

骨材のアルカリシリカ反応性とアルカリ溶出との関係

(株)クエストエンジニア 正会員 ○野村 昌弘
 (株)クエストエンジニア 正会員 浅江 大介
 (株)クエストエンジニア 正会員 加賀谷悦子
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下ASR）の発生には、コンクリート中の高濃度なアルカリを有する細孔溶液と反応性骨材が存在することが条件である。この細孔溶液中のアルカリの多くはセメントに由来するものであり、反応性骨材をコンクリートに使用する場合、ASR 対策として低アルカリ形セメントや混合セメントの使用が義務付けられている。しかし、北陸地方のような飛来塩分や凍結防止剤の影響を受ける環境下での構造物では、外部からのアルカリの浸透により、細孔溶液中のアルカリ濃度が上昇し、ASR を促進させることが指摘されている¹⁾。また、北陸地方の骨材の特徴として、アルカリ含有量の高いものがあり、アルカリ成分の一部が長期にわたり溶出し、細孔溶液中のアルカリ濃度を上昇させることも指摘されている²⁾。本論文では、著者らの既発表の文献³⁾⁴⁾より北陸地方の道路構造物のアルカリ起源および主要な反応性岩種である安山岩中のアルカリ含有量を示すとともに、北陸地方を代表する河川水系を有する生コンプラントから採取した川砂に対して実施したアルカリの溶出試験の結果について述べる。

2. コンクリートのアルカリの現状

(1) コンクリート中のアルカリ起源

図1は、1998年に道路構造物から採取したコアより求めたアルカリをその起源毎に分類し、経過年数との関係を示したものである。図1に示す他のアルカリとは、凍結防止剤など外部から浸透したアルカリまたは骨材から溶出したアルカリである。セメントに由来するアルカリの比率は、経過年数に関係なくほぼ一定である。これに対して骨材に由来するアルカリの比率は経過年数が短いものほど高く、経過年数とともにアルカリの比率が低くなっている。また、混和剤+他のア

ルカリの比率は、逆に経過年数が短いものほど低く、時間が経過するに従い、高くなっている。この原因として骨材中のアルカリが時間の経過とともに細孔溶液中に溶出したことや凍結防止剤からアルカリが供給されたことが考えられる。

(2) 骨材のアルカリ含有量

図2は、北陸地方の主要な反応性岩種である安山岩と日本における平均の安山岩中に含まれるアルカリ含

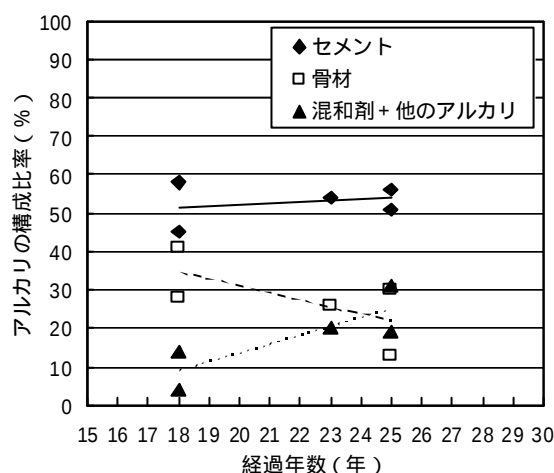


図1 構造物の経過年数とアルカリ供給との関係

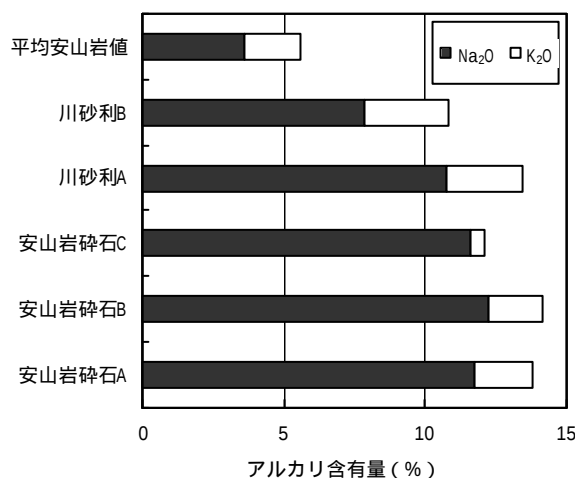


図2 川砂と安山岩碎石のアルカリ含有量

キーワード：骨材，アルカリ溶出，アルカリシリカ反応，アルカリ起源

連絡先：〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 TEL 076-264-7872 FAX 076-264-7878

有量を比較したものである．これらの骨材を使用した構造物では実際に長期にわたり ASR による劣化が確認されている．北陸地方における安山岩は，日本の安山岩の平均値の 1.9～2.5 倍に相当する 13% 程度のアルカリを含有し，その多くは Na_2O によるものである．調査の対象となった北陸地方の道路構造物の川砂利中の安山岩は平均で 2～10% 混入しており，川砂利中の安山岩の比率が 4% を超えると道路構造物に ASR が発生することが判明した³⁾．たとえば，コンクリート中の川砂利 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ を使用し，そのうち安山岩が 4% を占め，安山岩中のすべてのアルカリ 13% が溶出した場合，コンクリート中のアルカリ含有量は約 $5\text{kg}/\text{m}^3$ 増大する可能性が考えられる．

3．骨材からのアルカリ溶出試験の方法

溶出試験に用いた試料は，北陸地方を代表する河川水系を有する生コンプラントから直接採取した川砂 12 種類とした．試料は 0.6～5mm の粒度を有するものとし，そのうち 20 g を 38 ℃ に保持した飽和水酸化カルシウム溶液 40ml に浸漬し，7 日，28 日，91 日間経過した後に，溶液中の Na^+ イオンと K^+ イオンの濃度を原子吸光分析法により求めた．水酸化カルシウム飽和溶液中での浸漬条件は，コンクリート中の実際の環境を模試するものである．

4．骨材からのアルカリ溶出試験の結果

北陸地方の ASR が発生した構造物では，粗骨材にひび割れの発生が認められる場合が多い．この現象は骨材内部まで ASR が発生する可能性があることを示している．骨材からのアルカリ溶出は骨材の比表面積に関係するので，粗骨材よりも細骨材からの影響が大きいと予想される．試験結果を図 3 に示す．川砂から水酸

化カルシウムに溶出するアルカリ濃度は，浸漬日数とともに増加している．91 日経過後においても溶出は収束する様子はないようである．この現象は，コンクリート中においても川砂からアルカリイオンが溶出することを示しており，コンクリート中の総アルカリ量を管理するうえで骨材から溶出のアルカリ量を考慮する必要があると考えられる．川砂からのアルカリ溶出は，主に安山岩，流紋岩中の長石や火山ガラスからのものであり²⁾， Na^+ および K^+ イオンの溶出の特性からアルカリ溶出に参与している構成鉱物が特定できると考えられる．実構造物の ASR 損傷との対応では，u 水系（新潟），ni 水系（長野県）ならびに chi 水系（長野県）の川砂を使用した構造物以外では実際に ASR の損傷が確認されている．j 水系（富山県）の川砂を使用した構造物では 30 年経過後においても ASR の膨張が継続している．

5．まとめ

本研究で得られた主要な結果をまとめると次のようである．

- (1) コンクリート中のアルカリ起源を分類し，経過年数との関係を調べた結果，時間の経過とともに骨材からのアルカリ溶出の影響が確認された．
- (2) 北陸地方の骨材にはアルカリ含有量の高い安山岩が含まれていた．
- (3) 川砂からのアルカリの溶出量は時間の経過とともに増加した．今後，骨材から溶出するアルカリをコンクリート中の総アルカリ量に考慮する必要があると考えられた．

参考文献

- 1) 鳥居和之ほか：凍結防止剤の影響を受けた橋梁の ASR 損傷度の調査，コンクリート工学年次論文集，Vol. 24，No. 1，2002．
- 2) 鳥居和之ほか：アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張挙動に及ぼすセメントと反応性骨材の組み合わせの影響，土木学会論文集，No. 739/V-60，pp. 251-263，2003．
- 3) 野村昌弘ほか：北陸地方における道路構造物の ASR による損傷事例とその評価法，コンクリート工学論文集，Vol. 13，No. 3，pp. 105-114，2002．
- 4) 鳥居和之ほか：北陸地方の反応性骨材の岩石学的特長と骨材のアルカリシリカ反応性試験の適合性，土木学会論文集，No. 767/V-64，pp. 185-197，2004．

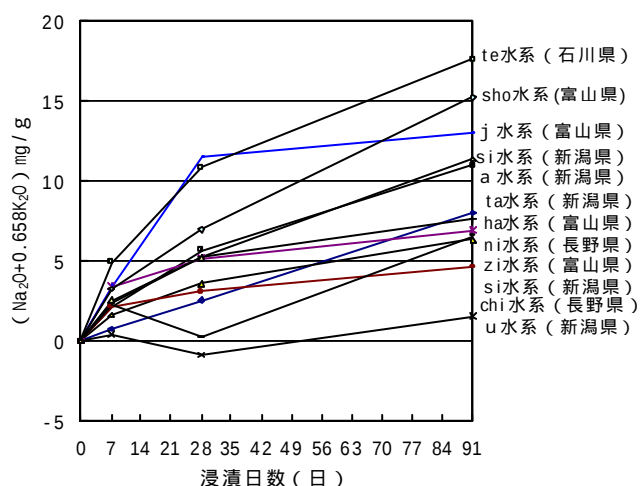


図 3 川砂からのアルカリの溶出