

I-19 光弾性実験用として試作せる二装置 — 大型遠心力式  
負荷装置と高速度撮影装置 — について

建設省土木研究所 正員 工博 ○高田孝信  
" " 正員 栗林栄一

1. 大型遠心力式負荷装置の試作:

ガムのような重量構造物の自重による応力を光弾性実験により求める方法としては供試体を等速回転させる, いわゆる遠心力式方法が用いられて来たが, 本報告は同方法を実用問題解決に便利なように大型化し, 更にその応用として自重による応力のみならず, ガムの場合水圧負荷時の応力をも求める方法を示したものである。

本装置は大型の三次元的な光弾性実験用模型の応力凍結を可能にするため, 図-1. に示すように電気炉回転式を採用し, 炉内の加熱および温度の調節は回転軸に取りつけた Slip Ring を通して行った。今回回転軸より電気炉中心(供試体中心)までの距離を1mとし,

図-2 のような断面を有するガムの模型について実験を行うものとすれば, 基礎の影響を考慮しなければ自重  $W$  および水圧力  $H$  により底部に生ずる応力  $\sigma$ , 例は

$$\sigma_w = -0.4 \gamma_w h^2 \left[ \frac{1}{0.8h} \pm \frac{0.4h}{3} \times \frac{6}{(0.8h)^2} \right] = \begin{cases} -\gamma_w h & \dots \text{上流側} \\ 0 & \dots \text{下流側} \end{cases}$$

$$\sigma_H = \pm \frac{\gamma_H h}{0.64} \dots \dots \dots \begin{cases} \dots \dots \dots \text{上流側} \\ \dots \dots \dots \text{下流側} \end{cases}$$

従って, 荷重倍数を  $k = \frac{1}{4} \frac{\gamma^2}{\gamma^2}$ , 模型および液体の比重をそれぞれ  $1.2 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.8 \text{ g/cm}^3$  とすれば

$$\gamma_w = 1.2 \text{ k g/cm}^3 = 1.2 \text{ k} \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3,$$

$$\gamma_H = 0.8 \text{ k} \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3,$$

よって  $h = 50 \text{ mm}$  とすれば

$$\sigma_w = \begin{cases} -1.2 \text{ k} \times 10^{-6} \times 50 = -6 \text{ k} \times 10^{-5} \text{ kg/cm}^2 & \dots \dots \dots \text{上流側} \\ 0 & \dots \dots \dots \text{下流側} \end{cases}$$

$$\sigma_H = \pm \frac{0.8 \text{ k} \times 10^{-6} \times 50}{0.64} = \pm 6.25 \text{ k} \times 10^{-5} \text{ kg/mm}^2 \dots \dots \dots \begin{cases} \dots \dots \dots \text{+上流側} \\ \dots \dots \dots \text{-下流側} \end{cases}$$

全体としての応力は,  $\sigma_w + \sigma_H = (-6 + 6.25) \text{ k} \times 10^{-5}$   
 $= 0.25 \text{ k} \times 10^{-5} \text{ kg/mm}^2 \dots \dots \dots \text{上流側}$

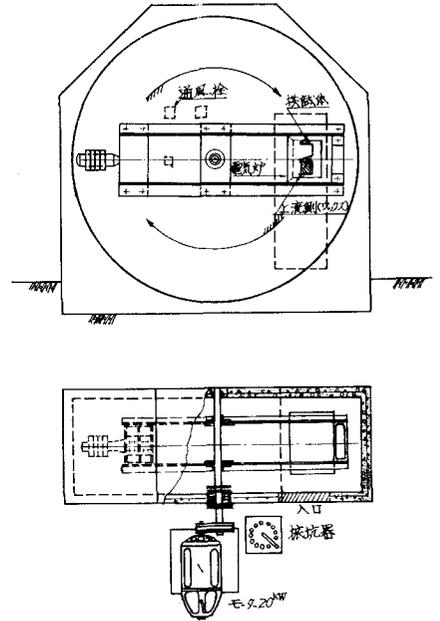


図-1 大型遠心力負荷装置

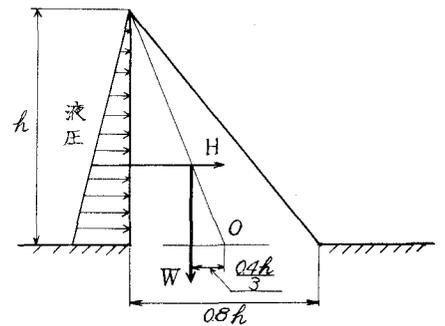


図-2

$$= -6.25 \times 10^{-5} \text{ kg/mm}^2 \dots \dots \text{下流側}$$

次に光弾性係数  $n$  と二つの主応力  $\sigma_1, \sigma_2$  との関係は  $n = \alpha t (\sigma_1 - \sigma_2)$  であるから、供試体の  $\text{Slice}$  厚さ  $t = 5 \text{ mm}$ 、光弾性感度  $\alpha = 40 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{mm}$  とすれば、自重と液圧負荷時の場合、

$$\text{上流側； } n = \alpha t [\sigma_1 - \sigma_2] = 200 [\sigma_w + \sigma_H + \sigma_H k] = 2.5 \times 10^{-3}$$

$$\text{下流側； } n = \alpha t [\sigma_1 - \sigma_2] = 200 [\sigma_w + \sigma_H] = 1.25 \times 10^{-2} \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \text{又 } k &= \frac{1}{g} \frac{v^2}{r} = \frac{(2N\pi)^2 r}{g} = \frac{N^2 r}{90g} \\ &= \left(\frac{N}{30}\right)^2 \end{aligned}$$

$N$  : 電気炉(供試体)の回転数 (r.p.m.)

$$r = 100 \text{ cm} \dots \dots (2)$$

(1), (2)より下流側底部について  $n \sim N, k \sim N$  の関係を探めて見れば図-3 のようになる。

これらにより本装置の諸元は次のようにした。

動力 : 200V, 20KW (50 cycle にて 945 r.p.m.)

定速モーター電気炉の回転数  $N = 400, 500, 600$

r.p.m. (70-リーにより減速) 回転軸中心より

供試体中心までの距離  $r = 100 \text{ cm}$

電気炉炉体大きさ :  $50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}$

電気炉回転室大きさ : 直径  $300 \text{ cm}$ , 巾  $100 \text{ cm}$

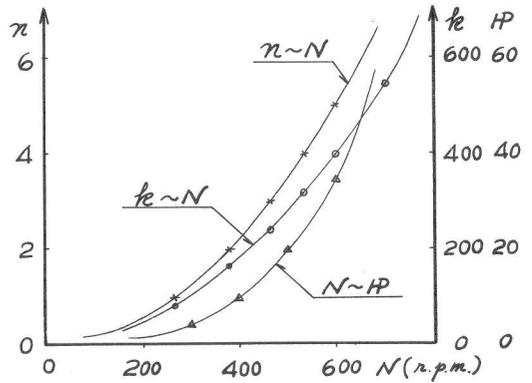


図-3.

## 2. 遠心力式液体圧負荷実験法 :

遠心力式負荷法はこれまで自重による応力測定に限られていたが、ガムの場合次のような物体を上流側に充填する事により(写真-1参照)水圧負荷時の場合にも応用でき、従来用いられて来たレバー式やジャッキ式等の場合に生ずる接触応力の影響、負荷法の困難性を克服する事が出来る。液体圧負荷物体 *micro wax* の特性は

針入度 :  $25^\circ \text{C}$  にて  $50/60$

粘度 :  $100^\circ \text{C}$  にて, Saybolt (universal)  $85/100$

溶融点 :  $77^\circ \text{C}$

比重 :  $15^\circ \text{C}$ ,  $0.88$  ;  $80^\circ \text{C}$ ,  $0.82$  ;  $100^\circ \text{C}$ ,  $0.80$  ;  $120^\circ \text{C}$ ,  $0.78$

分解又は蒸発 :  $120^\circ \text{C}$  にて  $0.1\%/\text{hour}$

よって本物体を用うる事によりほぼ理想的な液体圧負荷時の応力を凍結して所要の応力を求める事ができるが、供試体に Araldite を用うれば"実際との関係は

実際の場合 :

水の比重/コンクリートの比重  $\approx 1/2.3$

本実験の場合

*micro wax* の比重/Araldite の比重  $\approx 0.78/1.20$

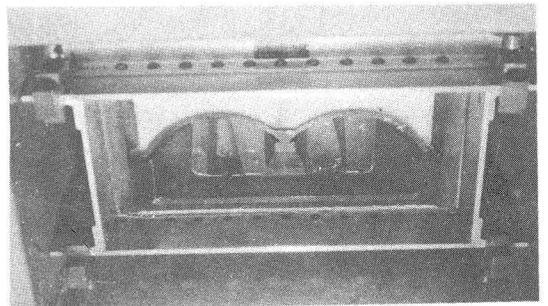


写真-1. 供試体の装着.

$$= 1/154$$

従つてこの場合の凍結応力は実際の応力状態に対応していないので次のような5段階の操作を行う必要がある。

1. Araldite 自重のみによる応力の測定
  2. Micro wax 液体圧負荷時の応力測定
  3. 2.の測定応力より1.の測定応力を取り去り、micro wax 液体圧のみによる応力を求める。
  4. 1.および3.により求めた応力値を実際の応力値に換算する。
  5. 4.により求めた二つの応力値を加え合せる。
- 但しこの場合実物と模型試体との応力関係は次式にて表はされる。

$$\sigma_p / \sigma_m = \frac{R_p}{k_m} \cdot \frac{J_p}{J_m} \cdot S$$

但し Suffix  $p, m$  は実物および模型に対するもの、 $S$  は実物と模型との比である。

### 3. 高速度撮影装置とこれによる衝撃実験

衝撃等の動的応力状態を光弾性実験により求める方法としては撮影方法により流し写真とコマ写真による二方法が考えられている。前者の試作せる撮影装置は上の二方法を組合せた Sweep-method (第3回応力連合講演会発表) によるコマ写真撮影法の外、応力波の伝播状況撮影には流し写真撮影を可能にしたものである。撮影装置の概要は図-4に示す。

本装置により衝撃等の動的応力実験を行う場合の光学系は図-5に示す。実験例として片持梁に対する衝撃試験結果を写真-3および図-6および7に示す。

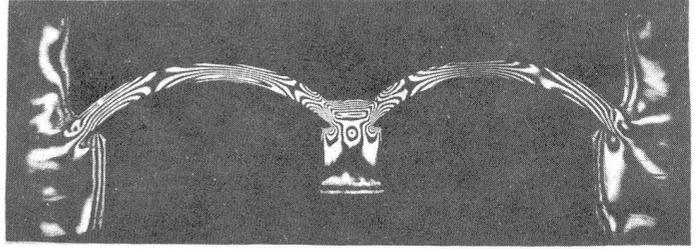


写真-2. ガム模型水平要素光弾性縮写真

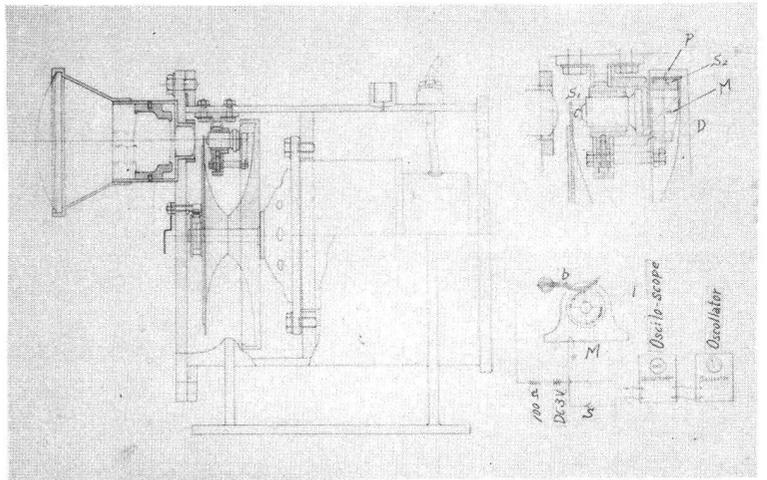


図-4. 高速度撮影装置

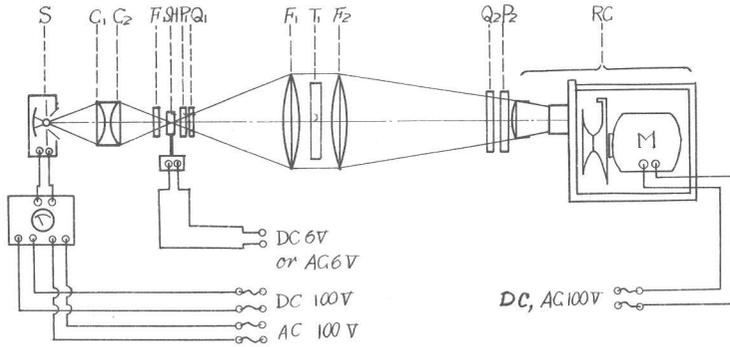


図-5 動的弾性実験装置

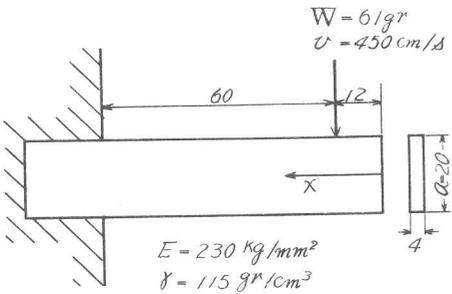


図-6 供試体および負荷状況

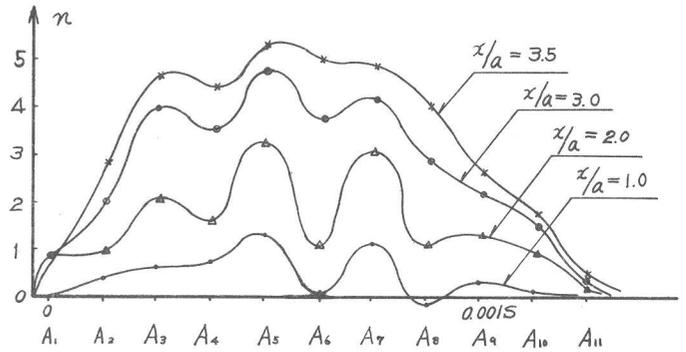
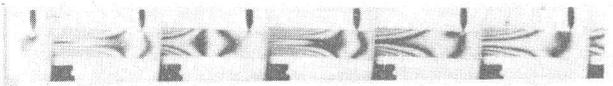


図-7 衝撃により片持梁上面に生ずる応力変動状況



A<sub>3</sub> 249.9    A<sub>2</sub> 138.8    A<sub>1</sub> 27.7  
 ~264.8    ~153.7    ~426 μs



A<sub>7</sub> 694.3    A<sub>6</sub> 583.2    A<sub>5</sub> 472.1    A<sub>4</sub> 361.0  
 ~709.2    ~598.1    ~487.0    ~375.9 ; A<sub>3</sub>



A<sub>12</sub> 1250.9    A<sub>11</sub> 1138.8    A<sub>10</sub> 1027.6    A<sub>9</sub> 916.5    A<sub>8</sub> 805.4  
 ~1264.8    ~1153.7    ~1042.5    ~931.4    ~820.3

カメラ回転数  $N = 9,000 \text{ r.p.m}$   
 1コマ露出時間  $14.9 \mu\text{s}$ ,  $\frac{d}{V} = 1.11 \mu\text{s}$   
 コマ間隔  $111.1 \mu\text{s}$ ,

写真-3 片持梁衝撃時縮写真