

**Ο ΣΥΜΜΙΚΤΟΣ ΦΟΡΕΑΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ GRAND SERAI ΤΩΝ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

Ανδρέας Σπηλιόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάδα
e-mail: spiliopa@central.ntua.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πόλη των Ιωαννίνων και στα πλαίσια της ανάπτυξης της ευρύτερης περιοχής κατασκευάστηκε ένα νέο σύγχρονο ξενοδοχειακό συγκρότημα πέντε αστέρων. Το εν λόγω έργο εξ' αρχής είχε να αντιμετωπίσει πλήθος δυσκολιών με κυριότερη αυτή της θέσης του. Αυτό διότι θα καταλάμβανε το χώρο του παλαιού και ιστορικού Ξενία το οποίο θα κατεδαφιζόταν. Το γεγονός αυτό δίχασε τους κατοίκους της πόλης, και όχι μόνο, δημιουργώντας πλήθος δυσκολιών στην εφαρμογή του αναμφισβήτητα εντυπωσιακού σε μέγεθος αλλά κυρίως σε πολυτέλεια σχεδίου. Εκτός όμως των κοινωνικών 'δυσκολιών' το όλο εγχείρημα είχε και πλήθος στατικών προβλημάτων που απαιτούσαν ιδιαίτερη αντιμετώπιση, τα περισσότερα απ' αυτά στο κεντρικό κτήριο υποδοχής. Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί και η κατά τη φάση κατασκευής αλλαγή της στατικής λύσης σε συνδυασμό με την αλλαγή του υλικού του φέροντος οργανισμού.

Στην εργασία αυτή γίνεται η παρουσίαση του στατικού συστήματος που εφαρμόστηκε και η σύγκριση του με τη λύση από οπλισμένο σκυρόδεμα. Επίσης παρουσιάζονται οι σχεδιαστικές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες καθώς και η ανάλυση των σύμμικτων κόμβων χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος η οποία έγινε με τη χρήση χωρικών οκτακομβικών εξάεδρων πεπερασμένων στοιχείων.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

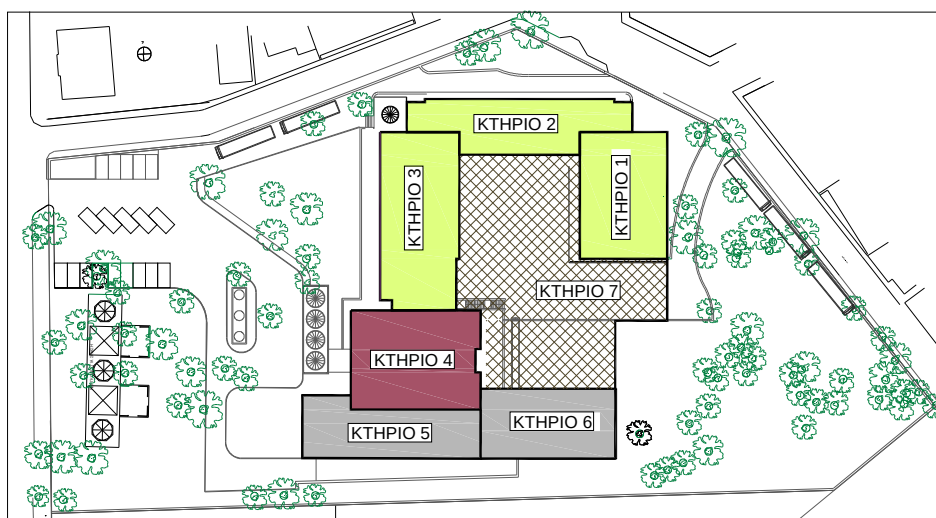
Ο χάλυβας σαν υλικό έχει τα τελευταία χρόνια γνωρίσει μια ιδιαίτερη άνθιση και στη χώρα μας. Η ευρεία χρήση του στα ολυμπιακά έργα και η εξοικείωση τόσο του τεχνικού κόσμου όσο και των πολιτών στο εν λόγω υλικό 'επέτρεψαν' τη χρήση του ως κύριου δομικού στοιχείου σε κτηριακά έργα τα οποία λίγα χρόνια πριν θα κατασκευάζονταν αποκλειστικά από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το κεντρικό κτήριο του Ξενοδοχείου Grand Serai (πρώην Ξενία) στα Ιωάννινα αποτελεί εκτός από το βασικό χώρο υποδοχής, και συνεπώς δημιουργίας πρώτης εντύπωσης, το κτήριο που στεγάζονται η αίθουσα συνεδριάσεων 700 τ.μ., οι τέσσερις πολυτελείς σουίτες καθώς και η προεδρική σουίτα 120 τ.μ. Ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κατά τη φάση της κατασκευής και ενώ είχαν ήδη σκυροδετηθεί οι δύο υπόγειοι όροφοι απαιτήθηκε η υιοθέτηση διαφορετικού στατικού συστήματος, λόγω αλλαγής ύφους και διαρρύθμισης στο εσωτερικό του κτηρίου κατά

απαίτηση του κύριου του έργου. Ο χρόνος κατασκευής ο οποίος ήδη είχε βγει εκτός χρονοδιαγράμματος, η θέση του έργου αλλά και η υφιστάμενη κατάσταση σε συνδυασμό με το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος του κτηρίου οδήγησαν στην κατασκευή ενός σύμμικτου φορέα από χάλυβα και σκυρόδεμα ο οποίος κάλυψε κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις αντικρουόμενες αρχιτεκτονικές απαιτήσεις και περιορισμούς του κτηρίου.

3. ΓΕΝΙΚΑ – ΜΟΡΦΩΣΗ ΦΟΡΕΑ

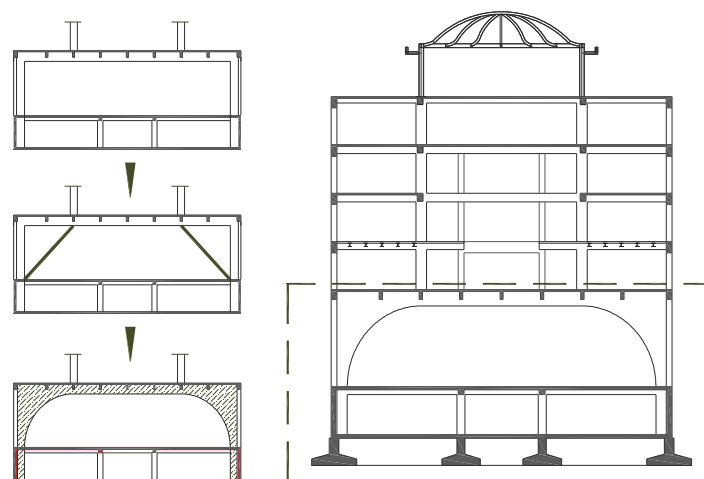
Η νέα ξενοδοχειακή μονάδα συνολικής κάτοψης 4460τ.μ. και όγκου 50713 κ.μ., συνολικής δυναμικότητας 458 κλινών συντίθεται από επτά στατικά ανεξάρτητα κτήρια όπως φαίνεται στο γενικό χωροταξικό σχέδιο (Σχήμα 1) της κατασκευής.



Σχ. 1.: Γενικό χωροταξικό σχέδιο.

Ο διαχωρισμός αυτός έγινε με σκοπό την κανονικοποίηση της κάτοψης του φέροντος οργανισμού, αλλά και την τήρηση των γεωμετρικών απαιτήσεων των ισχυόντων κανονισμών. Πρέπει να σημειωθεί ότι το κτήριο 7 είναι μονώροφο υπόγειο με χρήση χώρου στάθμευσης οχημάτων.

Τα κτήρια είναι επταόροφα με δύο υπόγειους και πέντε υπέργειους ορόφους ενώ το μικτό ύψος κάθε ορόφου είναι τρία (3) μέτρα και δεν παρουσιάζουν κάτι το ιδιαίτερο σε ότι αφορά το στατικό τους σύστημα, με εξαίρεση το κτήριο 4, το οποίο αποτελεί την κεντρική μονάδα του συγκροτήματος στο πρώτο υπόγειο του οποίου στεγάζεται ο μεγάλος συνεδριακός χώρος εμβαδού 700 τ.μ. (35μ. X 20μ.) και μικτού ύψους 6 μέτρων. Η ανωδομή του έχει περίπου τετραγωνική κάτοψη (25μ. X 20μ.) και στεγάζει τον χώρο υποδοχής στο ισόγειο καθώς και το σύνολο των σουιτών του ξενοδοχείου συμπεριλαμβανομένης και της προεδρικής, η οποία με το κλειστού κύκλου εστιατόριο καταλαμβάνει τους δύο τελευταίους ορόφους του κτηρίου. Η κύρια απαίτηση που έπρεπε να ικανοποιεί η στατική λύση είναι η απουσία υποστλωμάτων στο εσωτερικό του συνεδριακού χώρου σε συνδυασμό με το ιδιαίτερα μικρό μικτό ύψος των ορόφων που περιόριζε το ύψος των δοκών αλλά και τη θέση αυτών. Όσον αφορά την διαρρύθμιση των υπέργειων ορόφων άξιος αναφοράς είναι οι μεγάλες σε μέγεθος οπές σε όλες τις στάθμες οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερη αντιμετώπιση τόσο στην παραλαβή των κατακόρυφων όσο και των οριζοντίων φορτίων. Εκτός των προαναφερθέντων μια ακόμη παράμετρος



Σχ. 3.: Λογική σχεδιασμού δοκών "τοξωτής" μορφής.

3.2 Σύμμικτος φέρων οργανισμός

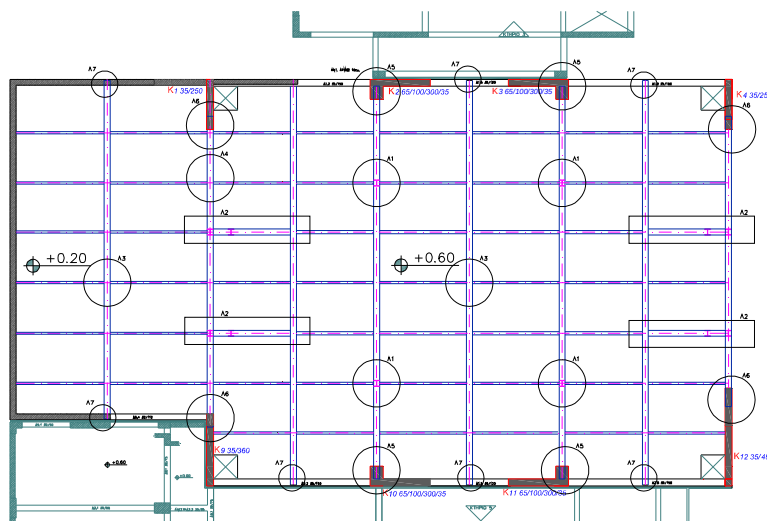
Στη διάρκεια της κατασκευής και ενώ έχει σκυροδετηθεί η θεμελίωση, η οροφή Β' υπογείου και τα υποστυλώματα του Α' υπογείου, απαιτήθηκαν αρχιτεκτονικές αλλαγές οι οποίες καθιστούσαν αδύνατη την κατασκευή των 'τοξωτών' δοκών και συνεπώς και της στατικής μελέτης στο σύνολο της. Οι βασικές αρχές σχεδιασμού του νέου φορέα συνοψίζονται ως εξής:

- Διατήρηση του κατασκευασθέντος τμήματος και περιορισμός στο ελάχιστο των επεμβάσεων – ενισχύσεων σε αυτό.
- Διατήρηση του περιγράμματος του κτηρίου.
- Μέγιστο ύψος κυρίων δοκών αιθούσης συνεδριάσεων 1100 χιλιοστά.
- Μηδενικός αριθμός υποστυλωμάτων εντός της αιθούσης συνεδριάσεων κατόψεως 700τ.μ. (η αίθουσα βρίσκεται στο Α' υπόγειο και προβλέπονται πέντε υπέργειοι όροφοι).
- Μέγιστο ύψος κυρίων δοκών ανωδομής 550 χιλιοστά.
- Η τήρηση των αρχιτεκτονικών κατόψεων όσον αφορά τις οπές και τους εσωτερικούς εξώστες (υπερβολικός αριθμός και μέγεθος σχεδόν σε όλες τις στάθμες της ανωδομής).
- Περιμετρικά συστήματα πληρώσεως από οπτόπλινθους (απαίτηση ιδιοκτήτη).
- Οι μεταλλικές διατομές να είναι εμπορίου και κατά το δυνατόν συνήθων διαστάσεων αφού η τοποθεσία του έργου και η χρονική καθυστέρηση που ήδη είχε δημιουργηθεί με την αλλαγή αρχιτεκτονικών δεν επέτρεπε περεταίρω απώλεια χρόνου (υπενθυμίζεται ότι το κτήριο αποτελεί το χώρο υποδοχής του ξενοδοχείου το οποίο δεν μπορεί να λειτουργήσει πριν την περάτωση αυτού).

Με βάση όλα τα παραπάνω αποφασίστηκε να κατασκευαστεί ένας σύμμικτος φορέας από σκυρόδεμα και χάλυβα αποτελούμενος από διατομές διπλού ταν εμπορίου ποιότητας S235 επί το πλείστον και S355 σε διακριτά μέλη όταν δεν γινόταν διαφορετικά.

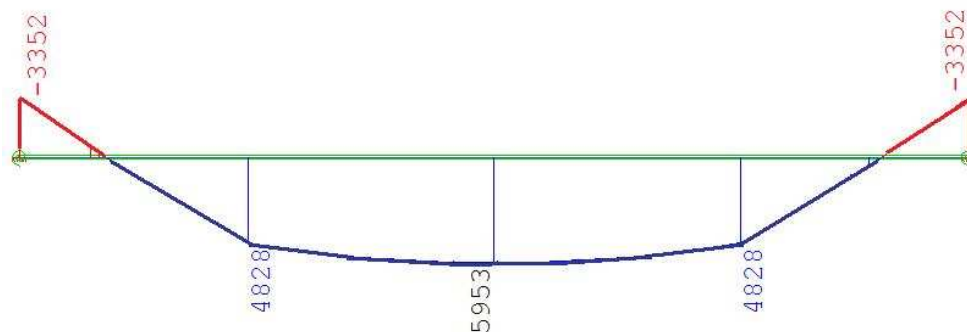
Με δεδομένο ότι τα περιμετρικά τοιχώματα είχαν μελετηθεί και οπλιστεί ώστε να παραλαμβάνουν τα σεισμικά φορτία στο σύνολο τους, κρίθηκε σκόπιμο ο νέος φορέας να λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Συνεπώς οι οριζόντιες σεισμικές δράσεις παραλαμβάνονται εξολοκλήρου από τα περιμετρικά τοιχώματα σκυροδέματος ενώ τα

μεταλλικά στοιχεία θεωρείται ότι δεν συμμετέχουν στην ανάληψη αυτών των δράσεων. Η οροφή της αίθουσας συνεδριάσεων ανοίγματος 20,0 μέτρων και μήκους 35 μέτρων αποτελείται από εσχάρα με κύριες δοκούς διατομής HEB, και δευτερεύουσες δοκούς HEA και IPE σημαντικά μικρότερου ύψους (Σχήμα 4).



Σχ. 4.: Μεταλλότυπος ισογείου.

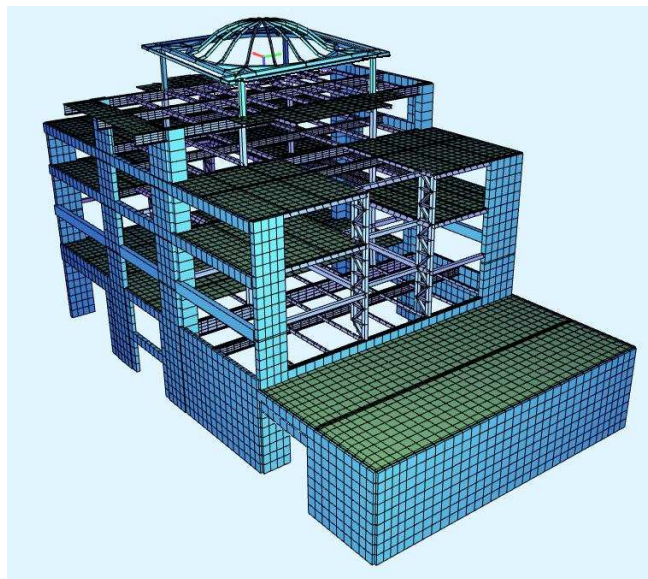
Τα κατακόρυφα φορτία των κυρίων δοκών (κατανεμημένα και συγκεντρωμένα), επί των οποίων εδράζονται τα τέσσερα φυτευτά υποστυλώματα (δύο σε κάθε δοκό), είναι σημαντικά. Το βέλος κάμψης και η εν γένει δυσκαμψία τους είναι κρίσιμα καθώς στηρίζουν σημαντικό τμήμα της ανωδομής. Εξετάζοντας τη σύμμικτη διατομή των εν λόγω δοκών ως αμφιέρειστων, όπως συνηθίζεται στην κοινή πρακτική, προκύπτουν διατομές μεγαλύτερες των υπαρχόντων HEB ή υπερβολικά αντιοικονομικές HEM. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε η λύση της αμφίπακτης δοκού στην οποία επιτρέπεται πλήρης πλαστικοποίηση στις δύο στηρίξεις (δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων) και ανακατανομή ροπών μέχρι την δημιουργία τρίτης πλαστικής άρθρωσης όπου και εξαντλείται η φέρουσα ικανότητα της (Σχήμα 5). Το πλάτος του στοιχείου σκυροδέματος στην περιοχή της πάκτωσης είναι σχετικά μικρό σε σχέση με την αντοχή της διατομής HEB που καλείται να στηρίξει. Για το λόγο αυτό και για την εξασφάλιση του σκυροδέματος (C25/30) το οποίο θέλουμε να παραμείνει στην ελαστική περιοχή έγινε απομείωση της μεταλλικής διατομής έτσι ώστε η πλαστική ροπή αντοχής της να περιοριστεί στα 3350 kNm.



Σχ. 5.: Διάγραμμα ροπών κάμψης αμφίπακτης δοκού με πλαστική ανάλυση.

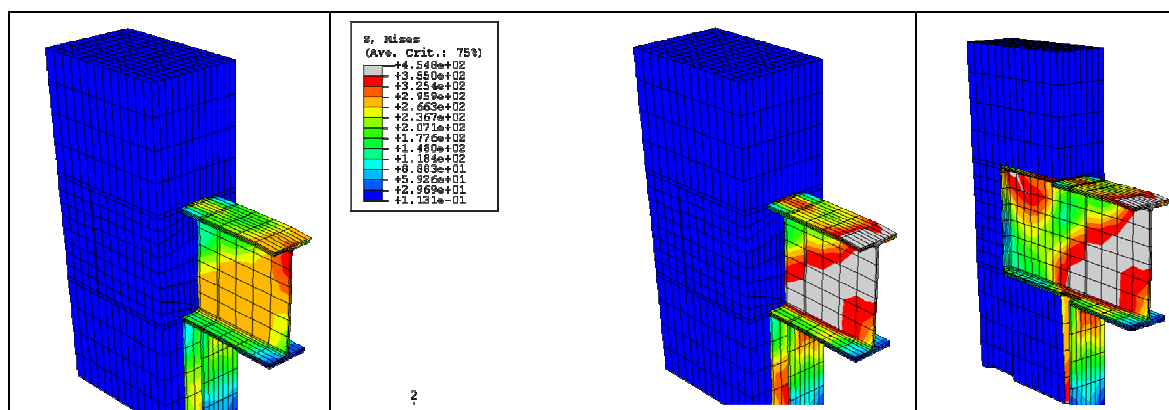
3.3 Στατικό προσομοίωμα

Ο φορέας προσομοιώθηκε στο χώρο με τη χρήση επιφανειακών, χωρικών και γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων (Σχήμα 6). Οι πλάκες προσομοιώθηκαν ως επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία με κατάλληλες ιδιότητες. Με αυτό τον τρόπο τόσο η δυσκαμψία των διαφραγμάτων όσο και η σύμμικτη λειτουργία των δοκών, όσον αφορά την τιμή, την κατανομή των εντάσεων και των παραμορφώσεων, προέκυψαν από την ανάλυση και δεν θεωρήθηκαν δεδομένες.



Σχ. 6.: Τυπικό στατικό προσομοίωμα του φορέα.

Οι πλαστικές αρθρώσεις προσομοιώθηκαν μέσω μη γραμμικών στρωφικών ελατηρίων, ενώ η ρηγμάτωση του σκυροδέματος λήφθηκε υπόψη μέσω του νόμου του υλικού όπου αυτό κρίθηκε απαραίτητο. Ένα πολύ κρίσιμο σημείο του φορέα τόσο σε επίπεδο λογικής όσο και σε επίπεδο πρακτικής είναι οι θέσεις πάκτωσης των δύο κυρίων δοκών. Το κατά πόσο το στοιχείο σκυροδέματος μπορεί να παραλάβει τις αναπτυσσόμενες σε αυτό τάσεις, αλλά και κατά πόσο η μεταλλική διατομή θα αναπτύξει πλαστική άρθρωση σε αυτή τη θέση με την προβλεπόμενη τιμή ροπής ήταν ζητήματα τα οποία έχριζαν ιδιαίτερης αντιμετώπισης και ελέγχου. Για το σκοπό αυτό εξετάστηκε το προσομοίωμα του κόμβου με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού χωρικών πεπερασμένων στοιχείων.



Σχ. 7.: Αποτελέσματα από την ανάλυση του ενισχυμένου κόμβου 'πάκτωσης'.

Πραγματοποιήθηκε μη γραμμική επαυξηνητική ανάλυση της οποίας τα αποτελέσματα οδήγησαν σε χρήσιμα συμπεράσματα και τελικά στην ενίσχυση, η οποία ήταν και η μοναδική στο σύνολο του φορέα, του κόμβου. Οι αναλύσεις στο σύνολο τους οδήγησαν την λύση που κρίθηκε ως η απλούστερη και πιο οικονομική. Η ενίσχυση αποφασίστηκε να γίνει με τη χρήση κατάλληλα τοποθετημένου και στηριγμένου πρόσθετου μεταλλικού στοιχείου. Ο ενισχυμένος κόμβος αναλύθηκε - διερευνήθηκε εκ νέου με σκοπό τον έλεγχο της συμπεριφοράς του (Σχήμα 7).

Ιδιαίτερος ευχαριστώ Υποψήφιο Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. κ Βασίλειο Κάρλο, για την πολύτιμη συμβολή του στις προαναφερθείσες παραμετρικές αναλύσεις.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Το κόστος κατασκευής του σύμμικτου φορέα ήταν μεγαλύτερο από αυτό του φορέα με οπλισμένο σκυρόδεμα.
2. Ο συνολικός χρόνος κατασκευής του σύμμικτου φορέα ήταν μεγαλύτερος αν ληφθεί υπόψη ο χρόνος που χάθηκε για την αλλαγή των μελετών και την επιλογή νέου εργολάβου.
3. Ο καθαρός χρόνος κατασκευής του κτηρίου (αφαιρουμένων των εκτός εργοταξίου καθυστερήσεων) ήταν μικρότερος από το χρόνο της αντίστοιχης κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, συνολικά απαιτήθηκαν 3,5 μήνες μέχρι να λειτουργήσει το κτήριο.
4. Η αναλυτική μέθοδος προσομοίωσης οδήγησε σε ασφαλέστερα και οικονομικότερα αποτελέσματα.
5. Με τη χρήση της πλαστικής ανάλυσης έγινε σημαντική οικονομία τόσο βάρους όσο και διαστάσεων στις κύριες δοκούς.
6. Με την προσομοίωση μέσω χωρικών πεπερασμένων στοιχείων και τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, διερευνήθηκε η συμπεριφορά ειδικού κόμβου μεταλλικής δοκού σε υποστύλωμα από σκυρόδεμα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1-1: prEN 1993-1-1 "General rules and rules for buildings", (12-2003)
- [2] Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - General rules and rules for buildings (01-2004) (prEN)
- [3] Eurocode 1: 1991-1-1 - Actions on structures - General actions - Densities, self-weight & imposed loads for buildings (06-2001) (prEN)
- [4] ΕΑΚ 2003 : Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2003.
- [5] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: prEN 1998-1 "General rules, seismic actions and rules for buildings", Draft 2002
- [6] ΕΚΩΣ 2000 : Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδεμάτος 2000.

THE MAIN BUILDING'S COMPOSITE STRUCTURE OF GRAND SARAI HOTEL COMPLEX AT IOANNINA

A. Spiliopoulos

Civil Engineer

Athens, Greece

e-mail: spiliopa@central.ntua.gr

SUMMARY

In the town of Ioannina and in the frame of the development of the area, a new modern five star hotel complex was built. The project had many obstacles from the beginning. The most challenging difficulty was the position of the complex, since it was decided to be erected in the area of the old and historical hotel Xenia, which had to be pulled down. This fact divided the citizen's opinion creating a number of difficulties in the application of this undoubtedly impressive in size and glamour plan. Except of the social obstacles, the project had also many difficulties from the static point of view, which demanded special treatment, especially in the area of the main lobby. In addition during the erection of the complex the Architectural solution has been changed, modification of the static solution and the material was demanded and considered necessary.

In the present paper the static system that was implemented is presented. The solution is compared with the corresponding solution, in which only reinforced concrete is used. The architectural and construction details, as well as the numerical analysis of the composite intersection of steel and reinforced concrete, which was implemented with the use of spatial eight-node hexahedral finite elements, are presented.