光弾性皮膜法による鋼部材の弾塑性域の拡がりの研究

名古屋大学　川　本　眺　万
〃　福　本　唀　士
〃　宇佐美　　勉
〃　藤　原　　稔

1. 要　旨

この研究は曲げモーメント，および，せん断力が共存する場における部材の弾塑性領域の発展の状態，および，せん断力の影響による全塑性モーメントの低下を実験的に求めようとするものである。実験は光弾性皮膜法を用い，まず，基礎的な資料を得るため，長方形断面の等断面片持ち染に単一集中荷重を載荷した場合の固定端附近の弾塑性域拡がりについて行つた。

2. 光弾性皮膜法による実験，および，その解析法

(1) 光弾性皮膜の Strain-Optic Law

光弾性皮膜法は下地金属が塑性域に入つても，その皮膜材料はなお弾性域にあるという性質を用いているから，通常の二次元光弾性の Stress-Optic law における主応力差を主ひずみ差に変換すれば，ただちに次のような Strain Optic law が得られる。

$$n=\alpha(\sigma_{p1}-\sigma_{p2})\cdot 2t=\frac{\alpha E_p}{1+\nu_p}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)\cdot 2t=K(\varepsilon_1-\varepsilon_2)\cdot 2t\cdots\cdots(1)$$

ここに，n：等色線縞次数，α：皮膜の光弾性感度，σ_{p1}，σ_{p2}：皮膜の主応力，ε_1，ε_2：皮膜（下地金属）の主ひずみ，t：皮膜厚，ν_p：皮膜の Poisson 比，E_p：皮膜の弾性係数，$K=\alpha E_p/(1+\nu_p)$：主ひずみ差感度

(2) 試　験　片

皮膜としては epoxy-polysulfide 共重合体を用い，その材料，および，配合は下に示してあり，厚さは約 2mm である。

Epoxy-prepolymer(Araldite・Resin D)	100	重量比
Polysulfide(Chiocal LP-3)	50	
Diethylene triamine	8	

鋼材試片はすべてＳＳ４１を用い，同じ材料から引張り試験片(巾2 cm，厚さ5 mm，ゲージ長18 cm)および，片持ち梁試験片(巾2 cm，厚さ5 mm，長さ20 cmの矩形等断面梁)を作製し，主ひずみ差感度の検定用として，ＳＳ 41の引張り試験片(巾1 cm，厚さ2 mm，ゲージ長10 cm)を作製した。これとは別に，皮膜材料単独の性質を調べるため，上と同じ配合の皮膜の引張り試験片(巾2 cm，厚さ6 mm，ゲージ長12 mm)を作製した。

接着剤はすべて皮膜と同じ材料を用いた。

(3) 鋼材の引張試験，主ひずみ差感度の検定

ひずみ測定はすべて東京測器研究所の塑性ゲージを用い，光弾性装置としては理研製反射型光弾性装置，荷重試験機としては前川製作所20t試験機を用いた。得られた結果は下のとおりである。

光弾性皮膜				鋼材試片		
E_p (Kg/mm²)	p	$\beta=\alpha E_p$ (1/mm)	$K=\alpha E_p/(1+p)$	σ_y (Kg/mm²)	ε_y (%)	E (Kg/mm²)
83	0.39	54.7	36.5	27	0.13	2.08×10^4

σ_y：降伏点応力，ε_y：降伏点ひずみ，E：弾性係数。なお引張り試験による検定曲線からKを求める際鋼材のPoisson比は塑性域での値0.5を用いた。

(4) 実験，および，その解析法

等色線，等傾線は弾性領域で3回，部材の一部が塑性域に入つてからは荷重試験機に取り付けたダイヤル・ゲージが半周(1 mm)まわるごとに撮影した。

等色線によつて得られる主ひずみ差を分離するためには，斜入射法が一般に用いられているが，ここでは，普通の二次元光弾性と同じように等傾線を用い，Shear-difference methodにより分離を行うことにした。

つぎに，得られたひずみから弾塑性域での応力状態，および，弾塑性境界を決定するためには，鋼材の降伏条件，および，降伏後の応力—ひずみ関係がわからねばならない。鋼材の場合，降伏条件として用いられているものに，Tresca，およびVon Misesの降伏後の応力—ひず

み関係としては，ひずみ増分理論におけるPrandtle−Reussの方程式，全ひずみ理論におけるHenckyの方程式がある。弾塑性境界のみを求める場合，鋼材がTrescaの降伏条件に従うものと仮定すれば，等色線だけで簡単に求められる。すなわち，Trescaの降伏条件

$$t_{max}=(\sigma_1-\sigma_2)/2=\sigma_y/2 \quad \cdots\cdots〔2〕$$

を，ひずみ関係に通せば

$$\xi_1-\xi_2=(1+\nu)\sigma_y/E=(1+\nu)\xi_y \quad \cdots\cdots〔3〕$$

式(3)を式(1)に代入すれば

$$n=K(1+\nu)\xi_y\cdot 2t \quad \cdots\cdots〔4〕$$

式(4)のnは，引張試験の検定曲線において$\xi=\xi_y$のときの縞次数と一致するから，あらかじめその縞次数を求めておけば，弾塑性境界はただちに求められる。本実験の場合，そのnは0.28であつた。

弾性，塑性領域での応力分布を求める場合には，Von Misesの降伏条件を塑性ポテンシャルとしてPrandtle−Reussの方程式を用いて求めることができるが，詳細については当日報告する。