



Title	埋立廃棄物の混合処理による通気・通水性の向上
Author(s)	朝倉, 宏; 井上, 雄三; 山田, 正人 他
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 廃棄物 . 3-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 83-86
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1337
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-1_p83-86.pdf



3-1 埋立廃棄物の混合処理による通気・通水性の向上

○朝倉 宏, 井上雄三, 山田正人, 遠藤和人 (国立環境研究所)
小野雄策 (埼玉県環境科学国際センター)

1. はじめに

埋立地の安定化を達成するためには、内部で起こる反応を迅速に終了させる必要がある。内部で起こる主要な反応として、有機物の無機化と洗い出しが挙げられ、これらを達成するためには、廃棄物層内の水とガスの移動性を高める必要がある。

本研究では、廃棄物層を閉塞させる汚泥に対して、スラグもしくは建設系混合廃棄物を混合した試料の透水・透気性を現すパラメータを測定し、許容汚泥混合割合を調べた。また、水分保持特性を調査し、水分の存在形態を議論した。

2. 試料および実験方法

2.1 試料

この研究では、透気・透水性の悪い試料として汚泥を、良い試料としてスラグと建設系混合廃棄物を対象とした。

汚泥は、有機汚泥と無機汚泥に大きく分類される。有機汚泥は食品や畜産業から発生するもの、製紙業から発生するもの、また下水汚泥などが主なものである。無機汚泥は、建設汚泥、浄水汚泥、化学工業からの汚泥などがある。本研究では、発生量の多い建設汚泥を対象とした。採取場所は、汚泥の中間処理施設を持つ最終処分場であり、重力脱水および天日乾燥後に埋め立てたものを掘り返して採取した (IW-ES)。スラグは、製鋼所の溶解過程から発生するものを採取した。このスラグは粒径が大きく、最大で 5 cm 程度である (IW-SG')。実験装置のサイズを考慮して、16 mm のふるいで分離し、ふるい下のものを対象サンプルとした (IW-SG)。建設系混合廃棄物 (以下、建廃) は、建物の建設時および解体時に発生する混合された雑多な廃棄物である。本研究では、中間処理施設において、有価物を手選別で回収し、ふるい分けをした下の残渣を採取し、対象サンプルとした (IW-MC)。

スラグおよび建廃の単体およびそれらに汚泥を混合したものを実験に用いた。RUN1~4 における汚泥の混合割合 (乾燥重量割合) は、スラグでは 0, 5, 13 および 22% であり、建廃では、0, 12, 29 および 42% である。

サンプルの含水率、熱しゃく減量、採取バケツ内でのかさ密度、および真密度を測定した (表 1)。また対照のために、国内では主要な埋立廃棄物である都市ごみの焼却灰、熔融スラグおよび不燃破碎残渣についての文献値も併記した (東條, 2002)。スラ

表 1. 試料の概要

Notation	Description	Moisture content	Ignition loss	Bulk density	Particle density
		ω [%]	- [%]	ρ_d [g/cm ³]	ρ_p [g/cm ³]
IW-SG	Slag from steel mill	1.1	0.0	2.0	3.4
IW-MC	Sieved mixed construction waste	7.7	15.6	1.0	2.5
IW-ES	Sludge from construction work	31.0	8.4	1.4	2.6
MW-Ash*	Incineration ash of MSW	-	-	-	3.1
MW-SG*	Molten slag of MSW	-	-	-	2.8
MW-SW*	Shredded incombustible MSW	-	-	-	1.3

*Tojo (2002)

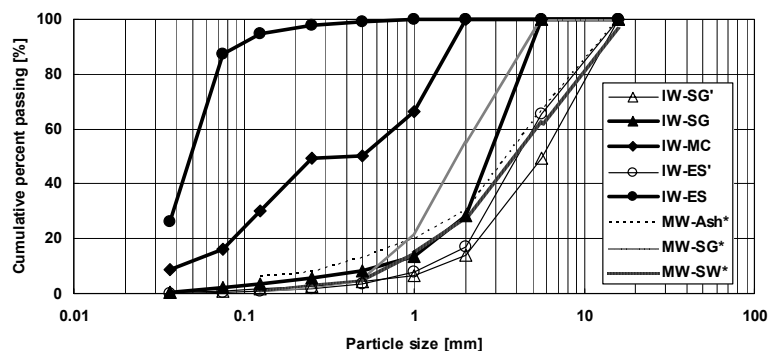


図 1. 粒径分布

グは有機物含有量が少なく、粒子も重く、堆積状態でも重い。建廃は有機物含有量が比較的多く、堆積状態では軽い。汚泥は初期含水率が比較的高い。

また、105°Cで一日乾燥させたサンプルの粒径を調査した(図1)。汚泥の乾燥サンプルは固まってほぐれなかった。そこで、図1には、乾燥サンプルをふるい分けした結果と(IW-ES'), 水中に懸濁させたサンプルを洗いこみながらふるい分けした結果(IW-ES)を示した。スラグは2 mm以上の大粒径の部分が多く、都市ごみ焼却灰、熔融スラグおよび不燃破碎残渣の粒径分布と似ている。建設系混合廃棄物は、これらと比べると粒径が細かいことが分かる。

2. 2 実験方法

透水係数

内径15 cmのカラムにサンプルを50 cm程度突き固めながら充填し、カラム内に水を満たし、水の流入および流出する場所に水压差を与え、流出流量を測定することによって透水係数 k_H (cm/s)を得た。実験後にカラム底部から重力脱水し、現場保水率の状態とした。下部に水溜りができるのでカラムを横にして数時間おき、カラム底部から窒素ガスを吹き込み、原圧と距離ごとの圧力を測定して透気係数 K_g ($m^2Pa^{-1}s^{-1}$)を得た。透気係数にガス粘度を掛けて固有透気係数 K (m^2)とした。

水分保持特性

埋め立てられた廃棄物中の水分は、重力、毛管力などの物理的な力を受けて移動するが、このほかに物理的な吸着力を受けて存在する結合水がある。水分特性は、廃棄物に対する水の結びつきの強さを定量的に知ることができ、廃棄物層内の水分移動を評価するために重要な項目である。Van Genuchtenは、以下の式を用いて、ポテンシャル高さ h ($= -\psi$)と体積含水率 θ の関係を示している。

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\{1 + (ah)^n\}^m} \quad (1)$$

ここで、 θ_r は最小体積含水率[-]、 θ_s は飽和体積含水率[-]であり、 a と n はVan Genuchtenパラメータと呼ばれる定数である($m = 1 - n^{-1}$)。

高さ5 cm、内径4 cmのリングにサンプルを突き固めながら充填し、リングをテープでつないで高さ75 cmまで積み上げた。これを円筒容器内に入れ、リング外側からゆっくりと水を加えて水位を上げる。リング上端まで水位が上がった状態で一日置く、円筒容器下部から排水し、2日置いて十分にリング内の水分を排水する。リングを分離し、リング内の廃棄物の含水率を測定し、リング高さごとの含水率を得る。

3. 結果と考察

汚泥混合割合と、空隙率 ϕ 、体積含水率 ω_v 、飽和透水係数 k_H 、固有透気係数 K の関係を図2に示す。RUN3までは、透水係数および透気係数は大きく減少しなかった。透気係数はRUN2で一度上昇した。充填物は、汚泥添加0%では小粒径のものが目立ち、大粒径同士の空隙をふさいでいるように見えた。しかしRUN2では、少量の汚泥の添加により、小粒径のものが団粒化してまとまり、空隙が目立った。このように、少量の汚泥の添加は、空隙を保つために有効であると考えられる。この現象を模式的にあらわしたものを図3に示す。

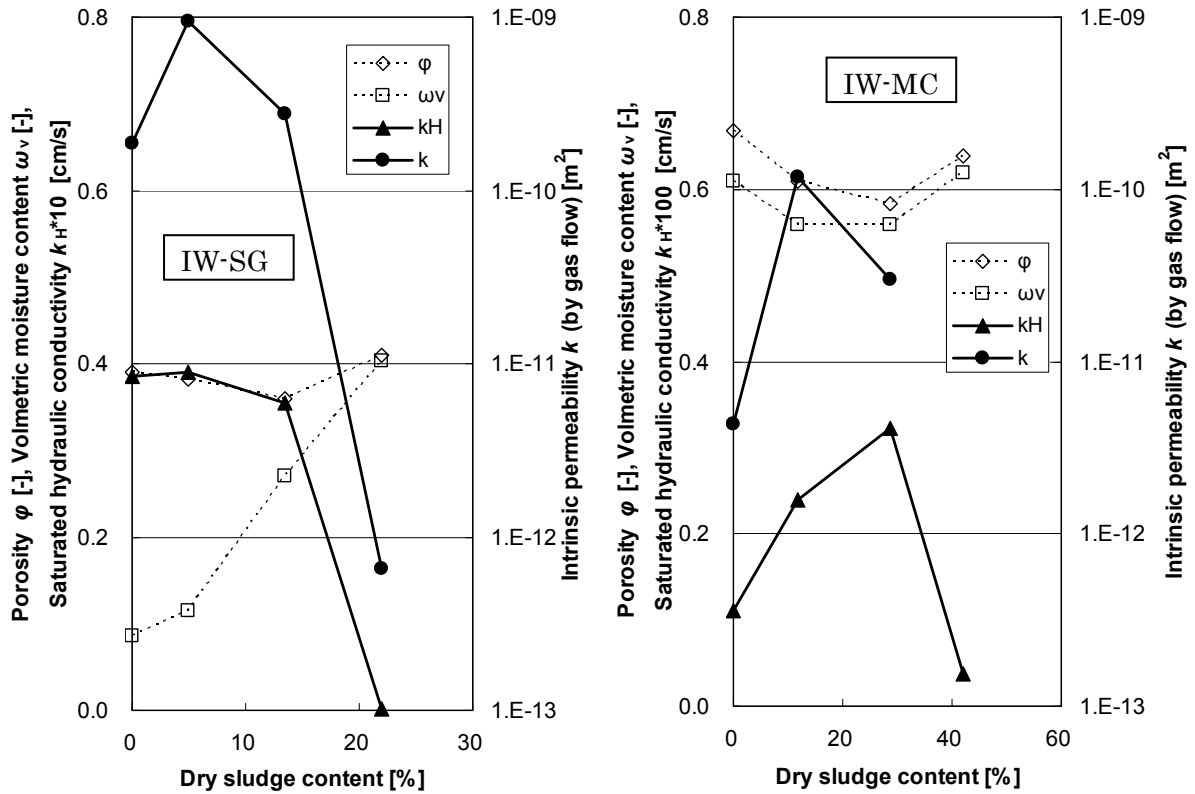


図 2. 汚泥混合割合と、空隙率 ϕ 、体積含水率 ω_v 、飽和透水係数 k_H 、固有透気係数 K の関係

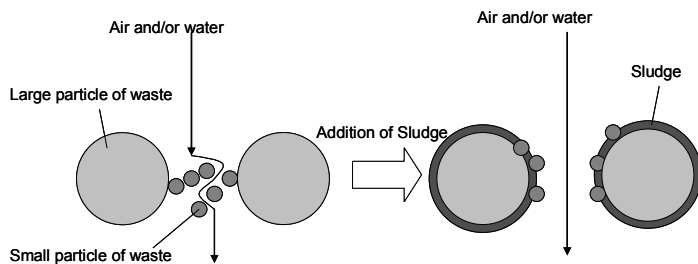


図 3. 団粒化と透過性向上の様子

得られた水分保持曲線を図 4 に示す。図には、文献値からプロットしたのも併記してある。IW-SG では、乾燥汚泥混合割合が 13%までは、体積含水率が多少増加するだけで、大きな変化はなかった。しかし、汚泥添加割合が 22%になると、高さ 80cm まで一定かつ最大の含水率となった。IW-MC では、RUN1 では上部のリングでは脱水される水分があるが、汚泥添加割合が 12%以降は、汚泥自体と同じように全リングで一定かつ最大の含水率となった。

得られた水分特性曲線に対し、式(1)を用いてカーブフィッティングを行い、パラメータ a および n を求めた。このとき、最小体積含水率 θ_r はリング上部の一定の含水率の部分とし、実測最大含水率 θ_{s-obs} は最も下のリングの含水率とし、 θ_{s-cal} は計算から求めた空隙率 ϕ とした。さらに、これらのパラメータから水分と空隙の形態を表現したものを表 2 に示している。不動水は最小含水率 θ_r であり、全空隙は空隙率 ϕ である。毛管水は不動水と θ_{s-obs} との差で表現した。全空隙と実測最大含水率 θ_{s-obs} との差は速やかに水分が排除される空間と考え、大空隙と表現した。

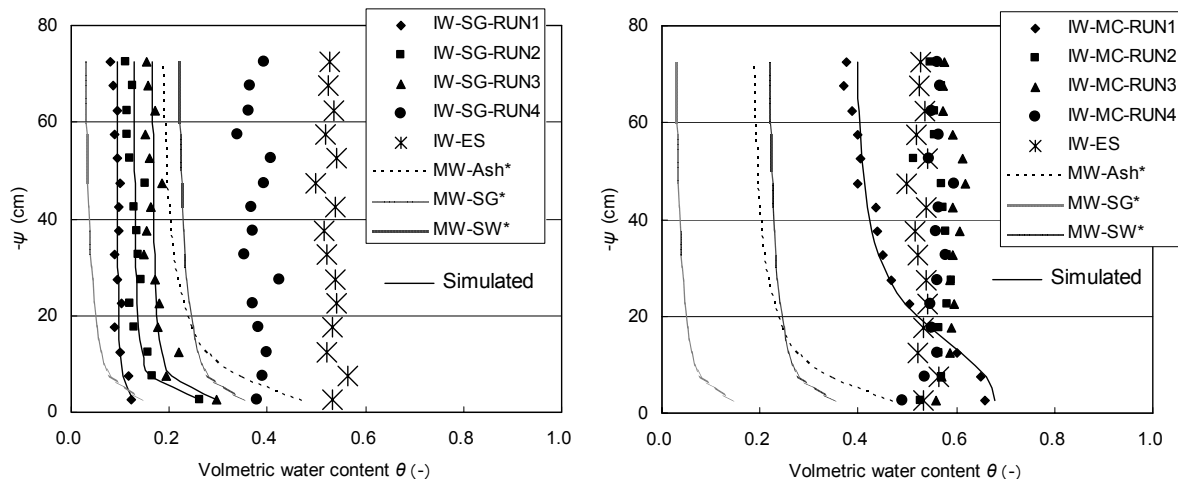


図 4. 水分特性曲線 (左: スラグ試料と汚泥, 右: 建廃と汚泥) *Tojo (2002)

表 2. Van Genuchten パラメータと保持水分および空間の形態

Sample RUN	Filling condition		Given parameter			Obtained parameter			Water retention and space form				
	Bulk density ρ_d [g/cm ³]	Particle density ρ_p [g/cm ³]	Noted in the margin			α	n	m	Immobile water	Capillary water	Wide pore	All pore	
			θ_{s-cal}	θ_{s-obs}	θ_r	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
IW-SG	1	1.8	3.4	0.46	0.12	0.09	4.70	1.97	0.49	0.09	0.03	0.34	0.46
	2	1.8	3.5	0.48	0.26	0.13	0.74	2.36	0.58	0.13	0.13	0.22	0.48
	3	1.9	3.3	0.41	0.30	0.16	0.55	2.27	0.56	0.16	0.13	0.12	0.41
	4	2.0	3.3	0.39	0.38	0.38	n.a.	n.a.	n.a.	0.38	n.a.	n.a.	0.39
IW-MC	1	0.8	2.5	0.68	0.66	0.39	0.06	3.25	0.69	0.39	0.27	0.02	0.68
	2	1.0	2.5	0.61	0.53	0.56	n.a.	n.a.	n.a.	0.56	n.a.	n.a.	0.61
	3	1.0	2.5	0.60	0.56	0.59	n.a.	n.a.	n.a.	0.59	n.a.	n.a.	0.60
	4	1.0	2.7	0.63	0.49	0.56	n.a.	n.a.	n.a.	0.56	n.a.	n.a.	0.63
IW-ES		1.2	2.6	n.a.	n.a.	n.a.	0.55	0.53	0.57	0.53	n.a.	n.a.	0.55
MW-Ash*	-	-	-	0.50	0.18		0.19	2.20	0.55	-	-	-	-
MW-SG*	-	-	-	0.31	0.01		1.29	1.65	0.39	-	-	-	-
MW-SW*	-	-	-	0.56	0.20		1.39	1.64	0.39	-	-	-	-

n.a., not analyzed *Tojo (2002)

4. まとめ

廃棄物層を閉塞させる汚泥に対して、スラグもしくは建設系混合廃棄物を混合することにより、透水性透気性を向上させ、また許容汚泥混合割合を調べた。

スラグでは 13%、建設系混合廃棄物では 29%の汚泥（乾燥重量割合）を添加しても、大きく透水性透気性が低下しなかった。したがって、この程度の汚泥であれば、これらの廃棄物と混合して埋め立てれば内部の透水・透気性を損なわず、また汚泥単独埋立による閉塞を避けることができる。また、水分保持特性を調査し、汚泥の添加にともなって大間隙が減少し、不動水が増加していく様子を表現した。

参考文献

東條安匡, 廃棄物埋立地における水分移動現象とその制御法に関する基礎的研究, 博士論文, 2002