

浸透に伴う河川堤防内の崩壊挙動に関する実大模型実験

国土交通省 遠賀川工事事務所 ○辰本 卓 海野修司
日建設計 片上典久 石井武司
中央大学 斎藤邦夫

1. まえがき わが国は、地形的な特徴から低平地の面積が少ないうえに、河川の氾濫区域内には国民の半数、資産の約8割が集中している。また、日本固有の気象条件や近年の異常気象から、局地的な豪雨により計画高水位を上回り、河川堤防が決壊することにより多大な洪水被害を及ぼすこともある。

現在、河川堤防の管理は、平常時、洪水時にパトロールを行い異常箇所については維持補修対策を行っているものの、異常出水時における被災箇所の把握は難しく、地域全体での危機管理体制の確立が急務となっている。住民の生命、財産を守る使命にある河川管理者の立場から、河川堤防の挙動を把握することにより異常事態が発生する前に最善の対策を考える必要がある。

本検討では、河川水位が上昇しその水が堤体内へ浸透することによって生じる堤体の変形挙動を堤防センサーを利用して明らかにし、堤体管理の基礎資料を得る事を目的として実大模型実験を行った。

2. 実大模型実験 浸透に伴う崩壊事例の多い地盤は砂質土で構成されている。そこで、堤体と基盤層は同一の砂質土とした。

実験に用いた地盤材料は、茨城県行方郡麻生町から採取した砂である。材料の物理特性を表-1に示す。

実大模型実験の地盤の断面図ならびに平面図を図-1に示す。

地盤内の水位は、基礎地盤の底面に圧力センサーを設け水圧を計測した。堤体の変形は、斜面上に変位杭を設けて移動量を、また、斜面内には深さ20cmに光ファイバーセンサーをV型に埋設し¹⁾ひずみを計測した。

模型堤体は、撒き出し厚30cmとし目標締め固め度(Dc)85%としてバイブレーションランマーを用いて転圧した。なお、密度の管理は、1層ごとの転圧終了後に現場密度試験を実施し、Dc=84%である事を確認した。

実験の手順は、先ず一次給水として基礎地盤の地表面と地表面の水位が一致するまで給水する。地下水が基礎地盤の地表面に一致した事を確認した後に二次給水として堤体内に給水を始め、堤体の水位が約7時間で基礎地盤から1.5mの高さになるように給水量を調整した。

3. 実験結果 実験の結果は、浸潤面の変化と地表面の観察の結果、法先から崩壊開始位置までの距離、変位杭の移動、光ファイバーセンサーの応答の関係について記す。

二次給水を開始してから堤体内の地下水位の上昇過程を図-2に示す。同図に示すように、給水槽の水位が上昇するとともに堤体内の水位が上昇していることが確認できる。ただし、法先付近13:00を過ぎた頃から地下水位が地表面よりも高くなっているような値を示している。この時点では、崩壊が始まっているわけではなく、実際には地表面に水が薄く浮く程度ある。

表-1 地盤材料の特性

粒度特性	最大粒径	19.0mm
	細粒分含有率	7%
	均等係数 U_c	2.7
最大乾燥密度 ρ_{dmax}		1.660g/cm ³
透水係数 k	$D_c=90\%$	3.0×10^{-2} cm/sec
	$D_c=75\%$	4.6×10^{-3} cm/sec
せん断抵抗角 $\phi_d(D_c=85\%)$		32.4°
粘着力 c_d		2 kPa

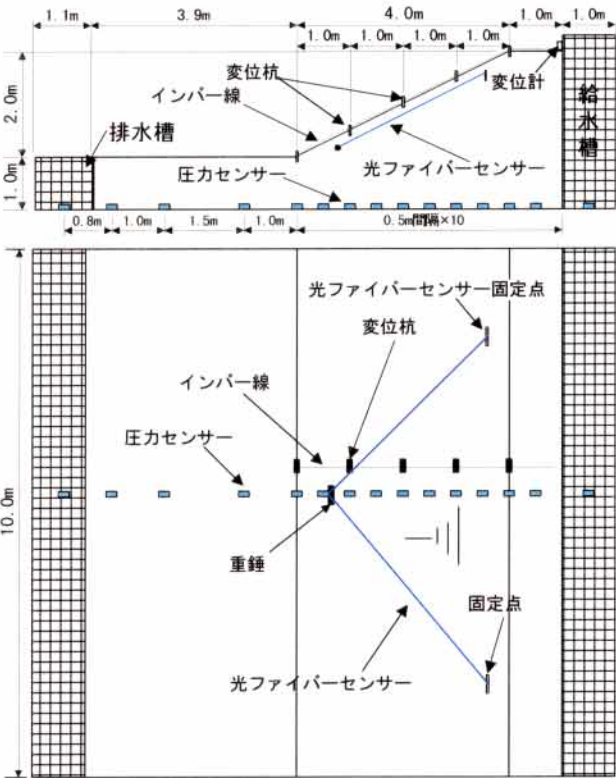


図-1 模型地盤

これは基礎地盤底面で測定した水圧から水位を求めているためにこのような値を示し、過剰な水圧が発生していると判断できる。

図-3 は、3ヶ所(法先、法先から水平距離で 1m の地点、法肩)に設置した変位杭の移動量と法先から崩壊が始まるまでの距離(以下崩壊線という)を L として時系列で表した。

法先の変位は 13:00 頃から上昇し始めており、これに続いて法先から 1m の地点での変位が生じている。いずれの地点も 16:00 を過ぎると急激に移動量が大きくなる。一方、法肩に設置した変位杭は、図-2 の法肩直下の水位と関係しており、水位が一定になると、変位杭の移動量が一定値を示す。

実際の崩壊状況を示す法先から崩壊線までの距離と対比させると、法先付近での変形が 4 時間程度早く発生している事がわかる。この時の法先付近は目視では確認できなかった。その後 1 時間経過した時には、写真-1 に示すように、長さ 5cm 程度のクラックが確認できた。

図-4 に光ファイバーセンサーの応答を示す。今回用いた光ファイバーセンサーは全長が約 8m であり、この間を 20cm 毎にひずみを求め、その最大値、最小値、平均値を示した。なお、光ファイバーセンサーは、埋設時に約 0.1% のひずみを与えており、そのひずみ量からの相対変化である。

光ファイバーセンサーの応答は、15:10 に全長でひずみが急増し最大値で 0.13% のひずみが発生している。しかしその後は急激に低下し、16:00～16:30 の間は最大値で 0.06% になっている。そして、16:50 頃に約 0.14% のひずみが発生し、その後は若干の減少が見られるが総じて増加する傾向にある。

光ファイバーセンサーの応答を変位杭ならびに目視観察による崩壊現象の挙動と比較すると、光ファイバーセンサーのひずみが急激に増加した 15:10 には、変位杭は既に移動が始まっている。また崩壊現象は未だ確認されていないが、既に法先付近にはクラックが確認されている段階である。

現段階では、15:10 頃に急激にひずみが増加した原因は明らかではないが、この頃を境にひずみが確実に増加している。

4.まとめ 光ファイバーセンサーにより堤体の崩壊監視システムを構築する上で、如何に早い時点で崩壊の予知を行うことが重要な課題である。今回の実験検討では、その一端を把握する事が出来た。今後は、光ファイバーセンサーの応答と地盤の変形を関連付け、最適な方法で光ファイバーセンサーの設置法を検討する予定である。

1)藤井厚企他,光ファイバーセンサーを応用した堤体変状監視システムの適用性検討,第 34 回地盤工学研究発表会,pp173～174,1999 年 7 月

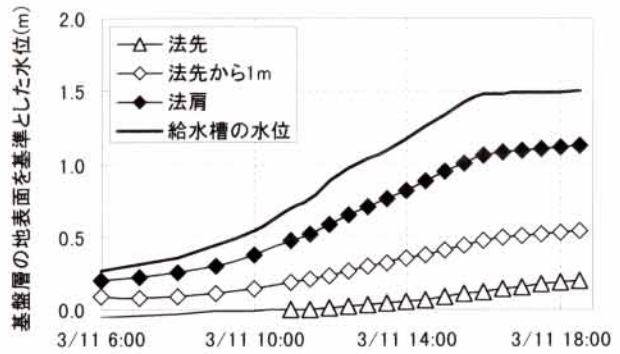


図-2 地下水位の上昇

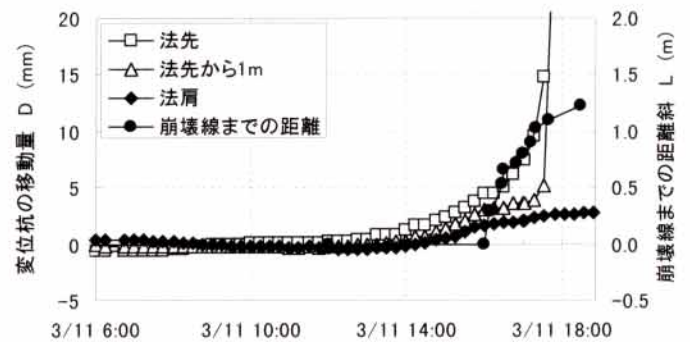


図-3 変位杭の挙動と崩壊線の距離の関係

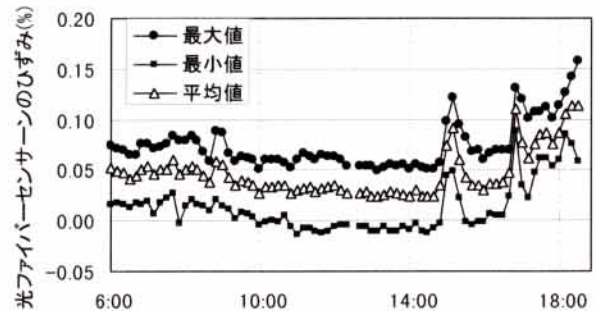


図-4 光ファイバーセンサーの応答

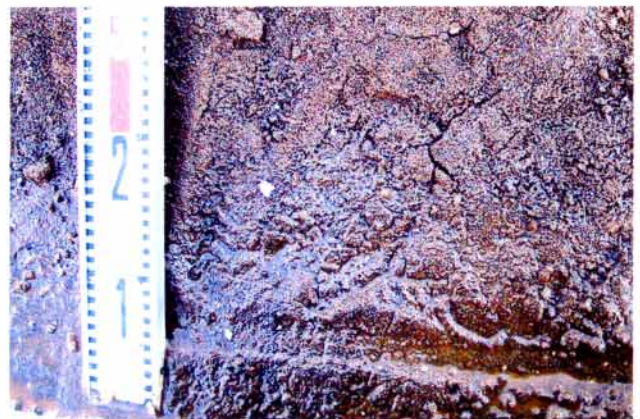


写真-1 法先付近に発生したクラック

今回の実験検討では、その一端を把握する事が出来た。今後は、光ファイバーセンサーの応答と地盤の変形を関連付け、最適な方法で光ファイバーセンサーの設置法を検討する予定である。

1)藤井厚企他,光ファイバーセンサーを応用した堤体変状監視システムの適用性検討,第 34 回地盤工学研究発表会,pp173～174,1999 年 7 月