

# 高水圧下におけるニューマチックケーソン工法の躯体水密性向上および沈設管理方法

東急建設株式会社 正会員 ○大久保 貴史 樋口 春樹  
鈴木 一 関 浩志

## 1. はじめに

本工事は、浄水場から給水所へ送水管を新設（二重化）する為のシールドマシン発進立坑（外径 13.5m×深さ 51.5m）をニューマチックケーソン工法にて築造する工事である。

大深度のニューマチックケーソン工事では、ケーソン躯体に大きな水圧が作用し（当工事は最大で約 0.37MPa）、高水圧による漏水発生のリスクが高くなる。本工事では、ケーソン躯体の漏水対策として低熱セメントを適用し、ケーソン躯体のひび割れ抑制、水密性の向上を図るとともに、低熱セメント適用を考慮した沈設管理方法の工夫を試みた。本稿は、高水圧化におけるケーソン躯体の水密性向上および沈設管理方法について述べるものである。

## 2. 漏水対策（水密性向上）

### 2. 1 マスコンクリートによる温度ひび割れ対策

ニューマチックケーソン工法では、コンクリートに使用するセメントは、早強セメントか普通セメントが一般的である。当初は、早強セメントを使用する計画であったが、FEM 解析の結果、最小ひび割れ指数 0.61 と小さく、かつ、ひび割れ幅 0.25mm と大きい結果となった。中庸熱および低熱セメントについて、追加検討を実施した結果、低熱セメントのみ基準値（当該事業での管理目標）を満足する結果となった（表-1）。

表-1 温度応力解析結果

	ひび割れ指数			ひび割れ発生確率 (%)	ひび割れ幅			総合判定
	最小ひび割れ指数	許容ひび割れ指数	判定		最大ひび割れ幅 (mm)	許容ひび割れ幅 (mm)	判定	
早強セメント (当初設計)	0.61	1.4	×	99.7	0.25	0.2	×	×
中庸熱セメント	1.06	1.4	×	42.0	0.17	0.2	○	○
低熱セメント	1.50	1.4	○	11.6	0.09	0.2	○	○

### 2. 2 低熱セメント使用時の工程管理上の課題

早強セメントから低熱セメントに変更した場合、コンクリート打設後の養生期間を考慮すると、1ロットにつき、10日間/1ロット、全体工程で2か月以上の延伸となるため、採用にあたっては、「工期を延伸せず、低熱セメントを使用し、躯体コンクリートの水密性を向上する」ことが課題であった（図-1）。

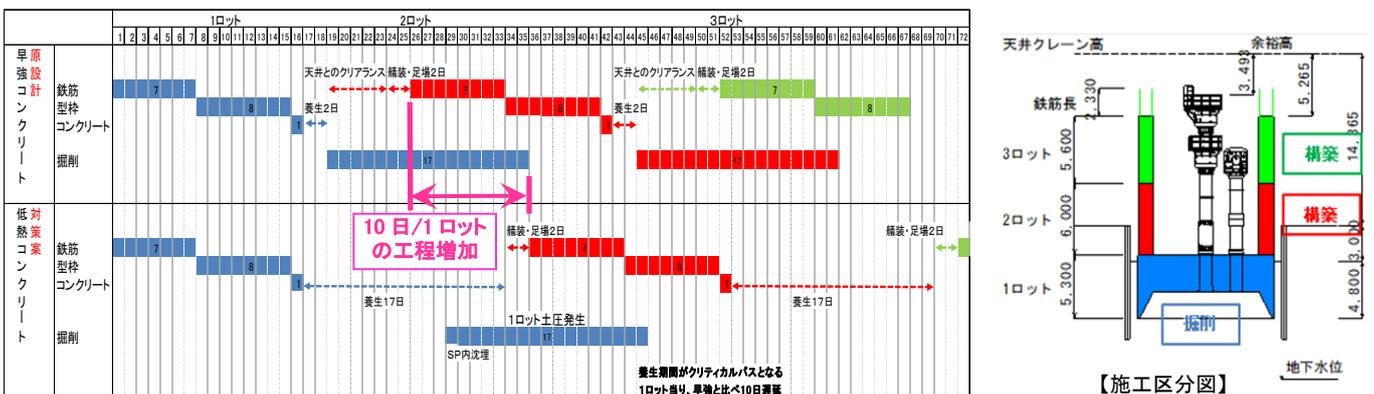


図-1 ケーソン躯体構築・沈下掘削の工程比較

## 3. 低熱セメント使用時のケーソン沈設管理の試み

前章 (2.2) の工程上の課題に対して、低熱セメントを使用しても工期を極力延伸しない施工方法（沈設管理方法）の検討を進め、「ケーソン工事は、地上でコンクリート構造物を構築して沈設するため、躯体構築直後の沈設時には、土圧が殆ど掛からない。沈設初期にコンクリートに作用する力は沈設時の衝撃荷重が最大荷重と考えられる」という考えのもと、ケーソン沈設時の衝撃荷重に着目したコンクリートの養生期間と発現強度を考慮した沈設時期を設定し、ケーソン沈設管理を行うことを試みた。

キーワード ニューマチックケーソン, 大深度, 水密性向上, 低熱セメント, 沈設管理

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 東急建設（株） 土木事業本部 技術統括部 土木技術設計部 TEL03-5466-5274

3. 1 当初計画の沈設管理方法（通常のケーソン沈設管理方法）

当初は、コンクリート打設後（早強セメント使用）、養生期間を材齢3日（コンクリート発現強度は、23.5N/mm<sup>2</sup>程度）と設定した。

3. 2 低熱セメント使用時の沈設管理方法

躯体構築時および初期沈設時に、ケーソン躯体には大きな土圧は作用せず、沈設時の衝撃荷重（動荷重）が主な作用力となることに着目し、養生期間を躯体構築から沈下掘削開始前までの「静止養生期間」と初期沈設時の「管理養生期間」に分けて沈設管理方法を設定した。

① 静止養生期間の設定

静止養生期間を材齢3日とし、脱型は、必要発現強度を壁の脱型強度と同様に5N/mm<sup>2</sup>以上と設定した（図-2、図-3）。

② 管理養生期間および③ 通常掘削開始時期の設定

初期沈設時の衝撃荷重を考慮した管理養生期間、通常掘削開始時期は、ケーソンが静止状態から沈設状態に移行する際の沈設加速度  $g'$ （図-4）から求めたケーソン躯体に作用する衝撃荷重（図-5）を算出し、コンクリート発現強度に応じて各管理期間を設定した（図-3、表-2）。

表2より、ケーソンの1回の沈設高10cmの場合、沈設時の衝撃荷重は、6.4N/mm<sup>2</sup>であり、ケーソン躯体のコンクリート圧縮強度が衝撃荷重を上回れば、管理沈下掘削が可能となるため、必要発現強度は、7N/mm<sup>2</sup>以上とした。管理養生期間は、静止養生期間後+3日（材齢4~6日まで）と設定した。

また、ケーソンの1回の沈設高30cm（1日の施工量）の場合、沈設時の衝撃荷重は11.8N/mm<sup>2</sup>であり、ケーソン躯体のコンクリート圧縮強度が衝撃荷重を上回れば、通常の沈下掘削が可能となることから通常掘削開始は、材齢7日目以降と設定した（図-2、3）。

管理養生期間の適用は、前例のない試みであったため、2~4ロットまで試験施工を実施し、躯体が地下水位以下になっても、有害なひび割れおよび滲水等が発生しないことを確認した後、最終ロットまで同様の沈設管理を継続し、早強セメント使用に比べて、10日程度の工程延伸でケーソン躯体を沈設することができた。

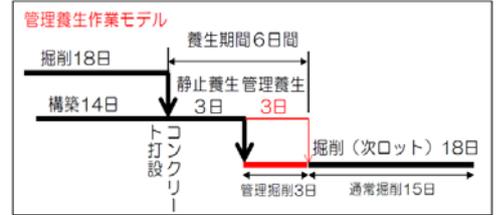


図-2 管理養生作用モデル図

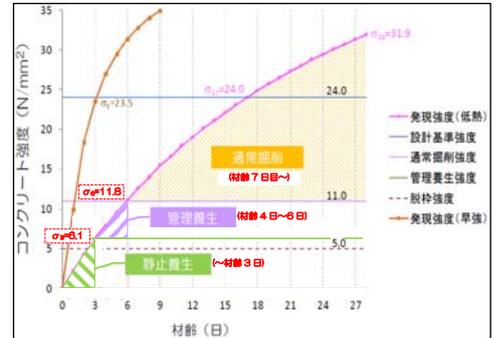


図-3 コンクリート発現強度と施工管理関係図（低熱セメント使用時）

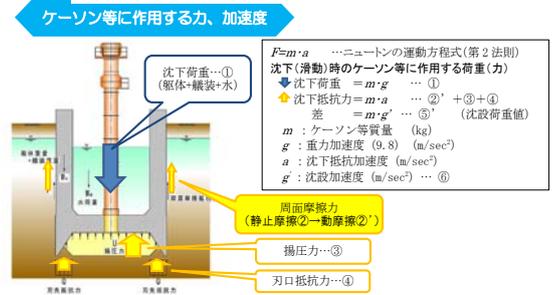


図-4 ケーソンに作用する力と加速度の概念図

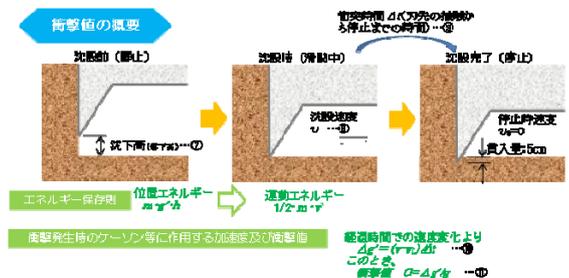


図-5 ケーソン沈設時の衝撃荷重の算定

表-2 ケーソン沈設時に作用する衝撃荷重を満足する弱材齢コンクリートの必要強度の算定結果

	沈設ロット	1ロット	2ロット	3ロット	4ロット	5ロット	6ロット	7ロット	8ロット	9ロット	備考
1回の沈設高0.10mを満足するコンクリート強度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	5.2	6.2	6.0	6.1	6.3	6.3	6.4	6.4	管理掘削沈設が可能なコンクリート圧縮強度	
1回の沈設高0.30mを満足するコンクリート強度 (N/mm <sup>2</sup> )	-	5.9	10.9	9.8	10.6	11.6	11.4	11.8	11.7	通常沈設が可能なコンクリート圧縮強度	

4. おわりに

本工事では、ケーソン躯体の水密性向上を図りつつ、施工工程も考慮し、ケーソン掘削・沈設時の衝撃荷重に着目した養生期間、発現強度と沈設時期による新しい沈設管理方法を試みた。工事では、コンクリートの有害なひび割れの発生もなく、予定工期内で工事を無事完了できた。本報告が今後の類似工事の参考になれば幸いである。なお、本工法は、発注者と技術的な検討を重ね実施したものである。