

報告 アルカリ骨材反応により劣化したコンクリート構造物の経時変化

山口順一郎^{*1}・河野 広隆^{*2}・渡辺 博志^{*3}・古賀 裕久^{*4}

要旨：アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の劣化に対して、新たに構造物を建設する場合には、アルカリ総量抑制などの抑制対策が採られている。しかし、抑制対策が策定される以前に建設され、アルカリ骨材反応による劣化がすでに生じている構造物の劣化進行速度や各種補修の効果については、実態が十分には明らかになっていない。そこで、過去に何らかの調査が行われ、アルカリ骨材反応による劣化が疑われる構造物を対象に、目視調査による追跡調査を行い、劣化の現状、劣化進展状況、補修・補強の効果について考察した。

キーワード：アルカリ骨材反応、追跡調査、劣化

1. はじめに

我が国では、1980年代前半からアルカリ骨材反応（以下、ASR）によるコンクリート構造物の劣化が問題とされるようになった。これに対し、1986（昭和61）年に「アルカリ骨材反応抑制暫定対策」、1989（平成元）年に「アルカリ骨材反応抑制対策」といった対策が定められた。対策以降に建設された構造物については、劣化事例の報告がほとんど無く¹⁾、新設構造物については、抑制対策の効果が現れているといえる。一方、抑制対策以前に建設され、ASRにより劣化が顕在化している構造物については、2003（平成15）年に国土交通省通達の「道路橋のアルカリ骨材反応に対する維持管理要領（案）」が定められ、点検が行われている。しかし、ASRによる劣化の進行度合や速度は十分には明らかになっておらず、また、ASRにより劣化した構造物への補修・補強効果も十分には明らかでない。このため、劣化した構造物の維持管理方法は確立されていないのが現状である。今後、効果的な維持管理方法を確立するためには、劣化した構造物の経時的な変化を調査し、それを数多く積み重ねることで有効なデータを得るこ

とが必要である。しかし、これまでに一部で補修後の構造物（特に劣化が著しかった構造物）についての追跡調査はあるものの、補修が必要かどうかの境界にあるような劣化程度の構造物についての報告はほとんどないのが現状である。そこで、土木研究所において、過去に何らかの調査が行われ、その結果からASRによる劣化が疑われる構造物を対象に追跡調査を行い、現状を把握するとともに、劣化の進行や補修・補強の効果について整理した結果を報告する。

2. 調査概要

2.1 調査対象

(1) 調査対象構造物の選定

過去の調査結果が残されている構造物の中から、ひび割れの原因がASRによるものかどうか、また、調査者の所見は妥当なものかといった点に留意して構造物の選定を行った。表-1に選定に用いた調査資料の目的、選定対象件数を示す。

その結果、69件の構造物を選定して、再調査することにした。なお、本論文では、表-1に示す資料の調査時点を「過去調査時点」、2003、

*1 (独)土木研究所 技術推進本部 構造物マネジメント技術チーム 交流研究員 (正会員)

*2 (独)土木研究所 材料地盤研究グループ グループ長 工修 (正会員)

*3 (独)土木研究所 技術推進本部 構造物マネジメント技術チーム 主席研究員 工修 (正会員)

*4 (独)土木研究所 技術推進本部 構造物マネジメント技術チーム 主任研究員 工修 (正会員)

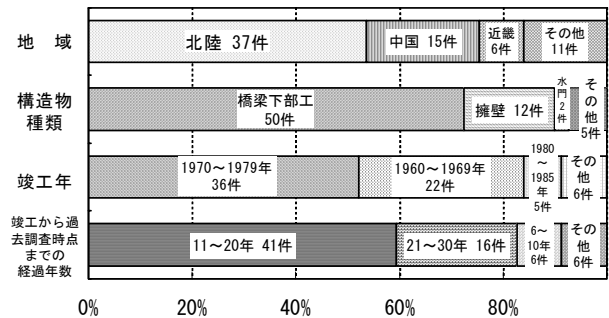
表－1 選定資料の調査目的と選定対象件数

調査年度	資料名	目的	選定対象件数
1985(昭和60)年	コンクリート構造物劣化実態調査 ²⁾	原因不明のひび割れを生じている構造物92件に対して、アルカリ骨材反応による劣化かどうかを明らかにするため、現地調査を実施。	50件
1987(昭和62)年	土木研究所彙報－コンクリート構造物の補修事例集 ³⁾	補修されたコンクリート構造物の補修前の損傷状況と補修方法、補修後の経過について33件の橋梁に対し実態調査。	2件
1999(平成11)年	既存コンクリート構造物の健全度実態調査－1999年調査結果－ ⁴⁾	全国のコンクリート構造物の健全度についてその実態を明らかにするため、2,099件の構造物について外観調査等を実施。	17件

2004年の調査時点を「現時点」と称する。

(2) 調査対象構造物の特徴

対象構造物の特徴として、地域、構造物種類、竣工年、竣工から過去調査時点までの経過年数について整理した結果を図－1に示す。



図－1 調査対象構造物の特徴

2.2 調査方法

(1) 調査方法概要

調査は以下に示す手順で行った。

- ① 過去の調査結果から得られる情報（劣化部位の写真、ひび割れ図、当時の調査者の所見等）を参考にし、これらの時点で「劣化度判定」を実施
- ② 選定した構造物について「追跡調査」を実施
- ③ 追跡調査に対し現状で「劣化度判定」を実施
- ④ 対象構造物の過去の調査時点での劣化度と現時点での劣化度を「比較」

(2) 追跡調査の調査項目

調査項目は、補修の有無、補修工法、調査者による現在の状態の評価（ひび割れの進行状況等）、劣化写真等を調査した。調査は、原則として地上から目視できる範囲内で実施することとし、点検車や足場の設置は行わなかった。

(3) 劣化度の判定

構造物の外観調査を行うと、ひび割れの本数やひび割れ幅などについてある程度明らかにすることができる。しかし、各構造物本体に占める劣化部位の大きさ（範囲、ひび割れ長さ等）や周辺環境は様々であることから、こうした変状の程度と構造物としての耐久性への影響の大

表－2 評価基準

区分	内容
補修必要	アルカリ骨材反応によりひび割れ(約1mm以上)が発生し、内部の鉄筋が腐食しやすい状態になっているため、補修を行う必要がある。
検討必要	今回の資料だけでは補修が必要か、経過観察でよいか明確にできない。鉄筋の部分的なはつきり出し等追加の調査を行うなどして、判断する必要がある。
経過観察	構造物に生じている劣化の原因は、アルカリ骨材反応によるものか、その可能性が高い。しかし、劣化の程度が軽微であり、当面は劣化箇所経過観察を行うとよい。
ASRではない	種々の情報から総合的に判断すると構造物に生じた変状はASRによるものとは考えにくい。
情報不足	補修要不要を判断するための情報が不足。
対策済み	構造物は現存し、何らかのASR対策を実施している。
現存せず	理由は明確ではないが、現存していない。

きを結びつけるのは簡単ではない。

そこで、写真と図面から得られる劣化の状況ならびに構造物の重要性などを総合的に判断して、同一の判定者が同一の判定指標を用いて、構造物の評価を行うことにした。劣化度判定の指標としては、表－2の評価基準を用いた。

3. 調査結果

3.1 調査結果概要

過去調査時点、現時点における劣化度の判定結果を図－2に示す。結果、過去調査時点での

調査結果に対しては、69件中37件(54%)を“経過観察”，30件(43%)を“補修必要”と判定した。その他2件は、ASRかどうかの判定が困難、情報不足のため再調査が必要なものであった。

一方、現時点調査結果に対する判定は、69件中44件(64%)が“経過観察”，8件(12%)が“補修必要”，9件(13%)が“現存せず”，残り8件はその他の評価であった。

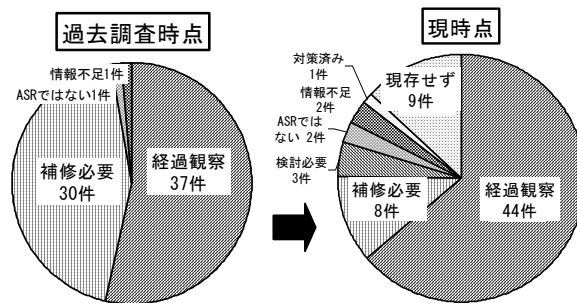


図-2 評価結果

3.2 補修・補強対策の実情

図-3に過去調査時点と現時点における補修・補強の実態を示す。過去調査時点で既に補修・補強が行われていた構造物は9件であった。補修方法としては、表面被覆工法4件、ひび割れ注入工法2件、それらを併用したもの2件、不明1件であった。一方、現時点では、補修・補強、また現存していないなど何らかの対策が施されたものは41件あり（過去調査時点での補修済みも含む）、過半数を占めた。しかし、その対策の理由がASRの劣化のみによるものかどうかは不明であった。

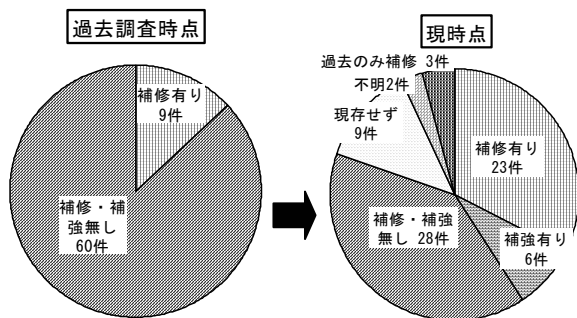


図-3 補修・補強の実態

3.3 劣化部位の特徴

対象構造物のうち最も種類が多かった橋梁下部工の内訳は、橋台が33橋、橋脚が17橋であった。劣化が顕在化している箇所は、上部からの水の影響を受けやすい箇所が主であった。例えば、橋台では壁の前面や側面、桁座、胸壁の前面や側面（写真-1）、橋脚でははりの側面、下面（写真-2）での劣化が多くみられた。

一方、擁壁については、裏込めからの水分の影響を受けるため、ほぼ全面に劣化が生じている例が多かった。



写真-1 橋台端部劣化状況



写真-2 橋脚はり部劣化状況

4. 劣化状態の推移

ASRにより劣化した構造物は、コンクリートの材料や構造物の置かれている環境により劣化の進展状況は異なるため、全てをひとまとめにして評価することはできない。そこで、個別の構造物に着目し、過去に受けた評価が、現時点でどのような評価に変わったか、という構造物の劣化状態の推移を現存している構造物につ

いて整理した。また、現存していない構造物についても、撤去された理由の考察を行った。

4.1 現存している構造物

現存している構造物について、過去調査時点

で“補修必要”，“経過観察”と評価されたものそれぞれの現時点への推移の状況を示す（図-4，図-5）。なお，図-4，図-5では，過去調査時点で“補修必要”，“経過観察”のどちらかで評価され，かつ現時点で“補修必要”，“経過観察”，“検討必要”のいずれかに推移したものを対象とした（“現存せず”や“情報不足”等は省いた）。また，現時点で“検討必要”と評価されたものは，この図では“補修必要”にまとめた。

図-4で示す「過去調査で“補修必要”と判定された構造物」は23件あった。現時点で23件中8件は，“補修必要”に推移していた。このうち5件は，表面被覆による補修を行ったにもかかわらず，再度補修箇所が劣化していた（例：写真-3）。しかし，この劣化がASRによるものか，補修材料自体の経年劣化（耐久性に限界有り）

によるものか，明確ではなかった。一方，23件中15件は“経過観察”に推移しており，うち12件は補修や補強などの対策がとられていた。なお，3件は過去調査時点ではひび割れの状況等から“補修必要”と判定したが，現時点で竣工から30年以上経過しており，劣化の進行もみられないことから“経過観察”と判定した。



写真-3 補修部の再劣化状況

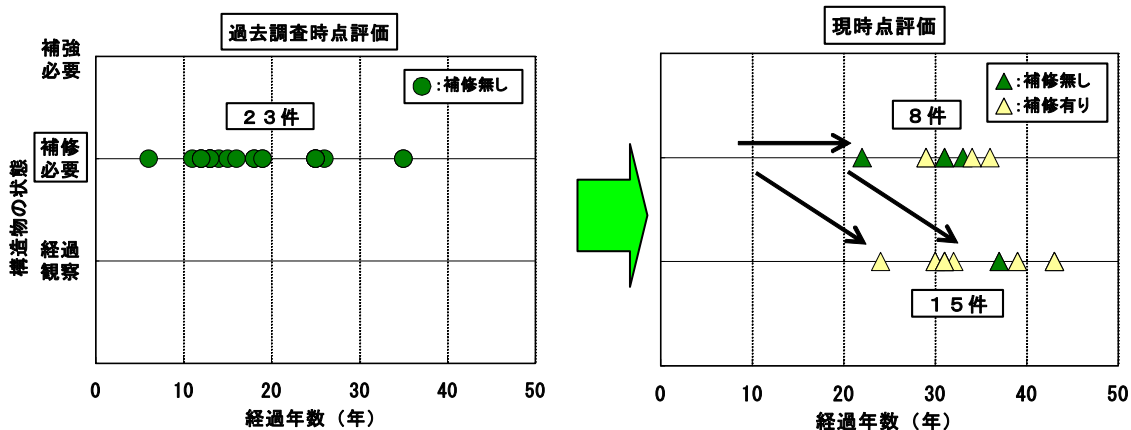


図-4 過去調査時点で“補修必要”と評価された構造物の劣化状態の推移

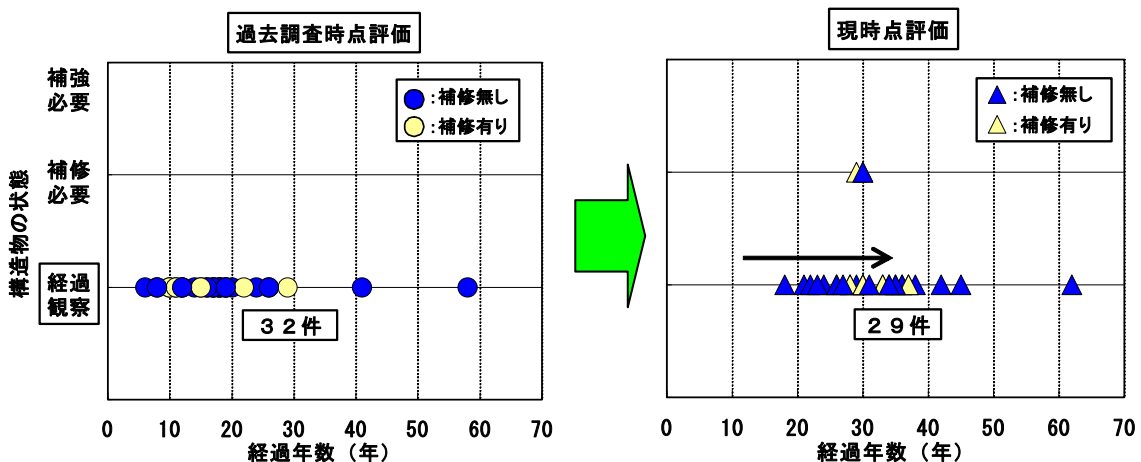


図-5 過去調査時点で“経過観察”と評価された構造物の劣化状態の推移

図-5で示す「過去調査で“経過観察”と判定された構造物」は32件あった。32件のうち過去調査時点以前に補修が実施されていたのは7件あった。これらの構造物が現時点では、32件中29件、つまり約9割の構造物が、そのまま“経過観察”の評価に推移していた。なお、“補修必要”のライン上にあるものは、現時点では明確な判定ができず“検討必要”と評価された3件である。この結果から、過去調査時点で“経過観察”と評価された構造物の多くは、現時点においてもそれほど劣化は進行していないという傾向がみられた。

総合すると、現時点で約8割（55件中44件）の構造物が“経過観察”の状態に推移していた。このことから、ASRによる劣化は、塩害による劣化とは異なり、時間の経過に比例して進行するものではない、つまり劣化（膨張）の進行は緩やかに進み、次第に収束していくということがいえる。ただし、補修を実施しても、補修時期、補修材料、環境条件によっては補修箇所の耐久性が十分でないおそれがあるともいえる。

4.2 現存していない構造物

現時点で現存していない構造物は9件あった。現存していない理由として、もともと存在していた位置に再度同じ構造物が設置されている場合は、ASRによる劣化が原因の1つになった

とも考えられる。また、全く別の場所に移動している場合などは、例えば、道路線形の変更等の機能上の変更により新設されたと考えることもできる。さらに、機能上の変更と劣化の両方の効果を期待している可能性もある。9件の構造物が撤去された理由は、報告書等の確認ができなかったため明確でないが、筆者らの推定では、機能上の変更が3件、ASR劣化によるものが4件、どちらともいえないものが2件である。

5. 補修・補強の効果

ASRにより劣化した構造物は、劣化が表面に顕在化した時点で、何らかの対策（補修または補強）が採られるが、その対策が適切であったか否かといった補修・補強の効果についての追跡調査はほとんど行われていない。そこで、現時点での評価が、“ASRではない”、“情報不足”、“現存せず”を除く56件に対して、過去の補修履歴の有無に対する現時点での劣化度評価について整理した。なお、いずれも詳細な補修材料や補修時期は明確ではない場合が多かったため、正確な補修の効果についての考察は困難であった。よって、目視調査による評価を基本にして、補修・補強の効果について考察を行った。

図-6に過去の補修・補強履歴の有無に対する現時点での評価結果を示す。

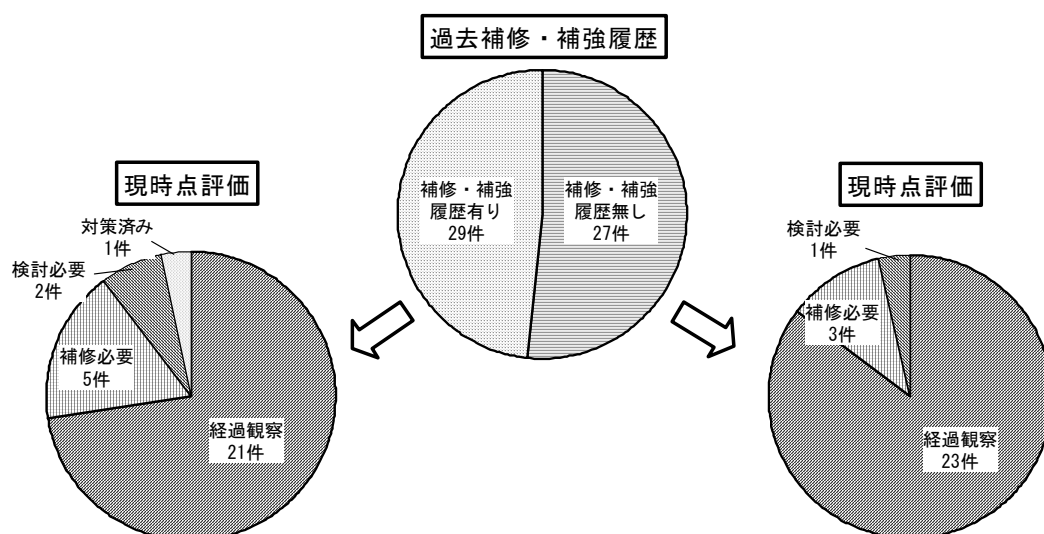


図-6 過去の補修補強履歴の有無に対する現時点評価

5.1 過去に一度でも補修・補強が行われ、現存している構造物：29件（52%）

29件中21件(72%)の構造物は現時点で“経過観察”の判定であった。その理由としては、補修の効果があつた、膨張量が小さかつた、膨張の収束段階で補修が行われた等が考えられるが、明らかでない。一方、5件(17%)の構造物は現時点で“補修必要”の判定であった。これらは、補修箇所が再劣化しており、健全性が保たれていない状態であった。原因としては、膨張途中段階での補修や補修材自体の劣化が考えられた。

つまり、補修・補強の効果は、構造物の置かれる環境条件、補修・補強時期に左右され、それが現時点で評価の分かれた原因と考えられる。

5.2 過去に一度も補修・補強を行っておらず、現存している構造物：27件（48%）

27件中23件(85%)の構造物は、補修・補強を行っていないにもかかわらず現時点で“経過観察”の判定であった。一方、“補修必要”と判定されたものは3件(11%)あり、これらはひび割れ幅が広く、内部鋼材の腐食のおそれがあるため、ひび割れ注入等の対策が必要と判断したものであつた。

6. まとめ

6.1 調査結果について

a) 構造物種類は、橋梁下部工が最も多く、竣工年としては、1970年代が最も多かつた。

b) 補修・補強の実態として、過去調査時点では約1割（69件中9件）の構造物で補修が行われており、現時点では約6割（69件中41件、過去調査時点での補修含む）が補修、補強、現存しない等の対策が採られていることが分かつた。

c) 劣化部位の特徴は、橋梁の下部工では、上部からの水の影響を受けやすい橋台堅壁・胸壁端部や橋脚はり側面等で多かつた。擁壁では、背面からの水の影響で全面に劣化が見られた。

6.2 劣化状態の推移

a) 推移の評価を行った55件のうち約8割が、現時点で“経過観察”の状態であり、過去調査

時点から現時点の調査までの間に著しい劣化の進展はみられなかつた。つまり、ASRの劣化（膨張）は、緩やかに進行し、次第に収束するものであり、時間の経過に比例して劣化が著しく進行するわけではないといえる。

b) ただし、補修部にひび割れやはがれが見られるものがあつた。補修時期（膨張過程における時期）、補修材料、環境条件によっては、補修箇所の耐久性が十分でないおそれがある。

c) 全構造物69件中9件は、現時点で現存していなかつた。その理由としては、構造物の機能上の変更（例えば、路線変更等）とASRによる劣化の双方が考えられるが、明確ではない。

6.3 補修・補強の効果

a) 過去に一度でも補修・補強が行われた構造物のうち約7割は、現時点で“経過観察”の状態であつた。その理由としては、補修効果有り、膨張量小、膨張収束後の補修等が考えられるが、明らかでない。一方、約2割は現時点で“補修必要”の判定であり、これらは、補修箇所が再劣化しており、健全性が保たれていない状態であつた。その理由としては、膨張途中段階での補修、補修材自体の劣化が考えられた。

b) 過去に一度も補修・補強が行われていない構造物のうち約9割が現時点で“経過観察”の状態であつた。

参考文献

- 1) 古賀裕久ほか：既存コンクリート構造物の実態調査と調査結果のデータベース化、コンクリートの耐久性データベースフォーマットに関するシンポジウム論文集 土木学会、pp.69-76、2003.12
- 2) 建設省土木研究所：土木研究所資料 コンクリートの劣化実態調査報告(1)、1986.4
- 3) 建設省土木研究所：土木研究所彙報 コンクリート構造物の補修事例集、Vol.49、1988.11
- 4) 独立行政法人土木研究所：土木研究所資料 既存コンクリート構造物の健全度実態調査結果-1999年調査結果-、2002.3