

都立大学 正員 山本 稔
 新日本製鉄 正員 小林 磨史
 都立大学 正員 ○山崎 良一

1. まえがき 吊橋のパイプ形式のアンカーブロックにおける円孔周辺の応力状態は、パイプ孔の存在を無視したアンカーブロックの形状のみから定まる一次応力が、パイプ孔の存在のために攪乱して生ずる応力として与えられるという認識のもとに、筆者らは、一様な応力場にあるパイプ孔群の光弾性実験結果を利用してこれを推定する方法を提挙した。そして、この手法の妥当性を実験例によって検討し、推定値の信頼性についても実用上支障がない程度の誤差に納まることを例示した。しかしながら、誤差が単に実験誤差に属するものが、あるいは手法それ自体に起因するものであるかは、検討の余地があることが認められた。

手法による誤差は、一次応力場がパイプ孔群を含む領域で一様でなければならないという設定条件に起因している。このため、漸変する応力場として応力変化の割合の一定な場を選定して2次元光弾性実験を行ない、実験値をすでに提挙した手法による推定値ならびに理論値と対比し、誤差の発生する原因について考察する。

2. 理論式と推定式 図-1(a)に示すような1個の円孔をもつ無限板に等変分布する y 軸方向の引張応力が作用する状態は、図-1(b)のように、一様分布の引張応力 σ_0 とばりの曲げ応力と同様に分布する直応力 σ'_0 の組合せから成ると考えることができる。一様引張応力 σ_0 による円孔回りの縁応力分布は、円孔の中心 O を原点とする極座標 (r, θ) に関し、次式で与えられる。

$$\sigma_{\theta 1} = \sigma_0 (1 - 2 \cos 2\theta) \quad (1)$$

また、 $\sigma'_0 = \bar{A} z$ と表示できる応力による円孔回りの縁応力分布は次式で定めることができる(例えば、辻、西田、河田共著「光弾性実験法」日刊工業新聞社、1965、pp.177~187)。

$$\sigma_{\theta 2} = 2 \bar{A} a \sin \theta (2 \sin^2 \theta - 1) \quad (2)$$

式(1)および(2)は、板が帯板であっても円孔の径に対して板幅 $2b$ が適当に大きいならば、対応する精度をもった近似式として利用することができる。このとき、 $\bar{A}$ は、曲げ応力の勾配を表す係数となり、曲げモーメント M 、帯板の厚さ t 、 $\sigma'_0 = \bar{A} z$ として $\bar{A} = \frac{3M}{2tb^3} = \frac{\sigma'_0}{b}$ で表される。かくして、図-1(a)に示す帯板の円孔回りの縁応力分布は次式で定めることができる。

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta 1} + \sigma_{\theta 2} = \sigma_0 (1 - 2 \cos 2\theta) + \frac{2\sigma'_0}{b} a \sin \theta (2 \sin^2 \theta - 1) \quad (3)$$

一次応力が σ_0 で与えられる一様引張応力場にある円孔群の円孔回りの縁応力は、光弾性実験から定めた応力係数 A_y を用いて次式で与えられる。

$$\sigma_{\theta} = A_y \cdot \sigma_0 \quad (4)$$

式(4)を図-1(a)の場合に適用するに当っては、一様引張応力 σ_0 を受けるとともに円孔相互の間隔が無限に開いた場合として処理すればよい。この場合には、 A_y は、光弾性実験を待たずに式(1)の σ_{θ} の係数として $A_y = 1 - 2 \cos 2\theta$ 、したがって、一次応力による円孔回りの応力推定法の誤差は、単一円孔の場合において式(3)の右辺の第2項の第1項に対する比率によって求めることができる。

この事実に基づいて単一円孔および円孔群を有する帯板の光弾性実験を行ない、検討を加えるならば、一次応

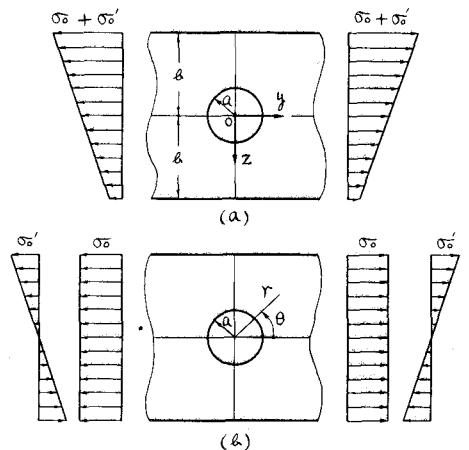


図-1

力による円孔回りの応力推定法の適用性についてさらに進んだ見解に達することができると。

3. 光弾性実験とその結果 表-1に実験内容を示す。K-1, K-2は、実験精度を確かめるために計画したもので、K-1では自重の影響を、K-2では、等変分布する引張応力場の実験精度に与える影響を調べた。実験は応力凍結法で行なった。荷重 P_1, P_2 の直接荷重により、一次応力は次式で定まる。

$$\sigma = \frac{1}{2tb}(P_1 + P_2) - \frac{3e}{2tb^3}(P_1 - P_2)z \quad (5)$$

実験結果は予期していた通りといえる。しかし、モデルの板厚が9mmとやや厚かったのに加え、製作が手加工であったため精度の低下をきたしていることは否定できない。図-3には、円孔がない場合の実験値と計算値を示しているが、これによると自重等の影響があったとしても、モデル中央の円孔で解析する限り誤差は小さいことがわかる。

4. おすび 一次応力による円孔回りの応力推定法に与える応力勾配の影響は、当然のことではあるが、勾配が急になるにしたがって大きくなる。しかし、吊橋のアンカブロックのようなマッシーな構造物にあつては、パイプ径に対する応力勾配は、大きいとは考えられないため、十分な適用性を有するといえよう。またこの結果は、誤差の試算により、逆に一次応力の必要精度など推定法の適用性を判断するのに有効である。さらにまた、応力勾配を求めることができれば推定値の修正にも利用できる見地も考えられる。

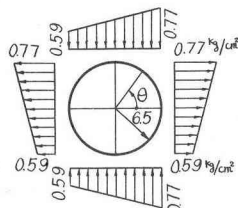


図-4 計算例

供試体	板厚 $t=0.9\text{ cm}$ 光弾性感度 $\alpha=4.0\text{ cm/kg}$	荷重 Kg	応力勾配 Kg/cm^3
	K-1	$P_1 = P_2 = 0$	$\bar{A} = 0$
	K-2	$P_1 = 0.7$ $P_2 = 3.5$	$\bar{A} = 0.09818$
		$P_1 = 1.0$ $P_2 = 5.0$	$\bar{A} = 0.14026$
	K-3	$P_1 = 1.0$ $P_2 = 5.0$	$\bar{A} = 0.14026$
	K-4	$P_1 = 0.7$ $P_2 = 3.5$	$\bar{A} = 0.09818$
		$P_1 = 1.0$ $P_2 = 5.0$	$\bar{A} = 0.14026$
	K-5	$P_1 = 0.7$ $P_2 = 3.5$	$\bar{A} = 0.09333$
		$P_1 = 1.0$ $P_2 = 5.0$	$\bar{A} = 0.13333$

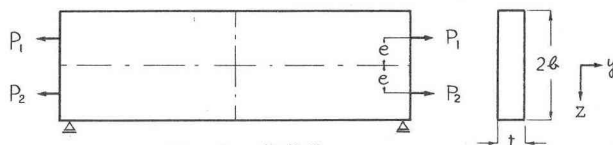


図-2 荷重法

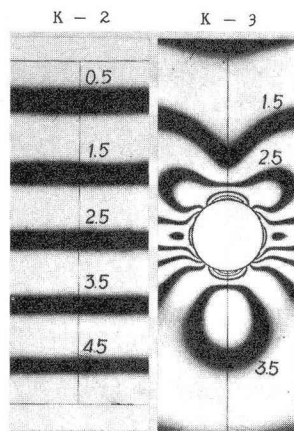
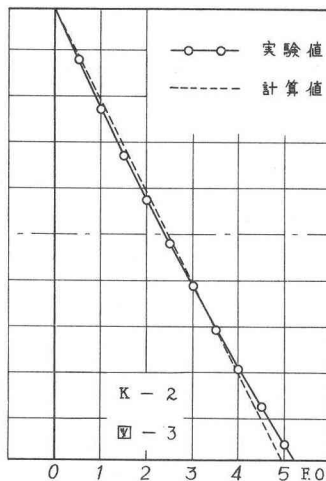


写真-1 $P_1=1.0Kg, P_2=5.0Kg, e=\frac{1}{2}b$

表-2 σ_θ の実験値と計算値 (F. O.) $P=1.0Kg, P=5.0Kg, \bar{A}=0.14026Kg/cm^3$

θ		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	備考
K-3	実験値	-2.23	0.10	4.10	5.80	4.10	0.10	-2.23	0.13	4.85	7.20	4.85	0.13	式(4), [(1)]
	推定値	-2.46	0.00	4.92	7.38	4.92	0.00	-2.46	0.00	4.92	7.38	4.92	0.00	
計算例	推定値	-2.46	0.16	4.64	6.73	4.64	0.16	-2.46	-0.16	5.21	8.04	5.21	-0.16	式(3)
	推定値	-9.84	-4.92	4.92	9.84	4.92	-4.92	-9.84	-4.92	4.92	9.84	4.92	-4.92	式(4), [(1)]
計算例	推定値	-10.50	-5.36	5.36	10.50	5.04	-4.80	-9.18	-4.48	4.48	9.18	4.80	-5.04	式(3)
	理論値													