

国頭まあじの法面表層における侵食及び崩壊の研究

琉球大学大学院 ○学 鄭 明亮

琉球大学工学部 正 上原 方成

琉球大学工学部 正 原 久夫

1. はじめに

沖縄本島に広く分布している国頭まあじは、受食性土壌であり、透水係数が低く浸透能力が小さいので排水不良に陥りやすく雨水が土の表面を流れやすい。さらに、亜熱帯性気候条件下で国頭まあじは傾斜地に広く分布しているという自然的条件を有しており、土壌が侵食され流出しやすい状況下にある。この土の色は赤褐色であり、風化残積ラテライト様土壌とされている。しかし、近年、この地域の開発により植物被覆が取り除かれ、剥き出しの状態（裸地）が作られたり、切盛土等による土地造成が行なわれて、風化・侵食が進行している。土質的に侵食に対して不利な条件を持ち合わせている国頭まあじは、一度降雨により侵食され流出すると濁水となり斜面を流れ、赤土砂流となって河川や海域に流出し、海域生態系や珊瑚礁が大きな被害を受け、「赤土汚染」という重大環境問題を引き起こす。それゆえに、沖縄県では赤土砂流出の防止対策は必要不可欠である。このような観点から、本研究の目的は、沖縄本島北部国頭まあじ土の土質特性を把握し、赤土砂流出のメカニズムについて考察することにある。

2. 斜面崩壊の機構

一般に斜面崩壊において、土中の水の浸透特性(非定常状態)として斜面や法面の表層が乾燥しており、雨水は斜面表面から侵入するため、土中の不飽和流によって、流れの過程で土の間隙率と土の全体積の変化が生じる。斜面表層土中が不飽和土から飽和土になるに伴ない間隙水圧は大きくなる。斜面に雨水が浸透すると、サクションが解放され、見かけの有効応力が減少し、膨張によるゆるみが現れ、土の強度が減少してそれに伴って崩壊が生ずるとされている。

a). 不飽和土中で雨水が移動する時の土の状態変化

大雨による雨水の大部分は重力で降下し、水が土粒子間の狭い間隙部分に集ってきて空気と水の境界にメニスカスが形成される。土中水は土粒子表面の吸着力、間隙中の気液界面に生じる毛管力や土中水に含まれる溶質による浸透圧などによって保持されている。また、土粒子間にメニスカスが形成され、表面張力の作用で土粒子が互いに押しつけられる効果を持つ粒子間応力が発生する。水が土中の間隙を流れるとき、水と土粒子表面との間に粘性摩擦が作用し浸透圧が生じる。毛管負圧に基づく粘着力は、見掛け粘着力といわれる。一般に、体積含水率の増加に伴い Suction が低下してくることがあるので、表層崩壊の機構として、飽和状態になって suction が消失することによって土層のせん断強度が大幅に低下することが分かる¹⁾。

b). 降雨時の不飽和浸透流浸潤に伴う場合

不飽和浸透流は地表面の湛水から土中に水が移動するところでも起こる。連続の降雨によって雨水は土中へ移動して不飽和土から飽和土になる。雨水浸透による不飽和土における斜面崩壊の要因としては、自重の増加、強度定数の低下、間隙水圧の増加などが考えられる。すなわち、このような斜面では、無限長大斜面における極限平衡法に基づき安定性を検討する考え方がある²⁾。

3. 沖縄本島北部国頭まあじ土の土質特性及び侵食・崩壊の実態と特徴

赤土砂流出は、次の二つの主要因から生じると考えられる。その第一は切盛土表面からの土砂流出（リル、ガリ）であり、第二は、斜面崩壊によるものである。自然斜面及び人工斜面の表層の風化・侵食及び崩壊に対する抵抗性の違いに由来した地質構造を反映している。沖縄県の土質分類は、粒度組成と土色によって土の統群として細分されているが、国頭まあじ土は変成作用による泥質、砂質の岩石（中生代）が風化侵食を

受けた残積状態の礫まじり土及び

国頭礫層土から成るとされている。

切土強風化基盤岩斜面の特徴は、岩内部まで一様に風化し、ハンマーで容易に崩せるほどに軟質になっているが一般に岩の組織や構造が残っている。流れ盤の場合には層理面に沿って表層崩壊を生じ易い。このように、国頭まあじ土の分布地の地形特性からも、土質が侵食・崩壊されやすい背景を持っていることがわかる。

平成 8 年度に国頭まあじが連続的に分布する沖縄本島北部地域の東

表-1 国頭まあじ土の分類と崩壊形態³⁾

分 類		特 徴	崩 壊 の 特 徴
国 頭 礫 層	細粒シルト	粘土・シルトの含有量が70%程度以上で、粘土の含有量が20%以上の細粒シルト層である。 乾燥収縮によるクラックが発生しやすい。	・流動性の崩壊を生じ易い。 ・切土勾配が1:1.0より急な場合は、崩壊の発生頻度が高い。
	粗粒シルト	粘土・シルトの含有量が70%程度以上で、粘土の含有量が20%以下の粗粒シルト層である。	・ガリ侵食が発生し易い。
	砂 層	比較的均質な細～粗粒砂からなり、ルーズで容易に崩せる。	・ガリ侵食が特に著しい。また、1:1.0より急な場合は、崩壊状態が深さ1m以内にも達する。
	礫 層	シルト質のマトリックスと砂礫からなり、概ね良く締まっている。 ハンマーで容易に崩せるほどに軟質となっているが、風化がし易い。	・比較的安定性が高く、勾配が1:0.7より急な場合は一部の方面で崩壊が見られるが、勾配が1:1.0では安定している。 ・侵食に対して強い。

海岸県道 70 号線沿いを選定し、沖縄県東村慶佐次大橋竣工記念碑を起点としてほぼ 1 km の等隔で赤土を計 50 個所にわたって採取した。現場の踏査時には、3 個所の崩壊か所があった。現場の踏査をみると、裸地は常に侵食状態になっている。粘土がほとんど見られない切土斜面はガリ侵食が多い。室内粒度組成の試験結果による国頭まあじ土質特性は、今回 50 個所の内 15 個所が砂礫質土、粗粒シルト(表-1 参照)が 28 個所であった。参考のため、侵食・崩壊の形態と国頭まあじの分類例を表-1 に引用してある。なお、3 個所の崩壊における形態は表層付近の浅い崩壊で、崩壊の斜面長 10m 以下、幅 15m 以下、深さは崩壊の斜面長や幅が大きくなるに従って若干深くなるが、大部分は 1m 以下となっている。切土面は乾燥収縮による亀裂状のクラックが表面に発生している。また切土面の内部にはこれとは別にほぼ鉛直のひびが多数認められた。現場の踏査について考察すると、これらの国頭まあじ斜面の表面が日々の気温変化や降雨などのあらゆる気象条件の変化による影響を受け、乾燥・湿潤の繰り返しと膨潤・収縮の繰り返し起きてクラックを生じている。そのために、雨水などが浸透して強度低下し崩壊していくことはすでに 2 節を述べた通りである。したがって、国頭まあじ土の崩壊を解析するためには、次の実験データが必要であると考えられる。すなわち、1). 国頭まあじ土の不飽和状態における土の含水比変化に伴う体積変化特性。2). 体積含水率に対する Suction 特性の把握。3). 現実の崩壊斜面の表層部において、原位置せん断試験などによる含水状態の変化に伴うせん断特性などである。今後、このような切盛り土の斜面における崩壊事例調査をすすめ、その機構を土質工学的に明らかにする試みが検討される。

4. あとがき

今回は斜面崩壊に関する不飽和土中に雨水が移動し、土状態変化および降雨時の不飽和浸透流を伴う斜面安定解析に一般的な事項を検討した。国頭まあじ土への「不飽和斜面崩壊」の適用については、今後調査試験データなどの蓄積に努めて以下の問題解決につなげたい。① 崩壊現象の把握、② 崩壊の発生機構の解明、③ 崩壊の予知・予測。そして「赤土等流出防止対策」に役立てたい。

参考文献

- 1) 西田一彦：風化残積土の工学的性質，pp. 116-117.
- 2) 青木兼治・社本芳木：有効応力解析手法による斜面の安定計算手法について，切土のり面及び斜面の風化と安定に関するシンポジウム発表論文集，昭和 60 年，pp. 63-68.
- 3) 松本治男・他：国頭まあじにおける切土法面勾配について，第 3 回沖縄土質工学研究発表会講演概要集，1993，pp. 47-50.