

下水汚泥焼却灰の品質変動とコンクリートの強度について

九州大学大学院 学生員○土井至朗

九州大学工学部 正会員 牧角龍憲

九州大学工学部 高磯 徹

福岡市下水道局 阿部静夫

1. はじめに

現在、排出される下水処理汚泥の大部分は埋め立て処分されている。しかし、その焼却灰にはカルシウム分やシリカ分など結合材として有効な化学成分が含まれており、建設材料としての有効性が期待される。そこで、本研究では下水処理汚泥焼却灰をコンクリートに混和材として混入し、コンクリート二次製品を対象とした実用化を前提とし、焼却灰の品質変動（日間変動、週間変動、月間変動）とコンクリートの強度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

2.1 使用材料

焼却灰：下水汚泥を加熱流動床（温度約800℃）にて焼却する際に生じる電気集塵灰

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2.56、粗粒率2.74（日間変動分は比重2.57、粗粒率2.40）の海砂

混和剤：非空気連行型ナフタレン系高性能減水剤

2.2 試験項目

焼却灰の化学成分分析：JIS A 5202「ポルトランドセメントの化学分析方法」に準じた。

圧縮強度試験：JIS A 1108に準じて行い、試験材齢は14日、28日とした。

塩分含有量調査：電極電流測定法を用いた塩化物量測定器によりフレッシュコンクリート中の塩分を測定した。

凝結硬化速度試験：ASTM C 403「貫入抵抗によるコンクリートの凝結時間試験方法」に準じた。

焼却灰の適用量確認調査：混入する焼却灰の量は一定で、単位セメント量を変化させ圧縮強度試験を行った。

2.3 コンクリートの配合

表-1 コンクリート配合

表-1にコンクリートの配合を示す。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セメント重量の約14%とした。また焼却灰は高い吸水性を持つため、良好なワーカビリティを得るためには単位水量の割り増しが必要となるが、高性能減水剤の使用により灰無混入のブレンコンクリートと同等のワーカビリティを得ることができた。養生は、標準養生とした。

	目 標 ス ラン プ cm	目 標 空 気 量 %	水 セ メ ン ト 比 %	細 骨 材 率 %	単位量 (kg/m ³)					
					水 W	セ メ ン ト C	細 骨 材 S	粗 骨 材 G	焼 却 灰 H	混 和 剤
日間変動	10	2	50	40	160	320	723	1224	45	7.04
週間、月間変動	10	2	50	42	165	330	747	1169	45	5.94

表-2 比重試験結果

3. 実験結果

表-2、図-1に比重試験結果、化学成分分析試験結果および、図-2に圧縮強度試験の結果を示す。強熱減量、不溶残分のばらつきが目立つが、他の成分は比較的安定しており圧縮強度にも大きなばらつきはみられず、焼却灰の品質の変動によるコンクリート強度への悪影響はないものと思われる。

試料No.	採取日	比重	比表面積	試料No.	採取日	比重	比表面積
1-A	9/26	3.03	7063	2-A	10/4	3.05	7039
1-B	9/27	3.04	6146	2-B	10/11	3.00	7364
1-C	9/28	2.98	7242	2-C	10/18	3.03	6425
1-D	9/29	3.04	5661	2-D	10/25	3.04	6707
1-E	9/30	3.03	6831				
1-F	10/1	3.02	6121				

表-3にフレッシュコンクリート中の塩分含有量調査の結果を示す。JISによるコンクリート製品の塩分含有量の規制は0.6～0.3kg/m³となっており、いずれも0.3kg/m³を下回っているので問題はないと思われるが

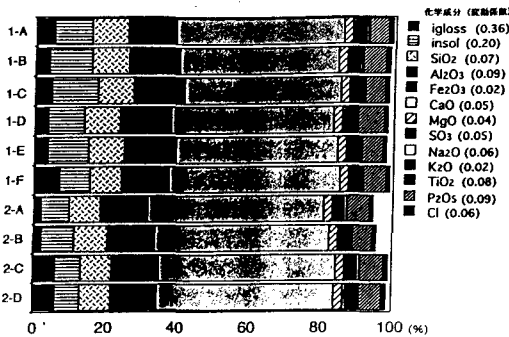


図-1 焼却灰の化学成分の変動

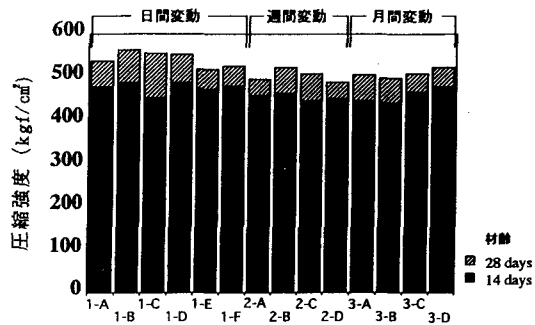


図-2 圧縮強度試験結果

表-3 塩分含有量

採取日	塩分 (%)	採取日	塩分 (%)
1-A 9/26	0.153	3-A 9/27	0.259
1-B 9/27	0.158	3-B 10/11	0.226
1-C 9/28	0.141	3-C 11/15	0.268
1-D 9/29	0.147	3-D 12/13	0.297
1-E 9/30	0.178	3-E 1/10	0.297
1-F 10/1	0.186		
2-A 10/4	0.274		
2-B 10/11	0.235		
2-C 10/18	0.225		
2-D 10/25	0.281		

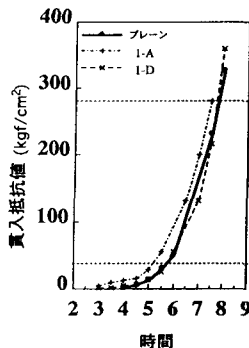


図-3 貫入抵抗試験結果

ブレンコンクリートに比べて塩分はかなり多くなっているため、今後その原因をつかむ必要がある。

コンクリートの凝結に悪影響を及ぼす化学成分としてりんが挙げられるが、今回採取した試料の内りんが最も多く含まれる1-Dと最も少ない1-Aの凝結試験結果を比較して図-3に示す。1-Dは1-Aに比べて凝結時間は長くなっているが、ブレンコンクリートとはほとんど同じ挙動となっており、りんの変動幅も小さいことから大きな問題ではないと思われる。

灰混入による強度増進の効果をj知るため、単位セメント量を変化させた灰混入コンクリートとブレンコンクリートの圧縮強度の比較を図-4に示す。灰混入コンクリートはいずれもブレンコンクリートの強度を上回っており、これは灰成分のカルシウム分が多いことや灰の粉末度が大いことに起因すると考えられる。ちなみに灰をすべてセメントとみなして計算したC/Wと強度の関係を図-5に示すが、ブレンコンクリートと同等かそれ以上の強度となっている。

4.まとめ

下水汚泥焼却灰をコンクリートに混入しても、焼却灰自体の品質変動による悪影響は特に受けず、2割程度の強度増進が見込まれる。

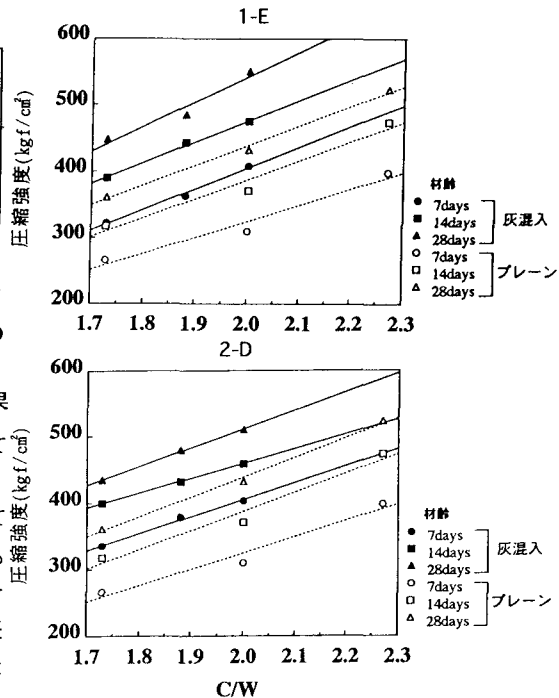


図-4 コンクリート強度の比較

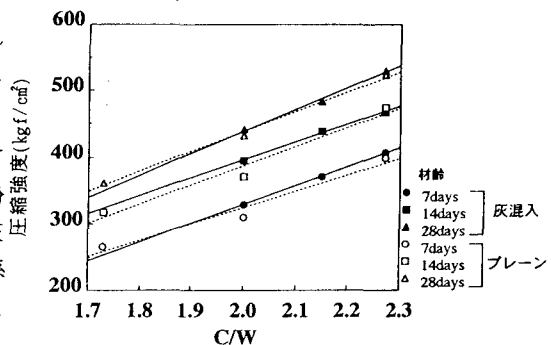


図-5 灰をセメントとみなしたC/Wによる強度の比較