

糸満高架橋下部工における ニューマチックケーソン工法事例の紹介

上原康広¹・普天間剛志²

1 南部国道事務所 那覇空港自動車道出張所（〒901-0234 沖縄県豊見城市田頭 165）

2 南部国道事務所 那覇空港自動車道出張所（〒901-0234 沖縄県豊見城市田頭 165）

糸満高架橋（橋長 961m）のうち、糸満漁港を横断する航路部の 5 径間連続 PC 箱桁橋の下部工 2 基については、県内初のニューマチックケーソン工法を採用している。
工事の施工方法、安全対策等の工事概要につい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，無人機械掘削，異常沈下

1. はじめに

本工事は、国道 331 号糸満道路事業の一環として、糸満漁港を横断する糸満高架橋の中央航路部に面している 2 橋脚について、ニューマチックケーソン工法（潜函工法）により築造を行うものである。

通常、海上施工の場合、鋼管矢板基礎が一般的であるが、下り線の暫定供用をみすえ、初期コスト削減、分離構造が可能なニューマチックケーソンを採用している。施工箇所は、海上であり漁港施設からの漁船の通航路に面しており、周辺地域には住宅も多く、海ぶどう養殖場にも隣接している。そのため、工事に際しては、一般航行船舶との事故防止及び周辺への防音対策等の環境負荷対策が必要とされた。

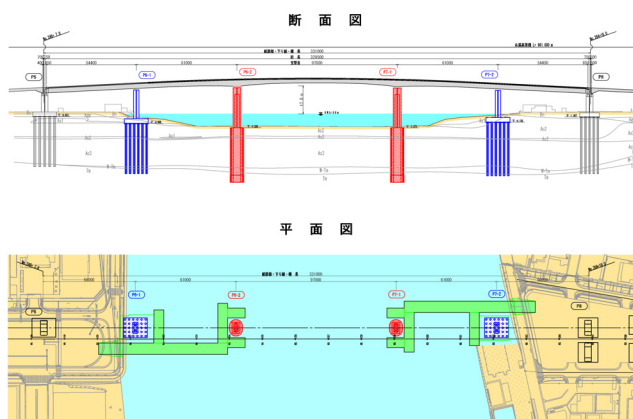


図-1 全体図

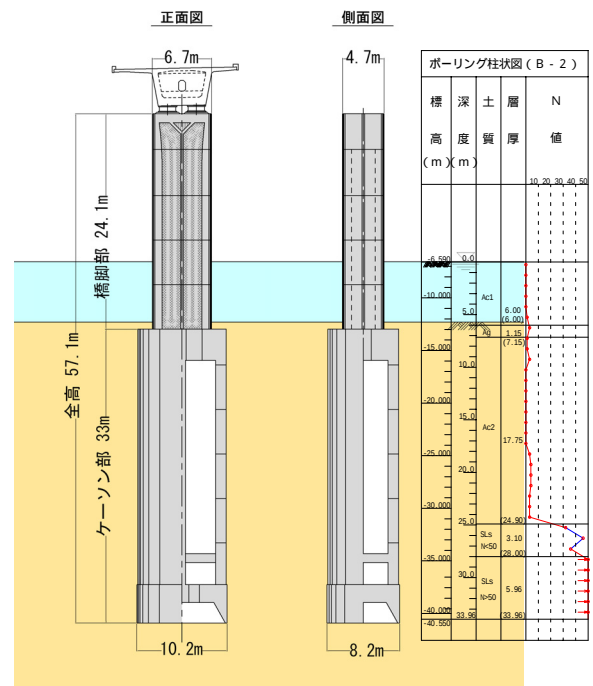


図-2 構造一般図

ニューマチックケーソン基礎

小判形：長さ 10.0m × 幅 8.0 × 高さ 33.0m

橋脚柱部

矩 形：長さ 6.7m × 幅 4.7 × 高さ 24.1m

2. 工事施工フロー

本工事においては、海上でのニューマチックケーソン工法である。施工箇所は水深 7.6m と深く一般的な築島工法での施工が困難なため、鋼板で製作された鋼殻ケーソン工法にて施工した。

下記に主な工事フローを示す。

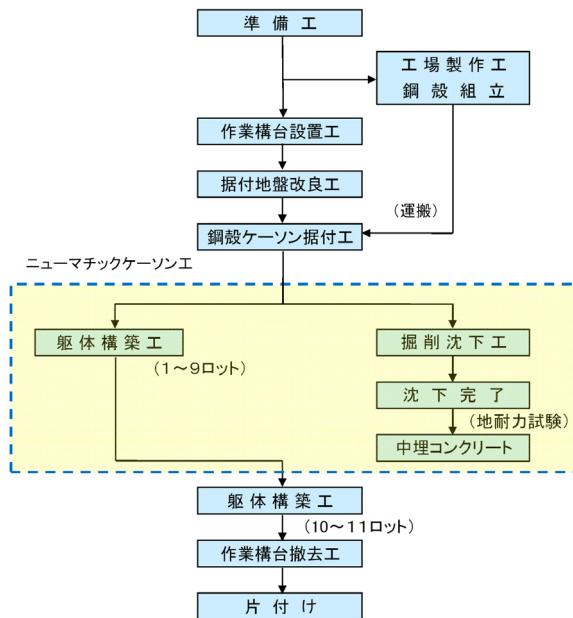


図-3 施工フロー

（１）鋼殻ケーソン据付工

事前に鉄板にて製作された鋼殻ケーソンを現場付近のヤードにて組立を行い、400 t 吊起重機船にて据付けを行った。

鋼殻ケーソン重量は約 130 t（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-1 鋼殻ケーソン据付状況

（２）ケーソン設備工

ケーソン着底後は、送気設備、ぎ装設備、掘削設備を設置し、本格的なニューマチックケーソン工となる。

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) ぎ装設備

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、ぎ装設備（ロック）と呼ばれるものを設置する。

土砂搬出及び掘削機等の資機材出入れに使用するロックをマテリアルロック、人の出入りに使用するものをマンロックという。今回工事では、作業室までの昇降高さが最大 45m 程度となるため、身体への負荷を極力避けるため、エレベータを設置している。

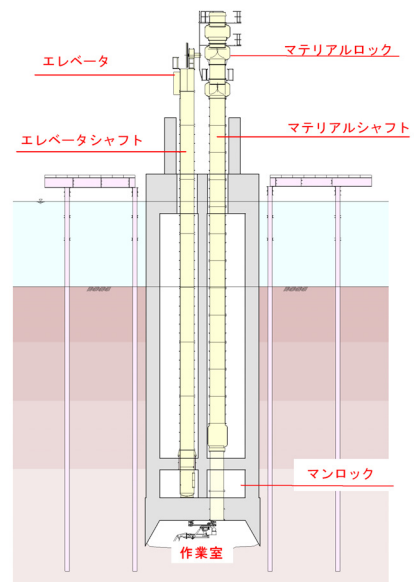


図-4 ぎ装設備概略図



写真-2 ぎ装設備設置状況

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、天井走行式掘削機を1台配置し掘削を行っている。



写真-3 天井走行式掘削機

(3) 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-4 無人機械掘削状況

(4) 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、掘削深さが約34mであり、作業気圧が最大0.42MPa(水深42m相当)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、ヘリウム混合ガスによる施工を実施している。酸素減圧については、0.2MPaから実施しており、ヘリウム混合ガスによる作業は、0.3MPaより行っている。

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対内に取り込まれる。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。

ヘリウム混合ガスによる作業とは、この窒素の割合を少なくすることを目的とし、人体に無害なヘリウムを使用することで、体内の窒素ガスの気泡化を低下させるものである。本工事では、ヘリウム5:窒素3:酸素2という混合ガスを吸いながら作業することで、減圧症への安全性を確保している。



写真-5 混合ガス吸引状況

4．施工中の問題点

今回工事における問題点としては、異常沈下の発生が挙げられる。

本ケーソンの沈下地盤は支持層としては島尻泥岩への貫入であるが、中間部分の26mにおいてはN値が0～2の軟弱な粘性土により形成されている。

本体重量に対する抵抗力のバランスを確保し、掘削によりケーソン本体を沈下させるものであるが、重量が大きくなると、作業室内の内空体積が確保できず、掘残し状態を継続して沈下させることとなる。これを過沈下状態という。

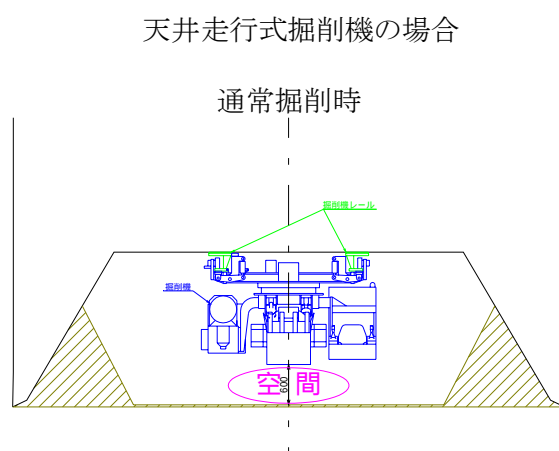


図-5 機械掘削施工概略図

本工事においても、過沈下の傾向が見られたが、コンクリート打設時に沈下速度10mm/分の急激な沈下が発生した。（異常沈下）

この異常沈下とは、掘削時以外での50cm以上の予期せぬ沈下であり、急激な沈下とは、10mm/分の沈下速度で10分以上継続している沈下をいう。

この事態により、通常の掘削作業が困難となることから、その原因及び対策を実施した。

5．異常沈下の原因・対策

通常の掘削においては、沈下力（躯体自重）に対し、沈下抵抗力（揚圧力+周面摩擦力+地盤支持力）となる。掘削により地盤支持力が減少することで、沈下力が上回り沈下するというメカニズムの中で、今回の異常沈下はコンクリート打設中に発生している。

ここで、抵抗力となる3つの要素について確認した結果、支持力及び揚圧力については十分であるのに対し、周面摩擦力については、計測機器を設置していないため、確認できなかった。このことから、要因として結論づけられるものとして、道路橋示方書に基づき算出した周面摩擦力が期待値より低かったことに起因すると想定し、対策として以下の措置を講じている。

（1）ロット割の変更

当初期待されていた周面摩擦がないものと想定し、沈下関係図の見直しを行い、ロット割を変更し、構築高さを当初の半分とした。

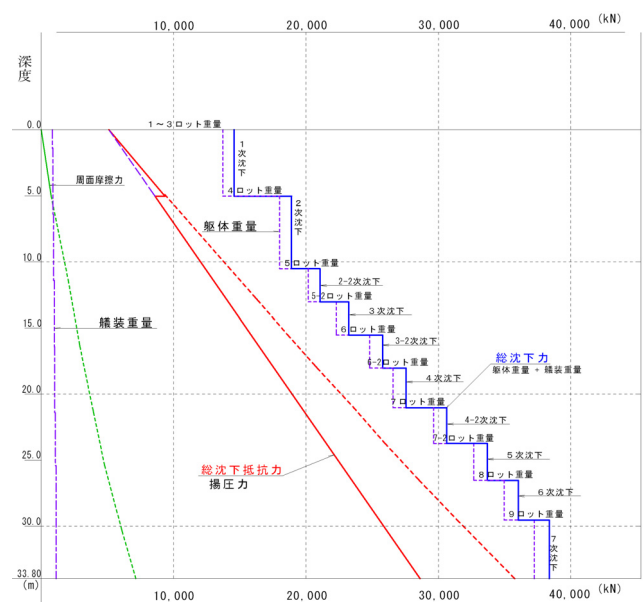


図-6 沈下関係図

（2）コンクリート打設前のプレロードによる確認

コンクリート打設に先立ち、ケーソン躯体の隔壁内部に打設重量と同等の水荷重を注水し、沈下しないことを確認後、排水し打設を実施する。

6．今後の課題

現在、鋭意施工中であり、上記対策により異常沈下等による過沈下は発生していない。異常沈下が発生した場合、ケーソンの移動や傾斜など品質、出来形への悪影響の恐れや作業室内の内空体積が確保できず、場合によっては人力施工などコストの増加や安全性、工期にも多大な影響がでる。

本工事にて対策が有効に働いたかの検証を行い、今後の沖縄での同様な施工の基礎資料となれば幸いである。