

## ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ ΝΕΟΥ ΓΗΠΕΔΟΥ ΠΑΝΑΘΗΝΑΪΚΟΥ ΣΤΟ ΒΟΤΑΝΙΚΟ

**Χρήστος Γκολογιάννης**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Μηχανικοί Μελετών και Εφαρμογών  
Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: [cpgo@mhxme.gr](mailto:cpgo@mhxme.gr)

**Χάρης Γαντές**  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: [chgantes@central.ntua.gr](mailto:chgantes@central.ntua.gr)

**Αλέκος Αθανασιάδης**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Α. Αθανασιάδης & Συνεργάτες  
Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: [aathanasiad@tee.gr](mailto:aathanasiad@tee.gr)

**Massimo Majowiecki**  
Καθηγητής  
Πανεπιστήμιο Βενετίας  
Βενετία, Ιταλία  
e-mail: [studio@majowiecki.com](mailto:studio@majowiecki.com)

**Φώτης Ζούλας**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: [zuzu@otenet.gr](mailto:zuzu@otenet.gr)

**Harald Schmidt**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Vienna Consulting Engineers  
Βιέννη, Αυστρία  
e-mail: [schmidt@vce-consult.at](mailto:schmidt@vce-consult.at)

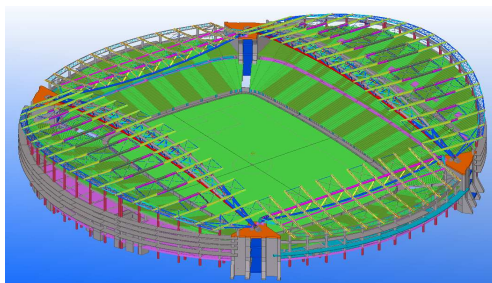
### 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται το στατικό σύστημα του στεγάστρου του νέου ποδοσφαιρικού γηπέδου του Παναθηναϊκού στο Βοτανικό. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην περιγραφή παραμέτρων που αποφασίστηκαν κατά την αρχική σύλληψη και σχεδιασμό του έργου, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αλληλεπίδραση της μεταλλικής οροφής με τους πυλώνες και τα δέκα στατικά ανεξάρτητα τμήματα κερκίδων κατά τη διάρκεια σεισμού. Επιπλέον, παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο θέματα που αφορούν στη βελτιστοποίηση της γεωμετρίας, του τύπου και του μεγέθους των διατομών, των στηρίξεων και των συνδέσεων μεταξύ των μελών, με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με τον πιο ασφαλή και οικονομικό τρόπο.

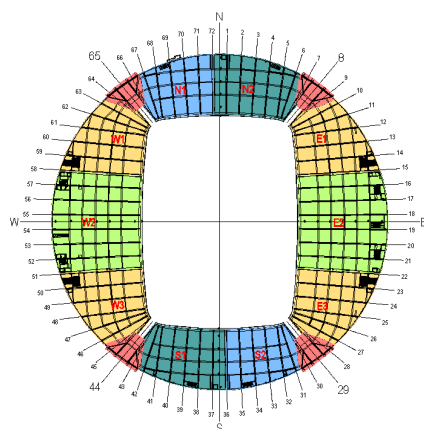
### 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νέο γήπεδο του ιστορικού ποδοσφαιρικού ομίλου του Παναθηναϊκού, πρόκειται να κατασκευαστεί στην περιοχή του Βοτανικού, με μέγιστη χωρητικότητα 40.000 φιλάθλων. Οι κερκίδες θα κατασκευαστούν από οπλισμένο σκυρόδεμα και η οροφή θα είναι μεταλλική (Σχ. 1). Το γήπεδο είναι κυκλικής κάτοψης με εξωτερική διάμετρο ίση προς 210 m. Οι διαγώνιες του γηπέδου το χωρίζουν σε τέσσερις τομείς οι οποίοι ονομάζονται Βόρειος, Νότιος, Ανατολικός και Δυτικός αντίστοιχα. Ο Ανατολικός και Δυτικός τομέας, που είναι παράλληλα στο διαμήκη άξονα του αγωνιστικού χώρου, ορίζουν τις περιοχές

των «μεγάλων κερκίδων» και ο Βόρειος και Νότιος τομέας, που είναι πίσω από τα τέρματα, τις περιοχές των «μικρών κερκίδων». Σε κάθε «μεγάλη κερκίδα», θα κατασκευαστούν τρία στατικός ανεξάρτητα τμήματα, τα E1, E2, E3 στο Ανατολικό τμήμα και τα W1, W2, W3 στο Δυτικό τμήμα. Αντίστοιχα σε κάθε «μικρή κερκίδα» προβλέπεται η κατασκευή δύο στατικός ανεξάρτητων τμημάτων, των N1 και N2 στο Βόρειο τμήμα και των S1 και S2 στο Νότιο τμήμα (Σχ. 2).

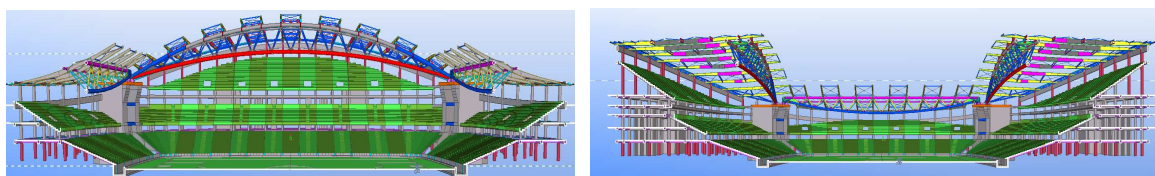


Σχ. 1 Γενική διάταξη του γηπέδου



Σχ. 2: Κάτοψη γηπέδου και απεικόνιση στατικός ανεξάρτητων τμημάτων

Το μεταλλικό στέγαστρο αποτελείται από τέσσερα στατικός ανεξάρτητα τμήματα κάθε ένα εκ των οποίων στηρίζεται επί μίας κύριας χωροδικτυωτής δοκού και επί των περιμετρικών υποστυλωμάτων των ανώτερων διαζωμάτων του γηπέδου. Τα τέσσερα κύρια δικτύωματα στηρίζονται αρθρωτά επί τεσσάρων πυλώνων που βρίσκονται στις γωνίες του γηπέδου. Λόγω του κυλινδρικού σχήματος της στέγης, τα δύο «μεγάλα» κύρια δικτύωματα είναι μορφής τόξου, ενώ τα δύο «μικρά» έχουν οριζόντια άνω πέλματα (Σχ. 3).



Σχ. 3: Τομές κατά μήκος του άξονα Βορρά-Νότου και του άξονα Ανατολής-Δύσης

Λόγω της τοξωτής λειτουργίας των «μεγάλων» κύριων δικτυωτών φορέων και σε συνδυασμό με τις σεισμικές καταπονήσεις, αναπτύσσονται σημαντικές οριζόντιες αντιδράσεις από το μεταλλικό στέγαστρο στην κορυφή των πυλώνων και επομένως προκύπτει η απαίτηση μεγάλων διατομών για τα τοιχώματα των πυλώνων και δύσκαμπτης θεμελίωσης με πασσάλους για κάθε έναν από αυτούς.

Οι «μεγάλες» κύριες δικτυωτές δοκοί έχουν άνοιγμα 160 m και διατομή τριγωνικής μορφής με ένα κάτω και δύο άνω πέλματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διαγώνια μέλη. Η απόσταση μεταξύ των πελμάτων μεταβάλλεται κατά μήκος και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια στο μέσον της κύριας δοκού, ίση με 9 m και 8 m αντίστοιχα. Τα τρία πέλματα συγκλίνουν προς ένα κοινό θεωρητικό σημείο στη θέση κάθε στήριξης, προκειμένου οι στηρίξεις να μορφωθούν ως αρθρώσεις. Όλα τα μέλη των δικτυωτών φορέων έχουν κοίλες κυκλικές διατομές με μέγιστες διαστάσεις CHS1250/28 και CHS1300/32 για τα άνω και κάτω πέλματα αντίστοιχα. Δευτερεύουσες δοκοί στηρίζονται στα άνω πέλματα των κύριων δικτυωτών φορέων και στα περιμετρικά υποστυλώματα των κερκίδων και είναι προσανατολισμένες κάθετα στο κύριο δικτύωμα. Οι εν λόγω δοκοί είναι αμφιπροέχουσες, με προβόλους τόσο προς την πλευρά του γηπέδου όσο και προς τον περιβάλλοντα χώρο. Κατασκευάζονται από συγκολλητές διατομές που διαθέτουν δύο κορμούς προκειμένου να διαμορφώνεται κιβώτιο και να υπάρχει αυξημένη στρεπτική αντίσταση, και προεξέχοντα πέλματα προκειμένου να διευκολύνεται η συνδεσμολογία. Οι διατομές των κορμών και των πελμάτων μεταβάλλονται κατά μήκος με μέγιστες διαστάσεις 1200/20 και 500/35 για τον κορμό και το πέλμα αντίστοιχα. Οι τεγίδες στηρίζονται επί των δευτερευουσών δοκών και στηρίζουν την επικάλυψη. Αποτελούνται από πρότυπες διατομές διπλού ταυ, και είναι αρθρωμένες στο ένα άκρο, ενώ έχουν ελεύθερη μόνο τη μετακίνηση κατά τη διαμήκη έννοια στο άλλο άκρο, για την αποφυγή ανάπτυξης αξονικών δυνάμεων, δεδομένου και του θολωτού σχήματος του στεγάστρου. Οι δευτερεύουσες δοκοί συνδέονται ανά ζεύγη με βοηθητικά εγκάρσια δικτύωματα σε κατάλληλες θέσεις και χιαστί συνδέσμους, προκειμένου να προστατεύονται έναντι πλευρικού λυγισμού. Οι δευτερεύουσες δοκοί στηρίζονται μέσω κυλίσεων επί των περιμετρικών υποστυλωμάτων, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ της μεταλλικής στέγης και των υποκείμενων φορέων των κερκίδων κατά τη διάρκεια του σεισμού, όπως θα εξηγηθεί στη συνέχεια.

Κατ' αντιστοιχία, κάθε «μικρό» μεταλλικό στέγαστρο στηρίζεται επί μίας δικτυωτής κύριας δοκού, ανοίγματος 108 m. Η στέγη είναι ελαφρώς κεκλιμένη προς το εξωτερικό του σταδίου και ελαφρώς καμπυλωμένη προς τα άνω. Το άνω πέλμα του κύριου δικτύωματος αποτελείται ομοίως από κεκλιμένα διαγώνια και εγκάρσια μέλη. Οι δευτερεύουσες δοκοί, οι τεγίδες και η δικτύωση των «μικρών» στεγαστρών είναι παρόμοιας μορφής με τα αντίστοιχα μέλη των «μεγάλων» στεγαστρών. Οι δευτερεύουσες δοκοί στηρίζονται ομοίως μέσω κυλίσεων επί των περιμετρικών υποστυλωμάτων. Παρά το σημαντικά μικρότερο άνοιγμα των «μικρών» στεγαστρών σε σχέση με τα «μεγάλα», η γεωμετρία που επιβάλλουν οι αρχιτεκτονικές απαιτήσεις, οδηγεί στα ακόλουθα κατασκευαστικά προβλήματα:

(α) Ο σχεδόν ευθύγραμμος και οριζόντιος άξονας των κύριων δικτυωμάτων συμβάλλει στην ανάπτυξη σημαντικών εντάσεων λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών τόσο στο στέγαστρο όσο και στους πυλώνες. Αυτό το πρόβλημα δεν εκδηλώνεται στα μεγάλα στέγαστρα λόγω της καμπύλης μορφής τους.

(β) Το μήκος προβόλου των δευτερευουσών δοκών είναι δυσανάλογα μεγάλο σε σχέση με το μήκος του τμήματος μεταξύ κύριων δοκών και περιμετρικών υποστυλωμάτων.

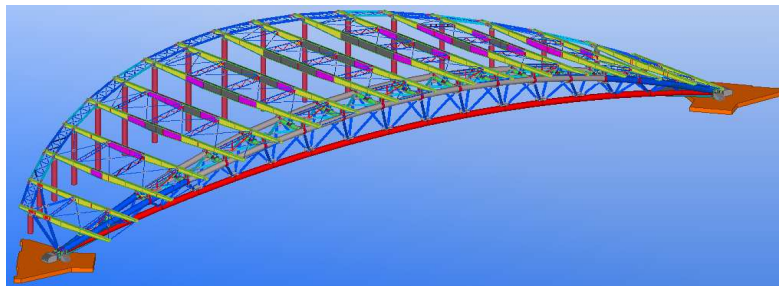
### **3. ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε ένα από τα «μεγάλα» στέγαστρα (Σχ. 4) στηρίζεται σε πέντε στατικά ανεξάρτητους φορείς οπλισμένου σκυροδέματος, δύο πυλώνες και τρία

κτίρια. Αντίστοιχα, κάθε ένα από τα «μικρά» στέγαστρα στηρίζεται σε τέσσερις στατικούς ανεξάρτητους φορείς οπλισμένου σκυροδέματος, δύο πυλώνες και δύο κτίρια. Αυτό προκαλεί προβληματισμό σχετικά με ενδεχόμενη δυσμενή αλληλεπίδραση μεταξύ της μεταλλικής κατασκευής και των μελών οπλισμένου σκυροδέματος κατά τη διάρκεια του σεισμού και ιδιαίτερας ως προς τα ακόλουθα δύο θέματα:

(α) Λόγω της κατά πολύ μεγαλύτερης μάζας των κερκίδων σε σχέση με τη μεταλλική στέγη, η αδράνεια του τμήματος που αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα ενδέχεται να επιβάλλει σημαντικές εντάσεις στο μεταλλικό τμήμα, με άλλα λόγια κατά τη διάρκεια του σεισμού δεν θα στηριχθεί το στέγαστρο στα κτίρια, αλλά το αντίθετο.

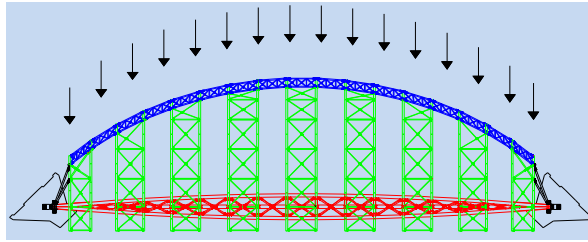
(β) Πιθανές ασύγχρονες (εκτός φάσης) κινήσεις των κτιρίων και των πυλώνων ενδέχεται επιπλέον να επιβάλλουν σημαντικές εντάσεις στη στέγη.



Σχ. 4: Μεγάλο μεταλλικό στέγαστρο

Ωστόσο, τέτοιου είδους φαινόμενα είναι δύσκολο να προσομοιωθούν αξιόπιστα κατά τη φάση του στατικού σχεδιασμού. Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε να επιδιωχθεί μέσω της μόρφωσης του φορέα η κατά το δυνατόν μείωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δομικών στοιχείων, προκειμένου να μπορεί να προβλεφθεί με σχετική ακρίβεια η πραγματική συμπεριφορά. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, οι στηρίξεις του στεγαστρου επί των περιμετρικών υποστυλωμάτων μορφώθηκαν ως κυλίσσεις και στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις. Επομένως κατά τη διάρκεια του σεισμού μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση μόνο μεταξύ μεταλλικού στεγαστρου και πυλώνων. Δηλαδή δίνεται λύση στα θέματα (α) και (β) σε ό,τι αφορά στην επιρροή των κτιρίων των κερκίδων.

Επιπλέον, το καμπύλο σχήμα της στέγης δρα ευεργετικά σε περίπτωση διαφορικής κίνησης των δύο πυλώνων. Το μειονέκτημα όμως αυτής της λύσης είναι η μειωμένη δυσκαμψία του στεγαστρου έναντι οριζόντιας φόρτισης. Για αυτόν το λόγο αποφασίστηκε η κατασκευή ενός οριζόντιου περιφερειακού δακτυλίου δικτυωτής μορφής στο πίσω άκρο των δευτερευουσών δοκών. Όπως φαίνεται στα Σχ. 4 και 5, αυτό το δικτύωμα είναι καμπυλωμένο σε κάτοψη και όψη, ακολουθώντας τη γεωμετρία του γηπέδου, και όλα τα μέλη του έχουν κοίλες κυκλικές διατομές. Αυτό το δικτύωμα σε συνδυασμό με την κύρια χωροδικτυωτή δοκό που βρίσκεται προς την εσωτερική περιοχή του γηπέδου, συνιστούν δύο ζώνες σημαντικής δυσκαμψίας στα δύο άκρα του στεγαστρου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι κάθε ζεύγος γειτονικών δευτερευουσών δοκών που συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσμους δυσκαμψίας αποτελούν μία δύσκαμπτη δικτυωτή δοκό στο επίπεδο του στεγαστρου, όπως φαίνεται με πράσινο χρώμα στο Σχ. 5, μορφώνεται τελικώς σε αυτό το επίπεδο μία δοκός τύπου Vierendeel, παρέχοντας στο στέγαστρο σημαντική δυσκαμψία έναντι οριζόντιων φορτίων. Τα άκρα του περιφερειακού δικτυώματος συνδέονται με ένα ζεύγος δύσκαμπτων μελών με την κορυφή κάθε πυλώνα πετυχαίνοντας έτσι τη μεταφορά των δυνάμεων λόγω οριζόντιων δράσεων από το στέγαστρο στους πυλώνες.

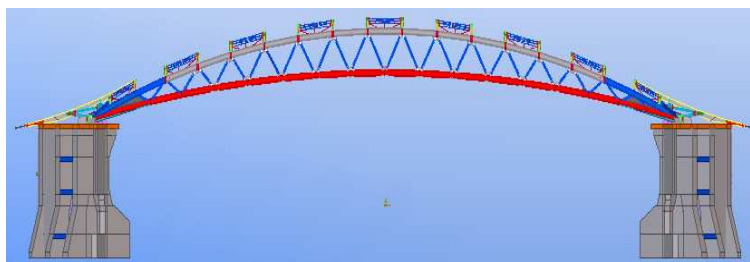


Σχ. 5: Λειτουργία μεταλλικού στεγάστρου ως δοκού Vierendeel για οριζόντιες φορτίσεις

Τα μικρά στέγαστρα αντιστέκονται στις οριζόντιες φορτίσεις με παρόμοιο τρόπο, με μία διαφορά. Λόγω του σχεδόν επίπεδου σχήματός τους, οι θερμοκρασιακές μεταβολές και οι διαφορικές κινήσεις των πυλώνων κατά τη διάρκεια του σεισμού θα προκαλούσαν σημαντικές εντάσεις στο μεταλλικό στέγαστρο. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με τη μόρφωση της μίας εκ των δύο στηρίξεων του κύριου δικτυώματος επί των πυλώνων ως άρθρωσης και της άλλης ως κύλισης κατά τη διαμήκη διεύθυνση του δικτυώματος, σε αντίθεση με τα μεγάλα στέγαστρα στα οποία και οι δύο στηρίξεις επί των πυλώνων μορφώνονται ως αρθρώσεις. Αυτός ο τρόπος διαμόρφωσης των στηρίξεων συμβάλλει στην εκτόνωση των αξονικών εντάσεων του κύριου δικτυώματος λόγω των δύο προαναφερθεισών φορτίσεων, με το μειονέκτημα ότι όλες οι σεισμικές δυνάμεις επί των μικρών στεγαστρών στη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης καταλήγουν σε μόνο δύο από τους τέσσερις γωνιακούς πυλώνες.

#### 4. ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

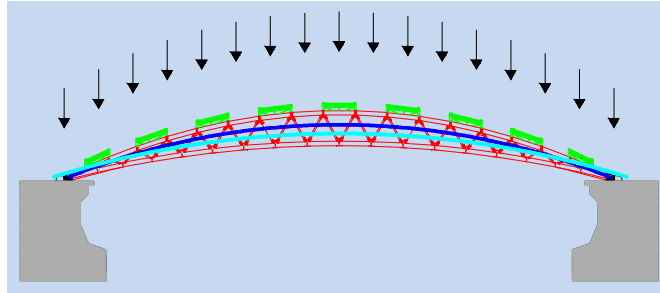
Η συμπεριφορά των μεγάλων στεγαστρών έναντι κατακόρυφων φορτίων εξαρτάται σημαντικά από τη δυσκαμψία των γωνιακών πυλώνων. Λόγω της τοξωτής λειτουργίας των μεγάλων κύριων δικτυωμάτων, μεταφέρονται σημαντικές οριζόντιες δυνάμεις λόγω κατακόρυφων φορτίων στις κορυφές των πυλώνων (Σχ.6). Προκειμένου να επιτευχθεί η σωστή τοξωτή λειτουργία του στεγαστρου, θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν οι οριζόντιες μετακινήσεις των πυλώνων, γεγονός που οδηγεί σε μεγάλες απαιτήσεις δυσκαμψίας και επομένως αυξημένα πάχη για τα τοιχώματά τους.



Σχ. 6: Πλάγια όψη του μεγάλου στεγαστρου και των πυλώνων

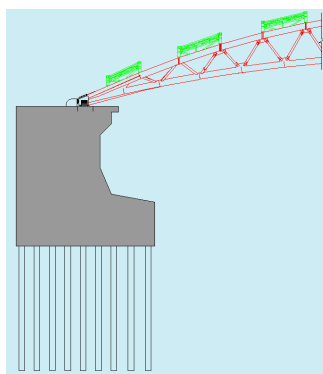
Επιπλέον, το γεγονός ότι σημαντικό ποσοστό των οριζοντίων δυνάμεων επί των πυλώνων προέρχεται από τα μόνιμα φορτία του ίδιου βάρους του στεγαστρου, προκάλεσε προβληματισμό σχετικά με ενδεχόμενο ερπυσμό των πυλώνων οπλισμένου σκυροδέματος, των πασσάλων της θεμελίωσής τους και του περιβάλλοντος εδάφους. Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε στη φάση κατασκευής η ανάληψη όλων των μόνιμων φορτίων να γίνει μέσω ελεύθερης παραμόρφωσης του στεγαστρου κατά τη διαμήκη έννοια, και στη συνέχεια να διαμορφωθούν οι αρθρωτές στηρίξεις του στεγαστρου επί των πυλώνων για την ανάληψη των κινητών φορτίων. Στο Σχ. 7 φαίνεται το παραμορφωμένο σχήμα του

στεγάστρου για μόνιμα φορτία. Με μπλε γραμμή φαίνεται ο άξονας της κύριας δικτυωτής δοκού στην απαραμόρφωτη κατάσταση, ενώ με κυανό χρώμα στην παραμορφωμένη κατάσταση. Τα κινητά φορτία, λόγω του παροδικού χαρακτήρα της φόρτισής τους αλλά και του γεγονότος πως είναι πολύ μικρότερα σε σχέση με τα μόνιμα, δεν αναμένεται να προκαλέσουν προβλήματα ερπυσμού. Επισημαίνεται βέβαια ότι αυτός ο τρόπος στήριξης του στεγάστρου επί των πυλώνων δημιουργεί δυσκολίες τόσο στη διαμόρφωση των λεπτομερειών των στηρίξεων όσο και κατά την ανέγερση.



Σχ.7: Παραμόρφωση μεγάλου στεγάστρου υπό κατακόρυφα φορτία

Μία επιπλέον αβεβαιότητα κατά τη φάση σχεδιασμού σχετίζεται με τα εδαφικά χαρακτηριστικά, ιδιαίτερα στην περιοχή θεμελίωσης των πυλώνων. Ενώ για τα κτίρια των κερκίδων αποφασίστηκε συμβατική θεμελίωση με πεδιλωφρίδες, για κάθε πυλώνα αποφασίστηκε θεμελίωση με 50 πασσάλους διαμέτρου 1.2 m και βάθους έμπηξης 25 m (Σχ. 8). Όπως προαναφέρθηκε, η σωστή τοξωτή λειτουργία της στέγης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ελαχιστοποίηση των οριζόντιων μετακινήσεων στην κορυφή των πυλώνων. Αυτές οι παραμορφώσεις εξαρτώνται τόσο από την δυσκαμψία του πυλώνα όσο και από τη στρόφη στη βάση του, η οποία προκαλείται λόγω της παραμόρφωσης του συστήματος πασσάλου-εδάφους. Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει αυτή τη στρόφη είναι η δυσκαμψία των κατακόρυφων και οριζόντιων εδαφικών ελατηρίων που προσομοιώνουν την αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής και των οποίων η σταθερά καθορίζεται από τις εδαφικές ιδιότητες.



Σχ.8: Πυλώνας και πάσσαλοι θεμελίωσης

Δυσμενέστερο για το στέγαστρο είναι ένα εύκαμπτο σύστημα πυλώνα-πασσάλων-εδάφους το οποίο προκαλεί μεγαλύτερες μετακινήσεις στην κορυφή των πασσάλων, ενώ το αντίθετο ισχύει για τους πυλώνες και τους πασσάλους. Παρά το γεγονός ότι τα εδαφικά χαρακτηριστικά προέκυψαν από γεωτεχνική έρευνα, καθώς και ότι εξαλείφθηκαν οι οριζόντιες αντιδράσεις λόγω μόνιμων φορτίων στην κορυφή των πυλώνων, αποφασίστηκε επιπλέον να θεωρηθεί κατά το σχεδιασμό μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή για την

εδαφική δυσκαμψία προκειμένου να προκύψουν οι μέγιστες διατομές και οπλισμοί για το στεγάστρο και τους πυλώνες αντίστοιχα.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η επιρροή της εδαφικής δυσκαμψίας και να αποφασιστεί ένα άνω και ένα κάτω όριο για το στατικό σχεδιασμό του στεγάστρου, των πυλώνων και των πασσάλων, πραγματοποιήθηκε σημαντικός αριθμός αναλύσεων του στατικού προσομοιώματος για διάφορες τιμές του δείκτη εδάφους. Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα του Σχ. 9, όπου ο κατακόρυφος άξονας απεικονίζει τις οριζόντιες μετακινήσεις στην κορυφή του πυλώνα για μία τυπική κατακόρυφη φόρτιση, ενώ στον οριζόντιο άξονα καταγράφεται ο λόγος της εδαφικής δυσκαμψίας προς την ονομαστική τιμή της, που προέκυψε από τη γεωτεχνική έρευνα.



Σχ.9: Οριζόντιες μετακινήσεις κορυφής πυλώνα για διάφορες τιμές εδαφικής δυσκαμψίας

Βάσει αυτού του διαγράμματος αποφασίστηκε να θεωρηθεί ως κάτω όριο για την εδαφική δυσκαμψία το 20% της ονομαστικής τιμής της, με το οποίο έγινε η ανάλυση και η διαστασιολόγηση του μεταλλικού στεγάστρου, και ως άνω όριο το 500% της ονομαστικής τιμής, με το οποίο αναλύθηκαν και διαστασιολογήθηκαν οι πυλώνες και οι πάσσαλοι της θεμελίωσής τους. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιήθηκε η επιρροή των αβεβαιοτήτων σχετικά με τις πραγματικές εδαφικές συνθήκες, στη στατική συμπεριφορά της κατασκευής υπό κατακόρυφα φορτία.

## 5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρουσιάστηκε συνοπτικά το στατικό σύστημα του στεγάστρου του νέου ποδοσφαιρικού γηπέδου του Παναθηναϊκού στο Βοτανικό, με έμφαση σε επιλογές που έγιναν κατά την αρχική σύλληψη και σχεδιασμό του έργου, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αλληλεπίδραση της μεταλλικής οροφής με τους πυλώνες και τα δέκα στατικώς ανεξάρτητα τμήματα κερκίδων κατά τη διάρκεια σεισμού και γενικότερα να ελαχιστοποιηθούν οι αβεβαιότητες κατά την προσομοίωση. Με αφορμή το παράδειγμα αυτό επισημαίνεται η τεράστια σημασία της αρχικής μόρφωσης τόσο στη συνέπεια μεταξύ προσομοίωσης και πραγματικής συμπεριφοράς, όσο και στην καλή στατική συμπεριφορά του φορέα.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μηχανικοί Μελετών και Εφαρμογών, “Στατική μελέτη νέου γηπέδου Παναθηναϊκού στο Βοτανικό”, Τεχνική Έκθεση, 2010.

## STRUCTURAL SYSTEM OF THE STEEL ROOF OF THE NEW FOOTBALL STADIUM OF PANATHINAIKOS F.C. IN VOTANIKOS, GREECE

**Christos P. Gkologiannis**

Civil Engineer

Design & Application Engineers S.A.

Athens, Greece

e-mail: [cpgo@mhxme.gr](mailto:cpgo@mhxme.gr)

**Charis J. Gantes**

Associate Professor

National Technical University of Athens

Athens, Greece

e-mail: [chgantes@central.ntua.gr](mailto:chgantes@central.ntua.gr)

**Alekos Athanasiadis**

Civil Engineer

A. Athanasiadis & Associates Civil Eng.

Athens, Greece

e-mail: [aathanasiad@tee.gr](mailto:aathanasiad@tee.gr)

**Massimo Majowiecki**

Professor

University of Venice

Venice, Italy

e-mail: [studio@majowiecki.com](mailto:studio@majowiecki.com)

**Fotis Zoulas**

Civil Engineer

F. Zoulas Consulting Engineers

Athens, Greece

e-mail: [zuzu@otenet.gr](mailto:zuzu@otenet.gr)

**Harald Schmidt**

Civil Engineer

Vienna Consulting Engineers

Vienna, Austria

e-mail: [schmidt@vce-consult.at](mailto:schmidt@vce-consult.at)

### SUMMARY

In this article the structural system of the steel roof of the new football stadium of the historic Greek team Panathinaikos F.C. is presented. The stadium will be built in Votanikos, Athens, Greece. Particular emphasis is placed on describing decisions taken during the initial phases of conceptual design, aiming at minimizing the interaction between the steel roof and the underlying reinforced concrete pylons and grandstand structures, thus increasing also confidence on the reliability of structural modeling. Issues related to optimization of geometry, type and size of cross-sections, supports and connections between members are also briefly mentioned. On the basis of these decisions, the architectural requirements were met in the most safe and cost-effective way.