

ΥΠΠΟ - ΕΣΜΑ

ΜΕΛΕΤΕΣ - ΕΚΘΕΣΕΙΣ - ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΓΡΑΦΕΙΟΥ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

Κ. ΖΑΜΠΑΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΦΑΤΝΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑ ΜΕ α.ά.503
ΤΗΣ ΠΡΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΚΑΡΥΑΤΙΔΩΝ

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1980



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

ΠΡΟΣ ΤΗΝ
"Εκτροπή Συντήρησης Μνημείων
"Ακροπόλεως

ΒΡΓΟ: "Αποκατάσταση του Έρεχθείου

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΦΑΤΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕ α.ά. 503
ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΚΑΡΥΑΤΙΔΩΝ

1. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η 2η από ανατολικά φατνωματική πλάκα της Προστάσεως των Καρυατίδων (α.ά. 503) είναι από τα πλέον προβληματικά αρχιτεκτονικά μέλη του Έρεχθείου. Η πλάκα αυτή βρέθηκε στο έδαφος κοντά στο Μνημείο από τον Ν. Μπαλάνο, σε πέντε κομμάτια. Το αρχιτεκτονικό μέλος "συναρμολογηθέν και συνδεδέν καταλλήλως διά σιδερών έλασμάτων, ένσφηνωθέντων εις τας πλευράς αυτού" (Ν. Μπαλάνου, "Η Αναστήλωση των Μνημείων της Ακροπόλεως", έν Αθήναις 1940 σελ. 50) τοποθετήθηκε στή θέση του.

Με τήν άποξήλωση διαπιστώθηκε ότι τα πλευρικά έλασματα είναι σιδηροδοκοί U 100, τοποθετημένες σε έντορμίες ύψους 110 mm. και βάθους 60 mm. λαξευμένες κατά μήκος των 2 διαμήκων πλευρών της πλάκας και περίπου στο μέσο του ύψους τους. Στόν κορμό κάθε σιδηροδοκού είναι κερκωμένο έλασμα 7x10x80 για ένίσχυση της φέρουσας ικανότητάς της. Στά δύο άκρα του, τό έλασμα κάμπτεται κατά γωνία 90° και εισχωρεί στή μάζα του μαρμάρου. Μ'αυτόν τόν τρόπο εξασφαλίζεται ή άγκύρωση των δύο άκρων κάθε δοκού. Σε 4 θέσεις κατά μήκος κάθε σιδηροδοκού και στό μέσο του ύψους της υπάρχουν μπουλόνια συνδέσεως της σιδηροδοκού με τήν μαρμαρίνη πλάκα. Οι σιδηροδοκοί βρέθηκαν ένκιβωτισμένες με τσιμεντοκονία στήν έντορμία του μαρμάρου, αλλά τό ένκιβωτισμός αυτός δέν άπέτρεψε τό προχώρημα της όσεικώσεως με συνέπεια τό κατάκερματισμό της φατνωματικής πλάκας στις περιοχές των δύο διαμήκων πλευρών.

Μεταξύ των δύο διαμήκων πλευρών και πάνω από τις δύο μεσαίες διαμήκεις νεύρσεις της φατνωματικής πλάκας βρέθηκαν λαξευμένα δύο αλλάκια διατομής 130/250 (πλάτος / βάθος), που στό έσωτερικό τους είχαν κατασκευαστεί δύο δοκοί ίδιας διατομής από όπλισμένο σκυρόδεμα με όπλισμούς 10 φ16 και 12 φ16. Η διατομή κάθε δοκού διαπλατύνεται στό άκρα, ώστε να έπιτυγχάνεται ή άγκύρωσή τους στή μάζα του μαρμάρου. Αξιοσημείωτο είναι τό γεγονός, ότι οι ράβδοι του σιδηροπλισμού βρέθηκαν διατηρημένες σε άριστη κατάσταση χωρίς να παρουσιάζουν τήν έντονη όξειδωση, που είναι πιά κανόνας για τις σιδερένιες συνδέσεις που έχουν άποκαλυφθεί μέχρι σήμερα. Τό φαινόμενο έχει κατά τή γνώμη μας τις έξης έξηγήσεις:

α) Η περίπτωση να έχουμε διατομή σιδήρου περίπου 21 cm² (10 φ16) σε διατομή σκυροδέματος 325 cm² και με τήν πρώτη στρώση όπλισμού σε βάθος 7 cm. περίπου, είναι μοναδική για τις κατασκευαστικές "συνθήκες" του Ν. Μπαλάνου. Τό συνθησιμό φαινόμενο είναι οι μεγάλες διατομές σιδήρου με λίγη σχετικά ποσότητα όλικου πληρώσεως. Μπορούμε να πούμε, ότι οι ράβδοι του σιδηροπλισμού προφυλάχθηκαν καλά μέσα σε μεγάλη ποσότητα καλής ποιότητας σκυροδέματος και σε άρκετό βάθος, με άποτέλεσμα όπτικά τουλάχιστον να είναι άδικτες.

β) Ο σιδηροπλισμός βρίσκειται σε θέση όπου δέν είναι εύκολη ή συγκράτηση ύγρασίας. Η κλίση της άνω έπιφανείας της φατνωματικής πλάκας έχει σαν άποτέλεσμα τήν γρήγορη άπορροφή των νερών της βροχής, ώστε να μήν διατίθεται άρκετός χρόνος για να άπορροφηθούν από τό πορώδες σκυρόδεμα και να φθάσουν μέχρι τόν σιδηροπλισμό.

Πάντως τό θέμα χρειάζεται διερεύνηση, από φυσικοχημική σκοπιά.

Ἡ κατάσταση τῆς κάτω ἐπιφάνειας τῆς πλάκας ἔχει ἤδη περιγραφεῖ στήν "Μελέτη Ἀποκαταστάσεως τοῦ Ἐρεχθεῖου".

Ἀπό ἀποψη στατικής λειτουργίας, ἡ φατωματική πλάκα ἀποτελεῖ ἕνα ἀπλό ἀμφιέριστο σύστημα πού ἐδράζεται στό νότιο ἄκρο τῆς στά ἐπιστολίας τῆς Προστάσεως καί στό βορεινó ἀκρο τοῦ Νοτίου τοίχου. Ἡ διατομή τῆς πλάκας εἶναι σύνθετη ἀποτελούμενη ἀπό μάρμαρο, σκυρόδεμα καί χάλυβα. Ἡ συναρμολόγηση ἐγίνε κατά τέτοιο τρόπο, ὥστε τά ὀλικά αὐτά νά συνεργάζονται καί τό μὲν μάρμαρο νά ἀναλαμβάνει τίς ὀριζοντιώδεις τάσεις πού ἀναπτύσσονται ἀπό τήν καταπόνηση τῆς πλάκας, ὁ δέ χάλυβας καί τό ὀριζοντιώδες σκυρόδεμα νά ἀναλαμβάνουν τίς ἐμφανιστικές τάσεις. Ἡ συνεργασία τῶν ὀλικῶν ἐπιτυγχάνεται μέ τίς ἀγκυρώσεις τῶν ἄκρων τῶν πλευρικών καί τῶν μεσαίων ἐνισχύσεων πού περιγράφηκαν παραπάνω, ἀλλά καί μέ τήν πρόσφυση τοῦ σκυροδέματος καί τῆςτσιμεντοκονίας στίς χονδρολαξευμένες ἐντοριμίες τῆς πλάκας. Τήν συνεργασία τοῦ μαρμάρου μέ τόν χάλυβα τῶν πλευρικών ἐνισχύσεων ἐξυπηρετοῦν, ἐπίσης, τά μπουλόνια συνδέσεως τῶν πλευρικών σιδηροδοκῶν μέ τό μάρμαρο.

Ἡ στατική λειτουργία τῆς σύνθετης διατομῆς φαίνεται στό σχέδιο.

Οἱ ρηγματώσεις, πού προκάλεσε ἡ ὀείδωση τῶν πλευρικών σιδηροδοκῶν, δημιουργοῦν μία νέα στατική λειτουργία, στήν ὀποία ἡ συμμετοχή τῶν πλευρικών ἐνισχύσεων εἶναι μικρότερη, μέ ἀποτέλεσμα τήν ἐπιβάρυνση τῶν μεσαίων ἐνισχύσεων. Μποροῦμε νά ποῦμε μέ βεβαιότητα, ὅτι οἱ ἐργασίες ἀποκαταστάσεως τοῦ Μνημεῖου ἀπότερναν τήν καταστροφή τῶν πλευρικών ἐνισχύσεων, πού θά εἶχε σάν ἀποτέλεσμα τήν ὑπερφόρτιση τῶν μεσαίων καί τήν κατάρρευση τῆς πλάκας.

2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Γιά τήν συντήρηση καί σύνδεση τῆς φατωματικῆς πλάκας θά ἀκολουθηθεῖ ἡ μεθοδολογία πού προβλέπει ἡ Μελέτη. θά ἀξιοποιηθοῦν οἱ ἐντοριμίες πού λαξεύτηκαν κατά τήν Ἀναστήλωση τοῦ Ν. Μπαλάνου, μέ σκοπό τήν ἐλαχιστοποίηση τῶν νέων λαξευμάτων καί ὅπου καί θά χρησιμοποιηθοῦν οἱ διαθέσιμες μορφές τιτανίου.

Ἡ στατική λειτουργία τῆς διατομῆς τῆς πλάκας θά εἶναι παρόμοια μέ αὐτή τῆς σημερινῆς καταστάσεως. Οἱ πλευρικές ἐνισχύσεις θά ἀντικατασταθοῦν ἀπό ἐλάσματα τιτανίου, διατομῆς 10x100 πού θά ἀγκυρωθοῦν στά δύο ἄκρα τους, κατά τόν ἴδιο τρόπο πού ἀγκυρῶνται καί οἱ ὀπάρχουσες. Κάθε ἔλασμα θά συνδεθεῖ μέ τό μάρμαρο μέ συνδέσμιους διατιμῆσεως καί ὁ ὀπόλοιπος ὄρος θά γεμίσει μέ τσιμεντοκονία (βλ. σχέδιο). Μέ τόν τρόπο αὐτό ἐπιτυγχάνεται ἱκανοποιητική συνεργασία μαρμάρου, τιτανίου, τσιμεντοκονίας.

Οἱ μεσαίες ἐνισχύσεις θά ἀντικατασταθοῦν ἐπίσης ἀπό δύο ἐλάσματα τιτανίου, διατομῆς 10x100, πού θά τοποθετηθοῦν στόν βυθό τῶν ἐντοριμῶν 130/250 καί θά ἀγκυρωθοῦν στό ἄκρο, ὅπως δειχνεῖ τό σχέδιο. Γιά τή σύνδεση ἐλάσματος μαρμάρου, θά χρησιμοποιηθοῦν ἐπίσης σύνδεσμοι διατιμῆσεως μορφῆς U, ὅπως φαίνεται στό σχέδιο.

Γιά νά αὔξηθεῖ ἡ πρόσφυση τοῦ τιτανίου στό σκυρόδεμα, σέ κάθε ἔλασμα θά διαμορφωθοῦν χαραγές, βάθους 1 χιλ., καί στίς δύο ὀψεις. Κάθε χαραγή θά ἔχει κλίση 45° ὄς πρὸς τήν διεύθυνση τοῦ μήκους τοῦ ἐλάσματος, ὥστε νά μὴν ἀδυνατίζει ἡ ἐγκάρσια διατομή. Ἡ ἀπόσταση μεταξύ τῶν χαραγῶν θά εἶναι 10 ἐκ..

Σύμφωνα μέ ὀπόδειξη τοῦ καθηγητῆ κ. Χ.Μπούρα, τά τμήματα τῆς ἐπάνω ἐπιφάνειας τῶν ἐντοριμῶν τῶν μεσαίων ἐνισχύσεων θά καλυφθοῦν μέ λωρίδα μαρμάρου, πάχους 10 χιλ., ὥστε νά ἔχουμε καλύτερο αἰσθητικό ἀποτέλεσμα. Συγκεκριμένα θά καλυφθεῖ ὀλη ἡ ἀνατολική ἐντοριμία καί τό βορεινότερο τμήμα τῆς δυτικῆς. Οἱ ὀμοῖοι μεταξύ νέου καί ἀρχαίου μαρμάρου θά σφραγιστοῦν μέ τσιμεντοκονία καταλλήλου ἀποχρώσεως.

Μέ τις τέσσερεις αυτές ενισχύσεις αντιμετωπίζεται η κύρια καταπόνηση της πλάκας. Μικρότερα κομμάτια, ιδιαίτερα στην δυτική της πλευρά, θα συνδεθούν με ράβδους τιτανίου ϕ 10 ή ϕ 8, κατά περίπτωση. (βλ. σχέδιο).

Οι εργασίες θα ακολουθήσουν τις εξής φάσεις:

α) θα καθαριστούν και θα αντικατασταθούν διαδοχικά οι μεσαίες ενισχύσεις στην θέση που η πλάκα βρίσκεται σήμερα. (Είναι άκουμπισμένη στο έδαφος και στηρίζεται σε τρία σημεία, ώστε να μην αναπτύσσονται καμπτικές ροπές στο μέσο της).

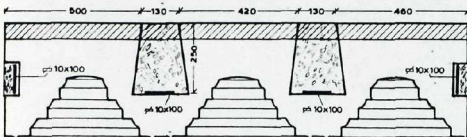
β) Στη συνέχεια θα συγκολληθούν τα τεμάχια των πλευρών που έχουν ύποστει βλάβες από τη διόγκωση των σιδηροδοκών και θα αντικατασταθούν οι άκρατες ενισχύσεις, αφού η πλάκα άνασηκωθεί και στηριχτεί διαδοχικά στις δύο διαμήκεις πλευρές της.

γ) Τέλος θα γίνει η συντήρηση των φατνωμάτων και η συγκόλληση μικροτέρων θραυσμάτων.

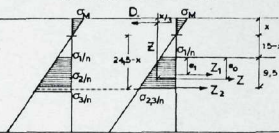
Αθήνα, 1-9-1980

Ο Μηχανικός
Κώστας Ζάμπας
Κώστας Ζάμπας

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΤΟΜΗ ΣΤΟ ΜΕΣΙΟΝ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ



ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ



Λόγω τῆς συνεργασίας τιτανίου, μαρμάρου καὶ σκυροδέματος, ἔχουμε:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_M} = \frac{15-x}{x} \quad \eta \quad \sigma_1 = 5 \cdot \frac{15-x}{x} \cdot \sigma_M \quad (1)$$

$$\text{καὶ} \quad \frac{\sigma_2}{\sigma_M} = \frac{24,5-x}{x} \quad \eta \quad \sigma_{2,3} = 5 \cdot \frac{24,5-x}{x} \cdot \sigma_M \quad (2)$$

*Ἡ δύναμη ποὺ ἀναλαμβάνει τὸ ἄνω τμήμα τῆς διατομῆς τοῦ μαρμάρου εἶναι:

$$D = 0,5 \cdot \sigma_M \cdot x \cdot 164 \quad \eta \quad D = 82 \cdot \sigma_M \cdot x \quad (3a)$$

Οἱ δυνάμεις ποὺ ἀναλαμβάνουν τὰ ἐλάσματα τιτανίου εἶναι:

$$Z_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_{2,3}}{2} \cdot 9,5 \cdot 2 = 9,5 \cdot (\sigma_1 + \sigma_{2,3}) \quad \text{καὶ} \quad Z_2 = \sigma_{2,3} \cdot 22 \cdot 1 = 22 \cdot \sigma_{2,3}$$

$$\text{Συνολικὰ} \quad Z = 9,5(\sigma_1 + \sigma_{2,3}) + 22 \cdot \sigma_{2,3} \quad \eta \quad Z = 9,5\sigma_1 + 31,5\sigma_{2,3} \quad (3b)$$

$$\text{*Από τὴν ἰσορροπία τῶν} \quad D \quad \text{καὶ} \quad Z \quad \text{ἔχουμε:} \quad 82\sigma_M x = 9,5\sigma_1 + 31,5\sigma_{2,3} \quad (3)$$

*Ἀντικαθιστώντας στὴν (3) τὶς τιμές τῶν σ_1 καὶ $\sigma_{2,3}$ ἀπὸ τὶς (1) καὶ (2) ἔχουμε:

$$82\sigma_M x = 9,5 \cdot 5 \cdot \frac{15-x}{x} \sigma_M + 31,5 \cdot \frac{24,5-x}{x} \sigma_M \quad \text{καὶ λύνοντας ὡς πρὸς} \quad x,$$

$$x = 6,4 \text{ cm.}$$

*Υπολογισμός μοχλοβραχίονα ἐσωτερικῶν δυνάμεων:

$$\text{Γιὰ} \quad \sigma_M = 1 \quad (1) \quad \frac{\sigma_1}{M} = \frac{15-6,4}{6,4} \cdot 1 = 1,34 \text{ cm.}$$

$$(2) \quad \frac{\sigma_{2,3}}{M} = \frac{24,5-6,4}{6,4} \cdot 1 = 2,83 \text{ cm.}$$

$$\text{*Αρα} \quad e_1 = \frac{9,5}{3} \cdot \frac{1,34+2 \cdot 2,83}{1,34+2 \cdot 2,83} = 5,32 \text{ cm.} \quad \text{καὶ} \quad e_0 = \frac{5,32 \cdot 9,5 \cdot (1,34+2 \cdot 2,83) + 9,5 \cdot 22 \cdot 2,83}{9,5(1,34+2 \cdot 2,83) + 22 \cdot 2,83} = 7,88 \text{ cm.}$$

$$\text{Συνεπῶς} \quad z = 7,88 + 15 - 6,4 + \frac{2}{3} \cdot 6,4 = 20,75 \quad (z = 20,75 \text{ cm.})$$

*Ἡ μέγιστη ροπή κάμψης τῆς πλάκας (ποῦ ἐπὶ τὸ εὐμενέστερο τὴν θεωροῦμε στὴ θέση τοῦ ρήγματος) εἶναι: $M_{\max} = 3,23 \text{ Mrpm.}$ (Μελέτη Ἀποκαταστάσεως Ἐρεχθεοῦ σελ.532).

*Ὅμως $M_{\max} = D \cdot z$ καὶ ἀντικαθιστώντας ἀπὸ τὴν (3a) ἔχουμε:

$$3,23 \cdot 10^5 = 82 \cdot \sigma_M \cdot 6,4 \cdot 20,75 \quad \sigma_M = 29,7 \text{ Krcm}^{-2}$$

$$\text{*Από τὶς (1) καὶ (2) παίρνουμε} \quad \sigma_1 = 199,0 \text{ Krcm}^{-2} \quad \text{καὶ} \quad \sigma_{2,3} = 420,3 \text{ Krcm}^{-2}$$

Οἱ τάσεις αὐτές εἶναι πολὺ μικρότερες ἀπὸ τὶς ἐπιτρεπόμενες τάσεις τοῦ μαρμάρου καὶ τοῦ τιτανίου.

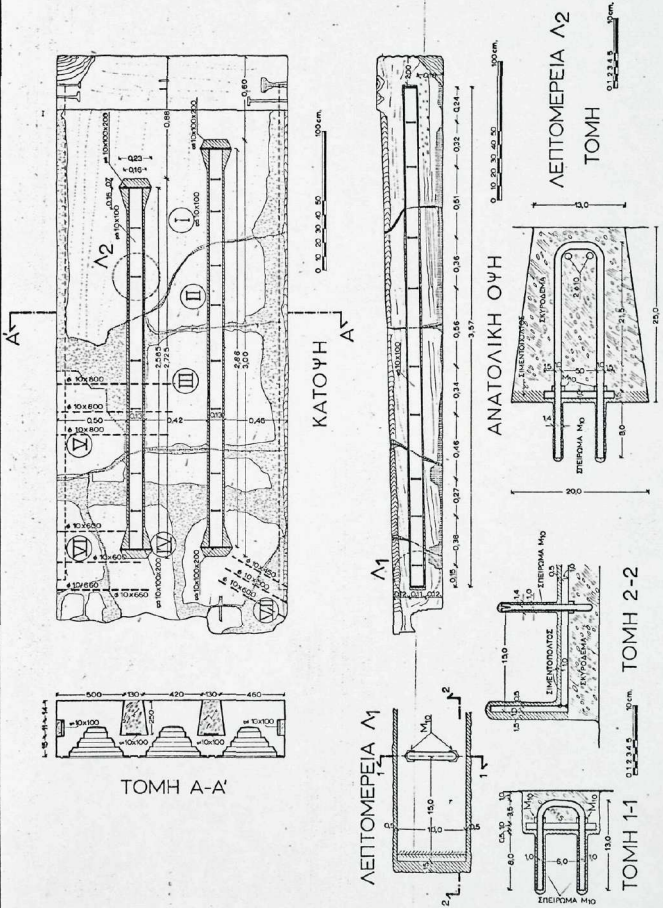
*Ἡ ἐφελκυστικὴ δύναμη ποὺ ἀναλαμβάνει τὸ κάθε ἓνα ἀπὸ τὰ μεσαία ἐλάσματα τιτανίου εἶναι:

$$Z_M = \frac{420,3 \cdot 22 \cdot 1}{2} = 4623 \text{ kp.}$$

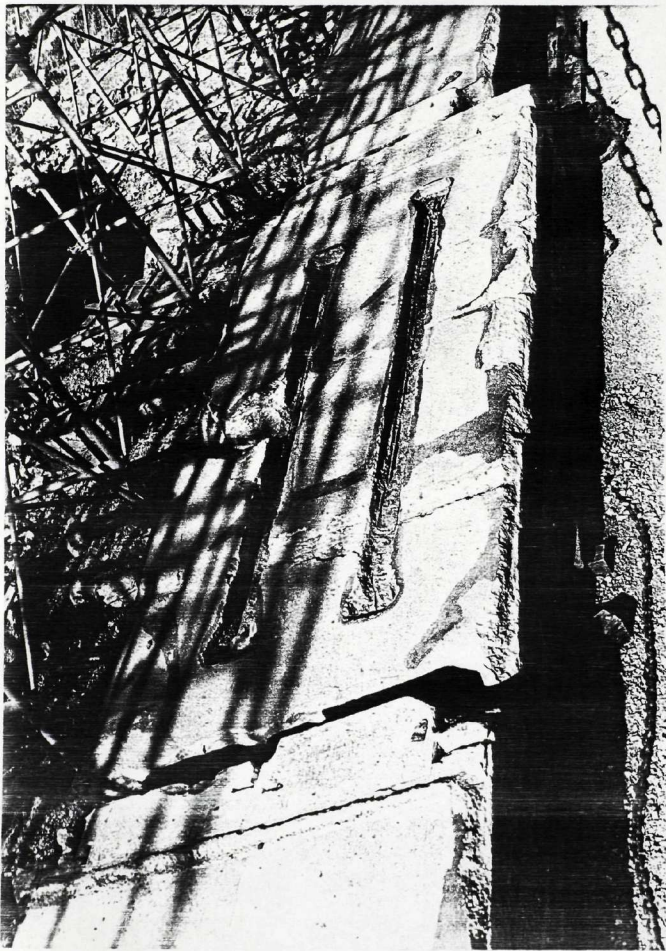
$$\text{*Ἐνῶ ἀπὸ τὰ πλευρικὰ ἐλάσματα} \quad : \quad Z_n = \frac{(20,3+199,0) \cdot 9,5}{2} = 2942 \text{ kp.}$$



ΕΡΕΧΘΕΙΟ - ΠΡΟΣΤΑΣΗ ΚΟΡΩΝ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΑΤΝΩΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΜΕ α.ά. 503



Handwritten signature or mark.

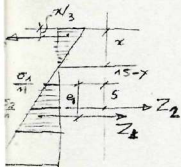


- Γενική άποψη της φωτοματικής πλάκας με α.ά. 503 -

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ

Με την ελευθέρωση του καθαρισμού του σκυροδέματος της προς Δ. μεριάς, ενισχύσεις διαπιστώθηκε ότι το βάθος του είναι 21cm δ' ότι 25 όπως χάρησε είχε ευτηριθεί από τον καθαρισμό τμήματος, της προς Δ. ενισχύσης. Συνεπώς τα ελαθυστα γαλιόν 10cm δ' να υποδεχθούν σε βάθος 20,5 cm.

Η κατασκευή των ελαθυστων βάσει τη θέση αξίζει να γίνουν γενιουργία των ελαθυστων γαλιόν κατά άνωτο υψος ώστε να μη χρειάζεαι αύξηση των διαστάσεων. Συμπεριλαμβ η διακομής των τάσεων δ' οι διαστάσεις που θα αναλυθούν έχουν ως εξής:



Επιχόντες κατά τον ίδιο τρόπο έχουμε:

$$x = 5,87 \text{ cm}$$

$$\sigma_H = 36,6 \text{ krcm}^{-2}$$

$$\sigma_1 = 255,5 \text{ krcm}^{-2}$$

$$\sigma_2 = 441,0 \text{ krcm}^{-2}$$

$$\sigma_3 = 596,6 \text{ krcm}^{-2}$$

$$Z_H = Z_H = 4410 \text{ kg}$$

Αθήνα 8.9.1950

ο μηχανικός
Γαλαριώτης
 Κώστας Γαλαριώτης