

分別土砂の品質管理における落球探査試験の適用性について

災害廃棄物 品質管理 変形係数

愛知工業大学 国際会員
株式会社アイコ 正会員
鹿島建設株式会社 正会員
株式会社セントラル技研 正会員中村 吉男
○小島 淳一
小澤 一喜・藤崎 勝利
池尻 健

1. はじめに

盛土構造物の品質は、一般に含水比と乾燥密度に着目した締固度に基づく品質管理が行われる。この方法は、含水比を測り土の状態を調べ、締固めによって得られる乾燥密度を測って施工の良否や盛土の機能（具備すべき力学的性質）を間接的に評価するものであり、締め固められた材料のせん断強度、透水性あるいは圧縮性（沈下）等の力学的性質を直接調べ設計数値との関連を吟味するのではない。したがって、廃棄物層や災害廃棄物由来の分別土砂を用いた盛土の物性については十分な知見が得られていない材料を用いた盛土の管理においては、原位置での力学定数を迅速かつ、簡便に測定する管理手法の開発と確立が望まれている。本研究は、その管理手法の一つとして落球探査試験法を用いた品質管理手法の適用性について吟味・検討するものであり、具体的には、締固め条件と木片の混入量を変化させた模擬分別土砂を、半無限地盤と見なし得る土層規模¹⁻²⁾に締固め、落球探査試験を行うことにより分別土砂の含水比状態による土の変形性について議論するものである。

2. 落球探査試験の概要と試験試料

落球探査試験は、加速度センサーを内蔵した半球状の金属製重錘(直径 20cm、重さ 19.1kg)を用いるサウンディングである。機器構成は図-1 に示すように、球体を高さ 50cm の位置から自由落下させ加速度と接触時間の関係を観測する。重錘の着地時に加速度センサーで捉えた衝撃波の継続時間(接触時間)は地盤が軟らかく E が小さいほど長く、硬い (E が大) ほど短くなるため、接触時間と加速度の関係から地盤の硬軟を表す変形係数 (E) と密接に関係するものと考えられる。落球探査試験では、Hertz (ヘルツ) が提案した弾性球体の接触理論³⁾に基づき、重錘の着地を半径無限大の球体とみなされる地球上の地盤と、もう一つの球体である重錘との接触事象ととらえ、地盤の変形係数 E を算出するものである。試験試料は、分別土砂を想定し砂 (5 号珪砂) と粘土 (岐阜県土岐市産、クレイサンド) を乾燥重量比で 1 : 1.5 の割合で混合した。また、分別土砂中に混入する木片は、図-2 に示した園芸用のパーク材を使用して、乾燥重量比で $P_w=0,2,4,8\%$ 加えて模擬分別土砂とした。そして前報¹⁻²⁾で検討した落球探査試験の応力伝播特性から、半無限地盤と見なし得る土層 ($\phi=30\text{cm}$ 、 $D=20\text{cm}$) に模擬分別土砂を締固めエネルギー一定の条件で含水比を変化させて突き固めて作成した試験体の変形特性を調べることにより、分別土砂の品質管理における落球探査試験の適用性を検討した。

3. 実験結果

木片の混入率 (P_w) および締固め条件 (締固め時の含水比 w と乾燥密度 ρ_d) と落球探査試験で得られた変形係数を整理し表-1 に示す。同表に示す $w-w_{opt}$ は試験含水比と最適含水比の差を表し、D 値は試験体の乾燥密度を最大乾燥密度で除した値であり、土工の品質管理において規定される締固め度に対応している。図-3 は、加速度と接触時間の関係について木片混入量毎に整理したものである。図中のインデックスは加速度のピーク値を記したものであり、含水比(w)の増加に伴って加速度のピーク値は低下し接触時間が増加していることが分かる。

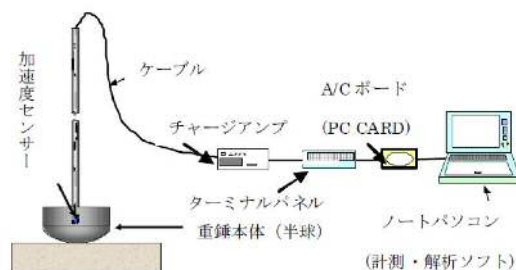
図-1 落球探査の機器構成⁴⁾

図-2 木片とした園芸用パーク材

表-1 分別土砂における落球探査試験結果

$P_w(\%)$	呼称	$w-w_{opt}(\%)$	D値(%)	$w(\%)$	$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	E(Mpa)
0	D95dry	-2.6	95.0	7.0	1.922	41.58
	D100opt	0.0	100.0	9.6	2.023	11.92
	D95wet	2.9	95.0	12.5	1.922	2.37
2	wopt-3.1	-3.1	82.8	8.3	1.675	28.09
	wopt-1.4	-1.4	90.3	10.0	1.826	28.97
	wopt+0.6	0.6	91.1	12.0	1.842	7.14
	wopt+2.6	2.6	88.8	14.0	1.797	3.01
4	wopt-4.8	-4.8	76.4	10.0	1.545	21.49
	wopt-2.1	-2.1	82.4	12.7	1.666	35.87
	wopt-0.7	-0.7	86.0	14.1	1.739	10.68
	wopt+1.9	1.9	84.2	16.7	1.703	4.13
	wopt+4.3	4.3	80.9	19.1	1.637	1.66
8	wopt-4.5	-4.5	66.6	13.1	1.348	13.81
	wopt-1.1	-1.1	66.4	16.5	1.344	16.30
	wopt+0.6	0.6	73.8	18.2	1.493	9.59
	wopt+1.3	1.3	70.9	18.9	1.435	5.06
	wopt+2.2	2.2	68.0	19.8	1.375	2.88
	wopt+5.2	5.2	65.6	22.8	1.327	2.24

Applicability of Falling Ball Inspection Test on the Quality Control for Separate Waste Soils containing Wood Chips

Nakamura Y.,(A.I.T), Kojima J.,(AICO Co.,Ltd),Ozawa K.,Fujisaki K.,(Kajima Corporation), Ikejiri K.,(Central Giken Co.,Ltd)

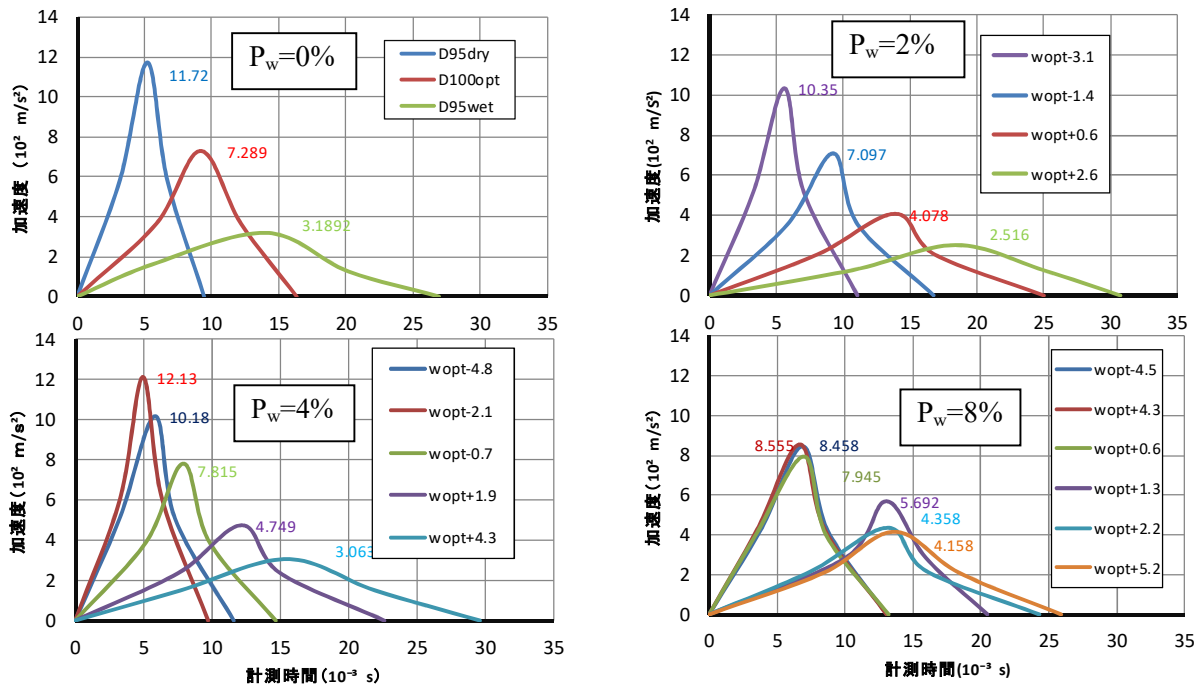


図-3 加速度と接触時間の関係

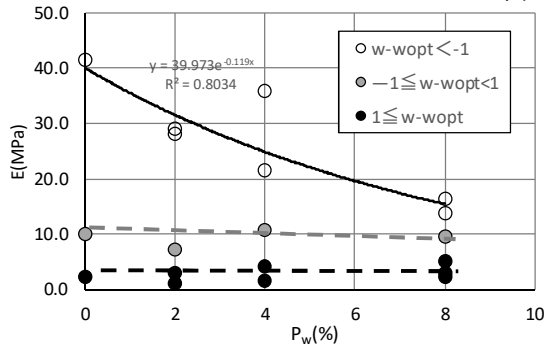


図-4 P_w と E の関係

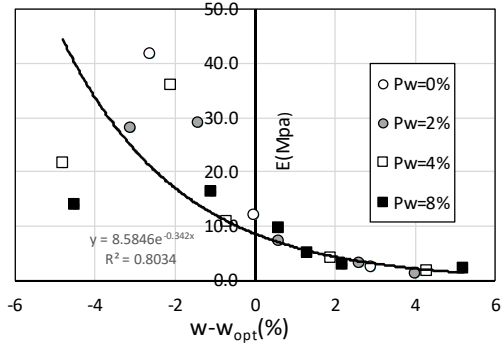


図-5 $w-w_{opt}$ と E の関係

ただし、この関係は $P_w=0\sim 4\%$ の試験において明瞭であるが、 $P_w=8\%$ では 2 つのグループに区分され、少なからず木片の混入の影響が分別土砂地盤の変形性影響を及ぼしていることが考えられる。そこで、木片の混入量と締め固め時の含水比状態が分別土砂の変形特性に与える影響を調べるため、最適含水比を指標とし $(w-w_{opt})\pm 1\%$ で含水比の状態を区分し P_w と E の関係を整理した。結果は図-4 に示すとおりであり、 $w-w_{opt} < 1$ の乾燥側の締め固めでは P_w の増加に伴い指数的に変形係数が低下するが、 $1 \leq w-w_{opt}$ の締め固め状態では $P_w=0\sim 8\%$ の間でほぼ一定値を取ることが分かる。すなわち、最適含水比より湿潤側の状態で締め固められた場合、分別土砂の変形特性は木片の混入よりも分別土砂の組成による影響が支配的になるものと推察される。また、図-5 は、 $w-w_{opt}$ と E の関係を示したものであり $w_{opt}-1\%$ より湿潤側においては、 P_w に関わらず変形係数は木片の混入量の影響はほとんど受けないことが分かる。フィルダム等の土工管理⁵⁾において、施工上許容される含水比の範囲として最適含水比を基準とした $w_{opt}\pm\alpha$ が採用されることがあり、例えば、 $w_{opt}-2\leq w_{opt}\leq w_{opt}+1$ のような基準値を設け、落球探査による管理を行えば、 $P_w\leq 8\%$ 以下の分別土砂を利用した盛土工事において均質な地盤の構築が可能となる。このことから、均質な盛土地盤を構築する上で落球探査法は有効な品質管理手法であるものと思われる。

謝辞：本研究は、環境省の環境研究総合推進費（3K163011）により実施された。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 中村吉男, 小澤一喜, 藤崎勝利, 小島淳一, 池尻健: 落球探査試験における締め固め土の応力伝播特性について (その 1: 実験的検討)、第 53 回地盤工学研究発表会, 2018, pp.297-298
- 2) 中村吉男, 小澤一喜, 藤崎勝利, 小島淳一, 池尻健: 落球探査試験における締め固め土の応力伝播特性について (その 2: 解析的検討)、第 53 回地盤工学研究発表会, 2018, pp.299-300
- 3) Goldsmith W.: Impact, the Theory and Physical Behavior of Colliding Solid, Richard Clay and Company, Ltd., pp.83-91. 1960
- 4) 吉田、北本、川野、池尻: 落球探査による地盤の諸特性の評価、第 46 回地盤工学研究発表会, pp.113-114, 2011
- 5) 土質工学会編: フィルダムの調査・設計から施工まで、p.304, 1983