

- ☆ NETIS登録番号 TH-020042-V
- ☆ NETISプラスデータベース AC-120001-V
- ☆ 建設技術審査証明 第2203号
- ☆ ARIC登録番号 0245



泥土リサイクル技術 ボンテラン工法

東北大学大学院環境科学研究科 教授 高橋弘

ボンテラン工法研究会

《民間技術交流会》

日時:平成26年9月8日(月)

場所:国土交通省 中部地方整備局 港湾空港部 丸の内庁舎 第1会議室

1. ボンテラン工法とは

従来、再資源化が不適とされてきた浚渫土砂や軟弱土等の泥土に繊維質系泥土改良材「ボンファイバー」と固化材を添加・混合することにより、**ハンドリング性・施工性を向上させ、迅速な災害復旧に貢献し、優れた強度特性・高耐久性等の機能を付加し、これらを積極的に地盤材料に再資源化する工法です。**



ボンファイバー

対象泥土

建設汚泥



地盤改良工事

浚渫土砂



河川や港湾等の浚渫工事

ため池底泥



ため池修繕工事

軟弱土砂



地震や集中豪雨による土砂崩れ

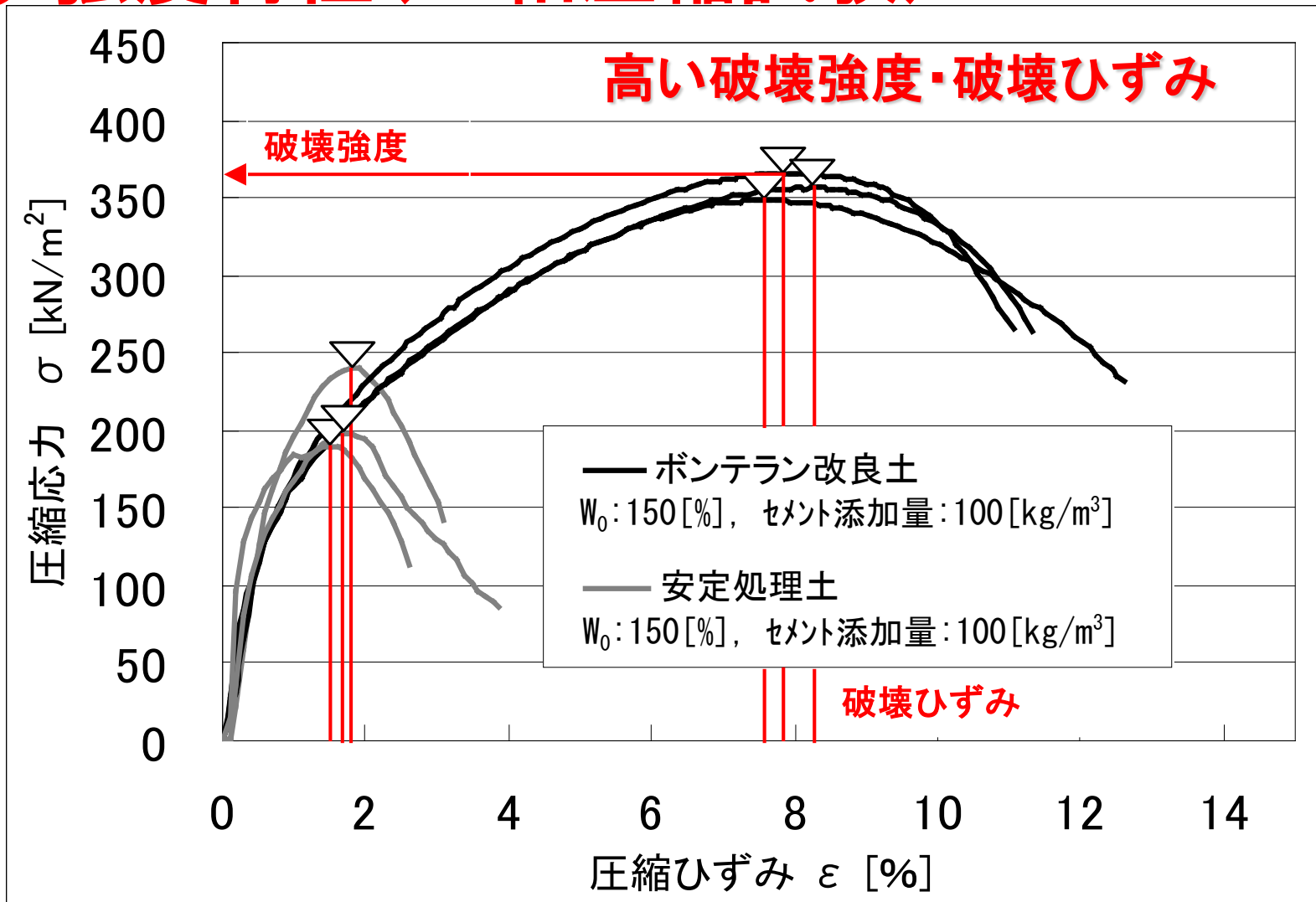
2. 施工手順

必要な設備は、
攪拌槽・バックホウ・攪拌アタッチメントのみ

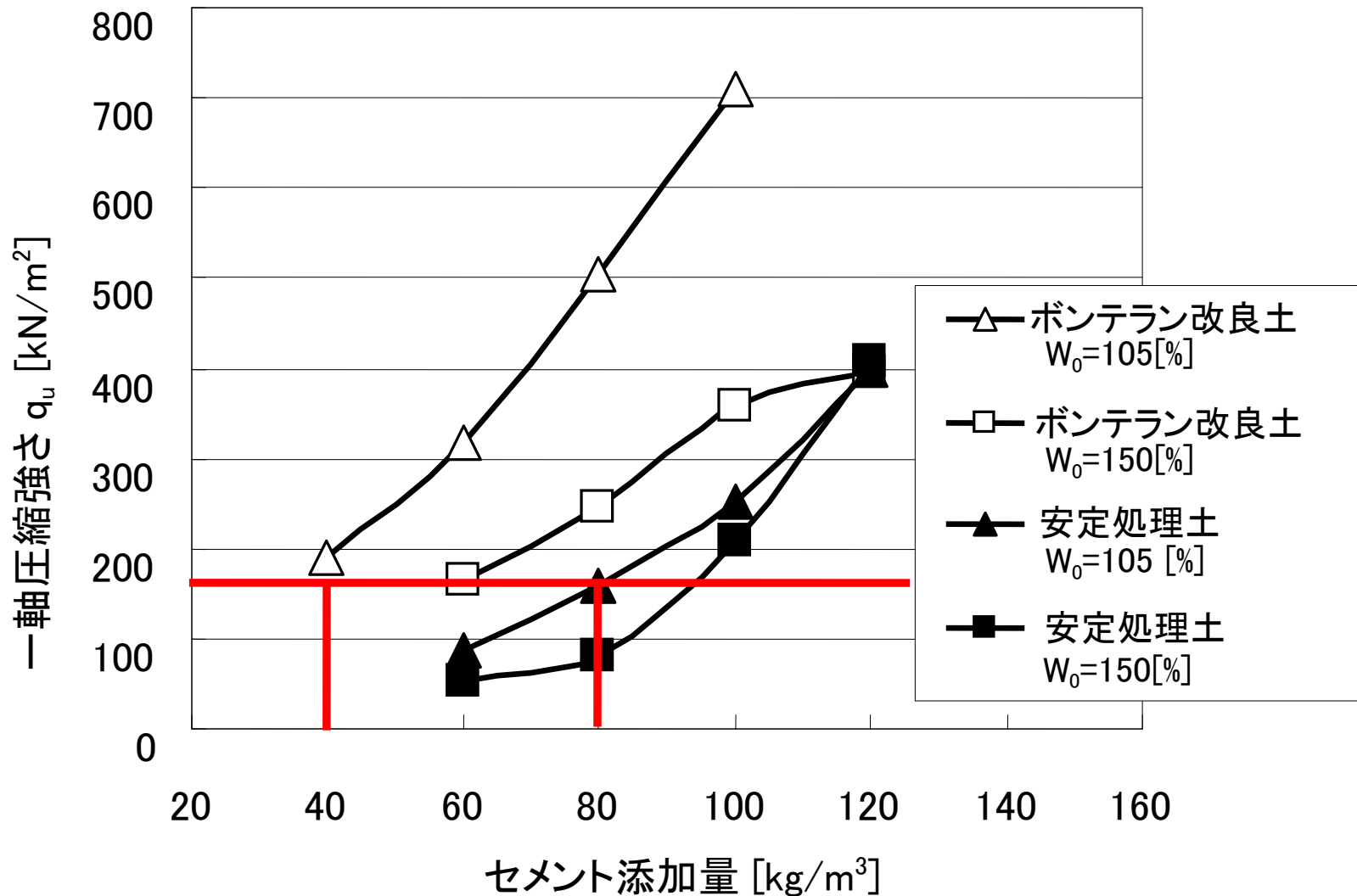


3. 改良土の特長

① 強度特性(一軸圧縮試験)

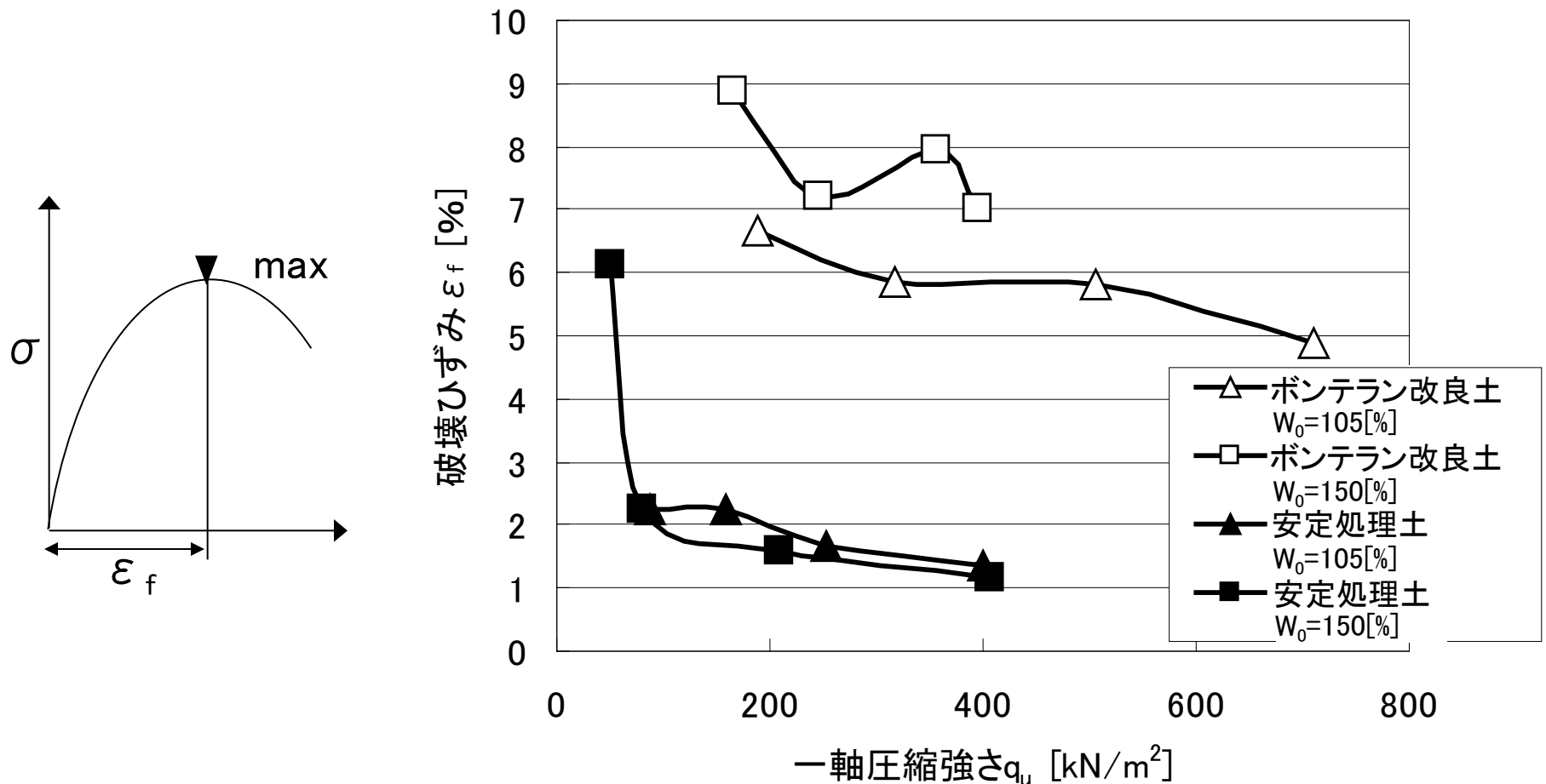


ボンテラン改良土の発現強度(養生28日)



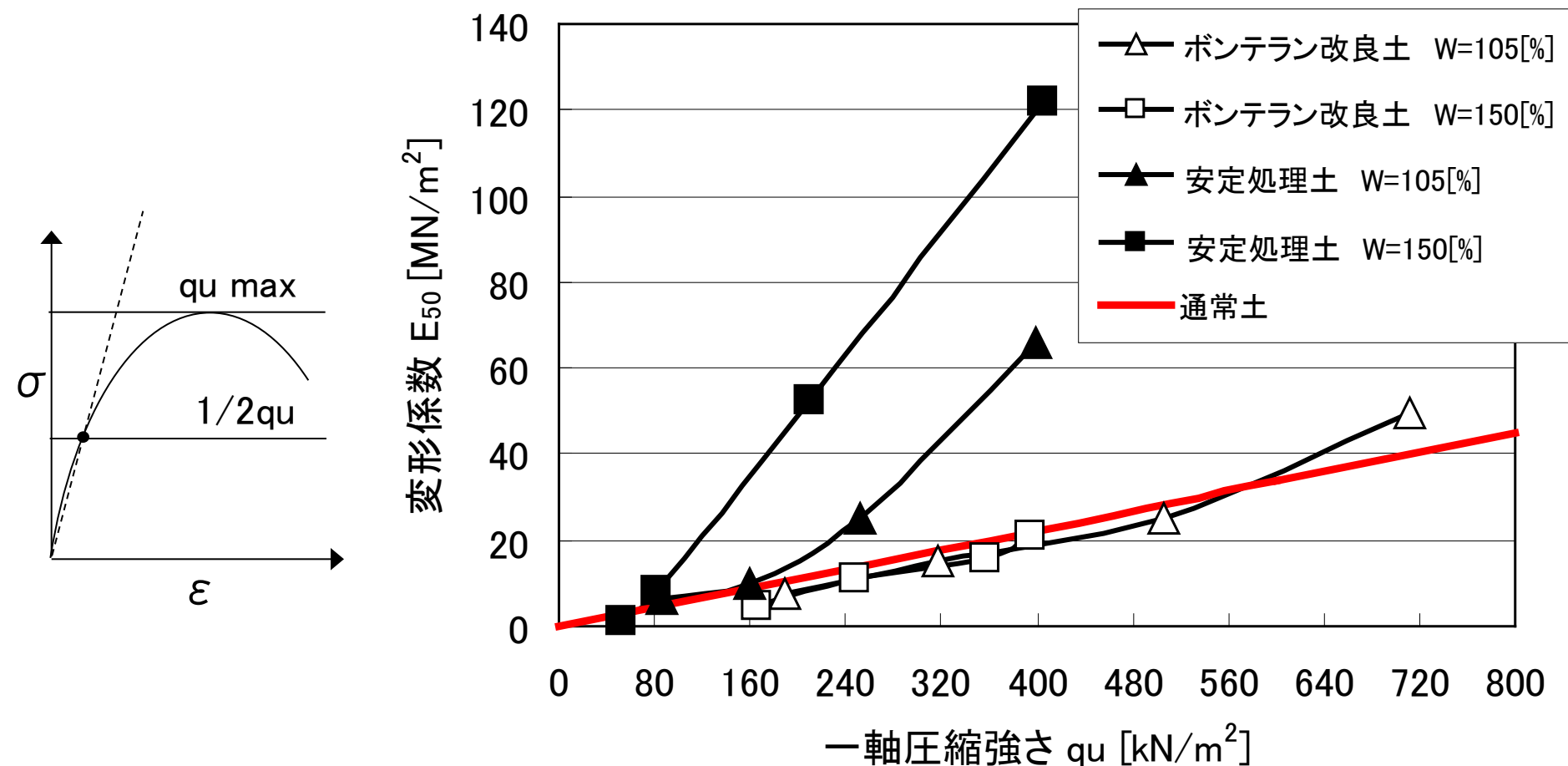
ボンテラン改良土の変形特性(破壊ひずみ)(28日養生)

ボンテラン改良土は同じ一軸圧縮強さの安定処理土と比べて数倍の破壊ひずみ ε_f を持つことが分かる. このことはボンテラン改良土が破壊に至るまでに, 大きな変形に耐え得ることを示している.



ボンテラン改良土の変形特性(変形係数)

安定処理土の硬くもろい性質と大きく異なり，ボンテラン改良土の変形特性は破壊ひずみが大きく，変形係数が小さく，周辺地盤との剛性の違いがない。



通常土 E_{50} (MN/m²) $\doteq 0.056 q_u$ (kN/m²) (出典: (社)地盤工学会「地盤調査の方法と解説」P267、P323～324)

改良土の顕微鏡写真およびイメージ図

安定処理土



土粒子と土粒子が固化材の結晶により繋がっている

ボンテラン改良土



土粒子と土粒子に繊維が絡み合い固化材により繋がっている

② 強度特性(圧密排水三軸圧縮試験)

- 粘着力については、ケースB-2を除き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。
- ボンテラン改良土の応力-ひずみ曲線は、軸ひずみ15%までの範囲では明確なピークを示さない。
- ボンテラン改良土は良好な粘性土又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に改良しうることが確認できた。

	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

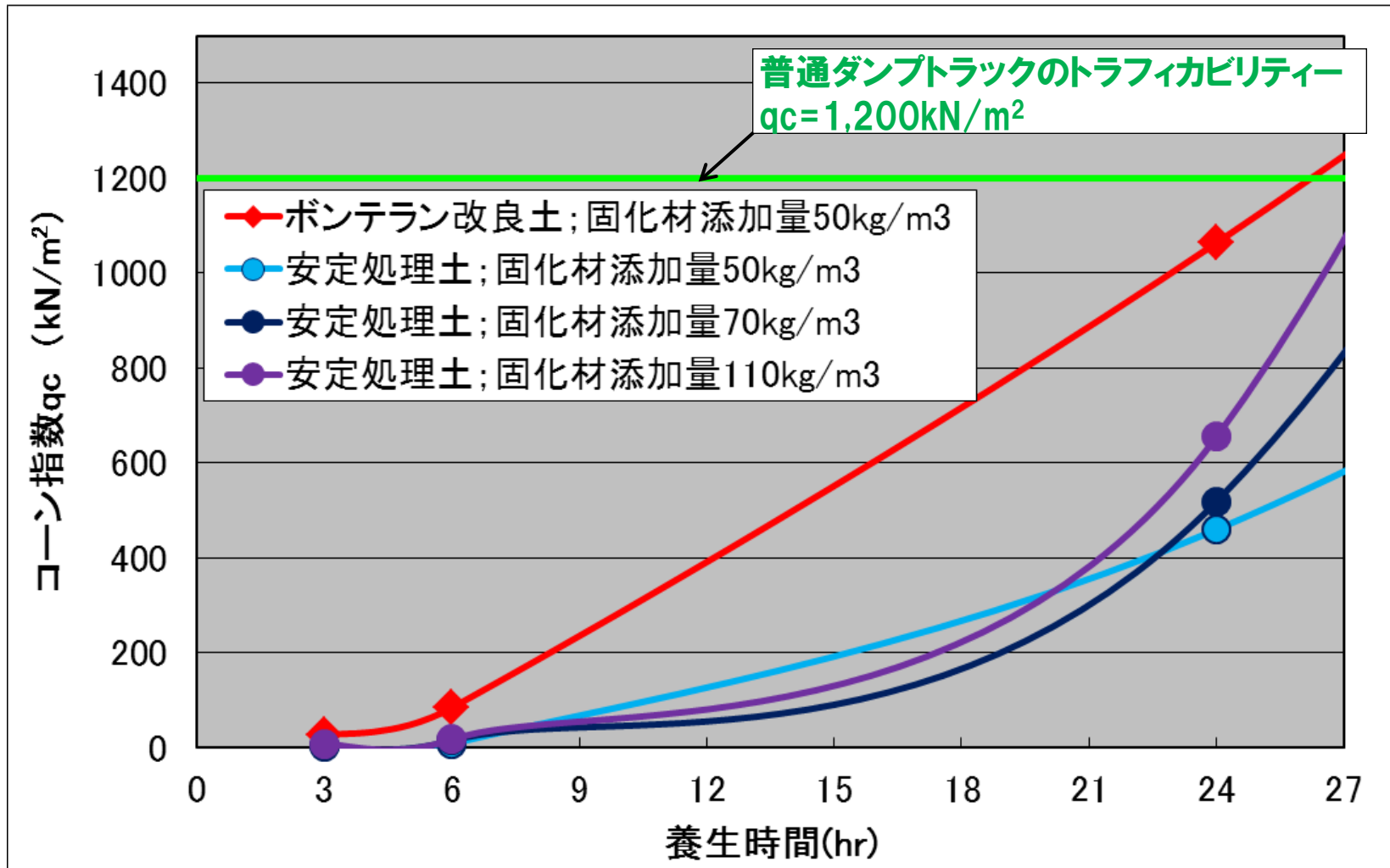
③ 初期材齢における強度発現

改良土の初期材齢における強度発現を確認するために、ボンテラン改良土と安定処理土の比較として。試験方法としては締固めをしない供試体作成方法により供試体を作成し、所定の養生時間後にコーン指数を確認した。

モールド：φ 10cm×12.7cm

養生時間：3時間、6時間、24時間

養生時間とコーン指数の関係



ボンテラン改良土と安定処理土の養生時間とコーン指数の関係

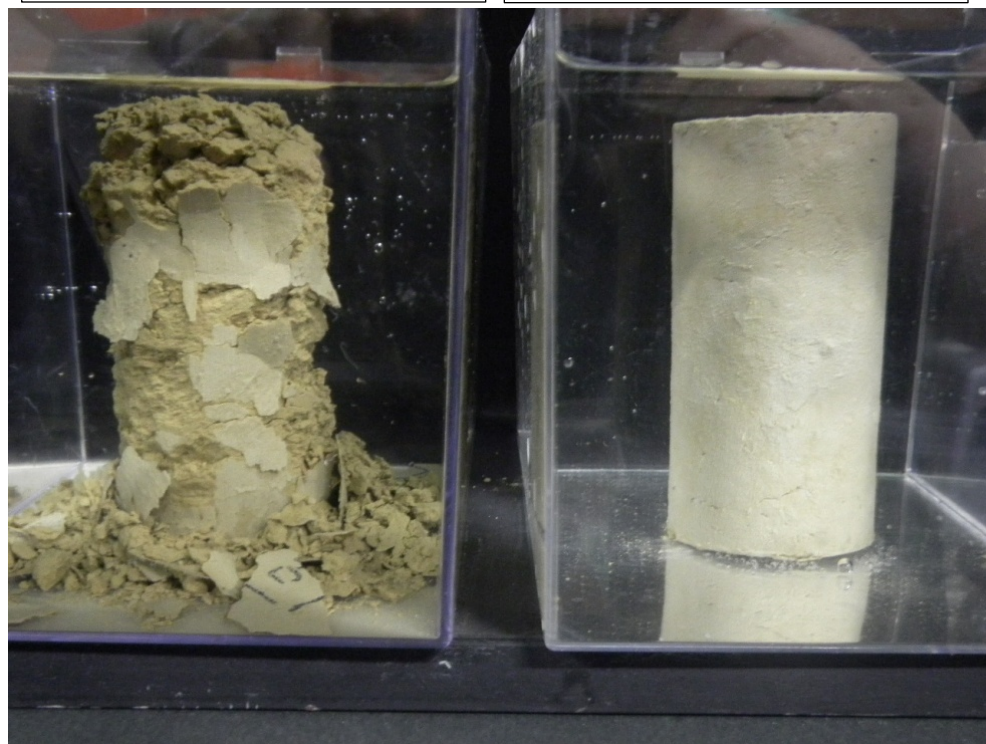
④ 水中不分離特性の検討

埋立て・裏込めに使用する際、改良土を所定の場所に投入して安定した地盤を構成する。そのために改良土の水中不分離特性について検討した。

改良土を屋外で十分に養生し、乾燥した状態で水中に埋立てした直後の状況を模擬したものである。その結果、**安定処理土は供試体表面から剥離現象が表われ次第に崩壊するが、ボンテラン改良土は、まったく変化がなく、極めて高い水中不分離特性を示すことが確認された。**

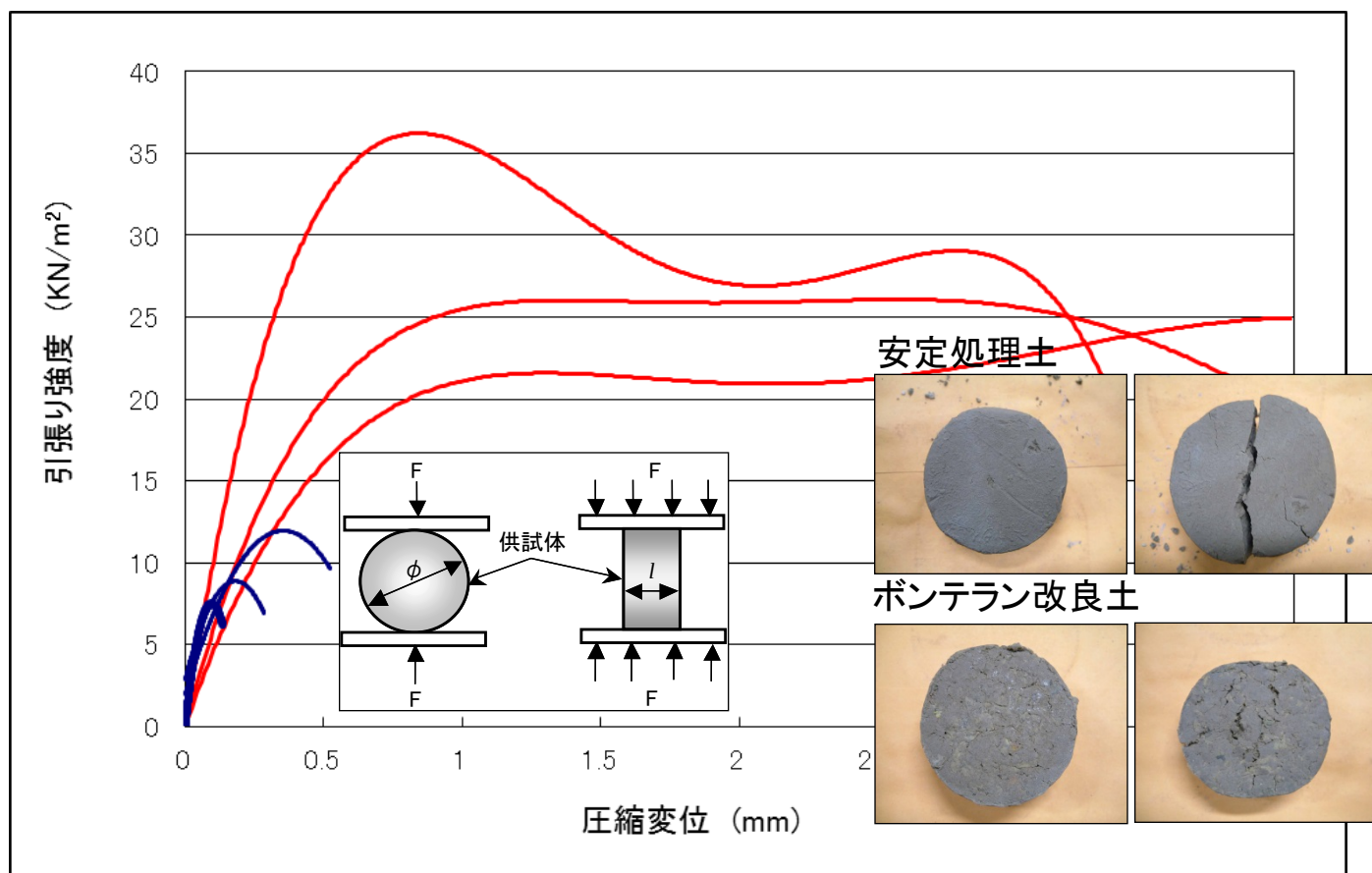
安定処理土

ボンテラン改良土



圧裂引張り試験

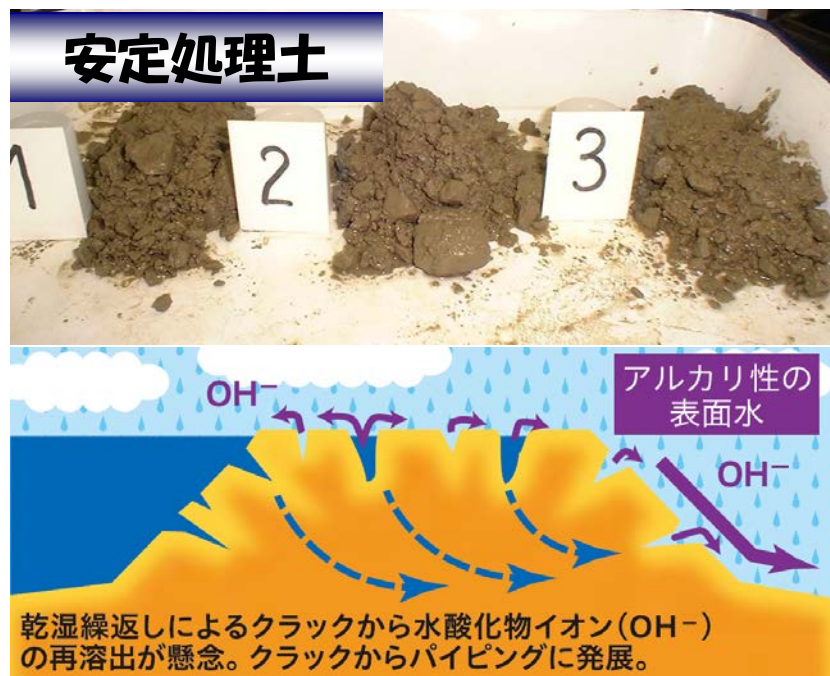
ボンテラン改良土は安定処理土と約3倍の引張強さ（土粒子間結合力）を有しており、水中に投入された後の改良土内部に発生する引張り強さに抵抗しているものと考えられる。



圧裂引張り試験における圧縮荷重と圧縮変位の関係

⑤ 乾湿繰返し試験

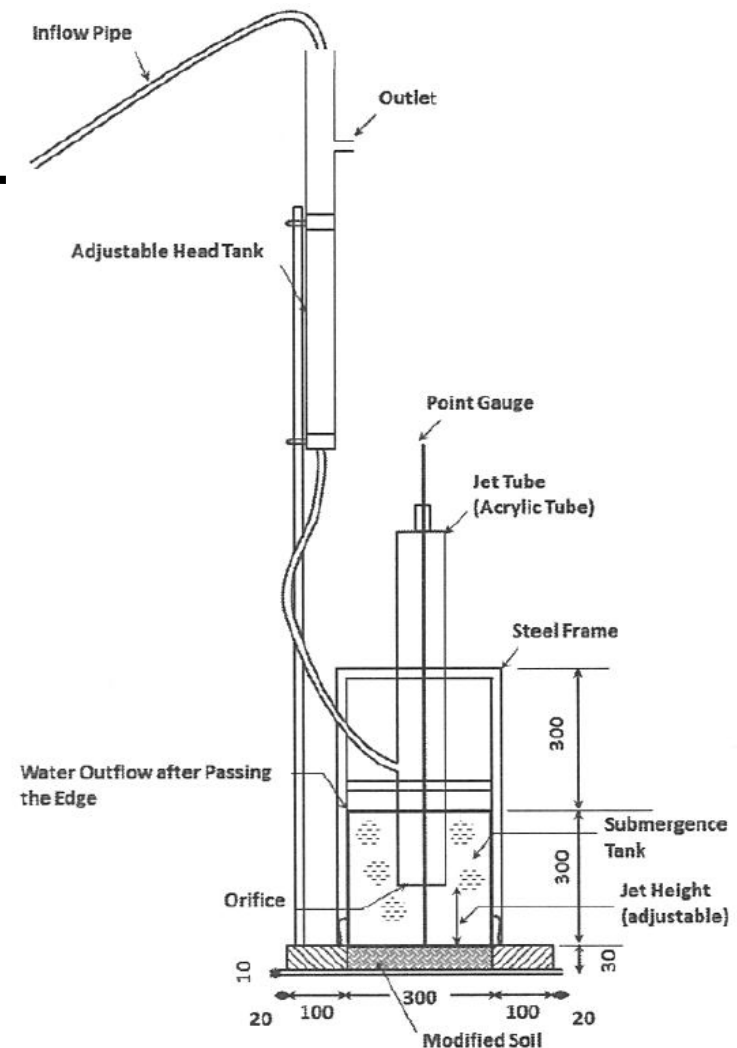
乾湿繰返し試験（40℃炉乾燥2日、20℃水浸1日）の結果、安定処理土はサイクルの進展に伴い、乾燥収縮により亀裂が発生して劣化するが、ボンテラン改良土は一切劣化せず、極めて高い耐久性を示すことを確認した。また、ボンテラン改良土はクラックが生じないために改良体内部からの長期にわたるアルカリ等の溶出懸念が無い。



⑥ 水中耐浸食特性

改良土を護岸背面土としての利用を想定した場合、海水の潮位差により発生する水流に長期間曝らされることによる耐浸食特性を評価する必要がある。

そこで、本研究ではHansonらが考案した水中噴流試験装置を用いて、経過時間に対する浸食量を測定し、限界せん断応力 (τ_c) と浸食係数 (K_d) を算定して、土の浸食に対する脆弱性について検討した。



水中噴流試験装置の概要

浸食速度 ε_τ は式-1 に示すように、
作用するせん断応力の限界せん断応力
に対する超過度に比例すると考える。

$$\varepsilon_\tau = K_d (\tau_e - \tau_c) \quad \cdots \text{式- (1)}$$

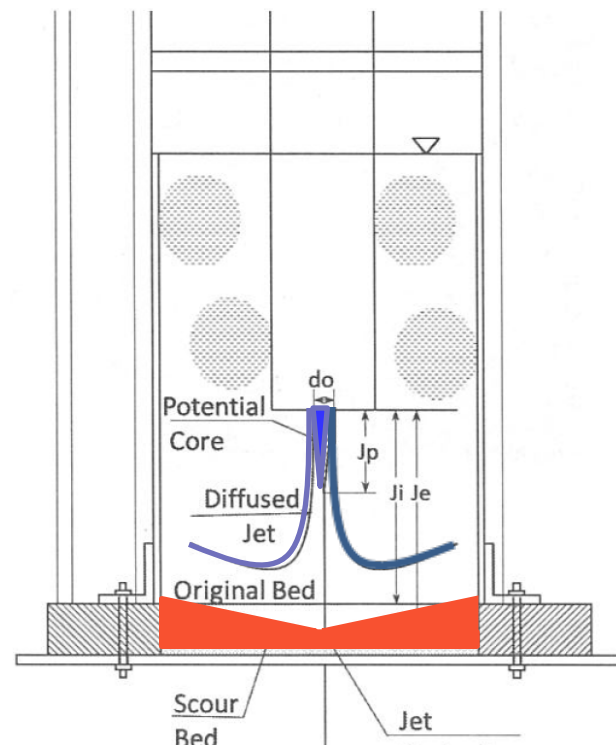
ここに、

ε_τ : 浸食速度

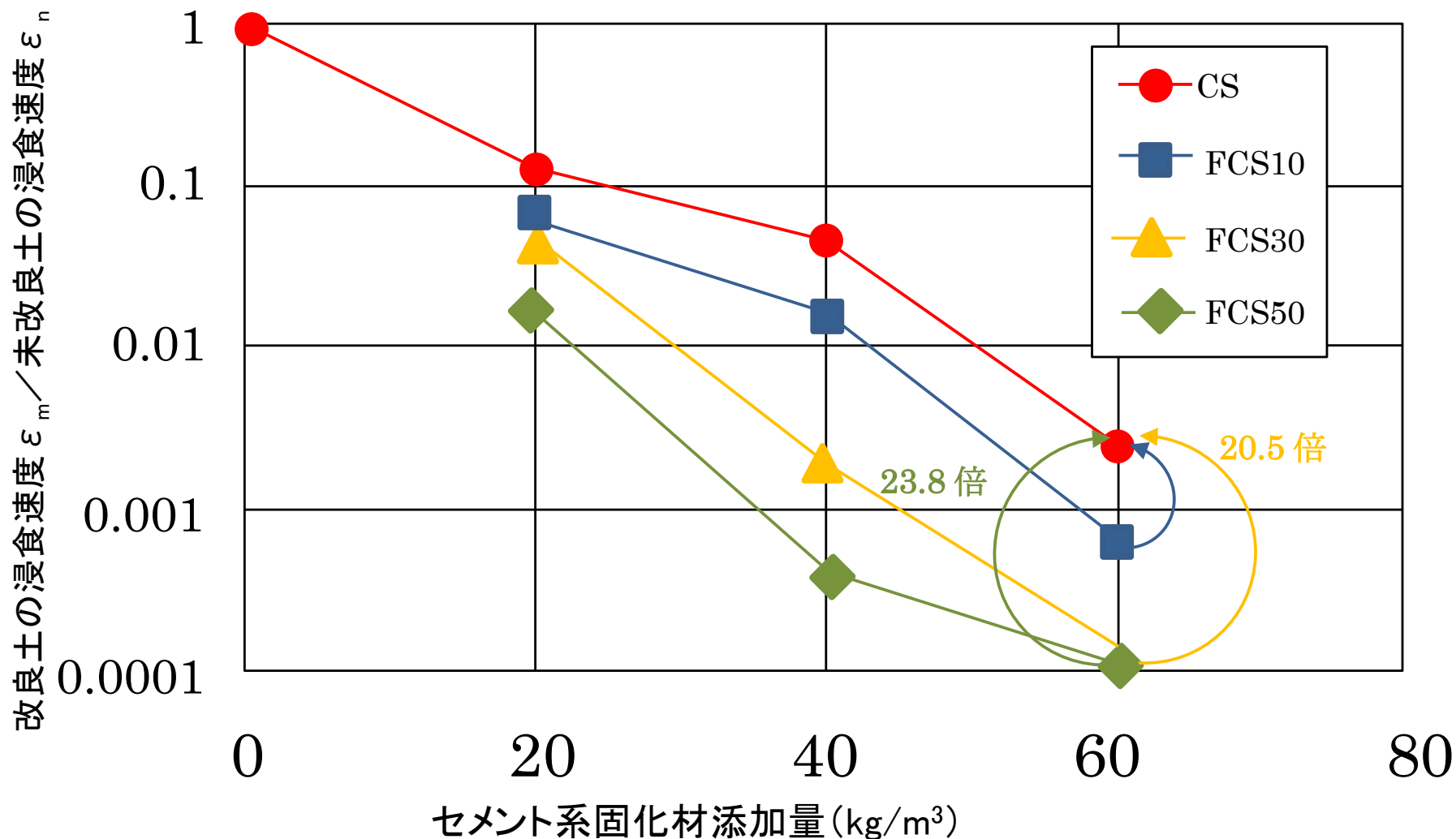
K_d : 浸食係数

τ_e : 地盤表面における噴流の有効せん断応力

τ_c : 地盤の浸食が生じる限界せん断応力



試験装置底部構造図



CSは安定処理土を、FCSはボンテラン改良土を示し、FCSの後の数字はボンファイバーの添加量を示す。

⑦ ボンテラン改良土の液状化抵抗率

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



繰返し三軸試験機

繰返し三軸試験からの液状化抵抗率

S市で採取した砂質土（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。

	砂質土	ボンテラン改良土
液状化抵抗率 F_L	0.12	1.50
液状化判定	×	○

4. 東日本大震災における被害確認

《浜尾地区築堤工事》

東北地方整備局福島河川国道事務所発注の浜尾地区築堤工事では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。
(撮影日：平成14年12月)

原泥



敷均し・締固め



改良状況



完成



平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、東北地方整備局管内における堤防の被災箇所は773か所にのぼり、**浜尾遊水地内においても流用土および購入土を用いた堤体箇所において、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に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。**



《芳賀池》

福島県郡山市の「芳賀池」では、堆積したヘドロ再資源化技術として本工法が採用されました。東日本大震災の影響により、**山砂で埋戻された部分は液状化により沈下変形しましたが、本工法で施工した箇所は全く被害がありませんでした。**



施工前



ポンテラン改良土による
施工箇所

《小池》

福島県矢吹町の「小池」では、浚渫による池の機能回復と管理用道路の整備を目的として本工法と浅層混合処理工法が採用されました。東日本大震災により、**浅層混合処理工法による施工箇所ではクラックや沈下等の被害を受けましたが、本工法の施工箇所では被害がなく、地震対策用地盤材料としての効果を発揮しました。**



浅層混合処理工法による
施工箇所



ポンテラン改良土による
施工箇所

国土交通省 関東地方整備局

平成23年度建設技術フォーラム

東日本大震災で効果を発揮した技術に選定(6技術)

【東日本大震災で効果を発揮した技術】

Geo-KONG工法[KT-990271-A] (株)鴻池組)

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)

全国のボンテラン工法採用件数: 356件 (平成24年度末集計)

5. 採用事例

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 : 東日本大震災の津波が、宮城県多賀城市の二級河川「砂押川」を遡上し、大量の津波堆積物が河道を閉塞して河川の流下断面の確保が困難となった。そこで、河道を掘削し、掘削した津波堆積物を再資源化し、改良土を堤体盛土に再利用するため、本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 砂押川河道掘削工事
工 種 河川(砂)掘削工
組 織 建設工
設計士 飯田 大
実施年度 平成24
江 津 建設

工事名 : 石巻漁港西港浚渫工事
発注者 : 宮城県 東部地方振興事務所
工期 : 平成25年11月～平成25年12月
改質量 : 5,000m³ (W=70%)
工事概要 : 石巻港内の津波堆積物の改良工法に本工法が採用された。仮置き後のボンテラン改良土は、腐敗臭が無くなり硫化水素発生防止対策として有効であることが実証された。さらに、翌日には0.7m³級BHによる締固めが可能であることが確認された。

泥土ピットへの泥土投入状況



改良直後の改良土状況



改良土の仮置き（敷均し・締固め）状況



工事名 : 早川東海岸外災害復旧工事
発注者 : 仙台地方振興局農村整備課
工期 : 平成25年7月～平成25年7月
改質量 : 1,500m³
工事概要 : 本工事はヘドロを浚渫し、速やかに処理する計画であった。しかし、ヘドロは高含水比であり、安定処理工法で即時運搬を実現するためには大量の固化材添加が必要となる。そこでポンテラン工法を採用することで、施工性・即時運搬性・せん断抵抗等が評価され、大幅なコストが削減された。

浚渫状況



改良状況



再利用まで仮置き



工事名 : 高城川河川災害復旧工事
発注者 : 宮城県仙台土木事務所
工期 : 平成26年4月～平成26年7月予定
改質量 : 16,000m³推定 W=73%
工事概要 : 高城川の津波堆積物は高含水比であると同時に有機物を多く含んでおり、安定処理工法では即時運搬を実現するためには大量の固化材添加が必要となった。そこで、ボンテラン工法を採用することで改良直後に運搬可能な状態となり大幅なコスト削減と工期の短縮を実現した。

浚渫状態



改良状況



仮置き場での敷均し・締固め状況



6. 当研究会の取り組み

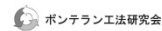
① 配合試験の実施(無償)



② 積算業務(無償)

高含水比泥土リサイクルシステム
Bon Terrain 工法

～積算資料～



項目	単位	数量	単価	金額
1. 材料	kg			
2. 労務	人			
3. 機械	台			
4. 材料	kg			
5. 労務	人			
6. 機械	台			
7. 材料	kg			
8. 労務	人			
9. 機械	台			
10. 材料	kg			
11. 労務	人			
12. 機械	台			
13. 材料	kg			
14. 労務	人			
15. 機械	台			

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がございましたら、
お気軽に当研究会まで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:0233-32-0022

FAX:0233-22-0932

E-mail: info@bonterrain.jp

URL: <http://bonterrain.jp/>

ご静聴ありがとうございました。