

Δελτίο  
Συλλόγου  
Πολιτικῶν  
Μηχανικῶν  
Ἑλλάδος

ΑΝΑΤΥΠΟ

---

Μάρτιος 1976

Ἀριθμὸς 71

---

# Σύγχρονες απόψεις σχετικά με τὸ περιεχόμενο ἑνὸς ἀντισεισμικοῦ κανονισμοῦ

Π. Γ. Καρύδη\* καὶ Ι. Γ. Σμπώκου\*\*

## § 1 Γενικά

Ἡ ἰκανότητα μιᾶς κατασκευῆς νὰ ἀντέχει σ' ἕνα σεισμό ἐξαρτᾶται ἀπὸ πολλοὺς παράγοντες καὶ ἰδιαίτερα ἀπὸ τὴ ποιότητα τοῦ ἐδάφους καὶ ὑλικῶν τῆς, ἀπὸ τὴ μελέτη (ὀλική συμπεριλαμβανομένης καὶ τοῦ ἐδάφους καὶ λεπτομερειῶν), ἀπὸ τὴν ἐκτέλεση καὶ τελικὰ ἀπὸ τὴν ἐπίβλεψη. Τονίζεται ἰδιαίτερα ὅτι ἡ ἔλλειψη καὶ ἑνὸς μόνο ἀπὸ τοὺς παράγοντες αὐτοὺς μπορεῖ νὰ εἶναι μοιραία γιὰ τὴ τύχη τοῦ ἔργου σὲ περίπτωση σεισμοῦ, ὅπως ἔχει ἀποδειχθεῖ πολλές φορὲς στὴ πράξη.

Ἕνας ἀντισεισμικὸς κανονισμὸς μπορεῖ νὰ ἐπιτρέψει νὰ παραλείπεται ὁ ἀντισεισμικὸς ὑπολογισμὸς σὲ λιγώροφα κτίσματα μικρῶν ἀξονικῶν ἀνοιγμάτων καὶ μικρῆς σημασίας κατασκευῶν, ὅπως γενικὰ εἶναι οἱ συνηθισμένες μονώροφες ἢ διώροφες κατοικίες.

Προτείνεται ἐδῶ ὅτι, ἐφ' ὅσον πρόκειται γιὰ κατασκευὲς ἀπὸ ὀπλισμένο σκυρόδεμα, γιὰ συνηθισμένες ἀξονικές ἀποστάσεις ὑποστηλωμάτων, ὁ ἀντισεισμικὸς ὑπολογισμὸς μπορεῖ νὰ παραλείπεται καὶ ὁ σχετικὸς κανονισμὸς νὰ ἐπιβάλλει ὀρισμένες μόνο κατασκευαστικὲς δεσμεύσεις.

Ἡ περιγραφή πού ἀκολουθεῖ σχετίζεται μετὰ τὴ μέθοδο τῆς ἀνάπτυξης σεισμικῶν δυνάμεων στὲς κατασκευές, οἱ ὁποῖες καὶ θὰ πρέπει νὰ ὑπολογιστοῦν ἀντίστοιχα. Μετὰ τὸν ὑπολογισμὸ αὐτὸ ἐπιδιώκεται:

1) Ἡ πρόληψη θανάτων καὶ τραυματισμῶν 2) ἡ ἐξασφάλιση τῆς λειτουργίας τῶν «γραμμῶν ζωῆς»\*\*\* καὶ 3) ἡ ἐλαχιστοποίηση τῶν ὑλικῶν ζημιῶν σὲ περιπτώσει σεισμῶν.

Γιὰ τὸν καθορισμὸ τοῦ μεγέθους τῶν σεισμικῶν φορτίων εἶναι ἀπαραίτητο νὰ ὑπολογιστοῦν οἱ ἐξῆς παράγοντες: α) Φυσικοὶ παράγοντες (σεισμολογικοί, γεωλογικοὶ καὶ κλιματολογικὲς συνθήκες). β) Τεχνικοὶ παράγοντες (χρησιμοποίηση τοπικῶν ὑλικῶν, παράδοση κατασκευῆς καὶ γενικὰ ἡ τεχνικὴ τῆς κατασκευῆς), καὶ γ) οἰκονομικοὶ καὶ κυρίως κοινωνικοὶ παράγοντες.

Οἱ παρούσες ἀπόψεις ἀφοροῦν τὴ περίπτωσι τοῦ ὑπολογισμοῦ σὲ κτίρια, πύργους, δεξαμενές, κ.λ.π. Τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ κριτήρια μποροῦν ἐπίσης νὰ ἐφαρμοστοῦν καὶ σὲ κατασκευές ὅπως γέφυρες, φράγματα, λιμενικὰ ἔργα κ.λ.π. Ἡ πολυπλοκότητα ὁμως καὶ ἡ μεγάλη ποικιλία τέτοιων κατασκευῶν ἀπαιτεῖ ἰδιαίτερο ὑπολογισμὸ, ὁ ὁποῖος ὅποσοδήποτε πρέπει νὰ βασίζεται σὲ θεσπισμένα κριτήρια καὶ νὰ ἐξασφαλίζει κατώτατα ὄρια ἀντισεισμικῶν προδιαγραφῶν.

Προτείνεται ἐδῶ ὅτι ἡ δυναμικὴ ἀνάλυσι γιὰ τρέχουσες κατασκευές πρέπει νὰ ἀποφεύγεται γιὰτὶ εἶναι τόσο πολλοὶ οἱ παράγοντες πού ἐπηρεάζουν θεμελικὰ τὴν συμπεριφορὰ τῶν κατασκευῶν, πού εἴτε νὰ γίνονται τεράστια λάθη κατὰ τὴν δυναμικὴ ἀνάλυσι, εἴτε νὰ χρειάζεται μεγάλη εἰδίκευσι. Ἐτοὶ ἡ σεισμικὴ ἀνάλυσι τῶν κατασκευῶν, θὰ πρέπει νὰ γίνεται συνήθως μετὰ στατικὴ φόρτισι ἢ ὁποῖα ὑποκαθιστᾶ τὴ δυναμικὴ σεισμικὴ φόρτισι πού χαρακτηρίζει τὸ σεισμικὸ φαινόμενο· ἡ δυναμικὴ αὐτὴ συμπεριφορὰ τῶν κατασκευῶν ὅπως εἶναι γνωστὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν σεισμικῶν δονήσεων (δεσπόζουσα περίοδος ταλαντώσεως, διάρκεια σεισμικοῦ κραδασμοῦ κ.λ.π.), ἀπὸ τὶς ιδιότητες τῆς κατασκευῆς καὶ ἀπὸ τὸ σύστημα ἐδαφος-κατασκευῆς.

Σὲ εἰδικές μόνο περιπτώσεις, ὅπως στὲς λεπτές καὶ ὑψηλές κατασκευές ἰδιαίτερης σημασίας, οἱ σεισμικὲς δυνάμεις θὰ πρέπει νὰ προσδιοριστοῦν ὕστερα ἀπὸ διεξαγωγὴ δυναμικῆς ἀνάλυσις, πού θὰ βασίζεται σὲ παραδεγμένες σεισμικὲς κινήσεις, γιὰ τὴν ἀντίστοιχη περιοχὴ καὶ ἐδαφικὲς συνθήκες. Τὸ ἴδιο ἰσχύει καὶ στὲς περιπτώσεις ὅπου ἐξεζητημένες σεισμικὲς δυνάμεις χρειάζεται νὰ ὑπολογιστοῦν, ὁπότε ἀπαιτεῖται λεπτομερέστερη ἀνάλυσι καὶ μάλιστα μετὰ μὴ γραμμικὴ συμπεριφορὰ. Αὐτὲς οἱ ἐλάχιστες περιπτώσεις πού χρειάζονται δυναμικὴ ἀνάλυσι πρέπει νὰ διεξάγονται ἀπὸ ἐμπειροὺς στὰ θέματα αὐτὰ μελετητές, πρέπει ὁμως νὰ ἀποδεικνύεται ὅτι ὁποσοδήποτε ἡ κατασκευὴ ἐξασφαλίζει ὀρισμένες προδιαγραφές ἀσφάλειας σὲ περίπτωση σεισμοῦ, σὰν κατώτατα ὄρια. Τέτοια κατώτατα ὄρια καὶ μόνο γιὰ τὴ μέγιστη τέμνουσα στὴ βάση (Base Shear Coefficient) ἔχουν ἐπιτρέψει πρὸς τὸ παρὸν οἱ κανονισμοὶ τοῦ Μεξικοῦ, Χιλῆς, Βενεζουέλας, Ἀργεντινῆς, Νέας Ζηλανδίας.

Οἱ μέθοδοι τῆς ἐλαστικῆς ἀνάλυσις θὰ πρέπει γενικὰ νὰ ἐφαρμόζονται στὸν ἀντισεισμικὸ ὑπολογισμὸ τῶν κατασκευῶν.

Μέθοδοι ἐλαστοπλαστικῆς συμπεριφορᾶς καὶ συνολικῆς ἀντοχῆς μποροῦν ἐπίσης νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀλλὰ ὅπως ἀναφέρθηκε καὶ πιὸ πάνω, γιὰ εἰδικές περιπτώσεις. Παράλληλα ἡ εὐστάθεια τοῦ ἐδάφους γύρω καὶ κάτω ἀπὸ τὴν κατασκευὴ πρέπει νὰ ὑπολογιστεῖ, γιὰτὶ ἡ ἔντασι καὶ ἡ παραμόρφωσι τῆς κατασκευῆς, ὅπως ἔχει ἀποδειχθεῖ (1), (2)\*\* ἐξαρτᾶται σὲ μεγάλῳ βαθμῳ ἀπὸ τὴν ἐδαφικὴ παραμόρφωσι. Καὶ ὅλα αὐτὰ γιὰ νὰ ἰκανοποιηθοῦν οἱ προδιαγραφές τοῦ κανονισμοῦ ὅπως, οἱ πιὸ σημαντικὲς ἀπ' αὐτές, μποροῦν νὰ ἐμφανιστοῦν στὸ Σχ. 1.

\* Δρ. Πολιτικὸς Μηχανικός, Ἐπιμελητὴς ΕΜΠ, Πολιτικὸς Μηχ. ΕΜΠ, 1962, Διδάκτωρ ΕΜΠ 1968, ΙΙΣΕΕ 1969-70.

\*\* Διπλ. Πολιτικὸς Μηχανικός, Βοηθὸς ΕΜΠ, Πολιτικὸς Μηχανικός ΕΜΠ, 1974.

... Στὲς ἀγκύλες σημειώνονται οἱ ἀριθμοὶ πού ἀναφέρονται στὴ βιβλιογραφία.

\*\*\* Μετὰ τὸν ὄρο αὐτὸ ἐκφράζεται ἡ ἔννοια «life lines», δηλ. δίκτυα ὑδρευσεῖς, κυκλοφορίας, ἐπικοινωνίας, κ.λ.π.

## § 2 Κατευθύνσεις ενέργειας τών σεισμικών δυνάμεων ύπολογισμού

Οί σεισμικές δυνάμεις δρουν προς οποιαδήποτε κατεύθυνση μιάς κατασκευής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αντισεισμικού ύπολογισμού θεωρείται ότι δρουν μόνον οι όριζόντιες συνιστώσες ανεξάρτητα, κατά μήκος τών δύο κυρίων κατευθύνσεων τής κατασκευής. Ένώ για ειδικές κατασκευές όπως πύργοι, δεξαμενές κ.λ.π. πρέπει να θεωρείται ότι ή όριζόντια σεισμική δύναμη δρά προς όλες τις κατευθύνσεις. Αντίθετα, σε περιπτώσεις τοίχων και πετασμάτων, οι σεισμικές δυνάμεις θεωρείται ότι δρουν σε κατεύθυνση κάθετη προς τήν επιφάνειά τους.

Στή περίπτωση πού θεωρείται κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμικού κραδασμού πρέπει να ύπολογίζεται ταυτόχρονα με τήν αντίστοιχη όριζόντια. (Κανονισμοί Χιλής, Ίνδίας, Γαλλίας, Ρουμανίας, Άλγερίας, και για κατασκευές με ανοίγματα μεγαλύτερα από 24 μέτρα τής Ρωσίας).

Στόν ύπολογισμό τό σχετικό με προβόλους, άναρτημένες κατασκευές, φορείς μεγάλων ανοιγμάτων κ.λ.π. πρέπει να συνυπολογίζονται και κατακόρυφες σεισμικές δυνάμεις.

## § 3 Προσδιορισμός τών σεισμικών δυνάμεων ύπολογισμού

Στή σεισμική άνάλυση τών κατασκευών, ή όποία όπως αναφέρθηκε παραπάνω βασίζεται σε μέθοδο, πού χρησιμοποιεί στατική φόρτιση ίσοδύναμη προς τή δυναμική, οι πλάγιες σεισμικές ώθήσεις κατά τό ύψος τής κατασκευής μπορούν να προσδιοριστούν σύμφωνα προς μία από τις δύο μεθόδους πού περιγράφονται παρακάτω:

α) Η όλική σεισμική δύναμη σε μία κατασκευή προσδιορίζεται με τόν όνομαζόμενο «συντελεστή διατμήσεως βάσεως»\*, ήτοι:

$$Q = CW$$

όπου Q : ή όλική σεισμική δύναμη ή ή τέμνουσα λόγω σεισμού δύναμη στη βάση τής κατασκευής.

C : συντελεστής διατμήσεως βάσεως.

W : όλικό κατακόρυφο φορτίο τής κατασκευής για τόν αντισεισμικό ύπολογισμό.

\* Έστω Q<sub>i</sub> οι πλευρικές δυνάμεις πού προκύπτουν ύστερα από δυναμικές θεωρήσεις και πού δρουν κατά τό ύψος τής κατασκευής. Τό άθροισμά τους θα είναι ίσο προς Q, ήτοι:

$$Q = \sum Q_i$$

όπου i ή στάθμη στην όποία εφαρμόζεται ή δύναμη Q<sub>i</sub>. Τή μέθοδο αυτή άκολουθούν τό Μεξικό, ή Νέα Ζηλανδία, ή Ρουμανία, οι Η.Π.Α. και τό Ίράν.

β) Οι πλευρικές σεισμικές δυνάμεις στη στάθμη i προσδιορίζονται με τόν όνομαζόμενο «σεισμικό συντελεστή» ε<sub>i</sub>. Τή μέθοδο αυτή άκολουθούν ή Γαλλία, ή Άργεντινή, ό Καναδάς, ή Χιλή, ή Γερμανία, ή Ίνδία, ή Ίταλία, ή Ίαπωνία, οι Φιλιππίνες, ή Πορτογαλία, ή Ρουμανία (τό πιο δυσμενές από τά δύο), ή Τουρκία, ή Ρωσία, ή Γιουγκοσλαυία, ή Άλγερία, ή Αύστρια, ή Βουλγαρία, τό Ίσραήλ, ή Ίσπανία και ή Έλλάδα.

Οί συντελεστές αυτοί μεταβάλλονται κατά τό ύψος και οι πλευρικές σεισμικές δυνάμεις Q<sub>i</sub> θα είναι τότε:

$$Q_i = \varepsilon_i W_i$$

όπου W<sub>i</sub> τό μέρος εκείνου τού W, τό όποίο βρίσκεται συγκεντρωμένο στη στάθμη i.

Είτε γίνεται ό ύπολογισμός βάσει του C είτε βάσει του ε<sub>i</sub> μπορεί εύκολα να γίνει άναγωγή στο C όταν χρειάζεται να γίνει μιά σύγκριση.

Η τιμή του C ή τών ε<sub>i</sub> κάθε κατασκευής πρέπει να προσδιοριστούν ύστερα από κατάλληλες έκτιμήσεις τών παρακάτω (i) έως (ix) παραγόντων:

i) Σεισμικότητα τής περιοχής.

Ο καθορισμός τής σεισμικής ζώνης, όπου θα άνεγερθεί ή κατασκευή, είναι άπαραίτητος. Όπως είναι γνωστό, οι σεισμικές ζώνες καθορίζονται από τή σεισμική ιστορία τής περιοχής και από διάφορους σεισμοτεκτονικούς παράγοντες. Για περιοχές πού βρίσκονται κοντά σε γεωλογικές άνωμαλίες όπως είναι τά όρια τών πλακών, τά δρώντα ρήγματα ή πιθανές κατολισθήσεις, πρέπει να παίρνονται ειδικά μέτρα.

Η μέγιστη άναμενόμενη πιθανότητα για μιά δεδομένη περίοδο ετών μπορεί να προσδιοριστεί από τό σεισμό «άπαξ του έτους»\* (Γαλανόπουλος 1968 [3]), ύστερα από στατιστική έπεξεργασία[4].

ii) Έδαφικές συνθήκες.

Τά δυναμικά χαρακτηριστικά του έδάφους γύρω και κάτω από τήν κατασκευή πρέπει να ύπολογιστούν. Όπως φαίνεται στο Πίνακα 1, ή δεσπόζουσα περίοδος σκληρών έδαφών είναι μικρή (γύρω στα 0,2 έως 0,4 sec.), ενώ τών μαλακών άποθέσεων είναι πολύ μεγαλύτερη (μπορεί να φτάσει έως 1,5 sec). Έπομένως πρέπει να ύπολογιστεί τό φαινόμενο του «οιονεί» συντονισμού κατασκευής και έδάφους. Μεγάλα έπίσης προβλήματα μπορεί να δημιουργηθούν σε κατασκευές οι όποιες είναι θεμελιωμένες πάνω σε μαλακά έδαφη, πού μπορούν να ύποστούν μεγάλες και άνομοιόμορφες καθιζήσεις, ή τό φαινόμενο τής ρευστοποίησης (liquefaction).

iii) Είδος θεμελίων.

Τό είδος τής θεμελίωσης επηρεάζει, σε σχέση με τό έδαφος, και τήν άνωδομή. Σάν καλό παράδειγμα πού λαμβάνει ύπ' όψιν τό παράγοντα αυτό, άναφέρεται πρώτα ό κανονισμός τής Γαλλίας και μετά τής Χιλής.

iv) Δυναμικές ιδιότητες τής κατασκευής.

Οί δυναμικές ιδιότητες (περίοδοι, μορφές ταλάντωσης, άπόσβεση\*\*) τής κατασκευής χρειάζεται να ύπολογιστούν μαζί με τήν άλληλεπίδραση (Soil Structure interaction) του έδάφους, και μπορούν να θεωρηθούν σταθερές κατά τή διάρκεια του σεισμού. Ένώ για σεισμούς πού έχουν όρισμένη μη συνηθισμένη ένταση, βλ. Σχ. 1, κατηγορία III, οι παραπάνω δυναμικές ιδιότητες δέν μπορούν πιά να θεωρηθούν σταθερές γιατί ή συμπεριφορά είναι μη γραμμική.

Στή παράγραφο αυτή αναφέρεται τό έδαφος σάν παράγοντα πού επηρεάζει άμεσα τις δυναμικές ιδιότητες τής κατασκευής και όχι σάν τό μη έλαστικό εκείνο ήμίχωρο μέσα από τόν όποιο περνάνε και άλλοιώνονται τά σεισμικά κύματα και τό όποιο αναφέρεται στη παράγραφο ii. Τό έδαφος κάνει γενικά πιο εύκαμπτο τό σύστημα τής άνωδομής πού μελετάει κανείς. Σάν γενική διερεύνηση στο θέμα αυτό μπορεί να άναφερθεί έδώ και ή μελέτη [2], ενώ για τήν έφαρμογή τής έπιρροής του έδάφους πάνω στη δυναμική γενικά συμπεριφορά τών κατασκευών (παράγραφοι ii και iv), αναφέρεται ή μελέτη [5].

v) Πλαστιμότητα τής κατασκευής. Η πλαστιμότητα τής κατασκευής στο σύνολό της είναι σημαντικώτατος παράγοντας για τήν άντοχή τής στο σεισμό. Τά ύλικά ή ό συνδυασμός τών ύλικών πού χρησιμοποιούνται στις κατασκευές θα πρέπει, τόσο

\* Μετάφραση του όρου «base shear coefficient».

\*\* Με τόν όρο αυτό εκφράζεται ή έννοια «once per year earthquake».

\*\* Για κάθε στάθμη τάσεων λειτουργίας .

αυτά καθαυτά τὰ υλικά όσο και ολόκληρη ή κατασκευή, να εμφανίζουν τη μέγιστη δυνατή πλαστιμότητα. Οι κατασκευές που εμφανίζουν λιγώτερη πλαστιμότητα θα πρέπει να υπολογίζονται με μεγαλύτερη σεισμική επιβάρυνση. Το ίδιο πρέπει να γίνει και για κατασκευές που η μερική καταστροφή θα μπορούσε να οδηγήσει σε καθολική κατάρρευση. (άλυσιδωτή κατάρρευση).

vi) Άντοχη των κατασκευών στη πυρκαϊά.

Μετά από ένα σεισμό υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος πυρκαϊάς. Κατασκευές που άντεξαν στο σεισμό, πολλές φορές καταστράφηκαν από την πυρκαϊά που έπακολούθησε. Έπομένως είναι φανερό, ότι οι κατασκευές πρέπει να έχουν την απαιτούμενη ανθεκτικότητα για την περίπτωση πυρκαϊάς. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί η ιδιαίτερη πρόνοια, την οποία πρέπει να παίρνει κανείς για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, τις εγκαταστάσεις αεριοφότου, παροχής ενέργειας (τοποθέτηση ειδικών διακοπών ασφαλείας), για να προλαβαίνεται η δημιουργία έστιών πυρκαϊάς κατά τη διάρκεια του σεισμού. Τονίζεται επίσης η σημασία της εξασφάλισης παροχής νερού και μετά το σεισμό.

vii) Σπουδαιότητα της κατασκευής.

Έδώ πρέπει να αυξάνεται ο συντελεστής ασφάλειας για κατασκευές που έχουν μεγάλη σημασία σχετικά με τη χρήση (άμεσα ή έμμεσα), τη λειτουργία και το κόστος τους, π.χ. κτίρια στα οποία συγκεντρώνονται πολλά άτομα ή κτίρια που η κανονική λειτουργία τους είναι απαραίτητη άμεσα μετά το σεισμό (νοσοκομεία, σταθμοί ενέργειας, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, πυροσβεστικοί σταθμοί κ.λ.π.), ή κατασκευές που από τη καταστροφή τους έμμεσα κινδυνεύουν πολλά άτομα, όπως τὰ φράγματα όταν είναι στα άναντη οικισμών.

viii) Έπιτρεπόμενο μέγεθος καταστροφής των κατασκευών.

Όπως είναι γνωστό, η πλήρης ασφάλεια σε περίπτωση σεισμού είναι έντελως αντικονομική. Είναι γενικά παραδεκτό, ότι οι σεισμικές δυνάμεις θα πρέπει να καθοριστούν για δύο περιπτώσεις: α) Για το περιορισμό της ρηγμάτωσης του σκελετού και την ελαχιστοποίηση της βλάβης στις συμπληρωματικές κατασκευές και στις κατασκευές εξυπηρέτησης στην περίπτωση των σεισμών που αναφέρεται ο κανονισμός, βλ. κατηγορία II του Σχ. 1. β) Για την αποφυγή της κατάρρευσης ή της βαρείας καταστροφής στην περίπτωση ισχυρών σεισμών, που μπορούν να συμβούν το πολύ μία φορά κατά τη διάρκεια της ζωής του έργου, βλ. κατηγορία III του Σχ. 1.

Σε πιο λεπτομερείς όμως μελέτες συνηθίζεται να γίνονται τρεις υπολογισμοί, όπως ένδεικτικά φαίνεται στο Σχ. 1.

Βασικά ο κανονισμός μπορεί να περιορίζεται στην άπαιτηση έκτέλεσης της αντίσεισμικής μελέτης βάσει της κατηγορίας II του Σχ. 1, που ταυτόχρονα και για συνήθη έργα ίκανοποιούνται, χωρίς να απαιτεί έκτέλεση μελέτης, οι κατηγορίες I και III. Για ειδικά όμως έργα που θα καθορίζει ο κανονισμός, θα πρέπει επί πλέον να απαιτείται απόδειξη ότι η κατασκευή είναι ικανή να ανταποκριθεί στις προδιαγραφές τόσο για σεισμούς κατηγορίας III, όσο, και έφ' όσον τούτο κρίνεται απαραίτητο, και για τη κατηγορία σεισμών 1. ix) Μέθοδοι υπολογισμού.

Όταν ο υπολογισμός γίνεται στην ελαστική περιοχή, οι έπιτρεπόμενες τάσεις των υλικών για συνδυασμόν των σεισμικών και στατικών φορτίων παίρνονται μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για στατικά φορτία.

Η φέρουσα ικανότητα του εδάφους θα πρέπει να προσδιοριστεί άφου υπολογιστεί ή μεταβολή των ιδιοτήτων του εδάφους κατά την διάρκεια του σει-

σμού και όχι με άπλη αύξηση της έπιτρεπόμενης τάσης όπως γίνεται στα υπόλοιπα υλικά. Και τούτο γιατί ένα μαλακό έδαφος κάτω από δυναμική σεισμική φόρτιση συνήθως εμφανίζει μειωμένη άντοχη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για το διαχωρισμό αυτό άποτελεί ή τελευταία άναθεώρηση του αντίσεισμικού κανονισμού της Ίνδίας.

Όταν ο υπολογισμός γίνεται με τη μέθοδο συνολικής άντοχης και έλαστοπλαστικής άναλυσης, άπαιτείται ο προσδιορισμός καταλλήλων συντελεστών φορτίων κατά τον υπολογισμό των σεισμικών καταπονήσεων.

Η τιμή του W ή W<sub>1</sub> θα πρέπει να είναι ίση με το όλο νεκρό φορτίο και με ένα πιθανό ποσοστό του ώφέλιμου, που προσδιορίζεται πιθανολογικά σύμφωνα με τη χρήση κάθε όρφου.

Ο αντίσεισμικός υπολογισμός των κατασκευών πρέπει να γίνει με συνδυασμό των παρακάτω φορτίων: Οι σεισμικές δυνάμεις θα υπολογιστούν με το σύνολο των νεκρών φορτίων και με ένα μέρος των κινήτων συνήθως φορτίων. Όταν υπάρχει φορτίο χιονιού, πρέπει να υπολογιστεί με τὰ σεισμικά φορτία, όπως επίσης ή λόγω σεισμού ώθησης γαιών και οι ύδροδυναμικές ώθήσεις. Γενικά σεισμός και άνεμος δέν θα πρέπει να θεωρηθεί ότι δρουν ταυτόχρονα.

#### § 4 Συμπληρωματικές κατευθύνσεις για τον αντίσεισμικό υπολογισμό και την κατασκευή

Γενικά οι αντίσεισμικές κατασκευές επιδιώκεται να παρουσιάζουν άπλότητα στην κάτοψη και την τομή και να είναι όσο γίνεται πιο συμμετρικές, ως προς τόν κάθε άξονα X και Y και να έχουν διαφορετικές άκαμψίες κατά X και Y. Όταν όμως οι άκαμψίες κατά X και Y είναι ίσες ή περίπου ίσες, ή κατασκευή είναι πολύ πιθανό να καταπονηθεί και σε στρέψη κατά το ύψος της σε περίπτωση σεισμού. Το κέντρο βάρους της κατασκευής καλό είναι να διατηρείται όσο μπορεί πιο χαμηλά. Για τούτο δέν πρέπει να τοποθετούνται μεγάλα φορτία στα ψηλότερα τμήματα των κατασκευών, έτσι π.χ. να άποφεύγονται βαρεία υλικά για τις μονώσεις των στεγών. Επίσης πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο ή άποφυγή της έκκεντρότητας άνάμεσα στο κέντρο της μάζας και στο κέντρο του ελαστικού συνδέσμου [6]. Πάντως τέτοιες στρεπτικές κατά το ύψος καταπονήσεις πρέπει να υπολογίζονται τόσο στις συμμετρικές, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, όσο και στις ασύμμετρες στην κάτοψη κατασκευές. Η μέν πρώτη καταπόνηση θα προκύπτει από μία προκαθορισμένη έκκεντρότητα, βάσει όρισμένων κριτηρίων, όπως οι διαστάσεις της κάτοψης, τὰ στοιχεία άκαμψίας κ.λ.π. ή δε δεύτερη επί τη βάσει της θεωρίας που περιγράφεται στο σύγγραμμα [6].

Μεγαλύτερα σεισμικά φορτία πρέπει να υπολογίζονται για τμήματα κτιρίων ή κατασκευών ή χωριστών κατασκευών όπως είναι οι έλεύθεροι πρόβολοι, τὰ πετάσματα, οι κατασκευές που ξεχωρίζουν από το σώμα της κύριας κατασκευής, τὰ διάφορα διακοσμητικά στοιχεία κ.λ.π. Αυτό έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί τὰ στοιχεία αυτά άποτελούν σημεία διακοπής της συνέχειας του σκελετού, και όπως άποδεικνύεται [7] μπορεί τὰ σεισμικά φορτία στα σημεία άσυνέχειας να είναι πολύ μεγάλα.

Ιδιαίτερη προσοχή άπαιτείται σε άνομοιόμορφες κατασκευές και σε τμήματα κατασκευών τόσο από την άποψη των υλικών (beton-τούβλα-πέτρα-σίδερο), όσο και είδους φορέα, τὰ οποία εμφανίζουν ιδιαίτερα διαφορετική άκαμψία από την υπόλοιπη κατασκευή. Για να αντιμετωπιστεί τὸ θέμα πρέπει ή να υπολογιστεί αυτό τὸ τμήμα της κατασκευής σαν ένα μέρος της και να συνδεθεί με ιδιαίτερη έπιμέλεια με την υπόλοιπη ή να άποχωρισθεί με άρμούς που θά έχουν τὸ κατάλληλο μέγεθος.

Ἡ θεμελίωση μιᾶς κατασκευῆς πρέπει νὰ γίνεται μὲ ἓνα εἶδος φέροντα στοιχεῖα (ἴσης ἀκαμψίας), πού νὰ συνδέονται μεταξύ τους κατὰ τρόπο πού νὰ συμπεριφέρονται ὡς ἓνα ἑνιαῖο σύνολο μαζί μὲ τὴ κατασκευή. Αὐτὸ εἶναι ἰδιαίτερα ἐπιθυμητὸ ὅταν πρόκειται γιὰ μαλακὰ ἐδάφη. Τὸ νὰ αὐξάνονται οἱ τάσεις ἐδάφους σὲ περίπτωση ἀνάληψης πρόσθετου σεισμικοῦ φορτίου μπορεῖ νὰ εἶναι σωστὸ ὅταν πρόκειται γιὰ σκληρὰ ἐδάφη. Σὲ μαλακὰ ἐδάφη πολλὲς φορὲς ἡ ἀντοχὴ ἐδάφους σὲ περίπτωση σεισμοῦ πέφτει πολὺ χαμηλὰ καὶ τέτοια μέθοδος δὲν εἶναι δικαιολογημένη, ὅπως ἀναφέρθηκε πρὶν ἀπάνω στὸ σημεῖο ix.

Γενικὰ καλὸ εἶναι νὰ γίνεται ἔλεγχος τῆς παραμόρφωσης ἀνάμεσα σὲ δύο γειτονικοὺς ὀρόφους γιὰ τὰ ὑλικά πού χρησιμοποιοῦνται στὶς κατασκευὲς πληρώσεων (κτίρια γραφείων μὲ ὄψεις ἀπὸ γυαλί, ἀκαμπτοὶ τοῖχοι ἐπενδυμένοι μὲ πλακίδια πορσελάνης κ.λ.π.). Ἄμεση ἐπίπτωση αὐτοῦ ἀπάνω στὴ μελέτη εἶναι τὸ θέμα τῆς κατὰ ὄροφο ἀκαμψίας ὁλόκληρης τῆς κατασκευῆς καὶ ὁ περιορισμὸς ἢ ἔλεγχος τῆς κατὰ ὄροφο παραμόρφωσής της (story drift limit).

Ἐπίσης εἶναι ἀπαραίτητη ἡ κατάλληλη ἐπιλογὴ τῆς στατικῆς μορφῆς τοῦ φέροντος ὀργανισμοῦ, τοῦ εἴδους καὶ τῆς ποιότητος τῶν ὑλικῶν κατασκευῆς, γιὰ νὰ μὴ μωραίσουν νὰ ἐξασφαλιστοῦν τόσο τὰ παραπάνω ὅσο καὶ οἱ «προδιαγραφές» τοῦ ΣΧ. 1.

Πρέπει νὰ πραγματοποιοῦνται ἱκανοποιητικὲς συνδέσεις ἀνάμεσα σὲ στοιχεῖα μὲ διαφορετικὴ κατεύθυνση ἀκαμψίας καὶ νὰ ἀποφεύγονται ἀσυνέχειες τοῦ σκελετοῦ κατὰ τὸ ὕψος. Στὰ σημεῖα αὐτὰ σύνδεσης ἀναπτύσσονται, ὅπως ἀναφέρθηκε πρὶν ἀπάνω, ἰδιαίτερα μεγάλες τάσεις καὶ χρειάζεται νὰ λαμβάνονται εἰδικὰ κατασκευαστικὰ μέτρα.

Ἰδιαίτερη προσοχὴ πρέπει νὰ καταβάλλεται σὲ εἰδικὲς κατασκευές, ὅπως εἶναι οἱ μικτὲς γενικὰ ἢ ἐκείνες πού χρησιμοποιοῦν προκατασκευασμένα στοιχεῖα ἢ στοιχεῖα ἀπὸ προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Κρίνονται ἀπαραίτητες οἱ ἐνισχύσεις στὶς γωνιὲς καὶ γύρω ἀπὸ ὁποιαδήποτε ἀνοίγματα, οἱ συνδέσεις τῶν κατασκευῶν πληρώσεως μὲ τὸν φέροντα ὀργανισμό καὶ ἡ ἰσχυρὴ συγκράτηση τῶν ὀροφονομιμάτων καὶ τῶν ἄλλων στοιχείων πού εὐρίσκονται στὴν ὀροφὴ τῶν κατασκευῶν.

Ἰδιαίτερη προσοχὴ χρειάζεται στὴ σταθερὴ σύνδεση τῶν κατασκευῶν, πού βρίσκονται στὴν ὀψη, μὲ τὸ σκελετό, ὅπως εἶναι: ὀπτοπλινθοδομές, μαρμάρινες καὶ λοιπὲς ἐπενδύσεις ὀψεων, ὑαλοστάσια, διακοσμῆσεις κ.λ.π. Σὲ πολυσύχναστες περιοχὲς ἡ κατασκευὴ ἐνὸς μεγάλου προβόλου στὴ στάθμη τῆς ὀροφῆς τοῦ ἰσογείου κρίνεται πολὺ κατάλληλη στὴν προκείμενη περίπτωση, γιὰ ἀσφάλεια ἀπὸ πτώση τῶν παραπάνω ὑλικῶν.

Εἰδικὰ γιὰ τὸ συνεχὲς σύστημα δόμησης, τὰ γωνιακὰ κτίσματα πρέπει νὰ ἐνισχύονται ἰδιαίτερα. Τοῦτο ὀφείλεται στὴν περίπτωση «λακτίσματος» ἀπὸ τὰ διπλανά του. Θὰ μπορούσε νὰ δοθῆ ἓνας ἐμπειρικὸς ἀριθμητικὸς τύπος πού νὰ ἐκφράζει τὴ σκέψη ὅτι ὅσο πρὶν πολλὰ εἶναι τὰ κτίσματα καὶ ἡ ἀπόσταση πού μεσολαβεῖ ἀπὸ τὸ μέσο τοῦ τετραγώνου, τόσο πρὶν μεγάλη νὰ εἶναι αὐτὴ ἡ ἐνίσχυση.

Τὸ ἴδιο ἰσχύει, γιὰ τὸ συνεχὲς σύστημα, ὅπως ἀναφέρθηκε πρὶν ἀπάνω γιὰ τὶς γειτονικὲς κατασκευὲς πού ἢ μιὰ ἐξέχει ἀπὸ τὴ διπλάνη της. Τὸ τμήμα ἐκεῖνο τῆς κατασκευῆς πού ἐξέχει πρέπει νὰ ὑπολογιστεῖ μὲ μεγαλύτερα σεισμικὰ φορτία.

#### Εὐχαριστίες

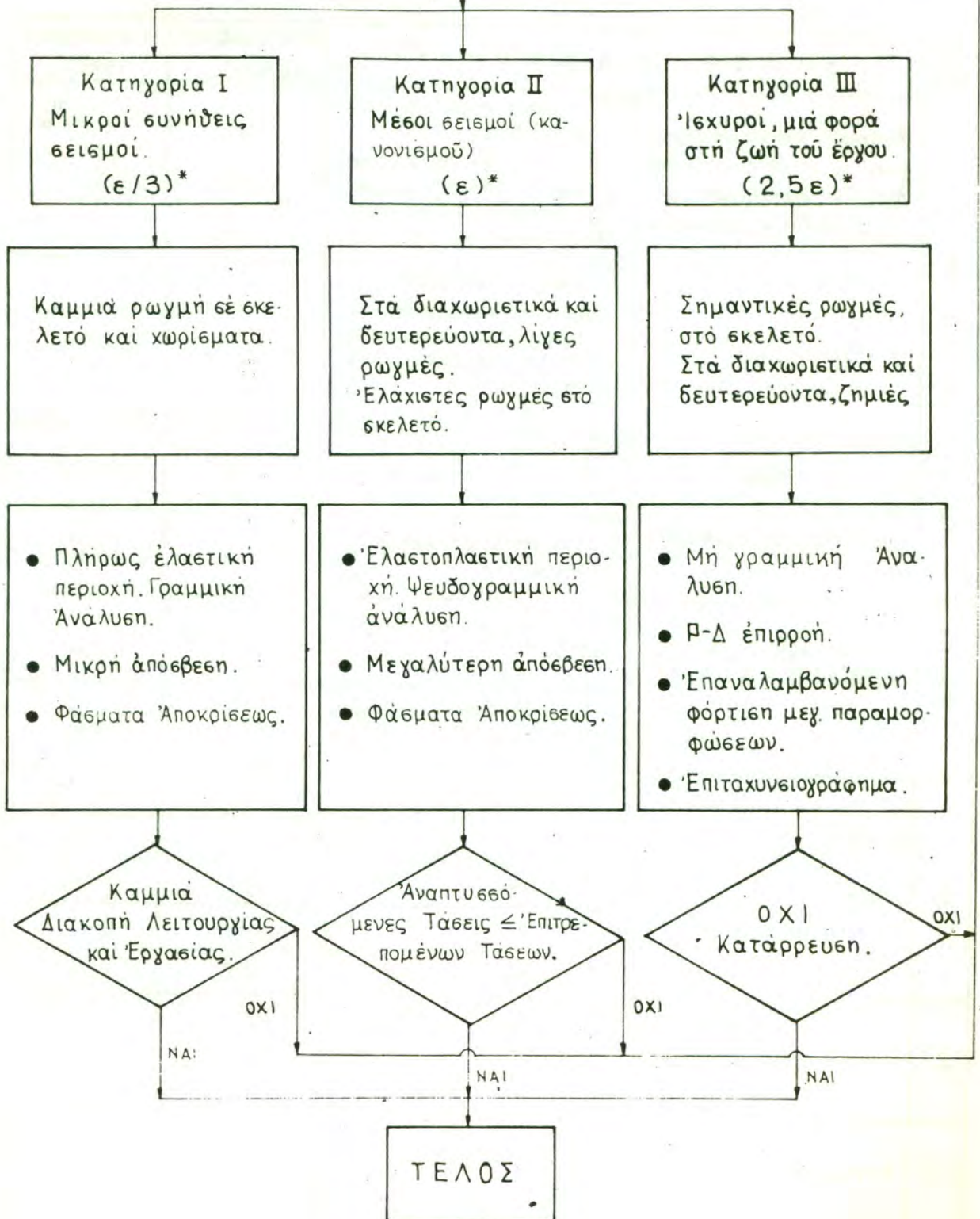
Γιὰ τὴ συμβολὴ στὴ σύνταξη τοῦ Πίνακα 1, ἐκφράζονται ἰδιαίτερες εὐχαριστίες στὸ καθηγητὴ τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν καὶ Διευθυντὴ τοῦ Γεωδυναμικοῦ Ἰνστιτούτου Ἀ.Ε. κ. Ἄγγελο Γαλανοπούλου. Ἐπίσης στὸν τότε Διευθυντὴ τοῦ ISEE Dr. I. Hisada γιὰ τὶς πολυτιμὲς συμβουλὲς του καὶ σημειώσεις πού εἶχε τὴ καλωσύνη νὰ διαθέσει γενικὰ γιὰ τὸ θέμα αὐτό.

#### Βιβλιογραφία

- [1] Carydis P.G., Y. Matsushima, 1971: «Study on the Seismic Interaction Problem between Ground and Shear Structures» Bull. International Institute of Seismology and Earthq. Engineering, Vol. 8, pp. 237-252.
- [2] Carydis P.G., 1972: «Ground Effect on the Dynamical Characteristics of Structures». International Conference on Microzonation, Seattle, Washington, U.S.A., Vol. II, pp. 770-787.
- [3] Galanopoulos G.A., 1968: «On Quantitative Determination of Earthquake Risk». Annali di Geofisica, XXI, No. 2, p. 193-206.
- [4] Galanopoulos G.A., 1974: «Some Realistic Views on Microzonation and Earthquake Risk». Official Publication of the Technical Chamber of Greece, ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ, 9/579 September.

- [5] Κοκκινόπουλος Ε.Π., Π.Γ. Καρύδης, 1973: «Πρότασις Δυναμικοῦ Ἀντισεισμικοῦ Ὑπολογισμοῦ Πολυωρόφων Κατασκευῶν», Ἀθῆναι, σελ. 73.
- [6] Ρουσόπουλος Α., 1959: «Ἀντισεισμικαὶ Κατασκευαί».
- [7] Καρύδης Π., Ι. Ἐρμόπουλος, 1975: «Ἐπιρροὴ τῆς καθ' ὕψος ἀσυνεχείας πολυωρόφων πλαισίων εἰς τὴν δυναμικὴν καὶ σεισμικὴν αὐτῶν συμπεριφορὰν». Ἑλληνικὸν Συνέδριον Ὑψηλῶν Κτιρίων, Ἀθῆναι 7-9 Ὀκτωβρίου.
- [8] Λοῖζος Α. : «Ἐπιτρεπομένη Φόρτισις τοῦ Ἐδάφους DIN 1054 (μετάφρασις). ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ 373-376, Ἀθῆναι 1956.
- [9] Muto K., 1973: «Earthquake - Resistant Design of Tall Buildings in Japan». Muto Institute of Structural Mechanics, Inc. Muto Report No. 73-1-1, Tokyo, Japan.

# ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ [9]



Σχ. 1

\* Για λόγους σύγκρισης, αυτό το  $\epsilon$  μπορεί να θεωρηθεί ίσο προς το « συντελεστή διατμήσεως βάσεως» με τον οποίο και θα γίνεται ο έλεγχος, και εάν ελάχιστη απαίτηση ασφάλειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1  
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ [8]	ΤΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ (kg/cm <sup>2</sup> )	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ (sec)	
Α	Βραχώδη έδαφη με λίγες ρωγμές, σε ύχιή μη άποσαθρωμένη κατάσταση και σε κατάλληλη διάστρωση	1. Πετρώματα σε μαζική ή σπηλοειδή διάταξη (χρανίτης, ευηνίτης, διορίτης, πορφυρίτης, βασάλτης, άνδεσίτης, γνεύσιος και άλλα πυρογενή πετρώματα.)	≈ 30	≈ 0,2
		2. Στρωσιγενή πετρώματα (ψαμίτης, άσβεστόλιθος, μάρμαρο, άργιλικός σχιστολίθος, δολομίτης, κρυσταλλοσχιετώδη κ.λπ.)	15 ÷ 10	0,3 ÷ 0,4
Β	Βραχώδη έδαφη με περισσότερες ρωγμές ή σε δυσμενή διάταξη διάστρωσης.	1. Πετρώματα σε μαζική ή σπηλοειδή διάταξη όπως στο Α <sub>1</sub>	≈ 15	0,3 ÷ 0,35
		2. Στρωσιγενή πετρώματα όπως στο Α <sub>2</sub>	7 ÷ 4	0,4 ÷ 0,5
Γ	Ψαθύρα αρκετά πυκνά έναποτιθέμενα έδαφη.	1. Χαλικώδη και χονδρόκοκα έδαφη*	≈ 4,0	≈ 0,6
		2. Αμμώδη έδαφη, μεσόκοκα λεπτόκοκα**	≈ 3,0	≈ 0,8
Δ	Συνεκτικά έδαφη	1. Σκληρά	≈ 3,0	0,75 ÷ 0,9
		2. Ημισκληρά	≈ 1,5	1 ÷ 1,2
		3. Πλαστικά	≈ 0,8	1,1 ÷ 1,3
		4. Μαλακά	≈ 0,4	1,2 ÷ 1,4
		5. Παχύρρευστα	≈ 0,0	1,3 ÷ 1,5
Ε	Ϊλύς, τύφη, έλώδεις γαίες	≈ 0,0	≈ 1,5	
ΣΤ	Έπιχώματα	0,0 ÷ 1,0	1,2 ÷ 1,5	

\* Για μερες συνθήκες θεμελίωσης που αναφέρονται στο σχετικό πίνακα του DIN 1054.

\*\* Διαχωρισμός των συνεκτικών έδαφων και σχετικές έπεξηγήσεις κατά DIN 1054.