

コンクリート橋の塩害損傷である錆汁と腐食ひび割れの発現順序に関する一考察

株式会社 北未来技研 正会員 ○朝倉 啓仁

一般財団法人 北海道道路管理技術センター 正会員 佐藤 誠

一般財団法人 北海道道路管理技術センター 近藤 雅紀

一般財団法人 北海道道路管理技術センター 山崎 通人

1. はじめに

道路橋に係わるメンテナンスサイクルとして、橋梁定期点検・診断、これを受けた調査・補修設計、さらには補修工事が実施されている。

本報では、積雪寒冷地かつ塩害環境下における橋梁定期点検において、プレストレストコンクリート桁(以下、PC 桁と称す)に錆汁の損傷を発見し、その後の詳細調査において錆汁箇所の PC 鋼材の腐食破断を確認した事例を紹介し、錆汁の滲出と腐食ひび割れの発現順序について考察する。

2. 錆汁滲出箇所のハツリ調査事例

橋梁点検においてプレテンション方式の PC 桁において錆汁の滲出を発見。診断では、海岸線に近く塩害環境下であることから損傷原因を塩害と推定し、次の点検までには補修が必要 (C 判定)、あるいは性能評価および対策要否の判定のためには詳細調査 (S 判定) と診断。これを受けて実施した詳細調査を2例紹介する。

(1)事例1：腐食ひび割れのない錆汁箇所のハツリ調査で PC 鋼材破断

本橋は北海道の日本海沿岸の河口部で河川を渡河する単純 PC プレテン I 桁橋であり、ハツリ調査時点で架橋38年が経過している。河口海側から上流を望む側面全景、および桁下面の錆汁の状況を写真-1に示す。



写真-1 PC床版橋の海側側面と桁下の錆汁

最も損傷の著しい G30 桁のハツリ調査の結果、配置 PC 鋼材 $\phi 2.9\text{mm} \times 72$ 本、最下段(20本)の内、1本の破断(図-1、赤丸)を確認した。

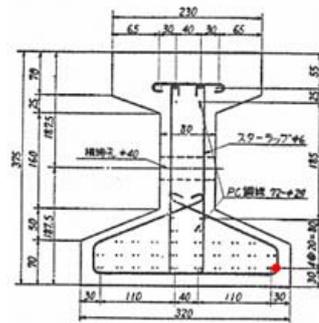


図-1 ハツリ調査 (G30 桁) による鋼材破断状況

(2)事例2：錆汁を含む腐食ひび割れ箇所のハツリ調査で PC 鋼材とスターラップ破断

本橋も事例1と同様に、北海道の日本海沿岸の船揚場を跨ぐ単純 PC プレテン I 桁橋であり、ハツリ調査時点で架橋38年が経過している。海側から山側を望む側面全景、および桁下面の錆汁の状況を写真-2に示す。



写真-2 PC床版橋の海側側面と桁下の錆汁

最も損傷の著しい G24 桁のハツリ調査の結果、配置 PC 鋼材 $\phi 2.9\text{mm} \times 90$ 本、最下段(20本)の内、5本破断(図-2、赤丸)、2本断面欠損(赤白抜丸)、スターラップ $\phi 6\text{mm}$ の1本破断(赤線)を確認した。

キーワード：PCプレテンション桁、塩害、錆汁、腐食ひび割れ、マクロセル腐食、橋梁点検

連絡先：〒004-0051 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号、株式会社 北未来技研、TEL：011-895-6220

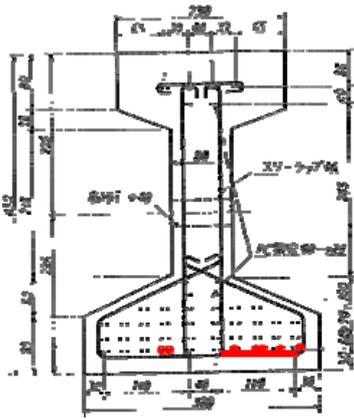


図-2 ハツリ調査 (G24 桁) による鋼材破断状況

(3) はつり調査結果の考察

厳しい塩害環境に 40 年余り暴露された PC プレテンション I 桁橋のハツリ調査の結果、腐食ひび割れの有無に係わらず、錆汁が滲出している箇所において PC 鋼材やスターラップの破断や断面欠損が確認された。

3. 錆汁と腐食ひび割れの発現順序について

(1) 錆汁の滲出と腐食ひび割れの発生メカニズム

塩害環境下の鋼材腐食は、マクロセル腐食となり中性化に比べて腐食進行速度が速いことが知られている。腐食生成物である錆は鉄の約 2.5 倍の体積となり、コンクリートに膨張圧を生じさせる。腐食膨張圧によるひび割れが発生する限界条件は、かぶり厚さとコンクリート強度に比例し、鋼材径に反比例する。一般的な既設 RCT 桁り (強度 19.5N/mm² の低強度、スターラップ鉄筋 φ9mm と太径) に比べ、PC プレテンション I 桁橋 (JIS A 5313-1959, 50N/mm² の高強度、鋼材径 φ2.9mm と細径) は、腐食ひび割れが発生し難いと推定される。

次に、腐食ひび割れが発生しない状態での錆汁の滲出であるが、コンクリート内部の鋼材が腐食しているにも係わらず、コンクリート表面に錆汁が形成されるのは、コンクリート中の細孔溶液に溶解した腐食生成物がおもに溶液の移動によってコンクリート表面に運搬され、固体の錆として沈着したもの²⁾と考えることができる。

(2) 錆汁と腐食ひび割れの発現順序について

一般に、RC 部材の塩害損傷は腐食ひび割れの発生の後に、ひび割れやその近傍から錆汁が滲出することが多い。一度、腐食ひび割れが発生すると劣化因子が容易に浸入することから、腐食が加速されひび割れから錆汁が滲出することもある。

しかしながら、「2. 錆汁滲出箇所のハツリ調査事例」に示した通り、高強度の PC プレテンション桁では錆汁のみの外観で、腐食ひび割れが発生していないにも係わら

ず、鋼材破断を確認している。

このことから、ひび割れと錆汁の発現順序はひび割れが先とは限らないことに、特に高強度の PC プレテンション桁では留意する必要がある。

4. 塩害地域の PC プレテンション桁の維持管理の留意点

PC プレテンション桁の場合、図-3 に朱書きで示す通り、錆汁を外観で確認した時点で鋼材の断面欠損や破断を伴っており、安全性 (耐荷性能) が低下し、劣化期に移行している可能性がある。なぜなら、孔食を生じた PC 鋼材は引張強度が低下し破断しやすくなると共に、破断による張力の再配分により破断の連鎖が生じ、急激な耐力低下の恐れがあることによる。

このため、塩害地域の PC プレテンション桁では錆汁を確認後の事後保全対策では手遅れであり、錆汁の発現前に予防保全対策が必要である。例えば、鋼材位置の塩分量を指標とした健全度評価が有効と考える。また、錆汁発現後は PC 鋼材破断のサインと捕らえた緊急調査、更新を含めた対策立案が重要となる。

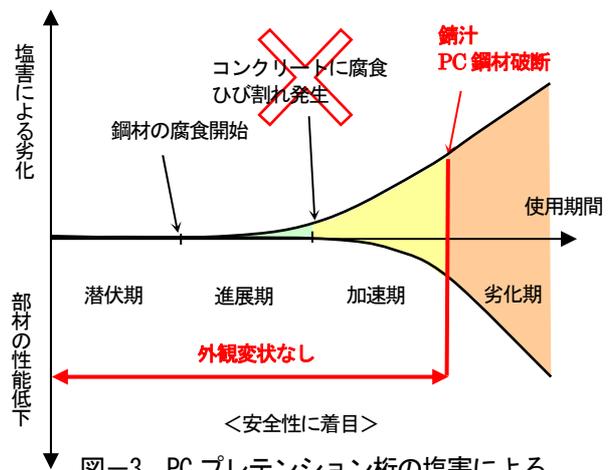


図-3 PC プレテンション桁の塩害による劣化進行過程の概念図

5. まとめ

厳しい塩害環境下にある高強度の PC 桁では錆汁を確認した時点で劣化期となる場合があり、錆汁発現前の予防保全対策が重要である。

今後は、調査事例の収集・整理により健全度評価法を確立すると共に、腐食調査の機会を得て分子構造の大きい腐食生成物が緻密なコンクリート中をどのように移動するのか、錆汁滲出のメカニズムの解明に取り組みたい。

参考文献

- 1)鉄筋コンクリート T 桁橋標準設計, 建設省土木研究所, 1957.3
- 2)小林豊治, 米澤敏男, 出頭圭三: 鉄筋腐食の診断, 森北出版, pp73,