

飽和度・締固め度の違いによる斜面災害地盤試料のせん断強度特性について

九州大学大学院 学生会員 ○岸本和雄

九州大学大学院 正会員

笠間清伸・安福規之

大嶺 聖・小林泰三

1. はじめに

平成 21 年 7 月 24 日から 26 日にかけて九州北部地方に停滞していた梅雨前線上を低気圧が通過し、各地で総雨量 500 mm を越す豪雨を記録した。多くの観測所で観測史上 1 位を記録することとなったこの豪雨は「平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨¹⁾」と命名され、福岡・山口を中心として多くの斜面災害を引き起こす誘因となった。例えば、福岡県福智町、篠栗町などでは、土石流が発生し、数名の方が土砂災害の犠牲となった。本文では、図-1 に示す福智町と篠栗町で発生した斜面災害地から採取した試料を用いて、水が浸透した際の地盤の強度低下に関する実験的検討を行なった。



図-1 土砂災害の被害箇所

2. 水の浸透による土の強度の低下

1) 一面せん断試験の条件と方法

降雨の地盤への浸透前後の強度特性を評価するため、現地で採取した土質試料を用いてと自然含水状態と通水を行って飽和度を上昇させた状態で一面せん断試験（定圧試験・定体積試験）を

表-1 試験条件

		含水比 (%)	乾燥 密度 (g/cm ³)	圧密後 乾燥密度 (g/cm ³)	湿潤 密度 (g/cm ³)	飽和度 (%)
篠栗町	通水有り	42.1~48.1	1.04	1.07~1.14	1.49~1.61	72.7~91.4
	通水無し	36.4~39.0	0.91~1.04	1.02~1.11	1.42~1.52	62.5~68.8
福智町	通水有り	37.3~38.3	1.17	1.23~1.30	1.71~1.81	81.3~87.2
	通水無し	34.7~35.2	1.17	1.22~1.27	1.69~1.77	73.1~78.3

行った。試料採取時の含水比に調整した試料（2 mm ふるい通過分）を供試体モールド（直径 60 mm、高さ 20 mm）にスプーンを使って三層に詰め、締固めて供試体を作製した。給水試料については、供試体をセットした後、通水を約 30 分行って試料を飽和度を高め、その後、圧密・せん断試験を行なった。自然含水状態の場合は通水を行わずにそのまま試験を行った。圧密終了後 0.1 mm/min のせん断速度で 7.0 mm までせん断を行った。载荷した垂直応力は、定圧試験で 10、25、50 kPa（ただし、通水無しの場合は 75 kPa も行った）とし、定体積試験で 50 kPa（初期値）とした。試験条件を表-1 に示す。

2) 一面せん断試験結果

一面せん断試験によって得られた篠栗町および福智町の試料の破壊包絡線を図-2、3 に示す。この結果から、自然含水状態かつ締固めた場合、それぞれの試料の内部摩擦角 ϕ' が 44.4°、34.7° と大きいものとなり、降雨浸透がない条件においては強度的に安定した土といえることができる。通水試料においては、通水なしに比べてせん断強度が低下することが見てとれる。通水によるせん断強度の低下率を計算した結果、自然含水状態から高含水状態に移行することによって、せん断強度が 25~50 % 減少し

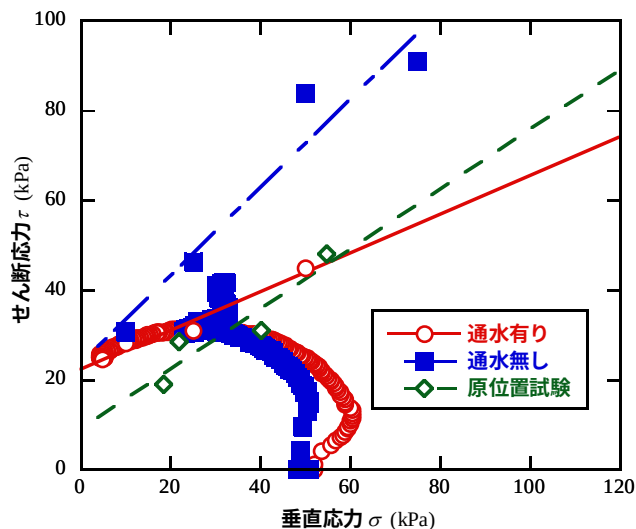


図-2 強度特性(篠栗町)

キーワード 斜面災害 飽和度 締固め度

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウエスト 2 号館 1108 九州大学 地盤工学研究室

TEL 092-802-2999

ていることがわかった(表-1)。このことから、斜面の不安定化に繋がった一つの要因として、豪雨時に、斜面に水分が浸透することで斜面地盤の強度が低下したことが挙げられる。

また、篠栗町の災害現場で実施した原位置一面せん断試験(山口大学地盤安全工学研究室所有)と先に示した室内一面せん断試験を比較した結果を図-2 に示す。原位置試験の結果は、ゆる詰め状態の室内試験結果と同等のせん断強度を示しており、原位置の地盤は比較的ゆるい状態にあったと考えられる。さらに、災害当時の地盤は高含水状態にあったと推察されることから、地盤の強度はこれよりもさらに低い状態にあったことが推察される。

3. 締固め度の違いによる土の強度の低下

篠栗町の原位置一面せん断試験と室内試験の結果から、原位置の締固めが低い状態であると推測されたので、当時の締固めの状態がどの程度であったかを求めるために、前述の一面せん断試験の試験条件と比較して土量を約 80 %低下させた条件下で追加試験を行った(表-3)。以降、前述した条件の試験を「密詰め」、新しい条件による試験を「ゆる詰め」と表す。通水有りでは垂直応力 10、20、50 kPa で行い、通水無しでは垂直応力 25、50 kPa で試験を行った。試験結果を図-4 に示す。また、締固め度の違いによるせん断強度の低下率を計算した結果を表-4 に示す。この表から、通水の有無にかかわらず締固め度の低下による強度の低減は見られるが、通水有りの場合に比べて通水無しの方が、その低下率は大きくなることが分かった。

4. 結論

- 1) 平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨によって被災した福岡県篠栗町・福智町の斜面崩壊現場の試料を採取して一面せん断試験を行なった結果、試料に水が浸透した通水試料の場合、浸透する前の自然含水試料と比べてせん断強度が 25~50 %低下することが確認された。
- 2) 原位置試験で得られたせん断強さは、締固めた試料のせん断強さと比較して、粘着力が 15 kPa ほど低下する結果となった。
- 3) 締固めがゆるい状態にある試料は締固めが密な状態にある試料に比べて、せん断強度が 7~46 %低下することが確認された。

5. 参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会 九州北部土砂災害調査団:平成 21 年 7 月九州北部による土砂災害状況の緊急報告 HP:<http://www.jgskyushu.net/>

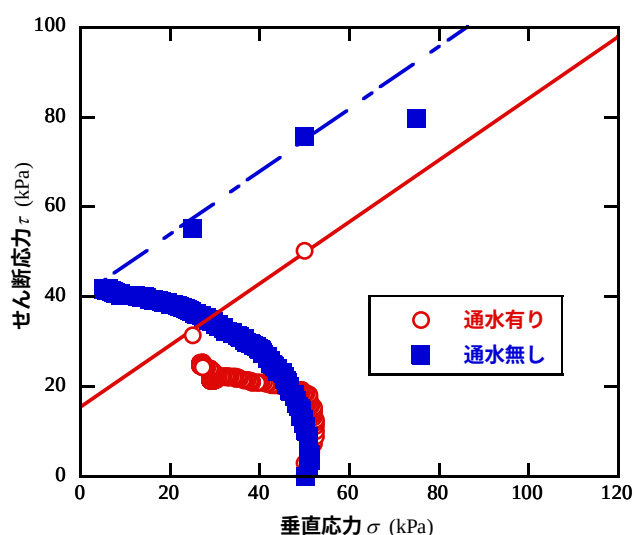


図-3 強度特性(福智町)

表-2 飽和度の違いによるせん断強度低下率

	垂直応力 (kPa)	せん断強度 (通水有り) (kPa)	せん断強度 (通水無し) (kPa)	せん断強度 低下率 (%)
篠栗町	10	28.2	30.8	8.4
	25	31.0	46.3	33.0
	50(定圧)	44.9	83.7	46.3
福智町	50(定体積)	31.3	41.6	24.8
	25	31.5	55.2	42.9
	50(定圧)	50.3	75.7	33.6
	50(定体積)	25.4	40.4	37.1

表-3 試験条件(ゆる詰め)

	含水比 (%)	乾燥 密度 (g/cm ³)	圧密後 乾燥密度 (g/cm ³)	湿潤 密度 (g/cm ³)	飽和度 (%)
通水有り	45.6~52.3	0.79	1.09~1.22	1.52~1.69	45.2~56.6
通水無し	35.0~38.8	0.79	0.89~1.02	1.23~1.42	92.7~97.9

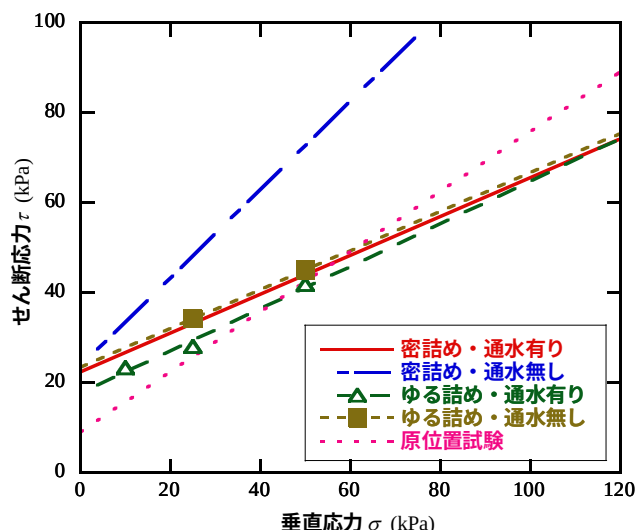


図-4 室内試験と原位置試験の強度特性

表-4 締固め度の違いによるせん断強度低下率

	垂直応力 (kPa)	せん断強度 低下率(%)
通水有り	10,25,50	7~17
通水無し	25,50	26,46