

(21) 現用の掘削システムを応用した 深部軟岩での水没ドーム空間の建造技術構想

ー連続地中壁掘削用重錘とパンタグラフ溝機切り機による都市型CAES・污水浄化の共用圧気タンクー

東海大学工学部 林 正夫

Feasibility Study of Submerged Geospacing using Conventional Excavation System

- Proposal of Geodome Construction applying Electro-Controlled Weight Trencher and Pantograph Trencher for Common Use Cavern of Urban CAES and Sewage Treatment-

Masao Hayashi

Dept. of Civil Engineer,

Tokai University

Abstsact

Submerged Geodome in deep soft rock will be usefull to compressed air energy storage for peak and intermediate electric power generation by advanced gas turbine at thermal power staion in urban area which can be commonly used for sewage treatment. Some construction methods were proposed already which were cosisted of full cross section methods and fore lining methods using Panto Trencher , Convex Rail and Tubular Form.

Now the author is proposing a more practical method using the conventional Electro-Controlled Weight Trencher and Pantograohic Trencher. This is proposed for the feasibility study of of common use of submerged compressed air storage for Gas turbine and areation of sewage in deep soft rock.

1. はじめに

都市型のCAESは電力貯蔵・ピーク発電だけでなく、下水処理・湖水浄化・内水氾濫防止・無重力実験・コーゼネレーション等にも共用の可能性があると思う。

その圧気タンクは硬岩なら現在技術で可能である。軟岩は水没式でなら可能と考える。

その技術構想はすでに数年にわたり提案を繰り返してきたし、その一部は実験中である。今回はCAES (3万kw) と下水処理 (25000t/日) の共用プラントの概念を提案する。

2. 深部軟岩でのドームの必要性と開発の手始めの提案

水没地中空間の開発手順の筆者の試案は表1であった。その手始めとして表2・表3及び図1のように圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電 (3万kwクラス) と下水・富栄養化した湖水堆積等の污水を430mの超深層で好気・嫌気の活性汚泥法により水質浄化 (2.5 万 t/日) の共用プラントの構想を提案する。

表1 水没ドーム工法をエネルギー・環境・資源・防災等に利用する実証研究の構想案 (試案)

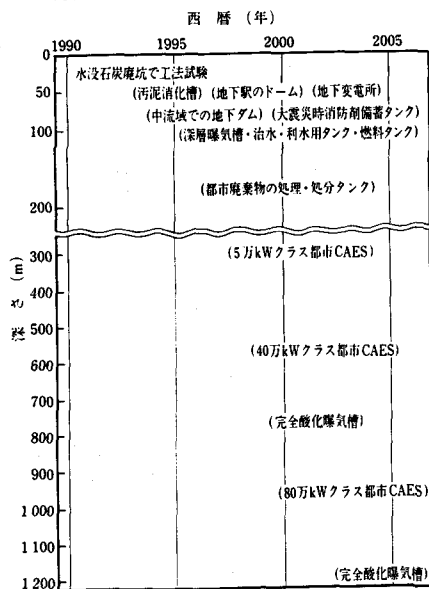


表2 電力貯蔵・ピーク発電・污水浄化の共用システムの運用計画

時刻	22時	2時	5時	12時	18時	20時
水質	汚水好気	浄化水流出	浄化水流出	汚水流入	汚水流入	汚水流入
発電	圧気運転	圧気運転	圧気運転	発電	発電	停止
熱	蓄熱	蓄熱	蓄熱	放熱	放熱	放熱

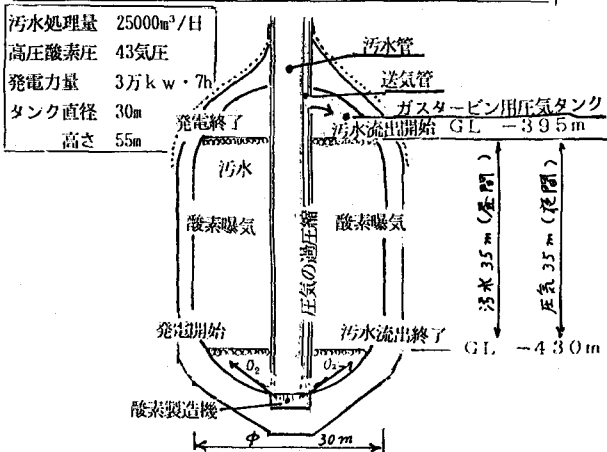


図1 圧縮空気貯蔵ーガスタービン発電と都市污水浄化の共用地下タンク

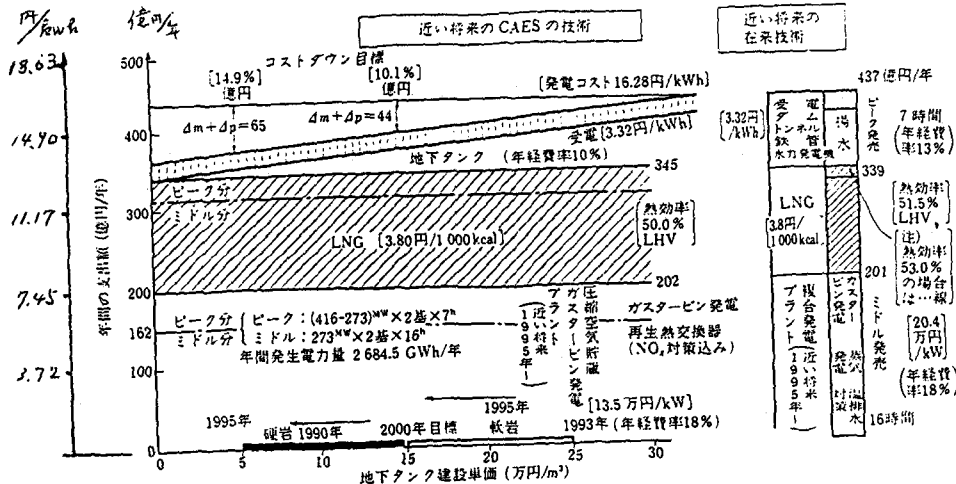
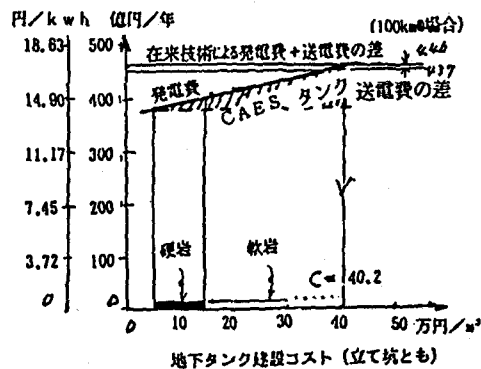
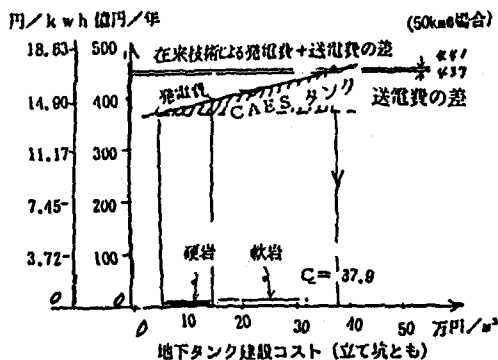


図-3 ピーク・ミドル兼用の圧縮空気貯蔵-ガスタービン発電と

揚水発電・複合火力発電の年間支出額の比較 (例)



燃料費 3.80円/1000kcal



燃料費 3.80円/1000kcal

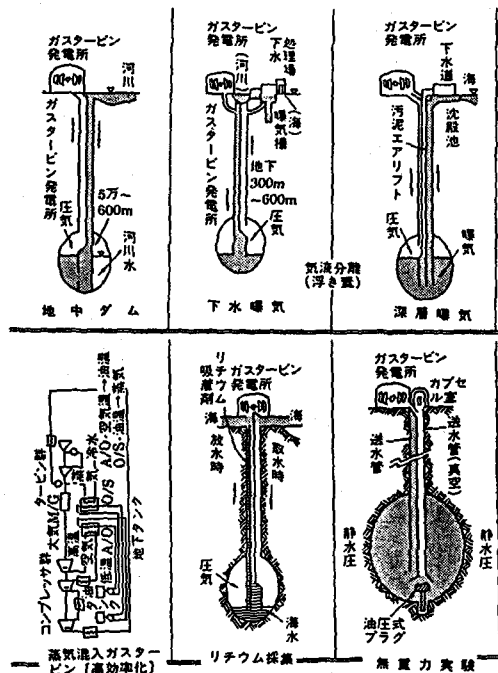


図5 圧縮空気貯蔵-ガスタービン発電に伴う社会の公共資本の付加価値

図4 都市接近型41万kW CAES-GTの採算面からみた地下タンク (12万m³) の限界コスト (在来の複合発電と揚水発電の発電費+送電線路長の差に着眼)

4. 深部軟岩のドーム建造の水没工法

表4に今回提案のFore Shell工法のメリットと課題を挙げて見た。

「Fore Shell工法とはFore Pile工法の延長線上にあり 地下空間の掘削の外に 殻状の遮水・補強の連続壁を円筒状とか球殻状に築造し 地下空間の安定な本格的工事の準備にするか、その殻を構造物とし地下空間を拡張する工事と位置付ける」

表4
地中水没ドーム川
Fore Shell工法の課題

着眼点	メリット	技術課題の解決の一案
安定性 向上	遮水機能	裏ごめ部ジェットから砂質部を地盤改良 機械的拡張（ミング等）併用で改良域拡大
	掘削面の保護	重泥水は不要でジェットからより保護で粘 同上
	外周壁先行	裏ごめ部の三軸拘束が効きクリヤを抑制 同上だが粘性泥岩も補強を目指す拡張機
	打ち継ぎめ	ジェットカラムの打ち継ぎめは固着 同上
	高強度コンクリート	カラム部の泥水を圧気空間に替えてからジェットセメントで固化し構造強度向上
信頼性	現用技術の応用に留意	ジェットカラム・ミング・Fore Pile 粘性泥岩にも可能な機械的拡張機の開発 チェンソー・パンタグラフ溝きり機 炭坑・東京湾・神橋等で100%実績十分
	制御の単純化	中心軸周りの溝きりの度ごとにその先端でジェットカラムの単純な繰返しにより殻を形成 3次元形状測定の精度向上と自動化
向上	工事中の修理の容易さ	立て坑から容易に取り出せる工法を優先する パンタグラフ溝きり機・重錘式溝切り機・アクアヘッダー等がこのシステムの根幹で部品の交換は容易である
実現性の進	経済性の重視	使用実績の多い工法を優先する 超深度での自動制御の面で電子制御重錘掘削機・アクアヘッダー等は実績が豊富
補修の簡単	空洞は補修しにくいとされてきたが可能性の探索	既存の覆工壁を貫通し 拡張用ビットを半径方向に突き出し、その奥でジェットカラムを形成し遮水・地盤改良をおこなう 軟岩でも砂質はジェットグラウトとカラムが出来るが粘性の高い泥岩は出来にくい。粘性土の機械的拡張・攪はん・孔奥でのカラム建造の機械を開発する
空洞拡張性	従来は空洞は拡張出来ない意識している壁を破る	既存の覆工壁を貫通し 拡張用ビットを半径方向に突き出し、その奥でカラム空間をつくり、その泥水空間を圧気空間にかえ、ジェットカラムをつくる ジェットカラムを高強度にするため、圧気空間に生コンを圧入するシステムを開発する。連続的なジェットカラムができるとFore Shellになり拡張空洞になる

5. 都市型CAES-GTの公共事業としての価値の創出

2. に述べた下水事業のほか
図5に都市型CAES-GTの公共事業間の共用がもし可能になれば どのような社会的価値が創造できるかを示す。硬岩・中硬岩なら直ぐに着手したいものである。

6. 電子制御重錘掘削機を 水没ドーム建造に応用する提案（今回の案）

あとでの提案の技術に関係のある現用の建設機械の例を図6に示す。製作会社は単に例示であると断っておく。筆者は未熟ながら現実的な工機を応用することによって 技術的論議が盛んになり地中空間の利用構想が現実化することを期待している。

表5と図7に水没工法を q_u が10から15 $\text{kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2$ で行う場合の工事手順の一案を示す。大道具はかなり構想が進み（別途曲線レーンルを研究中）今後は泥水掘削中でよく働く“人魚の目と手”のような小道具の研究に入り 実証実験を開始できるようにする予定である。

最近はこの他の水没工法案も出始めたので、今後機会をみて岩盤力学的な考察を進める予定である。

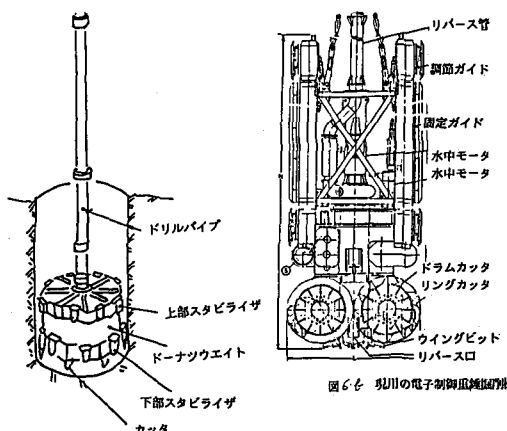


図6a 引川の底盤式回転掘削機

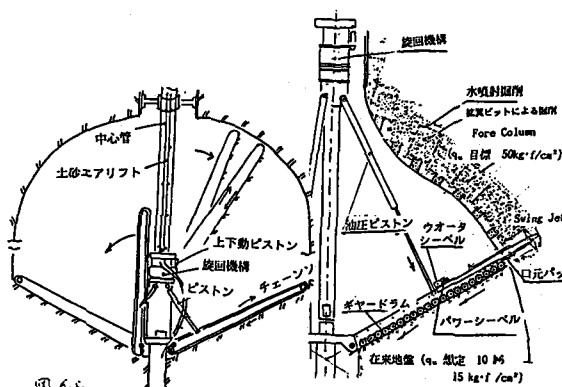


図6b 引川のチェンソーを応用した 図6a パンタグラフ溝きり機に引川のSine JetをFore Columnに改造して使用する可能性 (模様の例)

表 5	水没ドームの建造手順の一案 (図7 と対応)	足川の課題	足川の難易度
立坑	1 立て坑掘削 建機の一歩	足川上の課題	C
坑	2 鋼管立込み 逐次溶接後立込み	大口径化	
	3 拡張機降下 水切り機		
	4 拡張掘削 水切り機	ずり出しの信頼性	B
ドーム部	5 同上	同上	
薄きり	6 Fore Column (構想) 先端でカラム (Fore column) と Fore Shell	改良領域の拡大	A
掘削	7 重掘削機 水中 クレーン	に適した機構	B
直	8 重掘削機 電子制御重掘削機	掘削方位、位置	C
管	9 1セグメント 分掘削	等価掘削信頼性	C
部	10 1セグメント 分掘削	中心軸管の固定	
	11 全セグメント 完成	ずり出し効率	C
ドーム部	12 ドーム部 鉄筋入り	水溶性チューブ	B
掘削	13 ドーム部 螺旋状	コンクリート信頼性	B
工	14 ドーム部 フェンダークラット	打ち継ぎ目に	C
	15 ドーム部 フェンダークラット	予めグラウト管設置	
	16 ドーム部 フェンダークラット	オーバーハング部	C
	17 ドーム部 フェンダークラット	裏ごめ砂を充填	
	18 ドーム部 フェンダークラット	裏ごめ部にリグ	C
	19 ドーム部 フェンダークラット	ラウト管を予め設置	
	20 ドーム部 フェンダークラット	中心管の固定	B
	21 ドーム部 フェンダークラット	形状管理	B
	22 ドーム部 フェンダークラット	水中掘削機	B
	23 ドーム部 フェンダークラット	耐久性合成膜	C
	24 ドーム部 フェンダークラット		

7. 今後の研究課題の例

- 1) 地質学上の側圧論 第三紀の泥岩のテクトニクスによる側圧がどれだけの実験
- 2) 軟岩の長期変形性 耐用年数が約100年として 高い拘束下で繰り返し応力によるクリープが覆工の応力をどれだけ増大させるかの計算と実験
- 3) 水没空間の局所破壊 砂質泥岩の浸透水圧による破壊に対し補強する技術 例えばここで のべ Fore Column 将来は Fore Shell の技術
- 4) 泥水圧下での計測器
- 4) 泥水中での迅速な立体測量 距離10cm~20mでの近・遠に応じた超音波その他の技術
- 5) 水中コンクリートの高強度化 ここではコルゲート管のよき曲がり易いチューブを水中に送り込み、生コンをその中に圧送し固化させることを考えている。これは泥と生コンの混合を避け固化・養生の途中で管の外から高い水圧がかかり強いコンクリートが出来る可能性を狙っている。また鉄筋の挿入も将来は可能になるだろう。

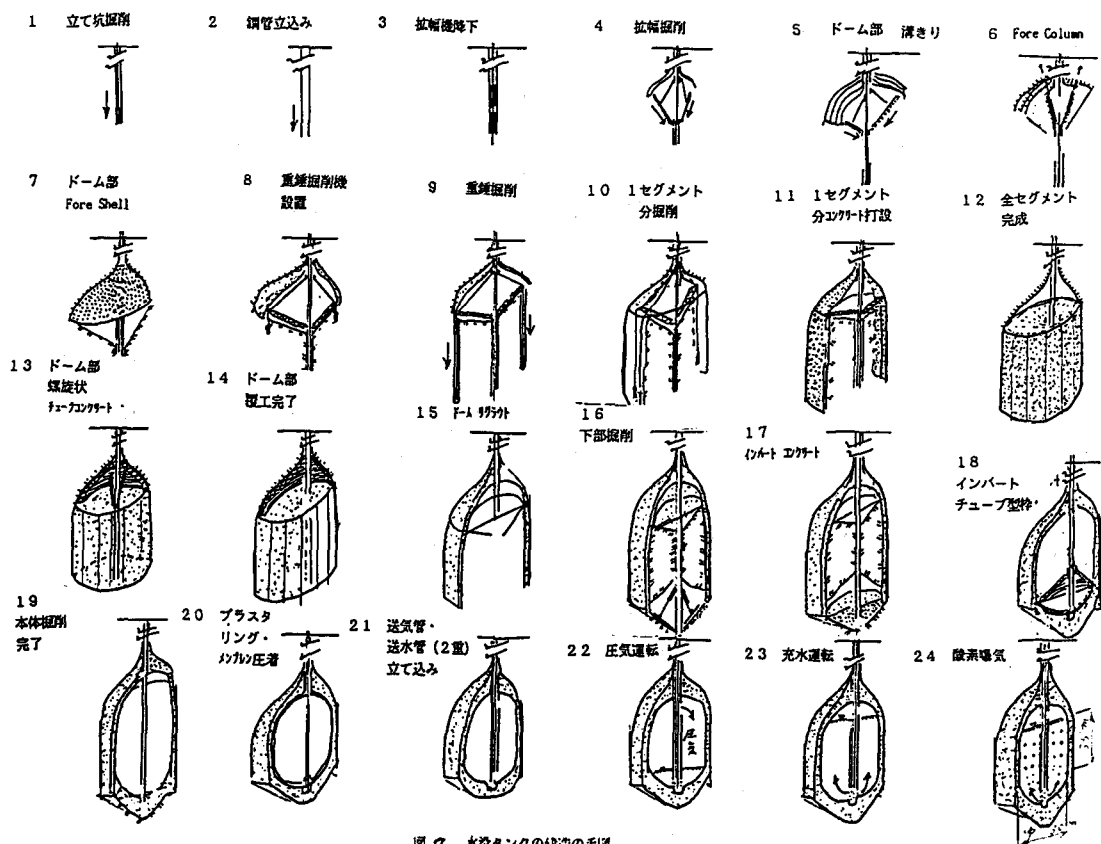


図 7 水没タンクの建造の手順

結び 都市型のCAES-GTの実現の鍵は深部軟岩での水没地中タンクの実証である。今回は現用の工機を出来るだけ多く応用しその工事が行える見通しと、経済性の限界コストを述べた。

さらに電力貯蔵と汚水処理に共用できる圧気タンクの運用方法の概念を提案した。この共用タンクの公共事業は地球上のどの都市でも実現できるよう。まずは在来技術人がはいつくる硬岩。中硬岩で着手したい。

電力中研・諸建設会社と建設機械会社 (三菱・日立・小松・利根・石川島・川崎重工・三井三池等) の技術資料に負うところが多い。ここに感謝する。

- 1) 林 正夫 “水没工法による深部軟岩でのドーム空間建造に関する構想研究”
—都市型CAESの実現を目指して— 土木学会論文集第418/III-13, 1990-6
- 2) 林 正夫 “ピーク発電とミドル発電を兼用できる新しい圧縮空気貯蔵—ガスタービン発電の構想研究—都市型 CAES-GTの実現性の予測— 土木学会論文集第412/III-12, 1989-12