

## 不かく乱まさ土のパイピングによる破壊について

関西大学工学部 正 員 西田一彦  
 関西大学工学部 正 員 青山千彰  
 関西大学大学院 学生員 伊藤隆生

### 1. はじめに

まさ土斜面が豪雨時に崩壊する原因の1つに、パイピング説を挙げるケースが非常に多い。しかし、パイピングに関する研究は定性的段階を出ないのが現状であり、主として締固め土あるいは沖積層を対象とした研究が行なわれているに過ぎない。本報告は、既報<sup>1)</sup>のパイピング試験機に試料下部変位が測定できるように改良を加え、不かく乱状態で採取したまさ土についてパイピング試験を行い、その結果について述べたものである。

### 2. 試料および実験方法

試料は大阪府河内長野市で採取した領家型花崗閃緑岩の風化残積土である。その基本的性質を風化層別に3層に区分し、表-1に示す。パイピング試験機は図-1に示すように上部変位を防水ダイヤルゲージで、下部変位をリング型変位計で測定し、側面から間隙水圧、流量などが測定できるようにしたものである。なお、下部変位測定のため、試料底面中央に30(mm)径の74(μ)フィルターを置いてあり、変位計の反力により、試料の変形に追従する構造になっている。パイピング試験はある時間間隔で昇圧してゆき、試料を破壊するものである。測定は各水圧段階で流量、時間、試料中の間隙水圧、変位量、濁りの5点について行った。昇圧速度はU層で4.9(kPa/5min)、L層で

表-1 基本的性質

| 風化層 | Wn (%)    | e       | Ig-loss (%) | Gs        |
|-----|-----------|---------|-------------|-----------|
| U層  | 20.2-35.4 | 1.1以上   | 12.5-56     | 2.75-2.76 |
| M層  | 11.4-13.7 | 1.1-0.8 | 5.6-3.0     | 2.75-2.76 |
| L層  | 5.7-10.7  | 0.8以下   | 3.0以下       | 2.75-2.77 |

4.9(kPa/2min)、変位測定は30(s)から10(s)間隔で実施した。上下の変位量は各試料長さが異なるため、元の試料長さで上下の変位量を割った値を上部ひずみ( $\epsilon_u$ )、下部ひずみ( $\epsilon_L$ )とし、 $\epsilon_u - \epsilon_L$ を相対ひずみ( $\epsilon_R$ )として用いた。パイピング試験機は試験終了時に激しい泥水の吹き上げが生じる(以降パイピング破壊と呼ぶ)ため、アクリル箱の中へ收容し、透明板越しに観測できるようにしている。

### 3. 結果および考察

パイピング試験結果の整理には図-2、4に示す4象限の記録図が適している。右上が*i*-*t*曲線、右下が*e*-*t*曲線、左下が*e*<sub>R</sub>-*k*曲線、左上が*i*-*k*曲線と*i*-*e*曲線である。図中には濁り発生個所の指定とパイピング破壊断面の模式図を描いている。なお、図-2の*k*-*e*<sub>R</sub>曲線で、右側の*e*<sub>R</sub>-*t*曲線と最後まで対応しないのは、5分間の流量測定間隔内でパイピング破壊が生じるためである。また紙面の制約上ここでは主にU層とL層試料のパイピング試

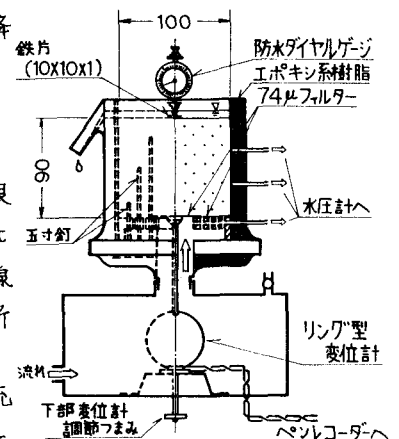


図-1 パイピング試験機

KAZUHIKO NISHIDA, CHIAKI AOYAMA, RYUSEI ITO

験結果について述べる。

U層は表土の混入、再圧縮などの原因で、透水係数が $10^{-4}$ (cm/s)と小さく、粘性の大きい風化層である。U層での上下ひずみの出方は、図-2のように昇圧に従がい弾性的な増加をする部分と、70分過ぎの曲率変化点を境に急激な塑性ならびにクリープ的変形をする部分に分かれる。その際、常に $E_u > E_L$ の関係が保たれ、昇圧が進むにつれ、上下のひずみ差が開いてゆく傾向が見られる。また、透水係数( $k$ )はひずみの増加につれわずかに増加するが、U層試料ではほとんど変化しないのが特徴である。パイピング破壊に到る過程で供試体内部に起こる変化について層別 $i$ と $k$ を図-3に示す、既報の層別 $i$ がピーク値を示した時点を局所破壊とする考えを適用すれば、まず下部層が破壊し、次に中間層と、下部より上部に向かって進行性破壊が生じる。70分過ぎに下部層から中間層へ水圧の負担個所が移動することで、上下ひずみが急激な増加を示す結果となって現われている。

L層は風化岩である。したがって、図-4の $i-E$ 曲線に見られるように、岩盤の平板載荷試験の荷重強度-ひずみ曲線と類似した上向きに凹状の曲線が得られる。この曲線を載荷曲線同様、 $i$ が120付近までのI次荷重領域、 $120 \leq i \leq 250$ のII次荷重領域、そして $i > 250$ の破壊領域に分けて考えると、かみ合わせがだんだん強くなってゆくI次領域で $k$ は増大し、 $E_R$ が一定となるII次領域で $k$ が減少、破壊領域では $k$ が複雑な挙動を示すことがわかる。一方、図-5の内部変化では、まず下部層が破壊し、続いて上部層、最後に中間層の順に破壊が進行してゆく。そして、局部破壊が最初に生じるのは、この試料ではII次領域であるが、通常は破壊領域に入った時点のことが多い。しかし、パイピング試験と平板載荷試験とは載荷方法、拘束条件が全く異なるため、各荷重領域での解釈、特に、I次荷重領域でのかみ合わせの効果については、 $E_R > 0$ と膨張側に働くことから今後解明を要する。

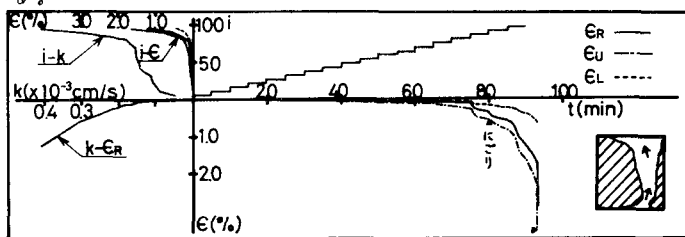


図-2 U層のパイピング試験記録図

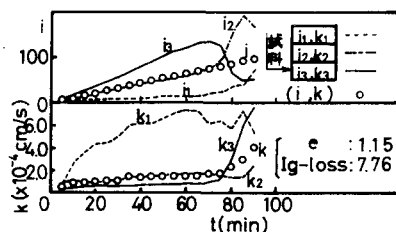


図-3 U層供試体の内部変化

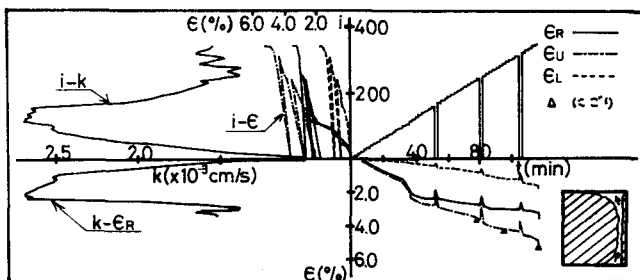


図-4 L層のパイピング試験記録図

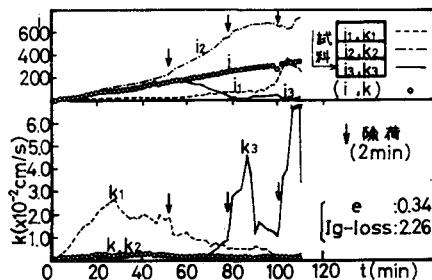


図-5 L層供試体の内部変化

参考文献：1) 青山、西田、(1979)「不かく乱まき土のパイピングによる破壊機構」第14回土質工学会講演報告集、PP.1077-1080