

室内試験による BioSealing 技術を用いた遮水効果の確認

地域 地盤 環境 研究所 正会員 ○譽田孝宏, 橋本正, 藤原照幸
 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 田中秀一郎
 Deltares John W. M. Lambert, M. P. Marien Harkes

1. はじめに 鉄道等の地下構造物の維持管理において、漏水問題は大きな課題の一つであり、対応策として背面地盤への薬液注入などが挙げられる。しかし、漏水箇所に対して止水対策を施した場合、一時的に止水できたとしても、別途弱部から漏水したり止水箇所から再度漏水したりする可能性があるなど、有効かつ確実な対策工が確立しているとは言えない。BioSealing 技術¹⁾は、地盤内に栄養溶液を注入することで土中に存在する微生物の代謝活動を活性化させ、その結果発生した生成物によって地盤の透水性を低下させる技術である。微生物による生成物が地下水流に乗って漏水箇所に自然に辿り着いて遮水する特性を有していることから、上記に示す問題を解決する遮水工法の1つとして有力であると考えられる。今回、日本で初めて「BioSealing 技術を用いた遮水工法」の効果確認のために現場実証実験²⁾を実施したが、ここではそれに先立って実施した室内試験について報告する。

2. BioSealing 技術の概要 BioSealing 技術は、オランダの GeoDelft(現 Deltares)が開発した新技術であり、自然土中に存在する微生物の代謝活動を活発化させて発生した生成物によって漏水箇所の止水性を高めるという周辺地盤環境に配慮した技術である。BioSealing 技術を用いた漏水箇所の止水プロセスを以下に示す。

- ① 地中に存在する嫌気性の硫酸塩還元細菌に対して栄養溶液を与える。栄養材は、Deltares からの推奨により、Nutrolase(オランダで精製した馬鈴薯澱粉製品残留物(濃縮じゃがいもジュース))を用いた。
- ② 硫酸塩還元細菌の代謝活動が活発化する(還元作用が促進する)ことにより、酸を生成する。
- ③ 生成した酸によって土粒子表面から削り取られた微粒子は、地下水流によって漏水箇所に運ばれる。
- ④ 代謝活動が活発化した硫酸塩還元細菌は EPS(Extracellular Poly-Saccharide, 細胞外多糖(ネバネバ成分))を分泌する。この EPS と③を合わせたバイオスライム(Cs²⁺, Fe²⁺, Mg²⁺等の集合体, 図-1 参照)が漏水箇所とその付近の土粒子間に付着し、目詰まりすることで止水性が高まる。

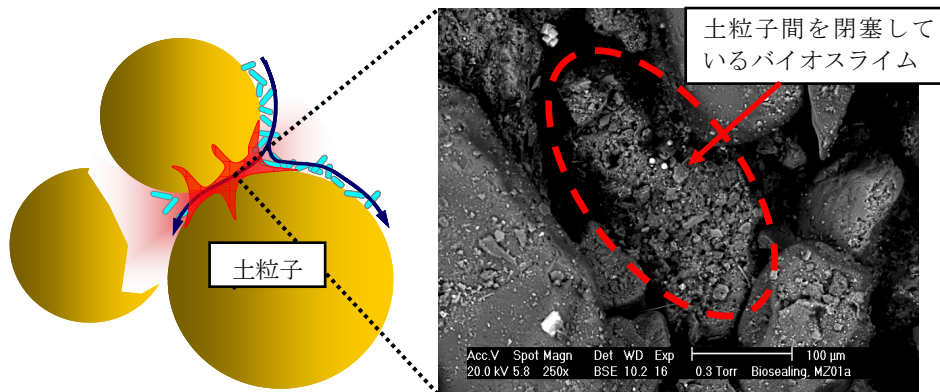


図-1 土粒子周辺に付着したバイオスライム

3. 室内試験の概要 室内試験装置を図-2 に示す。円筒形の試験カラム(ポリ塩化ビニル製)は、内径φ240mm、高さ1000mmであり、下部に水と栄養溶液を供給する開口部、上部に排水用の開口部を設けた。カラム内の試料土底面から450mm上部に漏水箇所に見立てた狭窄部(ポリ塩化ビニル製仕切板(厚さ20mm)の中央に直径30mmの穴)を設けた。また、カラム側面には、試験カラム内試料土(土柱)の水位を測定するために、ピエゾ管を100mm等間隔で6本取り付け付けた。試験カラムと水タンクを接続することによって常時水が供給できる構造となっており、水タンクはカラム頂部より180mm上方にあって常に水位を一定に保持する。また、各カラムの底部に設置したバルブを開閉して栄養溶液を供給する。試験中は、空調設備により室温を(22±2)℃に保ち、恒温室内での試験とした。BioSealing 技術による狭窄部の目詰まり現象発生のイメージを図-2 に示すが、室内試験では本狭窄部に目詰まりを生じさせ、カラム内に流入する水量を減少させることを目指すものである。

キーワード：嫌気性細菌, バイオスライム, 漏水, 遮水, 室内試験

連絡先 : 〒550-0012 大阪府大阪市西区立売堀 4-3-2 (株)地域 地盤 環境 研究所 TEL 06-6539-2971

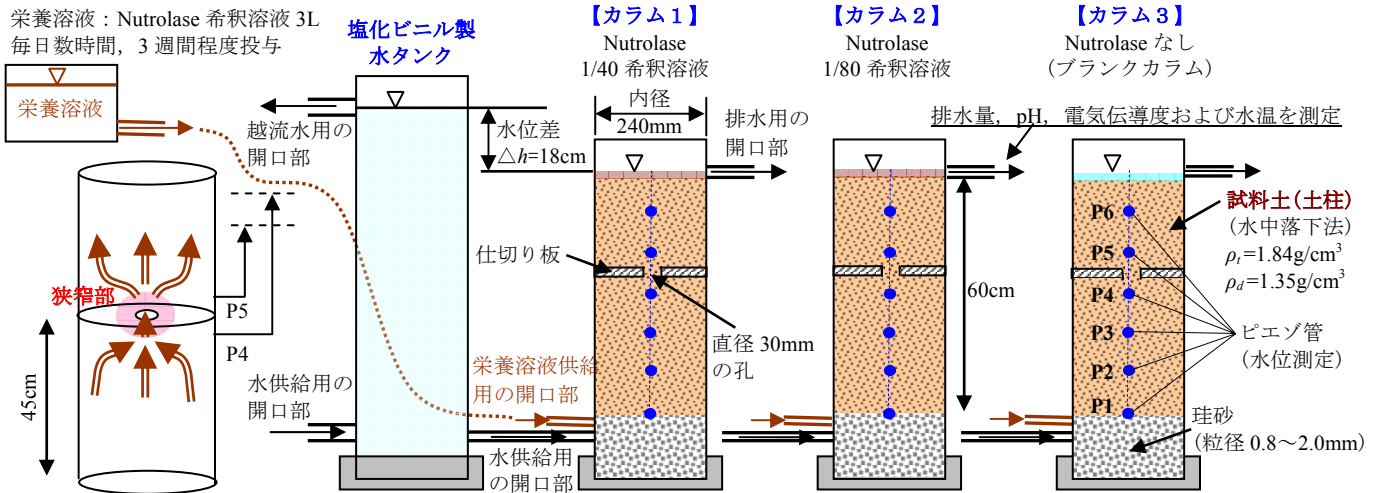


図-2 室内試験装置の概要および BioSealing 技術による狭窄部の目詰まりのイメージ

4. 室内試験の結果 各カラムの流量 Q およびクロッキングファクター C (図-3 右側参照)に関する経時変化を図-3 に示す。試験開始後 10 日間で全カラムの流量は減少し、その後 80 日後までに 1/40 カラムと 1/80 カラムにおいて 1~3 L/日程度まで流量が低下した。前者は、水が流れることによって試料土の密度が若干密になったことによる影響と考えられる。後者は、ブランクカラムの流量が 5 L/日程度で推移していることから、流量の低減(目詰まり)が確認できた。なお、1/40 カラムについては 100 日目以降に流量が増加傾向にあるが、これは、Nutrolase の分解反応による気体(CO₂ ガス)や水道水中の溶存空気が土中から抜け出す際に形成された微細な水みちによる影響と考えられる。220 日時点で全カラムを対象に発生気体の除去処理を実施した結果、その後 1/40 カラムの流量は 2~3 L/日、1/80 カラムの流量は 5~7L/日で推移した。また、ブランクカラムが比較的小さな C の値を維持しているのに対して、1/40 カラムと 1/80 カラムともに、大きく変動しながらも P4 と P5 間において C は増加しており、明らかに狭窄部において目詰まりが発生したことを確認した。

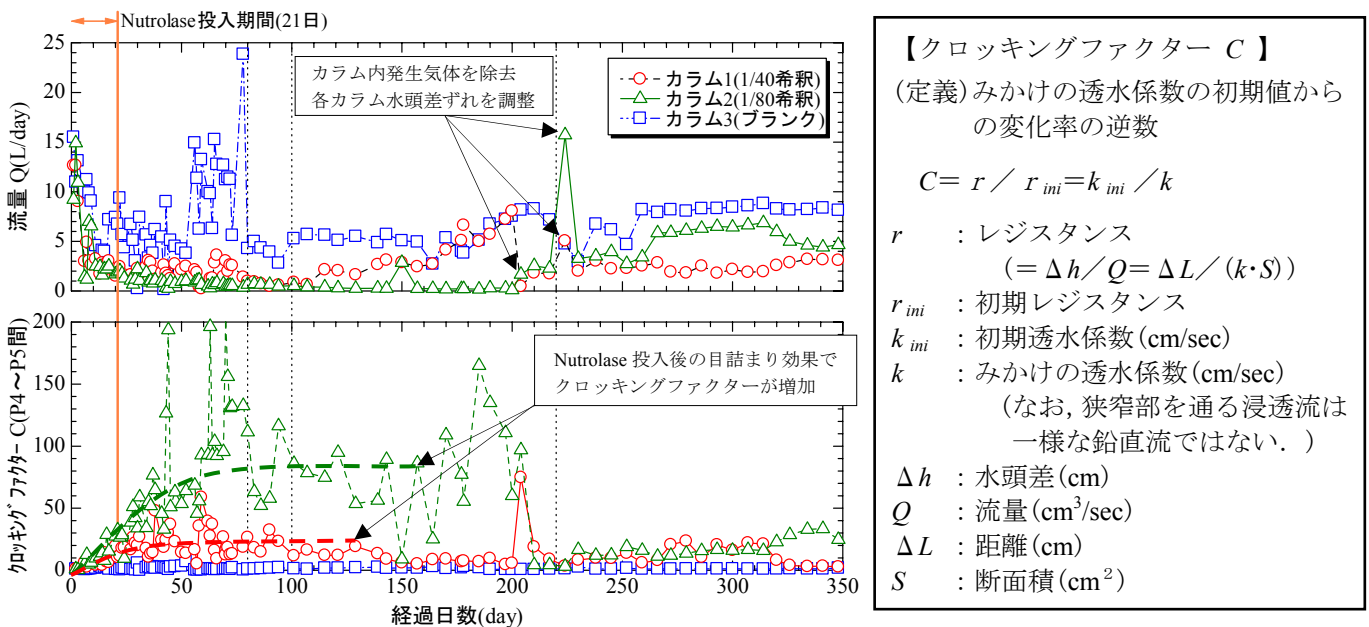


図-3 各カラムの流量 Q (上段) とクロッキングファクター C (下段)に関する経時変化図

5. おわりに 今回の室内試験の結果、Nutrolase 希釈溶液を加えたカラムの狭窄部において流量の低減が確認でき、目詰まりが発現したことを確認した。今後、カラムを解体して狭窄部周辺の土試料を目視確認するとともに、目詰まりに貢献したと思われる生成物を採取して詳細に分析する予定である。

参考文献 1) M. Blauw, J.W.M. Lambert and M.N. Latil : BioSealing: a method for in site sealing of leakages, *Proc. Int. Symp. Ground Improvement Technologies and Case Histories*, pp.125-130, 2009. 2) 田中, 小川, 大柳, 水原, 譽田, Lambert : BioSealing 技術を用いた遮水工の効果確認用現場実証実験, 土木学会第 67 回年次学術講演会(投稿中)。