

まさ土斜面崩壊における土の飽和・不飽和強度研究

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○岡本有希加

呉工業高等専門学校 正会員 小堀慈久

呉工業高等専門学校 正会員 重松尚久

呉工業高等専門学校 正会員 加藤省二

1. はじめに

瀬戸内海沿岸部では「風化花崗岩」、通常「まさ土」と言われる特殊土が広く分布している。まさ土地盤では降雨によって、多くの斜面崩壊が発生している。本研究では粒度構成による強度特性の違いを検討する。また、近年の極所的な集中豪雨によって深層崩壊なる特殊な岩盤崩壊が見える。この原因を検討するため基礎的研究を行う。具体的には、平成22年7月豪雨による大規模な表層斜面崩壊が発生した広島県庄原市の場合と、平成22年3月降雨による広島県坂町 JR 呉線小屋浦地区斜面の岩盤崩壊について現場調査及び、物理的試験、力学的試験から降雨時の崩壊地の力学的特性を検討する。

2. 調査地域と実験方法

調査地域は、平成22年7月に大規模な土砂災害が発生した広島県庄原市の川北町篠堂地区と平成22年3月にトンネル上部の岩盤が崩壊した広島県坂町 JR 呉線小屋浦地区を選定した。試料採取は庄原市で攪乱試料および不攪乱試料を採取し、より標高が高い位置で採取したものを上部とした。JR 小屋浦地区では上部のみ攪乱試料および不攪乱試料を採取し下部では攪乱試料を採取した。なお、不攪乱試料はカッティングエッジによる押抜き法を用い、採取後は冷凍保存した。写真1には崩壊現場の様子を示す。本研究では物理的試験として土粒子の粒度分析試験、密度試験、細粒分含有率試験を行い、力学的試験として三軸圧縮試験、一面せん断試験および圧密試験を行った。三軸圧縮試験は拘束圧を 40kN/m^2 、 80kN/m^2 、 120kN/m^2 とし、JR 小屋浦下は 100kN/m^2 、 200kN/m^2 、 300kN/m^2 とし、圧密排水試験を行い、内部摩擦角 ϕ 、粘着力 c を求めた。一面せん断試験では、24時間時間水浸させ、同様に 40kN/m^2 、 80kN/m^2 、 120kN/m^2 で载荷させ、軸速度 0.16mm/min でひずみ変位 8mm まで記録し、内部摩擦角 ϕ_d 、粘着力 c_d を求めた。圧密試験では、 19.6kN/m^2 、 156.8kN/m^2 载荷時に試料に注水させ、コープス現象を検証した。

3. 実験結果および考察

3.1 物理的試験

1) 粒度分析試験

図1に庄原上下部の粒度分布加積曲線を示す。上部下部ともに大きな相違は見られず 50% 粒径は 0.1 から 0.2mm 径に見られた。

2) 密度試験

表1に各密度の比較を示す。一般的に砂質土の ρ_s は 2.65g/cm^3 であり呉粗粒まさ土、JR 上下は 2.6g/cm^3 前後である。一方、庄原上下は $2.3\sim 2.5\text{g/cm}^3$ で低い密度で粗粒分が多いことがわかった。地質的に風化を受けやすい地層と考えられる。

3) 細粒分含有率試験

表2に細粒分含有率試験の結果を示す。呉粗粒まさ土、庄原下部の試料が $16\sim 23\%$ の低い値となった。庄原上部は 55% の細粒分が含まれておりシルト質に近い土であることがわかる。JR 上部は 60% となり、風化堆積物が多いことがわかる。また値が若干大きいのは採取時のバラツキが考えられる。JR 下部は、粗骨材を破碎し粗砂としたため細粒分が 4% と低い値となった。



写真1 坂町小屋浦地区災害状況

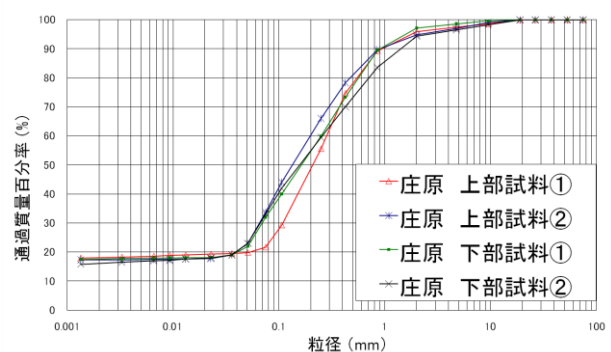


図1 粒径加積曲線 庄原市

キーワード 斜面崩壊, まさ土, 三軸圧縮試験, 強度, 岩盤崩壊

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南二丁目2番11号 呉工業高等専門学校 (重松研究室) TEL0823-73-8480

表1 密度比較表

試料名	標準砂	呉粗粒ま さ土	庄原上	庄原下	JR上	JR下
密度 ρ_s	2.645	2.614	2.396	2.532	2.565	2.589

3.2 力学的試験

1) 三軸圧縮試験

供試体は不攪乱土の間隙比に調整し突き固め法で成形した。飽和度は $S_r=90\sim93\%$ 程度となった。これを飽和土とし、他の試料についても同様に行った。強度定数のせん断抵抗角 $\phi=18.5^\circ$ 粘着力 $c=26\text{kN/m}^2$ となり、 ϕ は低い値となり c は増加している。この攪乱土と不攪乱土の相違は不攪乱土は土粒子間の構造に乱れがないが風化が進行していると構造自体がもろくなっている事がある。この庄原市の場合も不攪乱土の粘着力 c が大きいことから、強風化まさ土と言える。また表3より、庄原市の下部試料の ϕ と c でも同様に強風化を受け、坂町小屋浦 JR 岩盤崩壊地では攪乱土は $\phi=35^\circ$ $c=1\text{kN/m}^2$ 、不攪乱土は $\phi=31^\circ$ $c=0\text{kN/m}^2$ となり弱風化まさ土である事が解る。崩壊した岩石を物理的に破碎した粗粒土でせん断試験を行った結果は $\phi=38^\circ$ $c=5\text{kN/m}^2$ となり大きな強度定数を得た。未風化試料の強度と言える。坂町 JR 小屋浦岩盤崩壊の現地調査で深層に風化進行が推測されるのは次の知見を得たからである。①崩壊地上部の岩盤調査で、岩壁に縦長の亀裂が多数見られたこと。②亀裂幅が1~2mmあり、細粒土及びシルト質土が間隙を埋め、植物根が見られた。③斜面下部の岩盤に亀裂が多数見られ強風化により容易に剥離欠落した。

2) 一面せん断試験

図2より不攪乱土は構造が維持されていても強度が低く、土粒子構造が風化の影響により強度を有していないので垂直変位も大きい。攪乱土不攪乱土ともに強度低下が激しい。強度定数については不攪乱土のせん断抵抗角 $\phi_d=25.1^\circ$ 粘着力 $C_d=9.0\text{kN/m}^2$ となった。ここでも攪乱土の ϕ_d が大きく、 C_d が低い値となった。強度と同様に低い値となった。特に不攪乱土が ϕ_d が低く C_d が高くなりシルト質まさ土の強度を呈している。

3) 圧密試験

図3より、 157kN/m^2 時に注水を行った場合大きな圧縮変位が見られ間隙比が小さくなった。これは、吸水による収縮が大きくなりサクションが大きいということがわかる。

4. まとめ

- 1) 物理・粒度分析試験の結果から庄原市の2か所はいずれも細粒分が多いことが解り土粒子密度は庄原市の密度 ρ_s は 2.50g/cm^3 程度で低い値となった。
- 2) 庄原地区の三軸試験結果は $\phi=26\sim18^\circ$ $c=5\sim24\text{kN/m}^2$ 、JR試料は $\phi=32\sim36^\circ$ $c=0\sim5\text{kN/m}^2$ と明らかな差が見られ、一面せん断結果も同様となった。
- 3) まさ土の圧密試験による不飽和試験は細粒分の多い庄原市の試料が吸水時に圧縮の促進がみられ、全圧縮量も大きな値となった。

表2 細粒分含有率試験

試料名	呉粗粒ま さ土	呉細粒ま さ土	庄原上	庄原下	JR上	JR下
細粒分含有率 P(%)	11.21	16.46	55.12	23.19	60.76	4.21

- 4) 細粒分含有率試験で庄原市の数値が大きくなった。
- 5) JR岩盤崩壊調査で岩盤が物理的、化学的、地質学的に強風化が見られると同時に深層に風化進行が見られ岩盤中の亀裂に残る細粒土の雨水浸透が崩壊原因と見られる。

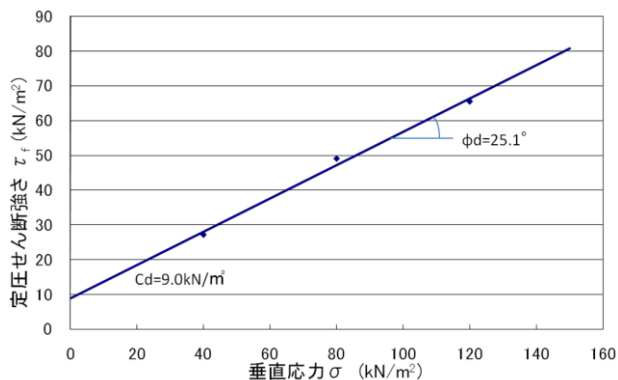


図2 庄原上不攪乱飽和（一面せん断試験）

表3 内部摩擦角と粘着力の比較表

現場名称	一面せん断試験(室内)		三軸圧縮試験	
	内部摩擦角 $\phi_d(^\circ)$	粘着力 $c_d(\text{KN/m}^2)$	内部摩擦角 $\phi_d(^\circ)$	粘着力 $c_d(\text{KN/m}^2)$
庄原上 攪乱飽和	32.6	1	29	14
庄原上 攪乱不飽和	—	—	26	27
庄原上 不攪乱飽和	25.1	9	18.5	26
庄原下 攪乱飽和	26.8	0	26	18
庄原下 攪乱不飽和	—	—	27.5	12
庄原下 不攪乱飽和	32.9	0	17.5	30
JR上 攪乱飽和	33.5	0	35	1
JR上 攪乱不飽和	—	—	32.5	0
JR上 不攪乱飽和	33.6	1.8	31	0
JR下 攪乱飽和	—	—	38	5
呉粗粒まさ土			37	15
呉粗粒まさ土			39	5
呉粗粒まさ土			39	0

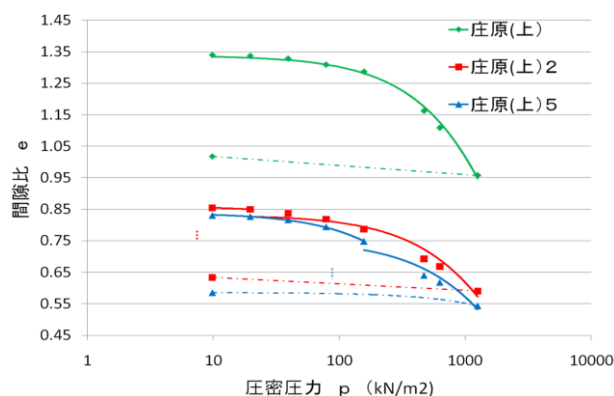


図3 庄原上部のサクションによる圧縮状況

参考文献

- 1) 岡本有希加：まさ土斜面崩壊における土の粒度構成と強度特性の研究, 国立呉高専専攻科特別研究中間発表論文集, pp89-, 2011.