

ボンテラン工法評価

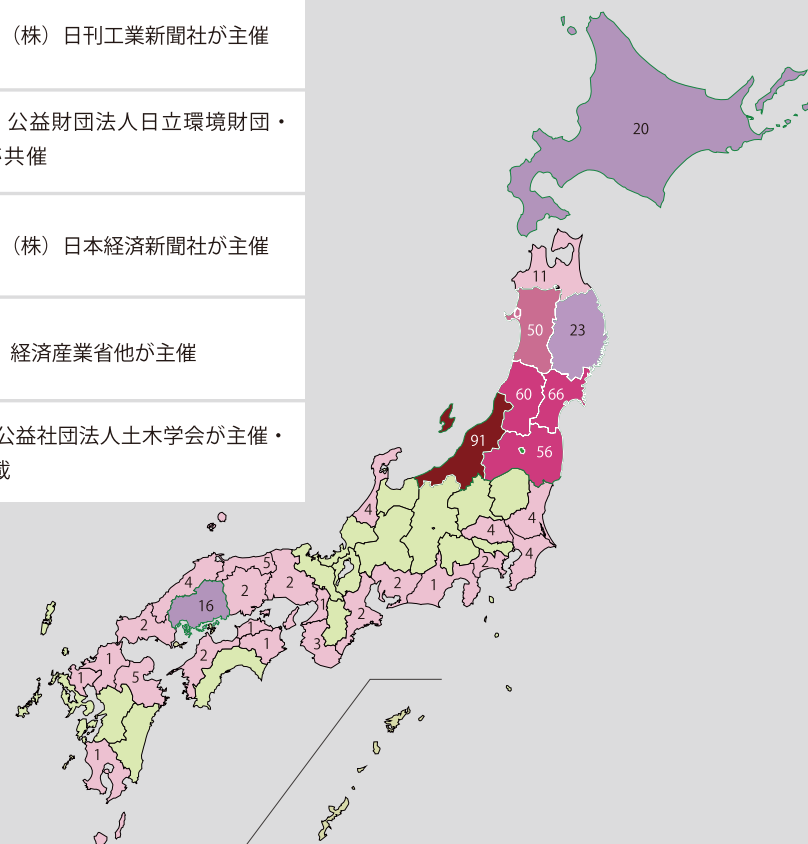
ARIC NNTD No,	0245
NETIS 登録 No,	TH-020042-V (現在は掲載終了)
NETIS 事後評価	実施済み
建設技術審査証明	財団法人先端建設技術センター第 2203 号
日本素材物性学会「山崎賞」受賞	平成 16 年度 (2004 年)「高含水泥土の再資源化を 目指した軽量繊維質固化処理土の生成に関する研究」
「国土技術開発賞」受賞	平成 19 年度 (2007 年)財団法人国土技術研究センター、 財団法人沿岸技術研究センターが主催する第 9 回国土 技術開発賞受賞
資源・素材学会「論文賞」受賞	平成 20 年度 (2008 年)「ペーパースラッジを用いた 繊維質固化処理土の強度特性および乾湿繰り返し試験 における耐久性に関する実験的研究」
「国土交通大臣賞」受賞	平成 20 年度 (2008 年)内閣府・総務省・文部科学省・ 経済産業省・が主催する第 6 回産学官連携功労者表彰
第 5 回モノづくり連携大賞において 「特別賞」受賞	平成 22 年度 (2010 年) (株) 日刊工業新聞社が主催
第 38 回環境賞において 「優良賞」受賞	平成 23 年度 (2011 年) 公益財団法人日立環境財団・ (株) 日刊工業新聞社が共催
日経地球環境技術賞において 「優秀賞」受賞	平成 26 年度 (2014 年) (株) 日本経済新聞社が主催
第 6 回ものづくり日本大賞において 「経済産業大臣賞」受賞	平成 27 年度 (2015 年) 経済産業省他が主催
「土木技術十二選」に選定	令和 4 年 (2022 年) 公益社団法人土木学会が主催・ 土木学会誌 1 月号に掲載

共同研究開発者



森 雅人 高橋 弘
株式会社森環境技術研究所 東北大学大学院環境科学研究科
所 長 (博士 (環境科学)) 環境科学専攻教授 (工学博士)

採用実績
約 759,000 m³
447 件
令和 3 年 12 月現在



ARIC NNTD 登録番号 0245



老朽化ため池改修技術 ボンテラン工法

ため池底泥土・堤体掘削土を原料として高機能地盤材料に再資源化
東北大学大学院環境科学研究科 高橋弘教授と共同開発

A Challenge for the Troublesome “Mud” in Constructions.



株式会社 森環境技術研究所

〒996-0071 山形県新庄市小田島町 7-36
TEL : 0233-22-0832
FAX : 0233-22-0932
mail : bt@mori-kankyo.co.jp
web : https://mori-kankyo.co.jp



株式会社 森環境技術研究所
MORI Institute for Environmental Technology

厄介物底泥土の再資源化

ボンテラン工法とは

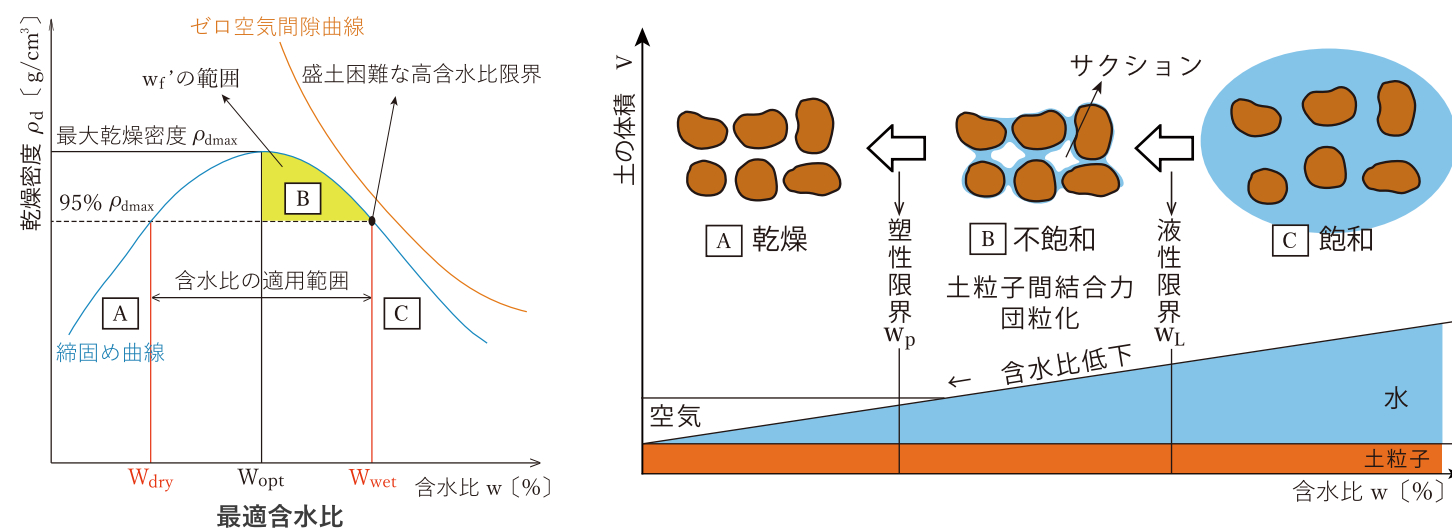
ため池既設堤体掘削土と底泥土を原材料として堤体の改修・補強を目的に、ため池近辺からの土質材料採取を不要とした自己完結型工法となる。



底泥土はなかなか乾かない

含水比を低下させる技術開発

土質材料が降雨の影響を受けて高含水状態となり、敷均し・転圧作業が出来ない。そのため、早急に W_{wet} 95〔%〕程度に含水比を低下させる技術開発が望まれている。



〔A〕 乾いた砂にはまった車

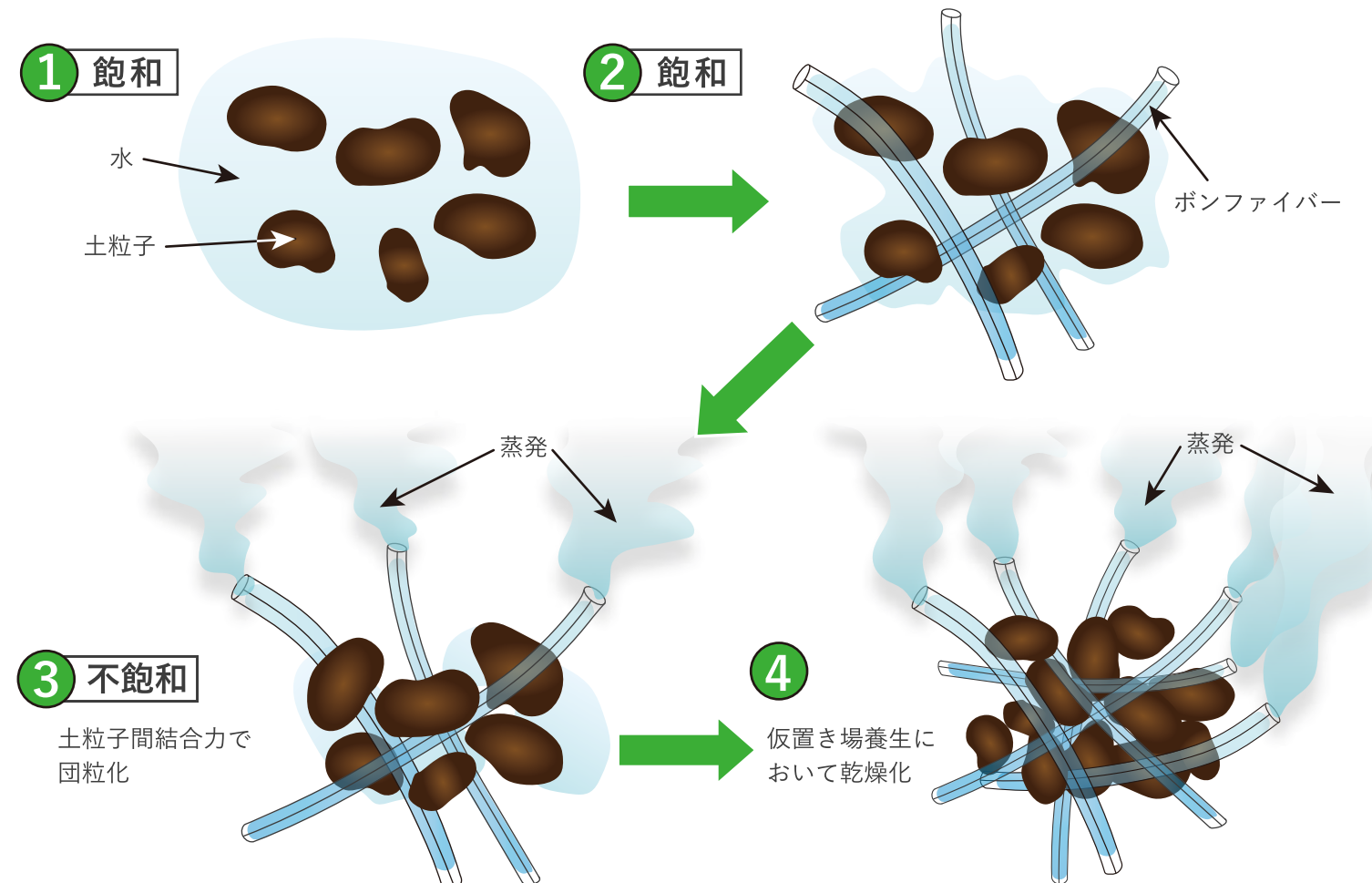
〔B〕 転圧状況

〔C〕 泥にはまった車

底泥土が乾くわけ

含水比を効率的に低下

飽和泥土中の水分がボンファイバーに吸水され、気温・風速などの気象条件により蒸発が始まる。ボンテラン改良土の含水比が蒸発速度に応じて低下し、速やかに団粒化・乾燥化が促進される。



ボンテラン改良土の蒸発と団粒化イメージ図

乾きぐあいの比較

極めて高い蒸発速度を確認

ボンテラン改良土の蒸発速度 $E=4.38 \sim 6.21$ (kg/h・m²) と計測され、先に報告された結果と比べ極めて高い速度が確認された。遮水性ゾーンの含水比を効率的に低下させ、ため池改修の品質確保と工期短縮が可能となる。

	蒸発速度 〔kg/h・m ² 〕	平均風速 〔m/s〕	平均気温 〔℃〕	平均湿度 〔%〕
ボンテラン改良土 (四ツ釜)	6.21 ($w_i \rightarrow w_s$)	1.2	16.1	85.0
ボンテラン改良土 (切畑)	4.38 ($w_i \rightarrow w_s$)	1.1	10.2	88.0
豊浦標準砂	0.326		26.0	18.0
〃	0.400		55.0	6.5
〃	0.644		75.0	3.5
立川ローム	0.208		25.0	70.0

蒸発速度の比較



ボンテラン改良土の団粒化形成状況例

高い密度で締固めて良好な施工性実現

盛り立て作業が速やかに可能

○ Y ため池の実施例

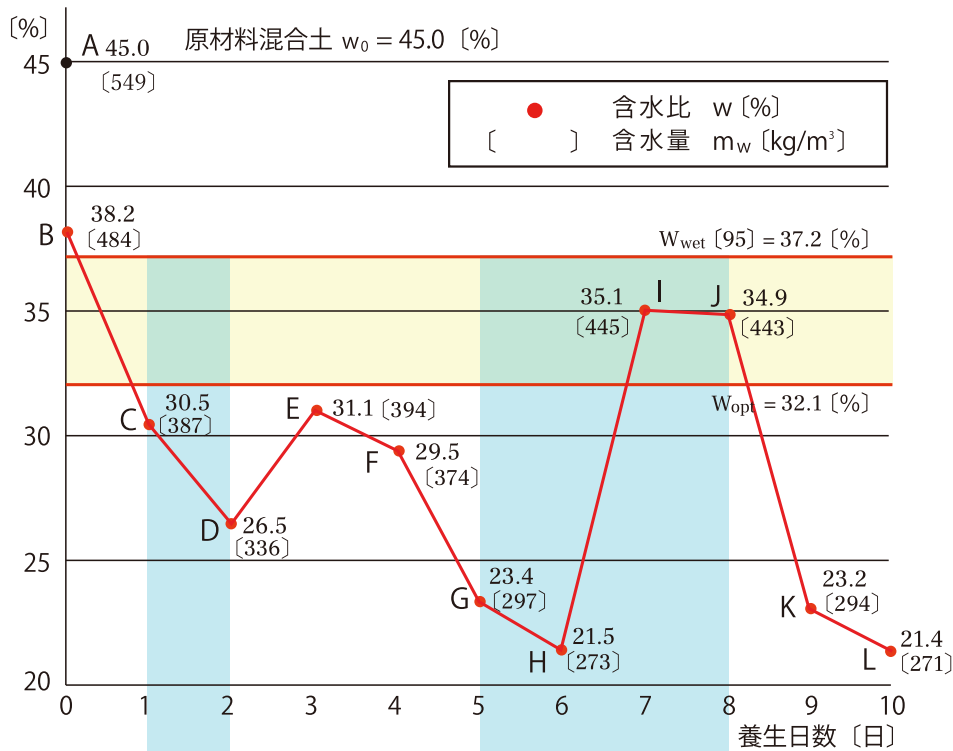


転圧状況

原材料混合土含水比： $w_0 = 45.0$ [%]

養生 1 日目含水比： $w_c = 30.5$ [%]

早期に含水比低下効果を確認して、盛り立て作業が速やかに実施される。



日照時間 [h]	4.9	4.9	0.0	6.0	7.7	0.2	0.0	0.0	7.1	0.1
合計降水量 [mm]	1.0	0.5	0.5	1.0	0.0	6.0	17.0	5.0	0.0	0.5
平均風速 [m/s]	2.7	2.2	1.9	3.8	3.2	2.2	2.4	3.5	1.2	1.5
平均気温 [°C]	17.8	17.1	18.9	18.5	20.2	17.3	15.2	15.4	16.1	14.7
平均湿度 [%]	79.0	84.0	91.0	83.0	80.0	94.0	90.0	83.0	85.0	95.0

屋外試験、ポンテラン改良土の養生日数と含水比および含水量の関係

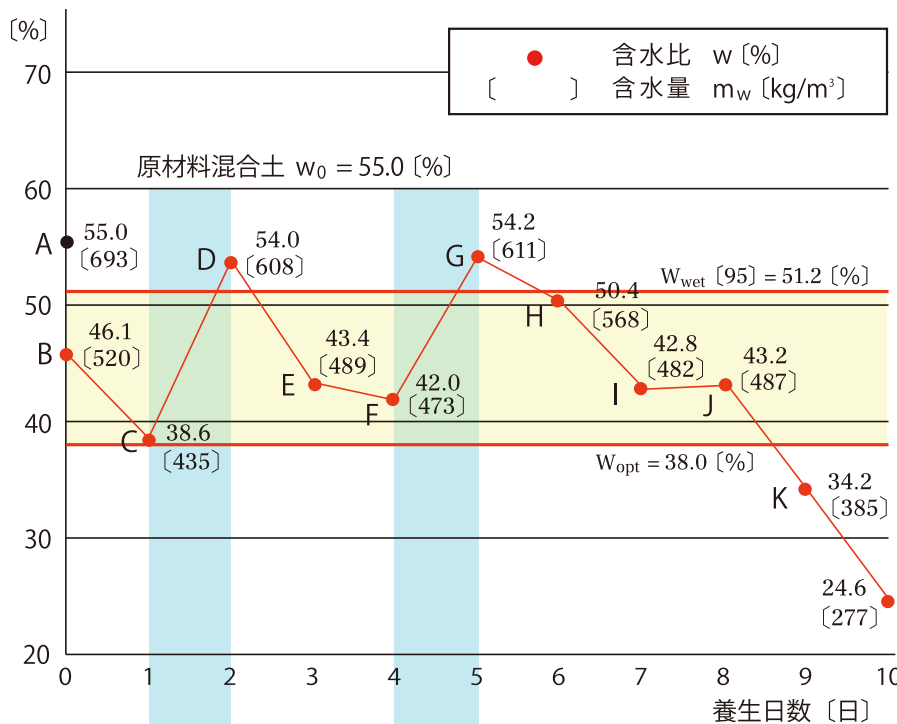
○ K ため池の実施例



転圧状況

原材料混合土含水比： $w_0 = 55.0$ [%]

養生 1 日目含水比： $w_c = 38.6$ [%]



日照時間 [h]	5.2	1.8	6.2	0.0	0.0	0.0	2.6	5.0	8.8	4.4
合計降水量 [mm]	0.5	10.5	1.0	0.0	10.5	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0
平均風速 [m/s]	1.6	3.1	1.6	1.0	0.9	1.3	2.3	1.7	1.1	0.8
平均気温 [°C]	9.6	7.7	9.6	8.5	10.6	10.7	11.6	9.4	10.2	10.3
平均湿度 [%]	84.0	89.0	90.0	97.0	98.0	98.0	87.0	86.0	84.0	92.0

屋外試験、ポンテラン改良土の養生日数と含水比および含水量の関係

安定処理土ひび割れ懸念、セメント協会発表

クラックが発生せず漏水防止効果

安定処理土とポンテラン改良土の乾湿繰返しおよび凍結融解に対するクラック発生状況試験をフィールドで実施した。その結果、安定処理土は多数のクラックが確認された。一方、ポンテラン改良土は極めて高い漏水防止効果が確認された。

安定処理土

含水比：100 [%] セメント系固化材：55 [kg/m³] BF：0 [kg/m³]



乾湿試験前



養生 30 日目



養生 180 日目



養生 228 日目

ポンテラン改良土

含水比：100 [%] セメント系固化材：55 [kg/m³] BF：25 [kg/m³]



乾湿試験前



養生 30 日目



養生 180 日目



養生 228 日目



ポンテラン改良土クラックの発生なし（2 年間放置）



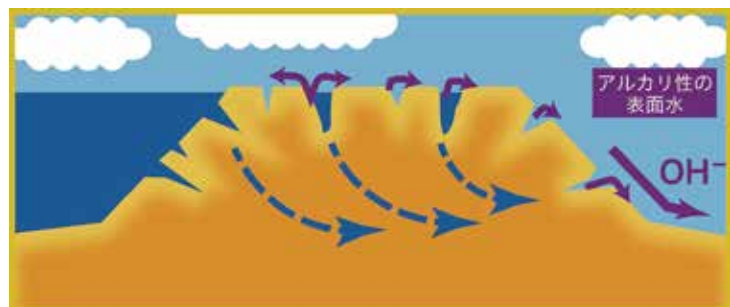
ポンテラン改良土のクラックの発生無し（イメージ図）

安定処理土はクラック発生、国交省発表

高アルカリ溶出水、
営農への影響懸念

国土交通省
自らがセメ
ント安定処

理土のフィールド試験を実施して多数のクラック発生を報告している。したがって、大量の [OH⁻] 高アルカリ溶出水が直接農業用水路に放出された場合近隣農家の営農への影響が懸念される。



クラックからの漏水、パイピングに発展

クラックの開口最大幅 2cm 程度

セメント安定処理土のクラック発生状況

国土交通省関東地方整備局河川部河川工事課より資料提供

※公調平成 29 年（ゲ）第 5 号 栗東市林道工事水質汚濁事件（養鰻場セメントによるコイ大量死事件）



東日本大震災で被災なし

液状化を抑制

2002年に完成した福島県須賀川市の浜尾遊水池築堤工事では、2011年に発生した東日本大震災において現地発生土（砂質土）を用いた浜尾堤防は液状化により堤体天端にクラックが発生し被災した。一方、底泥土を用いたポンテラン堤体は液状化による被害は一切確認されず、国土交通省より「東日本大震災で効果のあった技術」として選定された。



砂質土を用いた堤防



ポンテラン改良土を用いた堤防（被災なし）

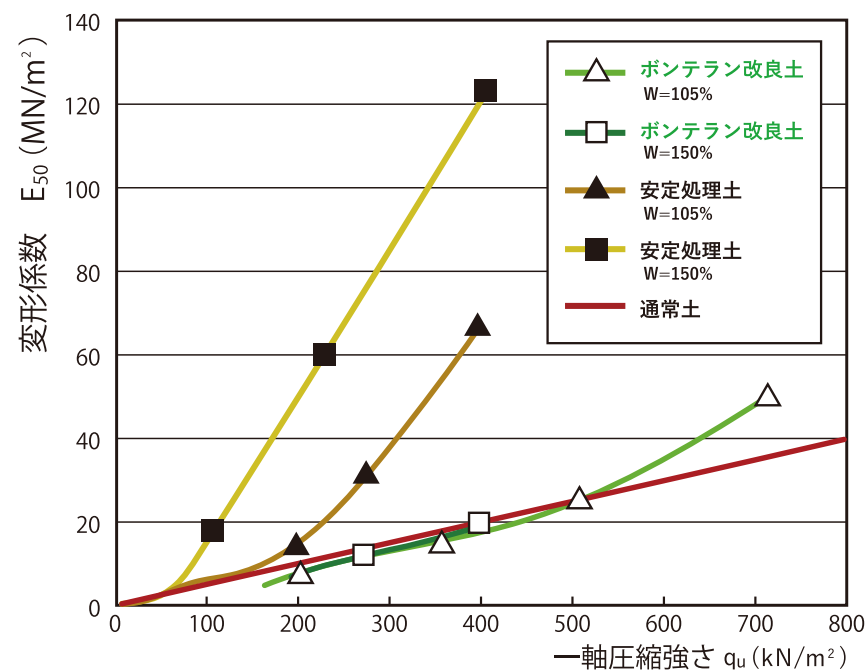
既設堤体とのなじみがよい

既設堤体との密着性

既設堤体と変形の相違をなくし密着性（なじみ）を改善。堤体の中に剛性の高い改良体を作ると、地震時の振動特性が異なるため、堤体の亀裂や破損の原因となる。ポンテラン改良土の変形特性は、大きな破壊ひずみと小さな変形係数を持つため、既設堤体との剛性の違いが無く密着性（なじみ）を改善した。



ポンテラン改良土と既設堤体の施工状況



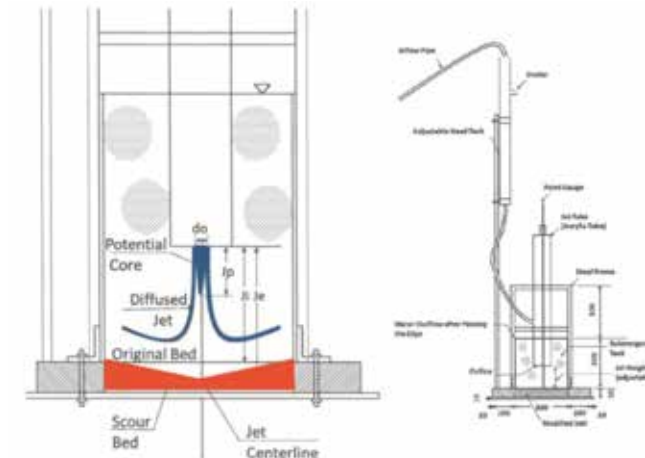
ポンテラン改良土と安定処理土の一軸圧縮強さと変形係数の関係

通常土 E_{50} (MN/m²) $\approx 0.056 q_u$ (kN/m²)
出典：(社)地盤工学会「地盤調査の方法と解説」p267, pp.323-324

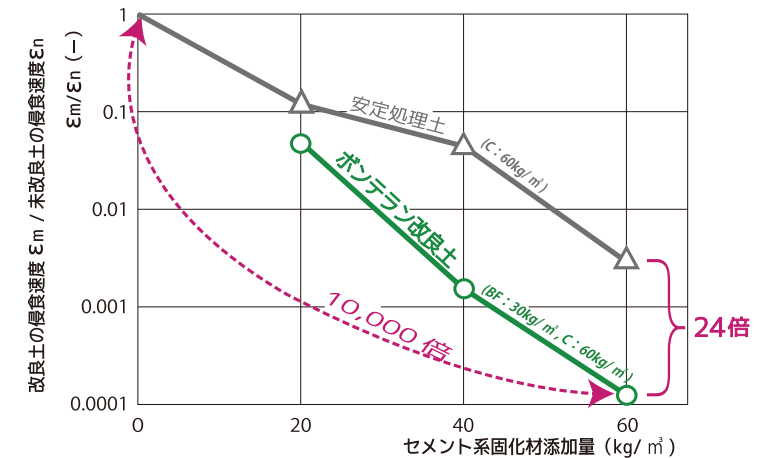
堤体の波浪による浸食防止

浸食・浸透による破壊

水中噴流試験装置を用いた実験で、ポンテラン改良土は砂質土に対しては約 10,000 倍、安定処理土に対しては約 24 倍という極めて高い耐浸食性能を有していることが明らかとなった。この結果、貯水池内の波浪により浸食防止効果が確認された。



浸食速度の計測に用いた水中噴流試験装置



ポンテラン改良土と安定処理土の浸食速度の比較

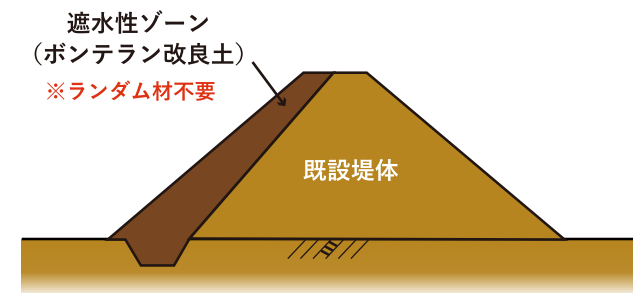


ポンテラン改良土を上流前面に配置した事例（令和3年度切畑ため池）

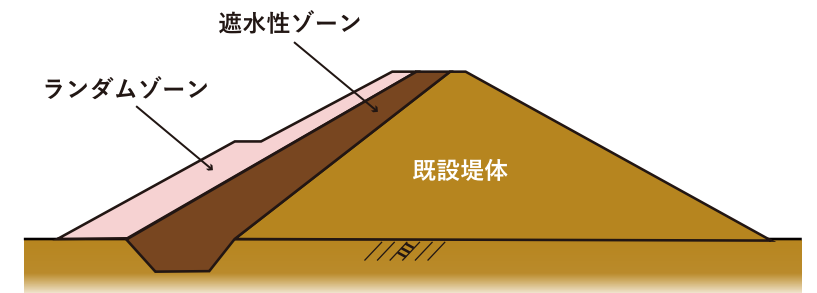
ランダム材不要・施工簡素化

土工量を大幅に削減可能

ポンテラン改良土は強度・遮水性および浸食に優れており堤体法面を急勾配とした堤体改修が可能であり、土工量を大幅に削減することができる。



ポンテラン工法による改修



現地採集土を用いた従来工法

地盤工学からの提言

2018年7月 — 地盤工学からの提言 —

「これまでの、老朽化ため池改修に関する研究成果は模型実験や数値解析が主であり、実際のため池に適用できている技術は必ずしも多くはなく、いくつかの実施事例でもその経年的な状態の把握が十分ではない。このような、新技術の導入については、単純な実績主義と直工費だけで工法選定する従前の方針を改め、長期に亘る高い安全性が多様な方法で明らかになっている経済的な技術を社会に導入する取り組みが重要である。」