

光弾性に関する基礎研究

松 尾 征 夫*

A Basic Study On Photoelasticity

Yukio MATSUO

要 旨

本報告では、ゼロ点の出現と挙動に及ぼす単純梁の高さの影響について論じている。

Synopsis

The effects of loads, span and depth of simple beam subjected to the central concentrated loads on the occurrence and behavior of the zero points, in this paper, are discussed photoelastically.

1. 緒 言

応力を実験的に測定する方法は非常にたくさん提案されたり、又市販されたりしているが測定範囲、精度、経済性等を考慮すると実用的に使用されている方法は光弾性法、ストレインゲージ法及びホログラフ法が多いようである。

この中で、光弾性法は実験模型に現われる等色線・等傾線を偏光器の全視野にわたって観測し連続的に応力解析をすることができ、又応力状態を目で直接的に観察し推定することができる等の長所を有している。

本報告は、最近導入された光弾性実験装置を使用して、特異点 (singular point) の一つであるゼロ点 (zero point) の発生に関しての実験をまとめたものである。

特異点は応力場において、

$$T_{An}2\theta = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_y - \sigma_x}$$

θ : 主応力方向

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$: x 方向, y 方向の垂直応力及び剪断応力

とすると、

- (1) $\tau_{xy}, (\sigma_y - \sigma_x)$ が両方共に 0
- (2) $\tau_{xy}, (\sigma_y - \sigma_x)$ のいずれか一方又は両方が無

限大

(3) $\tau_{xy}, (\sigma_y - \sigma_x)$ のいずれかが不連続の 3 つの場合があるが、この中の(1)の場合がゼロ点と言われている。

ゼロ点は $(\sigma_1 - \sigma_2) = 0$ となる 0 次の高次数の点で、高次数を数える時あるいは主応力線を描く時特異点として考慮しなければならない点である。

今回の実験では単純支持梁の中央に集中荷重をかけてゼロ点の発生を等色線を用いて観測した。

単純支持梁の場合、荷重下の中央断面の応力状態は Fig. 1 の如く 3 つの場合が推測される。Fig. 1 (A)では σ_x と σ_y が交らずゼロ点が発生しない。Fig. 1 (B)では σ_x と σ_y が接し、一個のゼロ点が現われ、又 Fig. 1 (C)では 2 個のゼロ点が現われる。

本実験では、テストピースの寸法、スパン及び荷重の大きさを色々と変えて実験したものである。

2. 実 験 方 法

テストピースは市販のエポキシ板(理研計器製)をフライス盤、ヤスリ、エミリーペーパーを用いて目標寸法になるよう注意深く仕上げ、縁効果を除くため乾燥器(田葉井製・P-220)で Fig. 2 に示す焼鈍サイクルで熱処理を行いテストピースを作成した。

テストピースは梁の高さ $B = 15 \text{ mm} \sim 50 \text{ mm}$

* 講師 機械工学科

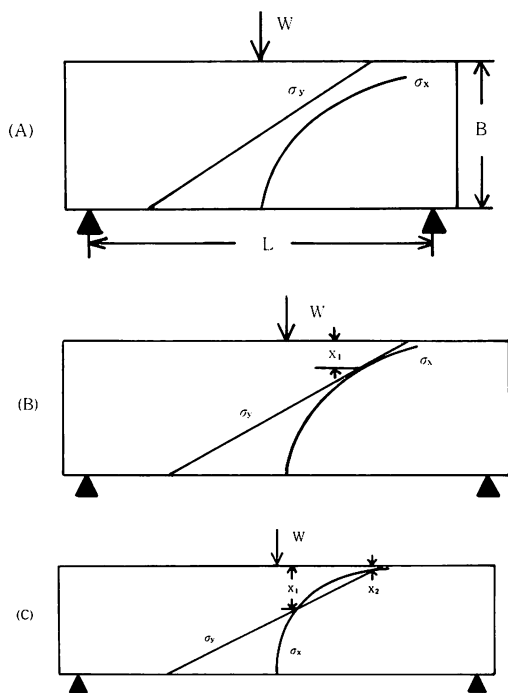


Fig. 1

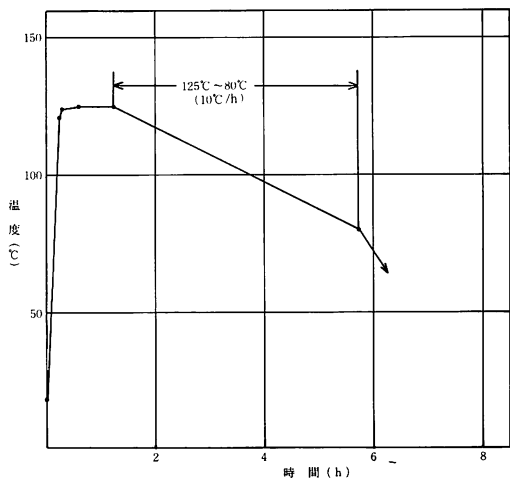


Fig. 2 テストピース焼鈍サイクル

を5mm刻みで8種類を各2枚用意した。テストピースの寸法はFig.3に示す如くである。

同一の母材から取ったタンザク型の圧縮試験片から測定した積次数より求めたこのテストピースの光弾性感度 α は0.91mm/kgであった。(Fig.4)

実験は理研光弾性実験装置(PA-300)を用いておこなわれその光学系の配置はFig.5に示す如くである。

負荷荷重 W は $B=30$ mmのテストピースで予備実験をおこない、その結果より $L/B=5.0$ 〔 L :スパン, B :梁の高さ〕の時,

$B=30$ mmで負荷荷重を16kg, 20kg, 24kg, 28kg, 32kg, 36kg, 40kgの7種類と決定した。同じ $B=30$ mmでも L/B が異なる場合及び他の全てのテストピースについて、負荷荷重はテストピースの曲げ応力が中央断面で等しくなるように WL/B^2 が一定になるよう負荷荷重を決定した。

実験で使われた各テストピースについての最大荷重と最小荷重はFig.6に示してある。

スパン L は、 L/B が3.8~5.0の範囲で0.1ないし0.2刻みで変化するように決め、それに従い

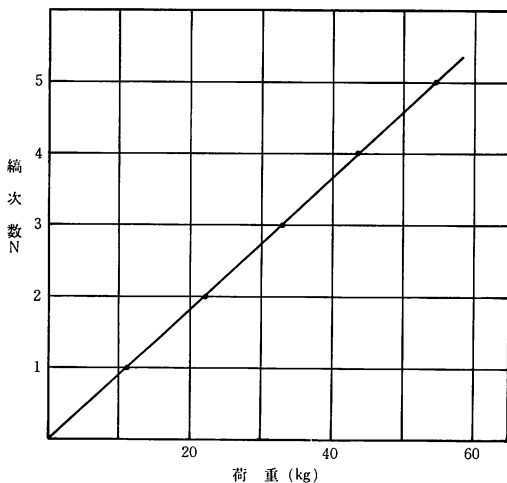


Fig. 4 感度検定曲線

	1	2	3	4	5	6	7	8
梁の長さ L_0 (mm)	84.1	92.2	138.8	168.2	198.1	225.1	227.2	227.2
	84.3	92.3	139.0	167.9	198.0	225.3	227.2	227.2
梁の高さ B (mm)	15.2	20.6	25.0	30.2	35.7	40.2	45.1	49.9
	15.1	20.4	24.8	29.8	35.4	40.1	45.1	50.0

Fig. 3 テストピース寸法

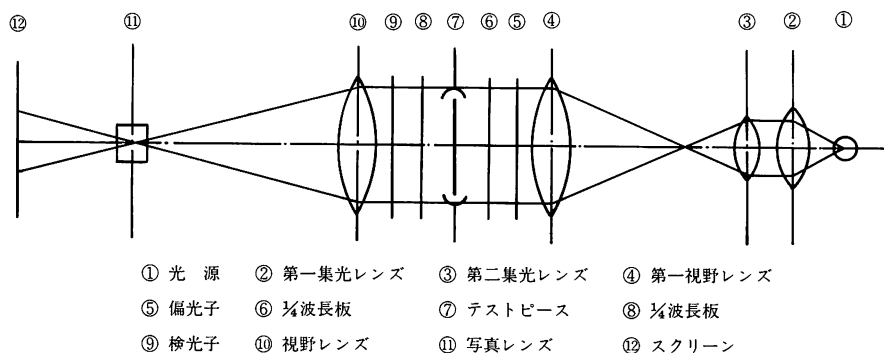


Fig. 5 光弾性装置の光学系

B mm	最大荷重kg	最小荷重kg
15	26.32	8
20	35.08	10.67
25	43.86	13.33
30	52.63	16
35	61.41	18.67
40	70.17	21.33
45	78.95	24
50	87.72	30.30

Fig. 6 使用した最大荷重及び最小荷重

支点を移動していった。

3. 実験結果及び考察

実験は荷重，スパンを色々に変化させ各テストピースについてゼロ点の出現の様子を観測・測定した。

尚，ゼロ点は2個現われることがあるので，本報告では最初に現われる方を第一ゼロ点と仮称し，もう一方を第二ゼロ点と呼ぶことにする。この第一ゼロ点と第二ゼロ点の位置的な関係はFig. 1の x_1 及び x_2 に対応している。

実験結果はFig. 7～Fig. 11に示してある。

Fig. 7～Fig. 10の図から次のことがわかる。

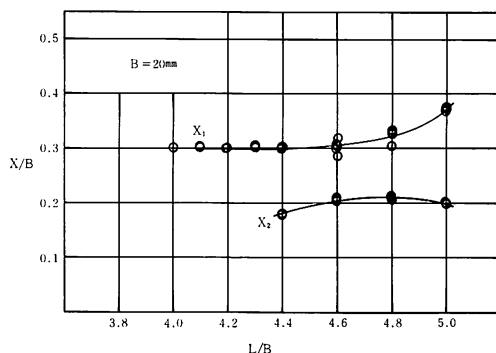
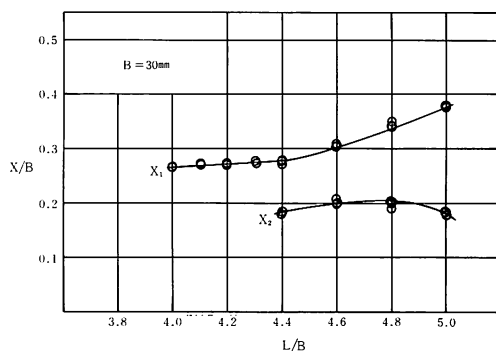
- (1) 第一ゼロ点は $L/13$ が4.0を超えると現われ，第二ゼロ点は L/B が4.4前後になると現われ始めている。

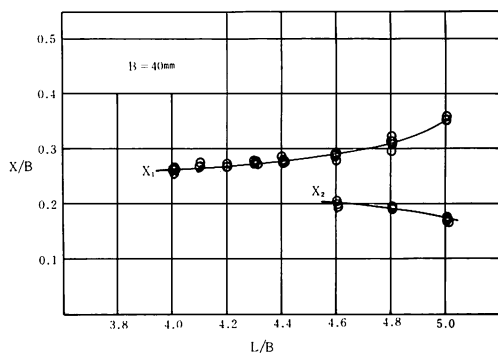
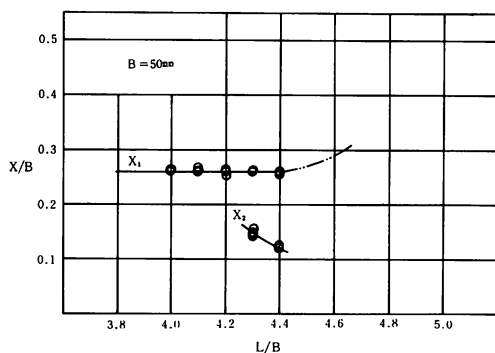
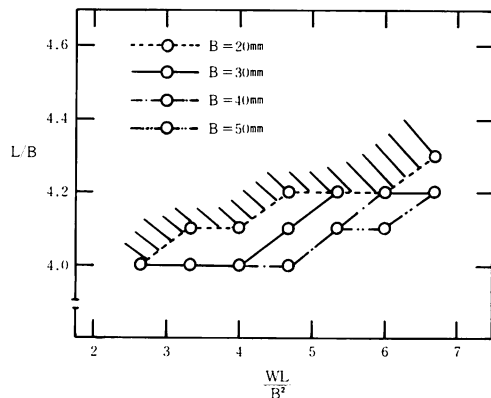
これは B が一定の場合，スパンが長くなれば曲げ応力が大きくなるわけであるから， $L/B=4.0$ を境にして， $L/B>4.0$ の場合単純梁について曲げ応力の影響が大きく， $L/B<4.0$ の場合は剪断力の影響が大きいことを

示すものである。

- (2) 梁の高さ B が大きくなるに連れ第一ゼロ点の現われる相対的位置 X/B が低くなり，同じ B の場合でもスパンが小さくなるに連れ，つまり L/B が小さくなるに連れゼロ点の相対的位置は低くなっているがこれは材料力学の公式と一致するものである。

尚，観測実験の結果，第一ゼロ点は L/B が4.

Fig. 7 $X/B - L/B$ ($B=20$ mm)Fig. 8 $X/B - L/B$ ($B=30$ mm)

Fig. 9 $X/B - L/B$ ($B=40\text{ mm}$)Fig. 10 $X/B - L/B$ ($B=50\text{ mm}$)Fig. 11 $L/B - \frac{WL}{B^2}$

0を超えると一次の縞の中に現われたが、第二ゼロ点は梁の高さ B が小さい時 ($B \leq 30\text{ mm}$) は一次の縞から分離するように現われるが、 B が大きくなると第一ゼロ点が長く伸びて第一ゼロ点から分離独立して第二ゼロ点になることがわかった。

Fig. 11は縦軸に L/B 、横軸に WL/B^2 を取り、単純支持梁におけるゼロ点の出やすさを示す図である。この図では $B=20\text{ mm}$ の線(点線)の上に斜線を引いているがこれは、この点線を越えた上部の領域では第一ゼロ点あるいは第二ゼロ点が現われることを示し、他の B の値についても同様である。

この図から、 L/B が同じ場合 WL/B^2 が小さければゼロ点が出やすく、 WL/B^2 が同一の時は B が大きい程出現しやすいと言える。動験の範囲内では、 L/B が4.0になると第一ゼロ点が出現していることがわかる。

4. 結 言

今回の区験範囲内では $L/B=4.0$ で第一ゼロ点が出現れ、 $L/B=4.3 \sim 4.4$ で第二ゼロ点が出現れると言えるのであろう。

又、 L/B が4.0を越すと単純支持梁の場合曲げ応力の影響が大きく、 L/B が4.0より小さい時は剪断力の影響が大きくなり考慮しなければならないことがわかる。

参 考 文 献

- (1) 辻 二郎他：光弾性実験法，日刊工業新聞社
- (2) 益田 義治：入門光弾性実験日刊工業新聞社

(昭和53年12月4日受理)