

関西大学工学部 正員 ○青山千彰

関西大学工学部 正員 西田一彦

1. はじめに

まき土のパイピング現象は、豪雨時の斜面崩壊、あるいはフィルダムの破壊などの一因として重要視されている。しかし、パイピングに関する研究は定性的段階にあり、上述の破壊原因として取りあげるには、あまりにも不明瞭な点の多いのが現状である。このように、研究が遅れているのは、パイピングが土粒子の移動を前提とした現象であるため、試料の一面を開放状態にし、かつ高水圧下で実験を行なうことが難しかったためである。

既報¹⁾のパイピング試験機は試料側面を樹脂で拘束することで、この問題を解決した点に特徴を持っている。ここでは、不かく乱まき土についてパイピング試験を行い、その結果、ならびにF.E.M.による解析結果について報告する。

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

表-1 基本的性質

ある。その基本的性質を風化層(表層よりU, M, L層)別に区分し²⁾、表-1に示す。U層は母岩の構造が認められるが、かなり団粒化した土的要素の濃い風化層。M層は砂質のもっともまき土の特徴を備えた風化層。L層はいわゆる風化岩である。パイピング試験機は図-1に示すように、

風化層	Wn (%)	e	lg-loss (%)	Gs
U層	20.2~35.4	1.1以上	12.5~5.6	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

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水圧を上昇してゆき、試料を破壊するものである。この破壊は、最後に泥水の吹き上げ(以降、パイピング破壊と呼ぶ)が生じることで確認できる。測定は各水圧段階で流量、時間、間隙水圧、変位量、濁りの5点について行った。昇圧速度はM, L層試料で4.9(kPa/2min)、U層で4.9(kPa/5min)であった。また、流量測定間隔は2~5分、変位測定は30~10秒間隔で実施した。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(E_u)、下部ひずみ(E_L)、 $E_u - E_L$ を相対ひずみ(E_R)として用いた。

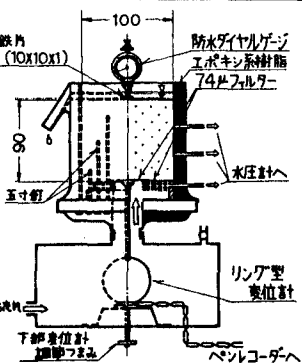


図-1 パイピング試験機

3. 不かく乱まき土のパイピング特性

各風化層試料のパイピング試験結果を4象限の記録図に表わしたのが図-2, 4, 6である。図中、パイピング破壊断面から明らかのように、U層では中央より片寄った所ですりばち状に抜け、M層では中央で逆三角形状に抜ける。L層では周壁に沿って細長い三か月状に抜ける。このような破壊断面の違いは当然各測定結果の違いとなつて現われ、パイピング破壊時の動水勾配は風化層中央のM層で最小となる傾向が現われている。したがって、M層は土かぶり³⁾の影響を考慮に入れても最も崩壊の可能性の高い層と考えられる。変形の仕方は、主に弾塑性ひずみで、試験後半U, M層試料でクリープ的ひずみが現われる。ここで、クリープ的としたのは、ひずみを非常常水圧分布によるものと土質力学でのクリープと分けることが難しかったためである。また、M層では下部変位が測定できなかったが、U, L層では試験開始時より $E_u > E_L$ の関係となり、パイピング実験全体を通じて試料は膨張してゆく傾向が見られることがわかった。次に、ひずみの増加に対する透水係数の変化は、U, M層の場合、追従し

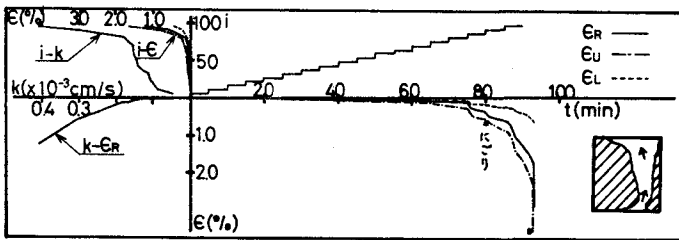


図-2 U層のパイピング試験記録図

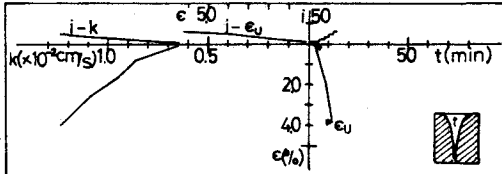


図-4 M層のパイピング試験記録図

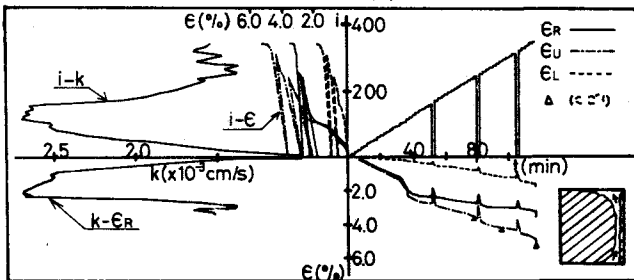


図-6 L層のパイピング試験記録図

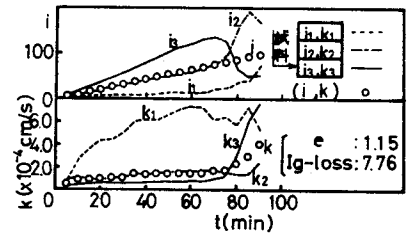


図-3 U層供試体の内部変化

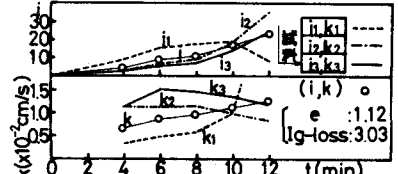


図-5 M層供試体の内部変化

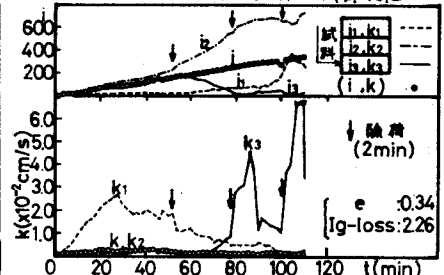


図-7 L層供試体の内部変化

て増加する傾向を示すが、L層の場合複雑な挙動を示し、従来用いられているKozeny-Carman理論では説明がつかないことを物語っている。

各風化層試料の内部変化を図-3,5,7に示す、既報の層別 i がピーク値を示した時点点を局所破壊とする考えを適用すれば、U層ではまず下部層が破壊して、次に中間層と順次上部に向かって進行性破壊が生じる。M層では逆に上部層から下部層へ、L層では上部層、下部層と起り最後に中間層が破壊するケースが多い。

4. 供試体内の応力分布

これら一連のパイピング実験において、試料内部の応力状態についてF.E.M.を用いて解析したのが図-8である。解析にはU層の水圧分布ならびに物理定数を使用し、応力-変形特性にはDuncanらの双曲線表示を用いた。図より明らかなように、試料下部壁面より上部にかけて、大きな引張力が生じていることがわかる。したがってグリフィスなどの破壊規準下では図-9のように破壊が進行してゆく結果が得られ、U層の破壊順序ならびに、破壊断面形状とよく一致している。しかし、このような破壊順序はU層にのみ適用できるものであって、M, L層には適用が難しい。また、変形特性も、実測では $\epsilon_r > 0$ つまり上部変位が下部変位を上回る結果が得られるが、解析結果は逆になる。図に示した水圧分布のように全水圧の5割以上の水圧を下部層に作用させる場合、通常の解析手段では下部の変形が上部のそれを上回るはずである。これらの問題点について今後、解明してゆきたい。

参考文献

- 1) 青山, 西田, (1979), 水が飽和土のパイピングによる破壊機構, 第14回土質工学講演会, PP. 177-180
- 2) 青山, 西田, (1979), 風化岩層の透水性分布と水圧分布特性について, 応用地質 29巻 1号, PP. 3-12

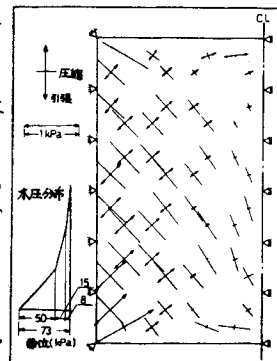


図-8 主応力分布の一例(U層)

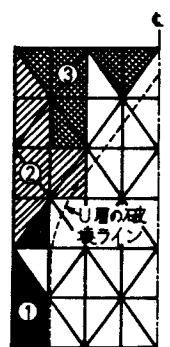


図-9 破壊順序