

広島大学大学院工学研究科	学生会員	○花岡 尚
広島大学大学院工学研究科	学生会員	川口 将季
広島大学大学院工学研究科	国際会員	土田 孝
広島大学大学院工学研究科	国際会員	加納 誠二
広島大学大学院工学研究科	学生会員	中川 翔太
広島大学大学院工学研究科	学生会員	川端 昇一

### 1. はじめに

自然斜面の豪雨時の崩壊を解析する場合、大きな問題は自然斜面の強度定数を評価することが困難な点である。筆者らは自然斜面において一人で試験可能な軽量動的コーン貫入試験を用いて、中国地方の風化花崗岩（まさ土）斜面を対象とした貫入抵抗値  $q_d$ 、飽和度  $S_r$  から強度定数を推定する方法を提案している<sup>1)</sup>。平成 22 年 7 月に発生した広島県庄原市の豪雨災害<sup>2)</sup>では、風化流紋岩層から形成された斜面において多くの崩壊が多くみられた。本研究は、崩壊が発生した風化流紋岩斜面を対象に現地で軽量動的コーン貫入試験を実施するとともに、採取した試料を用いて室内一面せん断試験を実施した。室内試験によって求めた強度定数と、強度推定式から求めた強度定数を比較し、強度定数推定法の風化流紋岩斜面への適用性について検討した。

### 2. 軽量動的コーン貫入試験を用いたせん断強度定数推定法

風化花崗岩を対象に軽量動的コーン貫入試験の貫入抵抗値  $q_d$  と飽和度  $S_r$  から強度定数  $\phi_d$  と  $c_d$  を推定する式は以下の通りである<sup>1)</sup>。

$$\phi_d = 29.9 + 1.61 \ln(q_{d5}) + 0.142 S_r \quad (1)$$

$$c_d = 10.6 + 1.19 \ln(q_{d5}) - 0.041 S_r \quad (2)$$

$$q_{d5} = q_d - 0.01 \times (\gamma_t \cdot z - 5) \quad (3)$$

ここに、 $S_r$  : 飽和度 (%)、 $q_{d5}$  : 土被り圧 5kPa における貫入抵抗値 (MPa)、 $q_d$  : 貫入抵抗値 (MPa)、 $\gamma_t$  : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)、 $z$  : 深さ (m) である。

### 3. 2010 年 7 月に庄原市で発生した土砂災害で崩壊した風化流紋岩層の一面せん断試験結果

図-1 に風化流紋岩層および風化花崗岩層の粒度曲線を示す。図のように細粒分含有率は 33% であり、風化花崗岩層（まさ土）に比べると細粒分が多いことが特徴である。

2010 年庄原土砂災害においてもっとも斜面崩壊と土石流の発生が激しかった篠堂地区において、崩壊源頭部から採取した試料を用いて、飽和度  $S_r = 30, 50, 70\%$  の 3 条件、初期間隙比  $e_0 = 1.1, 1.2, 1.3, 1.4$  の 4 条件を組み合わせた計 12 の条件で一面せん断試験を実施した。試料は 2mm 以下にふるったものを用いた。

一面せん断試験の結果を図-2 に示す。粘着力は、

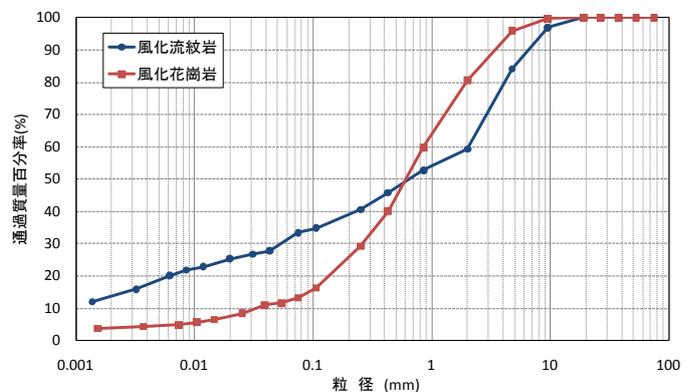


図-1 粒度曲線

間隙比が大きくなり、飽和度が高いほど小さい傾向にある。これは、飽和度が高いと砂粒子間に働くサクションが消失するためと考えられる。内部摩擦角についても同様に  $e_0$  が大きく  $S_r$  が大きいほど小さい傾向にあるが、間隙比および飽和度に対する依存度は、粘着力に比べて極めて小さいといえる。これらの結果より以下の式が導かれ、せん断強度定数を飽和度と間隙比の関数で表すことができた。

$$c = (0.47S_r + 34.6) + (-0.63S_r + 4.5) e \quad (4)$$

$$\phi = (-0.30S_r + 57.6) + (0.18S_r - 14.3) e \quad (5)$$

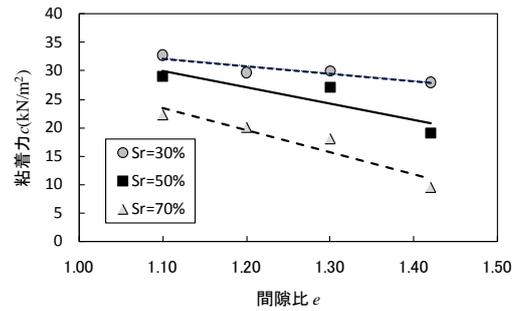
軽量動的コーン貫入試験を実施した個所において、深度約 30cm で不攪乱試料をサンプリングし、飽和度および間隙比を求めたところ、飽和度は約 48%、間隙比は約 1.42 であった。これらから、式(4)および式(5)を用いてせん断強度定数を算出すると、粘着力は約 20.8kN/m<sup>2</sup>、内部摩擦角は 35.5° となる。

#### 4. せん断強度定数推定法の適用性の検討

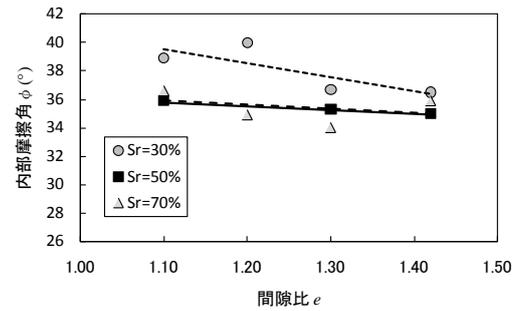
軽量動的コーン貫入試験による貫入抵抗値  $q_d$  を用いたせん断強度定数推定式 (式(1)~(3)) は、風化花崗岩を対象に得られたものである。この式について、風化流紋岩に対する適用性を検討する。図-3 は風化流紋岩斜面を対象に行った軽量動的コーン貫入試験の結果から、式(1)~(3)を用いて推定されるせん断強度定数を求め、一面せん断試験と現場の間隙比、飽和度から推定した強度定数の比較である。推定値はばらつきがあるが、Tsuchida らはばらつきの範囲の下限值を用いることを提案している。下限値を用いると、内部摩擦角の推定値は約 1° 程度過大評価しており、粘着力は約 10kN/m<sup>2</sup> 過小評価している。これは、図-1 に示す粒度曲線のように、風化流紋岩は風化花崗岩よりも細粒分を多く含むため、粘着力が大きいと考えられる。このように、特に粘着力に関する違いが大きいため、風化花崗岩より求めた式(1)~(3)を風化流紋岩にそのまま適用することは難しいと考えられる。

#### 5. 崩壊前の地形の推測

軽量動的コーン貫入試験と測量、目視等を行うことにより、土砂災害現場の崩壊前後の斜面の地層構成を推測することができる。ここでは写真-1 に示す



(a) 粘着力



(b) 内部摩擦角

図-2 一面せん断試験結果

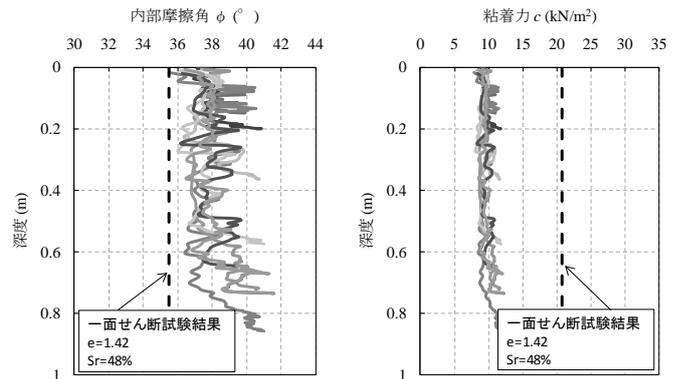


図-2 せん断強度定数の比較



写真-1 平行斜面の崩壊

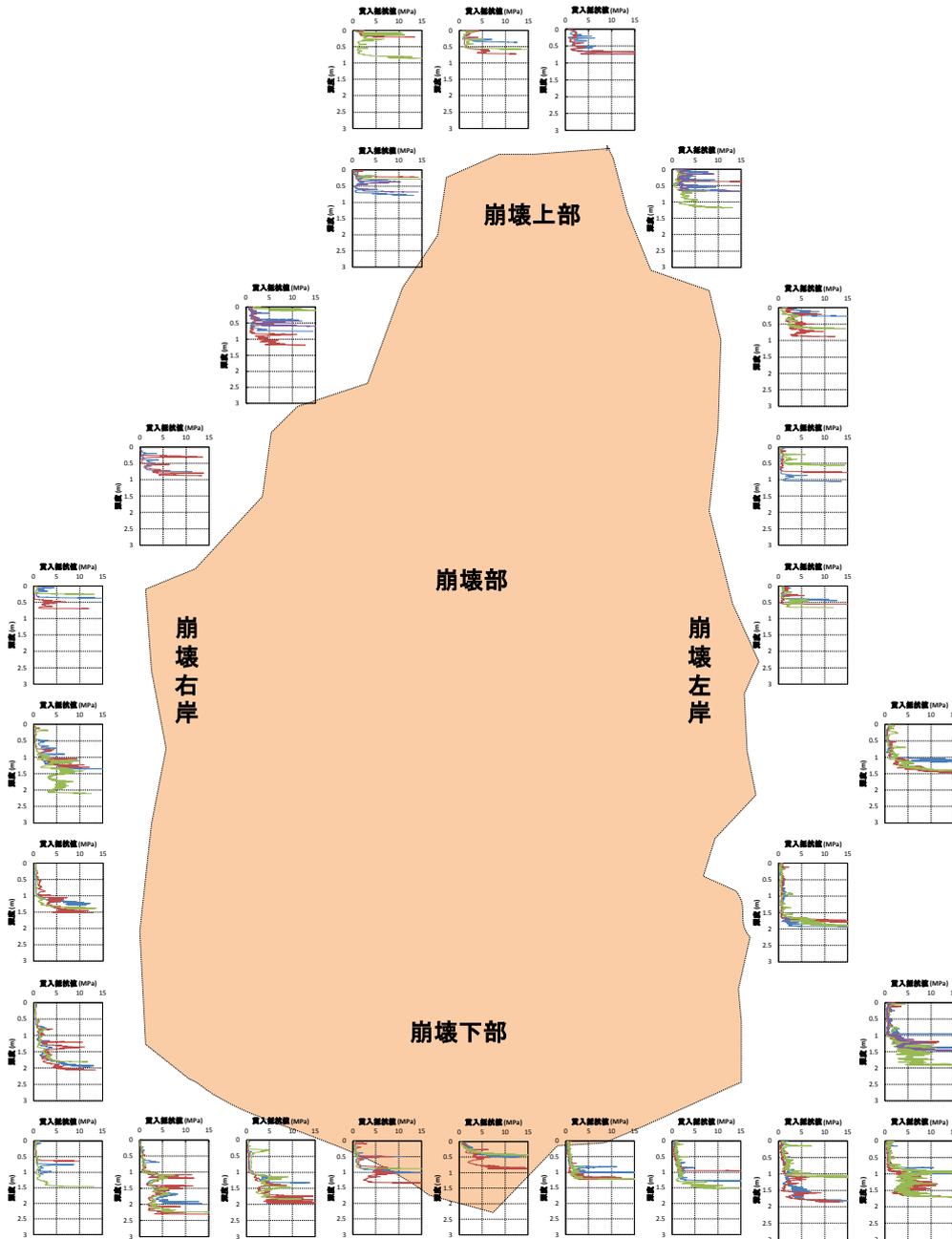


図-4 崩壊部周辺の貫入試験の結果

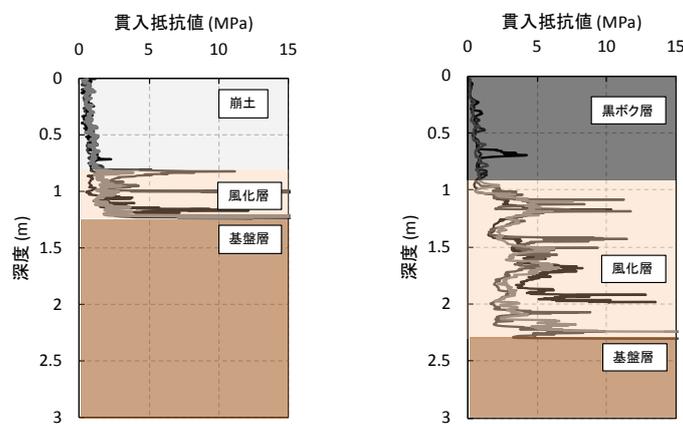


図-5 判別の代表例

崩壊地について検討する。この斜面の崩壊の特徴は、谷地形ではない平行斜面の崩壊であること、崩壊下部に火山灰質土である黒ボク層が存在したことであった。

この崩壊の周辺で軽量動的コーン貫入試験を行った。図-4に崩壊部周辺の軽量動的コーン貫入試験の結果を示す。図中のグラフの縦軸は深度(0~3.0m)、横軸は貫入抵抗値  $q_d$  (0~15MPa) を示している。貫入抵抗値が 10MPa 以上であれば十分な強度を持った基盤層だと判断した。1MPa 前後の低い貫入抵抗値を示す層は、黒ボク層、腐葉土層または崩土である。これらの区別は、目視や現場の写真から判断した。2MPa~10MPa を示す層は風化流紋岩層である。判別の代表例を図-5 に示す。

崩壊部両側の貫入試験の結果を比較すると、基盤層までの深度と貫入抵抗値の関係が類似しているため、崩壊部も崩壊前は両側の未崩壊部と同じ地形であったと考えられる。基盤層までの表層厚は、崩壊下部に向かって厚くなっていることがわかった。さらに現場での調査と測量により黒ボク層が崩壊部の途中から存在すること、これらの下部の崩土の層厚、崩壊部の形状が確認できた。これらの結果より、図-6 に示す崩壊後の断面は、図-7 のような地形・地層分布であったと推測できる。黒ボク層は、風化流紋岩より透水性が悪いため下部の黒ボク層の存在がこの地点の平行斜面の崩壊に寄与している可能性が考えられる。以上のように、崩壊前後の地形・地層分布を把握することは、崩壊のメカニズムを推定する上で、重要な手掛かりとなる。

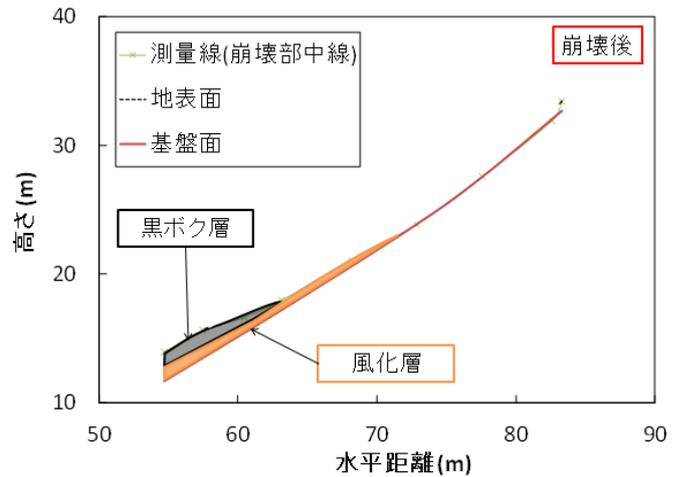


図-6 崩壊後の断面図

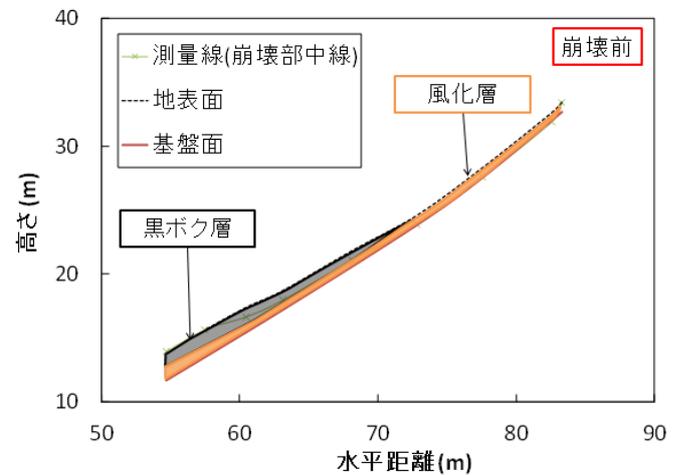


図-7 推測される崩壊前の断面図

## 6. まとめ

- (1) 2010年7月に発生した広島県庄原市の災害現場で採取した風化流紋岩を対象として行った一面せん断試験の結果より、せん断強度定数  $c$ 、 $\phi$  を飽和度  $S_r$  と間隙比  $e$  の関数で表すことができた。
- (2) 風化花崗岩を用いた試験から提案したせん断強度定数の推定式は、内部摩擦角に関しては過大評価し、粘着力に関しては過小評価しており、検討が必要である。
- (3) 軽量動的コーン貫入試験を崩壊部周辺で実施することにより、崩壊前の地形を推測することができる。

## 参考文献：

- 1) 加納誠二, 土田孝, 川口将季, 小村尚文：細粒分を含む地盤の簡易な強度定数推定法に関する研究，地盤と建設，Vol.27, No.1, pp.73-80, 2009
- 2) Athapaththu Rasika・土田孝・管和暁・佐藤崇史；Investigation of Spatial Variability of Natural Masado Slopes, ICCEE2006, pp67-78, 2006