鍋 I 桁橋主桁-横桁取合い部における垂直補剛材上端部の応力性状に関する解析的検討

東京都立大学大学院 学生会員 〇山本 亨介 東京都立大学大学院 正会員 村越 潤 東京都立大学大学院 正会員 岸 祐介

1. はじめに

鋼 I 桁橋の主桁・横桁取合い部では、二次応力に起因した疲労損傷事例が数多く報告されている¹⁾. これまでも個々の橋梁に対する構造解析や応力計測等に基づく疲労挙動・対策効果に関する研究は数多く行われてきているが、様々な構造条件、活荷重載荷条件の鋼 I 桁橋に対するき裂の進展性や効果的対策は必ずしも明らかにされているわけではない.本文では、将来的に補強対策が必要となる橋梁の抽出や効果的な対策の選定に資するために、き裂を生じさせる二次応力への橋全体系の構造影響や応力発生メカニズムを明らかにすることを目的として、鋼I桁橋の主桁と横桁の取合い部(図-1)に着目した3次元立体モデルによる弾性 FEM 解析を行い、き裂発生部位の局部応力・変形性状について分析した結果を報告する.



図-1 対象とした主桁-横桁取 合い部とき裂の発生位置

2. 着目部位と対象橋梁

本検討では、図-1 中の比較的発生数の多い垂直補剛材上端部の溶接止 端のき裂(き裂 A)¹に着目した.表-1 に解析ケースをまとめる.対象橋梁 としては、二次応力に起因するとみられる疲労損傷が相対的に多い¹⁾とさ れる、昭和 39 年の溶接鋼道路橋示方書(S39 道示)により再現設計された 鋼単純合成 I 桁橋(図-2,支間 30m)を基本ケースとした.また、二次応力 疲労への橋全体系の影響の観点から、同一支間・幅員構成で、B 活荷重及 び疲労設計導入後の平成 14 年道路橋示方書(H14 道示)によるケースを比 較対象とした.両者は、主に床版厚と主桁フランジ厚・幅の違いから橋全 体系の剛性が異なる.さらに、既設橋の補強や応力軽減策の提案事例等を 参考に構造改良の解析ケースを加え、局部応力への影響を検討した.

3. 解析方法

図-3 に解析モデル図を示す. RC 床版は 8 節点ソリッド要素,他部材は すべて4節点シェル要素でモデル化した.床版と主桁間は剛結としている. 着目部では図-3に示すように要素寸法を細かくし(最小寸法:2mm×2mm), さらに要素の板厚を変化させることで溶接ビードを再現している²⁾.要素 寸法については,解析ケース間の局部応力を相対比較する上では概ね問題

ないことを確認している.活荷重については,本 橋が対称断面であることからレーン1(レーン2) 上(図-2参照)の橋軸方向の複数位置に F 荷重 (200kN)の載荷を行い,着目位置 A, B, C(図-2 参照)における,溶接止端から鉛直方向に2mm 位 置の節点(図-3(b)参照)の鉛直方向の応力性状を 分析した.なお,本文では支間中央断面載荷時の 主に位置 A に着目した結果を示す.

表-1 解析モデル・ケースの概要

| 24 - 731 1/1 7 | | | |
|----------------|----------------|------------------|-------------------------|
| 解析モデル/ ケース名 | | 適用 基準 | 概要 |
| 基本 モデル | S39- Base | S39 道示 | 基本ケース |
| | H14- Base | H14 道示 | B活荷重対応,疲労設計導入 |
| 構造改良 モデル | S39- Girder | S39 道示 | B活荷重対応 (主桁断面剛性1.25倍) |
| | S39- Deck | | B活荷重対応 (床版厚250mm) |
| | S39- Bolt | | 応力低減策 (横桁上端ボルト外し) |







図-3 解析モデルの概要

キーワード 鋼I桁橋, 主桁-横桁取合い部, 疲労, 二次応力, FEM 解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院 TEL: 042-677-2782 E-mail: yamamoto-kyosuke@ed.tmu.ac.jp

4. 解析結果

(1) 各ケースの発生応力

図-4 に S39-Base について, レーン 1, 2 載荷時の応力と その比率を示す. 応力の最大値(絶対値)で比較すると, 位 置 A (156N/mm²)に対して, 位置 B では 0.42 倍 (66N/mm²), 位置 C では 0.40 倍 (63N/mm²)である. その他の解析ケー スでも位置毎の応力の傾向は同様であり,本橋の場合, 位 置 A の外桁取合い部の応力が厳しい傾向にある.

図-5 に、位置 A における各解析ケースの応力とその比率 を示す. H14-Base では、S39-Base(156N/mm²)に対して、 0.78 倍(123N/mm²)と低下しており、全体構造の剛性等に よる影響と考えられる. また、構造改良モデルにおいて、応 力が最も低下したケースは、床版を増厚した S39-Deck であ り、S39-Base に対して 0.76 倍(119N/mm²)である. 一方で、 S39-Girder、S39-Bolt では 0.98 倍であり、本解析モデルでは 応力軽減効果はほとんど見られなかった.

図-6 に, S39-Base の支間中央断面における床版と桁の変
形状況を示す.床版たわみと横桁拘束に伴う
主桁の面外方向変位が生じている.これらの
上フランジとウェブ間の変形に対して,位置
A では補剛材上端が拘束していることで局
部応力が発生しているものと推測される.

(2) 幅員方向載荷位置と発生応力の関係

位置 A における垂直補剛材上端の局部応 力の発生メカニズムを検討するため, S39-Base を例に,支間中央において 1 点集中荷 重(100kN)を幅員方向に載荷(図-7参照) した場合の局部応力性状を整理した.図-8 に,載荷位置毎の発生応力と床版たわみ角・ 主桁ウェブの面外変形角の関係を示す.こ こで,両者の角度の表示方法を図-9 に示す.



床版たわみ角 θ_d は図に示す主桁ウェブ上の床版上面位置を、ウェブ変形角 θ_w はウェブ上端位置を基準とし、それ ぞれ床版上面、主桁ウェブの各節点とのなす角度の最大値としている.

G1

図-8より,応力が最大となる位置3では床版たわみ角が最も大きい.また,位置2と4を比較すると,ほぼ同等の床版たわみ角でありながら,ウェブ面外変形角の大きい位置2のほうが応力は大きい.位置1ではウェブ面外変 形角は大きいものの,床版たわみ角が小さいために応力は相対的に小さくなったものと考えられる.以上の結果より,垂直補剛材上端の局部応力に与える構造影響としては,床版たわみと横桁拘束による局所的なウェブ面外変形が要因と考えられ,その相互作用により主桁フランジとウェブ間の角度を小さくさせるような挙動が局部応力と関係していること(すなわち,応力は図中の回帰直線の傾向にあること)を確認した.

引き続き,同着目部の局部的な応力・変形性状の分析に加え,効果的な疲労対策について検討を進めていく. 参考文献 1) 村越潤,山本亨介,上仙靖,高橋実:鋼I桁橋における主桁-横桁・対傾構取合い部における疲労損傷の発生傾向 の分析,第47回土木学会関東支部技術研究発表会,1-58,2020.3.2)町田進,的場正明,吉成仁志,西村隆一:ホットスポッ ト応力基準による疲労強度評価(第3報)-FEMによる評価-,日本造船学会論文集,第171号,pp.477-484,1992.1.