

面外ガセット溶接継手の疲労強度に対する仕上げ部曲率半径と表面性状の影響

法政大学大学院 学生会員 ○佐々木雄一 法政大学 正会員 森 猛
奥村組 広戸 和也

1. はじめに

鋼橋には横突合せ継手、十字溶接継手など様々な溶接継手が用いられているが、その中でも横桁フランジや主桁ウェブ交差部に用いられる面外ガセット溶接継手の疲労強度は低く、疲労き裂が過度に進展した場合には落橋に至る恐れもある。これを防止するためには、継手部の疲労強度を改善することが有効であり、その方法の一つに、疲労き裂の起点となる溶接止端部をグラインダーで仕上げ、形状を滑らかにすることにより応力集中を軽減する方法がある。ここでは、仕上げ部の曲率半径と粗さが疲労強度に及ぼす影響について、モデル試験体の疲労試験と3次元有限要素解析を行うことにより検討する。

2. 試験体

供試鋼材は、板厚12mmの溶接構造用圧延鋼材 SM490YB である。試験体は、図1に示す面外ガセット溶接継手試験体である。母材とガセットの溶接はCO₂法で完全溶け込み溶接とした。試験体は、溶接のままのAW試験体、溶接止端部を曲率

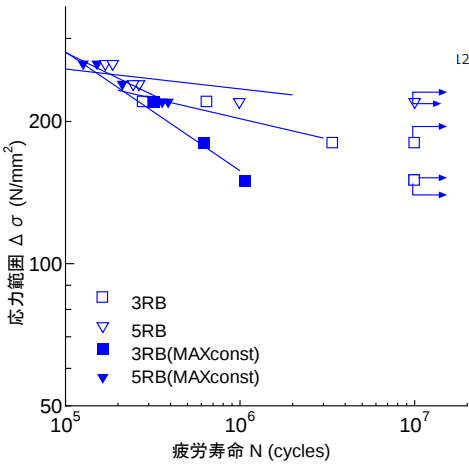


図2 3RBと5RBの疲労試験結果

半径が3mmとなるように超硬バー仕上げた3R試験体、3R試験体の溶接止端部をさらに#80の砥石で仕上げた3RF試験体、そして超硬バーで仕上げた後にブラスト処理を施した3RB試験体、溶接止端部を曲率半径が5mmとなるように球状の超硬バーで仕上げた5R試験体、5R試験体を超硬バーで仕上げた後にブラスト処理を施した5RB試験体の6種類である。実際の鋼橋の施工では、塗装の下地処理の関係で、仕上げた面にブラストを施すのが一般的である。なお、AW試験体、3R、3RF、3RB試験体の疲労試験結果については昨年度報告している、

3. 疲労試験

疲労試験は、動的能力500kNの電気油圧サーボ式材料試験装置を用い、応力比をほぼ0として軸引張荷重下で行った。なお、3RB試験体と5RB試験体については、ブラストによる圧縮残留応力の影響ができるだけ生じないように上限応力を350N/mm²とした状態でも疲労試験を行った。

キーワード：曲率半径、粗さ、グラインダー

連絡先：〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷田町 2-33 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL03-5228-1429

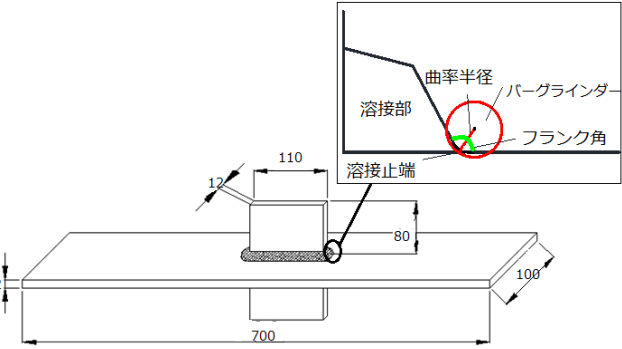


図1 試験体寸法・形状

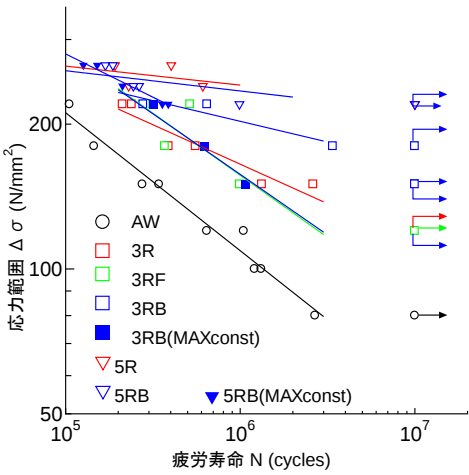


図3 疲労試験結果

表1 100万回疲労強度と算術平均粗さ

試験体	100万回疲労強度 (N/mm ²)	算術平均粗さ
AW	109	—
3R	165	6.27
3RF	159	6.23
3RB	157	7.70
5R	224	6.45
5RB	185	10.1

図 2 に 3RB と 5RB 試験体の疲労試験結果を示す. いずれの試験体においても, 上限応力を一定した疲労試験より得られた結果は, 応力比をほぼ 0 とした結果よりも下に位置している. これはブラストによる圧縮残留応力の効果によるものと考えられる.

図 3 に全ての試験体の疲労試験結果を示す. 図中の直線群は, 各試験体の疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である. また, 回帰直線から求めた各試験体の 100 万回疲労強度を表 1 に示す. 3R 試験体と 5R 試験体の 100 万回疲労強度は, AW 試験体に比べて, それぞれ 50%, 100%程度高くなっており, 止端の曲率半径を大きくすることによる顕著な疲労強度改善効果が認められる. 仕上げ部の粗さ測定結果も表 1 に示している. 3R, 3RF と 3RB 試験体の疲労強度はほぼ同じであり, この程度の粗さでは疲労強度に対する影響は小さいと言える. しかし, 5RB 試験体の疲労強度は 5R よりも 20%程度低下しており, ここで測定された程度の粗さの違いがあれば, 疲労強度も変化するものと考えられる.

4. 応力解析

仕上げた溶接止端の曲率半径 ρ と仕上げる前の止端のフランク角 θ (図 1 参照) が応力集中に及ぼす影響を明らかにする目的で, 3 次元 FEM 解析を行った. ここでは $\theta=120, 135, 150$ 度, $\rho=1, 3, 5, 7, 10\text{mm}$ とした 15 個のモデルを解析対象としている. なお, $\rho=1\text{mm}$ は溶接のままの継手を想定している. 溶接止端近傍の要素寸法は 0.1mm 程度としている.

表 2 解析結果(応力集中係数)

	$\theta = 120^\circ$	$\theta = 135^\circ$	$\theta = 150^\circ$
$\rho = 1$	3.90	3.83	3.80
$\rho = 3$	2.79	2.74	2.66
$\rho = 5$	2.43	2.34	2.28
$\rho = 7$	2.25	2.23	2.07
$\rho = 10$	2.16	1.93	1.90

解析より得られた各モデルの応力集中係数を表 2 に示す. $\theta=135$ 度, $\rho=1\text{mm}$ のモデルを基準とすれば, 各モデルの疲労強度改善度は, α_B/α (α_B : 基準モデルの応力集中係数, α : 各モデルの応力集中係数)で与えられる. この改善度と曲率半径の関係を図 4 に示す. いずれのフランク角 θ においても曲率半径が大きくなるにしたがって, 疲労強度改善度が高くなっている. ただし, 曲率半径が大きくなると, フランク角 θ が小さいものほど疲労強度改善度が小さく, その差が大きくなっている. これは, 図 5 に示すように, フランク角 θ が小さいほど, グラインダーによる削り込みが深くなるためと考えられる. 疲労強度改善度は, ρ を 3mm にすると 1.4 以上, 5mm すると 1.6 以上となっている. したがって, 曲率半径 $\rho=3\text{mm}$ にすることで溶接のままの疲労強度等級を 1 ランク, 5mm にすることで 2 ランクアップすることが期待できる. なお, 疲労強度等級 1 ランクの疲労強度の違いは 25%程度である.

5. まとめ

面外ガセット溶接継手の溶接止端部の曲率半径 ρ を大きくすることで, 応力集中係数が低くなり, 疲労強度も向上する. また, 仕上げ部の粗さが小さい方が仕上げによる疲労強度の改善効果大きい. それらの程度をモデル試験体の疲労試験と応力解析から明らかとした.

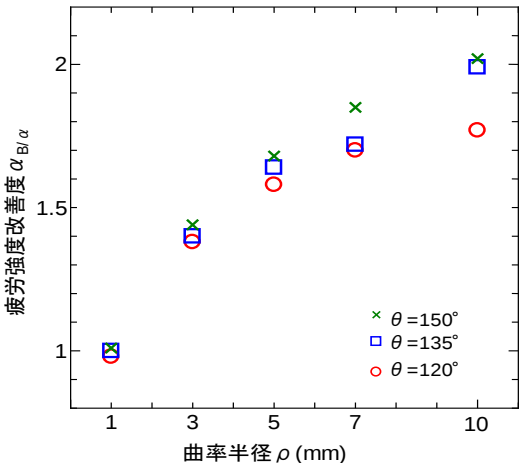


図 4 フランク角と削り込み深さの

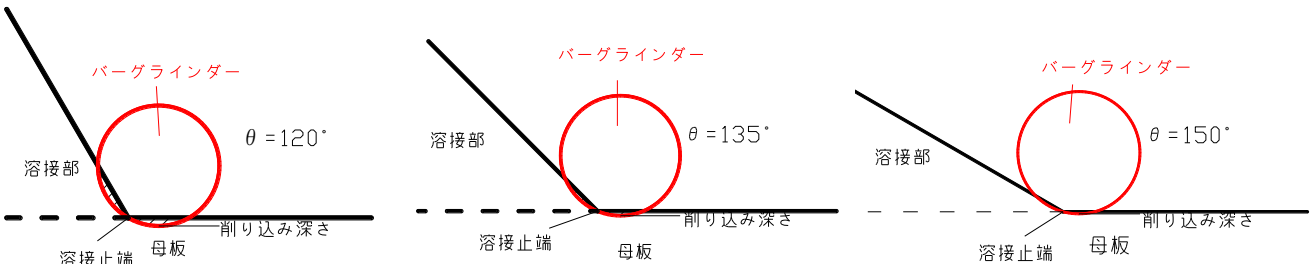


図 5 疲労強度改善度と曲率半径の関係