

超深度貯留タンクのモデルプラン

A FEASIBILITY STUDY ON THE ULTRADEEP STORAGE TANK OF SEWAGE

小俣 明*，大同 均**，小原 省三***，工藤 弘文****

Akira OMATA, Hitoshi DAIDO, Shozo OHARA, Koubun KUDO

Difficulties of constructing a large-scale pool-type sewage tank in Japanese metropolitan areas have recently become apparent. The authors carried out the researches on the ultra-deep sewage tank, a large-scale column-type tank at the urban underground. The tank is 1,000m in depth and 2m or 4m in internal diameter. The feature of this tank is its good storage efficiency with a small aboveground footprint in urban areas. Furthermore, the authors examined the construction and cost of this ultra-deep storage tank of sewage.

Keywords: Ultra-deep storage tank, Sewage tank, Shaft-drilling method

1. はじめに

都市防災の観点から，市街地に防火用水をはじめとする非常用水を多目的に貯留する施設を建設する構想が数多く提案されている。しかし，従来の水槽型の貯留施設では，地上であれ，地下であれ一定の平面積を必要とし過密な市街地においてこれらの施設を築造することは現実的ではない。

そこで，下水道事業における防災対策とりわけ震災対策の一環として，下水道施設用地内に非常時のみならず平時の下水道事業にも有効利用できるような，深度方向に細長い鉛直地下構造物である深度 1,000m の超深度貯留タンクを構想した。深度 1,000m は，固定的なものでなく，タンクの直径，想定貯留量等から一応の目安として設定した。

今までに，「大深度」地下利用については多方面・多分野で検討が行われているが，「大深度」の捉え方はせいぜい地下 100m 程度までであり，かつ広がりを持つ地下空間の利用が一般的である。「超深度」とはこのような「大深度」と区別する概念として用いている。また，超深度貯留タンクは，平面的な施設ではなく，縦型のパイプ形状に近い構造物をイメージしている。

超深度貯留タンクの構築には，地質・地盤調査に関する技術，立坑を掘削し貯留タンクを構築する技術，下水を流入させ排水する設備技術が必要となる。さらに，超深度貯留タンクを実現するためには，こうした技術の検討結果を反映させた，基本計画を作成することが必要となる。

このために，超深度貯留タンクのモデルプランを設定し，必要な要素技術について検討を進めた。さらに，工期や建設費用など技術的・経済的な観点からその実現可能性について検討を加え，超深度貯留タンクの実現に向けての課題抽出を行った。

キーワード：超深度貯留タンク，雨水貯留，シャフトドリリング

* (株)ダイヤコンサルタント 東京事業部 地盤物性部
** 東京都 下水道局 計画部
*** 日本海洋掘削(株) 企画開発部
**** 三菱重工業(株) 横浜製作所 環境装置技術部

2. モデルプラン

超深度貯留タンクを平時も有効利用することを考えると、下水処理施設とエネルギー地下備蓄施設とを組み合わせた複合モデルについても検討することが考えられる。しかしながら、その場合には検討対象が多岐に渡るため、今回は、下水処理施設のうち特に緊急度の高い雨水貯留タンクを建設するモデルプランに限定し、検討を進めることとした。

また、このような雨水貯留池は、下水道事業において合流式下水道改善対策の一環として既にいくつか建設されているが、いずれも水深がせいぜい 10m 程度の水槽の形状をしたものであり、用地の制約から建設計画の見通しが得られないところも多数ある。水槽型の雨水貯留池に比べると、超深度貯留タンクは省用地型の雨水貯留池と呼ぶことができる。

今回、超深度貯留タンクのモデルサイトとして、貯留能力 12,000m³ の水槽型の雨水貯留地が建設されている東京都東部地域のポンプ場を仮想適地として選定し、モデルプランを次のように設定した。

2. 1 雨水貯留タンク

降雨時に下水がポンプ所に流入した場合、晴天時汚水量の 3 倍量を超える雨天時下水は、雨水沈砂池にて沈砂が除去され雨水貯留タンクに流入し、一時貯留されるものとした。各要素技術の検討のために、超深度立坑を利用した雨水貯留タンクの使用目的、運用方法を次のように設定した。

- (1) 平時は空とし、雨天時には下水（初期雨水）を一時貯留する。
- (2) 既設の雨水沈砂池から流入し、既設幹線へ排水するものとする。
- (3) 一時貯留された雨水は、晴天時汚水量以下の低流量時に 2 4 時間以内で排水する。
- (4) 立坑掘削中、ライニング施工中及び立坑完成後のいずれも人は立坑内に入らない。

2. 2 流入水の水質

雨水貯留タンクに流入する雨天時下水の水質については、雨天時下水の水質調査事例を参考に懸濁物質質量(SS)を次のように設定した¹¹⁾。

- (1) 流入下水の SS 最大値 : 1,000mg/l
- (2) 流入下水の SS 平均値 : 300mg/l
- (3) 流入下水の SS の最大粒径 : 300 μ m
- (4) 流入下水の SS の粒径分布 : 100 μ m, 最大 50%

2. 3 検討ケース

モデルケースの検討は、立坑内径 2, 4m のそれぞれについて、立坑数 1, 2 基の場合の計 4 ケースを設定した。検討ケースを、表－1 にまとめて示し一覧する。

表－1 検討ケース一覧表

検討ケース		1	2	3	4	備 考
(1) 立坑内径	(m)	2		4		
(2) 立坑数	(基)	1	2	1	2	
(3) 貯留量	(m ³)	3,140	6,280	12,560	25,120	
(4) 最大流入量	(m ³ /s)	20.829*				瞬間最大値
(5) 最小流入時間	(s)	151	302	603	1206	(3)/(4)
	(min)	2.5	5.0	10.1	20.1	
(6) 排水時間	(h)	24				1,440min
(7) 平均排水量	(m ³ /min)	2.18	4.36	8.72	17.4	(3)/(6)

* 仮想適地の既設ポンプ場の設定値

3. モデルサイトの地質条件

モデルサイトの超深度貯留タンクが対象とする地質・地盤について、南関東の地質構造及び地盤物性等に関する文献等の資料^{2)~5)}も含め、ポンプ所建設のために行われたモデルサイトでのボーリング調査結果も参考とし、地表から地下深部に分布する地質構成、各地層の物性値を設定した。

3. 1 地質構成

モデルサイトでは、地表から地下 1,000m に渡り、盛土・有楽町層・七号地層・埋没段丘・上総層群（旧江戸川層・北多摩層）が分布すると推定した。北多摩層上限までの地層群については既往資料に基づき詳細な岩質分布まで推定できる。ただし、それ以深については泥質岩を主体とする北多摩層として一括されるものの、深度 300~1,000m に相当する北多摩層の地質構成を推定することは、モデルサイト付近の超深度ボーリングの事例がなく困難であった。

また、南関東における深部地下開発においては、水溶性ガスについても考慮すべきである。東京都内において天然ガスが開発された地域は、江東区から江戸川区にかけての地域で東京ガス田と呼ばれている。文献によれば⁴⁾、モデルサイトは東京ガス田の範囲からはずれることから、ガス田となるような規模の鉱床は存在しないものと推定される。しかし、モデルサイトにおいて水溶性ガスの存在を否定できないため、実際の施工においては水溶性ガスに着目した調査が必要になると思われる。

3. 2 各地層の地盤物性値

モデルサイトの地質分布の推定結果に基づき、地盤の物性値を表-2のように設定した。盛土については、有楽町層上部の砂層の値を用いた。また、埋没段丘の砂層については、七号地層より下位で江戸川層よりも上位の東京層(砂層)の値を参考値として用いた。上総層群については、地質構成の推定が困難であり、主な土質・岩種別に物性値を設定した。

これによると、地盤物性値は深度 1,000m でも一軸圧縮強度で 30kgf/cm²程度と低い値を示し、また、深度 300m 以浅は高透水性で、300m 以深は主として低透水性地盤が分布すると推定される。

表-2 モデルサイトの各地層の推定物性値

深度 (GL.-m)	地層名			単位体積重量 γ_i (gf/cm ³)	変形係数 E (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν	一軸圧縮強度 q_u (kgf/cm ²)	粘着力 c (kgf/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	透水係数 k (cm/sec)
3 6 8 23 26 29 32 36 38 40 300 1000	盛 土			(1.83)	(250)	(0.3)	(0.47)	(0.27)	(27)	(1×10 ⁻³)
	有楽町層	上部	粘性土	1.67	20	0.5	0.53	0.24	11.1	1×10 ⁻⁵
			砂	1.83	250	0.3	0.47	0.27	27	1×10 ⁻³
		下部	粘性土	1.62	10	0.5	0.74	0.33	7.2	1×10 ⁻⁵
			砂	1.70	110	0.3	0.88	0.21	20.0	1×10 ⁻³ 8.10×10 ⁻⁵ *
	七号地層		粘性土	1.70	63	0.5	1.26	0.44	11.1	1×10 ⁻⁵
			砂	1.88	180	0.3	0.91 1.1*	0.42	16.0	1×10 ⁻⁴ 5.34×10 ⁻⁵ *
	埋没段丘		粘性土	1.58	60	0.5	1.3 3.7*	0.95	3.4	1×10 ⁻⁵
			砂	(1.86)	(244)	(0.3)	(2.4)	(0.49)	(30)	1×10 ⁻⁴
			礫	1.94	320	0.2	—	[0]	[45]	1×10 ⁻³ 1.25×10 ⁻⁵ *
	上総層群	旧江戸川層	シルト	1.66	250	0.5	3.7	0.91	13	1×10 ⁻⁶
			砂	1.82	330	0.2	0.76	0.49	29	1×10 ⁻⁴
			礫	2.13	340	0.2	—	[0]	[45]	1×10 ⁻³
		北多摩層		泥岩	1.89	5520	0.45	27.6	8.6	10
	砂岩			1.97	3510	0.2	17.6	2.6	20	1×10 ⁻⁴

注) 各層の分布深度は予想値であるが、モデルサイトでの既往のボーリング調査結果も参考としている。
各層の物性値のうち、() 内の数値は「東京都の地盤(1)」より東京層(砂層)の値を参考値として示した。また、[]内は推定値である。透水係数は、「地下水ハンドブック」を参考とした。なお、モデルサイトのボーリング調査による実測値には * を付した。

4. 地質・地盤調査技術

深度 1,000m の土木プロジェクトは国内では前例がきわめて少いが、類似の地下利用プロジェクトの調査事例を参考に、超深度貯留タンクを建設するために必要な地質・地盤調査計画を作成し、超深度貯留タンクの建設に必要な地質・地盤調査計画の作成を目的として、関連する調査技術について検討を行った。

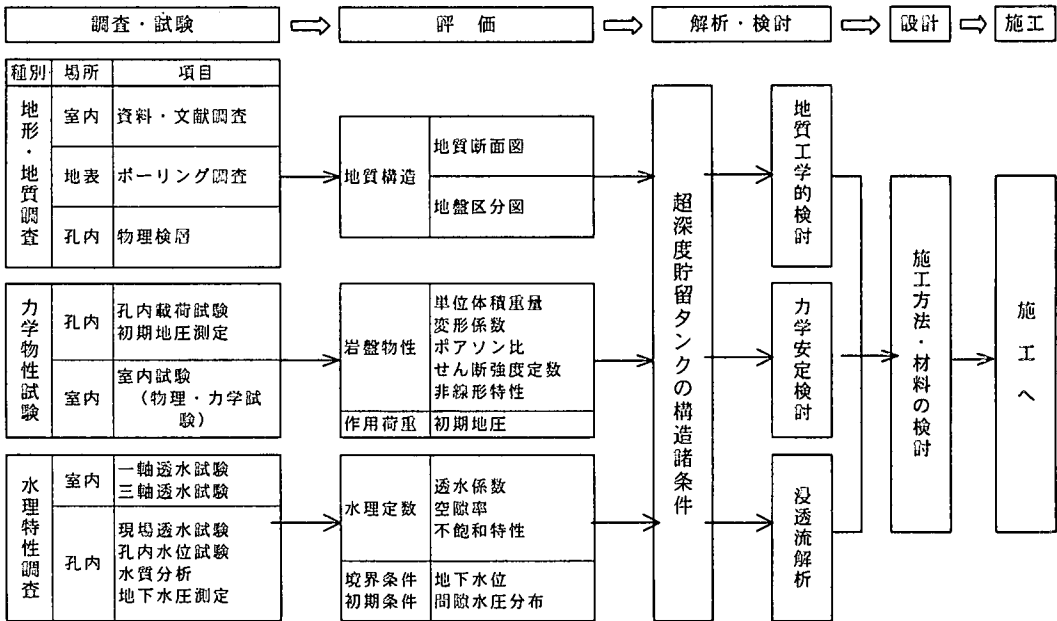
地下構造物の建設（計画・設計・施工）に関する調査としては、設計や施工のための情報収集を目的とした事前調査と施工中調査に分けられ、建設段階に対応して系統的に行われている。

事前調査としては、立地条件調査、支障物件調査及び地質・地盤調査が挙げられる。立地条件調査は地形や工事用地等の施工環境の把握を、支障物件調査は地表と地下の支障物件を調査して施工への影響把握を目的として行うものである。また、地質・地盤調査は、事前調査として行われるものであり、段階的に予備調査・本調査及び補足調査に分類され、設計や施工計画及び周辺への影響検討に用いる地盤情報の取得を目的に行うものである。対象となる地盤情報は、地質構造、地盤の物理的・力学的性質及び地下水状況等である。

施工中調査としては、施工管理調査、環境保全調査が挙げられる。施工管理調査は、地盤の観察や現場計測であり、これらの調査結果は施工の安全性評価等に利用される。また、環境保全調査は、周辺環境保全の確認を目的としており、騒音・振動及び水質等について調査が行われる。

さらに、設計段階においては、地震対策として耐震解析の結果により耐震設計が行われ耐震対策が検討される。耐震対策あるいは耐震解析のために、通常より綿密に地形・地質構成等について調査を行うとともに、地盤の動的な物性を把握するための調査が行われる。

モデルサイトで、超深度貯留タンク構築のために地形・地質、地盤の物理・力学特性及び水理特性を調査することとし、測定・試験項目を抽出するとともに実施に必要な工期・費用について検討を行った。超深度貯留タンクの調査から施工までの流れについて一例を、図－1 に示す。



図－1 超深度貯留タンクの調査から施工までのフロー図

仮想適地のような低剛性地盤に建設される 1,000m 級の地下構造物を対象とした調査実施例はない。ボーリング削孔技術、孔内試験装置の改良を要すと考えられる。

5. 立坑掘削・構築技術

超深度貯留タンクの施工のためには、深度 1,000m 級の立坑掘削技術を必要とすることから、立坑掘削技術の現状の技術レベル及び超深度掘削に適用可能な技術について調査した。その結果から、技術的、経済的に最も有力な工法と考えられるシャフトドリリングによる掘削技術を採用することとし、モデルプランについて超深度貯留タンクの施工方法を検討し、立坑掘削・構築計画を作成した。

5. 1 シャフト掘削技術

石油掘削技術として、オイルリグを用いる掘削技術がある。掘削坑径が2～4m程度で、深度300～1,000m程度の立坑掘削にオイルリグを使用すると捲揚能力、マストの強度等に問題が生じ、より信頼性のある立坑掘削を効率的に行うため、専用機としてシャフトリグが使われてきた。このように、シャフトリグを使ったシャフトドリリング技術は、石油掘削技術として発達し、米国ネバダの地下核実験場等で数多くの実績を築き上げてきた技術である。

一般に、シャフトドリリングは、次のような手順でその計画が作成されている。

まず、立坑掘削の予定地点において、地質・地盤調査により地盤の諸物性値、深度方向の土圧・地圧分布、地下水の間隙水圧分布等の地質・地盤のデータを得る。

次に、ライニングの計画の検討を行う。使用目的に合ったライニング工法、ライニングの寸法等を検討するとともに、地質・地盤のデータからライニングにかかる外力の計算を行って、ライニングのセグメント毎の厚さや重量等を決定する。これにより、掘削坑径が決定される。

続いて、地質・地盤のデータ、ライニングの寸法・重量、掘削坑径等から掘削計画を検討する。

最後に、ライニング設置計画の検討を行う。この計画には、ライニングの重量により決定されるライニング降下方法、ライニングの溶接方法、グラウチング方法などの計画が含まれる。

今回は、シャフトドリリング技術において最も普及している工法や機器を用いることとして、モデルプランへの適用性を検討し、超深度貯留タンクのための立坑掘削・構築計画を作成した。

5. 2 立坑掘削

シャフトドリリングに用いられる掘削ツールの代表的な編成を、図-2に示す。

掘削ツールは、地盤を掘削するカッター、ビット本体、それらに荷重を与えるウェイト、立坑の安定性・直進性を確保するスタビライザー等から編成される。

モデルサイトでのシャフトドリリングによる掘削口径は、貯留タンクの内径が2mの場合は直径3.05mで、内径が4mの場合は直径3.05m掘削後、直径6.10mに拡張する2工程で行う。また、2坑掘削の場合、掘削リグの移動はダウン・アップ方式で行い、ライニングの端の離間距離は、米国での施工実績から30mとした。

5. 3 ライニング構築

ライニングは、米国での豊富な実績を基に静水圧の1.5倍の外力に耐えるように設計した。高透水性地盤の分布する深度では水密構造とし地下水の流入を防止し、低透水性地盤の分布する深度では水抜孔付きとしライニングに水圧が作用しない構造とする。ライニングと地盤の間の空隙には、セメントを充填する。

モデルサイトでは、深度300m以浅は高透水性地盤で、300m以深は低透水性地盤が主として分布すると推定された。このため、深度0～300mは補強リング付鋼ライニング、深度300～1,000mは水抜孔付鋼ライニングとする(図-3)。ライニングは、リグあるいは油圧ジャッキを用いて降下させる。リグによる降下方法を、図-4に示す。ライニングは、ライニングエレベータとフックで吊り下げ、

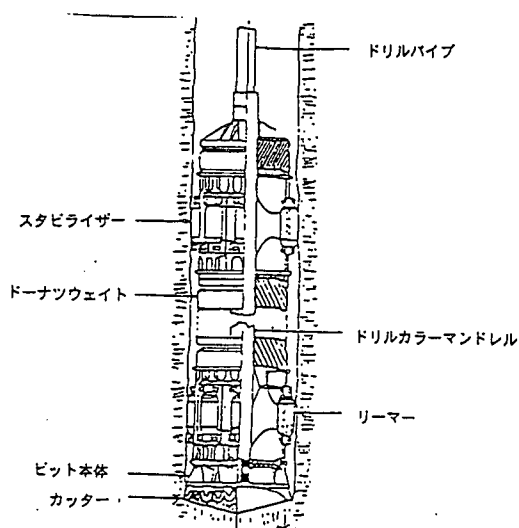


図-2 掘削ツールの編成

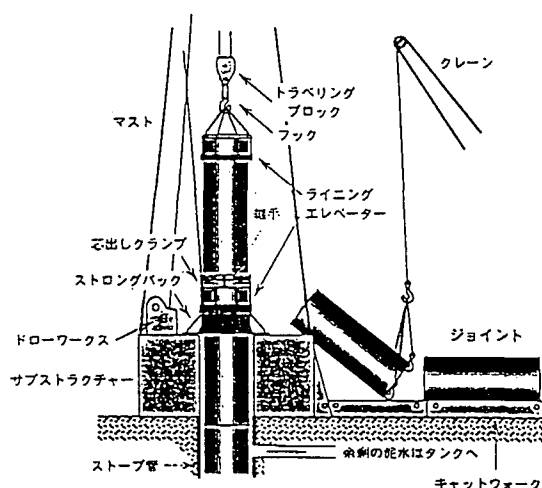


図-4 ライニングの降下方法

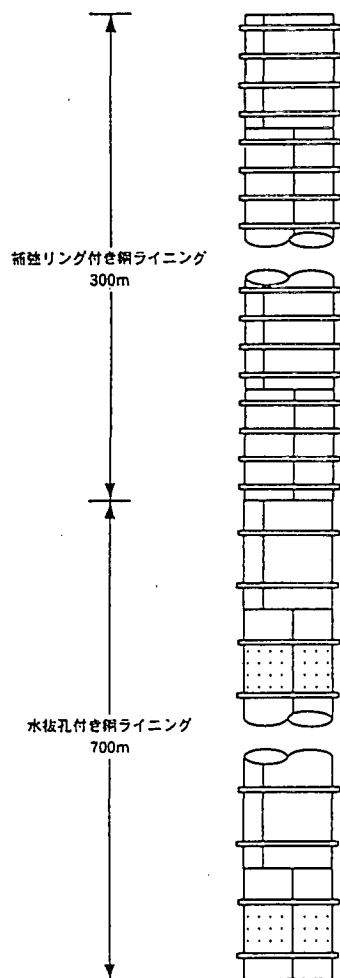


図-3 ライニング

ストロングバックで支えながら芯出しランプ部で溶接して降下させる。

5. 4 底盤構造

ライニングの底盤を遮水構造とした場合、浮力によるライニングの浮き上がりはないと算定されたが、底盤とライニングの接合部では、浮力による応力集中により力学的に不安定になることが想定される。このため、ライニングの底盤は、高透水性材料を用いた排水構造とする。ただし、排水底盤とした場合、湧水による上向流により目詰まりは減少されるものの、長期に渡ると目詰まりによる浮力が発生することも想定され、実際の施工においては妥当な強度を有する材料を用いることとする。

6. 設備技術

超深度貯留タンクの設備については、モデルプランとして設定した使用目的・運営方法に基づき検

討した。また、設備設計を検討する際に、次のことを考慮した。

- (1) 想定される流入下水に対して、腐食、摩耗、つまり等を考慮した機器であるとともに、タンク底部への懸濁物質の沈殿を防止する設備あるいは機能を備えること。
- (2) 超深度地下という環境を考慮して、保守管理は全て地上で対応可能であること。すなわち、タンク内の機器は全て地上へ、容易に取り出すことが可能であること。

6. 1 流入設備

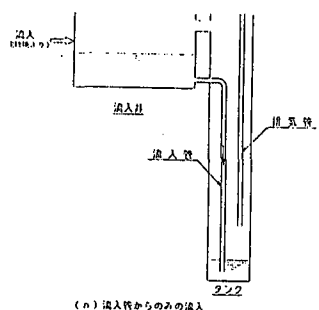
最高 1,000m という超高落差の流入と最大 $20.829\text{m}^3/\text{sec}$ という流入水量は、前例のない技術である。下水道本管への流入におけるドロップシャフト技術の適用を検討した結果、モデルプランには図-5 に示すように、流入管と自然落下とを併用する方法を採用し、自然落下時にタンク内の空気が立坑坑口から排出しやすいように、排気管を設置することとした。

流入井に流入した雨水は、流入井が所定のレベルに達するまではオリフィス付きの流入管により流入し、オーバーフローレベルに達した場合は、自然落下させる。超高落差自然落下においては、落下水は空気を混合し、やがて水滴、露状になると考えられるが、本モデルにおいては、雨水流入量の時間的変化の特性上、大流量に達するまでにタンク内のあるレベルまで水位が達していると考えられる。

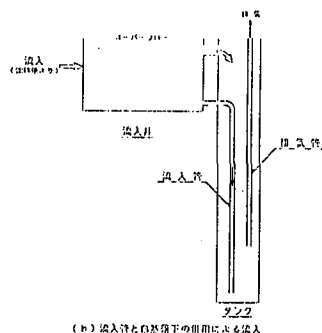
6. 2 沈殿防止と沈殿物の除去

流入水は、静置した場合、懸濁物質が沈殿する。この沈殿物を放置しておくと、さらに圧密が進み固くなり、タンクの有効容積を小さくするのみならず、タンク内機器（ポンプ等）が埋まった状態となり、やがて使用不能に陥る。

このトラブルを防止するためには流入開始後、すみやかにタンク内を有効に攪拌して、懸濁物質の沈殿を防止することが必要である。沈殿の防止は、後述する水中ポンプを用いた 3~4 段階の揚水に伴って生じるタンク内の攪拌及び初期流入水による攪拌によって行う。しかし、長期間に渡って堆積した沈殿物についても検討しておく必要がある。



(a) 流入管からのみの流入



(b) 流入管と自然落下の併用による流入

図-5 流入モデル

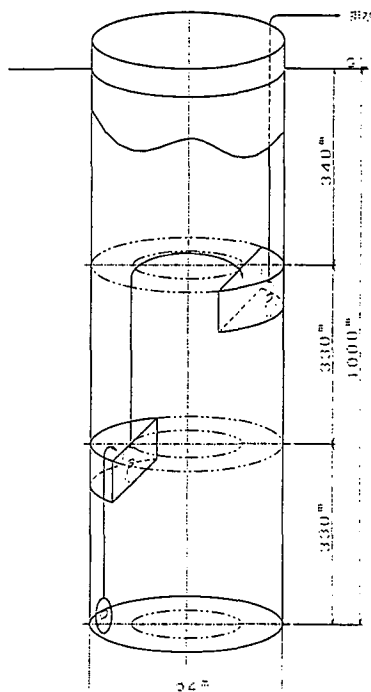


図-6 排水設備のイメージ図

6. 3 排水設備

タンク内の貯留水の排水(揚水)は、水中ポンプ方式を採用し、既存のポンプの能力でほぼカバーできる実揚程 250～350m のポンプを 3～4 段組み合わせ、段階的に揚水する。3 段揚水の場合の貯留タンク及びポンプのイメージを図-6 に示す。

ポンプの固定は、ポンプに油圧パッカーを装置する方法を採用し、ポンプ動力用電源ケーブル、故障検出用計装ケーブル及び油圧パッカー用油圧配管はコイルチューピングの中に一括して収納する。なお、コイルチューピングは、これ自体がポンプの荷重を支えるチェーンまたはワイヤーの役割を果たすものである。

6. 4 制御及び保守管理

制御方法としては、地上における電気制御だけで対応可能な、例えばインバーター方式によるモーター回転数制御とする。ポンプ保護は、空回転防止及びモーターの温度検知による停止インターロックを採用し、ポンプの保守管理のため、常時少量の雨水を貯水することとし、この常時貯水を所定の頻度で揚水する。

また、タンク内設置機器の保守管理は、貯留タンク内に作業員が立ち入ることなくできるように、ポンプ本体を含めた全機器が地上に吊り上げられるようにする。

7. 基本計画

超深度貯留タンクの構想についてモデルプランを設定し、必要となる要素技術について検討を行い、その検討結果をとりまとめ、超深度貯留タンクの全体的な基本計画を作成した。また、超深度貯留タンクの実現可能性について、工期や建設費用など技術的・経済的な観点から検討を加えた。

ここでは、これまでに調査した結果を整理し、検討したモデルケースについて建設工程、建設費用を取りまとめるとともに、今後の課題について検討を加えた。

7. 1 建設工程

モデルサイトについて検討した各ケースの建設工程全体の概要をまとめると、次のようになる。

立坑掘削・構築については掘削設置工事を 1 日 3 交代で作業するとし立坑内径・立坑数により 4 ケースに、設備計画については立坑数により 2 ケースに分類される。なお、地質・地盤調査については、いずれの場合も同様である。全体としては、立坑内径・立坑数により 4 ケースの概略工程表にまとめ検討を行った。その結果は、いずれのケースもほぼ同様に 3 年程度の工程となっている。その理由は、次のように考えられる。

- (1) 地質・地盤調査はいずれも 1 年である。
- (2) 立坑掘削・構築計画については、準備・ライニング設計製作が 1 基、2 基でほとんど変わらず全工程の相当期間を占め、実際の掘削・ライニング設置工事は 1 基当たり内径 2m で 2.5 月、内径 4m で 5 月と短期間である。
- (3) 設備関係については機械設備・電気設備の設計・製作が全工程の相当期間を占め、両者は重複して実施可能なため、4 ケースともほぼ同じ工程である。

7. 2 建設費用

モデルサイトについて検討した各ケースの建設費用の概算結果を、表-3 に示す。

立坑掘削・構築については掘削設置工事を 1 日 3 交代で作業するとし立坑内径・立坑数により 4 ケースに、設備計画については立坑内径(揚水量)・立坑数(タンク数)・揚水モデルの段数により 8 ケースに分類される。なお、地質・地盤調査については、いずれの場合も同様である。全体としては、立坑内径・立坑数・揚水モデルの段数により 8 ケースの建設費用としてまとめた。この建設コストについて考察すると、次のようにまとめられる。

表－３ 建設費用（モデルサイトにおける）

費用算出ケース	1	2	3	4	5	6	7	8
立坑内径 (m)	2		4		2		4	
立坑数 (基)	1	2	1	2	1	2	1	2
貯留量 (m³)	3,140	6,280	12,560	25,120	3,140	6,280	12,560	25,120
ポンプの段数	3		4		3		4	
1. 地質・地盤調査費用 (百万円)	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0
2. 立坑掘削・構築費用 (百万円)	1364.3	2590.5	3041.7	5938.5	1364.3	2590.5	3041.7	5938.5
1) 掘削設備工事費 (百万円)	657.7	1177.4	1770.6	3396.4	657.7	1177.4	1770.6	3396.4
2) 掘削準備工事費 (百万円)	65.0	130.0	114.6	229.2	65.0	130.0	114.6	229.2
3) カッティング・廃泥処理費 (百万円)	171.6	343.1	686.5	1372.9	171.6	343.1	686.5	1372.9
4) ライニング費 (百万円)	470.0	940.0	470.0	940.0	470.0	940.0	470.0	940.0
3. 設備費用 (百万円)	694.0	1263.0	1221.0	2317.0	779.0	1423.0	1230.0	2315.0
1) 機械設備費 (百万円)	544.0	988.0	1041.0	1982.0	626.0	1142.0	1045.0	1980.0
2) 電気設備費 (百万円)	65.0	110.0	95.0	170.0	68.0	116.0	100.0	170.0
3) 建築設備費 (百万円)	85.0	165.0	85.0	165.0	85.0	165.0	85.0	165.0
合計 (百万円)	2293.3	4088.5	4497.7	8490.5	2378.3	4248.5	4506.7	8488.5
1 m³当たり単価 (万円)	73.0	65.1	35.8	33.8	75.7	67.7	35.9	33.8

注) 事前に基本設計は終了しているものとする。立坑掘削構築の掘削設置工事は1日3交代で作業するものとする。

(1) 1 m³当たり単価を見ると、立坑数1基、2基いずれでも内径2mの場合は内径4mの場合と比べて約2倍となっている。

(2) 1 m³当たり単価を見ると、内径2mの場合は2基にすると約10%低くなり、内径4mの場合は2基にすると約5%低くなる。

(3) ポンプを3段とした場合は4段とした場合と比べて若干安くなるが、その差は微少である。

本検討結果と既存の雨水貯留施設の建設単価とを比較すると、内径2mの場合は雨水調整池の最大単価(70万円/m³)とほぼ同様で、内径4mの場合は雨水滞水池、貯留管の最大単価(両者とも40万円/m³)より低くなる。

7. 3 今後の課題

今回のモデルプランについての検討では、貯留タンクの深度を1,000mに固定し、立坑数あるいは貯留タンクの内径を変化させた。今後、貯留タンクの深度を変化させて検討することにより、超深度貯留タンクの最適深度を追求するという課題も挙げられる。個々の技術については残されている主な課題についてまとめると、次のようになる。

- (1) 地質・地盤調査の全体工程短縮の観点から、合理的かつ高精度なボーリング手法の開発及び超深度に対応した原位試験装置の改良・開発が必要である。
- (2) 立坑掘削・構築費に占めるライニング費用の比率は低くないので、国産のライニングのコストと米国製のものを輸入した場合のコストを比較する必要がある。
- (3) 最大20.829m³/secという大流量を最大1,000mの落差で確実に流入させることができる流入設備及び構造について、最終的な確証は得られていない。1,000mを落下する水の挙動特性に関する研究が必要である。
- (4) 設置水深1,000mの水圧に耐え、汚水対応可能な排水ポンプを開発する必要がある。

8. おわりに

超深度貯留タンクの構築を目的として、地質・地盤調査計画、立坑掘削・構築計画及び設備計画を作成しモデルプランについて検討した。今回検討したモデルプランは、通常時はタンクの中が空にな

るという力学的には厳しい条件の中で、内径 2～4m、深度 1,000m の超深度貯留タンク構築の可能性について技術的な見通しが得られた。

本プランにおける超深度雨水貯留タンクの掘削・構築工事費を、過去に建設された雨水貯留関係施設や最近建設された放水路の立坑の工事費と比較すると、空容量 1m³ あたりのコストは遜色のないものであった。このことから、シャフトドリリングを用いた超深度雨水貯留タンクは、水槽型雨水貯留池と比較して、省用地でかつコスト的に十分競合性を持つものである。

さらに、モデルプランを発展させ、実規模の超深度雨水貯留タンク構築に向けた実証実験計画の策定が求められる。また、雨水貯留タンク以外の用途に対する超深度タンクの適用可能性について、検討することも挙げられる。

参考文献

- 1) 東京都下水道局：下水道施設設計標準(案)〔処理場・ポンプ場〕, 1992. 4.
- 2) 建設省計画局：東京湾周辺の地盤, 大蔵省印刷局, pp. 138, 1969.
- 3) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図, 技報堂出版, pp. 94p, 1977.
- 4) 東京都土木技術研究所：東京都(区部)大深度地下地盤図, 東京都情報連絡室, pp. 66, 1996.
- 5) 鈴木宏芳：江東深層地殻活動観測井の地質と首都圏地域の地質構造, 防災科学技術研究所研究報告, 56, pp. 77～123, 1996.
- 6) 土質工学会：土質試験の方法と解説, 土質工学会, 1990.
- 7) 土質工学会：岩の調査と試験, 土質工学会, 1989.
- 8) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック, 建設産業調査会, pp. 170, 1979.
- 9) 川島一彦：地下構造物の耐震設計, 鹿島出版会, 1994.
- 10) 東京都下水道局：超深度掘削技術, 東京都下水道局技術調査年報, pp. 25～38, 1997. 3
- 11) 東京都下水道局：超深度雨水貯留タンクの開発, 東京都下水道局技術調査年報, pp. 33～41, 1998. 3