

日本材料学会 X 線材料強度部門委員会
ラウンドロビン試験片の残留応力測定結果

H17.10.19

静岡大学 坂井田喜久

1. はじめに

日本材料学会の X 線材料強度部門委員会・溶接部残留応力測定小委員会より支給された炭素鋼(SM570)とオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)の溶接ラウンドロビン試験片について、溶接部近傍の残留応力測定を行った結果について以下報告する。

2. 供試材および実験方法

供試材は、Fig.1 に示すような、SM570 炭素鋼，および、SUS304 オーステナイト系ステンレス鋼の溶接試験片である。試験片表面の中央部には、予め測定ラインが引かれていたので、溶接ビードに平行な方向を L 方向，垂直な方向を T 方向と定義し、測定ライン上の L 方向と T 方向の残留応力 σ_L と σ_T を X 線応力測定法により測定した。なお、測定面は、山梨県工業技術センターから送付されたままの状態で行った。また、溶接による試験片の反りやビードの傾きは考慮せず、ビードを中心にほぼ左右対称となるように鉛直方向を設定した。

溶接残留応力は、X 線応力測定装置 (PSPC-MSF2M, 理学電機製)により測定した。検出器は一次元 PSPC を用いた。Table.1 に主な測定条件を示す。なお、 ψ 角毎の回折角度は半値幅中点法により求めた。また、残留応力値は $2\theta - \sin^2\psi$ 線図の傾き M に応力定数 K をかけて算出した。

3. 実験結果

Table.2 は、SM570 溶接試験片の測定結果を示す。また、Fig.2 は、SM570 溶接試験片の溶接ビード中心からの距離に対する残留応力測定結果を示す。溶接ビードに対して垂直方向の残留応力 σ_T は、ビード上で約 300MPa の引張残留応力が発生している。一方、溶接ビードから数 mm 離れた熱影響部では 175MPa 程度の圧縮残留応力が発生し、ビードからの距離が離れるにしたがってほぼゼロとなった。溶接ビードに対して平行方向の残留応力 σ_L は、ビード上で約 100MPa の引張残留応力、熱影響部では若干の圧縮応力値を示したが、ほぼ誤差の範囲である。測定値のばらつきは、溶接ビード上や熱影響部では $2\theta - \sin^2\psi$ 線図の直線性が悪く、大きな値を示した。また、 σ_T の誤差の方が、 σ_L の誤差に比べて大きい傾向を示した。

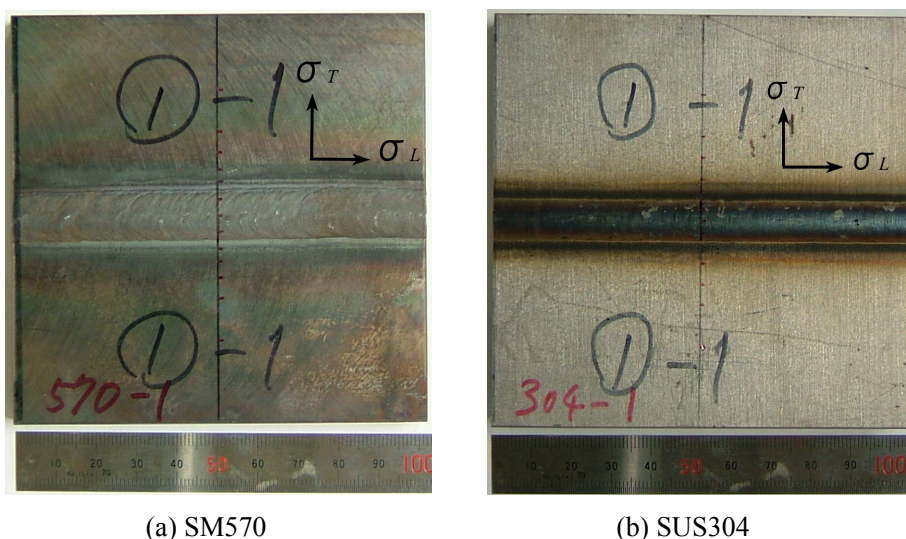


Fig.1 Welded specimens.

Table 1 X-ray stress measurement conditions.

	SM570	SUS304
Characteristic X-ray	Cr-K α	Cr-K β
Tube voltage (kV)	30	30
Tube current (mA)	8	4
Fixed time (s)	20	180
Diffraction angle 2 θ (deg)	156.4	148.5
Diffraction plane	211	311
Start angle 2 θ (deg)	150	142
Stop angle 2 θ (deg)	164	154
Stress constant K(MPa/deg)	-318	-366
ψ -angle (deg)	0,14,19,24,28,32,35,39,42,45	
Oscillation	No	
irradiated area (mm ²)	2 \times 2	

Table.3 は、SUS304 溶接試験片の測定結果を示す。また、Fig.3 は、SUS304 溶接試験片の溶接ビード中心からの距離に対する残留応力測定結果を示す。溶接ビードに対して垂直方向の残留応力 σ_T は、ビード上で 0~200MPa 程度の圧縮残留応力が発生し、熱影響部では 300~400MPa 程度の引張残留応力を示し、ビードからの距離が離れるにしたがって再び圧縮残留応力に変化する複雑な残留応力分布となった。一方、溶接ビードに対して平行方向の残留応力 σ_L は、ビード上で 0~160MPa 程度の引張残留応力を示し、熱影響部でさらに高い引張残留応力となり、ビードからの距離が離れるにしたがって圧縮残留応力に変化した。測

定値のばらつきは、回折強度分布のSNが悪いことから全体的に悪い。また、特に、溶接ビード上では、回折ピークがスプリットする場合もあり、半値幅中点法により回折位置が決まるまで何回か測定を繰り返したが、 $2\theta - \sin^2\psi$ 線図の直線性はSM570よりも悪く、ばらつ

Table 2 Residual stresses, σ_T and σ_L , of SM570.

Distance from weld bead (mm)	SM570	
	σ_T (MPa)	σ_L (MPa)
-30	2.5 ± 11.0	16.7 ± 3.9
-20	9.0 ± 15.9	36.3 ± 3.5
-15	-1.6 ± 21.3	57.1 ± 4.1
-11	-39.4 ± 25.5	72.9 ± 5.9
-8	-186.8 ± 22.6	-6.9 ± 13.8
-4	20.1 ± 81.5	94.6 ± 57.0
0	273.0 ± 35.2	108.8 ± 41.4
4	279.1 ± 50.9	62.4 ± 50.1
8	-150.2 ± 22.3	-36.0 ± 19.7
11	-91.0 ± 23.4	84.0 ± 3.0
15	-8.8 ± 20.5	42.8 ± 3.8
20	14.6 ± 14.2	8.1 ± 3.4
30	43.2 ± 10.4	-9.3 ± 3.9

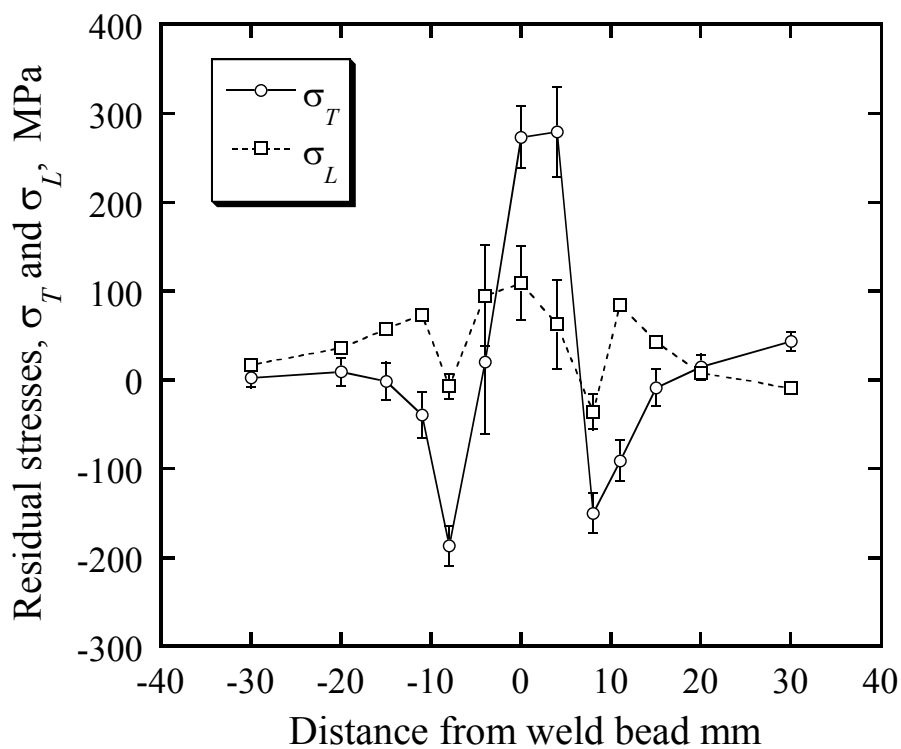


Fig.2 Residual stress distribution of SM570 weld specimen.

きは大きな値を示した。なお、 σ_T の誤差は、SM570と同様に σ_L の誤差に比べて大きい傾向を示した。

Table 3. Residual stresses, σ_T and σ_L , of SUS304.

Distance from weld bead (mm)	SUS304	
	σ_T (MPa)	σ_L (MPa)
-30	-270.0 ± 72.8	-422.7 ± 80.0
-20	79.0 ± 80.8	-261.3 ± 36.4
-15	388.1 ± 39.1	-114.1 ± 43.0
-10	435.1 ± 53.1	136.2 ± 27.3
-7	176.3 ± 24.9	231.3 ± 27.1
-3	-97.1 ± 152.8	34.1 ± 107.3
0	-16.6 ± 183.7	162.7 ± 101.9
3	-232.4 ± 91.9	48.4 ± 123.5
7	262.4 ± 23.5	365.5 ± 20.5
10	340.3 ± 44.0	59.7 ± 28.3
15	253.9 ± 74.6	-207.8 ± 56.3
20	38.0 ± 98.0	-404.5 ± 60.1
30	-327.0 ± 87.4	-392.3 ± 71.5

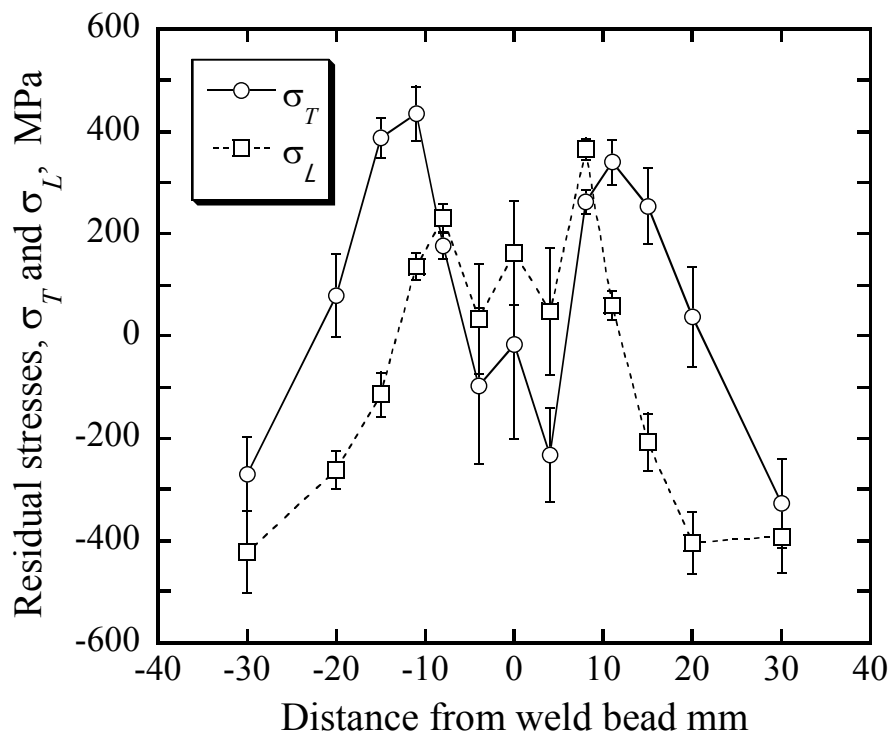


Fig.3 Residual stress distribution of SUS304 weld specimen.