

**ΕΚΘΕΣΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΣ ΣΤΑ ΣΠΑΤΑ
ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΤΟΞΩΤΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΕΣ
MEMBRANES**

Φαίδων Σ. Καρυδάκης
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάς
e-mail: karmad44@otenet.gr

Κώστας Τσοκανής
Πολιτικός Μηχανικός
Αθήνα, Ελλάς
e-mail: karmad44@otenet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.

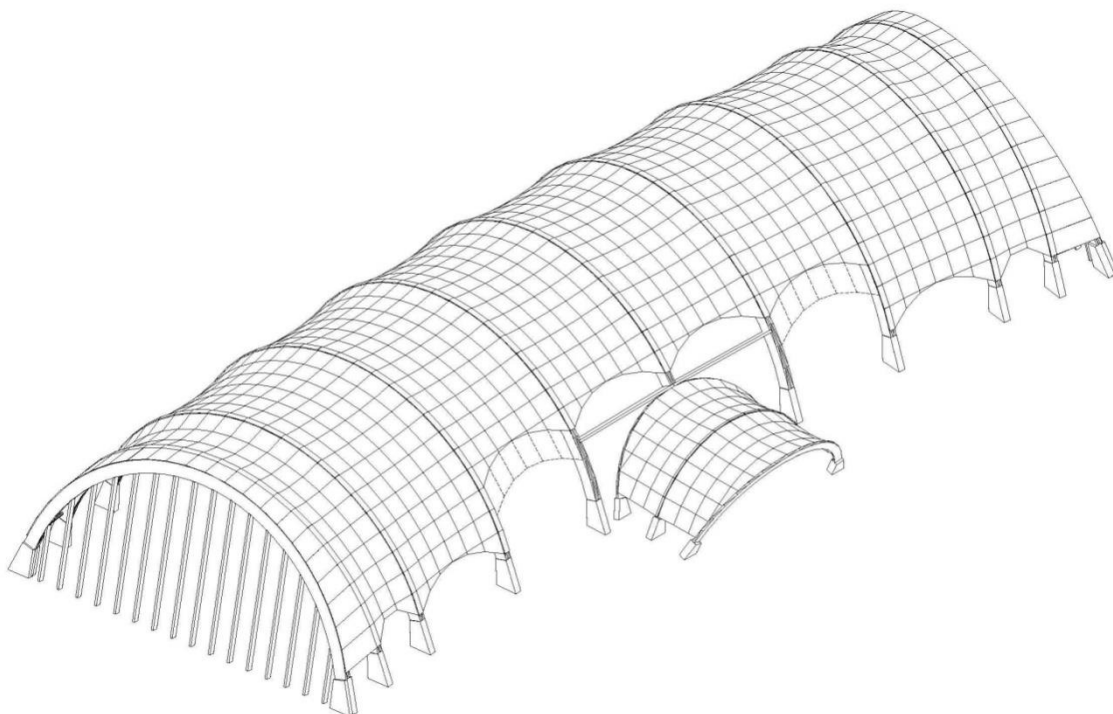
Ο εκθεσιακός χώρος έχει μία επιμήκη κυλινδρική μορφή και αποτελείται από 9 τόξα (μορφής τμήματος κύκλου) σε ακτινική διάταξη, και σε αποστάσεις μεταξύ τους της τάξης των 10 m, μεταβαλλόμενες κατά μήκος της διάταξης των τόξων. Τα δύο ακραία τόξα είναι από σκυρόδεμα και τα επτά ενδιάμεσα χαλύβδινα, με τα πέλματα να μορφώνονται από καμπύλες κοίλες διατομές που συνδέονται μεταξύ τους με ακτινικά διατεταγμένες δοκούς σχηματίζοντας τοξωτές δοκούς τύπου Vierendeel.

Τα τόξα συνδέονται μεταξύ τους με χαλύβδινες σωληνωτές δοκούς και χιαστί αντιδιαγώνια χαλύβδινα στοιχεία δυσκαμψίας, ώστε να αποτελούν ένα σταθερό και ασφαλές δομικό σύστημα, που να μπορεί να φέρει τα προβλεπόμενα φορτία. Οι σωληνωτές δοκοί εξασφαλίζουν τα τόξα έναντι στρεπτοκαμπτικού λυγισμού. Το όλο δομικό σύστημα καλύπτεται με προεντεταμένες μεμβράνες διπλής καμπυλότητας.

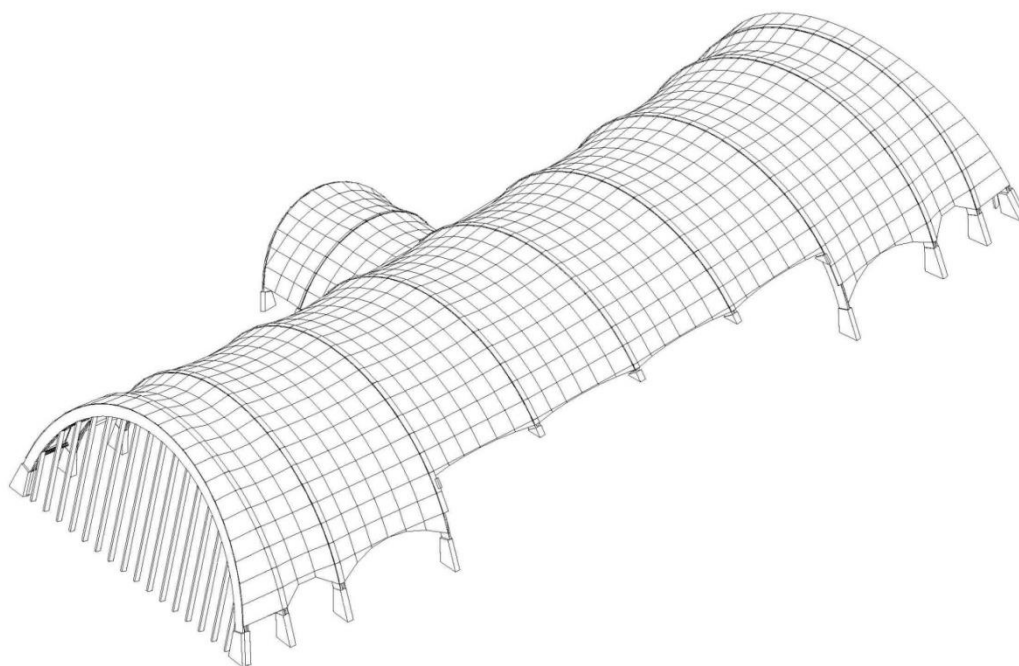
Στα άκρα υπάρχουν δύο πεπλατυσμένα τόξα από σκυρόδεμα στα δύο τύμπανα των οποίων υπάρχουν κατακόρυφες μεταλλικές δοκοί, που φέρουν τα αντίστοιχα υαλοστάσια.

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ.

Οι προεντεταμένες μεμβράνες που επικαλύπτουν το κτίριο και το κυρίως φέρον δομικό σύστημα, έχουν διπλή καμπυλότητα.



Εικ. 1 Οι προεντεταμένες μεμβράνες διπλής καμπυλότητας



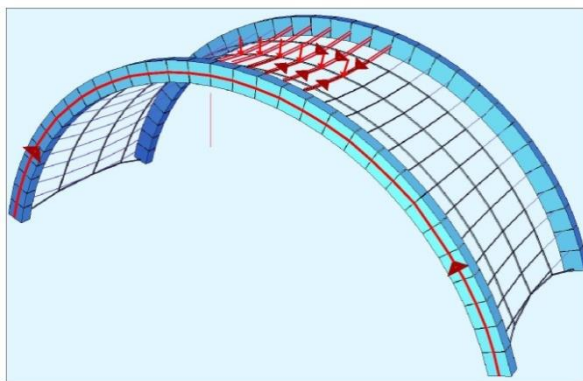
Εικ. 2 Οι προεντεταμένες μεμβράνες διπλής καμπυλότητας

Ανάμεσα στα τόξα οι μεμβράνες στρέφουν τα κοίλα προς τα πάνω, με μία παραβολική καμπύλη, με μέγιστο βέλος στην μέση 40 cm, για άνοιγμα 10 περίπου μέτρων και στηρίζονται εκατέρωθεν στα μεταλλικά τόξα. Το βέλος αυτό είναι μικρό σε σχέση με το άνοιγμα (4%) με αποτέλεσμα την μικρή απόδοση της αξονικής λειτουργίας, που οδηγεί σε μεγάλα αξονικά φορτία εφελκυσμού για την παραλαβή των αντιστοίχων κατακορύφων φορτίων.

Με αυτή την μορφή για φορτία από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του κτιρίου, IB, χιόνι, ανεμοπίεση, η μεμβράνη λειτουργεί εφελκυστικά σε αυτή τη διεύθυνση και μεταφέρει τα φορτία με εφελκυσμό στα τόξα, που λειτουργούν θλιπτικά, μεταφέροντας αντίστοιχα τα φορτία στο έδαφος.

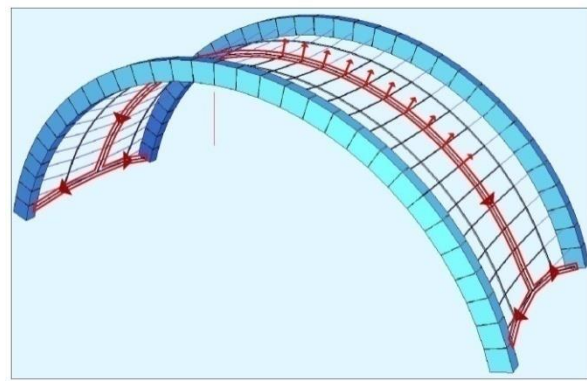
Στην παράλληλη προς τα τόξα διεύθυνση, οι μεμβράνες στρέφουν τα κοίλα προς τα κάτω, παράλληλα με τα τόξα και στηρίζονται στα άκρα τους, είτε σε παραβολικό καλώδιο (Φ24), κάθετα στην διεύθυνση λειτουργίας της μεμβράνης, ανάμεσα στις βάσεις των τόξων, είτε στο σκυρόδεμα του μεσοπατώματος με συχνές κοχλιώσεις.

Με αυτή την μορφή για φορτία από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κτιρίου, ανεμοαναρρόφηση, η μεμβράνη λειτουργεί εφελκυστικά σ αυτή την διεύθυνση και μεταφέρει τα φορτία με εφελκυσμό στα καλώδια αγκύρωσης ή στο μεσοπάτωμα, που αντίστοιχα μεταφέρει τα φορτία στις βάσεις των τόξων, ή στο μεσοπάτωμα.



Εικ.3:

Η στατική λειτουργία για φορτία ανεμοπίεσης και διαμήκη εφελκυσμό της μεμβράνης



Εικ.4:

Η στατική λειτουργία για φορτία ανεμοαναρρόφησης και εγκάρσιο εφελκυσμό της μεμβράνης

Είναι προφανές ότι για την εφελκυστική λειτουργία της μεμβράνης στην μία διεύθυνση, εμφανίζεται μία αντίστοιχη θλιπτική λειτουργία στην εκάστοτε εγκάρσια διεύθυνση, που προκαλεί χαλάρωση στην μεμβράνη. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, η μεμβράνη προεντείνεται μέσω των καλωδίων αγκύρωσης, και αναπτύσσει αρχικές εφελκυστικές τάσεις και στις δύο διευθύνσεις, που ισορροπούν μεταξύ τους. Η προένταση εκτιμάται ώστε για συνήθη φορτία λειτουργίας να παραμένει και στις δύο διευθύνσεις σε κατάσταση εφελκυσμού.

Στο άκρο τους οι μεμβράνες στερεώνονται στην μία διεύθυνση στα τόξα, και στην άλλη σε καλώδια (συρματόσχοινα), με ειδικά στοιχεία στα άκρα, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεσή τους με τα υπόλοιπα στοιχεία αλλά και η προένταση της μεμβράνης.

Τα καλώδια καταλήγουν σε μία χαλύβδινη ράβδο κυκλικής διατομής, η οποία παραλαμβάνει με θλίψη, την σημαντική αξονική δύναμη των καλωδίων, μεταφέροντας στα τόξα και στην βάση τους μόνο τις εγκάρσιες δυνάμεις των μεμβρανών.

Οι αναλύσεις έγιναν για την συμπεριφορά του συστήματος, μεμβρανών καλωδίων τόξων. Από τις αναλύσεις και με χρήση συντελεστή αντοχής στις μεμβράνες σύμφωνα με την

συνήθη διεθνώς πρακτική 4, απαιτείται η χρήση μεμβράνης τύπου Naizil, Strong Cover type 5, Biaxial, με ελάχιστη αντοχή 1000 daN/5cm, ή 2000 kN/m.

Τα τόξα είναι αμφιαρθρωτά και διαφορετικά μεταξύ τους. Συγκεκριμένα:

Το 2^ο τόξο και το 3^ο είναι τυπικά, αλλά η απόσταση μεταξύ τους από τα εκατέρωθεν τόξα είναι διαφορετική (5 m από το 2^ο, 10 m από το 4^ο).

Το 4^ο τόξο εδράζεται στην πίσω πλευρά, το μισό στο έδαφος, και το μισό στο μεσοπάτωμα. Στην μπροστινή πλευρά, το τόξο εδράζεται στο έδαφος, αλλά οι μεμβράνες και τα καλώδια συγκράτησής τους φτάνουν σε διαφορετικό ύψος στα τόξα.

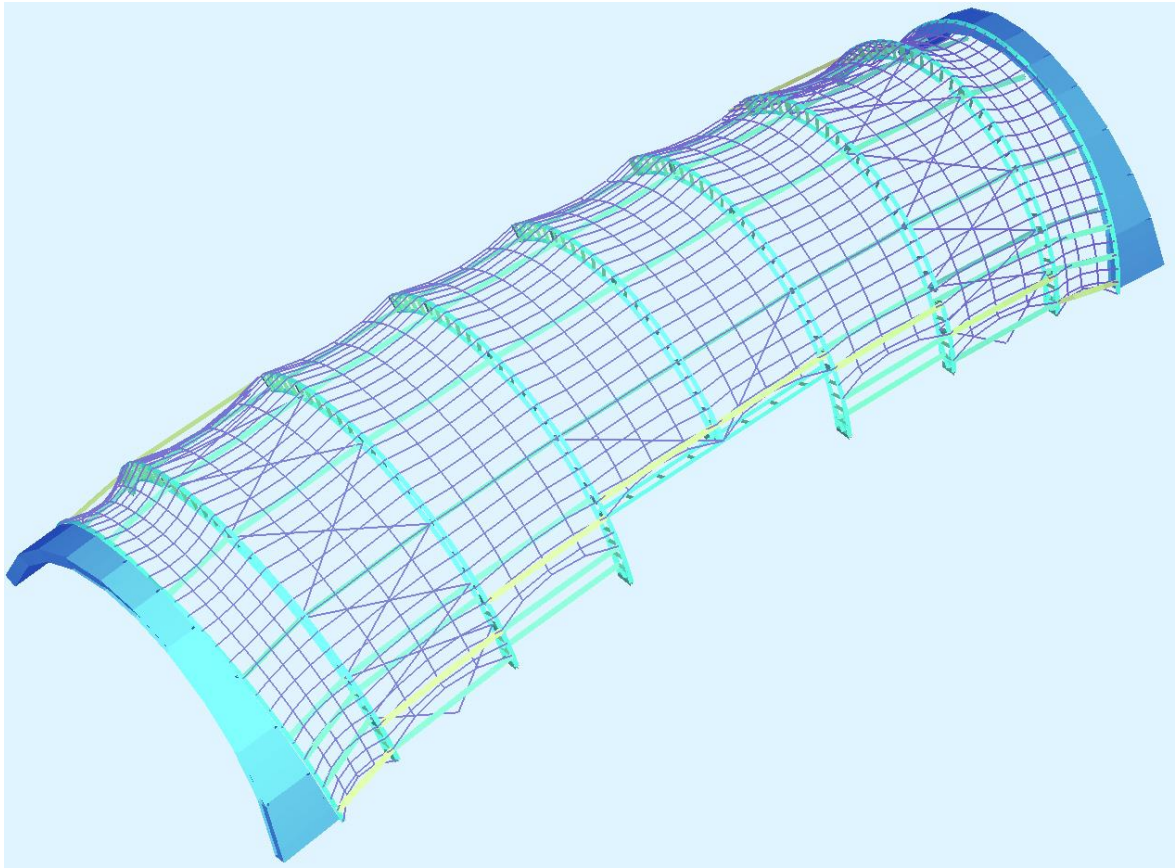
Το 5^ο τόξο εδράζεται στην πίσω πλευρά στο μεσοπάτωμα, και στην μπροστινή πλευρά στο έδαφος.

Το 6^ο τόξο (που συμπίπτει με τον άξονα συμμετρίας) εδράζεται στην πίσω πλευρά στο μεσοπάτωμα, και στην μπροστινή πλευρά αναρτάται, στην περιμετρική διεύθυνση, με σύστημα καλωδίων και δοκών από τα γειτονικά τόξα, δημιουργώντας το κεντρικό άνοιγμα εισόδου των 20 m. Η σύνδεση ολοκληρώνεται με μία εγκάρσια δοκό, που συνδέει τα τόξα 5^ο - 6^ο - 5^{ο(')} και παραλαμβάνει τα ακτινικής διεύθυνσης φορτία μεταξύ των τόξων.

Στο σημείο αυτό το σύστημα των κυρίων τόξων, συνδέεται με τα μικρότερα εγκάρσια τόξα της εισόδου, μέσω των φερόντων στοιχείων των υαλοπετασμάτων.



Εικ. 5 Προοπτικό του τελικού φορέα



Εικ. 6 Προοπτικό φορέα από αρχείο ανάλυσης



Εικ. 7 Εποπτική φωτογραφία μεταλλικού φορέα και τόξων περάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα



Εικ. 8 Λεπτομέρεια τριγωνικών τόξων καταλλήλων δια την αναπτυσσόμενη εις αυτά κάμψη από τις εφελκυστικές δυνάμεις αγκύρωσης των μεμβρανών



Εικ. 9 Μεταλλικός φορέας και τόξο πέρατος από οπλισμένο σκυρόδεμα



Εικ. 10 Ο μεταλλικός φορέας και το τόξο πέρατος από οπλισμένο σκυρόδεμα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

American Institute of Steel Construction Inc., 20005.
Detailing for Steel Construction.

Reichel Alexander, Peter Ackermann, Alexander Hentchel and Anette Hochberg.
Detail Practise : Building with Steel : Details, Principles, Examples. Basel : BirkHauser, 2007.

Buddensieg, Tilman, and Henning Roge.
Industriekultur: Peter Behrens and the AEG, 1907-1914. Translated by Iain Boyd Whyte. Cambridge : The MIT Press 194.

Steel Construction. Detail : Review of Architecture and Construction, Sept.Oct. 2007

Banham, Reyner.
Art and Necessity : Immos and the Persistence of Functionalism. Architectural Revies, December 1982: 34-38.

Otto Frei. Tensile Structures, Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1982.

Mainstone Rowland J.
Developments In Structural Form. Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1982.

Wurm, Jam. Glass Architectures : Design and Construction of Self Supporting Skins. Basel : Birkhauser, 2007.

**EXHIBITION CENTER AT SPATA
WITH STEEL ARCHES AND PRESTRESSED MEMBRANES**

Phaedon S. Karydakis

PhD. Civil Engineer

Athens, Greece

e-mail: karmad44@otenet.gr

Konstantinos Tsokanis

Civil Engineer

Athens, Greece

e-mail: karmad44@otenet.gr

SUMMARY.

The building has an elongated cylindrical form and is consisted of nine arches of a semi half circle design arranged in a radial placement. The distance between each arch from the next is in the order of 10m. The two arches at the ends of the building are made of reinforced concrete and the remaining seven are constructed from steel. Each metal arch is a Vierendeel beam consisted in its parts of hollow sections. The bottom and upper flange of an arch are connected one with the other with also hollow steel sections radially placed.

The arches are connected with hollow circular sections and diagonally placed steel sections for stiffening the structure in this perspective. On top of all this structure a membrane of a bi-curve shape is placed and forms the shell of the building.