

ASR を生じた PC 箱桁橋のひび割れ幅モニタリング結果

九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
 玉名市役所 正会員 木下 義昭
 玉名市役所 伊方 寛睦

1. はじめに

アルカリシリカ反応（ASR）が生じた構造物の維持管理を行う際には、膨張が進行性のものであるか否かを見極めることが極めて重要である。実際の構造物の変形は気温等の影響を受けること、また、ASR による膨張は気温の高い夏季に進行することを考慮すると、膨張が進行性のものであるかどうか否かを確認するためには、少なくとも 1 年以上の期間にわたる調査結果が必要と考えられる。ASR により劣化した構造物の対策の可否を判定したり、補修に用いる材料・工法を検討したりする際には、将来の膨張の可能性の検討や膨張の進行予測を行う必要がある。しかしながら、実構造物の ASR による膨張が今後も進行するか否か、また、どの程度進行するかを精度よく推定できる手法は確立されていない。以下では、ASR によるひび割れが生じた PC 箱桁橋におけるひび割れ幅のモニタリング結果について報告する。

2. 橋梁の概要

対象橋梁（小島橋）は図-1 に示すような 1986（昭和 61）年架設の橋長 266.2 m、幅員 10.3 m の 3 径間 PC ラーメン箱桁橋（75.6+115.0+75.6 m）である。中央はヒンジとなっている。中央ヒンジ部の桁高は 2.3 m、橋脚部の桁高は 6.8 m で

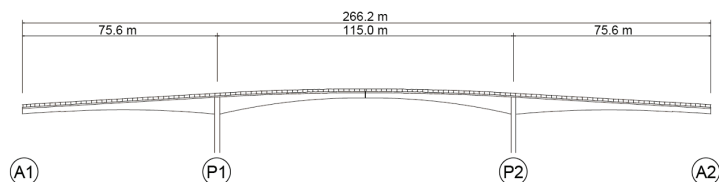


図-1 対象橋梁側面図

ある。橋軸方向は南北方向とほぼ一致する。河口から約 5.5 km に位置し、感潮区間にあり、橋脚下部は塩化物イオンの供給を受けるが、上部工はその影響はほとんど無い。

2016（平成 28）年度の定期点検の結果、橋脚上部および箱桁の張出し施工の第 1 ブロックに多数のひび割れが認められたことから、詳細調査が行われた。その結果、細骨材を構成する安山岩に火山ガラス、クリストバライト、オパールが反応性鉱物として含まれていたこと等から、ASR が生じたと考えられた。促進膨張試験として、採取コアを用いてアルカリ溶液浸漬法（いわゆる、カナダ法）を行った結果、試験期間 14 日で橋脚は 0.076%（下部）、0.035%（上部）で一般的に判定基準とされる 0.100%を下回ったが、桁は 0.182%で判定基準を上回った。なお、橋脚には腐食に伴う錆汁は認められなかった。

3. モニタリング計画

ASR を生じている橋梁におけるコンクリートの継続的な膨張の進行について評価するため、ひび割れ幅のモニタリングを行うこととした。計測点は、表-1 に示すように P1 橋脚およびその付近に位置する No.1～No.4 の 4 箇所とした。いずれの箇所も、西の方角に面する外側の面であり、ひび割れと直交するように亀裂変位計（容量：±5 mm）を取り付けた。橋梁上に橋梁点検車を停車させ、亀裂変位計を設置した。いずれの点も、雨掛かりによる水分供給はほとんど無い。また、No.4 の近くにコンクリート温度を測定するため、熱電対を設置した（ドリル削孔し、表面から約 10mm の深さに埋設）。

出力ケーブルは A1 橋台まで延長し、橋台パラペット前面にデータロガーおよびスイッチボックスを格納したコントロールボックスを設置した。計測は 1 時間毎とした。以下では、計測開始（2020（令和 2）年 7 月 22 日）から同年 12 月 24 日までの計測結果について示す。

表-1 ひび割れ幅計測点

計測点	説 明	計測開始時のひび割れ幅
No.1	箱桁側面(P1橋脚に最も近いブロック)に生じている斜め方向のひび割れの先端付近	0.08 mm
No.2	箱桁側面(P1橋脚に最も近いブロック)に生じている水平方向のひび割れの先端付近	0.08 mm
No.3	P1橋脚の柱頭部に生じている網目状ひび割れのうち、既に大きい幅のひび割れ	0.50 mm
No.4	上記No.3のひび割れの先端付近	0.15 mm

4. 計測結果および考察

図-2 に各計測点におけるひび割れ幅の変化（測定開始時がゼロ）を示す。横軸の温度は、熱電対で計測された温度とした。温度による計測値の補正は行っていない。箱桁の側面に設置した No.1 と No.2 は、ひび割れの変動幅は 0.03 mm 程度に留まっている。

特徴的な挙動を示したのは、計測点 No.3 である。温度変化に伴うひび割れ幅の変化が最も大きく、約 $0.005 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ となった。ひび割れ幅は単純に温度変化に伴って大小を繰り返しているわけではなく、季節が夏から冬へと移り、気温が低下するとともに変位の値がプラス方向へシフトした。すなわち、ひび割れ幅が大きくなっていく傾向を示し、7 月から 12 月の間にひび割れ幅が約 0.1 mm 大きくなったことになる。

No.4 では No.3 よりも勾配が小さいものの温度変化に伴いひび割れ幅も大小を繰り返している。No.4 はひび割れの先端であることから、ひび割れの進展の有無については、この No.4 で検知できるのではないかと考えている。

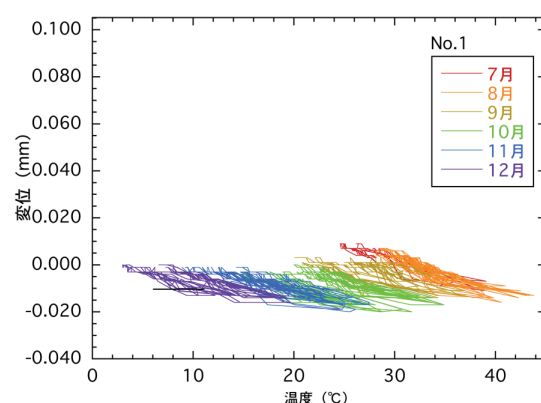
ASR により顕著な変状が生じた構造物の維持管理事例として、コンタクトゲージを用いてひび割れ幅や膨張量を測定する方法や、ひび割れの先端にマークを付け、定期的に観察する方法などがある。しかし、測定場所や構造物・部材の種類によっては計測点に頻繁に行くことが困難である。膨張やひび割れが継続的に進展するか否かを判断するためには、例えば、本報告で示したようなモニタリングが有効であると考えられる。

一方、コストが課題となるのは当然であるが、現状、コアの促進養生試験を行って得られる膨張量は、促進環境における結果であり、現実の環境下における将来の膨張量とは必ずしも一致しない等の指摘もあることから、確実性の高い予測方法が確立されるまでは、実構造物における膨張の進行を直接的に測定し、蓄積する方法も有効な手段であると考えられる。

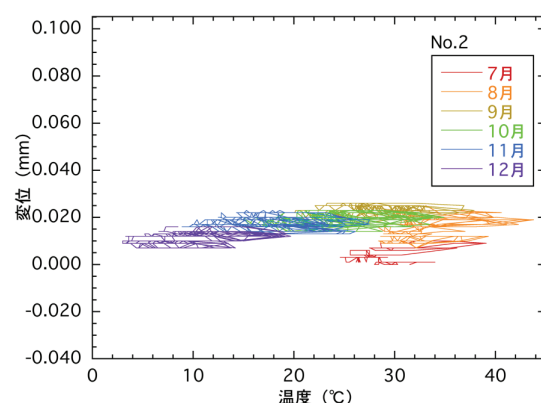
5. おわりに

本報告では、限られた計測点数ではあるが、ASR を生じた橋梁のひび割れ幅のモニタリング結果について示した。今後も計測を継続する計画である。また、これ以外にも、クラックセンサを用いたひび割れの追跡調査や、载荷試験によるたわみの計測、中央ヒンジ部の変位の調査等も実施しており、総合的に性能の評価や対策の要否判定を行う予定である。

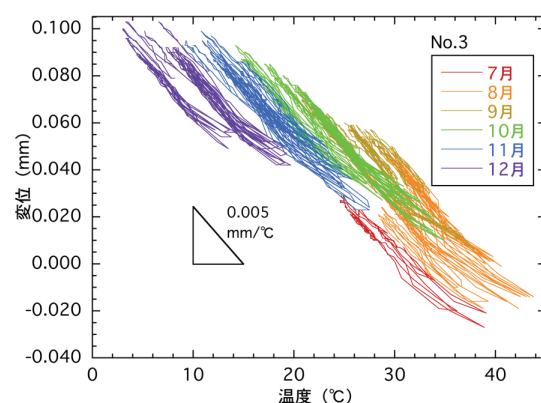
謝辞：本報告における計測については、(株) 東京測器研究所の協力を得た。また、計測の計画および結果の取りまとめにおいては、サザンテック (株) 松永昭吾 上席技師長 (博士 (工学))、九州大学大学院工学研究院社会基盤部門 玉井宏樹 助教、(一社) 熊本県コンクリート診断士会 勇 秀忠 理事長、(株) 太平洋コンサルタント 梶井章弘 氏の助言を頂いた。関係者各位に謝意を表する。



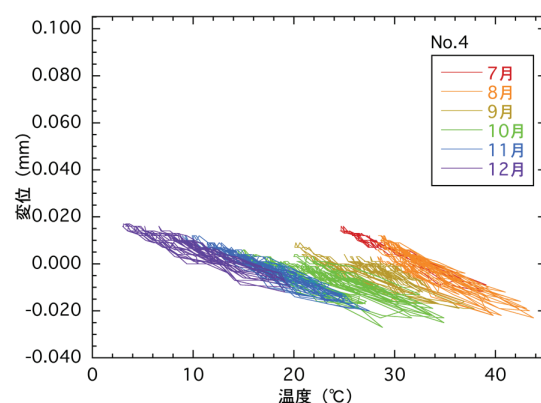
(a) 計測点 No. 1



(b) 計測点 No. 2



(c) 計測点 No. 3



(d) 計測点 No. 4

図-2 ひび割れ幅計測結果