

ベントナイト混合土の製造方法による比較 -粒径に注目して-

前田建設工業 正会員 ○久慈 雅栄 福田 和人 仁平 義祐

1. 目的

ベントナイトと砂等の母材を混合したベントナイト混合土は、その低透水性を利用して放射性廃棄物等の人工バリア材や覆土材、一般廃棄物最終処分場の遮水層等への適用が計画されている。しかしながら、ベントナイトに含まれるスメクタイト(モンモリロナイト)は吸水することにより粘性が増大するため、ベントナイト混合土の含水比を均質に調整することは難しいことが知られている。筆者らは、この課題に対して「ミストブレンダー工法」を開発し、これまで製造土や締固め土の品質等の確認を進めてきた^{1)~4)}。ここで、製造土の品質を評価する際に、JIS等に規定される試験方法は材料の使用量が多いことから、逆に製造方法に起因する材料のバラツキの影響が薄まる懸念がある。そこで、今回は製造土を篩分けして粒径毎に試験を実施して比較を行ったので、その結果を報告する。

2. ミストブレンダー工法の概要

ミストブレンダー工法ではベントナイト混合土の製造を、自然含水状態の母材とベントナイトを混合する「粉体混合工程」と、目標とする含水比に加水調整する「加水工程」に分けた「二段階混合方式」を採用していることが大きな特徴である。図-1 にミストブレンダー工法の概念図を、写真-1 に今回構築した実規模大の製造プラントの外観を示す。

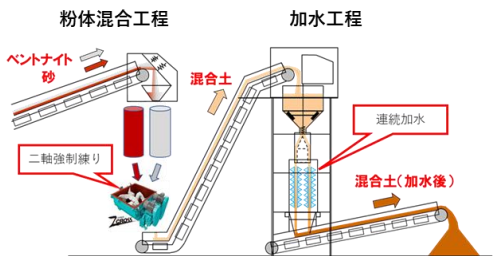


図-1 ミストブレンダー工法の概念図

3. 製造方法の違いによるベントナイト混合土の比較

3.1 ベントナイト混合土の製造方法

ベントナイト混合土の製造方法は、主にバッチ式練混ぜ機械と連続式練混ぜ機械に分けられる⁵⁾。ここではバッチ式として二軸強制ミキサーを、連続式としてミストブレンダー工法を用いて実験を行った。

二軸強制ミキサーは、材料と所定の水を投入後に強制的に機械攪拌することで均質化を図るため、材料に常にせん断力を与え続けている。一方、ミストブレンダーは粉体混合過程では自然含水比の砂とベントナイトを攪拌混合して均質化するが、加水過程では材料を落下させながら所定の水をミスト状に噴霧して含水比調整する方式であるため、加水状態の材料にはせん断力が加わらない特徴がある。

なお、ベントナイトに含まれるスメクタイト(モンモリロナイト)は粘土鉱物の一種であり、板状結晶の間に分布する交換性陽イオンが吸水の際に水と結合し、著しい体積の膨張が生じて粘性が増大、いわゆる膨潤することが知られている。この膨潤性能は交換性陽イオン種に左右され、Ca イオンよりも Na イオンがより顕著な反応を示す。このため、ベントナイト混合土を製造する際、Na 型ベントナイトの方が影響は大きくなるものと考えられる。

3.2 試験に使用した材料と配合

今回の試験に使用した材料と配合を表-1 に示す。ベントナイトは Na 型の津軽 2 号を用い、砂とともに同じロットの材料を用いた。配合率は、ベントナイト 22.5%・砂 77.5%とし、目標含水率を 12.0%とした。

3.3 試験結果

製造されたベントナイト混合土は篩分け(37.5mm, 19.0mm, 9.5mm)を

表-1 試験に使用した材料

項目	単位	ベントナイト	砂
産地・銘柄		青森県黒石産 津軽2号	青森県三沢産 コンクリート用砂
自然含水比	%	6.2	7.3
配合率(乾燥)	%	22.5	77.5
目標含水比	%	12.0	

キーワード 放射性廃棄物、ベントナイト混合土、ミストブレンダー工法、二軸強制ミキサー、粒径
連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2 丁目 10 番 2 号
前田建設工業（株）土木事業本部 土木技術部 TEL 03-5276-5166

行い、それぞれの篩に残った材料で試験を実施した。図-2 に篩残留分の乾燥重量比率を、また写真-2 にそれぞれの篩に残った製造土の状況を示す。これより、ミストブレンダーでは粒径 9.5mm 以上の割合は 5%程度であるのに対し、二軸強制ミキサーでは製造時に大きな塊(ダマ)が多く粒径 9.5mm 以上は 40%以上となる。これが外観での違いになる。

それぞれの篩に残った製造土の粒径ごとの含水比と細粒分含有率を図-3 と図-4 に示す。9.5mm 篩を通過した材料(-9.5)に対して、9.5mm 篩残留材料(+9.5)は含水比、細粒分含有率ともに高くなる傾向を示し、それより大きな粒径の篩残留材料(+19.0, +37.5)も同様の傾向にある。

これは、製造されたベントナイト混合土の中で、水分とベントナイト(モンモリロナイト)が粒径の大きなダマ部にやや偏在する傾向を示すものと考えられ、ミクロ的に材料分布が不均質になっていることを示唆している。特に、材料製造→仮置き→敷均しの製造土を移動する際に粒径の大きなダマ部が集中する可能性があるため、注意を要する。

Komine, etc.⁶⁾と小峯他⁷⁾は、ベントナイト混合土の母材(砂)の周りに分布するベントナイトが吸水膨潤する過程でどのように母材(砂)間の水みちとなる空間を閉塞していくのかを、母材(砂)とベントナイトの配合を変えて電子顕微鏡で観察した。なお、使用した砂は三河珪砂 6 号、ベントナイトは Na 型のクニゲル V1 である。その結果、ベントナイト配合率 20%以上ではベントナイトの膨潤により空間が閉塞されるものの、それ以下では空間が十分に閉塞しきれないことを示している。

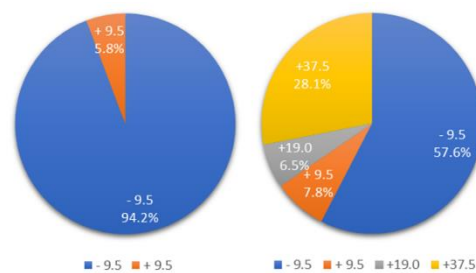
すなわち、ベントナイトが 20%より貧配合の場合、またはベントナイトの膨潤性能がクニゲル V1 より劣る場合にはより富配合の場合でも、ベントナイトの偏在は透水性能に大きく影響を与える可能性があり、均質に混合されていることが必要不可欠であるものと考えられる。

4. まとめ

ベントナイト混合土の製造方法による比較を、連続式製造方法であるミストブレンダー工法とバッチ式製造方法(二軸強制ミキサー)により、Na 型ベントナイトを用いて粒径分布に注目して実施した。その結果、ミストブレンダーに比較して二軸強制ミキサーでは大きなダマが多く、含水比や細粒分含有率が偏在し、製造土がやや不均質となることがわかった。このため、貧配合の場合には注意が必要なが示された。

参考文献

- 1) 久慈他:ベントナイト混合土製造システム「ミストブレンダー工法」の開発, 前田技術研究所報, Vol.53, 2012.
- 2) 飯島他:連続縦落式混合・加水装置によるベントナイト混合土の製造と締固め施工技術, 第 60 回地盤工学シンポジウム発表論文集, 3-1, 2016.
- 3) 久慈他:ミストブレンダー工法の適用拡大に向けての検討, 前田技術研究所報, Vol.58, 2017.
- 4) 久慈他:ベントナイト混合土製造技術としてのミストブレンダー工法, 土木学会土木施工技術発表会 2021, IV-09, 2021
- 5) 田坂他:連続式練混ぜ機械によるベントナイト混合土の練混ぜ試験, 土木学会第 69 回年次学術講演会, CS9-20, 2014
- 6) Komine, etc. : EXPERIMENTAL STUDY ON SWELLING CHARACTERISTICS OF SAND-BENTONITE MIXTURE FOR NUCLEAR WASTE DISPOSAL, SOIL AND FOUNDATIONS, Vol.39, No.2, 83-97, 1999
- 7) 小峯他:ベントナイト緩衝材・埋戻し材の透水特性と簡易評価法の提案, 土木学会論文集, No.708/III-59, 133-144, 2002



ミストブレンダー

二軸強制ミキサー

図-2 篩分け試料の乾燥重量比



ミストブレンダー



二軸強制ミキサー

写真-2 篩に残った製造土の状況

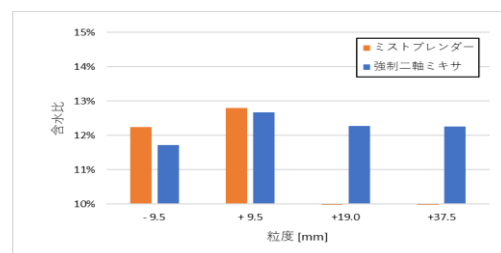


図-3 粒径ごとの含水比

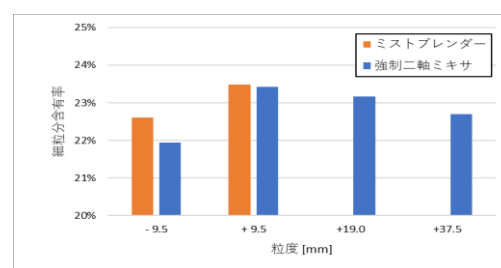


図-4 粒径ごとの細粒分含有率