

浸透に伴う堤体の変形に関する実大模型実験とそのシミュレーション

国土交通省 京浜河川事務所 (正) 海野 修司
 (株)日建設計シビル (正) 石井 武司
 中央大学 理工学部 (正) 斎藤 邦夫

1. はじめに

異常出水時における河川堤体の浸透に伴う変形を監視する光ファイバセンサが開発されている¹⁾。筆者らは、現時点における光ファイバセンサの実用性を確かめるために、屋外で実規模相当の堤体模型に埋設して浸透実験を行った。本報告では、この実験で計測された堤体の変形を再現できる数値解析手法を検討したので、その結果を述べる。

2. 実大模型実験

模型実験に使用した材料は図-1のような粒度分布の砂質土で、浸透によってすべりが生じた既往事例の堤体材料の粒度分布²⁾を参考に選定した。

模型は厚さ0.9mの基盤と高さ2.2m、のり勾配1:1.5の半断面堤体で構成される。これを幅10mのコンクリート製ピット内で作製した。目標締固め度は80%とし、堤体の密度を現場密度試験で確認した。同じ締固め度の供試体に対して透水試験およびC D三軸圧縮試験を実施したところ、表-1の物性値が得られた。なお、模型堤体完成後に、光ファイバセンサシステムを埋設した。また、浸透に伴う堤体の応答を調べるために、ピット底面に水位観測用水圧計を、模型堤体に変位杭を設置した。

表-1 締固めた土の物性値

飽和透水係数	3.41×10^{-3} (cm/sec)
弾性係数 E_{50}	463.5×10^3 (kPa)
粘着力 c_{cd}	3.80 (kPa)
せん断抵抗角 ϕ_{cd}	29.6 °

実験は、基盤部を飽和させた後に堤体への注水を給水槽より開始した。給水槽の水位は概ね6時間で水位が1m上昇する速度で制御した。この水位が天端に達したら、破堤するまでその水位を保つように努めた。

3. シミュレーション

浸透に伴う堤体の変形挙動を浸透問題と応力変形問題に分離した。まず、FEMによる飽和不飽和浸透流解析で間隙水圧と水分含有率を計算し、これを応力変形解析へ受け渡し、自重の増加と浸透力による変形を求める。応力変形解析では土をモール・クーロンの降伏基準に従う弾完全塑性体とみなして、FDMで計算する。一連の解析フローを図-3に示す。

浸透流解析を、飽和透水係数に表-1、不飽和浸透特性に文献3)の砂質土の数値を用いて行った。その結果、

キーワード 河川堤防, 浸透, 実大模型実験, 浸透流解析, 変形解析

連絡先 〒112-8565 東京都文京区後楽2-2-23

(株)日建設計シビル 設計部

TEL 03-3817-0514

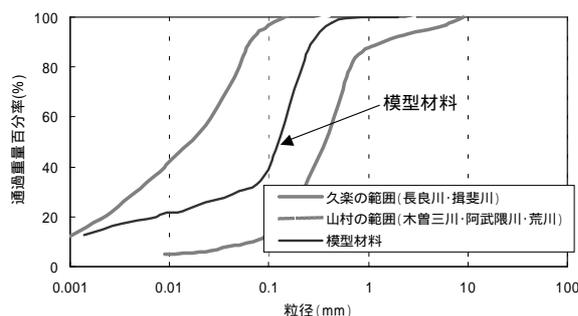


図-1 模型に用いた材料の粒度分布

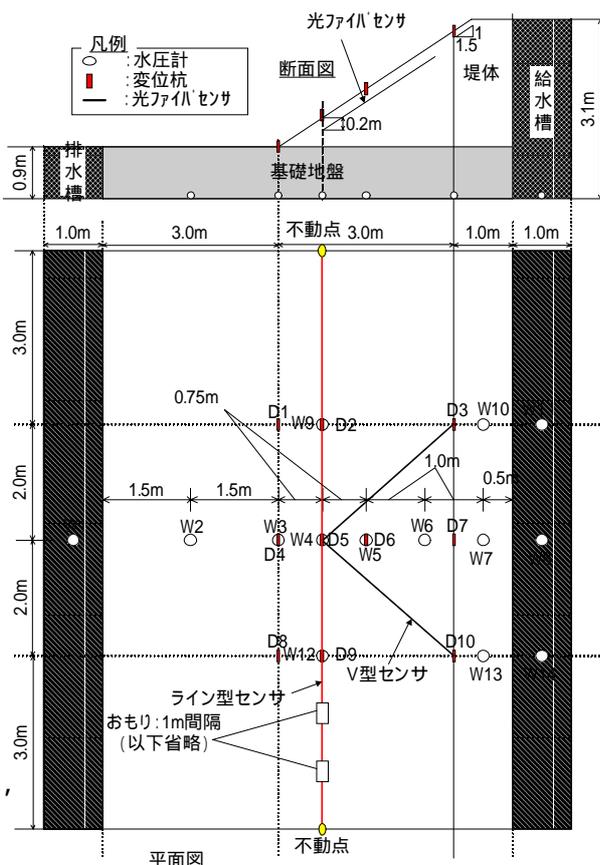


図-2 実大模型実験の概略図

基礎地盤底面の圧力水頭を計測結果との比較したところ、のり先直下以外は両者がほぼ一致した。そこで、のり先直下の計算値を実験結果に合わせるために、鉛直方向の透水係数を1/5にした。その結果を図-4に示す。鉛直方向の透水係数は水平方向よりも1オーダー小さいことも言われているので、妥当な設定と思われる。応力変形解析においては、変位杭の計測結果と合わせるために、弾性係数を表-1の8倍、粘着力をその半分の3.8kPaとした。図-5にその結果を示す。初期の変形はひずみが小さいこと、堤体への注水は堤体完成から約1週間後でその間に晴天下で乾燥を受けていることなどを考慮すると、妥当な範囲の設定と思われる。堤体が大きく変形する18時の降伏領域と引張り領域を図-6に示す。降伏領域はのり先から円弧状に堤体中央へ延びている。堤体の変形は円弧すべりの的と言える。また、のり面上部に引張り領域が発生している。実験でも写真-1のようにこの位置にクラックが生じており、数値解析モデルはこの現象を再現できた、

4. まとめ

浸透に伴う堤体の変形挙動を浸透問題と応力変形問題に分離した計算方法でも再現できることがわかった。今後、この手法を用いて、堤体の変形挙動と光ファイバセンサの応答との関係を検討したいと考えている。



写真-1 のり面上部のクラック (ケース1, 17:43)

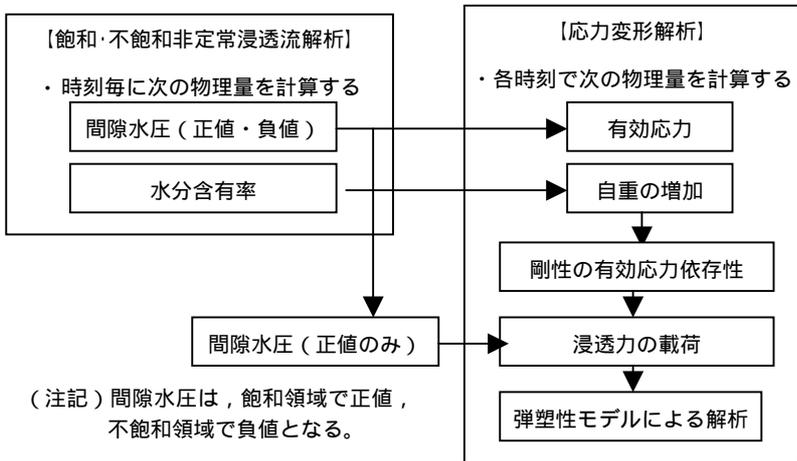


図-3 数値計算の概要

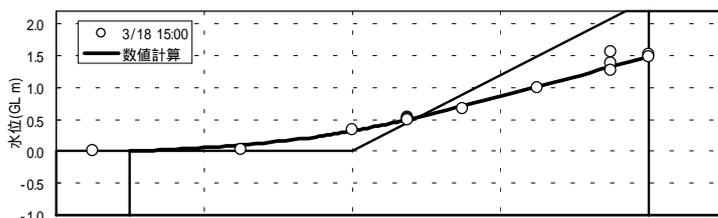


図-4 基礎底面における圧力水頭に関する測定値と計算値の比較

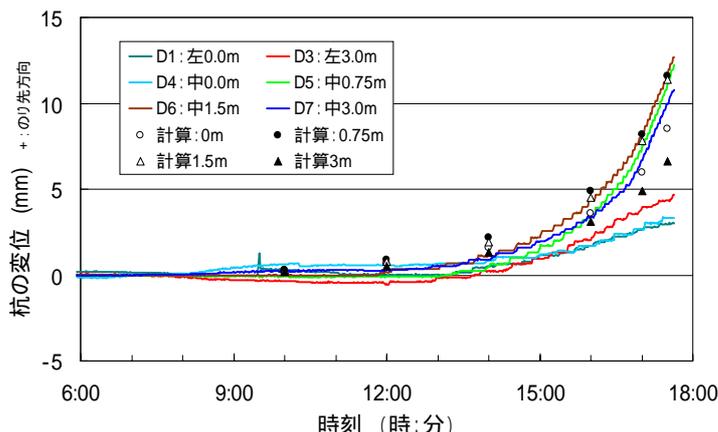


図-5 変位杭に関する計算結果と測定結果の比較 (ケース1)

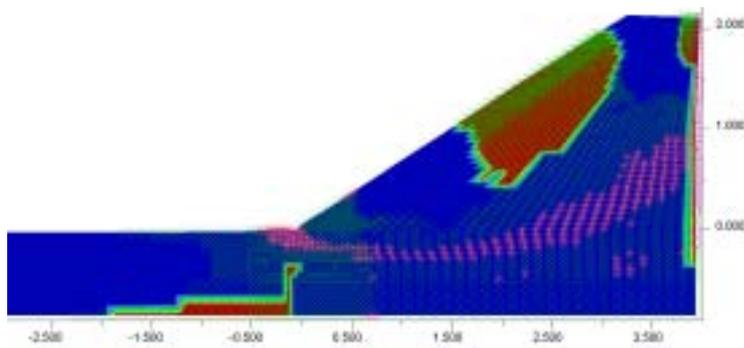


図-6 降伏領域 (赤い) と引張り応力が発生した領域 (黒い) の分布 (ケース1, 時刻18:00)

【参考文献】

1) 海野, 他: 河川管理用光ファイバセンサーの開発, 第34回地盤工学研究発表会, pp.175~176, 1997. 2) 久楽: 盛土構造物の崩壊と対策に関する研究, 土木研究所資料, 第2017号, 1983. 3) 建設省治水課: 河川堤防の浸透に対する調査要領, 1997.10. 4) 西垣, 他: 有限要素法による飽和不飽和浸透流解析, 地盤工学会関西支部, 1999. 5) Cundall, P.A. and Board, M.: A Microcomputer Program for Modeling Large-Strain Plasticity Problems, Proc. 6th IACMAG, vol.3, pp.2101-2108, 1988