

三井共同建設コンサルタント株式会社

正 工博 前田 慶之助

正 工修 斎藤 征剛

○正 岡田 和憲

まえがき

本文は都市ごみ焼却灰やプラスチック類を圧縮処理した試料について各種の工学的試験を行い、埋立造成地盤や再生利用素材として利用する場合の基礎資料とするものであり、才25回講演会「固形廃棄物埋立地盤の性状と土地利用に関する考察」、才26回講演会「焼却あるいは圧縮処理した固形廃棄物の性状(その1)」につづくものである。

1. 都市ごみ焼却灰の工学的性質

東京のある清掃工場で排出された焼却灰について、物理的・化学的・力学的試験を行なった結果をまとめることである。

a) ごみ焼却灰の組成と物理的性質

今回、試験を行なったごみ焼却灰の組成と物理的性質は表-1に示すようである。

また、実際の施工を考え

て、実固め後の試料につ

いて粒度試験を行なった

結果は図-1に示すよう

である。

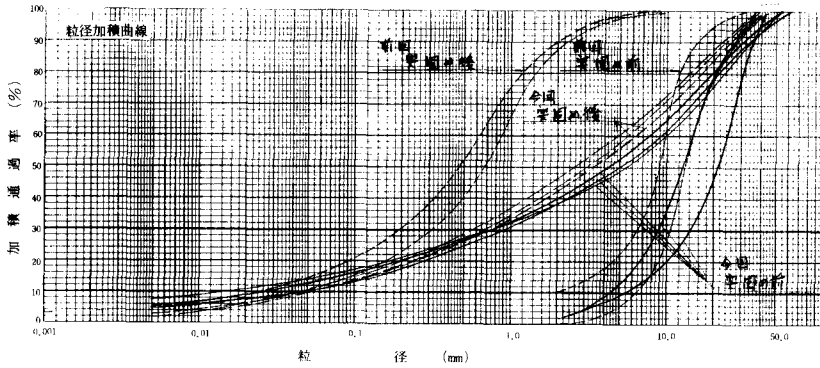
表-1 焼却灰の物理的性質

	前回測定結果(才1)	今回測定結果(才2)	摘 要
焼却灰の組成		灰分(炭素含む) 57%、ガラス類 34% 金属類 5%、ヤシ殻 4%	観察による分類 (重量百分率)
含水比	20.7%	25.5% (22.3%~28.8%)	
比重	2.49~2.74 (19.1mm 通過分)	2.06~2.25	灰分のみ(鉄くず ガラス類除く)
粒度(全試料)	鉄くず: 15mm 以下 73%、石くず: 22% シルト分以下 5%	鉄くず: 15mm 以下 62%、石くず: 20% シルト分以下 16%	
透水性係数	$3.33 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$	$1.6 \sim 2.5 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$	

b) 化学的性質

焼却灰の化学的性質を調べるため、焼却灰による懸濁液を2試料作り、一ヶ月程放置したのちpH値を測定した結果、No1試料 pH=11.9、No2試料 pH=12.4、平均 12.2 を示し、土壌(pH値=8.0)やベントナイト(pH値=9.7~8.0)よりさらにアルカリ性を示した。

図-1 焼却灰の粒度試験結果



C) 力学的性質

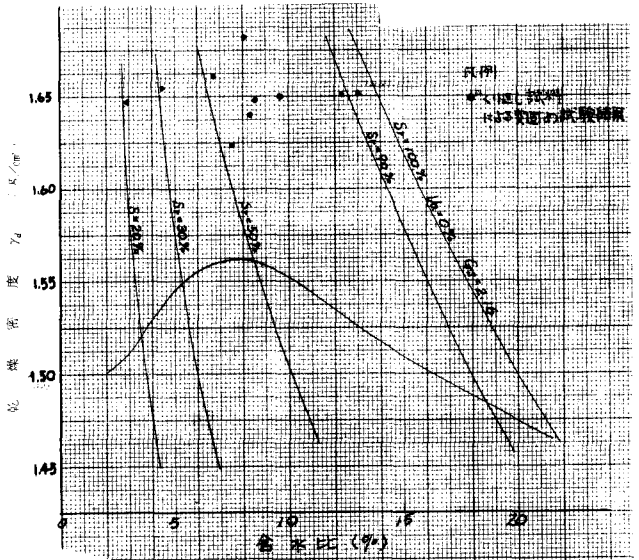
焼却灰の力学的性質をしらべるため、突固め試験、CBR試験、一軸圧縮試験の各試験を行った。その結果を述べると次のようである。

i) 突固め試験

図-2. 突固め試験結果

試験は15cm モールドを使用し、4.5 kgのランマーにより落下高45cm、突固め回数55回(5層)で行ない、試料の調整は「乾燥法」による。試験の結果を示すと図-2のようであり、最適含水比 $w_{opt} = 7.2\%$ 、最大乾燥密度 $\gamma_{max} = 1.563 \text{ g/cm}^3$ が求められた。(前回試験結果 $w_{opt} = 11.7\%$ $\gamma_{max} = 1.427 \text{ g/cm}^3$)

また、一度突固めた試料についてくり返し突固め試験を行った結果は図-2に示したようにバラツキが大きく、締固め曲線と求めることができなかった。これは焼却灰の不均一性や粒子の破壊によるものと思われる。



ii) CBR試験

埋立造成地盤の支持力マトラフィカビリティの目安とするため、CBR試験を39.1mm法、乾燥法による非水浸り、水浸り試料について行った。それをまとめると表-1のようであり、乾燥密度 γ_d とCBR値の関係はバラツキが大きく求めることができなかった。

iii) 一軸圧縮試験

表-2 CBR試験結果

比重 $G_s = 2.16$

焼却灰埋立造成地盤の
支持力の目安とするため
15cm モールドを使用し、
4.5kg のランマーにより落
下高 45cm、落下回数 55 回
(5 月) で実固めた資料
(5 丁) について一軸圧縮
試験を行った。その結
果を示すと表-3 のよう
である。

	非 水 浸			水 浸	
試 料 底	底 1	底 2	底 3	底 4	底 5
含 水 比 (%)	1.648	8.93	8.93	23.85	27.27
湿 潤 密 度 $\gamma_t (g/cm^3)$	1.509	1.625	1.498	1.828	1.88
乾 燥 密 度 $\gamma_d (g/cm^3)$	1.509	1.488	1.374	1.476	1.478
C B R 2.5 (%)	37.2	53.3	47.3	44.3	35.3
C B R 5.0 (%)	39.4	54.9	52.1	50.4	44.2
膨 張 比 (%)				0.766	0.857
間 グ キ 比 (%)	0.43	0.45	0.57	0.46	0.46
飽 和 度 $S_r (%)$	44.7	42.7	33.8	100	100

表-3 焼却灰の一軸圧縮試験結果

$G_s = 2.16$

	底 1		底 2		底 3		底 4		底 5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
含 水 比 $w (%)$	5.24	5.41	7.28	6.74	8.49	8.66	8.03	8.10	11.42	11.16
湿 潤 密 度 $\gamma_t (g/cm^3)$	1.158	1.542	1.494	1.564	1.598	1.530	1.633	1.634	1.691	1.584
乾 燥 密 度 $\gamma_d (g/cm^3)$	1.101	1.463	1.393	1.467	1.471	1.409	1.509	1.511	1.518	1.423
圧 縮 強 度 $q_u (kg/cm^2)$	8.461	8.186	8.210	8.473	9.272	8.564	9.682	9.333	8.551	8.410
破壊時のヒズミ (%)	9.0	8.0	7.5	8.0	8.5	7.5	9.0	7.8	8.5	8.5
変形係数 $E_{50} (kg/cm^2)$	88.3	87.3	97.2	103.3	100.4	99.6	98.8	106.3	104.3	100.1
間 グ キ 比 e	1.152	0.618	0.700	0.616	0.599	0.681	0.566	0.566	0.559	0.662
飽 和 度 $S_v (%)$	10.8	20.7	24.6	25.9	33.6	30.1	33.6	33.9	48.4	39.9
C B R 値	37.6	36.4	36.6	37.7	41.3	38.2	43.1	41.5	38.1	37.4

$$q_u = 0.225 C \cdot B \cdot R \text{ より算出}$$

d) 焼却灰の工学的性質のまとめ

焼却灰の工学的性質を把握するため、各種の工学的試験を行ったが、その結果をまとめると次のようである。

- (1) 今回の焼却灰は前回測定した焼却灰に比べ、礫分が少なく、礫分 62%、砂分 20%、シルト分以下 16% の粒度組成を示し、全体的に締り安い状態であった。
- (2) 浸水係数は $10^{-3} \text{ cm/sec} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ のオーダーであり、砂礫土としてはかなり小さな値を示している。これは、粒度分布が非常に良いためと思われる。
- (3) 実固め試験を行う前と行ったあとのごみ焼却灰について粒度試験の比較を行った。

結果、粒度曲線に大差はみられなかった。これは前回行なった調査結果と要なり、突固めによる粒子の破壊が少なかったことによるものであり、焼却灰の排出先によるバラツキが大きいことを示している。

(4) また化学的試験の結果、 pH 値は12.2と強アルカリ性を示しており、金属の腐食速度を増加させる性質を示している。そこで、焼却灰の埋立造成地盤に構造物を設置する場合には、その基礎型式について十分な検討の必要があると思われる。

(5) C.B.R 試験の結果、設計 C.B.R 値が42.9%~54.8%を示しており、土の膨張量も0.766%~0.857%と1%以下の値を示していることから、焼却灰は埋立素材として非常に良好なものであると思われる、十分な締固め管理を行えば道路用路盤材としても使用できると思われる。

(6) 一軸圧縮試験の結果、圧縮強度 q_u が $8.2 \text{ kg/cm}^2 \sim 9.7 \text{ kg/cm}^2$ 、破壊時のヒズミが7.5%~9.0%と非常に大きな値を示しており、粘土地盤として極限支持力を求めると $q_u = 230 \sim 260 \text{ kg/m}^2$ である。また、変形係数(E_{50})も $E_{50} = 87.3 \sim 103.3 \text{ kg/cm}^2$ を示している。

2 圧縮処理した廃棄物の性質

固形廃棄物を圧縮処理した場合の強度特性を調査するため、プラスチック類を圧縮処理した6個の試料について圧縮試験を行なった。

供試体は試料とモールドを恒温乾燥器内に一定時間放置したのち、手で軽く突固め、最後に32kgの錘りを入れて10分間恒温器内に入れた後室温まで冷やして作成した。

a) 圧縮強度

作成した試料を、50t圧縮試験機において圧縮試験を行なった。その結果は表-4に示すようである。

表-4 プラスチック類の圧縮試験結果

	No 1		No 2		No 3		No 4		No 5		No 6	
放置時間 安定時間	1回目 突固め	30分後	120分後		90分後		120分後		120分後		60分後	
	2回目 突固め	60分後	150分後		120分後		150分後		150分後		90分後	
成形温度	85℃~100℃		100℃~120℃		95℃~115℃		115℃~140℃		115℃~140℃		115℃~140℃	
圧縮強度	47.8 kg/cm^2	14.6 kg/cm^2	17.0 kg/cm^2	13.5 kg/cm^2	10.6 kg/cm^2	6.8 kg/cm^2	28.7 kg/cm^2	136.7 kg/cm^2	122.3 kg/cm^2	120.0 kg/cm^2	29.5 kg/cm^2	22.9 kg/cm^2
											107.9 kg/cm^2	

その結果、プラスチック類は1N程度、熱処理(85~140℃)を行なうことにより、かなりの強度を有するようになり、自然岩石や密な礫より大きな地耐力をもつようになる。このことから、プラスチック類は再生利用素材として利用できるものと思われる、道路用路盤材としての利用を考えられるものと思われる。実際に再生利用を行なう場合には、十分な調査を行ない、施工法等の問題を解決しなければならず、今後さらに研究を進めていく所存である。