

## アルカリ骨材反応により劣化した道路橋の 合理的な維持管理手法の構築

国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 ○古賀 友一郎  
国土交通省国土技術政策総合研究所 工 修 玉越 隆 史  
国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 廣松 新  
国土交通省国土技術政策総合研究所 武田 達 也

### 1. はじめに

アルカリ骨材反応は、コンクリート中のアルカリ分と骨材中の反応性鉱物、内在する水もしくは外部からの水によって膨張を伴う化学反応を引き起こし、コンクリートにひび割れなどの変状を生じさせる劣化機構とされる。

当初日本には存在しないと言われていたアルカリ骨材反応(日本での多くはアルカリシリカ反応、以下ASRという)は1980年頃より表面化し、以降集中的な調査研究が行われた。これら多くの供試体等による実験・検討結果は、外観のひび割れ状況とは相反し、顕著な耐荷力の低下が見られなかった。これはコンクリートかぶり部分は、ASRの膨張力によりひび割れを生じるが、スターラップ等拘束筋に囲まれた部分は、それら鉄筋によりASRの膨張力が拘束され、逆にプレストレスが導入されたような状態(以下ケミカルプレストレス)を作り出しているために急激な耐荷力の低下が生じていないと考えられた。

しかし、近年ASRにより上記ケミカルプレストレスの前提条件である拘束鉄筋等の、曲げ加工部での破断が報告され問題が再提起された。このような耐荷力や耐久性能が大きく低下する事が予想される構造物は、適切な手法を用いて構造物の状態を精度良く評価し合理的に維持管理していくことが必要となる。

国土交通省では、平成15年3月に「道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領(案)」を通知し対応を行っているが、ASRによる構造物の変状と性能低下の関係を定量的に評価できるための知見が充分でないため、補修や補強の必要性およびその程度についての判断は、専門家の経験に委ねる部分が多く、ASR構造物の性能を客観的に評価することが困難な状況となっている。

このような背景のもと、ASR劣化した構造物の合理的な維持管理手法の実現、すなわちASR構造物の健全度評価や補修補強設計の考え方を早急に明示することが課題となっており、ASRに関する対策検討委員会において、国総研をはじめとした関係機関が研究を開始している。本報告は、合理的な維持管理手法構築についての考え方とこれまでに国総研において得られた研究成果の一部を報告するものである。

### 2. 目的

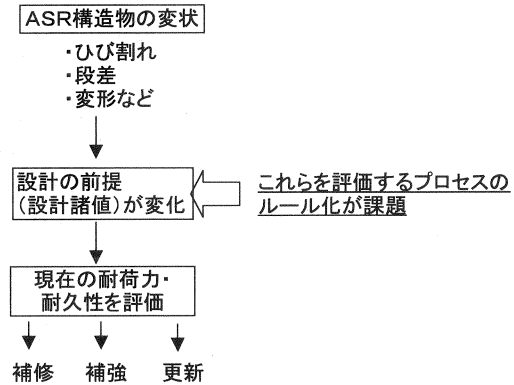
目的は、ASR劣化した構造物の合理的な維持管理手法の構築であり、具体的には、現在ASR劣化した既設道路橋の調査、補修等に用いられている「道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領(案)」を補足するものとして、できるだけ定量的に構造物の劣化度合いを判定し、合理的な補修補強設計が可能となるような設計ガイドラインのとりまとめを目指すものである。

### 3. 問題点と解決手法

現状での問題点は、補修や補強の必要性の判断は専門家の経験に委ねる部分が多い事、その結果についてぶれが生じる可能性がある事。また耐荷力が低下していると思われる部材の補修補強設計では、部材の性能を過小に評価しておくことで安全側の耐力を確保し、耐震補強と絡めての設計を行うことが多いが、場合によっては極端に安全側となり非合理的な設計が行われる恐れがある事等である。これらを解決する合理的な維持管理を実現するためには、発生した変状を精度良く把握し、どの程度の耐荷力、耐久性を保有しているか

定量的に評価できる必要がある。

具体的に表現すると ASR による変状と部材保有性能の相関を客観的かつ定量的に評価するためのプロセスのルール化である。これによって、補修補強、および更新といった判断やその対策工法のレベルを合理的に選択することが可能となる。さらにこのような評価手法の考え方は、ASR 劣化した構造物に留まらず、塩害や凍害などその他の劣化を受けた構造物においても適用可能と考えられる。本研究における維持管理の考え方を図-1に示す。



4. 合理的な管理手法の構築

図-1 維持管理の考え方

4.1 変状に影響される設計の前提

現状では、ASR の変状と構造物の性能との相関を合理的に評価する知見が乏しく、またその評価手法について様々な議論が存在する。本研究では、ASR によって生じた変状が設計時に設定した前提、すなわち補修補強設計に必要となる設計の諸値を変化させる可能性のあることに着目し、各設計諸値の現況もしくは将来値を評価し組み合わせることで、合理的な耐力力、耐久性の健全度評価が可能になると考えた。つまり、合理的な補修補強を行うためには、コンクリート部材としての耐力力設計を新設時と同じように一定の確実性をもって客観的、定量的に行うことが重要となる。

主な設計の前提として現況の評価に必須と判断された項目は以下のとおりである。

- ①コンクリートの有効断面範囲
- ②鉄筋とコンクリートの付着
- ③鉄筋の腐食および破断
- ④コンクリートの圧縮強度およびヤング係数
- ⑤残存プレストレス (PC部材)

4.2 評価のプロセス

現時点におけるガイドラインの骨子を図-2に示す。ASR と判定された構造物の現況から以下に示す各項目についてどう評価するのが重要となる。症状の軽い物については、これらの評価も比較的簡単に行えると考えますが、現在各機関においてこれら5項目の評価指標を構築するための実験検討が鋭意行われているところである。

ここでは各項目の評価方法の概略と課題を述べる。

4.2.1 コンクリートの有効断面範囲

ひび割れ深さやコンクリート内の超音波伝搬速度等を測定することによって、定量的な評価が可能と考えられるが、スターラップ等鉄筋の破断がある場合は、健全範囲の大きな減少が懸念される。

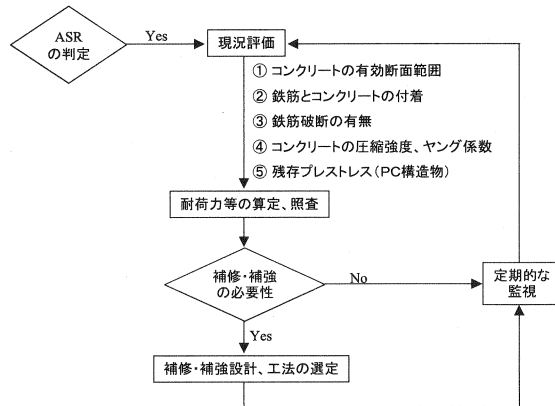


図-2 ガイドライン骨子(案)

4.2.2 鉄筋とコンクリートの付着

ひび割れ状態やスターラップ等の破断によって付着の低下が予想されるが、外観調査などによって定量的な評価が必要と考える。変状と付着に関する知見はほとんどないのが現状である。

4.2.3 鉄筋の降伏や破断の有無

ひび割れ状態や段差の状態などから鉄筋破断の有無を評価可能と考える。鉄筋破断はその他の設計諸値の評価にあたって影響を及ぼすとされる。

4.2.4 コンクリートの圧縮強度、ヤング係数

コンクリートコア試験等による統計的なデータから、下限値を設定可能と考える。ただし、コア強度と実構造物強度との関係は明確になっていない。

4.2.5 残存プレストレスの状態

PC 構造物においては、耐荷力を支配する重要項目であり定量的な評価が必要と考えるが、ひび割れの発生状態などからも評価可能とされる。

4.3 具体の評価方法

設計の前提を具体的にどう評価することが可能なのかについて、先の5項目の中から、国総研で実験検討を進めている鉄筋とコンクリートの付着（以下、付着）についての評価手法を例に述べる。

付着は、通常用いられる異形鉄筋のリブや節による機械作用、コンクリートとの摩擦作用などによって、健全なコンクリートと鉄筋が一体として挙動し耐荷力確保に寄与する応力伝達機構であり、鉄筋を取り囲むコンクリートにひび割れ等が生じると、付着強度の低下や鉄筋のすべり出しなど付着性能が低下し、耐荷力に影響を及ぼすことが予想される。付着を評価するためには、鉄筋を取り囲むコンクリートの変状等を精度良く捉え、その変状の水準から付着性能の低下度合いを評価していくことが基本となる。

しかし、どの程度の変状が生じた時に、付着がどう変化するかについての定量的なデータは無く、付着と変状に関する基礎データを得ることを目的に、国総研では平成 16 年度に付着評価を目的とした実験を行った。以下、実験結果に関する概要を示す。

4.3.1 実験概要と結果

普通コンクリートを用いて図-3に示すような人工的にひび割れを想定したスリット材を挿入した供試体を製作し、片側から鉄筋を引き抜くことで付着応力度と鉄筋すべり量の関係を測定した。本実験で得られたデータの一部を図-4に示す。鉄筋に沿ったひび割れを模擬した供試体では、健全なものに比較して、最大付着応力度およびすべり量が低下することが分かる。また、鉄筋の直角方向にスリットを挿入した場合には、鉄筋に沿ってスリットを挿入した場合に比べ、付着低下の影響が小さくなる傾向が見られた。

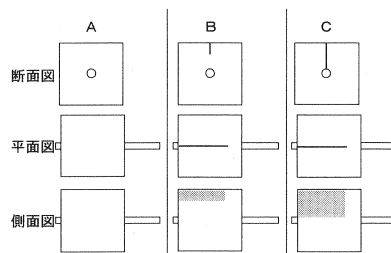


図-3 供試体の一例

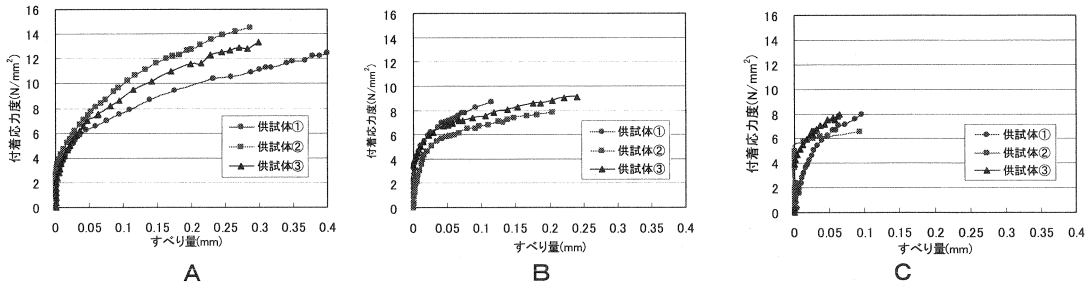


図-4 付着応力-すべり量の関係

さらに、膨張コンクリートを用い ASR 劣化を模擬した供試体の別実験においては、超音波伝搬速度の影響を見ることで、付着の低下を推測できることが判明した。また、主鉄筋を取り囲むスターラップが破断している場合には、コンクリートの膨張力が解放されるため、主鉄筋の付着が低下する可能性が強く示唆された。これらの実験結果はすぐにガイドラインへ結び付く物ではなく、以下のようないくつかの問題を解決する必要がある。

- 1) 実際の ASR 反応と、膨張剤による模擬試験体との違い
- 2) 付着低下と構造物耐荷力低下の関係
- 3) 実際の損傷レベルと供試体の状態との関係
- 4) ASR 反応による鉄筋破断と、事前に鉄筋破断させた場合との違い

### 5. まとめおよび今後の課題

ASR により劣化した構造物を合理的に維持管理する手法を構築し、ガイドラインをいかに策定するかについて、大きく 5 つの項目に着目し劣化状態を定量的に評価するという考え方を軸に報告を行った。

また上記 5 項目の内、「付着」についてこれまで国総研が行ってきた実験結果から、「ひび割れの入り方によって、鉄筋の付着低下度合いが変わること」、「超音波伝搬速度の影響を見ることである程度付着の低下を推測出来ること」、「拘束筋の破断が主鉄筋の付着に大きく影響する事」等が判明した。これらをガイドラインに取り込むためには、まだいくつかの問題を解決する必要がある。同様に他の項目についても各機関において、鋭意実験検討が進められている。

ASR が非常に複雑な現象であるためその定量的評価も困難と思われるが、早期の段階に各機関の一定の成果をとりまとめてガイドラインを策定し、各道路管理者が ASR 構造物の維持管理の考え方について、「専門家の判断に寄っている」、「明確な根拠はない」等、曖昧な回答をしなくても良く、自信を持って国民の不安、疑問について答えられるようにしなければならない。また各所が行っている実験等によって新たな知見が判明した時点において都度ガイドラインの充実を図っていく必要があると考える。