

法政大学 正員 森 猛

法政大学 学生員 ○荻原 悟、水川 雅之

1. はじめに 荷重伝達型十字溶接継手では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。これは、いずれの位置においても高い応力集中が生じるためである。また、荷重非伝達型十字溶接継手においては、溶接止端部が疲労破壊の起点となる。本研究では、有限要素法を用いた応力解析および応力解析結果に基づく疲労亀裂進展解析を行ない、荷重伝達型と非伝達型継手の疲労強度の相違および伝達型継手の疲労破壊の起点と疲労強度に対する諸因子の影響について検討する。

2. 解析対象および方法 解析対象は、図1に示すような荷重伝達型および荷重非伝達型の十字溶接継手であり、表1に示すように溶接のサイズは9, 13, 17mmとしている。また、荷重伝達型の継手については、未溶着部の長さを0~20mmまで変化させた。溶接止端の開き角は135°、曲率半径は0.5mmである。応力解析は汎用有限要素法応力解析ソフト(FEM4)を用い、平面ひずみ条件下で行なった。最小の要素寸法は0.025mmである。

疲労亀裂進展解析は、止端破壊する場合、初期亀裂を深さ0.1mm、表面での長さ0.4mmの半楕円形の表面亀裂とし、限界亀裂の深さを板厚の80%として行なった。ルート破壊する場合には、深さ0.1mmの貫通亀裂を初期亀裂とした。疲労亀裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係は次式で表すこととした。

$$da/dN = 5.4 \times 10^{-12} (\Delta K - \Delta K_{th})^3 \quad (da/dN : \text{m/cycle}, \Delta K : \text{MPa}\sqrt{\text{m}}, \Delta K_{th} = 2\text{MPa}\sqrt{\text{m}})$$

3. 解析結果 図1は、金属材料研究所で行なわれた十字継手の疲労試験結果である。止端破壊する場合の未溶着部を有する荷重伝達型継手の疲労強度は完全溶け込みおよび非伝達型継手に比べて低くなっている。これらの継手は、それぞれ表1に示すL-S13-R18、L-S13-R0、N-S13-R20に対応し、それらの応力集中係数は5.07, 3.59, 3.61である。図2中の実線はL-S13-R18、L-S13-R0、N-S13-R20に対する疲労亀裂進展解析結果であり、実験結果とよく一致している。

図3~6に疲労亀裂進展解析結果を示す。図3は止端破壊する場合の各種継手(荷重伝達型：未溶着長さ20mm、荷重伝達型：完全溶け込み、荷重非伝達型)の疲労強度に及ぼす溶接サイズの影響を示したものである。図4は荷重伝達型の継手で止端破壊する場合の疲労強度に対する未溶着長さの影響、図5は荷重伝達型の継手でルート破壊する場合の疲労強度に対する未溶着長さの影響を示したものである。図6は荷重伝達型継手で止端破壊する場合とルート破壊する場合の疲労強度を比較したものである。図6によれば、未溶着長さがおおよそ10mm以上でルート破壊、10mm以下で止端破壊となるが、これは図1に示す実験結果と異なる。

4. まとめ

- (1) 荷重伝達型すみ肉溶接継手の溶接止端における応力集中は非荷重伝達型および完全溶け込み継手に比べて高く、そのため疲労強度は低くなる。
- (2) 非荷重伝達型すみ肉溶接継手および完全溶け込み荷重伝達型継手の疲労強度に対する溶接サイズの影響は小さい。荷重伝達型すみ肉溶接継手の疲労強度は止端破壊する場合であっても溶接サイズが小さくなるにしたがって低下する。
- (3) 止端破壊する場合、荷重伝達型すみ肉溶接継手の疲労強度は未溶着部が長くなるにしたがって低下する。
- (4) 荷重伝達型十字溶接継手において、ルート破壊するか止端破壊するかは溶接サイズおよび未溶着長さに依存する。本解析では実際よりもルート破壊の可能性が高いという結果となったが、これは溶接ルート部が圧縮残留応力場となっているためと予想される。

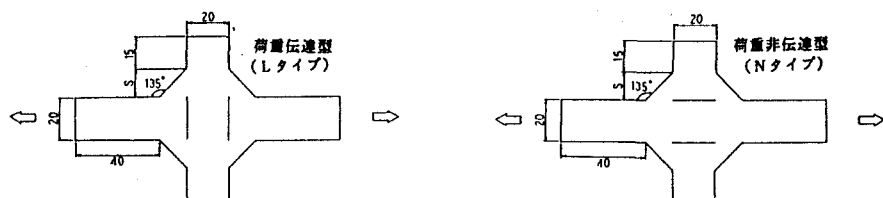


図1 解析対象

表1 解析対象

試験体記号	脚長 (mm)	未溶着長さ (mm)	SCF*
L-S13-R20	13.0	20.0	5.46
L-S13-R18	13.0	17.6	5.07
L-S13-R15	13.0	15.2	4.76
L-S13-R10	13.0	10.0	4.16
L-S13-R5	13.0	5.0	3.74
L-S13-R0	13.0	0	3.59
N-S13-R20	13.0	20.0	3.61
L-S9-R20	9.0	20.0	7.14
L-S9-R18	9.0	17.6	6.38
L-S9-R0	9.0	0	3.53
N-S9-R20	9.0	20.0	3.52
L-S17-R20	17.0	20.0	4.66
L-S17-R18	17.0	17.6	4.46
L-S17-R0	17.0	0	3.60
N-S17-R20	17.0	20.0	3.63

* 溶接止端における応力集中係数

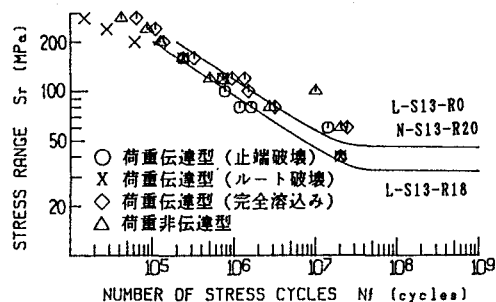


図2 試験結果との比較

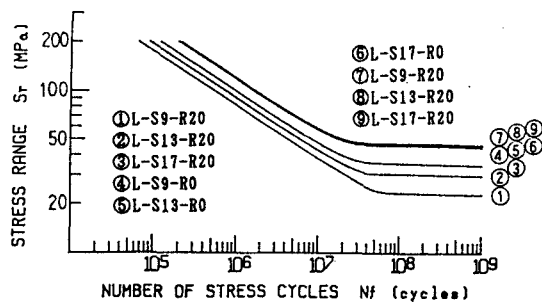


図3 溶接サイズの影響 (止端破壊)

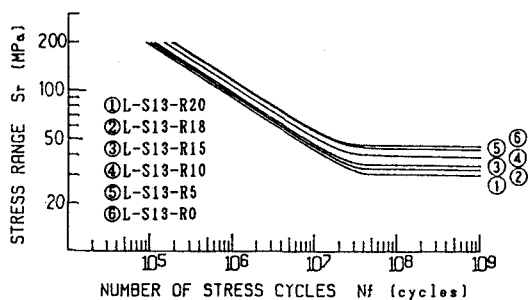


図4 未溶着長さの影響 (止端破壊)

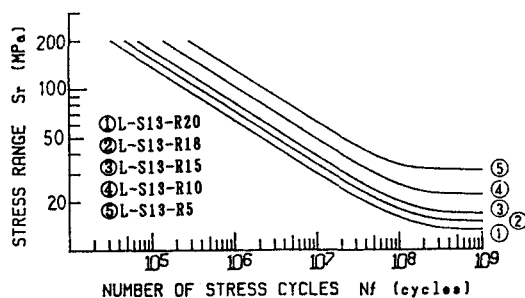


図5 未溶着長さの影響 (ルート破壊)

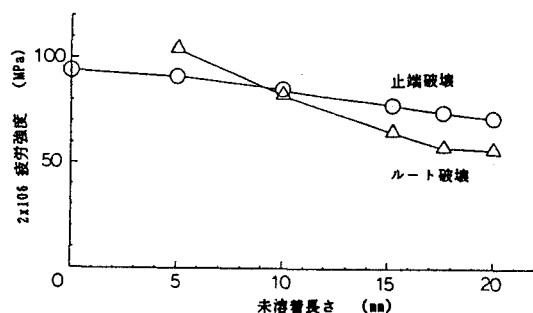


図6 破壊の起点の検討