

**ΠΟΛΥΩΡΟΦΑ ΚΤΙΡΙΑ-ΓΕΦΥΡΕΣ: ΚΤΙΡΙΟ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟΥ
ΤΟΥ ABU-DHABI & ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΚΤΙΡΙΟ M6A1 ΣΤΟ ΠΑΡΙΣΙ**

Χρήστος Σαουρίδης

Διευθ. Γραφείου Μελετών - Δρ. Πολιτικός
Μηχανικός
Computer Control Systems S.A.
Μαρούσι, Ελλάς
e-mail: chrisa@ccs.gr

Παναγιώτης Καζαντζής

Μηχανολόγος Μηχανικός
Computer Control Systems S.A.
Μαρούσι, Ελλάς
e-mail: pkazan@ccs.gr

Bernard Rémy

Τεχνικός Διευθυντής - Πολιτικός Μηχανικός
Computer Control Systems S.A.
Saclay, France
e-mail: bremy@aol.com

Γιάννης Ευθυμίου

Πολιτικός Μηχανικός
Computer Control Systems S.A.
Μαρούσι, Ελλάς
e-mail: gefthi@ccs.gr

1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζονται δύο περιπτώσεις μελέτης μεταλλικών κτιρίων μεγάλων διαστάσεων τα οποία συνδυάζουν απαιτήσεις σχεδιασμού γεφυρών και κτιριακών έργων. Πρόκειται για κτίρια που «γεφυρώνουν» στην χαμηλή τους στάθμη σημαντικά ανοίγματα ενώ οι ανώτερες στάθμες τους μεταφέρουν στις «γέφυρες» αυτές τα φορτία τους μέσω φυτευτών υποστυλωμάτων.

Το κεντρικό κτίριο του χρηματιστηρίου στο Abu-Dhabi (ADX) αποτελείται από πέντε ορόφους συνολικού εμβαδού 18.000m^2 . Η ανωδομή από σύμμικτα δάπεδα μεταφέρει τα φορτία της μέσω υποστυλωμάτων σε 6 υπερ-δικτυώματα με κεντρικό ελεύθερο άνοιγμα 48m. Το συνολικό βάρος μεταλλικής κατασκευής του κτιρίου ανέρχεται σε 4.500 τόνους περίπου.

Στο πλαίσιο των νέων εγκαταστάσεων του πανεπιστημίου Diderot-Paris 7 το οκτάωρο κτίριο M6A1 (19000 m^2) στηρίζεται εν μέρει πάνω από αίθουσα γυμναστηρίου. Με στόχο να κρατηθεί ελεύθερος υποστυλωμάτων ο χώρος του γυμναστηρίου, το κενό διαστάσεων $40\text{ m} \times 20\text{ m}$ γεφυρώνεται από 7 μεταλλικά υπερ-δικτυώματα ανοίγματος 22 m και ύψους 4 m επί των οποίων εδράζονται τα υποστυλώματα και τα τοιχεία της ανωδομής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το συνολικό βάρος αυτής της μεταλλικής κατασκευής που υποδέχεται τα φορτία του υπόλοιπου κτιρίου ανέρχεται σε 430 τόνους περίπου.

2 ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ ABU-DHABI

2.1 Περιγραφή

Το κτίριο ADX αποτελεί τμήμα του νέου Οικονομικού Κέντρου που κατασκευάστηκε στην νήσο Sowwah του εμιράτου του Abu Dhabi. Εντάσσεται σε ένα σύνολο που περιλαμβάνει 4 πύργους γραφείων (δύο 30 ορόφων και δύο 40 ορόφων) καθώς και ξενοδοχειακές μονάδες, εστιατόρια και εμπορικά καταστήματα.



Φωτ. 1: Το κτίριο του χρηματιστηρίου του Abu Dhabi

Το κτίριο αποτελείται από πέντε υπερυψωμένους ορόφους, που στηρίζονται μέσω 6 υπερ-δικτυωμάτων σε 4 δίδυμους πυρήνες οπλισμένου σκυροδέματος. Το ελεύθερο άνοιγμα των υπερ-δικτυωμάτων είναι περίπου 48m και εδράζονται στους πυρήνες σε ύψος 15 m πάνω από το podium του ισόγειου. Η συνολική δομημένη επιφάνεια είναι 18,000 m². Στο εσωτερικό του κτιρίου υπάρχει κυκλικό αίθριο από τον 3^ο όροφο και άνω.

2.2 Δομικό σύστημα και σχεδιασμός

Εκατέρωθεν των 4 δίδυμων πυρήνων από οπλισμένο σκυρόδεμα και στο ενδιάμεσο χώρο μεταξύ τους διατάσσονται δικτυωτές δοκοί ύψους 5.20m που αποτελούν την 1^η και 2^η στάθμη του κτιρίου. Τα 4 από τα υπερ-δικτυώματα στηρίζονται απευθείας επάνω στους πυρήνες σκυροδέματος ενώ τα 2 ενδιάμεσα στηρίζονται σε μεταλλικά υποστυλώματα κιβωτιοειδούς διατομής. Τα υπερ-δικτυώματα αποτελούν τις «γέφυρες» πάνω στις οποίες δομείται το κτίριο.

Οι ανώτερες στάθμες, που διαμορφώνονται από σύμμικτα δάπεδα, εδράζονται μέσω μεταλλικών υποστυλωμάτων στις δοκούς των υποκείμενων δαπέδων, όχι αναγκαστικά σε θέσεις που υπάρχουν ήδη υποστυλώματα (διάταξη που δεν αποκλείει τα «φυτευτά υποστυλώματα»).

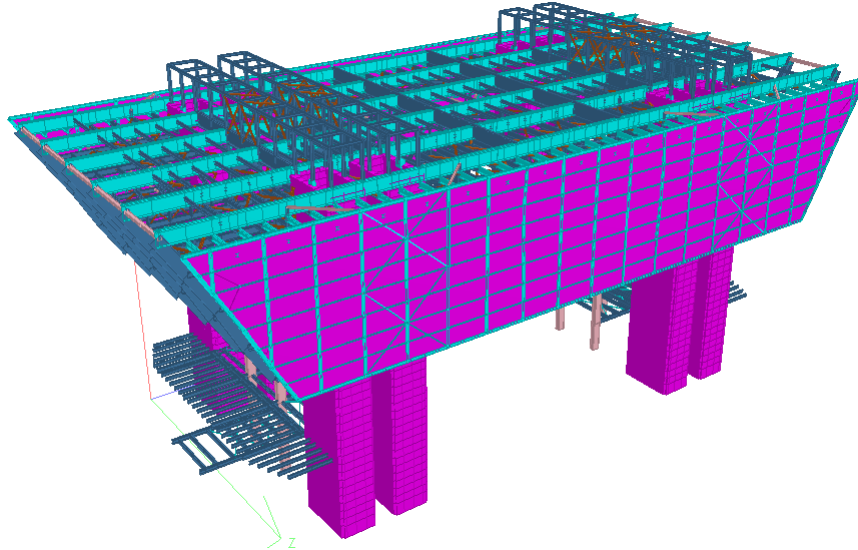


Φωτ. 2: Εξωτερικό υπερ-δικτύωμα επί των δίδυμων πυρήνων οπλ. σκυρ/τος



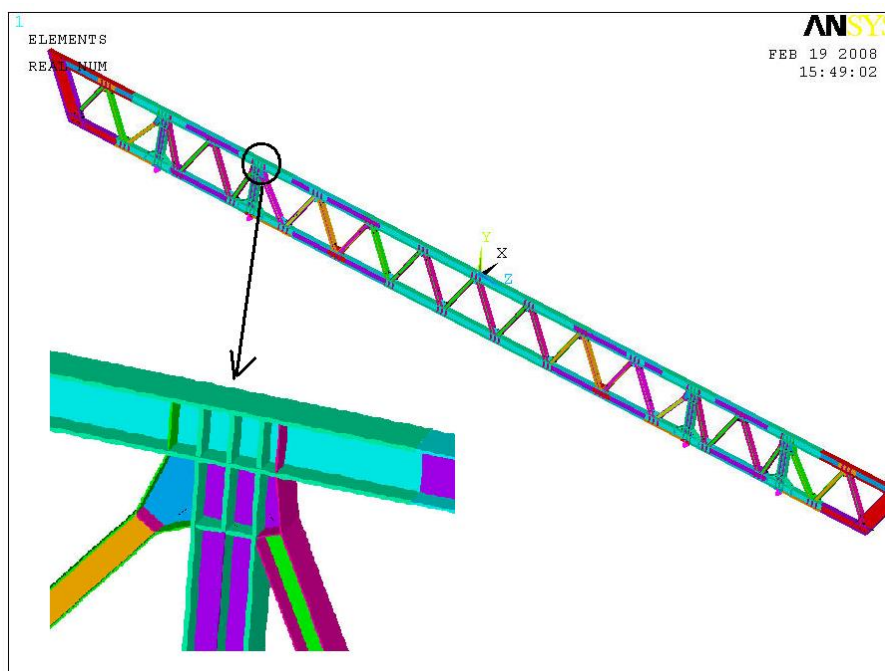
Φωτ. 3: Εδραση υπερ-δικτυώματος επί του πυρήνα οπλ. σκυρ/τος

Ο σχεδιασμός έγινε με βάση τον αμερικανικό κανονισμό AISC. Οι φορτίσεις ακολουθούν τις διατάξεις των ASCE 7-05 (2006) και UBC 1997. Τα ωφέλιμα φορτία δαπέδου έχουν τιμές που κυμαίνονται, ανάλογα με την θέση, από 0.1 T/m^2 μέχρι 1.2 T/m^2 . Η φόρτιση ανέμου υπολογίστηκε σύμφωνα με τον ASCE 7-05 με βασική ταχύτητα ανέμου 136 km/h . Ελήφθη επίσης υπόψη σεισμική φόρτιση κατά ASCE 7-05 θεωρώντας ζώνη D, σεισμική επικινδυνότητα C και συντελεστή σπουδαιότητας 1.25. Το προσομοίωμα σχεδιασμού για την καθολική ανάλυση περιλαμβάνει τα πετάσματα των όψεων και χρησιμοποιεί επιφανειακά και ραβδωτά στοιχεία.



Σχ.1: Προσομοίωμα καθολικής ανάλυσης

Τα υπερδικτυώματα αντιμετωπίστηκαν ξεχωριστά με προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων λόγω της πολυπλοκότητας των κόμβων τους (τοπικοί έλεγχοι για κάθε κόμβο χωριστά) και της διαφοροποίησης των στηρίξεών τους.



Σχ.2: Προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων για τα υπερ-δικτυώματα

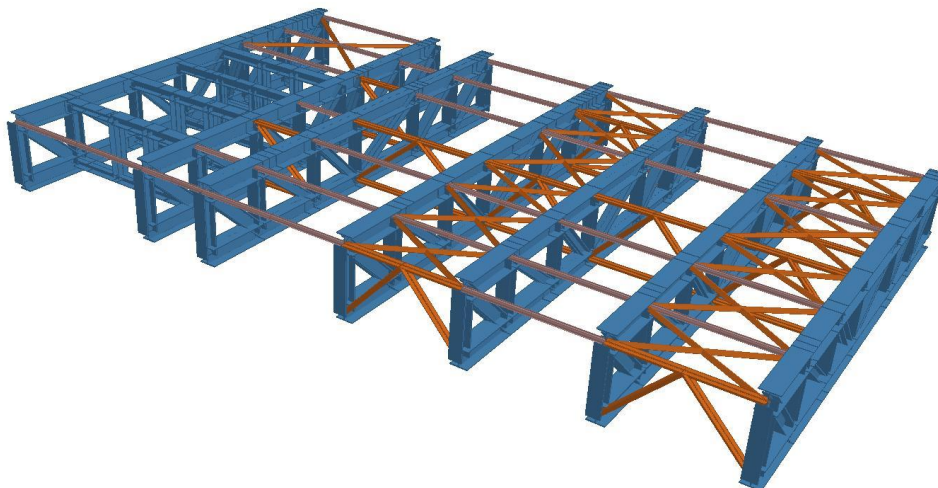
3 ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΚΤΙΡΙΟ M6A1 ΣΤΟ ΠΑΡΙΣΙ

Στα πλαίσια της επέκτασης του Πανεπιστημίου Paris-Diderot (Paris VII), ένα από τα 4 καινούργια κτίρια, το M6A1, οκτώ ορόφων συνολικού εμβαδού 19000 m² στεγάζει στο υπόγειό του μια αίθουσα γυμναστηρίου διαστάσεων 40 m x 20 m. Προκειμένου να κρατηθεί ελεύθερος υποστυλωμάτων ο χώρος του γυμναστηρίου, χρησιμοποιήθηκαν 7 υπερ-δικτυώματα ανοίγματος 22 m και ύψους 4 m επί των οποίων εδράζονται τα υποστυλώματα και τα άλλα κατακόρυφα στοιχεία της ανωδομής (από οπλ. σκυρόδεμα).



Φωτ. 4: Αίθουσα γυμναστηρίου κτιρίου M6A1 & υπερ-δικτυώματα έδρασης ανωδομής

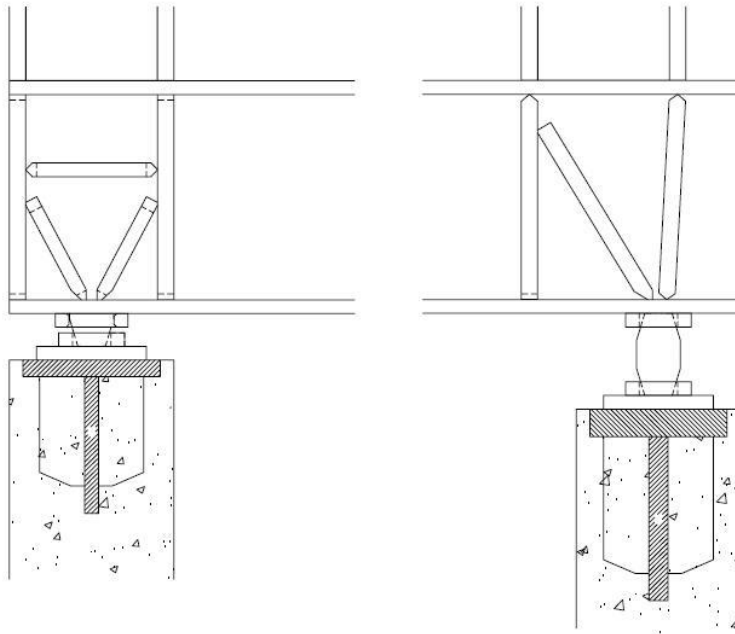
Οι 7 δικτυωτές δοκοί έχουν όλα τα στοιχεία τους (πέλματα, διαγώνιοι & ορθοστάτες) συγκολλητές διατομές μορφής H. Συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός συστήματος δικτυωτών συνδέσμων, κοιλοδοκών και οριζόντιων συνδέσμων ακαμψίας στο άνω πέλμα.



Σχ. 3: Προσομοίωμα υπολογισμού με 3D απεικόνιση των διατομών.

Τα φορτία της ανωδομής μεταφέρονται στο άνω πέλμα των δικτυωμάτων σε συγκεκριμένες θέσεις μέσω ειδικών τεμαχίων με ελατήρια της εταιρίας GERB. Το μέγιστο βέλος κάμψης υπό το σύνολο των μόνιμων φορτίων είναι της τάξης των 27mm ενώ η

ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης είναι μεγαλύτερη των 3 Hz. Η μέγιστη αντίδραση στις θέσεις στήριξης ενός υπερ-δικτυώματος προέκυψε ίση με ~1300 τόνους. Η έδραση στα περιμετρικά τοιχία διαμορφώθηκε με μεταλλικά στοιχεία όπως φαίνεται από το παρακάτω σχέδιο:

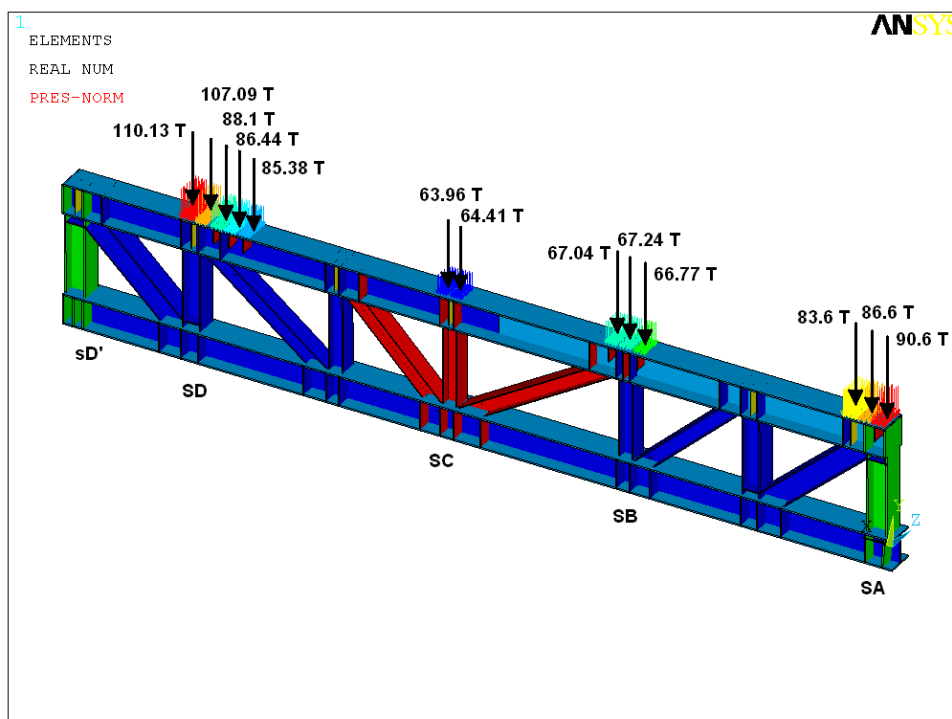


Σχ. 4: Διαμόρφωση έδρασης στα περιμετρικά τοιχία.



Φωτ. 5: Τοποθέτηση υπερ-δικτυωμάτων στο εργοτάξιο

Προκειμένου να μελετηθούν οι τοπικά αναπτυσσόμενες τάσεις στα στοιχεία και, κυρίως, στους κόμβους των δικτυωτών δοκών, επιλύθηκε η δοκός με τα δυσμενέστερα φορτία με την βοήθεια προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων. Η επίλυση έγινε με γραμμική θεωρία και στην συνέχεια με ελαστοπλαστικό νόμο συμπεριφοράς.



Σχ. 5: Προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων για μόνιμα φορτία.

Από τις επιλύσεις προέκυψε για την αριστερά ακραία διαγώνιος πλαστικοποίηση στα άκρα της και επομένως εφαρμόσθηκε τοπική ενίσχυση με πρόσθετα ελάσματα που αυξάνουν την τοπική αντοχή σε διάτμηση.

4 ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

Χρηματιστήριο ABU-DHABI
Ιδιοκτήτης έργου: MUBADALA DEVELOPMENT
Αρχιτεκτονική μελέτη: GOETTSCHE (Chicago) & GENSLER (London)
Ελεγκτής μελετών: Thornton Tomasetti & SOCOTEC
Γενικός Εργολάβος: OGER International
Μεταλλική κατασκευή: A.I.C.

Κτίριο M6A1
Παν/μιο PARIS DIDEROT - UNICITE
 Baptiste LACOUDRE
 SETEC & QUALICONSLT
 VINCI (GTM Bâtiment)
 BRISARD DAMPIERRE

BRIDGE BUILDINGS: THE ABU-DHABI STOCK EXCHANGE AND THE PARIS UNIVERSITY M6A1 BUILDINGS

Christos Saouridis

Design office director – Civil Engineer, PhD
Computer Control Systems S.A.
Maroussi, HELLAS
e-mail: chrisa@ccs.gr

Panayiotis Kazantzis

Mechanical Engineer
Computer Control Systems S.A.
Maroussi, HELLAS
e-mail: pkazan@ccs.gr

Bernard Rémy

Technical Director – Civil Engineer
Computer Control Systems S.A.
Saclay, FRANCE
e-mail: bremy@aol.com

Ioannis Efthimiou

Civil Engineer
Computer Control Systems S.A.
Maroussi, HELLAS
e-mail: gefthi@ccs.gr

SUMMARY

Two case studies of large bridge-buildings with exceptional design demands combining those for building and bridges are presented in this paper. These buildings have in their lower level a significant free span “bridged” by their own structure whereas the upper levels transmit to this “bridge” level their vertical loads through point columns.

The Stock Exchange building of the Abu-Dhabi Financial Center at Sowwah island consists of five floors with a total area of 18.000m². The upper floors, made by composite decks, transmit their loads through steel columns on the top of 6 mega-trusses which span a free space of 48m between their supports on concrete cores. The total weight of the steelwork of the building is approximately 4.500 tons.

The new M6A1 building (19000 m²) of the expanding Diderot-Paris 7 University campus covers in its basement a sports hall. In order to avoid columns in the gymnasium’s 40m x 20m area, 7 mega-truss beams of 22m length and 4m height are used to “bridge the gap”. These mega-trusses carry the vertical loads of the 8-floor reinforced concrete superstructure of the building. The total weight of the steelwork used for this building is approximately 430 tons.