蛍光X線を用いた簡易的な塩化物イオン濃度の測定方法の提案

香川高等専門学校　正会員　○林　和彦
香川高等専門学校　井上　翼
西日本高速道路エンジニアリング四国　正会員　林　詳悟

1．はじめに

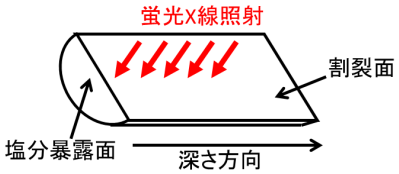
既設の海洋コンクリート構造物や凍結防止剤の散布される構造物の塩化物イオンの拡散係数の測定にはコア採取，切断，粉砕を経て電気化学的に塩分濃度を測定する必要があり，膨大な手間が生じるため，より簡易的な測定方法が求められる．そこで蛍光X線による塩化物イオン測定方法を採用し，コンクリート切断粉を採取して利用することで，その手間を減らすことを検討した．

2．測定方法の概要

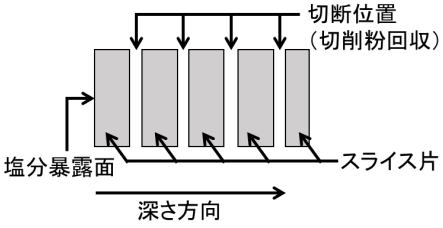
供試体の塩化物イオンの拡散係数を取得するために，滴定等の化学的方法に依らない蛍光X線装置を用いて塩化物イオン濃度を測定することとした．深さごとの塩化物イオン濃度を得る必要があるため図1の2種類の方法で検討した．

方法(a)は面に対して垂直に蛍光 X 線を照射して深さごとに塩分濃度を点として測定する方法である．この方法では骨材の分布と測定点数の関係を明らかにする必要性や，試料を乱さないよう割裂した面が凸凹であるため測定結果に影響を及ぼす恐れがある．

方法(b)は供試体を深さ毎にスライス切断する際に発生する切削粉自体を回収し，その粉末の塩化物イオン濃度を直接測定する方法である．スライス片を粉砕せずに粉末を取得できること，簡易法として従来用いられているドリル削孔で骨材の偏在の影響を排除するために削孔数を増やす手間が軽減できるメリットがある．



(a)面に対する直接照射測定



(b)切削粉を用いた粉末測定

図1　測定方法

3．実験の概要

供試体は本来であれば塩分を含有するコンクリートからコア採取された供試体を用いるべきであるが，今回は円柱供試体を塩分浸漬させた供試体を用いた．濃度 10%の塩水に浸漬しており，開放面以外はアルミニウムおよびエポキシ樹脂でコーティングしているため，湿式によるコア採取時に切削面の塩分が乱されていない理想的な状態となっている．供試体は幅100mm，高さ200mmの円柱を縦に割裂したものである．

3.1　蛍光X線装置の距離の影響

方法(a)においては，切断等による塩分が乱されない測定面を割裂によって用意するものの，割裂面は粗骨材の存在や割裂面の湾曲等で蛍光X線装置からコンクリート面までの距離が測定毎に変化する．よって装置からコンクリートの測点までの距離の変化による蛍光X線の測定結果へ及ぼす影響を調べた．表面塩化物イオン濃度の大小2種類のコンクリートについて，蛍光X線装置の照射部からの距離を変化させて測定した．得られた結果を図2に示す．照射部からの距離の増加に応じて，測定で得られ

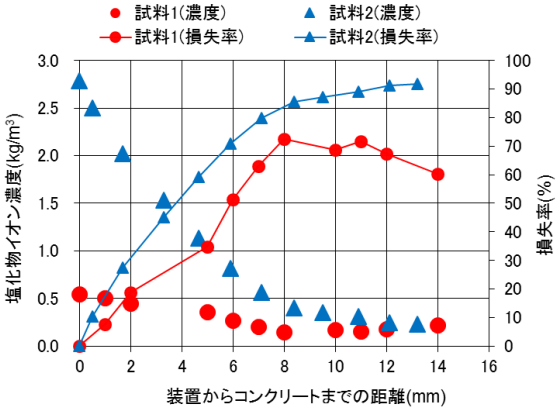


図2　距離の影響

キーワード　蛍光X線分析，コア採取，塩化物イオン拡散係数，切削粉
連絡先　〒761-8058　香川県高松市勅使町355　ＴＥＬ087-869-3920

る塩化物イオン濃度が低下することがわかる．割裂面の凹凸は数 mm に達するため，測定時に距離の影響を大きく含んでしまうことが予想され，このままでは方法(a)は適用が難しい．

3.2 供試体切断時の切削粉回収

方法(b)において深さごとのコンクリート粉を得るために，ダイヤモンド刃を用いた高速切断機で暴露面と平行（深さ方向に垂直）にスライスし，その切削粉自体を回収した．切断毎に切削粉が混ざらないように，エアーコンプレッサを用いた圧縮空気で切断機周辺の粉を除去した．蛍光 X 線分析には約 5g 程度の粉が必要であり，今回は他の塩分濃度測定手法（チオシアン酸第二水銀吸光光度法，検量線作成目的）との比較のためにさらに 10g 以上の粉末が必要となる．供試体後部に受け皿を配置すると，リバウンドにより回収率が低かったため，種々検討した結果，箱形の回収箱を用いることにした．形状は**図 3** に示し，材質は使用後水で洗い再度使用できるように塩化ビニル製の薄板を使用することにした．箱から漏れた粉は空中に舞い上がり回収できないため，覆いの中で切断を行い空中に舞った切削粉を堆積させて回収する方法も併せて検討した．

この回収箱を切断機内にセットして(**図 4**)切断した結果，7 回の平均で回収箱から 5.9g(回収率 20%)，堆積により 10.5g(回収率 35%)，合計 16.4g(回収率 55%)を得ることができた．今回の割裂後の供試体ではなく円柱をそのまま切断するとおよそ 2 倍の量は確保できる．ただしその場合，コア採取時の表面の塩分量が湿式切断により乱される影響範囲を把握し，その部位を除去する等の対処が必要となる．

3.3 スライス片粉砕と切削粉の比較

図 5 に示す寸法で切断を行い，隣り合うスライス片と切削粉を 3 体ずつチオシアン酸第二水銀吸光光度法により塩化物イオン濃度を測定した．スライス片の厚み(13.5mm と 12mm)，切断部位の厚み 3mm の重心の位置で評価した．その結果を**図 6** に示す．得られる結果は必ずしも直線とはならないものの，今回はそれぞれ 3 つの点を結ぶ直線がほぼ一致していることがわかる．

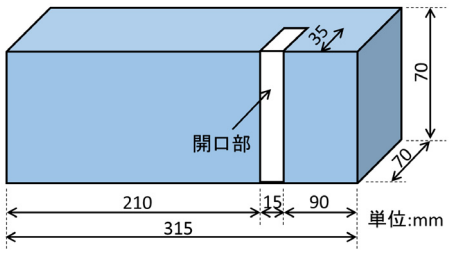


図 3 回収箱の寸法

図 4 切断状況

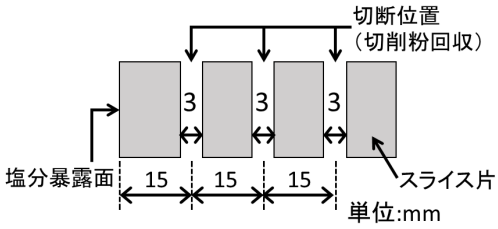


図 5 供試体の寸法

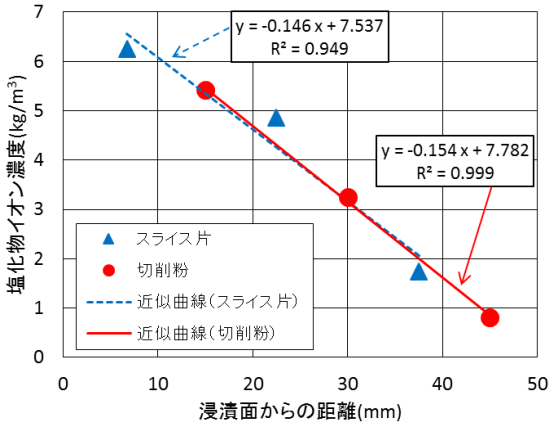


図 6 スライス片と切削粉の比較

4．まとめ

1) コンクリート切断時に発生する切削粉を用いて塩分分析を行うことで，粉砕の手間を大幅に軽減できる．

2) コンクリート切削粉の回収方法について検討し，回収箱を用いた捕捉と舞った粉の回収を併用すると 55%の回収率を得た．この量は蛍光 X 線分析および化学分析に対して十分な量を確保できる．

3) 蛍光 X 線分析装置は対象物までの距離の増加によって測定値が減少するため，割裂面に対しては距離の補正なしには適用が困難である．

謝辞 横浜国立大学細田暁研究室に塩分浸漬後のコンクリート供試体の提供を得た．本研究の一部には 2014 年度一般財団法人港湾空港総合技術センターの研究助成を得た．ここに記して謝意を表す．