

鋼床版支点部補剛材に生じた亀裂の補修対策検討

本州四国連絡高速道路 正会員 ○高田 大資
 本州四国連絡高速道路 藤城 忠朗
 本州四国連絡高速道路 正会員 大谷 康史

1. はじめに

瀬戸大橋斜張橋鋼床版支点部の図-1 に示す垂直補剛材上縁端部のまわし溶接部の一部に亀裂が発生している。この亀裂対策として、補剛材の一部を円弧状に切欠く案を選定し、切欠き形状と発生する応力度の低減の効果について解析的な検討を行った。その結果から望ましい切欠き形状を決定し、その効果を確認するために実橋での試験施工を実施する予定である。ここでは、切欠き形状の検討内容について報告する。

2. 亀裂発生要因と補修方法

過去の現地ひずみ計測¹⁾等により亀裂発生の要因は、自動車荷重、列車荷重による鋼床版横桁に生じる曲げモーメントにより垂直補剛材上縁端部のまわし溶接部に発生している高い応力と推定された。

補修方法は再溶接（止端仕上げ）や当て板補強などの方法について FEM 解析等により検討を行い、垂直補剛材上縁部のまわし溶接部の発生応力の軽減効果の高い補剛材の一部を円弧状に切欠く案を採用することとした。しかし、垂直補剛材の切欠き形状には、最適な形状の理論的な設定方法が確立されていないため、検討を行った。

3. 解析概要

切欠き形状は垂直補剛材上縁端部の溶接部の応力低減効果、垂直補剛材切欠き R 部への影響を FEM 解析により確認し、切欠き寸法を決定することとした。

解析方法は、図-2 のような縦桁、横桁交差部を部分的に切り出した解析モデルによる弾性解析(静的解析)とした。主構上弦材及び鋼床版に加えて、精度良い剛性の評価のために主横構上弦材もシェル要素とし、主横構上弦材より下に位置する構造物は梁要素としている。解析モデルの節点数は約 75,000、要素数は約 78,000 であり、対象とする垂直補剛材近傍は、10mm×10mm のサイズを基本に要素分割を行った。

作用荷重として、自動車荷重は上下線 2 車線の合計 4 車線の車線中心に疲労照査用荷重を載荷し、鉄道荷重は上り線と下り線の各位置に旅客列車と貨物列車の疲労照査用荷重を載荷した。以上の条件で実施した FEM 解析で載荷荷重毎に得られた応力

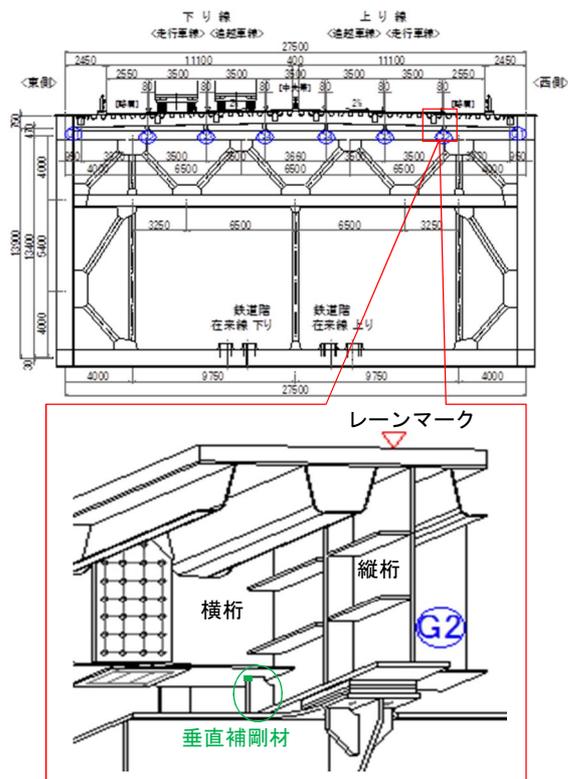


図-1 亀裂発生箇所

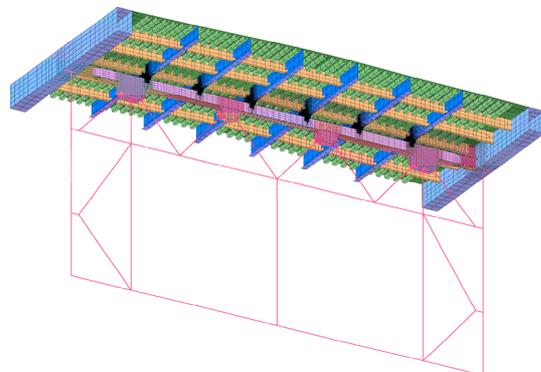


図-2 解析モデル

キーワード 疲労亀裂, 斜張橋, 鋼床版, 補修, 切欠き
 連絡先 〒794-0072 愛媛県今治市山路 751-2 TEL 0898-23-9785

振幅値から累積疲労損傷度を算出し、それらを合算して疲労寿命を予測した。

4. 切欠き形状の検討

図-3 に検討を行った垂直補剛材の切欠き形状モデル、図-4 に現状モデル（疲労亀裂なし）及び切欠き形状モデルの下り線走行車線に疲労照査用の自動車荷重を載荷した際の縦桁 G2 の主応力ベクトル図と垂直補剛材上縁の応力分布を示す。

現状モデルについては、垂直補剛材端部の応力集中が -199N/mm^2 と極めて大きく、また疲労寿命予測値も3年程度と極めて短い結果となった。

ケース1は、応力改善効果を確認することで、今後の検討の方向性を定めるためのケースとして解析を行った。応力集中の低減効果（ $-199\text{N/mm}^2 \rightarrow -66\text{N/mm}^2$ ）は認められるものの、疲労寿命予測値は40年程度と改善効果が十分とはいえない結果となった。

ケース2では、更なる改善効果を図るため、大きく切欠く形状を設定した。垂直補剛材外側（コバ面）端部の応力集中の低減効果（ $-66\text{N/mm}^2 \rightarrow -23\text{N/mm}^2$ ）は認められるものの、応力集中箇所（ -64N/mm^2 ）が垂直補剛材内側（スカーラップ部）に移動し、疲労寿命予測値は90年程度の結果となった。

ケース3では、ケース2においてスカーラップ部に応力が偏る傾向が見られたことから、この改善の可能性を確認するため、R部の部材最小幅を20mmから40mmになるように設定した。その結果、スカーラップ部の応力が大きくなる傾向にあったものが、全体的に均一化することとなった。また、疲労寿命予測値については切欠きR部が最短の箇所となり90年程度の結果となった。

5. 切欠き形状の決定

切欠きケース2とケース3について、疲労寿命予測値に注目すると大差はないが、応力分布に注目するとケース2ではスカーラップ部が最大の応力集中箇所となる。一方ケース3では、極端な応力集中箇所はなく、切欠きR部の疲労寿命予測値が最短である。これらのことから、亀裂が再発生した際の発見及び補修の難易度や、溶接形状による疲労への影響が少ないことを考慮し、ケース3を採用することとした。今後、実橋において試験施工を実施し、効果の検証を行うこととしている。

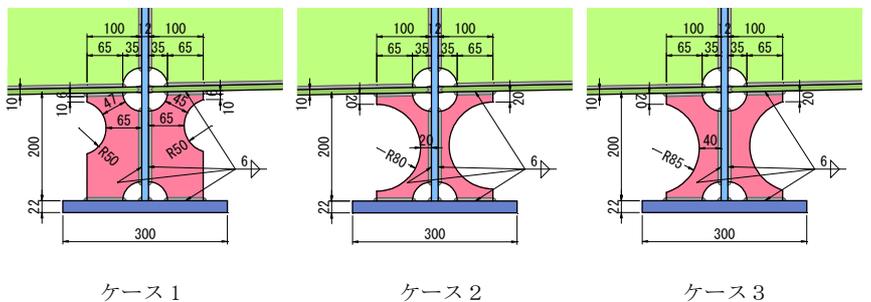


図-3 切欠き形状モデル

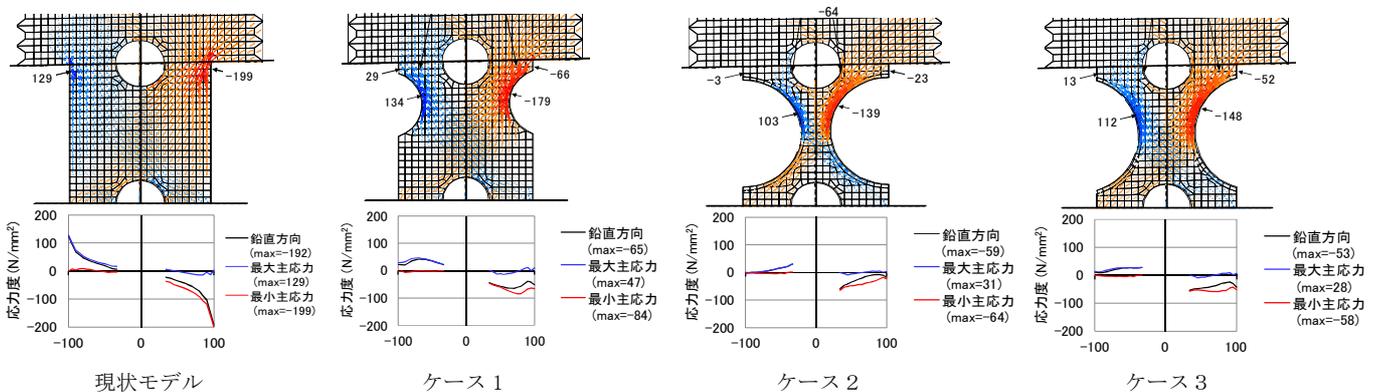


図-4 主応力ベクトル図と垂直補剛材上縁の応力分布

参考文献

1) 川端淳, 岩黒島橋の鋼床版垂直補剛材のひずみ計測と疲労評価, 本四技報 Vol.37 No.120 2013.3