

## ベントナイト混合土の配合決定方法と今後の技術的課題

Determination method for the mix proportions of bentonite mixed soil and technical subjects in the future.

○佐古田 又規\*, 長束 勇\*\*, 佐藤 周之\*\*\*, 上野 和広\*\*\*\*水野正之\*

Yuki Sakoda, Isamu Natsuka, Syushi Sato, Kazuhiro Ueno, Masayuki Mizuno

### 1. はじめに

ため池の改修方法には、現在では前刃金工法が一般的に用いられる。しかし、近年では施工対象となるため池近傍で良質刃金土を確保することが困難になっている。筆者らは、刃金土の不足を解消する手段として、ベントナイト系土質材料を用いた遮水層によるため池堤体改修工法の開発をめざし、ため池特有の供用条件下でのベントナイト混合土の材料特性を明確にするための研究を、農林水産省の官民連携新技術研究開発事業の一環として進めている。本報では、ベントナイト混合土の配合設計に関して、実務的な取組みの内容と事業の進捗を説明するとともに、明らかになってきた技術的課題を整理する。

### 2. ベントナイト混合土の適用箇所

本事業におけるベントナイトの適用箇所として、過去の漏水対策工事に起因する潜在的な課題である、地震発生時に生じるグラウチングラインに沿う割れに対する改修および従来の前刃金工法の代替を想定した。グラウチングラインに沿って発生する割れの改修には、堤体上部からグラウチング箇所を掘削除去後にベントナイト混合土で充填することで改修を行う(図-1 参照)。一方、前刃金工法の代替は、従来の前刃金を薄層ベントナイト混合土で置き換えることで改修を行う。

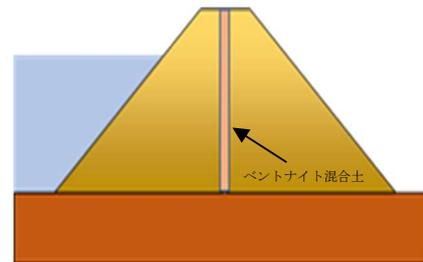


図-1 ベントナイト混合土の適用イメージ

### 3. ベントナイト混合土の要求性能

ため池の堤体盛土材料の判定の目安として、遮水性材料の透水係数は  $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  ( $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ ) 以下を目安とすることが設計指針に記載されている。しかしながら、本事業では設計・施工手法の確立と共に、遮水層の薄層化による低コスト化を目的としていることから、ベントナイト系土質材料の要求透水係数を設計指針より 1 オーダー低い  $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  以下とした。ベントナイトの添加率はベントナイト混合土の製造歩掛り、コストを考慮し、10%程度とすることを目標とした。

### 4. ベントナイト混合土の配合試験手順

ベントナイト混合土配合試験は、①母材の候補となる土の諸物性から、その適正を判断、②母材の乾燥重量に対して 10%のベントナイトを添加混合した供試体の、所定の締固め密度における透水係数の確認、③ベントナイト混合土の物性試験、遮水性の確認と現場での管理値の設定、という手順で行った。なお、室内透水試験では、現場での製造時のロスや遮水性能の確実性を考慮し、実現場での要求性能として定めた透水係数  $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  のさらに 1 オーダー低い値を基準値に定め、 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  以下とした。

\*株式会社ホージュン, HOJUN Co., Ltd, \*\*島根大学名誉教授, Emeritus Professor in Shimane University, \*\*\*\*高知大学, Kochi University, \*\*\*\*島根大学, Shimane University, キーワード: ベントナイト混合土, 配合試験,

## 5. 材料選定

ベントナイト混合土は母材に香川県内で採取される真砂土を2種類（母材A，母材Bと記す）と母材Aに細粒分を追加調整した母材Cの3種類を検討した。ベントナイトは，群馬県産の「赤城」，中国産の「アースフレンド」を選定した。表-1に母材となる真砂土の諸物性を，表-2に各ベントナイトの規格値を示す。

## 6. 透水試験

母材 A, B, C の乾燥重量に対して 10%のベントナイト「赤城」を添加混合し，最適含水比に調整した混合土の最大乾燥密度 90%締固め度における室内透水試験を，JIS A 1213 による変水位法にて行った。「赤城」を混合したベントナイト混合土の透水係数は，室内透水試験の基準値である  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  よりも大きい値を示した。一方，母材Cと「アースフレンド」を用いたベントナイト混合土では，所要の透水係数を満足することが確認できた。そこで，ベントナイトはアースフレンドを用い，締固め度が 90%，95%の2ケースの供試体を作製し，添加率の異なるベントナイト混合土の透水試験を行った。母材 C を用いたベントナイト混合土の透水試験結果を図-2 に示す。締固め度 90%において 13%，締固め度 95%において 10%の添加率で，所要の透水係数を満足する結果を得た。

## 7. ベントナイト混合土の物性試験

実施工時の現場でのベントナイト混合土の管理値を定めるため，決定した添加率における物理試験を実施した。決定した添加率である 10%，13%のほか，ベントナイトの添加率の差異が混合土の物性変化特性に及ぼす影響を調べるため，添加率 4%、13%のベントナイト混合土においても試験を行った。各添加率のベントナイト混合土の粒径加積曲線を図-3 に，締固め曲線を図-4 に示す。

## 8. 結果と今後の課題

本事業において使用するベントナイト混合土は母材に香川県産の真砂土母材Cを用いた場合，ベントナイトは「アースフレンド」を，その添加率は締固め度 90%時に 13%，95%時に 10%で所要の遮水性を確保することができた。ため池の堤体改修としての適用には，その大部分が浸潤線以深に位置する特有の条件下でのベントナイト系土質材料の性能，挙動を把握することが重要と考え，その把握を進めていく。

**謝辞：**本研究は農林水産省官民連携新技術研究開発事業の助成を受けたものである。記して謝意を表します。

表-1 真砂土の諸物性

母材名	母材A	母材B	母材C
最大乾燥密度	1.831	1.878	1.726
最適含水比	14.6	12.3	17.2
土粒子密度	2.627	2.667	2.640
最大粒径	9.5	19.0	9.5
75 $\mu$ 篩通過率	22.7	12.6	23.3

表-2 各ベントナイトの規格値

Bt 名	赤城	アースフレンド*
膨潤力	$\geq 10\text{ml}/2\text{g}$	$\geq 20\text{ml}/2\text{g}$
嵩密度	0.50~0.70	0.6~0.85
水分	$\leq 10.0$	$\leq 12.0$
pH	9.5~10.8	9.5~10.8

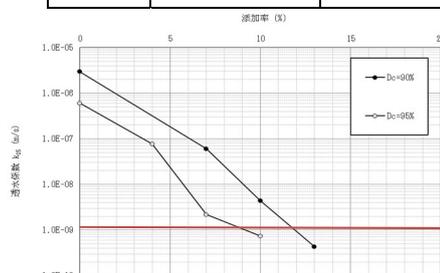


図-2 母材 C とアースフレンドを用いた添加率と透水係数の関係

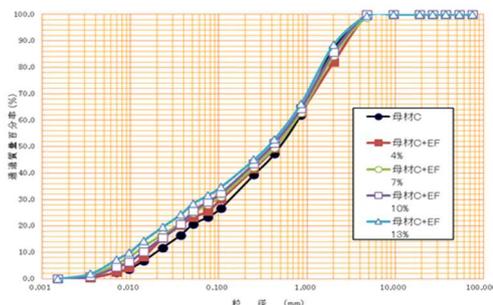


図-3 各添加率のベントナイト混合土の粒径加積曲線

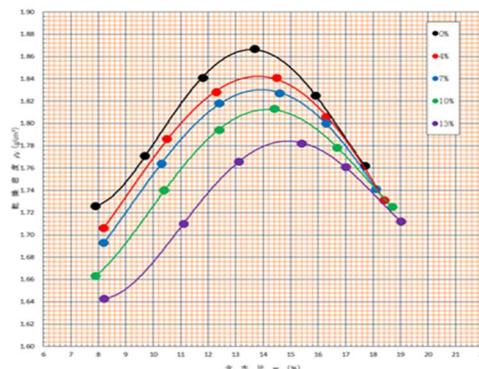


図-4 各添加率のベントナイト混合土の締固め曲線