

リサイクル材料を活用したコンクリートの耐海水性に関する検討

東急建設(株)技術研究所* 正会員 早川健司 伊藤正憲 大橋潤一
名古屋大学大学院工学研究科** フェロー会員 田邊忠顕

1. はじめに

近年、石炭火力発電所や製鉄所から発生するフライアッシュやスラグを利用した FS コンクリートの開発が進められている¹⁾。この FS コンクリートは、細骨材にフライアッシュおよび製鋼スラグを、粗骨材に高炉スラグ粗骨材を使用したコンクリートである。このため石炭火力発電所や製鉄所が立地する沿岸域で使用すればコスト低減が可能となる建設材料である。本研究では、海洋環境下の鉄筋コンクリート構造物への適用性を明らかにすることを目的に、FS コンクリート供試体の長期曝露試験を実施している。このうち本文は材齢 1 年までに実施した強度特性、塩化物イオン浸透性に関する試験結果を報告するものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

表 1 に FS コンクリートの使用材料とその品質を示す。細骨材として使用する製鋼スラグは膨張性を有するため、コンクリート用骨材としては利用されていなかった材料

表1 F S コンクリートの使用材料

使用材料	種類	記号	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	入手先	備考
セメント	普通ポルトランド		3.16		宇部三菱セメント	
細骨材	フライアッシュ	FA	2.2		中部電力碧南火力発電所	非JIS品(原粉)
	製鋼スラグ	SS	2.54	8.74	新日本製鉄名古屋製鉄所	膨張率0.2%
粗骨材	高炉スラグ	GS	2.49	7.07		

である。しかし、使用前に蒸気エージング処理を施し、膨張を促進させた製鋼スラグは、フライアッシュを適切な割合で混合することで膨張を抑制できる。このため本実験では、蒸気エージングを行い水浸膨張率が 0.2%程度の製鋼スラグを使用した。

表2 コンクリートの配合

種類	コンクリートの記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(Kg/m ³)							混和剤	
				W	C	S			G		Ad1*	Ad2*
						NS	SS	FA	NG	GS		
普通コンクリート	N1	67.5	49.3	167	248	910			954		1.00	
	N2	55.0	48.0	155	282	897			997		0.25	2A
FS コンクリート	FS1	66.0	50.0	165	250		693	180		885	0.50	8A
	FS2	69.2		173			636	221		875		10A
	FS3	72.4		181			587	255		865		12A

Ad1: AE減水剤, Ad2: 空気量調整剤(1A:C×0.003(%))

表 2 にコンクリートの配合を示す。製鋼スラグの膨張を抑制するフライアッシュは細骨材として用い、製鋼スラグに対する容積比を 0.3, 0.4, 0.5 の 3 水準とした。そして FS コンクリートの配合は、単位セメント量 250kg/m³、細骨材率 50%および AE 減水剤の添加量 (C×0.5%) と一定とし、スランブ 12±2.5cm、空気量 4.5±1.5%を満たすように単位水量を調整した。なお、比較用の普通コンクリートには、単位セメント量がほぼ同等である N1 および W/C が 55%である N2 の 2 種類を用いた。

2.2 試験方法

作製した φ10×20cm の円柱供試体は標準水中養生を行い、耐海水性の検討を行うための供試体は、材齢 28 日以降、20 海水中、飛沫帯および干満帯に曝露した。ここで飛沫帯および干満帯とはこれらをシミュレートした屋外曝露施設である。圧縮強度試験は、標準水中養生した材齢7,28,91,182,365 日 および各条件に曝露した材齢182,365 日の供試体に対して実施した。塩化物イオンの浸透に関しては、材齢 182 日まで標準水中養生した供試体に対し急速塩化物イオン透過性試験を AASHTO T 277 に準拠して行うとともに、材齢 10 ヶ月まで 20 海水曝露した供試体中の塩化物イオン含有量を JCI-SC4 に準拠して測定した。

キーワード：製鋼スラグ、フライアッシュ、高炉スラグ粗骨材、耐海水性、塩化物イオン

* 〒229-1124 神奈川県相模原市田奈字曾根下 3062-1 TEL: 0427-63-9507 FAX: 0427-63-9503

** 〒464-0071 名古屋市千種区若水 2-3-11 TEL: 052-789-4633 FAX: 052-789-3738

3. 試験結果および考察

3.1 強度特性

図1に標準水中養生した材齢1年までの材齢と圧縮強度の関係を示す。FSコンクリートは、初期の強度発現が若干遅れる傾向にあるものの、材齢28日では28~30N/mm²程度となり、普通コンクリートとほぼ同等であった。材齢1年の圧縮強度は、FS1<FS2<FS3、すなわちフライアッシュの混入量の多いものほど大きくなり、平均で50.3N/mm²となった。このようにFSコンクリートが長期的に強度増加した理由は、製鋼スラグの膨張抑制効果を期待し、細骨材として使用したフライアッシュのポゾラン反応によるものと考えられる。

図2に海洋環境下に曝露した各コンクリートの材齢1年における圧縮強度を示す。また、図中には標準水中養生した供試体の圧縮強度に対する各曝露条件の圧縮強度の割合を合わせて示す。20海水中に曝露した場合、普通およびFSコンクリートともに、圧縮強度は約20%低下する傾向にあった。飛沫、干満帯に曝露した場合の圧縮強度は、普通コンクリートおよびFSコンクリートともに標準水中養生した場合と同等であった。このように、材齢1年までのFSコンクリートの強度発現性状は、海水の作用を受ける環境においても普通コンクリートとほぼ同等であることが確認された。

3.2 塩化物イオン浸透性

表3に急速塩化物イオン透過性試験結果である6時間の通過電流量および判定結果を示す。N1,N2の判定結果がそれぞれ「high」、「Moderate」であるのに対し、FS2の判定結果は「Very Low」であった。図3に20海水中に10ヶ月曝露した供試体の表面からの深さと塩化物イオン含有量の関係を示す。FSコンクリートの表面部の塩化物イオン含有量は普通コンクリートより大きな値を示したものの、内部では普通コンクリートより小さくなった。このようにFSコンクリートの内部への塩化物イオン浸透に対する抵抗性は、普通コンクリートに比べて同等以上であるものと考えられる。

4. まとめ

- (1)海水の作用を受ける環境下におけるFSコンクリートの強度発現特性は普通コンクリートと同等であった。
- (2)FSコンクリートの塩化物イオン浸透に対する抵抗性は、普通コンクリートと比較して同等以上であった。

なお、本研究は、中部地区でFSコンクリートを新しい建設材料として利用することを目的に設立された「FSコンクリート研究会」において実施した実験の一部をとりまとめたものである。

[参考文献]

- 1)FSコンクリートの利用手引書，(株)沿岸環境開発資源利用センター，1998.11

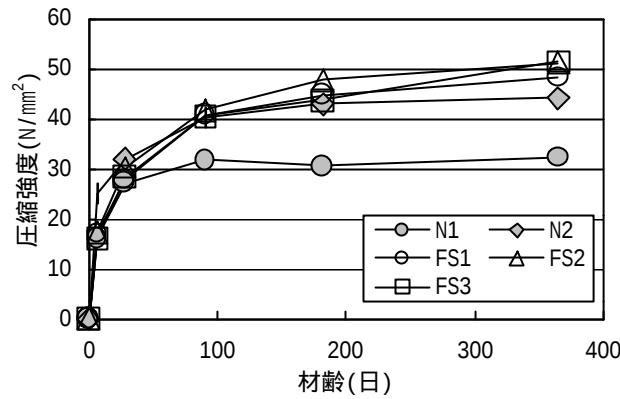


図1 材齢と圧縮強度の関係（標準水中養生）

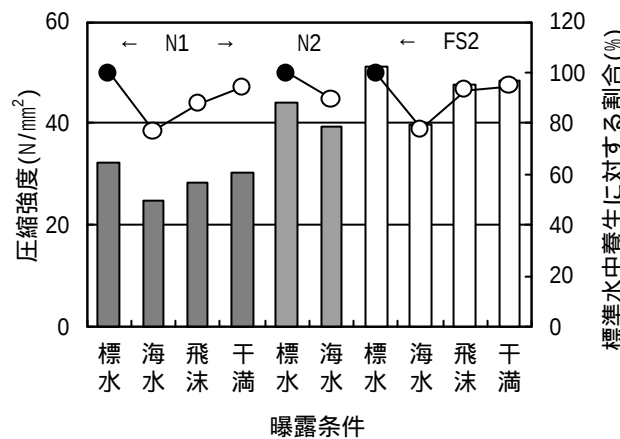


図2 各環境に曝露した供試体の圧縮強度

表3 塩化物イオン浸透性の判定結果

種類	電流量 (クーロン)	判定結果
N1	6068	High
N2	2570	Moderate
FS2	732	Very Low

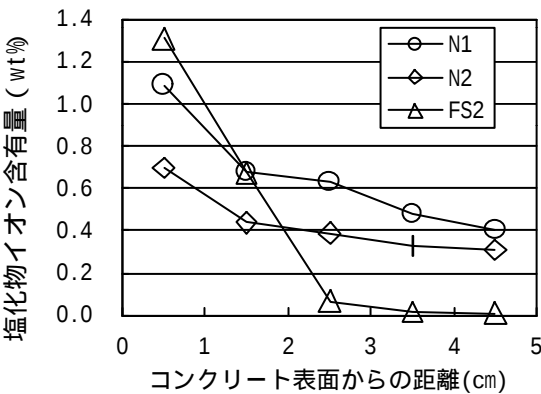


図3 塩化物イオン含有量