私と光弾性との出会い*

高 橋

賞**

My Encounter with Photoelasticity

Susumu TAKAHASHI

Key Words: Experimental Stress Analysis, Photoelasticity, Photoplasticity Biomechanics, Fracture.

1. 光弾性との出会い

戦後の混乱がやっと落ち着きを取りもどした昭和 25 年東北大に入学し 27 年、当時新進気鋭の助教授であった戸部俊美先生のご指導のもと卒業研究の「歯車の動的応力解析」がそもそもの光弾性を始め、光を主とする応力・ひずみ解析との出会いであった。但し「雀百まで踊り忘れず」とあるが、生来不器用な私は、爾来 30 年余にわたって応力・ひずみ解析の分野に携わる結果となった。当時のことであるから、すべてが手造りによる製作のようなものであった。まず動的状態での歯車の等色線写真撮影の光源が必要で、現在のようなキセノン放電管やシンクロスコープなどがあるわけではなく、フラッシュタイムから必要な光量による放電電圧を求め、高圧トランスを準備し、コロナ放電のための電極作りから始めた。勿論光弾性材料にしても容易に入手できるわけではなく、文献をたよりに試行錯誤の繰返しで当時のフェノライト板を製作したものである。しかしこのフェノライトは緑応力や加工応力が入りやすく、熱処理による残留応力の除去ができない材料で、モデル製作後ただちに実験をしないとすぐに応力が入るという代物で実験にはほとんど困った。これ

から考えると現在光弾性や光塑性実験に使用しているエポキシ樹脂やポリカーボネイト材がいかに優れた材料であるかがわかる。当時、図書室から借り出した M. M. Frocht の Photoelasticity を参考に読んだが、なにしろ当時光弾性の“光”の字もわからなかったものだから、Frocht がベークライトでモデルを製作し撮影した二次元光弾性の芸術的とも云える写真を見るにつけ、私達とのあまりの差違にただただ恐れいってしまったことを覚えている。しかし、私はこの本にどれだけお世話になったか知れない。この本と同様に E. G. Coker と L. N.G. Filon による A Treatise on Photoelasticity も二次元弾性問題に関しての実験についてもよく述べられており、当時すでに切削バイトや被切削材の実験結果が述べられているのには驚かされた。大学に奉職してまもない昭和 34 年頃、当時駒込の理科学研究所の西田正孝先生のもとに内地留学をして、その頃私が手がけていた内燃機関ピストンやクランク軸等の三次元応力解析についてのご指導を受け、当時としては、はしりの機械加工を省略したシリコンゴム中子による一体鋳造を完成させた。その頃西田研究室には、日立機研を経て京都工芸繊維短大教授に移られ、一昨年死去された本堂実さんも研究室におられ、実験についてはその後もいろいろとご指導をいただいた。

2. 応力凍結における
ポアソン比の問題

それ以後、主として各種圧力容器に関する問題を主体に応力凍結法による解析を行ってきたがその間、特に

* 原稿受付 昭和 61 年 9 月 24 日。

** 正員、関東学院大学 (〒236 横浜市金沢区六浦町 4834)。

〔著者略歴〕 昭和 4 年 3 月 10 日生。

主として実験応力・ひずみ解析、特に光弾・塑性の研究から生体力学の研究に従事。

昭和 45 年 4 月 関東学院大学教授。

〃 51 年 3 月～53 年 12 月 同大学工学部長。

〃 53 年 12 月～58 年 1 月 同大学学長。

〃 60 年 4 月～62 年 3 月同大学大学院工学研究科教授。

私が気になったことは、高分子材料特にエポキシ樹脂が、常温と高温（120°C近傍）とではポアソン比が相違することから応力凍結法では、本質的にどの程度の誤差を伴うものかということだった。このことをチェックするために、薄肉並びに厚肉円筒圧力容器の応力凍結による実験結果と有限要素法による解析結果とを比較して、ポアソン比の相違による影響について調べた結果、大略円筒の内外径比 $D_i/D_o \geq 0.56$ の薄肉円筒では最大応力で6%以下の違いであり、また極めて厚肉の円筒の場合 $D_i/D_o \leq 0.33$ では、最大応力で約30%の違いがあることがわかった。したがって通常の応力凍結ではこの点を考慮しておけば、ポアソン比の影響についてそれほど神経質にならなくてもよいということを知ることができた。

3. 破壊力学への適用

周知のように、ここ10数年破壊力学に関する理論の進歩は、通常の強度設計に適用されるほどめざましい発展をとげてきた。しかしながら実験的検証の分野においては、まだ理論の後塵を拝しているといってもよい。この面での光弾性手法による破壊力学への適用はG. R. Irwinによって発展し、その後D. G. Smith, W. B. Bradleyらによって実験的に解析され、モデルを作ることができれば、すべての種類のき裂問題に適用することができる有力な手段の一つとなり、再び光弾性は大きな役割を果たす結果となった。また広義の光弾性ともいうべきCaustics法は、応力拡大係数 K や J_{IC} の評価等の実験的測定に極めて適した手法となっており、これらを用いて主として回転ディスクや実機モデルによるタービンディスクやブレードのダブル継手のき裂に関する実験を行うようになった。最

近では、応力・ひずみ測定に併用法が積極的に用いられているが、破壊力学に関しては、特に光弾性とCausticsの手法を併用し理論との比較検討をすることを積極的に推めたい。

4. 生体力学の分野への発展

最近機械工学への分野において医学と工学との学際的研究分野である生物工学（Biological Engineering）や生体力学（Biomechanics）の研究が広がってきている。特に人体の骨や歯に関する研究は早くからかなり活発に行なわれてきており、最近の機論にもしばしば見受けられるようになってきた。私のところでも早くから大腿骨や頭蓋骨の研究について整形外科教室と共同研究を行ってきた、特に最近ではダウン症候群児童の運動機能獲得のHabilitationに関する足の機能測定に光弾性を利用した足圧分布計測装置の開発を進めている。近い将来実時間的に簡単に機能診断が可能な装置が実現できるものと考えている。また、これらが是非医療面に役立てられればと願っている。

5. むすび

光弾性手法や応力凍結法に対しては確かに現在では着古したモーニングのような感じを抱いている方も多いと思うが、しかしいまこのような技術を温存するところがなくなってしまうたら、必要とする時いつたいたのようになるのであろうか。最先端技術や技術革新の時に改めて温古知新ということを考えてみたい。古い窯業技術からニューセラミックスのような新素材の研究が生まれてきたように、再び新しい分野の開発に光弾性が再評価されることを期待したい。