

不飽和土の降雨浸透時における間隙空気挙動の考察

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 ○白根 岳 堀 裕貴

1. まえがき

不飽和な河川堤防等が急激な浸水を受けたときに間隙空気が封入され空気圧発生する事態を背景に、本報告は、不飽和土に人工降雨を浸透させる実験に基づき、浸水時における間隙空気の挙動を基礎的に考察したものである。

2. 鉛直一次元降雨浸透実験

(1) 装置と方法

図1は降雨浸透実験装置の概要を示したものである。所定の間隙比 e で炉乾燥試料を円筒管(アクリル製、長さ 80cm、内径 $\phi 20$ cm)に充填して試料層を作製する。その試料層に人工降雨装置を用いて所定の降雨量で約 30 分間散水し浸水させた後に、24 時間放置させて、試料層の飽和度分布がほぼ平衡に達したものを初期状態とした。そして、所定の降雨量 R (mm/hr)で散水を開始し、散水からの経過時間 t (min)における間隙水圧 u_w (kPa)、間隙空気圧 u_a (kPa)、飽和度 S_r (%)の変化をそれぞれ測定した。また、散水停止後の間隙水圧、間隙空気圧、飽和度の経時変化も測定した。なお、間隙水圧計(u_w 測定)、間隙空気圧計(u_a 測定)、水分計(S_r 測定)を試料層表面からの深さ $z = 5, 15, 25, 35, 45$ cm の箇所を設置した。

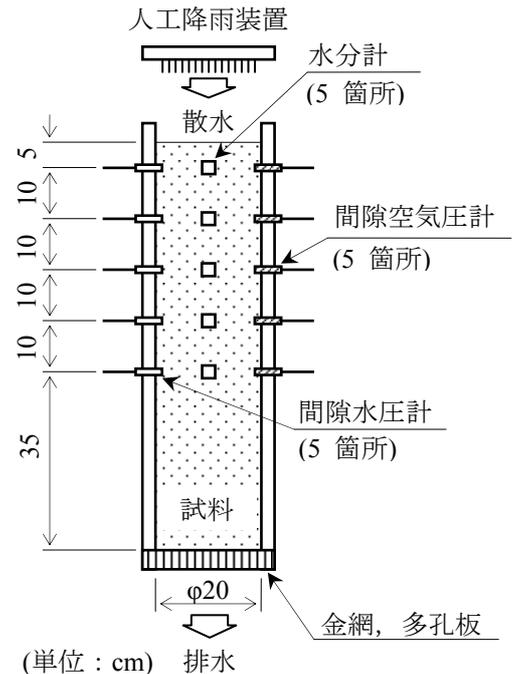


図1 降雨浸透実験装置の概要

(2) 試料

試料には珪砂 7号(50%粒径 $D_{50} = 0.188$ mm, 均等係数 $U_c = 1.8$)を用いた。試料層の間隙比 $e = 0.850$ とした。実験では、降雨量 $R = 100, 200, 300, 400$ mm/hr の 4 種類で、散水時間を 30 分間とした。

(3) 間隙水圧・空気圧、飽和度の経時変化

図2と図3はそれぞれ、 $R = 100, 300$ mm/hr の場合について、散水とその停止後の合わせた経過時間 $t = 60$ min までの間隙水圧、間隙空気圧、飽和度の経時変化を示したものである。散水開始後の浸水に伴い、試料層表面付近から順に、間隙水圧と飽和度の値は速やかに上昇し、散水停止後は緩やかに減少する傾向が認められる。一方、 $R = 100$ mm/hr の場合では間隙空気圧の発生が認められず、 $R = 200$ mm/hr の場合では微小な間隙空気圧が確認された。そして、 $R = 300$ mm/hr、 400 mm/hr では最大で 2~2.5kPa 程度の空気圧が発生した。浸水速度を、浸潤面の移動速度に基づき試算すると、 $R = 200$ mm/hr の場合では 1.7cm/min、 $R = 300$ mm/hr では 2.2cm/min であり、本報告の試料では、浸水速度が 2cm/min 程度を超えると空気圧発生が顕著であった。なお、 $R = 400$ mm/hr の場合では、散水開始から $t = 10$ min ほど経過したときに試料層表面で湛水が生じ始めた。

3. 降雨浸透に伴う間隙空気・水の挙動

(1) 間隙空気の挙動

図2と図3を比較して、散水に伴い試料層表面付近($z = 5$ cm)では、降雨量 $R = 100$ mm/hr のとき飽和度 $S_r = 70\%$ 程度、 $R = 300$ mm/hr のとき $S_r = 90\%$ 程度に増加した。即ち、間隙空気圧の発生には、表面付近の飽和度の増加量とそれによる透気性の低下(排気条件の変化)が関係していると考えられる。図3に示した $R = 300$ mm/hr の場合について、試料層表面付近($z = 5$ cm)の飽和度が 80%程度に達したとき、 $z = 5 \sim 45$ cm 範囲での間隙空気圧が徐々に増加し始

キーワード 間隙空気圧, 降雨量, 透気性

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

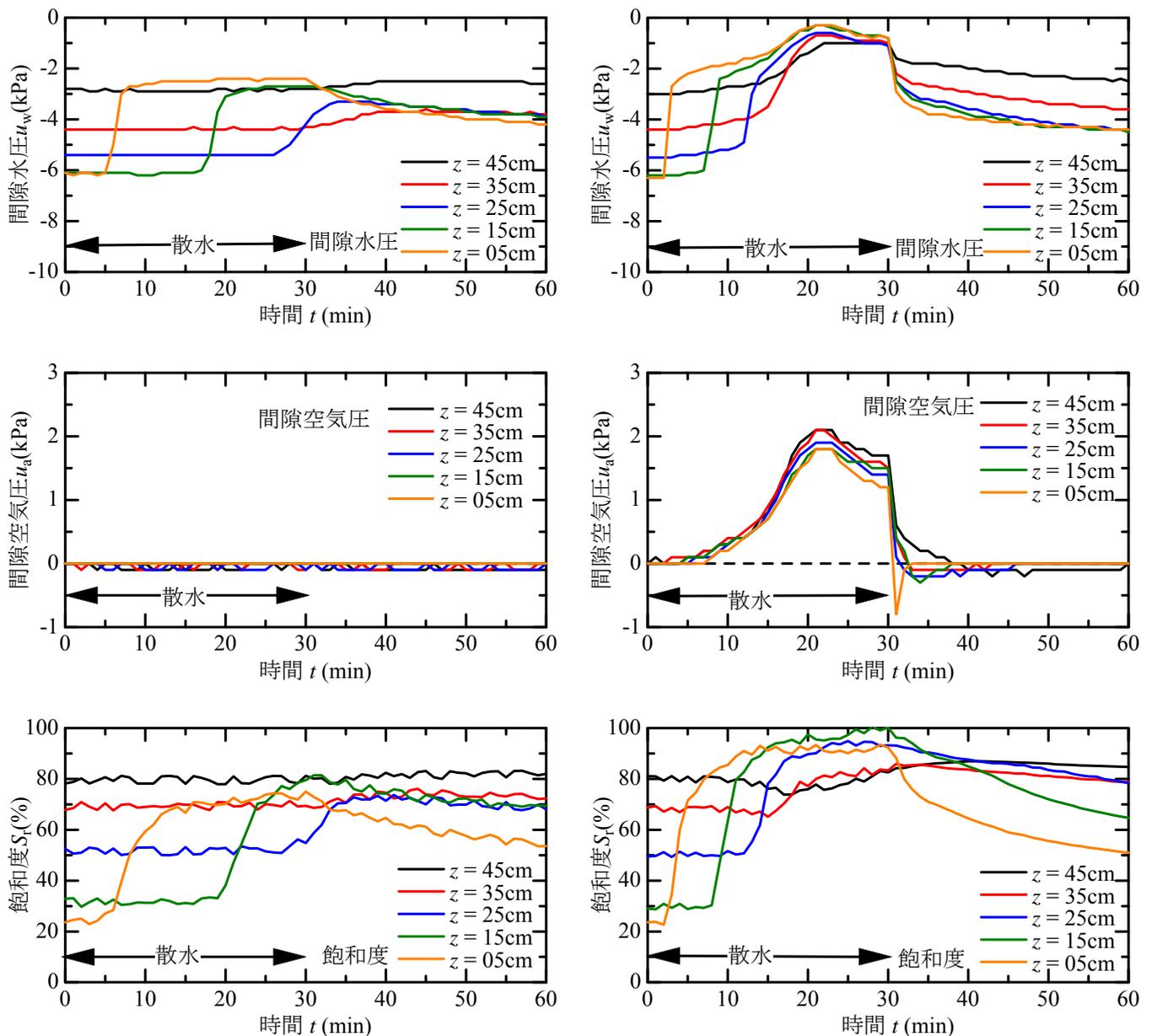


図2 間隙水圧・空気圧, 飽和度の経時変化($R=100\text{mm/hr}$) 図3 間隙水圧・空気圧, 飽和度の経時変化($R=300\text{mm/hr}$)

め、深さによらず同じ大きさになる傾向がある。そして、間隙空気圧は、 2kPa 程度に達した後に減少し始める。そのとき、 $z=5\sim 45\text{cm}$ 範囲での空気圧は、下方での値が大きく、上方に向かって小さくなる分布を形成していて、試料層内で鉛直上向きの空気流が生じているとみられる。即ち、その空気圧減少は、試料層表面から内部の空気排出によるものとみられる。なお、散水停止後には、 $z=5\text{cm}$ での空気圧が負値に変化することが得られ、その付近での間隙空気が膨張しているともみられるが、この原因については今後の課題である。

(2) 空気圧発生による透水性への影響

図3によれば、散水時には、間隙水圧は間隙空気圧の発生に伴って増加する関係にある。一方、試料層下方($z=35, 45\text{cm}$)では、空気圧の増加に伴い飽和度が減少し、浸潤面の到達した後に飽和度が増加する傾向が認められる。即ち、空気圧発生によって、試料層下方では間隙水が鉛直下向き流れで移動している。

4. あとがき

本報告では、不飽和土の降雨浸透実験に基づき、浸水時の間隙空気の挙動を考察した。その結果、降雨量(浸水速度)を増加させると間隙空気圧が発生し易い傾向にあり、それは地表面付近の飽和度増加・透気性低下が関係していると考えられたことなどを示した。