

兵庫県佐用町仁位地区崩壊土のせん断挙動

明石工業高等専門学校 正会員 ○鍋島 康之
 明石工業高等専門学校 正会員 友久 誠司
 明石工業高等専門学校 学生員 宇都宮夢人

1. はじめに

平成 21 年台風 9 号により、兵庫県佐用郡佐用町では平成 21 年 8 月 9 日に時間降雨量 89mm, 日降水量 326.5mm という佐用町の観測史上最大の集中豪雨が観測された。この記録的な集中豪雨により、佐用町をはじめとする兵庫県西部では洪水・浸水および斜面崩壊・土砂流・がけ崩れなどの土砂災害が広範囲にわたり多数発生した。その中でも大規模な斜面崩壊として佐用町仁位地区の斜面崩壊(写真-1)があげられる。本研究では、仁位地区の斜面崩壊現場で採取した試料を用いて一面せん断試験を行い、飽和度の上昇に伴うせん断挙動の変化について検討を行った。



写真-1 仁位地区崩壊現場

2. 佐用町仁位地区崩壊現場について

佐用町仁位地区の斜面崩壊地は佐用町南部に位置し、傾斜約 15° の南西～西向き溪谷沿いの上部尾根部において崩壊が発生し、崩壊土砂が溪谷に沿って流下した現場である¹⁾。写真-2, 3 は仁位地区崩壊現場源頭部の写真である。崩壊長さは約 600m に及び、崩壊幅は



写真-2 崩壊源頭部



写真-3 崩壊土砂

20~80m, 崩壊深さは 2~20m である。仁位地区崩壊地の地質は超丹波帯の粘板岩の分布域に属しており、現地調査でも粘板岩の分布が確認でき、崩壊箇所には粘板岩が風化したものと考えられる土砂が分布していた。

3. 試料土

本研究で使用する試料土は仁位地区崩壊現場の源頭部においてブロックサンプリングならびに乱した状態で採取した試料である。表-1 は採取した土砂の土質特性である。自然含水比は 22.0%, 湿潤密度は 1.568g/cm³ であった。また、粒径加積曲線から細粒分質礫質砂に分類され、粒度分布の良い土である。実際の崩壊土砂には比較的大きな粒径の土粒子が含まれているが、一面せん断試験では粒径の影響を受ける²⁾ため、乱した試料を 2mm 以下にふるい分けた試料(写真-4 参照)で実験を行った。2mm 以下の試料は全体の約 75%に相当する。



写真-4 試料土(2mm 以下)

表-1 試料土の土質特性

自然含水比	(%)	22.0
湿潤密度	(g/cm ³)	1.568
土粒子密度	(g/cm ³)	2.73
粒度	礫分(%)	25.2
	砂分(%)	33.8
	シルト分(%)	11.3
	粘土分(%)	29.8
最大粒径	(mm)	26.5
平均粒径	(mm)	0.29

4. 一面せん断試験方法

本研究では地盤工学会基準(JGS 0560²⁰⁰⁰)に従った一面せん断試験機を使用する。まず、含水比を自然含水比 22.0%に調整し、湿潤密度 1.568g/cm³ になるようにせん断箱に試料を 3 層に分けて締固める。仁位地区の崩壊現場は崩壊深度が深いため、上載圧 100, 200, 300kN/m² で圧密した後、定圧条件下でせん断速度 0.2mm/min, せん断変位 7mm までせん断を行った。次に、降雨による飽和度上昇時の状況を再現するため、浸潤状態の供試体に対して一面せん断試験を行った。自然含水比と同じ圧密応力を載荷した後、せん断箱下部からせん断面まで 40 分間

キーワード 豪雨災害, 崩壊土砂, 飽和度, 粘着力

連絡先 〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3 TEL 078-946-6170 FAX 078-946-6184

通水してからせん断試験を行った。自然含水比状態の飽和度は 53.5 %で、浸潤状態にした試料の飽和度は 73.3 %である。一面せん断試験は自然含水比および浸潤状態において、各上載圧について3回ずつ実施した。

5. 試験結果

図-1, 2 は自然含水比および浸潤状態におけるせん断応力-せん断変位関係である。同じ上載圧の条件では自然含水比と比べて、浸潤状態の方がせん断応力は小さく、せん断初期の勾配も小さいことがわかる。このことから、含水比の増加により供試体が軟弱化していることがわかる。なお、せん断応力は明確なピークを示さず、せん断変位の増加とともに徐々に増加する傾向を示したため、せん断終了時(せん断変位 7mm)におけるせん断応力の最大値をせん断強さとした。図-3 は自然含水比における垂直変位-せん断変位関係、すなわちダイレイタンスー挙動である。図からわかるように、100kN/m² から 300kN/m² と垂直応力が大きくなるにつれて、ダイレイタンスーが正から負に変化している。一方、図-4 は浸潤状態の試料に対するダイレイタンスー挙動である。自然含水比状態と異なり、浸潤状態では上載圧にかかわらず負のダイレイタンスーを示しており、明らかに異なる挙動を示す。図-5 は自然含水比および浸潤状態のせん断強さを比較したものである。明らかなように自然含水比におけるせん断強さの方が浸潤状態のせん断強さよりも大きいことがわかる。試験結果から、内部摩擦角と粘着力を求めた結果、内部摩擦角は約 32° であり変化していないものの、粘着力が約 77kN/m² から約 15 kN/m² まで著しく低下していることがわかる。兵庫県佐用町上石井地区の斜面崩壊現場で採取された土砂に対して実施した定圧一面せん断試験の結果でも飽和状態における粘着力がほとんど無くなること³⁾が報告されている。今回の試験では供試体は完全には飽和していないが、飽和度が上昇することにより、著しい粘着力の低下がみられた。

6. まとめ

本研究では、平成 21 年台風 9 号による兵庫県佐用町仁位地区で発生した斜面崩壊現場で採取した土について定圧一面せん断試験を行い、飽和度の上昇によるせん断挙動の変化について調べた結果、ダイレイタンスーが変化するとともに、完全に飽和していない状態でも粘着力が著しく低下することが明らかになった。

【参考文献】 1) 平成 21 台風 9 号による地盤災害調査団：平成 21 台風 9 号による地盤災害調査報告書，地盤工学会，pp. I-1~I-18, 2009. 2) 地盤調査法改訂編集委員会：地盤材料試験の方法と解説，第 4 章 土の一面せん断試験，二分冊の 2, pp.679~680, 2010. 3) 前出 1) III-22~III-25.

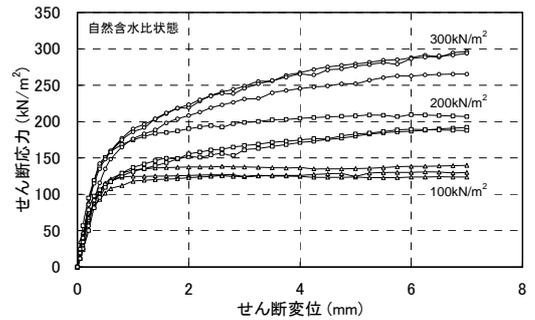


図-1 せん断応力-せん断変位関係 (自然含水比)

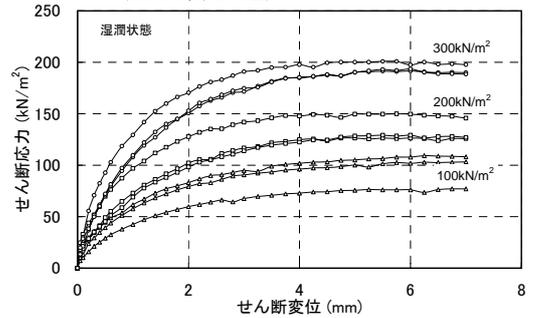


図-2 せん断応力-せん断変位関係 (浸潤状態)

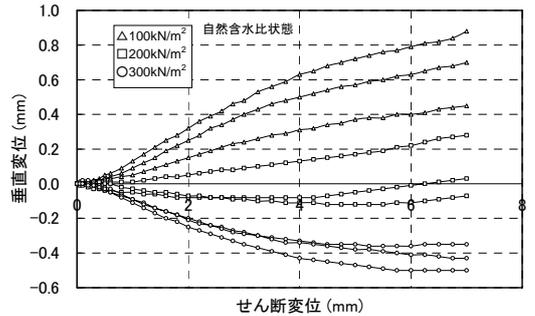


図-3 垂直変位-せん断変位関係 (自然含水比)

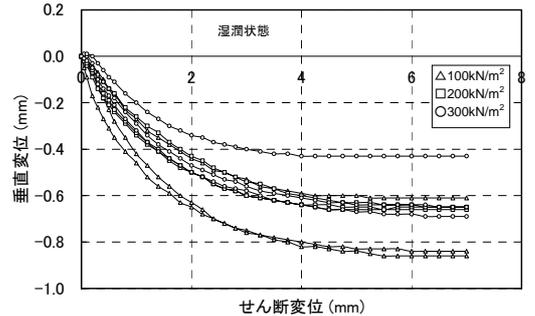


図-4 垂直変位-せん断変位関係 (浸潤状態)

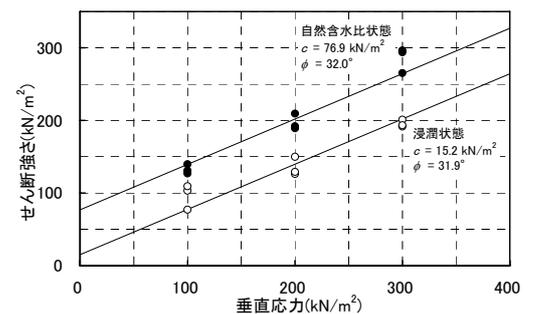


図-5 せん断強さ-垂直応力関係