帯状及び紐状廃棄物を含む廃棄物埋立地盤のごみ圧分布に関する基礎研究

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　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　非会員　山脇　敦

１．はじめに

日本における不法投棄現場や海外の廃棄物最終処分場では、急勾配な積上げにより崩壊のおそれがある箇所が少なくない。しかし、これらの廃棄物地盤はプラスティックや布類等の帯状、紐状廃棄物を多く含み、ときには垂直に積上げられているにも関わらず、長期にわたり安定している事例もある。帯状、または紐状廃棄物地盤は盛土に比べ安定した状態にあることが経験上知られているが、そのメカニズムは未だ解明されていない。

本研究では大型土槽装置に千葉県の不法投棄現場から採取した帯状及び紐状廃棄物を充填し、上載圧を載荷することにより原地盤の応力状態を模擬し、廃棄物地盤のごみ圧分布を明らかにする。ごみ圧分布は擁壁などの貯留構造物の重要な設計要素であり、貯留構造物は不法投棄現場における対策工としても重要な構造物であることから、それらの合理的な設計を可能とすることの必要性は高い。

２．実験概要

（１）実験装置

実験装置を図-1 に示す。高さ 1.1 m、幅 1.15 m、奥行き 0.8 m の土槽に試料を充填した。側壁には土圧計を上端から 0.125 m、0.350 m、0.580 m、0.815 mの深さに設置した。側壁は固定されており、横方向の変位は拘束されている。上載圧はベロフラムシリンダーを用い、鉛直方向の変位計を載荷板に設置した。また、底面及び全壁面には摩擦を低減させるためにラバーシートをグリスで貼付した。

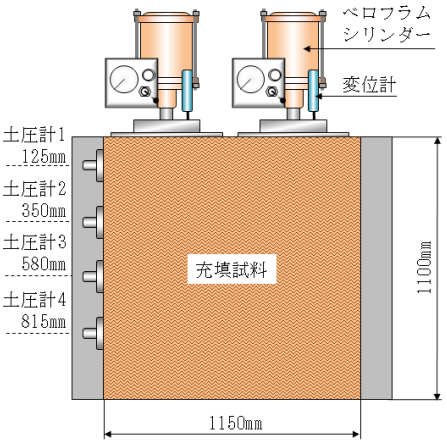

図-1　実験装置図概要図

（２）充填試料及び充填方法

充填試料の組成（乾燥重量比）を図-2 に示す。千葉県の不法投棄現場から採取した試料で、プラスティック類の比率が高い。また、含水比は約 17 %であった。充填方法は、試料をバケツに入れ重量を計測した後、土槽高さより自由落下させ、27.5cm の 4 層に分けて充填した。各層 25 kPa で 30 分間上載荷重を載荷させ、締固めエネルギーを一定とした。充填試料の密度は 1.0 g/cm^3 であった。これは現地で実施した現場密度試験より得られた $\rho t = 0.9 \sim 1.0$ g/cm^3 と同等である。また、土圧計周辺は大きな礫などの影響による特異値の計測を防ぐため、篩い下 20mm の試料を配置した。

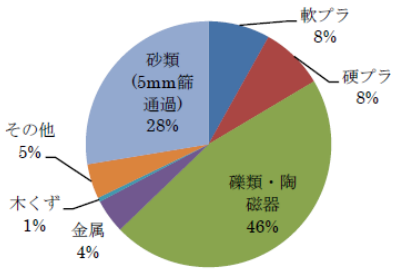

図-2　充填試料組成（乾燥重量比）

（３）上載荷重

上載荷重を図-3 に示す。ベロフラムシリンダーにて最大約 40 kPa まで段階的に載荷した後、除荷を行った。

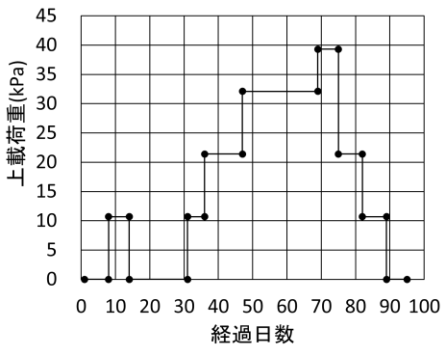

図-3　上載荷重

３．実験結果

水平ごみ圧と沈下量の経時変化を図-4 に示す。図中破線で示す沈下量のみ右軸とし、沈下方向を正としている。データは 15 分おきに計測し、一日の相加平均したものである。

キーワード　不法投棄　帯状廃棄物　紐状廃棄物　ごみ圧分布
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

（1）経過日数 0～30 日（0 kPa→10 kPa）

充填完了後、上載圧を 0.0 kPa としたが、水平ごみ圧は増加した。充填時に受けた圧縮力が解放され、膨張したと考えられる。膨張に伴う水平ごみ圧の増加は、経過日数 20 日頃から収束した。

（2）経過日数 31～75 日（10 kPa→39.3 kPa）

上載圧の増加に伴い、水平ごみ圧も増加したが、増加の割合は各土圧計によって異なる。土圧計 1 は変化が小さく徐々に増加しているのに対し、土圧計 3 は上載圧の増加に伴い水平ごみ圧も増加している。また、時間経過とともに水平ごみ圧が漸増した。沈下量も時間経過に伴い漸増し、鉛直方向のクリープが確認された。

（3）経過日数 76 日以降（39.3 kPa→0 kPa）

上載圧の除荷に伴い、土圧計 3 は大きく減少したが、その他の土圧計は大きな変化がなかった。10.7 kPa→0.0 kPa の除荷時にはすべての土圧計で水平ごみ圧が減少したが、初期値には戻らず 15～20 kPa の水平ごみ圧が残留した。沈下量に関してもごみ圧とほぼ同様の傾向を示し、30 ㎜程度の沈下量が残留した。

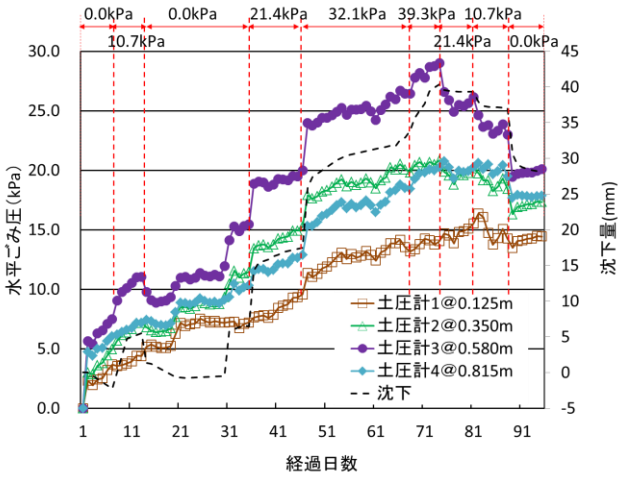

図-4　水平ごみ圧及び沈下量の経時変化

（4）ごみ圧分布

各上載圧に対する深さ方向の水平ごみ圧分布を図-5 に示す。静止土圧係数 K_0 = 1.0（軟らかい粘土）、K_0 = 0.4（密な砂）で計算した場合の水平ごみ圧分布も比較として示している。土槽の中央（土圧計 3）を中心に最大水平ごみ圧が発生し、表面及び底面に向かって減少する円弧のような分布形状となった。

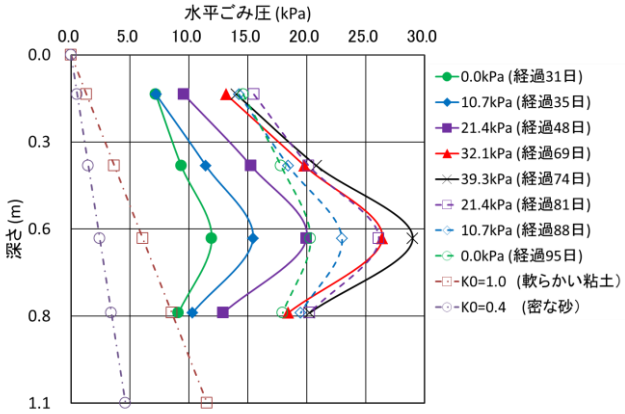

図-5　深さ方向のごみ圧分布

4．まとめ及び今後の展望

本実験により、紐状廃棄物地盤のごみ圧分布に関して以下の結果が得られた。

(1) 土槽中央深さの水平ごみ圧が卓越し、表面・底面に向かい減少する円弧状のごみ圧分布を呈した。

(2) 上載圧の継続的な載荷により、鉛直方向のクリープが発生した。クリープに伴い水平ごみ圧も漸増した。

(3) 上載圧の除荷後も水平ごみ圧は残留した。

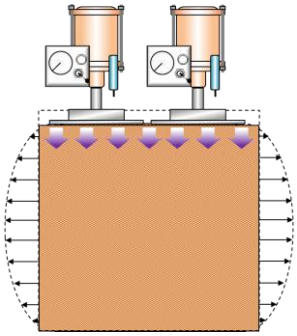

図-6　水平ごみ圧分布より推測される弾性的挙動

帯状及び紐状廃棄物は主に水平に堆積しており、水平方向への動きを拘束するような補強効果を発揮するため、本実験で計測される水平ごみ圧はかなり小さなものと予想された。しかし、実際に計測された水平ごみ圧分布は円弧形状であり、土槽内の充填試料が一つの弾性体（実際には弾塑性体）のような挙動を示すと考えられる（図-6）。今後は、土槽中央部の水平ごみ圧が卓越するメカニズム及びプラスティック等の紐状廃棄物の補強効果が、ごみ圧分布にどのように影響しているのか明らかにしていく予定である。

[謝辞]本研究の一部は平成 22 年度「循環型社会形成推進科学研究補助金」（研究代表者：山脇敦、課題番号 K22033）の支援を受けて行われた。

[参考文献] 宮本慎太郎ら：国内不法投棄廃棄物を用いた堆積廃棄物の現場試験と室内試験でのせん断特性の比較，平成 23 年度土木学会西部支部研究発表会，Ⅲ-024，pp. 395-396，2012. 3