

フランジガセット継手部の疲労強度向上法

東京工業大学 三木 千寿 鉄道総合研究所 杉本 一郎
東京工業大学 根岸 裕 東海旅客鉄道（株）鍛冶 秀樹

1. はじめに

実橋での応力測定より、フランジガセットについては何らかの疲労強度向上法を必要としていることが明らかにされている。ここでは、小型試験体および桁試験体の実験から疲労強度向上法について検討した。

2. 応力解析

有限要素法により現状のガセット継手の形状を改善する可能性を検討してみた。東海道新幹線のフィレット半径は $r=20$ で設計されている。これを原形状とし、これからフィレット半径を大きくすることから応力集中を低減する。フィレット半径と応力集中の関係は図-1のように半径を大きくする程応力集中を低減できる。フィレット半径をできるだけ大きくし、本体への切欠き量を少なくし、解析上最適値を求めた（図-2）。このことより、応力集中係数は、1.81から1.66に改善されることを確認した。

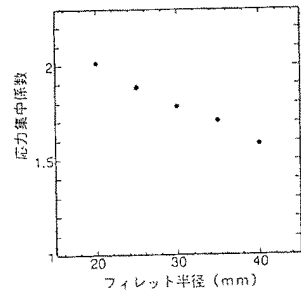


図-1 フィレット半径と応力集中の関係

3. 疲労試験

図-3に試験体の形状を示す。使用鋼材はSM400鋼であり、フィレット部の加工処理方法別に4タイプとし、止端加工を全くほどこしていない（TYPE-A）とも比較する事とした。現在供用中のフィレット半径 $r=20$ （TYPE-B）、ドリルカット（TYPE-C）、ガスカット（TYPE-D）、ガスカット+ピーニング（TYPE-E）とし（TYPE-C, D, E）のフィレット半径は $r=50$ 、 $d=5$ と同一形状とした。図-4に大型試験体の形状をしめす。フィレットには図-5の加工処理を施し、低応力範囲により長寿命域での疲労試験を行った。小型疲労試験は、動的能力 ± 500 kNの電気油圧式疲労試験機を用いて行った。応力比は0から0.1の範囲で、波形は正弦波、周波数は7.5～10 Hzで行った。公称応力により整理する事とし5 mmゲージを端部から150 mmの位置において測定することとした。

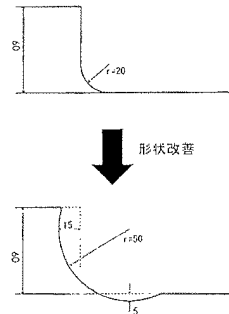


図-2 応力集中改善形状

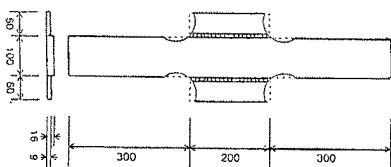


図-3 小型試験体

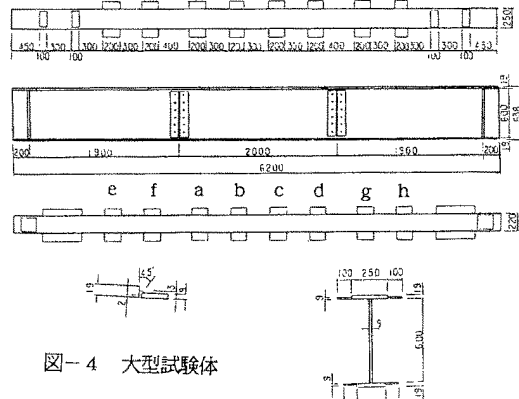


図-4 大型試験体

4. 疲労試験結果

小型試験体の疲労試験結果を図-6に示す。ピーニング処理を施した（TYPE-E）の試験体が最も高くB等級を満足している。（TYPE-B）はJSSCの疲労強度等級のD等級と同等級である。（TYPE-B, C, D）の応力測定値に対して、S-N曲線上での傾きをJSSCの疲労設計曲線の傾き（ $m=3$ ）と一致させ、最小2乗法をもちいて 2×10^6 強度を計算し、各タイプ別に比較した。結果を図-7に示す。TYPE-Eが最も高く、次にTYPE-C, D, B, Aの順となった。以上の結果から、応力集中の改善加工をおこなった試験体（TYPE-C, D, E）は同一形状であるが処理方法により疲労強度に差異がでることがわかった。また、改善効果のあったものは、ドリルカットによる加工処理と、ピーニング処理をおこなったものであった。大型試験体においても、TYPE-Bと同形状のフィレット部に亀裂が発生している。

5. 残留応力に基づく検討

同一形状でありながら、加工処理方法で差がでたTYPE-C, D, Eを比較してみる。ガスカット面、ガスカット+ピーニング面の試験体を切断法により測定した。その結果（図-8）より、残留応力の分布状態に大きな差異が認められることが分かった。TYPE-Cのドリルカットの疲労強度を基準とすると引張残留応力の影響によりTYPE-Dは低下し、圧縮残留応力の効果によりTYPE-Eは向上したと判断できる。

6. まとめ

- （1）応力集中を低減するような形状に加工することで、疲労強度を向上できることが分かった。
- （2）各種改善加工の中で最も効果があったのは、ピーニング処理であり、圧縮残留応力を付与する事が、疲労強度の向上に対して有効であることがわかった。
- （3）大型試験体を用いた実験から、加工処理による改善効果を確認した。

a		b		c		d	
ドリルカット		グラインダー		ドリルカット		グラインダー+ピーニング	
右	左	右	左	右	左	右	左
R=5.0 溝行き 1.0mm 1.5mm	R=4.0 溝行き 1.0mm 1.5mm	R=3.0 1方向	R=2.0 両方向	R=5.0 溝行き 1.5mm	R=4.0 溝行き 1.5mm	R=3.0 溝行き 1.0mm 1.5mm	R=4.0 溝行き 1.0mm 1.5mm
e		f		g		h	
ドリルカット		グラインダー		ドリルカット		グラインダー+ピーニング	
右	左	右	左	右	左	右	左
R=4.0 溝行き 1.0mm	R=5.0 溝行き 1.0mm	R=3.0 1方向	R=2.0 両方向	R=5.0 溝行き 1.5mm	R=4.0 溝行き 1.5mm	R=3.0 溝行き 1.0mm 1.5mm	R=4.0 溝行き 1.0mm 1.5mm

図-5 桁試験体加工処理法

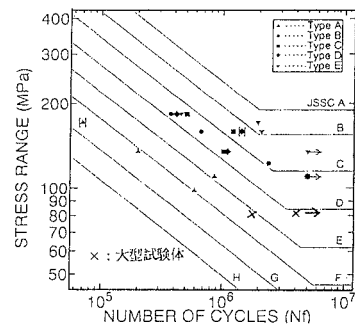


図-6 公称応力範囲と破断繰返し数の関係

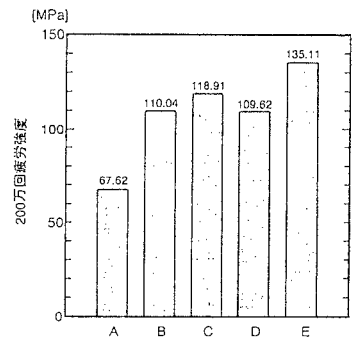


図-7 タイプ別200万回疲労強度

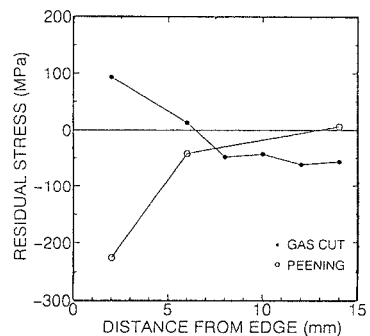


図-8 残留応力分布