

II-16

パイピングの発達における動水勾配の影響評価

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

パイピングとは地割れの存在や地表面下の流量増加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である。地滑り跡でパイピングによる穴から湧水があったことが報告されており¹⁾²⁾、地滑り要因のひとつであるとされている。

既存の研究³⁾では降雨に対してのパイプの発達状況を研究している。本研究ではパラメータを砂・水頭として、発達の過程がどのように変化するかを実験を行うことで調べ、得られた結果よりパイピングの発達過程に関する関係式を導く。その関係式を用いてパイピングが谷頭部における地滑りに与える影響について評価を行う。

2. 実験概要

2.1. 実験装置

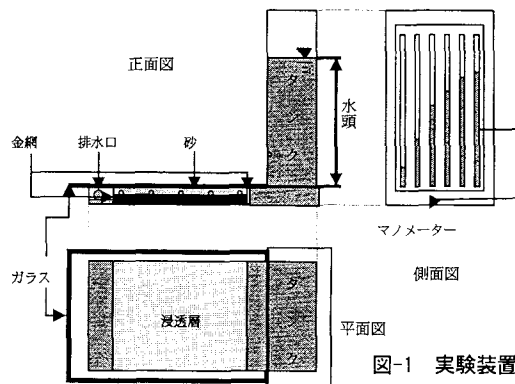


図-1 実験装置

実験装置(図-1)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。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。マンノメーターは浸透層部分に150mm間隔に5個取り付ける。

2.2. 実験計画

これまでの実験では「粒度分布の良い混合砂」と「均一粒径を代表する豊浦標準砂」におけるパイピングの発達過程を調べた。その結果、明らかに混合砂の方が

パイピングがより発達し、豊浦砂では発達しにくいことが分かった。これより今回は混合砂のみを採用することとした。

マンノメーター測定より得られる動水勾配とパイピングの発達は密接な関係がある。つまり動水勾配の細かな時間変化のデータが必要となってくる。動水勾配が大きいほど砂に大きな圧力がかかるということで、それは砂中の細粒分を動かす引き金となる。ある時点において動水勾配が大きいとその時点ですぐにパイピングが発達するというわけではなく、その動水勾配が後々の時点のパイピングの発達に影響を与えてくる。また、今回は水頭30,60,90cmを設定しおこなった。

2.3. 砂の特性

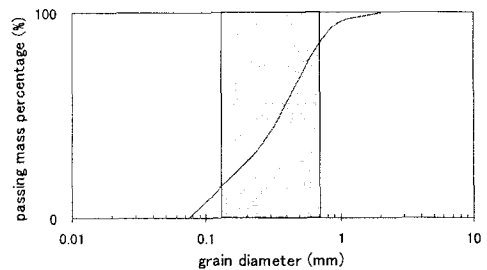


図-2 粒径加積曲線（混合砂）

図-2に砂の粒径加積曲線を示す。粒径が75 μ mから2mmの範囲に分布しており、比較的粒度分布が良い砂と言える。土粒子の密度 ρ_s は2.717g/cm³である。また、図-2において太枠で囲まれた粒径範囲は、「浸透層から流出して排水溝に溜まったもの」と「排水に含まれていた細粒分」の粒径範囲を示したものである。

3. 実験結果と考察

3.1. マノメーターの時間変化

マンノメーターの時間変化を90cmを代表として図-3に載せた。グラフ上の傾きが動水勾配 $d\psi/dx$ を表す。ここで dx はマンノメーターの設置間隔である150mmである。

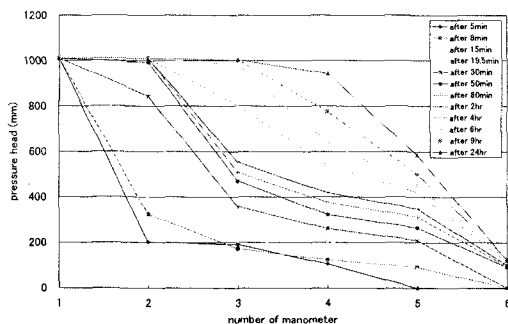


図-3 マノメーターの時間変化(水頭 90cm)

パイピングの発達における動水勾配の推移は①発達するにつれて徐々に値が小さくなっていくが、発達することによりパイプ中を流出してきた細粒分が②パイプを塞ぐことにより動水勾配が増大していく時間帯がある。しかし、大きな動水勾配は砂中の粒子を動かす力を持っているので、その後③再びパイピングが発達することにより動水勾配は小さな値を取り、最終的にはマノメーターの差がなくなる。これは浸透層上流部において言えることで下流部ではパイプの閉塞が大きいために動水勾配は大きな値を取ったままで、その後パイピングの発達が起らない。

水頭 90cm 時での上流部において、パイピングの発達における動水勾配の推移を表したものを表-1 に示す。

表-1 動水勾配の時間変化

経過時間	動水勾配 ($d\Psi/dx$)
5min	0.073
5.5min	0.353
11min	1.280
18min	1.800
22min	2.260
27min	2.760
28min	3.133
50min	3.473
2hr	3.047
3hr	2.493
4hr	1.387
5hr	0.547
6hr	0.193
7hr	0.087
24hr	0.047

②時間経過に伴い動水勾配が増大。
パイプの閉塞が始まりだしている。
開始50分後に最大値を記録。
③時間経過に伴い動水勾配が減少。
パイピングが発達している。

3.2. 透水係数の時間変化

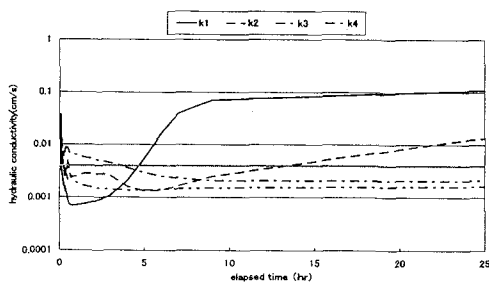


図-4 透水係数の時間変化

透水係数の時間変化図を水頭 90cm を代表として図-4 に載せる。浸透層を上流から下流にかけて4分割して、上流から下流にかけて透水係数をそれぞれ k_1, k_2, k_3, k_4 と設定している。図-4 において一直線の破線は、変水位透水試験により求められた透水係数である。これを浸透層における砂の初期透水係数と考える。

3.3. 透水係数と動水勾配の関係

動水勾配がパイピングの発達に及ぼす影響を評価するにあたり、パイピングが発達した箇所における動水勾配の最大値とその後時間をかけて発達し記録された透水係数の最大値をプロットしてグラフを描いたものを図-5 に載せる。

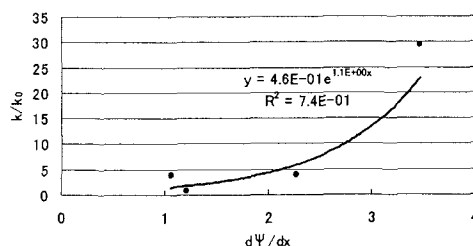


図-5 透水係数と動水勾配の関係

プロットした点は、「水頭 90cm の最上流と中上流部」、「水頭 60cm の最上流部」、「水頭 30cm の最上流部」である。いずれも最終的にパイプの閉塞が起っていないであろう箇所を選定した。動水勾配が大きいほど後々のパイピングがより発達していくことが分かる。パイプの閉塞を考慮すると違った関係が出てくるが、今回は閉塞せず単純に発達を続けた場合を考えた。

参考文献

- 1) 梅村順・森芳信：福島県南部で発生した土砂災害，1998 年南東北・北関東の集中豪雨災害に関する調査研究，pp.182-196，1999。
- 2) 井口隆：福島県南部地域における斜面崩壊の分布と特徴，1998 年南東北・北関東の集中豪雨災害に関する調査研究，pp.148-162，1999。
- 3) 古田智弘・田村俊和・森脇 寛：斜面での降雨-流出過程と土層の透水性との関係—降雨装置下での実験と自然斜面での観測—，東北地域災害科学研究，第 39 巻，pp.201-206，2003。