プラスチックを多く含む廃棄物埋立地盤の土粒子の密度試験

九州大学東アジア環境研究機構　正会員　○川井　晴至
九州大学大学院工学研究院　フェロー会員　島岡　隆行
前田建設工業株式会社　正会員　坂口　伸也
産業廃棄物処理事業振興財団　正会員　山脇　敦

１．目的

産業廃棄物の不法投棄等によって形成される廃棄物埋立地盤には多くのプラスチックが含まれており、盛土等の通常の地盤とは異なる力学特性を示す。これらの廃棄物埋立地盤の中長期にわたる合理的な監視や将来の跡地利用のため、その力学特性を明らかにする必要がある。土粒子の密度は間隙比や飽和度などの算定に必要とされる重要な物理量であるが、廃棄物埋立地盤に含まれる瓦礫やプラスチックが大きな形状を有することから、これまでほとんど研究がなされていない。本研究では、口径 50 mm を有するピクノメーターを新たに製作し、プラスチックを多く含む廃棄物埋立地盤の土粒子の密度試験を実施した。

２．試験概要

試験は JIS A 1202:2009 土粒子の密度試験 [1] に準拠した。廃棄物埋立地盤に含まれる瓦礫やプラスチックが大きな形状を有するため、口径 50 mm、呼び容量 1000 mL のゲーリュサック型のピクノメーターを新たに製作した（**図-1**）。試験に用いた試料は関東地方と中部地方の不法投棄現場から採取し、プラスチック（重量比 15 %程度）と瓦礫類、土砂分（重量比 85 %程度）でその重量のほとんどを占めている [2]。また、**表-1** に試料中に含まれるプラスチックの樹脂別の含有割合を示す。含有割合と比重より、試料に含まれるプラスチックの合成比重を算出すると 1.007～1.074 g/cm^3 であった。

試料に含まれる大きなプラスチックは、はさみ等で切断し細分化した後にピクノメーターに詰めたが、50 mm 以上の粒径を有する瓦礫類は除外した。試験はプラスチックの含有量が土粒子の密度に与える影響を調べるために、プラスチックを手選別によって除去したプラ除去試料（関東プラ除去、中部プラ除去）とプラスチックを含むプラ有り試料（関東プラ有り、中部プラ有り）の 4 種類の試料を用いた。ピクノメーターに詰めたそれぞれの試料は、炉乾燥重量で 250 g 以上とし、水中のかさ高さでピクノメーター実質部分の下から 1/4 程度になるようにした。また、煮沸時間はプラ除去試料で 2 時間、3 時間とし、プラ有り試料で煮沸なし、2 時間、3 時間とした。プラスチック樹脂のうち、ポリエチレン及びポリプロピレンの比重は水より小さいが、土砂分が付着しているため大部分のプラスチックは煮沸中においても浮き上がってこなかった。しかし、小さなプラスチック片や木片のいくつかは浮き上がり、ストッパーを沈めることができなくなるため、煮沸後に除去した。このため、乾燥試料の重量は、煮沸後にピクノメーターから試料を取り出し、乾燥させた後に測定した。

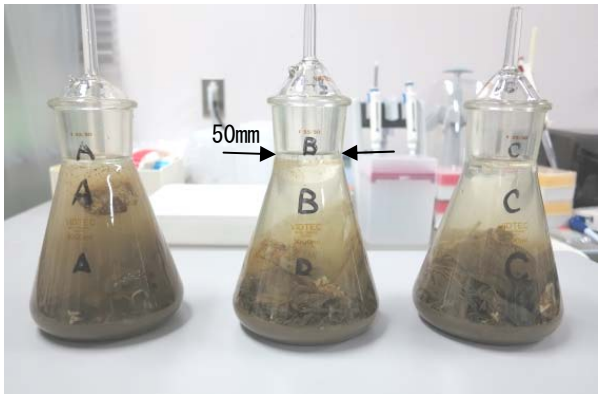

図-1　土粒子の密度試験状況

表-1　プラスチックの樹脂別含有量

試料名	樹脂名	含有割合 (%)	比重 (g/cm^3)	合成比重 (g/cm^3)
関東試料	ポリエチレン	50	0.94	1.0074
	ポリプロピレン	30	0.91	
	塩化ビニル	18	1.35	
	ポリスチレン	2	1.07	
中部試料	ポリエチレン	37	0.94	1.0739
	ポリプロピレン	20	0.91	
	塩化ビニル	30	1.35	
	ポリスチレン	13	1.07	

キーワード　土粒子の密度　廃棄物埋立地盤　プラスチック
連絡先　〒819-0395　福岡県福岡市西区元岡 744　CE40 棟　九州大学東アジア環境研究機構　ＴＥＬ092-802-2567

３．試験結果

関東地方の不法投棄現場から採取した試料の結果を**図-2**に、中部地方の不法投棄現場から採取した試料の結果を**図-3** に示す。関東プラ有り試料の結果は、煮沸なしで 1.848 g/cm^3 であったが、3 時間の煮沸では 2.428 g/cm^3 と増加した。煮沸によって試料中の空気が十分に抜けたと考えられる。中部プラ有り試料においても、煮沸時間が長くなるにつれて土粒子の密度が微増した。試験中の観察においても、3 時間程度の煮沸によって気泡が発生しなくなった。通常の土粒子の密度試験における煮沸時間は 10 分程度であるが、本試験では試料重量が大きいため、3 時間程度の煮沸が必要と考えられる。

煮沸時間 3 時間の乾燥試料中に含まれるプラスチックの重量比を**表-2** に示す。プラスチック有りの試料の土粒子の密度は、プラスチックを除去した土砂分の土粒子の密度とプラスチックの密度との合成密度であるため、関東試料の結果を用いて計算すると以下のようになる。

$$2.525 \times (100 - 6.4)/100 + 1.0074 \times 6.4/100 = 2.428\ g/cm^3$$

計算結果と試験結果は一致した。中部試料では計算結果 2.232 g/cm^3 に対して試験結果が 2.143 g/cm^3 であり、試験結果はやや小さいが近い値が得られた。これらの結果は、プラスチックを除去した土砂分の土粒子の密度がわかれば、プラスチックの重量比を測定すれば廃棄物埋立地盤の土粒子密度が得られることを示唆している。ある一つの不法投棄現場において、土砂分の土粒子の密度とプラスチックの密度が測定場所毎に大きく異なるとは考えにくい。廃棄物埋立地盤における土粒子の密度に関しては、測定場所毎に行う必要は無く、プラスチックの含有量を測定すれば、廃棄物埋立地盤全体をある程度評価できると考えられる。今後はサンプル数を増やす予定である。

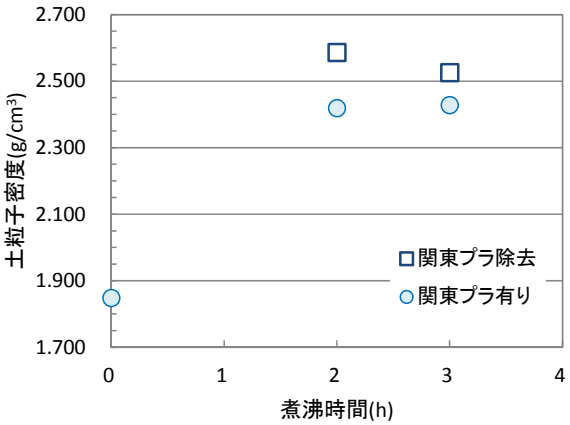

図-2　関東試料の試験結果

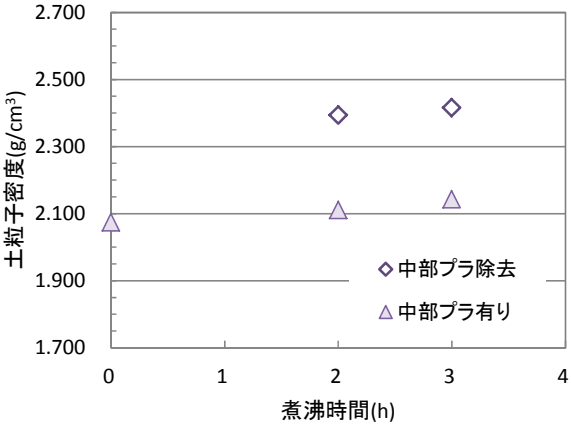

図-3　中部試料の試験結果

表-2　乾燥試料中のプラスチック重量比

試料名	煮沸時間 (h)	土粒子密度 (g/cm^3)	プラスチック重量比 (%)
関東試料 プラ除去	3	2.525	0.00
関東試料 プラ有り	3	2.428	6.40
中部試料 プラ除去	3	2.416	0.00
中部試料 プラ有り	3	2.143	13.70

４．まとめ

本研究を通じて以下の点が明らかとなった。

(1)　口径 50mm、呼び容量 1000mL のゲーリュサック型のピクノメーターを用いて、3 時間程度の煮沸を行えば、廃棄物埋立地盤の土粒子の密度を得ることが出来る。

(2)　プラスチックを除去した土砂分の土粒子の密度と含有するプラスチックの重量と比重を用いて計算した結果、プラスチックの含有量に応じた廃棄物埋立地盤の土粒子の密度を得られることが示唆された。

[謝辞]　本研究は平成 25 年度環境研究総合推進費補助金（研究代表者：山脇敦、課題番号 3K133011）の支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

[参考文献]　1) 社団法人地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, 丸善, pp97-103, 2009

2) 川井晴至, 島岡隆行, 山脇敦等: 廃棄物埋立地盤中の紐状プラスティックに発生する引張ひずみに関する考察, 第 10 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp477-482, 2013.9