

再生粗骨材中の塩化物濃度の簡易測定手法に関する検討

(独)土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 正会員 ○下谷 裕司 正会員 吉田 行
正会員 田口 史雄

1. はじめに

近年、コンクリート用再生骨材の JIS 規格が整備され、今後その需要が拡大していく状況下にあることから、再生骨材の効率的な品質管理が重要となる。他方、再生骨材の塩化物(NaCl)濃度の管理は、JIS A 5002「構造用軽量コンクリート骨材」に準拠した方法(以下、「JIS 法」と記す)で行うものとされているが、測定の過程で各種薬品や高精度の試験装置が必要となり、分析に時間・費用を要する。また、他の塩化物濃度の測定法としては、従来からコンクリートの塩化物濃度の測定に用いられている JCI-SC4「硬化コンクリート中の塩分の分析方法」¹⁾(以下、「JCI 法」と記す)が挙げられるが、同試験法はさらに複雑な方法であり、効率性に欠けることから、再生骨材の効率的な塩化物濃度管理のためには、現場等でも簡易に実施できる試験法が必要とされる。このため、本研究においては、フレッシュコンクリートの塩化物量の管理に一般的に用いられている試験紙タイプの塩分量測定計を用いる方法(以下、「試験紙法」と記す)に着目し、試験紙法の再生骨材の塩化物濃度測定に対する適用性に関して検討した。

2. 試験概要

2. 1 再生骨材の製造およびその品質

本試験においては試験紙法の適用性について評価を行うため、塩化物濃度にバラツキの少ない再生骨材を使用することとし、実験室で練り混ぜ時に塩化ナトリウムを混

表－1 コンクリートブロックの配合および再生骨材の物性値

骨材種類	コンクリートブロック						再生骨材		
	水セメント比 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)					粒径	物性値	
		セメント	水	細骨材	粗骨材	塩化ナトリウム (NaCl)		絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
再生骨材 R1	50	140	280	819	1086	1.42	5-15 mm	2.52	3.22
再生骨材 R2						6.67		2.44	4.54

入したコンクリートブロックを作製し、これを原料として、乾式の破碎・摩砕処理により再生骨材を製造した。なお、再生骨材の塩化物規制値は 0.04%に定められているため、試験紙法により、この規制値の前後値を判定できることが望ましい。このためコンクリートブロックに混入する塩化ナトリウムの量を変え、目標塩化物濃度を 0.04%以下とした再生骨材 R1 と、目標塩化物濃度を 0.04%以上とした再生骨材 R2 の 2 種類の再生骨材を製造した。表－1 にコンクリートブロックの配合および製造した再生骨材の物性値を示す。

2. 2 試験方法

表－2 に本試験で実施した各試験法の試験条件の一覧を示す。

塩化物濃度の測定結果には、塩化物の抽出条件が大きな影響を及ぼす。このため、試験紙法の抽出条件の決定にあたっては、試料の状態、抽出水の温度、抽出方法(浸け置き時間・振とう時間)に着目し、これらの条件を JIS 法および

表－2 各試験法の試験条件

試験法			試験紙法		JCI 法		JIS 法
					全塩化物	可溶性塩化物	
抽出条件	分析試料	状態	骨材試料 (未破碎)	粗砕試料 (5mm 以下)	粉末試料 (0.15mm 以下)	粉末試料 (0.15mm 以下)	骨材試料 (未破碎)
		量	200g	200g	40g	40g	1000g ^{※※}
		温度	常温		—	50℃	常温
	抽出水	量	200ml		—	200ml	1000ml
測定方法		温度	96.5℃以上 [※]		—	50℃	常温
	抽出方法		試料と抽出水を混合 ↓ (24 時間静置) 5 分間振とう・ろ過		硝酸溶液で試料を溶解 ↓ 不溶解残分をろ過	試料と抽出水を混合・保温 ↓ (30 分間振とう) 5～10 分静置・ろ過	試料と抽出水を混合 ↓ (24 時間静置) 5 分間隔で 3 回転倒振とう・上澄み液採取
測定方法			塩分量測定計		電位差滴定法		硝酸銀滴定法

※ 電気ポットを最高温度 (98℃) に設定し、抽出水を加熱
※※ 軽量骨材の場合 500g であるが、再生骨材の場合は 1000g に規定

JCI 法の条件とそれぞれ比較した事前試験を行い、抽出効率の良い条件を決定した。なお、事前試験の結果
キーワード：再生粗骨材、塩化物濃度、簡易測定手法

連絡先：北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 3 4 号 TEL.011-841-1719 FAX.011-837-8165

によると表-2 に示す試料の状態が抽出効率に及ぼす影響は最も大きかったため、事前処理が簡易な未破碎の骨材試料に加え、5mm 以下まで粗砕した試料の 2 種類の分析試料を用いることとし、各試料につき 8 回測定を繰り返して平均値を求めた。また、JCI 法および JIS 法については規定の試験法に準拠して測定した。

3. 試験結果

3. 1 製造した再生骨材の塩化物濃度

表-3 に JCI 法によって測定した再生骨材の塩化物濃度を示す。再生骨材の全塩化物濃度は製造時に設定した 0.04%の前後値であることが確認された。また、再生骨材 R2 の可溶性塩化物濃度は、再生骨材 R1 の約 3 倍と差があるのに対し、非可溶性塩化物濃度(全塩化物濃度－可溶性塩化物濃度)は、いずれの骨材もほぼ同程度であった。この結果より、本試験で使用了 2 種類の再生骨材の塩化物濃度の差は可溶性塩化物濃度の差に起因しており、また非可溶性として存在する塩化物(固定塩化物等)の濃度には、限界値があるものと推測される。

3. 2 試験紙法と各測定法の測定結果の比較

図-1 に各試験法によって測定した塩化物(NaCl)濃度を示す。まず、JIS 法と試験紙法の測定結果を比較すると、未破碎の骨材試料の場合、試験紙法の測定値は骨材の種類に関わらず JIS 法の測定値とほぼ同程度の値であった。一方、粗砕試料の場合、JIS 法の測定値の 1.5～1.7 倍の塩化物が測定される結果となった。これは、試料の細粒化によって比表面積が増加したためだと考えられる。以上の結果より、試験紙法は JIS 法と同等以上の塩化物の測定が出来ることから、再生骨材の塩化物濃度の測定手法として適用できる可能性があるものと考えられる。

次に JCI 法と試験紙法の測定結果を比較すると、JCI 法の可溶性塩化物濃度に対する試験紙法の測定値の比率は、未破碎の骨材試料の場合、再生骨材 R1 で 52%、再生骨材 R2 で 64%であり、骨材の種類によってバラツキが見られた。また、粗砕試料の場合、再生骨材 R1、再生骨材 R2 とともに 87%であり、いずれの再生骨材であっても一定の割合であった。この結果より、簡易性には若干劣るものの、粗砕試料を用いることで、試験紙法の測定値より、再生骨材の可溶性塩化物濃度を推定できるものと考えられる。

また、再生骨材の塩化物濃度は、全塩化物で評価されることから、試験紙法の測定結果より全塩化物濃度を推定する必要がある。JCI 法的全塩化物濃度に対する試験紙法の測定値の比率は、未破碎の骨材試料の場合、31%～52%、粗砕試料の場合、50%～68%であり、同一状態(未破碎・粗砕)であっても骨材の種類によるバラツキがあることから、試験紙法の測定値から一定の比率で全塩化物イオン濃度の推定を行うことは困難であることが明らかとなった。他方、先述した結果より、再生骨材中に非可溶性塩化物濃度には限界値があるものと推測されることから、本試験で使用了再生骨材のように、再生骨材中の非可溶性塩化物濃度が一定値であると仮定すれば、試験紙法から推定した可溶性塩化物濃度より、全塩化物濃度を推定することが可能である。よって、今後はこの仮説の妥当性について検討を進めていく必要がある。

4. まとめ

本試験によって、再生骨材の塩化物濃度測定に対する試験紙法の適用の有効性を確認することが出来た。今後は、さらに試験ケースを増やし、同試験法による可溶性塩化物濃度および全塩化物濃度の推定精度を向上させるとともに、実構造物から製造した再生骨材への応用に関して検討を実施していく必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会:コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準(案)、p.9-12、1991

表-3 JCI 法による再生骨材の塩化物濃度

骨材種類	JCI 法 塩化物 (NaCl) 濃度 (%)		
	全塩化物 A	可溶性塩化物 B	非可溶性塩化物 A-B
再生骨材 R1	0.028	0.017	0.011
再生骨材 R2	0.069	0.054	0.015

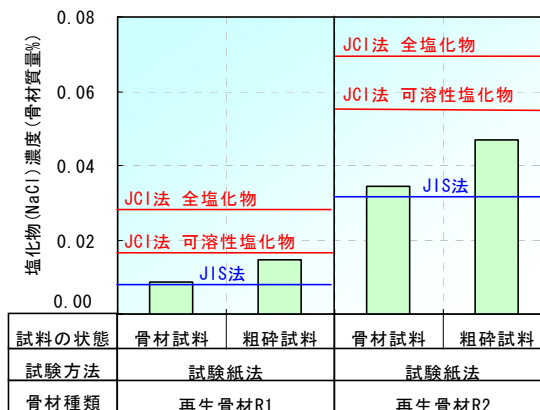


図-1 塩化物 (NaCl) 濃度 測定結果