

廃棄物の海面投棄を想定した試料群の静水中における一次元沈降挙動

福岡大学工学部

学生会員 鶴川 亮 福岡大学大学院

学生会員 鍋島 勇太

University of Dundee (UK) 学生会員 永岡 修一 福岡大学工学部

正会員 佐藤 研一 山田 正太郎

日本環境衛生センター 非会員 八村 智明 日本環境衛生センター 正会員 宮原 哲也

1. はじめに 海面埋立処分場は、その埋立容積の大きさから大都市近郊の港湾区域内に設置される例が多く、都市が沖積平野に立地している場合が多いことから、その処分場も沖積粘性土層を遮水層とする例が多い。従って、このような処分場では、薄層埋立工法によって海底地盤であるシルト質粘性土の遮水機能の低下を防ぐとともに、作業の安全性が確認された後は、片押工法により廃棄物の埋立が行われる場合が多い。しかし、廃棄物の薄層埋立工法に関する技術的データや知見は限られている中で、より安心、安全性に配慮した廃棄物の埋立方法等を十分検討することが肝要である。そこで本研究では、薄層埋立時において海底地盤等を傷めない具体的な廃棄物の投入方法を確立することを目的とする。本報告では、薄層埋立工法における投入廃棄物が、海底粘土地盤に及ぼす影響を検討する前段階として、一次元水槽内の静水中を沈降する土質試料群の沈降挙動の把握を目的として行った実験結果を示す。

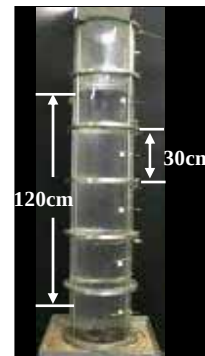


図-1 円筒水槽(φ300mm)



図-2 底部開放型投入装置

2. 実験概要

2-1 実験試料 粒径の違いが沈降挙動に及ぼす影響を検討するために、粒径の異なる 5 種類の試料を用いて実験を行った。投入試料は絶乾状態の田川まさ土($\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$)

の 0.85mm ふり残留分と、砂利 4.75, 9.5, 13.2 及び 19.0mm ふり残留分を使用した。また、比重の違いが沈降挙動に及ぼす影響を検討するために、田川まさ土及び砂利との比較試料として、0.85mm ふりにて水洗い処理を施した絶乾状態の焼却灰($0.85<d<9.5$)と、モルタル塊及び鉛玉を使用した。

2-2 実験装置 本実験には、図-1 に示す水槽径 ϕ 300mm のアクリル製円筒水槽を用いた。水道水を用いることの妥当性を検証するために、水槽内に水道水または海水を満たし、水深 120cm 一定条件下で、人為的誤差を極力取り除くために図-2 に示す底部開放型の投入装置を用い、初速度 $v_0 = 0$ cm/sec の条件下において試料の投入を行った。

2-3 実験方法 表-1、表-2 に実験条件を示す。まず表-1 に示す単一試料の実験条件において、試料の投入量を 200, 500, 1000g の 3 パターンとし、投入位置 $p_p = -0, -10, -20, -30$ 及び -50cm(水面を原点とし、深さ方向を正)とし、試料の投入を行った。表-2 に示す混合試料の実験条件として、各粒径の砂利をそれぞれ 250g ずつ混合し、総量 $m_t=1000\text{g}$ 、投入位置 $p_p = 0, -10, -20$ 及び -30cm とした。

表-1 実験条件(単一試料投入実験)

流体	試料	粒径 d , mm	密度 ρ_s , g/cm ³	質量 m , g	投入位置 p_p , cm
水道水 or 海水	田川 まさ土	$0.85<d<2.00$	2.63	200	0
				500	-10
				1000	-20
				1000	-30
	砂利	$4.75<d<9.50$	2.70	200	0
				500	-10
				1000	-20
				1000	-30
		$9.50<d<13.2$	2.64	200	0
				500	-10
				1000	-20
				1000	-30
水道水	焼却灰	$0.85<d<9.5$	2.37	1000	0
					-10
					-20
					-30
	モルタル	$410 \times 400 \times 220$ ~ $400 \times 410 \times 600$	1.60 ~ 2.24	1000	-50
	鉛玉	10.0	11.34		

表-2 実験条件(混合試料投入実験)

試料	内訳	粒径 d , mm	質量 m , g	総量 m_t , g	投入位置 p_p , cm
混合	田川 まさ土	$0.85<d<2.00$	250	1000	0
		$4.75<d<9.50$	250		-10
		$9.50<d<13.2$	250		-20
		$13.2<d<19.0$	250		-30
	砂利				

3. 実験結果及び考察

3-1 流体の違い 図-3 に、投入位置 $p_p = -30\text{cm}$ 、投入量 $m = 1000\text{g}$ において水槽内の流体の違いを比較した、沈降速度分布を示す。図より、どの水深においても沈降速度はほぼ同じになっていることが確認できる。これより、水道水と海水の密度の違いは、投入試料の沈降速度にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。よって以降の実験は全て水道水を用いて行うこととした。

3-2 粒径の違い 図-4(a)に、投入位置 $p_p = -30\text{cm}$ 、投入量 $m = 1000\text{g}$ において粒径による違いを比較した、沈降速度分布を示す。図より、浅水域ではどの粒径も沈降速度はほぼ一定になっており、水深 $z = 45\text{cm}$ 以深において粒径の違いによる影響が現れていることが分かる。また、粒径が小さい程終端速度は遅く、かつ終端速度に達するまでにより多くの沈降距離を要していることがわかる。

3-3 投入量の違い 次に、投入量の違いによる影響を比較するために、図-4(b)に投入位置 $p_p = -30\text{cm}$ 、投入量 $m = 200\text{g}$ における沈降速度分布を示す。図-4(a)と比較すると、水深 $z = 15\text{cm}$ において沈降速度が大幅に減少している。これは入水時の重力方向へのエネルギー量、即ち投入量の違いによるものであると考えられる。また、水深 $z = 45\text{cm}$ における沈降速度に着目すると、投入量が少ない方が粒径の影響を受け易いことが分かる。

3-4 投入位置の違い 投入位置の違いによる影響を比較するために、図-4(c)に、投入位置 $p_p = 0\text{cm}$ 、投入量 $m = 1000\text{g}$ の場合の、沈降速度分布を示す。図-4(a)と比較すると、水深 $z = 15\text{cm}$ における沈降速度に、投入位置の違いの影響が現れていることがわかる。粒径 $d = 0.85\text{mm}$ を除いて、それぞれの粒径は水深 $z = 105\text{cm}$ から速度が収束し、終端速度になると推測される。以上より投入位置の違いも、投入量の違いと同様に終端速度に達するに必要とされる沈降距離に影響を及ぼしていることが分かる。また、粒径 $d = 0.85\text{mm}$ は水深 $z = 45\text{cm}$ において他の粒径と比べて沈降速度が低下していないことが分かる。この一因として、粒径が 0.85mm と小さいために、着水直後は粒子が一つの塊として沈降していることが考えられる。

3-3 各粒径を混合させた場合の粒径・投入位置の比較 図-5 に、粒径の異なる4種類の砂利を混合させて投入させた試料、及び焼却灰の沈降速度分布を示す。ここでは混合試料中の粒径 $d = 0.85\text{mm}$ 、及び 9.5mm と焼却灰の比較を行う。粒径に着目すると、混合試料でも粒径の大きいものほど沈降速度が速くなっていることが分かる。投入位置に着目すると、浅水域においてどの試料も投入位置が高いほど沈降速度が速くなっていることがわかる。また密度に着目し、焼却灰と砂利 9.5mm を比較すると、水深 $z = 45\text{cm}$ 以深からは密度の小さい焼却灰のほうが沈降速度が明らかに遅くなっていることがわかる。このことから、混合試料においても粒径の大きいものほど沈降挙動が速く、また、密度の違いも沈降挙動に大きく影響を及ぼすことがわかった。

4. まとめ 投入実験の結果、以下の知見が得られた。1) 流体として水道水と海水のどちらを用いても、投入試料の沈降速度にほとんど差異はない。2) 投入量及び投入位置の違いは、浅水域での沈降速度に影響を及ぼす。3) 比重一定条件下において、粒径の違いに伴い、それぞれ固有の終端速度が存在する。4) 粒径、投入量及び投入位置といった条件は、終端速度に達する時間や沈降距離にも大きく影響を及ぼす。5) 密度の小さい焼却灰は、水深 $z = 45\text{cm}$ 付近で終端速度に達することから、比重の違いは沈降速度及び終端速度に影響を及ぼすと考えられる。

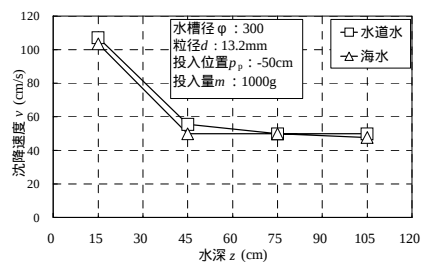
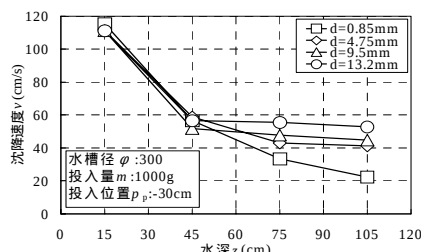
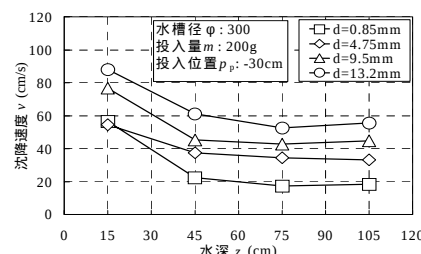


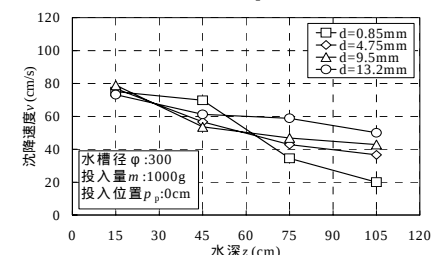
図-3 流体の違いによる影響



(a) $m = 1000\text{g}$, $p_p = -30\text{cm}$



(b) $m = 200\text{g}$, $p_p = -30\text{cm}$



(c) $m = 1000\text{g}$, $p_p = 0\text{cm}$

図-4 各粒径の投入量 m ・投入位置 p_p の違いによる比較

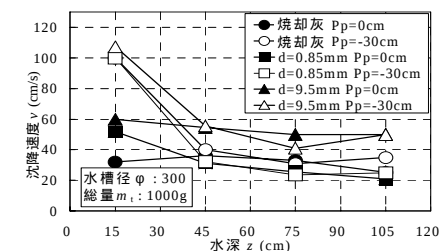


図-5 混合試料と焼却灰における比重の違いによる比較