

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Ερευνητικό πρόγραμμα - μελέτη :

***Ανάπτυξη προτύπων αριθμητικών παραδειγμάτων για την υποστήριξη της
ορθής εφαρμογής του ΕΑΚ 2000 και τον έλεγχο προγραμμάτων Η/Υ***

και

***Νέου κανονιστικού πλαισίου αντισεισμικής προστασίας κτιρίων και βελτίωση
διατάξεων για τα φαινόμενα 2ης τάξης***

Επιστημονικώς υπεύθυνοι : Ι.Ε. Αβραμίδης, καθηγητής ΑΠΘ
Κ. Αναστασιάδης, καθηγητής ΑΠΘ
Επιστημονικοί συνεργάτες : Α. Αθανατοπούλου, επίκ. καθ. ΑΠΘ
Α. Καταβέλος, Πολ. Μηχ., Διπλ. Ειδικ.
Κ. Μορφίδης, Πολ. Μηχ.

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Στατικής

Θεσσαλονίκη
Δεκέμβριος 2002

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Τα επιμέρους αντικείμενα του ερευνητικού έργου ήταν : (1) Η ανάπτυξη προτύπων αριθμητικών παραδειγμάτων για την υποστήριξη της ορθής εφαρμογής του ΕΑΚ 2000 και τον έλεγχο προγραμμάτων Η/Υ, (2) Η ανάπτυξη ενός βελτιωμένου κανονιστικού πλαισίου αντισεισμικού σχεδιασμού με περισσότερα του ενός επίπεδα προστασίας, και (3) Η ανάπτυξη προτάσεων βελτίωσης των διατάξεων του ΕΑΚ που αφορούν στα φαινόμενα 2^{ης} τάξης.

Με τα πρότυπα αριθμητικά παραδείγματα που εκπονήθηκαν και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε επιδιώχθηκε η ικανοποίηση πολλαπλών στόχων, όπως :

- ο έλεγχος ορθότητας των προγραμμάτων Η/Υ όσον αφορά την ορθή υλοποίηση συγκεκριμένων μεμονωμένων διατάξεων του ΕΑΚ2000 (π.χ. έλεγχος ορθής επαλληλίας ιδιομορφικών αποκρίσεων στη δυναμική φασματική ανάλυση).
- η ορθή υλοποίηση ομάδων διατάξεων του ΕΑΚ2000 (π.χ. της απλοποιημένης φασματικής ανάλυσης) και ο αντίστοιχος έλεγχος ορθότητας των προγραμμάτων Η/Υ.
- η ορθότητα ολοκληρωμένων επιλύσεων τυπικών φορέων της πράξης με όλους τους απαιτούμενους υπολογισμούς (έως και τους τελικούς συνδυασμούς εντατικών μεγεθών για την διαστασιολόγηση).

Τα παραδείγματα που αναπτύχθηκαν είναι ως επί το πλείστον απλής μορφής προκειμένου να περιορισθεί ο όγκος εισαγομένων στοιχείων στον Η/Υ, να αποφευχθούν προβλήματα ή ασάφειες που δεν αφορούν το πρόβλημα καθ' εαυτό, να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα προσομοίωσης του δεδομένου φορέα και να διατηρείται σε κάποιο βαθμό η δυνατότητα εποπτικού ελέγχου. Εντούτοις, παρά την σχετική απλότητά τους, τα παραδείγματα ενσωματώνουν πάρα πολλά χαρακτηριστικά φορέων που συναντώνται στην καθημερινή πράξη.

Παρατίθεται ακολούθως πίνακας με τους τίτλους των προτύπων αριθμητικών παραδειγμάτων:

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

Με τον αναλυτικό τρόπο που παρουσιάζονται τα παραδείγματα αυτά, δίνεται η δυνατότητα αφενός στους οίκους λογισμικού να προ-ελέγξουν τα προγράμματα που διοχετεύουν στην αγορά, και αφετέρου στους χρήστες-μηχανικούς να ελέγξουν τα προγράμματα που αγόρασαν ή σκοπεύουν να αγοράσουν. Παρόλο που ένας τέτοιος έλεγχος των προγραμμάτων μέσω έγκυρων αριθμητικών παραδειγμάτων δεν θα είναι ούτε και θα μπορούσε να είναι πλήρης και εξαντλητικός, δρα εντούτοις κανονιστικά, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ένα βασικό επίπεδο ασφάλειας και ορθότητας για τα ελεγχθέντα προγράμματα.

Στόχος του δεύτερου αντικείμενου του ερευνητικού έργου ήταν η ανάπτυξη και παράλληλη τεχνικο-οικονομικά τεκμηρίωση με χρήση αριθμητικών παραδειγμάτων ενός νέου κανονιστικού πλαισίου αντισεισμικής προστασίας κτιρίων. Το βελτιωμένο αυτό κανονιστικό πλαίσιο περιλαμβάνει τα ακολουθα τρία επίπεδα αντισεισμικής προστασίας των κτιρίων:

- Πλήρης αντισεισμική προστασία με ελαστική συμπεριφορά υπό τον σεισμό σχεδιασμού ($q=1$),

- Μερική αντισεισμική προστασία με ημιπλάστιμη συμπεριφορά υπό τον σεισμό σχεδιασμού ($q < 0.5 q_{max}$),
- Μερική αντισεισμική προστασία, με πλάστιμη συμπεριφορά υπό τον σχεδιασμού ($q > 1/2 q_{max}$).

Η κατασκευαστική υλοποίηση των δύο πρώτων από τα παραπάνω επίπεδα προστασίας στηρίζεται είτε (α) στην εκτεταμένη χρήση τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα είτε (β) σε σταθμισμένη χρήση τοιχωμάτων και ταυτόχρονη αύξηση των διατομών και οπλισμών των υποστυλωμάτων είτε, τέλος, (γ) στη χρήση αμιγούς πλαισιακού σκελετού με σταθμισμένη επαύξηση των διαστάσεων των διατομών και οπλισμών των υποστυλωμάτων. Το τρίτο επίπεδο προστασίας ταυτίζεται ουσιαστικά με το ισχύον σήμερα. Για τα προτεινόμενα επίπεδα αντισεισμικής προστασίας διενεργήθηκε τεχνικο-οικονομική διερεύνηση με στόχο την διαπίστωση της προκύπτουσας αύξησης του συνολικού κόστους κατασκευής των κτιρίων. Στους παράγοντες που διερευνήθηκαν συμπεριλαμβάνονται : η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας, το είδος του φέροντος οργανισμού (αμιγώς πλαισιακός, μικτός), η θέση του συνήθως υπάρχοντος πυρήνα στην κάτοψη (κέντρο, γωνία), το πλήθος των ορόφων και και ορισμένοι άλλοι.

Το γενικό συμπέρασμα που προέκυψε από την παραπάνω τεχνικο-οικονομική διερεύνηση ανατρέπει την μέχρι σήμερα κυρίαρχουσα - αλλά ατεκμηρίωτη - αντίληψη, ότι ο σχεδιασμός κατασκευών με τρόπο που υπό τον σεισμό σχεδιασμού να παραμένουν στην ελαστική περιοχή συνεπάγεται υπερβολικά υψηλό ("επαχθές") κόστος. Το μέγιστο επιπλέον κόστος ενός 'ελαστικού σχεδιασμού' με συντελεστή συμπεριφοράς $q=1$ έναντι ενός 'ελαστοπλαστικού' σχεδιασμού με $q=3,5$ (που συνεπάγεται μεγάλες βλάβες υπό τον σεισμό σχεδιασμού χωρίς παράλληλα να αποκλείει παντελώς την κατάρρευση!) είναι στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας I της τάξης του 7%, στη ζώνη II της τάξης του 8,5%, στη ζώνη III 18,5% και στη ζώνη IV της τάξης του 22% επί του συνολικού κόστους κατασκευής του κτιρίου. Για σχεδιασμό μάλιστα με $q=1.5$, για τον οποίο σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000 δεν απαιτείται ικανοτικός σχεδιασμός, οι μέγιστες μεταβολές κόστους μειώνονται στις μεν ζώνες I και II στο 3.5 - 5.5 % και στις ζώνες III και IV στο 14-15%.

Πρόκειται επομένως για μία αύξηση του κόστους, την οποία πολλοί ιδιοκτήτες θα αποδέχονταν σήμερα ευχαρίστως, γνωρίζοντας τα σημαντικά πλεονεκτήματα μιας τέτοιας 'πλήρους' αντισεισμικής προστασίας.

Τέλος, το τρίτο αντικείμενο του ερευνητικού έργου αφορά στην ανάπτυξη προτάσεων βελτίωσης των διατάξεων του ΕΑΚ που αφορούν στα φαινόμενα 2^{ης} τάξης, για τα οποία, ανεξάρτητα από το επίπεδο αντισεισμικής προστασίας, απαιτείται κατά κανόνα ιδιαίτερος έλεγχος λόγω του ότι στην τελική φάση αστοχίας ενός κτιρίου τα υπόψη φαινόμενα είναι

συνυπεύθυνα για την κατάρρευσή του. Σύμφωνα με τον ΕΑΚ, αλλά και άλλους σχετικούς κανονισμούς, ο υπόψη σημαντικός έλεγχος γίνεται προσεγγιστικά μέσα στο επίπεδο καθενός επί μέρους πλαισίου του χωρικού στην πραγματικότητα συστήματος. Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου αναπτύχθηκε και τεκμηριώθηκε ειδική μεθοδολογία ελέγχου των φαινομένων 2^{ης} τάξης με τη χρήση χωρικού προσομοιώματος της όλης κατασκευής και διατυπώθηκε υπό μορφή κανονιστικών διατάξεων, μέσω των οποίων ο έλεγχος των φαινομένων αυτών αποκτά αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία. Η τεκμηρίωση συμπληρώθηκε με κατάλληλα αριθμητικά παραδείγματα.