

鋼製橋脚梁の高力ボルト継手部におけるすきま腐食に関する検討

福岡北九州高速道路公社 正会員 ○片山 英資 正会員 青野 守 江副 賢一
 (株)オリエンタルコンサルタンツ 中山 宏
 東京鉄骨橋梁 正会員 細見 直史
 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1.はじめに 福岡北九州高速道路公社が管理する都市内高架橋は、そのほとんどが街路上に存在する。そのため、厳しい交差条件と施工上の制約から鋼製橋脚を多数採用している。近年の点検において鋼製橋脚梁の高力ボルト継手部において、添接板端部に曲がりが生じるほどの腐食損傷が発見されている。その要因として、景観面を優先して最小縁端距離以上に確保された添接板のディテールがある。縁端部分が長いと、ボルト締め付けによってわずかなすきまが生じ、すきま腐食が発生する。加えて、掛け違い橋脚における凍結防止剤を含んだ漏水が考えられる。本検討は、この損傷の対策方法と優先度を決定するための基礎検討として、建設後30年が経過した2層式の門型鋼製橋脚の下段梁の腐食した添接板を切断撤去し、添接板直下の母材の腐食状況の調査と応力検討を実施した。

2.調査の方法 検討対象となる高力ボルト継手部を図-1に、腐食損傷の外観状況を図-2に示す。この損傷に対する構造上の安全性を把握するためには、腐食がどの程度進行しているのかを把握する必要がある。そこで、供用下で添接板を部分切断して、計測を行うものとした。

健全な母材に対する熱影響を最小限に抑える目的で、切断にはサンダーを用いた。本門型橋脚の梁は最少ボルト列数で配置されており、供用中の荷重に対して応力的な問題がないことを確認した上で、腐食部から2段分のボルトを撤去した。その後、図-3に示すように、添接板側面から矢を打ちこみ、母材と添接板の間にわずかなすきまを生じさせ、2段目のボルトからの最小縁端距離を確保した位置にて切断した。

撤去後の高力ボルト継手部の母材の腐食状況を図-4に示す。最下段のボルトよりも上側は健全だが、最下段のボルト位置では、ボルト頭部の直下付近のみ健全なもの、ボルトとボルトの間の部分には、わずかに腐食が進行していることが伺えた。また、最下段のボルトより下は端部に近づくほど腐食が激しいと見受けられた。また、撤去した添接板を図-5に示す。添接板はさびの発生で塑性変形していた。また、腐食による減肉は母材側と同様に添接板側にも発生していた。

その後、さびをハンドツールにより除去し、3Dレーザースキャナーを用いて2mm×2mmの計測ピッチで、母材の凹凸形状を計測した。

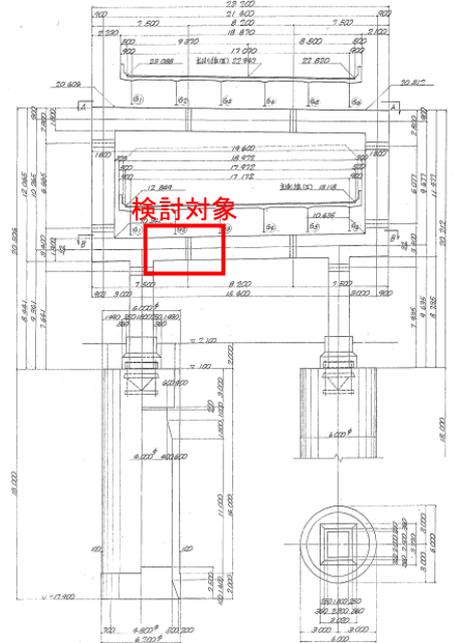


図-1 検討対象のボルト継手部



図-2 腐食損傷外観状況



図-3 切断状況



図-4 撤去直後の母材の状況



図-5 撤去直後の添接板の状況

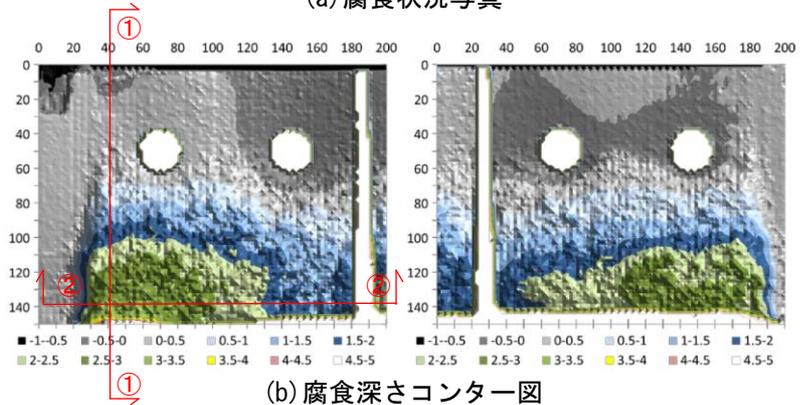
キーワード さび, 腐食, 高力ボルト継手, 鋼製橋脚, 維持管理
 連絡先 〒812-0055 福岡市東区東浜 2-7-53 福岡北九州高速道路公社 企画部 TEL 092-631-3291

3. 腐食状況の調査結果 腐食状況の調査結果を図-6に示す. 図中の(a)ではさびの除去後の母材の状況写真を示し, 横軸を X, 縦軸を Y として, 平面座標軸を設定した. また, 図中の(b)には 3D レーザースキャナーで計測した表面の腐食状況をコンター図で示す. また, 図-7 には最大腐食箇所における断面図を示す.

このように, さびの生成により添接板に最大厚さ 13mm 程度の曲がりが生じた高力ボルト継手部の内側の母材では, 最大 3.2mm の腐食が発生していることがわかった. また, さび除去前の外観目視と同様に, 腐食は縁端側ほど大きくなることがわかった. 加えて外側ほど腐食が著しいことは, 雨天時の桁端部からの漏水が添接板の外側を流れている現地確認結果と合致する. また, ボルト頭部の直下は健全であるものの, ボルトとボルトの間の母材にまで 0~0.5mm の腐食が発生していることがわかった.



(a) 腐食状況写真



(b) 腐食深さコンター図

図-6 腐食状況の調査結果

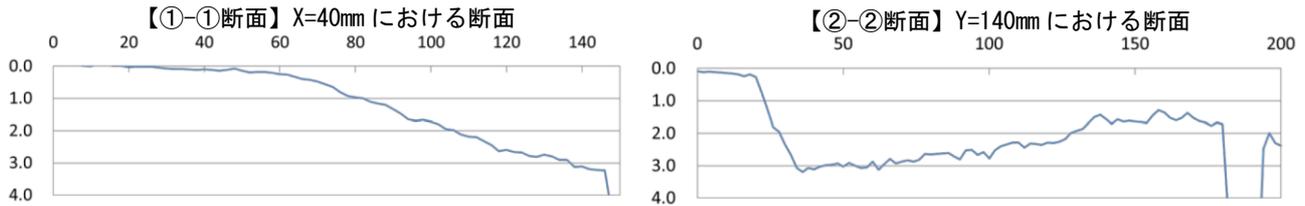


図-7 最大腐食深さ発生断面図

4. 母材の応力度増加の確認 設計当初の腐食のない健全モデルと, 前述の 3D レーザースキャナーによる計測データを解析モデルに反映した腐食モデルの 2 ケースについて FEM 解析を行い, 比較検討を行った. その結果, 表-1 に示すように当該高力ボルト継手部での腐食モデルに発生する最大応力度は 148N/mm² 程度であり, 健全モデルと比較して増加率は 7%程度であった. この高力ボルト継手部の当初設計時点での応力度照査結果では 101.5N/mm² であり許容応力度 140N/mm² に対して 38%の余裕があったことから, 緊急補強の必要はないと判断し, 現状のまま重防食塗装を施し, 経過観察措置とした.

5. おわりに 今回の検討では, 鋼製橋脚の高力ボルト継手部における腐食損傷に対して, 供用中の部分撤去を伴う調査を実施することで, 内部の腐食状況を確認した. また, 発生応力が小さい 2 層式の門型橋脚の下端梁という極めて限定的な条件であれば, 緊急の当て板補強等を実施する必要はなく, 損傷が軽微な段階で積極的な切断撤去を実施し, 予防保全に努めることが望ましいとわかった. しかし, 鋼製橋脚の中でも T 型橋脚や, 片持ち梁を有する門型橋脚など, 発生応力が大きい高力ボルト継手部においては, 供用中の部分撤去方法も含めて, 引き続き検討が必要である. また, 今後の定期点検において損傷の危険度を判定し, 優先順位を決定するには, さらに調査数を増やし, さび厚と腐食深さの関係性を目安として設定するなど, 継続的に検討が必要と考える.

更に本論への掲載は割愛したが, この高力ボルト継手部の腐食により最下段のボルト間に腐食が生じており, さらに縁端側でさびが膨張していることにより, ボルト自体に曲げを伴う軸力が増加している. この点に関しては, 今後更なる検討を加えて, 安全性の評価を行う必要があると考える.

なお, 本損傷の要因の除去にむけて, 漏水対策に関しては現場での試行錯誤の継続が必要であり, 建設時の添接板のディテール決定においては, 本事例を踏まえた改善を図ることが望ましいと考える.

表-1 解析結果比較 (最大応力度)

	最大応力度(N/mm ²)		応力度の増加率
	健全モデル	腐食モデル	
死荷重+活荷重時	138	148	7%
死荷重+地震時(面外)	57	61	7%