

高い ASR 反応性を有する骨材を使用した海水練りコンクリートに関する検討

(株)大林組 正会員 ○野島 省吾 フェロー 新村 亮

金沢大学

フェロー 鳥居 和之

1. はじめに

海水練りコンクリートにおけるアルカリ骨材反応（以下「ASR」）では、海水中のアルカリ金属元素により ASR が促進されるが、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを一定量以上添加することで、海水を使用しないコンクリート同様に ASR を抑制できる結果が報告されている¹⁾。一方で、現行の ASR 抑制対策（JIS A5308）の内、アルカリ総量規制を遵守していた場合（2.2～2.4kg/m³）であっても ASR が発生する、高い反応性を示す骨材が報告されている²⁾。本検討では、海水練りコンクリートに前述の高い反応性を示す骨材を使用し、その配合と各種混和材による ASR 抑制効果を確認する試験を実施した。

2. 試験概要

表-1 に使用材料を示す。反応性骨材として用いた富山県産川砂・川砂利（表-2）では、既往の研究により川砂と石灰石碎石を組合せた場合にその膨張率が大きくなる特徴が確認されている²⁾。試験配合は、表-3 に示すように水・結合材量を一律とし、表-4 に示す練混ぜ水種類・結合材の構成、骨材の組合せをパラメータとした。試験は圧縮強度試験および JCI AAR-3「コンクリート方」(以下 ASR 試験)を実施し、NaOH 添加量は Na₂O 換算で 2.4kg/m³ となる 3.16 kg/m³ を標準とした。ASR 試験は角柱供試体（□10×10×40 cm）により実施し、1 か月ごとに 6 か月間、角柱供試体の長さをダイヤルゲージにて測定した。また、試験終了後に膨張性が確認された一部供試体に関しては、偏光顕微鏡によるひび割れと反応性鉱物の観察を実施した。

3. 試験結果

図-1 に圧縮強度試験結果を示す。海水と BB を使用した No.4～6 において、真水を用いた No.1 より強度が高くなった。また、ASR 対策として FA・BS を内割で混合した No.7, 8 は材齢 28 日強度が 20%程度低下した。図-2, 3 に ASR 試験結果を示す。ASR 対策を行っていない No.2, 3 においては規定膨張量である 0.1%を超える結果となった。No.3 は、真水を使用しているが、海水中の代表的なアルカリ（Na,K）を NaOH に換算して追加添加しているものであり、図-3 に示すように、

表-1 使用材料一覧

材料	略号	概要
練混ぜ水（海水）	WS	久里浜採取 Na, K イオンの NaOH 換算量: 19.7 kg/m ³
練混ぜ水（真水）	WT	茅ヶ崎市水道水
セメント（BB）	BB	高炉セメント B 種 密度: 3.04g/cm ³
セメント（NP）	NP	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm ³ 全アルカリ 0.54%
フライアッシュ	FA	M火力産, 密度 2.25g/cm ³
高炉スラグ微粉末	BS	ブレン 4000 密度: 2.86g/cm ³
反応性 ^{※1} 細骨材	SR	富山産川砂, 表乾密度 2.61g/cm ³ 吸水率 1.85%, FM2.85
反応性 ^{※1} 粗骨材	GR	富山産川砂利, 表乾密度 2.61g/cm ³ 吸水率 1.34%, G _{max} 25mm, 実績率 62.5%
ASR 無害細骨材	SC	大分産石灰砕砂, 表乾密度 2.67g/cm ³ 吸水率 1.08%, FM2.71
ASR 無害粗骨材	GC	大分産石灰砕石, 表乾密度 2.71g/cm ³ 吸水率 0.23%, G _{max} 20mm, 実績率 61.4%
海水練り用混和剤	AN	亜硝酸カルシウム系 密度 1.30 g/cm ³
A E 減水剤	WR	BASF No. 70
試薬	NO	水酸化ナトリウム 純度 95%

※1 表-2 参照

表-2 反応性骨材概要（細骨材・粗骨材共通）

略号	岩石構成	主要反応性鉱物	ASR 判定
SR GR	安山岩…約 30% （ペシマム混合率） 砂質片岩など …約 70%	オパール クリストバライト	化学法 ^{※2} ・モルタルバー法で「無害でない」判定

※2: GR 試験結果 Sc242mmol/L, Rc72 mmol/L

表-3 配合条件

W/B	SL	空気量	s/a	W	AE 減水剤
50%	12cm	4.5%	45.0%	160	250ml/B

表-4 試験ケース

No.	練混ぜ水	セメント種類	混和材	骨材		混和剤 [kg/m ³]	
				細骨材	粗骨材	NO	AN
1	真水	BB	—	SR	GC	3.16	—
2	海水	NP	—	SR	GC	3.16	—
3	真水	NP	—	SR	GC	6.37 ^{※3}	—
4	海水	BB	—	SR	GC	3.16	17
5	海水	BB	—	SC	GR	3.16	17
6	海水	BB	—	混合 ^{※4}	GC	3.16	17
7	海水	NP	FA20%	SR	GC	3.16	17
8	海水	NP	BS75%	SR	GC	3.16	17

※3: 海水中 Na,K 量 3.21kg/m³ を他ケース標準添加量に追加

※4: SR:SC=1:1

キーワード 海水練りコンクリート, ASR, 反応性骨材

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

各試験材齢において No.2 と No.3 はほぼ同等の膨張であることから、海水中の Na, K 以外の微量なアルカリの影響は小さかったといえる。No.2, 3 以外のケースは規定膨張率 0.10% を下回る結果となったが、その中でも傾向の違いが確認された。

(1) 海水の影響: No.1, 4 を比較すると、海水の利用により膨張量が増加するものの、BB (もしくは No.7, 8 の BS・FA) を使用することにより、海水を利用しても膨張量を 0.10% 未満に抑制することができることが確認された。

(2) 混和材 (BS) 添加量の影響: BB における BS 混合率は一般的に 40% 程度であり、No.2, 4, 8 の比較により BS 混合率が 0%, 40%, 75% と増加するにしたがって膨張率が抑制され、添加率 75% では真水使用時 (No.1) と同程度の膨張率となった。

(3) 骨材の組合せの影響: No.4, 5 を比較すると、細骨材・粗骨材どちらか一方が反応性骨材であっても膨張量に差は現れなかったが、SR の量を半分にした No.6 で膨張量が大きい結果となった。これは混合した SC の影響も含めた反応性骨材のペシマムが 30% 以下であった可能性を示している。

以上の試験結果を踏まえ、No.2 と No.6 に関して試験終了後の供試体断面の偏光顕微鏡観察を実施した

(写真-1, 2)。ひび割れは、反応性骨材である安山岩の細骨材からペーストに進展したものだけではなく、反応性が低いと考えられていた砂質片岩や石灰岩の細骨材から進展したものも確認された。劣化進行度は両供試体ともに中置度～顕著 (加速期) と判定され、砂質片岩からは ASR 反応性鉱物の微晶質石英が確認された。石灰岩も微晶質石英を含むと考えられたが、主な構成物質である方解石の影響により偏光顕微鏡下で同定することはできなかった。

5. まとめ

ASR が顕著な骨材を用いた海水練りコンクリートの各種試験を行った。砂質片岩や石灰岩から進展したひび割れも確認されたが、混合セメントや BS, FA を用いることで膨張を抑制できることが確認された。

参考文献

- 1) 片野ほか: 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, 第 70 回年次学術講演会 V-543
- 2) 菊池ほか: 細・粗骨材の組み合わせのペシマム現象における ASR 劣化事例の検証, JCI 年次論文集 Vol.38, No.1, 2016

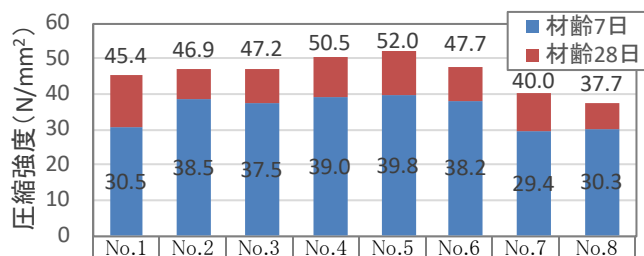


図-1 圧縮強度試験結果

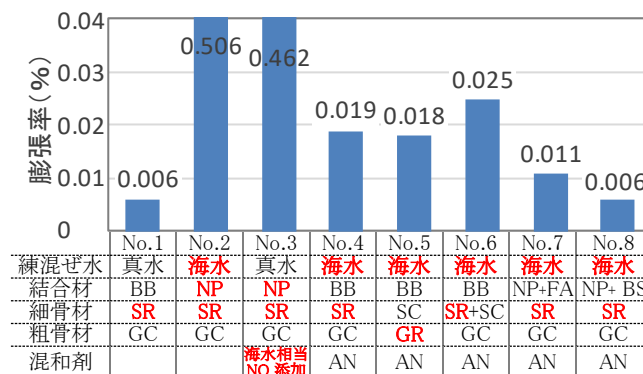


図-2 試験期間 6 か月における膨張率

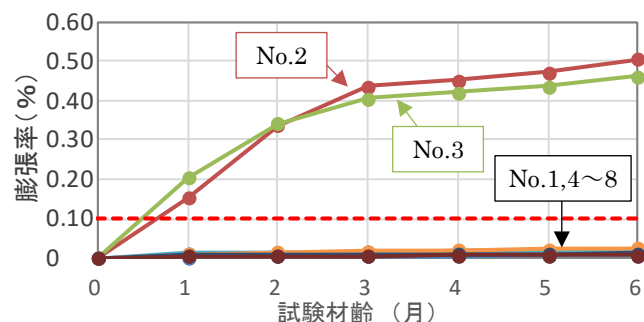


図-3 ASR 試験による膨張率測定結果



写真-1 ASR 試験後の供試体 (左: No.2, 右: No.6)

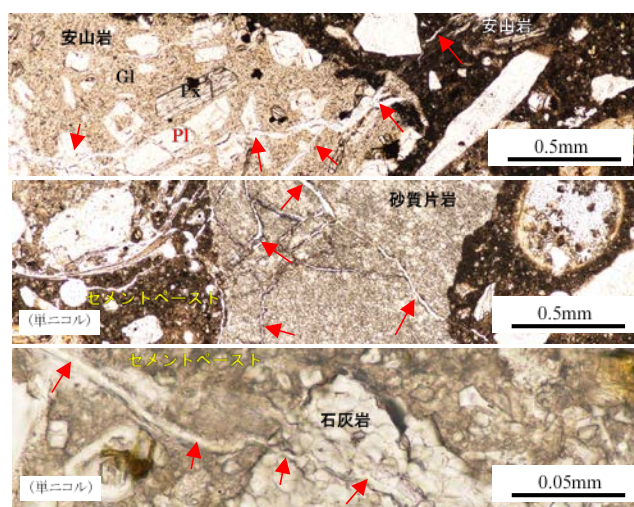


写真-2 偏光顕微鏡写真 (←: ひび割れ)

上段: No.2 安山岩 中段: No.2 砂質片岩 下段: No.6 石灰岩