

高炉スラグフライアッシュ混合セメントモルタル の蒸気養生方法の検討とその圧縮強度

日大生産工（院） ○竹内 寛武 日大生産工 鶴澤 正美

1. 緒言

高炉セメントは環境負荷低減に貢献できるセメントとして知られ、広く公共工事などのコンクリート構造物として使用されている。本研究はこの高炉セメントを超える環境負荷低減を実現するコンクリートの開発を目標にしている。一方、フライアッシュ(以下 FA と略記)は火力発電所で発生する燃焼灰である。セメントに混和した場合、ポゾラン反応による強度増進が期待できる。FA は我が国においては、東日本大震災の影響より石炭火力発電に頼るところが多く、その用途拡大の検討は重要である。高炉セメントは製品用途として 65°Cの蒸気養生による促進養生を行うのが一般的である。蒸気養生による高炉セメントの研究は多くあるが、さらにこれに FA を添加した研究例は今のところ見出だされていない。さらに C-S-H の生成が、セメント、BFS、FA と段階的に進むため、セメント材料科学的にも興味深い材料配合となる。

本研究は、「従来の蒸気養生条件がそのまま適用できるか確認する」、「セメントの最低配合量を圧縮強度によって探索する」という目的で行った。

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、BFSはエスメント（石膏なし）、FA（II種）を使用した。JIS R 5201に準拠し、セメント標準砂（S）と水道水（W）、セメント（C）に内割でBFS、FAを表1に示す9種類配合した。供試体は40×40×160mmの角柱型とした。

2.1 蒸気養生における最適温度条件の探索

表1に示す配合のうち、FA含有率10%の供試体を対象として実験を行った。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

脱型。これを図1に示す温度条件で蒸気養生し、養生庫内を40, 35, 30°Cまで放冷させた。その後、温度20°C、湿度約60%で14日間気中養生を行い、圧縮強度試験を行った。

2.2 蒸気養生の圧縮強度

表2に示す配合で9種類の供試体を作製、硬化、脱型、蒸気養生を行った後 30°Cまで放冷し上記と同様の条件で気中養生を行った。気中養生の材齢はそれぞれ 1, 7, 14, 28 日とした。その後、圧縮強度を測定した。

表1 各供試体の配合比とCO₂排出量
(各試料には同一量の珪砂を含む)

No.	C(%)	BFS(%)	FA(%)	CO ₂ 排出量 (g/l)	相対値
1	60	40	0	262.7	100
2	60	30	10	260.9	99.3
3	60	20	20	259.2	98.6
4	50	50	0	225.5	85.8
5	50	40	10	223.9	85.2
6	50	30	20	222.3	84.6
7	40	60	0	188.1	71.6
8	40	50	10	186.7	71.1
9	40	40	20	185.6	70.6

表2 供試体の配合表

No.	C(g)	FA(g)	BFS(g)	W(g)	S(g)
1	270.0	0.0	180.0	225.0	1350.0
2	270.0	45.0	135.0		
3	270.0	90.0	90.0		
4	225.0	0.0	225.0		
5	225.0	45.0	180.0		
6	225.0	90.0	135.0		
7	180.0	0.0	270.0		
8	180.0	45.0	225.0		
9	180.0	90.0	180.0		

Blast furnace slag/fly ash mixed cement mortar
Study of steam curing method and its compressive strength of

Hiromu TAKEUCHI, Masami UZAWA

3. 実験結果

3.1 蒸気養生における最適温度条件の探索

図2は供試体番号2, 5, 8の供試体について、蒸気養生槽から40℃, 35℃, 30℃以下で取り出した場合の圧縮強度を示した結果である。いずれの供試体も35℃以上で取り出した場合に強度が大きくして低下している。これは供試体を高温の蒸気養生槽から室温の気中に取り出した際に生じる温度応力の影響で、供試体内部に微細なひび割れが生じることが原因であると考えられる。これを踏まえ、今後の研究で蒸気養生を行う場合の養生槽からの取り出し温度は30℃以下にすることとした。

3.2 圧縮強度試験の結果

図3は蒸気養生による圧縮強度9種の供試体についてセメント含有量60, 50, 40%の3水準で圧縮強度を示したグラフである。出荷材齢14日を基準に考察すると、まずBSF40%でFAが0%の場合が市販の高炉セメントB種と同等となる。概ね58N/mm²の強度を発現している。FA添加量を増やすと強度は低下し10%で52N/mm², 20%では43N/mm²となった。これを基本にセメント配合量を減らすと、セメント配合量が50%の場合では、FA0%の時の圧縮強度51N/mm²とFA10%配合の時とほぼ同等の圧縮強度を示している。FA添加量を増やすと圧縮強度は低下する傾向は同じである。さらにセメント量を減じたセメント量40%では、FA0%の時の圧縮強度は46N/mm²と低下したが材齢28日では出荷目標強度の50N/mm²を超える結果が得られている。またFAの含有量0~10%間と10~20%間で比較すると、後者の方が顕著に圧縮強度の低下が見られた。

参考文献

- 1) セメントの常識, セメント協会, (2017).
- 2) 菅林恵太, 社会資本 LCA に基づいた建設工事を対象とする環境影響評価, こうえいフォーラム, 第22号, pp.61-67, (2014).
- 3) 土木学会, 循環型社会に適合した FA コンクリートの最新利用技術ー利用拡大に向けた設計施工指針試案ー, コンクリートライブラリー132, pp.304, (2010).
- 4) BFS 微粉末を用いたコンクリートの力学的特性に対する微視的温度応力の影響, 土木学会論文集, 63 巻 4 号, pp.549-561,

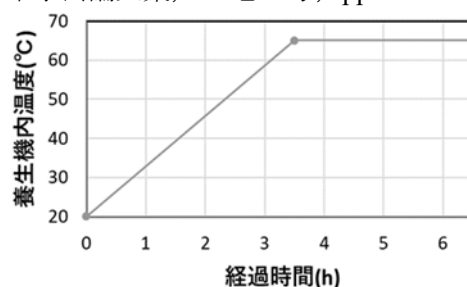


図1 蒸気養生槽内の温度変化

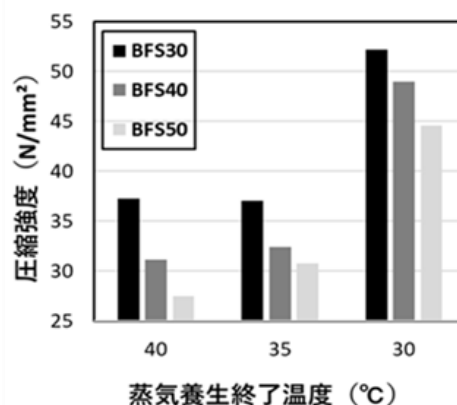


図2 圧縮強度と蒸気養生終了温度 (取り出し温度)

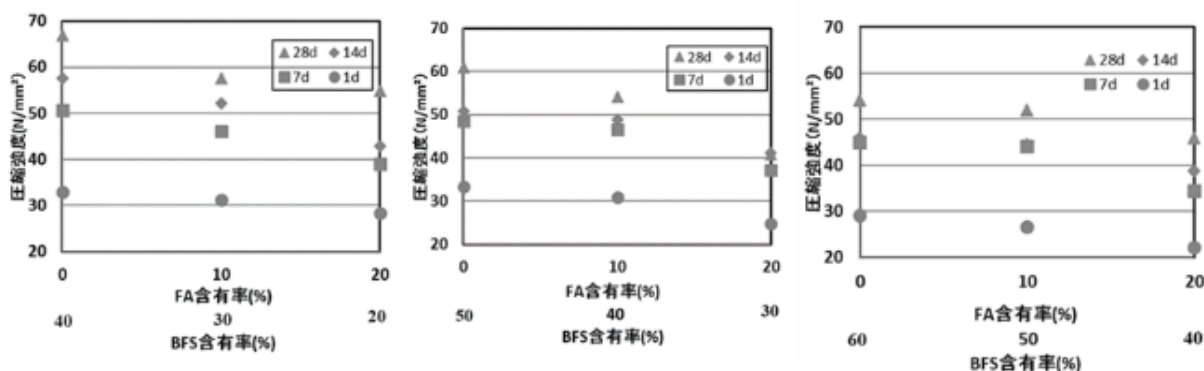


図3 蒸気養生による圧縮強度