

3次元FEM解析を用いたニューマチックケーソンの施工検討

清水・竹中土木・足立特定建設共同企業体 正会員 關 浩太郎 正会員 野田 耕平
 清水建設株式会社 正会員 波多野 正邦 正会員 ○松村 直樹
 地方共同法人 日本下水道事業団 東海総合事務所 正会員 板津 央佳 非会員 藤井 拓己

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は、地上でケーソン躯体（側壁、梁、柱、スラブ、壁）を構築しながら、ケーソン躯体の底版下に設けた作業室内に圧縮空気を送り込み地下水の侵入を防ぎながら地山を掘削して躯体を沈設する工法である。本工法の工程を決める要因は、「掘削沈下工」と「躯体構築工（鉄筋工・型枠工・コンクリート工）」に大別でき、ポンプ場等の複雑な構造を有する場合、「躯体構築工」の方が工程に与える影響が大きい。このため、躯体構築工程を短縮することがケーソン早期沈設のためには重要となる。

本稿では、全体工程の短縮及びケーソンの早期着底を目的として、従来ケーソンの検討に用いられることの少ない3次元FEM解析により上記に着目した施工方法を検討し、結果を反映した実施工を行ったのでこれを報告する。

2. 検討の概要

名古屋市広川ポンプ所は、側壁内部に梁及び柱とスラブ・壁を有する躯体寸法：約30m×約52m、深さ約65mの鉄筋コンクリート構造物であり、ニューマチックケーソン工法により施工した（図-1, 2）。

本工事では、全体工程の短縮及び関連工事との調整からケーソンの早期着底が必要とされた。そこで工期のクリティカルとなる躯体構築のうち B6FL～B1FL

のスラブと壁をケーソン着底後に構築するものとして、ケーソン沈設時の構造安全性照査及び補強を実施した（図-2, 3）。

3. 3次元FEMによるモデル化

本検討では、着底後に施工するスラブ及び壁を省略した状態で沈設するケーソンの応力状態を現実に即して評価するために、3次元FEMを用いて側壁及び底版をソリッド要素、梁と柱を梁要素でモデル化した。

解析モデル作成時には、施工性確認のために事前に作成していた3次元CADを活用した（図-3）。

設計荷重については原設計を踏襲し、主動土圧及び水圧、施工時に作用する偏土圧、揚圧力とした。偏土圧は長辺方向・短辺方向それぞれに作用させた2ケースとした（図-4）。

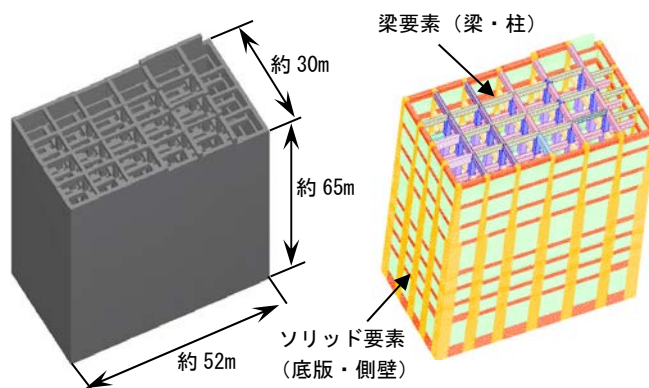


図-3 モデル図（左：3D-CAD，右：3次元FEM）

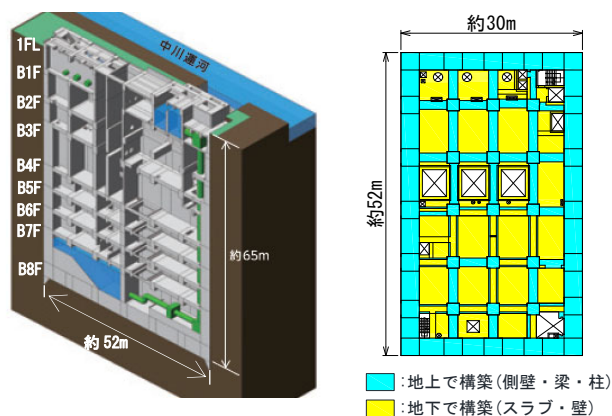


図-1 3次元イメージ図

図-2 平面図（B4FL）

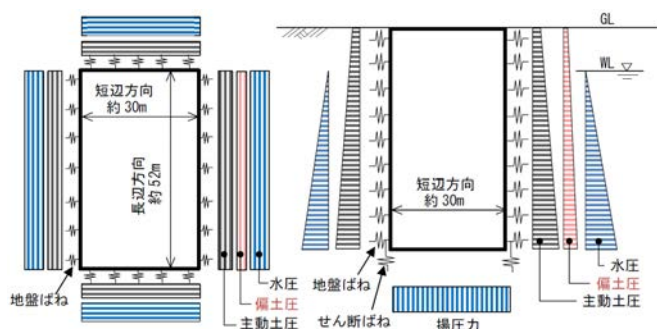


図-4 荷重図（左：平面図，右：断面図）

キーワード ニューマチックケーソン工法，3次元FEM解析，工程短縮

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株) 土木技術本部 設計部 TEL: 03-3561-3897

4. 解析結果

FEM 解析により得られた応力度を断面力に変換したコンター図を、3次元 FEM 解析結果の一例として図-5, 6 に示す。

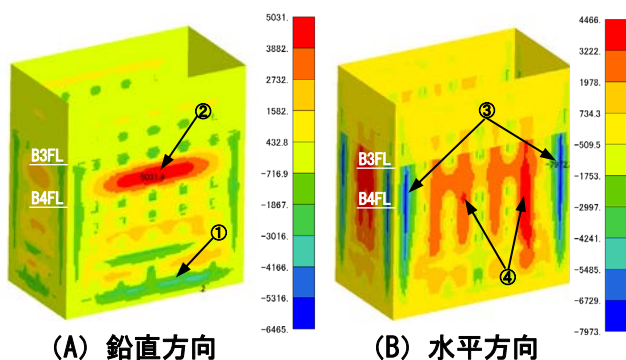


図-5 曲げモーメントコンター図 (側壁)

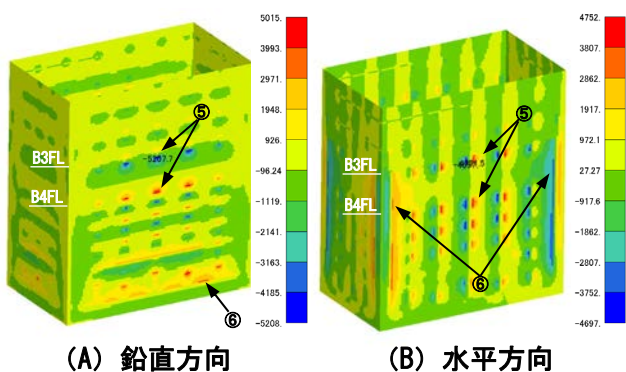


図-6 せん断力コンター図 (側壁)

解析で得られた結果は以下の特徴を有した。

- 側壁に発生した曲げモーメントについて (図-5), 鉛直方向には①側壁基部と②側壁中央部, 水平方向には③側壁隅角部と④側壁中央部に大きな値が発生した。せん断力について (図-6), ⑤側壁と梁の接合部周辺や⑥側壁同士, 側壁と底版の隅角部に大きな値が発生した。
- 梁について, B3FL~B4FL に大きな軸力が発生するとともに, 鉛直方向では B3FL 側壁中央との接合部, 水平方向では B3FL~B6FL の隅角部にそれぞれ大きな曲げモーメントとせん断力が発生した。
- 沈設時にスラブを構築しないことで, スラブに接する側壁, 梁がより大きな荷重を負担し, 原設計で考慮していなかった水平方向の断面力に対する検討が必要になった。

5. 補強計画

構造安全性照査の結果, 一部の部材に許容値を超える応力度が生じたため仕様の変更が必要になった。

側壁には水平方向の断面力に対して軸方向鉄筋及

びせん断補強鉄筋の追加が必要となった (図-7)。また, 梁にはコンクリートの圧縮に対してコンクリート設計基準強度の増加, 水平方向の断面力に対して軸方向鉄筋及びせん断補強鉄筋の追加が必要となり, それぞれ実施した。

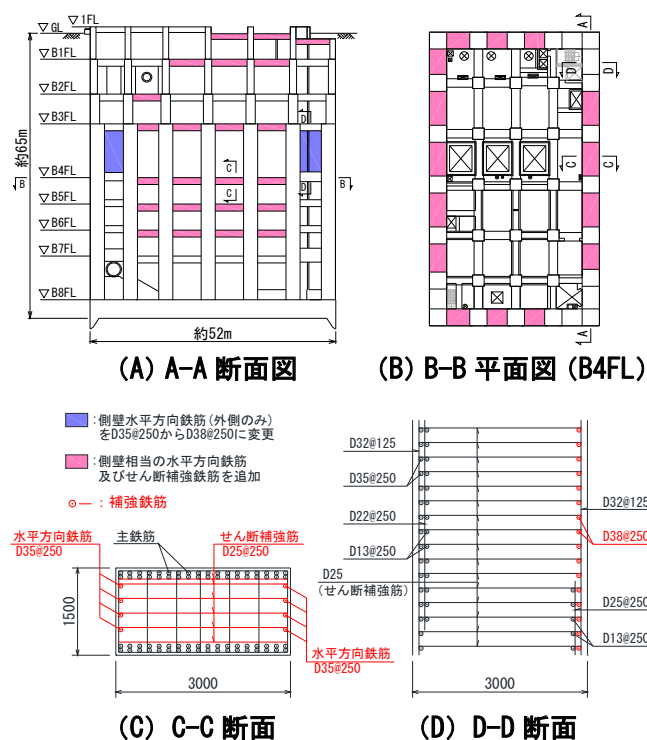


図-7 側壁・梁の補強例

6. 施工管理

(a) 計測管理

施工にあたり, 発生断面力が大きくなると予想される箇所には鉄筋応力計を設置して, ケーソン沈設に伴い変化する応力度が許容値以下であることを確認した。計測の結果, 解析で得られた最大応力度よりも実際に鉄筋に生じた応力度は十分小さな値であった。

(b) 施工ステップと実施の効果

地上での側壁・梁・柱の構築と並行して, 地下においてスラブ・壁の構築を実施することで, 全体工程を約 2 か月短縮することができた。

また, 当初計画では 1 フロアを構築するサイクルは約 2.0 か月程度を要するのに対して, 実際の施工サイクルは平均約 1.5 か月で進み, ケーソン着底までの日数を全体で約 3.0 か月短縮することができた。

7. おわりに

本報告では, ニューマチックケーソン工法の施工にあたり 3次元 FEM 解析を用いて検討し工程短縮を図った事例を報告した。今後, 本稿で述べた実績が類似構造検討の一助となることが出来れば幸いである。