.1.1.2.	Επί τόπου δοκιμή εκτιμήσεως θλιπτικής αντοχής τοιχοποιίας (PDT).....	167
6.3.1.2.4.	Επί τόπου δοκιμή εκτιμήσεως μέτρου ελαστικότητας και θλιπτικής αντοχής τοιχοποιίας (PDT) .....	169
6.3.1.2.5	Επιτόπου δοκιμή εκτιμήσεως διατμητικής αντοχής ...	171
6.3.1.2.6.	Επιτόπου δοκιμή εκτιμήσεως διατμητικής αντοχής τοιχοποιίας στο ναό Αγίου Γεωργίου Μεγάρων (PDT).....	173
6.3.2.	Στο εργαστήριο .....	174
6.3.2.1.	Μηχανικά χαρακτηριστικά.....	174
6.3.2.1.2.	Φυσικά χαρακτηριστικά .....	174
6.3.2.1.3.	Χημικά χαρακτηριστικά.....	174

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

1.	Γενικά.....	177
2.	Αίτια και βλάβες.....	178
3.	Μορφολογία και ταξινόμηση βλαβών.....	188
3.1.	Δράσεις που προκαλούν βλάβες.....	188
3.1.1.	Περιπτώσεις βλαβών λόγω δράσης σεισμού.....	189
3.1.1.1.	Παθολογία λόγω σεισμικής δράσης.....	189
3.1.1.2.	Παθολογία λόγω σεισμικής δράσης – σεισμός κάθετος στον τοίχο.....	193
3.1.1.3.	Παθολογία λόγω σεισμικής δράσης – σεισμός στο επίπεδο του τοίχου .....	200
3.1.1.4.	Παθολογία λόγω σεισμικής δράσης - σεισμός κατά την κατακόρυφο.....	207
3.1.2.	Περιπτώσεις βλαβών λόγω περιβαλλοντικών δράσεων.....	212
3.1.2.1.	Περιβαλλοντικές δράσεις.....	213
3.1.2.2.	Πυρκαγιά .....	215

3.1.3.	Περιπτώσεις βλαβών λόγω επιβαλλόμενων παραμορφώσεων.....	218
3.2.	Μορφολογία βλαβών .....	226
4.	Μηχανισμοί αστοχίας.....	233
5.	Ταξινόμηση – κατάταξη βλαβών .....	243
5.1.	Τυπικοί βαθμοί βλάβης (ένταση βλάβης).....	243
5.1.1.	Θεμελίωση.....	243
5.1.2.	Ανωδομή .....	244
5.1.2.1.	Φέρον οργανισμός – κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.	244
5.1.2.2.	Οργανισμός πληρώσεως .....	248
5.1.2.3.	Δευτερεύουσες κατασκευές , διακοσμητικά στοιχεία , εγκαταστάσεις .....	248
5.2	Χαρακτήρας των βλαβών (έκταση βλαβών).....	249

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

1.	Γενικές διαπιστώσεις.....	255
1.1.	Γενική παρατήρηση.....	255
1.2.	Γενική αξιοπιστία της ανάλυσης.....	256
1.3.	Εξεταζόμενα είδη κατασκευών.....	257
1.3.1.	Αποκλειστική μορφή φερόντων στοιχείων .....	257
1.3.2.	Άλλοι τοίχοι (μη εξεταζόμενων) φερόντων στοιχείων	257
1.3.3.	Παρατήρηση.....	257
1.4.	Βασική δομική λειτουργία κτιρίων από λιθοδομή.....	258
1.4.1.	Για κατακόρυφη φόρτιση.....	258
1.4.2.	Για οριζόντια φόρτιση.....	258
1.4.3.	Ελαστικά δυναμικά χαρακτηριστικά κτιρίων από λιθοδομή.....	258
1.5.	Συσχέτιση τοίχων Φ.Τ. – πλαισιακούς φορείς .....	263
1.6.	Καθ' ύψος κατανομή μάζας.....	264
1.6.3.	Συσχέτιση Φ.Τ. – πλαισιακού φορέα .....	265
2.	Διαδικασία ανάλυσης.....	268
2.1.	Προσομοίωση .....	268
2.2.	Ανάλυση .....	268
2.3.	Επιβεβαίωση αποτελεσμάτων.....	268
2.4.	Διαστασιολόγηση .....	268
3.	Καθορισμός των δράσεων .....	269
3.1.	Κύριος στόχος της ανάλυσης .....	269

3.2.	Διαπιστώσεις σε επίπεδο ΕΟΚ (Ε.Σ. 6) .....	269
3.3.	Δράσεις για το σχεδιασμό .....	269
4.	Σεισμική δράση : Βασικές επιλογές.....	271
4.1.	Στατική ή δυναμική δράση του σεισμού.....	271
4.2.	Συνολική σεισμική δράση (Ε.Σ. 8, Ε.Σ. 6).....	272
4.3.	Φάσμα 1 : Ανοιγμένο ελαστικό απόκρισης .....	273
4.4.	Εξίσωση ανοιγμένου ελαστικού φάσματος .....	274
4.5.	Φάσμα 2 : ανοιγμένο ελαστικό – πλαστικό απόκρισης.....	275
4.8.	Φάσμα 3 : Σχεδιασμού γραμμικής ανάλυσης .....	277
4.9.	Εξισώσεις : φάσματος σχεδιασμού.....	278
4.10.	Η παράμετρος $\gamma_1$ .....	279
4.11.	Η παράμετρος S (κατά ΝΕΑΚ – 89 : $\theta$ ) .....	279
4.11.1.	Ενδεικτικές τιμές κατά Ε.Σ. 8 .....	279
4.11.2.	Ενδεικτικές τιμές κατά ΝΕΑΚ – 89.....	279
4.12.	Εκτίμηση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου.....	280
4.13	Ειδικές παρατηρήσεις για τοιχοποιίες.....	281
5.	Προσομοίωση του υλικού.....	282
6.	Προσομοίωση δομήματος : στοιχεία επιρροής .....	283
6.1.	Καμπτική δυσκαμψία του διαφράγματος.....	283
6.2.	Ατένεια του διαφράγματος στο επίπεδό του.....	284
6.2.1.α	Διάφραγμα στερεό .....	285
6.2.1.β	Διάφραγμα παραμορφώσιμο.....	285
6.2.2.α	Διάφραγμα στερεό.....	286
6.2.2.β	Διάφραγμα παραμορφώσιμο.....	286
6.2.3.α	Διάφραγμα στερεό.....	287
6.2.3.β	Διάφραγμα παραμορφώσιμο.....	287
6.2.4.α	Διάφραγμα στερεό.....	288
6.2.4.β	Διάφραγμα παραμορφώσιμο.....	288
6.3.	Προσομοίωση διαφράγματος.....	289
6.4.	Κανονικότητα κάτοψης.....	290
6.4.1.	Κανονική : υποδιαίρεση σε 13 τμήματα.....	291
6.4.2.	Κανονική : υποδιαίρεση σε 15 τμήματα.....	291
6.4.3.	Κανονικότητα κάτοψης.....	292
6.5.	Επιρροή των εγκάρσιων τοίχων.....	293
7.	Προσομοίωση δομήματος : Γενική επιλογή.....	295
7.1.	Προσομοίωση δομήματος – ενιαίου – συνόλου .....	295



7.2.	Προσομοίωση δομήματος κατά τμήματα (ανεξάρτητοι τοίχοι).....	295
8.	Προσομοίωση δομήματος – ενιαίου – συνόλου .....	296
8.1.	Συνήθης μέθοδος προσομοίωσης .....	296
8.2.	Στοιχεία προσομοιώματος.....	296
9.	Προσομοίωση δομήματος – κατά τμήματα - .....	297
9.1.	Προαπαιτούμενα.....	297
9.2.	Χωρισμός σε υποφορείς.....	297
9.3.	Στοιχεία προσομοιώματος.....	298
10.	Ελαστική μέθοδος ανάλυσης .....	299
10.1.	Γενικά χαρακτηριστικά .....	299
10.2.	Σημείωση .....	299
11.	Ελαστοπλαστική μέθοδος ανάλυσης .....	300
11.1.	Γενικά χαρακτηριστικά .....	300
11.2.	Παράδειγμα κινηματικών μηχανισμών .....	301
12.	Ελάχιστη ανάλυση επιπέδων τοίχων .....	305
12.1	Επιρροή του μεγέθους ανοιγμάτων και συνδετήριων δοκών στην δοκιμή συμπεριφορά του τοίχου (παράδειγμα).....	305
12.2.	Επιρροή του μεγέθους ανοιγμάτων και συνδετήριων δοκών στην δοκιμή συμπεριφορά του τοίχου (παράδειγμα).....	306
12.2.1.	Τοίχοι χωρίς ή με μικρά ανοίγματα .....	307
12.2.2.	Ανάλυση με τη μέθοδο των πεσσών.....	308
12.2.3.	Τοίχοι με μεγαλύτερα ανοίγματα .....	313
12.2.4.	Τοίχοι με μεγάλα ανοίγματα.....	314
12.3.	Άμεσος υπολογισμός ακαμψίας (αναλυτικός – πειραματικός).....	315
12.3.1.	Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων .....	316
12.3.2.	Παράδειγμα : Πυκνό δίκτυο (258) και αραιό δίκτυο (11 στοιχεία) .....	321
12.4	Ισοδύναμο πλαίσιο με στερεούς ή μη κόμβους .....	322
12.4.1.	Ανάλυση με ισοδύναμα πλαίσια στο επίπεδο ή στο χώρο.....	323
12.5.	Πρόβολοι με (ή χωρίς ) ελαστικό μέσον στο ενδιάμεσο κενό .....	327

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

1.	Γενικές αρχές.....	331
1.1.	Ορολογία .....	332
1.2.	Βασικά βήματα .....	333
2.	Μέτρα πρόληψης .....	335
3.	Παράγοντες που επηρεάζουν τις μεθόδους επέμβασης.....	336
4.	Μεμονωμένες ή αραιές ρωγμές.....	337
4.1.	Διπλές ρωγμές μικρού ανοίγματος.....	337
4.1.1.	Μικρού πάχους λιθοδομή ή πλινθοδομές (διάτρητα τούβλα).....	337
4.1.2.	Μεγάλου πάχους λιθοδομή ή πλινθοδομές (συμπαγή τούβλα).....	339
4.2.	Έντονες ρωγμές μεγάλου ανοίγματος.....	341
4.2.1.	Λιθοσυρραφή .....	341
4.2.2.	Συρραφή με χύτευση στοιχείου Ο.Σ. ....	343
4.2.3.	Συρραφή με τζινέτια ή λάμες .....	345
4.2.4.	Λεπτές ζώνες ραφής ή νευρώσεις .....	347
5.	Ενίσχυση με μανδύες .....	349
5.1.	Διπλοί μανδύες (ποικίλλουσας αντοχής) .....	350
5.2.	Απλοί μανδύες .....	350
5.3.	Τοπικοί μανδύες .....	355
5.4.	Ενσωματωμένες σιδεροκατασκευές.....	356
6.	Επανασύνδεση αποκολλημένων εγκάρσιων τοίχων ..	357
6.1.	Λιθοσυρραφή .....	357
6.2.	Συρραφή με ελκυστήρες ή σιδεροκατασκευή .....	358
6.3.	Συρραφή με χύτευση στοιχείων Ο.Σ. ....	358
6.4.	Συρραφή με τζινέτια ή λάμες .....	359
7.	Διαζώματα .....	359
8.	Ειδικές τεχνικές .....	362
8.1.	Διάταξη ελκυστήρων .....	362
8.2.	Τεχνικές βελτιώσεως της μάζας .....	363
9.	Επεμβάσεις στη θεμελίωση .....	366
9.1.	Υποθεμελιώσεις με ντουλάπια .....	367
9.2.	Ενισχύσεις με χάλκινους .....	367
9.3.	Ενισχύσεις με ρίζο – πασσάλους (ROOT – PILES)...	368
9.4.	Ενίσχυση με δημιουργία υψίκορμων πεδίλοδοκών ...	369

10.	Πρακτικοί κανόνες επανασχεδιασμού.....	370
10.1.	Γενικότητες .....	370
10.2.	Προδιαγραφές υλικών – αντοχές τοιχοποιίας .....	372
10.2.1.	Κονιάματα .....	372
10.2.2.	Αντοχή τοιχοποιίας σε θλίψη .....	372
10.3.3.	Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας «F <sub>N</sub> ».....	373
10.3.	Ζώνες ραφής ή νευρώσεις .....	376
10.4.	Μανδύες .....	378
10.4.1.	Αντοχή μανδύα .....	379
10.4.2.	Αντοχές τοίχου .....	379
10.5.	Ειδικές τεχνικές .....	380

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

$\alpha = h_w:l_w$	Ο λόγος ύψους προς πλάτος του τοίχου ή $t_m/t_b$ (αρμός /λιθόσωμα)
$\alpha_y$	Μετατόπιση εξολκείσεως του χάλυβα που βρίσκεται σε διαρροή
$A_{sh}, A_{sy}$	Διατομή του οριζόντιου και του κατακόρυφου οπλισμού αντίστοιχα
$b_w$	Πλάτος του τοίχου
$B$	Δύναμη εξολκείσεως
$\beta'$	Αριθμητικός συντελεστής κατανομής διατμητικών τάσεων
$C_{mb}$	Συνάφεια (διατμητική αντοχή για μηδενική κατακόρυφη θλιπτική τάση ) μεταξύ λιθοσώματος και κονιάματος
$D$	Μήκος της κεκλιμένης ρωγμής στο οποίο έχει διαρρεύσει ο οπλισμός
$D$	Δύναμη βλήτρου
$\varepsilon_y = e_y/b_w$	Εγκάρσια εκκεντρότητα
$E_{bc}$	Μέτρο ελαστικότητας του λιθοσώματος
$E_{mc}$	Μέτρο ελαστικότητας του κονιάματος
$E_w$	Μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας
$F$	Δύναμη τριβής κατά μήκος της θλιπτικής ζώνης της κεκλιμένης ρωγμής
$F$	Φαινομινος συντελεστής τριβής
$f_{bc}$	Θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος
$f_{bt}$	Εφελκυστική αντοχή του

	λιθοσώματος
$f_{mc}$	Θλιπτική αντοχή του κονιάματος
$f_{mt}$	Εφελκυστική αντοχή του κονιάματος
$f_{sy}$	Τάση διαρροής του χάλυβα
$f_{wc}$	Θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας
$f_{wt}$	Εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας
$h_w$	Ύψος του τοίχου
$J$	Ροπή αδρανείας της οριζόντιας διατομής του τοίχου
$K = E_w * f_{wc}$	Εμπειρικός συντελεστής μεταξύ του μέτρου ελαστικότητας και της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας
$l_w$	Μήκος στη βάση του τοίχου
$\lambda = h_w/b_w$	Λόγος πλευρών τοίχου
$\mu$	Πραγματικός συντελεστής τριβής, δείκτης πλαστιμότητας
$\nu$	Λόγος Poisson της τοιχοποιίας
$P$	Μόνιμο κατακόρυφο φορτίο
$\rho$	Ποσοστό οπλισμού ( $\rho_v$ κατακόρυφο, $\rho_h$ οριζόντιο)
$s$	Ολίσθηση κατά μήκος της κεκλιμένης ρωγμής
$\sigma_0$	Ορθή τάση που δρα στην κορυφή του τοίχου
$\sigma_{wc}$	Μέγιστη θλιπτική τάση στην τοιχοποιία
$\sigma_s$	Τάση του χάλυβα
$\bar{\tau}$	Μέση διατμητική τάση που δρα στην κορυφή του τοίχου
$\bar{\tau}_u$	Μέγιστη τιμή τις $\bar{\tau}$
$t_b$	Πάχος του λιθοσώματος
$t_m$	Πάχος του αρμού

$u$	Οριζόντια μετατόπιση
$u_{el}$	Ελαστική τιμή της οριζόντιας μετατοπίσεως
$V$	Οριζόντιο φορτίο
$V_{cr}$	Οριζόντιο φορτίο ρηγματώσεως του τοίχου
$V_{so}$	Οριζόντιο φορτίο που αντιστοιχεί στην διαρροή της πρώτης ράβδου του οπλισμού
$V_u$	Οριζόντιο φορτίο αστοχίας του τοίχου
$\varphi$	Συντελεστής ερπυσμού της τοιχοποιίας
$x$	Μήκος της θλιπτικής ζώνης
$W$	Φορτίο

### Μονάδες

Μήκος	m , mm
Δύναμη	N(=Newton)=0,1Kgf
Τάση	MPa
Μάζα	Kg

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

2. It also emphasizes the need for regular audits to ensure the integrity of the financial data.

3. The document further outlines the procedures for handling discrepancies and resolving any issues that may arise.

4. Additionally, it provides guidelines for the proper use of funds and the allocation of resources.

5. The document concludes by stressing the importance of transparency and accountability in all financial matters.

6. It also mentions the role of the board of directors in overseeing the financial operations of the organization.

7. The document further details the reporting requirements and the frequency of financial statements.

8. It also discusses the importance of maintaining up-to-date financial records and the consequences of non-compliance.

9. The document concludes with a statement of intent to ensure the highest standards of financial management.

10. It also mentions the commitment to providing accurate and timely financial information to all stakeholders.

11. The document further outlines the responsibilities of the financial department and the need for collaboration.

12. It also discusses the importance of maintaining a strong relationship with the external auditors.

13. The document concludes by reiterating the commitment to financial integrity and transparency.

14. It also mentions the importance of staying up-to-date with the latest financial regulations and standards.

15. The document further outlines the process for reviewing and updating the financial policies and procedures.

16. It also discusses the importance of maintaining a clear and concise financial reporting system.

17. The document concludes by emphasizing the need for continuous improvement in financial management.

18. It also mentions the importance of maintaining a strong financial foundation for the organization's future success.

19. The document further outlines the commitment to providing a high level of service to all stakeholders.

20. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

21. The document concludes by reiterating the commitment to financial excellence and transparency.

22. It also mentions the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

23. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

24. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

25. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

26. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

27. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

28. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

29. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

30. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

31. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

32. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

33. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

34. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

35. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

36. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

37. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

38. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

39. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

40. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

41. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

42. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

43. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

44. It also discusses the importance of maintaining a strong and healthy financial position.

45. The document further outlines the commitment to providing a high level of financial performance.

46. It also discusses the importance of maintaining a strong and sustainable financial future.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. ΓΕΝΙΚΑ

Η χρήση φέρουσας τοιχοποιίας (άοπλης και οπλισμένης) στις κατασκευές αποτελεί αντικείμενο έρευνας σε αρκετές σεισμογενείς χώρες, από το 1950 και μετά (Βαλκανικές χώρες, Ιταλία, Ν.Ζηλανδία, ΗΠΑ, Μεξικό, κλπ).

Σήμερα έχει αναγνωριστεί η πολιτισμική ανάγκη για διατήρηση του μνημειακού μας πλούτου, όμως παρουσιάζονται αρκετές δυσκολίες πάνω στο θέμα αυτό.

Είναι σε όλους γνωστή η έλλειψη κανονισμών (οικοδομικών). Οι σαφείς και αυστηροί κανονισμοί που ισχύουν για τις νέες κατασκευές δεν έχουν προφανώς εφαρμογή σε κτίσματα που αποτελούν μονάδες ανεξάρτητες ολοκληρωμένες με τους όρους και τις δυνατότητες μιας τεχνολογίας που είχε εφαρμογή στο παρελθόν.

Επιπλέον προκύπτει η ανάγκη να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά της κατασκευής, όπως είναι οι ιδιότητες και αντοχές των υλικών και των δομικών στοιχείων κλπ.

Επίσης πρόβλημα παρουσιάζεται στο επίπεδο μελέτης λόγω της έλλειψης στοιχείων για τον τρόπο μελέτης και κατασκευής του υφιστάμενου κτίσματος. Στις καινούργιες κατασκευές ο σχεδιασμός έχει στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφαλείας υπό καθορισμένες φορτικές καταστάσεις. Άντ' αυτού στα υφιστάμενα απαιτείται η διαγνωστική μελέτη συμπεριφοράς δεδομένων φορέων υπό φορτικές καταστάσεις που πιθανολογείται ότι υπήρξαν. Απαιτείται αιτιολόγηση της πραγματικής συμπεριφοράς με μόνο δεδομένο τις υπάρχουσες βλάβες, η καταγραφή των οποίων δεν μπορεί να γίνει σε όλη την έκταση που αυτές υπάρχουν.

Στα πλαίσια της εργασίας έχουμε μελετήσει τα επόμενα κεφάλαια:

1. Στο κεφάλαιο 1 ασχοληθήκαμε με τις βασικές αρχές μόρφωσης κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Αναλύεται εκεί η μορφή που πρέπει να έχει η κάτοψη, διαστάσεις, τα πάχη των στοιχείων που αποτελούν την τοιχοποιία καθώς και οι διαστάσεις των ανοιγμάτων, ώστε να εμφανίζει η τοιχοποιία



- επιθυμητή αντισεισμική συμπεριφορά.(Σύμφωνα με ελληνικούς κανονισμούς και τον Ευρωκώδικα 6)
2. Στο κεφάλαιο 2 ασχοληθήκαμε με τη μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας . Αναλύεται ο τρόπος με τον οποία συμπεριφέρεται η τοιχοποιία όταν υπόκειται σε διάφορες φορτίσεις, (θλίψη , εφελκυσμό , διάτμηση κλπ).
  3. Στο κεφάλαιο 3 ασχοληθήκαμε με τις πιθανές μορφές βλαβών της τοιχοποιίας. Αναλύονται όλες οι μορφές βλαβών που εμφανίζει η τοιχοποιία καθώς και η παθολογία των υλικών από τα οποία αποτελείται.
  4. Στο κεφάλαιο 4 ασχοληθήκαμε με τις μεθόδους ανάλυσης κατασκευών από τοιχοποιία. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η επιλογή του κατάλληλου προσομοιώματος και αναλύεται η συμπεριφορά της κατασκευής υπό τις επιλεγείσες ιδανικές συνθήκες.
  5. Στο κεφάλαιο 5 ασχοληθήκαμε με τις μεθόδους επισκευών – Επεμβάσεις. Αναλύονται σε κάθε περίπτωση οι τεχνικές επέμβασης για να αντιμετωπιστούν οι φθορές και οι βλάβες που εμφανίζει η τοιχοποιία .
  6. Ακολουθεί ένας επίλογος στον οποίο συνοψίζονται κάποια γενικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας (πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα).
  7. Στο τέλος της εργασίας παρατίθεται ένα παράρτημα με φωτογραφίες από κτίρια με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία. Σε αυτές τις φωτογραφίες είναι φανερό οι βλάβες που έχουν υποστεί με την πάροδο του χρόνου ή από σεισμό.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΗ

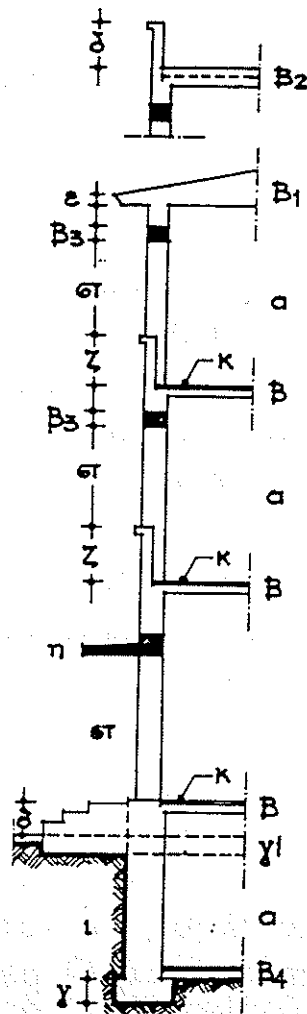
Σε πολλές από τις φωτογραφίες δεν είναι ευδιάκριτο αυτό που θέλουν να δείξουν κι αυτό γιατί φωτοτυπήθηκαν από βιβλία αφού δεν βρέθηκαν οι πρωτότυπες.

## **2. ΦΕΡΟΝΤΕΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ**

Βάση για τη διαμόρφωση του φέροντας οργανισμού αποτελεί η προσπάθεια εξασφάλισης ως προς αυτός πλήρους αντοχής για των αποτελεσματική αντιμετώπιση των καταπονήσεων, που πρόκειται να υποστεί.

Η συνηθέστερη περίπτωση καταπόνησης των στοιχείων των φερόντων οργανισμών στα οικοδομικά έργα, είναι με κατακόρυφες δυνάμεις κατά τον τρόπο δηλαδή που ενεργούν τα φορτία , ωφέλιμα ή νεκρά. Δεν είναι όμως σπάνιες οι καταπονήσεις των Φ.Ο. και από την επενέργεια δυνάμεων με άλλες κατευθύνσεις (περιπτώσεις αντιστηρίξεων , θολοδομικών κατασκευών, υδραυλικών πιέσεων , ωθήσεων ανέμου κλπ). Τέλος σε ειδικές περιπτώσεις υπάρχουν και άλλου τύπου καταπονήσεις , όπως από κραδασμό , σεισμικές δονήσεις , θερμικές διαστολές, εκρήξεις κλπ.

Η λεπτομερειακή μελέτη όλων των παραπάνω από άποψη ανάλυσης των δυναμικών ενεργειών του μεγέθους τους , των κατευθύνσεων και γενικά του τρόπου ενέργειάς τους της συχνότητας και της επίδρασης στα υλικά και τις κατασκευές αποτελεί θέμα άλλων περιοχών της τεχνικής επιστήμης όπως είναι η Μηχανική κι η Στατική γενικά και ειδικότερα των περιοχών οπλισμένου σκυροδέματος , σιδηρών κατασκευών κλπ. Για να αποκτηθεί μια σαφέστερη αντίληψη της κατασκευαστικής του συγκρότησης και για τη συσχέτιση των Φ.Ο. με τις υπόλοιπες οικοδομικές εργασίες , είναι απαραίτητη η γνώση ορισμένων βασικών εννοιών, σχετικά με τον φέροντα οργανισμό.



α: στοιχεία σε κατακόρυφη  
έννοια του φέροντα οργανώ-  
νιμου (τοιχοί - εν προκει-  
μένω).

β, β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>, β<sub>3</sub>: στοιχεία σε οριζόν-  
τια έννοια του Φ.Ο.

β: πατώματα

β<sub>1</sub>: στέγαση (με στέγη)

β<sub>2</sub>: » (με δώμα)

β<sub>3</sub>: ανώφλια

β<sub>4</sub>: δάπεδο σε επίκωση (μη  
φέρον)

γ: δεμέλιο (γ<sub>4</sub>: δεμέλιο κλι-  
μακος)

δ: σπηδαίο δώματος

ε: κορωνίδα

στ: ανοίγματα

ζ: σπηδαία παραθύρων (ποδιές)

η: ανώφλιο και πρόβολος  
στεγάστρου πόρτας

θ: βάση

ι: τοίχος υπόγειου

κ: δάπεδο

Τρόπος επάλληλης διάταξης στοιχείων του  
Φ.Ο. μαζί με τις διάφορες συμπληρωματικές  
κατασκευές (σε περίπτωση διαμόρφωσης μέσω  
τοιχοποιιών και πλακών οπλισμένου σκυροδέματος).

## **2.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗΣ ΤΩΝ Φ.Ο. ΚΤΙΡΙΩΝ**

Στους φέροντες οργανισμούς κτιριακών έργων διακρίνουμε κατά βάση :1. Φέροντα στοιχεία σε οριζόντια έννοια

2. Φέροντα στοιχεία σε κατακόρυφη έννοια(Σχ.

### **2.1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΝΝΟΙΑ**

Αυτά φέρουν κατά το πλείστο ωφέλιμα φορτία ή μέρος συγκεντρωμένων νεκρών και τα μεταφέρουν στα κατακόρυφα στοιχεία του Φ.Ο. , πάνω στα οποία και στηρίζονται.

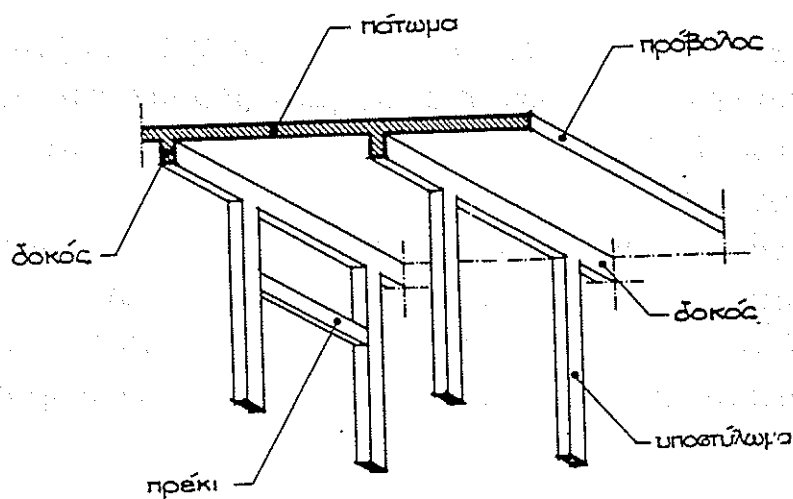
Στοιχεία σε οριζόντια έννοια είναι :

α) Τα ανώφλια ή υπέρθυρα (πρέκια). Είναι κατασκευές που γεφυρώνουν τα ανοίγματα και που μπορούν να φέρουν τα κανονικά και τα τυχόν συγκεντρωμένα από πάνω φορτία και να τα μεταφέρουν με ασφάλεια σε εκατέρωθεν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

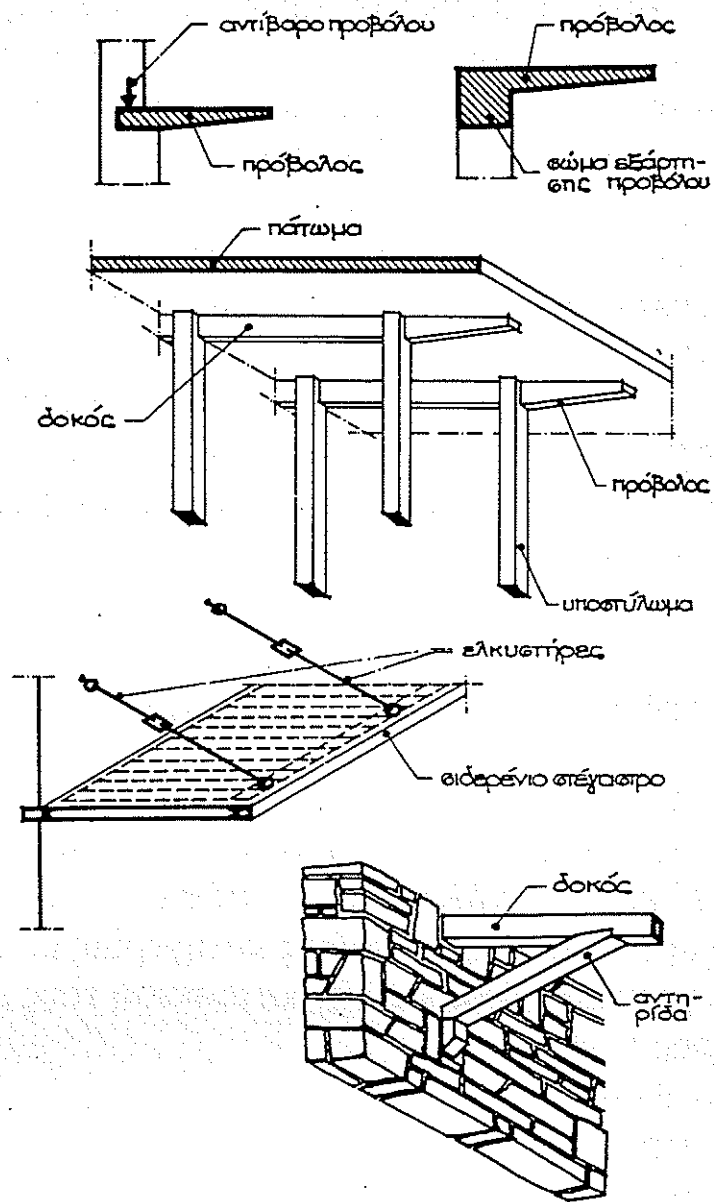
β) Οι δικοί. Είναι σώματα φέροντα με μεγάλο μήκος και μεγάλη αντοχή, σε σχέση προς την εγκάρσια διατομή τους και τον όγκο τους. Στηρίζονται με έδραση των άκρων τους στα εκατέρωθεν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία και μπορούν να φέρουν συγκεντρωμένα ή ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία.

γ) Τα πατώματα. Είναι κατασκευές που στηρίζονται στα κατακόρυφα στοιχεία του Φ.Ο. και οι οποίες φέρουν κυρίως τα ωφέλιμα φορτία.

Διαμορφώνονται υπό μορφή στοιχείων (μικρού πάχους σε σχέση με την έκτασή τους κατά την οριζόντια έννοια) πάνω από το κενό των χώρων. Έτσι με τα πατώματα αφ' ενός μεν εξασφαλίζονται επιφάνειες έδρασης ή μετακίνησης αντικειμένων και ατόμων , αφ' ετέρου δε διαμορφώνουν από πάνω κι από κάτω τους χώρους.



### Στοιχεία φερόντων οργανισμών



Στοιχεία φερόντων οργανισμών

δ) Τα δώματα . Είναι κατασκευές αντίστοιχης μορφής με τα πατώματα, αλλ' εξωτερικές. Χρησιμοποιούν στη στέγαση των κτιρίων και ταυτόχρονα στη διαμόρφωση εξωτερικής οριζόντιας ωφέλιμης επιφάνειας, που μπορεί να φορτιστεί και να χρησιμοποιηθεί σαν ταράτσα.

ε) Οι στέγες. Είναι κατασκευές μη βατές που φέρουν το ίδιο νεκρό φορτίο τους. Με τις στέγες διαμορφώνεται σύστημα γυρτών επιπέδων για τη στέγαση των κτιρίων και την πειθαρχημένη απορροή των βρόχινων νερών. Στην κατηγορία των στεγών μπορούμε να συμπεριλάβουμε και τις στέγες με μικρή κλίση ή ακόμη και γενικά τα μη βατά δώματα.

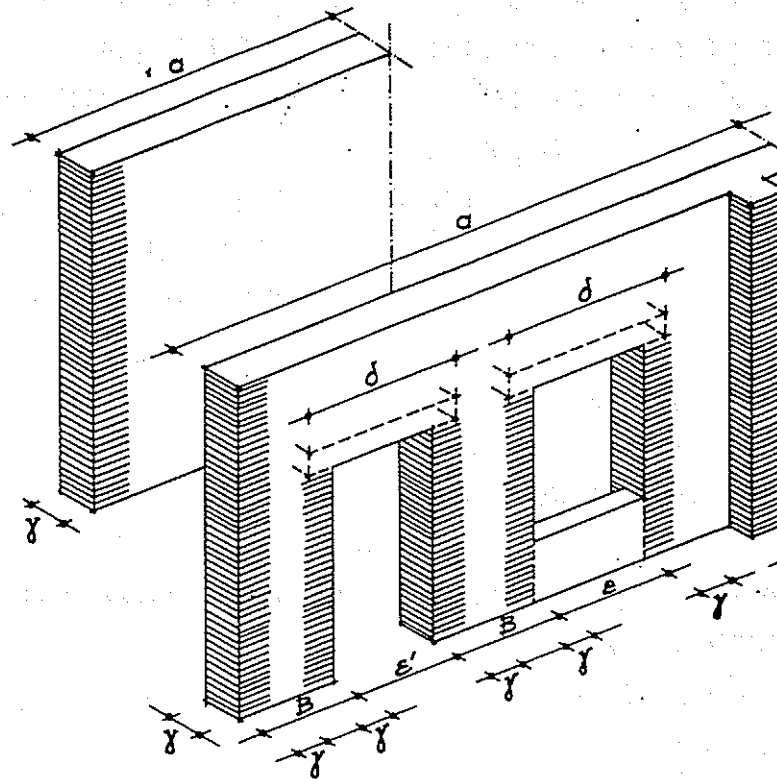
στ) Οι πρόβολοι. Είναι κατασκευές φέρουσες σε μορφή είτε επιμηκών σωμάτων με περιορισμένη εγκάρσια διατομή (παρόμοια με τις δοκούς) είτε εκτεταμένα στρώματα (παρόμοια με τις πλάκες) που εξαρτιούνται και στηρίζονται με το ένα τους άκρο σε άλλους φορείς και με το υπόλοιπο μέρος τους σε προβολή στο κενό, χωρίς στήριγμα.

### **2.1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΝΝΟΙΑ**

Τα στοιχεία, των φερόντων ορφανισμών σε κατακόρυφη έννοια φορτίζονται αφ' ενός μεν απ' τα οριζόντια που στηρίζονται σ' αυτά, και αφ' ετέρου ανάλογα με τη στάθμη τους με τα υπεράνω τους συνεχιζόμενα στοιχεία της ίδιας κατηγορίας με αυτά.

Ανάλογα με τη μορφή τους και την κατασκευή τους, έχουμε:

- α) τους τοίχους
- β) τα υποστυλώματα
- γ) τα τοιχώματα
- δ) τις αντηρίδες
- ε) τους κόμβους ακαμψίας
- στ) τους ελκυστήρες



- α : τοίχος
- β : πεσός
- γ : παρασπίδα ή πιλάτρο (κ. λαμπάς).
- δ : ανώφλιο ή υπέρθυρο (κ. πρέκι).
- ε : κατώφλιο ή σπηδαίο (κ. ποδιά).
- ε' : » (κ. ποδιά θύρας).

## Τοίχοι και ορολογία των διαφόρων μερών τους



α) Τοίχοι: Είναι κατασκευές φέρουσες πρισματικές, ορθογωνικής συνήθως μορφής με την οριζόντια διάστασή τους επιμήκη (μήκος του τοίχου) , σε σχέση προς την άλλη (πάχος του τοίχου) .

Όσον αφορά στην Τρίτη διάσταση (το ύψος ) αυτή ρυθμίζεται ανάλογα με το ύψος της κατασκευής του έργου.

Εκτός από την κατηγορία των τοίχων που κατασκευάζονται, για να φέρουν τα οριζόντια στοιχεία του Φ.Ο. των κτιρίων διακρίνουμε κι άλλους με την ίδια ή παρεμφερή μορφή και με ανάλογη ή διάφορη αντοχή (φέροντες ή όχι ) ή με άλλα γενικά κι ειδικά χαρακτηριστικά που εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς όπως :

-Τη σύνδεση των βασικών τοίχων του Φ.Ο. ή την αντιστήριξή τους, την ενίσχυσή τους και μέσον αυτών την ενίσχυση του συνόλου του Φ.Ο. σαν ενιαίου στερεού στο χώρο.

- Την έδραση πάνω σ' αυτούς των άλλων τοίχων υπερκειμένων ορόφων ή την αντιστήριξη ασταθών υλών, γαιών κλπ (τοίχοι αντιστήριξης)

- Τον διαχωρισμό των χώρων και τη διαμόρφωση των κτισμάτων

- Τη περιμάνδρωση

- Τη στήριξη τεχνικών έργων κλπ

Σαν μέρη των τοίχων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά διακρίνουμε:

1) Τις παραστάδες (λαμπάδες), που είναι τα ακραία τμήματα των τοίχων προς τα κουφώματα ή μεμονωμένες προεξοχές, που κατασκευάζονται με ειδική διαμόρφωση ανάλογα με τη μορφή του ανοίγματος , ή τη μορφή των παραστάδων κι έχουν ειδικό τρόπο κατασκευής για μεγαλύτερη αντοχή.

2) Τους πεσσούς που είναι μεμονωμένοι τοίχοι μικρού μήκους με ειδική ενισχυμένη κατασκευή κι αυτοί , όπως οι παραστάδες και δίνουν τελικά την εντύπωση μεγάλων υποστυλωμάτων.

3) Υποστυλώματα .Είναι μεμονωμένα στοιχεία με περιορισμένη εγκάρσια διατομή σε σχέση με το ύψος τους αλλά με αυξημένη αντοχή για την παραλαβή συγκεντρωμένων φορτίων. Σκοπός της διαμόρφωσής τους είναι ο περιορισμός του όγκου και του βάρους των κατακόρυφων στοιχείων και σε συνδυασμό με τις δοκούς ή επίτευξη μεγάλων ανοιγμάτων.

Στην κατηγορία των στοιχείων των Φ.Ο. σε κατακόρυφη έννοια διακρίνουμε και τα πιο κάτω ειδικότερα ενισχυτικά ή βοηθητικά για τη συγκρότησή τους .

4) Τοιχώματα ακαμψίας. Είναι στοιχεία με μορφή σχετική μ' εκείνη των συνδετικών τοίχων. Αυτά παρεμβάλλονται ανάμεσα στα φέροντα μέλη του οργανισμού, συνδέονται ισχυρά μ' αυτά κι είναι πολύ ανθεκτικά σε ισχυρές καταπονήσεις κατά την έννοια του επίπεδου, που εκτείνονται (αντισεισμικές κατασκευές).

5) Αντηρίδες. Είναι στοιχεία , που αντερίζουν και ανακουφίζουν άλλα φέροντα ή συνεργαζόμενα στην αντιμετώπιση σημαντικών καταπονήσεων ορισμένων σημείων ή περιοχών της κατασκευής σε οριζόντια ή κατακόρυφη έννοια.

6) Κόμβοι ακαμψίας. Είναι τοπικές ενισχύσεις σημείων ή περιοχών συναντήσεων ή διασταυρώσεων φερόντων στοιχείων. Μ' αυτή την ενίσχυση αφ' ενός εξασφαλίζεται η αποτελεσματική αντίδραση σε παραμορφώσεις κι η ακαμψία στις διάφορες συνδέσεις των επί μέρους φερόντων στοιχείων των κατασκευών κι ακόμα η αντοχή ολόκληρου του Φ.Ο. και αφ' ετέρου πετυχαίνεται η αύξηση των αποδόσεων με συντονισμένη αντίδραση των επί μέρους φερόντων στοιχείων, με συνέπεια τον περιορισμό του ίδιου όγκου και βάρους τους.

7) Ελκυστήρες. Είναι στοιχεία φέροντα με μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό. Σκοπό έχουν κυρίως την ανάρτηση ή και την σύνδεση ή και την ενίσχυση με αγκύρωση άλλων στοιχείων μεταξύ τους.

## 2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

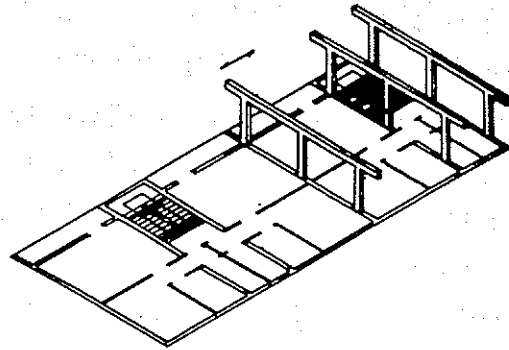
Οι φέροντες οργανισμοί διαμορφώνονται ανάλογα με το σκοπό τον οποίο πρόκειται να εξυπηρετήσουν με διάφορα δομικά υλικά μεγάλης αντοχής. Συνδυάζονται στατικά κατά διάφορους τρόπους, καθορίζονται τα στοιχεία τους και οι λοιπές λεπτομέρειές τους, με ειδικούς υπολογισμούς και τέλος κατασκευάζονται με διάφορους τρόπους.

Τα πλεονεκτήματα των φερόντων οργανισμών είναι :

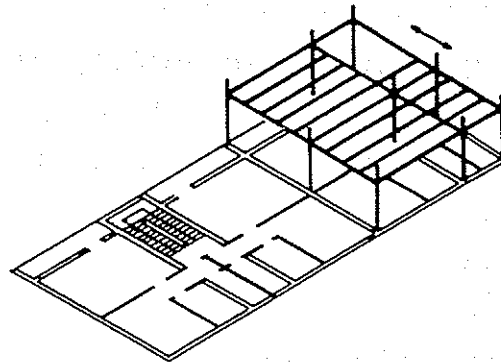
- Εξοικονόμηση χώρου
- Ελαστικότητα στον τρόπο σχεδιασμού του κτιρίου
- Μείωση των νεκρών φορτίων

Αυτά τα πλεονεκτήματα πάντως δεν κάνουν οικονομική κάθε κατασκευή φέροντα οργανισμού (π.χ. στην περίπτωση νεκρών μεμονωμένων κατοικιών). Έτσι, γενικά μπορεί να ειπωθεί, πως η κατασκευή φέροντος οργανισμού αρχίζει να γίνεται οικονομική, όταν το άνοιγμα των πατωμάτων είναι τέτοιο ώστε ν' απαιτείται η κατασκευή δοκών και υποστυλωμάτων, που να φέρουν σημαντικά φορτία τέτοια, ώστε το απαιτούμενο πάχος των τοίχων να είναι μεγαλύτερο των 50 εκατοστών. Στην περίπτωση βιομηχανοποιημένου συστήματος δόμησης είναι δυνατό να θεωρηθεί οικονομική η χρησιμοποίηση φέροντος οργανισμού ακόμη και για μικρά κτίρια. Αυτό, οφείλεται κυρίως στη σημαντική μείωση του χρόνου κατασκευής και στη μείωση των εργατικών χεριών, που εξυπακούει η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων. Οι κύριοι παράγοντες που πρέπει να παίρνονται υπόψη στην εκλογή του τύπου φέροντος οργανισμού που θα χρησιμοποιηθεί, είναι η αντοχή του, η σταθερότητά του κι η προσβολή τους από πυρκαϊά. Οι διάφοροι τρόποι διαμόρφωσης φερόντων οργανισμών είναι :

- από τουβλοδομή (οπτοπλινθοδομή)
- από σκυροδεμότουβλα (σκυροδεμόπλινθους)
- από χυτούς τοίχους
- από οπλισμένο σκυρόδεμα
- από σίδηρο
- από ξύλο



Φ.Ο. οπλισμένου εκκροδέματος.



Φ.Ο. από γιδερένιο σκελετό.

## Τρόποι διαμόρφωσης φερόντων οργανισμών

## 2.3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Τα υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται στην κατασκευή φερόντων οργανισμών μεγάλης κλίμακας είναι ο χάλυβας, το σκυρόδεμα (οπλισμένο ή προεντεταμένο). Τα διάφορα μίγματα αλουμινίου, ενώ για μικρής κλίμακας φέροντες οργανισμούς χρησιμοποιούνται εκτός από τα προηγούμενα υλικά και το ξύλο, οι τουβλοδομές, οι σκυροδεμοτουβλοδομές και οι χυτοί τοίχοι. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μεγάλης κλίμακας Φ.Ο. πρέπει να είναι μεγάλης αντοχής, σκληρά και μικρού βάρους. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή ενός υλικού, τόσο μεγαλύτερη είναι κι η αντίστασή του στις καταπονήσεις. Όσο σκληρότερο είναι ένα υλικό, τόσο μικρότερη η αλλοίωση του σκελετού και των στοιχείων του από τις διάφορες καταπονήσεις. Σαν μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων χρήσης υλικών διαφορετικής σκληρότητας είναι η αναλογία του ύψους, προς το άνοιγμα των χρησιμοποιούμενων δοκών. Όσο μικρότερα είναι τα νεκρά φορτία μιας κατασκευής, ως προς τα ωφέλιμα, τόσο οικονομικότερο είναι το κόστος της.

Επίσης, όσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή ενός υλικού σε σχέση με το βάρος του, τόσο πιο εξυπηρετική είναι η χρήση του σε φέροντες οργανισμούς. Ο χάλυβας είναι υλικό σκληρό με αντοχή και σε θλίψη και σε εφελκυσμό. Η χρήση του σε Φ.Ο. είναι οικονομική, γιατί φέρει σχετικά με τον όγκο του και το βάρος του μεγάλα φορτία, κι επίσης λόγω της σκληρότητάς του δεν αλλοιώνονται τα στοιχεία του Φ.Ο. από τις καταπονήσεις. Η αντοχή του είναι περίπου  $1400 \text{ Kg/cm}^2$ , εξαρτιέται όμως από την περιεκτικότητα σε άνθρακα. Μειονέκτημα του χάλυβα είναι η μικρή του αντοχή σε σεισμικές δυνάμεις κι η αλλοίωσή του σε πυρκαϊές. Το σκυρόδεμα ποικίλλει σε αντοχή ανάλογα με τις αναλογίες του μίγματος. Η αντοχή του σε θλίψη είναι περίπου το 1/16 του χάλυβα. Η σκληρότητά του σε εφελκυσμό είναι μηδέν. Για να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα αυτά, χρησιμοποιείται ο σιδερένιος οπλισμός απλούς ή προεντεταμένος.

Το ξύλο, ποικίλλει σε αντοχή και σε κάμψη μεταξύ 1/23-1/28 εκείνης του χάλυβα. Συγκριτικά με άλλα υλικά η σκληρότητα του είναι χαμηλή αλλά ανάλογα με το βάρος του, που είναι μικρό η

σκληρότητά του είναι ικανοποιητική. Χρησιμοποιείται πάντως σε μικρής κλίμακας φέροντες οργανισμούς.

### **2.3.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ**

Τα πλέον κατάλληλα υλικά για την κατασκευή πολυώροφων φερόντων οργανισμών είναι ο χάλυβας και το οπλισμένο σκυρόδεμα. Το ξύλο εκτός απ' τη χρήση του σε μικρά (έως τριώροφα) κτίρια, δεν χρησιμοποιείται. Τα διάφορα μίγματα αλουμινίου ποικίλλουν σε αντοχή κι έχουν περίπου τα  $\frac{3}{4}$  της αντοχής του χάλυβα, ενώ παράλληλα είναι περίπου κατά το  $\frac{1}{3}$  ελαφρότερα. Η χρήση του αλουμινίου είναι κατάλληλη σε φέροντες οργανισμούς στεγών, που φέρουν μικρά φορτία.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος για τη χρήση τους σαν υλικών δόμησης των Φ.Ο. είναι :

- η διαθεσιμότητα του υλικού (εμπόριο, βιομηχανία κλπ)
- η ικανότητα επεξεργασίας του υλικού από τα διαθέσιμα εργατικά χέρια.
- η ταχύτητα ανέγερσης
- η δυνατότητα τυποποίησης των διαστάσεων των στοιχείων του Φ.Ο.
- η απαιτούμενη πυροπροστασία

Παίρνοντας τους παράγοντες αυτούς υπόψη πρέπει να συγκρίνονται οι δυνατότητες για χρησιμοποίηση του χάλυβα ή του σκυροδέματος με σκοπό να είναι σαφείς οι συνέπειες απ' τη χρήση του ενός ή του άλλου υλικού.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes the need for transparency and accountability in financial reporting.

2. The second part of the document outlines the various methods and techniques used to collect and analyze data. It includes a detailed description of the experimental procedures and the statistical tools employed to interpret the results.

3. The third part of the document presents the findings of the study. It includes a series of tables and graphs that illustrate the key results and trends observed during the course of the research.

4. The final part of the document provides a summary of the conclusions drawn from the study. It discusses the implications of the findings and offers suggestions for further research in this area.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

**ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ  
ΦΕΡΟΝΤΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ –ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ-  
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ**



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
5708 SOUTH CAMPUS DRIVE  
CHICAGO, ILLINOIS 60637

## **1. ΓΕΝΙΚΑ**

Για την εξασφάλιση ικανοποιητικής αντισεισμικής συμπεριφοράς , αποδίδεται ιδιαίτερα μεγάλη σημασία , στην ορθή μόρφωση του φέροντα οργανισμού κτιρίων από τοιχοποιία.

Η επισταμένη ανάλυση των αιτιών των βλαβών που εμφανίστηκαν κατά τους σεισμούς των τελευταίων 30 – 40 ετών σε τέτοια κτίρια , κατέδειξε ότι για συνήθη κτίρια , με περίπου κανονική / συμμετρική τις περισσότερες φορές κάτοψη , όταν οι φέροντες τοίχοι ήταν συνδεδεμένοι μεταξύ τους στην στάθμη των δαπέδων και της οροφής , είτε με διαζώματα είτε με διαφράγματα , συμπεριφέρθηκαν ικανοποιητικά , ακόμη και στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν είχαν συνταχθεί αναλυτικοί υπολογισμοί , ούτε είχε γίνει ιδιαίτερος αντισεισμικός έλεγχος.

Παρακάτω αναλύονται κανόνες και γενικές συστάσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μόρφωση του φέροντα οργανισμού.

## **2. ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ**

### **2.1 ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ**

Το κτίριο πρέπει σε κάτοψη , κατά το δυνατόν , να είναι συμμετρικό , ώστε να αποφεύγεται η επιρροή της στρέψεως λόγω σεισμού και συνεπώς η συγκέντρωση βλαβών σε ορισμένες κρίσιμες περιοχές. Ενδείκνυται και η συμμετρική διάταξη των ανοιγμάτων σε κάτοψη. (Σχ. 2.1)

### **2.2 ΑΠΛΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΨΕΩΣ**

Οι απλές , τετραγωνικές ή ορθογωνικές κατόψεις είναι προτιμότερες , καθόσον συμπεριφέρονται καλύτερα , όταν υπόκεινται σε σεισμικές δράσεις. Είναι ανεκτές εξοχές και εσοχές στο κτίριο , εν κατόψει , όταν το βάθος εσοχής δεν

υπερβαίνει το 25% της αντίστοιχης διάστασης της πλευράς του κτιρίου. Ο λόγος των πλευρών του κτιρίου δεν μπορεί να υπερβαίνει το  $L / B = 3,5$  (Σχ. 2.2)

### **2.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΑΡΜΟΥΣ**

Όταν αρχιτεκτονικοί λόγοι , είτε η χρήση του κτιρίου επιβάλλουν τη μόρφωση μη συμμετρικής κάτοψης , τότε είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα , κανονικής μορφής , με αρμούς κατάλληλου πλάτους. (Σχ. 2.3)

Ελάχιστο πλάτος αρμού: 30mm (για 2-όροφα)

+10mm (για κάθε επιπλέον όροφο)

Κτιριοδομικός κανονισμός :

$50\text{mm} + H / 2000$

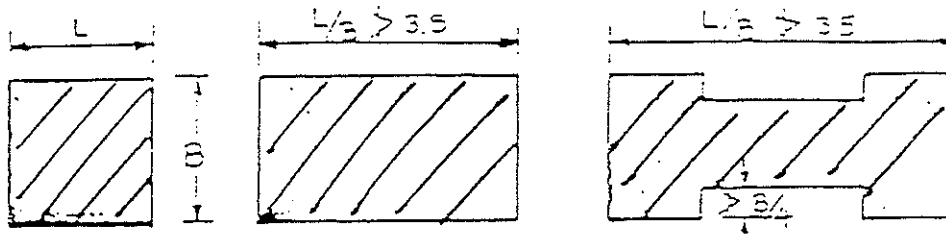
[H = μέγιστο ύψος κτιρίου(mm)]

### **2.4 ΑΠΛΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

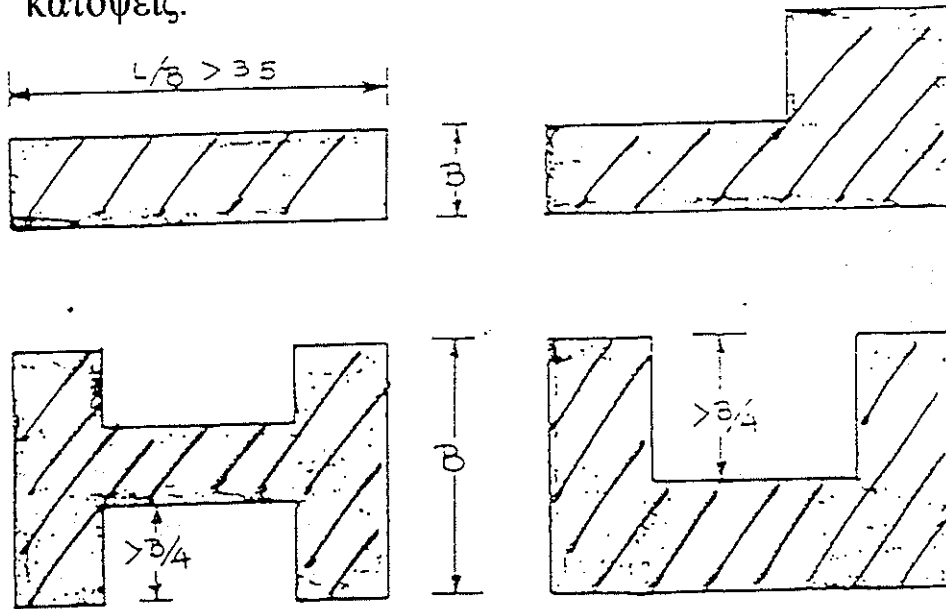
Συνιστάται το κτίριο στο σύνολό του , κατά το δυνατόν , να είναι απλό. Δηλαδή να αποφεύγονται τα υπερβολικά διακοσμητικά στοιχεία που προεξέχουν (κορνίζες – μαρκίζες) και οι μεγάλοι πλάτους εξώστες , σε πρόβολο. Όταν προβλέπονται τέτοια στοιχεία από την αρχιτεκτονική μελέτη , θα πρέπει να είναι οπλισμένα και να ακυρώνονται ασφαλώς στα φέροντα στοιχεία του κτιρίου (π.χ. επενδύσεις πέτρας – ορθομαρμαρώσεις).

### **2.5 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΟΨΕΩΣ**

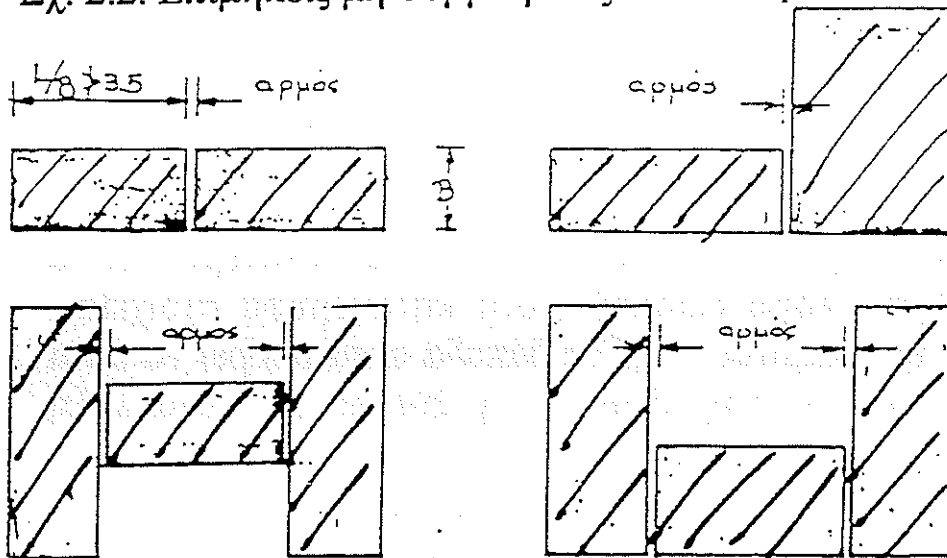
Για τη μείωση των επιδράσεων λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και ερπυσμού των δαπέδων από οπλισμένο σκυρόδεμα , καθώς και της διαφορικής καθίζησης σε μεγάλοι μήκους κτίρια , αλλά και για να αποφευχθούν οι δυσμενείς αλληλεπιδράσεις (ανωδομής – θεμελίωσης), λόγω διαφορετικών εδαφικών μετακινήσεων (στη περίπτωση σεισμού , πρέπει το συνολικό



Σχ. 2.1 Συμμετρικές, απλές, ορθογωνικές / επιθυμητές κατόψεις.



Σχ. 2.2. Επιμήκεις μη συμμετρικές / ανεπιθύμητες κατόψεις



Σχ. 2.3 Διαχωρισμός του κτιρίου σε επιμέρους συμμετρικά ορθογωνικά τμήματα.

ελάχιστο πλάτος αρμού  $\geq 30$  mm (για 2-όροφα)  
 $+ 10$  mm (για κάθε επιπλέον όροφο)  
 Κτιριοδομικός Κανονισμός:  $50 + H/2000$  (H=μέγιστο ύψος σε mm)  
 (αυτηρητικός !)

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΩΨΕΩΣ  
 $L_{max} \leq 40$  m (III)  
 $L_{max} \leq 50$  m (I, II)

Γενικές αρχές μορφώσεως του φέροντα οργανισμού σε κάτοψη

μέγιστο μήκος της πλευράς του κτιρίου ( $L_{max}$ ) , είτε του κάθε διακεκριμένου τμήματος να είναι:

$L_{max} < 40m$  για περιοχές μεγάλης σεισμικότητας (III).

$L_{max} < 50m$  για περιοχές μέτριας / μικρής σεισμικότητας (I,II).

Οι διαστάσεις αυτές , στην περίπτωση μη συνεκτικών εδαφών και σε κακές εδαφικές συνθήκες , θα πρέπει να περιορίζονται , εξαρτώμενες κύρια από τα εδαφικά χαρακτηριστικά.

## **2.6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΙΧΩΝ**

Για να επιτύχουμε ικανοποιητική συμπεριφορά του κτιρίου , όταν υπόκειται σε σεισμική καταπόνηση , θα πρέπει οι φέροντες τοίχοι να είναι ομοιόμορφα ισοκαταναμημένοι και κατά τις δύο διευθύνσεις και σε αριθμό (επιφάνεια) και ως προς την φέρουσα ικανότητα / αντοχή τους , ώστε να παραλαμβάνουν τα σεισμικά φορτία και να αποφεύγονται οι εκκεντρότητες. (Σχ.2.4)

## **2.7 ΑΚΑΜΨΙΑ ΔΑΠΕΔΩΝ**

Οι φέροντες τοίχοι πρέπει να είναι ακλόνητα συνδεδεμένοι με τις πλάκες των δαπέδων. Τα δάπεδα των ορόφων πρέπει να εξασφαλίζουν την διαφραγματική λειτουργία (επαρκώς άκαμπτα στο οριζόντιο επίπεδο) , ώστε να κατανέμονται τα οριζόντια φορτία λόγω σεισμού , στα κατακόρυφα στοιχεία , ανάλογα με την ακαμψία τους. Τα δάπεδα αυτά μπορεί να είναι πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος ή ξύλινα με κατάλληλη ενίσχυση.

Η εξασφάλιση επαρκούς ακαμψίας στο οριζόντιο επίπεδο και στη στάθμη οροφής κάτω από κεραμοσκεπή , χωρίς πλάκα Ο.Σ. είναι ένα σοβαρό πρόβλημα και αντιμετωπίζεται με διάφορες τεχνικές (πύκνωση εγκάρσιων , χιαστή συνδέσεων , τοποθέτηση ενατήρων , άκαμπτα δικτυώματα , chainage , κ.α.) (Σχ. 2.7 , 2.8)

## **2.8 ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΠΑΧΗ ΤΟΙΧΩΝ**

Τα πάχη των φερόντων τοίχων πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον :

$\min t_w = 200\text{mm}$  για τεχνητά λιθοσώματα (τούβλα , blocks).

$\min t_w = 400\text{ mm}$  για φυσικούς λίθους.

Ειδικά για άοπλη τοιχοποιία :  $\min t_w = 300\text{mm}$

## **2.9 ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ**

Για τα διάφορα συστήματα δόμησης , οι μέγιστες αποστάσεις (L) μεταξύ φερόντων τοίχων εξαρτώνται και από τη σεισμικότητα της περιοχής , όπου κατασκευάζονται εκτός από :

- το πάχος των τοίχων
- το μέγεθος των κατακόρυφων φορτίων τους
- την αντοχή σε κάμψη κάθετα στο επίπεδο λόγω σεισμού.
- Στον Πίνακα 1 δίδονται οι συνιστώμενες μέγιστες αποστάσεις μεταξύ φερόντων τοίχων.

## **2.10 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΚΑΜΨΙΩΝ**

Η κατανομή της ακαμψίας και σε κάτοψη , αλλά και καθ' ύψος , θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη. Έντονες αλλαγές της ακαμψίας των ορόφων , λόγω μεταβολής της κάτοψης είτε του περιγράμματος (εσοχές – εικες) , οδηγούν σε συγκέντρωση των βλαβών στις κρίσιμες αυτές περιοχές.

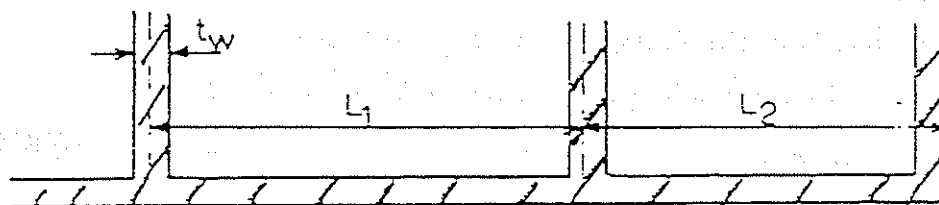
(Σχ. 2.5).

## **2.11 ΜΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Σε πολλές περιπτώσεις κατασκευών , τα φέροντα στοιχεία είναι και από τοιχοποιία και από οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνίσταται να αποφεύγονται , εκτός αν εφαρμοστεί ειδική ανάλυση. Όταν η χρήση μεμονωμένων στοιχείων από Ο.Σ. δεν μπορεί να αποφευχθεί , όπως στις απλές περιπτώσεις προσθήκης κατ' επέκταση ή καθ' ύψος με υποστυλώματα ή σε συνήθεις οικοδομές όπου κατασκευάζεται είτε διατηρείται το εξωτερικό

Πιν . 1. Συνιστώμενες μέγιστες αποστάσεις μεταξύ φερόντων τοίχων (L σε m)

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΟΜΗΣΗΣ	ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ		
	ΧΑΜΗΛΗ Ι	ΜΕΤΡΙΑ (ΙΙ)	ΥΨΗΛΗ (ΙΙΙ)
ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ/ ΛΙΘΟΔΟΜΗ	4.50	4.50	4.50
ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	10.00	8.00	6.00
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΗ/ ΟΠΛ. ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	15.00	12.00	8.00



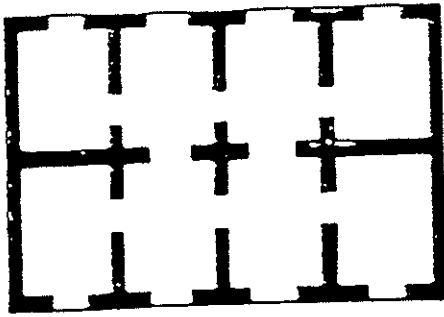
Πέραν από τη χρησιμοποίηση των ως άνω τιμών του Πίνακα η προκύπτουσα διάταξη των τοίχων δεν απαλλάσσει από τους απαιτούμενους υπολογισμούς. Καθοριστικοί παράγοντες είναι η φέρουσα αντοχή σε θλίψη λόγω κατακόρυφων φορτίων και η κάμψη εκτός του επιπέδου των τοίχων.

#### Ελάχιστα πάχη τοίχων

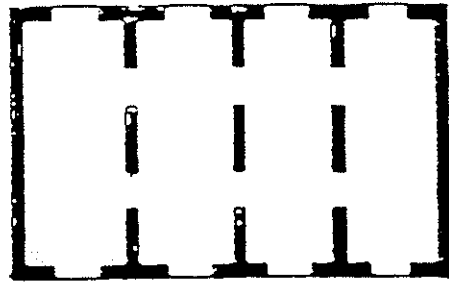
$\min t_w = 200 \text{ mm}$  για τεχνητά λιθοσώματα (τούβλα – blocks)

$\min t_w = 400 \text{ mm}$  για φυσικούς λίθους

$\min t_w = 300 \text{ mm}$  ειδικά για άοπλη τοιχοποιία.

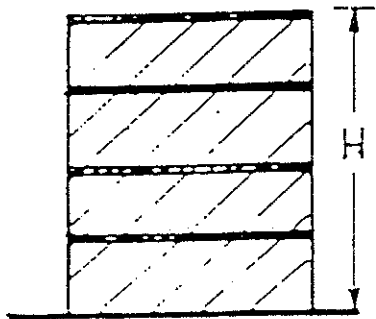


ομοιόμοφα ισοκατανεμημένα τοίχα

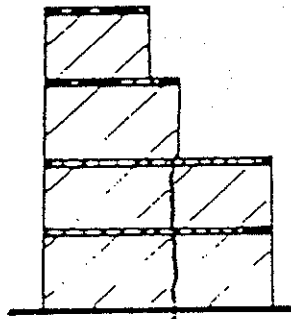


ανεπαρκής διάταξη στη μία διεύθυνση

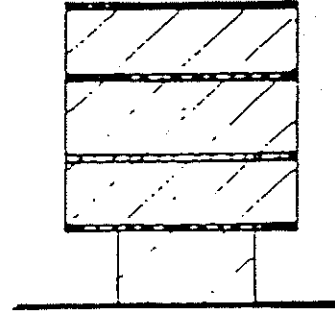
Σχ. 2.4 Διάταξη φερόντων τοίχων



επιβεβλητή ομοιομορφία

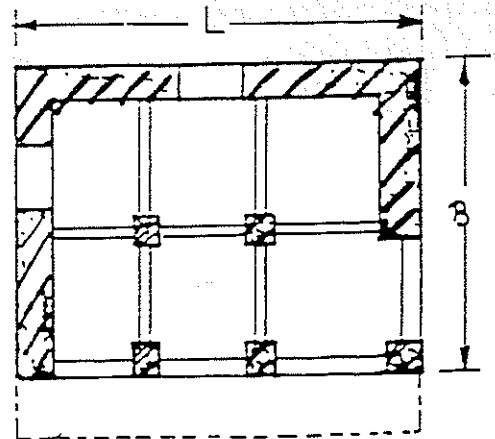
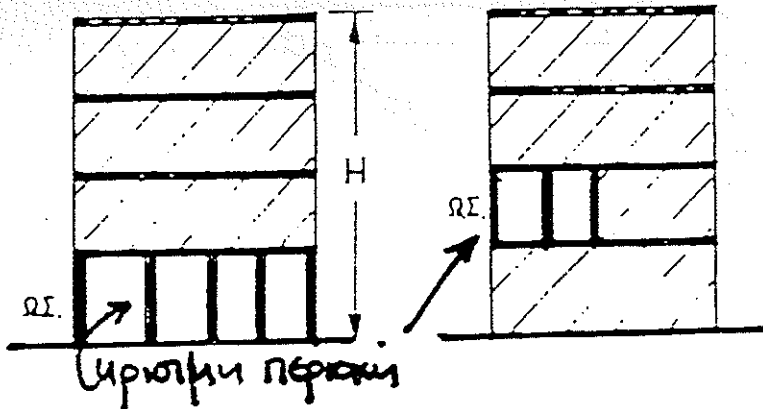


δεν ενδείκνυται



απαγορεύεται

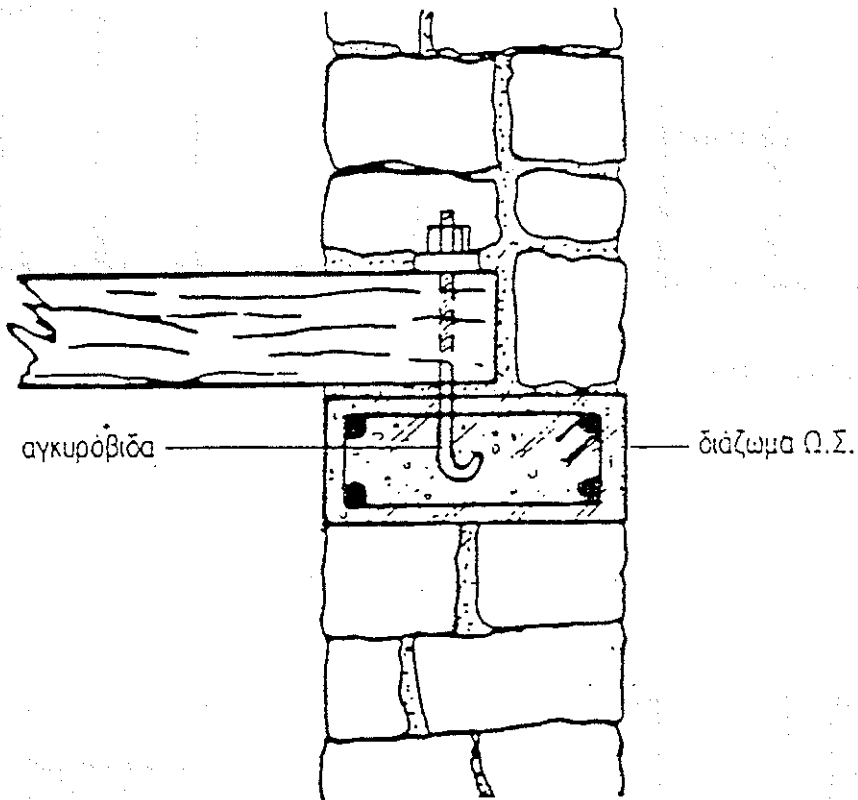
Σχ. 2.5 Κατανομή ακαμψιών καθ' ύψος του κτιρίου



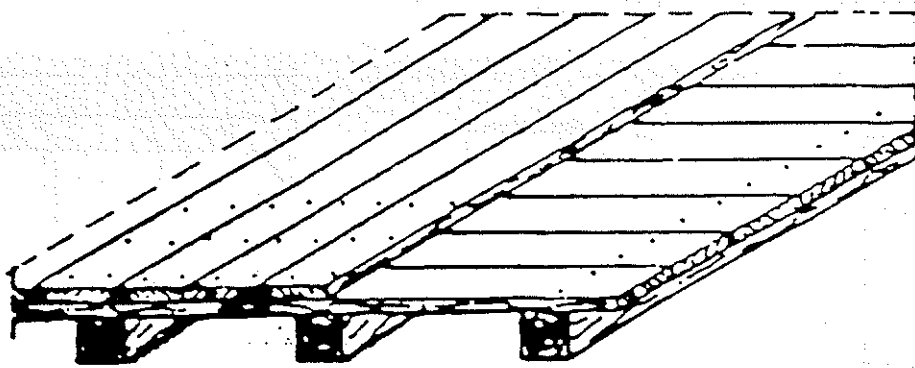
Πρέπει να αποφεύγονται, άλλως ειδική ανάλυση!  
 Το σύνολο του σεισμικού φορτίου αναλαμβάνεται από την τοιχοποιία!

Σχ. 2.6 Μικτά συστήματα δόμησης Ο.Σ. / Τοιχοποιίας





Σχ. 2.7 Αγκύρωση ξύλινων δοκών δαπέδου σε διάζωμα Ο.Σ.



Σχ. 2.8 Αύξηση ακαμψίας ξύλινου δαπέδου

κέλυφος με φέρουσα τοιχοποιία και εσωτερικά κεντρικοί στύλοι , τότε κατά τον αντισεισμικό κανονισμό υπολογισμό , θα θεωρείται ότι το σύνολο του σεισμικού φορτίου αναλαμβάνεται αποκλειστικά από την τοιχοποιία (Σχ. 2.6).

## **2.12 ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ**

Το μέγιστο ύψος (H) και ο αριθμός ορόφων (η) των κτιρίων από τοιχοποιία , εξαρτάται αποκλειστικά από το σύστημα δόμησης και την ζώνη σεισμικότητας της περιοχής. Το μέγιστο ύψος μετράται από το περιβάλλον έδαφος ή από το δάπεδο του ισογείου. Εάν το δάπεδο του ισογείου είναι υπερυψωμένο πέραν του 1,50 m από το περιβάλλον έδαφος , τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη και το υπερυψωμένο υπόγειο στον προσδιορισμό του μέγιστου ύψους και του αριθμού των ορόφων.

Στον Πίνακα 2 δίδονται τα μέγιστα συνιστώμενα συνιστώμενα ύψη (H σε m ) και ο αριθμός των επιτρεπομένων ορόφων (η) ανάλογα με τη ζώνη σεισμικότητας.

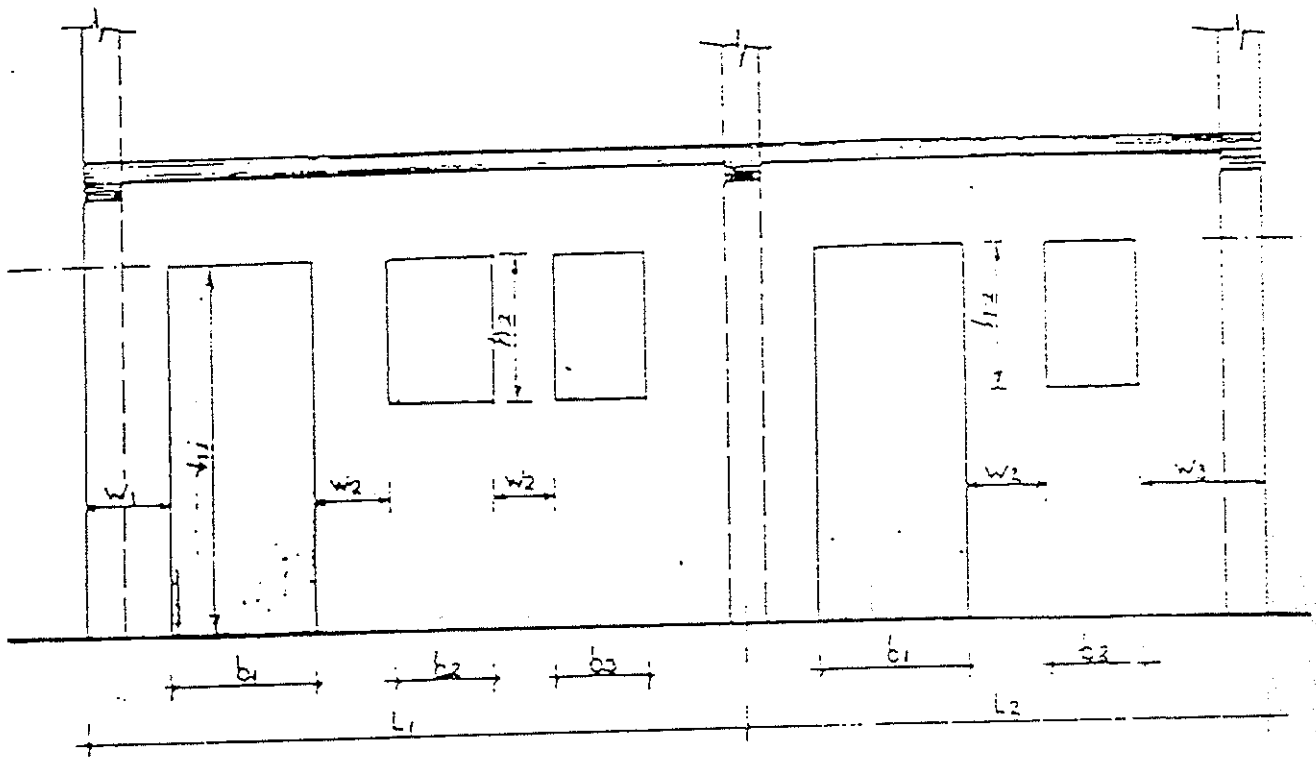
Ειδικώς για τα κτίρια από λιθοδομή , ακόμη και σε ζώνη χαμηλής σεισμικότητας (I) συνίσταται να περιορίζονται σε δύο ορόφους με μέγιστο ύψος  $H = 6.00 \text{ m}$  .

## **2.13 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ**

Η εμπειρία έχει αποδείξει , ότι ο ρόλος του μεγέθους και της θέσεως των ανοιγμάτων , στην αντοχή και την ακαμψία των πεσσών των κτιρίων από τοιχοποιία είναι πολύ σημαντικός. Συνήθως οι διάφορες ρηγματώσεις , αρχίζουν στις περιοχές γύρω από τα ανοίγματα , είτε κατά τη διάρκεια του σεισμού , είτε και λόγω άλλων αιτιών (π.χ. καθιζήσεις , φαινόμενο θόλου). Συνεπώς είναι σκόπιμο να τηρούνται οι παρακάτω συστάσεις , σε ό,τι αφορά τις διαστάσεις και τη θέση των ανοιγμάτων. (Σχ.2.9)

- Πρέπει να διατάσσονται συμμετρικά στην κάτοψη και να μην μετακινούνται από όροφο σε όροφο , εξασφαλίζοντας ομοιόμορφη κατανομή της ακαμψίας και της αντοχής και στις δύο διευθύνσεις του κτιρίου.

- Θα πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα σε εκείνους τους φέροντες τοίχους , οι οποίοι υπόκεινται σε χαμηλή σχετικά ένταση από τα κατακόρυφα φορτία (π.χ. λιγότερα ανοίγματα σε κεντρικούς τοίχους ή κάτω από προβόλους).
- Πρέπει να τοποθετούνται εκτός των περιοχών , οι οποίες καταπονούνται άμεσα με συγκεντρωμένα φορτία (π.χ. στηρίξεις δομικών , είτε υπερκείμενα κατακόρυφα διαζώματα , τα οποία κατασκευάζονται συνήθως στις γωνίες και στις θέσεις συνδέσεως των εγκάρσιων τοίχων).
- Όλα τα πρέκια πρέπει να βρίσκονται στην ίδια στάθμη .
- Δεν πρέπει να διακόπτουν διαζώματα και διαφράγματα (δάπεδα).
- Το συνολικό μήκος των ανοιγμάτων σε κάθε τοίχο , δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το ήμισυ του συνολικού μήκους του τοίχου.
- Η ελάχιστη επιφάνεια της διατομής των φερόντων τοίχων , σε κάθε όροφο , πρέπει να υπερβαίνει το ήμισυ του συνολικού μήκους του τοίχου.
- Η ελάχιστη επιφάνεια της διατομής των φερόντων τοίχων , σε κάθε όροφο , πρέπει να υπερβαίνει το ποσοστό 4% του εμβαδού της κατόψεως , σε κάθε διεύθυνση.



Σχ.2.9 Επιτρεπόμενες αποστάσεις ανοιγμάτων

Για κάθε τοίχο πρέπει να ισχύουν :

$$\sum b_i < 0.50 L$$

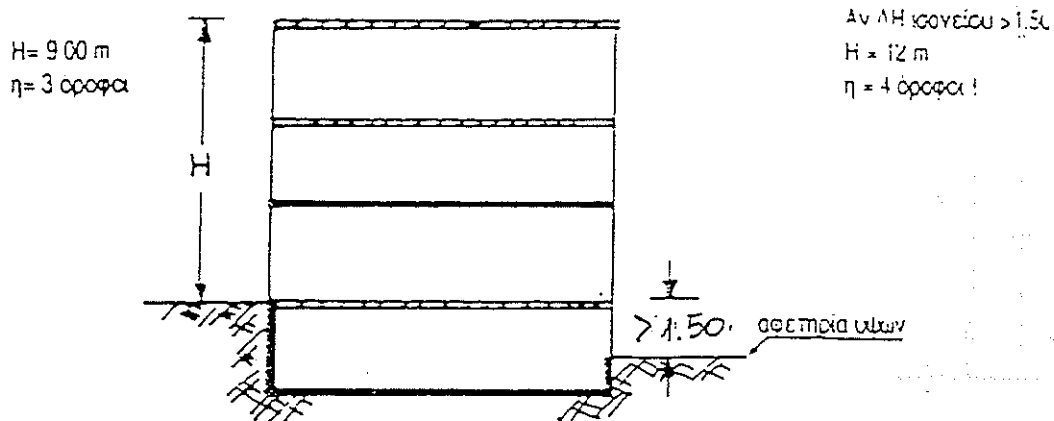
$$W1 > 0.50 h1, W3 > 0.50 h2 \quad \begin{cases} \geq 150 \text{ mm για σεισμικότητα III} \\ \geq 100 \text{ mm για σεισμικότητα I, II} \end{cases}$$

$$W2 > 0.50 \min(h1, h2) \quad \geq 100 \text{ mm για σεισμικότητα I, II, III}$$

$$\sum A_w > 0.04 \lambda A \text{ σε κάθε διεύθυνση (A = αβραδών κατόψεις)}$$

Στην περίπτωση κατά την οποία, οι διαστάσεις των ανοιγμάτων υπερβαίνουν τις διαστάσεις οι οποίες αναφέρονται προηγουίνα σε ποσοστό > 30%, τότε απαιτείται να κατασκευάζονται διαζώματα Ω.Σ. ή να τοποθετείται οπλισμός γύρω από αυτά τα ανοίγματα.

- Συμμετρική διάταξη
- Όχι συγκεντρωμένα φορτία
- Ίδια στάθμη πρεκιών
- Όχι διακοπή δαπέδων
- $\sum W_i \leq \sum l_i / 2$
- Σημαντική επίδραση στην διατμητική αντοχή και ακαμψία κάθε τοίχου (Α.Τ και Ο.Τ)



Πιν . 2. Συνιστώμενα μέγιστα ύψη (H σε m) και αριθμός ορόφων (η)

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΟΜΗΣΗΣ	ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ					
	ΧΑΜΗΛΗ (I)		ΜΕΤΡΙΑ (II)		ΥΨΗΛΗ (III)	
	H	η	H	η	H	η
ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ	3.00	1	3.00	1	3.00	1
ΛΙΘΟΔΟΜΗ	6.00	2	6.00	2	3.00	1
ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	9.00	3	6.00	2	3.00	1
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΗ/ ΟΠ.ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ	18.00	5	14.00	4	11.00	3

- ❖ Ειδικώς για κτίρια από λιθοδομή , ακόμα και σε ζώνη (I) χαμηλής σεισμικότητας , συνιστάται να περιορίζονται σε (2) ορόφους με μέγιστο ύψος  $H = 6.00 \text{ m}$ .

## 2.14 ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ

Πρέπει να διατάσσονται στη στάθμη των δαπέδων όλων των ορόφων και στη στέψη όλων των φερόντων και μη – τοίχων (κάτω από τη στέγη και στη στέψη των θεμελίων). Η παρουσία τους έχει αποδειχθεί σωτήρια ενώ αντίθετα σε πολλά παραδοσιακά ή παλιά κτίρια, όπου δεν έχουν κατασκευαστεί διαζώματα οπλισμένου σκυροδέματος αποτέλεσαν την κύρια αιτία αποκολλήσεων ακόμη και καταρρεύσεων τοίχων ή και ολόκληρων τμημάτων.

Τα διαζώματα αντιπροσωπεύουν ένα πλαισιακό σύστημα στο οριζόντιο επίπεδο το οποίο :

- Μεταφέρει τα οριζόντια σεισμικά φορτία από τα οριζόντια διαφράγματα (πλάκες, πατώματα) στους φέροντες τοίχους.
- Συνδέει ικανοποιητικά τους φέροντες τοίχους και εμποδίζει την αποκόλληση των εγκάρσιων τοίχων στις γωνίες των συνδέσεων.
- Σε συνδυασμό με κατακόρυφα διαζώματα στις συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων και στις γωνίες του κτιρίου (ενδεχομένως και εκατέρωθεν μεγάλων ανοιγμάτων), συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της αντοχής και της πλαστιμότητας της τοιχοποιίας.
- Για την εξασφάλιση επαρκούς σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων φερόντων τοίχων καθώς και τοίχων ακαμψίας, πρέπει οι δύο τοίχοι να έχουν κατασκευαστεί από υλικά με ανάλογη συμπεριφορά σε παραμορφώσεις, να έχουν κτιστεί ταυτόχρονα και να είναι επαρκώς συνδεδεμένοι με φουρκέτες οπλισμού και ράβδους αγκυρώσεως, οι οποίες αναλαμβάνουν τις εφελκυστικές τάσεις κατά μήκος της συνδέσεως (Σχ. 2.15, 2.16, 2.17).
- Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων στην περίπτωση προκατασκευασμένων στοιχείων πλακών των δαπέδων. Όταν το ύψος του ορόφου υπερβαίνει τα 4.00m, πρέπει να κατασκευάζονται και ενδιάμεσα διαζώματα (Σχ. 2.10 – 2.14). Ειδικά σε ζώνες σεισμικότητας (II) και (III) η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ διαζωμάτων δεν υπερβαίνει τα 3.00 m.

## **2.15 ΠΡΟΒΟΛΟΙ – ΜΑΡΚΙΖΕΣ**

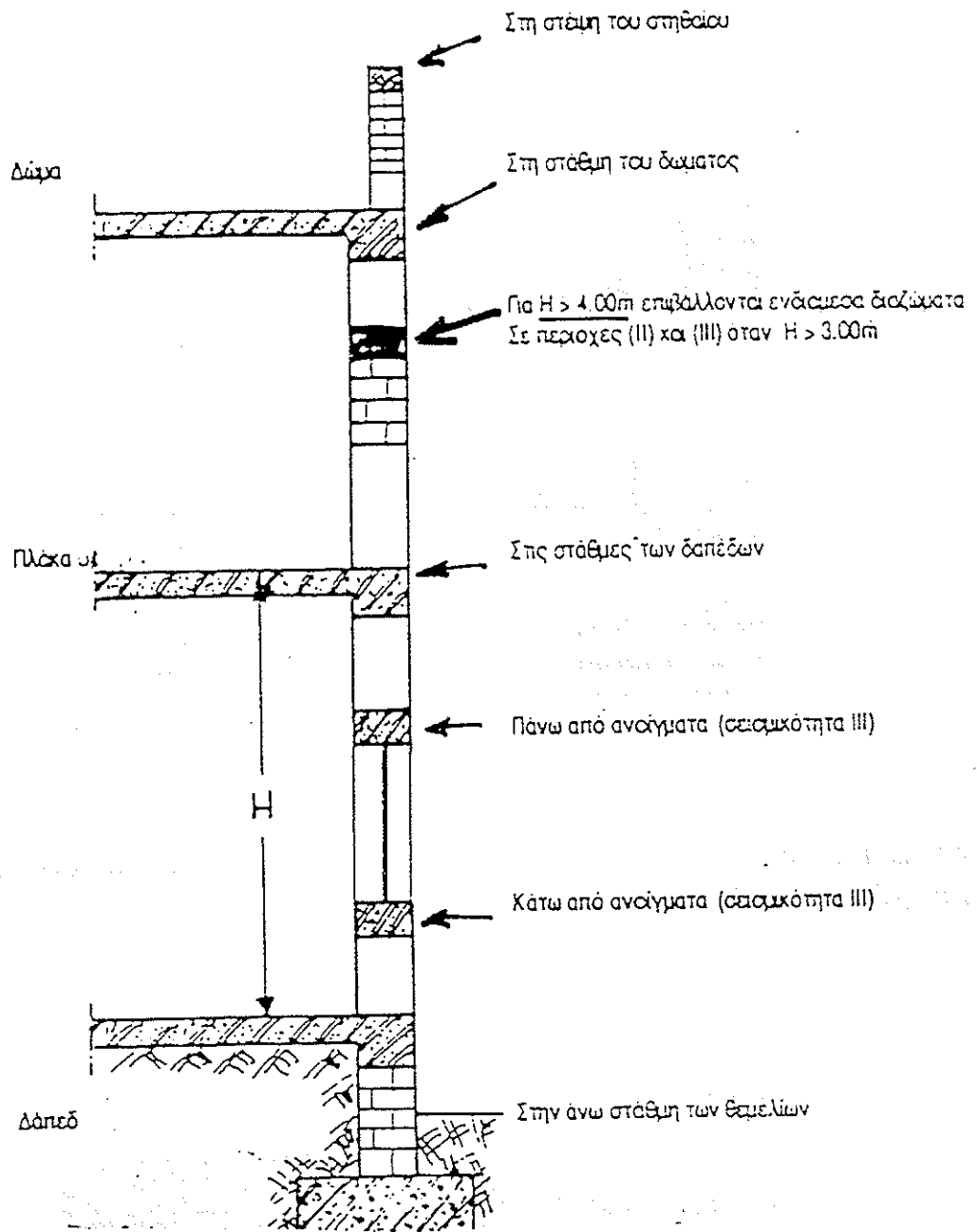
Μέγιστο μήκος προβόλων (L) σε συνέχεια με τη πλάκα δαπέδου οπλισμένου σκυροδέματος (Σχ. 2.18, 2.19) :

$L > 1.20$  m σε περιοχές μικρής και μέσης σεισμικότητας

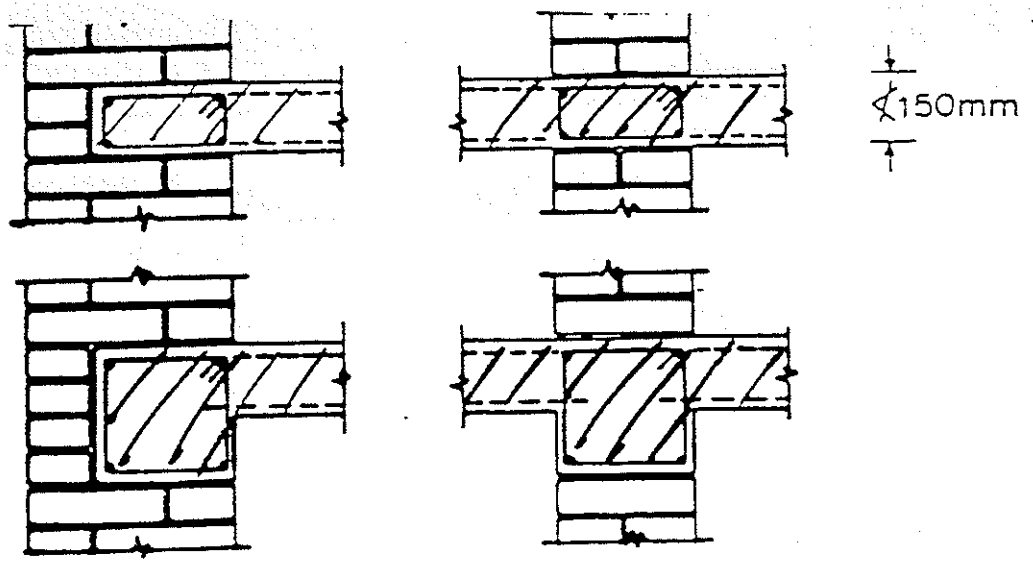
$L > 1.00$  m σε περιοχές μεγάλης σεισμικότητας

$L > 0.50$  m για μαρκίζες

Απαγορεύεται η έδραση φερόντων τοίχων σε προβόλους.

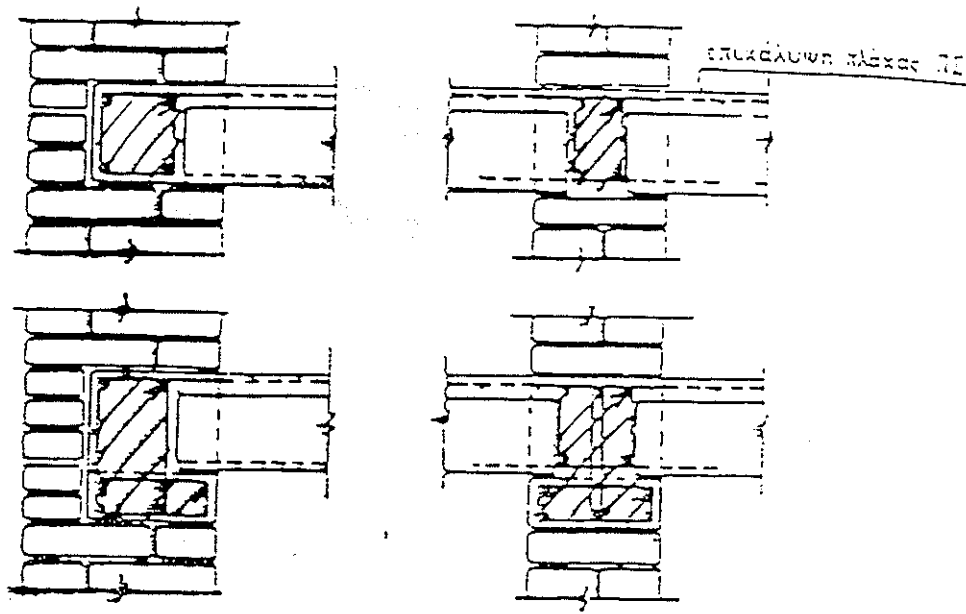


Σχ.2.10 Διάταξη διαζωμάτων

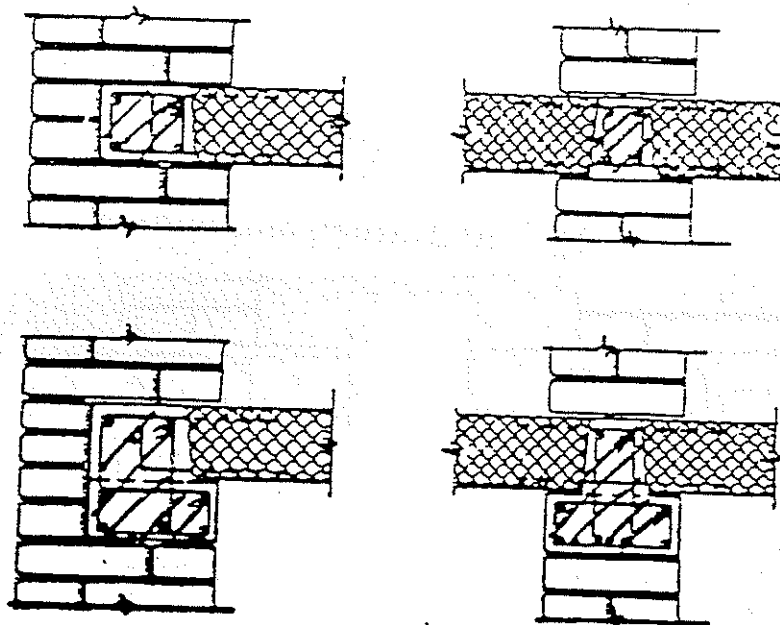


Σχ. 2.11 Διαζώματα Ο.Σ. στην περίπτωση πλάκας από έγχυτο σκυρόδεμα

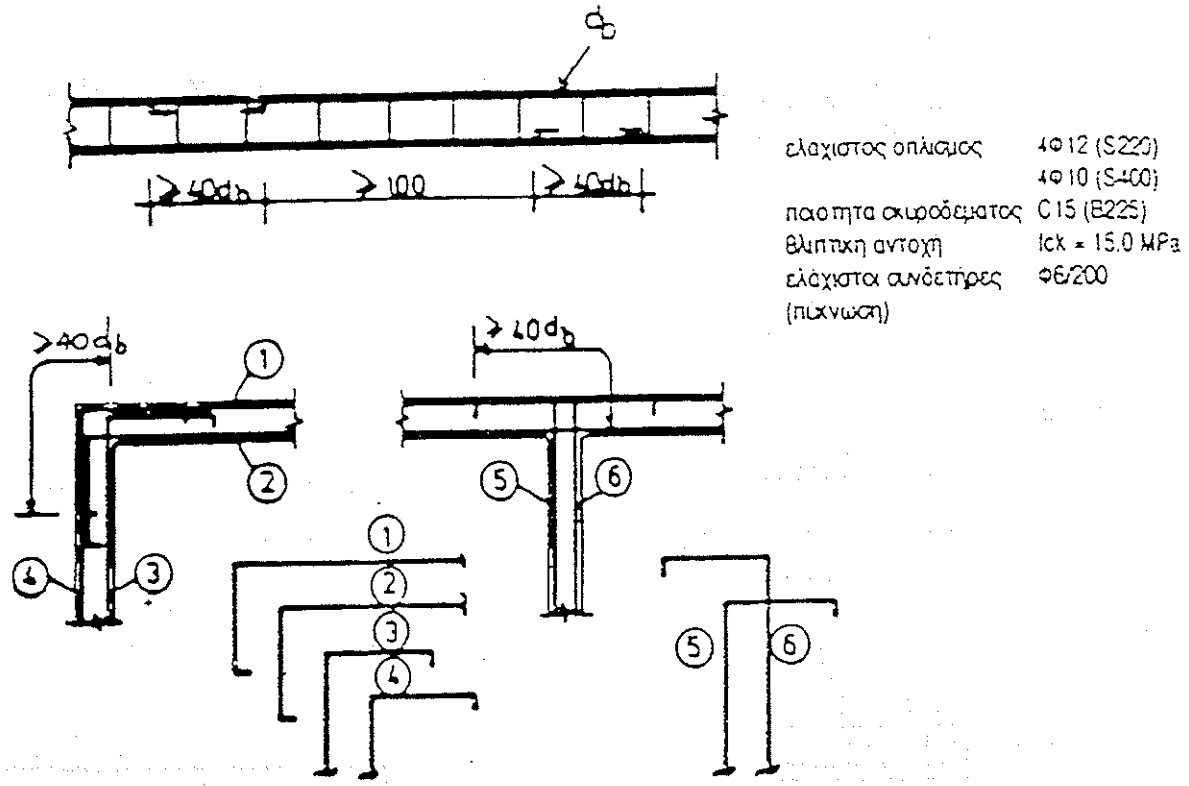




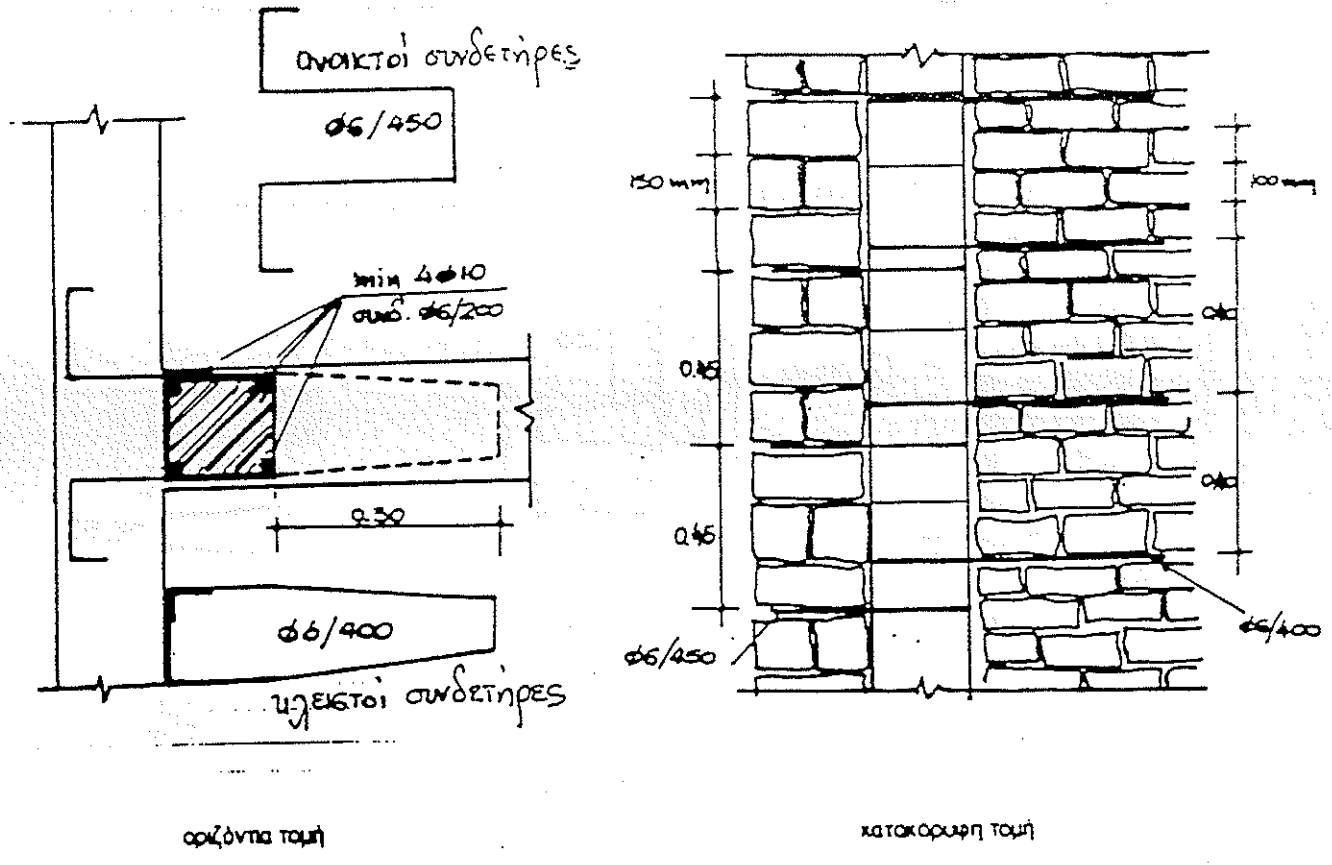
Σχ. 2.12 Διαζώματα Ο.Σ σε προκατασκευασμένα δάπεδα με επικάλυψη Ο.Σ.



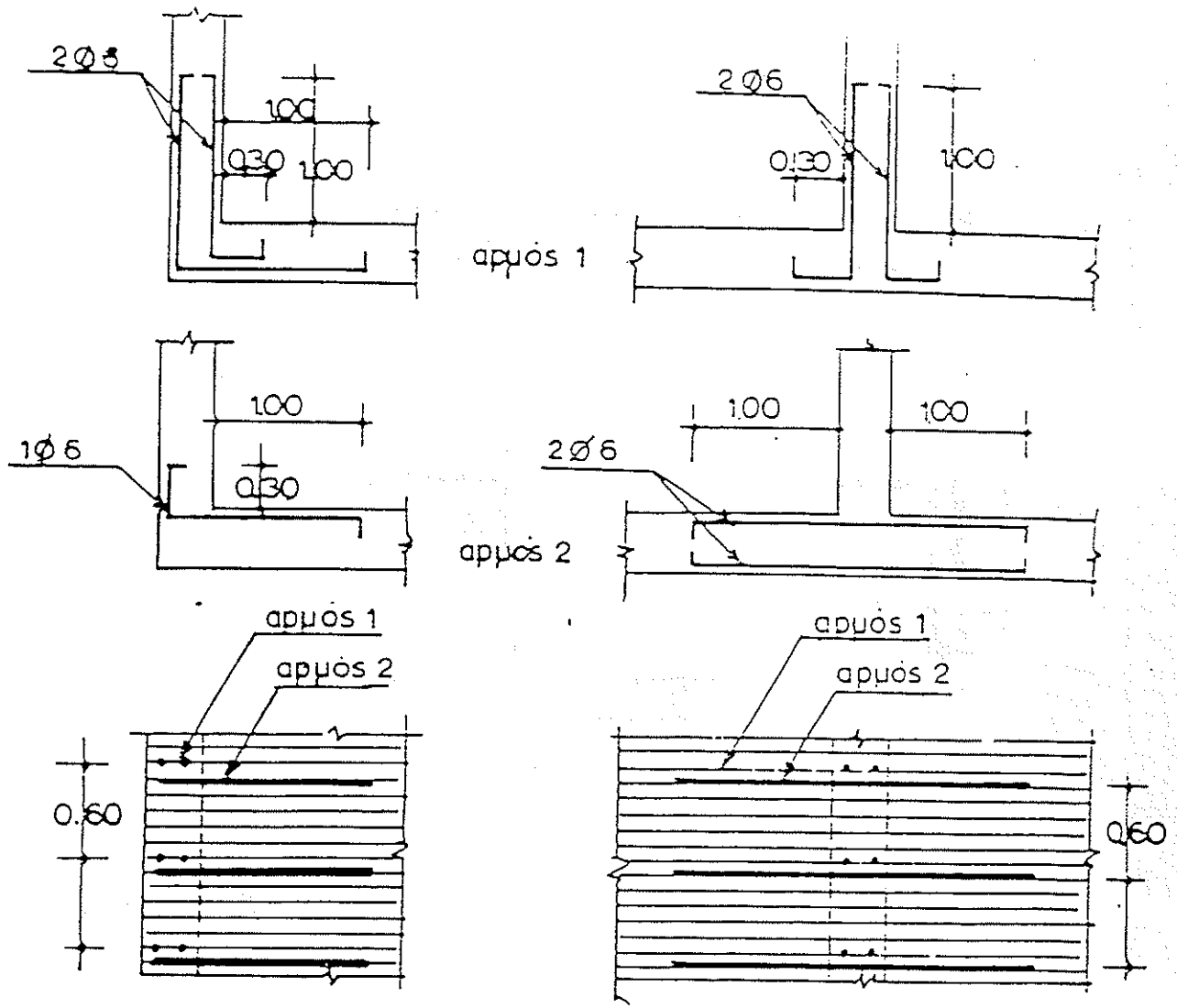
Σχ. 2.13 Διαζώματα Ο.Σ στη περίπτωση πρόχυτων πλακών



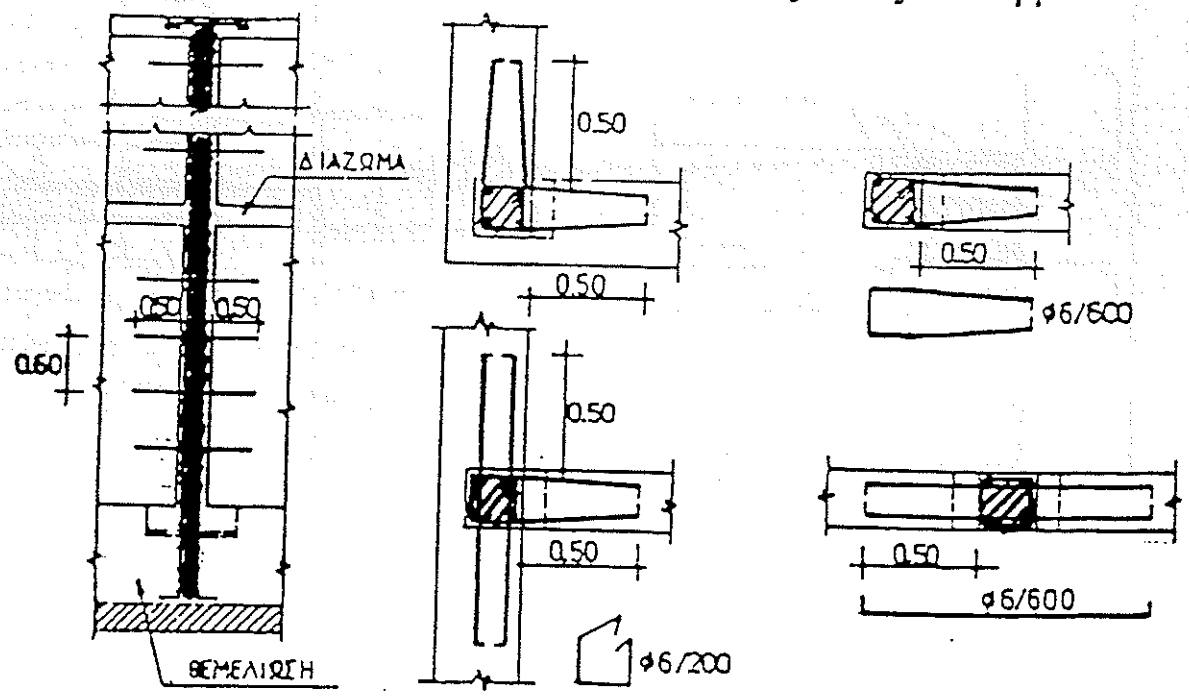
Σχ. 2.14 Διάταξη οπλισμού οριζόντιων διαζωμάτων



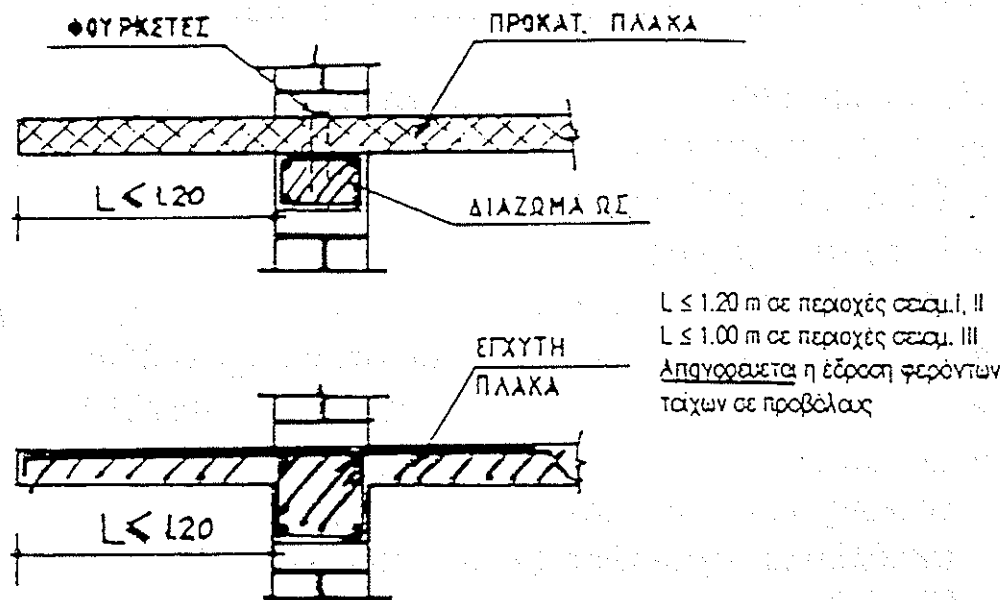
Σχ. 2.15 Συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων με στρώσεις διαφορετικού πάχους



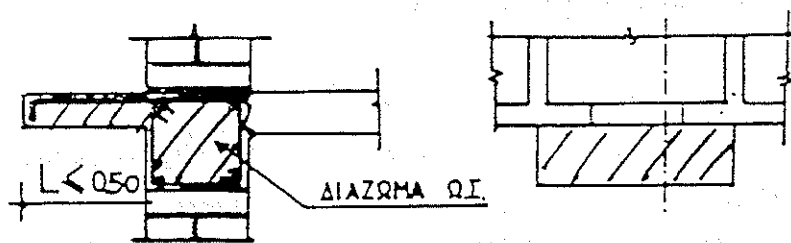
Σχ. 2.16 Διάταξη οπλισμού συνδέσεως εντός των αρμών



Σχ. 2.17 Διάταξη οπλισμού συνδέσεως σε κατακόρυφα διαζώματα



Σχ. 2.18 Πρόβολος σε συνέχεια με τη πλάκα δαπέδου



Σχ. 2.19 Μαρκίζα ενσωματωμένη στο διάζωμα Ο.Σ.

## 2.16 ΥΠΕΡΘΥΡΑ – ΣΤΕΓΕΣ – ΑΨΙΔΕΣ

Πάνω από κάθε άνοιγμα , όταν δεν προβλέπεται διάζωμα Ο.Σ. , πρέπει να κατασκευάζονται υπέρθυρα από Ο.Σ. (Σχ. 2.20)

- Πλάτος υπερθύρων ίσο προς το πάχος τοίχου
- Ελάχιστο μήκος ίσο προς το πλάτος του ανοίγματος , αυξημένο κατά το απαιτούμενο μήκος εδράσεως εκατέρωθεν.
- Ελάχιστο μήκος εδράσεως μέσα στον τοίχο 0.25m .
- Ελάχιστος οπλισμός 4Φ10 και συνδετήρες Φ6/250.
- Οι στέγες πρέπει να είναι επαρκώς συνδεδεμένες με τους τοίχους επί των οποίων εδράζονται. Συνεπώς απαιτούνται κατάλληλες αγκυρώσεις στο περιμετρικό διάζωμα Ο.Σ. (Σχ. 2.21).
- Οι αψίδες εξασφαλίζουν , καλύπτοντας κύρια λειτουργικούς σκοπούς , από αρχαιοτάτων χρόνων , την κάλυψη μικρών αλλά και μεγάλων ανοιγμάτων.

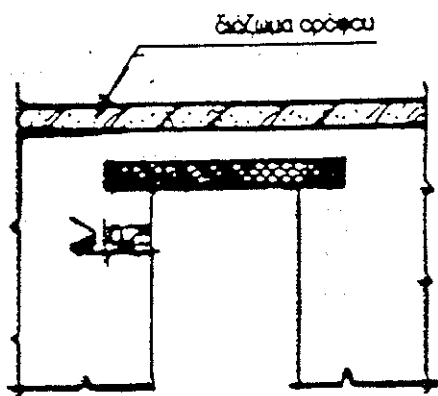
Μια ενδεικτική αντιστοιχία με τα σύγχρονα φέροντα στοιχεία είναι:

Τοξωτά παράθυρα – οριζόντια πρέκια

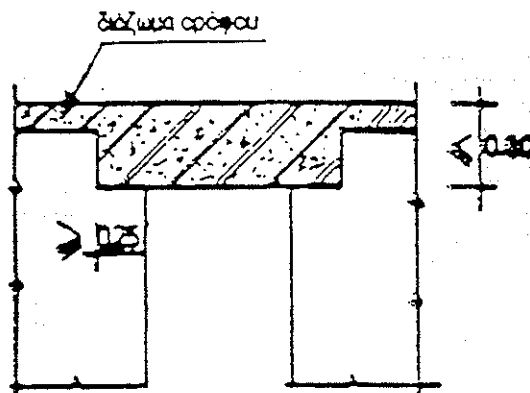
Καμάρες - δοκοί / κάλυψη μεγάλων  
ανοιγμάτων (γέφυρες)

θόλοι - πλάκες / δάπεδα , τρούλοι

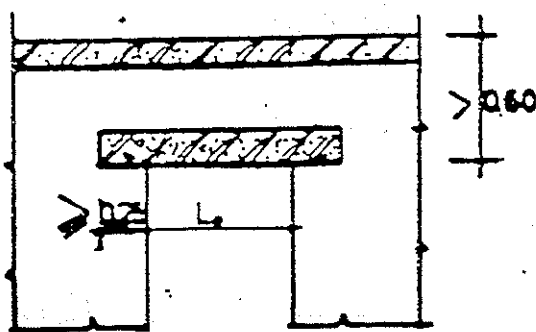
Σήμερα κατασκευάζονται μόνο για μορφολογικούς λόγους και λόγους αισθητικής. Στο Σχ. 2.22 δίδονται ορισμένες κατασκευαστικές αρχές αψίδων. Για την κατασκευή τους απαιτούνται πολλά διαφορετικά ειδικά τεμάχια και ειδικευμένοι τεχνίτες (Σχ. 2.23).



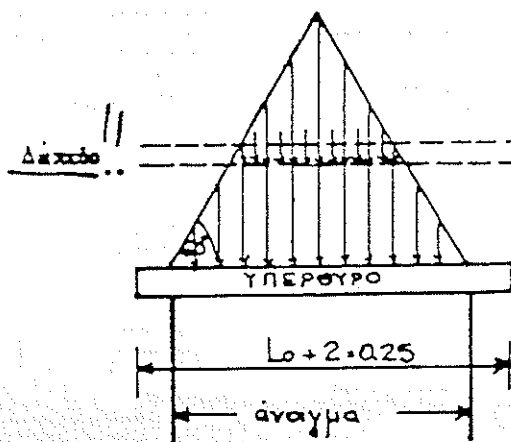
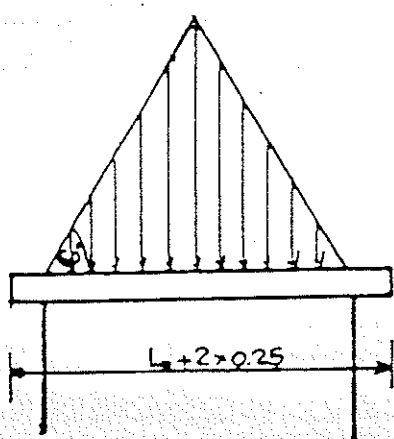
προκατασκευασμένο υπέρθυρο



υπέρθυρο Ο.Σ. χυτευόμενο μαζί με το διάζωμα ορόφου

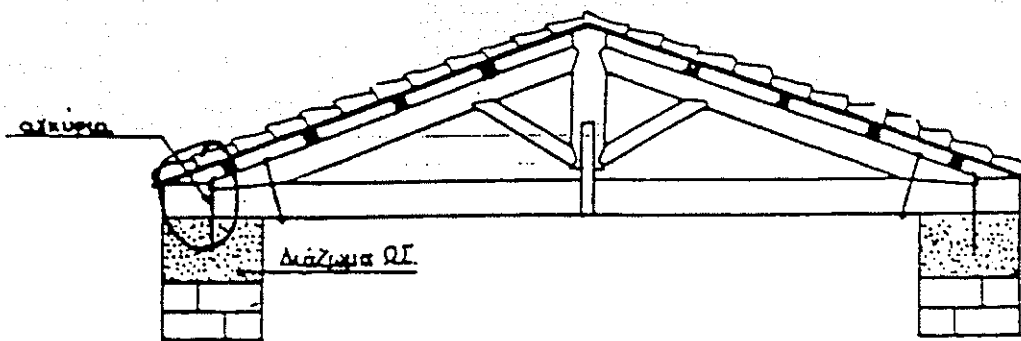


υπέρθυρο Ο.Σ. χυτευόμενο επιτόπου

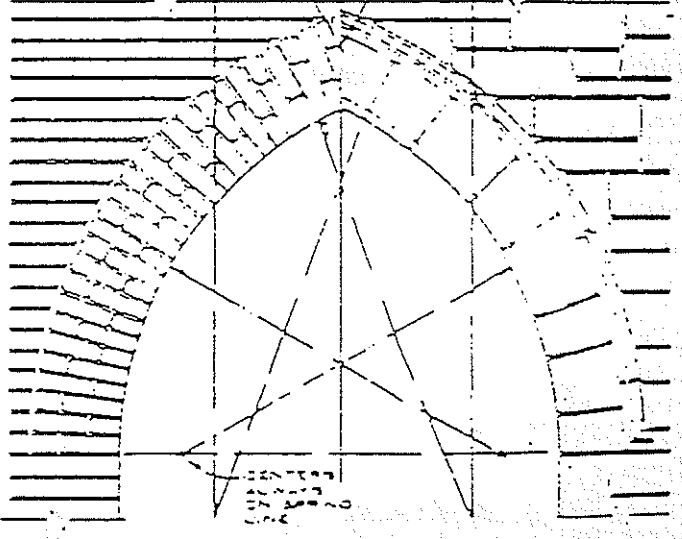
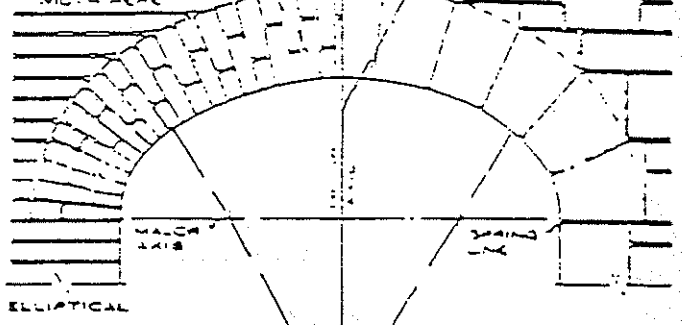
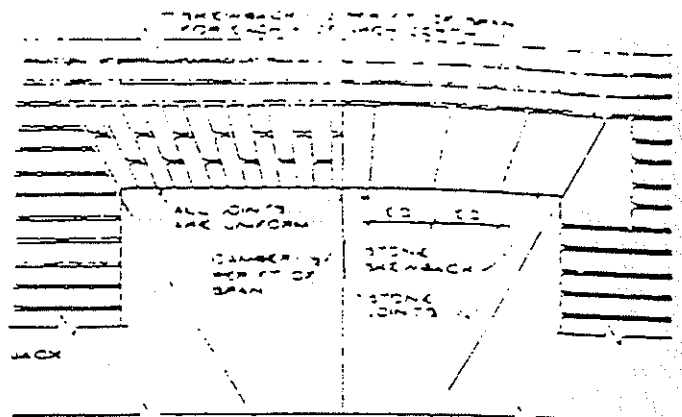
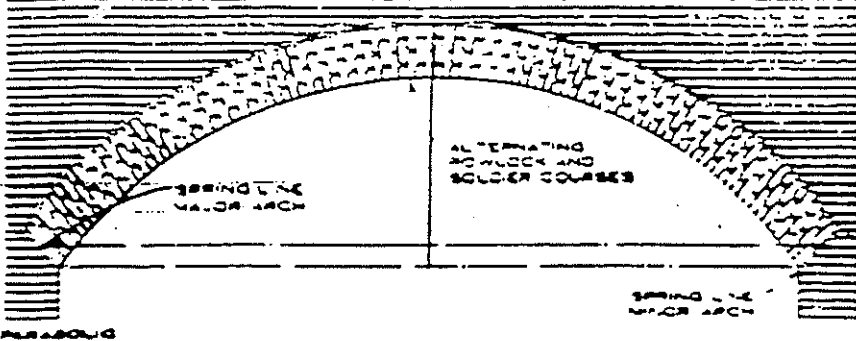
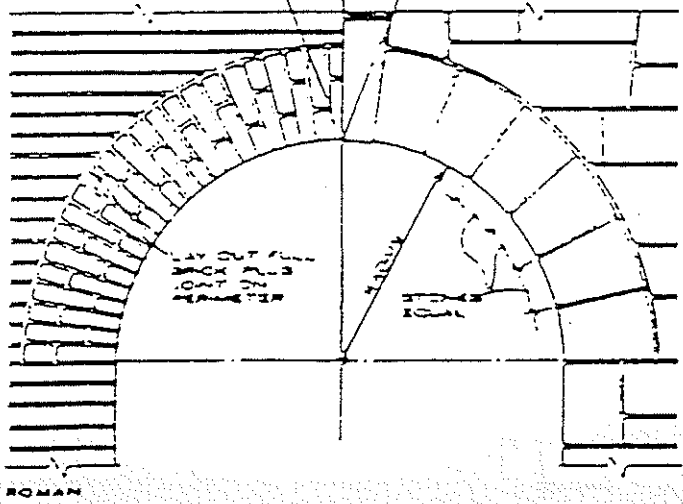
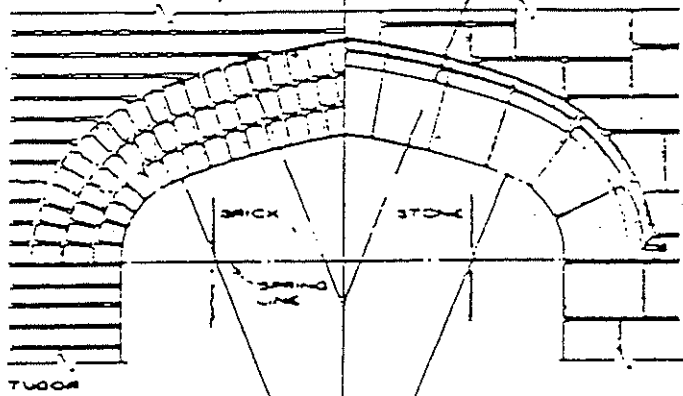
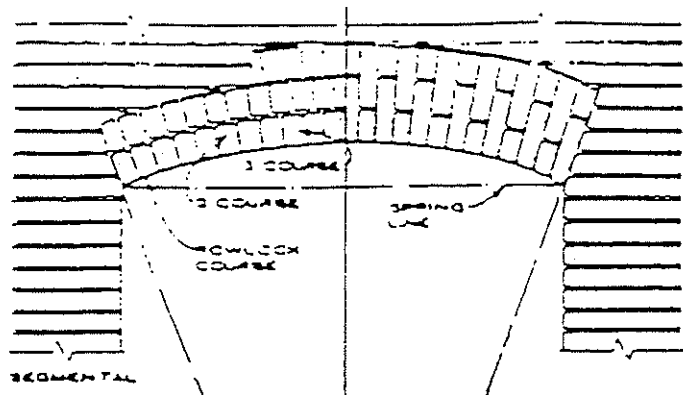


ελάχιστος οπλισμός: 4φ10(S400)  
αυξήτριες: φ6/250

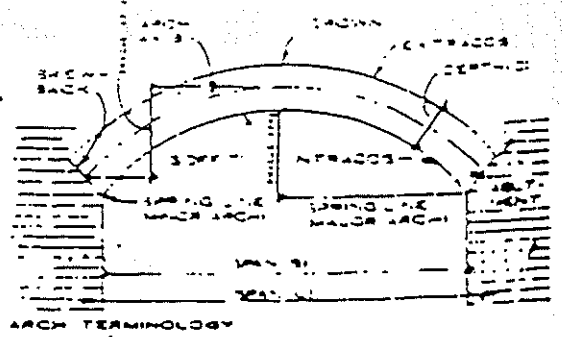
Σχ. 2.20 Υπέρθυρα - φορτία υπολογισμού



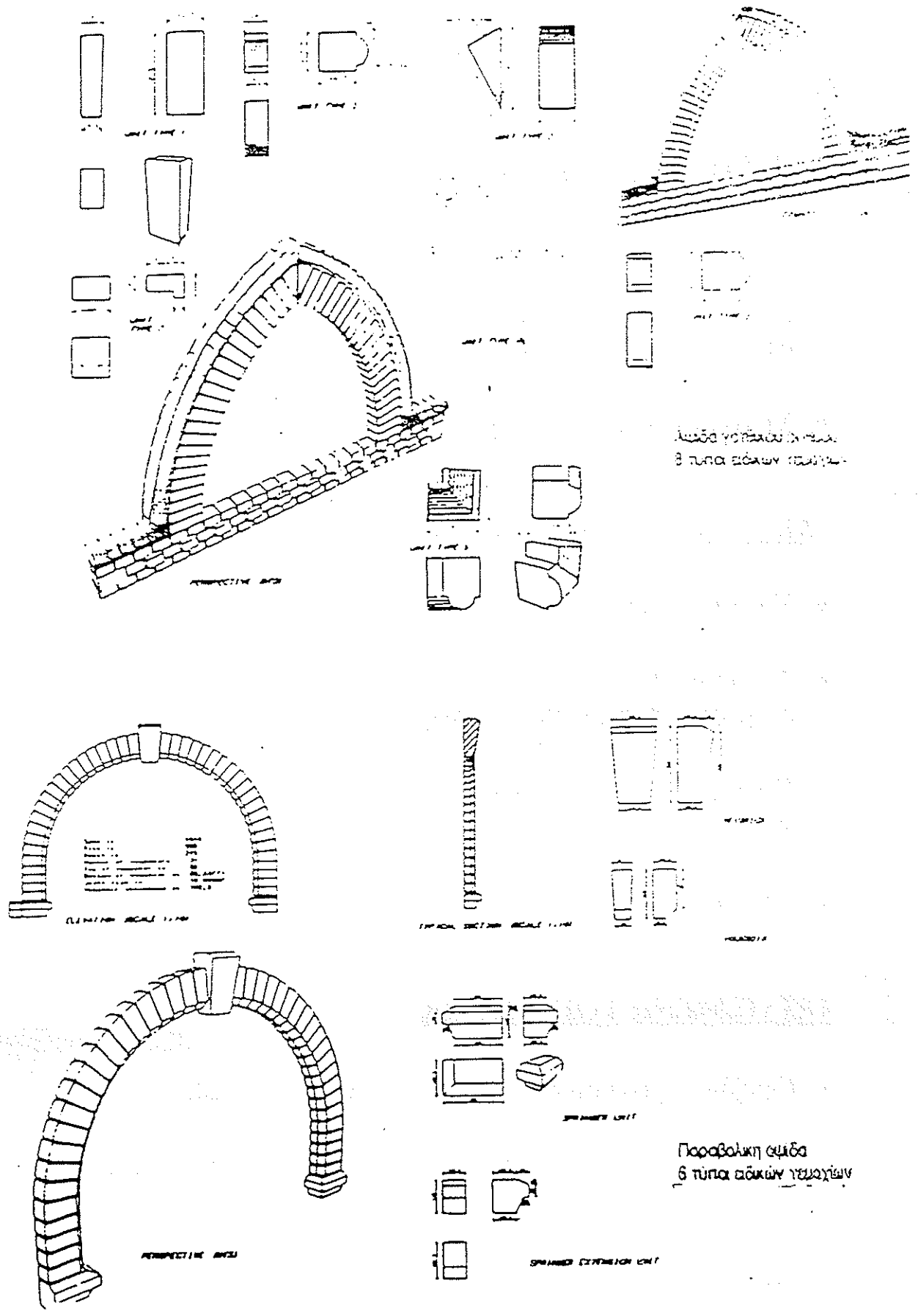
Σχ. 2.21 Αγκύρωση της ξύλινης στέγης στο διάζωμα Ο.Σ.



NOTE: THE DIST. OF COURSES SHOULD BE SUFFICIENT TO REST THE ARCHES ON THE WALLS.



Σχ. 2.22 Διάφοροι τύποι αψίδων από τούβλα και λαξευτούς φυσικούς λίθους



Σχ. 2.23 Ειδικά τεμάχια αψίδων



### **3. ΤΥΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ**

#### **ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

- Τοίχοι άοπλοι
- Διαζώματα οριζόντια στις στάθμες των ορόφων , καθώς και στην στέψη της θεμελιώσεως.
- Μικρή πλαστιμότητα ( $q = 1.50$ ).

#### **ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

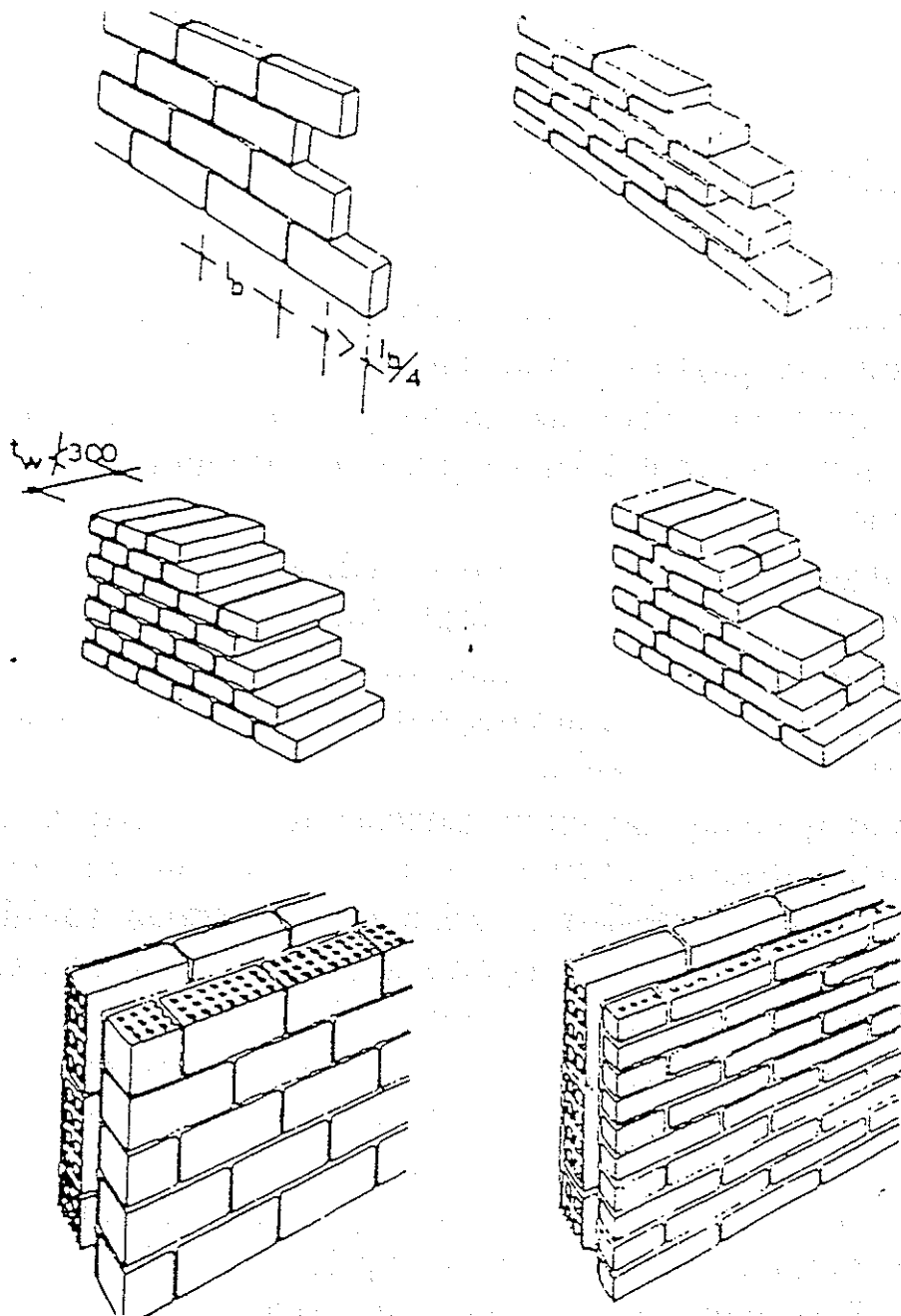
- Τοίχοι άοπλοι
- Διαζώματα Ο.Σ. τουλάχιστον στις στάθμες των ορόφων και στην στέψη της θεμελιώσεως.
- Κατακόρυφοι «ελκυστήρες» Ο.Σ. τουλάχιστον σ' όλες της κορυφές της κατόψεως.
- Καλύτερη σεισμική συμπεριφορά ( $q = 2.00$ )

#### **ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

- Οριζόντιος οπλισμός στους οριζόντιους αρμούς.
- Κατακόρυφος οπλισμός στα κατακόρυφα κενά των λιθοσωμάτων.
- Οριζόντια διαζώματα (Ο.Σ. ή τοιχοποιίας) στις στάθμες των ορόφων και στην στέψη της θεμελιώσεως.
- Πλαστιμότητα  $\uparrow$  ( $q = 2.50$  ή και μεγαλύτερος)

### **3.1 ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ (συμπαγής-κοίλη)**

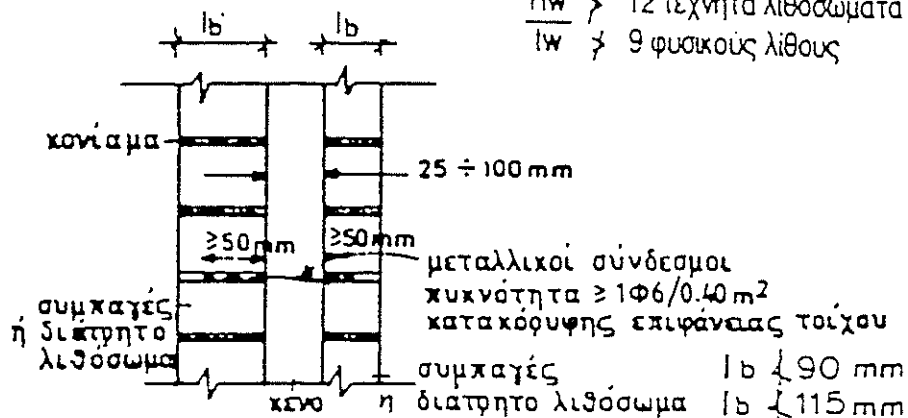
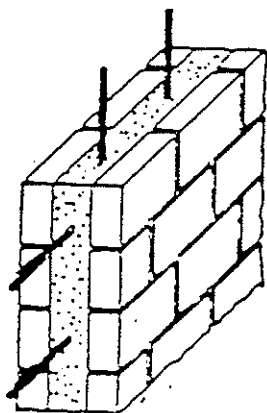
- Στην περίπτωση δόμησης σε σειсмоγενείς περιοχές δεν νοείται τοιχοποιία χωρίς οριζόντια διαζώματα Ο.Σ. στις στάθμες τουλάχιστον όλων των ορόφων.
- Το πάχος του τοίχου  $t_w$  δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 300 mm για τεχνητά λιθοσώματα και 400 mm για φυσικούς λίθους.
- Το πάχος των οριζόντιων αρμών μέχρι 15 mm και των κατακόρυφων από 10mm μέχρι 15mm.
- Ο λόγος ύψους ορόφου προς το πάχος τοίχου  $H_w / t_w$  δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από 12 για τεχνητά λιθοσώματα και 9 για φυσικούς λίθους.
- Ειδικά η κοίλη τοιχοποιία επιτρέπεται μόνο στη περίπτωση οπτοπλινθοδομής κατά την οποία τοποθετούνται οριζόντιοι κατανεμημένοι σύνδεσμοι οπλισμού, διαμέτρου τουλάχιστον  $1\Phi 16 / 0.40 \text{ m}^2$ , με ελάχιστα πάχη τοίχων  $t_w$  μεγαλύτερου από 90 mm για συμπαγή τούβλα. (Σχ. 3.1, 3.2)  
Εδώ κατασκευάζεται και η κοίλη τοιχοποιία, στην περίπτωση πληρώσεως του διακένου με κονίαμα ή σκυρόδεμα πληρώσεως και ελαφρύ οπλισμό.  
Δεν λαμβάνονται υπόψη στον προσδιορισμό της διατομής που παραλαμβάνει πλευρικά φορτία, οι τοίχοι που έχουν λόγο διατμήσεως  $H_w / L_w$  μεγαλύτερο από 2.



Σχ. 3.1 Κατασκευαστικές διατάξεις άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας (υποχρ. Διαζώματα)

εσχάρα οπλισμού

πάχος οριζ. αρμών  $> 15 \text{ mm}$   
 κατακορυφών  $10-15 \text{ mm}$   
 $\frac{H_w}{l_w} > 12$  τεχνητά λιθοσώματα  
 $\frac{H_w}{l_w} > 9$  φυσικούς λίθους

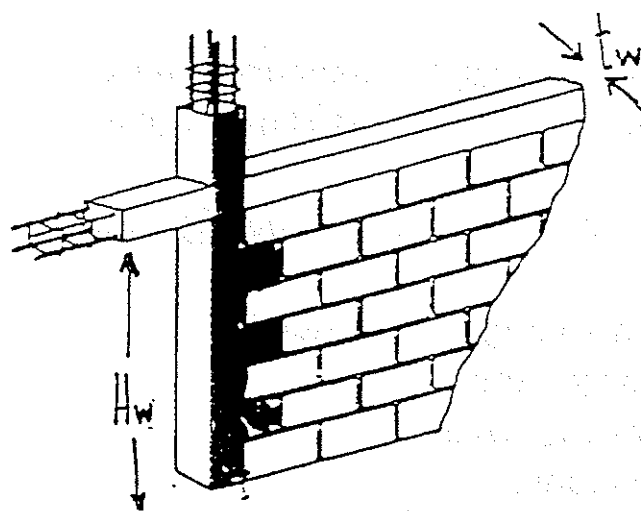


Σχ. 3.2 Κοίλη τοιχοποιία (δεν ενδείκνυται και με πυρήνα)

### 3.2 ΔΑΖΩΜΑΤΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

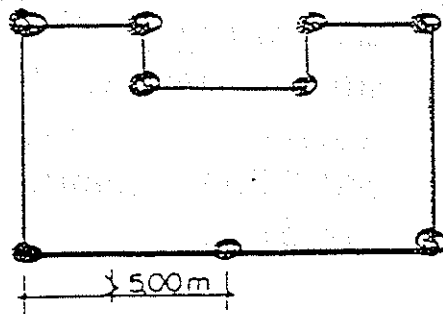
Τα διαζώματα , οριζόντια και κατακόρυφα , σκυροδετούνται μετά την κατασκευή όλων των τοίχων του υπόψη ορόφου. (Σχ. 3.4)

- Εξασφαλίζεται καλύτερη σύνδεση μεταξύ ανωδομής και θεμελιώσεως.
- Βελτιώνεται η συμπεριφορά των «λυγηρών» τοίχων.
- Αυξάνει η αντοχή και πλαστιμότητα του κτιρίου.
- Μειώνεται δραστικά ο κίνδυνος αποδιοργανώσεως των τοίχων κατά τη διάρκεια του σεισμού.
- Ελάχιστες διαστάσεις οριζόντιων διαζωμάτων : πλάτος ίσο προς το πάχος τοίχου και ύψος ίσο προς το πάχος της πλάκας και κατ' ελάχιστο 150 mm.
- Ελάχιστες διαστάσεις διατομής κατακορύφων διαζωμάτων 200 \* 200 – ποιότητας σκυροδέματος (C15)- $f_{ck}=15.00\text{Μpa}$  (B225).
- Κατακόρυφα διαδοχικά διαζώματα πρέπει να διατάσσονται σε απόσταση πάντα μικρότερη από 5.00 m.
- Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός : 4Φ12 (S220) ή 4Φ10 (S400) εξαρτώμενος από τις διαστάσεις του κτιρίου και τη ζώνη σεισμικότητας (Πίνακας. 3).
- Ελάχιστοι συνδετήρες Φ6/200 με πύκνωση στις περιοχές συναντήσεως με οριζόντια διαζώματα.
- Απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης των ράβδων οπλισμού 60Φ.
- Το πάχος του τοίχου δεν θα είναι μικρότερο από 240mm , ώστε για εξωτερικούς τοίχους , να δύναται να ενσωματωθεί και μόνωση στην εσωτερική πλευρά του διαζώματος , είτε να επενδυθεί με λιθосώματα από την εξωτερική πλευρά.
- Ο λόγος μεταξύ ύψους ορόφου και πάχους τοίχου  $H_w / t_w$  δεν θα είναι μεγαλύτερος απο15.



οριζόντια διαζώματα:     παχός  $\geq t_w$   
                                           ύψος  $\geq 150$  mm  
 κατακόρυφα διαζώματα:   200 x 200  
 ποιότητα σκυροδέματος:   C15 (E22S)  
 απόσταση κατακόρυφων:    $\geq 5.00$  m  
 διαμήκης οπλισμός:        4Φ12 (S220)  
                                           ή 4Φ10 (S400)  
 ελάχιστα συνδετήρες:     Φ6/200  
                                           Hw / tw  $\geq 15$

διάταξη σε κάτοψη  
κατακόρυφων διαζωμάτων



Σχ. 3.4 Διαζωματική τοιχοποιία

Πιν. 3 Συνιστώμενος ελάχιστος διαμήκης οπλισμός διαζωμάτων.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ	ΖΩΝΗ ΣΕΙΣΜΗΚΟΤΗΤΑΣ		
	ΧΑΜΗΛΗ (I)	ΜΕΤΡΙΑ (II)	ΥΨΗΛΗ (III)
1	4Φ10	4Φ10	4Φ12
2	4Φ10	4Φ10	4Φ14
3	4Φ10	4Φ12	4Φ16
4	4Φ12	4Φ14	-
5	4Φ14	-	-

### **3.3 ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ (q = 2,50)**

Η οπλισμένη τοιχοποιία στην κατασκευή αποτελεί μια νέα τεχνολογία , για την οποία η υπάρχουσα γνώση είναι ακόμα περιορισμένη. Έχει αποδειχθεί από πειραματικά δεδομένα , ότι η οπλισμένη τοιχοποιία διαθέτει μεγάλη πλαστιμότητα , σε σχέση με την άοπλη , και στα επιμέρους φέροντα στοιχεία και στο σύνολό της όταν υπόκειται σε ανακυκλιζόμενη ένταση. Ακόμη διαθέτει μειωμένη σχετικά μάζα , συγκριτικά με την άοπλη και τη διαζωματική τοιχοποιία. Συνιστάται από δύο είδη τεχνιτών λιθοσωμάτων (τούβλα και τσιμεντόπλινθοι)(Σχ.3.5 , 3.6). Από άποψη του τρόπου κατασκευής διακρίνονται οι παρακάτω δύο μορφές οπλισμένης τοιχοποιίας :

#### **3.3.1 ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΠΥΡΗΝΑ**

- Αποτελείται από δύο ξεχωριστούς τοίχους με κενό ενδιάμεσα (Σχ. 3.7), στο οποίο τοποθετείται ο οπλισμός υπο μορφήν εσχάρας και στη συνέχεια γεμίζεται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα. (Σχ. 3.2 ,3.7,).
- Το ελάχιστο πάχος κάθε τοίχου είναι 100mm.
- Το ενδιάμεσο κενό δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 100 mm.
- Οι δύο τοίχοι συνδέονται με εγκάρσιους συνδετήρες  $\Phi 6/0.25 \text{ m}^2$  επιφάνειας (1 $\Phi 60$  οριζόντια και 1 $\Phi/40$  κατακόρυφα). (Σχ.3.8)
- Η μέθοδος πλήρωσης του κενού με τσιμεντοκονίαμα αποτελεί μια νέα τεχνική και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την αγκύρωση / τοποθέτηση των ράβδων οπλισμού και την πλήρωση του κενού.

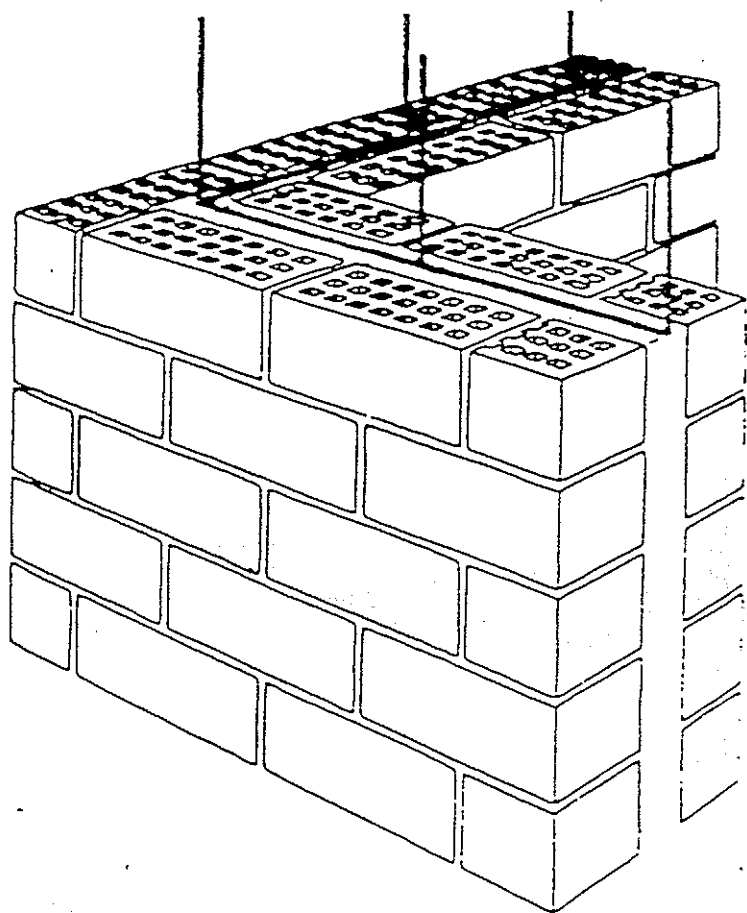
Η τοιχοποιία με πυρήνα συμπεριφέρεται κάπως μεταξύ οπλισμένου σκυροδέματος και της οπλισμένης τοιχοποιίας. Ο οπλισμός επιδρά σημαντικά στην αντοχή της.

Η διατμητική αντοχή αυξάνει με τη μείωση του λόγου διατμήσεως.

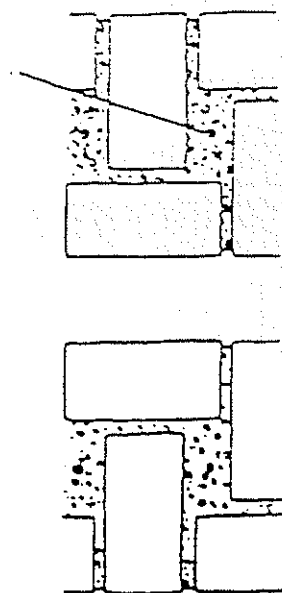
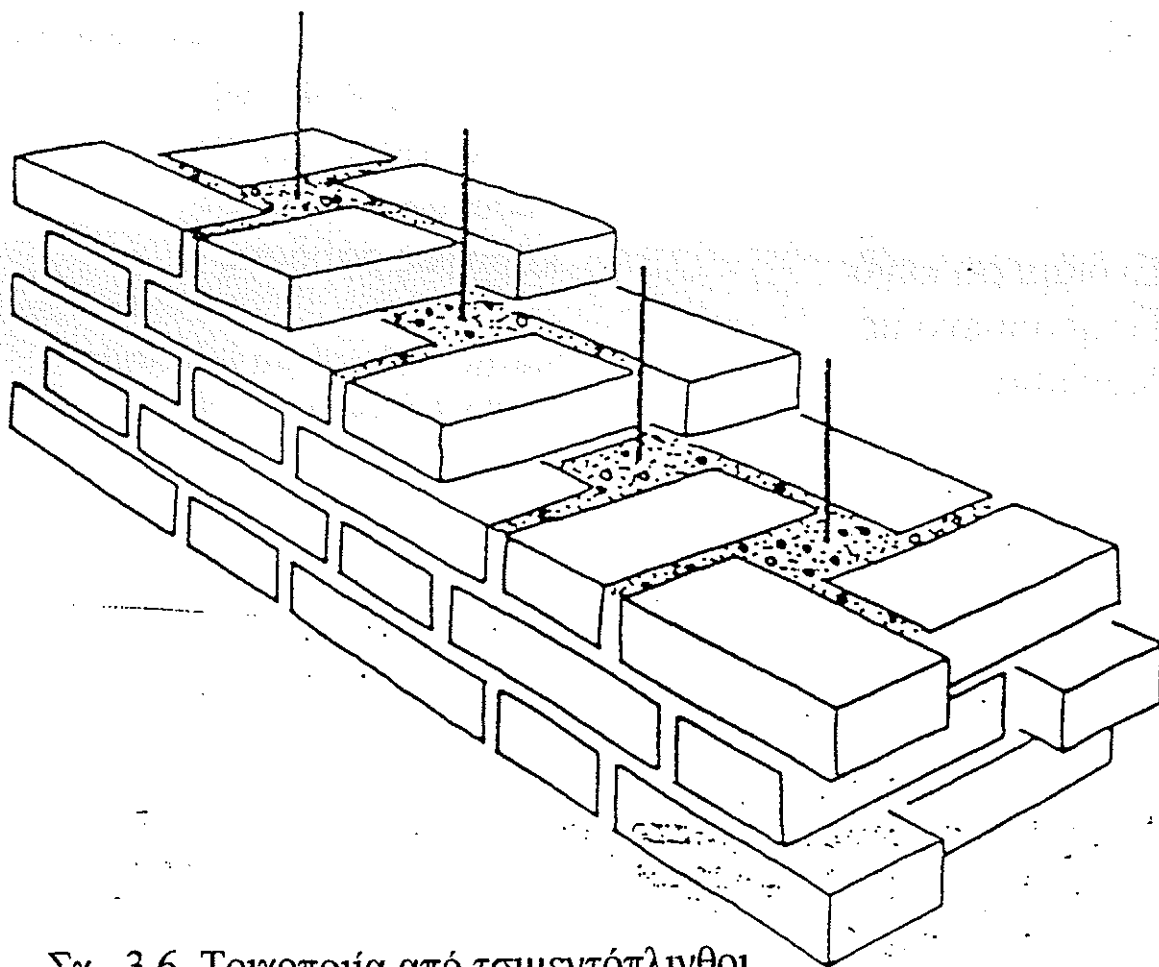
### 3.3.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ ΜΕ ΔΙΑΣΠΑΡΤΟ ΟΠΛΙΣΜΟ ΕΝΤΟΣ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΩΝ

Η οπλισμένη τοιχοποιία χαρακτηρίζεται από τη παρουσία διάσπαρτου κατακόρυφου οπλισμού μέσα στα λιθοσώματα. (Σχ. 3.10 , 3.11 , 3.12) .Στους οριζόντιους αρμούς του κονιάματος τοποθετείται οριζόντιος οπλισμός είτε μεμονωμένες ράβδοι , είτε ειδικής μορφής δικτύωματα (Murfor). Ο διάσπαρτος οπλισμός αποτρέπει τοπικές αστοχίες μετά την ρηγμάτωση και διατηρεί την ακεραιότητα του τοίχου στη μετελαστική περιοχή. Η διαθέσιμη πλαστιμότητα βελτιώνεται σημαντικά.

- Απαιτούνται ειδικά τεχνητά λιθοσώματα (ορθότρυπα τούβλα είτε τοιχοσώματα) , για την υποδοχή των ράβδων του κατακόρυφου οπλισμού , καθώς και ειδικά τεμάχια για τα υπέρθυρα και τις γωνίες του κτιρίου. Οι οπλισμοί τοποθετούνται σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες από 800mm. (Σχ. 3.12 , 313)
- Ο οριζόντιος οπλισμός τοποθετείται στους οριζόντιους αρμούς κονιάματος σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες από 600 mm. (Σχ. 3.12)

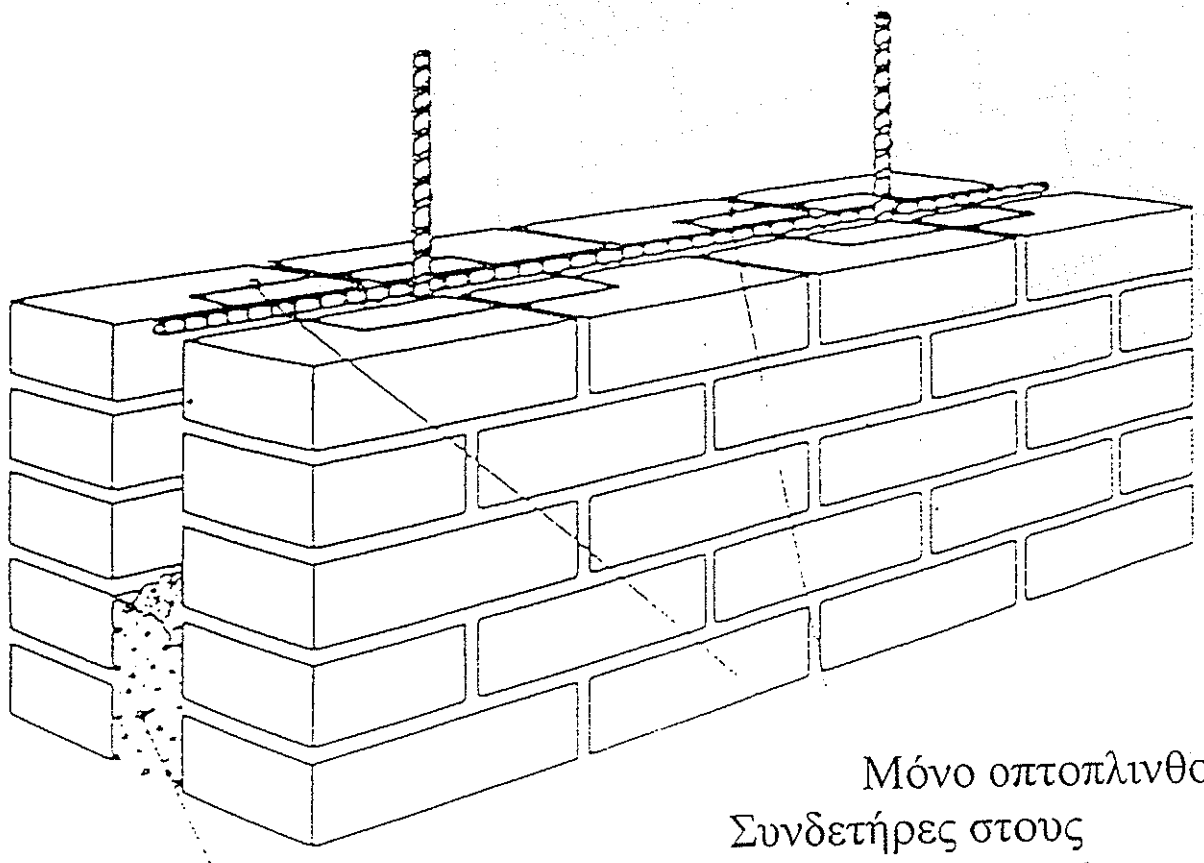


Σχ. 3.5 Τοιχοποιία από τούβλα ορθότροπα



Σχ. 3.6 Τοιχοποιία από τσιμεντόπλινθοι



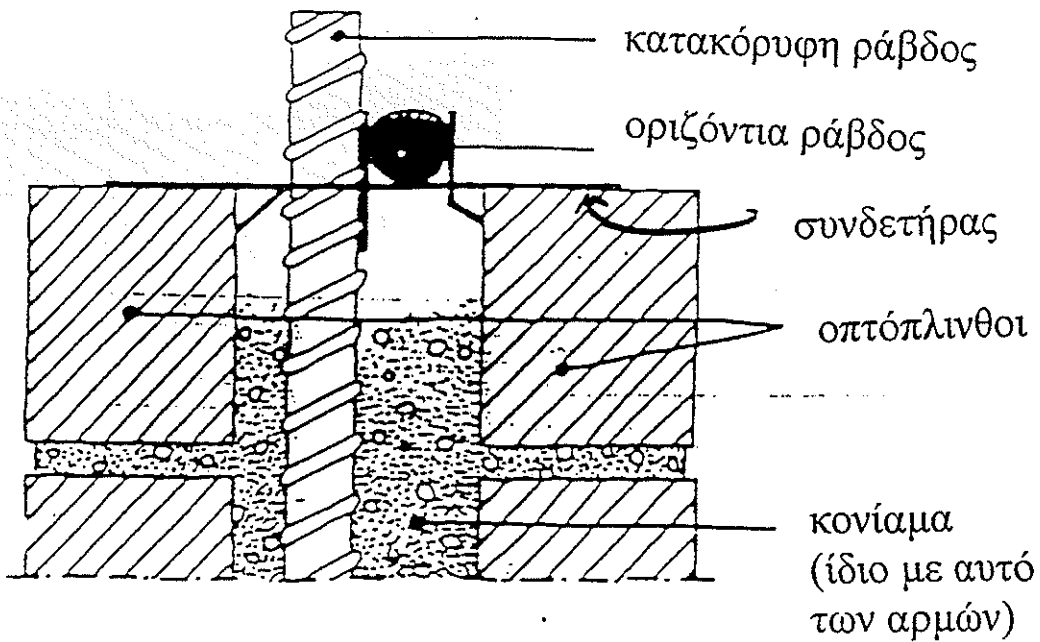
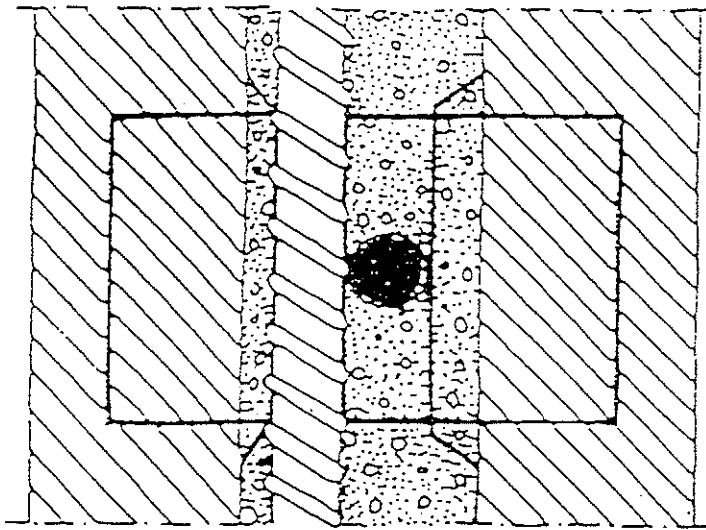
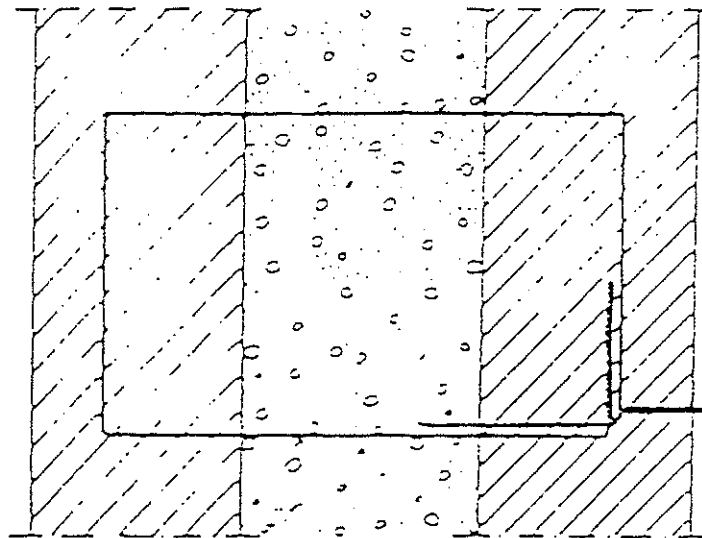


Ενδιάμεσο κενό  
Πληρούμενο με  
Κονίαμα

Μόνο οπτοπλινθοδομή  
Συνδετήρες στους  
οριζόντιους αρμούς  
γύρω απ' της κατά-  
κόρυφες ράβδους

$H_w/t_w > 12$  τεχνητά λιθοσώματα  
 $H_w/t_w > 9$  φυσικούς λίθους

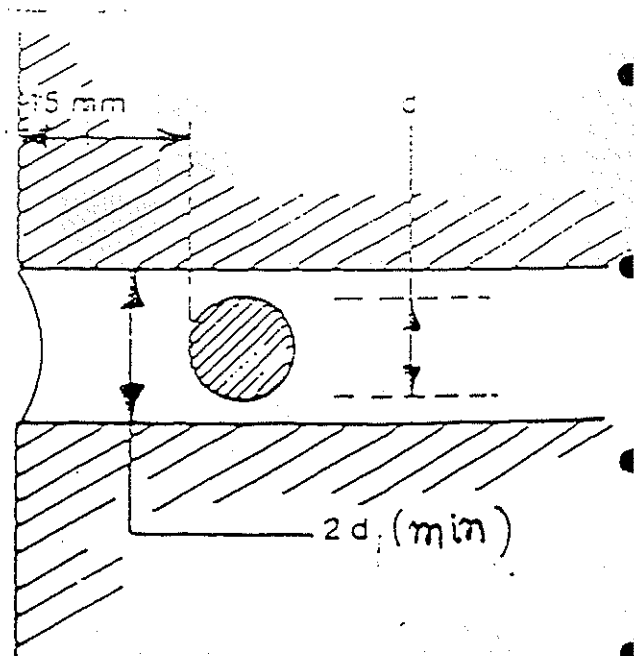
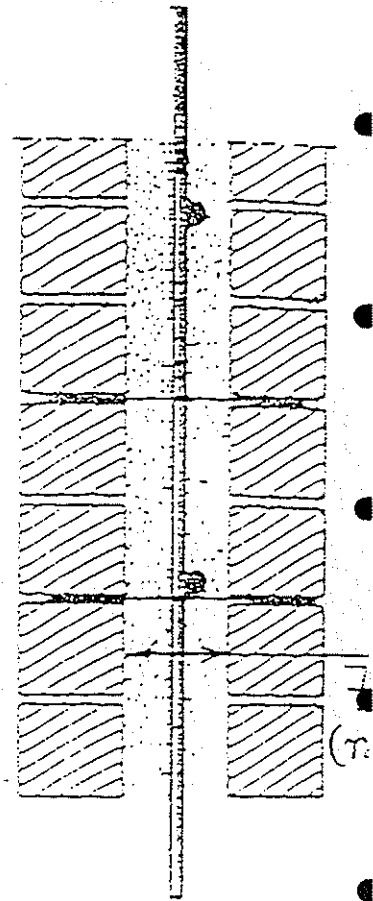
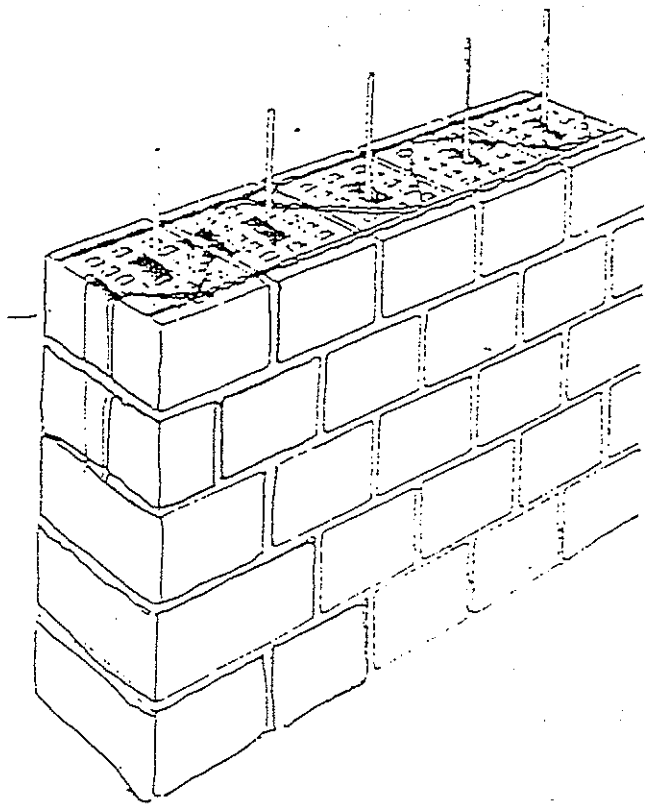
Σχ. 3.7 Τοίχοι με ενδιάμεσο κενό



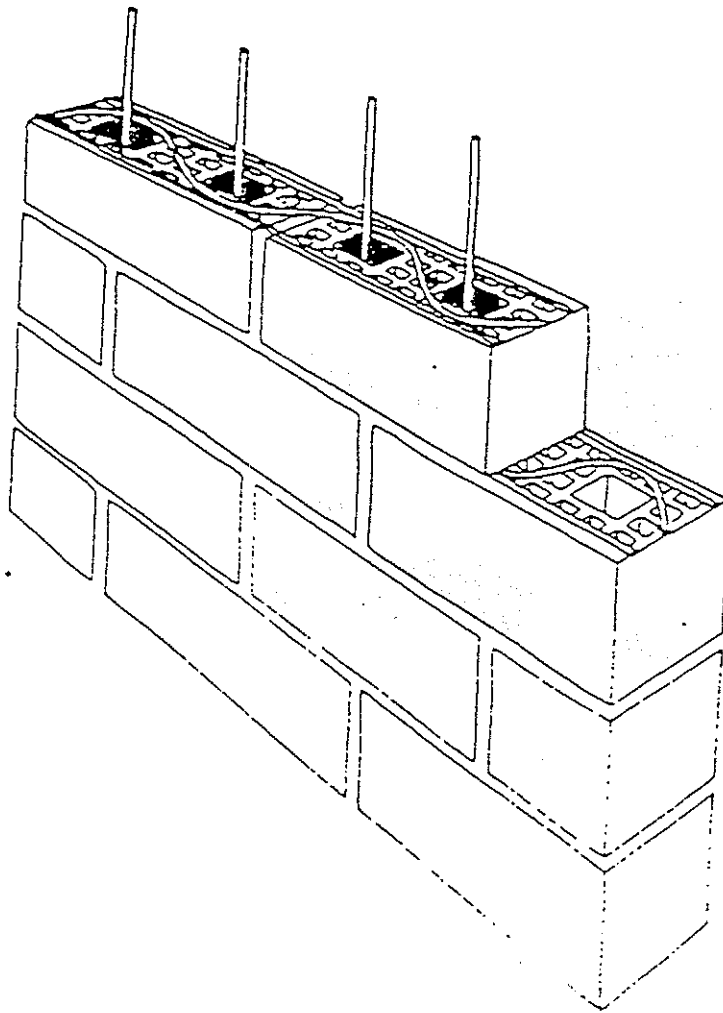
Σχ.3.8 Τοιχοποιία με πυρήνα

Σχ.3.10

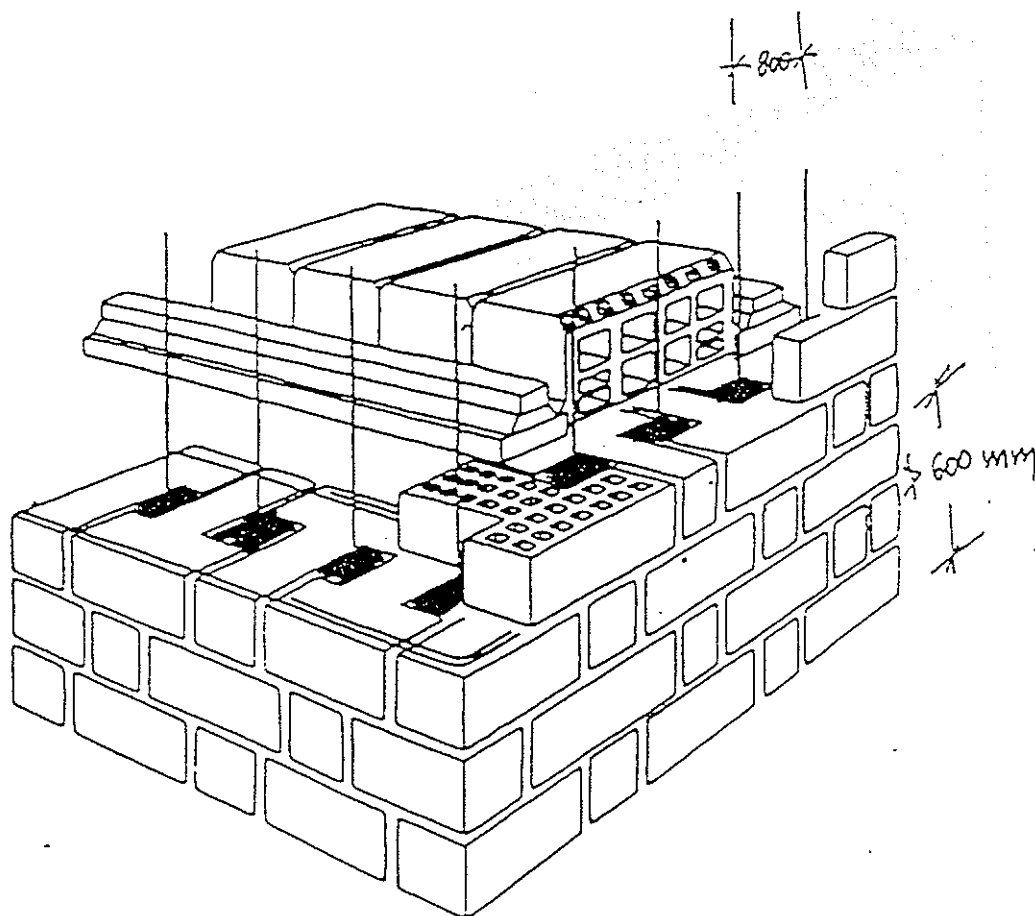
Οπλισμένη τοιχοποιία  
με διάσπαρτο  
οπλισμό.



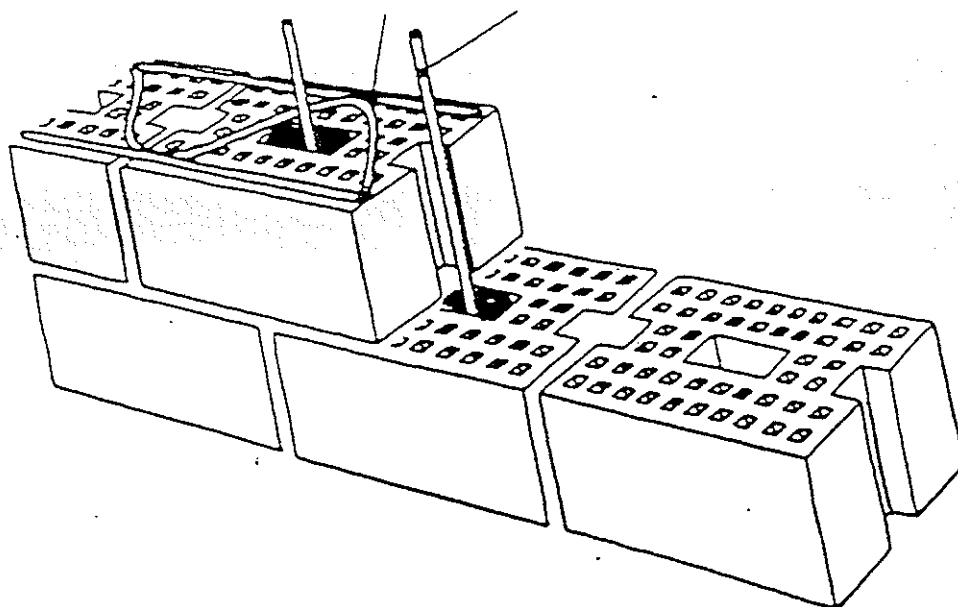
Σχ. 3.9 Οριζόντιος και κατακόρυφος οπλισμός σε τοιχοποιία



Σχ. 3.11 Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό εντός λιθοσωμάτων



Σχ. 3.12 Αποστάσεις διάσπαρτου οπλισμού (κατακόρυφου και οριζόντιου)



Σχ.3.13 Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό εντός των λιθωμάτων

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
5708 SOUTH CAMPUS DRIVE  
CHICAGO, ILLINOIS 60637

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Η μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρονται τα δομικά στοιχεία της κατασκευής στις διάφορες καταπονήσεις όπως π.χ. θλίψη, εφελκυσμό, λυγισμό κ.λ.π.

Η επιτυχία των κατασκευών από τοιχοποιία βασίζεται στην καταλληλότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται, η οποία εξαρτάται από τις μηχανικές του ιδιότητες. Τα υλικά πρέπει να παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή, που εμφανίζεται ως αντίσταση στις εξωτερικές δυνάμεις που τα καταπονούν.



## **2. ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η άοπλη τοιχοποιία κατασκευάζεται με φυσικούς ή τεχνητούς λίθους ή πλίνθους (λιθοσώματα) που συνδέονται μεταξύ τους με πλήρεις αρμούς κονιάματος. Όταν η τοιχοποιία έχει πάχος μεγαλύτερο από το πλάτος ενός λιθοσώματος, είναι αναγκαίο να τοποθετούνται σύνδεσμοι μεταξύ των λιθοσωμάτων (ή να διασταυρώνονται τα λιθοσώματα).

Αν πρόκειται για άοπλη λιθοδομή, η σύνδεση γίνεται με συνδετήριους λίθους σε ποσοστό τουλάχιστον έσο με το 10% της κατακόρυφης επιφάνειας της λιθοδομής.

Αν πρόκειται για άοπλη πλινθοδομή υπάρχουν δύο τρόποι συνδέσεως των κατακόρυφων παρειών μεταξύ τους.

α) Συνδετήριες πλίνθοι που τοποθετούνται κατά το πάχος του τοίχου, σε μήκος τουλάχιστον 75 mm μες στο πάχος κάθε παρειάς, καλύπτουν τουλάχιστον το 4% της κατακόρυφης επιφάνειας του τοίχου. Επιπλέον, η κατακόρυφη και η οριζόντια απόσταση μεταξύ διαδοχικών συνδετήριων πλίνθων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,60m.

β) Μεταλλικοί σύνδεσμοι με τα άκρα τους μέσα σε κονίαμα σε μήκος τουλάχιστον 50mm σε κάθε παρειά, σε ποσοστό Δε τουλάχιστον  $1\varnothing 6/0,40m^2$  κατακόρυφης επιφάνειας τοίχου.

### **2.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ**

Υπάρχουν δύο συστήματα τοιχοποιίας

#### **ΚΟΙΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ:**

Αποτελείται από δύο ανεξάρτητες κατακόρυφες στρώσεις, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα συνεχές κενό. Οι συνιστώσας τοίχοι κατασκευάζονται από συμπαγή ή διάτρητα λιθοσώματα και υπολογίζονται ως ανεξάρτητοι τοίχοι.(Σχ.2.1).

- Ο κάθε συνιστών τοίχος πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 100mm.

- Το πλάτος του ενδιάμεσου καινού πρέπει να είναι 25 έως 100mm.
- Η σύνδεση των τοίχων γίνεται με μεταλλικούς συνδέσμους (§ 2.1.β).

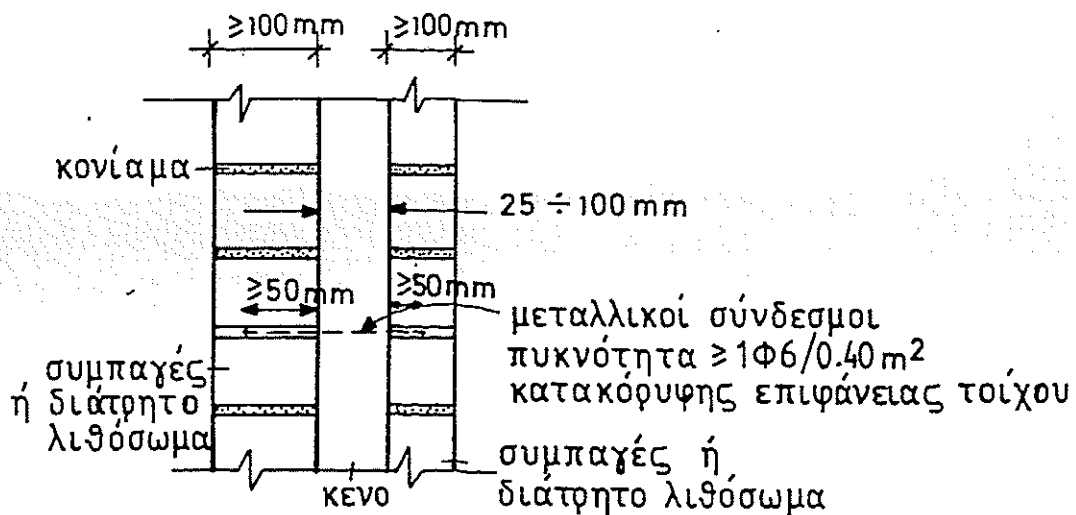
### ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ:

Έχει πάχος ίσο με ένα ή περισσότερα λιθοσώματα συμπαγή ή διάτρητα. (Σχ.2.2).

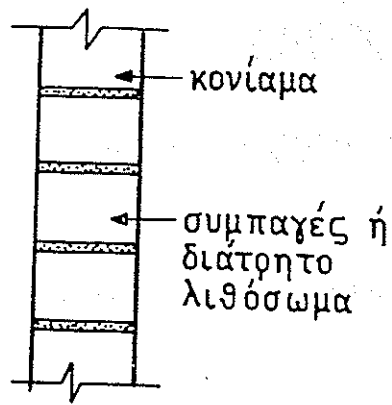
Εδώ κατατάσσεται και η κοίλη τοιχοποιία, στην περίπτωση που το κενό γεμίζει με κονίαμα (  $M_1$  ή  $M_2$  με μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστη).

### 2.3 ΜΟΡΦΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

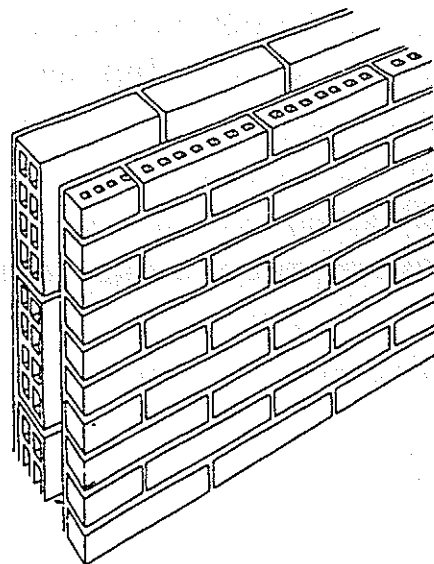
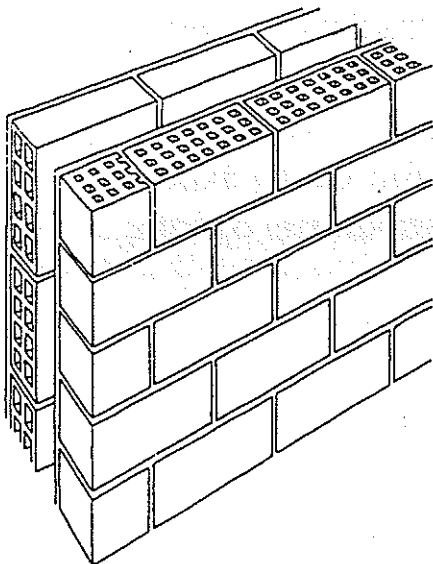
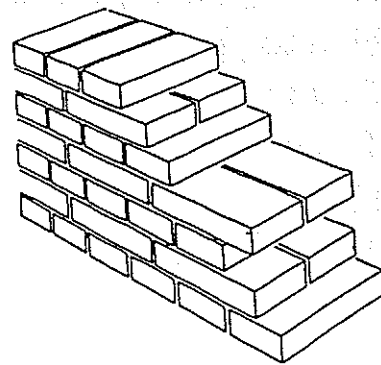
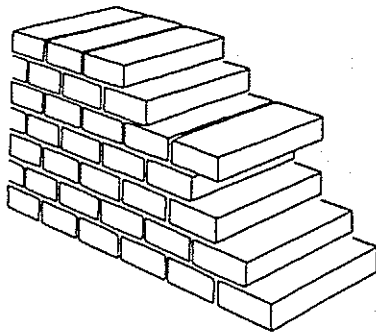
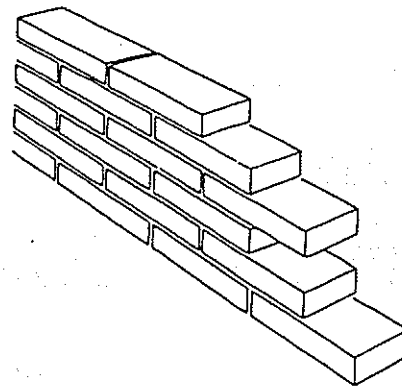
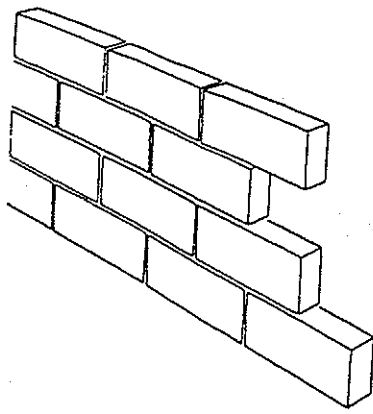
Στο Σχ.2.3 παρατίθενται ενδεικτικά μερικές κατασκευαστικές διατάξεις άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας (Norberto Tubi, 1981).



Σχ.2.1. : κοίλη τοιχοποιία



Σχ. 2.2 : Συμπαγής τοιχοποιία



Σχ. 2.3 : κατασκευαστικές διατάξεις άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας

## 2.2 ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

### 2.2.1 ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΠΡΟΣ ΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.

Όλες οι τοιχοποιίες υπόκεινται συνήθως σε θλίψη και, όπως ήταν φυσικό, δόθηκε ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον καθορισμό της θλιπτικής τους αντοχής. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας είναι:

- Η αντοχή και η γεωμετρία των λιθοσωμάτων
- Η αντοχή του κονιάματος
- Οι παραμορφώσεις των λιθοσωμάτων και του κονιάματος
- Το πάχος του αρμού
- Η υδροαπορροφητικότητα των λιθοσωμάτων
- Το σύστημα δομήσεως

Από τυποποιημένες δοκιμές της τοιχοποιίας σε θλίψη, (παρόλο που δεν αναπαράγουν με ακρίβεια την ένταση όλων των πραγματικών περιπτώσεων της πράξεως), παρατηρήθηκε ότι :

- α) για ομοιόμορφο θλιπτικό φορτίο μόνο η τοιχοποιία αστοχεί με ταυτόχρονη δημιουργία εφελκυστικών ρωγμών παράλληλων προς τον άξονα φορτίσεως.
- β) η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας  $f_{wc}$  συνδέεται με τη θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων  $f_{bc}$  και τη θλιπτική αντοχή του κονιάματος  $f_{mc}$  με τις παρακάτω σχέσεις :

$$\bullet f_{wc} = \sqrt{f_{bc}} \quad (\text{MPa})$$

$$f_{wc} = \sqrt[3]{f_{mc}} \quad \text{ή} \quad f_{wc} = \sqrt[4]{f_{mc}} \quad (\text{MPa})$$

$$\bullet f_{wc} = f_{bc} / 6 + [\sqrt{f_{bc} \cdot f_{mc}}] / 4 - f_{mc} / 20 + 1,4 \quad (\text{MPa})$$

$$f_{wc} = \begin{cases} (1 - 0,8^3 \alpha) \sqrt{f_{bc}} & f_{bc} < f_{mc} \\ (1 - 0,8^3 \alpha) \cdot \{f_{mc} + 0,4(f_{bc} - f_{mc})\} & f_{bc} > f_{mc} \end{cases}$$

Για σχετικές μέσες ποιότητες υλικών , έχουν επίσης προταθεί και οι τύποι :

$$\bullet \quad f_{wc} = f_{bc} \cdot [(4 + 0.1 f_{mc}) / (12 + 5 \cdot h_w/b_w)] + 2 \quad (\text{MPa})$$

$$\bullet \quad f_{wc} = 0,7 \cdot \sqrt{f_{bc}} \cdot \sqrt[3]{f_{mc}} \quad (\text{MPa})$$

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θλιπτική αντοχή των πρισμάτων από τοιχοποιία (πρισματική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας ) κατατάσσονται σε δύο ομάδες :

α) Στην πρώτη ανήκουν οι παράγοντες που επηρεάζουν τον πραγματικό μηχανισμό αστοχίας του πρίσματος , δηλαδή : το είδος του λιθοσώματος , η ποιότητα του κονιάματος , το πάχος του αρμού και η συνάφεια.

β) Στην δεύτερη ανήκουν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή των τάσεων (στατικό μοντέλο) του πρίσματος , η γεωμετρία και ο τρόπος στηρίξεως του πρίσματος και ο τρόπος δομήσεως.

Παρατήρηση : Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του συνδετικού υλικού μεταξύ των λιθοσωμάτων. Συστηματική πειραματική έρευνα (Structural Clay Products Research Foundation , ΗΠΑ , Hendry , 1981) , έδειξε ότι η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μπορεί να υπερβεί τη θλιπτική αντοχή του τούβλου για ορισμένα λεπτά «συνδετικά υλικά» , όπως ο χάλυβας , κόντρα πλακέ , κ.λ.π.

Αυτό συμβαίνει επειδή το συνδετικό υλικό παρεμποδίζει την πλευρική παραμόρφωση των τούβλων , δημιουργώντας έτσι μια ευνοϊκή τριαξονική εντατική καταπόνηση στα τούβλα. (πρβλ. § 2.2.2)

## 2.2.2 Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΘΡΑΥΣΕΩΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

Θεωρούμε ένα πρίσμα από τούβλα και κονίαμα που υπόκεινται σε αξονική θλιπτική τάση  $\sigma_z$ .

Οι προκύπτουσες πλευρικές τάσεις στο τούβλο και στο κονίαμα φαίνονται στο Σχ. 2.4.

Σ' αυτά που ακολουθούν, ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής του πρίσματος προϋποθέτει ελαστική συμπεριφορά των υλικών.

Για την εντατική κατάσταση του πρίσματος οι εγκάρσιες παραμορφώσεις για το τούβλο (κατά τις διευθύνσεις  $x$  και  $y$  αντίστοιχα είναι :

$$\epsilon_{bx} = 1/E_b [\sigma_{bx} + \nu_b (\sigma_z + \sigma_{by})]$$

$$\epsilon_{by} = 1/E_b [\sigma_{by} + \nu_b (\sigma_z + \sigma_{bx})]$$

ομοίως για το κονίαμα

$$\epsilon_{mx} = 1/E_m [\sigma_{mx} + \nu_m (\sigma_z + \sigma_{my})]$$

$$\epsilon_{my} = 1/E_m [\sigma_{my} + \nu_m (\sigma_z + \sigma_{mx})]$$

Όπου  $E_b$  και  $E_m$  είναι τα μέτρα ελαστικότητας για το τούβλο και το κονίαμα αντίστοιχα, και  $\nu_b$  και  $\nu_m$  οι αντίστοιχοι λόγοι Poisson.

Οι εγκάρσιες παραμορφώσεις είναι ίσες για το τούβλο και το κονίαμα :

$$\epsilon_{bx} = \epsilon_{mx}$$

$$\epsilon_{by} = \epsilon_{my}$$

Η ισορροπία απαιτεί η ολική εφελκυστική πλευρική δύναμη για το τούβλο να είναι ίση με την ολική θλιπτική πλευρική δύναμη για το κονίαμα, και κατά τις δύο διευθύνσεις  $x$  και  $y$ , δηλαδή :

$$\sigma_{by} \cdot d \cdot t_b = \sigma_{mx} \cdot d \cdot t_m \rightarrow \sigma_{bx} = \alpha \cdot \sigma_{mx} \text{ όπου } \alpha = t_m : t_b < 1$$

$$\sigma_{by} \cdot b \cdot t_b = \sigma_{my} \cdot b \cdot t_m \rightarrow \sigma_{by} = \alpha \cdot \sigma_{my}$$

Με επεξεργασία των εξισώσεων παραμορφώσεων και τάσεων προκύπτει :

$$\sigma_{bx} = \sigma_{by} = [\alpha(v_m - \beta v_b) / (1 + \alpha\beta - v_m - \alpha\beta v_b)] \cdot \sigma_z \quad (1)$$

$$\text{όπου } \beta = E_m : E_b < 1$$

Μείωση της θλιπτικής αντοχής λιθοσωμάτων λόγω εγκάρσιας εφελκυστικής τάσεως.

Η παρουσία της  $\sigma_{bx}$  μειώνει τη τιμή της  $\sigma_z$  ( $\sigma_{zu}$ ) για την οποία παρατηρείται θλιπτική αστοχία. Αν υποθεθεί ότι ισχύει γραμμική σχέση μεταξύ εφελκυστικών και θλιπτικών τάσεων για το λιθόσωμα (σχ. 2.2) τότε :

$$\sigma_{zu}/f_{bc} + \sigma_t/\lambda f_{bc} = 1 \quad \lambda = f_{bt} : f_{bc} \quad (2)$$

Για  $\sigma_{zu} = f_{wc}$  με την βοήθεια των σχέσεων (1) και (2) , προκύπτει :

$$f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [\alpha(v_m - \beta v_b) / \lambda(1 + \alpha\beta - v_m - \alpha\beta v_b)] \} \quad (3)$$

### 2.2.3. ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΛΟΓΟ ΠΑΧΟΣ ΑΡΜΟΥ ΠΡΟΣ ΥΨΟΣ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΟΣ.

Ενδεικτική αριθμητική εφαρμογή της σχέσεως (3.) για δύο ποιότητες κονιάματος :

$$(1) \text{ Γερό κονίαμα : } \beta = 1:3$$

$$v_b = 0.15$$

$$v_m = 0.25$$

$$\lambda = 1:15$$



$$(2) \quad \text{Μαλακό κονίαμα } \beta = 1:10$$

$$V_b = 0,15$$

$$V_m = 0,35$$

$$\lambda = 1:15$$

Αριθμητική επεξεργασία της σχέσεως (3) για τις δύο ποιότητες κονιάματος :

$$(3.1) \quad f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [\alpha(0,25-0,333 \cdot 0,15)/(0,067(1+0,333^\alpha-0,25-0,05^\alpha))] \}$$

$$= 1 : \{ 1 + [(0,20\alpha)/(0,067(0,75+0,283^\alpha))] \}$$

$$\text{ή} \quad f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [2,985(\alpha)/(0,75+0,283^\alpha)] \} \quad (1)$$

$$(3.2) \quad f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [\alpha(0,35-0,10 \cdot 0,15)/(0,067(1+0,10^\alpha-0,35-0,10 \cdot 0,15^\alpha))] \}$$

$$= 1 : \{ 1 + [(0,335\alpha)/(0,067(0,65+0,085^\alpha))] \}$$

$$\text{ή} \quad f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [5(\alpha)/(0,65+0,085^\alpha)] \} \quad (2)$$

$\alpha=tm/tb$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
(1) $f_{wc}/f_{bc}$	1,0	0,72	0,57	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31
(2) $f_{wc}/f_{bc}$	1,0	0,57	0,40	0,31	0,25	0,22	0,19	0,17

Παρατήρηση : η σχέση (3.) ισχύει για τιμές ( $f_{bc} \geq f_{wc}$ ) , διότι τότε οι παραμορφώσεις των υλικών είναι τέτοιες ώστε το λιθόσωμα να βρίσκεται υπό διαξονικό εφελκυσμό , όπως υποθέτουμε στην ελαστική συμπεριφορά των υλικών (μηχανισμός θραύσεως από θλίψη).

Η αριθμητική επεξεργασία της σχέσεως (3) φαίνεται ότι βρίσκεται σε καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα (Σχ. 2.6.). παρατηρείται Δε και πάλι ότι για δεδομένο ύψος λιθοσώματος , η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μειώνεται εντυπωσιακά με τη αύξηση του αρμού.

## 2.2.4 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΧΕΣΗ ΣΥΝΔΕΣΣΕΩΣ ΤΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ.

Επεξεργασία της σχέσεως (3) :

$$f_{wc}/f_{bc} = 1 : \{ 1 + [ \alpha(v_m - \beta v_b) / \lambda(1 + \alpha\beta - v_m - \alpha\beta v_b) ] \}$$

$$\text{ή } f_{wc}/f_{bc} = 1 : [1 + (\alpha/\lambda) \cdot \xi] \quad \alpha\beta \approx 0 \quad (4)$$

$$\text{όπου } \xi = (v_m - \beta v_b) / (1 - v_m) \leq 0$$

Αριθμητική εφαρμογή της σχέσεως (4)  
(επεξεργασία στοιχείων Wesche , 1981)

Δεδομένα :

- $E_{bc} = 400 f_{bc}$  ,  $E_{mc} \approx 900 f_{mc}$  (εμπειρικές σχέσεις)

$$B = E_{mc}/E_{bc} = 2,25 \cdot f_{wc}/f_{bc}$$

- $V \sim 0,5 - 0,1 \sqrt[4]{f_c}$  (κατ' εκτίμηση)

$$\lambda = f_{bt} : f_{bc} = 0,05 \text{ (Maurwerk - Kalender 1982)}$$

- $\alpha = 1/7$ . Λαμβάνεται η τιμή αυτή για σύγκριση με Hendry '81

Εκλέγονται δύο ποιότητες λιθοσώματος και δύο ποιότητες κονιάματος, με θλιπτικές αντοχές  $f_{bc} = 50, 25 \text{ MPa}$  και  $f_{mc} = 3,5, 21 \text{ MPa}$  αντίστοιχα.

Για τις παραπάνω ποιότητες λιθοσώματος και κονιάματος και με τα δεδομένα της αριθμητικής εφαρμογής, προκύπτουν οι παρακάτω τιμές της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. (βλ. Σχ. 2.7) :

$F_{bc}= 50\text{MPa}$	$F_{mc},\text{MPa}$	$V_m$	$\beta$	$\xi$	$f_{wc}:f_{bc}$	$F_{wc}\text{ MPa}$
$V_b=0,23$	3,5	0,36	0,14	0,51	0,41	20,5
	21,0	0,285	0,84	0,13	0,73	36,60

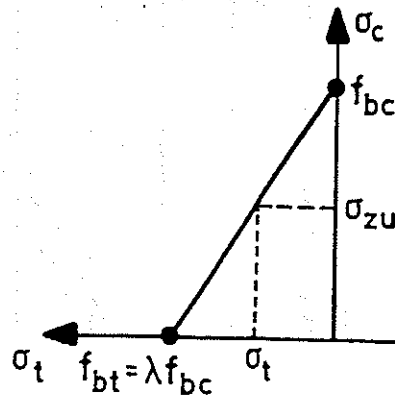
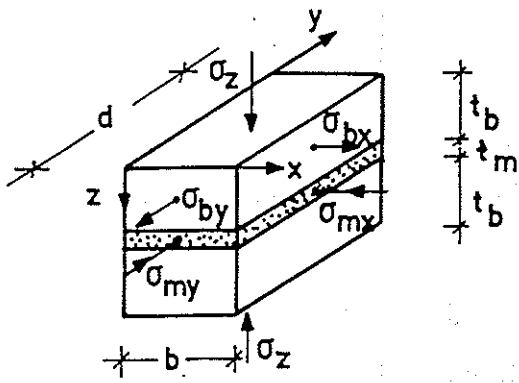
$f_{bc}= 25\text{MPa}$	$F_{mc},\text{MPa}$	$V_m$	$\beta$	$\xi$	$f_{wc}:f_{bc}$	$F_{wc}\text{ MPa}$
$V_b=0,275$	3,5	0,36	0,28	0,44	0,44	11,07
	21,0	0,285	1,68	0,00	1,00	25,00

Απ' τις αριθμητικές αυτές εφαρμογές μπορούμε να συγκρατήσουμε δύο συμπεράσματα :

α) Η αντοχή της τοιχοποιίας αυξάνει γρήγορα με την αντοχή των λιθοσωμάτων , μόνον όταν χρησιμοποιούμε ένα πολύ ισχυρό κονίαμα.

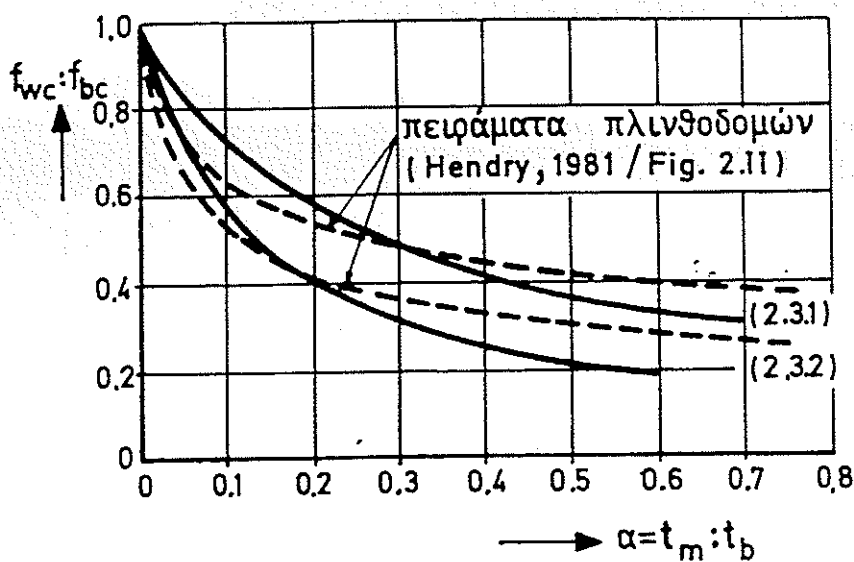
Αλλιώς , η αύξηση είναι βραδύτερη.

β) Η αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας συναρτήσει της αντοχής του κονιάματος είναι φανερή χωρίς να είναι γραμμική : Για να διπλασιάσουμε την αντοχή τοιχοποιίας πρέπει περίπου να πενταπλασιάσουμε την αντοχή του κονιάματος.

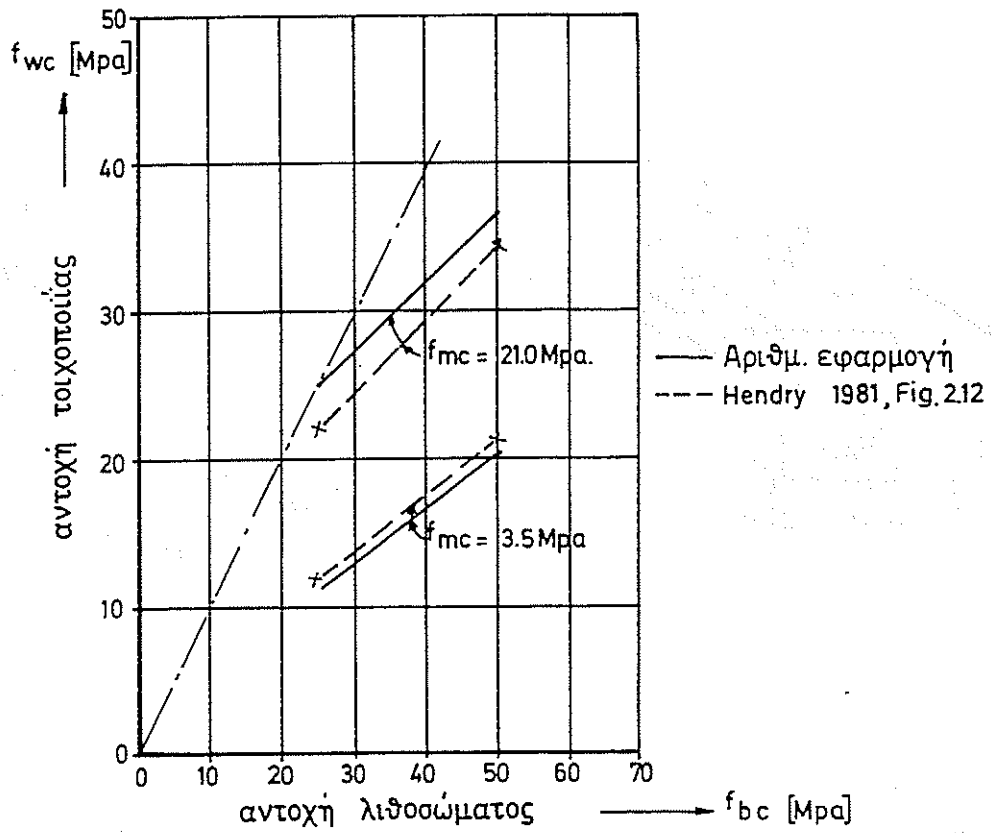


Σχ.2.4 Τάσεις σε στοιχείο τοιχοποιίας λόγω εξωτερικής θλιπτικής εντάσεως

Σχ. 2.5 Καμπύλη αστοχίας λιθοσώματος που υπόκειται σε διαξονική θλίψη



Σχ. 2.6: επίδραση του λόγου πάχους αρμού / ύψους λιθοσώματος στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.



Σχ. 2.7: θεωρητική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας συναρτήσει των αντοχών λιθοσωμάτων και κονιάματος.

## 2.3 ΘΛΙΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

### 2.3.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ $\sigma - \epsilon$ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

Η σχέση  $\sigma - \epsilon$  υπό αδιάστατη μορφή μπορεί να εκφρασθεί υπό την παραβολή  $\sigma/fwc = 2(\epsilon/\epsilon_u) - (\epsilon/\epsilon_u)^2$

Η καμπύλη του Σχ 2.8 έχει προκύψει από την επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων (Hendry 1981), με  $\epsilon_u = 2,5 \div 3,5 \text{ ‰}$

### 2.3.2 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ)

- Μέτρου ελαστικότητας
- Συντελεστή Poisson
- Χρόνιων παραμορφώσεων

α) (Wesche 1974)

$$\begin{aligned} \text{Μέτρα ελαστικότητας υλικών : } E_b &\approx (300 \div 400) fbc \\ E_m &\approx (900) fmc \end{aligned}$$

Για την τοιχοποιία :

Μέτρο ελαστικότητας :  $E_w = k \cdot E_b$

Παραμορφώσεις στιγμιαίες :  $\epsilon_i = \sigma / E_w$

Παραμορφώσεις χρόνιες :  $\epsilon_i = \epsilon_s + \varphi \cdot \epsilon_i$

Όπου  $\epsilon_s$  = συστολή ξυράνσεως

$\varphi$  = συντελεστής ερπυσμού

Πίνακας τιμών  $k$ ,  $\varphi$  και  $\epsilon_s$  τοιχοποιίας :

Κονίαμα	K	$\varphi$	$\epsilon_s$	K	$\varphi$	$\epsilon$
~M1	0,4	0,75	$\pm 1,10^{-4}$	0,4	1,50	$-2,10^{-4}$
~M2,M3	0,7			0,6		
~M4	0,9			0,7		
Λιθοσώματα	Οπτόπλινθοι			Ασβεστοπυριτικά		

β) (Hendry 1981)

Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας :

- Εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας

$$E_{wo} = 2 \cdot f_{wc} / \epsilon_u$$

- Τέμνον μέτρο ελαστικότητας  $E_w = 0,75 E_{wo} \approx (400 \div 1000) f_{wc}$   
για  $\sigma / f_{wc} = 1,0$

γ) (Maurwerk Kalender / 1982)

- Εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας :

$$E_{wo} = (550 \div 800) f_{wc}$$

- Συντελεστής Poisson :  $\nu = 0,1 \div 0,2$
- Συντελεστής ερπυσμού :  $\phi = 1,0 \div 2,0$

δ) CIB , 1958

- Τέμνον μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας

$$E_w = 1000 f_k$$

Όπου  $f_k$  η χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

- Συντελεστής Poisson :  $\nu = 0,15$
- Ερπυσμός

Ο λόγος 'φ' της μέγιστης τιμής της ερπυστικής παραμορφώσεως προς την ελαστική παραμόρφωση της τοιχοποιίας για μόνιμα φορτία δίνεται παρακάτω για ορισμένα είδη υλικών τοιχοποιίας :

Τοιχοποιία από οπτόπλινθους  $\phi = 1,0$

Τοιχοποιία από ασβεστοπυριτικά πυκνά λιθοσώματα  $\phi = 2,0$

Τοιχοποιία από λίθους ελαφροσκυροδέματος  $\phi = 2,5$

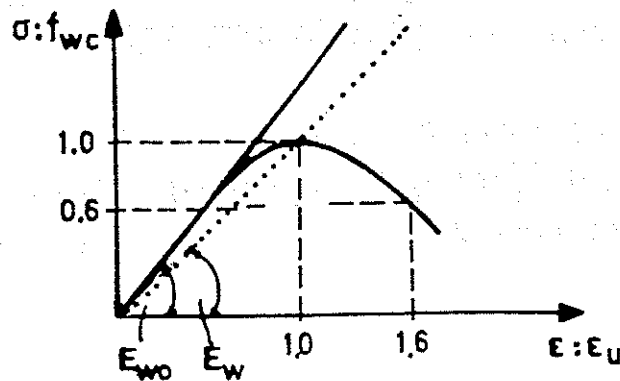
ε) Chuxian , 1984 Κινέζικος κανονισμός (για οπτοπλινθοδομή).

Η σχέση  $\sigma - \epsilon$  δίνεται από την παρακάτω λογαριθμική έκφραση:

$$\epsilon = - [1 / (145 \cdot \sqrt{f_{wc}})] \cdot \ln (1 - \sigma_0 / f_{wc})$$

Το τέμνον μέτρο ελαστικότητας για  $\sigma = 0,43 f_{wc}$  είναι

$$E_w = 115 f_{wc}^{3/2}$$



Σχ. 2.8. Αδιαστατοποιημένη καμπύλη τάσεων/ παραμορφώσεων τοιχοποιίας σε θλίψη



## 2.4 ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

### 2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εφελκυστική αντοχή δεν συνιστά ένα σαφές μηχανικό χαρακτηριστικό της τοιχοποιίας. Στην πραγματικότητα ανάλογα με την γωνία εμφάνισης μιας εφελκυστικής ρωγμής διαφορετική θα είναι και η αντίσταση της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό.

Ο κατακόρυφος εφελκυσμός οδηγεί σε αποσύνθεση του κονιάματος (Σχ. 2.9). Έτσι η εφελκυστική αντοχή μπορεί να εκφρασθεί σαν ένα ποσοστό της εφελκυστικής αντοχής του κονιάματος:

$$f_{wt} = \zeta \cdot f_{mt} \quad (\zeta = 2/3)$$

όπου το  $\zeta$  εξαρτάται πάρα πολύ από την προσυμπίεση και τις συνθήκες συντηρήσεως.

Από την άλλη πλευρά η οριζόντια εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας προέρχεται

- είτε από την αντίσταση σε ολίσθηση μεταξύ κονιάματος και λιθοσώματος (Σχ. 2.10<sup>α</sup>).
  - ή από την εφελκυστική αντοχή του λιθοσώματος (Σχ. 2.10<sup>β</sup>).
- Εξάλλου για λοξή εμφάνιση της κύριας εφελκυστικής τάσεως δεν είναι γνωστό πως υπολογίζεται η εφελκυστική αντοχή συναρτήσει της γωνίας (Σχ. 2.11).

Τέλος σ' όλες αυτές τις σκέψεις δεν έχει υπεισέλθει ακόμα ο δυσμενής ρόλος της εγκάρσιας θλιπτικής τάσεως.

Με αυτά τα δεδομένα κάθε θεωρία διατμητικής συμπεριφοράς τοιχοποιίας που βασίζεται στη ψευδοσταθερά « $f_{wt}$ » δεν αναμένεται ότι θα μπορεί να περιγυλώσει την πραγματικότητα με ακρίβεια.

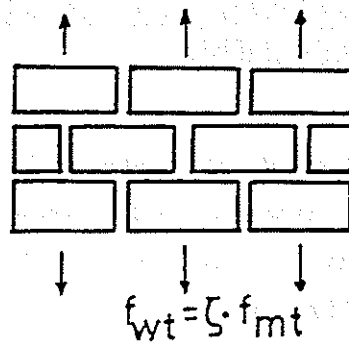
## 2.4.2 ΤΙΜΕΣ ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ)

Με την παραδοχή ότι επέρχεται αστοχία στην τοιχοποιία όταν η κύρια εφελκυστική τάση φθάσει στην «εφελκυστική αντοχή» της τοιχοποιίας πειράματα σε τοίχους από άοπλη τοιχοποιία έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

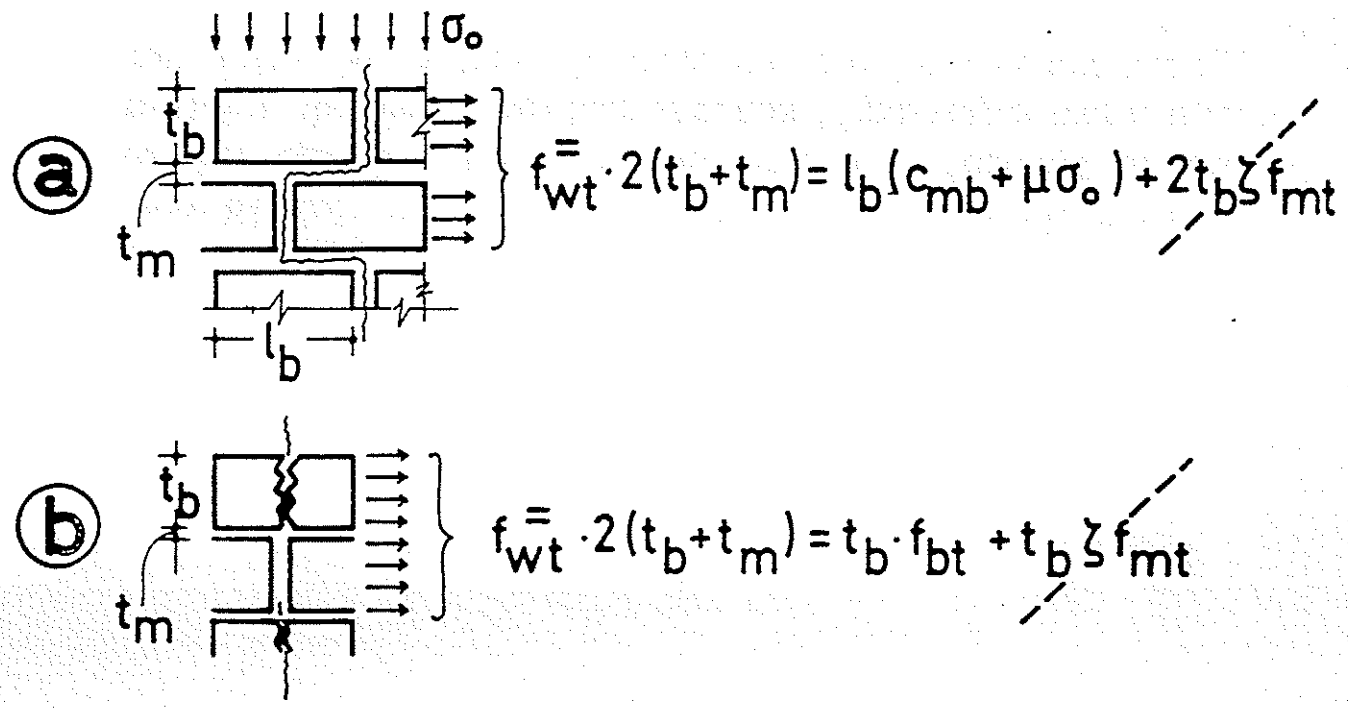
α) εφελκυστική αντοχή  $f_{wt} = 1,30 \div 1,65 \text{ MPa}$  (Blume 1967)  
(Σχ. 2.12<sup>α</sup>)  $f_{wt} = 1,80 \div 2,25 \text{ MPa}$  (Borchelt, 1970)

β) εφελκυστική αντοχή  $f_{wt} = 0,90 \div 1,90 \text{ MPa}$  (Blume 1968)  
(Σχ. 2.12<sup>β</sup>)  $f_{wt} = 1,80 \div 3,70 \text{ MPa}$  (Borchelt, 1970)

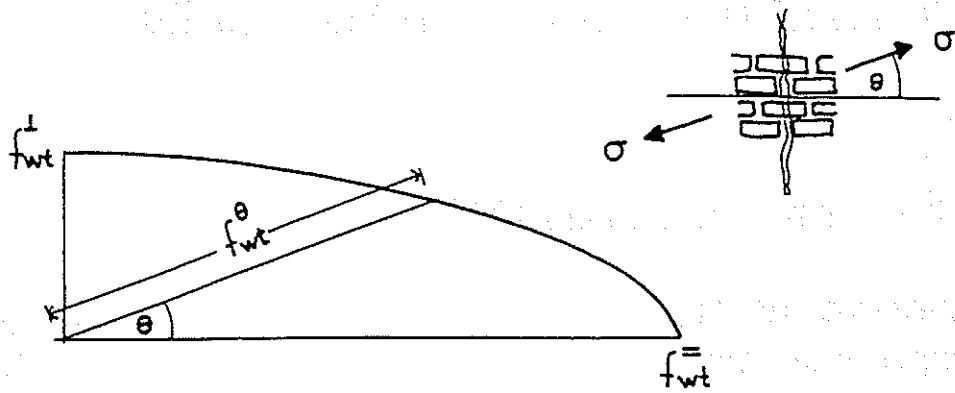
Οι παραπάνω τιμές της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας είναι απλά ενδεικτικές, καθόσον εξαρτώνται από την ποιότητα του κονιάματος, το κατακόρυφο θλιπτικό φορτίο και το κριτήριο θραύσεως που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή τους.



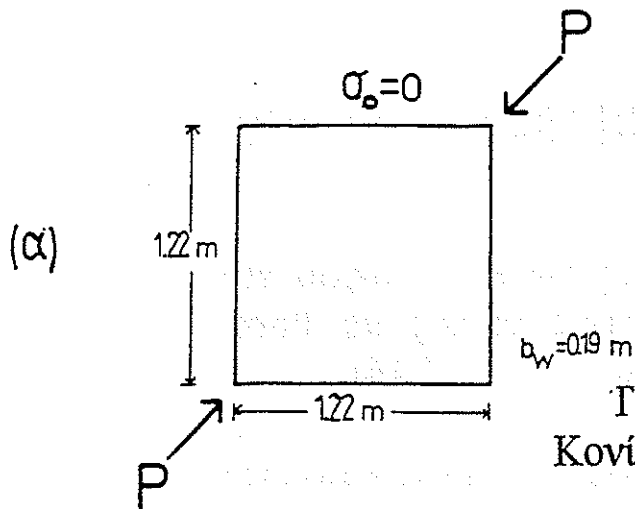
Σχ. 2.9 'Κατακόρυφη εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας



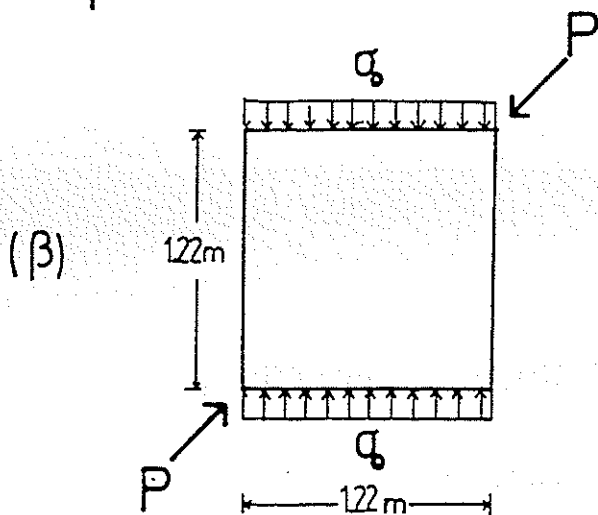
Σχ 2.10 Μηχανισμοί 'οριζόντιας' εφελκυστικής αντοχής υψς τοιχοποιίας



Σχ. 2.11 : Εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας όταν η κύρια εφελκυστική τάση εμφανίζεται υπό γωνία  $\theta$ .



Τοίχοι από τούβλα : Συμπαγείς – κοίλοι  
Κονίαμα συνδέσεων :  $f_{mc} = 20 \div 25 \text{ MPa}$



Τοίχοι από τούβλα : Συμπαγείς  
Κονίαμα συνδέσεων :  $f_{mc} = 5 \text{ MPa}$

Σχ. 2.12 Πειραματικές διατάξεις για τον καθορισμό της εφελκυστικής αντοχής άοπλης τοιχοποιίας υπό διαγώνια θλίψη

## 2.5 ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ

### 2.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

#### 2.5.1.1 ΜΟΡΦΕΣ ΘΡΑΥΣΕΩΣ

Ανάλογα με τις διαστάσεις του τοίχου και την εξωτερική φόρτιση, διακρίνονται οι παρακάτω μορφές θραύσεως (Σχ. 2.13)

- α) Καμπτική θραύση : Παρατηρείται σε τοίχους με μεγάλες τιμές του λόγου  $h_w/l_w$  (συνήθως  $h_w/l_w > 2.0$ ).
- β) Θραύση από ολίσθηση του τοίχου σαν στερεό σώμα ως προς την βάση του. Συμβαίνει για μικρές τιμές του συντελεστή 'μ'.
- γ) Διατμητική θραύση : Παρατηρείται σε τοίχους με μικρές τιμές του λόγου  $h_w/l_w$  (συνήθως  $h_w/l_w < 1.0$ )

#### 2.5.1.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΓΩΝΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Απλοποιημένη μορφή του διαγράμματος τ-θ ενός τοίχου για καταπόνηση σε θλιπτικές και διατμητικές τάσεις με βάση πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζεται στο (Σχ. 2.14).

Με βάση τα ίδια πειράματα έχουν προκύψει οι παρακάτω ενδεικτικές τιμές γωνιακών παραμορφώσεων : για απλαισίσωτη άοπλη τοιχοποιία

$$\theta_{cr} = 1 \div 2\text{‰}$$

$$\theta_u = 1 \div 3\text{‰}$$

$$\theta_u' = 3 \div 4\text{‰}$$

$$\theta_u/\theta_r = 1 \div 2.0\text{‰}$$

όπου  $\theta_{cr}$  : η γωνιακή παραμόρφωση την στιγμή ρηγματώσεως του τοίχου

$\theta_u$  : η γωνιακή παραμόρφωση που αντιστοιχεί στην διατμητική αντοχή του τοίχου

$\theta_u'$  : η γωνιακή παραμόρφωση μετά την οποία παρατηρείται σημαντική πτώση της διατμητικής αντοχής του τοίχου από τη μέγιστη τιμή της.

### 2.5.1.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΕΩΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Για μικρούς λόγους  $\sigma_0/f_{wc}$  ( $\leq 0,40$ ) (Σχ. 2.21), αύξηση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως προκαλεί αύξηση της διατμητικής αντοχής όπως φαίνεται και σε πειραματικά αποτελέσματα (Σχ. 2.19).

Από πειραματικά αποτελέσματα έχει προκύψει μια γραμμική σχέση της μορφής  $t_u = c_{mb} + f_{\sigma_0}$  (πρβλ και Σχ. 2.18).

Όπου  $t_u$  : η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας.

$c_{mb}$  : η συνάφεια μεταξύ λιθοσώματος και κονιάματος

$$c_{mb} = \xi f_{bc}$$

Κονίαμα	M1	M2	M3	M4
$\xi =$	1:40	1:30	1:20	1:15

$\sigma_0$  : η κατακόρυφη θλιπτική τάση

$f$  : ο φαινόμενος συντελεστής τριβής

### 2.5.1.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ

Χρειάζεται να γίνει η διάκριση δύο τύπων συντελεστών τριβής:

#### α) Φαινόμενος συντελεστής τριβής

εκφράζει την επίδραση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως στην διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας και ορίζεται ως λόγος  $t_u/\sigma_0$  (Σχ. 2.15)

Κανονικά θα είχε φυσικό νόημα στην περίπτωση αστοχίας του τοίχου λόγω ολισθήσεως του κονιάματος προς το λιθόσωμα . Χρησιμοποιείται όμως καταχρηστικά και για άλλες μορφές αστοχίας. Οι τιμές του φαινομένου συντελεστή τριβής κυμαίνονται κυρίως στην περιοχή  $0,30 \div 0,80$ .

β) Πραγματικός συντελεστής.

Εμφανίζεται στην δημιουργία διαγώνιας ρηγματώσεως του τοίχου και ορίζεται ως λόγος  $T/N$  όπου  $T$  και  $N$  είναι η παράλληλη και κάθετη δύναμη αντίστοιχα που εξασκούνται στην ρηγματωμένη επιφάνεια. (Σχ. 2.15).

Εξαρτάται από την κατακόρυφη θλιπτική τάση που υπάρχει στην τοιχοποιία και μπορεί να εκφρασθεί συναρτήσει αυτής από την εμπειρική σχέση:

$$M = 0,17 : (\sigma_0 / f_{wc})^{2/3} > 2 \quad (5)$$

Η έκφραση (5) βρίσκεται σε συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα (Σχ. 2.17) όπου μπορούμε να σημειώσουμε ότι παρατηρείται μείωση του συντελεστή τριβής με την αύξηση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως, που είναι περισσότερο αισθητή για τιμές του λόγου  $\sigma_0 : f_{wc} \leq 0,20$ .

#### 2.5.1.5. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΑΕΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΕΩΣ ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ.

Η παρουσίαση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως  $\sigma_0$  προκαλεί μια βράχυνση του ύψους του τοίχου κατά  $\Delta h_w = (\sigma_0 / E_w) h_w$  ( $E_w$  το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας) και επομένως και μια πρόθλιψη της διαγωνίου από τη θέση  $ΑΓ$  στην θέση  $ΑΓ1$  (Σχ. 2.16)

Με την εφαρμογή της διατμητικής τάσεως  $\tau$  για να αρχίσει να εφελκύεται η διαγώνιος  $ΑΓ1$  χρειάζεται να εκδηλωθεί πρώτα μια γωνιακή παραμόρφωση  $\Delta \theta = (\sigma_0 / E_w) \cdot (h_w / l_w)$  που θα φέρει την διαγώνιο στη θέση  $ΑΓ2 = ΑΓ$ . Επί πλέον χρειάζεται πρόσθετη γωνιακή παραμόρφωση  $\theta_{cr}$  για να επιτευχθεί η ρηγματώση αυτής της διαγωνίου. Επομένως:

$$\theta_{cr} \approx \theta_{cr,0} + (\sigma_0 / E_w) \cdot (h_w / l_w)$$

Πειραματικά αποτελέσματα (Meli, 1975) έδειξαν ότι για  $h_w : l_w = 1,0$  ή  $\Delta \theta \approx \sigma_0 : E_w$ .

## 2.5.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΘΡΑΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Για έναν μεμονωμένο τοίχο από άοπλη τοιχοποιία και χωρίς ανοίγματα μπορούν να παρατηρηθούν οι παρακάτω τρόποι αστοχίας.

### 2.5.2.1. ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΠΕΡΙ ΤΟ ΜΕΣΟΝ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ.

Η κατανομή του διαγράμματος των διατμητικών τάσεων είναι παραβολική με μέγιστη τιμή β.τ κατά μήκος του άξονα του τοίχου όπου  $\beta \approx 1,5$  (Σχ. 2.22).

Η αστοχία επέρχεται από την ολίσθηση του κονιάματος προς το λιθόσωμα και εκφράζεται από τη σχέση:

$$\tau_u = 1/\beta \text{ cmb} + (\mu/\beta) \cdot \sigma_o$$

ή υπό αδιάστατη μορφή,

$$\tau_u/f_wc = 1/\beta (\text{cmb}/f_wc) + \mu/\beta (\sigma_o/f_wc)$$

όπου cmb η συνάφεια του κονιάματος προς το λιθόσωμα  
μ ο συντελεστής τριβής κατά μήκος του οριζόντιου αρμού που εκφράζεται ως συνάρτηση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως  $\sigma_o$  από την εμπειρική σχέση

$$\mu \sim 0,17 : (\sigma_o/f_wc)^{2/3} > 2,0 \quad (6)$$

### 2.5.2.2 ΘΡΑΥΣΗ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙ ΤΟ ΜΕΣΟΝ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ.

Οι διατμητικές τάσεις που δρουν στα λιθόσωματα παρουσιάζουν την μέγιστη τιμή τους κατά μήκος του άξονα του τοίχου ενώ η κατακόρυφη θλιπτική τάση  $\sigma_o$  είναι πρακτικά σταθερή σε όλα τα σημεία. Ο συνδιασμός αυτός των διατμητικών και των θλιπτικών τάσεων μπορεί να προκαλέσει συγκεντρωση τάσεων που οδηγούν στη δημιουργία



θλιπτοδιατμητικών ρωγμών στο λιθόσωμα. Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται αρχικά περί το κέντρον του τοίχου, όπου ο συνδυασμός των θλιπτοδιατμητικών τάσεων λαμβάνει την μέγιστη τιμή του.

Ένα απλοποιημένο κριτήριο θραύσεως για ένα λιθόσωμα υπό τις κύριες τάσεις  $\sigma_1$  και  $\sigma_2$  είναι το παρακάτω:

$$\sigma_1/f_{bc} + \sigma_2/f_{bt} = 1 \quad (\text{ευθεία γραμμή})$$

$$\text{όπου } \sigma_{1,2} = \pm \sigma_0/2 + \sqrt{(\sigma_0/2)^2 + (\beta\tau)^2} \quad (\text{κύκλος Mohr}) \quad (\text{Σχ.2.20})$$

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω σχέσεων οδηγεί στην έκφραση

$$\tau_u/f_{wc} = 1/\beta \cdot \left[ \sqrt{(1 - \sigma_0/f_{wc})(1 + \sigma_0/f_{bt})} \right] / [f_{wc}/f_{bc} + f_{wc}/f_{bt}] \quad (7)$$

### 2.5.2.3. ΤΟΠΙΚΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΘΡΑΥΣΗ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΓΩΝΙΑ

(α) Εξετάζουμε την περίπτωση που για μικρές τιμές της  $\sigma_0$  επέρχεται θραύση στην περιοχή Β, μετά τη ρηγμάτωση στη θέση Α:

$$\text{Ισορροπία δυνάμεων } 2(lw/2 - e)f_{wc}.bw = \sigma_0.lw.bw$$

Εκκεντρότητα

$$e = M/P = [V.hw/P].[\tau.bw.lw.hw/\sigma_0.bw.lw] = (\tau/\sigma_0).hw$$

Με επεξεργασία των δύο εξισώσεων προκύπτει

$$2\tau_u \cdot \alpha \cdot f_{wc} = f_{wc} \cdot \sigma_0 - \sigma_0^2 \quad \text{είτε αδιαστατοποιημένη έκφραση}$$

$$2\alpha \cdot \tau_u/f_{wc} = \sigma_0/f_{wc} - (\sigma_0/f_{wc})^2, \quad (\alpha = hw : lw) \quad (8)$$

β) θεωρούμε την περίπτωση που για μεγάλες τιμές  $\sigma_0$  δεν έχει ρηγματωθεί η περιοχή Α αλλά έχει επέλθει θλιπτική θραύση στην θέση Β:

$$\sigma_B = P/F + M/W = P/(bw \cdot lw) + V \cdot hw/(bw \cdot lw^2 : 6)$$

$$f_{wc} = \sigma_0 + 6 \cdot V/(bw \cdot lw) \cdot hw/lw = \sigma_0 + 6 \text{ τυ.α ή}$$

$$6 \text{ α.τυ.} = f_{wc} - \sigma_0 \text{ ή}$$

$$\text{υπό αδιάστατη μορφή} \quad 6\alpha(\text{τυ}/f_{wc}) = 1 - \sigma_0/f_{wc} \quad (8)$$

### **2.5.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ**

Για έναν μεμονωμένο τοίχο – πρόβολο από τοιχοποιία και για δεδομένη αξονική θλίψη ' $\sigma_0$ ' οι ελάχιστες τιμές ' $\alpha$ ' μπορούν να προκύψουν από τις προηγούμενες κρίσιμες εκφράσεις. Η απεικόνιση των κρίσιμων σημείων δίνει το διάγραμμα αλληλεπιδράσεως του συγκεκριμένου τοίχου. (Σχ. 2.23,2.24)

### **2.5.4 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (ΓΙΑ ΜΙΚΡΑ ΑΞΟΝΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ).**

Είναι αξιοσημείωτο ότι το τμήμα του διαγράμματος αλληλεπιδράσεως που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι το χαμηλότερο (για τιμές  $\sigma_0/f_{wc} < 0,20$ ). Για το τμήμα αυτό συνηθίζεται στη βιβλιογραφία να ερμηνεύονται οι μηχανισμοί διατμήσεως και θλίψεως με τα δύο παρακάτω φαινομενολογικά μοντέλα. Η λειτουργία των μοντέλων αυτών στηρίζεται στην παραδοχή ότι η τοιχοποιία συμπεριφέρεται ως μονογενές και ισότροπο υλικό.

α) Διαγώνια ρηγμάτωση περί το μέσον του τοίχου όταν η κύρια εφελκυστική τάση  $\sigma_1$  της τοιχοποιίας υπερβεί την εφελκυστική της αντοχή  $f_{wt}$ .

$$\text{Κύκλος Mohr : } \sigma_1 = -\sigma_0/2 + \sqrt{(\sigma_0/2)^2 + (\beta\tau_u)^2}, \beta = 1,5$$

(Σχ. 2.20)

Η επίλυση ως προς  $\tau_u$  δίνει :

$$\tau_u = f_{wt}/\beta \sqrt{1 + \sigma_0/f_{wt}} \quad (9)$$

η έκφραση (9) βρίσκεται σε ικανοποιητική συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα διαφόρων ερευνητών όπως φαίνεται στο Σχ. 2.21.

β) Μοντέλο ψευδοπροσφύσεως – ψευδοτριβής

Το μοντέλο αυτό θεωρεί την τοιχοποιία υλικό τύπου Coulomb, (συνοχή – τριβή) και δέχεται τη δημιουργία μιας οριζόντιας ολισθήσεως δια μέσου της τοιχοποιίας που δίνεται από την έκφραση :

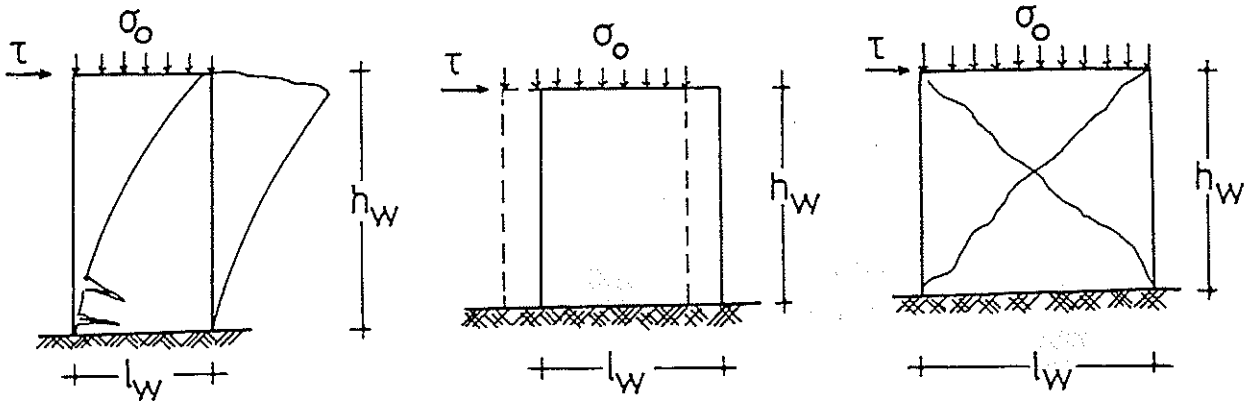
$$\tau_u = \tau_0 + f \cdot \sigma_0 \quad (10)$$

όπου  $\tau_0$  : ψευδοσυνοχή

$\sigma_0$  : πραγματική θλιπτική τάση

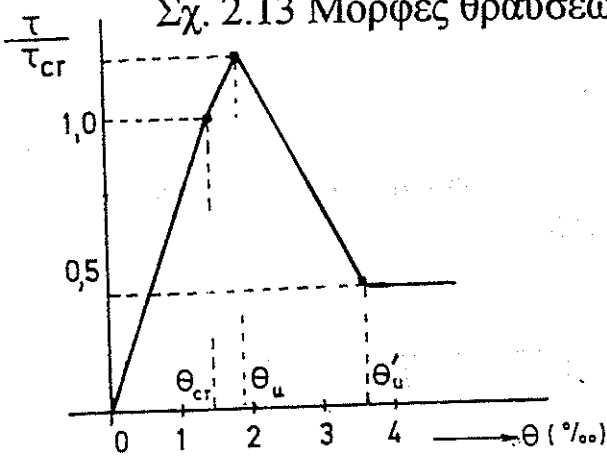
$f$  : συντελεστής ψευδοτριβής ( $f = 0,3 \div 0,8$ ) (Hendry '81)

Η έκφραση (10) δεν έχει γενική φυσική σημασία επειδή σπάνια παρατηρείται αστοχία αυτής της μορφής. Μόνον στη περίπτωση ασθενούς τοιχοποιίας έχει συμβεί διατμητική ολίσθηση στην βάση του τοίχου. Πειραματικά αποτελέσματα με βάση το παραπάνω μοντέλο παρουσιάζονται στο Σχ. 2.17.



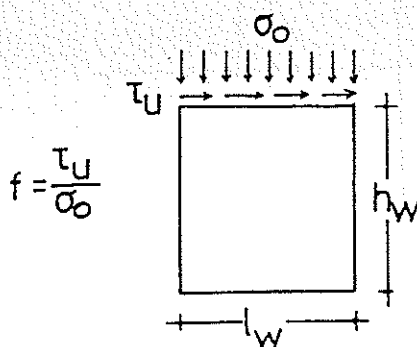
(α) Καμπτική θραύση (β) Αστοχία από ολίσθηση (γ) Διατμητική θραύση

Σχ. 2.13 Μορφές θραύσεων τοίχων

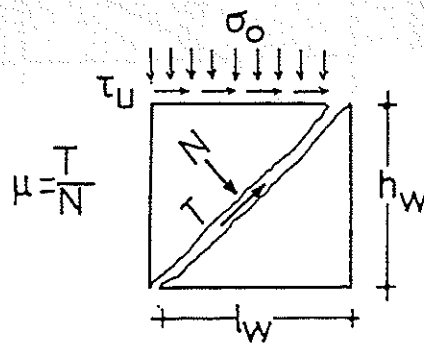


γωνιακή παραμόρφωση

Σχ. 2.14 Σχηματοποιημένο διάγραμμα διατμητικών τάσεων – γωνιακών παραμορφώσεων για άοπλη τοιχοποιία. Πειραματικά αποτελέσματα. (Jolley-1976, Benedetti et al-1980, Sheppard et al-1980, Tomazevic et al-1984).

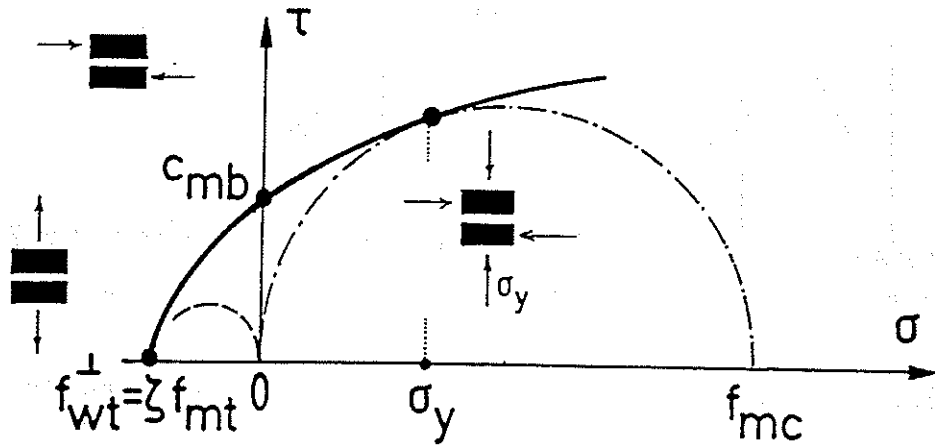


(α) Φαινόμενος συντελεστής τριβής

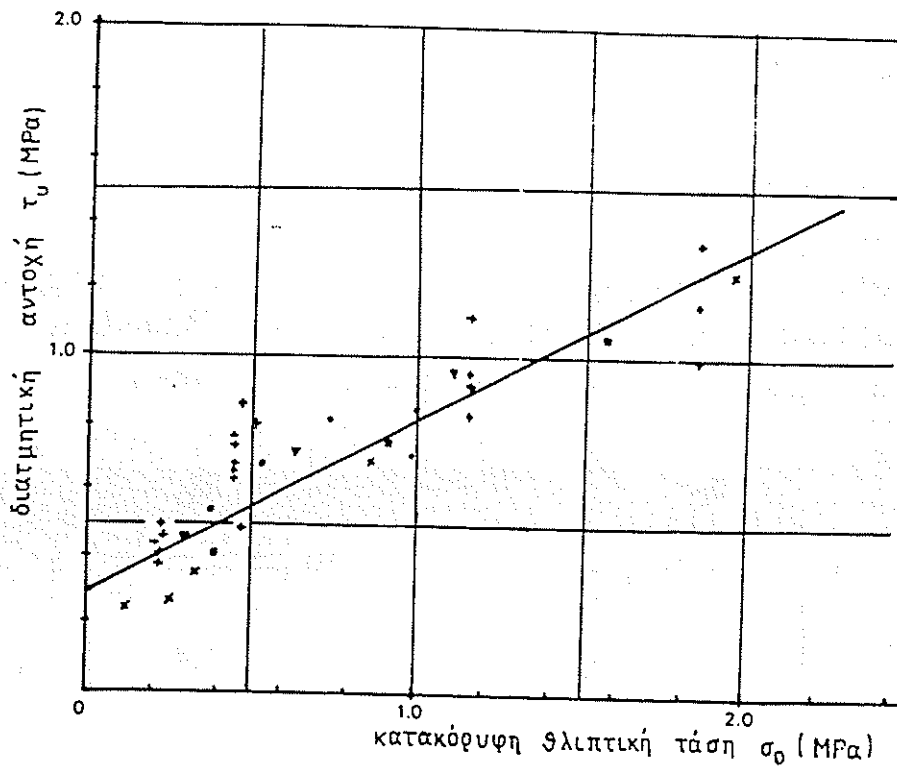


(β) Πραγματικός συντελεστής τριβής

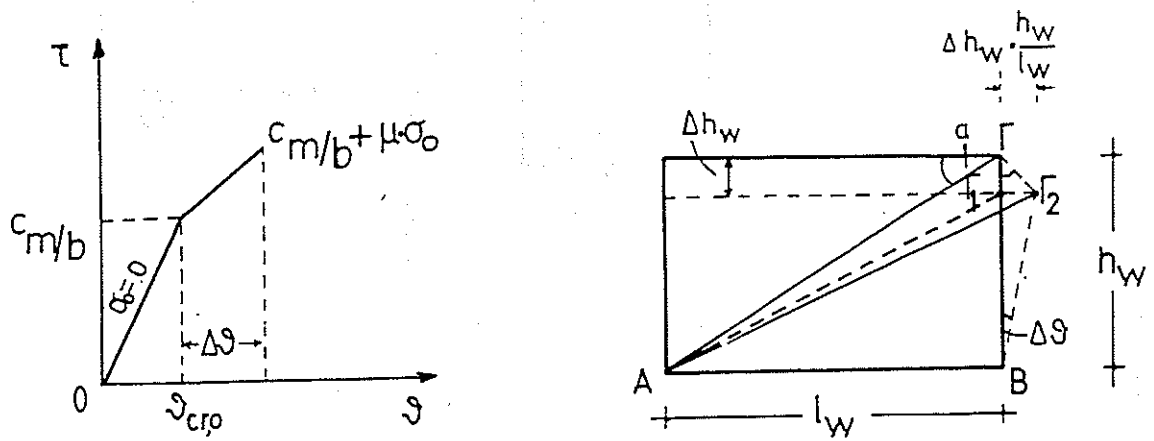
Σχ. 2.15 Συντελεστής τριβής



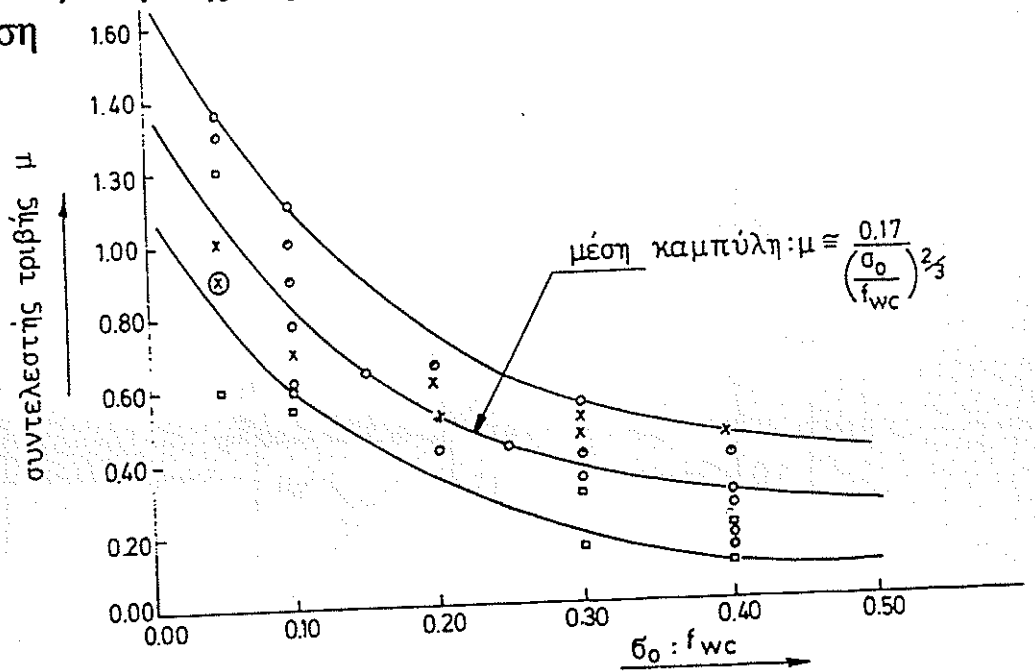
Σχ. 2.16 : Καμπύλη μηχανικών χαρακτηριστικών της διεπιφάνειας λιθοσώματος – κονιάματος



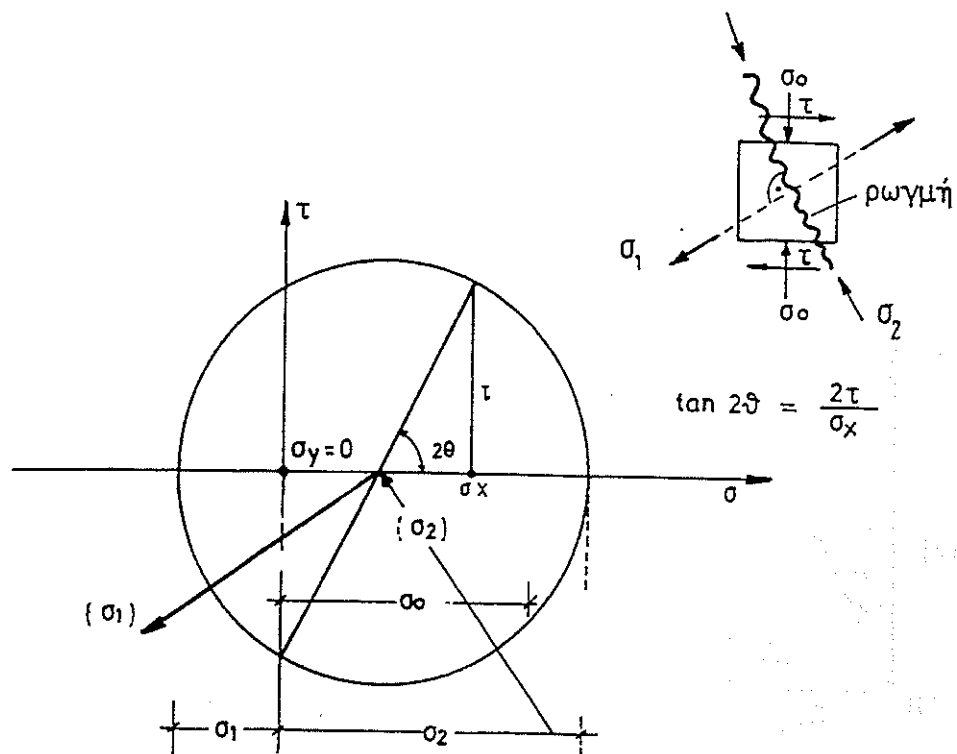
Σχ. 2.17 : Επίδραση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως στην διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Πειραματικά αποτελέσματα (Sinha and Hendry, 1969, από Hendry, 1981)



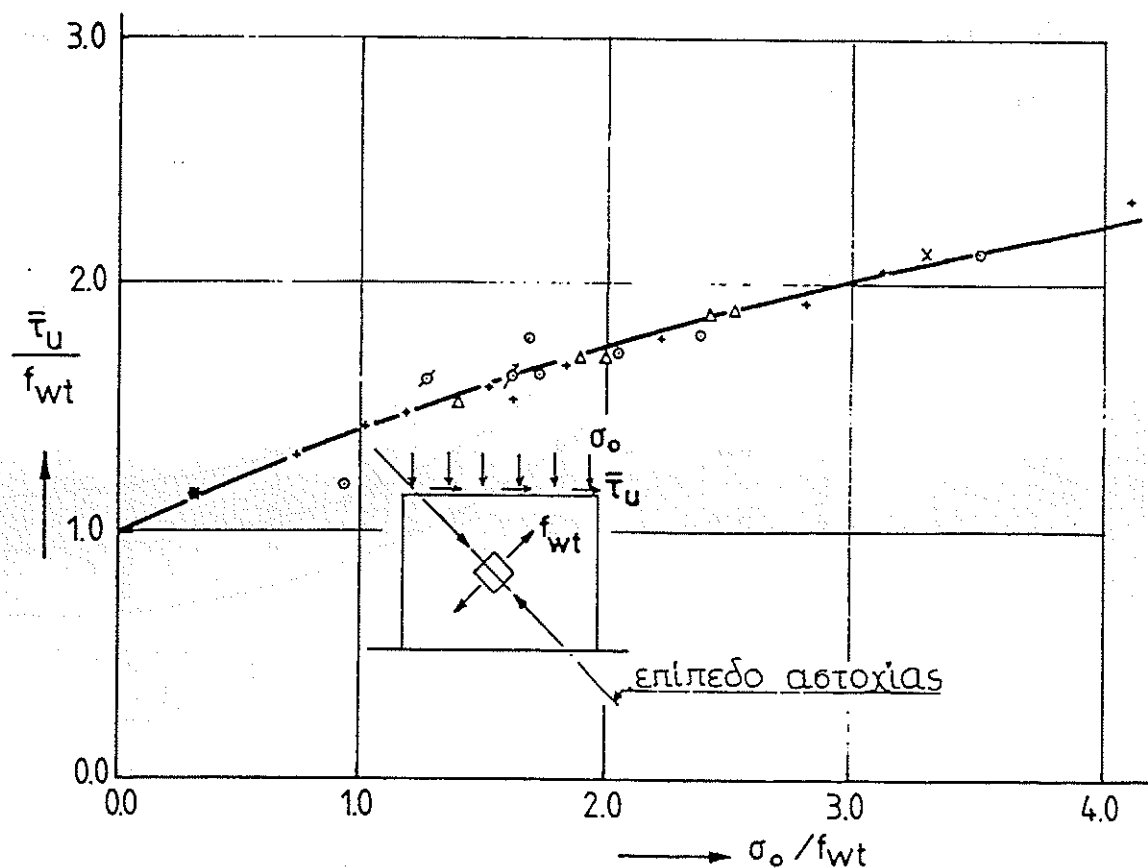
Σχ.2.18 : Επίδραση της αξονικής θλίψεως στην γωνιακή παραμόρφωση



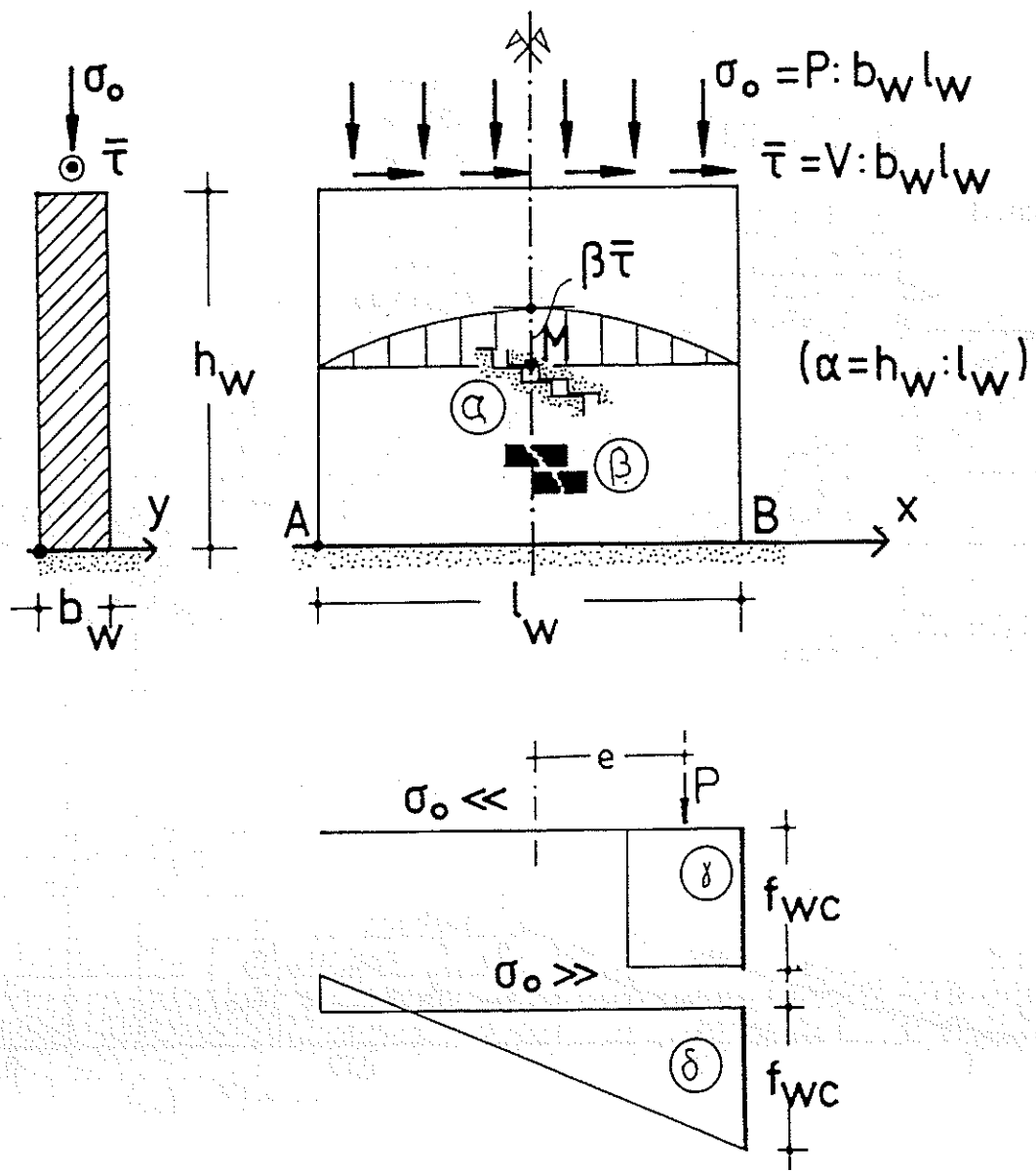
Σχ. 2.19: Επίδραση κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως στον πραγματικό συντελεστή τριβής. Πειραματικά αποτελέσματα (Benedetti et al. 1980, Jolley-1976, Chinhaw-1972, από Hendry-1981, Hendry et al-1971, από Hendry-1981, Shneider-1976, από Hendry-1981)



Σχ. 2.20 : Ερμηνεία της εμφάνισης των διατμητικών ρωγμών από το κέντρο του τοίχου προς τα άκρα.

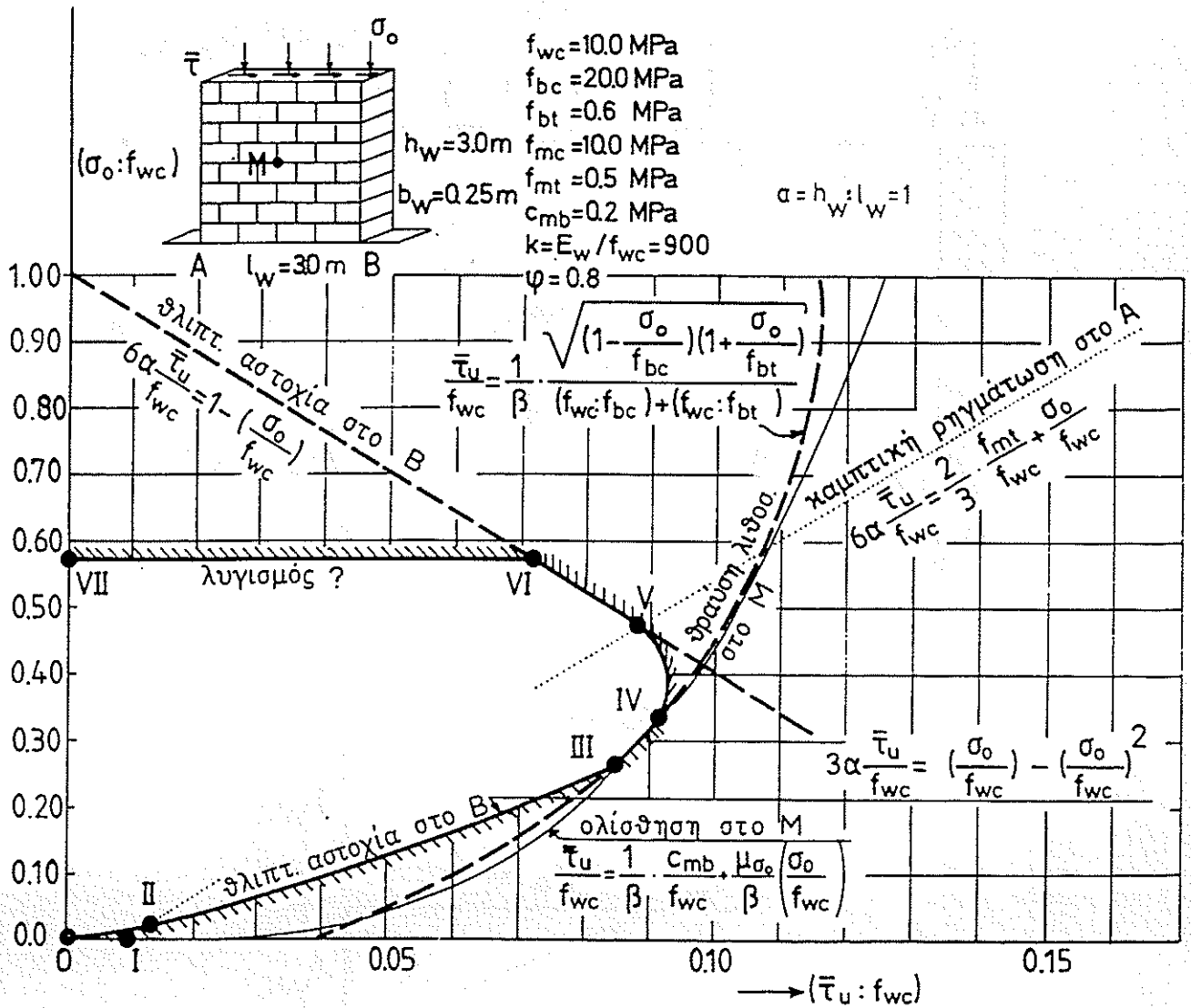


Σχ. 2.21 : Διατμητική αντοχή τοίχων από τοιχοποιία υπό ταυτόχρονη δράση κατακόρυφου θλιπτικού φορτίου  $\sigma_o$ . Πειραματικά αποτελέσματα (Hendry, 1981)

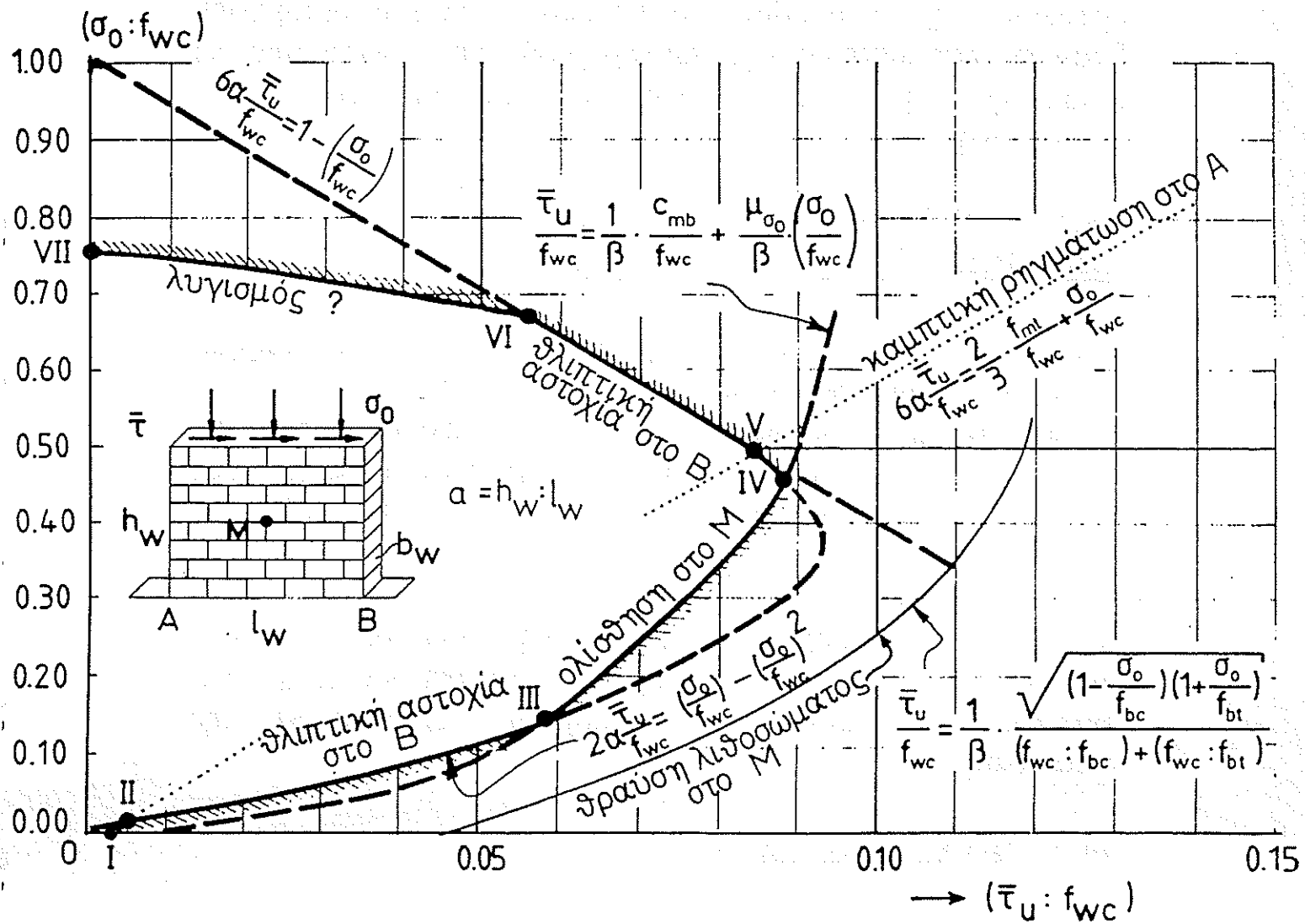


Σχ. 2.22 Διατμητικοί (α,β) και θλιπτικοί (γ,δ) μηχανισμοί αστοχίας μεμονωμένου τοίχου από άοπλη τοιχοποιία χωρίς ανοίγματα





Σχ. 2.23 : Υπολογιστικό διάγραμμα αλληλεπιδράσεως για έναν τοίχο από άοπλη τοιχοποιία.



Σχ. 2.24 Διάγραμμα αλληλεπιδράσεως για έναν τοίχο από άοπλη τοιχοποιία που υπολογίστηκε με βάση πείραμα του Jolley 1976.

## **2.6 ΑΝΑΚΥΚΛΙΖΟΜΕΝΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΑΟΙΛΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ**

### **2.6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Ο αριθμός των ερευνών στον τομέα αυτό είναι αρκετά περιορισμένος. Κατ' αρχήν απαιτείται η γνώση του τρόπου αστοχίας της τοιχοποιίας και κατόπιν η γνώση ορισμένων βασικών παραμέτρων της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε αακυκλιζόμενη διάτμηση (απόκριση , ακαμψία , απόσβεση , πλαστιμότητα).

### **2.6.2 ΕΠΡΡΟΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΙΣΕΩΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΚΑΜΨΙΑ.**

Τόσο η απόκριση όσο και η ακαμψία μειώνονται με την άυξηση του αριθμού των κύκλων φορτίσεως (Σχ. 2.25).

Αν αρκετά σημεία σε μια κατασκευή από τοιχοποιία υποστούν σημαντική μείωση της ακαμψίας τους μεγαλώνει η ιδιοπερίοδος ταλάντωσης της κατασκευής με συνέπεια τη μεταβολή της τέμνουσας δυνάμεως που οφείλει να αναλάβει η κατασκευή.

Στην Περίπτωση αυτή ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σεισμικού κραδασμού, την αλληλεπίδραση εδάφους κατασκευής κ.λ.π. η μεταβολή αυτή μπορεί να επηρεάσει ευμενώς ή δυσμενώς την σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής.

### **2.6.3 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ**

Με τον όρο πλαστιμότητα μιας κατασκευής εννοούμε την ικανότητα της κατασκευής μετά τη διαρροή να παραμορφώνεται πλαστικά χωρίς δηλαδή να αλλοιώνεται η αντίστασή της.

Όπως είναι γνωστό ονομάζεται δείκτης πλαστιμότητας 'μ' ο λόγος της μέγιστης μετακινήσεως (πέρα από την οποία το φορτίο αστοχίας δεν μπορεί να διατηρηθεί σταθερό), ως προς την μετακίνηση διαρροής (για την οποία για πρώτη φορά

επιτεύχθηκε το φορτίο αστοχίας) :  $\mu = d_{MI}/d_{o1}$  (Σχ.2.29),  
(πρβλ.Θ.Τάσιου : μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος)

Οι άοπλες τοιχοποιίες παρουσιάζουν γενικά ψαθυρή συμπεριφορά με μικρή πλαστιμότητα , πρακτικά ίση με 1,0. Κατασκευές από άοπλη τοιχοποιία πρέπει να υπολογίζονται έτσι ώστε δεχόμενες τον σεισμό υπολογισμού να βρίσκονται στην ελαστική τους φάση(Σχ. 2.27) και οι σεισμικοί συντελεστές για ελαστική γραμμική συμπεριφορά πρέπει να διαιρούνται με 1,0.

Σε ένα πολυώροφο κτίριο από φέρουσα άοπλη τοιχοποιία η πλαστιμότητα του κτιρίου εξαρτάται από την πλαστιμότητα των ορόφων του. Διαρροή επέρχεται πρώτα σε έναν απ' όλους τους ορόφους του κτιρίου και συνήθως στο ισόγειο.

Παρακάτω γίνεται κάποια προσπάθεια (με βάση το Seismic Design Code DZ4210) για να εκτιμηθεί η πλαστιμότητα ενός κτιρίου με  $n$  ορόφους, όταν είναι γνωστή η πλαστιμότητα του ισόγειου.

Για τον σκοπό αυτό υποτίθεται ότι διαθέτουμε τα διαγράμματα διατμητικών δυνάμεων – οριζόντιων μετατοπίσεων του κτιρίου (Σχ. 2.30).

Θεωρούμε επίσης τριγωνική κατανομή του σεισμικού φορτίου και των οριζόντιων μετατοπίσεων των ορόφων του κτιρίου (Σχ.2.28)

#### 2.6.4 ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΠΟΛΥΩΡΟΦΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.

Η πλαστιμότητα αποτελεί πολύτιμη ιδιότητα για ένα κτίριο χάρη σ' αυτήν το κτίριο είναι σε θέση να απορροφήσει ένα σημαντικό ποσό ενέργειας (υπό μορφή πλαστικής παραμορφώσεως). Κατά συνέπεια υφίσταται σε μειωμένο βαθμό τις δυσμενείς επιδράσεις ενός σεισμού με φανερά οικονομικά αποτελέσματα.

Σε ένα πολυώροφο κτίριο από φέρουσα άοπλη τοιχοποιία η πλαστιμότητα του κτιρίου εξαρτάται από τον αριθμό των ορόφων του και κατ' ακολουθία από την πλαστιμότητα των τοίχων κάθε ορόφου.

Κατωτέρω γίνεται προσπάθεια να εκτιμηθεί η πλαστιμότητα ενός κτιρίου με  $n$  ορόφους όταν είναι γνωστή η πλαστιμότητα των τοίχων του ισογείου. Για το σκοπό αυτό υποτίθεται ότι διαθέτουμε τα διαγράμματα διατμητικών δυνάμεων – οριζόντιων μετατοπίσεων του ισογείου και ολόκληρου του κτιρίου (Σχ. 2.28, 2.29, 2.30).

Ο δείκτης πλαστιμότητας του ισογείου είναι : (Σχ. 2.29)

$$\mu_1 = u_{M1}/u_{01}$$

Ενώ ο δείκτης πλαστιμότητας όλου του κτιρίου είναι

$$\mu = u_{Mn}/u_{on}$$

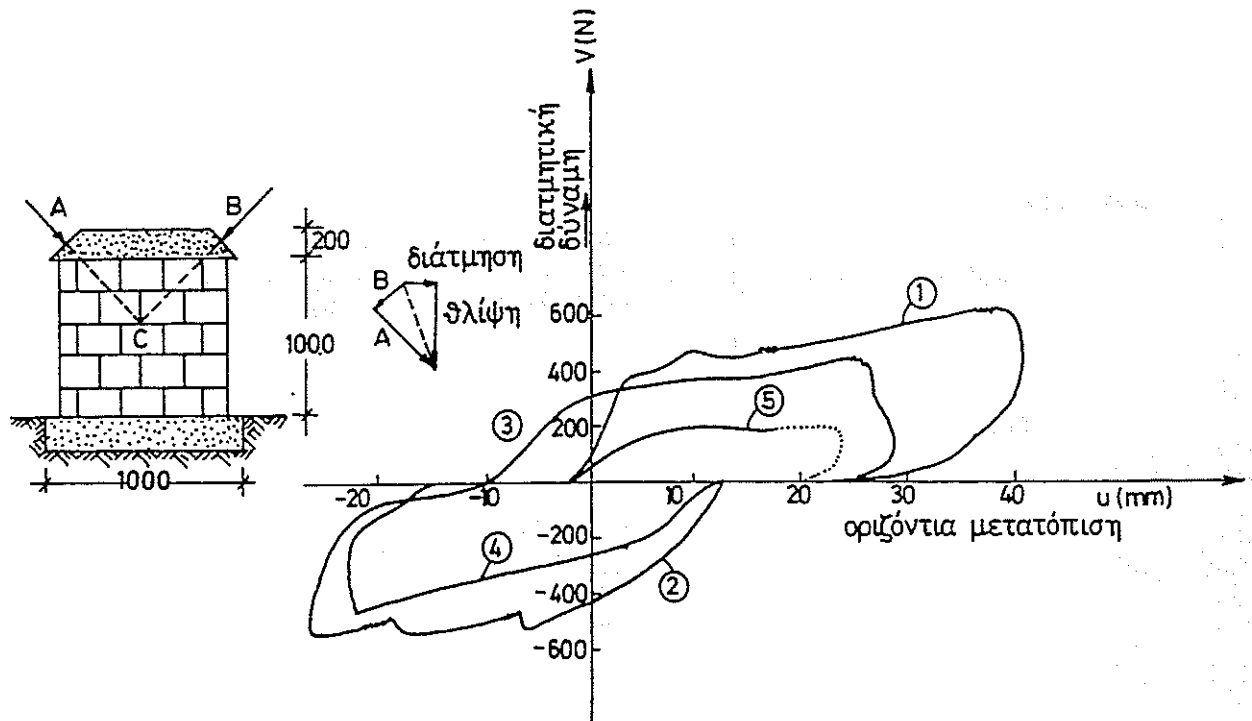
Από το σχήμα 6.6 :  $u_{Mn} = u_{on} + (u_{M1} - u_{01})$

Η επεξεργασία των παραπάνω σχέσεων δίνει

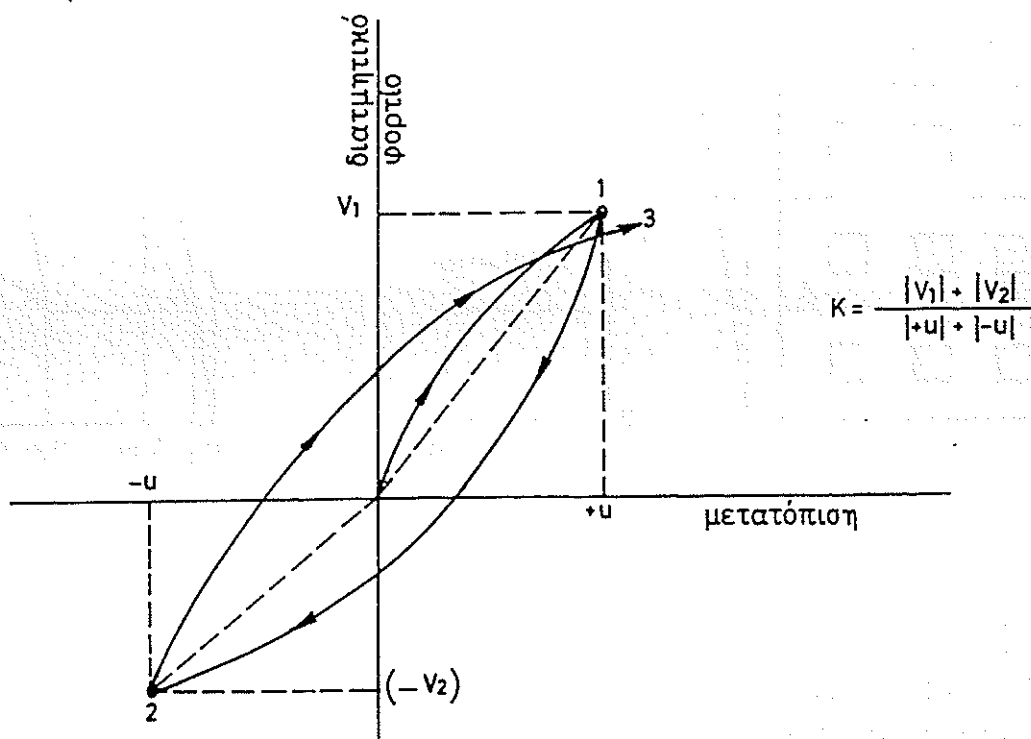
$$\mu u_{on} = u_{on} + \mu_1 u_{01} - u_{01} \quad \text{ή} \quad (\mu - 1)u_{on} = u_{01} (\mu_1 - 1) \quad \text{και τελικά}$$

$$\mu = 1 + 1/n (\mu_1 - 1) \quad (11)$$

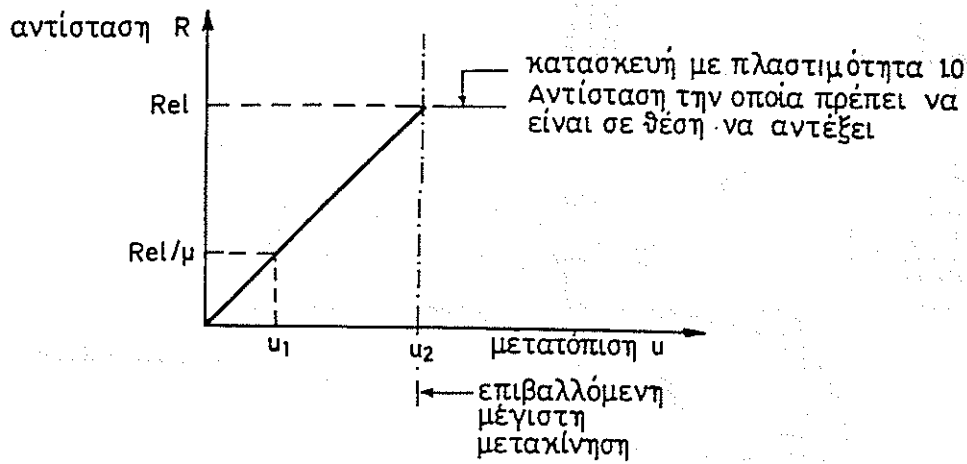
όπου  $u_{01}/u_{on} = 1/n$  για σταθερό ύψος ορόφου.



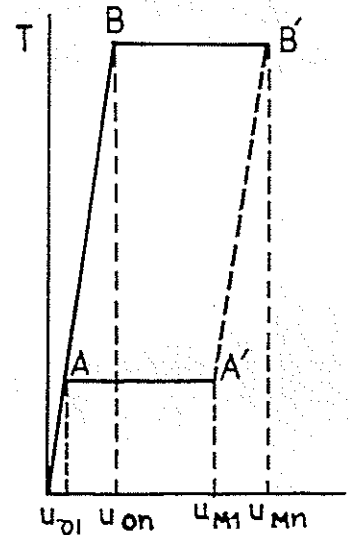
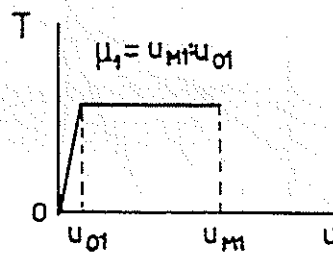
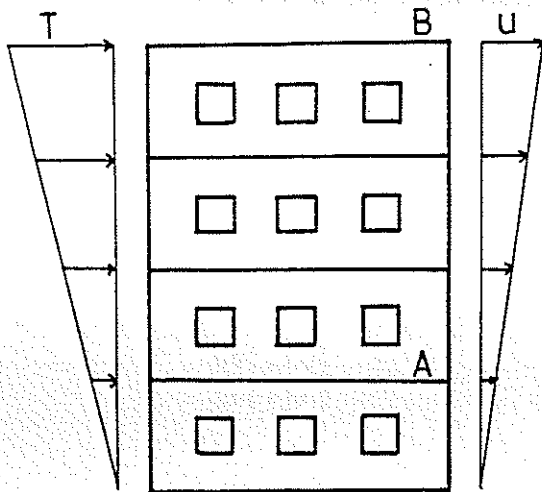
Σχ. 2.25 : Τυπικό διάγραμμα ανακυκλιζόμενης φορτίσεως τοίχου από άοπλη τοιχοποιία υπό σταθερό κατακόρυφο θλιπτικό φορτίο (Castellani et al , 1980).



Σχ.2.26: Ορισμός του μέσου δείκτη ακαμψίας σε ανακυκλιζόμενη διάτμηση για έναν κύκλο φορτίσεως.



Σχ. 2.27 Αντίσταση σχεδιασμού κατασκευών από άοπλη τοιχοποιία



Σχ. 2.28: Κατανομή διατμητικών Δυνάμεων και οριζόντιων μετατοπίσεων η-ορόφου κτιρίου

Σχ. 2.29: Δείκτης πλαστιμότητας ορόφου σε όρους μετατοπίσεων

Σχ. 2.30: Διάγραμμα διατμητικών δυνάμεων οριζοντίων μετατοπίσεων όλου του κτιρίου

### **3. ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

#### **3.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Η ψαθυρή φύση του υλικού της τοιχοποιίας είχε ως αποτέλεσμα την σχετικά περιορισμένη χρήση της άοπλης τοιχοποιίας. Παρά ταύτα η κατασκευή κτιρίων από τοιχοποιία σε σεισμικές περιοχές οδήγησε σε νέες κατασκευαστικές μεθόδους με την εισαγωγή της διαζωματικής και οπλισμένης τοιχοποιίας.

#### **3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

Η διαζωματική τοιχοποιία είναι εκείνο το σύστημα δομήσεως στο οποίο κατακορυφα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (κατακόρυφα διαζώματα) κατ' αποστάσεις και συνδεδεμένα μεταξύ τους με οριζόντια στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα (οριζόντια διαζώματα) περικλείουν την τοιχοποιία έτσι ώστε να σχηματίζουν μια γεμισμένη πλαίσιακή κατασκευή (Σχ. 3.1). Τα οριζόντια διαζώματα προστίθενται πάντοτε τουλάχιστον Δε στις στάθμες των ορόφων του κτιρίου. Τα κατακόρυφα διαζώματα προστίθενται σε οικοδομές που βρίσκονται σε περιοχές μεγάλης σεισμικότητας ή που είναι θεμελιωμένες σε κακό έδαφος. Τοποθετούνται στις γωνίες του κτιρίου στις ενώσεις φερόντων τοίχων, στα ελεύθερα άκρα τοίχων ή και στις κατακόρυφες παρειές των ανοιγμάτων.

#### **3.3 Η ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ή ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ**

- Κατασκευή με οριζόντια διαζώματα μόνον : τα οριζόντια διαζώματα σχηματίζουν ένα οριζόντιο πλαίσιο που εκτελεί τις εξής λειτουργίες:
  - α) από τα διαφράγματα (πατώματα) μεταφέρει στους φέροντες τοίχους τα οριζόντια φορτία που οφείλονται στο σεισμό.
  - β) συνδέει τους φέροντες τοίχους μεταξύ τους.



γ) στην περίπτωση δαπέδων από προκατασκευασμένα στοιχεία εξασφαλίζει την συνεργασία μεταξύ των στοιχείων αυτών και μεγαλώνει την ακαμψία των διαφραγμάτων αυτών.

Τα οριζόντια διαζώματα θεωρούνται οριζόντιες συνεχείς δοκοί μέσα σε οριζόντιο επίπεδο στηριζόμενες στους εγκάρσιους τοίχους. Ελέγχονται σε κάμψη και τέμνουσα με τα εξής φορτία (Σχ. 3.2) :

- Οριζόντια κατανεμημένα φορτία ίσα με το αδρανειακό φορτίο των υπρκειμένων τοίχων. Το αδρανειακό αυτό φορτίο αντιστοιχεί στα κατακόρυφα φορτία που φέρουν οι τοίχοι.

- Οριζόντια συγκεντρωμένα αδρανειακά φορτία που προέρχονται από τους εγκάρσιους ενδιάμεσους τοίχους (λαμβάνόμενα κατά τον δυσμενέστερο συνδιασμό).

- Οριζόντια συγκεντρωμένα ή κατανεμειμένα σεισμικά φορτία στέγης, για το διάζωμα που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη στέγη.

- Αξονική ένταση λόγω στρεπτικής ροπής ορόφου εάν υπάρχει εκκεντρότητα Κ.Β. και κέντρο διατμήσεως του ορόφου (βλ. § 3.3.4)

- Κατασκευές με οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα : ο συνδιασμός κατακόρυφων και οριζόντιων διαζωμάτων δημιουργεί μια κατασκευή από Ο.Σ. που περικλείει τους τοίχους και βελτιώνει τόσο την αντοχή όσο και την πλαστιμότητά τους. Το μόρφωμα που αποτελείται από τα οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα μπορεί να θεωρείται ως δικτύωμα στο οποίο οι τοίχοι παίζουν το ρόλο θλιβόμενων διαγωνίων. Ο υπολογισμός των διαζωμάτων γίνεται σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο. Επί πλέον για τα κατακόρυφα διαζώματα υπολογίζονται : η επίδραση της στρεπτικής ροπής όταν υπάρχει εκκεντρότητα μεταξύ Κ.Β. και κέντρο διατμήσεως τω ορόφου, η επίδραση της διαφορικής καθιζήσεως των γωνιών του κτιρίου, καθώς και η επίδραση της ροπής ανατροπής.

### 3.3.1 ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Υπολογίζεται η εντατική κατάσταση του δικτυώματος που αποτελούν τα οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα μαζί με τις θλιβόμενες ζώνες της τοιχοποιίας.

#### α) Υπολογισμός σε κατακόρυφο επίπεδο

με τις συνθήκες του Σχ. 3.3. και χρησιμοποιώντας εξισώσεις ισοροπίας των κόμβων του δικτυώματος προκύπτουν οι παρακάτω εκφράσεις εντατικής καταστάσεως:

$$\begin{aligned} S_{k+1} &= V_k \cdot \cos \alpha \\ F_{h,k} &= V_k \\ F_{v,k} &= \tan \alpha \sum_k^n V_i \end{aligned} \quad (1)$$

Όπου  $E_k$  : αδρανειακό φορτίο κ ορόφου

$V_k$  : τέμνουσα κ ορόφου

$S_k$  : δύναμη θλιβόμενης διαγωνίου του 'κ' ορόφου

$F_{h,k}$  : δράση στο οριζόντιο διάζωμα του 'κ' ορόφου

$F_{v,k}$  : δράση στο κατακόρυφο διάζωμα του 'κ' ορόφου

#### β) Υπολογισμός σε οριζόντιο επίπεδο (παράδειγμα)

Εντατική κατάσταση του πλαισίου του Σχ. 3.4

$$\begin{aligned} M_A = M_B = M_C = M_D = M &= \pm [(q l^2 K_2 / 4 N_1) + (q l^2 k_1 k_2 / 4 N_1)] = \\ &= \pm (q l^2 / 4) (K_2 + k_1 k_2) / N_1 \\ &= (E_k / 2 l_w) \cdot l_w^2 \cdot A / 4 = \pm 1/8 \cdot E_k \cdot l_w \cdot A \end{aligned} \quad (2)$$

όπου  $k_1 = 1$

$k_2 = I_w : I'w$

$K_2 = 2k_1 + 2k_2$

$K_1 = 2k_2 + 3$

$N_1 = K_1 K_2 - k_2^2 = (2k_2 + 3)(3k_1 + 2k_2) - k_2^2$

$A = [K_2 + k_1 K_2] / N_1$

Με αντικατάσταση των σχέσεων (1) στην έκφραση (2)

$$M = \pm 1/8 \cdot E_k \cdot I_w' [1/(3 + I_w/I_w')] \quad (3)$$

### 3.3.2 ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΟΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΣ

Για διαφορική καθίζηση  $\Delta s$  στο δικτύωμα του Σχ.3.6 αναπτύσσεται στη τοιχοράβδο θλιπτική δύναμη  $D$  τέτοια ώστε:

$$D = E_w A_w \cdot \varepsilon$$

Όπου  $\varepsilon = \Delta L / L$

$$\Delta L = \Delta s \cdot \sin \alpha$$

$$A_w = b w t_w$$

$$t_w \approx 1500 f_w t \cdot I_w / E_w$$

Η αντικατάσταση των παρακάτω σχέσεων στην έκφραση της θλιπτικής δύναμης  $D$  δίνει :

$$D \approx 1500 f_w t \cdot b w \Delta s \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Και  $F_h = D \cdot \cos \alpha$  εφελκυστική δράση στο οριζόντιο διάζωμα

$F_v < k D \sin \alpha$  εφελκυστική δράση στο κατακόρυφο διάζωμα με 'k' το πλήθος των υπερκείμενων ορόφων (η ανισότητα οφείλεται στη παραμόρφωση των υπερκείμενων ορόφων).

### 3.3.3. ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ

Για ένα κτίριο με  $k$  ορόφους θεωρούμε τριγωνική κατανομή του σεισμικού ορόφου καθ' όλο το ύψος του (Σχ. 3.7) Για να μην υπάρχει κίνδυνος ανατροπής του κτιρίου πρέπει οι αντιδράσεις των κατακόρυφων διαζωμάτων να ικανοποιούν τη σχέση

$$F_v < (2/3 \cdot k \cdot h/l \cdot \varepsilon - 1/2) W_t$$

Όπου  $W_t$  το συνολικό φορτίο του κτιρίου.

### 3.3.4. ΕΝΤΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΣΤΡΕΨΗΣ

Η εκκεντρότητα που υπάρχει μεταξύ κέντρου βάρους και κέντρου διατμήσεως δημιουργεί τη στρεπτική ροπή  $M_T$ . Εξετάζεται η επάνω στάθμη του ορόφου του Σχ. 3.8

$$\text{Διατμητικό φορτίο } T = \tau \cdot t = E_k \cdot e / 2lw \cdot lw'$$

Όπου

$T$ : διατμητική τάση

$E_k$ : αδρανειακό φορτίο  $k$  ορόφου

$e$ : εκκεντρότητα μεταξύ Κ.Β. και κέντρου διατμήσεως

Το διατμητικό φορτίο  $T$  προκαλεί στα διαζώματα μια εφελκυστική οριζόντια δύναμη:  $F_h = T \cdot hw$  ή  $F_h = E_k \cdot e \cdot hw / 2lw \cdot lw'$

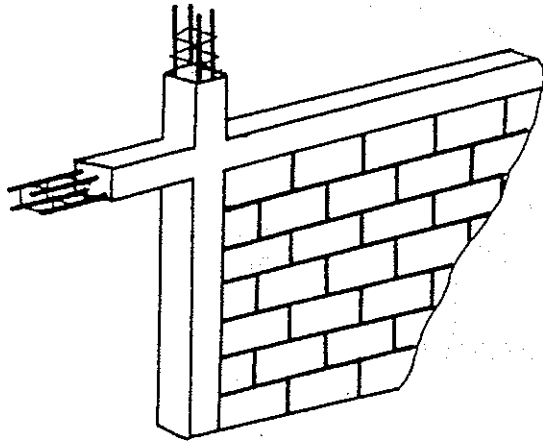
Και μια εφελκυστική κατακόρυφη δύναμη:

$$F_v = T \cdot lw \quad \text{ή} \quad F_v = E_k \cdot e \cdot hw / 2lw \cdot lw'$$

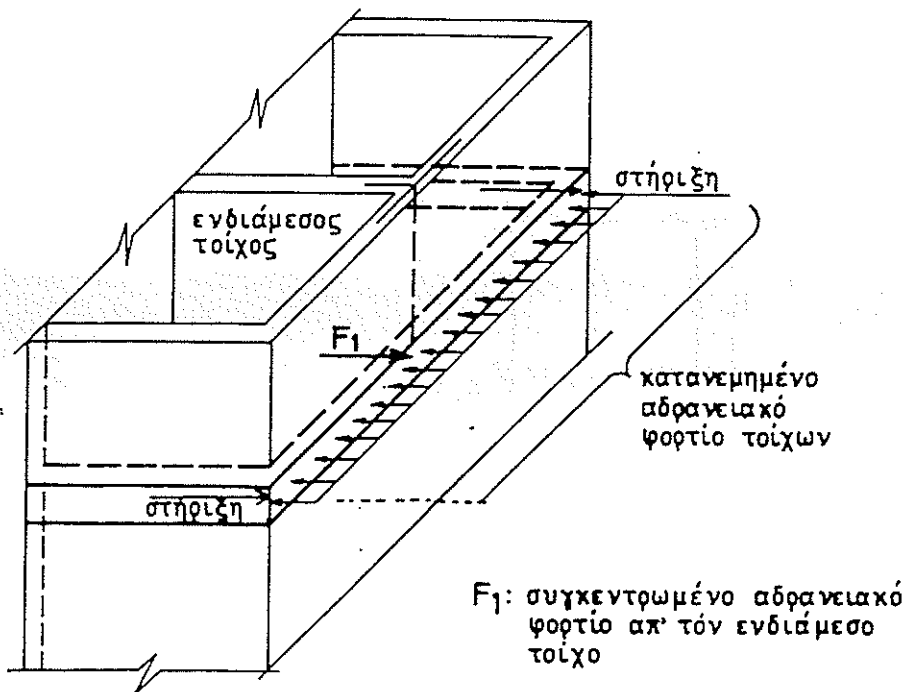
### **3.4 ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΖΩΜΑΤΩΣΕΩΣ**

#### **3.4.1. ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ**

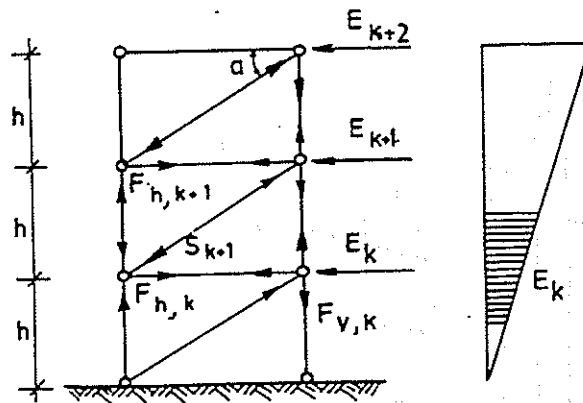
- i) Οριζόντια διαζώματα κατασκευάζονται τουλάχιστον στις στάθμες των δαπέδων στη θέση εδράσεως της στέγης στη ετέψη θεμελιώσεως και σε στηθαία από τοιχοποιία που είναι ψηλότερα από 0,5m. Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διαζωμάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4m για ζώνη μικρής σεισμικότητας και τα 3m για ζώνη μέσης και μεγάλης σεισμικότητας.
- ii) Το πλάτος των διαζωμάτων πρέπει να είναι ίσο με το πάχος του τοίχου.  
Κατ' εξαίρεση στην περίπτωση εξωτερικών τοίχων μπορεί να μειωθεί κατά 50mm έτσι ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση μονωτικού.
- iii) Το ύψος των διαζωμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το πάχος του δαπέδου ή με το μισό πλάτος του τοίχου αλλά όχι μικρότερο των 150mm.  
Αν υπάρχουν πλάκες δαπέδων από Ο.Σ. θα κατασκευάζεται ένα διάζωμα με ελάχιστο ύψος 200mm κάτω απ' τη πλάκα.
- iv) Η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου σκυροδέματος είναι τουλάχιστον C15 (B225).
- v) Τα οριζόντια διαζώματα οπλίζονται με διαμήκη και εγκάρσιο οπλισμό που υπολογίζονται με βάση τη λειτουργία των διαζωμάτων όπως περιγράφηκε στην §3.3. Στις γωνίες και στις διασταυρώσεις των τοίχων ο διαμήκης και ο εγκάρσιος οπλισμός δίνεται στον παρακάτω πίνακα ανάλογα με τον αριθμό των ορόφων και της σεισμικότητας της περιοχής του κτιρίου. Επί πλέον η απόσταση δύο διαδοχικών ράβδων της ίδιας πλευράς δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200mm.



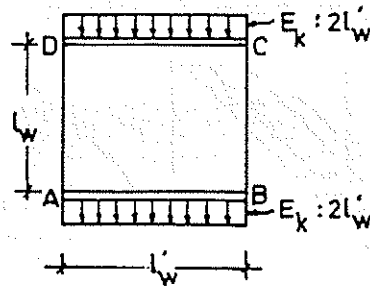
Σχ. 3.1 : Διαζωματική τοιχοποιία



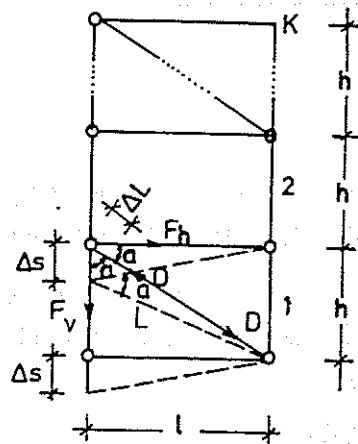
Σχ. 3.2 : Φορτία υπολογισμού διαζωματικής τοιχοποιίας



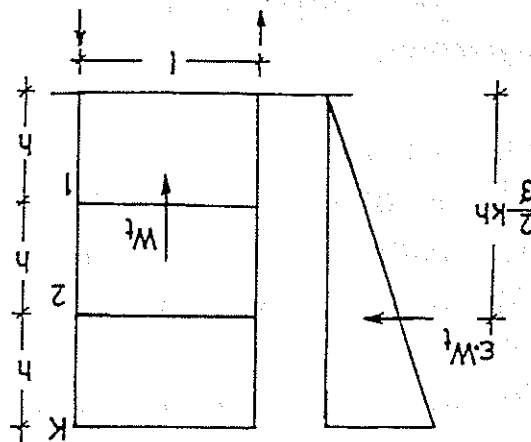
Σχ.3.3. : Εντατική κατάσταση του δικτυώματος σε κατακόρυφο επίπεδο



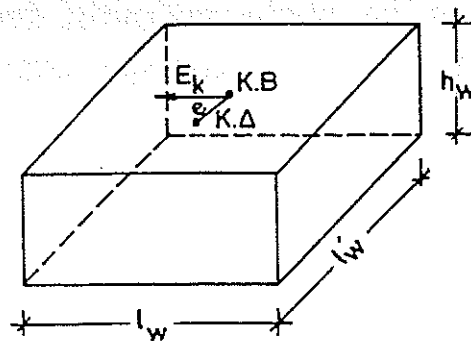
Σχ. 3.4 : Εντατική κατάσταση της διαζωματικής τοιχοποιίας σε οριζόντιο επίπεδο



Σχ. 3.6 : Εντατική κατάσταση της διαζωματικής τοιχοποιίας για διαφορετική καθίζηση.



Σχ. 3.7 : Εντατική κατάσταση των κατακόρυφων διαζωμάτων λόγω ανατροπής.



Σχ. 3.8 : Στρεπτική καταπόνηση διαζωματικής τοιχοποιίας.



## 4.1 ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

### 4.1.ΓΕΝΙΚΑ

Τα μειονεκτήματα της άοπλης τοιχοποιίας που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή αίρονται και με την χρήση οπλισμού.

Η εισαγωγή της οπλισμένης τοιχοποιίας στην κατασκευή αποτελεί μια νέα τεχνολογία για την οποία οι ήδη υπάρχουσες γνώσεις είναι πολύ λίγες. Πάντως, από τα μέχρι τώρα πειραματικά δεδομένα είναι γνωστό ότι η οπλισμένη τοιχοποιία εξασφαλίζει τις απαιτήσεις:

- α) καλής αντοχής σε ανακυκλιζόμενη ένταση, για δράσεις μέσα και έξω από το επίπεδό της, και
- β) μειωμένης μάζας, συγκριτικά με την άοπλη και την διαζωματική τοιχοποιία.

Από μορφολογική και λειτουργική άποψη διακρίνονται οι δύο παρακάτω μορφές οπλισμένης τοιχοποιίας.

α) Τοιχοποιία με οπλισμό μέσα σε πυρήνα: αποτελείται από δύο ξεχωριστούς τοίχους με ένα κενό μεταξύ τους, στο οποίο τοποθετείται ο οπλισμός υπό μορφή οριζοντίων και κατακόρυφων ράβδων χάλυβα και γεμίζεται με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα (Σχ. 4.1.α).

β) Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό εντός λιθωμάτων: ο οριζόντιος οπλισμός τοποθετείται στους οριζόντιους αρμούς κονιάματος (που γι' αυτό κατασκευάζονται με κατάλληλο πάχος) , ενώ ο κατακόρυφος τοποθετείται μέσα σε ειδικές κατακόρυφες οπές των λιθωμάτων, το οποία χτίζονται έτσι ώστε οι οπές αυτές να σχηματίζουν έναν κατακόρυφο «σωλήνα» σταθερής διατομής (Σχ. 4.1.β).

## 4.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΠΥΡΗΝΑ

### 4.2.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

#### 4.2.1.1. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στους τοίχους με πυρήνα , το ελάχιστο πάχος κάθε τοίχου είναι 100mm.

- Το μεταξύ τους κενό δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 100mm, πρέπει πάντως να είναι τόσο ώστε να εξασφαλίζεται γύρω από κάθε ράβδο οπλισμού ελάχιστη επικάλυψη 20mm. Έτσι λ.χ. για ράβδους οριζόντιου και κατακόρυφου οπλισμού  $\varnothing 8$ , το ελάχιστο πάχος κενού είναι :  $8+8+20+20=56\text{m}$ .
- Οι δύο τοίχοι συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήρες, που τοποθετούνται στους οριζόντιους αρμούς των τοίχων για να εξασφαλίζουν την μεταξύ τους σύνδεση και για να αναλάβουν την πίεση του ρευστού τσιμεντοκονιάματος πλήρωσεως.
- Οι συνδετήρες του συνδέουν τους δύο τοίχους είναι κατ'ελάχιστον  $\varnothing 6/0,25 \text{ m}^2$  επιφανείας τοίχου ( $1\varnothing 6/0,60 \text{ m}$  οριζόντια και  $/0,40$  κατακόρυφα).

#### 4.2.1.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ ΤΟΥ ΚΕΝΟΥ ΜΕ ΚΟΝΙΑΜΑ

α) Πλήρωση του κενού ανά διαστήματα ίσα με το ύψος του ορόφου.

- Τοποθετείται ο οριζόντιος και ο κατακόρυφος οπλισμός.
- Κτίζονται οι δύο τοίχοι εκατέρωθεν του οπλισμού, αφήνοντας το αναγκαίο κενό που θα γεμίσει με τσιμεντοκονίας.
- Αφού κτισθούν οι δύο τοίχοι σε ύψος ενός ορόφου, το μεταξύ τους κενό γεμίζει με τσιμεντοκονίαμα.

Οι συνδετήρες τοποθετούνται στους οριζόντιους αρμούς και στην ίδια κατακόρυφη γραμμή έτσι , ώστε να διευκολύνεται η δόνηση του τσιμεντοκονιάματος στο κενό. Ο αρμός διακοπής εργασίας πρέπει να είναι καθαρός, πριν αρχίσει η πλήρωση του κενού. Για τον λόγο αυτό, προβλέπονται ανοίγματα στην βάση κάθε ορόφου. Όλα τα ξεραμένα κομμάτια κονιάματος που πέφτουν κατά το

κτίσιμο των τοίχων, πρέπει να απομακρύνονται τόσο από τον αρμό διακοπής εργασίας όσο και από τον οπλισμό. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με πεπιεσμένο αέρα δύο φορές κατά την διάρκεια της εργάσιμης μέρας, είτε τοποθετώντας ένα στρώμα (50/75 mm) στεγνής άμμου πάνω στον αρμό διακοπής εργασίας. Το στρώμα αυτό θα αφαιρείται πριν από το γέμισμα του αρμού. Πριν αρχίσει το γέμισμα του αρμού έχουν εξασφαλισθεί το κλείσιμο των ανοιγμάτων καθαρισμού και η τοποθέτηση του οπλισμού και των συνδετήρων. Η χρήση της μεθόδου αυτής περιορίζεται σε περιπτώσεις που δεν εμποδίζεται το κονίαμα να εισχωρήσει παντού μέσα στον αρμό και είναι δυνατή η καλή δόνηση του (εμπόδια από ανοίγματα τοίχων, διάταξη πεσσών, ειδικές λεπτομέρειες οπλισμού, κλπ).

β) Πλήρωση του κενού ανά μικρά διαστήματα

- Τοποθετείται ο κατακόρυφος οπλισμός
- Τοποθετείται ο οριζόντιος οπλισμός και το κενό γεμίζει με κονίαμα καθώς το χτίσιμο προχωρεί.
- Οι αρμοί διακοπής εργασίας καθαρίζονται και «αγριεύονται» για να εξασφαλισθεί καλή συνάφεια ανάμεσα στο παλιό και το νέο τσιμεντοκονίαμα.

#### **4.2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ**

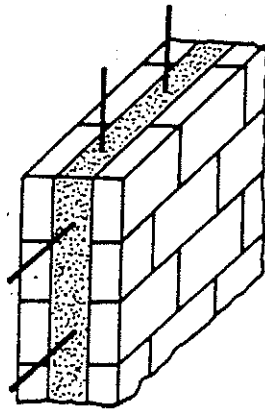
Παρά την εκτεταμένη χρήση του στην ανοικοδόμηση των Ιονίων Νήσων, για τον τύπο αυτό της οπλισμένης τοιχοποιίας υπάρχουν ελάχιστες μόνο γνώσεις από την βιβλιογραφία (Hendry A.W.). Από πειραματικά αποτελέσματα έχουν προκύψει τα παρακάτω ενδεικτικά αποτελέσματα :

α) Η συμπεριφορά της τοιχοποιίας με πυρήνα κείται μεταξύ της συμπεριφοράς του οπλισμένου σκυροδέματος και της οπλισμένης τοιχοποιίας με οπλισμό στους αρμούς συνδέσεως. Από το (Σχ.4.2) προκύπτει ότι η διατμητική αντοχή αυξάνει με την μείωση του λόγου διατμήσεως.

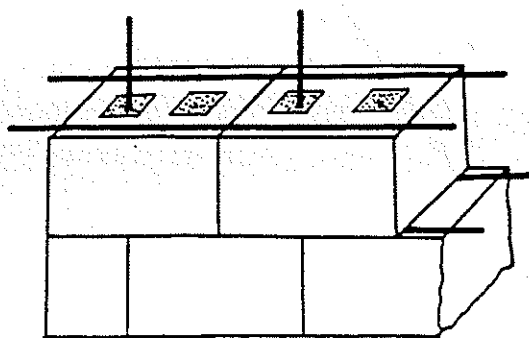
β) Ο οπλισμός έχει σημαντική επίδραση στην αντοχή της τοιχοποιίας με πυρήνα (Σχ.4.3).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, θα μπορούσαμε να πούμε ότι θα ήταν υπέρ της ασφαλείας να λαμβάνεται υπόψη για τον

υπολογισμό της αντοχής της τοιχοποιίας μόνον η διατομή του πυρήνα από Ω.Σ.

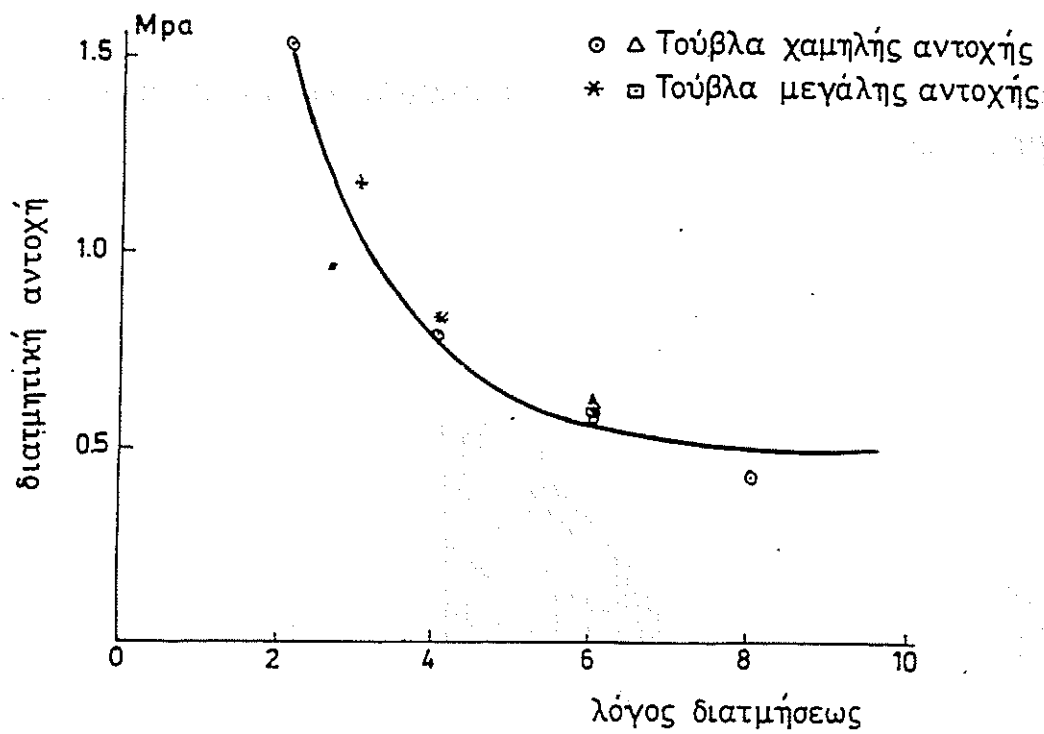


α) Τοιχοποιία με πυρήνα

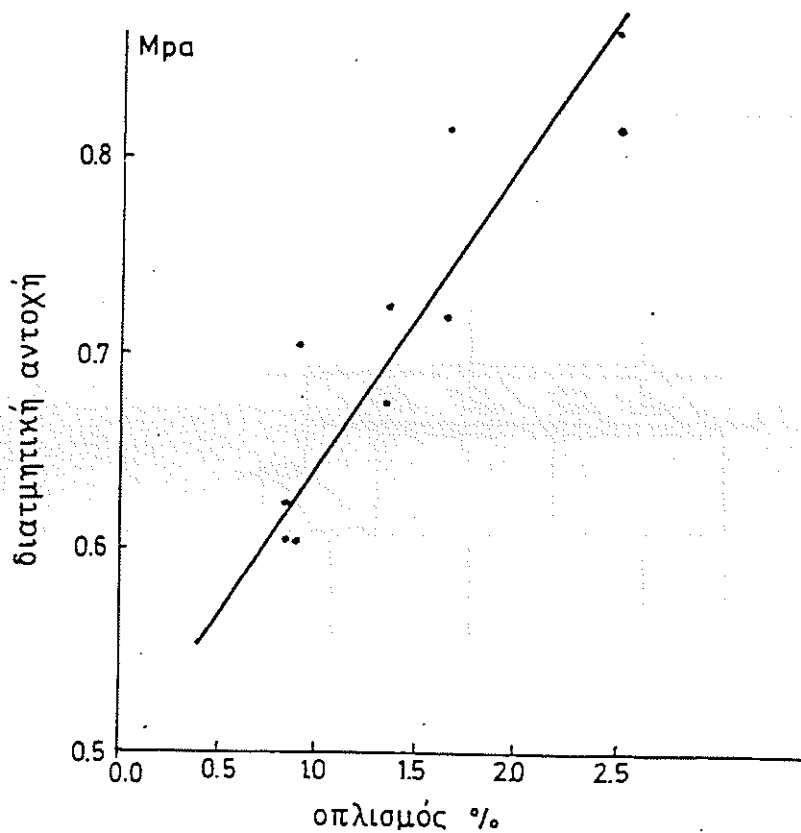


β) Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό εντός των λιθοσωμάτων.

Σχ.4.1: Μορφές οπλισμένης τοιχοποιίας



Σχ.4.2.: Επίδραση του λόγου διατμήσεως στην διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας με πυρήνα (Hendry, 1981)



Σχ . 4.3: Επίδραση του οπλισμού στην διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας με πυρήνα (Sinha et al.1982)

### 4.3. ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΑΣΠΑΡΤΟΣ ΜΕΣΑ ΣΤΑ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ

#### 4.3.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

Το πάχος του τοίχου είναι συνήθως ίσο με το πάχος του λιθοσώματος. Σε περίπτωση που οπλισμένοι τοίχοι αυτής της μορφής είναι διπλοί, οι συνιστώντες τοίχοι υπολογίζονται ο καθένας ανεξάρτητα από τον άλλο.

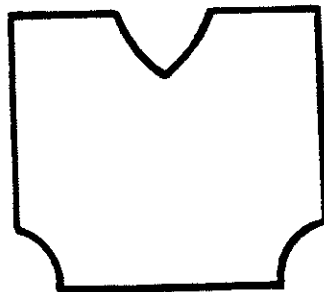
- Ο κατακόρυφος οπλισμός τοποθετείται στους οριζόντιους αρμούς του τοίχου.

Το χτίσιμο ξεκινάει με τοποθετημένο ήδη κάποιο πρώτο μήκος κατακόρυφων οπλισμών πακτωμένων στη θεμελίωση. Έπειτα κτίζεται ο τοίχος με τοποθέτηση και του οριζόντιου οπλισμού.

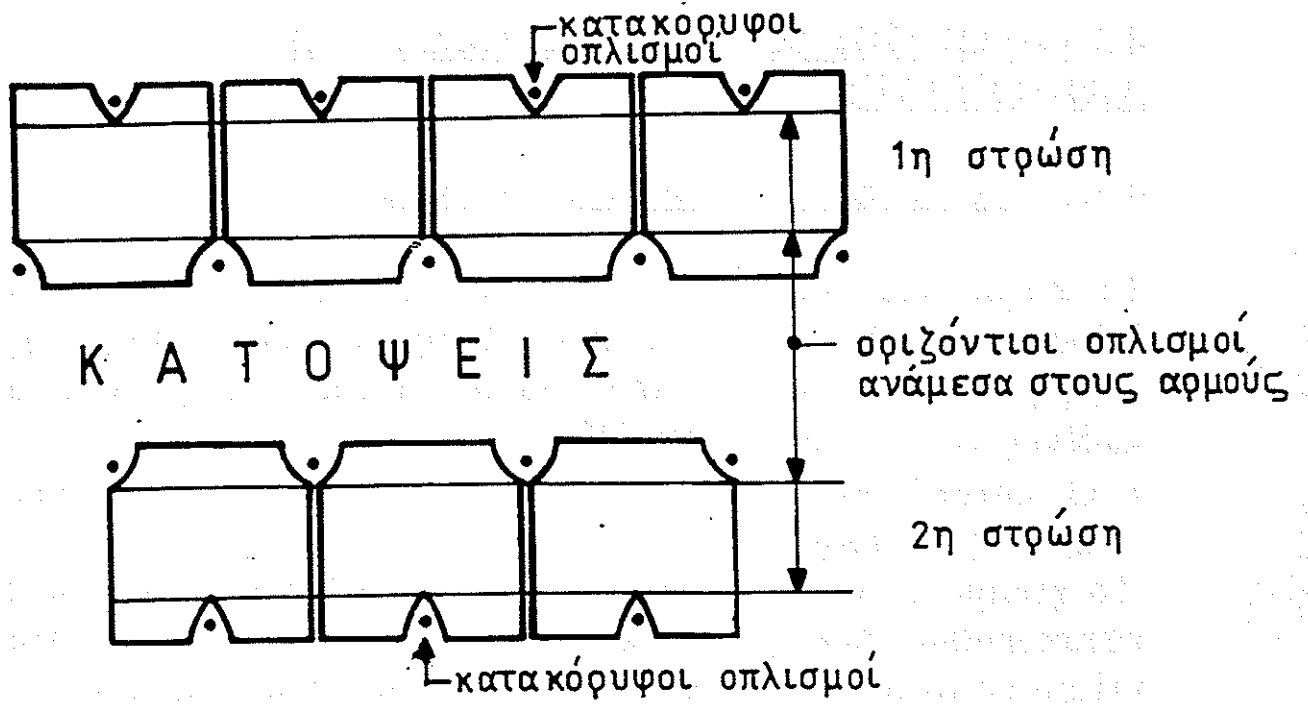
Τα κατακόρυφα κενά στα οποία τοποθετείται ο οπλισμός γεμίζουν με κονίαμα, καθώς προχωρεί το κτίσιμο.

Σε λίγο, προστίθενται και νέες ράβδοι κατακόρυφου οπλισμού (παράθεση και δέσιμο με του παλιούς οπλισμούς). Συνιστάται να χρησιμοποιούνται κάθε φορά όσο γίνεται μεγαλύτερα μήκη τέτοιων ματισμάτων κατακόρυφων ράβδων.

- Στο παρακάτω σκαρίφημα παρουσιάζεται μια εφαρμογή οπλισμένης τοιχοποιίας (με ειδικής μορφής τούβλα και εσχάρες οπλισμών), που έγινε από τον Διπλ. Πολ>Μηχ.Ν.Μ. Μεταξά για την κατασκευή 10 δεξαμενών κρασιού (συνολικής χωρητικότητας  $\sim 500 \text{ m}^3$ ) στα Πεζά Ηρακλείου Κρήτης, το 1958.



ειδικής μορφής  
τούβλα (συμπαγή)



## 4.3.2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΣΕ ΜΟΝΟΤΟΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Οι περισσότερες γνώσεις που διαθέτουμε για την συμπεριφορά της οπλισμένης τοιχοποιίας (ΟΤ) σε ανακυκλιζόμενη ένταση στηρίζονται στα δεδομένα για την συμπεριφορά της σε μονοτονική φόρτιση.

### 4.3.2.1. ΤΡΟΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΗΣ Ο.Τ.

#### 4.3.2.1.1. ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ

Για τον τοίχο από Ο.Τ. του Σχ.4.5 η καμπτική αντοχή του εκφράζεται προσεγγιστικά από την σχέση :

$$\left( \frac{t_u}{f_{wc} \text{ flex}} \right) = \lambda^* \left[ (1 - \xi/2) \omega_1 + \frac{1}{2} (1 - \xi) (\omega_v + \sigma_d / f_{wc}) \right] \quad (1)$$

Λόγω της ψαθυρότητας της θλιπτικής ζώνης της τοιχοποιίας, η καμπτική αστοχία συνοδεύεται από θραύση στο θλιβόμενο τμήμα της βάσεως του τοίχου, εκτός αν ληφθούν κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (§ 4.3.3.4).

#### 4.3.2.1.2. ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ

Μια ποιοτική περιγραφή της συμπεριφοράς των τοίχων από Ο.Τ. μετά την ρηγμάτωση δίνεται στο Σχ.4.6, βασισμένη μόνο σε εμπειρικές παρατηρήσεις. Για κάθε μία από τις χαρακτηριστικές φάσεις του Σχ. 4.6, έγινε μια προσπάθεια να προσδιορισθεί η αντίστοιχη διατμητική αντοχή του τοίχου.

α) Για τη φάση ρηγματώσεως, λαμβάνονται υπόψη μηχανική συνέχεια του υλικού, θα είναι:



$$\tau_{cr} = \frac{f_{wt}}{\beta} \sqrt{1 + \sigma_0 / f_{wt}} \quad , (\beta=1,5) \quad , (2)$$

Όπου η  $f_{wt}$  δεν είναι γνωστή , μπορεί να ληφθεί

$$f_{wt} = (1/5 \div 1/8) \sqrt{f_{wc}} \quad \text{Mpa} \quad (2a)$$

β) Μετά την ρηγμάτωση , πριν αποχωρισθούν τα δύο «τρίγωνα» , υπάρχει τριβή κατά μήκος της θλιβόμενης επιφάνειας της κύριας ρωγμής .

Ταυτόχρονα με το άνοιγμα της ρωγμής επιστρατεύονται οι ακόλουθες δυνάμεις οπλισμού (Σχ.4.7):

- Δυνάμεις εξολκείσεως που οφείλονται στον διανεμημένο οπλισμό με τάση χονδρικά ίση με το μισό της τάσεως διαρροής του. Ο συγκεντρωμένος στα άκρα οπλισμός δεν συνεισφέρει επειδή έχει ανεπαρκές μήκος αγκυρώσεως.
- Δυνάμεις βλήτρου «Do» που οφείλονται κυρίως στον κατακόρυφο διανεμημένο οπλισμό ( μεγάλες οριζόντιες συνιστώσες μετατοπίσεως). Με μια συντηρητική εκτίμηση για μια ράβδο οπλισμού διαμέτρου  $\emptyset$  , η μέγιστη δύναμη βλήτρου είναι :

$$Du = \emptyset^2 \sqrt{f_{wc} f_{sy}} = 1,3 t_w * l_w * \rho_v * \sqrt{f_{wc} f_{sy}} \quad (3)$$

Οι δυνάμεις αυτές βλήτρου δεν απαιτούν σημαντικά μήκη αγκυρώσεως των ράβδων οπλισμού, με συνέπεια να υπάρχει μια ομοιόμορφη κατανομή τους κατά μήκος της διαγώνιας ρωγμής.

Για το στάδιο αυτό των ενδιάμεσων παραμορφώσεων, το «ελαστικό» όριο των δυνάμεων βλήτρου είναι :

$$\frac{Del}{Du} = 2 \sqrt{f_{wc} \div f_{sy}} \quad (4)$$

Έτσι , η τιμή της (κυρίως οριζόντιας ) δυνάμεως “Do” (Σχ.4.7)

Μπορεί να εκτιμηθεί:

$$D_0 = 2\sqrt{f_{wc} \div f_{sy}} * l_w * \rho_v * \sqrt{f_{wc} f_{sy}} = 2,6 * t_w * l_w * \rho_v * f_{wc} \quad (5)$$

Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις που δρουν στο μισό τμήμα του τοίχου του Σχ. 4.7, η ισορροπία εκφράζεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\sigma_0 * 1/2 * \lambda + 1/4 * r_h * f_{sy} * 1/\lambda + 1/4 * \rho_v * f_{sy} * \lambda + D_0/t_w * l_w * 1/2 = t + N/t_w * l_w * x/2h \quad (6)$$

$$\sigma_0 \cos \alpha + t \sin \alpha - 0,5 \rho_h * f_{sy} * 1/\lambda * \sin \alpha + 0,5 \rho_v * f_{sy} * \cos \alpha = \mu N/t_w * l_w + D_0/t_w * l_w * \sin \alpha \quad (7)$$

$$t \alpha - 0,5 \rho_h * f_{sy} * 1/\lambda + N/t_w * l_w * \cos \alpha = \mu N/t_w * l_w * \sin \alpha + D_0/t_w * l_w \quad (8)$$

Η εξίσωση (8) σε συνδυασμό με την (5) δίνει:

$$t_v = 0,5 * \rho_h * f_{sy} * 1/\lambda + 2,6 * \rho_v * f_{wc} + N/t_w * l_w (\mu * \sin \alpha - \cos \alpha), \quad (9)$$

Εάν  $\mu > \tan^{-1} \alpha$ , η δύναμη τριβής συνεισφέρει στη μέγιστη διατμητική αντοχή. Στην περίπτωση αυτή, η εξίσωση (7) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής  $N: t_w * l_w$ , λαμβάνοντας υπόψη έναν κατάλληλο συντελεστή τριβής «μ», ως συνάρτηση της μέσης πίεσεως  $N: t_w * l_w$ . Για τον σκοπό αυτό χρειάζεται μια συνάρτηση για τριβή τοιχοποιίας προς τοίχοποιία. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη ολίσθηση κατά μήκος ρηγματωμένων επιφανειών, οπότε ναυμένονται σχετικά μεγάλες τιμές του «μ», ειδικά για χαμηλές τιμές  $N: t_w * l_w$ . Αυτό επιβεβαιώνεται από τις παρακάτω τιμές «μ» που βασίζονται στα πειραματικά αποτελέσματα του Jolley, 1976, και του Benedetti, 1980:

$$\begin{aligned} \text{Για } N: t_w * l_w * f_{wc} &= 0,093 \div 0,371 \text{ MPa} & \mu &= 5,67 \div 1,60 \\ N: t_w * l_w * f_{wc} &= 0,108 \div 0,191 \text{ MPa} & \mu &= 9,53 \div 2,92 \end{aligned}$$

Η υπόθεση που υιοθετήθηκε στο Σχ.4.8 (καμπύλη γ) ενισχύεται από τις προαναφερθείσες τιμές.

γ) Η αύξηση των διατμητικών μετατοπίσεων στο πάνω άκρο του τοίχου οδηγεί σε αποχωρισμό των δύο τριγώνων (Σχ.4.6γ).

Για N:  $t_w * l_w = 0$

$$\tau_o = 0,5 * \rho_h * f_{sy} * 1/\lambda + 2,6 * \rho_v * f_{wc}$$

Βέβαια οι δυνάμεις εξολκείσεως ( $0,5f_{wc}$ ) πρέπει να είναι μια πεπλεγμένη συνάρτηση των μετατοπίσεων και των συνθηκών αγκυρώσεως. Το μέγεθός τους μετρήθηκε από τους Tomazenic και Zarnic, 1984 (πίνακας 6), ότι είναι χοντρικά ίσο με  $(1/3 \div 2/3) * f_{sy}$ .

δ) Μετά τον αποχωρισμό, με την δημιουργία εκτεταμένων διατμητικών μετατοπίσεων, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ένα στάδιοαπομένουσας διατμητικής αντοχής (Σχ.4.6δ).

Τώρα η ολίσθηση κατά μήκος της ρωγμής είναι «s» (Σχ.4.9). Η δράση βλήτρου του κατακόρυφου διανεμημένου οπλισμού έχει μειωθεί κατά 50% (κατ'εκτίμηση).

$$D_u \sim 1/2 * 1,3 * \rho_v * t_w * l_w * \sqrt{f_{wc} f_{sy}} \quad (12)$$

Ενώ ο οριζόντιος οπλισμός αρχίζει να δρα με την ελαστική του δύναμη.

$$D_h \sim 2,6 * \rho_h * t_w * h_w * f_{wc} \quad (13)$$

Παράλληλα, οι δυνάμεις εξολκείσεως του οριζόντιου οπλισμού που πήραν την μέγιστη δυνατή τιμή τους αμέσως μετά την ρηγμάτωση, μειώνονται κατά ένα ποσοστό (50% κατ'εκτίμηση).

$$B_h \sim 0,50 * (0,5 * \rho_h * t_w * h_w * f_{sy}) \quad (14)$$

(Τελικά οι δυνάμεις εξολκείσεως του κατακόρυφου οπλισμού κυβερνώνται από τις ολισθήσεις συνάφειας και την αλληλεπίδραση μεταξύ « $s_o * t_w * l_w$ » και « $D_h$ »).

Η ισορροπία των οριζοντίων δυνάμεων δίνει:

$$\tau_r = \frac{D_v}{t_w * l_w} + \frac{B_h}{t_w * l_w} = 0,65 * \rho_v * \sqrt{f_{wc} * f_{sy}} + 1/4 * \rho_h * f_{sy} * 1/\lambda \quad (15)$$

- Στο Σχ 4.10 παρουσιάζεται μια αριθμητική εφαρμογή για έναν τοίχο πρόβολο από Ο.Τ. με λόγο  $\lambda = l_w \div h_w = 1$ . Εντούτοις επαναλαμβάνεται ότι οι προηγούμενες εκφράσεις (2),(9),(11) και (15) αποτελούν μόνο ψευδο-ποσοτικές προβλέψεις των αντίστοιχων χαρακτηριστικών διατμητικών αντοχών. Απαιτείται ένα πιο λεπτομερές προσομοίωμα και αρκετά πειραματικά αποτελέσματα για μια σωστότερη πρόβλεψη της διατμητικής αντοχής.
- Χρειάζεται επίσης να εκτιμηθούν οι αντίστοιχες γωνιακές παραμορφώσεις «θ». Στο Σχ. 4.10 οι τιμές «θ» του διαγράμματος τάσεων παραμορφώσεων έχουν εκλεγεί αυθαίρετα, παρά την ποιοτική του φύση όμως το διάγραμμα επιβεβαιώνει το γεγονός της σημαντικής πλαστιμότητας που διαθέτει ένας διατμητικός τοίχος όταν οπλίζεται με κατάλληλο αγκυρωμένο οπλισμό.
- Τελικά, παρουσιάζει ενδιαφέρον η παραπάνω ψευδοποσοτική τεχνική να εφαρμοστεί σ'έναν τοίχο από Ο.Τ. με λόγο  $\lambda = 2$ . Στην περίπτωση αυτή (Σχ.4.11), για τα ίδια υλικά του Σχ. 4.10 βρέθηκε η ακόλουθη μέση διατμητική αντοχή για το στάδιο του αποχωρισμού:

$$\bar{\tau} = 0,71 * 1/2 + (0,5 + 0,5 * 0,003 * 420)(1 - 1/2) = 0,92 \text{MPa} > 0,71$$

Το νόημα του ελάχιστου ποσοστού διατμητικού οπλισμού « $\rho_{min}$ »  
 Θα ονομάζουμε  $\rho_{min}$  εκείνο το ποσοστό διάσπαρτου οπλισμού που απαιτείται για να ξαναδώσει στην τοιχοποιία, μετά τη ρηγμάτωσή της, τη διατμητική αντοχή που είχε ακριβώς πριν απ'το όριο ρηγματώσεώς της. Στο Σχ. 4.11.α, το οποίο έχει συνταχθεί με βάση τα αποτελέσματα θεωρητικού προσομοιώματος (βλ. §4.3.3.3), φαίνεται ότι σε τοίχους υποκείμενους σε επιβαλλόμενη γωνιακή παραμόρφωση, η διατμητική αντίσταση του τοίχου πέφτει απότομα αμέσως μετά τη ρηγμάτωση, για να ξανανέβει γρήγορα καθώς αυξάνονται οι

παραμορφώσεις. Για κάποια δε τιμή οπλισμού (λ.χ.  $\rho_{\min}=0,6\%$  όταν  $\sigma_0:f_{wc}=0,05$ ), η τελική αντοχή μετά τη ρηγμάτωση γίνεται ίση προς την τιμή  $\tau_{cr}$ .

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το αξονικό θλιπτικό φορτίο του τοίχου, τόσο μικρότερη είναι η τιμή του  $\rho_{\min}$ , μιας κι η τριβή κατά το μήκος της ρηγματωμένης διαγωνίου συμβάλλει σημαντικά στην ανάληψη διατμητικού φορτίου.

Θα μπορούσε μάλιστα να προβλεφθεί χοντρικά η τιμή του  $\rho_{\min}$ , με τη βοήθεια της εξ. 9. (για  $\rho_h=\rho_v$ ):

$$\rho_{\min} \approx \frac{\tau_{cr} - \sigma_0(\mu^* \sin \alpha - \cos \alpha)}{0,5/\lambda f_{sy} + 2,6f_{wc}} \quad (16)$$

Έτσι, για  $\sigma_0 = 0$  στην περίπτωση του Σχ.4.11.α

( $\tau_{cr} = 0,27 \text{ MPa}$ ,  $\lambda=1$ ,  $f_{sy}=420 \text{ MPa}$ ,  $f_{wc}=10 \text{ MPa}$ )

θα βρίσκαμε  $\rho_{\min} = 1,1\%$

### Μια ημι-εμπειρική πρόβλεψη της διατμητικής αντοχής Ο.Τ.

Τώρα, για  $\rho > \rho_{\min}$ , μια ημι-εμπειρική ανάλυση οδήγησε στην παρακάτω έκφραση της διατμητικής αντοχής οπλισμένης τοιχοποιίας υπό μονοτονική φόρτιση:

$$\tau_{u,sh} = 1/\sqrt{\alpha_s} \left\{ \frac{1}{4} f_{wt} + 0,15 \sqrt{f_{wc}} \text{ MPa } \sigma_0 + 0,3 f_{wt} (1 - \sigma_0 / f_{wc})^2 \rho \cdot 10^3 \right\} \quad (17)$$

$\alpha_s = M:Vl_w$ , ο λόγος διατμήσεως

$\rho (= \rho_h = \rho_v)$ , το ποσοστό του διάσπαρτου οπλισμού κορμού ενώ τα υπόλοιπα σύμβολα έχουν την συνήθη σημασία τους.

Προϋποθέσεις ισχύος του τύπου (17):

$$> 4 \text{ MPa}, \rho > \rho_{\min}$$

 $f_{wc}$ 

$$< 13$$

$$< 8\%$$

$$\sigma_0 / f_{wc} < 0,3$$

Με βάση τα διαθέσιμα πειραματικά αποτελέσματα απ'όλο τον κόσμο, (βλ.Σχ 4.11.β), φαίνεται ότι η χαρακτηριστική τιμή (ποσοστημόριο 5%) της υπόψη διατμητικής αντοχής ισούται περίπου με  $0,7 * \tau_{u,sh}$ .

Τέλος, είναι σκόπιμο να σχολιάσουμε εδώ τους τρεις όρους που απαρτίζουν την αντοχή  $\tau_{u,sh}$ , δηλ. τις τρεις πηγές που συμβάλλουν σ'αυτήν την αντοχή:

Ο πρώτος όρος, εξαρτώμενος απ' την εφελκυστική αντοχή  $f_{wt}$ , εκφράζει (κατά λεπτομερή προσέγγιση) την αντοχή άοπλου τοίχου χωρίς αξονικό θλιπτικό φορτίο.

Ο δεύτερος όρος εκφράζει τη συμβολή της τριβής μετά τη ρηγμάτωση Ο.Τ., κι είναι συνάρτηση της θλιπτικής τάσεως  $\sigma_0$  και ενός εμπειρικού ψευδο-συντελεστή τριβής.

Ο τελευταίος όρος δίνει τη συμβολή του διάσπαρτου οπλισμού στη διατμητική αντοχή του τοίχου. Παρατηρούμε ότι το όριο διαρροής του χάλυβα δεν εμφανίζεται στον τύπο, τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι οι κακές συνθήκες συνάφειας και αγκυρώσεως των οπλισμών μες στις τοιχοποιία, δεν επιτρέπουν την επιστράτευση ολόκληρης της τάσεως διαρροής του χάλυβα. Εξάλλου, παρατηρούμε ότι η ευνοϊκή επιρροή του οπλισμού μειώνεται όσο αυξάνεται η εξωτερική θλιπτική τάση  $\sigma_0$  (λιγότερες παραμορφώσεις κατά μήκος της ρηγματωμένης διαγωνίου, λιγότερη επιστράτευση τάσεων χάλυβα).

Μια τελευταία παρατήρηση αφορά την εμπειρική διόρθωση  $\sqrt{\alpha_s}$ . Αυτό όμως έχει ήδη ερμηνευθεί (ποιοτικά έστω) απ'το Σχ.4.11 ( $\tau_u=0,92 \text{ MPa}$ ) και τη σύγκριση με το Σχ. 4.6.β ( $\tau_u=0,71 \text{ MPa}$ ), καθώς κι απ'το Σχ.4.2 για άοπλη τοιχοποιία.

#### 4.3.2.1.3. ΑΣΤΟΧΙΑ ΑΠΟ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

Η διατμητική ολίσθηση στη βάση του τοίχου από Ο.Τ. δεν αποτελεί κύριο τρόπο αστοχίας, λόγω της καλής ποιότητας του κονιάματος και των καλύτερων συνθηκών στη βάση του τοίχου. Εντούτοις, τέτοια αστοχία μπορεί να συμβεί για ανακυκλιζόμενη

φόρτιση μεγάλου εύρους, μετά από μια κύρια καμπτική μορφή αστοχίας. Σε μια τέτοια περίπτωση, η δύναμη βλήτρου του κατακόρυφου οπλισμού παίζει βασικό ρόλο στην ασφάλεια του τοίχου.

#### 4.3.2.1.4. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΠΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Η σύγκριση της καμπτικής και της διατμητικής αστοχίας μπορεί να γίνει με βάση τις εξισώσεις 1 και 18, παρά την αρκετά μεγάλη αβεβαιότητά τους.

Στο Σχ. 4.12 έγινε μια τέτοια σύγκριση για διάφορες περιπτώσεις, απ' την οποία προκύπτουν τα ακόλουθα ποιοτικά συμπεράσματα :

Η καμπτική αστοχία ευνοείται

- για μικρές τιμές  $l_w:h_w$
- για πολύ μικρές τιμές  $\sigma_o:f_{wc}$
- για μεγάλες τιμές  $f_{wc}$  (όταν  $\sigma_o/f_{wc} \ll 1$ )
- για πολύ χαμηλά ποσοστά συγκεντρωμένων στα άκρα οπλισμών
- για μεγάλο ποσοστό οριζόντιου διάσπαρτου οπλισμού

#### 4.3.2.1.5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΕΩΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

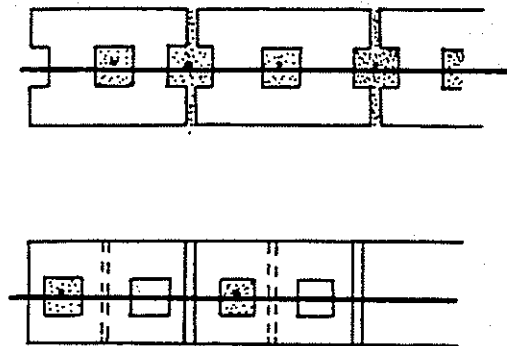
Η γνώση του διαγράμματος διατμητικών τάσεων-γωνιακών παραμορφώσεων της Ο.Τ. είναι απαραίτητη, κυρίως για την συμπεριφορά της τοιχοποιίας σε εναλλασσόμενη φόρτιση.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι χαρακτηριστικές τιμές του διαγράμματος από τα πειραματικά αποτελέσματα διάφορων ερευνητών. Με βάση αυτές τις τιμές, έγινε μια προσπάθεια στο Σχ. 4.13 για την παραγωγή φορμαλιστικού μοντέλου  $\tau$ - $\theta$  για τοίχους από Ο.Τ.

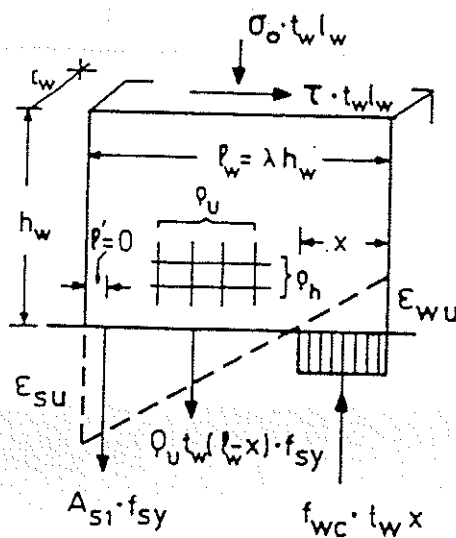
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	Χ α ρ α κ τ η ρ υ σ τ ι κ ά						
	$(\tau_u)_{\alpha\sigma\pi\lambda\eta}$	$(\tau_u)_{\omega\pi\lambda.}$	$\epsilon_{\sigma\tau}$	$\theta_u : \theta_{\sigma\tau}$		$\frac{\tau_r}{\tau_u}$	$\frac{\theta_r}{\theta_u}$
	$\frac{\tau_u}{\tau_{\sigma\tau}}$	$\frac{\tau_u}{\tau_{\sigma\tau}}$		$\alpha\sigma\pi\lambda\eta$	$\omega\pi\lambda\sigma\mu$		
Tomazevic et al., 1984 $\lambda = 0,67$	1,20	1,36	1,5±2,0	1,6	3,8	0,8±0,9 0,5±0,8 0,5±0,6	1,7±1,3 1,9±1,7 2,0±1,7
Gallagos et al., 1984 $\lambda = 1,00$	-	2,20	0,5	-	17,0	0,65	?
Giuffr� et al., 1984 $\lambda = 1,00$	-	1,1±1,3	0,5±1,0	-	5±10	0,7	1,5±3,0
Priestley, 1977 $\lambda = 1,33$	-	-1,35	1,9	-	4,0		
Bernardini et al., 1984 $\lambda = 1$		1,4	-0,5	-	5	0,8	2,8
Terrelj et al., 1980 $\lambda = 0,67$	$\frac{(\tau_u)_{\omega\pi\lambda.}}{(\tau_u)_{\alpha\sigma\pi\lambda\eta}} = 1,2\pm1,5$			-	1,4±2,5	0,8 0,7	1,5±2,2 1,8
Heli, 1979	-	1,6±2,0	1,0	-	2,5±3,5		





Σχ. 4.4.: Οπλισμός διάσπαρτος μες στα λιθοσώματα



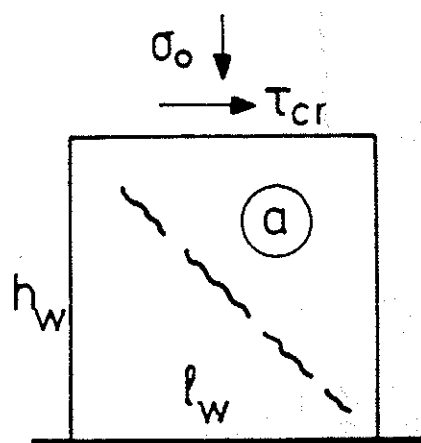
$$\xi = \frac{x}{l_w} = \frac{\omega_1 + \omega_u + \frac{\sigma_o}{f_{wc}}}{1 + \omega_u} = \frac{1}{\frac{\epsilon_{su}}{\epsilon_{wu}} + 1}$$

$$\left( \frac{\tau_u}{f_{wc}} \right)_{flex.} = \lambda \left\{ \left( 1 - \frac{\xi}{2} \right) \omega_1 + \frac{1}{2} (1 - \xi) \cdot \left( \omega_u + \frac{\sigma_o}{f_{wc}} \right) \right\}$$

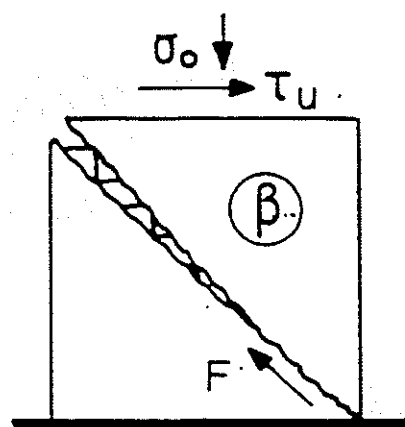
$$\omega_1 = A_s f_{sy} : t_w l_w f_{wc}$$

$$\omega_u = \rho_u \cdot f_{sy} : f_{wc}$$

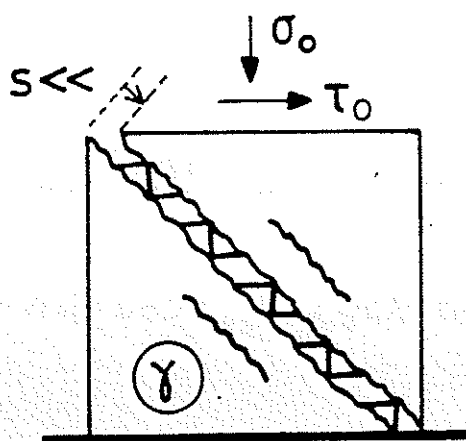
4.5: Καμπτική αντοχή ενός τοίχου προβόλου από Ο.Τ. για μονοτονική φόρτιση. Ο κατακόρυφος οπλισμός αποτελείται από συγκεντρωμένες ( $A_{s1}$ ) και διάσπαρτες ( $\rho_u$ ) ράβδους.



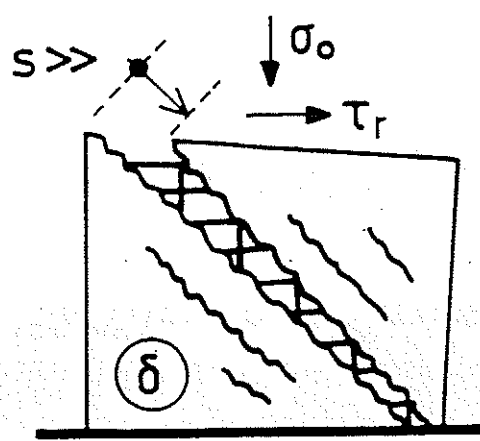
ρηγμάτωση



δράση τριβής  
ακόμα

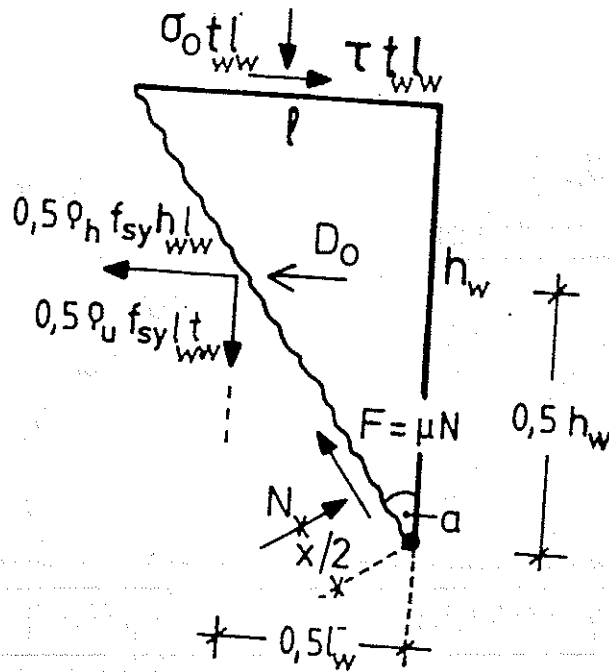


στιγμή  
αποχωρισμού



απομένουσα  
διατμητική αντοχή

Σχ.4.6: Χαρακτηριστικά στάδια της συμπεριφοράς μετά την ρηγμάτωση τοίχου προβόλου από Ο.Τ. , ( για  $2/3 < l_w:h_w < 3/2$  ) που υπόκειται σε διατμητική παραμόρφωση.

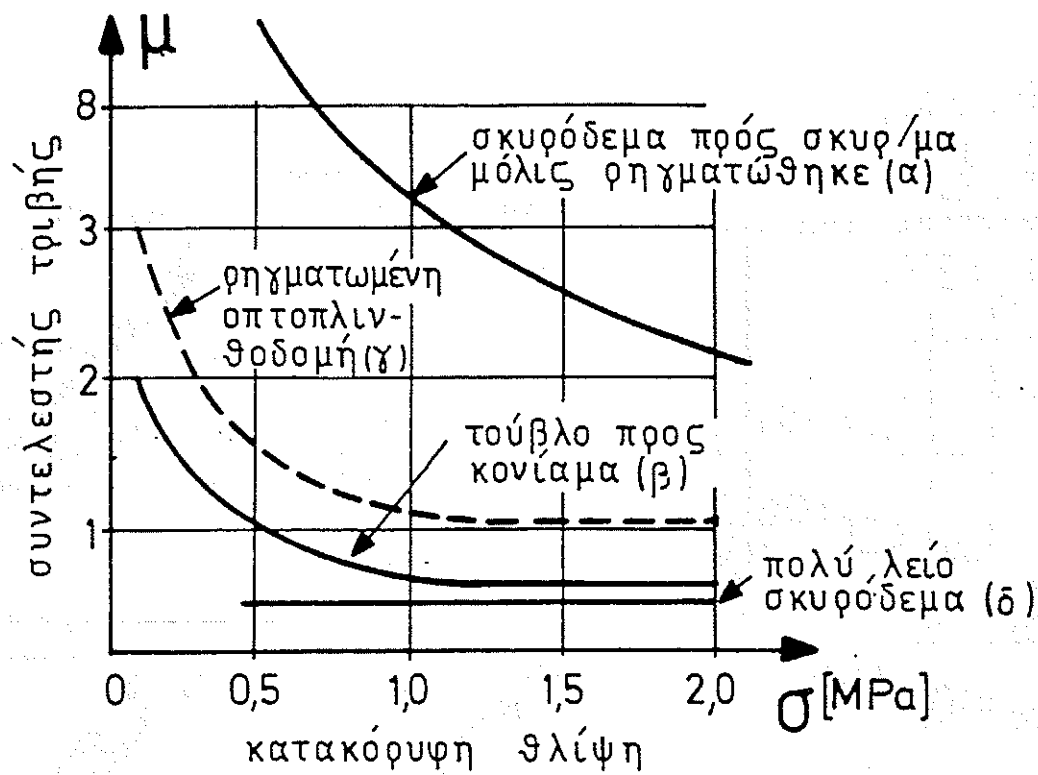


$$\sigma_{otl}_{ww} \cdot \frac{l_w}{2} + 0,5 \rho_h f_{sy} h l_{ww} \cdot 0,5 h_w + 0,5 \rho_u f_{sy} l_{ww} \cdot 0,5 + D_0 \cdot 0,5 h_w = \tau_{tl}_{ww} \cdot h_w + N \cdot \frac{x}{2}$$

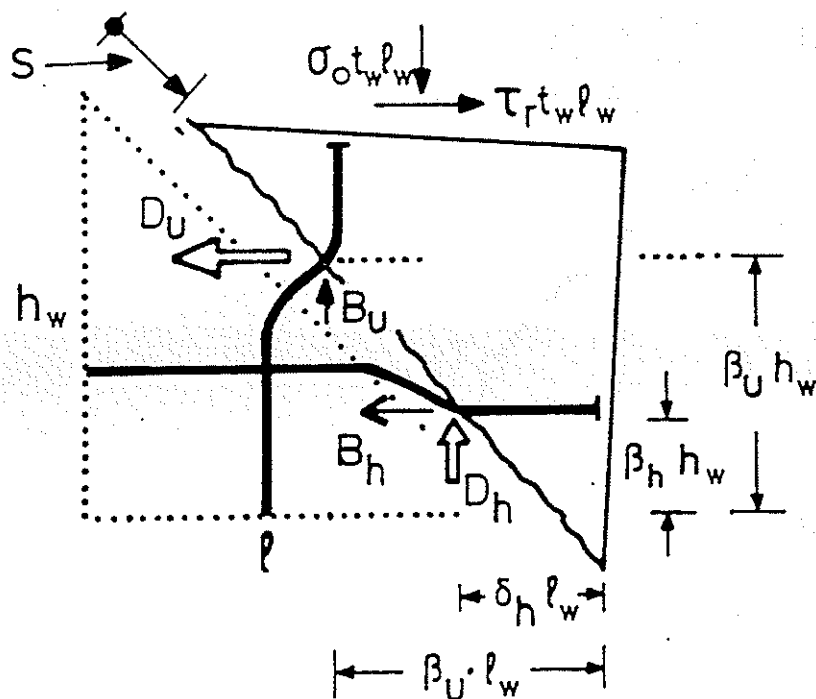
$$\sigma_{otl}_{ww} \cdot \cos \alpha + \tau_{tl}_{ww} \cdot \sin \alpha - 0,5 \rho_h f_{sy} h l_{ww} \cdot \sin \alpha + 0,5 \rho_u f_{sy} l_{ww} \cdot \cos \alpha = \mu N + D_0 \cdot \sin \alpha$$

$$\tau_{tl}_{ww} - 0,5 \rho_h f_{sy} h l_{ww} + N \cos \alpha - \mu N \sin \alpha - D_0 = 0$$

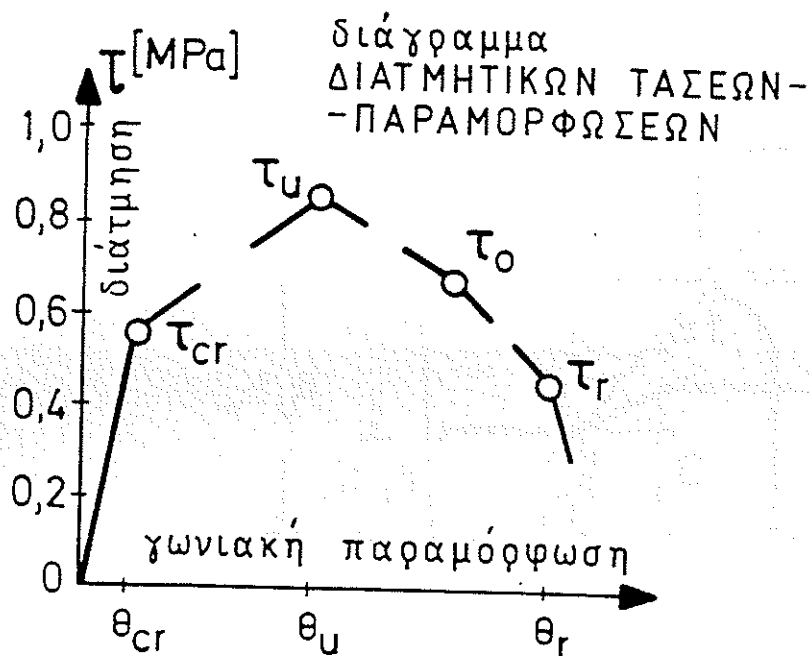
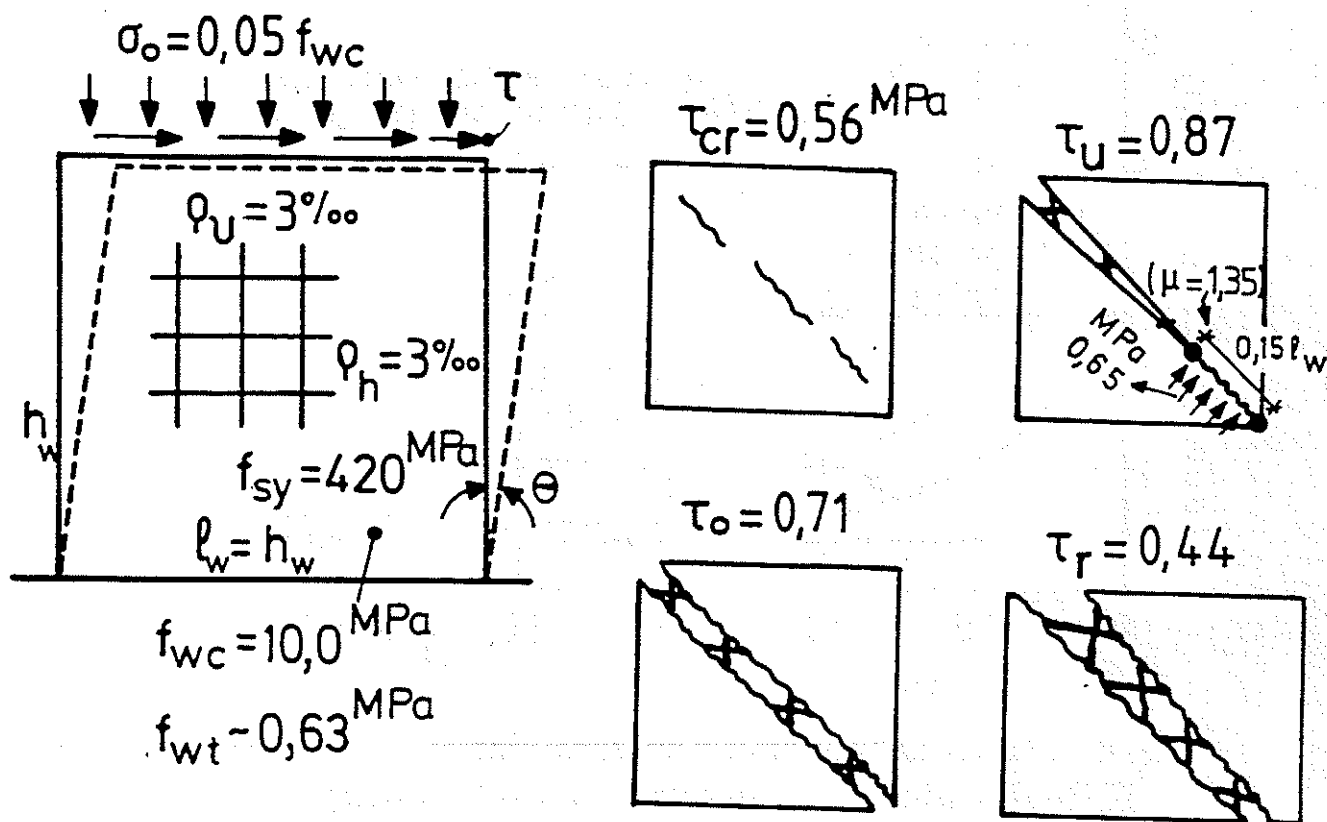
Σχ. 4.7: Ισορροπία των δυνάμεων που δρουν στο μισό τμήμα του τοίχου όταν η τριβή υπάρχει ακόμα (βλ. και Σχ. 4.6.β).



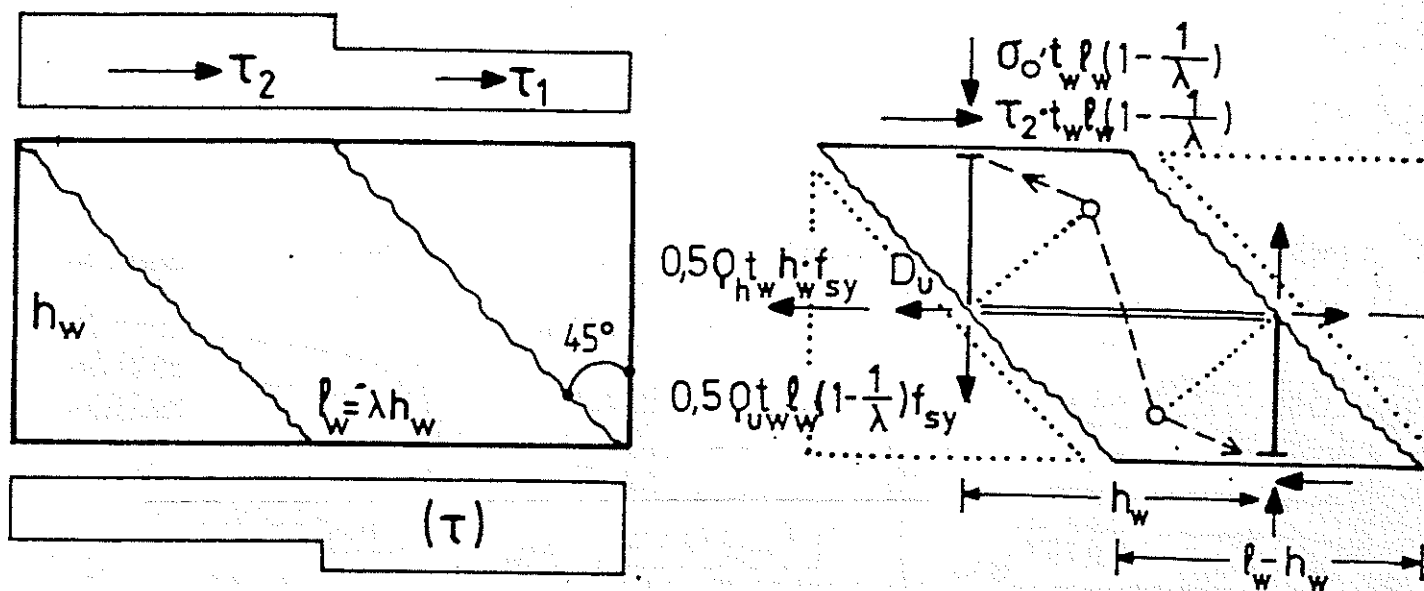
Σχ. 4.8: Πραγματικοί συντελεστές τριβής.  
 α) Ε.Βιντζηλαίου (αδημοσίευτα αποτελέσματα)  
 β) Τάσιος (1983)  
 γ) Υπόθεση εργασίας



Σχ. 4.9 : «Απομένουσα» διατμητική αντοχή τοίχων από Ο.Τ. , μετά από μεγάλες διατμητικές μετατοπίσεις.



Σχ. 4.10 Αριθμητική εφαρμογή των ψευδο-ποιοτικών εκφράσεων (2), (9), (11), και (15) των διατμητικών χαρακτηριστικών αντοχών, για ένα τοίχο πρόβολο από Ο.Τ.



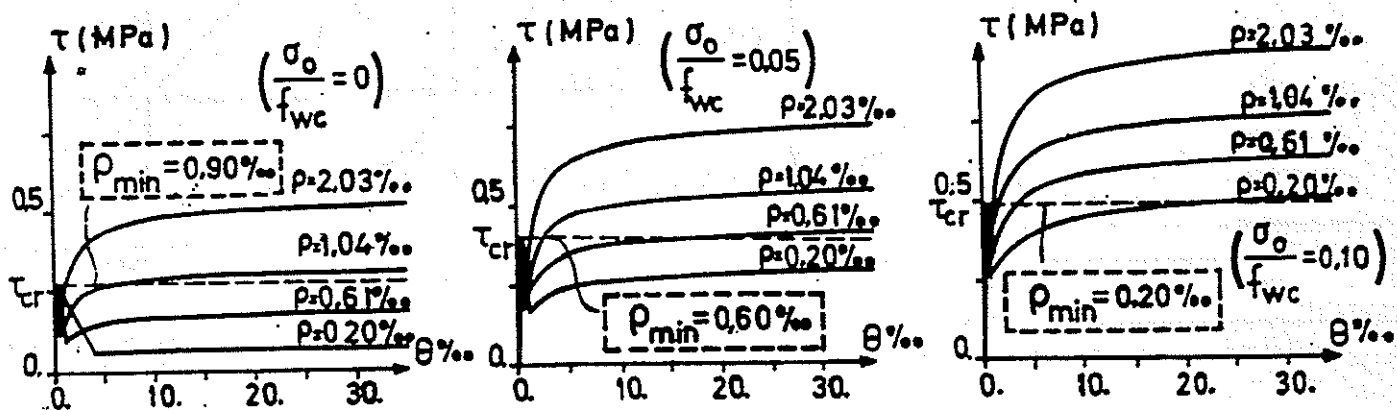
$$\tau_2 t_w l_w \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \cdot h_w = \sigma_0 t_w l_w \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \cdot h_w + 0,5 Q_u t_w l_w \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) f_{sy} \cdot h_w$$

$$\therefore \tau_{2,u} = \sigma_0 + 0,5 Q_u f_{sy}$$

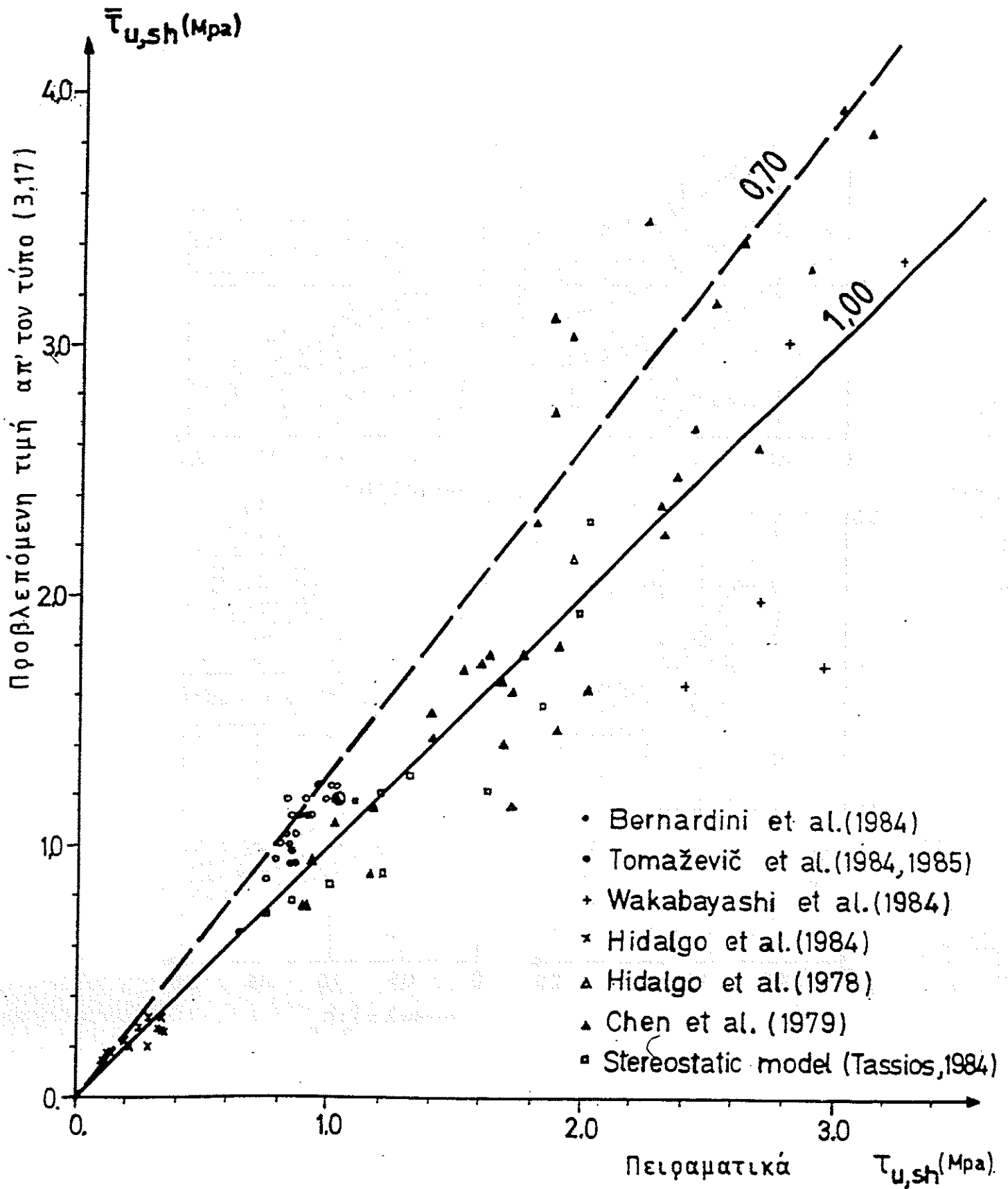
Μέση διατμητική αντοχή  $\bar{\tau} t_w l_w = \tau_1 \cdot t_w \cdot \frac{l_w}{\lambda} + \tau_2 t_w \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)$

$$\therefore \boxed{\bar{\tau}_u = \tau_{1,u} \frac{1}{\lambda} + \tau_{2,u} \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)}$$

Σχ. 4.11: Αυξημένη αντοχή των χθαμαλών τοίχων ( $\lambda > 1$ ) σε σύγκριση με την περίπτωση  $\lambda = 1$ .

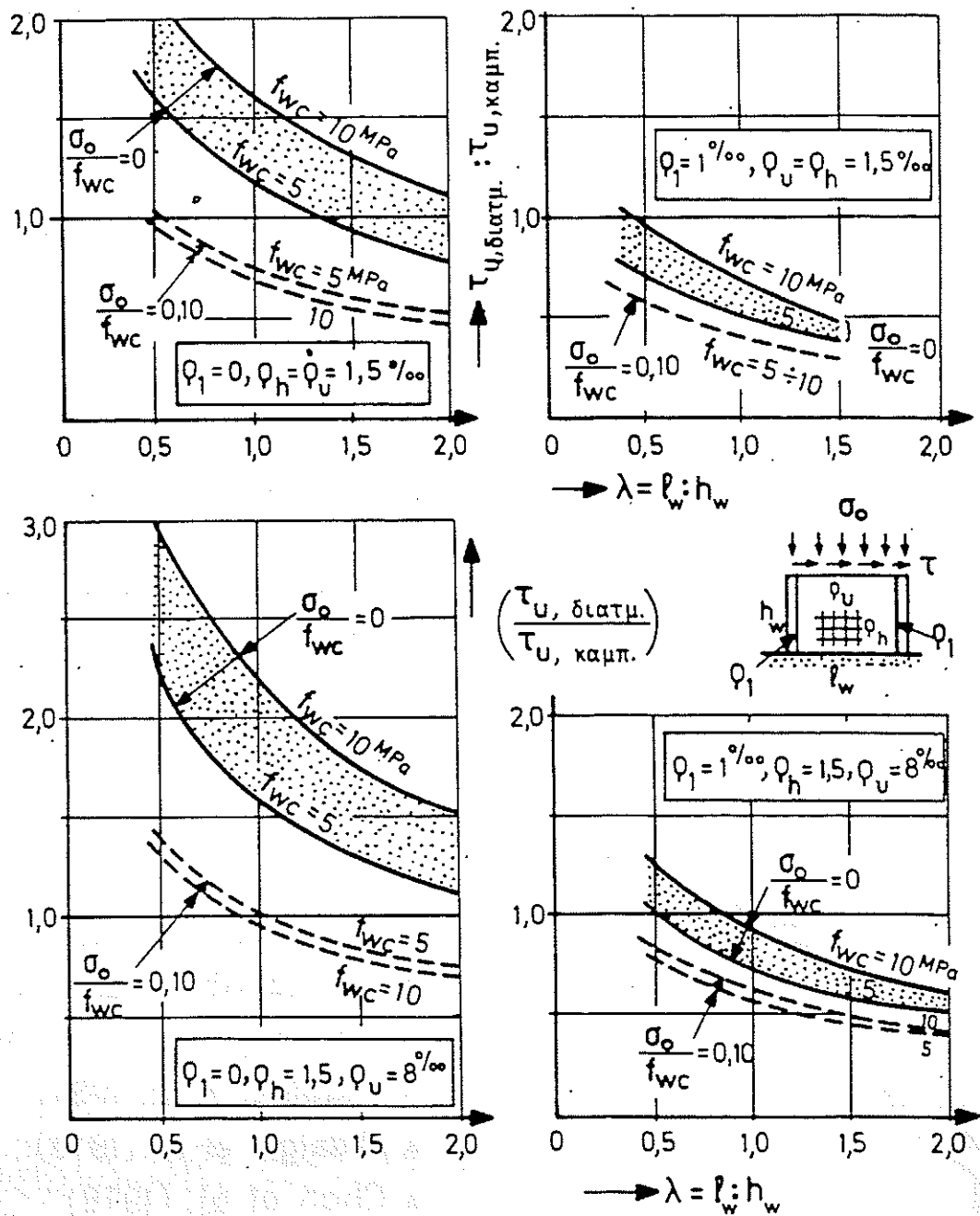


Σχ. 4.11.α: Διαγράμματα διατμητικών τάσεων/γωνιακών παραμορφώσεων οπλισμένης τοιχοποιίας, για διάφορα ποσοστά  $\rho$  ( $=\rho_h=\rho_v$ ) διάσοπαρτου οπλισμού και διάφορες τιμές αξονικού φορτίου  $(\sigma_o:f_{cc})$ , όπως προκύπτουν απ'το στερεοστατικό προσομοίωμα (βλ. § 4.3.3.3).



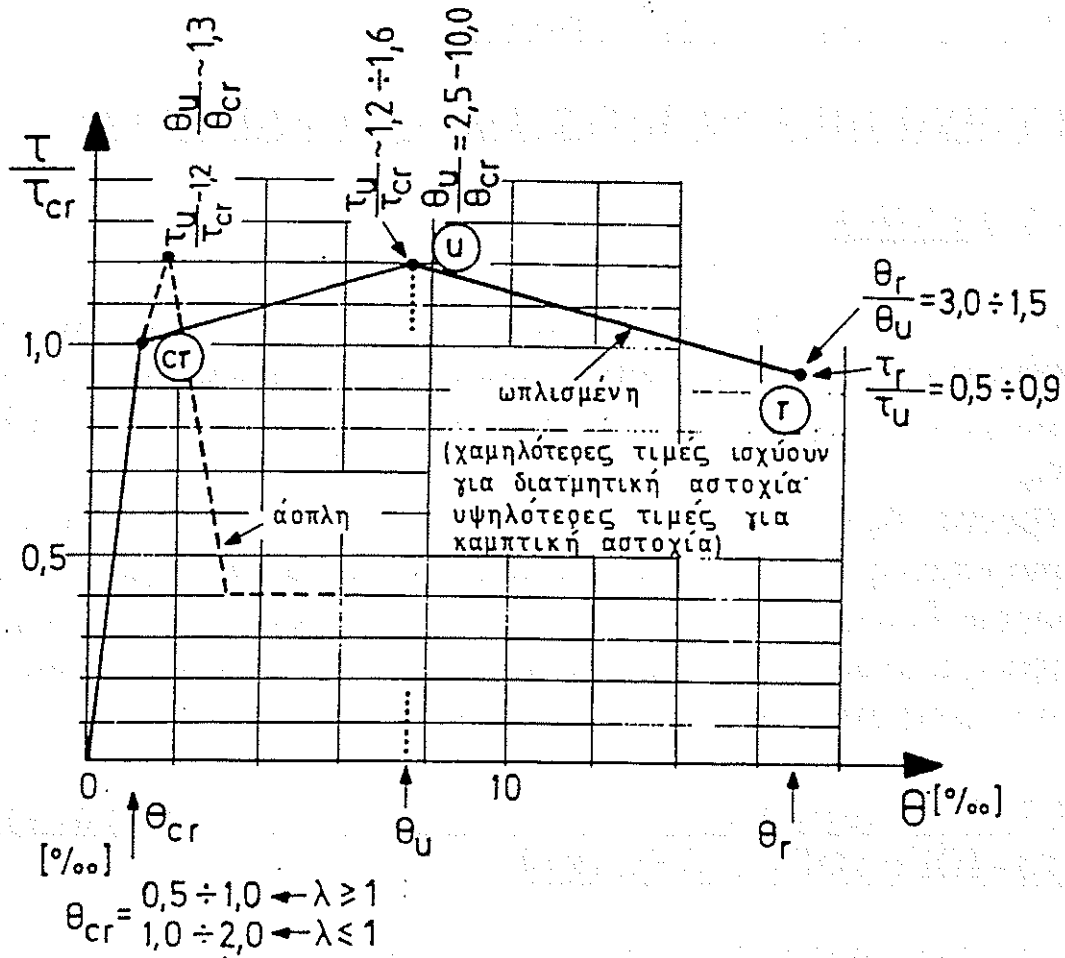
Σχ. 4.11.β: Σύγκριση διατμητικών αντοχών Ο.Τ. που βρέθηκαν πειραματικά , με τις τιμές που προβλέπονται απ' τον τύπο (17).





Σχ. 4.12: Λόγοι διατμητικής προς καμπτική αντοχή, για τοίχους προβόλους από Ο.Τ. (Αριθμητικές εφαρμογές των εξ. (1) και (18)).

Λήφθηκαν υπόψη και οι συγκεντρωμένοι ( $\rho_1$ ) και οι διάσπαρτοι ( $\rho_u, \rho_h$ ) οπλισμοί (Χάλυβας S420).



Σχ. 4.13: Φορμαλιστικά μοντέλα για μονοτονική διατμητική φόρτιση, σε τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό.

## **5. ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ**

### **5.1 ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΜΕ ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ(ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ)**

#### **5.1.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Στους τοίχους από τοιχοποιία συναντώνται κατά κανόνα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα κλπ), που επηρεάζουν την όλη συμπεριφορά της τοιχοποιίας, ανάλογα με τη θέση και το μέγεθός τους.

Η έρευνα της συμπεριφοράς των τοιχοποιιών με ανοίγματα είναι περιορισμένη και τα αποτελέσματά της μη συγκρίσιμα, επειδή αφορούν διαφορετικά υλικά και εξετάζουν διαφορετικά μεγέθη. Αμέσως παρακάτω γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστούν τα βασικότερα στοιχεία τέτοιων ερευνών.

#### **5.1.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΜΕ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ (ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)**

##### **5.1.2.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ**

Μια προσπάθεια για την εκτίμηση της ακαμψίας και της αντοχής σε μονόροφους τοίχους με ένα ορθογωνικό άνοιγμα έγινε από τον Bisülay Utku (1980) (Σχ. 5.1, 5.2., 5.3.). Η ανάλυση έγινε με βάση το πρόβλημα επιπέδου εντατικής καταστάσεως, θεωρώντας την τοιχοποιία σαν γραμμικά ελαστικό και ισότροπο υλικό που υφίσταται μικρές παραμορφώσεις. Με την χρήση της μεθόδου των μετατοπίσεων και της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα, (Σχ. 5.3):

- Ο μέγιστος μεγεθυντικός συντελεστής τάσεων (ΜΜΣΤ) αυξάνει με την αύξηση του ποσοστού των ανοιγμάτων.
- Ο ΜΜΣΤ αυξάνει με την μετατόπιση του ανοίγματος προς τα πάνω
- Ο ΜΜΣΤ αυξάνει όταν ο λόγος μήκος/ύψος ανοίγματος αυξάνει από 1 προς 2.

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:** Ο μέγιστος μεγεθυντικός συντελεστής τάσεων (ΜΜΣΤ) ορίζεται ως ο μέγιστος λόγος της μέγιστης διατμητικής τάσεως σε κάποια θέση ενός τοίχου με άνοιγμα, προς εκείνη του αντίστοιχου τοίχου χωρίς άνοιγμα.

Πίνακας τιμών παραμέτρων των τοίχων του Σχ. 5.3:

ΤΟΙΧΟΣ	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$	$w_{10}$	$w_{11}$	$w_{12}$	$w_{13}$	$w_{14}$	$w_{15}$	$w_{16}$
παράμετροι	περιοχές παραμέτρων															
ποσοστό (%) ανοιγμάτων	4	9	16	36	2	8	18	32	2	8	18	32	2	8	18	32
$l/h$	2				1											
$x_M$	11a								15a				11a			
$y_M$	10b												2b	4b	6b	8b
$h_w$	20b															
$l_w/h_w$	2															
$t_1$	1															
$t_2/t_1$	5															
$t_3/t_1$	3															
$E_2/E_1$	1															
$G_2/G_1$	1															
$\nu_1 = \nu_2$	1/4															

- $t_1$  : πάχος τοίχου  
 $t_2, t_3$  : πάχη ακραίων ζωνών  
 $E_1, E_2$  : μέτρα ελαστικότητας τοίχου και ακραίων ζωνών  
 $G_1, G_2$  : μέτρα διατμήσεως τοίχου και ακραίων ζωνών  
 $\nu_1, \nu_2$  : λόγοι Poisson τοίχου και ακραίων ζωνών  
 $a$  : οριζόντια απόσταση πλέγματος πεπ. Στοιχείων  
 $b$  : κατακόρυφη απόσταση πλέγματος πεπ. Στοιχείων

### 5.1.2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΚΑΜΨΙΑ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για τον υπολογισμό της ακαμψίας στο επίπεδο των μονώροφων διατμητικών τοίχων, είναι να θεωρείται ο τοίχος πακτωμένος στη βάση του και ελεύθερος ή πακτωμένος στην κορυφή, και να λαμβάνονται υπόψη οι μετακινήσεις από κάμψη και από διάτμηση. Η μέθοδος αυτή (συμβατική μέθοδος) δίνει ακριβή αποτελέσματα για τοίχους χωρίς ανοίγματα, ενώ δεν είναι κατάλληλη για τοίχους με ανοίγματα. Από αναλυτικά αποτελέσματα σε μονώροφους τοίχους από Ο.Σ. και τοιχοποιία με ένα συμμετρικό άνοιγμα, εφαρμόζοντας την συμβατική μέθοδο και την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, προέκυψε ότι η συμβατική μέθοδος :

- α) Δίνει τιμές των οριζοντίων δυνάμεων σχεδιασμού μεγαλύτερες από τις πραγματικές.
- β) Δίνει λανθασμένη κατανομή διατμητικών δυνάμεων στους τοίχους της κατασκευής.
- γ) Δίνει μικρότερες οριζόντιες μετατοπίσεις

Τα παραπάνω σφάλματα μεγαλώνουν με την αύξηση του λόγου  $h_w/l_w$  πάνω από την μονάδα επειδή αυξάνουν οι πιθανότητες της καμπτικής αστοχίας, παράγοντας που αγνοείται στη συμβατική μέθοδο. Το σφάλμα μπορεί να φθάσει μέχρι και 180%. Για την εξάλειψη των σφαλμάτων δίνονται στο Σχ. 5.4 διορθωτικοί συντελεστές που διαιρούν την ακαμψία των τοίχων που υπολογίζεται με την συμβατική μέθοδο λαμβάνοντας υπόψη τα ανοίγματα. Παρά ταύτα η συμβατική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τοίχους μονώροφους με λόγο  $h_w/l_w < 0,5$ , όπου δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

### 5.1.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΚΑΜΨΙΑ ΤΟΙΧΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Τα μόνα στοιχεία που υπάρχουν αφορούν διατμητικούς τοίχους από Ω.Σ. στην ελαστική φάση. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται η μεταβολή της ακαμψίας συναρτήσει του λόγου

$l_w/h_w$  για τοίχο συμπαγή (Σχ. 5.5) και τοίχο με ανοίγματα (Σχ. 5.6, 5.7).

#### 5.1.2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΑΧΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Στο εργαστήριο Στατικής ΕΜΠ (Κοκκινόπουλος, 1963) έγινε πειραματική έρευνα για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς τοιχωμάτων από σκυρόδεμα με ανοίγματα. Παράμετροι των πειραμάτων ήσαν η διάταξη και ο αριθμός των ανοιγμάτων, υπολογίστηκαν Δε το απαιτούμενο πάχος και ο δείκτης αντιστάσεως του τοιχώματος από τις παρακάτω σχέσεις:

Απαιτούμενο πάχος :

$$t_w = k \cdot \frac{V}{l_w} \cdot \frac{1}{f_{wt}}$$

Δείκτης αντιστάσεως:  $D = \lambda \cdot t_w \cdot E_w$

Όπου  $V$  : η διατμητική δύναμη

$f_{wt}$  : η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος

$E_w$  : το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος

$\kappa, \lambda$  : αδιάστατα μεγέθη

Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα συντάχθηκαν διαγράμματα που παρουσιάζονται στα Σχ. 5.8 ÷ 5.13.

#### 5.1.2.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Σε περιπτώσεις που η απόσταση δύο γειτονικών ανοιγμάτων ενός τοίχου είναι πολύ μικρή ( το πλάτος του τοίχου μεταξύ των ανοιγμάτων δεν υπερβαίνει το τετραπλάσιο του πάχους του ), το τμήμα του τοίχου μεταξύ των ανοιγμάτων αποτελεί πεσσό. Στην περίπτωση αυτή ή λυγηρότητα του πεσσού ως προς τον άξονα  $\chi-\chi$  (Σχ.5.14) είναι μεγαλύτερη από εκείνη του τοίχου και μικρότερη από εκείνη της μεμονωμένης κολώνας .

Το ενεργό ύψος του πεσσού καθορίζεται παρακάτω:

α) Όπου υπάρχει περιορισμός στην οριζόντια μετακίνηση του τοίχου, το ενεργό ύψος του σχηματιζόμενου πεσσού είναι ίσο με την απόσταση των στηρίξεων στην βάση και στην κορυφή του τοίχου.

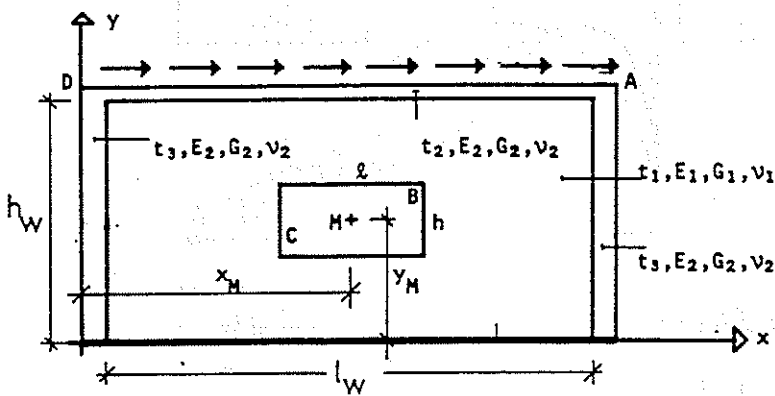
β) Όταν εξασφαλίζεται αυξημένη αντίσταση στην οριζόντια μετακίνηση του τοίχου, τότε το ενεργό ύψος του προκύπτοντος πεσσού μπορεί να ληφθεί ίσο με 0,75 φορές την απόσταση των στηρίξεων συν 0,25 φορές το ύψος του μεγαλύτερου ανοίγματος (Σχ.5.15).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η λυγηρότητα είναι  $\lambda = \rho \frac{h_{\text{eff}}}{t_{\text{eff}}}$

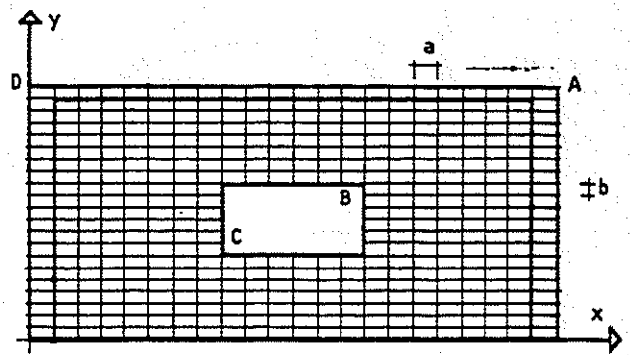
όπου  $h_{\text{eff}}$ : το ενεργό ύψος του τοίχου

$t_{\text{eff}}$ : το ενεργό πάχος του τοίχου

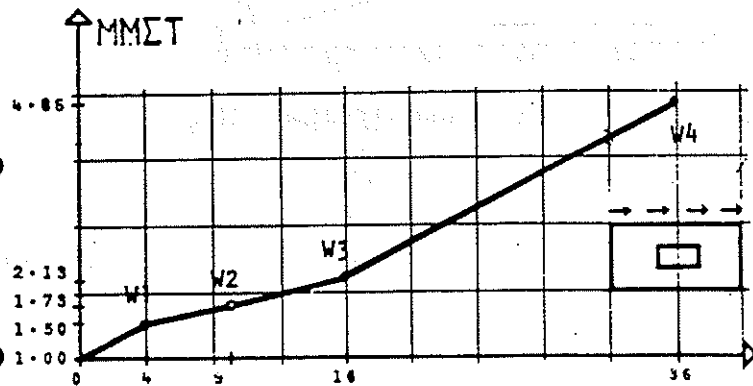
$\rho$ : κατάλληλος συντελεστής που λαμβάνει υπόψη τις συνοριακές συνθήκες των κατακορύφων άκρων του τοίχου.



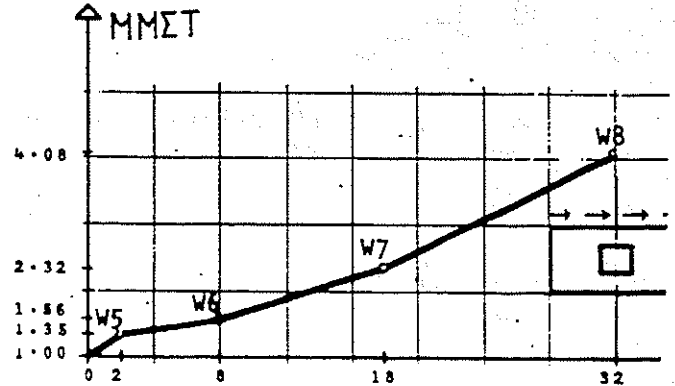
Σχ. 5.1: Μορφή τοίχου με ένα ορθογωνικό άνοιγμα.



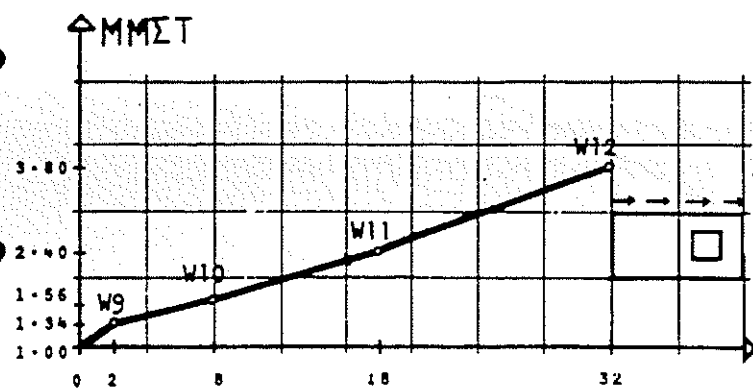
Σχ. 5.2: Ανάλυση τοίχου με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.



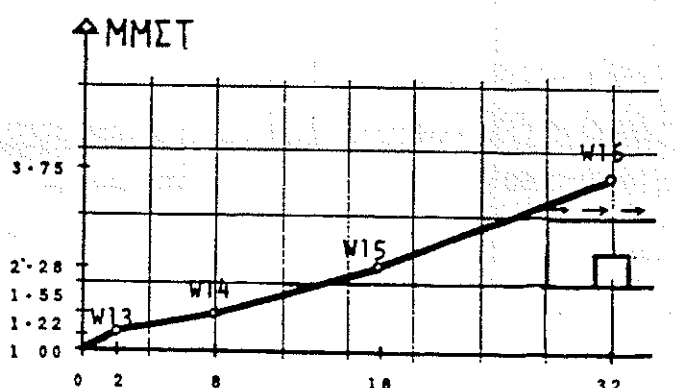
Ποσοστό ανοιγμάτων



ποσοστό ανοιγμάτων



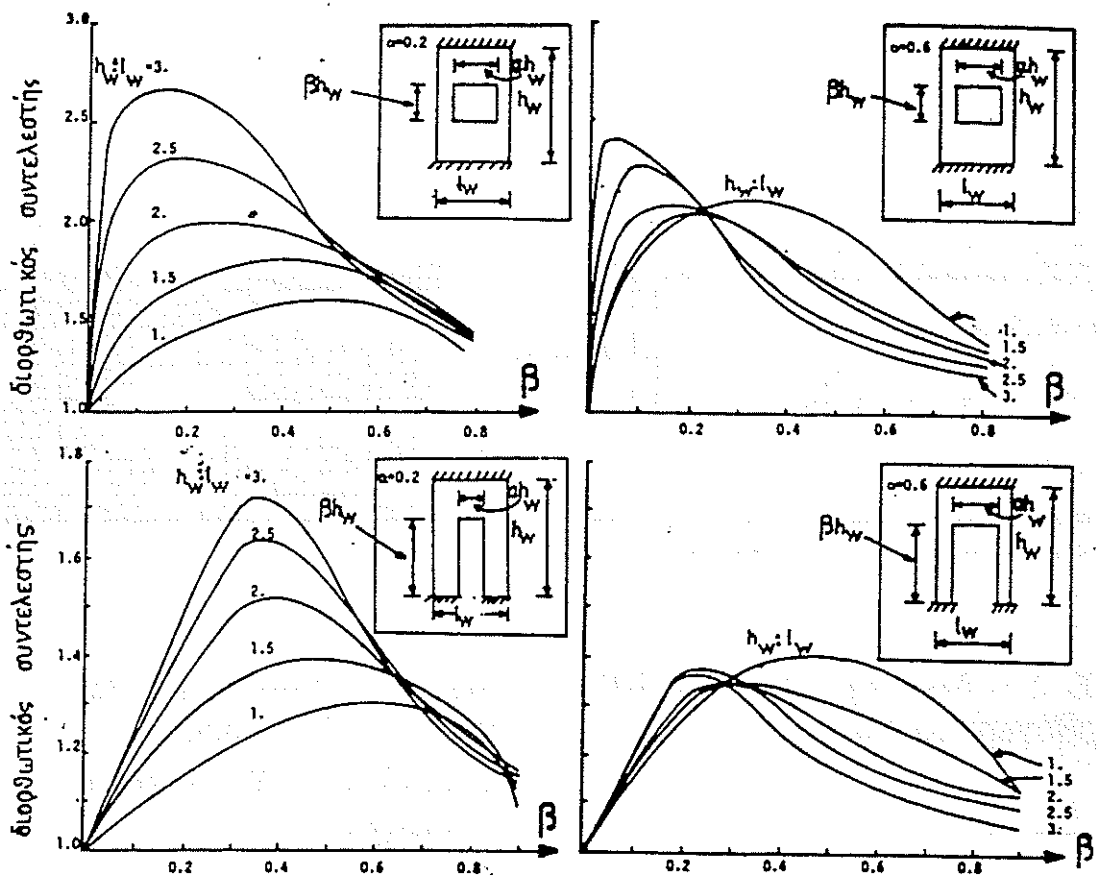
Ποσοστό ανοιγμάτων



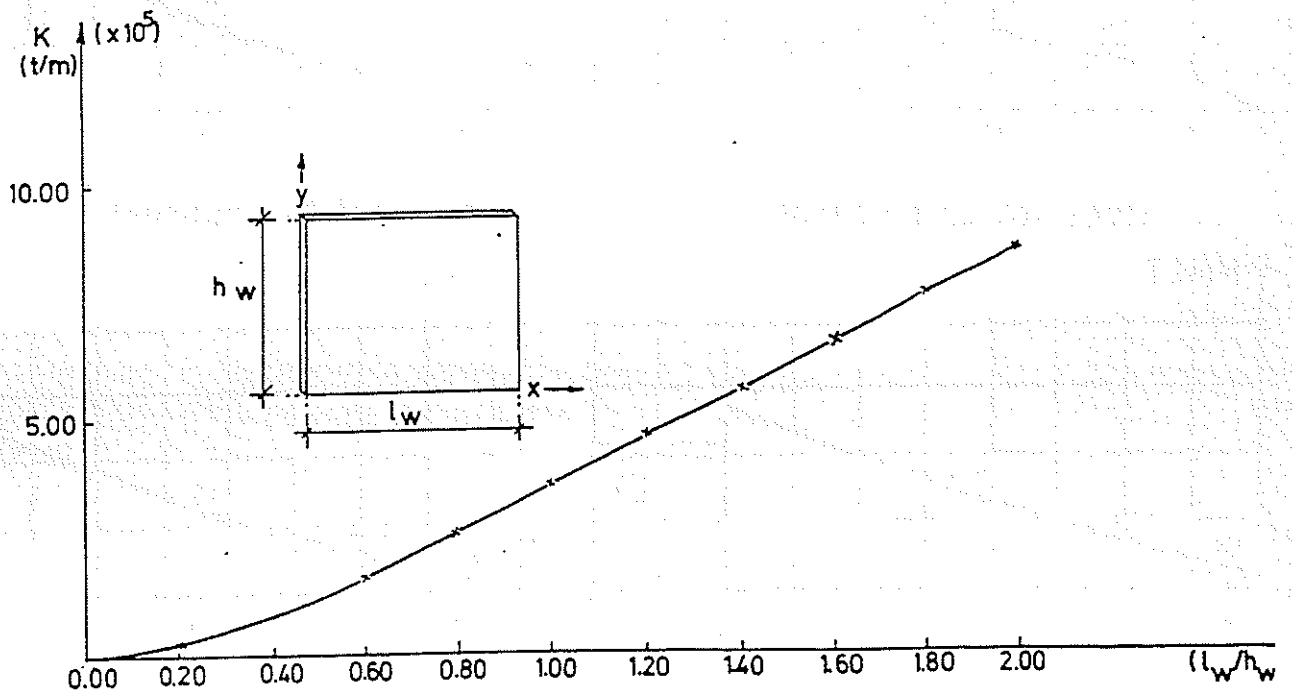
ποσοστό ανοιγμάτων

Σχ. 5.3: Επίδραση του ποσοστού των ανοιγμάτων στον μέγιστο μεγεθυντικό συντελεστή τάσεων (Μ.Μ.Σ.Τ.) (βλέπε και πίνακα επόμενης σελίδας).

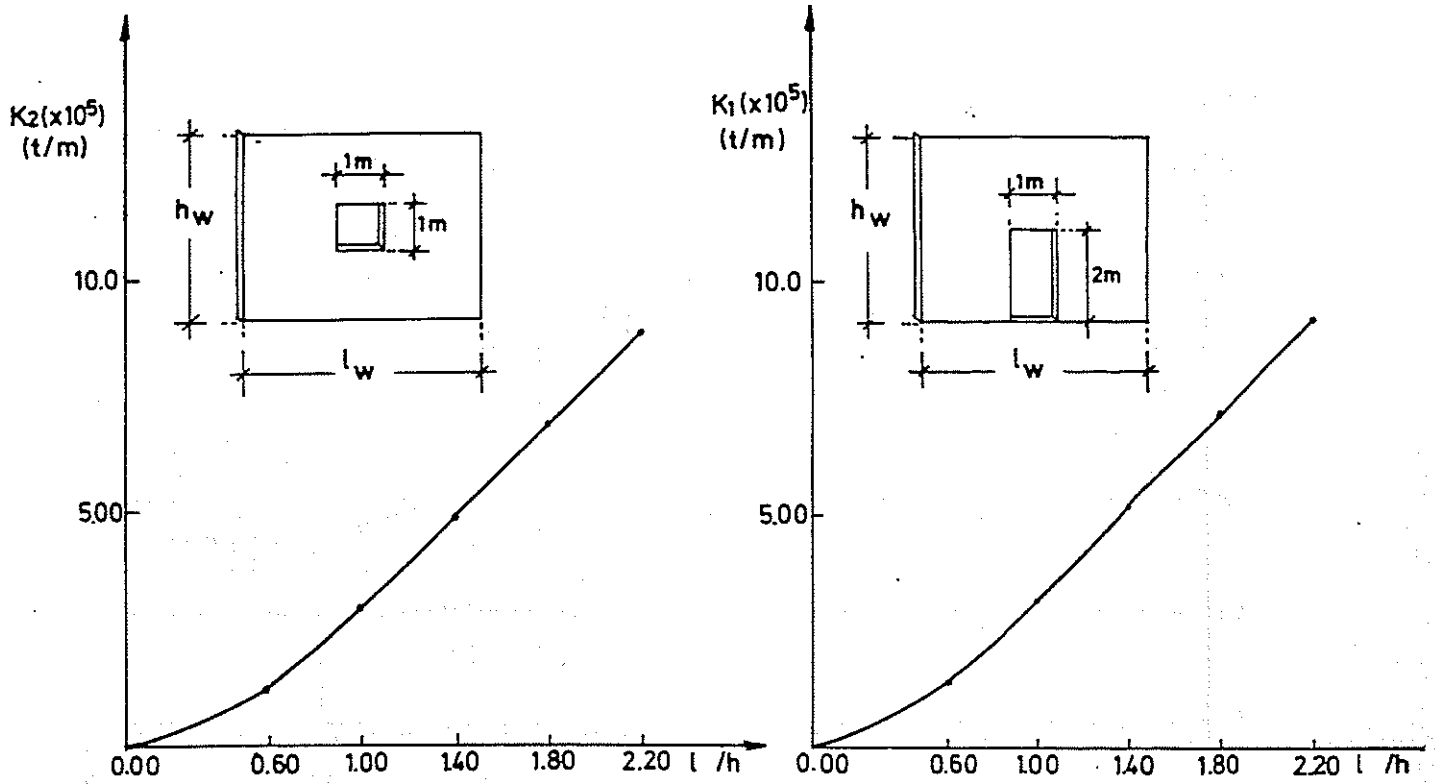




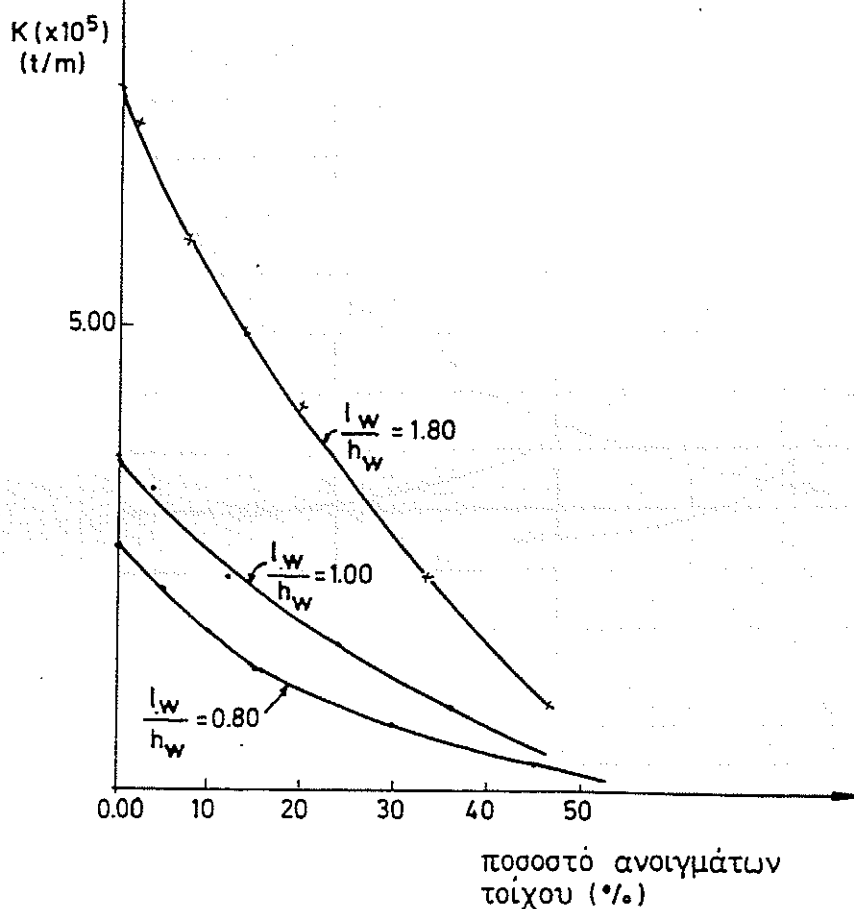
Σχ. 5.4: Διορθωτικοί συντελεστές για τον υπολογισμό της ακαμψίας μονόροφων τοίχων με ένα συμμετρικό άνοιγμα.



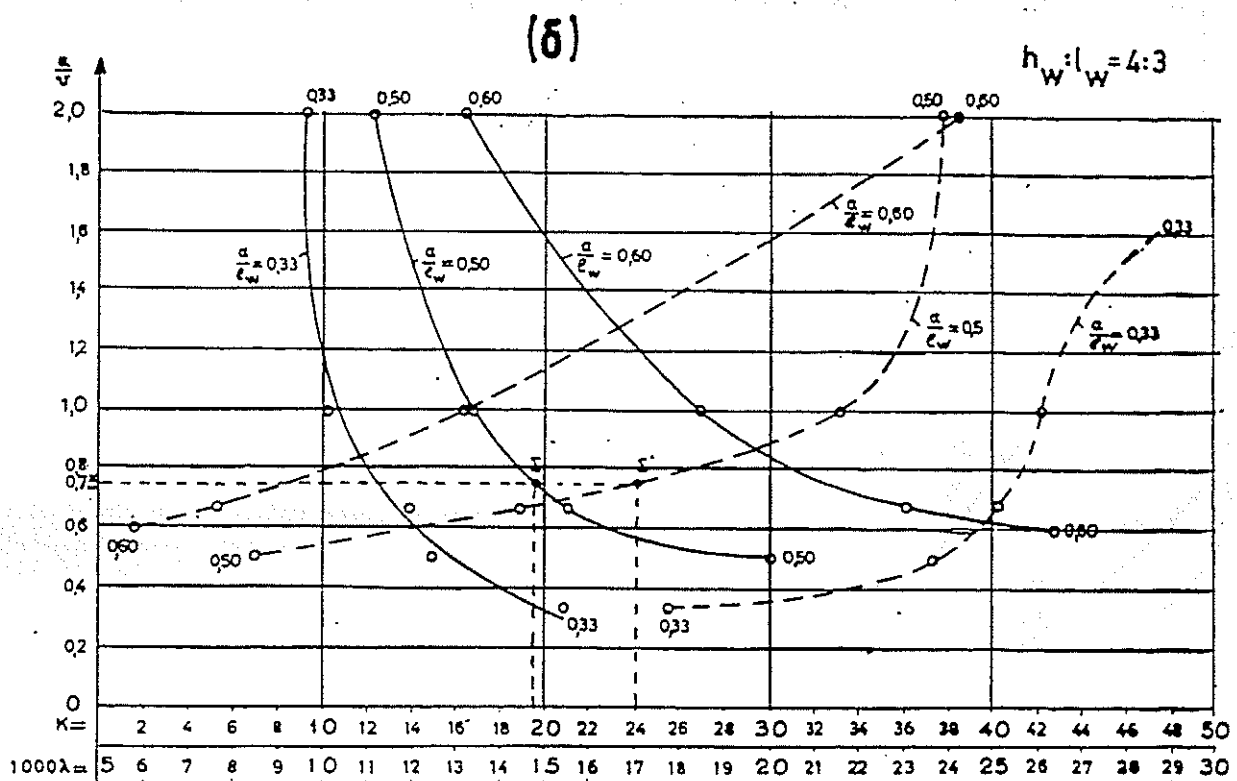
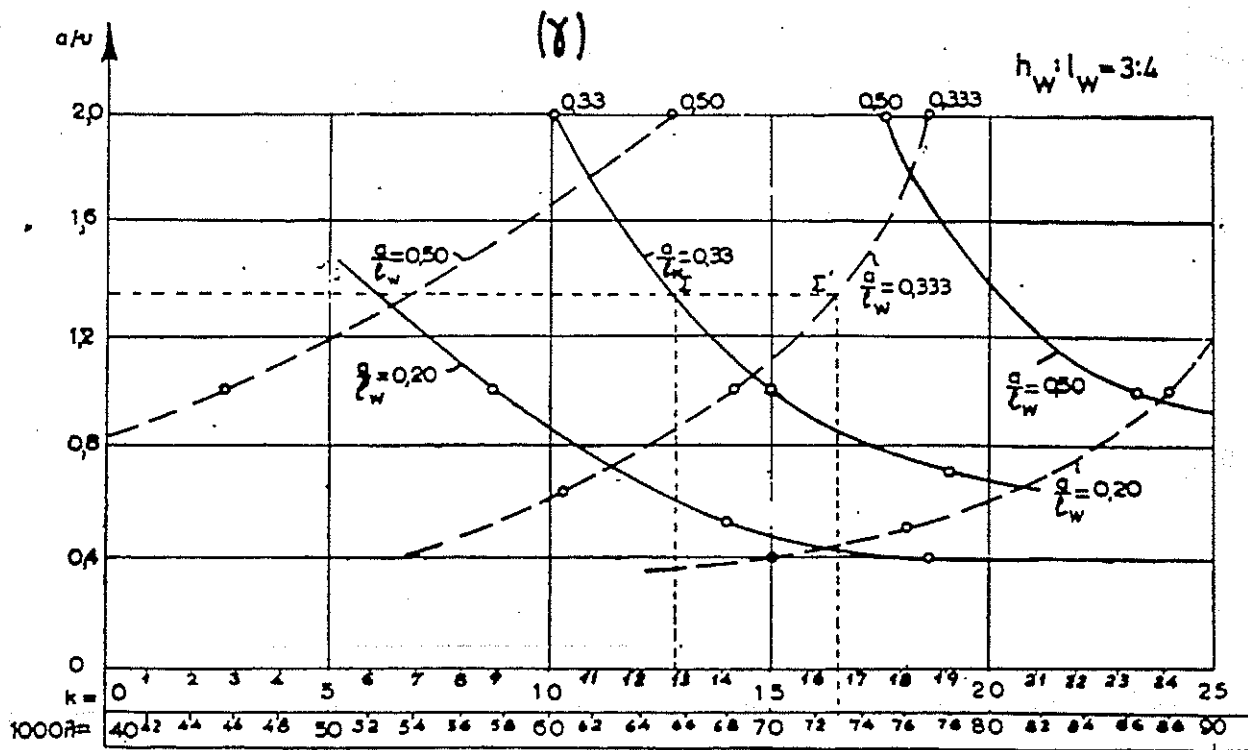
Σχ. 5.5: Ακαμψία συμπαγών τοίχων στην ελαστική φάση.



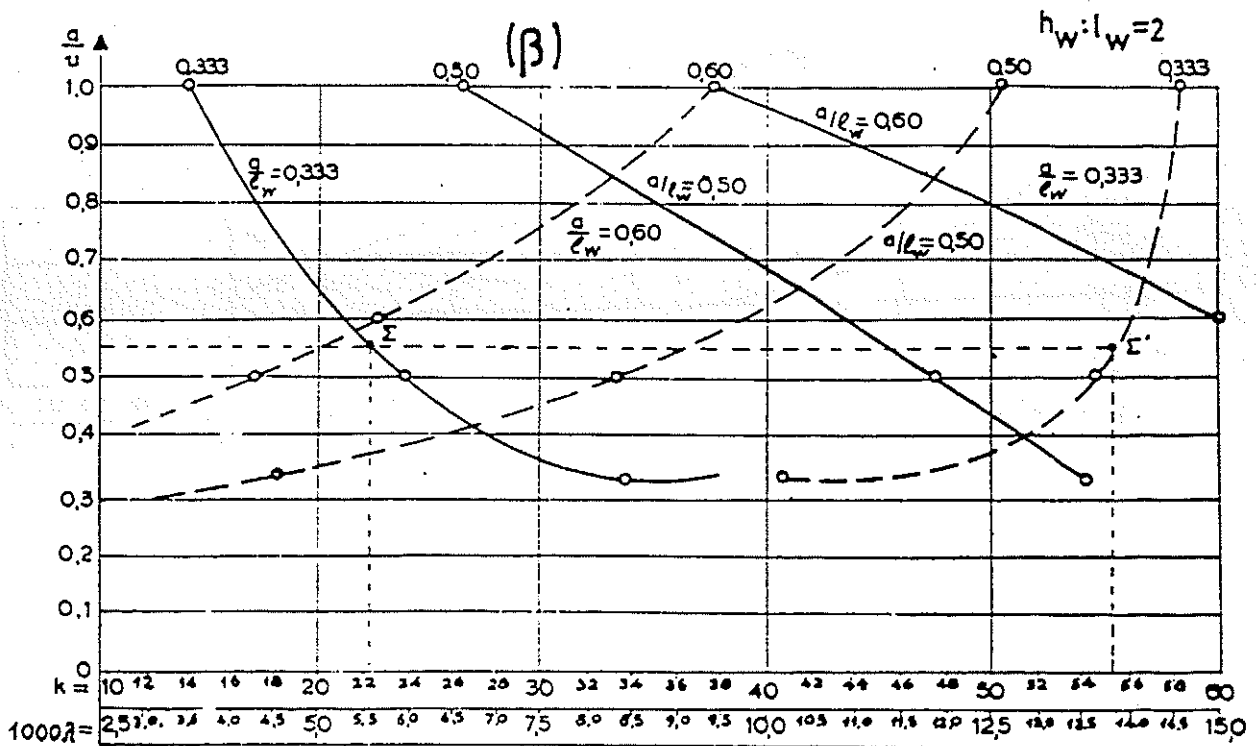
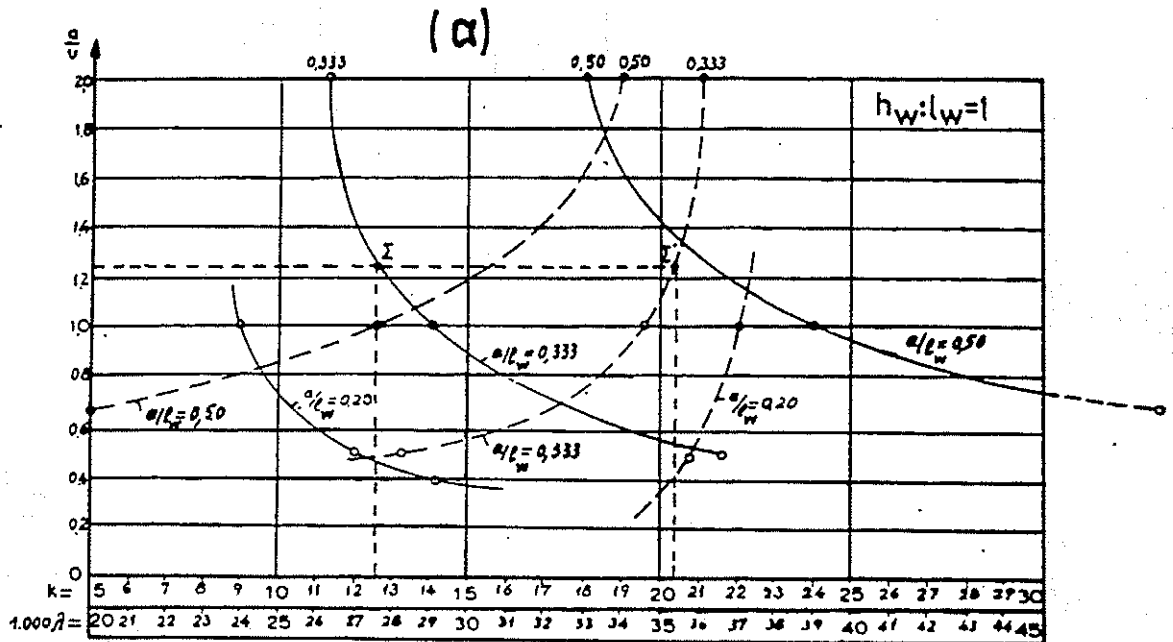
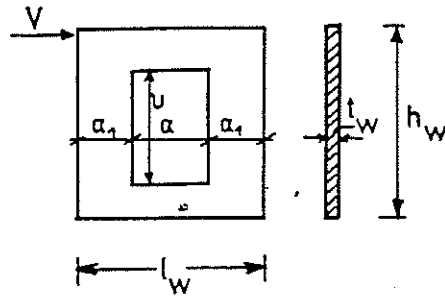
Σχ. 5.6: Ακαμψία τοίχων με ανοίγματα στην ελαστική φάση.

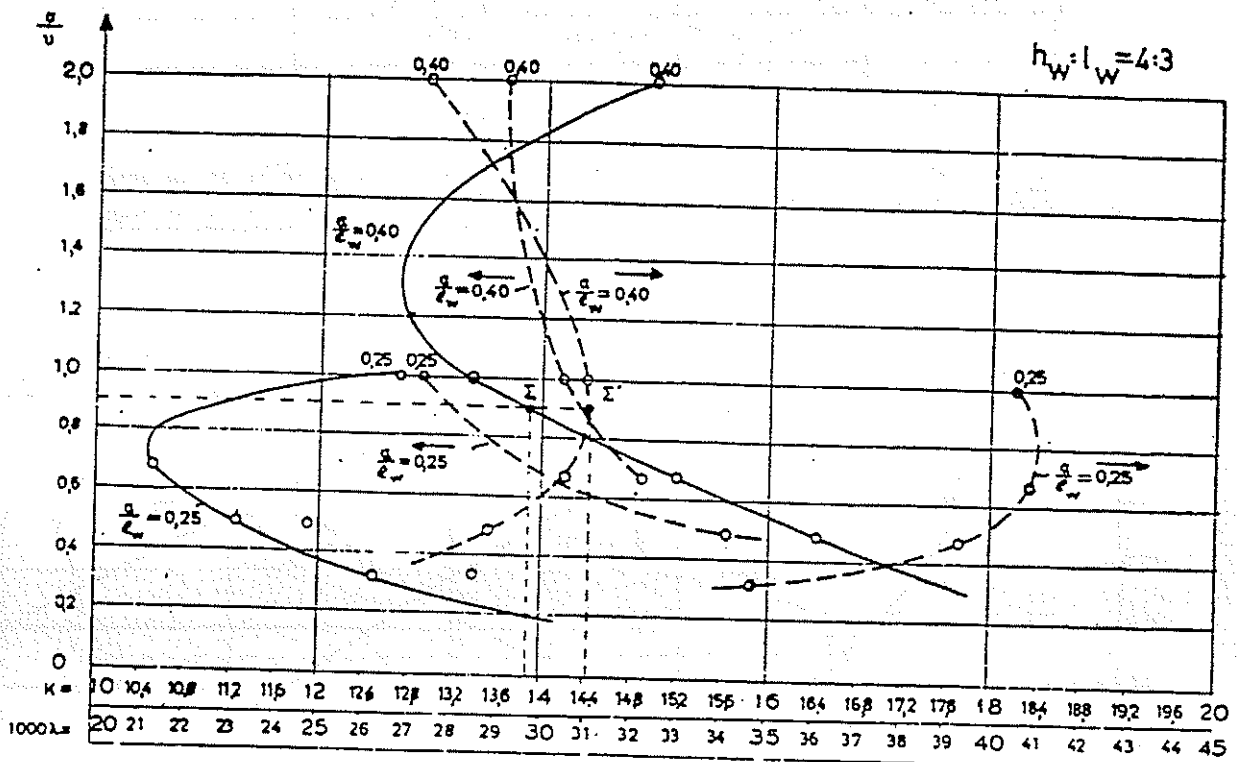
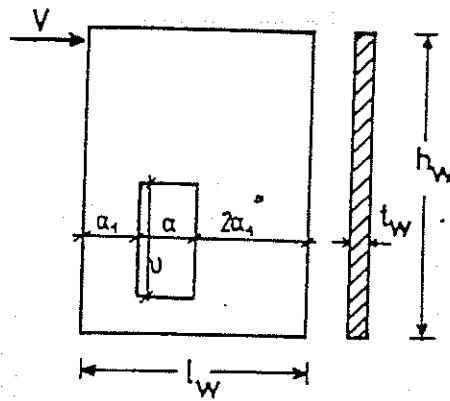


Σχ.5.7: Επίδραση του λόγου  $l_w/h_w$  στην ακαμψία τοίχων με ανοίγματα στην ελαστική φάση.

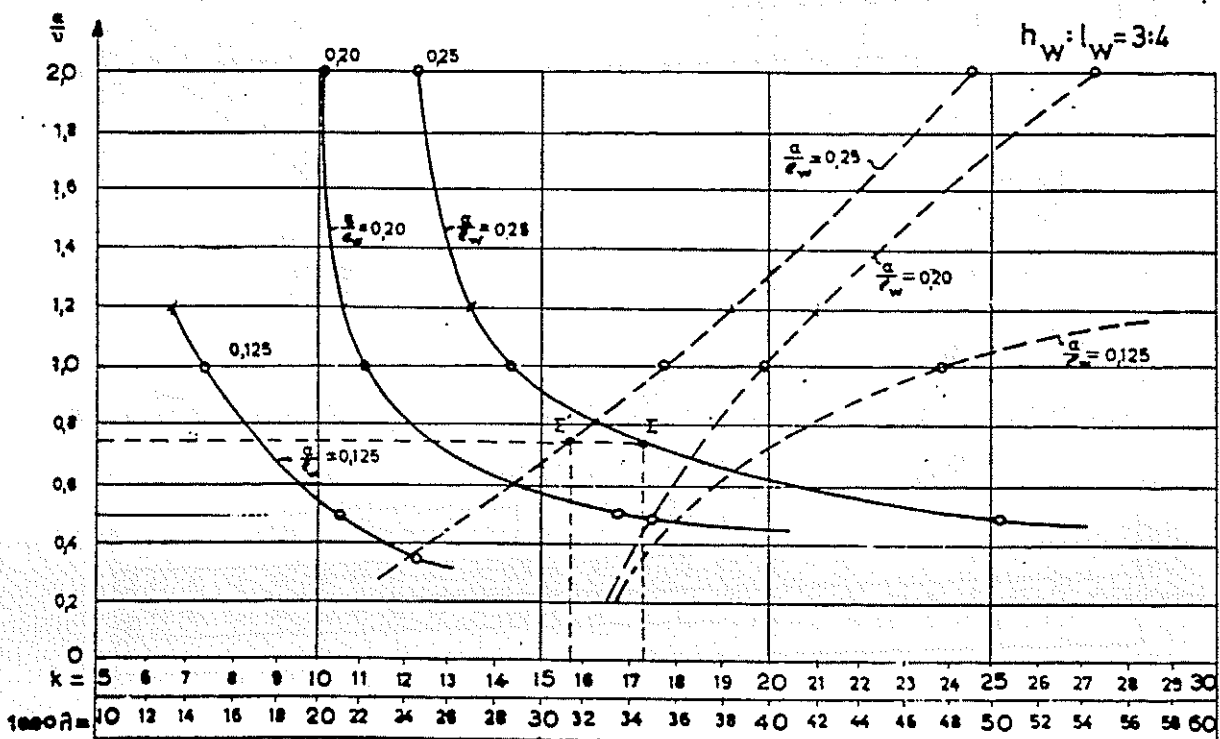
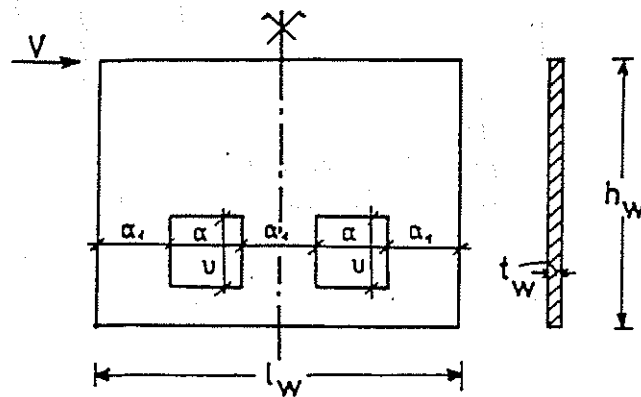


Σχ. 5.8 : Διαγράμματα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με ένα συμμετρικό ορθογωνικό άνοιγμα για διαφόρους λόγους  $l_w/h_w$ .

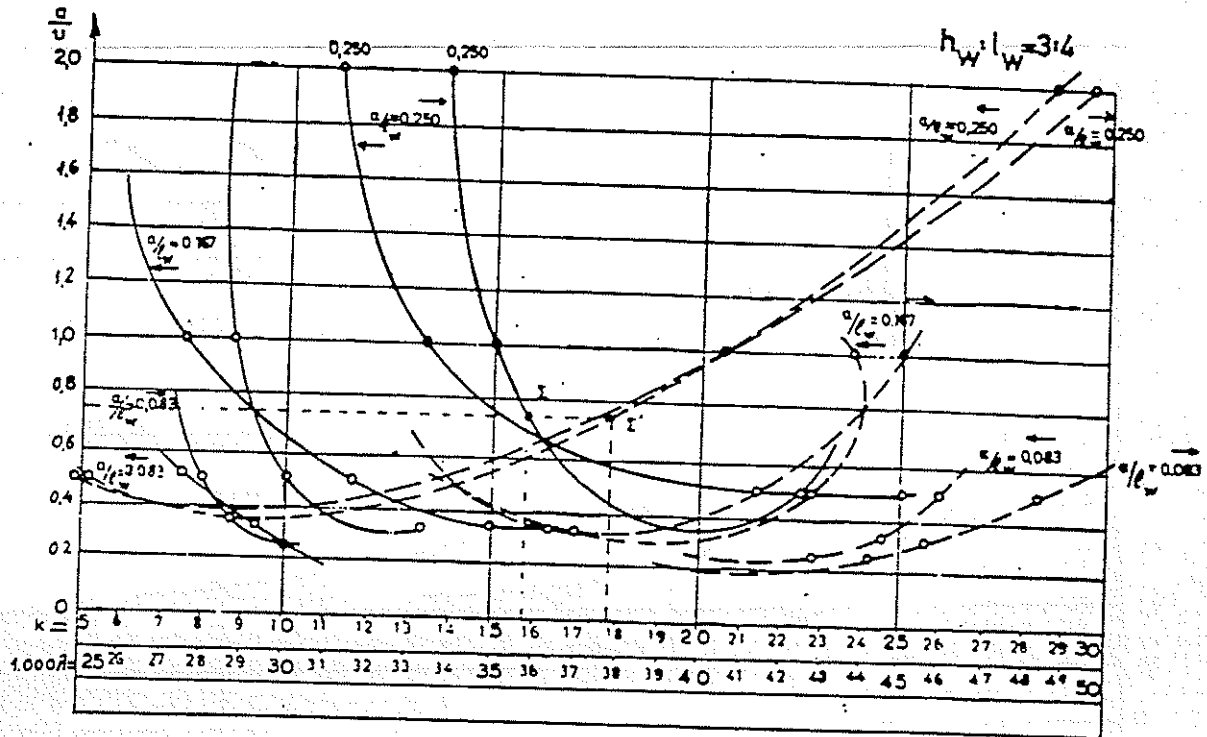
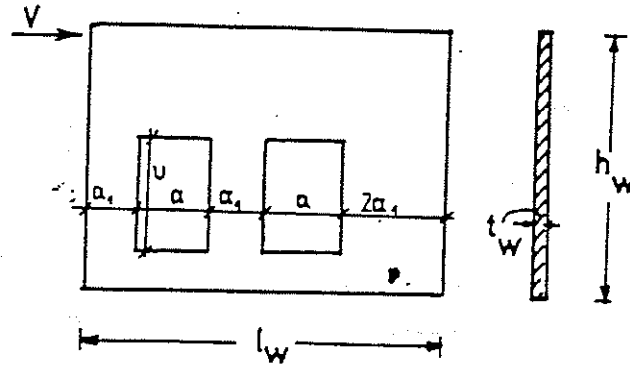




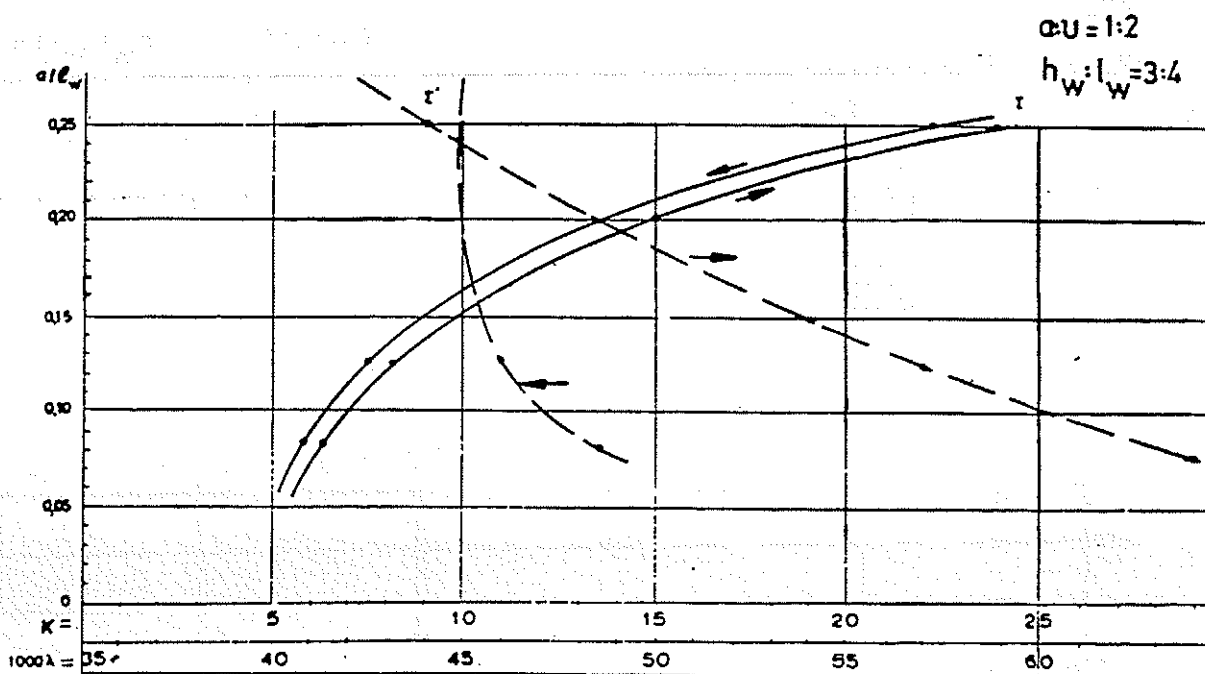
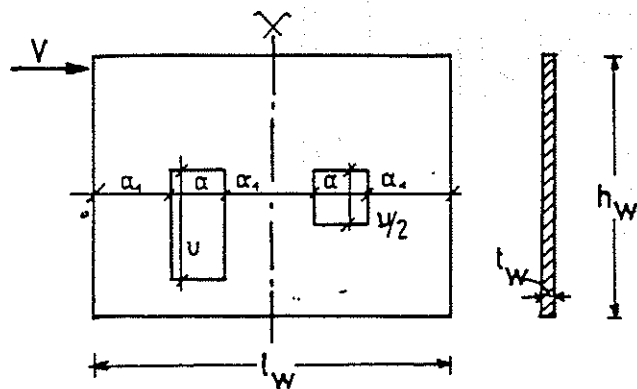
Σχ. 5.9 : Διάγραμμα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με ένα ασύμμετρο ορθογωνικό άνοιγμα.



Σχ. 5.10 : διάγραμμα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με δύο ίσα και συμμετρικά ορθογωνικά ανοίγματα.

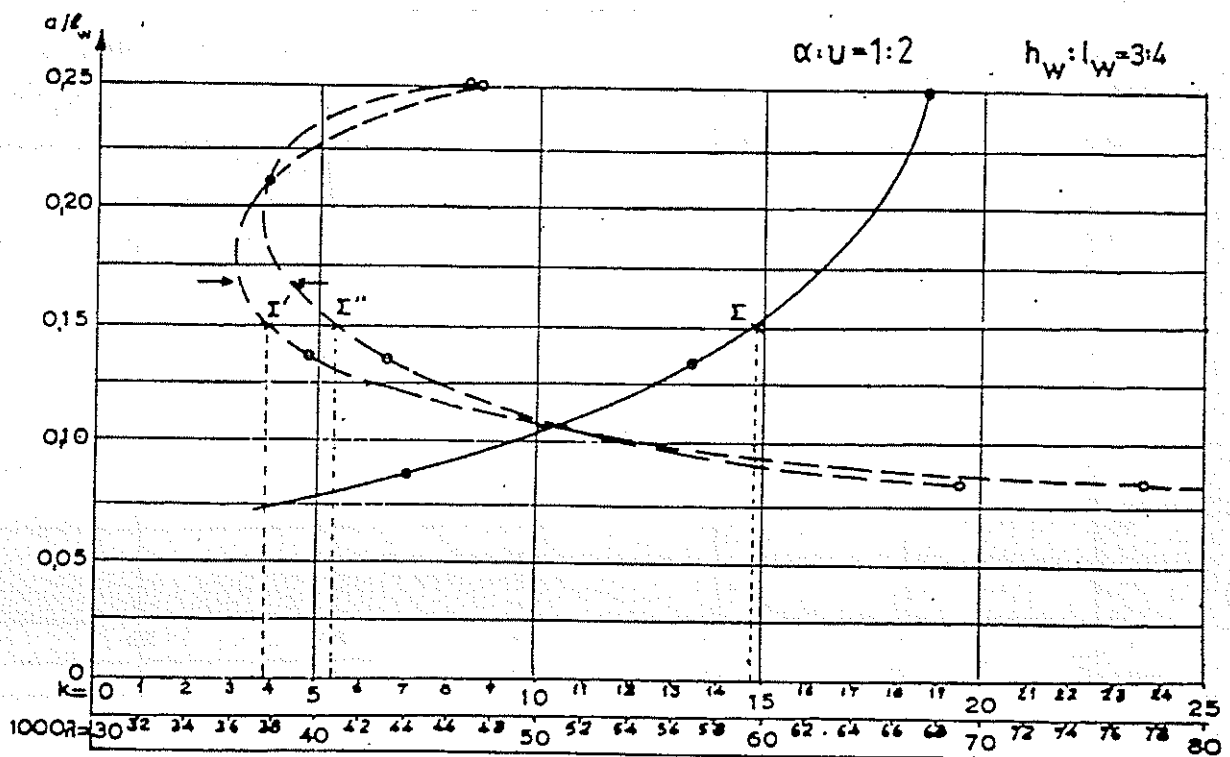
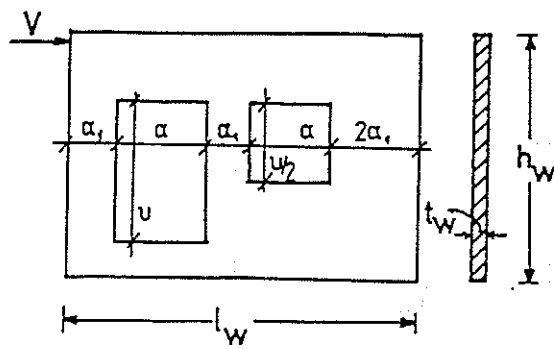


Σχ. 5.11: Διάγραμμα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με δύο ίσα και ασύμμετρα ορθογωνικά ανοίγματα.

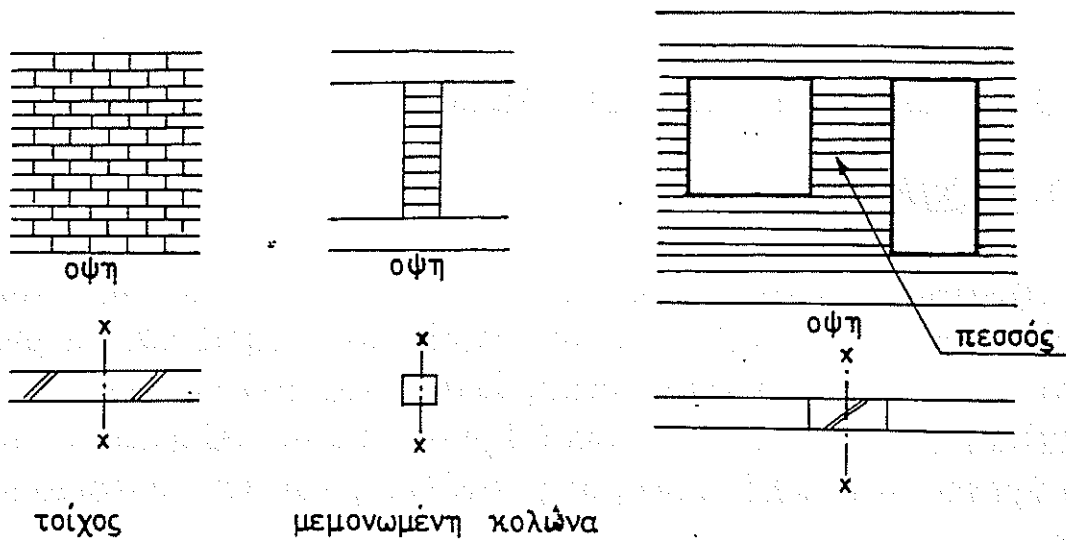


Σχ. 5.12: Διάγραμμα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με δύο άνισα και συμμετρικά ορθογωνικά ανοίγματα.

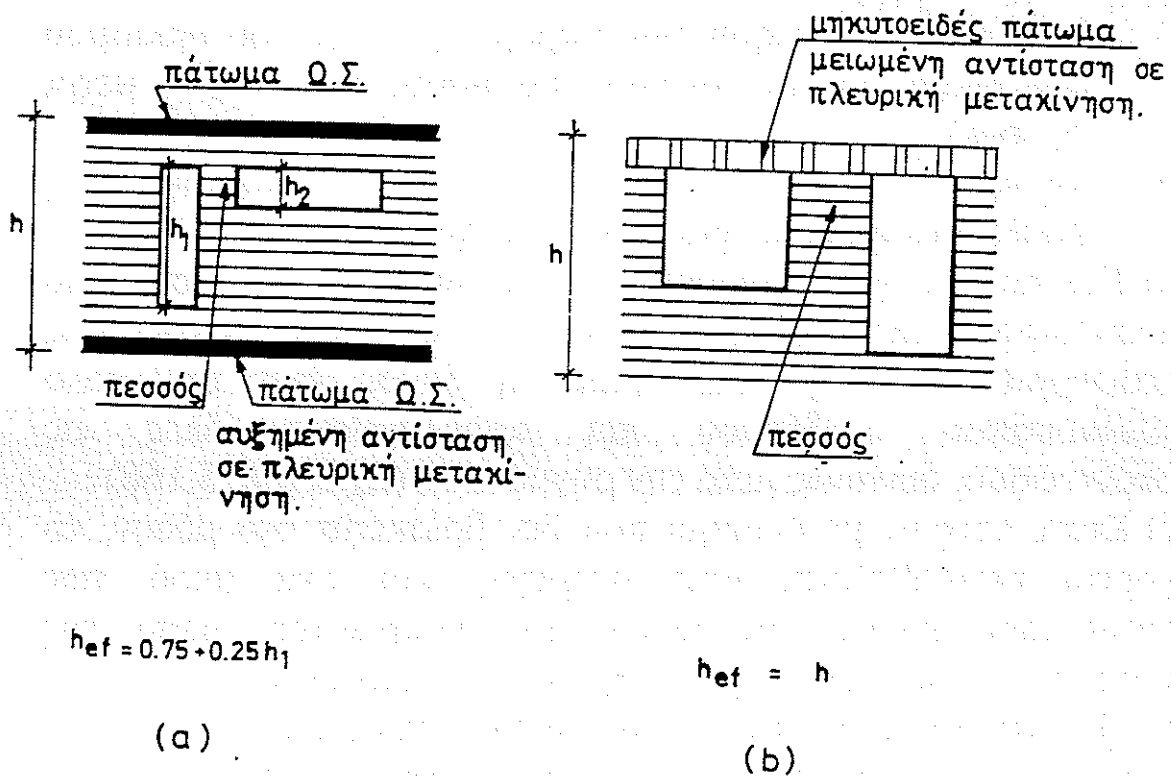




Σχ 5.13 ; Διάγραμμα προσδιορισμού του απαιτούμενου πάχους και του δείκτη αντιστάσεως τοιχωμάτων με δύο άνισα και ασύμμετρα ορθογωνικά ανοίγματα.



Σχ. 5.14: Λυγηρότητα τοίχου χωρίς ανοίγματα, μεμονωμένης κολώνας και τοίχου με ανοίγματα.



Σχ. 5.15; ενεργό ύψος πεσσού που προκύπτει από τα ανοίγματα ενός τοίχου.

## 5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΟΙΧΩΝ – ΔΟΚΩΝ

### 5.2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το σύστημα τοίχος –δοκός είναι μια κατασκευή που περιλαμβάνει έναν τοίχο από τοίχοποιία που στηρίζεται σε μια δοκό από Ο.Σ. Η διαφραγματική λειτουργία του τοίχου και η καμπτική συμπεριφορά της δοκού βρίσκονται σε αλληλεπίδραση που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην ανάλυση και στον σχεδιασμό τους.

Για φόρτιση του τόχου στην κορυφή του, η δοκός τείνει να αποκολληθεί από την βάση του τοίχου στο μέσον του ανοίγματός τους, με αποτέλεσμα η αλληλεπίδραση να εκδηλώνεται εντονότερα στις περιοχές των στηρίξεων.

Από θεωρητική και πειραματική ανάλυση προέκυψαν τα ακόλουθα:

α) Στο στάδιο της κατασκευής

i) παρατηρείται αύξηση των παραμορφώσεων του οπλισμού της δοκού με την αύξηση του ύψους του τοίχου μέχρι  $h_w < 0,4l$ .

ii) για  $h_w = 1$  οι καμπτικές ροπές της δοκού ισοδυναμούν με τις ροπές που προκαλεί βάρος τοίχου ύψους  $h_w = 1/3$

β) Για τοίχους χωρίς ανοίγματα ή με άνοιγμα στο μέσον υπό ομοιόμορφο κατακόρυφο φορτίο, το σύστημα δοκό-τοίχος λειτουργεί σαν τόξο στο οποίο η δοκός έχει τον ρόλο εφελκυστικού συνδέσμου και παραλαμβάνει όλες τις εφελκυστικές δυνάμεις μετά την ρηγμάτωση (Σχ.5.16α, 5.16β).

γ) Στους τοίχους με άνοιγμα που δεν βρίσκεται στο μέσον, το φορτίο μεταβιβάζεται στις στηρίξεις και στα άκρα των ανοιγμάτων κοντά στο μέσον του ανοίγματος, μέσο της λειτουργίας του τόξου (Σχ.5.16γ). Η δοκός είναι ο εφελκυστικός σύνδεσμος και το ελαστικό στήριγμα του μικρού τόξου.

Έτσι, οι καμπτικές ροπές της δοκού στα άκρα των ανοιγμάτων και κοντά στο μέσον του ανοίγματος (1/2) είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του τοίχου της περιπτώσεως «β».

δ) Η διατμητική δύναμη παραλαμβάνεται και από την δοκό και από τον τοίχο. Επειδή οι θλιπτικές τάσεις στην περιοχή των

στηρίξεως είναι μεγάλες, παρατηρείται αύξηση της διατμητικής φέρουσας ικανότητας της δοκού και η διατμητική αστοχία επέρχεται πρώτα στους τοίχους (Σχ.5.17).

ε) Για τους τοίχους-δοκούς χωρίς ανοίγματα, οι εφελκυστικές δυνάμεις των δοκών επηρεάζονται από το λόγο  $h_w/l_w$  των διαστάσεων του τοίχου. Επίσης, οι δοκοί μπορούν να παραλάβουν μεγάλες εφελκυστικές δυνάμεις και σχετικά μικρές καμπτικές ροπές.

στ) Για τοίχους-δοκούς με ανοίγματα όχι στο μέσον του μήκους  $l$ , οι καμπτικές ροπές των κόκκων στο άκρο του ανοίγματος κοντά στο  $1/2$  επηρεάζονται από τον λόγο  $h_b/l$  των διαστάσεων της δοκού και από τον λόγο  $d/l$  (Σχ. 5.18).

Παρατηρείται αύξηση των καμπτικών ροπών με την αύξηση του λόγου  $h_b/l$  και την μείωση του λόγου  $d/l$ .

## **5.2.2 ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ**

### **5.2.2.1 ΜΟΡΦΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ**

Από πειράματα στη διατμητική αστοχία των συστημάτων τοίχων-δοκών προέκυψαν:

α) για  $h_w/l < 0,5$  (Σχ. 5.19α) επήλθε αστοχία από κάμψη και εφελκυσμό με διαγώνιες ρωγμές μέσα από τους αρμούς του κονιάματος.

β) Για τιμές του λόγου  $h_w/l > 0,5$  η αστοχία οφείλονταν σε θλίψη και διάτμηση. Στην περίπτωση αυτή οι ρωγμές μέσα από το κονίαμα ήταν πιο απότομες και μερικές φορές περνούσαν και μέσα από τα τούβλα ( Σχ. 5.19β).

Στους τοίχους με άνοιγμα όχι στο μέσον του τοίχου, η αστοχία παρατηρείται στο μικρό τμήμα ανάμεσα στο άνοιγμα και στο άκρο του τοίχου (Σχ. 5.19γ).

### 5.2.2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

α) Τοίχοι χωρίς ανοίγματα : Η διατμητική αντοχή εξαρτάται από τους λόγους  $h_b/l$ ,  $h_w/l$ ,  $E_w/E_c$ ,

όπου  $h_b$  : το ύψος του δοκού

$h_w$  : το ύψος του τοίχου

$l$  : το μήκος του τοίχου και της δοκού

$E_w$  : το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας

$E_c$  : το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος

β) Τοίχοι με ανοίγματα : Η διατμητική αντοχή εξαρτάται από τους λόγους  $h_b/l$ ,  $h_w/l$ ,  $E_w/E_c$ , όπως παραπάνω και επι πλέον τον λόγο  $d/l$ , όπου  $d$  η απόσταση του ανοίγματος από το άκρο του τοίχου.

Παρατηρήθηκε αύξηση της διατμητικής αντοχής με την αύξηση των λόγων  $h_b/l$ ,  $h_w/l$  και  $d/l$ , ενώ οι διαστάσεις του ανοίγματος έχουν ασημαντη επίδραση στη διατμητική αντοχή του τοίχου.

### 5.2.2.3. ΤΕΜΝΟΥΣΑ ΠΟΥ ΠΑΡΑΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΟ ΣΤΗΡΙΓΜΑ

$$Q \leq C (0,18 + 1,26 * h_b/l) * t_w h_w f_{wc} / Y_m$$

Όπου  $C$  : παράγων που εκφράζει την επίδραση των ανοιγμάτων και λαμβάνει τιμές:

$C = 1$  για τοίχους χωρίς ανοίγματα

$C = 0,45 + 1,4 * d/l$ ,  $C \leq 0,9$  για τοίχους με ανοίγματα

$Y_m$  : μερικός συντελεστής ασφαλείας της τοιχοποιίας.

### 5.2.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Το επίπεδο φορτίσεως της δοκού στο σύστημα τοίχος-δοκός προκαλεί

α) αύξηση στις θλιπτικές τάσεις του τοίχου λόγω του φορτίου του, που είναι μεγαλύτερη για εύκαμπτες δοκούς και μικρότερη για άκαμπτες (Σχ. 5.20).

β) κάμπτική ροπή στη δοκό που αυξάνει σημαντικά λιγότερο απ'ότι σε μια αντίστοιχη δοκό απλά στηριζόμενη. Ο βαθμός αυξήσεως είναι μικρότερος για τις άκαμπτες δοκούς (Σχ.5.21).

γ) αύξηση στη συνδετήρια δύναμη της δοκού λόγω του φορτίου του τοίχου που είναι μεγαλύτερη για τις εύκαμπτες δοκούς με ανώτατο όριο την δύναμη τριβής της διεπιφάνειας τοίχου –δοκού (Σχ. 5.22).

Στα σχήματα 5.20, 5.21 και 5.22 γίνεται χρήση των παρακάτω συμβολισμών:

$W_w$  : το ολικό φορτίο στον τοίχο

$W_B$  : το ενεργό ολικό φορτίο που εφαρμόζεται στο επίπεδο της δοκού

$M_B$  : η ροπή της δοκού

$\eta$  : συντελεστής κάμψεως της δοκού που δίνεται από την σχέση

$$\eta = \frac{M_B}{(W_w + W_B) \cdot l}$$

$$K = \sqrt[4]{E_w \cdot t_w \cdot I^3 / E \cdot I} \quad \text{αδιάστατη παράμετρος που}$$

εκφράζει την σχετική ακαμψία του τοίχου τυπος τη δοκό όπου  $E_w$ ,  $t_w$  το μέτρο ελαστικότητας και το πάχος του τοίχου αντίστοιχα και  $E \cdot I$  η κάμπτική ακαμψία της δοκού.

## 5.2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ Ο.Σ.

- i) Τοίχοι – δοκοί χωρίς ανοίγματα ή με ανοίγματα στο μέσον του μήκους

Εφελκυστική δύναμη  $T = M/Z$

$$\begin{aligned} \text{με} \quad M &= q \cdot l_w / 8 \\ Z &= 0,6 \cdot h \end{aligned}$$

Για  $h > 1$  λαμβάνεται  $h = 1$ .

Από τον προκύπτοντα οπλισμό καλόν είναι τα 2/3 ή 3/4 να τοποθετούνται στο κάτω μέρος της διατομής και ο υπόλοιπος οπλισμός στο επάνω.

- ii) Τοίχοι –δοκοί με ανοιγματα όχι στο μέσον του μήκους

Κρίσιμη διατομή είναι I-I (Σχ. 5.18)

Αμελώντας την ροπή που παραλαμβάνει ο τοίχος είναι :

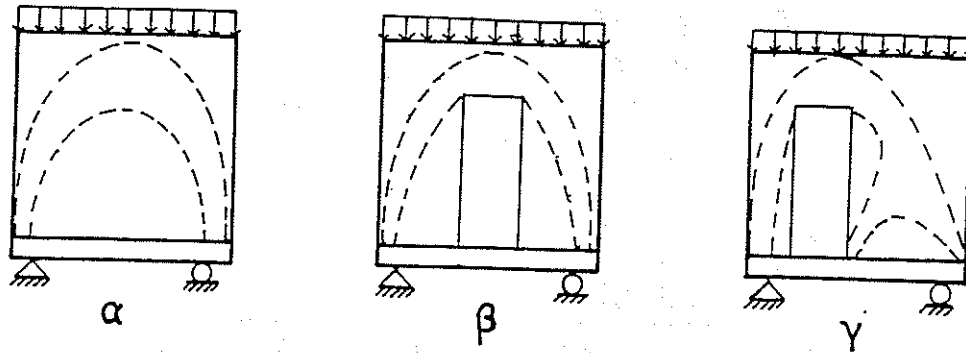
$$\begin{aligned} \text{Όπου} \quad M_B &= \alpha \cdot M_{I-I} \\ \alpha &= 6,8 \cdot (1 - 2,5 \cdot d/l) \cdot h_b \cdot l \end{aligned}$$

$$\text{εφελκυστική δύναμη} \quad T = M_{I-I} \cdot (1 - \alpha) / z$$

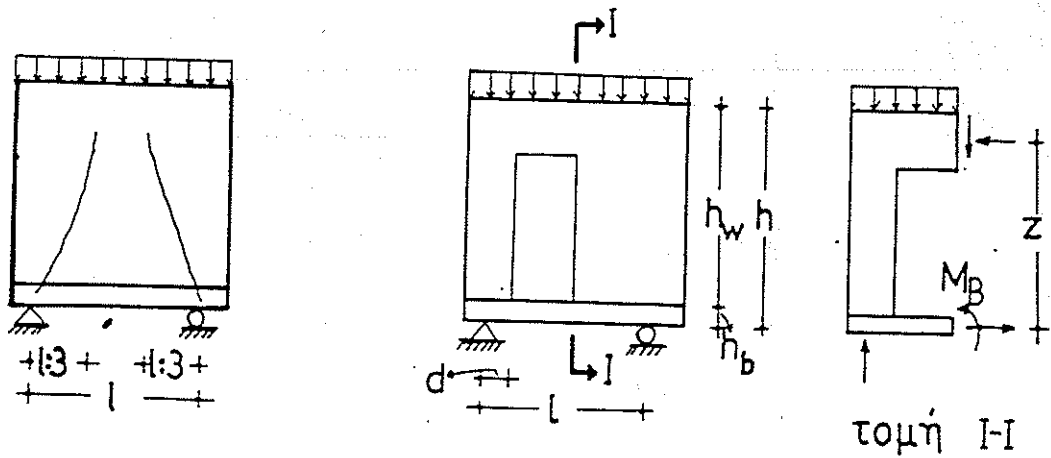
Η διατομή του οπλισμού καθορίζεται από τις τιμές των  $T$ ,  $M_B$

- iii) Υπολογισμός των δοκών σο στάδιο κατασκευής

Οι δοκοί θεωρούνται απλά στηριζόμενες και ελέγχεται η αντοχή τους για φορτίο ίσο με το βάρος του τοίχου για ύψος 1/3 συν όλα τα άλλα φορτία που επηρεάζουν την δοκό στο στάδιο αυτό.

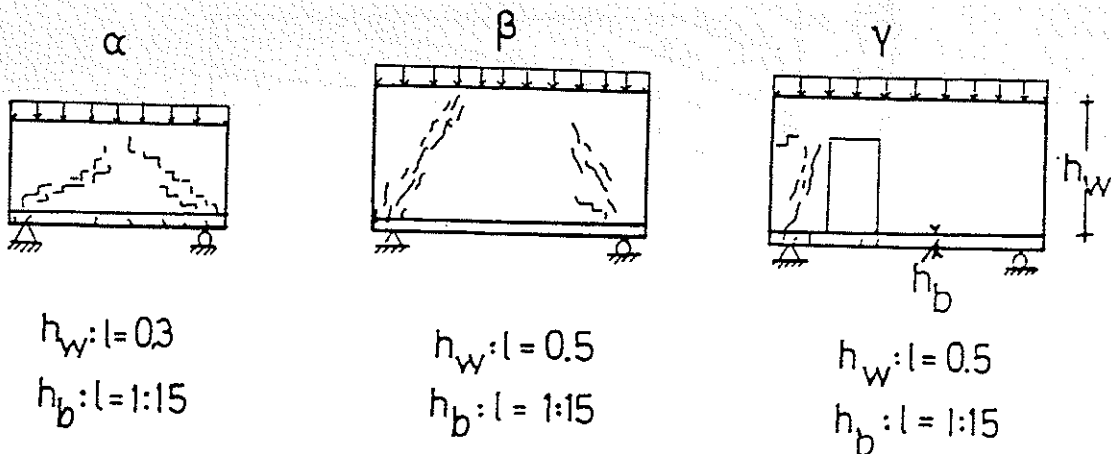


Σχ. 5.16: Λειτουργία τόξου του συστήματος τοίχου – δοκού



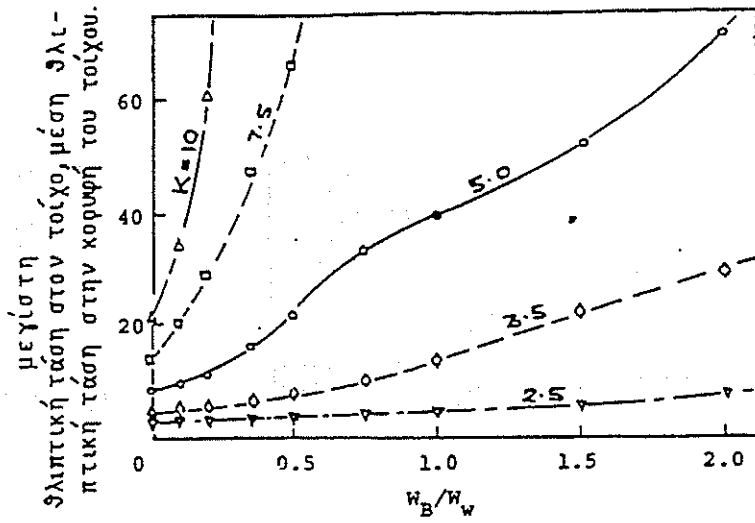
Σχ.5.17 Διατμητική αστοχία

Σχ.5.18: Υπολογισμός δοκού για τοίχο με άνοιγμα όχι στο μέσον.

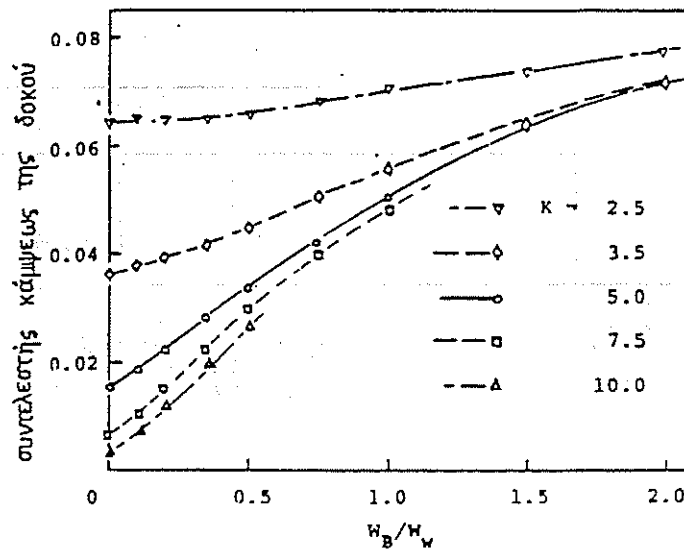


Σχ. 5.19 : Μορφές αστοχίας συστημάτων τοίχων – δοκών

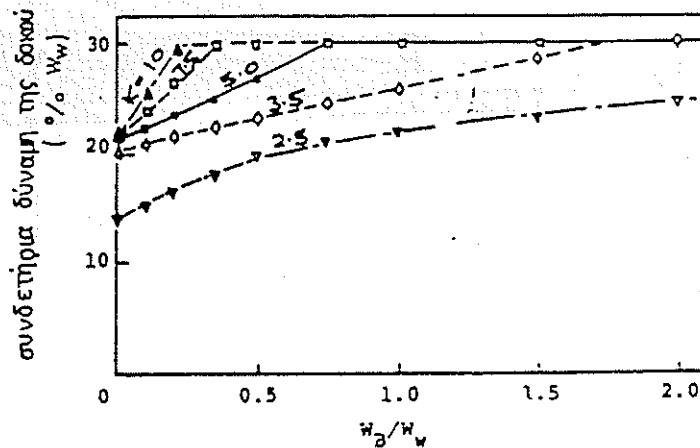




Σχ. 5.20 : Επίδραση του φορτίου της δοκού στις ελλειπτικές τάσεις του τοίχου.



Σχ. 5.21 : Επίδραση του φορτίου της δοκού στον συντελεστή κάμψης της δοκού.



Σχ. 5.22 : Επίδραση του φορτίου της δοκού στην συνδετήρια δύναμη της δοκού.

## **6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

### **6.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Κατά τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών από τοιχοποιία και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για βλαμμένες κατασκευές προκειμένου να γίνει εκτίμηση της απομένουσας αντοχής – φέρουσας ικανότητας της κατασκευής ή και τμημάτων του φορέα διατίθενται διάφορες μέθοδοι αποτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών και των επιμέρους υλικών (λίθοι – πλίνθοι – κονιάματα) καθώς και τμημάτων του φορέα (πεσσών – ή τοίχων) από τοιχοποιία.

Το πρόβλημα της αποτίμησης είναι πιο έντονο στις περιπτώσεις παλαιών υφιστάμενων κατασκευών από λιθοδομή ή πλινθοδομή με χαμηλής αντοχής κονίαμα, καθόσον απαιτείται γενική πληροφόρηση, αυστηρός έλεγχος των δεδομένων και τέλος επιτόπου μετρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές.

Ανάλογα με τη σπουδαιότητα της κατασκευής, (μνημείο ή παραδοσιακό κτίριο), τον τύπο και την έκταση των βλαβών, καθώς και τον διαθέσιμο εξοπλισμό και το επιστημονικό δυναμικό υπάρχουν αρκετές μέθοδοι αποτίμησης των μηχανικών χαρακτηριστικών όπως παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω. (βλ. πίνακας I από το προσχέδιο του Ευροκώδικα EC 8, part 1.4).

### **6.2 ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Οι διαθέσιμες μέθοδοι εκτιμήσεως των μηχανικών χαρακτηριστικών

της τοιχοποιίας κατατάσσονται :

- Ανάλογα με την έκταση και το μέγεθος του υλικού σε μέγα – και μικρό – δοκιμές, για τοίχους (πεσσούς) και για τα υλικά αντίστοιχα.
- Ανάλογα με το βαθμό επέμβασης – καταστρεπτικότητας στην κατασκευή, σε ημικαταστρεπτικές (PTD) ή άμεσες και μη καταστρεπτικές (NDT) ή έμμεσες.

- Ανάλογα με τον τόπο εκτέλεσης της δοκιμής σε επιτόπου (IN – SITU) και σε εργαστηριακές (IN – LAB).

Με τη χρήση των διαφόρων μεθόδων , ημικαταστρεπτικών και μη , (PDT / NDT) είναι δυνατόν με κάποια προσέγγιση και από ειδικευμένο προσωπικό , να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με :

- Τον βαθμό της ανισοτροπίας του τοίχου και της ομοιογένειας του κονιάματος .
- Την ύπαρξη κενών – ρωγμών ή άλλων πρόσθετων υλικών (χάλυβα – ξύλου) μέσα στο σώμα της τοιχοποιίας.
- Τις διαστάσεις πάχη – πλάτη και την θέση των τυχόν αρμών - κενών και άλλων διαφορετικών υλικών.
- Την ανάπτυξη ρηγματώσεων στη διεπιφάνεια κονιάματος – λιθοσώματος.
- Την θλιπτική αντοχή και μέτρο ελαστικότητας των λιθοσωμάτων και της τοιχοποιίας (κάθετα και παρ/λα προς τη διεύθυνση των αρμών).
- Την θλιπτική και εφελκυστική αντοχή του κονιάματος.

Η χρήση των παραπάνω μεθόδων γίνεται με διάφορους τρόπους οι οποίοι αναλύονται παρακάτω.

### **6.2.1 ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ**

Λαμβάνοντας υπόψη τη μορφή , το σχήμα και τη γεωμετρία του φορέα , τον βαθμό βλάβης που έχει υποστεί , την μορφολογία των τυχόν ρηγματώσεων , τα αίτια , το βαθμό που μπορεί να ερμηνευτούν , την ιστορία και την συντήρηση του έργου , καθώς και το είδος της δόμησης , (αργολιθοδομή , λαξευτή , ισόδομο σύστημα ) , την ποιότητα και την προέλευση των λιθοσωμάτων και των συστατικών του κονιάματος , είναι δυνατόν να εξαχθούν κάποιες χονδρικές εκτιμήσεις για την φέρουσα ικανότητα της κατασκευής , στο σύνολό της , αφού εκτιμηθούν πρώτα τα μηχανικά χαρακτηριστικά των επιμέρους υλικών.

### **6.2.2 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ / IN - SITU**

(Μικρό – δοκιμές για τα συνιστώντα υλικά της τοιχοποιίας)

1. Έλεγχοι εκτιμήσεως της τοπικής αντοχής – επιφανειακής σκληρότητας των λιθοσωμάτων – βάθους γυψοποίησης (NDT).
  - Κρουσιμέτρηση για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής κονιάματος και λιθοσωμάτων (fbc , fmc).
  - Σκληρομέτρηση με την συσκευή Martens για την εκτίμηση της πυκνότητας , αντοχής και του πορώδους.
  - Μέθοδος βελόνας , (pin – probe method) για την εκτίμηση του βάθους γυψοποίησης.
2. Έλεγχοι υδατοπερατότητας / υδαταπορόφησης (NDT) (pipe / box method)
3. Έλεγχοι εκτιμήσεως της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων (fbc).
  - Ηχητικές μέθοδοι (NDT) είτε μέσω κρούσεως με ειδικό όργανο - σφύρα (sonic) , είτε με υπέρηχους (ultrasonic).
4. Έλεγχος εκτιμήσεως της θλιπτικής αντοχής του κονιάματος (fmc).
  - Δοκιμή διαγώνιας θλίψεως επι θεραυμάτων κονιάματος (PDT).
  - Δοκιμή χαραξέως (scratch – width method) (PDT).

### **6.2.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ / IN – LAB (PDT).**

1. Έλεγχος εκτιμήσεως της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων (fbc) , με τη λήψη πυρήνων μικρής διαμέτρου Φ50 mm.
2. Έλεγχος εκτιμήσεως της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας (δοκιμίων με ανάμικτα τα δύο συνιστώντα υλικά). \ με τη λήψη πυρήνων από τη τοιχοποιία , μεγάλης διαμέτρου Φ200 mm / Φ150 mm.

3. Έλεγχος εκτιμήσεως της εφελκυστικής αντοχής του κονιάματος (fmt) με την δοκιμή εξομοιωμένου εφελκυσμού (fragmebts – test method) σε θραύσματα κονιάματος που προσκομίζονται στο εργαστήριο.

Η μέθοδος αυτή (FT) πρόκειται για έμμεση δοκιμή εφελκυσμού θραυσμάτων κονιάματος, μέσω άσκησης απ' ευθείας θλιπτικού φορτίου σε πρότυπη πειραματική διάταξη.

Με την χρήση εμπειρικών φορμαλιστικών σχέσεων είναι δυνατόν να εκτιμηθεί ποσοτικά η εφελκυστική αντοχή των θραυσμάτων, σαν συνάρτηση της θλιπτικής αντοχής του κονιάματος.

#### **6.2.4 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ**

Ωρισμένα βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά μπορεί να εκτιμηθούν μέσω αναλυτικών φορμαλιστικών – εμπειρικών σχέσεων για χαμηλής αντοχής τοιχοποιία. Οι εκτιμήσεις στηρίζονται σε κριτική θεώρηση των παρεχόμενων πληροφοριών και σε πειραματικά δεδομένα.

## **6.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

### **6.3.1 ΣΤΟ ΕΡΓΟ**

Οι δοκιμές οι οποίες γίνονται στο έργο είναι οι παρακάτω:

- Δοκιμές και μετρήσεις που γίνονται στα υλικά της τοιχοποιίας
- Δοκιμές και μετρήσεις που γίνονται στα δομικά στοιχεία της τοιχοποιίας (τοίχοι)
- Δοκιμές και μετρήσεις που γίνονται στην κατασκευή ολόκληρη

Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά όλες οι δοκιμές που γίνονται στο έργο .

#### **6.3.1.1 ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΥΛΙΚΑ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ**

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε τοιχοποιίες είναι

- Σκυρόδεμα (Οπλισμένο ή άοπλο)
- Λίθοι (φυσικοί ή τεχνητοί)
- Πλίνθοι (Οπτοί ή Ωμοί)
- Κονιάματα (ασβεστοκονίαμα , ασβεστοτσιμεντοκονίαμα , τσιμεντοκονίαμα , Θηραϊκοκονίαμα , Πηλός)
- Ξύλο
- Μέταλλο

##### **6.3.1.1.1 ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ**

#### **1. Έμμεσες μέθοδοι**

- Ομοιομορφία και ποιότητα υλικών / αντοχή
- Υπέρηχοσκοπήσεις / ηχοσκοπήσεις
- Κρουσιμετρήσεις
- Εξολκεύσεις ύλου

#### **2. Υδατοαπποροφητικότητα**

#### **3. Υδατοπερατότητα**

#### **4. Θερμοκρασία**

5. Χρωματοδείκτες

6. Λήψη δοκιμίων – για έλεγχο στο εργαστήριο-

- Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής  
Τεστ επιφανειακής σκληρότητας υλικού  
Μέθοδος χαραγής – (Σχ. 6.4 – 6.9)
- Υπολογισμός εφελκυστικής αντοχής:
  - από κάμψη
  - από διάρρηξη

#### 6.3.1.1.2 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

1. Εκτίμηση θλιπτικής αντοχής κονιάματος  
Μέθοδος Χαραγής , Σχ. 6.4 – 6.9

2. Υδατοαπορροφητικότητα Σχ.6.10 – 6.12

3. Υδατοπερατότητα

4. Θερμοκρασία

5. Υγρασία

6. Χρωματοδείκτες

7. Λήψη Δοκιμίων { για έλεγχο στο εργαστήριο),

- Υπολογισμός εφελκυστικής αντοχής κονιάματος ,  
the fragments tests

8. Χημικές δοκιμές

### 6.3.1.1.3 ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ

#### 1. ΞΥΛΟ

- α) Έλεγχος διατομών
- β) Δοκιμαστική φόρτιση
- γ) Μακροσκοπικός έλεγχος ξύλινων διατομών
- δ) Μακροσκοπικός έλεγχος στηρίξεων
- ε) Λήψη δοκιμίων (για έλεγχο στο εργαστήριο)

#### 2. ΜΕΤΑΛΛΟ

- α) Εντοπισμός θέσεων μεταλλικών στοιχείων  
Γαλβανόμετρο  
Τομές
- β) Έλεγχος Διατομών
- γ) Δοκιμαστική φόρτιση
- δ) Μακροσκοπικός έλεγχος καταστάσεως μεταλλικών διατομών
- ε) Μακροσκοπικός έλεγχος στηρίξεων
- ζ) Λήψη δοκιμίων (για έλεγχο στο εργαστήριο)



### 6.3.1.2 ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

1. Αποτύπωση τοιχοποιίας  
εκτίμηση ποσοστού συμμετοχής κάθε υλικού  
(ποσοστό  
λιθωμάτων , κονιάματος)
2. Εφαρμογή μεθόδου υπερήχων
3. Υδατοαπορροφητικότητα
4. Υδατοπερατότητα
5. Θερμοκρασία
6. Υγρασία
7. Χρωματοδείκτες
8. Λήψη δοκιμών (για έλεγχο στο εργαστήριο,  
υπολογισμός θλιπτικής αντοχής  
υπολογισμός εφελκυστικής αντοχής  
από κάμψη  
από διάρρηξη)
9. Οπτική επιθεώρηση  
Απόκλιση από την κατακόρυφη
10. Ενδοσκοπίσεις  
Εντοπισμός κενών  
Εντοπισμός σπηλαιώσεων  
Εντοπισμός ρωγμών  
Εντοπισμός διαφορετικών στρώσεων
11. Ραδιογραφίες / θερμογραφίες
12. Φωτογραμμετρία

13. Δοκιμαστικές φορτίσεις  
Επίπεδοι γρύλλοι  
Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας

6.3.1.2.1 ΗΧΗΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ  
ΥΠΕΡΗΧΟΣΚΟΠΗΣΕΙΣ ΤΟΙΧΩΝ

Επιτόπου εκτίμηση φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών (π.χ. θλιπτική αντοχή, μέτρο ελαστικότητας, φαινόμενο βάρος, πορώδες) μέσω:

- Υπερηχοσκοπήσεων με υπέρηχους χαμηλής συχνότητας π.χ. 50KHz (Ultrasonic tests).
- Ηχητικών δοκιμών με ειδική σφύρα – κρούση εκκρεμούς (Sonic tests).

Η αξιολόγηση των ενδείξεων (π.χ. ταχύτητες ήχου, μορφή και εύρος του παλμού, συχνότητα ταλαντώσεων, φάσματα κ.α.) αναμένεται ότι θα οδηγήσει σε εκτιμήσεις πολλών μηχανικών χαρακτηριστικών :

- Υγείων παλαιών τοιχοδομών
- Βλαμμένων τοιχοδομών
- Τοιχοδομών μετά από επισκευή και ενίσχυση (π.χ. έλεγχος πληρότητας τσιμεντενέσεων).

Δηλαδή μ' αυτές τις τεχνικές είναι τουλάχιστον δυνατή και η εκτίμηση του βαθμού βλάβης (διάγνωση) και η εκτίμηση του βαθμού αποκατάστασης (αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων).

- Για διάφορα υλικά οι δύο αυτές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως για :

Τον προσδιορισμό μηχανικών ιδιοτήτων

- Μέσω μιας συνάρτησης μεταξύ της ταχύτητας του κύματος και του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας  $Velocity = f(E, v, \gamma)$

- Μέσω εμπειρικών σχέσεων μεταξύ της ταχύτητας του κύματος και τη θλιπτικής αντοχής.

Τον εντοπισμό ελατωμάτων (κενών – ρωγμών) , την εκτίμηση της ανομοιογένειας των υλικών , την αποτίμηση της εξέλιξης – διάνοιξης ρωγμών.

- Μέσω της μείωσης της ταχύτητας του κύματος
- Μέσω της παρακολούθησης της μορφής του κύματος.

Εν τούτοις , η κατευθείαν εφαρμογή αυτής της τεχνικής είναι αμφισβητήσιμη σε τοιχοποιίες λόγω:

- Της ανισιτροπίας των υλικών
- Του γεγονότος ότι το κύμα πρέπει να διέλθει μέσω της ασυνέχειας του υλικού (κονιάματος) που υπάρχει σε τοιχοποιίες.

$$E_w = \rho * V^2 m \{(1+\nu).(1-2\nu) / (1-\nu)\} \text{ μέτρο ελαστικότητας τοίχου}$$

$$V_m = L / t$$

ταχύτητα υπέρηχων

$$P =$$

πυκνότητα υλικού

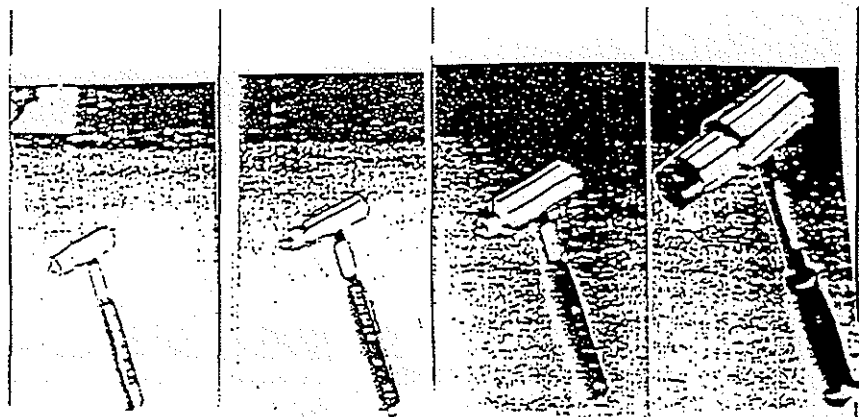
$$V = 0,20 \div 0,40$$

εργαστηριακά)

λόγος Poisson (σύγκριση με

## ΣΦΥΡΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΠΑΛΜΩΝ

Η σφύρα ηχητικών παλμών χρησιμοποιείται για να διεγείρει μηχανικές κατασκευές. Οι δονήσεις που προκαλεί το χτύπημα του σφυριού μετريούνται με το επιταχυνσιόμετρο. Με τη χρήση αναλυτή συχνότητας, η λειτουργία μεταφοράς της κατασκευής μπορεί να προσδιοριστεί από δύναμη του χτύπου/ που προκαλείται από το σφυρί και το σήμα αντίδρασης του επιταχυνσιόμετρο. Αυτή η μέθοδος παρέχει πληροφορίες για τη συχνότητα και συμπεριφορά εξασθένησης του συστήματος.



Μοντέλο

9722A500  
9722A2000

9724A2000  
9724A5000

9726A5000  
9726A20000

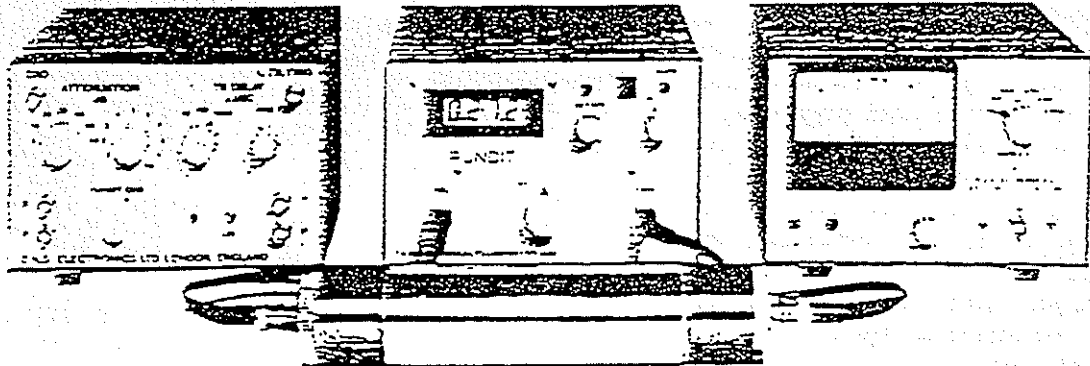
9728A20000

Τεχνικά στοιχεία

A500 A2000 A2000 A5000 A5000 A20000

		A500	A2000	A2000	A5000	A5000	A20000	A20000
Πεδίο (για 5V παραγόμενη ισχύ)	N	500	2000	2000	5000	5000	20000	20000
Υπέρβαρο φορτίο	N	2500	10000	10000	12000	12000	25000	20000
Ευαισθησία	mV/N	≈ 10	≈ 2	≈ 2	≈ 1	≈ 1	≈ 0,2	≈ 0,2
Χρονική σταθερά	s	≈ 500		≈ 500		≈ 500		≈ 500
Πεδίο συχνότητας με χτύπημα με άκρη ατσαλιού (-10dB)	KHz	≈ 9		≈ 6,5		≈ 4,5		≈ 1
Σκληρότητα	N/μm	≈ 870		≈ 870		≈ 870		≈ 2700
Κλίμακα θερμοκρασίας λειτουργίας	°C							
Λειτουργία με συνεχές ρεύμα	mA	-20...70		-20...70		-20...70		-20...70
Τάση παροχής	VDC	20...30		20...30		20...30		20...30
Εξόδος τάσης	VDC	≈ 11		≈ 11		≈ 11		≈ 11
Παραγωγή σύνθετης αντίστασης	Ω	< 100		< 100		< 100		< 100
Μάζα	g	100		250		500		1500
Φύλλο στοιχείων		8.9722		8.9724		8.9726		8.9728

## ΣΥΣΚΕΥΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ



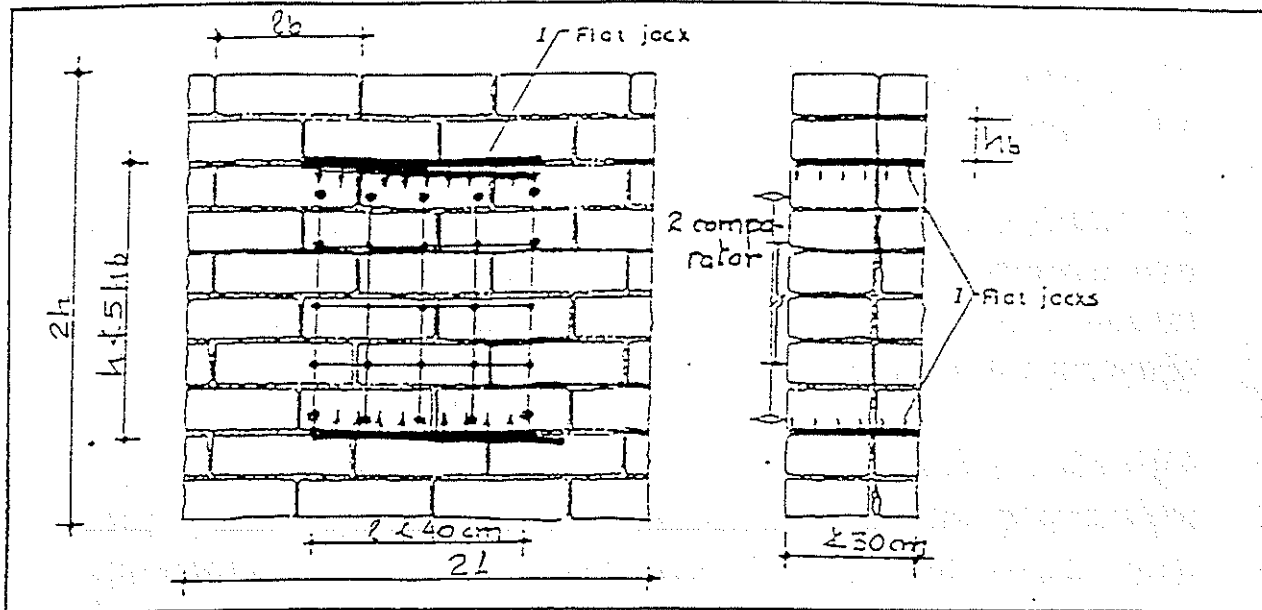
### Προδιαγραφές

Συχνότητα αντίδρασης	200Hz εως 1MHz για τοίχους 40 ±50
Είσοδος σύνθετης αντίστασης	1MΩ/30pF KHz
Εξοδος τάσης	50Ω
Μέγιστη ασφαλή συνεχόμενη τάση	40 Volts r.m.s.
Μέγιστη ασφαλής κύμανση ηλεκτρικού ρεύματος	200 Volts
Εξασθενητής	0 εως 70 dB σε 1dB βήμα. Αντισταθμισμένη συχνότητα.
Διεγερμένος χτύπος	800 Volts

### Έλεγχος

Εξοδος χαμηλής τάση	10 στροφές ελικοειδούς ποτενσιόμετρου
Παροχή ρεύματος	12 Volts σε 0.3 <sup>A</sup> ρυθμισμένα
Κλίμακα θερμοκρασίας	110-125V/220-250V. 50-60Hz
Βάρος	0 °C εως 40 °C 2,65Kg

### 6.3.1.2.2 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ (PDT)



#### ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

Έυρεση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως υπο την οποία βρίσκεται ο τοίχος , εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας , εμμέσως και της αντοχής της τοιχοποιίας σε θλίψη (υπο ευνοϊκές συνθήκες εμποδιζόμενης πλευρικής παραμόρφωσης) μέσω ενός επιπέδου γρύλλου , εισαγόμενου σε μια οριζόντια σχισμή ( $\sigma_0$  ,  $f_{wc}$  ,  $E_w$ ).

#### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ :

- 1) τοποθέτηση ακροδεκτών (πούλιες) σε κάναβο 20\*20 ΜΕΘΟΔΟΥ cm. Καλυπτόμενη επιφάνεια από πούλιες  $\approx 1,0*1,0m^2$

2) Διάνοιξη οριζόντιας σχισμής μήκους περίπου ίσου με 40cm (και πάντως, ακέραιου πολλαπλάσιου του μήκους του λιθοσώματος).

Επιδιώκεται αφαίρεση μόνον κονιάματος. Αλλιώς θα πρέπει να αφαιρεθεί μια σειρά λιθοσωμάτων.

Το βάθος της σχισμής θα είναι ίσο με το πλάτος ενός λιθοσώματος και πάντως όχι μικρότερο  $< 30$  cm.

3) Διαμόρφωση στρώσεων και τοποθέτηση επιπέδου γρύλλου στη σχισμή ή εν σειρά συνδεδεμένων επιπέδων γρύλλων με αντλία λαδιού (έλεγχος με δύο μανόμετρα στην εισαγωγή και εξαγωγή του λαδιού).

4) Εκτέλεση δοκιμής πίεσεως μέχρι να επιτευχθεί επαναφορά μηδενισμού της μείωσης του εύρους της ρωγμής, όπως ήταν στην αρχική του φάση (1) και στην συνέχεια μέχρι «τοπικής» αστοχίας (εμφάνιση κατακόρυφων ρωγμών – τοπική αποδιοργάνωση – πτώση των ενδείξεων του μανομέτρου).

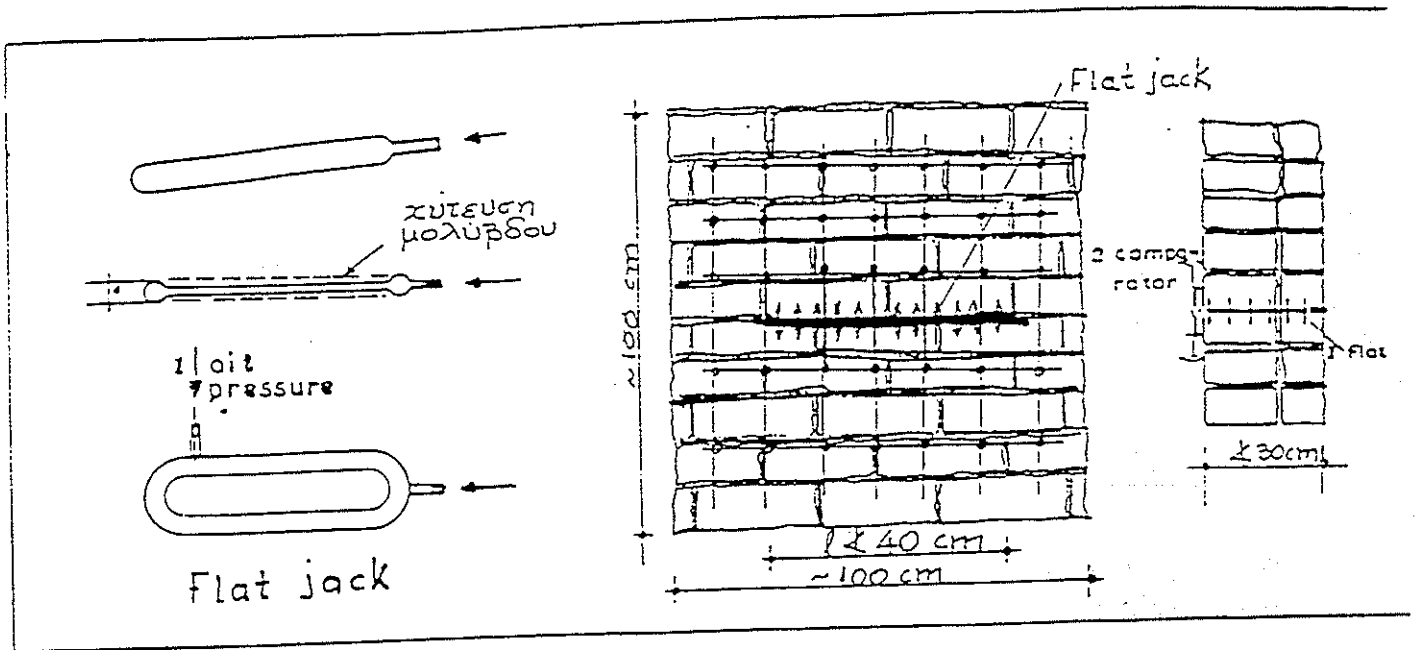
#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

Μεταξύ φάσεων (1) και (2) φορτίου και κατακόρυφων μετατοπίσεων

Μετά απ' την φάση (2) ομοίως.

Μετά απ' την φάση (3) οι διαφορές των μέσων τιμών των βελομέτρων για τις φάσεις (1) – (3) δείχνουν τη μείωση του πλάτους της ρωγμής που οφείλεται στην απαλευθέρωση των θλιπτικών τάσεων. Κατά τη διάρκεια της φάσεως (4) . Αξιολόγηση όλων των μετρήσεων – χάραξη διαγραμμάτων ( $\sigma = \epsilon y$ ) και προσδιορισμός  $E_w$ .

### 6.3.1.2.4 ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΣ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ (PDT).



#### ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ:

Εκτίμηση μέτρου ελαστικότητας και αντοχής της τοιχοποιίας σε θλίψη με επίπεδους γρύλλους εισαγόμενους σε δύο παράλληλες οριζόντιες σχισμές ( $f_{wc}$ ,  $E_w$ )

#### ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΘΟΔΟΥ:

1. Τοποθέτηση ακροδεκτών (πούλιες) σε κάναβο  $20 \times 20$  cm. Καλυπτόμενη επιφάνεια από πούλιες  $\approx 21 \times 2h$  Όπου  $l$  και  $h$  το μήκος και το ύψος αντιστοίχως του δοκιμίου ( $l < 30$  cm και πάντως ακέραιο πολλαπλάσιο του  $1b$  και  $h < 5hb$ ).
2. Διάνοιξη δύο οριζόντιων σχισμών μήκους περίπου ίσου με 40cm (σε βάθος  $< 30$ cm σε κατακόρυφη απόσταση  $h$ . Επιδιώκεται αφαίρεση μόνον κονιάματος.



Εάν το πάχος του αρμού δεν είναι επαρκές για την τοποθέτηση των επιπέδων γρύλλων θα πρέπει να αφαιρεθούν από μια σειρά λιθοσωμάτων αντίστοιχα.

3. Διαμόρφωση στρώσεων και τοποθέτηση επιπέδων γρύλλων συνδεδεμένων με αντλία λαδιού (έλεγχος με δύο μανόμετρα στην εισαγωγή και εξαγωγή του λαδιού).
4. Εκτέλεση δοκιμής μέχρι «τοπικής αστοχίας» (εμφάνιση κατακόρυφων ρωγμών – τοπική αποδιοργάνωση – πτώση των ενδείξεων του μανομέτρου).

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

Μεταξύ φάσεων (1) και (2) φορτίου και κατακόρυφων μετατοπίσεων.

Μετά απ' την φάση (2).

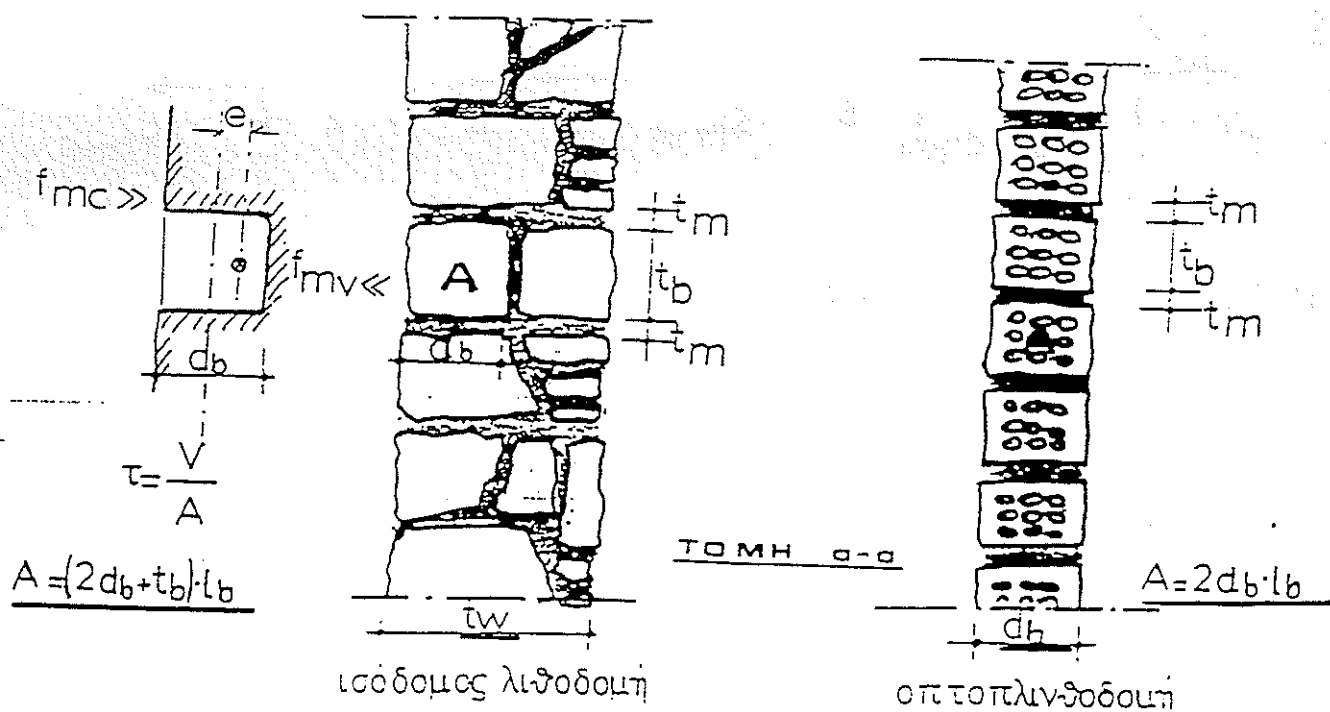
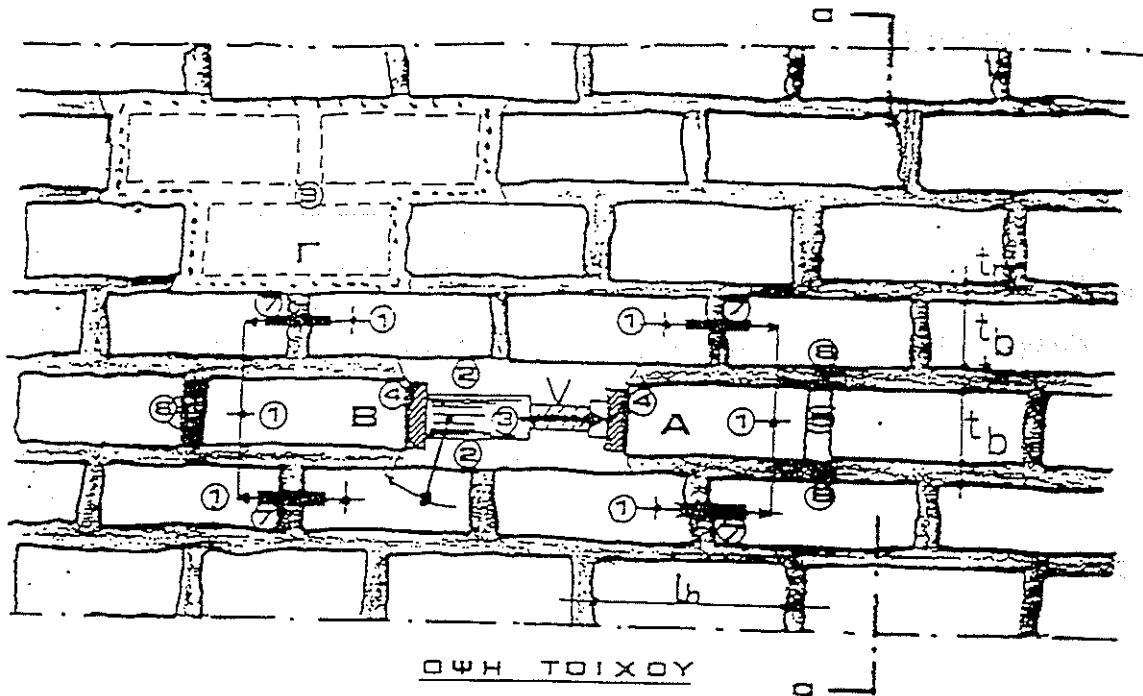
Μετά απ' την φάση (3).

Κατά την διάρκεια της φάσεως (4) . Αξιολόγηση όλων των μετρήσεων – χάραξη διαγραμμάτων ( $\sigma - \epsilon$ ) και προσδιορισμός του  $E_w$ .

### ΠΡΟΣΟΧΗ:

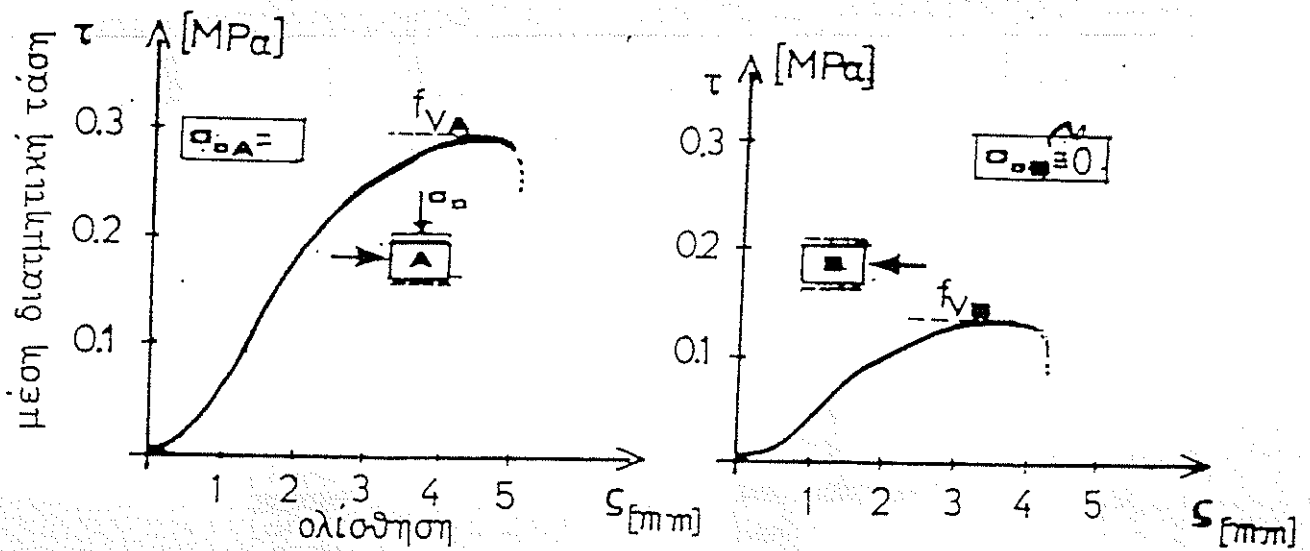
Επειδή η δοκιμή γίνεται υπο ευνοϊκές συνθήκες εμποδιζόμενης πλευρικής παραμόρφωσης χρειάζεται να αναπτυχθεί κάποιο μαθηματικό μοντέλο για την μεταφορά του ως άνω διαγράμματος σε διάγραμμα ελεύθερου σώματος.

6.3.1.2.5 ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (PDT)



ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ:

- Ισόδομο σύστημα – στρωματική λιθοδομή ή οπτοπλινθοδομή.
- Λιθосώματα ίδιου περίπου μεγέθους και αντοχής κατά τη φάση αβαστροφής.
- $f_{bc} \gg f_{wc}$
- Πρόβλημα η επίδραση της εσωτερικής παράπλευρης επιφάνειας του κατακόρυφου αρμού (Α) στην αντοχή αποκόλλησης και τριβής – συνάφειας του συστήματος

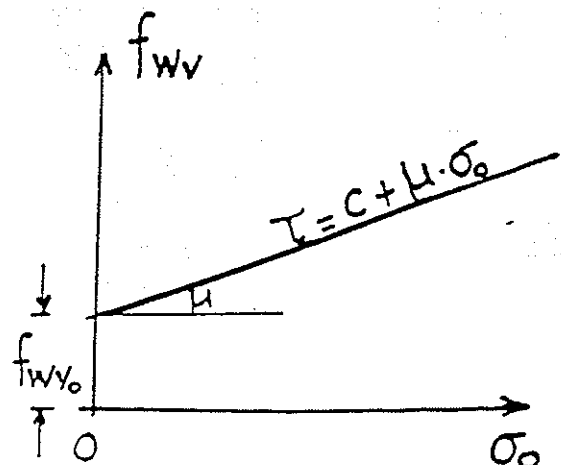


Πρόσφυση

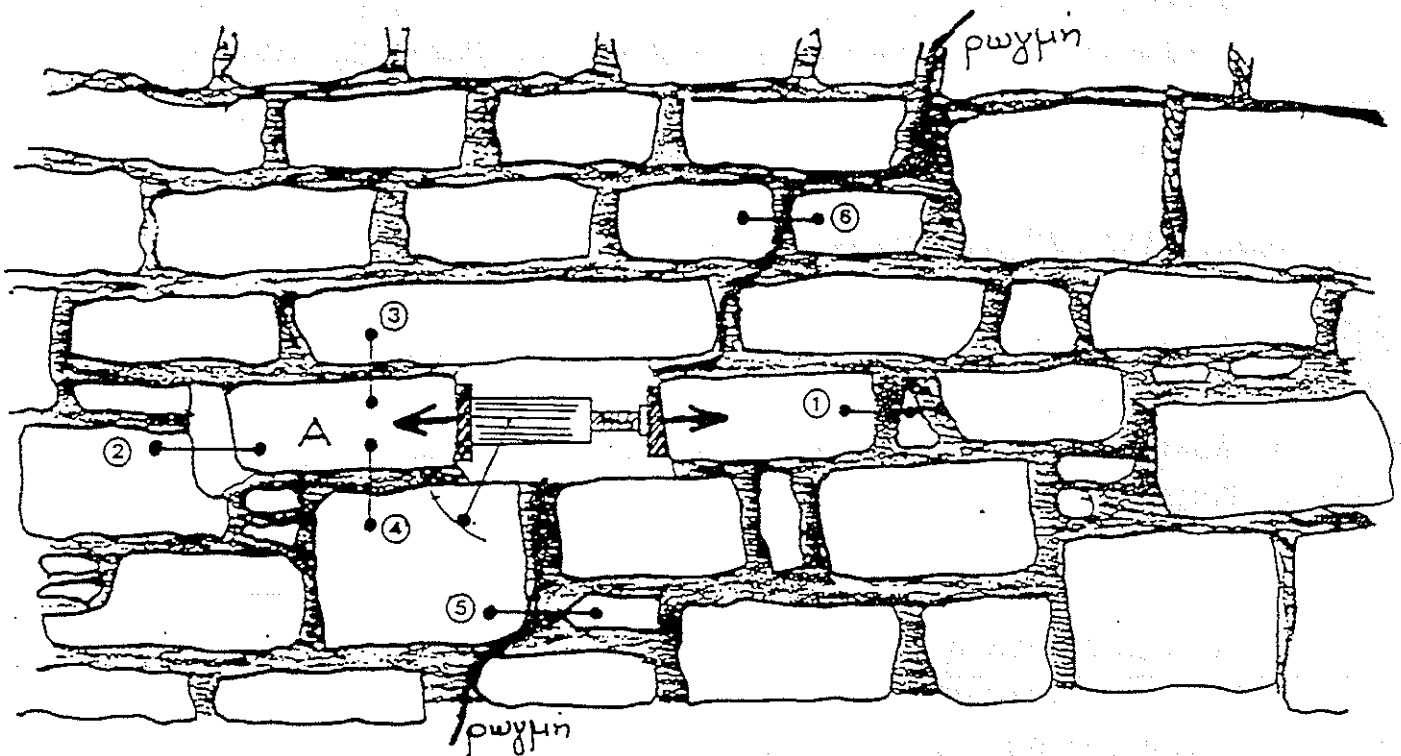
Τριβή

$$f_{wv} = f_{wv_0} + \mu \cdot \sigma_0$$

$$f_{wv} = f_{vB} + \frac{(f_{vA} - f_{vB})}{\sigma_{oA}} \cdot \sigma_0$$



6.3.1.2.6 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΗ ΕΚΤΙΜΗΣΕΩΣ  
ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΣΤΟ ΝΑΟ  
ΑΓΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΕΓΑΡΩΝ (PDT)



- Πρόκειται για ισόδομο σύστημα από μεγάλου μεγέθους ημιλαξευτούς πορόλιθους στην εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας.
- Οι φέροντες εξωτερικοί τοίχοι συνολικού πλάτους 0,80m αποτελούνται από δύο ξεχωριστές στρώσεις εσωτερικά από αργολιθοδομή και εξωτερικά από πορόλιθους.
- Ενδιάμεσα των δύο στρώσεων υπάρχει υλικό πληρώσεως χωρίς συνδετικό κονίαμα από μικρούς, αργούς λίθους.
- Η πρότυπη δοκιμή εκτιμήσεως της διατμητικής αντοχής εφαρμόστηκε μόνο κατά το πρώτο μέρος (μέχρι ολισθήσεως του λιθοσώματος A) για το λόγο ότι εμφανίστικαν έντονες ρηγματώσεις αποκόλλησης στην ευρύτερη περιοχή της δοκιμής.

- Εκτιμάται ότι έγινε υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής του λιθοσώματος ( $f_{wn} \gg f_{bc}$ ) και ότι η συνάφεια του υπάρχοντος κονιάματος σε όλη την παράπλευρη και πίσω επιφάνεια, με τη δραστική επίδραση της θλιπτικής τάσεως λόγω των κατακόρυφων φορτίων, οδήγησαν σε αυτή τη μορφή ρηγμάτωσης.

### **6.3.2 ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**

- Δοκιμές και μετρήσεις που γίνονται στα υλικά της τοιχοποιίας
- Δοκιμές και μετρήσεις που γίνονται στα δομικά στοιχεία της τοιχοποιίας (τοίχοι)

#### **6.3.2.1. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

- Αντοχή σε θλίψη  
Μέτρο ελαστικότητας  
Μέτρο διατμήσεως  
Λόγος Poisson
- Αντοχή σε εφελκυσμό  
από διάρρηξη / κάμψη
- Δομικά στοιχεία υπό ένταση εκτός επιπέδου (EC 6)
- Δομικά στοιχεία υπό τέμνουσα / ροπή και θλίψη  
μονοτονική καταπόνηση  
ανακυκλιζόμενη καταπόνηση

#### **6.3.2.1.2 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

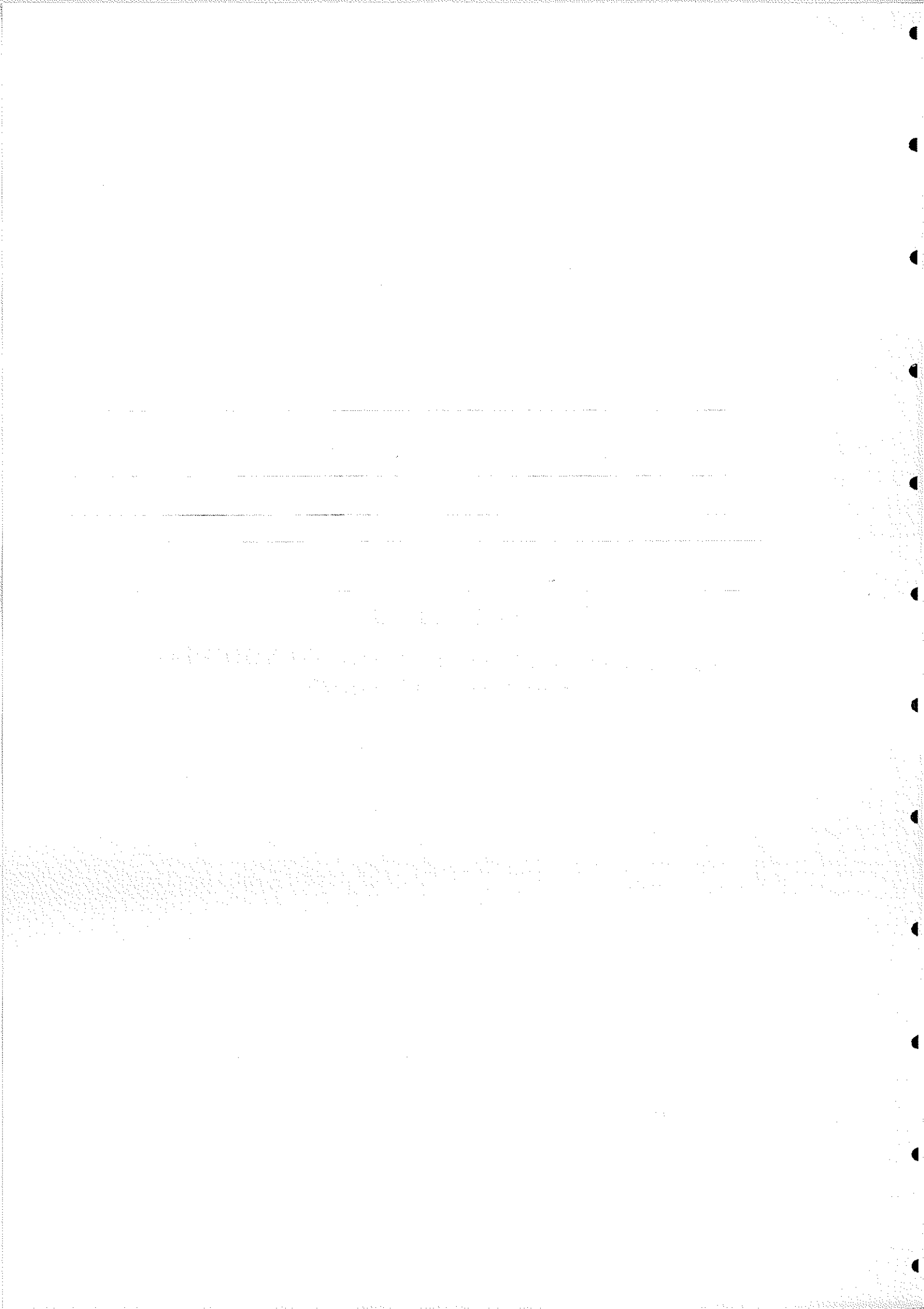
Φαινόμενο βάρος  
Φγρασία κορεσμού  
Φυσική υγρασία

#### **6.3.2.1.3. ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Χημικές αναλύσεις

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

**ΠΘΑΝΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΒΛΑΒΩΝ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ  
– ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ**



## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Αντικείμενο της παθολογίας είναι κάθε «αλλοίωση» των χαρακτηριστικών (γεωμετρικών, φυσικών, χημικών, μηχανικών) των δομικών στοιχείων, η οποία μπορεί να συνεπάγεται μείωση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

Συνηθίζεται η διάκριση των αλλοιώσεων σε «βλάβες» και σε «φθορές». Θα μπορούσε κάποιος να ονομάσει «φθορές» τις αναμενόμενες αλλοιώσεις με βάση την επιλογή της ποιότητας της κατασκευής (κατά την ανέγερση). Αυτές, άλλωστε θεωρούνται και φυσιολογικές, σε συνάρτηση με το βαθμό συντήρησης. Αντιθέτως θα χαρακτηρίζουμε ως «βλάβες» (μη φυσιολογικές), τις οφειλόμενες σε λάθη σχεδιασμού, κατασκευαστικές κακοτεχνίες, ή υπερβάλλουσες δράσεις.

Προκειμένου να αποτιμήσουμε την κατάσταση της φέρουσας κατασκευής εξετάζουμε, κυρίως, τις βλάβες των φερόντων στοιχείων. Λαμβάνουμε, όμως υπόψη, ότι οι φθορές, καθώς επίσης και οι βλάβες στα μη φέροντα στοιχεία της κατασκευής μπορούν να επιτείνουν ή να δημιουργήσουν προβλήματα στον φέροντα οργανισμό.

Η μελέτη της παθολογίας δεν είναι αυτοσκοπός. Η γνώση για την παθολογία των κατασκευών συμβάλλει στην πρόληψη των βλαβών. Η μελέτη της παθολογίας υφιστάμενης κατασκευής αξιοποιείται για την επιτυχή συντήρηση, αποκατάσταση ή συντήρηση. Για το λόγο αυτό στα περιεχόμενα της μελέτης της μελέτης της παθολογίας πρέπει να περιλαμβάνονται:

- Η τεκμηρίωση βλαβών και φθορών (καταγραφή απεικόνιση, ιστορικό, παρακολούθηση εξέλιξης)
- Η ερμηνεία (η αιτιολόγηση) των βλαβών, μεσώ της διερεύνησης των χαρακτηριστικών της κατασκευής και σε συνάρτηση με τις δράσεις που τεκμηριώνεται ότι έχουν επιβληθεί
- Η εκτίμηση της απομένουσας αντοχής (αλλιώς, ο χαρακτηρισμός της επικινδυνότητας) και η υπόδειξη προσωρινών μέσων προστασίας



## 2. ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ

Παρά την αλληλεξάρτηση αιτίου και αποτελέσματος, τα αίτια που προκαλούν βλάβες και αστοχίες στα διάφορα δομικά στοιχεία των κτιρίων από τοιχοποιία διακρίνονται σε:

**α) Ενδογενή**, που έχουν σχέση με την φύση και τον χαρακτήρα των στοιχείων ( υλικά και κατασκευή ) ή που οφείλονται σε σφάλματα της μελέτης και της κατασκευής, και

**β) Εξωγενή**, που οφείλονται σε εξωτερικά αίτια, δράσεις, μόνιμες ή σπάνιες (όσο αφορά την συχνότητα εμφάνισης) και στατικές – μονοτονικές ή δυναμικές – ανακυκλιζόμενες (όσο αφορά τον χαρακτήρα και τον τρόπο επιβολής).

Επίσης, και ειδικά για τα κτίρια από τοιχοποιία, αίτια βλαβών είναι και η απουσία συντηρήσεως και των απαραίτητων περιοδικών μικρο- επισκευών – ενισχύσεων.

- Ενδογενή αίτια, λοιπόν, είναι η πλημμελής ή η ελλιπής μορφολογία της κατασκευής, η απουσία σχεδιασμού ή στοιχειωδών υπολογισμών, η κακή ποιότητα υλικών και η κακή ποιότητα δομήσεως, η ασυμβατότητα των υλικών και των μεθόδων κατασκευής και οι μεταβολές όγκου και μορφής, που σχετίζονται με το πορώδες και την περατότητα της κατασκευής και με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Μεγάλο πρόβλημα για τις κατασκευές από τοιχοποιία, που απ' την φύση τους είναι κατασκευές πολυφασικές και απείθαρχες, είναι οι ανομοιόμορφες μεταβολές όγκου (συστολοδιαστολές), τόσο μεταξύ τμημάτων και δομικών στοιχείων.

Το «εσωτερικό» αυτό πρόβλημα γίνεται εντονότερο όταν συνδυασθεί και με εξωτερικά αίτια , όπως οι δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος (θερμο-υγρομετρικές διακυμάνσεις , ελαφρές φυσικο-χημικές δράσεις, κ.ά.).

Ιδιαίτερο πρόβλημα , που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή αποκόλληση – αποσύνδεση των τοίχων, είναι και η ασυμβατότητα των χρόνιων συνιζήσεων που παρουσιάζουν τα επιμέρους δομικά στοιχεία . Οι συνέπειες του φαινομένου αυτού είναι ιδιαίτερα δυσμενείς σε περιπτώσεις μικτών τοιχοποιιών ( όπως παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα ) ή σε περιπτώσεις τμηματικής δομήσεως , με σημαντικές διαφορές ηλικίας κατασκευής.

- Εξωγενή αίτια είναι οι διάφορες δράσεις , που διακρίνονται σε τυχηματικές ( μάλλον σπάνιες και μεγάλης εντάσεως ) και σε περιβαλλοντικές ( συνήθως μόνιμες και μικρής εντάσεως).

Τυχηματικές δράσεις είναι , κυρίως , ο σεισμός και η πυρκαγιά , βασική διαφορά είναι το ότι οι υψηλές θερμοκρασίες σε αντίθεση με την σεισμική δράση προκαλούν αλλοιώσεις των χαρακτηριστικών των υλικών (π.χ. μειώσεις αντοχών, αυξήσεις παραμορφώσεων) , ιδιαίτερα στα κονιάματα, αλλά και στους λίθους /πλίνθους και στα άλλα στοιχεία.

Περιβαλλοντικές δράσεις είναι πολλές , και με ποικίλες μηχανικές αλλά και φυσικο/χημικές συνέπειες. Όλες , σχεδόν, εξαρτώνται από την παρουσία νερού ή υψηλής υγρασίας στο περιβάλλον, και εξελίσσονται αργά αλλά σταθερά (ανάλογα, περίπου , με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου), . Στα επόμενα επιχειρείται μια απογραφή των συνηθισμένων, για τα κτίρια από τοιχοποιία , περιβαλλοντικών δράσεων, που αν δεν αντιμετωπισθούν οδηγούν σε γήρανση της κατασκευής , αποσύνθεση και αποδιοργάνωση.

**A)** – Κύκλοι υγράνσεως και ξηράνσεως της τοιχοδομής, κυρίως αμέσως πάνω απ' το έδαφος θεμελιώσεως. Η δράση του νερού και της υγρασίας μπορεί να είναι φυσική ( π.χ. ενδεχόμενη πήξη-διαστολή, που οδηγεί σε μικρορηγματώσεις και αποσύνθεση ) ή και χημική ( π.χ. ενδεχόμενη ενέργεια αραιών οξέων ή και βιολογικών παραγόντων).

**B)** – Κρυστάλλωση αλάτων, που οδηγεί σε ακίνδυνα εξανθήματα αν γίνεται μόνο στη επιφάνεια των υλικών ή σε επικίνδυνες διαρρήξεις αν γίνεται μέσα στην μάζα τους (στους πόρους). Το φαινόμενο αυτό είναι συνηθισμένο σε κονιάματα και τοιχοσώματα με υψηλή περατότητα, σε πορώδεις πέτρες και σε κακοψημένα τούβλα.

**Γ)** – Υγροποίηση υδρατμών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας και ενδεχόμενη φυσικο/ χημική δράση ( μηχανική διάβρωση ή προσβολή του κονιάματος και των τοιχοσωμάτων, λίθων ή πλίνθων).

**Δ)** – Συγκράτηση υγρασίας στα ευπαθή σημεία εδράσεων/στηρίξεων των δαπέδων και στεγών, χημική προσβολή – διάβρωση σιδεροδοκών ή σήψη ξυλοδοκών ( προσβολή και των στοιχείων αγκυρώσεων).

**Ε)** – Διάβρωση ενσωματωμένων υλικών και στοιχείων, όπως διαζωμάτων / ελκυστήρων, ανωφλίων από σίδηρο ή ξύλο, κ.α.

**ΣΤ)** – Μηχανική /φυσική διάβρωση απ' το νερό της βροχής, αλλά και χημική προσβολή όταν ο χαρακτήρας του είναι όξινος (έστω και ελαφρά).

**Ζ)** – Αγριοφυτείες, δίπλα ή πάνω σε τοίχους, δράση ριζών, μηχανική αλλά και με φυσικο/χημικές συνέπειες.

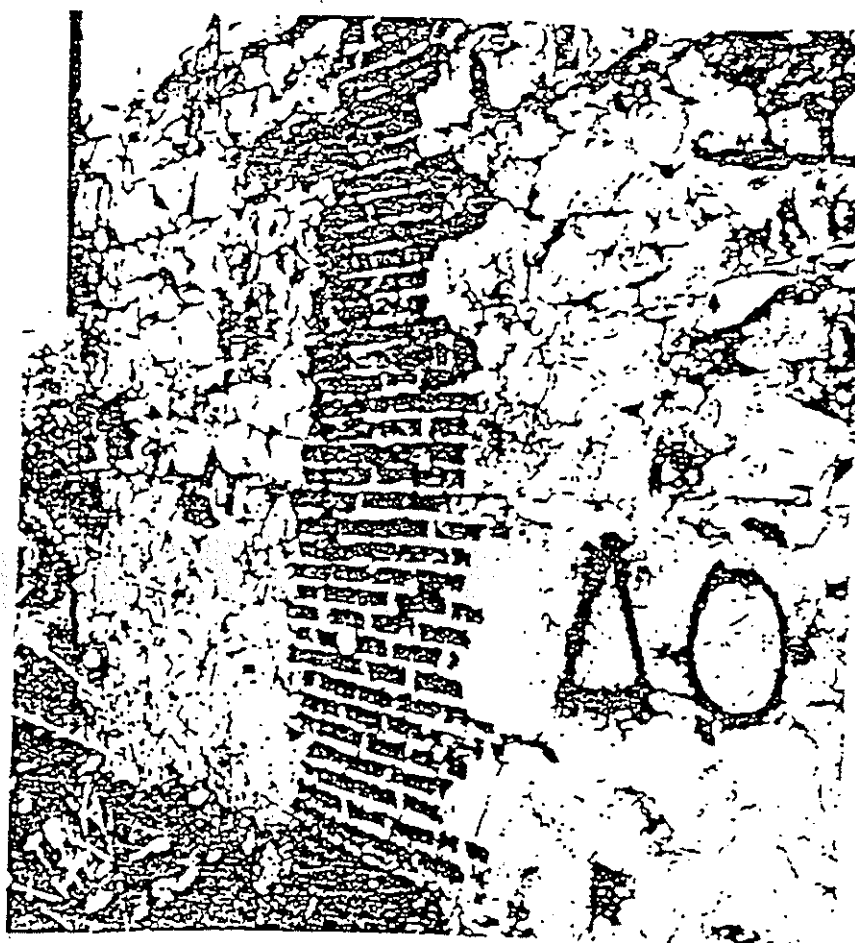
**Η)** – Ιδιαίτερη κατηγορία δράσεων (μάλλον μηχανικών) είναι και οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις, και κυρίως αυτές που σχετίζονται με εδαφικά αίτια, όπως π.χ. καθιζήσεις ( ολικές ή διαφορικές ), ολισθήσεις, κ.α. ( με ή χωρίς σεισμό).

Τέλος , επισημαίνεται ότι πάντοτε , σχεδόν , οι βλάβες οφείλονται σε συνύπαρξη αιτίων. Ιδιαίτερα για τα κτίρια από τοιχοποιία, τα ενδογενή αίτια (κυρίως έλλειψη στοιχειώδους σχεδιασμού ή συμμορφώσεως προς τους στοιχειώδεις κανόνες της τέχνης , καθώς κι οι μεταβολές όγκου) κι οι περιβαλλοντικές δράσεις (έστω ήπιες και συνήθεις ) συνυπάρχουν με τις κατασκευές και ευθύνονται για μεγάλο ποσοστό αστοχιών, ακόμη και αν οι εμφανείς και κύριες βλάβες φαίνεται ότι οφείλονται σε άλλα αίτια (π.χ. τυχηματική δράση σεισμού ή εκδήλωση προβλημάτων εδάφους και θεμελιώσεως).

Τυπικά παραδείγματα συνδυασμού ενδογενών και εξωγενών αιτιών που προκαλούν αστοχίες σε δομικά στοιχεία των κτηρίων από τοιχοποιία.

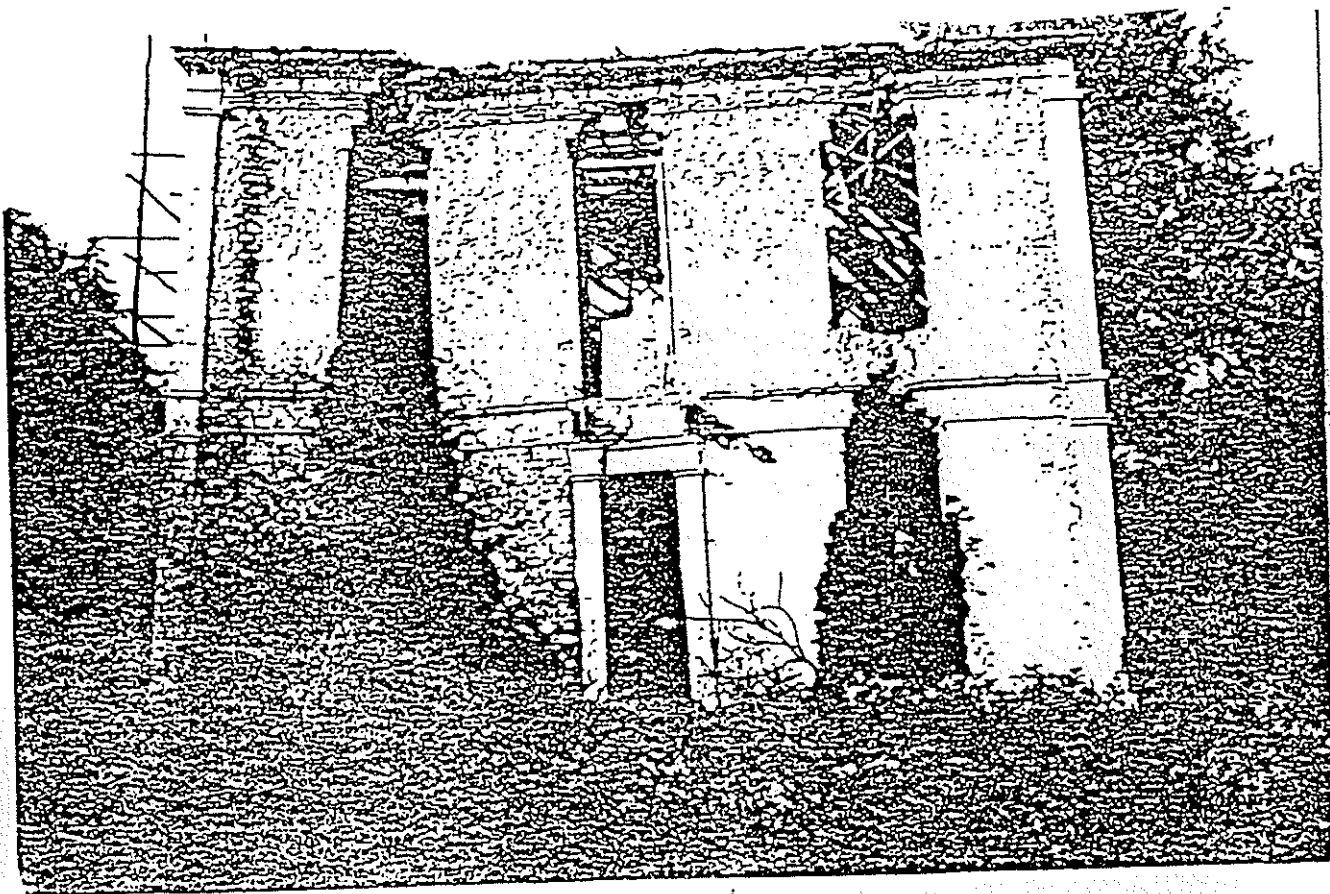
### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

- ΕΞΩΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ:
  - Διάφορες περιβαλλοντικές δράσεις.
- ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ
  - Χρήση διάφορων ασύμβατων υλικών
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
  - Ρωγμές κατά μήκος των κοινών συνόρων, παρά την εμφανή φροντίδα για καλή ποιότητα κατασκευής.



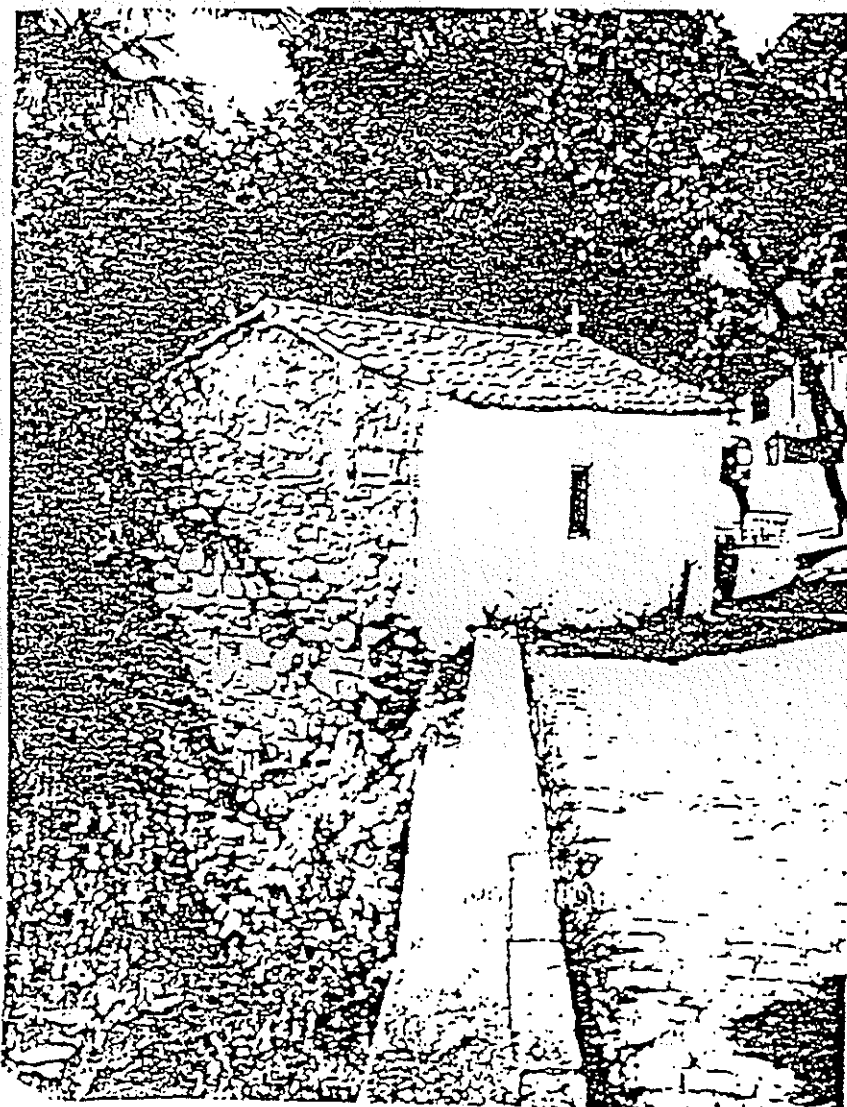
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

- **ΕΞΩΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ:**
  - Είσοδος νερού, λόγω κακής λειτουργίας – καταστροφής στέγης πατωμάτων.
- **ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ**
  - Κακή ποιότητα λιθοδομής .
- **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ**
  - Βαριές βλάβες , οι οποίες εξελίσσονται με τον χρόνο.



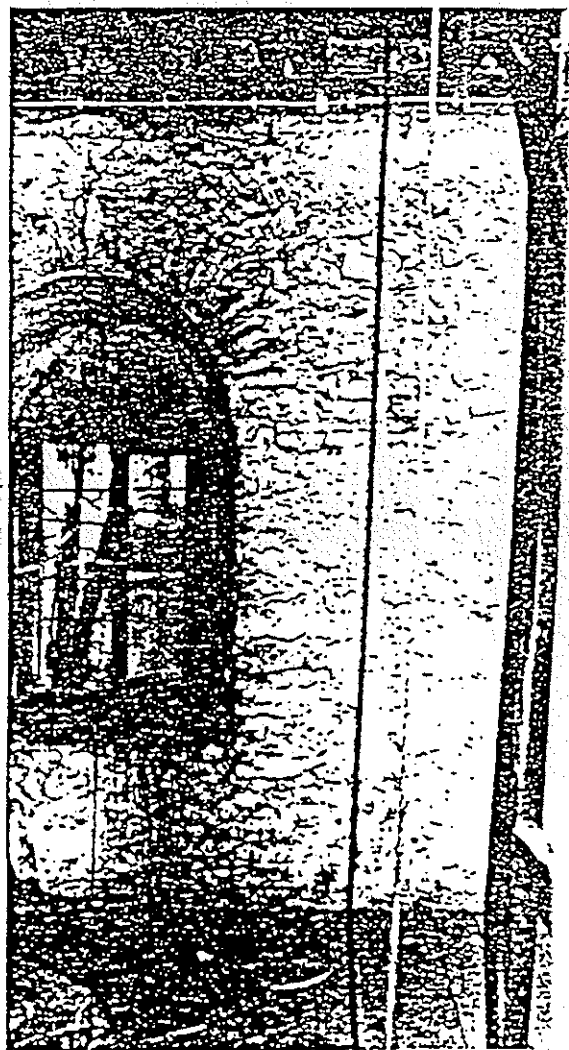
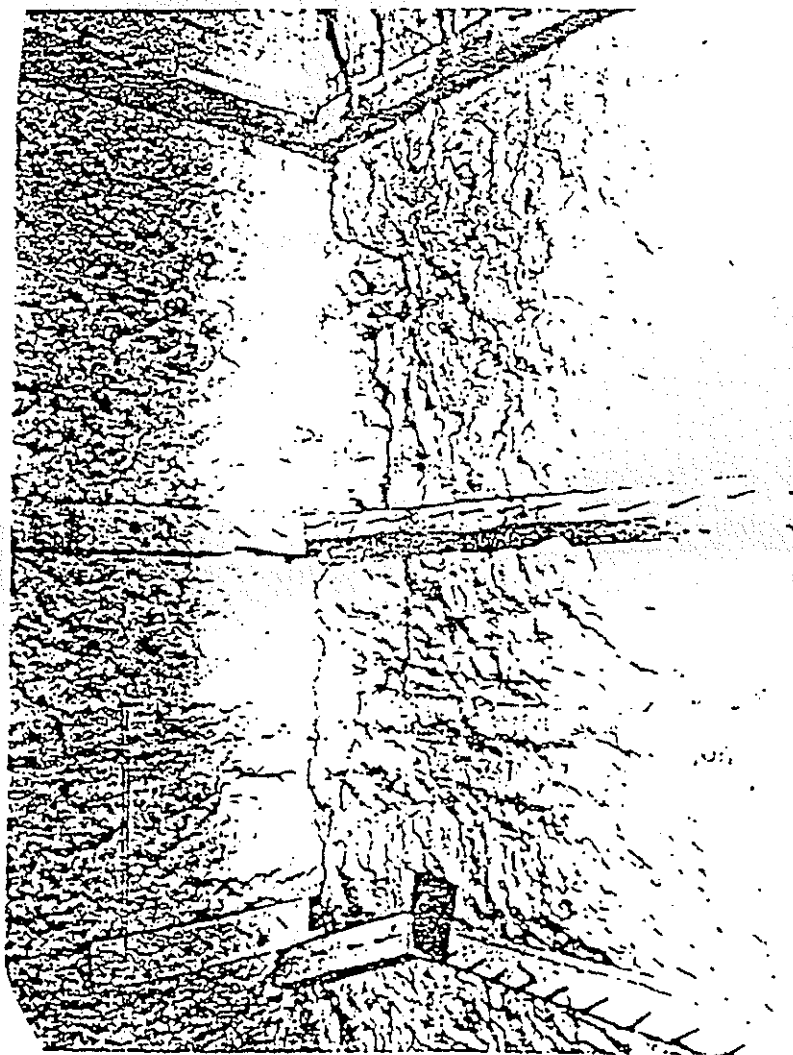
### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

- ΕΞΩΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ:  
- Χαμηλή σεισμική δράση
- ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ  
- Κακή σύλληψη ( θεμελίωση σε πολλά επίπεδα.
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ  
- Ρωγμές λόγω της μεγάλης διαφοράς ακαμψίας μεταξύ των τεσσάρων τοίχων.



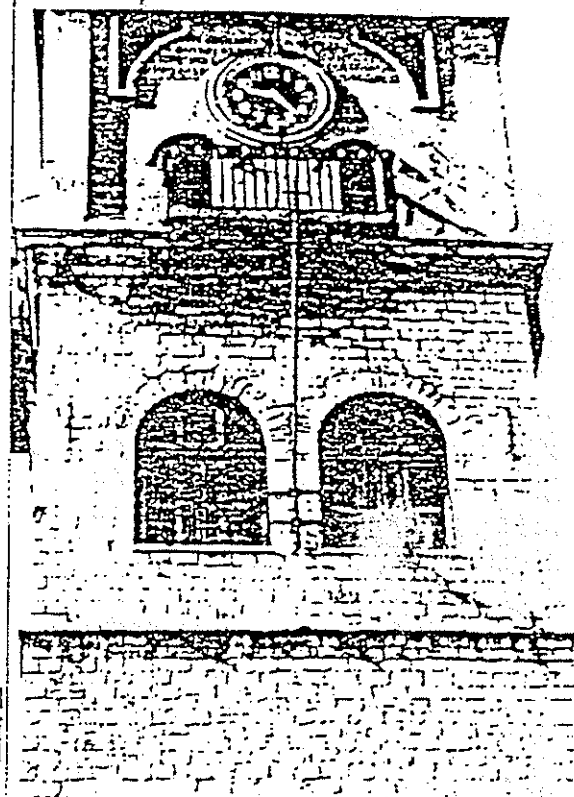
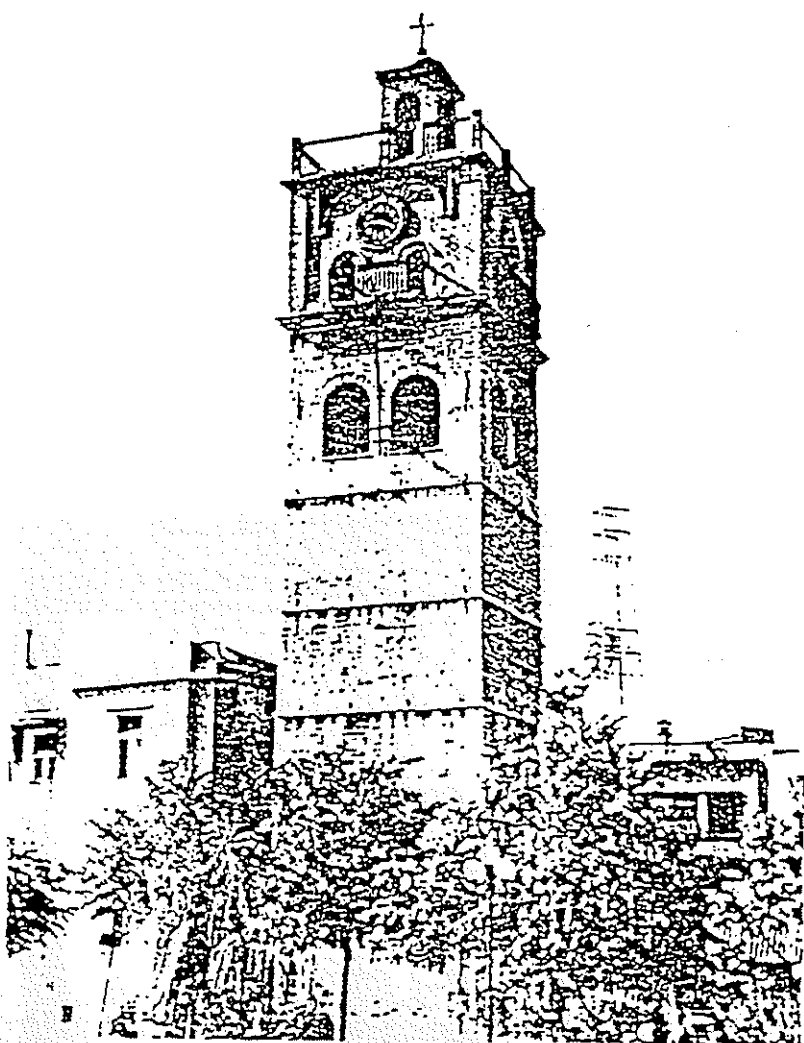
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4

- ΕΞΩΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ:
  - Συνήθεις δράσεις.
  - Σεισμοί μεγάλης απόστασης , μέσης έντασης.
- ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ
  - Χαμηλή ποιότητα τοιχοποιίας
  - Ανεπαρκείς συνδέσεις των τοίχων στις γωνίες τους.
- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
  - Ρωγμές κατά το ύψος, στα ασθενέστερα σημεία, άνω των τόξων των ανοιγμάτων.
  - Ρωγμές κατά το ύψος , στις 4 γωνίες.





ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4 (συνέχεια)



## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5

- **ΕΞΩΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ:**

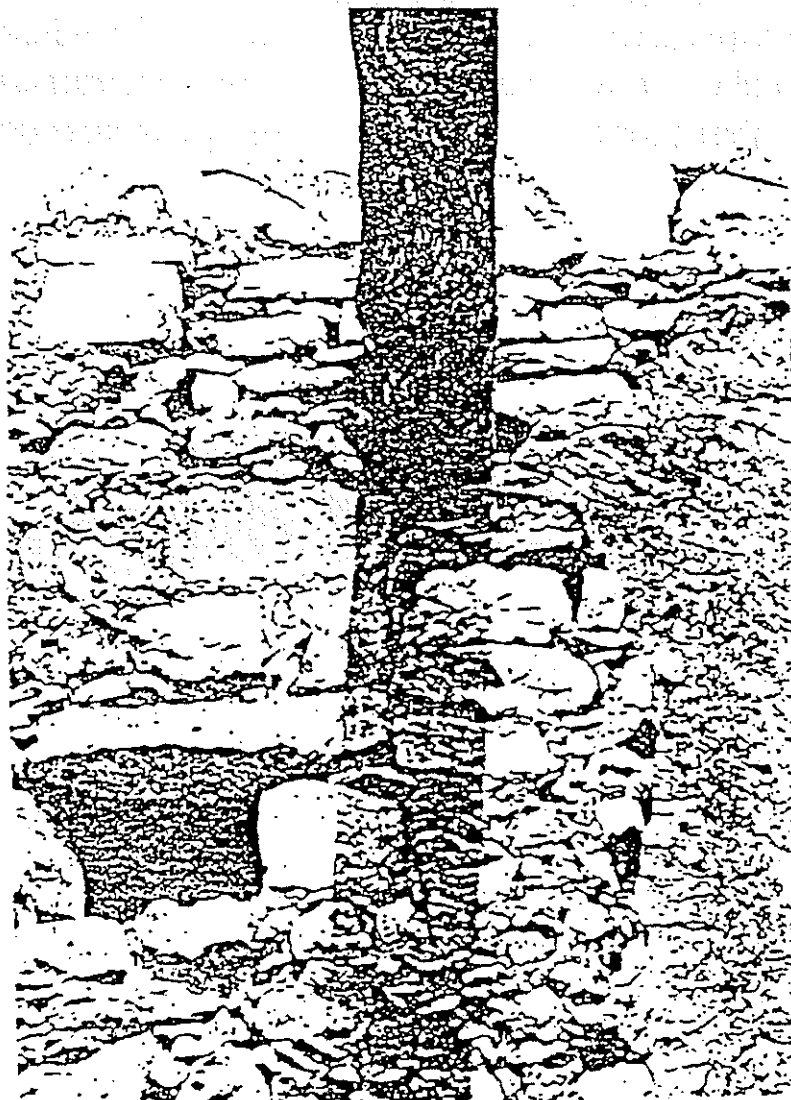
- Συνήθεις δράσεις.
- Σεισμοί μέσης έντασης

- **ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΑΙΤΙΑ**

- Χαμηλή ποιότητα τοιχοποιίας
- Ανεπαρκής έδραση δοκών πατωμάτων επί των τοίχων

- **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ**

- Ρωγμές κατά το ύψος , στα ασθενέστερα σημεία , κάτω των σημείων στήριξης



### **3. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ**

#### **3.1 ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΒΛΑΒΕΣ**

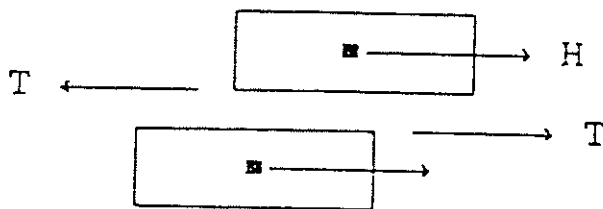
Οι δράσεις που προκαλούν βλάβες σε φέρουσες τοιχοποιίες διακρίνονται κυρίως σε:

- Τυχηματικές φορτίσεις  
(κυρίως : σεισμός)
- Περιβαλλοντικές δράσεις  
(κυρίως : γήρανση , διάβρωση , δράση ριζών, κ.α.)
- Επιβαλλόμενες παραμορφώσεις  
(διαφορικές καθιζήσεις , ολισθήσεις κ.α.)

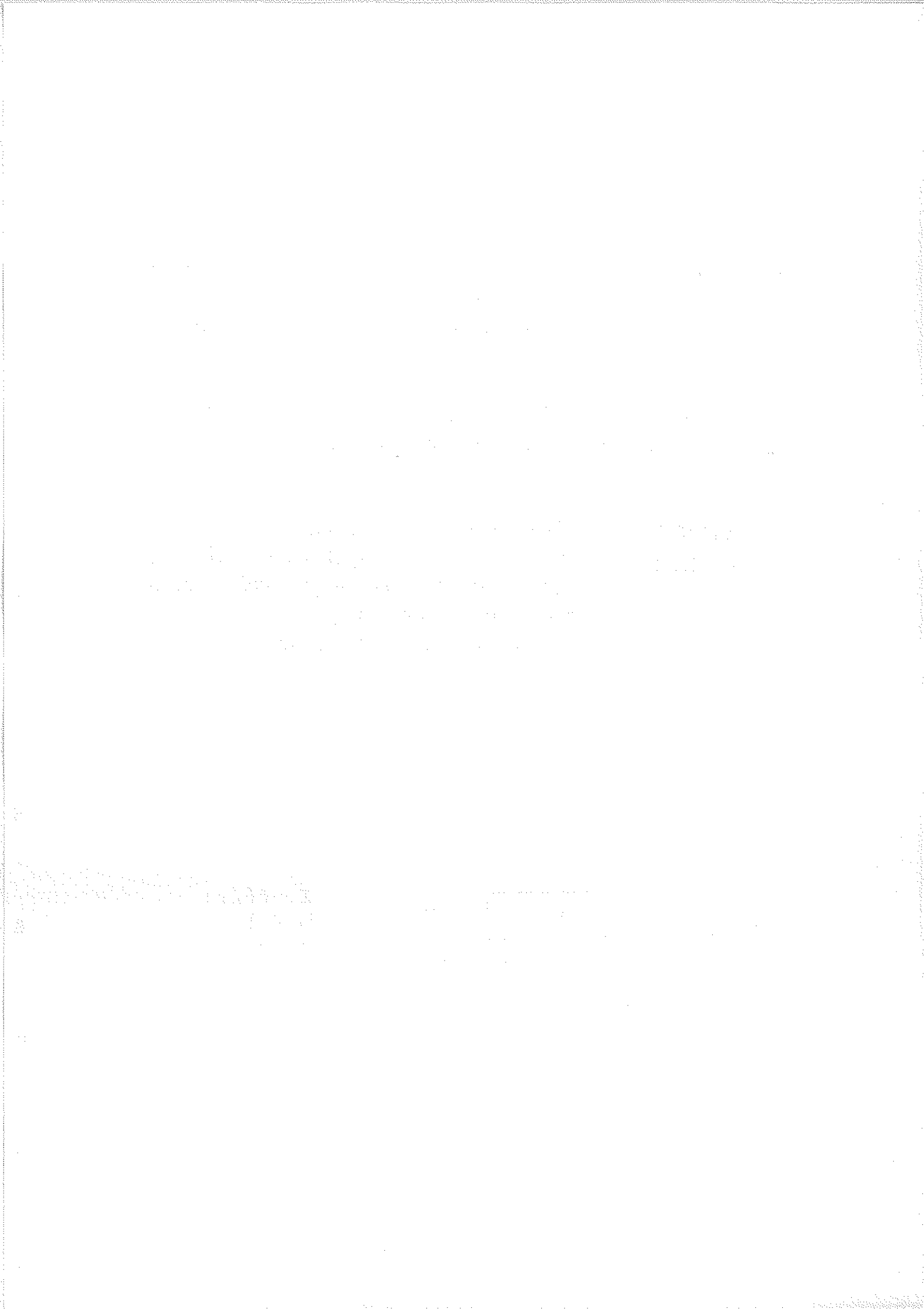
Για μια από τις προηγούμενες δράσεις επιβάλλεται πολλές φορές ιδιαίτερη αντιμετώπιση (π.χ. ενδεχόμενες αλλοιώσεις των χαρακτηριστικών των υλικών ή των χαρακτηριστικών αποκρίσεως , ιδιαιτερότητες για την εκτίμηση της καταστάσεως , κ.α.)

## 2. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΚΟΛΩΝΕΣ, ΜΕ ΕΠΑΛΛΗΛΑ ΤΥΜΠΙΑΝΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεπαρκής αντίσταση έναντι ανατροπής  
- Ανεπαρκής αντίσταση έναντι τριβής
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Μετακινήσεις των τυμπάνων ως στερεών σωμάτων
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία λόγω ανατροπής  
- Αστοχία λόγω απρόβλεπτης κίνησης στροφικής, η οποία οδηγεί πολύ συχνά στον ίδιο τύπο αστοχίας  
- Σχετική μετάθεση τυμπάνων



Συνθήκη:  
 $H < T$   
-----

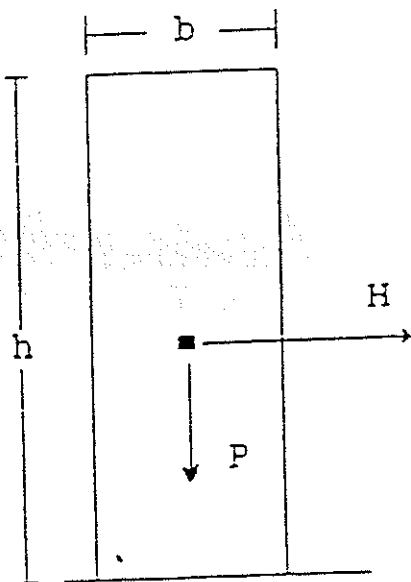


### 3.1.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΔΡΑΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΥ (Τυχηματική Φόρτιση)

#### 3.1.1.1 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

##### 1. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΕΣ ΚΟΛΩΝΕΣ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: -Ανεπαρκής αντίσταση έναντι ανατροπής
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Αστοχία λόγω ανατροπής
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Αστοχία λόγω απρόβλεπτης κίνησης στροφικής, η οποία οδηγεί πολύ συχνά στον ίδιο τύπο αστοχίας.



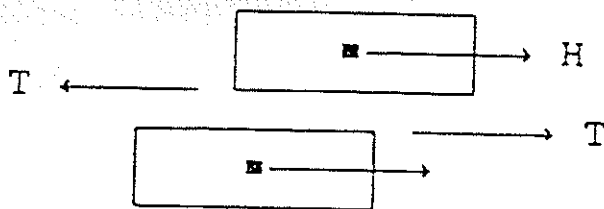
Συνθήκη :

$$H \cdot \frac{h}{2} < P \cdot \frac{b}{2}$$

---

## 2. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΚΟΛΩΝΕΣ, ΜΕ ΕΠΑΛΛΗΛΑ ΤΥΜΠΑΝΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεπαρκής αντίσταση έναντι ανατροπής  
- Ανεπαρκής αντίσταση έναντι τριβής
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Μετακινήσεις των τυμπάνων ως στερεών σωμάτων
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία λόγω ανατροπής  
- Αστοχία λόγω απρόβλεπτης κίνησης στροφικής, η οποία οδηγεί πολύ συχνά στον ίδιο τύπο αστοχίας  
- Σχετική μετάθεση τυμπάνων



Συνθήκη:  
 $H < T$

### 3. ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΤΟΙΧΟΙ, ΠΥΡΓΟΙ, ΜΙΝΑΡΕΔΕΣ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεπαρκής εφελκυστική τάση  
- Αδύνατα οριζόντια επίπεδα
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Καμπτικός πρόβολος
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Καμπτική αστοχία  
-Διατμητική αστοχία

### 4. ΛΙΘΙΝΕΣ ΔΟΚΟΙ – ΛΙΘΙΝΑ ΑΝΩΦΛΙΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεπαρκής εφελκυστική τάση
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Καμπτικός πρόβολος
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Καμπτική αστοχία



## 5. ΤΟΞΑ – ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΘΟΛΟΙ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Προς τα έξω πίεση στα στηρίγματα
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Θλιπτική διδιάστατη
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Κατάπτωση κλειδός  
-Πλήρης αστοχία

## 6. ΣΤΑΥΡΟΕΙΔΕΙΣ ΘΟΛΟΙ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Προς τα έξω πίεση στα στηρίγματα
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Θλιπτική τρισδιάστατη
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Κατάπτωση κλειδός  
-Πλήρης αστοχία

### 3.1.1.2 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΘΕΤΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΙΧΟ

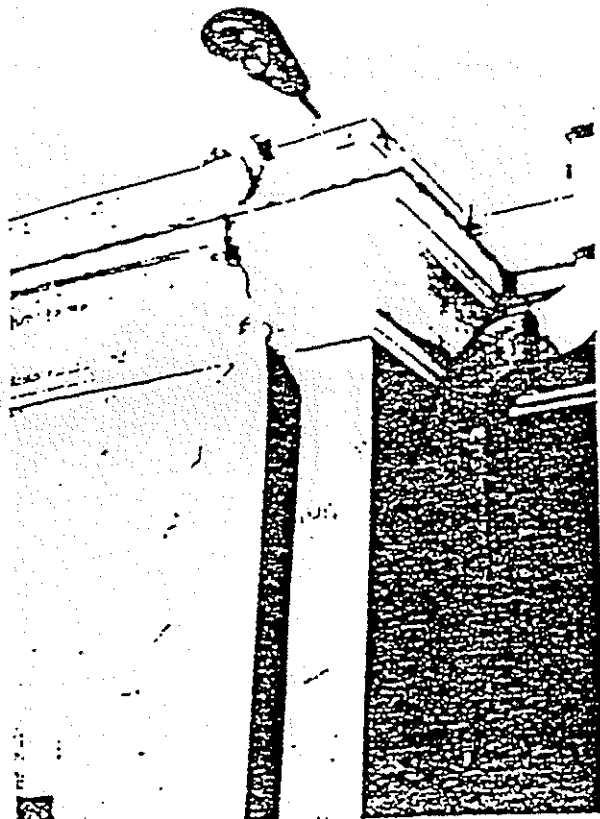
#### 1. ΤΟΙΧΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΣ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεπαρκής αντίσταση έναντι ανατροπής στα διάφορα επίπεδα
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Κίνηση στερεού σώματος
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία λόγω ανατροπής



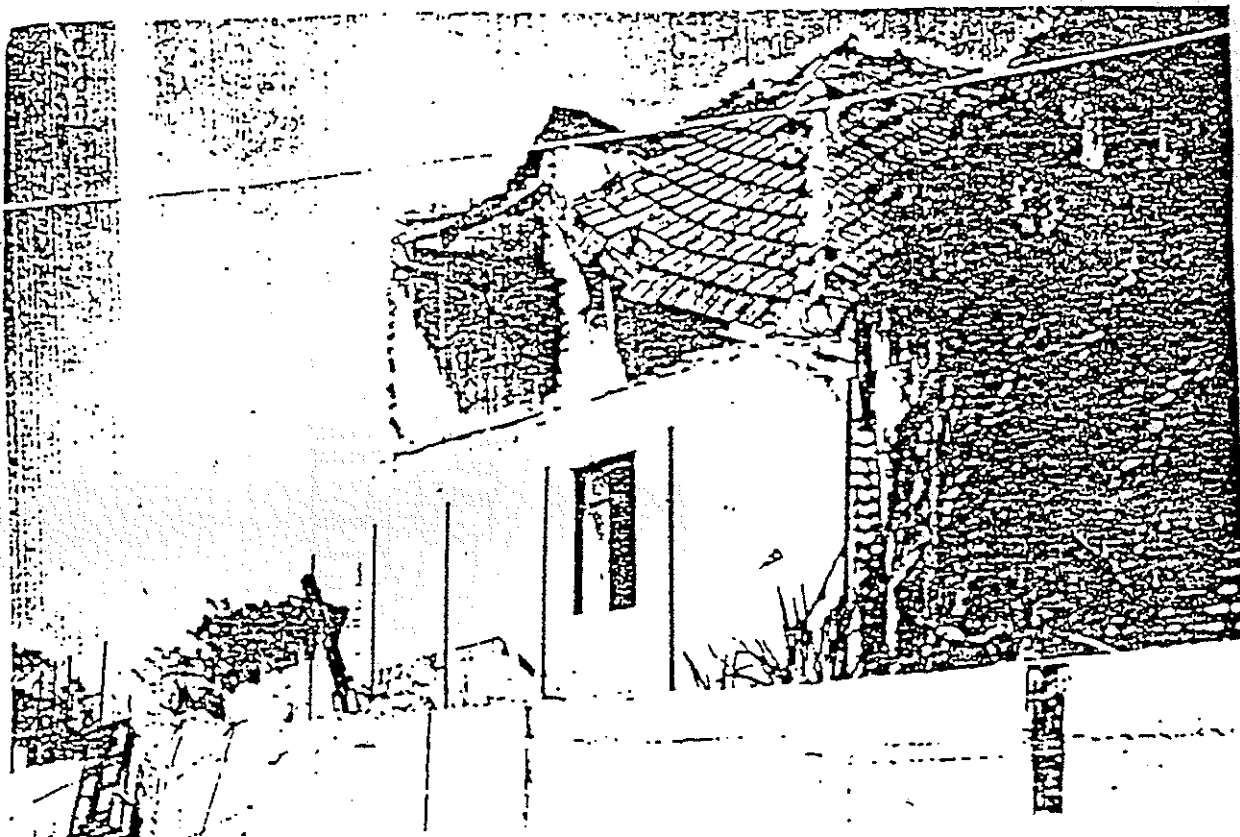
## 2. ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΙΧΟΥ-ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ:
  - Διαφορά μεταξύ ακαμψιών και άλλων χαρακτηριστικών
  - Ανεπαρκείς συνδέσεις μεταξύ τοίχου και εγκάρσιου τοίχου
  - Στέγη ανεπαρκής στο να συντονίσει τις οριζόντιες μετατοπίσεις των τοίχων
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
  - Για τον τοίχο : πλάκα
  - Για τον εγκάρσιο: τοίχωμα
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ:
  - Κατακόρυφες βλάβες, κατά μήκος των κατακόρυφων συνδέσεων (γωνίες)



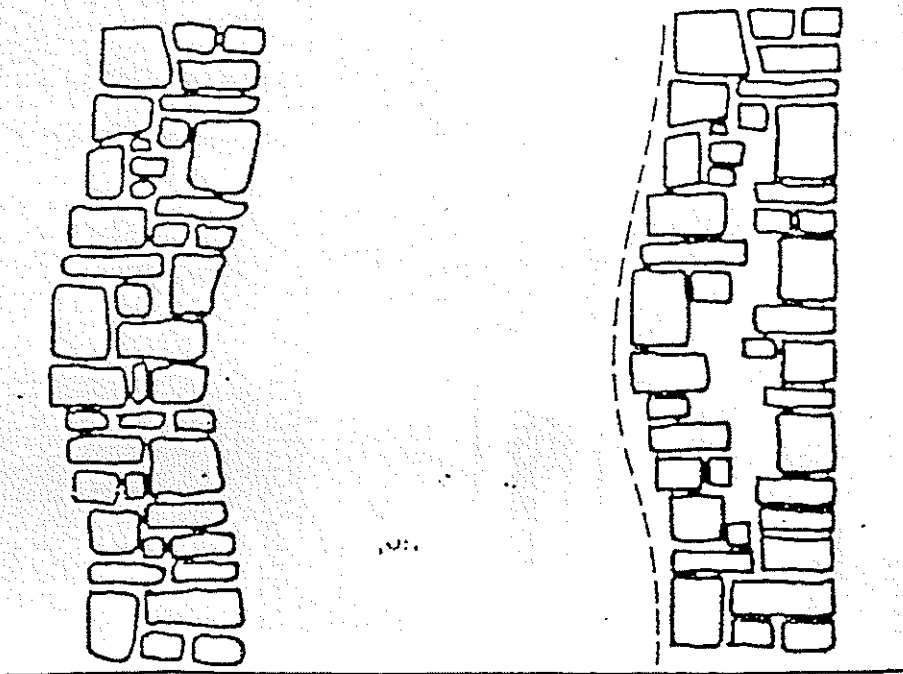
### 3. ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΙΧΟΥ- ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ (Π.Χ. ΣΤΕΓΗΣ)

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Υπερβολικές ελεύθερες μετατοπίσεις κατά μήκος του άνω, μη περιοριζόμενου, συνόρου του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Για τον τοίχο : πλάκα  
- Για τον εγκάρσιο: τοίχωμα
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Κατακόρυφες βλάβες, κατά μήκος των κατακόρυφων συνδέσεων (γωνίες)  
-Ολική κατάρρευση (ανατροπή) τοίχου



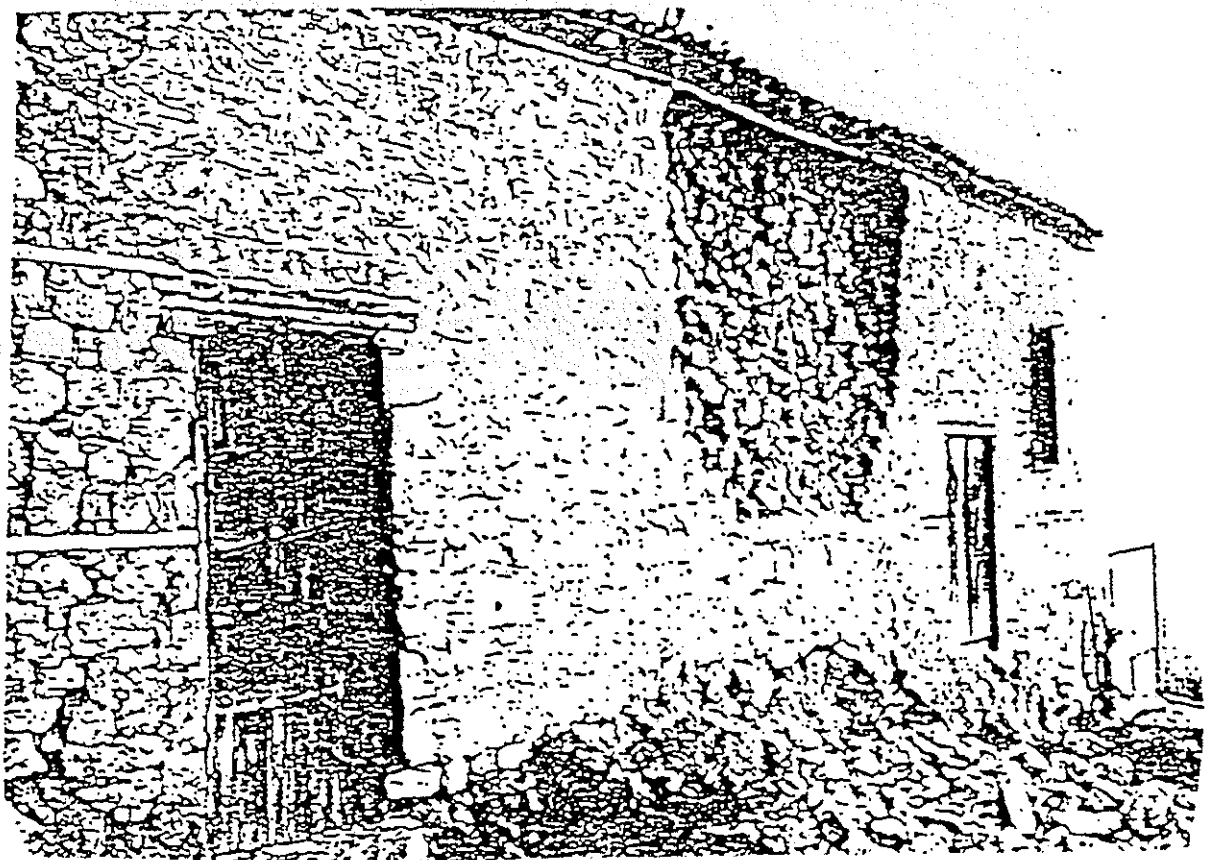
#### 4. ΤΟΠΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τοπικές μόνιμες σχετικές μετατοπίσεις, κάθετες στο επίπεδο του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Τυχαία ανεπαρκής τοπική συμπίεση του σώματος του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Περιορισμένη τοπική αποσύνθεση του τοίχου



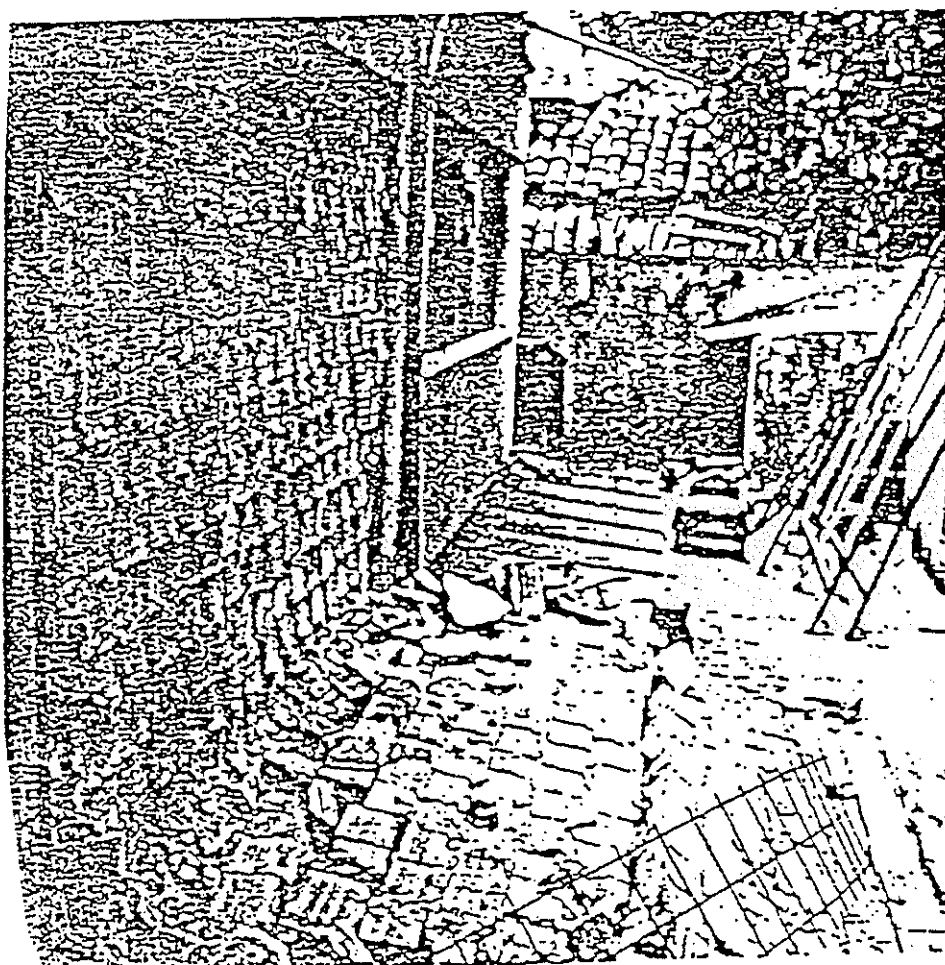
## 5. ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανεξάρτητες κινήσεις των δύο παράλληλων τοίχων  
- Συνήθης κατάσταση: εξωτερικός τοίχος ελεύθερος, εσωτερικός δεσμευμένος από την στέγη
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Λόγω ανεπαρκούς εγκάρσιας διασύνδεσης, λειτουργία δύο ανεξάρτητων τοίχων, μισού πάχους ο καθένας
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία του εξωτερικού μισού τοίχου, με ανατροπή συνήθως, στερεού σώματος



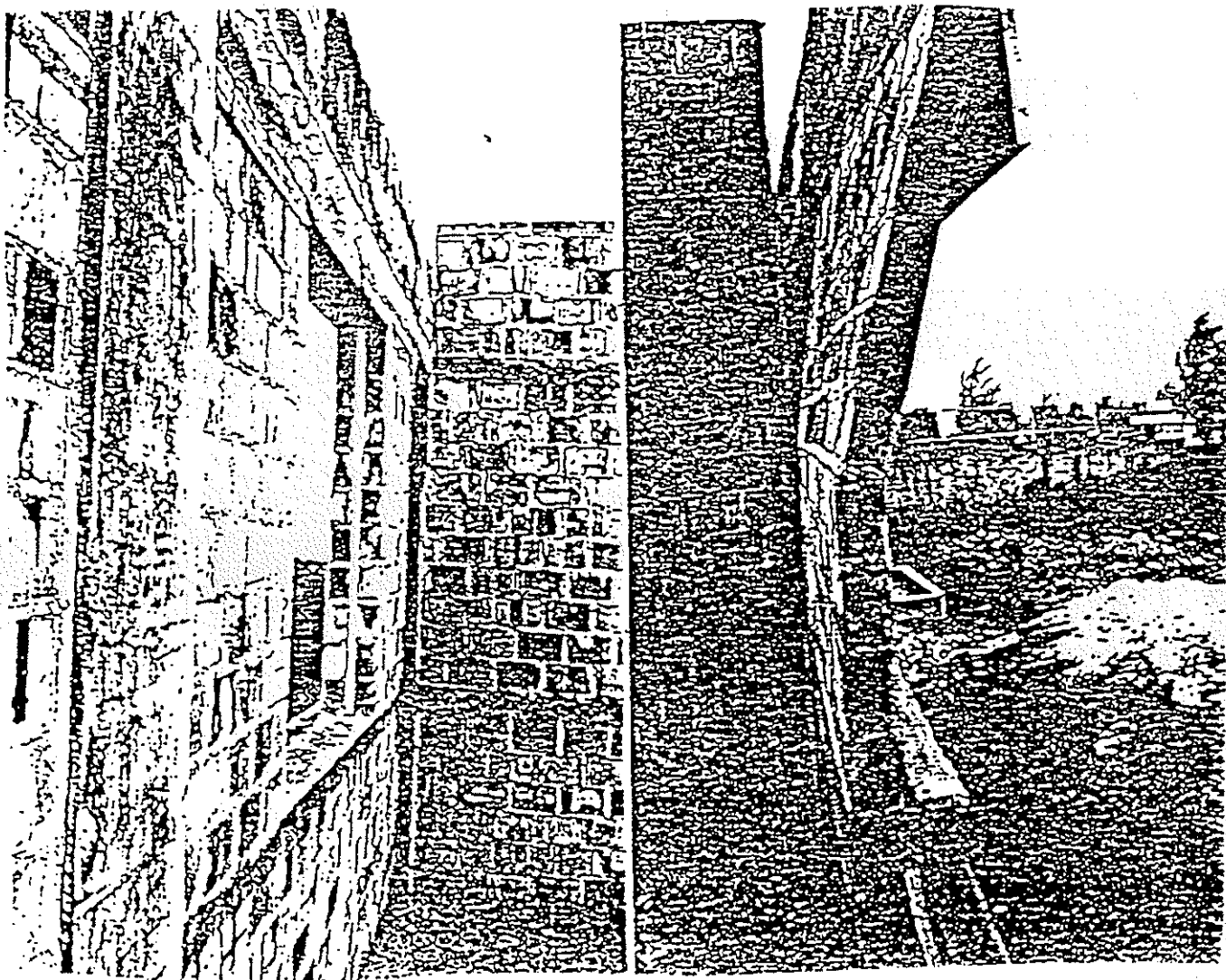
## 5.1 ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης τοίχου-πλαισίου Ω.Σ. , συμπεριφορά δύο τοίχων σαν επίπεδων δίσκων
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Δύο ανεξάρτητες οπτοπλινθοδομές, Δε απόσταση ίση με το πάχος της μόνωσης
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Αστοχία με ανατροπή, συνήθως του εξωτερικού μισού τοίχου



## 5.2 ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΥ

- Έξ αιτίας ενός ειδικού αρμού 10cm , μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και του εσωτερικού εγκάρσιου (αριστερά), ο μηχανισμός κατάρρευσης είναι ευδιάκριτος : αστοχία στην στάθμη του κονιάματος , κατά μήκος του τοίχου , σε ένα ύψος περίπου το μισό της κατακόρυφης απόστασης μεταξύ δύο οριζόντιων σενάζ Ω. Σ.

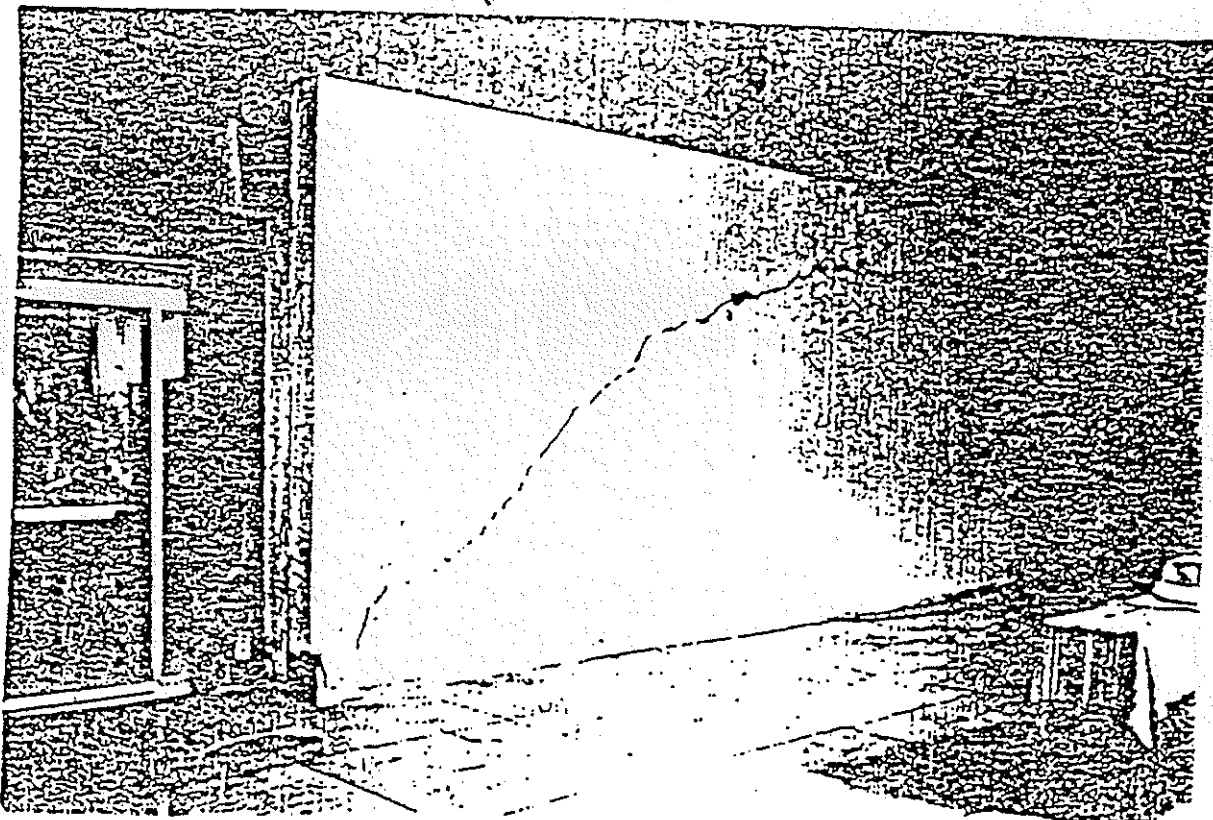




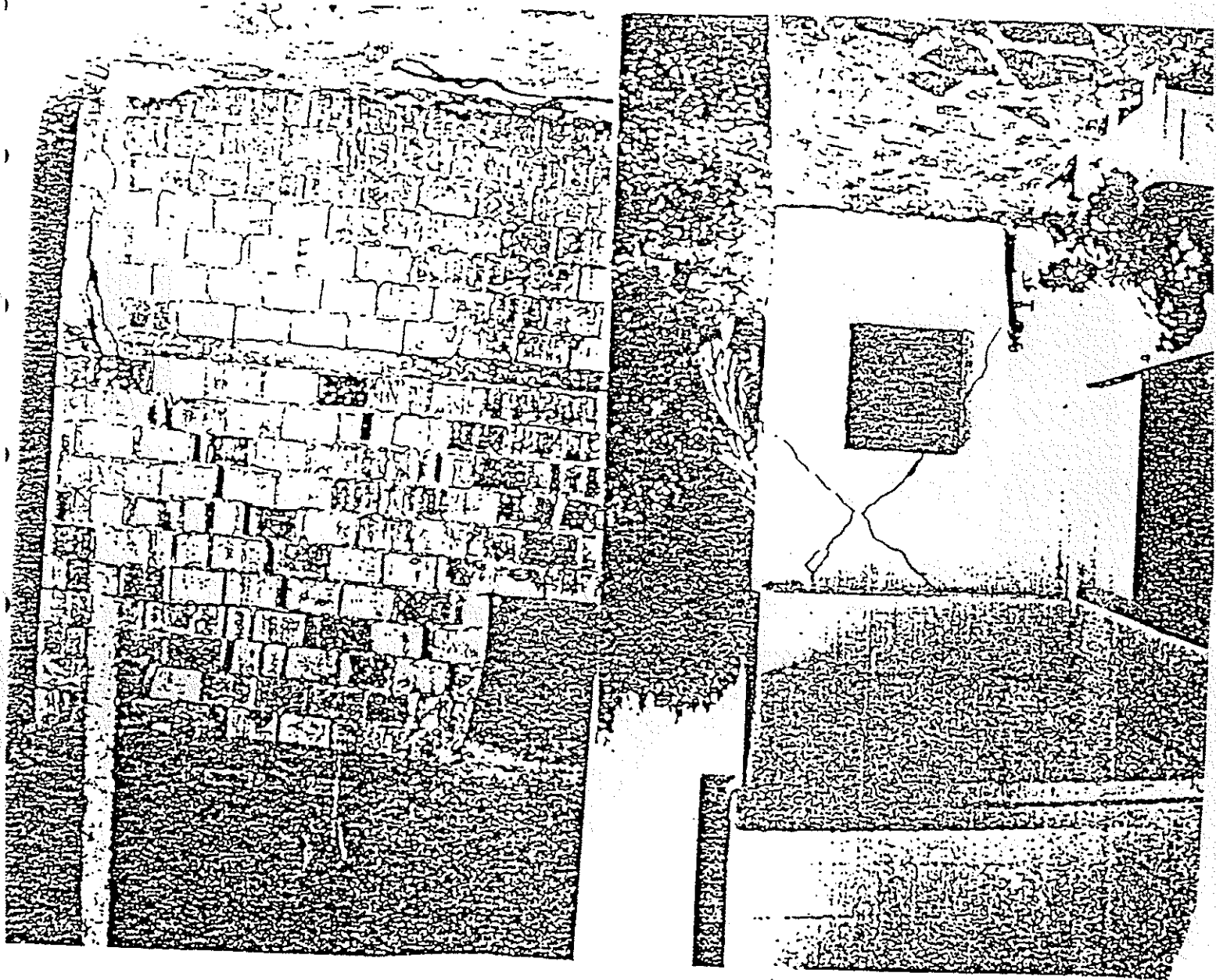
### 3.1.1.3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

#### 1. ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Εμφάνιση απαράδεκτα μεγάλων οριζόντιων διατμητικών δυνάμεων ή και μετατοπίσεων
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Σχετική μετακίνηση μεταξύ άνω και κάτω οριζόντιου συνόρου μεγάλη
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Ρωγμές , κυρίως τύπου X , ή/

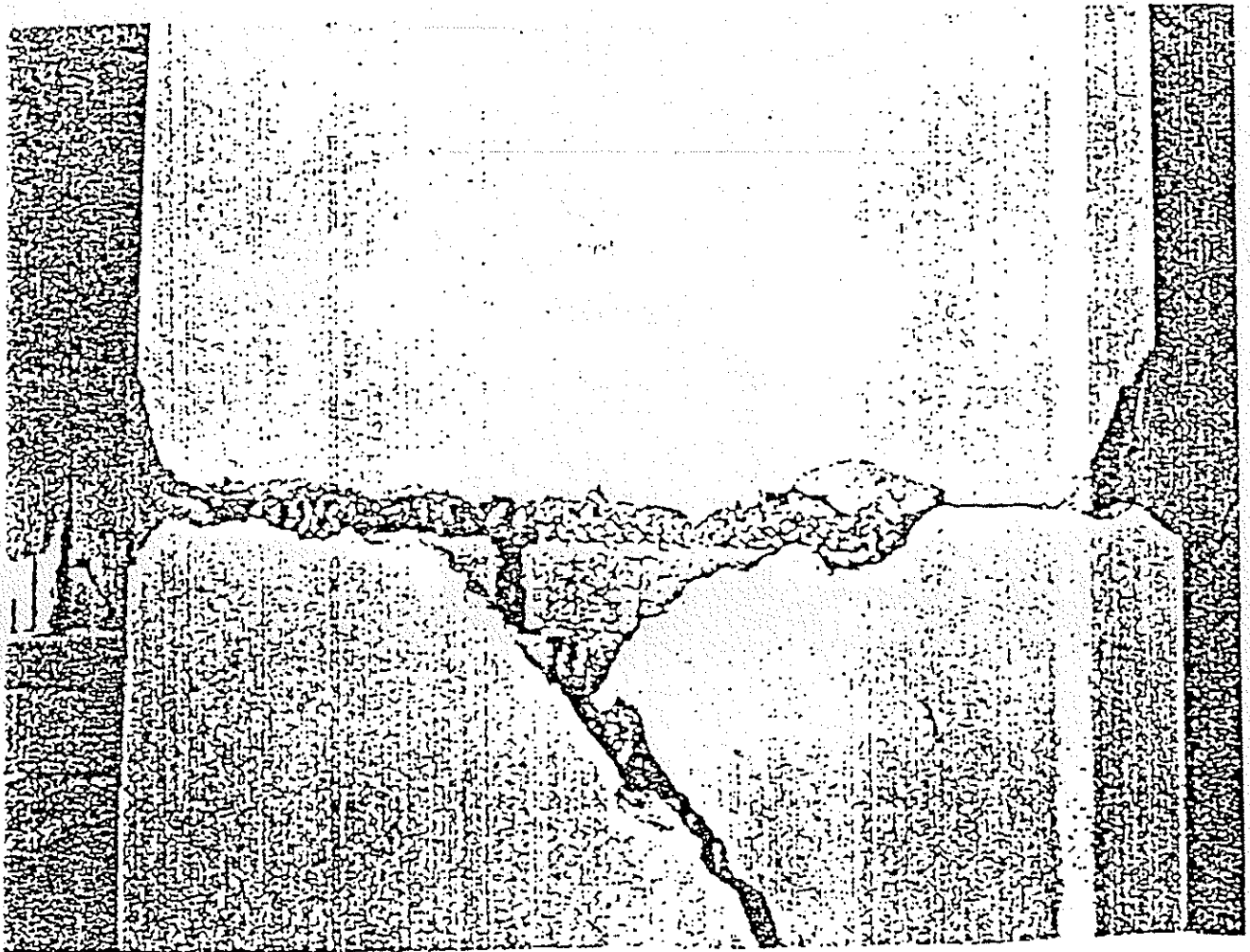


## 2. ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ



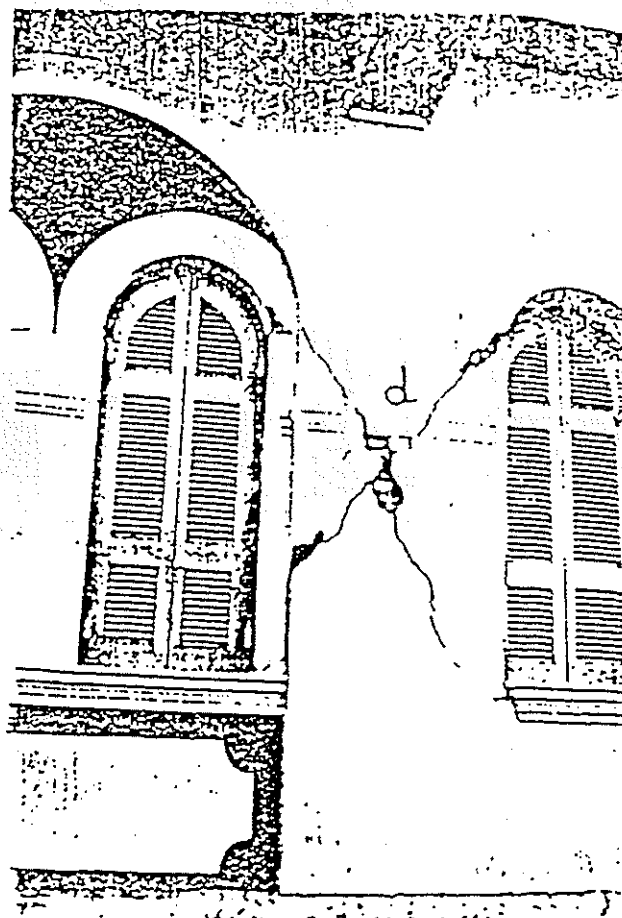
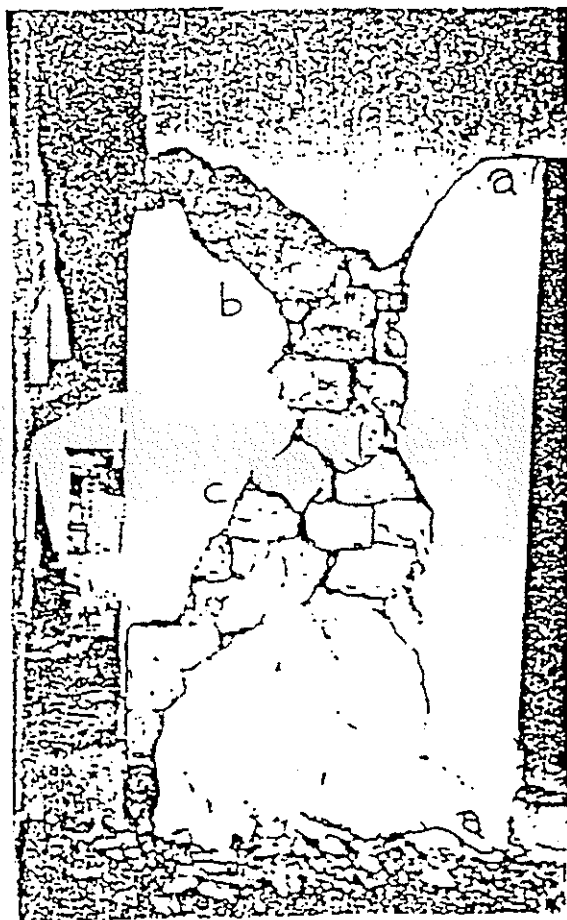
### 3. ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ

- Οριζόντιες και κεκλιμένες ρωγμές, σε έναν στενό τοίχο από τούβλα , χωρίς περίσφιξη ( κατακόρυφα σύνορα ελεύθερα).
- Λόγω μεγάλων διατμητικών δυνάμεων, έχει καταστραφεί η μοναδική αδύνατη γραμμή από τούβλα ( τούβλα κάθετα στο επίπεδο του τοίχου).



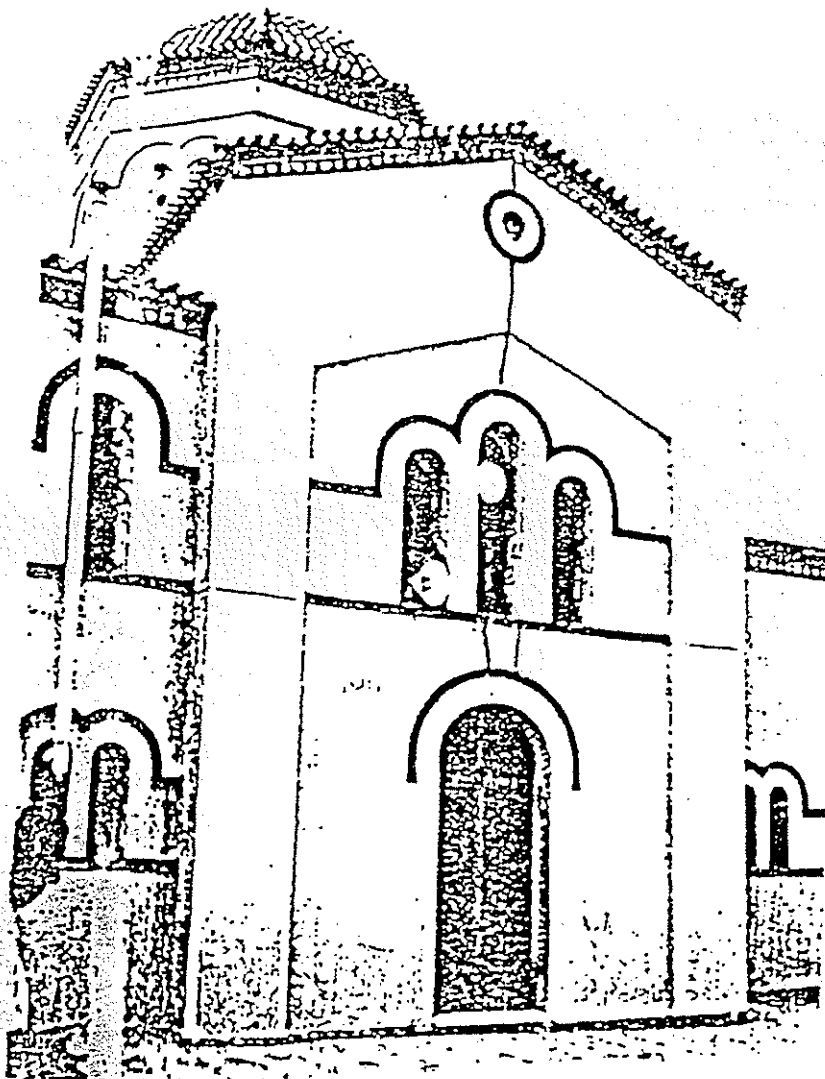
#### 4. ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΤΥΠΙΚΑ ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Εμφάνιση απαράδεκτα μεγάλων εφελκυστικών (διατμητικών ) τάσεων και αντίστοιχων παραμορφώσεων.
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Διατμητική ή και καμπτική
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Οριζόντιες ρωγμές (a) , λόγω κάμψης  
-Λοξές ρωγμές , κυρίως X ή Z , λόγω διάτμησης (b,c,d)



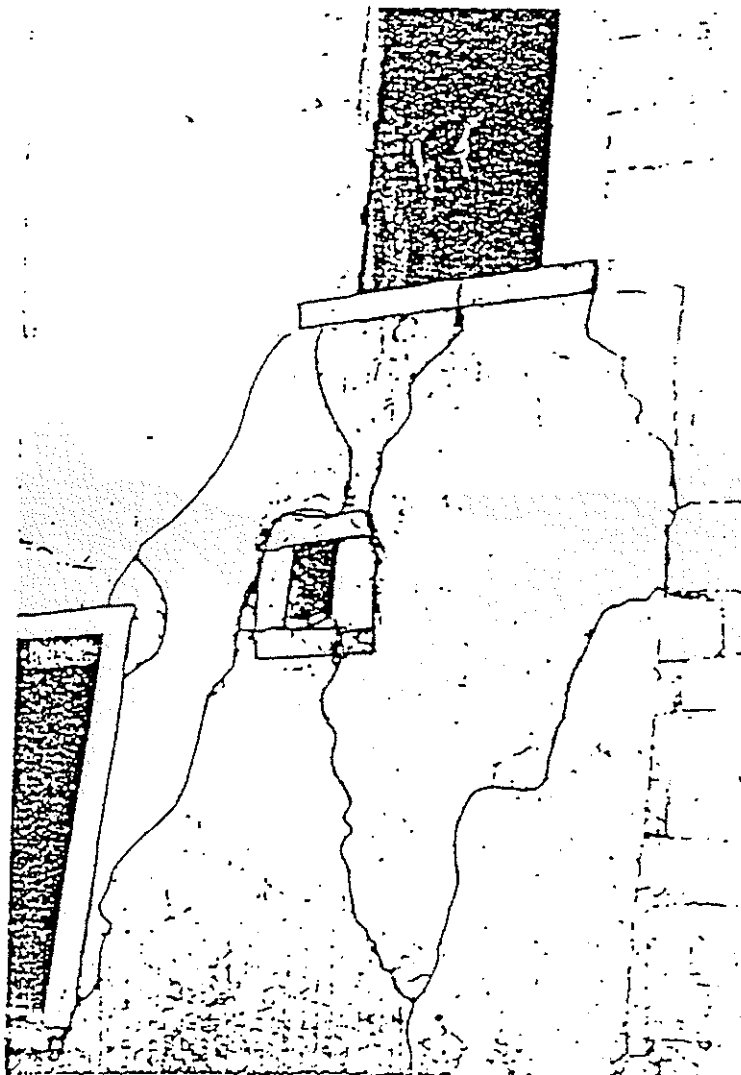
## 5. ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΤΥΠΙΚΑ ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Φαινόμενα ψαλλιδισμού κατά το ύψος του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Ανεξάρτητοι κατακόρυφοι πρόβολοι
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: -Κατακόρυφες (εμφανιστικές) ρωγμές κατά το ύψος των πιο αδύνατων γραμμών του τοίχου.



## 6. ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΤΥΠΙΚΑ ΜΗ- ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Ανάπτυξη υπερβολικών τάσεων σε διάφορα σημεία της επιφάνειας του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Επίπεδη ένταση - παραμόρφωση
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Διάφορες ρωγμές, κατά μήκος των ευκολότερων δρόμων



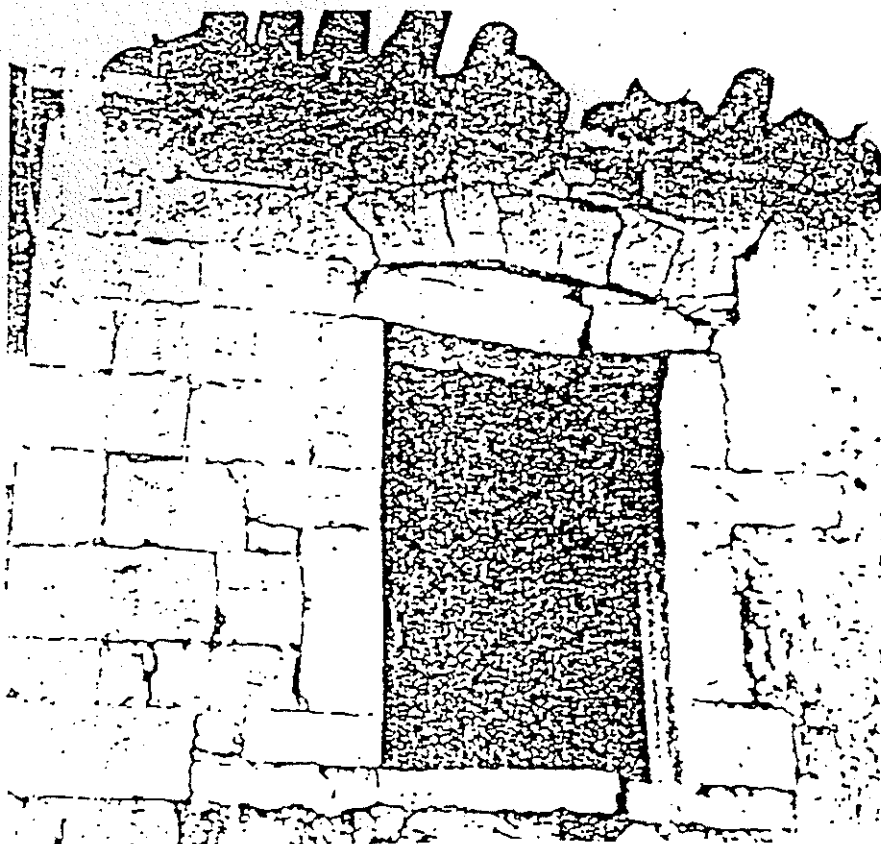
7. ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΜΕ ΤΥΠΙΚΑ ΜΗ-ΚΑΝΟΝΙΚΑ  
ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ



### 3.1.1.4 ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΛΟΓΩ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ

#### 1. ΑΣΤΟΧΙΑ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΝΩ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

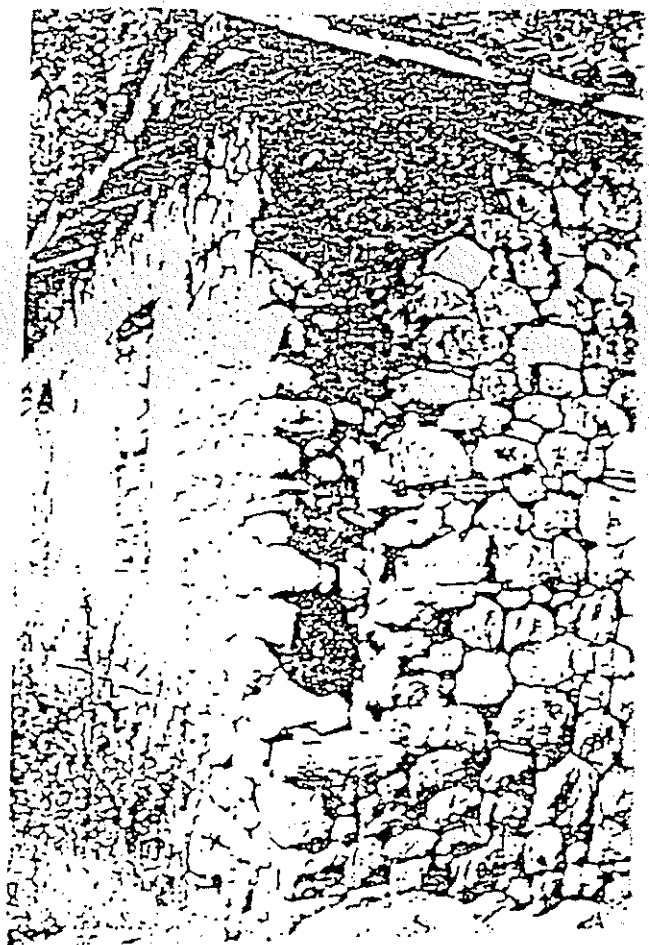
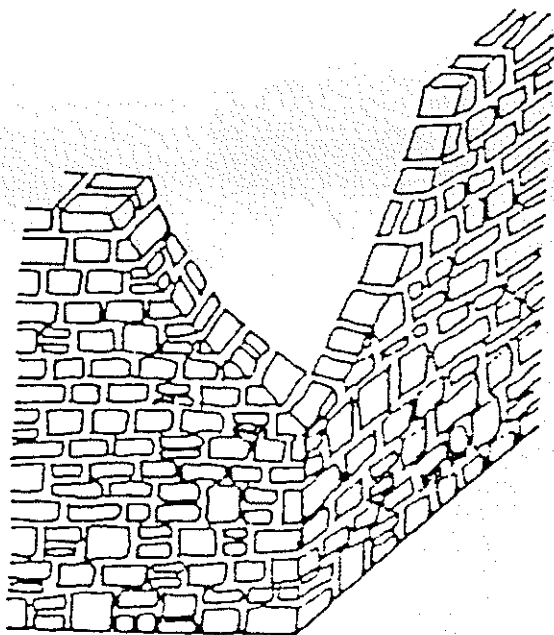
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ:
  - Ειδικά αδρανειακά χαρακτηριστικά του υπεράνω του ανοίγματος του τοίχου
  - Εφελκυστικές τάσεις κατά το μήκος λίθινων ανωφλιών, λόγω δυναμικών αντιδράσεων τόξου
  
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ
  - Κατακόρυφη ταλάντωση του συγκεκριμένου τμήματος
  - Κατακόρυφη ταλάντωση τόξου
  
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ:
  - Κατακόρυφες ρωγμές άνω των άκρων του υπερθύρου
  - Εφελκυστικές ρωγμές του λίθινου πρεκιού





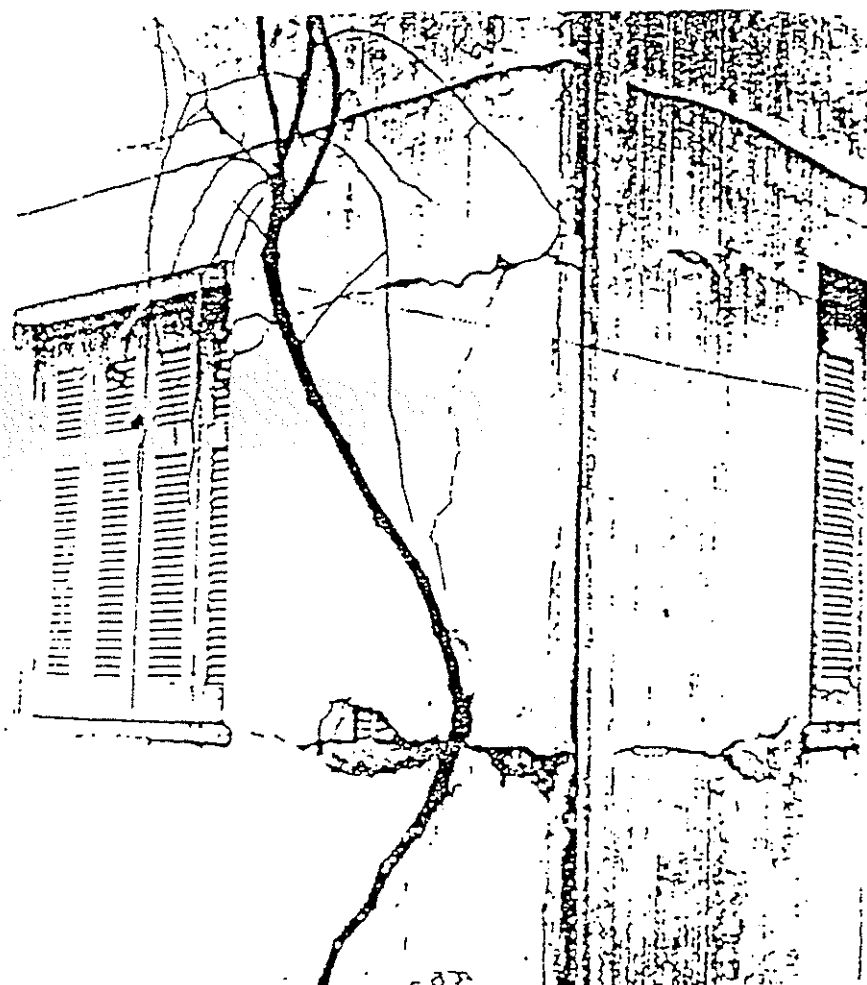
## 2. ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΡΩΓΜΕΣ

- **ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ:** - Εφελκυστικές τάσεις ( ή έντονα μεταβαλλόμενες θλιπτικές) κατά μήκος των ισχυρών γραμμών του τοίχου (σενάζ)
- **ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ** - Κατακόρυφη ταλάντωση
- **ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ:** - Οριζόντιες ρωγμές σε όλη την περίμετρο του κτιρίου



### 3. ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΤΙΣ ΓΩΝΙΕΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Υπερβολικές τάσεις στην περιοχή της γωνίας σε γραμμές υπό  $45^{\circ}$  γωνία
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ: - Κατακόρυφες και ή στροφικές ταλαντώσεις
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Τυπική διατμητική αστοχία

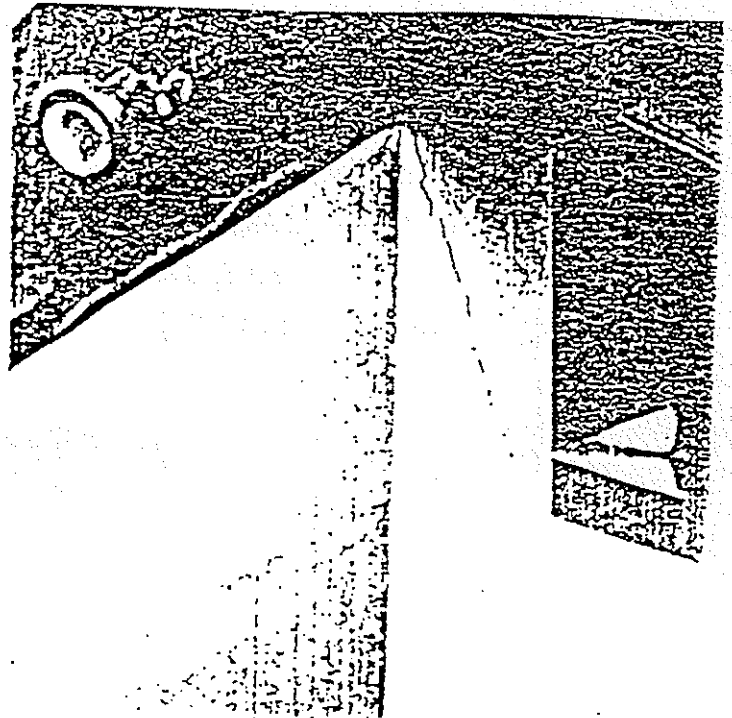
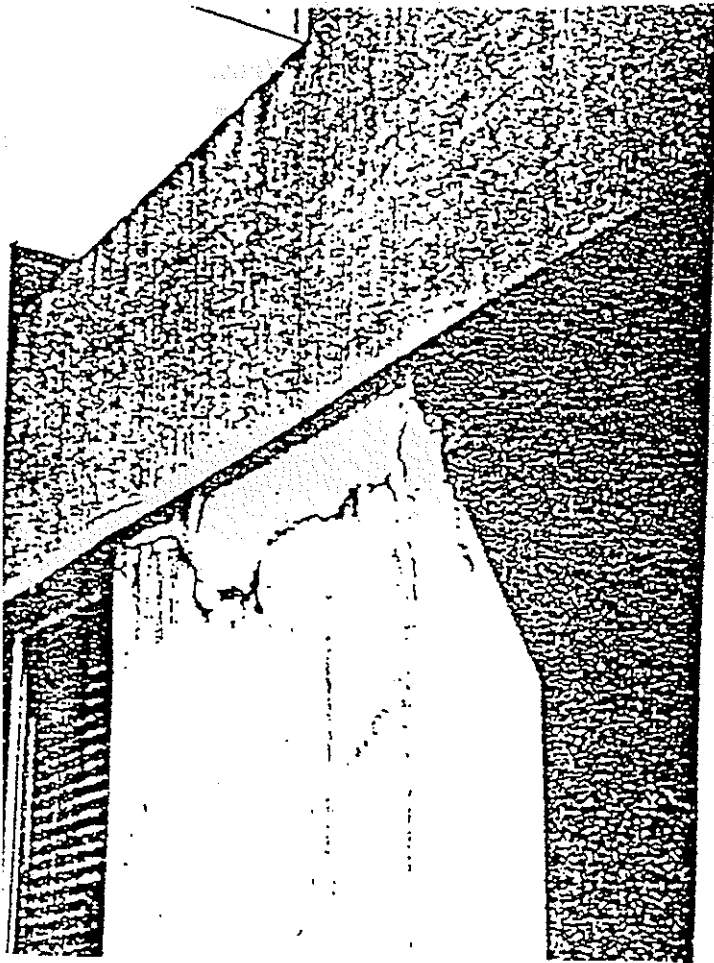


#### 4. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Μεγάλες παραμορφώσεις ταλάντωσης του ελεύθερου προβόλου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Επίπεδη ένταση παραμόρφωση
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Εφελκυστικές ρωγμές

## 5. ΚΡΟΥΣΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τάσεις λόγω κρουστικού φορτίου , στο επίπεδο του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ - Επίπεδη ένταση παραμόρφωση
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Τοπική αστοχία  
- Διατμητικές ρωγμές



### 3.1.2. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

Η παθολογική εικόνα και η μορφολογία βλαβών που οφείλονται σε περιβαλλοντικές δράσεις , σε συνδυασμό. Βεβαίως με ενδογενή αίτια (όπως οι μεταβολές όγκου, το πορώδες και η περατότητα, κ.ά.) , παρουσιάζονται σε μεγάλη έκταση και επηρεάζουν το σύνολο, σχεδόν , των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Σε αρχικά στάδια, οι βλάβες συνοδεύονται κι απ' τα φαινόμενα των εξανθημάτων, των μικρορηγματώσεων ( στην επιφάνεια αλλά και μέσα στην μάζα ) , των τυμπανισμών και εκτινάξεων των επιχρισμάτων, των απολεπίσεων και αποτμήσεων των τοιχοσωμάτων, κ.ά.

Σε προχωρημένα στάδια, οι βλάβες συνοδεύονται κι απ' τα φαινόμενα των τοπικών κυρτώσεων και αποκλίσεων των τοίχων , των προσβολών των ενσωματωμένων στοιχείων , των αποδιοργάνωσης των εδράσεων /αγκυρώσεων δαπέδων και στεγών, των ρηγματώσεων και παραμορφώσεων, κ.ά.

Στο τελικό στάδιο , η γήρανση συνοδεύεται από έντονες συνιζήσεις /μετακινήσεις και χαλάρωση της συνοχής και ακεραιότητας των τοίχων, από προσβολή των άλλων στοιχείων (διάβρωση σιδηροδοκών ή σήψη ξυλοδοκών), από αποσύνθεση, αποσύνδεση και γενική αποδιοργάνωση και , τέλος , από τοπικές αστοχίες και καταρρεύσεις.

### 3.1.2.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

#### 1. ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΑ ΕΝΔΟΓΕΝΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Μεταβολές του όγκου
- Περαιτότητα
- Διαχρονικές μεταβολές
- Κλπ

Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΕΚΤΕΙΝΕΤΑΙ ΣΕ ΟΛΑ ΣΧΕΔΟΝ ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ. ΚΑΙ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ ΣΤΑ ΑΜΕΣΑ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΑ

#### 2. ΑΡΧΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ

- Αλλαγή χρώματος – εξανθήματα
- Μικρορηγματώσεις ( επιφανειακές – μάζας)
- Τυμπανισμοί – εκτινάξεις ( επιχρισμάτων, λίθων, τοιχοσωμάτων, κλπ)
- Απολεπίσεις – αποτιμήσεις ( τοιχοσωμάτων)
- Κλπ

### 3. ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΑ ΣΤΑΔΙΑ

- Τοπικές παραμορφώσεις – κυρτώσεις – αποκλίσεις
- Έντονες τοπικές ρηγματώσεις
- Προσβολές ενσωματωμένων στοιχείων ( ξύλο – χάλυβας)
- Βλάβες εδράσεων – αγκυρώσεων δαπέδων και στεγών
- Κλπ

### 4. ΓΗΡΑΝΣΗ

ΕΑΝ ΔΕΝ ΕΧΟΥΝ ΛΗΦΘΕΙ ΤΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ Η/ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ, ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ Η ΓΗΡΑΝΣΗ , Η ΟΠΟΙΑ ΟΔΗΓΕΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΕΞΗΣ:

- Έντονες συνιζήσεις – μετακινήσεις
- Αποδιοργάνωση – χαλάρωση συνοχής – ακεραιότητας τοιχοποιιών
- Τοπικές αστοχίες - καταρρεύσεις
- Βλάβες άλλων στοιχείων (διάβρωση σιδηροδοκών, σήψη ξυλοδοκών)
- Κλπ

### 3.1.2.2. ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα , η παθολογική εικόνα μετά από πυρκαγιά δεν είναι έκδηλη και έντονη , και δεν συνοδεύεται πάντοτε από χαρακτηριστική μορφολογία ρωγμών και βλαβών.

Όπως επισημάνθηκε και στα παθολογικά αίτια , μετά από μεγάλη πυρκαγιά και ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ενδέχεται να αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά των υλικών των τοιχοδομών ( π.χ. ασβεστοποίηση και αποσύνθεση κονιαμάτων στους  $600^{\circ}\text{C}$  , περίπου , των λίθων στους  $800^{\circ}\text{C}$  , των πλίνθων στους  $1000^{\circ}\text{C}$  ). Επίσης , κοινά χαρακτηριστικά, ενδεικτικά της εντάσεως και της εκτάσεως της πυρκαγιάς και της μορφολογίας των συνεπειών της είναι :

- Παραμορφώσεις και αστοχίες του συστήματος των δαπέδων (και των στεγών) και επακόλουθες βλάβες των διαχωριστικών και άλλων στοιχείων.
- Τυμπανισμοί και εκτινάξεις επιχρισμάτων τοίχων και οροφκοιαμάτων.
- Τοπικά «φουσκώματα» («κοιλιάσματα» ) , κυρτώσεις και αποκλίσεις τοίχων.
- Διαρρήξεις των τοιχοσωμάτων και ρηγματώσεις των τοίχων .
- Χρωματικές αλλοιώσεις των λίθων/πλίνθων ή και των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα ( π.χ. ολόσωμα δάπεδα).

Τέλος , μπορούν να συμβούν τοπικές αστοχίες και τοπικές καταρρεύσεις μεμονωμένων (συνήθως ) δομικών στοιχείων , κυρίως λόγω καύσεως ξύλινων φερόντων στοιχείων (π.χ. πάτερα ή πατόξυλα, πέλματα ζευκτών , ανώφλια, κ.ά.).

Υπενθυμίζεται ότι τα ξύλινα στοιχεία (επαρκούς διατομής) που συνηθίζονται στα δομικά έργα καίγονται με ταχύτητα της τάξεως των 25-35 mm/h το στοιχείο αυτό χρησιμεύει και για της εκτίμηση των χαρακτηριστικών της πυρκαγιάς και για της αποτίμηση της καταστάσεως της κατασκευής.



## 1. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

- Φυσικές και χημικές αλλοιώσεις, π.χ.
  - Ασβεστοποίηση – αποσύνθεση κονιαμάτων (περίπου στους  $600^{\circ}\text{C}$  )
  - Αλλοίωση – αποσύνθεση των τοίχων , στους  $800^{\circ}\text{C}$  για τους λίθους , και  $1000^{\circ}\text{C}$  για τα τούβλα
- Τοπικά φουσκώματα των κυρίων τοίχων εκτός του επιπέδου τους
- Ρηγμάτωση – διάρρηξη κονιάματος
- Ρηγμάτωση – διάρρηξη λίθων, τούβλων, κλπ
- Κλπ

## 2. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

- Προβλήματα ευστάθειας , λόγω παραμόρφωσης ή και τοπικής αστοχίας , των διαφραγμάτων
- Κυρτώσεις – αποκλίσεις των τοίχων
- Εκτεταμένες εσωτερικές μικρορηγματώσεις
- Κλπ

### 3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Βλάβες σε διαχωριστικούς τοίχους, λόγω παραμόρφωσης , ή και τοπικής αστοχίας των οριζόντιων διαφραγμάτων
- Βλάβες και τυμπανισμοί – εκτινάξεις επιχρισμάτων οροφокονιαμάτων
- Εκτεταμένες εσωτερικές μικρορηγματώσεις
- Τοπική αστοχία – κατάρρευση μεμονωμένων δομικών στοιχείων, όπως π.χ. :
  - ξύλινα πατώματα
  - ξύλινες οροφές
  - ξύλινα ανώφλια
  - κλπ

### ΣΗΜΕΙΩΣΗ

- Τα ξύλινα στοιχεία κάποιας σημαντικής διατομής , καίγονται , υπό συνθήκες έντονης πυρκαγιάς , με ταχύτητα 25-35 mm/h
- Το γεγονός αυτό , είναι σημαντικό , ιδιαίτερα για την αποτίμηση της κατάστασης της κατασκευής , καθώς και των χαρακτηριστικών της έντασης της πυρκαγιάς.

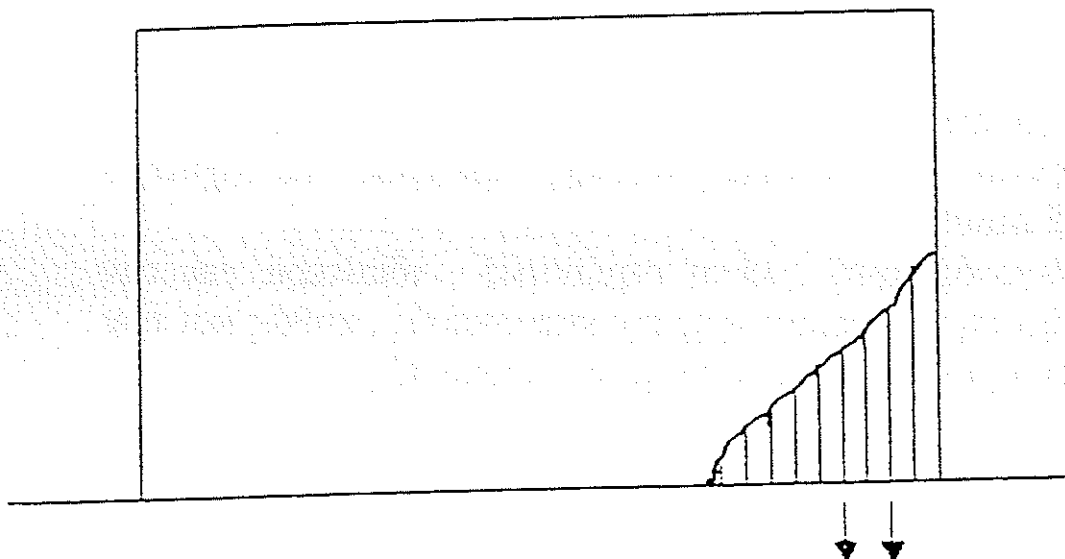
### 3.1.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΒΛΑΒΩΝ ΛΟΓΩ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

(διαφορικές καθιζήσεις, ολισθήσεις, κ.α.)

#### ΚΑΘΙΖΗΣΗ – ΔΙΟΓΚΩΣΗ – ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

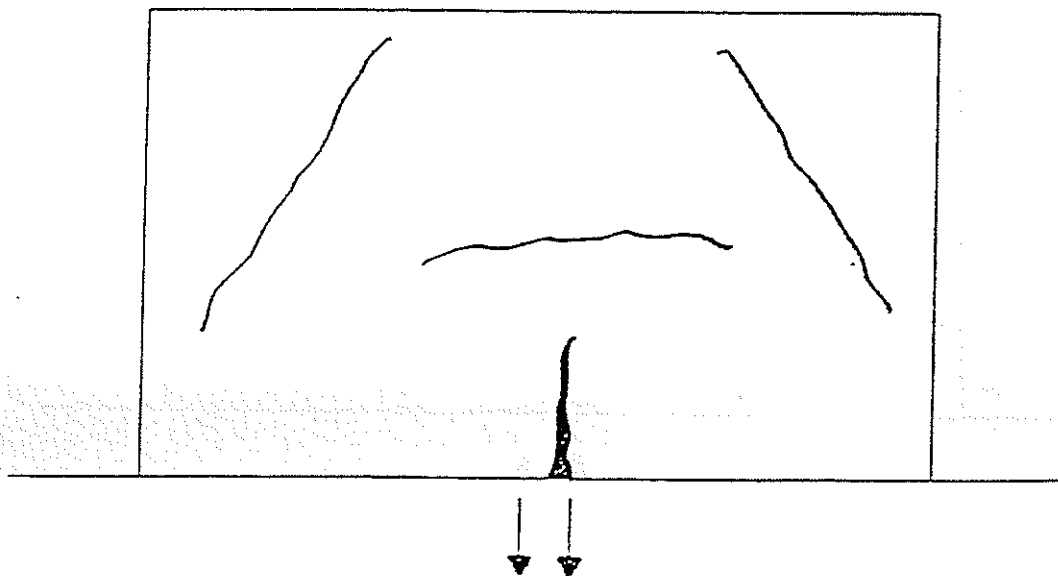
##### 1. ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τοπική καθίζηση του εδάφους
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ: - Μεγάλες κατακόρυφες μετατοπίσεις, εμφανιζόμενες τοπικά σε περιοχές κατά μήκος του κάτω οριζόντιου συνόρου (θεμελίωση) του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία της γωνίας του τοίχου, λόγω εφελκυσμού



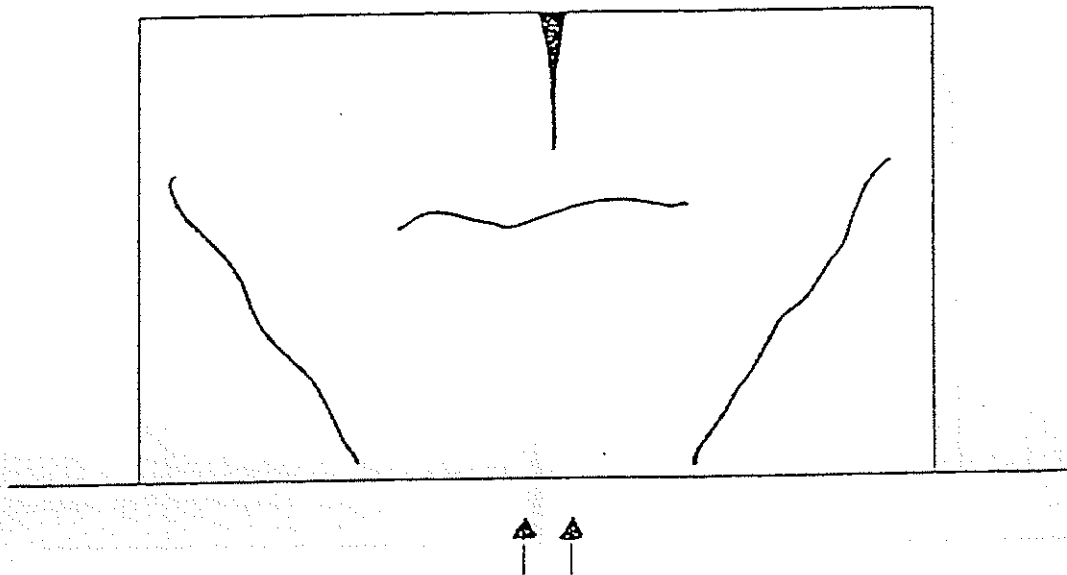
## 2. ΚΑΘΙΖΗΣΗ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τοπική καθίζηση του εδάφους
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ: - Μεγάλες κατακόρυφες μετατοπίσεις , εμφανιζόμενες τοπικά σε περιοχές κατά μήκος του κάτω οριζόντιου συνόρου ( θεμελίωση ) του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία με ρωγμές τύπου | , — , / , και Δ



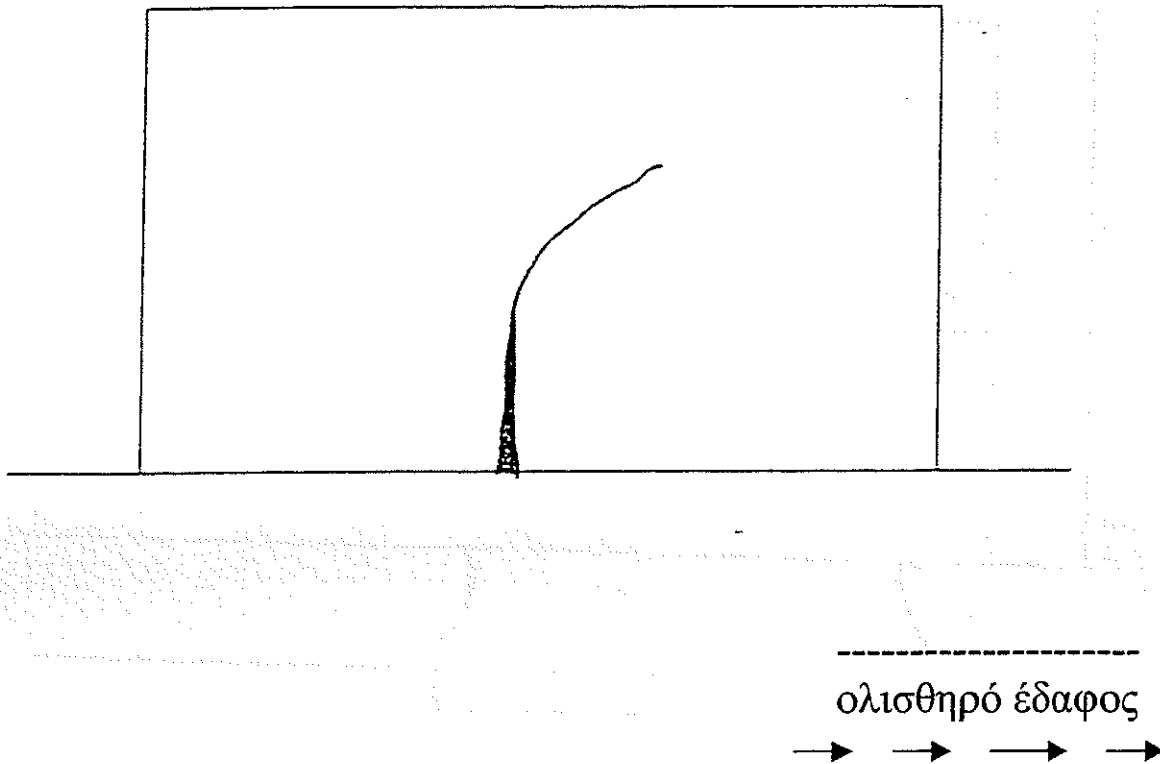
### 3. ΔΙΟΓΚΩΣΗ

- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τοπική διόγκωση
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ: - Μεγάλες κατακόρυφες μετατοπίσεις , εμφανιζόμενες τοπικά σε περιοχές κατά μήκος του κάτω οριζόντιου συνόρου ( θεμελίωση ) του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία με ρωγμές τύπου |, —, ή και V

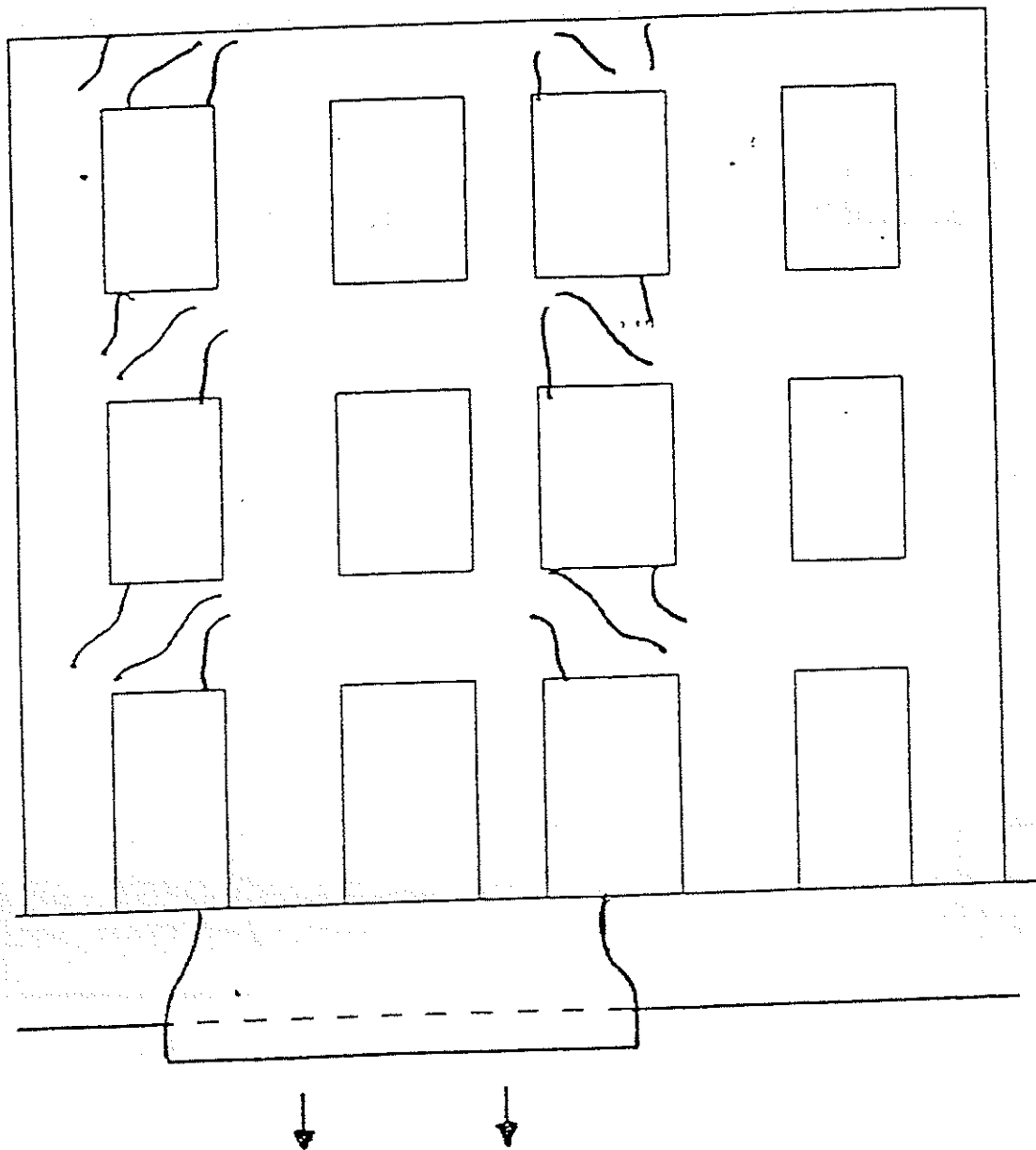


#### 4. ΤΟΠΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ

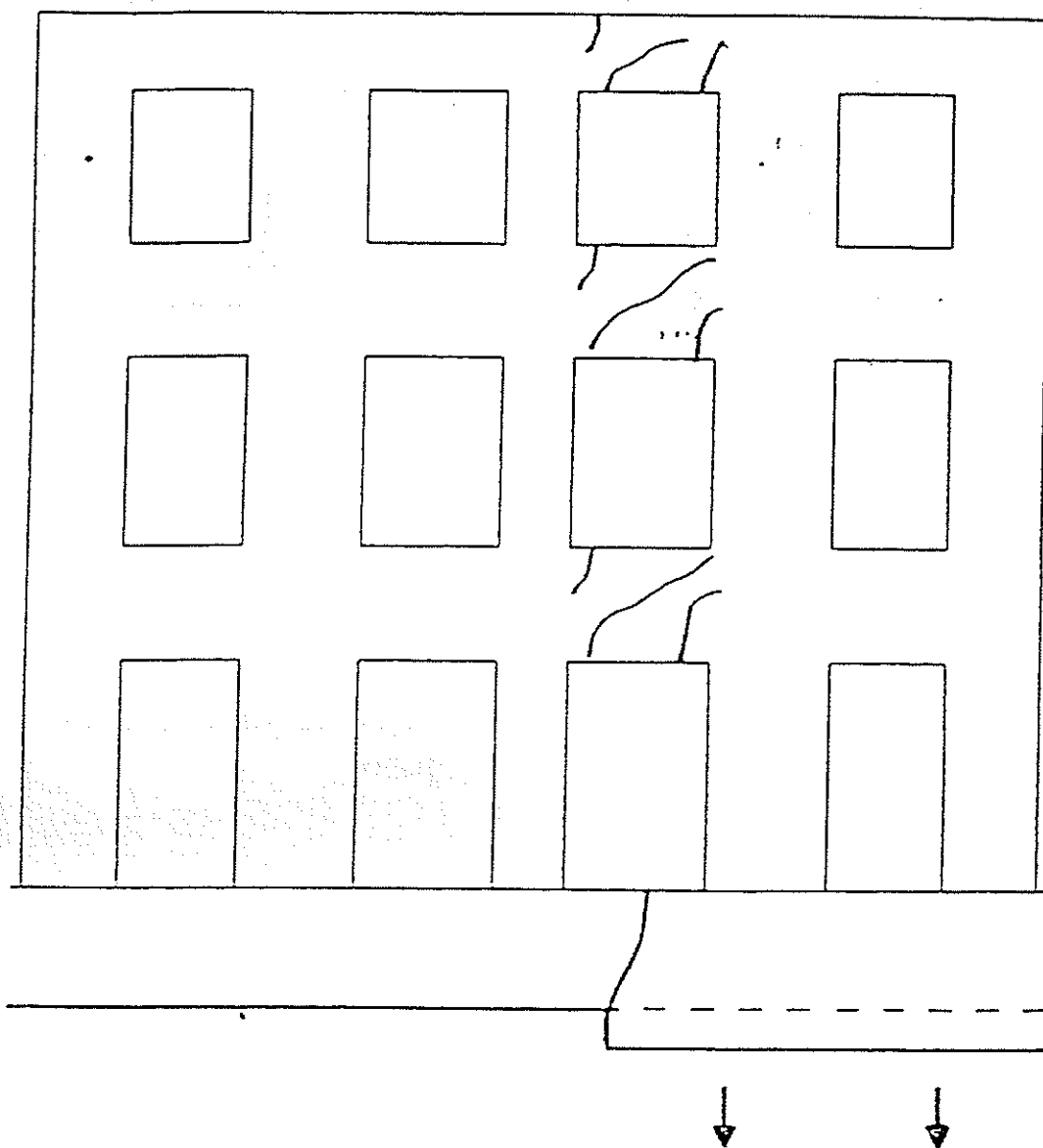
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΙΤΙΑ: - Τοπική ολίσθηση
- ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ: - Μεγάλες κατακόρυφες μετατοπίσεις , εμφανιζόμενες τοπικά σε περιοχές κατά μήκος του κάτω οριζόντιου συνόρου ( θεμελίωση ) του τοίχου
- ΤΥΠΙΚΗ ΒΛΑΒΗ: - Αστοχία με ρωγμές τύπου |, / .



5. ΚΑΘΙΖΗΣΗ : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

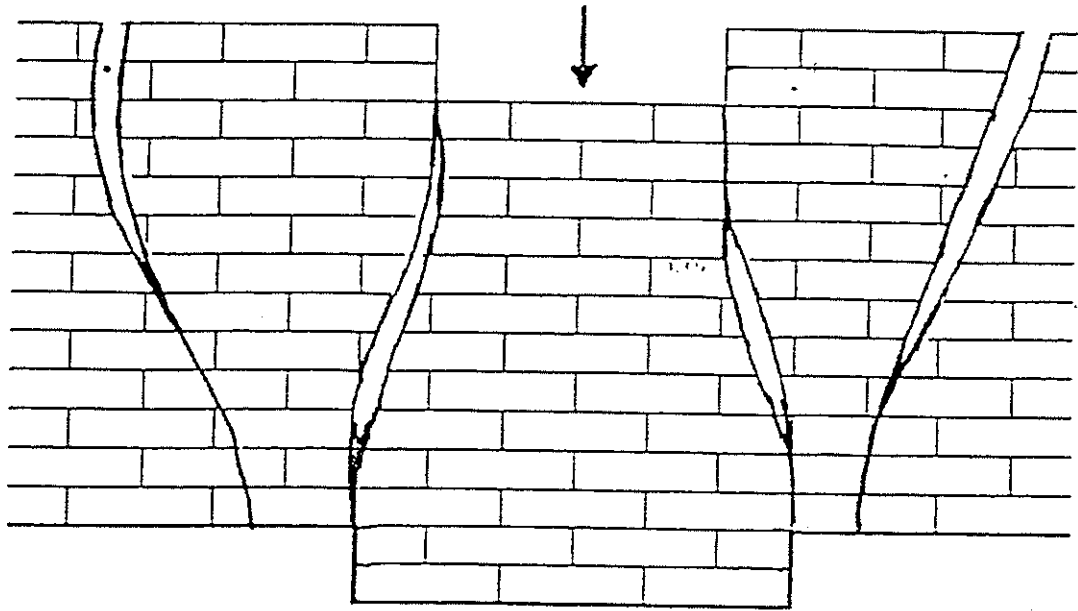


5.1 . ΚΑΘΙΖΗΣΗ : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ( συνέχεια )



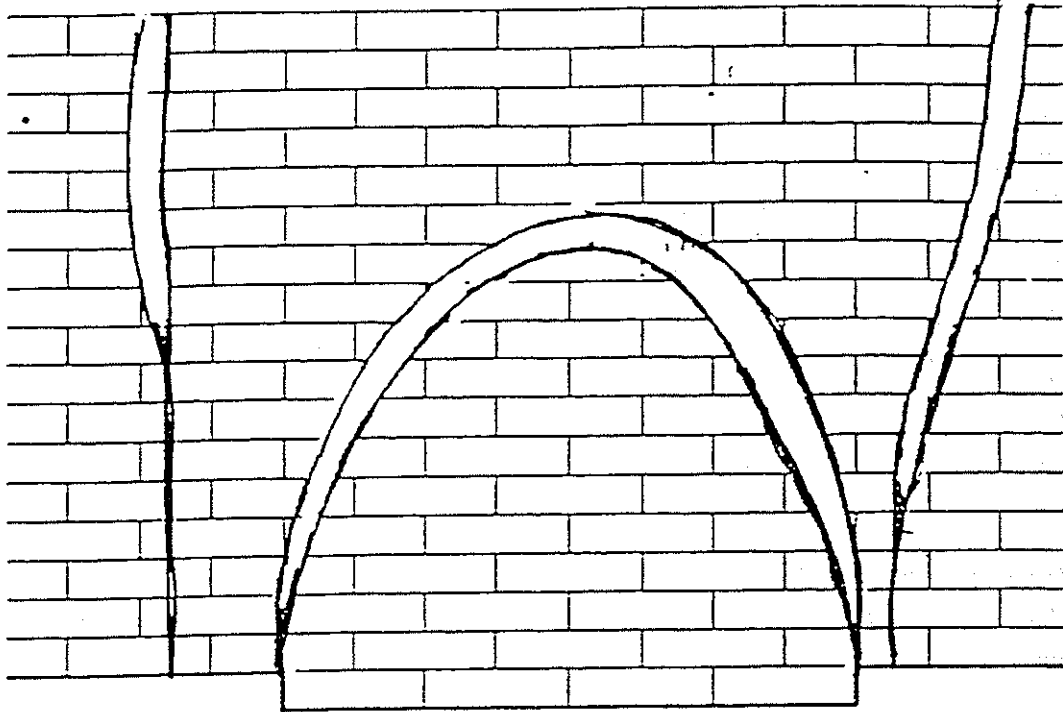


5.2 ΚΑΘΙΖΗΣΗ : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ  
ΕΙΚΟΝΑ (συνέχεια)



(τοίχος σχετικά μεγάλου μήκους).

5.3 ΚΑΘΙΣΗΗ : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ (συνέχεια)



(τοιχος σχετικά μικρού μήκους)



### 3.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΖΗΜΙΩΝ

α) Οι προηγούμενες βλάβες συνοδεύονται συχνά κι απ' τα ακόλουθα φαινόμενα:

- Αποκολλήσεις – αποσυνδέσεις εγκάρσιων τοίχων
- Τοπικά καμπουριάσματα και αποκλίσεις (εκτροπή και των δύο παρειών ή μονόπαντο φούσκωμα , έλλειψη διατόνων – μπατικών λίθων ή πλίνθων)
- Τοπικές κρούσεις και βλάβες από βαρεία πατώματα και στέγες που εδράζονται πλημμελώς (κακή στερέωση ή στερέωση σε μεγάλες αποστάσεις)
- Βλάβες (μέχρι θραύσεως) ξύλινων συνήθως υπέρθυρων , διαζωμάτων , κ.α. συνδέσμων

β) Υπάρχει τέλος μια σημαντική κατηγορία βλαβών, όπως είδη έχουμε αναφέρει, που προέρχονται από χρόνιες φυσικοχημικές δράσεις του νερού κυρίως :

- Κύκλοι δυιγράνσεως και ξηράνσεως (κυρίως αμέσως πάνω απ' το έδαφος θεμελιώσεως )
- Υγροποίηση υδρατμών στο εσωτερικό τοιχοποιίας και ενδεχόμενο κατοπινό πάγωμα (διαστολή)
- Ασυμβατότητα συστολοδιαστολών λιθοσώματος και κονιάματος
- Μηχανική διάβρωση απ' τα νερά της βροχής.
- Διάβρωση ενσωματωμένων υλικών (σίδηρο, ξύλο)
- Ασυμβατότητα χρόνιων συνιζήσεων διαφόρων δομικών μερών της τοιχοποιίας (κυρίως σε τμήματα διαφορετικής ηλικίας κατασκευής)
- Αγριοφυτείες πάνω ή δίπλα σε τοίχους (μηχανική δράση ριζών)

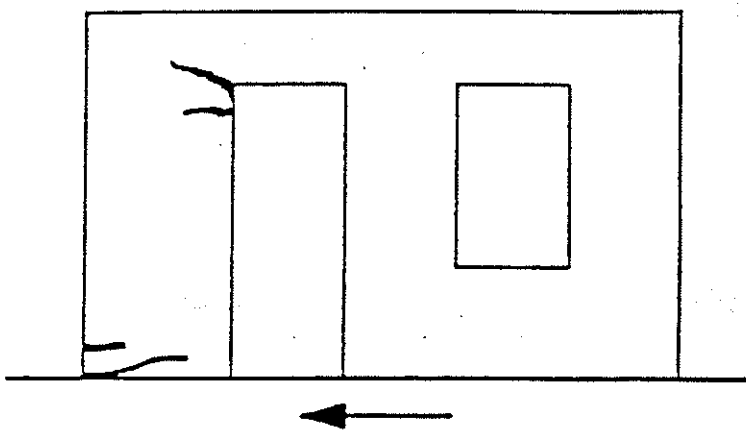
γ) Ακολουθεί μια σειρά από σκαριφήματα στα οποία συγκεφαλαιώνονται οι ζημιές που συμβαίνουν σε φέρουσες τοιχοποιίες κυρίως από σεισμό και εδαφοτεχνικές παρενέργειες.

## Βλάβες πεσσών

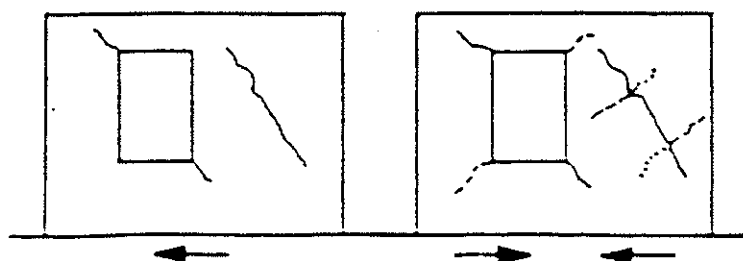
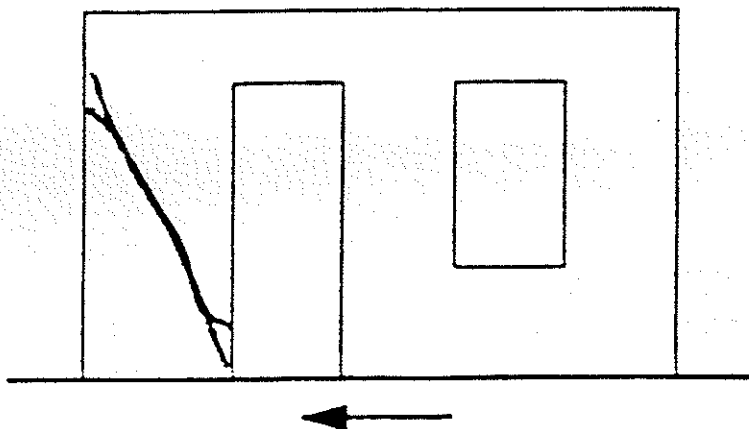
Όχι συχνή μορφή

(Προϋποτίθεται καλή δόμηση και κατάσταση του τοιχώματος, καθώς επίσης και καλή λειτουργία δαπέδων/στεγών)

- Κάμψη πεσσών (οριζόντιες ρωγμές)

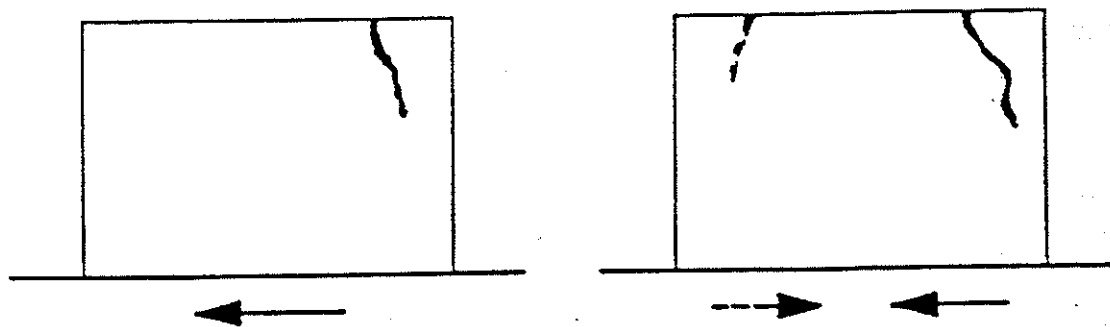


- Διάτμηση πεσσών (λοξές ή χιαστί ρωγμές)

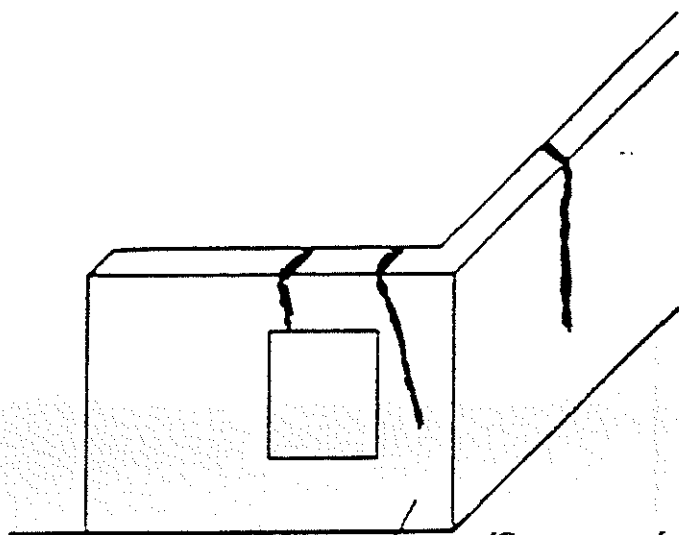


Κατακόρυφα εφελκυστικά ρήγματα  
(στο πάνω μέρος των τοίχων, επιρροή άλλων στοιχείων).

- Πλημμελής έδραση δαπέδων/στεγών  
(κακή στερέωση ή και κατά μεγάλες αποστάσεις)



- Δράση εγκαρσίων τοίχων – Ένταση διαμήκων τοίχων



Όχι συχνή μορφή.

Προϋποτίθεται ισχυρή σύνδεση τοίχων ή και ισχυρά και καλοαγκυρωμένα δάπεδα /στέγες.

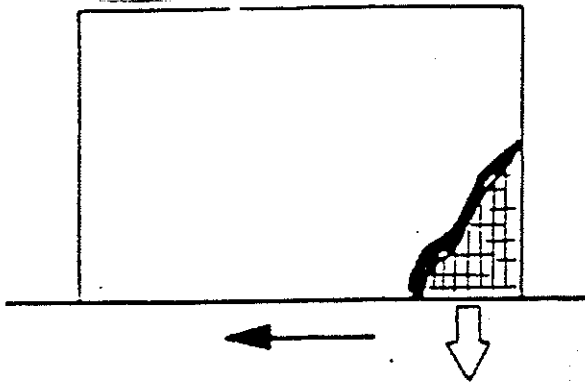
**ΑΛΛΙΩΣ:**

Αποκόλληση –αποσύνδεση εγκαρσίων τοίχων

(πολύ συχνή μορφή).

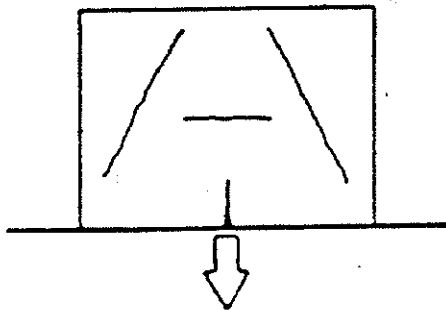
Κατακόρυφα εφελκυστικά ρήγματα  
(στο κάτω μέρος των τοίχων, επιρροή εδάφους)

- Τοπική καθίζηση

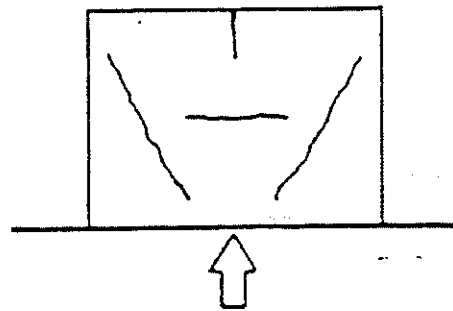


(κατάρρευση γωνίας)

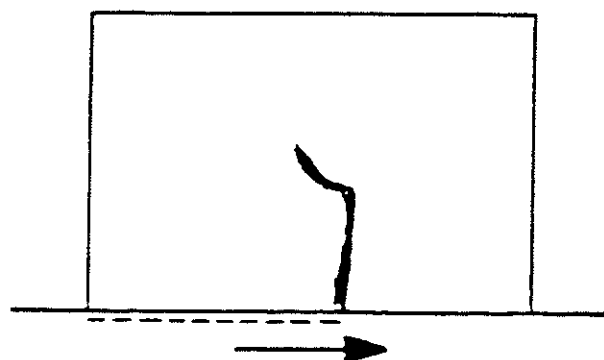
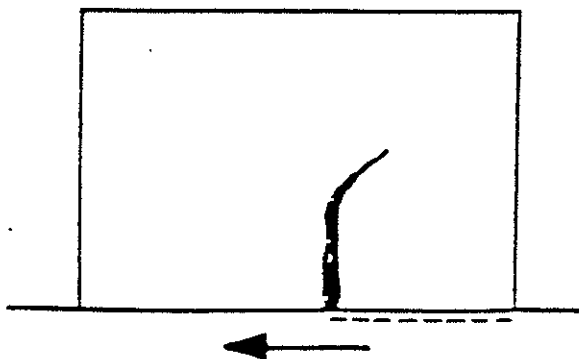
**ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣΜΟ:**  
Καθίζηση στο μέσο



διόγκωση στο μέσο

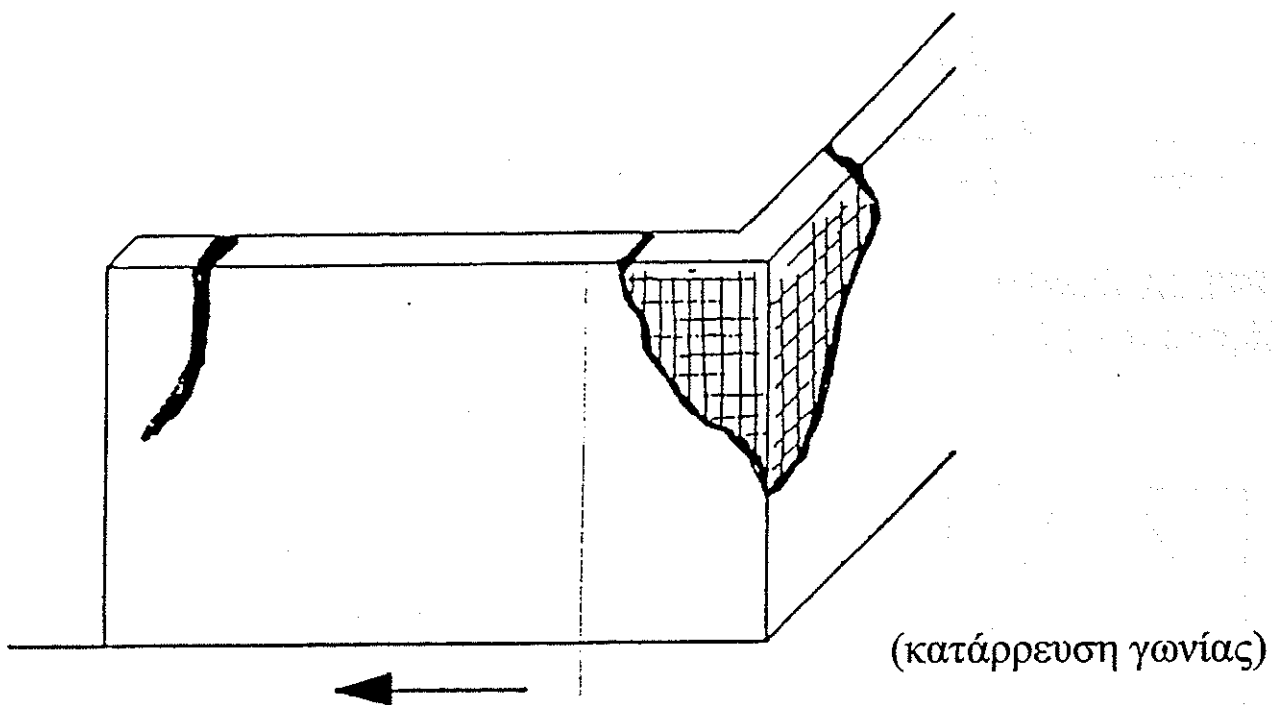


- Τοπική ολίσθηση

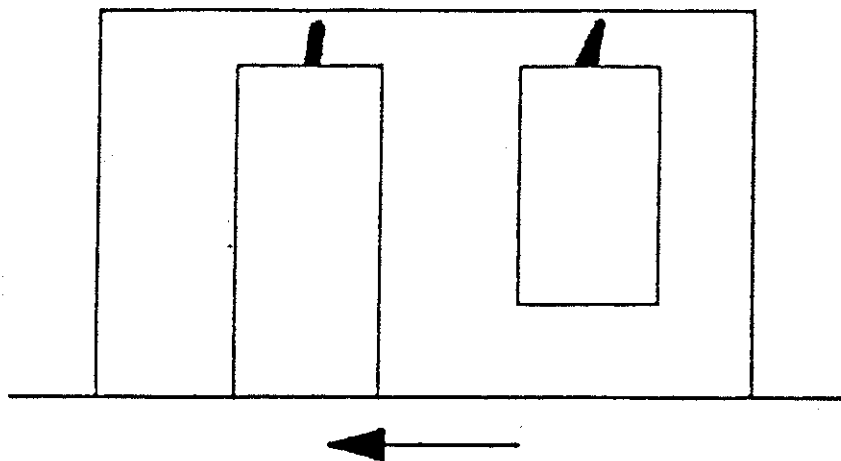


Βλάβες λόγω ισχυρής κατακόρυφης συνιστώσας σεισμού  
(περιοχές κοντά στο επίκεντρο)

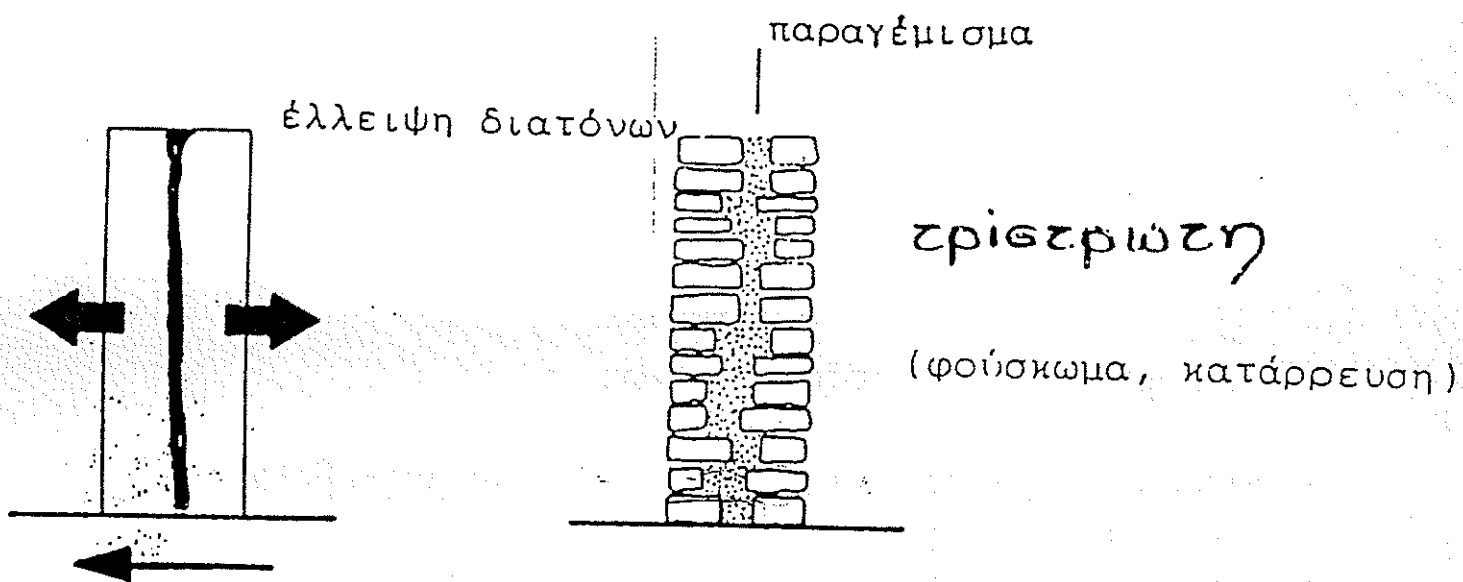
- Ισχυρές διατμητικές τάσεις  
(διαφορετικά χαρακτηριστικά για το κυρίως τοίχωμα)



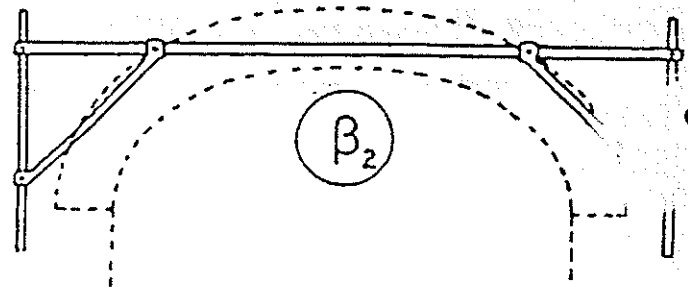
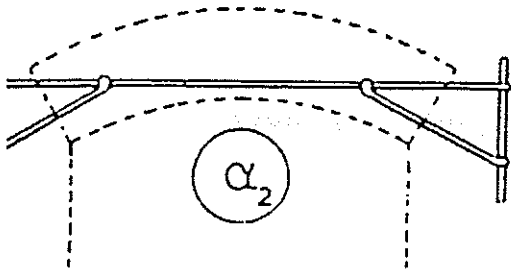
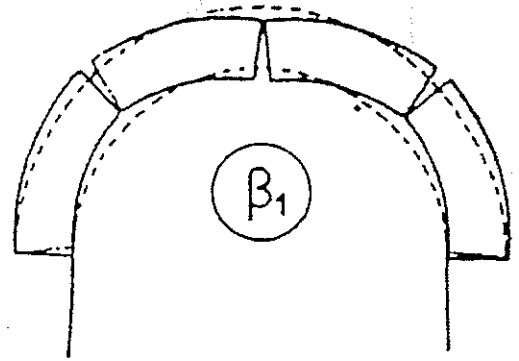
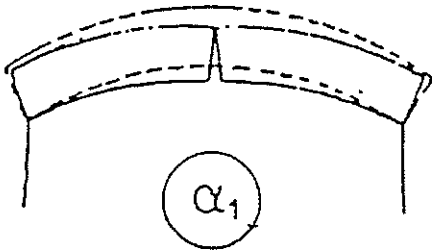
- Κατακόρυφη δράση  
(ρωγμές στα υπέρθυρα)



- Εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις διαρρήξεως  
(έλλειψη εμπλοκής τοιχοσωμάτων, ανεξάρτητη δόμηση παρειών)







Χαρακτηριστικές ζημίες τόξων , αψίδων:

- Κίνδυνος ενδόσεως ( και βλάβες ) αψίδων με μικρό βέλος (α) ή με μεγάλο βέλος (β).
- Ενδεικτική διάταξη ( σε σκόπιμες θέσεις) ενσωματωμένων σιδερένιων ελκυστήρων.

.....κατά τις ανακατασκευές

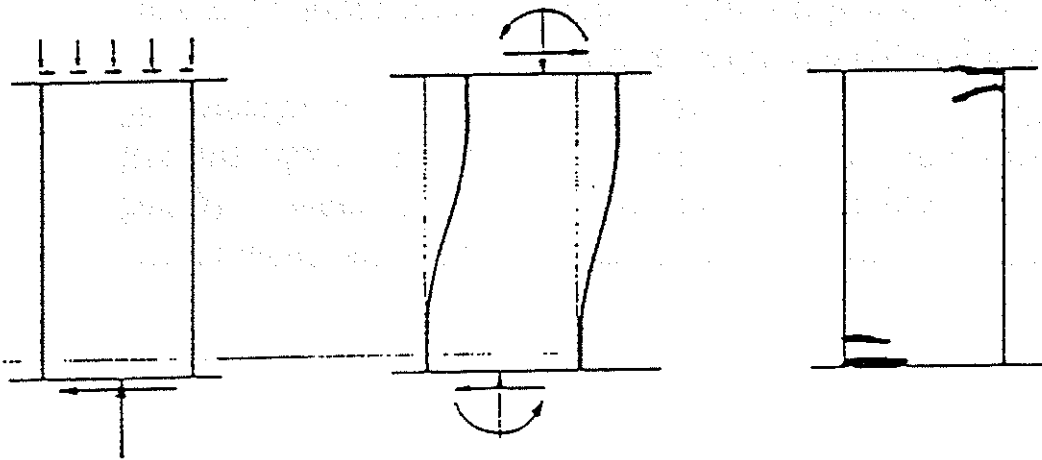
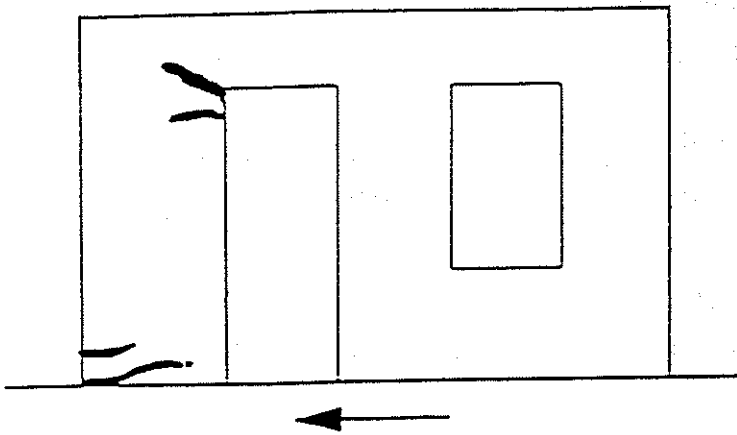
#### 4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

Στα επόμενα σκαριφήματα, συγκεφαλαιώνεται και πάλι οι βλάβες που συμβαίνουν σε φέρουσες τοιχοποιίες, κυρίως λόγω σεισμού και εδαφικών παρενεργειών. Επιχειρείται μια ποιοτική ερμηνεία των μηχανισμών αστοχίας, απαραίτητη για την κατανόηση των προβλημάτων και για την ορθολογική αποτίμηση της καταστάσεως των κατασκευών.

Σημειώνεται πάντως, ότι βασική παράμετρος για την προσέγγιση του πραγματικού μηχανισμού που οδήγησε στην βλάβη και για την λογιστική αναπαραγωγή της παθολογικής εικόνας, είναι και η συνεκτίμηση του ρόλου της ποιότητας δομήσεως της κατασκευής και η συνεκτίμηση της επιρροής των άλλων στοιχείων στην συμπεριφορά του υπόψη δομικού στοιχείου (π.χ. επιρροή άλλων τοίχων, επιρροή δαπέδων/στεγών, κ.ά.).

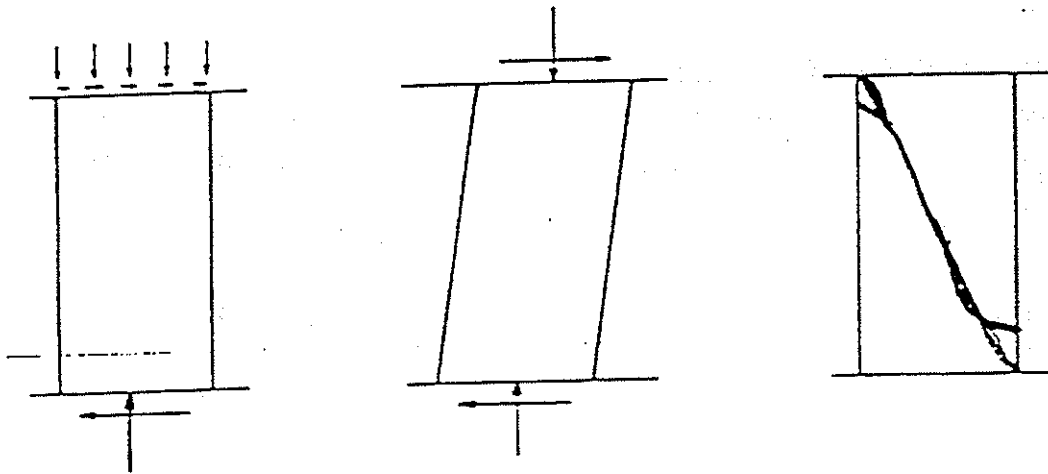
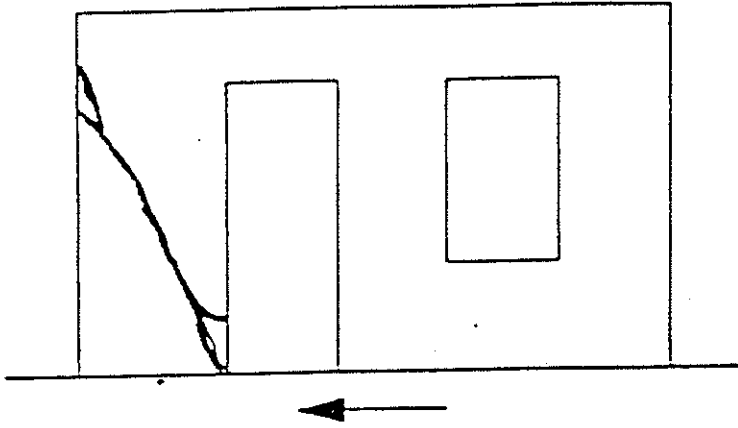
Έτσι, οι μηχανισμοί αστοχίας των μεμονωμένων στοιχείων της κατασκευής συνδέονται και με την απόκριση και με την έμμεση δράση των υπολοίπων δομητικών στοιχείων (όπως χαρακτηριστικά παρουσιάζεται και στα παρακάτω σκαριφήματα).

## Κάμψη πεσσών ( οριζόντιες ρ. )

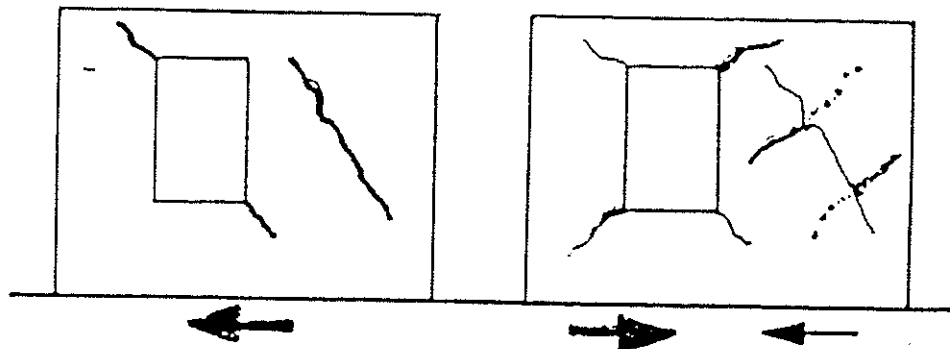


- Πλήρης καμπτική δράση του πεσσού ( για  $h_w > 2 \div 4 l_w$  )
- Πλήρης διαφραγματική λειτουργία του δαπέδου ή της στέγης.

Διάτμηση πεσσών ( λοξές ρ.)



- Πλήρης καμπτική δράση του πεσσού ( για  $h_w > 1 \div 2 l_w$  )
- Πλήρης διαφραγματική λειτουργία του δαπέδου ή της στέγης.

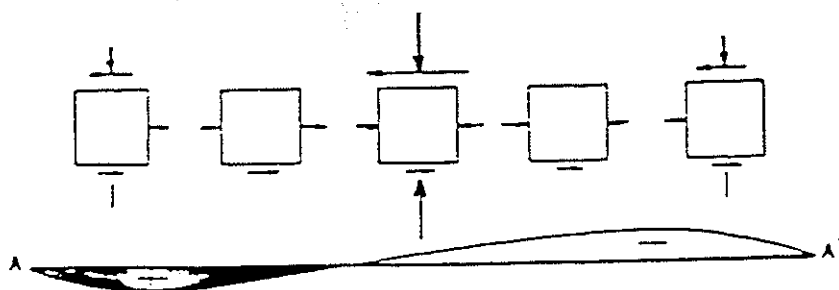
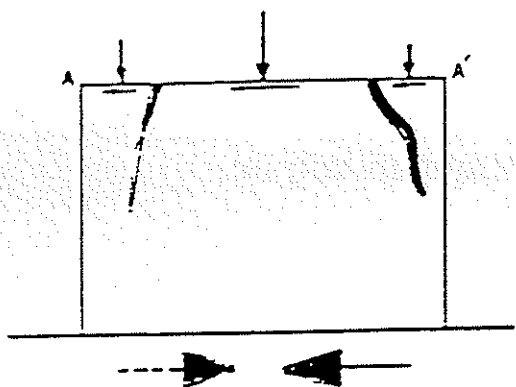
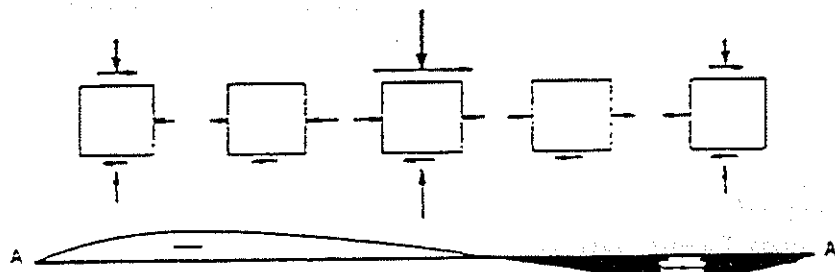
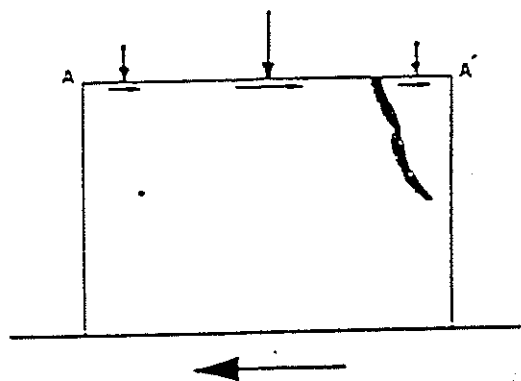


- Το τοίχωμα λειτουργεί ως δίσκος .
- Η ανακυκλιζόμενη δράση του σεισμού έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία των χαρακτηριστικών ρηγματώσεων του σκαριφήματος .

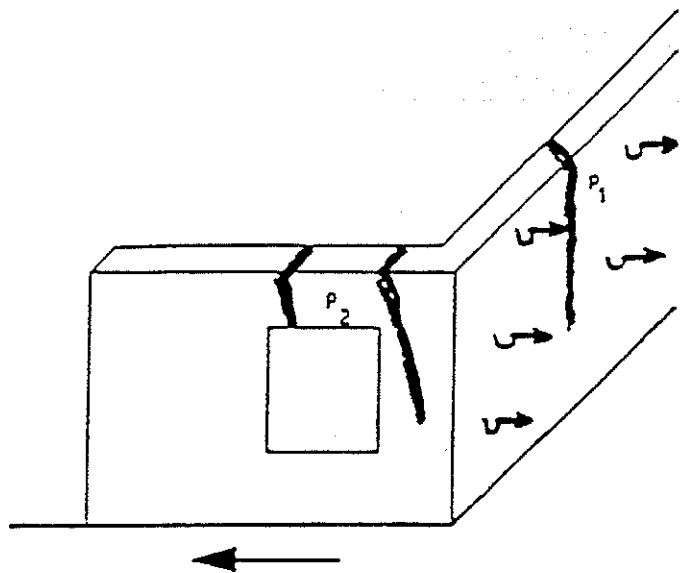
( Προϋποτίθεται καλή δόμηση του τοιχώματος και καλή λειτουργία δαπέδου – στέγης ).

Πλημελής έδραση δαπέδων – στεγών  
( στερέωση κακή ή κατά μεγάλες αποστάσεις )

Τα ρήγματα εμφανίζονται , συνήθως , αμέσως μετά την πρώτη έδραση – θέση αναπτύξεως συγκεντρωμένων δράσεων.

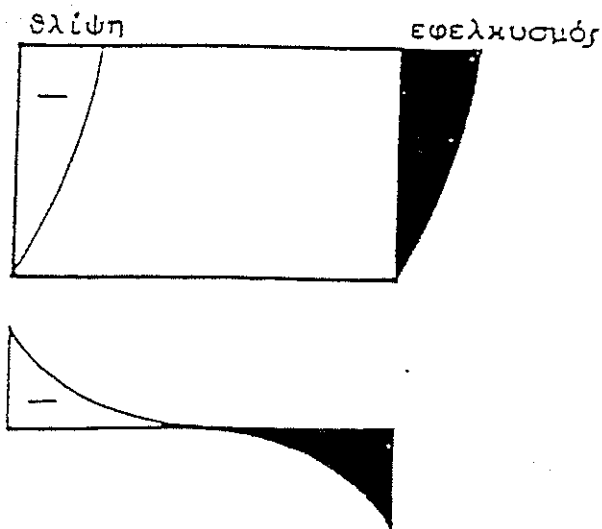


## Σχέση εγκάρσιων – διαμήκων τοίχων

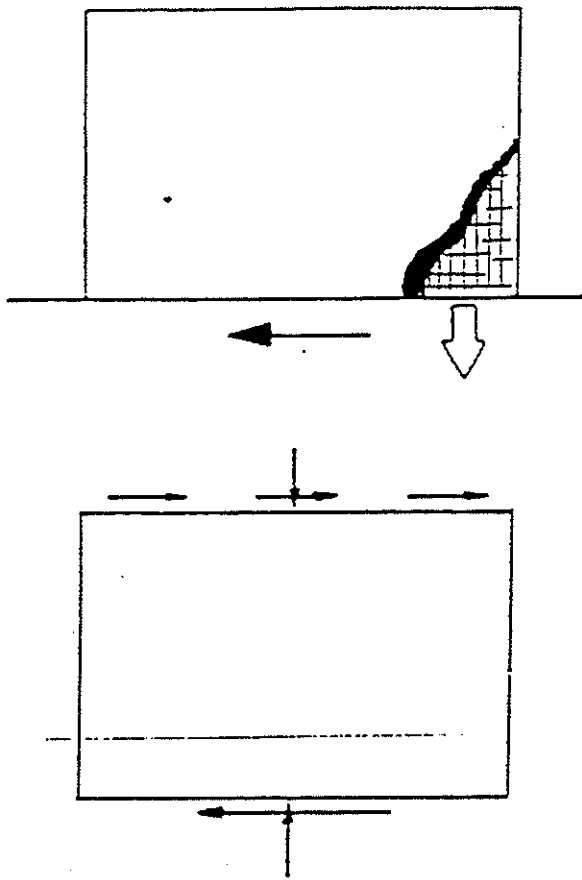


Προσοχή:  
Ίδιες ρωγμές αλλά λόγω άλλου αιτίου

- Εγκάρσιοι τοίχοι : ρωγμές  $\rho$   
Κάμψη ( ως τριέριστες, μάλλον πλάκες ) υπό την επενέργεια αδρανειακών δυνάμεων ( που οφείλονται στην ίδια την μάζα τους ) που δρουν κάθετα προς το επίπεδο του τοίχου.
- Διαμήκεις τοίχοι: Ρωγμές  $\rho =$   
Πρόσθετη ένταση απ' τις αντιδράσεις των εγκάρσιων τοίχων.

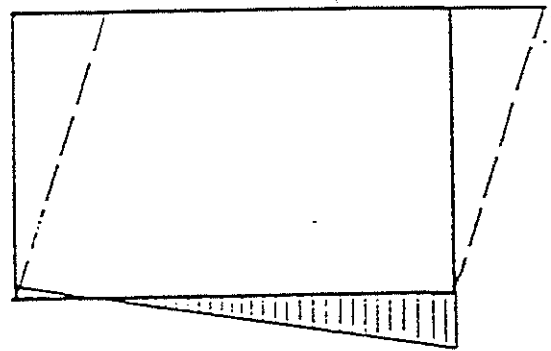


- Τοπική καθίζηση

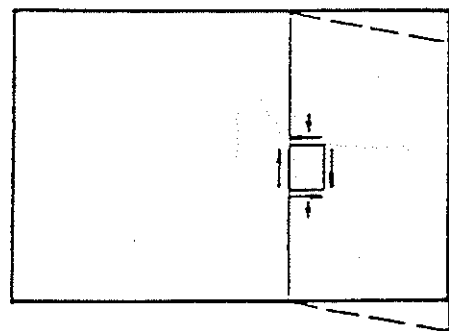


« Κάτω » κατάρρευση γωνίας

Προσοχή : «πάνω»



Ορθή ένταση υπέρβαση  
αντοχής εδάφους  
υποχώρηση



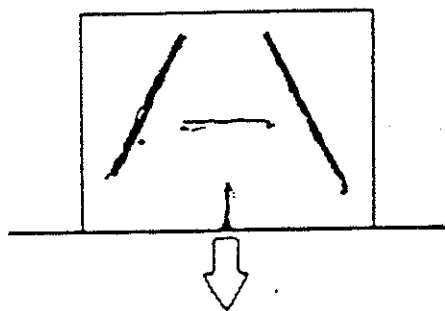
καθίζηση



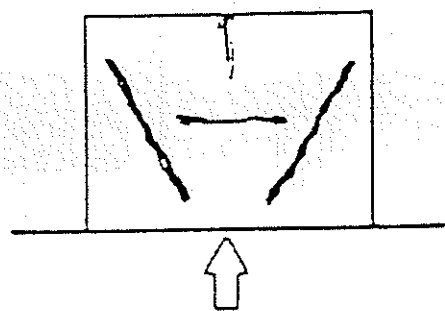


## ΧΩΡΙΣ ΣΕΙΣΜΟ :

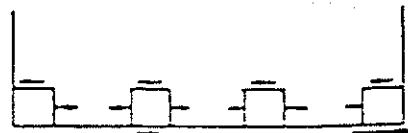
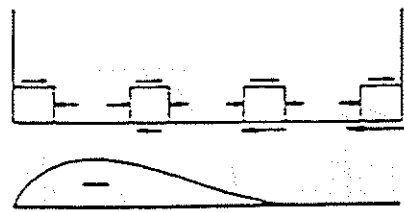
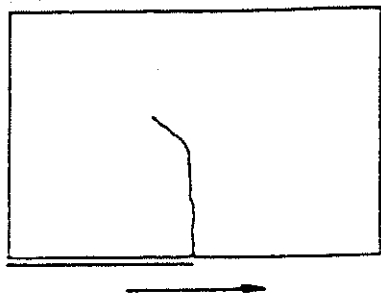
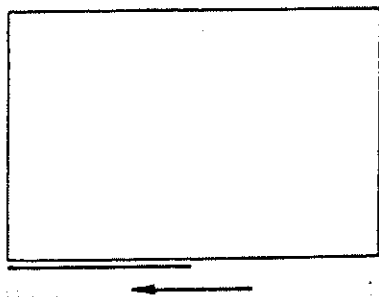
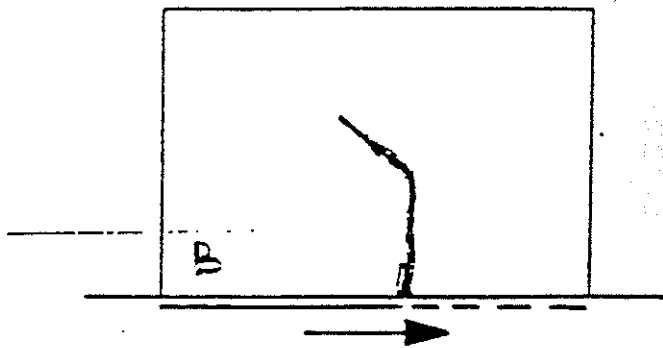
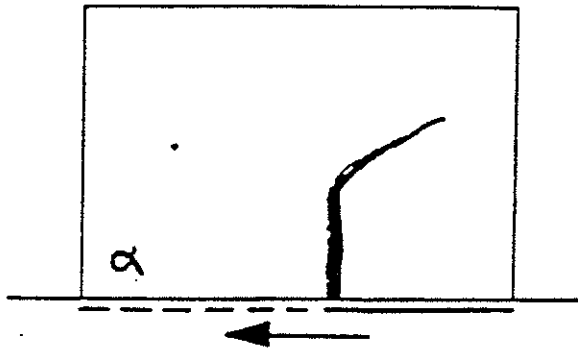
- Καθίζηση στο μέσο



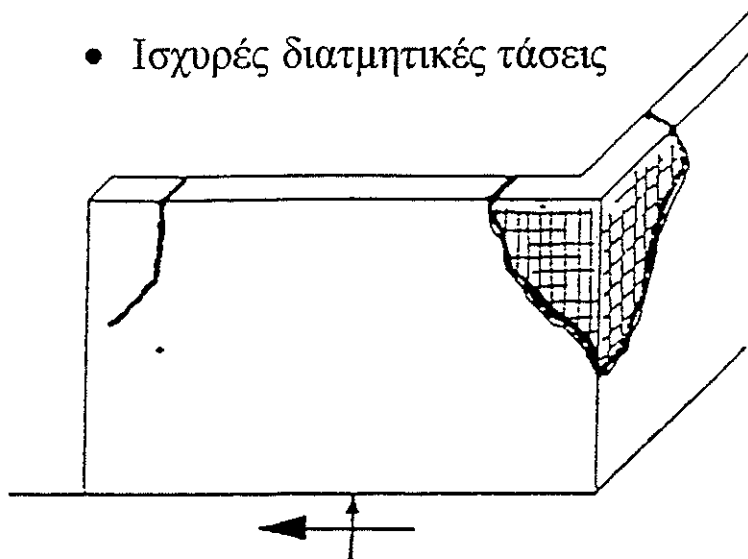
- Διόγκωση στο μέσο



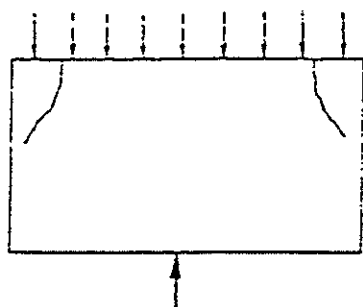
- Τοπική ολίσθηση



- Ισχυρές διατμητικές τάσεις

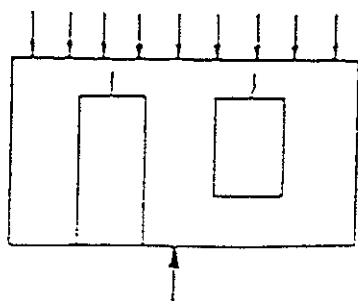
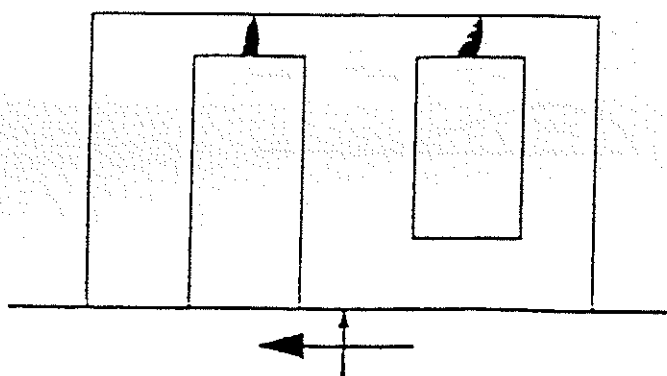


(κατάρρευση γωνίας)



εγκάρσιες/εξελχυστικές τάσεις

- Κατακόρυφη κάμψη  
(ρωγμές στα υπέρθυρα)



ένταση δοκών - ανωλίων

## **5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ – ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΒΛΑΒΩΝ**

Η ταξινόμηση – κατάταξη των βλαβών και της παθολογικής εικόνας των τοιχοδομών περιλαμβάνει:

- Τους τυπικούς βαθμούς ( στάθμες ) βλάβης , που αναφέρονται σε μεμονωμένα δομικά στοιχεία και συνδέονται άμεσα με τα απομένοντα περιθώρια ασφαλείας – λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας γι' αυτά τα βλαμμένα στοιχεία , και
- Τον χαρακτήρα των βλαβών , που αναφέρεται στην κατασκευή ως σύνολο και συνδέεται με την απόκριση της κατασκευής και με την λήψη αποφάσεων (ανάγκη για άμεσα μέτρα, επιλογή υλικών / τεχνικών επεμβάσεων, κ.ά. ).

### **5.1 ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ (ΕΝΤΑΣΗ ΒΛΑΒΗΣ )**

#### **5.1.1 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ**

Προβλήματα υπεδάφους ή και θεμελίων, όπως π.χ. καθιζήσεις , ολισθήσεις , ανησυχητική μορφολογία ρηγματώσεων ανωδομής, κ.ά. , θεωρούνται επικίνδυνες βλάβες για την ασφάλεια της κατασκευής ως σύνολου. Απαιτείται ιδιαίτερη και προσεκτική αντιμετώπιση και επιβάλλεται προσφυγή σε ειδικές μεθόδους αποτιμήσεως και επεμβάσεων.

## 5.1.2 ΑΝΩΔΟΜΗ

### 5.1.2.1 ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

#### ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Ελαφρές βλάβες, βαθμού «Α»:

Μεμονωμένες απλές ρωγμές, κατακόρυφες ή οριζόντιες, μάλλον τριχοειδείς.

- Ελαφρές βλάβες, βαθμού «Β»

Μεμονωμένες λοξές ρωγμές ή πολλές απλές ρωγμές.

Άνοιγμα ρωγμών < 1mm, μήκος ρωγμών < 1m.

- Σοβαρές βλάβες, βαθμού «Γ»:

Έντονη ρηγμάτωση μεγάλου πλάτους, συγκοινωνούντα ρήγματα.

Άνοιγμα ρωγμών > 2 mm, μήκος ρωγμών > 2 m.

Οι παραμένουσες παραμορφώσεις, μετακινήσεις και αποκλίσεις είναι ανεπαίσθητες.

- Βαρειές βλάβες, βαθμού «Δ»:

Διακοπή συνεχείας και τοπική αποδιοργάνωση του στοιχείου, βλάβη διαζωμάτων.

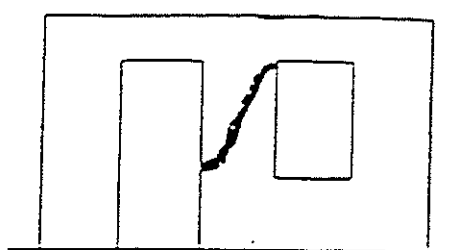
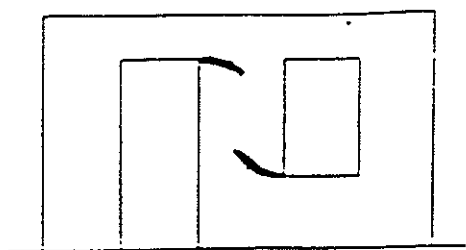
Άνοιγμα ρωγμών > 5mm.

Οι παραμένουσες παραμορφώσεις, μετακινήσεις και αποκλίσεις είναι πολύ μικρές.

- Πολύ βαρειές βλάβες, βαθμού «Ε»:

Παρατηρούνται μετακινήσεις τοιχοσωμάτων ή και τεμαχών τοίχων, θραύσεις και αποκολλήσεις ή τοπικές καταρρεύσεις.

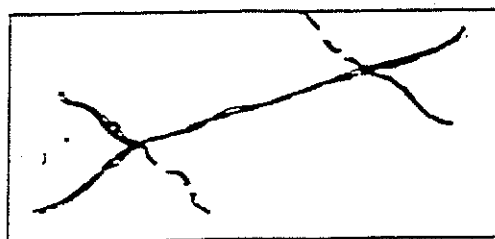
Οι ελαφρές βλάβες θεωρείται ότι έχουν περιορισμένη σπουδαιότητα ( εκτός και αν παρουσιάζονται σε πολλά στοιχεία ) , ενώ οι σοβαρές και οι βαρειές βλάβες θεωρείται ότι επηρεάζουν την ασφάλεια της όλης κατασκευής ( ακόμη και αν παρουσιάζονται σε λίγα στοιχεία ).



ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ «Α»

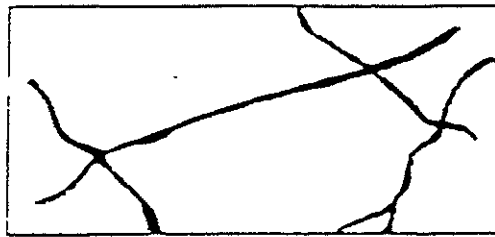
ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ «Β»

ΕΛΑΦΡΕΣ ΒΛΑΒΕΣ  $hw < 2mm$  , μήκος  $< 1m$   
( μάλλον μεμονωμένες ρωγμές )



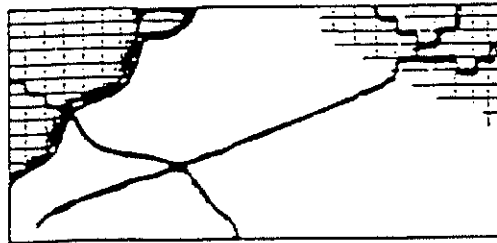
ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ «Γ»

ΣΟΒΑΡΕΣ ΒΛΑΒΕΣ  $hw < 2mm$  , μήκος  $< 2m$   
( θλιπτοδιατμητική θραύση )



ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ «Δ»

ΒΑΡΕΙΕΣ ΒΛΑΒΕΣ  $hw < 5mm$   
( λύση συνέχειας, αποδιοργάνωση )



ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ «Ε»

ΠΟΛΥ ΒΑΡΕΙΕΣ ΒΛΑΒΕΣ  
( μετακινήσεις / καταρρεύσεις )

ΤΥΠΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΒΛΑΒΗΣ

## ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΦΕΡΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για τα δάπεδα ( σύνθετα με δοκούς ή ολόσωμα ) και για τα συστήματα στεγών , διακρίνονται , κυρίως , καμπτικές βλάβες, με μικρές έως μεγάλες παραμορφώσεις ( που συνοδεύονται και από βλάβες του οργανισμού συμπληρώσεως ).

Σε περίπτωση σεισμού είναι συνηθισμένα τα προβλήματα διαφραγματικής λειτουργίας ή και μεταφοράς δυνάμεων στον σκελετό, με ελεφρές έως βαρείες αποσυνδέσεις και βλάβες των εδράσεων.



### 5.1.2.2 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

Για τους διαχωριστικούς τοίχους (λεπτές οπτοπλινθοδομές ή τσατμαδότοιχοι/ μπαγδατότοιχοι) , διακρίνονται , κυρίως , διατμητικές βλάβες , με ελαφρές έως βαρείες ρηγματώσεις , με αποκολλήσεις – αποσυνδέσεις διαχωριστικών τοίχων και σκελετού, με ζημιές στα διακοσμητικά στοιχεία και στις εγκαταστάσεις, κ.ά.

Σε περίπτωση σεισμού είναι συνηθισμένα τα προβλήματα αποδιοργάνωσης του οργανισμού συμπλήρωσεως, με ελαφρές έως βαρείες βλάβες και ρωγμές.

### 5.1.2.3.ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ , ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.

Γι' αυτά τα στοιχεία μιας κατασκευής δεν διακρίνονται τυπικοί βαθμοί ( στάθμες ) βλάβης.

Η ταξινόμηση – κατάταξη των βλαβών τους γίνεται ανάλογα με το αν είναι τοπικού , μερικού ή γενικού χαρακτήρα, όπως παρουσιάζεται στην αμέσως επόμενη παράγραφο.

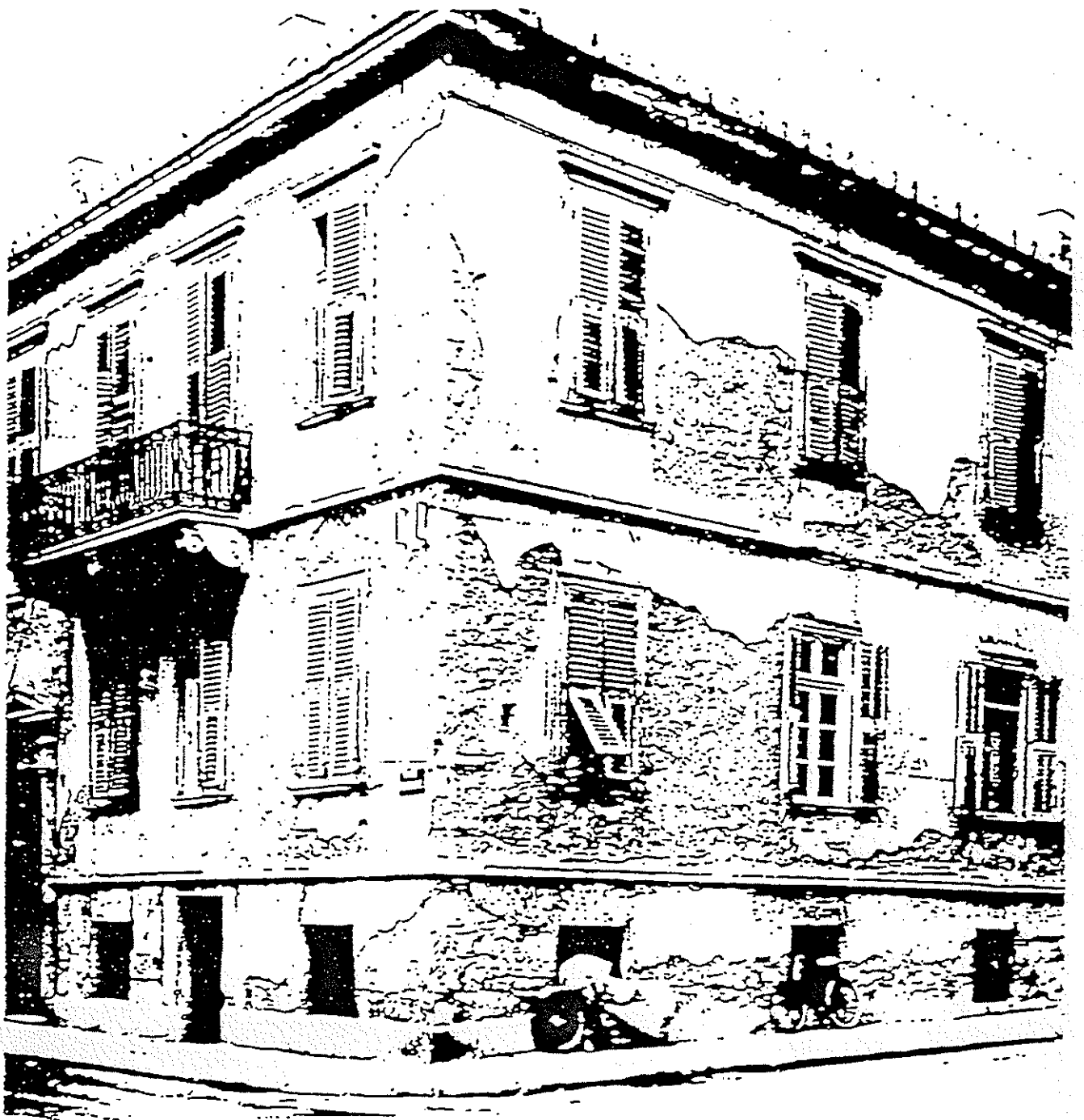
## 5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ ( ΕΚΤΑΣΗ ΒΛΑΒΩΝ)

- Βλάβες γενικού χαρακτήρα ( καθολικές ) για τον οργανισμό ( φέροντα ή πληρώσεως ) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εκτείνονται σε όλα, σχεδόν, τα στοιχεία του οργανισμού.
- Βλάβες μερικού χαρακτήρα για τον οργανισμό ( φέροντα ή πληρώσεως ) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εκτείνονται σε ποσοστό 1/3 έως 2/3 του συνόλου των στοιχείων του οργανισμού.
- Βλάβες τοπικού χαρακτήρα για τον οργανισμό ( φέροντα ή πληρώσεως ) ενός ορόφου θεωρούνται αυτές που εμφανίζονται σε μεμονωμένα, μάλλον, στοιχεία του οργανισμού.

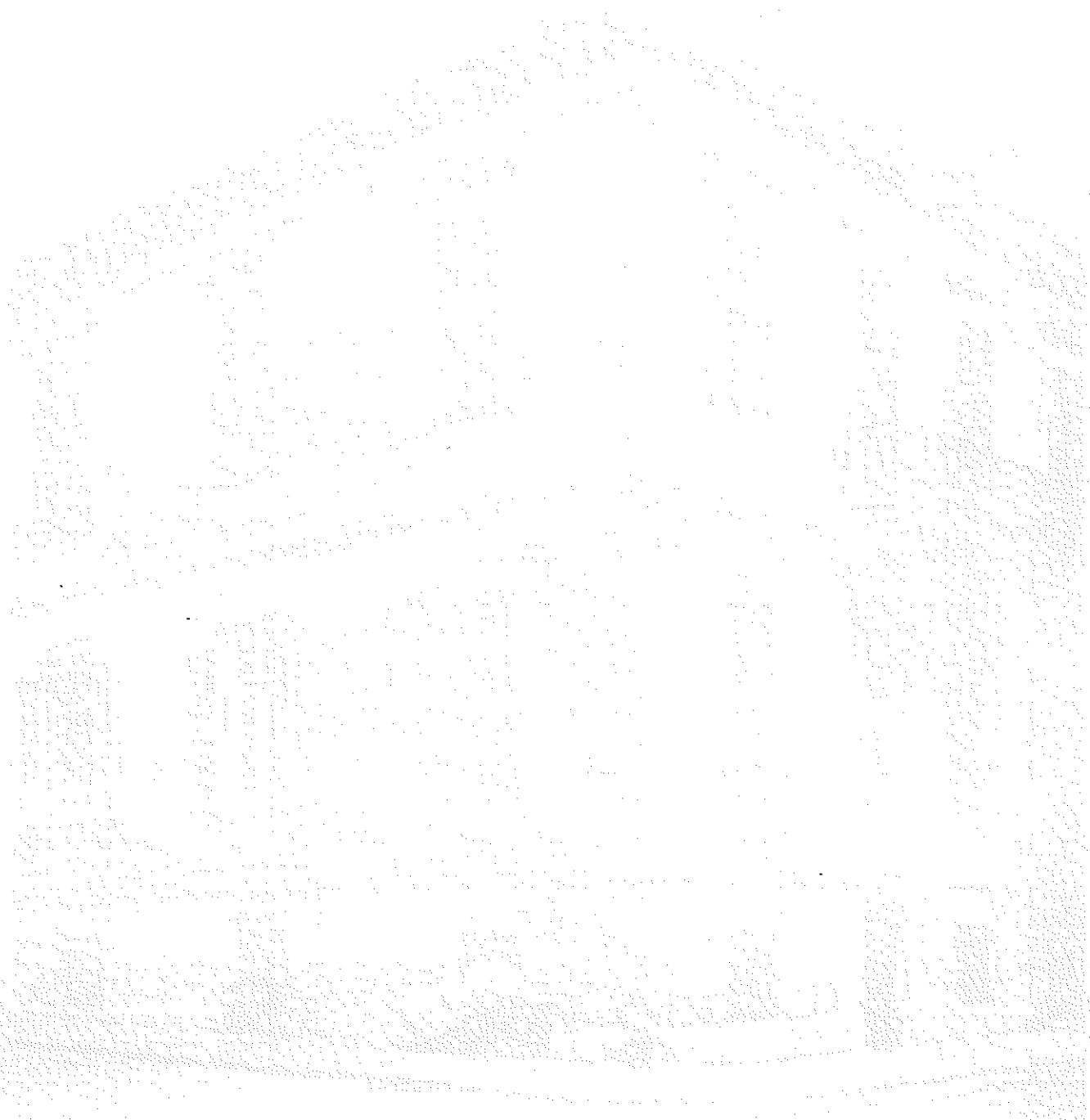
Ο χαρακτήρας των βλαβών, όσον αφορά δευτερεύοντα στοιχεία ενός κτιρίου ( δευτερεύουσες κατασκευές , διακοσμητικά στοιχεία, υλικά εγκαταστάσεων, κλπ) εξαρτάται απ' την επιρροή των βλαβών στην λειτουργικότητα των στοιχείων της βλάβης του οργανισμού πληρώσεως, με τον οποίο ( συνήθως) «συνδέονται» τα δευτερεύοντα αυτά στοιχεία.



КААН ГЕНІКН КАТАСТАЕН



Х А К Н Г Е Н И К Н К А Т А С Т Р О Ф



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ**

1944-1945

1944-1945

## 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ

### 1. 1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Οι σύγχρονες μέθοδοι ανάλυσης , που έχουν γενικά αναπτυχθεί επάνω σε αφηρημένα μαθηματικά προσομοιώματα , θα πρέπει να εφαρμόζονται με πολύ μεγάλη προσοχή στις κατασκευές από τοιχοποιία .

Για τις σύγχρονες κατασκευές, με τα νέα βιομηχανικά υλικά ( οπλισμένο σκυρόδεμα , χάλυβας κλπ) , δεδομένου του γεγονότος ότι τα χαρακτηριστικά υλικών και μελών είναι ομοιόμορφα και σχεδόν πλήρως γνωστά , είναι συνήθως δυνατή η ανάπτυξη ενός αξιόπιστου μαθηματικού προσομοιώματος.

Στην περίπτωση της τοιχοποιίας, και ειδικά στην περίπτωση της παραδοσιακής , μοιάζει να χρειάζεται ακόμη μακρά έρευνα, ώσπου να προσεγγισθεί ένα αντίστοιχο επίπεδο αξιοπιστίας.

Οι μέθοδοι ελαστικής ανάλυσης κατασκευών αναπτύχθηκαν για πλαισιακούς φορείς με γραμμικά (ραβδόμορφα) μέλη. Γενικές μέθοδοι ανάλυσης κατασκευών που αποτελούνται από στοιχεία με επίπεδη γεωμετρία (δίσκοι,πλάκες), όπως οι Μέθοδοι Πεπερασμένων ή και Συνοριακών Στοιχείων , καθώς και τα αντίστοιχα υπολογιστικά μέσα (προγράμματα H/Y) αναπτύχθηκαν πολύ αργότερα. Επειδή επιπλέον η συντριπτική πλειονότητα των νέων κατασκευών , είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε από χάλυβα, έχουν σήμερα φέροντα οργανισμό που αποτελείται από γραμμικά μέλη, τόσο η εμπειρία και η γνώση των μελέτη των μηχανικών όσο και τα ευρείας χρήσεως υπολογιστικά μέσα, είναι προσανατολισμένα προς πλαισιακούς φορείς αποτελούμενους από γραμμικά στοιχεία. Δεν είναι λοιπόν περίεργο το γεγονός ότι για την ανάλυση κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία χρησιμοποιούνται σήμερα μέθοδοι, προσεγγιστικές ή ακριβέστερες, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί και ισχύουν για φορείς του ανωτέρω τύπου. Υπάρχουν, ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία και



ειδικότερα αυτών από λιθοδομή τα οποία δημιουργούν σημαντικά ερωτηματικά για την εφαρμοσιμότητα των ανωτέρω μεθόδων.

## 1.2 ΓΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### • ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ:

- Περισσότερο από την αξιοπιστία των χρησιμοποιούμενων προσομοιωμάτων ( προσομοιώματα συμπεριφοράς υλικού, δομικής απόκρισης, κλπ).
- Λιγότερο, από την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης .

### • ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΕΤΑΙ:

- Περισσότερο , σαν ένας δείκτης μιας πιθανής συμπεριφοράς της κατασκευής , υπό τις επιλεγείσες ιδανικές συνθήκες.
- Λιγότερο, σαν η μοναδική λύση του προβλήματος.

### • ΑΥΞΑΝΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ:

-Συστηματικής σειράς επιλύσεων, για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς εξωτερικών δράσεων, και για ενδεχόμενες τιμές χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας (ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ).

-Σχεδιασμού, με την περιβάλλουσα των σχετικών εντατικών μεγεθών.

## **1. 3 ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

### **1.3.1 ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ:**

-Κατακόρυφοι τοίχοι, μικτού σχετικά ύψους , με ή χωρίς ανοίγματα (πεσσοί μικρού, μέτριου ή μεγάλου πλάτους) . Δεν περιλαμβάνονται πύργοι, κωδωνοστάσια, κλπ.

### **1.3.2 ΑΛΛΟΙ ΤΥΠΟΙ ( ΜΗ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ) ΦΕΡΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ:**

- Τόξα
- Θόλοι
- Τρούλοι
- κλπ

### **1.3.3 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:**

- Για τα τόξα , τρούλλους , θόλους , κ.λ.π. πρέπει να δοθεί ειδική προσοχή και στην κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού.
- Για όλους αυτούς τους τύπους κατασκευών απαιτείται πολύ πιο σχολαστική και λεπτομερής ανάλυση.

## **1.4 ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ**

### **1.4.1 ΓΙΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΦΟΡΤΙΣΗ:**

ΑΝΑΛΗΨΗ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ:

- Οριζόντια στοιχεία ένταση πλάκας (κάμψη)

ΔΙΑΧΥΣΗ ΚΥΡΙΩΣ ΣΤΑ:

- Κατακόρυφα στοιχεία ένταση δίσκου (κυρίως θλίψη)

ΑΝΑΛΗΨΗ ΑΠΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ:

- Φόρτιση σχεδόν κεντρική

### **1.4.2 ΓΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗ:**

ΑΝΑΛΥΨΗ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ:

- Οριζόντια στοιχεία ένταση δίσκου ( διάφραγμα )
- Κατακόρυφα στοιχεία ένταση πλάκας (κάμψη) ή και ένταση δίσκου (θλίψη-διάτμηση)

ΑΝΑΛΗΨΗ ΑΠΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ:

- Φόρτιση με έ'ντονη εκκεντρότητα
- Πιθανή ανάγκη αγκυρωσης έναντι ανύψωσης

### **1.4.3 ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ**

Πολλά από τα ευρέως διαθέσιμα προγράμματα ελαστικής ανάλυσης κατασκευών με H/Y παρέχουν την δυνατότητα υπολογισμού των ιδιοπεριόδων και ιδιομορφών της κατασκευής και των συντελεστών συμμετοχής τους στην απόκριση σε σεισμική κίνηση, ή γενικότερα σε δυναμική φόρτιση, σε μία ορισμένη διεύθυνση . Επιτρέπουν επίσης τον υπολογισμό της ελαστικής σεισμικής (ή γενικότερα δυναμικής) απόκρισης σε δεδομένη διέγερση , είτε με καθορισμό της πλήρους ιστορίας της απόκρισης της κάθε ιδιομορφής και με επαλληλία των

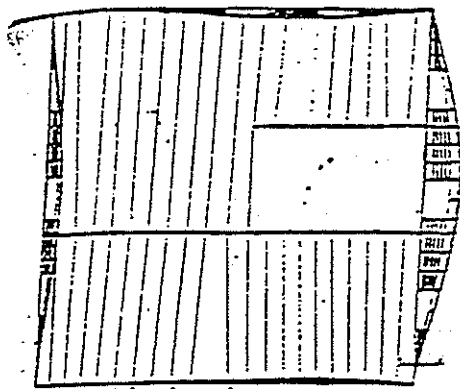
αποκρίσεων συμμετοχής, είτε με καθορισμό της μέγιστης τιμής της απόκρισης σε κάθε σημαντική ιδιομορφή και με συνδυασμό των μεγίστων αυτών τιμών με τον κανόνα της Τετραγωνικής Ρίζας του Αθροίσματος των Τετραγώνων. Μία τέτοια ελαστική δυναμική ανάλυση έχει πολλαπλάσιες απαιτήσεις σε χρόνο και σε μνήμη ΗΥ από μία αντίστοιχη στατική για το ίδιο προσομοίωμα της κατασκευής. Έτσι για την αριθμό των βαθμών ελευθερίας που απαιτούνται για μία ανάλυση στο χώρο με Πεπερασμένα Στοιχεία, η ελαστική δυναμική ανάλυση είναι συχνά απαγορευτική. Ακόμα μεγαλύτερες είναι οι υπολογιστικές απαιτήσεις μιας μη γραμμικής δυναμικής ανάλυσης, η οποία πρέπει να γίνει πλέον με εν-χρόνω ολοκλήρωση των εξισώσεων κινήσεων για όλους τους βαθμούς ελευθερίας και όχι χωριστά για τον βαθμό ελευθερίας της κάθε ιδιομορφής. Πέραν τούτου, δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμη ικανοποιητικοί καταστατικοί νόμοι της συμπεριφοράς και της αστοχίας της τοιχοποιίας υπό πολυαξονική ανακυκλιζόμενη ένταση. Έτσι, η ελαστική δυναμική ανάλυση παραμένει σήμερα ο πιο αξιόπιστος διαθέσιμος τρόπος υπολογισμού της σεισμικής απόκρισης κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, παρέχει Δε σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση της σεισμικής συμπεριφοράς. Μερικές τέτοιες πληροφορίες δίνονται παρακάτω για τα τρία κτίρια της Καλαμάτας.

Στα Σχ.1.1 παρουσιάζονται σε κάτοψη οι δύο πρώτες σημαντικές ιδιομορφές των 3 κτιρίων σε κάθε διεύθυνση και αναγράφονται οι αντίστοιχες ιδιοπερίοδοι. Είναι αξιοσημείωτο ότι η πρώτη σημαντική ιδιομορφή σε κάθε διεύθυνση με ιδιοπερίοδο από 0,19 sec έως 0,26sec, αντιστοιχεί κυρίως σε κάμψη δύο απέναντι τοίχων προς την ίδια διεύθυνση και κατεύθυνση, ενώ οι εγκάρσιοι τους τοίχοι αναπτύσσουν κάποιες καμπτικές παραμορφώσεις απλώς για λόγους συμβιβαστού με αυτές των πρώτων. Οι εντός του επιπέδου των τοίχων μετακινήσεις είναι σ' αυτές τις πρώτες σημαντικές ιδιομορφές, ασήμαντες. Η επόμενη σημαντική ιδιομορφή σε κάθε διεύθυνση έχει τη μισή περίπου ιδιοπερίοδο από την αντίστοιχη πρώτη, αλλά παρόμοιο ή και μεγαλύτερο συντελεστή συμμετοχής και ιδιομορφική μάζα. Η δεύτερη αυτή ιδιομορφή αντιστοιχεί, σε γενικές γραμμές, κυρίως

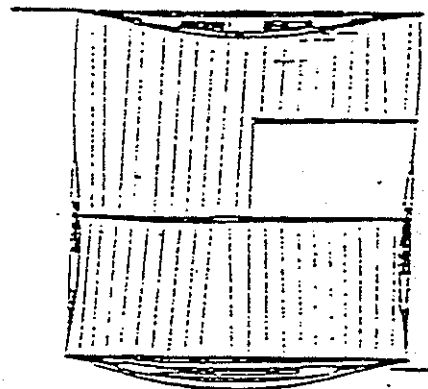
σε επίπεδη ένταση και ομόρροπες μεταθέσεις δύο απέναντι τοίχων μέσα στο επίπεδό τους και σε καμπτικές παραμορφώσεις των δύο εγκαρσίων και μάλιστα προς την αντίθετη κατεύθυνση προς τις μετακινήσεις των δύο πρώτων τοίχων. Οι λοιπές, λιγότερο σημαντικές, ιδιομορφές αντιστοιχούν συνήθως είτε σε καμπτικές παραμορφώσεις σε αντίθετη κατεύθυνση (κυρίως για τους τοίχους που είναι παράλληλα στις δοκούς των πατωμάτων και άρα ασύνδετοι μεταξύ του), είτε σε διατμητικές μέσα σε οριζόντιο επίπεδο ή, τέλος, σε στροφικές περί κατακόρυφο άξονα. Ιδιομορφές των δύο πρώτων από αυτούς τους τελευταίους τύπους δεν είναι δυνατές αν τα πατώματα είναι δύσκαμπτα μέσα στο επίπεδό τους και πάντως δεν διεγείρονται από οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής κίνησης. Τα δύσκαμπτα πατώματα εκτιμάται ότι θα επηρέαζαν και τις δύο σημαντικές πρώτες ιδιομορφές σε κάθε διεύθυνση, αυτήν της καμπτικής και αυτήν της επίπεδης παραμόρφωσης, μειώνοντας κάπως τις καμπτικές παραμορφώσεις και αντίστοιχα τις ιδιοπεριόδους. Η επιρροή όμως αυτή δεν αναμένεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι οι καμπτικές παραμορφώσεις των τοίχων συγκεντρώνονται κυρίως στον όροφο δηλ. στο τμήμα που δεν δεσμεύεται από την παρουσία των δυσκάμπτων πατωμάτων.

Το σημαντικότερο συμπέρασμα από την διερεύνηση των ιδιομορφών και ιδιοσυχνοτήτων είναι ότι η καμπτική απόκριση και ένταση διεγείρεται κυρίως από τις συχνότητες μεταξύ 4 και 5 Hz, ενώ η επίπεδη παραμόρφωση και ένταση από διπλάσιες συχνότητες. Δεδομένου, μάλιστα, ότι το σύννηθες φασματικό περιεχόμενο των σεισμών είναι πλουσιότερο στην πρώτη περιοχή συχνοτήτων παρά στη δεύτερη, οι κάθετες στο επίπεδο του τοίχου σεισμικές επιταχύνσεις και αδρανειακές δυνάμεις είναι μεγαλύτερες από τις παράλληλες σε αυτό. Για το σεισμό της Καλαμάτας, οι πρώτες υπολογίσθηκαν περίπου διπλάσιες από τις δεύτερες, ενώ για άλλους σεισμούς, με πιο συνηθισμένο φασματικό περιεχόμενο, θα ήταν ακόμα μεγαλύτερες. Αυτό το συμπέρασμα, που υπογραμμίζει ακόμη περισσότερο την κυριαρχία της καμπτικής έντασης των τοίχων σ' αυτά τα τυπικά κτίρια από λιθοδομή, μπορεί να προκύψει μόνο από δυναμική ανάλυση της σεισμικής απόκρισης.

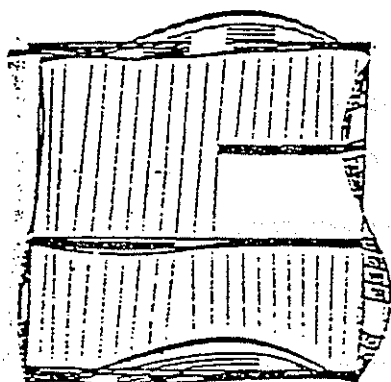
ΚΤΙΡΙΟ I  
2η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.23 s



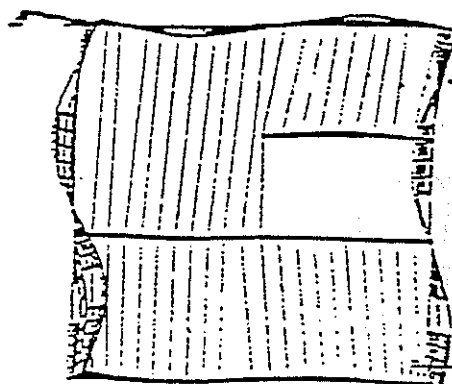
ΚΤΙΡΙΟ I  
3η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.22 s



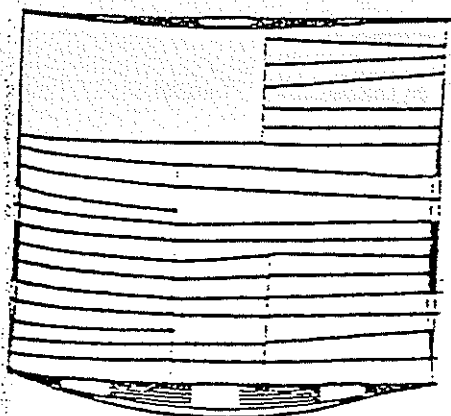
ΚΤΙΡΙΟ I  
7η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.12 s



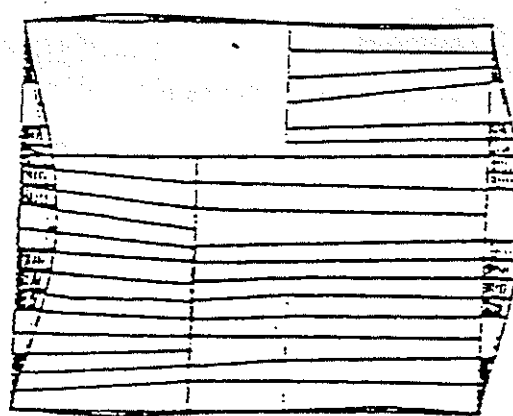
ΚΤΙΡΙΟ I  
9η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.11 s



ΚΤΙΡΙΟ II  
2η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.25 s

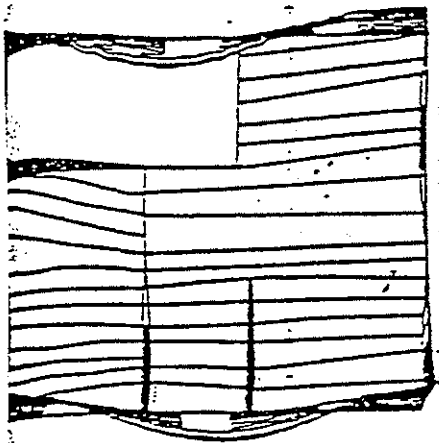


ΚΤΙΡΙΟ II  
3η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ T=0.24 s

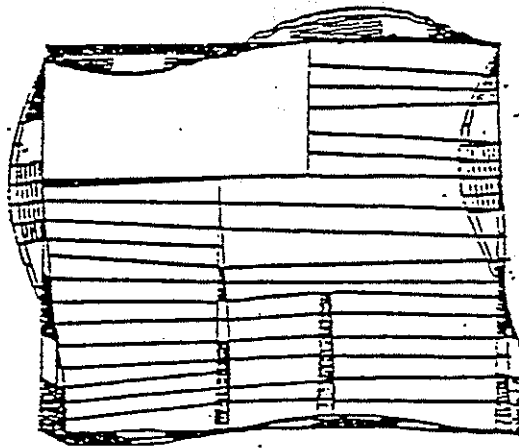


Σχ. 1.1 Τέσσερις πρώτες σημαντικές ιδιομορφές των τριών κτιρίων (συνεχίζεται)

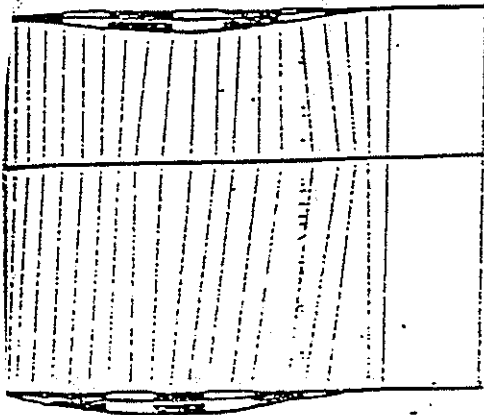
ΚΤΙΡΙΟ II  
6η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.15$  s



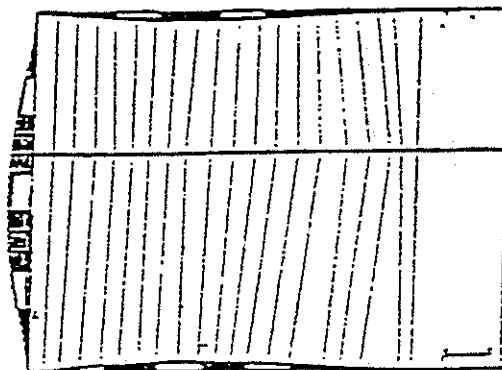
ΚΤΙΡΙΟ II  
7η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.15$  s



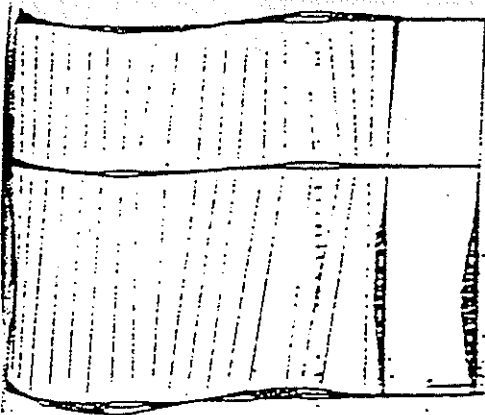
ΚΤΙΡΙΟ III  
1η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.24$  s



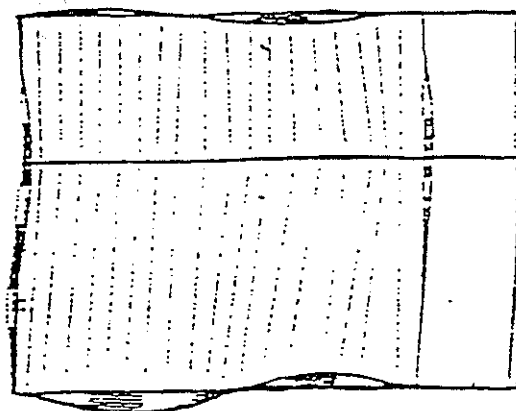
ΚΤΙΡΙΟ III  
2η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.19$  s



ΚΤΙΡΙΟ III  
8η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.09$  s



ΚΤΙΡΙΟ III  
9η ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ  $T=0.09$  s



Σχ. 1.1 (συνέχεια)

## 1.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΙΧΩΝ Φ.Τ. – ΠΛΑΙΣΙΑΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

- ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ:

- γενικές παραδοχές
- μαθηματικά προσομοιώματα

- ΔΙΑΦΟΡΕΣ :

- Ιδιότητες των υλικών
- Χαρακτηριστικά δομικού συστήματος ( Μονολιθικές συνδέσεις )
- Κατανομή αδρανειακών δυνάμεων καθύψος των στοιχείων αντίστασης έναντι οριζοντίων φορτίων.

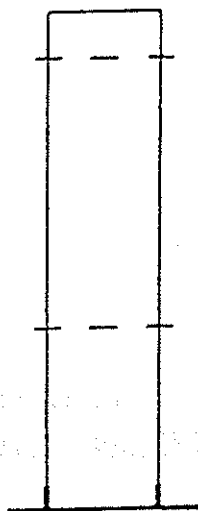
- ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ (ΑΝΑΓΚΕΣ ) ΓΙΑ ΜΙΑ ΕΠΑΡΚΩΣ ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ :

- Κατάλληλη τροποποίηση του μαθηματικού προσομοιώματος , που χρησιμοποιείται ήδη για κτίρια με τοιχώματα Ω.Σ.
- Κατάλληλη τροποποίηση των τοπικών προσομοιώσεων, που αφορούν τις συνδέσεις.

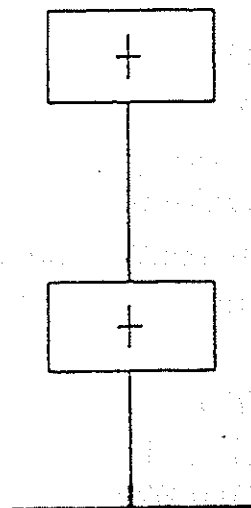


## 1.6. ΚΑΘΨΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΑΖΑΣ

### ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ



### ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



Μάζα σχεδόν  
ομοιόμορφα  
κατανομημένη  
καθΨος.

Μάζα σχεδόν  
συγκεντρωμένη  
στις στάθμες των  
ορόφων.

### 1.6.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ

Τα αδρανειακά φορτία του σεισμού καθΨος, κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα.

### 1.6.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τα αδρανειακά φορτία του σεισμού καθΨος, συγκεντρώνονται στις στάθμες των ορόφων ( συγκεντρωμένες μάζες).

### 1.6.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ Φ.Τ. – ΠΛΑΙΣΙΑΚΟΥ ΦΟΡΕΑ

Η γεωμετρία των τοίχων είναι γεωμετρία επιπέδων στοιχείων (δίσκων, για τη συμπεριφορά μέσα στο επίπεδο του τοίχου, ή πλακών για τη συμπεριφορά κάθετα σε αυτό), με ανοίγματα και όχι πλαισίων γραμμικών στοιχείων. Βεβαίως, αν η διάταξη των ανοιγμάτων καθ' ύψος και οριζοντίως είναι αρκετά κανονική, μπορεί να αναγνωρίσει κανείς συνεχείς κατακόρυφες λωρίδες τοίχου μεταξύ γειτονικών ανοιγμάτων, τους «πεσσούς», οι οποίες συνήθως εξιδανικεύονται σαν στύλοι και συνεχείς οριζόντιες λωρίδες μεταξύ των ανοιγμάτων διαδοχικών ορόφων, τα «ανώφλια», τα οποία εξιδανικεύονται συνήθως σαν δοκοί. Εν τούτοις το μέγεθος των περιοχών όπου ανώφλια και πεσσοί αλληλοεπικαλύπτονται είναι τέτοιο, που οι κόμβοι μεταξύ των στοιχείων δοκών και υποστυλωμάτων που χρησιμοποιούνται στην εξιδανίκευση δεν επιτρέπεται να ληφθούν σαν σημειακοί, αλλά πεπερασμένου μεγέθους, άκαμπτοι ή όχι. Επιπλέον, επειδή οι λόγοι του καθαρού ύψους προς το πλάτος και το πάχος των πεσσών, και του καθαρού ανοίγματος προς το ύψος και το πάχος των ανωφλιών είναι μικροί, δεν ισχύει η υπόθεση της επιτεδότητος των διατομών, ούτε μπορούν να αγνοηθούν οι οριζόντιες ορθές τάσεις στους πεσσούς και οι κατακόρυφες στα ανώφλια.

Ένας πρόσθετος λόγος που θέτει σε αμφισβήτηση την εφαρμοσιμότητα των μεθόδων για πλαισιακούς φορείς σε κατασκευές από λιθοδομή αφορά την κατανομή των λόγω σεισμού οριζοντίων φορτίων στην κατασκευή. Σε πλαισιακές κατασκευές το μεγαλύτερο μέρος (σχεδόν το σύνολο) της μάζας, και άρα και των οριζοντίων αδρανειακών δυνάμεων είναι συγκεντρωμένο στις στάθμες των πατωμάτων. Λόγω της μεγάλης δυσκαμψίας των πατωμάτων μέσα στο επίπεδό τους, οι αδρανειακές δυνάμεις των ορόφων κατανέμονται στα στοιχεία πλευρική (οριζόντιας) δυσκαμψίας, δηλ. στα πλαίσια και στα τυχόν τοιχώματα, ανάλογα με τη δυσκαμψία τους. Έτσι τις οριζόντιες αδρανειακές δυνάμεις αναλαμβάνουν να μεταφέρουν στο έδαφος τα πλαίσια και τα τοιχώματα που είναι παράλληλα σ' αυτές. Αντίθετα με τα ανωτέρω, σε κτίρια με φέροντα οργανισμό

από λιθοδομή όλη σχεδόν η μάζα βρίσκεται στους τοίχους. Έτσι η ανάλυση χρειάζεται να γίνει για καθ' ύψος κατανεμημένες αδρανειακές δυνάμεις τοίχων και όχι για συγκεντρωμένες στις στάθμες των ορόφων, όπως γίνεται για τους πλαισιακούς φορείς. Το σημαντικότερο όμως θέμα είναι ότι οι λόγω ιδίας μάζας; αδρανειακές δυνάμεις που είναι κάθετες στο επίπεδο ενός τοίχου μεταφέρονται στο έδαφος (άμεσα, προς τη θεμελίωση του ίδιου του τοίχου, ή έμμεσα, μέσω των εγκάρσιων τοίχων, οι οποίοι είναι και οριζόντια πιο δύσκαμπτοι, εφόσον οι υπόψη δυνάμεις είναι παράλληλες στο επίπεδό τους ) μέσω κάμψης. Αν τα πατώματα είναι δύσκαμπτα μέσα στο επίπεδό τους ( π.χ. από οπλισμένο σκυρόδεμα και όχι από παράλληλες ξύλινες ή μεταλλικές δοκούς) , τμήμα των κάθετων στον τοίχο αδρανειακών δυνάμεων μεταφέρεται στους εγκάρσιους τοίχους μέσω του πατώματος , αντί μέσω των κατακόρυφων ακμών σύνδεσής του με του τελευταίους , το Δε κατακόρυφο άνοιγμα της εγκάρσιας καμπτικής παραμόρφωσης του τοίχου μειώνεται σημαντικά. Όπως θα δούμε όμως αναλυτικότερα παρακάτω, ακόμα και στην περίπτωση αυτή, η καμπτική ένταση των τοίχων που συνοδεύει την μεταφορά των ιδίων αδρανειακών τους δυνάμεων στα εγκάρσια πιο δύσκαμπτα στοιχεία είναι σημαντική σε μέγεθος. Μάλιστα , συνήθως αυτή η καμπτική ένταση των τοίχων είναι η καθοριστική και όχι αυτή που αναπτύσσεται μέσα στο επίπεδό τους λόγω της μεταφοράς στο έδαφος των παράλληλων στον τοίχο σεισμικών φορτίων.

Επομένως , ο τρόπος προσομοίωσης και η μέθοδος ανάλυσης χρειάζεται να λαμβάνει υπ' όψη τη σημαντική καμπτική συνιστώσα της συμπεριφοράς. Η συνιστώσα αυτή αγνοείται βεβαίως αν η κατασκευή εξιδανικεύεται σαν ένα σύστημα που αποτελείται μόνο από τα ( συζευγμένα μεταξύ τους ) στοιχεία με μεγάλη δυσκαμψία στην υπόψη διεύθυνση της σεισμικής δράσης, δηλ. από τους παράλληλους σ' αυτήν πεσσούς ( με προσομοίωση συζευγμένων προβόλων) ή τοίχους (με θεώρηση επιπέδων πλαισίων). Μία τέτοια εξιδανίκευση αγνοεί την πρωτόγονη και κυριώτερη αιτία της επιπόνησης των τοίχων, που είναι η μεταφορά των ιδίων αδρανειακών τους δυνάμεων στα στοιχεία μεγάλης δυσκαμψίας, μέσω κάμψης.

Τα ανωτέρω καταδεικνύονται στη συνέχεια με τη βοήθεια αναλύσεων συγκεκριμένων κτιρίων με διάφορες μεθόδους.

Επιλογή κτιρίου  
Περιγραφή κτιρίου  
Μεθοδολογία

### ΚΤΙΡΙΟ Α

Περιγραφή κτιρίου: Κτιριο 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Μεθοδολογία: Μέθοδος 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Αναλυση κτιρίου: Αναλυση 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

### ΚΤΙΡΙΟ Β

Περιγραφή κτιρίου: Κτιριο 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Μεθοδολογία: Μέθοδος 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Αναλυση κτιρίου: Αναλυση 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

## **2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

### **2.1. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ**

- Δράσεις
- Υλικό
- Δόμημα

### **2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ**

- Ανάλογα με τον τύπο εξωτερικής δράσης :
  - Στατική Ανάλυση
  - Δυναμική Ανάλυση
- Ανάλογα με την μέθοδο ανάλυσης :
  - Ελαστική Ανάλυση
  - Ελαστοπλαστική Ανάλυση
- Ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου προσομοιώματος:
  - 3-Διάστατο ( ολόκληρη η κατασκευή )
  - 2-Διάστατο (ανεξάρτητα στοιχεία , π.χ. ελεύθεροι κατακόρυφοι πρόβολοι).

### **2.3 ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

- Κριτική επιβεβαίωση των αναλυτικών αποτελεσμάτων (ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ)
- Πειραματική διασταύρωση

### **2.4 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ**

- Μέθοδος Επιτρεπομένων τάσεων
- Μέθοδος Συνολικής Αντοχής

### **3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ**

#### **3.1 ΚΥΡΙΟΣ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ :**

Η διακρίβωση της ικανότητας της κατασκευής να αναλάβει τις αναμενόμενες δράσεις.

#### **3.2 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΟΚ ( E.C. 6):**

- Δεν υπάρχει μέχρι σήμερα επίσημος κανονισμός φορτίσεων σε επίπεδο ΕΟΚ.
- Για την εκτίμηση των δράσεων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι Εθνικοί Κανονισμοί , σε συγκριτική βάση.
- Υπάρχει η τάση για καθορισμό τιμών ανεξάρτητων της εκάστοτε ποιότητας υλικού για :  
-τις Δράσεις  
-τους επί μέρους συντελεστές τους.

#### **3.3 ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ:**

- **ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΡΑΣΕΙΣ :**

- Μόνιμα φορτία ( ίδιο βάρος, κλπ)
- Μεταβαλλόμενα φορτία ( ωφέλιμα , κλπ)

- **ΤΥΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ :**

- Άνεμος
- Φωτιά
- Ώθηση γαιών
- Πρόσκρουση, έκρηξη
- ΣΕΙΣΜΟΣ. Κλπ

## ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ:

Για την τοιχοποιία , και ειδικά για την άοπλη σε περιοχές έντονης σεισμικότητας , ο σεισμός είναι ο υπ' αριθμόν 1 «εχθρός» , λόγω κακής συγκυρίας της τοπικά υψηλής σεισμικότητας , και της πολύ κακής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας σε σεισμό.

## Ο ΣΕΙΣΜΟΣ :

ΕΙΝΑΙ ΓΙΑ ΤΗΣ ΑΟΠΛΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΕΝΑΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΤΟΣΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΣ , ΠΟΥ ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ ΑΠΑΓΟΡΕΥΤΙΚΗ ΑΚΟΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ΣΕ ΜΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΨΗΛΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ.

## 4. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

### 4.1 ΣΤΑΤΙΚΗ Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ:

- Στατική δράση: Γενικά συνιστώμενη για τις λίθινες κατασκευές. Γίνεται παραδοχή μιας σταθερής και εκ των προτέρων καθορισμένης σεισμικής δύναμης (αδράνειας), αμετάβλητης στο χρόνο. Η δύναμη αυτή, είναι ίση με το γινόμενο της κινούμενης μάζας της κατασκευής επί μια μέγιστη τιμή της σεισμικής επιτάχυνσης. Η αντίδραση της κατασκευής δεν είναι παρά η παραμόρφωση ενός στατικού φορέα κάτω από την επίδραση της παραπάνω δύναμης, υπακούοντας σε κάποιο νόμο που συνδέει τα μεγέθη τάσεων-παραμορφώσεων.
- Δυναμική δράση : Συνιστάται μόνον για ειδικές εύκαμπτες πυργοειδείς κατασκευές ( π.χ. ψηλά κωδωνοστάσια, μιναρέδες, κλπ). Κατά τη διάρκεια της σεισμικής κίνησης είναι φανερό ότι τα διάφορα στοιχεία της οικοδομής δεν κινούνται με τον ίδιο τρόπο, επομένως ο υπολογισμός των σεισμικών δυνάμεων σχεδιασμού στατικά, σαν το γινόμενο του συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης με το αντίστοιχο βάρος του στοιχείου, δεν επαρκεί πάντοτε. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα αναπτύχθηκε και η δυναμική μέθοδος ανάλυσης, σύμφωνα με την οποία οι σεισμικές δυνάμεις σχεδιασμού καθορίζονται σε συνδυασμό με την εκάστοτε συμπεριφορά των στοιχείων της οικοδομής κατά την διάρκεια της σεισμικής κίνησης.



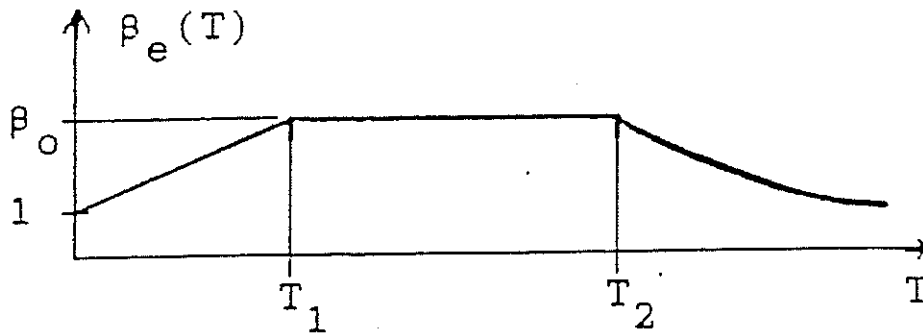
## 4.2 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ( E.C. 8 – E.C.6

- Οριζόντια σεισμική δράση σχεδιασμού , για ελαστική-στατική ανάλυση:

$$F = \beta(T) * W$$

- W : Συνολικό κατακόρυφο φορτίο της κατασκευής.
- T: Θεμελιώδης ιδιοπερίοδος ταλάντωσης της γραμμικής – ελαστικής κατασκευής
- B(T): Φασματική τιμή της επιτάχυνσης σχεδιασμού , ανοιγμένη στην επιτάχυνση της βαρύτητας g .
- Οι τιμές του  $\beta(T)$  εξαρτώνται , τόσο από τα δυναμικά χαρακτηριστικά της εδαφικής κίνησης , όσο και από τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής .

### 4.3 ΦΑΣΜΑ 1 : ΑΝΗΓΜΕΝΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ



- $\beta_e(T)$  : Φασματική τιμή της επιτάχυνσης, ανηγμένη στην μέγιστη εδαφική επιτάχυνση  $a_g$
- $T_1, T_2$ : Όρια του κλάδου σταθερής τιμής επιτάχυνσης στο φάσμα απόκρισης
- $\beta_0$  : Μέγιστη τιμή ανηγμένου φάσματος, καθυπόθεση σταθερή στο διάστημα μεταξύ  $T_1$  και  $T_2$ .
- Αντιστοιχεί σε λόγο ιξώδους απόσβεσης :  
 $\zeta = 0,05$

#### 4.4 ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΝΗΓΜΕΝΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

- ΕΞΙΣΩΣΗ  $\beta_e(T)$  :

$$1 + \frac{T}{T_1} (\beta_0 - 1), \quad \text{για } 0 < T < T_1$$

$$\beta_0, \quad \text{για } T_1 < T < T_2$$

$$\left[ \frac{T_2}{T} \right]^{\kappa} * \beta_0, \quad \text{για } T > T_2$$

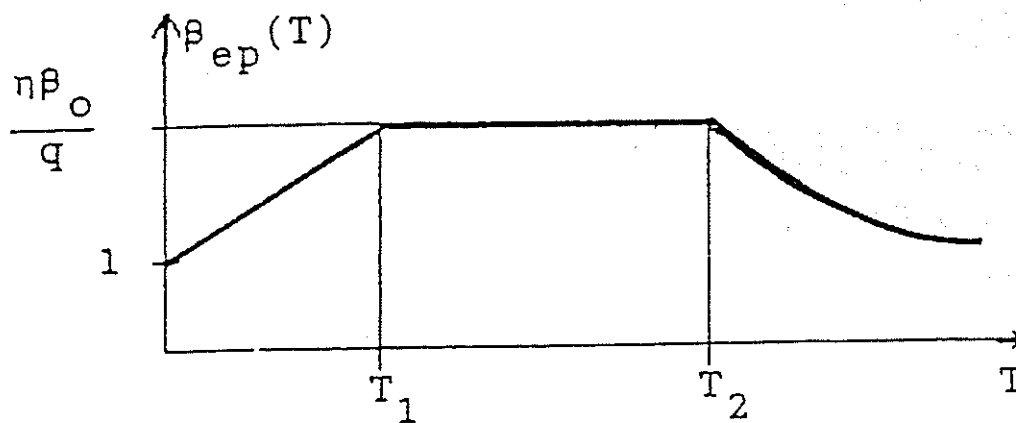
- $\kappa$ : Εκθετικός συντελεστής που επηρεάζει τις πέραν της  $T_2$  τιμές του φάσματος.
- ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ :  
( Ε.Σ..8.- Σε Παρένθεση οι τιμές ΝΕΑΚ-89).

Κατηγορία Εδάφους	$\beta_0$	$T_1$	$T_2$	$\kappa$
A	2,50 (2,75)	0,2 (---)	0,4 (0,4)	2/3 (2/3)
B	2,50 (2,75)	0,2 (---)	0,6 (0,6)	2/3 (2/3)
C	2,50 (2,25)	0,3 (---)	0,8 (0,8 <sup>#</sup> ή 1,0 <sup>φ</sup> )	2/3 (2/3)

Εδαφικό στρώμα : # : 5-20m , φ : >40m

**ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ, ΑΝ ΔΕΝ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΛΛΟΙΩΣ:  $\beta_0 = 2,50-3,00$**

#### 4.5. ΦΑΣΜΑ 2 : ΑΝΗΓΜΕΝΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ - ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ



- ΕΞΙΣΩΣΗ  $\beta_{ep}(T)$  :

$$1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta\beta_0}{q} - 1 \right), \quad \text{για } 0 < T < T_1$$

$$\frac{\eta\beta_0}{q}, \quad \text{για } T_1 < T < T_2$$

$$\left( \frac{T_2}{T} \right)^{\kappa} \cdot \eta\beta_0/q, \quad \text{για } T > T_2$$

#### 4.6 Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ n

- n : Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης :

$$n = \sqrt{0,05/\zeta}$$

- Ελάχιστη τιμή του n :  
n=0,70

**ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ ( EC8)**

$$Z=0,08 \rightarrow n = 0,791$$

#### 4.7 Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ q

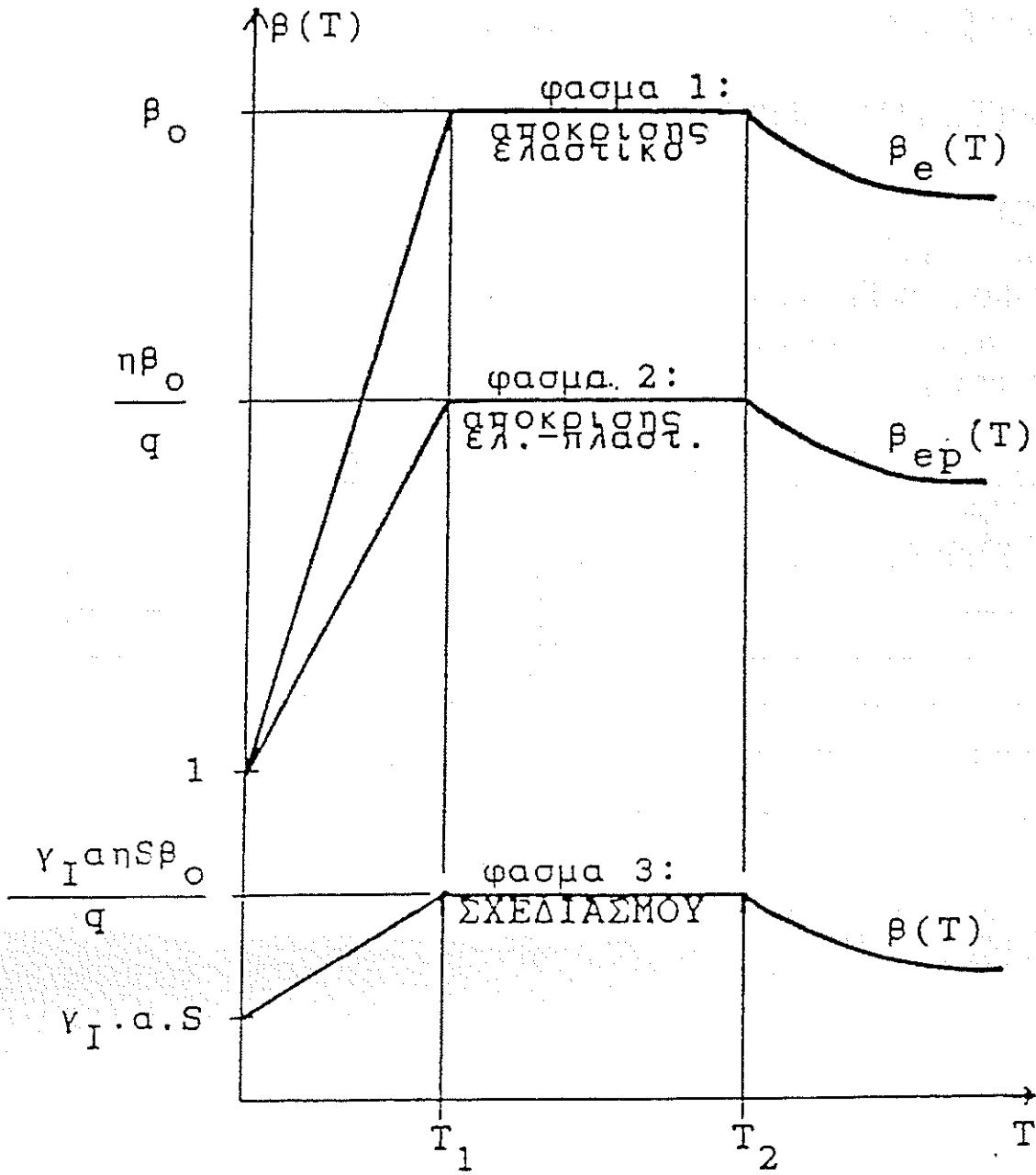
- q : Δείκτης συμπεριφοράς  
Διορθωτικός συντελεστής των αποτελεσμάτων της γραμμικής ανάλυσης, κατά τρόπον ώστε αυτά να αντανακλούν κατά προσέγγιση την επιρροή της μη-γραμμικής απόκρισης
- Η τοιχοποιία είναι γενικά ψαθυρή ή
- Εντούτοις, όπως δείχνει και η πράξη, διαθέτει κάποια δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας.

**ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ (EC8)**

-Άοπλη τοιχοποιία : q=1,50

-Οπλισμένη τοιχοποιία : q=2,50

**4.8 ΦΑΣΜΑ 3 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**



#### 4.9 ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

- ΕΞΙΣΩΣΗ  $\beta(T)$  :

$$\gamma_I \cdot \alpha \cdot S \cdot [1 + T/T_1 \cdot (n\beta(0)/q - 1)], \text{ για } 0 < T < T_1$$

$$\gamma_I \cdot \alpha \cdot S \cdot n\beta(0)/q, \text{ για } T_1 < T < T_2$$

$$\gamma_I \cdot \alpha \cdot S \cdot (T_2/T_1)^K \cdot n\beta(0)/q, \text{ για } T_2 > T$$

- Ελάχιστη τιμή του  $\beta(T)$  :

E. C. 8:  $\beta(T) = 0,20 \cdot \alpha$

NEAK-89 :  $\beta(T) = 0,30 \cdot q/s$

- $\alpha$ : Λόγος της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης, προς την επιτάχυνση της βαρύτητας  $g$

- ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ  $\alpha$  ΚΑΤΑ NEAK-89:

Ζώνη σεισμικής Επικινδυνότητας	Τιμή $\alpha$
I	0,15
II	0,20
III	0,30
IV	0,45

#### **4.10 Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ $\gamma_I$**

- $\gamma_I$ : Συντελεστής σπουδαιότητας
- ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ:
  - Συνήθη κτίρια:  $\gamma_I = 1.00$
  - Ειδικά κτίρια :  $\gamma_I = 1.50$
  - Μνημεία : Κατ' εκτίμηση

#### **4.11 Η ΠΑΡΑΜΕΤΡΑΣ S (ΚΑΤΑ ΝΕΑΚ-89: $\theta$ )**

- S : Συντελεστής εδάφους:

##### **4.11.1 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΤΑ Ε. C. 8:**

- Κατηγορία εδάφους A :  $s=1.0$
- Κατηγορία εδάφους B :  $s=1.0$
- Κατηγορία εδάφους C :  $s=0.8$

- $\theta$ : Συντελεστής θεμελίωσης  
Σχετικό βάθος : συνήθως μικρό  
Σχετική δυσκαμψία : συνήθως μικρή

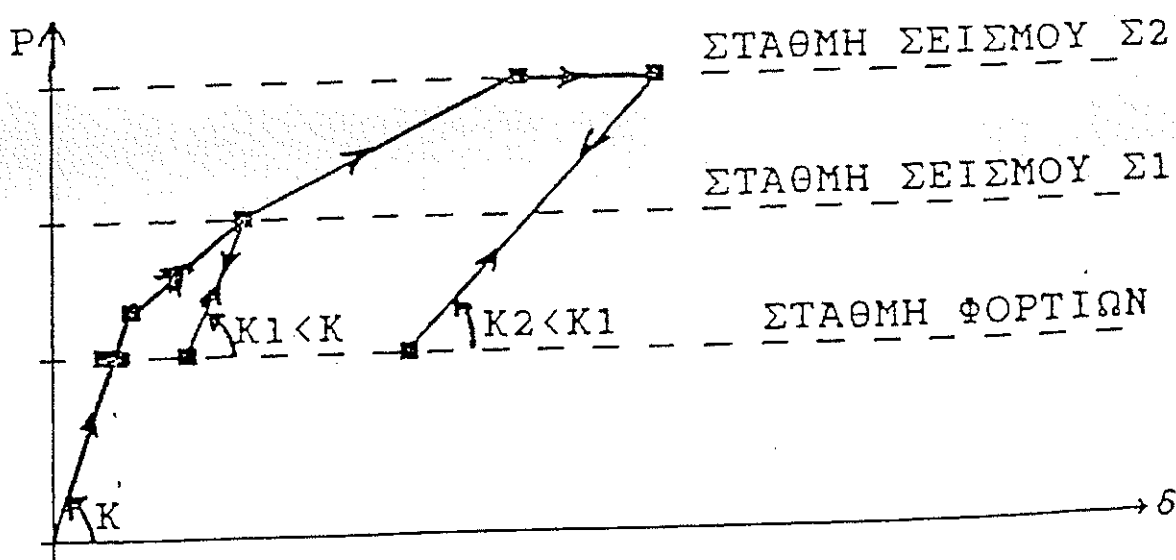
##### **4.11.2 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΤΑ ΝΕΑΚ-89:**

- Κατηγορία εδάφους A:  $\theta = 1.00$
- Κατηγορία εδάφους B:  $\theta = 1.10$
- Κατηγορία εδάφους C:  $\theta = 1.25$



#### 4.12 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΔΟΥΣ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ

- Η εκτίμηση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου κατασκευής κρίνεται απαραίτητη.
- Μέθοδοι εκτίμησης:
  - Αναλυτικά
  - Πειραματικά, με επί τόπου δοκιμή
  - Με συνδυασμό, για τη διασταύρωση των αποτελεσμάτων.
- Αδυναμία εκτίμησης :  
Όταν η εκτίμηση:
  - είτε δεν είναι εφικτή,
  - είτε δεν είναι αξιόπιστη, λαμβάνεται τιμή ιδιοπεριόδου, κατά ECB, ίση με T2.
- Μεταβολή της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου:  
Μετά από κάθε έκτακτη φόρτιση ( π.χ. σεισμός) η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος μπορεί να αυξηθεί , λόγω υποβάθμισης της ακαμψίας. ΕΠΑΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ.



#### **4.13 ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΕΣ**

- Οι κανονισμοί, πολλές φορές, αγνοούν από το δυσμενέστερο το πρώτο κεκλιμένο τμήμα του φάσματος, υποκαθιστώντας το με την επέκταση προς τα αριστερά του δευτέρου οριζόντιου τμήματος.
- Οι θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι όμως για κτιριακές κατασκευές από τοιχοποιία, είναι πολύ μικρές, συνήθως μικρότερες από T1.
- ΣΥΝΕΠΩΣ: για λόγους οικονομικότητας του σχεδιασμού, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται το τμήμα αυτό του φάσματος.
- Το πρόβλημα αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντικό, σε περίπτωση ενίσχυσης της κατασκευής, π.χ. με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος, οπότε η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος, και άρα και η σεισμική δύναμη υπολογισμού, μειώνονται σημαντικά.
- Για τον υπολογισμό της πραγματικής παραμόρφωσης τα αποτελέσματα που προκύπτουν με βάση το φάσμα σχεδιασμού, πρέπει να πολλαπλασιασθούν επί q.

## 5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

- Για την ανάλυση, τα χαρακτηριστικά και οι νόμοι συμπεριφοράς του υλικού, θεωρούνται δεδομένα τα οποία παρέχονται έτοιμα από τη μηχανική της τοιχοποιίας.
- Ενδεικτικά υπενθυμίζονται μόνον οι παρακάτω συντηρητικές τιμές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιούνται, ελλείψει άλλων, ακριβέστερων δεδομένων:
- Λόγος του Poisson  $\nu$  :

Συνιστώμενη τιμή :  $\nu = 0,20-0,30$

Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας  $f_{wc}$ :

$f_{wc}$ (Μρα)	Άοπλη τοιχοποιία	Οπτοπλινθοδομή
Παλαιά	~1,25	~2,50
Νέα	~2,50	~5,00

- Μέτρο ελαστικότητας  $E$  :

$$E_w = \alpha * f_{wc}$$

Συνιστώμενη τιμή :  $\alpha = 1000$

- Μέτρο διατμήσεως:

$$G_w = E_w / 2 * (1 + \nu)$$

## 6. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

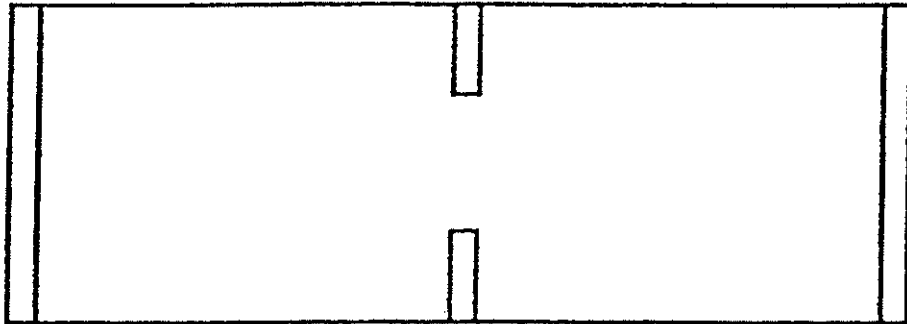
### 6.1 ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

- Παράγοντες επιρροής:
  - Βαθμός πληρότητας σύνδεσης (πάκτωσης ) διαφράγματος – κατακορύφων στοιχείων (τοίχων).
  - Βαθμός δυσκαμψίας διαφράγματος
- Περίπτωση 1 :
  - Στήριξη χωρίς σημαντικό περιορισμό στροφών (άρθρωση ή σχεδόν άρθρωση)
  - Οιουδήποτε βαθμού δυσκαμψία διαφράγματος
  - Δυνατότητα υποδιαίρεσης του κτιρίου για την ανάλυση σε ανεξάρτητους κατακόρυφους τοίχους.
- Περίπτωση 2:
  - Στήριξη με σημαντικό περιορισμό στροφών (πάκτωση ή σχεδόν πάκτωση)
  - Χαμηλός βαθμός δυσκαμψίας διαφράγματος
  - Ως εις περίπτωση 1
- Περίπτωση 3:
  - Στήριξη με σημαντικό περιορισμό στροφών (πάκτωση ή σχεδόν πάκτωση)
  - Βαθμός δυσκαμψίας διαφράγματος μη αμελητέος
  - Τα χαρακτηριστικά δυσκαμψίας του διαφράγματος πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάλυση.
- Περίπτωση 4:
  - Στήριξη με σημαντικό περιορισμό στροφών (πάκτωση ή σχεδόν πάκτωση )
  - Βαθμός δυσκαμψίας διαφράγματος υψηλός
  - Περίπτωση μάλλον απίθανη για τα συνήθη κτίρια από τοιχοποιία
  - Τα χαρακτηριστικά δυσκαμψίας του διαφράγματος πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάλυση με ακρίβεια (π.χ. μέθοδος Π.Σ.)

## 6.2 ΑΤΕΝΕΙΑ ΤΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ

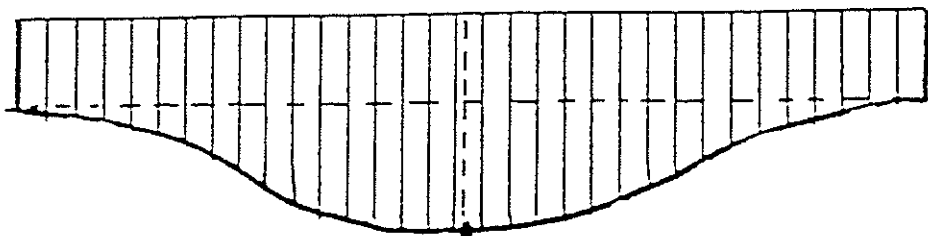
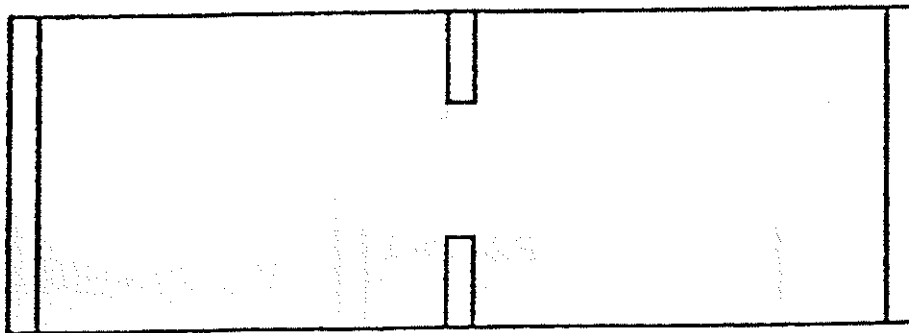
- Διάφραγμα στερεό :
  - Κανονική κατανομή των φορτίων, ανάλογα με τις ακαμψίες (9 ή τα μήκη ) των κατακορύφων στοιχείων
- Διάφραγμα παραμορφώσιμο ( λόγω ανοιγμάτων , λόγου διαστάσεων κατόψεων, κλπ)
  - Μη Κανονική κατανομή των φορτίων (ανάλογα με επιφάνειες επιρροής τους)

### 6.2.1α ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΣΤΕΡΕΟ



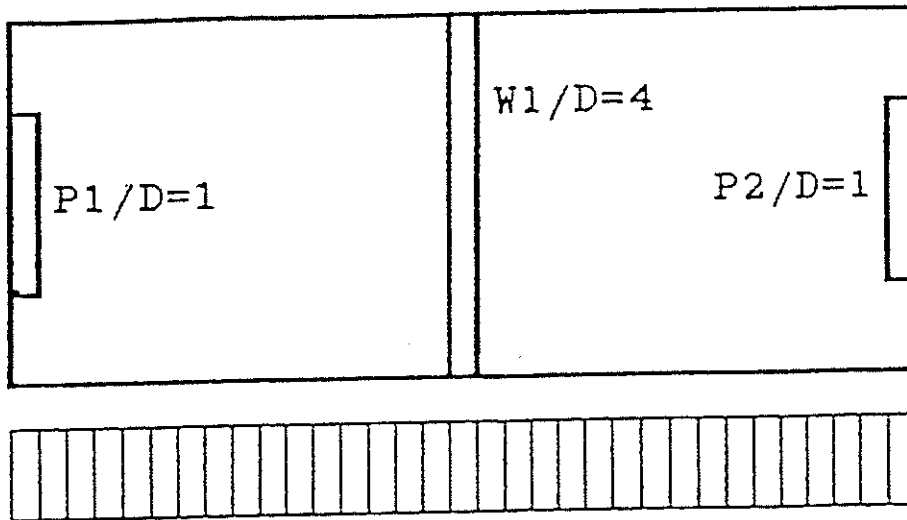
$$\delta_w = \delta_p$$

### 6.2.1β ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΜΟ

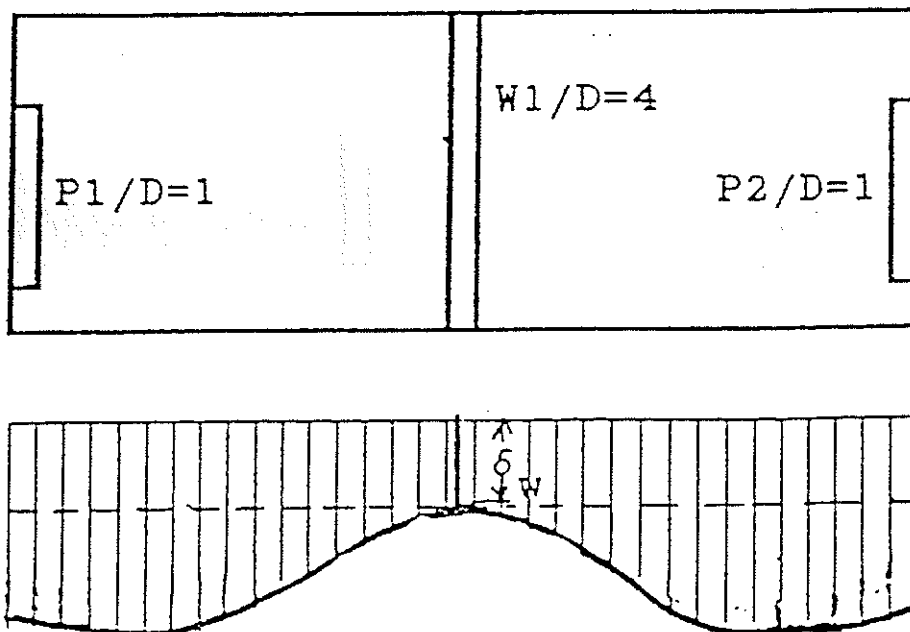


$$\delta_w < \delta_p$$

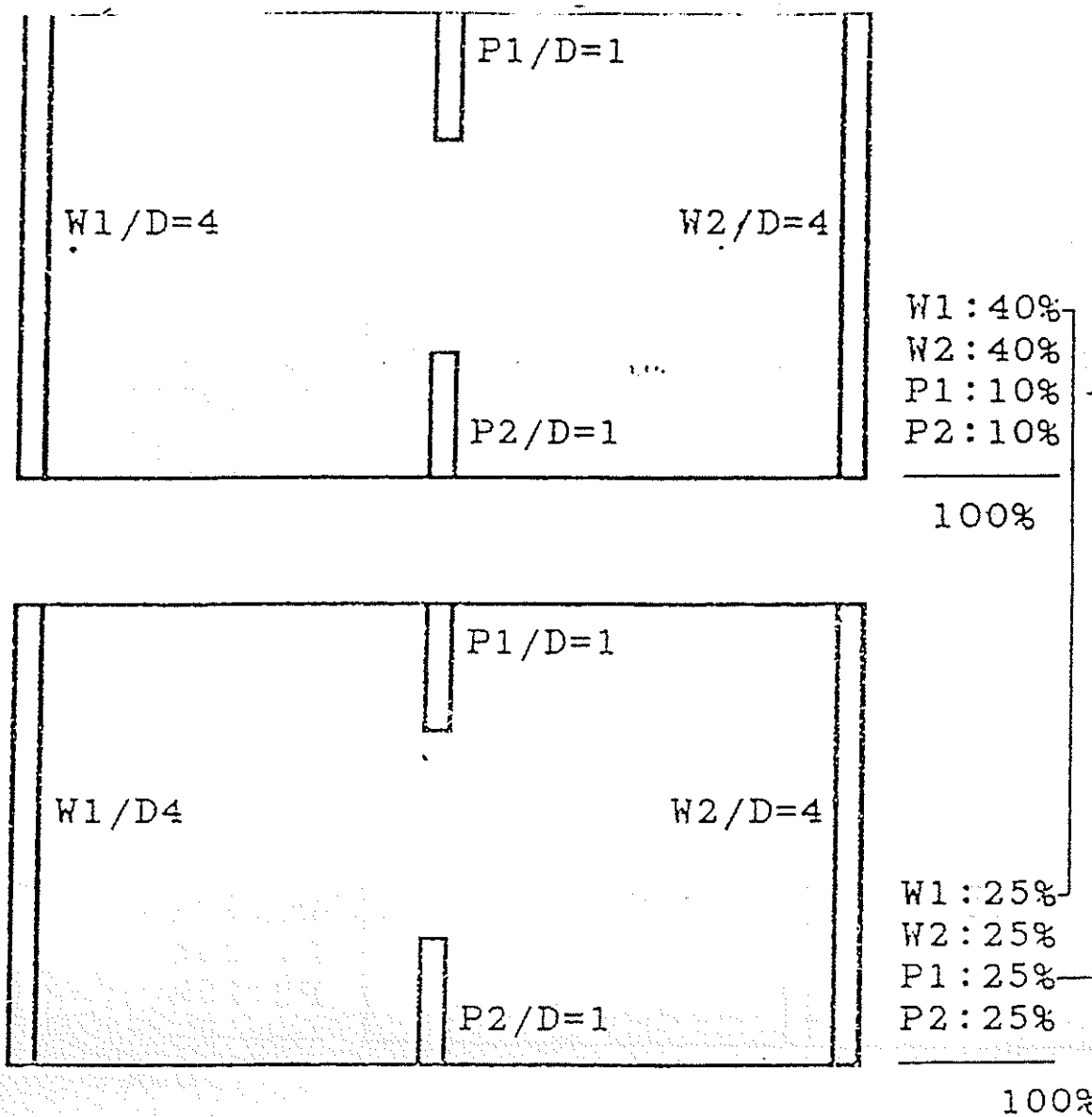
### 6.2.2α ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΣΤΕΡΕΟ



### 6.2.2β ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΜΟ



### 6.2.3α ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΣΤΕΡΕΟ

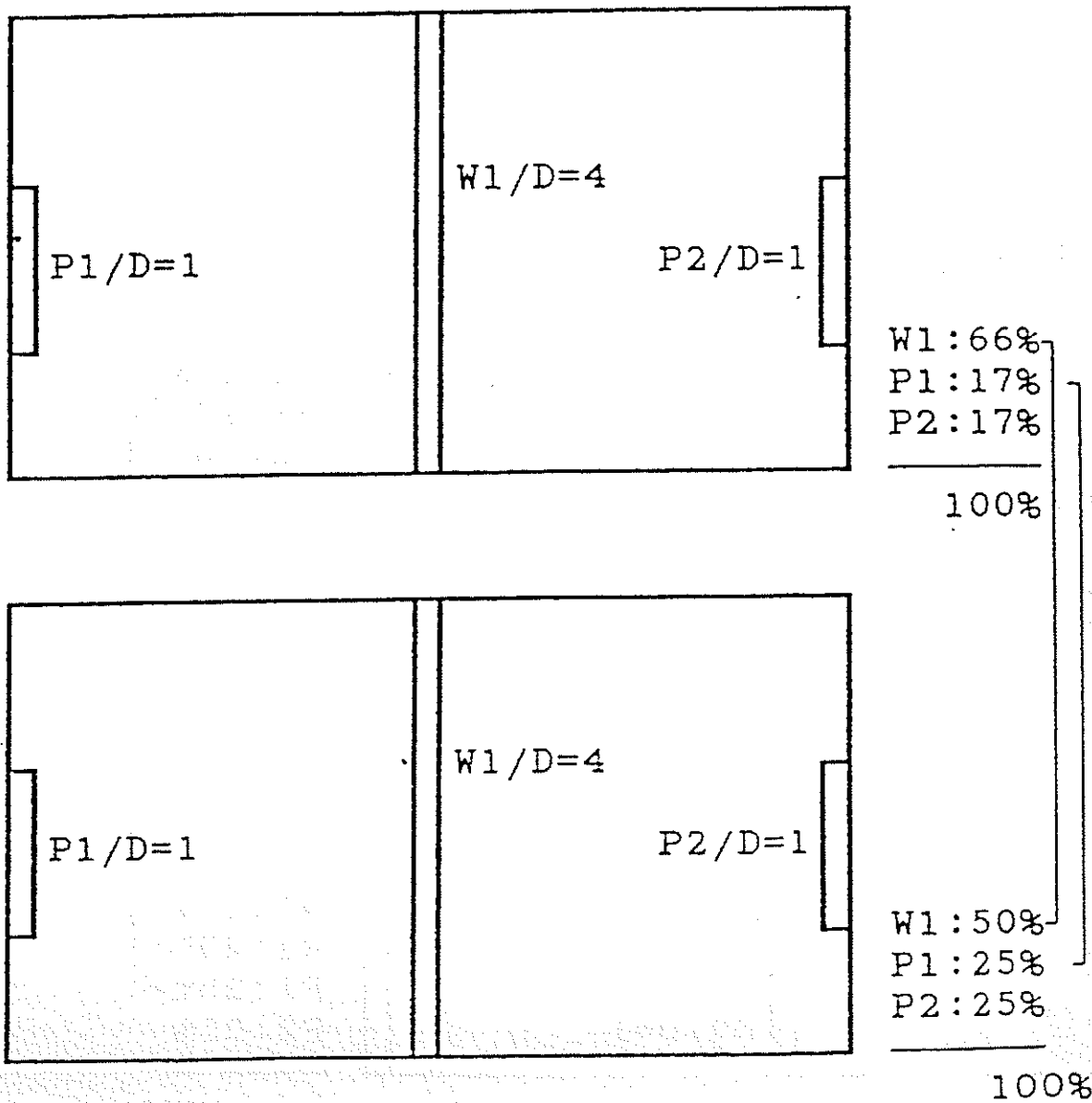


### 6.2.3β ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΜΟ

D= ΜΟΝΑΔΑ ΑΚΑΜΨΙΑΣ – ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ  
ΤΟΙΧΩΝ – P = ΠΕΣΣΟΣ, W= ΤΟΙΧΟΣ.



### 6.2.4α ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΣΤΕΡΕΟ

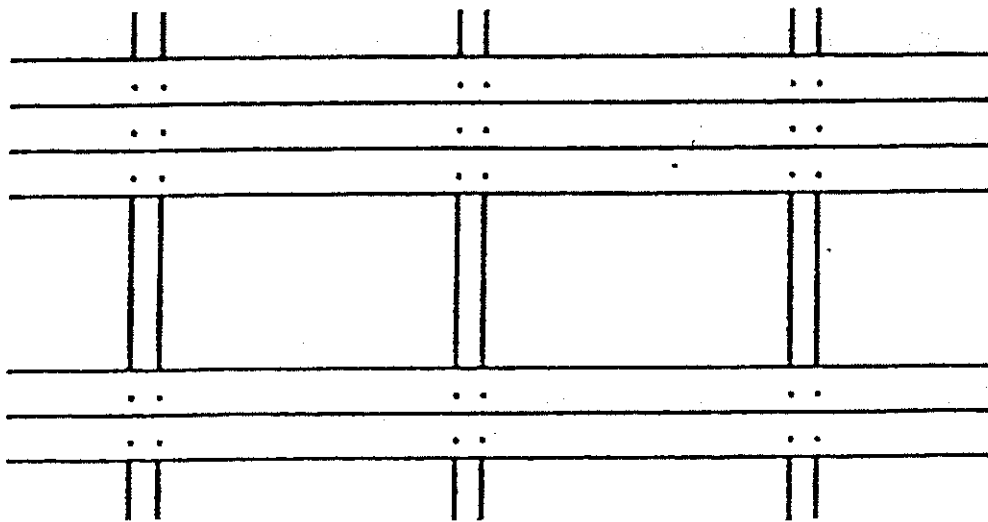


### 6.2.4β ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΜΟ

D= ΜΟΝΑΔΑ ΑΚΑΜΨΙΑΣ – ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΩΝ  
ΤΟΙΧΩΝ – P = ΠΕΣΣΟΣ, W= ΤΟΙΧΟΣ.

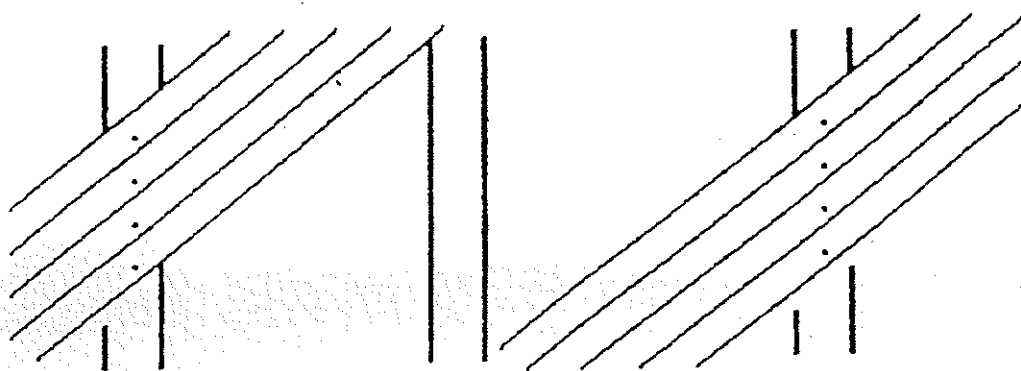
### 6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ( Π.Χ. ΞΥΛΙΝΟ ΔΑΠΕΔΟ).

- Ορθογωνική διάταξη σανίδων πατώματος



-Προσομοίωμα πλαισιακής λειτουργίας

- Σανίδες πατώματος υπό γωνία:



-Προσομοίωμα λειτουργίας δικτυώματος

- Σανίδες πατώματος υπό διπλή γωνία :
- Προσομοίωμα μορφής επιπέδου δίσκου

## 6.4 ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΨΗΣ

### • ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΨΗΣ ΑΚΡΩΣ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ

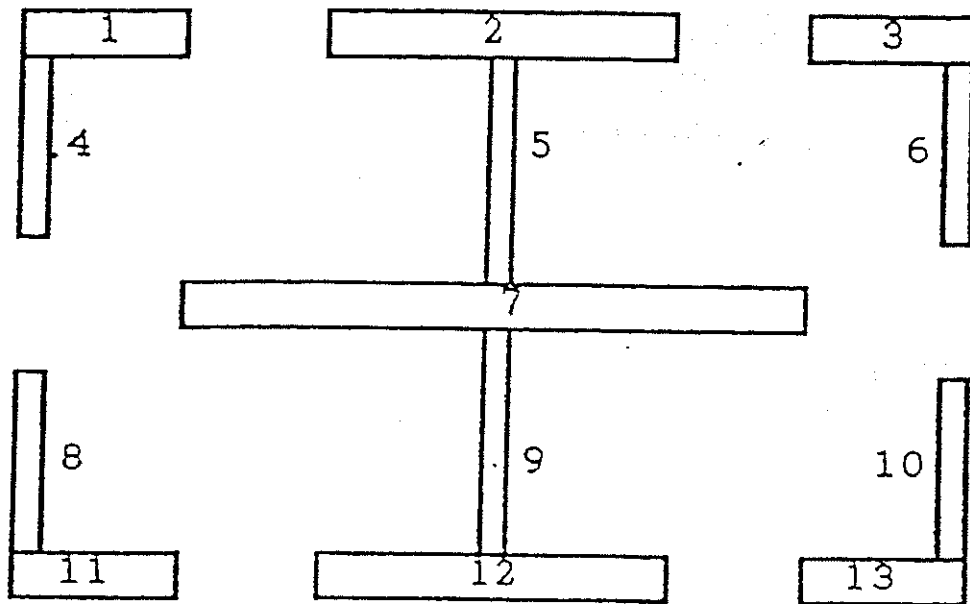
- Αναμενόμενα προβλήματα σε περίπτωση μεγάλης ακανονικότητας :

- Στρεπτικά φαινόμενα
- Τοπικά φαινόμενα
- κλπ

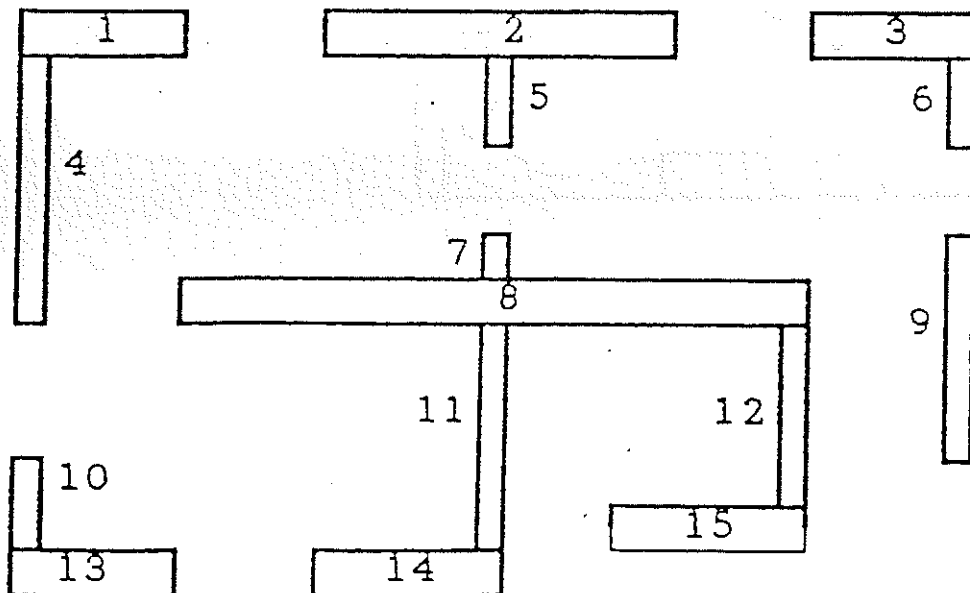
- Απαιτήσεις σε περίπτωση μεγάλης ακανονικότητας :

- Ειδική φροντίδα κατά την ανάλυση
- Πιθανή προσφυγή σε δυναμική ανάλυση
- Απαίτηση αυξημένης πλαστιμότητας

**6.4.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ : ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ 13 ΤΜΗΜΑΤΑ**

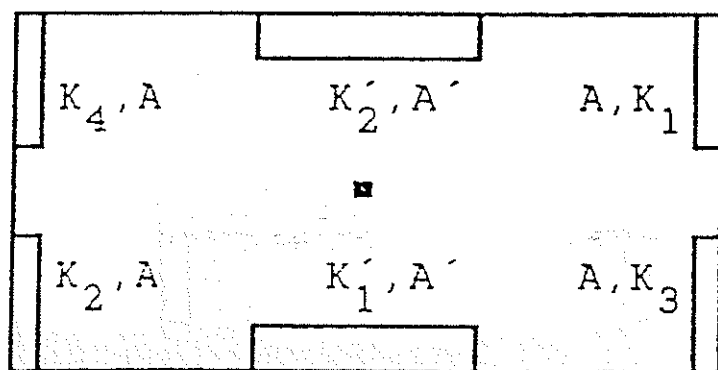
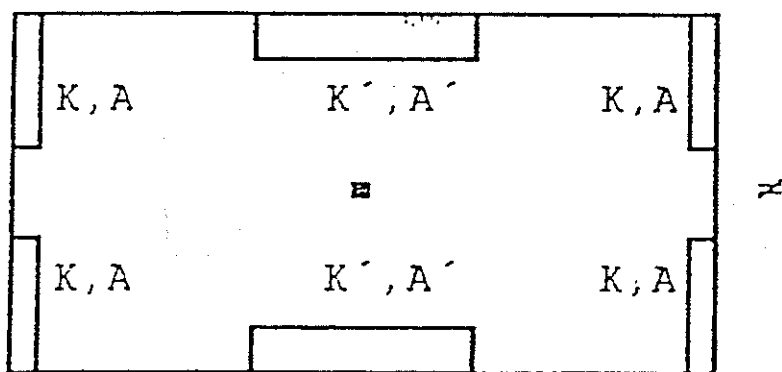


**6.4.2 ΚΑΝΟΝΙΚΗ : ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΣΕ 15 ΤΜΗΜΑΤΑ**



### 6.4.3. ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΨΗΣ

- Συνθήκες για κανονικότητα κάτοψης :
  - Αναγκαία : η γεωμετρική κανονικότητα της κάτοψης
  - Ικανή : Ισότητα ακαμψιών συμμετρικών τοίχων ( π.χ. , έλεγχος υποβάθμισης ακαμψίας μετά κάποιον σεισμό).



## **6.5 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΤΟΙΧΩΝ**

### **• ΚΟΙΝΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΤΟΙΧΟ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ, ΚΑΤΑ EC6:**

- Όμοια παραμορφωσιακή συμπεριφορά των υλικών
- Αμοιβαία στερεά σύνδεση
- Εξασφαλισμένη αντοχή, για εφελκυσμό και θλίψη, με άλλα μέσα (αγκυρώσεις, κλπ)
- Αποκλεισμός προοπττικής ρηγμάτωσης

### **• ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ:**

- Ενεργό ύψος:

$$h_{\text{eff}} = \rho_n * h_s$$

$h_s$  : Καθαρό ύψος ορόφου

$\rho_n$  : Μειωτικός συντελεστής

### **• ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ:**

- Ελάχιστο μήκος (άνευ ανοιγμάτων) :

$$l_s = 0,20 * h$$

$$h = \text{ύψος ορόφου}$$

- Ελάχιστο πάχος :

$$t_s = 0,333 * t_w > 100 \text{mm}$$

$$t_w = \text{πάχος κυρίου τοίχου}$$

• ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ  $\rho_n$  :

-Τοίχος δεσμευμένος άνω-κάτω, ελεύθερος κατά τα κατακόρυφα άκρα του :

$$\rho_2 = 0,75-1,00$$

-Τοίχος δεσμευμένος άνω-κάτω, ελεύθερος κατά το ένα κατακόρυφο άκρο του, δεσμευμένος κατά το άλλο:

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + [\rho_2/3 * h_s/L]^2} * \rho_2$$

- Τοίχος δεσμευμένος άνω- κάτω, δεσμευμένος κατά τα δύο κατακόρυφα άκρα του:

Για  $h_s \leq L$  :

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + [\rho_2 * h_s/L]^2} * \rho_2$$

Για  $h_s > L$  :

$$\rho = 0,50$$

## **7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ : ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ**

### **7.1 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ – ΕΝΙΑΙΟΥ – ΣΥΝΟΛΟΥ**

- **ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ:**

- Διαφράγματος που δεν επιτρέπει την αξιόπιστη κατανομή της ολικής σεισμικής δύναμης στα επι μέρους κατακόρυφα στοιχεία ( π.χ. η ασυνήθης περίπτωση ακάμπτου διαφράγματος εκτός επιπέδου του)

- Μη κανονικού κτιρίου

- Κτιρίου μεγάλου μεγέθους

- Κτιρίου μεγάλης σπουδαιότητας

- κλπ

- **ΣΥΝΗΘΗΣ ΓΙΑ ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

### **7.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ( ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΙ ΤΟΙΧΟΙ)**

- **ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ:**

- Διαφράγματος που επιτρέπει την αξιόπιστη κατανομή της ολικής σεισμικής δύναμης στα επι μέρους κατακόρυφα στοιχεία ( π.χ. η συνήθης περίπτωση εύκαμπτου διαφράγματος)

- Κανονικού κτιρίου

- Κτιρίου μικρού μεγέθους

- Κτιρίου μικρής σπουδαιότητας

- κλπ

- **ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΗ ΚΥΡΙΩΣ ΓΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**



## **8. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΗΤΟΣ –ΕΝΙΑΙΟΥ- ΣΥΝΟΛΟΥ**

### **8.1 ΣΥΝΗΘΗΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

- Προσομοίωμα Πεπερασμένων Στοιχείων

### **8.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ**

- Δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων, με στοιχεία τριδιάστατα (3-D), που καλύπτουν όλα τα στοιχεία της κατασκευής:
  - κατακόρυφα ( τοίχοι, κλπ)
  - οριζόντια (δάπεδα, στέγες, κλπ)
- Απλοποιήσεις , για πολύ εύκαμπτα, ή πολύ δύσκαμπτα διαφράγματα ( στην διεύθυνση εκτός επιπέδου τους)
- Ειδικοί νόμοι συμπεριφοράς συνδέσεων, ( ειδικοί κόμβοι), μεταξύ :
  - τοιχων-δαπέδων
  - τοιχων-οροφής
  - τοιχων- εγκάρσιων τοίχων
  - τοιχων-θεμελίωσης
- Ειδικό δίκτυο ( στοιχεία μικρότερου μεγέθους), για τις περιοχές των ανοιγμάτων τοίχων, των διασταυρώσεων των τοίχων, κλπ.
- Ιδιότητες-χαρακτηριστικά στοιχείων :
  - ραβδωτά ή επιφανειακά
  - ορθοτροπικά ή ισοτροπικά
  - ισοπαραμετρικά ή απλά
  - μικρού ή μεγάλου μεγέθους
  - κλπ

## **9. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ –ΚΑΤΑ-ΤΜΗΜΑΤΑ**

### **9.1 ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ**

- Για τον διαχωρισμό σε ανεξάρτητους τοίχους ( υποφορείς):  
Απόλυτη καμπτική ευκαμψία διαφράγματος
- Για την κατανομή των οριζοντίων φορτίων σε ανεξάρτητους τοίχους:  
Απόλυτη στο επίπεδο του διαφράγματος στερεότητα.

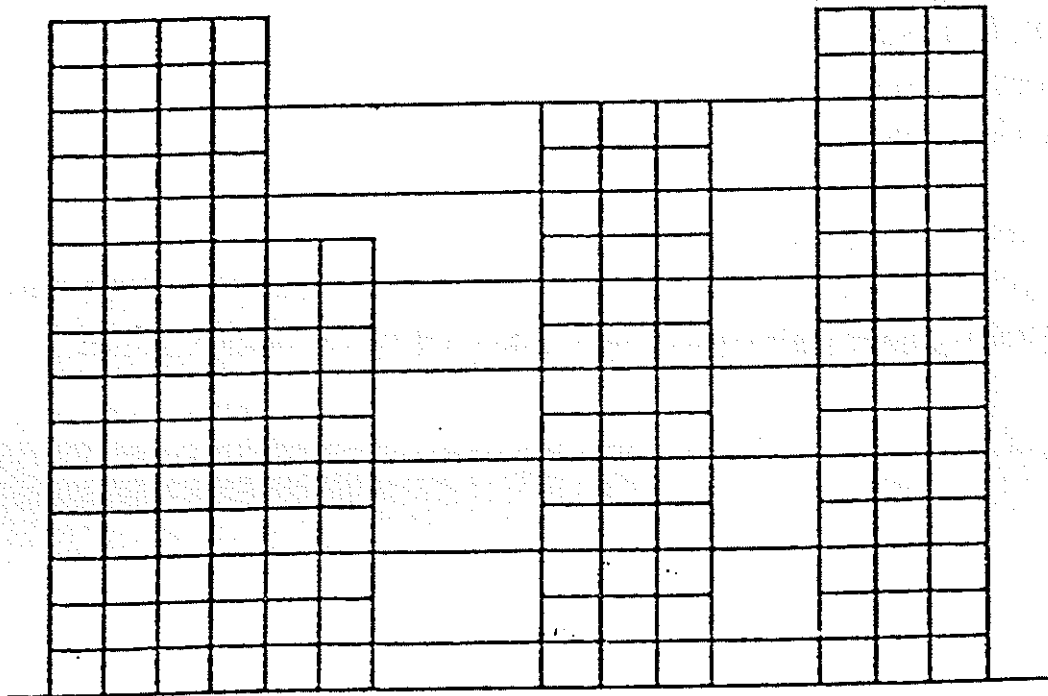
### **9.2 ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΥΠΟΦΟΡΕΙΣ**

- Για τον χωρισμό σε υποφορείς – ανεξάρτητους τοίχους , κάθε κατακόρυφος τοίχος θεωρείται σαν ένα ανεξάρτητο κατακόρυφο στοιχείο.
- Προϋπόθεση για δυνατότητα ανάληψης οριζόντιων φορτίων (  $H$  =ύψος,  $L$ = μήκος) :  
E.C. 8:  $H/L < 2$
- Για κανονική κάτοψη:  
-Δεν υπάρχουν ιδιαίτερες δυσκολίες
- Για ακανονική κάτοψη:  
-Υπάρχουν δυσκολίες, κυρίως όσον αφορά την προσομοίωση των στρωφικών χαρακτηριστικών των μεμονωμένων τοίχων.

### 9.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

- Δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων, με στοιχεία διδιάστατα ( 2-D), επιφανειακά ή ραβδωτά, λπου καλύπτουν όλα τα στοιχεία του υπό ανάλυση τμήματος κατασκευής προσομοίωμα δομήματος-κατά-τμήματα.
- Ειδικό δίκτυο ( στοιχεία μικροτέρου μεγέθους), για τις περιοχές των ανοιγμάτων.
- Ιδιότητες –χαρακτηριστικά στοιχείων:
  - ραβδωτά ή επιφανειακά
  - ορθοτροπικά ή ισοτροπικά
  - μικρού ή μεγάλου μεγέθους
  - κλπ

- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:



## **10. ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

### **10.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

- Βασικές παράμετροι εισόδου:

-Δράσεις

-Μηχανικές ιδιότητες των υλικών

-Χαρακτηριστικά του προσομοιώματος της κατασκευής.

- Περιθώρια ανάληψης φορτίων:

Ανακόπτονται σύντομα, όταν στο πρώτο τμήμα (διατομή) της κατασκευής οι τιμές των τάσεων φθάσουν το δεδομένο όριο.

### **10.2 ΣΗΜΕΙΩΣΗ**

- Τα εμπορικά προγράμματα Η.Υ. για την ανάλυση των κατασκευών πρέπει να χρησιμοποιούνται με τεράστια προσοχή, κυρίως λόγω των δεδομένων αβεβαιοτήτων που υφίστανται για τα μεγέθη εισαγωγής ( μηχανικά χαρακτηριστικά, κλπ)
- Παραμετρικές διερευνήσεις συνιστώνται με έμφαση, τουλάχιστον για τις παραμέτρους υψηλής αβεβαιότητας.
- Στην περίπτωση αυτή, ή περιβάλλουσα των τιμών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την διαστασιολόγηση,

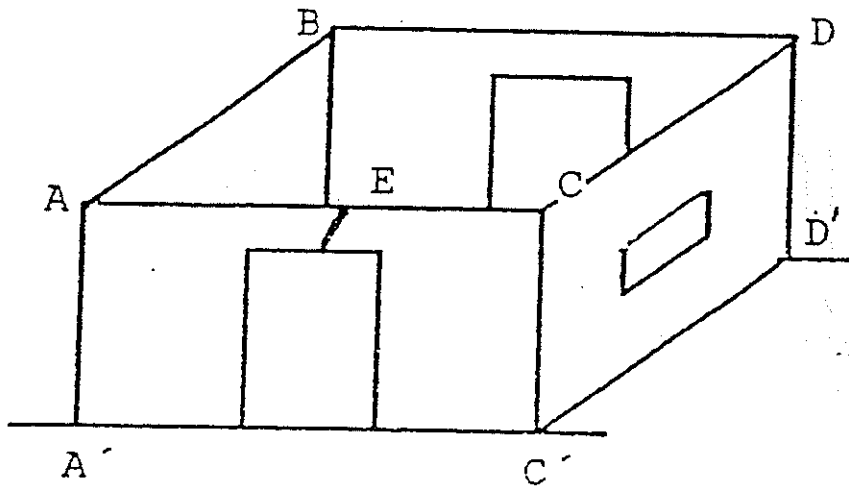
## 11. ΕΛΑΣΤΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### 11.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

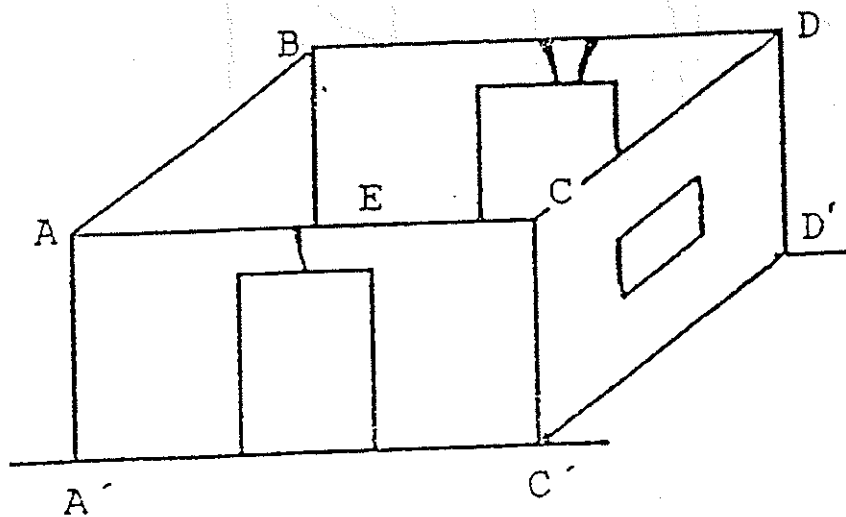
- Βασικές παράμετροι εισόδου:  
Πειραματικά προσδιοριζόμενες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών.
- Βασικοί τύποι προσομοιώματος:  
Κινηματικοί Μηχανισμοί
- Βασικά ερωτήματα προς απόφαση:  
Διαπίστωση όλων των πιθανών μηχανισμών κατάρρευσης
- Περιθώρια πλαστιμότητας:  
-αφορούν συνολικά την κατασκευή όχι ειδικά κάποιες κρίσιμες διατομές.  
Η πλαστική άρθρωση σαν έννοια, δεν έχει νόημα στις τοιχοποιίες.

## 11.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

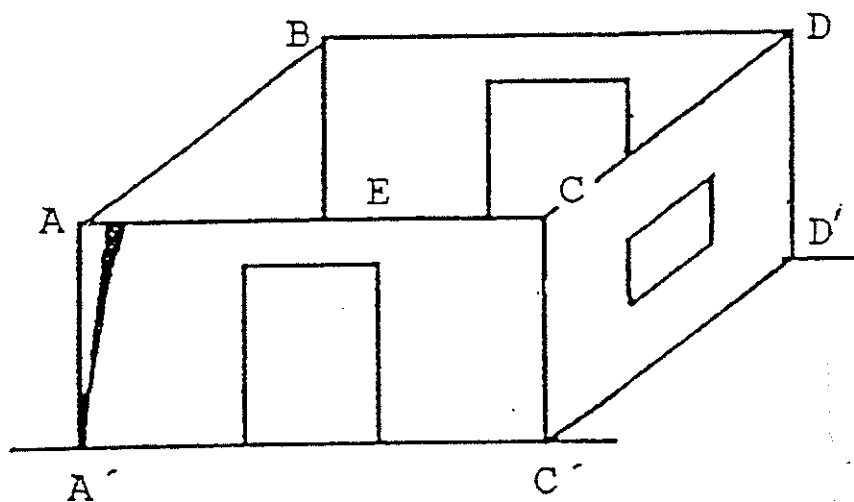
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 1: Ρωγμές στην μία όψη, άνω του κύριου ανοίγματος.



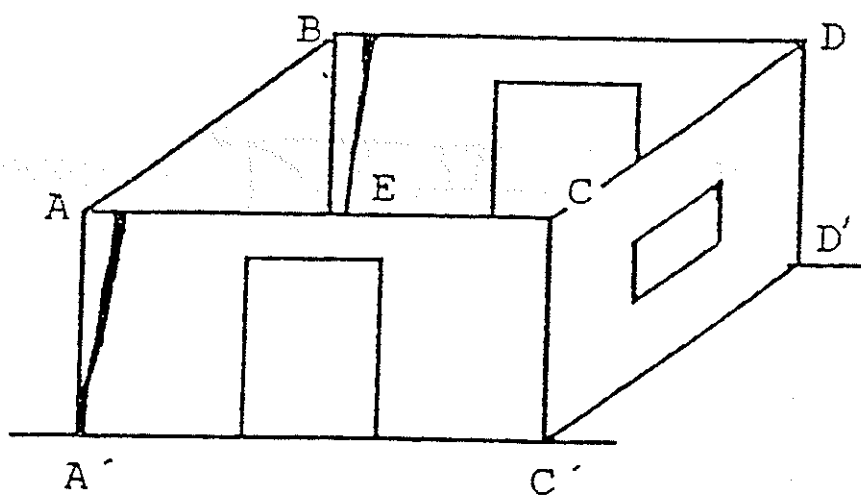
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 2: Ρωγμές στις δύο όψεις, άνω των δύο κύριων ανοιγμάτων.



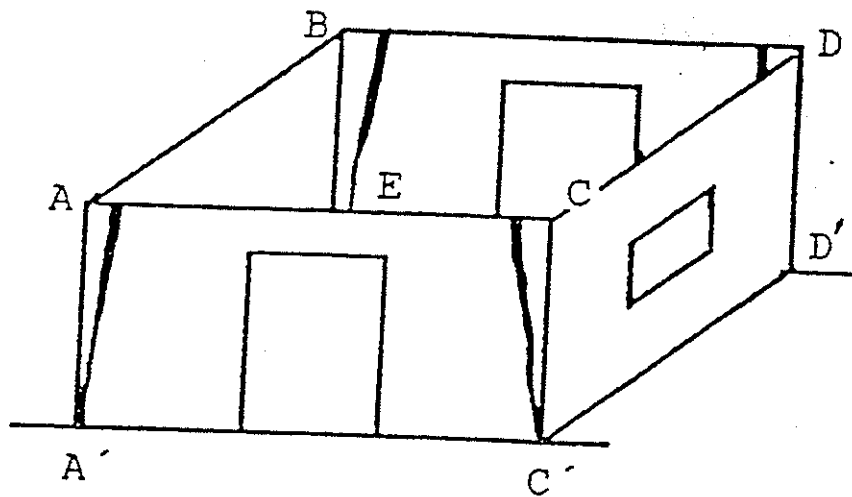
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 3: Ρωγμές κατά την AA':



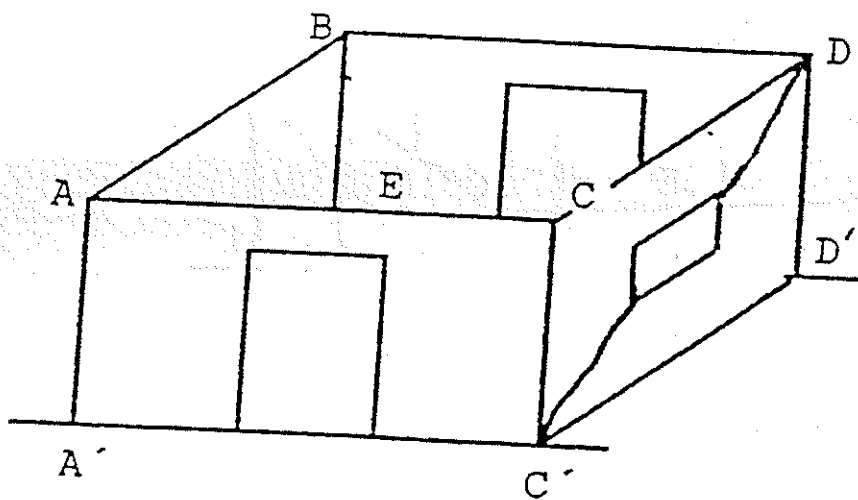
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 4: Ρωγμές κατά τις AA', BB':



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 5: Ρωγμές κατά τις  $AA'$ ,  $BB'$ ,  $CC'$ ,  $DD'$ :

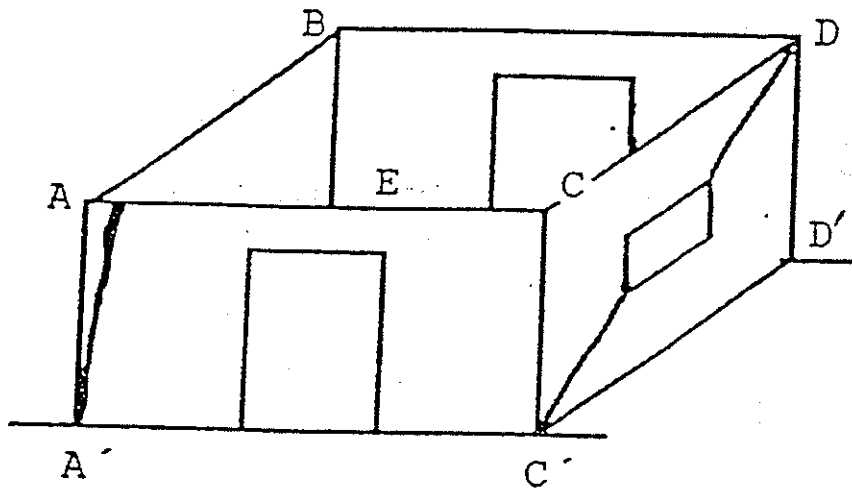


ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 6: Ρωγμές κατά την διαγώνιο  $DC'$ :

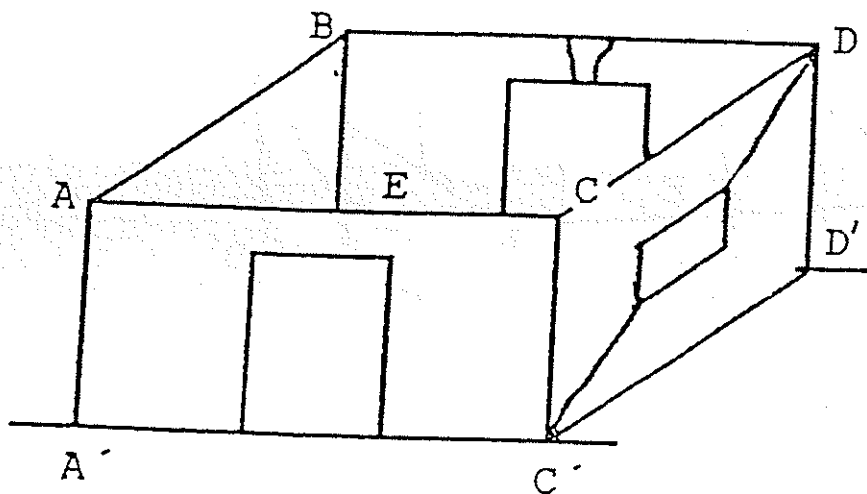




ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 7: Ρωγμές κατά τις  $AA'$ ,  $DC'$ :

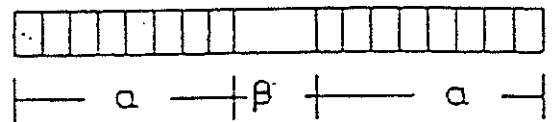
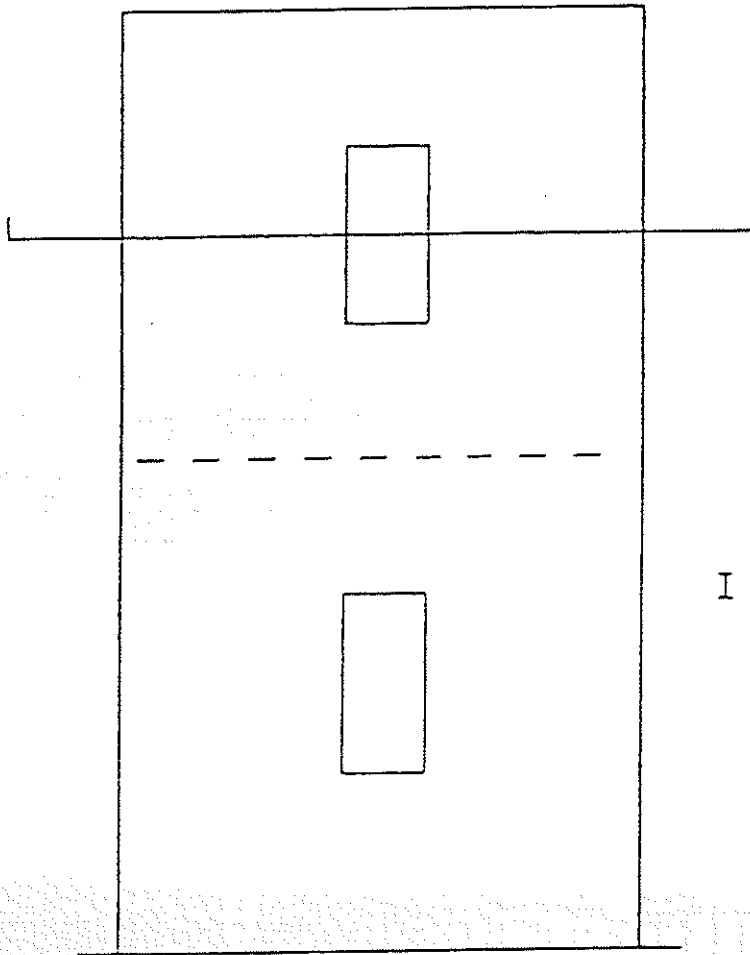


ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ 8: Ρωγμές κατά τις  $AA'$ ,  $DC'$ ,  $BB'$ :



## 12. ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

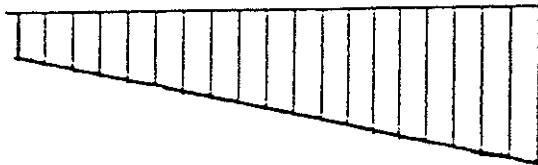
### 12.1 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΗΝ ΔΟΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ)



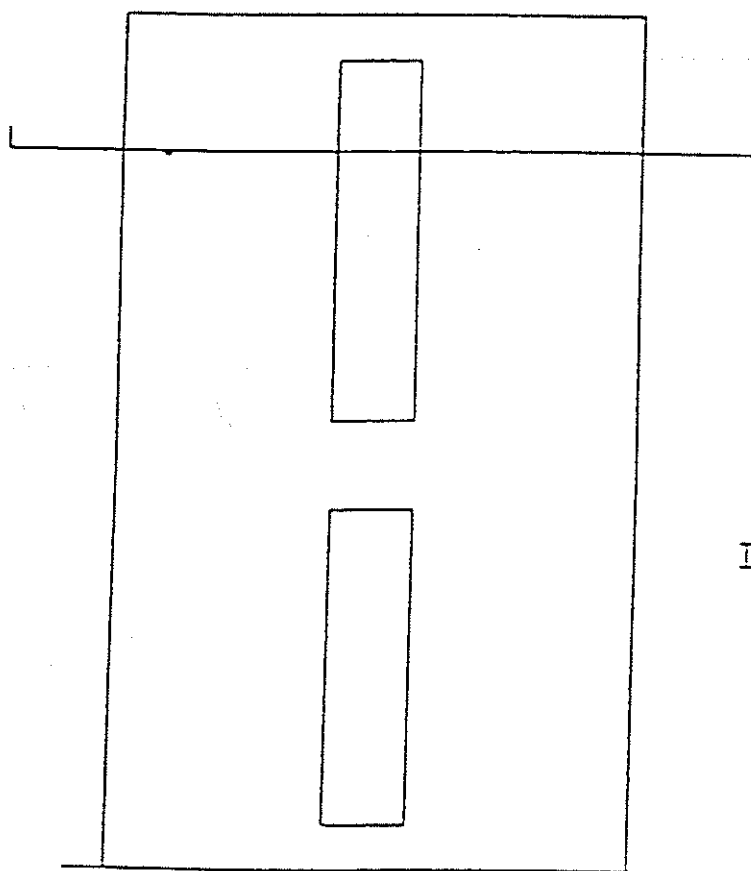
$$a = 0.45 L$$

$$\beta = 0.10 L$$

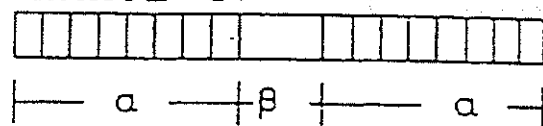
$$I = \frac{t \cdot L^3}{12} - \frac{t \cdot (0.1L)^3}{12} = 0.999 \frac{t \cdot L^3}{12}$$



**12.2 ΕΠΡΡΟΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ**  
**ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΗΝ ΔΟΜΙΚΗ**  
**ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ (ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ)**



ΠΑΧΟΣ  $t$ :



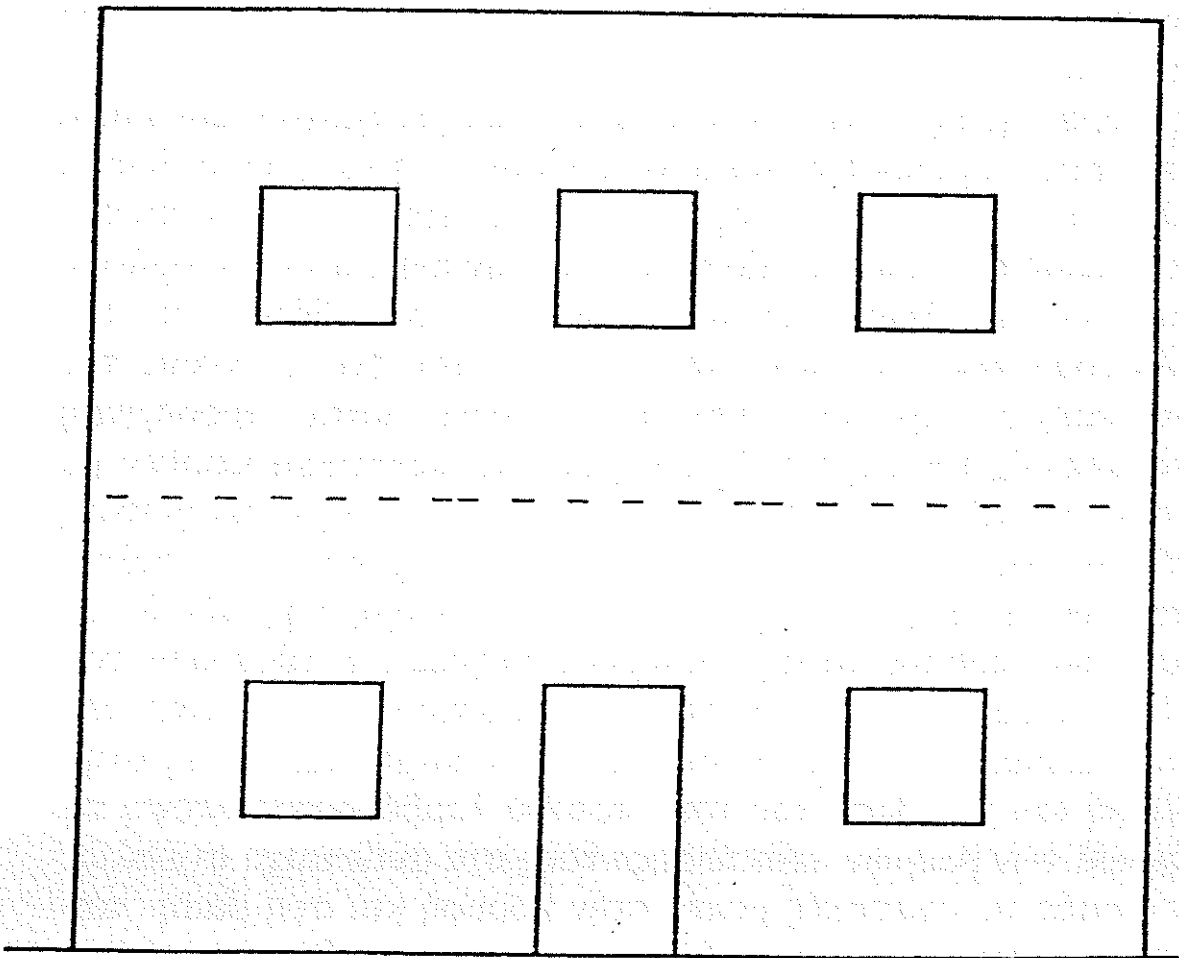
$$I = 2 \cdot \frac{t \cdot (0.45 L)^3}{12} =$$

$$= 0.182 \frac{t \cdot L^3}{12}$$



### **12.2.1 ΤΟΙΧΟΙ ΧΩΡΙΣ Η ΜΕ ΜΙΚΡΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ:**

- **ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ:** Επίπεδου δίσκου, απλό διατμητικό τοίχωμα (shear wall)
- **ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ:** Πεσσοί παραθύρων
- **ΕΝΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.** Άμεσες μέθοδοι υπολογισμού ακαμψίας, ή μέθοδος Π.Σ.



### 12.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΣΣΩΝ

Η προσεγγιστική μέθοδος των πεσσών, συμπληρωμένη με τις απλές βοηθητικές σχέσεις που ανέπτυξε ο Η. Κοσμόπουλος με βάση τη θεωρία ελαστικών συνδέσμων του Ρουσόπουλου, είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος ανάλυσης κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στη σημερινή Ελληνική Πρακτική. Κατά τη μέθοδο αυτή η συνολική σεισμική τέμνουσα κάθε ορόφου κατανέμεται στους παράλληλους στη διεύθυνσή της τοίχους ανάλογα με τη «δυσκαμψία» τους. Η «δυσκαμψία ορόφου» ενός τοίχου υπολογίζεται σαν το αντίστροφο της ευκαμψίας του, η οποία με τη σειρά της έχει μία συνιστώσα από της διατμητική ευκαμψία των επιμέρους πεσσών, μία από την καμπτική τους, με θεώρηση «ελαστικής πάκτωσης» τους στα ανώφλια του ανωτέρου και του κατώτερου ορόφου, και μία τρίτη από την ευκαμψία του ορόφου σαν σύνολο, θεωρούμενου πακτωμένου στη βάση του και ελεύθερου στην κορυφή του. Σημειώνεται ότι η έννοια της «δυσκαμψίας ορόφου» και ο ανωτέρω κατά προσέγγιση υπολογισμός της, έχουν έννοια μόνο σε περίπτωση κτιρίων με δύσκαμπτα μέσα στο επίπεδό τους πατώματα και με εύκαμπτους πεσσούς σε σχέση με τα ανώφλια, συνθήκες που σπάνια συναντώνται στην πράξη. Μετά την κατανομή της συνολικής τέμνουσας ορόφου στους επιμέρους τοίχους, η τέμνουσα του κάθε τοίχου κατανέμεται στους πεσσούς του ανάλογα της «δυσκαμψίας» τους και μεταφράζεται σε καμπτικές ροπές στην κορυφή και τη βάση του του πεσσού λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορά των βαθμών «πάκτωσης» τους στα αντίστοιχα ανώφλια. Απ' αυτές τις καμπτικές ροπές στην κορυφή και στη βάση του πεσσού, και από την θλιπτική αξονική δύναμη λόγω κατακόρυφων φορτίων (αγνοώντας δηλαδή την επιρροή της σεισμικής ροπής ανατροπής), υπολογίζεται η κατανομή των κατακόρυφων ορθών τάσεων  $\sigma_x$  κατά πλάτος του πεσσού. Οι τάσεις αυτές συνδυάζονται με τις λόγω τέμνουσας του πεσσού διατμητικές τάσεις  $\tau_{xy}$  στην ίδια διατομή, δίνοντας τις κύριες αυτές τάσεις αντικατοπτρίζουν μόνο την επίπεδη ένταση από τις σεισμικές δυνάμεις τις παράλληλες στον τοίχο, αγνοώντας την καμπτική λόγω των εγκαρσίων στον τοίχο δυνάμεων.

Όπως φαίνεται ενδεικτικά από τη σύγκριση των μεγίστων κυρίων εφελκυστικών τάσεων του Σχ. 1.2 με τις αντίστοιχες του Σχ.1.3 και Σχ.1.4 και Σχ.1.5 για τη Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων, καθώς και από την σύγκριση των μέσων τιμών αυτών των τάσεων για κάθε τοίχο των τριών κτιρίων που προκύπτουν από τις τρεις μεθόδους ανάλυσης , (πιν.1), τα αποτελέσματα της προσεγγιστικής Μεθόδου των Πεσσών διαφέρουν σημαντικά από αυτά την Μεθόδου πεπερασμένων Στοιχείων, αλλά και από τη γενική εικόνα των βλαβών. Έτσι δίνουν μεγαλύτερες τάσεις στο ισόγειο απ' ότι στον όροφο, ενώ η εικόνα των βλαβών ήταν αντίθετη. Όπως αναφέρεται αναλυτικότερα , οι διαφορές επεκτείνονται και στην κατανομή των βλαβών μεταξύ των πεσσών του ίδιου ορόφου. Είναι , παρ' όλα αυτά , αξιοσημείωτο, ότι τα αποτελέσματα της προσεγγιστικής Μεθόδου των Πεσσών υπερτερούν αυτών της Μεθόδου του Ισοδυνάμου Πλαισίου στο χώρο, όσο αφορά τη συμφωνία με αυτά της Μεθόδου Πεπερασμένων Στοιχείων και με τις βλάβες.

Κατά τις τρεις μεθόδους (σε MPa)

(FEM = Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων, 3DF = Ισοδ. Πλαίσιο στο χώρο, MP = Μ. Πεσσών)

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΨΗ ΤΟΙΧΟΥΣ

(1)	BUILDING I				BUILDING II				BUILDING III						
	W1 (2)	W2 (3)	W3 (4)	W4 (5)	bldg (6)	W1 (7)	W2 (8)	W3 (9)	W4 (10)	bldg (11)	W1 (12)	W2 (13)	W3 (14)	W4 (15)	bldg (16)
FEM	2nd	168	243	223	234	208	246	244	242	245	100	289	95	46	180
	1st	88	178	178	233	168	222	125	204	202	127	245	110	34	161
	bas.	43	95	119	144	98	168	82	222	180	110	173	74	-	135
3DF	2nd	173	272	262	260	247	393	383	325	386	247	348	349	170	303
	1st	108	349	456	685	447	552	237	607	560	381	423	551	124	422
	bas.	157	666	338	522	439	474	222	624	489	386	446	502	-	453
MP	2nd	115	145	74	141	120	186	163	121	154	156	58	330	69	182
	1st	161	398	127	257	236	284	314	386	351	371	195	722	198	448
	bas.	240	161	100	164	149	204	173	179	122	96	81	2	-	56

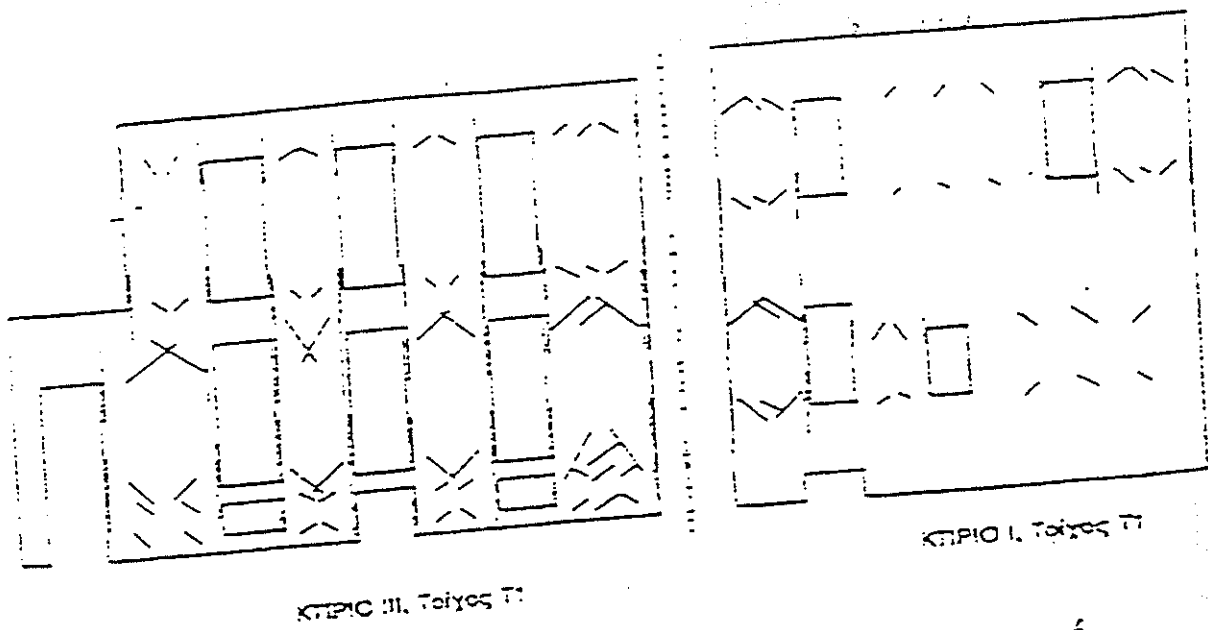
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΚΑΘΕΤΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΟΨΗ ΤΟΙΧΟΥΣ

(1)	BUILDING I				BUILDING II				BUILDING III						
	W1 (2)	W2 (3)	W3 (4)	W4 (5)	bldg (6)	W1 (7)	W2 (8)	W3 (9)	W4 (10)	bldg (11)	W1 (12)	W2 (13)	W3 (14)	W4 (15)	bldg (16)
FEM	2nd	259	257	223	239	241	292	249	298	311	352	201	307	139	286
	1st	92	127	101	107	108	55	204	106	103	245	113	182	96	179
	bas.	260	112	241	137	188	62	222	155	149	179	79	167	-	126
3DF	2nd	253	304	254	190	223	228	664	279	353	272	177	403	120	282
	1st	116	178	349	117	202	250	372	146	228	313	295	481	255	364
	bas.	235	340	225	118	224	164	356	219	197	356	263	358	-	330

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

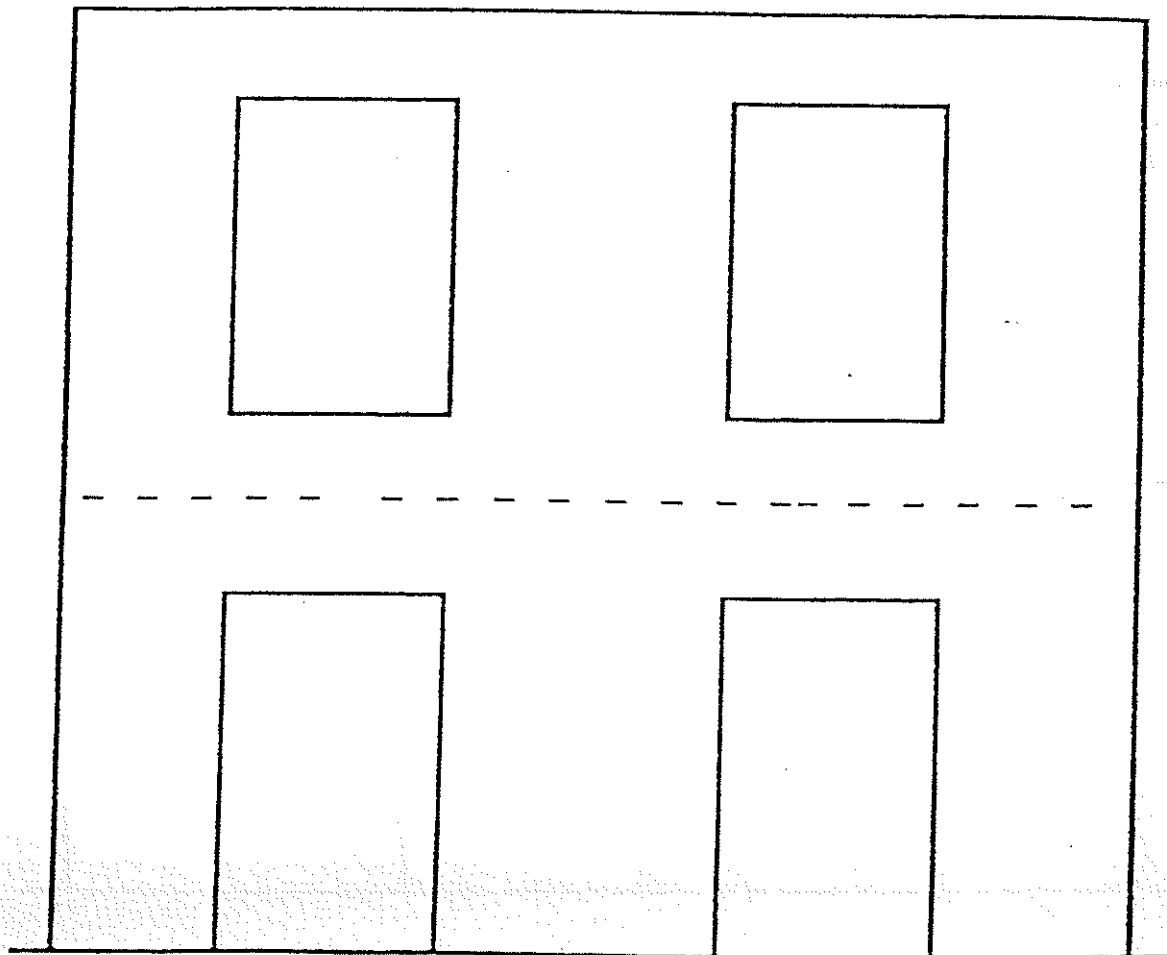




Σχ. 1.2 Παράδειγμα μεγίστων κυρίων εφελκ. τάσεων από Μέθοδο Πεσσών

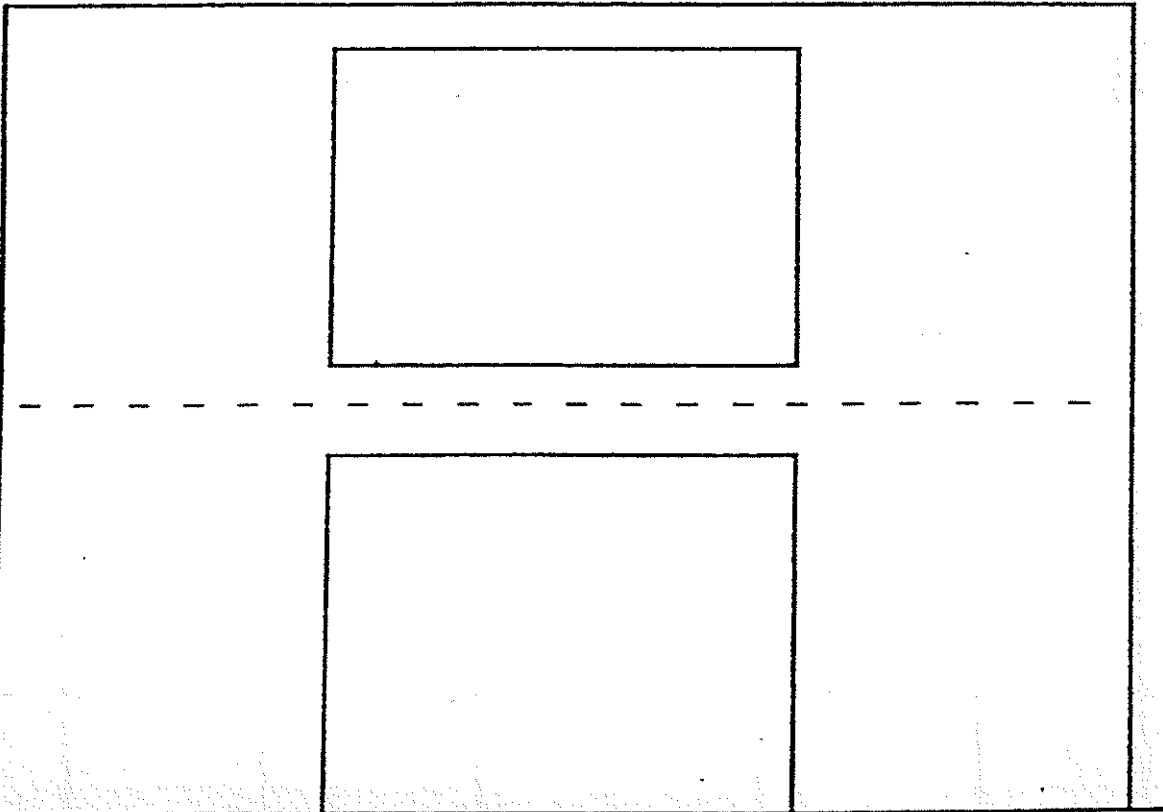
### **12.2.3. ΤΟΙΧΟΙ ΜΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ:**

- ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ: Επίπεδου δίσκου, διατμητικό τοίχωμα με ισχυρή διασύνδεση (coupled shear wall)
- ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ: Πεσσοί παραθύρων και δοκοί συνδέσεως.
- ΕΝΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ :Μέθοδος Π.Σ. ή ισοδυνάμου πλαισίου.

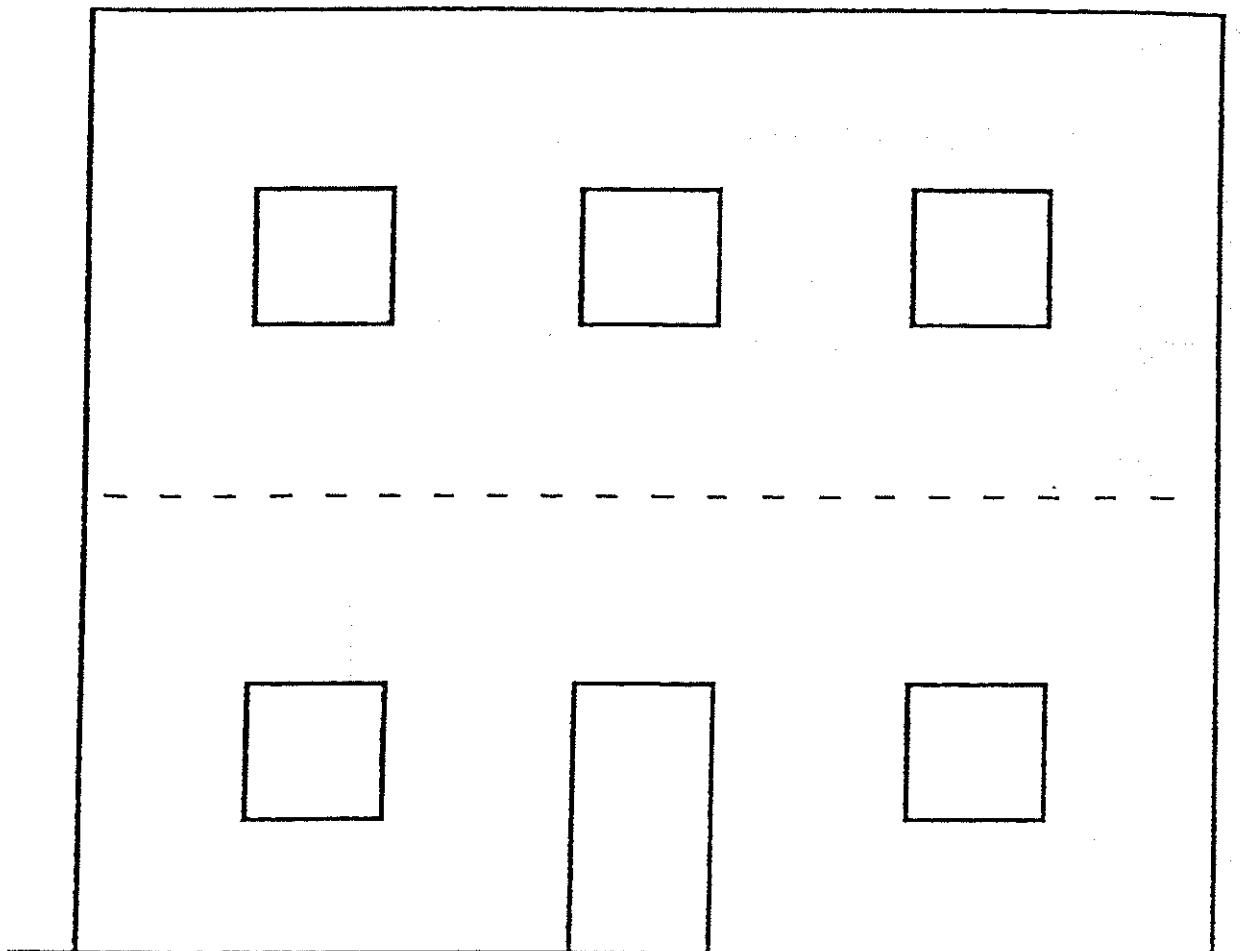


#### **12.2.4. ΤΟΙΧΟΙ ΜΕ ΜΕΓΑΛΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ:**

- **ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ:** Απλοί κατακόρυφοι πρόβολοι με αδύνατες δοκούς διασύνδεσης.
- **ΑΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ:** Βάση προβόλων και εύκαμπτες δοκοί συνδέσεως.
- **ΕΝΔΕΙΚΝΥΟΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ:** Μέθοδος πλαισίου με ή χωρίς στερεούς κόμβους.



### 12.3 ΑΜΕΣΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ)



### 12.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων, με στοιχεία που καλύπτουν όλα τα στοιχεία της υπό ανάλυση κατασκευής.
- Ιδιαίτερο σημείο: η μόρφωση του δικτύου ( πύκνωση στα σημεία συγκέντρωσης τάσεων κλπ)
- Παράδειγμα μητρώου ελαστικών σταθερών:
  - Υλικό ομογενές- ορθότροπο:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & \frac{-\nu_{xy}}{E_y} & 0 \\ \frac{-\nu_{xy}}{E_x} & \frac{1}{E_y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix}^{-1}$$

-Υλικό ομογενές – ισότροπο:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{E} & \frac{-\nu}{E} & 0 \\ \frac{-\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix}^{-1}$$

Αναλύονται εδώ τρία συγκεκριμένα διώροφα κτίρια με υπόγειο, ξύλινα πατώματα και ξύλινη κεραμοσκεπή στέγη, τα οποία υπέστησαν διαφόρων βαθμών βλάβες στο σεισμό της Καλαμάτας το 1986. Η σεισμική φόρτιση θεωρείται ότι προκύπτει από ομοιόμορφα κατανεμημένη οριζόντια επιτάχυνση ίση με  $0,42 * g$  η οποία ισούται περίπου με τη μέση ελαστική φασματική επιτάχυνση των επιταχυνσιογραφημάτων της Καλαμάτας για το διάστημα των βασικών ιδιοπεριόδων των κτιρίων και για απόσβεση 20% , καθώς και με επιτάχυνση σχεδιασμού κατά το σχέδιο του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού , για περιοχές σεισμικότητας III και για δείκτη συμπεριφοράς 2.0. Επισημαίνεται ότι οι ανωτέρω τιμές των συντελεστών απόσβεσης και συμπεριφοράς αντιστοιχούν μεταξύ τους, καθώς και με την Πραγματική συνολική εικόνα των βλαβών στα τρία κτίρια. Η σεισμική φόρτιση θεωρείται ότι δρα χωριστά στις 2 διευθύνσεις, στη θετική ή στην αρνητική κατεύθυνση και ότι συνδυάζεται με τα μόνιμα φορτία συν το μόνιμο τμήμα των κινητών.

Η προσομοίωση με πεπερασμένα Στοιχεία χρησιμοποιεί 4-κομβά έως 8-κομβά στοιχεία παχιάς πλάκας – επίπεδης έντασης, με θεώρηση των εγκαρσίων στον τοίχο διατμητικών παραμορφώσεων και 5 βαθμούς ελευθερίας ανά κόμβο. Το πάχος των στοιχείων είναι ίσο με το πάχος των τοίχων (γενικά 0,6) και οι διαστάσεις τους μέσα στο μέσο επίπεδο του τοίχου είναι της τάξεως του 0,5m. Τα πατώματα προσομοιώνονται με γραμμικά στοιχεία με αξονική ατένεια μόνο, στη διεύθυνση των ξυλοδοκών. Συνολικά για κάθε κτίριο χρησιμοποιούνται πάνω από 1500 Πεπερασμένα Στοιχεία και πάνω από 10000 βαθμούς ελευθερίας.

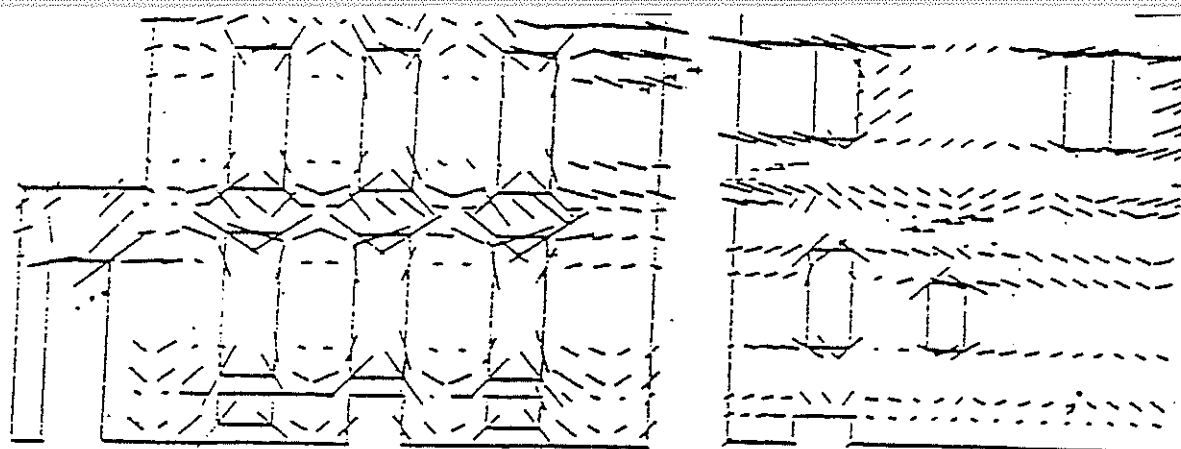
Το βασικό αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι το μέγεθος και η διεύθυνση των κυρίων τάσεων στις δύο επιφάνειες του τοίχου στις θέσεις των κόμβων. Από όλες τις κύριες τάσεις που υπολογίζονται για κάθε κόμβο για του 4 συνολικά συνδυασμούς δράσεων μας ενδιαφέρει η μέγιστη εφελκυστική διότι το μέγεθος και η διεύθυνσή της καθορίζουν τη ρηγμάτωση και την τελική αστοχία της λιθοδομής.

Τα σχήματα που ακολουθούν (Σχ1.3,Σχ.1.4,Σχ.1.5) δίνουν χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατανομής του μεγέθους και

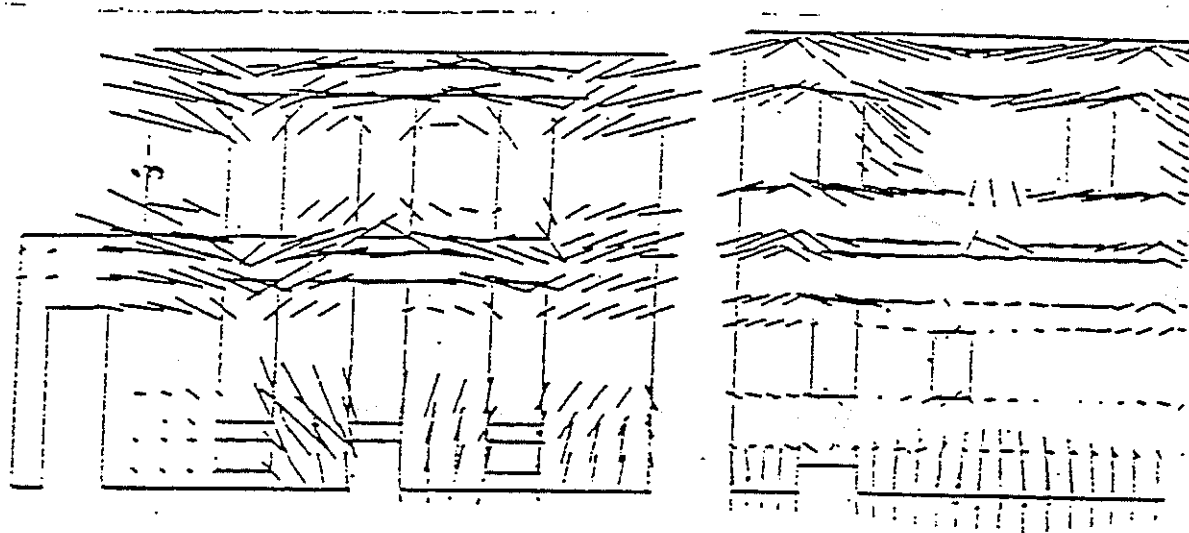
της διεύθυνσης της μέγιστης ανάμεσα στις 2 επιφάνειες κύριας εφελκυστικής τάσης , χωριστά για σεισμική δράση παράλληλη στον υπόψη τοίχο , που προκαλεί επίπεδη κυρίως ένταση (και κάποια καμπτική , κοντά στις γωνίες σύνδεσης με τους εγκάρσιους τοίχους ) και χωριστά για δράση κάθετη σε αυτόν, που προκαλεί καθαρά καμπτική ένταση. Οι καμπτικής προελεύσεως τάσεις είναι γενικά, μεγαλύτερες, ιδίως στον όροφο και περίπου οριζόντιες , τείνουν Δε να προκαλέσουν κατακόρυφη ρηγμάτωση των ανωφλιών και αποκόλληση και ανατροπή του ανωτέρου τμήματος του τοίχου. Η σεισμική δράση η παράλληλη στο επίπεδο του τοίχου προκαλεί μεγάλες περίπου οριζόντιες τάσεις τους ακραίους πεσσούς, κοντά στις γωνίες σύνδεσης με του εγκάρσιους τοίχους, λόγω της μεταφοράς από αυτούς της συνολικής εγκάρσιας αδρανειακής τους δύναμης , υπό μορφής κατανεμημένης εφελκυστικής αντίδρασης. Οι τάσεις αυτές τείνουν να προκαλέσουν αποκόλληση των δύο τοίχων στις γωνίες. Η καθ' εαυτό επίπεδη ένταση στον τοίχο για σεισμική δράση παράλληλη στο επίπεδό του προκαλεί κυρίως λοξές κύριες εφελκυστικές τάσεις στους πεσσούς , που τείνουν να προκαλέσουν διαγώνια (διατμητική) ρηγμάτωση.

Οι ανωτέρω τύποι βλαβών χαρακτηρίζουν πράγματι τα διάφορα λιθόκτιστα κτίρια της Καλαμάτας . Ειδικότερα , για τα τρία συγκεκριμένα κτίρια που ανελύθησαν εδώ , το μέγεθος και η διεύθυνση των κυρίων εφελκυστικών τάσεων και η κατανομή τους στο χώρο είναι σε πολύ καλή συμφωνία με την πραγματική εικόνα των βλαβών, επιβεβαιώνοντας έτσι την αξιοπιστία της Μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων , ακόμη και για γραμμική ,ελαστική και στατική εφαρμογή της.

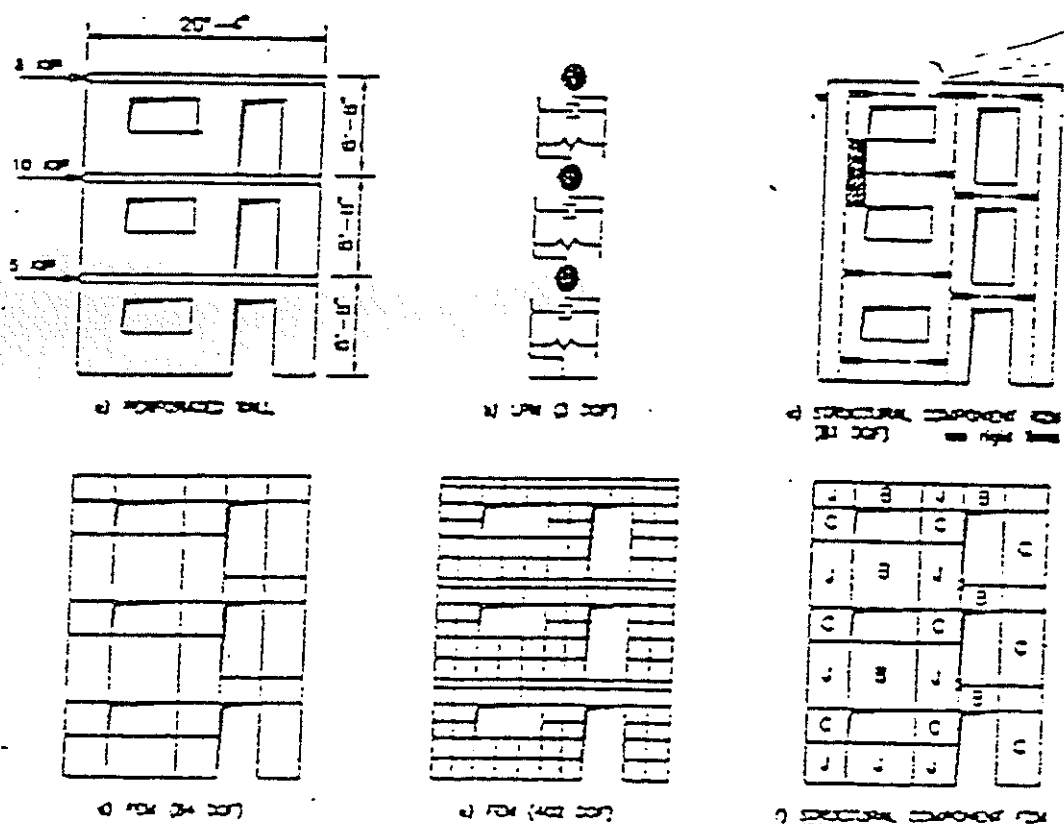
Σεισμική δράση παράλληλα  
στη διεύθυνσή του



Σεισμική δράση κάθετα  
στη διεύθυνσή του

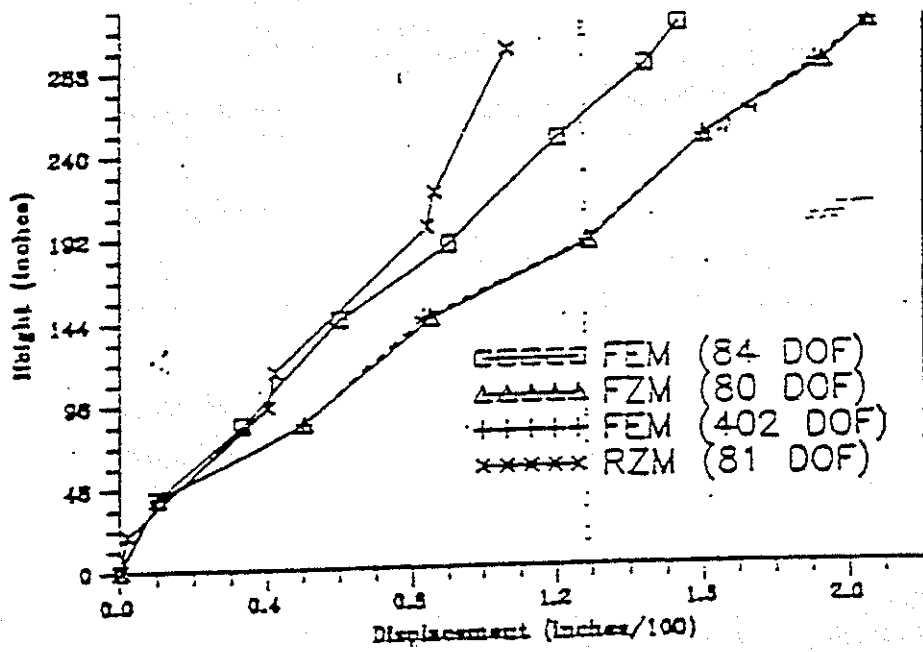


Σχ. 1.3 Παραδείγματα κυρίων εφελκυστ. τάσεων από  
Μέθοδο Πεπερασμένων Στοιχείων



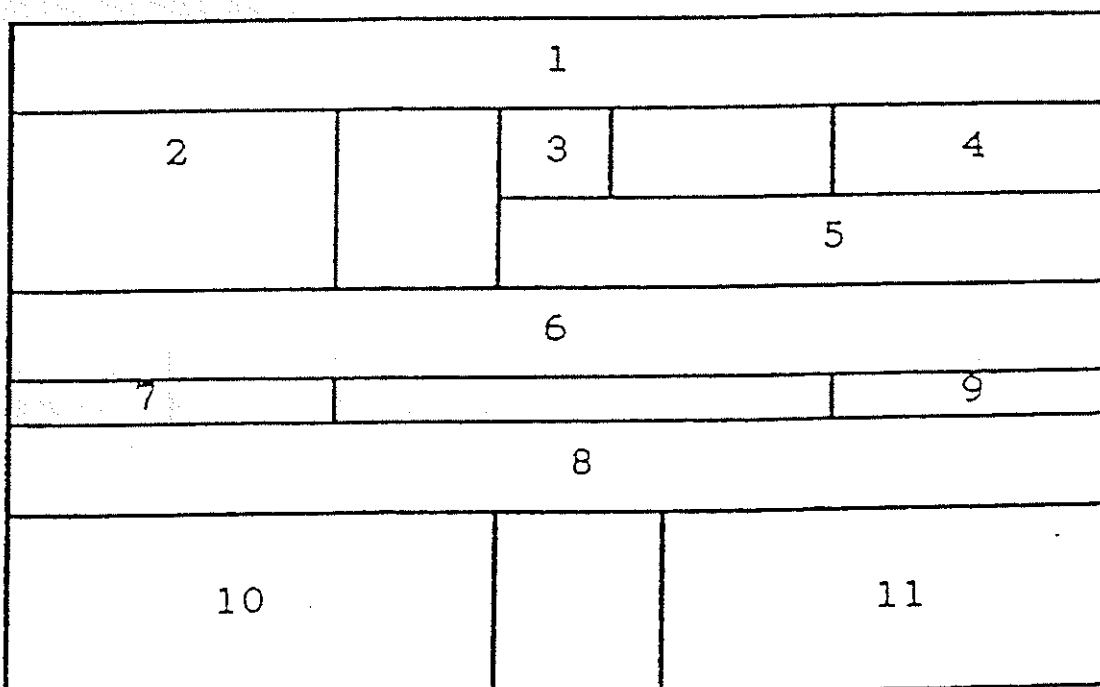
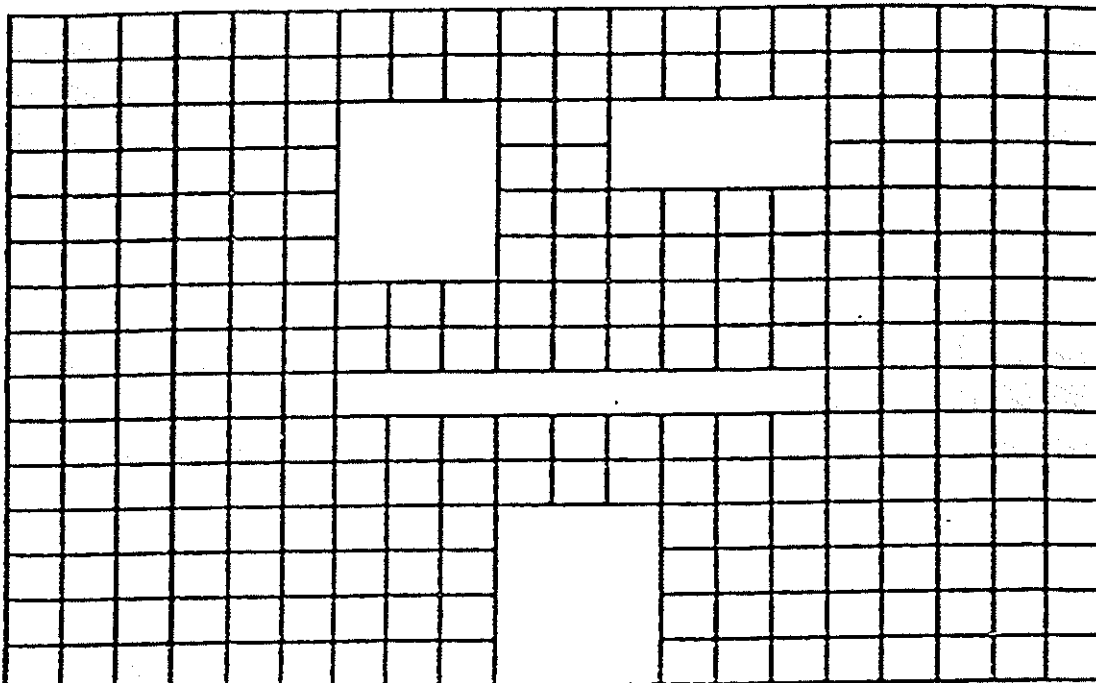
Σχ. 1.4 Εναλλακτικοί τρόποι εξιδανίκευσης τοίχων για  
Επίπεδη Ένταση



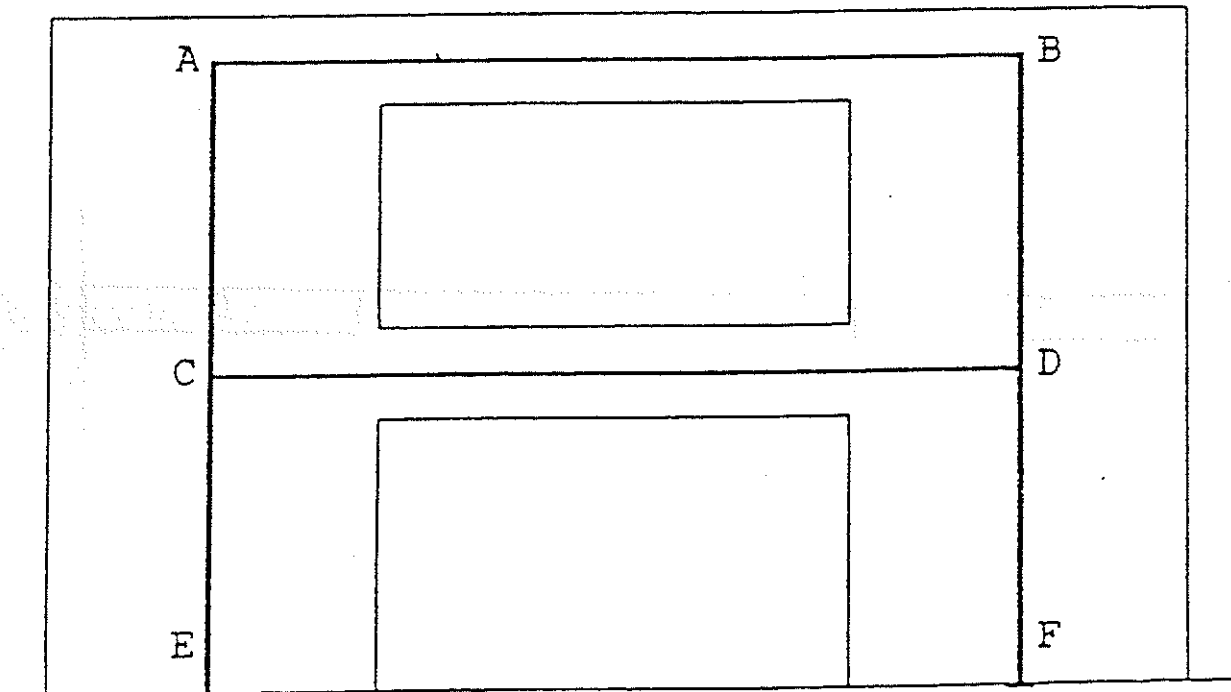
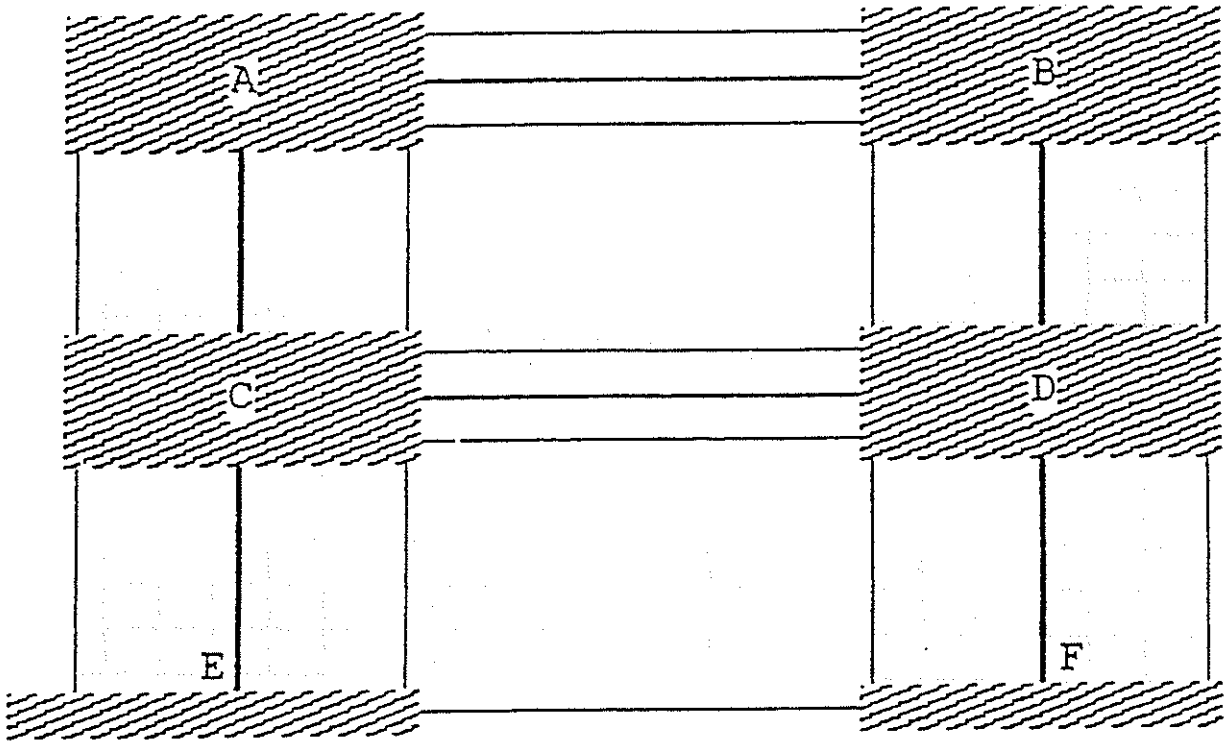


Σχ. 1.5 Καθ' ύψος μεταβολή οριζοντ. Μετακινήσεων  
Τοίχου, για διάφορες προσομοιώσεις

**12.3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ : ΠΥΚΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ( 258)  
 ΚΑΙ ΑΡΑΙΟ ΔΙΚΤΥΟ (11 ΣΤΟΙΧΕΙΑ)**



## 12.4 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕ ΣΤΕΡΕΟΥΣ Η ΜΗ ΚΟΜΒΟΥΣ



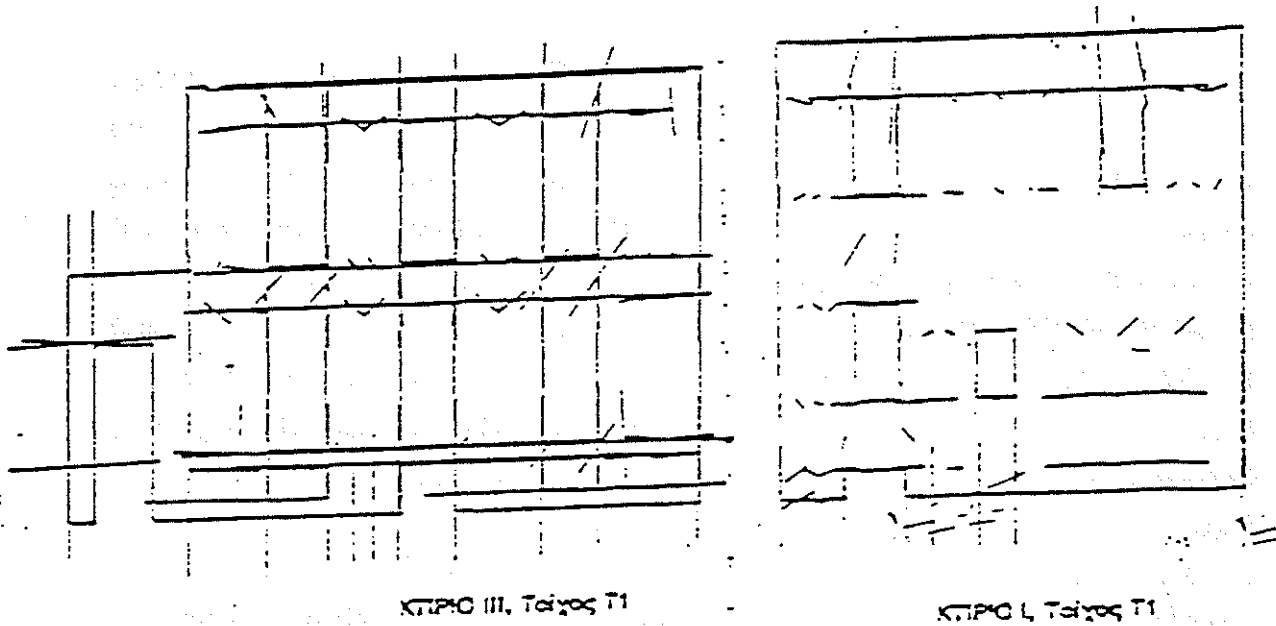
#### **12.4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ Η ΣΤΟ ΧΩΡΟ**

Στη σημερινή Ελληνική πρακτική, η προσομοίωση τοίχων από φέρουσα τοιχοποιία σαν ισοδύναμα επίπεδα πλαίσια υψικορμών «δοκών» και «υποστυλωμάτων» θεωρείται αρκετά ικανοποιητική και συνηθίζεται σε πολλά μελετητικά γραφεία.. Ένα ερώτημα που τίθεται αφορά την εξιδανίκευση των κοινών περιοχών ή «κόμβων» των «δοκών» και των «υποστυλωμάτων». Το τμήμα των μελών αυτών που βρίσκεται μέσα στον πεπερασμένων διαστάσεων κόμβων μπορεί να θεωρηθεί άκαμπτο και να εξιδανικευτεί σαν τέτοιο εφόσον το πρόγραμμα H/Y που χρησιμοποιείται το επιτρέπει. Διαφορετικά μπορεί να προστεθούν εξιδανικευτικοί κόμβοι στα σημεία όπου οι άξονες των οριζοντίων και κατακόρυφων μελών εισδύουν στον πεπερασμένο «κόμβο» και το τμήμα από τους πρόσθετους αυτούς κόμβους μέχρι τον σημειακό κόμβο των αξόνων να εκιδανικευθεί σαν ένα νέο μέλος πολύ μεγάλης δυσκαμψίας. Επειδή βέβαιων οι πεπερασμένοι «κόμβοι» στην πραγματικότητα δεν είναι εντελώς άκαμπτοι, εναλλακτικά μπορεί να θεωρηθούν σαν απόλυτα άκαμπτα μόνο τα τμήματα των «δοκών» μέσα στον «κόμβο» ή μόνο αυτά των «υποστυλωμάτων». Όπως φαίνεται όμως στο Σχ. 1.6, και η θεώρηση μόνο των εντός του «κόμβου» τμημάτων των «δοκών» ως άκαμπτων οδηγεί σε υπερτίμηση της δυσκαμψίας του τοίχου μέσα στο επίπεδό του. Το ίδιο σχήμα δείχνει ότι η δυσκαμψία που προκύπτει από την προσομοίωση του τοίχου με Πεπερασμένα Στοιχεία επίπεδης έντασης, μεγέθους αντιστοιχού προς αυτό που χρησιμοποιήθηκε για τα -4 κτίρια της Καλαμάτας, αναπαράγεται ικανοποιητική με ένα ειδικό τρόπο προσομοίωσης : Αυτόν των «Ευκάμπτων Ζωνών» που προτάθηκε από τους Wilson et al, και αποτελεί υβρίδιο μεταξύ της εξιδανίκευσης Ισοδυνάμου Πλαισίου και αυτής με Πεπερασμένα Στοιχεία μεγέθους ίσου με το καθαρό άνοιγμα των ανωφλιών ή των πεσσών. Κατά τη Μέθοδο αυτή κάθε ένα από τα ανωτέρω καθαρά ανοίγματα και οι πεπερασμένων διαστάσεων κόμβοι μεταξύ τους εξιδανικεύονται σαν γραμμικά μέλη. Εξιδανικευτικοί κόμβοι εισάγονται όμως μόνο στις γωνίες μεταξύ των στοιχείων αυτών, και έχουν 2 βαθμούς ελευθερίας ο καθένας

(μεταθέσεις μέσα στο επίπεδο) , όπως δηλ. στην προσομοίωση Πεπερασμένων Στοιχείων του Σχ. 1.5. Οι τοπικοί βαθμοί ελευθερίας (στροφές και μεταθέσεις άκρων), των γραμμικών μελών συνδέονται γεωμετρικά με τους ανωτέρω γενικούς βαθμούς ελευθερίας στους γωνιακούς κόμβους. Βεβαίως αυτός ο τρόπος προσομοίωσης, που επιτυγχάνει με πολύ λιγότερους βαθμούς ελευθερίας την ίδια ακρίβεια όπως η λεπτομερής προσομοίωση με Πεπερασμένα Στοιχεία επίπεδης έντασης, προϋποθέτει ειδικό πρόγραμμα ανάλυσης ή δυνατότητα επέμβασης και μετατροπής του γενικού προγράμματος ανάλυσης πλαισιακών κατασκευών. Επιπλέον, δεν είναι άμεσα επεκτάσιμος για ανάλυση στο χώρο, με συνυπολογισμό της καμπτικής έντασης από δυνάμεις εγκάρσιες στο επίπεδο των τοίχων. Αντίθετα, η συνήθης Μέθοδος του Ισοδύναμο Πλαισίου μπορεί να εφαρμοσθεί για ανάλυση στο χώρο, με χρήση για τους πεσσούς και τα ανώφλια γραμμικών μελών σε τρεις διαστάσεις και θεώρηση των πραγματικών αδρανειακών μεγεθών  $I_y$  ,  $I_z$  , και των πραγματικών επιφανειών διάτμησης,  $A_y$  ,  $A_z$  , ως προς τοπικούς κύριους άξονες όχι μόνο κάθετα στο επίπεδο του τοίχου , αλλά και μέσα σε αυτό. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται από την ανάλυση καμπτικές ροπές  $M_y$  ,  $M_z$  ως προς τους δύο ανωτέρω τοπικούς άξονες και εξ' αυτών μπορούν να υπολογισθούν ορθές τάσεις  $\sigma_x$  , παράλληλες στον άξονα του πεσσού ή του ανωφλίου , με θεώρηση διαξονικής (λοξής) κάμψης του ανωτέρω στοιχείου, με ορθή δύναμη. Έτσι, οι ορθές τάσεις που υπολογίζονται λαμβάνουν υπ' όψη τόσο την καμπτική ένταση από δυνάμεις εγκάρσιες στους τοίχους , όσο και την επίπεδη από δυνάμεις παράλληλες σ' αυτούς. Παρομοίως , υπολογίζονται τέμνουσες δυνάμεις  $V_y$  ,  $V_z$  όχι μόνο παράλληλες αλλά και κάθετες στο επίπεδο των τοίχων και οι εξ' αυτών διατμητικές τάσεις  $\tau_{xy}$  και  $\tau_{xz}$  μπορούν να συντεθούν με τις ταυτόχρονα δρώσες στο ίδιο σημείο ορθές τάσεις  $\sigma_x$  , για τον υπολογισμό των κυρίων τάσεων.

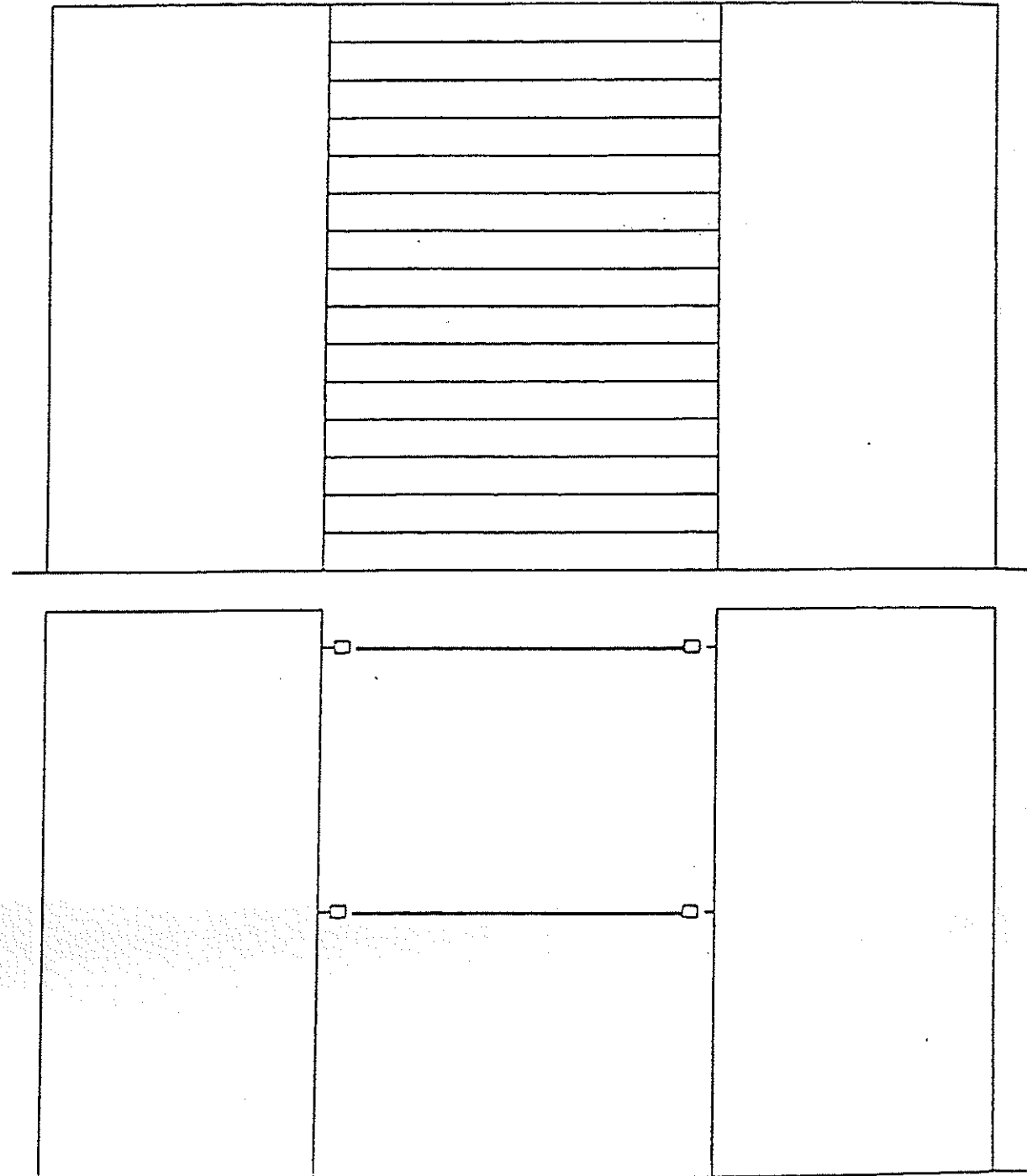
Η μέθοδος του Ισοδύναμου Πλαισίου στο χώρο εφαρμόστηκε ως άνω, με θεώρηση των «κόμβων» ως άκαμπτων , για την ανάλυση των τριών κτιρίων της Καλαμάτας. Ενδεικτικές κατανομές μεγέθους και διευθύνσεων των μεγίστων (για όλες τις διευθύνσεις και κατευθύνσεις της σεισμικής δράσης) κυρίων εφελκυστικών

τάσεων σε ένα τοίχο , φαίνονται στο Σχ. 1.6. Οι μέγιστες τιμές των τάσεων συναντώνται στις γωνίες των ανοιγμάτων και είναι οριζόντιες στα ανώφλια και κατακόρυφες στους πεσσούς. Όπως φαίνεται στους πίνακες 1 και 2 όπου η Μέθοδος του Ισοδυνάμου Πλαισίου στο χώρο συμβολίζεται με 3DF , η μέθοδος αυτή δίνει κατά μέσο όρο πολύ μεγαλύτερες κύριες εφελκυστικές τάσεις από τη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων, κυρίως στο ισόγειο και στο υπόγειο , τόσο στους τοίχους τους παράλληλους στη διεύθυνση του σεισμού όσο και στους κάθετους. Επιπλέον η κατανομή του μεγέθους και της διεύθυνσης των μεγίστων κυρίων τάσεων δεν συμφωνεί με την εικόνα των βλαβών. Συνάγεται , λοιπόν. Το συμπέρασμα ότι η μέθοδος αυτή δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής και αξιόπιστη για την ανάλυση των κτιρίων από λιθοδομή για σεισμικές δράσεις.



Σχ. 1.6 Παράδειγμα μεγίστων κυρίων εφελκ. τάσεων από ανάλυση Ισοδ. Πλαισίων στο χώρο

**12.5 ΠΡΟΒΟΛΟΙ ΜΕ ( Η ΧΩΡΙΣ) ΣΥΝΕΧΕΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΜΕΣΟΝ ΣΤΟ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΚΕΝΟ**





1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

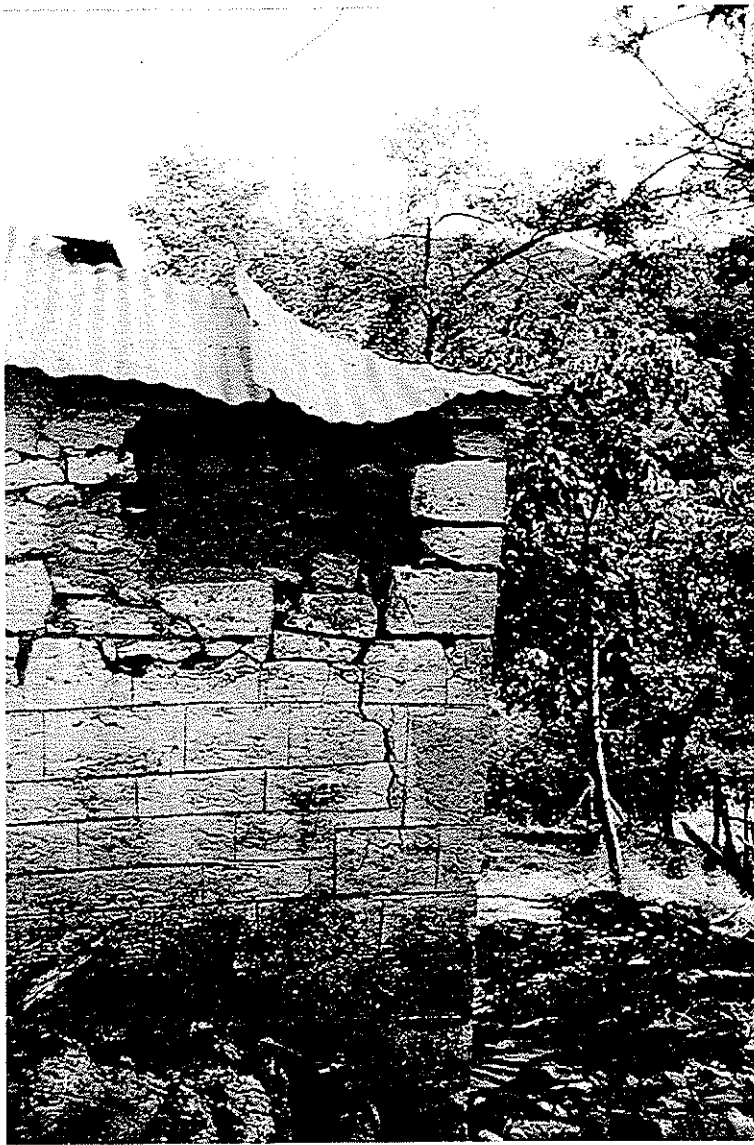
2. It is essential to ensure that all entries are supported by appropriate documentation and are entered in a timely manner.

3. The second part of the document outlines the procedures for reconciling bank statements with the company's records.

4. Regular reconciliation helps to identify any discrepancies and ensures that the financial statements are accurate and reliable.



Χωριό σεισμόπληκτο στο Καρπενήσι. Έχει υποστεί μεγάλες ζημιές και κρίθηκε ακατάλληλο για κατοίκηση.



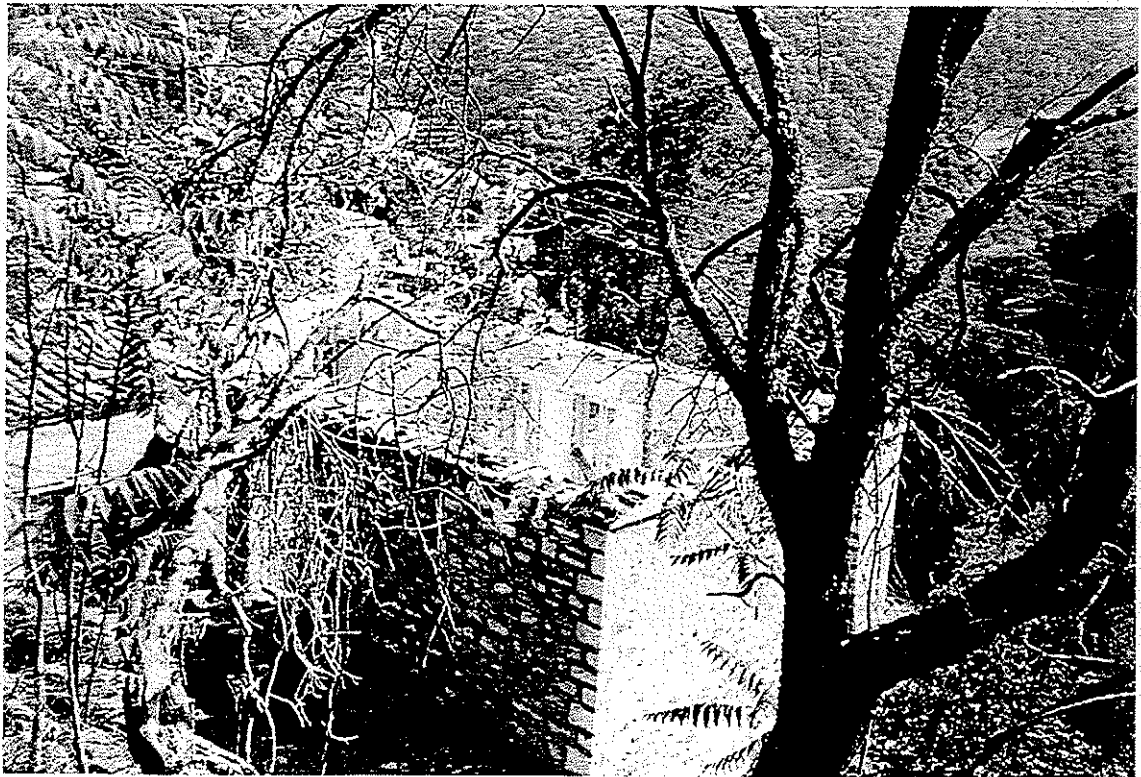
Τυπικές περιπτώσεις βλαβών παλαιών λιθοδομών. Στη φωτογραφία αριστερά φαίνεται η κατάρρευση της γωνιάς. Δεξιά, φαίνεται το άνοιγμα τοίχων λόγω κακής συνδέσεως στη γωνία και ελλείψεως σενάζ.



Τυπική βλάβη σε φέρουσα τοιχοποιία αποκόλλησης δύο εγκάρσιων τοίχων λόγω κακής συνδέσεως, λίγο μετά της γωνία.



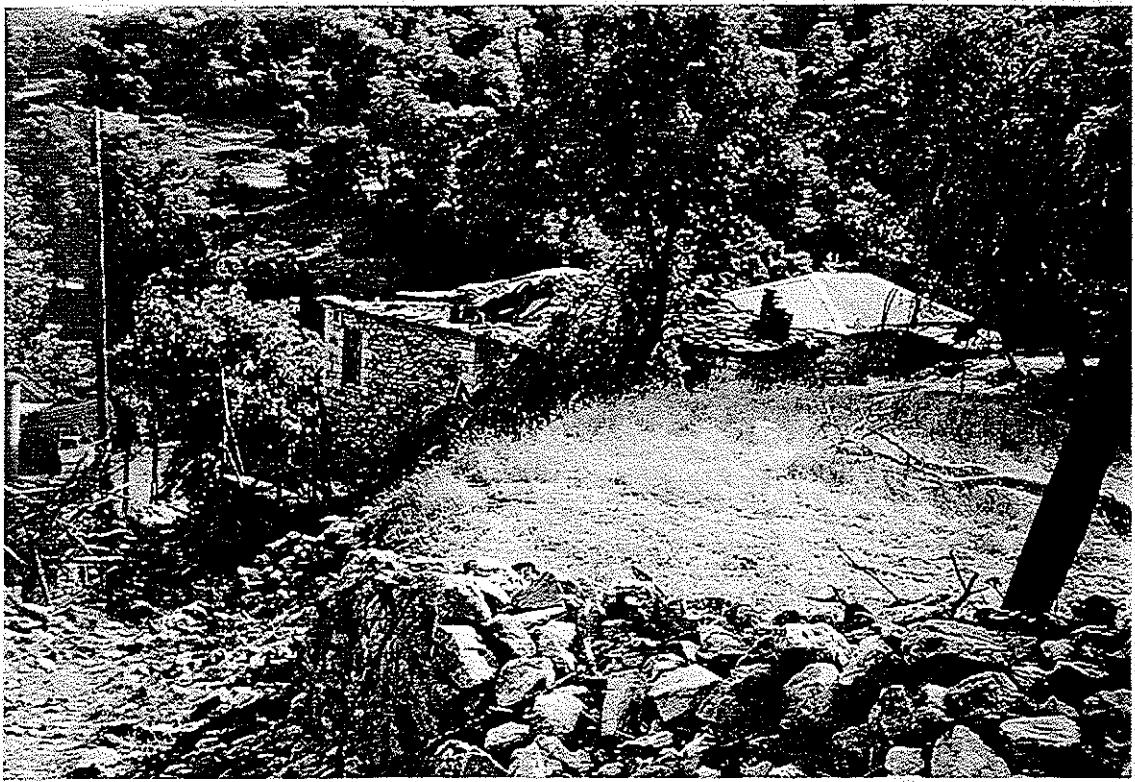
Κατάρρευση εύκαμπτης στέγης. Αυτό οφείλεται σε κακή σύνδεση της στέγης με τον τοίχο, ο οποίος την ώρα του σεισμού έχει την δυνατότητα να λειτουργεί ανεξάρτητα από την υπόλοιπη κατασκευή.



Στις φωτογραφίες αυτές φαίνεται η κατάρρευση της στέγης. Είναι εμφανής και η έλλειψη συνδέσεως των τοίχων με τη στέγη.

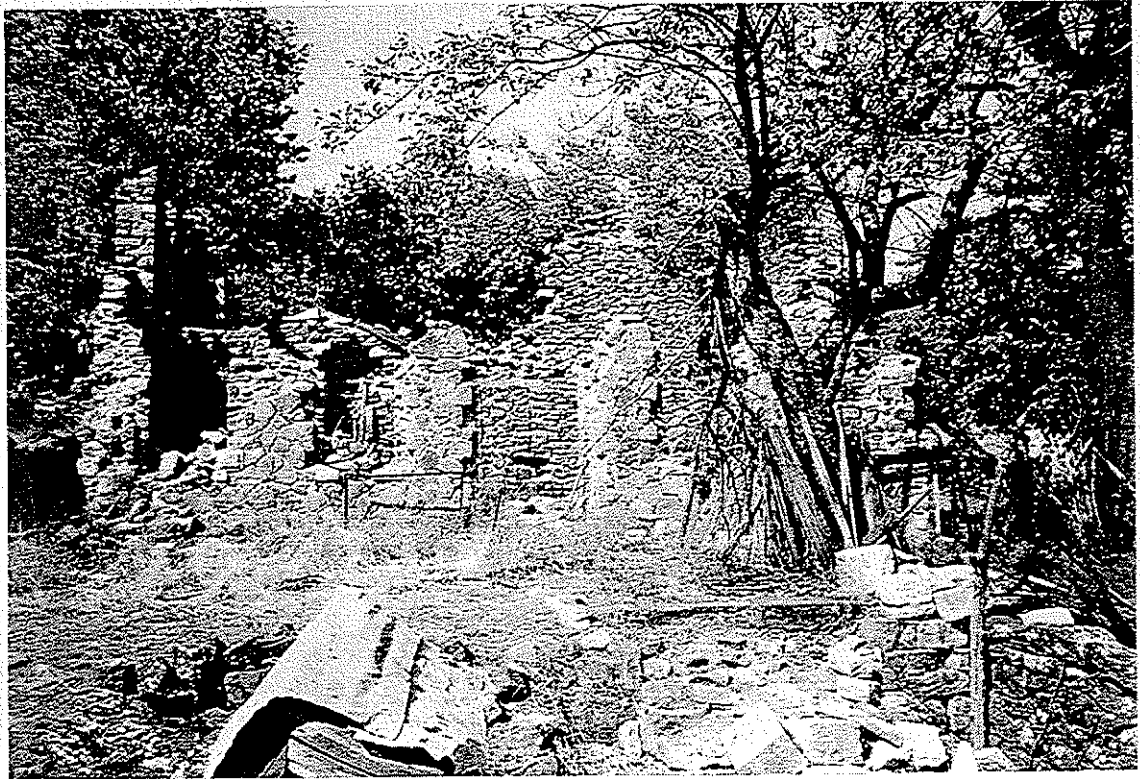
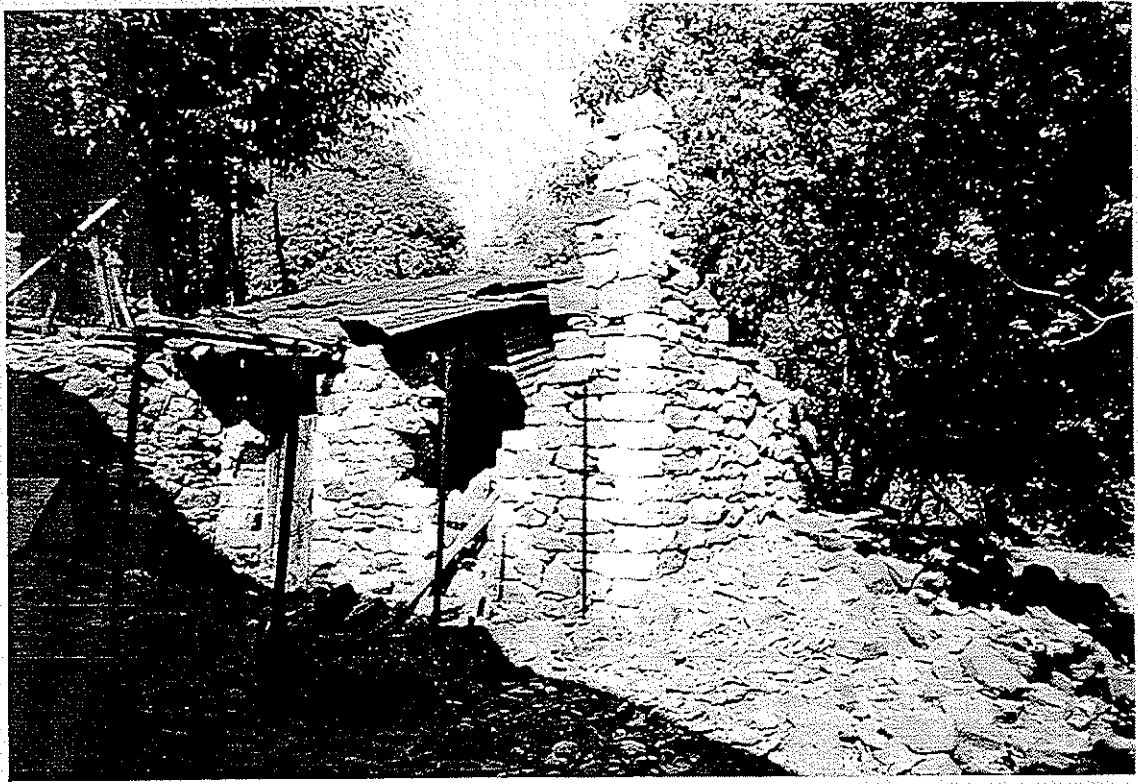


Μερική κατάρρευση της στέγης. Στην περίπτωση αυτή οι εγκάρσιοι τοίχοι συγκράτησαν το πέσιμο της στέγης.

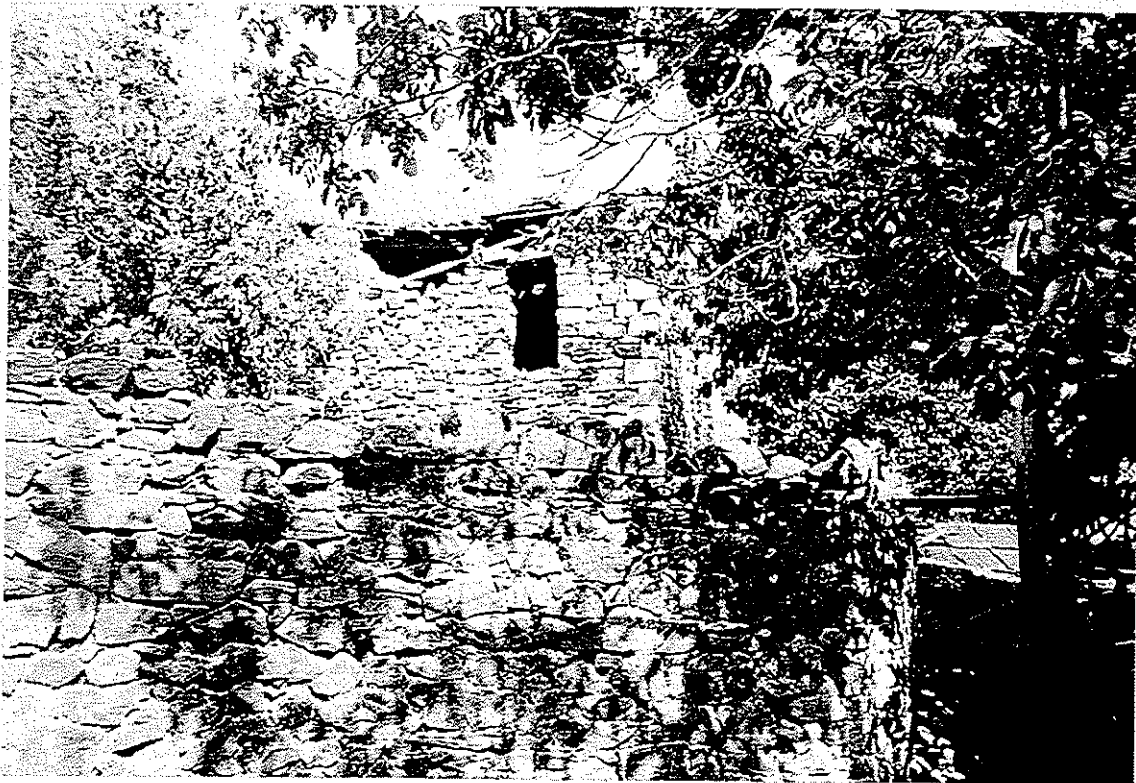


Στην πρώτη φωτογραφία έχουμε αποκόλληση της στέγης ειδικά στην περιοχή σύνδεσής της με τους αριστερούς τοίχους.  
Στην δεύτερη φωτογραφία έχουμε ολική αποκόλληση της στέγης.

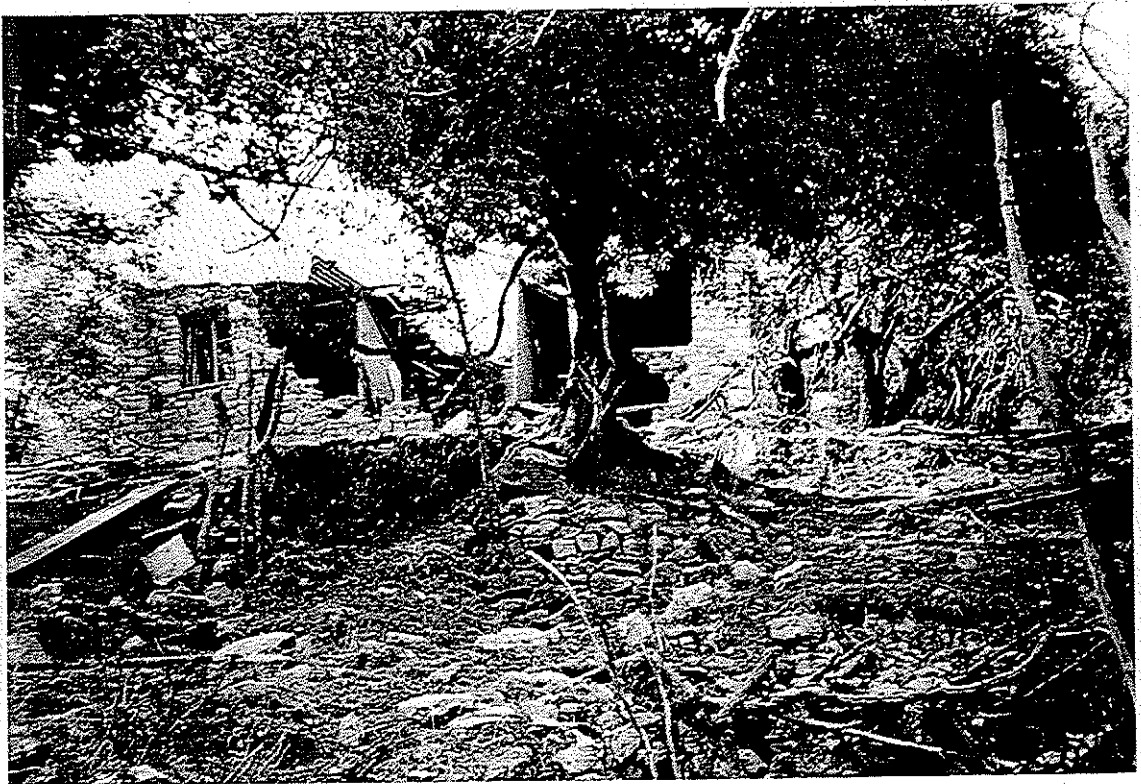




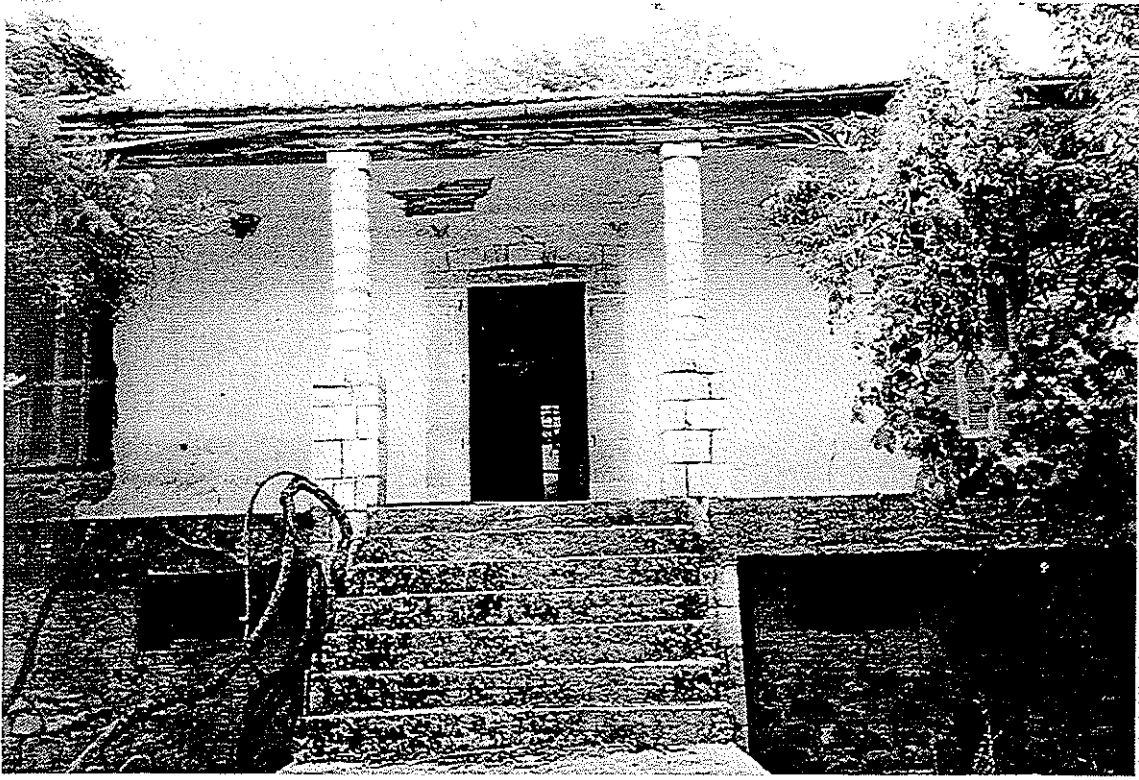
Στις φωτογραφίες αυτές βλέπουμε διώροφα σπίτια από τοιχοποιία. Οι εξωτερικοί τοίχοι έχουν σχεδόν γκρεμιστεί ενώ της στέγη συγκράτησε το πάτωμα.



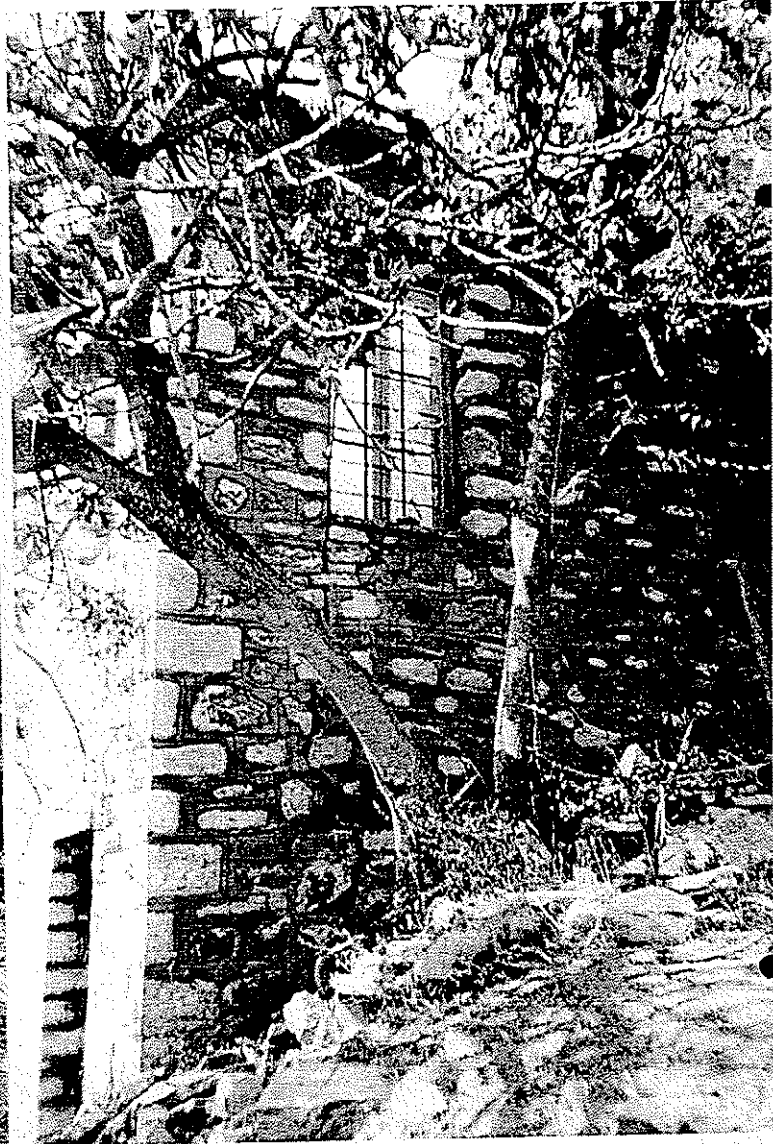
Κατασκευή φέρουσων τοιχοποιιών σε κτίρια από λιθοδομή χωρίς να καταρρεύσει η στέγη, είτε λόγω λειτουργίας των μεσοτοιχών σαν φέροντων στοιχείων (επάνω) , είτε λόγω μικρού ανοίγματος οπότε τα περιθώρια αντοχής της κατασκευής της στέγης επαρκούν για τη λειτουργία της σαν αμφειέριστης.



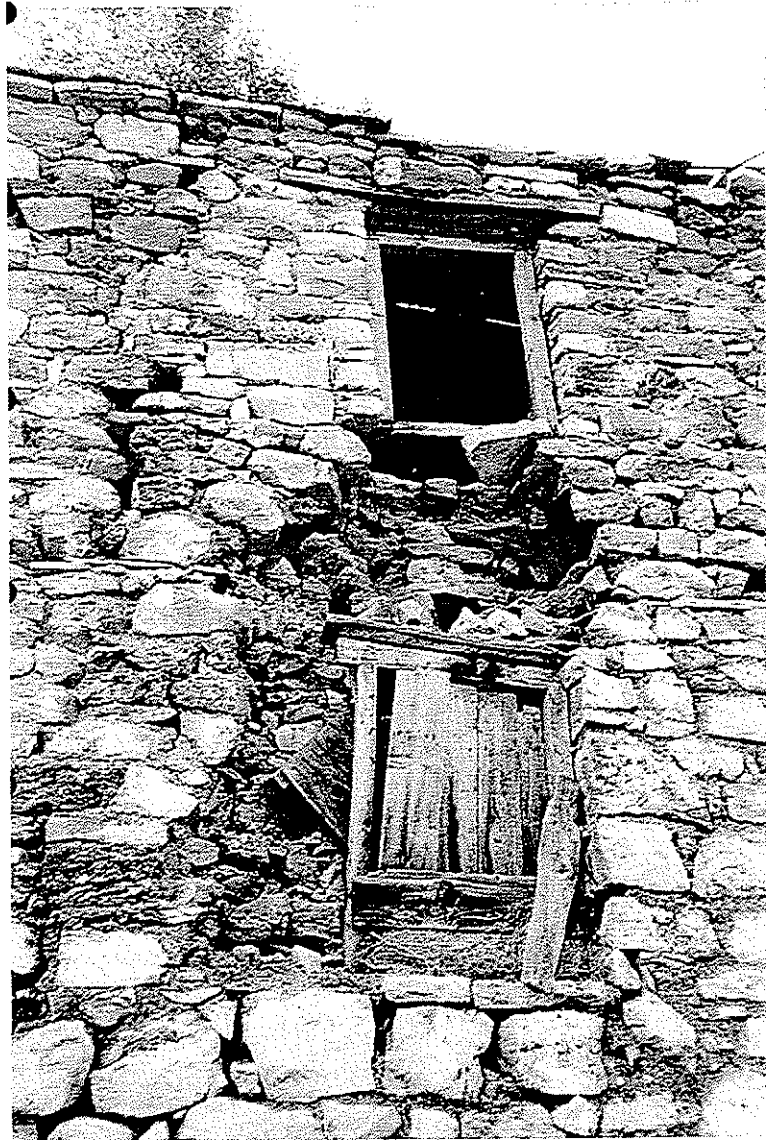
Περιπτώσεις κατάρρευσης τμημάτων των κτιρίων και της στέγης. Οι μεσότοιχοι δεν στήριξαν καθόλου τους εξωτερικούς τοίχους.



Λόγω έλλειψης συνεχούς σενάζ στη στάθμη των πρεκιών των παραθύρων και στο τέλος του τοίχου στη στάθμη εδράσεως της στέγης είναι συνήθης η περίπτωση ρηγματώσεως πάνω από το πρέκι μέχρι τη στέγη.



Κλασική ρηγμάτωση φέρουσας τοιχοποιίας με κύριο αίτιο τη διάτμηση. Είναι πάντως αισθητά το κακό σχήμα των λίθων και η κακής ποιότητας δόμηση.



Περίπτωση ζημιών της τοιχοποιίας μεταξύ ανοιγμάτων. Δεν υπάρχει κονίαμα μεταξύ των λίθινων στοιχείων , τα τελευταία έχουν σπάσει προφανώς από εφελκυσμό , κατά την ώρα του σεισμού.



Κατάρρευση του πατώματος ο οποίος χώριζε τους δύο ορόφους, προφανώς λόγω μεγάλων ανοιγμάτων των μεσότοιχων.



Στην πρώτη φωτογραφία έχουμε ολική κατάρρευση του ενός από τα δύο σπίτια , πράγμα που σημαίνει ότι δεν κτίστηκε με την κατάλληλη προσοχή , ούτε έγινε σωστή χρήση των δομικών στοιχείων σε ποιότητα και συνδεσμολογία.  
Στη δεύτερη φωτογραφία έχουμε τμήματα τοίχου σε σημεία σύνδεσής τους με άλλους τοίχους ή με κλίμακα τα οποία δεν κατέρρευσαν.



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in the context of public administration and government operations. The text highlights how detailed records can help identify inefficiencies, prevent fraud, and ensure that resources are used effectively.

2. The second part of the document focuses on the role of technology in modern record-keeping. It explores how digital systems and software solutions can streamline the process of data collection, storage, and retrieval. The text notes that while technology offers significant advantages, such as increased accuracy and ease of access, it also presents challenges, including data security and the need for robust backup systems. The document suggests that a hybrid approach, combining traditional methods with digital tools, may be the most effective way to manage records.

3. The final part of the document provides practical advice for implementing a successful record-keeping system. It recommends that organizations should first assess their current processes and identify areas for improvement. Key factors to consider include the volume of data, the complexity of the information, and the specific needs of the organization. The text also stresses the importance of training staff and ensuring that all personnel understand the importance of their role in maintaining accurate records. Finally, it encourages regular audits and reviews to ensure that the system remains effective and up-to-date.



Κατάρρευση των κατά μήκος τοίχων, ενώ οι μεσότοιχοι συγκράτησαν τη στέγη.



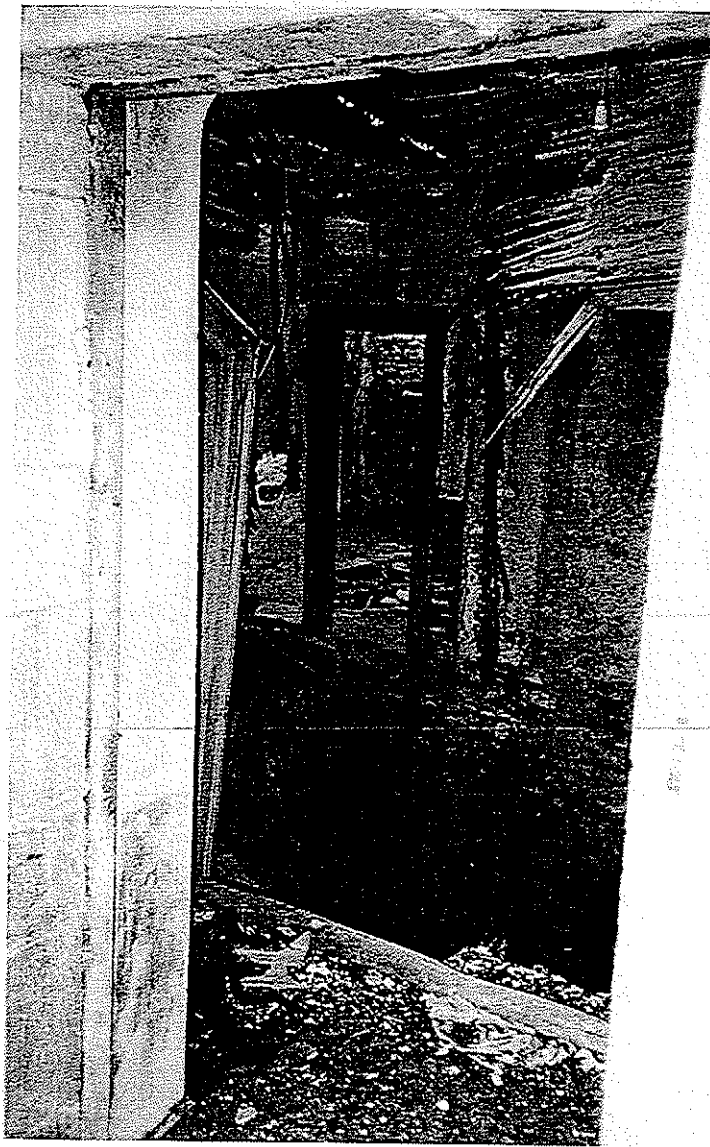
Στην πρώτη φωτογραφία έχουμε ολική κατάρρευση του ενός από τα δύο σπίτια , πράγμα που σημαίνει ότι δεν κτίσθηκε με την κατάλληλη προσοχή , ούτε έγινε σωστή χρήση των δομικών στοιχείων σε ποιότητα και συνδεσμολογία.  
Στη δεύτερη φωτογραφία έχουμε τμήματα τοίχου σε σημεία σύνδεσής τους με άλλους τοίχους ή με κλίμακα τα οποία δεν κατέρρευσαν.



Στην πρώτη φωτογραφία έχουν διασωθεί κάποιοι εξωτερικοί τοίχοι , ενώ στη δεύτερη φωτογραφία έχουν μείνει μόνο οι μεσότοιχοι και αυτοί μισογκρεμισμένοι.



Παρατηρούμε πόσο ευπαθείς σε ζημιές είναι οι περιοχές πάνω από ανοίγματα όταν δεν υπάρχει η κατάλληλη σύνδεση με τη στέγη. Επίσης στην περίπτωση αυτή πρόκειται για κτίσμα με μικτή τοιχοποιία.



Κατάρρευση τοιχοποιίας παλιάς οικίας από λιθοδομή, χωρίς κατάρρευση της στέγης (έχει υποστεί όμως κάποιες ζημιές) και των μεσότοιχων. Το σπίτι ήταν διάροφο και το πάτωμα που χώριζε τους ορόφους έχει καταρρεύσει ολοκληρωτικά.



Ρωγμές μεταξύ των ανοιγμάτων (παραθύρων). Βλάβη εμφανίζεται και στην άκρη του εγκάρσιου τοίχου. Η ρωγμή είναι κατακόρυφη και μεγάλου πάχους. (Φωτογραφία από κτίριο στην Πλάκα, στο Μοναστηράκι).



Φθορά της τοιχοποιίας εξωτερικά στο επίχρισμα. Αυτό έχει καταστραφεί περισσότερο γύρω από τα ανοίγματα και στην περιοχή ένωσης των δύο κτιρίων. (Φωτογραφία από κτίριο στην Πλάκα, Μοναστηράκι).





Το κτίριο βρίσκεται υπό επισκευή. Έχουν δημιουργηθεί ρωγμές στο πρέκι των παραθύρων και ζημιές στα επιχρίσματα. (Φωτογραφία από κτίριο στην οδό Αθηνάς).



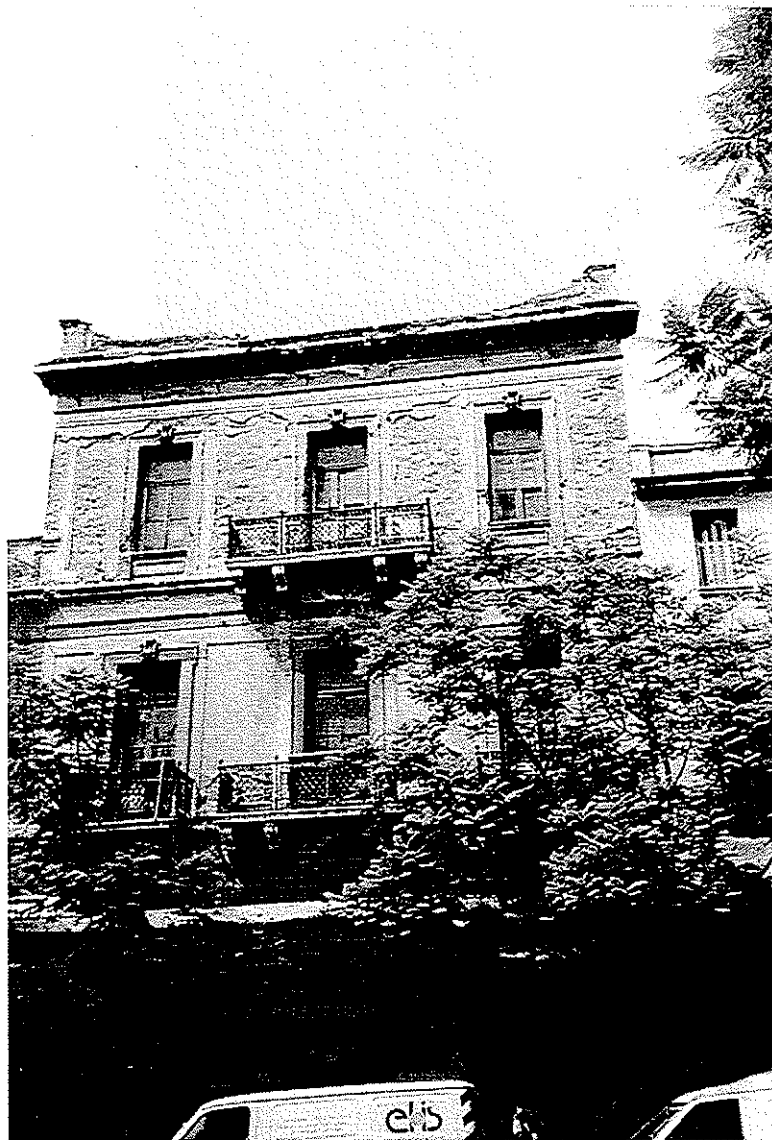
Ρωγμή στο σημείο ένωσης των δύο κτιρίων λόγω διαφορετικής συμπεριφοράς των δομικών τους στοιχείων κατά τον σεισμό. (Φωτογραφία από κτίριο στην οδό Αθηνάς).



Βλάβη της τοιχοποιίας μεταξύ του παραθύρου και της θύρας.  
Το κτίριο βρίσκεται στην οδό Αθηνάς.



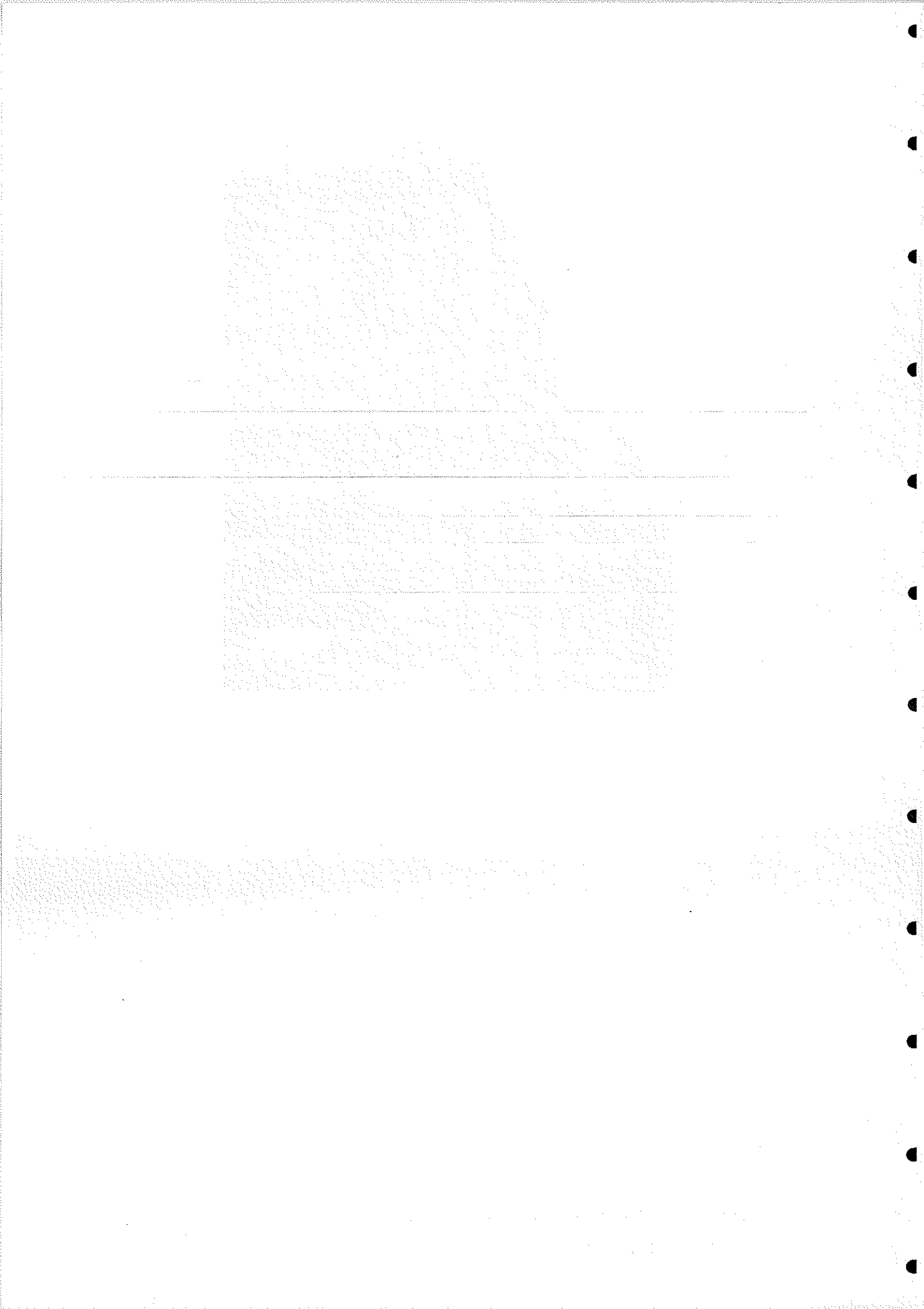
Τα κτίρια έχουν υποστεί πολύ μεγάλες ζημιές στα επιχρίσματα της τοιχοποιίας. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να γίνονται επεμβάσεις ώστε να μην κινδυνεύσει κάποιος περαστικός ή να μην αλλοιωθούν τα δομικά στοιχεία της τοιχοποιίας από διάβρωση λόγω υγρασίας ή λόγω των νερών της βροχής. (Φωτογραφία κτιρίου από την οδό Αθηνάς).



Κτίρια με βλάβες στα επιχρίσματα. (Φωτογραφία κτιρίου από την οδό Αθηνάς).



Κτίρια με βλάβες στα επιχρίσματα. (Φωτογραφία κτιρίου από την οδό Αθηνάς).



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΘΑΝΑΣΗΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ , «Δομικά υλικά» , Πάτρα 1997
2. ΦΙΝΤΙΚΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ , «Κατασκευές Κτιρίων I & II»  
Αθήνα 1997
3. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων,  
«Σημειώσεις Αντισεισμικών Κατασκευών», Μάιος 2000
4. Θ.Π.ΤΑΣΙΟΣ , «Η Μηχανική της τοιχοποιίας (υπό στατικές  
και σεισμικές συνθήκες)» , Αθήνα 1992
5. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ , «Τυπικές  
Περιπτώσεις Ζημιών Στις Κατασκευές Από Πρόσφατους  
Σεισμούς» , Αθήνα 1981
6. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΙΗΜΕΡΟ ΤΕΕ / ΕΜΠ , «Κτίρια με  
φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία» , 21 – 22 Νοεμβρίου 1991
7. Ευροκώδικας 6
8. Ευροκώδικας 8



CONFIDENTIAL

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI

RE: [Illegible]

1. [Illegible]

2. [Illegible]

3. [Illegible]

4. [Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Large illegible block of text]