

著しい塩害を受けた PC 橋における鋼材の 腐食性状とその力学的性質に関する検討

日本大学工学部 学生員 ○日下 陽介
日本大学工学部 正会員 子田 康弘
日本大学工学部 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

青森県日本海沿岸では、冬季に日本海から季節風が吹きつけるため、PC 橋に対して厳しい塩害環境下にあると言える。今回の調査対象橋である新赤石大橋（5 径間ポステン T 型桁橋）は青森県日本海沿岸に位置しており、著しい塩害を受け、供用後わずか 30 年程度で解体撤去に至った。こうした問題を教訓とするためには本橋から得られた知見を今後の維持管理システムに反映させる必要がある。そこで本研究では、本橋の鋼材腐食状況を詳細に観察すると共に、鋼材に関する各種試験（腐食減量試験、引張試験）を行うことにより、鋼材の腐食性状とその力学的性質について検討することとした。

2. 実験概要

図-1 に示す第 2 径間（支間 31.84m）の 0403 と 0502 の各ブロック（ブロック長約 2m）を対象に試料を採取した。その手順は、まず、①下フランジの下面及び側面からかぶりを除去する。さらに②内部のコンクリートをはつり出すことにより、PC 鋼材が内蔵されているシースを露出させる。次に、③シースを解体し、PC 鋼材試料を採取する。シーす内には $\phi 7\text{mm}$ の PC 鋼材が 12 本内蔵されており、一ブロック合計 120 本程度の鋼材について試験を行った。試料採取位置は、ブロック中央付近とし、鋼材の切り出し長さは、500mm 程度を目安とした。図-2 に下フランジ内に埋設されるシーす配置図の概要を示す。10 本あるシーすのうち、下段を L、上段を U とし、海側から陸側に番号を付ける（1～5）。例えば、シーす番号 U-3 であればシーす上段中央の鋼材を表す。腐食減量率は、既往の調査報告¹⁾に従って 10%のクエン酸二アンモニウム水溶液に浸し、除錆後、長さ重量を測定し求める。引張試験では、荷重と鋼材の伸びを計測した。伸び計測に関しては、高感度変位計を装着した伸び計を用いており、基長は 50mm である。試験区間については、既往の調査報告¹⁾を参考にした。

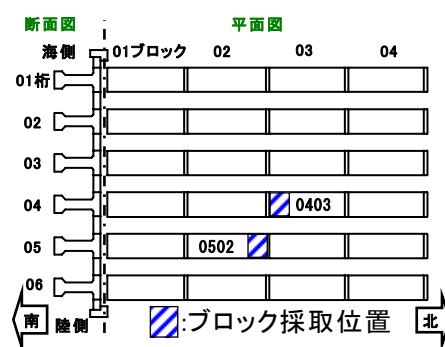


図-1 新赤石大橋 第 2 径間
主桁配置図

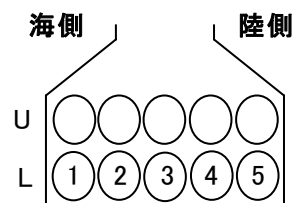


図-2 シーす配置概要図

3. 実験結果及び考察

写真-1、写真-2 に 0403 と 0502 の下フランジ部の鋼材腐食状況を示す。写真より、0403 は L-1 および L-5、U-1、L-3、L-4 の順に腐食が顕著に現れ、海側配力筋の曲げ加工部では鋼材が一様に破断している。0502 は L-5、L-1、L-2、U-5、U-1 の順に腐食が顕著に現れ、0403 同様、下段の腐食が目立つ一方で、0403 とは異なり、海側より陸側の方が腐食しているように見える。図-3 に 0403、0502 の上段、図-4 に 0403 の下段に配置された鋼材の腐食減量試験結果を示す。図-3 より、0403 では U-1 のみが顕著に腐食しており、0502 では U-1 よりも U-5 の方が腐食している。また、図-4 より、0403 の下段では上段（図-3 参照）に比べ総じて腐食量が大きい結果となった。なお、図-4 中の水色の棒は試験試料採取位置に隣接する部位



写真-1 第 2 径間 0403
下フランジ部 鋼材写真



写真-2 第 2 径間 0502
下フランジ部 鋼材写真

キーワード：塩害、PC 鋼材、鋼材腐食、腐食減量率、かぶり、力学的性質

日本大学工学部土木工学科（福島県郡山市徳定字中河原 1 番地 024-956-8721）

から採取した鋼材の腐食減量率であり、このことから橋軸方向にも鋼材腐食の著しいばらつきが確認された。なお 0502 ブロックでは、鉄筋かご全体が陸側に 10mm 程度シフトしていたことが明らかになり、こうしたかぶり不足が陸側の腐食を顕在化させた要因と判断される。以上のことから、下フランジ内の鋼材腐食に関しては決して一様ではなく、コンクリート表面に近い、下段及び上段の両側で顕在化することが明らかとなった。

図-5 に引張試験によって得られた 0403 L-4 の荷重－伸び関係を示す。ここでは、鋼材の機械的性質（最大荷重、0.2%耐力、破断伸び、ヤング係数）について評価するものとする。図より、同一シース内であっても腐食量やそれに伴う機械的性質にはばらつきがあるが、腐食減量率の増加に伴い、機械的性質は低下する傾向を示した。0403、0502 の試験結果をまとめたものを図-6 (a)、(b)、(c)、(d) に示す。図中には、本調査対象橋に隣接する宇名原橋、及び山形県温海地区の暮坪陸橋のデータ²⁾も合わせて示す。表-1 に本調査対象橋の各機械的性質の基準試料値を示す。各残存率とは、健全である基準試料の値を 1.0 とした場合の比率を意味する。それぞれの機械的性質について、図-6 (a)、(b)より最大荷重、0.2%耐力に関しては、腐食減量率の増加に伴って、直線的に減少し、相関も高い。図-6 (c)より破断伸びに関しては、3 橋梁の試験結果は大きくばらついているが、変形性能は耐荷性能とは異なり、5～10%程度の腐食減量率で急激な性能低下の傾向を示すことが確認された。図-6 (d)よりヤング係数に関しては大きなばらつきはあるが、緩やかな減少傾向を示す結果となった。

4. まとめ

著しい塩害を受けて劣化した PC 橋内部の鋼材腐食状況はかぶり等の影響により大きく異なり、橋軸方向や、同一シース内でも大きくばらつく結果となった。また、鋼材の機械的性質は、腐食減量率の増加に伴い低下し、耐力に関しては直線的な減少傾向を示すが、伸び能力に関しては、急激な減少傾向を示し、さらにヤング係数に関しては緩やかな減少傾向を示すことが確認された。今後は、腐食鋼材の機械的性質およびそのばらつきを考慮した塩害 PC 橋の耐荷性能算定モデルの構築が望まれる。

謝辞：本研究は青森県及び（財）大阪地域計画研究所ブリッジマネジメント研究会の共同研究の一部として行われたものである。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 土木研究所：塩害を受けた PC 橋の耐荷力評価に関する研究（Ⅲ）－塩害により損傷を受けた PC 鋼材の機械的性質－，土木研究所資料，第 3810 号，2001。
- 2) 岩城一郎他：青森県日本海沿岸において著しい塩害を受けたコンクリート橋梁の劣化調査，橋梁と基礎，pp.33～37，2007。

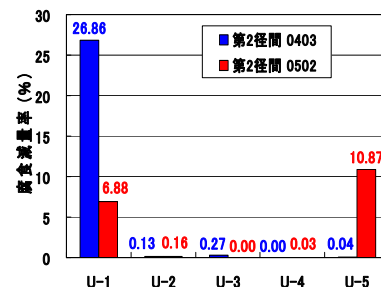


図-3 第2径間 0403, 0502 シース U 腐食減量試験結果

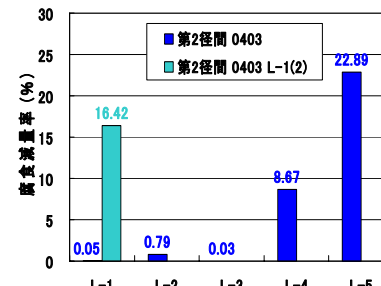


図-4 第2径 0403 シース L 腐食減量試験結果

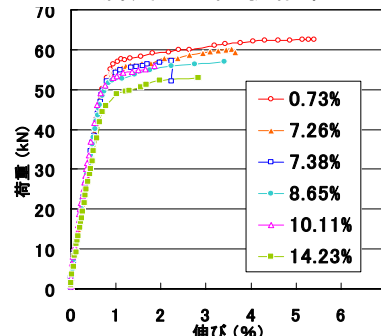


図-5 第2径間 0403 L-4 荷重－伸び関係

表-1 各基準試料値

最大荷重 (kN)	0.2%耐力 (kN)	破断伸び (%)	ヤング係数 (GPa)
63.0	57.2	4.95	238

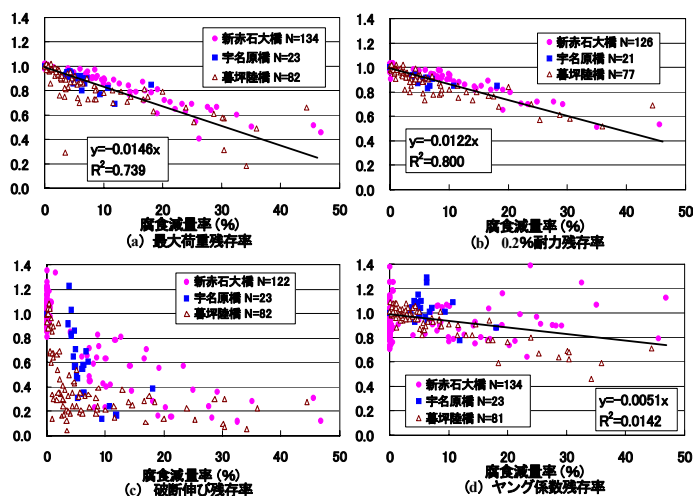


図-6 3 橋梁の残存率比較