

PFBC灰のNAクリートへの適用に関する研究

ハザマ 正会員・斉藤栄一 福留和人
エネルギー・エコ・マテリア 正会員 斉藤 直 安野孝生

1. はじめに

加圧流動床発電所から産出される石炭灰（以下，PFBC灰）は， CaO ， SO_3 の含有量が高く，自硬性を有する．本研究では，石炭灰および金属スラグを多量に用いたコンクリート¹⁾（以下，NAクリートと呼称）へのPFBC灰の適用性を検討するために基礎的な検討を行った．

2. 使用材料

表-1にPFBC灰の品質を示す．表に示すように CaO ， SO_3 の含有量が高く， CaO の一部は，遊離石灰として存在している．また，最適含水比は，30%をやや上回っており，微粉炭焚の石炭灰¹⁾より若干高くなっている．スラグは，転炉スラグ（蒸気エージング処理，密度： 2.96g/cm^3 ，吸水率：1.36%），銅スラグ（密度： 3.56g/cm^3 ，吸水率：0.11%）および電炉スラグ（密度： 3.46g/cm^3 ，吸水率：1.20%）を使用した．セメントは，普通ポルトランドセメントを用い，硬化促進剤としてNaClを単位水量の3.3%添加した．

表-1 PFBC灰の品質

項目		PFBC1	PFBC2
化学成分 (%)	強熱減量	8.41	5.04
	SiO_2	46.1	38.1
	Al_2O_3	12.9	17.9
	Fe_2O_3	2.84	3.70
	CaO	22.2	26.2
	MgO	1.14	0.34
	SO_3	4.35	6.37
	f - CaO	3.40	1.70
密度(g/cm^3)		2.53	2.64
比表面積(cm^2/g)		6,020	4,690
最適含水比 (%)		31.7	30.6

3. 基本配合の検討

PFBC灰を用いたNAクリートの基本配合を検討するために，転炉スラグおよび表-1のPFBC1を用い，セメント添加率（0，10，20%）および水粉体比（44，47，50%）を変化させて，圧縮強度試験を実施した．図-1に水粉体比と圧縮強度の関係を示す．PFBC灰の自硬性がみられ，セメント添加率0%でも強度発現が見られている．ただし，セメント添加率0%における圧縮強度は，12～14 N/mm^2 程度であり，消波ブロックへの適用のためには，多少のセメント添加が必要である．図-2にセメント換算係数kによる評価結果¹⁾を示す．PFBC灰の自硬性のため，有効係数kは，0.511と，微粉炭焚の一般的な石炭灰を用いた場合と比較して高い値となっている．

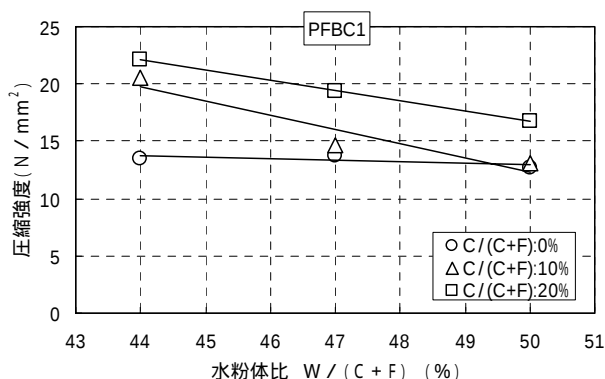


図-1 水粉体比と圧縮強度の関係

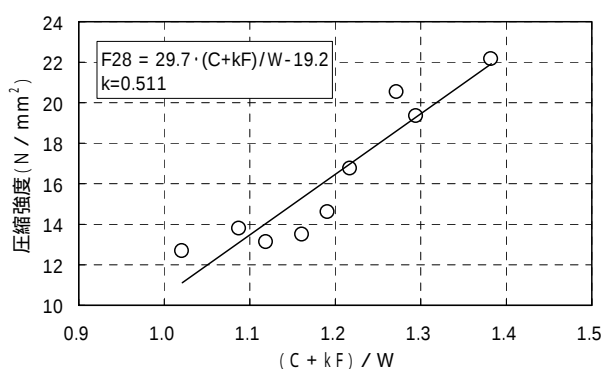


図-2 換算結合材水比と圧縮強度の関係

4. 強度特性試験

3. の試験結果から，設計基準強度 18 N/mm^2 ，スランプ 2.5，7，12cm の配合条件でNAクリートの配合

キーワード：PFBC灰，金属スラグ，消波ブロック，圧縮強度，引張強度，曲げ強度

連絡先：ハザマ環境事業開発部，〒107-8658 港区北青山2-5-8 tel: 03-3405-1124, fax: 03-3405-1814

を選定した．すなわち，所要のスランブが得られるように水粉体比を選定し，次に，水粉体比に応じて同一換算結合水比となるようにセメント添加率を選定した．表-2 に選定した N A クリートの配合を示す．最適含水比が高いため微粉炭焚の石炭灰の場合より水粉体比はやや高くなっているが，セメント添加率は，若干低くなっている．選定した配合で，圧縮強度試験（材齢 2 , 3 , 7 , 28 日），引張・曲げ強度試験（材齢 28 日）を実施した．なお，スランブ 12cm の配合では，表-1 の P F B C 2 についても同様の試験を実施した．

図-3 および図-4 にそれぞれ圧縮強度と引張強度および曲げ強度の関係を示す．なお，比較のために，微粉炭焚の石炭灰を使用した時の試験結果¹⁾も併せて示した．転炉スラグの場合，スランブの大小に拘わらず， $20 \sim 22 \text{ N/mm}^2$ が得られており，微粉炭焚の石炭灰と同様，換算係数を用いたセメント添加率の算定手法¹⁾が適用可能である．なお，銅および電炉スラグの場合，転炉スラグより高い強度が得られており，スラグ種類に応じた配合設計が必要である．また，2 種類の P F B C 灰で強度に若干差が見られる．2 種類の比較のため明確ではないが，P F B C 2 の CaO ， SO_3 の含有量が高いことが理由のひとつと予想される．この点については，今後データを蓄積して検討する必要がある．引張強度および曲げ強度は，土木学会の算定式および微粉炭焚の石炭灰使用時と同程度以上の値が得られており，従来通り，圧縮強度を基準とした配合設計が可能であると言える．

図-5 に材齢と圧縮強度の関係を示す．P F B C 灰を使用した場合，若材齢時の強度はやや低く，型枠転用サイクルの遅延が懸念される．

5. まとめ

P F B C 灰は，自硬性を有していることから，微粉炭焚の石炭灰使用自に比べて少ないセメント添加率で同等の圧縮強度が得られる．また，引張・曲げ強度も比較的高く，消波ブロックへの適用性は，十分高いと考えられる．今後，実用化を図るために，P F B C 灰の品質の影響の検討，初期強度改善手法の検討，長期耐久性の検証が課題となる．

【参考文献】1) 斉藤直他：金属スラグを骨材とした石炭灰コンクリートの品質と配合設計手法：土木学会論文集 No.693 / -53, 187-24, 2001.12

表-2 N A クリートの配合

スラグ種類	目標スランブ ^① (cm)	水粉体比 $W/(C+F)$ (%)	セメント添加率 $C/(C+F)$ (%)	単位量 (kg/m^3)			
				水 W	セメント C	フライアッシュ F	スラグ S
転炉	2.5	41.5	12	245	71	520	1480
	7	44.0	18	253	104	472	
	12	47.0	25	262	139	418	
銅	12	44.0	18	307	126	572	1424
電炉	12	47.0	25	318	169	507	1340

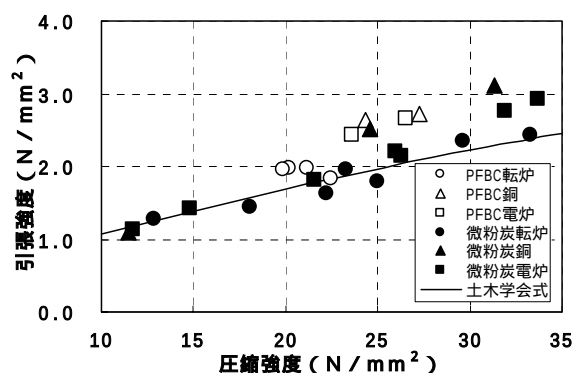


図-3 圧縮強度と引張強度の関係

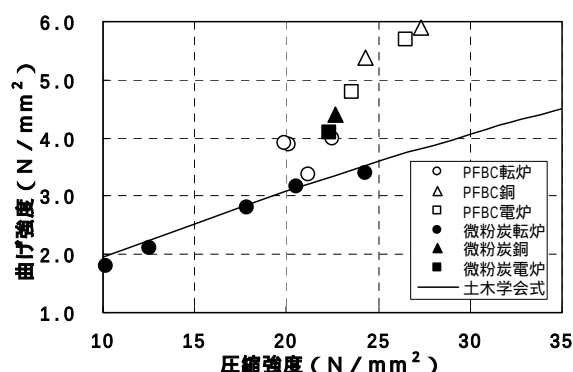


図-4 圧縮強度と曲げ強度の関係

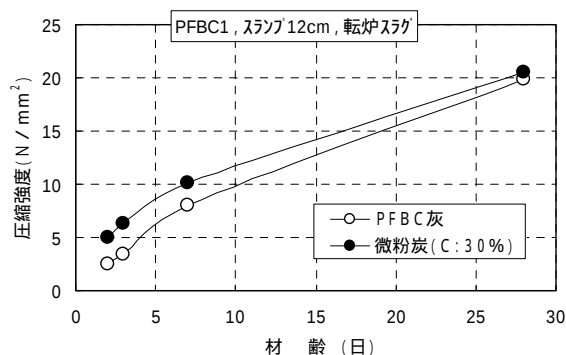


図-5 材齢と圧縮強度の関係