

54 振動・衝撃によるエポキシ樹脂の動的性質に関する研究

東北大学工学部 正員 ○秋田 宏
同 学生員 西口 泰夫
同 学生員 黒岩 隆

1. はじめに

近來、土木構造物の動的挙動の解析が盛んに行なわれている。静的な応力解析においては、光弾性応力解析はその可視的な面、完全性等の秀れた特性を持っていた。動的な解析においてもストロボ、高速カメラ等の利用によりこの特性を発揮することができる。この場合主要光弾性材料であるエポキシ樹脂の動的性質を知ることは、基本的に重要である。

エポキシ樹脂の動的性質に関しては、丹羽氏・佐藤氏の研究があり、衝撃による応力の解析からエポキシ樹脂がフォークト・モデルで表わせる粘弾性体として扱えるとの結論を得ている。

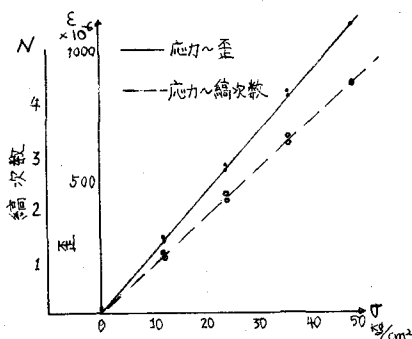


図-1 静荷重による試験結果

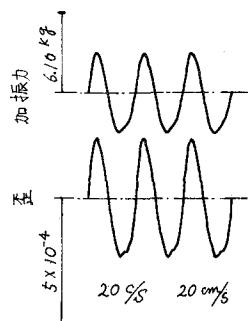
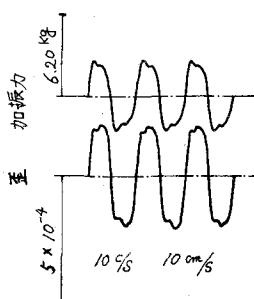


図-3-1 至加振力同時記録

一方、現実の土木構造物の振動解析を行なおうとする場合には、衝撃等のひずみ速度が大きい場合の性質だけでなく、100 cycle/sec以下の振動時における性質を知ることが重要であると思われる。この意味で我々は

梁に10~80 cycle/secの振動を与えた場合、および棒に125 cm/secの衝撃を与えた場合のエポキシ樹脂の性質について若干の実験を行なった。

2. 振動実験

使用したエポキシ樹脂は、東北大学工学部土木工学科多谷研究室で製作したもので、主剤-エポコート1001、硬化剤-無水フタル酸、重量比は10:3である。

エポキシ樹脂の静的な性質を調べる為に梁の曲げ試験を行った結果は図-1のようであり、これから静的ヤング率 $4.41 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、光弾性感度 0.95 m/kg が求められる。

図-2は静的試験および振動実験の模式図である。ひずみ測定には共和ストレーン・ゲージ K-6-A1 を用いた。

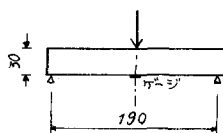


図-2 静的試験及び振動実験模式図

エポキシ樹脂がフォークト・モデルで表わされるものとするれば
 $\sin$ 波形のひずみ $\epsilon_0 e^{i\omega t}$ が与えられた場合の応力は

$$\sigma = E(1 + i\omega\tau) \epsilon_0 e^{i\omega t}$$

E : 静的ヤング率 τ : 遅延時間

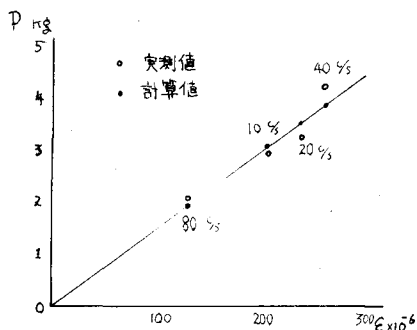


図-4 動荷重の比較

図-3-1 および図-3-2 である。この結果によると加振力とひずみの間の位相差は全く見られない。ここで加振機は日本測器社製 51A 型を用いた。永久磁石励磁方式により $\sin$ 波形加振力を加え得るものである。加振力測定には同社製多用途振

動計 508A および弾性環型動荷重用ピックアップ FN-100 型を用いた。

図-4 は図-3 の最大ひずみに対して静的ヤング率により最大加振力を計算して実測値と比較したものである。実測値がバラついていて誤差 12% であるが、傾向としては静的ヤング率をそのまま使って差しつかえないものと思われる。

図-5 は振動時の最大、最小値と動荷重との関係を示したものである。この場合も静的な光弾性感度に対

応する直線で良く傾向が表わされている。

3. 衝撃実験

衝撃時のエポキシ樹脂の性質の一つとして、いわゆる動的ヤング率を知る為、棒の衝撃実験を行った。図-6 はその模式図である。衝撃装置は多谷教授考案のもので、重錘落下

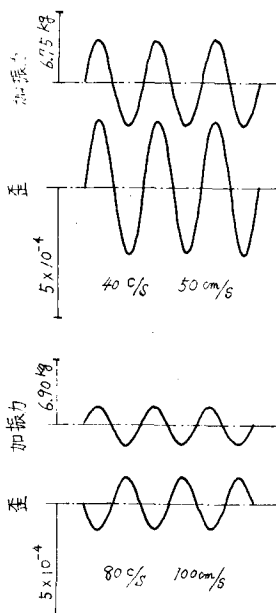


図-3-2 並. 加振力同時記録

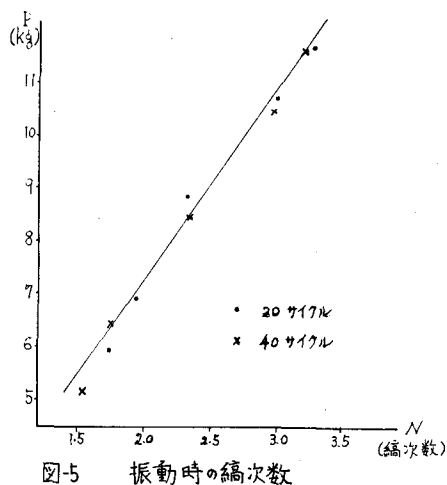


図-5 振動時の繰回数

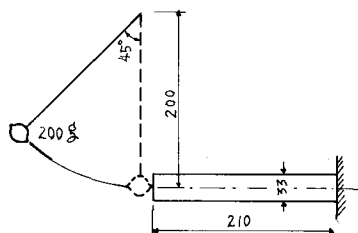


図-6 衝撃実験模式図

時のまさつ損失は 0.5% 程度である。

菅原研究所製作のリターダー RE-1016 により衝撃時の接点信号を 10~100 μsec 遅らせ、それにパワー・マイクロー・フラッシュ PHF-101-U1 を同期させて発光し、光弾性偏写真を得た。写真 1-1 および 1-2 はその一例である。

粘性減衰のある応力波の伝播に際しては一定した位相速度は存在しないのであるが、簡単の爲弾性体中の波動の式を用いれば

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

C: 波の位相速度 ρ : 密度 g : 重力加速度

からヤング率が求まる。

位相速度の最も確からしい値として 0.25 次の縞の速度を調べると、図-7 から、1940 m/sec となる。これより動的ヤング率は $4.74 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ となり、引張試験から求めた静的ヤング率 $3.96 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ の 19.7% 増しである。

4. むすび

今回の振動実験では多用途振動計による加振力測定精度が必ずしも十分ではなかったので、これのみで結論を断定することはできない。しかしながら、80 cycle/sec 以下の低振動数、 5×10^{-4} 以下のひずみの範囲では、エポキシ樹脂を弾性体として扱い、ヤング率、光弾性感度に静的な値をそのまま用いても差しつかえない、という方向は打ち出せたものと思われる。加振力測定の精度を上げることは今後の課題である。

衝撃については、むしろ粘弾性体中の波の伝播の問題として興味深い事柄が多いと思われる。

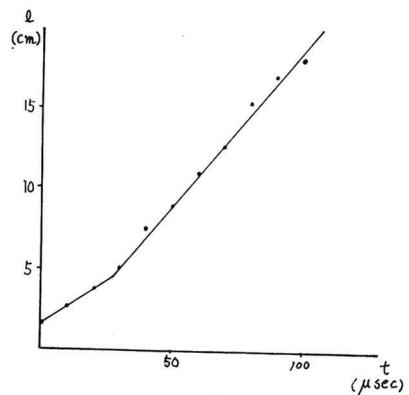
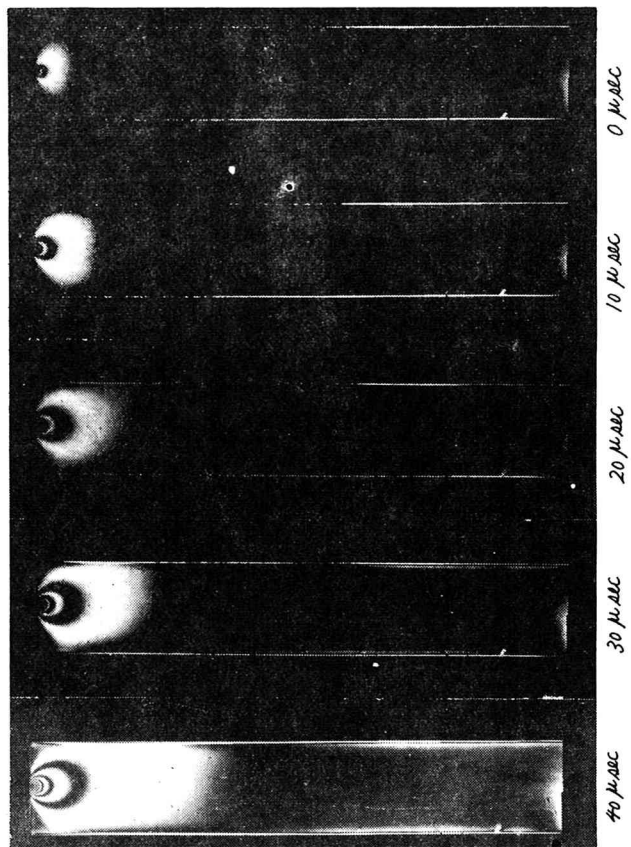


図-7 衝撃による縞の移動

写真 1-1 衝撃による縞の移動

遅延時間



この実験遂行にあたり、東北大学工学部土木工学科多谷虎男教授には終始懇切なる御指導をいただいた。又、遠藤信実助、小林真勝、星啓技官には、実験上の御指導と助言をいただいた。記して謝意を表する次第である。

参考文献

1. 円羽義次・佐藤誠 "Epoxy 樹脂の静的および動的性質について"
土木学会論文集 152 1968
2. S. Timoshenko "工業振動学"
3. 小野木重治 "レオロジー要論"
4. J. A. Clark, A. J. Durelli
V. J. Parks "Photoelastic Study of High-Frequency Stress Waves Propagating in Bars and Plates"
J.A.M. Dec. 1968

写真 1-2 衝撃による縞の移動

遅延時間

