

ため池堤体の不透水粘土層を形成する

「高規格刃金土」

工場で砂や脱水土とベントナイトを混合するベントナイト混合土



SKマテリアル



西武建設

HOJUN®
株式会社 ホージュン

Leaf Air
—リーフエア株式会社—

【背景】

「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法」

平成30年7月豪雨により、多くの農業用ため池が決壊し、人的被害を含む甚大な被害が発生しました。一方、決壊により下流の住宅等被害をおよぼすおそれがある農業用ため池は全国に数多く存在しています。このため、**防災重点農業用ため池に係る防災工事**等を集中的かつ計画的に推進することを目的とする特別措置法（令和2年10月1日施行）が制定されました

- ▶ 静岡県では、防災重点農業用ため池に係る防災工事等推進に関する特別措置法の施行により『**静岡県ため池整備計画**』を策定し、令和12年度までに防災工事を実施する計画としました

静岡県のため池防災工事（廃止工事を除く。）の推進計画

有効期間内を前期（令和3年度～令和7年度）及び後期（令和8年度～令和12年度）に区分し、防災工事を実施する

1. 前期に防災工事を行う防災重点農業用ため池：76箇所
2. 後期に防災工事を行う防災重点農業用ため池：39箇所
3. 個々の防災重点農業用ため池の情報：ため池データベースのとおり



ため池整備の課題に対する対応策の提案

1. ため池整備について

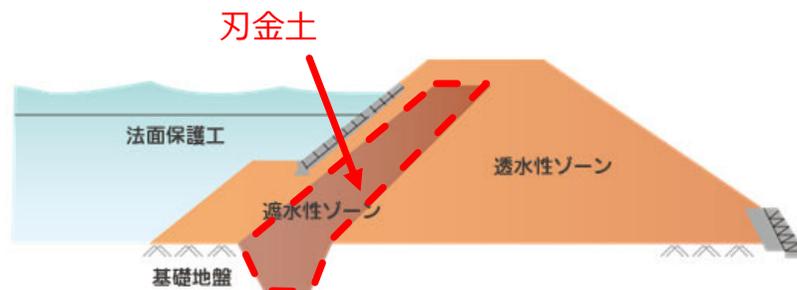
都道府県が防災重点ため池に対する対策を定め実施

- ① 緊急時の迅速な避難行動につなげる対策
⇒ ため池マップの作成、ハザードマップの作成などソフト対策
- ② 施設機能の適切な維持、補強に向けた対策
⇒ 保全管理体制の強化、ストックの適正化、補強対策（豪雨、耐震）

豪雨対策

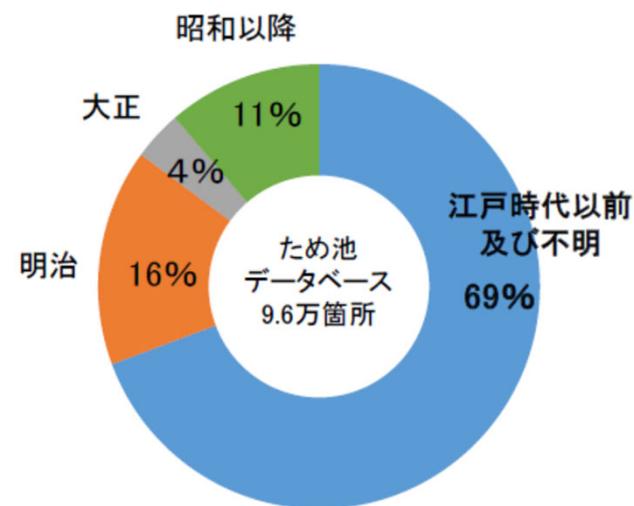
- ✓ 堤体からの漏水を抑制、防止
- ✓ 堤体内の浸潤線を下げることによる安定性向上

既存堤体の上流側に難透水性土質材料を盛土する前刃金工法による対策



ため池堤体の基本構造（前刃金工法）

農業用ため池の築造年代



（農林水産省調べ（平成30年3月））

2. ため池整備に関する課題

課題

- ① 堤体構成材料の課題（刃金土の不足）
 - 良質な天然刃金土が 全国的に不足
- ② 施工管理上の課題
 - 堤体の長期的な健全性確保には、材料の選定や評価、締固め管理などの土質に関する知識が不可欠
- ③ 維持管理上の課題
 - 既存ため池堤体の状況（漏水量、堤体の飽和状況等）把握がなされておらず、改修工事の優先順位がつけられない
 - 管理主体が民間とされているため池も多く、維持管理者の不足
 - 改修後の堤体健全性の継続的なモニタリング



対応策

- ✓ 高規格刃金土
- ✓ 薄層段切り工法
- ✓ ワイヤレス間隙水圧計によるモニタリング

応急措置の事例



ブルーシートによる被災箇所の保護



水位を低下させる措置



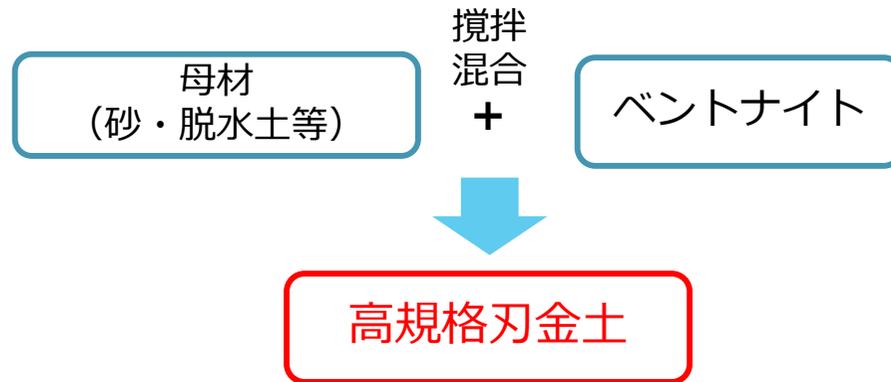
土砂や流木等の撤去



土のうによる崩落箇所の拡大防止

3-1. 高規格刃金土の製造概要

高規格刃金土の製造概要



高規格刃金土の特徴

- ✓ 不透水粘土層を形成
ため池の刃金土で要求される透水係数 $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ よりも1~2オーダー低い ($1 \times 10^{-8} \sim 10^{-9} \text{m/s}$ 以下)
- ✓ 自己修復性
ベントナイトの膨潤特性により地震等で亀裂が発生しても修復する

■ ベントナイト

- 粘土鉱物**モンモリロナイト**を主成分とした弱アルカリ性の粘土岩
- 数100万~2億年前の火山噴火による碎屑性噴出物の堆積物が、地下深くで地温や圧力上昇による物理的・化学的変質作用を受けて生成
- 吸水により膨潤する性質
- 高い遮水性や自己修復性を発揮



膨潤のイメージ

3-2. 高規格刃金土の製造と供給

砂利・碎石工場での製造と供給



- ✓ 工場で製造する骨材等とベントナイトを混合する付加価値を付けた新商品の製造
- ✓ 砂利工場や可動式プラントによるプレミックス製造
- ✓ 品質管理された材料を現場にタイムリーに納入可能

可動式プラントでの製造と供給

- ◆ 現場での混合攪拌作業を省略
- ◆ 攪拌混合精度の向上
- ◆ トレーサビリティ確保



S+工法システム全景

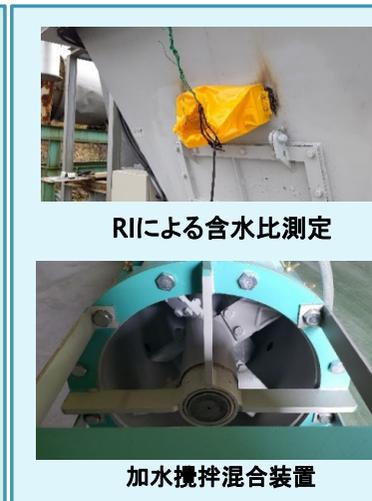
3-3. 高規格刃金土の製造工法 (S⁺4工法：特許申請中)

- 母材、ベントナイトの計量精度が高く、従来より現場混合率を下げられる
⇒ 母材の供給量を重量計測、それに追従してベントナイトの高精度な添加量管理
- 高精度な含水比調整
⇒ 母材含水比自動測定装置、専用の加水混合装置の適用により、高精度な含水比調整が可能
- 製造情報の記録によるトレーサビリティ
⇒ バッチごとに①母材添加重量②ベントナイト添加重量③製造時間などの 情報がシステム内に自動蓄積

混合精度向上



含水比調整機構



トレーサビリティの確保



3-4. S+4工法施工フロー

(可動式プラントでの製造と供給)

<p>① 管理装置設定</p>	<p>◎キャリブレーションを実施し、土砂ホッパ、ベントナイトサイロ計量装置の補正を実施する。 ◎材料排出速度に応じた母材重量、ベントナイト重量を計測し、システムに入力する。</p>	<p>② 母材投入</p>	<p>③ ベントナイト投入</p> <p>◎母材、ベントナイトを土砂ホッパ、ベントナイトサイロに投入する。 ◎最大投入容量はそれぞれ、7m³、5m³であり、1バッチに必要な数量を投入する。</p>	<p>④ 製造開始</p>	<p>◎母材含水比測定を実施しシステムに入力する。 ◎ベントナイト混合率を母材の乾燥重量に対する割合として入力する。 ◎1バッチ当たりの製造量をシステムモニターから設定し、製造を開始する。</p>	<p>⑤ 二次攪拌</p>	<p>◎加水混合装置から排出される混合土を二次ベルトコンベアで受け、アジテーター車またはミキシングバケットによる二次攪拌を実施する。</p>	<p>⑥ 排出・集積</p> <p>◎製造したベントナイト混合土を集積する。 ◎集積後は、フレコンバックへの封入やシートでの被覆等を実施し、降雨や乾燥による含水比変化を抑制する。</p>
 <p>ベントナイトサイロ計量器確認</p>	 <p>材料の搬入</p>	 <p>母材含水比確認</p>	 <p>アジテーター車による二次攪拌</p>	 <p>フレコンバックへの封入</p>				
 <p>土砂ホッパ計量器確認</p>	 <p>母材の投入</p>	 <p>製造状況</p>	 <p>ミキシングバケットによる二次攪拌</p>	 <p>フレコンバックでの保管</p>				
 <p>システムへの入力</p>	 <p>ベントナイトの投入</p>	 <p>加水混合装置</p>	 <p>品質管理</p>	 <p>運搬</p>				

3-5. 高規格刃金土の試験製造の実施結果

製造した高規格刃金土の諸元

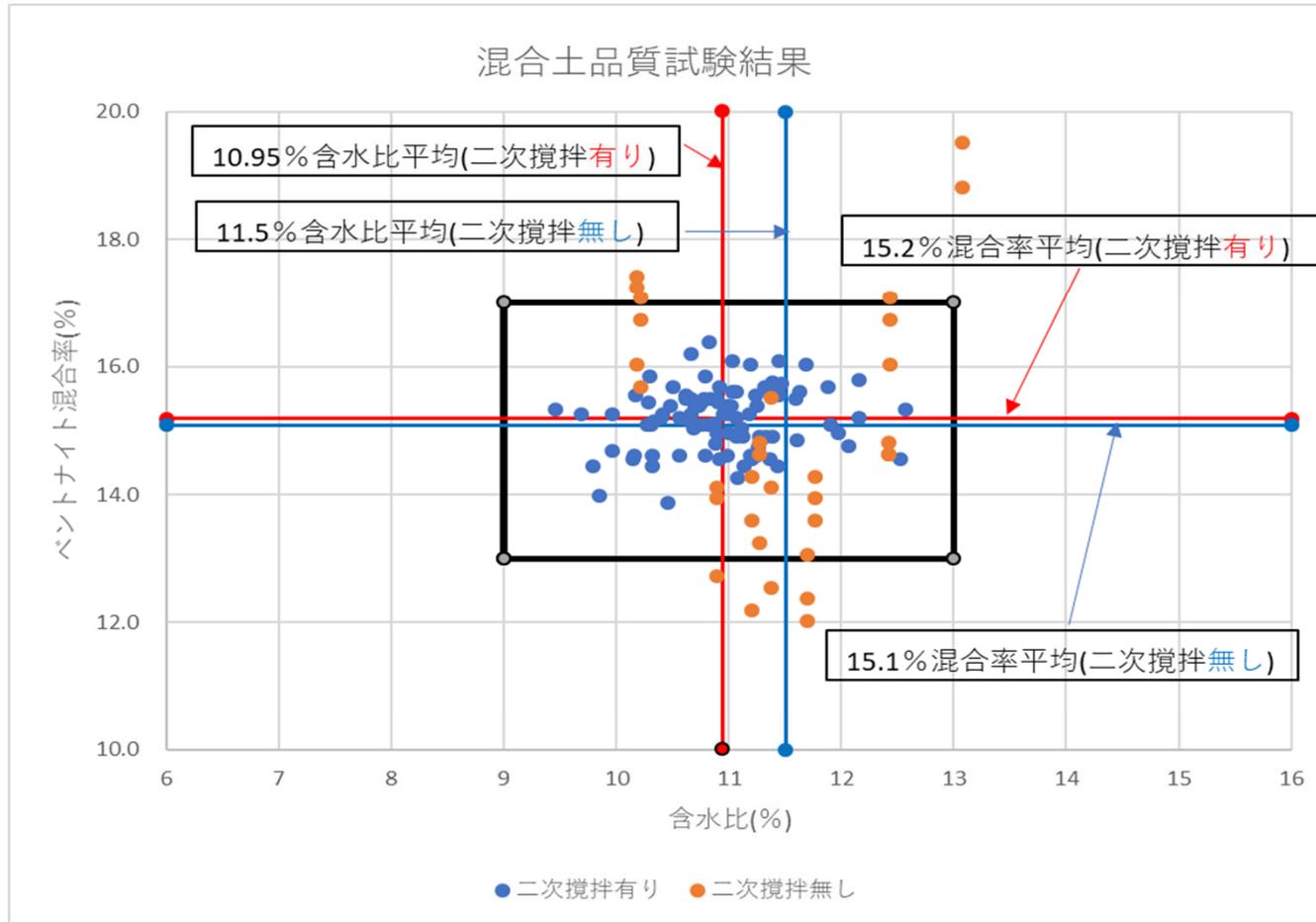
項目	仕様	備考
母材	洗砂	初期含水比 約6%
ベントナイト	Na型	初期含水比 約7%
目標ベントナイト混合率	15.0%±2.0%	混合率は内割(外割18.7%)
目標含水比	11.0%±2.0%	
攪拌方法	加水混合装置+アジテーター車	アジテーター車での攪拌は3分
製造数量	約100 t	

含水比とベントナイト混合率の測定結果

項目	測定方法	試験回数	平均値(%)	標準偏差
ベントナイト混合率	MBC 吸着試験	94	15.20	0.49
含水比	赤外線水分計	89	10.83	0.51

バラツキの小さい高規格刃金土を供給可能

3-6. 試験製造の品質試験結果 (S⁺4工法混合精度)

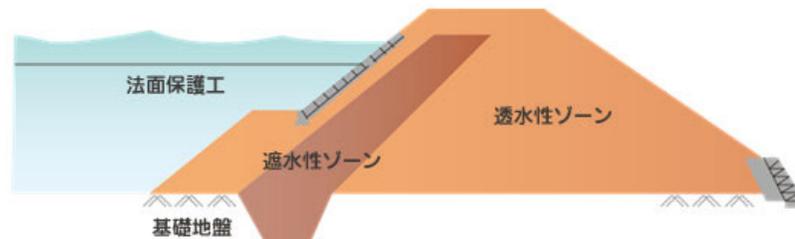


高規格刃金土の含水比とベントナイト混合率の関係

4. 薄層段切り工法

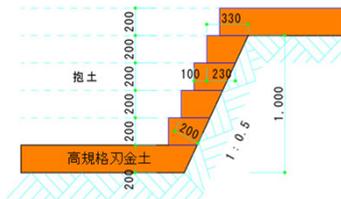
(農林水産省官民連携新技術研究開発工法)

前刃金工法の代替えとして、
段切りした下地の上に薄層の高規格刃金土を敷設する**薄層段切り工法**

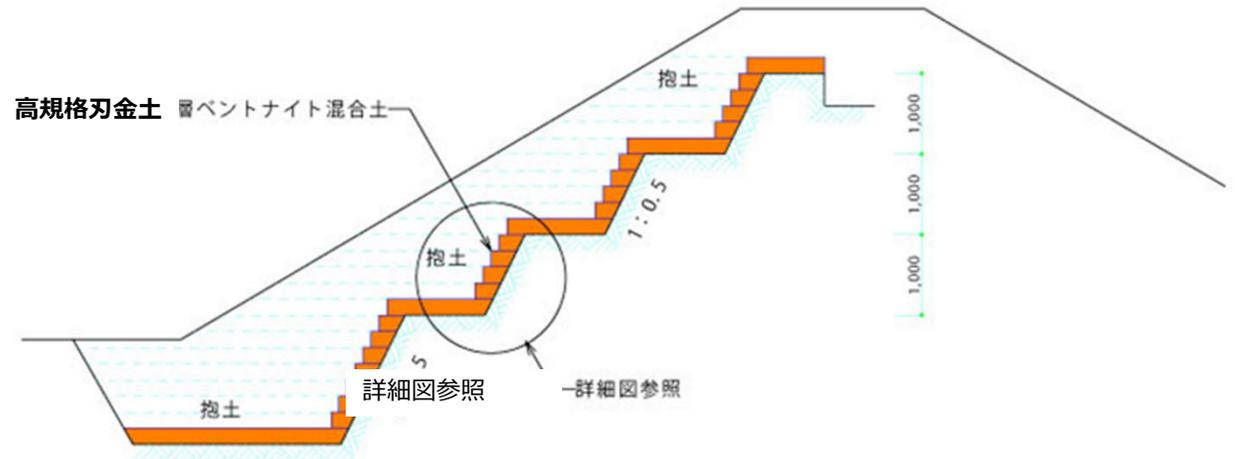


前刃金工法（従来工法）の堤体断面

- ✓ 天然刃金土不足の解消
⇒高規格刃金土の適用
- ✓ 刃金土の薄層化
⇒コスト削減、工期短縮、均質性確保



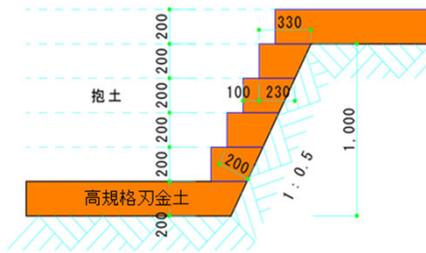
詳細図



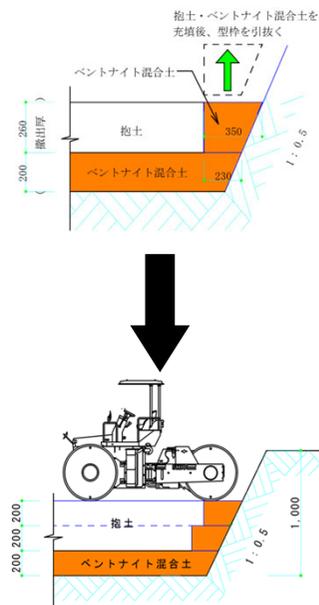
薄層段切り工法の堤体断面

4-1. 施工フロー (農林水産省官民連携新技術研究開発工法)

薄層段切り工法 施工手順



詳細図



型枠内に高規格刃金土投入



抱き土撒き出し



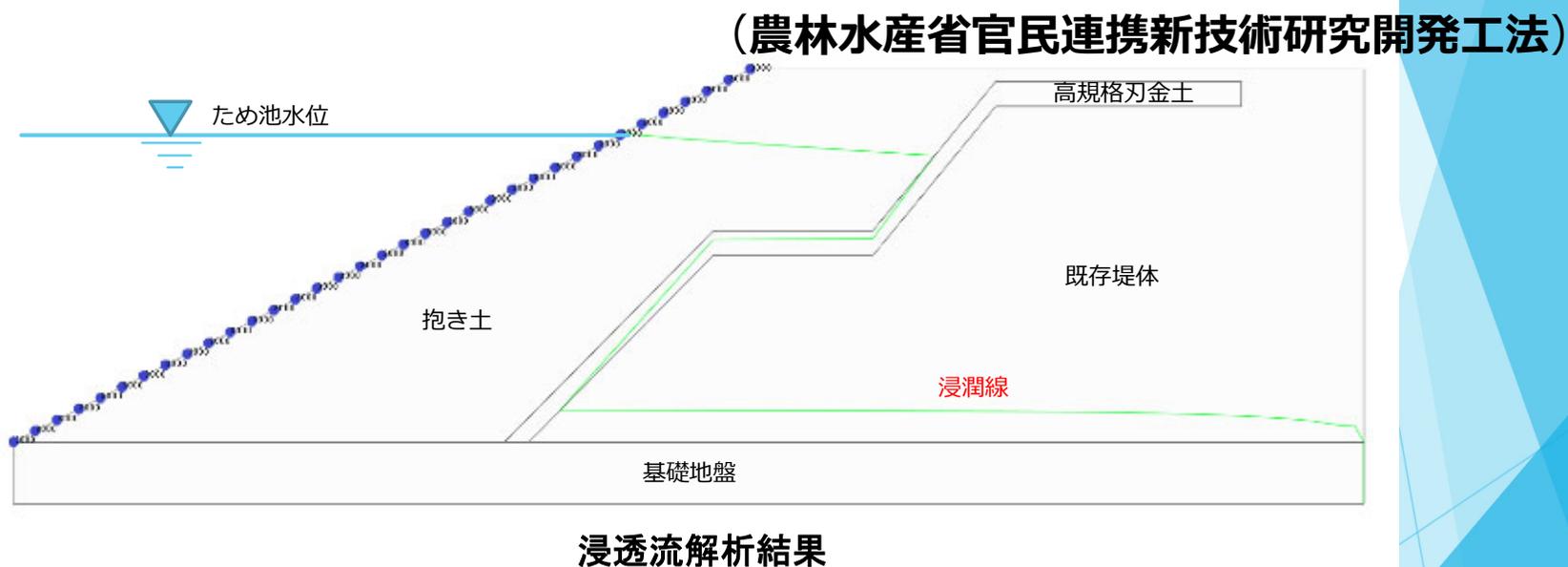
型枠引き抜き



高規格刃金土と抱き土を同時転圧

4-2. 薄層段切り工法の性能

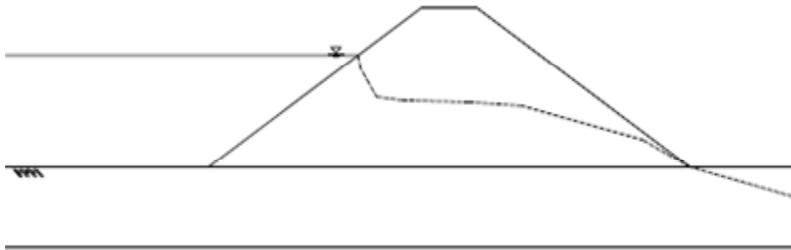
薄層段切り工法の浸潤線（浸透流解析）



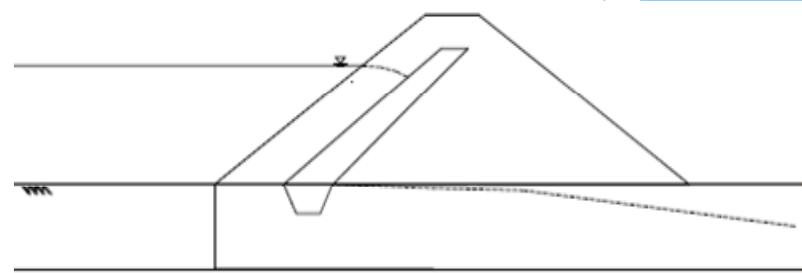
高規格刃金土を使用した**薄層段切り工法**による難透水性能により、浸潤線の十分な低下を確認

4-3. 薄層段切り工法モデル実験

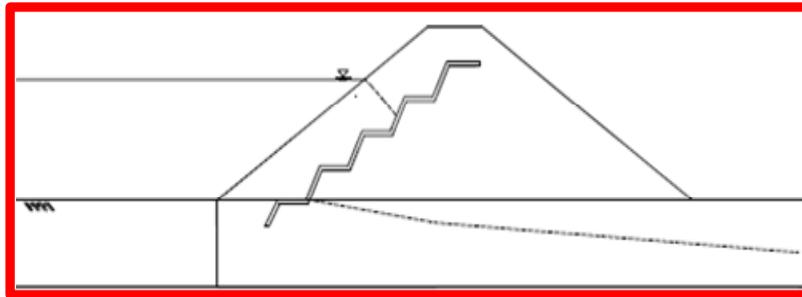
薄層段切り工法の浸潤線 (振動台模型実験時の確認)



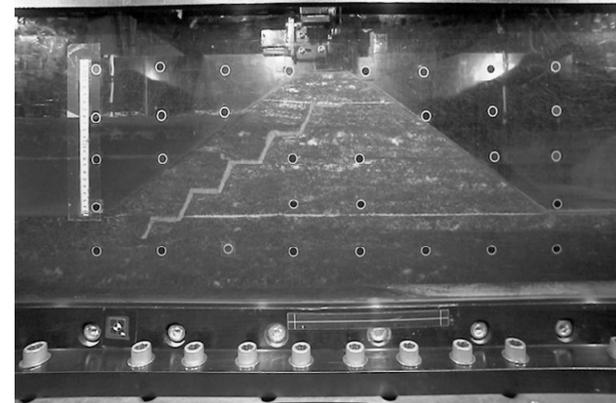
無対策
堤体中央部 GL+3.2m



従来技術 (前刃金工法)
堤体中央部 GL-0.2m



薄層段切り工法
堤体中央部 GL-1.1m

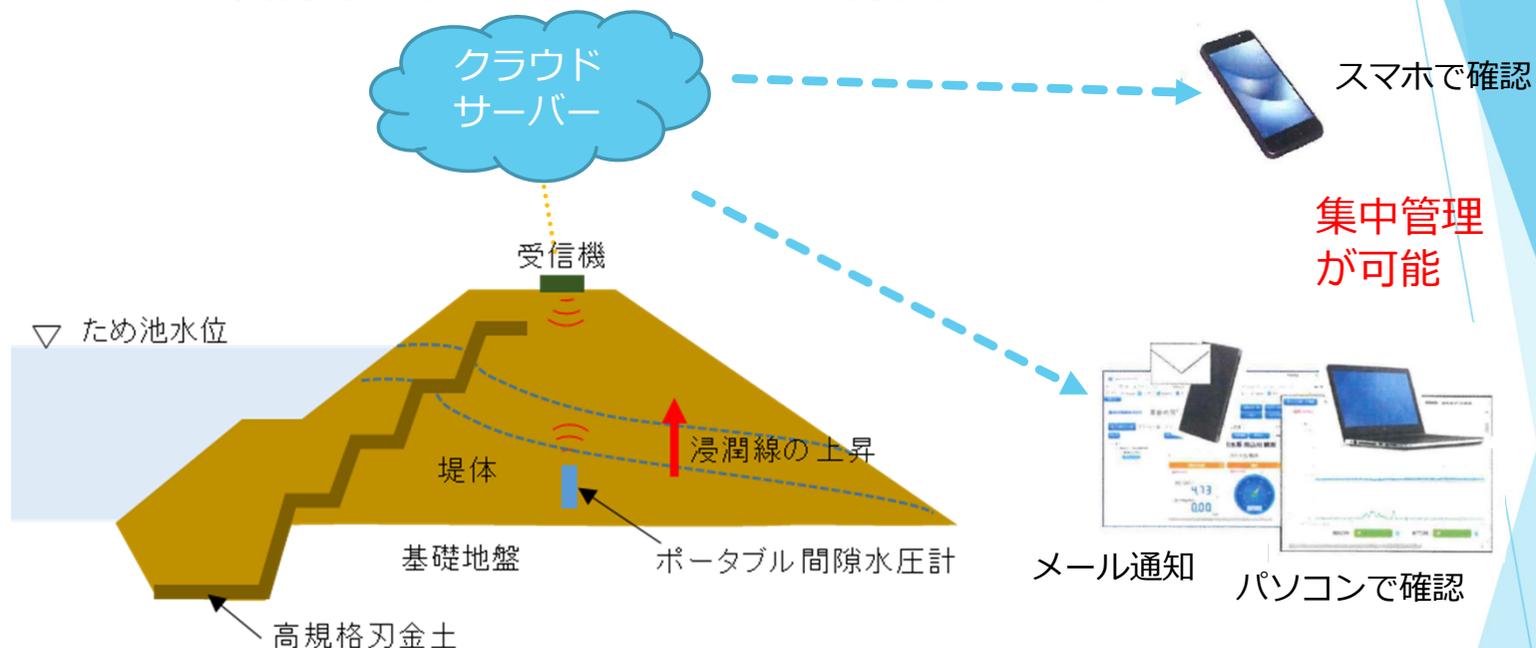


農研機構の遠心载荷試験装置における実施状況

無対策、従来技術と比較して浸潤線は低位に維持される結果となった

5.堤体内モニタリング

ワイヤレス間隙水圧計（農林水産省官民連携新技術研究開発品）



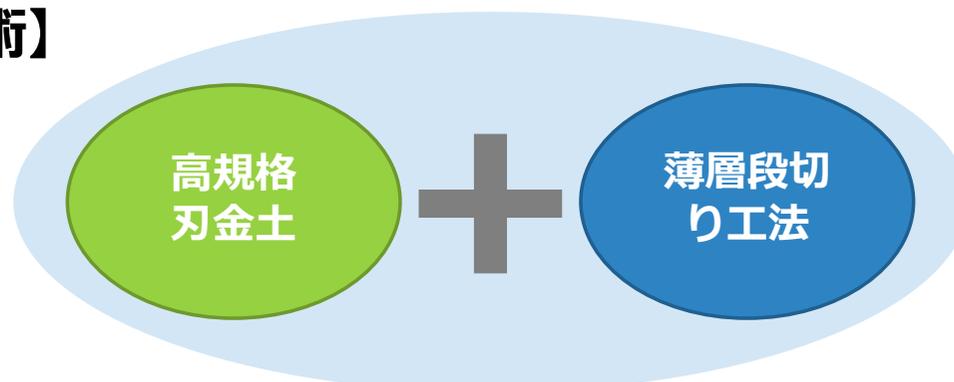
- ✓ 老朽ため池の堤体内状況
- ✓ ため池堤体改修後の湛水時
- ✓ 地震時
- ✓ 堤体内水位の変化時

→ 堤体内の浸潤線の変動をリアルタイムで確認可能

- ✓ 測定値はクラウドサーバーに逐次保存
- ✓ 異常値確認時はメール等で緊急通知
- ✓ 村内ため池を役場内PC等で集中管理
- ✓ ため池水位計、堤体天端変位計、浸透水量計の追加も可能

6. 本提案のまとめ（従来技術との比較）

【提案技術】



①経済性	②工程	③品質	④安全性	⑤施工性	⑥周辺環境への影響
✓ 約20%程度のコストダウンが見込まれる	✓ 現場での刃金土製造等の工程を短縮できる	✓ 刃金土に比べ遮水性は100倍向上する. ✓ 高規格刃金土の適用により均一な性能の確保が可能.	✓ 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.	✓ 従来技術と同等	✓ 従来技術と同等. 高規格刃金土の製造時に粉塵対策が必要

※ 従来の一般的な対策工である前刃金工法を従来技術とした。