

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適用

西日本高速道路 正会員 ○五寶 光基
西日本高速道路エンジニアリング関西 村上 裕信

1. はじめに

高速道路におけるコンクリート構造物の維持管理は、冬季に散布される凍結防止剤による塩害が重要な問題となっている。塩害対策を計画するにあたり、コンクリート中の塩化物イオン含有量を測定することが必要になるが、JIS A 1154「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」は、滴定を行うなど試験室において手間をかける作業が必要となるため、機動性や迅速性に欠けるばかりでなく、高速道路会社の立場から見れば、別途経費がかかるという問題点があった。

これを解決するため、可搬式の電量滴定式塩分計と 95℃温水を使用し可溶性塩分量を測定する方法（以下、簡易法と呼ぶ）を検討し、試験室レベルでの適用可能性を確認した¹⁾。ここでは、実際に塩害劣化しているコンクリートにおいて、簡易法を用いた調査結果とその運用について報告するものである。

2. 対象構造物の劣化状況

当該構造物は、供用 13 年経った 2 車線対面交通の、近接する A トンネル (L=180m) と B トンネル (L=375m) 内の連続鉄筋コンクリート舗装版 (CRCP t=250mm) である。施工は同一工事で行われ、コンクリートも同一プラントから同一配合で出荷したものである。車の走行によりトンネル内に引き込まれた凍結防止剤の影響により、鉄筋発錆によるコンクリートの浮きやポットホール、錆汁がみられた。劣化状況確認のため、φ100mm のコアを抜いたところ、多くのコアが表層付近で破断した。

3. 調査方法

A トンネルおよび B トンネルから採取したコアのうち、クラックがあり、かつ鉄筋が発錆している部位、クラックはあるものの鉄筋発錆は見られない部位、および健全な部位のもので、かつ、十分な長さが得られるものを 5 本選んだ。クラックのあるものについては、A および B トンネルからそれぞれ選択したが、健全部においては、A トンネルからのみ選択した。

コアを深さ方向に 30mm ピッチで切断し、ジョークラッシャーとインパクト横型粉砕機で粉砕し、0.15 mm ふるいを通過するものを試料とした。得られた 16 試料全てについて、簡易法による可溶性塩分量を測定し、そのうち 12 試料については、同じ試料を用いて JIS A 1154 の硝酸銀滴定法に基づき、全塩分量を測定した。

4. 調査結果と解析

表一-1 コア深さ毎の塩化物量調査結果

調査コア深さ（表面からの深さ毎に、レベル1, 2, 3…とする）毎の調査結果を、表一-1 に示す。鉄筋位置での試料の量を確保するため、一部の供試体については、輪切りのピッチを 20mm としている。

次に図-1 に全塩分量と、簡易法で測定した、可溶性塩分との関係をグラフで表したものを示す。

ここで、可溶性塩分量を X、全塩分量を Y としたとき、X と Y の関係は

$$Y = 2.163 X + 0.362 \quad (\text{式-1})$$

$$X = 0.451 Y - 0.023 \quad (\text{式-2})$$

	Aトンネル			Bトンネル		
	表面からの深さ	全塩分量 (kg/m ³)	可溶性塩分量 (kg/m ³)	表面からの深さ	全塩分量 (kg/m ³)	可溶性塩分量 (kg/m ³)
クラック有 錆汁有 (コア1)	レベル1	20.70	10.25	レベル1	20.93	9.39
	レベル2	16.33	6.86	レベル2	16.90	6.79
	レベル3	14.03	6.76			
クラック有 錆汁無 (コア2)	レベル1	15.18	7.06	レベル1	8.74	3.41
	レベル2	—	4.47	レベル2	—	1.19
	レベル3	9.43	3.95	レベル3	0.46	0.34
健全部 (コア3)	レベル1	12.65	5.07	レベル1	0~30mm	
	レベル2	—	1.41	レベル2	30~60mm	
	レベル3	1.38	0.87	レベル3	60~90mm	
	レベル4	—	0.54	レベル4	~	
	レベル5	0.00	0.38			

キーワード：塩害 調査 電量滴定 可溶性塩分 全塩分

連絡先：〒1565 - 0805 大阪府吹田市清水 15-1 西日本高速道路株式会社 関西支社 大阪技術事務所

X と Y の相関係数は、0.987 と、非常に良い相関を示しており、また式-2は関根らの結果と同様の傾向を示した。²⁾ 式-1を利用して、本コンクリートにおける簡易法測定可溶性塩分量から、全塩分量を推定することができる。

全塩分を測定していない試料の全塩分量を、式-1を使用して推定し、グラフに表したものが図-2である。データ数は少ないものの、全塩分量、可溶性塩分量とも、深さレベルが深くなるにつれ、ゆるやかに低下する、外部からの供給される塩化物イオン特有の分布を示していた。また、可溶性塩分量のグラフの傾きは、全塩分量のそれと比較して緩やかになっているが、これは簡易法を試験室レベルで確認した、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¹⁾と逆である。これは試験室ではあらかじめ塩化物イオンを添加した弱材齢コンクリートの測定であり、フリーデル氏塩等に固定される塩化物イオン量が一定であるのに対し、外部から塩化物イオンが供給される場合、固定される塩化物イオン量も変動するものであると推察される

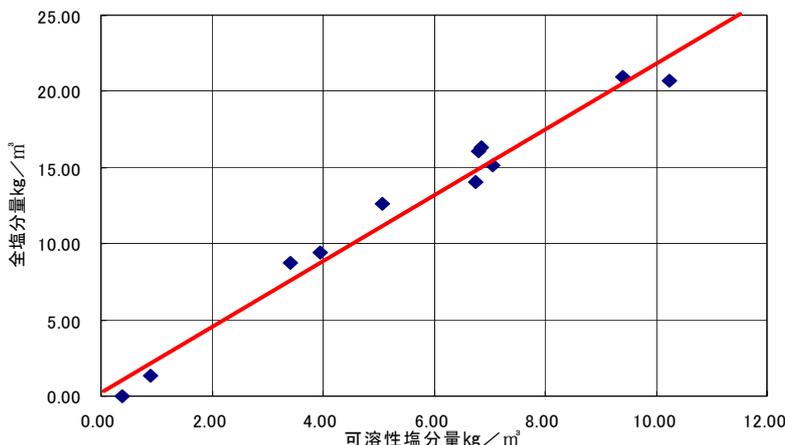


図-1 可溶性塩分量と全塩分量の関係

全塩分を測定していない試料の全塩分量を、式-1を使用して推定し、グラフに表したものが図-2である。データ数は少ないものの、全塩分量、可溶性塩分量とも、深さレベルが深くなるにつれ、ゆるやかに低下する、外部からの供給される塩化物イオン特有の分布を示していた。また、可溶性塩分量のグラフの傾きは、全塩分量のそれと比較して緩やかになっているが、これは簡易法を試験室レベルで確認した、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¹⁾と逆である。これは試験室ではあらかじめ塩化物イオンを添加した弱材齢コンクリートの測定であり、フリーデル氏塩等に固定される塩化物イオン量が一定であるのに対し、外部から塩化物イオンが供給される場合、固定される塩化物イオン量も変動するものであると推察される

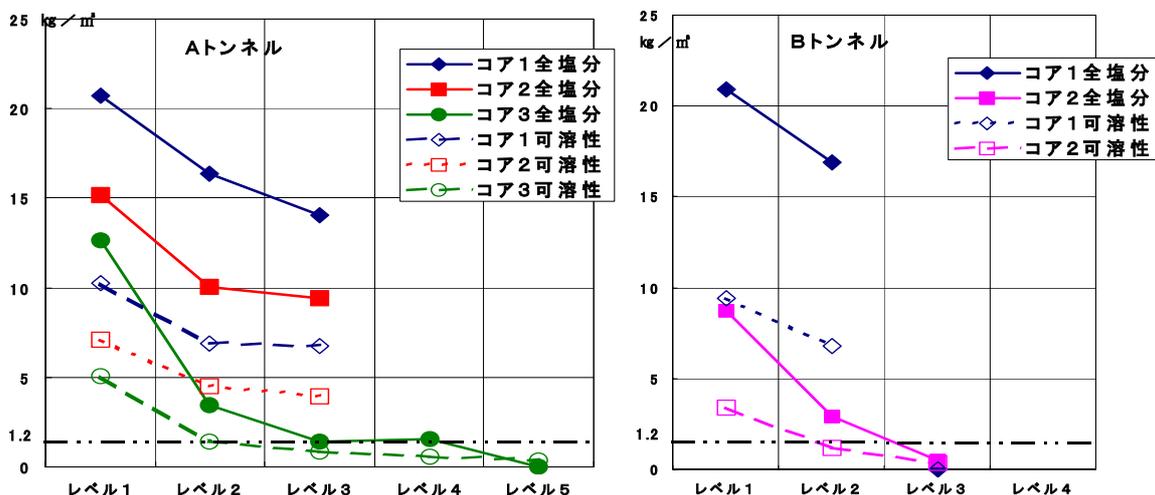


図-2 トンネル毎、深さ毎の塩分量

5. 簡易法試験運用の提案

これらのコアに含まれる全塩分量は、比較的健全な箇所であっても、舗装表面に近いレベル1、2では3～20 kg/m³と大量に含まれていた。また鉄筋のあるレベル3 (60～90mm) においては、一見健全なコアであっても、発錆限界 1.2 kg/m³を超えていることが伺われた。よって、補修には少なくとも鉄筋位置までコンクリートをはつり取る必要があるが、一方、今回の調査は広い舗装面積の一部分であり、さらなる調査を行って補修範囲の特定を行うことが必要になる。また、舗装厚 250mm のうち、表面部のデータしかないため、補修後の塩化物再拡散を検討するためには、深部の塩化物量を測定する必要もある。ここで全塩分量測定を JIS A 1154 に基づいて行うのではなく、簡易法により測定した値に式-1を使用して行う運用を提案した。この方法で、経費と時間の節減したうえで、補修箇所の合理的な特定ができると考えた。

6. まとめ

簡易法と JIS A 1154 の全塩分量試験結果から関係式を導き出し、簡易法のデータを多く取ることで塩害対策に適用できる運用を提案した。この手法を用いることにより、経費、時間および補修計画の合理化が図ることができた。また、今回は試料にコア供試体を使用したため、ドリル粉末を使えば 100V の電源がある場所において、現場で簡易に塩害調査ができることを示した。

参考文献 1) 後藤利芳：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，土木学会第 63 回年次学術講演会,2008

2) 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