

σεισμικών δυνάμεων, οι οποίες εφαρμόζονται σαν στατικά φορτία επάνω στην κατασκευή σύμφωνα με την παρ. 3.3.3.

- [2] Κατά την εφαρμογή της μεθόδου οι δύο οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού εκλέγονται παράλληλα προς τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου και χρησιμοποιείται πάντοτε το φάσμα σχεδιασμού  $R_d(T)$ .
- [3] Η μέθοδος εφαρμόζεται στις παρακάτω περιπτώσεις:
- Κανονικά κτίρια μέχρι 10 ορόφους.
  - Μη κανονικά κτίρια μέχρι 5 ορόφους με εξασφαλισμένη τη διαφραγματική λειτουργία των πλακών. Εξαιρούνται τα κτίρια σπουδαιότητας Σ4 άνω των δύο ορόφων σε οποιαδήποτε σεισμική ζώνη και τα κτίρια σπουδαιότητας Σ3 άνω των δύο ορόφων στις σεισμικές ζώνες III και IV.
- [4] Ένα κτίριο θα λέγεται κανονικό, όταν ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:
- Τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα μέσα στο επίπεδό τους. Η λειτουργία αυτή, αν δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, θεωρείται ότι δεν είναι εξασφαλισμένη σε επιμήκη ορθογωνικά κτίρια (ή τμήματα κτιρίων) με λόγο πλευρών μεγαλύτερο του 4, καθώς επίσης και σε κτίρια με κενά που υπερβαίνουν το 35% της κάτοψης του ορόφου.
  - Η αύξηση ή μείωση  $\Delta K_i = K_{i+1} - K_i$  της σχετικής δυσκαμψίας  $K_i$  ενός ορόφου σε κάθε οριζόντια διεύθυνση δεν υπερβαίνει τις τιμές  $0,35K_i$  και  $0,50K_i$ , αντίστοιχα. Η δυσκαμψία ενός ορόφου σε μία διεύθυνση θα λαμβάνεται ως το άθροισμα των σχετικών δυσκαμψιών  $E \cdot I/h$  των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου.
  - Η αύξηση ή μείωση  $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$  της μάζας  $m_i$  ενός ορόφου δεν υπερβαίνει τις τιμές  $0,35m_i$  και  $0,50m_i$ , αντίστοιχα. Από τον έλεγχο του κριτηρίου αυτού εξαιρείται ο ανώτατος όροφος και τυχόν απόληξη κλιμακοστασίου.

### 3.5.2 Ισοδύναμα σεισμικά φορτία

- [1] Για κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου το συνολικό μέγεθος των σεισμικών φορτίων (τέμνουσα βάση) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_0 = M \cdot R_d(T) \quad (3.12)$$

όπου:

- $M$  είναι η συνολική ταλαντούμενη μάζα της κατασκευής,
- $R_d(T)$  είναι η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού, όπως προκύπτει από τις εξ. (2.1) και
- $T$  είναι η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της Μηχανικής. Σε ορθογωνική

κάτοψη επιτρέπεται η εφαρμογή του παρακάτω εμπειρικού τύπου για τον υπολογισμό της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου:

$$T = 0.09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}} \quad (3.13)$$

όπου:

$H$  το ύψος του κτιρίου,

$L$  το μήκος του κτιρίου κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού και

$\rho$  ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς την συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων.

[2] Η καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot \varphi_i}{\sum_j m_j \cdot \varphi_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.14)$$

όπου:

$m_i$  είναι η συγκεντρωμένη μάζα στη στάθμη  $i$ ,

$\varphi_i$  είναι η συνιστώσα στη στάθμη  $i$  της θεμελιώδους ιδιομορφής μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται με οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της Μηχανικής,

$V_H = 0.07 \cdot T \cdot V_o (\leq 0.25 \cdot V_o)$  είναι μία πρόσθετη δύναμη που εφαρμόζεται στην κορυφή του κτιρίου όταν  $T \geq 10 \text{ sec}$  και

$N$  είναι ο αριθμός των ορόφων.

[3] Σε κανονικά κτίρια επιτρέπεται η καθ' ύψος κατανομή των σεισμικών φορτίων να γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_o - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_j m_j \cdot z_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad (3.15)$$

όπου  $z_i$  η απόσταση της στάθμης  $i$  από τη βάση.

[4] Η κατανομή των σεισμικών φορτίων σύμφωνα με τη σχέση (3.15) επιτρέπεται να εφαρμόζεται επίσης στις παρακάτω περιπτώσεις:

- α). Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1, Σ2 και Σ3 μέχρι δύο ορόφους σε οποιαδήποτε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας.
- β). Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1 και Σ2 μέχρι τρεις ορόφους στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II και III.
- γ). Μη κανονικά κτίρια σπουδαιότητας Σ1 και Σ2 μέχρι τέσσερις ορόφους στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I και II.

### 3.5.3 Χωρική επαλληλία

- [1] Για ταυτόχρονη στατική δράση των οριζόντιων σεισμικών φορτίων  $F_i$  κατά τις κύριες διευθύνσεις  $x$ ,  $y$  του κτιρίου σύμφωνα με την παρ. 3.3.3, καθώς επίσης και των κατακόρυφων σεισμικών φορτίων σύμφωνα με την παρ. 3.6., οι πιθανές ακραίες τιμές  $ex_A$  τυχόντος μεγέθους απόκρισης  $A$  υπολογίζονται από τη σχέση:

$$ex_A = \pm \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad (3.16)$$

όπου  $A_x$ ,  $A_y$  και  $A_z$  οι τιμές του υπόψη μεγέθους (με το πρόσημό τους) για ανεξάρτητη στατική φόρτιση του κτιρίου κατά τις θεωρούμενες διευθύνσεις  $x$ ,  $y$  και  $z$ , αντίστοιχα.

- [2] Η πιθανή ταυτόχρονη προς την  $ex_A$  τιμή  $B_{,A}$  ενός άλλου μεγέθους απόκρισης  $B$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$B_{,A} = \frac{A_x}{ex_A} \cdot B_{,x} + \frac{A_y}{ex_A} \cdot B_{,y} + \frac{A_z}{ex_A} \cdot B_{,z} \quad (3.17)$$

όπου  $B_{,x}$ ,  $B_{,y}$  και  $B_{,z}$  οι τιμές του μεγέθους  $B$  (με το πρόσημό τους) για ανεξάρτητη στατική φόρτιση του κτιρίου κατά τις θεωρούμενες διευθύνσεις  $x$ ,  $y$  και  $z$ , αντίστοιχα.

- [3] Για την διαστασιολόγηση στοιχείων από σπλισμένο σκυρόδεμα εφαρμόζεται η μεθοδολογία της παρ. 3.4.4.[3].
- [4] Εναλλακτικά, αντί της προηγούμενης μεθοδολογίας, επιτρέπεται η διαστασιολόγηση με τον δυσμενέστερο από τους επόμενους συνδυασμούς στατικών φορτίσεων:

$$F = \pm F_x \pm \lambda \cdot F_y \pm \mu \cdot F_z$$

$$F = \pm \lambda \cdot F_x \pm F_y \pm \mu \cdot F_z$$

$$F = \pm \lambda \cdot F_x \pm \mu \cdot F_y \pm F_z$$

όπου  $\lambda = \mu = 0.30$ . Στις συμβολικές αυτές σχέσεις τα  $F_x$ ,  $F_y$  και  $F_z$  παριστάνουν τα διανύσματα των σεισμικών φορτίων κατά τις διευθύνσεις  $x$ ,  $y$  και  $z$  και το  $F$  παριστάνει την «συνισταμένη» σεισμική φόρτιση. Στη συνήθη περίπτωση αγνόησης της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού (βλ. παρ. 3.1.1.[5]), ο τρίτος συνδυασμός παραλείπεται και τίθεται  $\mu = 0$  στους δύο πρώτους.

## 3.6 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

- [1] Ο έλεγχος μεμονωμένων φορέων για κατακόρυφη σεισμική διέγερση μπορεί να γίνει με την απλοποιημένη φασματική μέθοδο ως ακολούθως:

- Η κατακόρυφη σεισμική διέγερση εφαρμόζεται στα σημεία στήριξης του φορέα.
- Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του φορέα υπολογίζεται με τον τύπο του Rayleigh:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_i m_i \cdot y_i^2}{\sum_i m_i \cdot y_i}} \quad (3.18)$$

όπου  $y_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) οι μετατοπίσεις των συγκεντρωμένων μαζών  $m_i$  λόγω κατακόρυφων φορτίων  $m_i \cdot 1$ .

γ). Τα κατακόρυφα σεισμικά φορτία υπολογίζονται από τη σχέση:

$$F_j = M \cdot R_{d,v}(T) \cdot \frac{m_j \cdot y_j}{\sum_j m_j \cdot y_j}, \quad (i,j=1,2,\dots,n) \quad (3.19)$$

όπου  $M$  η ταλαντούμενη μάζα του φορέα,  $R_{d,v}(T)$  η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού και ( $n$ ) ο αριθμός των συγκεντρωμένων μαζών  $m_i$ .

- [2] Τα σεισμικά φορτία  $F_j$  εφαρμόζονται στατικά επάνω στον φορέα και η προκύπτουσα ένταση, τόσο του ίδιου όσο και των στοιχείων στήριξής του, προστίθεται στην ένταση από τις οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού, αν δεν εφαρμοσθεί ακριβέστερη μορφή επαλληλίας.
- [3] Η προηγούμενη μέθοδος επιτρέπεται να εφαρμόζεται ανεξάρτητα από την μέθοδο υπολογισμού για την οριζόντια σεισμική διέγερση.

### 3.7 ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΤΙΡΙΩΝ

- [1] Προσαρτήματα κτιρίων είναι κατασκευές ή τμήματα κατασκευών που δεν αποτελούν οργανικό μέρος του σκελετού όπως π.χ. στηθαία, καπνοδόχοι κλπ. Η σεισμική απόκριση ενός προσαρτήματος επηρεάζεται από την σεισμική απόκριση του κτιρίου επειδή η κίνηση του σημείου στήριξης πάνω στο κτίριο είναι διαφορετική από την κίνηση του εδάφους.
- [2] Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός η οριζόντια σεισμική δύναμη για τον υπολογισμό των προσαρτημάτων και των στοιχείων στήριξης τους υπολογίζεται από την εξίσωση (4.17), όπου ο σεισμικός συντελεστής  $\varepsilon$  δίδεται από την σχέση:

$$\varepsilon = \alpha \cdot \beta \cdot (1 + z/H) \quad (3.20)$$

όπου:

$$\alpha = A/g,$$

$$\beta = \frac{2}{1 + (1 - T_x/T)^2} \geq 1, \quad (3.21)$$

$T_x$  η ιδιοπερίοδος του προσαρτήματος για πλήρη πάκτωση στο στηρίζον υπόβαθρο,

$T$  η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου,

z η στάθμη στήριξης του προσαρτήματος και

H το ύψος κτιρίου.

- [3] Στην περίπτωση εγκαταστάσεων μεγάλης σπουδαιότητας ή επικινδύνων συνιστάται η εκτέλεση ακριβέστερου υπολογισμού με τη χρήση φάσματος απόκρισης του δαπέδου στήριξης και ρεαλιστική προσομοίωση της εγκατάστασης.

## 4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

### 4.1 ΑΠΟΦΥΓΗ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗΣ

#### 4.1.1 Κριτήρια

- [1] Κατά την απόκριση ενός δομήματος στον σεισμό σχεδιασμού είναι εν γένει αποδεκτός ο σχηματισμός ενός ελαστοπλαστικού μηχανισμού με αξιόπιστα ασφαλή μετελαστική συμπεριφορά. Μία τέτοια συμπεριφορά θεωρείται ότι εξασφαλίζεται με τα ακόλουθα κριτήρια:

- Εξασφάλιση μιας ελάχιστης στάθμης αντοχής σε όλα τα φέροντα στοιχεία (συμπεριλαμβανομένης και της θεμελίωσης), που αντιστοιχεί στις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού του κεφαλαίου 2 αυξημένες, όπου είναι αναγκαίο, με τις επιρροές 2ας Τάξεως.
- Εξασφάλιση συνολικής πλαστιμότητας, δηλαδή επαρκούς ικανότητας για απελευθέρωση ενέργειας, με μετελαστική παραμόρφωση.
- *Ελαχιστοποίηση* των παραγόντων που προκαλούν αβεβαιότητες στην εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης.

Οι σχετικοί κανόνες εφαρμογής δίνονται στις ακόλουθες παραγράφους:

#### 4.1.2 Δράσεις υπολογισμού

##### 4.1.2.1 Σεισμικός συνδυασμός δράσεων

- [1] Ο σεισμός σχεδιασμού που ορίζεται στο κεφάλαιο 2 αποτελεί τυχηματική δράση, τα εντατικά μεγέθη της οποίας συνδυάζονται με εκείνα των λοιπών δράσεων ως εξής:

$$S_d = G_k + P_{\infty} \pm E + \Sigma \psi_2 Q_{k,i} \dots \dots \dots (4.1)$$

- [2] Στην σχέση αυτή χρησιμοποιείται ο ακόλουθος συμβολισμός εντατικών μεγεθών:

$G_k$  από μόνιμες δράσεις με την χαρακτηριστική τους τιμή,

$P_{\infty}$  από προένταση μετά τις χρόνιες απώλειες,

- Ε από τον σεισμό σχεδιασμού,  
 $Q_{k,i}$  από την χαρακτηριστική τιμή της μεταβλητής δράσεως  $i$  και  
 $\psi_2$  είναι η τιμή του συντελεστή συνδυασμού για μακροχρόνιες ("οιονεί μόνιμες") μεταβλητές δράσεις.

- [3] Δράσεις καταναγκασμού, όπως οι προκαλούμενες από μεταβολή και διαφορά θερμοκρασίας, συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος και υποχωρήσεις στηρίξεων, δεν χρειάζεται να συμπεριλαμβάνονται στον συνδυασμό με σεισμό. Επίσης, ο σεισμός δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις (π.χ. κρούσεις οχημάτων ή πλοίων).
- [4] Μέχρι να καθοριστούν από σχετικό ειδικό κανονισμό, οι τιμές του συντελεστή συνδυασμού δράσεων θα λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα 4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Συντελεστές συνδυασμού δράσεων  $\psi_2$ 

A/A		Φορτία Χρήσης	$\psi_2$
1	1.1	Κατοικίες, γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	0.3
	1.2	Χώροι συχνής συνάθροισης προσώπων (σχολεία, θέατρα, στάδια κλπ.)	0.5
	1.3	Χώροι στάθμευσης	0.6
	1.4	Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αρχεία, αποθήκες, δεξαμενές, σιλό, υδατόπυργοι κλπ.)	0.8
	1.5	Μη βατές στέγες	0.0
2		Άνεμος	0.0
3		Χιόνι (Μόνο σε μη βατές στέγες)	0.3

#### 4.1.2.2 Επιρροές 2ας Τάξεως

- [1] Αν δεν γίνει ακριβέστερος υπολογισμός, η μεταβολή της έντασης που προκαλείται από τις παραμορφώσεις του συνόλου του φορέα υπό τον σεισμικό συνδυασμό της σχέσης (4.1) (επιρροή P-Δ), επιτρέπεται να παραλείπεται όταν σε κάθε όροφο ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας  $\theta$ , όπως προσδιορίζεται από την σχέση (4.2), δεν υπερβαίνει την τιμή 0.10.

$$\theta = \frac{N_{ολ} \Delta}{V_{ολ} h} \dots \dots \dots (4.2)$$

όπου:

$N_{ολ}$ ,  $V_{ολ}$  είναι αντίστοιχα οι συνολικές αξονική και τέμνουσα δύναμη των κατακόρυφων στοιχείων του ορόφου υπό τον συνδυασμό(4.1),

$h$  είναι το ύψος του ορόφου και

$\Delta$  είναι η υπολογιστική σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου. Η τιμή του  $\Delta$  θα λαμβάνεται από τη σχέση:

$$\Delta = q \cdot \Delta_{ελ} \dots \dots \dots (4.3)$$

όπου:

$q$  είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση και

$\Delta_{ελ}$  είναι η σχετική μετακίνηση των πλακών του ορόφου, μετρούμενη στο επίπεδο του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου, όπως προκύπτει για τον συνδυασμό (4.1) από ελαστική ανάλυση είτε με την ισοδύναμη στατική μέθοδο είτε με την δυναμική μέθοδο.

- [2] Ο περιορισμός του  $\theta$  θα ελέγχεται ξεχωριστά σε δύο ορθογώνιες διευθύνσεις X και Y.
- [3] Σε περίπτωση που  $0.10 < \theta \leq 0.20$  η, επιρροή 2ας Τάξεως λόγω της σχετικής μεταθετότητας των πλακών επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη προσεγγιστικά με πολλαπλασιασμό των αποτελεσμάτων της αντίστοιχης σεισμικής δράσης επί συντελεστή  $\frac{1}{1-\theta}$ .
- [4] Το  $\theta$  δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την τιμή 0.20 σε καμία περίπτωση.
- [5] Διευκρινίζεται ότι η απαλλαγή από τον έλεγχο επιρροών 2ας Τάξεως λόγω μεταθετότητας όπως ορίζεται στο εδάφιο [1], καθώς και οι σχετικές επιδράσεις όπως προσδιορίζονται από τα εδάφια [3] και [4], καλύπτουν κάθε επιρροή 2ας τάξεως στην ένταση λόγω της μεταθετότητας των ορόφων. Επομένως ο περαιτέρω έλεγχος κατακόρυφων θλιβομένων στοιχείων υπό την επίδραση του σεισμικού συνδυασμού επιτρέπεται να γίνεται θεωρώντας ότι τα αντίστοιχα άκρα των στοιχείων είναι αμετάθετα.

#### 4.1.3 Έλεγχοι αντοχής

- [1] Στις κρίσιμες διατομές όλων των μελών του δομήματος πρέπει να ικανοποιείται η βασική ανίσωση ασφάλειας

$$S_d \leq R_d \dots \dots \dots (4.4)$$

όπου:

$S_d$  είναι η ένταση σχεδιασμού όπως προκύπτει από τον συνδυασμό (4.1) και

$R_d$  είναι η αντοχή σχεδιασμού που υπολογίζεται σύμφωνα με τους κανονισμούς των αντίστοιχων υλικών, με τις τιμές των μερικών συντελεστών ασφάλειας υλικού ( $\gamma_m$ ) που ισχύουν για τους βασικούς συνδυασμούς των συνήθων δράσεων.

- [2] Όταν η ένταση έχει περισσότερες από μία συνιστώσες με ουσιαστική αλληλεπίδραση στην αντοχή (π.χ. κάμψη με αξονική δύναμη ή διαξονική κάμψη με αξονική δύναμη) η ανίσωση ασφάλειας αρκεί να ικανοποιείται για την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή κάθε

συνιστώσας λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση των αντίστοιχων τιμών των λοιπών συνιστωσών.

#### 4.1.4 Εξασφάλιση ικανότητας απελευθέρωσης ενέργειας (πλαστιμότητας) στο σύνολο του δομήματος- Γενικοί κανόνες ικανοτικού σχεδιασμού.

- [1] Για να εξασφαλιστεί η δυνατότητα απελευθέρωσης ενέργειας από το δόμημα κατά την απόκριση στην σεισμική δράση σχεδιασμού, χωρίς ολική ή μερική κατάρρευση, πρέπει η μετελαστική απόκριση να έχει πλαστική μορφή και να κατανέμεται στο μεγαλύτερο δυνατό αριθμό φερόντων στοιχείων, σε περιοχές με περιορισμένο μήκος (πλαστικές αρθρώσεις). Αυτό προϋποθέτει ότι έχει εξασφαλιστεί η αποφυγή όλων των πιθανών ψαθυρών μορφών αστοχίας που είναι δυνατό να προηγηθούν.
- [2] Σε μέλη με καμπτική λειτουργία η μετελαστική απόκριση πρέπει να περιορίζεται στο σχηματισμό καμπτικών πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των στοιχείων. Σε κατακόρυφους δικτυωτούς συνδέσμους υπό χάλυβα, μετελαστική απόκριση μπορεί να προβλέπεται σε εφελκόμενες διαγώνιους ή σε περιορισμένου μήκους διατμητικές ή καμπτικές αρθρώσεις (δικτυωτοί σύνδεσμοι με εκκεντρότητα).
- [3] “Πιθανές” ή προβλεπόμενες θέσεις πλαστικών αρθρώσεων είναι εκείνες στις οποίες υπάρχει πρόβλεψη ή μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης των αρθρώσεων. “Ενδεχόμενες” θέσεις πλαστικών αρθρώσεων είναι εκείνες στις οποίες υπάρχει μικρότερη πιθανότητα δημιουργίας αρθρώσεων, πρέπει όμως να διαθέτουν αυξημένη πλαστιμότητα επειδή βρίσκονται σε περιοχές ιδιαίτερα κρίσιμες για την ευστάθεια του δομήματος. Τέτοιες θέσεις θεωρούνται όλα τα άκρα των υποστυλωμάτων ακόμα και όταν οι πιθανές θέσεις πλαστικών αρθρώσεων βρίσκονται σε δοκούς.
- [4] Η εξασφάλιση ενός τέτοιου αξιόπιστου ελαστοπλαστικού μηχανισμού απόκρισης του δομήματος στις αιχμές της σεισμικής δράσης επιτυγχάνεται με τον *ικανοτικό σχεδιασμό* δηλαδή με κατάλληλη ιεράρχηση των αντοχών των στοιχείων του φορέα. Συγκεκριμένα, η γενική μεθοδολογία του ικανοτικού σχεδιασμού είναι η ακόλουθη:
- Σε όλες τις πιθανές και ενδεχόμενες θέσεις πλαστικών αρθρώσεων εξασφαλίζεται επαρκής τοπική πλαστιμότητα (πλαστιμότητα καμπυλοτήτων για πλαισιακή λειτουργία) και ο αντίστοιχος έλεγχος (κάμψη με ορθή δύναμη για πλαισιακή λειτουργία) γίνεται με τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από τον δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό (σχέση 4.1).
  - Προσδιορίζονται τα εντατικά μεγέθη ικανοτικού σχεδιασμού δηλαδή τα μεγέθη που προκύπτουν από τις συνθήκες ισορροπίας ενός στοιχείου ή ομάδας στοιχείων όταν στις πιθανές θέσεις πλαστικών αρθρώσεων αναπτύσσεται η πιθανή ανώτατη τιμή πλαστικής αντοχής (υπεραντοχή). Με τα ικανοτικά αυτά μεγέθη γίνεται ο έλεγχος αποφυγής ψαθυρών μορφών αστοχίας σε όλα τα μέλη του φορέα που περιέχουν ή γειτνιάζουν με πλαστικές αρθρώσεις καθώς και ο έλεγχος πλαστίμων μορφών αστοχίας (π.χ. κάμψη) σε θέσεις που πρέπει να αποφευχθεί ο σχηματισμός πλαστικών αρθρώσεων.
  - Σε πολυώροφα κτίρια λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή σχηματισμού “μηχανισμού ορόφου” δηλαδή συγκέντρωσης των πλαστικών παραμορφώσεων σε έναν μόνο όροφο.
  - Στους ικανοτικούς ελέγχους που ορίζονται παρακάτω (βλ. παρ. 4.1.4.1.[2], παρ. 5.2.2, και Παράρτημα Β), η υπολογιστική ροπή αντοχής  $M_R$  διατομής πλαστικής αρθρώσεως,



με βάση την οποία προσδιορίζεται η υπεραντοχή, θα λαμβάνεται ίση με την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί σε σύγχρονη δράση της αξονικής δύναμης που προκαλείται από τον σεισμικό συνδυασμό που χρησιμοποιείται στον αντίστοιχο ικανοτικό έλεγχο. Η αντοχή αυτή υπολογίζεται πάντοτε με βάση τις τελικές διαστάσεις και τον συνολικό τελικό οπλισμό της διατομής.

- [5] Σε δομήματα από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα, χάλυβα ή τοιχοποιία οι έλεγχοι για την εξασφάλιση αξιόπιστου ελαστοπλαστικού μηχανισμού δεν απαιτούνται όταν χρησιμοποιείται συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  που δεν υπερβαίνει τις τιμές 1,5 ή  $q/2$ , πάντως όχι μικρότερο του 1,0, όπου  $q$  οι τιμές που δίνονται στον πίνακα 2.6.

Επομένως σε τέτοια δομήματα δεν απαιτούνται οι ικανοτικοί έλεγχοι της παρ. 4.1.4.1, καθώς και οι απαιτήσεις των παρ. 4.1.5 και 4.1.6, όπως επίσης και οι αντίστοιχοι κανόνες εφαρμογής των παραρτημάτων Β και Γ (πλην των απαιτήσεων της παρ. Γ.5.2.[2]). Στον έλεγχο των θεμελιώσεων σύμφωνα με την παρ. 5.2.2, η τιμή του συντελεστή  $\alpha_{cd}$  θα λαμβάνεται ίση με τη μονάδα.

Σε μεταλλικά κτίρια των οποίων το σύστημα παραλαβής των οριζοντίων σεισμικών δυνάμεων περιλαμβάνει διατομές κατηγορίας 4, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3, θα λαμβάνεται συντελεστής συμπεριφοράς  $q=1$ .

#### 4.1.4.1 Αποφυγή Σχηματισμού Μηχανισμού Ορόφου

- [1] Σε κτίρια που αποτελούνται από πλαισιωτούς φορείς ο σχηματισμός μηχανισμού ορόφου πρέπει να αποκλείεται. Αν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός, αυτό επιτυγχάνεται με την αποφυγή ανάπτυξης πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα και την πρόβλεψη των πιθανών θέσεων πλαστικών αρθρώσεων στις δοκούς. Για τον σκοπό αυτό, με εξαίρεση τις περιπτώσεις που αναφέρονται στην παρ. 4.1.4.2, τα υποστυλώματα θα ελέγχονται σε κάμψη με αξονική δύναμη, με τις ροπές ικανοτικού σχεδιασμού ( $M_{CD}$ ) αντί για τις ροπές που προκύπτουν από τον συνδυασμό (4.1). Η αξονική δύναμη για τον έλεγχο των διατομών επιτρέπεται να λαμβάνεται από τον συνδυασμό (4.1).
- [2] Η ροπή ικανοτικού σχεδιασμού στο άκρο ενός υποστυλώματος  $M_{CD,e}$  κατά τη διεύθυνση ενός επιπέδου πλαισίου μπορεί να υπολογίζεται από την μέγιστη ροπή του υποστυλώματος  $M_{Ec}$ , στην ίδια θέση και διεύθυνση, όπως προκύπτει από την ανάλυση για την σεισμική δράση, μέσω της σχέσης

$$M_{CD,e} = \alpha_{CD} M_{Ec} \dots\dots\dots (4.5)$$

όπου ο συντελεστής  $\alpha_{CD}$  (συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης του κόμβου), κοινός για το υπερκείμενο και υποκείμενο υποστυλώμα είναι:

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} \frac{\sum M_{Rd}}{|\sum M_{Eb}|} \dots\dots\dots (4.6)$$

και όπου:

$\Sigma M_{Rd}$  είναι το άθροισμα τελικών ροπών αντοχής των δοκών του κόμβου του πλαισίου, με την φορά που ενεργοποιούνται από την σεισμική δράση που προκαλεί την ροπή  $M_{Ee}$ .

$\Sigma M_{Eb}$  είναι το άθροισμα των ροπών των ίδιων δοκών όπως προκύπτουν από την ανάλυση για την ίδια σεισμική δράση που προκαλεί την ροπή  $M_{Ee}$ .

$\gamma_{Rd} = 1.40$  είναι ο συντελεστής για την μετατροπή της υπολογιστικής αντοχής των δοκών στην πιθανή μέγιστη τιμή της.

- [3] Η προσήμανση των ροπών δράσεων πρέπει να είναι συνεπής προς κοινή φορά δράσης τους πάνω στους κόμβους. Ο έλεγχος των υποστυλωμάτων επιτρέπεται να γίνεται στις διατομές επαφής τους με το άνω και κάτω πέλμα της δοκού, με αντίστοιχη μείωση των ικανοτικών ροπών, βάσει των τεμνουσών δυνάμεων που θα προκύψουν.
- [4] Σε κάθε κόμβο επιπέδου πλαισίου υπολογίζονται εν γένει δύο τιμές για τον συντελεστή  $\alpha_{CD}$ , οι οποίες αντιστοιχούν στις αντοχές των δοκών, όπως ενεργοποιούνται από δύο αντίθετες φορές της σεισμικής δράσης.
- [5] Σε κόμβους στους οποίους η ροπή του υπερκειμένου κατακόρυφου στοιχείου  $M_{Ee,1}$  είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των ροπών που ασκούνται από το ζύγωμα, δηλ.

$$|M_{Ee,1}| > |\Sigma M_{Eb}|$$

η ροπή ικανοτικού σχεδιασμού θα λαμβάνεται από τη σχέση:

$$M_{CD,c} = 1.40 M_{EC} \geq M_{SC} \dots \dots \dots (4.7)$$

όπου  $M_{SC}$  είναι η ροπή που προκύπτει από τον σεισμικό συνδυασμό (4.1).

- [6] Αν το υποστύλωμα ανήκει σε πλαίσιο και στην άλλη διεύθυνση, ο έλεγχος θα γίνεται για διαξονική κάμψη με την ικανοτική ροπή στην πρώτη διεύθυνση ενώ στην άλλη διεύθυνση εφαρμόζεται η ροπή που προκύπτει από τον συνδυασμό (4.1) για τη διεύθυνση και φορά της σεισμικής δράσης στην οποία αντιστοιχεί η ικανοτική ροπή. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να γίνει ανάλογα και ο ικανοτικός έλεγχος στη διεύθυνση του άλλου πλαισίου.

#### 4.1.4.2 Εξαιρέσεις από τον κανόνα αποφυγής πλαστικών αρθρώσεων σε υποστυλώματα.

- [1] Εξαιρούνται από την υποχρεωτική εφαρμογή του κανόνα αποφυγής σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα οι ακόλουθες περιπτώσεις:

##### α. Κτίρια με οποιοδήποτε στατικό σύστημα.

- [1] Τα κατακόρυφα στοιχεία του ανωτάτου ορόφου καθώς και των τυχόν υπερκειμένων απολήξεων κλιμακοστασιών. Επίσης τα κατακόρυφα στοιχεία μονώροφων κτιρίων καθώς και κανονικών διαρόφων στα οποία δεν προβλέπεται προσθήκη άλλου ορόφου.

- [2] Οι θέσεις πάκτωσης κατακόρυφων στοιχείων σε στοιχεία θεμελίωσης (πέδιλα ή τοιχώματα υπογείων). Στις περιοχές αυτές δεν είναι δυνατό να αποφευχθεί η πιθανότητα σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων. Ο έλεγχος των διατομών των υποστυλωμάτων στις θέσεις αυτές γίνεται με ροπή  $1.35M_{Ec} \geq M_{sc}$  με στόχο την προσέγγιση στο επίπεδο αντοχής των άλλων κρίσιμων διατομών του υποστυλώματος και την αντίστοιχη μείωση της απαιτούμενης πλαστιμότητας.
- [3] Ορθογωνικά τοιχώματα που συμμετέχουν σε πλαισιακή λειτουργία με την ασθενή ροπή αδράνειας της διατομής τους, δεν χρειάζεται να ελέγχονται ικανοτικά στην ασθενή διεύθυνση, εφόσον η πλαισιακή λειτουργία εξασφαλίζεται από τα άλλα κατακόρυφα στοιχεία.
- [4] Σε ενδιάμεσα υποστυλώματα επιπέδων πλαισίων, ο συντελεστής  $\alpha_{cd}$  δεν χρειάζεται να λαμβάνεται μεγαλύτερος από την τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης (δηλαδή  $\alpha_{cd} \leq q$ ).

### β. Κτίρια με κατάλληλα διαμορφωμένο μικτό σύστημα

- [1] Σε κτίρια με φέροντα οργανισμό από πλαίσια και τοιχώματα δεν είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του κανόνα αποφυγής σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στα υποστυλώματα, όταν τα τοιχώματα είναι επαρκή και έχουν κατάλληλη διάταξη.
- [2] Επαρκή θεωρούνται τα τοιχώματα σε μία διεύθυνση, όταν στην διεύθυνση αυτή ο λόγος  $\eta_v = \text{τέμνουσα τοιχωμάτων στη βάση δια της συνολικής τέμνουσας στη βάση}$ , ικανοποιεί τη συνθήκη

$$\eta_v > 0.60 \dots\dots\dots(4.8)$$

Για τον παραπάνω έλεγχο, τα τοιχώματα και τα υποστυλώματα επιτρέπεται να θεωρούνται πλήρως πακτωμένα στη βάση.

- [3] Η διάταξη των τοιχωμάτων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποκλείει τον σχηματισμό μαλακού ορόφου μέσω στρεπτικής παραμόρφωσης του κτιρίου. Αυτό θεωρείται ότι εξασφαλίζεται αν ικανοποιείται μία από τις ακόλουθες συνθήκες:
- α). Αν σε κάθε όροφο, πλην του ανωτάτου, και σε μία τουλάχιστον διεύθυνση, διατίθενται εκατέρωθεν του κέντρου μάζας δύο τουλάχιστον παράλληλα τοιχώματα η απόσταση των οποίων υπερβαίνει το 1/3 της αντίστοιχης διάστασης κάτοψης του στατικού συστήματος του κτιρίου, και να ικανοποιείται η συνθήκη του εδάφιου [2] και στις δύο κατευθύνσεις.
- β). Αν το κτίριο δεν είναι στρεπτικά ευαίσθητο σύμφωνα με το κριτήριο της παρ. 3.2.3.[7].
- γ). Αν οι δύο πρώτες σημαντικές ιδιομορφές είναι κυρίως μεταφορικές. Αυτό θεωρείται ότι επιτυγχάνεται όταν η απόσταση του πόλου στροφής των διαφραγμάτων, κατά τις υπόψη ιδιομορφές, από το κέντρο μάζας είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα αδράνειας του διαφράγματος. Εν γένει αρκεί ο έλεγχος αυτός να γίνεται μόνο στον ισόγειο όροφο και σε ορόφους που

υπέρκεινται σε ενδεχόμενη κατακόρυφη ασυνέχεια των τοιχωμάτων, πλην του ανωτάτου ορόφου.

- [4] Σε κτίρια που ικανοποιείται μία από τις συνθήκες (α), (β), (γ) του εδάφιου [3], εξαιρούνται από την εφαρμογή του κανόνα της παρ. 4.1.4.1 τα πλαίσια που είναι παράλληλα σε διεύθυνση που διαθέτει επαρκή τοιχώματα σύμφωνα με την συνθήκη (4.8).

#### 4.1.5 Ειδικές Απαιτήσεις για Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

- [1] Πρέπει να προβλέπεται επαρκής υπεραντοχή των τμημάτων του φορέα που προορίζονται να παραμείνουν στην ελαστική περιοχή και να εξασφαλίζεται η αποφυγή ψαθυρών μορφών αστοχίας.
- [2] Στις θέσεις πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την εξασφάλιση επαρκούς τοπικής πλαστιμότητας.
- [3] Οι προαναφερόμενες απαιτήσεις θεωρείται ότι καλύπτονται με την τήρηση των ειδικών κανόνων εφαρμογής που δίνονται στο Παράρτημα Β.

#### 4.1.6 Ειδικές Απαιτήσεις για Κτίρια από Χάλυβα

- [1] Πρέπει να προβλέπεται επαρκής υπεραντοχή των τμημάτων του φορέα που προορίζονται να παραμείνουν στην ελαστική περιοχή ώστε να εξασφαλίζεται ο περιορισμός της διαρροής στις περιοχές πλαστικών αρθρώσεων. Ο συντελεστής υπεραντοχής θα λαμβάνεται κατ' ελάχιστον ίσος με το λόγο του άνω προς το κάτω όριο των τιμών της τάσεως διαρροής και όχι μικρότερος από 1.20.
- [2] Οι περιοχές πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να διαθέτουν επαρκή αντοχή για την ανάληψη των δράσεων που προκύπτουν από τους σεισμικούς συνδυασμούς. Επίσης πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η διαρροή θα γίνει με τον προβλεπόμενο πλαστικό τρόπο (εφελκυσμός του συνόλου της διατομής, διαρροή πελμάτων σε κάμψη, διαρροή κορμού σε διάτμηση).
- [3] Η διαμόρφωση των διατομών σε περιοχές πλαστικών αρθρώσεων πρέπει να εξασφαλίζει επαρκή τοπική πλαστιμότητα.
- [4] Μέχρι τη σύνταξη ειδικού κανονισμού για κατασκευές από χάλυβα οι προαναφερόμενες απαιτήσεις θεωρείται ότι καλύπτονται με την τήρηση των ειδικών κανόνων εφαρμογής που δίνονται στο Παράρτημα Γ.

#### 4.1.7 Ελαχιστοποίηση Αβεβαιοτήτων Σεισμικής Συμπεριφοράς

##### 4.1.7.1 Διαμόρφωση του Στατικού Συστήματος

- [1] Στη φάση σύνθεσης του στατικού συστήματος πρέπει να επιδιώκεται ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων της σεισμικής συμπεριφοράς του. Σαν γενική κατεύθυνση η μόρφωση του συστήματος πρέπει να στοχεύει στο μέγιστο εφικτό βαθμό απλότητας και κανονικότητας αλλά συγχρόνως και υπερστατικότητας του συστήματος ώστε να

εξασφαλίζονται εναλλακτικοί δρόμοι στήριξης. Πρέπει ακόμη να αποφεύγονται δυσμενείς αλληλεπιδράσεις του φέροντα οργανισμού και του οργανισμού πλήρωσης.

Ειδικότερα πρέπει να επιδιώκεται η επίτευξη των ακόλουθων στόχων:

**α. Κατά τη διαμόρφωση του συστήματος σε κάτοψη**

- [1] Διάταξη κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλωμάτων ή/ και τοιχωμάτων) που να ελαχιστοποιεί την στρεπτική παραμόρφωση του κτιρίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συμμετρική διάταξη των πιο άκαμπτων κατακόρυφων στοιχείων κοντά στην περίμετρο, ή όπου αυτό δεν είναι δυνατόν, με τη διάταξη τοιχωμάτων παράλληλα και κοντά σε τρεις τουλάχιστον πλευρές της περιμέτρου.
- [2] Εξασφάλιση ουσιαστικής πλαισιακής λειτουργίας στο μέγιστο ποσοστό των υποστυλωμάτων σε συνδυασμό με ζυγώματα (δοκούς) επαρκούς ακαμψίας. Όπου αυτό δεν είναι δυνατόν (π.χ. σε πλάκες χωρίς δοκούς ή φατνωματικές) είναι απαραίτητη η διάταξη επαρκών τοιχωμάτων και στις 2 διευθύνσεις (σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.2.β).
- [3] Κατάλληλη μορφή της κάτοψης της πλάκας κάθε ορόφου που να εξασφαλίζει ουσιαστική διαφραγματική λειτουργία (λειτουργία άκαμπτου δίσκου) τόσο από άποψη παραμόρφωσης όσο και από άποψη αντοχής. Για αυτό πρέπει να αποφεύγονται επιμήκεις κατόψεις με λόγο μέγιστης προς ελάχιστη διάσταση άνω του 4.00 καθώς και κατόψεις που προέρχονται από συνδυασμό επιμήκων στοιχείων (μορφής L, Π κ.λπ.). Όπου αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη με επαρκή προσέγγιση η επίδραση της παραμόρφωσης του δίσκου στην κατανομή των οριζόντιων δυνάμεων. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται μεγάλες εσοχές που δημιουργούν ασθενείς περιοχές στο διάφραγμα. Η επάρκεια του διαφράγματος σε τέτοιες θέσεις πρέπει να ελέγχεται και να προβλέπεται επαρκής οπλισμός έστω και με χρήση απλοποιητικών αλλά συντηρητικών παραδοχών. Για τον ίδιο λόγο πρέπει να αποφεύγονται ανισοσταθμίες πλακών μέσα στον ίδιο όροφο. Τέλος πρέπει να εξασφαλίζεται η επάρκεια της σύνδεσης τοιχωμάτων με την πλάκα κάθε ορόφου κατά τη διεύθυνση του τοιχώματος σε περιοχές κλιμακοστασίων, φρεάτων, ανελκυστήρων, οπών διέλευσης καναλιών, φωταγωγών κ.λπ.

Σε περίπτωση περιορισμένης σύνδεσης τοιχώματος με πλάκα πρέπει να ελέγχεται η ανάληψη της μεταβιβαζόμενης δύναμης εξ ολοκλήρου από οπλισμό. Ο έλεγχος αυτός θα γίνεται με υπολογιστική τιμή της δύναμης όπως προκύπτει από ικανοτικό σχεδιασμό του τοιχώματος (Παράρτημα Β, Β1.3) ή με χρήση συντελεστή συμπεριφοράς  $q = 1.00$ .

- [4] Για την ελαχιστοποίηση των αβεβαιοτήτων στη μετελαστική αλληλεπίδραση του φέροντα οργανισμού με οργανισμό πλήρωσης που διαθέτει σημαντική ακαμψία, είναι σκόπιμη η επιλογή μικτού συστήματος πλαισίων και τοιχωμάτων σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.2.β. Η επιλογή αυτή είναι υποχρεωτική όταν ο οργανισμός πλήρωσης έχει εκ σχεδιασμού ή είναι δυνατό να αποκτήσει στο μέλλον, ασυνέχεια σε έναν όροφο (π.χ. Pilotis ή καταστήματα χωρίς τοιχοπληρώσεις στο ισόγειο).

**β. Κατά τη διαμόρφωση κατά το ύψος**

- [1] Συνεχής και κανονική κατανομή της ακαμψίας των κατακόρυφων στοιχείων (πλαισίων ή τοιχωμάτων) καθώς και των μαζών και των τοιχοπληρώσεων. Σε θέσεις έντονης μεταβολής (ασυνέχειας) της ακαμψίας των κατακόρυφων στοιχείων (π.χ. στη διακοπή σημαντικών τοιχωμάτων σε κάποιο όροφο ή λόγω της εισαγωγής των περιμετρικών τοιχωμάτων του υπογείου κάτω από το δάπεδο του ισογείου) πρέπει να εξασφαλίζεται η αναγκαία ανακατανομή της τέμνουσας στα κατακόρυφα στοιχεία μέσω της διαφραγματικής δράσης της αντίστοιχης πλάκας. Σε περίπτωση που υπάρχουν αμφιβολίες, η επάρκεια της διαφραγματικής λειτουργίας της πλάκας πρέπει να ελέγχεται έστω και με προσεγγιστικές μεθόδους.
- [2] Ισόσταθμη και κατά το δυνατόν ομοιογενής θεμελίωση των κατακόρυφων στοιχείων.

**γ. Κατά τη διαμόρφωση των λεπτομερειών**

- [1] Σε στοιχεία από σκυρόδεμα κατασκευαζόμενα επί τόπου, τήρηση ελάχιστων διαστάσεων των κυρίων φερόντων στοιχείων που να εξασφαλίζουν αξιόπιστη ποιότητα κατασκευής.
- [2] Αποφυγή έκκεντρων συνδέσεων οριζοντίων με κατακόρυφα στοιχεία σε κόμβους πλαισίων.
- [3] Σε κατακόρυφα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπεται η κατά μήκος διέλευση σωλήνων αποστράγγισης, ύδρευσης αποχέτευσης κλπ ούτε καλωδίων εντός της μάζας του σκυροδέματος. Επίσης δεν επιτρέπεται η εγκάρσια διέλευση σωλήνων μέσω κατακόρυφων στοιχείων σε περιοχές πιθανών ή ενδεχόμενων πλαστικών αρθρώσεων.
- [4] Πρέπει να αποφεύγεται η καθ' ύψος διακοπή τοιχοπληρώσεων σε φατνώματα μεταξύ υποστυλωμάτων κατά τρόπο που η διατημητική δράση των τοιχοπληρώσεων να δημιουργεί ενδιάμεση πλευρική αντιστήριξη του υποστυλώματος.
- [5] Στην περίπτωση μη μονολιθικής στήριξης φορέα επί άλλου φορέα (π.χ. κυλίσεις, στηρίξεις Gerber κ.λπ.) πρέπει να προβλέπεται επαρκές εύρος έδρασης για την αποφυγή πτώσης του φορέα λόγω απώλειας στήριξης.

**4.1.7.2 Επαφή με Γειτονικά Κτίρια**

- [1] Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας, τόσο του υπό μελέτη όσο και του υφιστάμενου κτιρίου, από δυσμενείς συνέπειες προσκρούσεων κατά τη διάρκεια της σεισμικής απόκρισης.
- [2] Οι συνέπειες μπορεί να είναι ιδιαίτερα δυσμενείς όταν υπάρχει πιθανότητα εμβολισμού υποστυλωμάτων του ενός κτιρίου από πλάκες ή άλλα στοιχεία του παρακείμενου. Στην περίπτωση αυτή προστατευτικό μέτρο είναι η πρόβλεψη σεισμικού αρμού πλήρους διαχωρισμού.
- [3] Αν δεν γίνει ακριβέστερος υπολογισμός ο σεισμικός αρμός πλήρους διαχωρισμού μπορεί να έχει εύρος ίσο με το άθροισμα των μεγίστων σεισμικών μετακινήσεων

( $\Delta = q \Delta_{ελ}$ ) των δύο κτιρίων στις θέσεις των επικίνδυνων υποστυλωμάτων, συμπεριλαμβανομένης και της επίδρασης της στροφής περί κατακόρυφο άξονα. Αν δεν είναι δυνατή ακριβέστερη εκτίμηση των μετακινήσεων του υφιστάμενου κτιρίου, μπορούν να ληφθούν ίσες με τις αντίστοιχες του υπό μελέτη κτιρίου.

- [4] Σε κτίρια που βρίσκονται σε επαφή, και όταν δεν υπάρχει πιθανότητα εμβολισμού υποστυλωμάτων σε κανένα από τα δύο κτίρια, το εύρος του αντίστοιχου αρμού, εφόσον δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός, μπορεί να καθορίζεται με βάση τον συνολικό αριθμό των υπέρ το έδαφος εν επαφή ορόφων ως εξής:

- 4 cm για επαφή μέχρι και 3 ορόφους
- 8 cm για επαφή από 4 έως 8 ορόφους
- 10 cm για επαφή σε περισσότερους από 8 ορόφους

Στους υπόγειους ορόφους δεν είναι υποχρεωτική η πρόβλεψη αντισεισμικού αρμού.

## 4.2 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ

### 4.2.1 Φέρων Οργανισμός

- [1] Οι τιμές του συντελεστού συμπεριφοράς του κεφαλαίου 2 θεωρείται ότι εξασφαλίζουν περιορισμένες και επιδιορθώσιμες βλάβες στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού υπό τον σεισμό σχεδιασμού, ενώ ελαχιστοποιούν τις βλάβες για σεισμούς μικρότερης έντασης και με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης.

### 4.2.2 Οργανισμός Πλήρωσης

- [1] Σε κτίρια με οργανισμό πλήρωσης από τοιχοποιία θα ελέγχεται ότι η γωνιακή παραμόρφωση, σε όλους του περιμετρικούς τοίχους, λαμβανομένης υπόψη και της σχετικής στροφής των διαδοχικών πλακών περί κατακόρυφο άξονα, δεν υπερβαίνει την τιμή 0.005. Όταν ο οργανισμός πλήρωσης είναι λιγότερο ευαίσθητος σε διατμητική παραμόρφωση (χωρίσματα με μεταλλικό σκελετό, υαλοστάσια κλπ.) η γωνιακή παραμόρφωση δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 0.007.

- [2] Ο έλεγχος θα γίνεται με τιμές των μετακινήσεων που προκύπτουν από την ελαστική σεισμική ανάλυση σύμφωνα με το κεφάλαιο 3, πολλαπλασιασμένες επί τον λόγο  $q/2.50$  που δεν πρέπει να λαμβάνεται μικρότερος του 1.00. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε σεισμό μικρότερης έντασης και μεγαλύτερης συχνότητας εμφάνισης από τον σεισμό σχεδιασμού.

### 4.2.3 Προσαρτήματα

- [1] Τα προσαρτήματα καθώς και τα στοιχεία στηρίξεως και οι αγκυρώσεις τους θα ελέγχονται σε υπολογιστική αστοχία υπό την επίδραση των κατακόρυφων φορτίων και οριζόντιας σεισμικής δύναμης

$$H_p = \epsilon W_p \gamma_p / q_p \dots\dots\dots(4.17)$$

όπου:

$W_p$  το βάρος του προσαρτήματος,

$\epsilon$  ο σεισμικός συντελεστής που ορίζεται στην παρ. 3.6.[2],

$\gamma_p$  συντελεστής σπουδαιότητας του προσαρτήματος και

$q_p$  μειωτικός συντελεστής που εκφράζει την ικανότητα του προσαρτήματος να υποστεί σημαντικές μετελαστικές παραμορφώσεις χωρίς να αστοχήσει.

[2] Γενικά ο συντελεστής σπουδαιότητας  $\gamma_p$  θα λαμβάνεται ίσος με το συντελεστή σπουδαιότητας του κτιρίου αλλά στις ακόλουθες περιπτώσεις προσαρτημάτων υψηλού κινδύνου δεν θα λαμβάνεται μικρότερος από 1.50:

- Αγκυρώσεις εγκαταστάσεων και εξοπλισμού συστημάτων διατήρησης ζωής.
- Δεξαμενές και δοχεία που περιέχουν ικανή ποσότητα έντονα τοξικών ή εκρηκτικών ουσιών ώστε να αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια ασφάλεια.

[3] Οι ακόλουθες μέγιστες τιμές του συντελεστή  $q_p$  θα χρησιμοποιούνται για τις αντίστοιχες κατηγορίες προσαρτημάτων:

$$q_p = 1.00$$

- Στηθαία και διακοσμητικά στοιχεία σε μορφή προβόλου.
- Σήματα και πινακίδες.
- Καπνοδόχοι, ιστοί και υπερυψωμένες δεξαμενές, που δρουν σαν ελεύθεροι πρόβολοι σε ύψος μεγαλύτερο από το 1/2 του συνολικού ύψους τους.
- Τα προσαρτήματα υψηλού κινδύνου που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο.

$$q_p = 2.50$$

- Εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι. Μανδρότοιχοι ύψους μεγαλύτερου των 2.00 m.
- Καπνοδόχοι, ιστοί και υπερυψωμένες δεξαμενές, που διαθέτουν αντιστηρίξεις ή αγκυρώσεις με επίτονους ώστε να δρουν σαν ελεύθεροι πρόβολοι σε ύψος που δεν υπερβαίνει το 1/2 του συνολικού ύψους τους.
- Δεξαμενές μαζί με το περιεχόμενό τους.
- Αγκυρώσεις μόνιμων ραφιών ή παταριών εδραζομένων στο δάπεδο.
- Αγκυρώσεις ψευδοροφών και φωτιστικών σημαντικού βάρους.
- Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και συναφείς αγωγοί, σωληνώσεις και αεραγωγοί, βάρους μεγαλύτερου των 2 KN.

[4] Εξαιρούνται από την υποχρέωση ελέγχου προσαρτήματα σε κτίρια σπουδαιότητας Σ1 και Σ2 σε περιοχές σεισμικότητας I και προσαρτήματα της κατηγορίας  $q_p = 2.50$  σε κτίρια σπουδαιότητας Σ2 σε περιοχές σεισμικότητας II.



## 5. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ, ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ, ΓΕΩΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

### 5.1 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

#### 5.1.1 Γενικές απαιτήσεις

- [1] Το υπέδαφος, η τοπογραφία και η γενικότερη γεωλογία της περιοχής ενός δομικού έργου πρέπει να εξασφαλίζουν με επαρκή πιθανότητα ότι δεν θα υπάρξει κίνδυνος εδαφικής διάρρηξης, αστάθειας πρανών, μεγάλων μονίμων παραμορφώσεων ή εκτεταμένης ρευστοποίησης κατά την διάρκεια σεισμικού κραδασμού συμβιβαστού με την ένταση και τα φασματικά χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού που προβλέπει ο παρών Κανονισμός.

#### 5.1.2 Γειτνίαση Ενεργών Σεισμοτεκτονικών Ρηγμάτων

- [1] Εν γένει δεν επιτρέπεται η δόμηση κτισμάτων σπουδαιότητας Σ2, Σ3 και Σ4 στην άμεση γειτονία σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων που θεωρούνται σεισμικώς ενεργά.
- [2] Ο χαρακτηρισμός ρηγμάτων ως σεισμικώς ενεργών θα γίνεται με βάση σεισμοϊστορικά και σεισμοτεκτονικά δεδομένα και θα λαμβάνεται υπόψη και το πιθανό μέγεθος τυχόν σεισμικής διάρρηξης. Η επισήμανση και ο χαρακτηρισμός σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων αποτελεί εν γένει αντικείμενο ειδικής μελέτης που αφορά στην ευρύτερη περιοχή οικοδόμησης και όχι σε μεμονωμένα κτίρια. Τέτοια διερεύνηση αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την οικιστική ανάπτυξη μίας περιοχής και υπόκειται σε έλεγχο και έγκριση της πολιτείας. Διερεύνηση για ύπαρξη σεισμικώς ενεργών ρηγμάτων δεν απαιτείται εν γένει μέσα σε οικιστικά ανεπτυγμένες περιοχές, εκτός αν υφίστανται ισχυρές ενδείξεις περί του αντιθέτου, βασιζόμενες σε επίσημους γεωλογικούς – τεκτονικούς χάρτες.
- [3] Σε περιπτώσεις στις οποίες συντρέχουν ειδικοί λόγοι δόμησης στην άμεση γειτονία σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων που θεωρούνται σεισμικώς ενεργά, η δόμηση επιτρέπεται μόνον ύστερα από ειδική σεισμική – γεωλογική – γεωτεχνική – στατική μελέτη. Στην μελέτη αυτή θα διερευνώνται οι επιπτώσεις της γειτνίασης του ρήγματος και θα λαμβάνονται μέτρα για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Η σεισμική δράση σχεδιασμού στην άμεση γειτονία τέτοιων ρηγμάτων θα λαμβάνεται αυξημένη τουλάχιστον κατά 25% σε σχέση με την οριζόμενη στο κεφάλαιο 2.

#### 5.1.3 Ευστάθεια Πρανών

- [1] Επιβάλλεται ο έλεγχος της γενικότερης ευστάθειας έναντι ολισθήσεως του πρανούς επί του οποίου θα εδρασθεί η κατασκευή, αλλά και ανάντη ή κατόντη πρανών των οποίων η αστοχία μπορεί να επηρεάσει την κατασκευή. Η ανάλυση της ευστάθειας μπορεί να γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 5.4. Ο έλεγχος θα βασίζεται σε κατάλληλη γεωτεχνική διερεύνηση, και αν από αυτήν θεωρηθεί αναγκαία και σε γεωλογική διερεύνηση.

#### 5.1.4 Κίνδυνος Ρευστοποίησης

- [1] Ο κίνδυνος εκτεταμένης ρευστοποίησης κορεσμένων χαλαρών αμμωδών εδαφών πρέπει να ελέγχεται με βάση καθιερωμένες μεθόδους της γεωσεισμικής μηχανικής, και με συνεκτίμηση ενδεχόμενης ενίσχυσης της εδαφικής κίνησης λόγω των τοπικών εδαφικών συνθηκών. Οποσδήποτε πάντως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι εδαφικές επιταχύνσεις που ορίζονται στο Κεφάλαιο 2 αποτελούν «ενεργές» τιμές (όχι μέγιστες), και επομένως δεν πρέπει να γίνεται περαιτέρω μείωση τους.
- [2] Στην περίπτωση που, από τον προαναφερθέντα έλεγχο, η αντίσταση του εδάφους σε ρευστοποίηση προκύψει επισφαλής, επιβάλλεται η εφαρμογή μέτρων για την εξασφάλιση της ακεραιότητας των δομημάτων ή γεωκατασκευών που θα εδραστούν στο έδαφος αυτό.
- [3] Σε παρόμοια εδάφη, για τα οποία όμως θεωρείται ότι υπάρχει επαρκής ασφάλεια έναντι ρευστοποίησης, πρέπει να διερευνάται η αναγκαιότητα μείωσης της ενεργού γωνίας τριβής σχεδιασμού, λόγω συσσώρευσης υπερπίεσεων πόρων κατά την ανακυκλική σεισμική δράση σχεδιασμού (βλ. παρ. Ζ.5).

#### 5.1.5 Διατμητική Συνίζηση του Εδάφους λόγω Ανακυκλικής Φόρτισης

- [1] Χαλαροί ακόρεστοι αμμώδεις εδαφικοί σχηματισμοί είναι δυνατόν να υποστούν δυναμική μείωση όγκου (συνίζηση) με αποτέλεσμα παραμένουσες καθιζήσεις και παραμορφώσεις. Κάτι παρόμοιο μπορεί να συμβεί και σε πολύ μαλακές και ευαίσθητες αργίλους εξαιτίας της σταδιακής απομείωσης της διατμητικής τους αντοχής κατά την ανακυκλική φόρτιση μεγάλης διάρκειας. Η πιθανότητα των φαινομένων αυτών θα πρέπει να ελέγχεται βάσει καθιερωμένων γεωτεχνικών μεθόδων οι οποίες συντάσσονται με βάση αποτελέσματα επιτόπου ή εργαστηριακών δοκιμών. Εδάφη αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται ως "σεισμικώς ευαίσθητα" και η ύπαρξη τους πρέπει να επισημαίνεται στην γεωτεχνική μελέτη.

### 5.2 ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

#### 5.2.1 Κριτήρια και Κανόνες Εφαρμογής

- [1] Υπό τον σεισμό σχεδιασμού το σύστημα θεμελίωσης πρέπει να εξασφαλίζει με αξιοπιστία την μεταφορά στο έδαφος των δράσεων κάθε εδραζόμενου στοιχείου της ανωδομής, χωρίς να προκαλούνται μεγάλες παραμένουσες παραμορφώσεις.
- [2] Ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να ελαχιστοποιεί τις αβεβαιότητες της σεισμικής απόκρισης. Για τον ίδιο λόγο, απελευθέρωση ενέργειας δεν πρέπει να προβλέπεται μέσω εντόνων πλαστικών παραμορφώσεων του εδάφους αλλά να περιορίζεται στην ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων σε επιλεγμένες θέσεις της ανωδομής. Οι σχετικοί κανόνες εφαρμογής δίνονται στις επόμενες παραγράφους.

### 5.2.2 Δράσεις Σχεδιασμού

- [1] Οι δράσεις σχεδιασμού  $S_{Fd}$ , σε στοιχείο θεμελίωσης θα υπολογίζονται εν γένει με βάση την υπεραντοχή του πλαστικού στοιχείου της ανωδομής που εδράζεται στο στοιχείο θεμελίωσης, ως εξής:

$$S_{Fd} = S_v + \alpha_{CD} S_E \dots\dots\dots(5.1)$$

όπου:

$S_v$  είναι η τιμή εντατικού μεγέθους (ροπή, τέμνουσα, αξονική δύναμη) προερχόμενη από το σύνολο των μη σεισμικών δράσεων του σεισμού συνδυασμού και

$S_E$  είναι η τιμή του ίδιου μεγέθους ή προερχόμενη από την σεισμική δράση στην οποία αντιστοιχεί η σεισμική ροπή που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του κανοντικού συντελεστή  $\alpha_{CD}$ , σύμφωνα με την σχέση (5.2).

- [2] Σε θεμελιώσεις μεμονωμένων υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων ο συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης  $\alpha_{CD}$  θα υπολογίζεται, ξεχωριστά για κάθε μία από τις δύο οριζόντιες συνιστώσες του σεισμού από την σχέση:

$$\alpha_{CD} = 1.20 M_R / M_E - M_v / M_E \leq q \dots\dots\dots(5.2)$$

όπου:

$M_R$  και  $M_E$  είναι αντίστοιχα η υπολογιστική αντοχή και η σεισμική ροπή στην πλησιέστερη θέση πιθανής ή ενδεχόμενης πλαστικής άρθρωσης, στο στοιχείο της ανωδομής που εδράζεται στο υπό εξέταση στοιχείο θεμελίωσης (βλ. παρ. 4.1.4.[3] και 4.1.4.[4].δ) και

$M_v$  η ροπή από το σύνολο των μη σεισμικών φορτίσεων του συνδυασμού.

- [3] Σε θεμελίωση δικτυωτού συνδέσμου χαλύβδινου φορέα, στο οποίο πλαστικό στοιχείο είναι η εφελκόμενη διαγώνιος, η τιμή του  $\alpha_{CD}$  θα λαμβάνεται σύμφωνα με την παρ. Γ.5.3.[1].
- [4] Όταν το στοιχείο θεμελίωσης φέρει περισσότερα του ενός στοιχεία ανωδομής (πεδιλοδοκοί, πλάκες κοιτροστρώσεως κλπ), επιτρέπεται να εφαρμόζεται η σχέση (5.1) με ενιαία τιμή του  $\alpha_{CD}$ , είτε ίση προς 1.35 είτε υπολογιζόμενη από το στοιχείο της ανωδομής που έχει την μέγιστη πλαστική σεισμική δράση.
- [5] Στην χωρική επαλληλία που ορίζεται στις παρ. 3.4.4.[2] και 3.5.3.[4], για τις δράσεις σχεδιασμού στοιχείων θεμελίωσης, επιτρέπεται στους όρους που πολλαπλασιάζονται με συντελεστή  $\lambda = \mu = 0.3$  να χρησιμοποιείται η τιμή  $\alpha_{CD} = 1.0$ .
- [6] Όταν το εξεταζόμενο στοιχείο θεμελίωσης φέρει και στοιχεία ανεξάρτητα της ανωδομής (π.χ. ανεξάρτητους τοίχους αντιστήριξης) οι δράσεις σχεδιασμού της σχέσης (5.1) θα επαυξάνονται κατά τις δράσεις σεισμικού σχεδιασμού των ανεξαρτήτων αυτών στοιχείων, λαμβανόμενες με διεύθυνση και φορά της σεισμικής δράσης ίδιες με εκείνες της ανωδομής.

### 5.2.3 Αντοχή του Εδάφους

#### 5.2.3.1 Βασική Απαίτηση

[1] Η σεισμική δράση σχεδιασμού της παρ. 5.2.2 πρέπει να μεταφερθεί στο έδαφος χωρίς υπέρβαση των οριακών καταστάσεων αστοχίας του συστήματος εδάφους – θεμελίου. Στις οριακές αυτές καταστάσεις περιλαμβάνονται, πλην των αναφερομένων στις παρ. 5.2.3.2 ή 5.2.3.3, και οι ακόλουθες:

- Γενική ευστάθεια του όλου έργου (δομήματος και τμήματος του εδάφους)

Αυτή πρέπει να διερευνάται σε περιπτώσεις θεμελίωσης σε εδάφη με έντονες κλίσεις ή κοντά σε πρανή (φυσικά ή τεχνητά). Η διερεύνηση γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη παρ. 5.4

- Μεγάλες παραμένουσες παραμορφώσεις

Κανόνες εφαρμογής για την αποφυγή μεγάλων παραμορφώσεων δίνονται στις παρ. 5.2.3.2 και 5.2.3.3, ανάλογα με το είδος της θεμελίωσης.

[2] Για τον υπολογισμό της αντοχής του εδάφους σύμφωνα με τις παρ. 5.2.3.2 ή 5.2.3.3 και το Παράρτημα Ζ, θα χρησιμοποιούνται κατάλληλα εκτιμώμενες τιμές σχεδιασμού των εδαφικών παραμέτρων  $c_d$  και  $\phi_d$ . Οι τιμές αυτές δεν πρέπει εν γένει να υπερβαίνουν τις τιμές σχεδιασμού υπό αντίστοιχη στατική φόρτιση.

#### 5.2.3.2 Επιφανειακές Θεμελιώσεις

[1] Απαιτείται ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας που ορίζονται στις υποπαραγράφους α, β και γ παρακάτω:

##### α. Αστοχία λόγω υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας έδρασης (οριακού φορτίου)

[1] Το κριτήριο αυτό ανάγεται στην ικανοποίηση της ακόλουθης ανίσωσης:

$$N_{Fd} \leq R_{Nd} \dots\dots\dots(5.3)$$

όπου:

$N_{Fd}$  είναι η αξονική δύναμη (κάθετη στην επιφάνεια έδρασης) του σεισμικού σχεδιασμού του θεμελίου όπως προκύπτει από την σχέση (5.1), και

$R_{Nd}$  είναι η φέρουσα ικανότητα (οριακό φορτίο) του θεμελίου υπό την επίδραση φορτίου κάθετου στην επιφάνεια έδρασης, στον προσδιορισμό της οποίας λαμβάνονται υπόψη οι συνυπάρχουσες ροπές και οι παράλληλες προς την επιφάνεια έδρασης συνιστώσες του φορτίου, όπως ορίζονται από τις δράσεις  $S_{Fd}$  της σχέσης (5.1).

[2] Η φέρουσα ικανότητα  $R_{Nd}$  επιτρέπεται να υπολογίζεται ψευδοστατικά με εδαφικές παραμέτρους που λαμβάνουν υπόψη τον ανακυκλικό χαρακτήρα των σεισμικών