

## 論 說 報 告

第 20 卷 第 9 號 昭 和 9 年 9 月

## 光 弾 性 に 關 する 研 究

(部材の光弾性試験に必要な光常数の實用的計測法)

會 員 工 學 博 士 久 野 重 一 郎\*

Studies on Photo-elasticity, Part II.

(Practical Determination of the Photo-elastic Constant).

By Juichiro Kumo, Dr. Eng., Member.

## 内 容 梗 概

フェノライト等には、弾性流伸及び光學流伸を避けることができない。従て、光効果から應力を推算するに當り、その媒介をなすところの光常数は、流伸を正確に加味した數値を以てせねばならぬのである。更にフェノライトは、その性質上、一定不變の光常數を有するものでないから、光弾性試験片を切取る毎に、それと同じ板に就て、光常數を計測することが望ましい。このためには、光常數の決定が、簡單迅速な方法で行はれねばならない。

著者がここに示す第 1 方法は、壓縮片の數荷重階に就き、夫々  $t$  分の流伸を含む光効果を、バビネ補整計を以て計測し、その結果得られる荷重—黒線變位圖を基にして、光弾性消光係數を求めるものである。また、第 2 方法は、純彎曲をうける桁の數荷重階に就き、夫々  $t$  分の流伸を含む光効果を撮影し、その印畫上に於て、中立軸から一定距離にある點の光効果が、各荷重増分に對して如何に變化し居るかを計測し、それに基づき光常數を決定するものである。

この兩方法は、正確な結果を、比較的簡單迅速に求め得るものであるが、夫々一長一短あることを免れない。兩者の内いづれを用ひるかは、専ら、設備と時間とに支配される。因に、本文は、著者の“光弾性に關する研究”（土木學會誌第 19 卷第 1 號昭和 8 年 1 月 1 頁）の續編である。

## 目 次

	頁
1. 緒 言 .....	1
2. 光常數計測に必要な諸條件 .....	2
3. 試験片の種類及び形状 .....	5
4. 壓縮試験による光常數の決定 .....	6
5. 彎曲試験による光常數の決定 .....	11
6. 兩方法の比較 .....	17
7. 要 結 .....	18

## 1. 緒 言

光弾性試験によつて應力量を求めるに際し、寫眞法を以てする場合には、試験片に使用材料の光弾性常數を豫め計測しをかねばならない。恰も、鋼部材の變形測定から應力量を推定する場合に、弾性率を要するのと似てゐるのである。而して、フェノライト、ペークライト、セルロイド等に於ては、弾性的及び光學的流伸 (elastic and optical

\* 九州帝國大學助教授

creep)なる現象が存在し、鋼に於けるやうに簡単でない。

流伸とは、例へば試験片に 10 kg の荷重を與へた場合、載荷の瞬間に於ける光効果と、載荷後 1 分、2 分、5 分 …、60 分後に於ける夫々の光効果とは、相違するのである。20 kg、50 kg、… 等の荷重を與へた場合についても、載荷後経過する時間と荷重量とによつて、夫々違つた變化を呈する。この流伸は、光弾性常数を求める場合の試験片に於てもまた避けることができない。その結果、光弾性常数は、計測するときの「載荷-時間關係」(loading-time relation)を指定するの でなければ、嚴密には意味をなさないのである。

完全を期するためには、各荷重階毎に、光効果の時間的變化を測定して、その結果を總括し、それから、欲する載荷-時間關係に對する光弾性常数を出すやうにすれば、宜しいのである。著者がかつて光弾性消光係数を測定した場合には、この方法に従つた。<sup>(1)</sup> 然しながら、これは、完全ではあるが、計測及びその整理に時間と努力を要すること、實におびただしいものがある。それも、一度常数を求めておけば、同種材料では大體いつも同じ數値であることが知れてゐるもの(鋼の如く)であれば、多少の面倒さも尙忍んでよいのである。然るにフェノライトに於ては、組成若しくは焼成に僅かな相違があつても、それが光弾性常數に影響するらしい報告が提出されてゐる。それで、現在のところでは、本試験片を製作する度毎に、それと同一の板について、一々その光弾性常數を計測することが好ましい状態にあるのである。従て 1 枚の原板に對する常數の決定に、10 日も 20 日もかかるといふのであつては、實用的であるとはいひ兼ねるのである。正確な常數を、もつと簡單迅速に計測できないであらうか。それが、本研究の目的である。

従來と雖も、光弾性常數を比較的簡單に計測した人はあつたのであるが、その報告には、載荷-時間關係數が明記されてゐないために、流伸の點からみて、數値の正確さに疑念をいだく餘地が残されてゐるのである。

尙、本研究に對して、日本學術振興會から援助を與へられたことは、著者の最も光榮とする次第である。また、載荷装置の細部の設計とその製作については、辻二郎博士の御厚意に負ふところが甚だ大きい。これらは共に、著者の最も感謝にたへないところである。

## 2. 光常數計測に必要な諸條件

### (1) 齊一流伸法との關係一流伸を加味した光常數

光弾性試験に際し、フェノライト等で試験片を作る以上、流伸の影響を完全に避けることは、殆ど絶望である。試験片の應力を求める方法として、以前は、所謂 zero-method が廣く使はれたものである。即ち試験片の光効果を、補整計またはそれに類するもので、一點一點順々に觀測して進むのである。この方法によると、試験片は、長時間、一定荷重に保たれるわけである。始め測る點では、數分の流伸を含む値が得られ、終りに測る點では、數時間の流伸を含む値が求められるのである。かやうに、流伸の量を異にした計測であるから、諸點の應力をそのまま比較することは、かなり不正確な結果を承認することになるのである。それかといつて、觀測した應力量を、後から補正することにも、かなり困難な事情がある。

光弾性試験片の全面が齊一な流伸をうけてゐる状態に於て應力量を計測するには、2 方法がある。

第 1 は、載荷後、極めて長時間放置して、もはや流伸の増さない状態に達したとき、zero-method による觀測を始めるのである。この場合、パビネ補整計を用ひるのであればよいが、もし張力片を以てする打消法であると、張力

<sup>(1)</sup> 土木學會誌第 19 卷第 1 號，昭和 8 年 1 月，5 頁

片の應力をたへず變化させる必要から、補整計測に於て齊一流伸の條件が破れる結果になり、依然として困難が伴ふのである。

第 2 は、寫眞撮影法であつて、これには上の如き缺點がない。即ち載荷後、適當な瞬間に、必要な部分の全光効果を撮影するのであるから、諸點に齊一な流伸の現はれてゐることは、明かである。但し茲で、齊一といふ文字は、等量といふ意味ではないのであつて、詳しくいへば、時間に關して齊一なのである。

寫眞法で問題になるのは、撮影の時刻である。一寸考へると、荷重を與へた瞬間に全光効果を撮影すれば、流伸を全く避けることが出來て、まことによきように思はれるのである。實際行つてみると、載荷にも數秒を要することがあるし、それを短縮すると振動を伴ひやすい、また流伸は載荷直後に最も顯著である等の事實からみて、載荷の瞬間に撮影することは、實用上、好ましくないと思はれるのである。それかといつて、不必要に長時間放置するにも當らない。要は、流伸の變化が緩慢になつて、それに基づく誤差が、他種の誤差に比べてあまり大きくないと思はれる頃を捕へればよいのであらう。著者の經驗では、載荷後、1~5 分間經過した瞬間に撮影すれば、よいやうである。

光弾性試験を齊一流伸法によつて行ふものとすれば、一方、光常數の計測も、それに對應した方法によらねばならない。例へば、部材の光弾性試験に於て、載荷後 1 分經過した瞬間に光効果を撮影し、その印畫から應力量を求める場合には、「1 分間の流伸を加味した光常數」を以てせねばならない。さうしないと、試験片に實際生じてゐるものとは違つた應力量が、推定される結果になるのである。一般的にいへば、光弾性試験に於て、 $t$  分間の流伸を含む光効果を撮影した場合には、 $t$  分間の流伸を加味した光常數を以て、應力量を計出しなければならぬわけである。

著者の定義する光弾性消光係數は、一般に  $K_t$  として表はし、これを「 $t$  分の流伸を加味した消光係數」と呼ぶ本文は、畢竟、 $K_1$ ,  $K_2$  等を正確迅速に計測する方法の研究にあるといつてよいのである。

## (2) 荷重中斷法

光弾性常數の計測に用ふる試験片は、一般に、2 個以上の荷重階に對して光効果を測られるのが常である。即ちまづ  $P_1$  なる荷重を與へてその光効果を觀測し、次に  $P_2$  に對し、更に  $P_3$ ,  $P_4$  …… に對して夫々光効果を測る。恰も鋼の彈性率を求めるとき、數個の荷重階に於て夫々の彈性變形を測るのに類するのである。

鋼の彈性率の場合は、普通、荷重  $P_1$  に對する變形を測つた後、荷重を増して  $P_2$  とし、それに對する讀みをとる。以下同様にする。この場合、荷重は、各觀測の中間に於て取除かれることはなく、順次遞増されて行くのである。この種の計測法を、假りに、荷重遞増法と名づけやう。

光常數決定の實驗に、荷重遞増法を採用したならば、どうか、 $P_1$  を與へてから  $t$  分經過して光効果  $x_1$  を觀測し、直に荷重を増して  $P_2$  とし、その  $t$  分後に第 2 の光効果  $x_2$  を測る。以下同様にするわけである。かうすると、流伸に關して次の事のわかるのである。

光効果  $x_1$  ……  $P_1$  で  $t$  分の流伸を含む。

光効果  $x_2$  ……  $P_1$  で  $t$  分と  $P_2$  で  $t$  分の流伸を含む。

光効果  $x_3$  ……  $P_1$  で  $t$  分と  $P_2$  で  $t$  分と更に  $P_3$  で  $t$  分の流伸を含む。

夫々の光効果中に含まれる流伸の量が、荷重の大小によつて相違する。荷重を少量づゝ増すやうにするほど、この相違が著くなるわけである。かうして得た結果から導いた光常數は、加味される流伸量の齊一性を缺く。

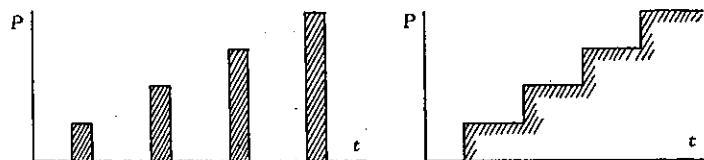
一般の光弾性試験に於ては、試験片全面が同一應力であることは、極めて稀であつて、大抵は、大小正負の應力が

發生してゐる。この種の試験片に載荷後、 $t$ 分経過して、光効果を撮影した場合を考へるに、高應力の點も、低應力の點も、ともに等しく $t$ 分間の流伸を含む状態が撮られてゐる。従て、この實驗を處理するに用ひる光常數は、應力の大き如何に拘らず、等しく $t$ 分の流伸を加味したものでなければならぬ。かやうな光常數は、荷重遞増法を以てしては、求め得ないであらうことが、知られるのである。鋼のやうに流伸のないものと、フェノライト等とは、この點で大きな相違をもつ。

時間的に齊一な流伸を加味した光常數は、別な方法によらねばならぬ。著者は、荷重中斷法を推すものである。即ち、まづ  $P_1$  なる荷重を與へて  $t$  分後に光效果  $x_1$  を觀測し、それが終るや直に荷重を全部取除くのである。そして  $2t$  分間以上、無荷重の状態に放置して creep on unloading の消えるのを待つ。然る後  $P_2$  を與へて  $t$  分後に  $x_2$  を觀測し、再び除荷して  $2t$  分以上放置する。以下同様のことを繰返すのである。かうすれば、 $x_1, x_2, x_3, \dots$  等の光效果には、何れも  $t$  分の流伸が加味されることになつて、一般光弾性試験の要求するところに、正しく合致する。この種の計測法を荷重中斷法と名づけてゐる。第1圖は、荷重中斷法に於ける荷重—時間關係である。第2圖は、荷重遞増法に於けるそれである。兩圖の比較によつて流伸を生ずる時間の相違が、一見して明かである。

第1圖 荷重中斷法

第2圖 荷重遞増法



### (3) 荷重増分法

フェノライトは、製造後、初應力 (initial stress) の入ることが避けられない。これは、適當な熱處理によつて一時的に除かれるけれども、眞に絶無とまでは、行かぬことが多いやうである。光常數計測の試験片も、固より、初應力を除いてをくのが望ましい。しかし、初應力のあるなしに拘らず、一定數値の得られるやうな計測法をとることが一層望ましいのである。

熱處理を省くことについては、2個の利益がある。

(1) 熱處理をすると、その直後は、特に、流伸の極めて生じやすい状態になるやうである。これは、材質がいくらか軟化するためであらうかと思はれる。著者の經驗によると、熱處理後は、少くも半日位をかかないと、「彈性的」には常態に復歸しないやうである。即ち初應力の除去と彈性的性質とは、兩立し難い傾向があるのである。故にもし、熱處理をせずにすむものであれば、この不安と面倒さが省かれてよい。

(2) 常數計測に、初應力を除くことを建前とした場合には、除かれる程度の完全さが問題になる恐がある。甲の人がまよよいと思つても、乙は尙不完全を主張するかも知れない。初應力があつてもなくてもよいのであれば、この煩はしさが消えるのである。

いつたい、初應力が問題になるのは、荷重量(正しくいへば荷重による應力の大きさ)と光效果との正しい量的對應を求めることから起るのである。もし、荷重量とそれに対する光效果との對應を求めないことにすれば、初應力はあつてもなくてもかまはぬことになり、なる筈である。兩者の對應は、光弾性常數の決定に、必要缺くべからざるものではないのである。

いま、便宜上、鋼の彈性率を例にとつて見やう。應力 300, 500,  $\dots$  kg/cm<sup>2</sup> 等に對する彈性變形を正しく計測し得れば、それに越したことはない。しかし強いてその必要はないのである。應力 100~300, 200~300,  $\dots$  kg/cm<sup>2</sup>

といふ如く、一定の應力増分に對應して發現する變形増分の量が正しく測られるならば、それで目的を達することが出来る。なぜかといへば、鋼の弾性率は、弾性限度以下に於て、應力増分とそれに對應する變形増分との比であると定義してよいからである。換言すれば、弾性率を求めるだけの目的に對しては、應力—變形圖の傾きのみが問題であつて、座標軸と直線との相對的位置は、變つても差支へないのである。

フェノライトは、應力—光效果图が、破壊強度近くまで、直線性を保持するものであつて、その光弾性常數は、應力増分とそれに對應する光効果増分との比に關係したものである、と定義することが出来る。従て、應力そのものゝ大小と、それに對する正しい光効果とを、量的に定める必要はないのである。

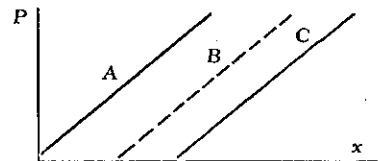
$$\Delta p_1 = P_2 - P_1, \quad \Delta p_2 = P_3 - P_2, \dots$$

等の荷重差に對する光効果増分さへ正しく計測されれば、それから光常數を決定し得るわけである。この場合、 $P_1$ の代りに  $(P_1 + P_0)$ 、 $P_2$ の代りに  $(P_2 + P_0)$ 、 $\dots$  といふ如く  $P_0$  だけに相當する應力が加はつてゐても、結果には、相違を來さない筈である。この種の計測法を、荷重増分法と名づけやう。フェノライトのやうに初應力の存する材料に對しては、荷重増分法によることが望ましい。

荷重増分法によると、計測の仕方によつては、見掛け上、荷重—光效果图が幾通りにも出ることがあり得る。それは、荷重量と光効果との正しい數值的對應を確めないことに基づくものであつて、圖示すると、第3圖のやうに、平行移動した直線になることがあるのである。しかし、光弾性常數は、荷重—光效果直線の傾角の tangent へ常數を乗じたものであるから、直線がどの位置に現はれやうと、それは少しも差支ない次第である。

以上述べたやうに、光弾性常數の計測には、荷重中斷法及び荷重増分法によつて光効果を觀測し、流伸を加味した光常數を決定することが必要なのである。光常數の數値の表示には、それに含まれてゐる流伸の程度を必ず表現しおかなければならぬ。この注意を缺いた光常數は、嚴密には實用に供し難いのである。

第3圖 荷重増分法による見掛け上の差異



### 3. 試験片の種類及び形状

光弾性常數を計測するに用ひる試験片としては、少くとも、次の3種類が考へられる。

1. 張力片 (tension)
2. 壓縮片 (compression)
3. 桁 (pure bending)

このうち張力片については、次の2項が問題になる。

(1) 製作が面倒である。それは、中央に細長い平行部をおき、兩端は幅をひろげて試験機に取付けやすくする必要上、壓縮片や桁ほど製作が簡単にゆかないのである。また材料も割合に多く要る。

(2) 壓縮片から求めた數値と同じ結果になる。従て張力片が特に利益であるといふ理由のない限り、壓縮片を使へば、よいことになる。壓縮片は、形も簡單だし、荷重を與へる方法も容易である。

この理由から、張力片は、好ましくないものと決定した。

壓縮片としては、辻二郎博士と相談の上、幅 2 cm、高さ 4 cm、厚さ 5~6 mm のものを、今後、標準として使ふことに決めた。これ以上小さいと、取扱が不便になるし、載荷の不注意から誤差の大きくなる恐もある。またあま

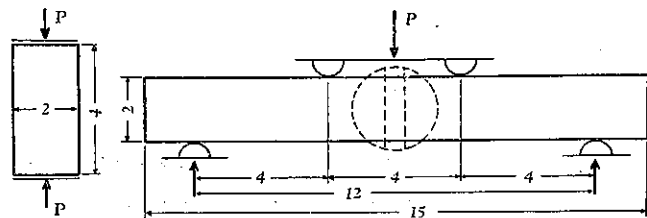
り大きいものにすると、材料も多く要するし、載荷装置も大仕掛けになつて、好ましくない點がある。高さを 5 cm としたらどうか、といふ話もあつたが、4 cm あれば、その中央では、ほぼ一様な應力を生ずることが實驗上判つたし、必要以上大きくすることは、材料の不經濟でもあるので、4 cm とした。しかし、この寸法は、1 mm も動かすことの出来ないといふほど、嚴密を要するものではない。標準を決める必要は、形狀の違ふことによつて、光常數の數値が異なるかも知れないといふ心配があるからである。コンクリートの抗壓強度が、試験體の形狀や寸法によつて、顯著な相違を示すことは、よく知られた事實である。フェノライトの光常數についても、同様の事實があるかも知れないのである。これは、將來の研究に俟たねばならぬ。

桁についても、同様に、辻博士と協議の上、幅 2 cm、長さ 15 cm、厚さ 5~6 mm、この大きさを標準とし、これを支間 12 cm で支へ、支間を 4 cm づつに 3 等分し、その分格點へ 2 個の荷重を夫々與へて、中央部へ純彎曲を起させる。そして、純彎曲部の中央に於て計測するのである。

測り方の大要は、壓縮片の場合には、高さの方向に壓縮し、その中央部に於ける光効果を、Babinet または Soleil の補整計 (compensator) で計測する。桁の場合には、支間中點に於ける光効果を、乾板に撮影し、その印畫の上から常數を決めやうとするものである。

第 4 圖は、試験片の大きさを示すものである。

第 4 圖 試験片の標準形狀



#### 4. 壓縮試験による光常數の決定

##### (1) 計測の理論

單色光束 (beam of monochromatic light) 中へおかれた直交ニコルの間へ、Babinet 或は Soleil の補整計を適當な向きに装置し、補整計の一方の楔を徐々に移動するならば、補整計の視野には、黒線が一方から他側へ順次移行する。或は視野中央部に明暗が繰返される。このとき、視野の又線下へ 1 黒線が現はれてから、次の黒線が現はれるまでに、マイクロメーター・スクリユーを  $\alpha$  廻轉したものとする。 $\alpha$  は、用ひる光の波長と、楔の性質及び形狀から決まるもので、1 個の補整計については、光を變へない限り常數である。直交ニコルの中間で楔を  $\alpha$  だけ移動することは、補整計の生ずる位相の差が  $2\pi$  だけ増減したことを示す。

補整計の直前へ壓縮試験片を適當な向きに挿入し、これへ荷重を與へると、一般に、補整計視野の黒線が移動する。これは、補整計中で、もとから生じてゐた位相差へ、更に、壓縮片の光効果にもとづく位相差が、重疊したからである。よつて補整計のマイクロメーター・スクリユーを適當な向きに廻はして、楔を移動すれば、視野の黒線を元の位置へ戻すことが出来る。このときの補整計廻轉數を  $x$  としやう。 $x$  を黒線變位 (band displacement) と稱する。 $x$  は、壓縮片の光効果を示すものであるが、その量は、楔を移動することによつて、壓縮片の光効果を compensate する方法で、計測されるわけである。黒線變位といふのはこの計測法にもとづいた名稱であつて、壓縮片そのものゝ中で黒線が變位するわけではないのである。

黒線變位  $x$  は、マイクロメーター・スクリユーの廻轉數で示される。これに相當する位相の差を  $X$  で表はせば、

$$a : x = 2\pi : X$$

従て 
$$X = 2\pi \times \frac{x}{a}$$

である。こゝで  $x/a$  を消光階數 (order of extinction) と稱し、 $N$  で表はさう。

$$N = \frac{x}{a} \dots\dots\dots (1)$$

$a$  : 位相差  $2\pi$  に相當する補整計廻轉數

$x$  : 黒線變位, 試験片の應力を補整するに要する廻轉數

尙消光階數は, 他の方法からも定義される。

著者の實驗によれば<sup>(1)</sup>, 試験片上の 1 點に於ける應力と消光階數との間には, 次の關係が成立する。

$$S \cdot d = K_t \cdot N \dots\dots\dots (2)$$

こゝで  $S$  : 主應力差,  $\text{kg/cm}^2$

$d$  : 試験片の厚さ,  $\text{cm}$

$K_t$  : 光弾性消光係數,  $\text{kg/cm}$  ( $t$  分の流伸を含む)

(2)式の關係を光弾性消光法則と稱する。(1)式の關係を(2)式へ代入するならば, 次式が出る。

$$S = K_t x / a d$$

壓縮試験片に於て, 幅を  $b$   $\text{cm}$ , 荷重を  $P$   $\text{kg}$  とすれば,  $S = P/bd$  である。これを上式へ代入すれば,

$$P = K_t \left( \frac{b}{a} \right) x \dots\dots\dots (3)$$

これは,  $y = mx$  なる種類に屬する式で, 原點を通る直線を示す。従て  $P-x$  關係を圖示し (load-band displacement diagram), その直線の  $x$  軸に對する傾角の tangent  $m$  を求めれば, それが (3)式の  $K_t b/a$  の値に當る。

従て

$$K_t = m \left( \frac{a}{b} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$a/b$  は, 荷重量には關係のない常數である。故に  $P-x$  直線の傾きがわかれば, 容易に  $K_t$  の値が計測されるわけである。尙(3)及び(4)の兩式中に, 試験片の厚さが含まれてゐないことは, 注意すべきことである。厚さをさう精密に測らなくてもよいことが判るのである。

(3)式に於ては, 黒線變位  $x$  が荷重  $P$  と正しく對應して居らねばならない。しかしながら, 初應力の存在, 或は補整計の読み都合などから, 荷重 ( $P+P_0$ ) に對應する黒線變位が  $x$  として計測された場合を考へてみやう。こゝで  $P_0$  は正または負の一定量ではあるが, 不可知なものとする。その場合, (3)式の代りに次式がある。

$$P = K_t \left( \frac{b}{a} \right) x - P_0 \dots\dots\dots (5)$$

これは,  $y = mx + C$  なる種類に屬する式である。(3)式と異なるのは, 原點を通らない點だけであつて, 傾角に關する値は, 少しも變らないのである。かやうなわけで, 初應力等の關係から,  $P$  と  $x$  の嚴密な對應が確定し兼ねる場合でも,  $m$  及び  $K$  の數値には, 別に考慮すべき何物も加はらないのである。同じ理由から, 槓杆で荷重を與へる場合に於ても, 槓杆及び分銷受などの自重は,  $P$  の中へ算入してもよいし, 又算入しなくても差支ない。その代り, ただ 1 回の觀測から, 常數  $K$  を決定するといふわけにはゆかない。少くとも 10 回, 多ければ數十回

(1) 土木學會誌第 19 卷第 1 號, 昭和 8 年 1 月, 4 頁

の観測から、最も確からしい  $P-\alpha$  直線の傾きを求めることが、是非必要である。

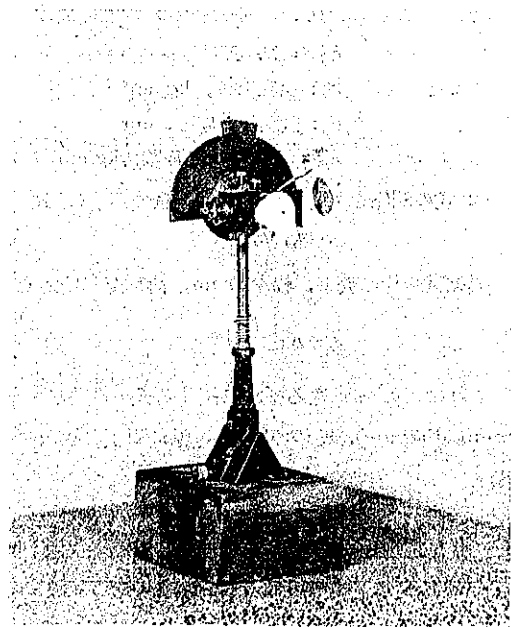
以上が、荷重増分法によつて、壓縮試験から光常数を計測し得ることに關する理論的根據である。

## (2) 補整計常数の測定

補整計は E. Leitz 製のものを使用した。但し、アナライザーを別に据ゑる面倒さを避けるため、補整計の接眼鏡を取除いて、その位置へ、ニールプリズムを適當に挿入した。また補整計視野の中央部を見易くするために、ニールプリズムの部分を書紙で包み、その中央へ 1 個の小さい針孔をあけた。これによつて、眼の位置が自然に定まることになつて、観測に甚だ便利であつた。第 5 圖は補整計である。

第 5 圖 補 整 計

光は綠色光  $5641 \text{ \AA}$  を使用した。これは、常壓石英水銀燈の發する光を Wratten light filter No. 77 A で濾過して得た單色光である。この光をコンデンサーで集め、ポラライザーを通した後、平行光束に直し、その部分へ、前記アナライザー附補整計を裝置した。尙、光が多少強すぎる嫌があつたので、コンデンサーの次へ乳白色硝子を挿入して、観測に都合よい状態にした。



以上のやうにアラインデして、補整計のマイクロメーター・スクリーンを廻轉すると、それにつれて、視野の中央へ黒線が順次に現はれるのである。その位置に相當する目盛を、マイクロメーター附屬のスケールで讀んだ。スケールの 2 箇所だけで讀んでは、誤差の入る恐があるので、マイクロメーターを廻しながら、スケールの全長に互り、6 箇所、黒線が中央に見える目盛を讀んだ。各黒線に對して、少きは 10 回、多きは 20 回の讀みを取り、夫々の平均は次のやうであつた。

黒線順位	1	2	3	4	5	6
目 盛	-0.15	7.44	15.10	22.75	30.34	38.05

この目盛系列に於て、相隣る數値の差をとれば、次の値が得られる。

黒線間隔	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
目 盛 差	7.59	7.66	7.65	7.59	7.71

これら 5 個の値の平均を求めると 7.64 である。これが、位相差  $2\pi$  に相當する補整計の廻轉數である。即ち

$$a = 7.64$$

これで、補整計の常数が決まつたわけである。この値は、用ひる光の波長が變れば、多少變るべき性質のものである。

著者の使つた補整計は、マイクロメーターの 1 回轉即ち 1.00 目盛が、0.5 mm の實移動に對應してゐる。従て目盛 2.00 が 1 mm の楔移動に當る。位相差  $2\pi$  に相當する楔の動きは、實長で表せば

$$a = 3.82 \text{ mm}$$



である。この値は、數年前に、測定した場合と、よく一致してゐる。<sup>(1)</sup>以下本文では、實移動によらず、マイクロメーターの廻轉數を單位にとる。

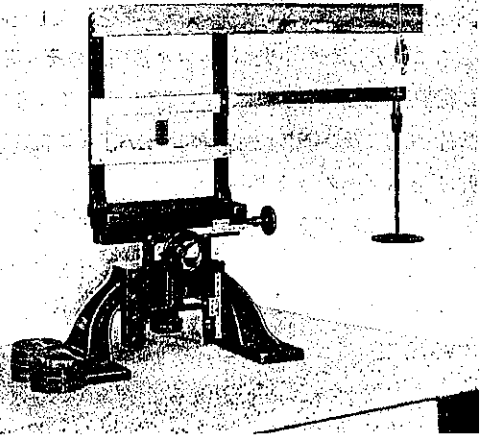
### (3) 試験装置

壓縮試験片は幅 2 cm, 高さ 4 cm, 厚さ 6 mm のものである。これを、上下左右へ微動し得る荷重臺へ装置した。荷重は、槓杆式であつて、分銅受へ載せた重りが、5 倍に擴大されて、試験片へ傳はるやうになつてゐる。第 6 圖は、この荷重臺を示すものである。槓杆の上方にある横木は、その先端へ滑車を取付けてある。これへ、紐を通し、その一端は槓杆の先きへ、他端は床上の木片へ結びつけてある。足で床上の木片を踏んでゐる間は、槓杆が上方へ釣上げられ、試験片へは荷重がかゝらない。木片を踏む力をゆるめると、槓杆は降りて試験片へ荷重がかゝるのである。手は補整計の調節に使用し、足で荷重を取扱はうといふわけである。

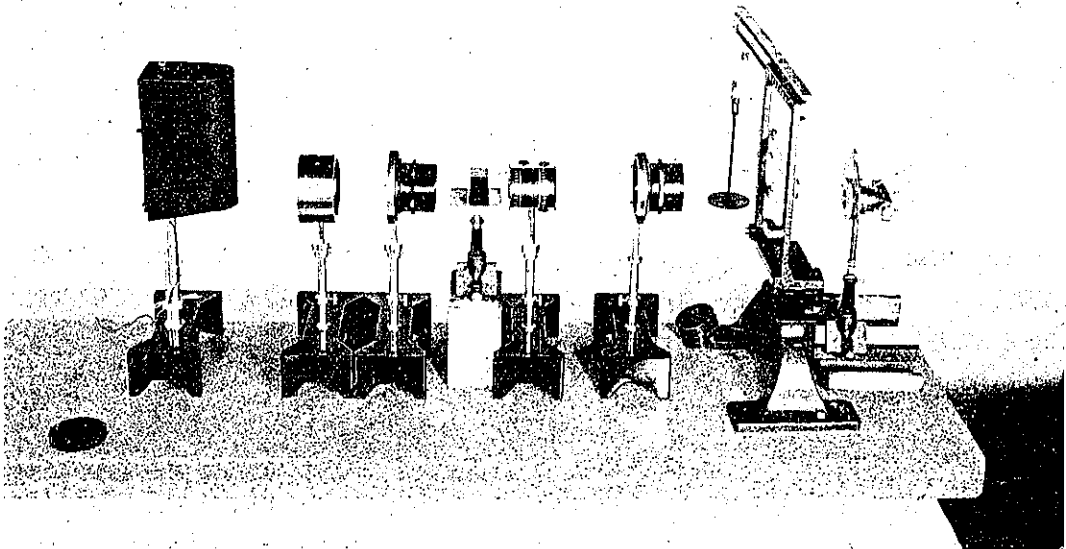
全装置は、第 7 圖に示すやうである。地盤から築きあげたコンクリート臺上に置かれてゐるのである。光學系統を左から右へ順次記せば、次のやうである。

1. 石英水銀燈、カバー付
2. コンデンサー、 $f=15$  cm,  $d=9$  cm
3. 収光レンズ、 $f=30$  cm,  $F/4.5$

第 6 圖 荷 重 臺



第 7 圖 壓縮試験の光學装置

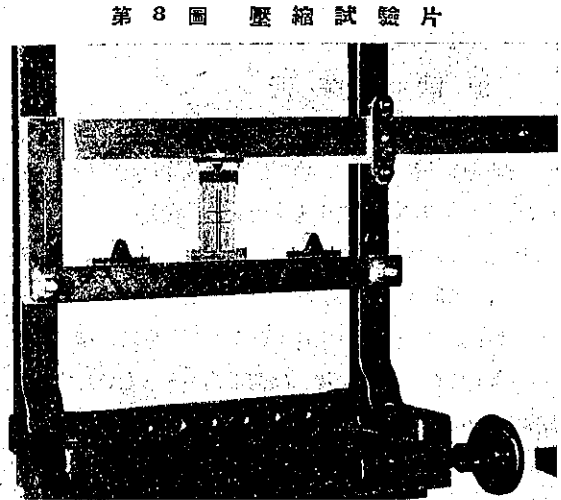


(1) 土木學會誌第 19 卷第 1 號, 昭和 8 年 1 月, 4 頁

4. 乳白色硝子 1 枚及びブラッテン・フィルター 77A
5. ポーライザー, Glan-Thompson prism,  
20×20×50 mm
6. 平行光束にするためのレンズ,  $f=30\text{ cm}$ ,  
 $F/4.5$
7. 荷重臺
8. アナライザー付の補整計

(4) 計測

(1) 試験片 黒線位置の計測を容易にするため、試験片の表面へ、井げた形のマークを記入した。そしてこの井げたの中央が、ニール後面ののぞき孔、及び補整計視野の十字線を結ぶ直線上にあるやうに試験片の高さ及び横の位置を加減した。第 8 圖はこの井げたのマークを示す。



(2) 荷重の中断 1 荷重階に對する計測は、まづ横杆を上方へあげてをいて、分銅受へ重り  $w\text{ kg}$  を載せる。次いで振動を與へぬやうに注意しながら、横杆を靜かに下げて試験片へ荷重を與へる。それと同時に、補整計のマイクロメーター・スクリーンを加減し始め、載荷後 1 分經過した瞬間に読みをとる。読みとは、勿論、補整計視野の十字線下、又は井げた中央に、黒線が見えるやうに調節した場合に於けるスケール・リーディングである。読みが終れば、直に、横杆を引上げて、試験片の荷重を除き、その後、少くとも 3 分間は放置して、creep on unloading の消えるのを待ち、然る後、次の荷重階に對する計測に移る。

(3) 荷重の増分 試験片へかかる荷重の中には、横杆及び分銅受の重さに基づくものがあるけれども、これらは、荷重としての考慮の中に入れなかつた。それは、荷重増分に對する黒線變位の増分を知ることが目標にしたため、端数がついて計算の面倒なものは、省略するを利益と考へたからである。計測上記録した荷重は、分銅受へ加へた重りに基づくものだけをとつた。分銅受への重りは、0~3.0 kg の範圍に亘り、1 階段毎に 0.25 kg 宛を増し、夫々に對する黒線變位を計測した。

試験片及び荷重臺の耐力としては、更に荷重を増しても、差支ないのであるが、観測上、これ以上の高荷重階に對しては、黒線が光輝を伴つて、眼による計測を不確にする恐があつたので、分銅受への重りを 3 kg にとどめたわけであつた。

(4) 観測方程式  $a=7.64$ ,  $b=2\text{ cm}$  であるから  $a/b=3.82$ , 分銅受へ載せる重りを  $w\text{ kg}$  とすれば、試験片へ加はる荷重は  $P=5w$ , 横杆及び分銅受の自重にもとづく荷重や、初應力に相當する荷重などを合したものを假りに  $P_0\text{ kg}$  として表せば、(5) 式は次のやうになる。

$$w = \frac{1}{19.1} K_1 x - 0.2 P_0 \dots\dots\dots (6)$$

(5) 計測の結果

重り  $w$  を 0 から 3 kg へ向つて増す場合 ( $x_1$ ), 次に 3 kg から順次減らす場合 ( $x_2$ ), 及びとびとびの大きさを勝手な順序に取つた場合 ( $x_3$ ) の 3 様の計測を行ひ、第 1 表のやうな結果を得た。これを圖示すると、第 9 圖の直線が得られた。荷重を増すほど黒線變位の小さくなるのは、壓應力の試験片だからである。

圖に於て、計測點を通る直線を引き、その  $x$  軸に對する傾角の tangent  $m$  を求めると、 $m=0.67$

從て  $K_1=0.67 \times 19.1=13.8 \text{ kg/cm}$

また、第 1 表の數値を、最小自乗法で處理するために、(6)を書き直して

$$w = mx + C \dots \dots \dots (6a)$$

とすれば、これに對する normal equations は

$$\left. \begin{aligned} [x^2] m + [x] C &= [wx] \\ [x] m + [1] C &= [w] \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

從て

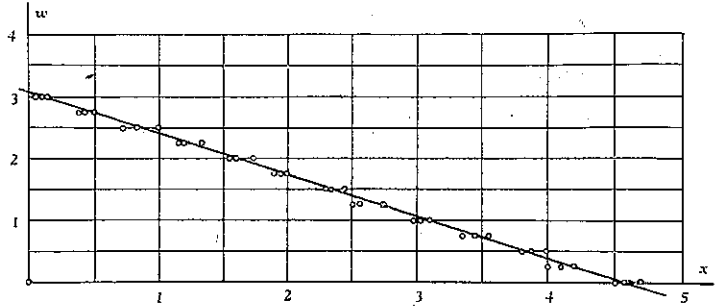
$$m = \frac{[wx][1] - [w][x]}{[x^2][1] - [x][x]}$$

$$K_1 = 19.1 m$$

第 1 表 黒線變位の値

Weight	$w$	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
Scale reading	$x_1$	4.70	4.20	4.00	3.55	3.00	2.55	2.46	1.95	1.80	1.38	1.00	0.50	0.10
	$x_2$	4.50	4.10	3.85	3.48	3.10	2.75	2.30	2.00	1.60	1.20	0.82	0.40	0.05
	$x_3$	4.35	4.00	3.88	3.35	2.98	2.50	2.30	1.90	1.52	1.15	0.72	0.35	0.12

第 9 圖 荷重—黒線變位圖



この方法で處理したものは、 $K_1=13.0 \text{ kg/cm}$  となつて、剛式に求めたものとは、少し違つたものになつた。後者の方が、一層確からしいと見做すべきであらう。

### 5. 彎曲試験による光常數の決定

#### (1) 計測の理論第 1 — 複荷重階法

彎曲試験から光常數を決定する目的に使ふ試験片は、先きに第 4 圖に示したものである。この桁へ荷重  $P$  を與へた場合、中央部に於ける曲げモーメントは、

$$M = \frac{P}{2} \times 4 = 2P \text{ kg cm}$$

中立軸から  $y$  だけ離れた位置にある點の應力は、

$$S = My/I$$

桁の高さを  $2 \text{ cm}$ 、厚さを  $d \text{ cm}$  とすれば、moment of inertia  $I$  は、計算の結果、 $I = 2 d/3$

從て中立軸から  $y$  なる點の應力は、

$$S = 3 y P/d$$

いま荷重が  $P_1$  及び  $P_2$  の場合の應力を夫々  $S_1$  及び  $S_2$  とすれば

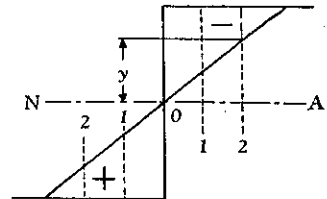
$$S_2 - S_1 = \frac{3y}{d} \Delta P \dots \dots \dots (8)$$

こゝで  $\Delta P = P_2 - P_1$

次に、同じ  $y$  なる點に於て應力  $S_1$  及び  $S_2$  に對する消光階數が夫々  $N_1$  及び  $N_2$  であるとすれば (第 10 圖参照)

$$S_1 d = K_t N_1, \quad S_2 d = K_t N_2$$

第 10 圖 彎曲應力と消光階數との關係



この兩式の差をとれば、

$$S_2 - S_1 = \frac{1}{d} K_t \Delta N \dots\dots\dots (9)$$

こゝで

$$\Delta N = N_2 - N_1$$

(8) と (9) 式から應力の項を消去すれば、次の大切な関係式が出る。

$$K_t = 3y \frac{\Delta P}{\Delta N} \dots\dots\dots (10)$$

即ち、桁(第4圖に示すもの)の中央部に純彎曲を與へ、中立軸から  $y$  なる距離の1點に於て、荷重増分  $\Delta P$  に對應する消光階數増分  $\Delta N$  を計測し得れば、消光係数は(10)式の關係によつて求められるのである。

一般に、高さ  $b$ 、厚さ  $d$  の桁を、支間  $l$  で支へ、その中央  $l/3$  の部分へ純彎曲を與へた場合には、

$$M = \frac{1}{6} Pl, \quad I = \frac{1}{12} b^3 d$$

であつて、これから次の關係が出る。

$$K_t = \frac{2ly}{b^3} \frac{\Delta P}{\Delta N} \dots\dots\dots (11)$$

こゝで  $b=2$ 、 $l=12$  とおけば、(11)式は(10)式になる。

計測は、常に  $t$  分の流伸を確保する状態で行はねばならない。即ち、 $\Delta P$  を含む2荷重階は、夫々荷重中斷法によらねばならぬし、またそれらに於ける計測は、載荷後、 $t$  分經過した瞬間にとるべきものである。(10)式は、荷重量について、單に差  $\Delta P$  を要するのみであるから、横杆や分銅受の重さなどに、注意しなくてもよいことがわかるのである。

中立軸から  $y$  なる距離の點に初應力  $S_0$  が存在する場合には、理論上の應力  $S_1$  及び  $S_2$  の代りに、實際には、夫々、 $(S_1 + S_0)$  及び  $(S_2 + S_0)$  が發生し居ることになる。そしてこれらに對して消光階數  $N_1$  及び  $N_2$  が測られるわけである。この場合でも、兩荷重階の應力差は、結局(8)式になるし、また(9)式には變化ないのであるから、(10)式には別に不都合を生じない。

要するに、この方法は、中立軸から  $y$  だけ離れた1定點を取り、荷重  $P_1$  及び  $P_2$  に對する該點の消光階數を計測し、(10)式を利用して消光係数を求めやうとするのである。實際には、2荷重階だけでなく、もつと多くの荷重階について計測し、それらを總括して、光常數を決定することが、望ましい。然しどんなに省略しても、2荷重階は是非とも必要である。この點に着目して、複荷重階法と名づけたわけである。計測は、寫眞法によるのが便利である。

## (2) 計測の理論第2—單荷重階法

第4圖に示した桁に於て、純彎曲をうける部分の應力は、前にも記したやうに、

$$S = 3y P/d$$

荷重を一定に保つとき、中立軸から  $y_1$  及び  $y_2$  なる點の應力を夫々  $S_1'$  及び  $S_2'$  とすれば、

$$S_2' - S_1' = \frac{3P}{d} \Delta y$$

こゝで  $\Delta y = y_2 - y_1$

また、 $y_1$  及び  $y_2$  なる位置の消光階数を夫々  $N_1'$  及び  $N_2'$  とすれば、(9) 式と同様にして

$$S_2' - S_1' = \frac{1}{d} K_t \Delta N'$$

ここで  $\Delta N' = N_2' - N_1'$

上の 2 式から、應力の項を消去すれば、

$$K_t = 3P \frac{\Delta y}{\Delta N'} \dots\dots\dots (12)$$

また (11) 式に対応する一般式は

$$K_t = \frac{2Pl}{b^3} \frac{\Delta y}{\Delta N'} \dots\dots\dots (13)$$

荷重階  $P$  に於て黒線を撮影し、その結果から  $y-N'$  関係を圖示すれば (距離-消光階數圖)、その直線が  $N'$  軸となす角の tangent が  $\Delta y/\Delta N'$  に當る。それへ  $3P$  を乗じたものが  $K_t$  になるのである。簡単にいへば、一荷重階に於ける 2 點の光效果から、光常數を決定するのである。(12) 式に於て  $\Delta N' = 1$  とれば、

$$K_t = 3P \Delta y \dots\dots\dots (14)$$

即ち、一定荷重に於ける相隣れる 2 黒線につき、その間隔  $\Delta y$  を計測し、これに  $3P$  を掛けたものが  $K_t$  になるわけである。

以上記した方法は、單一の荷重階について計るだけで、理論上、事足りるのであるから、これを、單荷重階法と呼ぶことにしよう。多數の荷重階に就て計測した結果を平均すれば、一層確からしい値の得られるであらうことは論を待たない。

複荷重階法に比べると、計測手續が簡單容易である。しかし、單荷重階法は、次のやうな缺點を有するもので、嚴密には、複荷重階法に遠く及ばないものであると思はれるのである。

(i) (12) 式の  $P$  は、實際に作用して居る荷重量 (actual load) である。故に荷重増分法は、適用できぬわけであつて、楯杆や分銅受の自重を、いつも、嚴密に、算入せねばならない。

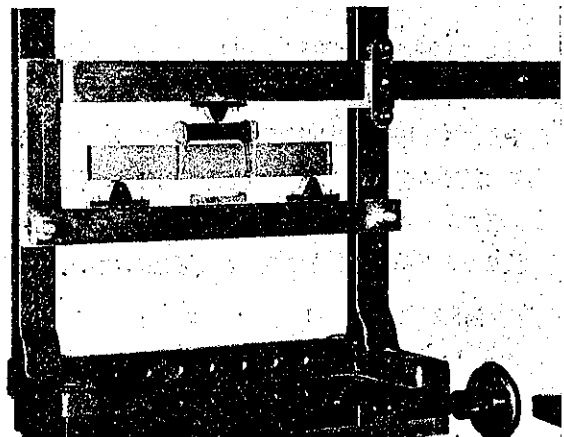
(ii)  $y_1$  及び  $y_2$  なる點に、初應力が少しでもあると、荷重と消光階數との對應に誤差を生じ、結果の正確さが保證されないことになる。また、 $y_1$  及び  $y_2$  なる 2 點に、大き相異なる初應力の存在することは、絶対に避けねばならない。

(iii) 複荷重階法は、特定の 1 點に於ける光效果が、荷重の増加により、どう變るかを計測するものである。しかるに單荷重階法は、荷重を一定に保つて、相隣る 2 點の光效果を比較する。この兩法を比較するに、1 點の變化を測るといふ前者の方が、一般計測理論からみて、無理が少い。

(3) 装置及び試験方法

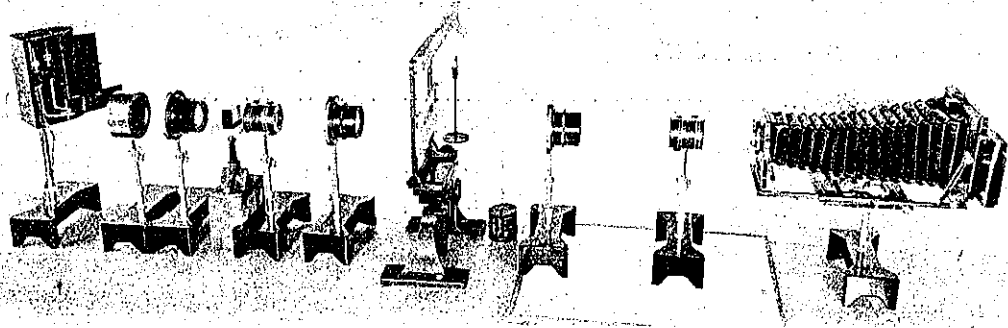
桁へ彎曲を與へる方法は、第 11 圖のやうな装置によつた。これは、壓縮試験の場合に於ける部分品を、僅か取換へればよいのである。全體の光學裝置は、第 12 圖に示す通りである。光源たる水銀燈から、荷

第 11 圖 彎曲試験片



重臺までの部分は、壓縮試験の場合と同様である。荷重臺の後へ、寫像用レンズ ( $f=30\text{ cm}$ ,  $F/4.5$ ) と、アナライ

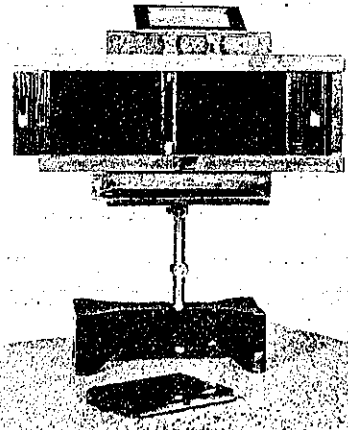
第 12 圖 彎曲試験の光學裝置



ザー (Glann-Thompson prism) とを装置し、その次へ、寫眞暗函ををいて桁像の撮影を行ふわけである。暗函の前枝へは、コムパー・シャッターを装備して、露出時間の調整に便した。また暗函後面の取枠は、第 13 圖に示すやうなものを用意した。即ち乾板の露光面積を自由に加減し得るやうな

第 13 圖 寫眞暗函の後面

スリットを備へ、また乾板の任意の部分に露光し得るやうな移動装置があり、これによつて桁中央部を計測に必要な幅だけ撮影し、且つ多數の荷重階に對する像を相並べて寫しとるやうにした。使用乾板は Isochrom, 光源と取枠の距離は約 3m で、露出 3 秒。指定の MQ 液で現像した。撮影に際しては、まづ  $P_1$  なる荷重を加へて 1 分経過した瞬間に 1 回目を撮し、直に除荷して 3 分以上放置し、然る後、 $P_2$  なる荷重について同様のことを行ひ、以下順次同じことを繰返すのである。



撮影後の計測を容易にする目的から、乾板上の桁像間へスケールを寫込むことを試みた。その場合、取枠の位置は桁像を寫すときと全く同一に保ち、暗函の前板へレンズを取付けて、荷重臺の次の寫像レンズの直後へ紙製スケールを置き、これを撮影した。乾板とレンズの距離は 40 cm, レンズとスケールの距離は 85 cm, レンズは  $f=29\text{ cm}$ , 直徑 5 mm

に絞つて 1 秒の露出を與へた。但しスケールは、前面 40 cm の位置に、反射笠付小型寫眞電球 1 個をおいて、照明した。

かやうにして撮影した黒線群のひとつを第 14 圖に示す。

寫眞に於ける各桁像は、上方が抗壓側で、下方が抗張側である。實際寫した位置では、この逆になつてゐたわけである。各スケールの下部にある番號、その右側に並ぶ桁像の撮影順位を示すものである。桁像順位と、荷重量(分銅受に載せた重りを  $w\text{ kg}$  とする)との關係は、次のやうである。

桁像順位	1	2	3	4	5	6	7
$w, \text{ kg}$	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
	8	9	10	11	12	13	14
	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5	3.75

この重り  $w$  は、横杆で 5 倍に擴大されて、桁へかゝる。尙横杆及び分銅受の自重のために、試験片へかゝる荷重は、2.35 kg と計算された。

#### (4) 複荷重階法に基づく光常数の計算

(1) 零階線の移動 純粹の彎曲應力であれば、第 10 圖のやうに分布するから、これを撮影した場合には、中立軸が桁の高さの中央に現はれ、その上下一定間隔毎に、黒線が出る筈である。中立軸は零階、壓縮側に -1, -2 階、張力側に 1, 2 階の黒線が夫々現はれるのである。第 10 圖は  $\gamma$  なる距離の點に於ける消光階数が、-2 階であることを示してゐる。

先きの第 14 圖に於て、スケール No. 1 に對する桁像を見ると、太い黒線が中央よりも少し上方に現はれてゐる。これが零階の線で中立軸である。その上下に於ても黒線は、對稱的になつてゐない。これは、初應力の存在するためであつて、初應力が、荷重から來る彎曲應力と結合した結果、應力のない點が上方へ移動したのである。スケール No. 14 の桁像に於ては、荷重から來る應力が、極めて大きいために、初應力の影響が僅かになり、零階線がかなり中央へ近づいてゐる。桁像を 1~14 まで通覽すると、變化の様がよくわかる。

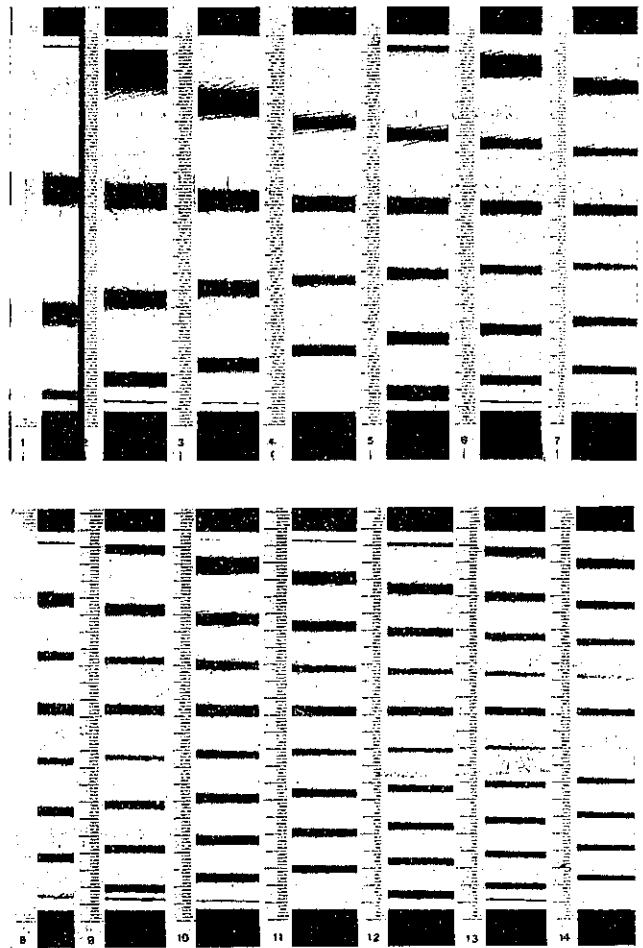
(2) 黒線位置の計測 スケールは、便宜上、1 目盛を 0.2 と読み、5 本目毎にある長線の間を 1.0 と約束し、尙桁像下端に於ける黒白の境界を原點として、各黒線の位置を上方へ測るものとしやう。黒白の境界は、桁の下端縁であつて、No. 3 の桁像では 8 目盛の所にある。これが No. 14 では、6 目盛になつてゐる。これは、荷重増加に伴ひ、桁の撓みが増したことを示すものである。

第 14 圖に示した全桁像について計測するのは著しい手数を要するので、No. 4, 7, 9, 14 の 4 桁像だけをとる。夫々に於ける黒線中心の位置を、スケールで讀むと、消光階数と目盛との關係が、第 2 表のやうであつた。

(3) 距離—消光階數圖 横軸に消光階數をとり、縦軸にスケールの讀みをとつて、第 2 表の値を圖示すれば、第 15 圖が得られる。各桁像に屬する諸點は、夫々、直線上に並んでゐる。尤も、上方の線に近い部分では、初應力が不齊であるためか、直線から、はづれてゐるものが多い。

4 直線の交る所は、 $N=0$  の縦線からやゝ右へ離れてゐる。こゝが、彎曲應力の零である點、即ち眞の中立軸のあべき位置である。交點の位置を詳細に測つてみると、桁の下端から 10.3 目盛、上縁から 11.4 の所にあつて、

第 14 圖 諸荷重階に於ける桁中央部の等色線

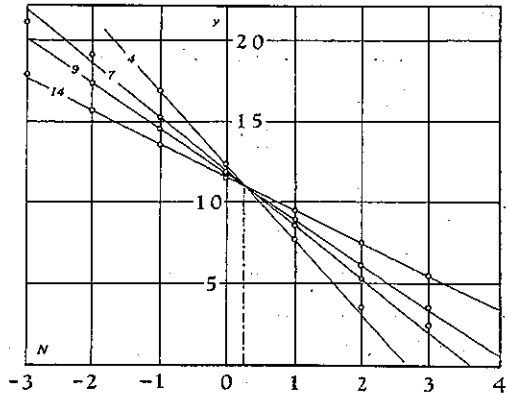


幾何學的中心よりも、極く僅かではあるが(0.3目盛)、下方へづれてゐることが知られる。このづれは、試験片のわるいためか、實驗の不備によるか、それとも彎曲試験に伴ふ避け難い誤差であるのか、何れとも決しかねる。將來の研究に待たねばならない。

第 2 表  
桁に於ける黒線位置

N	Loading			
	4	7	9	14
-3		212	179	
-2		191	174	157
-1	170	153	146	136
0	124	119	117	115
+1	78	86	89	95
+2	36	53	61	75
+3		25	36	55

第 15 圖 距離—消光階數圖



(4) 光常數の算出 距離—消光階數圖(第 15 圖)に於て、4 直線の交點から、下方へ 7.0 目盛だけ下つた位置に、假りの横線を引き、この線が 4 直線と交る點の横距(N)を夫々求めると次のやうであつた。尙、次表には、各桁像に對して分銅受へ載せた重り w をも記した。

桁像順位	4	7	9	14
N	1.87	2.44	2.82	3.78
w	1.25	2.0	2.5	3.75

桁の實際の高さ 2 cm が、スケールでは 22.2 目盛になつてゐる。従て 7.0 目盛に對する桁上の實距離は、  
22.2 目盛 : 7.0 目盛 = 2.0 cm : y cm

から

$$y = 0.634 \text{ cm, また } 3y = 1.90$$

となる。上表の N の値は、この y なる點に於ける消光階數を示したものである。

重り w は 5 倍になつて桁へかゝる。即ち  $P = 5w + P_0$  である。P<sub>0</sub> は桁杆や分銅受にもとづくもの。

これらの關係から、任意 2 桁像間の ΔP 及び ΔN を計算し、更に (10) 式を使つて、消光係數 K<sub>1</sub> を計算すれば、次の値が得られた。

桁像組合せ	4-7	7-9	7-14	4-9	4-14
ΔP	3.75	2.50	8.75	6.25	12.50
ΔN	0.57	0.38	1.34	0.95	1.91
ΔP/ΔN	6.58	6.58	6.53	6.58	6.54
K <sub>1</sub>	12.5	12.5	12.4	12.5	12.4

上に得た K<sub>1</sub> を平均すれば、12.5 kg/cm となる。尙、14 荷重階に對する寫眞がとつてあるから、更に多くの組合せを作つて、計算を行へば、一層確からしい値が得られる筈である。

前に壓縮試験から得た K<sub>1</sub> の値と比較すると、約 4% の差がある。これは、別の原料板から夫々の試験片をとつたために生じたのか、或は壓縮試験と彎曲試験とで本質的にちがふのか、それとも實驗法の不備によるのか、よくわからない。將來の研究を待つ次第である。

(5) 單荷重階法にもとづく光常數の計算

第 14 圖に示した桁像寫眞は、初應力を含むものであるから、これを基にして、單荷重階法の計算は無理である。



しかし、方法を示すだけの目的に計算を進めれば次のやうである。第 15 圖に於て、4 直線の交點から、下方へ 7.0 目盛をとり、これを  $4y$  とする。その實際の長さは、前に求めた通り  $4y=0.634$  cm.

次にこの 7 目盛に對する各直線の  $4N'$  を求めて、 $4y/4N'$  を計算し、これへ  $3P$  を掛ければ、 $K_1$  が出る筈である。 $P$  は、試験片へかかる全荷重である。

桁像順位	4	7	9	14
$4y/4N'$	0.420	0.305	0.258	0.185
$P_1, \text{kg}$	8.60	12.35	14.85	21.10
$K_1$	10.8	11.3	11.5	11.7

荷重階によつて大きさを異にするといふ結果になる。これは初應力の存在によるためであらうと思はれる。この単荷重階法は、理論上簡単なわけであるが、實際は、數荷重階について計算し、その平均をとる必要があるから、手續の上でも、複荷重階法に比べて、さう簡単ではないことになる。複荷重階法は、初應力があつてもなくても差支ないし、また横杆等の自重を加算する必要のないのであるから、単荷重階法よりも、一般的であるといつてよいと思はれる。

## 6. 兩方法の比較

壓縮試験による方法と、彎曲試験による方法とを比較するに、夫々一長一短があつて、何れがよいとも、簡単にいへないものがある。

### (1) 壓縮法の長所—彎曲法の短所

(1) 壓縮法は、試験片の形状が小さくてすむ。従て、光弾性試験に際しその本試験片を切取つた板の一隅から、容易に、光常數決定に要する試験片を作ることが出来る。彎曲法の試験片は、長さが 15 cm もあるから、本試験片と同じ板から、とれないことがあるかも知れない。

(2) 壓縮法は、常數が速かに求められる。光効果の觀測と最小自乗法の計算を合せても、まづ半日の仕事である。彎曲法では、撮影後、乾板の現像、定着、水洗、乾燥をしてから、印畫紙への焼付、現像、定着、水洗、乾燥といふ手續を要し、それから、黒線の計測、その結果の圖示、計算といつたわけで、到底 1 日ではすまない。悪くすると、3 日がかかりである。

(3) 壓縮法の實驗には、消耗品を要しない。彎曲法では乾板、印畫紙、藥品等を是非とも必要とする。

### (2) 壓縮法の短所—彎曲法の長所

(1) 壓縮法では、補整計といふ特殊な器械を要する。彎曲法では、普通の光弾性試験に必要な器械だけで足りる。

(2) 壓縮法では、直接の觀測値が後日に残らない。彎曲法では、寫眞にとつてあるから、全データが、明確に残るのである。

(3) 壓縮法では、荷重の載除回数が多くなるので、後になるほど、creep on unloading が消えずに一部分残るやうな傾向がある。彎曲法では、3 回か 5 回の載荷ですむから流伸の殘留する虞が少い。

これを要するに、試験片の大きさを制限される場合には、壓縮法によらねばならない。試験片の大きさや實驗時間數に何の制限もない場合には、彎曲法を利益とするであらうと思はれる。

## 7. 要 結

(1) 計測条件 光弾性試験片を作る材料には、弾性流伸及び光學流伸なる特殊な現象が存在する。そのため實用に供すべき光弾性常數としては、一定時間の流伸を加味した數値が必要である。計測に際しては、各觀測毎に荷重を中斷し、また、荷重増分とそれに対する光效果増分とから、常數値を決定する如き方法に依らねばならない。

(2) 試験片 光常數決定に使ふ試験片としては、 $2 \times 4$  cm の壓縮片と、 $2 \times 15$  cm の桁を標準と決め、これを以て實驗を遂行した。桁は、支間 12 cm で、これを 3 等分し、その中央部に純彎曲を與へた。

(3) 壓縮試験 補整計を以て、數荷重階に於ける光效果を、夫々  $t$  分の流伸を含む状態に於て觀測し、それから、荷重—黒線變位圖を作製し、その直線の傾きから消光係數  $K_i$  を計算する方法を提示した。

$$P = mx + C, \quad K_i = m \left( \frac{a}{b} \right).$$

ここで、

$P$  : 荷重量、

$x$  :  $t$  分の流伸を含む黒線變位、

$C$  : 未知の常數、

$m$  :  $P-x$  直線の傾角の tangent、

$a$  : 補整計の光常數

$b$  : 壓縮試験片の幅 (2 cm)

消光係數  $K_i$  は、光弾性消光法則

$$S \cdot d = N \cdot K_i$$

なる關係式を満たす光常數である。但し

$S$  : 1 點に於ける主應力差, kg/cm<sup>2</sup>

$d$  : 試験片の厚さ, cm

$N$  : 消光階數, 載荷後  $t$  分經過した瞬間のもの

(4) 彎曲試験 數荷重階に於て、桁中央部の等色線群を、夫々  $t$  分の流伸を含む状態に於て撮影し、それから、距離—消光階數圖を作製し、これによつて、中立軸から  $y$  なる距離の點に就き、荷重増分と消光階數増分との比を求めて、消光係數  $K_i$  を計算する方法を提示した。

$$K_i = 3y \frac{\Delta P}{\Delta N}$$

ここで

$y$  : 中立軸から特定点までの距離、

$\Delta P$  : 任意の 2 荷重階に於ける荷重増分、

$\Delta N$  :  $\Delta P$  のために  $y$  なる點に生じた消光階數増分、

## (5) 兩方法の比較

壓縮法の長所 : (1) 試験片の形状が小さくてすむ。

(2) 光常數の決定が迅速である。

(3) 實驗に消耗品が要らない。

彎曲法の長所 : (1) 特別な器械を要しない。

(2) 觀測値が完全に後日まで残る。

(3) 流伸の殘留による誤差が殆どない。

(完)