

(I - 31) 荷重伝達型十字隅肉溶接継手の疲労破壊起点の検討

法政大学 学生員 ○曾根 貢、関 貴志
法政大学 正 員 森 猛

1. はじめに 荷重伝達型十字溶接継手では、高い応力集中が生じる溶接止端部あるいは溶接ルート部が疲労破壊の起点となる。しかし破壊の起点は、応力レベルやその他の諸条件によって変化するが、応力レベルによる破壊の起点の変化の原因については十分とは明かになっていない。そこで本研究では、応力レベルと破壊起点の変化との関係を明かにするため、溶接部の残留応力に着目し、残留応力の影響をうけにくい上限荷重一定と、下限荷重一定の2シリーズの疲労試験を行った。また、疲労亀裂進展解析を行い、試験結果と比較した。

2. 疲労試験 試験体の模式図を図1に示す。供試鋼材は、SM490YA（降伏点 398MPa、引張り強さ 551MPa、伸び27%）であり、溶接は低水素系溶接棒（5φ）を用い下向きで行った。溶接電流は230～240A、電圧は30～35V、速度は13cm/minとした。

荷重は残留応力の影響を調べるため、表1に示すように上限荷重一定と下限荷重一定の2シリーズを行った。上限荷重一定では、主板での最大応力を212 MPa（のど断面応力147.3 MPa）、また下限荷重一定ではほぼ0とした。

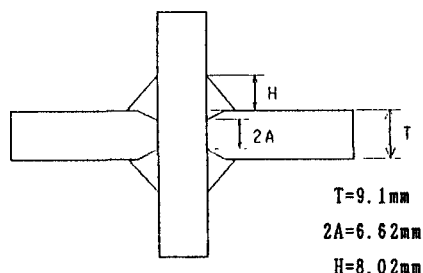


図1. 試験体

3. 疲労進展解析の方法 解析対象は図-1と同じである。ルート破壊する場合は、フランクの近似式によるK値をもちいて、亀裂進展解析を行った。初期亀裂は未溶着長さの半分とし、限界亀裂は初期亀裂+脚長の80%とした。

止端破壊する場合は有限要素解析の結果に基づいて算出したK値を用いて亀裂進展解析を行った。初期亀裂は、深さ0.1mm表面での長さ0.4mmの半楕円形の表面亀裂とし、限界亀裂の深さは、板厚の80%とした。また止端角は125°、曲率半径は0.5mmとした。

疲労亀裂進展速度 da/dN 応力拡大係数範囲 ΔK の関係は、次式で表すこととした。

$$da/dN = 1.5 \times 10^{-11} (\Delta K^m - \Delta K_{th}^m) \\ (\text{ } da/dN : \text{m/cycle}, \Delta K : \text{MPa} \cdot \text{m} \\ , \Delta K_{th} = 2.9 \text{MPa} \cdot \text{m}, m = 2.75)$$

表1. 試験条件

応力範囲 (MPa)	荷 重 (t)	
	上限荷重一定	下限荷重一定
71	10～7.7	0.1～3.4
99	10～5.4	0.1～4.7
151	10～3.0	0.1～7.1
212	10～0.1	

4. 結果及び考察 試験結果および解析結果を図2に示す。 下限荷重一定のシリーズと上限荷重一定のシリーズとを比較すると、上限荷重一定のほうが疲労寿命が短く、 $\Delta\sigma-N$ 関係の傾きも急である。

破壊の起点は一般的に下限荷重一定の場合、高応力範囲ではルート破壊し、低応力範囲では止端破壊すると言われているが、ここでの結果もほぼそのようになっている。これは応力範囲が低くなるほどルート部における圧縮残留応力の影響が顕著に現れ、ルート部の疲労に有効に作用する応力範囲がより小さくなり、ルート破壊する場合の疲労強度が止端破壊する場合よりも高くなるためと考えられる。

図中の実線は疲労進展解析より得られたルート破壊する場合の $\Delta\sigma-N$ 関係、破線は止端破壊する場合の $\Delta\sigma-N$ 関係である。この解析結果と実験結果を比較すると、上限荷重一定のシリーズはルート破壊する場合の $\Delta\sigma-N$ 関係と一致し、下限荷重一定のシリーズは、ルート破壊する場合の $\Delta\sigma-N$ 関係から止端破壊する場合の $\Delta\sigma-N$ 関係に移行する傾向が認められる。このことから通常の下限荷重一定の試験で応力範囲が小さくなるに従って疲労破壊の起点がルートから止端へ移行する原因はルート部の圧縮残留応力にあるものと予想される。

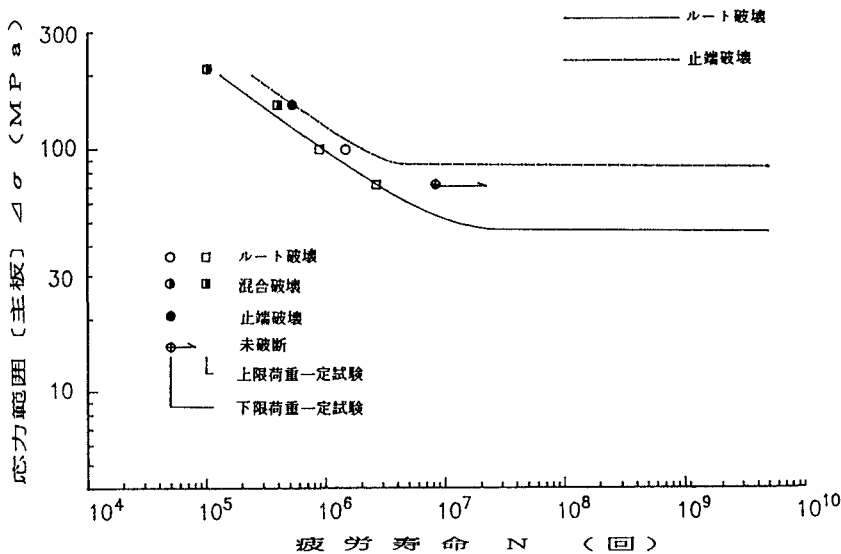


図2. 疲労試験および疲労進展解析の結果

5. まとめ

- (1) 上限荷重一定試験では、残留応力の影響が少ないためルート破壊しやすい。
- (2) 上限荷重一定と下限荷重一定試験の結果を疲労寿命で比較すると、上限荷重一定のほうが寿命が短く、圧縮残留応力の影響の大きい低応力レベルほど寿命の差が大きい。
- (3) 実際の構造物では、設計時に想定できない拘束による応力が発生し、圧縮残留応力の効果が期待できない場合もあるので、圧縮残留応力の影響がでないような条件下で行った試験結果に基づいて許容応力範囲を定めるべきである。