



第6回ものづくり日本大賞「経済産業大臣賞」



第6回産官学連携功労者表彰「国土交通大臣賞」



(一財)国土技術開発センター「国土技術開発賞」

共同研究開発者



高橋 弘

東北大学大学院環境科学研究科
環境科学専攻教授（工学博士）

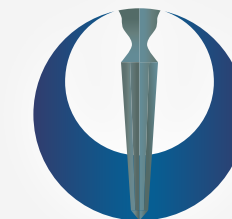


森 雅人

株式会社森環境技術研究所
所 長（博士（環境科学））



株式会社 森環境技術研究所



ものづくり日本大賞
経済産業大臣賞

BonTerrain

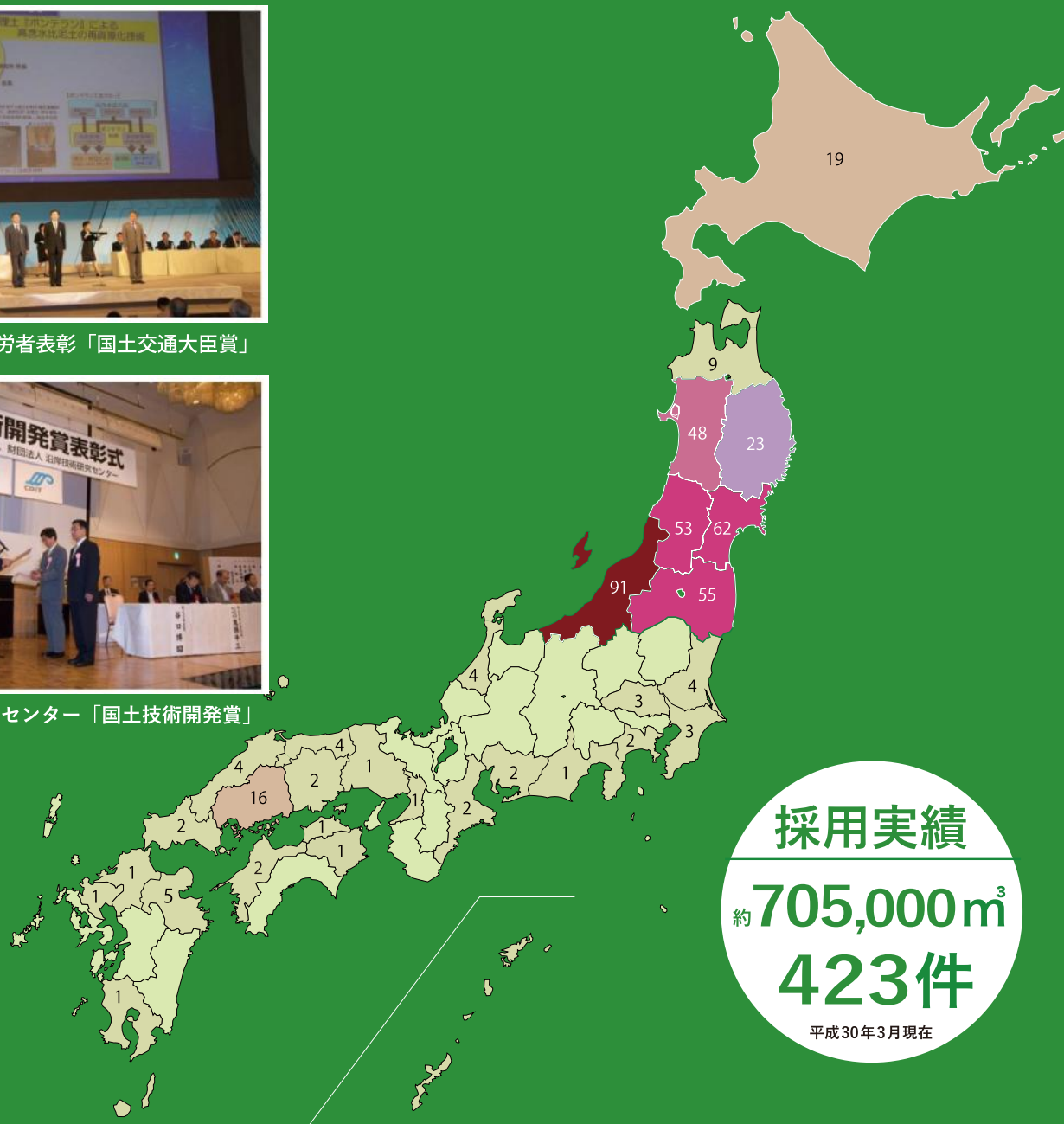
老朽化ため池改修技術

ARIC NNTD 登録番号 0245

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



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 : info@mori-kankyo.co.jp

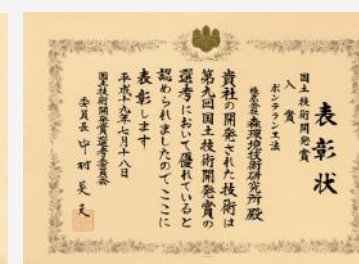
web : http://mori-kankyo.co.jp



第6回ものづくり日本大賞
「経済産業大臣賞」



第6回産官学連携功労者表彰
「国土交通大臣賞」



(一財)国土技術開発センター
「国土技術開発賞」



国立科学博物館展示

ポンテラン工法とは

ため池底泥土を原料として、堤体の改修・補強。

ポンテラン工法は、漏水・クラック等の変形により改修が必要なため池において強度や遮水性に優れた良質土の確保が困難な場合、ため池底泥土を原材料として、高機能地盤材料に再資源化する工法です。



底泥土 >>> ボンファイバー >>> 固化材 >>> 敷均し >>> 転圧

ポンテラン改良土

ため池改修・補強のための高機能地盤材料。

ポンテラン改良土は、クラックの発生抑制・耐久性・耐侵食性および耐震性を有する高機能地盤材料として、ため池改修のための人工築堤土として適用されます。

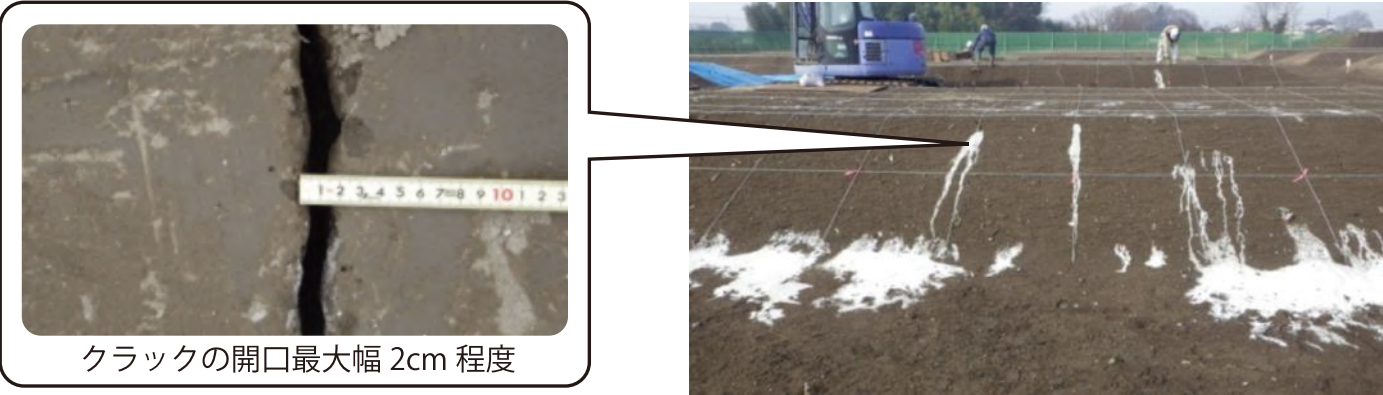


クラックが発生せず、漏水防止効果。

完成後の堤体に乾燥収縮によるクラックの発生を事前に検証するため、乾湿繰返し試験^{*}を実施した結果、安定処理土の供試体は亀裂が発生し崩壊したのに対しポンテラン改良土はクラックが生じず、漏水防止と堤体補強に極めて高い効果が確認されました。

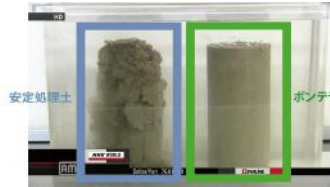
クラックが入らない

安定処理土のクラック発生状況



写真引用：道津友弘氏（関東地方整備局 河川部河川工事課）「堤防材料としての土質安定処理土の適用性検討について」資料提供

※乾湿繰返し試験			
試験項目	供試体	乾湿1サイクル	確認項目
乾湿繰返し試験	φ5×10 cm	40℃炉乾燥2日 20℃水浸1日 の合計3日	・所定サイクル終了後、 一軸圧縮試験(JIS A 1216)の実施 ・各サイクルの乾燥後、水浸後の供試体の 状況観察、写真撮影

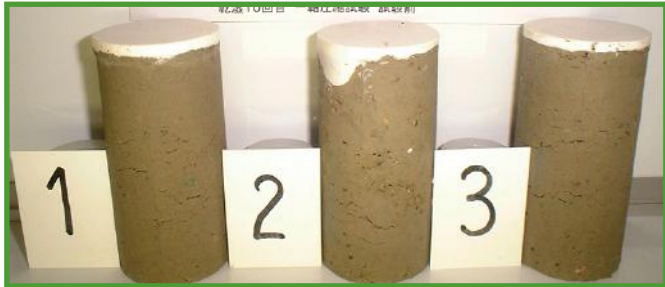


安定処理土

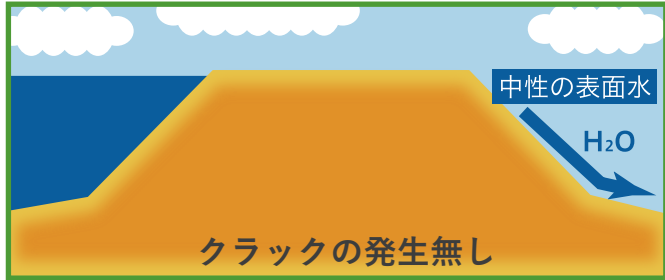
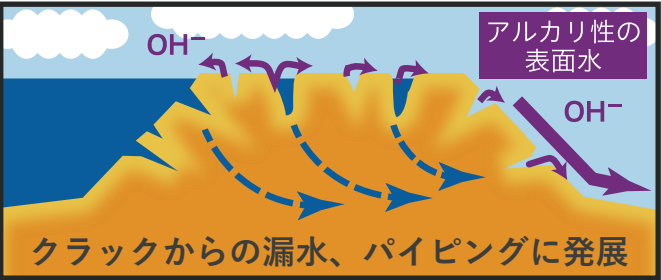
ポンテラン改良土



固化材だけの土粒子間結合力



固化材と繊維が複雑に絡み合う土粒子間結合力



高い耐久性

乾湿繰返しや凍結融解に対して高い耐久性。

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耐久性試験をフィールドで実施しました。その結果、安定処理土は乾湿繰返しと凍結融解による多数のクラックが確認されました。一方、ポンテラン改良土は乾湿繰返しおよび凍結融解を受けてもほとんど劣化せず、極めて高い耐久性が確認されました。



液状化を抑制する効果が認められています。

平成 14 年度に完成した福島県須賀川市の浜尾遊水地では、東日本大震災により震度 6 強を観測し、砂質土を用いて施工した堤防は、液状化によるせん断破壊やクラックが発生しました。一方、ポンテラン工法により現地のヘドロを原料として再資源化した堤防は、液状化等の被害が確認されず、液状化対策地盤材料としての有効性が実証されました。そのことが評価され、国土交通省関東地方整備局主催の平成23年度建設技術フォーラムで「東日本大震災で効果のあった技術」として選定されています。

液状化を抑制



液状化の判定

液状化抵抗率(F_L)が 1.0 以下の場合に液状化するものとみなされます。東北大学高橋研究室では、砂質土と砂質土を改良したポンテラン改良土の液状化抵抗率を検討するため、「繰返し非排水三軸試験」を実施しました。

$$F_L = R/L$$

F_L ：液状化に対する抵抗率
 R ：動的せん断強度比(繰返し三軸試験)
 L ：地震時せん断応力比

砂質土の液状化抵抗率は $F_L=0.52$ であるのに対し、ポンテラン改良土は $F_L=4.25$ であり砂質土の8倍の液状化抵抗率 F_L を確認しました。

	砂質土	ポンテラン改良土
地表面加速度 a_{max} [cm/s ²]	200	200
液状化抵抗率 F_L	0.52	4.25
液状化判定	×	○
F_L (ポンテラン) F_L (砂質土)	4.25 0.52	$\frac{4.25}{0.52} = 8.17$ 倍

地層条件：GL-4m の場合、 $Z1=2.0$ 、 $Z2=2.0$ [m]



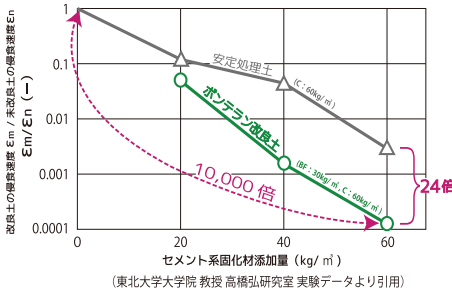
繰返し三軸試験装置

平成 27 年 5 月 1 日 土地改良事業設計指針「ため池整備」改定に準拠

耐侵食性

ガリ侵食が生じない。

雨水の表面侵食によりガリ（掘れ溝）ができ、のり面の崩壊が生じる場合がありますが、ポンテラン改良土は長期の降雨を受けても耐侵食性に優れていることが確認されています。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侵食性を有していることが明らかとなりました。



(東北大学大学院 教授 高橋弘研究室 実験データより引用)



山砂による高速道路路体盛土のガリ侵食

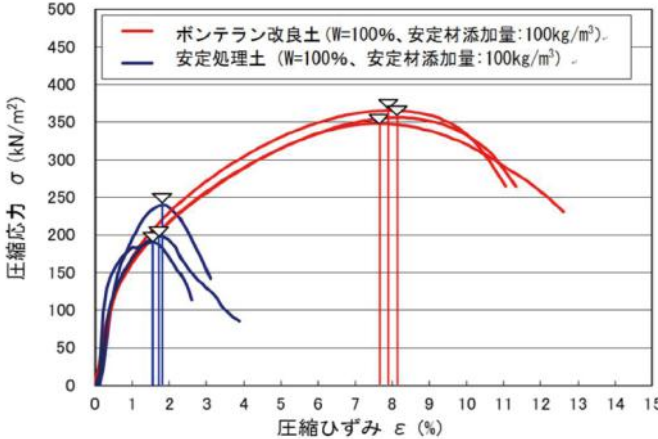


ポンテラン改良土の水際利用（侵食なし）

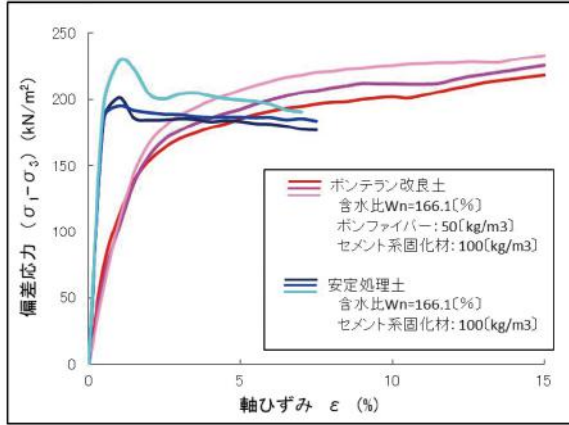
変形に耐える高靱性と、大きな残留強度を発揮。

安定処理土は固く脆い性質であるのに対し、ポンテラン改良土は破壊に至るまでに大きな変形に耐える特長を有しています。また、ポンテラン改良土は通常の築堤土と同様に明瞭なピーク応力が現れず、高靱性と大きな残留強度を発揮します。

地震対策



一軸圧縮試験における応力-ひずみ曲線

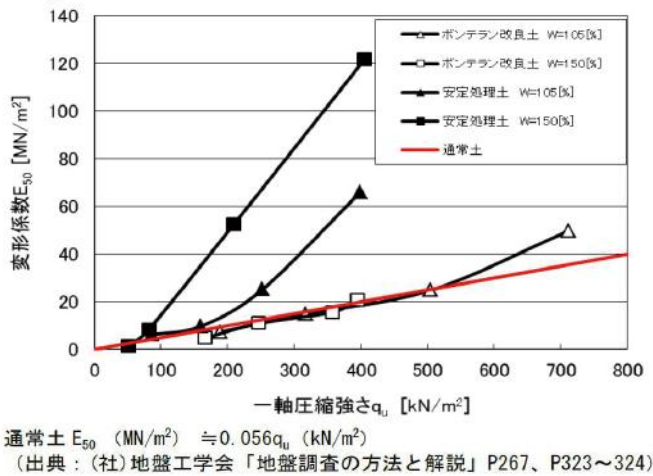


三軸圧縮試験における応力-ひずみ曲線

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。

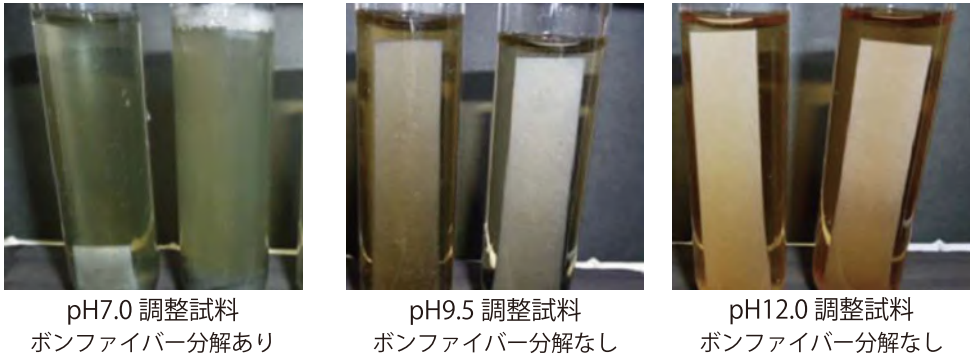
堤体の中に剛性の高い改良体を作ると、地震時の振動特性が異なるため、堤体の亀裂や破損の原因となります。ボンテラン改良土の変形特性は、大きな破壊ひずみと小さな変形係数を持つため、既設堤体との剛性の違いがなく密着性（なじみ）を改善しました。



分解しないボンファイバー。

ボンファイバーの主成分である「セルロース」は、土中の糸状菌等が分泌する「セルラーゼ」によって分解されますが、この糸状菌の好適範囲は約 pH4 ～ 6 です。そこで生分解性試験を実施した結果、試料の pH を 9.5 以上の高アルカリ状態に保つことでボンファイバーの分解を抑制できることを確認しました。

ボンファイバー
生分解性試験



漏水対策

地震時の漏水対策として有効。

ボンテラン改良土を遮水性ゾーンに使用する場合は、室内試験を実施して遮水性基準値を満足していることを確認して使用しますが、遮水性は、底泥土の細粒分含有量に依存します。

ボンテラン改良土は安定処理土と比べて、破壊ひずみが大きく、残留強度と靱性を有し既設堤体との剛性の違いがないため、地震時に既設・新設堤体間にクラックが生じにくく、漏水対策として有効となります。

土の種類と透水性の関係		透水係数k[cm/s]									
		10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰
透水性	実質上不透水	非常に低い	低い	中くらい	高い						
対応する土の種類	粘土	微細砂、シルト、砂-シルト-粘土混合土	砂	礫							
		0.005	0.075	2.0	75.0						
		粒径[mm]									



底泥土処理と粘性土購入のコストを削減。

ため池底泥土が有効な原材料となるため、底泥土の処理・運搬費用が不要になるとともに、良質土（粘性土）を新たに購入する必要もなくなり、環境負荷低減と大きなコスト削減効果が得られます。

ボンテラン工法
の効果



泥土運搬費用



泥土処理費用



粘性土購入費用

だれでも簡単に施工が可能。

バックホウと攪拌アタッチメントのみで改良可能。だれでも簡単に施工ができます。



ドライブミキシング



バックホウと攪拌ピット