

- 1 -

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟΥ ΕΙΔΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΔΡΑΓΚΙΩΤΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΟΥ ΤΕΕ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι λιθοσφαιρικές πλάκες της γης, σύμφωνα με τη θεωρία που είναι γενικά παραδεκτή σήμερα, πλησιάζουν ή απομακρύνονται, και στις θέσεις επαφής τους αποθηκεύουν ενέργεια, που είναι και η δύναμη του σεισμού.

Όταν, κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται, έχουμε την εμφάνιση του σεισμικού φαινομένου, που εκδηλώνεται ως μια απότομη και ακανόνιστη παλμική κίνηση του εδάφους.

Η δομική κατασκευή που συνδέει το κτίριο με το έδαφος είναι η θεμελίωση και εντεύθεν προκύπτει ο ρόλος που αποκτά και στη διάρκεια του σεισμού.

Τότε, η θεμελίωση, όντας συνδεδεμένη με το έδαφος, οφείλει να παρακολουθήσει την κίνηση του και συγχρόνως, όντας συνδεδεμένη με το υπόλοιπο κτίριο (ανωδομή), να μεταφέρει την εδαφική κίνηση σε αυτό.

Η επιτυχημένη ανταπόκριση της θεμελίωσης σε αυτό το διττό λειτουργικό ρόλο, είναι αυταπόδεικτα κρίσιμη για την τελική συμπεριφορά του αντίστοιχου δομήματος στο σεισμικό φαινόμενο.

Ο σχεδιασμός της θεμελίωσης, για να επιτευχθεί ο στόχος που προαναφέραμε, πρέπει να συνεκτιμήσει πολλές παραμέτρους, όπως λ.χ. την σημασία του δομήματος, τις ειδικές συνθήκες της περιοχής του έργου, την διαθέσιμη τεχνολογία, τους κώδικες που ισχύουν κλπ.

ΦΙΛΟΣΟΦΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Το πρώτο ερώτημα που φυσιολογικά τίθεται, αφορά στη σύνδεση της θεμελίωσης με το έδαφος, μια και όπως προαναφέραμε, αυτός είναι ο παράγοντας που καθορίζει τη μεταφορά των επιβαρύνσεων από το σεισμικό γεγονός στο δόμημα. Υπάρχουν δύο πιθανές πρακτικές, ανάλογα με την σημασία του κτίσματος. Στη συνήθη περίπτωση, η θεμελίωση συνδέεται στερεά με τον τόπο του έργου, με τρόπο που να εμποδίζεται η σχετική μετακίνηση της θεμελίωσης ως προς το πέριξ έδαφος. Τότε, η θεμελίωση μεταβιβάζει στο υπόλοιπο μέρος του κτιρίου το σύνολο των επιβαρύνσεων που προκαλεί ο σεισμός. Μια δεύτερη λύση, που όμως είναι πολύ ακριβή, και επομένως η χρήση της περιορίζεται σε έργα υψηλού κόστους και ιδιαίτερα μεγάλης σημασίας (πχ ουρανοξύστες) είναι η κατασκευή θεμελίωσης που έχει τη δυνατότητα σημαντικής σχετικής μετακίνησης αναφορικά με το περιβάλλον έδαφος. Στη περίπτωση αυτή, ένα μέρος της σεισμικής ενέργειας που προσβάλλει την περιοχή του έργου, απορροφάται από ειδικά συστήματα (πχ τύπου αμορτισσερ) που έχουν μελετηθεί από τον μελετητή του έργου και έχουν τοποθετηθεί κατά την κατασκευή, με συνέπεια το δόμημα να δέχεται τελικά μειωμένες καταπονήσεις. Εφαρμογή τέτοιου σχεδιασμού, με σχετικά απλό τρόπο έχουμε στην κατασκευή γεφυρών, με την χρήση ειδικών συστημάτων (εφέδρανα). Παλαιότερα, είχε προταθεί ένα σχετικό σύστημα, ονομαζόμενο «αλεξίσεισμο», από έναν έγκριτο Έλληνα ερευνητή, δεν φαίνεται όμως να υπήρξαν πολλά δεδομένα εφαρμογής από την χρησιμοποίησή του σε έργα.

Κατά την διάρκεια του σεισμικού φαινομένου, έχουμε πρόσπτωση ενέργειας πάνω στο κτίριό μας. Η ενέργεια αυτή πρέπει να απορροφηθεί, ει δυνατόν με τρόπο ελεγχόμενο, γιατί διαφορετικά θα οδηγηθούμε σε καταρρεύσεις ή σε πολύ μεγάλες - μη ανατάξιμες ζημιές. Εδώ παίζει κυρίαρχο ρόλο ο σχεδιασμός του στατικού συστήματος του έργου, που είναι και η μέγιστη συμβολή του μελετητή στην αντοχή του κατασκευάσματος. Αντίθετα απότι ισχυρίζονται αδαείς ή προβοκάτορες, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δεν σχεδιάζει τις κατασκευές, απλά κάνει γρήγορα τους αναγκαίους μαθηματικούς

υπολογισμούς. Ο μελετητής λοιπόν, σχεδιάζει μηχανισμούς απορρόφησης ενέργειας και προκαθορίζει τον τρόπο αντίδρασης του δομήματος στον σεισμό. Η φιλοσοφία σχεδιασμού της ανωδομής όμως, επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τις διαθέσιμες δυνατότητες εφαρμογής συστήματος θεμελίωσης συμβατού λειτουργικά με την αντίστοιχη ανωδομή.

Σήμερα, η τάση που επικρατεί για τον σχεδιασμό των ανωδομών, είναι να προδιαγράψουμε άκαμπτα συστήματα. Τα συστήματα αυτά στηρίζονται στην αντίσταση της οικοδομής ως κουτιού που παρακολουθεί όλο μαζί την κίνηση του εδάφους, και με τον τρόπο αυτό ελαττώνει την ένταση στο εσωτερικό του σκελετού, επειδή δεν ευνοεί σχετικές μετατοπίσεις μελών του σκελετού μεταξύ τους.

Η παλαιότερη τάση θεωρούσε ότι ο εύκαμπτος σκελετός αντιδρούσε με αναλογική κατανομή του ενεργειακού φορτίου στα διάφορα μέλη του σκελετού, διευκολύνοντας κατ' αυτό το τρόπο την λυσιτελέστερη απορρόφηση της ενέργειας, αλλά αξιοποιώντας και δυνατότητες ανακατανομής έντασης, που οι φορείς διαθέτουν εν γένει λόγω της υπερστατικότητάς τους.

Αυτό είναι μέχρις ένα βαθμό ακριβές, αλλά σήμερα προτιμάμε να αναθέτουμε την αντιμετώπιση του έργου αυτού σε λίγα και πολύ ισχυρά στοιχεία του σκελετού, περιορίζοντας ενδεχομένες αβεβαιότητες και εντοπίζοντας πιθανές επισκευαστέες θέσεις. Άλλωστε, ισχυρότερα στοιχεία, εξακολουθούν να είναι πολύ ισχυρά και να αποτρέπουν καταρρεύσεις ακόμη και μετά από ζημιές. Εν πάσει περίπτωση, η όποια επιλογή γίνει, πρέπει να συνοδεύεται από θεμελίωση αντίστοιχου τύπου, αλλά επ' αυτού θα λεχθούν περισσότερα στην συνέχεια.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ – ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο βασικός κραδασμός που προκαλείται από τον σεισμό, χαρακτηρίζεται από ένα φάσμα συχνοτήτων και προκαλεί και σε κάθε δόμημα, το οποίο προσβάλλει, μια ταλάντωση εξαναγκασμένης μορφής. Αν μια από τις συχνότητες του σεισμού, που έχει ισχυρή συμμετοχή σε αυτόν (δεσπόζοντα χαρακτήρα), συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα του κτιρίου, έχουμε το φαινόμενο του συντονισμού, που πολλαπλασιάζει τις αρνητικές συνέπειες τους σεισμού. Σε κάθε περίπτωση, το κτίριο, για να μπορέσει να διατηρήσει την συνέχειά του και την ενιαία του μορφή, πρέπει να πάλλεται με έναν ενιαίο τρόπο, από την βάση ως την κορυφή του, και η συχνότητα αυτού του κραδασμού προκύπτει από συνδυασμό των ιδιοσυχνοτήτων των δύο κύριων τμημάτων του, θεμελίωσης και ανωδομής. Έτσι οι καθέκαστα αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες οδηγούν σε μια τρίτη, συνιστάμενη ιδιοσυχνότητα, που τελικά είναι αυτή που καθορίζει την συνολική συμπεριφορά του κτιρίου. Αυτό είναι, με απλά λόγια, το φαινόμενο της αλληλεπίδρασης. Από αυτά που προαναφέραμε, έπεται ότι οι ιδιοσυχνότητες θεμελίωσης και ανωδομής πρέπει, κατά το δυνατόν βέβαια, να μην διαφέρουν υπερβολικά, γιατί τότε η αναγκαστική συνεργασία τους δυσχεραίνεται, και μπορεί να έχουμε αστοχία της σύνδεσής τους.

ΕΙΔΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ – ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟ

Όπως αναλύθηκε πιο πάνω, η ιδιότητα που αναζητείται από την ανωδομή είναι η αυξημένη ακαμψία. Ανάλογα χαρακτηριστικά θα θέλαμε και από την θεμελίωση, η οποία εκτός από τις λειτουργίες που πρέπει να επιτελεί σε συνθήκες ηρεμίας (μεταφορά των φορτίων της ανωδομής στο έδαφος χωρίς απαγορευτικές καθιζήσεις και χωρίς υπέρβαση αντοχής του εδάφους) θα κληθεί να διασφαλίσει την άκαμπτη συμπεριφορά του κτιρίου.

Δυστυχώς, οι θεμελιώσεις από την φύση τους είναι εύκαμπτες κατασκευές και πρέπει αναγκαστικά να πάρουμε πρόσθετα μέτρα για την ενίσχυση της ακαμψίας τους. Το απλούστερο σχετικό μέτρο, είναι η κατασκευή όσο το δυνατόν ισχυροτέρων συνδετήριων δοκών, που παίζουν και άλλους εύνοικους ρόλους στην γενική συμπεριφορά του κτιρίου. Λαμβάνοντας μάλιστα υπ' όψιν το γεγονός ότι ο σεισμός μπορεί να πλήξει και περιοχές με ισχυρά βραχώδη εδάφη, συνιστώ να μην γίνεται χρήση της διάταξης του Αντισεισμικού Κανονισμού που ισχύει, και επιτρέπει να μην κατασκευάζονται συνδετήριες δοκοί υπό ορισμένες συνθήκες.

Δεύτερη πιθανή παρέμβαση, είναι η ταπεινώση της στάθμης έδρασης της θεμελίωσης, που συνδυαζόμενη με παράλληλη κατασκευή υπόγειου, ωφελεί πολλαπλά την αντισεισμικότητα της οικοδομής.

Τέλος, όταν οι σεισμικές συνθήκες σε μια περιοχή, προδιαθέτουν για ενδεχόμενο κίνδυνο (πχ μακρά περίοδος σεισμικής ησυχίας ή έντονη μικροσεισμική δραστηριότητα), είναι σκόπιμο να καταφεύγουμε σε λύσεις θεμελίωσης βαρύτερες από τις στατικά απαιτούμενες (πχ πεδιλοδοκούς αντί απλά πέδιλα, πεδιλοεσχαρες αντί απλές πεδιλοδοκούς και γενική κοιτόστρωση αντί πεδιλοεσχαρα).

Τέλος πρέπει να προβλέπεται ο μηχανισμός μεταφοράς των οριζοντίων δυνάμεων από την θεμελίωση στο έδαφος, πράγμα που συνήθως θεωρείται δεδομένο, χωρίς ωστόσο να ισχύει αυτό.