

(46) 淹床堆積土砂の非排水せん断による土石流発生機構について

京都大学防災研究所 佐々 恭二

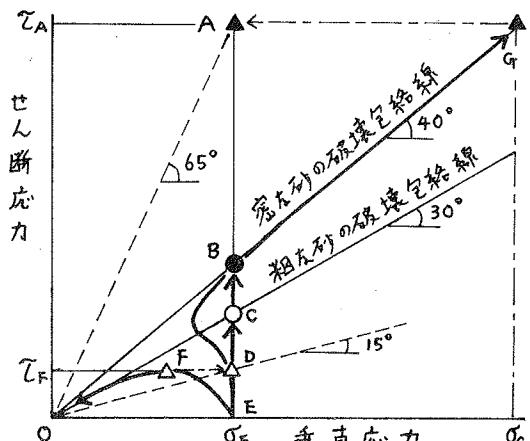
1. まえがき 土石流の発生機構は次の二つに大別できる。 1)斜面で流動型の地すべり、崩壊が生じてそのまま流下するもの。 このうち崩壊が特に長引ものは谷抜け又は蛇抜けと呼ばれる。 2)渇床堆積土砂が流動するもの。 1)の発生機構については水うち周辺での粗粒土層の形成と土層沈下による粗粒土層の液状化から説明し、実験流動型地すべり及び谷抜け型土石流の発生機構と題して發表した。¹⁾ 2)の渇床堆積物の流動としての土石流発生機構は高橋によつて渇床上に発生した水の段波が渇床堆積物の崩壊を引き起すとして説明されてい²⁾る。 筆者は1)の研究の延長として見立つ時、2)のケースについて高橋の説明と相反するわけではあるが、A)せん断強度のとらえ方 B)せん断後急速な流動に納入する条件 C)せん断力増分の生じ方 の三点について異なった考え方があり立つと思う。

2. せん断強度について

一般に土をせん断した時ある一定のせん断力で変形がりくらでも進む値、すなわちせん断強度(ピーク強度)はせん断中に体積変化が生じるか否か、すなわち排水せん断か非排水せん断かによって著しく異なる。 図1にその違いを示す。 排水せん断の場合、間ゲキ水压は発生しないので、せん断中垂直応力は一定であり、粗粒砂ではE点より出発しC点で破壊包絡線に達し、その点のせん断応力が変形は連続的に進む。 密粒砂も同じくE→Bへ進み

E_Bのせん断応力が変形はいくらでも進む。一方、図1排水せん断と非排水せん断の強度の違い非排水せん断の場合、密粒砂ではせん断中に膨張しようとするとため負の間ゲキ水圧が発生し、有効垂直応力が増加するため、応力はE→F→Gと破壊包絡線に沿って上昇し、G点(砂の間ゲキ比と限界間ゲキ比線より決まる)のせん断応力E_Gで変形がりくらでも進む強度に達する。図1ではG_GはG_Eの約2.6倍であるが、G_Eが小さい場合 10倍以上にもなる。一方 粗粒砂の場合、せん断によって正の間ゲキ水圧が発生し、E→F→Oのように進む。せん断がりくらでも進むためにはピーク強度E_Fをこえたせん断力を与えれば良い。 (たがってG_Eの垂直応力を受けた渇床堆積物は非排水せん断を受けた場合、密粒砂ではE_Aをこえたせん断応力が作用しなければすべりは生じず、粗粒砂ではE_Fのせん断応力ですべる。これは図1の場合、内部マツル角に1つ65°, 1つ15°に相当する値である。

3. せん断後、流動が生じたための条件 一般に砂のせん断試験を行つた場合、排水せん断では砂の流動は生じないことが知られていて、一方やさい砂を非排水せん断した場合、砂が液状化して³⁾ 図1のE→F→Oのごくくほんど強度を失うことが知られていて、土石流は渇床堆積物の液状化



○ 粗粒砂の排水せん断強度
● 密粒砂の排水せん断強度
△ 粗粒砂の非排水せん断強度
▲ 密粒砂の非排水せん断強度

と見られるので、(他の過程を経て土石流に至るケースもあるかも)粗方砂の非排水せん断によつて生じてみると解釈する事が現在までの土質力学の知識から見ると最も自然である。高橋の理論は水の波によるせん断力の増分をえていたので、せん断力の載荷は急激であり、堆積土砂は非排水状態でせん断されると考られたので、この意味でこの見方と合致する。砂が液状化する条件はその砂が受けた拘束圧(堆積深に対応する)と間隔比によって決まり、図2のようす関係にある。したがつて粗いものほど堆積深が大きいほど液状化が生じやすい。

一方非排水せん断の条件を満足するには、底床堆積物の堆積深が大きいほど、透水係数が小さくほど、また(Castro³⁾の試験結果を書き直したもの)せん断力の載荷速度が速いほど非排水せん断が生じやすくなる。

4. せん断力増分の生じ方 滝床堆積物に対する速いせん断力増分の原因としては水の波の他に
A) 溝岸、山腹からの崩落 B) 源頭部からの崩落 C) 滝床堆積物自体の崩壊 によって移動(崩落)土塊が滝床堆積物の上に乗ることによって急激な載荷=非排水せん断が生じることが考られる(図3)。

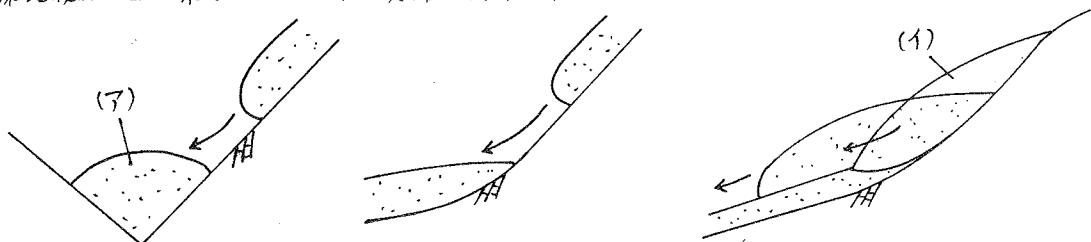


図3 A) 溝岸からの土砂の崩落 B) 源頭部からの崩落 C) 滝床堆積物の排水せん断による崩壊

5. 小有珠川上流部での土石流について 昭和56年8月2-12日に有珠山の小有珠川上流部で調査を行つたが、その間に記録的大大雨があり、調査地点で8月4, 5, 9日の3度小規模な土石流が発生したと思われる。滝床堆積物の移動が認められた。8月4日の降雨継続中に滝床堆積物がA)~C)の原因で液状化するか否か調べるために滝床堆積物(アの状態、勾配13.7°, $C' = 58/cm^2$, $\phi' = 36^\circ$, $\gamma_d = 1.46 g/cm^3$, 堆積深1m)を足で踏み、急激な載荷を行つたところ直径1m程度の部分が液状化に近づき、水枕を踏んだようにブヨンブヨンになつた。そして発生した間隙水圧が発散するのに数分を要した。この事から秒~十秒単位と思われる(A)~C)のせん断力増分によってこの滝床堆積物は液状化すればそれによりせん断強度を下す(得るものと思われる)。現場一面せん断試験(排水)の結果、この土層は水面が地表まで来てもそれだけですべりやすいことが推定された。一方源頭部近くに崖錐状の滝床堆積物(イの状態、勾配30°, $C' = 20 g/cm^2$, $\phi' = 32^\circ$, $\gamma_d = 1.12 g/cm^3$)があり、これは水面が地表まで来る前にすべることが推定された。またこの堆積物は極めて粗に堆積しているため、飽和に近い状態の時にも(A), (B)の原因で載荷されれば容易に液状化するものと思われる。

6. 引用文献 1) 佐々木他、第17回ユーロ世界大会、ウイーン林業試験場報告No.138 2) 高橋、土と基礎 No.244 他 3) Castro, ハーバード土質力学シリーズ No.81, 著者、土と基礎 No.284 他

