

鋼 I 桁の主桁と横桁の接合部に発生した亀裂損傷の原因推定と補修対策

四国建設コンサルタント 正会員 ○脇 孝文 四国建設コンサルタント 正会員 豊崎 裕司
四国建設コンサルタント 正会員 松田 秀和 四国建設コンサルタント 非会員 篠宮 章

1. はじめに

近年、鋼 I 桁の主桁と横桁ならびに対傾構接合部の垂直補剛材の溶接部に亀裂損傷が発生する事例が発見されている。これらの亀裂損傷は、昭和 55 年の道路橋示方書改訂以前に建設された床版支間が大きく床版厚の薄い橋梁において発見されるケースが多い。

本稿は、橋梁定期点検により発見された亀裂損傷に対して、その原因推定と補修対策について報告するものである。なお、本対策においては、橋梁の定期点検、補修対策検討及び補修詳細設計を担当した。

2. 対象橋梁の概要

対象橋梁は、支間長 32m の鋼単純合成 I 桁橋×6 連からなる道路橋である。適用示方書は昭和 39 年鋼道路橋設計示方書であり昭和 41 年に架設されている。主構造は、3 本の主桁と鉄筋コンクリート床版との合成桁であり、支間中央に横桁を有する。床版厚は 190 mm で床版支間長は 3.3 m である。なお、現況での交通量は 13236 台 (24h)、大型車混入率は約 13.1% である。

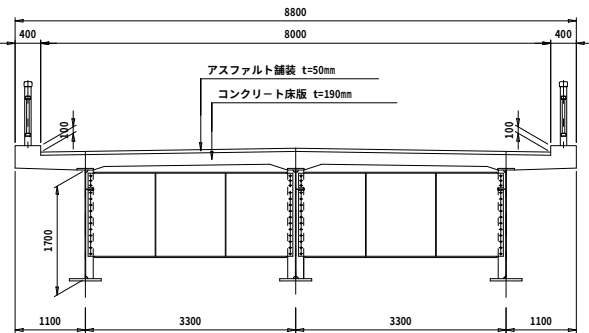


図-1. 断面図

3. 亀裂損傷の概要

本橋において、主桁と中間横桁の接合部で垂直補剛材上縁の溶接止端部に亀裂損傷が確認された。(図-2)



図-2. 溶接止端部の亀裂

4. 解析モデル及び載荷荷重

本検討が着目するのは損傷部である垂直補剛材上部の局所的な応力集中であり、はり理論では応力性状の把握が困難であることから、全橋モデル(6 連のうち 1 連)による FEM 解析を実施した。以下に解析モデルの概要を示す。(図-3)

垂直補剛材に作用する応力分布を把握するため、支間中央断面において、図-4 に示すレーンマーク位置に後輪荷重 100kN を 2 点載荷した。載荷ケースは着目点の応力振幅が最大となるように、左レーン載荷時及び右レーン載荷時の 2 ケースとした。

5. 現況部材の FEM 解析結果

垂直補剛材の端部に発生する局所的な応力集中は、片側の床版が自由端となっている外桁(左レーン載荷時)で最大値を示し 218N/mm²であった。また、最小値は右レーン載荷時に -12N/mm²を示した。一方、中桁は載荷レーンと反対側の床版も拘束されていることから、最大応力度は外桁に比べて小さいものの、最大及び最小応力度は共に 100N/mm²を越えており、応力振幅は外桁より大きいものとなった。また、床版の鉛直変位も 12.5 mm 程度と顕著であった。

これらの応力振幅から外桁と内桁の疲労耐久年数を求めると、表-1 のとおり 0.8 年及び 0.9 年となった。したがって、損傷原因としては、床版たわみ(上フランジの首振り)に伴う二次応力による疲労損傷であり、構造改善による補修対策を実施する必要があると判断された。

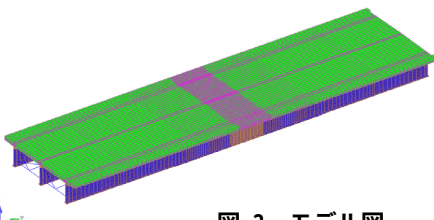


図-3. モデル図

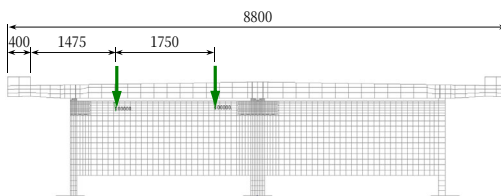


図-4. レーンマーク図

表-1. 耐久年数

		外桁	内桁	
			左側	右側
応力度	左	218N/mm ²	-168N/mm ²	115N/mm ²
	右	-12N/mm ²	119N/mm ²	-173N/mm ²
応力振幅		230N/mm ²	287N/mm ²	288N/mm ²
耐久年数		0.8年	0.9年	0.9年

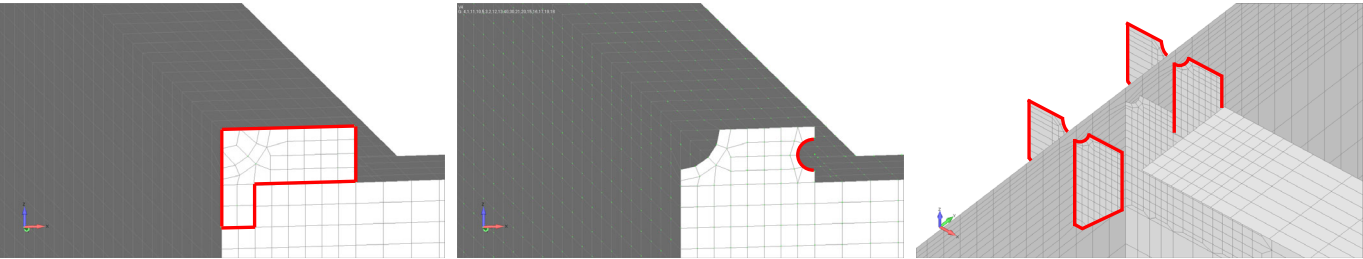
6. 補修工法の比較検討

局部応力を低減させるための改善構造案として、以下に示す3案を設定した。

第1案/垂直補剛材上部に当て板：垂直補剛材上部を両側から板で挟み込み、剛にすることで応力レベルを下げる方法である。ここでは、板厚 20 mmの補強材を2枚設定した。

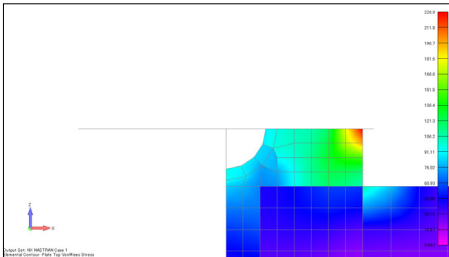
第2案/垂直補剛材上部に切欠き：垂直補剛材上部に切欠きを設け、構造をフレキシブルにして応力レベルを下げる方法である。

第3案/垂直補剛材位置前後に補強リブ：垂直補剛材位置の前後に補強リブ(計4枚)を設け、着目位置の首振り及び局部応力の発生を抑制する構造である。



第1案：垂直補剛材上部に当て板 第2案：垂直補剛材上部に切欠き 第3案：垂直補剛材位置前後に補強リブ

表-2 に左レーン載荷時における垂直補剛材上部での応力分布及び応力度を示す。結果として、第1案で大きな応力低減が図られているのに比べて、第2案、第3案では応力低減効果が低い。第2案においては、本橋の垂直補剛材上部のエリアが小さいため切欠きを小さなものにせざるを得ず、十分なフレキシブル性が得られなかったことから、応力低減効果が低かったと考えられる。また、第3案でも首振りを止めるには至らず、局部応力の低減効果は低い。首振りを抑制するためには補強リブのみならず、剛性の高い横桁や対傾構によって主桁の断面変形を抑える必要があると考えられる。よって、本橋における構造改善には、第1案の垂直補剛材をあて板で補強する案を採用した。



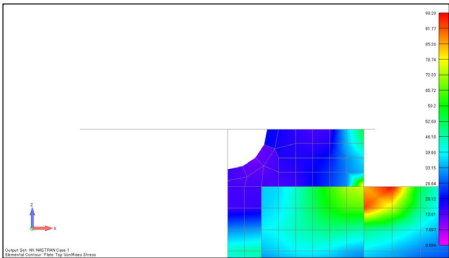
現状

表-2. 垂直補剛材上部でのミーゼス応力度

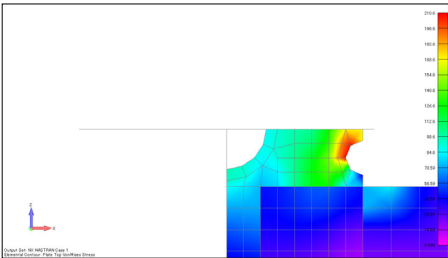
改善案	応力度 (N/mm ²)
現況	227
第1案	55
第2案	210
第3案	218

表-3. 補修後の耐久年数

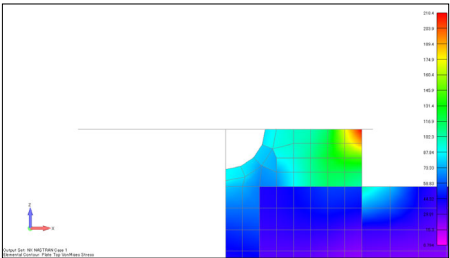
		外桁		内桁	
		左側	右側	左側	右側
応力度	左	-53N/mm ²	-45N/mm ²	30N/mm ²	30N/mm ²
	右	-0.4N/mm ²	30N/mm ²	-45N/mm ²	-45N/mm ²
応力振幅		53N/mm ²	75N/mm ²	75N/mm ²	75N/mm ²
耐久年数		55.5年	54.8年	54.8年	54.8年



第1案



第2案



第3案

7. おわりに

昭和 55 年道路橋示方書以前に設計された床版支間が大きく、床版厚が薄い橋梁については垂直補剛材溶接止端部に疲労亀裂が発生し易い。点検に際しては、この事例に留意して実施する必要があると考える。

8. 参考文献

- 1)阪神高速道路における鋼橋の疲労対策 阪神高速道路(株), (財)阪神高速道路管理技術センター
- 2)鋼道路橋の疲労設計指針 H14.3, (公社)日本道路協会