

鋼床版橋梁の上端カットした垂直補剛材溶接部の疲労強度評価に関する検討

法政大学大学院 学生会員 ○寺川颯 法政大学 正会員 内田大介
 広島高速道路公社 中村進 日本橋梁建設協会 正会員 齊藤史朗

1. はじめに

鋼床版を用いた橋梁では、デッキプレートと主桁や縦桁の垂直補剛材溶接部の疲労き裂が報告されている。このき裂は車両の輪が通過する際に垂直補剛材がデッキプレートの変形を局所的に拘束することに起因することがわかっている。この拘束を緩和し、疲労き裂の発生を抑制する方法の1つとして、デッキプレートと垂直補剛材上端部を溶接せずにウェブキャップ間隔を設けた、上端カット構造がある。この構造の応力緩和効果については種々の検討がなされており、既に多くの施工実績もあるが、道路橋示方書²⁾では横リブ・横桁への適用のみに限定されている（図-1）。この理由としては補剛材機能の検証が不十分であることや疲労強度改善効果が定量的に評価されていないこと等が考えられる。

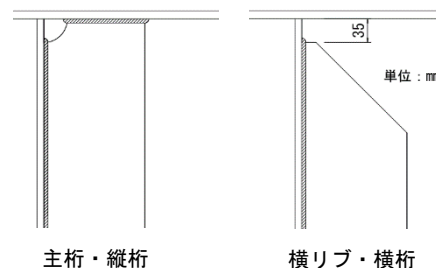


図-1 鋼床版橋梁の垂直補剛材

本研究では上端カットを行った主桁垂直補剛材の疲労強度改善効果の定量的評価を試みる。具体には過去に実施された、小型試験体の疲労試験より構築した疲労強度曲線の実橋への適用可能性を確認する。そのために、上端カット構造が適用された実橋で行われた荷重車による載荷試験と応力頻度計測の結果を用い、気温による舗装剛性の変化を解析的に考慮するとともに、過去の交通量の推移を考慮した疲労損傷度を、既往の小型疲労試験体の疲労強度と比較する。

2. 実橋載荷試験概要³⁾

対象橋梁は「広島高速2号線」内（図-2）であり、2021年9月と11月の2回、荷重車による動的載荷試験が実施され、9月には平日3日間の応力頻度計測も実施されている。本研究では9月に実施された載荷試験に着目する。荷重車は200kN程度に調整された3軸の大型車で、橋軸直角方向の載荷位置を変えて14ケースの測定が行われている。測定位置はG1桁の非常駐車体部の1パネルで、縦リブ支間中央のA断面と縦リブ支間1/4位置のB断面に着目している。ここでは、A断面における左右のウェブの垂直補剛材のまわし溶接部ウェブ側止端から5mm位置の鉛直方向ひずみと箱桁内部に3本あるUリブのうち、中央のUリブ下面の橋軸方向ひずみを使用する。

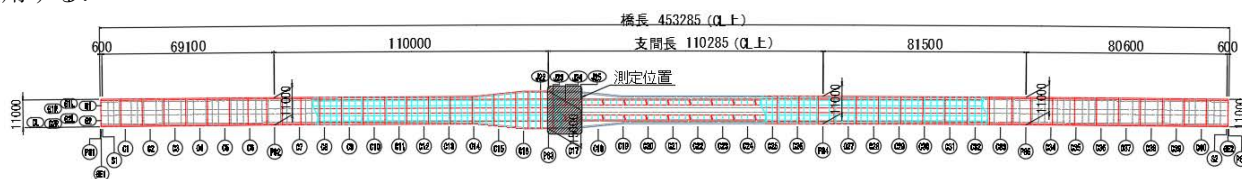


図-2 平面図

3. 解析による再現

3. 1 解析方法

解析モデルは対象橋梁の着目断面近傍で橋軸方向に10パネル抽出したモデルである（図-3）。解析は線形弾性解析とし、解析コードはFEMAP with SimcenterNastranVer2021.1を用いた。鋼材のヤング係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3である。着目する垂直補剛材の溶接脚長は実橋で計測したものであり、G1Lの主桁側：7.00mm 垂直補剛材側：6.48mm、G1Rの主桁側：8.36mm 垂直補剛材側：6.18mmである。溶接止端部には止端曲率半径1mmを設け、約 $0.1 \times 0.1 \times 0.1 \text{ mm}$ のサイズの要素で分割している。拘束条件は、1支点上を完全固定、箱桁の下フランジ下面を鉛直方向に拘束とし、主桁系の応力は考慮していない。載荷方法は、図-4に示す荷重車の輪荷重を橋軸方向に100mm～625mmの間隔で移動させ、走行を模擬

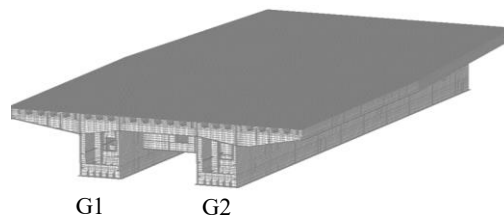


図-3 解析モデル (R36～R41 区間)

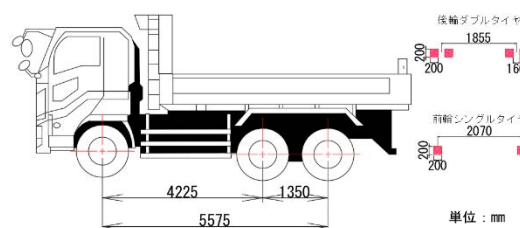


図-4 荷重車の輪荷重再現

キーワード 鋼床版、垂直補剛材、疲労強度評価

連絡先 法政大学 N208 鋼構造研究室 〒184-8584 東京都小

金井市梶野町 3-7-2 TEL : 03-5228-1347

した。着目する溶接部は近接する輪が箱内を通過すると圧縮、箱外を通過すると引張が生じることがわかっている。ここでは引張と圧縮が卓越する走行ケースに着目するが、実際のレーンマーク位置(図-5)を考慮して G1L は圧縮が、G1R は引張が生じる場合のみを対象とする。アスファルト舗装は温度依存性があるが、9月の载荷試験で G1 箱桁中央の U リブ下面の橋軸方向ひずみが最大となった走行ケースでキャリブレーションした結果、舗装剛性は 1500N/mm^2 と推定した。

3. 2 解析結果

前節の舗装剛性で解析を行った結果、垂直補剛材溶接部の主桁ウェブ側止端 5mm 位置の鉛直方向応力について G1L と G1R における解析結果を示す(図-6,7)。G1L の圧縮が発生する载荷結果と比較すると計測値よりもやや大きい値であったが、G1L の引張が発生する場合は計測値よりも低い結果であった。

4. 疲労強度評価

疲労強度評価に用いる小型試験体による疲労試験結果⁵⁾を図-8に示す。この結果は文献 5)中の平均応力の影響を考慮したものである。この結果は主桁ウェブ側溶接止端から 10mm 位置の応力範囲で整理されているため、5mm 位置の応力頻度計測より得られた応力範囲頻度分布に対し、左側ウェブでは図-6の载荷位置、右側ウェブでは図-7の载荷位置の解析結果を用いて補正を行った。具体的には影響線で発生応力が 0.1N/mm^2 以下である応力を除外した結果の、5mm 位置に対する 10mm 位置の比率の平均値を算出しており、その比率は G1L 側で 1.26, G1R 側で 1.24 となった。

気温によるアスファルト舗装の温度依存性は、月ごとの平均気温(図-9)に対して舗装剛性を設定することとした。気温データには気象庁の広島地方気象台によって観測された気温データを用いた。ここで、簡単のため、気温の変化は 10°C 未満、 10°C 以上 25°C 以下、 25°C 超過の 3 つに分類し、それぞれの区分に対する舗装剛性は 500, 1500, 5000N/mm^2 とした。なお、応力頻度計測が行われた 3 日間の気象台における平均気温は 24.9°C であった。

大型車交通量(図-9)については計測された 3 日間の応力範囲頻度分布と広島高速道路公社でカウントされている当該区間の月ごとにおける大型車交通量の関係が供用開始から現在まで一定であると仮定した。

図-10に小型疲労試験体から得られた疲労強度曲線と G1L と G1R の垂直補剛材の 2022 年の 3 月に至るまでの累積疲労損傷度をプロットした結果を示す。ここでは疲労強度曲線の傾きは $m=3$ としている。累積疲労損傷度は、疲労強度曲線の下方に位置しており、現在疲労き裂が発生していない現状と一致する。

5. おわりに

上端カット構造を有する実橋を対象として気温による舗装剛性の変化や大型車交通量の推移を考慮した疲労損傷度を算出し、小型試験体の疲労試験から得られた疲労強度曲線により余寿命を評価できる可能性を確認した。今後の課題としては上端溶接構造が用いられた実橋を対象として、今回の疲労強度評価方法が適用可能であることを確認する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼床版の疲労[2010年改訂版]，丸善，2010. 12 . 2) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，2012. 6 . 3) 齊藤ら：実橋計測による鋼床版垂直補剛材上端部の局部応力の検討，土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，I-66，2022. 9. 4) 齊藤ら：鋼床版垂直補剛材上端部の応力性状と疲労寿命に関する検討，鋼構造年次論文報告集. 第 29 巻，2021. 11. 5) 内田ら：上端カットした鋼床版垂直補剛材の引張応力下における疲労強度，土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，I-215，2019. 9

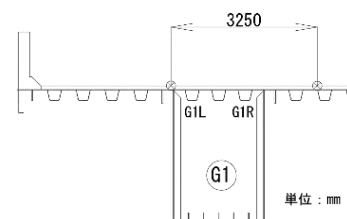


図-5 レーンマーク位置

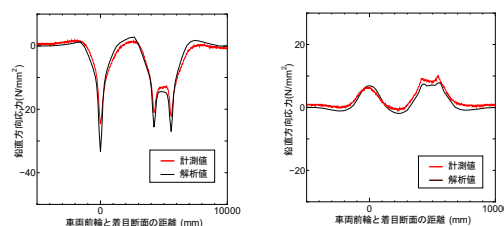


図-6 G1L 圧縮

図-7 G1R 引張

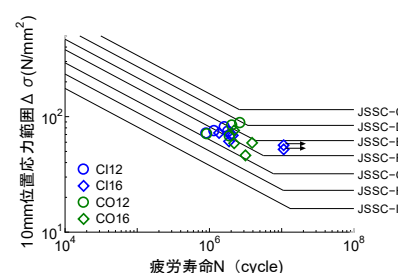


図-8 小型試験体の疲労強度曲線

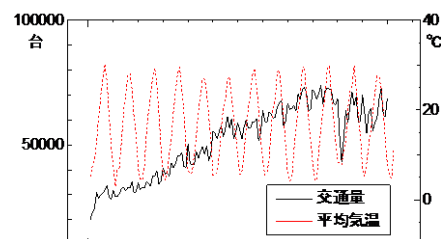


図-9 大型車交通量と平均気温の推移

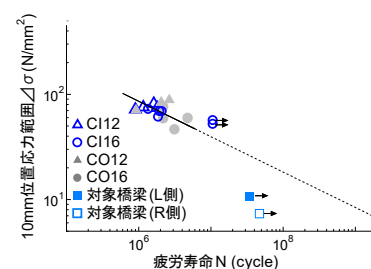


図-10 疲労強度曲線