

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ



ΤΟΜΟΣ 1Γ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ

ΜΕΡΟΣ Ι

ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

ΒΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΗΘΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2008

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Τόμος **1Γ**: **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ** – ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ

1^η έκδοση: Μάρτιος 2004

2^η έκδοση: Μάρτιος 2005 (Βελτιωμένη)

3^η έκδοση: Σεπτέμβριος 2008 (Αναδιαθρωμένη και Βελτιωμένη)

Οι άλλοι Τόμοι είναι:

Τόμος **1Α** ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΟ ΧΩΡΟ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΩΝ
Η Πίσω Όψη –Εγκώμιον Απλής Λογικής

Τόμος **1Β** : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
Συντομευμένη Παρουσίαση

Τόμος **2Α**: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

Τόμος **2Β**: ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ
Ειδικές Διατάξεις Οπλισμού και Τεχνικές Επισκευής

Σύνταξη, κειμενογράφηση, σχεδίαση, ζωγραφιές και μορφοποίηση: Α. Μπάκα

Φωτογραφία εξωφύλλου του Richard Risenberg από την ιστοσελίδα www.livingroom.org.
(επεξεργασμένη)

Εκτύπωση: ΕΜΠ

Τεχνική Επιμέλεια: Ν. Γκάνης, Ν. Δημάκης, Γ. Καραγκιοζόπουλος,
Μ. Σακελλάρης, Α. Χρυσανθόπουλος

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΒΟΗΘΗΜΑΤΟΣ

Στο βοήθημα αυτό παρουσιάζονται η γλώσσα, οι συμβάσεις (συμφωνίες), οι αντιλήψεις και οι παραδοχές στις οποίες βασίζεται η διαμόρφωση και ο σχεδιασμός των κατασκευών από σκυρόδεμα τα οποία αποτελούν κατά κάποιον τρόπον το σύγχρονο «παραδείγμα» στον τομέα των κατασκευών από σκυρόδεμα, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί από τους συντάκτες των κανονισμών.

Η κατανόηση του «παραδείγματος» αυτού θα επιτρέψει στο φοιτητή κριτική στάση και θα του προσδώσει τη δυνατότητα ενεργούς συμμετοχής και όχι απλού θεατή και καταναλωτή των εκάστοτε αλλαγών του, οι οποίες, λόγω της ιδιαιτερότητας της εποχής μας, αναμένονται να επιταχυνθούν.

Στον εντοπισμό των επι μέρους βημάτων του σχεδιασμού δίνεται έμφαση στην αλληλουχία και εφαρμοσιμότητά τους και στην ανάγκη ενεργοποίησης της κοινής λογικής, καθώς, όπως και σ' οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα κατασκευής, δεν αρκεί η παρουσίαση και λεπτομερής περιγραφή των επί μέρους τμημάτων της και των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν αλλά απαιτείται σχέδιο και οδηγίες συναρμο-λόγησης και κοινή λογική.

Το βοήθημα διαρθρώνεται σε τρία μέρη με τα παρακάτω περιεχόμενα.

Πρώτο Μέρος: Δίνονται οι αρχές και τα βήματα σχεδιασμού μιας κατασκευής ανεξαρτήτως υλικού.

Δεύτερο Μέρος: Παρουσιάζονται οι αρχές και τα βήματα σχεδιασμού όπως εξειδικεύονται σε κατασκευές από σκυρόδεμα.

Τρίτο Μέρος Δίνεται ο τρόπος σύνθεσης και εφαρμογής των προηγούμενων αρχών και βημάτων στο σχεδιασμό συνήθων πλακών, δοκών και υποστυλωμάτων.

Όπως και στους άλλους τόμους καταβλήθηκε προσπάθεια η παρουσία να είναι αιτιολογική και συνεκτική ώστε να δώσει τη δυνατότητα για ουσιαστική και όχι επιφανειακή μέσω πινάκων και νομογραφημάτων γνώση του αντικειμένου.

Σεπτέμβριος 2008

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ο τόμος αυτός, όπως και οι άλλοι τόμοι, είναι αποτέλεσμα μιας σειράς συνεχώς αναβαθμιζόμενων σημειώσεων για την επιβοήθηση των φοιτητών στα πλαίσια άτυπων φροντηστηριακών μαθημάτων με αντικείμενο το σκυρόδεμα οι οποίες τα τελευταία επτά χρόνια αναπροσαρμόζονται για να συμβαδίσουν με τη διδασκαλία των μαθημάτων αυτών από τον συντάκτη του βοηθήματος.

Δεν έχει βασιστεί σε άλλα βιβλία, ελληνικά ή ξένα, ή οποιεσδήποτε άλλες πηγές, καθώς ο στόχος του δεν είναι η παρουσίαση πληροφοριών, πινάκων, νομογραφημάτων, ή άλλων τεχνικών στοιχείων τα οποία καλύπτονται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τα οποία με τη σύγχρονη ευρεία χρήση των υπολογιστών δεν είναι πλέον αναγκαία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΓΝΩΜΗ

Ευχαριστώ γνωστούς και άγνωστους που μου επέτρεψαν να ασχοληθώ με το βοήθημα αυτό απαλλάσσοντάς με από άλλες πιο κοπιαστικές και κοινωνικά λιγότερο αποδεκτές εργασίες αλλά κατά την άποψή μου περισσότερο σημαντικές.

Ζητώ συγγνώμη από γνωστούς και άγνωστους που στις περιόδους σύνταξης και ανασύνταξης του βοηθήματος παραμέλησα ή παρέβλεψα και αρνήθηκα τη συνδρομή μου.

Ζητώ συγγνώμη που με την έκδοση του βοηθήματος και τα χαρτιά, τα μελάνια, τους υπολογιστές και τις άλλες μηχανές με τα μικροσίπ της παιδικής δουλειάς, διαιωνίζω την κατάσταση καταναγκαστικής δουλειάς και εκμετάλλευσης ανθρώπων σε όλο τον κόσμο και της κακομεταχείρισης του φυτικού και ζωϊκού «βασιλείου».

Το βοήθημα αυτό, όπως και οι τέσσερις άλλοι τόμοι, είναι αποτέλεσμα της ανάγκης να επιστρέψω όσα μου δόθηκαν ως δυνατότητες και εμπειρία τα τριανταπέντε χρόνια εργασίας στο εργαστήριο σκυροδέματος του ΕΜΠ.

Δεν θα ήταν δυνατόν χωρίς την επαφή και αλληλεπίδραση με τους φοιτητές.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Δομή και Χρησιμότητα του Βοηθήματος, Βιβλιογραφία
Πώς να Χρησιμοποιηθεί, Ευχαριστίες, Επισημάνσεις

ΜΕΡΟΣ Ι

ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

A. ΑΝΙΣΩΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

1. Ο Διπλός Ρόλος της Κατασκευής και οι Δύο Οργανισμοί 4
2. Οι Δύο Όροι της Επιπόνησης: Φορτία και Στηρίξεις 5
- 3.. Η Διπλή Ροή και Οπτική της Κατασκευής, Δράσεις και Αντιδράσεις 8
- 4.. Αντοχές και Αντιστάσεις Φορέων, Διαγράμματα Συμπεριφοράς 11
5. Ανίσωση Ασφαλείας: Το Κλειδί του Σχεδιασμού 14
6. Οριακές καταστάσεις σχεδιασμού και ανίσωση ασφαλείας 16
7. Η μέθοδος των επιτρεπομένων τάσεων και η μέθοδος της συνολικής αντοχής 18
8. Μορφές σχεδιασμού και ο ρόλος των υλικών 19

B. ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΕΠΙΠΟΝΗΣΕΩΝ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΩΝ

1. Μεθοδολογία για τον Υπολογισμό των Δράσεων - Εντοπισμός Στατικού Συστήματος 22
2. Υπολογισμός Δράσεων για Καμπυοδιατμητική Επιπόνηση 24
3. Υπολογισμός Δράσεων για Στρεπτική Επιπόνηση 30
4. Μεθοδολογία για τον Υπολογισμό των Εσωτερικών μεγεθών και των Αντοχών 33
5. Εφαρμογές- Εντοπισμός Στατικού Συστήματος 36

ΜΕΡΟΣ II

ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΒΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Γ. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

1. Μηχανισμός Μεταφοράς Φορτίων και Ανάλυση Φ.Ο. σε Φορείς 44
2. Διαμόρφωση και Αποτύπωση του Φέροντα Οργανισμού 46
3. Κατασκευαστικά Σχέδια 49

Δ1. ΥΛΙΚΑ, ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΗ ΠΛΑΚΩΝ ΣΕ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ

1. Ταυτοποίηση, Δομή και Συμβατικές Απαιτήσεις για την Αντοχή του Σκυροδέματος 55
2. Τεχνολογικά χαρακτηριστικά Σκυροδέματος 57
3. Ταυτοποίηση, Τύποι και Βασικά χαρακτηριστικά Χάλυβα 65
4. Γενικές Αρχές Όπλισης – Ενεργοποίηση και Αγκύρωση
5. Ονοματολογία Γραμμικών Φορέων 70
6. Ονοματολογία Πλακών και Αναγωγή τους σε Γραμμικούς Φορείς 72

Δ2. ΠΡΟΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΡΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΕΩΝ

1. Προδιαστασιολόγηση και Φορτία Πλακών 76

2. Προδιαστασιολόγηση και Φορτία Δοκών 78
3. Προδιαστασιολόγηση και Φορτία Υποστυλωμάτων 80
4. Παραδείγματα Υπολογισμού Φορτίων 81
5. Στατική Επίλυση- Δυσμενείς Φορτίσεις 82
6. Παραδείγματα Στατικής Επίλυσης με Δυσμενείς Φορτίσεις 86

Ε. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ, ΟΠΛΙΣΗ ΚΑΙ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΦΟΡΕΩΝ

1. Η Έννοια και η Χρησιμότητα των Προσομοιωμάτων 90
2. Προσομοιώματα για Καμποδοιατμητική Επιπόνηση 91
3. Προσομοιώματα Υπερστατικών Φορέων και Φορέων με Σημεία Καμπής 95
4. Διαφοροποιήσεις στα Εσωτερικά Μεγέθη Ομογενών και Ρηγματωμένων Φορέων (Μετατόπιση του Διαγράμματος των Ροπών) 97
5. Όπλιση μεμονωμένων Φορέων για καμποδοιατμητική Επιπόνηση 99
6. Όπλιση Συνεχών Φορέων για Καμποδοιατμητική Επιπόνηση 104
7. Όπλιση Πλακών 107
8. Καμποδοιατμητική Ρηγμάτωση 115
9. Παραδείγματα Όπλισης Πλάκας και Δοκού 119
10. Προσομοίωμα για Στρεπτική Επιπόνηση 122
11. Μορφολογία Στρεπτικής Ρηγμάτωσης και Τύπος Όπλισης 124
12. Στρεπτική Όπλιση – Η Ακαταλληλότητα του Σπειροειδούς Οπλισμού 126

Ζ. ΚΑΜΠΤΟΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΦΟΡΕΩΝ, Η ΕΝΝΟΙΑ, ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

1. Καμπτική Συμπεριφορά Φορέων 130
2. Καμπτοδιατμητική Συμπεριφορά Φορέων 134
3. Η Έννοια και οι Τύποι Αστοχίας των Φορέων 135
4. Τύποι Αστοχίας Φορέων από Σκυρόδεμα 136
5. Η Έννοια των Παραμορφώσεων Αστοχίας σε Φορείς από Σκυρόδεμα 138

Η. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

1. Μεθοδολογία Υπολογισμού 142
2. Η Μία Καμπτική και οι Τρεις Διατμητικές Αντοχές 143
3. Διατομές και Αντοχές Ράβδων Προσομοιώματος για καμπτοδιατμητική Επιπόνηση 145
4. Υπολογισμός Καμπτικής Αντοχής 148
5. Μέγιστες και Ελάχιστες Τιμές και Αλληλοεξάρτηση Μεγεθών 151
6. Σύντομος Υπολογισμός καμπτικής Αντοχής 152
7. Υπολογισμός Καμπτικής Αντοχής σε Παλιότερες Μελέτες- Χρήση Πινάκων CEB 153
8. Καμπτική Αντοχή Φορέων που δεν Έχουν Ορθογωνική Διατομή 156
9. Καμπτική Συμπεριφορά και Αντοχή Φορέων με Θλιβόμενο Οπλισμό 158
10. Αξονική Δύναμη Αστοχίας 160
11. Η Επιρροή της Αξονικής Δύναμης στην Τιμή της Καμπτικής Αντοχής 162
12. Υπολογισμός Διατμητικών Αντοχών 165
13. Υπολογισμός Στρεπτικών Αντοχών 167

Θ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ

1. Οι Δυσμενέστερες Συνέπειες της Ανεπαρκούς Αγκύρωσης του Οπλισμού 170

2. Σχεδιασμός Έναντι Τάσεων Συνάφειας 174
3. Έλεγχος Μηκών Αγκύρωσης 178
4. Τρόποι Μείωσης Μηκών Αγκύρωσης- Ρηγμάτωση από Υπέρβαση Αντοχής Συνάφειας 182

ΜΕΡΟΣ III

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΦΟΡΕΙΣ

I. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΕΡΕΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΤΕΤΡΑΕΡΕΙΣΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

1. Στόχοι και Κριτήρια Καλού Σχεδιασμού 188
2. Μορφές Σχεδιασμού και Διαδοχικά Βήματα 188
3. Παραδοχές και Απλοποιήσεις στο Σχεδιασμό των Πλακών 190
4. Στατική Επίλυση τετραέρειστων Πλακών 192
5. Σχεδιασμός σε Κάμψη 196
6. Σχεδιασμός και Φυσική Λογική 200
7. Εντοπισμός Θέσεων Κάμψης Οπλισμού 201
8. Διάταξη Οπλισμού- Αγκυρώσεις 203
9. Αριθμητικά παραδείγματα 204

Κ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΟΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

1. Μορφές και Μεθοδολογία Σχεδιασμού 214
2. Αντοχές Δοκών 215
3. Ονοματολογία και Υπολογιστικά Στοιχεία Διατομής - Συνεργαζόμενο Πλάτος Πλακοδοκών 216
4. Σχεδιασμός σε Κάμψη 221
5. Διάταξη Οπλισμού- Αγκυρώσεις 222
6. Αριθμητικές Εφαρμογές 223
7. Σχεδιασμός σε Διάτμηση 227
8. Αριθμητικές Εφαρμογές 228
9. Σχεδιασμός σε Στρέψη 229
10. Σχεδιασμός Υποστυλωμάτων 231
11. Αριθμητικές Εφαρμογές 233

Λ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

1. Αρχές Σχεδιασμού 239
2. Σχεδιασμός για Περιορισμό του Ανοίγματος των ρωγμών 241
3. Σχεδιασμός για Περιορισμό των Βελών 243

12. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 248

ΠΩΣ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΤΟ ΒΟΗΘΗΜΑ

*« Ο Νους δεν είναι σκεύος που πρέπει να γεμίσει,
αλλά Πυρ που πρέπει να αναφλαγεί»*

Πλούταρχος

Όπως συμβαίνει και με όλα τα γνωστικά αντικείμενα, η κατανόηση του μέρους αυτού απαιτεί επανειλημμένους, τουλάχιστον δύο, κύκλους μελέτης, καθώς η απόκτηση της συνολικής εικόνας των θεμάτων μετά την πρώτη μελέτη θα επιτρέψει ευρύτερη κατανόηση των ίδιων θεμάτων κατά τον δεύτερο επαναληπτικό κύκλο μελέτης.

Εξαιρουμένων κάποιων σπάνιων περιπτώσεων άμεσης αντίληψης, η κατανόηση ενός θέματος υπόκειται σε διαδικασία ανάπτυξης και εξέλιξης ακολουθώντας διάφορα στάδια, όπως σύλληψη, κύηση, ανάπτυξη και ωρίμανση, στάδια που παρατηρούνται σε όλους τους οργανισμούς.

Είναι φυσικό και αναμενόμενο να εμφανιστεί ένα αρχικό στάδιο σύγχυσης το οποίο, όμως, αρκετές φορές εκλαμβάνεται ως αποτυχία κατανόησης και οδηγεί σε απογοήτευση και παραίτηση από τα επόμενα στάδια της διαδικασίας.

Στην πραγματικότητα, όμως, η εμφάνιση αυτού του σταδίου αποτελεί ένδειξη προόδου και υπόσχεση επιτυχούς έκβασης, αν επιμείνει κανείς και ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Όπως ο σπόρος πριν αναρριχηθεί και φυλλορροήσει στο φως της ημέρας κατέρχεται ριζώνοντας στο σκοτάδι της γης η οποία αντιστεκόμενη στην επιχειρούμενη διείσδυση τον ωθεί και τον τροφοδοτεί για να εκδηλώσει το δυναμικό του, έτσι και το βοήθημα αυτό, ενδεχομένως μπορέσει σε κάποιο βαθμό να χρησιμεύσει ως αντιστήριξη που θα επιτρέψει την εκδήλωση του δυναμικού αυτού που αναλαμβάνει να το διαπεράσει.

Η αντιστήριξη αυτή ανάλογα με την ατομικότητα του φοιτητή μπορεί να πάρει τη μορφή είτε εξωτερικής επιβεβαίωσης και ενθάρρυνσης για περαιτέρω ανάπτυξη των εκτιμήσεων και αντιλήψεών του, είτε αντιπαράθεσης και αναζήτησης του δικού του «στίγματος» ως αυτόνομου ατόμου.

Η ενεργοποίηση αυτή του δυναμικού του φοιτητή στον τομέα των κατασκευών δεν μπορεί να γίνει με απλή ανάγνωση του βοηθήματος, όπως και ένας φορέας της κατασκευής δεν μπορεί να ενταθεί παρά μόνον αν κάποια σώματα λειτουργήσουν ως στήριξή του.

Προϋπόθεση, βέβαια, για την ένταση αυτή είναι η ύπαρξη φορτίου, δηλαδή της τάσης του φορέα για κίνηση, η οποία, εν προκειμένω, αντιστοιχεί στην πρόθεση του φοιτητή να ενταθεί.

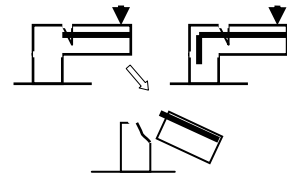
Το κλειδί του σχεδιασμού των φορέων (και όχι μόνον από σκυρόδεμα) δεν είναι, όπως σχολιάζεται στην ενότητα Α, παρά η συνάντηση δύο οπτικών, η

συνάντηση δύο γλωσσών, η μετάφραση από τη γλώσσα της στατικής στη γλώσσα της αντοχής των υλικών.

Με τον ίδιο τρόπο και το κλειδί της κατανόησης των βιβλίων και των βοηθημάτων σχετικά με το σχεδιασμό των κατασκευών από σκυρόδεμα, όπως και για οποιοδήποτε θέμα, βρίσκεται στη μετάφραση της γλώσσας των βιβλίων στην προσωπική γλώσσα κατανόησης του καθενός.

Η γλώσσα κατανόησης ως απόκριση των προδιαθέσεων και του πεδίου εμπειρίας κάθε ανθρώπου διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο εκφράζοντας την μοναδικότητά του

Για παράδειγμα, αν ο ρόλος των ράβδων του οπλισμού των φορέων συσχετισθεί με το ρόλο της κλωστής στο ράψιμο των σχισμών ενός υφάσματος, γίνεται προφανές ότι η ράβδος του οπλισμού στον πρόβολο που φαίνεται



στο σχήμα δεν μπορεί να κοπεί στη θέση που θα ανοίξει η ρωγμή του φορέα, όπως δεν μπορεί να κοπεί η κλωστή στη θέση της σχισμής, αλλά το ύφασμα πρέπει να ραφτεί και πέραν από τη θέση αυτή και γίνεται, επίσης, αντιληπτό γιατί τέτοια λάθη, τα οποία παρατηρούνται συχνά στις εξετάσεις, ισοδυναμούν με πλήρη αποτυχία του σχεδιασμού του φορέα κι ας προκύπτουν ορθά νούμερα από την αριθμητική εφαρμογή των σχέσεων σχεδιασμού για το πάχος της κλωστής-ράβδου.

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

« Όταν ο μεγάλος ιταλός φυσικός Ενρίκο Φέρμι μετανάστευσε στο Πανεπιστήμιο Κολούμπια της Νέας Υόρκης, συνήθιζε να θέτει ως πρώτη άσκηση στους φοιτητές του να του βρουν πόσοι... χορδιστές πιάνων υπάρχουν στην πόλη. Εκείνοι άρχιζαν τους μαθηματικούς υπολογισμούς (αριθμός κατοίκων, αριθμός πιθανών πιάνων ανά οικογένεια, χρόνος χορδίσματος, αριθμός χορδισμάτων ανά ημέρα, κ.λ.π.), έως ότου ο Φέρμι τους έφερνε έναν Χρυσό Οδηγό και τους έλεγε να τον ανοίξουν στο επάγγελμα χορδιστής πιάνου. Τι θέλω να πω με αυτό; Ότι εκείνο που μας λείπει πολύ συχνά είναι **να σκεφτόμαστε το κάθε πρόβλημα στη σωστή του κλίμακα**»

Συνέντευξη στα Νέα (9-5-2004) του Pierre-Gilles de Gennes

Μολονότι παρατίθενται και επεξηγούνται οι προβλεπόμενες στους κανονισμούς και τα ακαδημαϊκά εγχειρίδια «λύσεις ακριβείας», στο βοήθημα έχει επιχειρηθεί να αναδειχθούν οι παράγοντες καλού σχεδιασμού που αντιστοιχούν στις κατασκευές από σκυρόδεμα στην κλίμακα που τους αντιστοιχούν.

Είναι προφανές ότι τα υλικά, οι δοσολογίες και οι διαδικασίες επίβλεψης της καλής εκτέλεσης των κατασκευών αυτών δεν αντιστοιχούν στην κλίμακα παρασκευασμάτων από ζάχαρη άχνη, και ότι η υιοθέτηση ίδιων πρότυπων ακρίβειας για τις δύο περιπτώσεις δεν εξυπηρετεί τον ακριβέστερο, με την έννοια του ορθότερου, σχεδιασμό τους.

Επισημαίνεται ότι τα αριθμητικά αποτελέσματα των εφαρμογών που περιέχονται στο βοήθημα έχουν προκύψει με τη «με το μάτι» οικεία μέθοδο και ενδέχεται να αποκλίνουν κατά τι από τις ακριβείς αριθμητικές τιμές που προκύπτουν, αν κάνει κανείς τις πράξεις με μηχανικά μέσα.

Παρά τις διατυπωμένες ενστάσεις μερικών φοιτητών η ακριβέστερη αποκατάστασή τους δεν θεωρήθηκε αναγκαία, καθώς στη σημερινή εποχή με την ανάπτυξη των «υπολογιστικών πακέτων» ο μηχανικός έχει αποδεσμευτεί από τη μηχανική παραγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων, τα οποία, άλλωστε, όπως επανειλημμένα σχολιάζεται στο βοήθημα, από μόνα τους δεν αποτελούν βάση καλού σχεδιασμού των κατασκευών.

Παρακάτω συνοψίζονται οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους, όπως σχολιάστηκε παραπάνω, η μεγαλύτερη ακρίβεια στα αριθμητικά αποτελέσματα δεν σημαίνει ορθότερο σχεδιασμό.

➤ Οι Αποκλίσεις στην Ποσότητα του Οπλισμού και τις Γεωμετρικές Διαστάσεις των Δομικών Στοιχείων

Στους κανονισμούς οι συντάκτες τους απαιτούν ακρίβεια χιλιοστού για τις γεωμετρικές διαστάσεις των δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα.

Αν μετρήσει κανείς στην πράξη το πάχος μιας πλάκας από σκυρόδεμα με προδιαγραφόμενο πάχος π.χ. 160 mm θα πάρει τιμές κυμαινόμενες από θέση σε θέση

στην καλύτερη περίπτωση από 13 έως και 17 εκ, καθώς ούτε οι περιμετρικές σανίδες του καλουπώματος έχουν κοπεί και συναρμολογηθεί με μικρομετρικά όργανα, ούτε η διάσθρωση του σκυροδέματος έχει γίνει συνοδεία χωροβατών ή άλλων οργάνων ακριβείας.

Γι αυτό, το πραγματικό πάχος της πλάκας που αποτελεί βασικό μέγεθος της καμπτικής αντοχής της εμφανίζει σημαντική απόκλιση από την τιμή που θα ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς.

Ομοίως, η ποσότητα του οπλισμού που θα προκύψει από την αριθμητική εφαρμογή ενός τύπου δεν είναι αυτή η οποία και θα τοποθετηθεί στην πράξη, καθώς ο οπλισμός διατίθεται σε τυποποιημένες διαμέτρους και δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί κλάσμα μιας ράβδου.

Αν, για παράδειγμα, προκύψει από τον υπολογισμό εμβαδόν του οπλισμού ίσο με $6,953 \text{ cm}^2$ θα τοποθετηθούν τέσσερις ράβδοι με διάμετρο 16 mm οι οποίες αντιστοιχούν σε εμβαδόν οπλισμού 8 cm^2 .

➤ Οι Αποκλίσεις των Αντοχών των Επί Μέρους Υλικών

Η συμβατική (συμφωνημένη) αντοχή του σκυροδέματος η οποία υπεισέρχεται στις σχέσεις υπολογισμού των αντοχών των φορέων απέχει σημαντικά από την πραγματική αντοχή του σκυροδέματος του φορέα.

Για παράδειγμα, ενώ η συμβατική αντοχή του σκυροδέματος μετρείται σε 28 ημέρες, τα φορτία για τα οποία σχεδιάζεται ο φορέας δρουν όταν θα χρησιμοποιηθεί η κατασκευή σε ένα ή και περισσότερα χρόνια μετά τη σκυροδέτησή της.

Το σκυρόδεμα θα έχει τότε σημαντικά μεγαλύτερη αντοχή από τη συμβατική (ιδιαίτερα το σκυρόδεμα με ελληνικό τσιμέντο στο οποίο η ποζουλάνη που περιέχει καθυστερεί το ρυθμό ανάπτυξης της αντοχής του).

Η αντοχή δε του χάλυβα ποιότητας S500 η οποία για τον υπολογισμό των αντοχών των φορέων τίθεται ίση με 500 MPa έχει επανειλημμένα μετρηθεί στο εργαστήριο, στα πλαίσια διπλωματικών εργασιών, να κυμαίνεται μεταξύ 520 και 890 MPa, ανάλογα με τη χώρα προέλευσης και την εταιρεία παραγωγής.

➤ Οι Αποκλίσεις από τις Παραδοχές για τον Υπολογισμό των Αντοχών των Φορέων

Ο υπολογισμός των αντοχών των φορέων από σκυρόδεμα βασίζεται σε πλήθος παραδοχών, κάποιες από τις οποίες είναι προφανές ότι απέχουν σημαντικά από την πραγματικότητα, όπως, για παράδειγμα, η παραδοχή ότι οι διατομές των φορέων παραμένουν επίπεδες ακόμη και κατά την αστοχία τους, ή ότι υπάρχει πλήρης συνάφεια μεταξύ των ράβδων του οπλισμού και του σκυροδέματος στις κρίσιμες διατομές του φορέα στις οποίες, όμως, έχουν ανοίξει

ρωγμές και, προφανώς, έχει καταστραφεί η συνάφεια των δύο υλικών, κ.ά.

➤ Οι Αποκλίσεις από τις Παραδοχές για τον Υπολογισμό των Δράσεων των Φορέων

Για τον υπολογισμό των δράσεων κατά το σχεδιασμό των φορέων εντοπίζεται το στατικό σύστημα του φορέα και ακολουθεί η στατική επίλυση.

Κατά τον εντοπισμό του στατικού συστήματος γίνεται η παραδοχή ότι οι ακραίες στηρίξεις των φορέων είναι απόλυτες αρθρώσεις ή πακτώσεις και ότι οι στηρίξεις είναι ακλόνητες.

Στην πράξη, όμως, οι στηρίξεις είναι, εν γένει, μερικές πακτώσεις και υποχωρούσες, ιδιαίτερα οι στηρίξεις επί δοκών, καθώς και οι δοκοί εμφανίζουν βέλος.

Κατά τη στατική επίλυση ευθύγραμμων φορέων ο κεντροβαρικός τους άξονας, ο οποίος αποτελεί και τον άξονα αναφοράς των στατικών μεγεθών, θεωρείται ευθύγραμμος και η ροπή αδρανείας του φορέα, η οποία λαμβάνεται υπόψη κατά την επίλυση συνεχών φορέων, θεωρείται σταθερή κατά μήκος των ανοιγμάτων του.

Η εντεινόμενη, όμως, διατομή του φορέα κατά μήκος του δεν είναι ίδια και, γι αυτό, και ο κεντροβαρικός του άξονας δεν είναι ευθύγραμμος, ούτε η ροπή αδρανείας του είναι σταθερή κατά μήκος του.

Στις θέσεις κατά μήκος ενός καμπτόμενου φορέα στις οποίες εμφανίζονται οι καμπτικές ρωγμές η εντεινόμενη διατομή του φορέα περιορίζεται σ' αυτήν της θλιβόμενης ζώνης του φορέα και του εφελκυσμένου οπλισμού και το κέντρο βάρους της και η ροπή αδρανείας της διαφέρουν απ' αυτά των μη ρηγματωμένων διατομών του φορέα.

Στην περίπτωση δε των πλακοδοκών το συνεργαζόμενο πλάτος τους μεταβάλλεται κατά μήκος του φορέα, μηδενιζόμενο σχεδόν στην περιοχή των στηρίξεων και ο κεντροβαρικός άξονάς τους αποκλίνει σημαντικά από την ευθυγραμμία, η δε ροπή αδρανείας τους μεταβάλλεται σημαντικά κατά μήκος τους.

Οι δε μέθοδοι των τυπικών στατικών επιλύσεων βασίζονται στην παραδοχή ότι οι φορείς συμπεριφέρονται ελαστικά και, γι αυτό, είναι ακριβείς για φορείς με ελαστική συμπεριφορά, αλλά όχι για φορείς από οπλισμένο σκυρόδεμα οι οποίοι έχουν έντονα ελαστοπλαστική συμπεριφορά.