

オープンケーソン工法での大深度・硬質地盤への挑戦 ～自動化オープンケーソン工法～

Construction of Vertical Shafts in Depth and Hard Ground with Automatic System for Open Caisson Method

秋田 満留*1 Mitsuru Akita
山内 佳樹*2 Yoshiki Yamauchi
西村 敦*3 Atsushi Nishimura
大島 徳行*4 Noriyuki Oshima

要旨

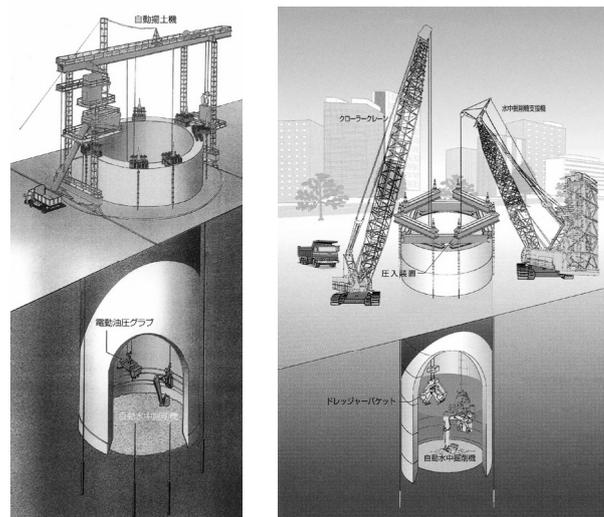
自動化オープンケーソン工法は、平成 8 年に実工事に初めて採用されて以来、施工事例も増え、硬質地盤での大深度・大口径オープンケーソンの適用範囲を大きく広げてきた。この中には、ケーソンによる立坑として、深度・径が我が国最大級の事例も含まれている。本報告では、これまでの施工で得られた結果と課題をまとめて示す。

キーワード：オープンケーソン 大深度 大口径 硬質地盤 自動水中掘削機 SOCS

1. はじめに

平成 2 年に当時の建設省において、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」が立ち上げられた。その開発の一環として、建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター、民間会社による「橋梁基礎の施工における自動化技術の開発に関する研究」が共同研究として実施され、その開発成果が「自動化オープンケーソン工法 (SOCS : Super Open Caisson System)」である。

本工法は実大規模の実証施工実験工事を経て平成 8 年に霞ヶ浦導水事業の立坑工事に初めて採用されて以来、施工事例も確実に増え、近年では更なる大口径・大深度工事への挑戦が行われている。



橋型タイプ 分離タイプ

図 1 施工機械イメージ

2. 自動化オープンケーソン工法の概要

本工法には、施工機械別に橋型タイプと分離タイプ(図 1)があり、次の 3 つのシステムから構成されている。

- ・自動掘削・揚土システム
- ・自動沈下管理システム
- ・プレキャスト躯体システム

ここでは、自動掘削・揚土システム、自動沈下管理システムについて紹介する。

2.1 自動掘削・揚土システム

自動掘削・揚土システムは掘削システムと揚土システムとに分けられ、ケーソン内壁に取り付けられた走行レール上を移動しながらケーソン刃先部下地盤を自動掘削する自動水中掘削機と、この掘削機で掘削した土砂の揚土およびケーソン中央部の掘削・揚土を行う揚土機から構成されている。

両システムにはコンピュータによる自動制御が組み込まれており、大幅な機械化と省力化・効率化が図られている。

図 2 に本工法の施工フローを示す。

*1 東京本店 土木技術部 *2 東京本店 土木部 *3 大阪本店 土木部 *4 東京本店 機材センター

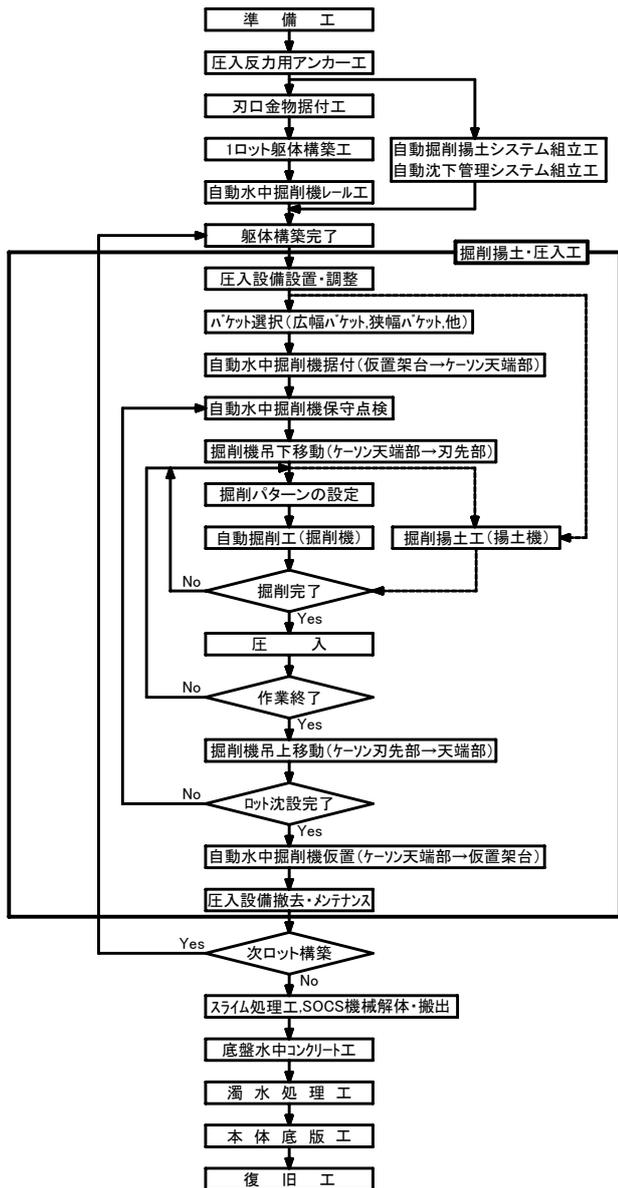


図2 施工フロー

2.1.1 掘削システム

1) 自動水中掘削機

自動水中掘削機（写真1）は0.55m³級のバックホウ能力を有しており、各部に制御用センサーが組み込まれている。油圧ホースや制御用配線等は1.0MPaの水圧に耐え得るように設計されている。この機械は、ケーソン内壁に取り付けられた走行レール上を円周方向に移動し、これを把持することで掘削反力を確保してケーソン刃先下地盤を確実に掘削することができる。

掘削プログラムには、種々の地盤条件に対してケーソンのスムーズな沈設が行えるように掘削パターンが予め組み込まれている。図3に掘削平面・断面パターンを示す。

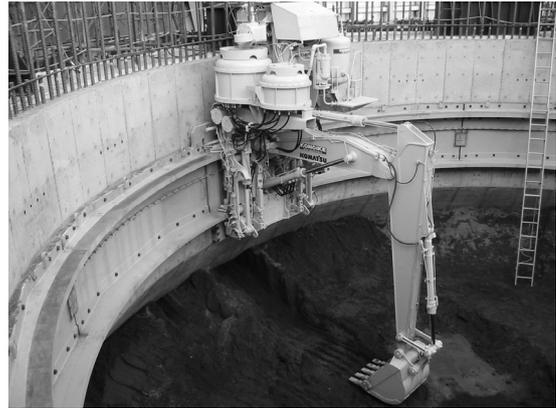


写真1 自動水中掘削機

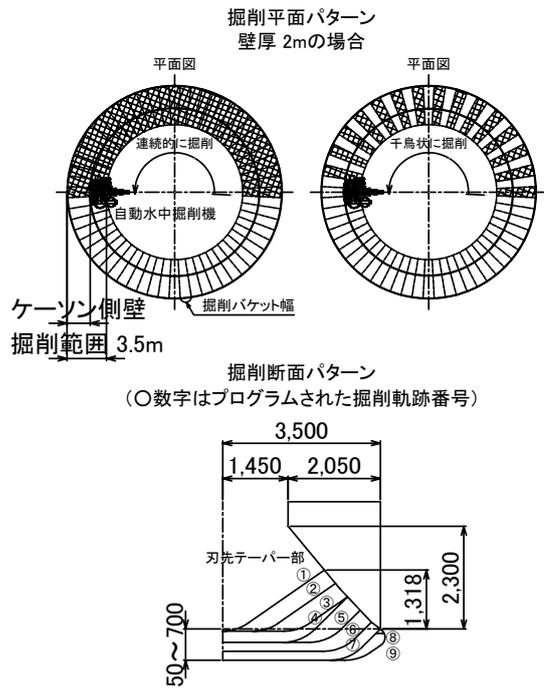


図3 掘削平面・断面パターン

平面的には、円周方向に順次掘削する連続掘削パターンと、千鳥状に掘削するパターンが選択できるようになっている。一方、断面的にはケーソンの刃先形状に合わせ、鉛直方向に約30cm毎に9つの掘削断面パターンが用意されている。実施工では、軟弱～硬質の地盤やケーソン本体の傾斜に応じてこの掘削平面・断面パターンを組み合わせ、ケーソンの傾斜を修正しながら、1回当たりの圧入作業で30cm程度の沈下量を確保できるように掘削方法の検討を行う。

掘削用バケットは幅50cm、75cm、100cmの3種類があり、地盤の硬さによって使い分ける。さらに、バケットによる掘削が困難になったときのためにリッパーも用意してある（写真2）。なお、自動水中掘削機は高水圧・泥水下での掘削作業を行うため、1日1回の頻度でグリスアップと目視点検を行う。

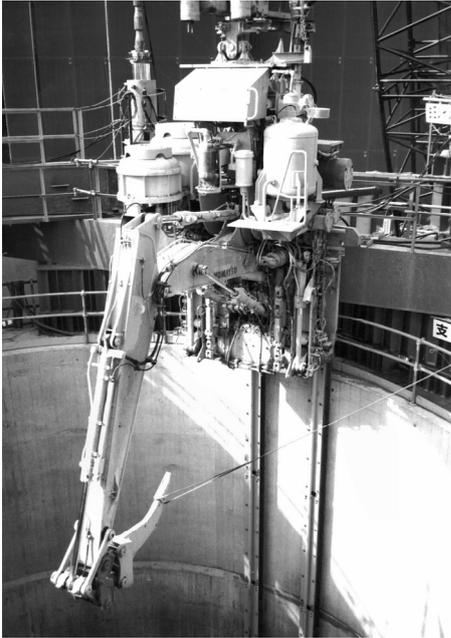


写真2 リッパー装着状況

2) 掘削管理

自動水中掘削機の姿勢は、掘削機本体からバケット刃先の相対位置を駆動部分の各油圧シリンダに内蔵したストロークセンサーにより検知し、掘削機本体の円周上の位置は走行レール上の磁石センサーにより検知する。

自動掘削作業は、掘削時に各シリンダに発生する油圧から掘削抵抗力を算出し、予め設定したバケット通過軌跡(掘削断面パターン)を目標に、最も効率的に掘削できるブーム、アームおよびバケットの一連の動作を自動判定しながら行われる。

オペレータ室には自動水中掘削機の位置・姿勢や油圧などの稼働状況がリアルタイムで表示され、的確な管理と施工が行えるようになっている。写真3は運転操作盤で、ここから遠隔操作を行う。



写真3 運転操作盤

2.1.2 揚土システム

1) 揚土システム

①橋型タイプ

橋型タイプは、門型クレーンの様な形状の自動揚土機(写真4)がケーソンをまたぐ形で地上部に配置される。ケーソン周囲を旋回しながら作業を行うため、用地に余裕のある場合に適用される。この自動揚土機は、掘削・揚土作業の自動制御機能と自動水中掘削機を函内へ上げ・下げする機能を有する完全自動化の施工機械である。



写真4 自動揚土機

自動揚土機には電動油圧グラブ(写真5)が装備されている。硬質地盤の場合、地山の掘削を円滑に行うため、小刻みな開閉動作の繰り返しによる地山への爪の貫入や、グラブを少しずつ巻上げながらの閉じ動作の繰り返し、浮力を考慮した重量確認後の引上げ等の動作を自動制御で行うようになっている。

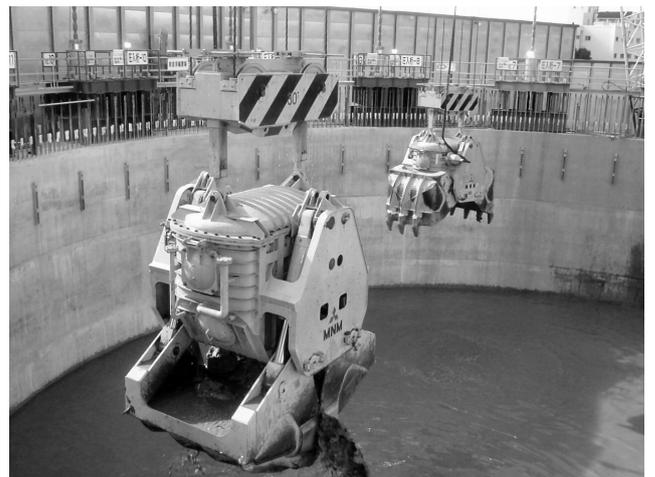


写真5 電動油圧グラブ

②分離タイプ

分離タイプは自動揚土機の有する機能を、汎用性・機動

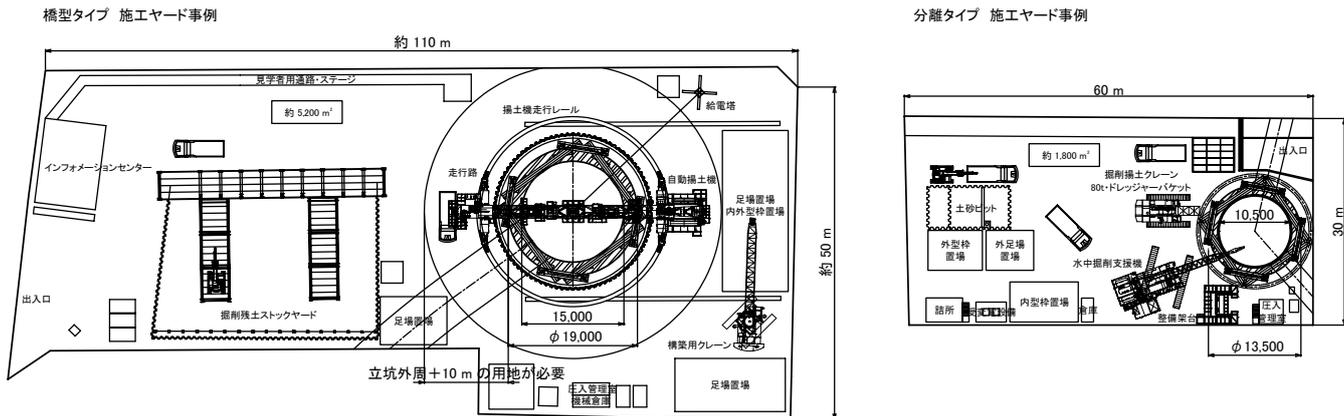


図 4 施工ヤード事例



写真 6 水中掘削支援機

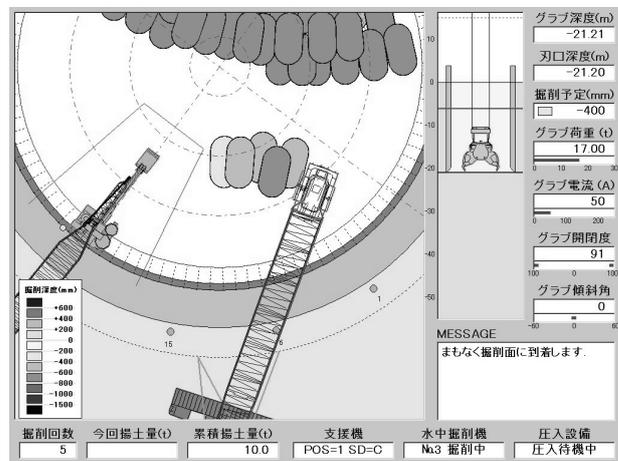


写真 7 掘削支援システム

性の優れた 2 台のクローラークレーン（水中掘削支援機と掘削・揚土クレーン）に分割している。狭隘な用地やケーソンの計画位置が施工ヤードの端に偏っている場合でも本工法の適用が可能であり、橋型タイプに比べて都市型の施工に適したものとなっている（図 4）。

水中掘削支援機（写真 6）は、自動揚土機が有する自動水中掘削機への電力供給、制御信号の伝達および本体の引上げ機能を有する機械で、汎用の 100t クローラークレーンをベースマシンとしている。

掘削・揚土クレーンは、ケーソン規模や土質に応じて重量型クラムシェルや電動油圧グラブを用いて掘削・揚土作

業を行うクローラークレーンである。電動油圧グラブを使用する場合は、ベースマシンに専用装置を搭載する。

なお、分離タイプでは掘削・揚土クレーンをオペレータが操作するため、橋型タイプの完全自動化施工に対し半自動化施工となっている。

2) 分離タイプの掘削・揚土管理

一般的な水中掘削で課題となっている掘削作業中のグラブの平面位置、掘削深度および掘削土掴み量（吊り荷重）を掘削支援システムで管理している。このシステムは、クローラークレーンの旋回角度・起伏角度やワイヤ繰り出し量、荷重等を検出し、コンピュータでバケットの位置や掴み量を演算し表示するものである。

これらの情報は自動水中掘削機と同様にオペレータ室にリアルタイムで表示（写真 7）され、機械同士の衝突がないように管理しながら施工が行えるシステムになっている。なお、橋型タイプも上記システムと同様なシステムが採用されている。

3)機械回収方法

自動水中掘削機が故障した場合に備え、水中からの緊急離脱を行うシステムを有している。このシステムは、自動水中掘削機を走行レールから強制的に解放（離脱）させる機構で、電気信号（電気式）、油圧制御（油圧式）および掘削機本体回収装置のドッキング（機械式）の3系統が選択できる。

2.2 自動沈下管理システム

自動沈下管理システムの概要図を図5に示す。本システムはケーソン本体の計測から圧入までをシステム化し、従来手動操作によって行われていたケーソン沈設における圧入・姿勢制御を自動化し、迅速かつ高精度な沈設管理を実現したものである。

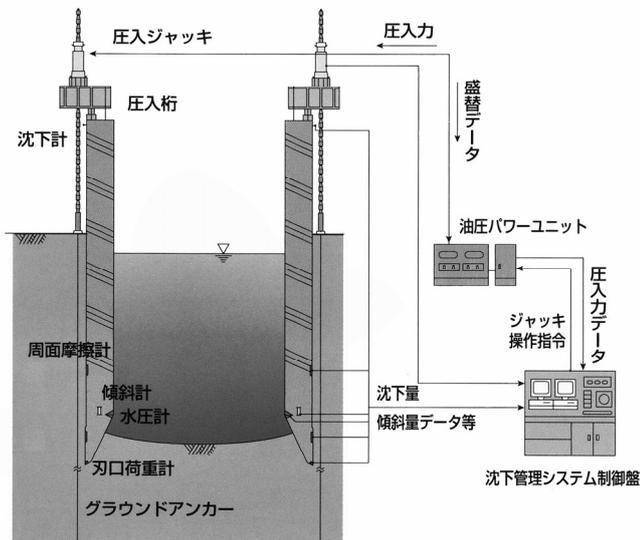


図5 システム概要図

2.2.1 計測による情報の収集

近年のケーソン工法では様々な計測と情報化施工が行われている。表1に一般的な計測項目を示す。主な計測内容は、ケーソン本体の挙動と沈下抵抗力の2つに大別できる。

1) ケーソン本体の挙動計測

ケーソン本体の挙動計測は、工事にあたっては必要不可欠なものであり、ケーソン工法が世に出た当初から程度の差こそあれ何らかの形で実施されてきた。

主な計測項目は傾斜量と沈下量で、それぞれ傾斜計、沈下計で計測されている。傾斜はケーソン全体の施工精度に関わるとともに、沈下抵抗力に大きく影響を与えるため、特に重要な計測項目である。

表1 計測項目

項目	計測方法	計測頻度(例)
傾斜量	傾斜計 測量	作業中は1秒毎 に自動計測
沈下量	沈下計 測量	測量は圧入作業 後に実施
回転量	測量	各ロット沈下 完了後に実施
偏心量	測量	— —
周面摩擦力度	周面摩擦計	作業中は1秒毎 に自動計測
刃先反力度	刃先反力計	— —
水圧	水圧計	— —
坑内水位	測量	作業前、作業後 に実施
地中変位	挿入式傾斜計 層別沈下計	各ロット沈下 完了後に実施
地下水水位	観測井戸	1日1回 検尺/自動計測

2) 沈下抵抗力の計測

沈下抵抗力については数多くの文献で発表され、指針等にもその知見および推奨値が記載されているが、実測値が推奨値を大幅に逸脱することも珍しくない。実施工では、沈下抵抗力を計測することで周面摩擦力度や刃先反力度の変動傾向を知ることができ、施工の進め方や補助工法の使用を判断する上で極めて重要である。

本工法では、周面摩擦計や刃先反力計などの計測情報を自動的に収集・表示する自動沈下管理システムが採用されており、掘削方針の決定や傾斜量を制御しながらの自動圧入など施工に反映されている。

3) 圧入仮設

本工法を含む圧入式オープンケーソン工法では、ケーソン周囲に打設した鉛直アンカー（圧入反力用アンカー）の引抜抵抗力を利用して油圧ジャッキの圧入反力を取り、圧入桁と称するH鋼材を介してケーソン本体に圧入力を伝達している。

写真8の事例では3MN（3,000kN）の油圧ジャッキ8台を配置する計画で、井桁構造を採用している。ケーソン本体鉛直鉄筋の重ね継手長を考慮して圧入桁（支圧盤）を高くしている。

4) 圧入作業

圧入中は、各種計測機器(図5)からの情報を1秒ごとに本システムに取り込み、計測結果に応じて載荷するジャッキ台数、圧入力を自動制御する。

本工法では、自動掘削システムによる非常に精度の高いケーソン刃先下地盤の掘削管理と、自動沈下管理システムとの相乗効果により、自動的に効率よく傾斜を制御しながら

ら圧入作業を行うことができる。図6に自動圧入作業のフローを示す。



写真8 圧入桁の施工事例

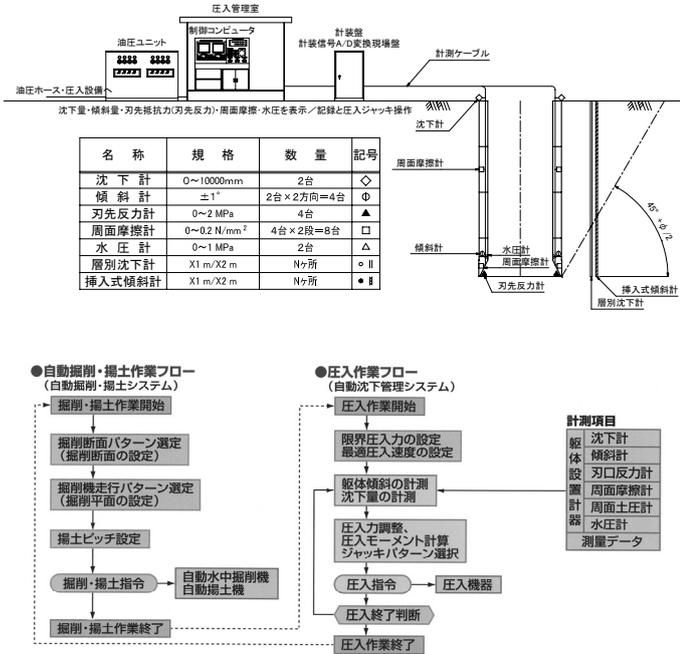


図6 自動圧入作業のフロー

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、流入立坑および本坑との連絡トンネルを築造するものである。立坑構造図を図7に示す。

施工場所：埼玉県春日部市小淵

立坑形状：内径φ15.0m、外径φ19.0m

躯体長74.52m、深さ73.52m

構造：鉄筋コンクリート

施工機械：橋型タイプ

トンネル：内径φ6.5m、外径φ7.1m

延長380m、土被り約54m

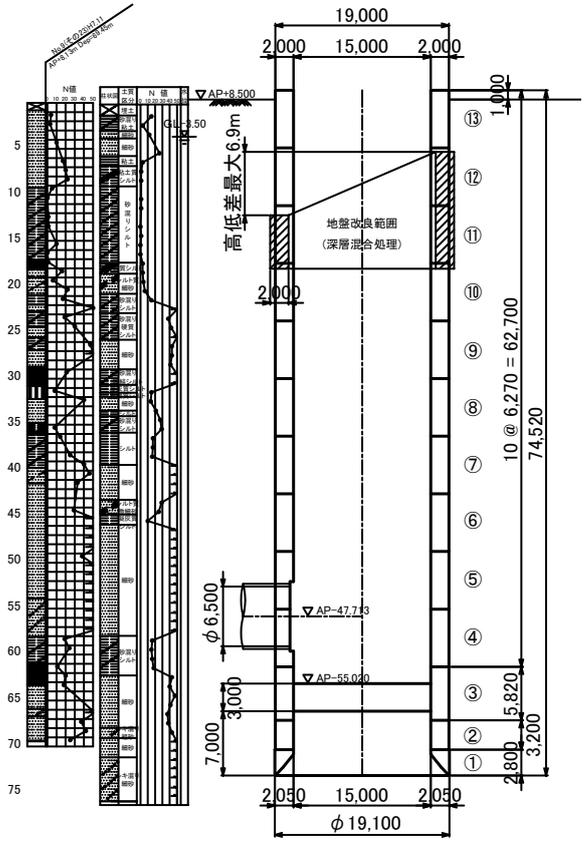


図7 大落古利根川連絡トンネル立坑構造

3. 施工事例

現在まで施工された8件の施工実績から2件の工事概要を紹介する。

3.1 首都圏外郭放水路事業 大落古利根川連絡トンネル新設工事

3.1.1 工事概要

本事業は、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

3.1.2 地盤概要

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。特に深部の砂質土層については換算N値が100以上であり、従来のオープンケーソン工法では立坑深度を考慮すると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。

3.1.3 施工状況（写真9）

橋型タイプの作業サイクルの特徴は、自動水中掘削機による掘削と自動揚土機の電動油圧グラブによる掘削・揚土

が並行して実施できる点である。しかし、自動揚土機が自動水中掘削機の支援機能を兼ねていることや、ケーソンの沈下をスムーズに実施する上で、片方の作業を大幅に先行して実施することはできない。掘削作業時間は自動水中掘削機と自動揚土機の双方の作業時間の長い方で決定されるため、深度 50m 付近でバランスするように計画した。実施工では、ほぼその通りとなったことが確認された。

また、工事工程を短縮するために 1 ロットの標準的な高さを 6.27m とし、それにもなつて足場・型枠などの仮設を大判化することで構築回数や仮設架掛回数を減らすなどの工夫も行われた。



写真 9 施工状況

大深度における周面摩擦力の計測結果と施工管理事例を、深度 GL-53m 付近におけるデータで示す。周面摩擦力の計測データ (図 8) をみると、第 1 ロットの周面摩擦力の計測値は設計値の約 5 倍の 150kN/m² を示す一方、第 5 ロットでは設計値に対して約 1/5 の 5kN/m² で、計測値から求まる全体の周面摩擦力は、設計値の約 50% であった。

当初の計画では当該地盤での施工は、ケーソン刃先部を地山に 80cm 程度貫入させた状態で荷重バランスをとりながら行う予定であったが、周面摩擦力が設計値より小さい状態であったので、刃先部の掘削管理によりケーソンの安定を図りながら施工を進めた。加えて、ケーソンに生じている約 38mm の傾斜を修正するため、図 9 に示すような掘削方法を選定し、刃先反力 (抵抗力) に差をつけた。

このように刃先掘削を平面・深さ方向とも任意に選定することができる自動水中掘削機の特徴を活かし、1 日当りの沈下量約 56cm を確保しつつ傾斜を 33mm まで修正した。上記のような施工管理を日々繰り返し、オープンケーソン工法としては日本で最大級の深度となる GL-73.52m まで沈設した。

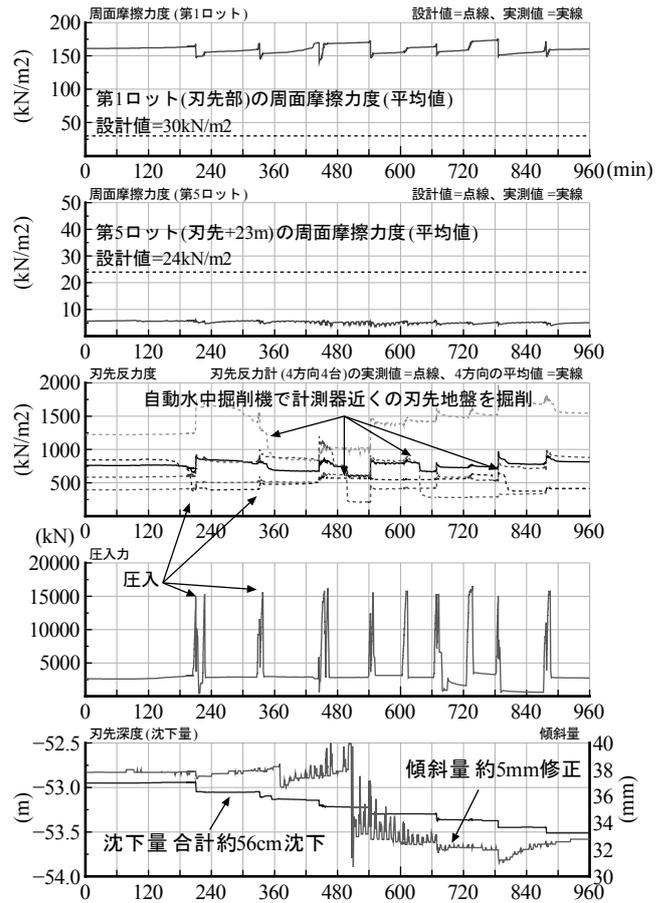


図 8 周面摩擦力の計測データ

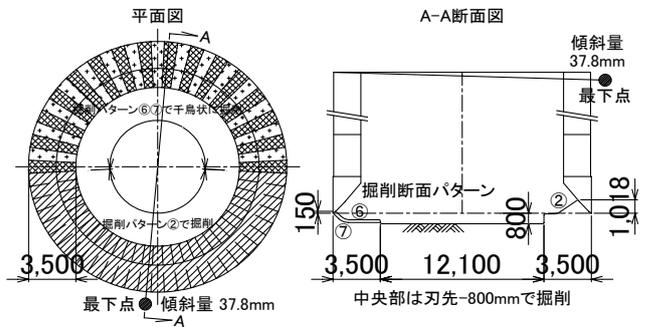


図 9 掘削方法

3.2 床上浸水対策特別緊急事業 淀川水系寺畑前川調節池整備工事

3.2.1 工事概要

寺畑前川はその河道断面が小さい典型的な都市の中小河川であり、近年の都市型集中豪雨で、周辺では浸水被害が頻繁に発生している。最近でも、床上・床下浸水被害が約 260 戸発生するなど、早急な対策が求められていた。本工事は、周辺環境から十分な河道断面を確保することが困難であるため、雨水を一時的に貯留する調節池 (約 19,400m³) を築造するものである。調節池構造図を図 10 に示す。

施工場所：兵庫県川西市南花屋敷
 立坑形状：内径φ30.0m、外径φ35.0m
 躯体長42.583m（頂版除く）
 深さ47.223m
 構造：鉄筋コンクリート
 施工機械：分離タイプ

突防止も図ることができた。



写真10 施工状況

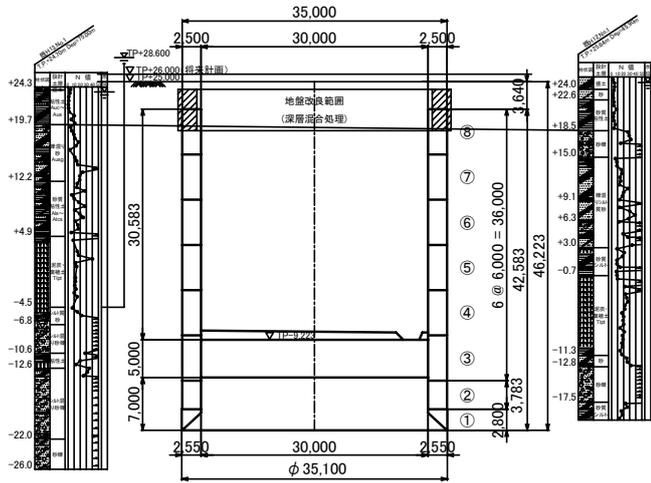


図10 寺畑前川調節池構造

3.2.2 地盤概要

土質は、大別して地表面から約25m区間は軟弱な沖積粘性土層と砂層との互層、約35mまでがN値10~20の泥炭・腐植土層、それ以深は硬質な礫質土層となっている。当地はもともと地層が傾斜しており、ケーソン平面内の狭い範囲でも最大約8mの高低差が生じている。GL-30m以深の礫質土層の地下水位は被圧状態（GL+3.6m）であった。

3.2.3 施工状況（写真10）

地層が大きく傾斜し、通常は補助工法を併用して刃先地盤を均一にしないと施工が難しい現場条件であったが、自動水中掘削機で傾斜方向にあわせた刃先反力の確実な管理を行うと共に、自動沈下管理システムで傾斜を修正しながらの圧入作業を行うことで高精度かつ高品質な施工が行われた。図11に深度20mを超えてからの傾斜管理図を示す。従来のオープンケーソン工法ではケーソンの深度が深くなると掘削管理が難しくなり傾斜の修正が困難になるが、本工法ではケーソンの深度が深くなっても綿密な傾斜管理が行われている様子がわかる。

ケーソン中央部の掘削・揚土は電動油圧グラブを装備したクローラークレーン2台で行われた。地山を直接目視できない水中掘削作業下においても掘削状況・掘削土量の確実な管理を可能とする掘削支援システム（写真7）を導入することで、掘削土量の管理が確実に実行できたと共に機械の衝

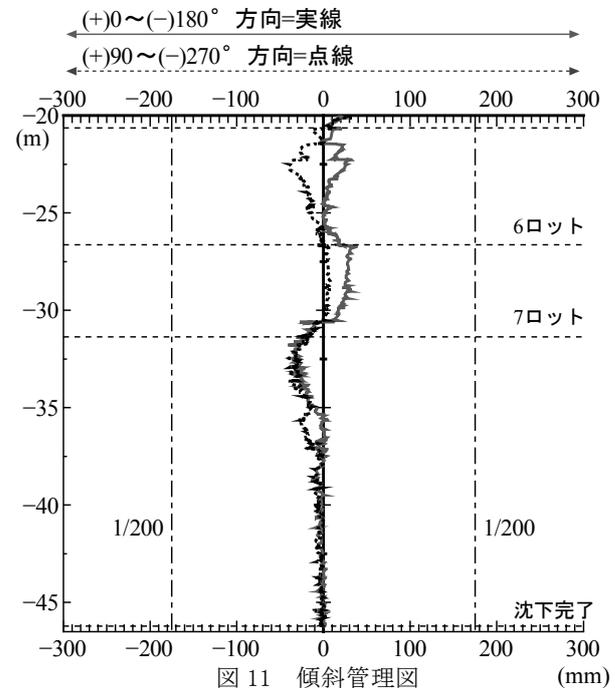


図11 傾斜管理図

4. 周面摩擦力の低減工法

大深度オープンケーソン工法では沈下抵抗力の1つである周面摩擦力の影響が非常に大きくなり、これを如何に低減できるかが工事の成否や経済的かつ合理的な圧入計画をする上でのポイントとなる。

本工法で現在までに施工した全ての工事は、NFシート工法とエアージェット工法を併用した周面摩擦低減を採用している。NFシート工法は摩擦低減効果に優れているが、シートがケーソン周囲に残置されて回収が不可能であるため、現状では橋梁基礎への適用はできない。今後、新しいシート材料の研究・開発に期待するとともに、滑材注入工法などの信頼性および施工の確実性を高めていくことが重要で

あると考える。

5. 軟弱地盤対策

先に紹介した施工事例では、ケーソン工事に先立ち地表面近くの軟弱地盤に対して浅層改良工法による地盤改良が行われた。これはコンクリート躯体を構築する際、打ち足すコンクリート重量に対して地盤支持力を十分に確保するのが難しいためである。

6. 施工精度

施工実績では概ね 1/500～1/2000 程度の施工精度が確保され、従来のオープンケーソン工法に比べて精度が大幅に向上している。本工法が大口径・大深度地下構造物の構築や近接施工に対して問題のないことが明らかである。

7. 周辺環境への影響調査

建設工事で周辺環境に対する影響として考慮しなければならない項目としては、大気・水質・土壌汚染・臭気、騒音・振動・地盤沈下のほか、日照障害・飛砂・塵芥など多くの環境項目にわたっている。

ケーソン工法としては、これらのうち周辺地盤への影響（地盤沈下など）が最も大きな問題である。また、本工法では機械施工が中心となることから、騒音・振動についても十分に配慮しなければならない。以下に本工法の環境への影響を測定した事例を記す。

7.1 地表面沈下、地中水平変位

7.1.1 影響遮断壁がない場合

調査現場：玉里立坑（外径φ22.0m、壁厚2.0m、深度53.5m）

1) 地表面沈下

図12に地表面沈下の測定結果（ケーソン外壁面から5m、10m、15m、20mの位置）を示す。測定結果を見ると、ケーソン最終沈設時において、ケーソン外壁面から5m離れた地点で1.5cm～2.0cm、10mで1.0cm～1.5cmの地表面沈下が発生している。15m以上離れた地点ではケーソン沈設の影響はほとんど見られない。ケーソン外壁面から5～10mは作業用重機の通路となっており、この影響も含まれているものと考えられる。

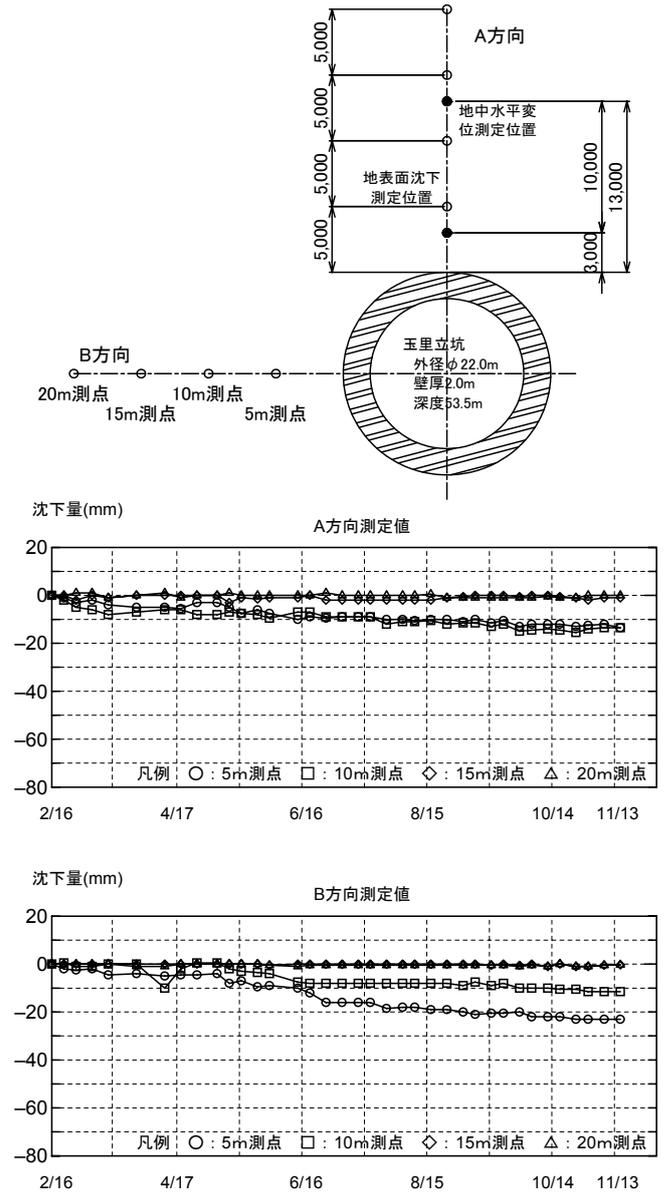


図12 地表面沈下（影響遮断壁なし）

2) 地中水平変位

図13に、地中水平変位の測定結果（ケーソン外壁面から3m、13mの位置）を示す。測定結果を見ると、ケーソン外壁面から3m地点、GL-0.5mの位置でケーソン側へ最大4.5cm、同じく13mの地点で約1cm水平変位が生じている。変位は比較的緩い地盤のGL-5mまでに限られており、それ以深では掘削の影響は認められない。

7.1.2 影響遮断壁を設けた場合

調査現場：本山立坑（外径φ13.5m、壁厚1.5m、深度55.4m）

1) 地表面沈下

図14に地表面沈下の測定結果を示す。ケーソン外壁面から1.2mの位置に地下水汚濁防止のための柱列式ソイルセ

メント工法による壁体（影響遮断壁 L=17.8m）を設置したことで、フリクションカット（幅 5cm）による地表面の引きずり込みが壁内側のみに抑えられ、ケーソン最終沈設時において地表面沈下量は 0~1mm の測定誤差範囲であった。

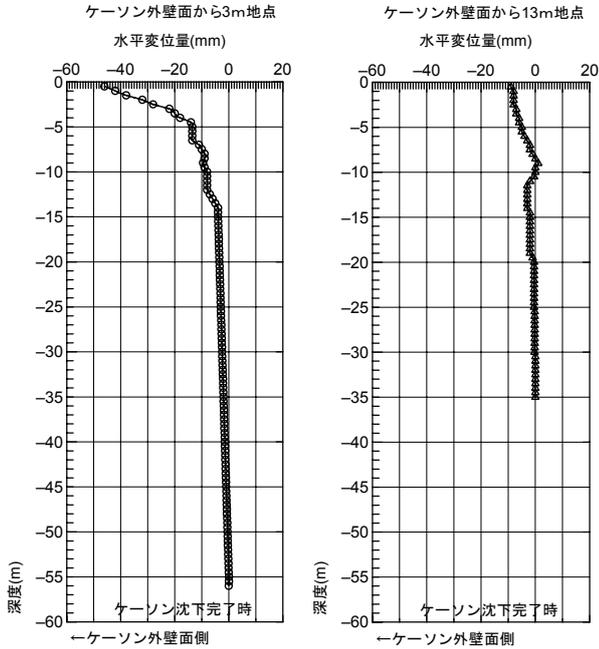


図 13 地中水平変位（影響遮断壁なし）

2) 地中水平変位

図 15 に地中水平変位の測定結果（ケーソン外壁面から 3m の位置）を示す。測定結果を見ると、ケーソン外壁面から 3m の地点（影響遮断壁の外側）でケーソン側へ最大 8mm の水平変位に収まっており、掘削による周辺地盤への影響はほとんど認められない。

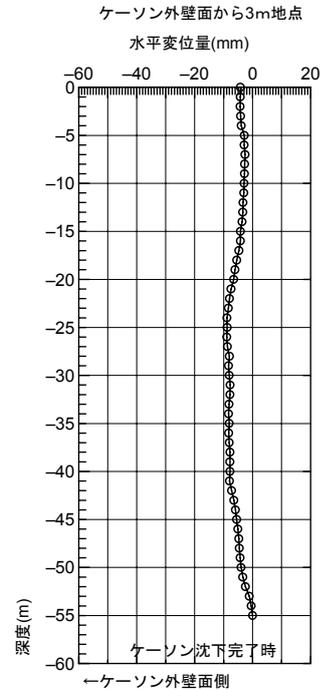
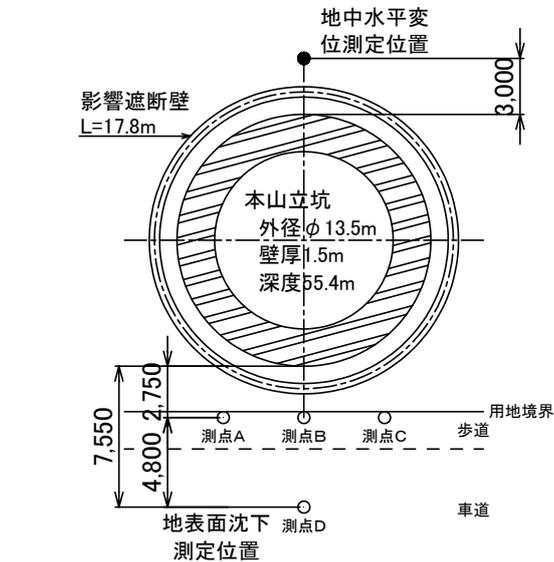


図 15 地中水平変位（影響遮断壁あり）



	+: 隆起 -: 沈下	
	最終沈設時	工事完了時
測点 A	+1mm	±0mm
測点 B	-1mm	+1mm
測点 B	±0mm	+1mm
測点 D	±0mm	±0mm

図 14 地表面沈下（影響遮断壁あり）

7.2 騒音・振動

7.2.1 橋型タイプ

図 16 に騒音（立坑中心から 50m の位置）・振動（20m の位置）の測定結果を示す。

自動揚土機グラブウインチの駆動（負荷）状況による騒音で、巻上げ時に約 62dB の音が発生している。

地盤の振動（図 17）は、自動水中掘削機の掘削作業に合わせて微動しているが、その値は 40dB 以下でほとんど体感できない。

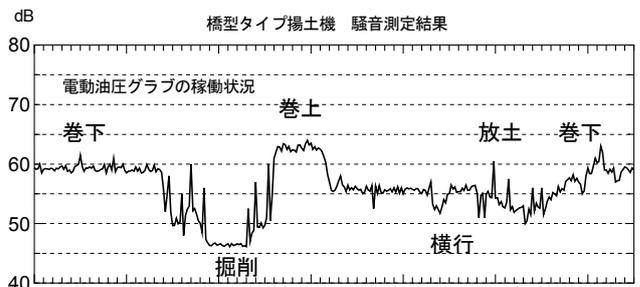


図 16 騒音測定結果（橋型タイプ）

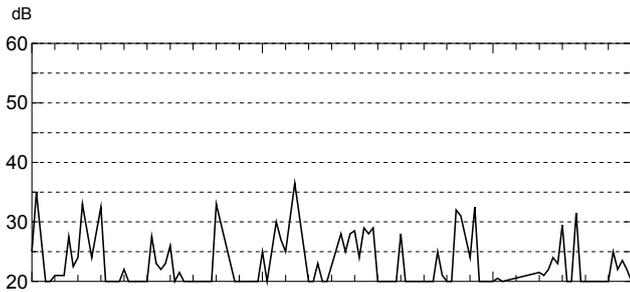


図 17 振動測定結果 (橋型タイプ)

7.2.2 分離タイプ

図 18 に騒音 (立坑中心から 50m の位置) の測定結果を示す。掘削・揚土クレーンのグラブ巻上げ、巻下げ時に約 55～57dB の音が発生している。地盤の振動は、橋型タイプの場合と同じであった。

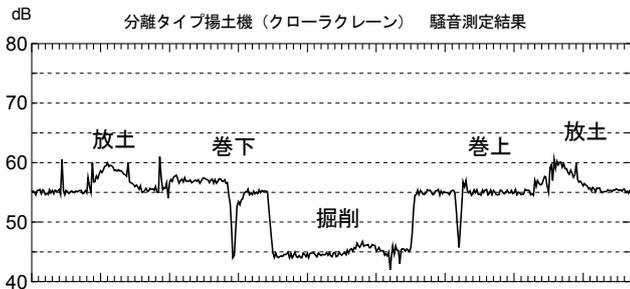


図 18 騒音測定結果 (分離タイプ)

本工法の周辺地盤変状、騒音・振動測定結果について以下にまとめる。

- ・周辺地盤の地表面沈下に対しては大口径・大深度オープンケーソン工法であるにも関わらず、影響は僅かである。
- ・地盤変状の発生は地表面近くに限られ、ケーソン外壁面から 3m 以上離れた地点では沈設の影響がほとんど見られない。
- ・揚土時の騒音として、揚土用グラブの巻き上げ、巻き下げ時のウィンチによる音が発生し、その値は施工タイプにより異なっているが一般建設工事現場で発生する程度の音で基準値内に収まっており問題はない。
- ・自動水中掘削機の騒音は、電動モーターを使用していること、水中作業となることから地上まで音が伝播せず問題はない。
- ・自動水中掘削機の振動は、掘削動作により微振動が発生しているがその値は体感振動を下回っておりとくに問題はなく、夜間施工への対応も容易である。

8. 施工実績と適用範囲

図 19 に圧入式オープンケーソン工法、補助工法併用の圧入式オープンケーソン工法および本工法それぞれの実績を深度と平面規模で整理し、併せて各工法の適用範囲を示す。

本工法の施工実績のほとんどが深度 50m におよぶものになっており、オープンケーソンとしては日本で最大径 (φ35m) と最大深度 (GL-73.5m) の実績を含んでいる (特殊な例を除く)。

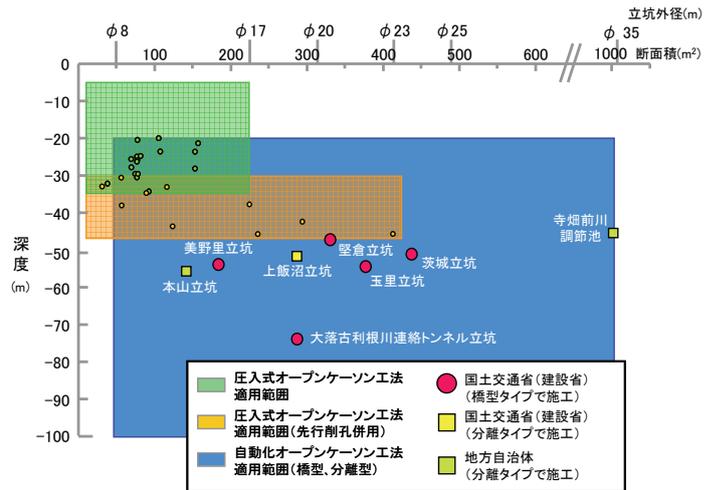


図 19 施工実績と適用範囲

9. 今後の展開

本工法はオープンケーソンの大口径・大深度硬質地盤掘削を目的に研究開発された工法であるが、橋梁基礎としての適用を考えた時、小口径および中軟岩程度の地盤掘削への対応が 1 つのポイントとなる。

現在、本システムではケーソン最小径は内径 φ5.6m、掘削地盤として硬質の砂質土地盤から粘性土地盤までは対応可能である。しかしながら、橋梁基礎への適用をさらに幅広く展開していくためには中軟岩程度の地盤掘削が不可欠である。そこで、自動水中掘削機のバケットに代えてトンネル工事で用いられるツインヘッダーを装着した掘削実証実験 (写真 11) を実施した。今後は実用化に向けて、更なる検討と改良を加えて行く所存である。

また、本工法で構築される大深度立坑は、地下空間の利用という観点から様々な用途が考えられ、基礎としてはもちろんのこと、器としての機能として雨水貯留・調整施設 (図 20)、地下駐車場 (図 21)、ポンプ施設、最終処分場、などの適用が考えられる。



写真 11 ツインヘッダー掘削実証実験

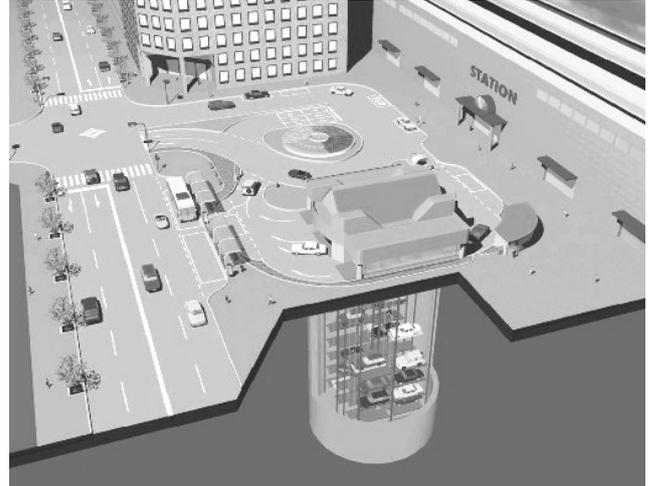


図 21 地下駐車場

10. おわりに

実証施工実験以来 10 年以上が経ち、従来ではオープンケーソン工法の適用が見送られていた硬質地盤で本工法の特徴がいかに発揮され、8 件の施工実績を数えるまでになった。いずれの工事でも高い品質と確実な施工が得られ、システムが有効にかつ的確に機能していることが実証された。

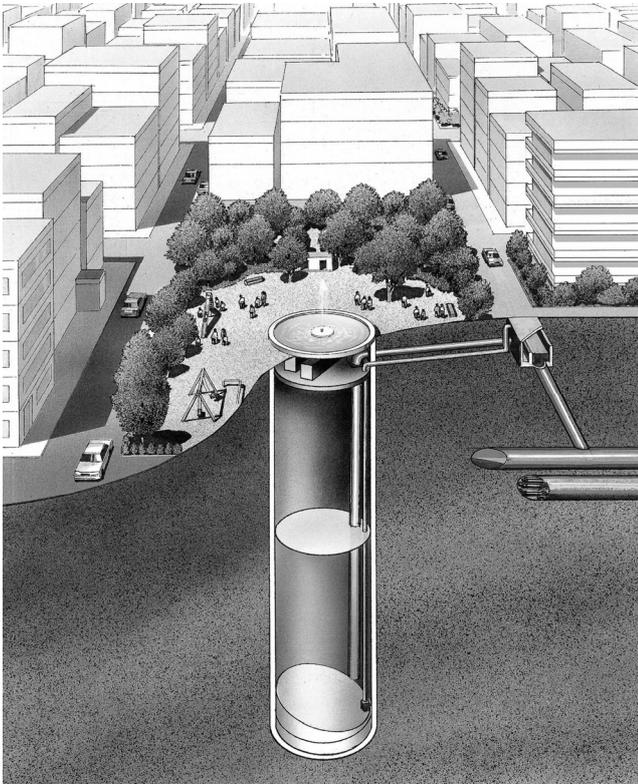


図 20 縦型の雨水貯留施設

本工法は、今後橋梁基礎への展開をはじめとして、さらにオープンケーソン工法の適用領域を大幅に拡大するものと期待している。

参考文献

- 1) 中野正則、岡原美知夫、福井次郎、高木繁、田坂幹雄：オープンケーソン自動化技術の開発、土木技術資料、1994. 1
- 2) 高木繁、伊佐秀、谷善友：自動化オープンケーソン工法（SOCS）自動水中掘削・揚土システムの開発、土木学会第 49 回年次学術講演会概要集第 6 部、1994. 9(IV-26)
- 3) 谷村大三郎、植田純一、谷善友：自動化オープンケーソン工法による大規模立坑の掘削－石岡第 5 立坑新設工事、建設の機械化、1998. 7
- 4) 谷善友、植田純一、藤井由之：自動化オープンケーソン工法による大深度立坑の施工、最新の施工技術（Vol. 12）、1998. 11
- 5) 徳山武、坂下良一、宮嶋均、植田純一：自動化オープンケーソン工法（分離型）による本山立坑の施工、平成 11 年度施工技術報告会・地盤工学会関西支部・土木学会関西支部・日本建設機械化協会関西支部、1999