海洋環境下で長年供用された橋梁への簡易塩分量測定法の実施例

独立行政法人土木研究所　正会員　○田中秀治　正会員　松浦誠司
正会員　　古賀裕久　正会員　河野広隆

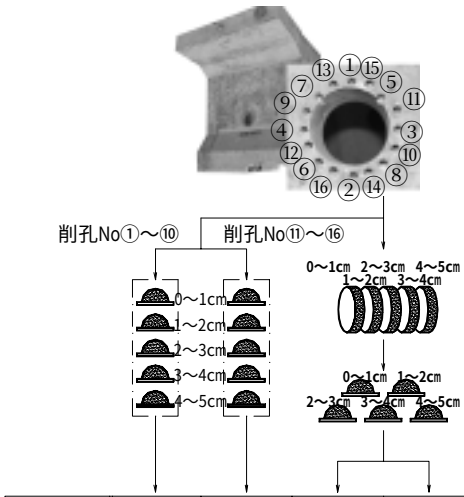
１．はじめに

塩害環境下にあるコンクリート構造物の維持管理を行う上で，コンクリート中の塩分の濃度分布やその経時変化を把握することは重要である．しかし，従来から一般的に行われている塩分量調査は，φ100mm 程度のコアを採取するため構造物に与える影響が大きく，鉄筋が過密に配筋されている場合などは鉄筋を傷つける恐れがある．また，塩化物イオン量の定量は特別な試験装置や硝酸等の試薬を必要とするため，測定には経費や時間がかかるなどの問題がある．そこで，試料採取では構造物への影響を極力小さくしたドリルや小径のコアなどを用いた方法が提案[1)]されており，塩化物イオン量の定量では簡易で経済的な試験紙法（モール法による試験紙タイプの塩分測定計）などの方法が試みられている．しかし，簡易塩分量測定法が実際の構造物に対して行われた検討例はまだ十分ではない．

本報では，日本海沿岸で 30 年以上供用された 2 橋のポストテンション PCT 桁で，振動ドリルにより採取した試料に対し試験紙法で塩分量測定を行った結果を報告する．また，従来から行われている方法で測定した結果と比較して簡易塩分量測定法の実構造物への適用性を検討した．

２．実験方法

試料は，コアドリル（φ100㎜）と振動ドリル（φ12㎜）によりできるだけ近い部分から深さ 50㎜ まで採取した．コアは深さ方向に 10㎜ ピッチで切断後，149μm 以下に微粉砕した（コア試料）．ドリル粉は削孔深さ 10㎜ ピッチで採取しそのまま使用した（ドリル試料）．コア試料は JCI 法（JCI-SC4 の電位差滴定法による測定法[2)]）により全塩化物イオン量と可溶性塩化物イオン量を測定した．ドリル試料は JCI 法により全塩化物イオン量を測定し，試験紙法により可溶性塩化物イオン量を測定した（図-１）．試験紙法とは，試料（2～5g）に含まれる塩化物イオンを 50℃の温水（10ml 程度）で 30 分間抽出し，その濃度を試験紙タイプの塩分測定計により測定するものである．



試料採取法	ドリル	ドリル	コア	コア
塩分定量法	JCI法	試験紙法	JCI法	JCI法
測定項目	全Cl⁻	可溶性Cl	全Cl⁻	可溶性Cl
名　称	ドリル法	簡易法	従来法	従来法

試料採取法
上部工ウェブより採取
・コア　：φ100㎜×50㎜-１本/箇所
・ドリル：φ12㎜×50㎜-16個所/箇所

試料調整
・コア　：深さ方向に10㎜ピッチに切断
・ドリル：削孔深さ10㎜ピッチで採取
削孔No①～⑩JCI法用試料
削孔No⑪～⑯試験紙法用試料

粉末試料作製
・コア　：149μm以下に粉砕
・ドリル：粉砕は行わない

塩化物イオン量の定量
・コア　：JCI法で全Cl⁻と可溶性Cl⁻を測定
・ドリル：JCI法で全Cl⁻を測定
試験紙法で可溶性Cl⁻を測定

※　試験紙法において、抽出液はろ過を行わない。
※　試験紙法において、塩化物イオン換算表は『溶液･骨材用』を使用した。

図-1　実験方法

３．測定方法の違いによる比較

ドリル試料に対し JCI 法で塩化物イオン量を測定する方法（以下，ドリル法と記す）とコア試料に対し JCI 法で塩化物イオン量を測定する方法（以下，従来法と記す）で全塩化物イオン量を測定した結果の比較を図-２に示す．A 橋の第２主桁（以下，主桁は G2 のように記す），B 橋 G5 はどちらの測定方法でもほぼ同じ測定結果が得られた．一方，A 橋 G3 と B 橋 G1 では両法の測定結果に違いが見られ，A 橋 G3 はドリル法の測定結果が従来法よりも大きく，逆に B 橋 G1 では小さかった．両法の測定結果の差は表層になるほど大きくなる傾向があった．ドリル法と従来法の塩化物イオン量の定量法が同じであることから，両法の測定結果が調査箇所ごとで異なる傾向を示した原因は，粉末試料作製までにあると考えられる．粉末試料作製までに測定結果に影響を及ぼす原因としては，ドリルとコアの試料採取位置の違いによる塩化物イオン含有量の違いや，試料を分取する際の表面からの削孔深さの誤差が考えられる．しかし，本実験ではドリル

キーワード　塩化物イオン，ドリル，簡易塩分量測定法，全塩化物イオン量，可溶性塩化物イオン量
連絡先　〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6　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 TEL029-879-6761

孔とコア孔の間隔は数㎜程度とほとんどなく，同一箇所の試料であると考えられる．また，ドリル削孔深さは削孔毎でほとんど変わらなかったので，これらの要因により測定結果の傾向に違いが生じたとは考えにくい．その他の原因としては，ドリル試料はコア試料に比べ，コンクリートの強度や骨材量などの影響を受け，ドリル粉の粉末度が変動することや，コアドリル使用時に塩化物イオンが冷却水へ流出することなどが考えられるが本実験では原因を明確にする事ができなかった．

ドリル試料に対し試験紙法で塩化物イオン量を測定する方法（以下，簡易法と記す）と従来法で可溶性塩化物イオン量を測定した結果の比較を図-3 に示す．A 橋 G2，B 橋 G5 では図-２と同様に測定方法の違いによる測定結果の差は見られなかった．A 橋 G3 は表層部のみ簡易法の測定結果が従来法よりも大きかった．B 橋 G1 では図-2 と同様に簡易法の測定結果が従来法より小さくなり，両法の測定結果の差は表層になるほど大きくなる傾向があった．調査箇所ごとでドリル試料とコア試料を異なった塩分定量法で測定した場合は，図-2 に示す同一定量法で測定した結果と同じ傾向を示した．このことより，試験紙法と JCI 法による塩分定量結果には差がないものと思われる．

４．可溶性塩化物イオン量と全塩化物イオン量の比較

簡易法による可溶性塩化物イオン量と従来法による全塩化物イオン量の関係を図-４に示す．本実験では 2 構造物から 2 箇所ずつ計４箇所の調査結果であるが，構造物ごとで簡易法による可溶性塩化物イオン量と従来法による全塩化物イオン量には相関性があった．既往の研究によると，全塩化物イオン量に対する可溶性塩化物イオン量の割合は 50～70%程度であるが，本実験においてその割合は A 橋で 90%程度, B 橋で 70%程度であり若干高い割合となった．

５．まとめ

本実験では，以下の結論が得られた．また、（２）を今後の課題としたい。

（１）ドリル法と従来法による全塩化物イオン量の測定結果は，2 調査個所で等しく，1 調査個所でドリル法が高く，1 調査個所でドリル法が低くなった．また，簡易法と従来法による可溶性塩化物イオン量の測定結果も同様であった．

（２）本実験では，測定方法の違いで塩化物イオン量に差が生じた原因を明確にすることはできなかったが，試料調整段階までに原因があると思われる．

（３）簡易法による可溶性塩化物イオン量は従来法による全塩化物イオン量の 70～90%程度であり，この割合は構造物で異なっていた．

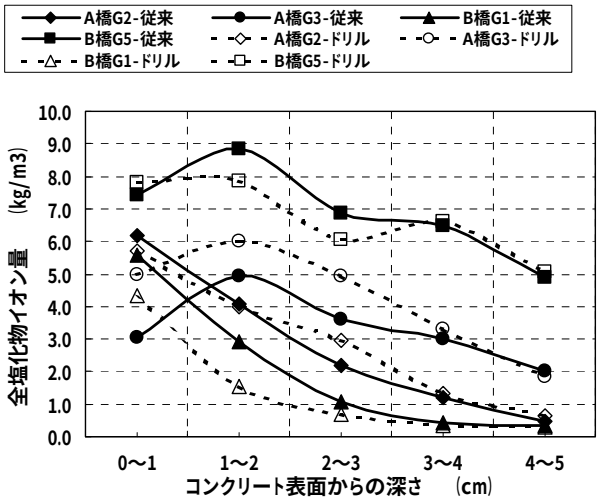


図-2 全塩化物イオン量測定結果

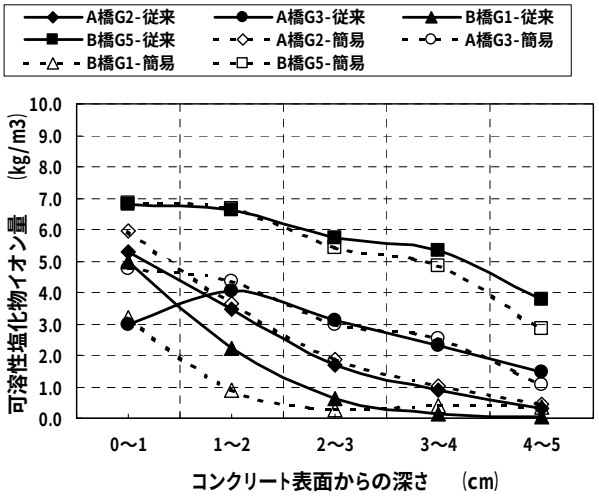


図-3 可溶性塩化物イオン量測定結果

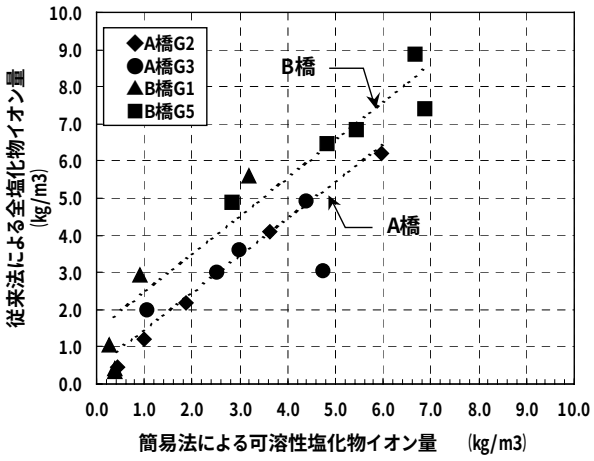


図-4 簡易法による可溶性塩化物イオン量と従来法による全塩化物イオン量の関係

参考文献

１）例えば，伊藤始　石上鉄雄　横田李彦　重松英造　野永健二　佐原晴也：試料の採取方法が塩化物イオン量の測定精度に及ぼす影響，土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集第 5 部，pp648～pp649

２）日本コンクリート工学協会：硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法（JIS-SC4）