

第V部門

下水汚泥焼却灰を使用したコンクリートの乾燥収縮性状と環境への影響

関西大学大学院工学研究科 学生員 ○山本 裕一
 関西大学工学部 学生員 久行 将弘
 関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章

1. はじめに

近年、下水道普及率の伸びや高度処理の増加に伴い、下水汚泥の発生量が年々増加している。これらの一部は建設資材などにリサイクルされているが、大部分は埋め立て処分されている。将来的に最終処分場の残余容量の減少や、新規処分場の確保難、焼却設備の老朽化への対応により、処分場不足や処分費用の高騰が懸念される。環境保全の意味からも埋め立てに代わる有効利用が望まれている。本研究では、下水汚泥焼却灰（以下、「焼却灰」と略）を天然細骨材に置換してコンクリートに使用することにより乾燥収縮性状と微量成分の溶出にどのような影響が及ぶか明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表-1 に使用材料を示す。下水汚泥焼却灰は主灰と飛灰の混合灰で、飛散防止のため含水率 40%程度に調整されたものを採取し、乾燥機で絶乾状態にして使用した。

2.2 コンクリートの配合

表-2 にコンクリートの示方配合を示す。本実験では置換率を 0%、5%、10%とし、スランプ 8 ± 1 cm、空気量 5 ± 0.5 %となる配合を、単位水量、細骨材率、混和剤の種類を変化させて決定した。また、水セメント比を 50%、AE 減水剤の使用量をセメント質量比で Ad1 は 0.35%、Ad2 は 0.9%と設定した。なお、置換方法は川砂の体積に対する内割置換とした。

2.3 コンクリートの乾燥収縮試験

JIS A 1129-2「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法—第2部：コンタクトゲージ法」に従って試験を行った。100×100×400mmの角柱供試体にゲージプラグを貼り、脱型後7日目を基準としてコンタクトゲージで収縮量を測定した。なお、供試体の乾燥面は端部2面とし他面をシールした。

2.4 コンクリートからの微量成分の溶出試験

土木学会規準 JSCE-G 575-2005「硬化したコンクリートからの微量成分溶出試験方法(案)」に従って試験を行った。φ100×200mmの円柱供試体を焼却灰置換率 0%、10%に対して1体ずつ作製した。内容積 50程度の容器に溶媒として蒸留水を入れ、供試体を浸漬・静置し、24時間ごとに4回容器内の溶媒を全量交換し、溶液から検液を得て分析を行った。

分析に当たっては、ほう素、ふっ素、六価クロム、ひ素、セレン、カドミウム、水銀及び鉛の濃度を JIS K 0102 等により測定し検討した。なお、焼却灰は下水処理場から排出される際に溶出に関して埋立基準を満たすことが確認されている。

表-1 使用材料とその特性値

セメント(C)	普通ポルトランドセメント (密度:3.15g/cm ³ 、比表面積:3470cm ² /g)
細骨材(S)	川砂(表乾密度:2.57g/cm ³ 、 吸水率:1.79%、粗粒率:2.78) 下水汚泥焼却灰(表乾密度:2.55g/cm ³ 粗粒率:0.10、粉末度:14.5%)
粗骨材(G)	砂利(表乾密度:2.67 g/cm ³ 、吸水率:1.25%、 粗粒率:6.54、最大寸法:20mm)
水(W)	上水道水
AE減水剤1 (Ad1)	リグニンスルホン酸系(密度:1.25g/cm ³)
AE減水剤2 (Ad2)	ポリカルボン酸エーテル系(密度:1.07g/cm ³)
空気量調 調整剤(AE)	密度1.02~1.06g/cm ³

表-2 コンクリートの示方配合

置換 率 (%)	細骨 材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
		W	C	S	G	焼却 灰	Ad1 (g)	Ad2 (g)	AE (g)
0	44.0	168	336	767	1014	0	1470	0	0
0	46.0	148	296	840	1024	0	0	2850	0
5	43.5	175	350	708	1006	36	1531	0	10.5
10	43.5	164	328	689	1029	74	0	3159	0

表-3 環境基準と微量成分の溶出試験結果

	1日目		2日目		3日目		4日目		排水 基準	水質 基準	埋立 基準
	0%	10%	0%	10%	0%	10%	0%	10%			
ほう素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.0	1.0	-
ふっ素	0.16	0.13	0.13	0.11	0.12	0.09	0.11	0.08	8.0	0.8	-
六価クロム	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	0.1	1.5
ひ素	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	0	0.3
セレン	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	0	0.3
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	0	0.3
水銀	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0	0	0
鉛	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.1	0	0.3
(単位:mg/ℓ)											

3. 結果及び考察

3.1 乾燥収縮試験の結果

置換率による乾燥収縮ひずみの変化を図-1に示す。既往の研究¹⁾では、焼却灰の置換率が高くなるほど乾燥収縮は大きくなるとの報告がある。本研究でも乾燥収縮ひずみは焼却灰の置換率が高くなるほど大きくなったが、各置換率によるひずみの差は非常に小さいという結果になった。

3.2 微量成分の溶出試験結果

各環境基準の値と微量成分の溶出試験結果を表-3に示す。ふっ素以外の項目に関しては置換率0%と10%のいずれも定量下限値以上の溶出は確認されなかった。特に、ひ素とセレンの溶出が懸念されたが、問題ない結果であった。また、いずれの成分についても排水、水質及び埋立の各基準基準値²⁾を下回る値となっている。これは供試体がひび割れのない健全な状態であり、焼却灰の微量成分の溶出がセメントの水和反応によって抑制されたためであると考えられる。また、ふっ素はセメントに含まれており、置換率10%の配合は置換率0%の配合の1.1倍の単位セメント量を使用している。しかし、焼却灰を混入することによりふっ素の溶出量が減少した。この原因は明確になっていないが、焼却灰の置換によりふっ素の溶出に対して何らかの抑制効果があったのかもしれない。

4. まとめ

以上の結果より10%程度の置換率であれば乾燥収縮の点からは焼却灰を適用することの影響は大きくないことがわかった。環境への影響ではふっ素が

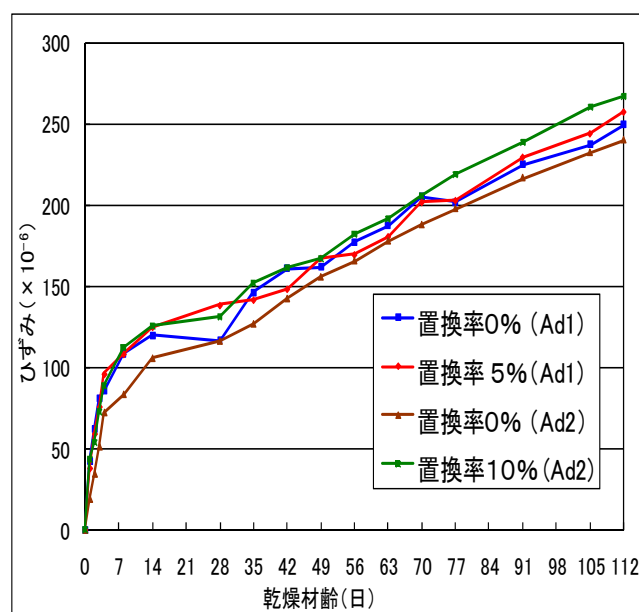


図-1 乾燥収縮試験の結果

溶出したが、六価クロム、ひ素、セレン、カドミウム、水銀および鉛の溶出量が定量下限値以下となり、全ての成分について埋立、水質及び排水の各基準も満たしており、置換率10%程度では、コンクリートが健全な状態であれば環境への悪影響も少なく、建設材料として利用できる可能性が高いと考えられる。

今後は、さらに他の性状についても明確にした総合的な評価が求められる。

参考文献

- 1) 笹岡信孝他：下水汚泥焼却灰を混入したコンクリートの基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No.1、pp.1671-1676、2004.6
- 2) 環境省ホームページ