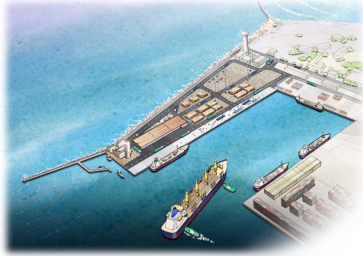


# セネガル国ダカール港第三埠頭改修計画に係る岸壁構造変更



2020年11月9日  
JICA資金協力業務部  
小柳 桂泉

## 本日の発表内容

1. ダカール港の概要
2. 第三埠頭の現状
3. プロジェクトの内容
4. 当初計画（重力式）における主な課題
5. 岸壁構造形式の変更
6. 土質条件の評価
7. 前面矢板打設方法（回転圧入工法）の概要
8. 設計手法の概要
9. セネガルに適用するにあたって留意した点
10. 現在の工事進捗状況
11. 施工中の苦労
12. 今後の展望

## 1. ダカール港の概要

港湾管理者：ダカール港湾公社（PAD）

- 埠頭： 第一、第三、第四埠頭（雑貨・バルク）
- コンテナ・ターミナル（DPW 2008）
- 第二埠頭（RO/ROターミナル、Bollore 201）
- 第八埠頭（鉱物 Necotran 2014）
- 第九埠頭（精油 Sea Invest 2015）
- 第十埠頭（漁港）

航路： 水深-13m（2014年浚渫）

入港船舶： 2,643隻（コンテナ船669船、貨物船483隻）

貨物：1,341万ト（輸入785万、輸出236万、他）  
コンテナ（40.7万TEU）  
トランジット192万ト（内マリ国188万ト）

水深： コンテナ埠頭 -13m、他は主に水深-10m

貿易品目：輸出 魚介類、精油、リン酸製品、  
建設用材（石炭・セメント）  
輸入 食料品、石油製品、鉄鋼製品



## 2. 第三埠頭の現状

【第三埠頭の位置づけ】

- ・セネガル及び後背内陸国向けの **バルク貨物及び雑貨** を取り扱い。
- ・セネガルとマリ間の協定により、マリ向け貨物を優先的に取り扱い。
- ・**内陸国マリにとって、米、肥料、砂糖などの重要な供給ルート**



第三埠頭全景

【整備の経緯と現状】

- ・連続2バース（総延長350m）
- ・1939年と1969年にそれぞれ建設  
⇒ **老朽化が著しく、陥没や沈下** が発生。  
**安全な荷役作業が阻害** され、荷役機械の障害にもなっている。

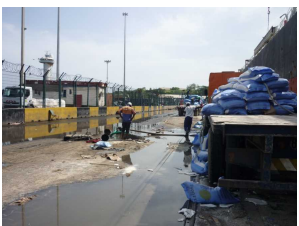
## 2. 第三埠頭の現状



欠損したコンクリートブロック



エプロン部の水溜り



荷役状況（水溜りによる悪臭、食料を扱うには不衛生な状況）



給水管理設部の破損

## 3. プロジェクトの内容

**目標：**

老朽化した第三埠頭を整備して荷役作業の能力向上と効率化を図る

**事業スキーム：**

我が国政府開発援助（ODA）の無償資金協力

**事業費：**

39.71億円

（JICAとダカール港湾公社の間で結んだ贈与契約（G/A）額）

### 3.プロジェクトの内容

計画貨物量：現状85万トン  
2022年120万トン

計画船型：ハンディマックス型  
ばら積み船  
Size: 35,000 DWT  
LOA: 190m, Full Draft: 11.0m  
Breadth: 29.5m

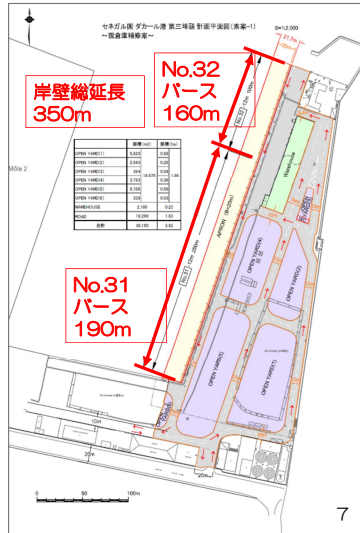
計画岸壁：Length: 350m  
Design Depth: 12.0m  
Apron Width: 20.0m

コンサルタント：三井共同建設コンサルタント・  
建設技術センター共同企業体

コントラクター：東亜建設工業

工期：2019年7月着工、2021年5月完工\*

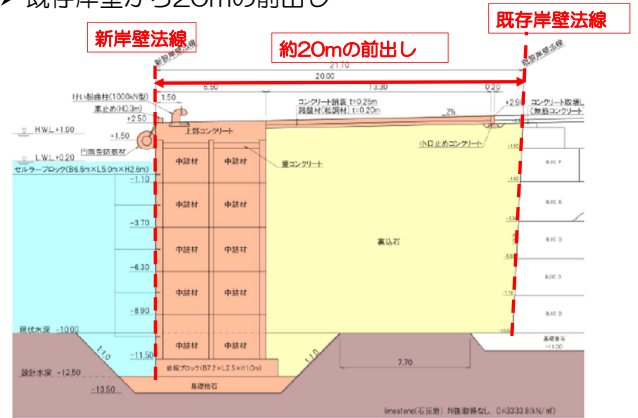
\*2020年4月からコロナ禍で中断中。再開時期未定



7

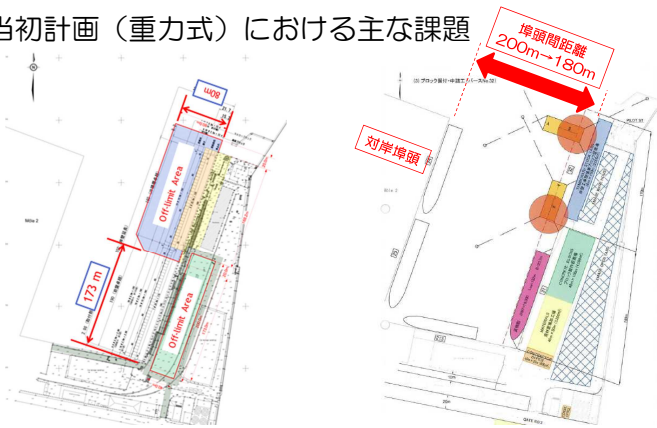
### 4.当初計画（重力式）における主な課題

- セルラーブロック5段積み
- 既存岸壁から20mの前出し



8

### 4.当初計画（重力式）における主な課題



- 2つの既存岸壁を供用しながらの施工のため安全確保に課題
- 岸壁法線の20mの前出しにより対岸埠頭間距離が短縮され供用開始後の利便性低下

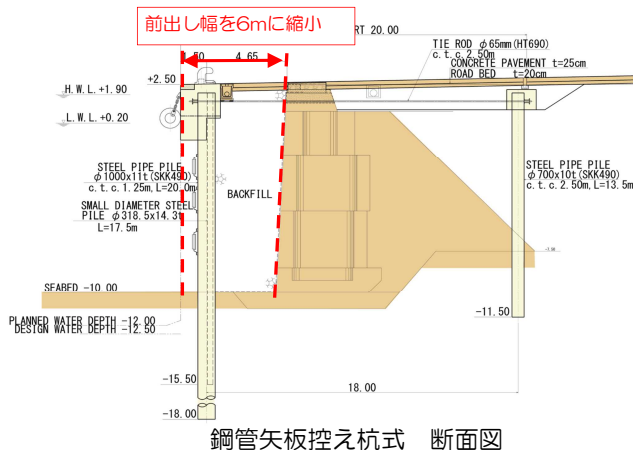
9

### 5.岸壁構造形式の変更

- 有識者の意見も踏まえ、以下の理由により詳細設計時に構造形式を鋼管矢板控え杭式へ変更
  - ①前出し幅を縮小して施工時、供用開始後の安全性を確保
  - ②現地資機材調達による施工リスク（ブロック作成、据付等）の極力回避
- 構造形式変更にあたっての課題
  - ・岩地盤での控え式矢板岸壁の施工実績がない（国内）
  - ・岩地盤に適用可能な矢板式岸壁の設計手法が存在しない

10

### 5.岸壁構造形式の変更



11

### 6.土質条件の評価

#### ●協力準備調査（F/S）時

- ・岸壁法線方向の約半分ずつ、「岩盤線が浅い所にある区間」と「岩盤線が深く、沖積層（マール層）が卓越する区間」が存在すると評価。



12

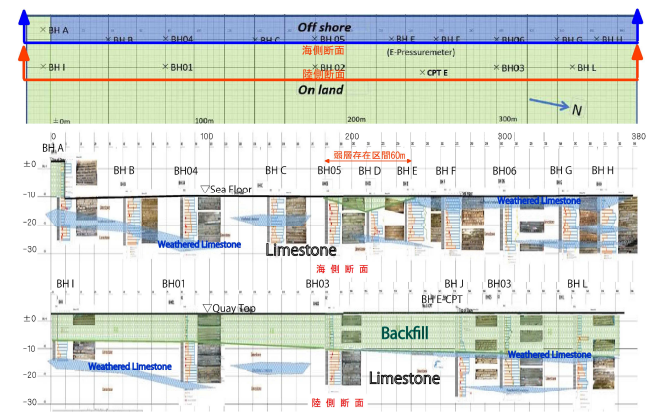
## 6.土質条件の評価

- 詳細設計調査時
  - 詳細設計時に行った追加ボーリング調査及び室内試験の結果、土質は緩い砂質の盛土と、風化部を含む軟質な石灰岩からなることが判明。  
(F/S時には、マール層がJIS分類で評価できない特殊な地盤であり軟弱層と想定したが、詳細設計の結果、粘土層は存在するものの、ほとんどが軟岩という評価となった)  
(現地の地盤に詳しい有識者(大学教授)へのヒアリングもを行い、当該建設地点でマール層の存在を確認)

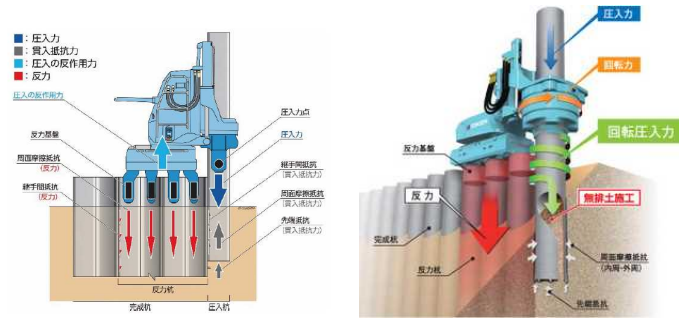
- 詳細設計調査時の土質調査と評価
  - 鋼管矢板設置位置の海側ボーリング調査結果から、根入れ部のほぼ全ての地盤は、風化部を含む軟質な石灰岩(平均 $qu=14.3\text{Mpa}$ 、最大 $qu=54.3\text{Mpa}$ )であった。
  - 一部に埋立土砂相当の土質材料が存在する緩い砂質の盛土(弱層存在区間)が60m( $\phi=30^\circ$ )存在した。

## 6.土質条件の評価

- 詳細設計調査時の土質調査と評価



## 7.前面矢板打設方法(回転圧入工法)の概要



- ▶ 既に地中に打設した杭をつかみ、その引抜き抵抗を反力として次の杭を油圧により地中に押し込む。
- ▶ 海上の作業台船などが不要、陸上施工のみが可能。
- ▶ 杭上の空間制限下でも施工が可能。
- ▶ 圧入機に回転機能を付加、鋼管杭の先端に切削ビットを取り付けることで岩盤などの高質地盤でも掘削可能。

◆出典：技研製作所HP 15

## 7.前面矢板打設方法(回転圧入工法)の概要



打設イメージ図

タカール港での実際の打設状況

## 7.前面矢板打設方法(回転圧入工法)の概要

- 回転圧入工法の控え式矢板岸壁への適用に向けたポイント(国交省による港湾プロジェクトでの採用をイメージ)

## 7.前面矢板打設方法(回転圧入工法)の概要

- ▶ 国内施工実績(国土交通省港湾局実績)

目的	工事名：発注者	年度	備考
岸壁改良	平成31年清水港日の出岸壁(-12m)改良工事：国土交通省中部地方整備局(※以下に施工状況写真を示す)	2020年3月竣工	玉石を含む捨石層への圧入施工
護岸	平成29年度長崎港(松ヶ枝地区)岸壁(-12m)改良外1件工事：国土交通省九州地方整備局	2018年3月竣工	硬質地盤への圧入施工(継手あり)
埋没対策	H22二池港(内浦北地区)航路(-10m)床土法面補強工事(第三次)：国土交通省九州地方整備局	2011年2月竣工	捨石層への圧入施工
岸壁災害復旧	仙台東部港仙台港区向洋地区岸壁(-14m)(災害復旧)工事：国土交通省東北地方整備局	2013年7月竣工	裏込割り層への圧入施工

その他、港湾局で6例、自治体等の防潮堤や岸壁施工実績が多数(株式会社技研製作所資料より)



### 1. 要素技術としての実績及び技術基準・指針等の整備状況

- 圧入工法設計・施工指針(国際圧入協会)[日本語版,英訳版]
- 河川護岸(主に自立矢板)としての施工実績は多数



### 2. 控え式矢板岸壁への適用に向けてのチェックポイント

- ① 類似構造での施工実績の有無、その際の課題の有無等の確認
- ② 既存設計法の適用可否の判断、不可の場合の設計法の構築
- ③ 係留施設としての要求性能を満足する構造詳細(吸出し防止等)
- ④ 施工方法の確実性、維持管理の確実性、経済性
- ⑤ 製品・工法指定にならないように注意(競争性、公平性の確保)

## 8.設計手法の概要

鋼管矢板形式への構造変更にあたり、以下の事由により有識者による技術検討委員会を設置した。

- 日本国内で岩地盤における鋼管矢板形式の岸壁の採用事例がない。設計基準もない。
- 国土交通省の直轄事業においては、港湾基準に拠らない設計法や新たな岸壁構造を採用する場合は、技術検討委員会を設置し、外部有識者のアドバイスを踏まえ、オーソライズを得ている。

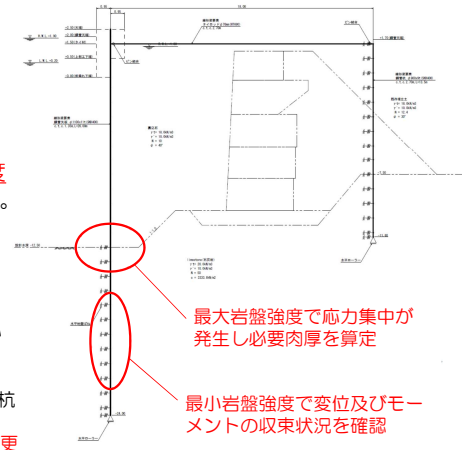
⇒以上を踏まえ、以下有識者による本件の技術検討委員会を設置  
 ○【委員長】東京理科大学 理工学部 菊池 喜昭 教授  
 ○国土交通省 国土技術政策総合研究所 宮田 正史 様  
 ○国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 森川 嘉之 様

現地視察も含め、上記委員から助言を受け、本件への岩地盤への鋼管矢板構造の導入及び回転圧入工法の採用を検討。

## 8.設計手法の概要

- 岩地盤に鋼管矢板形式を採用する場合、岩の評価が重要。
- 海底面の岩拘束部で鋼管矢板に応力集中が生じる可能性があるため、FEMで感度分析を実施することが必要。

- 港湾基準に基づく概略計算（ロウの方法）  
 →Φ1000×t11, C.D.L-24m
- 矢板フレームモデルによる根入れ計算、3/βとの比較（最小岩盤強度を参照）  
 →C.D.L-18mに短縮
- 矢板フレームモデルによる杭応力照査（最大岩盤強度を採用）  
 →SKK400からSKK490に変更



## 8.設計手法の概要

### 岩盤強度の設定概要

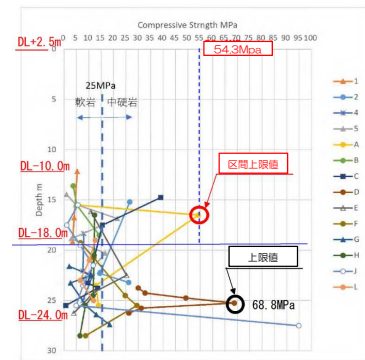
- 設計対象位置において海底面が、基本的に全域岩盤となる
- 岩盤強度は一軸圧縮強度で、0.7~94.9Mpaとばらつく
- 港湾基準による設計に用いる岩盤強度は一軸圧縮強度平均値で14.6Mpa (C=7,300kN/m<sup>2</sup>)とした
- 設計では上記のばらつき最大最小値は除外して設定した
- さらにフレーム計算では、鋼管矢板打設深度（-18m程度）を考慮し、岩盤強度の上限~下限値を設定した
- フレーム計算における横抵抗バネ値は「変形係数E=500qu」によって設定した

岩盤の一軸圧縮強度の集計

項目	平均値(Mpa)	最大(Mpa)	最小(Mpa)
全平均	14.6	68.8	1.0(根入れ)
参考：海側平均	15.9	68.8	1.0
参考：海側平均(陸)	12.8	54.3(応力集中)	1.0
参考：海側平均(沖)	18.5	68.8	2.1

## 8.設計手法の概要

### 岩盤の一軸圧縮強度の設定概要

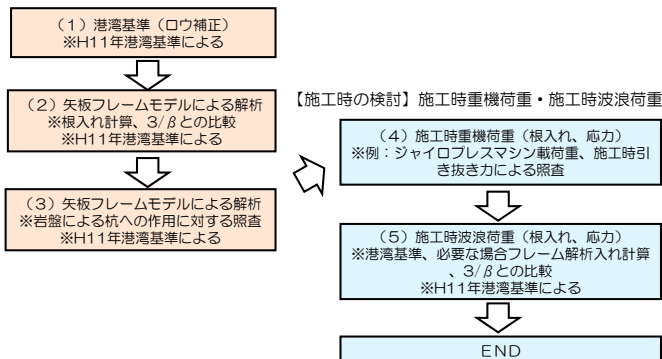


岩盤の一軸圧縮強度の分布

## 8.設計手法の概要

### 検討フロー

【完成時の検討】永続状態・けん引時変動状態（地震時変動状態）



## 8.設計手法の概要

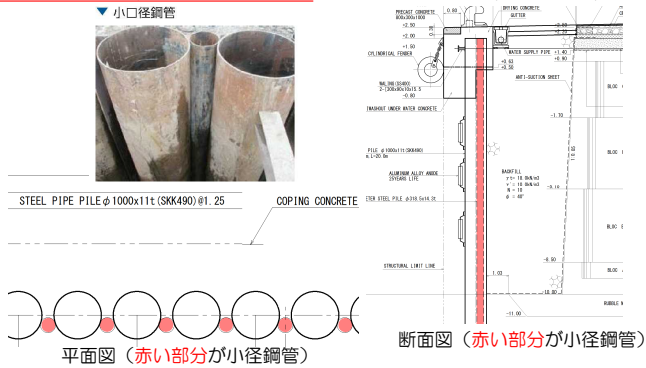
### 設計条件一覧

項目	内容	備考
(a) 潮位	H.WL+1.9m, L.WL+0.2m	既存岸壁の標準断面図等の設計資料より
(b) 照査用濃度	kh=0.05 ※ただし、設計断面設定に影響なし。	既存断面の再現計算から逆算、設定した
(c) 地盤条件	以下の2ケースを検討 ・石灰岩が露出している「岩盤」タイプ ・海側に埋立土の堆積が確認される「弱層」タイプ	（弱層：埋立土） 砂質土：φ=30.0° （岩盤） 石灰岩：C=7,300kN/m <sup>2</sup>
(d) 埋立土条件	岸壁前だし範囲投入用石材φ=40°、既存埋立位置の石材φ=30°	岸壁前だし位置では、暗詰め材として既存岸壁からの高さを伝達することを想定
(e) 岸壁前面水深	計画水深-12.0m、設計水深-12.5m	対象船舶35,000DWTクラスを想定したもの ※ただし、嵐水調整でそれ以上の船舶サイズも入港することにも配慮し、けん引力等設定
(f) 天端高	+2.5m	現時点で利用に支障がないため現況相当とした
(g) 上載荷重	30kN/m <sup>2</sup>	港湾基準上は10~30kN/m <sup>2</sup> となっており、エプロン上に荷重物を載荷することを想定し、安全側の値の採用
(h) 利用船舶	35,000DWTクラスを対象とするが、実績を踏まえ喫水調整し入港する「60,000DWT」にも配慮	岸壁水深のけん引力等の設定の根拠となる対象船舶が異なるが、利用実績を反映した
(i) 岸壁水深	計画水深-12.0m、設計水深-12.5m	対象船舶35,000DWTクラスを想定したもの
(j) けん引力	・曲げ1,000kN/基 （35,000DWT~60,000DWTまで考慮） ・設計値「1,000kN/基@10m~100kN/m」	設計値の設定は、上部スパン10mで分担するものと仮定した
(k) エプロン勾配	2.0%（※ただし、擦り付け易さから1.0%の採用も許容する）	標準勾配1~2%の内、排水性を良好にたもつため
(l) エプロン舗装	コンクリート舗装	エプロン舗装は耐久性を考慮して、コンクリート舗装とする。

## 8.設計手法の概要

### ➤ その他留意点

- 鋼管矢板（鋼管杭）から背後土砂が流出しないための対策として、**小径鋼管を同様に回転圧入工法**で打設し継手相当機能を確保した。

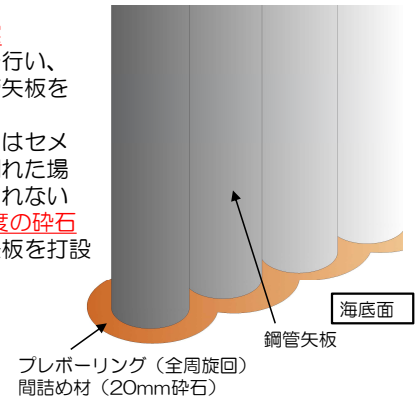


25

## 8.設計手法の概要

### ➤ その他留意点

- 回転圧入の代替案**
- プレボーリングを行い、置換材の内に鋼管矢板を打ち込む案
- 置換材（間詰材）はセメントミルクでは割れた場合に荷重が伝達されないため、**20mm程度の碎石**を使用し、鋼管矢板を打設



26

## 9.セネガルに適用するにあたって留意した点

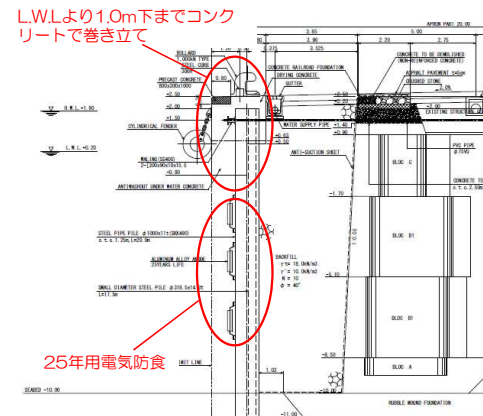
### ●鋼矢板控え杭式岸壁に対するセネガル側の理解取付

- 西アフリカは岩地盤が多く、重力式岸壁が一般的
- 鋼矢板控え杭式の経験がない。
- 鋼矢板部材の腐食、維持管理に係る知識・ノウハウが少ない。

⇒セネガル側からは、維持管理の負担を減らしてほしいとの要望  
 ⇒維持管理の費用・手間を抑えるために**25年用の電気防食**を採用  
 ⇒維持管理マニュアル等を整備予定

## 9.セネガルに適用するにあたって留意した点

- 船舶衝突時の修理に係る懸念  
 ⇒上部工を張り出すことにより、鋼管部分に極力衝突しない構造とした。  
 ⇒万が一衝突した場合の補修方法について、**鋼板やコンクリートで補修する方法を説明、マニュアル等を整備することで了解取付。**  
 ⇒**上部工の下端部分 (L.W.Lより1.0m程度下) まで鋼管の中をコンクリートで充填。**



27

28

## 10.現在の工事進捗状況



- 2019年4月着工
- 2019年8月 No.31バース（港奥部、延長190m）回転圧入工開始
- 2019年11月 No.31バース 回転圧入完了  
 （当初予定の7ヵ月より2ヶ月早く完了）
- 2020年3月 No.31バース 埋戻し工、上部工、電気防食設置など完了  
 （累積出来高43%）
- 2020年4月 No.32バースへの段取り変え中にコロナ禍となり、**4月中旬から工事中断、関係者も出国済。**

29

## 11.施工中の苦勞：目詰まりへの配慮

回転圧入工法にて岩盤への**杭圧入速度を安定**させるには「**切削片の連続排除＝目詰まり防止**」が重要な要素となる。  
 →目詰まりと先端ビットのクリープ防止のため、杭内部に圧縮空気+水の吐出口を管径毎に設定

	当初の目詰まり防止策	施工状況	改善策
大口径鋼管 φ1000	ウォータージェット×4本 圧縮空気×2本 を杭内周に固定し、鋼管外方向に吐出	○：切削片は安定して排土	(問題なし)
小口径鋼管 φ318.5	ウォータージェット×1本 圧縮空気×1本 管径が小さいため、杭内に固定せず、2本をまとめて1箇所へ吐出	△：圧入時に噴出位置が定まらず、想定圧入速度が出ず →現地改良対応	吐出口を杭中心部に固定したことで、切削片や土砂の排出が安定し、圧入打設が可能となる

この現場対応にて、当初の杭打設工程を遵守できている  
 →現場の土質や管径に応じ、吐出量や方法の調整により対応

30

	当初の目詰まり防止策	改善策（小口径のみ）
大口径 鋼管 φ1000	 <p>大口径、小口径、鋼管、杭先端部</p>  <p>水、圧縮空気吐出口 (鋼管の外側)</p>	 <p>ウォータージェット、エア配管（固定）</p>
小口径 鋼管 φ318.5	 <p>大口径鋼管 杭先端部</p>  <p>小口径鋼管杭 杭先端部</p>	 <p>ウォータージェット配管先端を突出</p>  <p>(杭の閉塞防止のための改良策) 中心維持する為の翼の取り付け（加工）</p>  <p>ウォータージェット配管先端を突出</p>
	 <p>杭頭部の偏りによる排出不良</p>  <p>土砂が閉塞して圧入推進不能 ⇒ 引上げ</p>	

## 1 2.今後の展望

- **ダカール港第三埠頭はODA案件で初の回転圧入工法**  
⇒ 工期短縮、環境配慮型の本工法が成功することで、**相手国政府に本件技術の優位性が認知され、今後も本邦技術として積極的に活用されることを期待。**
- TICAD7を踏まえて**アフリカ地域では今後も継続的に港湾案件を実施**
  - (無償) プルンジ国ブジュンブラ港（実施中）
  - タンザニア国キゴマ港（実施前）
  - (有償) コートジボワール国アビジャン港（実施中）
  - ケニア国モンバサ港フェーズ2（実施中）
  - マダガスカル国トアマシナ港（実施中）
  - モロッコ国ケニトラ大西洋新港（調査中）

## 1 2.今後の展望

- 本邦企業タイド、かつ相手国政府にとって返済義務がなく資金回収リスクのない無償資金協力事業において、本邦企業に**優位性のある技術を試金石**として採用して**実績を蓄積**

⇒ **無償事業を呼び水**としてアフリカ地域、ひいては全世界への**本邦企業展開の後押し**、有償資金協力事業（円借款）への展開を見据えた**質高インフラ輸出**への貢献

ご清聴ありがとうございました。



施工中の写真（第三埠頭全景、2020年3月）

Merci beaucoup pour votre attention.

ご質問、お問い合わせ先 : [koyanagi.yoshimoto@jica.go.jp](mailto:koyanagi.yoshimoto@jica.go.jp)