

**ISTITUTO NAZIONALE di FISICA NUCLEARE
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

**LNF-92/051 (NT)
11 Giugno 1992**

Alvaro Ceccarelli, Bruno Dulach:

KLOE TECHNICAL NOTE

LNF-92/051 (NT)
11 Giugno 1992

KLOE TECHNICAL NOTE

Alvaro Ceccarelli, Bruno Dulach

INFN – Laboratori Nazionali di Frascati, P.O.Box 13, I-00044 Frascati (Roma) Italia

Studio delle caratteristiche fisico-meccaniche del composito Piombo– fibre scintillanti per la realizzazione del calorimetro E.M. dell' esperimento KLOE

ABSTRACT

Visto il recente interesse nella costruzione di calorimetri E.M. realizzati con fibre scintillanti, si è reso necessario comprendere il comportamento alle sollecitazioni meccaniche, del composito piombo–colla– fibre scintillanti, individuandone sia il parametro elastico (E) (modulo di Young) sia i parametri di resistenza alla trazione e flessione.

In consideration of the interest in building E.M. Calorimeters made with sparkling fibres, it was necessary to study the reaction of composite Lead–Glue– Sparkling Fibres to mechanical stresses, specifying both the elastic parameter (E) (Young's modulus) and the resistance parameters to traction and flection

1.- INTRODUZIONE

Nella Figura 1 è mostrato lo schema del barrel del C.E.M. che verrà realizzato per l'esperimento KLOE.

A causa del diverso posizionamento angolare dei 24 moduli che compongono il calorimetro essi saranno sollecitati, dal proprio peso, con una orientazione che va da 0° a 360°. Per tale ragione sono state eseguite prove di resistenza con diversa configurazione di carico, allo scopo di individuare la situazione di sollecitazione piu' sfavorevole. In particolare sono state eseguite prove di flessione e prove di trazione.

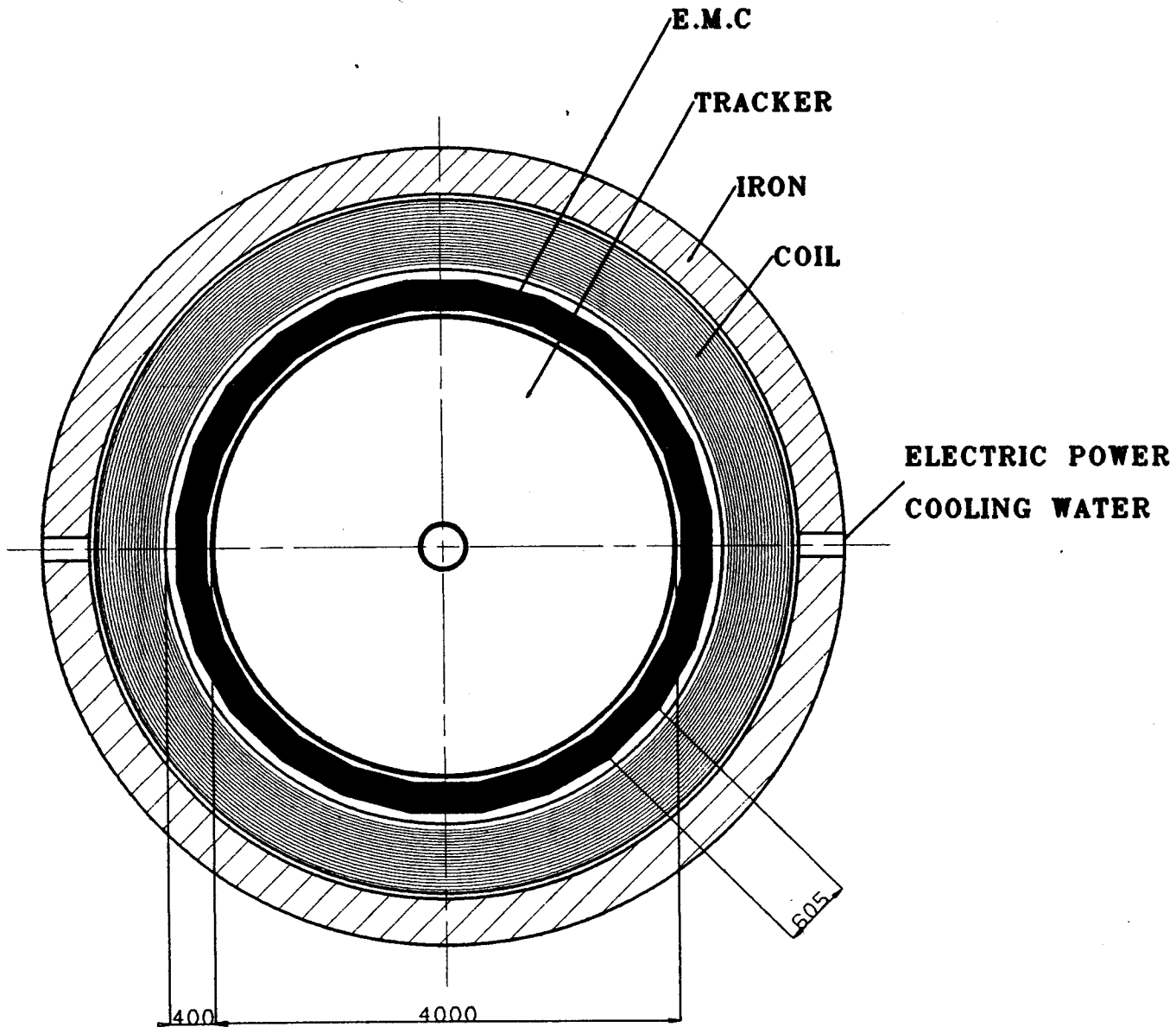


FIG. 1 - Barrel del C.E.M.

2. - CARATTERISTICHE DEI PROVINI

- a) Dimensioni del 1° provino: circa 15 x 15 x 220mm.
Dimensioni del 2° provino: circa 15 x 15 x 220mm.
- b) Fibre scintillanti:
Composizione: plexiglass + resine + additivi per luce.
Diametro 1mm.
Numero strati: 11
- c) Piombo: con antim. al 6% x la prova di trazione / puro x prova di flessione.
Sagoma: vedi Fig. 2.

Numero strati: 12

- d) Colla: resina specifica per contatti ottici, Bicron sigla: BC 600, x prova di flessione / resina a due componenti, denominata NE 581, x prova di trazione.
- e) Sezioni: Piombo 40% circa.
Fibra 40% circa.
Colla 20% circa.

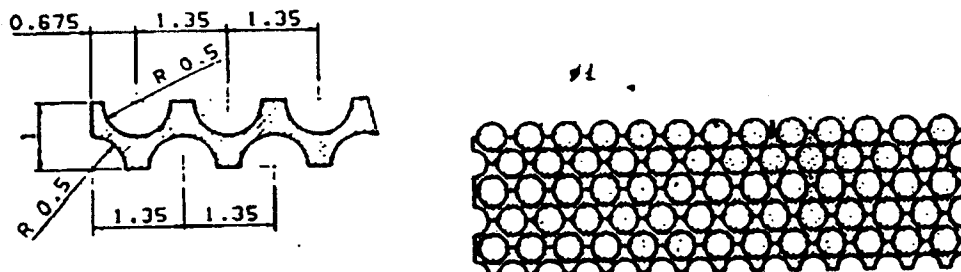


FIG. 2 - Particolari.

3. - PROVA A FLESSIONE

3.1. - STRUMENTI UTILIZZATI

Prova effettuata con macchina universale, con portata da 0-20 KN.

Detta macchina è stata specificatamente costruita e tarata (ditta OMECO) secondo le norme europee, e permette lo spostamento del relativo punzone rispetto ai supporti ad una velocità (v) quasi costante ed indica i carichi applicati con un errore $\pm 1\%$ e le frecce con un errore $\pm 2\%$.

I supporti e il punzone centrale sono larghi, come da norma, quanto la provetta e paralleli tra loro. Il raggio ($r1$) del punzone ed il raggio ($r2$) dei supporti sono di dimensioni:

$$r1 = 5\text{mm.}$$

$$r2 = 2\text{mm.}$$

La luce tra i supporti L è regolabile (vedi Fig. 3).

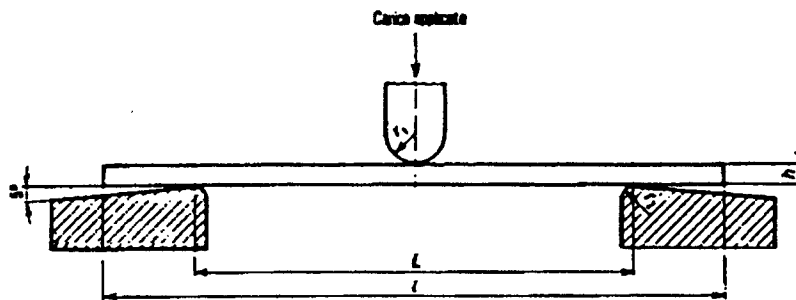


FIG. 3 - Configurazione della prova di flessione.

3.2. - PROCEDURA E CONDIZIONI DI PROVA

- a) Carteggiatura e pulitura del provino.
- b) Misurazione della provetta effettuata con micrometro.
- c) Provetta adagiata su supporti paralleli, assicurarsi che l'asse della provetta sia perpendicolare ai supporti.
- d) Controllo che il punzone sia posto esattamente alla meta' della luce.
- e) Portata max applicata 10 KN e con velocita' di avanzamento di 7.25mm/ minuto.
- f) Registrazione su carta millimetrata del diagramma carichi applicati/ allungamenti (frece), vedi all. n°2

3.3. - NORMA

La prova, vista la composizione dei provini è stata eseguita con le procedure per il materiale plastico rinforzato Norma UNI 63.

Il metodo ci ha determinato le seguenti caratteristiche meccaniche a flessione:

- a) modulo di elasticita' a flessione
- b) carico unitario di rottura.

4. - CONDIZIONI DI CARICO

Le prove sono state effettuate, come precedentemente detto, su n° 2 provette (vedi Fig. 4).

Sul primo provino, la prova di flessione è avvenuta applicando il carico longitudinalmente alle fibre; mentre sul secondo il carico è stato applicato trasversalmente alle fibre. Allo scopo di simulare i due limiti delle condizioni di carico del calorimetro.

I risultati delle due prove si trovano sugli allegati 1-2 forniti dalla ditta OMECO.

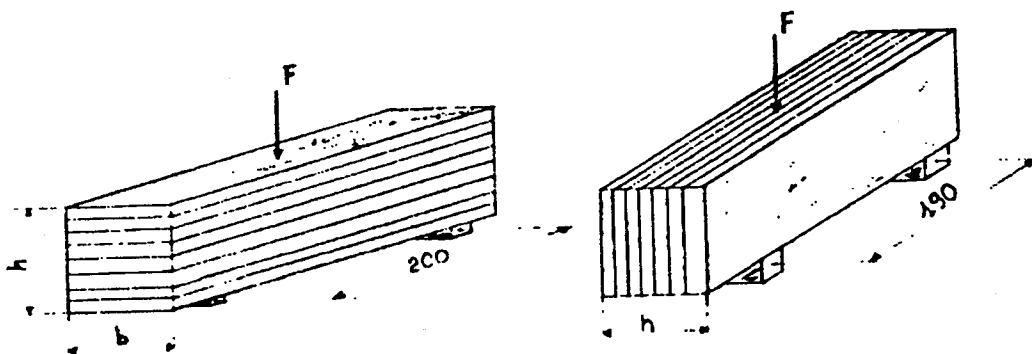


FIG. 4 - Disposizione delle provette.

5. - CALCOLO E ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Calcolo del carico unitario di flessione (σ) in megapascal, per un carico(F) mediante la formula:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

dove: (M) è il momento flettente per il carico (F), dato dalla formula:

$$M = \frac{FL}{4}$$

nella quale: F è il carico applicato, in newton,
L è la lunghezza della luce tra i supporti, in millimetri.

W è il modulo di inerzia della sezione retta, in millimetri cubi; nel caso di una sezione rettangolare (nostro caso), il modulo di inerzia è dato da:

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

dove (b) e (h) sono rispettivamente la larghezza e lo spessore della provetta, in millimetri.

Il carico unitario di flessione è allora dato dalla formula seguente:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

6. - MODULO DI ELASTICITA' A FLESSIONE (E)

Tracciare la curva carichi-frecce a partire dai risultati ottenuti. Determinare il modulo di elasticità a partire dalla parte rettilinea iniziale della curva carichi-frecce. E è dato dalla formula seguente:

$$E = \frac{L^3}{4bh^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta d}$$

dove: E è il modulo di elasticità, in megapascal;

L è la distanza tra i supporti, in millimetri;

b è la larghezza della provetta, in millimetri;

h è lo spessore della provetta, in millimetri;

ΔF è la variazione del carico nella parte iniziale della curva carichi-frecce in newton;

Δd è la variazione della freccia corrispondente alla variazione di carico F, in millimetri.

7. - PROVA A TRAZIONE

7.1. - STRUMENTI UTILIZZATI

Prova effettuata con: a) macchina a trazione con portata da 0-100kN.
 b) estensimetro L = 50mm.

7.2. - PROCEDURA E CONDIZIONI DI PROVA

- a) Carteggiatura e pulitura del provino, destinato alla sollecitazione.
- b) Misurazione della provetta effettuata con micrometro.
- c) Serraggio dell'oggetto tra morsetti autostringenti.
- d) Applicazione dell'estensimetro L = 50mm. nella parte centrale del provino.
- e) Portata max applicata di 10kN e con la velocità di avanzamento di 1mm/m.
- f) Registrazione su carta millimetrata del diagramma allung./ carichi applicati.
- g) Prova effettuata con temperatura di 18° e umidità a 43%.

La prova, vista la composizione dei provini, è stata effettuata seguendo le procedure previste per il materiale plastico rinforzato.

Il metodo porta a determinare le seguenti caratteristiche a trazione:

- a) modulo di elasticità tangente iniziale e quando è possibile o necessita il modulo di elasticità secante.
- b) carico unitario a rottura

7.3. - CONDIZIONI DI CARICO

Le prove sono state eseguite su n°5 provini, di cui tre composti da piombo/fibre scintillanti/colla e altri due di fibre scintillanti/colla.

I provini sono stati sottoposti alla prova, applicando la forza di trazione nella stessa direzione delle fibre.

7.3. - SUNTO DELLA PROVA

La prova ha portato alla determinazione del carico totale a rottura e quindi al carico unitario con la provetta n°1.

Con le provette n°2/3/4 non è stato possibile per avvenuto scorrimento delle fibre (scollamento), vedi allegati 3/4 forniti dalla ditta OMECO. I valori del modulo elastico tangente sono stati rilevati nei provini n°2/3/4. Il provino n°5 non ha dato valori apprezzabili essendosi sfaldato ad inizio prova

8. - TABELLE COMPARATIVE E CONCLUSIONI

Dati della prova a trazione e della prova a flessione.

Le Tabelle sottoindicate ci forniscono i valori ottenuti nelle prove di trazione e flessione. In parentesi sono riportati i valori rilevati dalle tabelle normalizzate in uso.

Per i valori delle Tabelle, si deve tener conto della diversa composizione dei componenti usati per le due prove. In particolare il piombo usato nella prova di trazione era rinforzato con

antimonio al 6%, mentre nella prova di flessione era allo stato puro. Inoltre la colla usata, nella prova a trazione era una resina a due componenti, denominata NE 581; mentre nella prova a flessione è stata usata la colla resina specifica per contatti ottici, BICRON sigla: BC 600.

I valori ottenuti dalle prove, dove possibile, sono stati mediati e in alcuni casi arrotondati.

Nei riguardi delle prove di flessione non si è riscontrata un' apprezzabile differenza di resistenza tra la disposizione delle fibre normali al carico e quelle tangente al carico.

	E (N/mm ²)		σ (N/mm ²)		
	singolo componente	composito	singolo componente	composito	
Pb	(16000)		(30)		<u>TRAZIONE</u>
Fibra	(3200)	6300	(75)	65	
Colla	-----				
Pb	-----		(30)		<u>FLESSIONE</u>
Fibra	-----	1800	(80-100)	60	
Colla	-----		(30-50)		

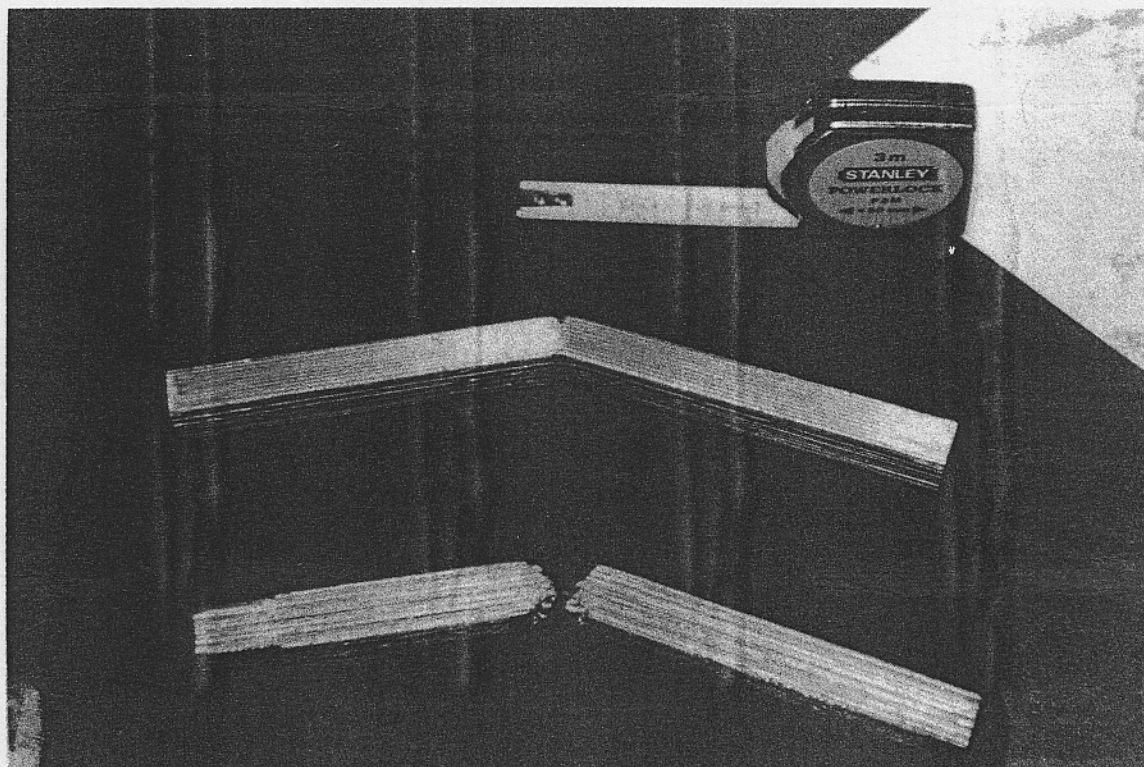


FIG. 5 - Prove di flessione.

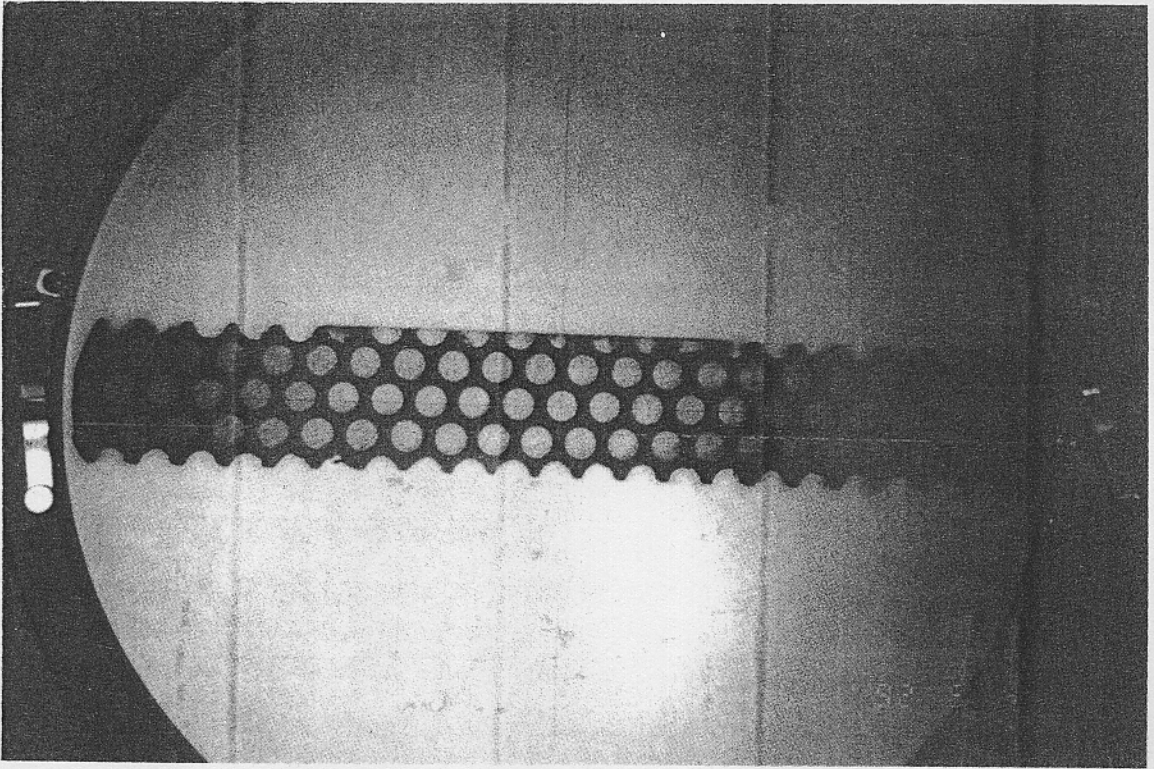


FIG. 6a – Ingrandimento della sezione del composto Pb – fibre scintillanti per 10 volte.

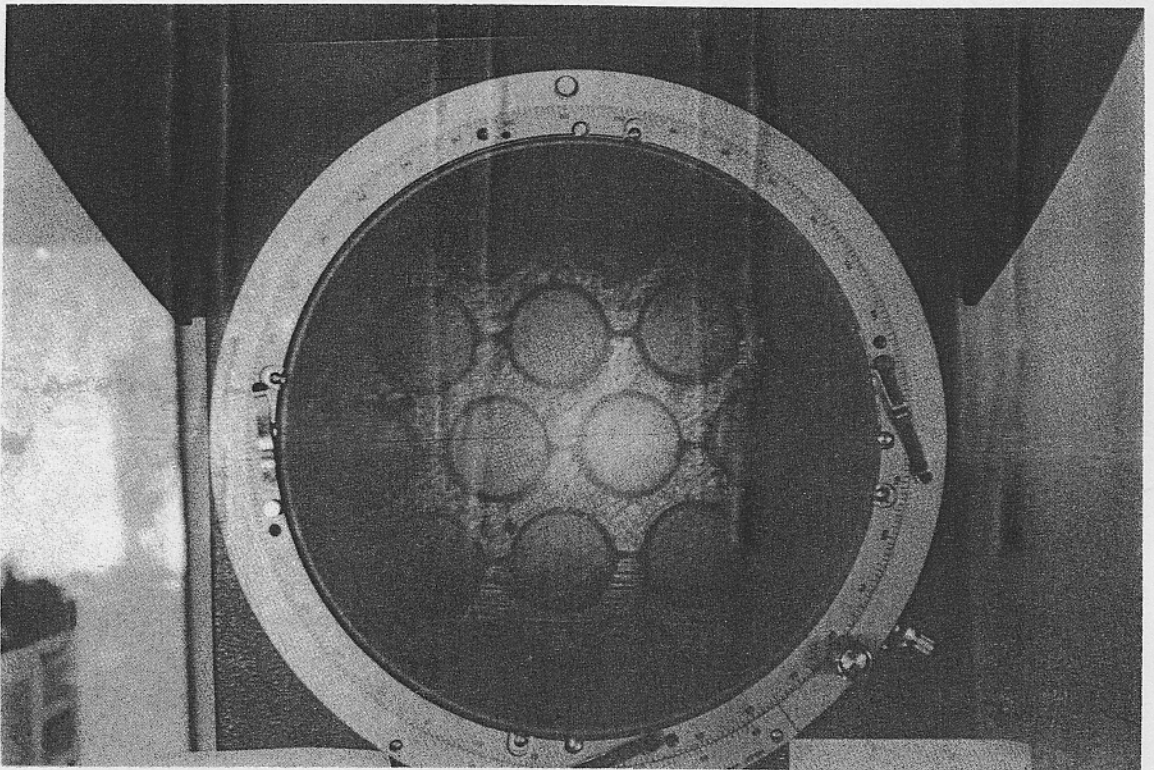


FIG. 6b – Ingrandimento della sezione del composto Pb – fibre scintillanti per 50 volte.

Sono previste ulteriori prove di trazione su provini composti da Pb allo stato puro, fibre e resina Bicron sigla: BC 600 (stessi componenti usati nella prova a flessione). Nonchè prove di trazione, sulla sola resina sopraccitata, per accertarsi della reale resistenza della medesima.

REFERENCES

- Formule e prova a flessione da normativa UNI EN 63.
- Formule e prova a trazione da normativa UNI EN 61.
- Certificazione delle prove dalla ditta OMECO.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia Iannotti Luciano per la costruzione e la qualità dei provini utilizzati.



s.r.l.

Centro Ricerca e Prove Materiali

Unità Emittente		Pag.	di
SPT	0667/0827/92	02	02

Esito prove

Temperatura di prova : 22°C

Umidità relativa : 53 %

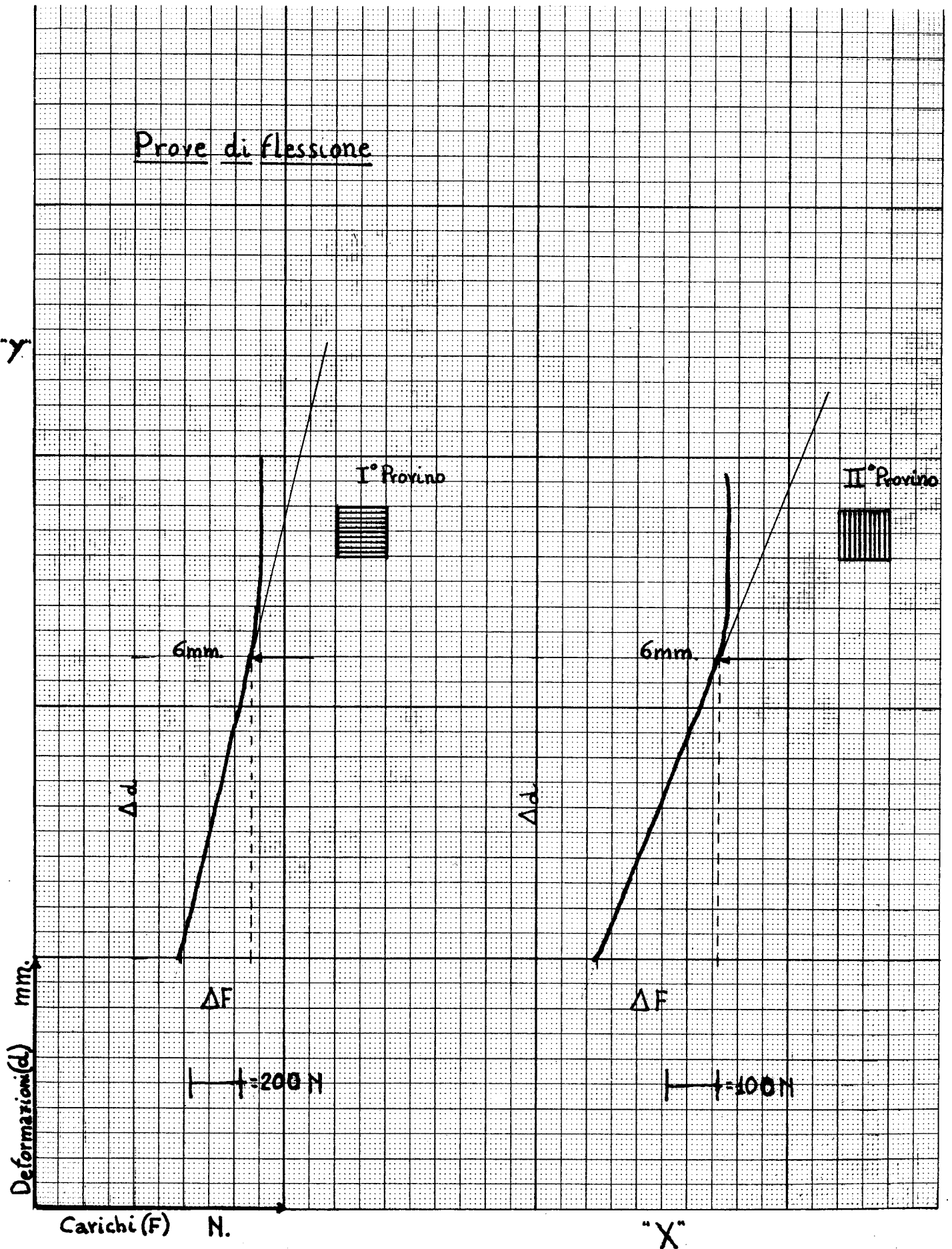
Velocità di prova : 7.5 mm/minuto

Lunghezza utile di riferimento L = 13 h.

Campione N.	Dimensioni b h (mm)	Carico totale a rottura (N)	Carico unitario (N/mm ²)	Modulo elastico tangente (N/mm ²)
1	14.2 x 15.50	700	61.55	1765
2	15.11x 14.5	635	57.06	1380 1736



ALLEGATO 2



ALLEGATO 3



Unità Emittente		Pag.	di
SPT	2558/3091/91	02	02

Esito prove

Temperatura di prova : 18°C
Umidità relativa : 43 %
Velocità di prova : 1 mm/minuto
Lunghezza utile di riferimento L_0 : 50 mm

Campione N.	Dimensioni mm	Carico totale a rottura N	Carico unitario N/mm ²
1	12.00 x 13.20	7560	47.7
2	13.44 x 14.41	4650*	24.0 *
3	13.20 x 14.13	5495*	29.5 *
4	13.55 x 12.72	6040*	25.0 *
5	13.04 x 13.80	3350*	18.6 *

* Il carico totale indicato non è il carico di rottura del provino, ma è il picco massimo raggiunto durante la prova, in quanto non si è verificata la rottura della provetta ma uno scorrimento delle fibre.

Campione N.	Modulo elastico tangente N/mm ²	Modulo elastico secante 0.2 % d'allungamento N/mm ²
2	6580	3870
3	5960	3580
4	2510	----

Nel campione N. 4 il modulo elastico secante allo 0.2 % non è calcolabile in quanto non vi è stato un allungamento del 0.2 %.

