

技術紹介 10 質の高い港湾インフラの海外展開に向けた新技術導入

中村 充裕
NAKAMURA Mitsuhiko
港湾・空港事業部
港湾・空港第一部



本邦で開発された新技術である回転圧入工法による控え杭式鋼管矢板岸壁構造がダカール港の無償事業で採用された。本構造は、港湾護岸でも実績が増加しており、十分に信頼性の高い技術であると判断して ODA 無償事業で活用した。本構造の導入にあたっては、専門家による技術検討委員会を立ち上げ、技術的課題を検討した。検討の結果、回転圧入工法を含む「設計法の明確でない岩盤上の矢板式工法の採用」に至った。我が国の高い技術力を相手国に体感してもらうことにより、「質の高いインフラの海外展開」の具現化につながったと考えられる。本稿では、国内実績のない本邦新技術を ODA 無償事業で活用するための手法を論じた。

キーワード：矢板式係船岸、岸壁補修設計、設計基準、材料特性のばらつき

1.はじめに

セネガル国ダカール港の第三埠頭（写真-1）で、岩盤上に建設された既設の重力式岸壁を対象に、老朽化対策を兼ねた増深改良が行われた。本改良は、鋼管を岩盤（泥岩）に直接打設する本邦技術を活用して控え式鋼管矢板岸壁を築造するものであり、護岸の適用実績から岸壁構造も構築可能と判断した。本岸壁の控え式鋼管矢板岸壁による改良断面図を図-1 に示す。老朽化した延長約 350 m の重力式岸壁に対して、岸壁前面の岩盤に鋼管を打設し、控え工も鋼管とした控え式鋼管矢板岸壁である。現水深は-10 m で、鋼管前面を浚渫すると水深-12 m となる。施工方法での特徴は、鋼管を岩盤に直接打設可能な回転圧入工法を採用し、控え矢板式岸壁に適用したことである。本工法の詳細は、文献 1)などを参照されたい。

2.存在した課題

2-1. 概略設計における採用構造形式の課題

本岸壁の概略設計の段階では、既存施設と同様の重力式であるセルラーブロック（5段積み）による改良を計画した。しかし、新岸壁の岸壁法線が 20 m 前出しとなることから、対岸埠頭との距離が短縮され供用開始後の船舶操船への影響及び利便性の低下が懸念された。さらに、既存岸壁が 2 つのバースに分割されており、片側バースを供用しながら段階的に施工するという施工条件により、200tクラスの起重機船などの海上建機による施工の安全性に不安要素があった。また、土質調査の結果から、地盤は岩が卓越しているものの、強風化部分が存在することもあり、重力式構造の採用には不安要素があった。

2-2. 地盤条件及び設計方法における課題

本改良工区の地盤条件としては、マール（Marl）と呼ばれる石灰岩（分類は軟岩）が主体であり、部分的に強風化した石灰岩がレンズ状に堆積していた。岩盤部につ



写真-1 改修前の第三埠頭全景（ダカール港）

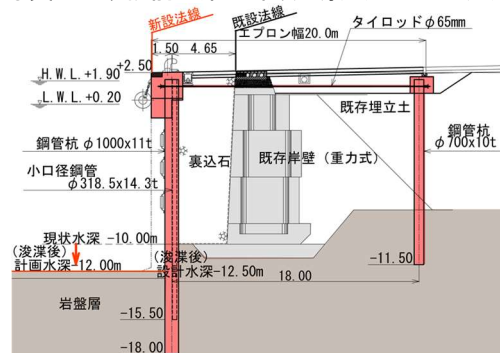


図-1 改良断面（控え式鋼管矢板岸壁）

いては、全 17 箇所のボーリング調査が実施され、標高-10 m の海底面付近から-25 m 程度までの試料に対して一軸圧縮試験（全 70 地点）が実施された。図-2 に得られた一軸圧縮強度の頻度分布を示す。全データによる岩盤強度の平均値は 15.6 MPa であり、強度は全体的に大きいものの、その範囲は 0.7~94.9 MPa と大きくばらついていることが特徴であった。

図-3 に本断面の構造設計の手順を示す。設計手順の骨子は以下のとおりである。まず始めに、日本の港湾基準における標準的な矢板設計法²⁾を準用して仮断面を設定する（ステップ②）。しかしながら、この設計法は主に砂質土を対象として構築されたものであり、軟岩といえども岩盤に控え式矢板壁を構築するための標準的な設計

法ではない。このため、当該箇所の設計ではいくつかの仮定が必要となり、仮定の方法によって鋼管矢板の必要根入れ長が大きく変わる計算結果となった。さらに、岩盤の強度が場所によって大きく変わるため、強度のばらつきを考慮した設計が必要であると判断された。

3. 解決する技術

3-1. 構造形式の変更と技術的課題解決体制の構築

採用する改良断面の課題を解決するため、極めて稀なケースではあるが、詳細設計時に構造形式の変更をすることとなった。構造形式の変更にあたっては、岸壁では国内実績がないものの、護岸構造では実績がある本邦新技術である、回転圧入工法を用いた控え杭式鋼管矢板岸壁構造を採用することとなった。ただし、新技術を適用し、設計・施工事例のない新たな構造断面を採用することは国内事業でも容易ではない。このため、本構造の採用にあたっては、国土交通省直轄事業での新技術の採用手順を参考にして専門家による技術検討委員会を立ち上げ、技術的課題を速やかに検討できる体制を構築した。

3-2. 地盤強度のばらつきを考慮した設計方法の構築

地盤及び設計方法における課題を解決するために、次のステップ③として、構造設計では梁とバネによるモデル化したフレーム計算(図-4)を導入し、岩盤剛性の違いによる鋼管矢板に発生する応力度の深度分布特性の変化に応じた断面性能を決定するとともに、根入れ長の違いによる矢板壁の挙動の変化に注意して、矢板の根入れ長を決定した。ここで、岩盤部分は、鉛直方向1.0m間隔の地盤バネとして評価した。そのバネ値は、鋼管矢板の根入れ深度までの範囲における岩盤一軸圧縮強度の平均値(14.6 MPa)、最小値(1.0 MPa)および最大値(54.3 MPa)を設定し、岩盤の一軸圧縮強度と変形係数Eとの平均的な関係³⁾から求めた変形係数(最小:500,000、平均:13,825,000、最大:27,150,000 kN/m²)とした。常時および地震時(設計震度0.05)を対象としたフレーム計算の結果、今回のケースでは、常時土圧を受けた状態において、岩盤剛性が最大のケースで海底面付近の応力集中(曲げモーメントの最大値)が発生し、それにより鋼管矢板の必要肉厚が決まった。また、岸壁天端変位と根入れ部で曲げモーメントが収束する矢板の根入れ長さは、港湾基準で目安とされている根入れ長である3/β(β:杭の特性値)を確保すれば十分であることが確認できた。以上の結果から、設計断面は、根入れ深度についてはステップ②で決まった-23 mから-18 mへと5 m浅くなった一方で、鋼管矢板の肉厚はステップ②で決まった11 mmから13 mmへと2 mm増加した。

最後のステップ④として施工中の鋼管矢板の構造安定性の照査として、「圧入機のトルク・自重」及び「施工

時波浪」に対する自立状態での安定性を照査し、構造に影響がないことを確認した。

4. まとめ

本業務では、本邦技術や基準の輸出により、「質の高いインフラの海外展開」の具現化につながり、国益にも資する一事例となった。同時に、基準や施工例のない構造設計例を構築することが可能となり、今後のODA無償事業を含む海外案件の実務遂行に参照頂きたい。

参考文献

- 1) 国際圧入学会(International Press-in Association): 圧入工法設計・施工指針-2020年版, 233p., 2020.
- 2) 国土交通省港湾局監修: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, (一財)日本港湾協会, pp.1082-1119, 2018.
- 3) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説IV下部構造編, pp.187-188, 2017.

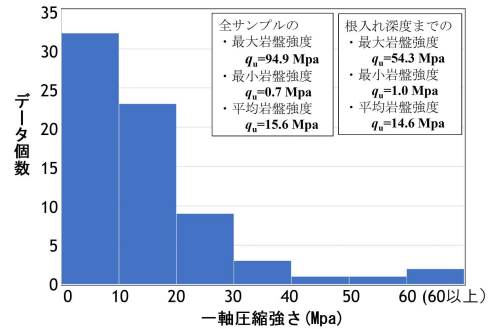


図-2 岩盤の一軸圧縮強度の頻度分布

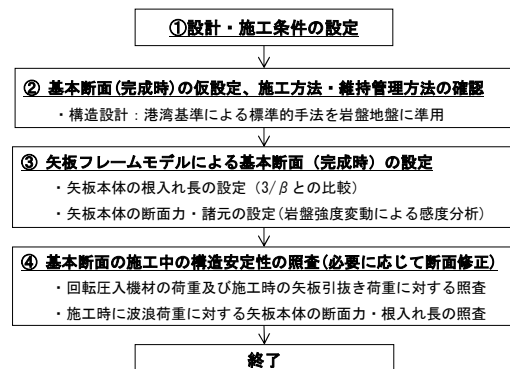


図-3 構造設計の手順

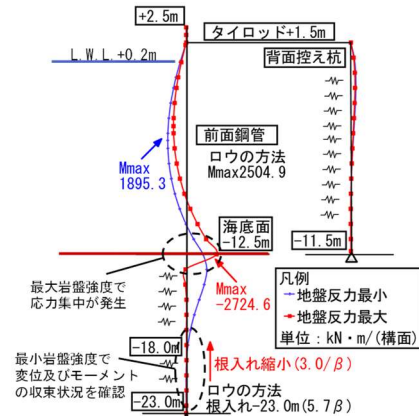


図-4 改良断面(控え式鋼管矢板岸壁)