

黒綿土の改質について

株式会社インボックス ○深見 文哉, 秋山 祥克, 酒巻 克之, 菅野 由人, 小林 瑞穂
株式会社北海道土砂資源化研究所 宮木 康二

1. はじめに

黒綿土(ブラックコットンソイル)は熱帯地域から温帯地域までに分布する粘土質で暗色の土壌に対する総称で、インドやアフリカ等、広い範囲で分布している。この土壌は、乾季に乾燥すると著しく収縮して大きな亀裂を生じ、雨季に湿ると膨潤して亀裂が閉じることが毎年反復される。写真1は黒綿土の上にブロックを敷きならべた道路であるが、上記の乾湿繰返しの影響で地盤が変形しブロックが崩れている。このように黒綿土の上に道路や構造物を建設すると倒壊等の危険がある。ケニアでは、構造物を建設する際に黒綿土の分布が確認された場合、全ての黒綿土を取り除き廃棄しており、その費用や廃棄場所の確保などが問題視されている。

本研究は、黒綿土に対し砂防ソイルセメントの技術による活用の可能性を検証したものである。



写真1 黒綿土上の道路の損傷状況¹⁾

2. 黒綿土について

黒綿土は玄武岩が風化したもので、風化の過程で雨水により溶け出したCa、Mgイオンが、乾季の高温やアルカリ環境下で膨潤性粘土鉱物のモンモリロナイトに変性したものと推測されている²⁾。本検討では入手の難しい黒綿土の代替として、モンモリロナイトを主成分とするベントナイト(ホージュン製榛名)を用いて試験を実施した。

2.1. モンモリロナイトの膨潤性

モンモリロナイトはコロイド粒子の粘土鉱物であり、他の粘土鉱物と異なる特性として膨潤性があげられる。膨潤はモンモリロナイトの結晶層間に水分子を取り込むことにより起こる。

図1の左のようにモンモリロナイトは層状の構造で、層間に交換性陽イオンが存在している。交換性陽イオンと水分子の水和により層間距離が増大することで膨潤が起こる³⁾。

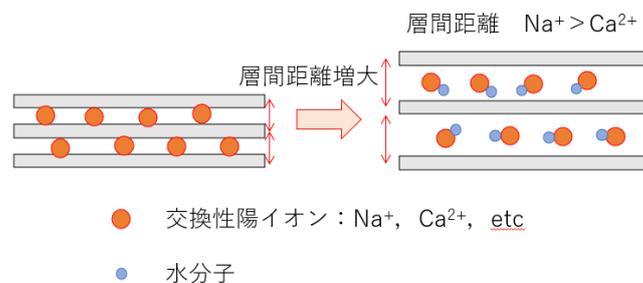


図1 交換性陽イオンの水和による膨潤

2.2. 膨潤抑制

1) 塩水による膨潤抑制

浸透膨潤は層間イオン強度と周囲の水のイオン強度差によって起きるので、モンモリロナイトの周囲の水を塩水などのイオン強度が高い水を使用することでイオン強度差が小さくなり膨潤が抑制される。

図2はベントナイトに濃度の異なる塩水を添加し、膨潤率を比較したものである。図のように塩添加量0-25kg/m³間で膨潤に大きな差がある。

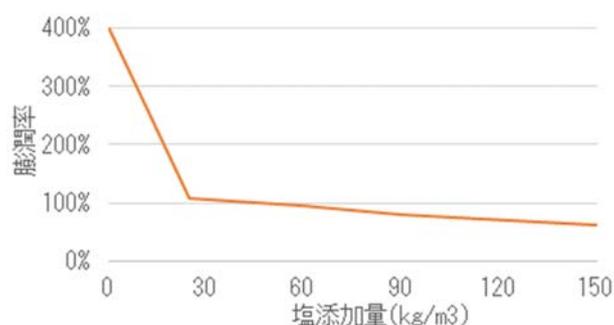


図2 塩添加量による膨潤の比較

2) セメントによる膨潤抑制

モンモリロナイトはNa型とCa型の2種に分けられ、前者の方が膨潤性が高いことが知られており、本研究ではNa型を使用した。一般的なイオンの特性として、価数が大きく、元素番号が大きいイオン程吸着しやすい。この特性からセメントに含まれるCa²⁺はNa⁺に比べて土粒子に吸着しやすいため、交換性陽イオンであるNa⁺とCa²⁺が交換され、膨潤が小さいCa型のモンモリロナイトに変性される。

図3はベントナイト及びベントナイト+セメントの混練物について、ベントナイトの変性を粉末X線回折(XRD)によって検討したものである。図より、ベントナイトはNa型である7°付近にピークがあるが(緑線)、セメント混練後はCa型の低角側6°付近にピークがシフトしており、モンモリロナイトの層間イオンが交換していることを確認した(紫線)。

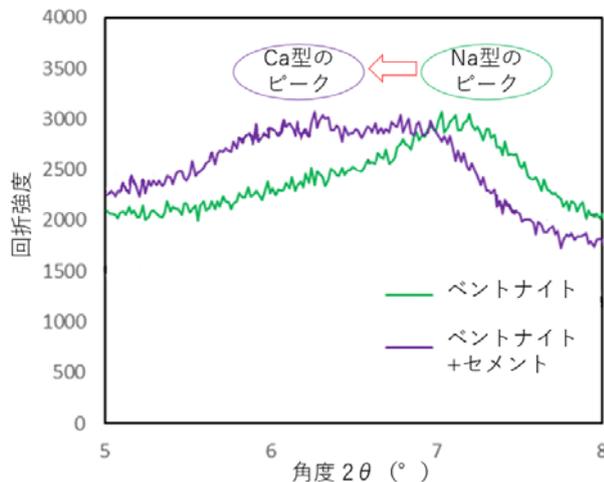


図3 XRDチャートの比較

3. 改質のための配合検討

前記2.2を参考としてセメントおよび塩の量比を設定し、膨潤・収縮・強度との関係を検討した。表1は配合とその配合時の各試験結果をまとめたものである。

ベントナイトとセメントの混練方法は、低含水比での混練が困難だったため、ベントナイトを液性限界付近まで水または塩水を加水し、その泥水とセメントを混練する方法を採用した。

表より、塩水を使用することでベントナイトの液性限界が下がり、加水量が減じている。

膨潤率は、セメントを加えることで無添加に比べ抑制されている。

収縮率は、セメント+塩水添加が最も抑制されており、無添加とセメント添加は収縮が大きかった。これは塩水を使用しないことで含水比が高くなったためと考える。

強度は、無添加は自立不可であった。また、セメント+塩水添加の方がセメントのみの添加に比べ高強度となった。これは塩水を使用することで含水比が低くなり、骨材となる土粒子が多くなることが影響したと考える。

表1 改質のための配合試験結果

| 配合割合(kg/m ³) | | | 含水比 (%) | 膨潤率 (%) | 収縮率 (%) | 圧縮強さ(N/mm ²) | |
|--------------------------|-------|-----|---------|---------|---------|--------------------------|-------|
| 塩類 | セメント類 | 合計 | | | | 材齢7日 | 材齢28日 |
| 0 | 100 | 100 | 200 | 30 | 60 | 0.2 | 0.5 |
| 25 | 100 | 125 | 100 | 25 | 30 | 0.8 | 1.6 |
| 0 | 0 | 0 | 200 | 100 | 70 | - | - |

4. おわりに

世界に広く分布する黒綿土は問題土壌とされているが、これを活用するために改質することを検討し、以下の結果を得た。

①黒綿土の代替としたモンモリロナイトの変性について

セメントおよび塩を混練することで化学的な変性が生じることを確認した。

②改質の有無について

①の変性により塩水およびセメントの添加にて膨潤と収縮が抑制され、元状態から改質された。

今後の課題として、

黒綿土を活用可能な最適配合を検討し、改質の効果を確認したいと考える。また、本研究では短期間の改質を確認したが、セメント水和反応による長期間での改質も確認していきたい。

参考文献

- 1) 「SATREPS-MNGD プロジェクト (エチオピア)」
<https://mngd.africa.kyoto-u.ac.jp/field-reports/field-reports-posted052>
- 2) 沖田齊:エチオピアにおける膨張性土の対策工法に関する一提案, 土木学会;Vol.69, No. VI-666, p1331-1332(2014)
- 3) 鈴木啓三:モンモリロナイトの特性, 鑄造工学;Vol. 89, No. 2, pp80-84(2017)