

World Watching 249

ワールド・ウォッチング



大水深施工を支える技術力 シンガポール港 トゥアスメガポート建設



田代 司

五洋建設株式会社
トゥアスFingerThree埋立工事々務所長



はじめに

世界一の港湾都市と称されるシンガポールは、近年コンテナ取扱量において継続的に世界第2位に位置している。本レポートでは、私が現在従事しているシンガポール大型港湾プロジェクトでの大水深作業において技術的課題及びその対策として実施した施工面における工夫について紹介する。



シンガポールコンテナターミナルについて

シンガポール海事港湾庁 (MPA) は、国際競争力をさらに高めるため、同国南中央部に位置する既存のシティターミナル (ケッペル、タンジョンパガー、プラニ) とその西側に位置するパシルパンジャンターミナルに関し、2040年を目的に順次最西端のトゥアス地区に移設、集積する計画である。多岐にわたる先端技術を導入した次世代港となるトゥアスメガポートの建設が現在進行中である。なお、本事業の計画については、2017年4月号World Watchingも参照されたい。

コンテナ船大型化へのニーズに伴い、ターミナルの岸壁前面水深もさらに大水深化され、既存シティターミナルの岸壁設計水深が10m～15m、パシルパンジャンターミナルは15m～18mであるのに対し、トゥアスターミナルでは全バース23mと世界最大級のコンテナ船に対応可能となる。



トゥアスメガポートプロジェクト

トゥアスメガポートの各プロジェクトは、その全体形状が手のひらに似ていることによりそれぞれフィンガー1、2、3、

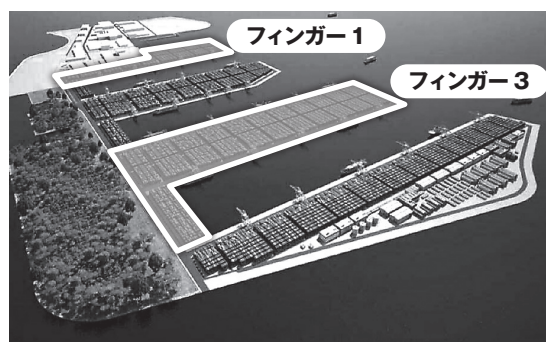


図1 トゥアスメガポート完成予定図 (MPA資料)

4と呼称され、五洋建設はその中のフィンガー1とフィンガー3工事に参画している。施工エリアは水深16m～27mで、外郭護岸に囲われているため波浪の影響を受けることは少ない。支持地盤は、ジュロンフォーメーションと呼ばれる堆積岩が風化した洪積粘土層で、支持層の高さが大きく変化する複雑な地盤である。フィンガー3工事 (図1) は、2018年3月に着工し工期9年の工事で、設計水深23m、総延長約9kmの岸壁の建設、航路泊地浚渫および埋立 (403ha、約1億2,000万m³の埋立材使用) のプロジェクトである。その岸壁は、約13,000トン級のケーソン構造で計227函からなる。ピーク時には、平均月8函のペースでケーソンを製作、設置する計画のもと、大水深ケーソン基礎部のスムーズな構築がプロジェクトの成否を左右する鍵となる。



大水深作業における技術的課題

大水深作業は、安全、品質管理、施工精度確保において難易度が上がり、例えば潜水作業では、深度増大に伴い作業時間が制限され、厳格な減圧時間管理の必要や、視認性の悪化による施工精度等、進捗への影響が考えられる。また、その他大深度対応への施工機械の大型化なども考慮する必要がある。

岸壁の大水深化に伴う施工上の困難を克服した特徴的な事例として、フィンガー3工事におけるケーソン床掘後の地盤強度確認作業およびケーソン基礎マウンド構築作業における施工面での工夫を紹介する。

本工事では、ケーソン床掘後の地盤強度についてCPT (Cone Penetration Test、コーン貫入試験) による確認が要求されている。海上作業でのCPT実施には、従来、クレーン台船でCPTタワー(写真1)を利用し、タワー下部に設置した油圧ユニットで計測用コーンを貫入する工法が一般的で、プロジェクト開始時に調達可能なCPTタワーの使用限界深度は50mであった。しかしながら、追加土質調査の結果から予定最大床掘水深が70mに達する箇所が存在することが確認され、従来工法では新規大型CPTタワーの製作、クレーン台船の更なる大型化が必要となり、大深度施工に伴う施工性、安全性に関わる様々な課題を克服する必要が生じた。



写真1 CPTタワー (従来工法) とその問題点



写真2 Mantaシステム



写真3 海上CPT専用台船 "Sherlock"

そこで、適用可能な方法として、Geo Mil社(オランダ)のMantaシステム(写真2)を採用した。このシステムは、海底面に本体油圧ユニットを直接セットし、その自重を反力としてCPTコーンを地盤に貫入するもので、大型CPTタワーを必要としない。本工事では専用台船“Sherlock”(写真3)を製作し、専用吊りブームからウインチワイヤーで本体油圧ユニットを吊り下げる方法を採用した(図2)。

この方法により、従来のCPTタワーで必要であったタワーへの昇降、高所での玉掛け作業が省略できること、貫入ロッドの継ぎ足し作業を固定足場上で安全に実施できることなど安全の確保にも寄与した。



図2 専用台船“Sherlock”採用による問題点の解消

以上のように本システムの採用により、大水深施工特有の様々な問題を解決しつつ、さらに安全性、効率性を大きく改善することができた。

ケーソン基礎マウンドの構築において、水中での石(10mm-225mm)の敷き均し作業は、機械を併用する場合でも、潜水士による人力での施工を伴うのが一般的である。一方で本工事は前例の少ない大水深かつ大規模工事であるため、安全面からも、施工効率の面からも、潜水作業をなくす必要があった。

捨石マウンド構築専用台船“Petra One”(写真4)は、スムーズな操船が可能な8点アンカーシステムを装備し、作業中の台船移動や位置調整を自動操船することが可能である。波浪と潮位による台船の動揺は油圧ジャッキ装置により吸収され、投入管の下端を一定高に制御することで、精度よく施工することが可能となった。このシステムにより品質的にも平均±5cmと高い均し精度でのマウンド構築が可能となり、潜水士による最終均し作業が必要なくなった。



写真4 捨石マウンド構築専用台船“Petra One”

また、従来のような捨石、締固め、均しの各作業に1隻ずつ、計3隻の船舶での施工から、1隻で全工程を一貫して行う専用台船を設計建造、投入することにより、作業船舶機械や必要人員の削減、占有作業エリアの大幅な低減を達成し、加えて安全性と作業効率を大きく改善することができた(図3)。

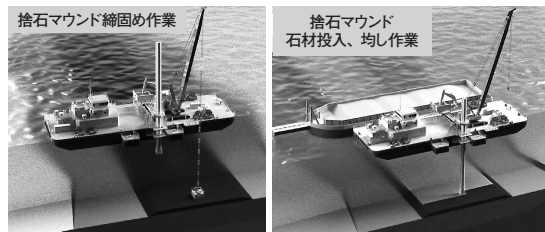


図3 Petra Oneによる捨石マウンド全行程の一貫作業

昨今、世界的な港湾の大水深化への流れを見据え、建設業界も海上施工の安全性確保、効率化、そして技術力のさらなる向上を追求する必要があると考えている。本稿では、工事規模の大型化、急速施工など、シンガポール特有の条件のもと成功した事例を紹介したが、日本およびその他の国々の大水深港湾建設において、少しでも参考になれば幸いである。

注：本文中に記載の水深は、海図基準面 (Chart Datum) からの数値である。