

アルカリ骨材反応を受けた河川内橋脚補修に関する一手法について

株式会社 長大 正会員 ○野村 肇

1. はじめに

中国地方のとある鋼橋 G 橋の河川内橋脚で、アルカリ骨材反応（以下、ASR）と見られる可能性の高い損傷を外観において確認した。道路管理者と協議し、原因追及～対策案立案、補修設計まで実施することとなった。

既設橋脚の ASR 対策では、耐震性能不足解消と ASR 損傷進行による躯体膨張の拘束を目的として橋脚巻き立ての採用が多い。地方自治体での耐震補強対策は、膨大な管理橋梁数への対応として、緊急輸送道路を優先し整備する流れで進められている。対象橋梁は、緊急輸送道路指定外のため、当面耐震補強をする計画はない。ASR 対策は現在も特効薬を持たない損傷として、その対策案を、多数の産官学において活発に議論されている。

このような状況の中、本文では、ASR 特定に至った経緯、ASR 対策として採用した補修工法、工法選定の考え方、仕様設定の考え方等について、概要を報告する。

表 2.1 橋梁諸元（設計条件）

設計条件			
橋名	G橋		
路線名	—		
架橋年次	【橋梁版】昭和47年3月（1972年）／【観柱】昭和48年11月（1973年）		
交差条件	二級河川 ○ 川		
橋格	1等橋（TL-20）		
橋長	196.000m		
桁長	37.820m + 39.920m + 39.920m + 39.920m + 37.820m		
幅員	全幅員	12.800m	有効幅員 12.000m
斜角	$\theta=90^{\circ}00'00''$		
横断面配	車道部	2.0%（直線）	歩道部 1.5%（直線）
上部工形式	5径間 単純 活荷重合成鋼 1桁橋		
下部工形式	下部工	A1：逆T式橋台 A2：逆T式橋台 P1～P4：壁式橋脚	
	基礎工	鋼管杭基礎（報告書-参考資料“橋梁一般図”より引用）	
適用基準（橋歴版）	道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編（昭和47年03月）（1972年）		
適用基準 （既存資料より）	道路橋示方書（案）（昭和46年11月）		
	鋼道路橋設計示方書（昭和39年06月）		
	溶接鋼道路橋示方書（昭和39年05月）		
	鋼道路橋の合成桁設計施工指針（昭和34年08月）		
	鉄筋コンクリート標準示方書（昭和42年・年次は推定）		
適用基準 （上記以外） （年次より推定）	鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について（昭和46年03月）（1971年）（年代より推定）		
	道路橋下部構造設計指針（くい基礎設計編）（昭和39年03月）（1964年）（年代より推定）		
	道路橋下部構造設計指針（調査及び設計一般）（昭和41年11月）（1966年）（年代より推定）		
	道路橋下部構造設計指針（橋台・橋脚設計編）（昭和43年03月）（1968年）（年代より推定）		
	道路橋下部構造設計指針（くい基礎の施工編）（昭和43年10月）（1968年）（年代より推定）		



写真 2.1 現況（桁下）



写真 2.2 現況（橋脚）

3. 現地詳細調査内容と結果及び損傷原因

（室内試験を含む）現地詳細調査は、上下部共全般的に実施したが、ここでは下部構造に関する内容と結果について説明する。調査試験内容を、表 3.1 及び 3.2 に示す。ASR に関連深い結果のみを表 3.3～3.4、図 3.1 に示す。

表 3.1 調査試験内容（その 1）

調査位置	調査・試験	試験番号	鉄筋検査	はつり	一軸圧縮	静弾性係数	中性化	塩分含有量	残存膨張量	反応度	径・長さ・範囲
A1橋台 堅壁	はつり調査	H-1	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度
P1橋脚 柱（終点側）		H-2	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度
P2橋脚 柱（終点側）		H-3	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度
P3橋脚 柱（終点側）		H-4	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度
P4橋脚 柱（終点側）		H-5	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度
A2橋台 堅壁		H-6	○	○	-	-	○	-	-	-	30.3m×0.3m程度

表 3.2 調査試験内容（その 2）

調査位置	調査・試験	試験番号	鉄筋検査	はつり	一軸圧縮	静弾性係数	中性化	塩分含有量	残存膨張量	反応度	径・長さ・範囲
A1橋台 堅壁	コア採取	C-1-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L200(圧縮) ②φ80L200(引張)
P1橋脚 柱（終点側）		C-2-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L350(圧縮) ②φ80L270(引張)
P2橋脚 柱（終点側）		C-3-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L240(圧縮) ②φ80L290(引張)
P3橋脚 柱（終点側）		C-4-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L260(圧縮) ②φ80L300(引張)
P4橋脚 柱（終点側）		C-5-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L260(圧縮) ②φ80L290(引張)
A2橋台 堅壁		C-6-1(2)	○	-	○	○	○	○	○	-	①φ80L250(圧縮) ②φ80L270(引張)

表 3.3 静弾性係数測定試験結果

調査位置	試料番号	圧縮強度 σ_c (補正後) (N/mm ²)	静弾性係数 E_c (kN/mm ²)	最低設計 基準強度: σ_{ck} (N/mm ²)	静弾性係数 E_c (kN/mm ²)	評価
A1橋台 堅壁	C-1-1	21.0	14.96	21.0	23.5	///N.G.///
P1橋脚 柱	C-2-1	28.9	15.75	21.0	23.5	///N.G.///
P2橋脚 柱	C-3-1	23.0	12.96	21.0	23.5	///N.G.///
P3橋脚 柱	C-4-1	19.4	5.93	21.0	23.5	///N.G.///
P4橋脚 柱	C-5-1	19.0	13.27	21.0	23.5	///N.G.///
A2橋台 堅壁	C-6-1	15.7	7.98	21.0	23.5	///N.G.///

表 3.4 残存膨張量測定試験結果

調査位置	試料番号	解放膨張量 A (%)	残存膨張量 B (%)	全膨張量 C=A+B (%)	全膨張量 判定値:D (%)	評価 (C vs D)	劣化グレード (膨張過程)	劣化グレード (外観)
A1橋台 堅壁	C-1-2	0.036	0.072	0.108	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期
P1橋脚 柱（終点側）	C-2-2	0.025	0.047	0.072	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期
P2橋脚 柱（終点側）	C-3-2	0.026	0.050	0.076	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期
P3橋脚 柱（終点側）	C-4-2	0.030	0.050	0.080	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期
P4橋脚 柱（終点側）	C-5-2	0.028	0.053	0.081	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期
A2橋台 堅壁	C-6-2	0.028	0.056	0.084	0.030	///N.G.///	膨張状態:1b (進展期)	II:進展期

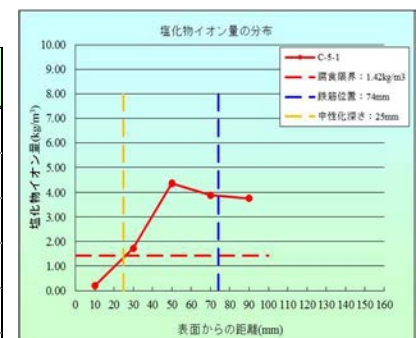


図 3.1 塩化物イオン含有量分布

キーワード アルカリ骨材反応、塩害、複合劣化、地中水中部補修、補修仕様、補修範囲

連絡先

〒730-0051 広島市中区大手町二丁目8番4号パークサイドビル5F ㈱長大 広島支社 TEL_082-545-6653

静弾性係数測定試験結果より、ASR を受けた構造物に見られる弾性係数の低下が全般に認められた。

塩化物イオン含有量測定試験結果は、P4 の分布グラフを示すが、内深部において鉄筋腐食限界濃度の超過を確認した。

残存膨張量測定試験結果より、全ての躯体において規定膨張量を超過する結果となった。今回採取位置が気中部であること等を踏まえると、躯体内を毛細管現象で吸い上がった水分による反応は未了と判断せざるを得ない。進展期の膨張過程であれば、予防保全の観点から早期の対策着手が重要と考えられる。外観目視調査結果として、代表で損傷程度の著しいP4 躯体の写真を示す。



写真 3.1 橋脚劣化状況 (P4 終点側)

調査試験結果より、橋脚の損傷原因を次のように整理した。

- 1) 静弾性係数計測値が全般に低かった：ASR により躯体内部に微細なひび割れ等を生じた可能性が高い。
- 2) 塩化物イオン含有量測定結果：42 年経過後も高い内在塩分を含有。除塩不足の海砂使用の可能性が高い。
- 3) 塩化物イオンの供給：ASR 進行の助長例あり。今後も供給が進むと橋脚躯体の損傷進行が懸念される。

以上より、下部工の損傷は「内在塩分を主とする塩化物イオンに影響する ASR の進行」が原因と整理した。

4. 補修工法選定

本橋は緊急輸送道路指定外路線にあり、当面耐震補強を実施する見込みがない橋梁である。これより今後耐震補強が実施可能となる工法選定が必要と考え条件化した。

今回の調査試験では水中部の損傷状態は未確認であるが、過去事例で地中部及び水中部において損傷が確認されていることを受け、渇水期の河川内仮締め切りを想定した施工（柱部全て）を前提とした。

常時流水中または河床埋設部位を想定した水中部と、常時気中部に分けて対策を選定することとした。水中部施工は仮締め切りを伴う高価な施工費と長期の施工工程が想定される。よって双方に優位となる工法選定を心掛けた。

気中部の対策は、複数比較案より「ひび割れ補修（エポキシ樹脂 3 種注入）＋表面含浸材塗布（けい酸リチウム・シラン混合系）」を選定した。地中水中部の対策も、4 種の複数案より、流水断面への影響が少なく、防食性に優れる「炭素繊維材巻き立て」を選定した。

気中部と水中部は補修仕様が異なる。接合部からの水分浸透を避けるため、気中部の表面保護材を炭素繊維巻き立て部に 100mm 程度ラップさせることとした。

地中水中部は、梅雨や災害時に流木等の衝突により炭素繊維材の破損が懸念されるため、表面に厚さ 10mm のポリマーセメント系モルタルを塗布する仕様とした。

5. 地中水中部施工範囲について

河川断面は整備計画策定済みのため、計画河床を河床高さとした。そして、過去 1 年間の近隣観測所の水位を収集整理し、月別の最高水位を抽出の上で平均水位を算出後、1 年間の平均水位を算出した。その結果を一般図中の橋脚形状へ重ね合せし、施工範囲を決定した。可視部確保により今後の経過観察へも配慮できた。

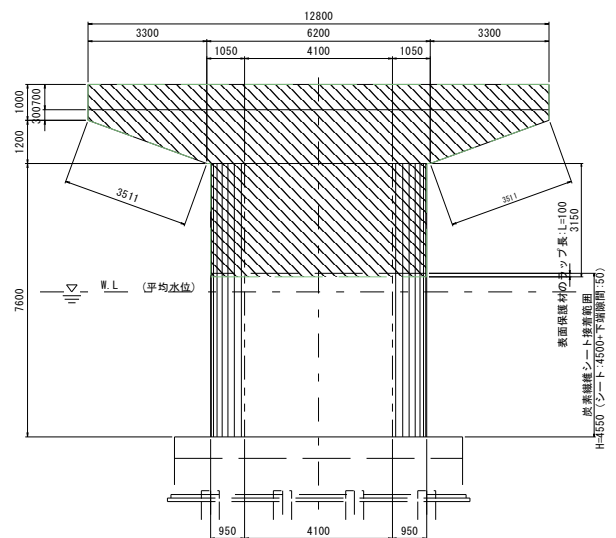


図 4.1 炭素繊維材巻き立て施工範囲

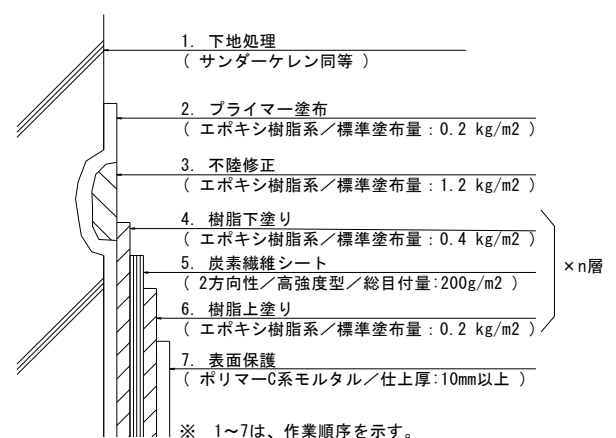


図 4.2 炭素繊維材巻き立て積層図