

Πρότυπα αριθμητικά παραδείγματα διαστασιολόγησης των κατασκευών για την ορθή εφαρμογή των κανονισμών και τον έλεγχο του τεχνικού λογισμικού

Structural design numerical examples for the proper implementation of seismic codes and the validation of technical software

Αναστάσιος ΣΕΞΤΟΣ¹, Γεώργιος ΝΑΣΙΟΠΟΥΛΟΣ², Κωνσταντίνος ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ³,
Ιωάννης ΑΒΡΑΜΙΔΗΣ⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η επέκταση των πρότυπων δοκιμαστικών παραδειγμάτων ανάλυσης κτιρίων που έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα (Αβραμίδης και συνεργάτες, 2001, Αβραμίδης και Μορφίδης, 2003) με σκοπό (α) τον έλεγχο της αξιοπιστίας του διαθέσιμου στην Ελλάδα τεχνικού λογισμικού και β) τον αυτοέλεγχο του χρήστη - μηχανικού ως προς την ορθή αξιοποίηση και χρήση του λογισμικού αυτού, ώστε να παρέχονται στους μελετητές και τα αντίστοιχα αποτελέσματα σε επίπεδο διαστασιολόγησης για χαρακτηριστικά δομικά στοιχεία. Στο πλαίσιο αυτό σε πρώτη φάση επιλέχθηκαν τέσσερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα κτιρίων για τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά ενδεικτικοί ξυλότυποι, ενώ το σύνολο των αναλυτικών υπολογισμών διαστασιολόγησης και των αντίστοιχων ξυλοτύπων είναι διαθέσιμο μέσα από ειδικά διαμορφωμένο δικτυακό τόπο. Η διαδικασία εμπλουτισμού των πρότυπων δοκιμαστικών παραδειγμάτων με αποτελέσματα διαστασιολόγησης βρίσκεται σε εξέλιξη όμως εκτιμάται ότι η μελλοντική ολοκλήρωση της θα αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο τόσο για τους μελετητές μηχανικούς όσο και για τους οίκους τεχνικού λογισμικού.

ABSTRACT: The scope of this paper is to extend the set of prototype analysis examples that have been developed recently (Avramidis et al., 2001, Avramidis and Morfidis, 2003) as a means to: (a) enhance the reliability of the structural analysis and design software currently available in Greece and (b) act as a self-improvement tool for the practicing engineer, in order to provide (apart for the analysis results) the design drawings related to the particular reference buildings studies. Along these lines, four structures have been adopted for study and the subsequent design results are presented herein, whereas the complete calculations and drawings are made available at a specialized website. It is considered that the extension of the analysis results (upon completion) be a valuable tool in the hands of both the designers and the software development houses in Greece.

¹ Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, e-mail: asextos@civil.auth.gr

² Τελείοφοιτος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

³ Τελείοφοιτος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

⁴ Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, e-mail: avram@civil.auth.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γενικευμένη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικού τεχνικού λογισμικού για τη μελέτη κατασκευών επέτρεψε την ταχύτερη εκτέλεση των απαιτούμενων από τους σύγχρονους κανονισμούς σύνθετων υπολογισμών διευκολύνοντας σημαντικά τους μηχανικούς - μελετητές στην ανάλυση και εν τέλει κατασκευή σύνθετων φορέων. Παράλληλα, όμως με την εξέλιξη του λογισμικού, ανέκυψε το ζήτημα της ελεγχιμότητας του από άποψη ορθότητας και εν γένει αξιοπιστίας καθώς η πολυπαραμετρικότητα του προβλήματος ενός τέτοιου ελέγχου, η ποικιλομορφία των σύγχρονων φορέων, και οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων σε ό,τι αφορά τις παραδοχές αλλά και τη δομή τους, καθιστούν δυσχερή τη διατύπωση γενικευμένων ελέγχων αποτίμησης αξιοπιστίας. Το ζήτημα αυτό έχει υπήρχε (και υφίσταται ακόμη) όχι μόνον στον ελληνικό χώρο, αλλά και σε πολλά άλλα προηγμένα κράτη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 οπότε και δόθηκε η δυνατότητα επιτέλεσης στατικών υπολογισμών με τη χρήση προσωπικών Η/Υ (βλ. ενδεικτικά Pixley and Ridlon 1984, Melosh and Utku 1988, Szilard 1993). Στη χώρα μας το θέμα αυτό έχει τεθεί και συζητηθεί στο παρελθόν επανειλημμένως σε όργανα του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας και των παραρτημάτων του, του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και του Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδας. Η πρώτη (και μοναδική μέχρι πρόσφατα) προσπάθεια αντιμετώπισής του έγινε το 1990 από το ΤΕΕ με την σύσταση Ομάδας Εργασίας που είχε ως αντικείμενο αφενός την καταγραφή των τότε κυκλοφορούντων επαγγελματικών προγραμμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης κατασκευών και αφετέρου την εκπόνηση δοκιμαστικών προβλημάτων με την βοήθεια των οποίων θα μπορούσε να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό η ορθότητα των στατικών αναλύσεων. Τα αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής κατατέθηκαν σε σχετικές εκθέσεις (Αβραμίδης, Βαχλιώτης et al. 1990α και 1990β) και παρουσιάστηκαν σε τρεις ημερίδες (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λευκωσία) με παράλληλες σχετικές εισηγήσεις επί του θέματος (Βαγγελάτου 1992, Παλασσόπουλος 1992). Η αίσθηση του 'μαύρου κουτιού', την οποία αποκόμιζε σχεδόν κάθε μελετητής από την χρήση του προγράμματος που χρησιμοποιούσε, παρέμεινε αμετάβλητη. Η δυσφορία των μελετητών εκφράσθηκε μεταξύ άλλων ακόμη και με σκωπτικά άρθρα στον ημερήσιο τύπο (βλ. π.χ. Καπράνος 1999). Κατά τη δεκαετία του 1990 οι ουσιαστικές αλλαγές που επέβαλαν στις μελέτες οι εκσυγχρονισμένοι δομικοί κανονισμοί και η παράλληλη ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών οδήγησαν σε μία δραματική αύξηση της πολυπλοκότητας των επαγγελματικών προγραμμάτων. Άμεσο αποτέλεσμα ήταν η αξιοπιστία του τεχνικού λογισμικού να παραμείνει ανεξιχνίαστη ακόμη και σήμερα όπου το ζήτημα έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης ειδικής Μόνιμης Επιτροπής του ΥΠΕΧΩΔΕ από τις εργασίες της οποίας διαπιστώνεται (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2003α):

- α) *"Η ανυπαρξία κριτηρίων διαπίστωσης της αξιοπιστίας των κυκλοφορούντων στην Ελλάδα προγραμμάτων Η.Υ., καθώς και της πληρότητας των ελέγχων που πραγματοποιούν, σύμφωνα με τις θεσμοθετημένες διατάξεις των δομικών κανονισμών".*
- β) *"Η ανάγκη ύπαρξης κριτηρίων και τρόπων ελέγχου ως προς την ορθότητα και επάρκεια των χρησιμοποιούμενων στη Μελέτη προσομοιωμάτων του κτιρίου που μελετάται".*
- γ) *"Η ανάγκη υπόδειξης τρόπων ελέγχου από τους χρήστες ως προς την ορθή χρήση του κάθε προγράμματος για την αποφυγή λαθών".*
- δ) *"Ο καθορισμός τρόπου παρουσίασης των μελετών Φ.Ο. που συντάσσονται με προγράμματα Η.Υ., ώστε οι μελέτες αυτές να είναι εύχρηστες και προσιτές για κάθε χρήση της (επιβλέποντα, μελετητή μηχανικό μελλοντικών ορόφων κ.λπ.) ή ελέγχοντα, και επίσης να είναι φανερό και ευδιάκριτο το ότι έχουν συνταχθεί σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις και κανονισμούς".*

Στο πλαίσιο της αντιμετώπισης του σημαντικού αυτού ζητήματος, μεταξύ άλλων δράσεων, έχει αναπτυχθεί πρόσφατα (Αβραμίδης και συνεργάτες, 2001, Αβραμίδης και Μορφίδης, 2003) μια σειρά έγκυρων δοκιμαστικών παραδειγμάτων με σκοπό (α) τον έλεγχο της αξιοπιστίας του διαθέσιμου στην Ελλάδα τεχνικού λογισμικού και β) τον αυτοέλεγχο του χρήστη - μηχανικού σε ό,τι αφορά την ορθή αξιοποίηση και χρήση του λογισμικού αυτού. Με τη χρήση των εν λόγω δοκιμαστικών παραδειγμάτων, ο μελετητής μηχανικός διαθέτει σήμερα μια σειρά εργαλείων ελέγχου των βασικών σημείων της προσομοίωσης και της ανάλυσης της υπό μελέτη κατασκευής. Από την άλλη, στο σύνολό τους τα πρότυπα αυτά αριθμητικά παραδείγματα συνιστούν ουσιαστικά οιονεί (ελάχιστες) προδιαγραφές που οφείλουν να ικανοποιούν τα χρησιμοποιούμενα στην πράξη προγράμματα ανάλυσης και διαστασιολόγησης κτιριακών έργων. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επιχειρείται η επέκταση των αναπτυχθέντων παραδειγμάτων προκειμένου να διατίθεται πλέον στον μελετητή μηχανικό, εκτός από τα αποτελέσματα της ανάλυσης των υπό εξέταση φορέων, και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αφορούν στην τελική διαστασιολόγηση και κατασκευαστική διαμόρφωση του συνόλου των δομικών στοιχείων της κατασκευής (δοκών, υποστυλωμάτων, πλακών, τοιχωμάτων και θεμελίωσης). Εκτιμάται ότι η ανάπτυξη ολοκληρωμένων παραδειγμάτων που να καλύπτουν τόσο τα αναμενόμενα αποτελέσματα της ανάλυσης όσο και της διαστασιολόγησης, θα αποτελέσει ουσιαστικό βοήθημα για την ορθότερη εφαρμογή των σύγχρονων κανονισμών (ΕΑΚ2000, ΕΚΩΣ2000 και Ευρωκώδικα 8 και 2 αντίστοιχα) από τους μελετητές αλλά και χρήσιμο εργαλείο βελτίωσης για τους οίκους τεχνικού λογισμικού.

ΠΗΓΕΣ ΛΑΘΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η μελέτη του Φέροντος Οργανισμού ενός κτιρίου και εν γένει μιας κατασκευής αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία όπου ο μελετητής και τα υπολογιστικά εργαλεία αλληλεπιδρούν σε όλα τα στάδια με τρόπο δυναμικό και πολύπλοκο, με αποτέλεσμα να ελοχεύει ισομερώς, σε κάθε ένα από αυτά, ο κίνδυνος υπολογιστικών σφαλμάτων. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων της μελέτης είναι απαραίτητη η διασφάλιση της αξιοπιστίας όλων ανεξαιρέτως των φάσεων αυτής καθώς σε οποιοδήποτε σημείο παρεισφρήσει αριθμητικό ή λογικό σφάλμα, είναι δυνατό να εκτρέψει ανεπανόρθωτα τα αποτελέσματα τόσο της ανάλυσης όσο και του σχεδιασμού της κατασκευής. Η απαίτηση ορθής ολοκλήρωσης των επιμέρους φάσεων της μελέτης αποτυπώνεται σχηματικά στο **Σχήμα 1**. Αν και είναι ασφαλώς δυνατή η διακοπή της συνέχειας της λογικής αυτής αλυσίδας σε περισσότερα από ένα σημεία, οι συνηθέστερες περιπτώσεις εισαγωγής σφαλμάτων στο σύστημα είναι:

- α) η εξ' αρχής εσφαλμένη αντίληψη του μελετητή για το υπό επίλυση πρόβλημα ή/και η ελλιπής θεωρητική του κατάρτιση.
- β) η εισαγωγή εσφαλμένων δεδομένων εισόδου (γεωμετρία, μηχανικές ιδιότητες υλικών, φορτιστικές καταστάσεις κλπ) κατά την έναρξη της υπολογιστικής διαδικασίας εξαιτίας είτε εκ παραδρομής λανθασμένης πληκτρολόγησης είτε λόγω μη ρεαλιστικής πληροφόρησης, υπολογισμού ή εκτίμησης των αντίστοιχων αρχικών δεδομένων.
- γ) η λανθασμένη προσομοίωση του φυσικού προβλήματος λόγω άγνοιας χρήσης του προγράμματος, ή παρανόησης των παραδοχών που κάνει το πρόγραμμα ιδιαίτερα όταν αυτές δε δηλώνονται ρητά, ή λόγω ελλειπών υποβάθρου του μελετητή σε ζητήματα αριθμητικής προσομοίωσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.
- δ) η πιθανή εσφαλμένη λειτουργία του ίδιου του προγράμματος εξαιτίας κακής μεταγλώττισης των (ορθών) ενεργειών του χρήστη ή εγγενούς υπολογιστικού σφάλματος (επισημαίνονται

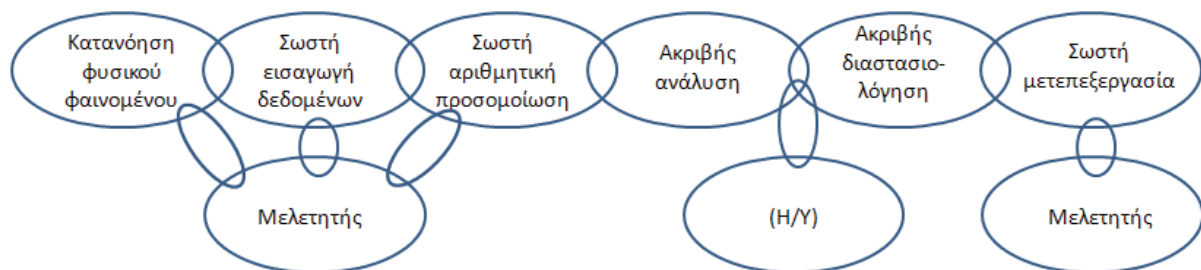
προς επίρρωση της πιθανότητας αυτής, οι παρατηρηθείσες ασυμβατότητες μεταξύ διαφορετικών προγραμμάτων ή ακόμη και ανάμεσα σε διαφορετικές εκδόσεις του ίδιου προγράμματος)

- ε) η λανθασμένη αξιοποίηση από μέρος του τεχνικού λογισμικού των (ορθών) αποτελεσμάτων της αριθμητικής ανάλυσης που έχει προηγηθεί για τη διαστασιολόγηση και τον συνακόλουθο υπολογισμό (και σχεδίαση) των κανόνων μόρφωσης (detailing) των δομικών στοιχείων.
- στ) η παρανόηση από μέρος του χρήστη των (ορθών) αποτελεσμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης κατά τη μετεπεξεργασία (post-processing) και ερμηνεία αυτών.

Είναι φανερό ότι οι ανωτέρω πηγές δυνητικού σφάλματος συναρτώνται και με την αντίστοιχη αβεβαιότητα του σχεδιασμού στο σύνολό του, η οποία μάλιστα είναι δυνατό να επιμεριστεί και να ποσοτικοποιηθεί (Bulleit, 2008). Σε κάθε περίπτωση οι επιπτώσεις της διάσπασης της αλυσίδας αξιοπιστίας της ανάλυσης και διαστασιολόγησης δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν α-priori ούτε από άποψη ασφάλειας ούτε ως προς το συναρτώμενο κόστος. Σε γενικές γραμμές αυτό που μπορεί να ειπωθεί είναι πως η πολυπλοκότητα ή η ιδιαιτερότητα του υπό μελέτη φορέα (από άποψη μεγέθους, στατικού συστήματος, σεισμικής διακινδύνευσης, εδαφικών συνθηκών) μεγενθύνει τις πιθανότητες εισαγωγής σφάλματος στη μελέτη πολλαπλασιάζοντας έτσι τη σχετική αβεβαιότητα του σχεδιασμού. Συνήθεις περιπτώσεις που επιτείνουν την πολυπλοκότητα της ανάλυσης και (ιδιαίτερα) της διαστασιολόγησης έχουν σταχυολογηθεί από την προαναφερθείσα Μόνιμη Επιτροπή (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2003β) και συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Στηρίξεις δοκού επί δοκού (έμμεσες στηρίξεις).
- Στηρίξεις υποστυλωμάτων επί δοκού (φυτευτά υποστυλώματα)
- Εσοχές στους πάνω ορόφους (ρετιρέ).
- Εσοχές στο ισόγειο (πατάρια).
- Ανισοϋψείς ορόφους (δύο ή περισσότερες στάθμες πλακών στον ίδιο όροφο).
- Κεκλιμένες στέγες
- Έκκεντρα πέδιλα, ανισοσταθμίες θεμελιώσεως, μεικτές θεμελιώσεις σε πέδιλα και πεδילוδοκούς, θεμελιώσεις σε εσχάρα πεδילוδοκών
- Αλληλεπίδραση θεμελιώσεως και ανωδομής.

Στις ανωτέρω περιπτώσεις προστίθενται και τα ζητήματα προσομοίωσης των αντισεισμικών τοιχωμάτων και των πυρήνων ανελκυστήρων που σε αρκετές περιπτώσεις δε μπορούν να προσομοιωθούν ικανοποιητικά με απλά ραβδόμορφα στοιχεία καθώς και προσομοίωσης των τυχόν περιμετρικών τοιχωμάτων του υπογείου, των κλιμακοστασίων ή ανεπαρκούς διαφραγματικής λειτουργίας.



Σχήμα 1. Λογική αλυσίδα διαδοχικών φάσεων μελέτης Φ.Ο.

Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί ότι και το είδος της ανάλυσης που επιτελείται κάθε φορά (ισοδύναμη στατική, δυναμική φασματική, δυναμική ανάλυση χρονοϊστορίας, μη-γραμμική στατική, μη-γραμμική δυναμική στο πεδίο του χρόνου) επαυξάνει ανάλογα την πιθανότητα σφάλματος και καθιστά επιτακτική την επιτέλεση ενδεδειγμένων ελέγχων. Βέβαια, από μια άποψη θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ένας περισσότερο πολύπλοκος φορέας (και συνακόλουθα μιας σύνθετη προσέγγιση ανάλυσης και διαστασιολόγησης) μελετάται και υλοποιείται συνήθως από έμπειρες ομάδες μελέτης με τη χρήση του πλέον σύγχρονου λογισμικού, γεγονός που σε ένα βαθμό αμβλύνει τις ανωτέρω αβεβαιότητες. Παρόλα αυτά όμως, η ύπαρξη αστοχιών σε μεγάλα, σύγχρονα και ιδιαίτερα προβλεβημένα έργα (για παράδειγμα η κατάρρευση στο Terminal 2^E στο αεροδρόμιο Charles de Gaulle στη Γαλλία ή τα λειτουργικά προβλήματα της London Millennium Footbridge) καταδεικνύουν ότι το αριθμητικό ή λογικό λάθος ελλοχεύει σε κάθε περίπτωση, ανεξαρτήτως σχήματος μελέτης.

Επιπρόσθετα, ακόμη και σε συμβατικές κτιριακές κατασκευές τα σφάλματα δεν είναι άμεσα ανιχνεύσιμα καθώς (α) είναι δυνατόν να παραλείπονται στην εκτύπωση πολλά ή και όλα τα ενδιάμεσα στάδια των υπολογισμών, (β) δεν είναι απίθανο ο συντάκτης της μελέτης να επέμβει στην εκτύπωση των αποτελεσμάτων του προγράμματος και να τροποποιήσει αυτά κατά το δοκούν, χωρίς να είναι πρακτικά δυνατόν να εντοπιστούν αυτές οι παρεμβάσεις κατά τον έλεγχο της μελέτης, (γ) ένα συστηματικό λάθος σε επίπεδο προγραμματισμού μπορεί να παρατηρηθεί μόνο εμμέσως με βάση τα τελικά αποτελέσματα και ως εκ τούτου προϋποθέτει μακρά εμπειρία αλλά και παραμετρική προσέγγιση του προβλήματος και (δ) ο μεγάλος όγκος των παραγόμενων αποτελεσμάτων αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα ώστε ο ελεγκτής μηχανικός να υπεισέλθει και σε ζητήματα ενδιάμεσων υπολογισμών.

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Με βάση όλα τα παραπάνω και όπως ήδη προαναφέρθηκε, κρίθηκε σκόπιμη η ανάπτυξη ορισμένων πρότυπων παραδειγμάτων με τη χρηματοδότηση του ΟΑΣΠ (Ε.Υ. Ι. Αβραμίδης) μέσω των οποίων επιδιώχθηκε η δημιουργία 'εργαλείων αναφοράς' σύμφωνα με τις επιταγές του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ/2000. Με τη βοήθεια των παραδειγμάτων αυτών κατέστη δυνατό ακόμη και μη-πτεπειραμένοι χρήστες προγραμμάτων να ελέγξουν την ορθότητα και την αξιοπιστία του χρησιμοποιούμενων τεχνικού λογισμικού σε ικανοποιητικό βαθμό. Από την άλλη τα εν λόγω παραδείγματα ανάλυσης αποτελούν πλέον ένα σημαντικό βοήθημα για τη βελτίωση του ίδιου του λογισμικού αλλά και την απαρχή θεσμικής θωράκισης του πλαισίου εκπόνησης μελετών καθώς τα παραδείγματα αυτά είναι κοινά για όλους τους οίκους λογισμικού και ως εκ τούτου μπορούν να θεωρηθούν οπωσδήποτε ελάχιστες απαιτήσεις συμφωνίας των προγραμμάτων μεταξύ τους. Τα πρότυπα παραδείγματα που αναπτύχθηκαν και τα οποία εξ' αντικειμένου περιγράφονται διεξοδικά αλλού (Αβραμίδης και συνεργάτες, 2001, Αβραμίδης και Μορφίδης, 2003) είναι κατά κανόνα απλής μορφής προκειμένου να περιορισθεί ο όγκος εισαγομένων στοιχείων στον Η/Υ (ανεξαρτήτως προγράμματος που ελέγχεται), να αποφευχθούν προβλήματα ή ασάφειες εξαιτίας της κλίμακας του προβλήματος, να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα προσομοίωσης του δεδομένου φορέα, και να διατηρείται σε κάποιο βαθμό η δυνατότητα εποπτικού ελέγχου. Το σύνολο των αναπτυχθέντων πρότυπων παραδειγμάτων συνοψίζεται στον **Πίνακα 1**.

Πίνακας 1. Πρότυπα παραδείγματα ανάλυσης για τον έλεγχο του τεχνικού λογισμικού

Παράδειγμα 1	Μονώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία - Μόνον ανωδομή
Παράδειγμα 2	Τριώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία - Μόνον ανωδομή
Παράδειγμα 3	Πενταώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία - Μόνον ανωδομή
Παράδειγμα 4	Τριώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία - Ανωδομή & θεμελίωση
Παράδειγμα 5	Πενταώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία - Ανωδομή & θεμελίωση
Παράδειγμα 6	Μονώροφος πλαισιακός φορέας με διπλή συμμετρία
Παράδειγμα 6α " - Με μεταφορικές μάζες στους κόμβους
Παράδειγμα 7	Τριώροφος πλαισιακός φορέας με διπλή συμμετρία
Παράδειγμα 7α " - Με μεταφορικές μάζες στους κόμβους
Παράδειγμα 8	Πενταώροφος πλαισιακός φορέας με διπλή συμμετρία
Παράδειγμα 8α " - Με μεταφορικές μάζες στους κόμβους
Παράδειγμα 9	Πενταώροφος μικτός φορέας με διαγώνια συμμετρία - Με 1 γωνιαίο τοίχωμα
Παράδειγμα 10	Πενταώροφος μικτός φορέας με διαγώνια συμμετρία - Με 2 περιμετρικά τοιχώμ.
Παράδειγμα 11	Πενταώροφος μικτός φορέας με απλή συμμετρία - Με 1 περιμετρικό τοίχωμα
Παράδειγμα 12	Μονώροφος πλαισιακός φορέας με απλή συμμετρία - Μη παράλληλη διάταξη
Παράδειγμα 12α " - Με μεταφορικές μάζες $m_i=M/4$ στους 4 κόμβους
Παράδειγμα 12β " - Με μεταφορικές μάζες $m_i=N_i/g$ στους 4 κόμβους
Παράδειγμα 12γ " - Με μεταφορικές μάζες σε 25 κόμβους
Παράδειγμα 13	Πενταώροφος φορέας με έκκεντρο πυρήνα - Παραλλαγές προσομοίωσης
Παράδειγμα 13α	Προσομοίωση πυρήνα με 3 ισοδύναμους στύλους
Παράδειγμα 13β	Προσομοίωση πυρήνα με 1 ισοδύναμο στύλο
Παράδειγμα 13γ	Προσομοίωση πυρήνα με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία
Παράδειγμα 14	Πενταώροφος μικτός φορέας με απλή συμμετρία - Στρεπτική ευαισθησία
Παράδειγμα 15	Τριώροφος φορέας με ασταθή διάταξη τοιχωμάτων - Εύστρεπτος φορέας
Παράδειγμα 16	Τριώροφος φορέας με εσοχή
Παράδειγμα 17	Τριώροφος φορέας με πατάρι
Παράδειγμα 18	Τριώροφος φορέας με κεκλιμμένη πλάκα
Παράδειγμα 19	Τριώροφος φορέας με κλιμακοστάσιο χωρίς περιμετρικά τοιχώματα
Παράδειγμα 20	Τριώροφος φορέας με φυτευτά υποστυλώματα - Κατακόρ. σεισμ. Συνιστώσα
Παράδειγμα 21	Κανονικός τριώροφος φορέας με ασύμμετρη, μη παράλληλη διάταξη στύλων/τοιχωμάτων/πυρήνα
Παράδειγμα 22	Μη κανονικός πενταώροφος φορέας με ασύμμετρη, μη παράλληλη διάταξη στύλων/τοιχωμάτων/πυρήνα

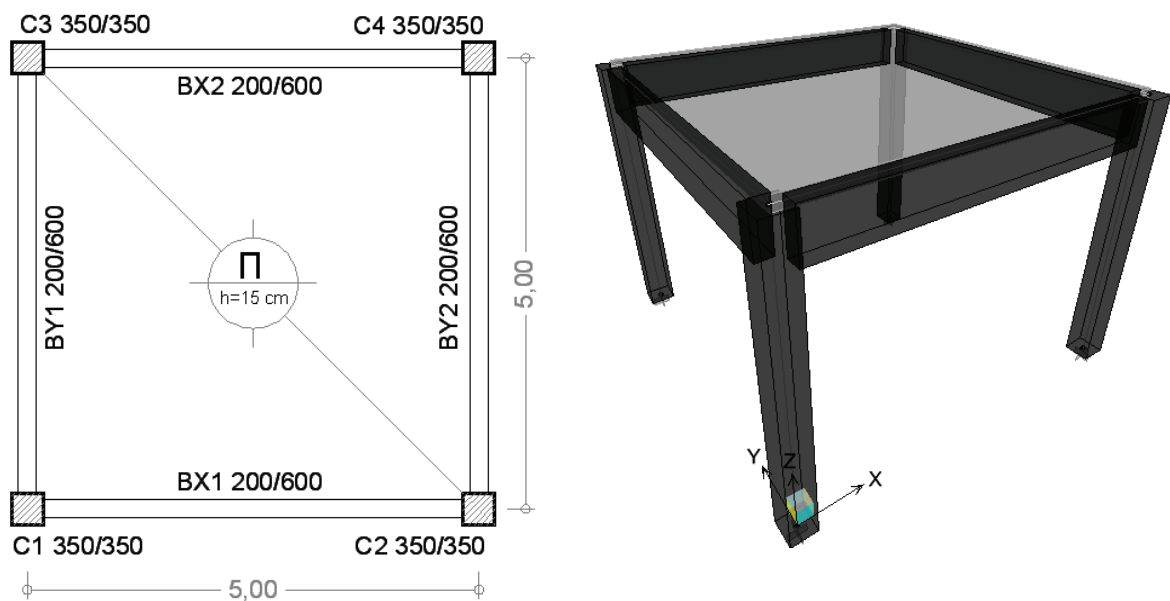
ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παρά την χρησιμότητα των ανωτέρω 32 παραδειγμάτων αναφοράς, η δυνατότητα συγκρίσεων και ελέγχων με το εκάστοτε λογισμικό που χρησιμοποιείται από το μελετητή αναπόφευκτα περιορίζεται σε επίπεδο αποκλειστικά ανάλυσης της κατασκευής. Προκειμένου συνεπώς να καταστεί εφικτή η επέκταση του πλαισίου τεκμηρίωσης και σε ό,τι αφορά τη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων, επιχειρήθηκε η συμπλήρωση των δεδομένων των

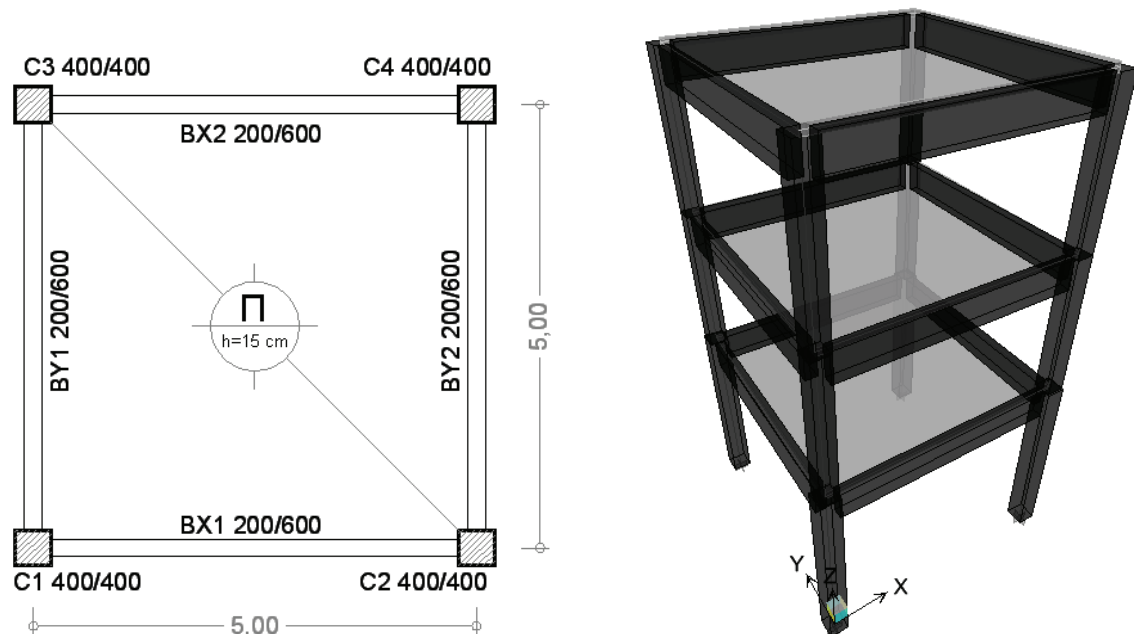
παραδειγμάτων αυτών με τους αντίστοιχους υπολογισμούς απαιτούμενου οπλισμού, χαρακτηριστικών κάθε φορά δομικών στοιχείων (υποστυλωμάτων, δοκών, τοιχωμάτων και πλακών). Η διαδικασία αυτή βρίσκεται σε εξέλιξη. Σε πρώτη φάση επιλέχθηκαν τέσσερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα του Πίνακα 1, εν προκειμένο:

- Παράδειγμα 1 : Μονώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία (Σχήμα 2)
- Παράδειγμα 2 : Τριώροφος πλαισιακός φορέας με τετραπλή συμμετρία (Σχήμα 3)
- Παράδειγμα 11 : Πενταώροφος μικτός φορέας με απλή συμμετρία (με ένα περιμετρικό τοίχωμα) (Σχήμα 4) και
- Παράδειγμα 13 : Πενταώροφος φορέας με έκκεντρο πυρήνα (Σχήμα 5)

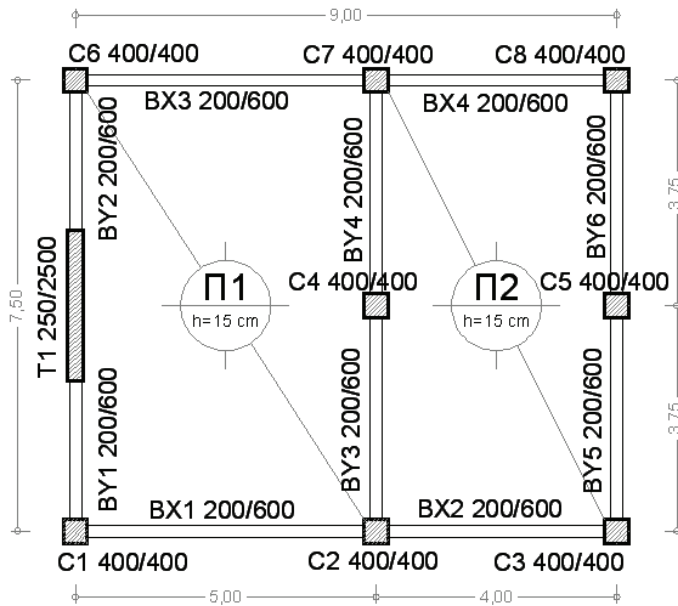
τα οποία εν τέλει διαστασιολογήθηκαν χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.



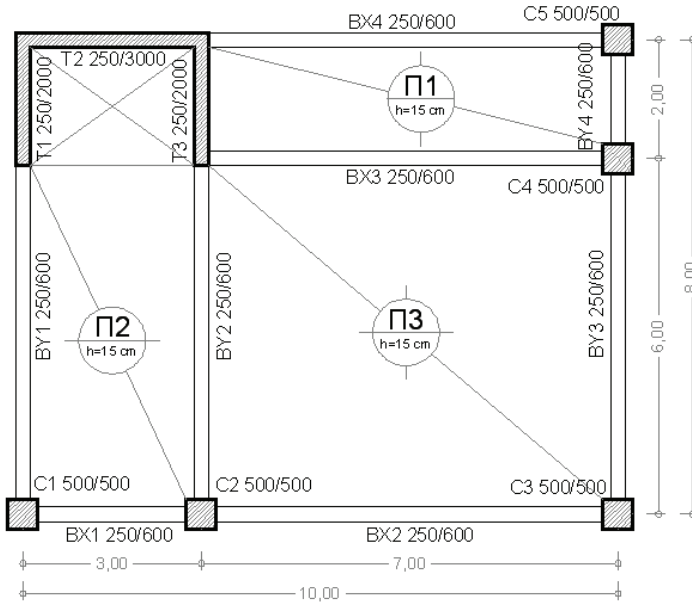
Σχήμα 2. Κάτοψη οροφής ισογείου και τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα (Παράδειγμα 1)



Σχήμα 3. Κάτοψη οροφής ισογείου και τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα (Παράδειγμα 2)



Σχήμα 4. Κάτοψη οροφής ισογείου και τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα (Παράδειγμα 11)



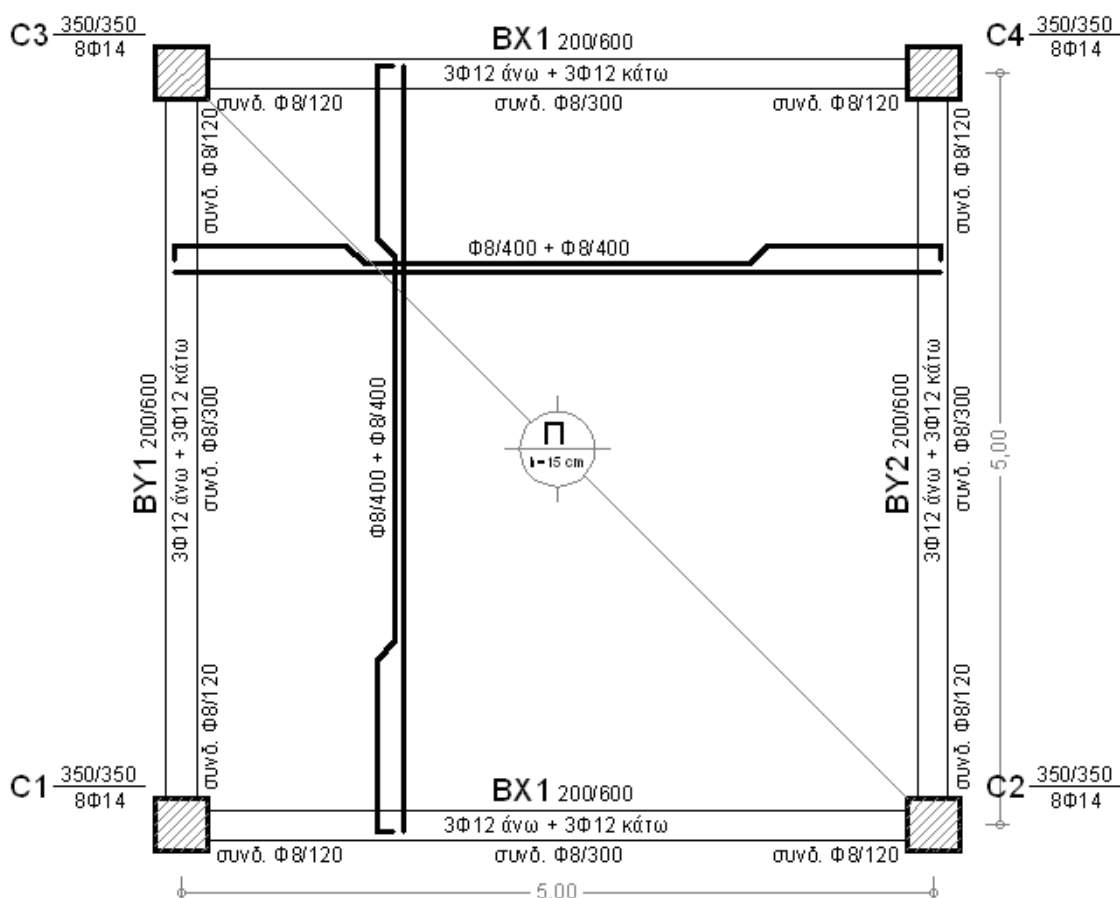
Σχήμα 5. Κάτοψη οροφής ισογείου και τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα (Παράδειγμα 13)

Κατά την ανάλυση των παραπάνω φορέων ελήφθησαν τα συνήθη φορτία του κανονισμού φορτίσεως δομικών έργων. Πιο συγκεκριμένα περιμετρικά θεωρήθηκε μπατική τοιχοποιία ($3,6 \text{ kN/m}^2$) ενώ τυχόν ανοίγματα στις τοιχοποιίες δεν ελήφθησαν υπόψη. Στο δώμα και σε όλη την περίμετρο θεωρήθηκε ότι υπάρχει στηθαίο από μπατική τοιχοποιία ύψους 1 m. Οι επιστρώσεις των δαπέδων ελήφθησαν από μάρμαρο βάρους $1,3 \text{ kN/m}^2$ ενώ το ωφέλιμο φορτίο (μεταβλητή δράση) ετέθη ίσο προς $Q = 2 \text{ kN/m}^2$. Όσον αφορά τα δεδομένα του φάσματος σχεδιασμού του EAK2000 για όλα τα παραδείγματα η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας θεωρήθηκε I ($A=0,16g$), ο συντελεστής συμπεριφοράς ίσος προς $\alpha = 3,5$, ο συντελεστής θεμελίωσης $\theta = 1$, η κατηγορία σπουδαιότητας Σ2 και το ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης ίσο προς $\zeta=5\%$. Η κατηγορία εδάφους θεωρήθηκε Γ για τα Παραδείγματα 1,2 και Α για τα παραδείγματα 11,13. Η προσομοίωση των φορέων έγινε σύμφωνα με τις διατάξεις των ΕΚΩΣ2000 και ΕΑΚ2000.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Πρότυπα Παραδείγματα 1 και 2

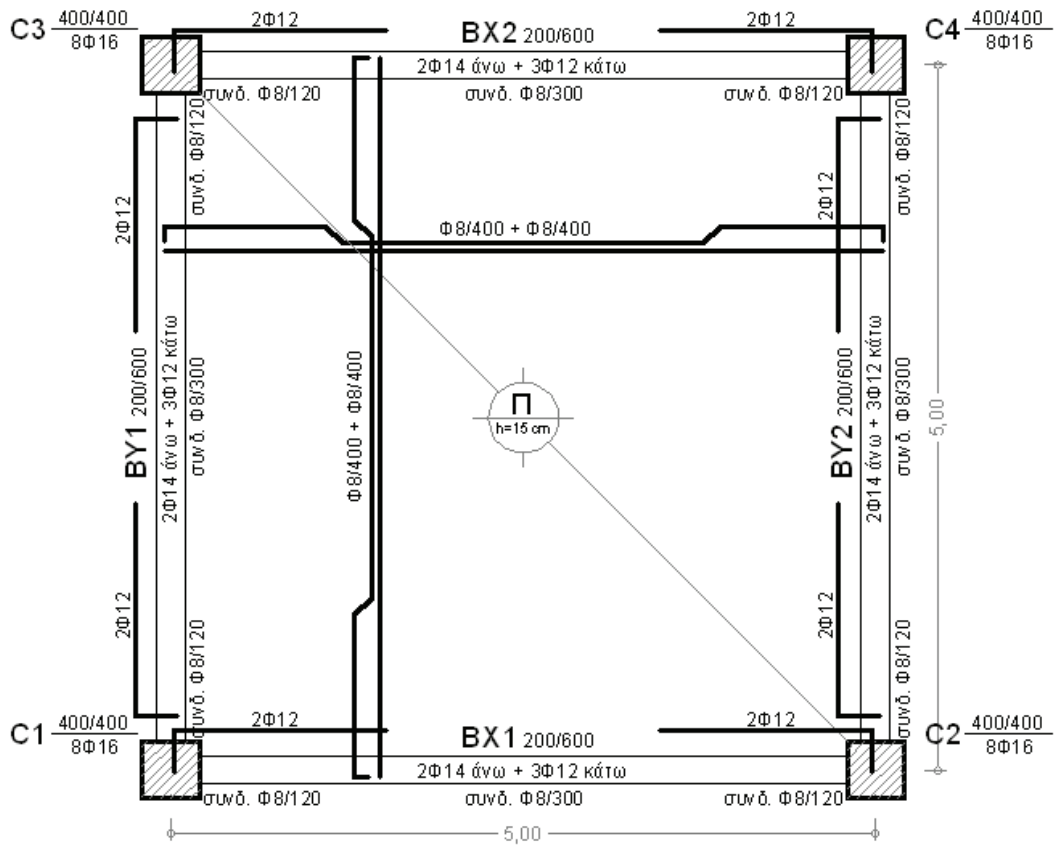
Διαστασιολογήθηκαν οι πλάκες, οι δοκοί και τα υποστυλώματα του ισογείου τόσο για τον συνδυασμό των κατακορύφων φορτίων ($1,35G + 1,5Q$) όσο και για τον σεισμικό συνδυασμό ($G + 0,3Q \pm E$). Για την διαστασιολόγηση των στύλων σε διαξονική κάμψη με αξονική δύναμη (M_x, M_y, N) ελήφθησαν οι πιθανές ταυτόχρονες τιμές των εντατικών μεγεθών για ταυτόχρονη δράση του σεισμού σε δύο κύριες διευθύνσεις (24 συνδυασμοί), ενώ έγιναν και όλοι οι απαιτούμενοι ικανοτικοί έλεγχοι όπως ορίζονται στον ΕΑΚ2000 (Σχήματα 6, 7).



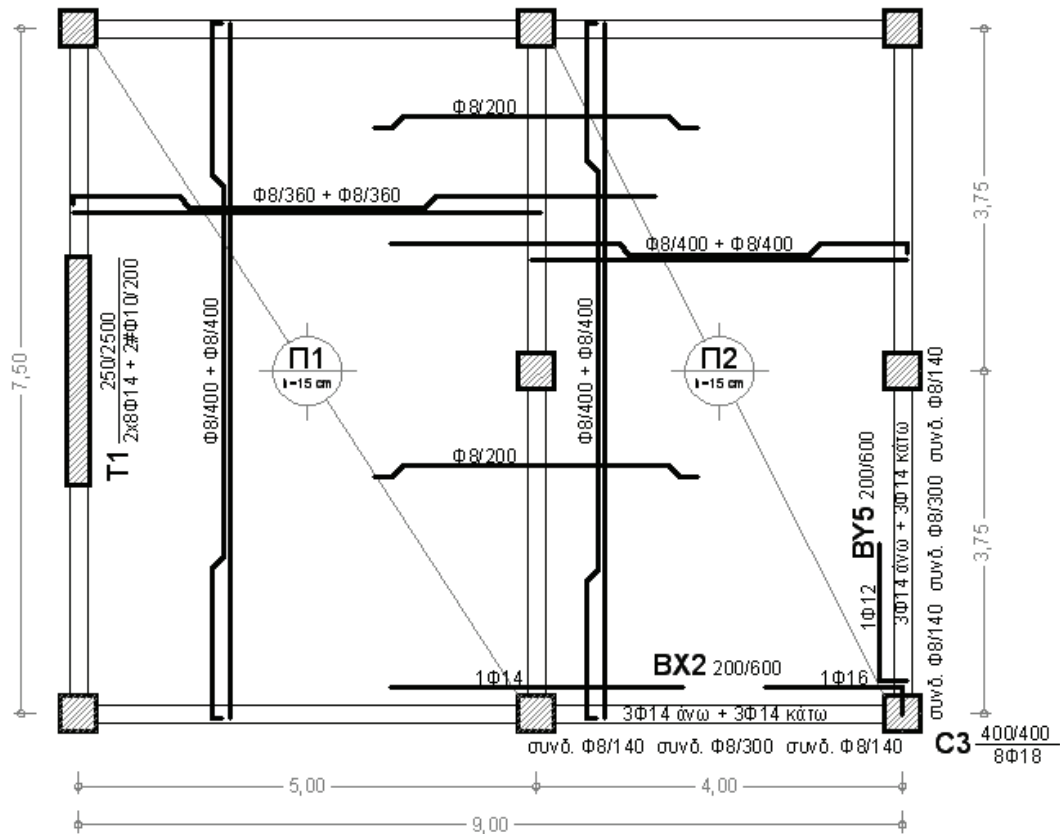
Σχήμα 6. Ξυλότυπος οροφής ισογείου Παραδείγματος 1.

Πρότυπο Παράδειγμα 11

Διαστασιολογήθηκαν οι πλάκες, ένας γωνιακός στύλος (C3) με τις συντρέχουσες δοκούς (BX2 και BY5) και το τοίχωμα (T1) τόσο για τον συνδυασμό των κατακορύφων φορτίων ($1,35G + 1,5Q$) όσο και για τον σεισμικό συνδυασμό ($G + 0,3Q \pm E$). Για την διαστασιολόγηση των υποστυλωμάτων σε διαξονική κάμψη με αξονική δύναμη (M_x, M_y, N) ελήφθησαν οι πιθανές ταυτόχρονες τιμές των εντατικών μεγεθών για ταυτόχρονη δράση του σεισμού σε δύο κύριες διευθύνσεις (24 συνδυασμοί), ενώ έγιναν και όλοι οι απαιτούμενοι ικανοτικοί έλεγχοι όπως ορίζονται στον ΕΑΚ2000 (Σχήμα 8).



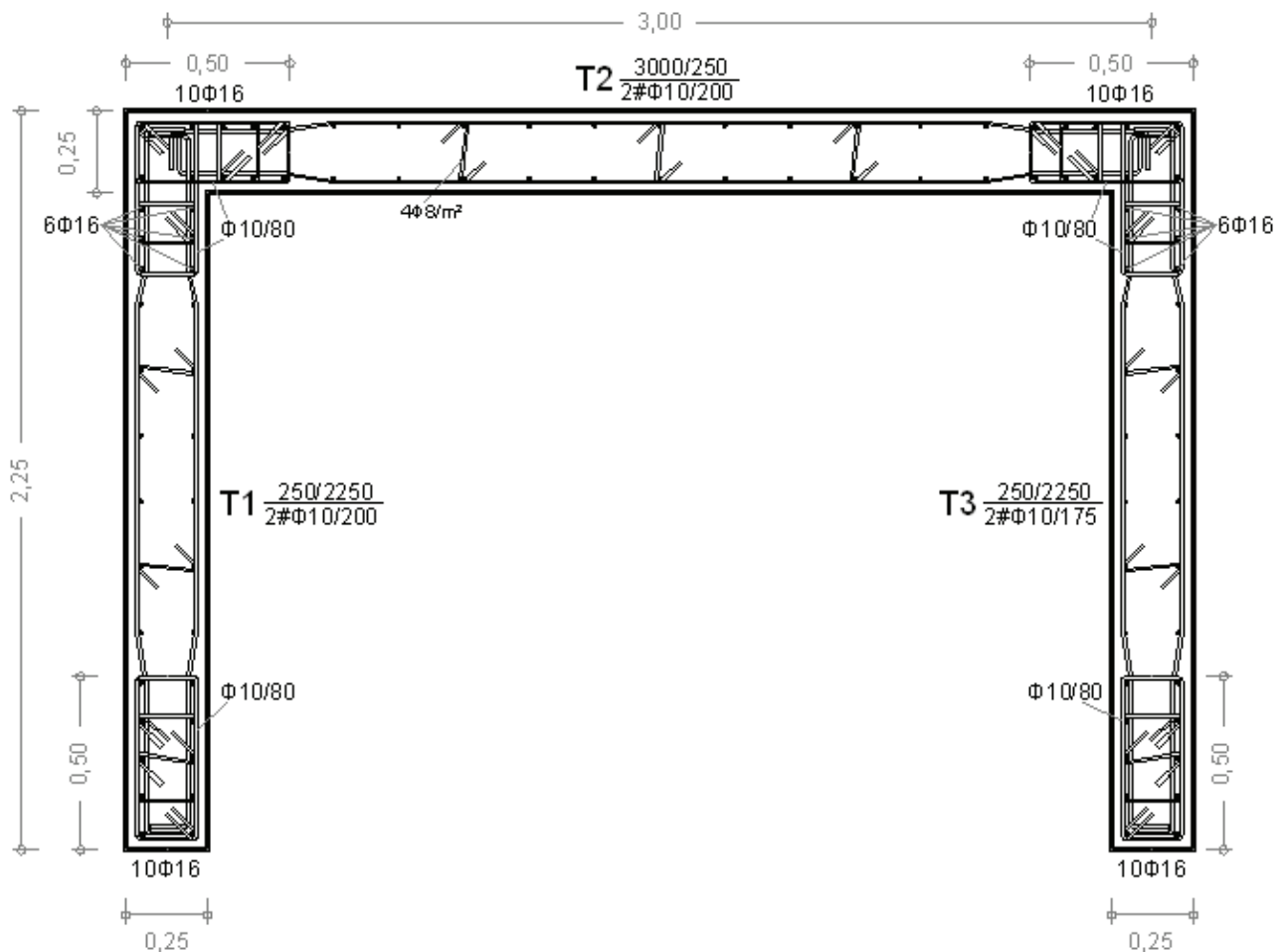
Σχήμα 7. Ξυλότυπος οροφής ισογείου Παραδείγματος 2.



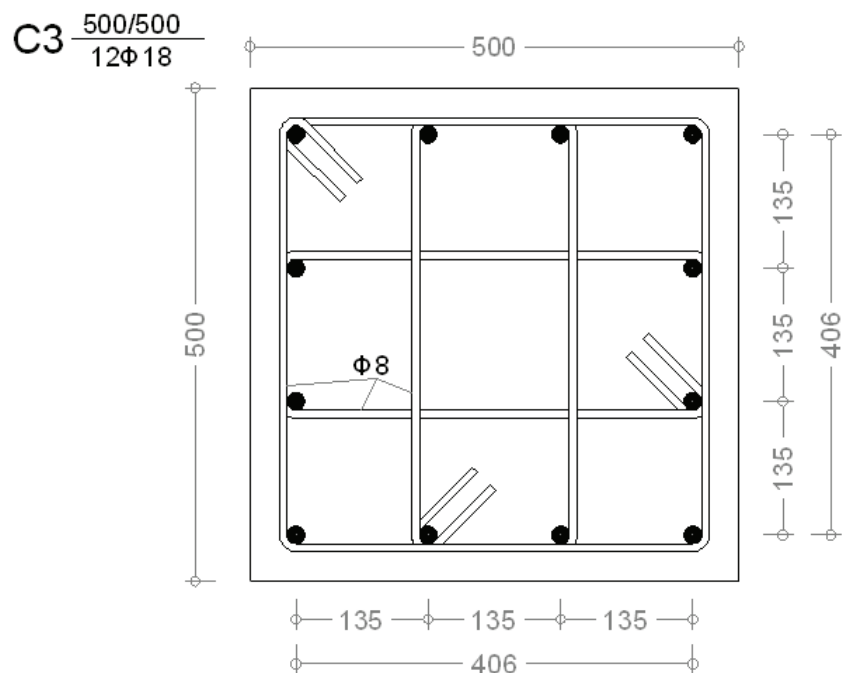
Σχήμα 8. Ξυλότυπος οροφής ισογείου Παραδείγματος 11.

Πρότυπο Παράδειγμα 13

Διαστασιολογήθηκε ο πυρήνας (**Σχήμα 9**) για τον συνδυασμό των κατακορύφων φορτίων ($1,35G + 1,5Q$) και για τον σεισμικό συνδυασμό ($G + 0,3Q \pm E$) καθώς ένας γωνιακός στύλος του ισογείου (C3, **Σχήμα 10**) με τις συντρέχουσες δοκούς (BX2 και BY3). Για τη διαστασιολόγηση των υποστυλωμάτων σε διαξονική κάμψη με αξονική δύναμη (M_x, M_y, N) ελήφθησαν οι πιθανές ταυτόχρονες τιμές των εντατικών μεγεθών για ταυτόχρονη δράση του σεισμού σε δύο κύριες διευθύνσεις (24 συνδυασμοί), ενώ έγιναν και όλοι οι απαιτούμενοι ικανοτικοί έλεγχοι όπως ορίζονται στον ΕΑΚ2000. Η διαστασιολόγηση του πυρήνα έγινε με τις ακραίες τιμές των εντατικών μεγεθών (32 συνδυασμοί). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς η διατομή ενός πυρήνα αποτελείται από επιμέρους σκέλη τα οποία όμως κατά την καμπτική επιπόνηση, λειτουργούν ως σύνολο, η επιρροή των ράβδων ενός σκέλους συμβάλλει στη συνολική συμπεριφορά της διατομής. Κατά συνέπεια η ανά σκέλος ξεχωριστή διαδικασία όπλισης ενός πυρήνα, δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματική συμπεριφορά της διατομής του (Μορφίδης και συνεργάτες, 2008). Η εν λόγω παραδοχή όμως υλοποιήθηκε στην παρούσα φάση για λόγους απλότητας και δυνατότητας επιτέλεσης υπολογισμών χωρίς τη χρήση Η/Υ.



Σχήμα 9. Λεπτομέρεια όπλισης πυρήνα Παραδείγματος 13.



Σχήμα 10. Λεπτομέρεια όπλισης στύλου C3 Παραδείγματος 13.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΠΥΛΗΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Δεδομένου του γεγονότος ότι η ανάπτυξη των εν λόγω προτύπων παραδειγμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης έχει ως τελικό χρήστη τον μελετητή μηχανικό κρίθηκε σκόπιμη η ανάπτυξη ενός δικτυακού τόπου μέσω του οποίου να είναι δυνατή η προσπέλαση του σχετικού υλικού από την κοινότητα των ελλήνων μηχανικών. Ο δικτυακός αυτός τόπος (**Σχήμα 11**), του οποίου η διεύθυνση είναι www.civilengineering.gr/eak2000designexamples περιλαμβάνει τους πλήρεις υπολογισμούς διαστασιολόγησης των Παραδειγμάτων 1,2,11 και 13 καθώς και το πλήρες αρχείο των πρότυπων παραδειγμάτων ανάλυσης. Τα τελευταία, εναλλακτικά μπορούν να προσπελαστούν και μέσα από το σχετικό δικτυακό τόπο του Ο.Α.Σ.Π. (www.oasp.gr) Σημειώνεται ότι καθώς το εγχείρημα επέκτασης των προτύπων παραδειγμάτων είναι σε εξέλιξη, ο δικτυακός τόπος αναμένεται να ενημερώνεται συνεχώς. Τέλος, προκειμένου να ενθαρυνθεί η ανάδραση των χρηστών με την ομάδα ανάπτυξης των παραδειγμάτων, διαμορφώθηκε και ένα βασικό ιστολόγιο (blog) επικοινωνίας (**Σχήμα 12**), στο οποίο οι χρήστες μπορούν να σχολιάσουν τις σχετικές αναρτήσεις που αφορούν τα αναπτυχθέντα και υπό ανάπτυξη παραδείγματα, τις σχετικές ανακοινώσεις και κάθε άλλη μορφή πληροφορίας που παρέχεται από το δικτυακό τόπο. Εκτιμάται ότι η διαμόρφωση μιας εξειδικευμένης πύλης προσπέλασης των προτύπων παραδειγμάτων εν δυνάμει θα ενθαρύνει τους χρήστες και τους οίκους λογισμικού να αξιοποιήσουν το παρεχόμενο υλικό ενώ θα αποτελέσει και χρήσιμο εργαλείο για την ομάδα εργασίας ώστε να αλληλεπιδράσει περισσότερο αποτελεσματικά με τους τελικούς χρήστες και εν γένει με την κοινότητα των μηχανικών της πράξης.



Εισαγωγή

Η γενικευμένη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και ειδικού τεχνικού λογισμικού για τη μελέτη κατασκευών επέτρεψε την ταχύτερη εκτέλεση των απαιτούμενων από τους σύγχρονους κανονισμούς σύνθετων υπολογισμών διευκολύνοντας σημαντικά τους μηχανικούς-μελετητές στην ανάλυση και εν τέλει κατασκευή σύνθετων φορέων. Παράλληλα, όμως, με την εξέλιξη του λογισμικού αυτού ανέκυψε το ζήτημα της ελεγχιμότητας του από άποψη ορθότητας και εν γένει αξιοπιστίας. Η πολυπαραμετρικότητα, όμως, του προβλήματος ενός τέτοιου ελέγχου, η ποικιλομορφία των σύγχρονων φορέων, οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαθέσιμων υπολογιστικών εργαλείων σε ό,τι αφορά τις παραδοχές αλλά και τη δομή τους καθιστούν δυσχερή τη διατύπωση γενικευμένων ελέγχων αποτίμησης αξιοπιστίας. Για την αντιμετώπιση του σημαντικού αυτού ζητήματος, έχει αναπτυχθεί πρόσφατα μια σειρά έγκυρων δοκιμαστικών παραδειγμάτων (Αβραμίδης και συνεργάτες, 2005)

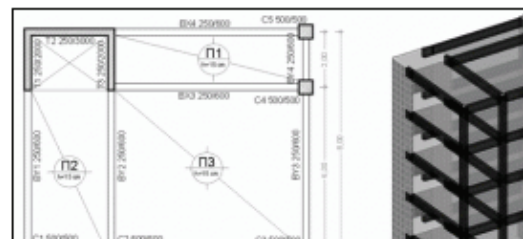
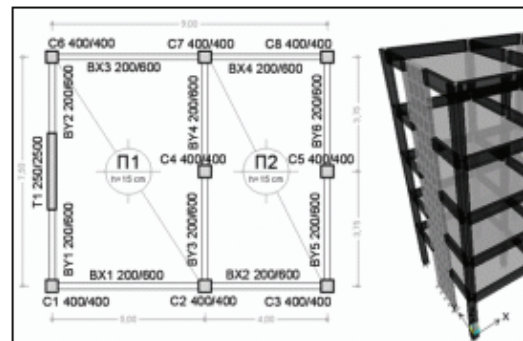
α) για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του διαθέσιμου στην Ελλάδα τεχνικού λογισμικού και

Παραδείγματα Ανάλυσης



Τα πρότυπα παραδείγματα ανάλυσης στα οποία αναφέρονται τα αντίστοιχα παραδείγματα διαστασιολόγησης που περιγράφονται στο παρόν, είναι διαθέσιμα στην [επίσημη ιστοσελίδα του](#)

[Ο.Α.Σ.Π.](#) Εναλλακτικά μπορούν να προσπελαστούν στην [αντίστοιχη ενότητα](#) του παρόντος δικτυακού τόπου.



Σχήμα 11. Ενδεικτική άποψη ειδικού δικτυακού τόπου για την αξιοποίηση των προτύπων παραδειγμάτων ανάλυσης και διαστασιολόγησης (www.civilengineering.gr/eak2000designexamples)

[Σκοπός](#) [Συντελεστές](#) [Βιβλιογραφία](#) [Blog](#) [Παράδειγμα 1](#) [Παράδειγμα 2](#)
[Παράδειγμα 11](#) [Παράδειγμα 13](#)



Πρότυπα αριθμητικά παραδείγματα διαστασιολόγησης των κατασκευών για την ορθή εφαρμογή των κανονισμών και τον έλεγχο του τεχνικού λογισμικού

Ανάρτηση πρότυπων παραδειγμάτων ανάλυσης

05/06/2008

[0 Comments](#)

Αναρτήθηκαν στο δικτυακό τόπο τα πρότυπα παραδείγματα ανάλυσης τα οποία παράλληλα είναι διαθέσιμα και στον αντίστοιχο δικτυακό τόπο του Ο.Α.Σ.Π.

Πρώτη ανάρτηση προτύπων παραδειγμάτων διαστασιολόγησης

05/04/2008

[0 Comments](#)

Αναρτήθηκαν 4 παραδείγματα διαστασιολόγησης σύμφωνα με τα πρότυπα αριθμητικά παραδείγματα του Ο.Α.Σ.Π. (Ε.Υ. Ι. Αβραμίδης)

Blog Επικοινωνίας με τους χρήστες

Σε περίπτωση που θα θέλατε να σχολιάσετε κάποιο από τα θέματα που αναπτύσσονται στο παρόν blog παρακαλώ πατήστε την επιλογή comments.

Author

Αναστάσιος Σέξτος

Archives

[May 2008](#)

Categories

[All](#)

 [RSS Feed](#)

Σχήμα 12. Αποψη έναρξης λειτουργίας ιστολογίου με αντικείμενο την ανάδραση μεταξύ των τελικών χρηστών (μελετητών μηχανικών) και της ομάδας ανάπτυξης των παραδειγμάτων διαστασιολόγησης. (www.civilengineering.gr/eak2000designexamples)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επιχειρήθηκε η επέκταση των πρότυπων δοκιμαστικών παραδειγμάτων ανάλυσης κτιρίων που είχαν αναπτυχθεί πρόσφατα (Αβραμίδης και συνεργάτες, 2001, Αβραμίδης και Μορφίδης, 2003) με σκοπό (α) τον έλεγχο της αξιοπιστίας του διαθέσιμου στην Ελλάδα τεχνικού λογισμικού και β) τον αυτοέλεγχο του χρήστη - μηχανικού σε ό,τι αφορά την ορθή αξιοποίηση και χρήση του λογισμικού αυτού, ώστε να παρέχονται στους μελετητές και τα αντίστοιχα αποτελέσματα σε επίπεδο διαστασιολόγησης χαρακτηριστικών δομικών στοιχείων. Η διαδικασία αυτή βρίσκεται σε εξέλιξη ενώ σε πρώτη φάση επιλέχθηκαν τέσσερα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα τα οποία και παρουσιάζονται συνοπτικά ενώ το σύνολο των αναλυτικών υπολογισμών διαστασιολόγησης είναι διαθέσιμο μέσα από ειδικά διαμορφωμένο δικτυακό τόπο. Εκτιμάται ότι η μελλοντική ολοκλήρωση της δράσης προς συμπλήρωση των δεδομένων ανάλυσης όλων των προτύπων παραδειγμάτων με τους αντίστοιχους ξυλοτύπους, τις λεπτομέρειες όπλισης και τους σχετικούς υπολογισμούς θα αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο περιορισμού της αβεβαιότητας που συναρτάται με την πιθανότητα αριθμητικού ή άλλου λάθους κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού. Παράλληλα θα αποτελέσει ένα σημείο αναφοράς και σύγκρισης για τους οίκους τεχνικού λογισμικού με απώτερο στόχο την ουσιαστική αναβάθμιση και πιστοποίηση της αξιοπιστίας των εμπορικών προγραμμάτων και τη συνολική θεσμική θωράκιση των εκπονούμενων στατικών μελετών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αβραμίδης Ι.Ε., Βαχλιώτης Χ et al. (1990α) "Καταγραφή των κυκλοφορούντων προγραμμάτων ανάλυσης του φέροντος οργανισμού κτιριακών έργων", Έκθεση Ομάδας Εργασίας της Ειδικής Επιστημονικής Επιτροπής Μηχανικής και Κατασκευών του Τ.Ε.Ε., Βιβλιοθήκη ΤΕΕ, αρ.εισαγ. 1115/2, Αθήνα 1990.
- Αβραμίδης Ι.Ε., Βαχλιώτης Χ. et al. (1990β) "Δοκιμαστικά προβλήματα ελέγχου προγραμμάτων γραμμικής στατικής ανάλυσης κτιριακών έργων", Έκθεση Ομάδας Εργασίας της Ειδικής Επιστημονικής Επιτροπής Μηχανικής και Κατασκευών του Τ.Ε.Ε., Βιβλιοθήκη ΤΕΕ, αρ. εισαγ. 1115/2, Αθήνα 1990.
- Αβραμίδης, Ι.Ε., Αναστασιάδης, Κ., Αθανατοπούλου, Α., Μορφίδης, Κ. (2001) "Ανάπτυξη πρότυπων αριθμητικών παραδειγμάτων για τον έλεγχο Η/Υ", 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής και Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-29 Νοεμβρίου.
- Αβραμίδης, Ι., Αθανατοπούλου, Μ., Αναστασιάδης, Κ. Μορφίδης, Κ. (2003) " Πρότυπα αριθμητικά παραδείγματα ανάλυσης κατασκευών. Για την ορθή εφαρμογή του ΕΑΚ και τον έλεγχο των προγραμμάτων Η/Υ ", Εκδόσεις Αϊβαζή, Θεσσαλονίκη.
- Αβραμίδης, Ι.Ε. (2003) "Λογισμικό ανάλυσης-διαστασιολόγησης κτιριακών έργων-Εξέλιξη, έλεγχος, προοπτικές", Δελτίο ΣΠΜΕ, Απρίλιος, Νο. 306, σελ. 42-48.
- Βαγγελάτου Ο. (1992) "Η χρήση προγραμμάτων στατικής ανάλυσης κτιριακών έργων με Η/Υ. Συγκεφαλαίωση προβλημάτων - Στρατηγική αντιμετώπισή τους στην πράξη". Τόμος Ημερίδας "Παρουσίαση δομοστατικών προβλημάτων για τον έλεγχο της αξιοπιστίας προγρ/των γραμμικής στατικής ανάλυσης κτιριακών έργων με Η/Υ", Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Μάιος 1992.
- Bulleit, W.M. (2008) "Uncertainty in Structural Engineering", ASCE Practice Periodical on Structural Design and Construction, Volume 13 (1), pp. 24-30.

- Καπράνος Δ. (1999) "Αντισεισμικά προγράμματα του αέρα", ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 22 Σεπτ. 1999.
- Melosh R.J. and Senol Utku, (1988), "Verification tests for Computer-Aided Structural Analysis", *Microcomputer in Civil Engineering* 3 (1988), 289-297.
- Μορφίδης, Κ., Μπάμπουκας, Ε., Αβραμίδης, Ι. (2008) «Προσομοίωση και έλεγχος αντοχής σε κάμψη πυρήνων με το πρόγραμμα υπολογισμού κτιρίων ΡΑΦ», 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας (υποβλήθηκε).
- Παλασσόπουλος Γ. (1992) "Προβλήματα σφαλμάτων στη μελέτη δομικών κατασκευών με ηλεκτρονικό υπολογιστή", Τόμος Ημερίδας "Παρουσίαση δομοστατικών προβλημάτων για τον έλεγχο της αξιοπιστίας προγρ/των γραμμικής στατικής ανάλυσης κτιριακών έργων με Η/Υ", Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, Μάιος 1992.
- Pixley R.A. and Ridlon S.A. (1984) "How to Check Out an Engineering Computer Program", 3rd Conference on Computing in Civil Engineering, ASCE, April 1984, Proceedings pp. 583-593.
- Szilard R. (1993) "Anforderungen an Software fuer Tragwerksanalyse", *Bautechnik* 70 (1993), Heft 2, 70-77.
- Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. (2003α) «Σχέδιο Προδιαγραφών Εκπόνησης και Παρουσίασης των Μελετών Φέροντος Οργανισμού Κτιριακών Έργων. Τεύχος 1ο: Ιστορικό, έκθεση εργασιών και Προτάσεις», Αθήνα.
- Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. (2003β) «Σχέδιο Προδιαγραφών Εκπόνησης και Παρουσίασης των Μελετών Φέροντος Οργανισμού Κτιριακών Έργων. Τεύχος 4ο: Οδηγίες και συστάσεις για τις Μελέτες Φ.Ο. κτιριακών έργων», Αθήνα.