

## 降雨に伴う土槽内の飽和度サクシオン分布の変化

神戸大学大学院自然科学研究科 学生会員 藤川 和彦 汪 偉川  
 JFE エンジニアリング（株） 正会員 櫻井 健一  
 神戸大学工学部 正会員 河井 克之 飯塚 敦

## 1. はじめに:

不飽和地盤では間隙を埋め尽くす間隙水をバルク水、土粒子接点近傍のみをとりまく間隙水をメニスカス水と呼び、このような間隙水分布の違いが不飽和土の力学的挙動に影響を及ぼす<sup>1)</sup>。降雨、蒸発散といった水循環で地表面の不飽和帯は大気と地下水の間であり、降雨がその強度によって地盤内の水分変化にどのように影響するかを定量化する事は重要である。本研究の目的は降雨実験により両者の関係を検討することにある。

## 2. 試料および試験方法:

本研究で用いた人工砂浜に用いられる砂質土の粒径加積曲線を図-1 に示し、図-2 に実験に用いた土槽模型概要図を示す。土槽は5つの分解可能なモールドから成り、それぞれ ADR 土壌水分計とテンシオメーターを設置できるようになっている。土槽下部にポーラスストーンを設け、土壌の流出を防ぐ。試験時には、まず含水比 10% に調整された試料をモールドに投入、乾燥密度  $1.50\text{g/cm}^3$  になるように 2.5kg ランマーで締固めを行った。その際、センサーの損傷を防ぐために、ダミーを挿入しておき、締固め完了後にセンサーを設置した。5層目まで締固めを行い試料高が 1.0m になるように整形し、下部から試料上端まで土槽内水位を段階的に上昇させ、センサーの計測値が定常状態になるのを待つ。その後水位を段階的に下降させセンサー値が定常状態になった後、降雨試験を開始する。降雨はスプリンクラーをモータと連動させて回転させることによって散水し、さらにふるいによって水滴を細かくすることによって表現する。また流量バルブを介し、所定の水量を供給することによって降雨強度を調整した。表-1 に各ケースの降雨量、土槽内の間隙比、乾燥密度、降雨開始直前の飽和度の平均値を示す。また土槽は下層から順に1層、2層、3層、4層そして最上層を5層とした。

## 3. 試験結果と考察:

一例として Case3 の結果を図-3 に示す。上は水位上昇下降時、下は降雨試験時の図である。下の図より降雨が土槽上層から浸透していく様子がうかがえる。降雨がもたらす土槽内部への影響を見るため降雨の浸透前後での間隙比、飽和度の値をとりその変化量をケース毎にまとめその結果を図-4 に示す。図よりすべてのケースにおいて1層目の変化量は他層に比べて小さく2層目~4層目の変化量はほぼ等しいといえる。これは降雨試験開始直前の水位を土槽下端に設定したので毛管作用によって飽和帯が1層目のセンサー付近まで上昇しているためである。1層目は降雨が到達する以前から飽和に近い状態であるため飽和度、間隙水圧の変

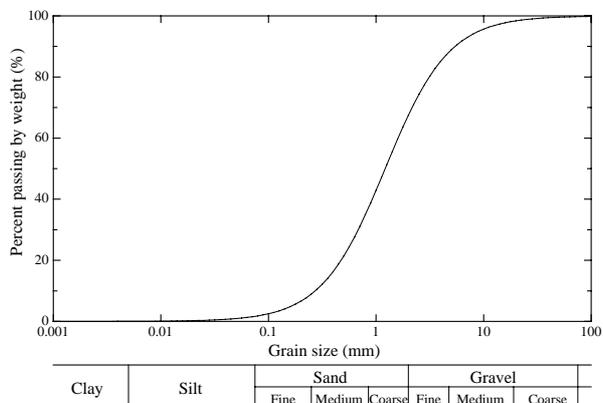


図-1 粒径加積曲線

	Rainfall intensity (mm/hour)	Dry density (g/cm <sup>3</sup> )	Void ratio	Saturation at the beginning of rainfall (%)
Case1	9.5	1.61	0.65	57.1
Case2	20.7	1.57	0.69	56.9
Case3	30.2	1.59	0.67	49.3
Case4	39.8	1.61	0.66	62.2
Case5	50.9	1.59	0.67	54.2

表-1 各 Case 内容

Keyword: 降雨、土槽試験

連絡先 神戸大学工学部建設学科 飯塚敦

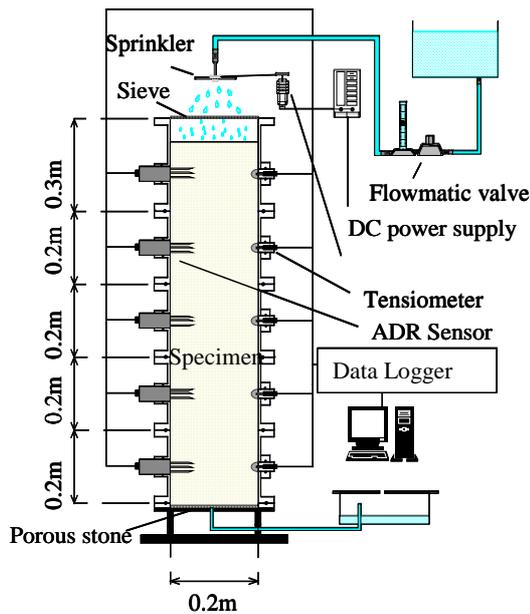


図-2 土槽模型図

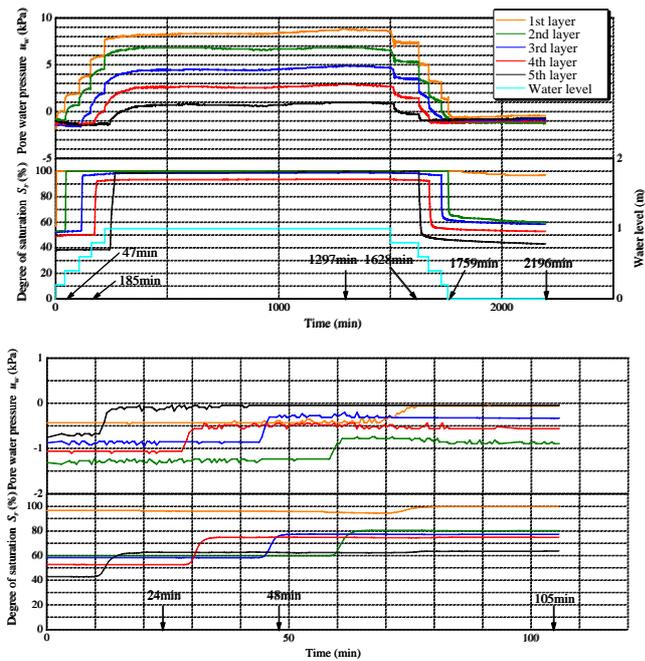
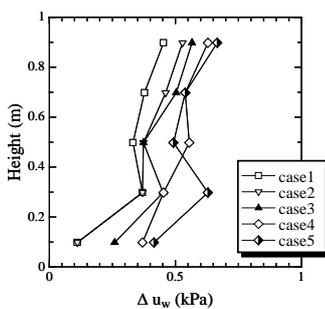
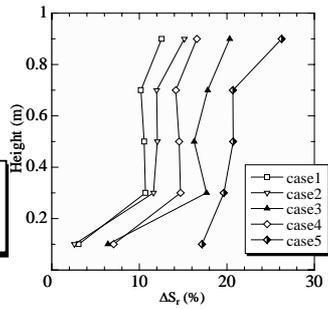


図-3 降雨試験結果（水位上昇下降（上）降雨試験（下））



(a) 間隙水圧変化



(b) 飽和度変化

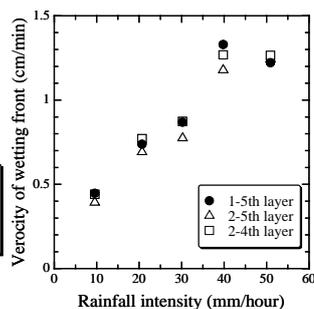


図-5 降雨強度と湿潤前線降下速度(左)と

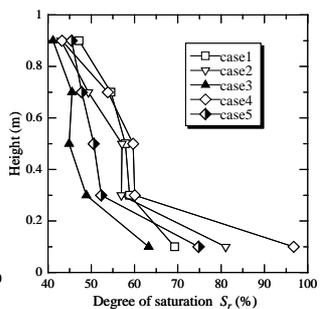


図-6 降雨開始前の飽和度(右)

図-4 降雨前後の状態深度分布

化量とも小さく2層目以上は降雨の浸透とともにそれぞれの値も上昇している。5層目はどのケースでも一番大きな変化量を示した。また層ごとにみると降雨強度が強くなるにつれて変化量も増加する。

降雨の浸透速度を表現するために、各センサーの反応時刻とセンサー間距離から速度を算出した。これを湿潤前線降下速度と呼び、その結果を図-5 に示す。また図-6 に降雨開始直前のケースの飽和度の深度分布を示す。図-5 より降雨強度と湿潤前線降下速度はほぼ比例関係にあるといえる。Case4 の湿潤前線降下速度の値が大きいのは図-6 より Case4 では他のケースに比べ降雨開始直前の飽和度が高かったためである。降雨強度が高いほど、又降雨試験直前の飽和度が高いほど湿潤前線降下速度が大きくなるのは間隙が水で満たされているほど、又供給される水の量が多いほど浸透の際に空気間隙を埋める時間が短くなるからである。

4. 結論:

今回の模型土槽による降雨試験から得られた結果を次に示す。

- ・ 降雨の浸透に伴う間隙水圧、飽和度の変化量は降雨強度に依存し、深度にも影響を受ける。地下水面付近では毛管作用により飽和度が高いため変化量は小さく地表面付近では常に水が供給されている状態になるので変化量は大きくなる。
- ・ 降雨の浸透を表現する湿潤前線降下速度は降雨強度に比例し、降雨前の土槽の飽和度にも依存する。浸透の際、空気間隙を埋める時間が短くなるため降雨強度が高いほど、又、飽和度が高いほど湿潤前線降下速度は大きくなる。

5. 参考文献:

1) 軽部ら：不飽和土の間隙水状態と土塊の力学的挙動の関係について，土木学会論文集、No.535, pp.83-92, 1966