

II-15

パイピング特性を組み込んだ地下流動解析

東北大学工学部 学生会員 ○佐野 晃

東北大学大学院 学生会員 市花 圭一郎

東北大学大学院 正会員 真野 明

1. はじめに

地すべりを引き起こす要因には降雨、地震、融雪など様々なものがある。その中で降雨が主要な原因となる斜面崩壊は降雨が浸透し地下水位の上昇にともなう間隙水圧の作用により崩壊を起こしたと考えられる。また間隙水圧の作用に伴う地すべり要因のひとつとしてパイピングも挙げられる。パイピングとは地割れの存在、地表面下の流量増加、不透水層の存在や水頭差などにより地表面下でパイプが発達し、複雑なパイプネットワークを形成する現象のことである。

既存の研究¹⁾により実験により得られるパイピングの発達特性を組み込み、谷頭部を対象に地中流の挙動を計算できる三次元浸透流モデルと地すべりに対する安全率の計算法がある。本研究では実験条件を変え新たなパイピング特性を調べ、上述のモデルに組み込み得られる結果の妥当性を調べることを目的としている。

2. 実験方法

2.1 実験装置

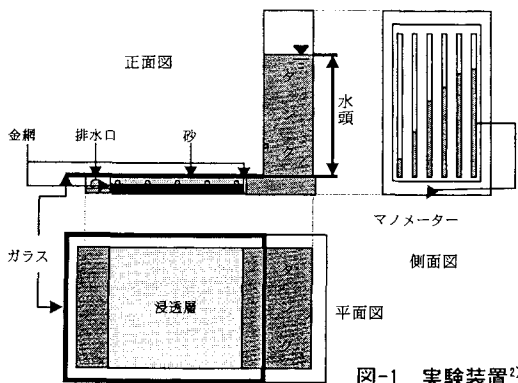


図-1 実験装置²⁾

図-1 に示す実験装置を用いる。この装置はヘッドタンク、砂を敷き詰めた浸透層、排水系、貯水槽、給水系よりなる循環式の装置である。貯水槽よりポンプで水をくみ上げてヘッドタンクに給水する。ヘッドタンクには、水面を一定に保つための排水口が設けてあり、ここから余剰な水は貯水槽に戻される。タンク中

の水位は自由に設定することが出来る。砂の浸透層を浸透してきた水は排水口を通して排水され、そこで流量の時間変化を測定する。マンメーターは砂部分に150mm 間隔に5個取り付けて、他に基準となるようにタンク側面に1つ取り付ける。これらは装置裏側に計測する。浸透層はマンメーターの取り付けられている間で4層に分け、それぞれの層の透水係数をタンク側から $k_1 \sim k_4$ とする。

2.2 実験条件

タンク中の水位は30, 60, 90cm に設定した。浸透層に用いる砂は、既存の研究では飽和

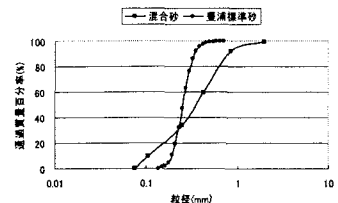


図-2 粒径加積曲線

透水係数0.02cm/sの豊浦標準砂を使用した。今回の研究では飽和透水係数0.004cm/sの混合砂を使用した。図-3に、この2種類の砂の粒径加積曲線を示す。混合砂は粒径が75 μ mから2mmの範囲に分布しており、均一粒径を代表する豊浦標準砂は135 μ mから704 μ mの範囲に分布している。混合砂は豊浦標準砂に比べて、粒径幅の広い混合粒径の砂である。

3. 実験結果と考察

3.1 解析方法

測定した流量から浸透層における平均流速を算出する。次にマンメーターの測定から動水勾配を算出し、それと平均流速からダルシー則を用いて透水係数を算出する。

連続の式 $Q = A \times V$

ダルシー則 $V = k \times i$

注) Q ・・・流量 k ・・・透水係数

A ・・・断面積 i ・・・動水勾配

V ・・・平均流速

3.2 実験結果と考察

各々の設定水位における流量の時間変化を図-3に示す。流量が増加しているということは浸透層においてパイピングが時間とともに発達したためと考えられる。

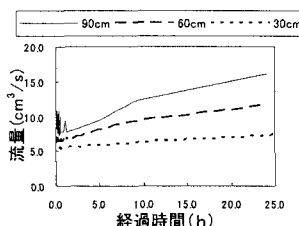


図-3 流量の時間変化

各々の設定水位における透水係数の時間変化を図-4~6に、マノメーターの時間変化を図-7~9に示した。

どの設定水位においても透水係数が時間とともに大きくなっている所がある。パイピングが時間とともに発達したためと考えられる。

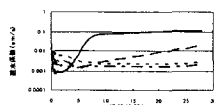


図-4 透水係数の時間変化 (90cm)

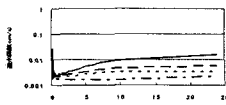


図-5 透水係数の時間変化 (60cm)

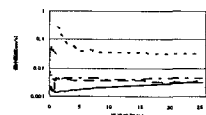


図-6 透水係数の時間変化 (30cm)

マノメーターのグラフ上の傾きがそれぞれの区間の動水勾配を表している。時間とともに、大きくなった動水勾配が小さくなる過程でパイピングが発達していると考えられる。

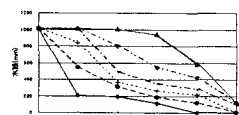


図-7 マノメーターの時間変化 (90cm)

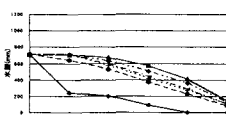


図-8 マノメーターの時間変化 (60cm)

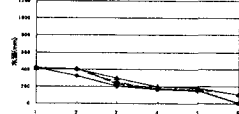


図-9 マノメーターの時間変化 (30cm)

本研究ではパイピング特性を表すために、それぞれの設定水位の実験において区分けされた浸透層のうちパイピングが発達した層と詰まった層を区別し、パイピングが発達したと考えられる層の結果を用いる。パイピングが発達した層と判断するための条件は「透水係数の時間変化のグラフにおいて透水係数が大きくな

っている」かつ「マノメーターの時間変化のグラフにおいて動水勾配が大きくなった後小さくなっている」ところとし、これに合うのは設定水位 90cm, 60cm の上流側から 1 層目と 2 層目, 30cm の 1 層目である。

3.3 パイピング特性

パイピング特性 (= 動水勾配が及ぼすパイピングの発達過程) を表す図として、パイピングの発達箇所 5 つの層における透水係数の最終値を透水試験により得られた飽和透水係数 (初期透水係数) で割ったものと動水勾配の最大値の関係を図-10 に示す。また、既存の研究によるものを図-11 に示すこの様に動水勾配と透水係数の関係は指数関係を示す。本研究で得られたパイピング特性は既存の研究による特性より、比較的小さな動水勾配でも透水係数が大きくなる。つまりパイピングが発達することを示している。また動水勾配が大きくなることに敏感に反応するといえる。

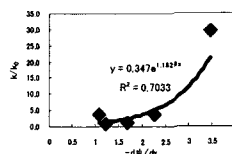


図-10 動水勾配と透水係数の関係

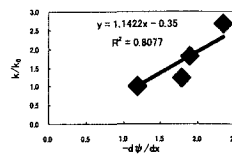


図-11 動水勾配と透水係数の関係 (鈴木ら)

4. まとめ

- 上流側の層で動水勾配が大きくなり、その後急激に小さくなったところはパイピングが発達したと考えられ、逆に動水勾配が大きくなっている下流側は、上流から流れてきた砂粒子により、詰まりが発生していると考えられる。
- パイピングが発達しているところと詰まりが生じているところを区別し、新たなパイピング特性を表すことができた。
- パイピング特性を組み込んだ地すべりに対する安全率の計算法に図-10 の関係を適用し、その安全率の妥当性を検討することが今後の課題である。

参考文献

- 鈴木雄太郎：谷頭部における地滑りポテンシャルの評価，東北大学工学研究科土木工学専攻修士学位论文，2004。
- 市花圭一郎，鈴木雄太郎，山路弘人，真野明：パイピングの発達過程に関する基礎実験，東北地域災害科学研究，第 40 巻，pp139-144，2004。