

河川堤防の浸水時のエアブロー現象とその対策工に関する実験的考察

岐阜大学工学部 正会員 神谷浩二
 岐阜大学大学院 学生会員 ○山田周作
 前田建設工業(元 岐阜大学院生) 堀 裕貴
 太陽工業(株) 正会員 石田正利

1. まえがき： 不飽和な河川堤防が豪雨時に浸水を受けたとき、堤防内部で間隙空気が封入されその圧力が増大し、更には、封入空気が地表面から噴発するエアブロー現象が確認されている。そのため、堤防内部の間隙空気のスムーズな排出を確保するとともに浸透を抑制するシートの敷設が検討されている¹⁾。本報告は、不飽和な模型地盤に対する降雨や河川水を想定した浸水実験に基づいて、浸水時の間隙空気の挙動を考察するとともに、そのシート敷設によるエアブロー現象への対策の有効性を基礎的に検討したものである。

2. 不飽和な模型地盤への浸水実験

(1) 装置： 図1は、不飽和地盤の降雨と河川水の浸水を想定した鉛直一次元実験装置の概要を示したものである。装置は、試料を充填する試料管(内径 $\phi 20\text{cm}$ 、長さ 100cm のアクリル製の円筒管)、降雨浸水させるための散水装置、河川水を想定して試料層下部から浸水させるための貯水管(内径 $\phi 13\text{cm}$ 、長さ 200cm の塩ビ管)、試料層内の間隙水圧 u_w (kPa)、間隙空気圧 u_a (kPa)、飽和度 S_r (%)のそれぞれを測定するための間隙水圧計、間隙空気圧計、水分計によって構成されている。なお、これらのセンサーはそれぞれ試料層表面からの深さ $z = 15, 35, 55, 75, 95\text{cm}$ の箇所に設置した。所定の間隙比 e で作製した湿潤試料層に対して、まず、地表面において降雨を先行して所定量 R (mm/hr)で降らせ、 $z = 15\text{cm}$ のセンサーに降雨浸水が達したときに、貯水管の水位(初期は試料層下端に位置)を速度 v_H (cm/s)で上昇させることによって、試料層下部から浸水を開始する。このとき、散水からの経過時間 t (min)における間隙水圧 u_w 、間隙空気圧 u_a 、飽和度 S_r をそれぞれ測定し、貯水管水位が試料層表面と同じ位置に達したときに実験を終了した。

(2) 試料とケース： 試料には硅砂 8 号(50%粒径 $D_{50} = 0.099\text{mm}$ 、均等係数 $U_c = 3.9$)を用い、試料層の間隙比 $e = 0.850$ とした。浸水実験は、試料層の上面にエアブロー現象の対策シートを敷設する場合としない場合の2つのケースとし、いずれの場合も降雨量 $R = 40\text{mm/hr}$ 、貯水管水位上昇速度 $v_H = 100\text{cm/hr}$ とした。ところで、シートは、図2に示すように、透気性を有した不透水性のフィルムとその両端を保護するための不織布の三層から成るものであり、不織布では微細な間隙空間が複雑に形成されている。シートの厚さは 0.3cm であり、透気係数(湿潤状態)は $k_a = 6.3 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ 、飽和透水係数 $k_w = 9.9 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ である²⁾。

3. 浸水に伴う間隙空気圧発生と地盤への影響： 図3は、試料層表面にシートを敷設していない場合での浸水実験時の飽和度、間隙水圧、間隙空気圧の経時変化を示したものである。河川浸水を開始して 15min ほど経過したときに試料層内全体で間隙空気圧が増加し始め(ただし、 $z = 95\text{cm}$ での空気圧増加は浸水飽和された試料層内で局所的に空気が封入されたことによるとみられる)、浸水を継続させることによって空気圧は 6kPa

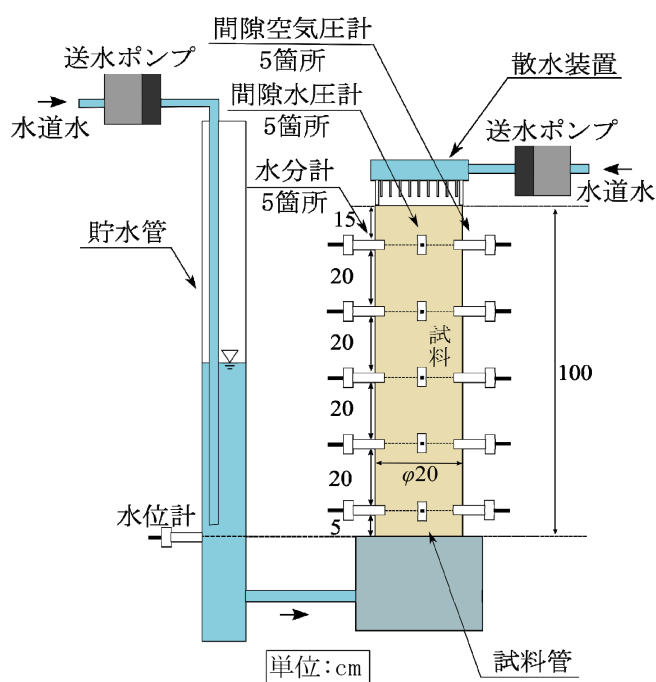


図1 模型地盤浸水実験装置の概要図

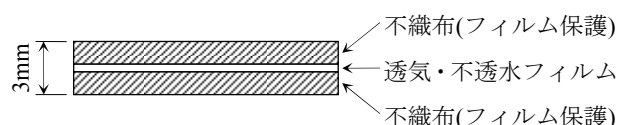


図2 シート断面の模式図

キーワード 間隙空気、透気性、ジオテキスタイル

連絡先 住所：〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 Tel&Fax：058-293-2421

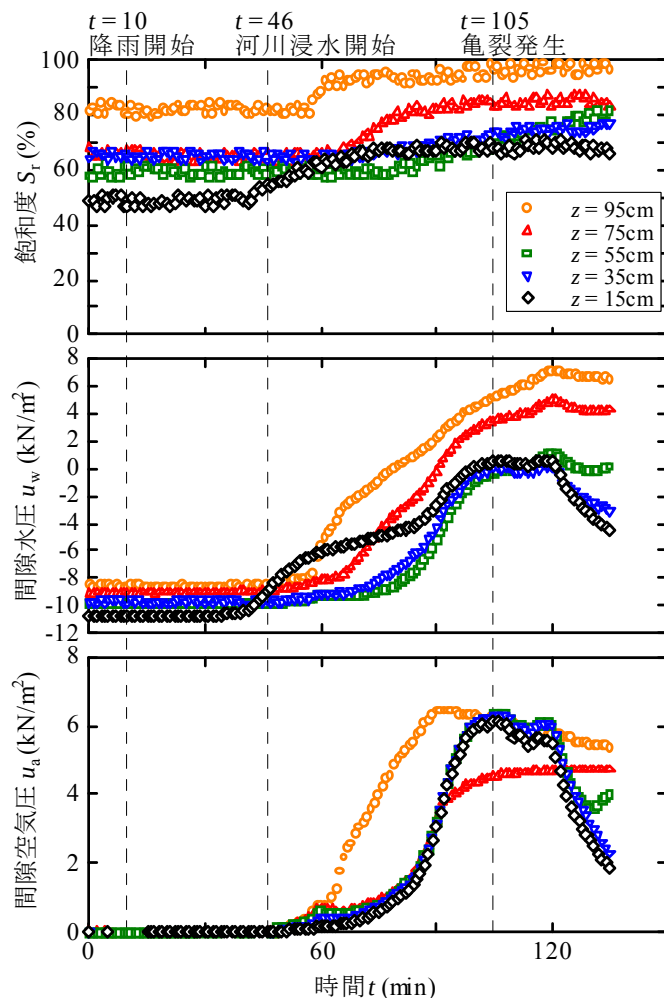


図3 浸水時の飽和度、間隙水圧、間隙空気圧の経時変化
(シート敷設なしの場合)

程度まで増大した。このとき、写真1に示すように、試料層表面から間隙空気が泡状に噴出し始め、更に、 $z = 10\text{cm}$ 程度の箇所で亀裂や土粒子の流動化が生じた。この破壊現象の後、間隙空気圧は徐々に減少した。間隙空気の封入とその圧力発生は、浸水時に地表付近の透気性が低下したために内部の空気の排出が困難になったことによると考えられる。

4. 対策シートの有効性： 図4は、試料層表面にシートを敷設した場合での浸水実験時の飽和度、間隙水圧、間隙空気圧の経時変化を示したものである。河川浸水を開始した直後あたりから間隙空気圧が増加し始めるが最大で 1kPa 程度であった($z = 95, 75\text{cm}$ での

空気圧増加は浸水飽和された試料層内で局所的に空気が封入されたことによる)。これは、シート敷設によって降雨の浸水が抑制され地表付近の飽和度増加が生じず、シート敷設なしの場合よりも高い透気性が維持されたことによると考えられる。なお、シート敷設によって上記3.の地盤の亀裂等の変状は認められなかった。

5. あとがき： 本報告では、不飽和地盤への浸水実験に基づいて、地表面のシート敷設によって、降雨や河川の浸水に伴う間隙空気圧の発生を抑制でき、また、亀裂等の破壊現象を防止できることが明らかになった。

【参考文献】1) 梶尾孝之, 石田正利, 山本正人: ジオシンセティックス(透気・遮水シート)の透気性能に関する基礎的実験, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集(第V部門), pp.673-674, 2009. 2) 神谷浩二, 石田正利, 高木英知: 間隙空気塊による堤防のエアブロー防止対策工の基礎実験, 河川技術論文集, Vol.18, pp.311-314, 2012.

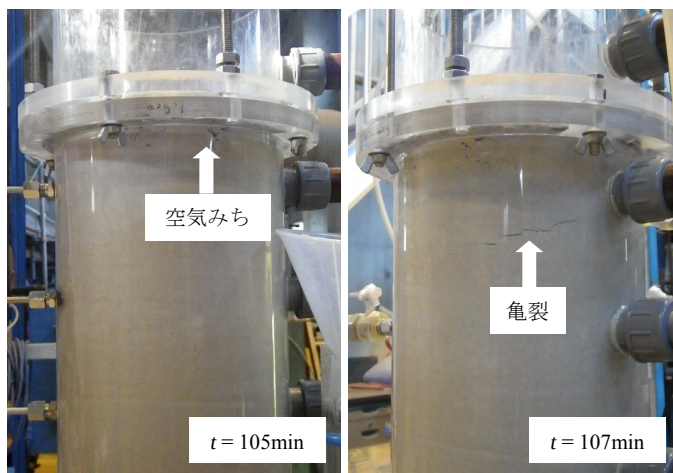


写真1 間隙空気圧による地盤の変状(シート敷設なしの場合)

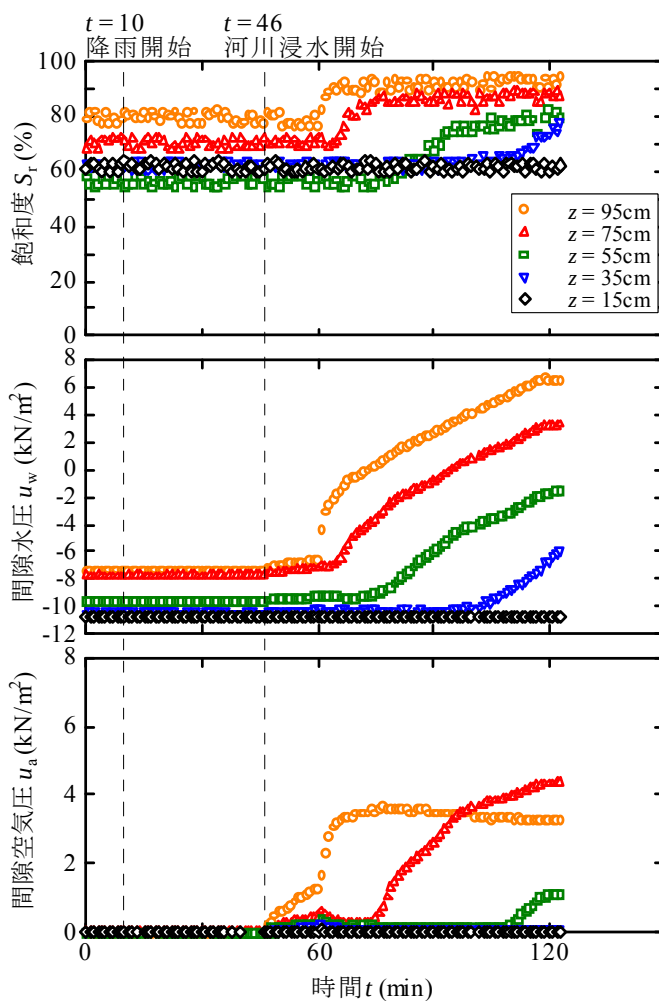


図4 浸水時の飽和度、間隙水圧、間隙空気圧の経時変化
(シート敷設ありの場合)