

ドリル削孔粉による塩化物イオン量測定の精度

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

1. はじめに

一般に、既設コンクリート構造物の塩分量の調査は、100mm 程度のコア試料を採取し 149 μm のふるいを全通するまで粉砕した試料を用いて電位差滴定法などの方法で測定する手法¹⁾（以下 JCI 法）により行われている。この方法はコア採取により構造物に損傷を与え、鉄筋を傷つけるおそれがある。また、塩分の抽出および定量には硝酸等の薬品や試験装置が必要であり、分析に時間と費用を要するなどの欠点がある。

このため、検査にともなうコンクリート構造物の損傷を最小限とし、試験にかかる手間と費用を低減することを目的として、ドリル削孔や直径 25mm 程度の小径のコア採取などの方法により試料採取量を減らすことや、簡易な塩分定量方法を用いることで測定方法を簡素化することが試みられている。しかし、これらの試みでは、従来の測定方法が持つ測定誤差が明確にされぬまま測定誤差の検討がなされていて、試料量の減少に起因する誤差の増大と JCI 法そのものの誤差を区別して検討した例は少ない。

そこで本研究では、塩分濃度のばらつきが最小限になるように調整した試料を多数回測定し、ドリル削孔粉を用いた試料の測定値と比較することで、試料採取方法の測定誤差に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

練混ぜ水に塩化ナトリウムを混入した供試体を作製し、ドリル削孔と従来の採取方法（切出し、コア）により試料を採取し、JCI-SC4 に準拠して全塩化物イオン量、可溶性塩化物イオン量の定量を行った。試料の種類および塩分定量方法を表 - 1 に示す。

試料採取は下記の 3 種類の方法で行った。

- 1) ドリル削孔: ϕ 14.5mm のビットを装着した振動ドリルを使用し、1 孔で採取したものをそのまま 1 試料とした。
- 2) 切出し: 供試体から乾式のコンクリートカッターで切り出した 3 片をそれぞれ微粉砕したものを 1 試料とした。
- 3) コア: 湿式の 100mm のコアドリルで採取したコア 2 本を混合して微粉砕し、十分に均一にした粉末（約 3.5kg）から約 100g ずつ分取したものを 1 試料とした。

実験 A では、塩化物イオン量 1.2kg/m³ の供試体を作製し、切出し、ドリル削孔の 2 方法により採取した試料について、それぞれの方法で塩分の定量を行った。実験 B では塩化物イオン量を 5.0, 1.2, 0.3 kg/m³ の 3 水準として、塩分量を均一にしたコアによる試料とドリル削孔による試料について検討を行った。

表 - 1 試料の種類および塩分定量方法

実験 No.	混入した塩化物イオン量 (kg/m ³)	採取方法	微粉砕	試料数	1試料の量	塩分定量方法	
						JCI法 ^{注)}	
						全塩	可溶
A	1.2	切出し	149 μm を全通	3	300~800g	○	○
		ドリル削孔	しない	10	約10g	○	○
B	5.0, 1.2, 0.3	コア	149 μm を全通	10	約100g	○	○
		ドリル削孔	しない	10	約10g	—	○

注)分析試料が規定に足りない場合、試料量を規定より減らして測定

3. 実験結果

実験 A および B の塩化物イオン量測定結果の平均値を表 - 2 に示す。

(1) 試料採取方法の違いによる塩化物イオン量の比較

塩化物イオン量測定値の切出しおよびコア試料に対するドリル試料の比（以下、切出し・コアとドリルの比）を図 - 1 に示す。ドリル試料による塩化物イオン量の測定値と切出しおよびコア試料の測定値の差は、最大で 20% 程度の範囲に収まった。塩化物イオン量の切出し・コアとドリルの比は、実験 A ではすべて 1 以下（ドリル試料は切出しより測定値が小さい）のに対して、実験 B ではすべて 1 以上（ドリル試料の方がコア試料よりも測定値が大きい）となり、2 つの実験で異なる傾向を示した。実験 1 と 2 では切出しとコアの違いなど、試験条件が一部異なっているが、これらのことが切出し・コアとドリルの比の傾向の違いに与える影響は少ないと考えられ、本研究のキーワード 塩化物イオン、ドリル、全塩化物イオン量、可溶性塩化物イオン量、試料量

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

表-2 塩化物イオン量の平均値

実験 種類	塩化物イオン量(kg/m ³)				
	混入量	測定値の平均			
		全塩		可溶	
		切出し・コア	ドリル	切出し・コア	ドリル
A	1.2	1.06	0.85	0.56	0.53
B	5.0	4.09	—	2.76	3.35
	1.2	1.09	—	0.56	0.62
	0.3	0.32	—	0.15	0.16

図では実験 A と B の傾向が異なった原因を明確にすることはできなかった。

(2) 試料採取方法の違いによる測定値の変動の比較

実験 B における測定値の標準偏差を図 - 2 に示す。混入した塩化物イオン量が大きくなると標準偏差が大きくなる傾向があった。混入量 0.3kg/m³ を除きドリル試料による測定値の標準偏差はコアの測定値の標準偏差よりも大きく、塩分量が大きくなるほどその差は顕著であった。

なお、混入量 0.3kg/m³ の場合の標準偏差は 0.014 ~ 0.024kg/m³ の範囲であり、JCI 法での有効数字の桁数から計算される塩化物イオン量の最小目盛の 0.023 kg/m³ 程度と比較すると小さい。したがって塩化物イオン混入量 0.3 kg/m³ の測定値の標準偏差の大小は有意とはいえない。

混入した塩化物イオン量と測定値の変動係数を図 - 3 に示す。混入量 0.3 kg/m³ を除きドリル試料の方がコア試料よりも変動係数が大きい。この差はドリル試料の 1 試料当たりの試料採取量が少ないため、粗骨材成分の比率の変動等により塩分量がばらつくことに起因するものと考えられる。塩化物イオン混入量 1.2 kg/m³ と 5.0 kg/m³ では、コア試料の全塩化物イオン量の変動係数は約 1%、可溶性塩化物イオン量は 3 ~ 4% 程度であり、全塩化物イオンに対して可溶性塩化物イオンの変動係数が大きくなった。また、ドリル試料の可溶性塩化物イオン量は 9% 程度であり、コア試料と比較して大きくなった。

4. まとめ

本研究の範囲では以下の結論が得られた。

- (1)ドリル試料による塩化物イオン量の測定値は、切出しやコアなどの採取量の多い試料の測定値と比較すると、±20%の範囲の値が得られた。
- (2)ドリル試料と切出しやコアによる試料の塩化物イオン量の測定値の大小関係には実験 A と B の間で相違が見られたが、この原因を明確にすることはできなかった。
- (3)測定値のばらつきは全塩化物イオン量よりも可溶性塩化物イオン量の方が大きかった。
- (4)ドリル試料の塩化物イオン量の測定値のばらつきは、十分に均一な試料を用いた測定値と比べて大きくなった。

本実験の結果から、測定値が標準偏差の 3 倍の範囲でばらつくと考え、1.2 kg/m³ の場合、十分均一な試料を用いた場合でも全塩化物イオン量で ±0.034 kg/m³、可溶性塩化物イオン量で ±0.071 kg/m³ の誤差が生じると考えられる。これに対して 10g の試料をドリル削孔により採取して可溶性塩化物イオン量を測定すると、±0.175 kg/m³ の誤差が生じると予想される。

参考文献

- 1) 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（JCI-SC4）

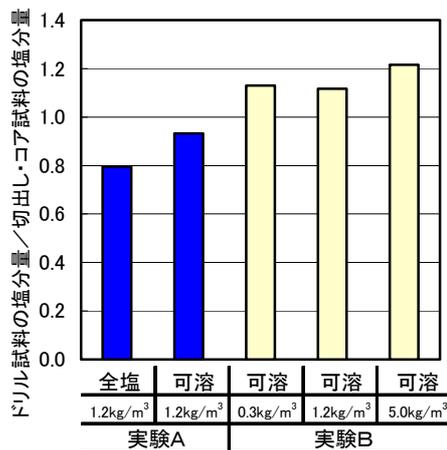


図-1 塩化物イオン量の測定結果と試料採取方法の違い

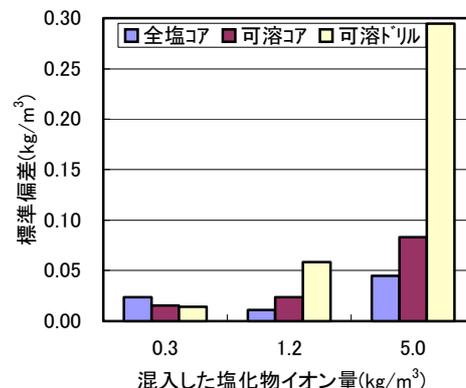


図-2 塩化物イオン量と測定値の標準偏差

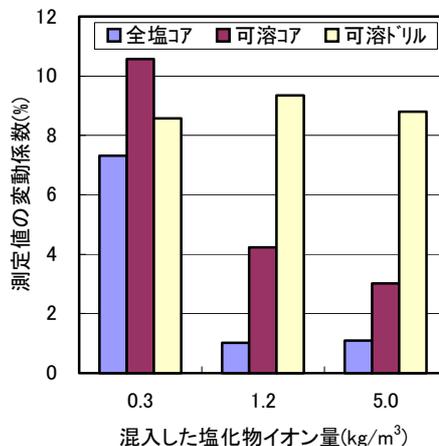


図-3 塩化物イオン量と測定値の変動係数