

コーン貫入試験とスパイラル杭の引抜試験による地盤材料強度の簡易推定法

長崎大学大学院工学研究科 学生会員 ○田中 栄一
 長崎大学大学院工学研究科 正会員 大嶺 聖 正会員 杉本 知史
 フェロー会員 蔣 宇静

1.研究背景・目的

わが国は国土の70%が山地で形成されており、台風や梅雨に伴って発生する降雨の影響から発生する土砂災害により斜面崩壊のおそれがある場所が多数存在することから、斜面安定性評価法の確立が求められている。斜面安定性評価の方法に関して、従来では一面せん断試験や三軸圧縮試験で粘着力や内部摩擦角などの強度定数を求めることが行われているが、並行して原位置試験で強度定数を求めることは比較検証をしていく上で非常に重要である。本研究では、簡易的に表層地盤の強度定数を算定するために開発したスパイラル杭を用いて、室内にてスパイラル杭の引抜試験ならびにコーン貫入試験を行い、一面せん断試験等の結果と比較し、その適用性について検討を行う。

2.試験方法

スパイラル杭の引抜・コーン貫入試験

引抜試験に用いるスパイラル杭（土と金属部分の接触率：15%）の寸法を図-1に、実際のスパイラル杭を図-2に示す。本研究で使用するスパイラル杭は、簡易動的コーン貫入試験に用いられるロッドと組み合わせて作られた、先端が螺旋状に形成されている金属杭である。通常の金属杭だと円筒形であることから引き抜きの際に金属杭と土の間に摩擦抵抗がかかってしまうことが考えられるが、スパイラル杭では金属部分の接する面積が小さいことで、土の摩擦のみを計測することが可能である。まず、深さを3ケース設定し、スパイラル杭を、試料を詰めたモールドに貫入していく。三軸試験機を用いて、2mm/minの変位で杭を引き抜き、得られた荷重計の値より引抜力（杭の周面摩擦力）を算定する。本研究では引抜力のピークを摩擦力とし、3ケースの杭の深さと各引抜力の関係から、杭の長さがゼロに相当する部分を粘着力cとした。図-3に研究フローを示す。

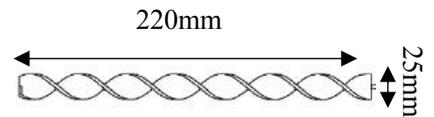


図-1 スパイラル杭の寸法



図-2 実際のスパイラル杭



図-4 引抜試験の様子



図-5 貫入試験の様子

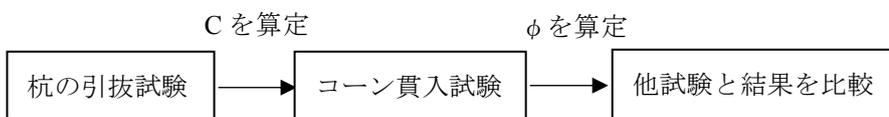


図-3 研究フロー

また、同様にコーン貫入試験を、三軸試験機を用いて5mm/minの変位で行い、スパイラル杭での引抜試験の試験結果より得られた強度定数（粘着力c）を貫入試験の結果に代入し、内部摩擦角φを算定し比較することで相関の有無について検討を行った。その際に、下記のテルツァーギによる浅い基礎の支持力式（式1）¹⁾を用いた。

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

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：基礎の根入れ深さ c：粘着力 γ_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¹⁾ α, β：形状係数

3.実験結果・考察

図 - 4 に引抜試験の様子を、図 - 5 にコーン貫入試験の様子を示す。また、表 - 1 に杭の深さごとの引抜力の比較を示す。乾燥豊浦砂に関しては、粘着力 c が低いことから、杭の長さを変えてもほぼ変化が無いと考えられるので、引抜

杭の深さ	引抜力(kN/m ²)			杭の深さ	引抜力(kN/m ²)
	豊浦砂(乾燥)	まさ土	廃棄物地盤		
17.5cm	0.61	15.6	16.9	12.7cm	5.21
13.5cm		13.5	13.2	8.7cm	7.31
9.5cm		9.23	12.1	4.7cm	9.59

表 - 1 杭の深さごとの引抜力の比較

試験は1ケースのみ実験を行った。粘土以外の試料に関して、杭の深さが小さくなるにつれて、引抜力が減少している。これは、モールドの内径が狭いことで、引き抜く際に試料が広がろうとすることにより発生する拘束圧の影響が出ていることが考えられる。表 - 2 に各試料のコーン貫入抵抗力を示す。本研究では、コーン貫入抵抗力は50mmの部分を表

表 - 2 各試料のコーン貫入抵抗力

試料名	コーン貫入抵抗力 q_c (kN/m ²)
豊浦砂(乾燥)	132.7
まさ土	319.6
廃棄物地盤	397.2
粘土(改良材)	157.2

表値として選定した。図 - 6 にまさ土の引抜試験の結果の一例と杭の長さによる引抜力の関係を示す。引抜力に関しては、まさ土および廃棄物地盤ともにピーク値が明確に表れた。表 - 3 に一面せん断試験および引抜・貫入試験より得られた実験結果を示す。乾燥豊浦砂は一面せん断試験と引抜・貫入試験の結果を比較すると、粘着力と内部摩擦角の両方で近い値が出ている。対して、まさ土と廃棄物地盤に関しては、粘着力と内部摩擦角のそれぞれについて、一面せん断試験より得られた値と大きな差が生じている部分がある。また、一軸圧縮試験結果を比較すると、粘着力は非常に近い値が出ているが、内部摩擦角に差が生じている。これは、本研究では $\phi = 0$ と仮定して粘着力を求めたが、実際には内部摩擦角が存在すると考えられるのでより値が近くなると考えられる。図 - 7 に一面せん断試験と引抜・貫入試験の強度定数の関係を示す。両者の試験結果より、バラつきは見られるが概ね強度定数は推定できていると考えられる。

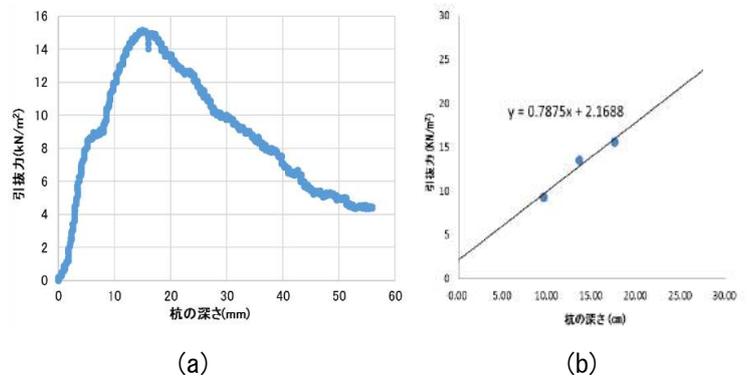


図 - 6 真砂土の引抜試験結果(a)と杭の長さによる引抜力の関係(b)

表 - 3 強度定数の比較

試料名	湿潤密度 (g/cm ³)	一面せん断試験		引抜・貫入試験		一軸圧縮試験	
		粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
豊浦砂(乾燥)		0	40	0.61	38		
まさ土	1.65	6.0	38.6	2.2	41		
廃棄物地盤	1.44	6.0	42.5	5.6	34		
粘土(改良材)	1.26			12.1	12	9.8	0

4.おわりに

本研究では、一面せん断・一軸圧縮試験の試験結果と、スパイラル杭の引抜試験とコーン貫入試験結果から推定される強度定数の比較検証を行った。引抜・貫入試験に関して、試料によって試験結果にバラつきがあったが、より簡便な強度定数の原位置試験法として、その適用性について提案・検討を行うことができた。今後は、現場実験を行うことにより本研究の結果と比較し、さらに適用性を検討していく。

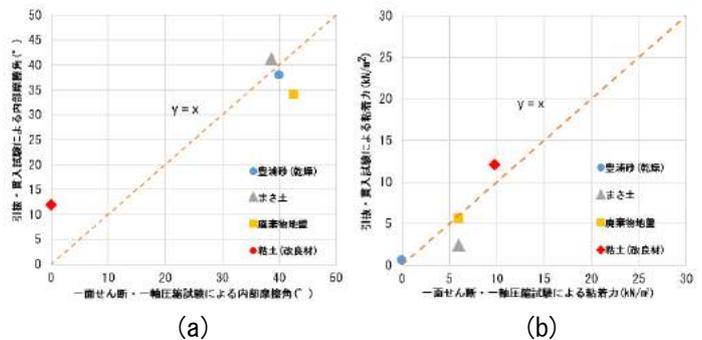


図 - 7 一面せん断・一軸圧縮試験(a)と引抜・貫入試験の強度定数の関係(b)

参考文献

1) 常田賢一ら：「土質力学」, 理工図書, pp220~221, 2010