

1. まえがき

道路盛土、河川堤防などの土構造物は、長年の経験から盛土材料及び盛土高に依りての勾配に関する一応の標準値が定められており、それを参考にして設計し、通常の施工を行えば、盛土の安定性は保てるとされている。但し、盛土高が高い場合や盛土材料がせん断強度の低い土からなる場合、及び豪雨や地山からの湧水などによって多量の浸透水が盛土内に流入するような崩壊のおそれのある盛土などでは、円弧すべりによる安定計算などを用いて盛土の安定性を検討することになっている。そのような安定解析を行う際には、盛土における土の強度定数のとり方が問題になる。特に、降雨時の盛土の安定性を検討する場合には、雨水の浸透に伴う土のせん断強度の低下が問題としてあげられる。そこで、本報告では実物大の盛土による降雨実験の結果をもとに、安定解析における不飽和土と飽和土の強度定数をそれぞれ用いた場合の比較を行い、降雨時の盛土の安定解析に用いる土の強度定数のとり方について考察を加える。すなわち、降雨時に盛土斜面がのりすべりを起す時点では盛土内はかなりの湿潤状態にあるので、飽和土の強度定数を用いて計算しても、不飽和土の場合と大きな差のないことを明らかにする。

2. 雨水の盛土内への浸透と安定解析の方法

図-1に実物大盛土の降雨実験の結果を示す。雨水の浸透は盛土表面から次第に内部へと進行していく。従って、盛土内の飽和度もそれに伴って上昇するが、盛土の中心部では飽和度が容易に上昇しないことが解る。また、降雨量が100mmをこえる頃からり尻部の飽和度が高まり、この部分にまず自由水面が生じ、降雨量の増大とともに自由水面は高くなっていく。総降雨量が250mmに達する頃からのり面及びのり肩に亀裂が生じ、斜面崩壊が生じた実験終了時では図-1(c)に示すように中央が低く、両側が高い2つの山を持つ自由水面が形成された。この中央部の自由水面が低いのは、上部からの浸透水が容易に盛土中央部に到達しないためである。

次に、雨水の浸透に伴う盛土の安定性の低下を調べるために、盛土内の飽和度の上昇による土塊重量の増大と土のせん断強度の低下に着目した安定解析を行った。安定解析には通常用いられている有効応力法に基く円弧すべりの方法を用いた。まず、降雨実験において図-1に示したように各段階で盛土内の飽和度の分布が測定されているので、飽和度によって盛土をいくつかに分割した。そして、図-2のように分割した各ゾーン毎に土の定数を決めて円弧すべりによる安定計算を行い、各降雨量における盛土の安全率を求めた。

3. 解析に用いた土の強度定数

安定解析には、図-3に示す土の強度定数を用いた。図-3の各飽和度における強度定数は次に示す2通りの方法で求めた。1つは締固めた土について三軸圧縮試験を行い、有効応力法に基く c' 、 ϕ' を求めた。試験は $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ の関東ロームの供試体を用いて、供試体内の飽和度を制御する目的で軸圧を加える前に一定の負圧を供試体に作用させた。供試体内のサクションが設定した負圧に等しくなり、水の流入がなくなる

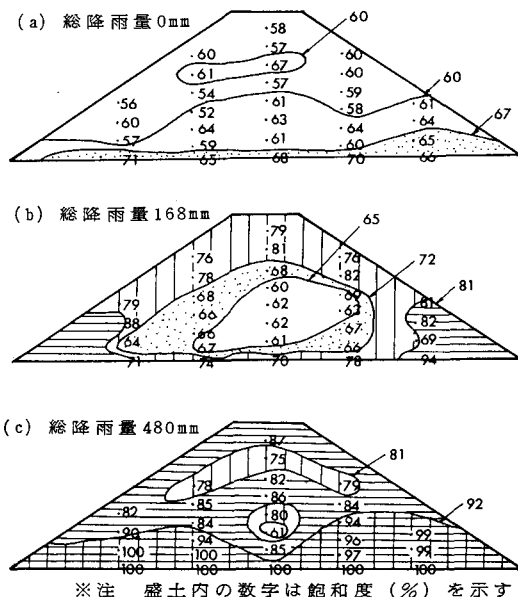


図-1 盛土内の飽和度の変化

なって平衡状態に達した時点で、圧縮試験を行った。試験中は軸差応力、軸ヒズミ、間隙水圧、間隙空気圧、体積変化などを測定した。同様に負圧を変えて試験を行い、飽和度と C' 、 ϕ' の関係にまとめたものを図-3に示した。図から、せん断抵抗角 ϕ' は飽和度の変化に対して一定の値を示しているが、粘着力 C' は飽和度の上昇とともに着しく低下していることが解る。

次に、降雨実験の前及び終了時に盛土内部のゴーン貫入抵抗を測定した。その結果、盛土内部の飽和度とゴーン貫入抵抗の間にはよい相関が認められたので、室町²⁾の式を使ってゴーン貫入抵抗値から土の強度定数を推定した。各飽和度における土のせん断抵抗角 ϕ は 23° で一定であると仮定して、粘着力 C を求めたものが図-3である。ゴーン貫入抵抗値から求めたものも、三軸圧縮試験の結果と同様に飽和度の上昇とともに C の値は着しく低下している。(tf/m²)

そこで、安定解析には①ゴーン貫入抵抗値から求めたもの、②不飽和土の三軸圧縮試験から求めたもの、及び③飽和土の強度定数 $\phi=36^\circ$ 、 $C'=0.1\text{tf/m}^2$ の3通りのものを用いることにした。

3. 解析結果と考察

安定解析の結果を降雨量と盛土の安全率の関係で示したのが図-4である。図から、盛土内の飽和度の上昇によって安全率が低下していく様子が解る。特にゴーン貫入抵抗及び不飽和土の三軸圧縮試験の結果を用いたものは、雨水の浸透に伴う土の強度低下によって雨量が200mmに達するまでは安全率が急激に低下しており、破壊が250~300mmで生じた実験の現象ともよく一致している。また、飽和土の強度定数を用いた場合は雨量が150mm程度まではほぼ一定の値を保っており、盛土内の自由水面

の上昇とともに安全率が徐々に低下している。そして自由水面が高くなった300mm付近で斜面崩壊が生ずるという結果が得られている。従って、降雨初期においては不飽和土と飽和土の強度定数をそれぞれ用いたものとしては、盛土の安全率に著しい差が認められるが、雨水の浸透によって盛土内の飽和度が上昇し、自由水面が形成されて斜面崩壊が生じるような時点では、盛土内は図-1(C)のようにながりの湿潤状態となるため、両者の安全率に大きな差がなくなり、ほぼ等しい値に近づいてくる。以上の結果から、降雨時の盛土の安全性を検討する場合には、不飽和土の強度定数を用いることが望ましいが、飽和土の強度定数を用いて雨水の浸透による土塊重量の増加と自由水面の上昇とを考慮した安定計算を行うことによっても、降雨時の盛土の安定性を評価することは可能であると考えられる。

〔参考文献〕1) 山村、久榮「堤防への浸透と堤体の安全性」、土木研究所報告、第145号、1974.2

2) 室町「静的ゴーンペネトロメータの軟弱地盤調査への適用に関する実験的報告」、鉄道研究所報告、No.757、1971.6

不飽和三軸圧縮試験の結果を用いたもの

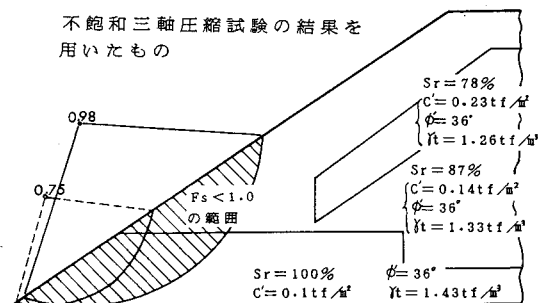


図-2 降雨量480mmの時の安定計算結果

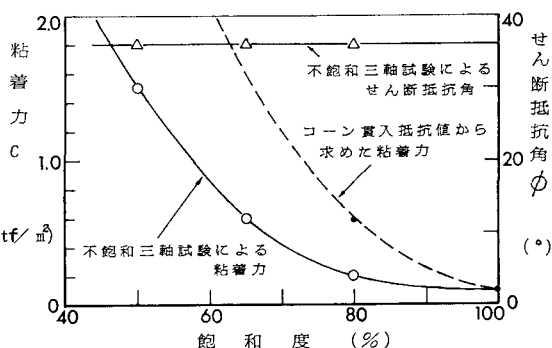


図-3 飽和度と C 、 ϕ の関係

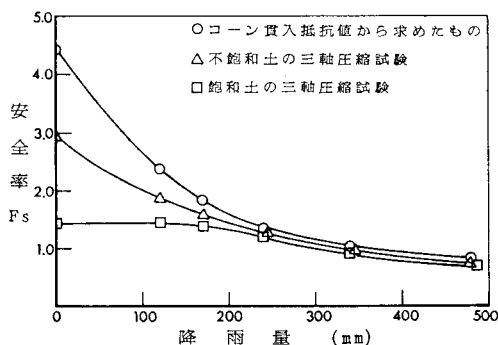


図-4 降雨量と安全率の関係