

コンクリート橋りょうの塩害による変状事例とその検査手法 (J R男鹿線 八郎川橋りょう)

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○安田 祐輔
東日本旅客鉄道株式会社 非会員 進藤 忠丸
東日本旅客鉄道株式会社 非会員 岩村 健太郎

1. はじめに

本橋りょうは、J R男鹿線天王・船越間の日本海と八郎潟を結ぶ船越水道に、1914年に架設され、1963年に八郎潟の干拓事業に伴い、現在の橋りょうに架け替えられた。本橋りょうは、RC単T桁(CT)13連、上路プレートガーダー鉄桁(GD)1連で構成され、11連目のGDについては、八郎潟干拓用のサンドポンプ船が通行するため、昇降式となっている。図1に位置平面図、図2に橋りょう全景を示す。

1983年に全般検査時にコンクリート桁表面にひび割れが発見され、翌年からエポキシ樹脂注入、表面処理、断面修復を実施した。しかし、その後も補修箇所およびその他において変状の発生と補修を繰り返したが、変状の進行を止められず、補修を行った箇所もひび割れ等が発生している現状である。



図1 位置平面図



図2 八郎川橋りょう全景

2. 検査方法

変状の進行状況及び規模、原因の推定をするために各種試験を実施した。(表1 検査方法一覧)

- ① 目視および打音法により変状展開図を作成し、進行状況の把握および規模の確認。
- ② 反発硬度法により、強度分布および剥離状況を確認。
- ③ コア法により構造物の耐力の確認するために圧縮強度および弾性係数の測定。また、原因の推定するために、水セメント比の測定、中性化深さの測定、塩化物イオン含有量の測定を確認。

表1 検査方法一覧

構造種別	調査方法	調査項目	調査内容
橋桁 (RC)	目視、写真撮影 打音法	変状の進行状況 及びスケーリング	直近による目視と浮き・剥離箇所をハンマーで点検し、変状展開図を作成
	反発硬度法	リバウンドハンマー強度	コンクリートデスターを使用し、エリア別の強度分布及び剥離状況を測定
	コア法	圧縮強度	コア採取によるコンクリートの品質について各種材料試験を実施
		弾性係数	
		水セメント比	
		中性化深さ 塩化物イオン含有量	

3. 検査結果

1) 目視、打音検査

ひび割れは、すべてのコンクリート桁において、中央部・支点部ともに、桁下面から桁側面にかけて、0.2mm以上のひび割れおよびスケーリングが多数発生している。また、3連目において最大500×300mmの程度の範囲で、コンクリートが剥落し、鉄筋の露出・腐食が認められた。その結果を変状展開図にまとめた。その一例とし、図3に3連目右の変状展開図を示す。

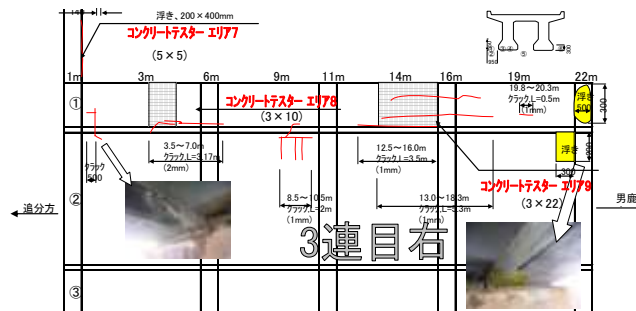


図3 変状展開図(3連目 右)

キーワード コンクリート、塩害、中性化、反発硬度法

連絡先 〒010-0001 秋田県秋田市中通7丁目2番5号 東日本旅客鉄道(株) 秋田土木技術センター TEL018-835-6142

2) 反発硬度法

材料の品質不良及び施工不良と変状の進行状況確認を目的とし、反発強度法による検査を実施した。1連目から10・12連目の16箇所を行い、特に変状が著しい3連目の検査結果を表2に示す。また、図4に強度分布図、図5に劣化分布図および図6に剥離分布図を示す。なお、横軸は線路方向、縦軸は線路直角方向を表している。図6の剥離分布図から、すでに剥離している箇所以外でも変状が進行している。

表2 反発硬度法結果

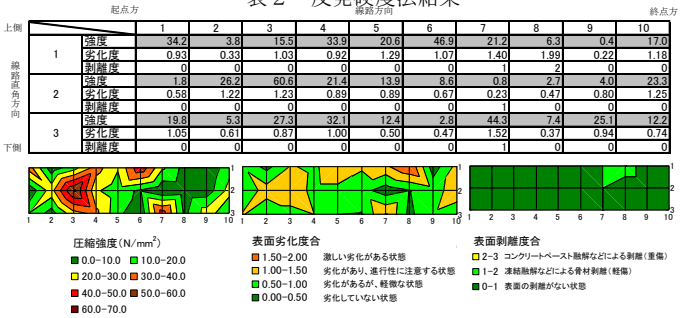


図4 強度分布図 図5 劣化分布図 図6 剥離分布図

3) コア法

変状の著しい3連目及び14連目についてコアを採取し、鉄道構造物等維持管理標準（コンクリート構造物）5章個別検査を参考に、中性化深さ、圧縮強度、弾性係数、水セメント比、塩化物イオン含有量について材料試験を実施し、その結果を表3に示す。

その結果、3連目の圧縮強度以外、すべての項目においてコンクリート設計標準を満たしていない。

表3 コア法材料試験結果

(単位:基準に準ずる)					
項 目	中性化深さ	圧縮強度	弾性係数	水セメント比	塩化物イオン含有量
判 定 基 準	5mm以下	240kgf/cm ² 以上	2.70×10 ⁴ kgf/m ² 以上	50.0%以下	0.3kg/m ³ 以下
3 連 目	15	256	1.55×10 ⁵	59.3	1.3
判 定	×	○	×	×	×
14 連 目	22	166	1.26×10 ⁵	76.3	1.4
判 定	×	×	×	×	×

4. 原因の推定

当該橋りょうは、海岸から約1.5kmの位置に建設されていること、14連目において、表面からの深さが大きくなるほど塩化物含有量が減していることから飛来塩分による外的塩害が主な原因と推定した。中性化深さについても進行していることから、塩害と中性化が複合して当該橋りょうに影響を及ぼしていると考えた。

また、特に水セメント比が高いため施工管理（品質管理・締固め・養生）が不十分であったと推察される。

同様に、補修後の変状の原因も、腐食した鉄筋のブラスト処理及び防錆塗装を不完全なまま断面修復したことによる施工不良も本橋りょうの変状劣化を促進させた原因の1つと推定される。

5. 変状の予測

塩害とコンクリートの品質不良及び施工不良が原因と推定された。特に塩害については、飛来塩分による外部から塩化物イオンが供給される環境下であり、コンクリートの表面にひび割れが発生し、剥落が顕在化している。また、材料試験の結果より、塩化物イオン含有量も鉄筋の腐食開始の限界値である1.2kg/m³を超えており、今後も加速度的に変状が進行することが予測される。

6. まとめ

破壊に関する安全性及び走行安定性について式1に示す維持管理指標Jにより照査した結果、運転保安などの安全に対する影響について十分な耐力を有していること確認した。

変状原因の推定及び変状の予測の結果から、変状過程は加速期（後期）であると推定される。過去に行ったひび割れ注入、表面処理、断面修復だけでは変状の進行を抑えること困難である。そこで、鉄筋の腐食を抑制することを目的とした電気防食による対策工を計画している。

$$J = K_m \cdot \gamma_i \frac{I_{Rm}}{I_{Lm}} \quad \text{— 式1}$$

K_m : 維持管理指標Jのための係数 (0.7)
 γ_i : 構造物係数 (1.1)
 I_{Rm} : 維持管理用応答値
 I_{Lm} : 維持管理用限界値

参考文献

・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）コンクリート構造物， 2007. 1