

大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設に伴う周面摩擦の増加と対策

東京都下水道局 第一基幹施設再構築事務所 青山 繁
 東京都下水道局 第一基幹施設再構築事務所 小崎 敏之
 大林組 正会員 ○山村 拓郎, 甘サ 嘉章
 大林組 正会員 山下 徹, 杉江 茂彦, 辻 奈津子

1. はじめに

千住関屋ポンプ所は、東京都足立区千住地域に位置し、近年増加している局地的豪雨の発生などに伴う雨水流出量の増大に対応するための新設雨水ポンプ所である。本工事は、当該ポンプ所の築造工事の一部であり、西側ケーソン（2,614m²）と東側ケーソン（2,289m²）の大型ニューマチックケーソン 2 函を離隔 2m の近接した状況で同時沈設し、工期短縮を図るものである（図-1）。本報告では、2,000m²を超える大型ケーソンの近接同時沈設と言う前例のない施工条件下で生じた問題点とその改善策について述べる。

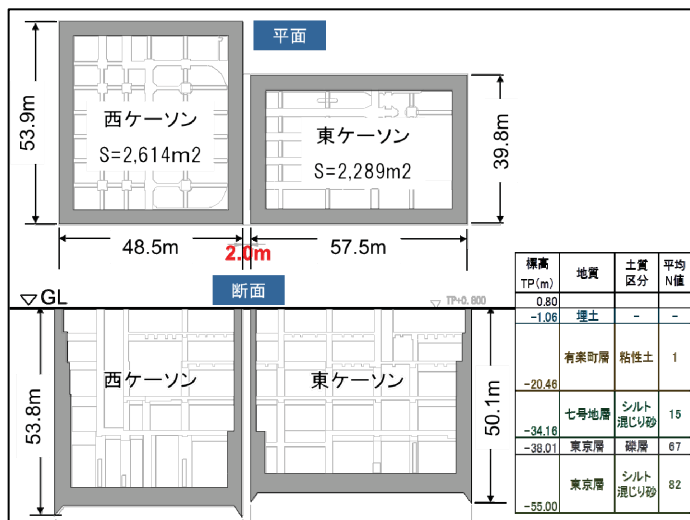


図-1 平面図・断面図・地質図

2. 当初設計

ニューマチックケーソンは、沈下力（躯体自重 W ）と沈下抵抗（周面摩擦力 F + 揚圧力 P + 刃先抵抗力 Q ）の力関係において、

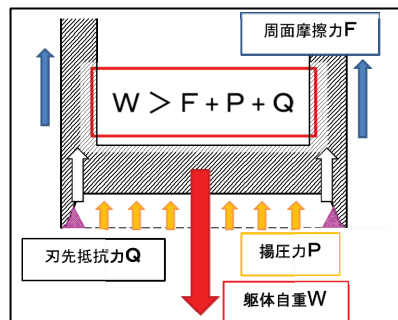


図-2 沈下バランス図

沈下力が沈下抵抗を上回ると沈下する（図-2）。設計では、最終沈下状態においても、沈下力が沈下抵抗を上回っていることから、特に対策（水荷重等）を必要とせずに最終沈下まで行える予定であった。

3. 問題点

累積沈下量が 15m を超えた辺りから、両ケーソン間の壁に作用する周面摩擦・土圧の値が増加した（図-3）。土圧の計測結果は、設計値の 2 倍、周面摩擦についても設計値を大きく上回る値であった。

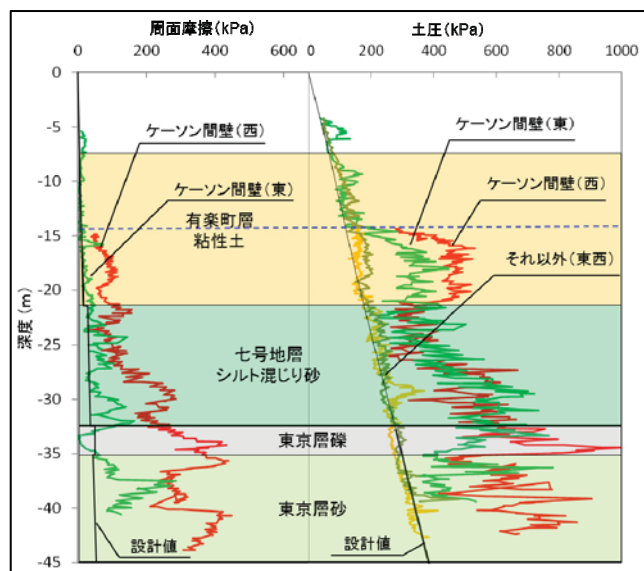


図-3 計測データ（周面摩擦・土圧）

最終沈下を予想すると、西側ケーソンで 669,300kN の沈下力不足となり、沈下不能に陥ることが懸念された。

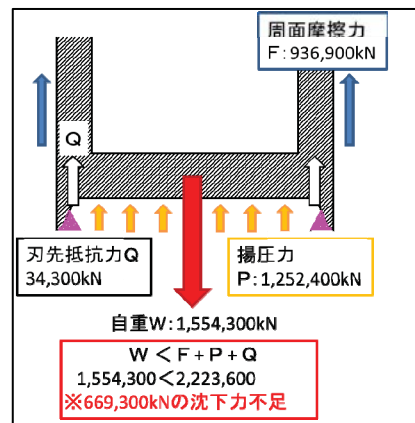


図-4 最終沈下バランス図（想定）

キーワード ニューマチックケーソン 同時沈設 ダイレイタンスー 周面摩擦力 高圧噴射攪拌

連絡先 〒120-0038 東京都足立区千住関屋町 19-1 (株)大林組 千住関屋 JV 工事事務所 TEL 03-5284-7167

4. 問題解決のための着目点

ケーソン間の土圧および周面摩擦の増大の原因について検討した。ケーソン間の地盤は、両ケーソンに拘束された状態のため、他辺よりケーソン沈下によるせん断を多く受ける。また、土圧が増大している深度の地盤は高過圧密な粘性土および密に締め固められた砂・礫層であることから「せん断による体積膨張（正のダイレイタンス）」が発生していると考えられた（図-5）。そこで、ケーソン間で実測された土圧の再現解析を行った（図-6）。一般的な線形弾性モデルを用いて解析を行った結果では、初期土圧付近に留まり、ケーソン間の土圧を再現

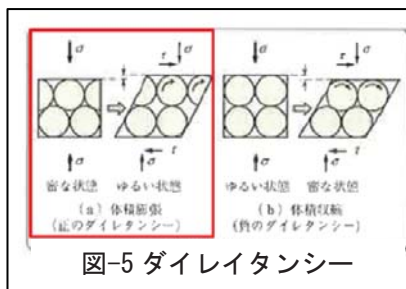


図-5 ダイレイタンス

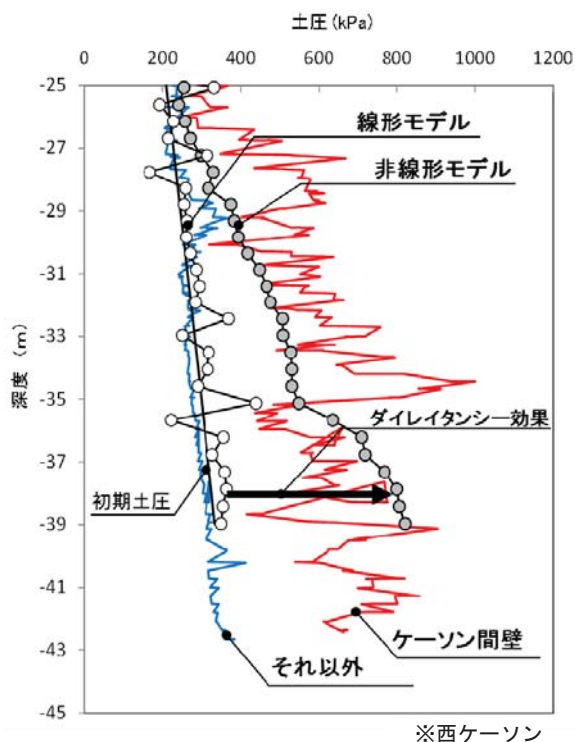


図-6 解析結果

することはできなかった。そこで、地盤のダイレイタンスを考慮できる弾塑性モデル（Drucker-Prager の破壊規準）を用いて解析を行った結果、ケーソン間で壁に作用する実測値レベルの値を再現することができた。以上の解析結果から、東西ケーソン間の土圧の増加と周面摩擦の増大は、ケーソン間の土砂が拘束下において繰り返しせん断を受けることで、正のダイレイタンスが発生し、

体積膨張を起こしたことが要因と考えられる。

5. 改善策

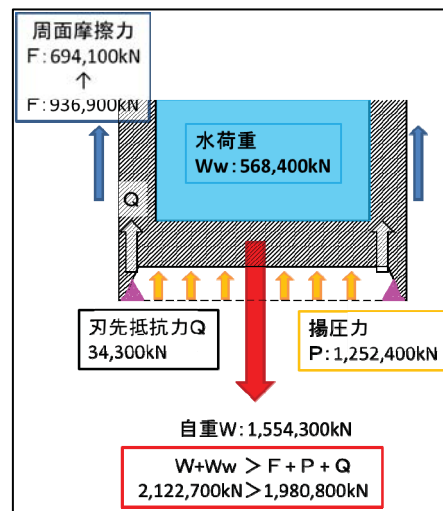
沈下力不足による沈下不能に対する対策として、水荷重等による追加荷重が一般的である。本工事では、躯体構造より最大で 568,400kN (58,000m³) の水荷重が可能であったが、想定される沈下力不足はそれを上回る 669,300kN と非常に大きく、100,900kN の更なる沈下対策が必要であった。

そこで、沈下抵抗力の低減に対する対策を検討した。沈下抵抗力のうち、刃先抵抗力は既に最小掘り残し幅の値であり、揚圧力についても低減できないことから、周面摩擦を低減できる工法について検討した。ケーソン間の地盤を強制的に乱すことが可能な高圧噴射攪拌工（固化剤なし）・ボーリング工・ウォータージェット工の 3 工種について比較を行った（表-1）。対象地盤が粘性土・砂質土・礫質土であるため、高圧噴射攪拌工法（固化剤なし）を採用した。

表-1 周面摩擦低減対策工比較

工法	高圧噴射攪拌工(CIG)	ボーリング工	ウォータージェット工
概要	高圧噴射で直接攪拌	穴を開けて土圧を逃がす	高圧水で乱す
施工径	φ1400mm	φ50mm	φ100mm
対象地盤	砂質土・礫質土・粘性土	軟岩・固結シルト	砂質土
判定	○	×	△

最終沈下バランスは図-7 に示す通りである。高圧噴射攪拌工法により周面摩擦力は 694,100 kN まで低下し、242,800kN 相当の低減効果が見られた。



6. おわりに 図-7 最終沈下バランス（実績）

今回、大型ニューマチックケーソンの近接同時沈設という特殊な施工環境において、ダイレイタンスにより土圧・周面摩擦が増大する現象が発生したが、水荷重による沈下力増加に加え、高圧噴射攪拌工法による沈下抵抗力低減対策を実施したことで、無事ケーソン 2 函を沈設することができた。