

鋼 I 桁の主桁端部の疲労損傷補修

首都高速道路公団 正会員 牛越 裕幸
 首都高速道路公団 正会員 佐々木一哉
 首都高速道路公団 正会員 今井 正智
 首都高速道路公団 増井 隆
 横河工事（株） 高草木智也

1. はじめに

平成14年度の定期点検において、鋼I桁主桁4本中1本の端部桁下フランジ及びウェブ部に亀裂損傷が発見された。直ちに応急対策として主桁の仮受け材を設置するとともに、ストップホール施工を実施した。支承部損傷状況と応急対策の実施状況を写真-1に示す。

本稿では、補修検討の際に行った亀裂切削調査、支承取替前後の応力計測、および撤去された支承のすべり面観察について報告する。

2. 亀裂切削調査

調査は本橋梁の全支承周辺（8箇所）において、目視調査および塗膜除去後の磁粉探傷試験による調査を行った。亀裂切削調査については亀裂の除去、発生源の確認を目的として実施した。代表的な亀裂について切削状況を示す。

1) 沓座すみ肉溶接部の亀裂

図-1に示す3箇所の支承で発見された。いずれも橋軸方向端部で発生しており、支承の回転拘束が原因と推定される。切削前後の磁粉探傷結果を写真-2に示す。亀裂が溶接ビード中央部に位置すること、溶接金属内部において表面より大きな亀裂長が確認されたことより、亀裂はルート部から発生していたものと考えられる。

2) ソールプレート部の亀裂

図-1に示す3箇所の支承で発見された。それらの亀裂の状況は(1)応急対策部の亀裂、(2)3mm 切削した結果除去されたフランジ側止端部の亀裂、(3)フランジ側止端部および溶接金属部に発生した3本の亀裂である。(3)の亀裂の切削前の磁粉探傷結果を写真-3(a)に示す。同写真中の亀裂Cは2mm程度の研削で除去されたものの、亀裂Aは止端部より発生しフランジ母材側に深く進展し、亀裂Bはルートから発生していた。写真-3(b)は切削孔を拡大し、ルートが露出するまで切削した状況である。同一部位に方向の異なる亀裂が3本存在していることが確認できる。フランジ母材の亀裂は、板厚11mmに対して8mmまで切削することで除去された。

3. 補修補強方法の検討と応力計測による補強効果の確認

1) 補修方法

本橋梁では8支承のうち、3支承に亀裂が確認されていたが、支承の回転拘束による亀裂発生を踏まえて、亀裂の有無に関わらず全ての支承をゴム支承に取り替え、ソールプレートを高力ボルトにより接合した。また発生した

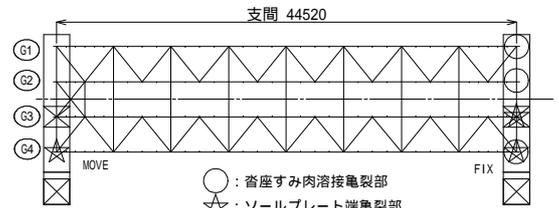


図-1 支承亀裂発生位置

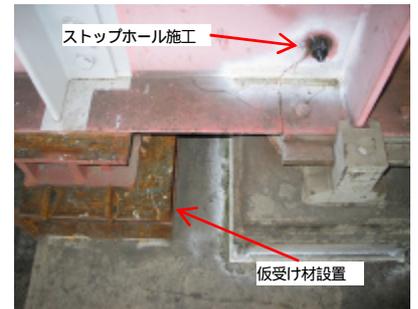


写真-1 支承部損傷の応急対策



写真-2 沓座すみ肉溶接部の亀裂 (a)切削前 (b)切削後

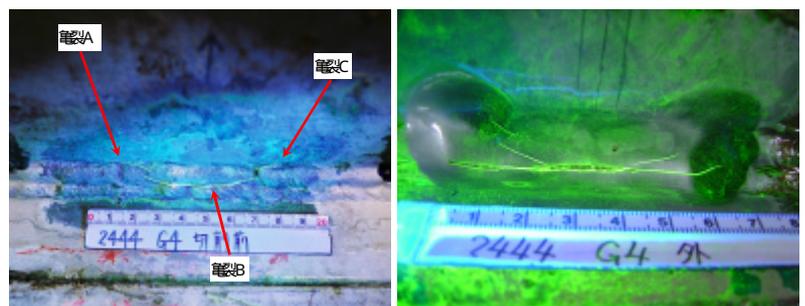


写真-3 ソールプレート部の亀裂 (a)切削前 (b)切削状況

キ-ワ-ド：疲労亀裂、ソールプレート、応力計測、亀裂切削調査

首都高速道路公団（東京都中央区日本橋箱崎町43-5 TEL03-5640-4867 FAX03-5640-4882）

亀裂については切削除去もしくはストップホール施工を実施し、補強材を高力ボルトにより接合した（写真4参照）。

2) 支承取替前後の応力測定による損傷原因の推定

ソールプレート部の損傷

は、支承部の回転拘束によるソールプレート前端部への応力集中が要因のひとつであることが広く知られている¹⁾。ただし、ゴム支承への取替による耐疲労劣性への効果を確認した事例は比較的少ない。そこでゴム支承に取替後の耐疲労効果の確認、応力低減効果の確認を目的として、支承取替前後において支承近傍の一般車動的計測と応力頻度計測を実施した。一般車動的計測では応力とともに変位計測を実施した。図2に固定支承側の応力波形と変位波形を示す。同図から固定側の支承において、支承交換前後で回転変位が大きくなりさらに、腹板の鉛直方向応力が低減していることが確認された。また図3に固定支承部近傍の応力分布を示すが、支承交換前に最大で約110MPaあった主応力が支承交換後には24MPaとなり、ソールプレート前端部近傍への応力集中が大きく低減されていることが確認できる。また、表1に応力頻度計測結果と推定した疲労寿命を示す。この表より、仮に鉛直方向応力に対する疲労強度等級をF等級と考えた場合1年程度から100年以上に伸びており、その効果が確認できる。またフランジは、ソールプレートを高力ボルト接合としたため応力集中点そのものがなくなっている。



写真-4 補強状況

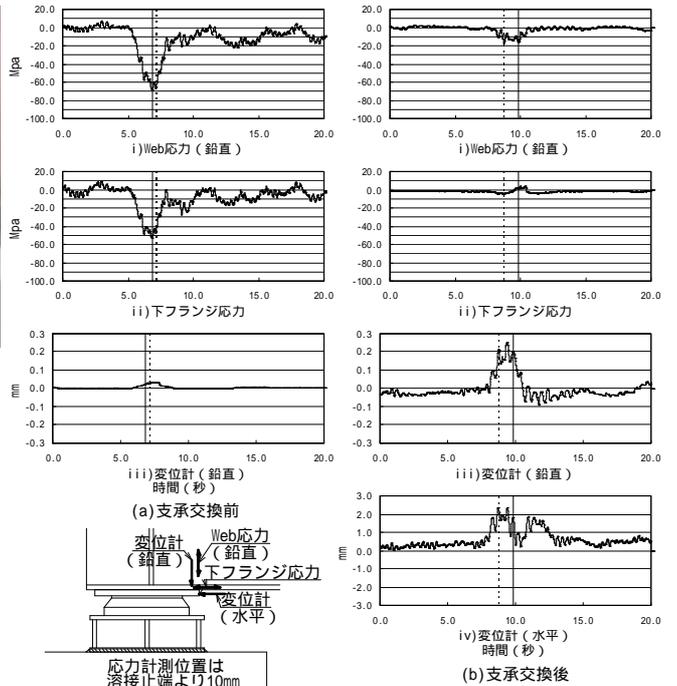


図-2 応力波形、変位波形（固定支承側）

から固定側の支承において、支承交換前後で回転変位が大きくなりさらに、腹板の鉛直方向応力が低減していることが確認された。また図3に固定支承部近傍の応力分布を示すが、支承交換前に最大で約110MPaあった主応力が支承交換後には24MPaとなり、ソールプレート前端部近傍への応力集中が大きく低減されていることが確認できる。また、表1に応力頻度計測結果と推定した疲労寿命を示す。この表より、仮に鉛直方向応力に対する疲労強度等級をF等級と考えた場合1年程度から100年以上に伸びており、その効果が確認できる。またフランジは、ソールプレートを高力ボルト接合としたため応力集中点そのものがなくなっている。

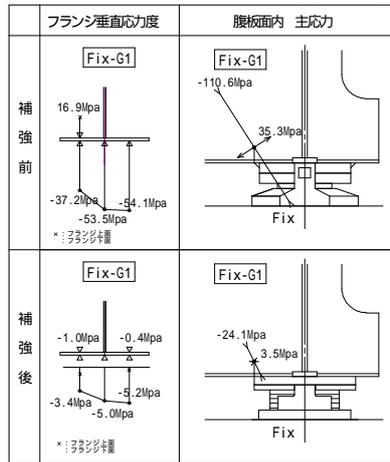
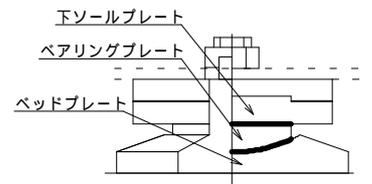


図-3 固定支承近傍の応力分布

表-1 応力頻度計測結果

| | 補強前 | 補強後 | 最大値 (MPa) | 極小値 (MPa) | 最大応力範囲 (MPa) | 強度等級 | | 推定疲労寿命 (年) |
|-----------|-----|-----|-----------|-----------|--------------|------|--------|------------|
| | | | | | | D | E | |
| ウェブ鉛直応力 | | | 23 | -192 | 216 | D | 5 | |
| | | | | | | E | 2 | |
| | | | | | | F | 1 | |
| | | | | | | G | 0 | |
| | | | | | | H | 0 | |
| F-G1-A-W3 | | | 18 | -22 | 40 | D | 無限 | |
| | | | | | | E | 6347 | |
| | | | | | | F | 299 | |
| | | | | | | G | 34 | |
| | | | | | | H | 11 | |
| フランジ応力 | | | 29 | -168 | 197 | D | 6 | |
| | | | | | | E | 3 | |
| | | | | | | F | 1 | |
| | | | | | | G | 1 | |
| | | | | | | H | 0 | |
| F-G1-A-L2 | | | 14 | -18 | 32 | D | 無限 | |
| | | | | | | E | 106987 | |
| | | | | | | F | 371 | |
| | | | | | | G | 38 | |
| | | | | | | H | 12 | |



3) 撤去した支承のすべり面観察

写真5に撤去した可動支承のすべり面の様子を示す。ベッドプレートには、ベアリングプレートに埋め込まれた固形潤滑材の形が転写されていたことより、回転面は固結した状況にあったことが推定される。また下ソールプレートには、可動側は深さ2~3mm程度の傷が認められ、季節的な温度変化での大きな力により滑動していたものと推定される。また支承を分解すると多くの微粉末がつまっております、これが支承の回転機能を著しく低下させていたものと考えられる。

4. まとめ

本工事では亀裂補修だけではなく、機能の低下した支承を全て取り替えることにより、発生応力度を大きく低減することができた(110 → 24MPa)。したがって、支承の交換は疲労耐久性の向上に非常に効果があるものと考えられる。



写真-5 支承のすべり面

参考文献 1)たとえば、西川和廣ら：鋼桁支承ソールプレート溶接部の疲労に関する検討 - 模型桁の静的載荷実験に基づく桁細部の応力と細部構造に関する検討 -、土木技術資料35-7、1993