ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΟΛΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ "OVAL TOWER" ΣΤΗ ΛΕΜΕΣΟ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Κωνσταντίνα Κουλάτσου

Υποψήφια Διδάκτορας ΕΜΠ Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών ΕΜΠ Αθήνα, Ελλάδα e-mail: <u>konkoulatsou@gmail.com</u>

Σπύρος Καλύβας

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών ΕΜΠ Αθήνα, Ελλάδα e-mail: <u>kalyvas.sp@gmail.com</u>

Άκης Λουκά

Μηχανολόγος Technomachine Ltd Λευκωσία, Κύπρος e-mail: <u>akis@technomachine.com</u>

Χρήστος Π. Γκολογιάννης

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ Μηχανικοί Μελετών & Εφαρμογών Α.Ε. Αθήνα, Ελλάδα e-mail: cpgol@mhxme.gr

Γιάννης Αγγελόπουλος

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, ΜΔΕ ΕΜΠ Μηχανικοί Μελετών & Εφαρμογών Α.Ε. Αθήνα, Ελλάδα e-mail: j.aggelopoulos@mhxme.gr

Οδυσσέας Γεωργίου

Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ SEAMLEXITY LLC Λεμεσός, Κύπρος e-mail: odysseas@seamlexity.com

Βασίλης Λυκομήτρος Λυκομήτρος Steel A.E.

Βόλος, Ελλάδα e-mail: info@lykomitros-steel.gr

Χάρης Ι.Γαντές

Καθηγητής ΕΜΠ Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών ΕΜΠ Αθήνα, Ελλάδα e-mail: chgantes@central.ntua.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός της μεταλλικής κατασκευής για τη στήριξη της επικάλυψης και του θόλου του κτιρίου "Oval Tower" στη Λεμεσό της Κύπρου. Το κτίριο έχει ωσειδές σχήμα σε κατακόρυφη τομή και ο φέρων οργανισμός του κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Για τη στήριξη της επικάλυψης προβλέπεται μία ανεξάρτητη μεταλλική κατασκευή η οποία αγκυρώνεται στα στοιχεία σκυροδέματος. Λόγω του περίπλοκου σχήματος του κτιρίου, ο σχεδιασμός της μεταλλικής κατασκευής καθορίστηκε κυρίως από μια διαδικασία γεωμετρικής βελτιστοποίησης σε συνδυασμό με κατασκευαστικούς περιορισμούς. Στο άρθρο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις κατασκευαστικές και υπολογιστικές παραμέτρους που καθόρισαν το στατικό σύστημα, και στη βελτιστοποίηση της μεταλλικής κατασκευής και των αγκυρώσεών της. Για τον υπολογισμό ρεαλιστικών φορτίων ανέμου πραγματοποιήθηκε για το κτίριο δοκιμή αεροδυναμικής σήραγγας, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται συνοπτικά. Παρουσιάζεται επίσης ο υπολογισμός των διατομών και συνδέσεων μέσω γραμμικών και μη γραμμικών αναλύσεων.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο «Oval Tower» βρίσκεται στη Λεμεσό της Κύπρου με την κατασκευή του φέροντος οργανισμού να ολοκληρώνεται από την εταιρεία Cybarco. Οι δευτερεύουσες μεταλλικές κατασκευές και επικαλύψεις κατασκευάζονται από την εταιρεία Technomachine, ενώ η βιομηχανοποίησή τους έγινε από την εταιρεία Λυκομήτρος Steel. Το κτίριο πρόκειται να στεγάσει χώρους εργασίας, βρίσκεται κοντά στο κέντρο της Λεμεσού με εύκολη πρόσβαση στον κεντρικό δρόμο και λόγω ύψους, προσφέρει απρόσκοπτη θέα στη θάλασσα. Αποτελείται από 16 ορόφους και θα αποτελεί το ψηλότερο εμπορικό κτίριο. Λόγω του ασυνήθιστου ωοειδούς σχήματός του ονομάστηκε "Oval tower" (Σχ. 1). Οι διαστάσεις του κτιρίου ποικίλουν καθ' ύψος με τις μεγαλύτερες διαστάσεις σε κάτοψη 35m x 23m να βρίσκονται στο μέσο ύψος του και το συνολικό ύψος του κτιρίου να είναι περίπου 80m.



Σχ. 1: Απόψεις του κτιρίου «Oval Tower», (α) Ιούλιος 2017, (β) Αύγουστος 2016

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από πλαίσια και τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος. Τα τοιχώματα βρίσκονται στην περιοχή των κλιμακοστασίων και των ανελκυστήρων και αποτελούν τα βασικά στοιχεία που αναλαμβάνουν τις οριζόντιες δράσεις (σεισμός). Στο Σχ. 2 παρουσιάζονται μια τρισδιάστατη απεικόνιση του φορέα οπλισμένου σκυροδέματος του κτιρίου και μια τυπική κάτοψη ορόφου.



Σχ. 2: Τρισδιάστατη απεικόνιση φορέα οπλισμένου σκυροδέματος και τυπική κάτοψη ορόφου

Η μεταλλική επικάλυψη του κτιρίου στηρίζεται μέσω ανεξάρτητου μεταλλικού φορέα στο σκελετό του κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι περιοχές στις οποίες τοποθετούνται επικαλύψεις παρουσιάζονται στο Σχ. 3 και αποτελούνται από την εξωτερική επικάλυψη

της ανατολικής και δυτικής πλευράς του κτιρίου (πράσινο χρώμα), την αντίστοιχη εσωτερική επικάλυψη του μπαλκονιού στο νότιο τμήμα του κτιρίου και τις βόρειας προεξοχής (κόκκινο και μπλε χρώμα) και την επικάλυψη του θόλου (κίτρινο χρώμα για την εσωτερική επικάλυψη και πράσινο χρώμα για την εξωτερική επικάλυψη).





Σχ. 6: (α) Τρισδιάστατη άποψη και (β) κάτοψη μεταλλικού θόλου

Η πλευρική επικάλυψη του κτιρίου (Σχ. 5) αποτελείται από μεταλλικά φύλλα "Kalzip" τα οποία μαζί με τα εξαρτήματά του στηρίζονται στο κατάστρωμα τύπου "Montana SP111". Το κατάστρωμα με τη σειρά του στηρίζεται σε ανεξάρτητο μεταλλικό σκελετό (Σχ. 4), ο οποίος αγκυρώνεται στο φορέα σκυροδέματος.

Η επικάλυψη στην κορυφή του κτιρίου (Σχ. 6) στηρίζεται σε ένα μεταλλικό θόλο. Ο θόλος αυτός αποτελείται από δέκα καμπύλα τόξα διπλού ταυ (συγκολλητές διατομές), τεγίδες και διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΤΙΩΝ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Εκτός από τα μόνιμα φορτία της επικάλυψης, τα οποία περιλαμβάνουν τα ίδια βάρη των φύλλων της επικάλυψης και του μεταλλικού σκελετού που τη στηρίζει, η κύρια φόρτιση που καταπονεί την επικάλυψη είναι ο άνεμος.

Προκειμένου να υπολογιστεί το ρεαλιστικό φορτίο ανέμου που καταπονεί την επικάλυψη λαμβάνοντας υπόψη το ασυνήθιστο σχήμα του κτιρίου, πραγματοποιήθηκε δοκιμή μικρής κλίμακας σε αεροδυναμική σήραγγα από την εταιρεία BMT Fluid Mechanics Ltd. Στα σχήματα Σχ. 7 ως Σχ. 9 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της δοκιμής της αεροδυναμικής σήραγγας για την πλαγιοκάλυψη και το θόλο. Αποτελέσματα για κάθε γωνία επιβολής του ανέμου εξήχθησαν από τη δοκιμή αεροδυναμικής σήραγγας και παρουσιάζεται η περιβάλλουσα των δυσμενέστερων αποτελεσμάτων.

Όσον φορά το φορτίο ανέμου της πλαγιοκάλυψης, λήφθηκαν υπόψη δύο φορτίσεις με τη μία να αποτελεί την πίεση και την άλλη την υποπίεση του ανέμου. Και οι δύο φορτίσεις προσομοιώθηκαν κάθετα στην επιφάνεια της πλαγιοκάλυψης.



(α) Πίεση ανέμου
(β) Αναρρόφηση ανέμου
Σχ. 7: Φορτίο ανέμου στις επιφάνειες εξωτερικού χώρου



(α) Πίεση ανέμου
(β) Αναρρόφηση ανέμου
Σχ. 8: Φορτίο ανέμου στις επιφάνειες εσωτερικού χώρου



Σχ. 9: (a) Φορτίο ανέμου πίεσης και αναρρόφησης σε ολόκληρο το θόλο και (β) φορτίο ανέμου μέγιστης αναρρόφησης στο μισό θόλο και αντίστοιχη πίεση ανέμου στο υπόλοιπο μισό του θόλου

Όσον αφορά το φορτίο ανέμου του θόλου λήφθηκαν υπόψη τρεις φορτίσεις, οι οποίες προσομοιώθηκαν κάθετα στην επιφάνεια της επικάλυψης του θόλου:

- Μέγιστες τιμές πίεσης ανέμου (θετικές τιμές από το Σχ. 9α) σε ολόκληρο το θόλο
- Μέγιστες τιμές υποπίεσης ανέμου (αρνητικές τιμές από το Σχ. 9α) σε ολόκληρο το θόλο
- Μέγιστες τιμές αναρρόφησης ανέμου (καθώς η αναρρόφηση είναι πιο κρίσιμη) στο μισό θόλο και οι αντίστοιχες τιμές πίεσης ανέμου στο υπόλοιπο μισό του θόλου (Σχ. 9β).

4. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ

4.1 Διαστασιολόγηση δοκών στήριξης (μηκίδων) πλαγιοεπικάλυψης.

Οι δοκοί στήριξης – μηκίδες – CHS219 με πάχη 8mm, 10mm και 12.5mm τοποθετούνται σε κάθε όροφο, ακολουθούν τη γεωμετρία της πλάκας σκυροδέματος κάθε ορόφου και αγκυρώνονται στο οπλισμένο σκυρόδεμα μέσω έξι συνδέσεων (Σχ. 15). Στους κατώτερους τρεις ορόφους προβλέπεται ένα τόξο σωληνωτής διατομής CHS219 για τη διαμόρφωση της εισόδου, το οποίο θα είναι καμπυλωμένο τόσο σε κάτοψη όσο και σε όψη.

Για τη διαστασιολόγηση των μηκίδων, διαμορφώθηκαν ανεξάρτητα προσομοιώματα ραβδωτών στοιχείων κάθε μηκίδας με τις συνδέσεις τους επί της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος να θεωρούνται απλές στηρίξεις (αρθρώσεις). Μορφώθηκαν ξεχωριστά προσομοιώματα για τις βόρειες και νότιες μηκίδες (μπλε και κόκκινες μηκίδες στο Σχ. 10) και για τις μηκίδες καθ' ύψος για να ληφθεί υπόψη το αντίστοιχο φορτίο ανέμου και να τηρηθεί μια βελτιστοποίηση όσον αφορά το συνολικό βάρος. Η διαστασιολόγηση των μηκίδων έγινε με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP version 15.1.0 [2] σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3, Μέρος 1-1 [3].

4.2 Διαστασιολόγηση θόλου

Η αρχική διαστασιολόγηση του θόλου έγινε, όπως και για τις μηκίδες, με ένα προσομοίωμα από ραβδωτά στοιχεία στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP version 15.1.0 [2]. Σημειώνεται ότι για το μήκος λυγισμού των τόξων πραγματοποιήθηκε γραμμική ανάλυση λυγισμού για να βρεθεί το μήκος λυγισμού του τόξου και να εισαχθεί στο γραμμικό προσομοίωμα.



Σχ. 10: Διαχωρισμός μηκίδων και θετική φορά αξόνων

Λόγω της πολύπλοκης γεωμετρίας του θόλου και για να προσδιοριστεί το πραγματικό οριακό φορτίο του θόλου, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθούν μη γραμμικές αναλύσεις σε προσομοίωμα του θόλου από επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία (Σχ. 11). Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό πεπερασμένων στοιχείω ADINA [1] είναι

- Γραμμική ανάλυση λυγισμού (LBA) προκειμένου να βρεθούν οι κρίσιμες ιδιομορφές
- Μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας (GNA) με αρχικές ατέλειες τις πρώτες ιδιομορφές ώστε να εκτιμηθεί η επιρροή της γεωμετρίας στην αντοχή του θόλου
- Μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας και υλικού (GMNA), στην οποία εκτός από τις αρχικές ατέλειες, προσομοιώνεται και η μη γραμμικότητα του υλικού προκειμένου να καθοριστεί η επιρροή του υλικού στην αντοχή του θόλου.

Στο Σχ. 12 παρουσιάζεται η πρώτη ιδιομορφή σε μεγέθυνση, στην οποία φαίνεται ο λυγισμός στη βάση του πρώτου εσωτερικού τόξου. Ο φορτικός συντελεστής είναι ίσος με λ=15.1, το οποίο σημαίνει ότι απαιτείται 15 φορές μεγαλύτερο φορτίο από το φορτίο της ΟΚΑ για να επέλθει ο λυγισμός.



Σχ. 11: Προσομοίωμα θόλου με επιφανειακά στοιχεία



Σχ. 12: Λυγισμός στη βάση του πρώτου εσωτερικού τόξου (1^η ιδιομορφή, λ=15.1)

Στο Σχ. 13 παρουσιάζονται οι δρόμοι ισορροπίας φορτίου – κατακόρυφης μετακίνησης της βάσης του πρώτου εσωτερικού τόξου για τη μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας (μπλε) και για τη μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας και υλικού (κόκκινο). Σύμφωνα με τις μη γραμμικές αναλύσεις, η περιοχή που διαρρέει πρώτα είναι η βάση του πρώτου εσωτερικού τόξου (Σχ. 14), ενώ από τη σύγκριση των δρόμων ισορροπίας είναι φανερή η επιρροή της μη γραμμικότητας του υλικού, από το οποίο συμπεραίνεται ότι η αστοχία του θόλου επέρχεται από αντοχή και όχι από λυγισμό. Σημειώνεται ότι ο συντελεστής φορτίου που προκύπτει από τη μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας και υλικού είναι ίσος με $\lambda=3.5$, σχεδόν πέντε φορές μικρότερος από το συντελεστή φορτίου που προέκυψε από τη γραμμική ανάλυση λυγισμού και από τη μη γραμμική ανάλυση γεωμετρίας, στην οποία ο συντελεστής φορτίου προέκυψε περίπου ίσος με $\lambda=15.0$.



5. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΩΝ

Λόγω της γεωμετρικής διαμόρφωσης των πλακών και των μηκίδων, απαιτούνται τέσσερις διαφορετικοί τύποι συνδέσεων των μηκίδων στην πλάκα (Σχ 15).



Σχ. 15: Τυπικές συνδέσεις μηκίδας CHS219 στον όροφο του κτιρίου



Σχ. 16: Τυπική σύνδεση επί πλάκας (#2, #4, #5)



Σχ. 18: Τυπική σύνδεση σε πλάκα (μέση, #3)



Σχ 17: Τυπική σύνδεση σε δοκό (#1)



Σχ. 19: Τυπική σύνδεση επί προβόλου (#6)

- Συνδέσεις #2, #4 και #5: τυπική σύνδεση μηκίδας στην πλάκα σκυροδέματος
- Σύνδεση #1: τυπική σύνδεση μηκίδας σε δοκό σκυροδέματος
- Σύνδεση #3: τυπική σύνδεση μηκίδας στην πλάκα σκυροδέματος με αποκατάσταση συνέχειας (μέσος άξονας κτιρίου, αλλαγή κλίσης μηκίδας)
- Σύνδεση #6: τυπική σύνδεση μηκίδας στον πρόβολο του μπαλκονιού

Σημειώνεται ότι λόγω της πολύπλοκης γεωμετρίας του κτιρίου και της επικάλυψης, κάθε σύνδεση είναι διαφορετική από όροφο σε όροφο. Τυπικά σκαριφήματα των συνδέσεων αυτών παρουσιάζονται στα Σχ. 16 ως Σχ 19.



(α) Περί τον κατακόρυφο καθολικό άξονα z
(β) Περί τον οριζόντιο καθολικό άξονα y
Σχ. 20: Ανάλυση φορτίων σχεδιασμού για τις συνδέσειςτων μηκίδων

Η διαστασιολόγηση όλων των συνδέσεων της επικάλυψης του κτιρίου έγινε με αναλυτικούς υπολογισμούς σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ΕΚ3, Μέρος 1-8 [4]. Οι δυνάμεις που δρουν στις συνδέσεις προέκυψαν από τα προσομοιώματα των μελών ως αντιδράσεις στήριξης με φορά κατά τους καθολικούς άξονες που φαίνονται στο Σχ. 10. Για τη διαστασιολόγηση των συνδέσεων όπου η φορά τους ακολουθεί τη φορά των μελών, οι αντιδράσεις στήριξης αναλύθηκαν στους τοπικούς άξονες των μελών (Σχ. 20). Για το σχεδιασμό των ελασμάτων των συνδέσεων μορφώθηκαν προσομοιώματα με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων SAP, version 15.1.0 [2] προκειμένου να προσδιοριστεί η αντοχή τους.



(α) Προσομοίωμα πλάκας έδρασης (β) Τάσεις von Mises (kN/m²) Σχ. 21: Σχεδιασμός πλάκας έδρασης σύνδεσης μηκίδων στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία



 (a) Προσομοίωμα μετωπικής πλάκας
(β) Τάσεις von Mises (kN/m²)
Σχ. 22: Σχεδιασμός μετωπικής πλάκας σύνδεσης μηκίδων στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία

Στο Σχ. 21 και στο Σχ 22 παρουσιάζονται τα προσομοιώματα και οι τάσεις von Mises για την πλάκα έδρασης και για τη μετωπική πλάκα αντίστοιχα, για την περίπτωση της τυπικής σύνδεσης των μηκίδων στην πλάκα σκυροδέματος.

Για την έδραση του θόλου κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθούν μη γραμμικές αναλύσεις γεωμετρίας και υλικού σε προσομοίωμα της σύνδεσης με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία (Σχ. 23), λόγω των μεγάλων φορτίων που μεταφέρει ο θόλος, της ιδιαίτερης γεωμετρίας της σύνδεσης αλλά και λόγω των αποτελεσμάτων των μη γραμμικών αναλύσεων του θόλου που έδειξαν ότι οι στηρίξεις αποτελούν κρίσιμο στοιχείο αστοχίας.

Η διαστασιολόγηση των αγκυρίων πραγματοποιήθηκε με αναλυτικούς υπολογισμούς σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ΕΚ3, Μέρος 1-8 [4] και προέκυψαν 8 αγκύρια M27/8.8. Οι μη γραμμικές αναλύσεις έγιναν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ADINA [1].



(α) Έδραση τόξου
(β) Προσομοίωμα έδρασης τόξου
Σχ. 23: Προσομοίωμα έδρασης τόξου με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων, η αστοχία οφείλεται στη μη γραμμικότητα του υλικού. Στο Σχ.24, παρουσιάζονται οι δρόμοι ισορροπίας φορτίου – κατακόρυφης μετακίνησης του σημείου που διαρρέει πρώτο και ενός σημείου του κορμού του τόξου που διαρρέει. Από το δρόμο ισορροπίας του σημείου της πρώτης διαρροής (για φορτικό συντελεστή λ =1.0) και την αντίστοιχη εικόνα πλαστικοποίησης (Σχ. 25α) παρατηρείται ότι υπάρχει μικρό εύρος πλαστικοποίησης (φούξια χρώμα), ενώ οι τάσεις von Mises δεν ξεπερνούν το όριο διαρροής (Σχ. 25β). Αντίστοιχα για το οριακό φορτίο (φορτικός συντελεστής λ =1.54), η πλαστικοποίηση (Σχ. 26α) έχει επεκταθεί και στον κορμό του τόξου, όπως φαίνεται και από τις τάσεις von Mises (Σχ. 26β).



(α) Σημείο πρώτης διαρροής
(β) Σημείο κορμού τόξου που διαρρέει
Σχ. 24: Δρόμοι ισορροπίας φορτίου – κατακόρυφης μετακίνησης



6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία περιγράφηκε ο σχεδιασμός της μεταλλικής κατασκευής για τη στήριξη της επικάλυψης και του θόλου του κτιρίου "Oval Tower" στη Λεμεσό της Κύπρου. Λόγω της πολυπλοκότητας του κτιρίου, δημιουργήθηκαν ανεξάρτητα προσομοιώματα για τα μέλη της στήριξης της πλαγιοκάλυψης και του θόλου και για τις συνδέσεις και πραγματοποιήθηκαν γραμμικές και μη γραμμικές αναλύσεις με ραβδωτά και επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία. Από τα αποτέλεσμα προέκυψε κυρίως ότι η μεταλλική στήριξη της επικάλυψης παρουσιάζει μετελαστική αντοχή και πιο συγκεκριμένα ότι τελικά η αντοχή ολόκληρου του θόλου καθορίζεται από την αντοχή των εδράσεων των τόξων.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ADINA System 8.3, Release Notes ADINA R&D Inc, 71 Elton Avenue, Watertown, USA, 2005.
- [2] SAP version 15.1.0, Release Notes SAP2000 Version 15.1.0/1, Computer and Structures Inc, 1995 University Ave., Berkeley, CA, 2011.
- [3] EN 1993-1-1: 2005, Eurocode 3: Design of steel structures Part 1-1: General rules and rules for buildings, European Committee for Standardization, 2005.
- [4] EN 1993-1-8: 2005, Eurocode 3: Design of steel structures Part 1-8: Design of joints, European Committee for Standardization, 2005.
- [5] EN 1991-1-4: 2005, Eurocode 1: Actions on structures Part 1-4: General actions Wind actions, European Committee for Standardization, 2005.

SUPPORT STEEL STRUCTURE OF THE CLADDING AND THE DOME OF THE "OVAL TOWER" BUILDING AT LIMASSOL OF CYPRUS

Konstantina Koulatsou

NTUA PhD candidate Institute of Steel Structures NTUA Athens, Greece e-mail: konkoulatsou@gmail.com

Spiros Kalivas

NTUA Civil Engineer Institute of Steel Structures NTUA Athens, Greece e-mail: <u>kalyvas.sp@gmail.com</u>

Akis Louka

Mechanical Engineer Technomachine Ltd Nicosia, Cyprus e-mail: <u>akis@technomachine.com</u>

Christos P. Gkologiannis NTUA Civil Engineer Design & Application Engineers SA Athens, Greece e-mail: <u>cpgol@mhxme.gr</u> John Aggelopoulos NTUA Civil Engineer, NTUA MsC Design & Application Engineers SA Athens, Greece e-mail: j.aggelopoulos@mhxme.gr

Odysseas Georgiou

NTUA Civil Engineer SEAMLEXITY LLC Limassol, Cyprus e-mail: <u>odysseas@seamlexity.com</u>

Vasilis Likomitros

Likomitros Steel SA. Volos, Greece e-mail: <u>info@lykomitros-steel.gr</u>

Charis J. Gantes NTUA Professor Institute of Steel Structures NTUA Athens, Greece e-mail: <u>chgantes@central.ntua.gr</u>

ABSTRACT

The present paper presents the design of the steel structure supporting the cladding of "The Oval Tower" in Limassol, Cyprus. The building has the shape of oval in vertical section and its main structure is made of reinforced concrete. An independent steel structure is provided to support the cladding of the building which is anchored on the reinforced concrete elements. Due to the complex shape of the building, the design of the cladding support structure is determined mainly by an optimization process for the geometry and by the constructional restrictions. The article focuses on the constructional and structural parameters of the static system and the optimization of the cladding support and its anchorages. A wind tunnel study was performed in order to determine the wind loads acting on the building and its results are described briefly. The design of steel members and connections with linear and nonlinear analyses are also presented.