

鹿島建設(株) 東京土木本部

正 北原 靖吉
 , ○ 松本 吉兼
 , 杉本 武夫

I. 工事概要

この工事は、現在稼働発電中の原子力第二発電所に隣接し、かつ海浜にのぞむ砂レキ層で根切り深さ22m、土量55万m³の第二発電所基礎掘削工事である。この掘削にあたり、止水壁として地中連続壁工法を採用し、そのすぐれた止水効果により周辺施設の保全とともにドライワークによる重機上工を可能ならしめ、工期を短縮することができた。工事は、地中連続壁工と内部掘削工に大別されるが、主要となる前者についてその目的は次のことがあげられた。a. 掘削に伴う周辺地下水位の変動により、近隣建物の沈下を防ぐ。b. 将来構造物に対する揚圧力の阻止および建物から発生する振動、騒音の低減。c. 内部掘削施工時におけるトラフィカビリティの確保および法面保護のための湧水の防止。とこれ、これからこの連続壁は止水を主目的とした止水壁である。

工事場所：茨城県那珂郡東海村 日本原子力発電所構内。工事場所の形：250m×180m(根切り底GL-22m)。

工 期：昭和48年1月10日から昭和48年9月30日まで。主要工事数量：① 地中連続壁工(止水壁)

厚60cm、深さ22m～42m(岩盤に少なくとも2m貫入)、延長717m、壁面積18,177m²。

② 基礎掘削工 548,000m³。③ 法面保護工(フラシ) 7,400m²。

II. 地中連続壁工法

本工事の主役となる連続壁工は、1971年開発されたトルマン掘削機(掘削ロッド方式クラムシェル)とH・Bバケット掘削機(ワイヤークラムシェル)の併用で実施した。これは次の条件を勘案して施工法の選定を行なった

- | | | | | |
|----------|------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① トルマン掘削 | ② クラムシェル掘削 | ③ 接合部仕上げ
(後行エレメントのみ) | ④ インターlocking
パイプ吊込
(先行エレメントのみ) | ⑤ コンクリート打設 |
| | | ⑥ スライム処理 | ⑦ 鉄筋吊込 | ⑧ インターlocking
パイプ引抜
(先行エレメントのみ) |

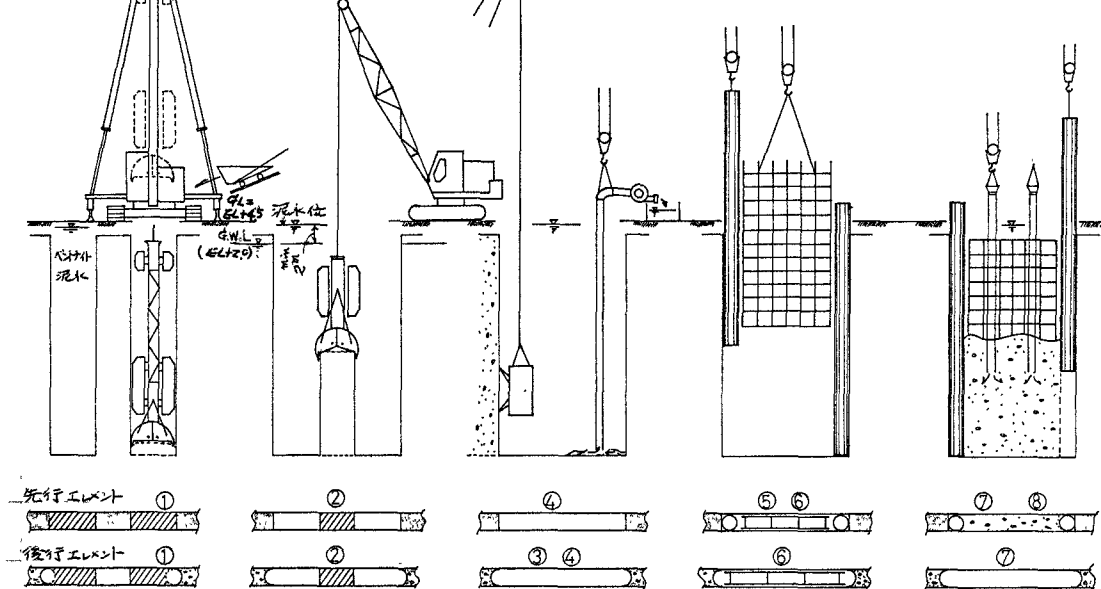


図-1. 地中壁施工順序図

ものである。(1). 当現場の土質が次のように悪条件であると想定されたこと。a. 良く締った砂レキ層である。(N>50) b. レキの粒径が大きい。(Max 400mm) C. 岩盤が深い。(Max 42m) (2). 止水を主目的とした連続壁であるので鉛直精度のよいこと。(3). 工事数量18,200m²と工期が3ヶ月(部分工期)と極めて短期間で大きな施工量となるため掘削能率が良く確実性のあるもの。

1. トールマン掘削機の概要 主力機械であるトールマン掘削機は、クローラ杭打機(3英支持)をベースマシンとし、これに従来のクラムシェルバケットにマストおよびスタビライザーを付加したトールマンバケットと、土砂排出用の排土装置を備えたものである。この掘削機は、バケットが杭打機のリーダに沿ってスライドする機構になっており、バケット上部がリーダを離れるまでは、リーダの掘削精度がそのまま掘削孔の精度となり、掘削がさらに進行し、孔中にバケットが完全に貫入すると上下のスタビライザー、孔壁がバケットを規制するようになる。このような機構から次のような特長がある。a. 掘削精度が良い。(1/500~1/1000) b. バケット重量が従来のクラムシェルバケットに比べて約1.5倍の5.6TONとなり、硬質地盤における掘削力も大きい。c. 先行ボーリングが不要。d. 施回動作が不要な定長掘削のため掘削能率が良く、地盤も土塊状で掘削して地上に排出し破砕処理、泥水管理が容易である。

2. 施工順序 止水壁工事の施工順序を図-1に示す。当現場の上層構成は、南側(一号発電所側)は砂→砂レキ→岩盤(砂質泥岩)となっており、北側に進むに従って、砂→砂レキ→シルト→岩盤と漸次シルトが介在する層序となっている。この止水壁工事の施工方法については、前出した掘削機種が異なるだけで、その他については一般的な方法と大差ないと思うが、この工事では特にベントナイト泥水の品質管理について、独自の方法をもって非常に慎重かつ徹底に行なったこと。また、スライム処理はリバーサーキュレーション揚水装置を用い、短かくして2時間、長い所では15時間も連続運転で除去したこと。さらに止水壁ジョイント部の掘削には図-1のように、特殊掘削機を使って掘き取るなど、とにかく連続壁の止水性を確保するために細心の注意を払った。

3. 施工実績 止水壁工事の実績の一部を次表に示す。

表-1. 地中壁掘削機械の稼働実績

機 種	区 分		作 業 量		掘削実績(m ³ /hr)	
	区画数	掘削(m ²)	実作業量	就 勤 時 間	割	
トールマン1号機	72	4843	7.03	2.99		
" 2号機	63	3578	5.17	2.36		
" 3号機	38	2689	6.57	3.20		
クラム, 1, 2, 3号機	170	7068	5.67	2.44		
合 計	343	18177	5.98	2.64		

就 業 時 間 の 内 訳 (%)

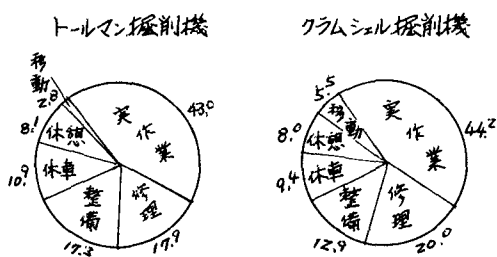


表-2. 実績一覧表

掘 削 数 量	18,177 m ²
コンクリート打設量	13,158 m ³
余 掘 率	20.5 %
工 事 期 間	79 日
コンクリート打設日数	63 日
1日あたりコンクリート打設量	209 m ³
ベントナイト泥水新調量	9,823 m ³
使用総泥水量(反復)	15,200 m ³
泥水の転用回数	1.6 回

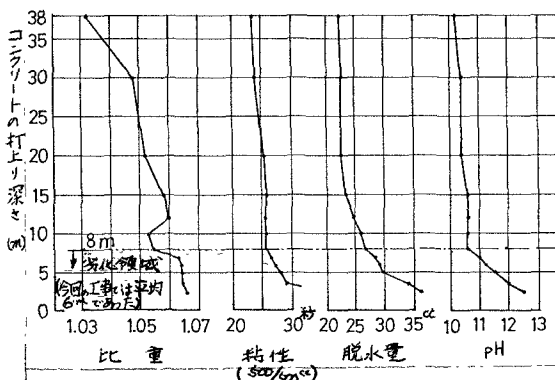


図-2. コンクリート打設時における泥水の劣化状況

Ⅲ. 基礎掘削工

止水壁完成後の内部掘削は、法面勾配1割2分(平均1割8分)で5mごとに小段を設け、法面保護工としてワラ芝を張り、風雨による法面の崩落を防いだ。

1. 掘削方法 掘削土量、作業エリアおよび運搬距離から表-3のように掘削機械を選定した。

表-3. 掘削機械

機械名	土量	運搬距離	土質
ショベル・ダンプ	239,000 ^{m³}	200~900 ^m	砂、レキ、シルト 泥岩(リッパ付)
モトスレーバ(WABCO J333FT)	285,000	400~600	砂、レキ
スグレアドザ(ソク)	24,000	200	シルト
合計 548,000			

2. 水質工 掘削時および完了後の水処理は、次のように行なった。すなわち排水としては、掘削地質が止水壁内部であるため、外部からの地下水の流入はほとんどなく、土砂内部に含まれる貯溜水(有初固ゲキ率に相当する含水量)と、降雨時の表面水である。前者の定量的な掴み方として、この現場51ヶ所の土質試験結果と、止水壁工事による壁掘削の土砂から土性値を、表-4のように整理した。そして、それぞれの地質の地下水面の位置より、まず掘削土質別の滯水量を推定し、その土質別の貯溜係数より湧水量を想定した。次に、内部掘削の進捗(深さ)以上に地下水位の低下が先行しなければならぬので、ディープウェルを4ヶ所(22m~30m)掘削機械の支障のない止水壁内の四隅にセットした。ここで、ディープウェルは、その最大可能揚水量を I.W. Sichardt により算定し、これより内部各地質の地下水面の位置を推定し、掘削スピードとの兼ね合いも、工程上に組み入れた。なお、ディープウェルは前出したトールマン掘削機にて岩盤まで掘削し、そのストレーナーはφ300mmの塩ビパイプで、孔ゲキ率は、約20%である。またフィルター材には豆砂利(D=9mm)を使用した。後者の表面水は、当地方の2年産率降雨強度 $i=35\text{mm/h}$ による流出量を合理式により算出した。排水設備は、地表部(EL+8.0m)は、法面にビニールシートを敷き土壌層から、EL+4.5m盤には、止水壁のガイドウォールを排水溝として使用した。また、各段法虎にはエスロン(硬質塩化ビニール)のU字溝を連ね、これとφ150mmの塩ビ管にて縦方向排水(φ100mmのRCによる集水軒)し、これより水中ポンプにてガイドウォール側溝へ、そこから既設排水軒へ放流させた。その他、掘削の進行にしたがい、数ヶ所の釜場排水溝を設置し、40と60水中ポンプにより揚水した。

表-4. 土性値

土質	掘削標高 EL(m)	W_n (%)	η (%)	D_{10} (mm)	G_s	γ_s (g/cm ³)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	e (%)	β
砂	+8~-6	17.5	30.5	0.156	2.63	2.00	35	—	2.4×10^{-2}	3.2×10^1
レキ	-2~-24	10.0	20.9	0.200	2.60	2.20	40	—	4.0×10^{-2}	3.5×10^1
シルト	-5~-30	55.5	58.0	0.002	2.55	1.65	5	5.0	4.0×10^{-6}	1.6×10^1

※印、宇野尚雄「土の水分保持特性および浸透と排水」土と基礎21-8に引く。

3. 法面保護工 掘削法面の保護は、雨水による洗掘および風による飛散を防止するためである。特に砂質土は、これがはげしいのでワラ芝を張りめぐらした。ワラ芝は、もみワラの中にケンタッキー31F(他5種)



写真— 岩盤掘削状況 事前# GL-22m(EL-14m)盤

の種子も含んだもので、法面に串刺すことによって発芽し生育(長さ20~30cm)するものである。

4 施工実績 掘削工事の実績と、ディープウェル揚水量について、図-3に示す。

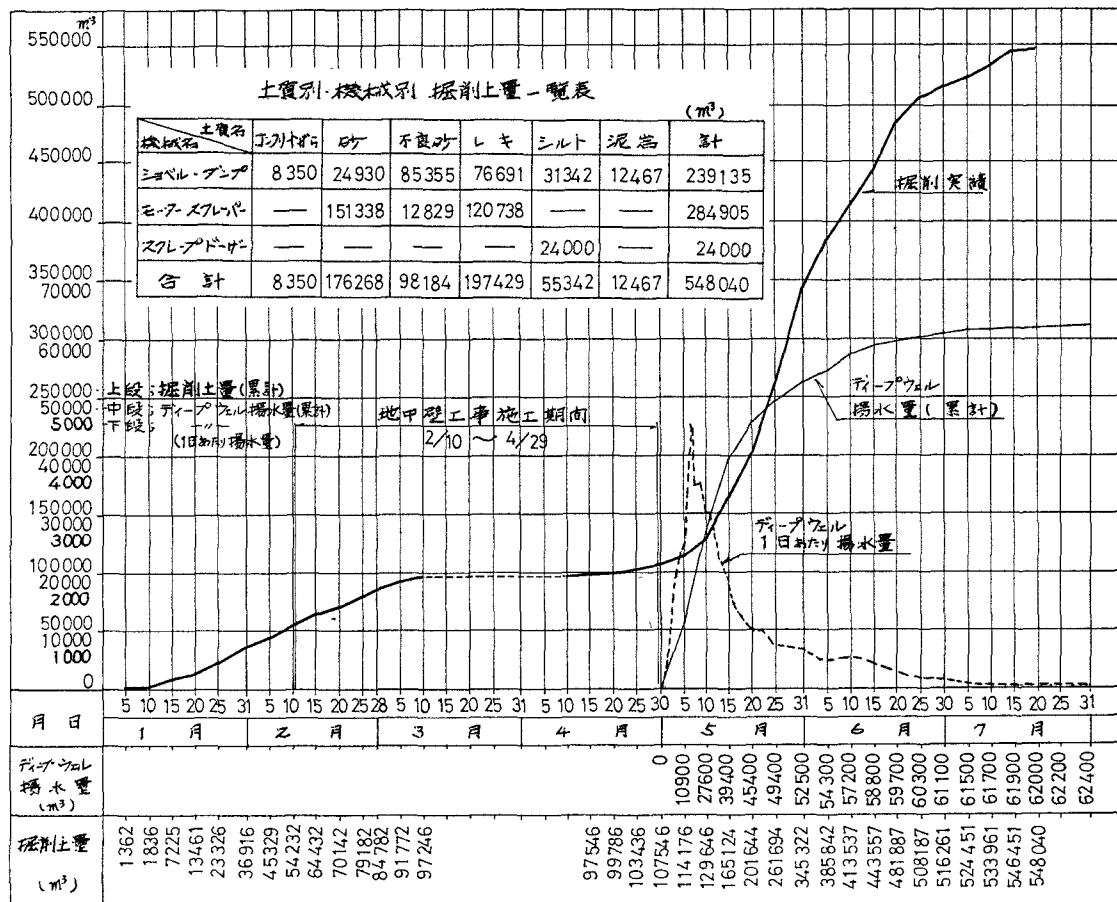


図-3 掘削工事の実績とディープウェル揚水量

IV. 止水壁完成後の諸調査

止水壁完成後の調査管理項目として、A. 地下水位の挙動、
B. 周辺構造物の沈下、C. 内部掘削による止水壁の変位。
を行なったが、ここでは後面の都合上、地下水位の測定
について記述する。地下水位の観測位置は、止水壁の外側
ジョイント部(全周717mm、114点)と、一号発電所側の測尺
4ヶ所である。観測方法は、ジョイント部は、EL+4.5m盤より、
ウェルポイントのライザーパイプ(φ=5.5mm)を打込み、また
一号発電所側は、φ50mm、L=8mの塩ビ管を設置した。これ
らの観測井について、定常時観測した。当初、測定結果が
上下動していたため、海洋潮汐の変動(海まで300m)による

のではと考えられたが、測定に要する時間的事実、およびディープウェルの影響など多岐にわたって不確定要素が
あり検証は困難であった。止水壁からの漏水量について最終掘削盤施工時、各所の釜場排水からの水中ポンプの
稼働時間より推定して、漏水量は2~3% (条件は10%以下)であり、ほとんど完全な止水壁であると思われる。
以上

表-5 地下水位測定結果 (EL m)

月日	場所	(掘削土量)	11	40	68	89
5月 2日		109,996	1.558	2.061	2.003	1.254
10日		129,646	1.484	2.071	—	—
15日		165,124	1.409	2.021	1.980	1.164
19日		201,644	1.379	1.996	1.948	1.154
25日		261,694	1.301	1.951	1.904	1.031
6月 1日		357,462	1.249	1.886	1.861	1.014
14日		436,447	1.324	1.931	1.918	1.144
7月 2日		518,521	1.324	2.001	1.993	1.029
17日		547,691	1.299	1.941	1.853	0.964
8月 7日		548,040	1.174	1.836	1.743	0.814
17日		・	1.077	1.752	1.707	0.808
9月 5日		・	0.993	—	1.708	0.809
29日		・	1.029	—	—	—
10月 31日		・	1.316	—	—	—