

**ΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΤΩΝ ΤΩΝ ΠΑΝΑΣΙΑΤΙΚΩΝ
ΑΓΩΝΩΝ ΣΤΗΝ DOHA****Φαίδων Καρυδάκης**

Πολιτικός μηχανικός ΕΜΠ, MSc, DIC
«Φ. Καρυδάκης και συνεργάτες ΕΠΕ»
Αθήνα, Ελλάς
Karmad44@OTENET.GR

Κώστας Τσοκανής

Πολιτικός μηχανικός
«Φ. Καρυδάκης και συνεργάτες ΕΠΕ»
Αθήνα, Ελλάς
Karmad44@OTENET.GR

Χριστίνα Αναγνωστάκη

Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
«Φ. Καρυδάκης και συνεργάτες ΕΠΕ»
Αθήνα, Ελλάδα
Karmad44@OTENET.GR

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για της τελετές των Πανασιατικών αγώνων στην DOHA του QATAR κατασκευάστηκε το «Led –Cyclorama», ένας συνδυασμός της μεγαλύτερης γιγαντοοθόνης στο κόσμο, με επιφάνεια 4500 m², με ένα σύστημα καλωδίων, σταθερών και κινητών για την μεταφορά και ανύψωση αντικειμένων.

Για τον σχεδιασμό του σκελετού της γιγαντοοθόνης, συνολικής επιφάνειας 8.400 m², με ύψος 62.0 m και πλάτος 164.0 m, υπήρχαν οι ακόλουθες αρχικές απαιτήσεις:

- Να αντέχει στον άνεμο της ερήμου, με ταχύτητα αναφοράς 45 m/s.
- Να μπορεί να φέρει στην κεφαλή του τα φορτία από τα καλώδια ανύψωσης και μεταφοράς (σε 13 σημεία).
- Να αποτελείται από τμήματα που να συνδέονται με κοχλίες και να μπορούν να μεταφερθούν με containers.
- Να αποτελούνται από διατομές που να είναι ετοιμοπαράδοτες για να μπορέσει το έργο να ολοκληρωθεί στον ασφυκτικό χρόνο, που ως συνήθως υπήρχε.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Δεκέμβριο του 2006, έγιναν στην Doha, πρωτεύουσα του Qatar, οι 15οι Πανασιατικοί αγώνες.

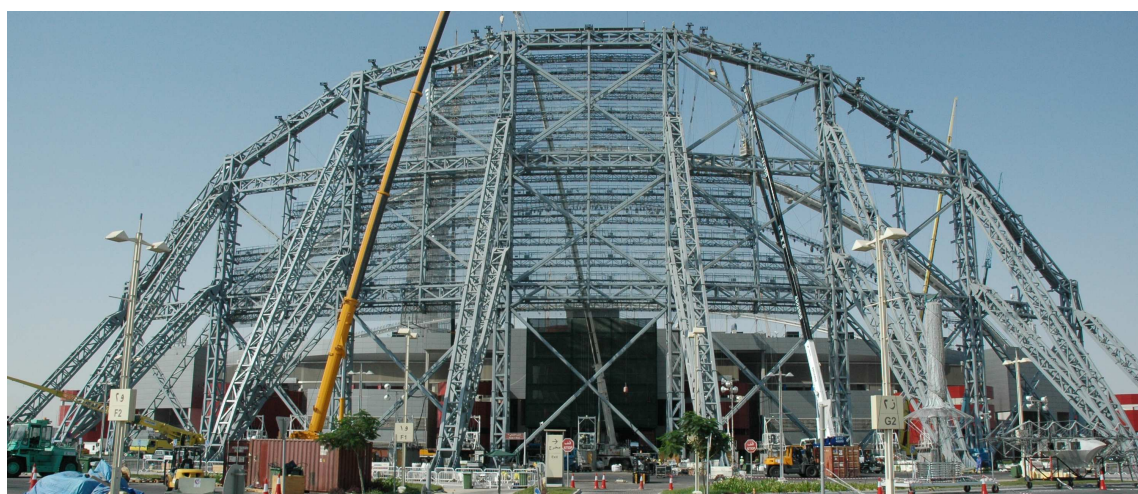


Φωτ. 1 Πανοραμική άποψη από την τελετή έναρξης των αγώνων

Η τελετή έναρξης στην DOHA, για τους 15ους Πανασιατικούς αγώνες, της Doha, τον Δεκέμβριο του 2006 και οι κατασκευές υποστήριξης της, είχαν αρκετά κοινά στοιχεία με την αντίστοιχη τελετή της Αθήνας το 2004, με αντικείμενα και ανθρώπους να «ίπτανται», και παράλληλη προβολή στην μεγαλύτερη γιγαντοοθόνη στον κόσμο, που είχε συνολική επιφάνεια 4.500 m², με μέγιστο ύψος 62.0 m, και πλάτος στην βάση της 164.0 m.

Η μεταλλική κατασκευή υποστήριξης που «έφερε» την οθόνη και τα συστήματα καλωδίων ανύψωσης και μεταφοράς των αντικειμένων, είχε:

- συνολική επιφάνεια 8.400 m²
- ύψος 62.0 m και πλάτος 164.0 m



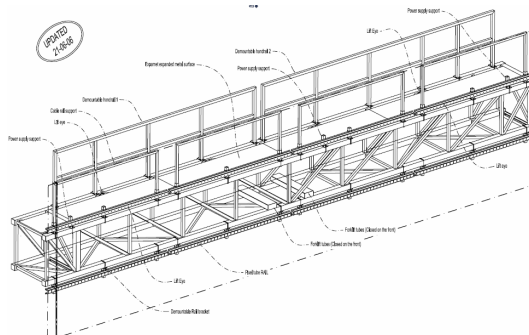
Φωτ. 2 Η μεταλλική κατασκευή υποστήριξης

2. Η ΟΘΟΝΗ

Την οθόνη αποτελούσαν 19.000 διαφανείς πλαστικοί σωλήνες, που ο καθένας είχε μήκος 3050 mm, διάμετρο 28 mm, και 40 leds, σε αποστάσεις 77 mm.



Φωτ. 3 Οι σωλήνες με τα Led



Σχ. 1 Αξονομετρικό του spine

Οι σωλήνες ήταν τοποθετημένοι στα στοιχεία ανάρτησης, τα «Spines», πλατφόρμες από κοίλοδοκούς, με μήκος 11.382 mm, και βάρος 11 kN, το καθένα. Υπήρχαν 130 “spines”, που συναρμολογήθηκαν στο έδαφος και ανυψώθηκαν στην θέση τους στην γιγαντοοθόνη.



Φωτ. 4-5 Τα spines στο έδαφος και στην τελική τους θέση

3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

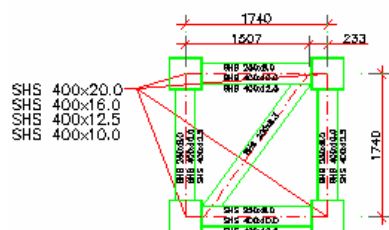
Η οθόνη και αντίστοιχα ο μεταλλικός φορέας υποστήριξης έπρεπε

- Να αντέχει στον άνεμο της ερήμου, με ταχύτητα αναφοράς 45 m/s.
- Να μπορεί να φέρει στην κεφαλή του τα φορτία από τα καλώδια ανύψωσης και μεταφοράς (σε 13 σημεία).
- Να αποτελείται από τμήματα που να συνδέονται με κοχλίες και να μπορούν να μεταφερθούν με containers.
- Να αποτελούνται από διατομές που να είναι ετοιμοπαράδοτες για να μπορέσει το έργο να ολοκληρωθεί στον ασφυκτικό χρόνο, που ως συνήθως υπήρχε.

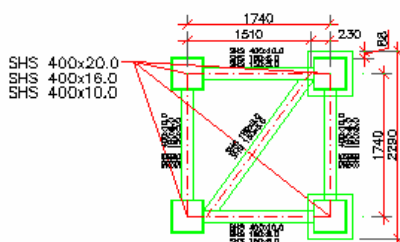
4. Ο ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ

Μετά από έρευνα της αγοράς για την διαθεσιμότητα διατομών, οι φορείς σχεδιάστηκαν, με τετραγωνική διατομή, συνολικού πλάτους, μικρότερου των 2290 mm, μαζί με τις φλάντζες

μετωπικής σύνδεσης, και με μήκος κάθε τεμαχίου μικρότερο των 11800 mm, ώστε να χωράνε σε open top containers.



SECTION THROUGH TOWER S/N1-4
SCALE 1:50

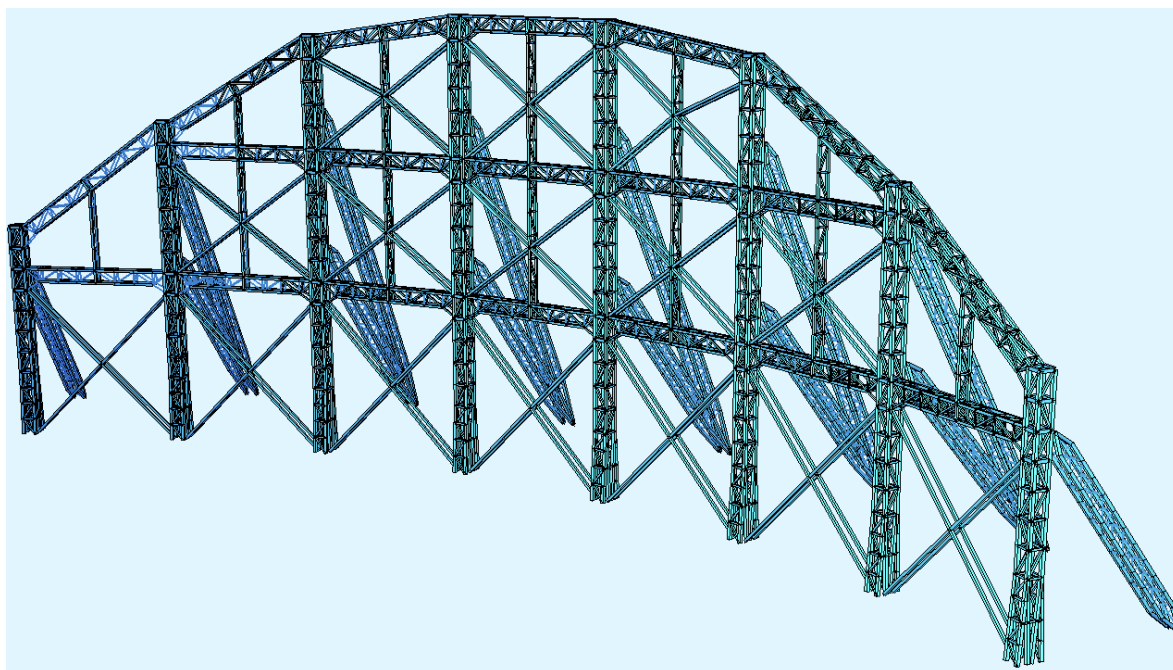


SECTION THROUGH BUTTRESS
SCALE 1:50

Σχ.2 Οι διατομές των πυλώνων και των αντηρίδων

Σχεδιάστηκαν: οκτώ πυλώνες, με διπλές αντηρίδες και επτά ενδιάμεσοι στύλοι. Οι πυλώνες, τετραγωνικής διατομής από κοιλοδοκούς 400/400 είχαν ύψος 62 m, πακτωμένοι στην βάση.

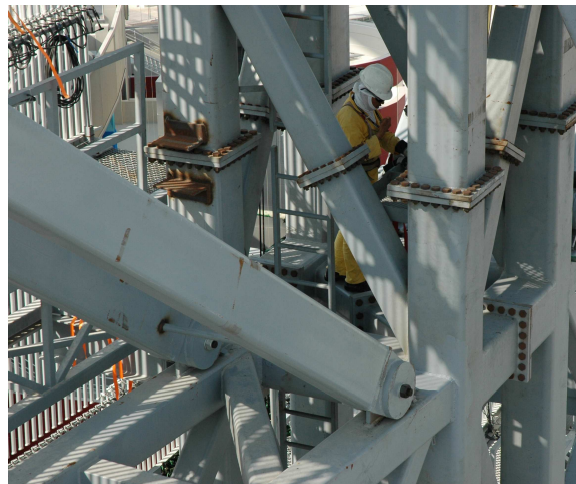
Οι αντηρίδες, τετραγωνικής και αυτές διατομής ήταν αρθρωτές στην κεφαλή και στην βάση τους. Τα “spines” της οθόνης ήταν αναρτημένα στους κύριους πυλώνες και στους ενδιάμεσους στύλους.



Σχ.3 Ο μεταλλικός φορέας υποστήριξης

Τους κύριους πυλώνες, και τους ενδιάμεσους στύλους συνδέουν τρεις σειρές δικτυωτές δοκοί και αντιδιαγώνιοι σύνδεσμοι. Υπάρχουν ακόμη 7 ενδιάμεσοι στύλοι, που δεν φτάνουν στο έδαφος, για την στήριξη των spines.

Οι συνδέσεις ήταν συνδυασμός αρθρώσεων και μετωπικών πλακών. Οι μετωπικές πλάκες χρησιμοποιήθηκαν για την αποκατάσταση της συνέχειας των κυρίων στοιχείων, και οι αρθρώσεις για την σύνδεση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων.



Φωτ. 5-6 Συνδέσεις με αρθρώσεις και μετωπικούς στύλους

5. ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Σε 13 σημεία στην κορυφή της οθόνης, υπήρχαν σημεία ανάρτησης του πλέγματος καλωδίων για την ανάρτηση και μετακίνηση ατόμων και αντικειμένων

Τα καλώδια ξεκινούσαν από την οθόνη, και κατέληγαν στην στέγαση του σταδίου, στην άλλη άκρη

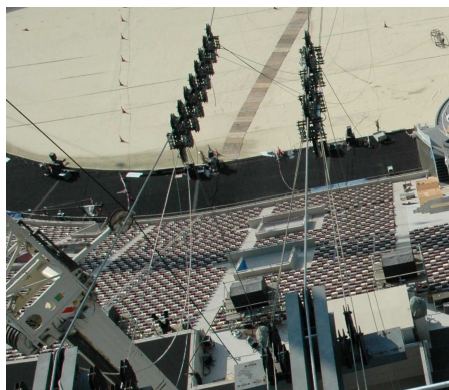


Φωτ. 7 Τα καλώδια ανάρτησης και μεταφοράς

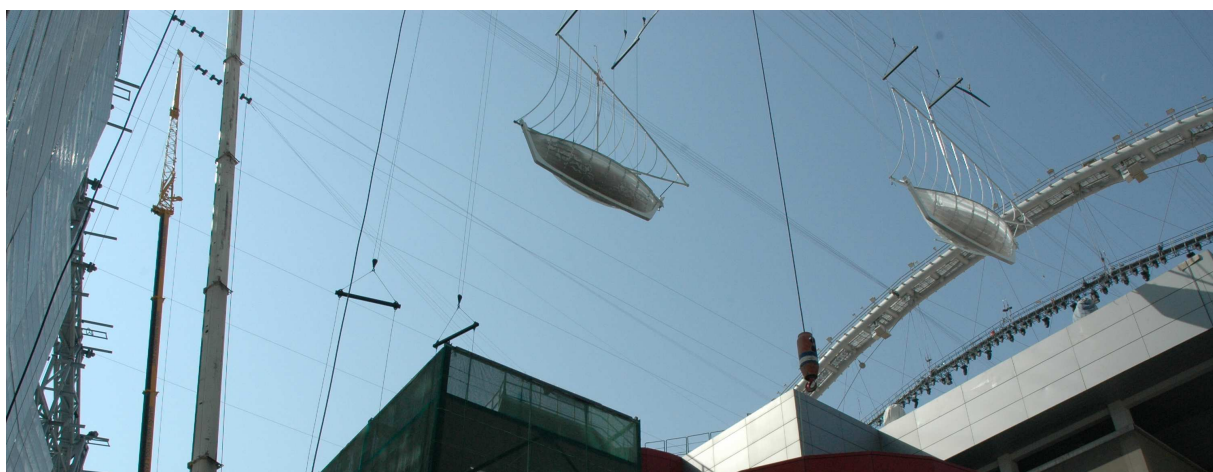
Στην κάθε θέση, στο κάθε καλώδιο, μπορούσαν να κινούνται 4 βαγονέτα, κίνησης και ανύψωσης.

Ο έλεγχος των κινήσεων γινόταν από σύστημα βαρούλκων στην βάση της οθόνης. Η σταθερή δύναμη, σε κάθε φέρον καλώδιο, εξασφαλιζόταν από έναν, ηλεκτρονικά ελεγχόμενο, υδραυλικό κύλινδρο με σταθερή πίεση.

Από την ανύψωση των αντικειμένων και την μόνιμη τάνυση του κάθε καλωδίου, το μέγιστο οριζόντιο φορτίο σε κάθε κεφαλή στήριξης στην οθόνη, έφτανε τα 90 kN



Φωτ. 8-9 Τα καλώδια ανάρτησης και μεταφοράς με τα βαγονέτα και τους υδραυλικούς κυλίνδρους



Φωτ. 10 Τα καλώδια ανάρτησης και μεταφοράς σε λειτουργία

5. Ο ΑΝΕΜΟΣ.

Κύρια φόρτιση ήταν ο άνεμος, με ταχύτητα αναφοράς:

- 45 m/s, για την δυσμενή θεώρηση αντοχής, χωρίς την δυνατότητα για αναρτήσεις, που σαυτές τις συνθήκες χαλαρώνουν τεχνητά,
- 25 m/s, για ταχύτητα λειτουργίας, οπότε οι αναρτήσεις είναι σε πλήρη λειτουργία.

Για τις φορτίσεις ανέμου, ζητήθηκε η συνδρομή του καθηγητή Ι. Ερμόπουλου, και με βάση τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 1, και ειδικότερα το τμήμα που αφορά σε πινακίδες, καθορίστηκαν αρχικά οι τιμές ανεμοφόρτισης.

Τα φορτία κάθετης προσβολής σε συμπαγή επιφάνεια για ταχύτητα αναφοράς 45 m/s, ήταν:

- 8.35 kN/m², για φόρτιση ολόκληρης της επιφάνειας,
- 16.7 kN/m², για φόρτιση αιχμής σε τμήμα της επιφάνειας.

Παράλληλα, ανατίθεται στην Windtech consultants Pty Ltd Αυστραλίας, η εκτίμηση της μέγιστης πιθανής ταχύτητας ανέμου για την περίοδο των αγώνων, η εκτίμηση της επιδρασης του διάκενου ανάμεσα στους σωλήνες των leds και η κατασκευή ενός προσομοιώματος για δοκιμές σε σήραγγα ανέμου. Με βάση αυτή την έρευνα:

- η ταχύτητα αναφοράς για την περίοδο των αγώνων καθορίστηκε σε 36.1 m/s.
- η ταχύτητα λειτουργίας παρέμεινε στα 25 m/s,

- η απομείωση λόγω κενών στην επιφάνεια των leds σε 35%.

Οπότε, τα φορτία που υλοποιήθηκαν ήταν:

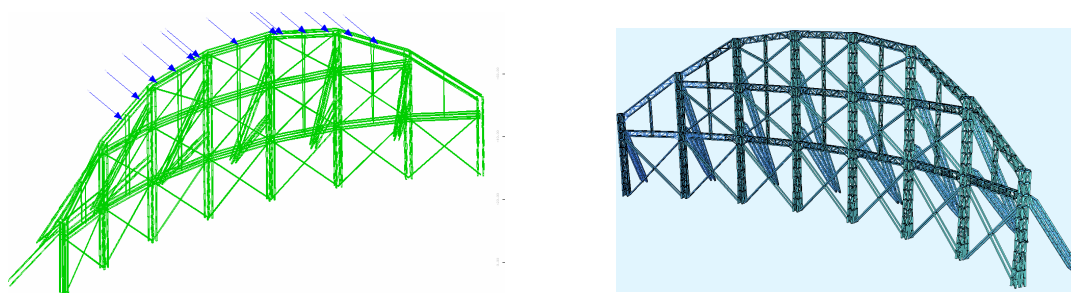
- 3.49 kN/m², για φόρτιση ολόκληρης της επιφάνειας με διάκενα,
- 5.37 kN/m², για φόρτιση ολόκληρης της επιφάνειας χωρίς διάκενα,
- 6.98 kN/m², για φόρτιση αιχμής σε τμήμα της επιφάνειας με διάκενα.
- 10.74 kN/m², για φόρτιση αιχμής σε τμήμα της επιφάνειας χωρίς διάκενα.

Στην συνέχεια, έγιναν οι δοκιμές της Windtech, σε σήραγγα ανέμου. Τα αποτελέσματα ήταν ευνοϊκότερα των παραδοχών, αλλά ως συνήθως, διαθέσιμα μετά την έναρξη της κατασκευής, και απλά επιβεβαίωσαν υπέρ της ασφαλείας τις παραδοχές που υλοποιήθηκαν.

6. ΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν δύο προσομοιώματα:

- Ένα απλό γραμμικό, όπου οι στύλοι, οι δοκοί και οι αντηρίδες μορφώθηκαν σαν γραμμικά στοιχεία, με σύνθετη διατομή, τετραπλή η διπλή αντίστοιχα.
- Ένα σύνθετο γραμμικό, όπου τα κάθε στοιχείο των σύνθετων δοκών και στύλων, προσομοιώθηκε ανεξάρτητα.



Σχ.4 Τα προσομοιώματα ανάλυσης, το απλό και το σύνθετο

Η μεταλλική κατασκευή του “LED - Cyclorama”, χρειάστηκε θεωρητικά 1800 t χάλυβα, και μελετήθηκε, κατασκευάστηκε, μεταφέρθηκε και ανεγέρθηκε σε διάστημα 5.5 μηνών, από τον Ιούνιο μέχρι και τον Νοέμβριο του 2006.

- Η μεταλλική κατασκευή του “LED - Cyclorama”, μελετήθηκε από το γραφείο «δ44 SDO - Φαίδων Καρυδάκης και συνεργάτες ΕΠΕ».
- Η μελέτη ανεμοφόρτισης έγινε από τον καθηγητή Ι. Ερμόπουλο.
- Οι δοκιμές στην σήραγγα ανέμου, έγιναν από την Windtech consultants Pty Ltd
- Η μελέτη θεμελίωσης και ο έλεγχος της μελέτης της ανωδομής, έγινε από την SKM Αυστραλίας.
- Η κατασκευή και η ανέγερση έγινε από την D.S. STEEL A.E. και την D.S.ISKRA
- Η μελέτη και η κατασκευή των σωλήνων με τα leds έγινε από την Element labs, στο Austin Texas USA.

Phaedon Karydakis

Civil Engineer NTUA, MSc, DIC
«Ph. Karydakis and associates ltd»
Athens, Greece
Karmad44@OTENET.GR

Kostas Tsokanis

Civil Engineer
«Ph. Karydakis and associates ltd»
Athens, Greece
Karmad44@OTENET.GR

Christina Anagnostaki

Civil Engineer NTUA
«Ph. Karydakis and associates ltd»
Athens, Greece
Karmad44@OTENET.GR

SUMMARY

For the ceremonies of the 15th Asiatic Games in DOHA of Qatar, the “Led –Cyclorama” was constructed, a combination of the world biggest giant-screen with an area of 4500 m², together with a system of permanent and moving cables, for the movement, horizontal and vertical of people and objects.

The giant-screen and its supporting steel structure, with a total area of 8.400 m², a height of 62.0 m and a width of 164.0 m, had to be designed according to the following guide lines:

- To withstand the desert winds, with a reference speed of 45 m/s.
- To support at the top, loads from the lifting and transporting cables at 13 points.
- To be constructed in pieces that could be transferred by containers
- To be designed, constructed, transported and erected within 5 months.