

2-1-1 ケーソンの地中連結工事について～王子第二ポンプ所建設その4工事～

東京都下水道局 第一基幹施設再構築事務所 工事第二課 須山 恵悟
西川 勝久
(現 建設部 工務課)

1 はじめに

1.1 事業概要

王子第二ポンプ所は、東京都北区堀船地域に位置し、既設の王子ポンプ所を補完する施設として建設中である。ポンプ所完成時には、北区東十条・王子・豊島及び堀船地区の一部流域の雨水を隅田川へ放流するとともに、合流式下水道改善施設として雨水貯留池を併設しており、初期汚濁負荷量の削減を行うことも目的としている。工事場所は、隅田川と石神井川の合流部に位置し、首都高速中央環状王子線及び河川の護岸と近接している。また、周辺は閑静な住宅地域であり、狭隘な工事エリアにおいて、地域住民の生活環境に配慮しつつ、近接する重要構造物への影響を最小限とする施工が求められていた。本工事は、王子第二ポンプ所建設にあたり、大深度かつ大型のニューマチックケーソンを2函体沈設した継続工事として、離隔約2mのケーソン連結部の築造を行った。本稿では、このケーソンの地中連結工事について報告する。図1に王子ポンプ所流域図(現状)、図2に王子・王子第二ポンプ所流域図(計画)を示す。



図1 王子ポンプ所流域図(現状)



図2 王子・王子第二ポンプ所流域図(計画)

1.2 工事概要

王子第二ポンプ所は、雨水貯留池となる1号ケーソン(A=561 m²)と沈砂池ポンプ棟となる2号ケーソン(A=1,650 m²)の2函体から構成される。本ポンプ所と同等の規模や深度におけるケーソンの地中連結事例は極めて少なく、安全かつ高品質の施工を実現するため、ケーソン連結部の止水方法、狭隘空間での施工手順、首都高速中央環状王子線の道路橋脚や河川護岸への影響など、技術的課題への対策が重要であった。写真1に施工状況(全景)、図3に平面図、図4に断面図を示す。



写真1 施工状況(全景)



図3 平面図



図4 断面図

2 ケーソン連結部の築造に伴う技術的課題

ケーソン連結部の築造にあたり、主な技術的課題を以下に示す。

2.1 ケーソン沈設に伴う地盤の緩み等による未改良範囲からの出水

ニューマチックケーソン工法は、地上で築造した構造物を掘削により順次地中に沈設していくものであるが、その沈設に伴う周辺地盤の引き込みや緩み等が懸念された。

このため、ケーソン連結部を掘削する際の側部・底部の止水性を確認するために正確な土質条件を把握する必要があったため、改めてケーソン沈設後に追加のボーリング調査を実施した。

また、ケーソンの沈設状況は、1号ケーソンと2号ケーソンの最大離隔は、当初計画2,000mmに対し北側刃口部で2,195mm(+195mm)の変位、南側刃口では1,971mm(-29mm)の変位が確認された。図5にケーソン水平位置調査結果、図6にケーソン間鉛直精度調査結果を示す。

この水平及び深度方向の変位差により、連結部底部の地盤改良とケーソンとのラップ長が十分確保できない場合、大深度の高圧水下では、連結部の掘削時における地下水の出水が懸念された。図7に改良径及び配置間隔、図8にケーソン底部の改良範囲を示す。

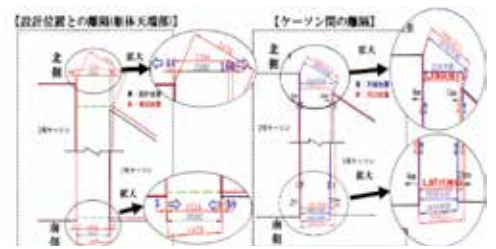


図5 ケーソン水平位置調査結果

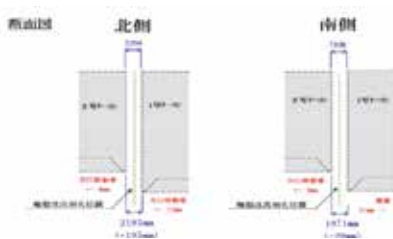


図6 ケーソン間鉛直精度調査結果

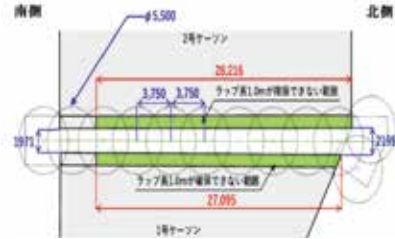


図7 改良径及び配置間隔

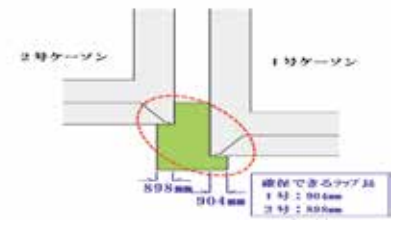


図8 ケーソン底部の改良

2.2 側部改良体の施工に伴う石神井川護岸への影響及び改良体の品質低下

側部改良体と石神井川護岸の位置関係を図9に示す。

ケーソン連結部の側部の地盤改良が、石神井川護岸及び護岸杭基礎と近接しており、その離隔が200mm以下であるため、当初計画していた側部の地盤改良径 ϕ 5.5mでは、石神井川護岸への影響が懸念された。

さらに、地盤改良の改良径 ϕ 5.5m、改良長36.85mの改良体では、1本あたりの施工日数が3日も要すことから、改良体の水平打継による品質低下も懸念された。

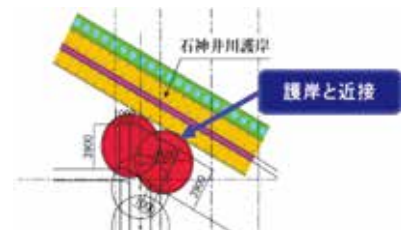


図9 石神井川護岸との近接状況

2.3 ケーソン連結部の掘削に伴う微小変位発生による止水効果の低下

ケーソン連結部の掘削に伴い、ケーソン躯体と地盤改良体の接続部に隙間ができることで、その隙間からの地下水の出水が懸念された。

このため、2次元FEM解析により掘削時のケーソン躯体変位量を算出し、既設ケーソン上部では最大3.23mm、下部では最大0.50mm変位する結果であった。

この躯体変位量により、地盤改良体部に発生する可能性がある微小変位量の解析も行い、1号ケーソン側で最大0.05mm、最小0.01mm、2号ケーソン側で最大0.44mm、最小0.39mmの変位が発生する結果であった。

3 技術的課題への対策

前述の技術的課題に対する対策を以下に示す。

3.1 ケーソン沈設に伴う地盤の緩み等による未改良範囲からの出水対策

ケーソン連結部の底部の地盤改良とケーソンとのラップ長を確保する改良径及び配置間隔について検討を行い、当初計画の直径 ϕ 5.5mの全円形、配置間隔3.75mを、直径 ϕ 5.5mの全円形、配置間隔を4.00mとした。また、各改良体の間には扇型の改良体を追加で造成し、L=1.50mのラップ長を確保することで、配置間隔の密集を避けることで、コラムインコラムの発生を防止した。さらに、ケーソン連結部の底部改良体の端部を半円形(図10)とすることで、側部改良体への噴射を避け、側部改良体に対するコラムインコラムも防止した。

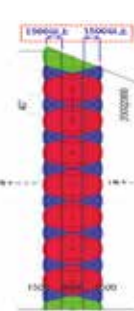


図10 底部地盤改良平面図

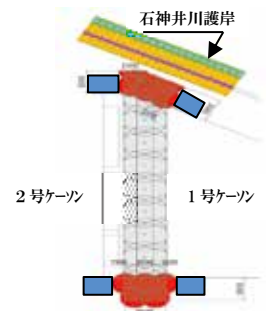


図11 側部地盤改良平面図

3.2 側部改良体施工に伴う石神井川護岸への影響防止及び品質低下対策

ケーソン連結部の側部改良体の改良径及び配置間隔について、石神井川護岸への影響防止として、改良径を当初計画のφ5.5mから改良体の造成本数とコスト等が増加するがφ3.6mに縮径し、噴射圧力等による影響を低減させた。

また、改良径を縮径することで、1本あたりの施工日数も1日以内に完了するため、改良体の水平打継も発生せず、改良体の品質低下も防止した。さらに、石神井川護岸への近接箇所は、半円形の形状(図11)とし、確実に止水するため、側部改良体端部へ補助的な薬液注入を行った。

3.3 ケーソン連結部の掘削に伴う微小変位発生による地下水の出水対策

ケーソン連結部の掘削に伴う微小変位発生による地下水の出水対策として、底部改良体の側部に補助的な薬液注入(図12)を追加した。

また、薬液注入工は、ケーソン連結部の底部改良体を損傷させないため、1号・2号ケーソンの底盤部からボーリングを削孔し注入した(写真2)。

なお、薬液注入の配置等は、ラップ長3.0m、注入深さ3.0mとし、1号ケーソン側にて87箇所、2号ケーソン側にて96箇所施工した。図13に底部薬液注入位置図を示す。

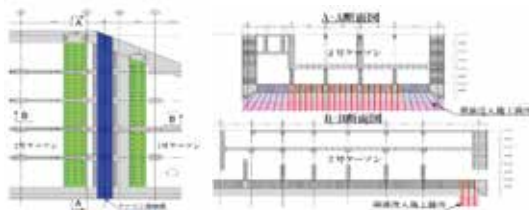


図13 底部薬液注入位置

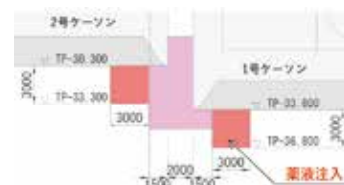


図12 底部薬液注入断面図



写真2 薬液注入箇所(口元管)

4 ケーソン連結部の施工

ケーソン連結部の掘削中に地下水が出水した場合、大深度の高水圧下で止水することは極めて困難であるため、緊急的対策としてケーソン連結部へ注水し、周辺地盤の安定を図る対応策を事前に準備した。注水する水を確保するため、事前に河川管理者と協議を行い、石神井川から河川水を利用した注水について許可を得るとともに、緊急注水用ポンプを配備した。

また、ケーソン連結部の掘削後に躯体築造を実施するため、躯体完成には長期の施工期間を要することから、改良体の劣化等による出水も懸念された。このため、下部躯体より順次築造する施工方法から底盤を築造しその後側壁躯体を先行して立ち上げる施工順序に変更することで側壁側からの出水リスクを最小限に抑えた。

なお、ケーソン連結部の掘削から側壁躯体の構築完了までの期間、ケーソン間の離隔、地盤高、地下水位等を日々計測し、施工状況をリアルタイムかつ綿密に管理した。

その結果、ケーソン躯体の変位量や微小変位等について想定した許容変位量内の施工を行い、懸念された地下水も出水せず、ケーソン連結部の築造を完了した。

5 おわりに

本工事では、ケーソン連結部の施工における万が一の事故やトラブル、その予兆が確認された場合の課題等を入念に確認しながら施工を進め、懸念された地下水も出水せず、ケーソン連結部の築造を完了した。

大深度の高水圧下による施工条件では、工事の難易度も高く事故やトラブルの発生確率も高くなり、その技術的な課題に対しては、高度な対応力や技術力が求められるため、今後も技術力の向上に不断の努力と研鑽を重ねていきたい。