

高炉セメントにフライアッシュを添加した蒸気養生モルタルの耐海水性に関する研究

日大生産工(院) ○世森 裕女佳 日大生産工 鶴澤 正美

1 諸言

高炉スラグセメントはスラグ混入率が高いため、環境負荷低減に貢献できるセメントとして広く公共工事などにも使用されている。普通セメントの出荷が全体の8割を占める中で高炉B種セメントは2割を占めるまでになっている¹⁾。高炉スラグは普通セメントに比べ、長期の強度増進が期待できる。これは高炉スラグの潜在水硬性によるセメント水和物、すなわちC-S-Hの生成が行われるためである。一方、マリンコンクリートの分野でも高炉セメントは多用されている。耐海水性が高いと一般に言われており海洋構造物に使用されているが、スラグ自身に耐海水性があるということではなく、上述の高炉スラグが持つ潜在水硬性がC-S-Hを生成し、より硬化体の緻密性を上げ水密性を向上させることが主因であると筆者らは考えている。高炉スラグセメントを使用したコンクリートは生コンクリートでも使用されているが、製品用途でも使用されている。製品用途では65℃の蒸気養生やさらにはオートクレーブを製造時に使用することもある。蒸気養生による高炉スラグセメントの研究は多くあるが²⁾、さらにこれにフライアッシュを添加した研究例は少ない。フライアッシュは我が国においては、東日本大震災以降原子力発電比率が減少しているため、石炭火力発電に頼るところが多く、その際に副生されるため活用方法の検討は重要な研究課題であると認識している。また潜在水硬性材料である高炉スラグとポゾラン材であるフライアッシュを混合添加してその強度増進性や水和のタイミング、すなわちC-S-Hを生成する材料が、セメント、高炉スラグ、フライアッシュと段階的に進むため、セメント科学的にも興味ある材料配合となる。このように社会への貢献にも意味がありかつ研究的にも意味がある研究を本研究は解決できる可能性がある。

今回はセメントに高炉スラグを添加し、さらにフライアッシュを加えて蒸気養生を行った場合

の強度増進と緻密さの一指標としての耐海水性に着眼して実験を行った。

2 実験概要

使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント、高炉スラグはエスメント(石膏なし)、フライアッシュ(以降FAと略記、Ⅱ種)を使用した。配合は、JIS R 5201に準拠し、セメント標準砂と水道水、セメントに内割で高炉スラグ、フライアッシュを混合した。水バインダー比は50%である。減水剤は使用していない。練り混ぜ後、24時間湿空養生を行い完全に硬化させてから、65℃で3時間、加温養生を行い、その後20℃約60%で気中養生を行った。圧縮強度の測定は材齢1, 7, 14, 28日とした。また耐海水性については、4×4×16供試体を材齢1日で半分は切断し、切断面にマスキングをしてエポキシ樹脂でコーティングし、塩分濃度10%³⁾に28日間浸漬し、一方向から浸透させ、切断後、硝酸銀溶液⁴⁾を噴霧し、白色に変色した領域の平均深さを測定した。

3 実験結果および検討

高炉スラグの添加率が0, 20, 40%の3水準での、FAの添加率が0, 5, 10%ごとで得られた圧縮強度をFig. 1～Fig. 3に示す。

Fig.1では高炉スラグを含まない場合である。強度は1日から7日にかけて大きく伸びるものの、それ以降の強度の増進は少ない。FAを添加するほど強度は下がる傾向を示した。Fig.2は高炉スラグ20%の場合である。Fig.1と比較して7日以降も強度増進があり、材齢28日では50N/mm²を超える強度が得られている。またFAを5%添加したものが最大値を示していることも興味深い。Fig. 3は高炉スラグを40%添加した場合である。FA5%まではFig.2と同様の強度増進を示しているが、材齢28日のFA10%添加では大きく強度低下を示している、供試体の状況から非常に乾燥していたため、これは自己乾燥して強度が低下するためであると考えている。

Study on Seawater Resistance of Steam-cured Mortar using Blast-Furnace Slag Cement Mixed with Fly Ash

Yumeka YOMORI and Masami UZAWA

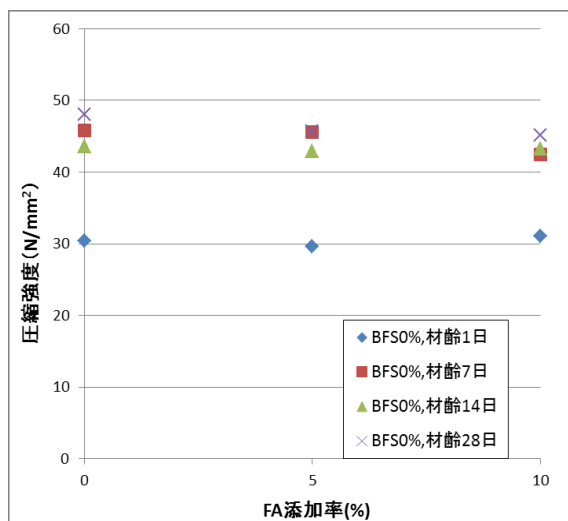


Fig. 1 Compressive strength of BFS 0%

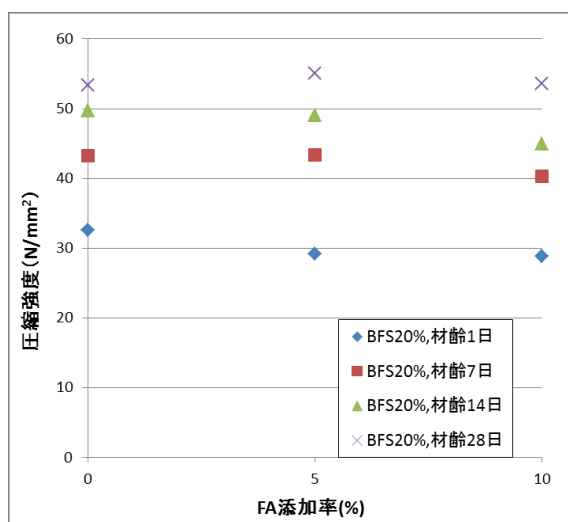


Fig. 2 Compressive strength of BFS 20%

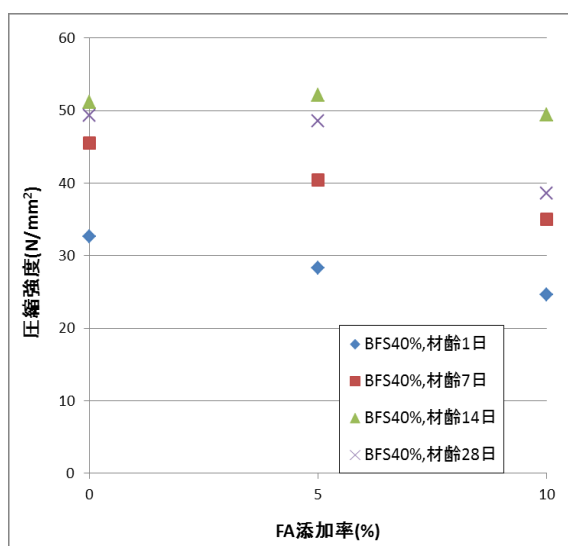


Fig. 3 Compressive strength of BFS 40%

すなわちポゾラン反応と潜在水硬性の両方で水を使うためだと思われる。高炉スラグを40%添加すると材齢14日までは伸びるものの、その後は伸びず材齢28日では低下する。また、材齢14日で50N/mm²を超えるという目標が一般的な製品用途での強度レベルとなるが、Fig. 2より高炉スラグの添加率が20%のとき、FAの添加率を0、5、10%にすると材齢28日で達成している。前述したとおり、高炉スラグとFAを同時使用する場合においては、このような自己乾燥による強度低下を考慮する必要があることが明らかとなった。

4 耐海水性

各水準の硝酸銀噴霧による白色領域の平均深さをTable. 1に示す。Table. 1から、高炉スラグを添加することにより、塩分浸透深さは格段に低下した。高炉スラグの添加率20%と40%では、耐海水性の観点からみるとさほど大きな差はない。強度発現性と自己乾燥を考慮し、高炉スラグ20%程度、すなわち高炉セメントA種（高炉スラグの添加率が5%以上30%以下）にFAを添加する、という水準をさらに深化させることが有効だと考える。

Table. 1 Salt penetration depth of the average

	B0-FA0%	B0-FA5%	B0-FA10%
平均	1.33(cm)	1.43(cm)	1.45(cm)
	B20-FA0%	B20-FA5%	B20-FA10%
平均	1.05(cm)	0.98(cm)	1.13(cm)
	B40-FA0%	B40-FA5%	B40-FA10%
平均	0.90(cm)	0.88(cm)	0.90(cm)

5 まとめ

- 1) 高炉スラグ20%, フライアッシュ5%の水準で最高強度を示し、良好な強度増進性と耐海水性を確認した。
- 2) 高炉スラグ40%, フライアッシュ5%でも良好な強度増進性と耐海水性を確認したが、フライアッシュ10%では自己乾燥によると思われる強度低下を確認した。
- 3) 高炉スラグ20%と40%のフライアッシュ5%添加では圧縮強度と同様に耐海水性も良好な結果でありほぼ同等であった。

「参考文献」

- 1) セメントの常識 , セメント協会 (2017)
- 2) 例えば 近田ら, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 14. No. 1 (1992)
- 3) 土木学会, コンクリート標準示方書2013年制定[規準編] 土木学会規準および関連規準
- 4) JIS A 1154 「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」