

塩害により再劣化が生じたコンクリート床版の補修対策

中央コンサルタンツ(株)福岡支店 ○正会員 福留 裕介 正会員 山口 正剛
正会員 田中 智行 非会員 佐々木 暢夫

1. はじめに

樋島大橋は、昭和 47 年に竣工した熊本県上天草市龍ヶ岳町の坊主島と樋島を結ぶ海上橋である。本稿は、炭素繊維シートにて補修後、再劣化が生じ鉄筋腐食により鉄筋径が減少した床版に対する、劣化要因分析、耐荷力向上を目的とした補修対策の検討を行ったものである。

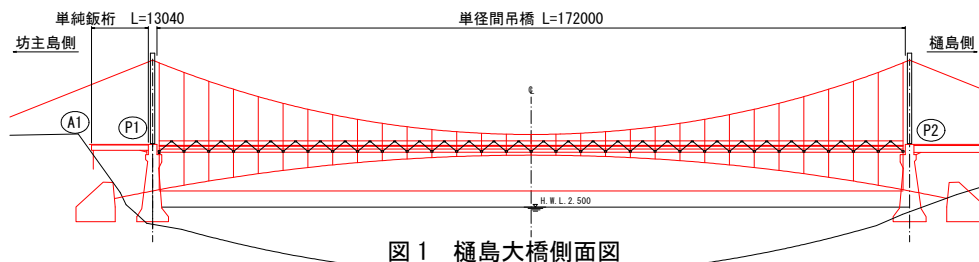


図1 樋島大橋側面図



写1 炭素繊維シートうき

2. 再劣化要因分析

2.1 劣化の経緯

本橋は、平成 10 年に床版下面のひびわれ、うきといった損傷が確認され、損傷が顕著な A1-P1 径間床版に断面修復工とひびわれ抑止・剥落防止を目的とした炭素繊維シートが設置された。前回調査から 15 年後の平成 25 年に、



写2 被りコンクリート剥離状況



写3 鉄筋腐食状況

炭素繊維シートにて補修した A1-P1 径間床版においてシートのうきが確認されたため(写 1)、再劣化した床版に対する補修対策として、シート劣化部の撤去、ひびわれ注入工、断面修復工、炭素繊維シートの再設置が計画された。補修工事の事前確認として、補修箇所の炭素繊維シートを剥ぎ取ったところ、かぶりコンクリートの剥離及び鉄筋の著しい腐食が確認された(写 2, 3)。

2.2 中性化試験結果、塩分含有量試験結果

炭素繊維シートにて一度補修した床版において、炭素繊維シートのうき、かぶりコンクリートの剥離及び鉄筋腐食といった再劣化が生じた要因として中性化と塩害に着目し、中性化試験と塩分含有量試験を行った。中性化試験結果より、中性化は H. 10~H. 30 の期間で基準値の中性化残り 15mm を概ね満足する結果で推移していた(表 1)。しかし塩分含有量試験結果において、塩分量が鉄筋位置にて 13.68(kg/m³)と他径間に比べ大きな値を示しており、塩害基準値の 1.2(kg/m³)を大きく上回る結果となった(表 2)。

【A1-P1】：シート補強有

実施年	H30	H25	H10
No.	A1-P1	A1-P1	A1-P1
被り	40mm	40mm	40mm
中性化深さ	12mm	25mm	17mm
中性化残り	28mm	15mm	23mm
到達年	153年	0年	10年
備考	損傷：IV 鉄筋腐食		

表1 中性化試験結果

2.3 再劣化要因

試験結果より、竣工後中性化は進行していないが、鉄筋位置にて基準値を超える塩分量が確認された。再劣化の主要因は、コンクリート内部、鉄筋位置付近に取り込まれた塩分が鉄筋の不動態被膜を破壊し、腐食環境下となり、鉄筋の著しい損傷に至った「塩害」とであると推察する。本橋は、竣工が古く、特に A1-P1 径間は他径間より以前に施工されており、他径間の塩分量に比べ著しく高い数値を示しているため、施工時のコンクリート品質に問題があったと想定する。海上橋であるが、塩害の原因としては内的要因の可能性が高いと判断され、橋面防水実施後、炭素繊維シートが設置され、床版コンクリートへの水分や塩分の浸入は遮断されているが、劣化は徐々に進行

シート補強有 (H. 30)

No.	A1-P1	P1-P2
0~30mm	6.53	0.61
30~60mm 鉄筋位置	13.68	2.40
60~90mm	9.02	2.00
備考	損傷：IV 鉄筋腐食	損傷：IV 鉄筋腐食

表2 塩分含有量試験結果

したことが確認できる。その原因として、A1-P1 径間の桁下は、海岸斜面で植物が繁茂し、降雨後は湿潤状態が続く水分が入りやすい環境条件となっている。シート設置後も、若干の水分が床版中に浸入し、高濃度の塩分と反応して、シート設置後も劣化が徐々に進行したと考えられる。

3. 補修対策の選定

3.1 塩害に対する補修対策

劣化要因分析より本橋の劣化要因は塩害であり、床版の補修対策は外来塩分を遮断するのみでなく、内在塩分への対策を行う必要がある。内在塩分への対策として、炭素繊維シートを撤去し、かぶりコンクリートを主鉄筋位置まではつすることで、主鉄筋の塩害環境改善を図った。

3.2 鉄筋径減少に対する耐力力向上対策

鉄筋は断面減少しているため、耐力力向上を図る必要がある。竣工時は鉄筋径 $\phi 18\text{mm}$ であったが、今回計測時は最小 12mm まで欠損していた。補強材を検討した結果、塩害環境下においても腐食する懸念がない FRP グリッドを採用した。補強量は、竣工時からの欠損率を 30% ($\phi 18\text{mm} \rightarrow 12\text{mm}$) とし、断面積 26.4mm^2 (格子間隔 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$) の FRP グリッドを採用した。なお既設鉄筋には防錆処理を行う。現況と同様の炭素繊維シートによる補強、鋼板による補強は、床版表面を覆い目視による点検が困難となるため維持管理を考慮し不採用とした。なお、モルタル吹付による増厚工法は、床版重量の増加に繋がるため採用しないこととした。

3.3 マクロセル腐食対策

施工面積が大きいため、吊足場上にて施工スペースを確保した上でモルタル吹付工法による断面修復とした。断面修復を実施した箇所としてない箇所との境界付近の鉄筋にて、表面の電位分布の変化により、補修後に鉄筋が激しく劣化するマクロセル腐食が発生することが想定された。マクロセル腐食対策として、犠牲陽極材を主鉄筋に設置する(図 2)。電位分布の変化に伴い生じる鉄筋腐食を、犠牲陽極材の主成分である亜鉛が負担し、マクロセル腐食を抑制する効果がある。残寿命 50 年とし、床版打替え案と本案での LCC 比較検討を行った結果、定期的に損傷の把握及び適切な補修対策を行う本案を採用した。定期的に目視点検を行い舗装の異常の有無を確認し、床版下面についても目視点検や定期点検の頻度を増やし安全に維持管理を行う必要がある。床版打替え案は、経済性に劣る上、両島を結ぶ唯一の交通手段である本橋にて長期間の通行止めが生じ社会的影響が大きくなるため、不採用とした。検討した補修対策工法の詳細図、施工フローを図 3、図 4 に示す。

4. まとめ

本稿では、塩害、マクロセル腐食により再劣化した鉄筋、コンクリートに対し構造的、維持管理性、経済性に配慮し補修設計を行った。かぶりコンクリートをはつすることで塩害の内的要因を極力排除し、外的要因に対しては、腐食の懸念がない鉄筋で補強することで対策を行った。補修実施済橋梁の再劣化に対しては、当時の補修設計思想を想定し、劣化の経緯、要因を把握した上で適切な補修対策を選定することが重要である。今後の塩害、再劣化した部材に対する補修設計の参考になれば幸いである。最後に、本稿を作成するにあたりご協力頂いた上天草市建設課の皆様へ心から感謝と御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 公益社団法人 土木学会 コンクリート標準示方書(維持管理編) 2013 年

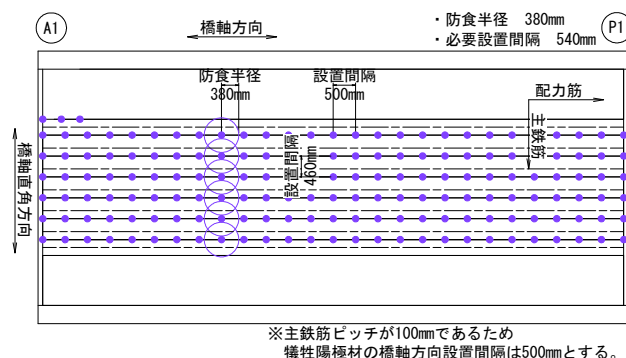


図2 犠牲陽極材配置図

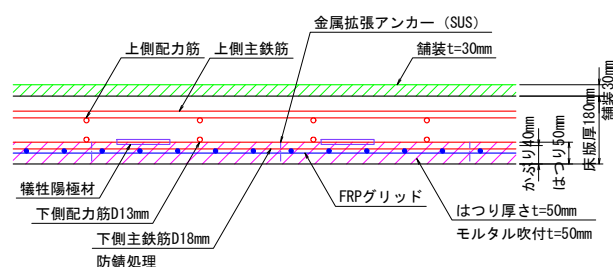


図3 補修対策工法詳細図

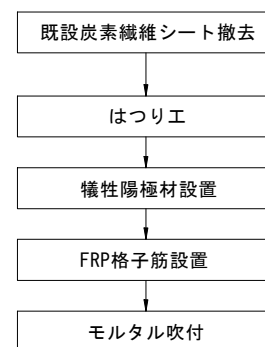


図4 施工フロー