

V-212 蛍光X線法によるアルカリ量・塩素量の推定

鉄道総合技術研究所 正会員 立松 英信

鉄道総合技術研究所 高田 潤

1. まえがき

セメントや海砂の使用などから供給されるアルカリ(Na, K)や塩素(Cl)がコンクリート中に過剰に存在すると、アルカリ骨材反応や鉄筋腐食によるひびわれを誘発したり、炭酸化を促進させる原因となる。従って、コンクリートの耐久性診断においては、その中に含まれるアルカリ量や塩素量の推定を欠かせない。

そこで、取扱いが容易で広域部の平均元素組成を精度よく求められる蛍光X線分析法を応用し、骨材に含まれるアルカリの影響を排除して、セメント硬化体中のアルカリ量・塩素量を推定する方法を検討した。

2. 試験概要

2.1 蛍光X線分析法を用いた推定法

骨材とセメント硬化体は完全に分離することができないため、両者の混合比を適宜変えた試料数点を調整・分析し、外挿法によって、セメント硬化体中のアルカリ量または塩素量を推定する方法である。

実際の手順としては、まず、ハンマーとタガネを用いて骨材をできるだけ砕かないようにモルタルあるいはコンクリートをほぐし、図-1に示すように、ふるいにより骨材に富む試料とセメントに富む試料を得る。骨材に富む試料については塩酸処理を行って0.5~1.0mmの骨材を取り出し、セメントに富む試料と適当な割合で混合して微粉末とし、蛍光X線分析に供する。分析後は、図-2に示すように、横軸に SiO_2 、縦軸にアルカリ量または塩素量の分析値をプロットし、セメントの SiO_2 量に相当する22%のところに直線を外挿して、セメント硬化体中のアルカリ量または塩素量を推定する。

2.2 推定用試料と試験

推定用試料としては、アルカリ量や塩素量を調整したモルタル供試体と、海砂を含み炭酸化が25mm程度にまで進んだ実構造物から採取したコンクリートコアである。

モルタル供試体は、典型的な火山岩と堆積岩の2種の骨材を使用し、①普通ポルトランドセメントに試薬のNaOH, KOHを添加してセメントに対するアルカリ量を1.38% R_2O に調整したもの、②同セメントに試薬のNaClを添加してセメントに対する塩素量を0.2%Clおよび1.0%Clに調整したものの2種類である。これらのモルタル供試体は、湿潤養生後、3材令においてアルカリ量を、また、1材令において塩素量を推定した。

コンクリートコアは、粗骨材をできるだけ混入させないように注意深くモルタル部分を取り出し、表面から深さ方向にアルカリ量および塩素量を推定した。

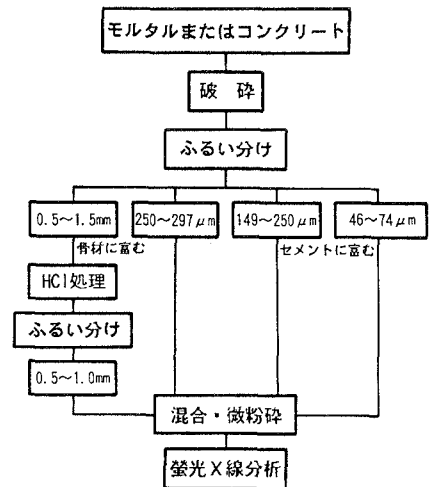


図-1 分析用試料の調整

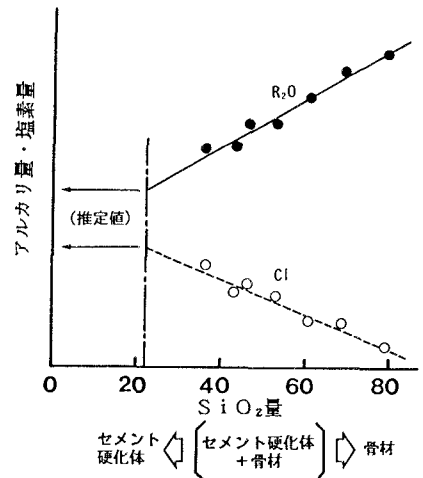


図-2 外挿法による推定

3. 試験結果および考察

3.1 モルタル供試体による推定

最初に、アルカリ量を $1.38\%R_2O$ に調整したモルタル供試体について、3材令におけるセメント硬化体中のアルカリ量の推定結果は図-3に示すとおりである。

反応速度の大きい火山岩系骨材Aを使用したモルタル供試体では、材令3日時点で既に $0.63\%R_2O$ になっており、その後材令の経過とともに下がっていく。一方、反応速度の小さい堆積岩系骨材Bを使用したモルタル供試体では、材令3日の推定値は $1.47\%R_2O$ で、当初調整したアルカリ量に近い値となっているが、その後は僅かずつ減少する。以上の結果から、骨材Aを使用した供試体では、初期からアルカリの骨材への吸着・侵入がおこり、セメント硬化体中に残存するアルカリ量は急激に減少したものと考えられる。

また、塩素量が $0.2\%Cl$ および $1.0\%Cl$ のモルタル供試体について、材令3日のセメント硬化体中の塩素量の推定結果は表-1に示すとおりで、当初調整した塩素量に極めて近い値となっており、本推定法の信頼性が確認された。

3.2 コンクリートコアによる推定

実構造物から採取したコアについて、表面から深さ方向に沿って、セメント硬化体中のアルカリ量および塩素量の推定結果を図-4に示す。

炭酸化が進んでいる表層部でアルカリ量は多くなり、塩素量は少なくなっている。また、表面から50mm付近の非炭酸化部では、逆に、アルカリ濃度が下がり、塩素の極度の濃縮を生じていることがわかる。この現象は、小林ら⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾が炭酸化に伴う物質移動について、アルカリが表面部に塩素が内部に濃縮するという報告とよく一致しており、鉄筋位置における塩素の濃縮はコンクリートの耐久性にとって重大な問題であるといえよう。

4. まとめ

蛍光X線分析法と外挿法を併用することによって、セメント硬化体中のアルカリ量と塩素量をかなりの精度で推定できることが明らかになった。この方法は、アルカリ量と塩素量を蛍光X線分析の同時測定によって求めることができ、劣化コンクリートの現象解析、ひいては、実構造物の診断に有効であることが確認された。

〔参考文献〕

- 1) 小林一輔他：塩化物を含んだコンクリートの炭酸化による塩素の濃縮現象（Ⅰ），生産研究，40巻，11号，pp. 33～36.
- 2) 同（Ⅱ），生産研究，41巻，4号，pp. 30～32.
- 3) 同（Ⅲ），生産研究，41巻，12号，pp. 42～44.

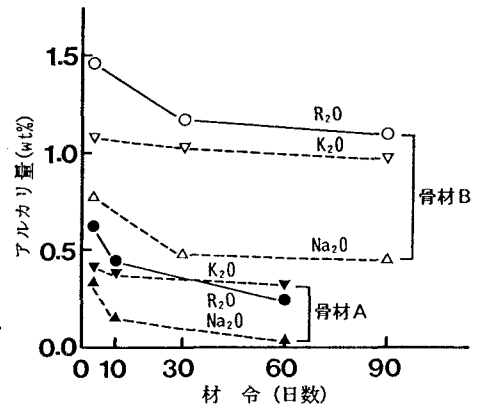


図-3 アルカリ量の推定結果
(モルタル供試体)

表-1 塩素量の推定結果

	骨材A使用 モルタル		骨材B使用 モルタル	
含有量(wt%)	0.20	1.00	0.20	1.00
推定量(wt%)	0.19	1.06	0.22	1.03

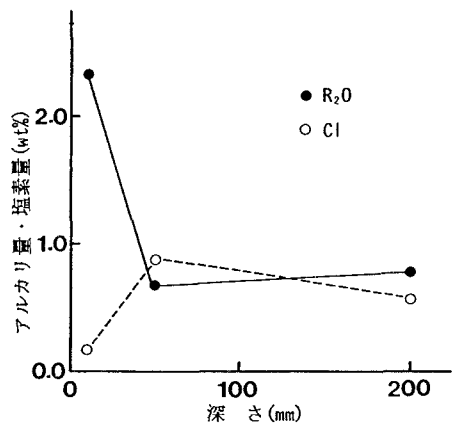


図-4 アルカリ量・塩素量の
推定結果（コンクリートコア）