

## 様々な地盤材料に対する簡易強度推定法の適用

長崎大学工学部 学生会員 ○佐藤 竜樹 長崎大学大学院工学研究科 正会員 大嶺 聖  
 長崎大学大学院工学研究科 フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本 知史  
 長崎大学大学院工学研究科 学生会員 出口 資門

### 1. はじめに

近年、頻発する台風や集中豪雨によって土砂災害が発生し、斜面崩壊のおそれがある場所が多数存在している。このような斜面では地盤の安定性を現地で迅速に評価するための簡易評価法が求められている。一方、最終処分場においても廃棄物地盤と堰堤の強度を適切に評価する方法が求められている。本研究では、簡易的に強度推定を行うために開発したスパイラル杭の引抜試験及びコーン貫入試験を用いて室内及び原位置にて様々な地盤材料を対象に実験を行い、両試験の結果を一面せん断試験の結果と比較し、その適用性について検討を行う。

### 2. 試験方法

#### 2.1 スパイラル杭引抜・コーン貫入試験

本研究では、出口ら<sup>1)</sup>が開発した簡易的引抜・貫入試験を用いて試験を行う。使用したスパイラル杭（土と金属部分の接触率：15%）とポータブルコーンの寸法を図1に示す。まず、引抜試験では3ケース分の深さを設定し、対象地盤に貫入後手で引き抜きを行う。その際に荷重計の値から引抜力（杭の周面摩擦）を算定し、3ケースの杭の深さと各引抜力の関係より、杭の深さがゼロに当たる部分を粘着力  $c$  として求めた。また、コーン貫入試験では、対象地盤に手で 50mm 貫入し、ピーク値から貫入力  $q$  を算定した。この際、それぞれの地盤に数回貫入して平均をとったピーク値を用いて算定を行った。引抜試験で求めた粘着力  $c$  と貫入試験で求めた貫入力  $q$  をテルツァーギによる浅い基礎の支持力式（式1）に代入し、支持力係数から内部摩擦角  $\phi$  を算定した。この引抜・貫入試験で得られた強度定数と一面せん断試験で得られた強度定数を比較することによって相関の有無の検討を行った。

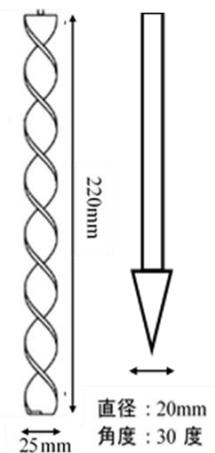


図1 スパイラル杭・コーンの寸法

$$q = \alpha c N_c + \beta \gamma_t B N_r + \gamma_t D_f N_q \quad (1)$$

ここで、 $q$ ：全般せん断の極限支持力度  $B$ ：基礎底面の最小幅  $D_f$ ：基礎根入れ深さ

$c$ ：粘着力  $\gamma_t$ ：土の単位体積重量  $N_c, N_r, N_q$ ：全般せん断破壊の支持力係数  $\alpha, \beta$ ：形状係数

#### 2.2 コーンの直径の検討

本研究のコーン貫入試験では、硬い地盤に人力で貫入する際に所定の深さまで貫入することができない場合があった。人力でも貫入を可能にするため、コーンの直径を変更した際に、同じ貫入力が得られる深さの検討を行った。角度が30度、直径が20, 15, 10mmのコーンを準備し、三軸試験機を用いて1mm/minの変位で貫入し得られた貫入力の比較を行った。図2に各コーンの直径と貫入力の関係を示す。グラフに示した各コーンの貫入力は、直径20mmの場合が深さ50mmの地点、直径15mmの場合が深さ40mmの地点、直径10mmの地点では深さ約25mmの地点で得られたものである。よって、コーンの直径の約2.5倍の深さまで貫入すると、同等の貫入力が得られることが分かる。以上のことから、コーンの直径を変更したとしても、適切な深さまで貫入を行うことにより同等の貫入力が得られ、硬い地盤を対象とした際でも人力による貫入試験の実施が可能になった。

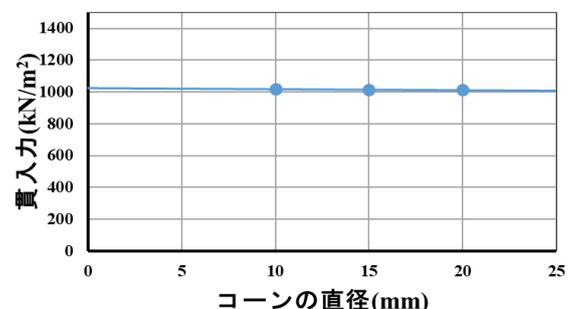


図2 各コーンの直径と貫入力の関係

2.3 対象地盤材料

対象とした地盤材料とその試験方法を表1に示す。現場一面せん断試験は原位置試験用に開発された一面せん断試験機を使用し、現場で試験を行った。

3. 実験結果・考察

引抜・貫入試験から得られた結果を表2に示し、一面せん断試験と引抜・貫入試験の粘着力と内部摩擦角を比較したものを図3、図4に示す。強度定数に相関が見られた材料もあれば、粘着力または内部摩擦角のどちらかに差が見られた材料もあった。強度定数を個別に比較した際に相関が見られない材料があったとしても、実際の斜面の安定計算の際には相関を見ることができると考え、本研究の試験から得られた強度定数を用いて斜面の安定計算を行った。

均一な材料で形成される無限長の直線斜面を仮定し、斜面の安定率を求める際に必要なせん断強度の推定を行った。本研究では各地盤材料の無限斜面を仮定し、斜面傾斜角を30°、斜面高さを3、5、10、15mの4つのケースをプロットし比較した。これは、斜面崩壊が円弧すべりの一部分であることを仮定しており、実際の安定計算では多くの斜面高さを考えて計算するため、複数の斜面高さでせん断強度の推定を行った。今回使用した無限斜面法のせん断強度(式2)<sup>2)</sup>を以下に示す。

$$\tau = c + \gamma_t H \cos^2 \alpha \tan \varphi \quad (2)$$

ここで、 $\tau$ :せん断強度  $c$ :粘着力  $\gamma_t$ :土の単位体積重量

$H$ :斜面高さ  $\alpha$ :斜面傾斜角  $\varphi$ :内部摩擦角

図5に各試験結果からせん断強度を推定し比較したものを示す。強度定数の比較に比べ大きな違いが見られることなく、概ね相関がとれている。

4. おわりに

本研究では、室内及び原位置にて様々な地盤材料に対して、一面せん断試験と引抜・貫入試験を行い、得られた強度定数を比較した。ばらつきが見られた地盤材料があったものの、概ね推定することができていると考える。また、粘着力を求める引抜試験に関して、測定する場所や深さ、対象とする地盤の貫入力の大きさによって引抜力が急激に増加することがあるため、杭の深さを設定する際に間隔を狭くすることや杭と土との間の摩擦抵抗を更に減らすことが必要になると考える。今後室内及び原位置での試験を更に行い、比較し検討を進めていく。

参考文献

- 1) 出口ら：廃棄物地盤における簡易的引抜・貫入試験の適用性,平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集III-065,pp,369-370,2018
- 2) 常田賢一ら：「土質力学」,理工図書,pp,235-236,2010

表 1 各地盤材料の試験方法

材料名	引抜・貫入試験	現場一面せん断試験	室内一面せん断試験
廃棄物(千葉)	○	○	-
廃棄物(仙台)	○	○	-
堰堤(仙台)	○	-	-
粘性土(大分)	○	-	○
砂質土(千葉)	○	-	○
まさ土	○	-	○
改良土	○	-	○

表 2 引抜・貫入試験の結果

実験場所	材料名	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)	貫入力 (kN/m <sup>2</sup> )
現場	廃棄物(千葉)	1.46	5.11	56.50	1138.93
現場	廃棄物(仙台)	0.75	3.60	47.10	544.06
現場	堰堤(仙台)	1.91	30.68	38.80	2719.75
室内	粘性土(大分)	1.56	8.62	27.80	287.99
室内	砂質土(千葉)	1.62	9.47	33.50	511.68
室内	まさ土	1.92	5.52	42.80	663.48
室内	改良土	1.64	23.46	38.30	1990.45

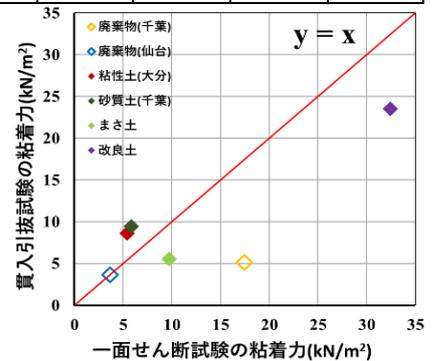


図 3 各試験の粘着力の比較

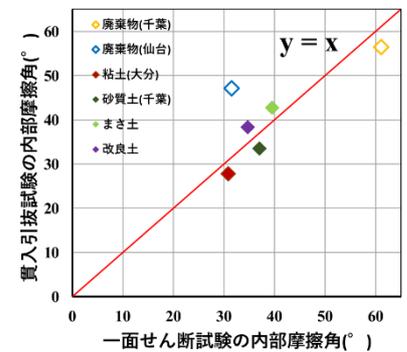


図 4 各試験の内部摩擦角の比較

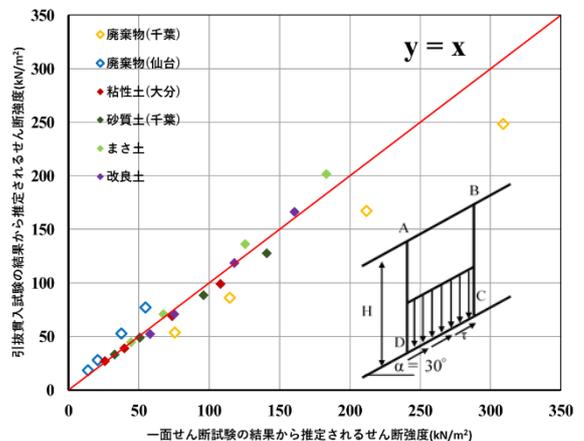


図 5 無限長の直線斜面を仮定した場合の各試験結果から推定されるせん断強度の比較