

国内初大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設施工

小山 一朗

千住閘屋ポンプ所は、東京都足立区千住地域に位置し、近年増加している局地的豪雨の発生などに伴う雨水流出量の増大に対応するため、雨水を一時貯留後、隅田川に放流するポンプ所である。当該地は住宅密集地域であることから、地域住民と作業時間制限（8:00～18:00）、工事関係車両の搬入台数制限（200台以下/日）および工事関係車両の通行ルート制限等の工事協定を締結した。また、その上で事業成果の早期実現のために大幅な工事期間の短縮が要請された。そのため、西側（2,614 m²）と東側（2,289 m²）の大型ニューマチックケーソン2 函体を離隔 2.0 m の近接で、50 m 以上の同時沈設を行うという国内初の試みに挑戦し、種々の技術的課題を解決しながら短工期を実現した事例について紹介する。

キーワード：ニューマチックケーソン工法、2 函同時沈設、工期短縮、地盤改良、敷地狭小、沈下掘削

1. はじめに

千住閘屋ポンプ所は、東京都足立区千住地域に位置し、近年増加している局地的豪雨の発生などに伴う雨水流出量の増大に対応するために設ける新雨水ポンプ



写真—1 現場全景写真

所で、千住地域の雨水を吸揚し、隅田川に放流するための施設である。

現場は住宅密集地域にあり、工事開始までに周辺住民との協議に16年を要した経緯がある。さらに、全体事業計画を10年以内で完成させるよう地元からの強い要望があり、周辺住民との良好な関係を構築しつつ、厳格な工程管理を要求された。写真—1に現場全景写真を示す。

2. 工事概要

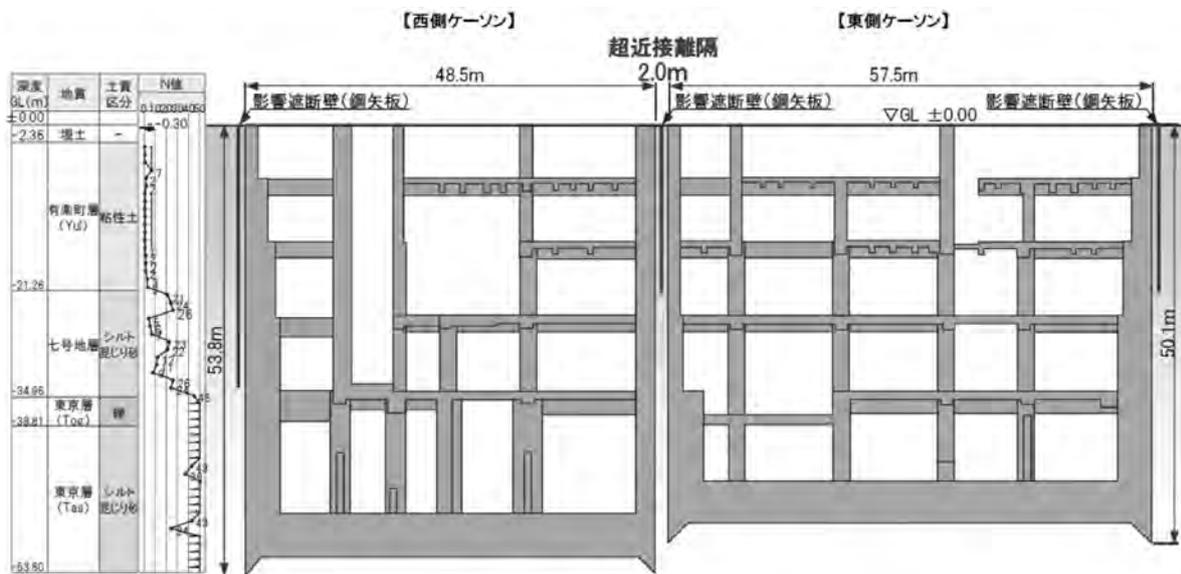
当工事は、西側ケーソン（2,614 m²）と東側ケーソン（2,289 m²）の大型ニューマチックケーソン2 函を離隔 2.0 m という近接した状況で同時沈設する国内初の工事である。表—1に工事概要、図—1、2に現場平面図および断面図を示す。

表—1 工事概要

項目	内容
工事名称	千住閘屋ポンプ所建設工事
発注者	東京都下水道局
施工場所	東京都足立区千住閘屋町10番地
工期	平成22年2月8日～平成29年3月9日（一～四期工事）
工事内容	ニューマチックケーソン2 函沈設 西側 53.9 m × 48.5 m（深さ 53.8 m）最終圧気圧 0.450 MPa 東側 39.8 m × 57.5 m（深さ 50.1 m）最終圧気圧 0.417 MPa 土工事・築造工・仮設工
数量	掘削：281,494 m ³ 、コンクリート：114,018 m ³ 、鉄筋：19,913 t 刃口金物：504 t、鋼矢板：2,083 t、各種基礎杭：377 t



図一 現場平面図



図二 断面図

3. 本工事の特徴

(1) ニューマチックケーソン2 函同時施工採用の経緯

発注者である東京都下水道局の雨水ポンプ所新設工事は、低地の雨水を揚水して放流することを目的としているため、特に都内東部地区では、土質条件が悪く地下水位の高い箇所に建設されることが多い。さらに、当工事のように都市部での施工になる場合も多く、用地制限による躯体の大深度化、周辺住民への工事負担軽減のため、工期短縮に対応する必要がある。それらの課題に対応するため、ニューマチックケーソン工法が採用された。

当工事は、国内初の大型ニューマチックケーソン2

函同時沈設施工となっているが、仮に1 函体とした場合、掘削面積が4,983 m² となり、国内最大の掘削面積となる。1 函体での施工を採用しなかった主な理由として、沈設時の構造上の問題がある。本ケーソンは、沈設時の躯体の剛性を確保するため、底版と底版上部に格子状に配置した補強仮壁が一体化した逆 T 形状の吊桁構造となっているが、工事完成後、補強仮壁は撤去しなければならない。1 函体とした場合、この補強仮壁の寸法、数量ともに膨大となり、設置および撤去に伴う経済性の問題、また工期延長の問題を招くため2 函体に分割しての沈設施工が採用された。また、本ポンプ所は敷地用地の形状により、ポンプ所平面形状が正方形や長方形ではなく、それを合わせたような異形状となっている。通常、異形ケーソンでの沈設

施工では、検討手法が十分に確立されていない「ねじれ」などの現象が発生する場合があります。本工事では、国内最大の掘削面積を有することを鑑み、安全で確実な施工が可能となる2函分割施工が採用された。2函分割施工を実施するにあたり、同時沈設施工が採用された理由としては、冒頭述べたように、周辺住民との協議により、全体事業計画を10年以内で完成させるよう強い要望を受けており、工期短縮が最大の理由として挙げられる。

(2) 周辺住民との工事協定

当工事は、住宅密集地域の中で行われるため、周辺住民の工事への関心が非常に高く、発注者の東京都下水道局が、工事開始までに周辺住民との協議に16年を要した。また、工事現場周辺に存在する4つの団体が結成している「千住関屋環境を守る協議会」と発注者、施工者である当JVの三者により、工事協定を締結し、工事を進めている。工事着手後も約4ヶ月に1度の頻度で定例会を開催した。

主な工事協定内容を以下に記す。

①作業時間制限（8：00～18：00まで）（工事関係車両の搬出入は8：30～）

夜間工事は行わず、躯体構築工事およびニューマチックケーソン沈設工事を昼間施工のみで同時施工を行った。

②工事関係車両の搬出入台数制限（200台以下／日）

工事関係車両の通行に伴う安全確保および振動・騒音・渋滞問題を考慮し、1日当たり200台以下の制限を受けた。これにより、ポンプ所躯体工事の各ロットのコンクリート打設作業については、分割施工とした。

③工事関係車両の通行ルート制限

工事着手後も定例会による協議に非常に時間を要した問題であり、解決までに1年を要した。解決策として、生コン車などの車高の高い車両が通行できなかった道路の改良工事などを行い、新しい通行ルートを確認するなどして、複数の通行ルートの運行を選定することで、工事車両に伴う沿道住民への負担を地域で分散させることとした（図-3参照）。

(3) ニューマチックケーソン下の地盤改良

ニューマチックケーソン工事において、構造物の初期構築時の自重に対する地盤支持力強化と、初期沈設時の不等沈下・過沈下防止を目的として、地盤改良を行った。工事を進めるにあたり、周辺住民は粉塵の発生を危惧しており、また、搬出入車両の台数削減に対する強い要望もあった。当初設計では、ケーソン下全範囲において、静的締固め砂杭工法による地盤改良が採用されており、使用材料である砂（約20,000m³）の搬入台数は10tダンプトラックで約4,000台と非常に多かった。そこで、砂杭の代替案として、セメントスラリー攪伴工法を検討した。ニューマチックケーソンの刃口部直下は、沈下掘削時の開口率の関係で、掘り残し部に相当するため、セメント改良などで固結すると、不等沈下や急激な沈下の原因となる。従って、改良範囲を図-4、5のように刃口部と中央部に分けて、刃口部については静的締固め砂杭工法、中央部については、セメントスラリー攪伴工法の2種類の地盤改良工法を採用した。その結果、砂の使用料を削減し、粉塵発生源の抑制を図ることができた。搬入車両台数に換算すると、約1,500台を削減することができ、周

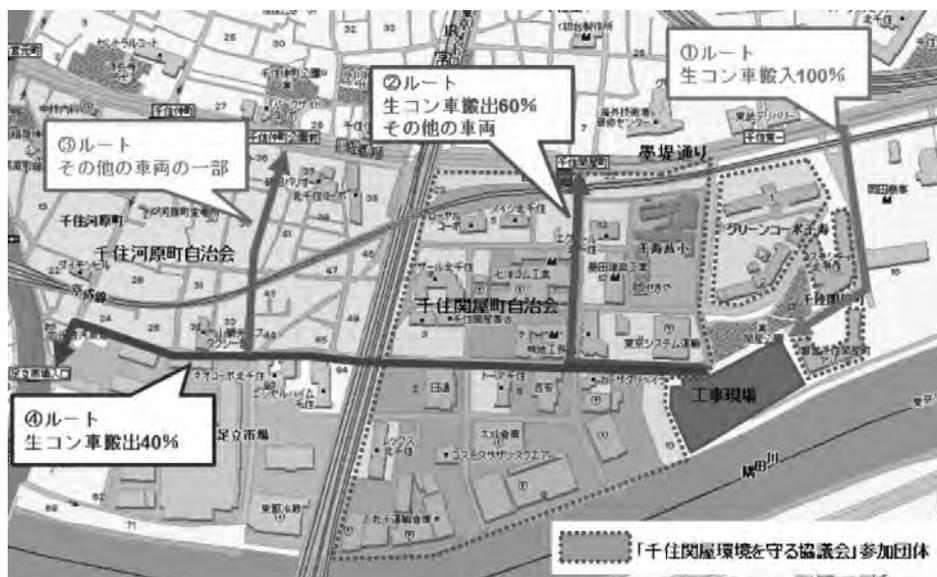


図-3 工事車両通行ルート図

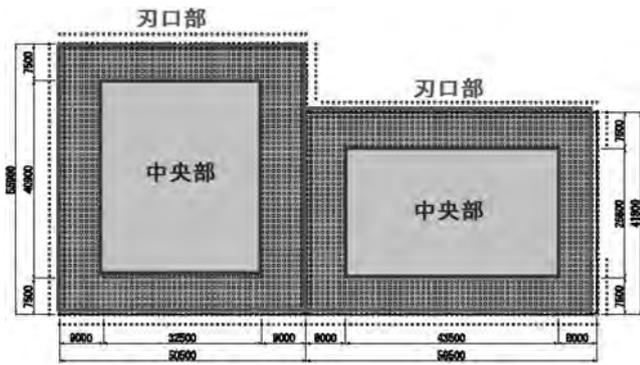


図-4 地盤改良範囲平面図

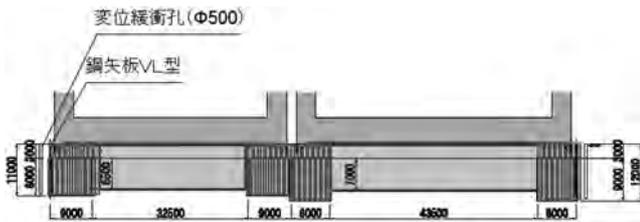


図-5 地盤改良範囲断面図

辺環境への影響低減で周辺住民の要望に応え、その後の工事を円滑に進めることができた。

(4) 敷地狭小による構台設置

大規模ニューマチックケーソン工事を施工するには非常に狭小な敷地である。狭小な敷地に、躯体構築工事の鉄筋、型枠、型枠支保工の作業ヤード、ケーソン工事の排土に伴う一連の作業ヤード等を確保しつつ、ニューマチックケーソン工事特有の多種多様な設備を設置しなければならない。さらに、躯体構築工事における生コン打設作業を週2～3回の頻度で実施しており、ポンプ車の配置場所、生コン車の動線を確保する必要がある。このような非常に厳しい施工条件を鑑み、当現場では、6基の構台を重層構造として設置し、敷地を立体的に有効活用した（写真-2参照）。

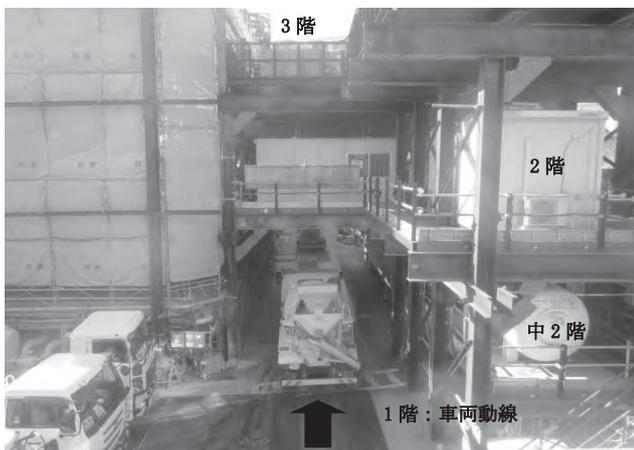


写真-2 構台設置状況

(5) ディストリビューターの設置

コンクリート打設作業において、上記構台設置に伴い、コンクリートポンプ車の配置位置が限定された。そのため、圧送管の長距離配管および盛替作業が必要となり、労務数の増大が懸念され、さらに鉄筋型枠工事との干渉により、構築工程に影響を与える可能性があった。そこで、各ケーソン全体をカバーできるブーム長を有するディストリビューター（定置型ブーム）を各ケーソン1基ずつの計2基設置した。これにより、事前の配管設置および盛替作業がなくなり、技能工の確保が困難な昨今、コンクリート打設作業の省力化を図ることができ、さらに、構築工程への影響を回避できた（写真-3参照）。



写真-3 ディストリビューター

(6) 沈下掘削

(a) 無人掘削

沈下掘削における有人掘削が進み、作業室内の気圧が0.20 MPaを超える前に遠隔操作による無人掘削に切り替えた。掘削面積が大きく、天井走行式ショベルの台数も多い（西側ケーソン：14台、東側ケーソン16台）ため、オペレーターが、掘削箇所および掘削高さを把握しやすいように、天井走行式ショベルに搭載された小型カメラによる映像が映るTVモニターのほか、掘削補助システムとしてパソコンを併設し、自分のショベルの動きが、平面的・側面的にリアルタイムにモニター画面に映し出せる環境とした（写真-4、5参照）。

(b) 騒音対策

沈下掘削作業は、昼間のみで行っているが、掘削作業中の排気音やコンプレッサーの騒音に対して、周辺住民への対策が必要であった。以下に主な対策を記す。

- ①防音壁
- ②騒音対策型マテリアルロック



写真一4 遠隔操作状況 (西側ケーソン)



写真一5 掘削補助システム



写真一6 騒音対策型マテリアルロック

(ワイヤーボックス消音装置, 大型ロックマフラー, 吐出口三連マフラー) (写真一6 参照)

- ③ウインチ音低減型排土キャリア
- ④ゴムライニング型アースバケット
- ⑤コンプレッサー用防音ハウス

これらの対策を施した結果, 掘削作業時の主な音源であるマテリアルロック周辺では, 作業気圧 0.20 MPa の時, 対策なしでは 117 dB であったが, 82 dB まで低減することができた。また, 約 25 m 離れた敷地境界部では 58 dB まで低減でき, 東京都環境確保条例の

規制値を遵守することができた。

(c) 情報化施工システム

ケーソンの沈下管理の情報化施工として, ケーソン躯体内に設置した以下の自動計測器の測定データを, パソコン上に 10 秒間隔でリアルタイムに表示を行い, 急激な沈下や不等沈下, 傾斜等を防止するための判断材料とした (写真一7 参照)。



写真一7 情報化施工システム

沈下計測管理項目

- ①函体沈下 (鉛直変位) ②傾斜 ③刃口反力 ④スラブ反力 ⑤周面摩擦 ⑥壁面土圧 ⑦間隙水圧 ⑧函内気圧 ⑨函内水位計 ⑩送気流量計

また, これらの情報について, 2 函それぞれの測定データを, 関係者全員が即座に確認できるような環境を整え, 随時確認することによって, 2 函同時沈設施工特有の, お互いのケーソンへの変位に対する影響について確認することを可能にし, さらに 2 函の気圧差による貫流対策等にも役立てた。

(d) ヘリウム混合ガス利用システム

当工事の沈設完了時における最終圧気圧は, 西側ケーソンが 0.48 MPa, 東側ケーソンでは 0.45 MPa であった。函内作業気圧が, 0.39 MPa を超える高気圧下においては, 窒素酔いや呼吸ガス密度の増大による呼吸困難のような高気圧障害が発生しやすく, 安全性において大きな問題がある。これらの障害を回避し, 安全な函内作業を実施するため, 当工事では, ヘリウム混合ガス利用システムを使用した。

天井走行式ショベルの点検およびメンテナンス, 地耐力試験の実施, 沈設完了後の設備解体時など, 作業員による函内作業実施時に, 呼吸ガスとして空気の組成の約 80% を占める窒素の一部をヘリウムに置き換えた混合ガスを吸いながら作業することにより, 高気圧障害の防止を図った (写真一8 参照)。



写真—8 ヘリウム混合ガス使用状況

(7) 平成 27 年 12 月沈設完了

平成 24 年 12 月より開始した国内初の大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設施工であるが、施工中の様々な技術的課題も克服しながら、3 年 1 ヶ月の期間を要し、平成 27 年 12 月に無事故無災害で沈設を完了した。また、沈設精度についても、GPS による座標管理や各種計測管理により、最終傾斜 1/2,000 (34 mm) の高精度で 2 函同時沈設を完了することができた。

4. おわりに

現在、千住関屋ポンプ所建設工事の五期工事を施工中である。同時沈設を完了した 2 函ケーソンの離隔 2.0 m 部を掘削し、両ケーソンを連結させる工事である。狭小部における大深度掘削工事であり、こちらも国内初となる難工事であるが、安全管理、品質管理を徹底し、無事故無災害での竣工を目指している。

今回工事の大平面・大深度である大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設は、他に類を見ない国内初の試みであったが、高度な技術力を発揮し、2 函同時沈設の相互作用を克服、短工期、高精度で工事を完了することができた。

今後、ますます大型ニューマチックケーソン工事の採用が見込まれる中、当工事の施工実績が参考となれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

小山 一郎 (こやま いちろう)
 (株)大林組 東京本店
 千住関屋 JV 工事事務所
 工事長

