

第Ⅲ部門

実験土槽における降雨浸透特性

神戸大学工学部	学生会員	○須谷 元保
神戸大学都市安全研究センター	正会員	飯塚 敦
神戸大学工学部	正会員	河井 克之
(株)日建ソイルリサーチ	正会員	汪 偉川

1. はじめに

実際の地盤の力学問題においてサクシヨンの果たす役割は大きく、降雨は地盤中のサクシヨンの変化に大きく影響を与える。そこで浸透解析において降雨を如何に表現するかを考えるためにも、降雨がその強度によって地盤内の水分変化に影響を与えるかを知ることが重要になってくる。本研究では、降雨浸透試験を行い、降雨強度と土槽中のサクシヨンの変化の関係について検討する。また不飽和土/水連成有限要素解析(DACSAR-U<sup>1)</sup>)を用いて実験のシミュレーションを行い、実験値との比較を行った。

2. 実験条件

本研究には人工海浜から採取した砂質土を用いている。図-2に実験に用いた土槽試験機の概要図を示す。土槽は5つの分解可能なモールドからなり、それぞれ ADR 土壌水分計とテンシオメーター設置できるようになっている。まず試料の含水比を 2.5%に調整し、モールド上部から漏斗を用いて落下させた。その際目の大きさの違う5つのふるいを通させ、試料が均等に落下するようにした。またコラプスの発生を抑えるため、同時にモールド側面にハンマーで打撃を与えている。これを一層ごとに行い、供試体高さが 1.0mになるように設定した。供試体作製後、供試体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まで放置する。その後供試体下部から段階的に排水し水位を供試体下端まで下げ、放置した後降雨試験を行った。降雨はスプリンクラーによって散水し、さらにふるいによって水滴を細かくすることによって再現する。また流量計を用いて所定の流量を与えることによって降雨強度を調整している。表-1に各ケースの降雨強度と乾燥密度を示す。土槽は下から順に1~5層とした。

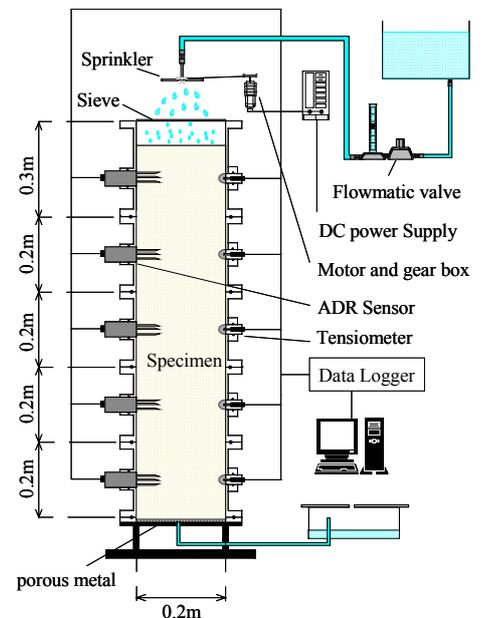


図-1 土槽試験機

3. 実験結果と考察

実験より得られた Case4 の結果を図-3 に示す。間隙水圧・飽和度ともに上層から順に値が上昇しており、降雨の浸透の様子がうかがえる。またセンサーの反応時間とセンサー間の距離より湿潤前線降下速度を算出し、降雨強度との関係を図-4 に示す。図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ことが分かる。次に、降雨による間隙水圧変化量の分布より地表面間隙水圧変化量を求め、降雨強度との関係を図-5 に示す。降雨強度 30mm/hour のケースでの変化量が大きく出ているが、これは他のケースに比べて乾燥密度が 1.46g/cm<sup>3</sup> と低くなっているためと考えられる。それを除くと地表面間隙水圧の変化量は降雨強度とともに増加する傾向にあることが分かる。

	降雨強度 (mm/hour)	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )
Case1	10.0	1.52
Case2	20.0	1.52
Case3	30.0	1.46
Case4	40.0	1.52
Case5	50.0	1.54

表-1 実験ケース

Motoyasu SUTANI, Atsushi IIZUKA, Katsuyuki KAWAI, Weichuan WANG

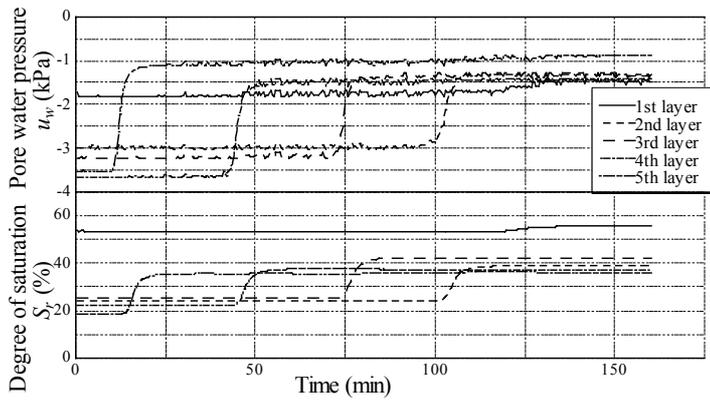


図-2 降雨時の間隙水圧・飽和度の変化

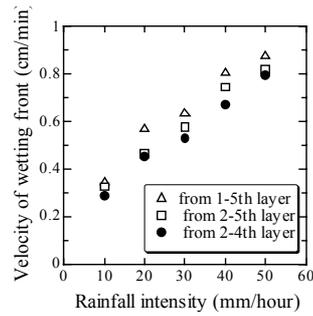


図-3 湿潤前線降下速度  
～降雨強度

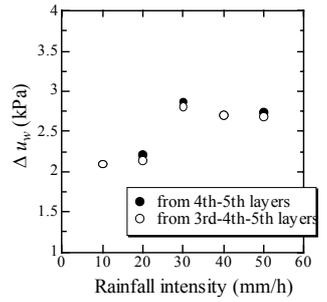


図-4 地表面間隙水圧  
変化量～降雨強度

#### 4. 解析結果

不飽和土/水連成有限要素解析プログラム(DACSAR-U)を用いて降雨実験のシミュレーションを行った。降雨の表現として、実験より得られた間隙水圧増分と降雨強度の関係をもとに上端境界に降雨強度に対応する水頭増分を与えるケースと、降雨強度相当の流量を上端境界に与えるケースの2種類を行った。各境界条件により得られた降雨開始時と降雨後定常時の間隙水圧分布を実験での結果とともに図-5に示す。各降雨強度、各境界条件で実験値とよく一致しており、どちらの境界条件でも降雨の影響をうまく再現できている。なお、有限要素解析では、河井ら<sup>1)</sup>による弾塑性構成式を用い、乾燥と湿潤過程で描くヒステリシスを考慮した水分特性曲線を考慮している。

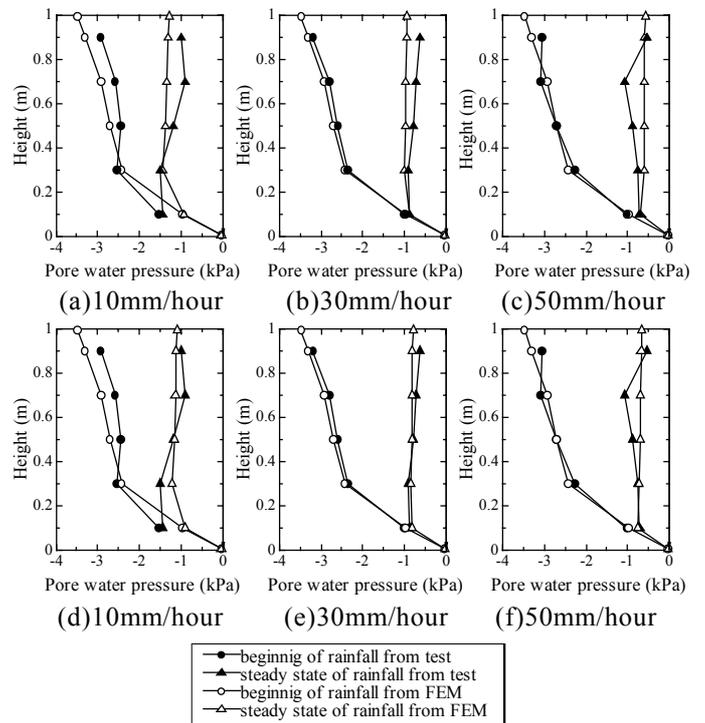


図-5 降雨開始時と降雨浸透後定常時の間隙水圧分布  
(上段：水頭境界条件，下段：流量境界条件)

#### 5. まとめ

- ・ 降雨浸透の速さを示す湿潤前線降下速度は降雨強度に比例増加する。
- ・ 降雨による地表面間隙水圧変化量は降雨強度に依存する。また、試料の乾燥密度にも影響を受けると考えられる。
- ・ 実験から得られた降雨強度と地表面間隙水圧の関係より、水頭境界条件または流量境界条件で降雨を表現した実験のシミュレーションを行い、どちらの境界条件でも実験での降雨による間隙水圧分布変化を再現することができた。

#### 参考文献

1)河井克之, 汪偉川, 飯塚敦: 既存の不飽和土構成モデルの解釈および水分特性曲線ヒステリシスを考慮したモデルの一般的な表現方法, 応用力学論文集, Vol.7, pp.505-513, 2004.