

真砂土を用いた実証試験を行い，その後ベントナイト混合土を用いた試験施工を行い，函体形状，打設方法の検討を行い，実証試験を行う事とした．令和元年度には兵庫県三木市にて，ベントナイト混合土を用いた試験打設を実施し，構築した遮水壁からブロックサンプルを採取し，遮水壁の締固め度，遮水性を確認する事で本事業における要求性能の確保と函体工法における弱部となる恐れがある函体同士のセクション部，および締固め層境の連続性について検討を行った．写真-4 に函体打設工法の施工サイクルを，写真-5 にブロックサンプルの採取位置を示す．



写真-4 函体打設工法試験打設状況写真



写真-5 サンプル採取位置図

表-5 試験打設時の各サンプルの透水係数と締

サンプルNo	採取場所	採取深さ	透水係数 (cm/s)	締固め度 (%)
①	打継部	GL-0.5	1.2×10^{-7}	96.8
②	打継部	GL-1.0	1.1×10^{-8}	99.8
③	打継部	GL-1.5	7.1×10^{-8}	98.4
④	セクション部	GL-0.75	1.7×10^{-7}	98.2
⑤	セクション部	GL-1.25	3.5×10^{-8}	98.7
⑥	セクション部	GL-1.75	8.0×10^{-8}	97.6
⑦	水平方向	GL-0.75	1.2×10^{-7}	98.3
⑧	水平方向	GL-1.25	1.2×10^{-7}	95.9
⑨	水平方向	GL-1.75	9.3×10^{-8}	97.8
⑩	垂直方向	GL-0.8	1.3×10^{-8}	100.5

試験施工において、表-5 に示すとおり、サンプルを採取したすべての測点で締固め度 95% 以上を確保し、透水係数は本事業の要求性能である $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 以下であることが確認できたため、実証庫試験では函体打設工法を採用する事とした。

1. 7 実証試験（現場適用）の概要、結果、課題等

実証工事は、国立大学法人高知大学物部キャンパス敷地内において、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を開発するために、前年度に築造した実証実験用ため池の外周にベントナイト混合土鉛直遮水壁を築造して、今回新たに開発・改造した専用施工機械の施工性能の確認、ベントナイト混合土鉛直遮水壁の遮水性能を確認することを目的とした。

(1) 工事期間および工事場所

工事は以下の期間、場所にて実施した。図-20 に位置図を示す。

期間：2020 年 10 月 19 日～2020 年 12 月 09 日（準備・後片付け期間含む）

場所：高知県南国市物部乙 200 国立大学法人 高知大学 敷地内



図-20 工事場所位置図

(2) 平面図・断面図

図-21 にため池の平面図・断面図を示す。

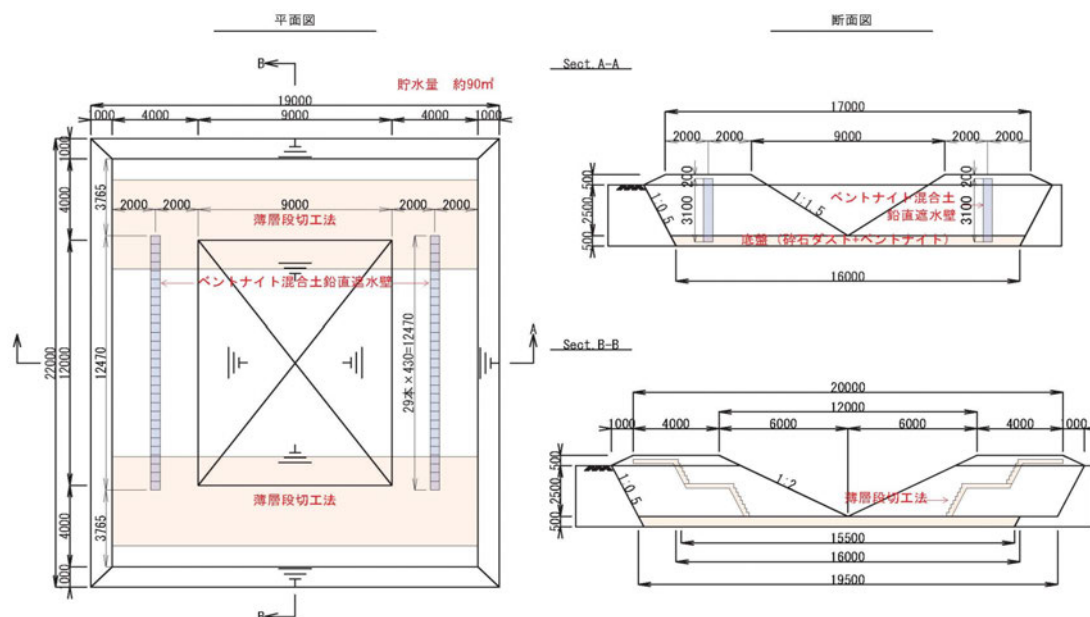


図-21 平面図・断面図

(3) 工事数量

表-6 にベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事の施工数量を示す

表-6 ベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事施工数量

工 種	規 格 仕 様	単 位	数 量	備 考
ため池改修 実証実験工事		式	1.0	
ベントナイト混合土 鉛直遮水壁工	杭長 L=3.1m 壁厚=500mm	本	58.0	29 本×2 箇所 遮水壁杭延長 =179.8m

(4) 使用材料

表-7 にベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事で使用した材料を示す。

表-7 ベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事 使用材料

品 名	規 格 寸 法	単 位	数 量	備 考
香川県産真砂土		m ³	72.0	
ベントナイト	アースフレンド	t	12.0	

(5) 使用機械

表-8、写真-6 にベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事で使用した機械を示す。

表-8 使用機械

機 械 名 称	規 格 ・ 寸 法	単位	数量	備 考
杭打機	S-15B, 0.45 m ³ 級	台	1.0	鉛直遮水壁の造成
バイブロハンマー	起振力 61.3~92.2kN	台	1.0	函体打込み,混合土締固め
油圧オーガー	掘削トルク 17.3~101.8kN・m	台	1.0	先行削孔
オーガスクリュー・ヘッド	φ 550 mm	式	1.0	先行削孔
バックホウ	0.45 m ³ 級	台	1.0	混合土投入
バックホウ	0.09 m ³ 級	台	1.0	混合土積込・運搬・計量
ダンプトラック	積載量 2.0t	台	1.0	混合土運搬
コンプレッサー	0.69Mpa, 3.5 m ³ /min	台	1.0	インパクトレンチ動力, その他
函体	□0.4m×0.4m, L=3.5m	本	7.0	鉛直遮水壁の造成
函体内土砂撤去バケット	油圧開閉式	台	1.0	函体内の土砂撤去
高圧洗浄機		台	1.0	機械器具の洗浄
電子秤	秤量 2,000 kg,目量 1 kg	台	1.0	ベントナイト混合土計量

杭打機 (S-15B 0.45 m³級)アースオーガー
(掘削トルク 17.3~101.8kN・m)バイブロハンマー
(起振力 61.3~92.2kN)オーガースクリュー・ヘッド
(φ550 mm)バックホウ (0.45 m³級)函体内土砂撤去バケット
(油圧開閉式)**写真-6 使用機械**

今回の工事で使用した杭打機 (S-15B) は、ベントナイト混合土鉛直遮水壁の施工に必要な先行削孔、函体の打ち込み、函体の引き抜き、ベントナイト混合土の締固めの全ての作業を1台で施工できるように改造を施した機械である。

写真-7 に示すように、作業状況に応じて、油圧駆動装置で昇降するブラケットに、バイブロハンマー又はアースオーガーを取り付ける構造になっており、簡単且つ短時間で交換可能になっていることが特徴である。

**写真-7 アースオーガー⇒バイブロハンマーへの交換作業状況**

特殊先端付き突き固めロッドの特徴は、ベントナイト混合土投入時はロッド先端蓋が開いており、函体と突き固めロッドの空隙をベントナイト混合土が落下することにより、造成1サイクル毎に突き固めロッドを引き抜かなくても、ベントナイト混合土を函体下部に

充填することが可能となる。

ベントナイト混合土が函体下部に充填されたら、突き固めロッドを押し下げることにより、ロッド先端蓋が閉まり締固めプレートの役割を果たし、ベントナイト混合土の排出・締固めを行うことが可能となる。図-22 に突き固めロッド先端蓋開閉時の状況を示す。

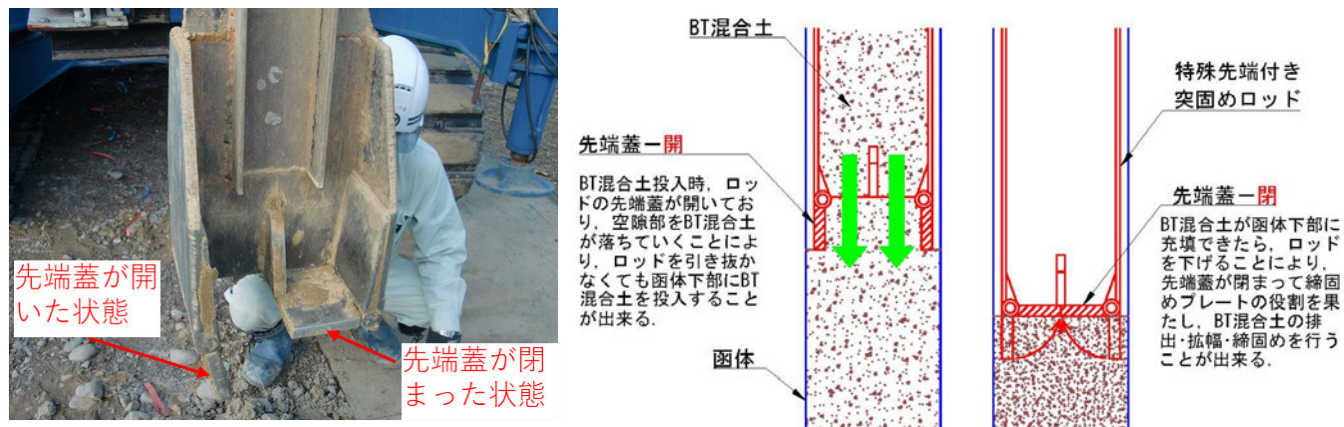


図-22 特殊先端付き突き固めロッド 先端蓋開閉時の状況

(6) 施工方法

ベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事は、図-23 に示す施工フローで施工した。

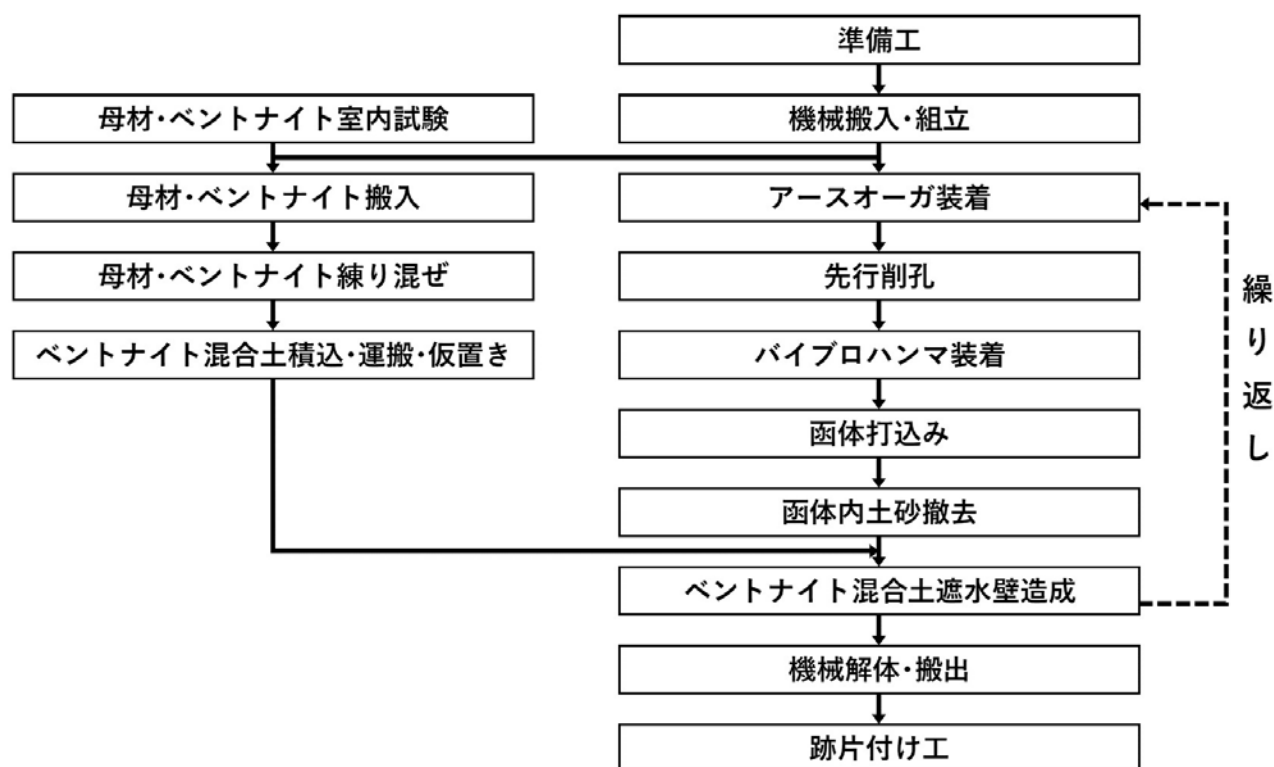


図-23 ベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事 施工フロー

ベントナイト混合土鉛直遮水壁築造工事の本施工に先立ち、場内の草刈り、測量基準点の設置、足場養生用敷き鉄板の敷設、休憩用ハウスの設置等を行った。施工機資機材の受け入れ態勢が整った後、施工機資機材の搬入、施工機の組立作業を行った。

写真-8 に着工前、資機材搬入状況写真を示す。



着工前



資機材搬入状況

写真-8 着工前および資機材搬入状況

ベントナイト混合土の製造は、高知大学構内では作業時の粉塵発生の問題から作業が出来なかったため、家島建設(株)仁井田資材ヤードにおいて、ベントナイト混合土の製造を行った。

前回の段切り薄層工法で使用したベントナイト混合土は、バッチ式計量プラントを使用して練り混ぜを行ったが、今回の工事では実績の多いバックホウ攪拌を採用した。また、使用する母材について同一産地の物ではあったが、細かな変性があったため、ベントナイト混合土の配合は母材の乾燥重量に対し 9% 添加とした。

ベントナイト混合土の製造作業は、毎日作業前に母材の含水比を測定して、測定結果から練り混ぜ 1 回当たりに必要な母材を電子秤で計量して攪拌を行った。また、母材とベントナイトの混合作業では、粉塵対策として防塵ネットを周辺に設置して作業をした。

練り混ぜが完了したベントナイト混合土について、ファンネル粘性試験を行い、攪拌ムラと添加率の確認を行った。製造したベントナイト混合土は、ダンプトラックを使用して高知大学に運搬した。写真-9 にベントナイト混合土製造の状況写真を示す。



母材搬入状況（香川県真砂土）



ベントナイト搬入状況



電子秤を使用した母材計量状況



ベントナイト混合土練混ぜ状況



ベントナイト混合土
積み込み・運搬状況



バックホウ攪拌用水槽
（防塵対策済）

写真-9 ベントナイト混合土製造作業状況

ベントナイト混合土鉛直遮水壁を構築するために函体を地中に打込む必要があるが、そのままでは地中への函体の打ち込みが出来ないため先行削孔を行った。

先行削孔工の施工方法を下記に示し、**図-24**に施工フロー、**写真-10**に施工状況写真を示す。

【施工方法】

- ① オーガースクリューを削孔位置にセットする。
- ② 油圧オーガーを駆動させ、オーガースクリューを正転方向に回転させながら地盤を削孔する。
- ③ 所定の深度まで削孔が完了したら、削孔深度を確認する。
- ④ オーガースクリューを正回転させながら、スクリューロッドを引き上げて掘削土砂を地上に排出する。
- ⑤ 相番バックホウ又は人力で土砂を集積して撤去する。
- ⑥ 削孔完了。次杭に移動して①～⑥の作業を繰り返し行う。