

相生火力発電所放水口の海底地盤改良について

Improvement of Seabed for Outlet Tunnel Foundation — Aioi Thermal Power Station

石田 弘之*
Hiroyuki Ishida

辻 栄次**
Eiji Tsuji

要 約

関西電力(株)相生火力発電所放水口工事(第4工区)において、海底地盤改良に深層混合処理工法を採用した。地質はシルト・粘土分が約95% N 値0, 含水比110~140%の軟弱さである。セメント使用量は改良土1 m^3 当り140kg, 攪拌翼の昇降速度および回転数は貫入時0.8m/min・31rpm 引上げ時1.0m/min・45rpm で施工した。

結果は改良土の28日一軸圧縮強度が平均21.85kgf/cm² (2.14MN/m²), 標準偏差が9.37kgf/cm² (0.92MN/m²) で, 設計強度6kgf/cm² (0.59MN/m²) を95%の確率で上廻ることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. デコム工法とは
- § 3. 工事概要
- § 4. 調査
- § 5. 計画
- § 6. 測量
- § 7. 試験打
- § 8. 施工
- § 9. 成果
- § 10. あとがき

§ 1. はじめに

相生火力発電所建設の内、放水口構築位置は、相生湾口突崎の西約300m 発電所本体から南へ約1,300mの所にあり、本体とは隧道で結ばれている。その構造は端末放水管路を9条に分岐布設し、湾外に放出する形になっている。

放水管路布設位置の基礎地盤は軟弱粘性土 (N 値0~4, 厚さ7~11m) で覆われているため、管路布設に必要な堅固な基礎を確保する目的で、セメント安定処理による地盤改良(デコム工法)を施工した。

施工場所の案内図を Fig.1 に示す。

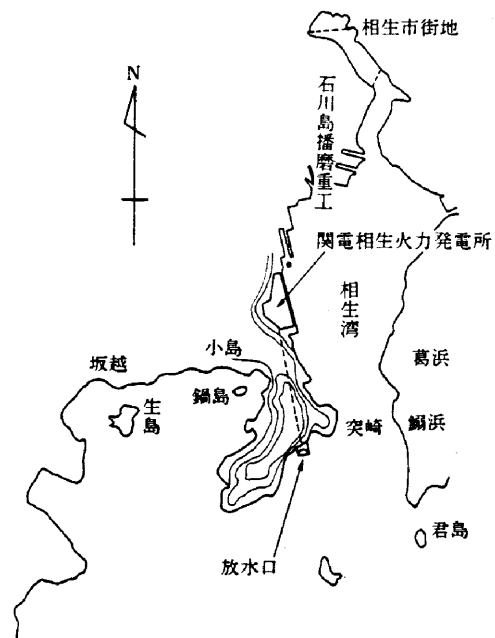


Fig.1 相生火力発電所位置図
Map of Aioi thermal power station

§ 2. デコム工法とは

デコム工法(深層混合処理工法)とは「かなりの深度(厚さ)の原地盤をそのままの状態でのその土の強度を増加させることのできる材料(又は薬材)を注入し、原地盤の土と攪拌混合させて原地盤の強度を増加させる工法」である。地盤の強度を増加させる材料として代表的なものは生石灰・セメントモルタル・セメントスラリーである。そしてこの工法は、周辺に既設の構造物などが

*関西(支) 関電相生(出) 工事係長
**関西(支) 土木部長

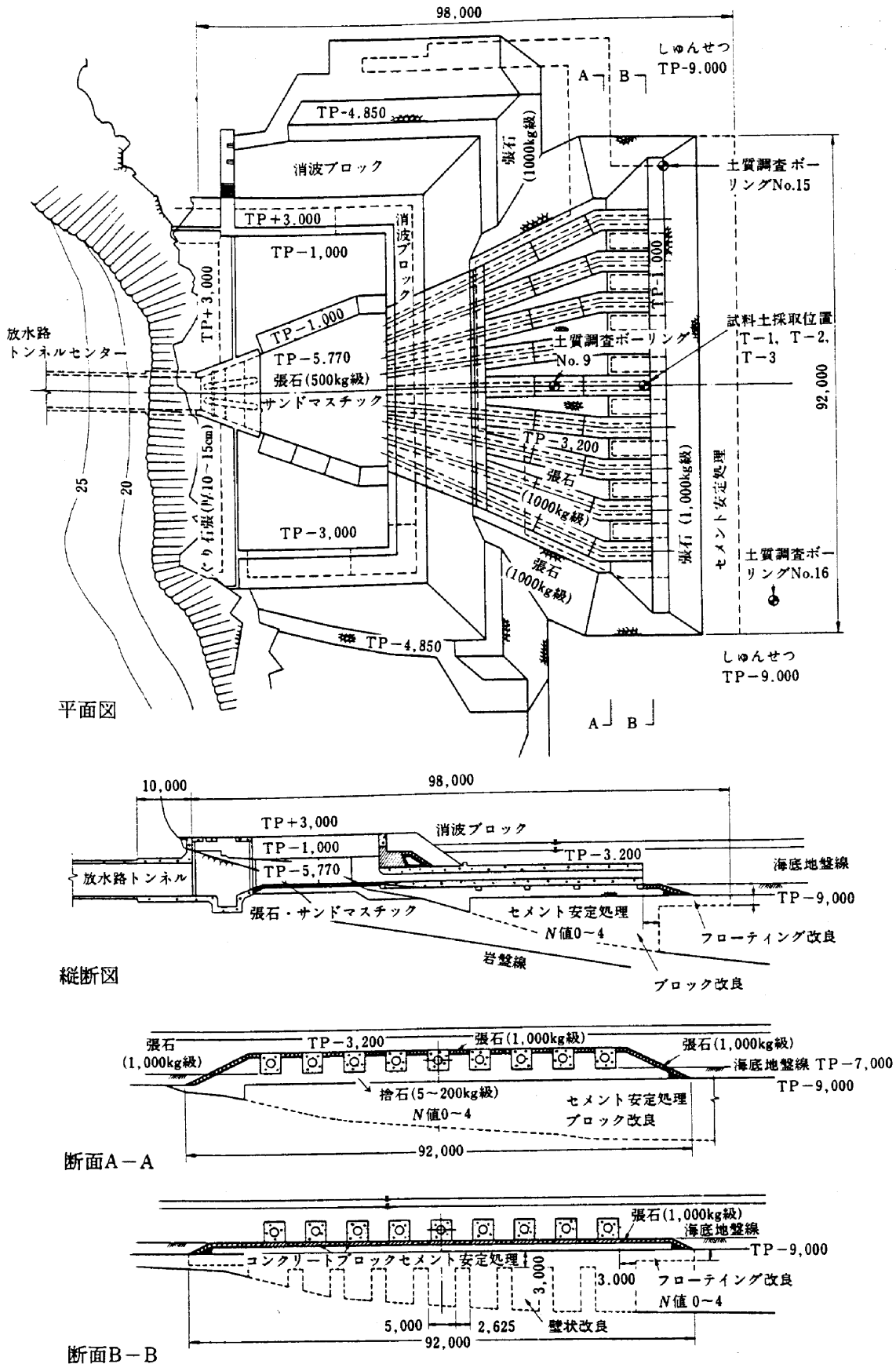


Fig.2 関西電力相生火力発電所放水口計画図
Plan and sections of Aioi thermal power station's outlet

あり直接掘削が困難な場合、床掘置換のために掘削した軟弱土の土捨てが困難な場合、地盤の掘削による環境への影響が懸念される場合などに有力な工法と考えられている¹⁾。

そのうちセメントスラリーを用いるデコム工法による海底地盤改良を、関西電力(株)相生火力発電所放水口工事で実施した²⁾ので以下にその概要を報告する。

§ 3. 工事概要

改良後の地盤強度は一軸圧縮強さで 6kgf/cm² (0.59MN/m²)以上を目標とし、改良パターンはブロック改良を基本としているが、底着改良と表層 3 m のフローティング改良を組合せた壁状改良、表層 2 m のフローティング改良の 3 種類の組み合わせから成っている (Fig. 2 参照)。

3-1 施工数量

本工事の施工数量を Table 1 に示す。

Table1 相生発電所新設工事(第4工区)放水口セメント安定処理施工数量
Volumes of soil Improving (単位: m³)

	第1ブロック	第2ブロック	第3ブロック	合計
施工数量	8,353	12,906	3,008	24,267

3-2 施工フローシート

セメント安定処理については Fig.3 のフローシートに従って実施した。

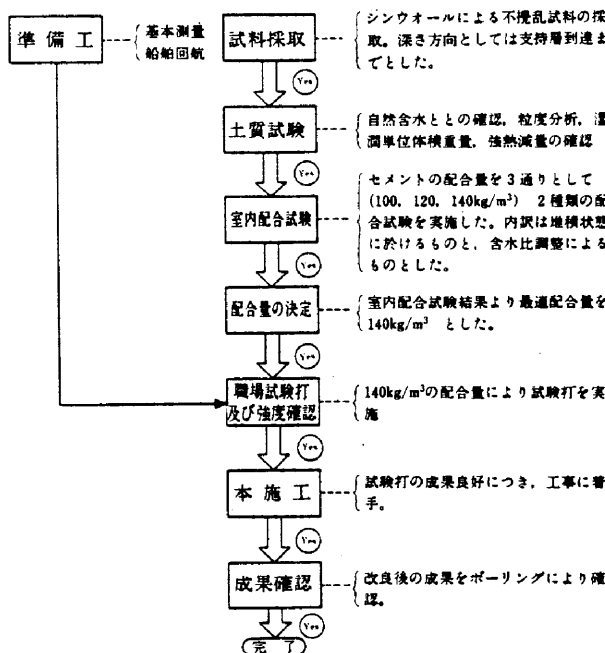


Fig.3 施工フローシート
Working diagram

§ 4. 調査

4-1 工事位置の地質概要

工事位置の地質概要をみると、露頭基盤岩は上部白亜紀～古第三紀の一連の火山活動によって生成された相生層群により構成されている。さらにこの相生層群は赤穂・上郡累層に大別されるが、本調査区域では赤穂累層(流紋岩質溶結凝灰岩)が分布している。地盤構成は上部から、沖積層・崖錐層・基盤岩層(赤穂累層)の3層に大別される。

4-2 地層特性

地質概要に示す地盤構成で改良を要する地盤は沖積層が対象となるため、以下にその地質特性について述べる。

(1) 沖積層

土質は粘性土を主体とするが、シルト質粘土～シルト質砂の浅水性の不整合堆積を示し、いずれも貝ガラ片を含む。下層部に従い、レキ及び砂分が多く混入する傾向を示し、その平均レキ径は 5～10mm 程度である。沿岸部は砂またはレキの粗大な粒子が沈殿している。N 値は上層部の粘性土は N 値 0 を示し、下層部の砂質土でも N 値 1～4 の範囲で非常にルーズである。

(2) 粘性土の粒度特性

粒度の分布状況は、粒度試験 (JISA1204) 及びオムニコン (粒度別粒子数の測定) で把握した結果、砂・シルト・粘土に区別すると、平均値は次のとおりとなっている。

- 砂分 (74μm 以上) ≒ 5%
- シルト分 (74～5 μm) ≒ 25%
- 粘土分 (5 μm 以下) ≒ 70%

(3) 粘性土の物性

工事区域の粘性土物性について Fig.4 に示す。

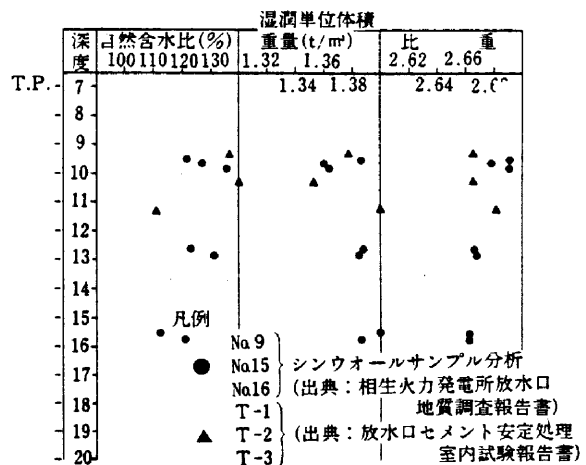


Fig.4 放水口土質試験結果
Result of soil test

4-3 土質調査及び室内配合試験

(1) 試料採取

試料はFig.2に示す位置からシンウォールサンプラーで連続サンプリングして採取した。試錐結果はFig.5のとおりである。

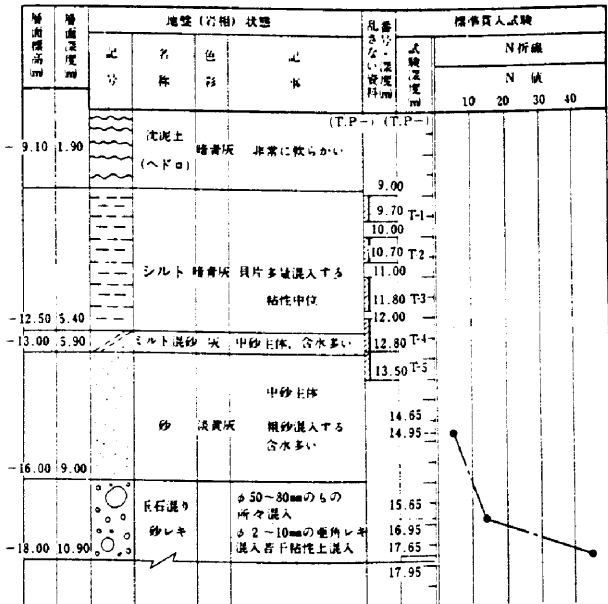


Fig.5 試錐柱状図 Boring log

(2) 物性試験

採取した試料の物性試験は、粒度分析・含水比・湿潤単位体積重量・強熱減量の項目について実施した。結果をTable 2に示す。

(3) 室内配合試験³⁾

(a) 配合試料土

配合試験に供する試料は、施工区域内の任意の位置からグラブバケットにより、採取した。表層は腐植物の堆積が予想されるため、あらかじめ表土を除去し深部(TP-9.00付近)から採取した。

(b) 試料のふるい分け

現地では採取した全試料を練り混ぜた後、異物及び貝ガラ等を除去するために2mmフルイにかけ粒度調整を行ったものを試料土とした。

(c) 試料土含水比調整

配合用試料は含水比を105%、115%、125%、135%の4種類に調整し、4ケースの配合試験を実施した。

(d) 供試体

室内配合試験用の供試体はTable 3のとりの配合とし、ケース1~4毎に材令1日、3日、7日、28日用に各3本、計4×4×3=48本の供試体を作成した。

Table3 セメントスラリー配合(室内試験用)
Mix proportion of cement slurry
for laboratory test (改良土1㎡当り)

割合	材料	セメント	混練水	備考
配合量		140kg/m ³	112kg/m ³	W/C=0.8

(e) 混練及び養生

イ) 練り混ぜ

ホバートミキサーを使用し、回転数140rpm・遊星運動60rpm・10分間連続攪拌した。回転翼は木の葉型を用いた。

ロ) 混練水

練り混ぜ用混練水は現地海水とした。

ハ) 養生方法と一軸圧縮試験

水中養生とし、水温は21±2℃でサーモスタットにて温度管理した。一軸圧縮試験は、JISA1216土の一軸圧縮試験改訂案に基づき行った。

(f) 一軸圧縮強度試験結果

室内配合試験の一軸圧縮強度をTable 4に示す。この結果をもとに第3工区の実績による強度低下率43%と変動係数32%を用いて設計強度6 kgf/cm²を上廻る信頼度を推測するとTable 4右欄のとおりとなる。信頼度

Table2 物性試験結果表
Results of soil material test

分析項目		分析位置	T-1 (9.00~9.70)	T-2 (10.00~10.70)	T-3 (11.00~11.80)	T-4 (12.00~12.80)	T-5 (12.80~13.50)	T-1~T-4 合併試料
粒度特性	レキ分(2,000μ以上)		0	0	0	0	16	0
	砂分(74μ~2,000μ)		2	0	0	7	50	0
	シルト分(5μ~74μ)		41	42	37	44	18	42
	粘土分(5μ以下)		57	58	63	49	16	58
土粒子の比重	G _s		2.665	2.665	2.681	2.698	2.698	2.660
自然含水比	W _n		137	140.8	111.1	36.2	24.5	124.8
湿潤単位体積重量	γ _t		1.377	1.352	1.401	1.840	1.981	1.354
強熱減量	I _R		11.2	11.6	12.0	9.6	3.9	8.0

Table4一軸圧縮強度(室内配合試験)
Unconfined compressive strength
(laboratory test for mix proportion)

材令 (日)	1	3	7	28 ①	強度低下率43%、変動係数32%のときの信頼度		
					\bar{x} ②=①×0.57 (kgf/cm ²)	標準偏差 ②×0.32 (kgf/cm ²)	信頼度 $\frac{\bar{x}-6}{\sigma}$
105	10.17	24.5	32.33	43.04	24.53	7.85	2.36σ=99.1%
115	8.44	22.94	28.97	39.10	22.29	7.13	2.29σ=98.9%
125	6.73	19.11	24.22	32.48	18.51	5.92	2.11σ=98.3%
135	5.15	16.49	21.67	31.03	17.69	5.66	2.07σ=98.0%

はいずれも第3工区実績の信頼度97%を上廻っていた。この結果をもとに最終的な配合の決定は運転仕様(回転数、貫入速度など)を種々変化させた現地実施試験を実施した上で行った。

§ 5. 計画

5-1 配合

(1) セメント安定処理に使用する主要材料

(a) セメント

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、改良土1m³当り140kg投入した。

(b) 混練水

セメントスラリーを製造する混練水は現地海水を使用し、スラリー製造時のW/Cは0.8とした。

(c) 添加剤

改良土に対する分散・遅延効果と混練時のセメントスラリーの凝結遅延を図る目的として、ポゾリスNo.8を使用した。添加量は25%希釈液をセメント重量に対して1%とした。

(2) セメントスラリー

セメントスラリー製造時の配合仕様はTable5のとおりであり、改良土1m³当りの使用セメントスラリー容量は154.4l/m³である。

Table5 配合仕様表
Mix proportion of cement slurry
(改良土1m³当り)

	硬化剤	混練水	添加剤	摘要
使用材料	普通ポルトランドセメント	現地海水	ポゾリスNo.8	
割合	1(100%)	0.8(80%)	0.01(1%)	重量比
配合量	140kg/m ³	112kg/m ³	1.4kg/m ³	
改良土1m ³ 当りのセメントスラリー容量 V=154.4l/m ³				

5-2 使用機械設備

主要船舶内訳をTable6, Fig.6に、セメント安定処

理船主要目をTable7に示した。

Table6 船舶構成表
Arrangement of ships

船種	船名	用途	摘要
セメント安定処理船	デコム5号	地盤改良	B L D (d) 27m×60m×4.0m×(2.7m)
揚 錨 船	第32宝栄丸	地盤改良船の投錨	15t×350ps
セメントタンカー	苜田丸	セメント運搬	鋼製 699(800t積)
通 船	相生丸	人員送迎	定員12名×25ps
チャカ船	YE-5	連絡用	定員5名×40ps
起重機船	102号	揚重作業	24t吊, ボーリング槽移動
曳 船	関西丸	港内曳まわし	350ps

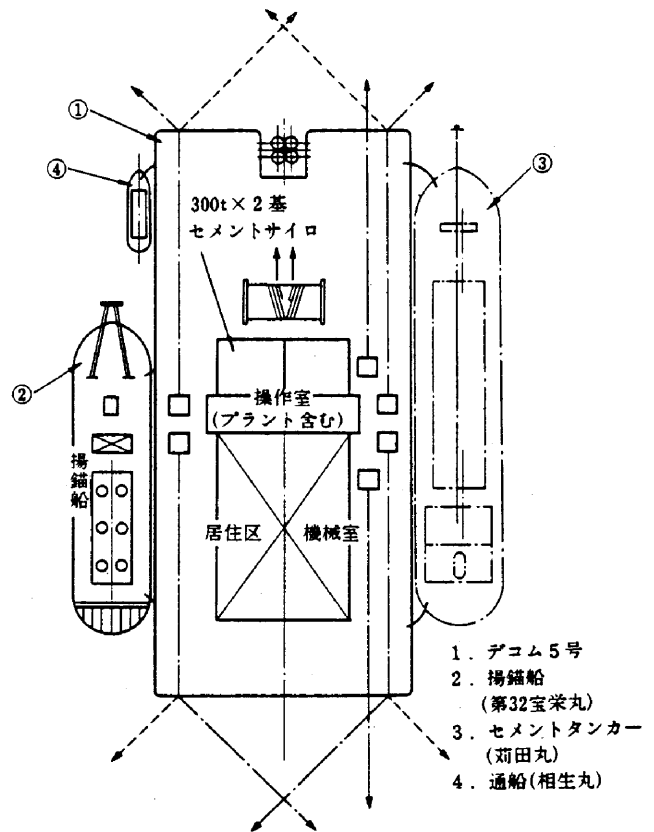


Fig.6 デコム5号船舶構成図
Ship arrangement of sea-bottom soil improving

Table7 セメント安定処理船主要目
(デコム5号)
Specification of cement
stabilizing ship

主要目	内容
改良断面積	6.92㎡
攪拌翼径×軸数	1,600φ×4軸
施工深度	海面下52m
セメントサイロ容量	1,200t
攪拌軸回転数	17, 31, 45rpm
船体寸法	B L D (d) 27m×60m×4m×(2.7m)
改良能力	60㎡/h～150㎡/h
機関出力	4,200ps
排水屯数	4,600t

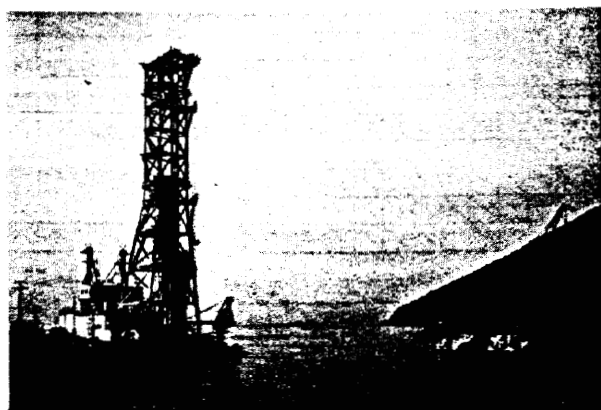


Photo1 海底地盤改良船(デコム5号)
Sea-bottom improving ship (DECOM-5)

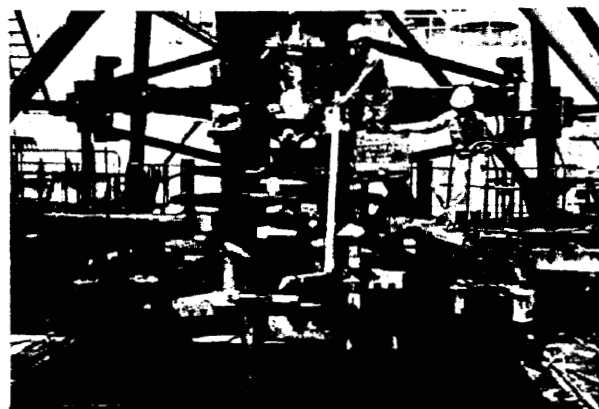


Photo2 攪拌翼
Mixing blade

5-3 ブロック割及びラップ

(1) ブロック割

Fig.7に示した施工平面形状並びに地盤改良船機械的能力から、同区域を完全に一体化することが非常に困難である。従って、同区域を3ブロックに分割して改良す

ることとし、各ブロックについては一体化を図ることとした。

(2) 改良杭のラップ代

ブロック改良を行う際の重ね代(ラップ代)は改良船の動揺・測量精度を加味し25cmとした。ラップ図をFig.8に示す。

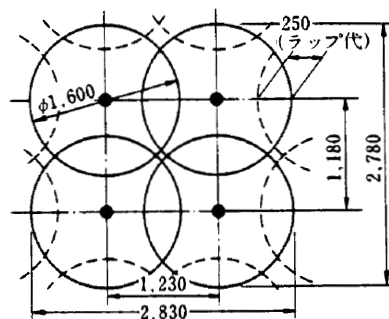


Fig.8 改良杭ラップ図
Overlapping of improving piles

§6. 測量

改良作業時の改良船の位置決めは、誘導点をセル仮締切堤と海上測量台の上に設け、交会法により、次の要領で行った。

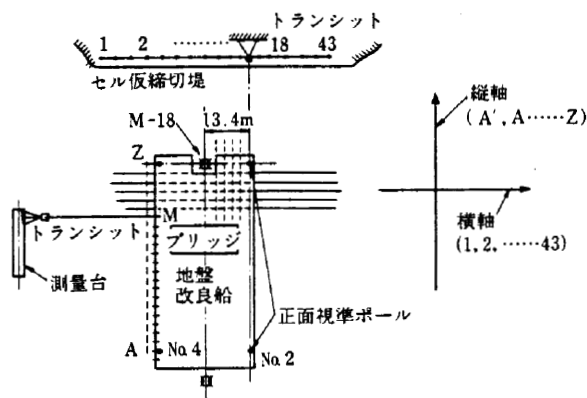


Fig.9 船体誘導図
Ship placing method

(1) 杭の配置は直交座標表示し、縦軸をアルファベット・横軸を算用数字表示とした。

縦軸…A'・A・B・C……Z (27点)

横軸…1・2・3・4……43 (43点)

(2) 船体上に所定のピッチA'～Z (27点)をマーキングし、セル護岸上にも所定のピッチで1～43 (43点)をマーキングした。

(3) 誘導の例としてM-18を施工する時は、測量台上の定点aにトランシットを設置して船体側面のM点を

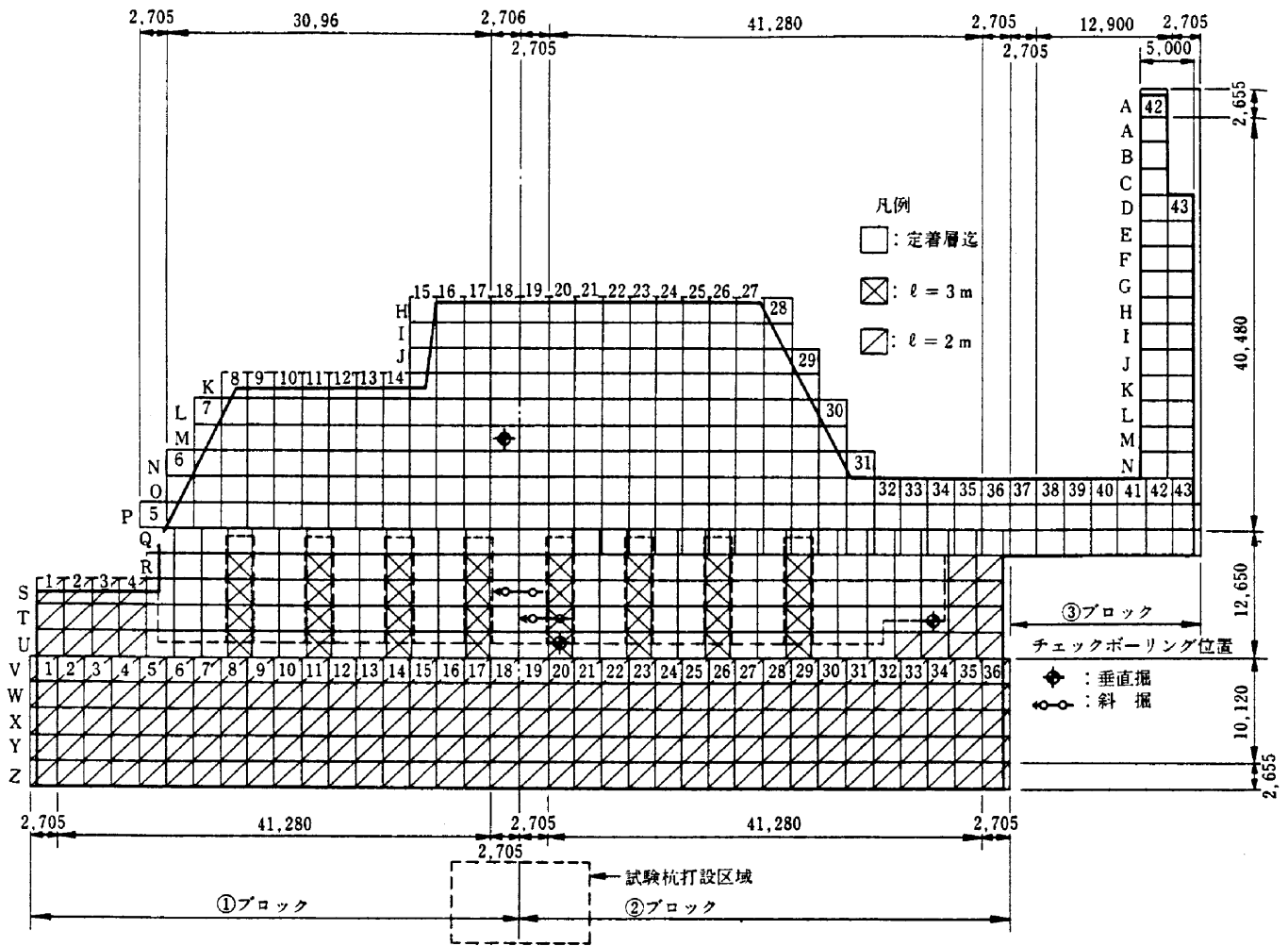


Fig.7 セメント安定処理ブロック割図
Distributed block plan for cement sitabilization

視準し、一方向面の No.18 点にトランシットを設置し視準ポール No.1・No.2 が重なる様に誘導し船位を固定した。

§ 7. 試験打

7-1 試験施工の目的

(1) 底着方法の確認

改良下端の N 値10相当地盤を確保するため、在来地盤の N 値と貫入時のトルクの相関を深度毎に対比させ明らかにし、支持地盤としての N 値10相当の底着方法を決定する。チェックボーリングにより改良土下端の N 値測定を行い底着の確認をする。

(2) 改良土の確認

改良土の連続コアサンプリングを行い、一軸圧縮試験により強度を確認する。

7-2 試験杭

試験杭打設位置は改良区域沖合側とした (Fig.7 参照)。打設本数は No.1~No.5 の5本で、No.1, 3, 5

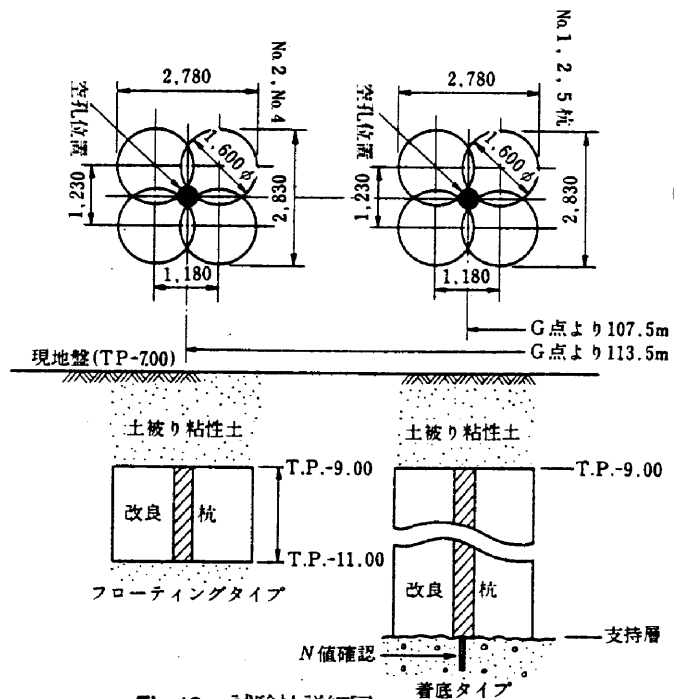


Fig.10 試験杭詳細図
Detail of test pile

Table8 運転諸元
Specification of soil mixing

運転諸元	区分	底着杭	フローティング杭	底着杭	フローティング杭	底着杭
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
貫入速度	m/min	0.8	0.8	0.5	0.5	1.5
貫入局回転数	rpm	31	17	31	17	31
底着処理時間	min	1	0.5	1	0.5	1
底着処理時回転数	rpm	31	31	31	31	31
引抜速度	m/min	1	1	1	1	1
引抜時回転数	rpm	45	31	45	31	45

Table9 吐出方法
Specification of grouting
(計画配合量を100%とする)

吐出方法	区分	着底杭	フローティング杭	備考
貫入時吐出		100%	100%	障害物がない場合
引抜時吐出		-	-	障害物が予想される場合
着底時吐出		100%	100%	

Table10 吐出量一覧表
Grouting volume per minute

貫入速度	改良土1m当りに投入するセメントミルク量	一軸当り吐出量
0.5m/min	1,070 l/m	134 l/min
0.8m/min	1,070 l/m	215 l/min
1.5m/min	1,070 l/m	401 l/min

の3本が着底杭, No.2, 4の2本がフローティング杭とした。配合は, Table 5 に示すものとした。試験杭の詳細は Fig.10 のとおりとした。

7-3 運転仕様

運転諸元は Table 8, セメントラリー吐出方法は Table 9 のとおりとした。この時のセメントラリー吐出量を次のとおり求めた。

改良深度1m当りに投入するセメント量は次式から求めた。

$$C = A \times H \times 140 \text{ kg/m}^3$$

ここで C : 改良土1m当りのセメント投入量 (kg/m³)

A : 1打設当り改良面積 (m²)

H : 深度 (m)

上式に A=6.92m², H=1m を代入すると

$$C = 6.92 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 140 \text{ kg} = 968.8 \text{ kg/m}$$

このセメント量をスラリー量に換算すると

$$V = \frac{968.8 \text{ kg/m}}{140 \text{ kg/m}^3} \times 154.4 \text{ l/m}^3 = 1070 \text{ l/m}$$

貫入時に全量吐出し, 速度を0.5m/minで管理すると1分間の吐出量は

$$V_{min} = \frac{1070 \text{ l/m}}{1/0.5 \text{ min}} = 535 \text{ (l/min)}$$

このスラリー量を4軸で吐出するものとして, 一軸当りの吐出流量は

$$V = 535 \text{ l/min} \times 1/4 = 133.75 \approx 134 \text{ l/min}$$

同様に, 貫入速度0.8m/min, 1.5m/minのときの流量を求めると Table 10 のとおりとなる。

7-4 試験打結果

(1) 着底位置とトルクの関係

Fig.11 からトルク値が4,000kg・m以上になった時点で貫入を停止する。

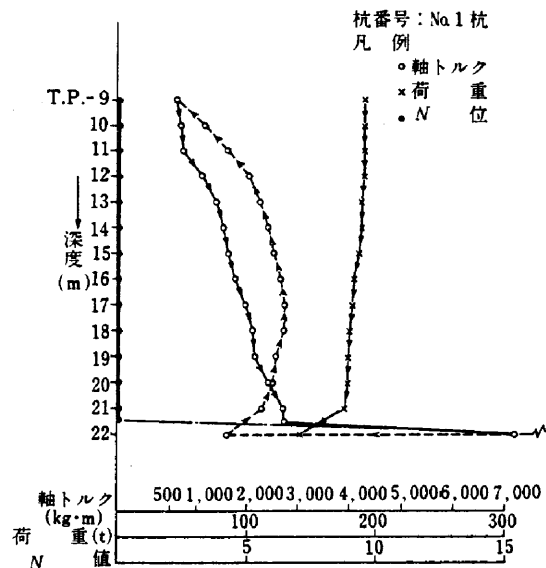


Fig.11 深度とトルクならびに荷重の相関図
Relationship among depth, torque and load

(2) 一軸圧縮強度

Fig.12 に深度と強度の相関図を示す。

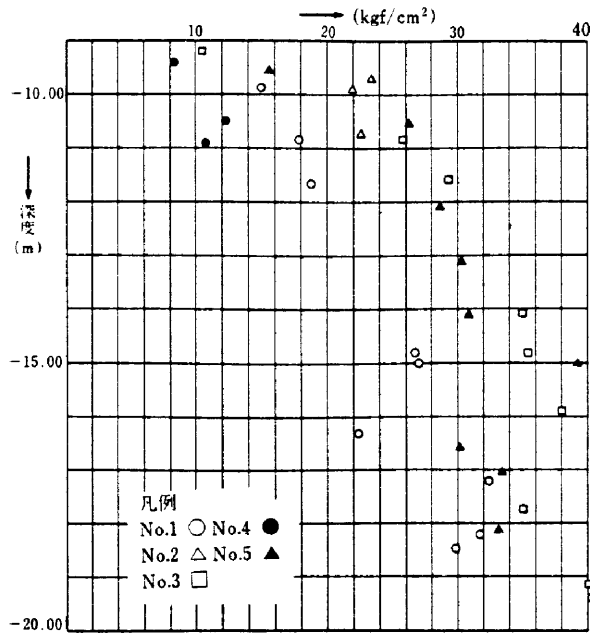


Fig.12 深度と強度の相関図(試験打)：材令28日
Relationship between depth and improved soil strength(in test piles)

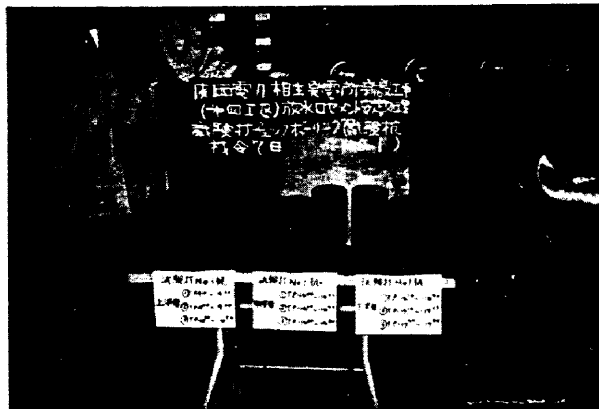


Photo3 供試体
Test pieces

Table11 コアボーリング結果(試験杭)
Result of core boring(Field test)

試験杭番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
試料数 n	9	3	9	3	9
平均強度 \bar{x} (kgf/cm ²)	24.62	22.57	33.29	10.72	29.69
室内試験結果 \bar{x} (kgf/cm ²) (含水比125%)	32.48	32.48	32.48	32.48	32.48
強度低下率 (%) \bar{x}/\bar{x}	24.2	30.5	-	67.0	8.6
標準偏差 σ (kgf/cm ²)	6.39	0.76	10.10	1.40	6.43
偏動係数 α (%)	26	3.4	31.1	13.1	21.6
信頼度 $\frac{\bar{x}-\delta}{\sigma}$	2.91 σ	21.69 σ	2.70 σ	3.37 σ	3.69 σ
" (%)	99.8	100.0	99.7	99.9	99.9

(3) 出来形に対する考察

チェックボーリングの回収試料は、いずれも連続性を有し強度も十分得られていた。一軸圧縮強度試験結果から信頼度を求めてみても Table 11 のとおりとなり、所期の目標を十分満足するものであった。すなわち、第3工区における実績、平均一軸圧縮強度 20.37kgf/cm²(2.00MN/m²)、標準偏差 6.45kgf/cm² (0.63MN/m²)、信頼度97%をほぼ上回る結果が得られた。

この結果に施工性を加味して、No.1 杭の配合および運転仕様を本施工に用いることにした。

§ 8. 施工

8-1 施工実績

- (1) 実施行程 Fig.13 のとおり。
- (2) 稼働実績 Table 12 のとおり。
- (3) 出来高進捗 Fig.14 のとおり。

8-2 運転仕様

運転諸元を Table 13 に、運転フローを Fig.15 に示す。

§ 9. 成果

9-1 チェックボーリング

工種	数量	7 月		8 月		9 月	
		10	20	10	20	10	20
準備工	1式	7/15→7/16(廻航) 7/16→7/18(準備)					
試験施工 (含むボーリング)	1式		7/19(試験打)	7/22→7/26(ボーリング)			
施工	第1ブロック 259本		7/28	8/5			
	第2ブロック 302本				8/18	8/27	
	第3ブロック 40本			8/6	8/7		
チェック ボーリング	1式					8/28	9/13
跡片付	1式						9/15

Fig.13 実施工程
Actual soil improvement schedule

Table12 放水口セメント安定処理稼働実績
Working hours of cement improvement

月	供用日数 (日)		稼働時間 (時間)									打設本数 ③	平均サイクルタイム ④ ① ②	改良土量 (m³)	材料内訳		
	運転日	休止日	実作業時間 ①	休止時間 ②						計 ①+②	セメント (t)				混和剤 (kg)		
				暖気	洗浄	修理	転船	待機	その他							小計	
7月	5	11	38.0	3.0	7.5	12.5				1.0	24.0	62.0	94	24.3	4,112	643.845	6,425.4
8月	17	10	166.5	10.5	25.5	46.0	14.0	7.5		103.5	270.0	511	19.5	20,287	3,112.675	31,059.5	
計	22	21	204.5	13.5	33.0	58.5	14.0	7.5	1.0	127.5	332.0	605	20.3	24,399	3,756.520	37,484.9	

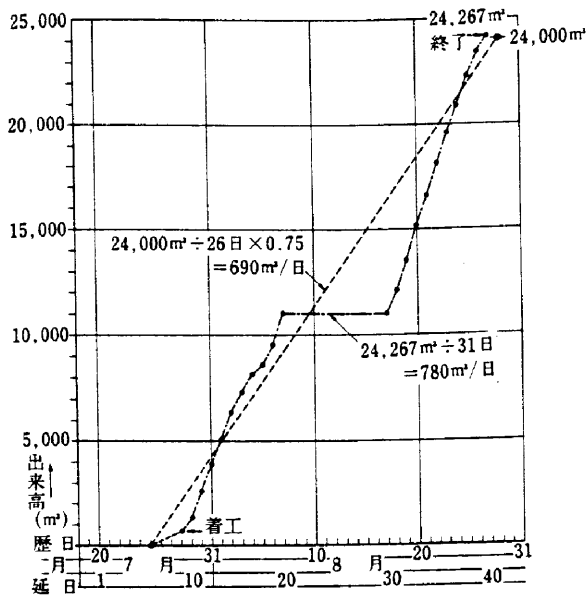


Fig.14 出来高進捗状況図
Progression of Improved soil volume

Table13 本工事運転諸元
Specification of operating (Execution)

運転仕様	内訳	着底杭	フローティング杭
貫入速度	m/min	0.8	0.8
貫入時回転数	rpm	31	31
定着処理時間	min	1	0.5
引抜速度	m/min	1.0	1.0
引抜時回転数	rpm	45	45
セメント配合量	kg/m³	140	140
水・セメント比	%	80	80

(1) ボーリング位置

チェックボーリングは Fig.7 に示す位置で連続コアサンプリングを行い、垂直掘り 3 本・約 8° の斜掘り 2 本計 5 本を実施した。

(2) ボーリング機械

ボーリング機械はロータリー式ハンドフィード型試錐

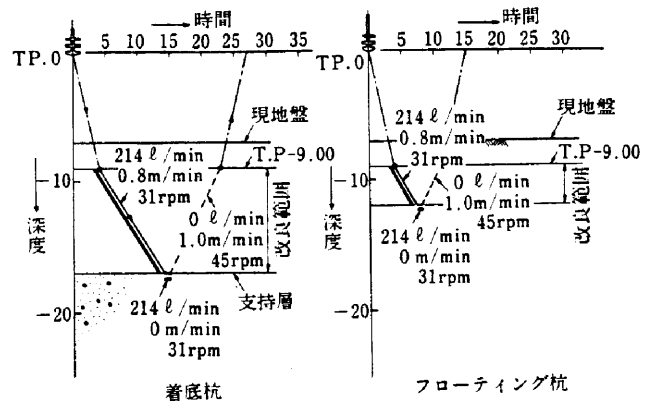


Fig.15 運転フロー図
Operating diagram

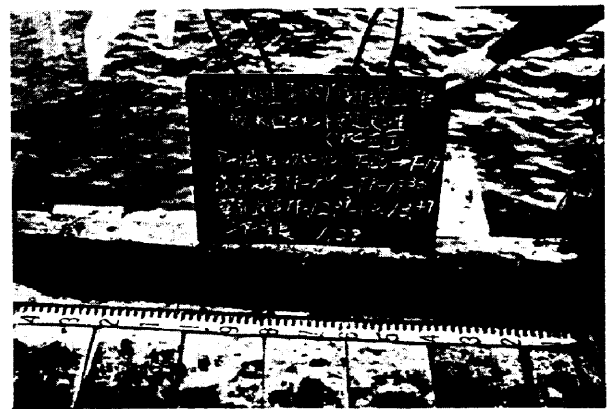


Photo4 採取した試料
Sample core

機 (デエル 2 型) を使用し、コアチューブは軟岩用ダブルコアチューブを用いた。

(3) 強度試験

各ボーリングにより回収した試料は、上中下の 3 深度 (改良実長をほぼ等分) にわけ、各深度について 3 個づつ供試体を作成し一軸圧縮試験にかけた。試験時の歪速度は 0.5%/min により制御し、歪測定はダイヤルゲージにより直読した。

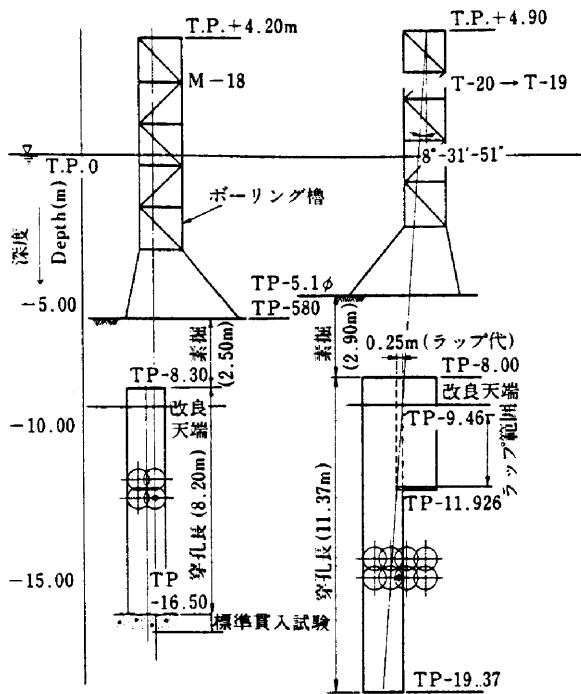


Fig.16 チェックボーリング状況図(本工事)
Check boring of improved soil

(4) 試験結果

チェックボーリング一覧表及び強度と深度の相関図を Table 14・Fig.17 に示す。

9-2 試験結果についての考察

(1) ヒストグラム

チェックボーリングの一軸圧縮試験強度を度数分布として Table 15 にまとめた。

データ数 $n=39$

平均値 $\bar{x} = (X_1 + \dots + X_n) / n = 852.03 / 39 = 21.85 \text{ kgf/cm}^2 (2.14 \text{ MN/m}^2)$

中央値 $26.13 \text{ kgf/cm}^2 (2.56 \text{ MN/m}^2)$

モード値 $25 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2 (2.45 \sim 2.94 \text{ MN/m}^2)$

最頻度は $q_u = 25 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2 (2.45 \sim 2.94 \text{ MN/m}^2)$ の範囲にあり、データ数39個中8個を占めている。最小値は $q_u = 5 \sim 10 \text{ kgf/cm}^2 (0.49 \sim 0.98 \text{ MN/m}^2)$ の範囲にあり、最低値は $q_u = 7.51 \text{ kgf/cm}^2 (0.74 \text{ MN/m}^2)$ となった。以上の結果をヒストグラムにすると Fig.18 のとおりとなった。

(2) 強度の信頼性

設計強度 $6 \text{ kgf/cm}^2 (0.59 \text{ MN/m}^2)$ 以上を満足させる全体の信頼度は、 $(21.85 - 6) / 9.377 \approx 1.7\sigma$ となり95%であった。

(3) 一孔毎の信頼性

前項では全体的な考察を行ったが、粘性土の平面的かつ深度的な違いによる土性を考察するためには個々の

Table14 チェックボーリング一覧表
Check boring

杭番号	穿孔角度	改良深度 (T.P.~) (m)	穿孔深度 (T.P.~) (m)	穿孔長さ (m)	N 値	回収試料状況	供試体数(本)			材令(日)	
							上 深 度	中 深 度	下 深 度		
M-18	直	-9.00 -16.49	-8.30 -16.50	8.20	26	100%回収。 試料中に小礫多く、穿孔時にジャミングを起し塊状に切壊。	3	3	3	9	56
U-20	直	-9.00 -12.00	-8.50 -12.05	3.55	-	100%回収。 粘土の介在はゼロであり、良質なコアの回収となる。	1	1	1	3	28
T-20 ↓ T-19	斜	-9.00 -19.33	-8.00 -19.37	11.37	-	100%回収。 良好な試料として回収出来ているが、斜めに切断する。	3	3	3	9	28
S-19 ↓ S-18	斜	-9.00 -18.98	-8.20 -16.15	7.95	-	100%回収。 目地に半固結粘土を介在。	3	3	3	9	28
T-34	直	-9.00 -20.37	-8.20 -20.50	12.30	37	100%回収。 良好な試料として回収。	3	3	3	9	28

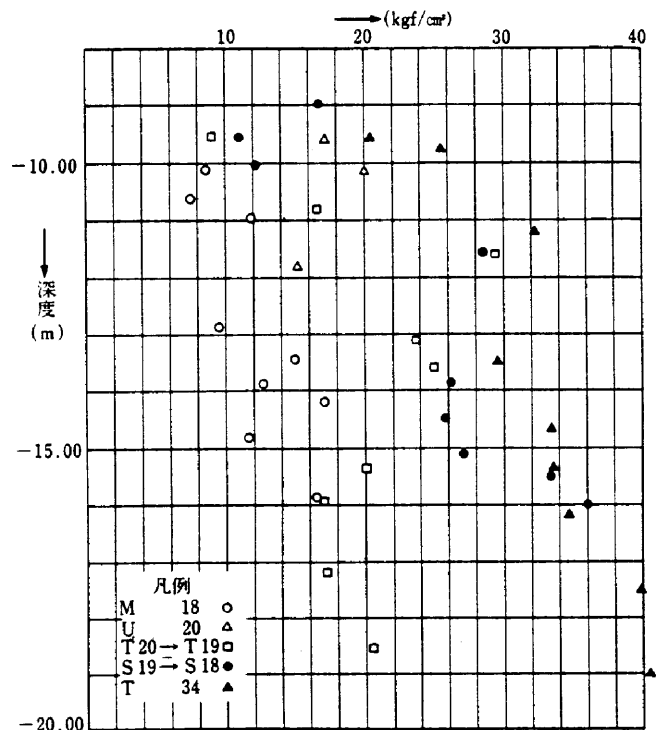


Fig.17 深度と強度の相関図(本工事)：材令28日
Relationship between depth and improved soil strength(in permanent piles)

Table15 一軸圧縮強度のヒストグラム(度数分布表)
Distribution of unconfined compressive strength

一軸圧縮強度のランク (kgf/cm²)	度数	累積度数	相対度数 (%)	累積相対度数 (%)
5~10	4	4	10	10
10~15	7	11	18	28
15~20	6	17	16	44
20~25	6	23	16	59
25~30	8	31	20	79
30~35	5	36	13	92
35~40	2	38	5	97
40~45	1	39	2	100

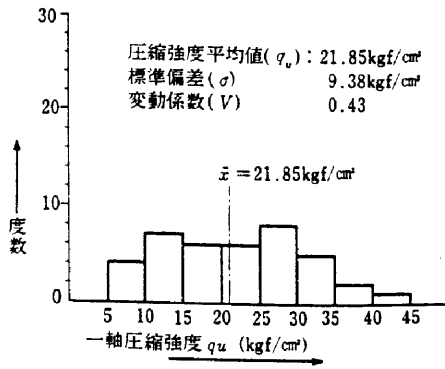


Fig.18 一軸圧縮強度度数分布
Distribution of unconfined compressive strength

Table16 ホール別の信頼性
Strength reliability of each boring

内容	杭番号				
	M-18 (直掘)	U-20 (直掘)	T-20 ↓ T-19 (斜掘)	S-19 ↓ S-18 (斜掘)	T-34 (直掘)
データ数 (ヶ)	9	3	9	9	9
強度平均値 (kgf/cm²)	12.13	17.5	20.97	23.3	32.36
標準偏差 (kgf/cm²)	3.27	2.41	5.96	9.71	5.88
変動係数 (%)	27.0	13.8	28.4	41	18
信頼度 (σ)	1.87	4.77	2.51	1.78	4.48
信頼度 (%)	95	99	99	94	99
土性	砂質土	粘性土	粘性土	粘性土	粘性土

Table17 出来形状況説明表
Observation of core

種別 杭番号	ケース							
	ケース1	ケース2						ケース3
目視状況	試験杭No.3	試験杭No.1	M-18	U-20	T-20→T-19	S-19→S-18	T-34	試験杭No.5
土質	-9.00~-12.60は粘性土でそれ以深になると小礫を介在。	-9.00~-12.50は粘性土でそれ以深は粘土中に小礫が介在し、-20.00近辺より茶褐色を呈す。	-9.00~-10.00は粘性土でそれ以深については砂質シルトが目立(ボーリングNo.9参照)。	すべて粘性土。	-9.00~-13.30付近までは粘性土で、それ以深については礫砂を介在している。	-9.00~-13.00は粘性土。それ以深については貝殻、礫多い。	-9.00~-15.70まで粘性土。それ以深は小礫介在。	-9.00~-10.00まで粘性土。それ以深は礫介在。
試料回収率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
試料状況	-8.30よりコアを回収した。全体に非常に硬質である。-12.60付近より小礫(5φ~10φ)を介在するが表面は比較的きれいである。-14.00~-16.00のコアでは大気さらすと短時間で表乾し白色となる。粘土の介在はまったくない。	-9.00~-9.20は塊状となるがそれ以深は非常に均質な硬質コアが採取出来た。-12.50までは表面もきれいであるがそれ以深についてはアバタ状となり小礫の介在が確認出来る。	-9.00~-10.00までは粘性土コアとして回収できた。それ以深については小礫、砂がきわだちコアがジャミングにより非常なためみられた。	-8.50よりコア採取し上深度より末端まで硬質コアとなる。途中での粘土の介在はない。	ボーリングは斜掘で行う。粘性土部のコアは物質が硬く-9.50~-10.90で接合部を貫通するも接合部は完全に一体化している。-13.50以深は礫が多く表面の肌荒が著しいがコアは良好。	-8.20よりコアとして採取。-12.70~-13.50の間でブロック目地確認。目地は粘土は介在しないが半固結状態で、翼の回転軌跡が1.5cmビッチで確認できる。目地部を除くコアは良好である。	-8.20よりコアとして回収。上深度より末端まで、着底部まで完全良質コアとなる。	-7.80よりコアとなるも良質コアは-9.00より確認でき、それについては棒状コアとなる。但し-11.20と-18.30で粘土をもつ。コア途中に於いても10内径程度の粘土のかたまりが点在した。
着底状況	-20.00以深では穿孔不能となり完全に岩着している。	-20.90mより岩着し、試料中に岩片を含む。	-16.50でコアの採取は完了し、それ以深は20φ~30φの岩片が標準貫入試験で採取された。	-	-19.37までコアを回収した。それ以深については試料採取出来ず。	-	-20.56までコアとして回収し、その直後N値を確認し岩片を回収。	岩着部は岩片を回収。
標準貫入値(N)	貫入不能	貫入不能(at-22.00)	N=26	-	-	-	N=37	N=50回/30cm
その他	ボーリングは直掘により行う。	同左 材令3日で穿孔作業に入る。	同左	同左 フローティングタイプ	斜掘	斜掘	直掘	直掘

ホールについての検討も必要である。Table 16に各ボーリング孔における信頼性をまとめた。

(4) 出来形に対する考察

チェックボーリング時の試錐状況並びに目視観察結果をTable 17に示す。

§10. あとがき

本工法は初めての経験であり、施工業者東亜建設工業

の協力に負う処が非常に多い。

改良中海水への環境汚染はほとんどなく、改良後の床掘はクラムシエルバケット(8m³密閉式爪なし)で平滑に掘れた。

最大沈下量は、捨石(厚さ2m)・放水有孔ブロック据付け後の測定で約5cmであったが、捨石の圧密によるものと考えられる。

改良船の性能はほぼ満足できるものであったが、今後

検討すべき課題として

- (1) 土質・配合・混練時間の関係
- (2) 土質試験法の簡易化
- (3) 経時変化の追究

などがあげられる。

海洋工事の多くなった現在、この記録が少しでも役立てば幸いである。

参考文献

- 1) 埋立と浚渫'77No.78 セメントスラリーを用いた深層混合処理工法 運輸省第二港湾建設局, 中村龍二
- 2) 関西電力(株)相生発電所新設工事のうち主要土木工事 第4工区 工事記録
- 3) 石灰による深層混合処理工法室内試験マニュアル 運輸省港湾技術研究所土質部地盤改良室