

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（その2）

東京電力ホールディングス(株) 正会員 ○岸本 秀真, 青木 研一郎, 櫻田 茂樹
東京電力リニューアブルパワー(株) 正会員 高橋 章, 山岸 勝俊

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、前報¹⁾では山岳地における土層強度検査棒の適用可能性を示した。本研究ではサンプル数を増やした上で、土層強度検査棒の山岳地盤への適用可能性や粘着力、内部摩擦角の推定方法について追加検討した。

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前報で述べた通りであり、任意の鉛直荷重をかけながら回転させることでせん断試験を行い、そのトルク値を計測する。文献2)では下式(1)の通り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。本研究でもまずはこの相関式の作成方法に準ずる。ベーンコーンせん断試験結果を鉛直荷重 W_{vc} 、トルク値 T_{vc} 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²⁾。

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

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³⁾。

3. 調査地点の選定

CUbar 条件の三軸試験サンプルと同一深度でベーンコーンせん断試験を実施できた23地点について整理した。また、文献3)記載のうち、CUbar 条件と整合するとされている飽和度50%以上の9地点を抜き出し、合わせて整理した。各地点の地盤材料分類は図1の通りで、幅広い粒度の試料を採取出来ている。なお、当社採取分のうち3地点は粒度分布を確認できていないことから図1に記載していないが、ロームまたは崖錐堆積物であることから図1の分布の範囲内程度であるものと考えられる。

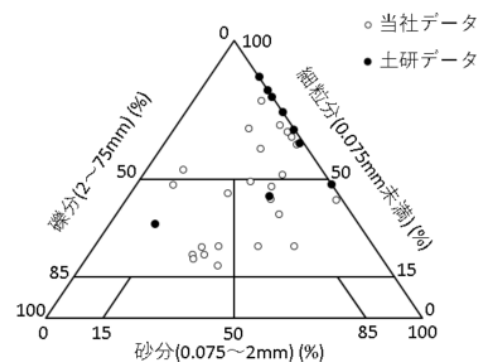


図1. 対象地点の地盤材料分類

4. 相関式の推定

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。土研式の係数と比較すると本報回帰値係数は粘着力は小さく、内部摩擦角は大きくなっている。図1で示した通り土研式では特に礫分が少ない材料を中心に扱っていることから、本結果は土質の傾向を適切にとらえられているものと評価できる。また、土研式とやや傾向が異なるものの大きな差がないことから今回の回帰式は概ね粘性土～礫質土の広い範囲で適用可能な式であると言える。R²値としても0.7～0.8程度であることから一定の相関性があることを確認できる。一方で、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。実務へ適用する場合は同一地点で複数回土層強度検査棒を実施し、データを評価するなど工夫を行うことが望ましい。

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

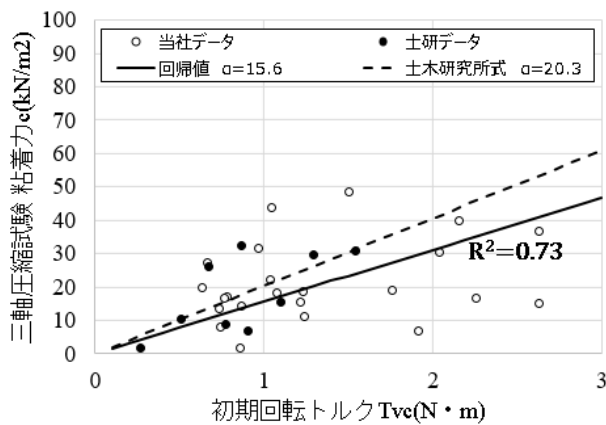


図 2. 初期回転トルクと粘着力の関係

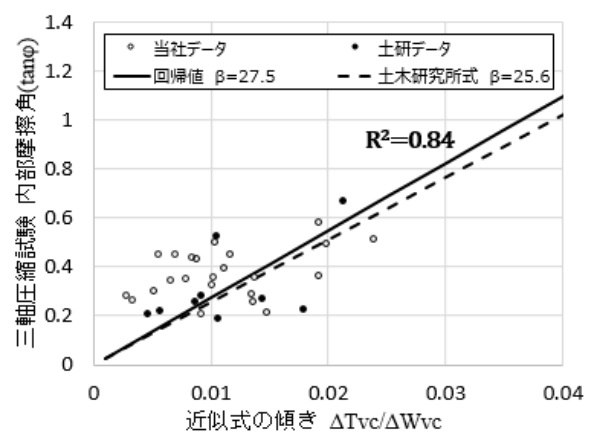


図 3. 近似式の傾きと内部摩擦角の関係

5. 内部摩擦角相関式の提案

図 3 より、式(1)の場合、近似式の傾きが 0.01 付近より小さい領域では内部摩擦角を過小評価し、大きい領域では過大評価する傾向があり、線形の式である式(1)では三軸圧縮試験との関係性が表現しきれていない部分がある。原因は明確には不明であるが、①礫のかみ合わせの影響、②式(1)が前提としてコーン先端方向のせん断を無視するという仮定を行っている影響の 2 点が可能性として考えられる。①については明確に礫当たりがありトルク値が急上昇したデータは除外しているが、ある程度の礫径までは判別がつかないものと考えられる。その際に、せん断面に対して礫径が大きい場合は局所的な礫のかみ合わせによりトルク値が過大になる可能性が推察される。②はコーン先端方向との複合的なせん断長さが増加することにより、内部摩擦角が大きい場合はトルク値を過大評価し近似式の傾きが見かけ上大きくなる可能性が推察される。一方、N 値と内部摩擦角の関係性のように、理論的な結びつきが不明であっても計測結果から関係性を再現できる適切な非線形の推定式を用いることは行われている。本研究でも同様に非線形の式を用いた近似を試み、取り扱いの容易さから式(2)を提案する。ここで、λは係数である。

$$\tan\phi = \lambda \sqrt{\frac{\Delta T_{vc}}{\Delta W_{vc}}} \quad \text{式(2)}$$

式(2)を適用した結果が図 4 である。R² 値 0.90 と式(1)と比較して向上している。

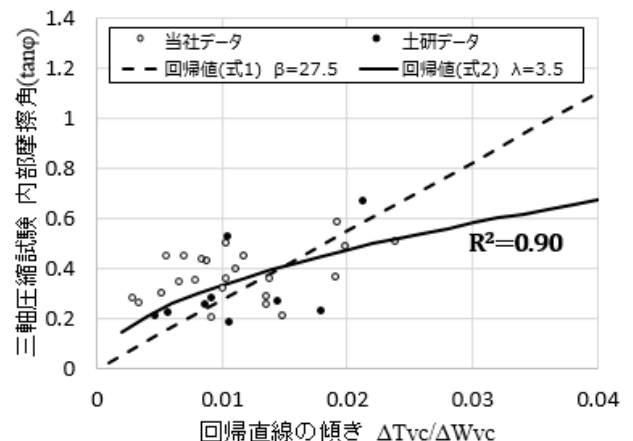


図 4. 式(1)と式(2)の比較

6. まとめ

本研究では前報に続いて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。土研式との比較により、粘性土～礫質土の広い範囲で簡易に地盤強度を推定することが可能であることを示した。また、内部摩擦角について非線形の相関式を提案し、既往の式と比較して相関係数が向上することを確認した。

参考文献

- 1) 岸本秀真, 恒川明伸, 黒瀬高秀, 小野里直也, 中川清森, 佐渡耕一郎: 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, 土木学会, 年次学術講演会, III-50, 2020.8
- 2) 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
- 3) 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