

エコセメントおよび海水練りがスラグ高含有モルタルの強度に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 XU JIALE 正会員 福永 隆之 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

高炉スラグ微粉末（以下、BFS）はコンクリートの混和材として使用すると、セメント使用量を減少できるため CO₂ 排出量を削減できる。また、アルカリ骨材反応の抑制に有効である等の利点がある。しかし、BFS を大量置換する場合は、初期強度が低下する。本研究では BFS の反応を促進する方法として、セメントと練混ぜ水を変更した供試体を作製し、強度性状と水和生成物について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 に使用材料を示す。セメントはエコセメント（以下、EC）および普通ポルトランドセメント（以下、OPC）を使用した。エコセメントは普通ポルトランドセメントよりアルカリ成分と塩分が多いため、BFS の反応を促進できる可能性がある。混和材として、高炉スラグ微粉末 4000 を利用した。細骨材はセメント強さ試験用標準砂を使用した。海水練りが初期強度を促進することが報告されているため、練混ぜ水は水道水および海水とした。

本研究では、モルタルとセメントペーストの二種類を作製した。モルタル供試体は、W/B=0.5、S/B=3 とした。結合材は、エコセメン

トと普通ポルトランドセメント単味を使用した EC および OPC、その 70% を BFS で置換した N70、E70、海水を練混ぜ水とした N70(SW)、E70(SW) である。供試体を作製後、海水練り供試体は 20°C 封かん養生を施し、水道水練りは標準水中養生とした。セメントペースト供試体の水セメント比、BFS 置換率および養生条件はモルタル供試体と同様とした。

2.2 実験項目

モルタル供試体は練り混ぜ直後にフロー試験を行った。また、所定の材齢にて JIS R 5201 に準拠して圧縮試験を実施した。材齢に達したセメントペーストは水和停止後、微粉碎した後に XRD 分析を行った。

3. 結果および考察

図-1 に各配合のフロー試験の結果を示す。図より、EC のフロー値は OPC のフロー値より低い。これは、EC の比表面積が OPC より高く、セメントペーストの粘性が増加し、流動性が小さくなったためと考えられる。同一セメントの場合、BFS 置換率によらずフレッシュ性状に与える影響がなく、海水を使用した時にフロー値が低下する。これは、海水中の塩分で水和反応を促進して一部の強度が出るためと考えられる。

図-2 に圧縮強度試験の結果を示す。(a) より EC の供試体は長期強度発見性が小さい結果になった。これ

表-1 使用材料

材料区分	材料名	備考
セメント	OPC：普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³ 比表面積 3340cm ² /g
	EC：エコセメント	密度 3.15g/cm ³ 比表面積 4100cm ² /g
混和材	BFS：高炉スラグ微粉末 4000	密度 2.91g/cm ³ 比表面積 3960cm ² /g 石膏添加品
細骨材	S：標準砂	絶乾密度 2.64g/cm ³ 吸水率 0.42%
水	W：水道水	
	SW：海水	採水地：糸島市

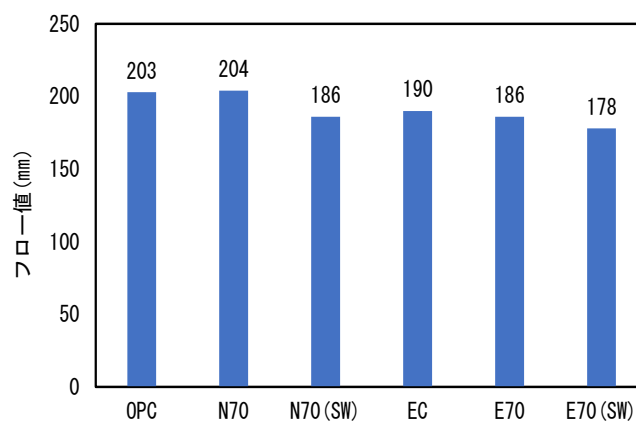


図-1 モルタルフロー

は、既往の研究でも同様な現象が報告されている。N70, E70 の初期強度は低い結果になった。これは、エコセメントの鉱物成分に C_3S の量が少ないと考えられる。また、E70 の初期強度が N70 よりやや低いに対して、強度の伸びが大きい。(b)より海水練りは初期強度が顕著に高くなった。E70(SW)の3日強度が N70(SW)よりやや低い、7日と以降の材齢は逆に超えた。また、海水練りにおける28日後強度の増進がほぼ見られなかった。

図-3に材齢3日におけるペースト供試体のXRDパターンを示す。Etはエトリングライト、Msはモノサルフェート、Fsはフリーデル氏塩である。(a)よりE70の方はモノサルフェートが多く生成する。これは、エコセメントの鉱物成分に C_3A の量が多いためと考えられる。また、海水練り供試体はモノサルフェートが生成せず、フリーデル氏塩の生成が多い。これは、海水中の塩化物イオンでモノサルフェートがフリーデル氏塩へ転化したと考えられる。海水を練混ぜ水に用いると、既往の研究より材齢初期にシリケート相の反応を促進すると報告されている²⁾。しかし、(b)より材齢3日で練混ぜ水によらず C_3S は確認されなかった。そのため、初期強度増進の理由について、空隙率の減少で組織が緻密化する可能性があるため、空隙構造を測定する必要がある。また、海水練りにおける BFS の反応を促進することも報告されるため、BFS 反応率を明らかにする必要がある。

4. まとめ

(1) E70 の初期強度は B70 より低いに対して、強度の伸びが大きい。E70(SW)の初期強度が増加して、7日から N70(SW)より高い。

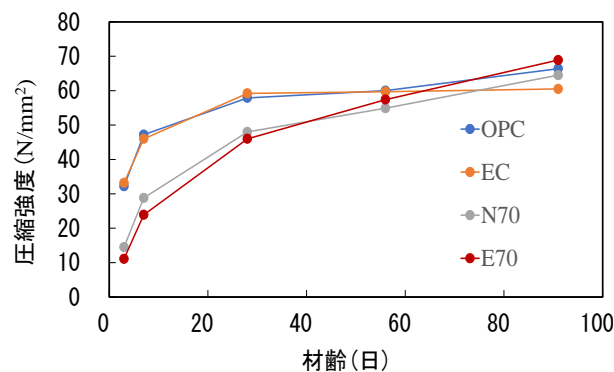
(2) 海水練りにおける生成物について、フリーデル氏塩が多く生成する。また、材齢3日で練混ぜ水によらず C_3S は確認されなかった。初期強度増進のメカニズムを明らかにするため、反応試験や空隙構造を明らかにする必要がある。

謝辞：本研究の一部は、公益財団法人鉄鋼環境基金第42回環境助成研究の助成を受けたものです。ここに謝意を表します。

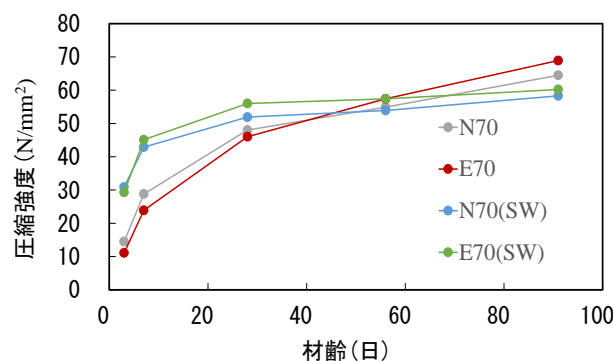
参考文献

1) 竹田 宣典, 大即 信明: 海水練りコンクリート, コンクリート工学, Vol.56, No.5, pp.525-530, 2016

2) 斎藤 豪, 菊地 道生, 多田 直央: 海水練りセメントペースト供試体の水和反応解析, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan: セッコウ・石灰・セメント・地球環境の科学, Vol.21, No.371, pp.231-241, 2014

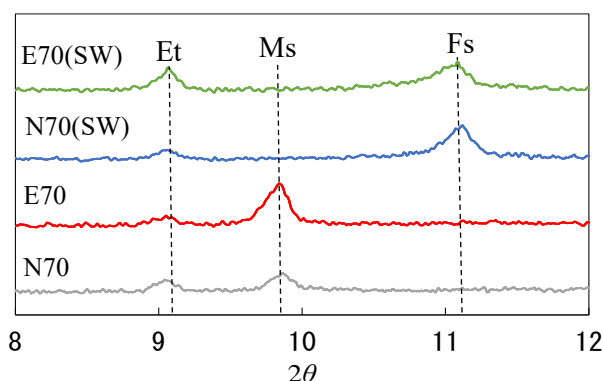


(a) OPC, EC, N70 と E70 の圧縮強度

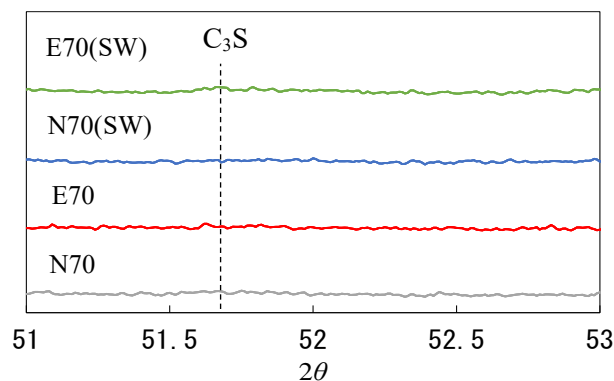


(b) N70(SW) と E70(SW) の圧縮強度

図-2 圧縮試験の結果



(a) Et, Ms および Fs



(b) C_3S

図-3 XRD 分析 (3 日)