

# 河川堤防の浸水時における噴発現象発生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

**1. まえがき：** 不飽和な河川堤防が豪雨時に急激な浸水を受けたとき、堤防内部で間隙空気が封入されその圧力が増大して、空気塊が地表面から噴出する現象が確認されている。この現象は、堤防に亀裂等の損傷を与えるため、堤防の弱体化につながることを懸念される。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き、間隙空気圧の発生原因や噴発現象の特徴を考察した。

## 2. 模型地盤の浸水実験

**(1) 装置と方法：** 図-1 は、降雨と河川水による地盤への浸透を想定した浸水実験の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  $100\text{cm}$  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  $200\text{cm}$  の塩ビ管)、試料層内の飽和度  $S_r(\%)$  と間隙空気圧  $u_a(\text{kN/m}^2)$  のそれぞれを測定するための水分計と間隙空気圧計によって構成されている。なお、水分計と間隙空気圧計のそれぞれは、試料層表面からの深さ  $z = 5, 15, 35, 65, 85\text{cm}$  の箇所に設置した。所定の間隙比  $e$  による試料層に、地表面において降雨を先行して所定量  $R(\text{mm/hr})$  で降らせ、深さ  $z = 15\text{cm}$  に降雨による浸潤面が達したときに、貯水管の水位(初期は試料層下端に位置)を速度  $v_H$  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、散水開始からの経過時間  $t(\text{min})$  における飽和度  $S_r$ 、間隙空気圧  $u_a$  をそれぞれ測定した。そして、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。

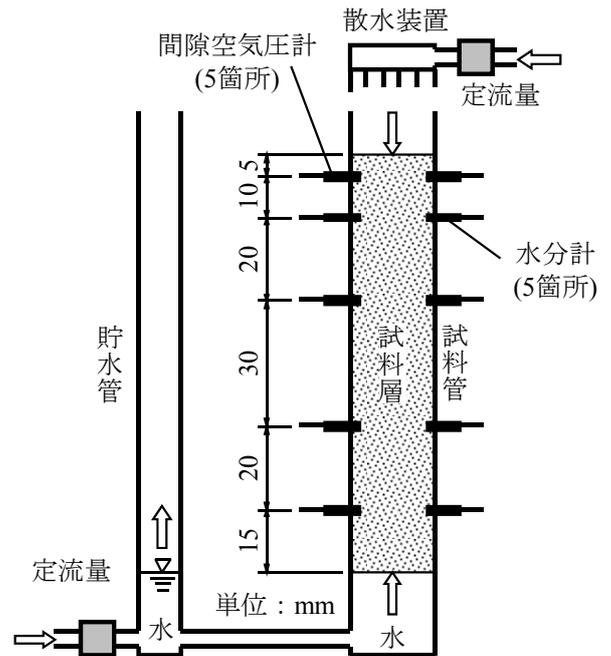


図-1 模型地盤浸水実験装置の概要図

表-1 浸水実験のケース

ケース	初期の含水状態	降雨量 $R(\text{mm/hr})$	貯水管水位上昇速度 $v_H(\text{cm/hr})$
W-1	湿潤	40	100
W-2	湿潤	60	100
W-3	湿潤	80	100
D-1	乾燥	40	100
D-2	乾燥	60	100
D-3	乾燥	80	100

**(2) 試料と実験ケース：** 試料には珪砂 8 号を用い、試料層の間隙比  $e = 0.850$  とした。そして、表-1 に示すように、試料層の初期含水状態、降雨量  $R$ 、貯水管水位上昇速度  $v_H$  による 6 ケースの実験を行った。なお、表-1 の

初期が湿潤状態である試料層は、乾燥試料を用いて作製した試料層に貯水管水位を上昇させながら浸水させ、その後に試料層下端から 24 時間程度で重力排水させることによって用意したものである。

**3. 浸水時の飽和度、間隙空気圧の経時変化：** 図-2 は、表-1 の実験ケース W-3、D-1 と D-3 のそれぞれを例に、飽和度  $S_r$ 、間隙空気圧  $u_a$  の経時変化を示したものである。ケース W-1~3 と D-1 では、図-2(a) と (b) のように、試料層下部からの浸水を開始した後に、僅かな間隙空気圧が一時的に発生する。なお、特に試料層下方( $z = 35, 65, 85\text{cm}$ )において、間隙空気圧が増加する場合があるが、これは、下部からの浸水によって飽和度が 90%ほどに高まって局所的に間隙空気が封入されたことによると想像される。ケース D-2 と D-3 では、図-2(c) のように、下部からの浸水を開始した後に、試料層のほぼ全体で間隙空気が増加し始め、間隙空気圧が  $5\sim 6\text{kN/m}^2$  程度に達したときに地表面付近での亀裂発生といった破壊現象が観察された(後述の写真-1 参照)。試料層表面付近( $z = 5\text{cm}$ )の飽和度の最大値を調べると、ケース W-1 では  $S_r = 81.0\%$ 、W-2 で  $S_r = 86.1\%$ 、

W-3 で  $S_r = 86.4\%$  であり、ケース D-1 で  $S_r = 78.8\%$ 、D-2 で  $S_r = 88.5\%$ 、D-3 で  $S_r = 88.5\%$  である。即ち、降雨量を増加させることによって地表面付近の飽和度が増加し、間隙空気圧発生にはそれによる透気性の低下が大きく影響すると考えられる。しかしながら、ケース W-2 や W-3 では、ケース D-2 や D-3 での地表面付近の飽和度と同程度であるが、顕著な間隙空気圧が発生していない。図-2(a) と (c) を比較すると、W-3 では、D-3 に比べると、初期の飽和度が高く、また、浸水時の飽和度の増加量が少ない。即ち、不飽和地盤が浸水を受けたとき、排出すべき間隙空気量がある程度以上に多く、また、地表面付近の透気性の低下によってその排出を阻害する条件の場合に、間隙空気圧が発生することが考えられる。

**4. 間隙空気圧増大に伴う破壊現象：** 写真-1 は、ケース D-3 について、間隙空気圧が増加したときの試料層の変化の様子を示したものである。ケース D-2 と D-3 では、間隙空気圧が増加し始め、 $5\sim 6\text{kN/m}^2$  程度の空気圧に達したとき、試料層表面から間隙空気が泡状に噴出し始め、更に空気圧の増加に伴って、地表面付近で局所的な亀裂や土粒子の流動化が生じ、その後、それより深部の  $z = 10\text{cm}$  程度の箇所でも水平方向に大きな亀裂が生じてその上部の土塊が持ち上げられた。

**5. あとがき：** 本報告では、不飽和な模型地盤への降雨や河川水の浸透を想定した浸水実験に基づいて、地盤の排出すべき間隙空気量が多い低含水比状態にあり、また、地表面において排出を阻害するような透気性低下が生じた場合に、間隙空気が封入されその圧力が発生すること、間隙空気圧の増大に伴って、模型地盤の地表面からの間隙空気の噴出や地表付近での亀裂等の破壊現象が生じることが得られた。



写真-1 間隙空気圧発生による地盤変状(ケース D-3)

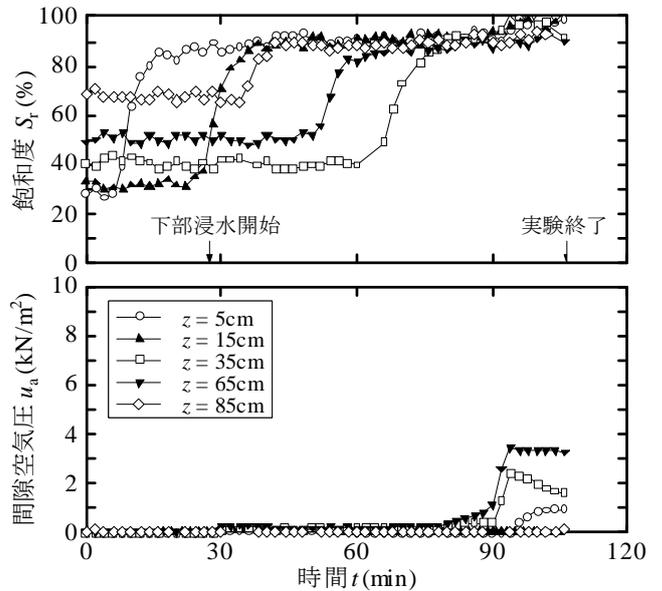


図-2(a) 飽和度, 間隙空気圧の経時変化(ケース W-3)

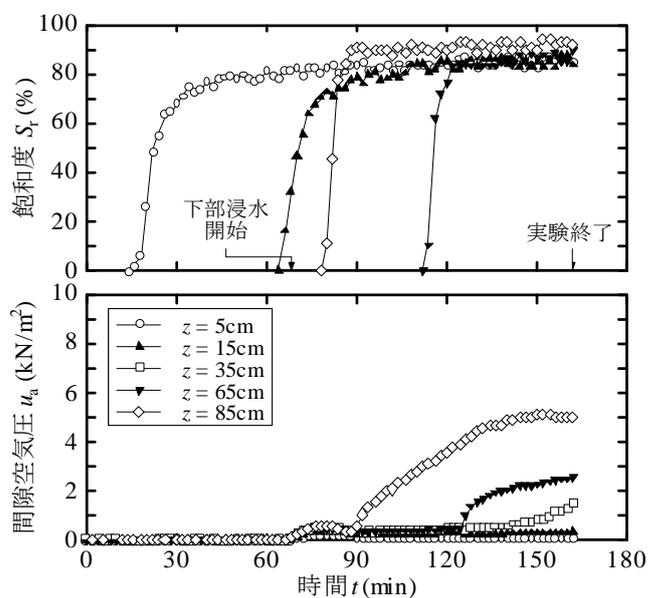


図-2(b) 飽和度, 間隙空気圧の経時変化(ケース D-1)

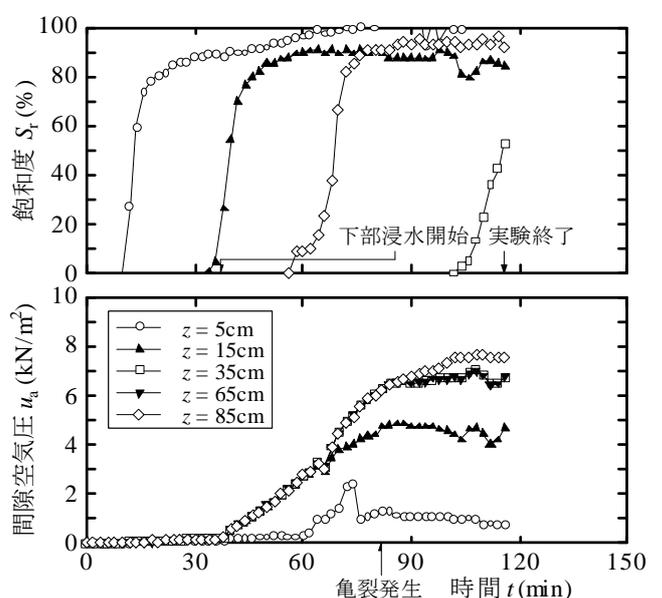


図-2(c) 飽和度, 間隙空気圧の経時変化(ケース D-3)