

## 生月大橋下部工（鋼管矢板井筒基礎）の施工

### Substructure of Ikitsuki Bridge — Steelpipe Sheetpile Well Foundation —

津田 雄次\*  
Yūji Tsuda

江越 敬二\*\*  
Keiji Ekoshi

#### 要 約

長崎県発注の生月大橋 P 5 橋脚建設工事において、仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎工法が採用された。

本稿は、仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎工事における、鋼管矢板打設工、継手管処理工、井筒内掘削工の施工内容及び施工実績について述べるものである。

本工事の特徴として、以下のことが挙げられる。

- ① 工事場所は、生月海峡に位置し、潮流、風等の影響を強く受ける。
- ② P 5 橋脚建設地点の地盤は、表層に、4～6 m 厚の転石混り砂れき層が存在し、鋼管矢板（ $\phi 1200\text{mm}$ 、 $\phi 1100\text{mm}$ ）は、これを打ち抜かなければならない。
- ③ 転石混り砂れき層の下部の強風化シルト岩～泥岩の中に鋼管矢板を11～14m 根入れしなければならない。

#### 目 次

- §1. はじめに
- §2. 全体工事概要
- §3. 鋼管矢板打設工
- §4. 継手管処理工
- §5. 井筒内掘削工
- §6. おわりに

#### §1. はじめに

長崎県の西北端に位置する生月島と平戸島を結ぶ「主要地方道平戸・生月線生月大橋建設工事」は、両島を挟む辰ノ瀬戸に橋長960m、中央径間400mの三径間連続ト

ラス橋を架橋する工事である (Photo 1, Fig.1).

この中央径間400m生月島側基礎である P 5 橋脚に

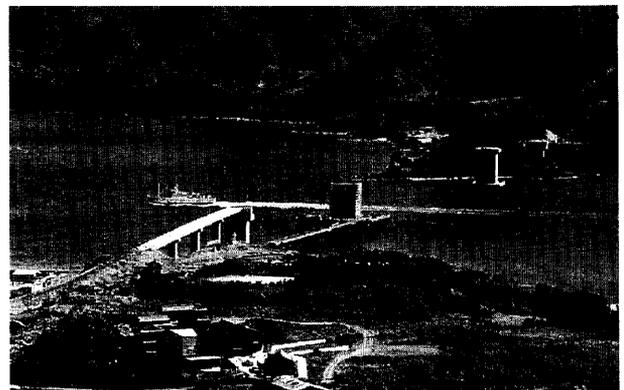


Photo 1 現場全景

\*九州(支)生月(出)係長  
\*\*九州(支)生月(出)所長

は、仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎工法が採用され、昭和61年10月に着手し、平成元年10月完成を旨として、現在施工中である。

仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎工法とは、鋼管矢板によ

る締切形状を円形、小判形、長方形などの閉鎖形状に組合せて打込み、継手管内をモルタルで充填し、その頭部に版を設けて、所定の水平抵抗、鉛直支持力を得られるようにした基礎で、その鋼管矢板を仮締切に兼用し、版、

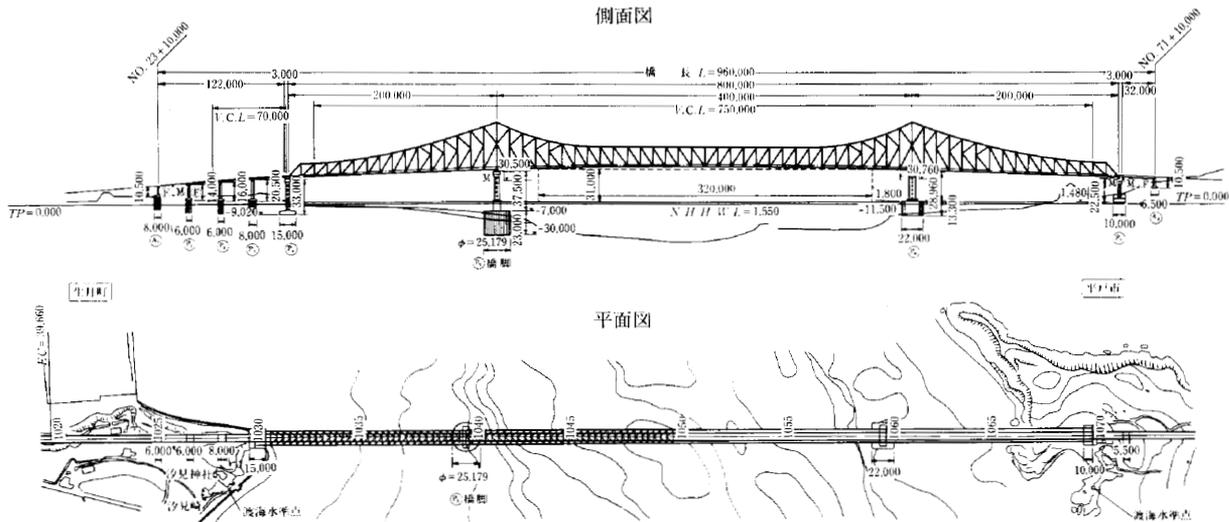


Fig.1 生月大橋 側面・平面図

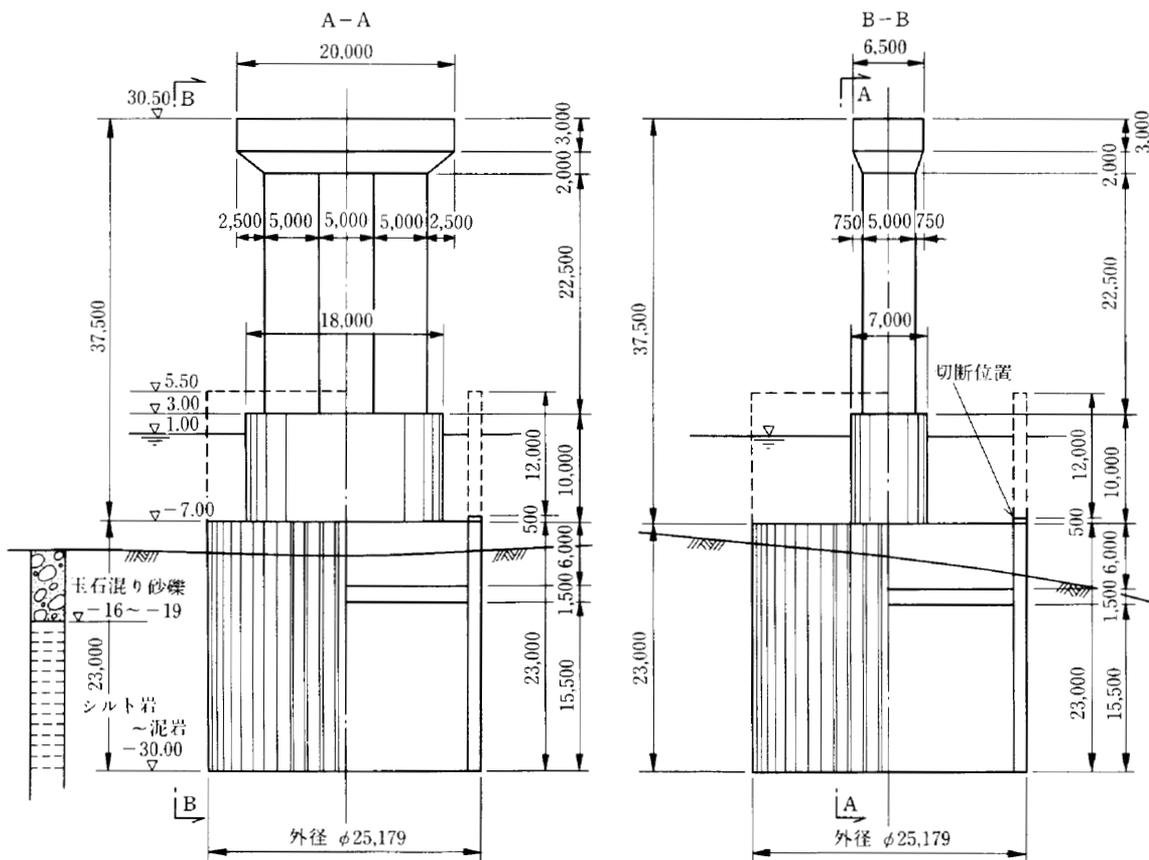


Fig.2 P5橋脚構造図

軀体を施工した後、版天端より上部の仮締切りの鋼管矢板、撤去する方式をいう。

本工事では鋼管矢板を円形に打設し、上記手順で施工したが、海峡部であるという立地条件と玉石混じり砂れき～シルト岩・泥岩という地盤条件により鋼管矢板打設

や井筒内部掘削が難工事であった。

本報告はP 5橋脚建設工事の基礎をなす鋼管矢板打設工、継手管処理工、井筒内掘削工に関して述べるものである。

Table 1 主要工事内容

工 種	数 量	摘 要
1.基礎工(仮締切兼用鋼管矢板井筒基礎)		
鋼管矢板打設工	85本	外周杭 $\phi$ 1,200, $t=14\sim 16$ , $\ell=35.5$ m, 52本 隔壁杭 $\phi$ 1,100, $t=14$ , $\ell=35.5$ m, 33本
継手管処理工	88ヶ所	外周杭 52ヶ所 } 隔壁杭 36ヶ所 } ポーリング
杭切断工	85本	外周杭 52本 } 隔壁杭 33本 } 水中切断84本、ガス切断1本
井筒内掘削工	649.2m <sup>3</sup>	クラムシエル、砕岩棒及び水中人力掘削
水中コンクリート工	586.3m <sup>3</sup>	(B B 300-12-40)
コネクター取付工	47.6 t	鋼板41.4t 異形棒鋼6.2t
電気防蝕工	33個	陽極取付、電位測定設備取付
根固工	捨石 533.3m <sup>3</sup>	捨石荒均し 357.5m <sup>2</sup> ブロック据付 204 個
2.軀体工		
コンクリート工	5,472.4m <sup>3</sup>	15m以上 797.1m <sup>3</sup> 15m未満 4,675.3m <sup>3</sup> (B B 240-8-20)
型枠工	1,797.3m <sup>2</sup>	10m以上 733.4m <sup>2</sup> 10m未満 1,063.9m <sup>2</sup>
鉄筋工	256.3 t	鉄筋圧接 2,016ヶ所
アンカーフレーム工	9.7 t	鋼板及び形鋼 4.4t, アンカーボルト $\phi$ 110 4.2t ナット 1.1t
防舷工	20本	V型H200×L 3,500
3.仮設工		
浚渫工	6,833 m <sup>3</sup>	バックホウ、バックホウ船、クラブ船、クラムシエル掘削他
仮設棧橋工	655.8 t	巾員 6.0m, 延長 171m
作業足場工他	2,315.8 t	作業外足場 459.6t 渡り棧橋 41.7t 作業内足場 1,518.0t ガイドリング 296.5t
オイルフェンス工他	260 m	$\phi$ 600, 13スパン×20m, 浮標灯工 (ゼニライト5型 5基 ゼニライトC型23基)
試験杭工	1本	試験工 $\phi$ 1,200, $t=14\sim 16$ , $\ell=35.5$ m, 1本
井筒内支保工	267.5 t	腹起し、切梁、火打ち…6段
軀体用足場工他	2,578 掛m <sup>2</sup>	支保工 2,492.5空m <sup>3</sup> 足場工 2,578 掛m <sup>2</sup>

## § 2. 全体工事概要

### 2-1 概要

工事件名, 工事場所, 発注者は次のとおりである。

- ① 工事件名  
主要地方道平戸・生月線生月大橋建設工事（P 5 橋脚）
- ② 工事場所  
長崎県北松浦郡生月町舎官浦地先
- ③ 発注者  
長崎県

P 5 橋脚構造を Fig. 2 に示す。その位置は、生月島より海上へ約200m 突出した辰ノ瀬戸にある。このため施工に際しては、生月島より仮設栈橋を延長し、大部分の資材は、この仮設栈橋を利用し運搬した。P 5 橋脚建設地点では、橋脚の周囲に作業栈橋（作業足場と呼んでいる）を設けて、基礎工、躯体工の作業に供した。

本工事の主要工事内容は、Table 1 に示すとおりである。

### 2-2 施工内容

#### (1) 地質

辰ノ瀬戸（生月海峡）周辺の地質は、新第三紀平戸層が基盤岩となっているが、新第三紀から第四紀にかけての火山岩類が厚く覆っているため、陸上部では局部的にしか見られない。しかし、海峡部では、海底砂れき層（層厚0.5～6.0m）に覆われた平戸層が広く分布している。

本工事地点の平戸層は、DL-40～-55m 程度まで、D クラスに区分される軟質な不良岩盤である。

また、海底砂れき層の層厚は4～6 m 程度あり、直径0.5～1.0m の転石も混入している。

#### (2) 潮流

本工事地点の海面下5 m の深度において、15日間の潮流測定結果、最大流速は大潮時3ノット（1.5m/sec）、流向は下げ潮時でW、上げ潮時でS60Eである。

#### (3) 風向・風速

架橋建設地は、地形の影響で南北の風向成分が卓越している。

生月島での昭和56年3月～昭和57年5月の間の強風日数（最大風速が10m/sec を越えた日数）は、124日である。

#### (4) 環境

生月島周辺海域は、すべてが好漁場であり、海水は透明度が高く汚れていない。

本工事地点より、最寄りの民家までの最短距離は、約400m である。

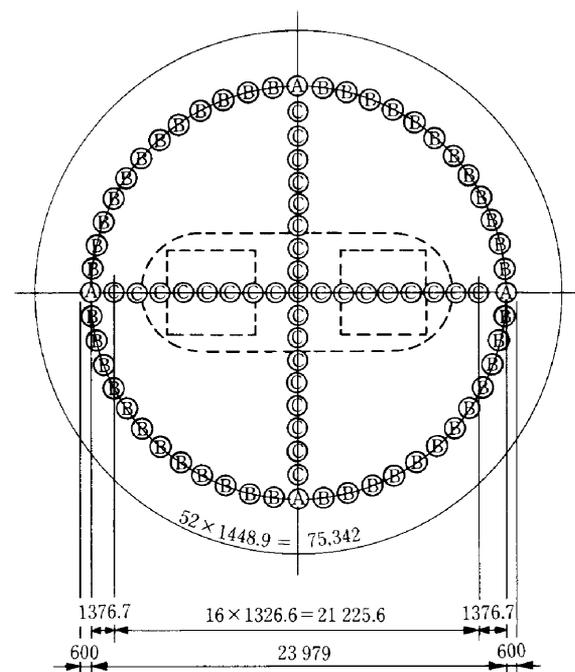
## § 3. 鋼管矢板打設工

### 3-1 施工内容

#### (1) 施工法

鋼管矢板打設について、特に下記の項目に留意し、協議を重ねて、打設工法を決定した。Fig.3 に杭配置図を示す。

- ① 玉石混じり砂れき層への鋼管矢板打込み時に、鋼管本体及び継手管の変形・損傷・杭芯のずれが生じないこと。
- ② 岩盤部への鋼管矢板打込み時に、鋼管本体及び継



項目 タイプ	杭の サイズ	杭 (mm)		杭 長 (m)	(本) 杭本数	(m) 杭延長
		上 杭	下 杭			
外 周 杭	A	φ1200, t=14	10.5	35.5	2	71.0
		φ1200, t=16~14	25			
	A'	" t=14	9.5	"	2	71.0
		" t=16~14	26			
	B	" t=14	10.5	"	24	852.0
		" t=16~14	25			
B'	" t=14	9.5	"	24	852.0	
	" t=16~14	26				
隔 壁 杭	C	φ1100, t=14	10.5	"	32	1136.0
		φ1100, t=14	25			
	D	" "	10.5	"	1	35.5
		" "	25			
計	-	-	-	-	85	3017.5

Fig.3 杭配置

- 手管の変形や損傷が生じず、打込み可能であること。
- ③ 周辺海峡が好漁場であり、工事中に濁水発生等による海水汚濁問題を生じないこと。
  - ①の玉石混じり砂れき層の打込みに対し、バイプロハ



Photo 2 ウォータージェット噴出試験状況

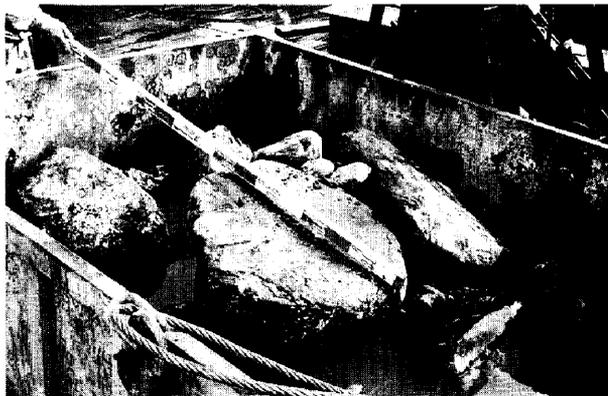


Photo 3 グラブバケットによる管内掘削による除去された転石



Photo 4 ウォータージェット引き上げ時にパイプと一緒に引き上げられた転石

マー（150kW）とウォータージェット（ノズル12本）を併用し、岩着まで、慎重に打ち込む。杭芯等のずれが生じた場合、引抜いて再打込みを行う。この施工が、鋼管矢板井筒基礎の精度に重要な役割を果たす。

②の岩盤部への打込みは、ディーゼルハンマー（8.0t）による打撃工法のみで行うと、打込み不能になったり、杭の局部座屈や変形が予想されているため、ロックオーガーによって中掘先行削孔を行い、その後、ディーゼルハンマーによる打込みを行うこととした。

この中掘先行削孔は、バイプロハンマーとウォータージェット併用によって打ち下げられた鋼管矢板をガイドとして施工されるため、精度の高い削孔は、拡大式オーガービットにより継手管部の先行削孔を行うとともに、鋼管本体及び継手管の変形・損傷を防止する。

③の海水汚濁防止に対しては、下杭をバイプロハンマーで岩着させ、管内をロックオーガーで中掘りするため、管内のバケット掘削やロックオーガーによる削孔で発生する濁水は、ほとんど外部に漏れず、海水汚濁の問題も生じない。

ディーゼルパイルハンマーなどの施工機械の油飛散による海水汚濁は、鋼管矢板を伝わってくる油を集めて処理するとともに、覆工板や海水に落ちたわずかな油は、中和剤を噴霧して処理する。

特に、ディーゼルハンマーによる打込み期間中は、オイルフェンスを展延し、万一の油類の外洋流出を防止する。

また、ディーゼルハンマー及びバイプロハンマーによる騒音・振動に対しては、最寄りの民家まで400m以上離れているため、距離減衰効果でほとんど問題はないと思われるが、下記の対策を行った。

- ① 打込み作業時間帯を午前8時～午後6時とした。
- ② ディーゼルハンマー打込み時に、杭打機に防音カ

Table 2 試験杭最終打込結果

打 止 時	リバウンド量	16mm
	ラム高さ	240cm
	動的許容支持力	465 t /本
	貫入量	0.51mm/回
総打撃回数		2,160回

（静的許容支持力 370 t/本）

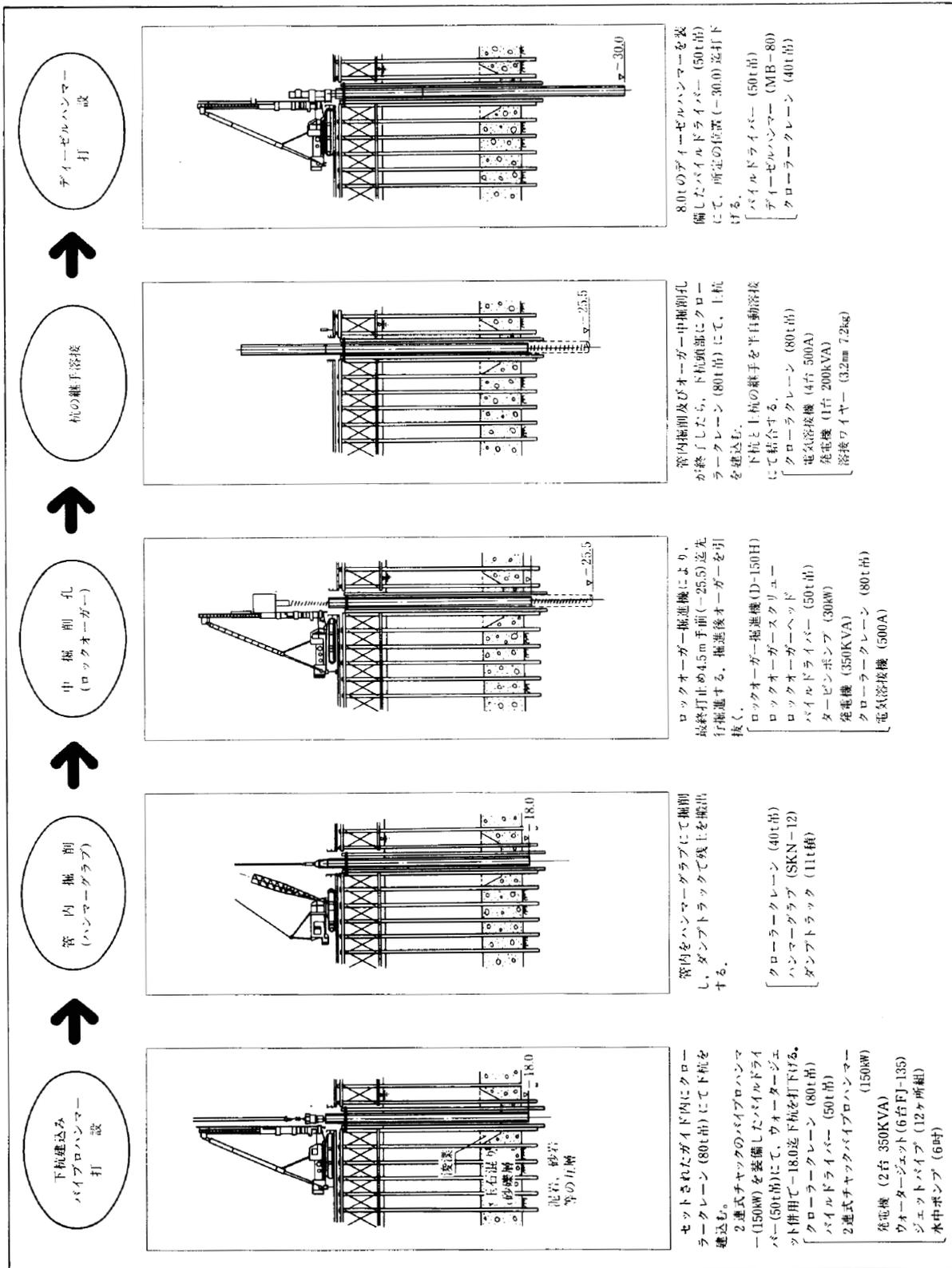


Fig.4 鋼管矢板打込順序

バーを装着した。

## (2) 試験杭の施工

鋼管矢板打設に先立ち、(1)で述べた施工法により所定の深度まで鋼管矢板の打込みが可能であるかどうかの判定と、鋼管矢板の支持力の確認を目的とする試験杭（ $\phi 1200\text{mm}$ ， $l = 25\text{m} + 10.5\text{m}$ ，1本）の施工を行った。その結果を下記に示す。

① バイブロハンマーとウォータージェット併用による玉石混り砂れき層の打込みは、可能であることが判明したが、平戸層のシルト岩への貫入時にウォータージェットによる濁水処理（ $1200\text{m}^3/\text{h}$ ）が必要となった。ウォータージェットの噴出試験状況を Photo 2、取り出された転石を Photo 3、ジェットノズル引き上げ時に一緒に上がった転石の状態を Photo 4 に示す。

② オーガー中掘先行削孔は、無水掘りが不可能で、有水掘りとなるため、削孔による濁水処理（ $22\text{m}^3/\text{h}$ ）が必要となった。

このため、バイブロハンマーによる打込時と中掘先行削孔時の合計濁水量は、 $142\text{m}^3/\text{h}$ となる。この濁水の処理方式は、現場条件を考慮し、凝集沈殿池方式を採用し、設備を設けた。

③ ディーゼルハンマー打込みも順調に進んだが、打止め近くの貫入量が非常に少ない。鋼管矢板の場合、継手管による摩擦力が加わり、さらに1打撃当たりの貫入量が低減し、鋼管矢板の局部座屈や変形等を引き起こす可能性も出てくる。

このため、オーガー中掘削孔長を $0.5\text{m}$ 延長し、残りの打止まり位置までを $4.5\text{m}$ に変更した。

この試験杭の施工を踏まえ、Fig. 4 に示す打込順序を決定し、施工を行った。Photo 5 に鋼管矢板打設状況を示す。

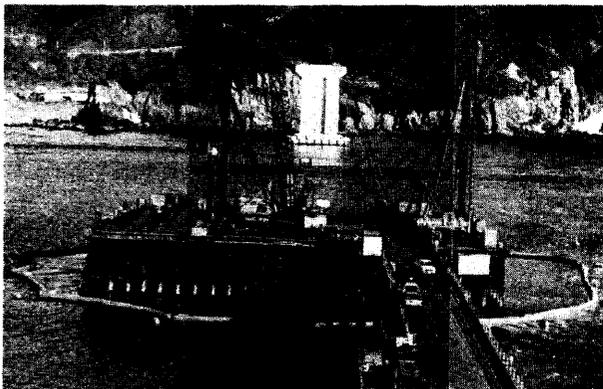


Photo 5 鋼管矢板打設状況

## 3-2 施工実績

昭和62年7月2日より、隔壁杭、外周杭の順で鋼管矢板打設に着手した。途中、8月30日に台風12号に遭遇し、約20日間の修復工事のための打設作業中断があったが、約5ヵ月後の11月27日に無事打設完了した。

鋼管矢板打設の所要時間（準備時間を除く）は、隔壁杭平均 $7.9\text{h}/\text{本}$ 、外周杭平均 $10.6\text{h}/\text{本}$ である。各工種の実績時間を Table 3, 4 に鋼管矢板井筒出来高を Fig. 5 に示す。

## § 4. 継手管処理工

継手管処理工は、鋼管矢板井筒基礎の剛性を高めること及び仮締切時の止水を目的として行われる。

継手管の基礎本体部にはモルタル、仮締切部には粘土モルタルを注入する。

止水性は、井筒内排水後の作業である隔壁杭頭補強鉄筋やコネクタの溶接等の施工性に対し、大きく左右する重要なものである。Fig. 6 に継手詳細図を Table 5 に継手管処理手順を示す。

### 4-1 施工内容

#### (1) 管内土砂の排除

管内土砂の排除は、通常はウォータージェット、エアリフト等で行われるが、本工事においては、地盤の影響で継手管内に小れき（最大粒径 $3\text{cm}$ 程度）が混入し、ウォータージェットやエアリフトでは、所定の深さまで排土できなかった。

そこで、継手管内のボーリングを行い小れきを破碎した後、注入工の作業を行った。

#### (2) 注入工

ボーリングによっても、排土は全て行えないため、ボーリングが到達した後、そのロッドを用いモルタル注入を管内のれきの高さより $1\text{m}$ 程度上方まで行う。次にグラウトジャケットを Fig. 6 の a, b 孔に挿入し、グラウトジャケット内に、所定量のモルタル及び粘土モルタルを注入した (Fig. 7)。

c 孔は、グラウトジャケットなしで、モルタル及び粘土モルタルを注入した。

ただし、隔壁杭は、ロッドよりモルタル注入を ELP-12,900までグラウトジャケットなしで施工した。

### 4-2 施工実績

隔壁杭の継手管処理工は、36ヶ所（モルタル $19.5\text{m}^3$ ）の施工に18日要した。平均2ヶ所/日の施工実績である。

外周杭の継手管処理工は、52ヶ所（モルタル $31.2\text{m}^3$ 、粘土モルタル $17.3\text{m}^3$ ）の施工に67日要した。平均 $0.78$ ヶ

Table 3 隔壁杭施工時間

主要工種	杭 No.	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
下杭打下げ バイプロハンマー		40	60	70	125	120	105	150	115	75	20	100	150	226	91	136	276	836	110	75	80
管内掘削 ハンマークラブ		120	105	30	45	40	50	60	75	100	75	45	60	105	75	90	50	750	120	105	120
中掘削孔 ロックオーガー		135	120	85	130	75	75	105	135	165	105	135	100	100	110	135	120	90	195	135	135
下杭・上杭 継手溶接		60	85	95	65	100	65	90	65	118	85	36	63	36	63	36	85	80	75	85	65
上杭打下げ ディーゼルハンマー		65	45	55	75	55	90	50	65	60	40	35	55	80	40	30	50	80	65	50	45

主要工種	杭 No.	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	(平均)
下杭打下げ バイプロハンマー		18	19	19	19	135	95	60	155	70	90	105	70	110	119
管内掘削 ハンマークラブ		75	65	55	75	90	50	70	90	60	60	105	60	130	97
中掘削孔 ロックオーガー		135	115	130	135	180	145	100	315	135	120	165	120	105	130
下杭・上杭 継手溶接		35	62	36	62	36	45	118	100	119	100	90	65	75	73
上杭打下げ ディーゼルハンマー		40	50	50	40	50	60	55	75	50	45	45	55	70	55

但し、上値は、実働時間であり、準備時間は含まない。

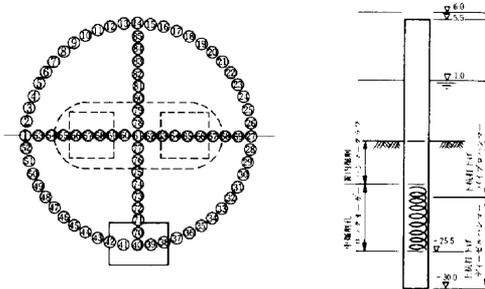


Table 4 外周杭施工時間

主要工種	杭 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
下杭打下げ バイプロハンマー		50	150	65	50	85	170	100	60	80	165	120	165	375	160	165	110	80	80	100	85
管内掘削 ハンマークラブ		155	260	75	150	70	65	75	95	95	120	75	105	90	100	320	100	230	110	110	110
中掘削孔 ロックオーガー		130	120	125	155	145	120	115	95	135	135	170	195	210	105	255	145	135	80	115	80
下杭・上杭 継手溶接		90	75	60	85	60	95	60	70	60	75	75	70	80	75	65	70	80	65	75	75
上杭打下げ ディーゼルハンマー		85	60	65	80	70	80	65	100	50	85	45	55	55	65	65	70	70	65	75	65

(単位：分)

主要工種	杭 No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
下杭打下げ バイプロハンマー		65	140	120	50	90	275	80	150	290	80	70	75	85	95	120	95	125	85	125	270
管内掘削 ハンマークラブ		105	100	90	105	105	380	115	75	85	105	105	100	195	105	135	110	165	190	120	170
中掘削孔 ロックオーガー		160	80	110	100	115	110	100	285	100	270	105	235	235	200	150	110	240	180	170	200
下杭・上杭 継手溶接		75	80	75	65	90	70	90	70	65	65	80	55	95	65	70	75	90	80	55	85
上杭打下げ ディーゼルハンマー		60	90	50	65	45	85	65	75	65	55	50	60	85	70	60	75	65	60	70	60

主要工種	杭 No.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	(平均)
下杭打下げ バイプロハンマー		140	295	240	200	395	125	150	180	145	245	265	235	145
管内掘削 ハンマークラブ		135	170	110	255	150	85	190	95	240	110	140	75	133
中掘削孔 ロックオーガー		385	160	150	75	135	85	255	155	100	225	90	100	153
下杭・上杭 継手溶接		55	75	80	75	65	65	85	75	95	60	90	55	74
上杭打下げ ディーゼルハンマー		55	145	50	105	50	80	75	50	45	75	70	60	68

但し、上値は、実働時間であり、準備時間は含まない。

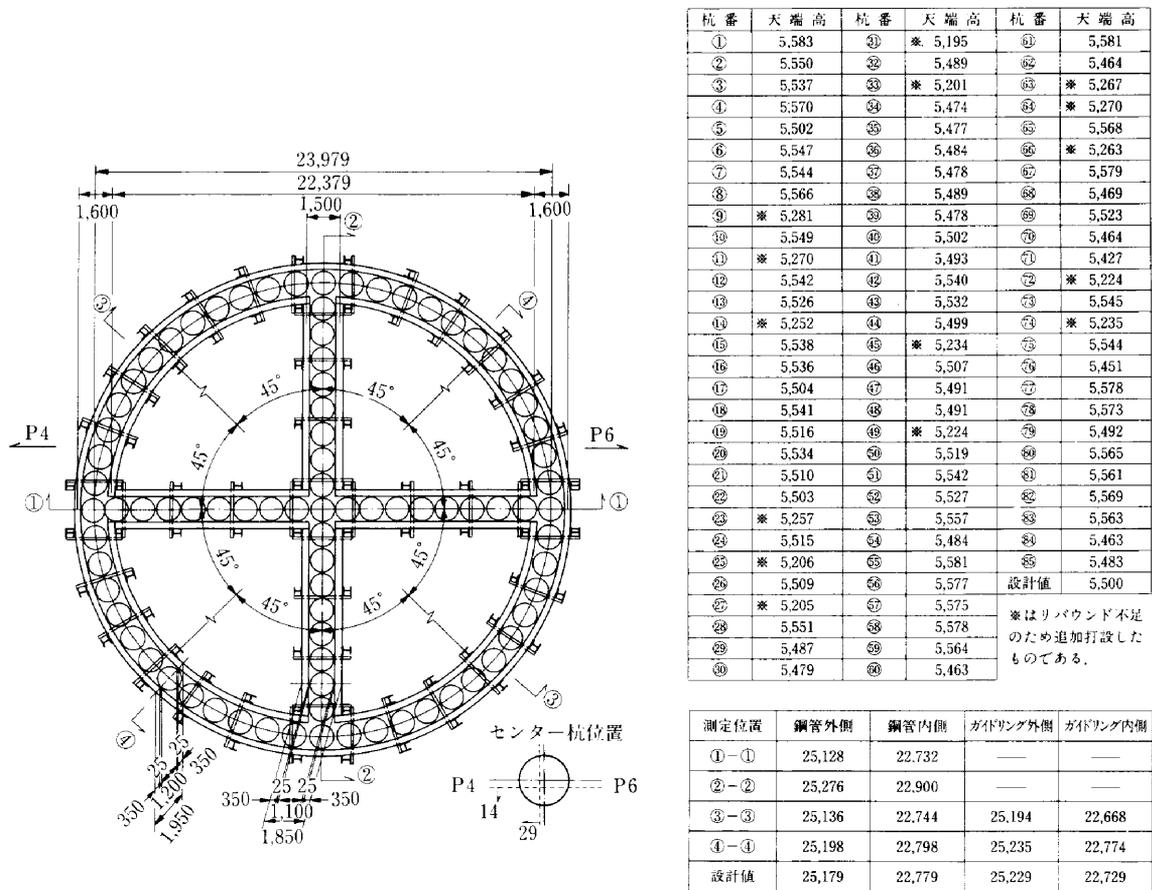


Fig.5 鋼管矢板井筒 出来高

所/日の施工実績である。隔壁杭の継手管に比べて2.6倍も要した理由は、グラウトジャケットの挿入、粘土モルタル注入への段取り替えて増えている事と、外周杭の継手管の施工は、止水性の確認を行いながら注入をしたためである。

この止水性の確認は、a, b孔の注入完了後、c孔に色素を投入して、ダイバーにより行い、止水の不完全な孔は、再注入を行った。

## § 5 . 井筒内掘削工

井筒内掘削は、底盤コンクリートを打設するために行うものであり、掘削時に発生する応力、変形が完了後もある程度残留するため、掘削方法、施工順序は充分な検討を要する。

### 5-1 施工内容

本鋼管矢板井筒基礎は、海中に設置されるため大きな潮流圧と水圧が作用する。ドライアップによる鋼管矢板の残留応力を軽減するため、1, 2段の腹起こしを、設置した後、井筒内の水中掘削を行う。その後、ダイバーにより基面を矯正し、底盤コンクリート（特殊水中コン

クリート）を打設して、底盤コンクリートを支保工の強力な支点とし、井筒内をドライアップする。

井筒内掘削 (649.2m<sup>3</sup>) は、クラムシェルにより荒掘削を行い、エアリフト、ブレーカー等を用いてダイバーによる基面整正を行う計画とし (Fig.8), 実施した。

しかしながら、実際に着手してみると砂れき層は、れきとれきの間に粘性土が介在した構造で、クラムシェル (容量0.8m<sup>3</sup>, 重容比5.6) の掘削は、約10m<sup>3</sup>/日と微々たるものであった。そこで、砕岩棒によりれきを起こし、ラクムシェルで掘削する方法を採用した。

施工順序は Table 6 に示す。

### 5-2 施工実績

上述の様に砕岩棒 (2 t) を使用しても、粘性土の介在したれきは、なかなかほぐれず、掘削能率はあまり上がらなかった。重容比の大きいクラムシェルや、大きな重量の砕岩棒の使用を行いたかった作業足場の構造上、クレーンの重量が制限され、採用できなかった。

また、ダイバーによる基面整正も、粘性土の介在したれきを起こす作業が著しく困難であった。

井筒内掘削工は、649.2m<sup>3</sup>の掘削に24日要し、平均27 m<sup>3</sup>/日の掘削実績であった。

Table 5 継手管処理施工手順

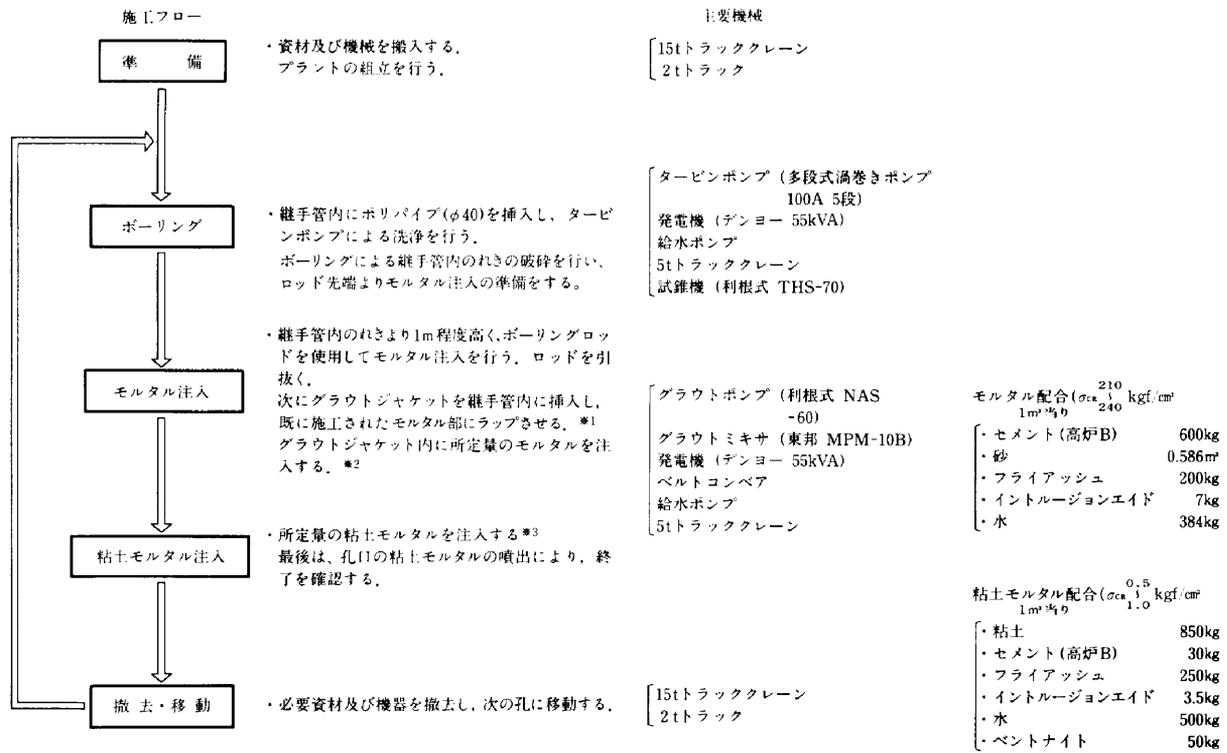
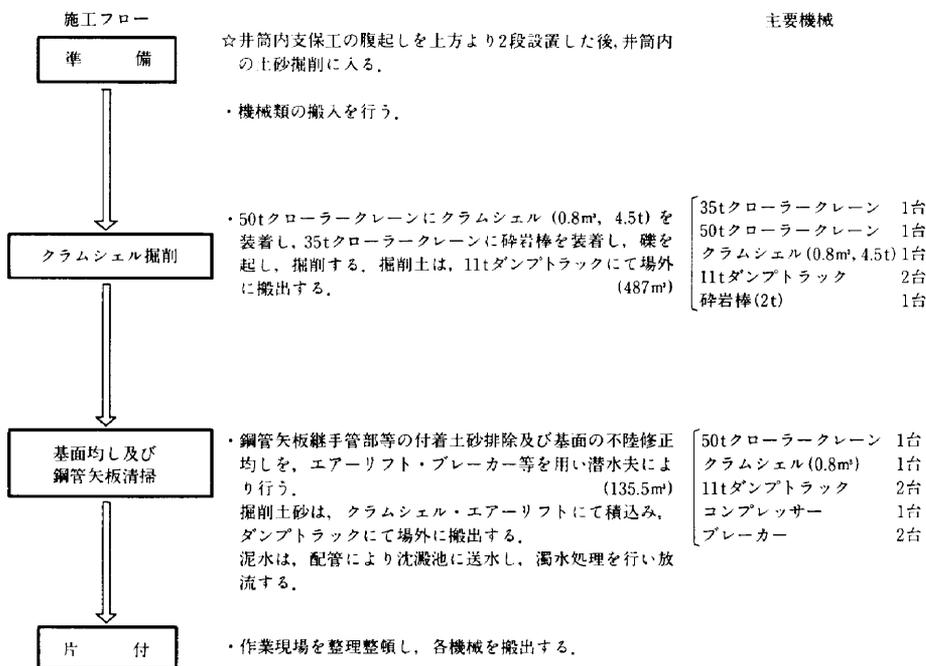


Table 6 井筒内掘削施工手順



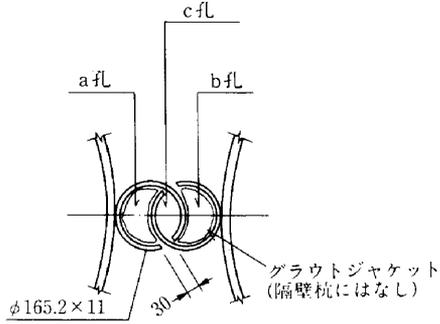


Fig.6 継手管詳細図

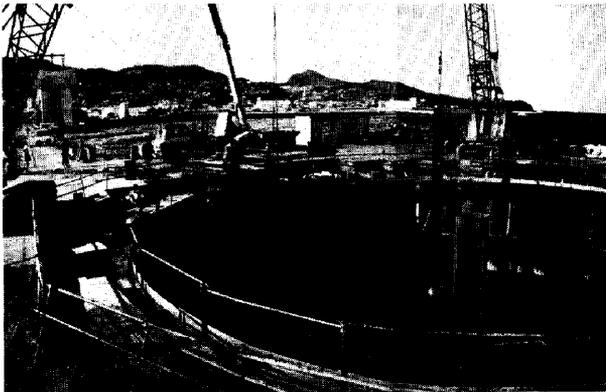


Photo 6 井筒内掘削状況

- ① タービンポンプによる洗浄
- ② ボーリング削孔 先端部モルタル注入
- ③ 袋詰部 モルタル注入
- ④ 袋詰部 粘土モルタル注入

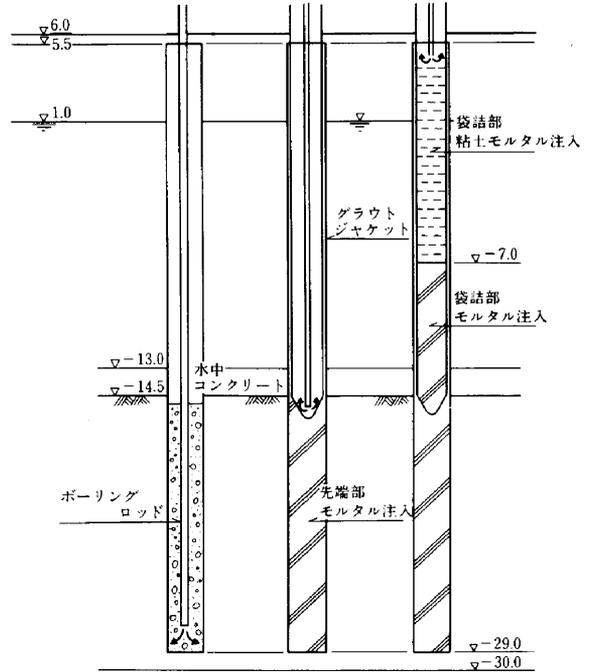


Fig.7 外周杭注入概要

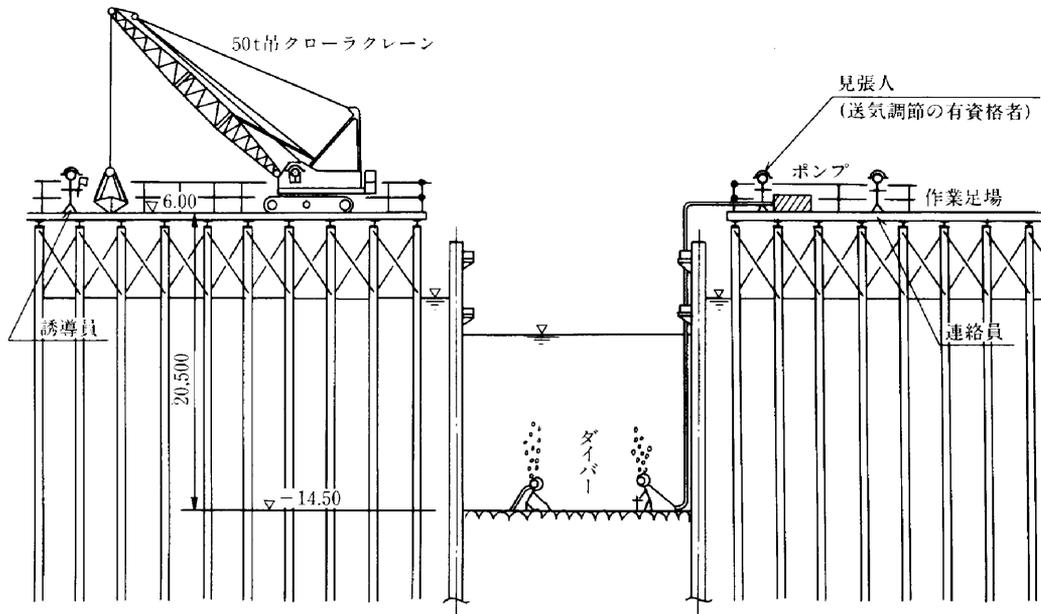


Fig.8 基面整正概念図