

## ◆ 報 文 ◆

## 道路橋に見るアルカリ骨材反応の実態

河野広隆\* 古賀裕久\*\*

## 1. はじめに

アルカリ骨材反応（以下、ASR）は、我が国では1980年代に各地で発見され、いわゆるコンクリートクライシスとして塩害とともに大きな社会問題となった。その後、多くの研究機関等で、損傷の原因から、骨材の実態、劣化メカニズム、骨材の試験方法、劣化抑制方法、劣化構造物の性能評価・診断・補修方法等について広範な研究が行われた。1986年に旧建設省の技術調査室から「アルカリ骨材反応暫定対策について」が通達されたからは、関連するJIS等でも対策がとられ、新設構造物に対してはほぼ確実にASRは抑制されてきている。通達以前に建設され、ASRで劣化を生じた構造物については、構造物の管理者ごとに種々の対応がなされ、1990年代には大きな問題もなく推移していた。

このような中、最近になってASRによるコンクリートの膨張によって、鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の曲げ加工部等で鋼材が破断している事例が複数発見された。ASRを生じた劣化構造物に関しては、鉄筋が健全な状態に保たれていれば耐荷力には問題がないというのが定説であった。

このため国土交通省近畿地方整備局と旧阪神高速道路公団では、事態の重要性および緊急性から、それぞれ独自に対策委員会を設け、対応を検討してきている。さらに国土交通省道路局では、平成15年3月、「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、全国の直轄国道および高速道路等の橋梁でASRに起因する橋梁の損傷状況等の調査を実施した。この結果は、道路局および各地方整備局のHP等で報告されている。筆者は、要領案の作成に参画し、直轄国道分の損傷調査のとりまとめを行ったので、全国的な見地からわが国のASR劣化構造物の現状を、ここにまとめてみたい。

## 2. 調査方法

調査対象の構造物は、各地方整備局がASRによる劣化の可能性のある構造物として抽出した約400橋の道路橋で、橋台・橋脚が2737基、上部構造が1784径間である。

調査は、構造物の管理者（地方整備局、内閣府沖縄総合事務局）が収集した構造物に関する基本的な情報（構造物諸元、竣工年、周辺環境など）と構造物に生じた変状の情報（写真やひび割れ図

表-1 判定結果の区分

区分	詳細
補強検討	ASRにより構造物が劣化している。鉄筋の一部に破断が見られるなど劣化の程度が著しく、補強の必要性についても検討する必要がある。
補修必要	ASRにより構造物が劣化している。ひび割れ幅が大きく内部の鉄筋が腐食しやすい状態になっているなど、劣化の程度が比較的大きく、補修を行う必要がある。
補修検討	ASRにより構造物が劣化している。コンクリートの劣化範囲や周辺環境などについて調査し、補修を行うかどうか検討するのがよい。
経過観察	構造物に生じた変状は、ASRによるものであるか、その可能性が高い。しかし、劣化の程度が軽微であったり、既にひび割れが発生してから長い年月が経ち、ほとんどのひび割れが析出物で埋まっていたりするため、すぐに補修を行う必要はない。橋梁点検時に劣化箇所の経過観察を行うとよい。
非ASR	構造物に生じた変状は、ASRによるものとは考えにくい。

など)を用いて、部材ごとに表-1に示す5段階の区分で判定することで行った。

まず、構造物の管理者が診断の基礎資料として収集した情報を部材ごとに整理・検討した。部材ごとに整理したのは、特に竣工年や補修・補強の有無について、一つの橋梁でも部材ごとに異なっていることが多くあるためである。五段階の区分による判定も、まず部材ごとに行い、その後橋梁ごとにとりまとめた。各橋梁に対する判定結果は、その橋梁を構成する部材のうち、最も劣化が著しい部材の判定結果を用いることにした。

収集した情報の評価は、筆者と構造物の管理者らが意見交換しながら検討した。ただし、全国の構造物を一定の判定基準で評価し比較する必要があることから、判定は筆者の内のひとりが行った。構造物によっては判定に必要な情報が不足している場合もあった。その場合、いったん判定不能と分類し、劣化箇所の写真等の再収集を行った上で改めて判定を行った。これらの判定は、平成15年末から平成16年始めにかけて実施した。

### 3. 調査結果

#### 3.1 全体概要

橋梁ごとにとりまとめた判定結果を、図-1に示す。ASR劣化が生じていると見られる事例を合計すると287橋で、国土交通省が管理する直轄国道にある全橋梁の約2%に相当する。このうち何らかの補修を行ったり、補修の必要性を検討したりすることが必要と考えられるのは71橋で、ASRを生じた橋梁のうちの約4分の1である。したがって、ASR劣化のため、補修を考慮することが必要な橋梁の割合は、直轄国道の全橋梁のうち約0.5%

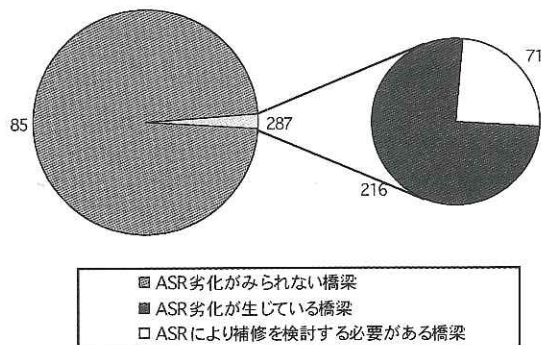


図-1 ASR道路橋調査結果 (直轄国道)

となる。

直轄国道にある全橋梁の約2%というASR発生率は、1999年に行われた2099構造物を対象としたコンクリート構造物の全国調査<sup>1)</sup>での平均のASR発生率の1%より高い値であるが、橋梁下部工の発生率の2%と同じ値である。

詳細を見てみると、ASRによる劣化が著しく補強検討と判定されたものは2橋あった。いずれも、過去に行われた地方整備局独自の調査で、橋脚の一部に鉄筋の破断箇所があることが明らかになっていた橋梁であり、それぞれの対策検討委員会などで、その補修・補強計画が検討されていたものである。

補修必要と判定されたものは59橋あった。これらのほとんどは、著しいひび割れが生じた事例である。一部の構造物では、内部の鉄筋の健全性を確認するためはつり調査が行われていた。しかし、この調査では、既に報告されていた2橋以外には、ASRにより内部の鉄筋が脆性的に破断した事例は新たには見つからなかった。

特殊な例としては、塩害地域でかなり大きなひび割れが生じた部分で数本の鉄筋が腐食のために切れている例があった。このため、ひび割れ幅が著しく大きい箇所については、塩害地域に限らず一般の地域でも、ひび割れ箇所に鉄筋の腐食を防止するための樹脂注入を行うとよいと思われる。

他に、補修検討と判定されたものが10橋、経過観察に分類されたものが216橋あった。判定に使用した写真の例を、写真-1と写真-2に示す。

#### 3.2 地域ごとの調査結果

判定結果を地域ごとに整理すると図-2のとおりである。ASRによる劣化が生じた橋梁は、特に北陸地方および中部地方に多い。関東地方となっているものかなりの部分は長野県を中心とした関東地方整備局管内の西部地域である。

地域別のASR発生率(劣化橋梁数/全橋梁数)を見ると、表-2のようになり、地域的に発生率の差が見られる。この結果は、ASR反応性を有する鉱物を含んだ岩帯の分布が、ほぼ全国的に見られること<sup>2)</sup>や、現在実際に販売されている反応性試験で「無害でない」と判定された骨材が、東日本で多く、西日本では少ないこと<sup>3)</sup>と、一致していない。劣化構造物の多い地域や時期に大きな偏

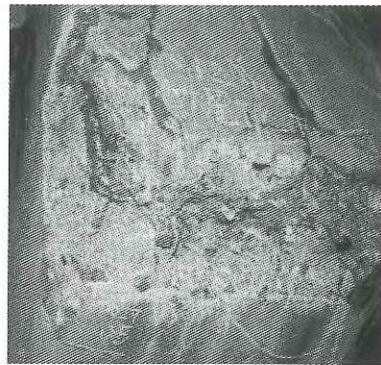
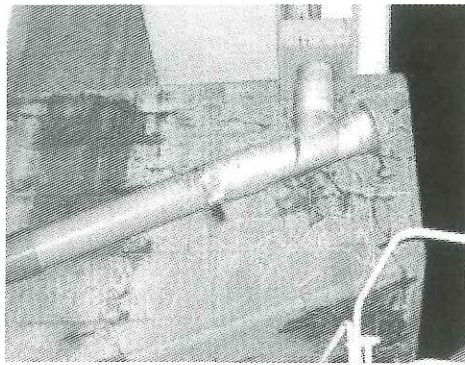


写真-1 補修必要と判定した事例

※橋脚張出し部の端部に幅5mmのひび割れがあり、内部の鉄筋が腐食しているので補修必要と判断した。

表-2 地域別の道路橋のASR発生率

地域	発生率%
北海道	0
東北	0
関東	0.9
北陸	9.3
中部	4.2
近畿	1.4
中国	1.1
四国	0.9
九州	1.5
沖縄	0

りがあることの原因は後述するが、劣化構造物の分布が多い中部日本から西日本で、現在流通している骨材が「無害」と判定されたものが多いのは、



写真-2 経過観察と判定した事例

※ASRによるものと見られるひび割れが発生した橋台。端部に、幅2mmと比較的大きなひび割れがあった。しかし、はつり調査の結果、内部の鉄筋には腐食は発生していなかった。そこで、経過観察と判定した。

ASRが問題となった以降、反応性を有した骨材の産地の淘汰が進んだものと考えられる。

また、補修を必要とする橋梁の数では、近畿地方が多くなっている。これは、反応性が高く、コンクリートに大きな膨張をもたらすといわれている安山岩骨材が多用されたことが原因のひとつと考えられる。

北海道と東北では、今回は報告事例がなかった。これらの地域でもASR試験により「無害でない」と判定される骨材はかなり産出しており<sup>3)</sup>、劣化構造物が皆無とは考えにくい。気温が低いために劣化が顕在化しにくい、あるいは、凍結融解による劣化と区別しにくい、等の要因でピックアップされなかった可能性もある。

### 3.3 劣化部位

図-3にASRが生じた橋梁の部材数を、部位ごとに示している。橋台が507基（うち、補修必要が58基）、橋脚が531基（うち、補強検討または補修必要が105基）と多い。残念ながら今回の調査では、報告されなかった健全な橋梁に関する橋脚数、橋台数が不明なため、これらの値が全橋脚数、橋台数の何%に当たるかは定かでない。また、今回の調査は目視観察が中心であったため、地中のフーチング部についても調査ができなかった。

上部構造の劣化事例については、ASRあるいはその疑いが濃いと判断したものは、67径間と比較的少なく、劣化の程度も軽微であった。その大部分が軽微な橋軸方向ひび割れであり、他の劣化原因を消去法で消

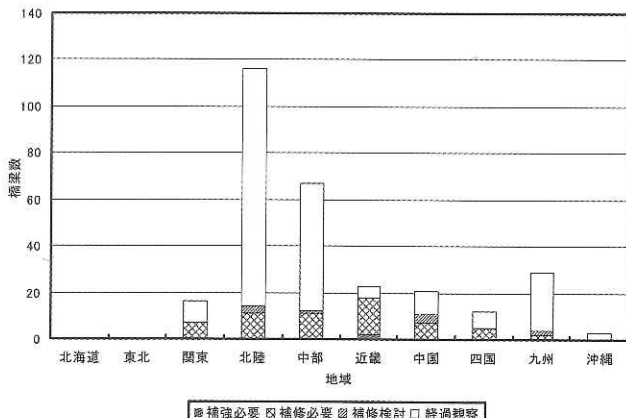


図-2 ASR劣化が生じた橋梁数（地域別）

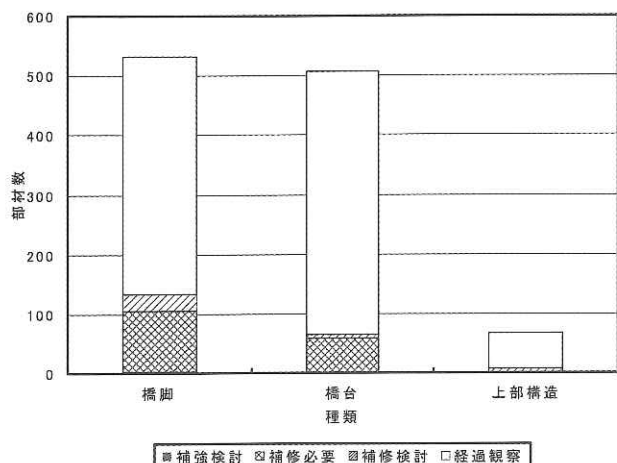


図-3 ASR劣化が生じた部材数 (構造種類別)

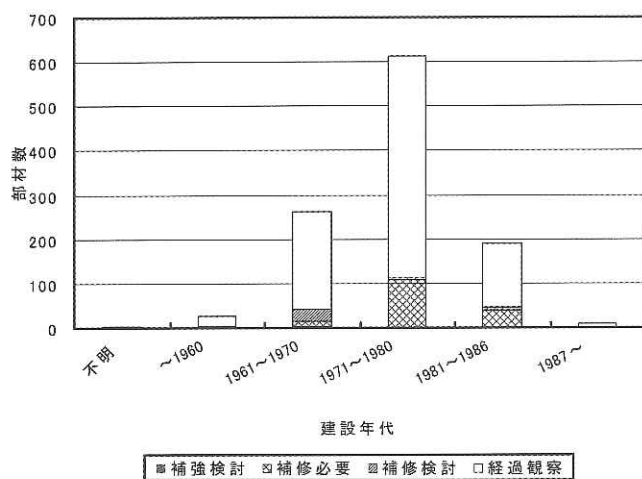


図-4 ASRによる劣化が生じた部材数 (年代別)

していった結果、ASRと判定したものも多く、ASRによる劣化が必ずしも明確ではない事例が多かった。上部構造のASRの判定に関しては、多くの課題が残っていて、今後も詳細な検討が必要であると考えられる。

### 3.4 建設年代の分布

ASRによる劣化が生じている部材の数を年代ごとに整理すると図-4のようになり、1961~1986年の間に集中している。補修を必要とするような劣化が生じている構造物の建設年代は、1961~1986年のものである。一方、1987年以降に竣工した構造物では、劣化事例がほとんどなく、1986年、1989年の旧建設省通達等の抑制対策の効果が現れているものと考えられる。1987年以降の竣工

とされている場合でも多くの場合は、橋梁の下部構造であるために、橋梁の竣工に先立って1986年以前に建設されていた可能性が高い。

劣化が生じている構造物の建設年代が特に1971~1980年の間に集中している理由としてはいくつかの要因が考えられる。まず、この少し前から構造物の建設数が大幅に増えた。このことは、ASRによる劣化構造物の絶対数を増やす要因となりうる。しかし、橋梁の建設数と比較しても、1971~1980年の劣化構造物の率は高い。次に、この時期は、骨材が河川産から碎石等へ移行するなど多様化し、ポンプ施工の普及などでセメント量が増えた時期である。また、海砂の使用はコンクリート中のNaイオン量を大幅に引き上げるが、過去の調査でも、1970年代に初期塩分が多いコンクリート構造物が多かったことが判明している<sup>1)</sup>。また、セメント中のアルカリ量が地域によっては非常に高くなったことも指摘されている。こうしたことは、ASRによる劣化構造物の数を増やす要因となりうる。しかし、残念ながら今回の調査では、原因を特定するまでには到らなかった。

図-4を見ると、1961~1986年の間で補修必要あるいは補修検討の構造物の割合は年代でほとんど変わらないように見える。この理由としては、いくつか考えられる。

まず、ASRによる膨張はほぼ20年以内に収束してしまうため、1986年以前の構造物では補修必要あるいは補修検討の構造物の割合はほぼ一定する、というものである。これとは逆に、劣化は時間とともに進行していくが、新しい構造物ほど劣化速度が大きく、調査を行った2003年がたまたま、補修必要あるいは補修検討の構造物の割合が一定に見える時期にあった、とも解釈できる。しかし、別途行った個別構造物の劣化進行追跡調査<sup>4)</sup>の結果を考慮すると、後者の可能性は低く、前者の解釈が妥当であると考えられる。

### 3.5 補修の実態

ASR劣化に対する補修(事例数は少ないが、補強事例も含む)の実施状況について整理すると、

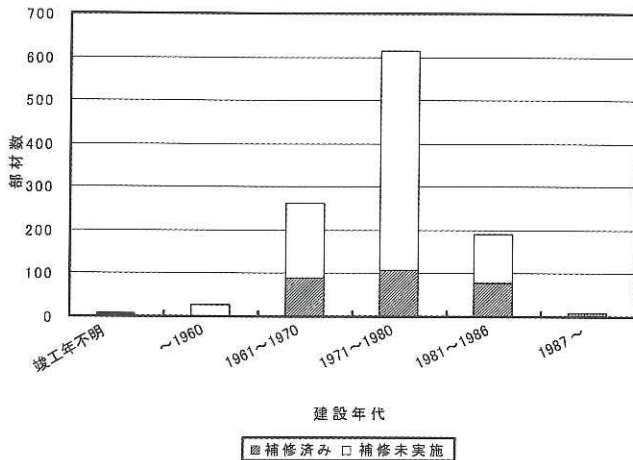


図-5 建設年代と ASR に対する補修の有無の関係

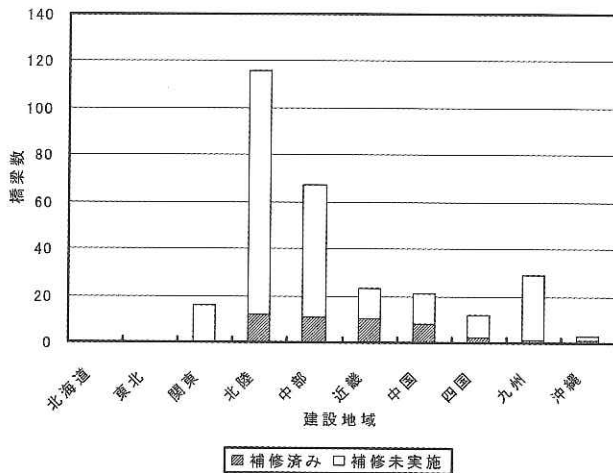


図-6 ASR に対する補修が行われた橋梁数 (地域ごと)

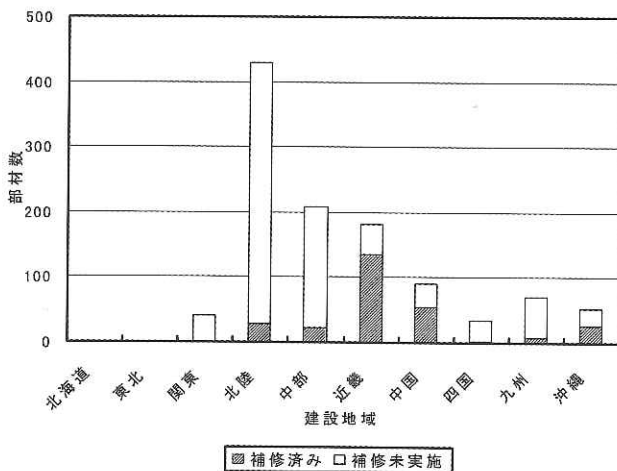


図-7 ASR に対する補修が行われた部材数 (地域ごと)

劣化の影響を受けた287の橋梁のうち補修がなされているのは45橋で、劣化橋梁数の約1/6に該当する。劣化の影響を受けた1105の部材のうち補修がなされているのは、276部材で、劣化部材総数の約1/4に該当する。橋梁ごとに整理した場合より部材ごとに整理した場合の方が補修事例の割合が多いのは、部材の数が多い比較的大規模な橋梁の方が優先的に補修されることや、著しい変状が生じた部材があった場合、その周辺の部材にも予防的な補修（表面被覆など）が行われていること等のためであると考えられる。

建設年代と ASR に対する補修の有無の関係を整理した結果を図-5に示す。必ずしも古い構造物から補修されているわけではなく、補修された部材の割合に着目すると、むしろ比較的最近の1981年～1986年に建設された構造物で補修事例率が高い。また、地域別に補修部材数を整理した結果を図-6、図-7に示す。近畿地方、中国地方などでは、補修された橋梁の割合が比較的高い。これらの地域は1980年代のコンクリートクライシスの際に、ASRによるコンクリート構造物の劣化問題が大きく取り上げられた地域であり、管理者側の問題意識が高く、ASRに対する維持管理が他の地域よりは力が入れたため、補修の実施率が高くなったものと考えられる。

次に、補修の効果について明らかにするため、ASRに対する補修の有無ごとに竣工年代と判定結果の関係を整理した（図-8、図-9）。補修されていない事例では、約1割に対して何らかの手当が必要と判断し、補修が施された事例では約3割で何らかの手当が必要と判断した。つまり、補修が施された構造物の方が、補修されていない事例よりも、劣化が著しい構造物が多く含まれているように見受けられる。これは、もともと劣化が著しい構造物を選定した上で補修が行われているためであると考えられるが、同時に、補修を行っても劣化の進行が完全には停止せず、再劣化を生じている

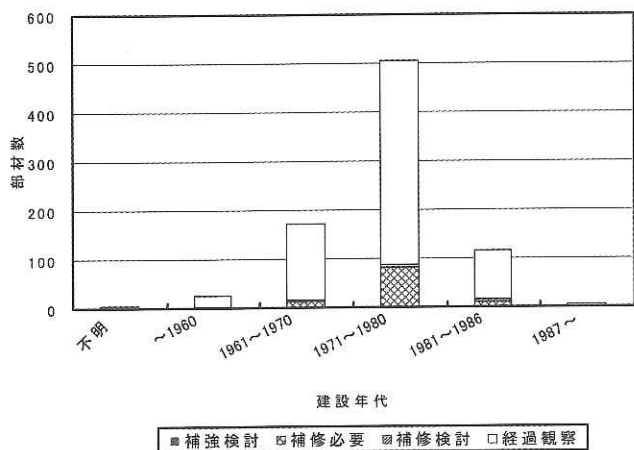


図-8 ASR劣化が生じた部材数 (補修未実施の事例)

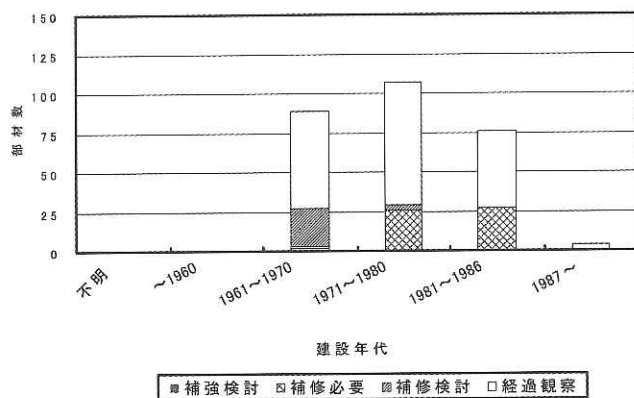


図-9 ASR劣化が生じた部材数 (補修済みの事例)

可能性や補修材自体の劣化も想定できる。とは言うものの、補修されていない事例では約9割が、補修が施された事例では約7割が経過観察と判断していて、全体的には8割は経過観察である。

補修方法としては、ほとんどの場合で塗膜による表面被覆またはひび割れ注入が行われている。橋脚については、鋼板巻き立てによる補強が行われている場合もあるが、これは、耐震補強が主たる目的と考えられる。

#### 4. まとめ

以上の結果をもとに、ASR劣化した道路橋の状況をまとめると以下ようになる。

- (1) 国土交通省が管理する直轄国道にある全橋梁の約2%がASRによる劣化の症状を呈していた。これらはいずれも、1986年以前に竣工したものである。それより以降の構造物では

ASR抑制対策が功を奏し、劣化は見られない。

- (2) ASRの影響を受けた橋梁のうちの約4分の1が、何らかの補修を行ったり、補修の必要性を検討したりすることが必要と判定した。つまり、ASRによる劣化のため、補修を考慮することが必要な橋梁の割合は、直轄国道の全橋梁のうち約0.5%である。
- (3) 地域的に見ると、道路橋のASRの発生率は、北陸と中部で高い。劣化構造物の絶対数もこの地区で多い。北日本では発生率は低い。
- (4) 1961~1986年の間で補修必要あるいは補修検討の構造物の割合は年代ではほとんど変わらない。
- (5) これらを総合すると、ASRによる膨張は多くの橋梁で20年以内に収束したため、1986年以前の橋梁では補修必要あるいは補修検討の構造物の割合はほぼ一定すると考えるのが妥当である。
- (6) ただし、一部の橋梁では補修後も劣化が進行したことを否定できない。

#### 参考文献

- 1) 河野他：既存コンクリート構造物の健全度実態調査結果—1999年度調査結果一、土木研究所資料第3854号、2002.03
- 2) 建設省：総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」報告書1986.06
- 3) 古賀、河野：骨材のアルカリ骨材反応に関する全国調査、土木学会年次学術講演会第5部門、CD-ROM 5001、2004
- 4) 河野他：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追跡調査、土木研究所資料第3955号 2005.02

河野広隆\*



独立行政法人土木研究所  
材料地盤研究グループ長、  
工博  
Dr. Hiroataka KAWANO

古賀裕久\*\*



独立行政法人土木研究所  
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  
Hirohisa KOGA