

即発 γ 線分析手法を用いたコンクリートの成分の定量分析に関する基礎的研究

愛媛大学（院）学生会員 ○山手望知世 正会員 氏家勲 岡崎慎一郎
日本原子力研究開発機構 非会員 松江秀明

1. はじめに

RC 構造物の劣化には塩害や中性化などが挙げられ、これらに対する耐久性診断・維持管理技術の確立に関する重要性が高まっている。劣化因子はコンクリート表層から内部の鉄筋位置へと移動することから、劣化診断を行うためには、かぶり部分の劣化因子の濃度分布を知る必要がある。これまでの研究では、即発 γ 線分析手法(Prompt Gamma-ray Analysis : PGA)という非破壊検査手法を用いて、コンクリートに損傷を与えることなく、表面に濃度ピークがある供試体の塩分濃度分布を推定できることがわかった。本研究では、配合の異なるモルタルで本測定を行うことにより、供試体の配合が即発 γ 線分析結果に与える影響に関する検討を行った。

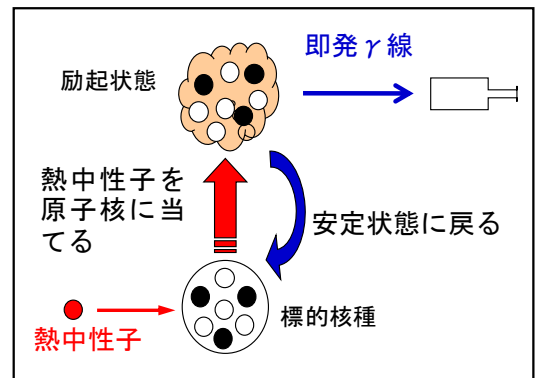


図1 即発 γ 線分析

2. 即発 γ 線分析

即発 γ 線分析(以下、PGA)は、以下の原理に従う。図1のように、測定対象物中に含まれる元素の原子核に熱中性子が捕獲された際、核種は励起状態となる。励起状態から安定状態に戻る際に即発 γ 線が放射される。これを放射線検出器によって測定し元素分析を行う方法である。対象物中の多元素同時測定が可能であり、エネルギースペクトル中でのピークの位置とピークの面積(即発 γ 線計数)から含有元素を定性・定量分析できることが特徴として挙げられる。この分析方法は対象物を非破壊で試料調整の必要性がなく、さらに少量の試料で比較的短時間に分析できるという利点がある。通常、かぶりコンクリートの試験は、コアリングによる破壊検査が一般的であり、これは大きいうえ、また採取後はモルタルを用いて埋め戻すために、うことができないという欠点を有する。この欠点を補うための求められている手法である。

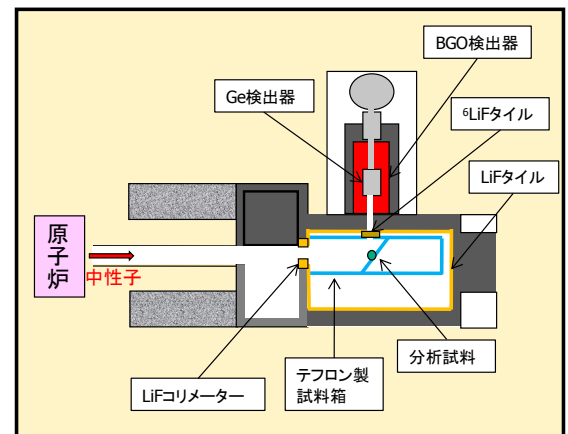


図 2 PGA 装置

3. 実験方法

測定試料はモルタル(一部セメントペースト)であり、配合は W/C=(40,50,60%), S/C=(0,100,200%)である。セメントには普通ポルトランドセメントを、細骨材にはカルシウムを含まない豊浦標準砂を使用した。また、塩分を含ませる目的で塩化物イオン濃度がセメントに対して 3wt%含まれるよう塩化ナトリウムを添加している試料も各配合で用意した。PGA 装置(図 2)は、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に設置されているものを使用した。また、中性子ビームの照射時間は 500 秒で統一した。

キーワード 即発 γ 線分析, 成分分析, 塩素, カルシウム, ケイ素

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻 Tel 089-927-9819

4. 測定結果

セメント、細骨材、塩化ナトリウムの主成分である Ca, Si, Cl のピークに着目し、各材料の単位量によりそれらのピークの計数がどのように変化するかを調べた。図3, 4, 5によると、各成分はそれらを含む材料の単位量と比例関係であることが確認できる。 Ca と Cl に関してはセメントおよび塩化ナトリウムの単位量が 0kg になれば計数もほぼ 0 になる。つまり、原点を通る直線を引くことでその直線をセメントと塩化物イオンに関する検量線とすることができる。 Si に関しては、骨材量が 0kg であっても計数は 0 にならない。これは、セメントにも Si が含まれていることが原因だと考えられる。

図6によると、セメントに対する骨材の量を表す S/C の変化に対して、 Si/Ca は比例して増加する一方で、 Cl/Ca の値はほぼ一定の値をとっている。 Cl/Ca はこれまでの研究で即発 γ 線計数比として濃度分布推定に用いる重要なパラメータである。骨材量によらず計数比が一定の値をとることから、計数比を測定する際に試料の骨材量に関する影響はないものと考えることができる。図7からは $\text{W/C}=50\%$ と 60% は同じ値になったが 40% で低めの値になった。塩化物イオンはセメントに対して同割合で含まれているので、理論的には $\text{W/C}=40\%$ も同値になるはずである。今後の実験で再確認したい。

5. まとめ

これまでは単一の配合での実験に留まっていたが、今回は配合の相違が分析結果に与える影響を検討した。

その結果、PGA による分析結果は、測定試料の量と比例関係の値を得るということが確認できた。このことから、将来的に検量線を用いたコンクリートの成分分析および配合推定などの手法が考えられる。さらに、即発 γ 線計数比を用いた塩分濃度分布推定に関して、分析で得られる即発 γ 線計数比への骨材量および水セメント比などの配合の影響はないと考えられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(基盤研究(B)課題番号 21360207)、および科学技術振興機構地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発推進プログラム平成21年度「シーズ発掘試験」の補助を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1)山田耕大, 氏家勲: コンクリート中の塩化物イオン濃度分布の非破壊測定に対する即発 γ 線分析の適用性について, コンクリート工学年次論文集 Vol30, No2, pp.757-762, 2008

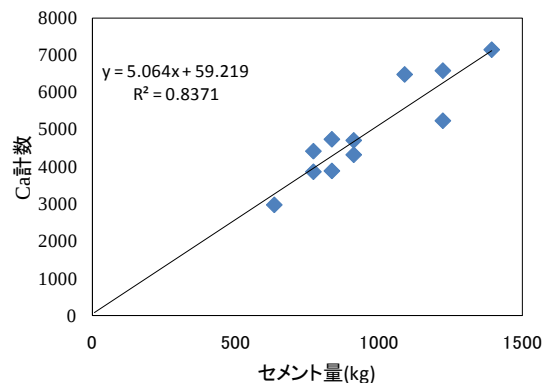


図3 Ca 計数—単位セメント量

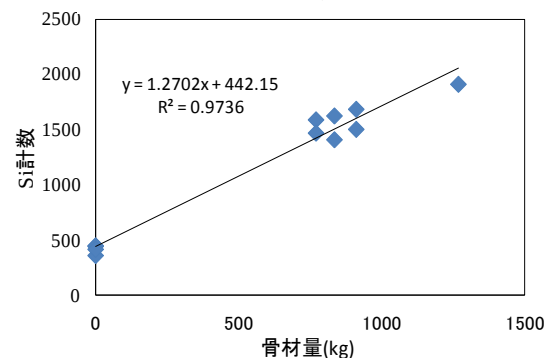


図4 Si 計数—単位骨材量

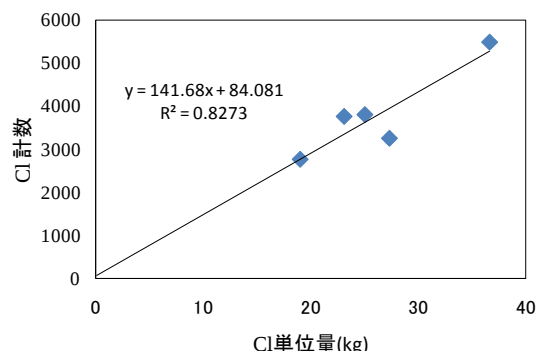


図5 Cl 計数—単位塩化ナトリウム量

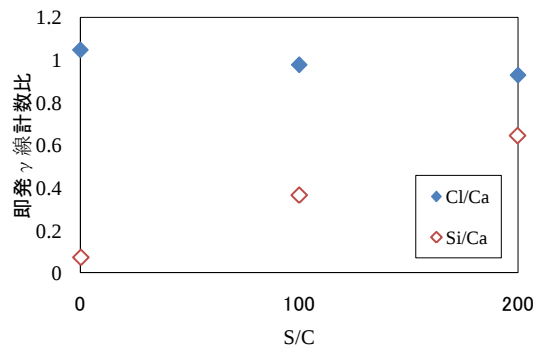


図6 即発 γ 線計数比 - S/C

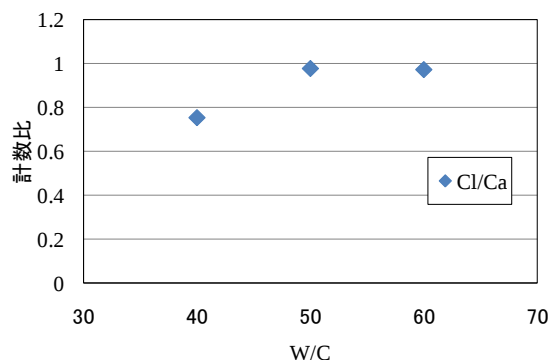


図7 計数比 - W/C