

実証試験では、ベントナイト混合土を使用した薄層段切り工法、鉛直遮水壁工法）で施工した箇所の遮水の確実性評価のために、浸潤線観測井を設置した。図-31 に浸潤線観測井設置位置を示す。

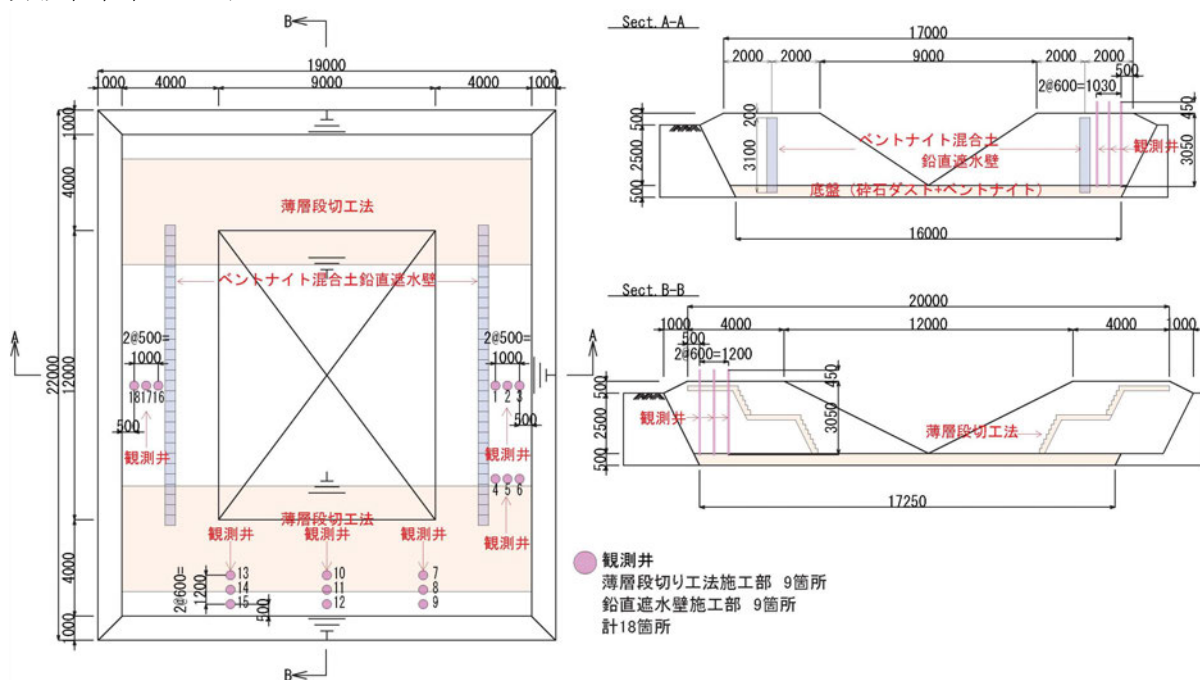


図-31 浸潤線観測井設置位置図

また、写真-18 に浸潤線観測井の設置状況、水位測定状況を示す。



観測井設置（有孔パイプ建込）状況



観測井設置（有孔パイプ建込）完了



観測井設置（覆土）完了



水位計による水位計測状況

写真-18 浸潤線観測井設置状況，水位測定状況

ベントナイト混合土鉛直遮水壁の施工では、油圧バイブロハンマーを搭載した杭打機、バックホウ等が稼働するため、振動・騒音が発生する。作業中の振動レベル・騒音レベルの程度と各レベルの距離減衰を確認するために振動・騒音測定を実施した。

図-32 に振動・騒音測定位置および測定当日の気象条件を示す。

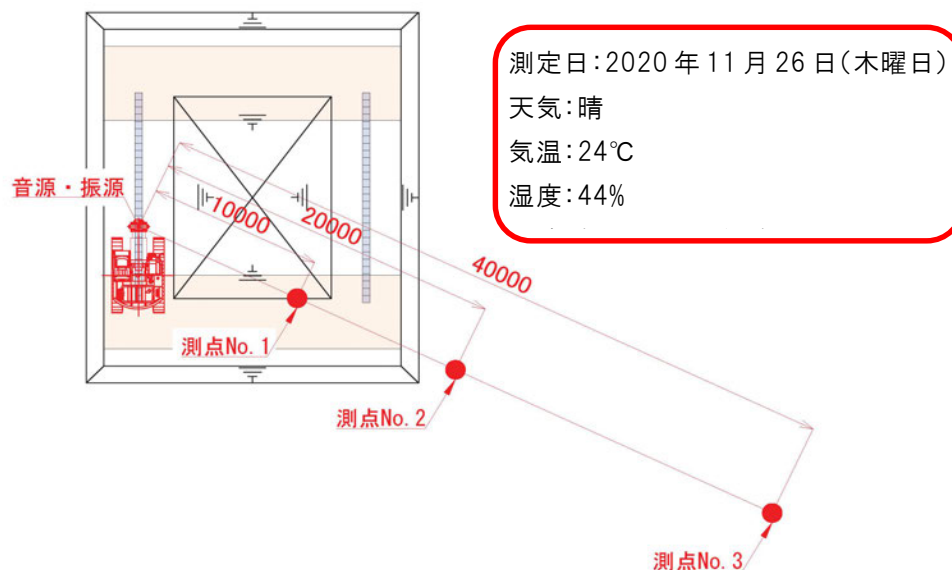


図-32 振動騒音測定位置図

測定項目は、ベントナイト混合土鉛直遮水壁施工中の振動レベル VL（振源からの距離 10m, 20m, 40m）と騒音レベル LA（音源からの距離 10m, 20m, 40m）とした。写真-19 に測定状況を示す。



振動・騒音測定状況（振源・音源から 10m）



使用機械 振動レベル計（VM-53A）



振動・騒音測定状況（振源・音源から 40m）



使用機械 普通騒音計（NL-21）

写真-19 振動・騒音測定状況

ベントナイト混合土鉛直遮水壁施工中の各地点における、振動レベルの測定データの平均値を距離減衰グラフにプロットしたものを図-33 に示す。

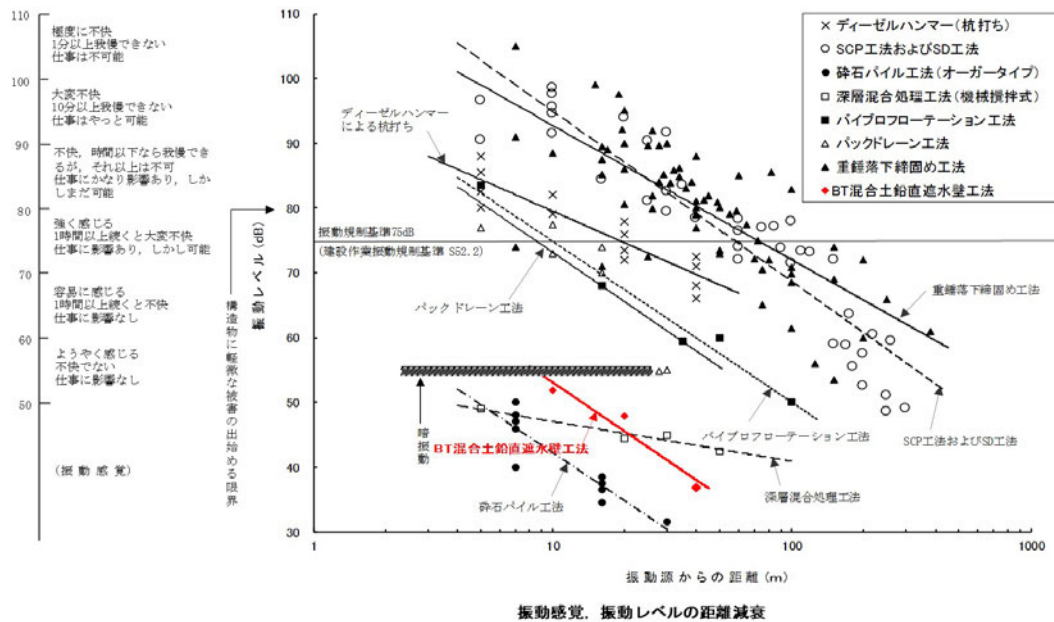


図-33 振動レベルの距離減衰

上図のとおり、ベントナイト混合土鉛直遮水壁施工中の振動レベルは、ベントナイト混合土鉛直遮水壁造成時において、一時的に 10m 地点で 72dB を計測したが、全作業工程（先行削孔⇒函体貫入⇒函体内土砂撤去⇒ベントナイト混合土鉛直遮水壁造成）の平均値では、振源から 10m 地点において、一般的な暗振動レベル以下となっており、低振動で作業可能であることが分かった。

また、騒音レベルの測定データの平均値を距離減衰グラフにプロットしたものを図-34 に示す。

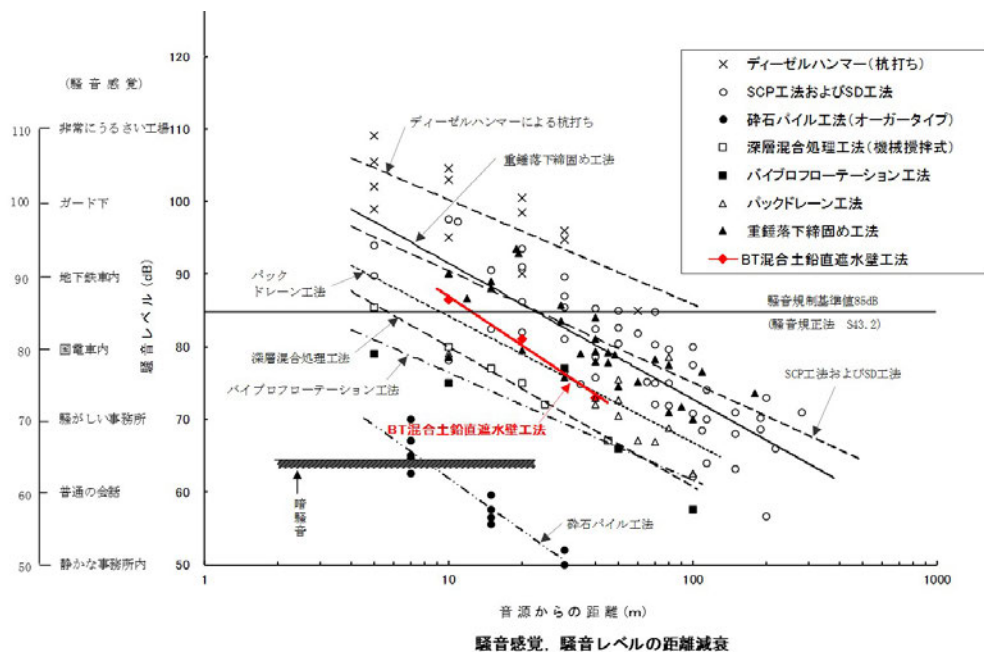


図-34 騒音レベルの距離減衰

上図のとおり，ベントナイト混合土鉛直遮水壁施工中の騒音レベルは，特殊バケットを使用した函体内土砂の撤去作業において，一時的に 10m 地点で 95dB を計測しており，全作業工程（先行削孔⇒函体貫入⇒函体内土砂撤去⇒ベントナイト混合土鉛直遮水壁造成）の平均値でも，音源から 10m 地点では，騒音規制基準値 85dB 以上を計測している．しかしながら，音源から 20m 地点では約 81dB，音源から 40m 地点では約 73dB と騒音規制基準値以下の値となっている．

ため池改修工事において，民家等との近接施工は少ないかもしれないが，今後，環境対策として施工機械の低騒音化を図る必要があると思われる．

1. 8 機能監視の概要、結果、課題等

実証試験後のため池について、機能監視のため、定期的な浸潤線観測井の水位測定と共に、ため池水面の水位の調査を行っている。現段階での、水位測定結果と考察を表-12に示す。

表-12 浸潤線観測井の計測結果と考察

工法	位置	井戸NO	考察
鉛直遮水壁	東	①、②、③	3本の井戸の内中央のNO2井戸のみ50～80mm程度の水位を観測する。池側及び外側の井戸は全く水位を観測せず。NO2井戸は雨水が流入したものが先端に溜まったものと推測する。現段階では浸潤線は無しと判断。
		④、⑤、⑥	池側のNO4,NO5井戸は全く水位を観測せず。外側のNO6井戸は上記NO2井戸と同様に雨水が流入し先端にたまったものと推測する。現段階では浸潤線はなしと判断。
	西	⑬、⑭、⑮	NO17,NO18井戸は水位を観測せず。NO16は2/7にブルーシート中の水を排水。雨水の流入を防止策を講じた。対策後の計測で74mm～174mmの水位を観測。池に近い位置（壁面より220mm）には浸潤線が発生しているものと考えられる。
薄層段切り	南 東	⑦、⑧、⑨	中央の井戸NO8の水位が高かったため、一度排水を行う。雨水の流入防止措置以降は3本の井戸とも一定の水位を観測。NO8の井戸は雨水が流入したものが先端に溜まったものと推測する。
	南 中央	⑩、⑪、⑫	外側の井戸NO12は全く水位を検知せず。中央の井戸NO11もやや検知するが低いレベルで一定。NO10井戸は2/16に一度排水後、2/25に104mmの水位が確認された。このことにより池に近い場所では浸潤線の発生が考えられる。
	南 西	⑬、⑭、⑮	外側のNO15の井戸には全く水位を検知せず。池側のNO13、真ん中のNO14の井戸は水を検知するが低いレベルである。中央のNO14のほうが池側のNO13より水位が高く、雨水の流入が考えられる。

鉛直遮水壁工法の測定地点3か所のうち1か所だけ堤体中央部から外側に470mmの位置（壁外面から220mmの位置）で74mm～174mmの水位を検出した。しかし、他の2か所（堤体中央から外側に970mm地点、1470mm地点）では水位を検出せず、現時点で浸潤線の発生は無いものと考えられる。

薄層段切り工法では、測定地点3か所のうち堤体中央部から外側に300mmの位置で104mm水位を検出箇所があった。堤体中央から外側に900mm地点では水位が観測されたものの池側より高い水位であることから、何らかの状況で雨水又は周辺地盤からの水が溜まったものと考えられる。堤体中央から外側に1500mm地点ではほとんど水位を検出しておらず、鉛直遮水壁と同様に、現段階では浸潤性の発生は無いものと考えられる。

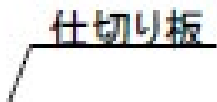
実験工事の浸潤線の測定とは別に振動台実験の加振前に間隙水圧計を設置しその浸潤線を測定した。その結果を下記に示す。この結果から薄層段切り工法は前刃金工法と類似の浸

潤線であり、同程度の遮水効果を持つことが明らかになり、ベントナイト混合土壁はそれよりやや劣る結果となっている。

各ケースの加振直前の浸潤線を図 35 に示す。浸潤線は堤体および地盤に設置した間隙水圧計の値から求めた。Case 1 では堤体中央部で堤体底面から 3.2m に水位があり、下流法尻付近に浸潤面達している。一方、ベントナイト混合土を用いた鉛直遮水壁工法である Case 2 では、鉛直遮水壁により Case 1 と比較して浸潤線が低下している。堤体中央部においては堤体底面から 0.7m の位置に水位があり鉛直遮水壁を通過後、浸潤線は地盤内を通過する。ベントナイト混合土を用いた薄層段切工法である Case 3 では抱土とベントナイト混合土の境界で浸潤線が大きく低下し、



(a) Case 1 無対策



(b) Case 2 ベントナイト混合土壁



(c) Case 3 薄層段切り工法



(d) Case 4 前刃金工法

図 35 加振前の浸潤線

堤体中央部において堤体底面より 1.1m 下の位置に水位がある。Case 2 と比較して Case 3 の堤体内部の浸潤線の位置が低く、堤体内の不飽和領域が大きいことから鉛直遮水壁工法より薄層段切工法の方が、遮水効果が高い。粘性土を用いた前刃金土工法の Case 4 では、前刃金土の抱土の境界部で浸潤線が低下し、堤体中央部では堤体底面より 0.2m 低い下の位置に水位がある。Case 4 の浸潤線と Case 3 の浸潤線は類似しておりベントナイト混合土を用いた薄層段切工法は前刃金土工法と同程度の遮水効果を有することが明らかとなった。

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

本事業において開発した新技術を用いて、高知大学構内に灌漑用ため池を造成した。

鉛直遮水壁工法について、今回開発・改造した専用施工機械（S-15B）を使用する事により、本工法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、施工機 1 台で施工可能であることが確認出来た。

また、作業工程に応じて油圧駆動装置で昇降するブラケットに、バイプロハンマー又はアースオーガーを取り付ける構造に改造した結果、簡単且つ短時間でフロントアタッチメントの交換が可能になり、施工時間を短縮することが出来た。

開発技術の各作業工程での施工能力から、先行削孔の作業で使用する油圧オーガーは、杭長 7m 程度の先行削孔であれば問題無く施工可能である。

本事業で使用した油圧バイプロハンマーと突き固めロッドは鉛直遮水壁造成工事における、ベントナイト混合土の拡幅・締固め作業において、必要十分な能力を有していた。しかし、函体打設作業では円形の先行削孔穴に四角形の函体を打ち込むため、函体の四隅が原地盤土砂に接触して貫入抵抗となり、施工能力が不足していると感じる場面もあった。今後、函体形状を貫入抵抗が低減できる形状に改良することを検討する必要がある。

また、函体引抜き作業では、函体が最深部にある時、函体への土圧が大きく、電動ウィンチ 2 台による函体引抜きが出来ない事象が発生した。上記の函体形状の改良を含めた函体引抜き時の土圧低減策、函体引抜き機械の変更等を検討する必要がある。

ベントナイト混合土鉛直遮水壁施工中の振動レベル・騒音レベルについて、振動レベルは振動規制基準値（75dB）以下であるが、騒音レベルが施工箇所から 10m 地点において騒音規制基準値（85dB）以上であるため、施工機の低騒音化を図る必要がある。

遮水性に関して、薄層段切工法の施工については、前年度に実施した試験施工において、

締固めおよび室内透水試験は良好な結果を得ている。今年度施工したベントナイト混合土鉛直遮水壁についても、コアサンプリングを行った遮水層の締固め度の平均値は、壁体頂部中央で 96.8%、壁体頂部セクション部で 96.3%、壁体断面で 97.3%、全体平均で 96.8% の良好な結果が得られた。

また、コアサンプリングを行ったベントナイト混合土鉛直遮水壁の透水係数の平均値は、壁体頂部中央で 3.67×10^{-8} cm/s、壁体頂部セクション部で 1.57×10^{-8} cm/s、壁体断面で 6.07×10^{-9} cm/s、全体平均で 1.95×10^{-8} cm/s の良好な結果が得られた。

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

本事業では、ベントナイト混合土を使用した薄層段切り工法、鉛直遮水壁工法を開発し、当該工法の施工性と遮水性能・耐震性などを室内実験、実験工事により確認した。これにより実際のため池改修工事への適用が可能となり、刃金土不足問題の解消に貢献できると考える。

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

従来の一般的な対策工である前刃金工を従来技術とした。

2) 従来技術に対する優位性

表-13 に各項目における従来技術との比較を示す。

① 経済性

鉛直遮水壁工法については、単位当たりの施工費は従来工法に比べ上昇する。しかし、従来技術では、補修箇所のみではなく、大掛かりな堤体掘削が必要となるのに対し、本工法は補修箇所を限定的に掘削、改修することが可能となり、トータルコストの削減が見込まれる。

薄層段切り工法は従来と同様の工事を行うが、遮水層を薄層にすることにより、約 20% のコストダウンが見込まれる。

② 工程

鉛直遮水壁工法では部分改修が可能なため、掘削作業の大幅な短縮が見込まれる。薄層段切り工法では従来技術と同等の工程が必要となる。

③ 品質

両工法とも遮水性能は 10 倍向上する。

④ 安全性

両工法とも使用する材料は無機鉱物であり安全性に優れる。しかしながら，耐震性・長期安定性について，鉛直遮水壁工法は従来技術にやや劣り，薄層段切り工法は従来技術と同等である。

⑤ 施工性

鉛直遮水壁工法は施工機械の都合から堤頂幅や施工地盤の強度等の制約が予想される。

薄層段切り工法は従来と同等である。

⑥ 周辺環境への影響

鉛直遮水壁工法は，民家等との近接施工の場合，施工中の騒音レベルが規制値を超える可能性がある。

薄層段切り工法は従来と同等である。

表-13 従来技術に対する優位性

項目	薄層段切り工法	鉛直遮水工法
①経済性	約 20%程度のコストダウンが見込まれる。	堤体部の大掛かりな掘削作業にかかる費用の削減が可能。
②工程	従来工法と変わらない。	堤体掘削等の工程を省略できるが，工事規模により劣る可能性有り。
③品質	刃金土に比べ遮水性は 10 倍向上する。 均一な性能の確保が可能。	刃金土に比べ遮水性は 10 倍向上する。 均一な性能の確保が可能。
④安全性	材料は無機物の為安全。 耐震・長期安定性は従来技術と同等。	材料は無機物の為安全。 耐震・長期安定性は従来技術にやや劣る。
⑤施工性	従来技術と同等。	施工地盤や堤高幅等による制約が予想される。
⑥周辺環境への影響	従来技術と同等。ただし，ベントナイト混合土製造時に粉塵が発生。	施工条件によっては鉛直遮水の施工中の騒音レベルが規制基準値を超える場合がある。

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

適用

範囲を以下に示す.

- ・天然の刃金土の入手が困難なケースで適用.
- ・薄層段切り工法は岩が出るなど下地の凹凸などでベントナイトシートの採用に適さないケースで有効.
- ・鉛直遮水壁工法は, 過去にセメントグラウトを行い地震などでクラックができた堤体の改修, パイピングが発生した堤体の改修などに有効.

留意点を以下に示す

- ・設計の透水係数を満足するベントナイト混合土を製造するために, 事前に配合試験が必要である.
- ・鉛直遮水壁工法では, ため池堤体の天端幅が, 施工機械が稼働可能な幅であること.
- ・施工機械のトラフィカビリティーが確保できること

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

本技術の想定される利用者を以下に示す.

- ・地方自治体農業農村整備 ため池整備御担当者
- ・農業農村整備 ため池整備の設計企業
- ・工事業者

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

本技術の普及啓発等について以下の方法で進める.

- ・設計・施工マニュアルの公表
- ・工法パンフレットの作成, インターネットを利用した広告活動
- ・現場説明会の実施
- ・学会等への技術論文の投稿
- ・設計会社への P R ・勉強会実施

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

- ・使用材料に関して, 母材およびベントナイトの選定, ベントナイトの配合に関するサポートを行う.
- ・施工方法に関して, 設計段階における工法採用の適否, 現場諸条件による問題点の事前抽出, 施工方法の提案等サポートを行う.

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

- (1) 申請者予定者 協議中
- (2) 申請予定時期 協議中

4 研究総括者による自己評価

審査の ポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価 の理由 ^{注3}
目標の 達成度	・効果 (従来技術 に対する優 位性)	ため池の遮水材へのベント ナイトの適用	A	・刃金土の確保が困難な地域でも対応が可能。 ・堤体と同じ土質系材料で遮水材を構築する。 ・グラウチングラインによる割れに対して適 用が可能
	・信頼性 (品質、精 度、安全性、 耐久性等)		A	・従来工法に比べ、コストダウンが見込める。 ・部分改修による工期短縮が期待できる。 ・材料のバラツキに依存しない均質な遮水材 料の確保が可能となる。 ・前刃金に比べ遮水性能が 10 倍向上。 ・無機土質材料の為周辺環境への影響が少な い。
	・適用範囲・ 適用条件 等		B	・既存堤体を崩すことなく部分的な改修に適 用可能 ・堤体高さや堤頂幅等の制約がある。
普及の 可能性	・想定される 利用者へ の普及啓 発の方法	設計・施工マニュアルの策 定 施工方法の確立	A	・刃金土の確保が困難な地域の農業農村整備 事業 ・全体改修が困難な整備事業 等への利用が期待できる
	・利用者に対 するサポ ート体制 (設計・積 算・施工等の 参考資料、相 談窓口等)		B	・使用材料の母材及びベントナイトの選定、 配合設計に関するサポート ・設計段階での適否、現場条件、施工方法の サポート
総 合 コ メ ン ト 注 4	ベントナイト混合土を用いた薄層遮水層の構築技術の開発により、遮水層の薄層化が可能となり、刃金土 不足を解消できるものとする。 また、ベントナイト混合土鉛直遮水壁工法は、堤体中心部に締固め度 95%を満足する、良く締め固められた ベントナイト混合土鉛直壁を連続して構築することを可能とし、グラウチングによる改修が実施されたた め池や部分的な改修を要するため池にも適用可能な工法であり、従来技術にはない特徴を持った新工法で あるとする。			

注 1) 成果報告書に記載の研究開発目標を記載する。

注 2) 評価結果欄は、A・B・C のうち「A」を最高点、「C」を最低点として 3 段階で記入 (○付け) する。

注 3) 自己評価の理由を記載する。

注 4) 総合的なコメントを記載する。

5 今後の課題及び改善方針

地域により適切な母材の有無を確認の必要.

ため池工事を施工する業者へのベントナイト混合土の扱いの周知が必要.

鉛直遮水壁工法施工機械の施工能力の向上のための検討

- ・ 函体形状を貫入抵抗が低減できる形状への改良
 - ・ 施工能力の向上に向けて資機材の改良
 - ・ 函体形状の改良を含めた，函体引抜き時の土圧低減策，函体引抜き機械の変更.
 - ・ 適用可能な施工深度を深くするための打設方法の工夫，施工機械の大型化の検討.
- 施工管理装置の開発.
- 施工時の騒音，振動レベルの低減.