

7) これは Bach の式 $\sigma = \frac{P}{f} + \frac{M_b}{fr} + \frac{M_b}{\kappa fr} \frac{\eta}{r+\eta}$;

$$\kappa = -\frac{1}{5} \int \frac{\eta}{r+\eta} df \text{ または Müller-Breslau の}$$

$$\text{式 } \sigma = \frac{\mathfrak{R}}{F} + \frac{Mv}{Z} \frac{r}{r-v}; \quad \mathfrak{R} = N - \frac{M}{r},$$

$$Z = \int v^2 \frac{r}{r-v} dF \text{ に相当する。}$$

8) 従来公式には完全に表わしたものが無いよう
で、この式の第1項が Grünning の式

$$\sigma_r = \frac{1}{b(r-y)} \frac{M}{Z} \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \left[\int_{y_0}^{h_0} y_0 b dy + \frac{1}{r_0} \int_{y_0}^{h_0} y_0^2 b dy \right]$$

または Seely-Smith の式

$$\sigma_r = \frac{Ma'}{R+a(R+y)} \left(1 - \frac{Z'}{Z} \right), \quad Z' = -\frac{1}{a'} \int_{-c}^y y da$$

$$Z = -\frac{1}{a} \int \frac{y da}{R+y}$$

9) 例えば Kappus の式 $\tau = \frac{Q}{\kappa F} \frac{S(y)}{b(y)(r-y)^2}$,

(κ は Bach の σ の公式中の常数) に相当する (Kappus: Der Stahlbau, 21 Jahrgang, Heft 7, 1952)

10) Timoshenko: Theory of Elasticity, 1934, p.52, Fig.37; p.60, Eq. (44); p.71, Eq. (55) and p.71, Eq. (g)

11) この問題については一部を著者: 講演 (前掲3)

12) ここでは一つの例, $r_2/r_1=3$ の場合についてのべたことになるが、一般に実用的に満足であると思われる。 σ_t の比較については前掲1)参照。
(昭.28.8.15)

携帯用反射式光弾性装置による応力測定

正員 丹 羽 義 次*

MEASUREMENT OF STRESS WITH A PORTABLE PHOTO-ELASTIC APPARATUS OF REFLECTION TYPE

(JSCE Feb. 1954)

Yoshiji Niwa, C.E. Member

Synopsis In order to determine the stresses of concrete structures, for instance, dams and tunnels, the author investigated a method of photo-elasticity, and made the portable photo-elastic apparatus of reflection type. The explanation of this apparatus and some fundamental experimental results are described in this paper.

要旨 コンクリート構造物、例えばダム及びトンネル覆工等の応力を測定するために、著者は光弾性学的測定法について研究を行い、携帯用の反射式光弾性装置を試作した。本文はこの装置の概略を説明し、二、三の基礎的な実験結果を掲げたものである。

1. 緒言

コンクリート構造物を合理的に設計するためには、これに作用する応力を正確に把握しなければならない。従来多数の研究者によつて合理的な安全度を有する経済的構造物に対する応力の計算法が提案せられ、さらに実際の境界条件に最もよく適合するように次第に計算法が改善せられ、構造工学の発展に多大の貢献がなされてきた。しかしながら複雑な実際条件のすべてを計算過程に導入し、完全な解析を行うことはほとんど不可能な場合が多い。それゆえ実際構造物の応力を実測してこれを系統的に解析し、環境条件の及ぼす

影響を究明し、今後の設計に資することははなはだ意義のあることである。近年応力の測定に抵抗線歪計が広く利用せられ、設計応力と実際応力との比較検証が行われている。この歪計は温度、湿度の影響をいちじるしくうけるため長年月にわたる測定には適していない。この点に鑑みコンクリート構造物、例えばダム、トンネル覆工等の応力測定を目的として、著者は光弾性学的測定法について研究を行った。この方法を簡単に説明すれば、構造物の所要の位置に円孔を有するガラス試験片を埋設し、載荷後これに偏光を投射し、ガラス片の裏面で反射して再び表面に射出する反射偏光の状態から円孔の周辺の応力を求め、これより実際にコンクリートに作用している応力を解析しようとするものである。この場合設計によつてえられた各点の応力の大きさを参照して、光弾性学的応力解析に適切なガラス試験片の厚さと、構造物の大きさに適した適当な大きさを定める必要がある。

このようにすれば、あらかじめ理論または実験によ

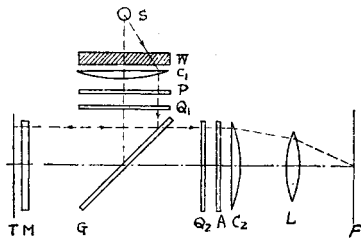
* 京都大学助教授、工学研究所

つて互いに直交する2方向の作用応力の大きさと円孔の周辺附近の応力との間の関係を求めておけば、ただちに主応力の大きさ及び方向を知ることができる。この見地から著者はすでに本応力測定法に関する基礎的な理論的考察を行い、円孔周辺の応力状態を明らかにし、円柱ガラス試験片の外径と内径の比を6と定めた¹⁾。それゆえここではつぎに実験装置と基礎的な実験結果について述べよう。

2. 携帯用反射式光弾性実験

(1) 実験装置：上述のように有孔試験片を構造物表面に埋設しておけば、これに偏光を投射して作用応力を測定することができる。このためには従来の光弾性装置を携帯に便利な反射式装置に改良する必要がある。まずつぎにこの反射式装置の原理を図示すれば図-1 のようである。図中 S：光源、W：水槽、 C_1, C_2 ：集光レンズ、P：偏光子、 Q_1, Q_2 ：1/4 波長板、G：反射鏡、M：ガラス片、T：反射鏡、A：検光子、L：写真レンズ、F：焦点面、である。したがって光源 S よりでた光は C_1 により平行光線となり P、 Q_1 を通つて円偏光となる。つぎに G で反射して M を通り T で全反射して再び M、G を通り、 Q_2, A を経て C_2, L によつて像を結ぶので、これを撮影すれば試験片 M の応力状態を表わす等色線写真がえられるわけである。

図-1 反射式光弾性装置原理図



以上の原理にしたがつて三井鉱山の援助により、科学研究所西田正孝博士に依頼して、測定装置の第1回の試作を行つた。写真-1 はこれを示すものである。本装置は実験室内で従来の光弾性実験にも使用でき、かつできるだけ高い精度がえられるように設計せられ

写真-1 第1回試作装置

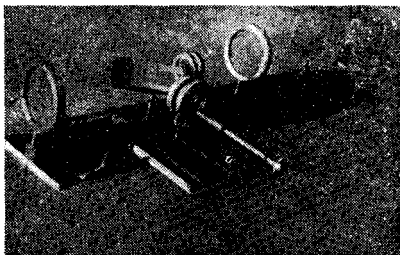


図-2 第6回試作装置図

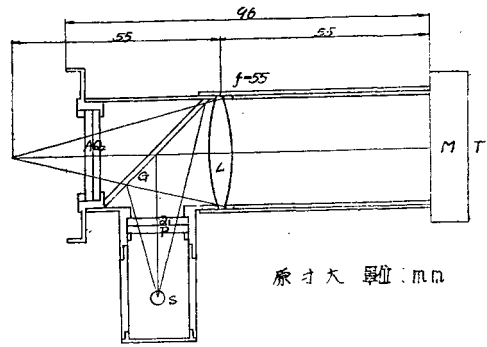
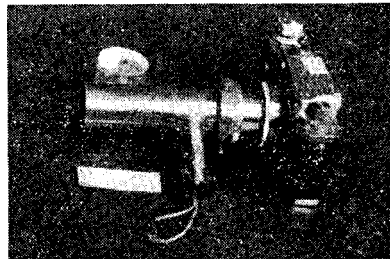


写真-2 第6回試作装置



た関係上、全長 95 cm、重量 13 kg となり、現場における測定には不便であつた。その後第1回試作装置の欠点に改良を加え、ついに第6回試作装置として図-2 及び写真-2 に示す装置を完成した。本装置は全長 96 mm、重量 200 g というきわめて小型のもので、現場における測定には、はなはだ好都合である。

(2) 基礎的な実験結果：上に述べたきわめて小さい著者の試作した光弾性装置によつて、正しい試験片の等色線写真がえられるかどうかを検証するため、まず同一の試験片について同じ荷重状態(集中荷重)によつて従来の透過式実験と反射式実験を行つた。この場合もちろん反射式では偏光が試験片中を往復するので透過時にくらべその光弾性効果が2倍となるから、反射式の場合は透過式の場合の荷重の1/2にしなければならぬ。写真-3 は透過式の場合全荷重 (P=240.26 kg)、

写真-3 P=240.26 kg

写真-4 は反射式の場合の光弾性縞であつて、それぞれの下に記載した角度は、載荷方向すなわち主応力の方向と反射式装置のニコルの軸とのなす角を表わす。これより明らかなように反射式装置では主応力の方向とニコルの軸の方向との相対的な位置によつて、試験片中の応力状態を表わす等色線が異なつてゐる。しかしこれを詳細に観察すれば両者の方向が45°の角をなす場合最も縞は対称に表われ、しかも透過式の場



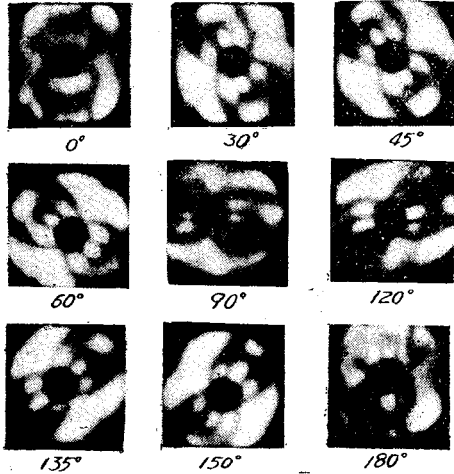
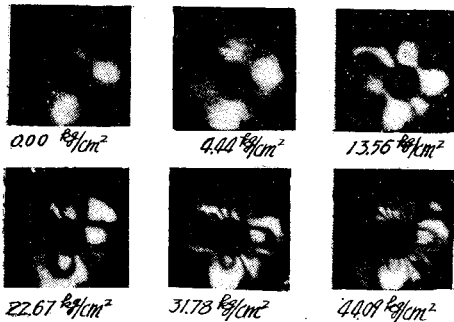
写真-4 $P=120.13 \text{ kg}$ 

写真-5



合と最もよく一致していることがわかる。これを簡単にいえば試験片の光弾性写真を撮影する場合、装置を試験片上で回転し、縞が最も対称に表われる位置で撮影すればよく、主応力方向はこれと45°の角をなす方向であるようである。

以上に述べた実験法にしたがって長さ33mmのガラス試験片をコンクリート中に埋設して、1軸方向の

圧縮試験を行った結果は写真-5に示すとおりである。この場合試験片を埋設して約3週間後に試験を行ったので、荷重0の場合すでにコンクリートの収縮応力が現われている。

以上のようにして構造物内に埋設した試験片の応力状態を表わす等色線写真がえられれば、あらかじめ予備実線によつてえられた種々の荷重状態に対する等色線写真、すなわち試験供試体の互いに直交する2軸に加える圧縮または引張力の大きさを種々変化して求めた等色線写真と、実際構造物でえられた写真を比較して作用応力を決定することができる。この種々の荷重状態に対する等色線写真については実験中である。

3. 結語

上に新しいコンクリート構造物の光弾性学的な応力測定法を述べたのであるが、この方法は抵抗線歪計に較べて精度は劣るが、測定法がきわめて簡単であり長年月の一連した測定にはなほ好都合である。とくにダム及びトンネル覆工の応力測定には好都合であつて、現在岡山県旭川ダム、東京電力須田貝仮締切アーチダム、建設省永瀬ダム、高松炭坑等において応力の測定を行っている。しかしながら今後研究すべき多くの問題を残しているのであつて、これらの点についてはさらに考察をすすめたいと思つている。

本研究は科学研究所西田正孝博士及び京大鉱山学教室教授平松良雄博士との協同研究である。最後に御指導を賜つた京大土木工学教室教授石原藤次郎博士、小西一郎博士並びに本実験に多大の労を煩わせた大学院特別奨学生森忠次君、東京都港湾局藤井邦和君に謝意を表す。

参考文献

- 1) 西田正孝・小西一郎・丹羽義次：セメント技術年報，Vol. IV, p.295, 1950

(昭.28.10.12)

企業合理化促進法に基づく

昭和29年度建設工業技術研究補助金の申請受付について

- (1) 研究内容は、建設業または建設機械工業の改善、合理化を促進するための技術的なものであること。
- (2) 申請書の提出期限は本年3月31日までとなっております。
- (3) 補助金交付希望者は、申請方法を建設省計画局総合計画課にお問い合わせ下さい。