

VI-257 無人化によるニューマチックケーソンの施工

NTT関西 土木建設部 正会員 奥 野 正 富
 同 上 中 南 郁 夫
 同 上 上 野 和 章
 日本コムシス(株) 土木部 清 水 悦 司

1. はじめに

現在、大都市においては都市空間の有効利用という観点から、地下空間を最大限利用しようとしている。それに伴い、大都市におけるシールドトンネル工事および立坑工事は大深度となり、それらに対応可能な工法の採用が増加するものと考えられる。

本報告は、シールド推進用発進立坑に無人化ニューマチックケーソン工法（DREM工法）を採用したものであり、その設計概要と施工結果について報告するものである。

2. 工事概要

立坑基地はNTT敷地を使用するが、作業用地が約 500㎡と狭いため立坑築造工法はニューマチックケーソン工法を採用することとした。立坑の深さは局舎基礎杭の下部を通過するシールドトンネルの土被りから決定され、ケーソン沈設深さはGL-39.25m 計画最大作業圧気圧は 3.64kgf/cm²となる。

ニューマチックケーソン工法は各種構造物の基礎等に多く採用されているが、狭い函内における高圧気下の作業となることから「非人間的工法」とまで極論されることもある。本工法の抱えている代表的な問題をまとめると、①潜函夫の高齢化・若年労働力不足、②高気圧作業による潜函病の発生、③掘削深度の増加に伴う掘削効率の低下があげられ、とくに高圧気下での作業は過酷な労働を強いることになる。これらの問題点を解消するために本工事の設計にあたってはロボットによる無人化掘削工法を採用し、安全性と施工性ならびに作業環境の改善をはかるとともに経済性の向上を図ることとした。

建設災害防止協会の「圧気圧が 1.3kgf/cm²を超すと潜函病が発生し始める」という調査結果と施工能率を勘案し、無人化による掘削は第6ロッド（GL-21.6m）の沈下掘削から開始することとし、GL-21.6m（圧気圧 1.5kgf/cm²）までは有人掘削とした。

工 事 名 大阪NWC～豊崎営業所間光ケーブル方式工事（土木）

工事期間 平成3年 9月10日 ～ 平成5年 5月10日

工事内容 発進立坑 円形立坑1基（ニューマチックケーソン）
 外径 φ 10.30m 内径 φ 8.50m
 深さ 39.25m （構築ロッド数 9ロッド）

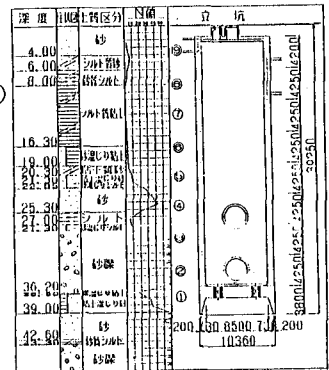


図-1 土質柱状図

3. 土質概要

当該工事立坑部の地盤は、上部2mは砂を主体としたレンガ片等が混入する盛土層である。GL-27mまで沖積層が堆積しており、上部、中部、下部の3層にわけられ、沖積上部層は、上部は緩い砂質土が主体で下部は軟質な粘性土が主体である。沖積中部層は、層厚11mの非常に軟弱な粘性土と2層の緩い砂質土と密な砂質土で構成される。沖積下部層は、比較的硬い粘性土が主体である。沖積層下位には上部洪積層が堆積し、最上部は天満層と呼ばれ層厚8.4mでN値が60以上を示す非常に密な砂礫が主体である。その下位の上部は砂質土が主体で下部は砂礫が主体である。

4. 施工

4-1 無人化工法の特長

(1) 掘削作業

掘削機はケーソン作業室天井に固定した円形走行レールに沿って走行しする全旋回構造であり、アームの構造は低い天井下での作業を考慮しテレスコ型とし、バケットはショベル・ホウとも使用可能な反転構造である。操作は地上からの遠隔操作とケーソン内での有人掘削が可能な構造であり、遠隔操作は掘削機に搭載したカメラと函内に設置した複数の監視カメラによる映像をマルチウィンド方式のモニターに映し出す多角的監視機能により安全確実な作業が出来るとともに、掘削機の位置やケーソンの傾斜の方向・量を即時にCRTに表示することにより高精度の沈設管理ができる。

また、日常点検はすべて函内の監視カメラにより遠隔監視室のモニターで点検できるため、トラブル発生以外は函内に入る必要はない。

(2) 作業能率

掘削機のバケットは自在に反転することができるため、掘削箇所や土質の変化に適応した掘削・積込が効率的に行え、作業能率が約40%向上する。

(3) 経済性

無人掘削のため、作業時間がケーソン函内の気圧に左右されないで大深度になるほど工期の短縮が図られ経済的になる。

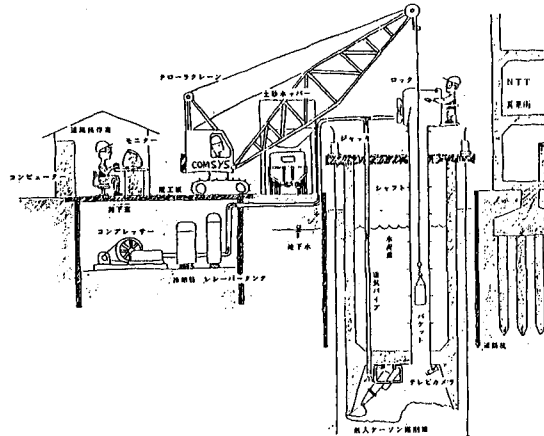


図-2 無人化ケーソン概要図

4-2 ケーソン沈設中の施工管理と対策

(1) ケーソンの傾斜

ケーソンの傾斜対策として作業室上部に取り付けた傾斜計により傾斜方向・量がCRTに即時に表示されるため、オペレータは修正を行いつつ掘削ができ初期での対応がしやすい。しかし、本工事では上部が軟弱層であり、GL-10m付近でケーソン頂部が1/400程度傾き、掘削方法による修正を行っても増加傾向がみられたため予め取り付けおいた100tジャッキ3台で強制的に修正を行った。

(2) 圧気圧

圧気圧の管理は、理論沈下関係図を参考に函内監視カメラ・CRTモニターによる湧水状況の監視とケーソン周辺のエアブロー監視により行った。粘土層では加圧傾向にあったため、圧気圧をやや抑制し、滞水層との境界付近は盤ぶくれを考慮して徐々に加圧した。また、滞水砂層及び滞水砂礫層の掘削にあたっては掘削機本体が上部に懸垂されているため刃口部に水を張った状態で掘削できることから、圧気圧の低減とエアブローの防止が図れた。

5. おわりに

ケーソン沈設工事は平成4年10月中旬に無事完了した。ロボットによる無人化掘削工法を採用したことにより潜函病の発生もなく、また圧気圧の増加に伴う作業時間の制約が無いことから安全な施工と工期の短縮が図れた。

本工事で採用したDREM工法は最終沈下完了後に掘削機・走行レール・テレビカメラ等の回収作業を圧気下で行う必要があったが、現在、無人による回収システムが開発され完全無人化によるケーソン工事が可能となった。今後とも高圧気下での過酷な作業を無くすようさらに改善を重ねていきたいと考える。