モデル廃棄物を用いた堆積特性と粘土層保護効果の検討

福岡大学工学部 学生会員 橋爪 陽平 杉山 詠一
福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
(財)日本環境衛生センター 正会員 永岡 修一 八村 智明

1. はじめに

著者ら [1]は、海面埋立処分場における薄層埋立時に遮水層として利用されている海底地盤等を傷めないような具体的な廃棄物の投入方法の検討を行っている。特に投入された廃棄物の沈降・拡散・拡散現象及び底部粘土層に及ぼす影響についての報告をしている。その中でこれまでに、粒径及び密度が明確に異なる砂と鉛玉をモデル廃棄物とした段階投入実験を行い、粒径の細かい廃棄物を予め投入することにより、その後投入される廃棄物が及ぼす衝撃から粘土層を保護し得るという知見を得ている [2]。そこで本研究ではこの衝撃緩衝効果に、投入条件の違いが及ぼす影響を検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた装置 投入実験には、高さ 150cm, 幅 250cm, 奥行き 30cm の寸法を有する大型水槽を用い、また初速度 v_0=0cm/sec の条件下において試料を投入するために、傾斜型の試料投入装置を備えている [2]。この投入装置は投入角度を θ=10~65°において任意に変化させることが出来、また水面に着水する際の初速度に影響を与える、投入試料の滑り距 L=30~70cm と変えることが出来る。

2-2 実験に用いた試料 **表-1** に実験に用いた試料を示す。一般に廃棄物は種々雑多な異なる材料を含み、質量、密度などの各種パラメータが及ぼす影響を検討するために、モデル化した試料を投入試料として用いている。砂は焼成化粧砂 0.85mm ふるい残留分を用い、沈降、堆積特性を明確にするために、赤い着色を施している。また、粘土層に明確なダメージを与える試料として、直径 d=20, 30mm の 2 種類の鉛玉を用いた。水槽底部には、遮水層のモデルとして液性限界の 1.5 倍 (含水比 w=115%) に調節した博多粘土を 20cm 敷設し、その上部に水道水を 120cm 貯留させ、海面埋立処分場のモデルとした。

表-1 実験に用いた試料
(粒径 d, mm, 密度 ρ_s, g/cm^3)

焼成化粧砂	鉛玉	鉛玉
0.85<d<2.00	d=20	d=30
ρ_s=2.63	ρ_s=11.3 (40g/個)	ρ_s=11.3 (150g/個)

表-2 実験条件

第 1 投入試料				第 2 投入試料		敷設粘土		
試料	総投入量 m_t, g	投入回数 n, 回	1 回の投入量 m_e, g	試料 (粒径)	投入量 m, g	層厚 h_c, cm	含水比 w, %	せん断強度 τ, kN/m^2
砂	30,000	30	1,000	鉛玉 (d=20mm), 鉛玉 (d=30mm)	1,000	20	115 (w/w_L=1.5)	0.19
		10	3,000					
		6	5,000		900			

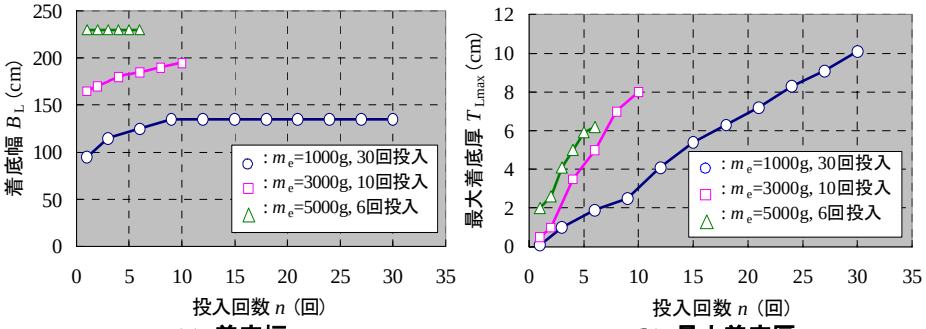
2.3 実験条件

表-2 に実験条件を示す。投入条件を試料の投入高さ h_p=10cm、滑り距離 L=30cm、投入角度 θ=30°の一定条件下で行った。まず、先行試料である砂の 1 回の投入量を m_e=1000, 3000, 5000g と変化させ、堆積状況の確認を行った。ここで、着底した砂粒子群が成す着底幅 B_L と最大着底厚 T_L を計測し、堆積特性を評価した。その後、同一条件下で直径 20mm, 30mm の鉛玉を投入し、先行投入された砂粒子群による粘土層保護効果について検証した。

3. 実験結果及び考察

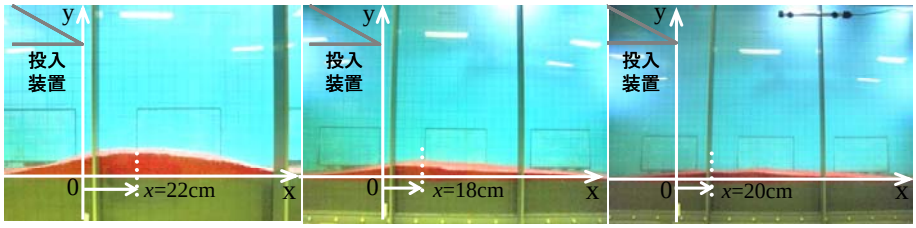
3-1 段階的に投入される砂の堆積特性 砂の着底幅 B_L と最大着底厚 T_{Lmax} を**図-1 (a), (b)**にそれぞれ示す。まず、1 回の投入量の増加に伴い、着底幅は広く、また最大着底厚は厚くなることが分かる。1 回の投入量が m_e=1,000g と少ない場合、投入回数 n の増加に伴い着底幅も拡がり、n=9 回から B_L=140cm 程度で一定となっている。一方 m_e=5,000g の場合では、1 回目の投入から B_L=230cm と一定値を示し、その後も最も広いことが分かる。また最大着底厚の場合、n=6 回までの比較から一回の投入量が増すごとに、最大着底厚も増加していることが分かる。いずれの条件に

おいて投入を行うと、また、いずれの場合においても、投入回数の増加に伴い最大着底厚は厚くなっている。また**写真-1** からも分かるように、段階的に分割投入を行うことにより、最終的な最大着底厚は同等とならず、分割数を多く設定した方が、最大着底厚は厚くなるという結果になった。これは、一回の投入量が少ないほど着底幅は狭くなり、その分、厚く堆積するためであると考えられる。また、最大着底厚の水平位置は投入装置の先端部を x=0 とし、　それぞれ(a), x=22cm, (b), x=18cm, (c), x=20cm といずれも x=20cm 付近で計測されていることが分かる。



(a) 着底幅 B_L　　(b) 最大着底厚 T_{Lmax}

図-1 砂粒子群の着底幅 B_L と最大着底厚 T_{Lmax}

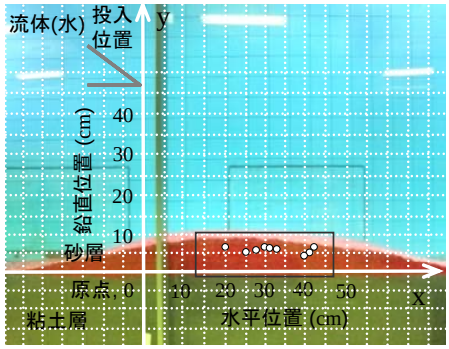


(a) m_e=1000g, 30 回投入　　(b) m_e=3000g, 10 回投入　　(c)m_e=5000g, 6 回投入

写真-1 各投入条件における最大堆積厚の水平位置

3-2 先行投入により形成された砂層の衝撃緩衝効果

d=20mm の鉛玉を投入した時の着底位置とめり込み深さの関係を**写真-2** に示す。また、そのめり込みと着底位置の様子の拡大図を**写真-3** に示す。いずれの条件下でも鉛玉は砂層で留まり、着底位置はそれぞれ異なるが、そのめり込み深さは最大約 4cm 程度であった。一方で直径 d=30mm の鉛玉を投入したところ、砂層と底面粘土層(層厚 h_c=20cm)共に貫通する結果となった。**図-2** に示すような簡便なエネルギーの比較によると、d=30mm は d=20mm の鉛玉と比べて約 5 倍の運動エネルギーを有いることが原因である。d=20mm の鉛玉の場合は各条件下で投入を行っても、めり込み深さに大きな相違はなく、粘土層へ影響を及ぼさないことが確認された。以上より、先行投入されることで形成された砂層には、底面粘土層の保護効果が期待できることが確認でき、またでその保護効果にも限界があり、投入廃棄物の密度や粒径によっては砂層を貫通し、粘土層を保護し得ないことも分かった。今後は、現場においてどの程度の砂層厚を確保することで、遮水性を担保している粘土層を十分保護し得るのかを知る必要があると考えられる。



m_e=1000g, 30 回投入

写真-2 着底位置とめり込み深さの関係

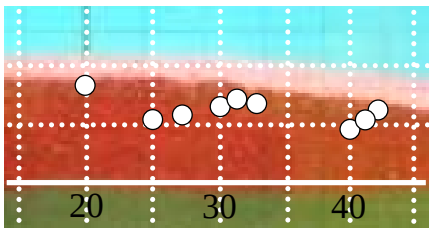


写真-3 着底位置とめり込み深さ（拡大図）

4. まとめ　(1)砂をモデル廃棄物とし、段階的に分割投入する実験より、1 回の投入量が多くなる程、着底幅は広く、また最大着底厚は厚くなることが分かる。(2) 最終的な最大着底厚は総投入量が等しくても同等とならず、分割数を多く設定した方が、最大着底厚は厚くなるという結果となった。(3)今後は、現場においてどの程度の砂層厚を確保することで、遮水性を担保している粘土層を十分保護し得るのかを知る必要があると考えられる。また、投入廃棄物の着底に伴い、粘土層に及ぼされるダメージを、衝突エネルギーの観点から評価を行っていく予定である。

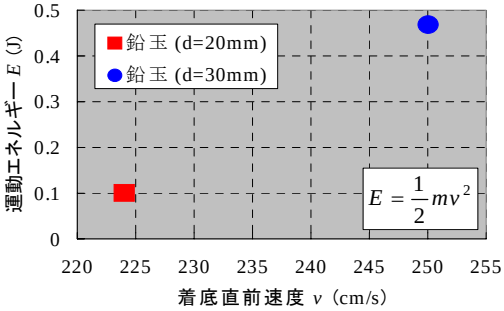


図-2 各鉛玉の運動エネルギー

【参考文献】1)杉山ら(2011):モデル廃棄物の沈降・拡散現象に及ぼす粒径と粒子密度の影響，平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会(投稿中) 2)鍋島ら:第 8 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp360-362, 2009