

骨材量が電気抵抗率と見かけの塩化物イオン拡散係数に及ぼす影響

東北大学 学生会員 ○齊藤 佑貴
東北大学 学生会員 榎原 彩野
東北大学 正会員 皆川 浩
東北大学 正会員 久田 真

1. 研究の背景と目的

電気抵抗率は、測定が比較的簡便、非破壊であることから、セメント硬化体の塩分浸透性の評価指標として注目されている。電気抵抗率と見かけの塩化物イオン拡散係数には相関がある¹⁾といわれているが、骨材の量が電気抵抗率および見かけの塩化物イオン拡散係数（以下、見かけのCl⁻拡散係数）の関係に及ぼす影響はいまだ不明確である。本研究では、骨材量を変化させたセメントペースト、モルタル、コンクリート供試体を用い、骨材量が電気抵抗率および見かけのCl⁻拡散係数に及ぼす影響を整理した。

2. 実験概要

2. 1 供試体の配合と作製方法

表－1 に実験に用いた供試体の示方配合を示す。供試体は骨材量を段階的に変化させ、結合材の種類は普通ポルトランドセメント、および普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を 50%の重量内割で置換したもの（以下、OPC、BFS と称す）を用いた。また、水結合材比は全て 50%とし、砂結合材比は 0, 1, 2 とした。なお、コンクリートに関しては砂結合材比を 2 とし、細骨材率はそれぞれ 75, 55, 40%とした。

使用した結合材は普通ポルトランドセメント（密度：3.15 g/cm³，比表面積：3290 cm²/g）、高炉スラグ微粉末（密度：2.92 g/cm³，比表面積：8240 cm²/g，ガラス化率 98%）の 2 種類であり、細骨材は宮城県大和町鶴巣産の山砂（密度：2.62 g/cm³，吸水率：1.76%，粗粒率：2.69）を使用し、粗骨材は宮城県丸森町産碎石（密度：2.85 g/cm³，吸水率：0.98%，粗粒率：7.01，最大寸法：20mm）を使用した。また、セメントペーストとモルタルにはブリーディングを防ぐために増粘剤（アルキルアリルスルホン酸塩－アルキルアンモニウム塩系）および消泡剤を粉体に対して 0.01%使用、またコンクリートにはAE剤（アニオ

ン系界面活性剤）を添加した。
供試体の寸法はコンクリートを 100×100×400mm とし、それ以外のものは 40×40×160 mm とした。
打設後 24±2 時間で脱型を行い、供試体は 91 日間、20℃の水中で養生した。

2. 2 測定項目

- (1) 電気抵抗率
電気抵抗率は四電極法（JSCE K-562-2008）²⁾により測定した。
- (2) 供試体の空隙率および真密度
空隙率および真密度は重量差法を用いて算出した。
- (3) 塩化物イオンの見かけの拡散係数
見かけのCl⁻拡散係数はJSCE-G 572-2007 ³⁾に準拠して測定した。なお、塩水浸せき期間は 70 日とした。

表－1 示方配合

供試体 No.	S/B	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
			W	C	F	S	G	A ₁	A ₂	A ₃
OPC 1	0	-	612	1223	-	0	-	24.47	0.122	-
OPC 2	1	100	417	834	-	834	-	16.68	0.083	-
OPC 3	2	100	316	633	-	1265	-	12.65	0.063	-
OPC 4	2	75	260	519	-	1039	382	-	-	0.260
OPC 5	2	55	217	435	-	869	764	-	-	0.217
OPC 6	2	40	175	350	-	699	1146	-	-	0.175
BFS 1	0	-	603	603	603	0	-	24.11	0.121	-
BFS 2	1	100	411	411	411	834	-	16.44	0.082	-
BFS 3	2	100	312	312	312	1265	-	12.47	0.062	-
BFS 4	2	75	259	257	257	1029	382	-	-	0.257
BFS 5	2	55	216	215	215	861	764	-	-	0.215
BFS 6	2	40	174	173	173	693	1146	-	-	0.173

A₁：増粘剤 A₂：消泡剤 A₃：AE剤

3. 実験結果及び考察

3. 1 骨材量が電気抵抗率と見かけのCl⁻拡散係数に及ぼす影響

骨材量と電気抵抗率、見かけのCl⁻拡散係数の関係を図－1 に示す。同一結合材種で比較すると、OPC、BFSとも骨材量の増加に伴って電気抵抗率が増加することがわかる。これはセメントペーストと比較して電気抵抗率の大きい骨材の影響であると考えられる。また、空隙

率と電気抵抗率，見かけのCl⁻拡散係数の関係を図-2に示す。電気抵抗率は空隙量の減少に伴い電気抵抗率が大きくなる¹⁾という既往の研究と一致することがわかる。また，同等の空隙量で比較すると，高炉スラグ微粉末を混入すると電気抵抗率は大きくなる¹⁾ことも既往の研究と一致する。さらに，骨材量の増加に伴いOPC，BFSともに電気抵抗率が増加するが，OPCはBFSと比較して，骨材量の増加に伴う電気抵抗率の増加の程度が小さいことがわかる。

次に，図-1に示した骨材量と見かけのCl⁻拡散係数の関係は，OPCでは概して，骨材量の増加に伴い見かけのCl⁻拡散係数が大きくなることがわかる。一方で，BFSでは骨材量の増加に伴って見かけのCl⁻拡散係数が低下している。

以上のようなOPCとBFSの差異の原因は粗骨材界面の影響であると考えられる。一般に高炉スラグのような鉱物質微粉末を使用すると極めて小さな細孔を形成し，かつ粗骨材界面の脆弱層の形成を抑制する⁴⁾ことが知られている。このため，OPCと比較してBFSでは，骨材界面の組織が緻密になり骨材量の増加に伴う電気抵抗率の増加程度が大きくなり，一方で，骨材量の増加に伴い見かけのCl⁻拡散係数が低下したと考えられる。

3.2 見かけのCl⁻拡散係数と電気抵抗率の関係

見かけのCl⁻拡散係数と電気抵抗率の関係を図-3に示す。この図には既往の研究のデータ¹⁾も掲載する。図-3より，電気抵抗率と見かけのCl⁻拡散係数には相関関係が認められる。すなわち，電気抵抗率の増加に伴い見かけのCl⁻拡散係数が低下する傾向にあり，両者の関係は反比例に近い関係を示した。これは，骨材の影響を含んでも，電気抵抗率の測定により見かけのCl⁻拡散係数の推定が可能であることを示している。

4. 結論

骨材量の影響を考慮しても，電気抵抗率と見かけのCl⁻拡散係数は反比例の関係を示すことが明らかになり，電気抵抗率の測定によって，見かけのCl⁻拡散係数が推定可能であることを示した。

参考文献

- 1) 榎原彩野ほか：モルタルの電気抵抗率と塩化物イオン拡散係数との関係に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.789 - 794，2008
- 2) 土木学会コンクリート委員会・規準関連小委員会：土木学会規準「四電極法による断面修復材の体積抵抗率

測定方法（案）（JSCE-K562-2008）」の制定，土木学会論文集 E, Vol.64 No.3, pp.427-434,2008

3) コンクリート標準示方書【規準編】：浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法(案)，pp.285-288，2007

4) 阿波稔ほか：コンクリートの組織構造に及ぼすブリーディングの影響に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No.54，pp.195 - 200，2000

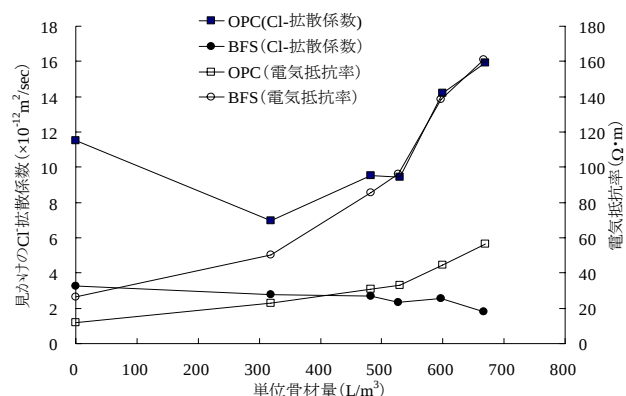


図-1 骨材量と電気抵抗率，見かけのCl⁻拡散係数の関係

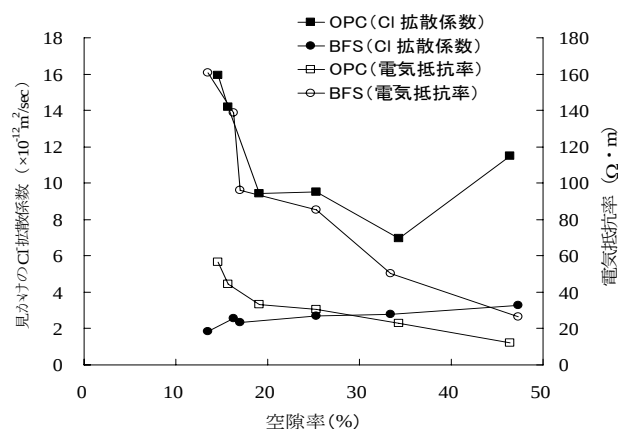


図-2 空隙率と電気抵抗率，見かけのCl⁻拡散係数の関係

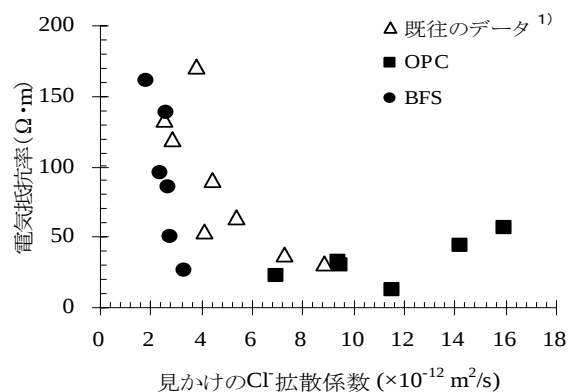


図-3 見かけのCl⁻拡散係数と電気抵抗率の関係