

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 20<sup>ΗΣ</sup> ΜΑΪΟΥ 1982

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΠΕΡΙΚΛΗ ΘΕΟΧΑΡΗ

---

ΜΗΧΑΝΙΚΗ.— Μέθοδος συσκευασίας αρχαιοτήτων και θερμομηχανικός έλεγχος τής άντοχής αυτής, υπό του Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Περικλῆ Θεοχάρη\*.

#### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ ἀσφαλῆς μεταφορὰ ἀρχαιοτήτων ἐξ ἐνὸς τόπου εἰς ἕτερον, ἀποτελεῖ δύσκολον ἔργον καὶ τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός, ὅτι πλείστοι ὅσοι μηχανικοί, θερμοκοί, βιολογικοί καὶ ἄλλοι παράγοντες ἐπιδρῶν ἐπ' αὐτῶν, ἔχοντες ὡς τελικὸν ἀποτέλεσμα τὴν πιθανὴν καταστροφὴν τῶν ἀρχαιοτήτων.

Ἀπότομοι μεταβολαὶ θερμοκρασίας, πιθανὴ πτώσις τῶν κιβωτίων συσκευασίας ἐπὶ ἀνευδύτου δαπέδου, ἢ ἡ ἐπίδρασις τῶν κενῶν ἀέρος κατὰ τὴν ἀεροπορικὴν μεταφορὰν αὐτῶν, εἶναι μερικοὶ παράγοντες, οἱ ὅποιοι εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ληφθοῦν σοβαρῶς ὑπ' ὄψιν κατὰ τὴν μελέτην τῆς συσκευασίας των. Ἐτερον σημαντικὸν παράγοντα ἀποτελεῖ ἡ φύσις τοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς, τὸ ὅποιον πρέπει νὰ ἔχη τοιαύτην σύνθεσιν, οὔτως ὥστε νὰ ἐμφανίζη μεγίστην ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων, πλήρη ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μεταφερομένου δοκιμίου, μεγάλην άντοχὴν εἰς διείσδυσιν, μικρὰν πυκνότητα, καθὼς καὶ άντοχὴν κατὰ τὴν ἐπιβολὴν θλιπτικῶν φορτίων.

Ἐκ τῶν προαναφερθέντων καθίσταται προφανῆς ἡ ἀνάγκη λεπτομεροῦς μελέτης τοῦ τρόπου συσκευασίας. Ἐξ ἄλλου, ἡ ἀσφαλῆς μεταφορὰ τῶν ἀρχαιοτήτων ἀποτελεῖ ἀντικείμενον ἐρεῦνης ἐπὶ διεθνοῦς κλίμακος.

---

\* P. S. THEOCARIS, «A Method for Selecting and Testing the Optimum Mode of Packing of Archaeological Objects for Long-Range Transportation».

Τὸ Ἔργαστήριον Ἀντοχῆς Ὑλικῶν τοῦ Ε.Μ.Π., κατόπιν αἰτήσεως τοῦ Ὑπουργείου Πολιτισμοῦ καὶ Ἐπιστημῶν κατὰ Ἰανουάριον καὶ Φεβρουάριον 1979, προέβη εἰς τὴν ἀπαραίτητον ἔρευναν ἀντοχῆς τῆς συσκευασίας, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς τὴν ἐπιλογὴν τοῦ καταλλήλου ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαίων ἀντικειμένων. Αἱ ἐπὶ μέρους δοκιμαὶ ἀντοχῆς αἱ ὁποῖαι ἐπραγματοποιήθησαν ἦσαν αἱ ἑξῆς :

1. Ἀντοχὴ εἰς ἐλευθέραν πῶσιν.
2. Ἀντοχὴ εἰς ὑψηλὴν ἐξωτερικὴν θερμοκρασίαν προκαλουμένην λόγῳ ἀναφλέξεως καυσίμων.
3. Ἀντοχὴ κατὰ τὴν παραμονὴν ἐπὶ πολὺν χρόνον εἰς περιβάλλον σταθεροῦς ὑψηλῆς θερμοκρασίας.
4. Ἀντοχὴ εἰς θλίψιν ἐλαστικῶν κύβων στηρίξεως τῶν κιβωτίων.
5. Ἀντοχὴ εἰς θλίψιν τοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαιοτήτων.
6. Ἀντοχὴ εἰς διείσδυσιν τοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαιοτήτων.

Κατωτέρω περιγράφεται ἡ λεπτομερὴς διαδικασία ἐπιλογῆς τοῦ καταλλήλου ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαιοτήτων καθὼς καὶ αἱ χρησιμοποιηθεῖσαι μέθοδοι ἐλέγχου καὶ τὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν.

## 2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΟΛΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ

Ἡ ἐπιλογὴ τοῦ καταλλήλου ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαιοτήτων ἐβασίσθη εἰς τὴν ἀνεύρεσιν ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον θὰ πληροῦσε τὰς ἀπαραιτήτους προϋποθέσεις διὰ τὴν ἀσφαλῆ μεταφορὰν τῶν ἀντικειμένων. Ἦτοι ὑλικοῦ τὸ ὁποῖον νὰ παρουσιάξῃ χαμηλὴν πυκνότητα, μεγάλην ἰκανότητα ἀποσβέσεως ταλαντώσεων, χαμηλὸν μέτρον ἐλαστικότητος, ὑψηλὴν ἀντοχὴν εἰς θερμικὰς καταπονήσεις, ἰκανότητα προσαρμογῆς τοῦ σχήματός του, οὕτως ὥστε νὰ ἐφάπτεται πλήρως εἰς τὰς καμπύλας ἐπιφανείας τῶν ἀντικειμένων, καθὼς καὶ ἄλλας ιδιότητας.

Ὁ συνδυασμὸς τῶν ἀνωτέρω ιδιοτήτων ἀπαντᾶται μόνον εἰς τὰ σύνθετα ὑλικά, τὰ ὁποῖα βασίζονται εἰς πλαστικὴν μήτραν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἔρευνα προσηματολόγησθη πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τῆς εὐρέσεως τοῦ καταλλήλου συνθέτου ὑλικοῦ.

Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ θὰ ἦτο σκόπιμον νὰ ἀναφέρωμεν, ὅτι ὑπὸ τὸν ὄρον «σύνθετον ὑλικὸν» θεωροῦμεν κάθε ὑλικὸν ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἢ περισσοτέρων ὑλικῶν ἢ «φάσεων», αἱ ὁποῖαι συνδέονται μεταξύ των φυσικῶς, οὕτως ὥστε νὰ προκύπτῃ «πολυφασικὸν ὑλικὸν» χαρακτηριζόμενον ἀπὸ ιδιότητος διαφόρους ἐκείνων τῶν συνιστωσῶν φάσεων.

Τὸ σύνθετον ὑλικόν, τὸ ὁποῖον κατασκευάσθη εἰς τὸ Ἐργαστήριον Ἀντοχῆς τῶν Ὑλικῶν τοῦ Ε.Μ.Π., εἶχεν ὡς μήτραν δύο τύπους ἐποξειδικῆς ρητίνης, ἥτοι τύπου Α καὶ τύπου Β, ἐνισχυμένην μὲ κόκκους διογκωμένης πολυστερόλης. Ὡς διαλυτικὸν ἐχρησιμοποιήθη ἡ μεθανόλη.

Μὲ βάσιν τὰ ἀνωτέρω ὑλικά κατασκευάσθησαν δοκίμια συνθέτων ὑλικῶν, ἕκαστον μὲ διαφορετικὸν συνδυασμὸν περιεκτικότητων ἕξ ἐκάστης φάσεως.

Ἐν συνόλῳ κατασκευάσθησαν τριακονταπέντε διαφορετικοὶ τύποι δοκιμίων, μὲ τελικὸν σκοπὸν νὰ ἐπιλεγῆ μεταξύ αὐτῶν ἐκεῖνο τὸ ὑποῖον θὰ παρουσίαζε τὰς βελτίστας ἐπιθυμητὰς ιδιότητες.

Εἰς τὸν πίνακα I φαίνεται ἡ κατὰ βάρους περιεκτικότης ἐνὸς ἐκάστου τῶν κατασκευασθέντων δοκιμίων. Διὰ τῶν γραμμάτων Α, Β, Μ καὶ Κ ἀναφερόμεθα εἰς τὴν ἐποξειδικὴν ρητίνην τύπου Α, τὴν ἐποξειδικὴν ρητίνην τύπου Β, τὴν μεθανόλην καὶ τοὺς κόκκους πολυστερόλης ἀντιστοίχως.

Ἐξ ἄλλου, αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τῶν συνιστῶντων ὑλικῶν φαίνονται εἰς τὸν πίνακα II. Ὡς βασικὸν ὑλικὸν διὰ τὴν μήτραν τοῦ διφασικοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς ἐχρησιμοποιήθη ἐποξειδικὴ ρητίνη τύπου Α καὶ Β εἰς διαφόρους ἀναλογίας ὑπὸ τὴν ἐμπορικὴν ἐπωνυμίαν Εροχοί 324. Τὸ ὑλικὸν τοῦτο εἶναι μείγμα δύο συστατικῶν ὑλῶν ἐποξειδικῆς βάσεως, φερομένων ὑπὸ μορφὴν πολτωδῶν μαζῶν (Εροχοί Α καὶ Β). Χρησιμοποιεῖται κατόπιν ἀναμίξεως τῶν δύο συστατικῶν του καὶ παρέχει τελικῶς ἀνθεκτικὴν ἐλαστικὴν μάζαν.

Τὰ οὕτω κατασκευασθέντα δοκίμια ὑπεβλήθησαν εἰς πειραματικὸν ἔλεγχον τῆς ἀντοχῆς αὐτῶν εἰς θλίψιν, διείδυσιν μὲ διαφορετικὰς ταχύτητας καὶ εἰς θερμοκὴν καταπόνησιν. Τὰ τελικῶς ἐπιλεγέντα δοκίμια εἶχον τὴν ἐξῆς κατὰ βάρους περιεκτικότητα :

A	B	M	K
100	100	50	150

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἀνωτέρω ἐλέγχων καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν τελικῶς ἐπιλεγέντων δοκιμίων ἔχουν ὡς ἐξῆς :

### 3. ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΙ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΟΛΗΣ

1. Ἐλεγχος εἰς θλίψιν. : Τὰ χρησιμοποιηθέντα δοκίμια εἰς τὴν δοκιμὴν αὐτὴν ἦσαν τετραγωνικὰ πρίσματα μὲ διατομὴν  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 100\text{ cm}^2$  καὶ ὕψος 5 cm. Ἐτοποθετήθησαν εἰς κατάλληλον μηχανὴν θλίψεως (Instron) καὶ ἐμελετήθη ἡ μηχανικὴ καὶ ἡ φυσικὴ συμπεριφορὰ των κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς θλίψεως.

## Π Ι Ν Α Ξ Ι.

Σύνθεσις κατά βάρος τῶν δοκιμίων περιβολῆς.

α/α	A	B	M	K	α/α	A	B	M	K
1	100	100	20	150	13	100	100	20	250
2	100	100	40	150	19	100	100	40	250
3	100	100	60	150	20	100	100	60	250
4	100	100	75	150	21	100	100	80	250
5	100	100	80	150	22	100	100	100	250
6	100	100	100	150	23	100	100	120	250
7	100	100	120	150	24	100	100	140	250
8	100	100	140	150	25	100	100	160	250
9	100	100	160	150	26	100	100	20	300
10	100	100	20	200	27	100	100	40	300
11	100	100	40	200	28	100	100	60	300
12	100	100	60	200	29	100	100	80	300
13	100	100	80	200	30	100	100	100	300
14	100	100	100	200	31	100	100	120	300
15	100	100	120	200	32	100	100	140	300
16	100	100	140	200	33	100	100	160	300
17	100	100	160	200	34	100	100	50	150
					35	75	100	50	150

## Π Ι Ν Α Ξ Ι Ι.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΩΝ ΤΥΠΟΥ Α ΚΑΙ Β  
(ΕΡΟΧΟΛ 324)

## Ι Δ Ι Ο Τ Η Τ Ε Σ :

## Σ Υ Σ Τ Α Τ Ι Κ Ο Ν Α

Εμφάνις :	Ημιδιαφανής
Χρῶμα :	Υποκίτρινον
Ειδικὸν βάρος :	1.25 gr/cm <sup>3</sup>
Χρόνος ἀποθηκεύσεως :	Ἀπεριόριστος ἐφ' ὅσον δὲν ἀναμιχθῇ μὲ τὸ Β.

## Σ Υ Σ Τ Α Τ Ι Κ Ο Ν Β

Εμφάνις :	Ημιδιαφανής
Χρῶμα :	Υποκίτρινον
Ειδικὸν βάρος :	1.15 gr/cm <sup>3</sup>
Χρόνος ἀποθηκεύσεως :	Ἀπεριόριστος ἐφ' ὅσον δὲν ἀναμιχθῇ μὲ τὸ Α.

## Μ Ι Γ Μ Α (Α + Β)

Ἀναλογία ἀναμίξεως ΑΒ :	1×2,5 κατὰ βάρος
Χρόνος ἀποθηκεύσεως :	1 ὥρα μετὰ τὴν ἀνάμιξιν
Χρόνος σκληρύνσεως εἰς 25 °C :	20 ὥραι

## Σ Κ Λ Η Ρ Υ Ν Θ Ε Ν Π Ρ Ο Ϊ Ο Ν

Εμφάνις :	Ελαστικὴ μᾶζα
Χρῶμα :	Ἀνοικτὸν κίτρινον
Ειδικὸν βάρος : (g/cm <sup>3</sup> )	1.20
Ἐπιμήκυνσις ἄνευ θραύσεως :	100 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> τοῦ ἀρχικοῦ μήκους
Συντελεστὴς γραμμ. διαστολῆς :	0.0003 grad <sup>-1</sup>
Περιοχὴ ἀνεκτῶν θερμοκρασιῶν :	-20 ἕως +120 °C
Σκληρότης :	Μικρὰ
Εὐκαμψία :	Ἐξάίρετος
Μέτρον ἐλαστικότητος (N/m <sup>2</sup> ) :	0.353×10 <sup>-10</sup>
Μέτρον Διογκώσεως (N/m <sup>2</sup> ) :	0.421×10 <sup>-10</sup>
Λόγος τοῦ Poisson :	0.338
Τάσις θραύσεως (N/m <sup>2</sup> ) :	5.73×10 <sup>-7</sup>
Ὀπτικὴ σταθερὰ C <sub>r</sub> (m <sup>2</sup> /N) :	1.671×10 <sup>10</sup>

Στὸ σχῆμα 1 φαίνεται ἡ μεταβολὴ τῆς τάσεως συναρτῆσει τῆς βυθίσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι διὰ βυθίσεις τῆς τάξεως τῶν 4 cm ἀπαιτεῖται τάσις τῆς τάξεως τῶν 40 kp/cm<sup>2</sup>. Δηλαδή ἀπαιτοῦνται ὑψηλαὶ τάσεις, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον πιστοποιεῖ τὴν ὑψηλὴν ἀντοχὴν τοῦ ὑλικοῦ εἰς θλίψιν.

Τὸ σχῆμα 2 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς πυκνότητος τοῦ συνθέτου ὑλικοῦ συναρτῆσει τῆς βυθίσεως. Ἡ πυκνότης τοῦ ὑλικοῦ διὰ βυθίσεις ἀπὸ 0 ἕως 4 cm αὐξάνει παραβολικῶς, ἐνῶ διὰ βυθίσεις ἄνω τῶν 4 cm αὐξάνει ἀποτόμως.

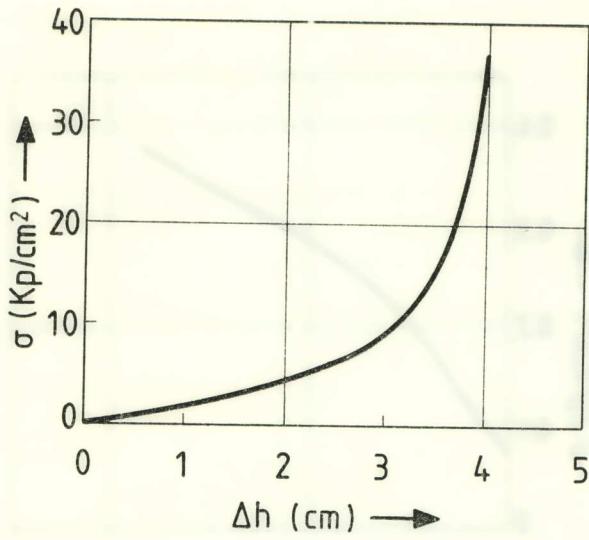
Εἰς τὸ σχῆμα 3 φαίνεται ἡ μεταβολὴ τῆς πυκνότητος συναρτῆσει τῆς ἐπιβληθείσης θλιπτικῆς τάσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν περιοχὴν τῶν τάσεων ἀπὸ 0 ἕως 20 kp/cm<sup>2</sup> ἔχομεν ταχεῖαν αὐξήσιν τῆς πυκνότητος, ἐνῶ διὰ περαιτέρω αὐξήσιν τῆς τάσεως, ἡ ταχύτης αὐξήσεως τῆς πυκνότητος μειοῦται, τείνουσα εἰς σταθερὰν μεγίστην τιμὴν, ἡ ὁποία καὶ πάλιν εἶναι μικρὰ.

ii. Ἐλεγχος εἰς διείσδυσιν: Ἐν συνεχείᾳ τὰ δοκίμια ὑπέστησαν πειραματικὸν ἔλεγχον εἰς διείσδυσιν. Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν κατεσκευάσθη διεισδυτὴς ἐκ γάλυβος κυκλικῆς διατομῆς διαμέτρου 1,28 cm, ὁ ὁποῖος προσηρμόσθη καταλλήλως εἰς μηχανὴν θλίψεως καὶ οὕτω ἐπραγματοποιήθη σειρά πειραμάτων διεισδύσεως μὲ διαφορετικὰς ταχύτητας διεισδύσεως (0,5, 5, 2, 5, 10, 20 cm/sec).

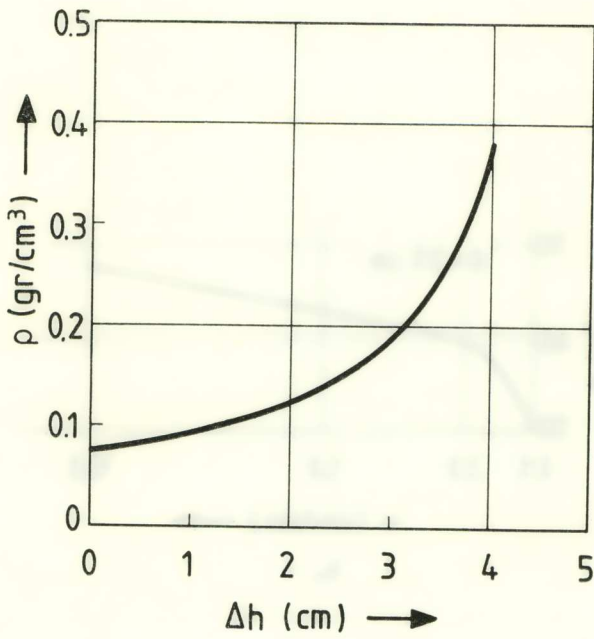
Τὰ ἀποτελέσματα τῶν πειραμάτων αὐτῶν φαίνονται εἰς τὸ σχῆμα 4, ὅπου ἔχει σχεδιασθῆ ἡ μεταβολὴ τοῦ ἐπιβαλλομένου θλιπτικοῦ φορτίου συναρτῆσει τοῦ βάθους διεισδύσεως. Παρατηροῦμεν, ὅτι καθὼς τὸ βάθος διεισδύσεως αὐξάνει, ὁ ρυθμὸς αὐξήσεως τῆς τιμῆς τοῦ φορτίου αὐξάνει, καὶ διὰ βάθος διεισδύσεως 3,5 cm ὁ ρυθμὸς αὐξήσεως τοῦ φορτίου τείνει νὰ ἀπειρισθῆ.

Στὸ σχῆμα 5 φαίνεται ἡ μεταβολὴ τοῦ ἐπιβαλλομένου θλιπτικοῦ φορτίου συναρτῆσει τῆς ταχύτητος διεισδύσεως καὶ διὰ βάθος διεισδύσεως  $d=3,5$  cm. Παρατηροῦμεν ὅτι, καθὼς ἡ ταχύτης αὐξάνει ἀπὸ 0,5 εἰς 2 cm/sec, ἔχομεν ἀπότομον αὐξήσιν τοῦ φορτίου, ἐνῶ, διὰ περαιτέρω αὐξήσεις τῆς ταχύτητος, ὁ ρυθμὸς αὐξήσεως τοῦ φορτίου εἶναι πολὺ μικρότερος.

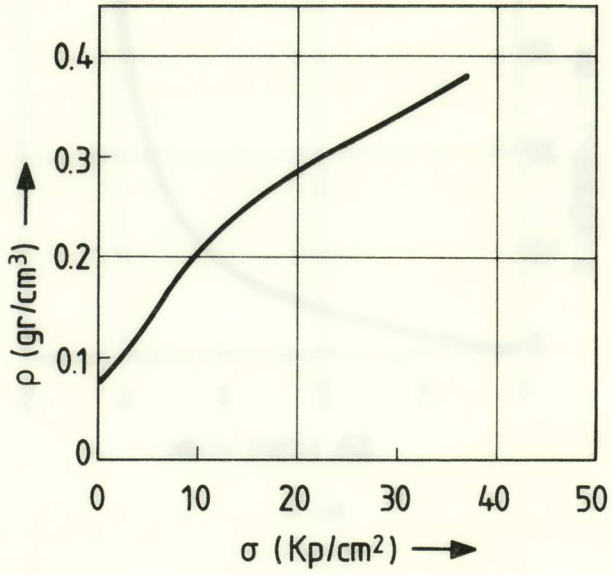
iii. Θερμικὸς ἔλεγχος τοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς τῶν ἀρχαιοτήτων: Ὁ θερμικὸς ἔλεγχος τοῦ ὑλικοῦ περιβολῆς συνίσταται εἰς τὴν τοποθέτησιν δοκιμίων ἐκ τοῦ ὑλικοῦ αὐτοῦ συγκεκριμένων διαστάσεων, ἐντὸς καμίνου καὶ ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν 120°C ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 ὥρων. Μετὰ τὸ πέρασ τῆς διαδικασίας αὐτῆς ἐμετρήθησαν ἐκ νέου αἱ μακροσκοπικαὶ διαστάσεις τῶν δοκιμίων καὶ εὐρέθησαν πρακτικῶς ἀμετάβλητοι. Δηλαδή οὐδεμία συρρίκνωσις ἢ διόγκωσις τοῦ ὑλικοῦ παρατηρήθη.



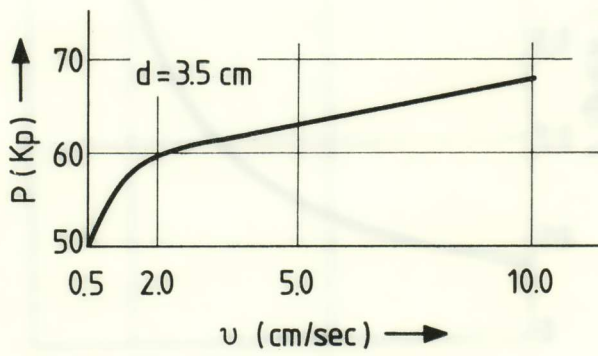
Σχ. 1.



Σχ. 2.

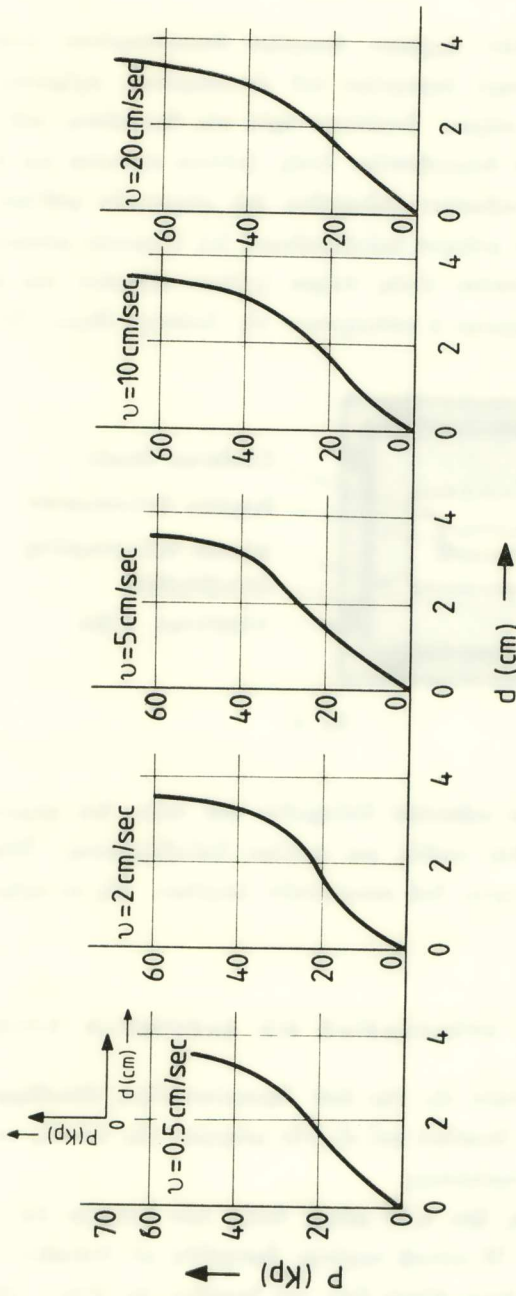


Σχ. 3.



Σχ. 4.

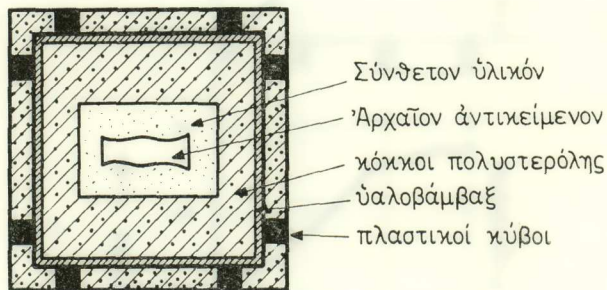




Σχ. 5.

## 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

Τὰ ὁμοιώματα τῶν ἀρχαίων δοκιμίων ἐτοποθετοῦντο ἐντὸς πλαστικῆς μήτρας, ἀποτελούσης παχὺ ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου, σχήματος ὀρθογωνίου παραλληλεπιπέδου καὶ πάχους ἀναλόγου πρὸς τὰς διαστάσεις τοῦ δοκιμίου. Ἡ μήτρα μετὰ τοῦ δοκιμίου ἐτοποθετεῖτο ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου καὶ ὁ κενὸς χῶρος μεταξὺ αὐτῆς καὶ τοῦ κιβωτίου ἐπληροῦτο διὰ πλαστικῶν φύλλων καὶ κόκκων πολυστερόλης καθὼς καὶ φύλλων ὑαλοβάμβακος διὰ θερμοκὴν μόνωσιν. Τὸ ἐσωτερικὸν κιβώτιον ἐτοποθετεῖτο ἐντὸς ἐτέρου ξυλίνου κιβωτίου καὶ ἐστηρίζετο εἰς ἔλαστικά κυβικὰ στηρίγματα 4 τοῦλάχιστον εἰς ἐκάστην ἕδραν. Ὁ κενὸς χῶρος



Σχ. 6.

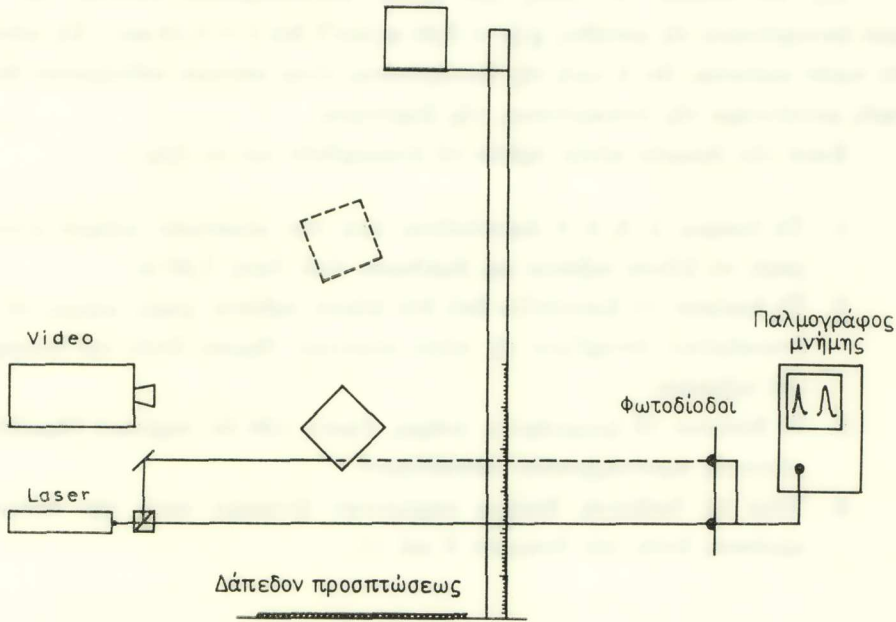
μεταξὺ τῶν δύο ξυλίνων κιβωτίων ἐπληροῦτο καὶ πάλιν διὰ πλαστικῶν φύλλων καὶ κόκκων πολυστερόλης καθὼς καὶ φύλλων ὑαλοβάμβακος. Τέλος, τὸ ἐξωτερικὸν κιβώτιον συνεσφίγγετο διὰ μεταλλικῶν λωρίδων. Εἰς τὸ σχῆμα 6 φαίνεται τομὴ τῆς συσκευασίας.

## 5. ΑΝΤΟΧΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΕΙΣ ΕΛΕΥΘΕΡΑΝ ΠΤΩΣΙΝ

Ἡ δοκιμὴ συνίστατο εἰς τὴν ἀπὸ ὠρισμένον ὕψος ἐλευθέραν πτώσιν τοῦ κιβωτίου ἐπὶ ἀνεκτότου δαπέδου καὶ εἰς τὴν μέτρησιν τῆς τελικῆς ταχύτητος πτώσεως καὶ τοῦ ὕψους ἀναπλάσεως.

Τὸ ὕψος πτώσεως ἦτο 4,20 μέτρα ἐκτὸς τῶν δοκιμῶν ὑπ' ἀριθμ. 2, 3, 6 καὶ 8 ὅπου ἦτο 7,20 μ. Ἡ τελικὴ ταχύτης ἐμετρήθη μὲ διάταξιν Laser ὅταν τὸ κιβώτιον εὐρίσκετο εἰς ὕψος 40 cm ἀπὸ τοῦ δαπέδου ὡς ἑξῆς: Μονοχρωματικὴ δέσμη φωτὸς ἐκπεμπομένη ὑπὸ τοῦ Laser ἀνεκλάτο ἐπὶ κατόπτρου σχηματίζοντος

γωνίαν  $45^\circ$  μετά τοῦ ὁρίζοντος. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς υφίστατο νέαν ἀνάκλασιν, οὕτως ὥστε ἡ τελικῶς προκύπτουσα ἀκτίς νά εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν ἀρχικῶς προσπίπτουσα ἀκτίνα. Αἱ δύο παράλληλοι ἀκτίνες, ἤτοι ἡ ἀρχικῶς προσπίπτουσα καὶ ἡ τελικῶς ἀνακλωμένη, ἀπειχον μεταξύ των ἀπόστασιν ἴσην πρὸς 1 cm καὶ ἐφώτιζον δύο φωτοκύτταρα. Τὸ κιβώτιον καθὼς ἐπιπτε διεκόπτε τὴν φωτεινὴν ροὴν τῶν ἀκτίνων καὶ ἐπομένως διεκόπτετο τὸ κύκλωμα τῶν φωτοκυττάρων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον κατέστη δυνατὴ ἡ μέτρησις τῆς ταχύτητος πτώσεως  $v_{\pi}$ . Ἐξ ἄλλου, ἐκάστη πτώσις κατεγράφη ὑπὸ κλειστοῦ κυκλώματος τηλεοράσεως καὶ τὸ



Σχ. 7.

ὕψος ἀναπάσεως  $h$  ἐμετρήθη μετὰ τὴν βοήθειαν βαθμονομουμένης κλίμακος διὰ προβολῆς τῆς εἰκόνης τῆς πτώσεως μετὰ ἀργὸν ρυθμὸν. Τὸ δάπεδον ἦτο πάντοτε μεταλλικὸν ἔλασμα πάχους 6 χλσ., ἐκτὸς τῆς δοκιμῆς ὑπ' ἀριθμ. 1 ὅπου ἦτο πλαστικὸν στρώμα πάχους 6 χλσ. (σχῆμα 7).

Ἐκ τοῦ μετρηθέντος ὕψους ἀναπάσεως ὑπελογίσθη ἡ ἀρχικὴ ταχύτης ἀναπάσεως  $v_a$  καὶ ὁ συντελεστὴς ἀναπάσεως  $K = v_a/v_{\pi}$ . Ἐκ τῶν τιμῶν τοῦ συντελεστοῦ αὐτοῦ φαίνεται ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν ἐπικρατεῖ κυρίως ὁ πλαστικὸς χαρακτήρ, δηλαδὴ τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν (περίπου  $75\%$ ) τῆς συνολικῆς ἐνεργείας

πτώσεως μετατρέπεται εις θερμότητα και εις παραμορφώσεις τῆς συσκευασίας και ὄχι κινητικὴν ἐνέργειαν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει μεγάλας ἐπιταχύνσεις κατὰ τὴν στιγμήν τῆς κρούσεως.

Τέλος, ἔγιναν ὑπολογισμοὶ διὰ τὴν ἐπιτάχυνσιν κατὰ τὴν στιγμήν τῆς κρούσεως. Ἡ χρονικὴ διάρκεια τοῦ φαινομένου τῆς κρούσεως ἐμετρήθη διὰ χρήσεως ἐιδικῶν ἠλεκτρομηκνισιομέτρων (Strain Gauges), τὰ ὁποῖα εἶχον συνδεθῆ μετὸ μεταλλικὸν ἔλασμα και ἔδιδον εἰς παλμογράφον, καταλλήλως συνδεδεμένον, τὴν παραμόρφωσιν τὴν ὁποίαν προκαλοῦσεν εἰς αὐτὸν τὸ κιβώτιον. Ὁ χρόνος αὐτὸς εἶναι τῆς τάξεως τῶν 6 ἑκατοστῶν τοῦ δευτερολέπτου.

Εἰς τὸν πίνακα III, ἐκτὸς τῶν ἄλλων ἀποτελεσμάτων, δίδονται και αἱ τιμαὶ ἐπιταχύνσεως εἰς μονάδας  $g$  ( $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ) διὰ  $t = 0,06 \text{ sec}$ . Ἐξ αὐτῶν τῶν τιμῶν φαίνεται, ὅτι ἡ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως εἶναι πάντοτε τοῦλάχιστον δέκα φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

Κατὰ τὴν δοκιμὴν αὐτὴν πρέπει νὰ ἀναφερθοῦν και τὰ ἑξῆς :

1. Τὰ δοκίμια 2, 3, 6, 8 ἀπετελοῦντο ἀπὸ τὴν πλαστικὴν μήτραν μόνον, χωρὶς τὰ ξύλινα κιβώτια και ἀφέθησαν ἀπὸ ὕψος 7,20 m.
2. Τὸ δοκίμιον 11 ἀπετελεῖτο ἀπὸ δύο ξύλινα κιβώτια χωρὶς μήτρα, τὸ δὲ ἀντικείμενον ἐστηρίζετο εἰς πέντε πλαστικά ἔδρανα ἐντὸς τοῦ ἐσωτερικοῦ κιβωτίου.
3. Τὸ δοκίμιον 15 (μαρμάρινος κοῦρος ὕψους 130 ἐκ. περίπου) ἐθραύσθη μόνον εἰς προϋπάρχουσιν συγκόλλησιν.
4. Ὅλα τὰ ὑπόλοιπα δοκίμια παρέμειναν ἀνέπαφα κατὰ τὴν δοκιμὴν κρούσεως ἐκτὸς τῶν δοκιμῶν 8 και 11.

#### 6. ANTOXH ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΕΙΣ ΥΨΗΛΗΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΝ

Τὸ κιβώτιον συσκευασίας ἐποποθετήθη ἐντὸς κλιβάνου σταθερᾶς θερμοκρασίας  $100^\circ\text{C}$ . Συγχρόνως ἐμετρήθη μετὸ τὴν βοήθειαν θερμοστοιχείων ἢ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ κιβωτίου και ἀμέσως ἐπὶ τοῦ ὁμοιώματος τοῦ ἀρχαίου ἀντικειμένου. Τὸ πείραμα διήρκεσε  $5\frac{1}{2}$  ὥρας. Ἡ τελικὴ τιμὴ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὁμοιώματος μετὰ τὸ πέρασ ἐκάστου πειράματος ἦτο  $36^\circ\text{C}$ .

Λεπτομερεῖς μετρήσεις καθὼς και γραφικὴ παράστασις τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας συναρτήσει τοῦ χρόνου δίδονται εἰς τὸν πίνακα IV και εἰς τὸ σχῆμα 8.

Π Ι Ν Α Ξ Ι Ι Ι  
 'Αποτελέσματα δοκιμών εις έλευθέραν πτώσιν

$\frac{A}{\Delta \sigma \kappa}$	Βάρους χιβωτίου kp.	Διαστάσεις χιβωτίου (cm <sup>3</sup> )	Ταχύτης πτώσεως $v_{\pi}$ (m/sec)	Ύψος ανάπαλ- σεως h (m)	Ταχύτης ανάπαλ- σεως $v_{\alpha}$ (m/sec)	Έπιτά- χυνσις $\gamma$ (g)	Συντελεστής ανάπαλσεως $k = v_{\alpha} / v_{\pi}$	Περιεχόμενον χιβωτίου	'Αποτελεσμα πτώσεως
1	58,4	66 × 73 × 61,5	9,0	0,35	2,6	19,7	0,29	Γύψινη μάσκα	Καλώς
2			10,7	0,50	3,1	23,3	0,29	»	»
3			10,7	0,50	3,1	23,3	0,29	»	»
4	58,4	66 × 73 × 61,5	9,0	0,31	2,5	19,5	0,28	»	»
5	56,2	66 × 73 × 61,5	7,6	0,21	2,0	16,3	0,26	»	»
6			10,7	0,35	2,6	22,7	0,24	»	»
7	100,0	66 × 73 × 61,5	7,6	0,29	2,4	17,0	0,32	Δύο άγγεϊα	»
8			10,0	0,15	1,7	19,8	0,17	Γύψινο ειδώλιο	'Εθραύσθη
9	56,2	66 × 73 × 60,5	9,0	0,20	2,0	8,7	0,22	Γύψινη μάσκα	Καλώς
10	46,6	66 × 73 × 60,5	8,6	0,12	1,5	17,2	0,17	Χάλκινο κτέρισμα	Καλώς
11	103,0		6,8	0,12	1,5	14,2	0,22	Μαρμάρινο ειδώλιο	'Εθραύσθη
12	74,0	66 × 73 × 60,5	8,4	0,19	1,9	17,5	0,23	Γνήσιο άγγεϊο συγκολ.	Καλώς
13	76,5	66 × 73 × 60,5	7,3	0,15	1,7	15,3	0,23	Δύο γνήσια άγγεϊα	Καλώς
14	59,0		7,6	0,15	1,7	15,8	0,22	Γύψινο ειδώλιο	Καλώς
15	149,0	54,5 × 68,5 × 210	7,6	0,05	1,0	14,7	0,13	Μαρμάρινο ειδώλιο	'Εθραύσθη

## Π Ι Ν Α Κ Η Ι V

Θερμοκρασΐαι δοκιμΐων μετὰ ἀπὸ σταθερὰν ἔκθεσιν τῆς συσκευασΐας εἰς θερμοκρασίαν  $T = 100^{\circ}C$  ἐπὶ  $5\frac{1}{2}$  ὥρας

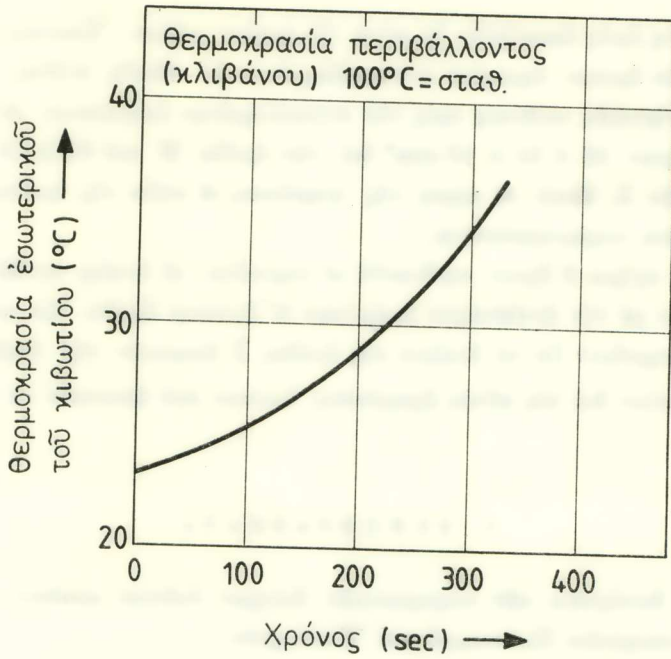
t (min)	T ( $^{\circ}C$ )
0	23
100	25
200	29
300	34
330	36

7. ΑΝΤΟΧΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΪΑΣ ΕΙΣ ΑΠΟΤΟΜΟΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗΝ  
ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΪΑΣ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗΝ  
ΕΚ ΤΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΕΩΣ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

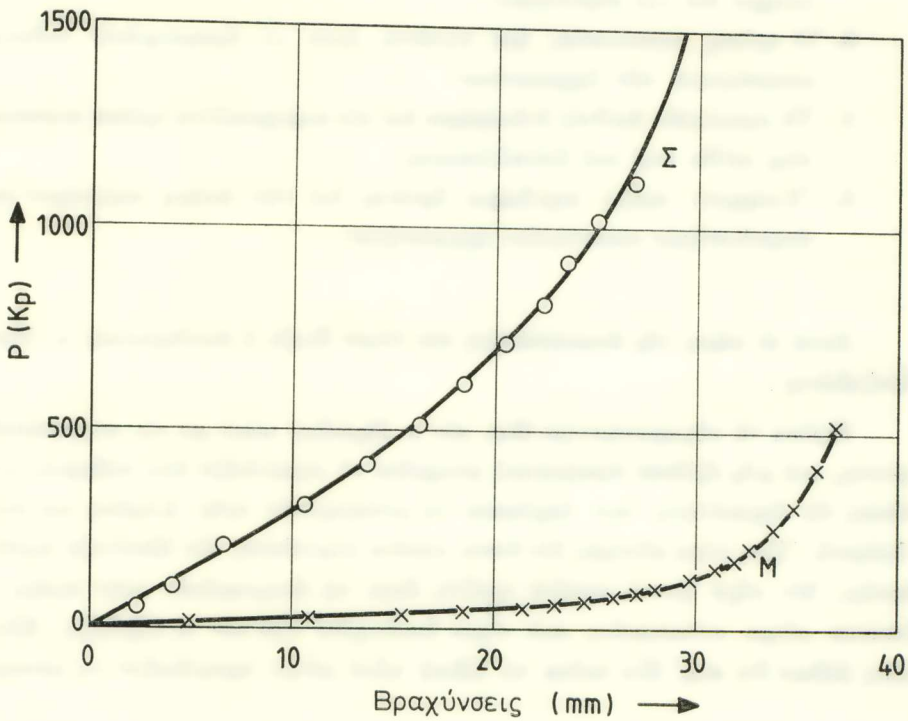
Τὸ κιβώτιον συσκευασΐας ἑτοποθετήθη ἐπὶ ἐσχάρας ἐντὸς κοιλότητος τοῦ ἑδάφους ἀκτίνος 30 μέτρων καὶ βάθους 2 μέτρων. Ἐν συνεχείᾳ περιεβράχη διὰ μεγάλης ποσότητος κεροζίνης καὶ λιπαντικοῦ εἰς ἀναλογίαν ὄγκων 4 πρὸς 1 καὶ προεκλήθη ἀνάφλεξις τῶν ἐκρηκτικῶν ὑλῶν. Ἡ θερμοκρασία τῆς φλογὸς ἔμετρήθη δι' εἰδικοῦ πυρομέτρου εἰς  $1600^{\circ}C$ . Τὸ κιβώτιον ἔκαίετο ἐπὶ 45'' καὶ ἐν συνεχείᾳ τὸ πῦρ κατεσβέσθη ὑπὸ πυροσβεστήρων. Ἐκ τῶν ἐνδείξεων τοῦ θερμομέτρου μεγίστου καὶ ἐλαχίστου τὸ ὁποῖον εἶχεν ἐν ἀρχῇ τοποθετηθῆ ἐντὸς τοῦ κιβωτίου παρατηρήθη ὅτι ἡ θερμοκρασία μετὰ τὸ πέρασ τοῦ πειράματος παρέμεινεν ἀμετάβλητος.

8. ΑΝΤΟΧΗ ΕΙΣ ΘΛΙΨΙΝ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΒΩΝ ΣΤΗΡΙΞΕΩΣ

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω περιγραφεισῶν δοκιμῶν, ἐγένετο ἔλεγχος δύο ομάδων κύβων ἐκ σπογγώδους ἐλαστικοῦ. Ἡ πρώτη ομάδα, ἡ ὁποία συμβολίζεται διὰ τοῦ γράμματος Σ ἀπετελεῖτο ἐξ ὑλικοῦ μεγαλυτέρας σκληρότητος ἐκείνου τῆς δευτέρας ομάδος μὲ σύμβολον Μ.



Σχ. 8.



Σχ. 9.

Ἐκάστη ὁμὰς ἀπετελεῖτο ἐκ πέντε (5) ὁμοίων κύβων. Ἐκαστος κύβος ἀπετελεῖτο ἐκ δύο ὁμοίων τεμαχίων συγκολλημένων δι' εἰδικῆς κόλλας. Τὸ θλιπτικὸν φορτίον ἠσκήθη καθέτως πρὸς τὴν συγκολλημένην ἐπιφάνειαν. Αἱ διαστάσεις τῶν κύβων ἦσαν  $53 \times 51 \times 49 \text{ mm}^3$  διὰ τὴν ὁμάδα Μ καὶ  $51 \times 50 \times 43 \text{ mm}^3$  διὰ τὴν ὁμάδα Σ. Μετὰ τὸ πέρασ τῆς φορτίσεως οἱ κύβοι τῆς ὁμάδος Σ παρέμειναν μονίμως παραμορφωμένοι.

Εἰς τὸ σχῆμα 9 ἔχουν σχεδιασθῆ αἱ καμπύλαι, αἱ ὁποῖαι συνδέουν τὸ ἑκάστοτε φορτίον μὲ τὴν ἀντίστοιχον βραχύνσιν δι' ἑκάστην ὁμάδα. Ἐκ τοῦ σχήματος αὐτοῦ παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δοκίμια τῆς ὁμάδος Σ ἀπαιτοῦν τὴν ἐπιβολὴν μεγαλύτερων φορτίων διὰ τὰς αὐτὰς βραχύνσεις ἐκείνων πού ἀπαιτοῦν τὰ δοκίμια τῆς ὁμάδος Μ.

#### 9. Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

1. Ἡ διενέργεια τῶν πειραματικῶν ἐλέγχων ἐγένετο κατόπιν ἐντολῆς τοῦ Ἑπιτετιοῦ Πολιτισμοῦ καὶ Ἐπιστημῶν.
2. Κατεβλήθη προσπάθεια ὅπως τὸ ὑλικὸν συσκευασίας εἶναι τὸ καταλληλότερον διὰ τὴν περίπτωσιν.
3. Ὁ τρόπος συσκευασίας ἦτο τοιοῦτος ὥστε νὰ ἀποφευχθῶν πιθαναὶ καταστροφαὶ τῶν ἀρχαιοτήτων.
4. Τὸ προκληθὲν διεθνὲς ἐνδιαφέρον διὰ τὸν περιγραφέντα τρόπον συσκευασίας πείθει περὶ τοῦ ἀποτελέσματος.
5. Ὑπάρχουν πολλὰ περιθώρια ἐρεῦνης διὰ τὴν ἀκόμη καλύτεραν καὶ ἀσφαλεστέραν συσκευασίαν ἀρχαιοτήτων.

Μετὰ τὸ πέρασ τῆς ἀνακοινώσεως τὸν λόγον ἔλαβε ὁ ἀκαδημαϊκὸς κ. Μαν. Χατζηδάκης :

Πρέπει νὰ εὐχαριστήσουμε ὅλοι τὸν κ. Πρόεδρο γιατί μὲ τὴν πειραματικὴν ἔρευναν, πού μᾶς ἐξέθεσε πραγματικὰ μποροῦσε νὰ προφυλάξει ἀπὸ σοβαροῦς κινδύνους τὴν ἀρχαιοτήτες πού ἐπρόκειτο νὰ μεταφερθῶν εἰς τὴν Ἑλλάδα καὶ εἰς τὴν Ἀμερική. Ἐως τώρα εὐτυχῶς δὲν ἔπασ κανένα ἀεροπλάνο, δὲν ἐβούλιαξε κανένα βαπόρι, δὲν πῆρε φωτιά κανένα τραῖνο, ὥστε νὰ δοκιμασθῶν εἰς τὴν πράξιν τὰ ἔκτακτα μέτρα συσκευασίας πού εἶχαν ὑποδειχθῆ ἀπὸ τὸν κ. Πρόεδρο. Εἶναι ὅμως βέβαιο ὅτι παρ' ὅλα ταῦτα τὰ εἰδικὰ αὐτὰ μέτρα προφύλαξαν τὴν μεταφε-



ρόμενες ανά τον κόσμο αρχαιότητες από τους συνήθεις κραδασμούς των μεταφορικών μέσων και αυτό αποτελεί ήδη μεγάλη ύπηρεσία. Μικρές ζημιές στο θαυμάσιο χρυσό στέφανο της Βεργίνας και στο μοναδικό κρατήρα του Δερβενίου δεν αποτελούν οριστικές απώλειες. Αυτά τα όποια δεν μπορούσαν να προβλέψουν οι πειραματικές έρευνες του κ. Προέδρου ανήκουν σε άλλο χώρο. Πρόκειται για τις πάσης φύσεως ήθικες και άλλες αυτού του είδους ζημιές, που προκάλεσε και προκαλεί η απομάκρυνση τόσο σημαντικών αρχαιοτήτων από τον τόπο τους για τόσα πολλά χρόνια (έχουμε αναλάβει υποχρεώσεις για όλο το 1983). Δεν επεκτείνομαι στο θέμα αυτό τώρα, γιατί πιστεύω ότι η 'Ακαδημία 'Αθηνών ή όποία είχε έκδηλώσει την αντίθεσή της στην έξαγωγή των αρχαιοτήτων, έχει υποχρέωση, ύστερα από 4 χρόνια πικρής έμπειρίας, σε ειδική συνεδρίαση να αποτιμήσει τα αποτελέσματα του έγχειρήματος αυτού, ώστε να βοηθήσει την πολιτεία στο σχετικό προγραμματισμό.

#### S U M M A R Y

The safe transportation of archaeological objects from place to place, is a difficult task due to the influence of a series of factors, mechanical, thermal, biological and others, resuming finally in a probable destruction of the objects.

Rapid thermal variations, possible fall of the packing cases into a rigid ground or barometrical voids during the air transportation, are some of the factors which must seriously be encountered in the study of packing - up.

Another considerable factor is the kind of the packing material, which must have such a composition in order to possess maximum dumping of random vibrations, created during any type of transportation, full contact with the object, high penetration - resistance, low density and high - compressive strength.

It is clear from the above considerations that a detailed study of the packing methods is necessary. For these reasons, the safe transportation of archaeological objects demands an extensive experimental study of the behavior of the package by any Museum all over the world.

The Laboratory for Testing Materials of the Athens National Technical University, after an official request of the Ministry of Cultures

and Sciences, in January - February 1979 developed an extensive research programme for studying the strength and the properties of the packing methods which resulted to the selection of the appropriate packing material and methods for the archaeological objects.

The various types of tests, related to the strength and the properties of the materials and package used in such transportations during this research programme, consisted of :

1. Fall - down dynamic testing of the strength of packing cases.
2. Testing of the strength under the influence of high temperature conditions during a fire of combustible.
3. Testing of the strength under the influence of a constant high temperature during a long period of time.
4. Compression testing of elastical supports of the packing cases.
5. Compression testing of packing material and
6. Penetration testing of the packing materials.

All these tests were executed at the Laboratory for Testing Materials of the National Technical University of Athens.

A detailed description of the method of selecting the appropriate packing material for the archaeological objects, together with the testing methods and the results obtained are presented in this report.