

27 年間干満帯に暴露した海水練りコンクリートの物性評価

東北大学 学生会員 ○杉本 記哉

東北大学 正会員 皆川 浩, 宮本 慎太郎, 久田 真

(独)港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹

東京工業大学 正会員 大即 信明

1. 研究の背景と目的

コンクリートの施工には多量の水を用いるが, 施工条件によっては水が得られにくいケースがあり, その対策としてコンクリートの練混ぜ水に海水を使用することが考えられる. 練混ぜ水に海水を用いたコンクリートの物性については, 過去にも多くの報告がなされているが, 長期の暴露後に物性を評価した例は少ない. 本研究は, 海洋干満帯に 27 年間暴露した練混ぜ水に水道水または海水を用いたコンクリートの電気抵抗率, 圧縮強度および中性化深さについて報告する.

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の種類およびコンクリートの配合を表-1 に示す. セメントは普通ポルトランドセメント(N), 高炉セメント A 種(BA), B 種(BB), C 種(BC)およびフライアッシュセメント B 種(FB)を用いた. 練混ぜ水は上水道水(T)および自然海水(S)を用いた. 細骨材は川砂(表乾密度 2.64g/cm^3 , 吸水率 1.82%)を用い, 粗骨材は川砂利(表乾密度 2.76g/cm^3 , 吸水率 1.10%)を用いた. 最大粗骨材寸法は 20mm である. また, 混和剤として, AE 減水剤および AE 剤を用いた. 水セメント比(W/C)は 0.45, 0.55 の 2 水準である.

供試体形状は $\phi 150 \times 300\text{mm}$ の円柱である.

2.2 暴露環境

鹿児島県にある港湾空港技術研究所所有の暴露施設の干満帯に L.W.L+1.3m の位置に 1985 年から暴露を開始した. 供試体同士は密着しており, 表面に生物が多量に付着していた. また, 供試体上部が蓋(PC はり)で覆われているため乾燥しにくく, 高湿潤状態にあるコンクリートである.

2.3 測定項目

(1)四電極法による電気抵抗率

$\phi 150 \times 300\text{mm}$ の円柱供試体端部から $\phi 150 \times 100\text{mm}$ の円柱供試体を切り出し, そこから $\phi 45 \times 90\text{mm}$ のコアを 3 本採取し, 四電極法による断面修復材の体積抵抗率測定方法(案)(JSCE-K 562-2008)により脱気処理前後の電気抵抗率を測定した.

(2)圧縮強度

圧縮強度の測定は, 脱気処理後の電気抵抗率を測定した供試体を用いて, JIS A 1108 に準拠して実施した.

(3)中性化深さ

中性化深さの測定は, $\phi 150 \times 100\text{mm}$ の円柱供試体から, 表面から約 4cm の試験体を切り出し, 表面から中心方向に割裂し, JIS A 1152 に準拠して試験体表面からの中性化深さを測定した.

表-1 供試体の種類およびコンクリートの配合

No.	セメント	練混ぜ水	W/C	単位量(kg/m^3)			
				W	C	S	G
N-45-T	N	水道水	0.45	162	360	738	1110
N-55-T			0.55	166	302	826	1056
N-45-S		海水	0.45	165	367	732	1102
N-55-S			0.55	168	305	823	1051
BA-45-T	B-A	水道水	0.45	158	351	758	1094
BA-55-T			0.55	158	287	820	1092
BA-45-S		海水	0.45	160	356	756	1091
BA-55-S			0.55	162	295	812	1081
BB-45-T	B-B	水道水	0.45	160	355	736	1108
BB-55-T			0.55	162	295	793	1099
BB-45-S		海水	0.45	162	360	733	1103
BB-55-S			0.55	164	298	789	1094
BC-45-T	B-C	水道水	0.45	162	360	714	1120
BC-55-T			0.55	164	298	770	1112
BC-45-S		海水	0.45	164	364	710	1114
BC-55-S			0.55	166	302	767	1107
FB-45-T	F-B	水道水	0.45	158	351	738	1110
FB-55-T			0.55	160	291	792	1097
FB-45-S		海水	0.45	160	356	733	1103

3. 実験結果および考察

3.1 電気抵抗率

図-1, 2 に $\phi 45 \times 90\text{mm}$ の供試体を実施した脱気処理前後の電気抵抗率の測定結果を示す. これより既往の研究¹⁾と同様に電気抵抗率は含水率の影響を受けることがわかる. また図-2 より, 電気抵抗率が小さい N, BA-S, FB は脱気処理前後の変化量が小さいのに対し, 電気抵抗率が高い BA-T, BB, BC では, 電気抵抗率が大きくなるほど変化量が大きくなることが確認される. これは脱気処理前の含水状態の影響を受けていると考えられ, N, BA-S, FB は暴露環境の干満作用により飽水に近い状態が維持されていたと考えられ, BA-T, BB, BC は環境からの水分供給が表層部に留まり, 内部は長期間にわたって継続する水和反応により含水率が低下していたと考えられる. また, 練混ぜ水によらず混和材により電気抵抗率は大きくなり, 高炉セメントではスラグ置換率に応じて電気抵抗率が大きくなり, 空隙構造は緻密化すると推察された.

図-3 に脱気処理 14 日後の電気抵抗率を練混ぜ水と比較した結果を示す. 配合によらず, 概ね海水を使用した供試体の電気抵抗率の方が小さい値となった. 一般に, 空隙構造が同等である場合, コンクリート中イオ

キーワード 練混ぜ水, 海水, 圧縮強度, 中性化深さ, 電気抵抗率

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL 022-795-7430

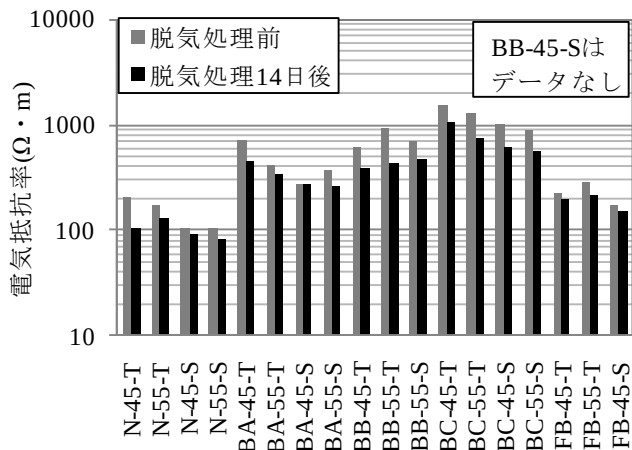


図-1 脱気処理前後の電気抵抗率の測定結果

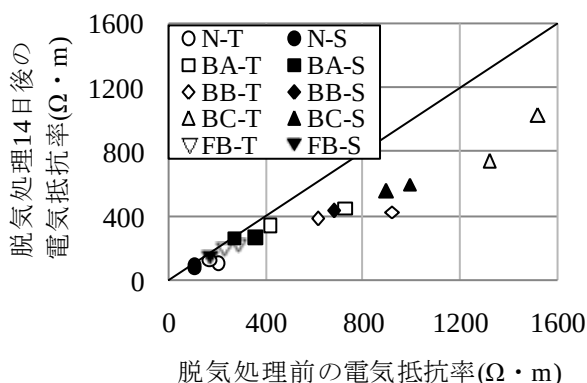


図-2 脱気処理前後の電気抵抗率の比較

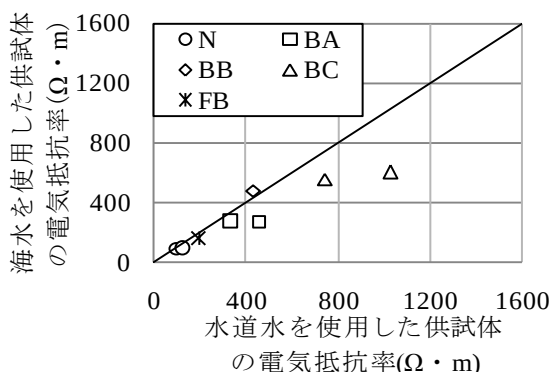


図-3 電気抵抗率に及ぼす練混ぜ水の影響

ン濃度が高くなるほど電気抵抗率は低下する²⁾。この電気抵抗率のイオン濃度依存性が電気抵抗率の違いを生じさせた理由の一つであると考えられる。また、水道水練りと海水練りの電気抵抗率の差は、電気抵抗率が小さいN、FBは小さい傾向を示した。これは暴露環境の影響により外来塩分が多量に浸透し、供試体内部のイオン濃度がほぼ同等になり、結果として海水練りによる初期のイオン濃度の影響が小さくなったためと考えられる。一方、電気抵抗率が高いBA、BCは、水道水練りと海水練りの電気抵抗率の差が大きい傾向を示した。これは塩分浸透抵抗性に優れる高炉セメント³⁾では、外来塩分の浸透量が少ないため、練混ぜ水の違いによる初期内在塩分量の影響が顕著に表れた結果であると考えられる。なお、スラグ置換率が大きくなるにしたがって、練混ぜ水の違いによる電気抵抗率の差が大きくなる傾向が見られる。スラグ置換率が大きくなるにしたがって、スラグの塩分浸透抵抗性の効果が

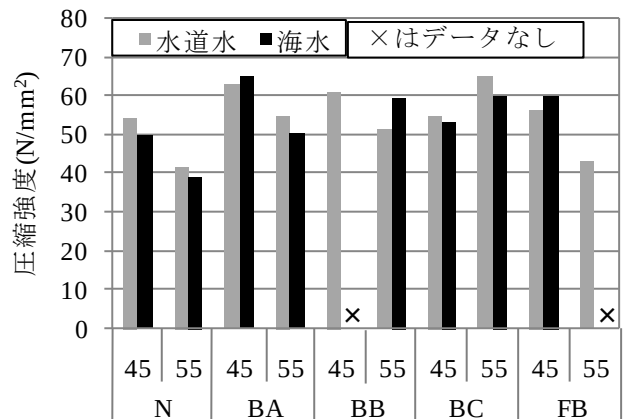


図-4 圧縮強度測定結果

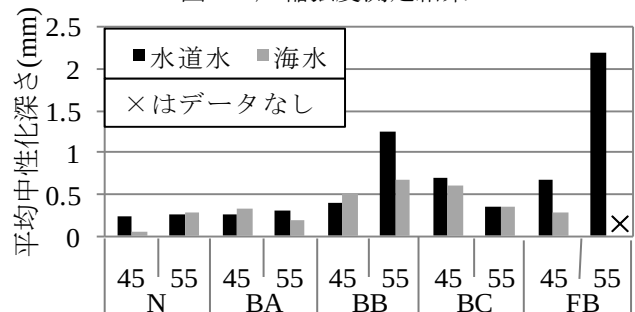


図-5 平均中性化深さ測定結果

大きくなり、練混ぜ水が電気抵抗率に及ぼす影響も大きくなったと考えられる。

3.2 圧縮強度

図-4に圧縮強度の測定結果を示す。練混ぜ水による顕著な変化は認められなかった。そのため、既往の研究⁴⁾と同様に、コンクリートの練混ぜ水に海水を使用しても、少なくとも材齢27年までは長期強度に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

3.3 中性化深さ

図-5に中性化深さの測定結果を示す。湿潤環境である干満帯に暴露されていたこともあり、中性化深さは最大でも2.2mmと中性化の影響はごく表層に限られており、練混ぜ水の影響は不明確であった。

4. 結論

27年間の干満帯での暴露試験の結果、圧縮強度および中性化深さには練混ぜ水として海水を使用したことによる明確な影響は確認されず、水道水を用いて製造されたコンクリートと同等の品質が確保されている。一方、電気抵抗率は海水で練り混ぜたコンクリートの方が小さくなり、その傾向は高炉スラグ微粉末の置換率が大きくなるほど顕著になった。この理由としては、コンクリートの電気抵抗率のイオン濃度依存性に起因するものと推察された。

参考文献

- 1) 黄ら：表面電極型の比抵抗によるコンクリート内部含水率の定量化，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.1，2000
- 2) 榎原彩野ら：電気抵抗率による物質透過性評価に及ぼすイオン濃度の影響，土木学会年次学術講演会，2010
- 3) 審良ら：練混ぜ水に海水を用いたコンクリートの干満帯における長期耐久性，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012
- 4) 山路徹ら：海洋環境下における高炉およびフライアッシュセメントを用いたコンクリートの長期強度特性，混和材を積極的に使用するコンクリートに関するシンポジウム論文集，pp.133-138，2011.12