

# セネガル国ダカール第三埠頭改修計画 (回転圧入工法による岩地盤への鋼管矢板岸壁の建造)



2024年2月13日

国際協力機構 (JICA)

社会基盤部運輸交通グループ

小柳 桂泉

Japan International Cooperation Agency

## 本日の発表内容

1. はじめに
  - 1-1 ダカール港の概要
  - 1-2 プロジェクトの概要
  - 1-3 回転圧入工法の概要
2. 改良断面の構造決定に係る課題と対応
  - 2-1 改良断面の決定経緯と検討体制
  - 2-2 構造設計の基本手順
  - 2-3 構造計画上の留意点
3. 施工中の工夫
4. おわりに

## プロフィール

- ・ 1997年 民間建設会社入社
- ・ 2001年 JICA入団(沖縄国際センター)
- ・ 2003年 無償資金協力部  
(道路・橋梁、港湾、電力)
- ・ 2007年 パキスタン事務所(電力)
- ・ 2010年 東京国際センター  
(都市計画、都市交通、建築)
- ・ 2013年 社会基盤部運輸交通G(港湾、鉄道)
- ・ 2017年 資金協力業務部  
(道路・橋梁、港湾、鉄道等)
- ・ 2021年 社会基盤部運輸交通G  
(道路・橋梁、港湾・空港、鉄道、海上保安等)

## 若手へのメッセージ

- ・ 様々なことに興味を(技術、政治、文化、芸術、コミュニケーションなど)
- ・ 自分の得意分野、強みを持つ
- ・ まずは試してみる

## アフリカとのかかわり

- ・ 1993年 初の海外旅行、エジプト・スエズ運河を渡る
- ・ 2001年 JICA初出張、カーボベルデ漁港
- ・ 2013年 ブルンジでロストバゲージにあう
- ・ 2015年 セネガル・ダカール港に渡航
- ・ 他、ケニア、タンザニア、モザンビーク、南スーダン、アンゴラ、コートジボワール、ガーナ、リベリア等に渡航



2014年8月 ケニア・モンバサ港を視察(中央が私)

# 1-1. 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 2014）
- 第八埠頭（鉱物 Necotran 2014）
- 第九埠頭（精油 Sea Invest 2015）
- 第十埠頭（漁港）

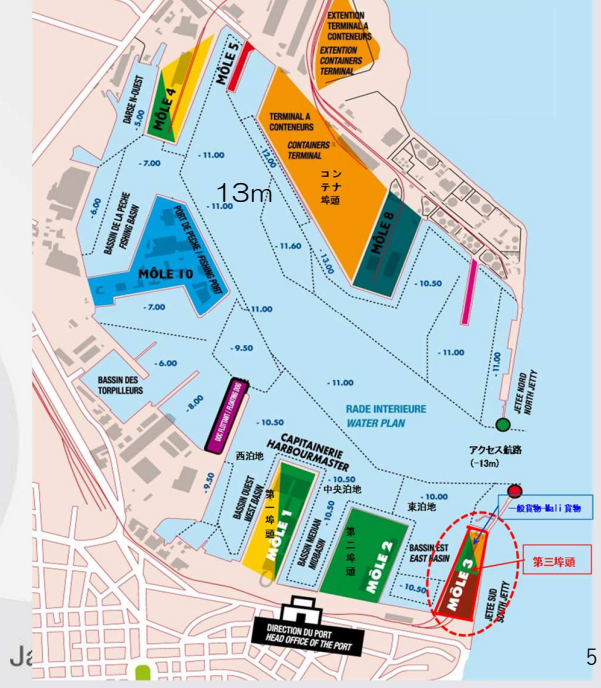
航路： 水深-13m（2014年浚渫）

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（2015年時点。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



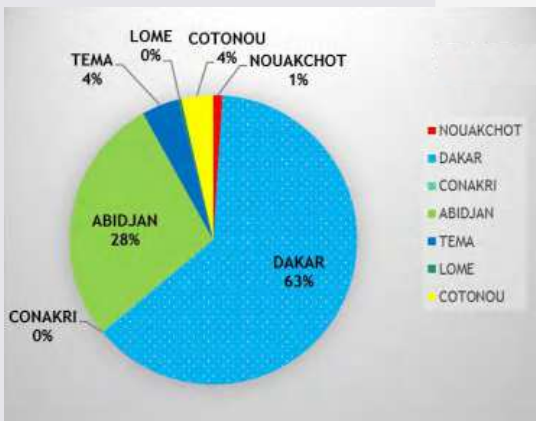
# 1-2 プロジェクトの概要

## 【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**
- 第三埠頭にはマリ倉庫管理会社セネガル事務所（EMASE）も存在。**



第三埠頭全景



マリ向けトランジット貨物の経由港  
 （出展：マリ倉庫管理会社（EMA））



セネガールマリ間の物流回廊  
 （日本は過去南回廊にて複数の橋を整備）

# 1-2 プロジェクトの概要

## 【開始前の状況】

### 【整備の経緯】

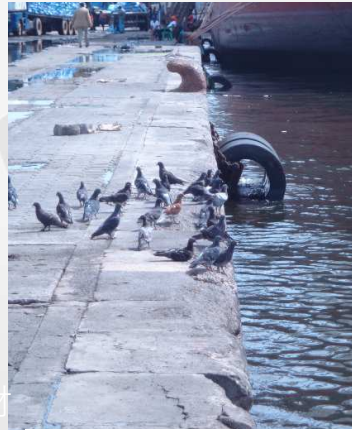
- ・ 連続2バース（総延長350m）
- ・ 1939年と1969年にそれぞれ建設  
⇒ 老朽化が著しく、陥没や沈下が発生。  
安全な荷役作業が阻害され、  
荷役機械の障害にもなっている。



エプロン部の水溜り



コンクリートブロック損傷状況（水中部）



欠損したコンクリートブロック



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）

# 1-2 プロジェクトの概要

計画貨物量：現状85万トン  
2022年120万トン

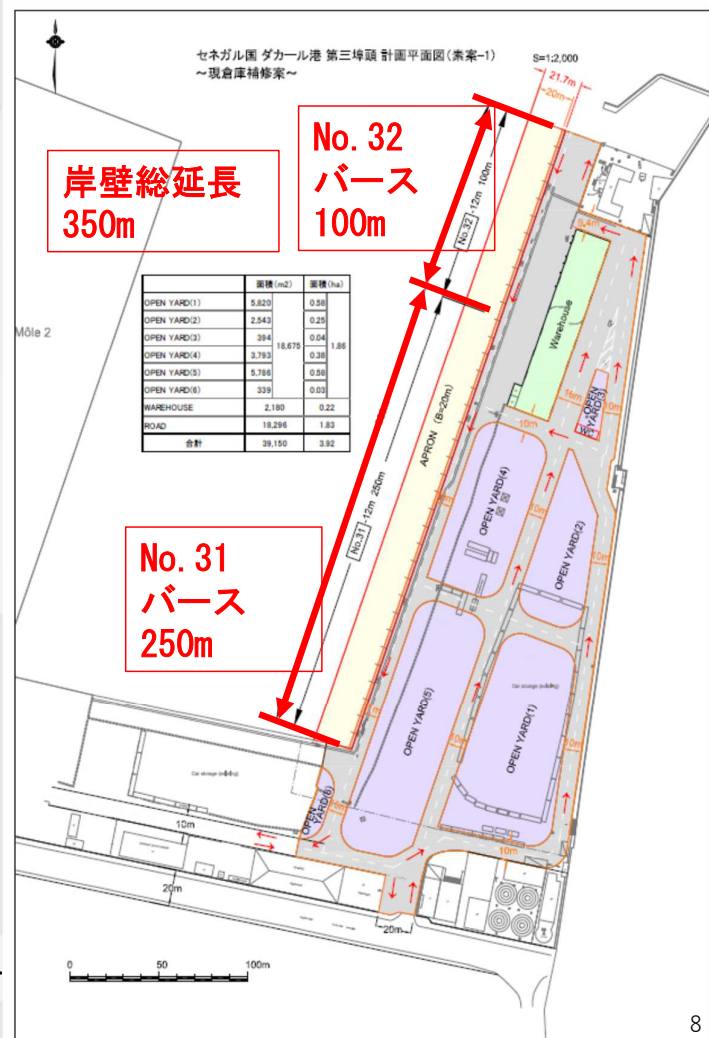
計画船型：ハンディマックス型  
ばら積み船  
Size: **35,000 DWT**  
LOA: **190m**, Full Draft: **11.0m**  
Breadth: **29.5m**

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

工期：2019年7月着工、2022年9月完工\*

\*2020年4月からコロナ禍で約9ヶ月中断。2021年1月に工事を再開した。



**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：**

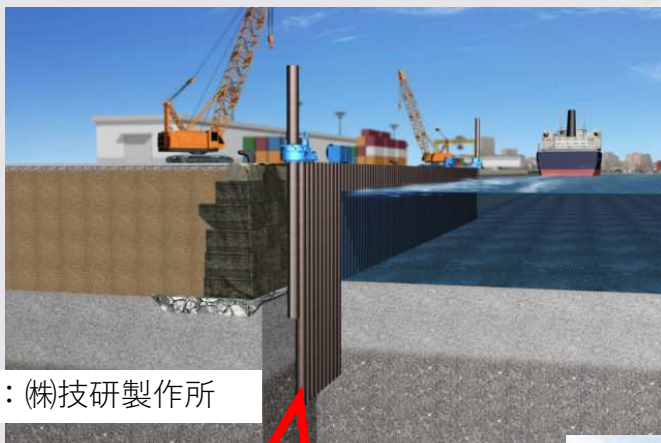
我が国政府開発援助（ODA）の無償資金協力

**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）

## 1-3 回転圧入工法の概要



図面提供：(株)技研製作所



大口径と小口径の鋼管



杭先端部ビット



回転圧入機

ダカール港での実際の打設状況

## 1-3 回転圧入工法の概要

- 既に地中に打設した杭をつかみ、その引抜き抵抗力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

## 1-3 回転圧入工法の概要

- 施工中の様子（動画）

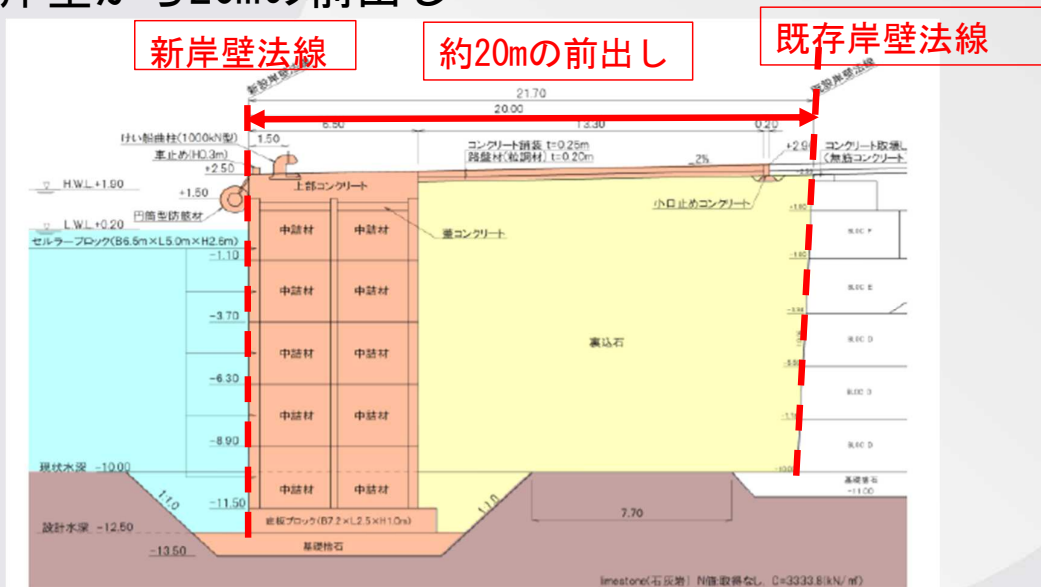


◆映像提供：技研施工

## 2. 改良断面の構造決定に係る課題と対応

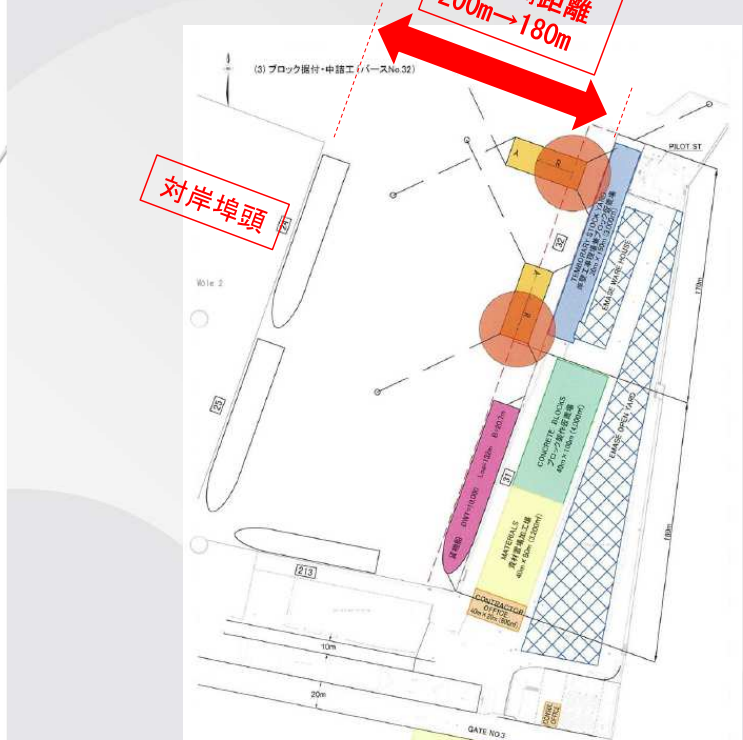
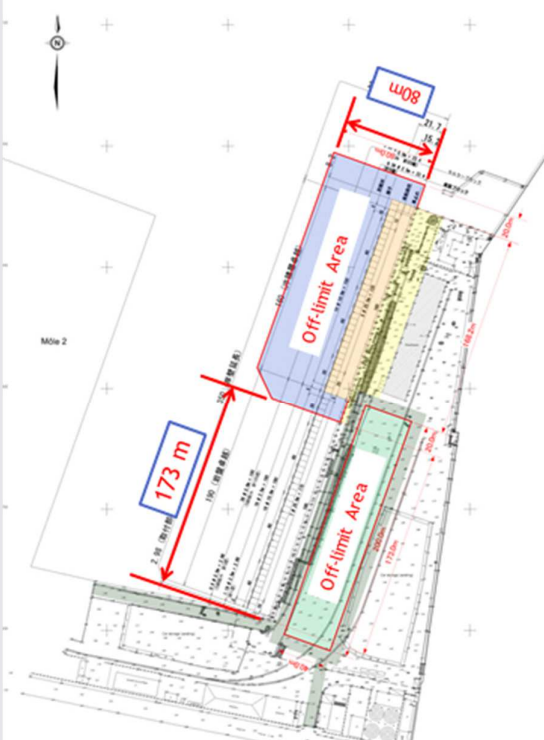
### 2-1 改良断面の決定経緯と検討体制 【当初計画時の断面】

- セルラーブロック5段積み  
(現地盤を岩地盤と評価、重力式を採用)
- 既存岸壁から20mの前出し



当初断面（重力式（セルラーブロック5段積み））

## 【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



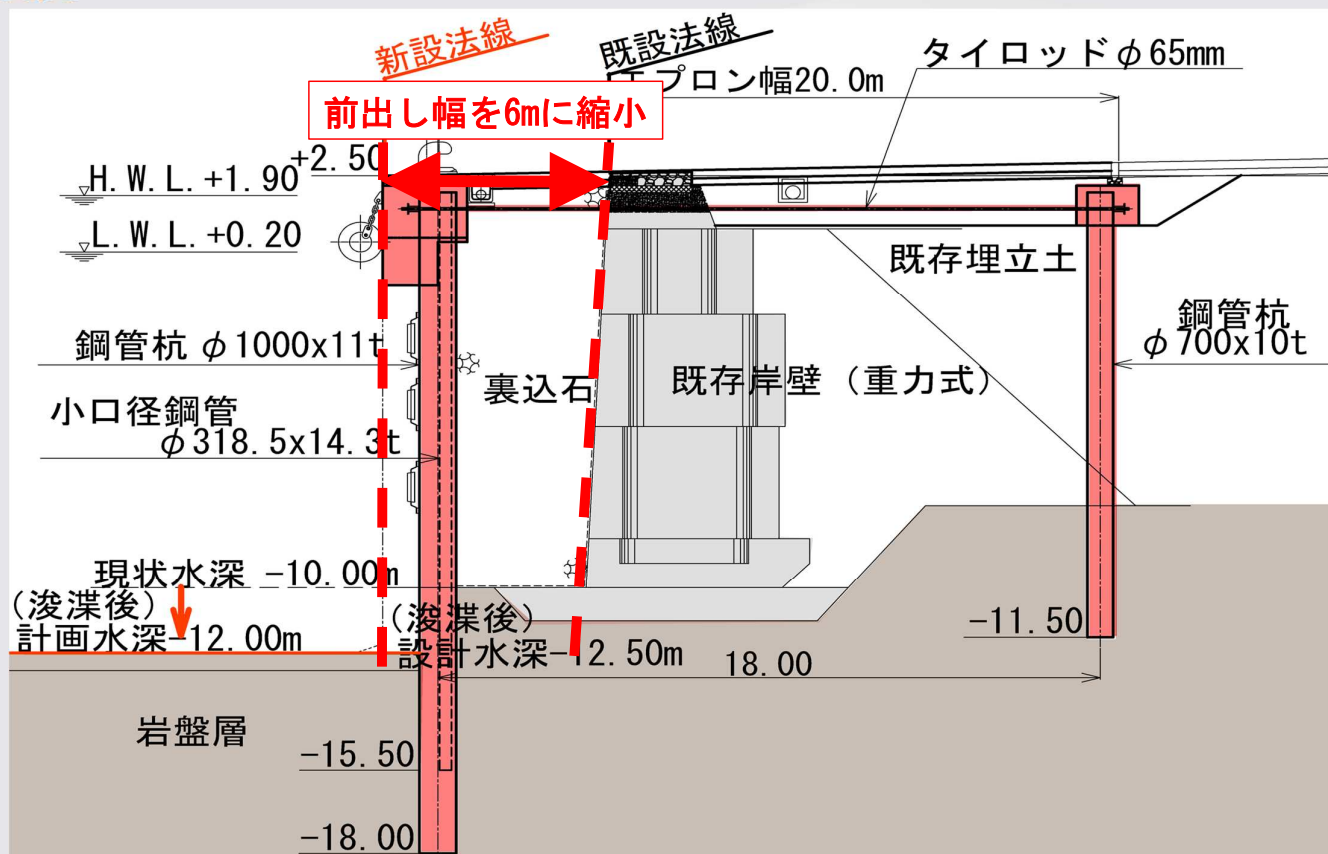
## 【岸壁構造形式の変更】

- 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の変更を検討
  - 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
- ⇒ 上記の課題に対応するため、有識者（大学、国、独立行政法人）による技術検討委員会を設置して技術的検討と判断を迅速に行う体制を構築。
- ⇒ 現地視察も含め、上記委員会から助言を受け、本事業への岩地盤への控え式鋼管岸壁の導入及び回転圧入工法の採用を判断。



- 詳細設計時に構造形式を控え式鋼管矢板岸壁へ変更
    - ・前出し幅を縮小して施工時、供用開始後の安全性を確保
  - 課題
    - ・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。
- ⇒ 有識者（大学、国、独立行政法人）による技術検討委員会を設置

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控え式鋼管岸壁の導入及び回転圧入工法の採用を検討。



改良断面（控え式鋼管矢板岸壁）

## 2-2 構造設計の基本手順

- 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。

(1) 港湾基準に基づく概略計算  
(ロウの方法)

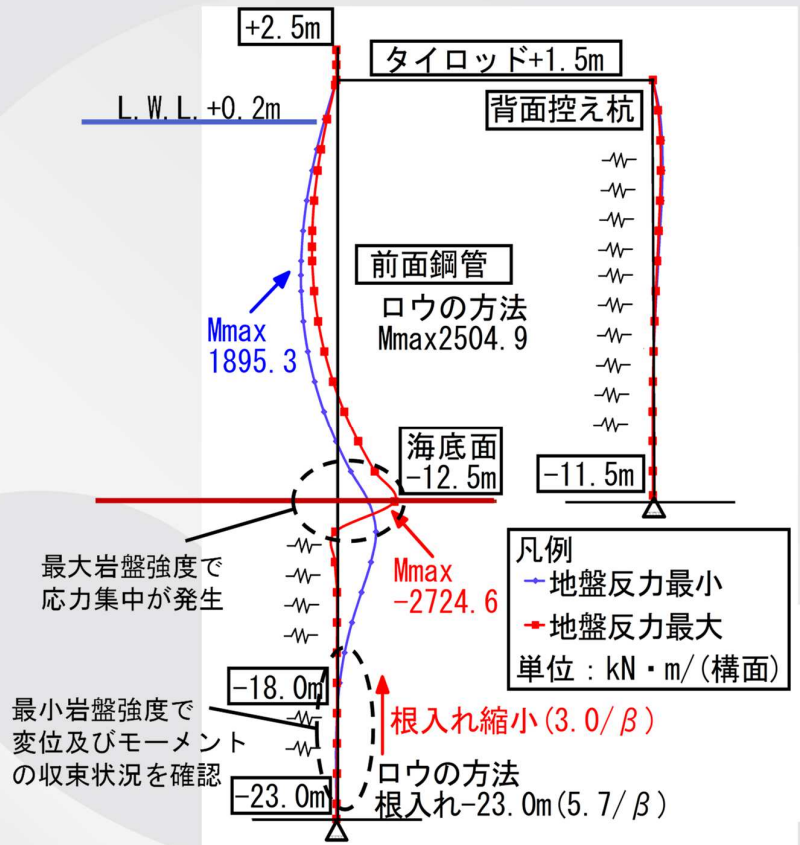
→  $\Phi 1000 \times t11$ , C. D. L-23m

(2) 矢板フレームモデルによる根入れ計算、 $3/\beta$  との比較 (最小岩盤強度を採用)

→ C. D. L-18mに短縮

(3) 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

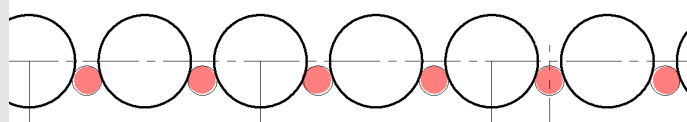


フレーム計算モデル

## 2-3 構造計画上の留意点

### 【施工にあたっての課題と対応】

- 鋼管矢板 (鋼管杭) から**背後土砂が流出しないための対策が必要**
- 鋼管部材を回転させて打設するため、**継手を有する部材は打設不可**  
⇒ **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



平面図 (赤い部分が小径鋼管)



### 【相手国への導入にあたっての課題と対応】

#### ●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

他にも、

- ⇒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する、
- ⇒鋼管が損傷した場合の補修マニュアル整備する、  
などの対応も実施。

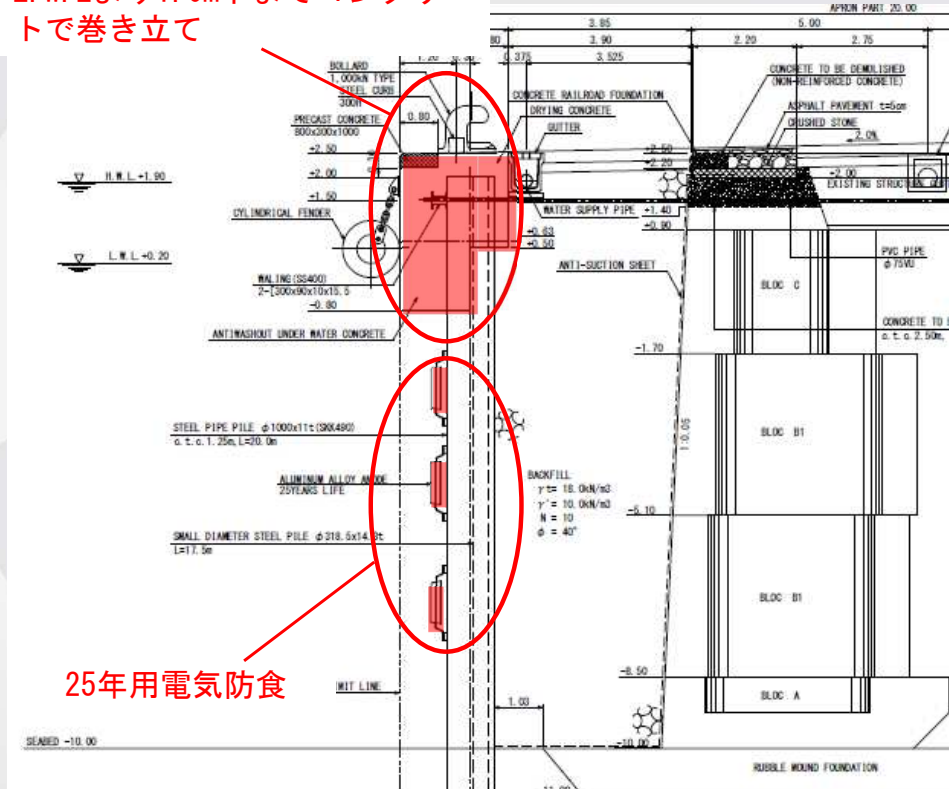
- ・船舶衝突時の修理に係る懸念

⇒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。

L.W.Lより1.0m下までコンクリートで巻き立て



25年用電気防食

### 3. 施工中の工夫 (管の目詰まり対策)

### 3. 施工中の工夫：管の目詰まり対策

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箇所での吐出	△：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

→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した

当初の目詰まり防止策

改善策（小口径のみ）

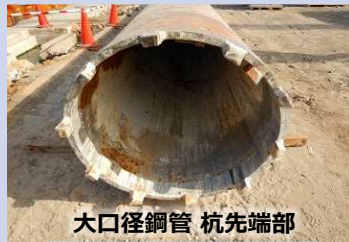
大口径  
鋼管  
φ1000



大口径、小口径 鋼管 杭先端部



水、圧縮空気吐出口  
(鋼管の外側)



大口径鋼管 杭先端部



大口径鋼管  
杭尻部配管



ウォータージェット、エア配管（固定）

小口径  
鋼管  
φ318.5



小口径  
鋼管杭  
杭先端部



(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）



杭頭部  
の偏り  
による  
排出不良

土砂が閉塞して圧入推進不能 → 引上げ



ウォータージェット  
配管先端を突出



4. おわりに



- 2019年7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 回転圧入工完了  
(当初予定の5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、**工事中断**
- 2021年1月 **工事再開**
- 2021年3月 No. 32バースの前面矢板の鋼管杭打設も完了
- 2022年9月 港内舗装道路、倉庫補修など含め完工 (**全体工程で5ヵ月短縮**)

## ・本事業が令和4年度の土木学会技術賞を受賞しました。

### ● セネガル国ダカール港第三埠頭改修計画

国土交通省港湾局，国際協力機構，三井共同建設コンサルタント，建設技術センター，東亜建設工業

◎ 貢献された技術者のお名前 [PDF]

▶ 説明動画 (YouTube)



### ＜本事業の評価＞

- 省スペース，低騒音，環境配慮型の回転圧入方式はセネガル側からも高く評価。
- 本事業が成功裡に終わったことにより、岩地盤での回転圧入工法が有力な選択肢であったこと、本邦技術の質の高さを証明。日本政府の質の高いインフラ輸出戦略にも貢献。
- 本事業で培った設計、施工、維持管理の知見と情報は他事業での導入の参考に。
- 第三埠頭の荷役能力向上により、マリへの物流強化に貢献。

### ＜新技術を適用した今後の事業実施にあたり＞

- 現地の気候，同技術に関する相手国側のこれまでの経験有無などを考慮したうえで、構造細目や維持管理手法の調整（カスタムメイド）が必要。
- 完成後は相手国側に引き渡されるため、相手国の体制・予算・技術力に持続的な運用・維持管理を考慮した配慮が重要。

ご清聴ありがとうございました。

