

板曲げと軸力を受け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 ○荒木 亨仁
 法政大学 正会員 森 猛
 新日本技研(株) 金子 未来

1. 研究の背景と目的

日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」では、板曲げ応力が作用する板厚 25mm 以下の継手の疲労強度評価を行う場合、板曲げ応力範囲に板曲げ補正係数 (0.8) を乗じることとしている。ただし、この補正係数の値は、十字溶接継手に対する数多くの疲労試験データに基づき、また多少の安全を考えて設定されたものである。しかし、これらのデータには様々な寸法・形状の試験体の疲労試験データが含まれている。そのため、昨年度は、まったく同じ寸法・形状の十字すみ肉溶接継手試験体の疲労試験とパラメトリックな疲労き裂進展解析を行い、板曲げ補正係数 0.8 は妥当である、この値は板厚が 25mm を超える継手にも適用できるという結果を示した。しかし、他の形式の継手に適用すべき板曲げ補正係数の値は不明である。

本研究では、面外ガセット溶接継手を対象とし、軸力が作用する場合と板曲げが作用する場合の疲労強度の相違を明らかにし、適切な板曲げ補正係数を示すことを目的とする。そのため、面外ガセット溶接継手試験体の板曲げ疲労試験と軸引張疲労試験を行うとともに、これらの試験体を対象とした応力解析を行う。

2. 疲労試験

試験体は、図 1 に示す面外ガセット溶接継手であり、ガセットと主板は完全溶け込み溶接が施されている。溶接は、CO₂法で溶接電流を 250A、溶接電圧を 28V、溶接速度を 25cm/min として行った。供試鋼材は、板厚 12mm の橋梁用高降伏点鋼板 SBHS500 である。この鋼材の降伏応力は 575 N/mm²、引張強度は 665 N/mm²、伸びは 27% である。

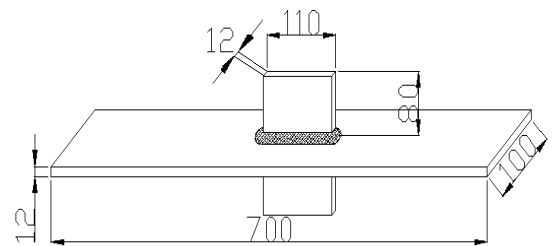


図 1 試験体の形状と寸法

疲労試験は軸荷重下と板曲げ荷重下で行った。試験の状況を写真 1 に示す。板曲げ荷重試験は、写真 1 に示すように、4 点曲げで行った。その際の荷重点間距離は 200mm、支間は 440mm としている。軸力疲労試験は、応力範囲 $\Delta\sigma$ を 172, 130, 100, 80 N/mm²、板曲げ疲労試験は板表面での $\Delta\sigma$ を 300, 240, 195, 150, 125, 100, 80 N/mm² として 2 体ずつ行った。軸力疲労試験、板



写真 1 疲労試験状況

曲げ疲労試験ともに試験体の破断は、すべて溶接止端から発生した疲労亀裂の進展により生じた。軸力疲労試験を行った試験体の破断状況を写真 2 に、板曲げ試験を行った試験体の破断状況を写真 3 に示す。軸力疲労試験では疲労き裂が板を貫通した後に板幅方向に進展するのに対し、板曲げ疲労試験では板厚方向よりも板幅方向にき裂が進展する傾向がある。このように軸力荷重下と板曲げ荷重下ではき裂の進展状況は異なる。

疲労試験より得られた応力範囲と疲労寿命の関係を図 2 に示す。図中の 2 つの実線は、それぞれ板曲げ疲労試験と軸力疲労試験で得られた疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である。これらの回帰直線から求めた 50 万回、100 万回、200 万回疲労強度を図 3 に示す。疲労寿命 50 万回、100 万回、200 万回における板曲げの疲労強度は軸力の 1.57, 1.49, 1.41 倍高くなっている。この逆数が板曲げ補正係数となる。したがって、板曲げ補

キーワード：面外ガセット溶接継手、疲労強度、板曲げ応力

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

正係数は 0.7 程度が適切であり、JSSC 指針と同様に多少の安全を考えれば、0.8 が妥当と考えられる。

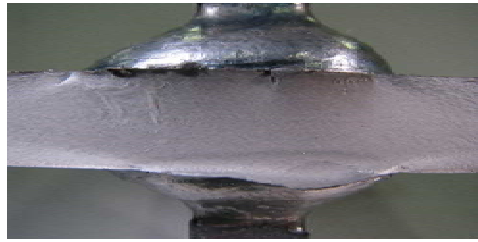


写真2 引張試験体破面



写真3 曲げ試験体破面

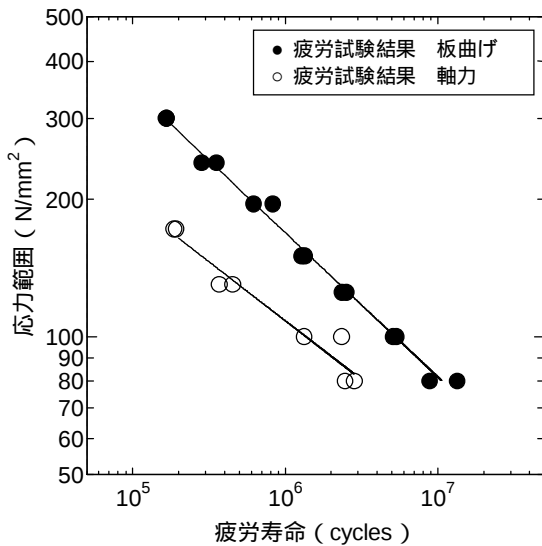


図2 疲労試験結果

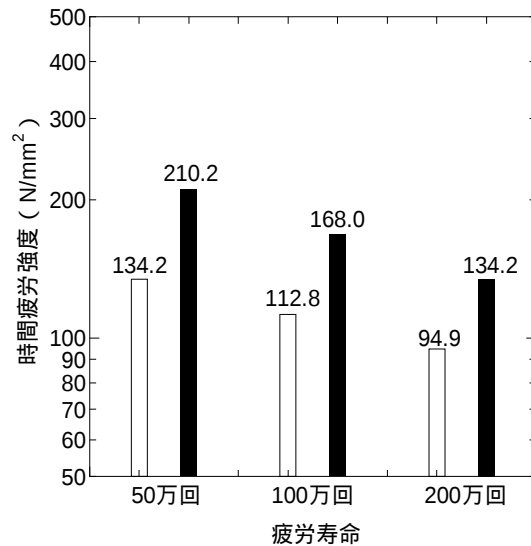


図3 時間疲労強度と疲労寿命

3. 試験体を対象とした応力解析

応力解析では、試験体の寸法・形状測定結果に基づいて有限要素法解析プリポスト FEMAP でモデルを作成し、汎用解析プログラム CAFEM を用いて応力解析を行った。図4にモデル全体の要素分割図、図5に溶接部の要素分割図をそれぞれ示す。対象性を考慮して、軸力の解析では 1/8 モデル、板曲げの解析では 1/4 モデルを用いた。鋼材のヤング率は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は 0.3 とし、溶接止端近傍の要素寸法は 0.1mm としている。図6に解析より得られた板厚方向に沿う試験体長手方向の応力分布と溶接止端での応力集中係数を示す。応力集中係数は軸力で 4.15、板曲げで 3.99 である。この相違は、疲労試験で得られた疲労強度の相違 (1.5 倍程度) と異なる。このことは、き裂発生点の応力集中係数だけでは疲労強度を整理できないことを意味している。また、表面での応力が同程度であっても図6に示すように内部の応力が異なるため、き裂の進展状況に相違が生じ、これが軸力荷重下と板曲げ荷重下での疲労強度が異なる原因と考えられる。

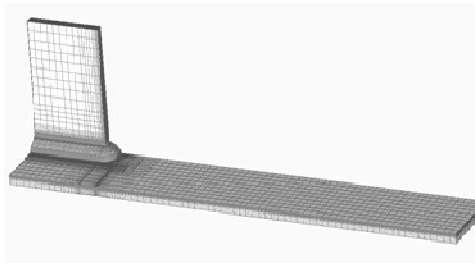


図4 要素分割図(全体)

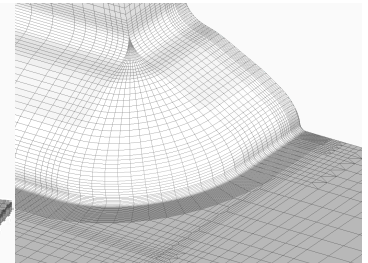
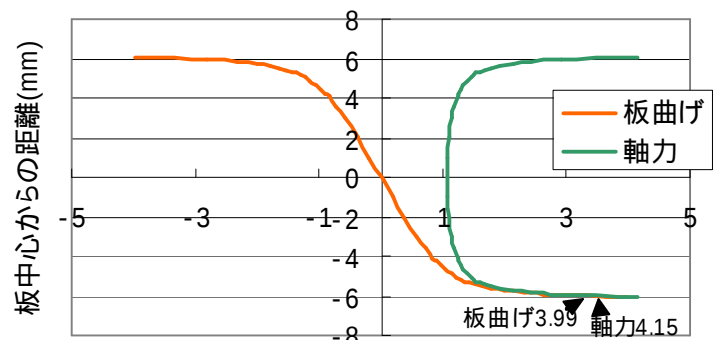


図5 要素分割図(溶接部)



試験体長手方向の応力(N/mm²)

図6 板厚方向に沿う応力の分布

4. まとめ

板厚 12mm の面外ガセット溶接継手についても板曲げ補正係数 0.8 が妥当である。