

廃棄物埋立地盤に含まれる軟プラスチックの地下水位上昇時の挙動

九州大学工学部 学生会員 ○三輪 洋暉
 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
 産業廃棄物処理事業振興財団 山脇 敦

1. はじめに

産業廃棄物の不法投棄によって形成される廃棄物埋立地盤のうち、容器包装のシートやフィルム等として用いられたと考えられる軟らかい紐状、シート状の軟プラスチックを多く含む廃棄物埋立地盤が全国に約 400 万トン残存している。これらの廃棄物埋立地盤は、軟プラスチックが有する補強効果により、通常の盛土等と比べせん断強度が大きい、多量の降雨を観測した後に崩壊事故が発生している¹⁾。廃棄物埋立地盤を将来的に有効な跡地として利用するために、地下水位上昇時の挙動を明らかにする必要がある。本研究は、地下水位上昇時の廃棄物埋立地盤中の軟プラスチックの挙動を、ひずみの計測を通して明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

実験装置を図-1 に示す。内径 φ300 mm、高さ 500 mm のアクリル製の円筒容器を用いた。載荷板には O リングを取り付け、容器内を密閉した状態で圧縮できる。容器内の間隙水圧は、容器上端から 125 mm、250 mm、375 mm の位置に取付けられた間隙水圧計により直接計測し、鉛直応力は載荷板上端に取付けられた圧縮計及び底板に取付けられた 3 つの土圧計により計測した。ひずみの

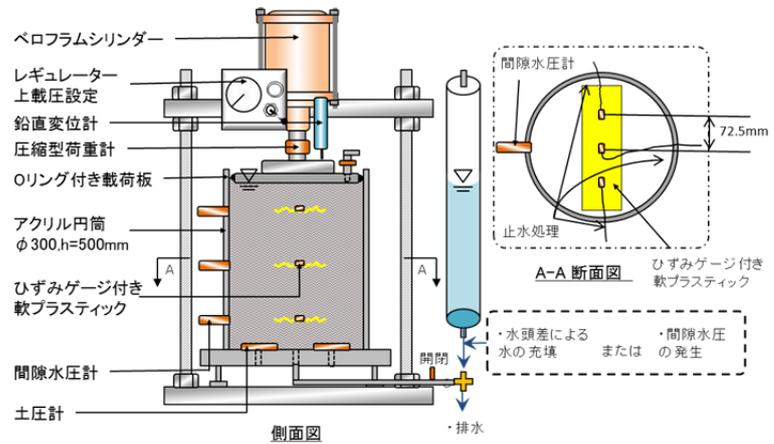


図-1 実験装置図

表-1 充填試料の土質定数

項目	試験結果
全単位重量 γt (g/cm^3)	1.26
含水比(%)	31.1
土粒子の密度 G_s (g/cm^3)	2.26
間隙比	1.35

表-2 充填試料の組成

大分類	割合 (%)	小分類	小分類割合 (%)
紙・布類	0		0
ビニール、合成樹脂、ゴム、皮革類	16	軟プラスチック	8
		硬プラスチック	8
木・竹・ワラ類	1		1
厨茶類	0		0
その他 (孔眼寸法5mmの篩を通過したもの)	28	土砂	28
		金属	4
不燃物類	55	礫・陶磁器	46
		その他	5

計測は、市販されている厚さ 0.06 mm のポリエチレン製のビニール袋を長さ 290 mm、幅 100 mm に切断し、ひずみゲージを 3 か所取り付け (図-1, A-A 断面)、間隙水圧計と同じ高さに 3 枚敷設した。

充填試料は関東地方の不法投棄現場から採取した試料を用いた。充填試料の土質定数と組成分析結果を表-1 及び表-2 に示す。土砂や礫・陶磁器類が全重量の 83% を占めた。軟プラスチックの重量比は 8% であったが、体積としては多く含まれている。充填方法はランマー質量 2.5kg、締固め層数 4、1 層当たりの締固め回数 100 とした。上載荷重は 50 kPa を 1 日間載荷した後に除荷し、初期水頭差 85 cm で底板から水を充填し、10.0 リットル通水させた。試験は容器内の間隙水圧 (背圧) を 4 kPa (静水圧)、50 kPa、100 kPa に設定した 3 ケース実施し、間隙水圧の設定後に容器内を非排水状態とし、上載圧を 5 分毎に増加させた。また、試験は同じ試料で連続して行った。

3. 実験結果

表-1 中に示した含水比(w)、土粒子の密度(G_s)、間隙比(e)を用いて容器内の飽和度を $S_r = w G_s / e$ より計算した結果及び飽和度を示す間隙圧係数: B ($B = \Delta u / \Delta \sigma$, $\Delta \sigma$: 圧縮応力の増加量, Δu : $\Delta \sigma$ に伴う間隙水圧の増加量) を表-3 に示す。水頭差 85 cm による水充填時完了時で 88.6 %、間隙水圧 100 kPa のときに 93.8 %であった。また、間

間隙係数：B は間隙水圧 100 kPa のケースで 0.88 であった。間隙係数：B の飽和度の目安は $B \geq 0.95$ であり、B 値の結果においても容器内は飽和状態に至らなかった。圧縮応力と間隙係数の結果を図-2 に示す。間隙水圧 50 kPa と 100 kPa のケースでは、上載圧が 40 kPa までの範囲で B 値が増加しているが、4 kPa のケースでは B 値は直線的に増加し、その増加量も小さい。圧縮応力と容器深さ 375mm に設置したひずみの平均値を図-3 に示す。飽和度の低い間隙水圧 4 kPa のケースのひずみの増加量が最も大きく、間隙水圧 100kPa のケースでは、ひずみの増加量は最も小さかった。

4. 考察

本研究は、地下水位が上昇し、軟プラスチックと土粒子付近の空隙が水で充填され、間隙水圧が作用する場合の軟プラスチックによる拘束圧の変化に着目した。廃棄物埋立地盤中の軟プラスチックのひずみの増加は、軟プラスチックの伸びを意味する。圧縮応力の増加に伴い土粒子が密になり、土粒子面の凹凸に沿って軟プラスチックが伸びる。伸びた軟プラスチックは元の長さに戻ろうとする性質を有するため張力が発生し、張力は土粒子側から見れば拘束圧として作用する (図-4)。廃棄物埋立地盤も通常的地盤と同様に、全応力(σ)=有効応力(σ') + 間隙水圧(u) の関係式が成り立つと考えられるが、今回の試験では容器内が飽和状態に至らなかったため、圧縮応力の一部が間隙水圧として作用せず、有効応力として作用した。軟プラスチックのひずみは減少せず、軟プラスチックによる拘束圧は減少しなかった。不法投棄によって形成される廃棄物埋立地盤は、地上部分に形成されることが多く、地下水位以下に形成されることは考えにくい。今回の試験結果より、地下水位より浅い場所に位置する廃棄物地盤は通常の降雨程度では飽和状態には至らず、軟プラスチックによる拘束圧の減少も起こりにくいと考えられる。

5. まとめ

本研究により、以下の結論が得られた。

- (1) 水頭差によって容器内に水を充填した結果、飽和度 $S_r = 88.6\%$ であった。間隙水圧を 100 kPa とした場合にも $S_r = 93.8\%$ 、B 値も 0.88 で飽和状態に至らなかった。
- (2) 飽和状態に至らなかったため、上載圧の増加に伴い軟プラスチックのひずみも増加し、軟プラスチックによる拘束圧は減少しなかった。地下水位より浅い場所に位置する廃棄物地盤は、通常の降雨程度では飽和状態に至らず、軟プラスチックによる拘束圧の減少は起こりにくいと考えられる。

表-3 飽和度の結果

項目	設定間隙水圧		
	ub = 4 kPa	ub = 50 kPa	ub = 100 kPa
飽和度 $S_r = wGs/e$	0.886	0.911	0.938
間隙係数:B ($\Delta \sigma = 1/2 \times ub$)	0.37	0.76	0.88
下層ひずみの平均増加量($\Delta \sigma = 80$ kPa)	368	207	93

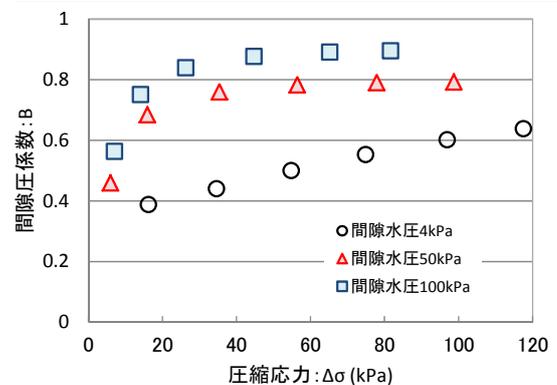


図-2 間隙係数と圧縮応力の結果

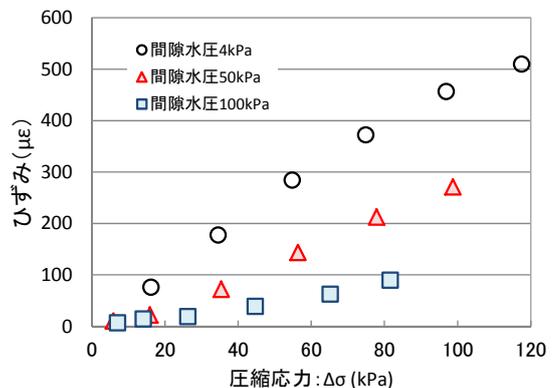


図-3 圧縮応力とひずみの結果

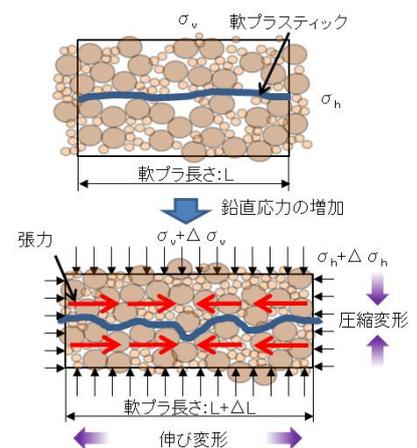


図-4 ひずみ上昇の模式図

[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) 産業廃棄物処理事業振興財団編集：不法投棄等現場の堆積廃棄物の斜面安定性評価方法，大成出版社，pp. 139-157，2013