



D・Box 工法 (Divided Box)

- ・ NETIS登録 (KT-100098VR)
- ・ 沿岸技術センター (第18006号)
- ・ 千葉県 ちば千産技術・新技術 登録
- ・ 埼玉県 新技術・新工法 登録
- ・ H22年度彩の国産業技術大賞 特別賞

第21回 (2019年11月14日)

民間技術交流会

(名古屋港湾空港技術調査事務所)

ベルテクスグループ
VERTEX 株式会社 **ホクコン**
(D・BOX協会)

1. D・Box工法概要／製作



専用型枠内にD・Boxをセット



砕石投入(2～3層)



型枠天端まで投入



D・Box中蓋を閉じる



D・Box上蓋を閉じる



吊フック～脱型

- 材質:ポリプロピレン(紫外線防止剤入)
- 引張強度:1850kN/5cm(熱に弱い)
- 中詰材:砕石(C40)を標準とする

1. D・Box工法概要／敷設



D・Box吊上げ



D・Box敷設



バックホウ・加圧貫入



ジャンプ式ランマ・加圧貫入



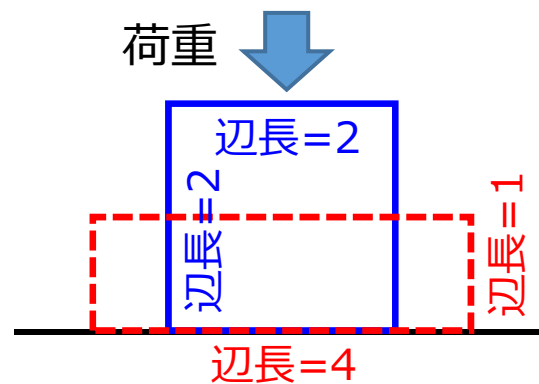
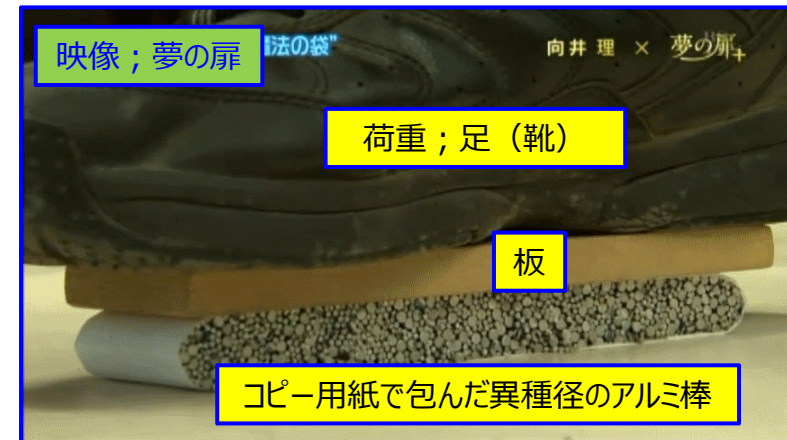
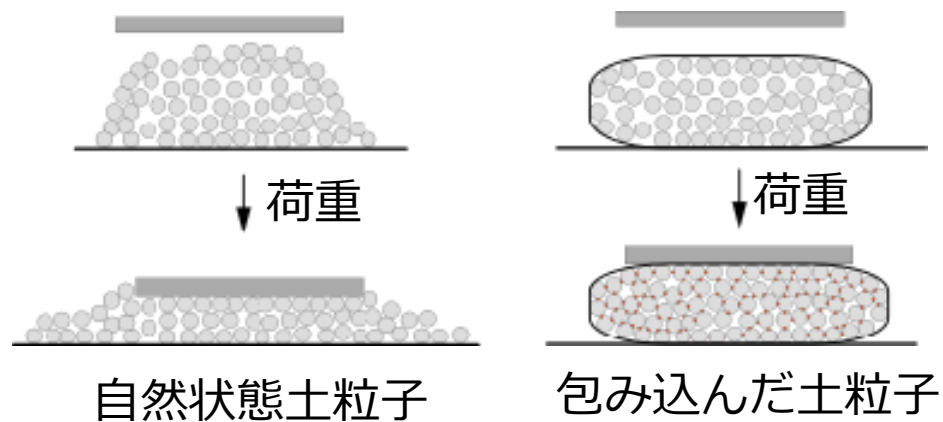
振動コンパクター・加圧貫入



平板載荷試験

- 加圧貫入値: $\sigma_t = 265 \text{ kPa}$ (ジャンプ式ランマの設計最大値)
- 加圧機械: バックホウ, ジャンプ式ランマ, 振動コンパクター
- 支持力確認: 平板載荷試験, キャスポル

2. D・Box原理／区画拘束原理



➤断面積の変化

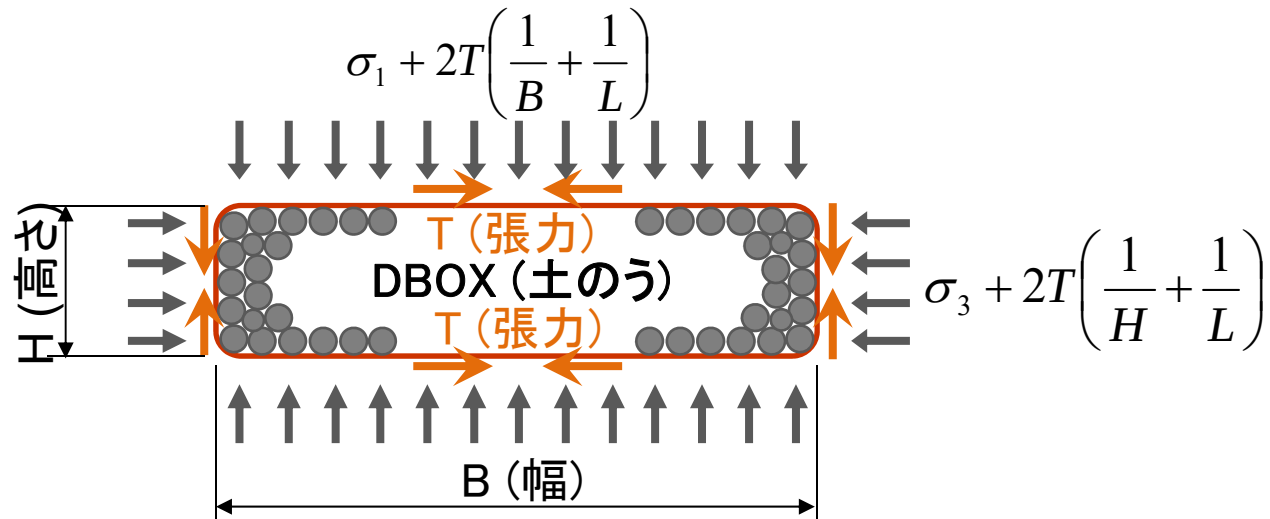
$4 \rightarrow 4 \Rightarrow$ 変化しない

➤周長の変化

$8 \rightarrow 10 \Rightarrow$ 伸びる・張力発生

袋を土砂で完全に包み込むことにより、袋に張力が発生し、その張力で中詰土砂の拘束力を高め、粒子間の摩擦力を大きくさせ、耐荷力・補強効果が増大する特性（拘束原理）を利用する。

2. D・Box原理／区画拘束効果



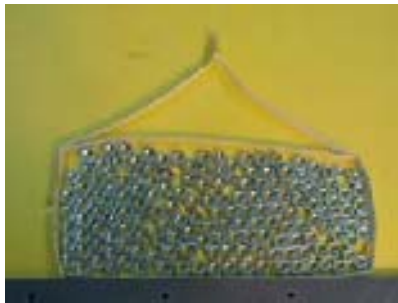
$$\sigma_1 = K_p \left[\sigma_3 + 2T \left(\frac{1}{H} + \frac{1}{L} \right) \right] - 2T \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{L} \right)$$

ここに、 σ_1 : D・BOXの長軸に平行な面に作用する破壊時の主応力
 σ_3 : D・BOXの短軸に平行な面に作用する破壊時の主応力
 K_p : 受働土圧係数、 T : 袋の破断張力、 L : D・BOXの奥行き

ソルパック工法における中詰材の3次元拘束効果について

(2003年日本建築学会大学学術講演便概集、構造 I (B-I)、p.251~252 山本晴行・松岡元著)

2. D・Box原理／内部拘束効果



(反力有)



(反力無)

内部拘束無の状態



(反力有)



(反力無)

内部拘束有の状態

D・BOX-SSタイプ

SS45 : 450×450×100

SS90 : 900×900×100

内部拘束



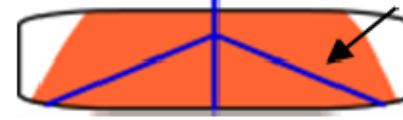
ガイドゲージによる内部拘束

D・BOX-LSタイプ

LS100 : 1000×1000×250

LS150 : 1500×1500×450

内部拘束



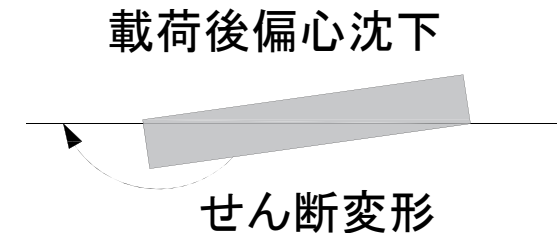
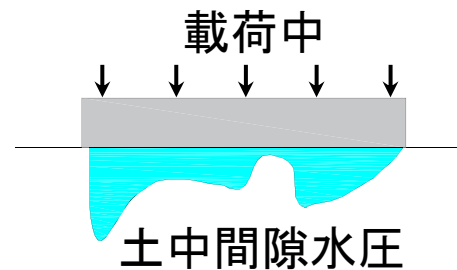
トラスバンドによる内部拘束

袋の内部にトラスバンド等（拘束具）を設置することで内部拘束を高め、載荷により袋底面の円錐形の窪みに土砂を拘束し、直下地盤のせん断抵抗を増加させる。

2. D・Box原理／せん断特性の比較

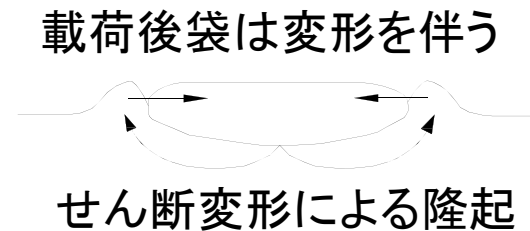
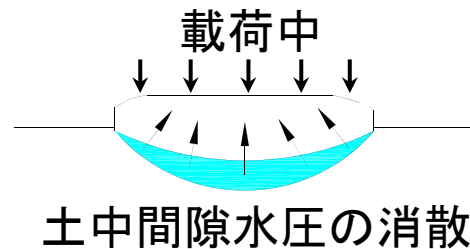
【コンクリート版】

載荷により、土中間隙水は弱い箇所へ集中移動し、不等沈下を生じる。



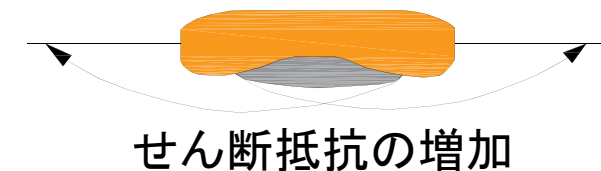
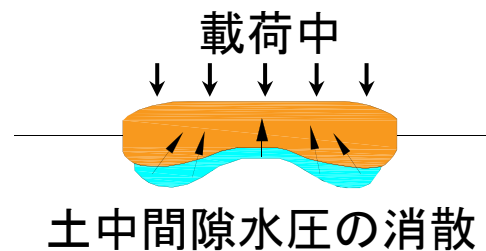
【通常土のう】

載荷により、土中間隙水の消散を行うが、土のうが変形して側方流動する。



【D・Box】

載荷により、土中間隙水を消散し、D・Box底面窪みで土砂を拘束し、側方流動と不等沈下を抑制する。



3. D・Box工法と載荷重工法について

載荷重工法とは、

残留沈下を少なくするとともに、地盤の強度増加を図る目的で、予め載荷によって軟弱地盤を能動的に沈下させておく工法で、代表的な工法を下記し、何れも載荷期間に数年を要する欠点を有す。

(1) プレローディング工法

構造物の構築に先立って構造物荷重分の盛土荷重を載荷し、地盤の圧密を促進させるとともに強度増加させた後、載荷盛土を除去して、構造物の沈下および支持力対策を行う工法である。

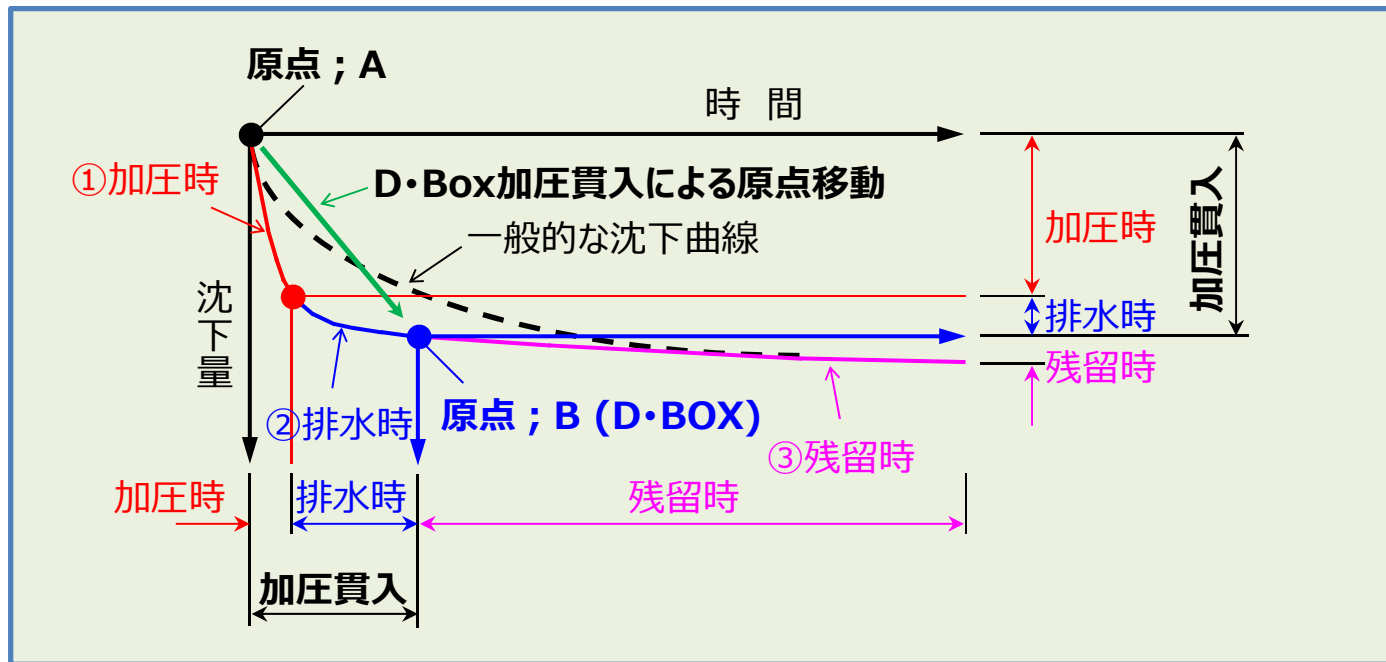
(2) サーチャージ工法

圧密沈下の促進を目的として、予め計画高以上の盛土を行って計画盛土高に対して生じる最終圧密沈下量とほぼ同程度の沈下を生じさせ、その後、余盛部分を除去して所定の盛土に形成し、供用後の残留沈下を低減させる工法である。

D・Box工法とは、

圧密沈下が懸念される粘性土地盤や緩く堆積した砂質地盤等で、構造物構築前に、能動的・強制的に比較的短時間で局所的な載荷により圧密沈下させて基礎地盤の強度増加を図る目的で、構造物に作用する荷重以上で、D・Box上面に加圧（転圧）を行い、D・Boxを基礎地盤に貫入させる浅層改良工法である。(加圧貫入工法)

4. D・Boxの加圧貫入と沈下概念

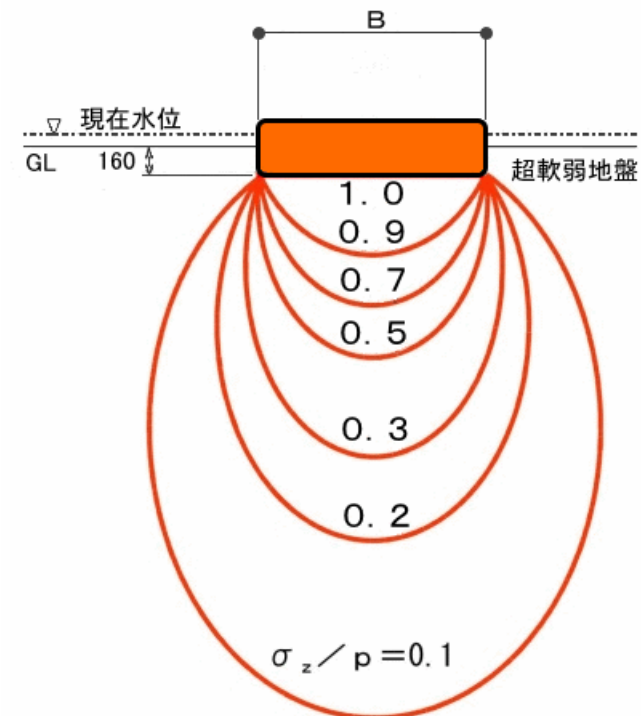


沈下曲線状態		載荷状態	沈下量	時間
①加圧時	加圧貫入	設計荷重以上で載荷 (短期動的荷重, 局所圧密)	9割前後	即時
②排水時		過剰間隙水排水 (無荷重, 静的促進荷重)		2h～3日
③残留時		長期静的荷重 (残留許容では、上げ越し等 で対処する)	1割前後	5日～長期

5. D・Boxによる地盤補強効果／粘性土地盤①

土 質	強度増加率：m
粘性土	0.30～0.45
シルト	0.25～0.40
有機質土及び黒泥	0.20～0.35
PEAT	0.35～0.50

出典／道路道工－軟弱地盤対策工指針



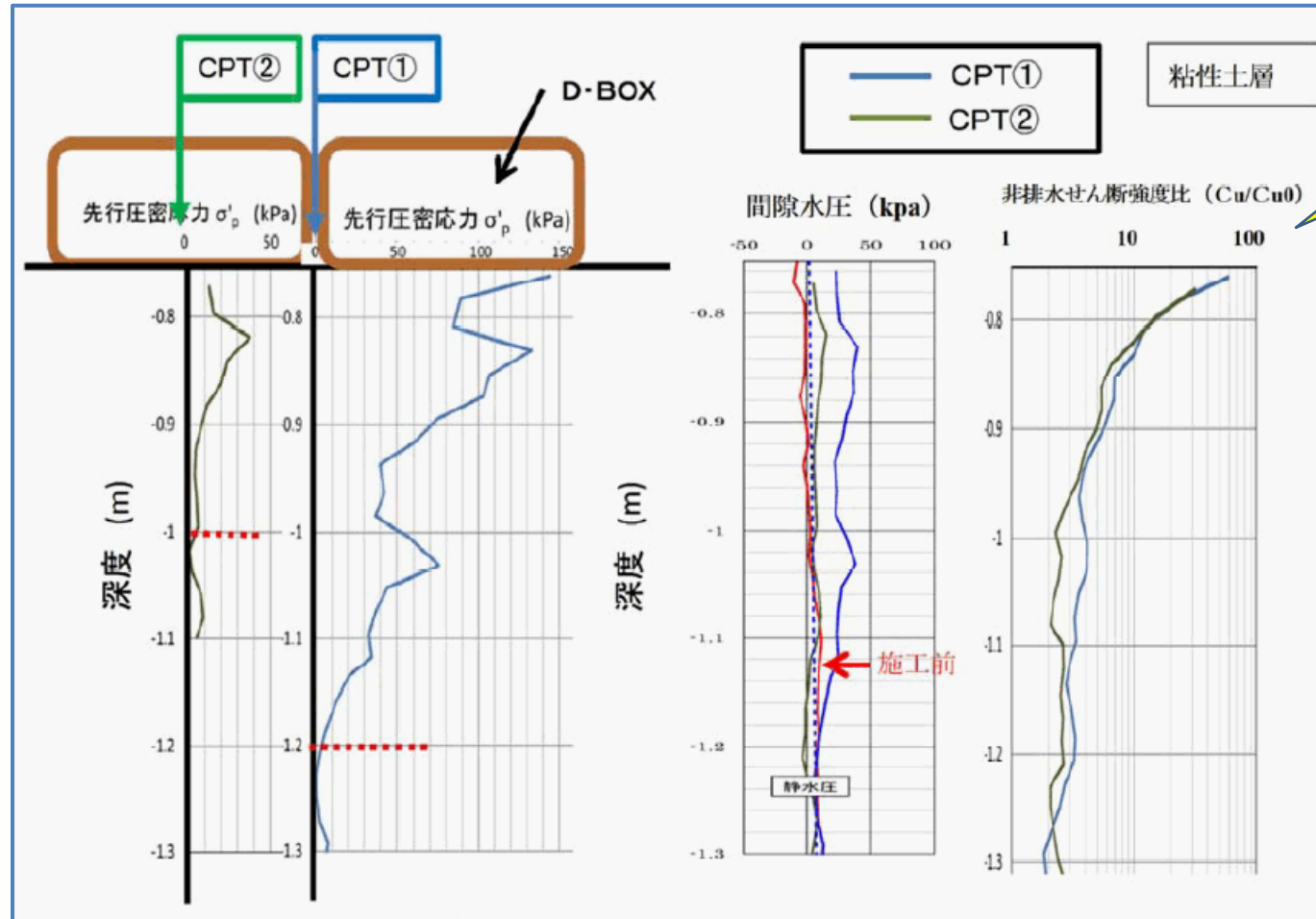
圧力球根概念図

粘性土地盤では、正規圧密土の強度増加率（ m ）は、非排水せん断強さ（ C_u ）と圧密圧力（ p ）との比で表される。

D・Box上面に加圧貫入荷重（ P ）が作用した場合、非排水せん断強さ（粘着力）の増加（ ΔC ）は、次式で与えられる。

$$\Delta C = m \cdot P$$

5. D・Boxによる地盤補強効果／粘性土地盤②

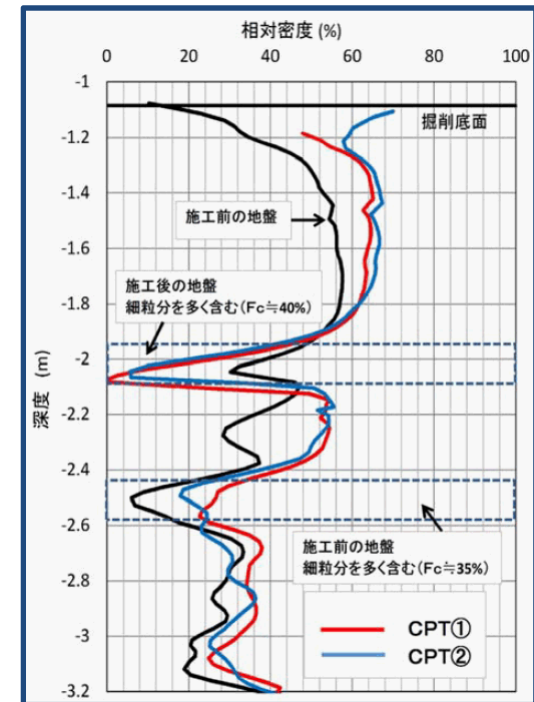
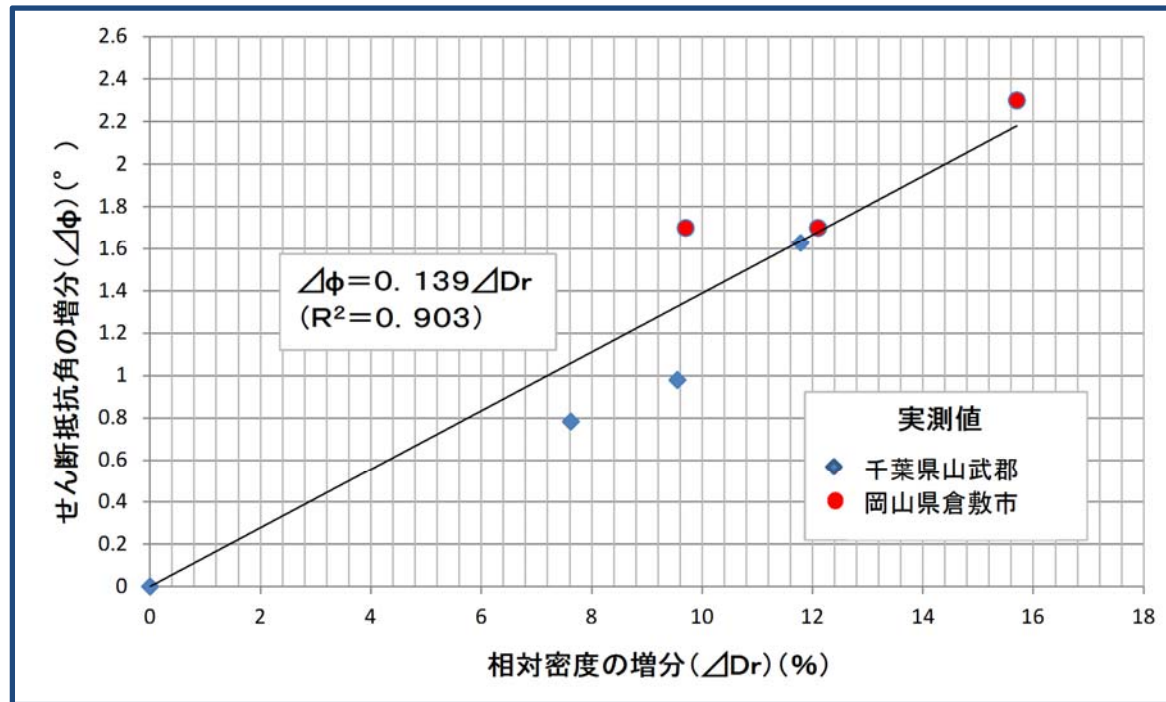


非排水せん断強度比

直下：5～30倍
直下以深：2～5倍

粘性土地盤にD・Boxを加圧貫入（局所圧密）することで、施工後の非排水せん断強度（ C_u ）は、施工前の非排水せん断強度（ C_{u0} ）に対して増加することが確認された。

5. D・Boxによる地盤補強効果／砂質地盤



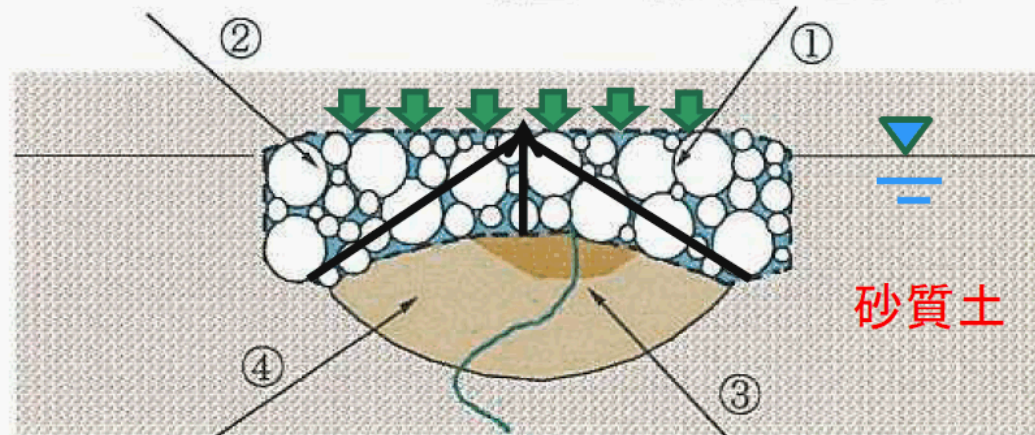
砂質地盤にD・Boxを設置し、自重と加圧貫入から細粒分の少ない砂質土層では、せん断抵抗角や相対密度が大きくなり、液状化強度も大きくなることが確認された。(D・Box協会)

せん断抵抗角の増分 ($\Delta\phi$) と相対密度の増分 (ΔDr) との関係は、 $\Delta\phi = 0.139 \cdot \Delta Dr$ (協会式) で示される。

6. D・Boxによる液状化低減効果

D・BOX内部が完全に飽和しても
強度低下が起こらない。

D・BOX内部の土粒子は、袋他の拘束効果により
地震動を受けても間隙が詰まらないため、間隙
水圧の上昇が起こらない。

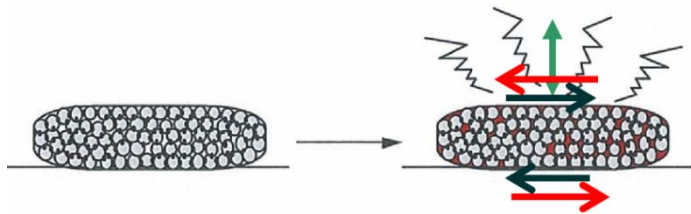


敷設時の転圧により、D・BOX下部が
締め固められる。

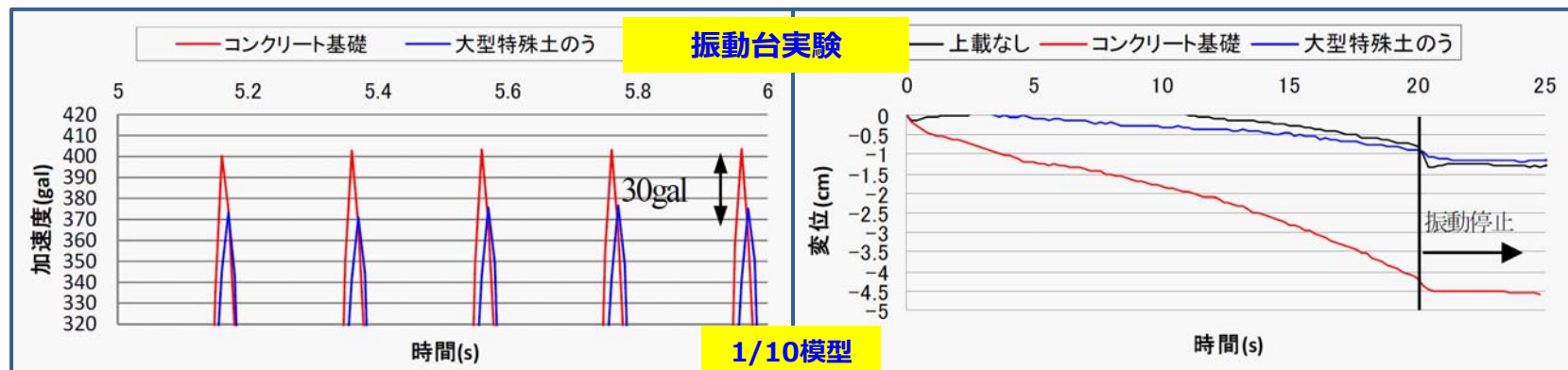
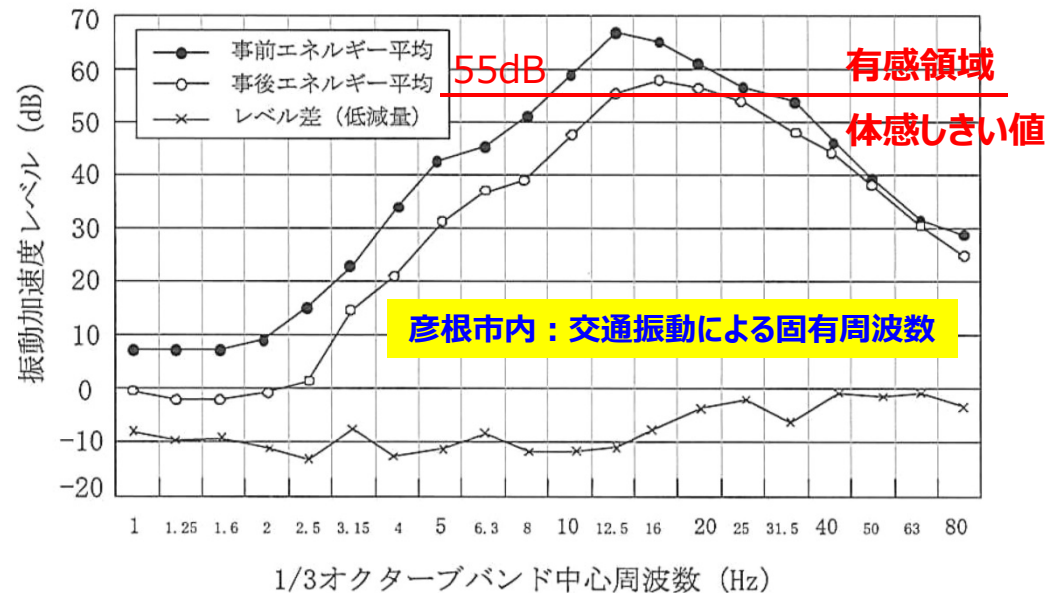
フィルター効果により土粒子の流出を抑え
水だけを吸水し、間隙水圧の上昇を抑制する。

砂質地盤では、D・Box敷設時の加圧転圧により、袋の直下地盤が締め固められると共に、袋のフィルター効果により土粒子の流出や噴砂を抑え、水だけを吸収し、過剰間隙水圧の上昇を抑制する。更に、地震時の再液状化に対しても目詰まりなく効果を発揮する。

7. D・Boxによる振動低減効果



交通振動や地震動等の外部振動が入力されると、D・Box内部の土粒子間に働く摩擦力により振動エネルギーが熱エネルギーに変換せられ、振動が吸収される。

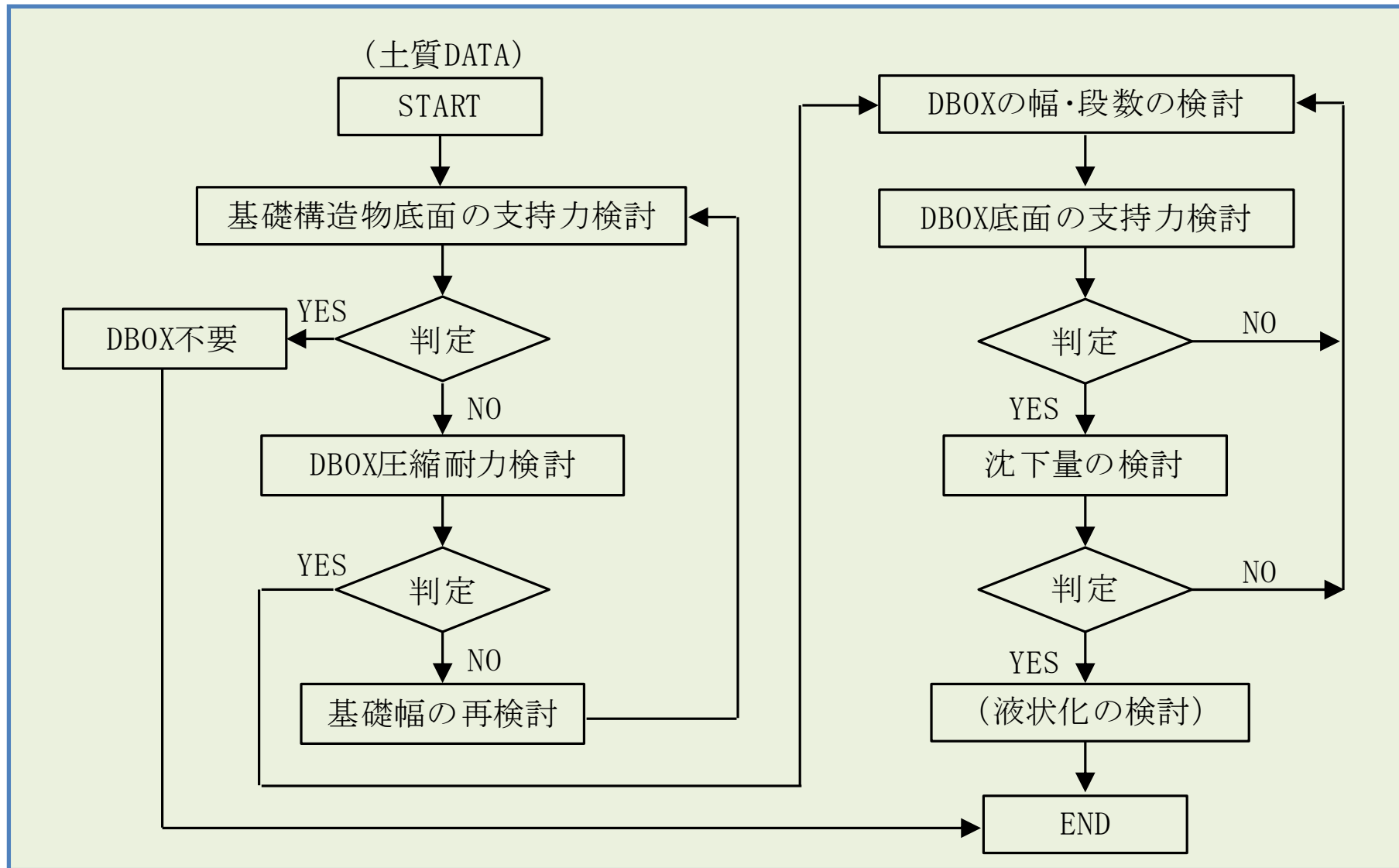


【基礎上面加速度；正弦波300gal】

【沈下量；正弦波300gal】

小型振動台模型による内部拘束型大型土のうの液状化被害の低減効果について：2014地盤工学会年次学術講演会、若井（群馬大）、パシフィックコンサルタンツ、メトリー技術研究所

8. D・Boxの設計・フロー



事例に見る地盤の液状化対策 ―被害を防止・修復する工法―：近代科学社、岡田進、他 に加筆

8. D・Boxの設計／支持力検討

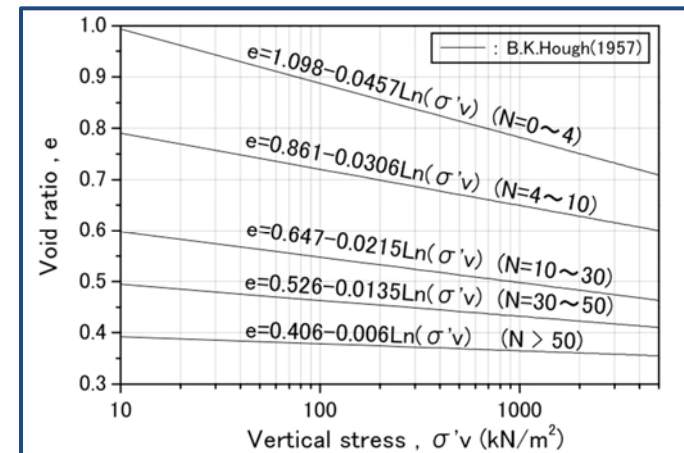
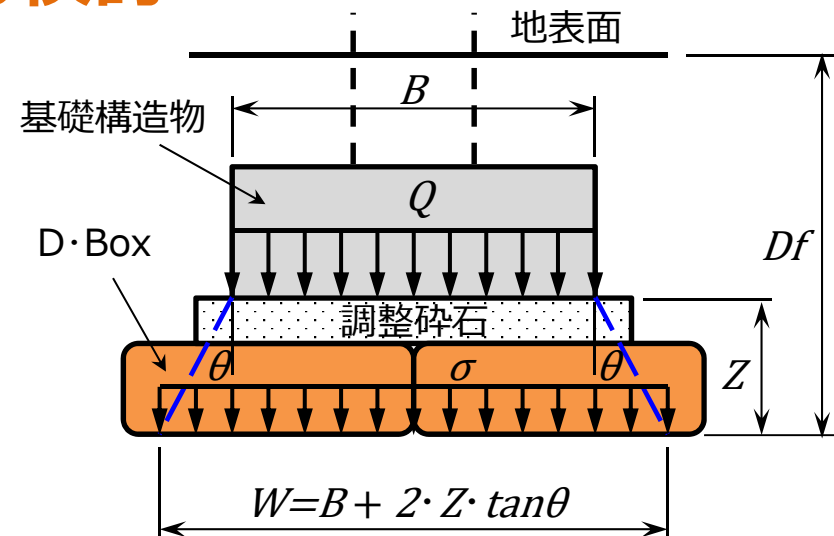
(1) 荷重分散(支持力分散) 効果

$$\sigma = \frac{B \cdot Q}{W} \quad (\text{kPa})$$

- ① 荷重分散幅 (B) を広げる
 - D・Box敷設幅で制御
- ② 支持地盤深度 (Z) を増す
 - D・Box敷設段数で制御

(2) 加圧貫入効果

- ① 粘性地盤；粘着力の増加
 - $\Delta C = (\text{加圧貫入値} + \text{D・Box自重}) \cdot m$
- ② 砂質地盤；せん断抵抗角の増加
 - $e_n = f(\sigma'_{vn})$
 - σ'_{v1} : 有効応力 (Df)
 - σ'_{v2} : 全応力 (加圧貫入値)
 - $Dr_n = (e_{\max} - e_n) / (e_{\max} - e_{\min}) \times 100$
 - $\Delta Dr = Dr_2 - Dr_1$
 - $\Delta \varphi = 0.139 \cdot \Delta Dr$ (D・Box協会式)



B.K.Houghによるe-logP関係式

D・Boxによる支持力検討は、基準書・指針等に規定するTerzaghiの修正支持力公式に、荷重分散効果・加圧貫入効果を見込んで検討を行う。

9. D・Box工法／沿岸技術研究センター評価証

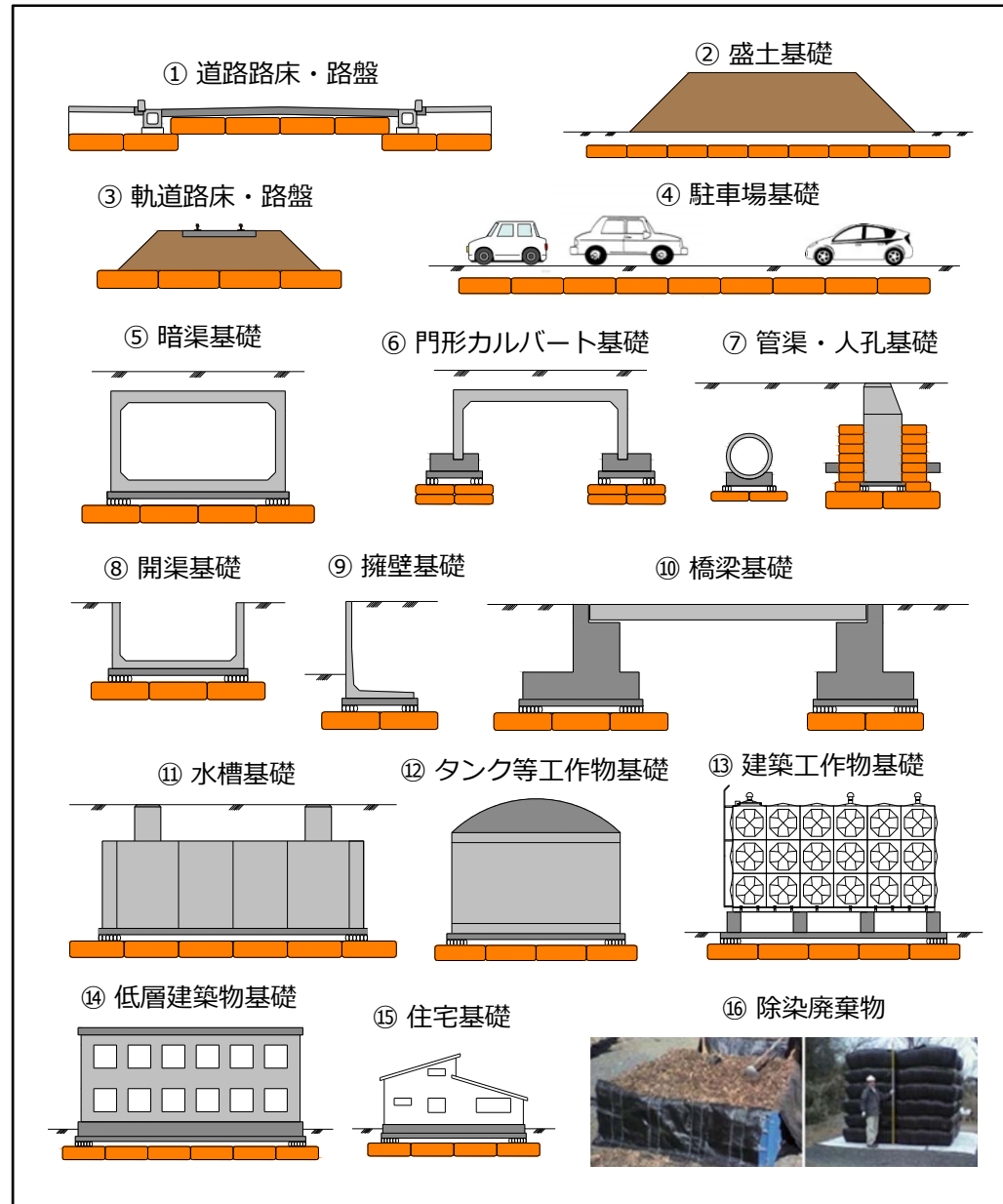


一般財団法人 沿岸技術研究センター
「評価証」
第18006号（平成31年3月31日）

【評価結果の要約】

- (1) 軟弱地盤上でも簡便な施工によりトラフ能力を改善できる。
- (2) 車両・重機等による走行時や作業時の振動影響を低減できる。
- (3) 製品の耐候性および耐薬品性を有する。
- (4) 試験と数値解析により礫を用いたD・Boxの透水係数が砂と同程度以上である。
- (5) 試験においてD・Boxからの有害な物質の溶出がない。

10. D・Box工法の主な適用例



千葉県神崎町：道の駅
地盤補強・液状化対策



滋賀県長浜市：L型擁壁地盤補強



青森県南部町：ほ場整備・地盤補強



1 1. D・Box工法の事例／仮設道路（長期供用）

地内水路渡河部／着工前



完成（コルゲートφ3000）



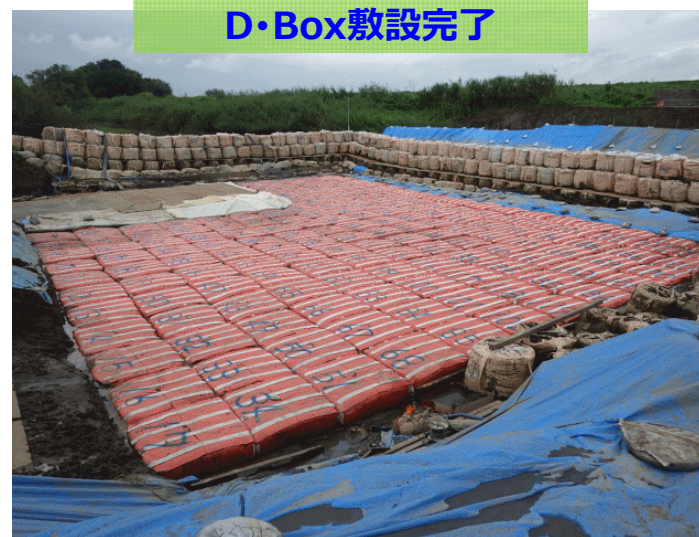
堆積土砂運搬車走行

栃木・群馬・埼玉・茨城の4県をまたぐ最大級の遊水地でラムサール条約湿地に登録。希少生物の影響からパワーブレンダー工法に変えD・Box工法を採用。

D・Box敷設・転圧

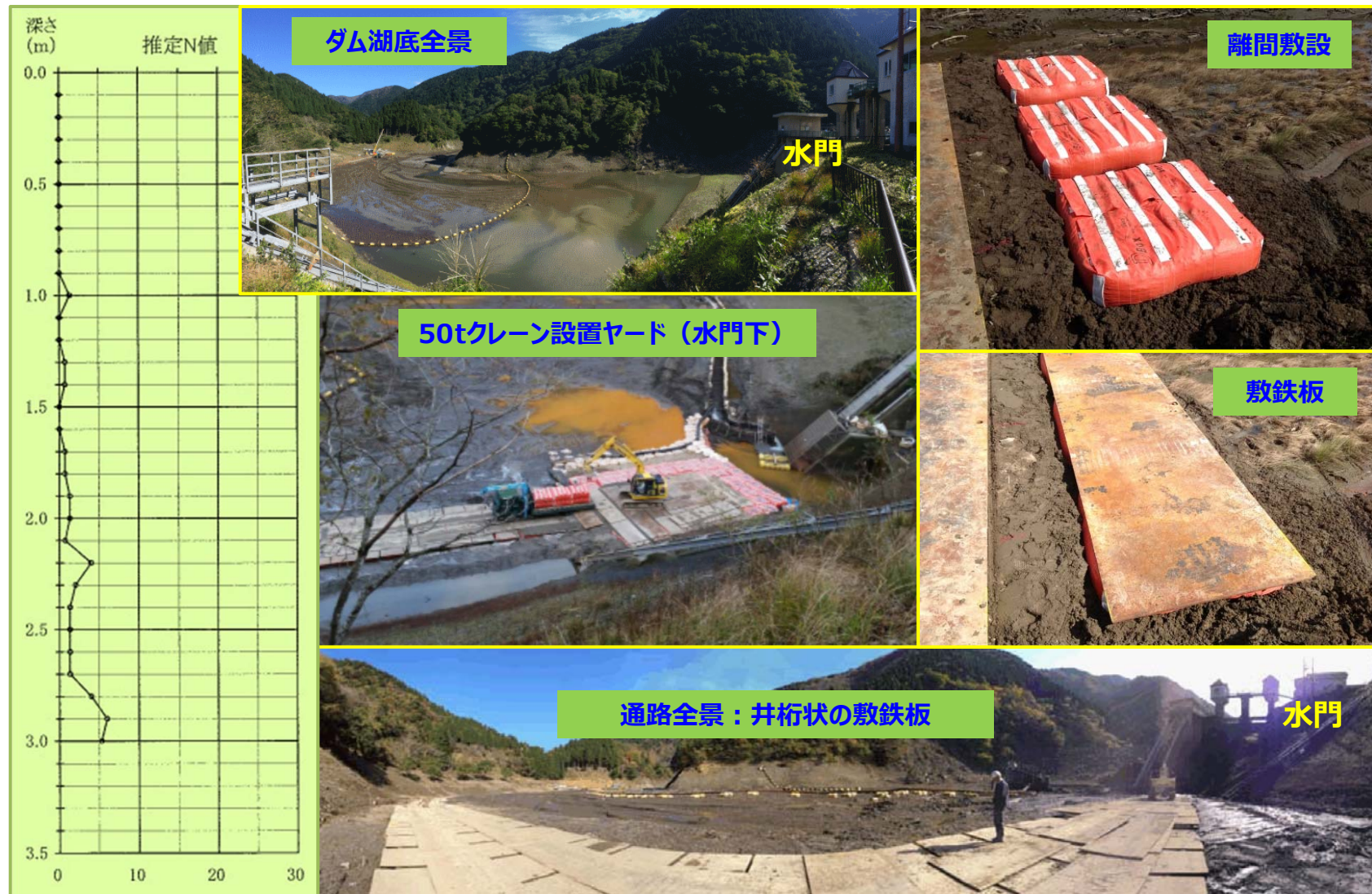


D・Box敷設完了



関東地方整備局 利根川上流河川事務所
渡良瀬遊水地 H25下生井土砂整正工事

1 1. D・Box工法の事例／仮設通路（ダム湖底）



簡易動的コーン貫入試験

滋賀県 石田川ダム（築50年）水門修復工事
作業ヤード：50tクレーン設置（敷鉄板併用）

1 1. D・Box工法の事例／道路



埼玉県加須市内 国道125号・地盤補強工事（一部沼地に道路を建設）



茨城県神栖市道・液状化対策工事（東日本大震災）
（24国災第1730号市道6-9号線道路災害復旧工事）

1 1. D・Box工法の事例／鉄道

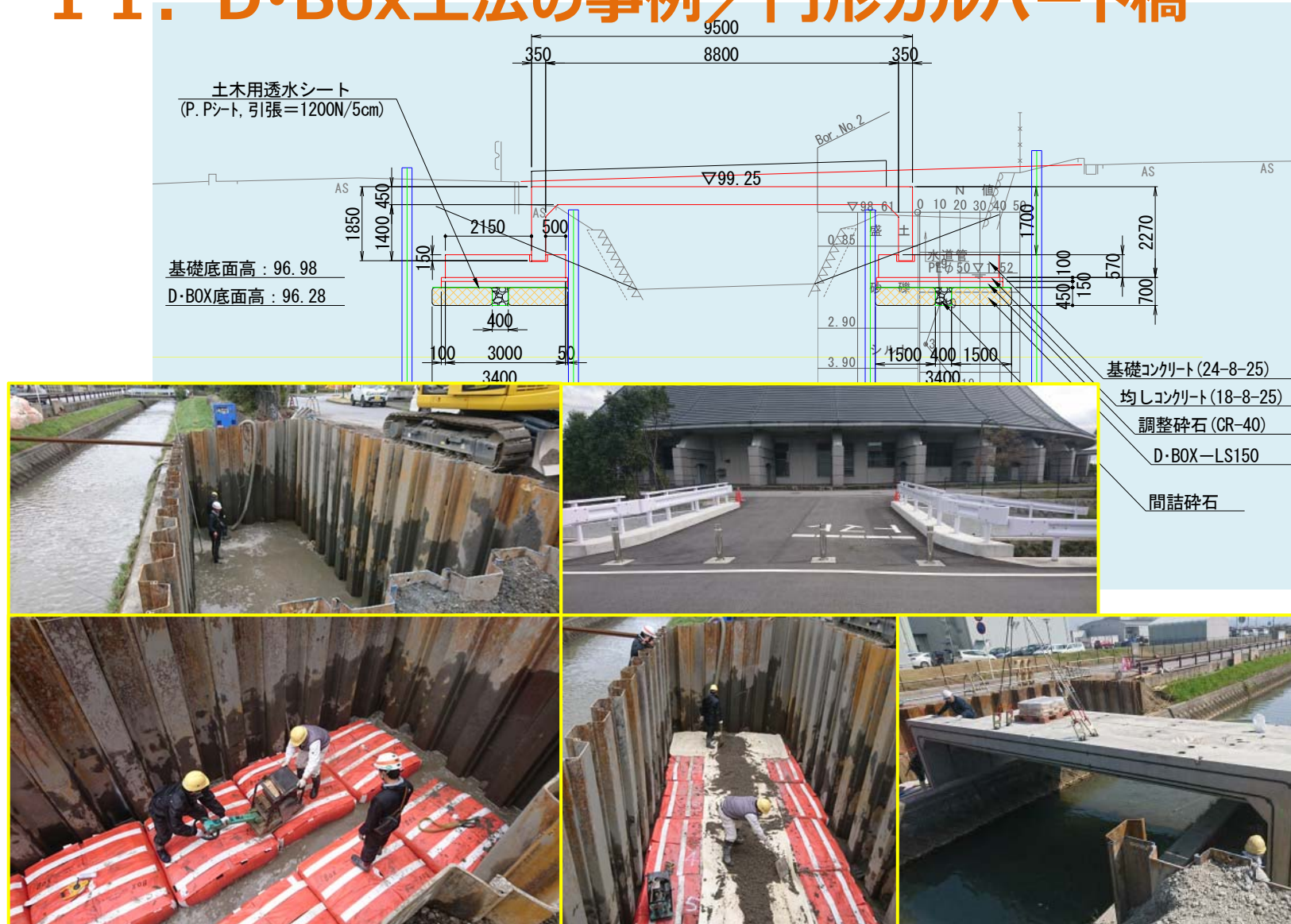


JR西日本：草津線 地盤補強と噴泥対策工事（LS100－1段）



JR東日本：都内 地盤補強と噴泥対策工事（LS100－1段）

1 1. D・Box工法の事例／門形カルバート橋



長浜ドーム 門形カルバート橋梁工事
橋長 = 9.50m

1 1. D・Box工法の事例／墓石（東日本大震災）



2011年・東日本大震災 福島県内の墓石被災状況
震災前にD・Boxで施工した墓石は健全で、地震動に対する有効性を確認
（古来の地震学者は、震災直後に墓石調査から地震動の計測を行った）

1 2. 小名浜港湾埋立造成施設・事業概要

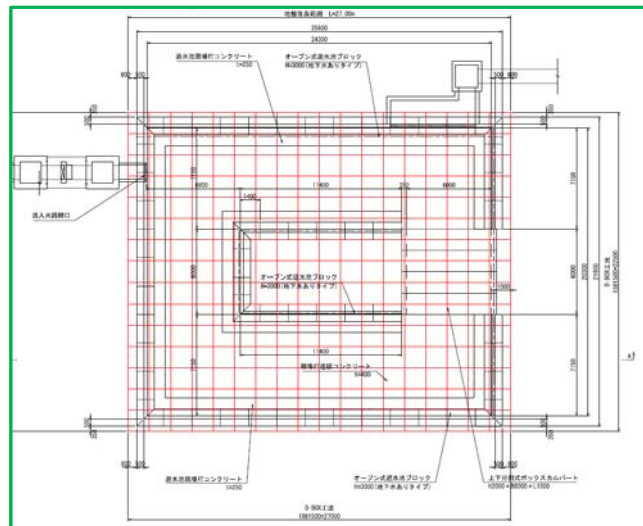


■国土交通省概要
東北地方整備局 小名浜港湾事務所
国際バルク戦略港湾
小名浜港東港地区人口島
国際物流ターミナル

■福島県／石炭沈砂池
発注者：小名浜港湾建設事務所
工事名：ふ頭埋立造成(野積場)工事(排水工)
構造物：沈砂池(2基) 地盤補強・液状化対策

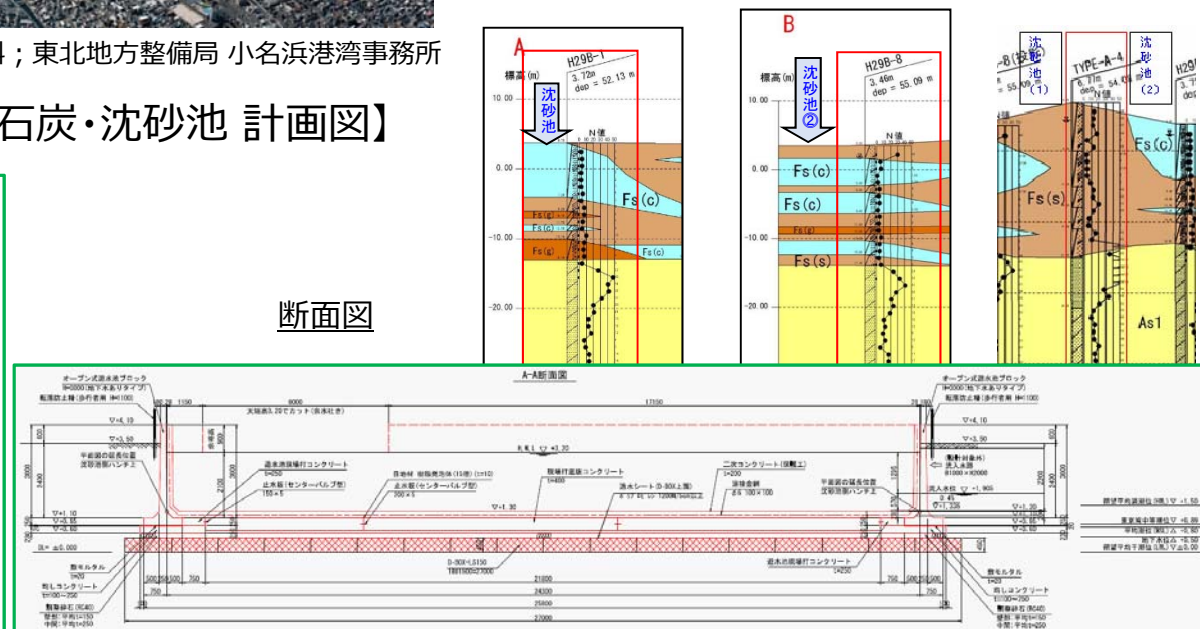
資料；東北地方整備局 小名浜港湾事務所

平面図



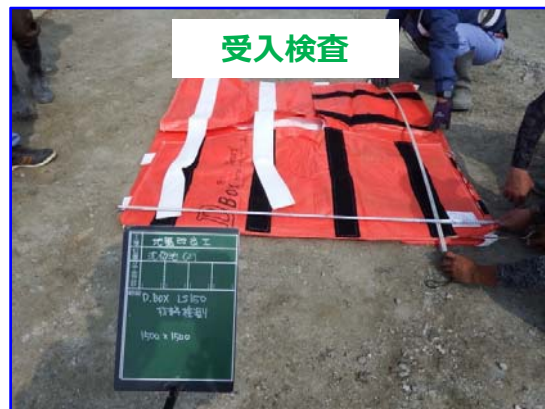
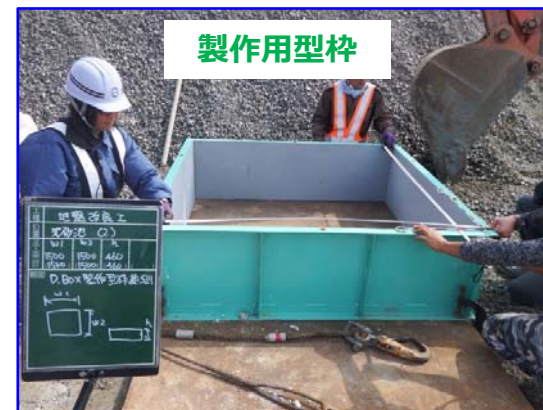
【石炭・沈砂池 計画図】

断面図



(補強面積；22.5m×27.0m)

1 2. 小名浜港湾埋立造成施設・石炭沈砂池施工－①



1 2. 小名浜港湾埋立造成施設・石炭沈砂池施工－②



クローラークレーン



敷設開始



吊上げ敷設



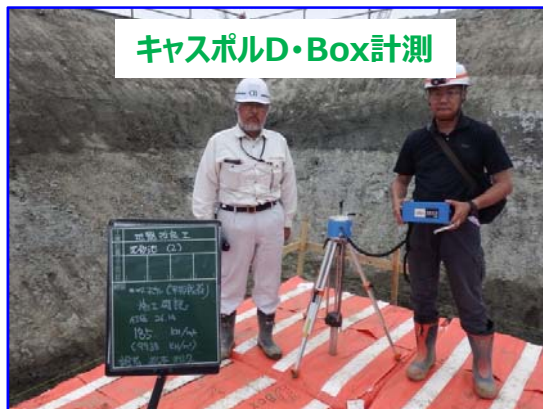
バックホウ加圧・転圧



ランマ加圧・転圧



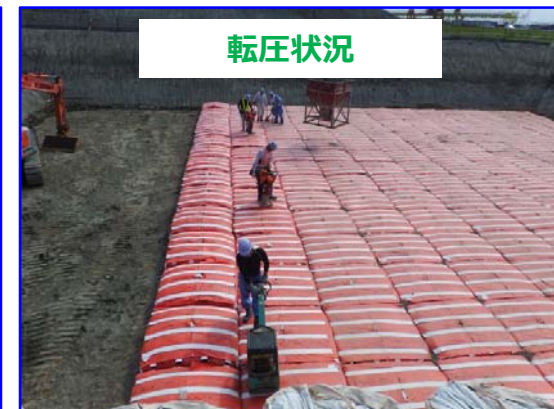
振動ランマ加圧・転圧



キヤスポルD・Box計測

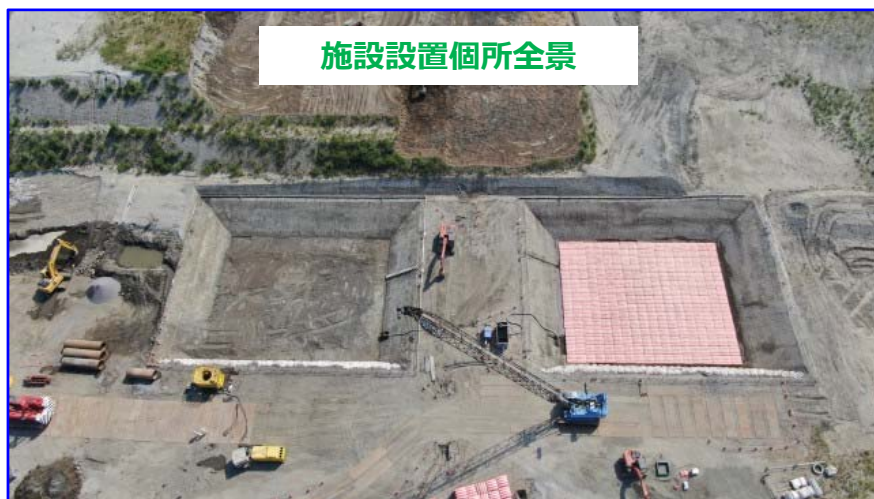


敷設全景



転圧状況

1 2. 小名浜港湾埋立造成施設・石炭沈砂池施工－③



ありがとうございました。

制 作：株式会社ホクコン

資料提供：メトリー技術研究所株式会社

資料提供：D・BOX協会