

アルカリ骨材反応が生じた 3 径間連続ピルツ PC 橋の調査

(一財) 首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社

正会員 ○中畝 将太
正会員 石田 和久

正会員 張 広鋒
正会員 川口 裕士

1. はじめに

首都高速道路湾岸線の出入口にある PC 橋において、定期点検で床版下面に橋軸方向のひび割れが多数発生していることが確認された。ゲル観察や促進膨張試験などのアルカリ骨材反応試験より、本橋では遅延膨張性のアルカリ骨材反応（ASR）が進行していることが認められた。本稿では、ASR 関連調査の結果および剛性低下の調査結果について報告する。

2. 調査の概要

対象橋梁は、昭和54年に竣工されたPCポストテンション中空床版を有する3径間連続ピルツ橋である。図-1に一般図および床版下面のひび割れ状況を示す。床版下面では、ゲルバー部のあるP3～P4径間だけにひび割れが多数発生している。そこで、ひび割れの進展状況調査、ASR関連試験、ASR劣化による剛性低下について検討するために実橋計測とFEM解析などを行った。ひび割れの進展状況調査では、床版下面とともに、床版上面コンクリートのひび割れ状況も調査した。調査では、舗装上からφ25mmの孔を削孔し、棒スキャンを用いて調査孔壁面の状況を観察した。ASR関連試験では、床版から採取したφ50mmのコアを用い、岩種判定やゲル観察および促進膨張試験などを行った。表-1に、調査項目および調査箇所の概要を示す。なお、促進膨張試験では、カナダ法（ASTM C 1260）を用いた。

ASR劣化による剛性低下を調査するため、25トン荷重車走行時の支間中央のたわみを計測し、FEM解析と比較を行った。たわみ計測ではレーザドップラ変位計を用いた。また、πゲージを用い、ひび割れ開口幅の大きい5箇所においてひび割れの開閉の有無を確認した。FEM解析では、ソリッド要素を用いて橋梁全体をモデル化し、25トン荷重車を支間中央に載荷して解析を実施した。図-2に、解析モデル図を示す。

3. 調査結果

図-3に、床版上面コンクリートのひび割れ調査結果の一例を示す。いずれの調査箇所においても、上面より50mm程度の範囲にひび割れが見られず、上面より50～110mmに層状のひび割れが確認された。ここで、上面より50mm程度の範囲にひび割れが生じていないことは、床版上面の防水層が機能し、上面から水がコンクリートに浸透していないと考えられる。また、内部の層状ひび割れは、コンクリート内部の余剰水によって、ASRによる膨張が生じたと推測される。一方、図-1に示した床版下面のひび割れについては、ゲルバー部周辺に漏水の跡が見られたことから、ゲルバー部の漏水に

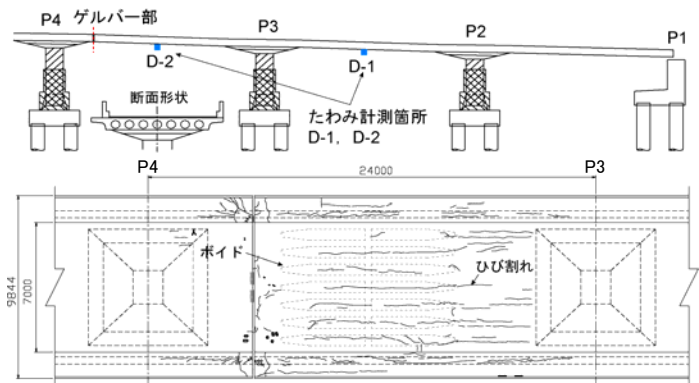


図-1 橋梁一般図および床版下面のひび割れ状況

表-1 調査項目および調査箇所

調査項目	調査場所、個数
床版上面コンクリートのひび割れ調査	P1-P2：1箇所、P2-P3：1箇所、 P3-P4：3箇所
ゲル観察、岩種判定、 促進膨張試験（3 コア/1 箇所）、 水溶性アルカリ総量試験	P1-P2：1箇所、 P2-P3：1箇所、 P3-P4：2箇所

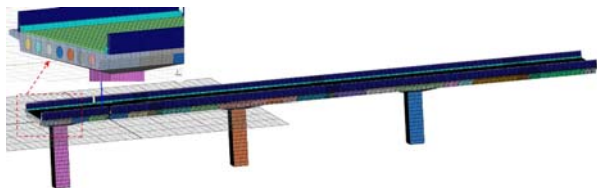


図-2 FEM 解析モデル

キーワード PC 橋, ASR, たわみ, FEM 解析

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5751

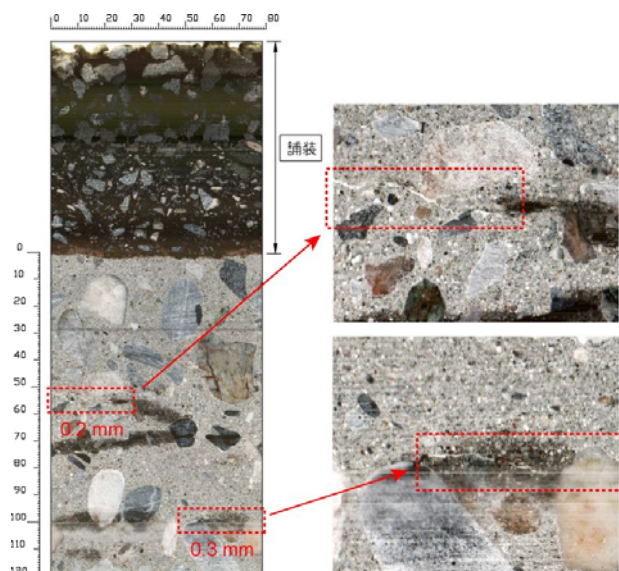
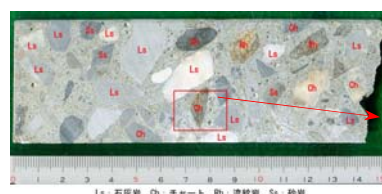
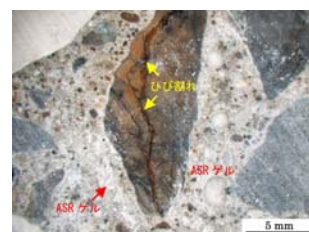


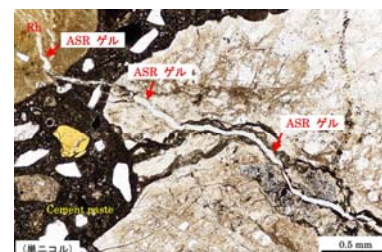
図-3 舗装下コンクリートのひび割れ状況



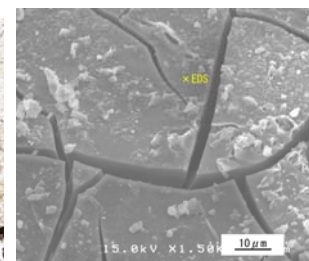
(a) コア切断面



(b) 実体顕微鏡の観察結果



(c) 偏光顕微鏡の観察結果



(d) 電子顕微鏡の観察結果

図-4 ASRの観察結果

表-1 骨材の岩石種

粗骨材 (Vol. %)	細骨材
石灰岩・石灰質片岩 (36)	岩片：石灰岩、珪質頁岩、石英片岩、
珪質頁岩 (20)	チャート、頁岩、花崗岩、砂岩、安山
石英片岩 (17)	岩、流紋岩・流紋岩質溶結凝灰岩
砂岩 (10)	結晶片：石英、斜長石、カリ長石、
チャート (7)	輝石、黒雲母
頁岩 (5)	その他：水砕スラグ、生物遺骸(貝殻
斑れい岩 (5)	片など)

注：ゴシック体は ASR 反応性鉱物を含む岩石である。

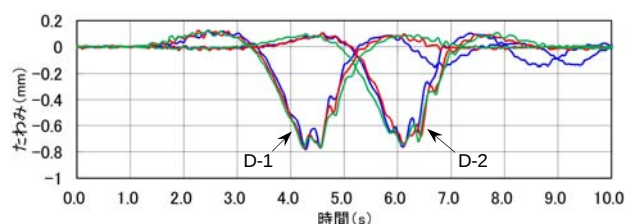


図-5 たわみの計測結果

よりP3～P4径間に多数のひび割れが発生したと考えられる。

図-4に、ASRの観察結果の一例を示す。観察では、実体顕微鏡を用いて骨材周辺の滲出物を確認した上で、偏光顕微鏡や電子顕微鏡を用いた定性分析を行った。分析の結果、滲出物は、ASR 生成物の典型的なもの（ゼリー状）であることが確認できた。また、ASRの進行状態は、アルカリシリカゲルに充填された膨張ひび割れが骨材粒子からセメントペーストへ進展しているのが多く認められた。表-1に、骨材の岩石種の観察結果を示す。粗骨材と細骨材の両方において、ASR反応性鉱物を含む岩石が確認された。反応性鉱物は、全ての試料に微晶質または隠微晶質石英が確認され、一部の試料にガラス、クリストバライトおよびカルセドニーも確認された。微晶質または隠微晶質石英が多く確認されたことより、本橋のASRは遅延膨張性のものと考えられる。促進膨張試験の結果は、14 日の膨張率は 0.11～0.35% であり、潜在膨張性ありと判定される。水溶性アルカリ総量は 2.35～4.01 kg/m³ となり、一部のコアは現行基準値のアルカリ総量の 3.0 kg/m³ を上回っていた。

荷重車を用いた計測では、計測結果のバラツキを低減させるため、同じ条件で計測を3回実施した。図-5に荷重車通過時のたわみを示す。たわみ計測箇所D-1とD-2の最大値の3 回の平均は、それぞれ 0.75mm と 0.77mm となっている。これらの値は、材料物性に設計基準強度を用いたFEM 解析結果の 0.691mm と 0.694mm より数%大きくなっている。たわみ量が小さいことやFEM解析モデルと実構造の相違などを考慮しても、ASR による剛性の低下は特に認められず、設計で考慮したものと概ね同等であることが考えられる。なお、ひび割れ開口幅の計測では、5箇所とも明確な開閉が認められなかった。これより、これらのひび割れは活荷重による開閉がなく、活荷重に起因したものではないと考えられる。

5. まとめ

本報告では、ASRが生じた3径間連続ピルツPC橋の劣化状況および耐荷力について調査を行った。調査の結果、本橋では遅延膨張性のASRが確認された。また、橋梁の剛性としてはASR劣化による低下が特に認められなかった。今後は、床版の防水処理や定期的な調査を行う予定である。