

# 鋼ランガー桁橋の疲労亀裂事例を踏まえた新たな横桁取付部構造についての解析的検討

福岡大学工学部 学生会員 ○佐藤俊徳

福岡大学工学部 正会員 下妻達也, 渡辺 浩

長崎大学大学院 正会員 中村聖三, 奥松俊博, 西川貴文

## 1. 背景と目的

鋼ランガー桁橋の A 橋を対象として過年度に実施された詳細点検において、複数の横桁取付部にて疲労亀裂が発見された。図 1 に A 橋の外観を、図 2 に亀裂の発生位置と現況写真を示す。昭和 61(1986)年に完成した橋であり、最大支間長 152(m)、幅員 7.5(m)である。疲労亀裂は鋼橋の損傷の中で特に構造物の破壊に繋がる可能性が高く、点検の重要項目となっている。

取付部では、I 形断面の横桁ウェブが垂直材にすみ肉溶接されたコネクションプレート(以下 Conn と示す)に高力ボルトで接続されている。亀裂が確認されたのは Conn の付け根部分である。

A 橋の中間横桁はほとんどが同一構造であり、未だ確認されていない他の横桁においても同様の亀裂損傷が生じる可能性がある。また、A 橋と類似した横桁取付部構造を持つ他の橋梁においても疲労亀裂が生じる可能性があり、同様の橋梁を新設する際にも問題になりかねない。そこで、本研究では A 橋の F-4-4 横桁を対象に、FE 解析により複数の改善策を比較検討することで、亀裂発生抑制が可能な構造を見出すことを目的とする。

## 2. 検証方法

改善策における亀裂損傷の発生抑制効果の検証に際し、汎用有限要素法解析ソフトウェア ANSYS2020 の静的構造解析システムを用いて、亀裂発生箇所付近と同位置にて詳細な応力解析を行う。解析フローを図 3、応力着目箇所を図 4 に示す。本研究では、[I]全体モデル(橋梁の対象支間全体)と[II]詳細モデル(亀裂発生横桁周辺の部材)の 2 段階に分けて構造解析を行う。

まず、[I]で活荷重(T 荷重(200kN))を亀裂発生横桁の直上床版に対し片側車線に載荷し、亀裂発生横桁付近の節点の変位を算出する。次に、[II]で応力着目部位における溶接線直交方向(Z 方向)の垂直応力と最大主応力を算出する。そして、算出された応力度から改善効果进行评估する。

## 3. 検証した改善策及び解析モデル

検討した改善策とその解析モデルについて、図 5 に示す。本研究では、モデル①~⑦(以下①~⑦と示す)の 7 つの案を検討する。①は、Conn の板厚を 9mm から 12mm に変更した。②では、Conn の上部を延長し、三角形になるようカットした。③では、上部を延長して円弧状にカットした。④は、②に対



図 1 A 橋の外観

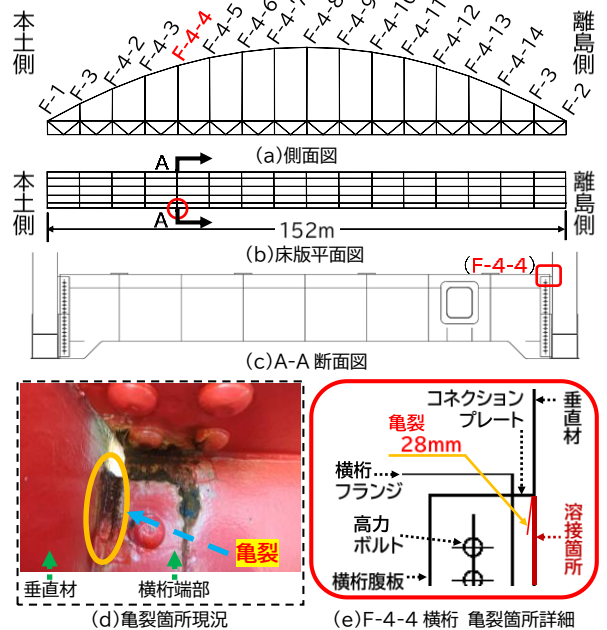


図 2 A 橋の亀裂発生位置(F-4-4)と亀裂写真

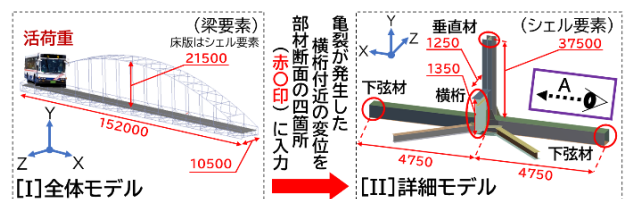


図 3 各改善策の解析フロー

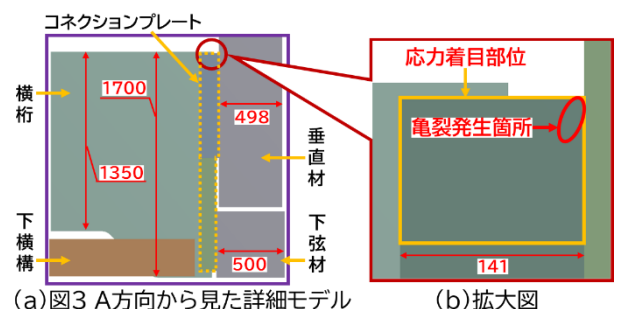


図 4 詳細モデルにおける応力着目部位

して高力ボルト位置を下方へ移動し、上部を延長せずに三角形にカットした。⑤は、③に対して高力ボルト位置を下方へ移動し、上部を延長せずに円弧状にカットした。⑥では、横桁と垂直材のフランジ同士を結ぶ補強リブを設置した。⑦では、横桁と垂直材のフランジ同士を溶接結合し、継手位置を変更した。

4. 結果と考察

(1) 垂直応力

結果の一例として、水平(Z 軸)方向の垂直応力のコンター図を図 6 に、亀裂発生部付近における Z 方向の垂直応力の計算結果を表 1 左側に示す。各モデルとも現状のモデルの応力を下回っており、応力低減効果が認められる。また、⑥の補強リブ部材に生じる応力は現状を下回っており、新たな損傷を生じさせることなく、応力の低減や分散の効果を発揮している。

(2) 最大主応力

(1)節の垂直応力と同様に、外力载荷時の亀裂発生部付近の最大主応力を算出した。各モデルの亀裂発生部における最大主応力の計算結果を表 1 右側に示す。各モデルとも Z 方向の垂直応力から乖離しておらず、発生応力のほとんどが Z 方向成分であることがわかる。また、主応力が最大となったものは現状モデル、最小となったものは③であり、各モデルにおける応力の大小関係で逆転するものは見られなかった。

(3) 亀裂発生抑制効果の評価

F-4-4 横桁の亀裂発生箇所において、亀裂損傷を生じさせる Z 軸方向の垂直応力及び最大主応力が最小となったものは③、次いで⑤、⑥であった。一方、他のモデルによる効果は限定的ではあったが、これらの方策のみでも一定の応力減少効果が認められ、応力低減の方策として有効であると言える。なお、②と④、③と⑤は Conn の延長の有無を比較したが、延長した②、③の方が未延長の④、⑤に比べて発生応力が小さくなった。

5. 総括

鋼ランガー桁橋の A 橋中間横桁取付部に生じた疲労亀裂に対して改良した構造案を複数作成し、亀裂発生箇所での溶接線直交方向の垂直応力及び最大主応力について、解析により比較検討した。その結果、Conn の上部形状を円弧状に変更した策(モデル③、⑤)が効率的な改善策であるといえる。また、施工面や費用対効果の面においても、現状から継手部材の変更のみで高い効果を発揮できることから、最も有効な策であると言える。なお、高力ボルトの配置を変更して上部を加工した場合(モデル②、③)と上部を延長したうえで加工した場合(モデル④、⑤)とを比較すると、後者の方がより大きな応力低減効果を得られた。

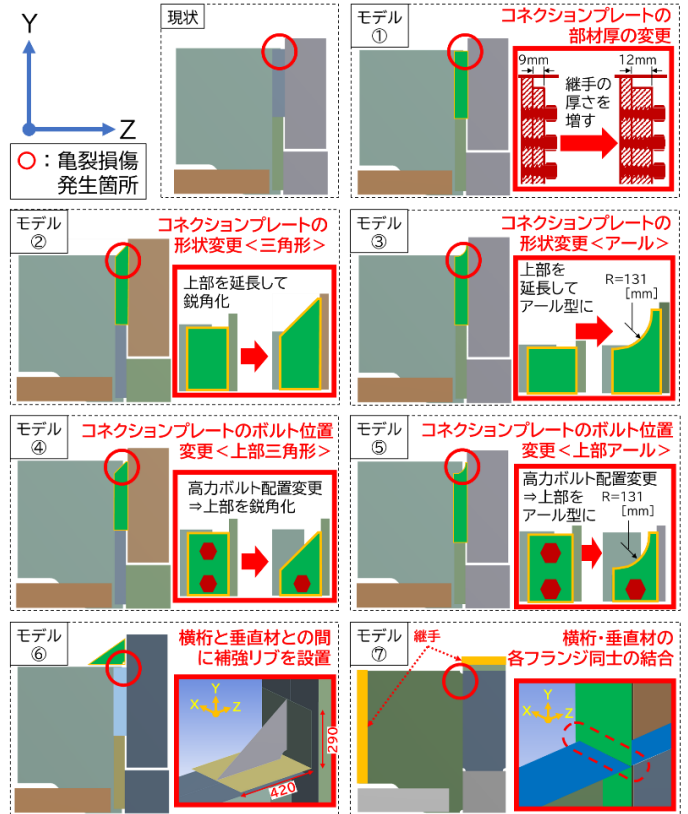


図 5 検討した改善策と解析モデル

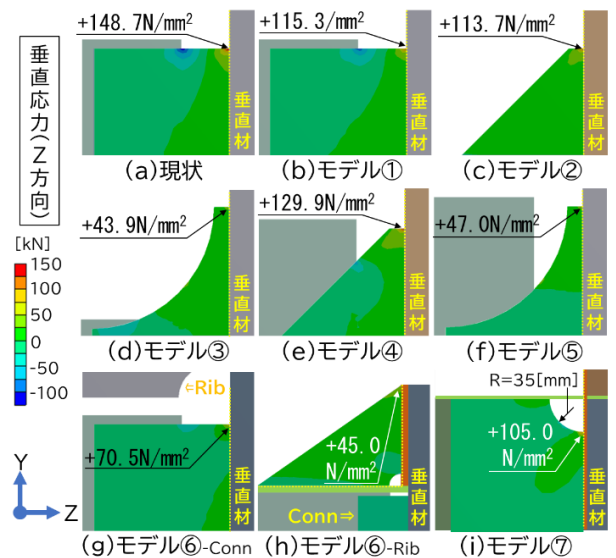


図 6 横桁ウェブ Z 方向の垂直応力分布図

表 1 応力計算と疲労寿命計算の結果

	荷重：活荷重 単位：[N/mm <sup>2</sup> ]	垂直応力 (Z 方向)	最大 主応力
現状	Conn	148.7	160.8
モデル①	Conn	115.3	127.7
モデル②	Conn	113.7	128.5
モデル③	Conn	43.9	67.7
モデル④	Conn	129.9	143.8
モデル⑤	Conn	47.0	83.2
モデル⑥	Conn	70.5	82.9
	Rib	45.0	71.1
モデル⑦	Web	105.0	121.8

(Conn：コネクションプレート上部, Rib:補強リブ)  
(Web：横桁ウェブ 上部スカーラップ孔の右下)