

横断歩道橋の長寿命化を目指して ～腐食再発防止の新たな対策とその効果～

右田隆雄・安波博道・中島和俊

1. はじめに

多くの横断歩道橋は経年の劣化により鋼部材に腐食損傷が生じている。腐食発生部位には補修や塗替えが行われてきたが、必ずと言っていいほど、以前と同じ箇所に損傷が生じており、しかも短期間で再発している^{1),2)}。このように同一箇所に短期間で腐食が再発するという事は、これまでの一般的な補修方法では不十分であったと考えられる。

著者らは、以前に、福岡県飯塚県土整備事務所の管理橋で腐食損傷が生じた西町歩道橋と目尾(しゃかのお)歩道橋の2橋において、腐食の早期再発の防止を主たる目的とした補修対策方法を検討し、それを踏まえた補修施工を行った。

補修施工から8～9年が経過したが、このほど、これらの歩道橋について施工後の状況を観察する機会があった。本報文では、補修対策方法の検討内容と、補修施工後の状況、再発防止対策の効果について紹介する。

2. 補修対策の基本的な考え方

補修検討の際には、それまで多くの横断歩道橋に見られた腐食発生の特性を見極め、再発防止のための補修対策方法に関する基本的な考え方を以下のように整理した。前述の2橋の歩道橋の補修工事ではこれらの考え方を具現化しており、代表的な補修対策の詳細について3および4で記す。

2.1 腐食損傷発生の特性

(1) 発生状況

多くの歩道橋では腐食損傷が発生しており、しかも発生部位は散在している場合が多い。特に階段部の蹴上げや横断部の地覆の路面との境界(以下「地際部」という。)においては孔が空いている。

(2) 要因

主な腐食損傷発生の要因を以下に列記する。

- ・局所の腐食環境が厳しい。地際部は降雨時には水みちになり、降雨後も滞水しやすい。
- ・掛け違い部などでは人の手も入らない狭隘な隙間となり補修対策が行えない。
- ・定期的な清掃が行われず塵埃や土砂が堆積し、長時間にわたり湿潤状態が継続している。
- ・古い橋では維持管理への配慮が乏しい。
- ・板厚が薄い鋼板で構成される部材は、わずかな腐食損傷でも孔が空き損傷が拡大しやすい。
- ・補修時に損傷要因の排除・改善がなされず、また、塗装仕様やあて板補修等の補修対策が適切でない。

2.2 補修対策方法に関する基本方針

一般の道路橋とは異なる横断歩道橋固有の構造細目や腐食環境を考慮し、塗替え後に早期の腐食損傷再発を防止するために採るべき補修対策を以下に挙げる。

(1) 個々の損傷部位への対策

① さびは徹底的に除去する。

塗替え後に早期にさびが再発する部位の大半は、塗替え前に腐食が生じていた部位であり、塗替え時にさびの除去が不十分であったこと、すなわち鋼材表面の素地調整が十分でなかったことが原因となっている。したがって早期のさび再発を防止するためには、腐食が発生した部位のさびは徹底的に除去を行うことが必要である。素地調整にはブラスト(Rc-I塗装系)が有効であり、可能な限りブラストを適用する。しかしブラストの適用が難しい場合には機械工具等により入念にさびの除去を行う。

② 溶接当て板補修は極力回避する。

腐食で孔が空いた部材に対して、当て板による補修が散見された。孔が空くと条件反射的に溶接で当て板補修を採用しているようである。しかし、補修対象の鋼板の板厚が薄いことや施工空間が狭隘なこと等から、溶け込み不良等により細かな貫通孔が残る場合が多く、当て板の周囲からさび汁が生じている事例が多く見られる。

これらのほとんどの場合は、強度を必要とせず、単に孔をふさぐことを目的としたものであることから、むやみに当て板補修を行わず、板状のFRPを接着させる方法等を試みる。

③ 腐食環境を改善する。

補修に併せて当該部位の腐食発生原因を排除することも対策の重要な要素である。地際部などが長時間にわたり湿潤状態に曝されることを回避するために、鋼部材が水みちに当たらない工夫や、漏水箇所については止水対策を講じる。

そして、これら①～③の3つの要素を組合せることにより、個々の腐食発生箇所に対しては早期再発防止の効果が発揮できるものと考えられる。

(2) 歩道橋全体としての対策

横断歩道橋は、街路や地域の景観に影響を及ぼす構造物であることから、腐食損傷のみならず塗装塗膜の劣化が著しい場合には、個々の損傷部位の補修と併せて歩道橋全体の塗替えを行うこととなる。

歩道橋の塗替えについては、それまでは（現在でも）素地調整に動力工具を用いるRc-Ⅲ塗装系を適用してきた。しかし、Rc-Ⅲ塗装系はRc-Ⅰ塗装系に比べて耐久性が大幅に劣り、特に腐食損傷が生じた場合には適当ではなく、補修後の再劣化の起点ともなる。このような部位については、なるべくならRc-Ⅰ塗装系を用いることし、橋全体としてはRc-Ⅰ塗装系とRc-Ⅲ塗装系を適所に組合せた塗分けを行うのがよい。このような塗分けは、景観性と耐久性を両立させる合理的な塗替えであると考えられる。

3. 西町歩道橋の補修対策とその効果

3.1 補修概要

西町歩道橋は福岡県飯塚市市街の一般国道200号上に架かる横断歩道橋であり、近くの体育館へのアクセス通路としても多くの市民に利用されている。1974年に建設され、その後1990年に塗替え塗装が行われたが、歩道部地覆や階段、橋脚柱など、歩道橋を構成する鋼部材の随所（特に地際部）に腐食損傷が見られるようになった。そのため2009年に歩道橋全体の補修対策を行うこととなった。補修にあたっては、近隣の同種歩道橋の損傷と補修対策後の再劣化を調査し、より効果的と考えられる対策を試験的に採用した²⁾。

3.2 補修対策とその効果

(1) 横断部と階段の地際部

横断部と階段の地際部の損傷は、横断歩道橋の損傷のうちで最も多く見られる損傷と考えられる。横断部では、雨水を排水桝へ導くため、通路両側に設置されている鋼製地覆の地際部材が水路の一部として機能する。このため、床版コンクリートと地覆部材の隙間に歩道部全長にわたり腐食が生じ、部分的に腐食による孔が空く状態であった（写真-1）。同様に、階段部では踏面の排水勾配が不足し、踏面と蹴上げの境界部に滞水し、腐食による貫通孔が多く見られた（写真-2）。

このような損傷状況から、横断部と階段の地際部では以下の様な補修対策を行った。

- ① 地際の立上り部にRc-Ⅰ塗装系を適用する。
- ② 腐食貫通孔は紫外線硬化型FRPシートで封孔する。
- ③ 地際の立上り部は樹脂モルタルで水みちを設け、雨水と長時間接する部位を無くす（図-1、図-2）。

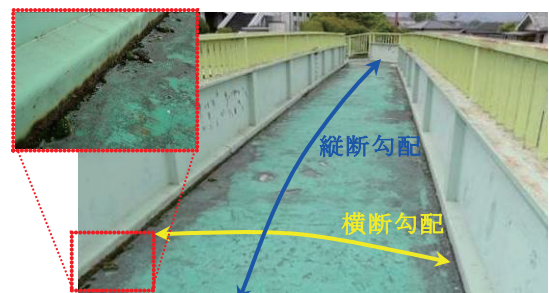


写真-1 横断部補修前の状況

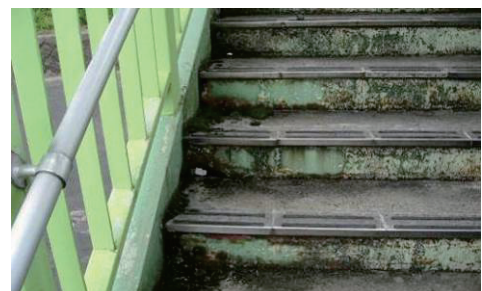


写真-2 階段部補修前の状況

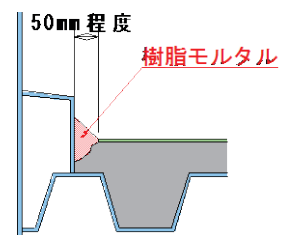


図-1 横断部 地際補修要領

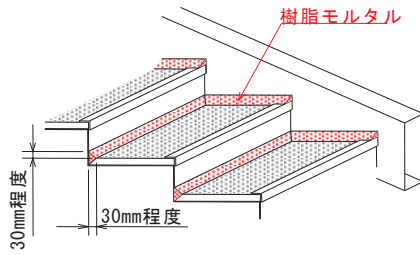


図-2 階段部 地際補修要領

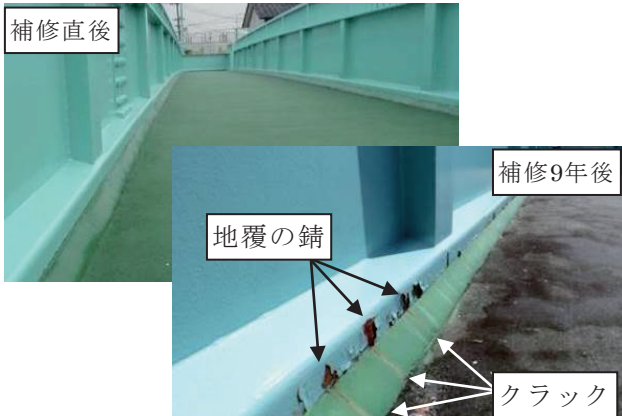


写真-3 横断部補修後の状況



写真-4 階段部補修後の状況

上記対策の補修直後と9年経過後の状況を横断部、階段部についてそれぞれ写真-3、写真-4に示す。階段部は泥や苔等による汚染が目立つものの、塗膜の劣化や腐食の再発は見られず健全な状況であった。一方、横断部は樹脂モルタルに複数のクラックが生じ、同一箇所地覆部材の塗膜劣化や部分的な錆の発生が見られた。階段部に比べて横断部は変形量が大きく、樹脂モルタルの乾燥収縮によるクラックが大きく進展し、内部に雨水が浸入したことが原因と考えられる。階段部では良好な結果が得られていることから、耐久性・耐候性を持ちつつより変形追従性のある樹脂モルタルに替わる材料の選定が今後の課題と考えられる。

(2) 支柱横梁の腐食発生部

横断歩道橋の階段桁やスロープ桁の掛け違い部は、20mm程度の遊間をシール材で間詰めした構造となっている。しかしながら、シール材の劣化に伴う止水性能低下に加え、舗装パネル下に浸入した雨水や、そもそもシール材が設置されていない主桁自体の遊間から浸入した雨水が下部構造へ漏出し、大きな腐食損傷を生じている箇所が散見された(写真-5)。補修方法としては、腐食発生部位に対してRc-I塗装系を適用するとともに、下部構造の腐食損傷を抑制することを目的として、掛け違い部の遊間を防水シートやFRPシートによって塞ぎ、雨水の漏出を抑制する対策を講じた(図-3)。補修時と9年経過後の状況を写真-6に示す。止水対策として万全とは言い難く、現在も僅かに漏水が生じているが、横梁等に腐食の再発は見られず、一定の効果はあったと考えられる。

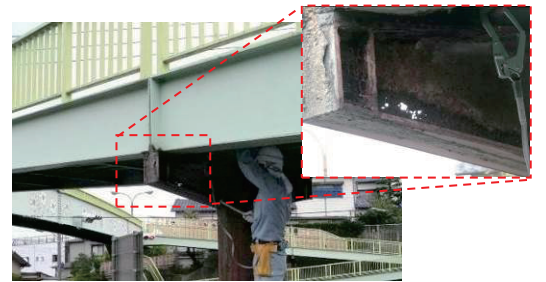


写真-5 スロープ掛け違い 支柱横梁の補修前損傷状況

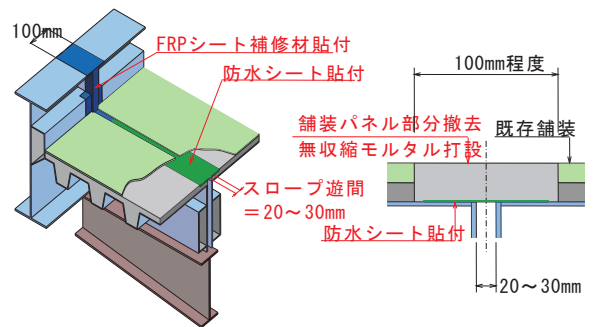


図-3 スロープ掛け違い 補修構造

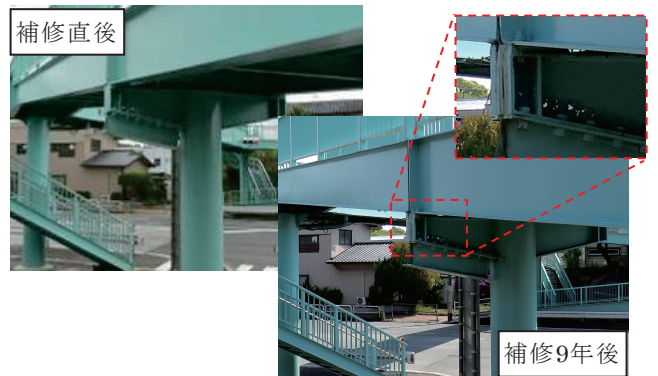


写真-6 スロープ掛け違い補修後の状況

(3) 支柱基部

橋脚支柱基部では根巻きコンクリートとの境界部に大きな腐食が生じていた。上部構造からの漏水が直接垂れ流される支柱や、ペットの尿害を受けやすい位置の支柱に多く損傷が見られた（写真-7）。このため、上部構造からの漏水を抑制する止水対策を施すほか、ペットの乗り上がりと支柱基部への滞水を抑制するために、根巻きコンクリートの嵩上げと形状変更を行った。

支柱基部の補修方法を図-4に、補修直後と9年経過後の状況を写真-8に示す。本方法で補修を行った全ての支柱が健全な状態を維持し、適切な補修対策であったと考えられる。



写真-7 支柱基部の補修前損傷状況

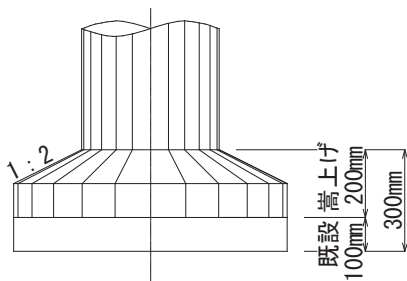


図-4 支柱基部補修概要



写真-8 支柱基部補修後の状況

(4) 塗分けと全体景観

本橋では「2.補修対策の基本的な考え方」で示したとおり、前項までに例示した腐食発生部とその周辺の局所に対してRc-I塗装系を適用し、その他の塗膜劣化に留まっている部位には、Rc-III塗装系を適用した。Rc-I塗装系を適用した面積は191m²であり、本橋全体1378m²の約14%であった。補修から9年が経過した現時点においても腐食の再発は横断部の地際部にわずかに見られる程度であり、概ね期待した通りの健全性を維持し良好な景観を呈している（写真-9）。



写真-9 全体景観

4. 目尾歩道橋の補修対策とその効果

4.1 補修概要

目尾歩道橋は一般国道200号（旧道）目尾地区に位置し、小学校の通学路としても供用されている鋼製の横断歩道橋である。直近では1990年に塗替え塗装が行われたが、特に階段桁において著しい腐食の再発が認められた。そのため、西町歩道橋の補修に引き続いて2010年に歩道橋全体の補修対策を行うこととなった。補修にあたっては、西町歩道橋での補修対策と同様とし、特に腐食損傷が進行した階段部に対する構造補修の要否について検討を行った。

4.2 補修対策とその効果

(1) 階段部の構造と損傷状況

目尾歩道橋の階段部は、以下の様な特徴を有していた。

- ① 構造部材である本来の蹴上げ鋼板を覆い隠す化粧鋼板が点付け溶接により設置されていた。化粧鋼板は前回の補修時に腐食貫通孔の目隠しとして設置されたと思われる
- ② 踏面には排水孔が設けられ、主桁下フランジに沿った排水溝へ導水する構造であった

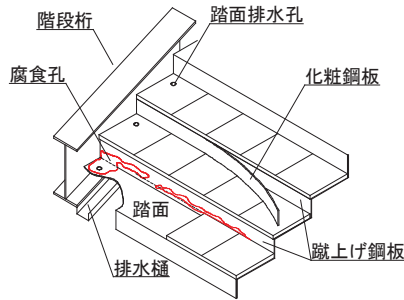


図-5 階段部の構造と損傷状況



写真-10 階段部の補修前損傷状況（化粧鋼板撤去後）

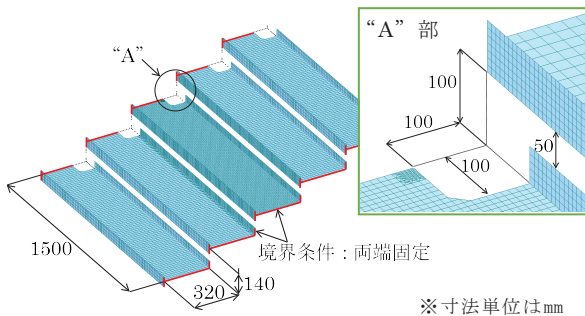


図-6 階段部解析モデル（損傷モデル）

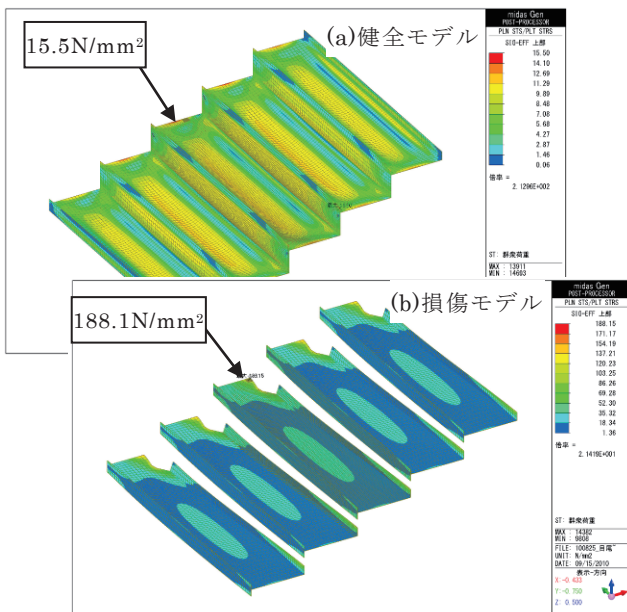


図-7 階段部解析結果（ミーゼス応力）

このため、化粧鋼板と蹴上げ鋼板の隙間において蹴上げ鋼板の腐食が著しく進行し、また踏面の排水孔から適切に排水されなかった水により踏面鋼板に大きな腐食が進行していた。階段部の構造と損傷状況の模式図を図-5に、実際の損傷状況を写真-10に示す。

(2) 構造補強の要否検討

先に示した西町歩道橋に比べて、階段部は大きな腐食損傷を受けていることから、構造的な補修要否をシェル要素を用いたFEM解析により照査した。載荷荷重は踏面に3.5kN/m²を全面載荷した。解析モデル（損傷モデル）を図-6に、解析結果としてミーゼス応力コンターを図-7に示す。

図のように、損傷モデルは健全モデルに対してミーゼス応力の最大値が約12倍となり、他方、踏面中央の変位量も約4.5倍になっているなど、腐食による構造系への影響が大きく現れていることがわかる。しかしながら、本モデルが腐食形状を詳細に反映したモデルではなく蹴上げ全幅が欠損したとみなす安全側の形状で解析していることや、階段桁との結合を剛結合とし固定端モーメントを大きく評価するモデル化を行っていることの割りには、損傷モデルにおいて応力集中箇所以外では概して100N/mm²以下に収まっている。また、応力集中部でも降伏応力（235N/mm²）以下に留まることなどから、損傷モデルにおいても構造安全性は保持されており、現時点で応力的な補修・補強は不要と判断した。

4.3 補修施工と現況

階段部の補修にあたっては、腐食損傷が生じた蹴上げ部等をブラストにより完全に除錆し、有機ジンクリッチペイント塗布後にFRPシートを貼り付け、腐食貫通部の目隠しとした。FRPシート貼り付け後は通常のRc-I塗装系の塗装仕様に従っている。また、ブラスト機は小学校や住宅街に面する環境を踏まえ、粉塵の飛散が抑制されるバキュームブラストを使用した。

補修施工状況を写真-11に、補修直後と8年経過後の状況を写真-12に示す。FRPシート補修部の一部で僅かに膨れが見られるが、顕著な腐食の再発は見られず概ね健全な状態を維持している。



写真-11 階段部 補修状況 (バキュームブラスト)

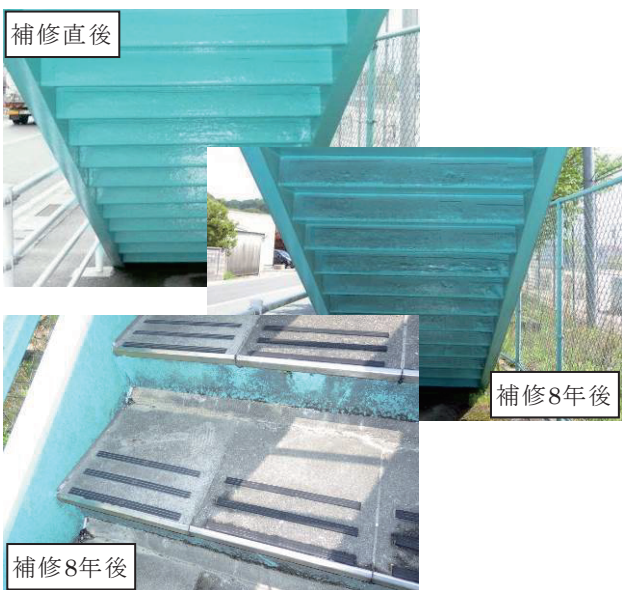


写真-12 階段部 補修後の状況



写真-13 全体景観

4.4 塗分けと全体景観

本橋では、階段蹴上げ部と横断部地覆部等の腐食発生部とその周辺の局所に対してRc-I塗装系を適用し、その他の塗膜劣化に留まっている部位にはRc-III塗装系を適用した。Rc-I塗装系を適用した面積は41m²であり、本橋全体553m²の約7%であった。補修から8年が経過した現時点において錆の再発は見られず、期待した通りの健全性を維持し良好な景観を呈している(写真-13)。

5. まとめ

交通戦争から多くの歩行者の生命を守ってきた歩道橋も、今やその役割も低下し、むしろバリアフリー化の風潮からその存在の要否を問われる時代となった。しかし存置される期間は、個々の橋の安全性、使用性、景観性を確保しなければならない。一方、財政面から歩道橋特有の損傷を考慮し、なるべく手をかけずに長持ちさせる対策が望まれる。本報文では、実橋梁において実施した腐食再発防止対策を紹介した。

本報文のように、当該対象橋梁の損傷状況とともに、周辺の類似構造物の損傷や補修の状況を調査し、その問題点や対応策を現地で検討し、適切な補修方法や代替案など選定することが必要であると考えられる。また、施工後の状況を定期的に観察・調査することでフォローアップし、その結果、再劣化や不具合の点が見つければ、その原因(補修方法や補修材料の選定、施工管理・品質管理の不具合等)を調査・分析し、改善していくことが求められる。本報文が今後の補修設計の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 森田千尋ら：既設横断歩道橋を対象とした維持管理手法の検討、H24年度九州地区土木鋼構造ネットワーク活動報告
- 2) 右田隆雄、甲斐飛鳥、安波博道、中島和俊：腐食損傷を受けた西町歩道橋の補修対策、KABSE、土木構造・材料論文集、第26号、2010.12

右田隆雄



福岡県道路公社 道路部長
(施工当時：福岡県飯塚県土整備事務所 道路維持課長)
Takao MIGITA

安波博道



(一財)土木研究センター材料・構造研究部長 博(工)
Dr.Hiromichi YASUNAMI

中島和俊



(一財)土木研究センター材料・構造研究部 主任研究員
Kazutoshi NAKASHIMA

