フィレットを有する面外ガセット溶接継手の疲労強度

法政大学大学院　学生会員　○小川彰弘
法政大学　正会員　森　猛

１．はじめに

橋梁などの鋼構造物には、十字継手、T 字継手、ガセット継手などの溶接継手が不可欠であり、鋼橋の疲労損傷の多くはこれらの溶接部に生じている。特に面外ガセット溶接継手は疲労強度が低く、疲労損傷が生じやすいとされている。このような疲労損傷を防止するためには、溶接部の形状を改善して応力集中を軽減することが有効とされている。面外ガセット継手の溶接部形状改善法としては、溶接止端部のグラインダ処理や、ガセット部にフィレットを設けてさらに溶接部をそのフィレットに沿ってグラインダ処理するフィレット仕上げなどがある。フィレット仕上げは、疲労強度改善効果が高いとされ、近年の少数主桁橋に多く採用されている。しかし、フィレット仕上げした面外ガセット溶接継手の疲労強度に対するフィレット半径の影響など、その疲労強度は十分に明らかとはなっていない。なお、鋼構造協会（JSSC）の疲労設計指針では、溶接のまま、止端仕上げ、フィレット仕上げした面外ガセット溶接継手の疲労設計に用いる強度等級を、それぞれ、G、F、E としている。また、フィレット半径については、40mm 以上と規定している。

本研究では、いくつかの方法で溶接部を仕上げた面外ガセット溶接継手の疲労試験と応力解析を行い、仕上げ方法に応じた疲労強度等級を提示することを目的とする。

２．試験体

供試鋼材は板厚 12mm の SM490YA（降伏点：482N/mm²、引張強度：584N/mm²、伸び：22%）である。ガセット板と主板の溶接には CO_2 溶接法を用いている。ここで用いた試験体は以下の 5 種類である。

・AW 試験体：溶接のまま
・TG 試験体：AW 試験体の溶接止端部をグラインダ仕上げ
・WR 試験体：溶接部全体をグラインダで R 仕上げ
・FG 試験体：フィレット付ガセットの溶接止端部をグラインダ仕上げ
・FR 試験体：フィレット付ガセットをフィレットに沿ってグラインダ仕上げ

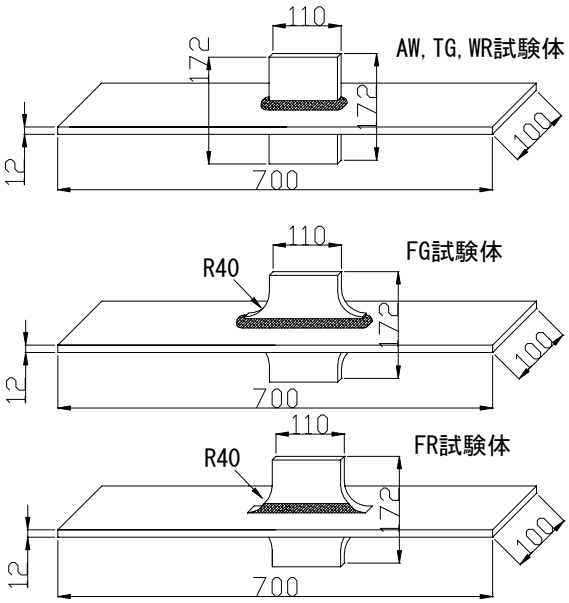


図 1 試験体

各試験体の形状と寸法を図 1 に示す。AW 試験体での溶接止端部の曲率半径とフランク角の平均値は 1.1mm と 123 度、TG 試験体では 2.1mm と 113 度、FG 試験体では 2.3mm と 116 度であった。また、WR 試験体と FR 試験体の曲率半径の平均値は 3.1mm と 43mm であった。

３．疲労試験

疲労試験は、動的能力 500kN の電気油圧サーボ式多目的大型材料試験装置を用いて、軸引張荷重下で行った。その結果を図 2 に示す。図中には、JSSC 疲労設計指針に示されている強度等級 A～G の設計 $\Delta\sigma$-N 関係も示している。図中の矢印を付けたマークは、グラインダ仕上げによっても、元の溶接止端部が残存していた試験体の疲労試験結果を示している。これらのデータを除けば、AW 試験体と比較して、TG、FG 試験体の疲労強度は 1 ランク、WR 試験体は 2 ランク、FR 試験体は 3 ランク上の等級まで向上している。

キーワード：面外ガセット　溶接部仕上げ　フィレット　疲労強度等級
連絡先：〒184－8584　東京都小金井市梶野町 3－7－2　法政大学工学部　TEL 042-387-6287

4．応力解析

疲労試験に用いた各試験体を対象として、3 次元弾性有限要素応力解析を行った。その際、鋼材のヤング率は 2.06×10^5 N/mm²、ポアソン比は 0.3 とした。要素分割図の例を図 3 に示す。応力集中係数を算定する位置での要素寸法は 0.1mm 程度としている。解析より求めた各試験体モデルの応力集中係数を表 1 に示す。同表には、図 2 の疲労試験結果から判断した各試験体の強度等級（C～F）、その強度等級に対応する 200 万回疲労強度も示している。同表の疲労強度比は各等級の 200 万回疲労強度を AW 試験体の等級（F）の 200 万回疲労強度で除したもの、応力集中係数比は、AW モデルの応力集中係数を各モデルの応力集中係数で除したものである。疲労強度が応力集中係数に反比例するとすれば、両者は等しくなる。ここでの結果においても、両者はよく対応している。

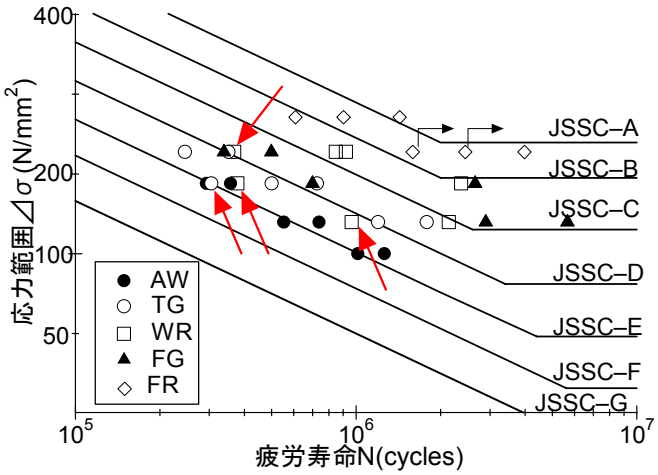
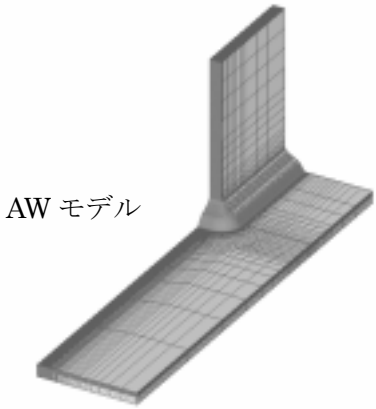


図 2 疲労試験結果

表 1　疲労強度と応力集中係数

試験体	応力集中係数	疲労強度等級	200 万回疲労強度 (N/mm²)	疲労強度比	応力集中係数比
AW	3.55	F	65	1	1
TG	2.91	E	80	1.23	1.22
FG	2.74	E	80	1.23	1.30
WR	2.48	D	100	1.54	1.43
FR	1.38	C	125	1.92	2.57



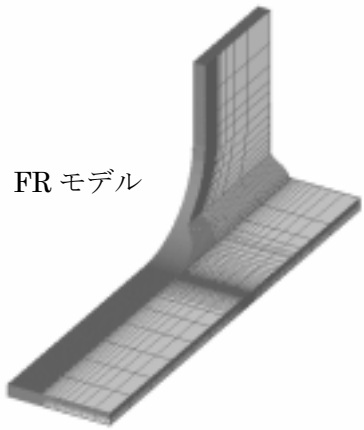


図 3　要素分割図

5．応力集中に及ぼすフィレット半径と板厚の影響

FR 試験体モデルのフィレット半径と主板厚を変化させて、前章と同じ条件で応力解析を行った。これらの解析から求めた応力集中係数と主板厚の関係を、フィレット半径によって分けて図 4 に示す。フィレット半径が大きくなるにしたがって応力集中係数は低くなるものの、40mm を超えるとその変化は小さい。また、フィレット半径が 40mm 以上では、主板厚による応力集中係数の大きな変化は認められない。

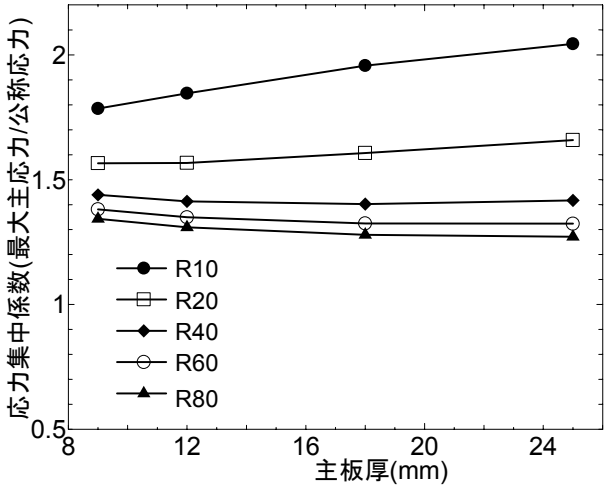


図 4　応力集中係数と主板厚の関係

6．まとめ

溶接のままの継手と比較して、溶接止端部を仕上げた試験体は 1 等級、溶接部全体を R 仕上げした試験体は 2 等級、フィレット仕上げした試験体は 3 等級上の疲労強度等級を適用できる。