

平成25年2月21日（木）
第56回 北海道開発技術研究発表会
特別セッション「民間企業が開発した新技術等の発表」

泥土(ヘドロ)再資源化工法 ボンテラン工法

ボンテラン工法研究会

「ボンテラン工法」とは、 一体どんな技術？

東北大学大学院環境科学研究科の高橋弘教授と(株)森環境技術研究所が共同開発した技術で、**高含水比泥土に繊維質改良材(ボンファイバー)**と**固化材(セメント系or石灰系)**を添加・混合することにより、優れた強度特性や高い耐久性を有する**盛土材に再資源化する工法**です。

1. 高含水比泥土とは？



2. 施工方法

必要な設備は、
貯泥槽・バックホウ・攪拌アタッチメントのみ

① 泥土を貯泥槽に投入



② ボンファイバー投入



③ 固化材投入



④ 敷均し・締固め

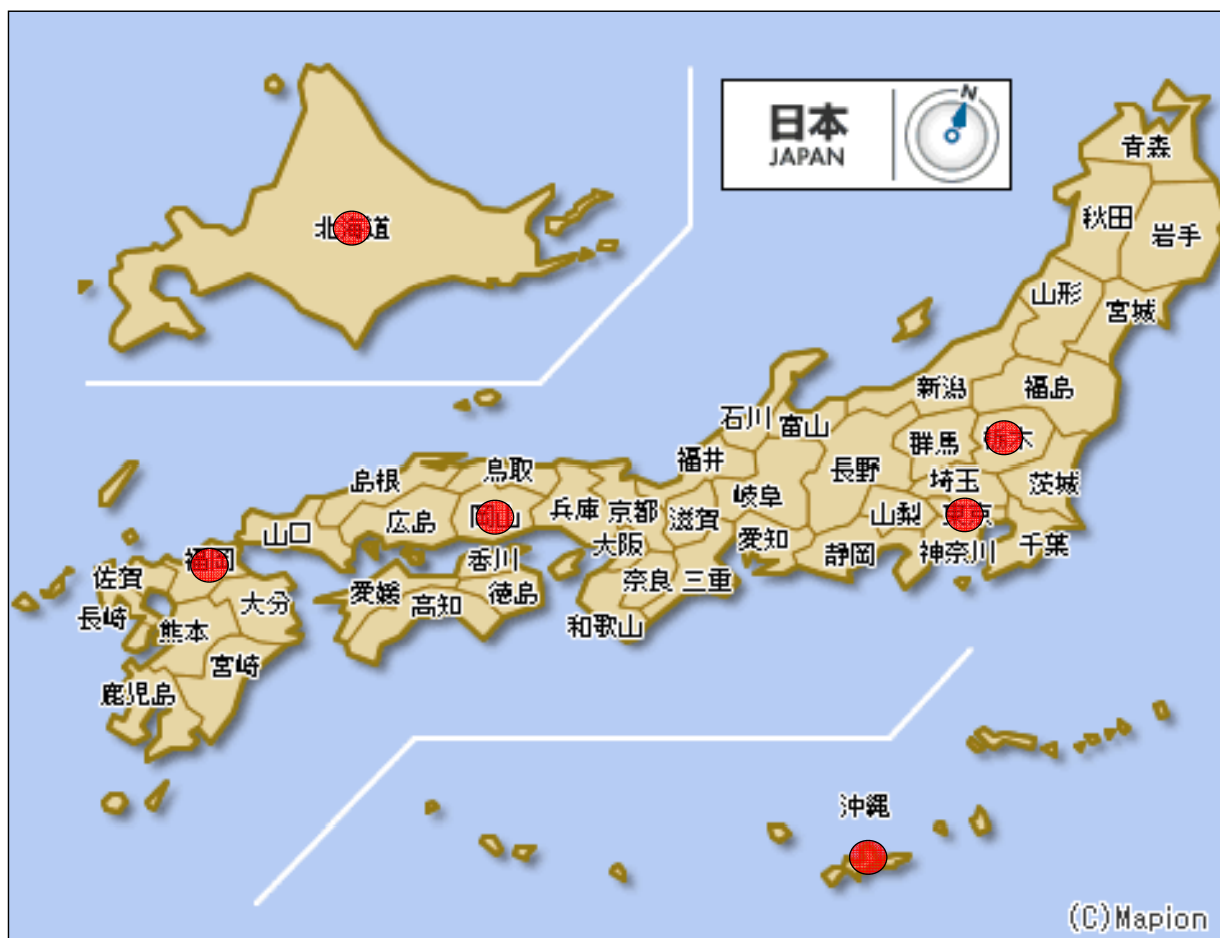


⑤完成



※ボンファイバーとは？

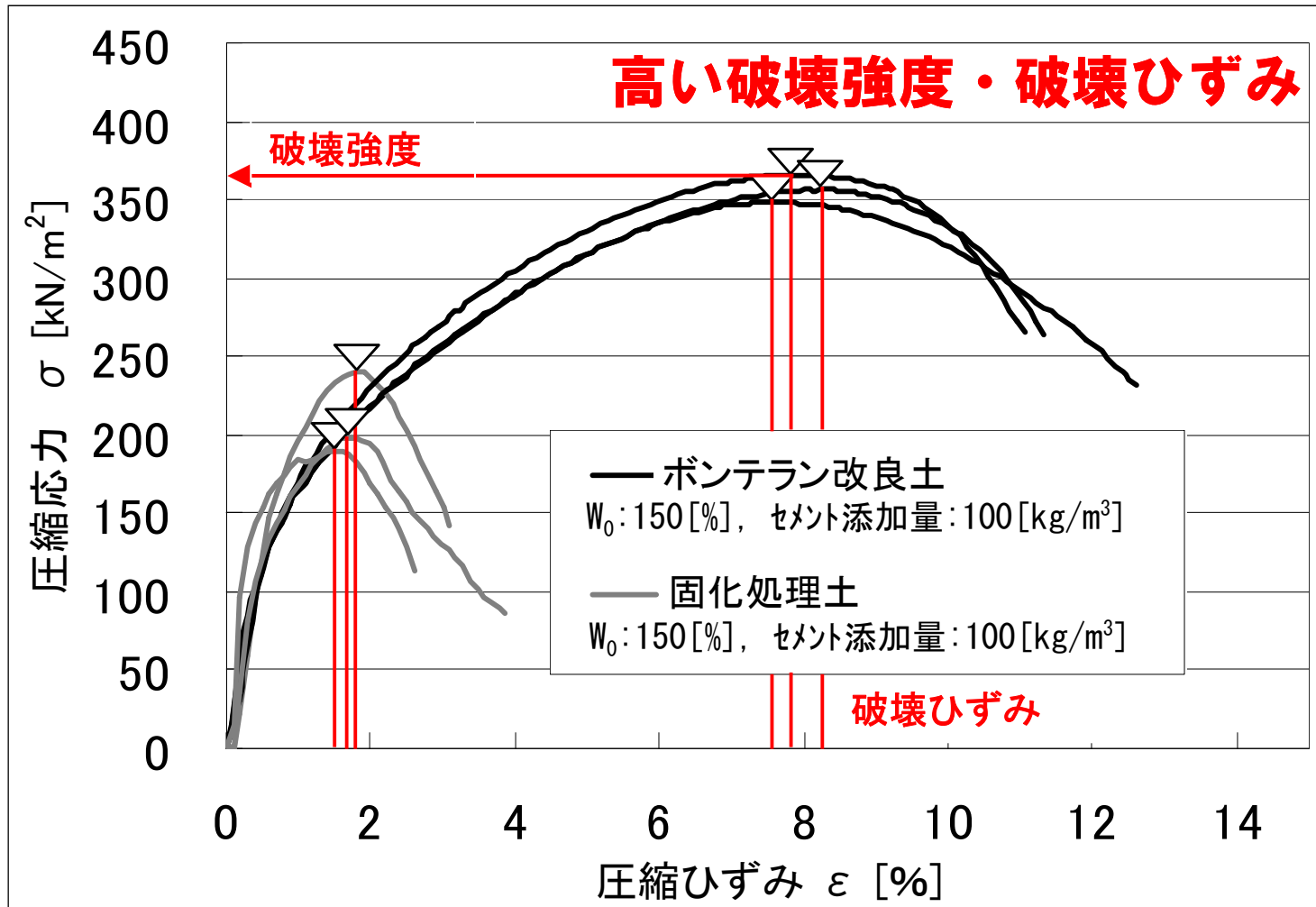
新聞紙や雑誌などを約2cm角に特殊破砕し、圧縮梱包した製品。
吸水性に優れ、全国6工場で生産されているボンテラン工法専用改良資材。



1m×1m×1mの立方体
約250kg/個で圧縮梱包

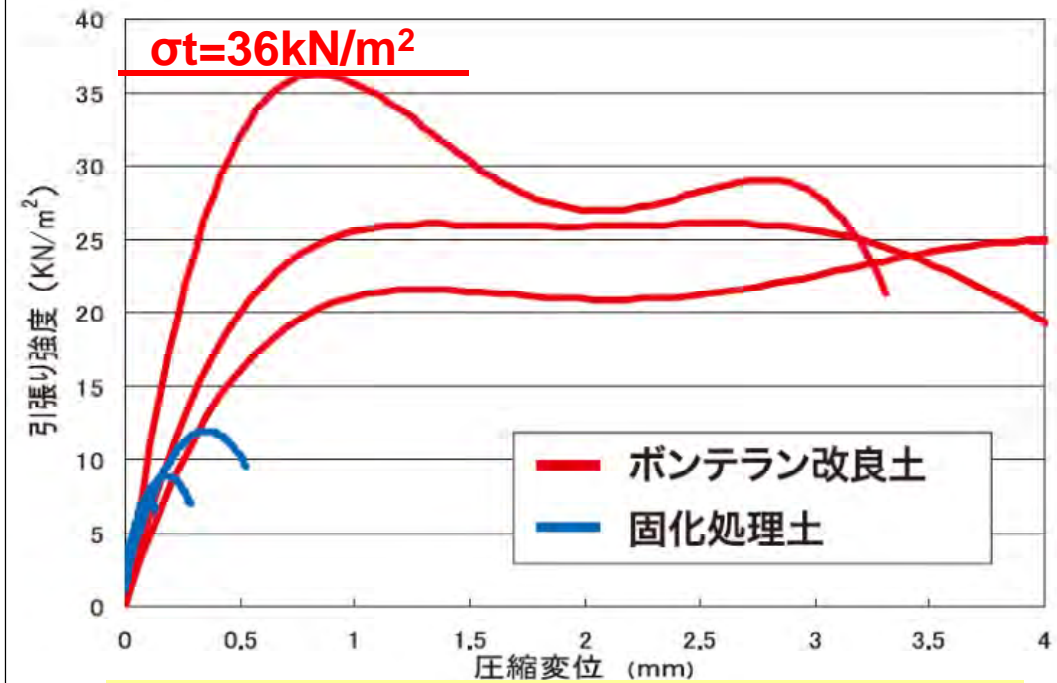
3. 改良土の強度特性

① 一軸圧縮強さ

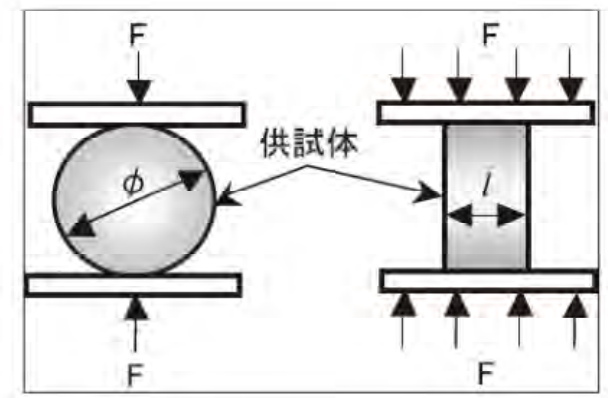


② 引張り強さ

ボンテラン改良土と固化処理土の圧裂引張り試験を実施した結果、ボンテラン改良土は固化処理土と比べて1.4~3.0倍の引張り強さ、すなわち土粒子間結合力を持つことが確認された。



含水比105%の泥土にセメント系固化材100 kg/m^3 添加(養生28日)



試験後供試体状況



ボンテラン改良土



固化処理土

固化処理土およびボンテラン改良土の圧裂引張り試験

③ せん断強度

三軸圧縮試験(CD)結果

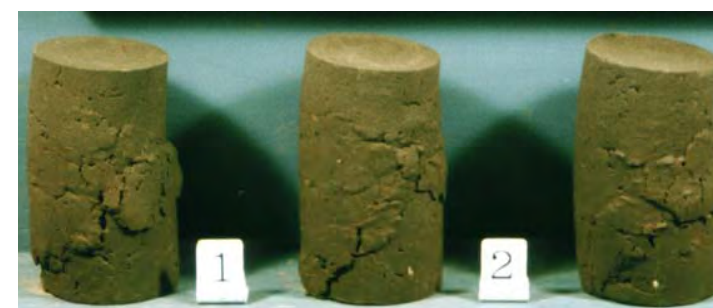
ケースNo.		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
材料	初期含水比 W_0 [%]	105			150		
	固化材添加量 [kg/m ³]	40	60	80	80	100	120
	古紙添加量 [kg/m ³]	50			65		
せん断	粘着力 C_d [kN/m ²]	93.6	113	91.7	99.5	59.3	98.1
	内部摩擦角 ϕ_d [°]	32.4	36.4	41.6	33.1	41.3	36.8

- 粘着力については、おおむね90kN/m²以上の強度発現が確認された。
- 内部摩擦角については、何れのケースも30°以上確保できた。
- 繊維質固化処理土は良好な粘性土、または良く締まった砂質土と同程度のせん断強度を同時に有する構造資材であることが確認された。

三軸圧縮試験後の試料の写真



<固化処理土>
明確な破壊面が存在



<ボンテラン改良土>
明確な破壊面見られず、試料は樽型変形

4. 改良土の乾湿繰返し耐久性

<乾湿繰返し試験>

試験方法は、独立行政法人土木研究所編著「建設汚泥再生利用マニュアルpp219～220」乾湿繰返し試験方法に準拠した。

試験項目	試験方法		
	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[°C]炉乾燥2日 20[°C]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 A1216) 各サイクルの乾燥後、水浸後に供試体の状況観察、写真撮影

健全度ランク

	クラック状況	欠落状況
A	外見上、ほとんど変化なし	
B	微細クラック,局部クラック発生	表面剥離が局部的に発生
C	明瞭なクラックが一部に発生	供試体の一部が僅に欠落
D	明瞭なクラックが全体に発生	供試体がより大きく欠落
E	供試体の一部または全体が崩落(~20%程度)	
F	供試体が全体的に崩落,崩壊. 供試体としての形は存在	
G	供試体全体が崩壊し,片々は塊状	
H	供試体全体が崩壊し,片々は細粒化~泥状化	

乾湿繰返し試験写真



固化処理土1
(2サイクル終了時 $W_0=105\%$ 固化材 $90\text{kg}/\text{m}^3$)



ボンテラン改良土2
(10サイクル終了時 $W_0=105\%$ 固化材 $90\text{kg}/\text{m}^3$)



固化処理土2
(6サイクル終了時 $W_0=150\%$ 固化材 $100\text{kg}/\text{m}^3$)



ボンテラン改良土4
(10サイクル終了時 $W_0=150\%$ 固化材 $100\text{kg}/\text{m}^3$)

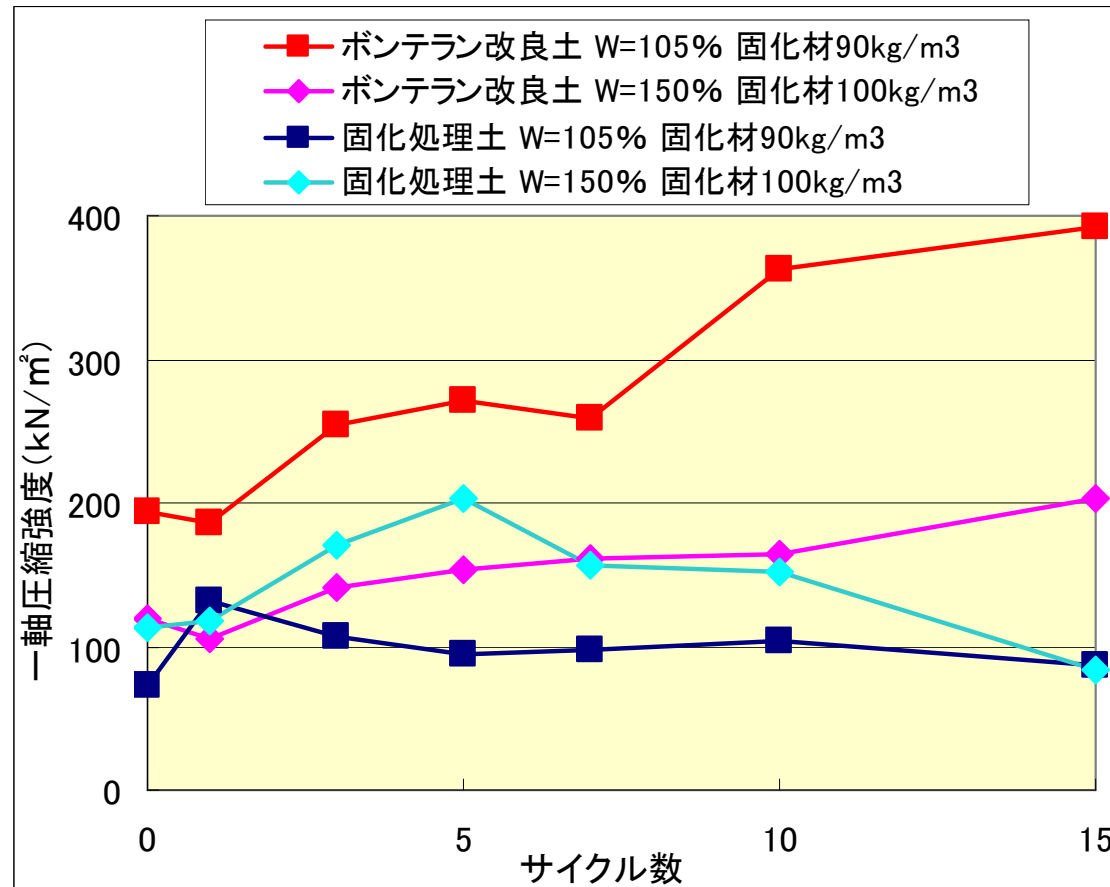
改良土の水浸状況



5. 改良土の凍結融耐久性

《凍結融解試験》

- ・ 模擬泥水（シルト6：粘土4）W=105%と150%を使用。供試体は7日養生で作成。
- ・ -21℃で12時間凍結、+21℃で12時間融解を1サイクル。
- ・ 各凍結融解サイクル毎の一軸圧縮強さを比較。



東北大学大学院
環境科学研究科
高橋研究室
実験データ

**ボンテラン改良土は凍結融解を受けても強度が低下しない。
さらに、凍結融解試験中もサイクルを重ねる毎に強度が増加。**

改良土内部のイメージ図

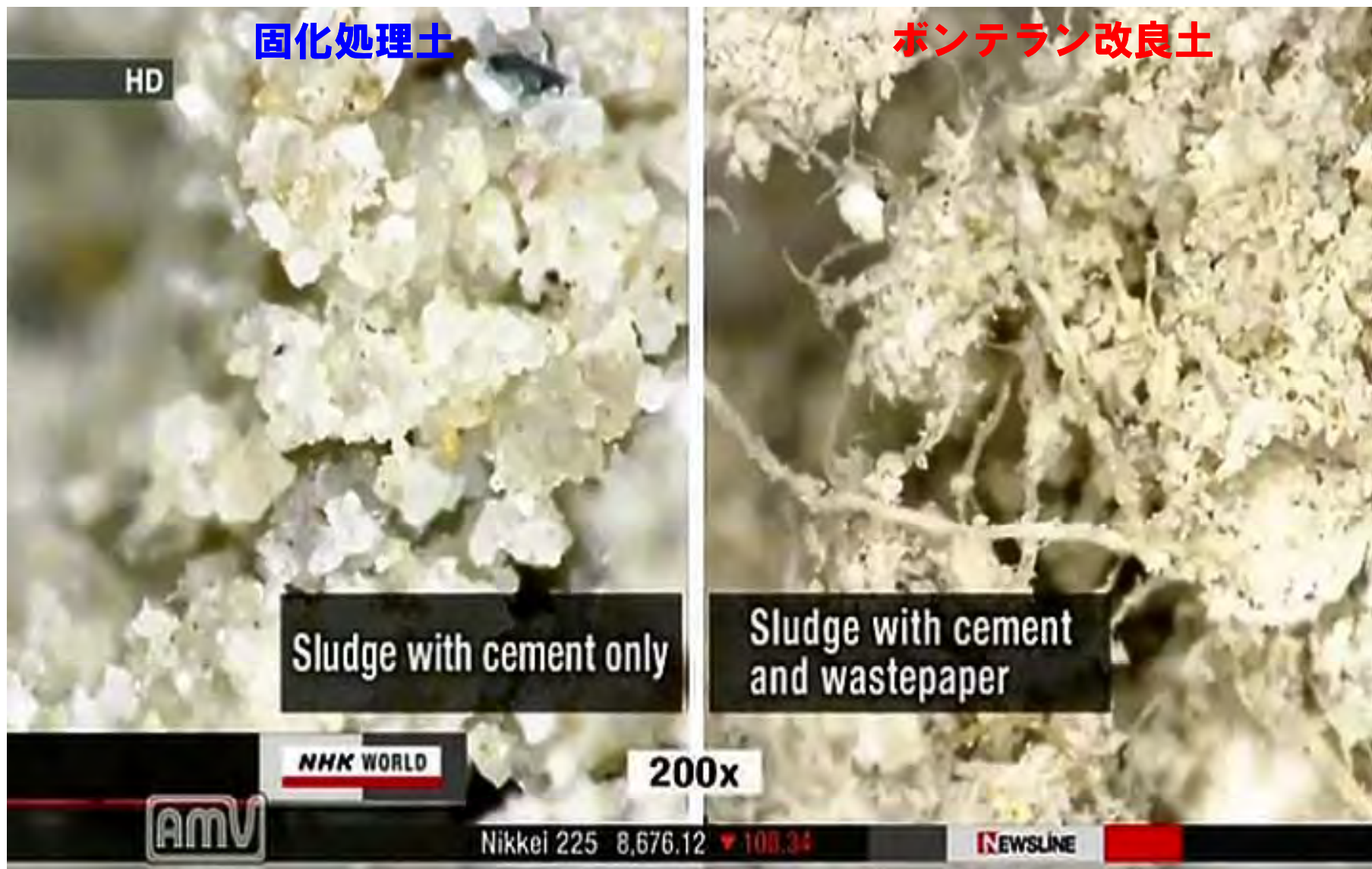
固化処理土



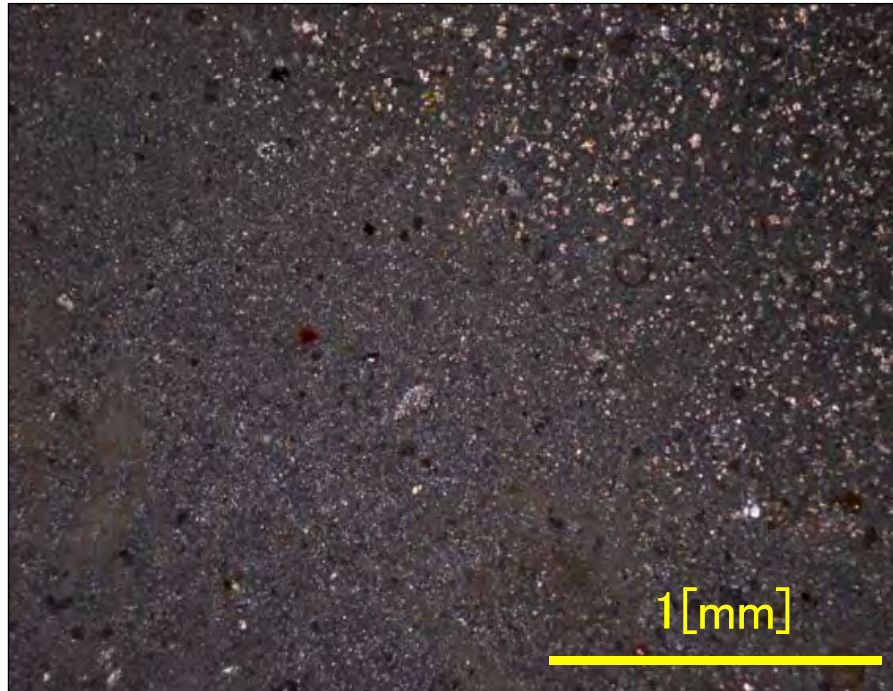
ボンテラン改良土



改良土の顕微鏡写真



供試体の偏光顕微鏡写真



固化処理土



ボンテラン改良土

**繊維質物質が土粒子と複雑に絡み合い、
土粒子間結合力を高めている！**

6. 改良土の液状化抵抗率

《 F_L 法とは？》

F_L 法とは、液状化に対する抵抗力と地震力の強さとを比較し、液状化に対する抵抗率(F_L 値)を求める手法である。

《液状化の判定》

液状化に対する抵抗率 F_L を次式により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化すると見なされる。

《 $F_L=R/L$ 》

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



繰返し三軸試験状況

繰返し三軸試験からの液状化抵抗率

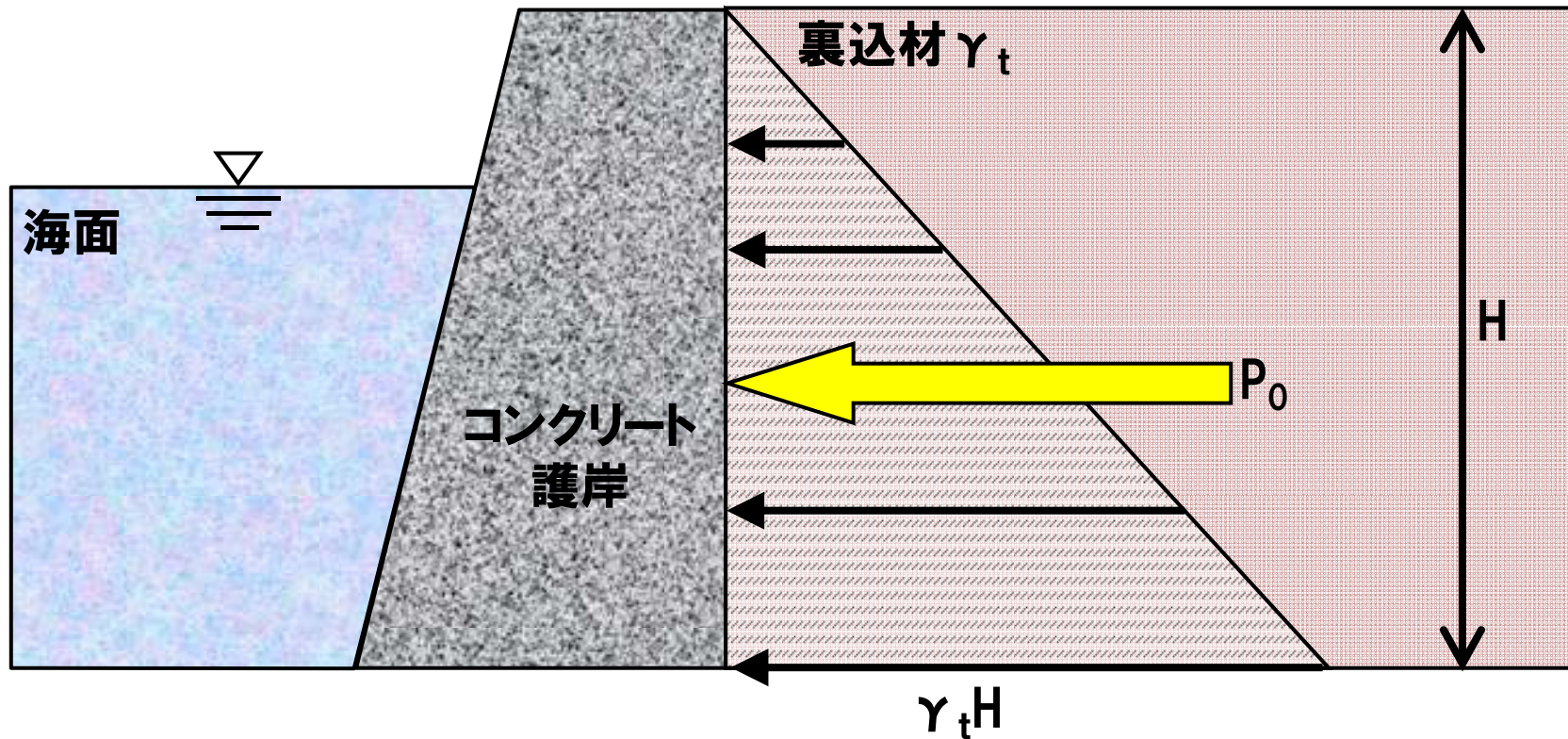
仙台市若林区藤塚で採取した砂質土（津波堆積物）とその砂質土を改良したボンテラン改良土の液状化抵抗率を検討するため、「土の液状化強度特性を求めるための繰返し非排水三軸試験」を実施した。

その結果、**砂質土の液状化抵抗率は $F_L=0.12$ であるのに対し、ボンテラン改良土は $F_L=1.5$ であり、砂質土の13倍の液状化抵抗率 F_L を確認した。**

液状化による岸壁の被災事例



裏込材の土圧イメージ



γ_t : 裏込材の単位体積重量 (kN/m^3)
 H : 深度 (m)
 P_0 : 静止土圧
 K_0 : 土の静止土圧係数

裏込材が
コンクリート護岸におよぼす土圧は、

$$P_0 = 1/2 \gamma_t H^2 K_0$$

土圧を軽減させるためには、

$$P_0 = 1/2 \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_0$$

これらの数値を小さくする
必要がある。

- ① γ_t 自重の軽量化
- ② K_0 土圧係数の低減

静止土圧係数 K_0 とは、

$$K_0 = P_h / P_v$$

- ・砂は $K_0 = 0.5$
- ・水(液状化した泥水)は $K_0 = 1.0$
- ・ボンテランは $K_0 = 0.16$ ※

※ボンテラン改良土のポアソン比0.14から
 K_0 を算出(研究会土質試験実測データ)

$$K_0 = u / (1 - u) = 0.14 / (1 - 0.14) = 0.16$$

各種裏込材を用いた場合の土圧比較

《試算条件》

- 深度10m、裏込土の奥行き1m当たりの土量
- 砂とボンテラン土の単位体積重量は18、17kN/m³（東北大学高橋研究室実測データ）
- 液状化した砂の単位体積重量は20kN/m³（液状化すると土粒子の構造が分断されるため、砂単体よりも大きい値が必要となる。また、土が飽和しているため高い値となる。）

【No.1】

裏込材が砂の場合

$$\gamma_s = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$K_s = 0.5$$

$$P_0 = 1/2 \gamma_t H^2 K_0 \text{ より}$$

$$= 1/2 \times 18 \times 10^2 \times 0.5$$

$$= 450 \text{ kN/m}$$

【No.2】

裏込材が液状化した場合

$$\gamma_L = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_L = 1.0$$

$$P_0 = 1/2 \gamma_L H^2 K_0 \text{ より}$$

$$= 1/2 \times 20 \times 10^2 \times 1$$

$$= 1,000 \text{ kN/m}$$

【No.3】

裏込材がボンテラン改良土の場合(No.1の砂をボンテラン改良)

$$\gamma_B = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$K_B = 0.16$$

$$P_0 = 1/2 \gamma_t H^2 K_0 \text{ より}$$

$$= 1/2 \times 17 \times 10^2 \times 0.16$$

$$= 136 \text{ kN/m}$$

【結論】

比較検討の結果、液状化した砂と比較し、ボンテラン改良土は岸壁にかかる土圧が約1/7に低減することが確認された。その結果、より安価に岸壁の建設が可能で、港湾や河川の浚渫土を原位置で改良し、裏込め材料として再利用が可能である。

既往地震における実施工現場の状況

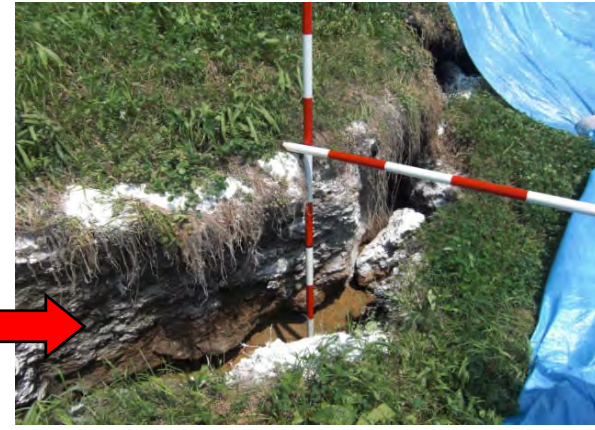
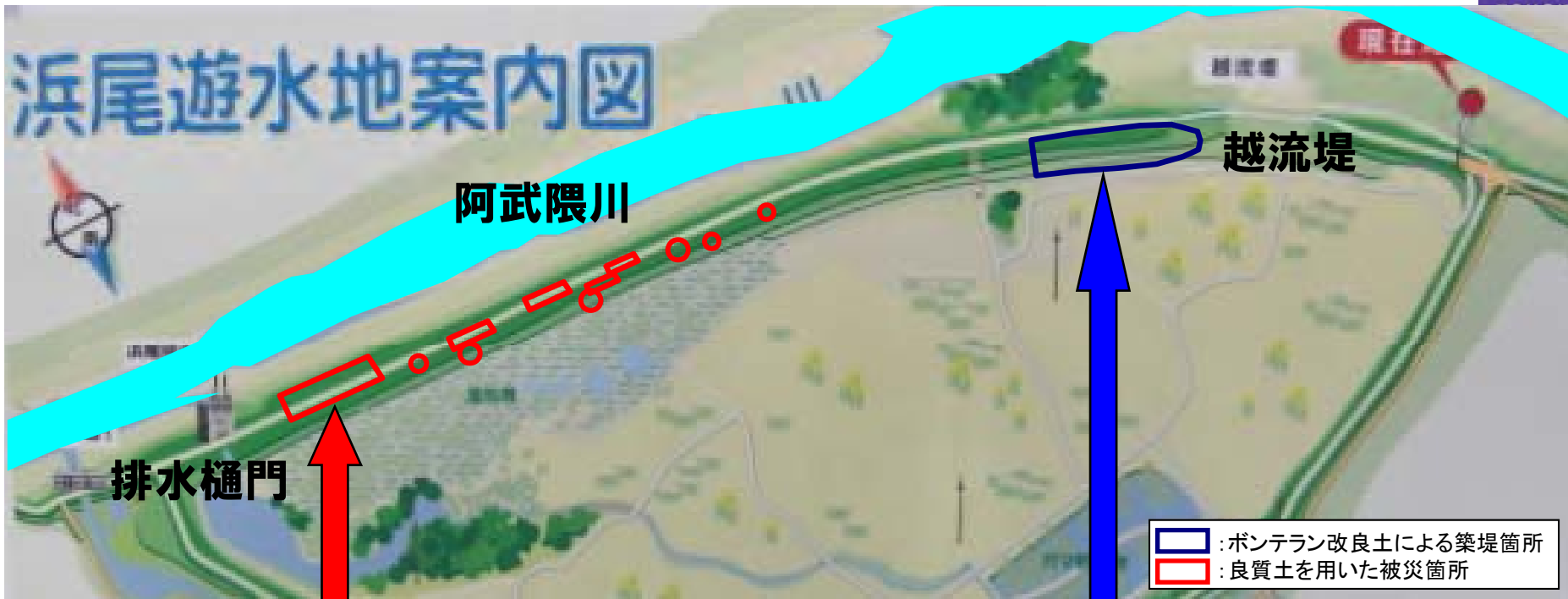
平成14年、東北地方整備局福島工事事務所発注の浜尾地区築堤工事において、遊水地内にヘドロ状の軟弱土が発生した。この軟弱土の再資源化工法について検討した結果、本工法が採用され平成14年12月に築堤が完成した。

平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、東北地方の河川堤防は甚大な被害を受け、浜尾遊水地内の現地発生土を用いた堤体箇所では、せん断破壊やクラックが確認された。

一方、ボンテラン改良土を堤体盛土として利用した箇所では被害箇所が確認されず、地震対策用地盤材料としての有効性が実証された。



遊水地内の軟弱土を現場内でボンテラン改良し、築堤材料として利用
(撮影日:平成14年12月)



震災後、現地発生土を用いた築堤箇所
(大規模せん断破壊が発生) 平成23年4月撮影



震災後、ポンテラン改良土を用いた築堤箇所
平成23年4月撮影

国土交通省 関東地方整備局

東日本大震災で効果を発揮した技術に選定(5技術)

記者発表資料

【東日本大震災で効果を発揮した技術】

- Geo-KONG工法 [KT-990271-A]
- 締固め砕石ドレーン工法 [KT-980473-A] (株)鴻池組)
- **ボンテラン工法 [TH-020042-V] (ボンテラン工法研究会)**
- 2段タイ材地下施工法 [THK-090001-A] (株)大林組)
- ピアーリフレ工法 [KT-060074-V] (オリエンタル白石(株))
- 延長床版システムプレキャスト工法 [KT-090058-A] (株)ガイアートT・K)

7. 施工事例 浚渫工事(河川、港湾、ため池等)

工事名 : 砂押川河道掘削工事
発注者 : 宮城県仙台土木事務所
工期 : 平成24年10月～平成25年3月15日
改良土量 : 28,500m³
工事概要 : 宮城県多賀城市内を流れる二級河川「砂押川」は、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震で発生した大津波により仙台港湾内の土砂が同河川に押し上げられ、水深が浅く船舶の航行に支障があった。そこで、河川に堆積した土砂を土質改良し、河川堤防の築堤材として再利用する工事にポンテラン工法が発注者指定工法として設計採用された。

河川堆積土 掘削状況



改良状況



転圧状況



工事名 : 庶野漁港災害復旧工事
発注者 : 北海道建設部・土木
 (室蘭建設管理部)
工期 : 平成23年7月～平成23年9月
改良土量 : 7,000m³
工事概要 : 本工事は、東日本大震災の津波により庶野漁港内に堆積したヘドロを浚渫し、航路断面を確保することを目的とする工事で、浚渫土砂をポンテラン改良し、改良土を一旦仮置きした後、道路盛土や路肩盛土として再利用した。

浚渫状況



改良状況



路体盛土として再利用



工事名 : 冬島漁港機能強化工事
発注者 : 北海道胆振総合振興局
工期 : 平成24年12月5日
~平成25年3月21日

改良土量 : 3,800m³

工事概要 : 北海道様似町の冬島漁港に堆積したヘドロを浚渫し、漁港の機能強化を図る工事です。浚渫土をポンテラン改良し、改良土を一旦仮置きした後、盛土材として再利用されます。

浚渫状況



改良状況



仮置き状況



工事名 : H16綾瀬川掘削工事
発注者 : 国土交通省関東地方整備局
 江戸川河川事務所
工期 : 平成16年10月～平成17年6月
改質量 : 20,100m³ (W=50%)
工事概要 : 河道断面確保の為、バックホウ
 浚渫船で綾瀬川のヘドロを掘削し、土運船
 にて改良場所の護岸まで運搬。護岸に待機
 していた攪拌用バックホウでヘドロを改良
 し、約16km離れた江戸川の高規格堤防の盛
 土材として再利用しました。

河川堆積土 掘削状況



改良状況



スーパー堤防盛土材に再利用



工事名 : 市街地水空間整備事業
芳賀池地区造成工事
発注者 : 郡山市農地林務課
工期 : 平成16年9月～平成17年11月
改質量 : 11,360m³ 含水比 : 100%
改良目標 : 第3種改良土
工事概要 : ヘドロの対応策として本工法が採用され、親水公園の盛土材として全量再利用しました。

現場全景



改良状況



完成



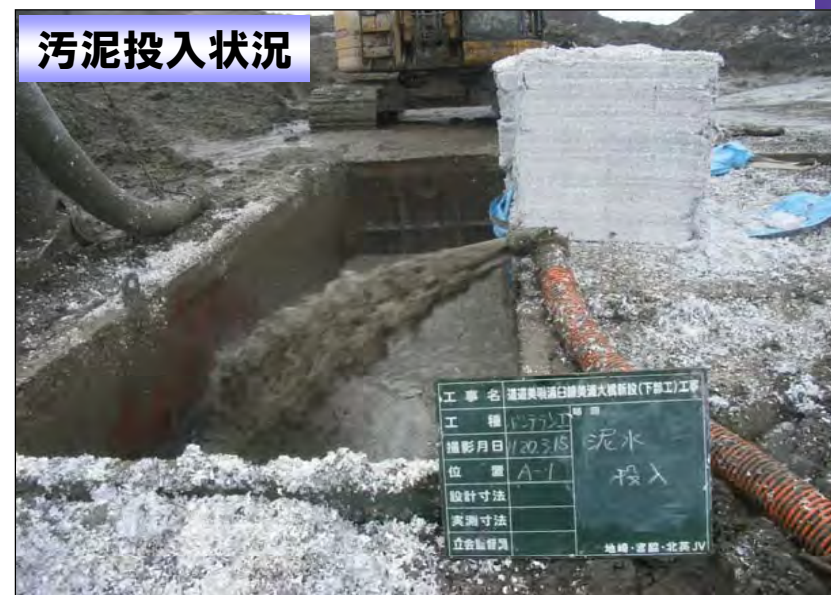
地盤改良工事(CDM、JSG、SMW等)

工事名 : 一日市地区他築堤工事
発注者 : 国土交通省近畿地方整備局
豊岡河川国道事務所
工期 : 平成20年7月～平成22年3月
改質量 : 17,000m³ 含水比: 約60%
工事概要 : 当初設計では、泥土は現場から30km離れた残土受入れ施設に逆有償処理される計画でしたが、泥土運搬に伴い発生するCO₂の発生抑制や交通渋滞を緩和するため本工法が採用されました。



工事名 : 道道美唄浦臼線
美浦大橋新設工事
発注者 : 北海道札幌土木現業所
改質量 : 800m³ (W=200%~400%)
施工概要 : 本工事は、北海道美唄市と樺戸郡浦臼町の間を流れる石狩川を横断する橋梁工事において、下部工施工における地中連続壁から発生する建設汚泥をポンテラン改良し、橋脚周辺の埋戻し材として再利用しました。

汚泥投入状況



改良状況



盛土材として再利用



8. ボンテラン工法の評価

平成14年 8月	国土交通省東北地方整備局技術活用委員会 「高含水比土による盛土施工に関する技術」において選定
平成14年 8月	国土交通省東北地方整備局技術活用委員会 「建設汚泥の現場内再生利用技術」において選定
平成14年10月	リデュース・リユース・リサイクル推進協議会会長賞受賞
平成14年11月	国土交通省新技術情報提供システム (NETIS) に登録 「ボンテラン工法/TH-020042」パイロット事業として評価
平成15年 3月	国土交通省中部地方整備局技術活用委員会「現場で構築する基礎杭から発生する建設汚泥のリサイクル材への処理技術」において選定
平成15年11月	国土交通省大臣官房公共工事技術活用評価委員会 「浚渫土砂のリサイクル技術」において選定
平成17年12月	(財)先端建設技術センターより「技術審査証明」取得
平成19年 7月	(財)国土技術研究センターより「国土技術開発賞」受賞
平成20年 6月	内閣府・総務省・文部科学省・経済産業省他が主催する 第6回産学官連携功労者表彰において「国土交通大臣賞」受賞
平成22年11月	(株)日刊工業新聞社が主催する 第5回モノづくり連携大賞において「特別賞」受賞
平成23年 6月	公益財団法人日立環境財団・(株)日刊工業新聞社が共催する 第38回環境賞において「優良賞」受賞

新技術情報提供システム「NETIS」登録状況



新技術概要説明情報

【平成15年度のテーマ設定技術に登録されています。】

ものづくり	国土技術	建設技術
日本大賞	開発賞	審査証明*
	★	★

NETIS登録技術約4700件中、この2つの賞を受賞した技術は数件しかありません。

2012.02.13現在

技術名称	ポンテラン工法 試行現場照会中です	事後評価	登録No.	TH-020042-V
事前審査	事後評価	技術の位置付け		
有	試行実証評価 活用効果評価	推奨技術	準推奨技術	活用促進技術 設計比較対象技術 少実績優良技術

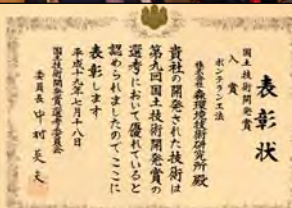
上記※印の情報と以下の情報は申請者の申請に基づき掲載しております。申請情報の最終更新年月日: 2011.06.06

副題	高含水比水泥土リサイクルシステム	区分	工法
分類1	土工 - 安定処理工		
分類2	土工 - 土工 - 残土処理工		
分類3	環境対策工 - その他		

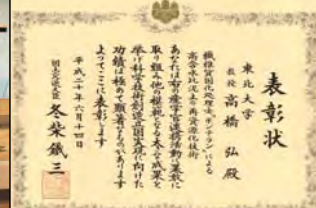
(財) 先端建設技術センターより審査証明書交付



国土技術開発賞選考委員会より国土技術開発賞を受賞



第6回産学官連携功労者表彰にて「国土交通大臣賞」受賞



9. 当研究会の取組み

① 配合試験の実施（無償）



② 積算業務（無償）



③ 各展示会への出展



④ 現場での施工指導



本工法について、
ご不明な点等ございましたら、
当研究会までお気軽にお問い合わせ下さい。

ボンテラン工法研究会事務局

〒996-0071山形県新庄市小田島町7-36

TEL:0233-22-0832 FAX:0233-22-0932

E-mail:metr@vega.ne.jp

ご静聴ありがとうございました。