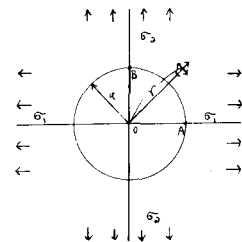


本論文でいう光弾性被膜法とは、光弾性樹脂薄板（エポキシ樹脂薄板）を目的物（ここではレール）の表面に接着し、接着硬化後、目的物に穿孔を行って、その部分に一種の応力解放或は応力弛緩の状態を起こさせ、その際に光弾性樹脂薄板に生ずべき光弾性縞模様によって、目的物（レール）に潜在していた残留応力を顕現し測定しようとする方法である。

元来、残留応力や *dead load* 又は自重による *stress* の測定は、普通の *Test piece* による試験では、測定が不可能であるため、*dead load* を近似的に等分布荷重に置き換えて考える場合を除き一般にその値を無視して材料の強度内至は構造物の安定度を算定し、設計を行っているのが通例の実状であるが、この様な *initial stress* は設計上無視しても差支ない程、必ずしも常に微小であるとは断言出来ないものであって、寧ろその影響を重視しなければならぬ場合も相当ある。本論文で採り上げたレールの残留応力の研究は、実験に使用したレールが型钢としての圧延工作過程と、硬頸軌條としての焼入れ工程を経たものであることになって、その残留応力値が設計上無視出来ない程度に達するのではなからうかという疑問を解明し、実際設計上の資料を得ることを目的として実施したものである。事実この種のレールは、従来の断面強度算定方式の上では、強度的に余裕があるものとされておりましたが、隧道内又は其の他で原因不明の理由によって折損することや屢々であり、本研究で試験を行ったレールも亦、国鉄現場で現に原因不明で折損したものを対象とした。

光弾性被膜法といっても、その目的によってやり方は唯一種類ではなく、G. Gysel 教授が創案した *photoelastic strain compass* の様に、その周辺だけを実際の構造物に接着し、*live load stress* 又はその後の変化応力を測定するものもあるが、ここでの方法は、残留元応力の測定が目的であるから、エポキシ樹脂板の全底面をレールに完全に接着した後、直径 d のドリルで貼布薄板を通してレール金属部分迄、深さ h （ $h = 2.0d$ 程度）に穿孔し、その際円孔周辺に生ずる応力の *Redistribution* による貼布樹脂板での光弾性縞模様を反射式光弾性装置で撮影及び直接観察することによって、求める応力状態即ちレールの残留主応力 σ_1 、 σ_2 及びその方向を得るのである。穿孔径 d は西田博士の言われる様に或場合には小さい事が望ましいが、一方それにも増して、応力検出感度の上から、或程度の大きさが必要なのとレールの残留応力は肩部、底部の夫々で大体において一樣なのでここでは前者は $d = 5\text{mm}$ を選んだが、その詳しい理由はここでは割愛する。

さて最初レールに存在した残留主応力を σ_1 、 σ_2 とし、円孔の半径を a ；レール内に生じた応力の *Redistribution* による変化主応力を $(\sigma_1)_m$ 、 $(\sigma_2)_m$ ；エポキシ貼布板内に生じた主応力を $(\sigma_1)_p$ 、 $(\sigma_2)_p$ ；とすれば次の関係式が成立する。（誘導過程省略）



$$\{(\sigma_1')_m - (\sigma_2')_m\}^2 = \frac{Q^*}{r^4} \left\{ (\sigma_1 + \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) + 2(\sigma_1 - \sigma_2) \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) \cos 2\theta \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\{(\sigma_1')_p - (\sigma_2')_p\}^2 \left\{ \frac{E_m(1+V_p)}{E_p(1+V_m)} \right\}^2 = \frac{Q^*}{r^4} \left\{ (\sigma_1 + \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) + 2(\sigma_1 - \sigma_2) \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) \cos 2\theta \right\} \dots\dots\dots (2)$$

エポキシ板に生ずる繰次数を N とすれば

$$\left\{ \frac{N}{2\alpha t} \cdot \frac{E_m(1+V_p)}{E_p(1+V_m)} \right\}^2 = \frac{Q^*}{r^4} \left\{ (\sigma_1 + \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) + 2(\sigma_1 - \sigma_2) \left(2 - \frac{3a^2}{r^2} \right) \cos 2\theta \right\} \dots\dots\dots (3)$$

但し、 α = (エポキシ板の光弾性繰感度)， t = (エポキシ板の厚み)

(3)式は、繰次数 N = (一定) なるときの r ， θ の関係即ち繰次数 N の曲線形の極座標方程式である。

$r = a$ なる円孔周辺では、(1)式は、

$$\{(\sigma_1')_m - (\sigma_2')_m\}^2 = 2 \{ (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) - (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \cos 2\theta \} \dots\dots\dots (4)$$

$r = a$ で特に $\theta = 0$ なるときは、(3)式は、次の様に簡単になる。

$$\left\{ \frac{(N)_A}{2\alpha t} \cdot \frac{E_m(1+V_p)}{E_p(1+V_m)} \right\}^2 = 2 \{ (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) - (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \} = 4\sigma_2^2$$

$$\therefore \sigma_2 = \frac{(N)_A}{4\alpha t} \cdot \frac{E_m(1+V_p)}{E_p(1+V_m)} \dots\dots\dots (5)$$

同様に $r = a$ で、 $\theta = \frac{\pi}{2}$ なるときは、

$$\sigma_1 = \frac{(N)_B}{4\alpha t} \cdot \frac{E_m(1+V_p)}{E_p(1+V_m)} \dots\dots\dots (6)$$

故に(5)式及び(6)式から、エポキシ板の繰次数 $(N)_A$ ， $(N)_B$ を観測することによって、レールの残留主応力 σ_1 ， σ_2 を求めることが出来る。

(5)式及び(6)式は、エポキシ貼布板の厚み t を、接着面でのレール歪に追隨して、貼布板の厚み全体に同一の歪を生ずる程度に充分薄いものと仮定し、二次元応力問題として取扱った結果であって、実際に使用した貼布板の厚みは $t = 3\text{mm}$ である。感度を高める上からは t を更に厚くする方が良いが、それにも限界があり、又その場合(5)，(6)式では或程度、三次元的効果による誤差の混入を免れない。これらの点及び実験測定結果については当日席上で説明する。