

低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の透水性評価の一考察

日本原燃(株) 正会員 ○工藤 淳 庭瀬 一仁
(株)安藤・間 正会員 千々松 正和 木村 誠
東電設計(株) 正会員 矢込 吉則

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物のピット処分施設における難透水性覆土として、低配合率のベントナイト混合土を用いることが計画されている¹⁾。難透水性覆土に要求される低透水性の評価については室内透水試験により確認するが、要求される透水係数は非常に小さいことから、試験結果が得られるまでに数ヶ月を要する。また、透水試験用の試験体は現場施工面から試料採取することになるが、試験に供する際に試料自体にゆるみが生じることで、透水係数が大きくなる可能性もある。よって、現場の品質管理を考えた場合、性状に変化を与えない物性から透水性を評価できる指標で代替することが望ましい。従来、この代替指標として有効粘土密度や有効モンモリロナイト乾燥密度などが用いられてきた。本報告では、これら指標に初期含水比の影響を考慮できる新たな指標の適用性について検討した結果を示す。

2. 難透水性覆土の透水係数に与える含水比の影響

土中の水の流れは土の間隙を通ることから、難透水性覆土に限らず低透水性が要求される材料については、なるべく間隙を小さくする必要がある。また、混合するベントナイトの主成分であるモンモリロナイトが混合土中に占める割合が高いほど、透水係数が小さくなるとの相関が得られている¹⁾。このため、従来の検討では締固め度を上げるなど、最大乾燥密度を高めることに着目して検討が進められた。しかし、一般に土質系材料の透水係数は、乾燥密度が最大となる最適含水比より高めの含水比で締め固めた場合に最小となることが知られている²⁾。このため、低透水性が要求される場合には透水係数に着目した含水比の設定が重要になり、ベントナイト混合土においても一般土質と同様な知見が適用できるかを確認した。試験ケースを表-1に示す。使用したベントナイトはCa型のクニボンドRW(MBC=110mmol/100g相当品)とし、混合する砂は三沢砂(コンクリート用細砂)を用いた。ベントナイトの混合率、含水比、締固め度をパラメータとして試験を実施した。透水試験の供試体寸法は直径60mm×高さ60mmとし、変水位法により行った。図-1~3に試験の結果を示す。いずれの試験ケースでも、概ね最適含水比+2~6%の範囲で透水係数が最小となったことから、ベントナイト混合土も一般の土質材料と同様な傾向が確認できた。また、最適含水比付近の透水係数と比較した場合、最大で1オーダー強の差があることから、ベントナイトの初期含水比は透水係数に与える感度が高いことが分かった。

表-1 予備試験ケース

試験ケース	混合率(%)	含水比(%)	締固め度(C値)(%)
MA20	20	Wopt-4, Wopt, Wopt+2, Wopt+4, Wopt+6	95, 100
MA30	30		
MA40	40		

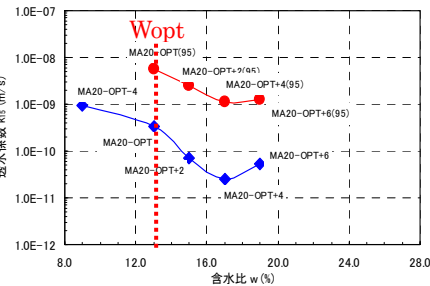


図-1 MA20 シリーズ

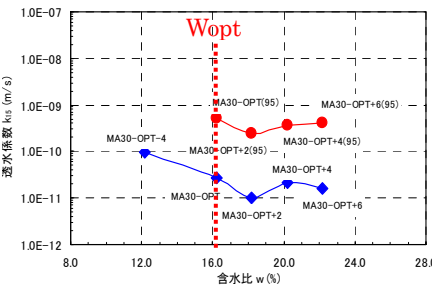


図-2 MA30 シリーズ

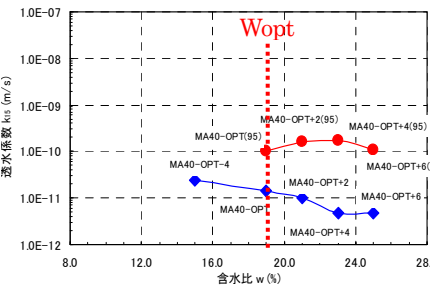


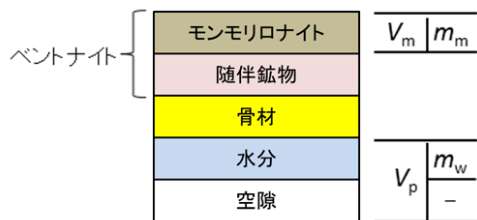
図-3 MA40 シリーズ

3. ベントナイト混合土の透水性評価に用いる指標

ベントナイト混合土の透水係数を評価する指標としては、有効モンモリロナイト密度が用いられる³⁾。しかし、透水係数
キーワード：放射性廃棄物埋設設備、難透水性覆土、ベントナイト混合土、透水係数

連絡先：〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 日本原燃(株) TEL.0175-72-3265/FAX.0175-72-3226

数に与える初期含水比の感度が高いことが予備試験の結果から明らかとなり、有効モンモリロナイト乾燥密度の考え方に初期含水比の影響を考慮できる新たな指標が必要となった。ベントナイト混合土の初期含水比の影響を考慮できる指標として、有効ベントナイト湿潤密度が提案されており透水係数と湿潤密度に相関関係があることが報告されている⁴⁾。そこでこれを参考とし、従来用いられてきた有効モンモリロナイト乾燥密度に混合土中の水の質量を加えた、有効モンモリロナイト湿潤密度で透水係数を評価することを検討した。評価指標の考え方を図-4に示す。



$$\rho_{mw} = \frac{m_m + m_w}{V_m + V_p}$$

ここで、 V_m ：モンモリロナイトの体積、 V_p ：混合土中の間隙の体積
 m_m ：モンモリロナイトの質量、 m_w ：混合土中の水の質量、
 ρ_{mw} ：有効モンモリロナイト湿潤密度

図-4 有効モンモリロナイト湿潤密度の評価指標の考え方

4. 有効モンモリロナイト湿潤密度による透水性評価

透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度との関係を確認するため、表-2に示す試験を実施した。予備試験で実施したケースに加えて、ベントナイトの品質変動に応じた透水係数を確認するため、MBC120(MBC=120mmol/100g)および140(MBC=140mmol/100g)相当の品質を有するベントナイトを用いた試験を実施した。透水試験の結果を有効モンモリロナイト湿潤密度で整理したものを図-5に示す。図中のプロットはある程度の幅を持った分布となっているが、透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の関係は、相関性が高いことが確認できることから、透水係数を評価するための指標として適用できる可能性がある。また、有効モンモリロナイト湿潤密度は、最大乾燥密度、土粒子密度、含水比、ベントナイト混合率など、通常の施工および品質管理に用いるデータから算出可能であるため、汎用性が高く、代替指標に適した評価手法とできる可能性がある。

表-2 試験ケース

試験ケース	ベントナイト (クニボント® RW)	含水比 (%)	締固め度(C値) (%)
MA20	MBC110 相当品	Wopt,	95,100
MA30		Wopt+2,	
MA40		Wopt+4,	
HA30	MBC120 相当品	Wopt,	
HH30	MBC140 相当品	Wopt+2,	
		Wopt+4	

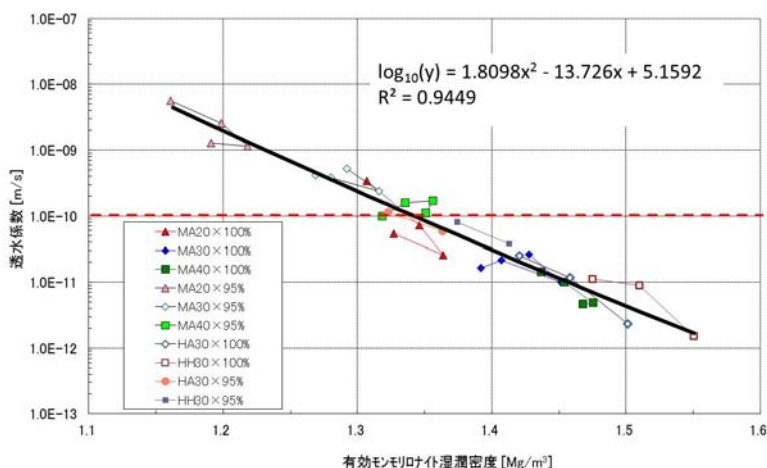


図-5 透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の関係

5. まとめ

ベントナイト混合率20～40%のベントナイト混合土に対して透水試験を実施した。ベントナイト混合土においても一般の土質材料と同様に、初期含水比を最適含水比より2～6%高めに設定することで、透水係数が最小となることが分かった。また、透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の相関性が高いことを確認できたことで、ベントナイト混合土の透水性を精度良く評価できる代替指標とできる可能性があることが分かった。今後は、有効モンモリロナイト湿潤密度を算出するために用いる個々のパラメータや現場の施工で発生するバラツキが透水係数に与える影響について検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 伊藤他：低配合ベントナイト混合土の長期状態変化を踏まえた設計手法に関する一考察，土木学会第65回年次学術講演会，CS7-017，2010。
- 2) David E. Daniel 他：WATER CONTENT - DENSITY CRITERIA FOR COMPACTED SOIL LINERS, J. Geotech. Engrg. 1990. 116: 1811-1830。
- 3) 千々松他：低配合ベントナイト混合土の現場施工性試験における透水試験結果と配合設定に関する検討，土木学会第67回年次学術講演会，CS13-009，2012。
- 4) 田中他：礫-砂-ベントナイト混合土の透水特性と透水係数の評価方法，土木学会論文集 C Vol. 64 No. 1, 101-110, 2008. 3。