

# ニューマチックケーソン工法による 海上橋梁下部工事の施工

## 川崎港臨港道路東扇島水江町線（MP4）橋梁下部工事

遠藤 智・香川 純成

川崎港臨港道路東扇島水江町線の橋梁工事では、水江町側主塔基礎部分にあたるMP4橋脚について、ニューマチックケーソン工法を採用し、施工を実施した。平面寸法約500m<sup>2</sup>、高さ約67mの躯体を構築しながら約60mの沈下掘削を行い、掘削完了時の躯体先端深度は「KP-62.975」また最大気圧は「0.586Mpa」、その精度は合成偏心量「23mm」、刃口深度誤差「-3mm」で工事を完了させた。この極めて稀な大深度ニューマチックケーソン工法の施工において、軟弱粘性土層への対応、レーザーセンサを用いた開口率の自動測定について施工内容とともに紹介する。

キーワード：橋梁下部工、海上施工、ニューマチックケーソン、軟弱地盤、大深度

### 1. はじめに

川崎港は東京港と横浜港の間に位置し、石油化学・鉄鋼等の製造業や火力発電所等、エネルギー関連産業の集積が進み、国際コンテナ戦略港湾である京浜港の一翼を担っている。中でも川崎港の中心となる東扇島地区にはコンテナターミナルや冷凍冷蔵倉庫郡が集積し、今後さらなるロジスティクス機能の充実に伴い交通需要の増大が見込まれる。

また、平常時には公園として利用される基幹的広域防災拠点が整備されており、災害時には緊急物資輸送の中継基地や広域支援部隊等の一時集結地・ベースキャンプとして機能することになる。

川崎港東扇島～水江町地区臨港道路の整備事業は、これまで東扇島と内陸部を結ぶ道路が川崎港海底トンネルの1ルートであったところを多重化することにより、川崎港と背後圏とのアクセスを向上させ物流機能を強化すること、および基幹的広域防災拠点と背後圏

を結ぶ緊急物資輸送ルートを新たに拡充することにより、首都圏の防災機能をより強化することを目的とする（写真-1、図-1）。

川崎港東扇島～水江町地区臨港道路の主橋梁部は、京浜運河を航行する船舶の航行幅として400mを確



写真-1 施工位置図

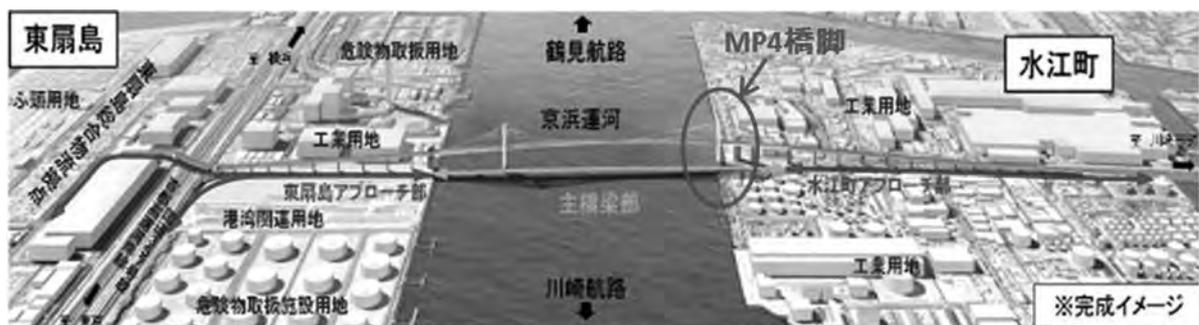


図-1 川崎港東扇島～水江町地区臨港道路 橋梁完成予想図

保するため、中央径間長 525 m の斜張橋となり、中央径間の大きさでは全国で第 3 位、東日本では第 1 位の長大斜張橋となる。

このうち MP4 工事は、水江町地区護岸付近の海上に主塔部の橋梁下部工を施工する工事であり、MP4 橋脚の基礎にはニューマチックケーソン工法が採用されている。海底地盤には厚い軟弱粘性土層（厚さ約 26 m）が堆積しており、支持層は海面下 -60 m 以深に存在することから、掘削深度 59.975 m の大深度ニューマチックケーソン工事となった（写真-2, 3）。



写真-2 施工状況



写真-3 施工状況

## 2. 工事概要

### (1) 工事概要

工事名称 川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部 (MP4) 橋梁下部工事  
 工事場所 神奈川県川崎市川崎区京浜運河  
 発注者 国土交通省 関東地方整備局 京浜港湾事務所  
 施工者 大成・東洋・大豊特定建設工事共同企業体  
 工期 平成 27 年 3 月 19 日～平成 31 年 1 月 31 日

### (2) 工事内容

- ・鋼杭工／仮設栈台工
- ・築島工（鋼管矢板／鋼矢板）
- ・ニューマチックケーソン工
- 沈下掘削工 掘削深さ約 60 m
- 基礎構築工 28 m × 18 m × 高さ 56.0 m
- 橋脚構築工 28 m × 16 m × 高さ 11.1 m
- ・最大作業気圧 0.586 MPa

MP4 橋脚の基礎部は隅切を設けた矩形で、作業室部が 28.1 m × 18.1 m、側壁部、頂版部が 28.0 m × 18.0 m であり、高さは作業室部（作業室スラブを含む）が 4.5 m、側壁部が 47.5 m、頂版部が 4.0 m の 56.0 m

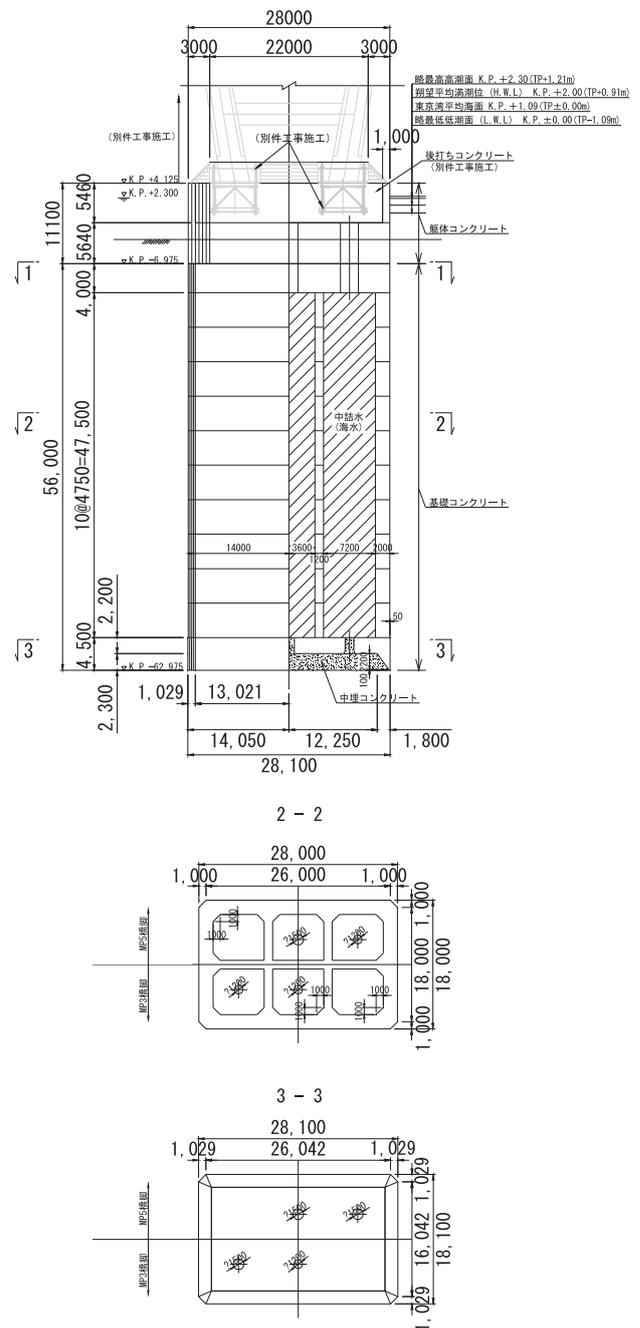


図-2 MP4 橋脚下部構造図

である。その上の橋脚部は16.0 m × 28.0 mの矩形で、全高11.1 mの内、上部5.46 mは壁厚1.0 mのパラベット構造となっている（図-2）。

MP4 橋脚は海上に施工する水中ケーソンである。平均水深は5.5 mと比較的浅い箇所であり、また海底表層の埋土層は非常に軟弱であるため、ケーソン初期構築の方法として築島仮締切り工を採用するとともに、埋土層の上部を山砂・碎石に置換する方法を採った。

また、ニューマチックケーソン工の施工ヤードとして仮設栈台を設置した（写真-4, 5）。



写真-4 仮設栈台の海上施工



写真-5 築島締切り工の施工

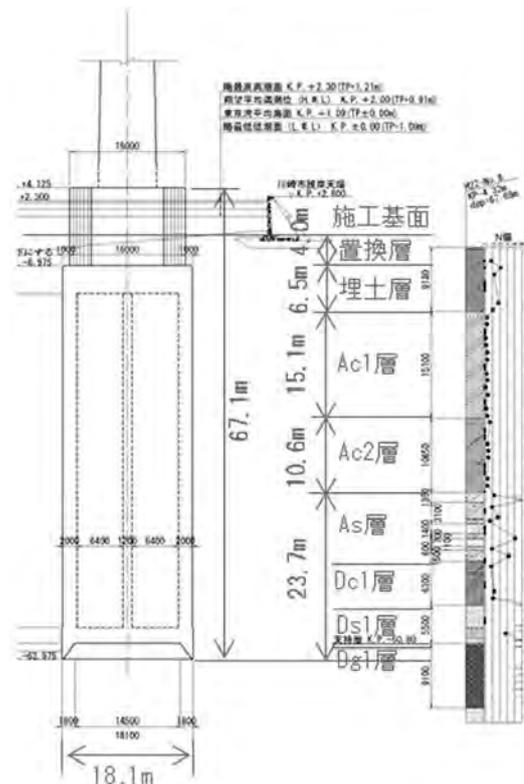


図-3 AC層位置図

—3)。Ac1層およびAc2層のN値は2～4であり、事前のボーリング調査より得られた粘着力はAc1層で90 kN/m<sup>2</sup>、Ac2層で100 kN/m<sup>2</sup>であった。この設計値よりケーソンの開口率を求めると62.3%となり、地盤改良などの補助工法は必要としない。しかし、先行して沈下掘削をしている隣接工事では、粘着力は想定していたよりも小さいことが確認されており、ケーソンの過沈下や傾斜を防止する上で、設計と実施工の差異について検証が必要となった。

既存文献等によれば京浜地区の粘性土層は、1950年前半から1970年台中盤に大量に汲み上げられた地下水と埋立てによる圧密により過圧密状態にあり、乱されていない状態での強度に対し、乱された状態では著しく強度が低下する超鋭敏な粘性土である可能性が高い。そこでケーソン沈設時の動的な粘着力の変化を把握するため繰返し一面せん断試験を行い、測定されたせん断応力を粘着力として考慮することとした。試験の結果、繰返し回数1～3回でせん断応力は減少し、6回以降はおよそ20 kN/m<sup>2</sup>の値でほぼ一定となったことから、これは地盤を完全に乱した場合の粘着力は20 kN/m<sup>2</sup>程度であると推定できた（図-4）。この試験結果に基づきケーソン沈設時の刃口直下地盤の粘着力として、地盤が概ね軟化した状態に相当する繰返し回数2回目の35 kN/m<sup>2</sup>を採用することとし、対策を行った。

### 3. 軟弱粘性土における過沈下対策

#### (1) 粘性土の評価

掘削地盤は、事前のボーリング調査結果から、軟弱な粘性土層（厚さ約26 m）が確認されていた。この軟弱粘性土層でニューマチックケーソン工法を実施する場合、地盤反力の不足による過沈下が懸念された。

施工基面から4.0 mが置換層で、6.5 m埋土層があり、その下に沖積層のAc1層、Ac2層が分布している（図



術」を開発・導入する事により、定量的かつ即時に算出した開口率を把握する事が可能となり、沈下掘削の精度向上に大きな成果をもたらした。

(1) 自動開口率測定の概要と測定方法

ケーソン作業室内の掘り残し土量可視化技術は、掘削機前方に設置したレーザーセンサを使い、遠隔操作にてケーソン刃口周りの掘削形状の計測を行い、その結果を基に掘り残し土量を測量し、モニター上に可視化する。

- ①レーザーセンサを設置した掘削機を所定の位置に停止
- ②掘削機を順次旋回・停止させ、鉛直断面を約30度毎に測定
- ③作業室内全体（基本12断面の掘り残し形状）を測定後、データを3D化して掘り残し土砂の平面・断面形状を表示し、開口率を計算

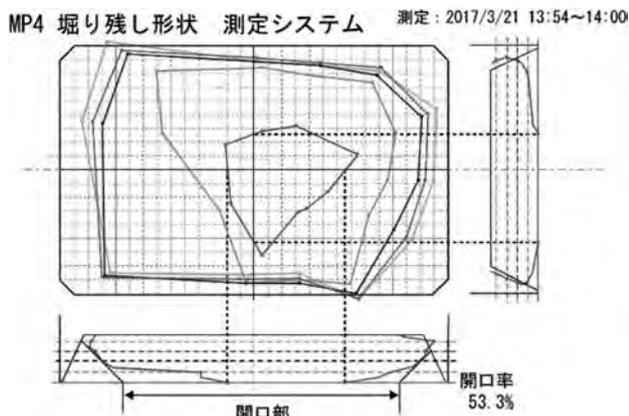
掘削機に設置した状況（写真一七）と測定結果出力画面を示す（図一七）。

(2) 自動開口率測定の効果

作業室内での測量を想定した場合、本工事の最大深度65mでは、高気圧の作業室内（最大理論気圧0.65MPa）への入退室の加減圧管理に103分、測量に約



写真一七 レーザーセンサ設置状況



図一七 測定結果出力画面

開口率のモニタ 掘削状況



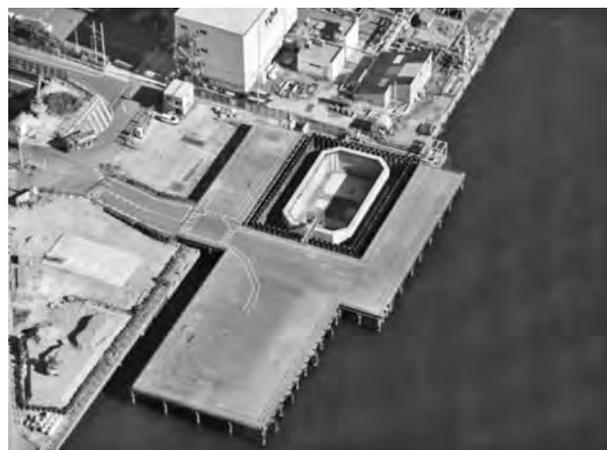
写真一八 可視化したデータを活用した掘削管理

30分、計130分以上を要することになり、また作業員の減圧症のリスクが伴うため、安全上の問題もあったが、本システムの導入により、高気圧下での作業と減圧症発生のリスクを減らすことができた。また、計測は1箇所当たり5秒、掘削機旋回10秒のため、全周12箇所の計測から開口率算定・可視化まで3~4分と短時間で開口率を正確に把握できる。よって、掘削に伴って支持力が減少（開口率が增大）し、沈下のタイミングが近い場合は、掘り残し状況をリアルタイムに把握～刃口反力の増加状況を注視しながら刃口周りの掘削範囲をオペレータに伝達することで、沈下精度・安全性に影響する異常沈下の防止に役立った（写真一八）。

5. おわりに

海上でのニューマチックケーソン工法による橋梁下部工事の施工について紹介した。

軟弱粘性土層を施工する場合、1ロットあたりの施工高さを分割することにより、過沈下や傾斜を抑制し施工を実施することができ有効であった。



写真一九 工事完了写真

レーザによる開口率の自動測定は、高圧下での作業と減圧症の発生リスクを減らすことができた。また、掘り残し状況をリアルタイムに把握でき、沈設精度の確保に役立った。

本工事のニューマチックケーソン工は、平成28年8月から開始し、平成30年10月に圧気作業が完了した。平成30年12月に後打ちコンクリートを打設して、平成31年1月に無事竣工を迎えることができた（写真-9）。

### 謝 辞

最後に、本工事の施工にあたりご指導・ご協力をいただいた関係者の皆様に感謝の意を表します。

JCMA



#### [筆者紹介]

遠藤 智（えんどう さとし）  
大成建設㈱  
土木本部機械部  
課長



香川 純成（かがわ よしなり）  
大成建設㈱  
横浜支店土木部  
作業所長

