

凸型の大型ニューマチックケーソン施工

清水建設(株) 正会員 遠藤 和雄 石井 洋一
大豊建設(株) 正会員 ○長田 裕美 橋本 喜祐

1. はじめに

本工事は、宮城県石巻市における雨水排水施設の整備の一環として、中央幹線・沈砂池ポンプ棟および設備一式を建設するものである。沈砂池ポンプ棟は、平面積 $3,361.5\text{m}^2$ (凸型) の国内最大規模のニューマチックケーソンであり、礫岩を主体とする地盤に約 35m の沈設を行った。

本稿では、凸型の大型ニューマチックケーソン施工における安定した沈設施工への取組み、礫岩掘削への対応について報告する。



写真-1 現場全体写真

2. 本工事における課題

2.1 凸型ケーソン沈設時の安定性

本工事のケーソンは、長辺長さ 89.70m 、短辺長さ 30.80m 、 41.25m の凸型であったため、沈設時に小四角部と大四角部で異なった挙動を示し、躯体にねじれや変形が生じることが懸念された(図-1)。

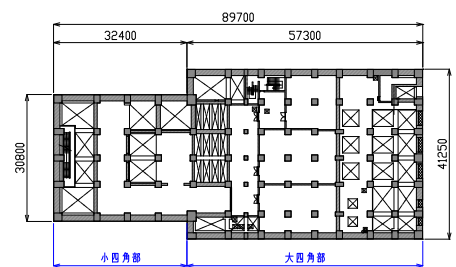


図-1 平面寸法

2.2 初期沈設時の過沈下、最終沈下時の沈下力不足

初期沈下時には躯体重量が約 $640,000\text{kN}$ であり、開口率が 58% 程度しか確保できない計算であり、さらに最終沈下時には約 $20,000\text{kN}$ の沈下力不足が課題であった(図-2)。

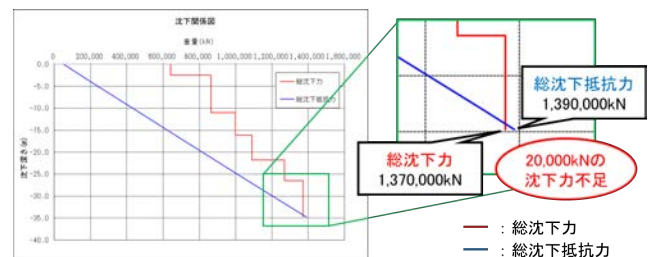


図-2 沈下関係図 (最終沈下時)

2.3 礫岩掘削への対応

ボーリング調査の結果、地層は概ね $\text{GL}-8.0\text{m}$ 付近までは N 値 $5 \sim 16$ 程度の細砂、 $\text{GL}-8.0\text{m}$ 以深は礫岩層であり、軟岩Iに分類された。礫岩は礫と砂、シルトが固結した岩盤であり、巨礫や転石が含まれるため、効率的な掘削が課題となった(図-3)。



図-3 ボーリング調査結果

3. 対策

3.1 複数台の傾斜計を設置

本ケーソンの形状の特異性(凸型・大型・細長)を考慮し、通常躯体の中央付近に設置される傾斜計に加え、小四角部、大四角部に1箇所ずつ、計3箇所に傾斜計を設置した(図-4)。傾斜計の値は、遠隔操作室および図内に表示し、傾斜を確認しながら掘削を進めることとした。

3.2 ウェルポイント工の併用

初期構築時ウェルポイントにより地下水位を 4m 低下させ、刃口据付地盤を 3m 下げた。沈設開始前に、原地盤までケーソン周面を埋戻し、ウェルポイントを止めて地下水位を戻すことにより、約 $54,000\text{kN}$ の揚圧力を作用させて過荷重を低減させた。また、埋戻しでケーソンを拘束することで初期沈下時の安定性を向上させた。最終沈下時にはウェルポイントを稼働させることにより、揚圧力を約 $130,000\text{kN}$ 低減し、沈下力不足対策とした(図-5)。

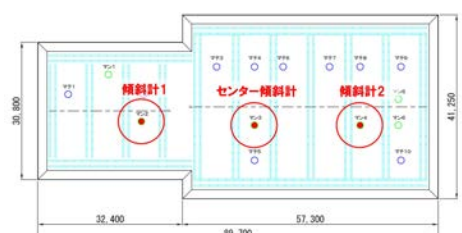


図-4 傾斜計設置箇所

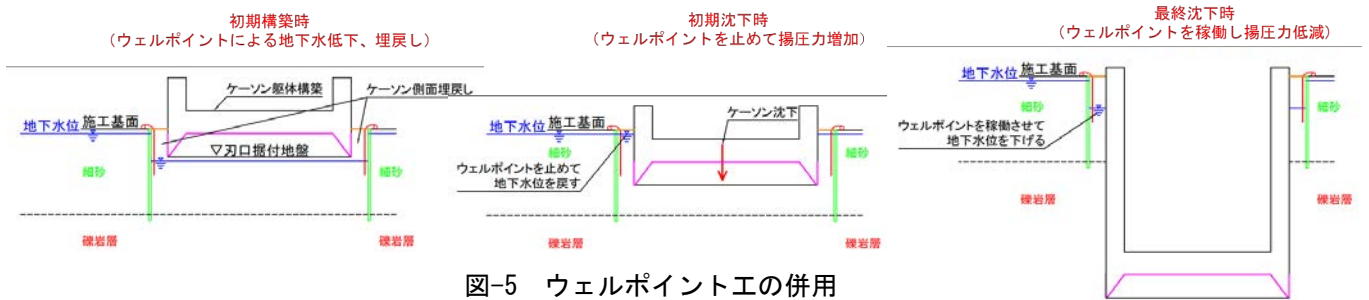


図-5 ウェルポイント工の併用

3.3 リッパバケット, リッパの使用

礫岩層の一軸圧縮強度試験結果より、 $3.6\text{MN}/\text{m}^2$ の地盤を掘削できる、リッパバケットおよびリッパを開発した。掘削機 24 台の内、躯体外周部の掘削機 8 機にリッパバケット、躯体内部の掘削機 7 機にリッパを配置する計画とした(図-6, 写真-2)。

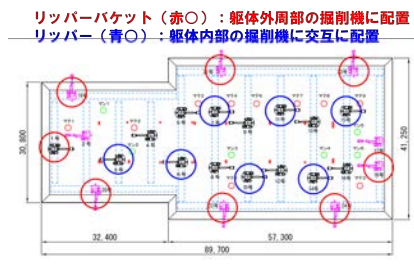


図-6 掘削機配置図



リッパバケット

リッパ

写真-2 リッパバケット, リッパ

4. 対策の結果

4.1 凸型ケーソン沈設時の安定性

沈下掘削全体を通して、小四角と大四角の傾斜の向きが向かい合う中折れ状態になる傾向が見られた(図-7)。小四角、大四角の各傾斜計の値が概ね 50mm を超えないよう傾斜の高い所から掘削し、中折れが大きくなるように掘削を進めた。本工事のような凸型ケーソンでは、傾斜計を 3 箇所を設置し、躯体の変形を把握しながら掘削を進めることが、安定した沈設施工に有効であった。

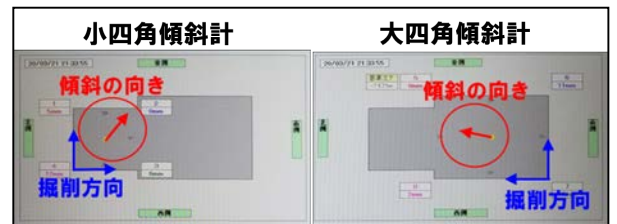


図-7 傾斜計表示(小四角, 大四角)

鉄筋応力計も併せて設置し、 $150\text{N}/\text{mm}^2$ を超える場合は掘削方法を検討することとした。初期沈下時が最も値が大きくなったが、 $110\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であり、過度な応力は見受けられなかった。

4.2 初期沈下時の過沈下、最終沈下時の沈下力不足

ウェルポイント工を併用したことにより、初期沈下時に過沈下することなく開口率を 70% 確保することができた。また、最終沈下時は揚圧力の低減により沈下力を確保でき、安定した沈設作業をすることができた。

4.3 礫岩掘削への対応

リッパバケットおよびリッパを使用することにより、礫岩層でも順調に掘削することができた。特に躯体外周部に配置したリッパバケットは、礫岩層のほぐしと土砂の積込ができるため、効率的に掘削を進めることができた。

5. おわりに

本工事は、国内最大規模のニューマチックケーソン工事であり、さらに凸型という特殊な形状であったが、様々な取組みにより、最終沈設精度は所定の規格値内で沈下完了することができた。一般的な矩形ケーソンは沈設中の角部で刃先反力が大きく出る特徴があるが、今回の凸形状の場合には大小四角形の境界部でもこの傾向が認められた。今後の凸型ケーソンの設計においては、スパン中央に支点を考慮すること、さらに、長辺側のねじれの影響なども併せて考慮することでより合理的な設計が可能となり、鉄筋量削減などにも繋がると考える。

キーワード：大型ニューマチックケーソン、凸型、開口率、礫岩

連絡先：〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 2-1-2 NMF 仙台青葉通りビル 3F 大豊建設株式会社東北支店 TEL022-224-1581