

II-213 焼却あるいは圧縮処理した固形廃棄物の性状について

三井共同建設コンサルタント(株) 正 工博・前田慶之助
〇正 工修 斎藤征剛

まえがき

固形廃棄物を焼却・圧縮等中間処理して埋立れば安定な地盤を造成することができ、利用計画上、有利であるだけでなく、容積減少による運搬コストの低減、最終処分地所要面積の縮小に役立ち、さらには焼却熱のエネルギー利用も可能になる。このように中間処理施設を設置すれば種々の長所が考えられるが、本文では主に都市ごみについて焼却あるいは圧縮処理し、また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ない、埋立造成素材として利用する場合の基礎試料とするものである。

1. 都市ごみ焼却灰の性質

神奈川県のある清掃工場で排した都市ごみ焼却灰について試験した結果の総括を表-1に示す。表からわかるように 2mm 以上の礫分が73%、 $2\sim0.74\text{mm}$ の砂分が約22%、 0.74mm 以下のシルト・粘土分が5%という構成になっている。また、東京都のある清掃工場の試料の粒度試験結果を示すと図1のとおりで、さらに礫分が多く90%以上を占めている。これは焼却の結果、可燃物は極めて減量し、他方、金属類、石灰類は不燃性物として残るためかかる構成を示したものである。

表1 焼却灰の物理的、力学的試験結果

試験名	測定項目	測定結果	摘要
物理試験	含水比	20.7%	
	比重	2.49~2.74	19.1%通過分
粒度試験	全試料	鉄くず混り礫分73%、砂分22%、シルト分以下5%	
	2mm以下試料	砂83%、シルト以下17%	
透水試験	透水係数	$3.328 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$	9.52%通過試料 3層15回突固め
突固め試験	最適含水比	11.7%	
	最大乾燥密度	1.427 g/cm^3	
CBR試験	修正CBR値	27.5%	
	乾燥密度	1.351 g/cm^3	
標準貫入試験	N値	14~45	

また、東京都の焼却灰について実際の施工を考えて試料突き固め後に粒度試験を行なうと図1に示すように粒度曲線が左方に移動してくる。これは突き固めによって粒子が破碎していることを示し、しかも25回、40回、75回突き固めにおいて破碎の度合

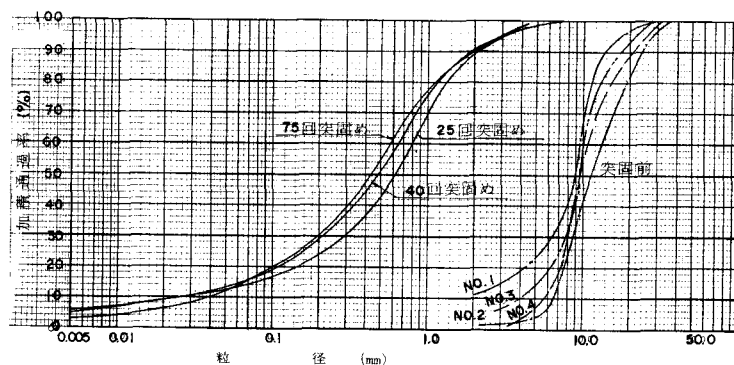


図1 焼却灰の粒度試験結果

には大差がなく、少ない突き固め回数によりほとんど破砕されてしまう。実際の施工時の締固めや車輪荷重によって焼却灰の性質が変化するので施工に当たっては十分な配慮を必要とする。

表-1より焼却灰は全般に砂質土の性質を示しているが、透水係数は 10^{-4} cm/sec のオーダーで砂礫土としてはかなり小さな値を示している。これは 9.52 mm 以上の粒子を除いていること、粒度分布がよく相当締まっている結果である。しかし、実際に使用する場合には 9.52 mm 以上の粒子も含んでおり、締り方も室内試験とは異なるので透水性も表の値より大きくなる可能性がある。

突固め試験による最適含水比は 11.7% で完全に砂の性質を示しているが、乾燥密度が小さいのは比重が一般土粒子に比べて小さいからである。また、支持力及びトラフ力ビリティの目安となるCBR試験を最適含水比付近で締固めた試料について行なったが、修正CBR値が 27.5 と良好であり、夢の島ごみ層上に 1.5 m の砂礫覆工を施した場合とほぼ等しい値が得られた。この結果より、焼却灰は埋立基床として良好なものであるし、十分な締固め管理を行なえば、道路下層路盤材として用いることもできると思われる。しかし前に述べたように焼却灰はその粒子が破砕しやすく、同一試料を繰返してCBR試験を行なうと、次第に粘性土的な性質を帯び、CBR値が減少したという例もある。したがって、実際に地盤を形成する時、破砕によってどの程度CBR値が減少するか、的確に把握する必要がある。また、タイヤ等の繰返し荷重によっても粒子が破砕して粘性化するし、雨水等の内部地盤への浸入及び浸食の影響を受けるので、焼却灰埋立地の表面はローム等の細粒土で被覆しておくことがよいと思われる。

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物理特性及び強度特性を調査するために表-2に示すように家庭ごみとポリエチレン系プラスチック類を3種類に配合を変えて物理試験及び圧縮試験を行なった。試料はいずれも 200 kg/cm^2 の荷重でプレスして断面寸法 $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 、高さ 20 cm とし、圧縮後金網で巻きアスファルトシールにして作製した。ただし、プラスチック類は長さ約 5 cm の棒状、約 3 cm 角の板状のものを締固め、常温では試料の作製が困難であつたので、約 80°C の温度を加えた後に圧縮処理した。なお、家庭ごみを主体とした試料は圧縮過程において、含有水分が汚水としてしぼり出される現象が起っている。

表2 廃棄物の構成割合

試料番号	家庭ごみ	プラスチック類
1	100	0
2	80	20
3	0	100

これらの試料の単位重量及び含水比(110°C)の測定結果は、表3に示すとおりである。表からわかるように家庭ごみ試料及びプラスチック類を20%含む試料の単位重量は $0.9 \sim 1.1 \text{ t/m}^3$ であり、他方、プラスチック類のみの試料

表3 圧縮処理廃棄物の物理試験結果

試料番号	単位重量 (t/m^3)	含水比 (%)			
		平均値			
1	1-1	0.95	7.8	15.7	11.8
	1-2	0.95	16.0	8.0	12.9
	1-3	1.00	8.9	5.3	9.5
2	2-1	0.91	10.1	10.5	10.3
	2-2	1.06	5.5	8.4	8.6
	2-3	1.13	6.3	13.3	9.8
3	3-1	0.68	—	—	—
	3-2	0.64	—	—	—

では約 0.65 t/m^3 の値を示し、前者に比して小さい。これは主に、ごみ自身の比重及び含水比の多少によって差が表われてくる。たとえば、含水比を比較すると家庭ごみ試料が 95 ~ 129 %, プラスチック類を 20 % 含む試料が 86 ~ 103 % を示すのに対し、プラスチック試料はほとんど乾燥状態を示している。家庭ごみの中には厨芥類など含水比の高い成分を含んでいるので家庭ごみの含有割合が多いほど含水比が高いのは当然である。また、含水比は同一試料においても部分的に大きな差異を示しており、たとえば 1-2 試料では 88 ~ 160 %, 2-2 試料でも 55 ~ 119 % の広範囲に分布して不均一な状態となっているが、廃棄物ではこのような傾向はある程度避けられないものと思われる。

次に表-2 にあげた家庭ごみとプラスチック類の配合を変えた 3 種類の試料について、室内一軸圧縮試験を行なって強度特性を調査し、その試験結果を応力 ~ ひずみ曲線で表わすと図 2 ~ 4 のようになる。いずれの試料にもひずみ $\varepsilon = 15\%$ ではまだ増加の傾向を示しているが、 $\varepsilon = 15\%$ に対応する応力を強度とし、 $\varepsilon = 2.5\%$ に対応する弾性係数 E をまとめると表-4 のようになる。

測定結果からわかるように、家庭ごみ試料及びプラスチックを 20 % 含む試料の圧縮強度は $\sigma = 0.9 \sim 1.7 \text{ kg/cm}^2$ 、弾性係数 $E = 8 \text{ kg/cm}^2$ でほぼ等しい値を示しているのに対し、プラスチック試料は $\sigma = 15 \sim 36 \text{ kg/cm}^2$ 、 $E = 130 \text{ kg/cm}^2$ で家庭ごみを主体とした試料よりもはるかに大きな値を示している。これは、プラスチック試料では、棒状及び板状の粒子が圧縮されて粒子同志のかみ合いが非常に強くなっていると同時に、多少の熱を加えられて付着性を増しているためであり、また、家庭ごみを主体とした試料では粒子自身が変形しやすい上に粒子間の強いのかみ合いが生まれていないために強度があまり上らないものと思われる。またプラスチックを 20 % 含有した試料では、プラスチックが家庭ごみ中に浮いているような状態となるため家

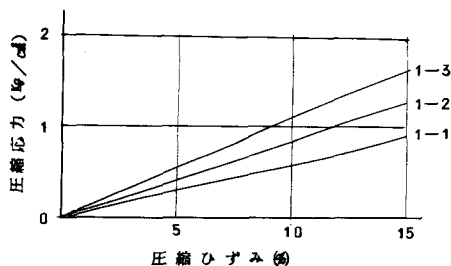


図-2 圧縮応力～ひずみ関係(試料 1)

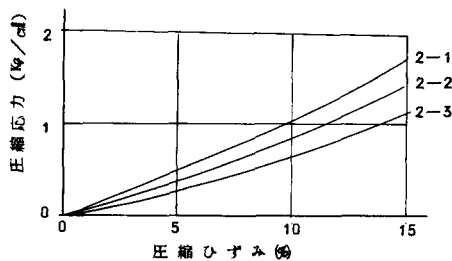


図-3 圧縮応力～ひずみ関係(試料 2)

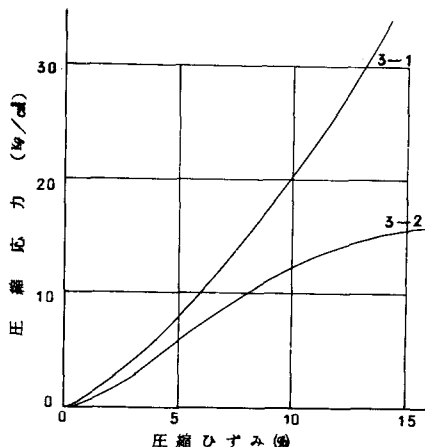


図-4 圧縮応力～ひずみ関係(試料 3)

表 4 圧縮処理廃棄物の圧縮強度及び弾性係数

試料番号	一軸圧縮強度 (kg/cm^2)	弾性係数 (kg/cm^2)
1	1-1 0.9	7.8
	1-2 1.3	
	1-3 1.6	
2	2-1 1.7	8.0
	2-2 1.4	
	2-3 1.1	
3	3-1 3.6	13.5
	3-2 1.5	

庭ごみの強度特性に支配される。

圧縮処理の実用化を考えて、より大型の試料、すなわち800～900kgの都市ごみを200kg/cm²の荷重で圧縮して75cm×75cm×80cmのアロツクに作製し、外側を金網で巻いた後アスファルトシールしたものを大型試験機で圧縮試験した結果を図-5に示す。図からわかるように、 $\varepsilon = 15\%$ に対応する圧縮応力は $\sigma = 1.4 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\varepsilon = 2.5\%$ に対応する弾性係数 $E = 11.6 \text{ kg/cm}^2$ で図-2、3に示した小型試料とほぼ同じ値を示している。

以上、考察したように、都市ごみを主体として圧縮処理した廃棄物試料は強度、kg/cm²前後の値であるのに対し、プラスチック類では適当な方法を探れば約30kg/cm²にも強度をあげることができ、良好な埋立素材として利用可能であると思われる。このようにプラスチックを中間処理することにより良好な材料が得られれば、この種の廃棄物処分の有力な方法となると思われるので今後、さらに研究を続けたい。

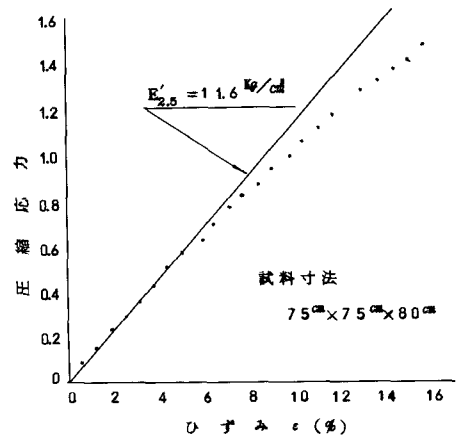


図5 廃棄物ブロックの圧縮試験結果

なお、都市ごみの圧縮処理アロツクを利用して、土壌改良に成功している例もあり、これらの用途及び実用的な寸法等今後研究せねばならない面も多い。

3. まとめ

固形廃棄物の発生から処分までの過程において、焼却あるいは圧縮処理することの意義は、

- 1) 容量を減少させて輸送コストの低減及び処分地の縮小をはかる。
- 2) 埋立素材その他再生利用材料として公害もなく有効に利用でき、かつ処分が種々の点で有利になる

ことである。

今回、検討した固形廃棄物の焼却あるいは圧縮処理した材料の工学的試験結果をまとめると次の結論が得られた。

- 1) 焼却灰、プラスチック圧縮処理アロツクは上記2項を満足させ良好な性質を示す
- 2) 家庭ごみの圧縮処理アロツクは上記の1)を満足するが、次の点で多少の問題を残している
 - a) 圧縮処理過程でしほり出される汚水の処理
 - b) 埋立素材として利用した場合の長期にわたる性状の変化及び附近の地下水の汚染、悪臭などの影響が不明である。

今回検討した結果を基礎試料に、今後、更に中間処理システムについて研究を進める所存である。