

PC構造物の水平剛結梁部における劣化原因の特定

本州四国連絡高速道路 正会員 ○大川 宗男
本州四国連絡高速道路 宮口 典博
本州四国連絡高速道路 正会員 坂本 佳也

1. はじめに

瀬戸中央自動車道の海峡部に位置する櫃石島内を南北に縦断する櫃石島高架橋は、上層が道路、下層が鉄道の二層構造でスパン35～68mの3～5径間連続PC箱桁橋である。この櫃石島高架橋の橋脚の受梁と主桁が剛結している水平剛結梁部において、亀甲状のひび割れ等のASRの特徴を有する変状が確認された。ASRについては建設ときに潜在反応試験を実施した結果、無害領域であると判定されており、さらに使用されたセメント量からコンクリート中のアルカリ量もアルカリ総量規制の基準値である3.0kg/m³よりも少ないと推測される。しかし、ASRが顕在化してきたことから、全30橋脚のうち、4基を対象に外観調査及び詳細調査を実施し、劣化原因及び将来の劣化の可能性について検討した。

2. 外観調査

櫃石島高架橋において変状が確認された水平剛結梁部はPC構造であることから単位セメント量が多く、骨材にはASR反応成分を含む流紋岩を使用していることが分かった。この変状が確認された水平剛結梁部について、外観調査を実施した結果、写真-1に示す亀甲状のひび割れやひび割れからのゲル状物質の析出及びPC鋼材に沿うひび割れ等ASRの特徴を有する変状が確認された。



写真-1 外観状況

また、変状が著しい21P～24Pの4橋脚を対象に、トータルステーションを用いたひび割れ計測システム及びデジタルカメラを用いたひび割れ調査を実施した結果を図一

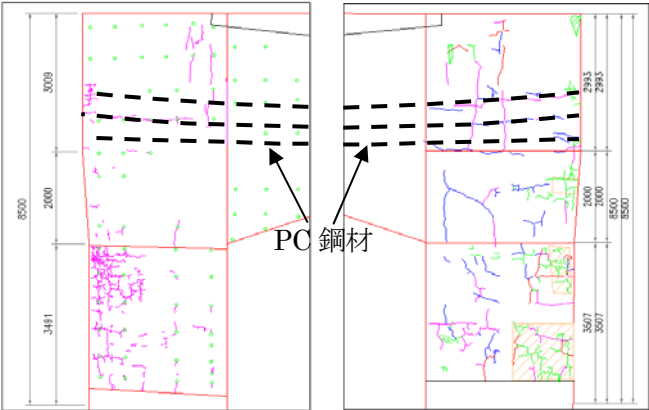


図-1 ひび割れ調査結果 (22P 南面)

表-1 ひび割れ幅別延長及び最大ひび割れ幅 (橋脚側面)

箇所	ひび割れ幅別延長(m)			最大ひび割れ幅(mm)		
	0.2≦W<0.3	0.3≦W	計	第1リフト	第2リフト	第3リフト
21P 西 本州側	14.88	4.38	19.26	1.07	0.53	0.44
21P 西 四国側	3.49	11.27	14.76	0.78	0.16	0.41
22P 西 本州側	7.99	6.47	14.46	0.45	0.30	0.30
22P 東 四国側	18.27	6.53	24.80	0.45	0.25	0.40
23P 西 本州側	7.06	13.81	20.87	0.45	0.50	0.30
23P 東 四国側	3.27	2.18	5.45	0.70	0.15	0.30
24P 東 本州側	0.95	7.71	8.66	0.80	0.30	0.20
24P 東 四国側	4.92	6.36	11.28	0.95	0.15	0.30

1に示す。その結果、橋脚天端付近及び橋脚天端から下方向5～8m付近で亀甲ひび割れが著しく発生していた。また、表-1に示す21～24P橋脚側面(全4橋脚、調査面積240m²)のひび割れ幅別延長及び最大ひび割れ幅の調査結果より、PC構造物で補修を必要とするひび割れ幅=0.2mm以上は橋脚1側面において最大で約25m発生し、さらに最大で幅約1mm程度のひび割れも発生している。

3. 詳細調査

外観調査より、ASRの特徴を有する変状が確認されたため、その中でも最大ひび割れ幅=2.0mmが発生している21P西側橋脚天端面を対象に詳細調査を実施した。詳細調査として、①促進膨張試験、②EPMA分析、③全塩化物イオン濃度試験、④鉄筋はつり調査を実施した。なお、①については雨水の供給の有無による影響を確認するため、21P西側橋脚天端面(雨水供給多)、22P西側橋脚側面(雨水供給少)の2箇所から試料を採取した。

キーワード：コンクリート，ASR，PC

連絡先：〒762-0025 香川県坂出市川津町下川津4388-1 本州四国連絡高速道路 坂出管理センター TEL (0877) 45-5511



(a)試料の断面状況 (b)試料の側面状況

写真-2 採取した試料の外観状況

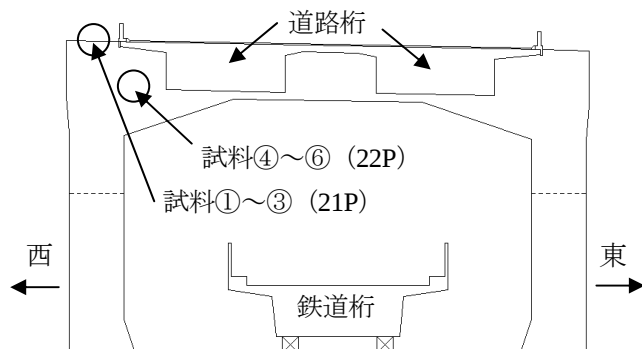


図-2 促進膨張試験用試料採取位置

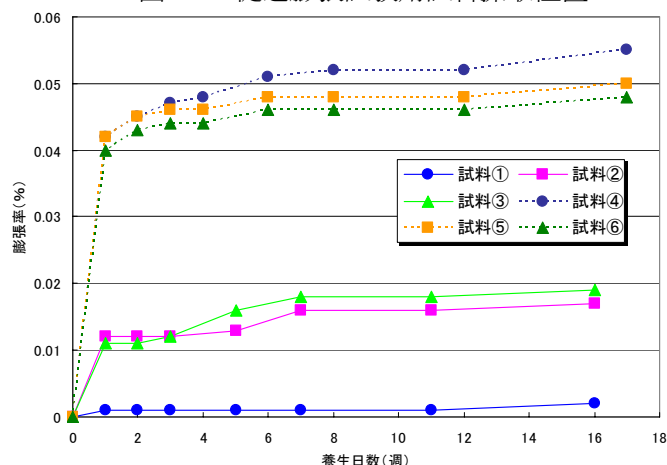


図-3 促進膨張試験結果

促進膨張試験用に採取した試料の外観を写真-2, 促進膨張試験用試料採取位置を図-2, 促進膨張試験結果を図-3に示す。写真-2より, 骨材周囲に白色ゲルの析出, 骨材の割れ等ASRによる変状が確認された。また, 図-3に示す促進膨張試験結果より, 21P橋脚天端面は雨水が絶えず供給されるため, 建設時から膨張が継続して進行しているため, 養生16週時点での膨張率は0.02%以下とほとんど膨張していない。一方で, 22P橋脚側面は天端面に比べ雨水の供給が少ないため, 養生17週時点の膨張率は最大で0.055%と有害とされる0.05%を超過しており, 今後劣化が進行すると推測される。

写真-2で確認された骨材周囲の白色ゲルを対象にEPMA分析を実施した結果を表-2に示す。表-2より, 検出された成分の約70%がアルカリ反応成分(Na, Si, K, Ca)であり, 各成分の重量率とASR生成物の典型例の重量率¹⁾と比較した結果, 反応速度が遅いアルカリ-カルシ

表-2 EPMA 分析結果 (アルカリ反応成分)

定性分析で 検出された 元素	定量分析結果(%)			
	成分名	分析対象位置		平均
		A	B	
Na	Na ₂ O	2.7	2.4	2.6
Si	SiO ₂	46.3	43.5	44.9
K	K ₂ O	11.4	11.4	11.4
Ca	CaO	13.0	13.6	13.3

ウム-シリカ型の生成物とほぼ一致した。

また, ASRにより鉄筋が破断しやすい曲げ加工部を対象に鉄筋をはつりだした結果, ひび割れ幅=約2mmの箇所鉄筋で軽微な腐食が確認されたが, それ以外の箇所は健全であった。この鉄筋の腐食はひび割れ部からの水の浸入により生じたものと考えられる。

4. まとめ

櫃石島高架橋の劣化原因を特定するため, 外観調査及び詳細調査を実施した結果, 以下の点が挙げられる。

- ・ASRの可能性を有する流紋岩を使用
- ・雨水供給箇所において, 亀甲状のひび割れ及びPC鋼材に沿ったひび割れ
- ・雨水の供給が少ない橋脚側面において, 膨張率が最大0.052%で有害と判定
- ・析出した白色ゲルを構成する成分の約70%がアルカリ反応成分 (Na, Si, K, Ca)
- ・白色ゲルの各成分の重量率から, アルカリ-カルシウム-シリカ型の生成物とほぼ一致
- ・鉄筋はひび割れ幅が大きい箇所一部腐食が発生

上記の結果から, 劣化原因はASRと考えられる。しかし, 建設当時の知見ではASRに対して無害の判定であり, 劣化の進行も過去に短期間で鉄筋破断等の甚大な損傷を与えたASRとは異なり, 竣工から20年以上の長期に渡りゆっくり進行しているため, 建設時に想定していたASRと異なると考えられる。今後は, 雨水の供給が少ない橋脚側面は劣化の進行が予測されるため, 予防保全の観点からひび割れ補修及び表面被覆によりコンクリート内部への雨水の供給を抑制するとともに, 他橋脚についても詳細調査を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 小林一輔, 丸章夫, 立松英信: コンクリート構造物の耐久性診断シリーズ2, アルカリ骨材反応の診断, p45, 1991