

III-A 211

浸透流-安定解析による自然斜面の安定度評価の試み

建設省土木研究所 正会員 三木 博史
 正会員 ○古田 光弘
 正会員 藤井 厚企

1. まえがき

現在、降雨による自然斜面の不安定化現象から道路の安全を確保するため、連続雨量による通行規制をおこなっている。しかし、当手法による通行規制は個々の斜面の安定度をそのメカニズムから評価したのではなく、過去の被災履歴と経験降雨との関係から規制基準雨量を設定しているものである。より精度の高い道路管理をおこなうには、斜面の安定度に及ぼす降雨の影響を考慮した降雨指標の検討が必要である¹⁾。そこで筆者らは、表層崩壊の危険性のある斜面を調査対象とし、内部構造調査、降雨の浸透状況の経時的なモニタリング、現地サンプリング試料を用いた室内土質試験、浸透流-安定解析等をおこない、降雨による斜面安定度の定量的評価手法に関する検討を試みた。

2. 現地斜面調査

調査の対象としたのは、山梨県の道路に面した自然斜面である(図-1)。当斜面は斜距離で100m以上にわたり約40度の急傾斜が続く斜面である。各所に小規模な滑落崖が見られるが、横断、縦断方向とも広く平面形状を呈している。なお、当路線は連続雨量200mmを指標に通行規制をおこなっている。

筆者らは、降雨による斜面不安定化現象の評価を目的として、以下に示す調査、試験をおこなった。

1) 現地斜面調査

現地斜面の表土層厚を確認するため、土研式簡易貫入試験を10地点で実施した。当斜面の地質はシルト質礫で粗礫(粒径19mm以上)を多く含んでいるため、試験精度の確保のため各地点で数回試験を繰り返している。その結果、斜面全体の傾向として約50cm深度にNc値20の境界、約100cm深度にNc値60の境界が見られ、当斜面が2層構造であることがわかった。図-1に斜面概要を示す。なお、現地では貫入試験以外に、斜面地表面からの降雨浸透の様子を確認するため、現場透水試験も実施している。

2) 室内土質試験による現地斜面の土質特性の把握

現地斜面の土質特性を把握するため、現地サンプリング試料(主に深度1m)を対象に各種土質試験をおこなった。土の強度特性に関しては、飽和度を3通り(25, 60, 100%)に変化させた各試料について、一面せん断試験(CU条件)を実施し、低拘束圧下(0.3, 0.5, 1.0kgf/cm²)での非排水強度(C_{cu} , ϕ_{cu})を把握した。その結果、土の飽和度-強度特性を把握することができた(図-2)。また別途、pF試験、透水試験により、土の水分特性曲線、透水係数等、土の浸透に関するパラメータについても把握した。

3) 土壌水分計によるサクシヨンの連続測定(現地モニタリング)

図-3に現地斜面において実測した時間降水量とサクシオン(飽和度)変化の観測結果を示す。降雨による土中への水分浸透にともなう飽和度の上昇状況を読み取ることができる。

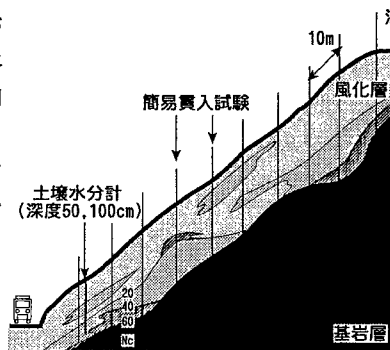


図-1 調査対象自然斜面概要

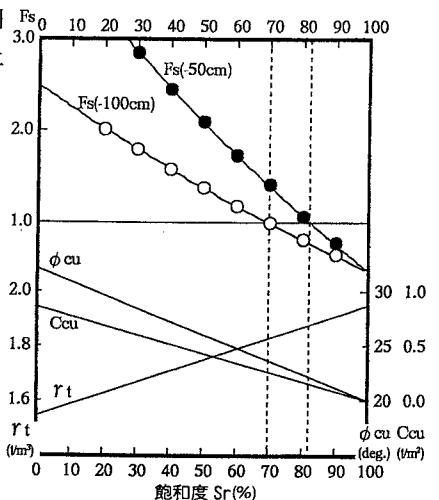


図-2 飽和度と土質特性、安全率の関係

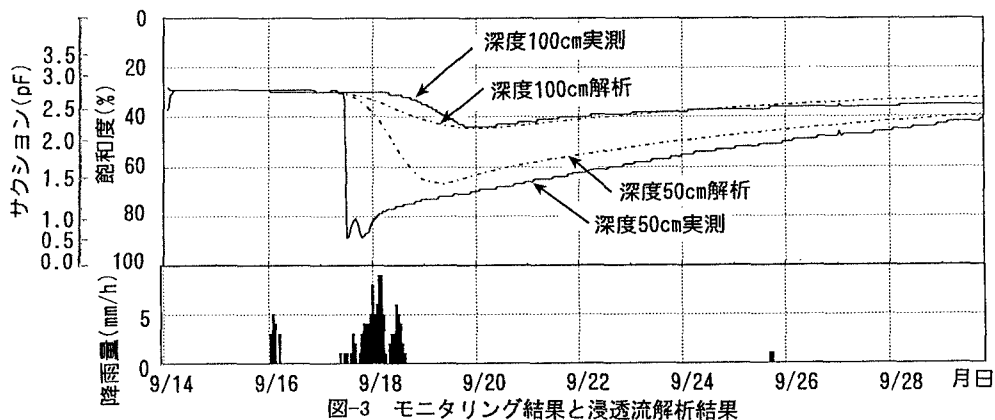


図-3 モニタリング結果と浸透流解析結果

3. 安定解析

上記1)2)より求めたデータより、斜面安定解析をおこなった。斜面の崩壊条件は、基岩以浅で起こる小規模な表層崩壊を想定したが、現地斜面が2層構造であることを考慮に入れ、基岩位置を深度50cmと100cmの2通りで考えた。表土層の強度特性は、全応力表示の非排水強度(C_{cu}, ϕ_{cu})とし、単位体積重量とともに、飽和度により変化するものとした。以上の条件で飽和度を10%きざみで100%まで変化させた場合に、計算された安全率の低下状況を図-2中に併記した。この結果より、当斜面の安全率は飽和度上昇にともないほぼ直線的に低下し、深度50cmで飽和度82%、深度100cmで飽和度70%以上の状態に達すると安全率1.0を下回ることがわかった。

4. 浸透流解析

降雨が地山内へ浸透するメカニズムを推定するため、電子計算機による浸透流解析を試みた。その際のパラメータとして、土研式簡易貫入試験による風化層厚、室内及び現地での土質試験による透水係数、pF試験による水分特性曲線を入力し、降雨条件として9月17日の実降雨と同じ総降雨量100mmの降雨を与えた場合についての土中のサクション(飽和度)の変化を求め、観測結果との比較をおこなった(図-3)。

この結果より、50cm深度での飽和度の上がり方には若干の差異が見られるものの、解析によって比較的高精度に土中の飽和度の変化特性を追跡できていると考えられる。また、この結果と上記の安定解析結果とから、今回の降雨での深度50cm崩壊に関する最小安全率は1.52程度、深度100cmに関しては1.48程度という結果が得られた。

つぎに、降雨強度10~20mm/hの仮定の降雨を与えたとき当斜面の安定がどの程度の降雨により損なわれるかを、浸透流-安定解析によりシミュレートした。その結果、深度50cmについては総降雨量で250mm、深度100cmについては総降雨量800mm程度で安全率が1.0を下回るといった結果が得られた。

5. まとめ

今回、降雨の影響を考慮した浸透流-安定解析による自然斜面の安定度評価を試みた。その結果、各種斜面調査、解析をおこなうことで、サクションの低下、飽和度の上昇、安全率の低下といった一連の流れで定量的な評価がおこなえる可能性があることがわかった。

なお、実際の斜面の構造は複雑であるため、今回試算した安全率の精度については検討を要するが、降雨に対して定量的な評価ができたと思われる。

しかし、今回の調査では土の強度特性評価の際に実施した一面せん断試験において、長期的な先行圧密や根系による強度を考慮しておらず、実際の斜面の安全率はこの数値よりも幾分高いと考えられる。実際、筆者らは現地を1mほど掘削し目視調査した結果、深度約50cmまで根系が著しく発達していたことを確認している。今後はそれらの影響の考慮とより多くの検討実績を増やしていく予定である。

1)三木博史・藤井厚企・古田光弘:斜面モニタリングによる降雨の残響評価の試み、第30回土質工学研究発表会、pp1811~1812、1995