

ジオシンセティックス・バリアの境界面せん断試験法に関する考察

香川高等専門学校 学生会員 ○梅田涼平
香川高等専門学校 正会員 小竹 望

1. はじめに

廃棄物処分場に用いられるジオシンセティックス・バリアの構成材料間の境界面は、摩擦抵抗およびせん断抵抗が小さいため、遮水工の構造的な弱点となる。本研究では、実用設計法を提案するにあたって、遮水シートと土質材料を対象とする静的滑動実験、動的ブロック滑動実験、一面せん断試験を行い、各試験から得られる境界面せん断特性について考察した。

2. 動的ブロック滑動実験

2.1 実験方法

動的ブロック滑動実験¹⁾の装置を図-1に示す。振動台に固定した木製土槽に砂質土を密度 1.4~1.5g/cm³で締固め、その表面に鋼製ブロックを設置した。遮水シートは、鋼板(310mm×200mm×23mm)を一体化した鋼製ブロックの底面に接着剤で固定した。振動台の加振加速度 α_T を段階的に増加させ、砂地盤上のブロックが滑動するときのブロック加速度 α_B から境界面摩擦係数 $\mu(=\alpha_B/g)$ と境界面摩擦角 $\phi(=\tan^{-1}\mu)$ をそれぞれ求めた。ここで、 g は重力加速度(981gal)である。

2.2 実験結果

ブロック重量を $W=203.4, 304.0N$ の2通り、振動台の周波数 $f=3.5, 5Hz$ の2通りに対して、加振加速度 α_T を変化させた実験を行った。図-2に $\alpha_T=510gal$ で加振したケースの定常状態での加速度時刻歴を、図-3に同時刻における相対変位時刻歴を示す。ブロックが滑動する状態では、ブロック加速度 α_B は加振加速度 α_T より小さくなり、ブロックと振動台の相対変位が発生して累積していく状況が確認された。図-2に示すブロック加速度は $\alpha_B=447gal$ であり、その時の境界面摩擦係数は $\mu_s=0.456$ 、摩擦角は $\phi=24.5^\circ$ となった。実施した全ケースの結果は、滑動時のブロック加速度は $\alpha_B=440\sim 460gal$ の範囲にあり、境界面摩擦係数 $\mu_s=0.441\sim 0.472$ 、摩擦角 $\phi=23.8\sim 25.3^\circ$ となった。

また、図-1に示す装置を用いて、ブロックに水平力を作用させる静的ブロック滑動実験を行った。ブロックが滑動する時の水平力 P とブロック重量 W から、境界面摩擦係数 $\mu(=P/W)$ と境界面摩擦角 ϕ を求めた。その結果、

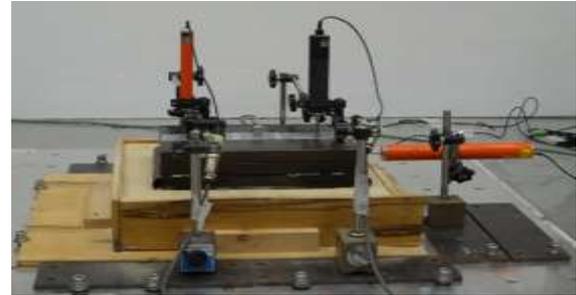


図-1 動的ブロック滑動実験装置

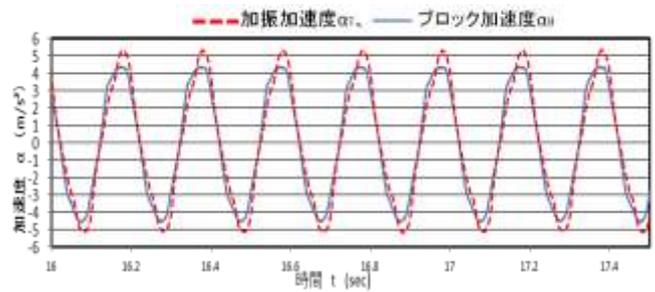


図-2 滑動時の加速度時刻歴($\alpha_T=510gal$ $\alpha_B=447gal$)

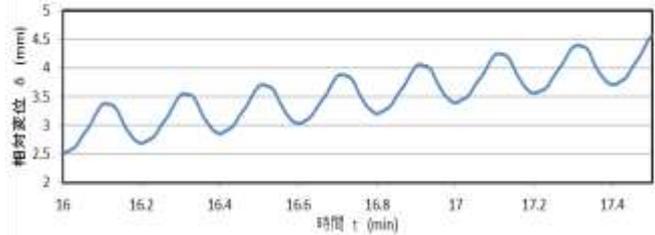


図-3 相対変位時刻歴

$\mu_s=0.436$ ($\phi=23.6^\circ$)となり、動的境界面摩擦係数よりやや小さい値になった。

3. 一面せん断試験

3.1 実験方法

本研究に用いた一面せん断試験装置を図-4に示す。せん断箱(径 200 mm, 高さ 100 mm)の下部にPVC製のダミー材(図-5)を設置し、その表面に遮水シートを接着した。せん断箱上部は砂質土を所定の密度($\rho=1.4\sim 1.5g/cm^3$)で締固めてセットした。ここで、遮水シートと砂質土の境界面がせん断面に一致するようにダミー材の高さを調整した。供試体を所定の垂直応力 σ で圧密した後、その垂直圧力を作用させたまま0.6mm/minの変位制御でせん断力を作用させた。

単調荷重では、せん断変位 $\delta = 23\text{mm}$ まで荷重した。繰返し荷重では、振幅 $\pm 5\text{mm}$ のせん断変位を作用させた。ここで、垂直荷重は $\sigma = 50, 100, 150\text{kPa}$ の3通りとした。



図4 一面せん断試験装置



図5 PVC製ダミー材

3.2 実験結果

1) 単調荷重

単調荷重時のせん断応力 τ とせん断変位 δ の関係を図-6に示す。垂直応力 $\sigma = 50, 100, 150\text{kPa}$ に対して $\delta_f = 1 \sim 3\text{mm}$ でピークに達した。垂直応力の増加に伴ってピーク時変位は大きくなり、 $\delta = 5\text{mm}$ 以降はほぼ残留状態となった。せん断応力 $\tau \sim$ 垂直応力 σ の応力経路と、せん断応力ピーク時と残留時に関する破壊包絡線を図-7にそれぞれ示す。境界面せん断強さは $c = 10\text{kN/m}^2$ 程度の粘着成分をもつが、破壊包絡線の傾きから境界面摩擦角を算定すると、ピーク時、残留時はそれぞれは $\phi = 26.0^\circ$ 、 $\phi = 21.6^\circ$ であった。

2) 繰返し荷重

繰返し荷重時のせん断応力 τ とせん断変位 δ の関係を図-8に示す。垂直応力 $\sigma = 50 \sim 150\text{kPa}$ のいずれのケースでも、繰返すたびにせん断応力のピークがみられ、軟化して残留状態に入ることを繰り返した。応力ピーク値は繰返しにより減少するが2~3サイクル以降から変化が小さくなった。

$\sigma \sim \tau$ の応力経路と破壊包絡線を図-9に示す。破壊包絡線は5~10kPaの粘着力をもつが、正方向のピーク時について境界面摩擦角だけをみると、 $\phi = 29.3^\circ$ 、2サイクル目で減少して $\phi = 27.1^\circ$ であった。正負方向の残留状態では $\phi = 20.7 \sim 23.0^\circ$ となった。この残留状態での境界面摩擦角は、動的ブロック滑動実験に近い値である。

4. まとめ

砂質土と遮水シートの境界面を対象として静的・動的ブロック滑動実験と一面せん断試験を実施した。動的ブロック滑動から得られる境界面せん断強さは、繰返し一面せん断試験の残留状態と比較的近い状況がみられた。

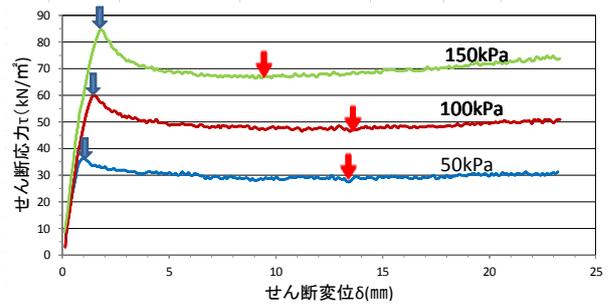


図-6 単調荷重時の $\tau - \delta$ 曲線

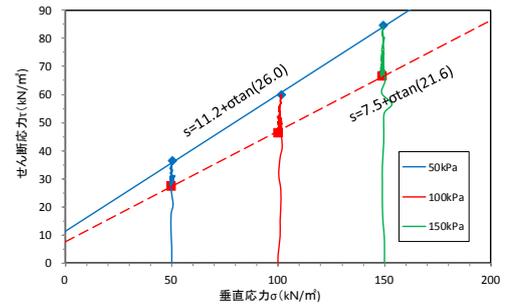


図-7 単調荷重時の応力経路

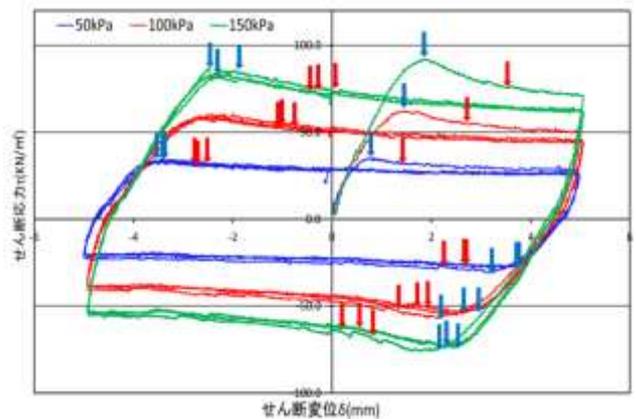


図-8 繰返し荷重時の $\tau - \delta$ 曲線

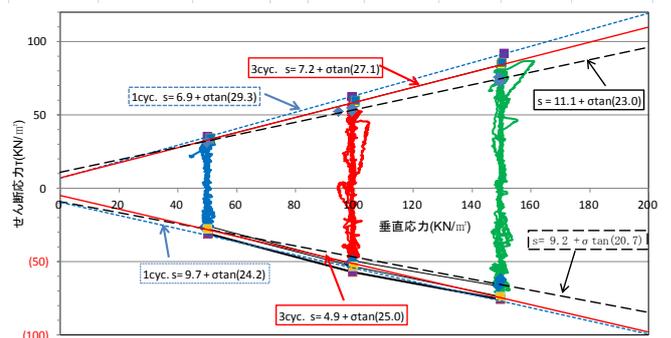


図-9 繰返し荷重時の応力経路

参考文献

1) Kotake, N. et al: Seismic Stability of Geosynthetic Barrier Slope, *Proceedings of the 10th International Conference on Geosynthetics*, pp.312-319, 2014.