

# 今市地下発電所建設工事における岩盤PS工について

御 牧 陽 一\*  
井 上 素 行\*\*

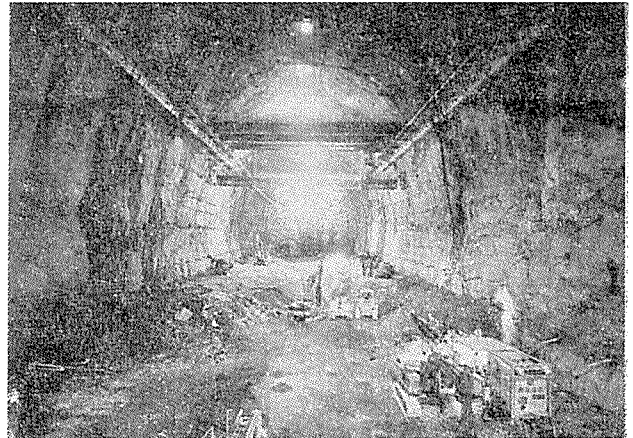
## 1. ま え が き

東京電力は昭和 54 年 10 月から栃木県今市市の北部山岳地において、最大出力 105 万 kW の大容量純揚水式発電所を建設中である。

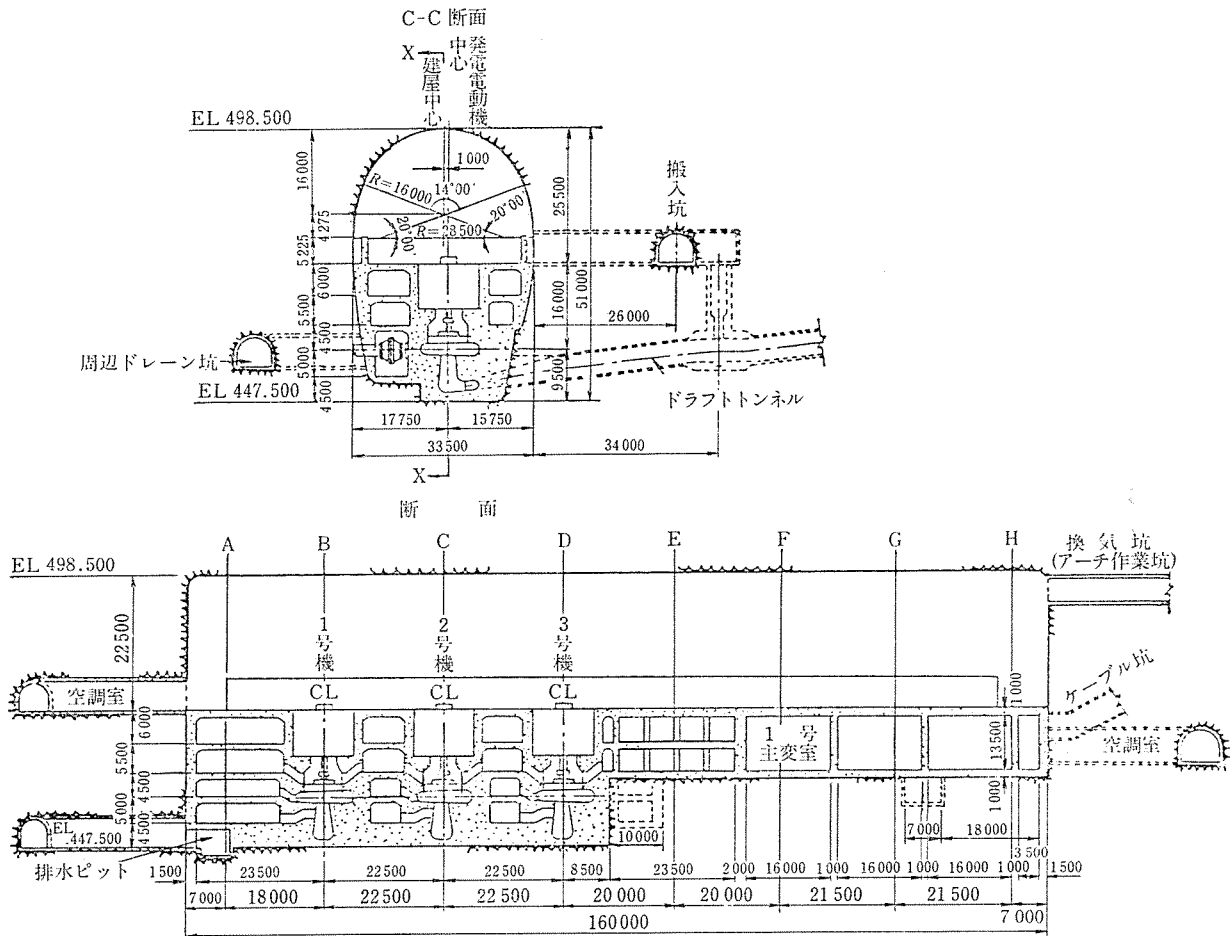
今市発電所は、地下式であり、3 台の水車発電機と主要変圧器を収めるため、空洞の規模は世界でも最大級の 33.5 m×51 m×160 m (W×H×L) の大きさである。

発電所空洞の設計上の特徴としては、

- 1) 空洞の安定と工事の合理化を図るために卵型の断面形状を我が国で初めて採用したこと。
- 2) 空洞の支保・覆工としては、堅硬、緻密な周辺岩盤をできるだけ有効に利用する NATM の考え方を



写真一 工事中の今市地下発電所



図一 発電所断面図

\* 東京電力(株)今市水力総建設所第二建設所所長

\*\* 東京電力(株)今市水力総建設所第二建設所第一土木課副主任

基本的に採用し、支保・覆工の種類として岩盤 PS 工、ロックボルト工、コンクリート吹付け工によること。

の2点にある。

また、施工に際しては、全自動油圧削岩機、コンクリート吹付けロボット、PS 工自動挿入機等の大型自動機械を大幅に開発投入し、いわゆる、施工の大型化を図ることによって、設計で要求する諸条件を満足させると同時に効率化、省力化に役立っている。

昭和 57 年 6 月現在、発電所空洞掘削は約 60% 終了し順調な進捗をみている。

以下に今市地下発電所における岩盤 PS 工の設計、施工についてそのあらましを紹介する。

## 2. 設計概要

### 2.1 地山特性

地下発電所付近の地山性状は表-1 に示すとおりである。

空洞位置は一般的に新鮮堅硬な岩盤が分布し、湧水箇

表-1 地山特性

項 目	調 査 結 果	摘 要	
地 山 被 り 地 質	約 400 m 火道角礫岩、珪質砂岩、ホルンフェルス		
岩 盤	弾 性 係 数 (接線) (kg/cm <sup>2</sup> )	257 000	波岩盤変形試験より
	ク リ ー プ 係 数 (α) (β) (/day)	0.1~0.4 1~30	"
	強 度 定 数 (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau = 25 + \alpha \tan 58^\circ$	岩盤せん断試験より
	弾 性 波 速 度 P 波 (km/s)	4~6	調査坑内物理解査より
岩 石	密 度 (乾燥) (g/cm <sup>3</sup> )	2.48~2.63	岩石試験より
	1 軸 圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	430~910	"
	引 張 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	45~122	"
	弾 性 波 速 度 P 波 (km/s)	4~4.7	"
	弾 性 係 数 (kg/cm <sup>2</sup> )	290 000~440 000	"
	残 留 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau = 3 + \sigma \tan 50^\circ$	三軸圧縮試験より
初 期 地 圧	第 1 主 応 力 (σ <sub>1</sub> )	123 kg/cm <sup>2</sup> N 47° W/25° 下向き	初期地圧測定より (地下発電所空洞軸 N 37° W)
	第 2 主 応 力 (σ <sub>2</sub> )	87 kg/cm <sup>2</sup> N 109° E/63° 下向き	
	第 3 主 応 力 (σ <sub>3</sub> )	78 kg/cm <sup>2</sup> N 42° W/10° 下向き	
節 理	節 理 間 隔 節 理 の 卓 越 性	10~40 cm 顕著な卓越性は見られない 第一卓越 N 75 W/85 NE 6.1%	節理調査より
岩 盤 の 透 水 度	空洞近傍では 1 Lu 以下が 70%, 5 Lu 以下が 99%		透水試験より
地 下 水	空洞近傍ではほとんどなし		

所も卓越したものはほとんどない。

岩盤等級でみると、局部的に C<sub>M</sub> 級が点在するが、大部分は C<sub>H</sub>~B 級である。

空洞周辺には若干の断層、破碎帯が存在し、一部に顕著な湧水もみられるが、空洞本体掘削に影響を及ぼすようなものは存在しない。

### 2.2 空洞支保の設計

発電所空洞の支保・覆工としては、堅硬、緻密な周辺岩盤をできるだけ有効に利用することとし、支保・覆工の種類として、岩盤 PS 工、ロックボルト工、コンクリート吹付け工を採用した。

支保ならびに覆工に関する設計は、FEM による粘弾塑性解析ならびに、岡や Kastner 等による弾塑性解析と、天井部岩盤の緩みによる崩落や側壁部のすべり出しに対する安定計算により支保の基本パターンを定めた(図-2)。

なお、発電機室床面 (EL. 473 m) 以上については、そのまま永久覆工を兼ねることとしている。

また、これらの計算方法では、岩盤の不均一性や節理の影響を的確に反映できないため、掘削の進行に伴う地質状況の把握、ならびに綿密な挙動計測を行うことにより適宜支保工を増減させる、いわゆる Observational Method により補完している。

## 3. 岩盤 PS 工の設計

### 3.1 PS 工の設計導入力

粘弾塑性 (FEM)、および弾塑性による検討結果、地質的条件、経済性等を総合勘案して PS 工の導入応力は、C<sub>H</sub> 級岩盤で  $P_i = 1.2 \text{ kg/cm}^2$  (天井部)~ $1.0 \text{ kg/cm}^2$  (側壁部)、C<sub>M</sub>~C<sub>L</sub> 級では  $P_i = 2.4 \text{ kg/cm}^2$  (天井部)~ $2.0 \text{ kg/cm}^2$  (側壁部) とした。この場合の計算上の緩み領域は壁面から 8~9 m 以内である。

### 3.2 岩盤 PS 工の形式

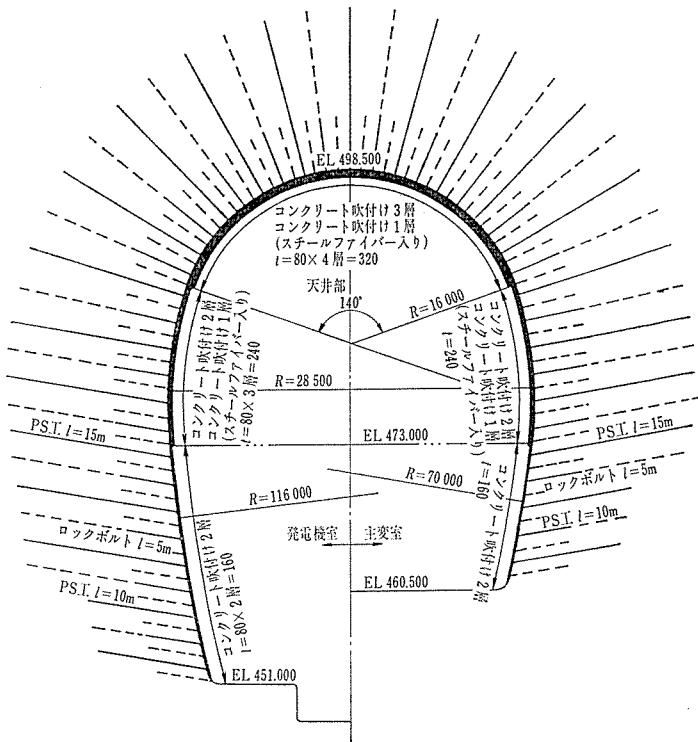
PS 工は、現地の施工条件、経済性、ならびに施工実績等を検討し、モノストランド 4-φ17.8 シースタイプとした。

PS 工 1 本当りの設計導入力は掘削に伴う壁面の変位を考慮し、ワイヤストランドの降伏点荷重の 70% に相当する 96 t とした。

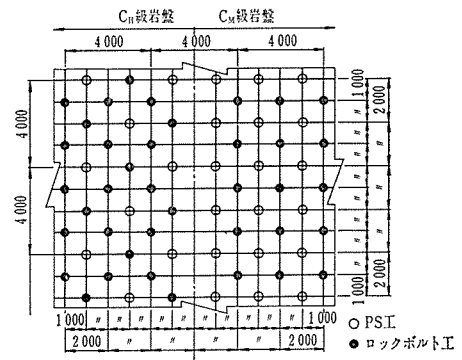
また、PS 工は緩み領域外に定着させることとし、室内実験ならびに現場施工試験結果より定着長を 4 m とし全長を 15 m、10 m の 2 種類とした。

緩み領域の深さは、PS 工による内圧を  $P_i = 1.2 \text{ kg/cm}^2$  とした場合には、当地点の大部分を占めると予想される C<sub>H</sub> 級以上の岩盤で最大 8 m、C<sub>M</sub> 級でも 11 m であり、局部的に存在する C<sub>M</sub> 級岩盤でも確実に対処でき

PS工, ロックボルト工, 吹付けコンクリート工, パターン図



天井部PS工, ロックボルト工パターン展開図



側壁部PS工, ロックボルト工パターン展開図

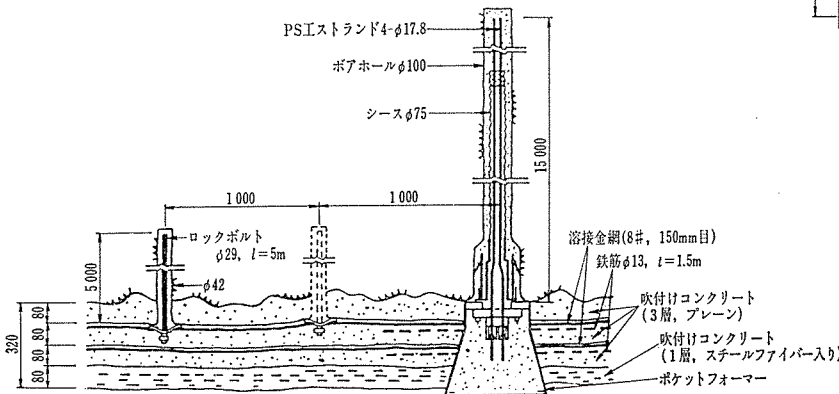
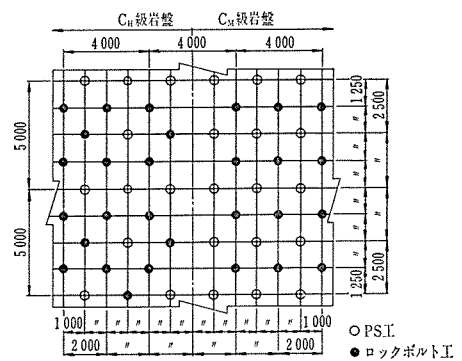


図-2 PS工, ロックボルト工, 吹付けコンクリート工設計図

るようにした。

なお、PS工は空洞掘削中は、緊張力の増減に応じて再緊張ならびに、緩めることの可能なように全長15mのうち定着部4mを除いては鋼製シース内に収め、岩盤変位が収束した段階でシース内にモルタルを注入し、最終的にはウイズボンド型とした。

### 3.3 岩盤 PS工の構造

4-φ17.8 ストランド級の PS工では、従来アンカーヘッド部の形状はプレキャスト・アンカブロック方式(新高瀬川(発), Waldeck II(発)他)を採っていたが、この方式は、1次吹付けコンクリートとの連結は良好であるが、ブロックの重量が大きく施工性に若干難点があると考え、当地点ではブロッキングパイプ+アンカープレート方式を採用した。

この方式は、二段ボーリングを行い、ブロッキングパイプを埋め込んで、PS工の自重ならびに定着モルタルのグラウト圧に抵抗できる構造とするとともに、ストランドは扇形に拡大してベアリングプレートならびにアンカープレートに定着する方法である。

この方式によれば取り付けにくい天井部の上向き PS工を迅速に施工することが可能である。

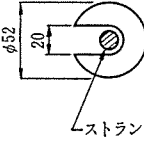
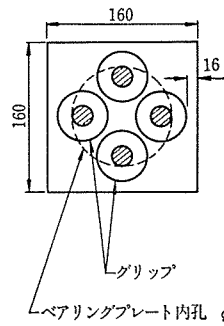
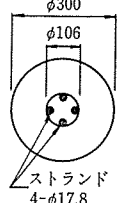
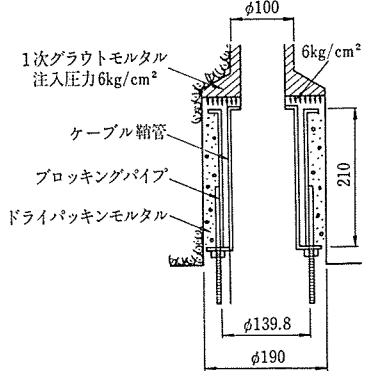
PS工の構造各部の仕様、機能ならびに設計の条件は表-2 に示すとおりである。

アンカーヘッド部の構造を 図-3 に示す。

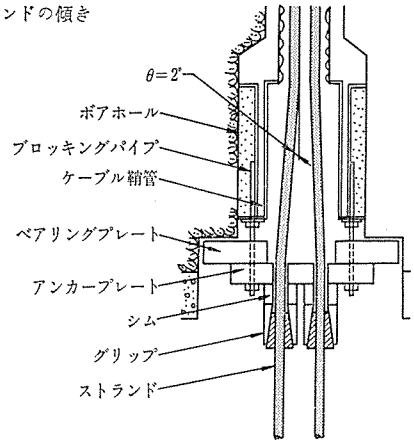
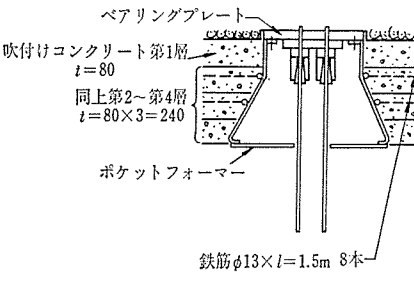
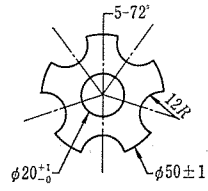
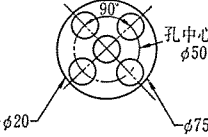
### 3.4 定着部のアンカーモルタルの配合

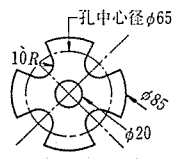
PS工は削孔後、透水試験を行い、3ルジオンをこえるものについてはセメントミルクによるグラウト注入を行うことによって、掘削の影響を受けて緩んでいる箇所

表-2 PS 工 の 構 成 と 仕 様

名 称	仕 様	機 能	設 計 条 件
グ リ ッ プ	材質 SCM 435 (HRC 26.6) 寸法 $\phi 52$ , $h=60$ 引張強度 $89 \text{ kg/mm}^2$	ストランドの定着	ストランドの緊張荷重が、破断荷重 $39.5 \text{ t/本} \times 0.9 = 35 \text{ t/本}$ になってもグリップが変状しないこと。 試験の結果、完全弾性変形範囲の応力 $63 \text{ kg/mm}^2$ の $80\%$ 、すなわち $50 \text{ kg/mm}^2$ となるように寸法を決定。
シ ム	材質 S 45 C 寸法 $\phi 52$ , $t=30$ 引張強度 $86 \text{ kg/mm}^2$ 	グリップとアンカープレートの間にはさみ込み、地山の変位によりストランドに加わる増分緊張荷重の除荷調整の際、グリップをゆるめるために必要な遊間をとる。	グリップと同様な思想。ストランドに $35 \text{ t/本}$ の緊張力が作用した時のシムの圧縮応力は $21.9 \text{ kg/mm}^2$ 。
アンカープレート	材質 SS 41 寸法 $160 \square$ , $t=32$ 	グリップにより定着されたストランド緊張荷重を支持しベアリングプレートに伝達する。	定常緊張荷重 $24 \text{ t/本} \times 4 \text{ 本} = 96 \text{ t}$ に対する最大曲げ応力が許容応力以下になること。 〔検討結果〕 緊張荷重 $96 \text{ t/ケーブル}$ に対し $\sigma_b = 1150 \text{ kg/cm}^2$ また緊張荷重 $35 \text{ t/本} \times 4 = 140 \text{ t/ケーブル}$ に対して $\sigma_b = 1720 \text{ kg/cm}^2$
ベアリングプレート	材質 SS 41 寸法 $\phi 300$ , $t=36$ 	緊張荷重を岩盤が十分支持できる程度の応力に分布させて岩盤に伝達する。	定常緊張荷重 $96 \text{ t/ケーブル}$ に対し岩盤が破壊せず、かつベアリングプレートに働く曲げ応力が許容値以下となること。 岩盤反力 $q = 160 \text{ kg/cm}^2$ ベアリングプレート曲げ応力 $\sigma_b = 1000 \text{ kg/cm}^2$ 緊張荷重がストランド 1 本当り $35 \text{ t/本} = 140 \text{ t/ケーブル}$ になった時 $q = 236 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_b = 1480 \text{ kg/cm}^2$
ブロッキングパイプ	SGP $\phi 139.8$ $t=4.5$ , $l=210$ 	ケーブル挿入前にボアホール $\phi 190$ 内にあらかじめドライパッキングモルタルによってブロッキングパイプをセットし、上向きに挿入された PS ケーブルを保持する。	ケーブル自重 ( $180 \text{ kg}$ ) と 1 次グラウト時の注入圧力 $6 \text{ kg/cm}^2$ を、モルタルと岩盤の付着強度で十分な安全率を持って保持できること。 ブロッキングパイプにかかる荷重 $P = 1400 \text{ kg/cm}^2$ ボアホール壁面に働くせん断応力 $\tau = 1.1 \text{ kg/cm}^2$

報 告

名 称	仕 様	機 能	設 計 条 件
ケーブル鞘管内のストランドの傾き 		シース (φ75-82) におさまられている4本のストランドはグリップの径と配置の関係から鞘管内で外側に開く形でセットされるが、その傾きが2°となる。	摩擦による緊張荷重伝達ロスならびに高荷重状態でのストランド損傷等に悪い影響を及ぼさないこと。 試験の結果、引張荷重、伸び、破断位置ともに問題のないことが確認された。
ポケットフォーマー 	材質 SS 41 寸法 φ300~460	PS 工は吹付けコンクリート1層 (t=80) の後に施工されるので、その後の吹付け (2~4 層) に対するアンカーヘッド部防護のために取り付ける。 ポケットフォーマーには鉄筋を取り付け、最終的にはグラウト等で内部を填充し、PS 工と吹付けコンクリートの一体化を図る。	緊張荷重の変化に応じていつでも荷重調整が可能のようにできること。 吹付けコンクリートに対するヘッドの防護と荷重調整作業が可能で大きさが必要条件である。
シ ー ス シース部スパーサー	材質 SPCC 寸法 φ75-82 l=11 000  材質 SS 41 寸法 t=9 	定着用の1次グラウトモルタルがシース内に漏れないようにし、掘削中の岩盤挙動に対してストランドが破断しないように自由長を確保する。  ストランドの間隔を保ち定着材との附着をよくする。グラウトパイプを保護する。	上向き挿入時にバックリングを生じないこと。1次グラウト時にシースが破損してモルタルが内部に漏れないこと。 現場施工試験の結果、問題がないことが確認された。  PS 工の緊張により当初のセット状態を崩さない。
止 水 プ レ ー ト  止 水 部	材質 ゴム 寸法 t=6 	定着モルタルがシース内に漏れるのを防ぐ。	同 左  現場施工試験で安全を確認した。
メ シ コ ー ク	材質 樹脂系コーキング材 寸法 l=200		

名 称	仕 様	機 能	設 計 条 件
定 着 部	アンカー部スプーサー 材質 SS 41 寸法 $t=6$ 	ストランドの間隔を保持し、定着材との付着をよくする。グラウトパイプを保護する。	挿入時に倒れないこと。
ス ト ラ ン ド	19 より $\phi 17.8 \times 4$ 本 引張強度 $P_u=39.5t$ (1 ストランド) 降伏強度 $P_y=33.6t$ レラクセーション 3% 以下		$0.7 P_u \times 4$ 本 =96 t

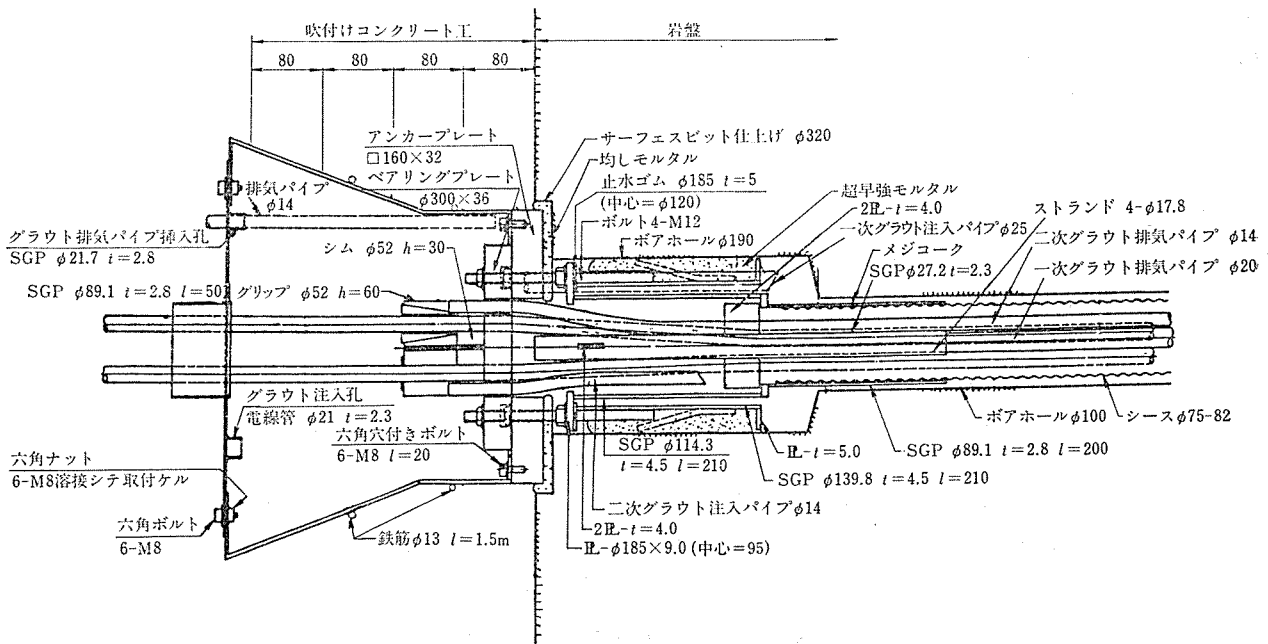


図-3 PS エアンカーヘッド部の構造

の岩盤改良を含め定着部の状況を確認したのち、モルタルによって定着することとした。

アンカーモルタルに使用する砂は、トンネルの掘削ズリを原石とし現場内の骨材プラントで生産しており、寸法は 2 mm 以下、 $FM=1.3 \pm 0.1$  とした。

アンカーモルタルの配合は、以下の条件を考慮し、表-3 に示すものとした。

- 1) コンシステンシー：グラウト中にパイプ ( $\phi 20$ ) を閉塞しない条件から、P ロートによるフロー値は練り混ぜ直後で  $18 \pm 2$  秒、練り混ぜ後 30 分でも 30 秒以下かつ急激に変化しないこと。

- 2) ブリージング率：3% 以下。
- 3) 膨張率：0~5% かつブリージング率を上回ること。
- 4) 圧縮強度：本体掘削サイクルの関係から養生温度  $15^\circ\text{C}$  の条件における 3 日強度が  $250 \text{ kg/cm}^2$  以上であること。

### 3.5 PS 工の緊張パターン

現場施工試験の結果によれば、ストランドを定着する際の荷重ロスの平均値は、ストランド 1 本当たり 3.5t 程度であり、このため前述した PS 工 1 本当りの設計導入力 96t ( $24t \times 4$  ストランド) を得るためには 1 ストラ

表-3 アンカーモルタルの配合

砂の FM	フロー値 (Pロートによる) (s)	水結材比 $W/C+CSA$ (%)	混和材料 $CSA/C+CSA$ (%)	単 位 量					
				水 W (kg)	セメント C (kg)	混和材 CSA (kg)	砂 S (kg)	混和材 NL-4000 (t)	Al 粉末 Al (g)
1.3±0.1	18±2	42	11	409	864	107	730	19.4	97

# 報 告

ンド当り 26.5 t の緊張荷重が必要である。

実施工においては図-4 に示すパターンで緊張を実施している。

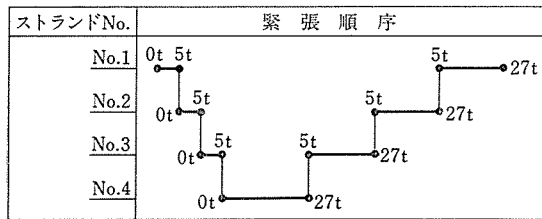


図-4 PS工緊張パターン

### 3.6 PS工の導入力管理

大空洞の支保としてのPS工は、空洞の安定上、新壁面露出後速やかに実施することが必要である。このため、状況によっては、その後の空洞の盤下げ掘削あるいは岩盤のクリープの挙動による岩盤変位に対応して導入力が增大することもあるし、また、岩盤変位がほとんどない場合にはストランドのリラクセーションにより減少する。このようなPS工の導入力の変化に対して、地山に対する設計導入力を確保するとともに、PS工の破断防止のために導入力の経時変化を把握し、必要に応じて荷重調整を実施する必要がある。このため、センターホール型ロードセルをPS工10本に対して1台の割合で合計200台配置した。

ロードセルは30t用と120t用の2種類を使用し、他の計測器とともに集中制御システムで管理することとした。

なお、岩盤挙動とPS工の増分緊張力とは密接な関係があり、ロードセルにより得られたデータは岩盤変位量の推定ならびに空洞の安定性の判定基準等にも用いている。

## 4. 岩盤PS工の施工概要

### 4.1 PS工の施工手順ならびに施工機械

PS工の施工手順を図-5に示す。

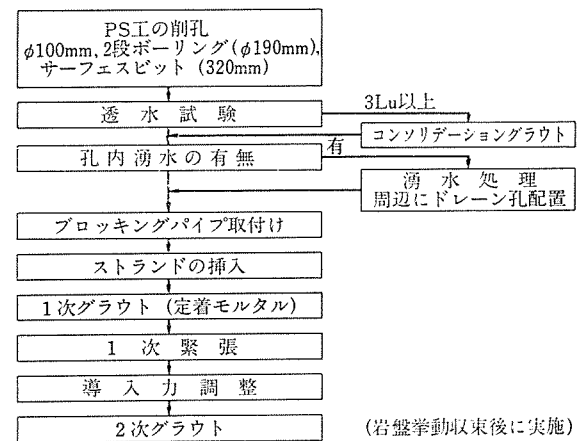


図-5 PS工の施工手順

PS工の施工にあたっては、安全と施工能率の向上ならびに省力化を図るため、自動・大型機械を開発・投入した。主要機械名ならびに特徴を表-4に示す。

### 4.2 PS工の管理基準

PS工の管理基準を表-5に示す。

表-4 PS工主要施工機械一覧

機 械 名	規 格	台数	目 的	特 徴
上向き削孔用全油圧クローラドリル	HCR 200 M-RC	2	削 孔	空洞天井部には $l=15\text{m}$ の PS 工が約 800 本あるが、従来このような上向きで長尺の PS アンカーを多数削孔した例は日本にないので、 ○ロッドを断足し、回収作業における安全確保と省力化 ○施工能率の向上 を目的として、3m のロッドを地上でワンマンコントロールが可能なロッドチェーンジャを装備した全油圧クローラドリルを開発した。
透 水 試 験 車	2 t 車	1	透 水 試 験	圧力流量制御装置、自記記録計、ポンプ等透水試験に必要な機器一式が搭載されている。
グラウトプラント車	4 t 車	1	注 入	ハイスピードグラウトミキサ、アジテーター、注入ポンプ、圧力流量制御装置が搭載されている。
ピンチローラ式 PS ケーブル挿入機	ピンチローラ式	1	挿 入	PS アンカーは約 200 kg あり、 ○全体の形状が単一でない ○シースをつぶさず、かつケーブルがすべり落ちないように挿入しなければならぬ ○安全と工程確保および省力化 という条件を満足させるために、ソフトウレタンのローラを用いた連続自動挿入機を開発し、アーチ部施工に大きな成果をあげた。
油 圧 ジャ ッ キ	30 t	3	緊 張	軽量 (50 kg) である。
ブームリフト	NB 14 C	3	足 場	
8m ステージ	幅8m, 積載荷重350kg/m	1	"	
リフトラ	NLT-13	1	"	
天井クレーン	スパン 27m, $P=2.8\text{t}$	2	"	ゴンドラを吊り下げ側壁の作業も可能である。



写真-2 上向き削孔用全油圧クローラドリル

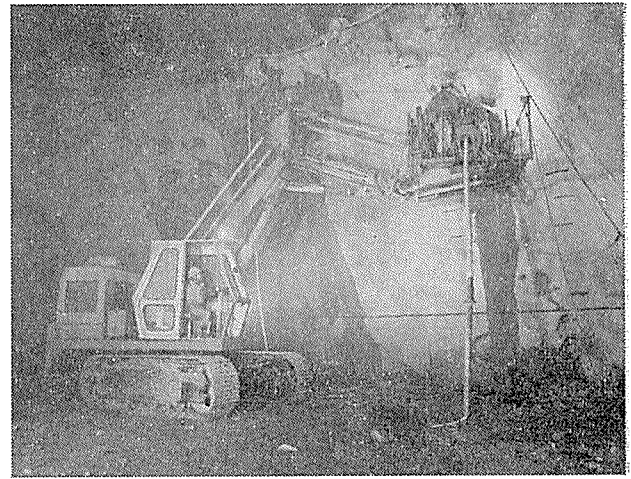


写真-3 ピンチローラ式 PS ケーブル挿入機

表-5 PS 工 の 管 理 基 準

項 目	管 理 基 準
ストランドの品質	・ストランド納入毎（1回に約 30 ケーブル）にミルシート提出。
岩盤の透水性	・3Lu 以下とする（パッカーは壁面から 5m の位置、 $P=3\text{kg/cm}^2$ ） ・3Lu 以上の場合には、コンソリデーショングラウトを実施し岩盤を改良する（パッカーは壁面から 5m の位置、 $P=3\text{kg/cm}^2$ ）
アンカーモルタル （1次グラウト）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂の FM（製造毎……月 1 回 20~30<math>\text{m}^3</math>） <math>1.3\pm 0.1</math></li> <li>・砂の表面水量は毎日測定する。</li> <li>・フロー値の測定（1バッチ毎）、P ロート <math>18\pm 2\text{ sec}</math></li> <li>・ブリージング率（1日 2 回、2本/回）3 hr, 20 hr 後に測定 3% 以下</li> <li>・膨張率（1日 2 回、2本/回）3 hr, 20 hr 後に測定 0~5% であり、かつブリージング率を上回ること</li> <li>・圧縮強度試験用供試体の採取（1日 2 回、3本/回）</li> <li>・グラウト圧は口元で 3~6 <math>\text{kg/cm}^2</math> とする。</li> </ul>
緊張時 （1次緊張）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンカーモルタルの圧縮強度が 250 <math>\text{kg/cm}^2</math> 以上であること。</li> <li>・荷重~変位曲線の形状が正常であること。</li> <li>・所定の緊張パターンに対して、ストランドの伸び量は、長さ 15m の PS 工では 66~78 mm、長さ 10m のものでは 37~47 mm。</li> </ul>
導入力調整 （掘削施工中）	・PS 工の導入力は、基本的には PS 工 10 本当り 1 台の割合で設置されているロードセル測定値で代表させて管理するが、必要に応じてジャッキによる導入力測定を実施する。 導入力調整は設計値に対して $\begin{matrix} +3\text{ ton} \\ -1.5\text{ ton} \end{matrix}$ をこえたら実施する。
2次グラウトの施工時期	・少なくとも空洞掘削の大部分が終了し、かつ岩盤挙動が収束し、地山が安定したと考えられる時点に実施する。
シース内充填 2次グラウト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮強度試験用供試体の採取（1日 1 回、3本/回）。</li> <li>・上記以外についてはアンカーモルタル（1次グラウト）と同様。</li> <li>・なお、2次グラウトに先行して導入力調整を実施する。</li> </ul>

### 4.3 品質管理結果

PS 工の管理基準に従って得たデータをヒストグラムにまとめると表-6 のようになり、いずれも管理値を満足しており、特にモルタルの品質の変動係数はかなり小さな値となっている。

なお、現時点までに PS 工は約 1600 本施工しており、そのうちコンソリデーショングラウトを実施したものは 3 本、また導入力調整を実施したものは 110 本である。

## 5. おわりに

昭和 57 年 6 月現在、空洞高さ 51m のうち天端から 31.5m まで盤下げ掘削が進んでおり、岩盤挙動も従来のきのこ型形状の空洞に比べてかなり小さな値となっている。

掘削施工にあたっては、今後とも、綿密な計測と常にリンクさせるとともに関係各位の協力を得て安全に進めたいと考えている。本書の執筆にあたり指導、助言をいただいた、鹿島建設今市出張所ならびに東京土木本部の関係各位に厚く御礼申し上げます。



表-6 PS工の品質管理結果

項 目	ヒストグラム	備 考
岩盤の透水性	<p> <math>\bar{x} = 0.42Lu</math>  <math>\sigma = 0.68Lu</math> </p>	管理値 3Lu以下
アンカーモルタルのフロー値	<p> <math>\bar{x} = 19.4sec</math>  <math>\sigma = 0.5sec</math>                      変動係数  <math>V = 2.6\%</math> </p>	管理値 18±2sec
アンカーモルタルの膨張率	<p> <math>\bar{x} = 4.1\%</math>  <math>\sigma = 0.1\%</math>                      変動係数  <math>V = 2.4\%</math> </p>	管理値 0~5%
アンカーモルタルのブリージング率	<p> <math>\bar{x} = 0.02\%</math>  <math>\sigma = 0.03\%</math> </p>	管理値 3%以上
アンカーモルタルの圧縮強度 ( $\sigma_s$ )	<p> <math>\bar{x} = 265kg/cm^2</math>  <math>\sigma = 8kg/cm^2</math>                      変動係数  <math>V = 3.0\%</math> </p>	管理値 250kg/cm²以上
1次緊張時のストランドの伸び	<p> <math>\bar{x} = 72mm</math>  <math>\sigma = 2mm</math>                      変動係数  <math>V = 2.8\%</math> </p>	管理値 66~78mm
そ の 他	アンカーモルタル砂のFM $\bar{x} = 1.26 \sim 1.31$ (平均1.29)	管理値 1.3±0.1
	アンカーモルタル砂の表面水 $\bar{x} = 13.9\%$ , $\sigma = 1.0\%$	—————
	PS工1次緊張時の定着ロス $\bar{x} = 3.5t$ , $\sigma = 1.8t$	設計値 3.5t