

港川高架橋下部工におけるスリムケーソン工法事例の紹介

那覇 出¹・宮城 智章²

¹南部国道事務所 工務課（〒900-0001 沖縄県那覇市港町2丁目8番14号）

²南部国道事務所 工務課（〒900-0001 沖縄県那覇市港町2丁目8番14号）

沖縄西海岸道路の浦添北道路で施工中の港川高架橋（橋長270m）の下部工12基のうち、海中部の下部工9基について、沖縄県内で施工実績のないスリムケーソン工法が採用された。

このスリムケーソン工法について、調査設計時における確認事項や施工留意点及び現場での対応策、今後の検討課題について施工事例を踏まえて報告するものである。

キーワード ニューマチックケーソン、スリムケーソン、無人機械掘削

1. はじめに

本工事は、沖縄西海岸道路浦添北道路事業において計画されている港川高架橋の海中部に位置する9基の橋脚について、ニューマチックケーソン工法（潜函工法）の新技術であるスリムケーソン工法により構築を行うものである。

スリムケーソン工法は、通常のニューマチックケーソン工法では人力掘削でしか出来なかつた掘削面積40m²以下のケーソンの施工を機械・無人掘削を可能とした工法で大深度（WL-40m以深）にも対応が可能な工法で、主な用途は橋梁下部工工事で、狭い場所・既設構造物に接近した土地・空頭制限がある場所や河川・海岸沿いで占有面積を小さくする必要のある場所での施工に有効な工法である。

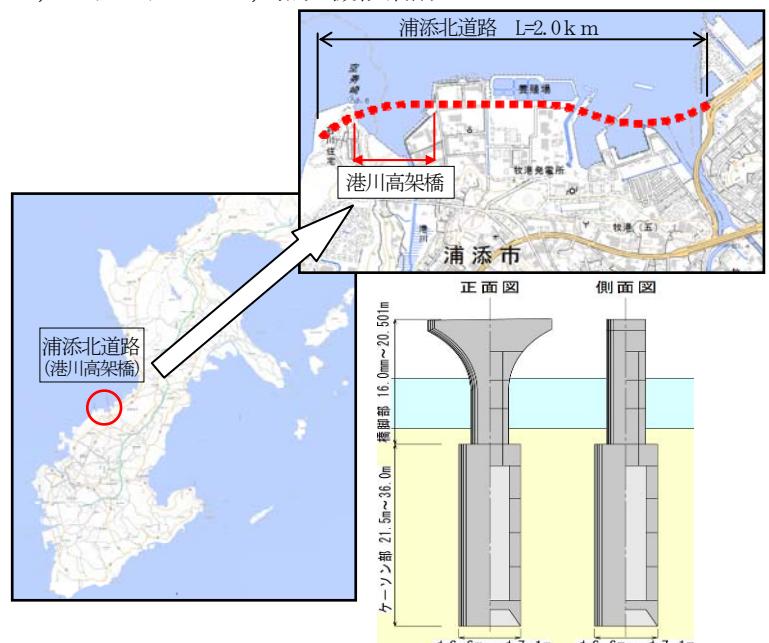


図-1 位置図

図-2 構造図

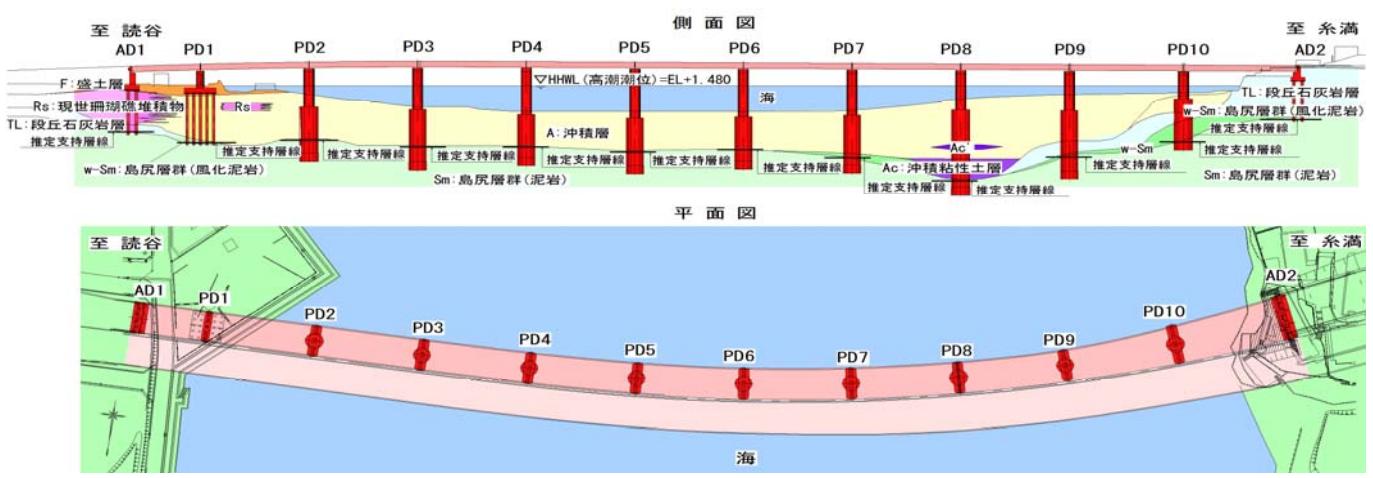


図-3 全体一般図

2. 工事施工フロー

港川高架橋におけるスリムケーソンを施工する海上部の施工箇所は水深約2.0~10.5mと変化する海底地形となっており、水深が浅い場合に適用される一般的な築島工法及び水深が深い場合に適用される鋼板で製作された鋼殻方式での施工を実施している。

下記に主な工事フローを示す。

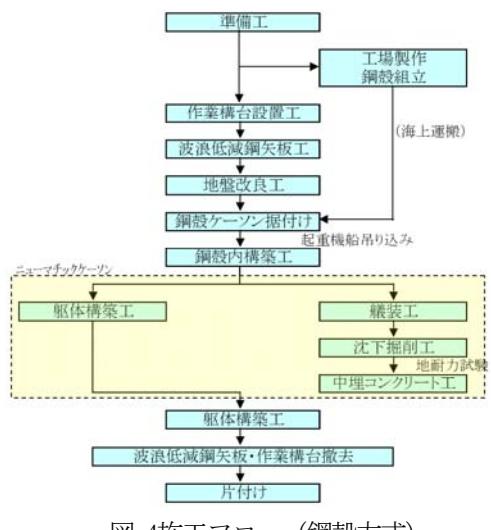


図-4 施工フロー（鋼殻方式）

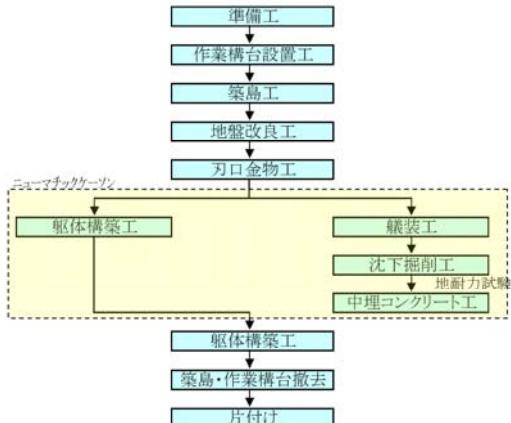


図-5 施工フロー(築島方式)

(1) 築島工法

比較的水深の浅い海上部での施工に用いられる施工方法で、鋼矢板による一重締切りで施工した後に、盛り土を行って、ケーソンの構築を開始する工法です。



写真-1 築島工(刃口金物据付け)

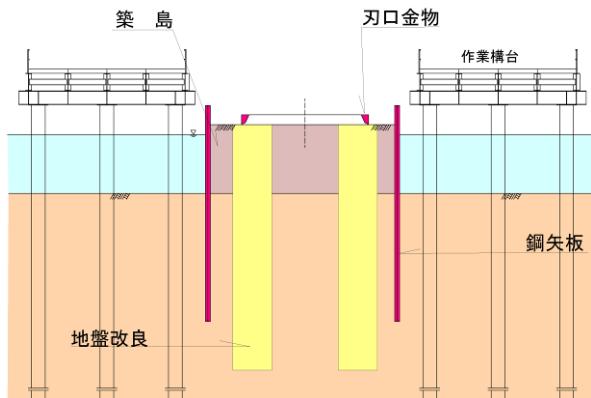


図-6 築島概略図

(2) 鋼殻方式

比較的水深の深い海上部では、事前に鋼材で制作された鋼殻ケーソンを現場付近のヤードにて組み立てを行い、鋼殻を大型起重機船により、吊り込み据付けを行った。

鋼殻ケーソン重量は約110t（吊具含む）で、据付後にコンクリートを打設し海底面へ着底するものである。



写真-2 鋼殻ケーソン吊込み状況



写真-3 鋼殻据付け状況

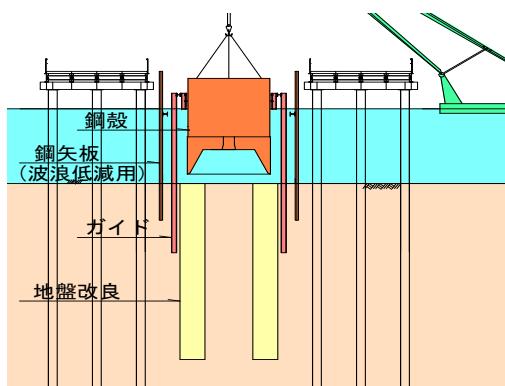


図-7 鋼殻据付け概念図

(3) ケーソン設備工

スリムケーソン工法は、送気設備、艤装設備、掘削設備を設置し施工を行う。

各設備について以下に記す。

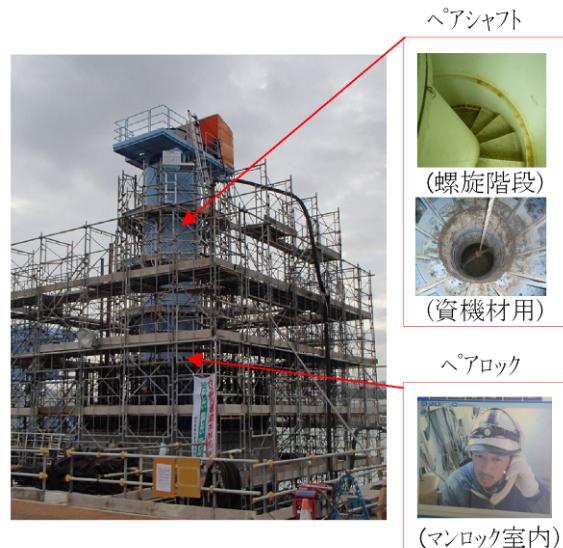
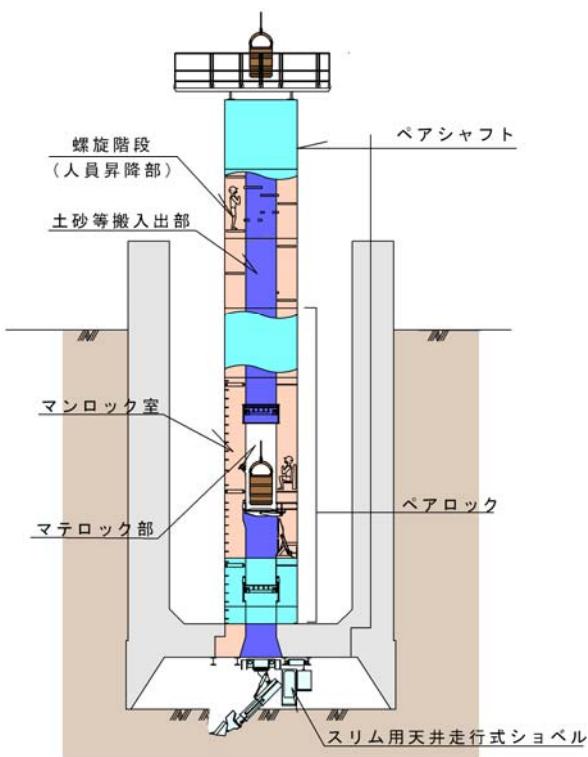
a) 送気設備

ケーソン作業室内に圧縮空気を送るため、電動式コンプレッサー等の送気設備を設置する。



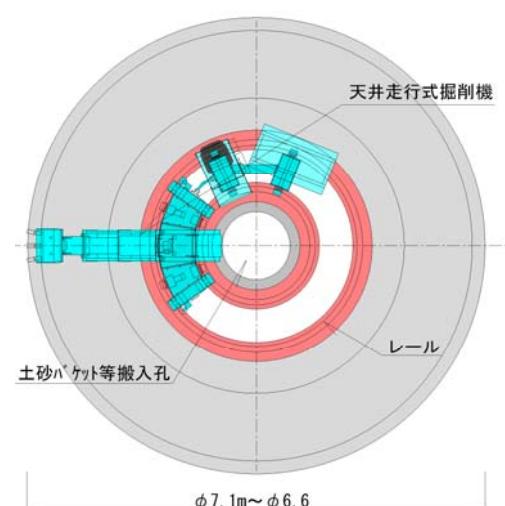
b) 艤装設備

ケーソン掘削時の土砂搬出及び作業室内への出入りのために、艤装設備（ロック・シャフト）と呼ばれるものを設置する。一般的なケーソン工法では土砂搬出及び掘削機等の資機材搬出入と作業員の入退函用に各1基づつ計2基の専用ロック・シャフトを設置するが、スリムケーソン工法では1基（ペアロック・ペアシャフト）で行います。ペアロック・ペアシャフトは中心部が土砂や資機材等の搬出用で、その外環部が人員の昇降用螺旋階段となっており効率的な土砂搬出と安全な人員入出函が可能としている。



c) 掘削設備

ケーソン作業は高気圧下での作業であるため、全て電気により稼働する掘削機を使用している。本現場においても、スリム用天井走行式掘削機を1台配置し掘削を行っている。



(4) ケーソン掘削沈下工

ケーソンの掘削沈下作業は、初期掘削段階及び0.18MPaまでの有人機械掘削、0.18MPa以上での無人機械掘削に分けられる。有人での掘削作業は、ケーソン沈下に伴い作業室内の圧力（作業気圧）が上昇し、作業時間が短くなる。

その為、予め地上に設けた遠隔操作設備にて掘削作業を行うことで、作業効率の低下を防ぐものである。

掘削は構築した本体構造物を順次沈下させるもので、構築完了後のロットを沈下中に次のロットの構築を地上部で行う。この繰り返しを行い、ケーソンを所定の深さまで沈設する。

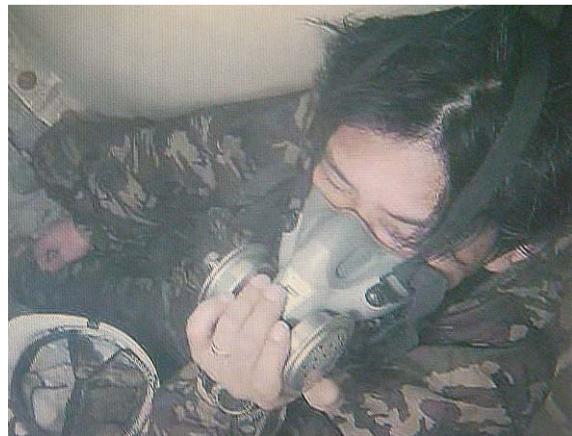


写真-8 酸素減圧状況



写真-7 無人機械掘削状況

(5) ケーソン沈下完了

前述のように、構築・掘削・沈下を繰り返し行い、所定の深さに達すると、沈下完了となる。

沈下完了後は、作業室内にて遠隔操作により地耐力試験を実施して支持地盤の確認を行い、中詰めコンクリート打設にて完了となる。

3. 高気圧作業における安全性の確保

本工事では、掘削深さが最大約46mであり、作業気圧が最大0.453MPa（水深45m相当 PD8）の大深度施工であるため、圧気作業による減圧症（潜函病）を防止するための安全性の確保を目的とした酸素減圧を実施しており、0.18MPaから実施している。

減圧症とは、高気圧下での作業において窒素などの不活性ガスが多く体内に取り込まれる。この状態で減圧を実施すると、大気圧下で通常溶け込んでいる不活性ガスの量よりも多くのガスが体内に存在することになり、その程度が限界を超えると、ガスが気泡化する。これに起因し関節部の激痛や重度の場合には中枢神経への影響がある。

4. 施工中の問題点と対策

(1) スリムケーソン工法の施工留意点

一般的なスリムケーソン工法では、以下の様な施工時の留意点がある。

- ・小断面であることから掘削底面からの揚圧力（浮力）や沈下重量（駆体重量）が少なく周面摩擦力との相対比率が大きくなり、開口率を含めた綿密な沈下管理の必要がある。
- ・ケーソンの直径と駆体長の比率が大きいため、底面での少しの傾斜が駆体全体では、大きな傾斜となるため慎重な姿勢管理の必要がある。
- ・底面積が小さいため、土層の著しい傾斜や土質の硬さの違いによりケーソンの傾斜や移動のきめ細かい管理の必要がある。
- ・過沈下の恐れのある軟弱な粘性土地盤においては地盤改良や付け刃口等の対策を行う必要がある。

なお、今回の工事における施工留意点としては、

- ・中硬岩を含んだ琉球石灰岩層（軟岩Ⅰ）の掘削。
- ・土層内に琉球石灰岩塊がケーソン刃口部に部分的に出現した場合の傾斜・移動。
- ・沿岸部施工による潮の干満での揚圧力の変化での異常沈下。
- ・支持層である島尻泥岩層の掘削時の管理と確認等に対する注意が重要と考えられていた。

(2) 留意点の対策と結果

施工時の留意点に対する対策として、今回工事において下記の対策を行い施工を行った。

- ・傾斜計による掘削沈下中での情報化施工と傾斜確認・移動及び回転状況の日々管理。



図-10 計測管理画面

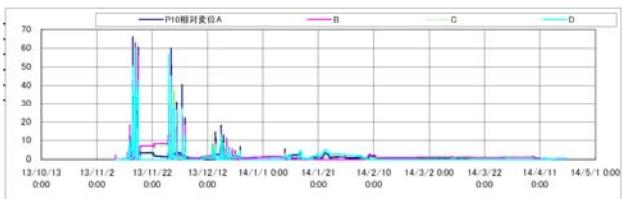


図-11 傾斜挙動系時変化

- 周面摩擦や刃口反力計からの駆体情報と計画された沈下管理を比較し次回掘削の沈下挙動を予測し掘削管理を行う。

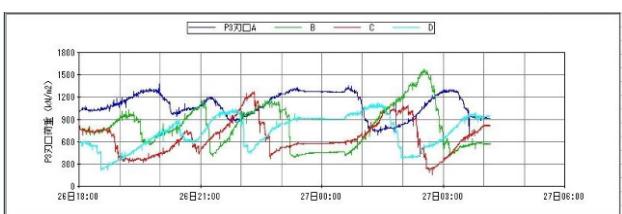


図-12 刃口反力系時変化

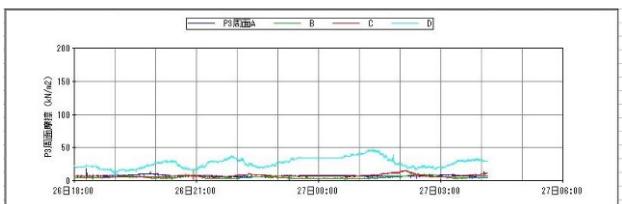


図-13 周面摩擦力系時変化

- 上層に出現する軟弱粘性土の先行掘削による碎石置き換えを行う事により、異常沈下・傾斜及び過沈下(開口率確保)の対策とする。



写真-9 改良状況

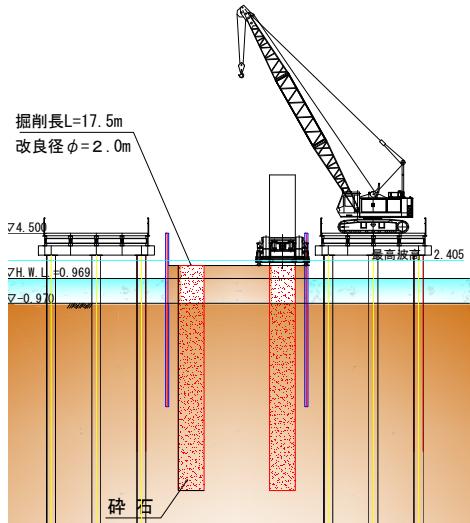


図-14 地盤改良図

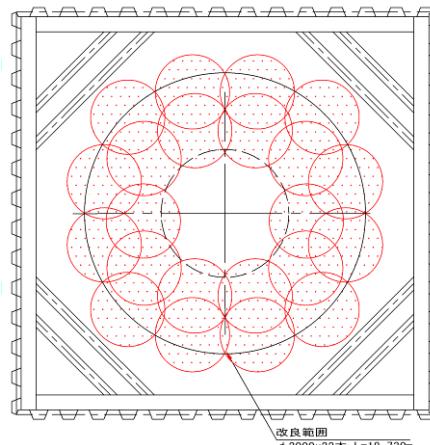


図-15 改良範囲

- スリムケーソンの沈下関係に大きく影響する周面摩擦力を低減するため、逆止弁付滑材吐出口を増やすとともにNETISに登録されている海水(塩分)に対応可能な滑材を使用。



写真-10 滑材(塩分対応 材モル21)

- 潮の干満差による沈下挙動を予測するため、荷重水による先行荷重を実施し沈下挙動の把握に努める。

- ・最終泥岩層での地盤状況確認「クチャ」と呼ばれる非常にデリケートな泥岩掘削管理を実施。



写真-11 支持層掘削状況



写真-12 島尻泥岩整形

6. 今後の課題

現在、鋭意施工中の段階ではあるが、これまでの施工状況から、突然の岩塊の出現や、強度にバラツキのある琉球石灰岩層の性状を確認するため、また正確な沈下関係を予測するためのきめの細かい土質調査ボーリングと詳細な試験を行うとともに、その本数を増やすことにより適切なケーソン掘削工法を検討する必要がある。

今後も牧港高架橋を含めてスリムケーソン工法の施工が行われるので、これまでの対策が有効に働くかの検証を行い、今後の同様な施工の基礎資料となれば幸いである。