

主桁と横桁の取合部の応力緩和による疲労強度向上法

名古屋大学 学生員 ○ 香川 直輝 名古屋大学 正 員 貝沼 重信
 名古屋大学 正 員 山田健太郎 阪神高速道路公団 正 員 西岡 敬治
 名城大学 学生員 野村 宜宏

1. はじめに 近年、鋼道路橋において Fig. 1 に示すように、プレートガーター橋の主桁と横桁の間に取り付けられたウェブギャップ板(以下、ギャップ板と呼ぶ)の溶接部に疲労き裂が発生・進展する事例が数多く報告されている。このき裂の発生の主要因は、主桁の上フランジの回転変位がギャップ板により拘束され、その溶接部に高い局部応力が生じるためである。本研究ではギャップ板に半円孔を明け、ギャップ板端部の応力を低減させたときの疲労強度の向上効果を明らかにするために、孔無し、1 半円孔および 2 半円孔試験体の 3 種類の 3 点曲げ試験体の有限要素解析および疲労試験を行なった。

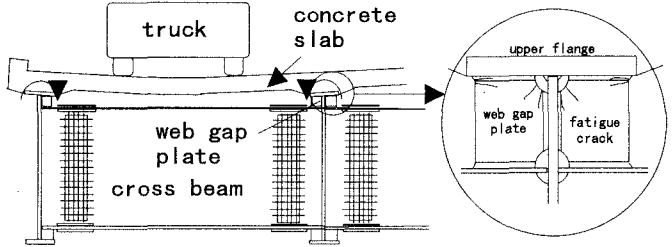


Fig. 1 Some examples of fatigue cracks

2. 試験体 試験体の形状および寸法を Fig. 2 に示す。試験体は、実橋におけるギャップ板の挙動を再現するため、ギャップ板と主桁の一部をモデル化した。なお、ギャップ板については、予備解析¹⁾からまわし溶接部の応力が最も高くなる半円孔が無い試験体と、まわし溶接部の応力が最も小さくなる 2 半円孔試験体、および溶接線に沿って応力分布のバランスが最も良い 1 半円孔試験体の計 3 種類とした。

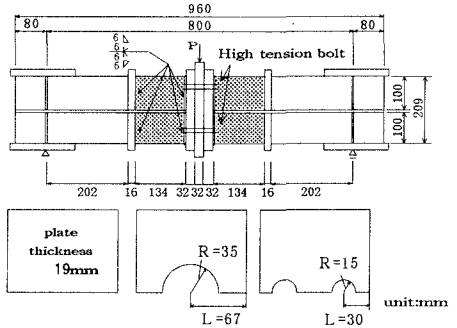


Fig. 2 Shape and dimensions of specimen

3. 有限要素解析 解析モデルは、試験体の対称性を考慮して 1/4 モデルとした。また、解析モデルには 3 次元ソリッド要素を用い、着目部の最小要素寸法を $3 \times 3\text{mm}$ とした。ギャップ板には試験体の 3 タイプの他に半円孔の半径と位置を変えた 3 タイプについても解析を行なった。解析モデルの半円孔の半径および位置を Table 1 に示す。解析結果からギャップ板の溶接部に発生する最大主応力の方向が、溶接線に対しほぼ垂直にはならないことから、ギャップ板の上端部の評価応力として主応力を用いた。

Table1 Analytical models

model	radius of cut-out : R (mm)	distance from edge : L (mm)
no cut-out	-	-
r25-67	25	67
r30-67	30	67
r35-67	35	67
r15-30	15	30
r15-40	15	40

Fig. 3 に解析結果を示す。r35-67 はまわし溶接部よりすみ肉溶接部の方が疲労強度が高いことを考慮すると、疲労強度を向上させる上で適切な応力分布となっている。また、r15-30 についてはまわし溶接部の応力が非常に小さくなっている。なお、半円孔壁では r15-30 で最大 32.3MPa、r35-67 では最大 26.2MPa の応力が生じており、同程度となっていた。Fig. 4 は試験体の解析結果を示している。図中に示す式を用いて、それぞれのモデルについてすみ肉溶接の応力集中のみを除いた公称応力 σ を算出した。その結果、1tf 載荷時に r15-30 で 13.3MPa、r35-67 で 11.9MPa となった。

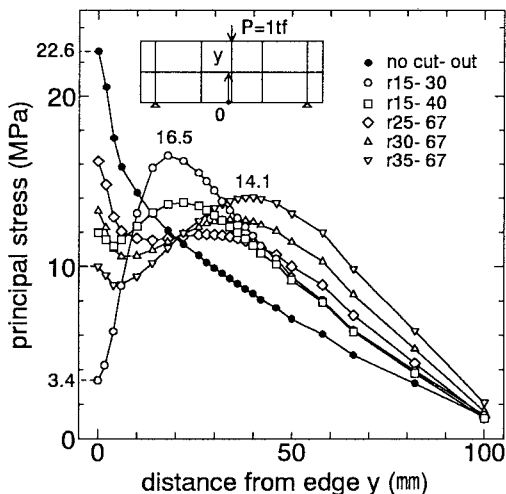


Fig. 3 Principal stress distribution

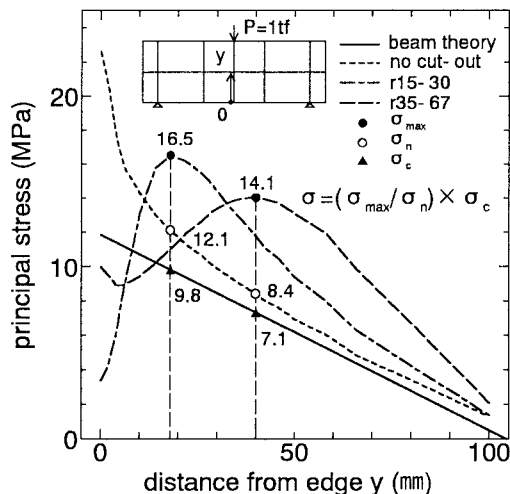


Fig. 4 Nominal stress

4. 疲労試験 疲労試験は、下限荷重を2tfとした一定振幅荷重下で試験体に曲げ応力を与えることで行なった。Fig. 5に試験結果および過去の試験データを示す。本試験結果の応力範囲 $\Delta\sigma$ は前述の公称応力に基づき決定している。図中の実線は、日本鋼構造協会の疲労設計指針の強度等級である。ここで、破断寿命 N_f は孔無しモデルではき裂がまわし溶接から35mmまで進展するまでの繰返し回数、二孔モデルではき裂がギャップの板厚方向に貫通するまでの繰返し回数とした。過去の試験データから、引張試験体の強度等級はF等級、曲げ試験体についてはE等級程度となっている。ギャップ板にr15-30の半円孔を明けることで、半円孔の無い試験体に比べ疲労強度はD等級からC等級に向上した。また、高い応力集中が生じる半円孔壁の強度等級は、A等級以上になっている。

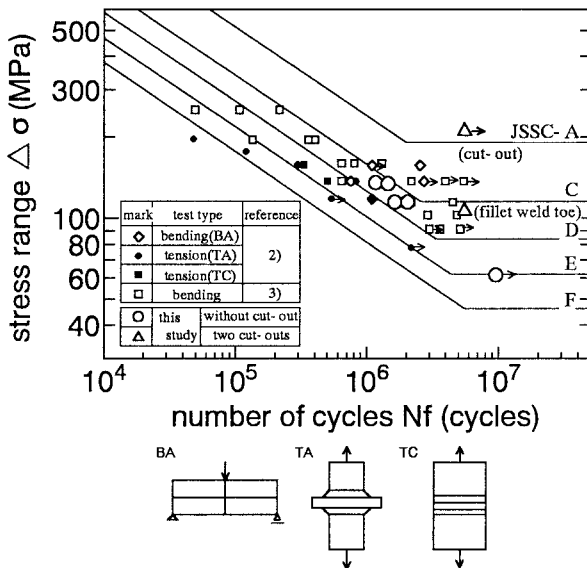


Fig. 5 Results of fatigue tests

5. まとめ ここでは、試験結果を載荷荷重により生じる応力範囲を用いて疲労寿命を整理したが、実橋の測定結果および解析結果から、ギャップ板は床板の回転変形により強制変位および応力の間の挙動を示すことが確かめられている。したがって、今後この挙動を考慮した上で半円孔を明けることによる疲労寿命の向上効果について検討する予定である。現在、2半円孔試験体の一部と1半円孔試験体の疲労試験を行っている。

参考文献

- 1) 貝沼重信, 山田健太郎, 石井博典, 西岡敬治: ウェブギャップ板の上端部の応力緩和による疲労強度向上法, 土木学会第51回年次学術講演会概要集, I-A411, 1996.
- 2) 永津省吾: 鋼桁の主桁及び横桁の取り合い部の疲れ試験, 名古屋大学修士論文, 1984.
- 3) 阪神高速道路公団: 主桁と横桁取り合い部耐震補強調査検討業務報告書, 1996.