

練混ぜ水に海水を使用したコンクリートのアルカリ骨材反応性

株式会社大林組 正会員 ○片野 啓三郎
株式会社大林組 フェロー 竹田 宣典

1. はじめに

海水練りコンクリートと ASR の関係について、海水には一定の割合で Na、K などのアルカリ金属元素が存在するため、ASR を促進する可能性があるが、このことを実験によって明確に示した事例はない。そこで、アルカリ骨材反応性試験によって無害でないとされる骨材を使用し、JCI AAR-3「コンクリートのアルカリシリカ反応性試験方法 コンクリート法」によって海水の使用が ASR に及ぼす影響を評価した。なお、ASR 抑制対策として、高炉セメント B 種の使用によるコンクリート中のアルカリ総量低減を検討した。

2. 使用材料および供試体

粗骨材は、香川県産の原岩を粒径 5~20mm に破碎したものを使用した。骨材の物性試験結果を表 1、図 1 および図 2 に示す。アルカリ骨材反応性試験の結果、JIS A 1145（化学法）および JIS A 1146（モルタルバー法）において無害でないと判定された。

上記の粗骨材と表 2 に示す材料を用い、JCI AAR-3 を参考にし、NaOH を 2.40kg/m³ (Na₂O 等量：1.86kg/m³) 添加したコンクリート供試体を作製した。試験ケースを表 3 に示す。すべてのケースにおいて水セメント比を 50.0%、単位水量を 170 kg/m³ とした。なお、配合 No.5 においては、海水を使用したコンクリートのさらなる強度増進と耐久性向上を期待してシリカフュームおよび亜硝酸カルシウムを含む特殊混和剤を添加した。コンクリート中のアルカリ総量については、セメント、海水および水酸化ナトリウムに含まれる Na および K 元素を Na₂O 等量として算出した。

各配合のコンクリートを練混ぜ、膨張率試験用供試体（鋼製型枠 100×100×400mm）を 3 本ずつ作製した。供試体には長さ変化測定用に埋込み型のゲージプラグを設置した。

3. 試験方法

膨張率試験はコンクリート法によるアルカリ骨材反応判定試験方法研究委員会報告書 pp.211-224¹⁾ を参考にして以下の方法で実施した。

まず、コンクリートの打込んだ翌日に脱型し、ダイヤルゲージによって基長を測定する。その後水を含ませたウェスで供試

表 1 粗骨材の物性試験結果

試験項目		試験結果
表乾密度 (g/cm ³)		2.51
吸水率 (%)		2.02
粗粒率 (F.M.)		6.59
実績率 (%)		55.3%
アルカリ骨材反応性	化学法	無害でない (図 1)
	モルタルバー法	無害でない (図 2)

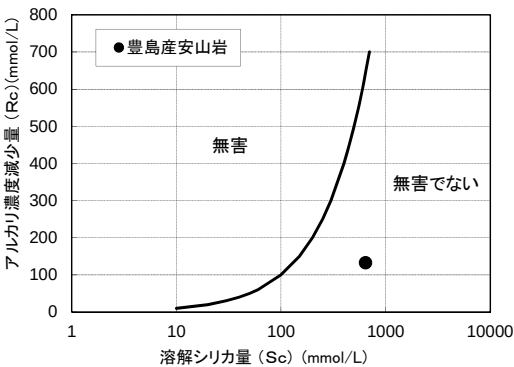


図 1 骨材の ASR 反応性試験結果（化学法）

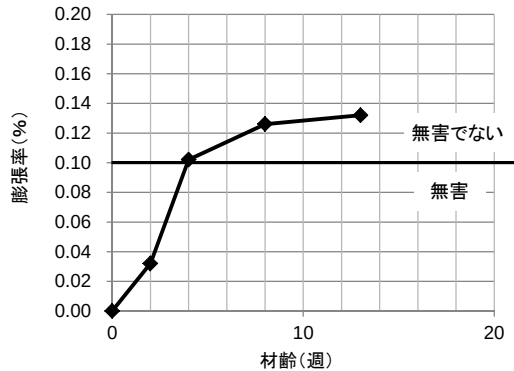


図 2 骨材の ASR 反応性試験結果（モルタルバー法）

表 2 コンクリートの主な材料

分類	種類	記号
練混ぜ水 W	真水（水道水）	WT
	海水	WS
セメント C	普通ポルトランドセメント	OPC
	高炉セメント B 種	BB
混和材	シリカフューム	SF
細骨材	陸砂	S
粗骨材	碎石 5~25mm	G
特殊混和剤 試薬	亜硝酸カルシウムを含む	AN
	水酸化ナトリウム	NaOH

キーワード 海水練りコンクリート、アルカリ骨材反応、高炉セメント B 種、コンクリート法

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所生産技術研究部 TEL 042-495-1012

表 3 試験ケースとコンクリートの配合

配合 No.	名称	練混ぜ水	セメント種類	単位量(kg/m ³)							アルカリ総量 (kg/m ³)*1	圧縮強度 (材齢 28 日) (N/mm ²)
				W	C	SF	S	G	AN	NaOH		
1	真水 OPC	真水	OPC	170	340	—	796	929	—	2.40	4.14	35.9
2	真水 BB	真水	BB	170	340	—	785	929	—	2.40	2.68	32.8
3	海水 OPC	海水	OPC	170	340	—	796	929	—	2.40	6.65	41.1
4	海水 BB	海水	BB	170	340	—	785	929	—	2.40	5.19	40.1
5	海水 BB+Ad	海水	BB	157*2	306	34	775	929	17*2	2.40	4.92	48.5

*1 セメント、海水および水酸化ナトリウムに含まれる Na および K 元素を Na₂O 等量として算出

*2 W に AN17 kg/m³ を混合し、合計が他の配合と同じ 170L/m³ となるように調整

体の表面を覆い、ポリエチレン製の袋に収納して密閉し、温度 40±2℃の貯蔵容器に貯蔵する。供試体の長さを材齢 1, 2 および 3 ヶ月で測定する。測定結果をもとに、次式によって膨張率を算出する。

膨張率 (%) = $\frac{X_i - X_{ini}}{L} \times 100$

ただし、Xi：材齢 i におけるゲージプラグ間の長さ
Xini：基長測定時におけるゲージプラグ間の長さ
L：ゲージプラグ内側端面間の距離

アルカリ骨材反応性の判定は、供試体 3 本の膨張率の平均が 0.100%未満の場合に「反応性なし」、0.100%以上の場合に「反応性あり」と判定する。

4. 試験結果

膨張率試験結果を図 2 に示す。配合 No.3（練混ぜ水：海水、セメント：OPC）の供試体は材齢 3 ヶ月で膨張率が 0.100%を超え、ASR 反応性ありと判定された。また、写真 1 に示すように、供試体全体に 0.15～0.20mm のひび割れが発生し、白色ゲルが滲出したことから、ASR が進行していることが明らかである。一方、他の配合の供試体では膨張率が 0.020%以下に収まっており、外観の変状も認められなかった。したがって、練混ぜ水に海水を使用した場合、真水の場合よりも ASR を助長するが、高炉セメント B 種を使用することで ASR を抑制できること、高炉セメント B 種を使用した場合にシリカフュームや亜硝酸カルシウムの添加は ASR に影響を及ぼさないことが明らかになった。

5. まとめ

練混ぜ水に海水を使用したコンクリートの ASR 反応性について、JCI 規準による膨張率試験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 練混ぜ水に海水を使用し、普通ポルトランドセメントを使用した場合、真水を使用した場合よりも ASR の進行が顕著になる。
- (2) 高炉セメント B 種の使用により、練混ぜ水に海水を使用した場合でも ASR を抑制することができる。
- (3) 海水および高炉セメント B 種を使用した場合、シリカフュームや亜硝酸カルシウムの添加は ASR を促進することはない。

参考文献

1) コンクリート法によるアルカリ骨材反応判定試験方法研究委員会報告書、公益社団法人コンクリート工学協会、1991

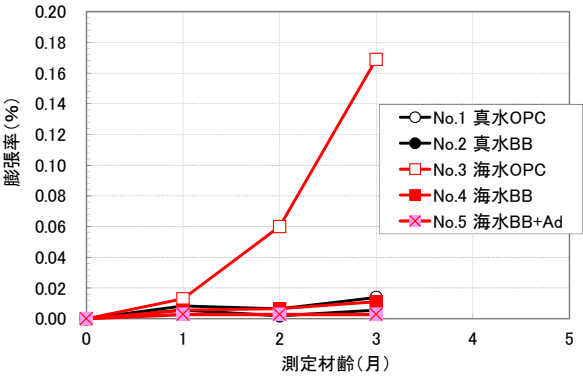


図 3 膨張率試験結果（コンクリート法）



写真 1 ひび割れ状況（配合 NO.3，材齢 3 ヶ月）

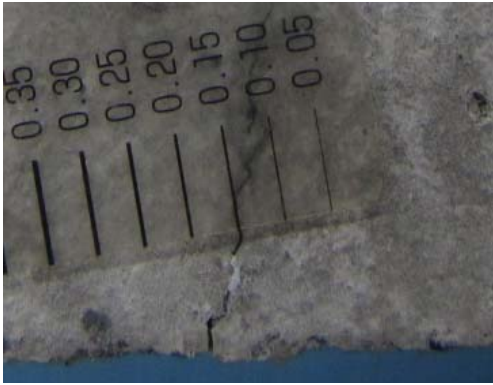


写真 2 ひび割れ状況とゲルの滲出(写真 1 拡大)