硬化コンクリートの塩化物イオン含有量の簡易測定法の検討

中研コンサルタント　正会員 ○ 後藤　年芳
松村也寸志
西日本高速道路　　正会員　　五寶　光基

１．はじめに

コンクリート構造物の維持管理を行う際にコンクリート中の塩化物イオン含有量を把握することは重要である。現在規格化されているのは、現場で採取した試料を室内に持ち込んで分析する方法で、機動性、迅速性に欠ける。そこで、現場の車両中や現場ハウス等でも簡易に測定できる可搬式の電量滴定式塩分計による測定法について検討した。第 1 段階として、操作性や規格化された室内試験方法による可溶性塩分の測定値や全塩分の測定値との関係を検討した。

２．実験水準と方法

分析試料は、NaCl を添加して塩化物イオン量を調整して成形し 28 日間養生したφ10×20cm コンクリート供試体をドリル削孔により得たコンクリート粉を乳鉢ですりつぶして 150μm のふるいを通過させたものである。コンクリートの配合を表１に示す。使用したセメントは早強ポルトランドセメント(住友大阪セメント製)、練混ぜ水は水道水、骨材は砕砂（滋賀県土山産)、湖砂（琵琶湖産）および砕石（滋賀県土山産)、混和剤は高性能 AE 減水剤（ポゾリス物産）である。

表 1　コンクリートの配合

Gmax (mm)	ｽﾗﾝﾌﾟの範囲（cm）	空気量の範囲(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量（kg/m³）						
					水	セメント	細骨材		粗骨材		混和剤 ﾚｵﾋﾞﾙﾄﾞ SP8SV
							砕砂	湖砂	砕石 1505	砕石 2015	
20	12.0±1.5	4.5±1.5	47.9	44.0	152	317	571	240	370	687	2.219

表 2　実験水準

項 目		水準			水準数
塩素イオン添加量		0, 0.6, 1.2, 2.4, 5.0　kg/m³			5
測定項目		可溶性塩分		全塩分	2
検液作成方法		JCI-SC4	95℃温水抽出	JIS A 1154	3
測定方法	電位差滴定法	○	－	○	2
	電量滴定法	○	○	○	

実験水準を表 2 に示す。

表中の 95℃温水抽出は、今回検討した方法（簡易法）で、より全塩分に近い値が得られることや現場での試験を考慮し、電子台ばかりで 10g の試料を秤取って 100ml ビーカに入れ、電気ポットで保温しておいた 95℃の蒸留水を 50ml 加え、スターラーで 10 分間混合した上澄み液を用いて測定する方法である。測定方法の電量滴定法は、銀イオン電極を用いた携帯可能な測定器（JASS-5T-502「フレッシュコンクリート中の塩化物量の簡易測定法」に示され、(財) 国土開発技術研究センターの技術評価済）による方法である。JCI-SC4 は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」の内の塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定方法に示された方法である。本方法に示された可溶性塩分は、50℃の温水で抽出して測定するものである。JIS A 1154 は、「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」である。

電量滴定法で測定する際に試料溶液を 0.2ml 定量して測定するのが標準であるが、低濃度（0.003%以下）の場合には測定精度を向上させるために、1.0ml 定量して測定し、測定値を 5 で除した値を用いた。

塩化物イオン含有量は、各測定結果から試料の秤取り量と抽出液量等を考慮して、塩化物イオン量（Wt%）を算定し、コンクリートの単位体積重量（2300kg/m³ とした）を乗じて算定した。

キーワード：硬化コンクリート　塩化物イオン含有量　可溶性塩分　全塩分
連絡先：〒102-8465　東京都千代田区六番町 6-28　株式会社中研コンサルタント　関東支店

3．実験結果と考察

測定値を表 3 に示す。

コンクリートへの Cl^- イオン添加量と可溶性塩分の測定値の関係を図 1 に示す。

今回検討した 95℃温水法は、JCI-SC4 の 50℃で抽出する方法に比較して多く測定された。また、電位差滴定法と電量滴定法ではほぼ同じ測定値が得られた。

表 3　塩化物イオン含有量試験結果

分類		塩化物イオン含有量（kg/m³）				
	Cl^-添加量（kg/m³）	0	0.600	1.200	2.500	5.000
可溶性塩分量	95℃温水法電量滴定法	0	0.380	0.886	1.875	4.660
	SC-4 電量滴定法	0	0.184	0.610	1.679	3.830
	SC-4 電位差滴定法	0	0.253	0.621	1.587	3.864
全塩分量	JIS 電位差滴定法	0.092	0.759	1.380	2.783	5.704
	JIS 電量滴定法	0.092	1.058	1.518	3.220	5.520

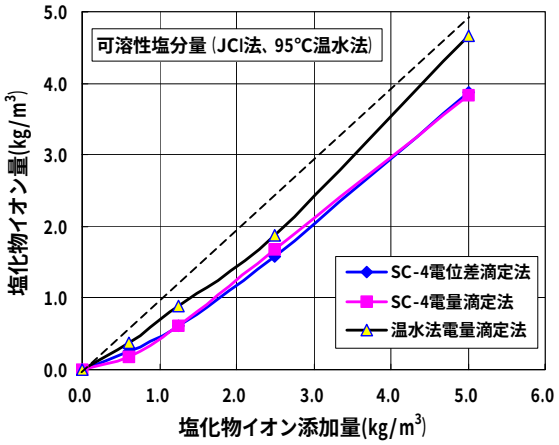

図 1　可溶性塩分測定結果

図 2 に全塩分と可溶性塩分の測定結果の関係を示す。全塩分含有量が多くなるほど可溶性塩分量の比率が高くなる傾向を示し、50℃で抽出する JCI-SC4 で 0.3～0.7 の範囲に、95℃温水抽出法で 0.5～0.8 の範囲にある。

関根ら[1] は単位セメント量 300kg/m³ のコンクリートを各種養生条件下に置いたのち、JCI-SC4 に従い全塩分と可溶性塩分を測定し、回帰式の係数が 0.224～0.924 の範囲で、全塩分が低いと係数も小さくなっていることを示している。

また、実橋床版のコンクリートの試験結果では、全塩分が 0.069～5.988kg/m³ の範囲で、次の関係を得ている。

（可溶性塩分）＝0.612×（全塩分）－0.068,（n=96, r=0.982）

NaCl を添加して作成したコンクリート（材令 28 日）を用いた今回の試験結果も関根らの結果と同様の傾向を示した。

現場での試験を想定した 95℃温水抽出法で測定した可溶性塩分の測定より詳細調査の有無の判断が可能であり、さらに全塩分との関係を濃度レベルごとに把握する必要がある。

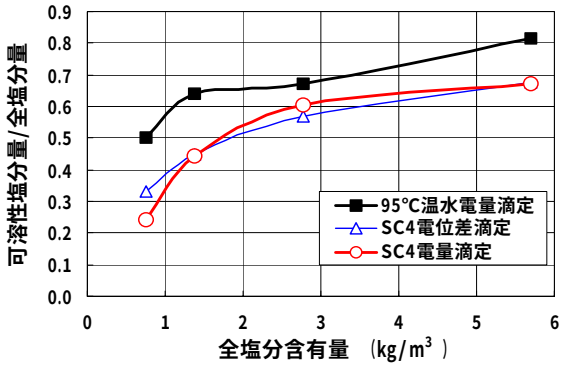

図 2　全塩分量と可溶性塩分量の関係

また、表 2 の組合せで可溶性塩分及び全塩分を測定する際に前処理後の検液を電量滴定塩分計でも測定した結果を図 3 に電位差滴定法と対比して示す。携帯可能な電量滴定式塩分計の測定値は、JIS および JCI の測定法に規定されている電位差滴定法の測定値とほぼ同等であることが確認できた。

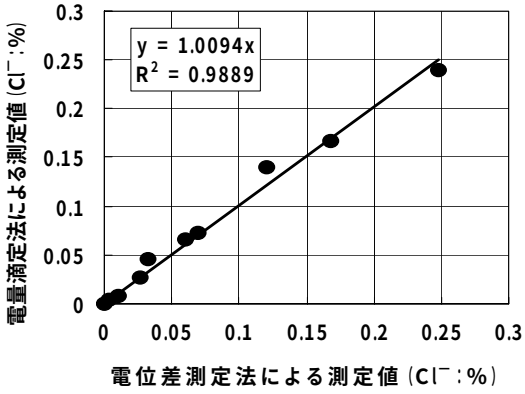

図 3　電量滴定塩分計の測定値

4．まとめ

硬化コンクリート中の塩化物を 95℃の温水で抽出し、携帯型電量滴定式塩分計で測定する方法を検討した結果以下の結論が得られた。

1）簡易法により得られる測定値は、全塩分量が多いほど（測定値/全塩分量）比が大きくなる傾向であった。

また、測定値は JCI-SC4 の方法よりも高い値が得られ、JIS A 1154 よる全塩分量の 50～80%であった。

2）測定に用いた携帯型電量滴定式塩分計の測定値は規格にある電位差滴定法による値と同等であった。

3）ドリル粉を用いれば簡易法により 100V の電源のある車両中等においても 20 分程度で測定できる。

今後は、本簡易法の実構造物の調査への適用方法の検討やデータの蓄積を行う予定である。

参考文献 1）関根･増田･吉岡：硬化コンクリート中の全塩分と可溶性塩分の関係,pp.638,土木学会第 44 回年次学術講演会,1989