

生石灰改良土を用いた自己修復性を有する高機能遮水材の開発

福岡大学工学部 学生会員 田岡 雄士郎 崎山 大星
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 我が国のため池は、老朽化をはじめ底泥の過剰堆積、豪雨による堤体の決壊や地震などの外力によりクラックが生じ、堤体のとしての機能が損なわれる問題を抱えている。そこで、著者らは、これらの問題を解決すべく、原位置発生泥土とベントナイトを混合し遮水性能を有するソイルベントナイト¹⁾に着目している。しかしながら一般的な土壌と違い、底泥を安定処理した改質土はpHが高く、ベントナイトを混合させても主要構成物であるモンモリロナイトが溶解・変質し、膨潤性能が得られにくいことが報告されている²⁾。そこで、この問題に対して添加材を加えることでpHの改善を図り、アルカリ性を呈する改質土に自己修復性を持たせた高機能な遮水材の開発を行っている³⁾。本報告では、遮水材の開発に当たり、特に添加材による膨潤性と透水性の改善効果について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料及び実験条件 実験には木節粘土を使用し、含水比を調整することで現場から採取される低品質な発生土を模擬した(以後、模擬土)。表-1に木節粘土の物理特性を示す。また、図-1に示すコーン指数試験結果から、木節粘土の含水比を26%に調整して第4種建設発生土(コーン指数 $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上)を再現した。なお、実験にはNa型ベントナイトを使用した。

2-2 実験方法及び実験内容 (a)膨潤性の把握 図-2に示すように、高機能遮水材(以後、遮水材)の開発にあたり2つのフローを検討した。

検討(a)では、模擬土に所定量の生石灰を加え改質土を作製し、この改質土にpH5~6の弱酸性を呈する粉体の粘性土(以後、添加材)を模擬土の乾燥質量に対して10%、ベントナイトを10%添加

表-1 物理特性

実験試料	木節粘土
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.690
自然含水比 $w_d(\%)$	3.9
液性限界 $w_L(\%)$	44.0
塑性限界 $w_p(\%)$	16.1
細粒分含有率 $F_c(\%)$	96.4
強熱減量 $I_g\text{-loss}(\%)$	6.5

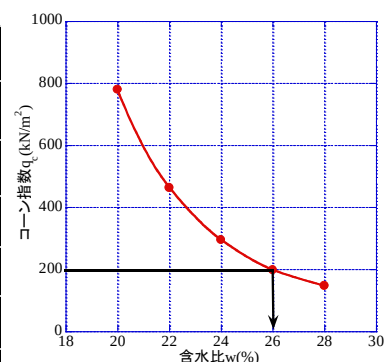


図-1 コーン試験結果



図-2 低品質発生土の処理フロー

表-2 膨潤試験の実験条件

母材	生石灰 (%)	添加剤添加率 (%)	Na型ベントナイト (%)
模擬土	1 2 3 5	10 30	10

表-3 変水位透水試験の実験条件

母材	生石灰 (%)	添加剤添加率 (%)	Na型ベントナイト (%)
模擬土	2	30	10

し、遮水材を作製した。一方、検討(b)ではあらかじめ模擬土に添加材を10%添加し1日養生させた後にベントナイトを10%添加して遮水材を作製した。表-2に膨潤試験の実験条件を示す。なお、予備実験において、検討(b)において高い膨潤性を示したことを踏まえ、本報告では検討(b)について報告する。膨潤試験は、メスシリンダーに100mLの蒸留水を加え、20gの遮水材料を0.2gずつ、10回に分けて入れ堆積させた。その後、7日間膨潤量を測定し、初期値で正規化して膨潤率 $\varepsilon_s(\%)$ を求めた。またpHが膨潤性に与える影響を把握するため、pH測定も同時に行った。

(b)遮水性の把握 遮水材の遮水性能を把握すべく、柔壁型透水型試験装置を用いて変水位透水試験(JIS A 1218)を行った。表-3に示す実験条件において作製した遮水材料を、直径10cm、高さ3cmのモールドに550kJ/m³の締固め仕事量で突き固めたものを試験に供した。供試体と排水経路全体が水没するようにセル内に水を満たし、30kPaの

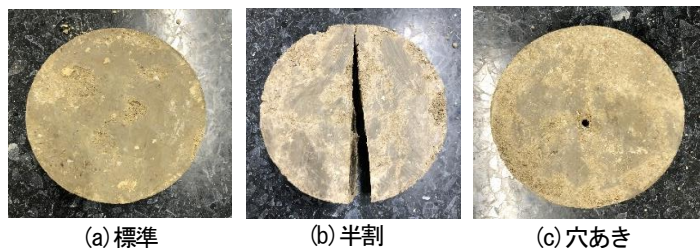


写真-1 供試体の条件

拘束圧を負荷させた後に通水を開始した。なお、通水は動水勾配が30となるように水頭差を与えて行っている。その後、流入量と流出量が等しくなったことを確認した後、透水係数の算出を行った。なお、膨潤性と透水性を把握するため、高井らの研究成果²⁾を参考に写真-1に示すように、通常の状態の他に供試体中央を切断した後に再度合わせた条件(以後、半割)、供試体中央に直径2mmの穴を開けた条件(以後、穴あき)の3条件で試験を実施し、時間経過に伴う透水係数の変化に着目した。

3. 実験結果及び考察

3-1 添加材混合による膨潤性の把握 図-3(a), (b)に添加材をそれぞれ 10%, 30%加えた遮水材の膨潤試験結果を示す。

(a) 添加材 10%においては、生石灰 1%, 2%において時間経過に伴う膨潤率の増加を確認することができ、6~8%程度の膨潤率を示すことが分かる。しかしながら、生石灰混入率の増加に伴い膨潤性能は失われ、生石灰 3%, 5%において膨潤効果はほとんど発揮されないことが分かる。同様に、(b) 添加率 30%においても、生石灰 5%では膨潤性能がみられないものの、生石灰添加率 1~3%においては時間経過に伴う膨潤率の増加が見られたことから、添加材混入率を増加させることで膨潤性能が改善できることを示唆している。ただし、添加材を増加させても膨潤率の大幅な増加に寄与するわけではないことには注意が必要である。図-4(a), (b)に添加材をそれぞれ 10%, 30%加えた場合の pH 測定結果を示している。いずれの添加率においても遮水材の pH は 12 以上と高いアルカリ性を呈しており、添加材の pH 調整剤としての効果は薄いことが分かる。しかしながら、アルカリ領域においても一定の膨潤性能が見られたことから、添加材中の交換性陽イオン H^+ が遮水材中のカルシウムイオンとイオン交換を生じさせ、モンモリロナイトの変質量を抑制したと考えられる。図-5 は、生石灰添加率における遮水材のコーン指数を示したものであり、いずれの条件においても建設機械の走行可能な要求性能⁴⁾($q_c=490kN/m^2$)を満たしていることが分かる。このことは、現場において刃金土として施工が可能であることを意味しているが、過度な改質は、細粒分含有率が減少し、透水係数を増加させることになり、遮水材としての機能を満足しなくなるため注意が必要である。

3-2 遮水材の自己修復性の把握 前述した膨潤試験において最も膨潤性能がみられた条件(表-3)を用いて、変水位透水試験を行った。図-6 に各損傷条件における経過日数と透水係数 k_{15} の関係を示す。今回の条件においては、経過日数 0 日の時点において刃金土の要求性能である $10^{-7}m/s$ 以下を満たしておらず、実現場での適用は難しいが、ここでは膨潤性能に着目して考察を行う。通常の状態に着目すると、経過日数の増加に伴い透水係数が 1 オーダー程度低下し、約 20 日で要求性能以下に至っている。これは膨潤に伴う間隙の減少によるものと考えられる。半割や穴空きにおいても通常の供試体と同様に経過日数の増加に伴う透水係数の経過がみられたことから、損傷部分が膨潤によって密実化されたことを示唆している。なお、通常と半割で透水係数に差がみられなかったのは、拘束圧の作用により亀裂部分が密着したためと考えられる。今後、要求性能を満足する条件や膨潤率について検討を行っていく必要がある。

4. まとめ 1) アルカリ性を呈する改質土に添加材とベントナイトを混合させることで、膨潤性能を発揮させることができる。2) 新しく提案した高機能遮水材は外力の作用を受け遮水材に損傷が生じた場合においても、自己修復性により透水係数を低下できることが示唆された。

【参考文献】 1) 高井敦史・乾徹・勝見武・嘉門雅史・荒木進：ソイルベントナイト連続遮水壁の遮水性能に及ぼす影響因子 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 68, No. 1, 1-14, 2012. 2) JNC：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 -地層処分研究開発第 2 次取りまとめ- <http://www.jnc.go.jp/kaihatu/tisou/2matome/souron/index.html> 3) 増永・嶋村・佐藤・藤川・古賀：生石灰改良を施した改質土の遮水材としての膨潤性改善効果の検討, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.443-444, 2020. 3. 4) 社団法人セメント協会：地盤改良マニュアル第 4 版, pp393, 2014.

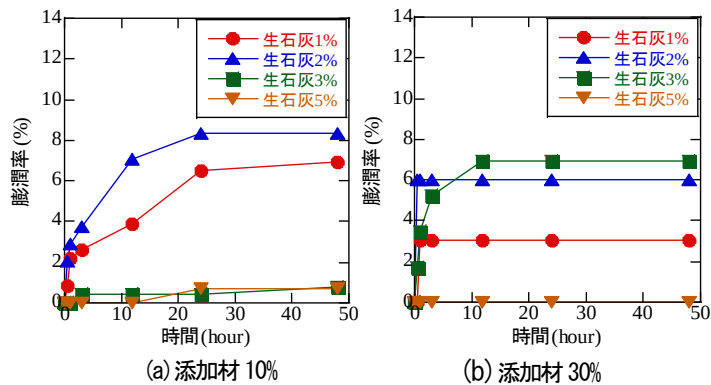


図-3 膨潤試験結果

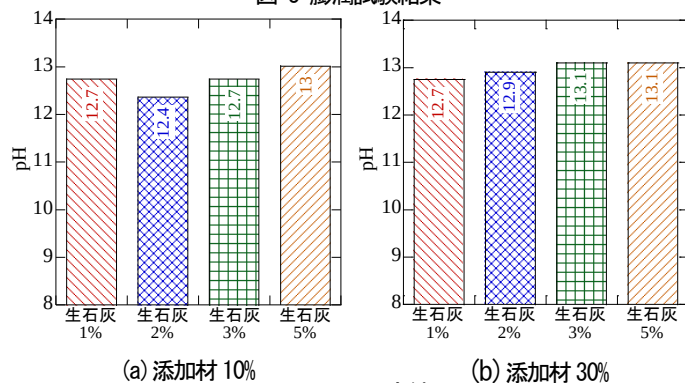


図-4 pH 測定結果

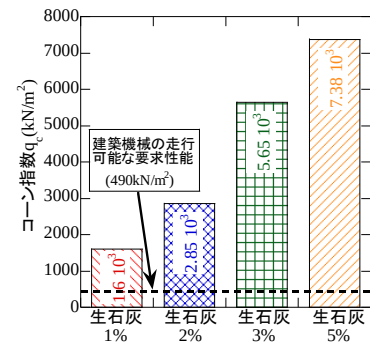


図-5 コーン試験結果 (添加材 10%)

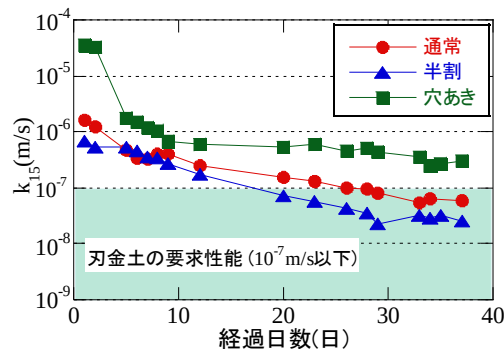


図-6 変水位透水試験結果 (添加材 30%)