

## **ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΣΕΙΣΜΟ : ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

**ΧΡΗΣΤΟΣ Ι. ΜΠΑΡΚΑΣ**

### ***Περίληψη***

*Στην παρούσα εργασία θα επιχειρηθεί να γίνει μια συστηματική παρουσίαση των πλέον σημαντικών παραγόντων που φαίνεται να επηρεάζουν την έκταση των βλαβών στα κτίρια. Η ύπαρξη ενός από τους παράγοντες αυτούς δεν σημαίνει ότι αποτελεί και το μοναδικό αίτιο της βλάβης. Τις περισσότερες φορές συνυπάρχουν στην αυτή οικοδομή περισσότεροι από έναν δυσμενείς παράγοντες ώστε να είναι αδύνατος ο προσδιορισμός της βαρύτητας του καθενός ξεχωριστά, έστω και με συστηματική στατιστική ανάλυση των ζημιών σε ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα.*

### **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

«Ο καλύτερος επιβλέπων σε μια οικοδομή είναι ο ...σεισμός», συνηθίζουν να λένε οι έμπειροι μηχανικοί και δεν έχουν άδικο. Λένε ακόμη πως κάθε χτύπημα μας κάνει σοφότερους και συνετότερους. Ο Εγκέλαδος, σε τελευταία ανάλυση, είναι αυτός που αναδεικνύει τα λάθη και τις αστοχίες της μελέτης στη θεμελίωση και το φέροντα οργανισμό του κτιρίου.

Στην καθημερινή πράξη, που ενδιαφέρει τον μέσο μηχανικό, βλάβη είναι κάθε αστοχία που οφείλεται σε καταπόνηση του στοιχείου πέρα από τα όρια της αντοχής του. Συνεπώς άμεσο και προφανές αίτιο της βλάβης είναι η τοπική υπέρβαση της αντοχής. Όμως βαθύτερο και ουσιαστικότερο αίτιο είναι κάθε παράγοντας που επαυξάνει τη σεισμική καταπόνηση του στοιχείου πέρα από την αναμενόμενη ή που υποβιβάζει την αντοχή του.

Έχει ενδιαφέρον, όπως θα δούμε παρακάτω, να κάνουμε μια λεπτομερέστερη παρουσίαση των βασικών παραγόντων που προκαλούν τις εκτεταμένες βλάβες στα κτίρια. Ο μεγάλος «άγνωστος» παραμένει ο ίδιος ο σεισμός, τα χαρακτηριστικά του (ένταση, βάθος, απόσταση από επίκεντρο κ.λ.π.), αλλά και ο τρόπος μετάδοσης της σεισμικής ενέργειας (επιτάχυνση, κ.λ.π.). Είναι ο αστάθμητος παράγοντας, αλλά δεν είναι ο μόνος...

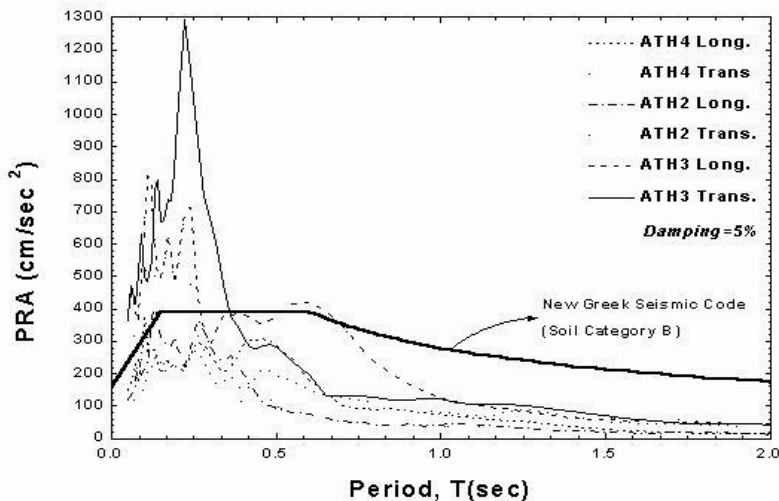
### **2. ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΚΡΙΣΕΩΣ**

Η πρώτη και σημαντικότερη αιτία εμφάνισης βλαβών στις κατασκευές είναι η αδυναμία εκτίμησης των χαρακτηριστικών της αναμενόμενης σεισμικής καταπόνησης κατά τη φάση σχεδιασμού του έργου. Όπως είναι γνωστό, στα περισσότερα αστικά κέντρα υπάρχουν κτίρια σε χρήση που χτίστηκαν μέχρι και πριν από 100 περίπου χρόνια, καθώς και έργα μνημειακής σημασίας που έχουν ζωή χιλιετηρίδων. Έτσι ένας ισχυρός σεισμός προσβάλλει ένα ευρύ φάσμα κατασκευών που είναι φυσικό να ακολουθούν τις γνώσεις αντισεισμικού σχεδιασμού της εποχής τους και που ορισμένες από αυτές έχουν κατασκευαστεί εμπειρικά, χωρίς κανενός είδους στατικούς υπολογισμούς, ορισμένες έχουν υπολογιστεί μόνο για κατακόρυφα φορτία βαρύτητας, ορισμένες έχουν υπολογιστεί για στατικά σεισμικά οριζόντια φορτία χωρίς φροντίδα προσδόσεως πλαστιμότητας και ορισμένες -οι πολύ σύγχρονες-

σύμφωνα με την τρέχουσα γνώση αντισεισμικού σχεδιασμού. Είναι κατά συνέπεια λογικό, σε όλο το φάσμα αυτό των κατασκευών που ουσιαστικά σε μεγάλο ποσοστό είναι εκτός προδιαγραφών σε σχέση προς το τρέχον επίπεδο γνώσης, να εμφανιστούν βλάβες. Αλλά και στις κατασκευές που έχουν σχεδιασθεί με βάση σύγχρονους κανονισμούς δεν είναι απίθανο να παρουσιασθούν βλάβες για τρεις κυρίως λόγους:

- i) Δεν σημαίνει ότι το πρόβλημα της σεισμικής προστασίας έχει κλείσει επειδή τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλά βήματα στις αντισεισμικές κατασκευές. Κάθε εποχή πιστεύει ότι έχει πραγματοποιήσει σε ένα γνωστικό χώρο σημαντικά βήματα, τα μελλοντικά όμως βήματα έρχονται τις πιο πολλές φορές να διαψεύσουν αυτήν την πίστη. Έτσι δεν είναι καθόλου απίθανο οι κατασκευές που σχεδιάζονται σήμερα με την τελευταία λέξη της σεισμικής μηχανικής να είναι σε μερικά χρόνια εκτός προδιαγραφών.
- ii) Οι σύγχρονες κατασκευές σχεδιάζονται έτσι ώστε όταν επισυμβεί ο σεισμός σχεδιασμού να λειτουργήσουν ανελαστικά, δηλαδή να παρουσιάσουν ένα ελεγχόμενο ποσοστό βλάβης.
- iii) Πάρα πολλές φορές το φάσμα σχεδιασμού μεγεθυμένο κατά το δείκτη συμπεριφοράς  $q$  της κατασκευής ( $q$ -factor) και το συντελεστή ασφαλείας, δεν συσχετίζεται με το φάσμα αποκρίσεως. Αναφέρεται ενδεικτικά παρακάτω ο σεισμός της Αθήνας (7/9/1999) (Σχ. 1). Κατά συνέπεια, πριν βιαστεί κανείς να αποδώσει τις βλάβες μετά από κάποιο σεισμό σε κακοτεχνίες ή στα αίτια που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους, θα πρέπει πρώτα να μελετήσει προσεκτικά το φάσμα αποκρίσεως του σεισμού που προκάλεσε τις βλάβες σε συσχετισμό με τις προβλέψεις του αντισεισμικού κανονισμού με τις οποίες δομήθηκε η πλειονότητα των κατασκευών του αστικού κέντρου.

Ανεξάρτητα πάντως από τα χαρακτηριστικά του διεγείροντος αιτίου μια σειρά χαρακτηριστικών της κατασκευής αυτής καθ'εαυτής που θα αναλυθούν στη συνέχεια αποτελούν παράγοντες που αυξάνουν την «τρωτότητα» (vulnerability) των κτιρίων σε σεισμό.



Σχ. 1 Σεισμός Αθήνας 7.9.1999. Σύγκριση φασμάτων αποκρίσεως με το φάσμα σχεδιασμού.

### **3. ΨΑΘΥΡΑ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΑ**

Η συντριπτική πλειονότητα αστοχιών σε κτίρια με σκελετό από Ο.Σ. οφείλεται σε αστοχίες ποικίλων μορφών στα άκρα των υποστηλωμάτων, ανάλογα με τις σχετικές τιμές των φορτίων διατομής (N, Q, M) και διάφορους κατασκευαστικούς παράγοντες. Η υψηλή καμπτική ροπή στα σημεία αυτά σε συνδυασμό με την αξονική δύναμη οδηγεί στη συντριβή της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος η οποία εκδηλώνεται κυκλικά και στις δύο παρειές. Όσο μικρότερη είναι η περίσφιξη στις περιοχές αυτές τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία τους. Εκδηλώνεται με προοδευτική θραύση και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος δηλαδή πρόκειται για ψαθυρή θραύση που μπορεί να επεκταθεί πολύ περισσότερο με την περαιτέρω αύξηση της N. Βασικές αιτίες αυτού του ψαθυρού τύπου βλάβης θα πρέπει να θεωρηθούν η χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος, οι αραιοί συνδετήρες ή η παντελής έλλειψη συνδετήρων, η ύπαρξη ισχυρών δοκών (ο χάλυβας σε αυτές τις περισσότερες φορές δεν φτάνει στο όριο διαρροής) που οδηγούν σε αστοχία πρώτα των στύλων, και τέλος βέβαια η ισχυρή και με πολλούς κύκλους επαναλήψεως σεισμική διέγερση.

### **4. ΑΣΣΥΜΕΤΡΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΟΙΧΕΪΩΝ ΑΚΑΜΨΙΑΣ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ**

Όπως είναι γνωστό, ο πυρήνας του κλιμακοστασίου είναι το βασικότερο στοιχείο ακαμψίας στο σκελετό ενός κτιρίου, που μπορεί να αναλάβει το μεγαλύτερο ποσοστό των σεισμικών δυνάμεων ή ακόμη και το σύνολό τους σε ειδικές περιπτώσεις. Συνεπώς η κεντρική ή έκκεντρη τοποθέτησή του στην κάτοψη του κτιρίου θα έπρεπε να είναι καίριας σημασίας για τη συμπεριφορά του στο σεισμό. Εν τούτοις από τη στατιστική αξιολόγηση των συνεπειών του σεισμού του 1978 στα κτίρια της Θεσ/νίκης προέκυψε ότι ο παραπάνω παράγων δεν επηρέασε πάνω από 6% το μέσο όρο του ποσοστού των οικοδομών με βλάβες. Το φαινόμενο αυτό θα πρέπει να αποδοθεί κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι ο οργανισμός πληρώσεως αλλοιώνει δραστικά την κατανομή ακαμψιών των στοιχείων του φέροντος οργανισμού με αποτέλεσμα η θέση τους σε κάτοψη να μην επηρεάζει στατιστικά τη συμπεριφορά. Αντίθετα, όπου υπήρχε στο ισόγειο έντονη ασυμμετρία στη διάταξη των τοιχοποιιών, όπως συμβαίνει στα ισόγεια των γωνιακών οικοδομών όπου οι δύο όψεις λόγω καταστημάτων δεν περιλαμβάνουν τοιχοποιίες, εκεί, όπως θα δούμε στη συνέχεια υπήρξε σαφώς χειρότερη συμπεριφορά.

### **5. ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΙΣΟΓΕΙΟ (PILOTIS)**

Αποδείχτηκε για πρώτη φορά στο σεισμό της Θεσ/νίκης (1978) ότι είναι το αδύνατο σημείο μιας οικοδομής. Το πρόβλημα δημιουργείται επειδή πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης ενός πολύροφου κτιρίου δημιουργείται ένας ασθενής, ένας «μαλακός όροφος», όπως ονομάζεται από τους ειδικούς, σε σχέση με τους υπερκείμενους. Η διαφορά στην ακαμψία ανάμεσα στην πιλοτή και τους άλλους ορόφους δημιουργείται από την τοιχοποιία που υπάρχει στα υπερκείμενα διαμερίσματα. Τούτο συνεπάγεται την εμφάνιση «γόνατος» στην πρώτη ιδιομορφή ταλαντώσεως -δηλαδή αλλοίωση της καθύψως κατανομής των σεισμικών δυνάμεων- καθώς και συγκέντρωση μεγάλων ανελαστικών παραμορφώσεων στη στάθμη του γόνατος, δηλαδή στα άκρα των υποστηλωμάτων του ισογείου, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι συμπεριφέρονται (περίπου) σαν στερεά σώματα. Για το λόγο αυτό ο Ν.Ε.Α.Κ. αναφέρει σε ξεχωριστή παράγραφο (4.1.4.1) τις προδιαγραφές που πρέπει

να πληρούνται για την αποφυγή σχηματισμού μηχανισμού ορόφου. Είναι φανερό ότι όταν πάνω από πιλοτή έχουν κατασκευαστεί χώροι με εύκαμπτα υλικά, π.χ. γραφεία με κινητά χωρίσματα, η διαφορά στην ακαμψία είναι πρακτικά μηδενική.

Η πιλοτή είναι ένας θεσμός που άρχισε να εφαρμόζεται στη χώρα μας από το 1968, για χάρη -όπως τουλάχιστον λένε οι κακές γλώσσες- κάποιου επώνυμου παράγοντα της χούντας που ήθελε να αυξήσει την οικοδομή του κατά ένα όροφο. Έχει θεσπιστεί από δεκαετίες σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες και θεωρείται, από αρχιτεκτονική σκοπιά, θετικό μέτρο, αφού αυξάνει τους κοινόχρηστους χώρους. Όμως η Ελλάδα είναι μια χώρα μεγάλης σεισμικότητας και η πιλοτή δημιούργησε πολλά προβλήματα, κυρίως γιατί οι αρμόδιοι επί 14 χρόνια δεν είχαν περιλάβει το θέμα αυτό στις διατάξεις του τότε ισχύοντα αντισεισμικού κανονισμού. Με άλλα λόγια, οι πιλοτές που έχουν κατασκευαστεί μέχρι και το 1985 δεν έχουν μελετηθεί για την αντισεισμική τους συμπεριφορά. Το πρόβλημα ήρθε στην επιφάνεια από το σεισμό της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1999, οπότε μόνον στην περιοχή Αδάμες της Κηφισιάς είχαμε επτά οικοδομές «κόκκινες», που τελικά κατεδαφίστηκαν, με σοβαρές ζημιές που προήλθαν από την ύπαρξη και μόνον πιλοτής.



Σχ. 2 Σεισμός Αθήνας 7.9.1999. Κατάρρευση κτιρίου με ύπαρξη πιλοτής.

## 6. ΚΟΝΤΑ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΑ

Πρόκειται για κατακόρυφες κολόνες με μικρό ύψος που κατασκευάζονται κυρίως σε ημιυπόγειους χώρους και πατάρια. Στην ελαστική περιοχή συμπεριφοράς ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η περίπτωση συνεργασίας κοντών με συνήθη υποστηλώματα στον ίδιο όροφο, διότι τότε τα πρώτα αναλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη τέμνουσα δύναμη. Επιπλέον, με την περαιτέρω αύξηση της επιπονήσεως τα κοντά υποστηλώματα εμφανίζουν πάντοτε ψαθυρή διατμητική θραύση λόγω  $Q + N$  (Σχ. 2). Αλλά η πιο επικίνδυνη κατάσταση δημιουργείται με την παρέμβαση των

τοιχοποιιών, οι οποίες σε περίπτωση καθύψους διακοπής τους εξαναγκάζουν τα συνήθη υποστηλώματα να λειτουργήσουν σαν κοντά στο εναπομένον ελεύθερο ύψος τους. Πρόκειται για πολύ συνηθισμένη περίπτωση βλαβών σε υποστηλώματα. Αυτοί οι φεγγίτες που υπάρχουν σε βιοτεχνίες, αλλά και σχολικά κτίρια, έχουν αποδειχθεί πολύ ευαίσθητοι στην καταπόνηση από το σεισμό, ακριβώς λόγω του μικρού τους ανοίγματος.



Σχ. 3 Σεισμός Αθήνας 7.9.1999. Τρόπος αστοχίας κοντού υποστηλώματος.

## 7. ΣΧΗΜΑ ΚΑΤΟΨΕΩΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα κτίρια με τετράγωνη κάτοψη παρουσιάζουν την καλύτερη συμπεριφορά σε σεισμό, ενώ τα κτίρια με ακανόνιστο σχήμα κατόψεως τη χειρότερη. Εφόσον οι πλάκες των κτιρίων θεωρούνται σαν στερεοί δίσκοι μέσα στο επίπεδό τους (διαφραγματική λειτουργία πλακών), βασικό κριτήριο για την επιλογή του είδους και της διατάξεως σε κάτοψη των κατακόρυφων αντισεισμικών στοιχείων αποτελεί η επιδίωξη ελαχιστοποίησης της στρέψης των πλακών, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται κατά τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο στην περίπτωση των συμμετρικών ως προς δύο (τουλάχιστον) άξονες κτιρίων. Αλλά το πρόβλημα της στρέψεως γίνεται πολύπλοκότερο στα μη συμμετρικά κτίρια, στα οποία προκαλεί υπέρμετρη καταπόνηση των περιμετρικών ιδίως στοιχείων, τόσο στην ελαστική όσο και στην ανελαστική περιοχή συμπεριφοράς (συγκέντρωση παραμορφώσεων). Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν είναι δυνατή η εφαρμογή απλοποιημένων μεθόδων στατικού αντισεισμικού υπολογισμού στις περιπτώσεις μη κανονικών κατόψεων, αφού επιβάλλεται η θεώρηση περισσότερων ιδιομορφών, δηλαδή επιβάλλεται ουσιαστικά η εφαρμογή μεθόδων δυναμικού αντισεισμικού υπολογισμού.

## 8. ΥΠΑΡΞΗ ΕΣΟΧΩΝ

Η μορφή της τομής των κτιρίων αποτελεί εξίσου σημαντικό με την κάτοψη παράγοντα, διότι επηρεάζει άμεσα τα δυναμικά τους χαρακτηριστικά. Τα κτίρια με εσοχές (ρετιρέ) έχουν πολύ χειρότερη συμπεριφορά από ότι τα κτίρια με κανονική διάταξη καθύψος. Οι εσοχές προκαλούν απότομη μεταβολή των μαζών και των ακαμψιών καθύψος, αλλοίωση των δυναμικών χαρακτηριστικών -οι ιδιομορφές ταλαντώσεως εμφανίζουν «γόνατο» στη στάθμη της απότομης μεταβολής- και τελικά συνεπάγεται αδυναμία εφαρμογής στατικών μεθόδων αντισεισμικού υπολογισμού. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι και ο συνήθης γραμμικός δυναμικός υπολογισμός αδυνατεί να προβλέψει αξιόπιστα τη συγκέντρωση παραμορφώσεων στις στάθμες απότομης μεταβολής μαζών και ακαμψιών. Πάντως, η έκταση των βλαβών οφείλεται κυρίως στις αστοχίες δοκών που στηρίζουν διαδοχικά φυτευτά υποστηλώματα.

## 9. ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Είναι φανερό ότι η πολύ πιθανή κατασκευαστική αδυναμία -μήκη αγκυρώσεως, συνδετήρες, συμπύκνωση σκυροδέματος, κ.λ.π.- μπορεί να είναι η αιτία καταλύψεως του κόμβου. Αλλά και η τοπική δράση των τοιχοποιιών έχει δυσμενείς επιπτώσεις, τόσο στην αντοχή του κόμβου, όσο και στην αντοχή του υποστηλώματος που συμβάλλει σε αυτόν.

## 10. ΥΨΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Το συνολικό γεωμετρικό ύψος  $H$  αποτελεί ανεξάρτητο από τη μορφή της τομής παράγοντα και δεν πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλο εν σχέσει προς το ελάχιστο πλάτος  $L$  της κατόψεως. Για μεγάλες τιμές του πηλίκου  $H/L$  τα μη γραμμικά φαινόμενα δευτέρας τάξεως είναι πιο έντονα, οι αξονικές ταλαντώσεις των στύλων και οι αδρανειακές ροπές με οριζόντιο άξονα των πατωμάτων είναι σημαντικές. Έτσι, για την αποφυγή των επιρροών αυτών που είναι πολύ δύσκολο να ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό, είναι φρόνιμο να τηρείται η σχέση:

$$H/L \leq 3 \div 4$$

## 11. Ο ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

Η μορφή της θεμελιώσεως του έργου έχει δύο τύπων επιπτώσεις στην έκταση των βλαβών των κτιρίων

- άμεσες
- έμμεσες

Οι άμεσες επιπτώσεις εκδηλώνονται:

- α) με αστοχία του σώματος της θεμελιώσεως (θραύσεις π.χ. πεδילוδοκών),
- β) με θραύση του εδάφους θεμελιώσεως,
- γ) με ρευστοποίηση του εδάφους θεμελιώσεως,
- δ) με διαφορικές καθιζήσεις του εδάφους θεμελιώσεως
- ε) με κατολίσθηση μερική ή γενική του εδάφους θεμελιώσεως

Από τις παραπάνω μορφές επιπτώσεων η πλέον συχνή είναι η διαφορική καθίζηση ειδικά σε μαλακά εδάφη.

Οι έμμεσες επιπτώσεις συνδέονται με την κίνηση σε διαφορετική φάση των επιμέρους υποστηλωμάτων στη βάση τους, όταν η θεμελίωση δεν διασφαλίζει

σύνδεση των υποστηλωμάτων μεταξύ τους, ή η προβλεπόμενη σύνδεση είναι εύκαμπτη. Οι διαφορικές αυτές κινήσεις τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση προκαλούν πρόσθετες εντάσεις από καταναγκασμούς, με αποτέλεσμα την εκδήλωση μεγαλύτερου ποσοστού βλάβης σε κτίρια με μεμονωμένα πέλδια. Η μονολιθικότητα μαζί με τη μεγάλη ακαμψία και μάζα της θεμελιώσεως αποτελούν «ασπίδα» προστασίας της ανωδομής από τις διαφορικές μετατοπίσεις του εδάφους που κατά κανόνα δεν είναι επιδεκτικές υπολογισμού. Εξαιρέση αποτελούν μόνο τα βραχώδη εδάφη, όπου η μονολιθικότητα της θεμελιώσεως είναι πάντοτε εξασφαλισμένη. Έτσι, σε κάθε άλλη περίπτωση εδάφους επιβάλλεται η κατασκευή μιας εσχάρας συνδετήριων δοκών, ικανής να παρεμποδίσει τις αμοιβαίες μετατοπίσεις των πεδύλων.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτούν οι ανισοσταθμίες θεμελιώσεως, οι οποίες θα πρέπει να αποφεύγονται ή να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα εξασφάλισης της μονολιθικότητας του συνόλου της θεμελιώσεως.

## **12. ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ**

Η θέση του κτιρίου στο τετράγωνο αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη συμπεριφορά του σε σεισμό. Πιο συγκεκριμένα οι γωνιακές οικοδομές είναι πολύ πιο ευαίσθητες στο σεισμό από ότι οι πανταχόθεν ελεύθερες. Τα κτίρια αυτά, υπό ορισμένες προϋποθέσεις γεωμετρικών διαστάσεων και δομής του σκελετού, είναι δυνατόν να εμφανίζουν σημαντικές ταλαντωτικές παραμορφώσεις μέσα στο επίπεδο των πατωμάτων. Αποτέλεσμα των παραμορφώσεων αυτών -ιδίως όταν συντρέχουν και άλλοι δυσμενείς παράγοντες- είναι η κατάρρευση είτε του γωνιακού τμήματος είτε της μιας πτέρυγος ή ακόμη και ολόκληρου του κτιρίου.

Ως αιτία της μεγαλύτερης τρωτότητας των γωνιακών κτιρίων θα πρέπει να θεωρηθούν τα εξής:

- Η ασυμμετρία ακαμψίας στην κάτοψη λόγω μη υπάρξεως τοιχοποιιών στις δύο πλευρές του ισογείου όπου συνήθως στεγάζονται καταστήματα.
- Η μεταφορά κινητικής ενέργειας στις ακραίες οικοδομές του οικοδομικού τετραγώνου (γωνιακές) κατά την κρουστική αλληλεπίδραση των κτιρίων μεταξύ τους, η οποία προκαλεί σημαντική αύξηση των αδρανειακών δυνάμεων σε αυτές.

## **13. ΣΤΑΘΜΕΣ ΠΛΑΚΩΝ ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

Η κρούση των κτιρίων εν επαφή αποτελεί σοβαρό παράγοντα και πηγή βλαβών. Στο «συνεχές» σύστημα δόμησης, τα κτίρια, αν και υπολογίζονται σαν ανεξάρτητοι φέροντες οργανισμοί, αλληλοεπηρεάζονται, συγκρουόμενα, κατά τη διάρκεια του σεισμού. Αυτό καθιστά σχεδόν άχρηστους τους υπολογισμούς που βασίζονται στη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής. Ιδιαίτερα έντονο είναι το πρόβλημα όταν οι στάθμες των πλακών των γειτονικών κτιρίων δεν συμπίπτουν. Τότε οι πλάκες της μιας οικοδομής ενεργούν κρουστικά κατά την ταλάντωσή τους στους στύλους της άλλης με αποτέλεσμα τη θραύση των στύλων. Στο σεισμό της Θεσ/νίκης του 1978, ενώ από τις πανταχόθεν ελεύθερες οικοδομές ή με ισοσταθμία πλακών μόνο το 19% παρουσίασαν βλάβες, στις οικοδομές εν επαφή και με ανισοσταθμείς πλάκες οι βλάβες επεκτάθηκαν στο 30.5% αυτών (σκελετός ή τοιχοποιία).

Έτσι, γίνεται ευδιάκριτη η τάση διαχωρισμού των γειτονικών κτιρίων με τη βοήθεια αντισεισμικών αρμών, ώστε να αποφεύγεται η δυσμενής αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η κατασκευαστική διαμόρφωση του αντισεισμικού αρμού θα πρέπει

να εξασφαλίζει πλήρη ανεξαρτησία κινήσεων στα διαχωριζόμενα κτίρια, χωρίς αμοιβαία μεταβίβαση δυνάμεων.

#### **14. ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ - ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ**

Ο λόγος για νέους ορόφους πάνω από προϋπάρχοντα κτίσματα ή για προσθήκες νέων χώρων δίπλα σε παλιούς. Κατά κανόνα η νέα οικοδομή «πιέζει» την παλιότερη. Όμως προβλήματα μπορεί να δημιουργηθούν και από αμέλεια. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που έχουν πέσει εσωτερικοί τοίχοι για να μεγαλώσει ένα σαλόνι, έχουν ανοίξει νέα παράθυρα ή έχουν δημιουργηθεί νέα μπάνια. Είναι εργασίες που κατά κανόνα γίνονται χωρίς μελέτη, χωρίς την αίσθηση ότι αδυνατίζουν τη στατική ικανότητα, όχι μόνον του διαμερίσματος, αλλά ολόκληρου του κτιρίου. Ιδιαίτερη προσοχή θέλει η μετατροπή των παλιών ισόγειων διαμερισμάτων σε επαγγελματικούς χώρους, με βιτρίνες και άλλα μεγάλα ανοίγματα.

#### **15. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Συμπερασματικά, λοιπόν, η υψηλή ποιότητα σε ολόκληρο το κύκλωμα: υλικά - μελέτη - επίβλεψη - κατασκευή, με κύριο στόχο τη δημιουργία μηχανισμών απορροφήσεως - καταναλώσεως σεισμικής ενέργειας σε όλη την έκταση της κατασκευής, αποτελεί το κλειδί για αξιόπιστη αντισεισμική προστασία.

Από την προσεκτική παρατήρηση και ανάλυση κάθε βλάβης, που δείχνει πως συμπεριφέρθηκε η κατασκευή κατά τον σεισμό, προκύπτουν πολύτιμα στοιχεία, που οδηγούν σε βελτιώσεις των μεθόδων μελέτης και κατασκευής. Με την έννοια αυτή κάθε σεισμός αποτελεί μια στιγμή αλήθειας για το έργο των μηχανικών και συγχρόνως μια πρόκληση για να αναζητήσουν καλύτερους τρόπους αντισεισμικής θωράκισης όλων των τεχνικών έργων.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] ΠΕΝΕΛΗΣ Γ. και ΚΑΠΠΟΣ Α., «Αντισεισμικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα», Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1990
- [2] ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Κ., «Αντισεισμικές κατασκευές», τομ. 1
- [3] ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Γ., «Βλάβες από σεισμό», Συνέδριο (Σεισμοί και Κατασκευές), Ευγενίδειο ίδρυμα 20 - 24 Φεβρουαρίου 1984 υπό την αιγίδα Ο.Α.Σ.Π.
- [4] ΤΖΑΝΑΒΑΡΑ Χ., «Αντισεισμικές κατασκευές», αφιέρωμα εφημερίδας 'Ελευθεροτυπία', Σάββατο 2 Οκτωβρίου 1999
- [5] ΚΤΙΡΙΟ (Μηνιαίο τεχνικό περιοδικό), Κατηγορία άρθρου: Οικοδομικά, Τίτλος: «Βλάβες από σεισμό: Τύποι και παράγοντες που τις επηρεάζουν», τεύχος 74, σελ. 43