

## 合成樹脂による溶接継手疲労強度の改善について

神戸大学 正員 西村 昭  
 広島工業大学 正員 皆田 理  
 広島工業大学 正員 ○村中 昭典

1. まえがき 鋼構造物の大部分が溶接を主体として製作される今日、溶接継手の疲労強度の改善は、構造物の設計、並びに維持、管理上極めて重要な問題である。一般に、溶接継手の疲労強度は、余盛角度、並びに溶接止端半径の影響を受け、それらの増大、または減少に伴なつて低下の傾向を示す。従つて、従来から溶接継手の疲労強度の改善には、止端部にグライシング<sup>①</sup>をかけて局部形状を滑らかにする方法がとられている。このような疲労強度の改善方法に対して、Gilde<sup>②</sup>らは、切欠試験片、並びに溶接継手に種々の合成樹脂を被覆して疲労強度の改善を図ることを試みている。これによると、切欠材、及び溶接継手の疲労強度が、被覆しない場合に比してそれぞれ約200%、及び75%向上したことを報告し、この原因が、樹脂被膜による余盛止端部の切欠緩和効果、及び被膜の大気に対する保護作用によるものと推論している。そこで、本報告は、溶接継手（突合せ溶接継手、及びガセット継手）を用い、樹脂被覆による継手疲労強度の改善効果を把握し、同手法が、止端半径の幾何学的形状改善法と同様の効果を有すか否かの検討を行なったものである。

2. 供試体、及び試験要領 ガセット継手、並びに突合せ溶接継手の形状、寸法を図1に示す。図中に記入した斜線部は、合成樹脂を被覆した範囲を示す。

鋼板にはSM50Aを使用した。同鋼板の機械的性質を表1に示す。両継手の溶接は、溶接棒としてL-55、5φを用い手溶接で行なった。突合せ溶接継手の場合、開先形状は、開先角度60度のV型とし、裏はつり裏溶接を行なつて作成した。止端半径Pは、突合せ溶接では平均0.25mmと0.40mm、またガセット継手では平均0.26mmと0.65mmを有するそれぞれ2種類の継手を準備した。これらの継手の止端部に生ずる応力集中率をR.B. Heywood<sup>③</sup>の式を用いて算定すると、突合せ溶接継手では、 $P = 0.25\text{mm}$ 、及び $0.40\text{mm}$ に対してそれぞれ約2.54、及び2.09、ガセット継手では、 $P = 0.26\text{mm}$ 、及び $0.65\text{mm}$ に対してそれぞれ約3.65、及び2.14となる。

また、合成樹脂を被覆した継手は、突合せ溶接継手、及びガセット継手の止端半径がそれぞれ $0.25\text{mm}$ 、及び $0.26\text{mm}$ のものである。両継手に被覆した合成樹脂は、金属粉配合エポキシ樹脂<sup>④</sup>で、硬化後の強度特性値を表2に示す。試験は、継手に被覆した合成樹脂の応力集中緩和効果をみるための静的試験、及び疲労試験を実施した。疲労試験は、下限荷重9.8kN（突合せ溶接継手： $21.8\text{MPa}$ 、ガセット継手： $10.2\text{MPa}$ ）とする部分片振荷重で行なつた。

3. 試験結果、及び考察 (a) 静的試験 図2は、平均作用応力と図1に示す溶接止端近傍、並びに溶接形状不整による応力集中の影響を受けない止端部から離れた位置でのひずみとの関係を突合せ溶接継手について例示したものである。図に示すように、合成樹脂を被覆しない継手の場合、ストレンゲージ貼付け位置 $\varnothing 1 \sim 8$ で生ずるひずみは止端部での局部形状の影響を受けるため、止端部から離れた $\varnothing 9 \sim 16$ でのひずみに比して大きくなることがわかる。すなわち、平均応力値にかかわらず $\varnothing 1 \sim 8$ の平均ひずみは、 $\varnothing 9 \sim 16$ における平均ひずみ

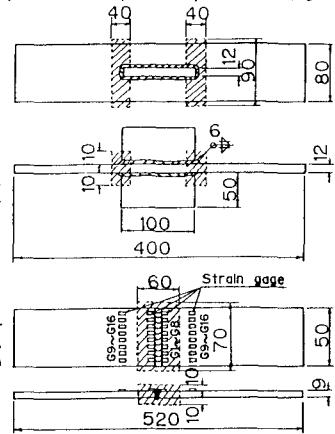


図1 供試体の形状・寸法

表1 機械的性質及び化学成分

継手 形 式	機械的性質			化 学 成 分 (%)			
	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	C	Si	Mn	P S
ガセット継手	500	578	21	1.4	3.0	142	1.5 4
突合せ 溶接 継手	451	559	25	1.4	3.7	140	6 2

表2 エポキシ樹脂硬化後の特性値

	硬 度 ロククエルR (MPa)	引張強さ (MPa)	圧縮強さ (MPa)	曲げ強さ (MPa)	接着力引張 せん断(MPa)	引張弾性係数 (MPa)
特性値	100~105	64~69	93~103	78~88	17	$54 \sim 59 \times 10^2$

みに比して約1.9倍程度大きくなる。同倍率は、止端周辺部での応力集中率に対応するもので、止端部ではさらに大きくなるものと予想される。これに対して、合成樹脂を被覆した継手のひずみ値はG9～G16のそれとほぼ同等である。これらのひずみ値は、鋼材の弹性係数から算定したひずみ値とほぼ等しい。この結果より、止端部周辺で生じる応力集中が樹脂被覆によって緩和されたことを示している。

(b) 疲労試験 図3(a), (b)は、ガセット継手、並びに突合せ溶接継手の疲労試験結果を示す。同図より、両継手のS-N線は、止端半径の上昇、すなわち、応力集中率の減少に伴なって緩傾斜の傾向を示す。突合せ溶接継手における $P = 0.25\text{mm}$ 、及び $0.40\text{mm}$ に対する200万回疲労強度(以下疲労強度と略称)はそれぞれ $164.6\text{MPa}$ 、及び $185.5\text{MPa}$ となり、 $P = 0.40\text{mm}$ の継手の疲労強度は、 $P = 0.25\text{mm}$ のそれに比して約13%程度上昇する。同様に、ガセット継手の場合も、 $P = 0.26\text{mm}$ 、及び $0.65\text{mm}$ の継手の疲労強度は、それぞれ約 $100\text{MPa}$ 、及び $116.4\text{MPa}$ となり、後者の疲労強度は前者のそれに比して約16%程度上昇する。すなわち、止端半径の上昇は、溶接継手の疲労強度を向上させる要因であり、これらの結果は、既報の研究結果と類似するものである。次に、合成樹脂を被覆した継手に注目すると、同継手のS-N線は被覆しない継手に比してさらに緩傾斜の傾向を示す。表3は、ガセット継手、並びに突合せ溶接継手の疲労寿命に対するばらつき(標準偏差)を示したものである。同表より合成樹脂を被覆しないガセット継手、及び突合せ溶接継手では、止端半径の上昇によって疲労寿命のばらつきは大きくなる。これに対して合成樹脂を被覆した継手の疲労寿命のばらつきは、同止端半径を有する無被覆ガセット継手、及び突合せ溶接継手のばらつきに比して小さいものとなる。

一般的に、応力集中率が小さくなると疲労寿命のばらつきは大きくなる傾向を示す。しかしながら合成樹脂を被覆した継手の場合、樹脂被覆によって継手止端部の応力集中率が緩和されると共に疲労寿命のばらつきも減少の傾向を示す。この傾向は、ガセット継手で顕著なものとなる。この結果から、溶接継手に対する合成樹脂の被覆は、S-N線の傾き、並びに疲労寿命のばらつきを減少させる効果をもつものと予想される。また同手法は、止端半径の幾何学的形状を変える従来の方法と同等の効果を有することが明らかとなった。なお、合成樹脂被覆による継手の疲労強度の向上に対する効果は、S-N線の傾向が確定するならば、長寿命域で大きく変わるものと推定される。

4. むすび 本研究では、合成樹脂被覆による溶接継手の疲労強度改善効果について検討し、同手法が継手疲労強度の改善に対して有効であることを明らかにした。しかししながら、同手法の実用化のためには、合成樹脂の被覆厚さ、腐食環境影響など多くの問題が残されている。今後、それらの点について検討を進める予定である。

#### 参考文献

- ① W. Gilde : Increasing the Fatigue strength of Butt welded Joints, British Welding Journal 7, 1960.
- ② R. B. Heywood : Designing by Photoelasticity, 177, Chapman & Hall Ltd (1952)

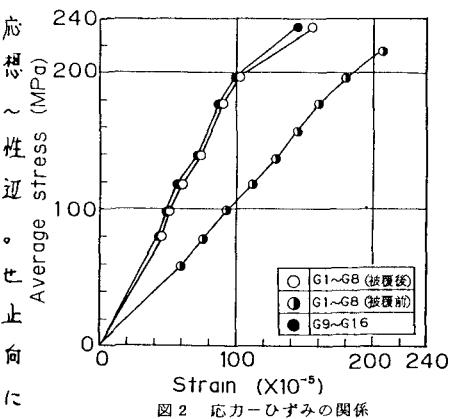


図2 応力一ひずみの関係

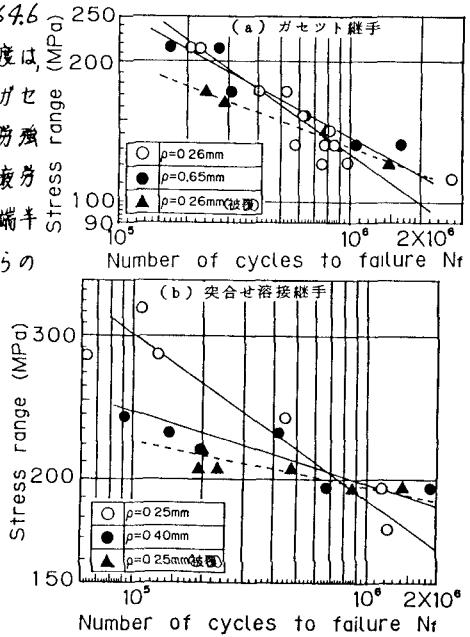


図3 溶接継手のS-N線

表3 破断寿命の標準偏差 (mm)

継手形式	ガセット継手			突合せ溶接継手		
	$P = 0.26$	$P = 0.40$	$P = 0.65$	$P = 0.25$	$P = 0.40$	$P = 0.25$ (被覆)
止端半径	0.128	0.133	0.059	0.228	0.270	0.209
標準偏差						