

切土のり面のすべり面粘土の一面せん断試験と逆算強度の関係

西日本高速道路エンジニアリング中国 (株) 正会員 ○迫 昌平
 西日本高速道路エンジニアリング中国 (株) 高山 胡太郎
 西日本高速道路エンジニアリング中国 (株) 正会員 松浦 康隆
 西日本高速道路 (株) 松江高速道路事務所 富田 雄也

1. はじめに

建設後 20 年を経過した山陰地方の高速道路切土のり面に地すべり性の変状が発生した。対策工法検討のため実施したボーリングのコアからすべり面粘土を採取し一面せん断試験を実施した。一方、現地踏査やボーリング調査、動態観測結果からすべり面を想定し、逆算法によって強度定数 c 、 ϕ を求めた。今回一面せん断試験によって求めた強度定数と逆算法によって求めた強度定数がほぼ一致していたので事例として紹介する。

2. 切土のり面の概要とすべり面粘土の採取

当該切土のり面は当初直高約 40m で計画されていたが施工中にすべりが発生したため直高 20m 程度まで頭部排土が行われている。

切土のり面は新生代古第三紀の花崗岩とそれに貫入した岩脈により構成される。貫入岩は安山岩、細粒花崗岩、細粒閃緑岩からなり、亀裂が発達するとともに変質が進行し、複数の軟質な粘土層を挟在している。今回は図-1 の平面図に示すボーリング No.4 において図-2 に示す深度 11.65m のボーリングのコアからすべり面粘土を採取し一面せん断試験に供した。写真-1 にすべり面粘土の状況を示す。



図-1 調査地平面図

3. 逆算強度の算出

すべり面は図-2 に示すように現地踏査やボーリング調査、動態観測結果から想定した。地下水位面は観測期間の最大値とした。すべり面の強度はまず粘着力 c を地すべり土塊の最大層厚 h から $c(\text{kN/m}^2)=h(\text{m})$ として設定し、現状安全率を $F_s=1.00$ として内部摩擦角 ϕ を逆算した。求められた c は 20kN/m^2 、 ϕ は 14.85° であった。



写真-1 すべり面粘土

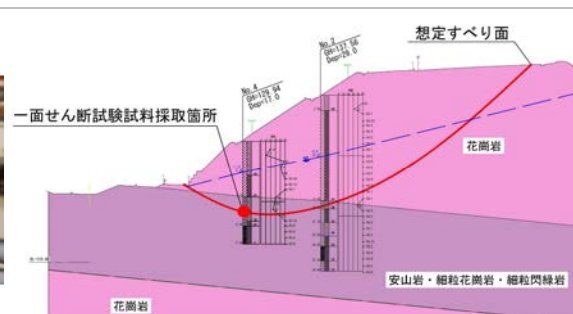
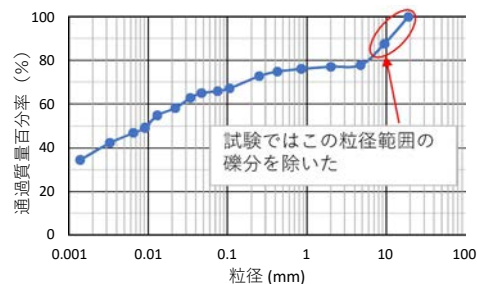


図-2 地質断面図

4. 採取した試料の物理化学的特性

採取した試料は 200g 余りであり、これから一面せん断試験には明らかに不適当な粒径 4.75mm 以上の礫分を除いて実施した。試験には 1 供試体当たり約 100g 必要なため、試料土は非乾燥の繰返し利用とし、3 供試体の試験を実施した。図-3 に試料の粒径加積曲線を示す。試料は礫混り砂質粘土に分類され、粘土分が 45.2% と多く、初期含水比は 52.0% であった。試料の質量不足のため液性・塑性限界試験は実施できなかった。別途実施した X 線回折試験の結果、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトが多く含まれているという結果が得られた。

図-3 試料の粒径加積曲線
(一面せん断試験実施後の試料)

キーワード 一面せん断試験, 切土のり面, すべり面粘土, せん断強さ, 逆算強度

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-19-1 西日本高速道路エンジニアリング中国 (株) TEL 082-962-5240

5. 一面せん断試験の実施

使用した一面せん断試験装置は地盤工学会基準²⁾に沿ってせん断箱上面の反力板側で垂直応力を測定する構造であり、せん断面上の垂直応力を正確に測定することができるのが特長である。今回は粘土の非排水せん断強度を求める目的から圧密定体積試験を実施した。

試料を自然含水比の状態ですり返し、内径 60mm、高さ 20mm のカッターリング中に隙間なく充填した。この段階における各供試体の湿潤密度は 1.700~1.767g/cm³ の間にあり、ほぼ均質な供試体が作成できた。作成後の供試体をせん断箱にセットし、100, 200, 300kN/m² の 3 通りの圧密応力で圧密し、0.2mm/min のせん断変位速度でせん断した。せん断過程におけるせん断変位とせん断応力の関係を図-4 に、垂直応力とせん断応力の関係（応力経路図）を図-5 に示す。また、写真-2 にはせん断後の供試体状況を示した。

いずれの供試体もせん断の進行に伴い体積が圧縮する傾向にあり、定体積条件を保つために垂直応力を除荷している。圧密応力とせん断強さの関係から

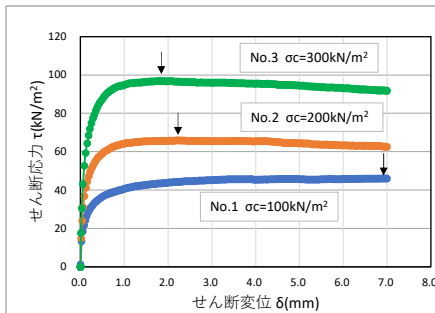


図-4 せん断変位とせん断応力の関係



写真-2 せん断後の供試体

から全応力強度 c_{cu} , ϕ_{cu} を、垂直有効応力とせん断強さの関係から有効応力強度 c' , ϕ' を求めた。

6. 一面せん断試験により求めた強度と逆算強度の関係

図-5 には全応力及び有効応力の強度線を示すとともに赤い破線で逆算強度線を記入した。図-6 は $c \sim \tan \phi$ 関係としてプロットしたものである。これらによると逆算強度と一面せん断試験によって求めた非排水の全応力強度はほぼ一致した値となっている。

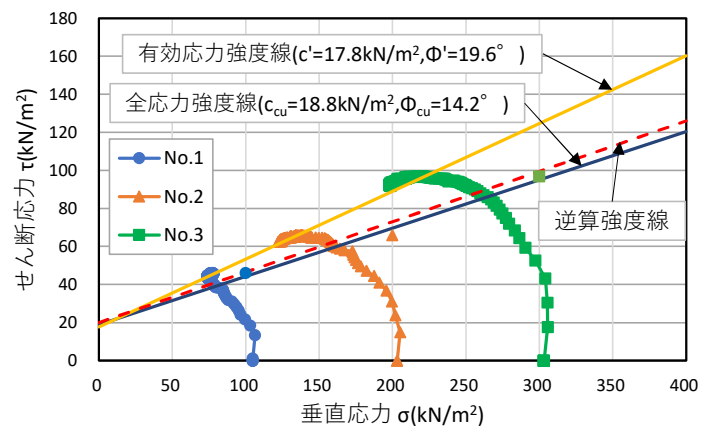


図-5 垂直応力とせん断応力の関係（応力経路図）

7. 考察

今回一面せん断試験によって求めた非排水の全応力強度と逆算強度がほぼ一致した結果が得られた。作業の順序としては応急対策の必要性から逆算法を先に行い、試験を後で行ったものである。一面せん断試験から求まる強度は全応力強度と有効応力強度があるが、本粘土の場合透水性が極めて低いことから全応力強度と比較するのが適切と考える。今回両者がほぼ一致した理由は想定すべり面の試料を採取して試験を実施したことが大きいと考えられるが、他にも多くの要因が関与していることから正確にはわからない。今後各種要因の及ぼす影響を検討する必要があるが、当面実務的には両者に著しい乖離があった場合には試料採取位置や試験方法、すべり面の形状、逆算法の仮定等問題が無いか確認する必要がある。

実試料の試験結果からは強度定数 c , ϕ のみならず応力経路等せん断特性（ダイレイタンシー特性）に関する有用な情報を得ることができる。今後更に事例を増やして検証していきたい。

参考文献

- 1) 西日本高速道路：設計要領第一集 土工 保全編, p.2-18, 2016.
- 2) 地盤工学会：地盤工学会基準「土の圧密定体積一面せん断試験方法」(JGS 0560-2020), 2020.

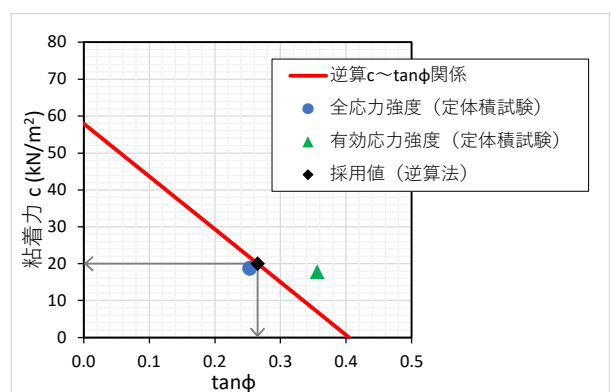


図-6 $c \sim \tan \phi$ 関係