

ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ – ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΑΣΜΑΤΑ

Γιώργος Παπαγεωργόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Ναύπλιο, Ελλάδα
e-mail: papgeorg@otenet.gr

Ξενοφών Πειστικός
Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: peistikos@otenet.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός του άρθρου αυτού είναι να περιγράψει μεθόδους διαχείρισης και επίλυσης προβλημάτων που ανακύπτουν κατά την ανάλυση και την κατασκευή σύμμικτων κτηρίων από δομικό χάλυβα και σκυρόδεμα.

Μέσα από παραδείγματα της καθημερινής πράξης, περιγράφονται και παρουσιάζονται τα παρακάτω θέματα:

- ζητήματα ανάλυσης και προσομοίωσης,
- θεμελίωση και ακρίβεια στη χωροστάθμηση,
- κατακορύφωση υποστυλωμάτων, οριζοντίωση δοκών και διευθέτηση μικρομεταβολών του μήκους τους,
- μείωση, μέχρι εξαφάνισης, των ρωγμών μεταξύ του περιγράμματος των τοίχων πλήρωσης και των φερόντων δομικών στοιχείων,
- στεγάνωση αντισεισμικών αρμών.

Λέξεις κλειδιά: Σύμμικτα κτήρια· θεμελίωση· χωροστάθμηση· κατακορύφωση στύλων· ρωγμές τοίχων πλήρωσης· στεγάνωση αρμών.

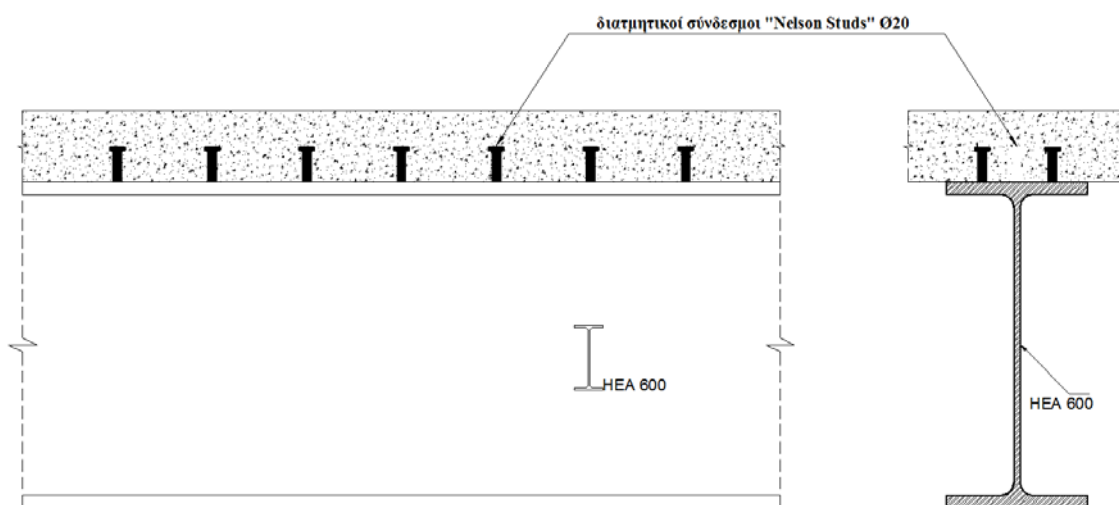
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευή κατοικιών και εμπορικών κτηρίων από δομικό χάλυβα στην Ελλάδα, μία χώρα χωρίς υποστηρικτική βιομηχανία στον χώρο της προκατασκευής, κληροδότησε στα κτήρια τα προβλήματα των αντίστοιχων κατασκευών από σκυρόδεμα. Η επίλυσή τους είναι επιτακτική ανάγκη και στόχος, έτσι ώστε η ανωτερότητα του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης έναντι των αντίστοιχων συμβατικών, να επεκτείνεται σε όλο το έργο απαλλαγμένη από κατασκευαστικές ατέλειες.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία, για την σωστότερη αποτίμηση των μακροχρόνιων παραμορφώσεων από τα μόνιμα (ή οιονεί μόνιμα) φορτία μιας κατασκευής, οι υπολογισμοί γίνονται με $E_c = 0.35 E$. Για την απλοποίηση της διαδικασίας στο πρόγραμμα ανάλυσης και διαστασιολόγησης, χρησιμοποιούμε για τα σύμμικτα στοιχεία ένα σκυρόδεμα με μέτρο ελαστικότητας ίσο με το 35% του αντίστοιχου του πραγματικού σκυροδέματος που θα χρησιμοποιήσουμε στην κατασκευή μας.

Εφόσον το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα διαμόρφωσης σύνθετης διατομής (βλ. Σχ. 1), το τμήμα της διατομής το οποίο είναι από σκυρόδεμα θα έχει το παραπάνω μειωμένο μέτρο ελαστικότητας.



Σχ.1: Λεπτομέρεια σύμμικτης πλάκας

4. ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ. ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ

Για τη σωστή κατασκευή ενός σύμμικτου κτηρίου προτείνεται η διάστρωση της εκσκαφής με σκυρόδεμα καθαριότητας στο σύνολό της ή τμηματικά (Φωτ.1). Όσο καλύτερα γίνει η διάστρωση τόσο πιο εύκολη και πιο σωστή θα είναι η τοποθέτηση των υποστυλωμάτων.



Φωτ. 1: Διάστρωση σκυροδέματος καθαριότητας. Έλεγχος επιπεδότητας με χωροβάτη.

5. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΣΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ. ΜΙΚΡΟΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΗΚΩΝ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ.

Σήμερα που οι κοπές γίνονται με προγράμματα υπολογιστών CAD/CAM μειώνονται σημαντικά και τα κατασκευαστικά σφάλματα. Τι γίνεται όμως όταν οι διατομές έρχονται από τα εργοστάσια ελαττωματικές (με διαστάσεις έως και 10 χιλιοστά μεγαλύτερες από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ή στα manuals των χαλυβουργείων); Ή τι θα συμβεί αν από λάθος κάποιες δοκοί κατασκευασθούν 10 ή 20 χιλιοστά μεγαλύτερες ή μικρότερες από αυτές των σχεδίων ή τα υποστυλώματα τοποθετηθούν σε αποστάσεις ± 10 χιλιοστά από αυτές των σχεδίων;

Η παλιά και γνωστή λύση της επιστροφής στο εργοστάσιο για διόρθωση, εκτός από το ότι κοστίζει σε χρήμα και χρόνο επιδρά αρνητικά στο χρονοδιάγραμμα της κατασκευής του έργου και στην ψυχολογία των συναρμολογητών.

Η προτεινόμενη λύση είναι εξαιρετικά απλή: απελευθερώνουμε τα υποστυλώματα από το έδαφος. Δηλαδή τα υποστυλώματα τοποθετούνται σε χαλύβδινα υποθέματα (Φωτ.3, Φωτ.4) με την πλάκα έδρασης και τα αγκυρία της πριν από κάθε άλλη εργασία θεμελίωσης (επί του σκυροδέματος καθαριότητας). Αυτό γίνεται ξεκινώντας από κάποια γωνία του κτιρίου. Κατασκευάζουμε ένα δίστηλο πλαίσιο και τοποθετούμε το τρίτο υποστυλώμα κατασκευάζοντας την πρώτη ορθή γωνία από πλαίσια (Φωτ.2). Η τοποθέτηση του τρίτου υποστυλώματος με τις δοκούς του, τις κάθετες προς το επίπεδο του πρώτου πλαισίου, καθιστά το σύστημά μας ευσταθές.

Με τον τρόπο αυτό το όποιο συστηματικό σφάλμα σε δοκούς ή υποστυλώματα θα οδηγήσει τα συγκεκριμένα μέλη σε μικρή μετατόπιση, κατά λίγα χιλιοστά ή εκατοστά, καθιστώντας τον φέροντα οργανισμό λίγο μεγαλύτερο ή μικρότερο από το θεωρητικό μοντέλο. Με δεδομένο δε ότι οι κοπές έχουν γίνει με συστήματα CAD/CAM και οι δοκοί έχουν το ίδιο μήκος, το κτήριο θα κατασκευαστεί σωστά απλά με ελαφρώς διαφοροποιημένο το μήκος ή το πλάτος του.



Φωτ. 2: Έναρξη κατασκευής από μια γωνία του κτηρίου



Φωτ. 3: Τοποθέτηση των υποστυλωμάτων σε χαλύβδινα υποθέματα



Φωτ. 4: Τοποθέτηση οπλισμού πλάκας θεμελίωσης και συνδετήριων δοκών.

6. ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΡΩΓΜΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΠΛΗΡΩΣΗΣ.

Ένα από τα κλασσικά προβλήματα των τοίχων πλήρωσης είναι οι ρωγμές μεταξύ αυτών και των δομικών στοιχείων που τους περιβάλλουν. Είναι γνωστό ότι τα προϊόντα τσιμέντου, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα συνδετικά κονιάματα τοιχοπλήρωσης (ακόμη και τα βιομηχανικά), είναι πλούσια σε ασβέστιο. Κατά τη στερεοποίησή τους εμφανίζεται το φαινόμενο της συστολής ξήρανσης κατά το οποίο ο συνδυασμός των εφελκυστικών και διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται στη διεπιφάνεια μεταξύ κονιάματος και σκυροδέματος ή δομικού χάλυβα, προκαλεί αποκόλληση των υλικών και την εμφάνιση αντιαισθητικών οριζόντιων ή και κατακόρυφων ρωγμών. Η αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού είναι επιτακτική ιδίως στην περίπτωση των εξωτερικών τοίχων όπου ο σχηματισμός των ρωγμών δημιουργεί πρόσθετα προβλήματα από τη διείσδυση της υγρασίας.

Κατά τη συνήθη πρακτική, δημιουργούνται κατά μήκος των αναμενόμενων ρωγμών σκοτίες στο επίχρισμα, έτσι ώστε το πρόβλημα, αφού δεν αντιμετωπίζεται ριζικά, να μην είναι τουλάχιστον ορατό. Ως λύση λοιπόν προτείνεται η αντικατάσταση του συνδετικού κονιάματος με κόλλα για ποροσκυρόδεμα η οποία περιέχει άμμο, λευκό τσιμέντο, ρητίνες καθώς και άλλα χημικά πρόσθετα για την αποφυγή της συστολής ξήρανσης. Τα προϊόντα αυτού του τύπου πέρα από την επιπλέον αντοχή που προσδίδουν στην τοιχοποιία, λόγω των ιδιοτήτων τους (π.χ. αντοχή σε θλίψη $> 10 \text{ Mpa}$), δίνουν τη δυνατότητα περαιτέρω μείωσης του αρμού σε 2 χιλιοστά και έτσι βελτιώνουν ακόμη περισσότερο την αντοχή της.

Το πρόβλημα όμως παραμένει οξύτερο στη θέση του “σφηνώματος”. Είναι γνωστό ότι η κατασκευή του σφηνώματος με τοποθέτηση των όποιων λιθοσωμάτων υπό γωνία περίπου 45° και στη συνέχεια πλήρωση των κενών με κονίαμα (συνήθως χαμηλής αντοχής) χρειάζεται περίπου δύο μήνες για να εμφανίσει τις πρώτες ρωγμές. Αιτία είναι και πάλι το φαινόμενο της συστολής ξήρανσης, για την αντιμετώπιση του οποίου προτείνεται η κατασκευή διαζώματος (σενάζ) στη θέση του σφηνώματος, από μη συρρικνούμενο σκυρόδεμα (απαιτείται ειδική σύνθεση με πρόσμικτα). Το σημείο εισόδου του σκυροδέματος θα πρέπει να βρίσκεται ελαφρά υψηλότερα από την τελική στάθμη του διαζώματος, ώστε η δημιουργούμενη μικρή

υδροστατική πίεση να συντελεί στην καλλίτερη πλήρωση του ξυλοτύπου και τη συγκόλληση με το κάτω πέλμα της υπερκείμενης δοκού (Φωτ.5, Φωτ.6).



Φωτ.5: Τοίχοι πλήρωσης από κισσηρόλιθο με «φωλιές» για την κατασκευή σενάζ στη θέση του σφηνώματος (Φάση 1).



Φωτ.6: Τοίχοι πλήρωσης από κισσηρόλιθο με σενάζ στη θέση του σφηνώματος (Φάση 2).

7. ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ. ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΟΜΟΡΑ ΚΤΙΡΙΑ.

Η απαίτηση του αντισεισμικού αρμού, αλλά και η δόμηση σε οικόπεδο όπου έχουν κτιστεί όλα τα όμορα δημιουργεί πρόβλημα τόσο στη διαχείριση του αρμού (σκουπίδια κλπ.) όσο και στην προστασία αυτών των πλευρών του κτηρίου από την υγρασία, αφού δεν είναι δυνατή η κατασκευή επιχρισμάτων στις πλευρές αυτές.

Με τη χρήση της κόλλας για ποροσκυρόδεμα στεγανοποιούνται μεν οι αρμοί, όχι όμως και το ίδιο το λιθόσωμα. Για την επίλυση του προβλήματος, τα λιθόσωματα (κισσηρόλιθοι) παραγγέλθηκαν και ήρθαν στο εργοτάξιο προεπιχρισμένα στην εξωτερική πλευρά, από την ίδια τη βιομηχανία παραγωγή τους, με αδιάβροχα κονιάματα (Φωτ.7).

Για την αποφυγή όμως κάθε υγρασίας από τον αρμό ή τα γειτονικά κτίσματα, κρεμάστηκαν, εν είδει κουρτίνας, από την οροφή μέχρι το δάπεδο του αρμού συνθετικά αδιάβροχα υλικά (Φωτ.8) τα οποία θα οδηγήσουν τα νερά στον ειδικά διαμορφωμένο σε υδροροή αρμό.



Φωτ.7.: Προεπιχρισμένοι κισσηρόλιθοι



Φωτ.8.: Κουρτίνα πολυαιθυλενίου πριν την κατασκευή της τοιχοποιίας

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κώδικες και πρότυπα

- [1] American Institute of Steel Construction. “Manual of Steel Construction” 14th edition. *AISC, 2011.*

Βιβλία

- [2] Hinks J. και Cook G. “The Technology of Building Defects”. *Routledge, 1998.*
- [3] Johnson R.P. “Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns, and Frames for Buildings” 3rd edition. *Wiley-Blackwell, 2004.*
- [4] Richardson B. “Defects and Deterioration in Buildings: A Practical Guide to the Science and Technology of Material Failure” 2nd edition. *Routledge, 2001.*

COMPOSITE STRUCTURES – TIPS AND TRICKS

George Papageorgopoulos

Civil engineer (NTUA)

Nauplion, Greece

e-mail: papgeorg@otenet.gr

Xenophon Peistikos

Civil engineer (AUPh)

Thessaloniki, Greece

e-mail: peistikos@otenet.gr

ABSTRACT

The purpose of this article is to describe methods of handling and fixing problems that arise during the analysis and the construction of composite steel-concrete buildings.

The following issues are described and presented through case studies:

- structural analysis and simulation methods,
- foundation, horizontal alignment and accuracy
- vertical alignment of columns, horizontal alignment of beams and beam length adjustments,
- minimization up to extinction of cracks between the outlines of fill-in masonries and the structural elements,
- waterproofing of seismic joints.

Key words: *Composite buildings· foundation· horizontal alignment· vertical alignment· cracks between masonries and structural elements· joint waterproofing.*