

ΝΕΑ ΜΟΝΑΔΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Α. Κωτσιόπουλος

Αρχιτέκτων, Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τομέας Αρχιτεκτονικού & Αστικού Σχεδιασμού
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
54624 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: kotsiop@otenet.gr

Ε. Ζουμπουλίδου, Αρχιτέκτων, **Α. Πάνου**, Αρχιτέκτων,
Β. Κουβάκη, Αρχιτέκτων, Σύμβουλος ενεργειακών θεμάτων,
Στ. Ζερεφός, Αρχιτέκτων, συνεργάτης
Γραφείο Α.Μ. Κωτσιόπουλος & Συνεργάτες Αρχιτέκτονες

Χ. Μπανιωτόπουλος

Dr.-Ing. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής Α.Π.Θ.
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
54624 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: ccb@civil.auth.gr

Ι. Λαβασάς, Πολιτικός Μηχανικός, **Π. Ζέρβας**, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός,
Γ. Νικολαΐδης, Πολιτικός Μηχανικός
e-mail: info@statika.gr

Γ. Λαγός, Η/Μ Μηχανικός
Κ. Σαρρόπουλος, Η/Μ Μηχανικός

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κτίριο το οποίο αποτελείται από φέροντα οργανισμό από χάλυβα, κατασκευάζεται ήδη σε ένα τμήμα του ευρύτερου οικοπέδου της βιομηχανίας Alumil στη βιομηχανική περιοχή του Κιλκίς και σε επαφή με το σημερινό συγκρότημα γραφείων με το οποίο και προβλέπεται να συνδεθεί λειτουργικά. Το κτίριο είναι ένας απλός γραμμικός τετραγωνικής διατομής «εναέριος» κλειστός όγκος με μεταλλικό σκελετό – προστατευμένος από το θόρυβο των διερχομένων κάτω από αυτόν οχημάτων - και με ένα σύνθετο φλοιό που περιβάλλει πλήρως τις κύριες γραμμικές όψεις και μερικώς τις οριζόντιες επιφάνειες (δώμα και οροφή ισογείου) στηριζόμενος επί ισχυρών εδράνων χωρίς αρμό.

Από στατικής άποψης, η υψηλή σεισμικότητα της περιοχής (II), σε συνδυασμό με τη μορφολογία του κτιρίου (ανεστραμμένο εκκρεμές), επέβαλαν την αντιμετώπιση διαφόρων

μη συμβατικών προβλημάτων. Εξ αυτών ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πάκτωση των υποστυλωμάτων, σύνθετης κλειστής διατομής, εφ' όσον οι τυπικές διατάξεις αποδείχθηκαν εν προκειμένω πρακτικά μη υλοποιήσιμες, λόγω των εξαιρετικά μεγάλων εκκεντροτήτων των αντιδράσεων.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΛΥΣΗΣ

Το κτίριο ανεγείρεται ήδη σε ένα τμήμα του ευρύτερου οικοπέδου της βιομηχανίας αλουμινίου Alumil στη βιομηχανική περιοχή του Κιλκίς, σε επαφή με το σημερινό συγκρότημα γραφείων με το οποίο και προβλέπεται να συνδεθεί λειτουργικά. Ως μορφή και στατικό σύστημα, το κτίριο είναι μια μεταλλική γέφυρα επί ισχυρών εδράνων χωρίς αρμό. Η οργάνωσή του αυτή καθορίζεται από τη λειτουργία του όλου συγκροτήματος που επιβάλλει στη θέση αυτή τη συνεχή διέλευση μεγάλων φορτηγών κάτω από το κτίριο για την τροφοδοσία του εργοστασίου καθώς και από την πρόθεση των μελετητών να διαφοροποιήσουν πλήρως το απλής μορφής νέο κτίριο σε σχέση με το σχετικά πολύπλοκο και πλήρως καλυμμένο με υαλοπετάσματα υπάρχον συγκρότημα γραφείων.

Το νέο κτίριο αναπτύσσεται σε τρεις κύριες στάθμες με συνολικό ύψος 17.00 μ. και συνολική επιφάνεια περίπου 2000 μ² ενώ το ισόγειο παραμένει κατά κύριο λόγο κενό με ελεύθερο ύψος περίπου 4,50 μ., ώστε να είναι δυνατή η διέλευση των βαρέων οχημάτων.

Το κτίριο είναι ένας απλός γραμμικός τετραγωνικής διατομής «εναέριος» κλειστός όγκος – προστατευμένος από το θόρυβο των διερχομένων κάτω από αυτόν οχημάτων - με ένα σύνθετο φλοιό που περιβάλλει πλήρως τις κύριες γραμμικές όψεις και μερικώς τις οριζόντιες επιφάνειες (δώμα και οροφή ισογείου).

Ο φλοιός αυτός αποτελείται από τέσσερα επάλληλα φίλτρα ως εξής (από έξω προς τα μέσα):

(α) συνεχής κατακόρυφη «τέντα» στο άκρο των εξωστών από φύλλα διάτρητα αλουμινίου διαστάσεων 0.80 X 2.60 και πάχους 2 χιλ. με διάμετρο οπής 2 χιλ. και πυκνότητα οπών ώστε να προκύπτει διαπερατότητα περίπου 70%. Τα φύλλα αυτά δημιουργούν μια πρώτη μείωση του θερμικού φορτίου χωρίς να εμποδίζουν τη θέα από μέσα προς τα έξω με τη δημιουργία αίσθησης ελαφράς κουρτίνας σε απόσταση από το κτίριο.

(β) οριζόντια διάτρητα φύλλα εσχάρας τύπου «ορσογκρίλ» εν είδει εξωστών σε συνέχεια των πλακών, που καλύπτουν την ηλιοπροστασία κατά την κατακόρυφη συνιστώσα. Οι σχάρες έχουν πλάτος 1.50 μ. με φύλλα ύψους 40 χιλ.

(γ) σύνθετες κατακόρυφες κινητές περσίδες από φύλλα αλουμινίου ύψους 1.55 μ., πλάτους 30 εκ. τοποθετούμενες στην εξωτερική πλευρά του εξώστη που καλύπτουν την ηλιοπροστασία κατά την οριζόντια συνιστώσα.

(δ) διπλό αεριζόμενο σύστημα υαλοπετάσματος, το οποίο επιτρέπει τον φυσικό αερισμό του χώρου μετά από φιλτράρισμα του αέρα και τον φυσικό κλιματισμό του χώρου. Το πέτασμα αυτό έχει συνολικό πάχος περίπου 220 χιλ. Αποτελείται από το εξωτερικό σύστημα (υαλοπέτασμα τύπου curtain-wall με διπλούς υαλοπίνακες), κενό αέρος 100 χιλ. όπου τοποθετούνται και τα φίλτρα και το εσωτερικό σύστημα (κατά κανόνα σταθερά ή

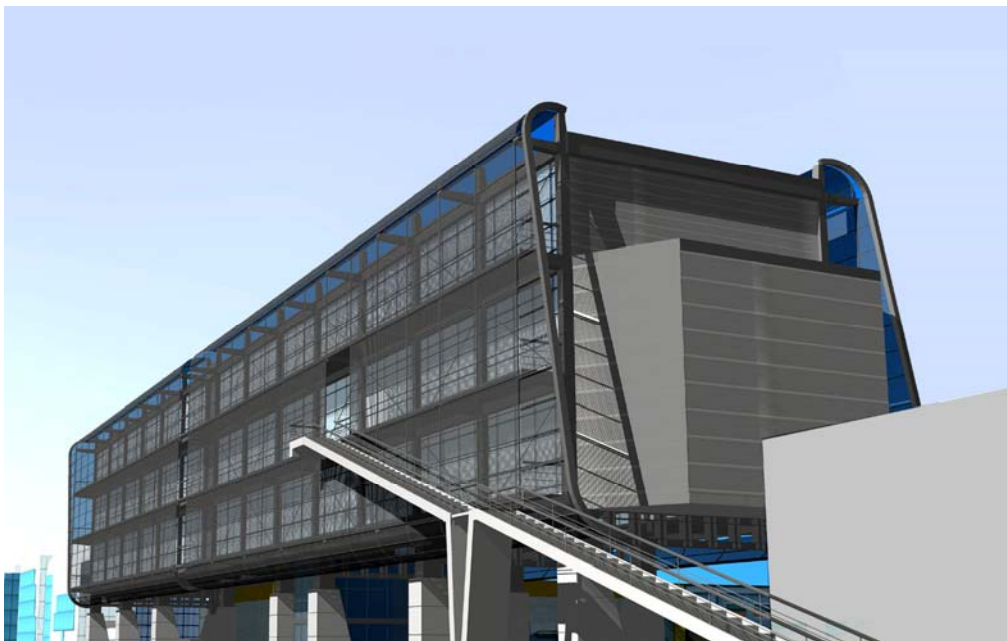
ανοιγόμενα κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες ή θερμομονωτικά πάνελς στις θέσεις όπου δεν είναι επιθυμητή η διαφάνεια).

Το κτίριο περιέχει τυπικούς γραφειακούς χώρους καθώς και αίθουσα συνεδριάσεων και σεμιναρίων μεταβλητού σχήματος και διαστάσεων. Όλα τα εσωτερικά χωρίσματα γίνονται με ειδικά διαχωριστικά πάνελς εκτός από ορισμένους σταθερούς τοίχους (ιδιαίτερα στις θέσεις των χιασμών) που κατασκευάζονται από γυψοσανίδα. Τα δάπεδα είναι όλα δρύινα καρφωτά εκτός των χώρων υγιεινής. Προβλέπονται ενιαίες ψευδοροφές από γυψοσανίδα και κυλινδρικά φωτιστικά φθορισμού σε κανονικό κানাβο, εκτός των ειδικών χώρων. Όλες οι εσωτερικές κλίμακες είναι χαλύβδινες με επικάλυψη ξύλου δρυός ενώ οι εξωτερικές με λαμαρίνα κριθαράκι.

Προβλέπονται τα αναγκαία πυροδιαμερίσματα και εξοδοι κινδύνου ενώ το σύνολο των κεντρικών μονάδων των Η/Μ εγκαταστάσεων τοποθετείται στο δώμα (σύστημα τύπου VRV). Οι μονάδες αυτές είναι αόρατες λόγω του σχήματος του περιβλήματος του κτιρίου τύπου «τέντας».



Εικ. 1: Κύρια όψη

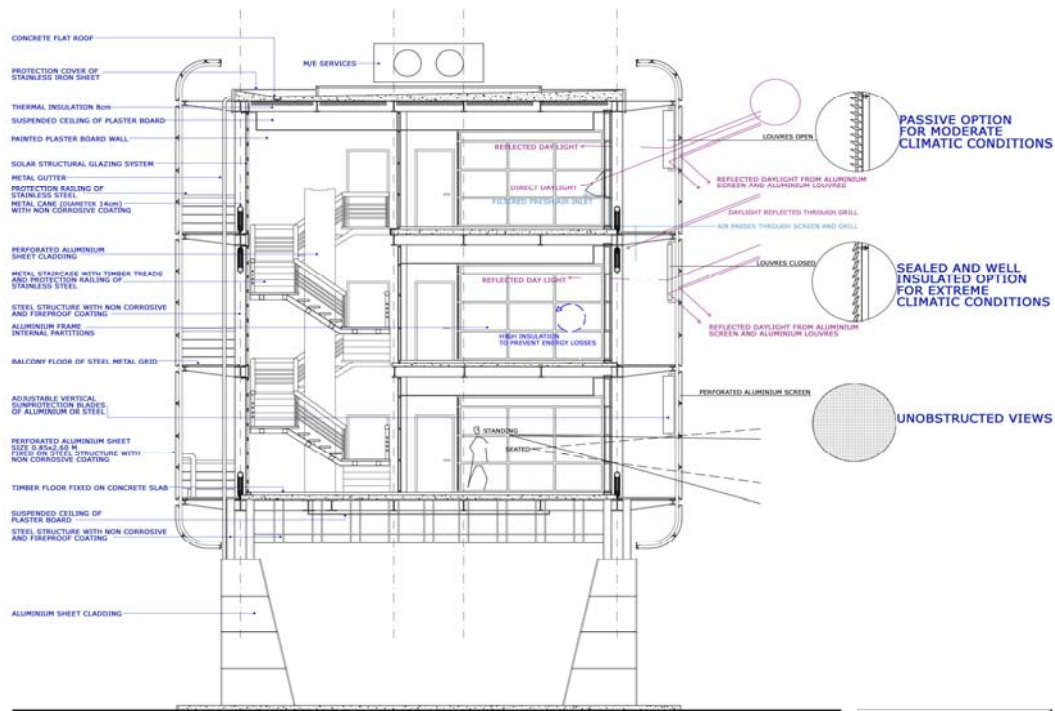


Εικ. 2: Προοπτικό σχέδιο από την πλευρά της εισόδου



Φωτ. 1: Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου (άνοιξη του 2005)

NEW HEADQUARTERS OF A LARGE INDUSTRIAL COMPANY



Σχ. 1: Διαγραμματική τομή

3. ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 Γενικά Στοιχεία

Η όλη μορφολογία του κτιρίου, σε συνδυασμό με την υψηλή σεισμικότητα της περιοχής (II), επέβαλαν την αντιμετώπιση διαφόρων μάλλον μη συμβατικών θεμάτων, τα κυριότερα των οποίων παρουσιάζονται επιγραμματικά στη συνέχεια.

α. Το μικρό πλάτος της κατασκευής (9.70m) σε σχέση με το μήκος της (70.00m) κατέστησε επισφαλή τη διαφραγματική λειτουργία των σύμμικτων πλακών, όπως άλλωστε αποδείχθηκε και από τα απλοποιητικά μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων που καταστρώθηκαν για το σκοπό αυτό. Έτσι απέβη αναπόφευκτη η διάταξη διαγώνιων ράβδων, υπό μορφή αντιανεμίων, σε όλες τις στάθμες και σε όλα τα φατνώματα του κτιρίου.

β. Διαγώνιες ράβδοι τέθηκαν και καθ' όλη την επιφάνεια των μεγάλων πλευρών των ορόφων του κτιρίου, ενώ κατά την εγκάρσια διεύθυνση διαμορφώθηκαν ισχυρά πλαίσια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι τρεις όροφοι να σχηματίζουν ένα εξαιρετικά άκαμπτο μόρφωμα, το οποίο όμως στο ισόγειο κατέληγε, για λειτουργικούς λόγους, σε σειρές υποστυλωμάτων χωρίς δικτυώσεις μεταξύ τους. Από άποψης δυναμικής συμπεριφοράς το σύστημα αυτό συνιστά χαρακτηριστικό φορέα μορφής ανεστραμμένου εκκρεμούς (inverse pendulum structure), σύμφωνα με τη σχετική ταξινόμηση των Κανονισμών, με δείκτη συμπεριφοράς: $q = 2.00$. Οι έλεγχοι της μετελαστικής απόκρισης πραγματοποιήθηκαν για τις μεν γενικές απαιτήσεις βάσει του [ΕΑΚ 2000 §Γ], για τις δε ειδικές βάσει της τελευταίας έκδοσης του Ευρωκώδικα [8-1-3], επειδή στον ΕΑΚ έχουν παραληφθεί, παραδόξως, οι σχετικές διατάξεις, όσον αφορά στις μεταλλικές κατασκευές.

γ. Το μεγάλο μήκος του κτιρίου, σε συνδυασμό με τη διάσπαση της θεμελίωσης σε δύο ανεξάρτητες τοπικές κοιτοστρώσεις εκατέρωθεν του κεντρικού ανοίγματος των 22,00m του ισογείου, επέβαλλε τη διερεύνηση και της εμφάνισης αυτεντατικής κατάστασης προερχόμενης από διάμηκες σεισμικό κύμα μήκους αντίστοιχου με αυτό του κτιρίου.

δ. Λόγω των μεγάλων τιμών των αντιδράσεων στη βάση των υποστυλωμάτων του ισογείου και ιδιαίτερα της ανάπτυξης αξιόλογων ροπών συνοδευόμενων από εφελκυστικές αξονικές δυνάμεις, δεν ήταν εφικτή η διαμόρφωση συμβατικής διάταξης έδρασης, τουλάχιστον υπό τους δεδομένους λειτουργικούς και αρχιτεκτονικούς περιορισμούς. Ως μόνη διαθέσιμη λύση επελέγη ο εγκιβωτισμός των μεταλλικών υποστυλωμάτων, διατομής κλειστού οκταγώνου, εντός κατάλληλα διαμορφωμένων βάθρων. Συγκεκριμένα, προβλέφθηκαν υποδοχείς δακτυλιοειδούς διατομής από οπλισμένο σκυρόδεμα υψηλής ποιότητας (C30/37), με ύψος 1.90m, εξωτερική διάμετρο $\varnothing 1.60m$ και εσωτερική $\varnothing 0.80m$. Το ενδιάμεσο κενό πληρώθηκε με αντισυρρικνωτική κονία υψηλής αντοχής (Emaco).

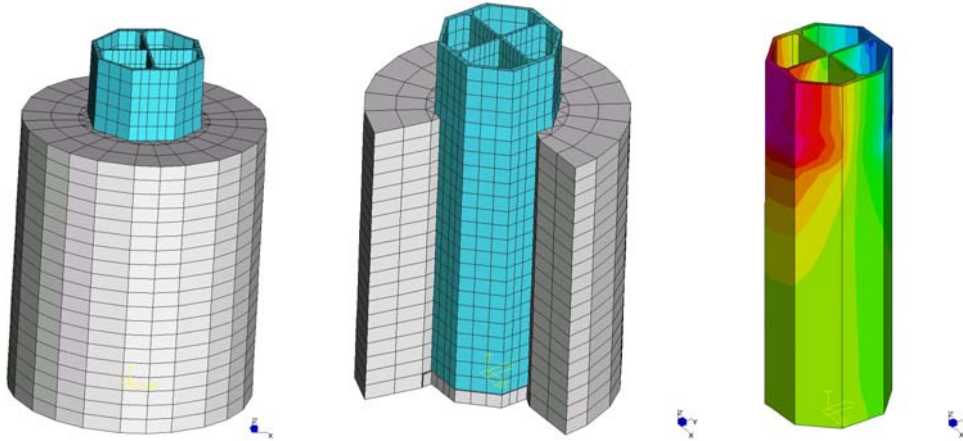
Από τα παραπάνω θέματα το τελευταίο κρίθηκε ότι παρουσιάζει ειδικό ενδιαφέρον και αναπτύσσεται περαιτέρω στο επόμενο κεφάλαιο.

3.2 Ανάλυση και διαστασιολόγηση της διάταξης πάκτωσης των υποστυλωμάτων

Εν γένει στους Ευρωκώδικες δεν αντιμετωπίζονται ακόμη κανονιστικά ανάλογης μορφής εδράσεις μεταλλικών υποστυλωμάτων. Η εγγύτερη προσέγγιση εν προκειμένω αποτελεί το πλέγμα των διατάξεων των Γερμανικών Κανονισμών, αναφορικά με την πάκτωση των προκατασκευασμένων υποστυλωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος, όπως συνοψίζονται στο Beton Kalender 1984. Κατ' αυτό, η αξονική δύναμη παραλαμβάνεται από τη συνάφεια χάλυβα – σκυροδέματος, η ροπή έδρασης από ζεύγος δυνάμεων στο άνω και κάτω τμήμα της στήριξης, ενώ η τέμνουσα εφαρμόζεται στο άνω τμήμα (βλ. σχ. 2).

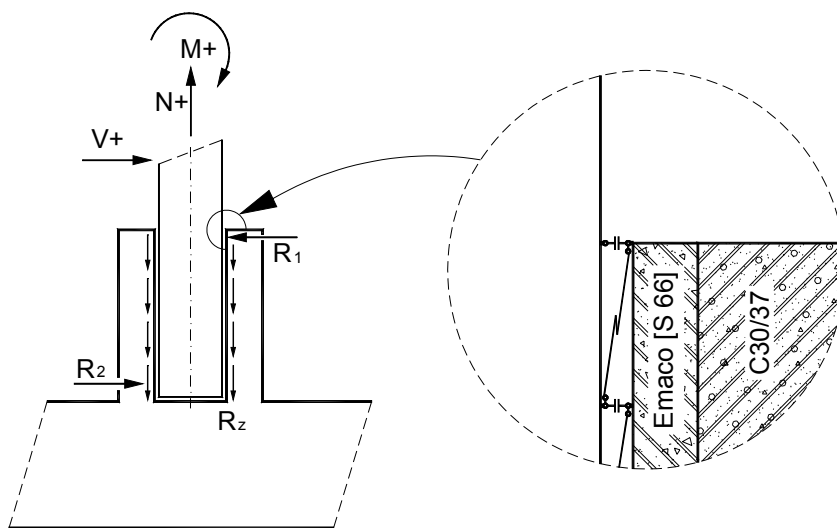
Με σκοπό την αναλυτικότερη διερεύνηση της εντατικής κατάστασης των βάθρων και των εγκιβωτισμένων τμημάτων των μεταλλικών υποστυλωμάτων, δημιουργήθηκε και επιλύθηκε με το πρόγραμμα Strand7 (Straus7) ένα κατάλληλο μοντέλο χωρικών

πεπερασμένων στοιχείων (βλ. εικ.3). Η προσομοίωση της δομικών μελών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια τρισδιάστατων στοιχείων, όπου εισήχθησαν οι καταστατικοί νόμοι των υλικών, καθώς και οι κατά περίπτωση μονόπλευροι σύνδεσμοι στις διεπιφάνειες χάλυβα – αντισυρρικνωτικής κονιάς πλήρωσης.

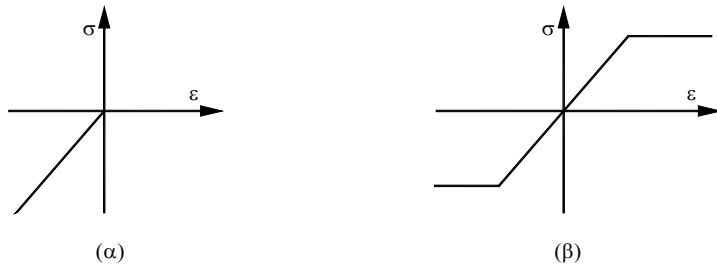


Εικ. 3: Μοντέλο χωρικών πεπερασμένων στοιχείων

Η αρχική προσπάθεια να αποδοθεί η συνάφεια των παραπάνω διεπιφανειών άμεσα, με κατάλληλα εκλεγμένο συντελεστή τριβής στους συνδέσμους επαφής, δεν είχε επιτυχία, λόγω της αριθμητικής αστάθειας που εμφανιζόταν κατά την εκκίνηση του αλγορίθμου επίλυσης, με αποτέλεσμα να προκύπτει μη θετικά ορισμένο μητρώο δυσκαμψίας πριν από την ενεργοποίηση των συνδέσμων. Κατ' ανάγκη λοιπόν η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε με την εισαγωγή μη γραμμικών ράβδων κατάλληλης δυσκαμψίας, η οποία όμως μηδενιζόταν αυτόματα μόλις καταγραφόταν υπέρβαση της συνάφειας αντοχής, οπότε η ένταση μεταφερόταν στα επόμενα στοιχεία, αποδίδοντας με τον τρόπο αυτό την κατανομή των κατακόρυφων δυνάμεων σχεδιασμού καθ' ύψος του βάρου (βλ. σχ.2-3). Σημειώνεται ότι, όπως άλλωστε είναι κοινή πρακτική, θεωρήθηκε ότι δεν μεταφέρονται κατακόρυφες δυνάμεις μέσω της επιφάνειας έδρασης του μεταλλικού υποστυλώματος επί της θεμελίωσης.



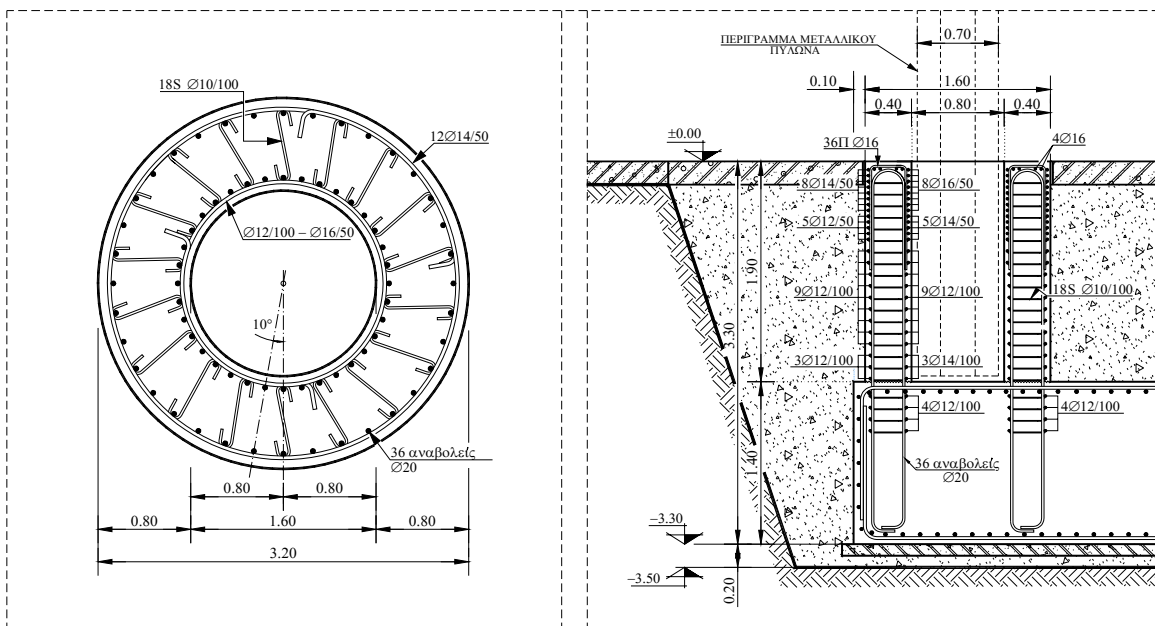
Σχ. 2: Στατική λειτουργία έδρασης & λεπτομέρεια διάταξης συνδέσμων επαφής και συνάφειας



Σχ. 3: Διαγράμματα $[\sigma-\epsilon]$ συνδέσμων μονόπλευρης επαφής (α) και συνάφειας (β)

Από τα αποτελέσματα της μη γραμμικής ανάλυσης προέκυψε πως η αντίδραση $[R_1]$ στο άνω τμήμα του βάρου κατανέμεται για ένα ύψος 15-20 cm από την κορυφή, κατά μήκος ενός τεταρτοκυκλίου στη ζώνη επαφής. Αντίθετα στο κάτω τμήμα η $[R_2]$ διασπείρεται ομαλά, χωρίς να δημιουργεί αιχμές τάσεων, με αποτέλεσμα στη θέση αυτή η διατομή να συμπεριφέρεται ως σύμμικτη, και τα διαγράμματά της να ταυτίζονται πρακτικά με αυτά που καταγράφηκαν, υπό τα δεδομένα φορτία σχεδιασμού, από τη σχετική ανάλυση με τη βοήθεια του προγράμματος Fagus. Στο σχ. 4 παρουσιάζεται ο τρόπος όπλισης του βάρου, όπως προέκυψε από την ολοκλήρωση των τάσεων του μοντέλου σε χαρακτηριστικές θέσεις, έχοντας βέβαια πάντα υπ' όψη τις σχετικές με το θέμα προβλέψεις των Κανονισμών.

Ως τελικό συμπέρασμα μπορεί να διατυπωθεί ότι η απλοποιητικές συστάσεις της βιβλιογραφίας είναι εν γένει ασφαλείς, όσον αφορά στη γενική απόκριση της διάταξης πάκτωσης, χωρίς όμως να παρέχουν πληροφορίες για την τοπική ένταση των στοιχείων. Κατά συνέπεια, όταν πρόκειται για μεγάλα ή σύνθετα έργα ή όταν η όλη διαμόρφωση παρεκκλίνει από την τυπική, κρίνεται ότι θα πρέπει να εξετάζεται σοβαρά το ενδεχόμενο προσφυγής σε αναλυτικότερα μοντέλα.



Σχ. 4: Κατασκευαστικά σχέδια βάρων - τυπικές τομές

A NEW OFFICE BUILDING OF AN ALUMINIUM INDUSTRY

A. M. Kotsiopoulos

Architect, Professor A.U.Th.
Division of Architectural and Urban Design
Aristotle University of Thessaloniki
54624 Thessaloniki, Greece
e-mail: kotsiop@otenet.gr

E. Zoumboulidou, Architect, **A. Panou**, Architect,
V. Kouvaki, Architect, Energy consultant,
S. Zerefos, Architect, collaborator
Office A. M. Kotsiopoulos & Collaborators Architects

C. C. Baniotopoulos

Dr.-Ing. Civil Engineer, Professor A.U.Th.
Institute of Steel Structures
Aristotle University of Thessaloniki
54624 Thessaloniki, Greece
e-mail: ccb@civil.auth.gr

I. Lavassas, Civil Engineer, **P. Zervas**, Dr. Civil Engineer,
G. Nikolaidis, Civil Engineer
e-mail: info@statika.gr

G. Lagos, E/M Engineer, **K. Sarropoulos**, E/M Engineer

1. ABSTRACT

The building consisting of a load-bearing steel structure is under construction in a part of the field where the aluminium extrusion company Alumil is located at the industrial area of Kilkis; the building is in contact with the existing group of office buildings with which the building under erection will be at a final stage operationally connected. The building is a simple linear “above-ground” closed volume with quadratic section, a steel skeleton and a composite (double skin) envelope that completely covers the main linear building surfaces and partly the horizontal ones.

From a structural point of view, the high seismicity of the region (II) in combination to the building morphology (inverse pendulum structure) requested the treatment of certain non-conventional problems. Among the latter, the most interesting one was the full strength moment connection of the base of the strong columns with composite section for which the typical code recommendations are in the present case non applicable due to the appearance of very high values of the reaction eccentricities.