

**ΓΕΝΙΚΕΣ  
ΑΡΧΕΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### 6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Συνήθεις περιπτώσεις μη ευνοϊκής μορφολογίας αποτελούν:

- Έμμεσες στηρίξεις κυρίων δομικών στοιχείων.
- Σημαντικές κατασκευαστικές εκκεντρότητες.
- Συνεργασία δομικών στοιχείων που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές δυσκαμψίας.
- Συνεργασία ισχυρών οριζοντίων στοιχείων και ασθενών κατακόρυφων στοιχείων.
- Σημαντική λυγηρότητα δομικών στοιχείων.
- Απότομη μεταβολή δυσκαμψίας δομικού στοιχείου, ορόφου (εκτός υπογείου) και δομικού συστήματος σε κάτοψη και τομή.
- Ασυμμετρία δομικού συστήματος σε κάτοψη και τομή.

Η σημασία της καλής μορφολογίας είναι ιδιαίτερως μεγάλη για τυχηματικές και μάλιστα δυναμικές δράσεις όπως ο σεισμός.

Τα προβλήματα μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει κατ' αρχήν να αποφεύγονται με κατάλληλη μόρφωση του δομικού συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση, απαιτείται ακριβέστερη ανάλυση και κατάλληλη μόρφωση και όπλιση των δομικών στοιχείων.

### 6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Η ανίσωση (6.1) εφαρμόζεται για τα επιμέρους στοιχεία ή για το σύνολο της κατασκευής (παρ. 6.5).

Η ανίσωση (6.1) πρέπει να θεωρείται συμβολική.

Ο γενικός όρος «αντίσταση» χρησιμοποιείται για να σημαίνει κάθε απόκριση του φορέα στις επιβαλλόμενες δράσεις, λ.χ. αντοχή ή βέλος κάμψης ή άνοιγμα ρωγμής.

## 6.1 ΓΕΝΙΚΑ

### 6.1.1 Μορφολογία δομικού συστήματος

Ο σχεδιασμός των κατασκευών βασίζεται καταρχήν στην μόρφωση ενός σαφούς δομικού συστήματος καλής μορφολογίας, τόσο στα επιμέρους δομικά στοιχεία, όσο και στο σύνολο.

Κατασκευές μη ευνοϊκής μορφολογίας πρέπει να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια, τόσο κατά την ανάλυση του δομικού συστήματος (με σκοπό τον αξιόπιστο προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών), όσο και κατά τις λεπτομέρειες κατασκευής και όπλισης.

6

Κατά τον σχεδιασμό έναντι σεισμικών δράσεων πρέπει να εφαρμόζονται οι περί μορφολογίας διατάξεις του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ).

### 6.1.2 Αρχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός ενός δομικού συστήματος γίνεται για να εξασφαλιστεί η αντοχή, η λειτουργικότητα και η ανθεκτικότητά του.

Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται δύο κατηγορίες οριακών καταστάσεων, οι οριακές καταστάσεις αστοχίας και οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (παρ. 6.2).

Ο έλεγχος στην οριακή κατάσταση αστοχίας γίνεται συγκρίνοντας ένα εντατικό μέγεθος από τις δράσεις σχεδιασμού  $S_d$ , με την αντίστοιχη αντίσταση σχεδιασμού  $R_d$ , δηλαδή με τη τιμή του ίδιου εντατικού μεγέθους που μπορεί να αναλάβει το δομικό στοιχείο.

$$S_d \leq R_d \dots\dots\dots (6.1)$$

Στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας ελέγχεται το εύρος ρωγμής και ο περιορισμός των παραμορφώσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις οι αναπτυσσόμενες τάσεις.

### 6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ως πλαστιμότητα (είτε τοπική, είτε γενική) νοείται η ικανότητα απορρόφησης (κατανάλωσης) ενέργειας. Η πλαστιμότητα (και κατά συνέπεια, η ικανότητα και ανακατανομή της εντάσεως) είναι σημαντική ιδιότητα των κατασκευών, και έναντι τυχηματικών δράσεων (π.χ. πυρκαγιά) και μάλιστα δυναμικών (όπως ο σεισμός, η κρούση, η έκρηξη, κλπ) και έναντι συνήθων – βασικών δράσεων.

Στις παρ. 8.2.2.2 (για γραμμικά στοιχεία) και 9.1.3.2 (για πλάκες και δίσκους) δίνονται συνθήκες πλαστιμότητας για γραμμική ελαστική ανάλυση με περιορισμένη ανακατανομή, ενώ στα περί πλαστικής αναλύσεως (μόνο για μετέλεγχο υφισταμένων κατασκευών) δίνονται πρόσθετα στοιχεία για την επιτρεπόμενη τοπική πλαστική στροφή.

Ως αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας νοούνται εδώ οι ειδικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια κυρίως έναντι σεισμού (βλ. και Κεφάλαια 17 και 18), όπως ο ικανοτικός σχεδιασμός, η περίσφιγξη, κλπ. (βλ. και ΕΑΚ).

Για τα στοιχεία της οροφής του πρώτου υπογείου, ισχύει το Παράρτημα Β του ΕΑΚ.

Τέτοιοι κόμβοι είναι οι έμμεσες εδράσεις δοκών επί δοκών.

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις σχεδιασμού καθορίζονται με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας όπως στην παρ. 6.3.

### 6.1.3 Πλαστιμότητα (έναντι σεισμού)

Ο Κανονισμός αυτός αφορά δομικά στοιχεία φορέων από οπλισμένο (ή και προεντεταμένο) σκυρόδεμα με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Φορείς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με μέγιστη τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς κατά ΕΑΚ ίση με:

$q^* = 1.5$  για τις περιπτώσεις α και β του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ,

$q^* = 1$  για την περίπτωση γ του Πίνακα 2.6.1. του ΕΑΚ.

Φορείς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι αυτοί που σχεδιάζονται με τιμή συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς μεγαλύτερη από την τιμή  $q^*$ :

Δομικά στοιχεία όπως:

- Πλάκες εν γένει.
- Στοιχεία υπογείων ορόφων εν γένει, περιλαμβανομένων και των στοιχείων θεμελίωσης.
- Δευτερεύουσες δοκοί, δηλ. δοκοί που δεν εδράζονται απευθείας σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.
- Κόμβοι στους οποίους δεν συντρέχουν κατακόρυφα φέροντα στοιχεία.

θεωρούνται δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, ασχέτως του αν ανήκουν σε φορείς με (ή χωρίς) αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Από τον προηγούμενο Κανόνα εξαιρούνται τα τμήματα συμπαγών πλακών χωρίς δοκούς που συμμετέχουν σε συστήματα ισοδύναμων πλαισίων πλακών – στύλων μερικής ανάληψης οριζοντίων φορτίων, σύμφωνα με την παρ. 9.1.7.

## 6.2 ΟΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένας φορέας θεωρείται ότι δεν εκπληρώνει τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε, όταν φθάσει σε μία ειδική κατάσταση (που λέγεται «οριακή κατάσταση») όπου παύει να ανταποκρίνεται σε ένα από τα κριτήρια τα σχετικά με την αντοχή του ή την λειτουργικότητά του.

Οι οριακές καταστάσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α) Οριακές καταστάσεις αστοχίας, που αντιστοιχούν στη μέγιστη φέρουσα ικανότητα - αντοχή,
- β) Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας, που συνδέονται με τα κριτήρια που διέπουν την κανονική χρήση.

### 6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Και οι υπερβολικές παραμορφώσεις μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε εξάντληση της αντοχής όταν ο φορέας δεν έχει επαρκή πλαστιμότητα (μεγάλες πλαστικές στροφές, π.χ. παρ. 8.3 για γραμμικά δομικά στοιχεία).

Η κόπωση είναι φαινόμενο που επηρεάζει την αντοχή των υλικών και των φορέων. Άρα, είναι οριακή κατάσταση αντοχής, αποτέλεσμα των επαναλήψεων των φορτίων λειτουργίας. Για πρακτικούς λόγους, επειδή διέπει μόνο ορισμένους τύπους κατασκευών για τις οποίες μπορεί να καθορισθεί το εύρος φόρτισης, εξετάζεται ως χωριστή οριακή κατάσταση.

### 6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Σε διατομές, μικρή περιοχή των οποίων υποβάλλεται σε υψηλές θλιπτικές τάσεις (π.χ. περιοχές εδράσεων ή θλιβόμενη ζώνη καμπτομένων στοιχείων με υψηλό ποσοστό εφελκυσμένου οπλισμού) ενδέχεται να είναι απαραίτητος ο περιορισμός των θλιπτικών τάσεων (παρ. 15.4) ή η διάταξη κατάλληλου κλειστού οπλισμού.

Εκτός από τον περιορισμό των βελών κάμψης, ενδέχεται να είναι απαραίτητος κι ο περιορισμός των θλιπτικών τάσεων για να προληφθούν μεγάλες ερπυστικές παραμορφώσεις. Επίσης πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποφυγής υπερβολικών ταλαντώσεων.

### 6.2.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Οριακές καταστάσεις αστοχίας θεωρούνται οι ακόλουθες:

1. Απώλεια στατικής ισορροπίας ενός στοιχείου ή του συνόλου της κατασκευής θεωρούμενης ως στερεού σώματος (παρ. 6.5).
2. Μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό (παρ. 8.3 και 9.1.4).
3. Οριακές καταστάσεις αντοχής σε κρίσιμες διατομές:
  - α) έναντι ορθών εντατικών μεγεθών (ροπή κάμψης και/ ή αξονική δύναμη, βλ. Κεφάλαιο 10)
  - β) έναντι διατμητικών καταπονήσεων, δηλαδή:
    - τέμνουσα (βλ. Κεφάλαιο 11)
    - στρέψη (βλ. Κεφάλαιο 12)
    - διάτρηση (βλ. Κεφάλαιο 13)
    - συνάφεια, αγκύρωση.
4. Οριακές καταστάσεις λυγισμού (βλ. Κεφάλαιο 14) και ύβωσης. Πρόκειται για οριακές καταστάσεις αστοχίας λόγω παραμόρφωσης του φορέα.  
  
Σε λυγισμό εξετάζονται οι γραμμικοί φορείς και σε ύβωση οι επιφανειακοί.
5. Οριακές καταστάσεις κόπωσης.

### 6.2.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας προέρχονται από:

1. Ρηγμάτωση ή και υπέρβαση τάσεων (βλ. Κεφάλαιο 15)
  
2. Παραμόρφωση (βλ. Κεφάλαιο 16)

### 6.3.1 Γενικά

Ένα μέγεθος ενδέχεται να έχει περισσότερες από μια τιμές σχεδιασμού, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικούς ελέγχους.

Αντιπροσωπευτική τιμή ενός μεγέθους είναι μια τυπική οριακή τιμή αυτού του μεγέθους. Διακρίνονται δύο τύποι αντιπροσωπευτικών τιμών ανάλογα με τον τρόπο καθορισμού τους: η χαρακτηριστική τιμή και η ονομαστική τιμή.

Χαρακτηριστική είναι εκείνη η αντιπροσωπευτική τιμή που προσδιορίζεται πιθανοτικά και στην οποία αντιστοιχεί μια προκαθορισμένη πιθανότητα υπέρβασής της (ή υποσκέλισης της), μέσα σε ένα επίσης προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (για τις δράσεις).

Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για ορισμένες δράσεις για συνήθη κτιριακά έργα η πιθανότητα υπέρβασης της χαρακτηριστικής τιμής λαμβάνεται συνήθως ίση με 5% σε 50 χρόνια. Για τις αντοχές, η πιθανότητα αυτή μπορεί να είναι 95% (που ισοδυναμεί με πιθανότητα 5% υποσκέλισης της χαρακτηριστικής τιμής).

Ονομαστική είναι η αντιπροσωπευτική τιμή που προσδιορίζεται εμπειρικά ή καθορίζεται αυθαίρετα. Η ονομαστική τιμή εισάγεται στις περιπτώσεις όπου η χαρακτηριστική τιμή δεν είναι δυνατόν να καθορισθεί, λόγω έλλειψης επαρκών στατιστικών δεδομένων. Επιτρέπεται επίσης η χρήση της ονομαστικής τιμής στις περιπτώσεις όπου η μεταβλητότητα του μεγέθους είναι μικρή.

Ουσιαστικά η ονομαστική τιμή αντιμετωπίζεται στην διαδικασία ελέγχου σαν χαρακτηριστική τιμή. Ο όρος ονομαστική τιμή εισάγεται απλώς και μόνο για να φανεί ότι η τιμή αυτή δεν προέκυψε από πιθανοτικούς υπολογισμούς.

Σχετικώς, οι τιμές εφαρμογής βαρών και φορτίων που δίνονται στον «Κανονισμό Φορτίσεως Δομικών Έργων», ΦΕΚ 171Α/16.05.46 και ΦΕΚ 325Α/31.12.45, θεωρούνται ονομαστικές τιμές και αντιμετωπίζονται σαν χαρακτηριστικές.

Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές (όπως λειτουργίας, βραχυχρόνιες, μακροχρόνιες) είναι παράγωγες της χαρακτηριστικής τιμής η οποία είναι συνήθως και η βασική κύρια αντιπροσωπευτική τιμή.

### 6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_f$  της παραγράφου αυτής αφορούν κυρίως τα κτιριακά έργα. Για άλλα έργα (γέφυρες, καπνοδόχοι κλπ.), οι τιμές αυτών των συντελεστών καθορίζονται σε συνδυασμό με συμπληρωματικές διατάξεις για τα έργα αυτά.

#### 6.3.2.1 Ορισμοί



## 6.3 ΤΙΜΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

### 6.3.1 Γενικά

Τιμή σχεδιασμού ονομάζεται η τιμή με την οποία οι δράσεις ή οι αντοχές εισάγονται στην βασική ανίσωση σχεδιασμού (6.1).

Οι τιμές σχεδιασμού  $S_d$  μιας δράσης προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό της αντιπροσωπευτικής της τιμής  $S_k$  επί τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας  $\gamma_f$ :

$$S_d = \gamma_f \cdot S_k \dots\dots\dots (6.2)$$

Οι τιμές σχεδιασμού  $R_d$  ενός μεγέθους αντοχής προκύπτουν από την διαίρεση της αντιπροσωπευτικής του τιμής  $R_k$  με τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας  $\gamma_m$ :

$$R_d = R_k / \gamma_m \dots\dots\dots (6.3)$$



### 6.3.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων

#### 6.3.2.1 Ορισμοί

Οι δράσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή μπορούν να είναι:

- δυνάμεις συγκεντρωμένες ή κατανεμημένες ή/και

Οι παρεμποδιζόμενες ή επιβαλλόμενες παραμορφώσεις ενδέχεται να προέλθουν από θερμοκρασιακές μεταβολές, συστολή ξήρανσης, ερπυσμό, μεταβολές συνθηκών στηρίξεων κλπ.

Από τις έμμεσες αυτές δράσεις, οι μεταβολές συνθηκών στηρίξεων θεωρούνται μόνιμες δράσεις, ενώ οι υπόλοιπες θεωρούνται μεταβλητές δράσεις.

### **6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις**

Εδώ νοούνται αποθηκευμένα υγρά (ή υλικά). Βεβαίως, η ύπαρξή τους ή μη πρέπει να λαμβάνεται καταλλήλως υπόψη.

### **6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις**

Οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (αποθηκευμένων ή μη) με καθορισμένες πυκνότητες και εξασφαλισμένο μέγιστο ύψος μπορεί μεν να ποικίλλουν ανάλογα με την στάθμη των υγρών από μηδέν έως τις δράσεις που αντιστοιχούν στο μέγιστο ύψος, αλλά θα έχουν μέγιστη τιμή επιμέρους συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_q = 1.35$  αντί 1.50. Το αυτό ισχύει και για τις ωθήσεις γαιών αν το φαινόμενο βάρος των γαιών έχει προσδιορισθεί με γεωτεχνική έρευνα.

- παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις που διακρίνονται σε μόνιμες, μεταβλητές και τυχηματικές.

### 6.3.2.2 Μόνιμες δράσεις

Στις μόνιμες δράσεις με αντιπροσωπευτική τιμή  $G_k$  περιλαμβάνονται:

- το ίδιο βάρος της φέρουσας κατασκευής υπολογιζόμενο βάσει των ονομαστικών διαστάσεων,
- το βάρος του οργανισμού πλήρωσης, των επιστρώσεων και επικαλύψεων και γενικά το βάρος κάθε πρόσθετης κατασκευής που θα παραμείνει μόνιμως στο έργο,
- οι δράσεις που οφείλονται στην παρουσία υγρών (ή άλλων υλικών) με πρακτικά σταθερή στάθμη.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές της προέντασης  $P_k$  δίνονται στην παρ. 4.4. Οι τιμές σχεδιασμού  $G_d$  των μόνιμων δράσεων δίνονται από τη σχέση:

$$G_d = \gamma_g \cdot G_k \dots\dots\dots (6.4)$$

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_g$  των μόνιμων δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.1

Πίνακας 6.1: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_g$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.35	1.00
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

### 6.3.2.3 Μεταβλητές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών δράσεων δίνονται από τους Κανονισμούς Φορτίσεων.

Για ειδικές κατασκευές άμεσα εκτεθειμένες στις περιβαλλοντικές δράσεις (άνεμος, χιόνι, θερμοκρασία) επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ελεγκτικής Αρχής, ακριβέστερες αντιπροσωπευτικές τιμές εφόσον υπάρχουν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των παρεμποδιζομένων και επιβαλλόμενων παραμορφώσεων  $\gamma_{q,imp}$  λαμβάνονται ίσοι με (βλ. επίσης και παρ. 6.3.2.6):

#### **Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ΟΚΑ)**

ΟΚΑ, Βασικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$$\gamma_{q,imp} = 1.50 \text{ ή } 1.20 \text{ για πλαστική ή γραμμική ανάλυση, αντιστοίχως}$$

ΟΚΑ, Τυχηματικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$$\gamma_{q,imp} = 0$$

#### **Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (ΟΚΛ)**

ΟΚΛ, Βασικοί συνδυασμοί, Δυσμενής επιρροή

$$\gamma_{q,imp} = 1.00$$

Στις οριακές καταστάσεις αστοχίας εξετάζεται γενικώς μόνο ο βραχυχρόνιος συνδυασμός των μεταβλητών δράσεων για τους βασικούς συνδυασμούς και μόνο ο μακροχρόνιος συνδυασμός για τους τυχηματικούς συνδυασμούς.

Στις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας εξετάζεται και ο βραχυχρόνιος και ο μακροχρόνιος συνδυασμός (π.χ. για έλεγχο της ρηγματώσεως και της παραμορφώσεως, αντιστοίχως).

Στις περιοχές της χώρας στις οποίες υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ταυτόχρονης ύπαρξης ανέμου και χιονιού με μεγάλες τιμές, πρέπει αυτό να λαμβάνεται υπόψη στους συντελεστές  $\psi$ .

Όταν δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μιας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετάζονται κατάλληλοι συνδυασμοί δράσεων.

Οι τιμές σχεδιασμού  $Q_d$  των μεταβλητών δράσεων είναι:

- για τη δράση με την μεγαλύτερη επιρροή στην οριακή κατάσταση (κύρια δράση)

$$Q_d = \gamma_q \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.5)$$

- για όλες τις υπόλοιπες

$$Q_d = \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot Q_k \text{ ή } \gamma_q \cdot \psi_2 \cdot Q_k \dots\dots\dots (6.6)$$

για τους βραχυχρόνιους (μάλλον σπάνιους) ή τους μακροχρόνιους (μάλλον συχνούς) συνδυασμούς αντιστοίχως.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_q$  των μεταβλητών δράσεων για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_q$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		Δυσμενής	Ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	0.00
	Τυχηματικοί	1.00	0.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	0.00

Οι συντελεστές συνδυασμού  $\psi$  είναι διαφορετικοί για τις διάφορες δράσεις και εξαρτώνται από την μακροχρόνια ή βραχυχρόνια επίδρασή τους στην εξεταζόμενη οριακή κατάσταση. Τιμές του  $\psi$  δίνονται στον Πίνακα 6.3.

Για βιομηχανικά κτίρια των οποίων η λειτουργία μπορεί να προσομοιωθεί με μία κατηγορία συνήθων κτιρίων, θα λαμβάνεται ο αντίστοιχος συντελεστής συνδυασμού  $\psi$  του Πίνακα 6.3.

Οι έμμεσες δράσεις εξετάζονται μόνο .όταν ληφθούν ως κύρια δράση.

Ως πλευρικές τάσεις ή πιέσεις νοούνται οι δράσεις υγρών (ή άλλων αγαθών), οι ωθήσεις γαιών και υπόγειου νερού κλπ.

#### 6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Στις τυχηματικές δράσεις υπάγεται ο σεισμός και η πυρκαγιά.

Άλλες τυχηματικές δράσεις είναι οι κρούσεις, οι εκρήξεις, η καθίζηση εδάφους λόγω υπόγειων στοών, οι κατολισθήσεις, ο ανεμοστρόβιλος κλπ.

Τυχηματικές δράσεις θα λαμβάνονται υπόψη όταν εκτιμάται ότι είναι πιθανή η εμφάνισή τους.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές  $A_k$  εκλέγονται έτσι ώστε, για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (για τις οποίες και μόνο γίνεται έλεγχος των τυχηματικών δράσεων), οι αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας δράσεων να λαμβάνονται ίσοι με 1.0, ενώ οι αντίστοιχοι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας αντοχών θα λαμβάνονται γενικώς μειωμένοι (πλην σεισμού).

#### 6.3.2.5 Προένταση

Σύμφωνα με την παρ. 4.5, η προένταση λογίζεται, γενικώς, ως τμήμα των δράσεων, για αυτό η αντιπροσωπευτική της τιμή πολλαπλασιάζεται με το  $\gamma_p$  (συντελεστή ασφαλείας δράσεων) και εισέρχεται στην αριστερή πλευρά της εξ. (6.1) (βλ. εξ. (6.11) έως (6.15)). Η μόνη περίπτωση κατά την οποία η προένταση λογίζεται ως

Πίνακας 6.3: Συντελεστές συνδυασμού  $\psi$  των μεταβλητών δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας.

ΔΡΑΣΕΙΣ		Τιμή συνδυασμού για σύνοδες δράσεις υπό συνδυασμό	
		βραχυχρόνιο $\Psi_1$	μακροχρόνιο $\Psi_2$
Ωφέλιμα φορτία	* Κατοικίες	0.60	0.30
	* Γραφεία, καταστήματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία	0.70	0.30
	* Χώροι συνάθροισης κοινού (στάδια, σχολεία, θέατρα κλπ.)	0.80	0.50
	* Χώροι μακροχρόνιας αποθήκευσης (βιβλιοθήκες, αποθήκες δεξαμενές, σιλό κλπ.)	1.00	0.80
	* Χώροι στάθμευσης	0.90	0.60
Περιβ. Δράσεις	Άνεμος	0.60	0.00
	Χιόνι	0.60	0.0/0.3*
Έμμεσες δράσεις / παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (διαφορικές καθιζήσεις, θερμοκρασία, συστολή ξηράνσεως κλπ.)		0.00	0.00
Πλευρικές τάσεις ή πιέσεις		1.00	1.00
(*: μόνο για μη βατές στέγες ή δώματα για τις οποίες $\Psi_2=0$ για τα ωφέλιμα φορτία)			

6

#### 6.3.2.4 Τυχηματικές δράσεις

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των τυχηματικών δράσεων  $A_k$  δίνονται από τους αντίστοιχους Κανονισμούς σαν τιμές σχεδιασμού  $A_d$ .

$$A_k = A_d \dots\dots\dots (6.7)$$

#### 6.3.2.5 Προένταση

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δυνάμεων προέντασης  $P_k$  δίνονται στην παρ.4.4 (βλ. επίσης παρ. 4.5). Οι τιμές σχεδιασμού  $P_d$  της προέντασης δίνονται από τη σχέση:

$$P_d = \gamma_p \cdot P_k \dots\dots\dots (6.8)$$

τιμήμα της αντοχής μιας διατομής είναι όταν πραγματοποιείται έλεγχος έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας λόγω ισοστατικών επιρροών και υπό την προϋπόθεση ότι η επιμήκυνση των τενόντων υπερβαίνει μια καθορισμένη τιμή (βλ. παρ. 4.5.3).

Στην περίπτωση αυτή, η χαρακτηριστική τιμή αντοχής των τενόντων θα πρέπει να διαιρεθεί με τον αντίστοιχο  $\gamma_m$  (συντελεστή ασφαλείας υλικού) και η επιρροή της προέντασης εισέρχεται στην δεξιά πλευρά της εξ. (6.1).

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρειάζεται να αυξηθούν οι τιμές του  $\gamma_p$  (κατά 20%) για δυσμενή επιρροή της προέντασης σε δευτερεύοντες ελέγχους (δυνάμεις εκτροπής, έλεγχοι στις ζώνες αγκύρωσης κλπ.).

### 6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Σε φορείς ή στοιχεία που σχεδιάζονται με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 6.1.3) ή που διαθέτουν επαρκή πλαστιμότητα (παρ. 8.2.2.2 και 9.1.3.2) θεωρείται ότι είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Συνιστάται η πρόβλεψη αρμών διαστολής ανά αποστάσεις 40 μέτρων (περίπου).

Υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών ή και συστολής ξηράνσεως ενδέχεται να εμφανισθούν σε δομικά στοιχεία κτιρίων των οποίων μια από τις διαστάσεις κατόψεως υπερβαίνει τα 40m ή των οποίων η μορφολογία και η διάταξη των στοιχείων δυσκαμψιάς ευνοεί την ανάπτυξη τέτοιων τάσεων.

Συνιστάται η πρόβλεψη τέτοιων αρμών διακοπής (εργασίας) π.χ. ανά αποστάσεις 20 μέτρων.



Οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_p$  για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_p$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Επιρροή δράσης	
		δυσμενής	ευμενής
Αστοχίας	Βασικοί	1.10	0.90
	Τυχηματικοί	1.00	1.00
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00	1.00

6

### 6.3.2.6 Παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις

Οι παρεμποδιζόμενες και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (ή δράσεις καταναγκασμού) προέρχονται από τις θερμοκρασιακές μεταβολές, τη συστολή ξηράνσεως και τον ερπυσμό, τη χαλάρωση και την μετακίνηση των στηρίξεων. Οι έμμεσες αυτές δράσεις δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό έναντι της οριακής καταστάσεως αστοχίας, εφόσον η κατασκευή εμφανίζει επαρκή πλαστιμότητα, ώστε να είναι δυνατή η ανακατανομή των εντατικών μεγεθών.

Η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας αφορά δομικά στοιχεία στα οποία ενδέχεται να αναπτυχθούν υψηλές εφελκυστικές τάσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών και χρόνιας συμπεριφοράς του σκυροδέματος (κυρίως λόγω συστολής ξηράνσεως). Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα (ελάχιστος οπλισμός ρηγματώσεως σύμφωνα με την παρ. 15.5, αρμοί διακοπής (εργασίας), κατάλληλη συντήρηση, κλπ.)

Για τον υπολογισμό της εντάσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη δυσκαμψία του σταδίου II, όπως αυτή καθορίζεται στον ΕΑΚ.

Η επίδραση της συστολής ξηράνσεως επιτρέπεται να λαμβάνεται ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{Cd} = 0.50 \varepsilon_{cs} / \alpha_{\tau}$$

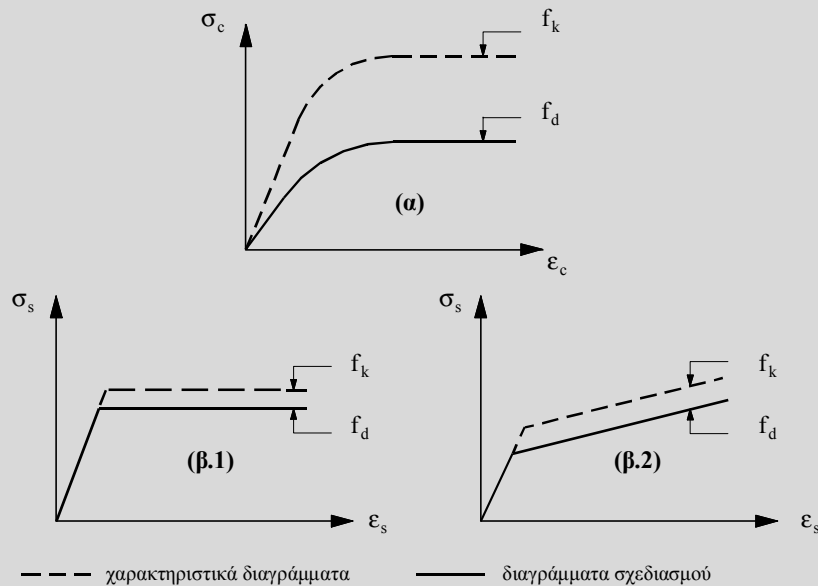
Οι μεταβολές θερμοκρασίας επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες (ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου), από τον τύπο του φορέα (μορφή διατομής) και από τις ιδιότητες του υλικού.

Δομικά έργα τα οποία από τη χρήση τους υπόκεινται σε μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές π.χ. λόγω εγκαταστάσεων ψύξεως ή θερμάνσεως ή μονόπλευρης ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστές περιπτώσεις.

Η ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας αναφέρεται σε μέση θερμοκρασία

### 6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Η εξίσωση (6.9) δεν ισχύει για το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα  $E_s$  (παρ. 10.4.4).



Σχήμα Σ 6.1: Διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων:  
 (α) σκυροδέματος, (β) χάλυβα

Στην περίπτωση συνδυασμού με σεισμό υιοθετούνται συντελεστές  $\gamma_m$  ίσοι με τους συντελεστές  $\gamma_m$  για τους βασικούς συνδυασμούς δράσεων. Αυτό γίνεται για να ληφθεί προσεγγιστικά υπόψη η μείωση της αντοχής λόγω της ανακυκλιζόμενης φόρτισης από σεισμό.

### 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων θεμελιώσεως γίνεται για τους ίδιους συνδυασμούς δράσεων που χρησιμοποιούνται και για την ανωδομή.

κατασκευής +10°C και επιτρέπεται να λαμβάνεται ίση με ±20°C (για έργα στο ύπαιθρο). Για συνήθη υπόγεια έργα ή τμήματα έργων επιτρέπεται να λαμβάνεται υπόψη  $\Delta T_{red} \cong 2/3 \Delta T$ .

### 6.3.3 Τιμές σχεδιασμού αντοχών

Για την διευκόλυνση της μελέτης χρησιμοποιούνται ιδεατά διαγράμματα τάσεων - παραμορφώσεων για το σκυρόδεμα και για τον χάλυβα.

Τα διαγράμματα σχεδιασμού τάσεων - παραμορφώσεων προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά διαγράμματα μέσω της σχέσεως:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.9)$$

Ιδιαίτερα για την αντοχή σχεδιασμού των υλικών ισχύει:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \dots\dots\dots (6.10)$$

Οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$  (των αντοχών του σκυροδέματος  $\gamma_c$  και του χάλυβα  $\gamma_s$ ) για τις εξεταζόμενες οριακές καταστάσεις δίνονται από τον Πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_m$

Οριακές καταστάσεις	Συνδυασμοί	Σκυρόδεμα	Χάλυβες
		$\gamma_c$	$\gamma_s$
Αστοχίας	Βασικοί	1.50	1.15
	Τυχηματικοί	1.30	1.00
	Τυχηματικοί με σεισμό	1.50	1.15
Λειτουργικότητας	Βασικοί	1.00*	1.00

\* Σε ειδικές περιπτώσεις (π.χ. σε κατασκευές με απαίτηση υδατοστεγανότητας) ο συντελεστής  $\gamma_c$  πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Για συνήθη τέτοια έργα μπορεί να ληφθεί σχετικώς  $\gamma_c = 1.3$ .

## 6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Ο έλεγχος έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας και λειτουργικότητας γίνεται μέσω της εξίσωσης (6.1).

Σε περίπτωση που δρουν ταυτόχρονα περισσότερες της μίας μεταβλητές δράσεις πρέπει να εξετασθούν διάφοροι συνδυασμοί δράσεων ώστε να προσδιοριστεί η δυσμενέστερη τιμή  $S_d$ .

**6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων**

Απλοποίηση:

Για μόνο μια μεταβλητή δράση

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + 1.50 \cdot Q_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.1)$$

Για δύο ή περισσότερες μεταβλητές δράσεις

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + 1.35 \cdot \sum Q_{k,i}) \dots\dots\dots (\Sigma 6.2)$$

όπου  $i \geq 1$ .

### 6.4.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κατά το συνδυασμό περισσότερων δράσεων γίνεται διάκριση μεταξύ βασικών και τυχηματικών δράσεων.

#### 6.4.1.1 Συνδυασμός βασικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού δράσεων  $S_d$  προσδιορίζεται εξετάζοντας γενικώς τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς:

$$S_d = S(\gamma_g \cdot G_k + \gamma_{q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{q,i} \cdot \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.11)$$

όπου:

$$i > 1,$$

$Q_{k,1}$  είναι η χαρακτηριστική τιμή της βασικής μεταβλητής δράσης του υπόψη συνδυασμού.

Κάθε μεταβλητή δράση  $Q_k$  λαμβάνεται διαδοχικά ως κύρια, εκτός εάν είναι προφανές ότι κάποιος από τους συνδυασμούς δεν είναι καθοριστικός.

Όλες οι δράσεις χωρίζονται σε τμήματα που δρουν ευμενώς και τμήματα που δρουν δυσμενώς στην οριακή κατάσταση και πολλαπλασιάζονται με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας.

#### 6.4.1.2 Συνδυασμός τυχηματικών δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων  $S_d$  προκύπτει από τους μακροχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(A_d + G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.12)$$

όπου:

$$i > 1$$

Στις τυχηματικές δράσεις εντάσσεται και ο σεισμός (E) ο οποίος δεν συνδυάζεται με άλλες τυχηματικές δράσεις ή/και επιβαλλόμενες παραμορφώσεις. Εξ άλλου επιτρέπεται να μην εξετάζονται δυσμενείς φορτίσεις στον συνδυασμό με σεισμό (τόσον για τις μόνιμες, όσον και για τις μεταβλητές δράσεις) και επιτρέπεται οι τιμές των μαζών να υπολογίζονται από τον εξής συνδυασμό μόνιμων φορτίων (οιονεί μόνιμα):  $G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ , όπου  $i \geq 1$ .

Ειδικώς υπό σεισμό εξετάζεται ο ακόλουθος συνδυασμός:

$$S_d = S(E + G_k + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots\dots\dots (6.13)$$

**6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων**

Απλοποίηση:

Και για τους βραχυχρόνιους και για τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

Για μόνο μία μεταβλητή δράση

$$S_d = S(G_k + Q_k) + P_k \dots\dots\dots (\Sigma 6.3)$$

Για δύο ή περισσότερες μεταβλητές δράσεις

$$S_d = S(G_k + 0.90 \cdot \sum Q_{k,i}) + P_k \dots\dots\dots (\Sigma 6.4)$$

όπου  $i \geq 1$ .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ (και για την παρ. 6.4.1 και για την παρ. 6.4.2):

Για τα συνήθη οικοδομικά έργα αρκεί να εξετασθούν από το σύνολο των συνδυασμών δράσεων μόνον οι παρακάτω:

- Οριακές καταστάσεις αστοχίας:

$$S_d = S(\gamma_g \cdot Q_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.5)$$

$$S_d = S(\gamma_g \cdot Q_k + \gamma_q \cdot Q_k + \gamma_q \cdot \psi_1 \cdot W_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.6)$$

$$S_d = S(E + G_k + \psi_2 \cdot Q_k + \gamma_p \cdot P_k^*) \dots\dots\dots (\Sigma 6.7)$$

- Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας:
- βραχυχρόνιος συνδυασμός

$$S_d = S(G_k + Q_k + P_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.8)$$

- μακροχρόνιος συνδυασμός

$$S_d = S(G_k + \psi_1 \cdot Q_k + P_k) \dots\dots\dots (\Sigma 6.9)$$

όπου:

$G_k, Q_k, W_k$  αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων από μόνιμα

## 6.4.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

### 6.4.2.1 Συνδυασμοί δράσεων

Η δυσμενέστερη τιμή σχεδιασμού των δράσεων  $S_d$  προσδιορίζεται από τους βραχυχρόνιους συνδυασμούς.

$$S_d = S(G_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots \dots \dots (6.14)$$

όπου:

$$i > 1$$

και τους μακροχρόνιους συνδυασμούς

$$S_d = S(G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k) \dots \dots \dots (6.15)$$

όπου:

$$i > 1.$$

E	φορτία, μεταβλητά φορτία (ωφέλιμα, χιόνι) και άνεμο, σεισμική δράση κατά τον ΕΑΚ,
$P_k^*$	η χαρακτηριστική τιμή του τμήματος της προέντασης που συνυπολογίζεται στις δράσεις (βλ. παρ. 4.5.3),
$P_k$	η χαρακτηριστική τιμή της προέντασης,
$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$	οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των δράσεων και,
$\psi_1, \psi_2$	οι συντελεστές συνδυασμού του Πίνακα 6.3.

- Για τα συνήθη οικοδομικά έργα αρκεί να εξετασθούν από το σύνολο των παραπάνω συνδυασμών μόνο οι συνδυασμοί (Σ 6.5), (Σ.6.7) και (Σ 6.8).
- Στην περίπτωση απλών οικοδομικών έργων, δηλαδή συνήθων έργων χωρίς μεγάλα ανοίγματα ή και προβόλους και χωρίς μεγάλα μόνιμα φορτία, το μόνιμο φορτίο μπορεί να λαμβάνεται υπόψη καθολικώς με την τιμή του συνδυασμού  $1.35G_k$  (ή  $1.00 G_k$ ).

## 6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Εδώ η στατική ισορροπία εξετάζεται μόνο υπό τους βραχυχρόνιους βασικούς συνδυασμούς δράσεων.

Υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων, βλ. ΕΑΚ (Κεφάλαιο 5), για ιδιαίτερους ελέγχους (π.χ. οριζόντιες αντιστάσεις τριβής και παθητικών ωθήσεων γαιών).

Τα τμήματα των μεταβλητών δράσεων  $Q_{k,1}$  τα οποία ενδεχομένως δρουν ευμενώς, δεν λαμβάνονται υπόψη.



## 6.5 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Για τον έλεγχο της στατικής ισορροπίας της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

$$S(0.90G - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\alpha)$$

και

$$S(1.00G_1 - 1.10G_2 - 1.50(Q_{k,1} + \sum \psi_{1,i} Q_{k,i})) > 0 \dots\dots\dots (6.16\beta)$$

όπου:

$$i > 1.$$

Στην σχέση (6.16) λαμβάνονται με την απόλυτη τιμή τους:

- το σύνολο των μονίμων δράσεων G
- τα τμήματα  $G_1$  και  $G_2$  του συνόλου των μονίμων δράσεων G που συμβάλλουν στην ευστάθεια ή δρουν κατά της ευστάθειας αντιστοίχως.
- οι μεταβλητές δράσεις  $Q_{k,1}$  που δρουν κατά της ευστάθειας, και στις οποίες περιλαμβάνονται και τυχόν ειδικές δράσεις κατά την φάση της κατασκευής.

Ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας περιλαμβάνει τους ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και ανύψωσης (π.χ. υπό άνωση).

Η ενεργοποίηση τυχόν παθητικής ώθησης γαιών η οποία συμβάλλει στην ευστάθεια πρέπει να αποδεικνύεται. Για να ληφθεί υπόψη στην εξίσωση (6.16)



πρέπει να εξασφαλίζεται κατασκευαστικά και η ανάπτυξή της (βλ. και ΕΑΚ). Στην περίπτωση αυτή πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 0.70 για τους βασικούς συνδυασμούς και 0.30 για τους τυχηματικούς συνδυασμούς (υπό σεισμό).

