第Ⅲ部門

京都大学大学院	学生員	\bigcirc Jing	Wang
京都大学工学部		金野	直道
京都大学大学院	正会員	乾	徹
京都大学大学院	正会員	高井	敦史
京都大学大学院	正会員	勝見	武

<u>1. はじめに</u>

自然由来の重金属を含む土壌・岩石の対策方 法の一つとして、ソイルカバーを用いた遮水工が 考えられる。ソイルカバーは遮水シートのように 盛土とのすべりが生じないために構造が安定して いる。図1にソイルカバーの模式図を示す。我が 国のような湿潤で降水量の多い条件下でのソイル カバーの降雨浸透制御特性に関する研究例はほと んどみられない。また、管理された条件下で締め

固められた低透水性の土での降雨浸透に関する研究も十分に行われていない。そこで本研究では、ソイルカバーの降雨浸透制御特性を評価することを目的とし、カラム内に締め固めたまさ土を用いて、比較的大きな降雨強度での降雨浸透実験を行った。

2. 実験方法

本研究ではソイルカバーの覆土部分に着目し、締め固めしやすい代表的な 砂質土であるまさ土を用いて降雨浸透実験を行い、ソイルカバーの覆土層の

降雨浸透制御特性を評価した。降雨浸透実験はカラム内にソ イルカバーの覆土層を模擬した締め固めたまさ土を設置し、 カラム上部から雨水を想定した定流量の水を供給することで、 一定の降雨強度での降雨浸透現象を再現する実験である。実 験装置の概略図を図2に示す。実験に用いたまさ土の各種物 性値を表1に、水分特性曲線を図3に示す。本研究では、テ ンシオメーター(サンケイ理化㈱:SK-5500AET)を供試体 上面から8.96 cm の位置でカラム内部に貫入しており、降雨 に伴う内圧の変化が連続的に測定可能である。供試体は直径 15.0 cm、高さは29.4 cm であり、乾燥密度1.87 g/cm³で締め 固めたまさ土を用いた。供試体表面からの排水量、底部から





表1 使用材料の各種物性値

50%粒径 (mm)	0.47
均等係数	6.23
曲率係数	1.13
土粒子密度 (g/cm ³)	2.67
最適含水比 (%)	12.8
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.91
飽和透水係数 (m/s)	1.33×10 ⁻⁵



図3 まさ土の水分特性曲線

の浸透量、供試体の内圧を時系列で毎分測定し、これらの値が定常状態になったことを確認した後、降雨を停止 した。その後もカラムからの排水過程での計測を続ける。実施した 5 種類の降雨パターンを表 2 に示す。各試験 条件は、次の通りである。Case A は試料を締め固めたのみで降雨履歴のない降雨(降雨強度 30 mm/h)、Case B は Case A の降雨停止後、供試体の内圧が定常状態(本研究では内圧が-6.3 cmH₂O 付近の値で定常となることを 指す)になった後に降雨を始める降雨履歴のある降雨(降雨強度 30 mm/h)、Case C は Case B の降雨停止後、供 試体の内圧が定常状態になる前に降雨 を始める降雨(降雨強度 30 mm/h)、 Case DはCase Cの降雨停止後、供試体 の内圧が定常状態になった後に降雨を 始める降雨(降雨強度 10 mm/h)、Case EはCase Dの降雨停止後、供試体の内 圧が定常状態になった後に降雨を始め る降雨(降雨強度 50 mm/h)、である。 各降雨パターンにおける降雨継続時間 と降雨総量は表 2 に示すとおりである。

3. 実験結果及び考察

表 2 に各降雨パターンにおける実験 結果を示す。表より降雨履歴のある場 合は体積含水率が約 24.2%になると底部 浸透を開始し、また約 23.9%になると底 部浸透を終了することが分かる。全て のケースを通して、今回用いたまさ土 では底部浸透の開始・終了条件は体積 含水率に支配され、降雨強度や履歴に 依らず体積含水率は 24%前後の値を示 すことが分かる。しかし定常状態にお ける単位時間当たり底部浸透量が最も 大きかった Case E において遮水性能を

表2 各ケースにおける降雨パターンと実験結果

	Case A	Case B	Case C	Case D	Case E
降雨履歴	無	有	有	有	有
内圧の定常状態	—	確認	未確認	確認	確認
降雨強度(mm/h)	31.17	29.78	29.10	10.12	50.05
降雨継続時間(min)	415	468	240	334	415
降雨総量(g)	3809.7	4104.3	2056.8	995.3	6117.1
底部浸透開始時の	23.8	24.3	-	24.2	24.2
体積含水率(%)					
底部浸透終了時の	23.9	-	23.8	23.8	23.9
体積含水率(%)					
定常状態での単位時間	0.032	0.038	0.038	0.040	0.063
当たり底部浸透量(g/min)					
表面排水総量の降雨総量	99.0	99.3	99.5	97.7	99.4
に対する割合(%)					





評価した場合、透水係数に換算すると 5.92×10⁸ m/s となり、透水係数が 1.0×10⁸ m/s 以下で厚さ 50 cm 以上の粘 土層¹⁾を遮水工の遮水性能の基準とすれば、まさ土を用いた覆土のみでは十分な遮水性能を有しているとは言い 難いことが分かる。ここでソイルカバーのシステム全体での遮水性を考えると、覆土層を通過した水は排水層と 水理バリア層によって除去される。表面排水総量の降雨総量に対する割合が最も少ないのは Case D で、降雨総 量の 2.3%が浸透していることになる。その除去される割合を Case D の 97.7%と考えれば、自然由来重金属を含 む岩石・土壌へ到達する浸透量は最も危険側で 0.063 g/min×2.3% = 0.0015 g/min となり、透水係数では 1.36×10⁹ m/s に換算される。そのためソイルカバーのシステム全体では高い遮水性能を有する。図 4 に降雨浸透実験にお ける水収支を示す。この図より、降雨総量と表面排水総量が全体を通してほぼ一致していることからも、降雨の 大部分が表面排水されていることが分かる。ここで内圧が正の値を示しているのは、不飽和浸透に伴う圧入空気 による正の圧力がテンシオメーターに負荷したことが原因していると考えられる。

<u>4. おわりに</u>

底部浸透開始・終了条件は体積含水率に支配される。降雨最中、体積含水率が特定の値になった時に底部からの浸透が始まり、降雨停止後、特定の体積含水率になった時に底部からの浸透は終了する。また、まさ土を用いたソイルカバーの覆土層単体では遮水工として十分な遮水性能を有し得ないが、ソイルカバーのシステム全体で考えると覆土層を通過した水は排水層と水理バリア層によって除去されることから、透水係数が 1.0×10⁸ m/s 以下に相当すると考えられ、自然由来重金属を含有する土壌・岩石の対策工としての適用が考えられる。

[参考文献]

 独立行政法人 土木研究所(2010):建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル (暫定版) (案).