

九州大学大学院 学生員 土井至朗
九州大学工学部 正会員 阪本好史
九州大学工学部 正会員 牧角龍憲
福岡市役所 諫山和仁

1. まえがき

現在、下水処理汚泥は大部分が埋立用として処理されているが、その焼却灰は結合材として有効な化学成分を含んでおり、建設材料への有効利用の可能性を有している。そこで本研究では、下水処理汚泥焼却灰を混和材としてコンクリートに混入し、その基礎的物性についての実験を行ったのでここに報告する。

2. 実験概要

①使用材料

焼却灰：下水汚泥焼却灰で下水処理の過程で用いる凝集剤の違いにより石灰系、高分子系の2種類に分類され、ともに約800℃の加熱流動床で焼成されたもの。その化学成分を表-1に示す。

セメント：普通ポルトランドセメント（比重3.15）

骨材：粗骨材として比重2.90の碎石、細骨材として比重2.59、粗粒率2.77の海砂

混和剤：非空気連行型ナフタレン系高性能減水剤

表-1 焼却灰の化学成分

	比重	化学成分（％）							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
石灰系	3.03	8.3	4.6	8.2	52.5	1.9	2.0	0.31	0.29
高分子系	3.01	10.7	6.8	8.9	46.0	2.2	2.8	0.54	0.37

②コンクリートの配合および養生条件

今回の試験で使用したコンクリートの配合を表-2に示す。本研究はコンクリート2次製品を対象としており、目標空気量2％以下、Non-AEコンクリートとした。焼却灰の混入量は、コンクリートの変色（茶褐色化）が生じない量として全細骨材容積の5％とした。また焼却灰を混入することでワーカビリティが低下するため高性能減水剤を使用した。養生方法は標準養生と蒸気養生の2種類で比較検討を行った。

表-2 コンクリート配合

	単位量（kg/m ³ ）						目標ラング cm	目標空気量 ％
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	焼却灰 H	混和剤		
ブレーン	160	320	781	1208	--	3.2	10	2
灰混入	160	320	761	1183	45	5.12	10	2

③試験項目および試験方法

圧縮強度試験：本試験はJIS A 1108に準じて行い、供試体はφ10×20cmの円柱供試体を用いた。

引張強度試験：JIS A 1113に準じて行い、供試体はφ10×20cmの円柱供試体を用いた。

X線回折：X線回折装置によりX線を角度を変化させながら試料に照射し、回折線の強度を測定した。

凍結融解試験：本試験はJISに規定がなく、JSCE（案）に基づいて行った。また、コンクリートのたわみ振動の1次共振振動数をJIS A 1127に準じて測定し、動弾性係数を求めた。

細孔径分布：水銀圧入ポロシメータを用い、水銀圧入法により測定した。

乾燥収縮試験：JIS A 1129中のダイヤルゲージ方法に準じて行った。供試体は10×10×40cmの角柱供試体を用いた。

3. 実験結果および考察

強度試験の結果を図-1, 2に、X線回折の結果を図-3、乾燥収縮試験の結果を図-4～6、細孔径分布を図-7, 8、凍結融解試験の結果を図-9に示す。

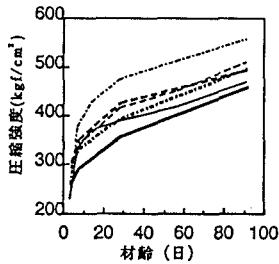


図-1 圧縮強度

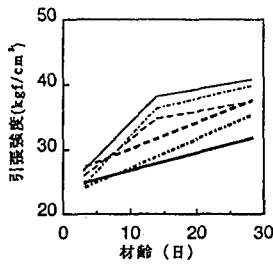


図-2 引張強度

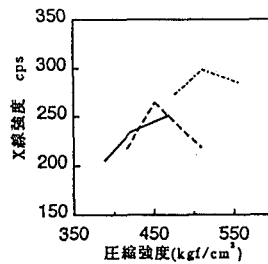


図-3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のX線回折強度と圧縮強度

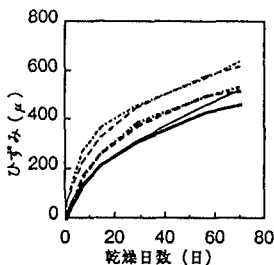


図-4 収縮ひずみの変化

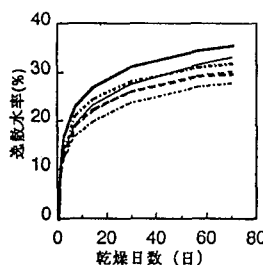


図-5 逸散水率の変化

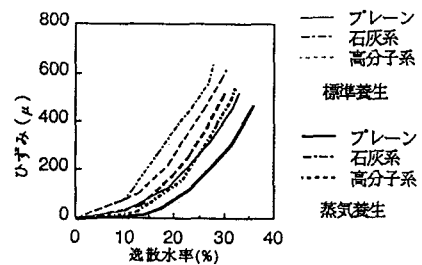


図-6 収縮ひずみと逸散水率の関係

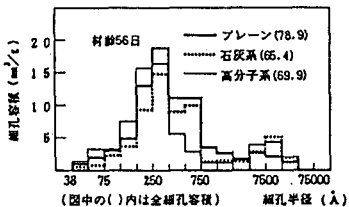


図-7 細孔径分布（標準養生）

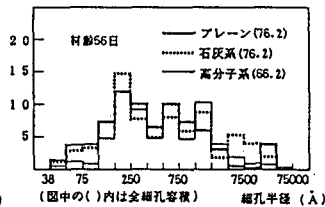


図-8 細孔径分布（蒸気養生）

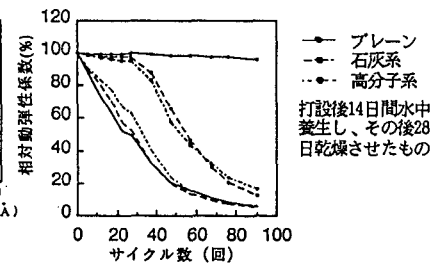


図-9 相対動弾性係数の変化

- (1) 図-1, 2より灰混入コンクリートはブレンコンクリート以上の強度が出ており、図-3から $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の回折強度が圧縮強度の大小関係と一致していることがわかる。
- (2) 図-4～6から、灰混入コンクリートの乾燥収縮ひずみはブレンコンクリートを大きく上回っているが、逸散水量は抑制されていることがわかる。これは図-7, 8にみられるようにコンクリート内部の細孔分布が径の小さい方へシフトし、それによって毛管張力増大を招いたためと考えられる、換言すれば内部組織が緻密になっているためと考えられる。
- (3) 凍結融解抵抗性を図-9に示すが、連続水中養生したものは灰混入コンクリートとブレンコンクリートの差はそれほどみられないが、一定期間乾燥させた灰混入コンクリートは30サイクルあたりから急激に動弾性係数が低下している。これは、試験サイクル中に焼却灰の高い吸水性によりコンクリートの含水率が増加したためと考えられる。

謝辞 麻生セメント中央研究所、九州大学中央分析センター工学部分室、福岡市西部下水処理場ならびに当研究室の卒業生の、蓮本清二氏、江嶋一成氏、平松高志氏に感謝します。