

コンクリートの不溶残分による塩化物イオン濃度の補正方法の検討

三菱マテリアル株式会社
株式会社八洋コンサルタント
株式会社中研コンサルタント

正会員 ○針貝 貴浩
正会員 田中 章夫
正会員 川俣 孝治

1. はじめに

ドリル粉を用いた硬化コンクリートの塩化物イオン(以下：Cl-)濃度測定法(以下：ドリル法)は、構造物への影響が軽微であり、短時間で多くの試料を採取可能という点でコンクリートコアを用いた Cl-濃度測定法(以下：コア法)より有利である。しかしながら、ドリル法はコア法と比較して、絶対値が大きくなること¹⁾、測定値のばらつきが大きいこと²⁾などが指摘されている。これまで筆者らはドリル法におけるドリル径および削孔深さに着目し、ドリル径および削孔深さが小さいほど Cl-濃度測定値のばらつきが大きくなることを示した³⁾。ドリル法による Cl-濃度測定値がばらつく要因として、骨材とセメントペーストの構成比率が採取する場所により一様ではないことが示唆されており、表層部では採取時に骨材よりも柔らかいセメントペーストを選択的に削孔することも考えられる。そこで、本報では Cl-濃度と不溶残分(以下：insol.)の関係式により骨材の影響を補正し、ドリル法による測定値のばらつきを低減する方法を検討した。

2. 試験概要

1) 使用材料およびコンクリートの配合

試験に用いたコンクリートの使用材料および配合を表1、表2に示す。骨材は天然の陸砂および砂岩砕石を用いた。コンクリートの W/C は 55%，NaCl は Cl-換算で 0.3kg/m³、1.2kg/m³、および 5.0kg/m³ となるように練混ぜ水に添加し、50×50×80cm の柱を模擬した型枠へ打設した。

2) 供試体の養生とドリル粉およびコアの採取

コンクリート打設後、型枠のまま材齢 28 日まで養生した。脱型後、供試体は屋内にて気中養生とした。材齢 1 年後のコンクリート鉛直側面の中間部(下面から 35～45cm)から、φ75mm のコアおよびφ20mm のドリルを用いて試料を採取した。コアは、半割し表層から深さ 60mm まで 10mm 間隔でスライスした後、150μm 以下に粉砕したものを試料とした。また、深さ 60-100mm のコアでも insol.を測定し、当該コンクリートの代表的な insol.を示すものと仮定し、評価した。ドリル粉の試料は、近接する 3 か所の合併試料とし、表層から深さ 60mm まで 10mm 間隔で深さごとに採取した。なお、測定には 150μm 以下に粉砕したものをを用いた。

3) 試験項目

コアおよびドリルにより深さごとに採取した試料を用いて、Cl-濃度測定および insol.測定を実施した。また、試料採取時の中性化深さに関しても測定を実施した。Cl-濃度測定は JIS A 1154:2012「硬化コンクリート中の塩化物イオン濃度測定」により全 Cl-量として評価した。insol.測定はセメント協会法(F18 法)に従い、塩酸(1+100)処理後の不溶残分から求めた。中性化深さは、はつり出した試料にフェノールフタレインを吹きかけ、デプスメータにて測定した。

表 1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	大井川水系陸砂
粗骨材	砂岩砕石 2005
混和剤	AE 減水剤

表 2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	Slump (cm)	Air (%)	Unit Weight(kg/m ³)			
					W	C	S	G
20	55	45	8	4.5	165	300	808	1016

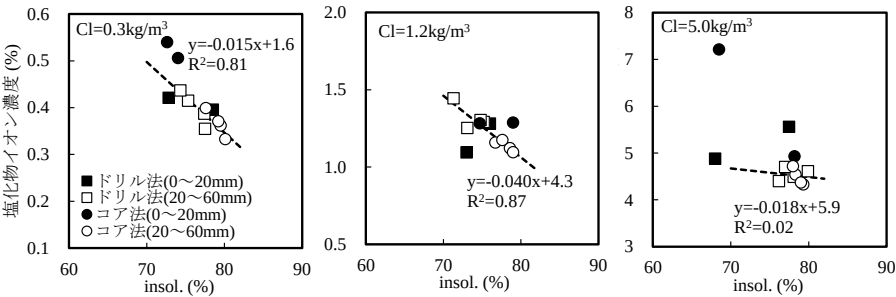


図 1 塩化物イオン濃度と insol. の関係

の塩化物イオン濃度測定」により全 Cl-量として評価した。insol.測定はセメント協会法(F18 法)に従い、塩酸(1+100)処理後の不溶残分から求めた。中性化深さは、はつり出した試料にフェノールフタレインを吹きかけ、デプスメータにて測定した。

3. 試験結果

図1に insol.と Cl濃度の関係を示す．なお図中の近似式および決定係数 R^2 は，中性化の影響が少ないと考えられる供試体表面から深さ 20-60mm の試験結果から算出した．insol.と Cl濃度には負の相関があり，供試体の Cl濃度が低い $Cl: 0.3\text{kg/m}^3$ および 1.2kg/m^3 では強い相関関係を示したが，Cl濃度が高い $Cl: 5.0\text{kg/m}^3$ では相関関係は確認されなかった．図2にコア法およびドリル法それぞれの Cl濃度を insol.との関係式により補正した結果を示す．insol.による補正值は，式1の方法で算出した．

$$C_{Cl}' = C_{Cl} - b \times (C_{CO} - C_{insol.}) \quad \dots \text{式1}$$

ここに， C_{Cl}' : 補正した Cl濃度(%)
 b : コア法またはドリル法の Cl濃度と insol.の関係から算出された関係式の傾き
 C_{Cl} : コア法またはドリル法により測定された Cl濃度(%)
 C_{CO} : コアの 60～100mm の深さの insol.値(%)
 $C_{insol.}$: コア法またはドリル法により測定された insol.値(%)

補正前の表層部(0-20mm)では，型枠の壁効果によるペーストの構成比率の増加に伴い，Cl濃度の増加する傾向がみられるが，補正により Cl濃度が低減する傾向が認められた．一方で，insol.による補正後も表層部では Cl濃度の急激な増加が見られ，これは中性化による影響と考えられる．供試体の中性化は，試料を採取した時点で 3.0mm から 4.3mm 程度進行しており，これにより表層部で分解された Clがコンクリート内側の未中性化領域に移動し，Clが濃縮したものと推察される⁴⁾．

図3にコンクリートコアおよびドリル粉の深さ方向(0-60mm, 20-60mm)の Cl濃度測定値の変動係数を示す．中性化の影響がないとされる 20-60mm の領域では，insol.による補正により，ドリル法の $Cl: 0.3\text{kg/m}^3$ および 1.2kg/m^3 の変動係数は低下したが， $Cl: 5.0\text{kg/m}^3$ の変動係数は増加した．これは図1において， $Cl: 5.0\text{kg/m}^3$ では Cl濃度と insol.の相関が認められず，insol.による Cl濃度の補正が困難であったことに起因すると考えられる．

4. まとめ

Clと insol.の関係からドリル法による Cl濃度測定の補正について検討した．試験結果より得られ知見は以下のとおりである．①中性化領域では，Clの濃縮により測定値のばらつきが大きくなる．②Cl濃度が低い場合，Cl-insol.の関係式により補正することで，ドリル法の測定のばらつきを低減することができた．

参考文献

- 1) 松浦誠司，古賀裕久，田中秀治，佐原晴也：ドリル削孔粉による塩化物イオン量測定の精度，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，2003
- 2) 伊藤始，水川靖男，野永健二，佐原晴也：小径コアによる塩化物イオン量の測定方法に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1665-1670，2002
- 3) 川俣孝治，田中章夫，木村祥平：ドリル径および削孔深さがコンクリートドリル粉の骨材比率に及ぼす解析的検討，土木学会第74回年次学術講演会講演概要集，2019
- 4) 佐伯竜彦，植木聡，嶋毅：塩害と中性化の複合による塩化物イオンの浸透予測モデルの構築，土木学会論文集，No.697，Vol.54，pp.131-142，2002

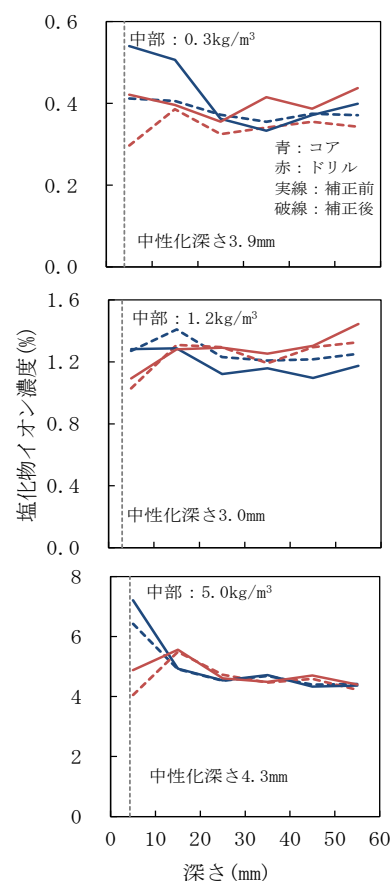


図2 insol.により補正した Cl

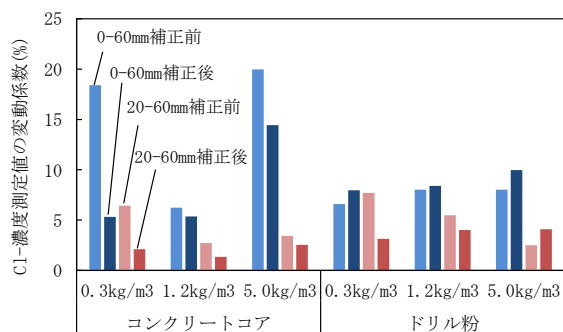


図3 変動係数