

自動化オープンケーソン工法による大深度立坑（深さ 73.5m）の施工

P C ウェル工法研究会 正会員 ○津川 優司

P C ウェル工法研究会 秋田 満留

自動化オープンケーソン工法は、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」において、建設省土木研究所、（財）先端建設技術センターならびに民間会社の共同研究で開発された工法である。この工法の最大の特徴は、従来困難であったオープンケーソンの刃先部の地盤掘削が自動水中掘削機の導入によって直接行えることになった点にある。このことにより、今までオープンケーソン工法では困難とされてきた硬質地盤における大深度施工が可能となったばかりではなく、その施工が計画的にかつ極めて精度良くできることとなった。本工法は、平成8年建設省（当時）霞ヶ浦導水事業の玉里立坑工事（外径22m、深さ53.5m）に初めて採用されて以来施工事例も確実に増え、現在まで7件のシールド立坑や給水施設築造工事でその性能を高く評価されている。今回、国土交通省関東地方整備局 首都圏外郭放水路大落古利根川連絡トンネル新設工事（以下、本工事）の流入立坑（工事中はシールド発進立坑、外径 $\phi 19\text{m}$ 、深度73.5m）に設計施工一括発注方式として採用され、このほど無事ケーソン沈設工事が完了した。ケーソン深度73.5mはオープンケーソン工法としては我が国最大級であり、本工法としても実績として最大深度となる。なお、本工法は施工機械の耐水圧性能上水深100mまで施工が可能であり、今回の73.5mはその通過点にあたるものと考えている。

今回施工で得られた結果や課題を今後の参考にすべく、ここに報告する。

1. 工事概要

首都圏外郭放水路事業は、中川、倉松川、大落古利根川の洪水時その一部を江戸川に放流し、流域の浸水被害を解消または軽減する目的で国道16号線下50m付近に各河川間を結ぶ地下河川を建設するものである。本工事は大落古利根川からの洪水流を取り込む施設で、流入立坑及び本坑との連絡トンネルを築造するものである。本工事の概要を以下に記す。

立坑形状：内径 $\phi 15\text{m}$ 、外径 $\phi 19\text{m}$ 、躯体長74.5m、深さ73.5m

構造：鉄筋コンクリート

工法：自動化オープンケーソン工法

トンネル：内径 $\phi 6.5\text{m}$ 、外径 $\phi 7.1\text{m}$ 、延長380m、土被り約54m

立坑構造図を図-1に示す。

2. 土質概要

本工事の土質概要を図-1に示す。土質は、大別して地表面から約20m区間は軟弱な沖積層、40mまでが洪積粘性土層と砂層との互層、それ以深は砂質土層となっている。とくに深部の砂質土層については換算N値が100以上と、従来のオープンケーソン工法では補助工法なしでは施工が困難な硬質地盤である。地下水位はGL-5m付近にある。

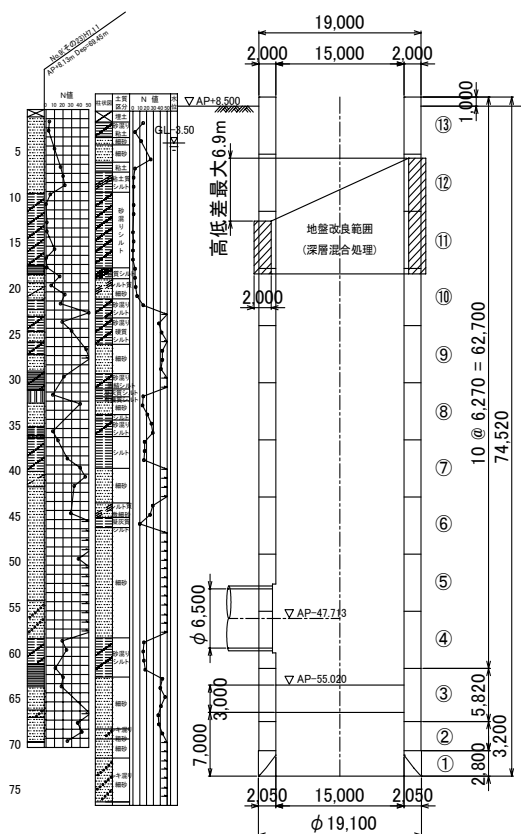


図-1 立坑構造及び土質

キーワード：オープンケーソン、大深度立坑、自動水中掘削機

PC ウェル工法研究会 東京都千代田区三番町 2 番地 TEL 03-3234-2977 FAX 03-3288-5285

3. 施工状況

本工法は、(1)掘削揚土、(2)躯体圧入、(3)躯体構築に関する3つのシステムから構成されている。これらのうち、ケーソン刃先部地盤の確実な掘削および掘削土砂の揚土作業を行う「自動掘削揚土システム」が最大のポイントである。自動掘削揚土システムは、ケーソン刃先部（壁厚部分）地盤の掘削を行う自動水中掘削機（写真-1の左側）と、ケーソン中央部の掘削と掘削土砂の揚土及びシステムを制御する揚土機（写真-2）から成る。この両者の動きはコンピュータにより自動制御されており、確実・安全でかつ大幅な省力化・作業の効率化が図られている。図-2にケーソン刃先部の掘削パターンを示す。実施工ではこれらの中から土質状況やケーソン躯体傾斜に合わせてパターンを選定し沈設作業を進める。自動水中掘削機で刃先地盤を任意に掘削できるため刃先反力がコントロールでき、大深度・硬質地盤に対しオープンケーソンのスムーズな施工が可能となる。



写真-1 自動水中掘削機



写真-2 揚土機全体（橋型）

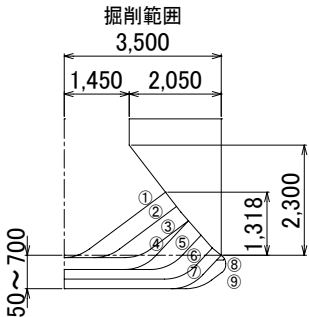


図-2 掘削パターン

なお、本工事では軟弱沖積層に対し、躯体コンクリート打設時の沈下防止及びケーソン沈設時の過沈下防止目的として、刃先部地盤をあらかじめ深層混合処理工法で改良した。刃先抵抗力は改良地盤の粘着力が増加するものとして評価し、刃先掘削パターン（刃先貫入量）との関係から刃先反力度を求め改良強度を設定した。施工では、改良体強度は一軸圧縮強度 $q_u=360\text{kN/m}^2$ （安全率=2）とした。

4. 機械性能検証

工事では、自動水中掘削機に水圧が原因と考えられる故障の発生はなく高水圧下（約 0.65N/mm^2 ）を問題なく施工できた。また、掘削能率についても概ね計画通りであった。揚土を含めたシステム全体の施工歩掛を表-1に示す。施工実績と比較してもほぼ同等の値で、土質の違いに影響されず深度60m以深でも所要の施工効率を確保することができた。なお、深度10～20mの効率が若干低下しているのは、初期沈設を考慮し軟弱地盤に対し掘削揚土量を抑え慎重に施工した結果である。

表-1 施工歩掛の比較

刃先深度	掘削揚土歩掛(m^3/h)	
	本工事	施工実績
0～10m	22.3	22.2
10～20m	19.9	19.8
20～30m	20.3	18.0
30～40m	15.6	16.4
40～50m	13.1	15.1
50～60m	15.4	14.1
60～70m	13.7	—
70～75m	13.0	—

5. まとめ

一般に、オープンケーソン工法では施工条件にもよるが、大口径・大深度になればなるほど工程および沈設精度を確保するのは困難となる。さらに、硬質地盤に対しては先行削孔等の補助工法が不可欠となり、その結果全体工程が長くなる等の問題を抱えている。本工法はオープンケーソン施工上の不確定な要因（刃先抵抗力）を先端技術で克服したものであり、これにより大口径・大深度へのオープンケーソンの適用が可能となった。本工事を終え、施工機械に大きなトラブルなく施工を完了できたこと、沈設精度も目標管理値を満足していることから、本工法が開発当初の目標である深度100mの施工に向けて一歩近づいたものとする。周知のとおり、ケーソン工法は沈設力（躯体重量、載荷重）と抵抗力（刃先反力、周面摩擦力、浮力）との荷重バランスで躯体を沈設させる工法であるため、大深度になるほどこの荷重管理が重要になってくる。したがって、更なる大深度施工に対しては、もうひとつの抵抗力である周面摩擦力の均一かつ効果的な低減方法を検討することも重要になるものとする。