

局部応力の応力緩和による疲労強度向上法

名古屋大学 正 員 貝 沼 重 信
名古屋大学 正 員 山 田 健 太 郎

1. はじめに 鋼道路橋において、プレートガーダー橋の横桁や対傾構の取合部、鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材の溶接部などに発生するき裂は疲労損傷の典型的な例と言える。これらの疲労損傷は、主に板の局部曲げによって発生する局部応力により生じている。例えば、横桁を有するプレートガーダー橋では、主桁の上フランジの回転変位がウェブギャップ板により拘束されるため、その溶接部に高い局部応力が生じ、疲労き裂が発生している。したがって、ウェブギャップ板による拘束を低減し、局部応力を緩和することが、疲労寿命を向上させる上で最も効果的であると考えられる。そこで、本研究ではウェブギャップ板に半円孔を明け、この部位の剛性を低下させた場合の応力低減効果を確かめるため、半円孔の位置およびその半径を種々に変化させたモデルについて、有限要素解析を行なった。

2. 解析モデル 解析対象は、図1に示すプレートガーダー橋の横桁に取付けられたウェブギャップ板と主桁の一部である。解析モデルは表1に示すような、半円孔の半径を0～75mm、その位置を主桁・上フランジから25～75mmまで変化させた計9種類である。モデルの拘束条件として、ウェブギャップ板の下端部で全自由度を拘束している。ここで、実測結果により主桁上フランジは強制的な回転変位が作用することから、主桁上フランジには三角形分布(最大変位：0.1mm)の強制変位を導入している。また、予備解析により、スカーラップの有無は着目部の局部応力に影響をほとんど及ぼさないことが確かめられたので、解析モデルにはスカー

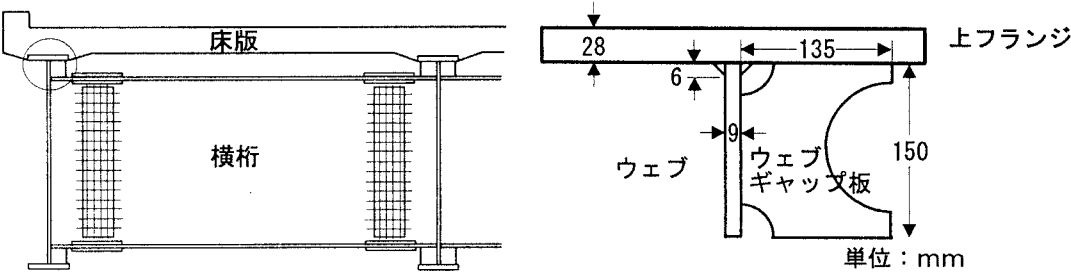


図1 解析対象

ラップを設けていない。なお、要素には4節点のシェル要素を用いており、着目部の最小要素寸法は2.0×2.0mmである。

3. 解析結果 本解析では、ウェブギャップ板の溶接部に発生する最大主応力の方向が、ほぼ鉛直方向となることから、ウェブギャップ板の鉛直方向に生じる応力に着目することとした。図2に解析結果を示す。図の横軸は主桁・ウェブからの距離、縦軸は鉛直方向の応力である。図2(a)は半円孔の半径R=20～60mm、上フランジからの距離L=75mmとしたモデルの解析結果を示している。Rが大きくなるにしたがって、最大応力は低下している。また、いずれのモデルについても、ウェブギャップ板のほぼ中央で応力が最大となっている。また、R30-75が最も

表1 解析モデル

解析 モデル	半円孔の半径 : R (mm)	フランジ下端から の距離 : L (mm)
R30-25	3 0	2 5
R30-35	3 0	3 5
R30-45	3 0	4 5
R30-75	3 0	7 5
R20-75	2 0	7 5
R30-75	3 0	7 5
R40-75	4 0	7 5
R50-75	5 0	7 5
R60-75	6 0	7 5
半円孔無し	0	—

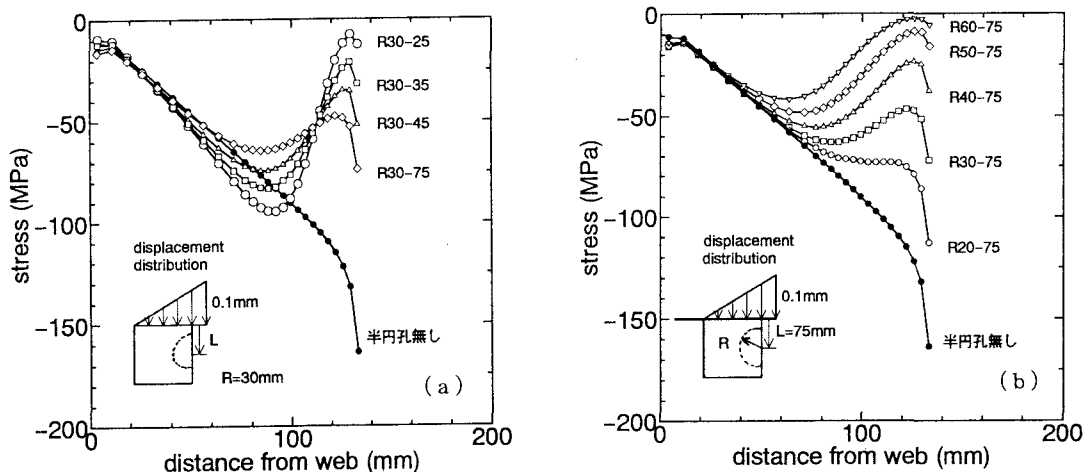


図2 解析結果

ウェブギャップ板の中央部およびコーナー部の局部応力のバランスがとれている。

図2(b)はRを30mmとして、Lを25～75mmまで変化させたモデルの解析結果を示している。半円孔が無いモデルの最大応力は、ギャップ板端部で-164MPaである。一方、最大応力が最も小さいモデルは、R30-75のモデルで、その値は-74MPaであり、半円孔が無いモデルに比べ、応力は45%程度低減している。また、半円孔無しモデルの応力はR30-75モデルの約2.2倍となることから、疲労寿命は10倍(=2.2³)以上に向上すると考えられる。

4. 疲労強度の評価

主桁上フランジとウェブギャップ板との溶接部および半円孔は、それぞれ日本鋼構造協会「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」の荷重伝達型十字すみ肉溶接継手(のど断面応力)(H等級)、円孔を有する母材(純断面応力, 実断面応力)(C等級)に相当する。疲労設計曲線を図3に示す。R30-75の主桁・上フランジとウェブギャップ板との溶接部(溶接サイズ:6mm)の発生応力をのど断面応力で整理すると、-79MPaとなり、疲労寿命は 2×10^5 回となる。また、半円孔壁での発生応力は191MPaで、疲労寿命は 6×10^5 回である。したがって、半円孔壁で生じる応力を用いた場合でも、その疲労寿命がウェブギャップ板の溶接部よりも長いことから、高い応力が生じる半円孔壁から疲労き裂は生じないと言える。

5. まとめ 主桁の上フランジとウェブギャップ板との溶接部の局部応力を低減する上で、ウェブギャップ板のコーナーの中央を中心とした半径30mmの半円孔を明けることが最も効果的である。また、この半円孔を明けることで、半円孔を明ける前よりも疲労寿命は10倍以上に向上する。

今後は、疲労損傷が報告されている鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材との溶接部、鋼床版あるいは箱桁の横リブと垂直補剛材との溶接部、などの部位についても、半円孔の半径とその位置について検討を進める。

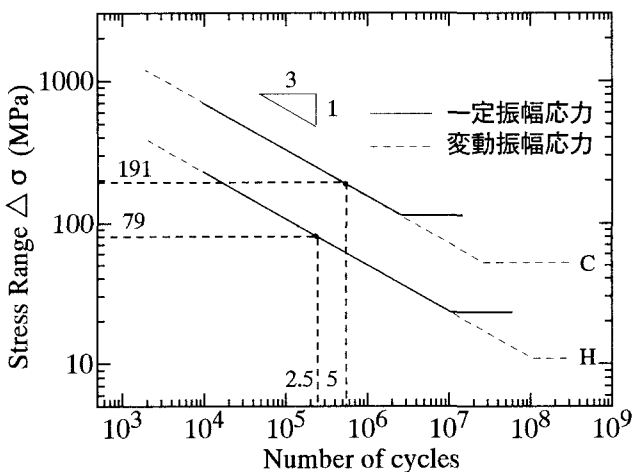


図3 疲労寿命の比較