

III-314

三軸セルを用いたパイピング試験法の検討(その1) — エンドスコープ(内視鏡)によるパイピングの確認 —

(株) 竹中土木	○坂口修司 高橋三津彦
(株) 東京ソリサーチ	大原淳良 南坂貴彦
竹中技術研究所	畑中宗憲 内田明彦

1. はじめに

近年、我が国ではダム規模や形式の多様化とともにダムの建設需要が高まっている。しかし、長年のダム建設の結果、地形地質条件の良好な場所における立地は減少しつつある。特に地盤条件では硬岩基礎が減少し、ダム建設の経験の少ない軟岩や砂礫地盤でのフィルダム建設の立地が増加する傾向にある。したがって、この種の基礎地盤の耐震性や浸透特性を正しく評価する技術が早急に求められている。とくに浸透特性については、貯水時にたえず堤体部ならびに基礎地盤周辺の地盤に浸透現象を生じていることから、堤体部および基礎地盤の浸透特性、地盤漏水・パイピング特性などを厳密に把握することが重要となっている¹⁾。特に、フィルダムにおけるパイピングの発生は堤体を破局的な崩壊にいたらしめるおそれがあり、その特性は十分に把握する必要がある。

筆者らは、原位置凍結サンプリング法によって採取した良質な不攪乱試料を用いて、原位置に近い応力状態を作用できる三軸セルタイプのパイピング試験装置を開発中である。ここでは、その概要について述べるとともにエンドスコープを用いてパイピングの確認実験を実施したので以下に報告する。

2. 従来の方法とその問題点

パイピングに対する安全性を確認する方法は、現在では原位置に設けたボーリング孔に浸透圧を加え流出量を計る原位置試験があるほか、室内ではモールドに不攪乱試料ならびにリモールドした試料の周囲にシール材を充填して行う方法が一般的である。しかしこれらの方法では、原位置の場合、水の流れに関する境界条件が不明確である上、試験位置の成層状態が把握できないことからパイピングが生じたときに該当する地層が確認できないこと、また室内試験の場合、不攪乱試料が原位置で受けていた応力を解放してしまい(特に深層地盤での応力解放が著しい)、原位置に近い応力条件を再現できないこと、試料とモールドとの間が水みちになり易いこと、そして供試体を完全に飽和させることが難しく透水性を過少評価する可能性があることなどの問題点がある。

3. 試験装置とその特徴

図-1にパイピング試験装置の概要図を示す。パイピング試験は直径100mmの円柱供試体が試験可能な三軸セルを用いて、空気圧を利用した定水位試験装置を用いて行う。三軸セルを用いた本パイピング試験方法は以下のような利点があり、特に①～③項が本試験装置の特徴である。

- ① キャップにエンドスコープを組み込むことによって浸透水流出面(供試体上端面)での浸透圧による土粒子の移動・水みちを目視し、パイピング現象を直接とらえることを可能にした。
- ② キャップと浸透水流出面(供試体上端面)の間に中空のスペーサーを挿入することによってパイピングの発生を妨げないようにするとともに、原位置での鉛直方向応力を載荷することができるようにした。
- ③ 供試体に原位置での水平方向応力を再現できるようにした。
- ④ 供試体周囲の漏水防止をゴム膜とそれに働くセル圧による圧着力によって代用できるようにした。
- ⑤ 供試体に背圧を加えて飽和度を高められるようにした。

なお、本報告はそのうちの①項のエンドスコープを用いた試験について詳細を述べる。

4. 試験方法

図-2にパイピング試験の手順フローチャートを示す。試験には直径100mm、高さ100mmの凍結した不攪乱砂質土を用いた。この凍結試料を三軸セル内にセットし、所定の有効上載圧を加えてK_o状態で融

解するまで放置する。なお、K₀状態融解方法の詳細は（その2）で述べる。その後炭酸ガス（CO₂）を通した後脱気水を流して飽和する。さらに飽和度を高めるために背圧 $\sigma_{BP}=2.0 \text{ kgf/cm}^2$ を加える。飽和度の確認はB値を測定することにより行い、この試験では $B=0.8$ を確認した。動水勾配は10、20、50、100、200の5段階とし、各段階ごとに1時間ずつ通水した。パイピングの発生は、キャップに取り付けたエンドスコープによって目視するほか、コンピューター画面で流量と動水勾配の関係を監視し、両者の関係の急変化点を確認することにより行った。

5. 試験結果

今回用いた試料および動水勾配では、パイピングは発生しなかった。しかし、動水勾配を上げていく過程での浸透水流出面の状況を観察すると、動水勾配を次のステップに上げるときに水の流れの著しい部分が数箇所確認され、その後動水勾配が一定になるとその現象はおさまった。この現象は全てのステップにおいて確認され、その箇所は動水勾配が大きくなるほど多くなる傾向にあった。このことは、パイピングが発生する以前の現象として、動水勾配の増加（浸透圧の増加）によって土粒子相互の結合力が減少し水みちが増えたことによるものと考えられる。写真-1 にビデオプリンターによって印刷された画像の例を示す。使用したエンドスコープの倍率等の問題があって、まだ十分に明瞭な画像を得ていないが、今後改良を重ねて行きたいと考えている。

6. まとめ

今回、パイピング試験装置にエンドスコープを組み込むことによってパイピングの現象を目視することを試みた。今回用いた試料および動水勾配ではパイピングが発生しなかったが、パイピングの原因となると思われる水みちの確認ができた。今後、さらに改良を重ねて本装置を用いてパイピング現象をとらえて、パイピングを実際の浸透水の流れや土粒子の動きと、従来の流量の変化などの関係からの推定という定量的なものとの両面で検討して行く予定である。

<参考文献> 1) 高原一啓；原位置地盤凍結サンプリング法によるパイピング試験について、第2回ダム工学研究発表会（1991）

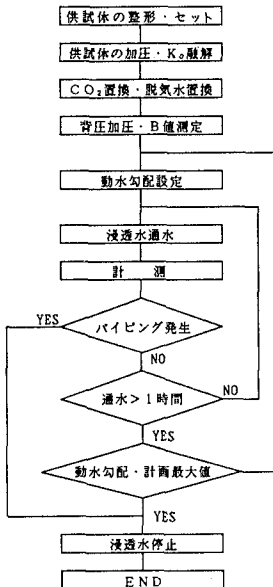


図-2 パイピング試験の
手順フローチャート

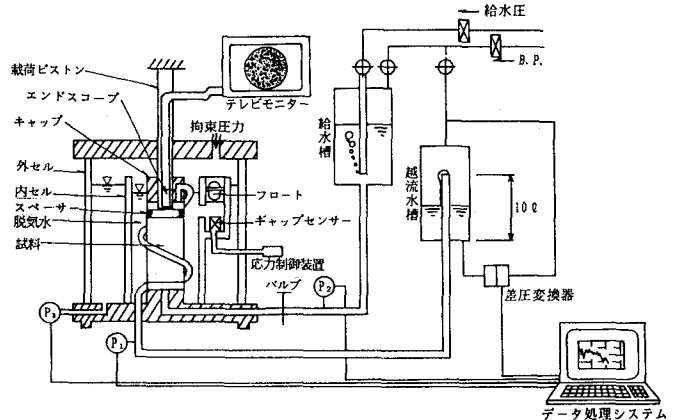


図-1 パイピング試験装置の概要図

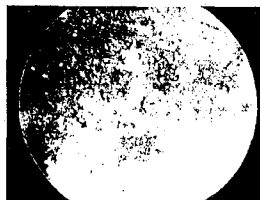


写真-1 ビデオプリンターに
よって印刷された画像の例