

様々な地下水水流速条件下での微生物活性化による透水性低下量の評価 Permeability reduction due to microbial activation under various groundwater flow rates

吉田 綾¹, Theng Min Tay², 小島悠揮¹, 神谷浩二¹
Aya Yoshida¹, Theng Min Tay², Yuki Kojima¹, Kohji Kamiya¹

1. はじめに

地盤凍結工法では、凍結前に地盤の透水性を下げる薬液注入が行われる。しかし、薬液の地中残存が環境面から好ましくない。一方、土壤中に微生物が繁殖すると透水性が下がる bioclogging が知られている。これを人為的に発生させられれば環境負荷の小さい透水性低下ができる。しかし、水流条件下で bioclogging を発生させた研究例は少なく、また流速と透水性低下量の関係について知見が必要である。よって本研究は、様々な流速下において土壤内部に栄養剤を注入し、微生物を活性化させた際の透水性を評価した。

2. 実験材料と方法

鉛直上向き流れの定水位透水試験を行った(図1)。土壤試料は真砂土(砂97.3%, シルト0.4%, 粘土2.3%)を使用した。カラムは内径52 mm, 高さ220 mmである。カラム内に水中落下によって真砂土を充填した。ポーラスカップと圧力計を高さ $z = 25, 75, 125, 175$ mmの高さに設置し、各センサ間の水頭差を測定した。また、TDRプローブを高さ $z = 50, 100, 150$ mmに設置し、体積含水率を測定した。また、透水流量は排水量を電子天秤で計測した。

透水試験開始から約24時間経過後から、1日1回の頻度で $z = 25$ mmの位置からシリジポンプで50 mlの栄養剤(飽和スクロース溶液)を10時間かけて注入した。栄養剤注入

は7日間連続して行った。その後、2日間栄養剤を注入せずに透水を続けた。透水期間中、排水の濁度を濁度計で測定した。実験期間中の透水係数を圧力計および排水量より Darcy 則によって計算した。透水試験終了後、供試体を高さごとに三分割し、微生物含有量を強熱減量試験で測定した。表1に示すように、本研究では6種類の異なる条件下(動水勾配および栄養剤の注入の有無)で透水試験を実施した。

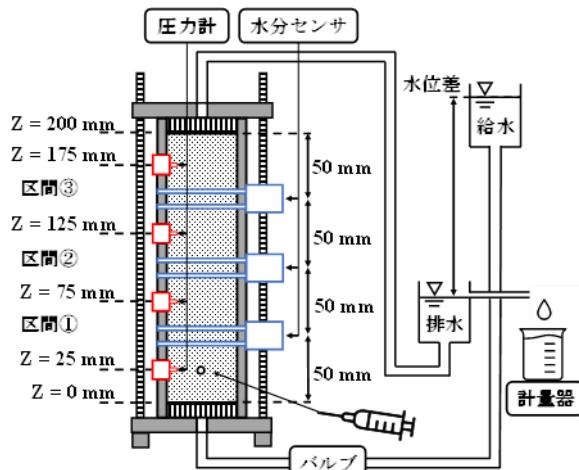


図1 透水試験装置の概要

表1 透水試験の各 case の条件

| Case | Hydraulic gradient | Injection of nutrients |
|------|--------------------|------------------------|
| 1 | 2 | No |
| 2 | 2 | Yes |
| 3 | 2.5 | Yes |
| 4 | 3 | No |
| 5 | 3 | Yes |
| 6 | 4 | Yes |

1) 岐阜大学工学部 Faculty of Engineering, Gifu University

2) 岐阜大学大学院自然科学技術研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Gifu University

キーワード: バイオクロッギング, 透水性, 地下水流速

3. 結果と考察

図 2 に透水係数を示した。栄養剤の注入がない case 1 と 4 では、期間中わずかな減少を示した。栄養剤を注入した case 2, 3, 5, 6 では、case 1 および 4 よりも小さい透水係数を示した。いずれの動水勾配においても栄養剤の添加によって bioclogging が発生できた。また動水勾配が大きいほど、最終的な透水係数は大きくなつた。動水勾配の増加によって透水性低下効果は抑制されたが、動水勾配が 4 の場合でも、地下水水流速に換算すると 533 cm d^{-1} から 140 cm d^{-1} まで低下させることができ、優れた水流抑制効果を持つことがわかつた。

図 3 に体積含水率を示した。栄養剤を注入しない case 1 と 4 では大きな変化が見られない。その一方で、栄養剤を注入した case では、体積含水率が低下する傾向があつた。微生物活動によるガス気泡の生成によると考えられる。体積含水率の低下量は動水勾配の増加に伴つて減少した。図 3 に排水濁度を示した。Case 1 と 4 はほぼ横ばいの傾向で、Case 2, 3, 5, 6 では濁度は時間の経過とともに増加した。また、動水勾配が大きいほど濁度の増加量が少なくなつた。さらに図 4 に透水試験後の強熱減量を示した。Control は実験前の真砂土の値である。いずれの場合でも Control より大きい値を示した。栄養剤を添加しない場合でも微生物が繁殖していた。栄養剤の注入した場合はさらに微生物繁殖量は大きかつた。動水勾配が大きくなるほどその増加量が小さくなつた。以上のことからも、土壤中の流速が大きくなると、炭素源として微生物が利用できる栄養剤の排水が早くなり、微生物の繁殖量が抑制されることが分かつた。

4. おわりに

地盤凍結工法へのバイオクロッギングの応用を将来的な目標とし、微生物活性化によ

る透水性低下に地下水水流速が与える影響を評価した。土壤中の流速が増加すると、栄養剤の土壤からの流出が早まるため、動水勾配の増加に伴つて、透水性低下量は減少した。それでも十分な地下水水流速の低下が期待できることが示された。今後は実用化に向けて透水性低下効果の持続時間や温度依存性などを評価する。

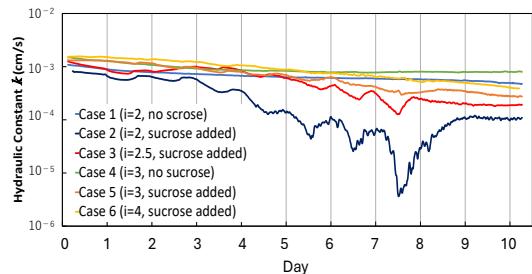


図 2 透水係数の時間変化

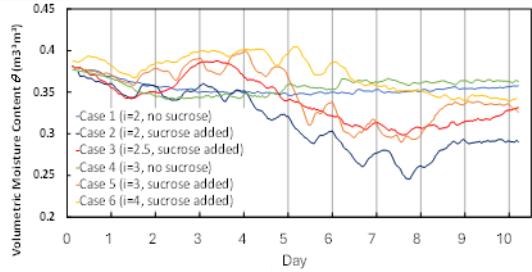


図 3 各ケースにおける透水試験結果

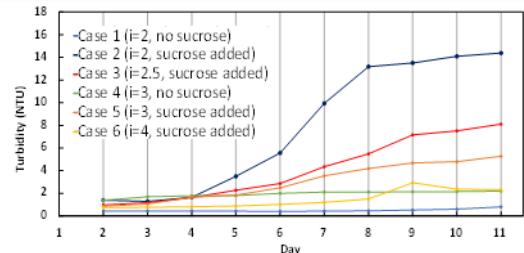


図 3 各ケースにおける透水試験結果

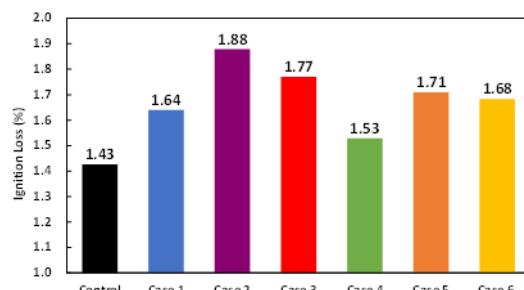


図 4 透水試験後の強熱減量