

原位置土圧試験による堆積廃棄物地盤の強度簡易推定法

長崎大学大学院 学生会員 ○長浦 万理 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 杉本 知史
長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 長崎大学工学部 学生会員 伊木 康二

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試験として一面せん断試験³⁾があるが、供試体の整形作業に時間がかかり、効率的に強度定数を求めるために新たな試験法が求められている。本研究では、簡易的に堆積廃棄物の強度推定するために開発された原位置土圧試験機³⁾を用いて種々の地盤で実験を行い、原位置一面せん断試験の結果と比較し、その適用性を検証する。

2. 試験概要

2.1 原位置一面せん断試験¹⁾

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。また、せん断応力がピークを示さない場合は、JIS A 1216:2009 で定められている基準を参考に、せん断変位 35mm のせん断応力をせん断強度とする。

2.2 原位置土圧試験³⁾

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ものと仮定した。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。⁴⁾

$$Y = 0.81 \times 2c\sqrt{K_p} + \frac{1}{2}\gamma HK_p \quad (1)$$

ここで、 θ : 地表面に対する杭の傾斜角、 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働土圧係数である。 Y : 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応力。釣合応力 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 $1/2\gamma K_p$ 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. 対象地盤

試験は廃棄物を含んでいない地盤で 3 点行い、廃棄物を含んだ地盤 7 点で一面せん断試験と土圧試験を実施した。廃棄物地盤について、福島県の廃棄物地盤では 2 箇所、愛知県の廃棄物地盤では 4 箇所、長崎県の廃棄物地盤では 1 箇所実験を行った。福島廃棄物地盤(1)・(2)、愛知廃棄物地盤(3)・(4)は、手選別によって組成を調べた。廃棄物の中でプラスチックは一面せん断試験において強度定数に大きな影響を与える¹⁾と考えられており、試料に対する重量比で示すと福島廃棄物地盤(1)・(2)は約 1%、愛知廃棄物地盤(3)・(4)は約 14%という状態で愛知廃棄物地盤が多い状態であった。長崎廃棄物地盤において目視では、ほぼプラスチックは含まれていない状態であった。その他に含まれる廃棄物については瓦・タイル類の量が大きく異なる状態であった。福島廃棄物地盤(1)・(2)は約 0.3%、愛知廃棄物地盤(3)・(4)は約 9.1%であった。大きさは最大で 4cm 程度あり内部摩擦角に影響を与えられ。自然含水比は、長崎宅地は 30%、佐賀まき土地盤は 9%、愛知廃棄物地盤(3)・(4)は 18%であった。



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

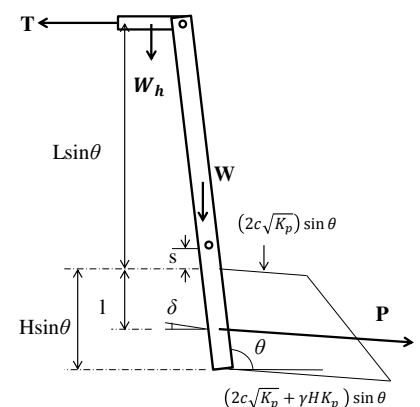


図-3 土圧試験におけるモーメントの釣り合いの考え方

4. 実験の結果と考察

愛知廃棄物(4)の一面せん断におけるせん断応力と変位の関係を図-4に示し、原位置土圧試験の張力と杭の傾斜角の関係を図-5に示す。一面せん断試験は廃棄物の影響によってピークが現れないと考えられる。図-5の土圧試験はピークが現れることが分かった。その他の廃棄物地盤でも同様にピークを示した。対象地盤はピーク時に破壊したと考え、強度定数を求めることとする。

対象地盤の湿潤密度とそれぞれの試験で求めた強度定数を表-1に示す。原位置土圧試験において粘着力が 0kN/m^2 と示しているのは、根入れ深さ H と釣合応力 Y との関係で求めた切片が負の値を示し、粘着力を算出すると負の値を示したためである。図-6に実施したすべての地盤でのそれぞれの強度定数において一面せん断試験と土圧試験を比較した図を示す。

表-1と図-6より廃棄物を含んでいない地盤における3つの原位置試験結果のうち、佐賀まき土地盤と珪砂7号の粘着力は、一面せん断試験の結果に近い値が求めた。内部摩擦角については、珪砂7号以外の結果はそれぞれ 15° 程度異なる結果を得た。長崎宅地の地盤が一面せん断試験に対する強度定数が大きく異なったことは、地盤が礫を含んでおり、大きな値が得られたと考えられる。

廃棄物地盤における一面せん断試験の結果についてプラスチックが少ない福島廃棄物地盤・長崎廃棄物地盤より愛知廃棄物地盤が粘着力において概ね低い結果を得た。内部摩擦角は愛知廃棄物地盤が高いことがわかった。

実施したすべての試験の関係において、粘着力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値になる傾向が分かった。粘着力については $c=0\text{kN/m}^2$ の結果が多いことが分かった。原因として、根入れ深さ H が低いときに釣合応力 Y の値が極端に低いことが考えられる。杭の根入れ深さが浅いときの試験において、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を得たと考えられる。また、杭付近の地表面部分の土は杭を打ち込む際に乱れ、杭に作用する抵抗力を過少に評価していると考えられる。

5. おわりに

今回の試験結果から、原位置一面せん断試験に対して原位置土圧試験の結果は、ばらつきがあるものの、ある程度の相関性があることが示された。今後は、土圧試験の杭が浅い地点での計算方法を見直し、より合理的な強度定数の推定方法を検討していきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、平成26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。

参考文献

1) 宮本慎太郎ほか：組成割合に着目した廃棄物地盤の原位置せん断特性に関する検討,第10回環境地盤シンポジウム, pp.493~496, 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. 3) 宮本慎太郎ほか：原位置一面せん断試験機を用いた堆積廃棄物のせん断強度特性,第9回環境地盤工学シンポジウム, pp.319~322, 2011. 4) 長浦万理ほか：堆積廃棄物地盤の現場強度の簡易推定法,第49回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.1967~1968, 2014.

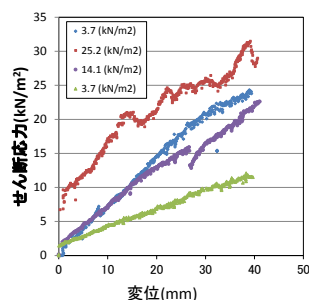


図-4 せん断応力と変位の関係(一面せん断試験)

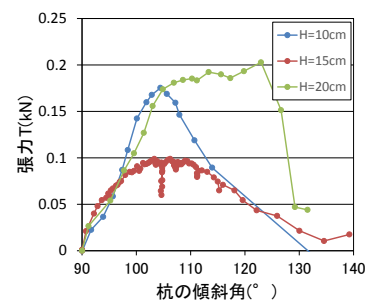
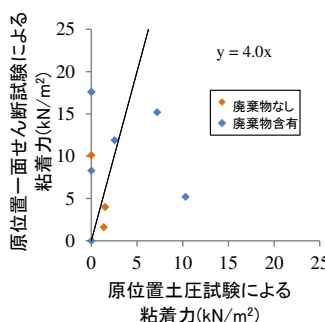


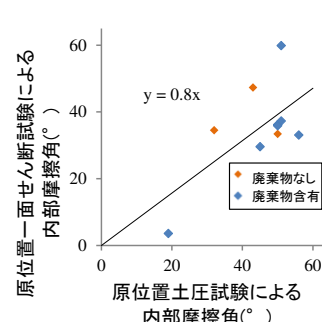
図-5 張力と杭の傾斜角の関係(土圧試験)

表-1 試験結果

現場名	湿潤密度 (g/cm^3)	原位置一面せん断試験		原位置土圧試験	
		粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 ($^\circ$)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 ($^\circ$)
長崎宅地	1.68	10.1	33.4	0	50
佐賀 まき土地盤	1.65	4	47.3	1.5	43
珪砂 7号	1.41	1.6	34.5	1.4	32
福島廃棄物地盤(1)	1.96	15.2	3.6	7.2	19
福島廃棄物地盤(2)	1.96	11.9	29.6	2.5	45
愛知廃棄物地盤(1)	1.40	0	59.9	0	51
愛知廃棄物地盤(2)	1.58	17.6	36.2	0	50
愛知廃棄物地盤(3)	1.04	5.2	37.3	10.3	51
愛知廃棄物地盤(4)	1.27	8.3	35.9	0	50
長崎廃棄物地盤	1.69	17.6	33.1	0	56



(a) 粘着力



(b) 内部摩擦角

図-6 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