

広島大学工学部 永井 欣一 ○岩田 光正
 広島大学大学院 奥本 勇二

1. 緒言 多結晶金属におけるデバイ反射は円錐状の回折線群を形成しており、各回折面法線方向のひずみにに関する情報を持っている。著者らは、これらの情報を用いて測定点における任意の方向の応力成分を推定することができる応力解析法すなわち ψ - $\sin^2\psi$ 法¹⁾を提案し、さらにこの方法を、X線の入射方向が制約されるために従来の $\sin^2\psi$ 法では測定が困難であったすみ肉溶接部に適用して、平行ビーム計数管法により測定した回折角をもとに信頼度の高い残留応力値が得られることを示した²⁾。円錐状に生じる各方向の回折X線の検出には、上述の計数管法のほかにフィルム法があり、前者ではゴニオメータの計数管走査面を入射X線を軸として回転させ、各方向で回折角を測定する必要があるが、後者ではすべての回折X線像をデバイ環として同時にフィルム上に記録することができる。その上フィルム法は計数管法に比べて回折線検出部の構造が簡単で、小型、軽量でもあり、実用構造物への適用が容易である。そこで本報では、フィルム上のデバイ環から得られる種々の方向のひずみにに関する情報をもとに ψ - $\sin^2\psi$ 法によって応力が推定可能であることを引張試験の応力測定によって明らかにするとともに、フィルム法のすみ肉溶接部への適用を試みた。

2. 実験方法 前報²⁾と同様に応力除去焼鈍を行った60キロ級調質形高張力鋼を用いて引張試験片およびすみ肉溶接継手を作製した。すみ肉継手の寸法および測定位置を図1(a)に示す。同図(b)は、測定点をOとし、試料表面上にX、Y軸、表面に垂直方向をN軸をとった座標系におけるX線の入射方向(至、 ψ_0)およびフィルム面上での回転角 ω の採り方を示したものである。X軸は、 ψ - $\sin^2\psi$ 法では任意の方向に採ることができるので、引張試験片では荷重軸方向、すみ肉継手では溶接線方向に採った。引張試験片では、X線の入射角に対する制限がないので図2の標本Iに示す至、 ψ_0 においてデバイ環を撮影した。撮影条件を表1に示す。40方向の入射X線に対して得られる各デバイ環上で、 ω を $20^\circ \sim 40^\circ$ おきに14方向にとり、マイクロフォトメー

表1 デバイ環撮影条件

特性X線	Cr-K α
フィルター	V
スリット	1 mm ϕ
管電圧	30 kV
管電流	10 mA
照射域	1 mm ϕ
露出時間	45 min

標本	至	ψ_0	0°	18°	36°	54°	72°	90°	108°	126°	144°	162°	自膜
I	0°	0°	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	556
	15°	0°	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	30°	0°	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	45°	0°	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
II	45°					○	○	○					38
III	45°				○	○	○	○					52

図2 標本I, II, IIIにおける入射X線の方角

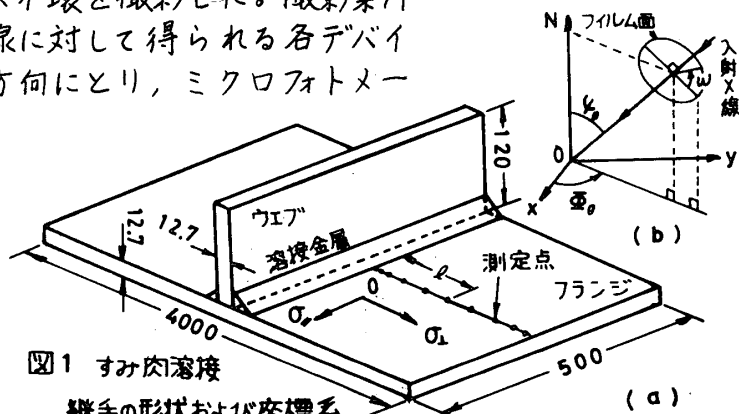


図1 すみ肉溶接

継手の形状および座標系

メを用いて濃度分布曲線を描き、半価幅中点法によって回折角を計測した。すみ肉継手におけるX線の入射方向は、継手と装置の形状によって ψ_0 が 45° 前後の値に限定されるうえに、至が図3に示すごとくボンドからの距離 l に依存して斜線内の範囲に制限される。そこですみ肉継手の $l=3$ および 25mm の位置においてX線の入射が許容される範囲内のデバイ環を図2に示した標本Iから選び、それぞれ標本IIおよびIIIとした。引張試験片についてはひずみゲージを貼付して機械的負荷応力を求め、すみ肉継手についてはX線による非破壊測定後にひずみゲージを用いた応力弛緩法によって残留応力を測定し、X線応力測定法による結果と比較した。

3. 実験結果 引張試験片に応力 20.7kg/mm^2 を負荷したときのデバイ環によるひずみの情報をもとに各標本について $\psi\text{-sin}^2\psi$ 法により推定した荷重方向の応力 σ_x の期待値と80%信頼区間を表2に示す。標本Iは、期待値が機械的負荷応力とほぼ一致し、信頼区間の幅も小さく、十分な精度で応力値の推定が可能となることを示している。すみ肉溶接部を想定した標本IIおよびIIIの推定値は、実用上差支えない精度を示しているが、期待値は若干低い値を示す。この原因としては、 ψ_0 および l に依存するX線の吸収因子の影響、回折線強度とフィルム濃度の対応などが考えられる。詳細は講演当日報告する。

すみ肉溶接部の各測定点については、 ψ_0 を 45° に固定し、図3の至の方向からX線を入射して、3～5枚のデバイ環の情報をもとに溶接線方向の応力 $\sigma_{\parallel}$ 、直角方向の応力 $\sigma_{\perp}$ および主応力の方向を推定した。 $\sigma_{\parallel}$ および $\sigma_{\perp}$ の分布をひずみゲージを用いた応力弛緩法による測定結果と比較して図4に示す。なおボンド線からの距離 l が 50mm を越える測定点では、従来の計数管法を用いた $\text{sin}^2\psi$ 法により $\sigma_{\parallel}$ 、 $\sigma_{\perp}$ がいつでも測定可能となるので、その結果を Δ 、 $\blacktriangle$ 印で図中に示す。X線による推定値は、応力弛緩法による測定値に比べて若干低い値を示すが、分布の傾向は一致しており、また80%信頼区間の幅も数 kg/mm^2 で、実用上は差支えない程度の精度が得られている。主応力の方向についても、両測定法による値はよい対応を示した。

(参考文献) 1) 永井, 岩田, 菊地, 奥本, 小林; 溶接学会誌, 45-12(1976), 2) 永井, 岩田, 奥本; 溶接学会誌 46-7(1977)

標本	$E(\sigma_x) \pm \Delta\sigma \text{ kg/mm}^2$
I	21.6 ± 0.5
II	17.1 ± 4.6
III	17.4 ± 2.0

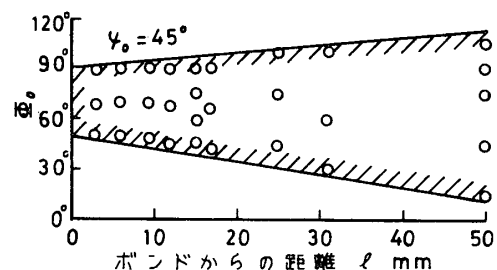


図3 すみ肉継手において $\psi_0=45^\circ$ としX線が入射可能となる ψ_0 の範囲

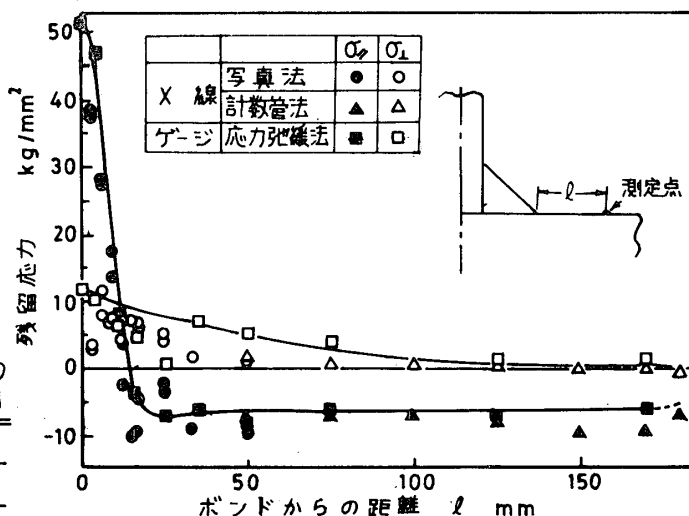


図4 X線応力測定および応力弛緩法によるすみ肉継手の残留応力測定結果の比較