

公益信託NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金

受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

## 研究概要書

研究課題：桁端にASR損傷が生じたPC桁の構造性能評価に向けたひび割れ進展メカニズムの解明

研究代表者：九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 准教授 佐川 康貴

共同研究者：九州大学大学院 工学府 土木工学専攻 博士課程 川上 隆

はじめに

アルカリシリカ反応（ASR）によりひび割れが生じたコンクリート構造物に対する構造性能評価や、将来の劣化進行予測は、十分とは言えず、構造物の変状を確認しながら維持管理が行われ、最適な補修時期や補修工法を設定するのが困難な状況にある。特にコンクリート橋の桁端部は、構造的には配筋状態や応力状態が複雑であり、また、環境的には狭隘であることに加え、ジョイントからの漏水の影響を受ける等、過酷な条件にあり、多くの維持管理上の課題を抱えているにも関わらず、ひび割れの進展メカニズムやひび割れ幅の経時変化については知見が少ない。災害に強い高速道路の構築のためには、ASRの影響を受ける構造物の性能評価、劣化予測、さらには対策の要否判定に関するさらなる検討が求められている。

### 1. 研究の目的

コンクリート構造物のASRは、他の劣化現象（中性化や塩害など）と比較して、劣化予測手法が確立されていない。ASRの影響を受けた構造物では、建設後、数年～数十年が経過した後にコンクリートのひび割れの発生という形で変状が顕在化する。このような場合、コア採取を行い、コンクリートの圧縮強度、弾性係数の測定や促進養生試験に基づいて膨張の進行の予測が行われる。一方、実構造物に生じているひび割れについては、目視で定期的な調査を行う程度である。促進試験と実構造物・部材の膨張が一致しないことも指摘されていることを鑑みると、実構造物・部材の挙動を把握することも重要な情報になり得ると考えられる。

本研究では、高速道路を構成するプレストレストコンクリート（PC）橋のASRの維持管理の高度化に向けて、PC橋の上部工で用いられる低水セメント比のコンクリートでのASR膨張特性を調べるとともに、ASRが生じた部材や構造物のひび割れ幅のモニタリング結果に基づく考察を行った。

### 2. 低水セメント比コンクリートのASR膨張挙動に関する検討

ASRの反応性を評価するための試験法としては、JIS A 1145（化学法）、JIS A 1146（モルタルバー法）に加え、近年では実配合のコンクリートでの試験として、JCI-S-010（コンクリートのアルカリシリカ反応性試験方法）が用いられている。しかし、JCI-S-010での検討は、普通強度のコンクリートが用いられる場合が多く、プレストレストコンクリート（PC）の上部工などで用いられるような高強度の（すなわち、水セメント比の低い）コンクリートでの検討事例はほとんど無い。

そこで、コンクリートの水セメント比が自由膨張条件下におけるASRの膨張挙動および力学的特性に及ぼす影響について検討するため、水セメント比の異なるコンクリート供試体を作製し、アルカリラッピング法を適用したコンクリート促進試験（AW-CPT；Alkali-Wrapped Concrete Prism Test、試験方法の詳細は、文献<sup>[1]</sup>参照）を行った。水セメント比W/Cは、50%、40%、32%の3通りとした。

図-1に示すように高強度のコンクリートほど、膨張率は小さくなることが明らかとなった。高強度のコン

クリートでは、セメントマトリックスの強度が高く、ASR による膨張を拘束する効果が高いと考えられる。また、モルタルでの実験結果から、硬化体が高強度であるほど、膨張率はアルカリ総量と相関が高く、新設構造物では、アルカリ総量の抑制が ASR のリスクを低減させること、また、既設構造物では、詳細調査においてアルカリ総量を推定することが重要であること等を明らかにした。

### 3. 実環境下における ASR ひび割れモニタリング

実環境下において ASR を生じた部材 (RC 柱状ブロック (400×400×600mm)), および、構造物 (PC 中空床版橋の張出床版部) のひび割れ幅モニタリングの結果を用い、日内変動および季節変動について調べるとともに、将来の膨張の進行予測や対策時期、補修工法を検討するためモニタリングのあり方について検討を行った。

図-2 に、実構造物から得られたモニタリング結果 (1 時間毎) を基に、基準化処理を行った後の結果を示す。なお、ひび割れ幅の変化は、市販の亀裂変位計を用いて計測した。本研究では、季節変動 (日平均気温の変化) の影響を除外するために、日平均のコンクリート温度および日平均のひび割れ幅からの差を求める方法を用い、基準化処理と定義した。

図は 8 月～1 月の 6 ヶ月の期間の計測結果を示したものである。既にひび割れ幅の大きい点 A では勾配が大きく、日内の温度の増減に合わせて、ひび割れが閉じたり開いたりを繰り返していることが分かる。一方、ひび割れが無い部分 (点 C) では、ほぼ横軸上にある。ひび割れ先端 (点 B) では、それらの中間的な挙動を示している。このような定量的なデータを連続的に取得することで、部材としての ASR 膨張の進行の有無を捉えることができ、将来の膨張の進行の予測に役立てることができるものと考えられる。

### 4. まとめ、本研究で得られた成果、今後の課題等

本研究では、検討事例の少ない低水セメント比のコンクリートの ASR による膨張特性、および、実環境下におけるひび割れ幅の変化に関する詳細な挙動を明らかにした。これらは、ASR が生じたコンクリート構造物の性能評価やひび割れ進展メカニズムの解明に資するものと考えられる。高速道路の構造物では、設計図書や、建設時の材料、配合、施工管理に関する記録が比較的詳細に残されている場合が多いことから、今後はそれらと合わせて、部材・構造物の性能評価、補修・補強の最適化に向けた検討が求められる。

### 参考文献

- [1] 例えば、川上隆, 佐川康貴, 山田一夫, 川端雄一郎: コンクリートプリズム試験におけるアルカリ溶脱抑制法の比較および長期促進期間でのアルカリ量と膨張率の関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 44, No. 1, pp. 616-621, 2022

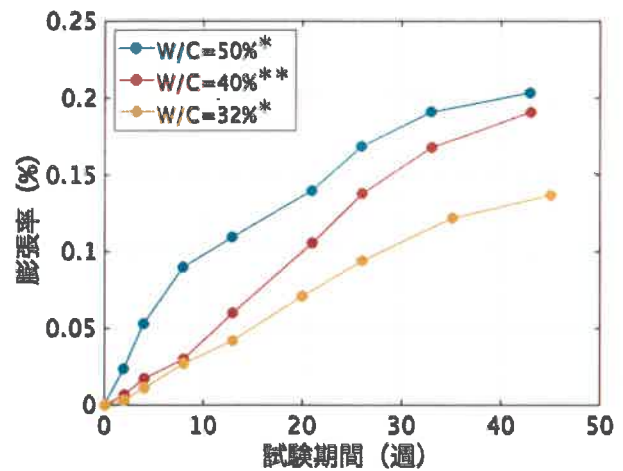


図-1 コンクリート膨張試験結果  
(アルカリ総量: \*3.25kg/m<sup>3</sup>, \*\*2.60kg/m<sup>3</sup>)

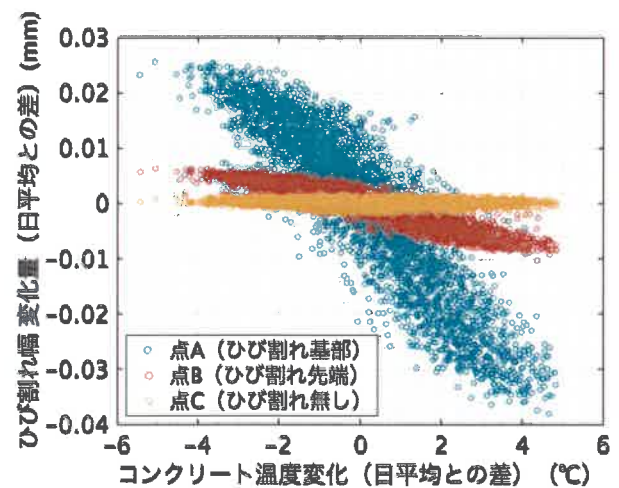


図-2 ひび割れ幅モニタリング結果  
(基準化処理後)