

(Ⅲ - 9) 降雨と地すべり発生のタイム・ラグに関する実験的考察

新潟大学大学院 学生員 ○服部久人

新潟大学工学部 正会員 大川秀雄

1. 研究の目的と方針

地すべりの発生時期は、降雨や融雪などによる斜面への水の供給時期と必ずしも一致しておらず、両者の間に多かれ少なかれ時間差が生じていることが普通である。本研究は、その降雨や融雪等で斜面に供給された水の影響がすべり面に達するまでにどれくらいの時間がかかるのか、また、その時間遅れ(タイム・ラグ)はどのようなメカニズムで生じるのかを明らかにすることを主な目的としておこなうものである。また、水が供給されることによりすべる地すべりでは、すべり面は多くの場合地下水面より下にあり飽和土に近い状態であると考え、本研究では一貫して飽和土について実験・考察を進めてきた。水の供給と地すべり発生のタイム・ラグを研究するにあたって、不飽和土でなく飽和土を用いているところに本研究の特徴がある。

2. 実験内容(結果も含めて)

飽和粘土中における間隙水圧の伝播速度を知り、その過程における間隙水圧分布の変化がどのように進行していくのかを調べるため、高置タンクと三軸圧力室3つを連結して構成された図-1に示したような装置を使用し実験をおこなった。三軸圧力室3つのうち実際に供試体(試料)を入れているのは2つだけである。残りの1つは単に水圧を測定するためだけに使用され、室内は水で満たされている。高置タンクからつながってくるコックaを開くことで、水で満たされた図中一番右側の圧力室内の水圧は瞬時に上昇する。こうして与えられた水圧上昇は、真ん中の圧力室内にある飽和土(砂)供試体(直径5cm, 高さ12.5cm)を介して間隙水圧計No.2へ伝達され、さらに、一番左側の圧力室内にある同様の供試体を通して間隙水圧計No.3へと伝達される。末端にあるコックfは常に閉じられており、高置タンクからコックfに至るまで供試体、管路ともに水で満たされているので、一見、透水現象を含まない純粹な間隙水圧の伝播そのみを観測できると考えられる。

地すべりを念頭において研究するのであるから、本来ならば粘土で実験したデータを基に考察したいところである。しかし粘土ではあまりにも水圧伝播に時間がかかりすぎ(数時間～十数時間)¹⁾²⁾、それゆえ大気圧変動などの影響を受けてしまうため、水圧上昇の様子を観る(特徴を捉える)には不向きと考え、『阿賀野川砂0.250-0.425mm粒径』(砂)を試料とした実験データを基に以下考察を進める。その砂を試料として用い、水圧上昇量として121.8gf/cm²を与えたときの実験結果を図-2に示した。水圧計No.3の水圧がNo.2の水圧よりもワン・テンボ遅れて上昇していることから、伝播距離が長くなるほど間隙水圧の上昇にかかる時間も長くなるのがわかる。なお、粘土を試料として用いた実験においても、曲線の大まかな形、傾向については図-2とよく似ていたことを付け加えておく。

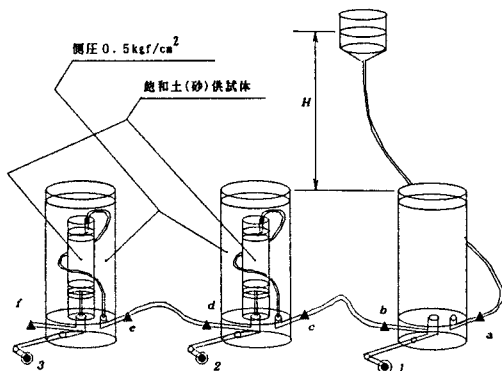


図-1 実験装置全体図
(ただし、図中の▲印はコック、●印は間隙水圧計である。)

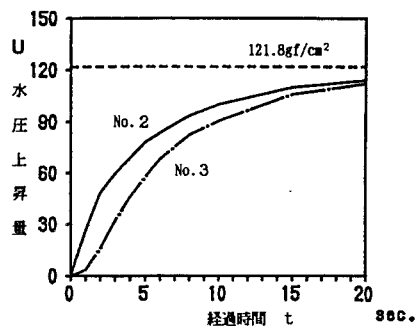


図-2 『阿賀野川砂0.250-0.425mm粒径』/間隙水圧の上昇量

3. 圧密の除荷吸水膨張理論のあてはめ

図-3のように岩盤の上に一様な粘土(砂)層があるとする。水面が aa' にあるときは、層内の間隙水圧分布はBC線で表される。いま、水面を bb' まで瞬時に上昇させたとき、層内では水圧は瞬時には伝わらず徐々に伝わると仮定すれば、おそらく間隙水圧分布は $ABC \rightarrow AE \rightarrow AF \rightarrow AG \rightarrow AD$ の順に変化するであろう。間隙水圧が上昇するにつれて、土の骨格が膨張し層内への吸水が起こる。この様子が圧密試験の除荷吸水膨張過程に似ていると考え、大まかな計算をしてみた。Terzaghiの圧密方程式を図-3の諸条件(初期条件,境界条件)のもとで解くと、層の底面($z/H=0$)および層の中央($z/H=0.5$)においては、時間係数 $T(T=C_v \cdot t/H^2)$ の進行に伴って図-4で示すように u/P_0 が上昇していく計算となる。横軸の T の中の圧密係数 C_v に適当な値(ここでは $C_v=30, 40, 45, 50$)を代入し横軸を時間 t でとり直し、その同一図中に『阿賀野川砂』での実験データを重ねてみた(図-5)。実測曲線と $C_v=45$ の理論曲線(実線どうし)は水圧の上がり始めにおいてよく一致しているが、後半においては大きく離れ、より小さな C_v の理論曲線の方が近い値をとっている。

$$C_v = k / (\gamma_w \cdot m_v)$$

ここに、 k :透水係数, m_v :体積圧縮(膨張)係数
 C_v には上式のような関係があるが、本実験では実験を通して有効応力に変化がないので、 m_v はほぼ一定と考えられる。従って、時間が経つにつれて C_v が小さくなるためには、透水係数 k が次第に小さくなるしかない。ところが、いま層は吸水膨張しているのだから、普通に考えれば透水係数は大きくなるはずであり、ここに矛盾が生じる。さらに間隙水圧が伝播していく過程において、まだ伝わっていない部分の応力をどこが分担するのかという疑問も残る。そういった意味で圧密の除荷膨張過程の理論をあてはめるには無理があると思われる。

4. 今後の方向

しかしながら図-5でみられるように、圧密の除荷吸水膨張過程の理論からの曲線群も形だけを見れば実測曲線とたいへんよく似ている。また、砂の供試体中を高々数十cm伝播するのに十数秒もの時間を要することを説明するには、間隙体積の収縮もしくは膨張に伴う透水現象を含めて考えなければならない。よって、今回の考察が全く無意味であったとは考えられず、今後も、水圧上昇に伴って生じる間隙体積の膨張→吸水の過程を含めて考察するつもりである。ただし、実験時の条件により近いモデルを選んであてはめる必要があり、特に除荷による吸水膨張と、単に周囲の水圧が上昇したことによる吸水膨張とが、異なった性質のものであることを考慮しなくてはなるまい。

参考文献

- 1) 服部久人, 大川秀雄: 飽和粘土中における間隙水圧の挙動に関する研究, 第10回土木学会新潟会論文, pp. 238-241, 1992
- 2) 服部久人, 大川秀雄: 土粒子の粒度による間隙水圧の挙動のちがいを, 第11回土木学会新潟会論文, pp. 147-150, 1993

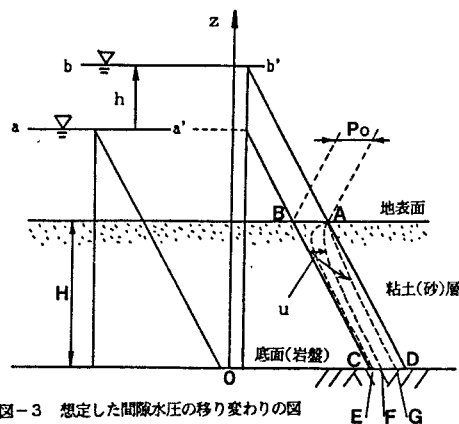


図-3 想定した間隙水圧の移り変わりの図

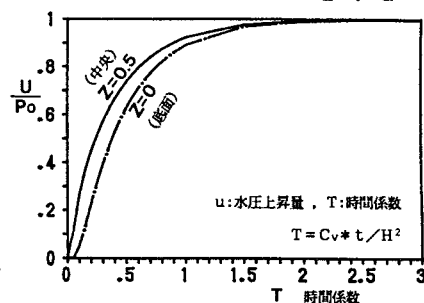


図-4 圧密の除荷吸水膨張理論から導いた T と u/P_0 の関係

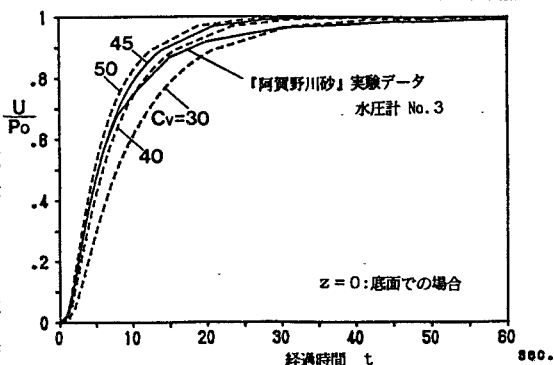


図-5 実測曲線と圧密の除荷吸水膨張過程の理論曲線との重ね合わせ