

軟弱粘性土層におけるニューマチックケーソンの過沈下対策について

荒井 淳希

関東地方整備局 京浜港湾事務所 第二建設管理官室（〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい6-3-7）

川崎港の臨海部と内陸部を結ぶ川崎港臨港道路東扇島水江町線の橋梁工事では、斜張橋の主塔部分にあたるMP4橋脚の基礎構築について、ニューマチックケーソン工法を採用し、施工を実施した。ケーソン基礎を沈設していく施工箇所に、軟弱粘性土層（厚さ約26m）が存在し、地盤の反力の不足による過沈下が懸念されたため、1ロットあたりの施工高さを半分にし、ニューマチックケーソンの沈下力を低減する対策を実施した結果、過沈下や傾斜を抑制し、安全に施工を実施することができた。

キーワード 川崎港，ニューマチックケーソン，軟弱粘性土層，過沈下対策

1. はじめに

当事務所では、京浜港としての物流機能の強化、臨海部の交通渋滞の緩和、大規模災害時のルート多重化を図るため、全工区約3.0kmの川崎港臨港道路東扇島水江町線の臨港道路整備事業を実施している（図-1）。このうち、主橋梁部は、京浜運河の航路を確保するため、5径間の斜張橋として整備を行っており、完成すれば斜張橋では東日本最大の支間長（525m）となる（図-2）。橋梁の2本の主塔は海上に位置し、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。

ニューマチックケーソン工法は、沈下力（自重・水荷重）と沈下抵抗力（揚圧力・周面摩擦力・刃先抵抗力〔地盤反力〕）とのバランスを取りながら沈下掘削を行い、ケーソン基礎を沈設していく工法であるが、施工箇所には軟弱粘性土層（厚さ約26m）が存在し、地盤反力の不足による過沈下が懸念された。

本工事では、事前に軟弱粘性土層の施工前に対策を検討のうえ実施し、安全に施工を実施した。

2. 工事概要

MP4橋脚の基礎工事で採用した、ニューマチックケーソン工法とは、ケーソン下部の作業室内（掘削作業を行う空間）に水圧と同等の圧縮空気を送気し、内部の水（地下水）を排出することにより、ドライな作業環境で底面掘削を実施し、ケーソン基礎の構築（コンクリート



図-1 施工位置図

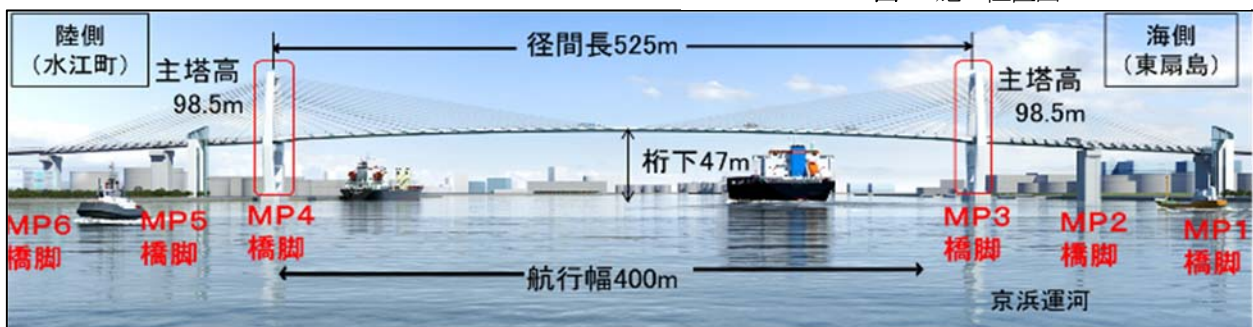


図-2 川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部（完成予想図）

の打継)により、自重で作業函を沈下させ橋脚等の基礎を構築する工法である。(図-3)

本事業における橋梁基礎は、日本最大級の掘削深度であり、MP4のニューマチックケーソンは、基盤層が地下約60mに位置しているが、この基盤層まで掘削し、基礎を構築している。なお、掘削作業等においては、従来のモニターの映像を見ながら遠隔操作を行う方法から、操作室においてヘッドマウントディスプレイを装着して遠隔操作を行う方法を一部採用し、効率的な掘削を実現している。(写真-1, 2)

3. 軟弱粘性土層への対応

本工事では、事前のボーリング調査結果から、厚さ約26mの軟弱粘性土層(図-4)が確認されていた。この軟弱地盤層でニューマチックケーソン工法を実施する場合、地盤反力が不足し、ケーソンが想定以上に沈下する過沈下が起こる可能性が懸念された。

そこで、ケーソンの沈設作業に入る前に、ほぼ同じ土層であり先行していた別工区のケーソンの沈設データの解析を実施した。

その結果、同一粘性土層での施工時に、当初想定していた地盤反力が得られない鋭敏比の高い土質である可能性があることが分かった。

なぜ、地盤反力が得られないのか、さらに検討を進めたところ、ニューマチックケーソンの沈設の過程では、先端(刃口付近)(図-5)の掘削時に地盤が乱されることで当初想定していた地盤反力が確保できない可能性があることが推察された。通常、設計時のボーリング調査は、道路橋示方書に基づき、乱されない土で一面せん断試験を実施するが、今回の施工を鑑みた場合、乱された地盤の地盤反力を推定することが必要であると判断し、

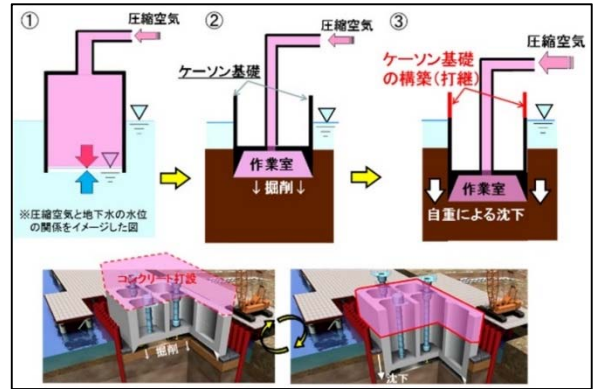


図-3 ニューマチックケーソン工法



写真-1 ニューマチックケーソン基礎構築状況



写真-2 ケーソン作業室内掘削状況及びヘッドマウントディスプレイ装着写真

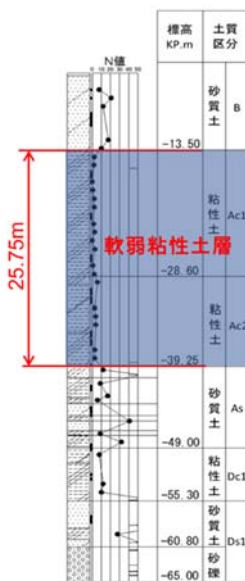


図-4 ケーソン施工箇所地層

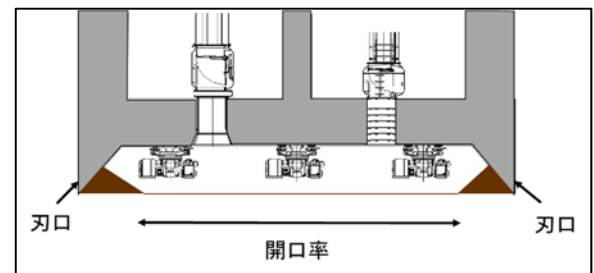


図-5 ケーソンの先端(刃口)部分

当該範囲の着手前に、繰り返し一面せん断試験を実施した。

この結果、想定していたよりも地盤の粘着力が小さくなる事が判明したが、粘性土層の場合、地盤反力の大きさは、粘着力の評価と相関性があることから、必要な地盤反力が得られず、ニューマチックケーソンの施工に問題が生じることが分かった。

今回実施した繰り返し一面せん断試験の結果は(図-6)、Ac1, Ac2層ともに、せん断力($\phi=0$ なので粘着力に相当)が、当初の80~110kN/m²が5回で約1/4の20kN/m²程度に低下・収束することが分かった。

また、先行していた別工区のケーソンの沈設データの解析データから同一粘性土層の粘着力は33~39kN/m²であることが想定できた。この2つのデータを総合的に考慮し当該粘性土層の粘着力は35kN/m²であると仮定した。

4. 施工上の課題と対策の検討

(1) 施工上の課題

今回、施工箇所の粘性土層について、検討した結果、粘着力が想定以上に小さくなる結果となった。

この結果をもとに、本工事の施工上の課題について、以下の点を上げた。

(a) 必要な開口率の確保が困難

開口率とは、掘削を行うために必要な作業空間のことで、掘削面積に対する掘残し面積の比率のことである。

(図-7)

粘着力が低いと、必要な地盤反力(刃口反力)が得られず、過沈下し開口率が下がるため、掘削機械の施工範囲が狭まり施工ができなくなる。

(b) 過沈下や傾斜の発生

地盤の粘着力が下がると躯体が安定しなくなり、過沈下や躯体の傾斜が起き、ニューマチックケーソン基礎の構造が崩壊し、事業の進捗に重大な影響を与える可能性がある。(図-8)

(2) 対策の検討

本工事では、施工上の課題を解決するため、施工者や有識者委員会での審議を行った結果、従来の対処法の、開口率を小さくして施工を行うのではなく、ニューマチックケーソンの沈下力を低減させるため、刃口が軟弱粘性土層を通過する範囲の1ロットあたりの施工高さを当初計画の半分として施工する「ハーフロット」を採用し、施工することにした。(図-9)

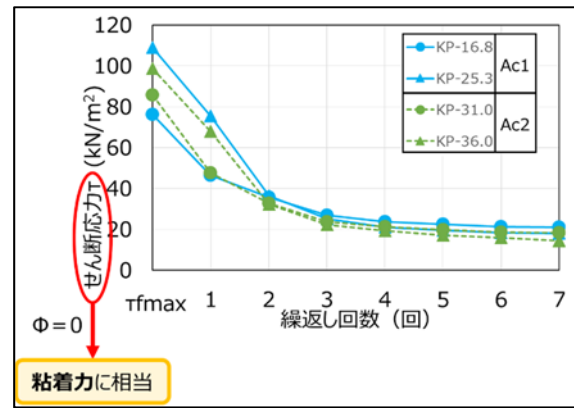


図-6 繰り返し一面せん断試験結果 1)

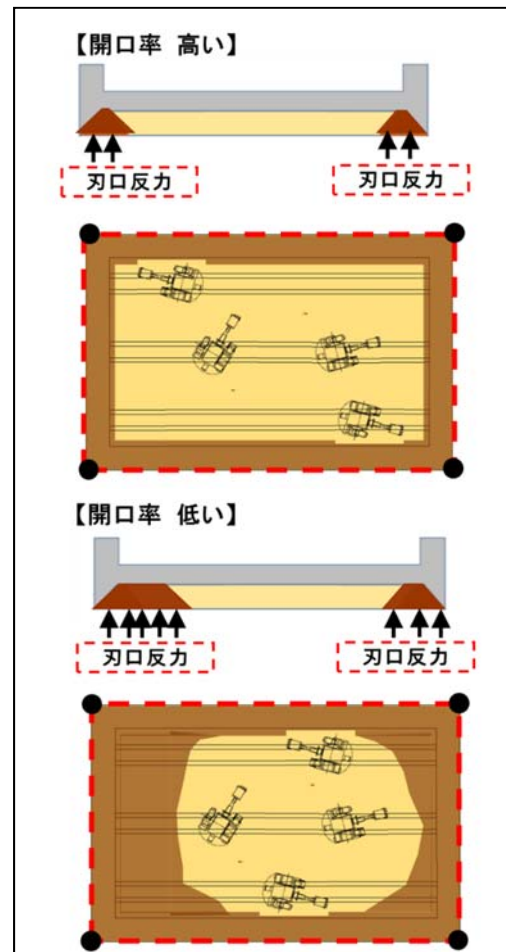


図-7 開口率

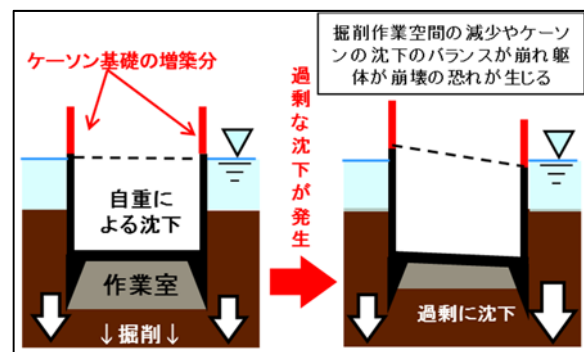


図-8 過沈下や傾斜のイメージ図

5. 軟弱粘性土層での施工結果

本工事では、軟弱粘性土層での「ハーフロット」での施工を採用したことにより、過沈下や傾斜を抑制し、開口率も狭めることなく施工を実施する事ができた。

「ハーフロット」で軟弱粘性土層を施工中に当該土層の掘削面から試料を採取して試験を実施したところ、刃口から1.95m地点で採取した試料(図-10中の▲1)では、粘着力が低下していることが確認された。(図-10)

6. おわりに

今回の工事では、軟弱粘性土層でのニューマチックケーソン工法の施工において、何が起こるかをあらかじめ検討し対策を行うことで、施工を途中で中断することなく施工できた良い例であると考えます。

ニューマチックケーソン工法による、軟弱粘性土層を施工する場合は、繰返し一面せん断試験での事前の粘着力評価には適しており、またその対策としての「ハーフロット」での施工も有効な手段であることが確認できた。

本工事の実績が今後の工事の参考として活用されれば幸いです。

参考文献

- 1) 土木学会：乱された地盤の支持力低下をロット割に反映したケーソンの沈設管理

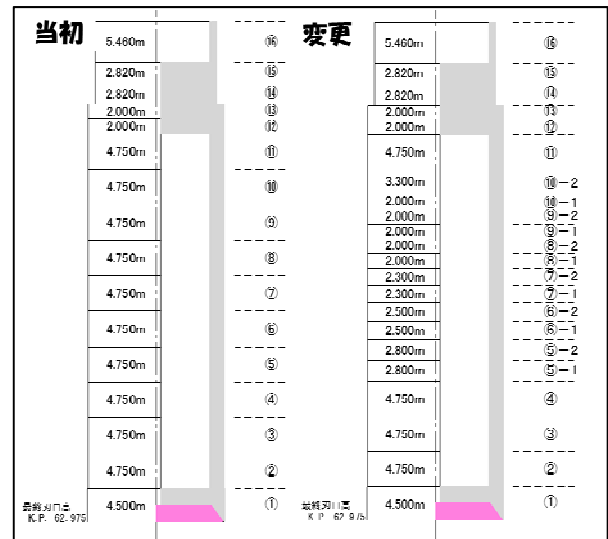


図-9 ロット割の変更

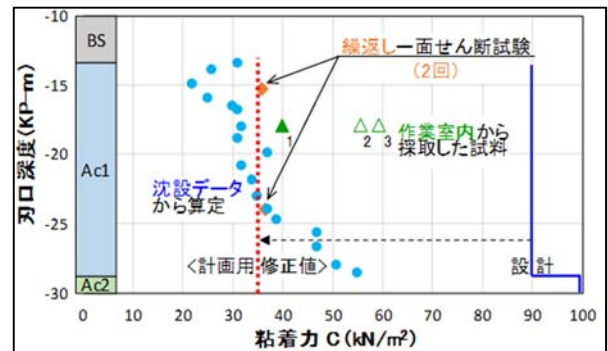


図-10 粘着力の推定・検証の結果 1)



写真-3 MP4 橋脚基礎施工後