

Ⅱ-602

都市ごみ焼却灰の再資源化による土木材料への適用（第1報）

三井不動産建設（株） 正会員 阿部保之
村沢 譲
船橋市 環境部 村田昌夫
（株）荏原製作所 岡村太助
金子充良

1. はじめに

今日の都市ごみ問題は、単に、廃棄物処理の域に留まることなく、環境問題となっている。そこで、本報文は、ごみ焼却灰の再資源化による土木材料（人工骨材および歩道用透水性ブロック）への適用について、船橋市、（株）荏原製作所、三井不動産建設（株）の三者共同で実験した結果について報告する。

2. 人工骨材の製造および実験プラントの概要

ごみ焼却灰の主成分は、 SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 であり、全体の約70%をしめている。そしてそれ以外の成分の中に微量な有害物質等が含まれている。このごみ焼却灰に可塑材としての粘土を混ぜて焼結し、無害化を図り、人工骨材および透水性ブロックを製造する。図1に今回開発した実験プラントの施設フローを示す。人工骨材の製造工程は、焼却灰に粘土を添加し、加湿、混練、造粒後、灯油バーナー内燃式ロータリーキルンで焼結させ、人工骨材を製造する。焼結（操作）温度と時間は、約1100℃、90分である。また、高温加熱の焼結時に揮散する灰中の塩類や低沸点の重金属類は、バグフィルターにて捕集される。さらに、その後、その人工骨材を破碎分級し、バインダーとして、ガラス粉（磨びんの粉碎品）とPVAを添加し、プレス成形後、シャトルキルン焼成炉に窯積し、最高温度1050℃で約9時間焼成し、透水性ブロックを製造する。製造条件の一例を、表1に示す。

表1 実験プラントの製造条件

人工骨材				透水性ブロック				
混合比		焼結(操作)	寸法(mm)	バインダー		焼成(操作)	寸法(mm)	
洗城 粘土	流動炉 飛灰	温度 焼結時間	直径×長さ	細粒ガラス粉 %	PVA成形圧力 % kgf/cm ²	温度 焼成時間	縦横高さ	
0.4	0.6	1098℃/90分	9×20×80	27.0	5.4	150	1060℃/8.75時間	210×100×60

3. 人工骨材材料試験

焼結した人工骨材について、表2に溶出試験結果、表3に材料試験結果を示す。表2は環境庁告示13号による試験結果であるが、重金属についてはすべて検出限界以下で、Cl⁻も問題ない値になっている。また、表3の材料試験結果中の硬度は木屋式硬度計を用いたもので直径10mmの載荷ピストンに掛かる骨材破壊荷重(kgf)を表し、この人工骨材の形状から一軸圧縮強度は硬度のほぼ2倍程度という結果が得られている¹⁾。また人工骨材の比重は、軽量骨材より大きく、天然骨材より小さく、吸水率は大きく、修正CBRは、30%程度である。

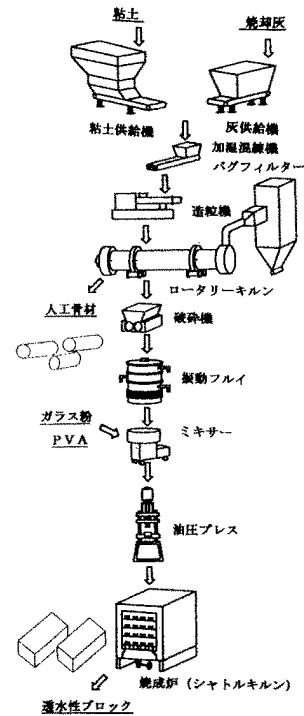


図1 焼却灰再生製品製造フロー

表2 人工骨材溶出試験結果

分析項目	単位	人工骨材 流動飛灰6 粘土4	陸上埋立規準 第5条
As	mg/l	不検出	0.005
Cd	mg/l	不検出	0.3
Pb	mg/l	不検出	0.3
有機リン	mg/l	不検出	1
Cr ⁶⁺	mg/l	不検出	1.5
As	mg/l	不検出	0.3
Cd	mg/l	不検出	1.0
Pb	mg/l	不検出	0.003
トリクロロエチレン	mg/l	不検出	0.3
テトラクロロエチレン	mg/l	不検出	0.1
PH	mg/l	8.3(26℃)	—

検液調整は、昭和48年環境庁告示13号による

4. 透水性ブロック材料試験

人工骨材を分級した中粒品により、表1の条件で製造した透水性ブロック(以下再生品透水性ブロックと呼ぶ。)の材料試験結果およびインターロッキング協会の基準値を表4に示す。圧縮強度が約104kgf/cm²で、曲げ強度が約46kgf/cm²となり、曲げ強度は基準値を満たしているが、圧縮強度では基準値以下である。このことは、焼成品の曲げ強度と圧縮強度の関係が、コンクリート製品と異なることを意味しており、使用目的上曲げ強度で満足していれば問題ないと判断している。すべり抵抗試験ではアスファルト舗装要綱のBPN 40以上を満足している。摩耗試験結果の値も特に問題となるものではない。透水係数についても、基準値を多少下回っているが、使用骨材の粒径の検討や添加材料の変更等により、対応可能であると判断している。

5. 再生品透水性ブロックのフィールド試験(歩道試験施工)

この再生品透水性ブロックを使用して、船橋市の海浜公園内で試験施工を実施した。図2に施工平面と断面を示す。これにより、透水係数の経時変化、雨水浸透後の水質分析、摩耗等について調査した。結果を表5、表6に示す。表5より、再生品透水性ブロックの浸透水は、重金属類について、市販品とくらべて特に問題になる値は検出されていない。透水係数の経時変化については、表6に示すように、3ヶ月まで、低下傾向が大きく、それ以後は小さくなっている。また、摩耗、ひび割れ等は見られず、問題はなかった。

表5 水質分析表

計量対象	単位	計量の結果			重量下置値
		再生品	市販品	雨水	
Cd	mg/l	不検出	不検出	不検出	0.005
Pb	mg/l	不検出	不検出	不検出	0.01
Cr ⁶⁺	mg/l	不検出	不検出	不検出	0.02
As	mg/l	不検出	0.015	不検出	0.005
Hg	mg/l	不検出	不検出	不検出	0.0005
Cu	mg/l	0.03	不検出	0.02	0.01
Zn	mg/l	0.016	0.010	0.057	0.005
Cl ⁻	mg/l	14	15	4.4	0.1
F	mg/l	0.6	0.3	不検出	1.0
Se	mg/l	0.002	0.003	不検出	0.001
pH	-	7.7(27℃)	7.6(27℃)	6.1(27℃)	-

6. おわりに

今回、ごみ焼却灰の再資源化として、人工骨材を製造し、さらにその骨材を利用した歩道用再生品透水性ブロックの実用性について検討した。現在、人工骨材の車道用下層路盤材としての実用性について、フィールド試験を実施中であり、実用化に向けて、さらに研究を推し進めている。

<参考文献>1)鈴木ら,人工骨材(小円柱体)の強度評価に関する研究,第21回関東支部技術研究発表会講演概要集,平成5年度

表3 人工骨材材料試験結果

粒度調整	硬度	表乾比重	吸水率 %	最大乾燥密度 g/cm ³	修正 CBR %
未破砕品 30%	67	2.1	15.6	1.481	33.0
粗粒品(3.5mm以上)36%	—	—	—	—	—
中粒品(1.0~3.5mm)22%	—	—	—	—	—
細粒品(1.0mm以下)12%	—	—	—	—	—

表4 再生品透水性ブロック試験結果

供試体 No.	圧縮強度 kgf/cm ²	曲げ強度 kgf/cm ²	すべり抵抗 湿潤状態	摩耗 mg/mm ²	透水係数 cm/s
1	95.1	43.0	70	0.092	5.8×10 ⁻³
2	115.0	47.6	76	0.062	5.4×10 ⁻³
3	101.9	47.9	—	—	5.7×10 ⁻³
平均	104.0	46.2	73	0.077	5.6×10 ⁻³
基準値	170以上*1	30以上*1	40以上*2	—	1×10 ⁻² 以上

*1 インターロッキング協会基準値(標準品:長方形198×98×60mm)

*2 アスファルト舗装要綱

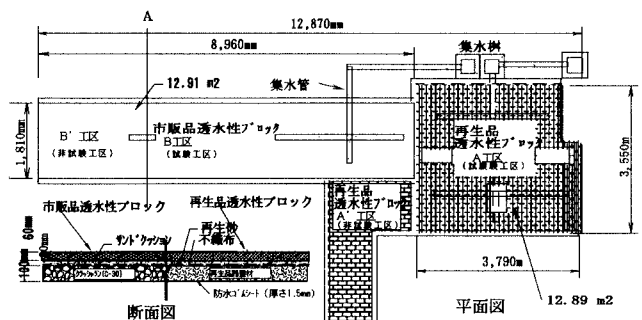


図2 再生品透水性ブロック歩道試験施工平面断面図

表6 透水係数の経時変化

	供試体 NO.	透水係数経時変化 (cm/s)			
		試験前	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月
再生品 透水性 ブロック	1	5.8x10 ⁻³	7.1x10 ⁻³	2.8x10 ⁻³	1.9x10 ⁻³
	2	5.4x10 ⁻³	5.2x10 ⁻³	2.0x10 ⁻³	1.4x10 ⁻³
	3	5.7x10 ⁻³	8.0x10 ⁻³	6.0x10 ⁻³	3.4x10 ⁻³
平均		5.6x10 ⁻³	6.8x10 ⁻³	3.6x10 ⁻³	2.2x10 ⁻³
市販品	1	9.4x10 ⁻²	4.7x10 ⁻²	1.1x10 ⁻²	2.0x10 ⁻²
	2	1.6x10 ⁻¹	8.7x10 ⁻²	3.9x10 ⁻²	2.9x10 ⁻²
	3	1.3x10 ⁻¹	8.1x10 ⁻²	2.3x10 ⁻²	2.3x10 ⁻²
平均		1.0x10 ⁻¹	7.0x10 ⁻²	2.4x10 ⁻²	2.4x10 ⁻²