

I-A 381 片面十字溶接継手の疲労強度に及ぼす開先深さの影響

東京鐵骨橋梁製作所 正員 田中 雅人

法政大学工学部 正員 森 猛

1. はじめに

鋼床版のトラフリブのデッキプレートへの接合には、それらの形状や製作手順の関係から片面すみ肉溶接を用いるのが一般的である。片面すみ肉溶接継手のルート部には高い応力集中が生じるため、疲労上の弱点となり易い。そのため明石海峡大橋の製作では通常のすみ肉溶接ではなく、トラフリブの溶接を深く溶け込ませることが要求されている。本研究では、溶接の溶込み量が疲労強度に及ぼす影響を明らかにする目的で、主板と付加板が直角の応力非伝達型十字溶接継手の試験体の疲労試験、応力解析および疲労亀裂進展解析を行った。

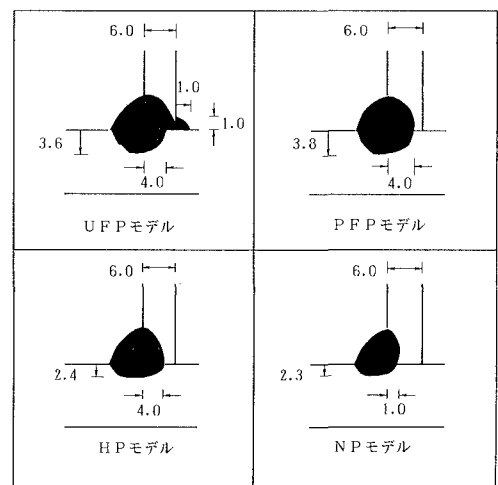
2. 疲労試験

(1) 試験体 試験体の材質はSS400であり、機械的性質、化学成分を表一に示す。試験体は12 mmの主板上に6 mmの付加板を片面溶接したもので、形状を図一(a)に示す。溶接部は、図一(b)に示す様に、標準的な開先のないNP試験体、試験体は開先を施し、部分的に溶け込ませたHP試験体、溶接部を完全に溶込みを試みたFP試験体の3種類である。溶接はフラックスコワードワイヤーを使用したCO₂半自動溶接により行った。溶接条件を表二に示す。FP試験体は同一条件で溶接しても、結果的に部分的に裏波が生じたもの(UFP)と、生じないもの(PFP)を区別した。疲労試験はすべて軸方向力下で行った。

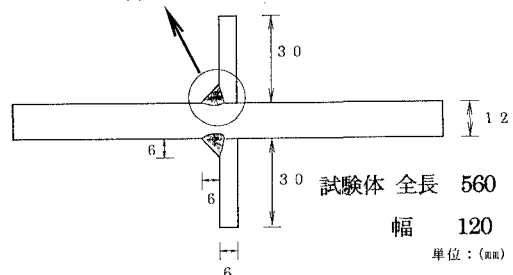
(2) 試験結果 疲労試験により得られた応力範囲と疲労寿命の関係を図二に示す。高応力範囲レベルでの疲労寿命では標準的なNP試験体、HP試験体の差はほとんど見られないが、低応力範囲レベルでは開先を取ったHP試験体の疲労寿命が短くなっている。FP試験体の疲労強度は他より高くなっている。

これは、FP試験体の亀裂起点はルート先端から少し離れた点であるためである。

FP試験体は、初層の溶接を下向きで行っており、母材への溶け込みが大きく、収縮により未溶着部分が一体化したため、最大応力



図一(b) 溶込み形状のモデル化



図一(a) 試験体形状

表一 試験体の機械的性質、化学成分

試験体名	鋼材	機械的性質				化学 成分				
		板厚 (mm)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	C	S i	M n	P	S
FP, HP	SS400	12	299	445	29	12	22	104	13	7
NP			279	438	31	15	18	64	20	7

の発生位置がずれ、疲労強度が高くなったものと考えられる。このように一体化していなければ、FP試験体とHP試験体の疲労強度は同程度であったとも考えられる。

3. 応力解析と疲労亀裂進展解析

(1) 応力解析 解析モデルは疲労試験に用いた試験体をモデル化したものであり、溶接の溶込み量を $P=6.0, 5.5, 4.5, 3.0, 1.5, 1.0, 0\text{mm}$ としている。

解析の対象部位は溶接ルート部と溶接止端とし、近傍の要素寸法は

0.025mm、ルート

ギャップは 0.01mm、

止端の曲率半径は 0.5mm、フランク角は 135 度とした。有限要素応力解析を行うこと

により得られた溶接ル

ート部の応力集中係数

と溶込み深さの関係を

図-3 に示す。溶接止

端部よりもルート部の

方が応力集中係数は高

くなっている。また、

溶接の溶込み量が増加す

るにしたがって、応力集中係数は高く

なっている。

(2) 疲労亀裂進展解析 疲労亀裂進展解

析においては、初期亀裂を深さ 0.1mm、

表面での全幅 0.2mm の半円形とし、疲労

亀裂進展速度表示式としては日本鋼構造

協会疲労設計指針の平均設計曲線を用い

た。疲労亀裂進展解析を行うことにより

得られた 200 万回疲労強度と溶け込み深

さの関係を実験結果とともに図-2 に示

す。疲労強度は溶接部の溶込み量が増加

するにしたがって若干ではあるが低くなる傾向が認められる。また、付加板厚を 12mm とした場合の応力解

析および亀裂進展解析を同様に行ったが、応力は 6 mm よりも高くなっている。これは付加板厚が増加する

ことで、付加板を流れる応力が増加し、その流れがより溶接ルート部に集中するためと思われる。

4. まとめ

片面十字溶接継手の疲労強度に及ぼす溶接の溶込み量の影響を検討し以下の結果を得た。軸方向力の応力

下での片面十字溶接継手の疲労強度は、溶接の溶込み量を増やしても改善せず、逆に低下する恐れがある。

表-2 溶接方法、条件

試験体	溶接材料	層数	溶接姿勢	溶接条件		
				電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)
F P	MX200 (1.2 Φ)	①	下向き	280	32	70
		②	下向き	240	36	55
H P		①	水平	250	34	70
		②	下向き	240	34	52
N P		①	水平	280	38	57

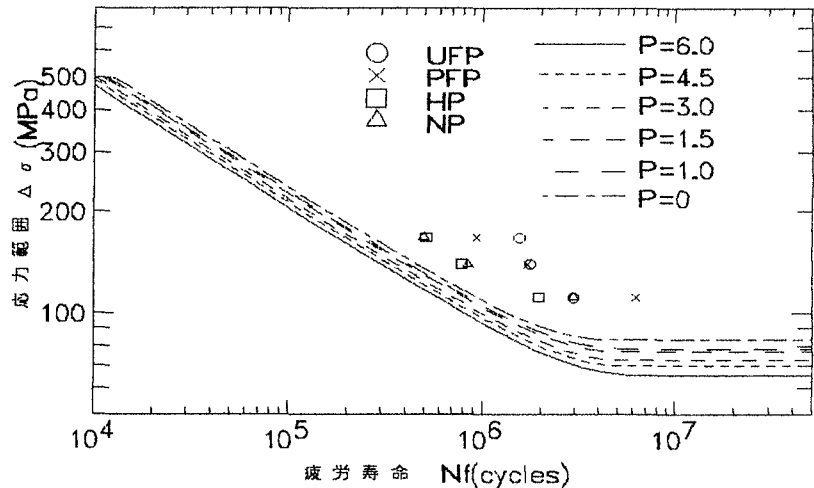


図-2 実験結果および疲労亀裂進展解析結果（ルート破壊）

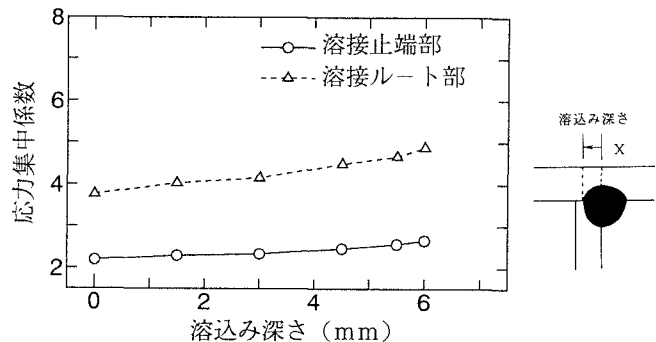


図-3 溶込み深さと応力集中の関係

片面十字溶接継手の疲労強度に及ぼす溶接の溶込み量の影響を検討し以下の結果を得た。軸方向力の応力下での片面十字溶接継手の疲労強度は、溶接の溶込み量を増やしても改善せず、逆に低下する恐れがある。