ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
ΠΡΟΛΗΨΗΣ & ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ
ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
«Ο.Α.Σ.Π.»

ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΜΝΗΜΕΙΩΝ
THE PROTECTION OF THE INTEGRITY OF MONUMENTS UNDER SEISMIC ACTIONS

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΥ ΜΙΝΑΡΕ ΤΗΣ ΡΟΤΟΝΤΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Γ. ΠΕΝΕΛΗΣ, Κ. ΣΤΥΛΙΑΝΙΔΗΣ, Χ. ΙΓΝΑΤΑΚΗΣ, Καθηγητές Α.Π.Θ.

Παρουσίαση: Κοσμάς Στυλιανίδης

Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2011

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

- Παρουσιάζονται οι εναλλακτικές προτάσεις στερέωσης του Μιναρέ με έμφαση στην πρόταση που τελικά επελέγη από το Κ.Α.Σ.
- Η πρόταση συνίσταται στην τοποθέτηση εξωτερικού κλωβού λεπίδων από ανοξείδωτο χάλυβα που αγκυρώνεται σε επιλεγμένες θέσεις της τοιχοποιίας μετά από εξυγίανσή της
- Παρουσιάζεται επίσης η επί τόπου διάταξη και ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της επέμβασης ως προς το φορτίο αστοχίας του αγκυρίου
- Τέλος παρουσιάζεται προσαρμογή της μελέτης που αναφέρεται στην πλήρη διατήρηση του εξώστη

2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

κπόνηση μελέτης και εφαρμογή προσωρινής υποστύλωσης επείγοντος χαρακτήρα το 1979

νάθεση εκπόνησης μελέτης στερέωσης του Μιναρέ από το ΥΠ.ΠΟ. στο Εργαστήριο Σκυροδέματος τον Οκτώβριο του 1990

ποβολή οριστικής μελέτης το Φεβρουάριο του 1993 με τρεις εναλλακτικές προτάσεις στερέωσης και ενίσχυσης

νωμοδότηση του Κ.Α.Σ. και επιλογή της λύσης του εξωτερικού

πί τόπου έλεγχος αποτελεσματικότητας της ήλωσης τον Απρίλιο του 1998 και υποβολή τροποποιητικής μελέτης εκ μέρους της 9ης Ε.Β.Α. ως προς τη διέλευση των λεπίδων από τον εξώστη

νωμοδότηση του Κ.Α.Σ. και αποδοχή της τροποποιημένης μελέτης το Μάιο του 1998

νάθεση σύνταξης τροποποιητικής μελέτης εφαρμογής από την 9ης Ε.Β.Α. στο Εργαστήριο Σκυροδέματος τον Ιούλιο του 2002

ποβολή της μελέτης το Δεκέμβριο του 2002

3. ΟΜΑΔΕΣ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

- Οριστική μελέτη (1993)

  Γ. Πενέλης

  Κ. Στυλιανίδης

  Ι. Παπαγιάννη

  Χ. Ιγνατάκης

  Κ. Πιτιλάκης

  Λ. Αθανασιάδης

  Σ. Τόλης

  Δ. Ραπτάκης

- Επίβλεψη μελέτης

  Α. Μιλτιάδου (ΥΠ.ΠΟ.)

- Μελέτη Εφαρμογής (1994)

  Γ. Πενέλης

  Κ. Στυλιανίδης

  Χ. Ιγνατάκης

- Τροποποιητική Μελέτη Εφαρμογής (2002)

  Γ. Πενέλης

  Κ. Στυλιανίδης

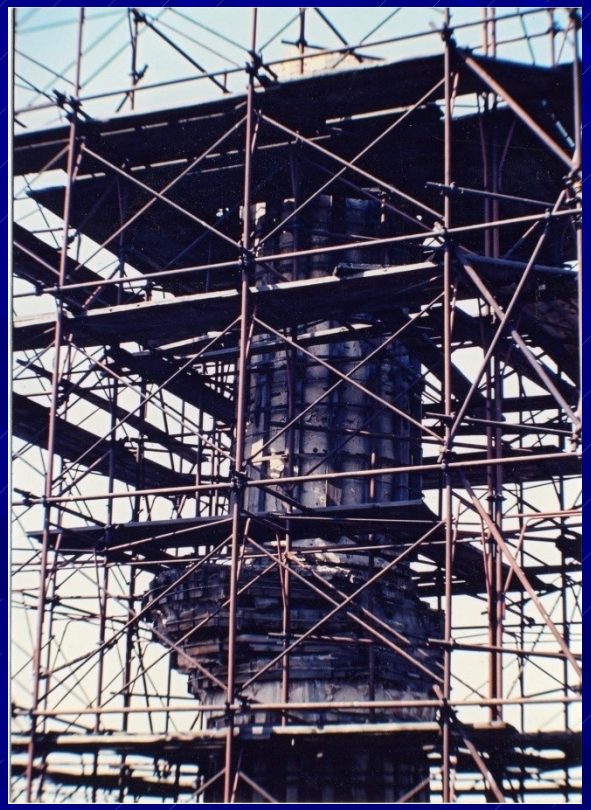
  Χ. Ιγνατάκης

  Ι. Μοσχονάς

4. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

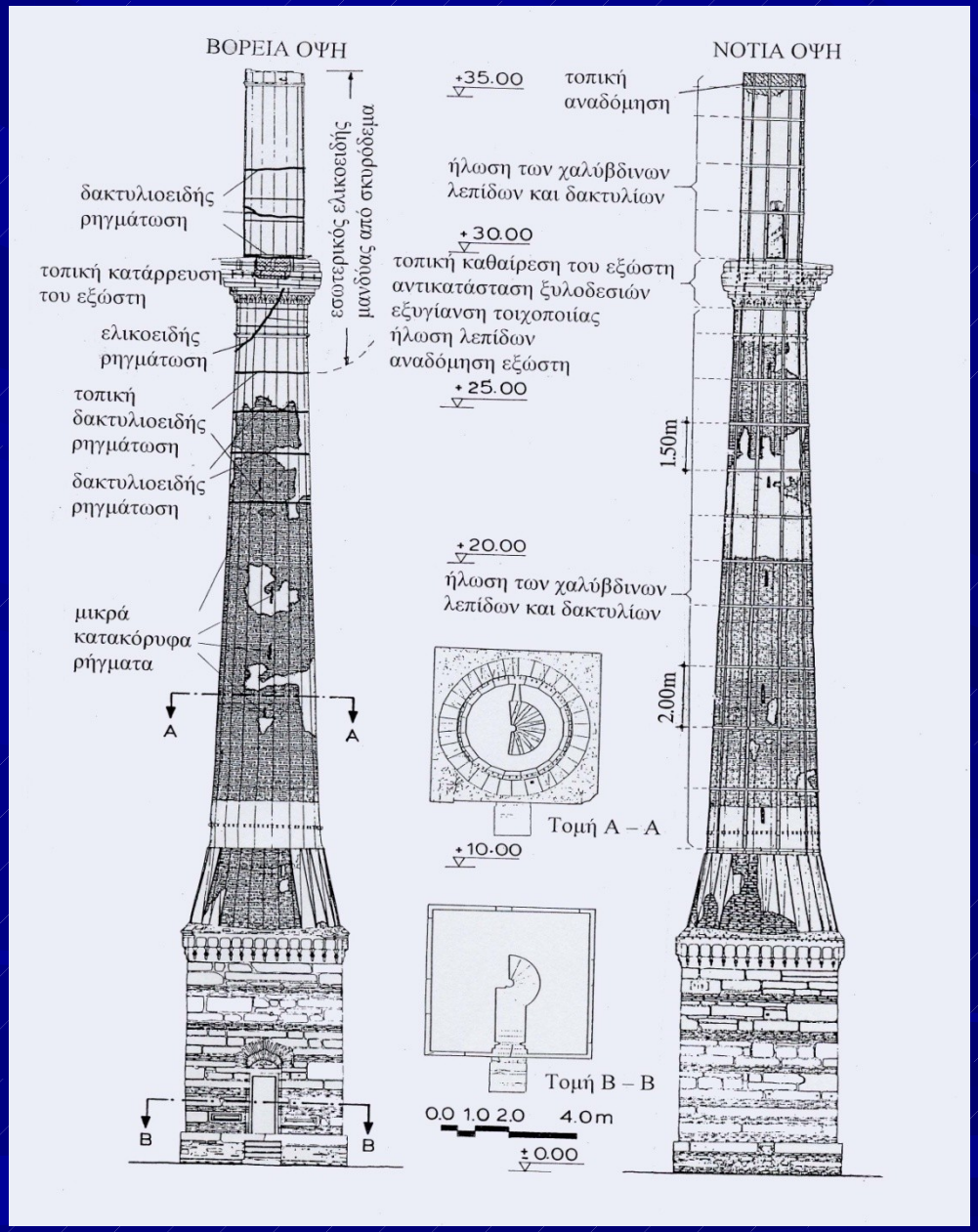
- Κατασκευή του 1590
- Συνολικό ύψος ανωδομής περίπου 36.0m, βάθος θεμελίωσης 6.0m
- Βάση τετραγωνικής διατομής ακμής 4.50m και ύψους 7.50m
- Κορμός κόλουρης πυραμίδας 20 ακμών, δύο τμημάτων, συνολικού ύψους 22.0m μέχρι τον εξώστη
- Κατόπιν πρισματικός κορμός 15 ακμών ύψους 6.0m

- Εξωτερική διάμετρος κορμού από 3.25 έως 2.10m και πάνω από τον εξώστη 1.75m
- Εσωτερική διάμετρος κορμού από 1.80 έως 1.45m και πάνω από τον εξώστη 1.35m
- Επικοινωνία με εσωτερική στενή ελικοειδή σκάλα
- Βαθμίδες στηριγμένες στην περίμετρο και σε εσωτερικό στύλο από πλινθοδομή διαμέτρου 0.25m



- Θεμελίωση σε βάθος 6.0m από την επιφάνεια του εδάφους στη σχεδόν αδιαπέρατη κόκκινη άργιλο της περιοχής
- Βάση από αλλεπάλληλες στρώσεις λιθοπλινθοδομής, κορμός από πλινθοδομή, πλίνθοι 30X40X4cm, αρμοί πάχους 4cm
- Βάση ανεπίχριστη, κορμός εν μέρει επιχρισμένος

5. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ (ΣΕΙΣΜΟΣ 1978)



- Ελικοειδείς ρηγματώσεις στο υψηλότερο τμήμα, οριζόντιες στα ανώτερα δύο πέμπτα
- Τμήμα του εξώστη κατέρρευσε στο σεισμό του 1978 και συγχρόνως παρουσιάσθηκε οριζόντια ολίσθηση τμήματος του κορμού πάνω από τον εξώστη
- Δεν παρουσιάσθηκαν μόνιμες αποκλίσεις από την κατακόρυφο, ούτε ζημιές στη θεμελίωση

6. ΑΜΕΣΑ ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΣΗΣ (1979)

- Μεταλλικές και ξύλινες περιδέσεις μετά από τοπικές εξυγιάνσεις
- Μεταλλικό ικρίωμα αντιστήριξης
- Κατασκευή εσωτερικού ελικοειδούς μανδύα από σκυρόδεμα στο ανώτερο τμήμα (ύψους 10m)

7. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

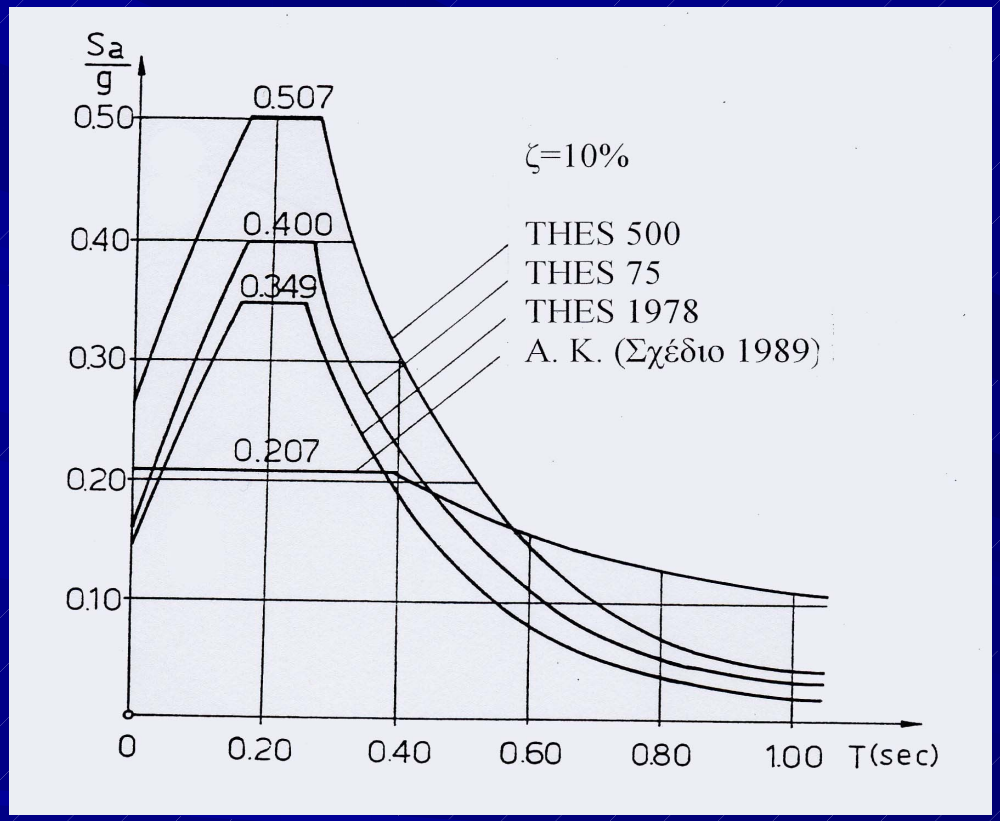
- Κρουσιμετρήσεις, υπερηχομετρήσεις και αφαίρεση τεμαχίων για έρευνα στο εργαστήριο
- Χημική ανάλυση και κοκομετρία κονιάματος
- Επί τόπου μέτρηση ιδιοπεριόδου (T=0.80 - 0.97 sec)

Πίνακας 1. Μηχανικά χαρακτηριστικά πλίνθων, κονιάματος και τοιχοποιίας

Υλικό	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Εφελκυστική αντοχή από κάμψη (MPa)	Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας (MPa)
Πλίνθοι	f_{bc} = 17.56	f_{bt} = 3.52(1)	E_{bd} = 12300(3)
Κονίαμα	f_{mc} = 1.28	f_{mt} = 0.36(1)	E_{md} = 1150(3)
Τοιχοποιία(5)	f_{wc} = 2.61	f_{wt} = 0.11(2)	E_{wd} = 2600(4)

(1) Μεγάλη διασπορά, (2) Άμεση αποκόλληση αρμού, (3) Εκτίμηση από υπερήχους, (4) Υπολογισμός μέσω ειδικού τύπου, (5) Καθαρή διατμητική αντοχή αρμού f_{wso} = 0.19 MPa

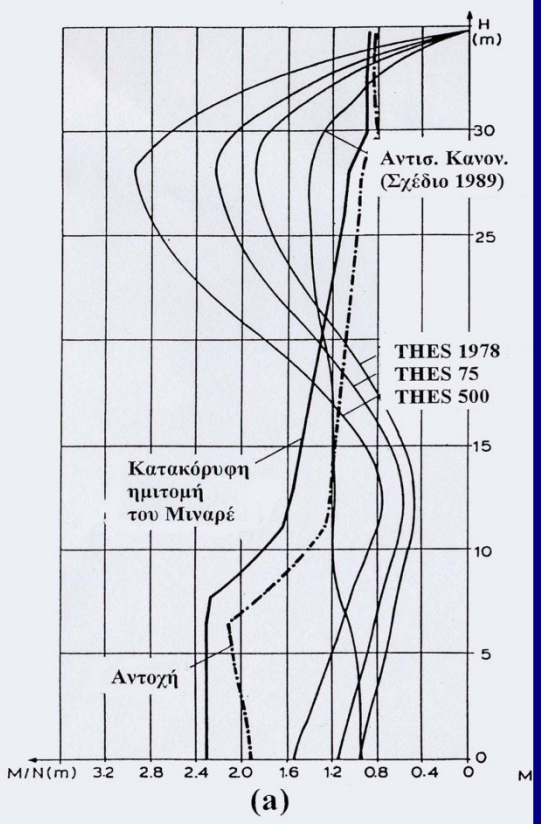
- Γεωτεχνική έρευνα και εφαρμογή μεθόδου Cross Hole
- Φάσματα σχεδιασμού



- THES 1978, (σεισμός του 1978)
- THES 75 (περίοδος επανάληψης 75 χρόνια, πιθανότητα υπέρβασης 10%)
- THES 500, (περίοδος επανάληψης 500 χρόνια, πιθανότητα υπέρβασης 10%)
- N.E.A.K. (σχέδιο 1989)
- θ=0.80 (συντελεστής θεμελ.)
- q=1.5 (συντ. συμπεριφοράς)

- Ελαστική δυναμική ανάλυση
  - Ίδιο βάρος και σεισμικά φορτία

8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



(a)

(α) Παρθενική κατάσταση

- Σημαντικές εκκεντρότητες M/N, εκτός πυρήνα στο υψηλότερο τμήμα του κορμού
- Αναμενόμενη εκδήλωση βλαβών υπό μορφή οριζόντιων δακτυλιοειδών ρηγμάτων
- Συμβατότητα υπολογισμών και βλαβών

9. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

- Εσωτερικοί κατακόρυφοι μετεντεταμένοι τένοντες. Απαιτείται πολύ υψηλή δύναμη, ιδιαίτερα κοντά στην κορυφή, προβλήματα εισαγωγής της δύναμης
- Εξωτερικά κεκλιμένα καλώδια με μικρή δύναμη

  Έλλειψη χώρου, μικρή εμπειρία, θερμοκρασιακές μεταβολές, προβλήματα αισθητικής, πάντως πλήρως αντιστρέψιμη λύση
- Εσωτερικό μεταλλικό δικτύωμα τριών διαστάσεων

  Δυσκολία εφαρμογής λόγω της σκάλας, πολλές διατρήσεις, έλλειψη χώρου στο εσωτερικό, ανάγκη αγκύρωσης στο Μιναρέ
- Εξωτερικό οπλισμένο επίχρισμα

  Αισθητική όχληση, απώλεια παρθενικού επιχρίσματος, αίσθηση νέας κατασκευής
- Οι λύσεις αυτές απορρίφθηκαν σε επίπεδο προμελέτης

- Εσωτερικός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος

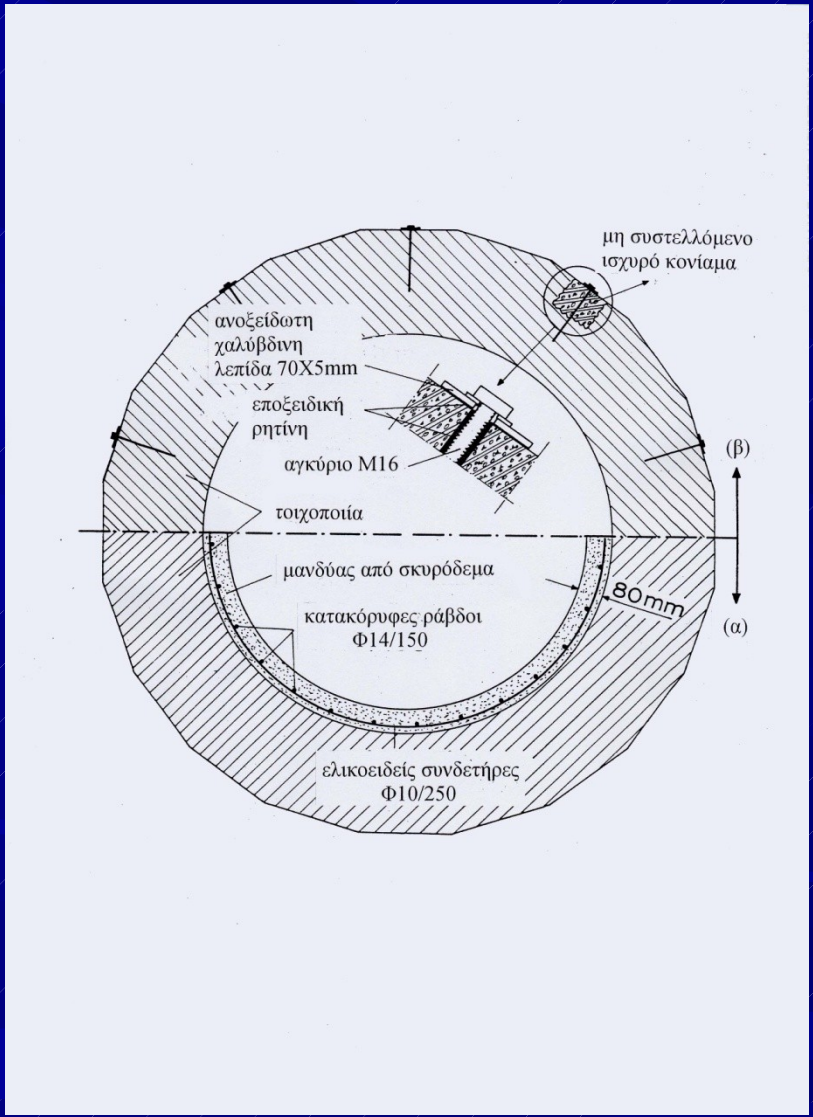
  Η ύπαρξη του μανδύα της προσωρινής υποστύλωσης συνηγορεί στην υιοθέτηση μιας τέτοιας (πάντως δύσκολα αντιστρέψιμης) λύσης. Απαιτείται επίσης εκβάθυνση αρμών για την αύξηση της συνάφειας και διάτρηση βαθμίδων για την εξασφάλιση συνέχειας καθύψος. Υπάρχει πάντως διαθέσιμος χώρος για μανδύα πάχους 8cm, υπό δύσκολες όμως συνθήκες εφαρμογής

- Εξωτερικός κλωβός χαλύβδινων λεπίδων

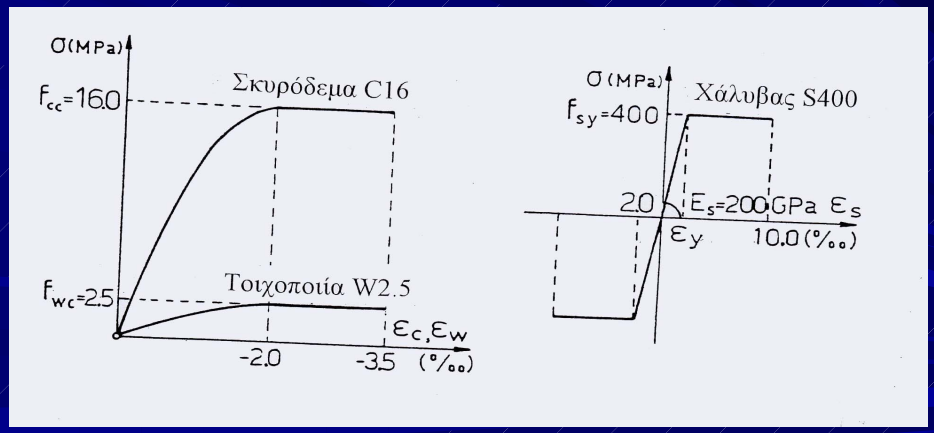
  Σημαντική ασυμβατότητα υλικών (χάλυβας – τοιχοποιία), μικρή απώλεια παρθενικού επιχρίσματος στις θέσεις των λεπίδων, παραπέμπει σε παραδοσιακές τεχνικές ενίσχυσης με μεταλλικούς κλωβούς, δυσχέρεια μεταφοράς δυνάμεων στη διεπιφάνεια, αντιστρέψιμη λύση με μικρή θυσία υλικού, επισκέψιμη για συντήρηση και μετασεισμική επιθεώρηση

- Οι λύσεις αυτές μελετήθηκαν σε επίπεδο οριστικής μελέτης

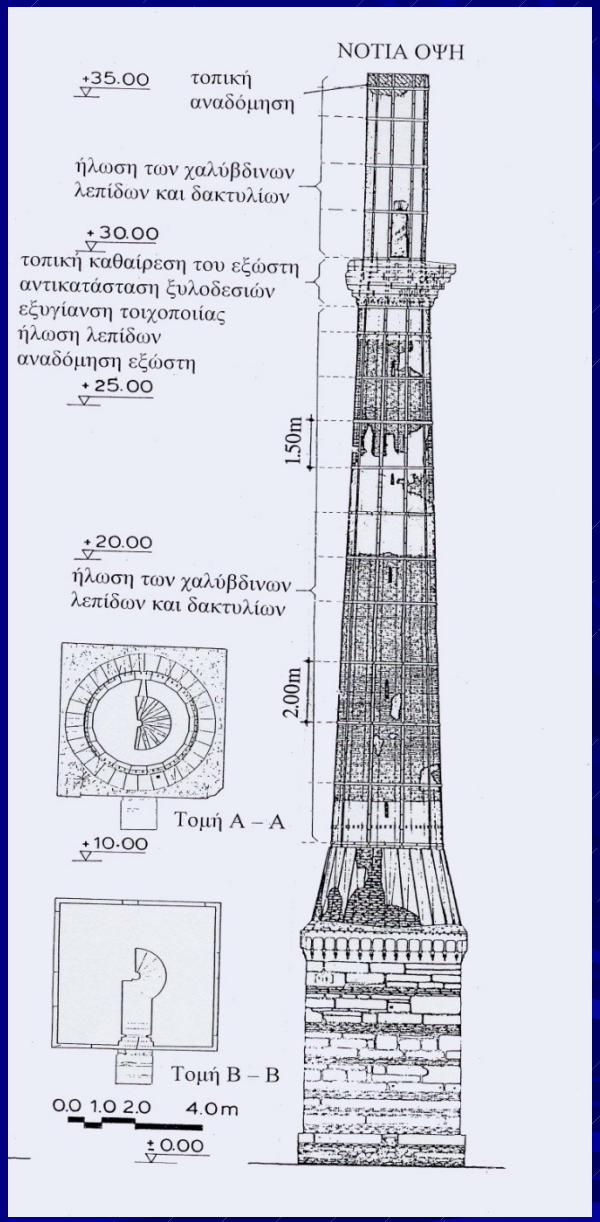
10. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ



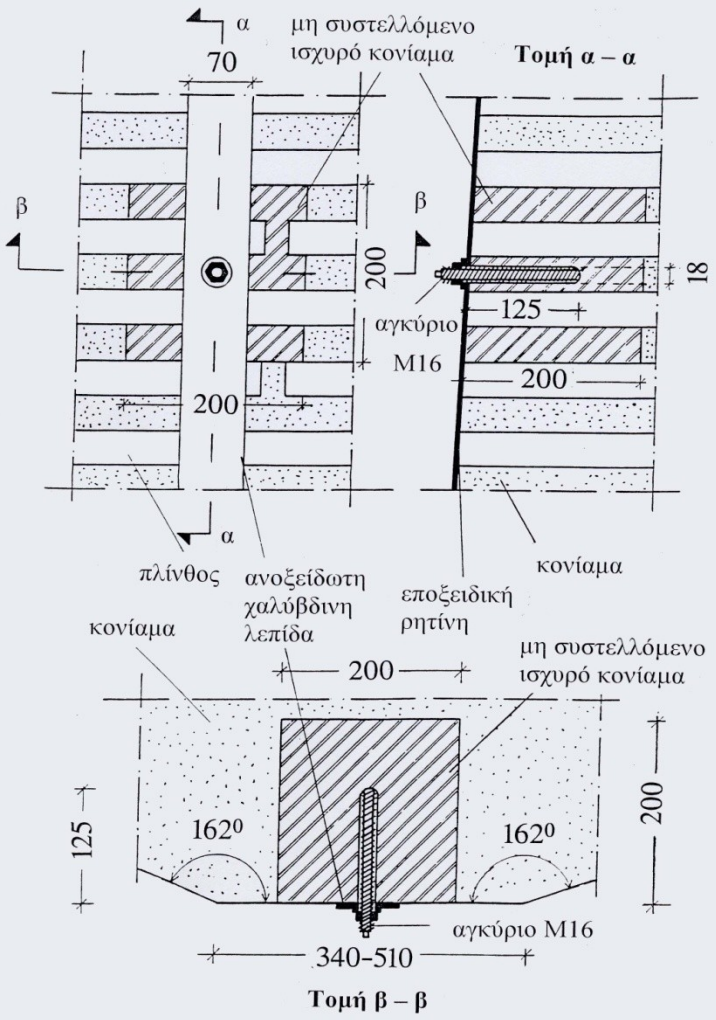
- Εσωτερικός μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος
  - Πάχος μανδύα 8cm
  - Σκυρόδεμα C16, Χάλυβας S400
  - Τοιχοποιία W2.5



- Εξωτερικός κλωβός χαλύβδινων λεπίδων
  - 10 κατακόρυφες λεπίδες ανοξείδωτου χάλυβα διατομής 70x5mm, κατηγορίας S 400, εναλλάξ στις πλευρές του εικοσαγώνου και σε επιλεγμένες πλευρές του δεκαπενταγώνου πάνω από τον εξώστη
  - 17 οριζόντιοι δακτύλιοι, όμοιας διατομής και κατηγορίας όπως παραπάνω, σε αποστάσεις 1.00 έως 2.00m μεταξύ τους
  - Απαιτούνται τοπικές καθαιρέσεις και αναδομήσεις του εξώστη για τη διέλευση των λεπίδων



- Αγκύρωση των κατακορύφων και οριζοντίων λεπίδων, με αγκύρια Μ16, ανά 0.50m καθύψος σε περιοχή που προηγουμένως έχει εξυγιανθεί με τοπική αντικατάσταση του κονιάματος από ειδικό μη συρρικνούμενο κονίαμα υψηλής αντοχής
- Εφαρμογή εποξειδικής ρητίνης μεταξύ τοιχοποιίας και λεπίδων



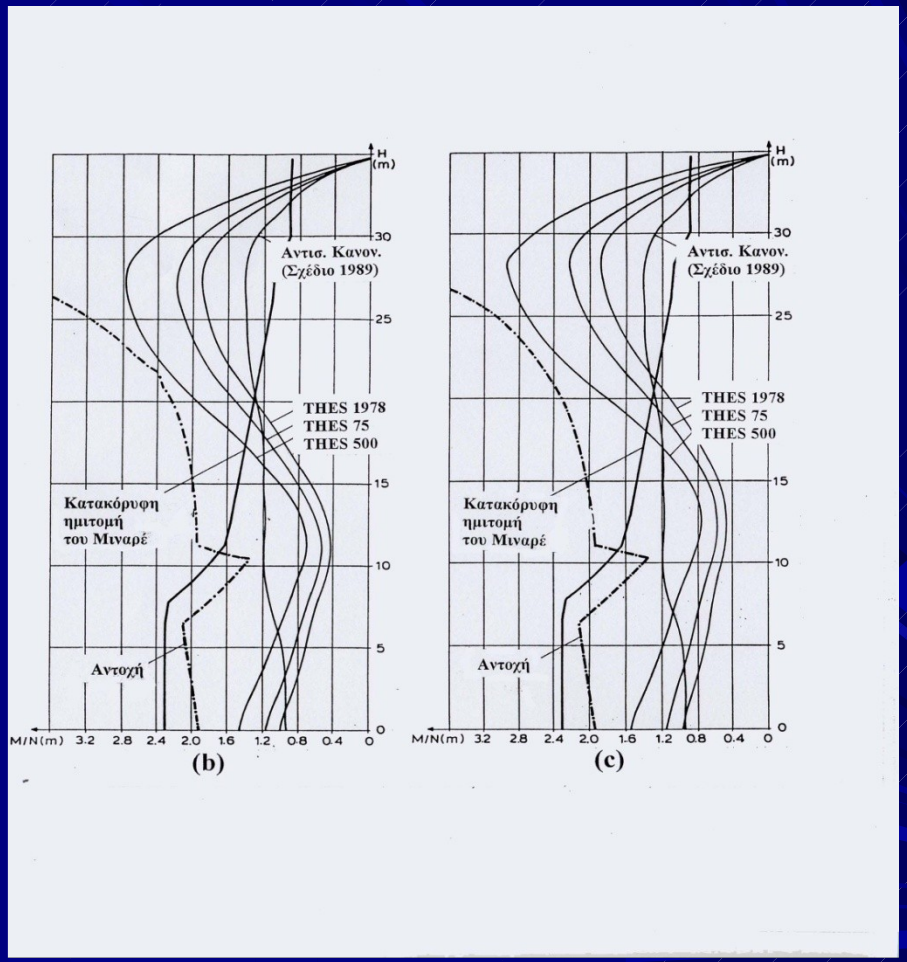
11. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ

(b) Μανδύας σκυροδέματος

(c) Μεταλλικός κλωβός

- Οι δύο αυτές λύσεις είναι ισοδύναμες από άποψη αντοχής

Τελικώς το Κ.Α.Σ. επέλεξε τη λύση του μεταλλικού κλωβού, η οποία εφαρμόσθηκε



12. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΚΛΩΒΟΥ

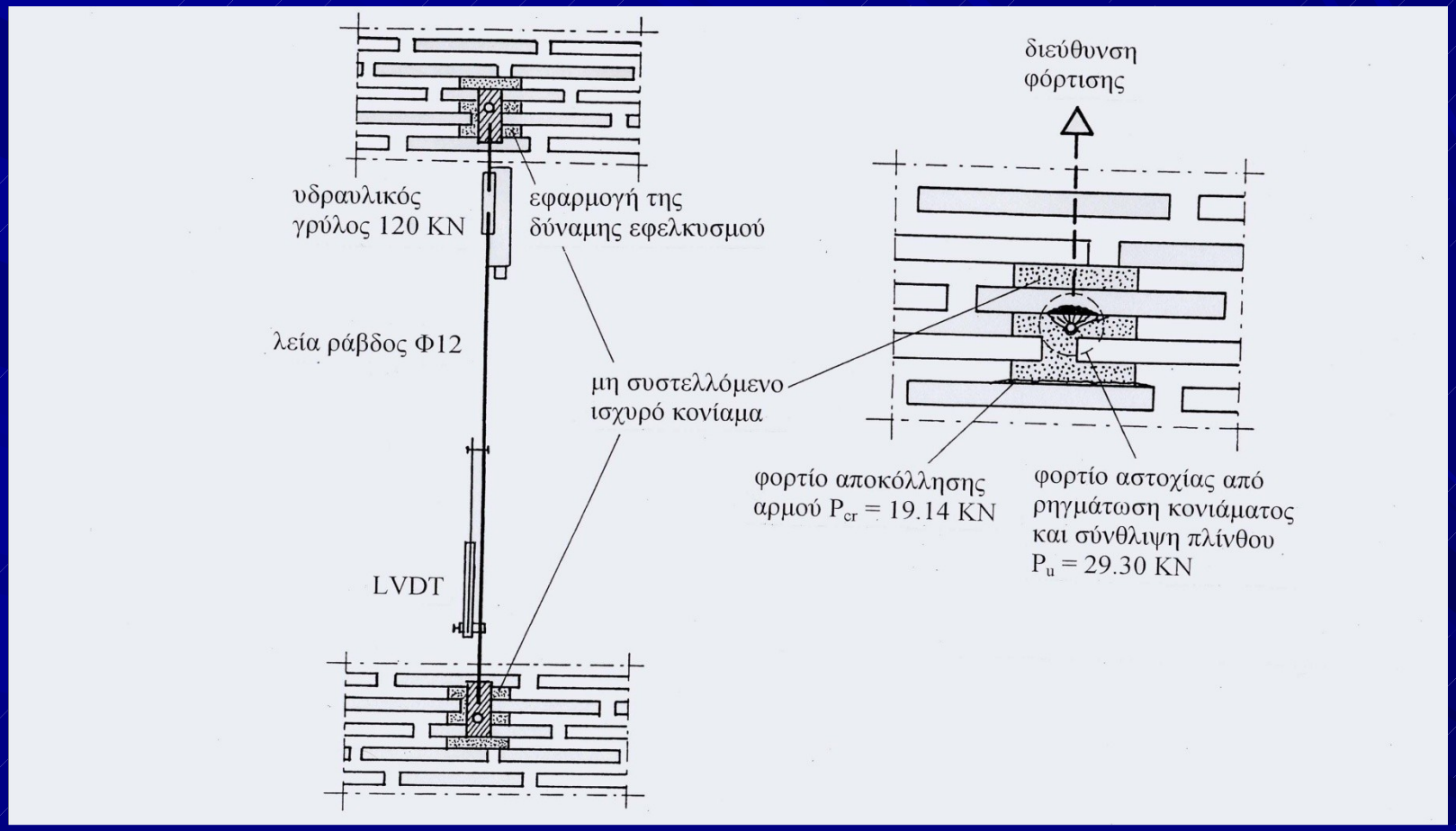
2 14:41

2 14:30

13. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΗΛΩΣΗΣ

- Εξυγίανση δύο περιοχών σε απόσταση περίπου 2.0m μεταξύ τους (αντικατάσταση κονιάματος με ισχυρό μη συστελλόμενο ειδικό κονίαμα υψηλής αντοχής)
- Τοποθέτηση διάταξης ράβδου συγκολλημένης σε δύο λεπίδες και αγκύρωση των λεπίδων με αγκύρια M16
- Εφαρμογή διαδοχικά αυξανόμενης δύναμης εφελκυσμού

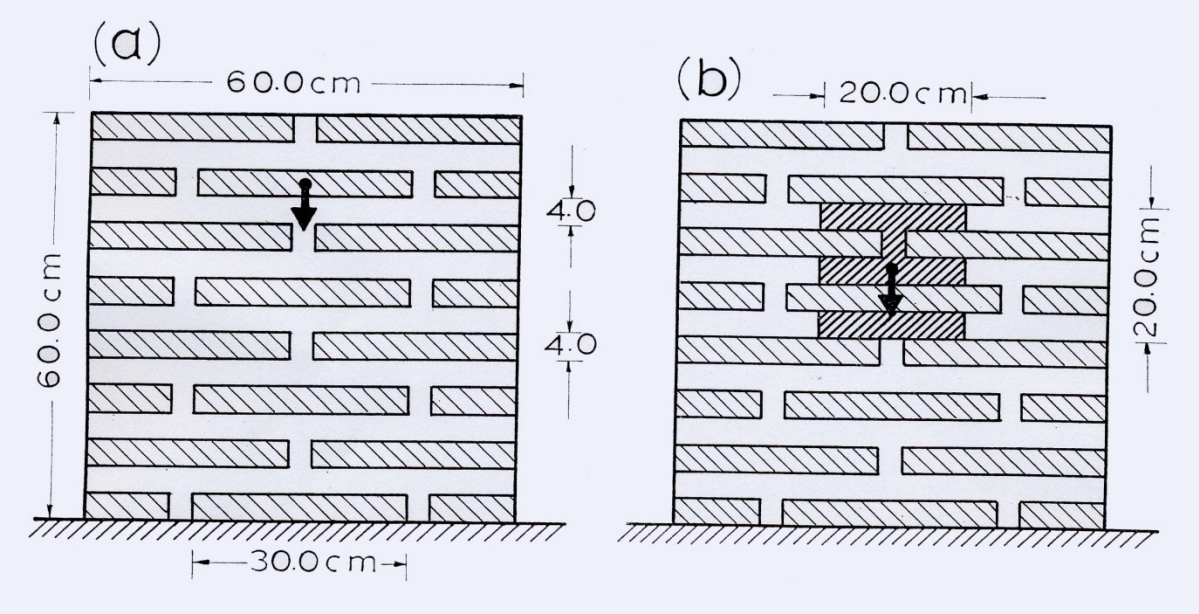
- Μορφή αστοχίας από σύνθλιψη άντυγας πλίνθου, εγκάρσια διάρρηξη του ειδικού κονιάματος και κάμψη του αγκυρίου



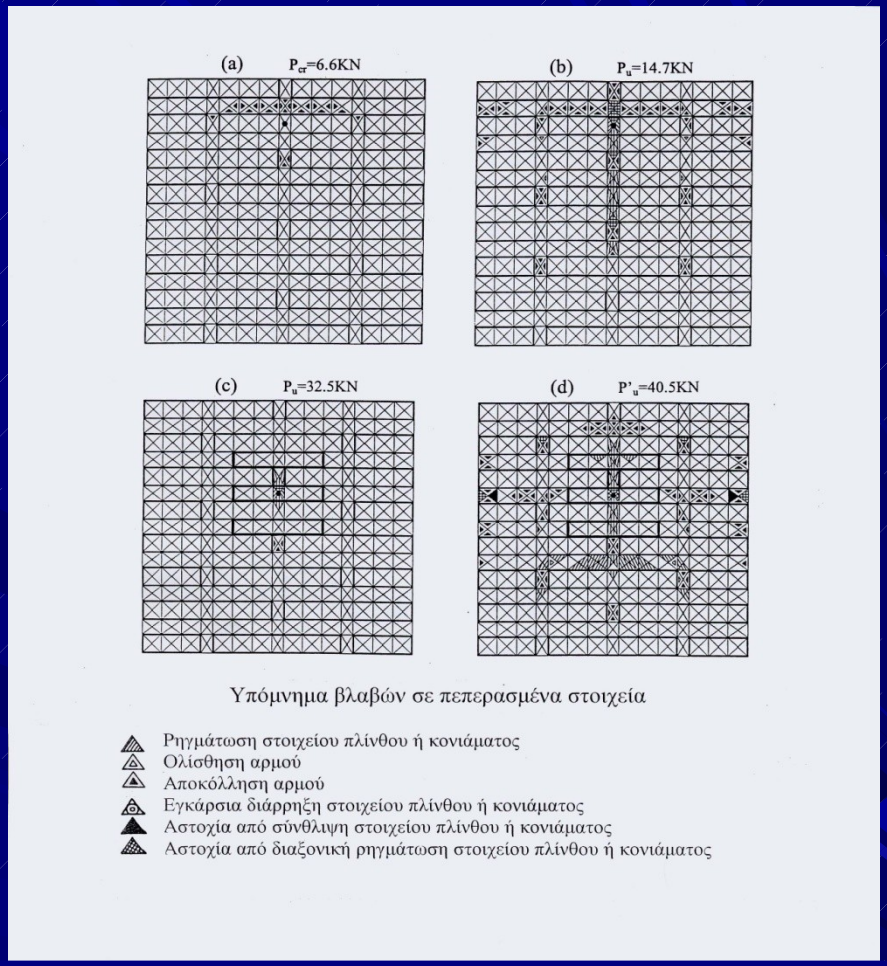
- Μετρηθέν φορτίο αποκόλλησης P_{cr}=19.14KN
- Μετρηθέν φορτίο αστοχίας P_u=29.30KN
- Εκτιμηθέν φορτίο αστοχίας (προσεγγιστικές σχέσεις) Pu=30.0KN

14. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Χρησιμοποιήθηκε ειδικό μη γραμμικό πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων δύο διαστάσεων
- Εξετάσθηκαν δύο προσομοιώματα, ένα παρθενικό (α) και ένα ενισχυμένο (β)



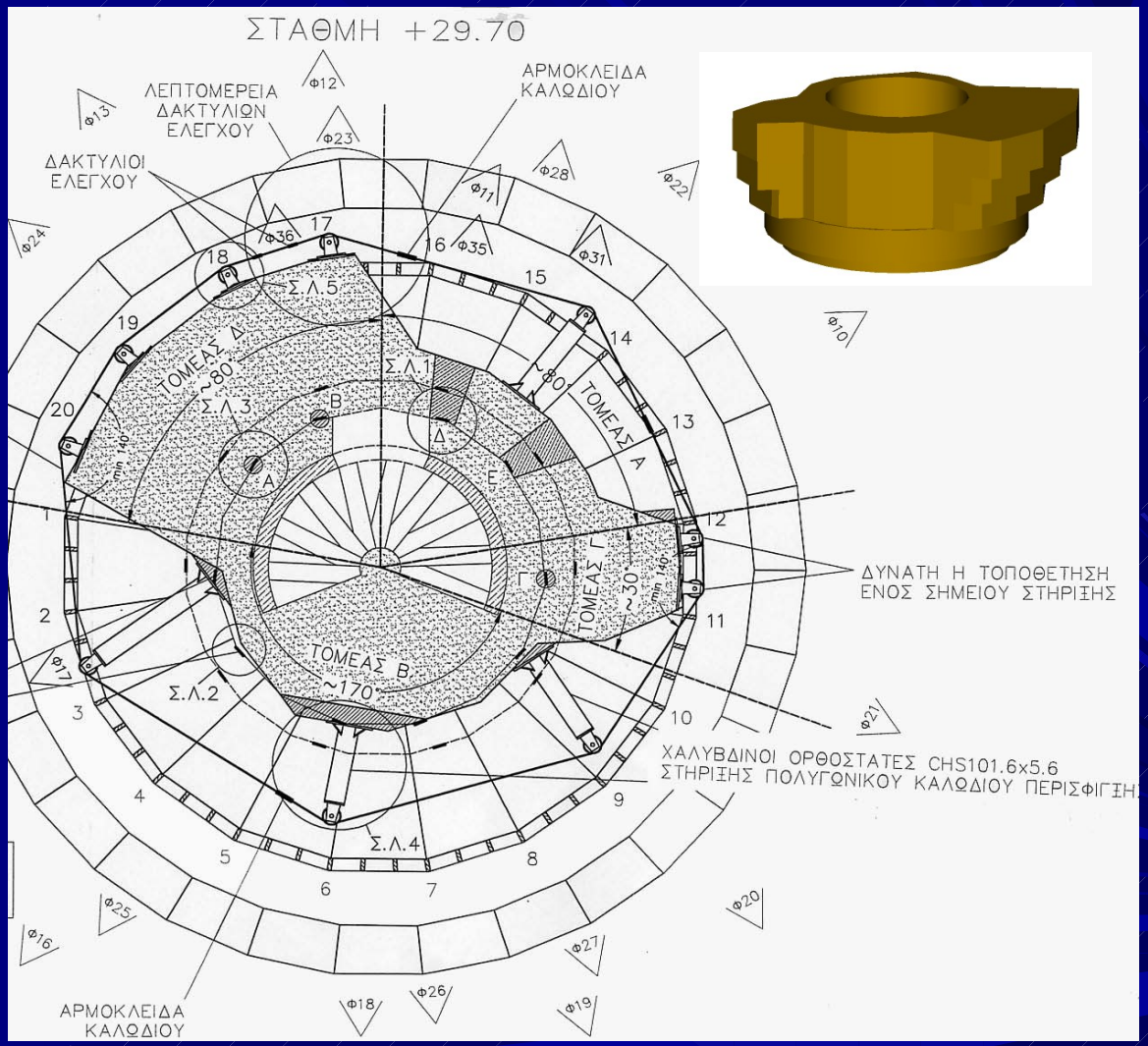
- Το παρθενικό προσομοίωμα ρηγματώθηκε στα 6.6KN οριζοντίως (a), μεταξύ της φορτιζόμενης πλίνθου και του υπερκειμένου κονιάματος και αστόχησε στα 14.7KN με το σχηματισμό κατακόρυφης ρωγμής (b)
- Το ενισχυμένο προσομοίωμα αστόχησε στα 32.5KN υπό τοπική σύνθλιψη άντυγος (c) ενώ έφθασε στα 40.5KN έως την πλήρη αστοχία των υποκειμένων στρώσεων (d)



(a) Ρηγμάτωση παρθενικού
(b) Αστοχία παρθενικού
(c) Τοπική αστοχία ενισχυμένου
(d) Γενικευμένη αστοχία ενισχυμένου

15. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΞΩΣΤΗ

- Το τμήμα του Μιναρέ που σώζεται περιορίζεται κυρίως σε δύο τομείς, τον Τομέα Δ πλάτους 0.90m (πλήρης προεξοχή), επίκεντρης γωνίας 75° και τον Τομέα Γ πλάτους 0.70m, επίκεντρης γωνίας 30°
- Στις θέσεις Α, Β, Γ, Δ, Ε διέλευσης των λεπίδων η μελέτη προέβλεπε καθαίρεση του εξώστη και αναδόμηση

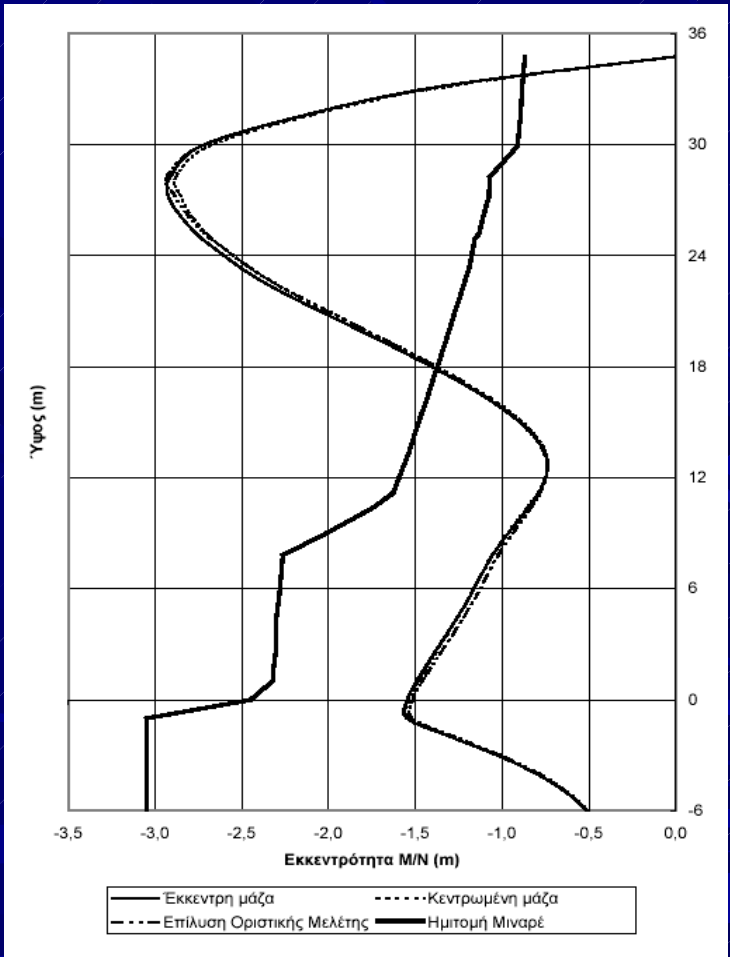


- Με στόχο την κατά το δυνατόν διατήρηση του παρθενικού υλικού αποφασίσθηκε η τροποποίηση της μελέτης. Έτσι:
  - αντί για την τοπική καθαίρεση, την τοποθέτηση των λεπίδων και κατόπιν την ανακατασκευή της ήδη σοβαρά διαταραγμένης τοιχοποιίας του εξώστη
  - προτιμήθηκε η διάτρηση στα σημεία Α, Β, Γ, η διέλευση των λεπίδων από τις οπές και η ενεργητική περίσφιγξη του εξώστη με δακτυλίους (υπό μορφή καλωδίων). Κατά την κατασκευή οι λεπίδες υποκαταστάθηκαν από ισοδύναμες ράβδους κυκλικής διατομής

16. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

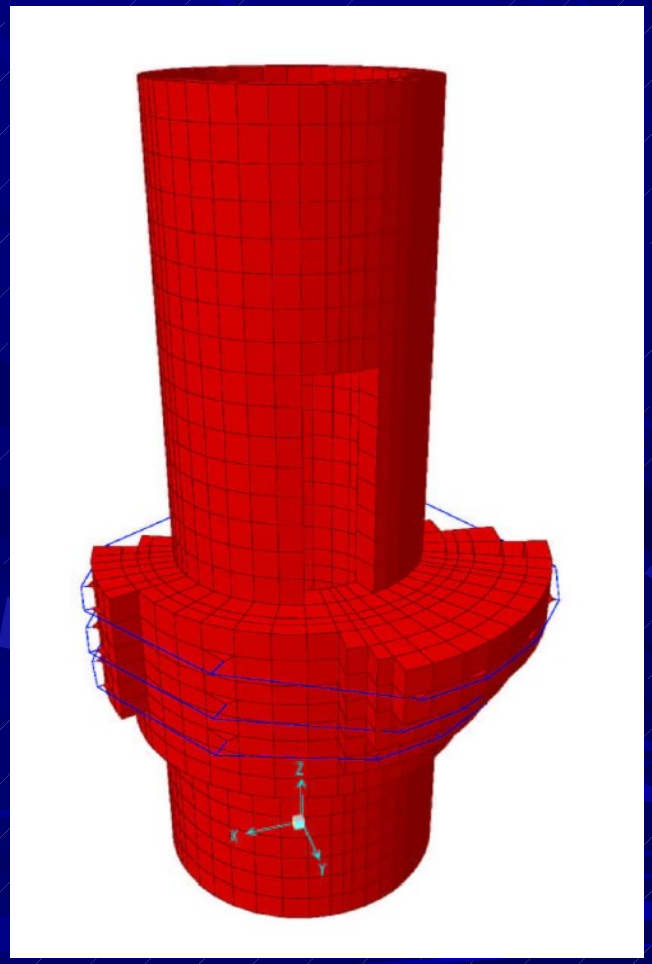
- (α) Έλεγχος των επιπτώσεων της έκκεντρης καταπόνησης του Μιναρέ εξ αιτίας της ακανόνιστα κατανεμημένης μάζας του εξώστη

- Ο έλεγχος αυτός απέδειξε ότι η διαφοροποίηση της έντασης λόγω εκκεντρότητας (έναντι της πλήρους, συμμετρικά διατεταγμένης αποκατάστασης) του Μιναρέ είναι ασήμαντη
- Κατά συνέπεια δεν προκύπτει Θέμα επιπτώσεων στη λύση ενίσχυσης του Μιναρέ

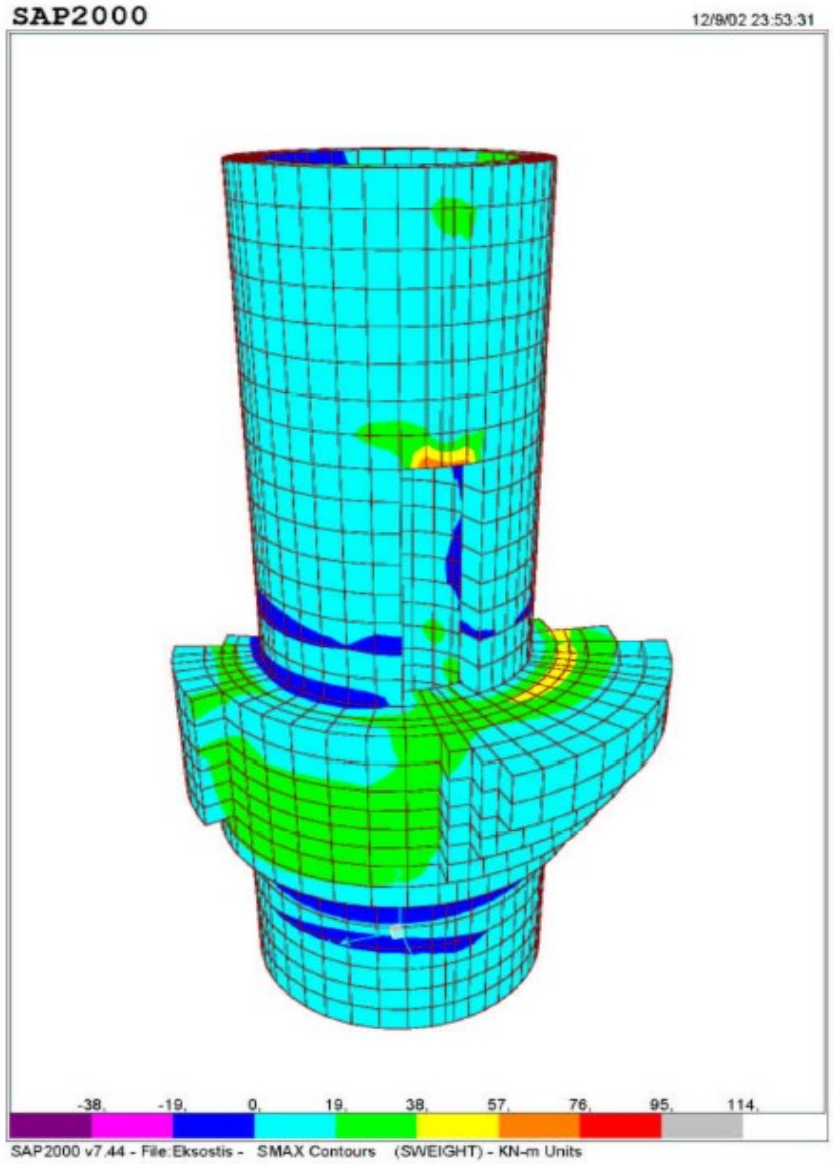


(β) Έλεγχος των επιπτώσεων της τοποθέτησης καλωδίων και της εισαγωγής δύναμης περίσφιγξης στον εξώστη

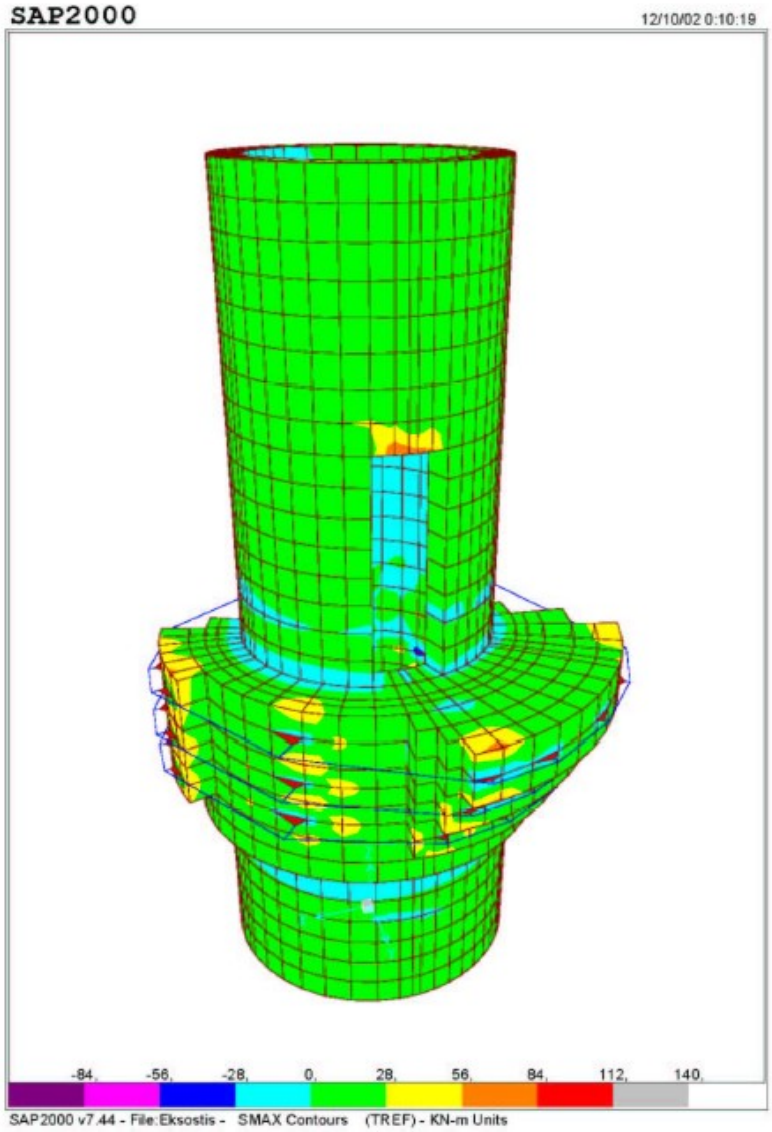
- Τοποθετήθηκαν καθύψος τρία καλώδια στα οποία επελέγη να εισαχθεί δύναμη 8.0, 7.0 και 6.0KN (από πάνω προς τα κάτω)
- Με την επαχθή θεώρηση ότι οι θερμοκρασιακές μεταβολές επηρεάζουν μόνον τα καλώδια και όχι το σώμα της τοιχοποιίας έγινε υπολογισμός των επιπτώσεων για αυξομείωση της δύναμης κατά 2.0KN (αντίστοιχη στην αυξομείωση της θερμοκρασίας κατά 20°C)



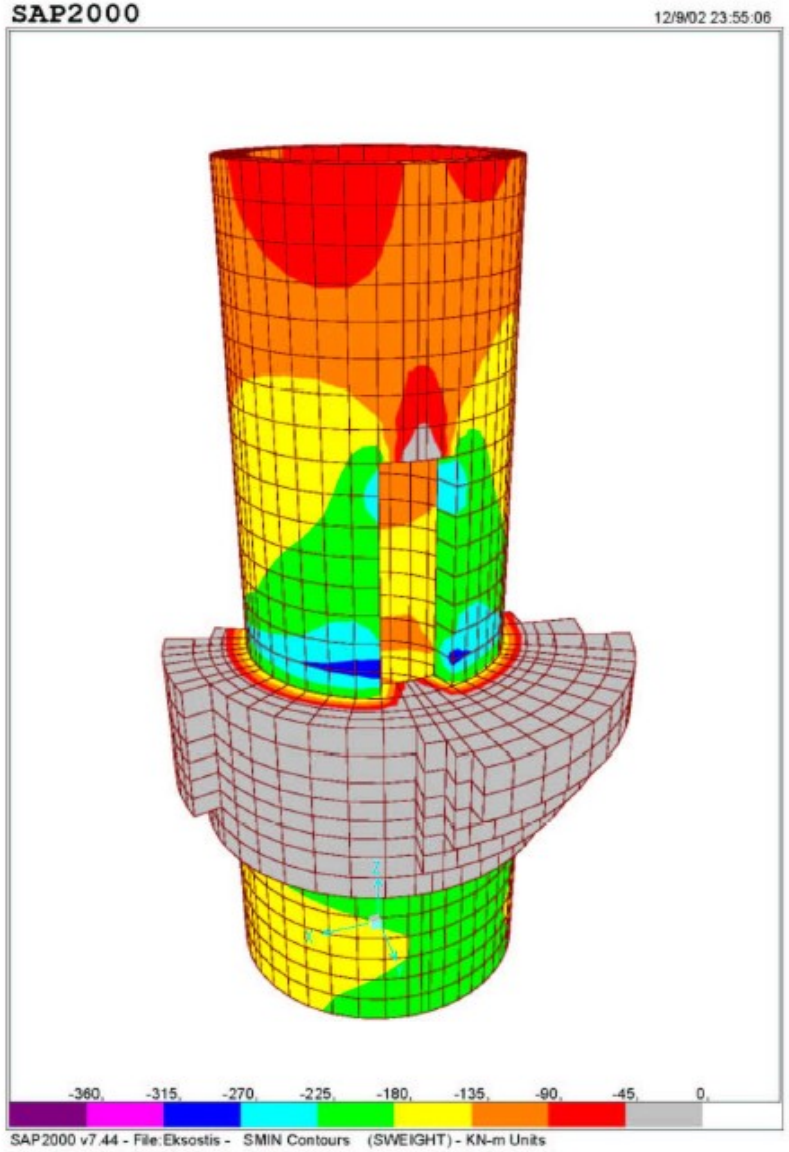
- Σε γενικές γραμμές μειώθηκαν οι (ούτως ή άλλως μικρές) εφελκυστικές τάσεις της άνω ίνας λόγω λειτουργίας προβόλου στον εξώστη, χωρίς οι θλιπτικές να δημιουργούν πρόβλημα
- Οι διατμητικές τάσεις είναι επίσης ανεκτές, ιδιαίτερα μάλιστα λόγω της ευνοϊκής εισαγωγής δυνάμεων σύνθλιψης
- Στις περιοχές έδρασης των καλωδίων στα μέτωπα των ζωνών του εξώστη εμφανίζονται τοπικά υψηλές τιμές κυρίων τάσεων. Οι υψηλές τιμές αυτές οφείλονται στην υπολογιστικά σημειακή στήριξη των ορθοστατών και αναμένεται να είναι μικρότερες με την εισαγωγή πλακών έδρασης και επιφανειακής επιπεδοποίησης



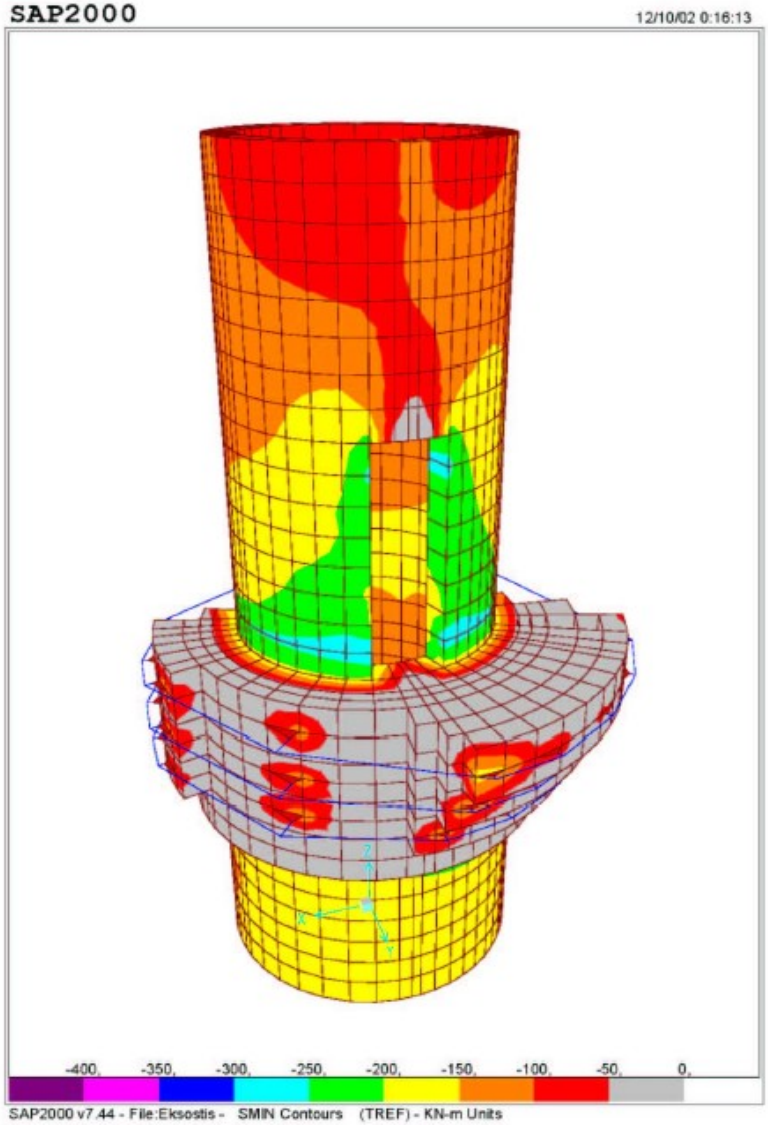
Σχήμα 6.4 Ισοτασικές καμπύλες μεγίστων κυρίων τάσεων (σ_{max}) εξωτερικής επιφάνειας προσομοιώματος μόνον υπό τα ίδια βάρη



Σχήμα 6.5 Ισοτασικές καμπύλες μεγίστων κυρίων τάσεων (σ_{max}) εξωτερικής επιφάνειας προσομοιώματος υπό τα ίδια βάρη και ονομαστικές δυνάμεις περίσφιγξης (θερμοκρασία αναφοράς = t)

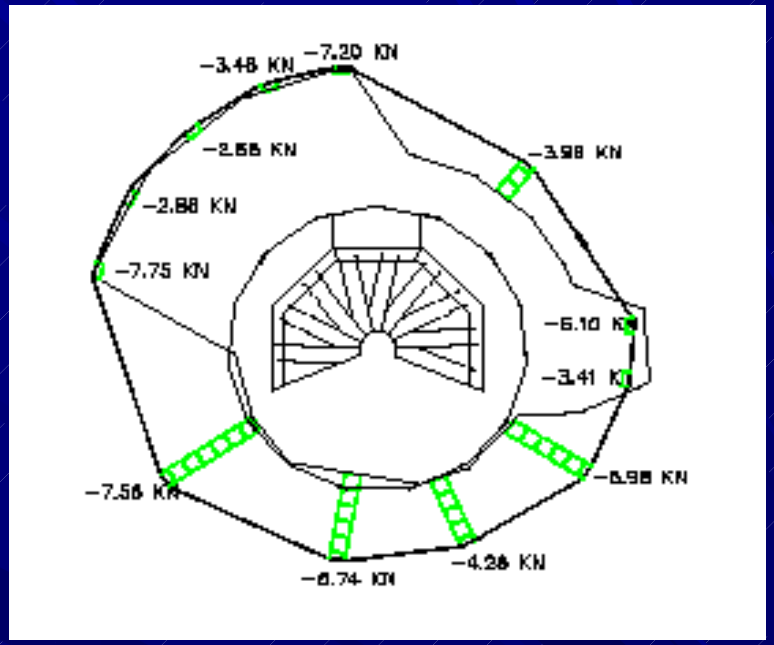


Σχήμα 6.8 Ισοτασικές καμπύλες ελαχίστων κυρίων τάσεων (σ_{min}) εξωτερικής επιφάνειας προσομοιώματος μόνον υπό τα ίδια βάρη

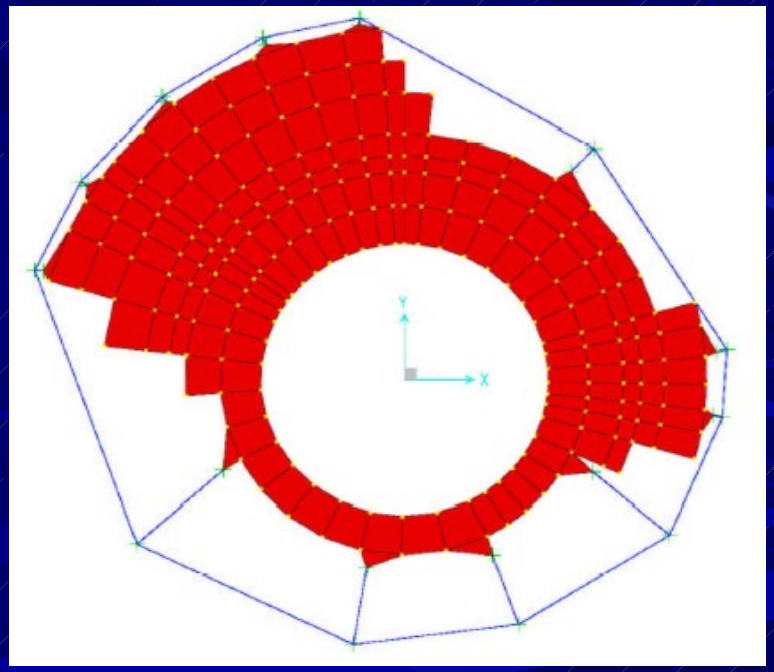


Σχήμα 6.9 Ισοτασικές καμπύλες ελαχίστων κυρίων τάσεων (σ_{min}) εξωτερικής επιφάνειας προσομοιώματος υπό τα ίδια βάρη και ονομαστικές δυνάμεις περίσφιγξης (θερμοκρασία αναφοράς = t)

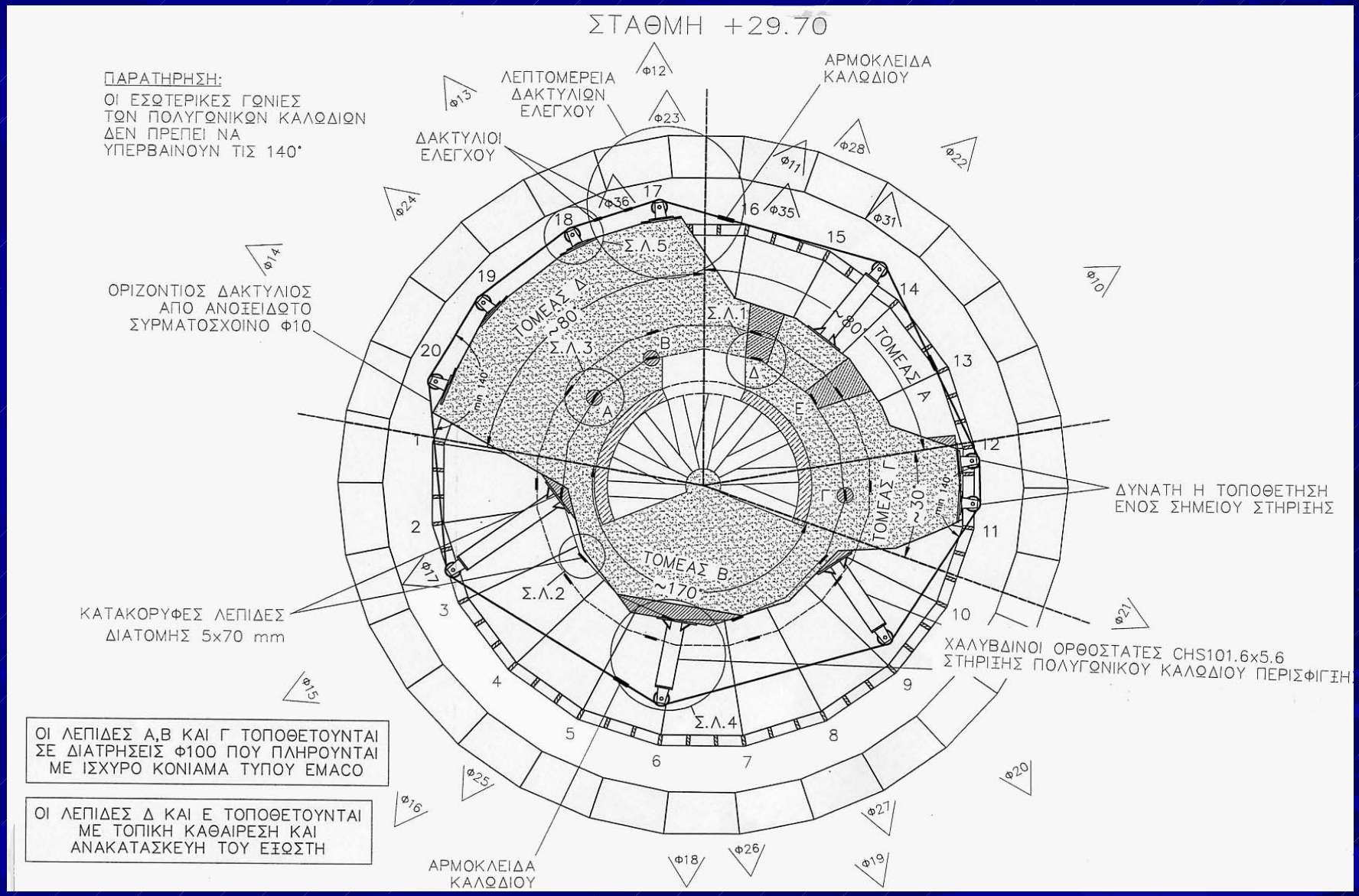
Σχήμα 6.76 Δυνάμεις ορθοστατών στην στάθμη +29.50 m
υπό τα ίδια βάρη και δυνάμεις περίσφιγξης σε θερμοκρασία t – 20°C

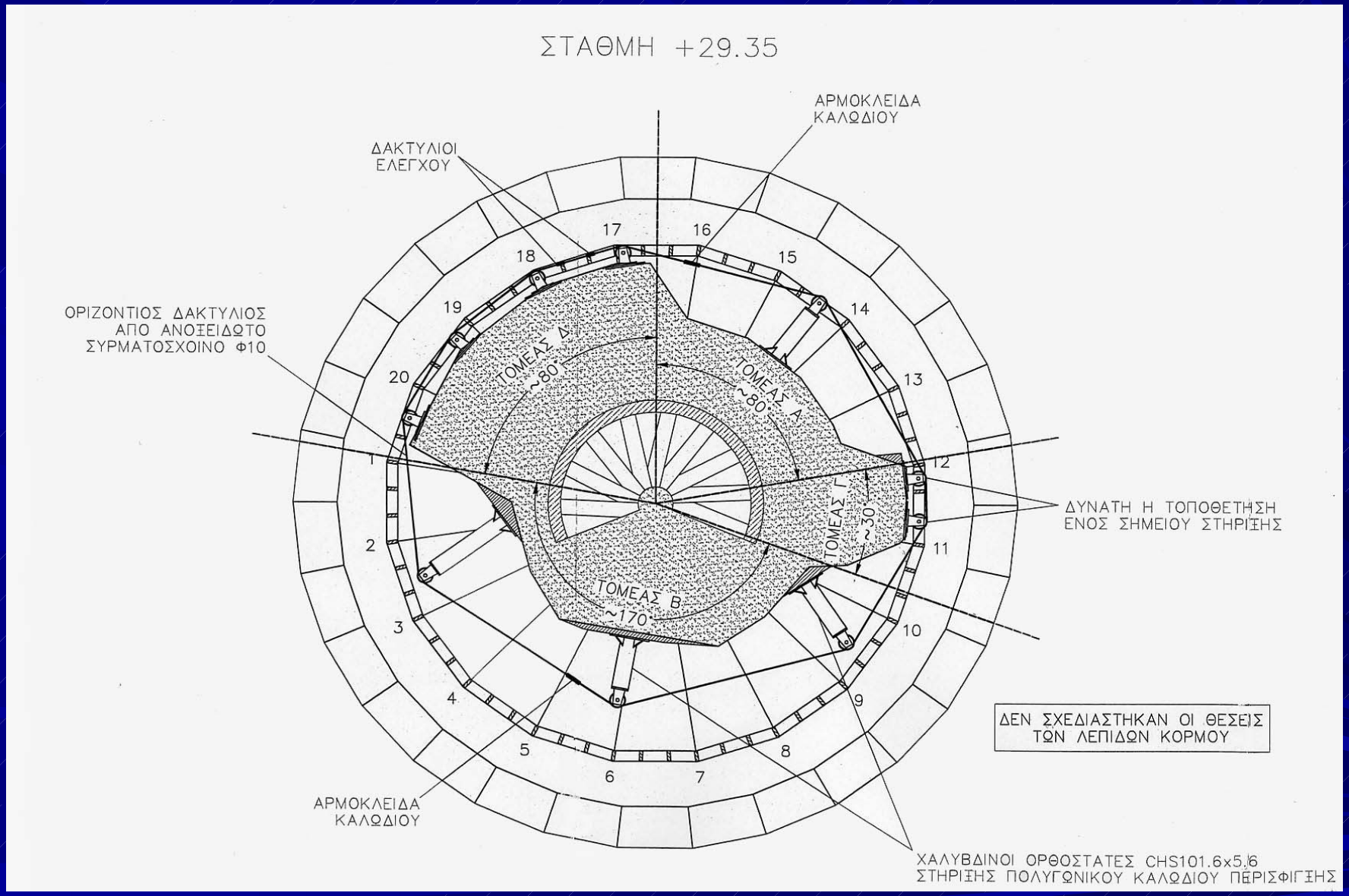


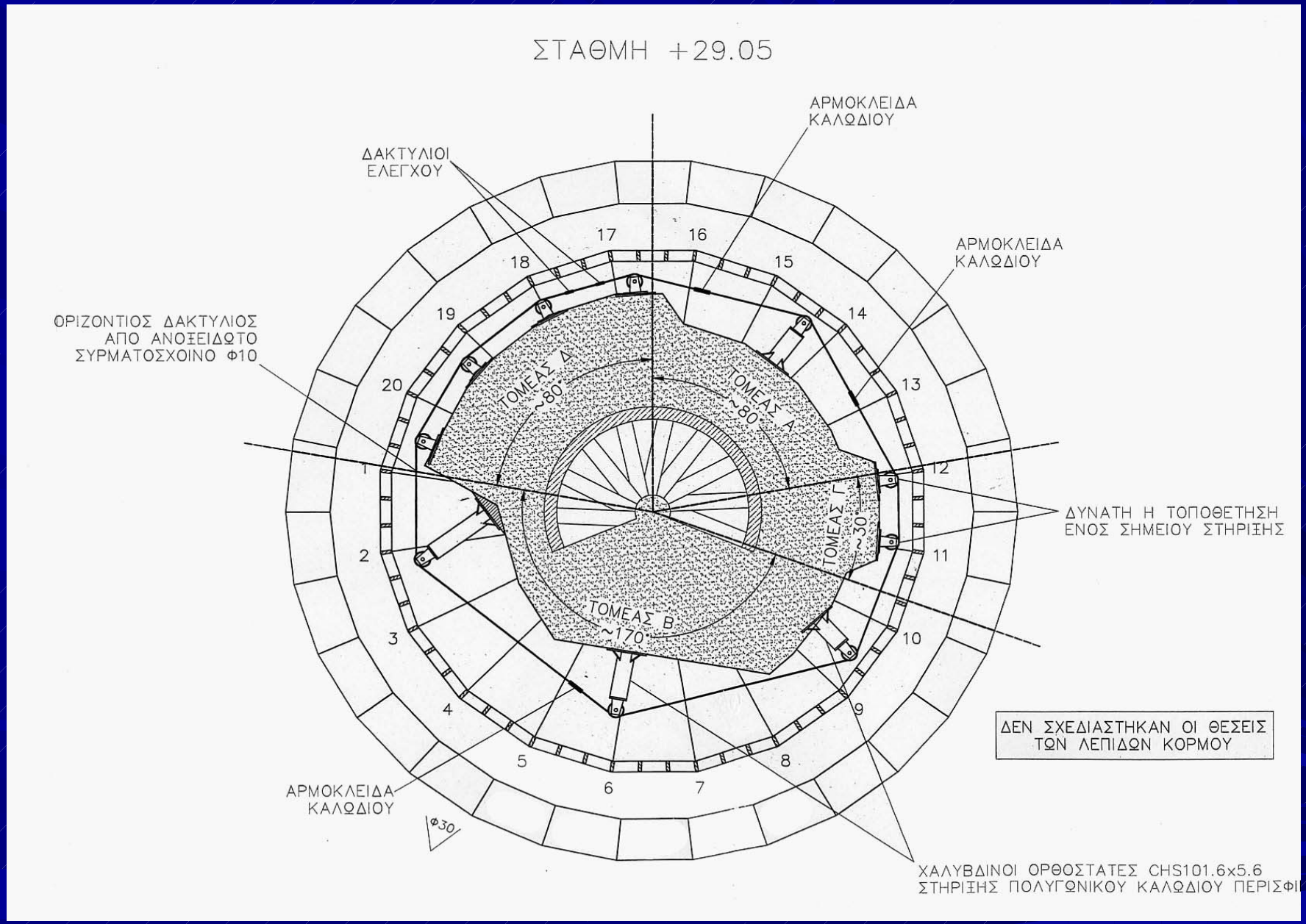
- Σημαντική επίπτωση στην αναπτυσσόμενη ένταση έχει η γεωμετρία των καλωδίων, ιδιαίτερα οι γωνίες εκτροπής σε κάτοψη. Ήπιες γωνίες βελτιώνουν την ένταση, προκαλούν όμως αισθητική όχληση λόγω μεγάλου βραχίονα ορθοστατών



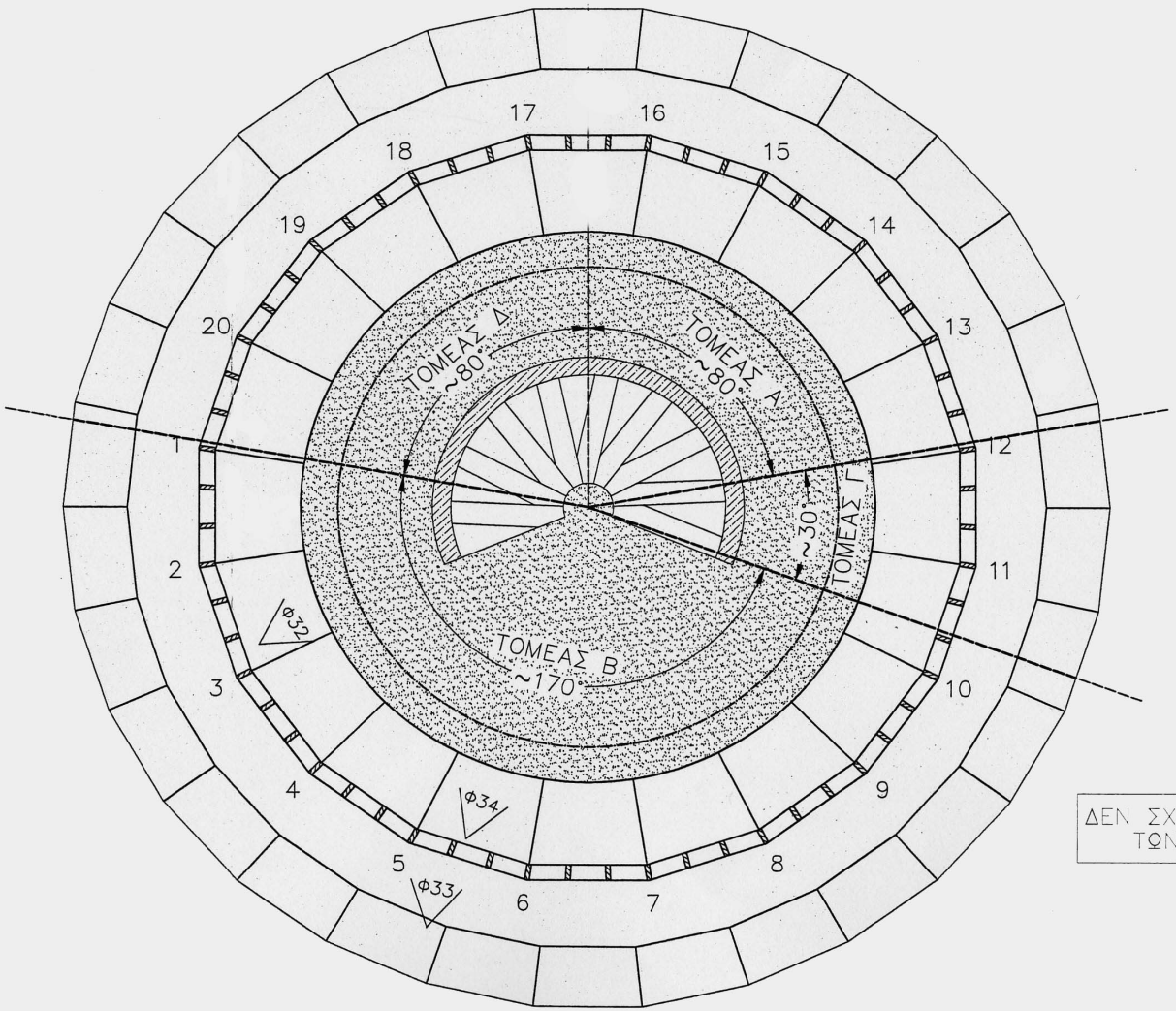
17. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



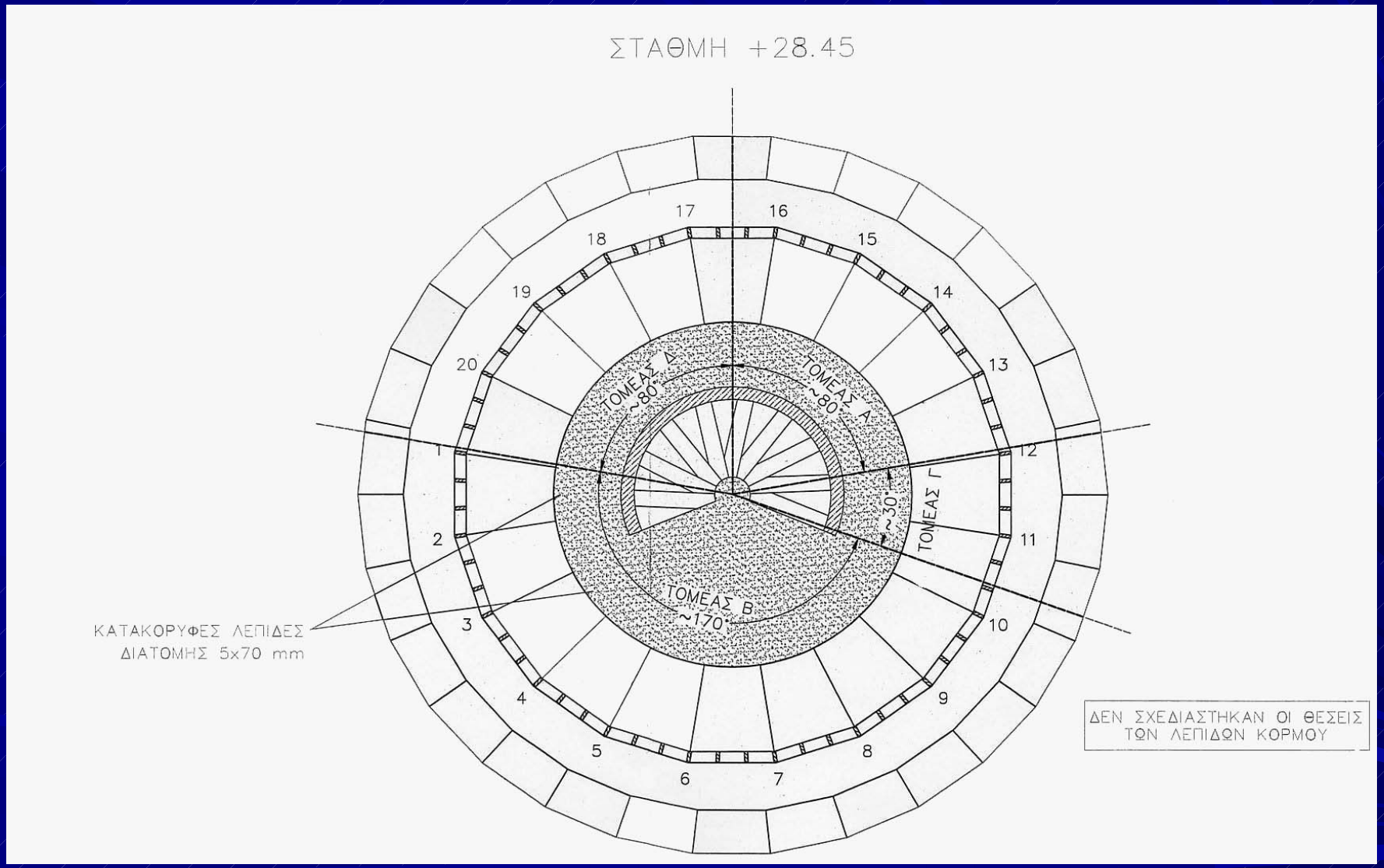

ΣΤΑΘΜΗ +29.35
ΑΡΜΟΚΛΕΙΔΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΠΟ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΟ Φ10
ΤΟΜΕΑΣ Δ
~80°
ΤΟΜΕΑΣ Α
~80°
ΤΟΜΕΑΣ Γ
~30°
ΤΟΜΕΑΣ Β
~170°
ΔΥΝΑΤΗ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΔΕΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΑΝ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΕΠΙΔΩΝ ΚΟΡΜΟΥ
ΑΡΜΟΚΛΕΙΔΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ CHS101.6x5.6 ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

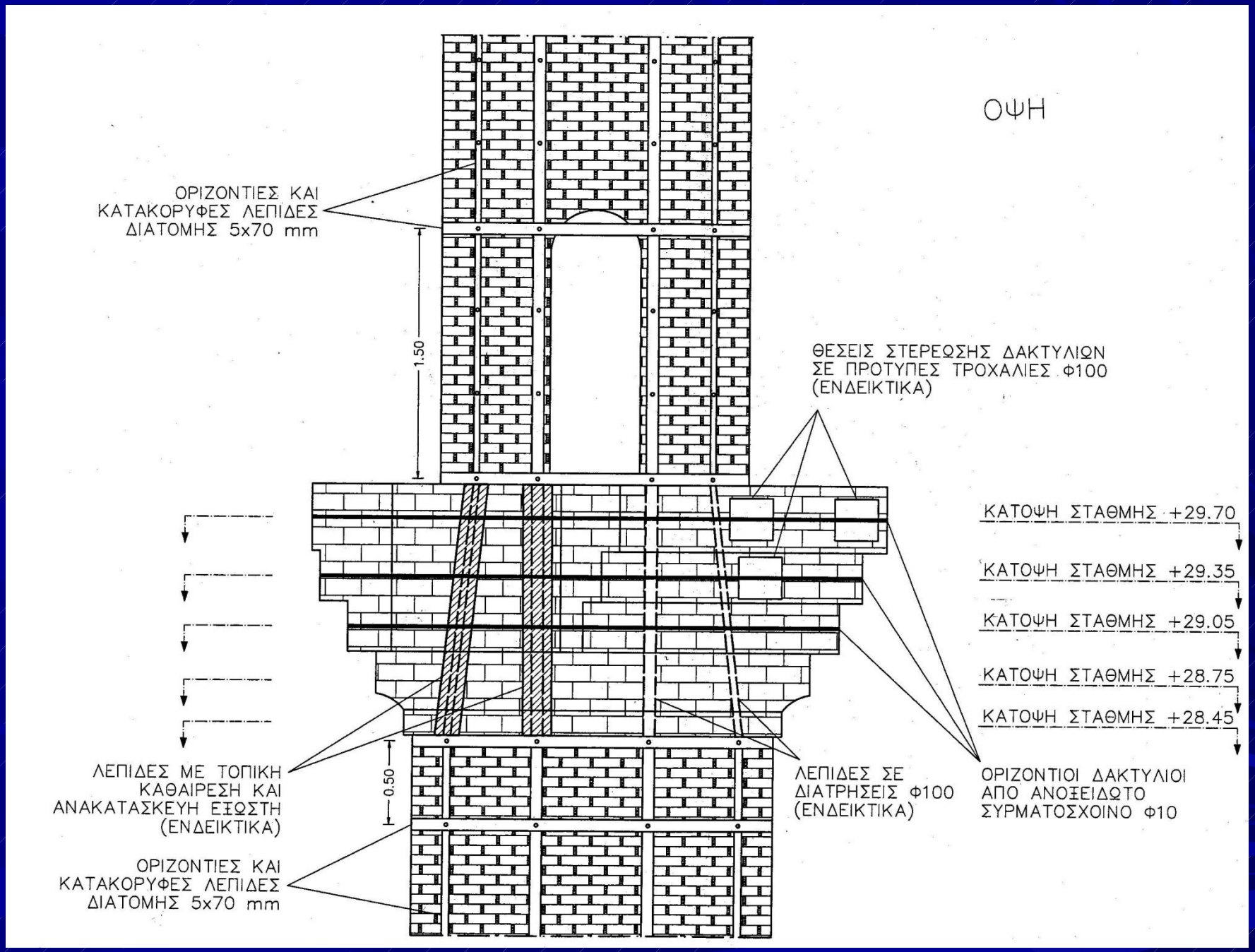

ΣΤΑΘΜΗ +29.05
ΑΡΜΟΚΛΕΙΔΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΑΡΜΟΚΛΕΙΔΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΑΠΟ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΟ Φ10
ΤΟΜΕΑΣ Δ ~80°
ΤΟΜΕΑΣ Α ~80°
ΤΟΜΕΑΣ Γ ~30°
ΤΟΜΕΑΣ Β ~170°
ΔΥΝΑΤΗ Η ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΔΕΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΑΝ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΛΕΠΙΔΩΝ ΚΟΡΜΟΥ
ΑΡΜΟΚΛΕΙΔΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ
Φ30
ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΙ ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ CHS101.6x5.6
ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΕΡΙΣΦΙ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

ΣΤΑΘΜΗ +28.75

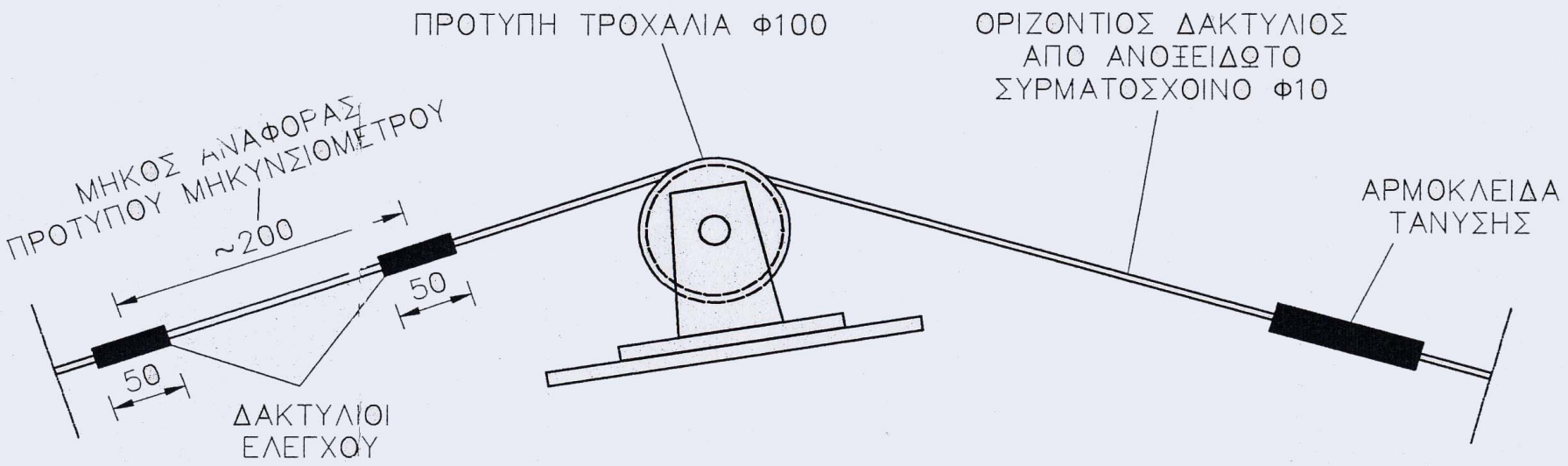


ΔΕΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΑΝ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΛΕΠΙΔΩΝ ΚΟΡΜΟΥ

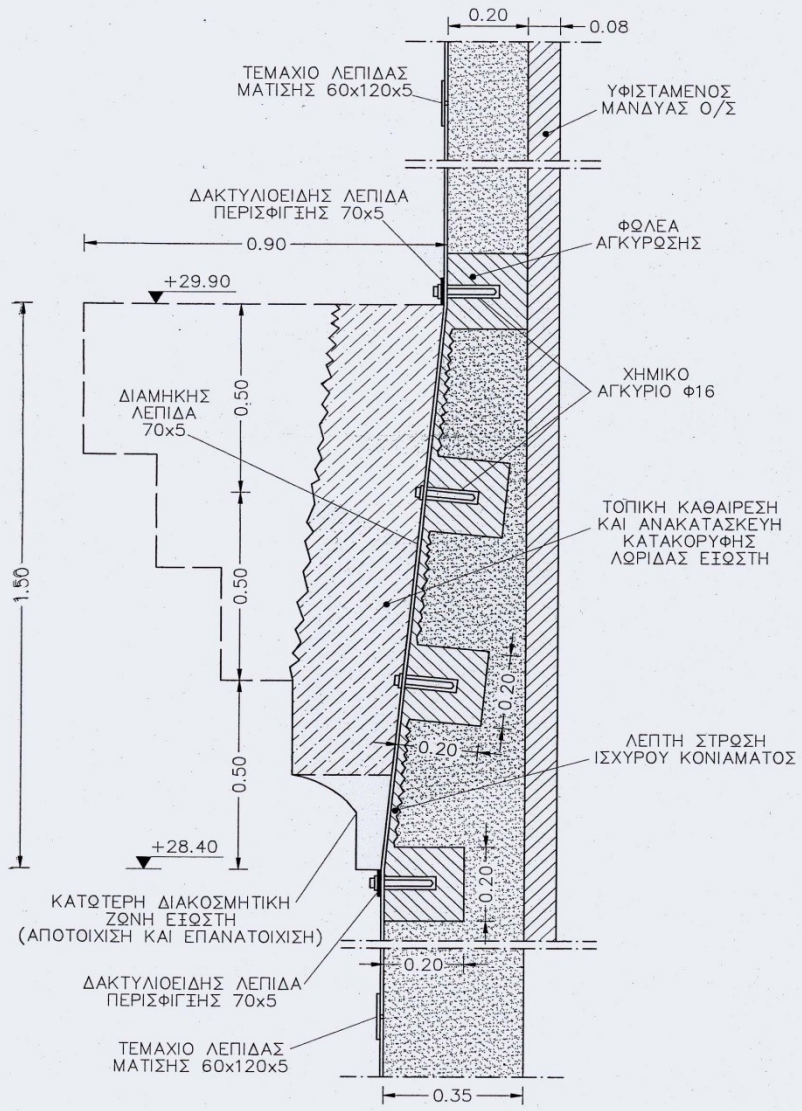

ΣΤΑΘΜΗ +28.45
ΤΟΜΕΑΣ Δ
~80°
ΤΟΜΕΑΣ Α
~80°
ΤΟΜΕΑΣ Γ
~30°
ΤΟΜΕΑΣ Β
~170°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΛΕΠΙΔΕΣ
ΔΙΑΤΟΜΗΣ 5x70 mm
ΔΕΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΑΝ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΛΕΠΙΔΩΝ ΚΟΡΜΟΥ


ΟΨΗ
ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΛΕΠΙΔΕΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 5x70 mm
1.50
ΘΕΣΕΙΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΣΕ ΠΡΟΤΥΠΕΣ ΤΡΟΧΑΛΙΕΣ Φ100 (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ)
ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΑΘΜΗΣ +29.70
ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΑΘΜΗΣ +29.35
ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΑΘΜΗΣ +29.05
ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΑΘΜΗΣ +28.75
ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΑΘΜΗΣ +28.45
ΛΕΠΙΔΕΣ ΜΕ ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΩΣΤΗ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ)
0.50
ΛΕΠΙΔΕΣ ΣΕ ΔΙΑΤΡΗΣΕΙΣ Φ100 (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ)
ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΙ ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΑΠΟ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΣΥΡΜΑΤΟΣΧΟΙΝΟ Φ10
ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΛΕΠΙΔΕΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ 5x70 mm

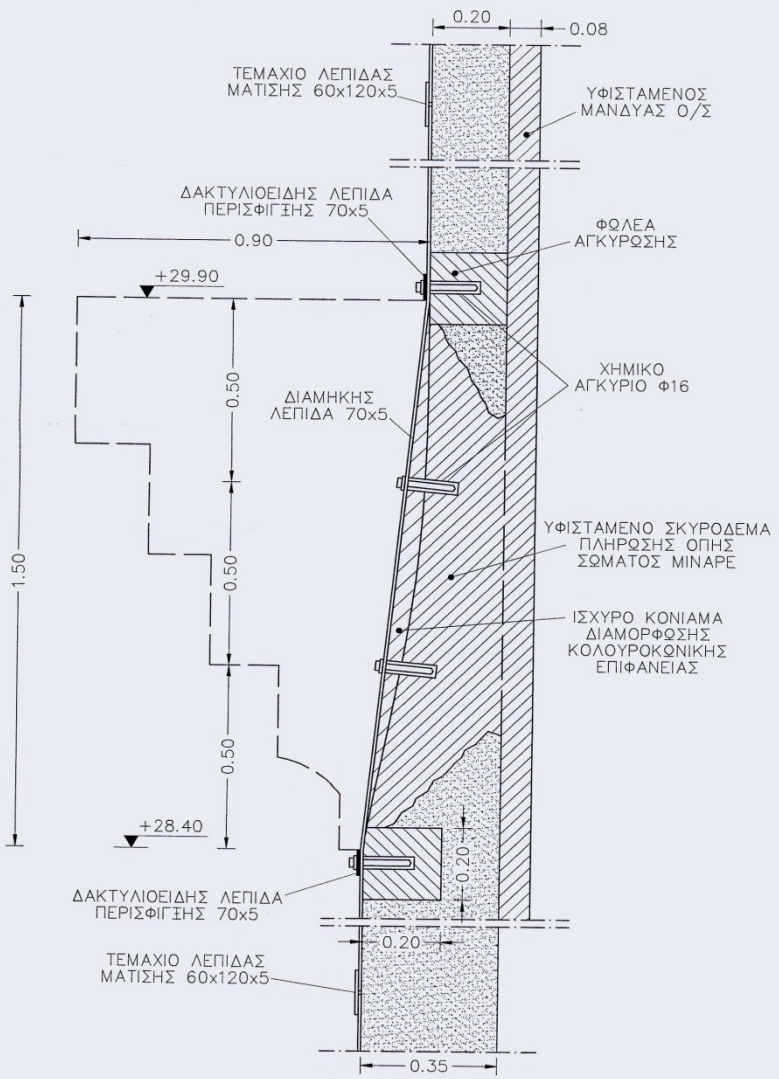
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ



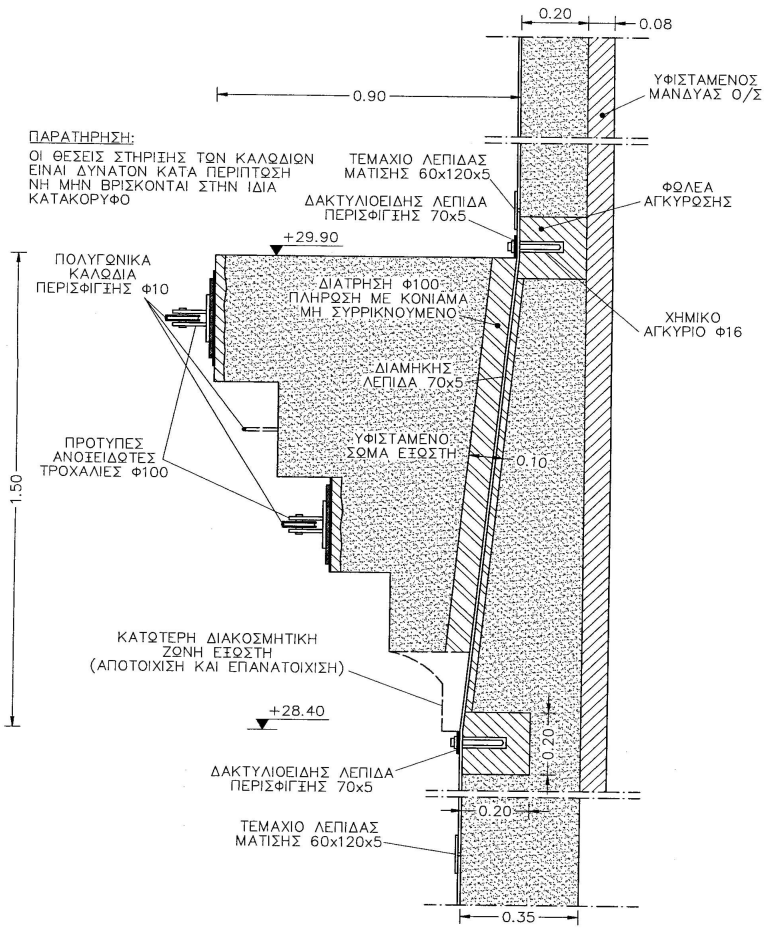
Σ.Λ.1: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΠΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ Α (ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10)



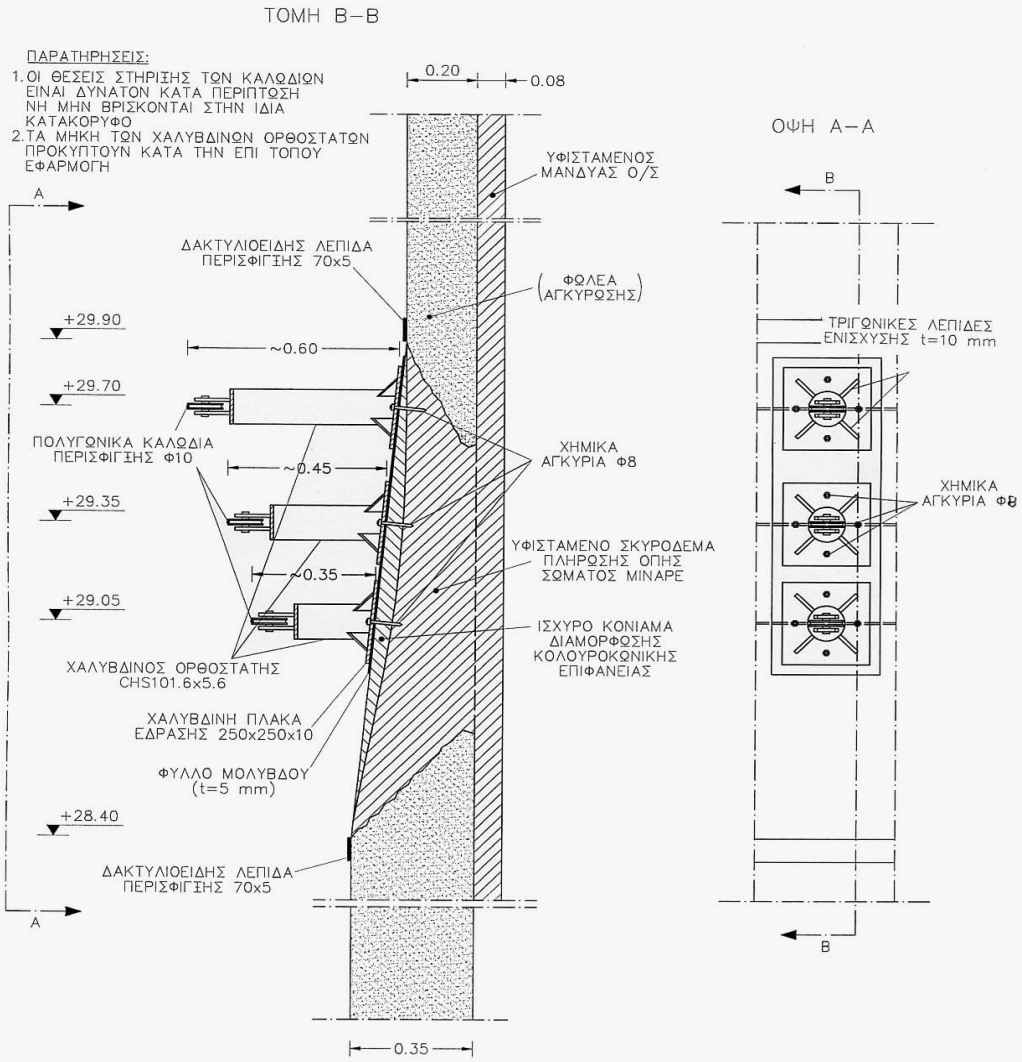
Σ.Λ.2: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΠΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ Β (ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10)



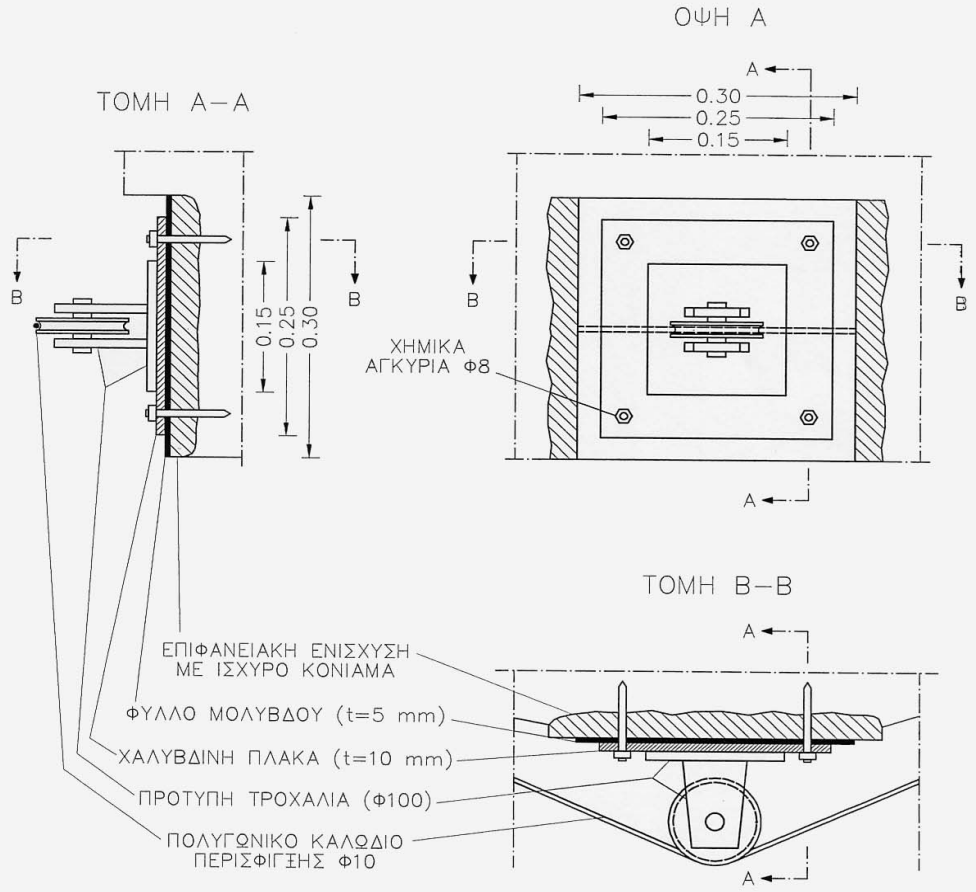
Σ.Λ.3: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΛΕΠΙΔΩΝ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ Γ ΚΑΙ (ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10)



Σ.Λ.4: ΣΤΗΡΙΞΗ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ Α ΚΑΙ Β (ΚΛ. 1:10)



Σ.Λ.5: ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ Γ ΚΑΙ Δ (ΚΛ. 1:5)



2 14:38

1 12 2004

15 11 2004

1 12 2004

15 11 2004

15 11 2004

18. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CEB, Bulletin d' Information No 206-207 (1991), *"Fastenings to Reinforced Concrete and Masonry Structures. State of the Art Report"* Part I, II.
- Ignatakis, C., Stavrakakis, E. and Penelis, G. (1989), Analytical model for masonry using the F.E.M. *Proceed. of the 1st Int. Conf. on Structural Studies Repairs and Maintenance of Historical Buildings*, Florence, Italy, pp. 511-523.
- Penelis, G., Papayianni, J., Stylianidis, K., Ignatakis, C., Athanassiadis, L. (1993) Strengthening of a 400 Year Old Ottoman Minaret. *Proceed. of the IABSE Symposium Structural Preservation of the Architectural Heritage*, Rome, Italy, pp. 629-636.
- Penelis, G., Stylianidis, K., Ignatakis, C. (1997) Strengthening of the Ottoman Minaret of Rotunda in Thessaloniki using external metal strips. *Proceed. of the Intern. Conf. on studies in Ancient Structures*, Istanbul, Turkey, pp. 595-604.
- Schnabel, P.B., Lysmer, J., and Seed, H.B. (1972), *"SHAKE - A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites"*, Rep. No. EERC 72-12, Univ. of California, Berkeley.
- UNDP/UNIDO (1984), *"Repair and strengthening of historical monuments and buildings in urban nuclei"*, Project RER 79/015, Vol. 6, Vienna, p. 89.
- Wilson, E.L. and Habibullah, A. (1986), *"SAP 80. A series of computer programs for the static and dynamic finite element analysis of structures"*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Πενέλης, Γ., Στυλιανίδης, Κ. κ.α. (1993 – 1994): "Επισκευή Μιναρέ Ροτόντας Θεσσαλονίκης", Ερευνητικό Πρόγραμμα Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Χατζηαντωνίου, Χ. (1988), "Μιναρές της Ροτόντας. Προκαρτακτική Τεχνική Έκθεση", 9η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, Θεσσαλονίκη.