

無人化ニューマチックケーソン工法による 雨水地下貯留施設技術マニュアルの概要

(財) 下水道新技術推進機構

研究第二部長

松島 修

1

はじめに

近年、都市化の進展に伴う雨水流出量の増大や計画水準を大きく上回る異常豪雨（台風、局所的豪雨）の発生による浸水被害が多発しており、これらの課題に対する一方策として「雨水地下貯留施設」が注目されてきている。

一方、都市部の現状は、密集化や地中埋設物の輻輳など雨水地下貯留施設のための十分な用地を確保することは困難であり、狭隘な敷地で十分な雨水貯留機能を保持した施設をシステムとして合理的に構築・運営する手法が求められている。

本研究は、縦型形状で過密化した都市部に適用可能な無人化ニューマチックケーソン工法（以下、「本工法」という）について、大深度を対象とした合理的な地下貯留施設的设计法・施工法の確立と効率的な維持管理システムの構築を総合的に研究して、本工法による合理的な縦型貯留施設の構築システムを確立することを目的とした。

2

本工法の概要

本マニュアルは、耐酸性材料の採用等と並ぶ硫

体を地上で製作し、その躯体下部に気密な作業室を設けて地下水圧と同等の気圧の圧縮空気を送り込むことで、作業室内への地下水の侵入を防止しながら掘削排土して、躯体を地下に沈設する工法である。

本工法の特徴を以下に示す。

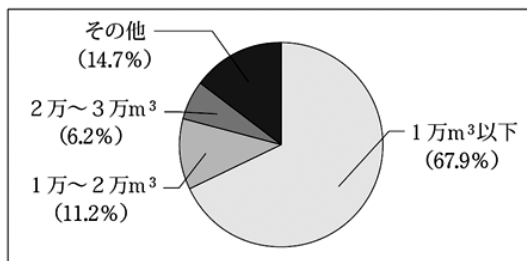
- ① 掘削時の高気圧作業を大幅に削減
- ② 高い函内ゲージ圧下でも掘削効率が優位
- ③ 高気圧作業削減による工程短縮と施工コストの縮減
- ④ 人体への安全性向上と作業環境の改善
- ⑤ 狭隘なヤードにおける施工が可能

3

技術マニュアルの概要

本技術マニュアルは、本編と資料編から構成さ

図-1 雨水流出調整池の規模比率



れている。本編では計画、設計、施工、維持管理に関する留意点についてとりまとめている。資料編は、設計例、比較検討例、積算資料(案)などを掲載している。主な掲載内容を以下に紹介する。

3.1 貯留施設規模

既存雨水調整池の貯留容量規模は、図 - 1 の雨水調整池の規模比率に示すように、1万m³級~3万m³級の貯留施設がおよそ85%を占める。よって、本工法による雨水地下貯留施設の容量は、1万m³~3万m³を対象としている。

3.2 構造設計

(1) 概要

二次元モデルおよび三次元検討モデルでそれぞれ構造計算を行い、構造計算結果(発生断面力、配置鉄筋量)を比較した。地下貯留施設の壁部材は、柱・梁部材に比較して厚く構造体の主要素となるため、構造検討モデルの比較は、壁部材に着目して行った。ここでは、壁部材厚さを同一とし、二次元と三次元の計算結果から鉄筋重量の差を検討した。なお、二次元モデルはフレーム解析、三次元モデルはFEM解析による断面算定とした。

表 - 1 ケーソン施工可能範囲

平面および深さの規模				備考
平面 寸法	最 小	矩 形	11.0m × 12.5m (A = 138m ²)	掘削機の大きさから定まる最小施工規模
		円 形	外形 12.0m (A = 113m ²)	
	最 大	矩 形	70m × 70m (A = 4,900m ²)	施工実績による最大寸法
		円 形	外形 70m (A = 3,900m ²)	
最大深さ			地下水位以下70m	高気圧作業による生理的障害

表 - 2 各工法の狭隘地施工ヤード面積比較

	ニューマチックケーソン 工法(標準案)	地中連続壁工法	ニューマチックケーソン 工法(階層案)
施工ヤード面積	1,550m ²	2,236m ²	1,188m ²
比 率	1.00	1.44	0.77

図 - 2 ケーソン施工配置計画例(標準案)

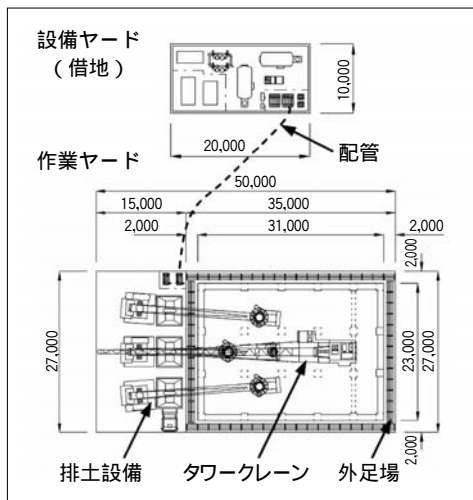
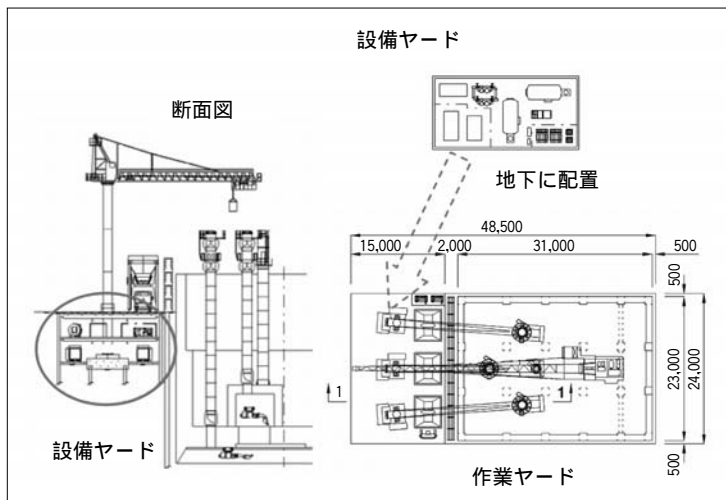


図 - 3 ケーソン施工配置計画例(階層案)





(2) 鉄筋重量の比較

三次元モデルで鉄筋量を算出すると、二次元モデルよりも低減される傾向が見られる。

3.3 ケーソン施工可能範囲

本工法の施工可能な面積規模、作業気圧の限界による実現可能な深さから貯留施設の規模を求め、表 - 1 に整理した。

3.4 狭隘地における施工計画例

(1) 狭隘地への適用性

本工法による、狭隘地における標準的な施工計画例を図 - 2 に示す。本計画は、タワークレーンをケーソン内部に設置し、ケーソン外部には排土設備のみを設置して作業ヤード面積を小さくした。設備ヤードは、別途借地してケーソン廻りの作業ヤードから離れた場所に設置した。

(2) さらなる狭隘地への適用性

さらなる狭隘地への適用例として、設備ヤードを地下構造とし、ケーソン外足場を省いた施工配置計画（平面図、断面図）例を図 - 3 に示す。

また、本工法（標準案）と地中連続壁工法、さらなる狭隘用地への適用として、設備ヤードを排土設備の地下に配置した場合（階層案）の施工ヤ

ード面積の比較を表 - 2 に示す。

本工法は、狭隘な施工ヤードに対する適用性が高く、設備ヤードを地下化することにより、さらなる狭隘地での施工が可能である。

3.5 建設コストの縮減

3.5.1 概要

雨水地下貯留施設を構築する際、工法の違いによる工期・コストを地盤条件により比較した。

なお、都市部の地盤として、沖積層の低地部から軟弱な地盤、洪積層の台地部から軟弱～中位な地盤、中位～硬質な地盤および岩盤が浅いところに出現する地盤を設定した。

3.5.2 土質の影響による工期・工費の比較

設定した4ケースの地盤を基に矩形（貯留量1万m³）のケースにおいて、本工法で施工した場合の工期・工費を算出し、土質による相違や縮減率について検討した。

代表した4ケースの地盤における本工法の工期・工費の算出結果を、表 - 3、4 に示す。

(1) 工期の相違要因

掘削地盤が硬くなることによる掘削工程の長期化により、中位～硬質な地盤からは地盤が硬質で

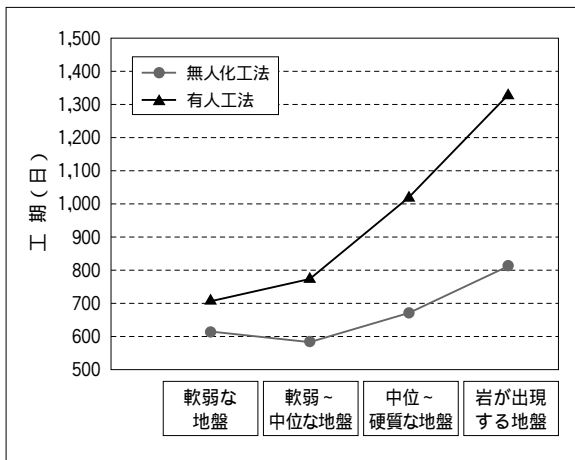
表 - 3 土質ごとの工期比較

工期	軟弱な地盤	軟弱～中位な地盤	中位～硬質な地盤	岩が出現する地盤
工期(日)	610	584	672	815
比率	1.00	0.96	1.10	1.34

表 - 4 土質ごとの工費比較

工費内訳(百万円)	軟弱な地盤		軟弱～中位な地盤		中位～硬質な地盤		岩が出現する地盤	
	工事費	比率	工事費	比率	工事費	比率	工事費	比率
躯体構築費 (単位鉄筋量kg/m ³)	723 (150)	1.00	687 (125)	0.94	687 (125)	0.94	687 (125)	1.00
掘削沈下費	224	1.00	238	1.06	344	1.41	485	2.17
設備費・他	698	1.00	775	1.11	969	1.39	1,237	1.77
補助工法費	31	1.00	12	0.39	12	0.39	13	0.42
合計	1,676	1.00	1,712	1.02	2,012	1.20	2,422	1.47

図 - 4 工期比較図



あるほど工期は長くなる。

(2) 工費の相違要因

躯体構築費は、軟弱な地盤で作用土圧の増加により、必要鉄筋量が他の地盤に比べて増加する。

掘削沈下費は、地盤が硬質になると掘削歩掛が減少し、人工数が増えてコストが増加する。

設備費は主に機械等の損料であり、地盤が硬質になると掘削の工程が長くなり増加する。

合計金額では、補助工法に必要な費用は全体に占める割合は小さく、掘削沈下費と設備費の工費に与える影響は大きい。したがって、地盤が硬質になるほど工事費が増加し、2%～47%の増加となる。

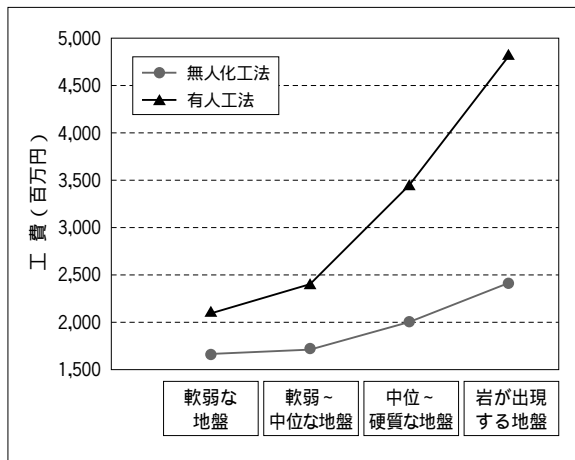
3.5.3 本工法と有人工法の工期・工費比較

設定した4ケースの土質により、有人工法と本工法で施工した場合の、工期および工費の比較結果を図 - 4 および図 - 5 に示す。

(1) 工期の相違要因

土質が硬質になるほど、その差が大きくなる。

図 - 5 工費比較図



また、函内作業気圧が0.18MPaを超えると有人工法は、掘削効率が低下する。

(2) 工費の相違要因

本工法と有人工法を比較した場合、土質が硬質になるにしたがってコスト縮減効果が大きくなる。2工法の工事費の相違は掘削効率の違いに起因しているため、土質が硬質になるとその差は大きくなる。

4 まとめ

本技術マニュアルは、縦型形状で過密した都市部に適用可能な無人化ニューマチックケーソン工法による雨水地下貯留施設的设计、施工、維持管理に係る技術的事項について検討・整理した。その成果は、技術マニュアルとしてとりまとめ発刊した。

今後、下水道管理者が無人化ニューマチックケーソンによる雨水地下貯留施設の計画、設計等を行う際の一助になれば幸いである。