

## **Το πρόβλημα της οικονομικότητας των δομικών στοιχείων και συστημάτων κατά την διαστασιολόγηση των φερόντων οργανισμών πολυώροφων οικοδομών**

**Θεόδωρος Χρυσανίδης**

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., MSc DIC, theodoros\_gr@yahoo.com*

**Βασίλειος Πανοσκάλτσης**

*Καθηγητής Δ.Π.Θ., vranoska@civil.duth.gr*

**Κωνσταντίνος Ψάρρας**

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ., MSc, ko\_psar@yahoo.gr*

**Ιωάννης Τέγος**

*Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ., itegos@civil.auth.gr*

### **Εκτενής περίληψη**

#### **1. Αντικείμενο**

Στα πλαίσια της εργασίας, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί πολυπαραμετρική, εξετάζονται οι δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης υλικών και ιδίως σκυροδέματος: (α) Κατά τη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων και, (β) Κατά τη διαμόρφωση του φέροντα οργανισμού. Στην πρώτη περίπτωση «α», από τις θεωρητικές υπάρχουσες άπειρες λύσεις γεωμετρίας εντοπίζονται, με βάση τις ισχύουσες τιμές σε ευρώ του κυβικού του σκυροδέματος και του χιλιογράμμου του χάλυβα, από τις κανονιστικώς αποδεκτές και κατασκευαστικώς εφικτές τιμές των γεωμετρικών παραμέτρων, εκείνες που παρέχουν την οικονομικότερη λύση. Στη δεύτερη περίπτωση «β», οι εξεταζόμενες περιπτώσεις διάρθρωσης του φέροντα οργανισμού είναι ο αριθμός των ορόφων, τα ανοίγματα των δοκών, η σεισμικότητα, η δυσκαμψία των τοιχωμάτων, η διατομή των υποστυλωμάτων, η ύπαρξη ή μη υπογείου και το είδος των φορέων θεμελίωσης (σχάρα πεδילוδοκών ή γενική κοιτόστρωση).

#### **2. Χρησιμότητα της έρευνας**

Κατά την εποχή της ευμάρειας των τριών τελευταίων δεκαετιών δημιουργήθηκε μία αρνητική νοοτροπία σπατάλης, η οποία περιέλαβε και τον χώρο των κατασκευών, στις οποίες το πνεύμα της οικονομίας υλικών παραμελήθηκε δραματικά, όχι μόνο στην περίπτωση των μεγάλων έργων αλλά και στις συνήθεις περιπτώσεις των οικοδομικών κατασκευών (Gavaise, 2005, Tegos, 2007). Χαρακτηριστικό είναι ότι ενώ σε παλαιότερες εποχές ο καλύτερος μηχανικός θεωρούνταν εκείνος που εφήρμοζε την αρχή του Occam (Occam's razor) σύμφωνα προς την οποία «Ό,τι μπορεί να γίνει με λίγα δεν πρέπει να γίνει με πολλά», και ξεχώριζε από την οικονομικότητα των μελετών του, σήμερα παρατηρείται εκτός από την άγνοια στο θέμα των οικονομικών λύσεων και μία αδιαφορία για ένα οικονομικό αποτέλεσμα. Εις τούτο συνεργεί και η ανασφάλεια πολλών μηχανικών οι οποίοι χειρίζονται τα διαθέσιμα προγράμματα H/Y, οι οποίοι προσπαθούν να την καταπολεμήσουν εφαρμόζοντας οιονεί την λανθασμένη αρχή ότι ποσότητα σημαίνει απαραίτητως και ποιότητα.

Ωστόσο, είναι σπάνιο μέσω της ποσοτικής υπερκατανάλωσης υλικών μπορούμε να αυξήσουμε την επιδιωκόμενη ασφάλεια.

Από την άλλη μεριά στα Πολυτεχνεία της χώρας σε αντίθεση με παλιότερες εποχές το θέμα της οικονομικότητας των φορέων παραμελείται ενώ υπερτονίζονται κατά το μάλλον ή ήττον «μικρότερης» σημασίας γνώσεις. Συνεπώς μία εργασία στην οποία θα τεκμηριωθούν αρκούτσως οι διαδικασίες επιλογής των εκάστοτε οικονομικών λύσεων θα ήταν δυνατόν να συμβάλει και εις τον τομέα των σπουδών του Πολιτικού Μηχανικού.

### 3. Θεωρητικό πλαίσιο

Οι παράμετροι που εξετάζονται στα πλαίσια της εργασίας και οι οποίες επηρεάζουν το κόστος ανέγερσης ενός φέροντα οργανισμού είναι το κόστος του ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος, το κόστος ανά χιλιόγραμμο του χάλυβα, ο αριθμός των ορόφων, τα ανοίγματα των δοκών, η σεισμικότητα, η αναγκαία δυσκαμψία των τοιχωμάτων, η διατομή των υποστυλωμάτων, η ύπαρξη ή μη στο κτήριο υπογείου και το είδος των φορέων θεμελίωσης (σχάρα πεδילוδοκών ή γενική κοιτόστρωση).

Για την έρευνα που αφορά την οικονομικότητα των μεμονωμένων δομικών στοιχείων ήτοι των πλακών, των δοκών, των στύλων και των τοιχωμάτων εφαρμόζεται η θεωρία των μαθηματικών περί μεγίστων και ελαχίστων.

Για τις υπόλοιπες παραμέτρους είναι αναγκαία η προσφυγή στην εξέταση καταλλήλων ολοκληρωμένων δομικών συστημάτων τα οποία θα μελετηθούν για τις δύο περιπτώσεις ομάδων δράσεων, ήτοι με και χωρίς τον σεισμό. Ως βασικά κριτήρια συμμόρφωσης, πλην εκείνου της οικονομίας, θεωρούνται τα κλασικά της ασφάλειας, της λειτουργικότητας, της αισθητικής, της κατασκευασιμότητας και της ανθεκτικότητας στο χρόνο.

### 4. Ερευνητέα ερωτήματα

Αναφέρονται κατωτέρω συνοπτικώς τα ερευνητέα ερωτήματα εις τα οποία θα αναζητηθούν τεκμηριωμένες απαντήσεις:

- 1) Κατά την καμπτική διαστασιολόγηση μιας πλάκας ποιό είναι το οικονομικό από τα κανονιστικώς αποδεκτά πάχη;
- 2) Κατά την καμπτική διαστασιολόγηση μιας δοκού ποιό είναι το οικονομικό και συνάμα κανονιστικώς αποδεκτό ύψος της διατομής;
- 3) Κατά την αντισεισμική διαστασιολόγηση ενός «κανονικού» υποστυλώματος ποιά είναι η κανονιστικώς αποδεκτή οικονομικότερη διατομή; (υπό τον όρο «κανονικό» εννοείται ένα υποστύλωμα μη ανήκον στην κατηγορία των «κοντών» υποστυλωμάτων)
- 4) Ποιό είναι το οικονομικό δομικό σύστημα φέροντος οργανισμού πολυώροφων οικοδομών;
- 5) Ποιά είναι η οικονομικότερου τύπου γενική κοιτόστρωση θεμελίωσης στις πολυώροφες οικοδομές;

### 5. Συμπεράσματα

1. Η μείωση των τάσεων στην πλάκα θεμελίωσης με την χρήση προέντασης οδηγεί σε μείωση του πάχους της πλάκας, το οποίο με την σειρά του οδηγεί σε μείωση του κόστους της κατασκευής, καθώς, βάσει των ισχυουσών τιμών χάλυβα ανά κιλό και του σκυροδέματος ανά κυβικό ισχύει ότι, όσον λεπτότερα είναι τα στοιχεία, μολοντί προκύπτουν πολλοί οπλισμοί, αυτά είναι οικονομικότερα εκείνων, που έχουν μεγάλο πάχος και λιγότερους οπλισμούς.

2. Η παρουσία του υπογείου συνεπάγεται τη μείωση των καμπτικών ροπών λόγω σεισμικής φόρτισης στη βάση των τοιχωμάτων που ευρίσκονται στο εσωτερικό της κατόψεως.

3. Η μείωση των εντατικών μεγεθών στη βάση των τοιχωμάτων οδηγεί σε χαμηλότερες καμπτικές ροπές στην πλάκα γενικής κοιτόστρωσης, επιτρέποντας τη μείωση του πάχους αυτής, γεγονός που οδηγεί σε εξοικονόμηση του κόστους κατασκευής.

### Βιβλιογραφία

- Abhishek Bhargava, Panagiotis Ch. Anastasopoulos, Samuel Labi, Kumares C. Sinha, and Fred L. Mannering (2010), Three-Stage Least-Squares Analysis of Time and Cost Overruns in Construction Contracts, *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(11), November 1, 2010. ©ASCE, ISSN 0733-9364/2010/11 pg. 1207–1218.
- European Committee for Standardization, "EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1.1: General rules and rules for buildings", Brussels, Belgium, 2004.
- European Committee for Standardization, "EN 1998-1:2004, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings", Brussels, Belgium, 2004.
- Federal Emergency Management Agency (1992). A benefit-cost model for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 227). VSP Associates, Sacramento, CA.
- Gavaise E., Papaefthimiou K., Tzaveas T., Stylianidis K., Tegos J., "The problem of minimum cost for structural members of earthquake resistant bridges", *International Symposium: Earthquake Resistant Engineering Structures (ERES)*, 2005, Skiathos, Greece.
- Ministry of Environment, Planning and Public Works, "Greek Code for the Design and Construction of Concrete Works", Athens, Greece, 2000. (In Greek).
- Ministry of Environment, Planning and Public Works, "Greek Seismic Code", Athens, Greece, 2000. (In Greek).
- Psarras K., Constantinou A., Philippou T., Tegos I., "Research on the design optimization of foundation slabs in seismic multistory buildings", 2013 International Van Earthquake Symposium, Van, Turkey. Paper No. 94.
- Shreenaath. A, Arunmozhi. S, Sivagamasundari. R (2014), Analysis of factors influencing construction cost overruns in large construction projects of Tamilnadu, *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)* ISSN: 2321-0869, 2(11), November 2014, pg 42–47
- Tegos I., Stylianidis K., Mitoulis S., Gavaise E., Tsitotas M., "Earthquake resistance and cost-effectiveness of multi-span bridges", *IABSE Symposium Report*, Weimar, Germany, 2007, pp 9-16(8).