

強度図を活用したすべり面平均強度定数の推定 Estimation of average shear strength parameters for slip surface based on the shear strength diagram of mudstone of the Shimajiri group, Okinawa

○中村 真也*, 宜保 清一*, 岩崎 史人**
Shinya NAKAMURA, Seiichi GIBO, Fumito IWASAKI

1. はじめに

破砕または軟化状態にある斜面や小断層や節理等を有する斜面では，土地造成や道路建設等に伴い地すべり・崩壊が発生する恐れがある。斜面安定化対策の設計に際しては，強度測定試験が行われない場合が多く，安定度評価も経験的定数を基に逆算法で行われる場合が多いため，斜面の安定度が過大または過小に評価されていることがある(高速道路調査会，1985；日本河川協会，1997；農業土木学会，2004)。地すべり・崩壊はその地質および土質特性を素因として発生するので，適切な設計を行うために安定度評価に際してはすべり面付近土の強度を把握し，適切な強度定数を決定することが重要である。中村ら(2005)は，宜保ら(2003)の島尻層群泥岩の強度図(図 - 1)を用いた地盤評価について研究している。安定計算時に必要な強度定数を，物理的・鉱物学的性質，すべり面の状態等を基に強度図から推定し，斜面の安定性について評価できれば，防止対策を進める上で大いに役立つ。

本研究では，島尻層群泥岩地域の地すべり 3 事例について，強度図を活用してすべり面平均強度定数を求め，強度測定試験結果を活用する手法により得られるすべり面平均強度定数と比較検討した。

2. 地すべり事例と関与強度の推定

仲順地すべり：すべり面中・上部では鏡肌面が認められた。一方，末端部では 3～4m の隆起現象が見られ，移動量が相対的に小さいことから，中・上方部では残留強度が，下方部では破砕ピーク強度の関与が想定された。残留強度は，配向性粘土鉱物総量が得られているので配向性粘土鉱物総量 - 残留強度定数 ϕ_r 図を活用して推定した。破砕ピーク強度は，滑動状況から，強風化破砕泥岩のピーク強度ゾーンの上限である値を選択した。

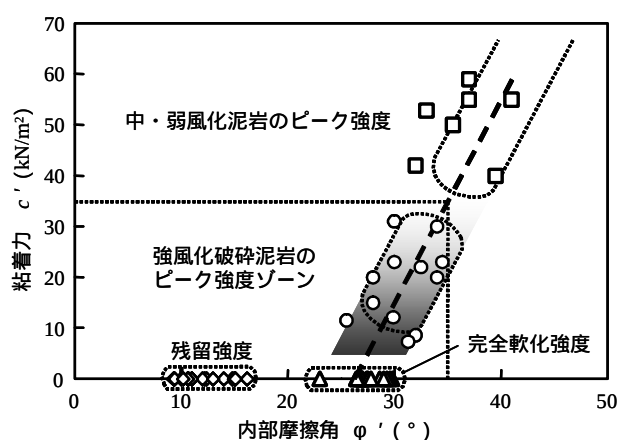


図 - 1 島尻層群泥岩の強度図(宜保ら，2003)
Fig.1 The shear strength diagram of mudstone of the Shimajiri group, Okinawa

*琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

**琉球大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード：土の静力学的性質，強度図，
すべり面平均せん断強度定数

富盛地すべり：すべり面の上方部において鏡肌面が認められた。一方，すべり面の下方部では，鏡肌面は認められず，完全軟化粘土状態にあったことから，上方部では残留強度を，下方部では完全軟化強度の関与を想定した。残留強度は，塑性指数IPが得られているので，塑性指数IP - 残留強度定数 ϕ_r 図を活用して推定した。完全軟化強度は，本地すべりは崩積土地すべりであることから，強度図の破線と横軸との交点より小さい値を選択した。

中城盛土斜面地すべり：すべり面の上方部において鏡肌面が認められた。一方，すべり面の下方部では，鏡肌面は認められず，完全軟化粘土状態にあったことから，上方部では残留強度を，下方部では完全軟化強度の関与を想定した。残留強度は，塑性指数IPが得られているので，塑性指数IP - 残留強度定数 ϕ_r 図を活用して推定した。完全軟化強度は，富盛地すべりの残留強度定数と本地すべりの残留強度定数を比較すると，本地すべりの値の方が大きいので，富盛地すべりの完全軟化強度定数よりも大きい値が予想され，完全軟化強度ゾーンの代表値である，強度図の破線と横軸との交点の値を選択した。

3. すべり面平均強度定数 $\bar{c}$, $\bar{\phi}$

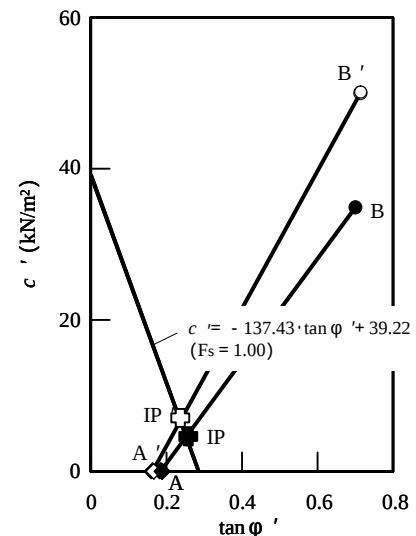
仲順地すべり：残留強度を $c_r = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi_r = 10.5^\circ$, 破碎ピーク強度を $c_f' = 34.9 \text{ kN/m}^2$, $\phi_f' = 35.0^\circ$ と推定した。「残留係数を導入した安定解析法」(宜保, 1996)により，推定強度に基づくすべり面平均強度定数は $\bar{c} = 4.5 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 14.2^\circ$ と算定された。一方，強度測定試験結果より得られたすべり面平均強度定数は $\bar{c} = 6.7 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 13.3^\circ$ であった。両者の差は小さい。

富盛地すべり：残留強度を $c_r = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi_r = 10.6^\circ$, 完全軟化強度を $c_{sf} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi_{sf} = 24.0^\circ$ と推定した。推定すべり面平均強度定数は $\bar{c} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 17.9^\circ$ と算定された。強度測定試験結果により得たすべり面平均強度定数は $\bar{c} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 17.9^\circ$ であった。

中城盛土斜面地すべり：残留強度を $c_r = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi_r = 11.6^\circ$, 完全軟化強度を $c_{sf} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\phi_{sf} = 26.2^\circ$ と推定した。推定すべり面平均強度定数は $\bar{c} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 13.8^\circ$ と算定された。強度測定試験結果により得たすべり面平均強度定数は $\bar{c} = 0 \text{ kN/m}^2$, $\bar{\phi} = 13.8^\circ$ であった。

強度図で得られた値はすべり面において発揮される強度を的確に捉えていた。強度図は，すべり面平均強度定数 $\bar{c}$, $\bar{\phi}$ の推定に有効であることから，適切で合理的な防止対策のために，活用が期待できる。

参考文献 宜保清一(1996)：地すべり，No.33，pp.46 - 50. 宜保ら(1984)：地すべり，Vol.20，No.4，pp.1 - 6. 宜保ら(2003)：農業土木学会論文集，No.227，pp.673 - 677. 高速道路調査会(1985)：日本道路公団，pp.169 - 172. 中村ら(2005)：土と基礎，53 - 4，pp.11 - 13. 日本河川協会(1997)：山海堂，p.199. 農業土木学会(2004)：農業土木学会，pp.172 - 174.



強度図から得た強度定数 強度測定試験から得た強度定数

A: 残留強度 ($\tan 10.5^\circ$, 0)	A': 残留強度 ($\tan 9.3^\circ$, 0)
B: 強風化破碎ピーク強度 ($\tan 35.0^\circ$, 34.9)	B': 強風化破碎ピーク強度 ($\tan 35.5^\circ$, 50.0)
IP: すべり面平均強度定数 ($\tan 14.2^\circ$, 4.5)	IP': すべり面平均強度定数 ($\tan 13.3^\circ$, 6.7)

図 - 2 仲順地すべりの $c - \tan \phi'$ 図

Fig.2 The $c' - \tan \phi'$ relationship from the stability analysis of Tyunjun landslide