

高炉フュームを利用した高炉セメントコンクリートの品質改善に関する検討

鹿児島大学大学院 学生会員 ○江口 康平 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
株式会社ハルテック 正会員 梅木 真理 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

近年、高炉セメントを使用した場合に、乾燥収縮によるひび割れが生じる事例が報告されており、その改善が求められている。一方、中国では高炉から排出されるガスを模擬した高炉フュームと呼ばれる材料（カオリン系ポゾラン材料とも呼ばれるが、ここでは高炉フュームと称す）が開発されており、高いポゾラン反応性を有していることが明らかになっている。そこで本研究では、高炉フュームの持つポゾラン反応性に期待し、高炉セメントに高炉フュームを加えることで初期強度や乾燥収縮といった問題点の改善を目指した。

2. 高炉フュームの材料特性

本検討では高炉スラグ微粉末と高炉フュームを基準とし、比較用にポゾラン材料であるフライアッシュ 種を使用した。高炉フュームに関しては、炭坑ボタ、炭質頁岩、石炭灰等を原料として人工的に製造した人工灰高炉フュームを使用した。物性試験結果を表 - 1 に示す。高炉フュームは、高炉スラグ微粉末に比べて密度が小さく、比表面積が大きいといった特徴がある。また、使用した高炉フュームの化学組成を表 - 2 に示す。高炉フュームは高炉スラグ微粉末に比べて、 SiO_2 が多く、 CaO が少なく、潜在水硬性とポゾラン反応性を同時に有していると考えられた。

表 - 1 物性試験結果

	密度 (g/cm^3)	比表面積 (cm^2/g)
高炉スラグ微粉末	2.9	4010
高炉フューム	2.7	7300
フライアッシュ 種	2.25	3990

表 - 2 化学組成 (単位: Wt%)

	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	SO_3	K_2O
高炉スラグ微粉末	22.7	14.2	46.8	0.43	0.33	1.76	0.31
高炉フューム	32.7	10.9	37.8	2.71	8.65	4.79	7.42

3. 実験概要

表 - 3 供試体配合

実験に使用したコンクリートの配合を表 - 3に示す。W/B、単位水量および細骨材率を一定とし、目標スランブを $9 \pm 2\text{cm}$ として定めた。結合材は高炉スラグ微粉末で

W/B (%)	s/a (%)	供試体名	単位量(kg/m^3)							
			W	C	高炉スラグ	高炉フューム	フライアッシュ	S	G	sp
50	45	OPC	175	350	-	-	-	824	996	0.18
		BB		175	175	-	-	818	989	0.18
		高炉フューム10%		158	158	33	-	808	991	0.63
		高炉フューム20%		140	140	67	-	806	989	0.70
		高炉フューム30%		123	123	100	-	805	987	0.70
		フライアッシュ10%		158	158	-	35	814	984	0.30
		フライアッシュ20%		140	140	-	70	810	978	0.18
		フライアッシュ30%		123	123	-	105	805	973	0.20

セメントの50%を置換し、高炉セメントB種相当としたもの（以下、BBと称す）を基準とし、高炉フュームあるいはフライアッシュで10、20、30%置換するものとした。なお、比較用に普通セメントのみを使用したもの（以下、OPC）も併せて作製した。圧縮強度試験は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を所定の期間水中養生を施した後、「JIS A 1108-2006」に準拠し試験を行った。

乾燥収縮試験は図 - 1に示す $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ のコンクリート供試体とし、初期水中養生7日後に「JIS A 1129-3」に準じて試験を行った。なお、試験環境は温度 20 ± 2 、湿度 $60 \pm 5\%$ の恒温恒湿環境とした。

4. 試験結果および考察

高炉セメントB種相当としたものに、高炉フューム、フライアッシュをそれぞれ置換したコンクリートにおける、
キーワード：初期強度、乾燥収縮、高炉スラグ微粉末、高炉フューム、フライアッシュ

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科海洋土木工学専攻 TEL099-285-8480

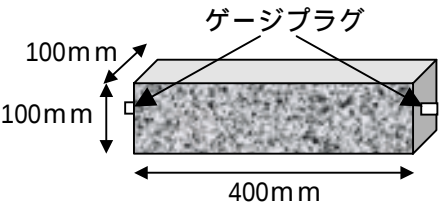


図 - 1 供試体形状

圧縮強度の経時変化を図 - 2 に示す。まず、高炉フュームで置換した場合、材齢28日までの初期強度は高炉フューム置換率が多くなるに従って増加する傾向がみられ、高炉フューム30%置換とした供試体では7日、28日ともにBBを上回る強度が得られた。その理由としては、高炉フュームの持つ急速なポゾラン反応性によるものと考えられた。また、いずれの配合においても、材齢が長期となるに伴い強度の増加がみられたが、特に高炉フューム10%置換の供試体では材齢91日でOPCを上回る強度が確認された。一方、フライアッシュで置換した場合についてみると、置換率が大きくなるに従い初期、長期共にBBよりも強度が低下する傾向となった。

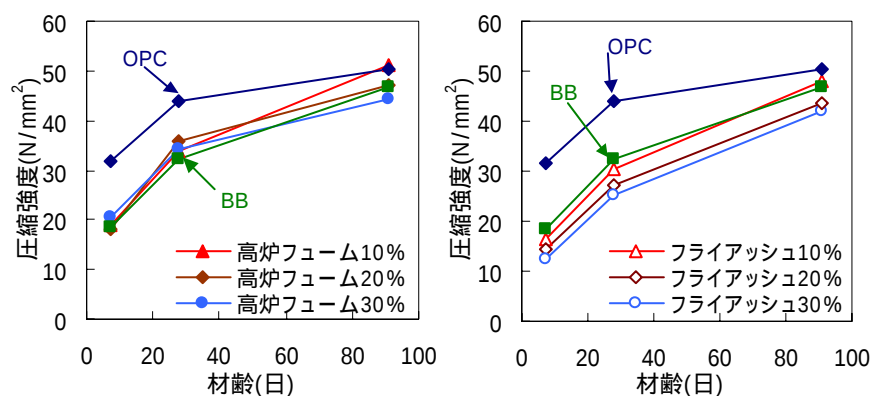


図 - 2 圧縮強度の経時変化

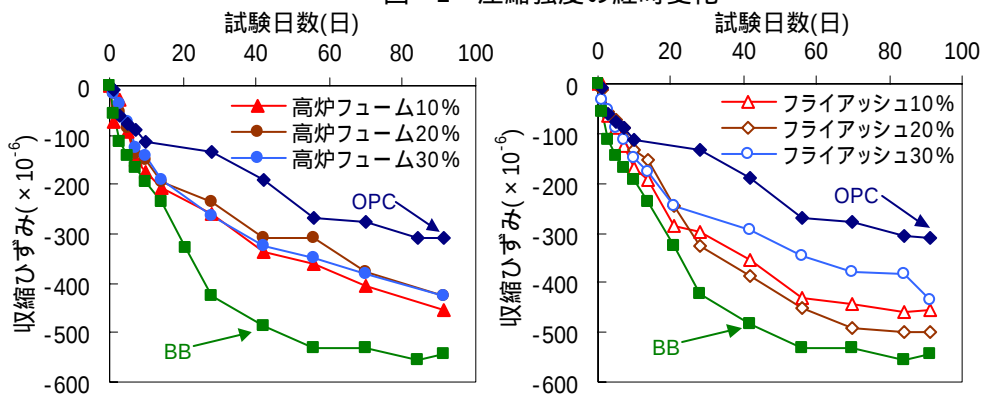


図 - 3 収縮ひずみの経時変化

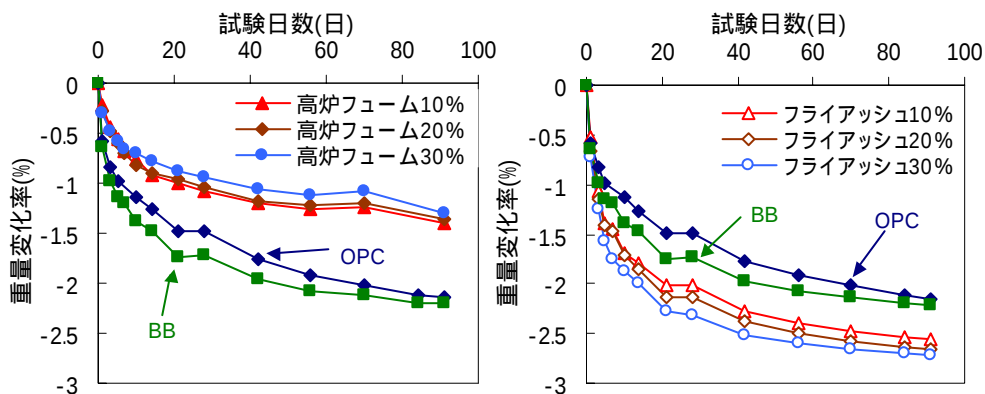


図 - 4 重量変化率の経時変化

図 - 3 には W/B50% , 単位水量を 175kg/m^3 としたコンクリート供試体に乾燥収縮試験を行った場合の収縮ひずみの経時変化を示す。BB 供試体において、試験開始から 91 日経過時での収縮ひ

ずみは 550μ 程度であったのに対し、高炉フュームで置換した場合、置換率にかかわらず 400μ 程度まで収縮を抑制することができた。一方、フライアッシュで置換した場合、いずれの配合でも BB より収縮を抑制できていたが、高炉フュームと同程度まで収縮を抑制するためには置換率を 30% 程度とする必要がある。

図 - 4 には試験期間中の重量変化率の経時変化を示す。高炉フュームを使用した供試体は、OPC、BB 供試体に比べ重量の減少を大きく抑制しており、高炉フュームを使用したことにより、コンクリート内部が緻密化し内部の水の発散を抑制していたことが示唆された。一方、フライアッシュで置換した供試体ではフライアッシュ置換率が増加するに従って重量減少が大きくなり、収縮ひずみと逆の結果となった。その理由としては、フライアッシュで置換したことで高炉スラグ微粉末の絶対量が減少し、細孔構造に何らかの変化が生じたことなどが考えられた。

5. まとめ

今回の検討により、高炉フュームを混合することで、配合によっては高炉セメントの初期強度を向上することが可能であり、収縮ひずみも低減できることが確認された。しかし、そのメカニズムについては十分に明らかになっておらず、今後更に検討を行う必要がある。

謝辞：この研究は（株）柏木興産との共同研究により実施した研究の一部である。関係者各位に心より感謝する次第である。