

堆積廃棄物の強度推定のための原位置土圧試験法の開発 -原位置強度の比較-

長崎大学工学部 学生会員○亀井 耀平 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 杉本 知史 正会員 李 博 学生会員 長浦 万理

1. はじめに

日本では、不法投棄が行われている場所や不適切な処分が行われている廃棄物処分場において、急勾配に廃棄物が盛り立てられたことにより、斜面崩壊のおそれがある場所が多数存在し、堆積廃棄物の力学的安定性評価手法の開発が求められている¹⁾。また、有効利用する際に既設構造物などの安定性を検討する上でも廃棄物の力学特性を把握する必要がある²⁾。堆積廃棄物の強度を求める方法として原位置一面せん断試験があるが³⁾、対象地内においても場所によって廃棄物の種類や組成が異なることがあるため一面せん断試験を行う際の供試体作製に多くの時間を要する。このため、原位置強度を簡便に推定するための試験法が必要とされている。

本研究では、新たに開発した原位置土圧試験機を用いて、廃棄物が含まれた地盤で一面せん断試験と今回、提案する土圧試験の原位置試験を実施し、比較することにより試験法の適用性を調べることを目的とする。

2. 試験概要

2.1 原位置一面せん断試験

堆積廃棄物を対象とした原位置試験用に改良した一面せん断試験機を図-1に示す。堆積廃棄物の表面を平坦に整形し、せん断箱の寸法(幅30cm, 奥行30cm, 高さ15cm)に合わせてブロックの供試体を作製する。せん断はジャッキを用いて手動で行い、せん断スピードは約1mm/minとする。載荷棒により実荷重の10倍の載荷重をかけることができ、その時、杭により下箱を固定することで反力をとる仕組みとなっている。それらより粘着力 c と内部摩擦角 ϕ を算定する。また、せん断応力がピークを示さない場合は、せん断変位35mmのせん断応力をせん断強度とする(JIS A 1216:2009で定められている基準にならい)。



図-1 原位置一面せん断試験機



図-2 原位置土圧試験実施状況

2.2 原位置土圧試験

原位置土圧試験では、根入れ深さを変えて杭を打ち込み、深さが異なる3個以上の受働土圧を測定し、モーメントとの釣り合い式の方程式を立てることで強度定数 c 、 ϕ を推定することを目指したものである。杭と地表面が傾斜する一般的な場合、図-3に示すクーロン土圧の考え方を適用できる。この時の受働土圧の合力 P と杭を倒す時の力 T のモーメントの釣り合い式は以下のように表すことができる。

$$Y = \frac{T \times (L \sin \theta - s) + W \left(\frac{R}{2} - H - \frac{s}{\sin \theta} \right) \times \sin(\theta - 90^\circ)}{\left(\frac{2}{3} \sin \theta + \frac{s}{H} \right) \times B \cdot (H \sin \theta)^2} = \frac{\frac{1}{2} \frac{s}{H \sin \theta}}{\frac{2}{3} + \frac{s}{H \sin \theta}} \times 2c\sqrt{K_p} + \frac{1}{2} \gamma H K_p$$

$$\approx 0.81 \times 2c\sqrt{K_p} + \frac{1}{2} \gamma H K_p \quad (1)$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\theta + \phi)}{\sin^2 \theta \cdot \sin(\theta - \delta) \cdot \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + i)}{\sin(\theta - \delta) \cdot \sin(\theta - i)}} \right\}^2} \quad (2)$$

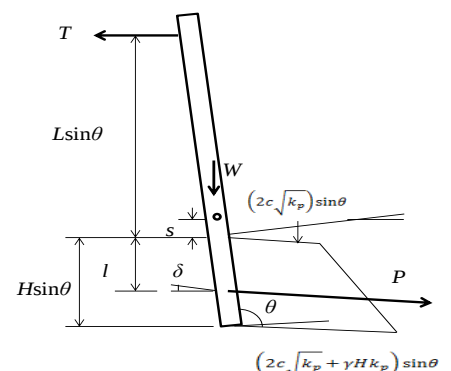


図-3 土圧試験におけるモーメントの釣り合いの考え方

ここで、 θ ：杭の傾斜角、 i ：地表面の傾斜角、 δ ：地盤と杭表面との摩擦角、 R ：杭の全長、 H ：根入れ深さ、 B ：土圧の有効幅、 K_p ：クーロン土圧による受動土圧係数である。

式(1)または式(2)の左辺は、杭を倒すときの力 T および杭の長さなどの試験条件から求めることができる。 Y を縦軸、根入れ深さ H を横軸に実験結果をプロットする。根入れ深さを変えて実験を行うことにより、回帰の直線を得ることができる。式(1)より、直線の切片は、 $0.81 \times 2c\sqrt{K_p}$ 、傾きは $\frac{1}{2}\gamma K_p$ となる。従って、土の単位体積重量がわかると K_p を求めることができる。さらに、この値を直線の切片の式に代入すると、粘着力 c を求めることができる。

3. 実験の結果と考察

実験器具の適用性を調べるために、廃棄物を含んでいない長崎の宅地で原位置一面せん断試験と原位置土圧試験を行った。比較対象として福島県ならびに、愛知県の廃棄物地盤でも同様の試験を行った。それぞれの原位置での一面せん断試験の結果から得られたせん断強度-垂直応力の関係図を図-3 に原位置土圧試験の結果から得られた H と Y の関係を図-4 にそれぞれ示す。異なる原位置試験から求めた粘着力と内部摩擦角の関係を図-5 に示す。図-5 より、異なる二つの原位置試験を比較して、粘着力においては土圧試験が一面せん断試験より低く、内部摩擦角は大きいということがわかった。粘着力が低く、内部摩擦角が大きく出たのは、根入れ深さ H が低いときに Y の値が極端に低いことが原因として考えられる。根入れ深さが低い点での試験は、杭を打ち込む際に、根入れが浅く安定しないことや力をほとんど加えずに杭の自重だけでせん断が行われるため低い値が出たと考えられる。また、図-5 で示されるように、原位置一面せん断試験と原位置土圧試験で得られた粘着力および内部摩擦角は必ずしも一致しないが、いずれもほぼ直線関係で表されることが分かった。

4. 終わりに

今回の試験結果から、原位置の土圧試験と一面せん断試験の異なる二つの試験の強度定数をそれぞれ比較したが、粘着力および内部摩擦角のいずれも両者で直線関係があることがわかった。このことから、原位置で簡易に試験をすることのできる現場土圧試験から地盤の強度定数の概略値を推定できることが考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり、平成 25 年度「循環型社会形成推進科学研究費補助金」(課題番号 3K133011) の支援を頂いたことに謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 不法投棄等の斜面安定性評価研究グループ著：不法投棄等現場の堆積廃棄物の斜面安定性評価方法，pp. 37~43，2013
- 2) 藤村尚ほか：原位置一面せん断試験等による一般廃棄物の力学特性，第 8 回環境地盤工学シンポジウム，pp. 345~350，2009

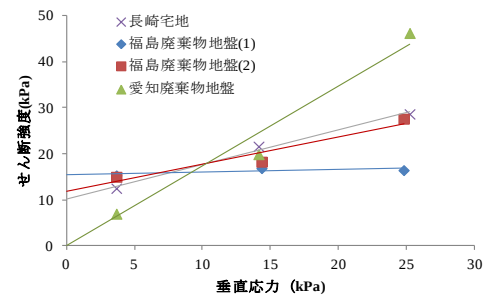


図-3 原位置一面せん断試験より得られるせん断強度と垂直応力の関係

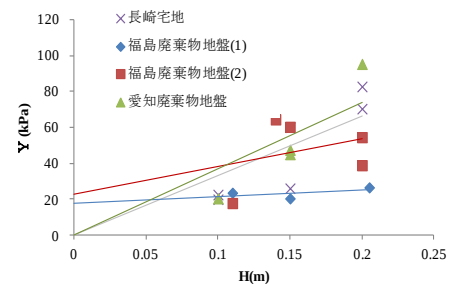


図-4 原位置土圧試験により得られる Y と根入れ深さ H の関係

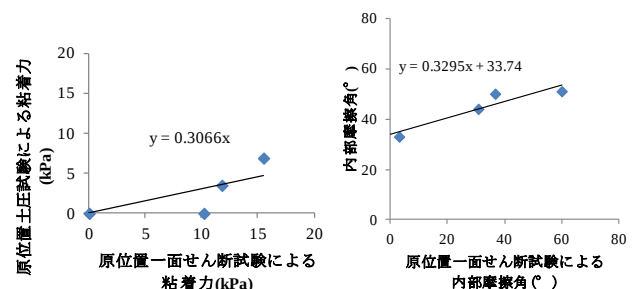


図-5 原位置一面せん断試験と原位置土圧試験の強度定数の関係