



Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος

- Εισαγωγή
- Επανάληψη

Δρ. Σπυρίδων Διαμαντόπουλος
Οκτώβριος 2024

Περιγραφή του μαθήματος

- ❑ Το μάθημα “Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος” έχει αντικείμενο τον σχεδιασμό και την ανάλυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, καλύπτοντας βασικές και προχωρημένες έννοιες που αφορούν την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα αυτών των δομικών στοιχείων.
- ❑ Οι φοιτητές θα διδαχθούν τη σχεδίαση σε οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας, τις τεχνικές όπλισης καθώς και τις θεμελιώδεις έννοιες της στρέψης και της διάτρησης.
- ❑ Το μάθημα εστιάζει στη μελέτη τοιχωμάτων, τον έλεγχο ρηγματώσης, και τη σχεδίαση θεμελίων, δίνοντας έμφαση στις κατασκευαστικές διατάξεις και τους κόμβους δοκών-υποστυλωμάτων.
- ❑ Εξετάζεται ο λυγισμός υποστυλωμάτων και τα στατικά προσομοιώματα φορέων, με έμφαση στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών και στη βελτίωση της πλαστιμότητας και του δείκτη συμπεριφοράς.
- ❑ Δίνεται στους φοιτητές η ευκαιρία να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε πραγματικά προβλήματα μηχανικής, εξασφαλίζοντας έτσι μια ολοκληρωμένη κατανόηση του οπλισμένου σκυροδέματος και της συμπεριφοράς του υπό φορτίσεις και σεισμικά φαινόμενα μέσα από πρακτικά παραδείγματα.

Μαθησιακοί στόχοι και μαθησιακά αποτελέσματα

Με το πέρας του μαθήματος οι σπουδαστές πρέπει να έχουν κατανοήσει το σύνολο της ύλης που έχουν διδαχθεί, και να έχουν τη γνώση αναφορικά με τα ακόλουθα σημεία:

- ❑ Γνώσεις για την λειτουργία φορέων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.
- ❑ Γνώσεις και κριτική ικανότητα για την κατανόηση των αρχών του σχεδιασμού και υπολογισμού μελών και φορέων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα.
- ❑ Να είναι σε θέση να προγραμματίζουν, να αναλύουν και να επιλύουν φορείς από ΟΣ με την χρήση νέων τεχνολογιών και πληροφορικών συστημάτων.
- ❑ Να έχουν την ικανότητα να συντάσσουν κατασκευαστικά σχέδια και σχέδια λεπτομερειών.
- ❑ Να έχουν κατανοήσει την θεωρία ώστε να μπορούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις για την επίλυση προβλημάτων της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού.

Μαθησιακοί στόχοι και μαθησιακά αποτελέσματα

Με το πέρας του μαθήματος οι σπουδαστές πρέπει να έχουν κατανοήσει το σύνολο της ύλης που έχουν διδαχθεί, και να έχουν τη γνώση αναφορικά με τα ακόλουθα σημεία:

- ❑ Να έχουν την ικανότητα να προσδιορίσουν βασικές παραμέτρους όπως η πλαστιμότητα και η αντοχή στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος.
- ❑ Να έχουν την ικανότητα να αναπτύσσουν ατομική ευθύνη και να διατυπώνουν επιστημονική γνώμη.
- ❑ Να έχουν την ικανότητα να διαχειρίζονται ορθολογικά τον χρόνο για την έγκυρη και ορθή ανταπόκριση στις ανάγκες κάθε έργου.

Διδακτικά βοηθήματα – εποπτικά μέσα

□ Εποπτικά Μέσα

- Η θεωρία και οι ασκήσεις θα παραδίδονται με χρήση εποπτικών μέσων (διαφάνειες ppt) και με παρουσιάσεις στον πίνακα.
- Για τις ασκήσεις θα πραγματοποιούνται υπολογισμοί τόσο στο «χέρι» (ώστε να υπάρξει εξοικείωση που θα βοηθήσει τους φοιτητές και με τις εξετάσεις) όσο σε Η/Υ με Excel, Matlab ή/και λογισμικά ανάλυσης των κατασκευών.
- Στη θεωρία του μαθήματος θα παρουσιάζονται προβλήματα από πραγματικές κατασκευές είτε με μορφή videos είτε με φωτογραφικό υλικό κυρίως στο θεωρητικό μέρος.

Συνιστώμενη βιβλιογραφία

1. Mosley, B., Bungey, J. & Hulse R. (2016), Μελέτη Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
2. Τσώνος Α.Δ. (2016), Σχεδιασμός κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Εκδόσεις Σοφία.
3. Χουλιάρης Ι.Γ. (2003), Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
4. Γεωργόπουλος Θ, (2015), Οπλισμένο Σκυρόδεμα (τόμος Α), Εκδόσεις: Παύλος Γεωργόπουλος.
5. Γεωργόπουλος Θ, (2015), Οπλισμένο Σκυρόδεμα (τόμος Β), Εκδόσεις: Παύλος Γεωργόπουλος.
6. Οικονόμου Χ.Μ., (2009), Οπλισμένο Σκυρόδεμα από το Α έως το Ω, Εκδόσεις: ΣΕΛΚΑ-4Μ ΕΠΕ.
7. Μουτσοπούλου Α., Μέρκου Ε., Γεωργαντζία Δ. (2015), Έλεγχος Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος Σύμφωνα με τους Ισχύοντες Αντισεισμικούς Κανονισμούς, Εκδόσεις Τζιόλα.

Συνιστώμενη βιβλιογραφία

8. Καραγιάννης, Χ., (2013), Σχεδιασμός – Συμπεριφορά Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα Έναντι Σεισμού, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σοφία.
9. Κωνσταντινίδης Απ. (2008), Αντισεισμικά Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Τόμος Α' - Η Τέχνη της Κατασκευής και η Μελέτη Εφαρμογής, Αθήνα: Εκδόσεις π-Systems.
10. Κωνσταντινίδης Απ. (2013), Αντισεισμικά Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Τόμος Β' – Στατική και Δυναμική Ανάλυση, Αθήνα: Εκδόσεις π-Systems.
11. Καραβεζύρογλου Β.Μ. (2015), Στοιχεία Υπολογισμού και Διαμόρφωσης Ολόσωμων Κατασκευών, Εκδόσεις Τζιόλα.
12. Mehta P.K. και Monteiro P.J.M. (2009), Σκυρόδεμα: Μικροδομή, Ιδιότητες και Υλικά, 3η έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Bhatt, P., MacGinley, T. J., & Choo, B. S. (2006). "Reinforced Concrete, Design Theory and Examples". 3rd Edition. Taylor & Francis.
2. Brooker, O. et. al. (2006). "How to Design Concrete Structures using Eurocode 2". The Concrete Centre.
3. Goodchild, C. H. (2009). "Worked Examples to Eurocode 2". Volume 1. The Concrete Centre.
4. Mosley, B., Bungey, J. & Hulse R. (2007). "Reinforced Concrete Design to Eurocode 2". 6th Edition. Palgrave MacMillan.
5. Narayanan, R. S., & Goodchild, C. H. (2006). "Concise Eurocode 2". The Concrete Centre.
6. Nilson A.H., Design of Concrete Structures, McGraw-Hill, 1997.
7. Wight J.K. and MacGregor J.G. (2008), Reinforced Concrete: Mechanics and Design, Prentice Hall.
8. Chen W.F. (1995), The Civil Engineering Handbook, CRC Press.

Τι είναι Οπλισμένο Σκυρόδεμα: επανάληψη

Το **οπλισμένο σκυρόδεμα** είναι ένα σύνθετο υλικό που διαμορφώνεται από δύο υλικά, το **σκυρόδεμα** και το **χάλυβα** που σε μορφή ράβδων ενσωματώνεται μέσα στο σκυρόδεμα σε κατάλληλες θέσεις.

Σκυρόδεμα: Σκύρα, χαλίκι, άμμος, τσιμέντο, νερό, πρόσμεικτα, πρόσθετα (θηραϊκή γη, ιπτάμενη τέφρα, σκωρίες υψικαμίνων, πυριτική παιπάλη, φύλλερ)

Χάλυβας: Σε μορφή ράβδων με νευρώσεις (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν και λείες ράβδοι αλλά η χρήση τους δεν επιτρέπεται πλέον)

Τα δύο υλικά συνεργάζονται επειδή μεταξύ τους αναπτύσσεται **συνάφεια**, μια **ιδιότητα** χωρίς την οποία δεν θα υπήρχε οπλισμένο σκυρόδεμα.

Σκυρόδεμα

Τύποι σκυροδέματος: Κοινό, υψηλής επιτελεστικότητας, αυτοσυμπυκνούμενο, μικρής αντοχής, ινοπλισμένο, αυτοσυντηρούμενο, μη συρρικνούμενο, οδοστρωμάτων

Τα υλικά του σκυροδέματος: Τσιμέντο και νερό (χημική αντίδραση, ενυδάτωση συνδετικό υλικό) σκύρα, γαρμπίλι άμμος (αδρανή υλικά: δεν συμμετέχουν στην αντίδραση)

Αναλογίες ανάμιξης: Εξαρτάται από τον επιδιωκόμενο σκοπό: αντοχή, ανθεκτικότητα, στεγανότητα, ερπυσμός κλπ. Δεν υπάρχει συνταγή: απαιτείται να γίνεται μελέτη συνθέσεως (χοντρικά για 1m³ μέτρου σκυροδέματος: 300-400kg τσιμέντο, 200kg νερό, 900kg άμμο, 450kg γαρμπίλι, 450kg σκύρα).

Απαιτήσεις από τα υλικά του σκυροδέματος:

Νερό: πρέπει να είναι πόσιμο. Χρειάζεται για την ενυδάτωση του τσιμέντου (αντιδρά χημικά) και για το εργάσιμο του σκυροδέματος (δεν αντιδρά χημικά, παραμένει ελεύθερο, μειώνει την αντοχή και αυξάνει τον ερπυσμό). Μικρός λόγος νερού προς τσιμέντο, w/c, (ανάγκη ρευστοποιητή).

Αδρανή: επαρκή αντοχή, όχι πλακοειδή ή επιμήκη, όχι προσμείξεις, όχι παιπάλη (<0.074mm), κατάλληλη κοκκομετρία.

Σκυρόδεμα

Τσιμέντο: λεπτόκοκκη σκόνη με υδραυλικές ιδιότητες.

Αποτελείται από οξειδία του ασβεστίου, πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου που είναι ενωμένα μεταξύ τους και αποτελούν το 90% του βάρους του. Το υπόλοιπο μέρος είναι γύψος και μικρές ποσότητες αλάτων μαγνησίου, καλίου, νατρίου και άλλων στοιχείων. Όταν αναμιγνύεται με νερό έχει την ιδιότητα να πήζει και να σκληραίνει. Διακρίνονται οι εξής τύποι τσιμέντου και κατηγορίες αντοχής (βλ. πρότυπο EN 197-1).

Τύπος	Περιγραφή	Σχόλια
CEM I	Κοινό Portland	Κλίνκερ >95%
CEM II	Σύνθετο Portland	Κλίνκερ 65-95% + πρόσθετα
CEM III	Σκωριοτσιμέντο	Κλίνκερ 5-65% + σκωρία υψικαμίνων
CEM IV	Ποζολανικό	Κλίνκερ 45-89% + ποζολάνες
CEM V	Σύνθετο	Κλίνκερ 20-64% + σκωρίες, ποζολάνες, τέφρα

Κατηγορία Αντοχής	Αντοχή σε Θλίψη MPa			Χρόνος έναρξης πήξης min	
	Πρώιμη αντοχή		Τυπική αντοχή		
	2 ημέρες	7 ημέρες	28 ημέρες		
32,5 N	-	>16,0	>32,5	<52,5	>75
32,5 R	>10,0	-			
42,5 N	>10,0	-	>42,5	<62,5	>60
42,5 R	>20,0	-			
52,5 N	>20,0	-	>52,5	-	>45
52,5 R	>30,0	-			

Ιδιότητες σκυροδέματος

- i. Θλιπτική αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, συμπεριφορά σε τριαξονική καταπόνηση, περιβάλλουσα διαξονικής έντασης.
- ii. Διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων, σ - ϵ .
- iii. Δοκίμια (κυβικά – κυλινδρικά), συμβατική δοκιμή, ταχύτητα φορτίσεως.
- iv. Εφελκυστική αντοχή: καθαρός εφελκυσμός f_{ct} , διάρρηξη $0.9f_{ct}$, εφελκυσμός από κάμψη $1.7f_{ct}$.

Χάλυβας

- i. Σύσταση:** Κράμα σιδήρου (Fe) με άνθρακα (C) και με άλλα κραματικά στοιχεία (S, P, N, Cu).
- ii. Τρόπος παραγωγής:** Θερμή έλαση χωρίς περαιτέρω επεξεργασία (ΘΕ-Χ), με θερμική κατεργασία: απότομη ψύξη (ΘΕ-Θ), ψυχρή κατεργασία (έλαση ΨΚ-Ο ή στρέψη ΨΚ-Σ)
- iii. Μορφή:** Πρακτικά κυκλική διατομή (γιατί;), με νευρώσεις (γιατί;) σε ευθύγραμμες ράβδους (12 ή 14m μήκους) (συνήθως) ή σε κουλούρες (για συνδετήρες ή πλέγματα).
- iv. Ιδιότητες:**
- Συμπεριφορά σε εφελκυσμό (και θλίψη):** όριο διαρροής f_y , (για να υπολογίσουμε τον απαιτούμενο A_s) εφελκυστική αντοχή f_t (κράτυνση = f_t/f_y για ανακατανομή εντάσεως) και παραμόρφωση θραύσεως ϵ_u (για πλαστιμότητα)
 - Κάμψη** (για την διαμόρφωση)
 - Σε κόπωση** (κυρίως για γέφυρες και προεντεταμένα)
 - Συγκολλησιμότητα**
 - Διάβρωση**

Η λογική του σχεδιασμού

Βασικές απαιτήσεις από τις κατασκευές (όχι μόνον από Ω.Σ.):

- i. Ασφάλεια
- ii. Λειτουργικότητα
- iii. Ανθεκτικότητα
- iv. Οικονομία, σεβασμό στο περιβάλλον, Υγιεινή
- v. Εξοικονόμηση ενέργειας
- vi. Αντοχή σε πυρκαγιά, ευρωστία

Ο σχεδιασμός βασίζεται σε δύο έννοιες:

- i. στις Καταστάσεις Σχεδιασμού (Design situations) και
- ii. στις Οριακές Καταστάσεις (limit states)
- iii. σε συνδυασμό με την εφαρμογή των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας (partial safety factors).

Καταστάσεις σχεδιασμού

Διακρίνονται τέσσερις καταστάσεις σχεδιασμού:

- **Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια ή παραμένουσες, (Persistent).** Αναφέρονται σε κανονική χρήση κατά την οποία όμως ενδέχεται να εμφανισθούν ακραίες φορτίσεις από επιβαλλόμενα φορτία, άνεμο, χιόνι κλπ.
- **Παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού (Transient)** Προσωρινές συνθήκες: ανέγερση, επισκευή. Μικρής διάρκειας, ενδεχόμενη τροποποίηση δράσεων
- **Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού (Accidental).** Εξαιρετικές συνθήκες: πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση οχήματος ή πλοίου ή αεροπλάνου, τοπική αστοχία. Προσοχή όμως, η πρόσκρουση πλοίου σε βάθρο γέφυρας είναι τυχηματική κατάσταση, όμως για το ειδικό δόμημα προστασίας του βάρου η πρόσκρουση δεν είναι τυχηματική δράση.
- **Σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού, Seismic,** ειδική περίπτωση τυχηματικής καταστάσεως (πολύ μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης σεισμού στην διάρκεια ζωής της κατασκευής σε αντίθεση με την πυρκαγιά ή την πρόσκρουση οχήματος των οποίων η πιθανότητα εμφάνισης είναι πολύ μικρή). Μετά από μια τυχηματική κατάσταση (π.χ. πυρκαγιά) το διάστημα που διαρκεί η επισκευή θεωρείται ως μια παροδική κατάσταση.

Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

**Εξασφάλιση της ζωής των χρηστών και της ασφάλειας δομήματος
Διακρίνονται οι εξής οριακές καταστάσεις αστοχίας:**

i. **Απώλεια ισορροπίας** (EQU)

ii. **Εξάντληση αντοχής** (ή υπερβολική παραμόρφωση κρισίμων διατομών) από (STR): Μπορεί να προέλθει από:

- **Ορθή ένταση** (M, N)
- **Διάτμηση** (V)
- **Στρέψη** (T)
- **Διάτρηση**
- **Συνάφεια Αγκύρωση**
- **Λυγισμός**
- **Μηχανισμός**

iii. **Αστοχία εδάφους** (GEO)

iv. **Κόπωση** (FAT)

Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

v. **Πυρκαγιά** (ειδικές απαιτήσεις με σκοπό την ασφαλή διαφυγή των χρηστών, την προστασία ζωής των πυροσβεστών και την αποφυγή διάδοσης της πυρκαγιάς σε γειτονικά κτήρια).

vi. **Ευρωστία**: Ένας φορέας θα σχεδιάζεται και θα κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υποστεί βλάβες από συμβάντα όπως για παράδειγμα:

- έκρηξη
- πρόσκρουση και
- συνέπειες ανθρωπίνων σφαλμάτων

σε βαθμό δυσανάλογο ως προς το αρχικό συμβάν.

Γενικώς οι ΟΚΑ αναφέρονται στην ζωή των χρηστών και στην ασφάλεια του δομήματος. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις (επικίνδυνα χημικά, μοναδικά μουσειακά εκθέματα) οι ΟΚΑ αναφέρονται και σ' αυτά.

Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας διακρίνονται σε:

Αναστρέψιμες: αναιρούνται όταν εκλείψει το αίτιο (π.χ. ρωγμές σε ΠΣ, στιγμιαίο βέλος, κραδασμοί κλπ.)

Μή αναστρέψιμες: παραμένουν και μετά την απομάκρυνση του αιτίου (π.χ. τοπική βλάβη, μόνιμες παραμένουσες παραμορφώσεις)

Αφορούν την λειτουργία υπό φυσιολογική χρήση, την άνεση των χρηστών, την εμφάνιση της κατασκευής κλπ. (επιμέρους συντελεστές ασφαλείας:

$$\gamma_c = \gamma_s = \gamma_g = \gamma_q = 1.00$$

Διακρίνονται σε ελέγχους

- i. Ρηγμάτωσης
- ii. Παραμορφώσεων
- iii. Ταλαντώσεων, δονήσεων κλπ.

Οι φυσικο-χημικές δράσεις που αφορούν την ανθεκτικότητα (αντοχή στον χρόνο, durability) δεν αντιμετωπίζονται ποσοτικά αλλά με κανόνες κατασκευής και συντήρησης.

Κατάταξη δράσεων

Οι δράσεις κατατάσσονται ανάλογα με:

- **Την μεταβολή τους στον χρόνο σε:** μόνιμες (ι.β., επικαλύψεις, διαχωριστικά, μόνιμος εξοπλισμός κλπ), μεταβλητές (πρόσθετα μόνιμα, ωφέλιμα, άνεμος, χιόνι), τυχηματικές (εκρήξεις, πρόσκρουση οχήματος), σεισμικές
- **Την προέλευσή τους σε:** Άμεσες: δύναμη (φορτίο) που επιβάλλεται στον φορέα, Εμμεσες: επιβαλλόμενη ή παρεμποδιζόμενη παραμόρφωση από θερμοκρασιακές μεταβολές, μεταβολή της υγραμετρίας ή άνισης καθιζήσεις, επιτάχυνση από σεισμό
- **Την μεταβολή τους στον χώρο σε:** Σταθερές, Ελεύθερες
- **Την φύση-τους ή/και την απόκριση του φορέα σε:** Στατικές, Δυναμικές

Συνδυασμοί φορτίσεων

- **Οριακές καταστάσεις αστοχίας (ULS - STR):** ελέγχεται ότι η ένταση σχεδιασμού E_d είναι μικρότερη από την αντίσταση σχεδιασμού $E_d < R_d$. Ειδικότερα:
 - **Για καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια ή παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού** (θεμελιώδεις συνδυασμοί) ο συνδυασμός των εντάσεων που προκαλούν οι δράσεις θα βασίζεται στην τιμή σχεδιασμού της κυρίαρχης (δεσπίζουσας) μεταβλητής δράσης, και στις τιμές σχεδιασμού του συνδυασμού των συνοδευτικών μεταβλητών δράσεων:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

όπου:

το «+» υποδηλώνει «προς συνδυασμό με...» και

το «Σ» υποδηλώνει «το συνδυασμένο αποτέλεσμα των...»

- **Για τις τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού**

$$\sum G_{k,j} + P + A_d + \psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- **Για τις σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού :**

$$\sum G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Συνδυασμοί φορτίσεων

➤ **Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (ΟΚΛ ή SLS):** Θα ελέγχονται οι εξής συνδυασμοί:

- **Χαρακτηριστικός συνδυασμός (μη-αναστρέψιμη ΟΚΛ, καθιζήσεις, παραμορφώσεις κ.λπ.):**

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- **Συχνός συνδυασμός (αναστρέψιμη ΟΚΛ, άνοιγμα ρωγμών κ.λπ.):**

$$\sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- **Οιονεί-μόνιμος συνδυασμός (μακροχρόνιες επιδράσεις, παραμορφώσεις λόγω ερπυσμού κ.λπ.):**

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Συνδυασμοί φορτίσεων

Τοίχωμα πλαισιακής κατασκευής που ανήκει σε κατοικία Α, φέρει τα φορτία που φαίνονται στον πίνακα. Να υπολογιστούν τα συνολικά φορτία του τοιχώματος για τους συνδυασμούς αστοχίας και λειτουργικότητας.

Κατάταξη των δράσεων. Οι δράσεις κατατάσσονται ανάλογα με:

- Την μεταβολή τους στον χρόνο σε:
 - μόνιμες (ι.β., επικαλύψεις, διαχωριστικά, μόνιμος εξοπλισμός κλπ)
 - μεταβλητές (πρόσθετα μόνιμα, ωφέλιμα, άνεμος, χιόνι)
 - τυχηματικές (εκρήξεις, πρόσκρουση οχήματος)
 - σεισμικές

Στατικός συνδυασμός ΟΚΑ (ULS):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot Q + 1.50 \cdot 0.6 \cdot W + 1.50 \cdot 0.7 \cdot S_n$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot Q - 1.50 \cdot 0.6 \cdot W + 1.50 \cdot 0.7 \cdot S_n$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot W + 1.50 \cdot 0.7 \cdot Q + 1.50 \cdot 0.7 \cdot S_n$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 - 1.50 \cdot W + 1.50 \cdot 0.7 \cdot Q + 1.50 \cdot 0.7 \cdot S_n$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot S_n + 1.50 \cdot 0.7 \cdot Q + 1.50 \cdot 0.6 \cdot W$$

$$1.35 \cdot G + 1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot S_n + 1.50 \cdot 0.7 \cdot Q - 1.50 \cdot 0.6 \cdot W$$

	ΑΞΟΝΙΚΗ Nz (kN)	ΤΕΜΝΟΥΣΑ Vx (kN)
ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ (G)	125	40
ΦΟΡΤΙΟ ΓΑΙΩΝ (ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ) (G1)	200	65
ΚΙΝΗΤΟ ΦΟΡΤΙΟ (Q)	50	18
ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΗ (W)	±40	±30
ΧΙΟΝΙ (Sn)	30	10
ΣΕΙΣΜΟΣ (SeiS X)	±60	±40

Δράση ή υλικό	γ	Οριακή κατάσταση/ Συνδυασμός	Δυσμενής επιρροή	Ευμενής επιρροή
Μόνιμες	γ _g	Αστοχίας/Βασικός	1.35	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00
Μεταβλητές (γεν)	γ _q	Αστοχίας/Βασικός	1.50	0.00
		Λειτουργικότητας	1.00	0.00
Προένταση	γ _p	Αστοχίας/Βασικός	1.20	0.90
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00

Δράσεις	Τμή		
	συνδυασμού ψ ₀	συχνή ψ ₁	οιονεί μόνιμη ψ ₂
Κατοικίες Α	0.7	0.5	0.3
Γραφεία, Β	0.7	0.5	0.3
Συνάθροιση κοινού C	0.7	0.7	0.6
Καταστήματα D	0.7	0.7	0.6
Αποθήκες E	1.0	0.9	0.8
Άνεμος	0.6	0.2	0.0
Χιόνι	0.5-0.	0.2-0.5	0.0-0.2
Θερμοκρασία	0.6	0.5	0.0

Συνδυασμοί φορτίσεων

Κατάταξη των δράσεων. Οι δράσεις κατατάσσονται ανάλογα με:

- Την μεταβολή τους στον χρόνο σε:
 - i. μόνιμες (π.χ., επικαλύψεις, διαχωριστικά, μόνιμος εξοπλισμός κλπ)
 - ii. μεταβλητές (πρόσθετα μόνιμα, ωφέλιμα, άνεμος, χιόνι)
 - iii. τυχαματικές (εκρήξεις, πρόσκρουση οχήματος)
 - iv. σεισμικές

- **Συχνός συνδυασμός λειτουργικότητας ΟΚΛ (SLS):**

$$\sum G_{k,j} + "P" + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$G + G_1 + 0.5 \cdot Q + 0.2 \cdot S_n$$

$$G + G_1 + 0.2 \cdot W + 0.3 \cdot Q + 0.2 \cdot S_n$$

$$G + G_1 - 0.2 \cdot W + 0.3 \cdot Q + 0.2 \cdot S_n$$

$$G + G_1 + 0.5 \cdot S_n + 0.3 \cdot Q$$

- **Οιονεί-μόνιμος λειτουργικότητας ΟΚΛ (SLS):**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$G + G_1 + 0.3 \cdot Q + 0.2 \cdot S_n$$

	ΑΞΟΝΙΚΗ N _z (kN)	ΤΕΜΝΟΥΣΑ V _x (kN)
ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ (G)	125	40
ΦΟΡΤΙΟ ΓΑΙΩΝ (ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ) (G1)	200	65
ΚΙΝΗΤΟ ΦΟΡΤΙΟ (Q)	50	18
ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΗ (W)	±40	±30
ΧΙΟΝΙ (S _n)	30	10
ΣΕΙΣΜΟΣ (SeiS X)	±60	±40

Δράση ή υλικό	γ	Οριακή κατάσταση/ Συνδυασμός	Δυσμενής επιρροή	Ευμενής επιρροή
Μόνιμες	γ _g	Αστοχίας/Βασικός	1.35	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00
Μεταβλητές (γεν)	γ _q	Αστοχίας/Βασικός	1.50	0.00
		Λειτουργικότητας	1.00	0.00
Προένταση	γ _p	Αστοχίας/Βασικός	1.20	0.90
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00

Δράσεις	συνδυασμού ψ ₀	Τμή	
		συχνή ψ ₁	οιονεί μόνιμη ψ ₂
Κατοικίες Α	0.7	0.5	0.3
Γραφεία, Β	0.7	0.5	0.3
Συνάθροιση κοινού C	0.7	0.7	0.6
Καταστήματα D	0.7	0.7	0.6
Αποθήκες Ε	1.0	0.9	0.8
Άνεμος	0.6	0.2	0.0
Χιόνι	0.5-0.7	0.2-0.5	0.0-0.2
Θερμοκρασία	0.6	0.5	0.0

Συνδυασμοί φορτίσεων

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Συμβολίζονται με ένα δείκτη **k**

Συνήθως:

Τα μόνιμα φορτία συμβολίζονται με το γράμμα g_k αν πρόκειται για επιφανειακά ή με το γράμμα G_k αν πρόκειται για συγκεντρωμένα.

Τα ωφέλιμα φορτία (κινητά) συμβολίζονται με τα γράμματα q_k και Q_k αντίστοιχα.

Για κτιριακά έργα:



Στους στατικούς συνδυασμούς αστοχίας (ULS) πολλαπλασιάζονται με τους αυξητικούς συντελεστές ασφαλείας γ_g και γ_q και προκύπτουν οι τιμές σχεδιασμού (με δείκτη **d**)



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Συμβολίζονται με ένα δείκτη **k**

Σκυροδέματος: f_{ck} , χάλυβας:

Στους συνδυασμούς αστοχίας (ULS) διαιρούνται με τους συντελεστές ασφαλείας υλικών γ_c και γ_s και προκύπτουν οι τιμές σχεδιασμού (με δείκτη **d**)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Κατηγορίες επιφανειών φορτιζόμενων	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορίες Α και Β (κατοικίες και γραφεία)		
Δάπεδα	2,0	2,0
Σκάλες	3,5	2,0
Μπαλκόνια	5,0	3,0
Κατηγορία C (συνάθροιση κοινού)		
C1	3,0	3,0
C2	5,0	4,0
C3	5,0	4,0
C4	5,0	4,0
C5	7,5	4,5
Κατηγορία D (καταστήματα)		
D1	5,0	4,0
D2	5,0	4,0

Δράση ή υλικό	γ	Οριακή κατάσταση/ Συνδυασμός	Δυσμενής επιρροή	Ευμενής επιρροή
Μόνιμες	γ_g	Αστοχίας/Βασικός	1.35	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00
Μεταβλητές (γεν)	γ_q	Αστοχίας/Βασικός	1.50	0.00
		Λειτουργικότητας	1.00	0.00
Προένταση	γ_p	Αστοχίας/Βασικός	1.20	0.90
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00

Σκυροδέμα	γ_c	Αστοχίας/Βασικός ή Τυχηματικός με σεισμό	1.50	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00
Χάλυβας	γ_s	Αστοχίας/Βασικός ή Τυχηματικός με σεισμό	1.15	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00

Συνδυασμοί φορτίσεων

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ (ULS)

Δράση ή υλικό	γ	Οριακή κατάσταση/ Συνδυασμός	Δυσμενής επιρροή	Ευμενής επιρροή
Μόνιμες	γ _g	Αστοχίας/Βασικός	1.35	1.00
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00
Μεταβλητές (γεν)	γ _q	Αστοχίας/Βασικός	1.50	0.00
		Λειτουργικότητας	1.00	0.00
Προένταση	γ _p	Αστοχίας/Βασικός	1.20	0.90
		Λειτουργικότητας	1.00	1.00

- Στατικός συνδυασμός ΟΚΑ (ULS):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Σεισμικός συνδυασμός ΟΚΑ (ULS):

$$\sum G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ (SLS)

- Χαρακτηριστικός συνδυασμός λειτουργικότητας ΟΚΛ (SLS):

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Συχνός συνδυασμός λειτουργικότητας ΟΚΛ (SLS):

$$\sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Οιονεί-μόνιμος λειτουργικότητας ΟΚΛ (SLS):

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Δράσεις	Τμή		
	συνδυασμού ψ ₀	συχνή ψ ₁	οιονεί-μόνιμη ψ ₂
Κατοικίες Α	0.7	0.5	0.3
Γραφεία, Β	0.7	0.5	0.3
Συνάθροιση κοινού C	0.7	0.7	0.6
Καταστήματα D	0.7	0.7	0.6
Αποθήκες E	1.0	0.9	0.8
Ανεμος	0.6	0.2	0.0
Χιόνι	0.5-0.7	0.2-0.5	0.0-0.2
Θερμοκρασία	0.6	0.5	0.0