

ベントナイト混合土の室内試験による締固め・透水特性

一 縦落し混合・加水装置「ミストブレンダー工法」で製造した混合土の事例 一

前田建設工業(株) 正会員 ○久慈 雅栄 正会員 磯野 宗一
 同 上 中本 雅也 正会員 飯島 健
 同 上 正会員 清水 英樹

1. はじめに

放射性廃棄物処分場の人工バリアや、放射性汚染物質の仮置き・中間貯蔵、一般廃棄物最終処分場の遮水層では、遮水性能の高い低透水性材料として、ベントナイト混合土(以下、ベントナイトを BT と記す)の適用が考えられている。これに対し、筆者らは全く新しい概念に基づく縦落し式混合・加水機構を用いた BT 混合装置を新たに開発し、既報にて、混合装置の原理やプロトタイプ機および実規模プラントの概要、製造した BT 混合土の品質について紹介した^{1)~5)}。

本報では、実規模プラントで製造した BT 混合土を用いた、室内締固め(突固め)試験と室内透水試験の結果を報告する。

2. 縦落し混合・加水装置の概要

図-1 に開発した縦落し混合・加水装置「ミストブレンダー工法」の概念図を示す。本装置は、母材(砂等)と BT を混合する「粉体混合部」と、目標含水比まで均質に加水調整する「加水部」から構成され、いずれも重力を活用した縦落し方式を採用している。加水部の含水比調整はミスト状の水を噴霧して行うことから、「ミストブレンダー工法」(以下、MB と呼ぶ)と命名した。本装置の特徴は、BT 混合土の製造過程で材料を攪拌混練しないため、BT 特有の粘性発現に伴う団粒化を抑えることができ、非常に均質な BT 混合土の製造が可能となっている。写真-1 に本工法と一般的な強制二軸ミキサで製造した BT 混合土を示す。

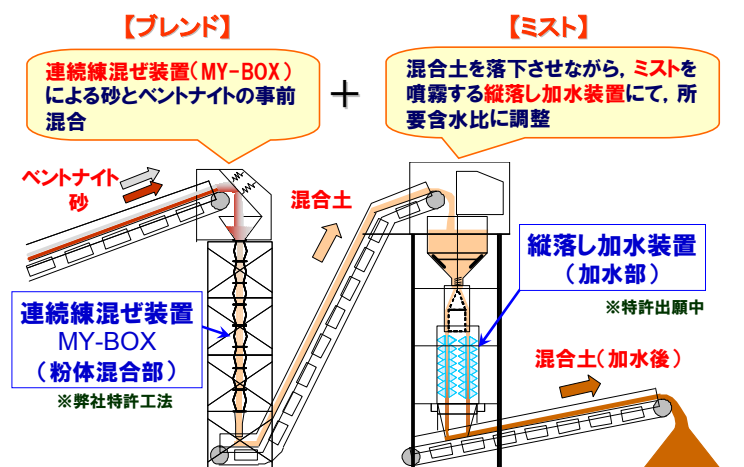
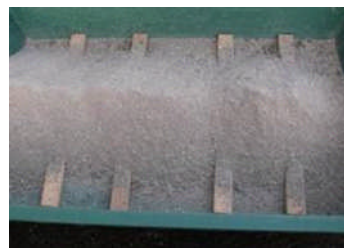


図-1 縦落し混合装置「ミストブレンダー工法」の概念図

3. 室内試験結果

(1) 試験に使用する材料

実規模プラントで製造した BT 混合土(以下、MB 製造土と呼ぶ)を用い、室内にて締固め(突固め)試験と透水試験を実施した。試験に用いる試料の BT 添加率は 4 水準(25,30,35,40%)、含水比はそれぞれ 5 水準とした。これらの試料については、室内で含水比を別途調整するのではなく、実際に実規模プラントにて個々に BT 添加率と含水比を設定して製造したものを用いた。



(a) MB製造土



(b) 強制二軸ミキサ製造土

写真-1 BT 混合土の製造方法による比較

(2) 室内締固め(突固め)試験

室内締固め(突固め)試験(締固めエネルギー:4.5Ec)の結果を図-2 に示す。一般的な土と同様に、MB 製造土の締固め曲線は上に凸の曲線となる。ピーク位置を最大乾燥密度(ρ_{dmax})と最適含水比(W_{opt})で評価し、表-1 に示す。

(3) 室内透水試験

室内透水試験の結果を図-3 に示す。試験に用いた試料は、締固め試験に使用した試料と同時に製造し、既往の研究等でも用いられている方法である。締固め試験と同じ乾燥密度となるように静的圧縮して調整したものである。試験結果一般的に土と同様に、MB 製造土の透水曲線は下に凸の曲線となる。ピーク位置を最小透水係数(K_{min})とその含水比(ここでは W_{kmin} と表現する)で評価し、表-1 に示す。この結果、透水係数は W_{opt} から W_{kmin} 付近の広い含水比幅で $1E-10[m/sec]$ を下回り、十分に低透水であることが示された。

(4) 試験結果のまとめと考察

試験結果を表-1 にまとめた。なお、 W_{kmin} と W_{opt} の関係を $W_{kmin} = W_{opt} + \bigcirc\%$ で表現している。

キーワード:放射性廃棄物処分、ベントナイト混合土、ミストブレンダー、縦落し混合・加水装置、締固め試験、透水試験
 連絡先:〒101-0064 東京都千代田区猿樂町 2-8-8 前田建設工業(株)土木技術・設計部 TEL:03-5217-9563

全体的な傾向として、締固め曲線は BT 添加率が高くなるほど ρ_{dmax} は小さく W_{opt} は高くなる傾向を示す。また、透水曲線は BT 添加率 25% がやや大きな K_{min} を示すものの、BT 添加率 30[%] 以上ではピークが不明瞭なブロードな形状を示すことから、 K_{min} については同等程度と評価すべきと考える。さらに、 K_{min} は $W_{opt}+4\%$ 以上を示し、一般的な土砂 ($K_{min} = W_{opt} + 2\%$ 程度) よりやや大きいことが BT 混合土の特徴と考えられる。

4. 既往試験結果との比較

室内試験のうち締固め(突固め)試験の結果を、当社で過去に実施した練混ぜ模擬土(既往研究で使われている、混合した砂と BT に霧吹き等で加水して製造した BT 混合土)の締固め曲線と比較し、図-4 に示す。両者の締固め曲線を比較すると、3 種類の含水比はいずれも MB 製造土の ρ_{dmax} は練混ぜ模擬土に比べて $0.03 \sim 0.06 [g/cm^3]$ 程度大きく、 W_{opt} は $1 \sim 3 [％]$ 程度低下する。つまり、同じエネルギーを与えると密度が大きくなり、「締固めやすい材料」と評価できる。

5. まとめと今後の予定

BT 混合土の製造方法として縦落し混合・加水装置「ミストブレンダー工法」を開発し、実際に実規模プラントで製造した BT 混合土の室内締固め(突固め)・透水試験を実施した。その結果を以下にまとめる。

- ① 実規模プラントで製造した BT 混合土は通常の土と同様にピークを有する締固め・透水曲線を示す
- ② 透水係数は広い含水比幅で $1E-10 [m/sec]$ を下回ることが確認された
- ③ 練混ぜ模擬土と比べて「締固めやすい材料」であると評価される

なお、現場転圧試験等の成果については、別の機会にて発表する予定としている。

参考文献

- 1) 前田ら: ベントナイト混合土の製造に対する縦落とし式混合装置の開発(その 1)ー縦落とし式混合装置の概要ー, 第 66 回土木学会年講, CS3-031, 2011.
- 2) 武部ら: ベントナイト混合土の製造に対する縦落とし式混合装置の開発(その 2)ープロトタイプ試験装置による検証試験結果ー, 第 66 回土木学会年講, CS3-032, 2011.
- 3) 久慈ら: ベントナイト混合土の製造に対する縦落とし式混合装置の開発(その 3)ーミストブレンダー工法の実規模プラント概要ー, 第 67 回土木学会年講, CS13-012, 2012.
- 4) 福田ら: ベントナイト混合土の製造に対する縦落とし式混合装置の開発(その 4)ーミストブレンダー工法によるベントナイト混合土の品質ー, 第 67 回土木学会年講, CS13-013, 2012.
- 5) 久慈ら: 縦落し混合方式によるベントナイト混合土の製造技術の開発ーミストブレンダー工法の概要ー, 日本原子力学会「2012 年秋の大会」, B34, 2012.

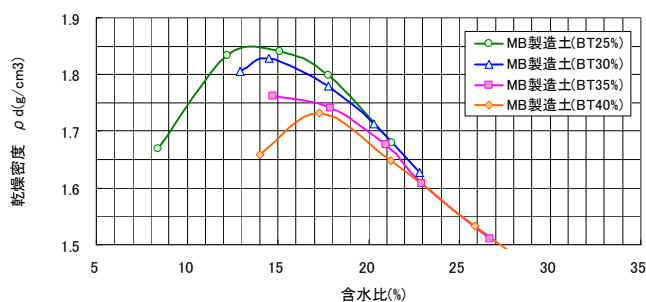


図-2 MB 製造土の締め固め曲線

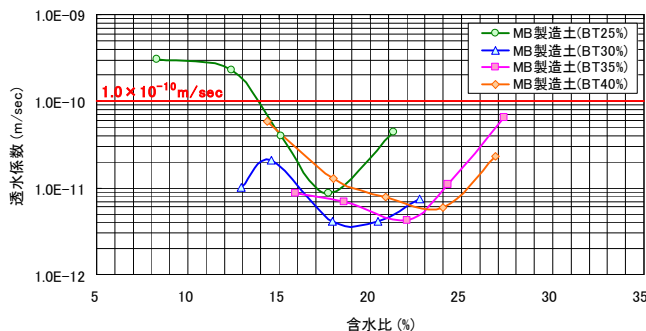


図-3 MB 製造土の透水曲線

表-1 MB 製造土の締め固め・透水試験結果

試験法	項目	ベントナイト添加率			
		25%	30%	35%	40%
締固め試験	最適含水比 W_{opt} (%)	13.5	14.5	14.7	17.3
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.85	1.83	1.76	1.73
透水試験	最小透水係数 K_{min} (m/sec)	8.7×10^{-12}	3.5×10^{-12}	4.2×10^{-12}	5.9×10^{-12}
	K_{min} の含水比 W_{Kmin} (%)	17.7	19.0	22.0	24.0
	W_{Kmin} と W_{opt} の関係	$W_{opt} + 4.2\%$	$W_{opt} + 4.5\%$	$W_{opt} + 7.3\%$	$W_{opt} + 6.7\%$

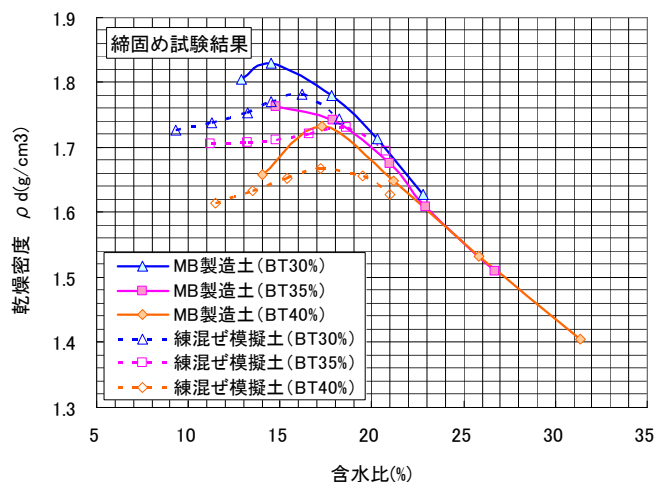


図-4 MB 製造土と練混ぜ模擬土の締め固め曲線の比較