

山岳地盤における土層強度検査棒の適用性に関する検討

東京電力ホールディングス(株) 正会員 ○岸本 秀真, 恒川 明伸, 黒瀬 高秀
(株)地圏総合コンサルタント 小野里 直也, 中川 清森, 佐渡 耕一郎

1. はじめに

土木構造物及び周辺斜面の耐震性能照査のためには対象地盤のせん断強度を室内試験にて把握することが望ましい。特に、山岳地では礫や砂混じりの地盤がほとんどであることから、室内試験なしには粘着力を見込み難い場合が多い。しかしながら、山岳地では室内試験用のコア採取に多大な労力と費用を要することが課題である。一方、土層強度検査棒は国立研究開発法人土木研究所（以下土木研究所）が開発した人肩運搬可能で簡易にベーンコーンせん断試験を実施できるもので、これを山岳地盤に適用できれば簡易に対象地盤の強度が推定できる。本研究では、既往の現地から採取したコアの室内試験結果との比較により山岳地における土層強度検査棒の適用性を検討した。

2. 相関式法によるせん断強度の推定方法

土層強度検査棒によるベーンコーンせん断試験の流れは次の通り。①強度を知りたい土層まで土層強度検査棒を貫入。②ベーンコーンなしで土層強度検査棒を回転させてトルク値を確認。③ベーンコーンありで任意の鉛直荷重を載荷しながら土層強度検査棒を回転させ、トルク値を確認。④これを 3~4 パターン繰り返す。ベーンコーンによる鉛直荷重とトルク値は、本来、コーンの形状より一意に決定されるものであるが、せん断にともなうベーンコーンの沈下など、複雑な挙動を再現することが困難であることから、文献 1)では以下の通り対象地盤に応じて室内試験結果との相関式を作成することを推奨している。本研究ではこの相関式の作成方法に準ずる。まず、ベーンコーンせん断試験結果を鉛直荷重、トルク値について整理し、直線近似する。近似式の初期回転トルク T_{vc0} 、近似式の傾き $\Delta T_{vc}/\Delta W_{vc}$ より粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ は式(1)のように求められる¹⁾。

$$c = \alpha T_{vc0}, \tan \phi = \beta (\Delta T_{vc}/\Delta W_{vc}) \quad \text{式(1)}$$

α , β は係数であり、対象とする土質での室内試験結果との相関より求めることが望ましいとされている。土木研究所では、沖積地盤や細粒土と比較して $\alpha = 20.3$, $\beta = 25.6$ （以下土研式と呼ぶ）を公表している²⁾。

3. 調査地点の選定

標準貫入試験を実施している 32 地点にて N 値と貫入限界深度の関係を確認した。また、そのうち CUbar の三軸試験サンプリング深度と同一深度でベーンコーンせん断試験結果を実施できた 11 地点について、結果を比較した。

4. 貫入限界深度の確認

文献 1)では「土層強度検査棒の対象は地表から 5m以内を標準とする」としている。また、簡易動的コーン貫入試験との対比により Nd 値 13 前後（N 値換算で 5~9 程度）が貫入限界としている。本研究では N 値と貫入

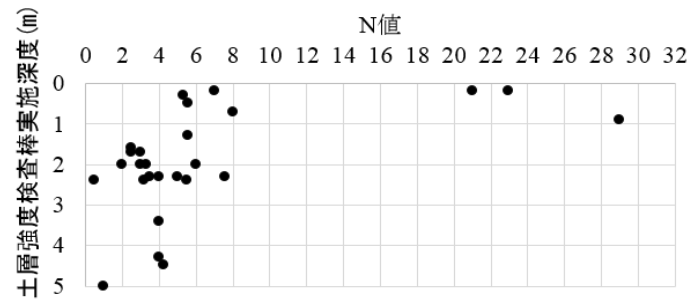


図 1. 貫入限界深度と N 値の関係

表 1. 三軸試験との比較地点

地点	地盤区分	地質区分	土質分類	三軸試験
1	自然地盤	有機質土	細粒分まじり砂	CUb
2	盛土	盛土	細粒分まじり砂	CUb
3	自然地盤	旧表土	細粒分まじり砂	CUb
4	盛土	ローム	不明	CUb
5	自然地盤	盛土 礫混じり粘土	細粒分まじり砂	CUb
6	自然地盤	崖堆積物	不明	CUb
7	自然地盤	ローム	不明	CUb
8	自然地盤	火山灰質粘性土	細粒土	CUb
9	自然地盤	礫混じり火山灰質粘性土	細粒分まじり砂	CUb
10	自然地盤	軽石まじり火山灰質粘性土	細粒分まじり礫	CUb
11	自然地盤	火山噴出物	細粒分まじり礫	CUb

キーワード 地質調査, 室内試験, 土層強度検査棒, せん断強度

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3 東京電力ホールディングス(株) TEL 03-6373-1111

限界深度の関係について対象地点での結果を図1の通り比較整理した。その結果、N値8未満では地点により深度2.5～5m程度まで貫入可能であった。N値8以上では1mまでの貫入も困難であった。なお、山岳地では礫混じりであることがほとんどであり、上記の比較は礫の影響がない場合に限る。貫入時やせん断試験時に礫当たりとなる場合が多く、礫の影響がない位置で試験を実施するには多地点での繰返し貫入が必要であった。

5. 相関式の推定

同一深度で三軸試験実施の11地点の概要は表1の通り。一部土質分類が不明であるが、柱状図記載の地質区分より礫砂混じり粘性土相当と推察される。土層強度検査棒は礫に当たると実施できないことから、実際には細粒分及び砂の特性を捉えているものと考えられる。室内試験結果と土層強度検査棒の結果を比較したものが図2、3である。一部、回帰式に対して試験値がばらつく地点も見られる。その原因については土層強度検査棒実施時の人的要因や土質の不均質性、礫の影響、三軸試験のばらつき等が考えられるが、明確に原因を特定するには今回至らなかった。したがって、実務へ土層強度検査棒を適用する場合は回帰式そのものではなく、有意水準を考慮した割引や下限値の使用が望ましいと考える。回帰式としては粘着力、内部摩擦角ともに R^2 値0.8前後であることから、文献2)で確認しているものと同様に土層強度検査棒によるペーンコーンせん断試験と三軸試験値は山岳地盤であっても一定の相関関係があることを確認した。

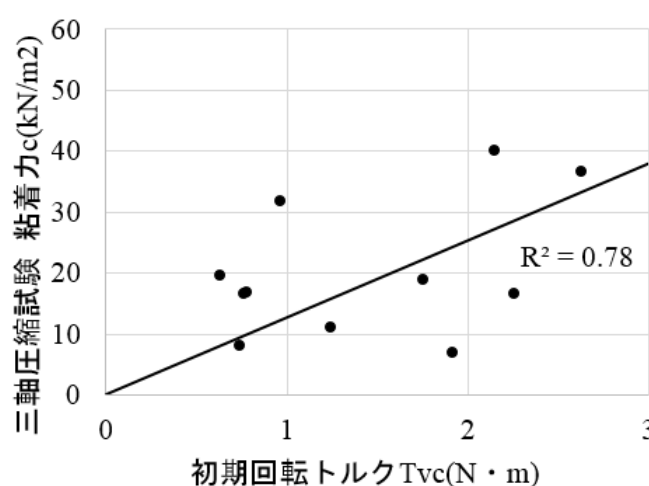


図2. 初期回転トルクと粘着力の関係

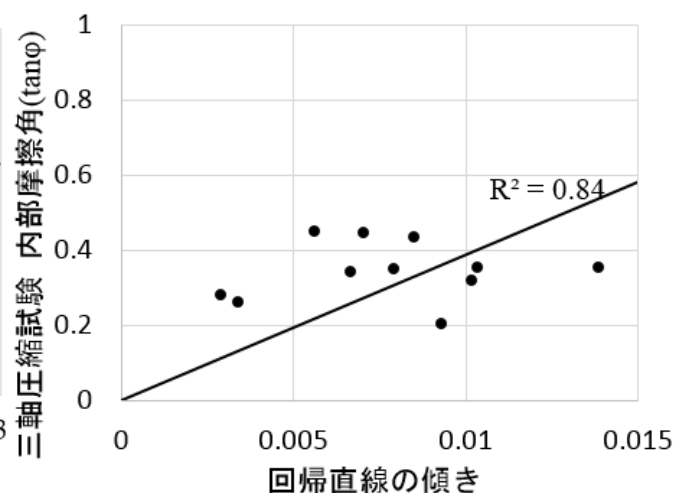


図3. 近似式の傾きと内部摩擦角の関係

6. まとめ

本研究では土層強度検査棒の山岳地盤への適用性について検討を行った。室内三軸試験との比較を行ったところ、対象地盤は限られるもの、土層強度検査棒により山岳地でも簡易に地盤強度を推定することが可能であることを確認した。ただし回帰式に対して試験値がばらつく地点もあることから、例えば有意水準を考慮した割引や下限値の採用など、安全側となる評価を行うことが必要である。

参考文献

- 1) 佐々木靖人：土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル(案), 土木研究所資料, No. 4167, p40, 2010. 7
- 2) 矢島良紀, 山本定雄, 金井哲男, 法水哲, 浅井健一：土層強度検査棒による地盤のせん断強度評価に関する考察, 日本応用地質学会, 令和元年度研究発表会論文集, p46, 2019. 10