

埼玉大学工学部

正員 芥川 真知

セントラルコンサルタント

正員 小仁所 恭一

埼玉大学大学院

学生員 中島 健一

1. まえがき 集中豪雨による表層滑移型の斜面崩壊が多発し、その予測手法の開発は急務となっている。筆者らは、砂質斜面を対象とした崩壊の実態、ゆるみの経時変化、潜在崩壊面の形成機構、水浸による強度低下などについては、既に報告した^(1,2)。降雨が土中に浸透し、飽和度上昇、間隙圧の発生などによる斜面の安定性低下について検討する必要がある。そこで、本報告では、鉛直浸透実験から飽和度の上昇、間隙圧変化の測定結果を示し、それらが、どのように斜面の安定性に影響を及ぼすかを検討し、考察したものである。

2. 試料及び実験方法 実験に使用した試料は成田層で、粒度組成は表層土とほぼ同じものである。実験は図-1に示すような直径30cm、高さ15cmの透明アクリル円筒を5個重ね、ボルトで固定した鉛直土槽を用いた。円筒内に試料を所定の間隔比で突固め、上からのノズルから人工降雨を均等に降らせ、底板のバルブを閉じた状態で、円筒側面に取り付けた間隙圧計によりその挙動を測定した。浸潤面の移動は円筒側面に取り付けたスケールにより4方向から読み取った。また、飽和度は別に直径6.7cm、高さ30cmの塩化ビニール容器を多数積み重ね、その中に試料を詰め、所定の時間ごとに容器をばらして測定した。実験条件としては、降雨強度をすべて70mmとし、間隔比、初期飽和度、降雨時間間隔を変えた。

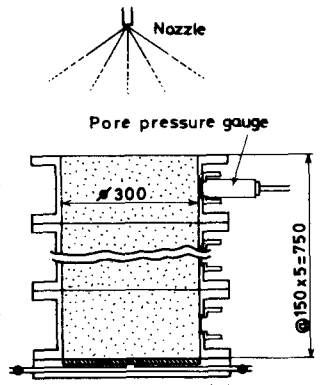


図-1 鉛直浸透実験装置

3. 実験結果と考察 図-2は間隙圧の時間的変化を土槽の各深さに取り付けられた間隙圧計より得た結果を示したものである。ここでいう間隙圧は、間隙水圧と間隙空気圧を合わせたものである。これより、降雨強度が比較的大きく、浸水を生じようとする降雨では、浸透初期から間隙圧が上昇するが、ごく初期には、閉塞して圧縮された間隙空気圧が浸水面を押し破り、土中の空気が排出されるため一時的に間隙圧の低下が見られる。しかし、ある程度時間を経ると空気の排出は、表面とつながる数個の空気路を通して行われるため、浸潤面が底面に達するまで一定の間隙圧を示し($t=90\sim 330$ min)、この間、土中内の空気の連続性などのために各深さの間隙圧の値がほぼ同じになっている。浸潤面が底面に達すると($t=330$ min)飽和に近い状態で地下水面が上昇しはじめる。これの上昇に伴う水圧の増加、間隙の空気の圧縮のため、最深部から間隙圧の変動が起り、最終的には、静水圧がそれよりやや高い値に落ちつく。図-3,4は、浸潤面の降下速度と各時間ごとに飽和度 $S_r(\%)$ の深さ方向の変化を

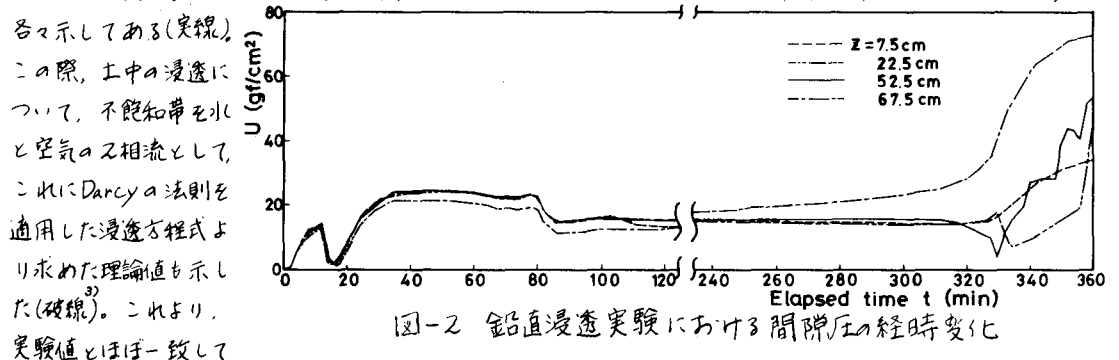


図-2 鉛直浸透実験における間隙圧の経時変化

いることがわかる。また、図-4から、浸潤面より上の層では、飽和度が各時間について約80~90%で一定となっているが、それ以下の初期飽和度の層と著しい差が生じていることもわかる。

4. 安定計算 降雨に伴う浸潤面の降下、地下水面の上昇、その過程における間隙圧変化を考慮して、斜面の安定計算を行った。ここで、飽和度上昇による砂質土の強度低下は既に報告した結果を用い、斜面は半無限斜面(傾斜角 40°)、不連続面の深さを2mとした。その他の条件として浸潤面が降下の場合には、浸潤面より上の層の飽和度 S_r を85%、それ以下の層は自然時飽和度40%とし、さらに、不連続面より地下水面が上昇する場合は、地下水面より下の層を飽和

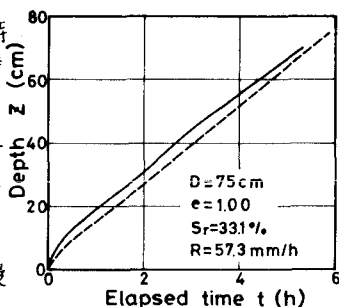


図-3 浸潤面の経時変化

状態、それより上の層の飽和度を85%と一定にした。なお、浸透の際に発生する間隙圧 U は実験結果を考慮して、不飽和帯では $U=0.15 \frac{z}{m}$ と一定にした。安定計算結果として、深さ方向の安全率を図-6に示したが、図-6はわかりにくいので、図-5の模式図で説明する。浸潤面が地表面から深さ z まで降下した場合の深さ方向の安全率は図-5における実線で示したA B C Dようになる。そして浸潤面が不連続面まで降下し、さらに地下水面が上昇して地表面から深さ z まで達した場合の深さ方向の安全率は、破線と実線で示したE F B Aようになる。したがって図-6から、浸潤面が降下するに伴い、浸潤面より上の層の安全率は小さくなっていき、それ以下の層と著しい差を生じるが、また、浸潤面降下時には、斜面の安定は保たれていることがわかる。しかし、地下水面の上昇時には、地下水面以下の層の安全率は著しく低下し、上昇に伴い安全率は1を切る。つまり地下水面の上昇に伴って斜面が崩壊に至る可能性のあることが示された。よって間隙圧の発生による安全率の低下が0.1程度であることから不連続面によって形成される地下水面の上昇が、

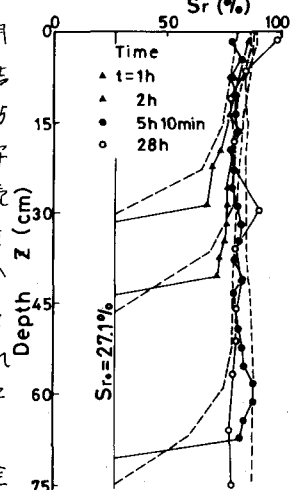


図-4 浸透に伴う飽和度変化

斜面崩壊のより重要な要因と思われる。そして、崩壊面の位置が、不連続面の付近、あるいは、その少し上の部分であることは、実際の表層滑落型の斜面崩壊とほぼ一致している。一方、砂質土の飽和度の増加による強度は、飽和度が90~90%以下になると急激に低下し、細粒分の量が多いほど顕著である。このように、降雨の浸透は強度低下と間隙圧の発生を招き、斜面の安定性を低下させる現象である。

5. まとめ 以上のことから、浸透に伴う飽和度、間隙圧の上昇は、不連続面に浸潤面が達するまでほぼ一定であり、不連続面により地下水面が形成され、それが上昇する。そして、これらのことを考慮した安定計算は、斜面の安定性を考えるうえで、より有用であることが明らかになった。今後は、

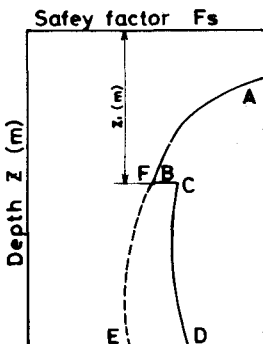


図-5 安全率変化の模式図

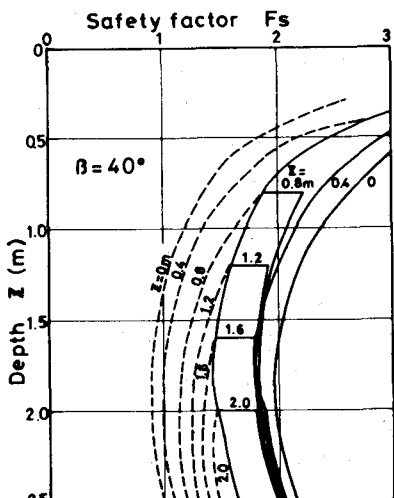


図-6 深さ方向の安全率変化

降雨特性と浸透による飽和度の経時変化などを明らかにし、安全率の時間的变化を考慮することが必要である。なお、本研究は昭和55年度文部省科研費補助金(自然災害特別研究 代表者、芥川)を使用したことを付記する。

参考文献 1) 芥川地: 第15回土木学会年次学術講演会, PP. 432~433, 1980, 2) 風間地: 第15回土木学会研究発表会, PP. 1097~1100, 1980, 3) 高木地: 土木学会論文報告集 No. 271, PP. 37~44, 1978