

## 傾斜岩盤支持層における鋼管杭棧橋工事 (II)

### Steel-Pipe-Pile Jetty and Quay Wall Constructed in Inclined Bedrock (II)

菅原 春\*  
Shun Sugawara

安原 二郎\*\*  
Jiro Yashuhara

#### 要 約 (施工)

本報文は香港の青衣島に構築された船舶修理ヤードの内、当社の設計・施工の鋼管杭棧橋工事に関するものである。

本工事は、水面下10~50m という変化に富む急傾斜岩盤上に構築する事と、土被りが小さくしかも潮流が速い為、杭先端岩着処理が特に困難を極めた。ここでは特に上述条件の下での施工の概要について述べるものである (設計上の問題点などについては前号に報告済)。

#### 目 次

- |             |            |
|-------------|------------|
| § 1. まえがき   | } 前号<br>掲載 |
| § 2. 全体工事概要 |            |
| § 3. 設計条件   |            |
| § 4. 設計     |            |
| § 5. 施工概要   |            |
| § 6. あとがき   |            |

#### 施工編

### § 5. 施工概要

#### 5-1 杭打工

##### (1) 施工内容

本工事は前述の如く杭径、材質、肉厚の異なる6種類の鋼管杭、計377本を棧橋延長714.5mにわたって打設する海上杭打工事である。

Jetty部分は $\phi 1,016\text{mm}$ 以上の杭で、115本中40本が傾斜角 $15^\circ$ の斜杭である。また、377本中39本は、海底岩盤レベルが高く土被りが少ないため自立支持層を得られず打設ではなく建込み後Keying-inを施工した。

杭打船は村角建設(株)所有の第23天神丸を、Kwai Chung Container Terminal Berth 4工事に引き続き使用して施工した。

打設杭長はあらかじめ行った調査ボーリングデータ及



Photo2 杭の試験打  
Pile driving test

び弾性波探査による岩盤等高線図をもとにして1本毎に杭長を決定して発注した。鋼管杭は日本鋼管にて製作し、杭長36m迄は1本もの、それ以上の長尺杭は30mをBaseにして現地継杭とした。

鋼管杭の貯蔵及び継杭溶接は、企業先H.U.Dの九龍半島側の敷地にて行った。置場と現場との間は約15kmあり曳船にて運搬するのに4時間、約半日を要した。運搬は30トン吊りのDerrick Bargeを使用、1回最大10

\*香港(支)工事課

\*\*香港(支)ラマ島(出)工事係長

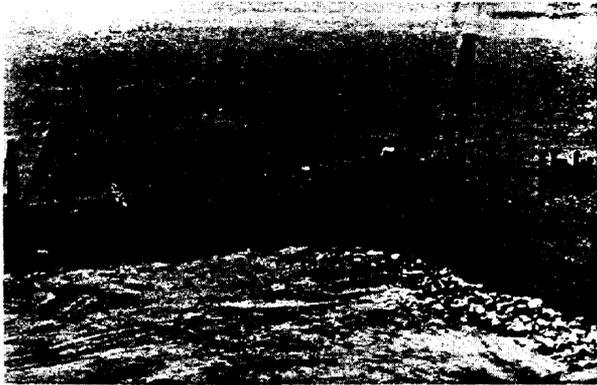


Photo3 Jetty area 施工中の杭打船  
Pile driving boat working in Jetty area

本を運び杭打船横の平台船に杭供給を行った。

杭打船は Leader が油圧 Jack にて前後に各30°迄傾斜できる構造になっており、最大吊り上げ可能杭重量は25トンであり、現実にこの限界迄使用した。杭の吊り込みは、杭打船の主巻ウインチにて直接吊り上げ、最大杭長58m迄1本もので打設した。

杭打設は Diesel Pile Hammer を使用し、杭径及び根入れ長に合わせて KB45 と MB72 を使いわけた。原則として KB45 は杭径  $\phi 914.4\text{mm}$  以下の杭に使用した。

香港における杭の支持は日本と異り摩擦支持層は期待できず、ほとんど岩着が原則となっている。このため必要杭長は打設地の岩盤レベルによって決定され、本工事のように岩盤線が傾斜している上に高低差が極端な変化を見せている場所では杭の選定に大変苦勞した。今回の場合、次項に述べる杭の先端岩着処理工が多数発生した。Jetty との取り合い部に当る Quay Wall A にて、この高低差が著しく、予想杭長が大幅に狂って多量の海上継杭が発生すると共に工程が遅延した。海上継杭は、上杭を杭打船にて吊り込み、手溶接にて溶接し X線検査後、打ち込んだ。

杭の載荷試験は、後述する杭打公式による支持力を確認するための基準が香港政庁によって規定されており、実荷重の2倍を載荷することが要求され、この工事では800tf (7.84MN) であった。杭の安定及び工程との関係から、埋立予定地に杭打船で  $\phi 914.4\text{mm}$  の試験杭を打設した後埋立を行い、陸上で載荷試験を行うという方法で承認が得られ、良い結果が得られた。

次に普通の海上杭打と異り特に苦勞した点を列挙する。

①杭の全体数に対し種類が多いため、製作発注のための杭長決定及び実施工における運搬の取り合わせ、打設順序の調整に苦勞した。

②上記の理由で、杭径に合わせて Hammer, Cap 及

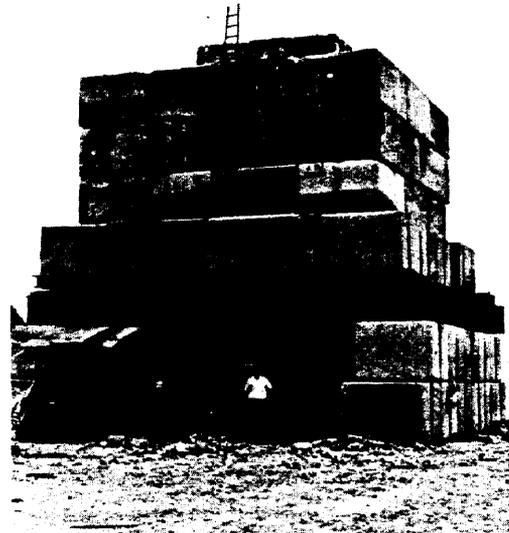


Photo4 載荷試験の全容  
Overview of loading test



Photo5 載荷試験油圧Jack (500トン×2台)  
Oil jacks of loading test (500ton×2)

び鋼管おさえを取り替える必要があり、予想以上の時間がかかった。

③ Jetty 部は干潮に向かって潮流が極度に速くなり、打設中にアンカーが移動したり、うねりによって施工できない等海象条件に大きく影響された。

④岩盤高の変化が大きく杭長の子想が立てにくく継杭等に相当の時間を費した。

⑤杭先端岩着処理工との兼ね合いで、施工順序の組み替え及び高度の技術を要求された。

なお杭の打設工は下記の順序で行った。

- ① Quay Wall A の打設
- ② Jetty C の打設
- ③ Quay Wall A 残分の打設
- ④ Jetty C 残分及び Jetty B の打設
- ⑤ Jetty B, C 岩着処理の直杭建込工
- ⑥ 岩着処理工用のH形鋼斜杭の打設
- ⑦ Quay Wall B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>の打設
- ⑧ Jetty A の打設
- ⑨ Quay Wall B<sub>2</sub>~Quay Wall C<sub>3</sub>の打設及び杭建込工
- ⑩ Jetty B, C 岩着処理工の斜杭建込工

(2) 杭の支持力

杭の支持力は

Jetty 直杭列の直杭 360~380tf(3.53~3.72 MN)

斜杭列の直杭 240tf(2.35MN)

斜杭 250~260tf (2.45~2.55 MN)

Quay Wall 直杭 375tf(3.68MN)

必要とされた。

支持力の確認には Kwai Chung Container Terminal の杭打工事の経験によって岩着の要素を組み入れて 2本立てに改良した下記の修正 Hiley 公式により各杭 1本毎に行った。

①岩盤迄打ち込まれた場合 (打止り貫入量 1 cm に対し打撃回数が 6 回以上の場合に適用)

$$Q_A = \frac{1}{F_S} \cdot R_{du}$$

$$= \frac{1}{2.3} \cdot \frac{e_f \cdot F}{s + \frac{c}{2}} \cdot \frac{W_h + e^2 \left( \frac{W_p + W_o}{2} \right)}{W_h + \left( \frac{W_p + W_o}{2} \right)}$$

②打撃が岩盤線に達する前に終了した場合 (打撃回数が打止り貫入量 1 cm に対し 6 回以下の場合に適用)

$$Q_A = \frac{1}{F_s} \cdot R_{du}$$

$$= \frac{1}{2.3} \cdot \frac{e_f \cdot F}{s + \frac{c}{2}} \cdot \frac{W_h + e^2 (W_p + W_o)}{W_h + (W_p + W_o)}$$

- ここに  $R_{du}$  : 杭の極限支持力 (tf)
- $e_f$  : Hammer の効率 0.6
- $e$  : 反撥係数 0.5
- $F$  : 打撃エネルギー (tf-cm)
- $W_h$  : Hammer の重量 (tf)
- $h$  : 杭打機の Ram の落下高 (cm)

- $W_p$  : 杭の重量 (tf)
- $W_o$  : 杭の Helmet 等の重量 (tf)
- $s$  : 打止り平均貫入量 (cm/blow)
- $c$  : 打止め Rebound (cm)

Ram の落下高は Hammer の頭に赤白のペンキで 10 cm 毎に色分けした棒にて測定し、沈下量は陸上から Transit にて杭に貼り付けた目盛表を読んで測定した。

Table2 杭打工事使用機械  
Using machines for pile driving work

使用機械	仕様	台数	備考
杭打船	長31m×全幅16m×深3m リーダー長 42m 最大吊上能力 25トン リーダー傾斜角 前後傾各35° 油圧シリンダー最高圧力 140kgf/cm <sup>2</sup> 最大ストローク 5,300mm	1	
Diesel Pile Hammer	KB-45 MB-72	1 1	φ812.8, φ914.4に使用 φ914.4以上の杭に使用
Vibro Hammer	NVA-50S 37kW	1	杭建込用
発電機	175kVA	1	
平台船	長27.4m×全幅8.5m×深1.8m	1	鋼管杭貯蔵
Derrick Barge	長37.2m×全幅12.8m×深3.4m 最大吊上能力 30トン 最大積載能力 1,500トン	1	鋼管杭運搬
曳船	365PS	1	

(4) 施工実績

杭打工は昭和52年6月14日に開始し、打設、建込工及び杭先端処理工の掘削機支持用H鋼杭の打設も含めて同年12月24日迄、194日を要した。この間の作業実績は Table 3 のとおりである (Jetty 継杭 9本, Quay wall 継杭58本を含む)。

打設工に関して云えば、杭径が小さく一定している Quay Wall Area の実績が矢張り Jetty Area の実績よりも良い値を示しているが Kwai Chung Container Terminal の時の実績、歴日当たり平均 4本/日という値よりも低目である。

なお他の主な実績 Data は下記のとおりである。

- 最長打設杭長 58m
- 最短打設杭長 18m
- 平均打設杭長 30m
- Jetty Area 最大打設本数 4本/日
- Quay Wall 最大打設本数 11本/日
- 実搬入数量に対する杭使用率 94%

5-2 杭先端岩着処理工

(1) 施工内容

前述の設計の項で述べたごとく、本工事では棧橋が傾斜岩盤線に沿って構築されたために、種々の杭先端岩着処理工の施工を余儀なくされた。当初、Jetty Area で 56本の Keying-in を予想していたのに対し Keying-in 自

Table3 鋼管杭打設(建込)実績  
Actual results of steel pipe pile driving

工種	杭本数(本)		作業内訳(日)							1日当り打設(建込)本数(本/日)	
	杭径	本数(1)	段取り替え	打設(建込)(2)	修理	台風	雨、待機	休日	計(3)	稼働日当り(1)÷(2)	全日数当り(1)÷(3)
1. 鋼管杭打設工 (a) Jetty A, B, C	φ1,016	直杭 43 斜杭 24	3.5	40.75	3	7.5	3.25	4	62	1.94	1.28
	φ1,219.2 小計	直杭 12 79									
(b) Quay wall	φ812.8	直杭 44	10.5	60.5	5.5	1.5	2	7	87	4.28	2.98
	φ914.4 小計	直杭 215 259									
2. 鋼管杭建込工 (Keying 杭) Jetty B, C	φ1,016	直杭 20	2	16.25	0	2.25	2.5	2	25	2.4	1.56
	φ1,016 φ1,016 小計	斜杭 16 直杭 3 39									
計		377	16	117.5	8.5	11.25	7.75	13	174	3.21	2.17

Table4 杭先端岩着処理作業分類(Jetty area)  
Classification of operations for pile toe treatment (Jetty area)

工種	Type	対象杭	掘削径	使用掘削機械	Bit種類	Casing	施工本数
Keying-in	Type 1	建込杭, 直杭	φ960mm	Bigman-100N	φ960mmBlind Bit	無し	Jetty B 13本 Jetty C 7本
		建込杭, 斜杭	φ1016mm	同上	同上	同上	Jetty B 8本 Jetty C 8本 小計 36本
Anchoring	Type 2	打設杭, 直杭	φ450mm	Bigman-100N	φ450mmTri-cone Bit	無し	Jetty B 3本 Jetty C 4本 小計 7本
		打設杭, 斜杭	φ1016mm	同上	同上	同上	Jetty B 4本 Jetty C 7本 Jetty A 4本 Jetty B 2本 Jetty C 4本 小計 21本
Pinning	φ100mm丸棒	打設杭, 直杭	φ150~φ200mm	Bigman-50N EP-1, OP-1	φ194mmTri-cone Bit φ150, φ200mm Diamond Bit	φ150, φ200mmCasing	Jetty A 4本 Jetty B 5本 Jetty C 2本
		打設杭, 斜杭	φ1016mm	同上	同上	同上	Jetty B 1本 小計 12本 計 76本

体は36本と減少したが、各杭の打設された状況に応じて、Table 4 及び Fig.6~9, Fig.11 に示すような特殊な岩着処理工の必要が生じた。この結果、Jetty Area の全鋼管杭115本中76本(66%)に対し、岩着処理工を施工することになった。

狭い Area で各種の岩着処理工施工のために多数の掘削機を動員したこと及び予想外の Boulder 層による施工障害により、Concrete 打設工程とのかみ合わせに

困難を極めたが、杭の先端岩着処理工を昼夜体制で施工し、何とか工期限内に棧橋を完成することができた。

直杭、斜杭の Keying-in と棧橋躯体工事との施工手順は次のとおりである (Fig.12 参照)。

①直杭を所定位置に建込み後、37kW のパイプロハンマにて打ち込み、打設した直杭を利用して仮結構を行うと共に、H形鋼 (H-300) の斜杭を打設して掘削機用の Staging を施工する。

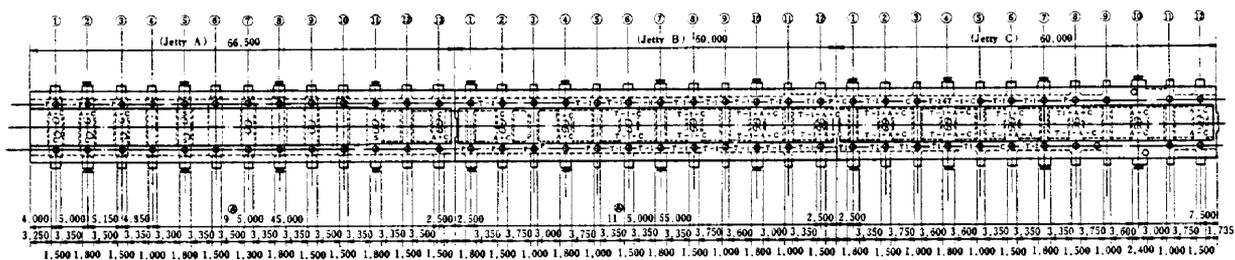


Fig.11 杭先端処理計画図  
Jetty general plan of toe treatment



Photo6 杭先端岩着処理工施工中のJetty area  
Jetty general plan of pile toe treatment

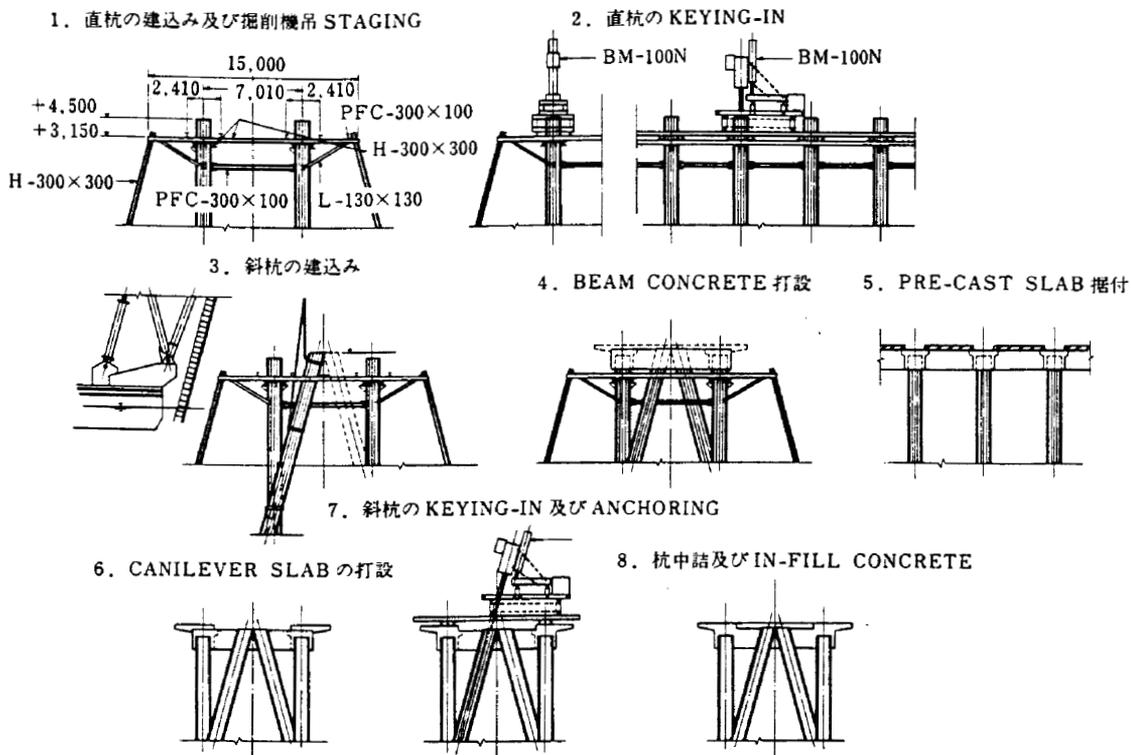


Fig.12 岩着処理工と躯体工の施工手順  
Excution sequence of pile toe treatment and superstructure work

- ②直杭の Keying-in を行う。
  - ③斜杭の建込みを行い直杭と水中にてバンドで固定する。
  - ④掘削機用の Staging を利用して Crane Rail Beam 及び Lateral Beam の Concrete 打設を行う。
  - ⑤打設 Beam を足場にして、斜杭の Keying-in, Anchoring を行うと共に、前述の Staging 解体, Pre-Cast Slab の据付, Cantilever Slab の打設を行う。
  - ⑥杭の中詰 Concrete 打設後、斜杭列 Lateral Beam 上部の In-fill Concrete を打設する。
- 掘削機の据付, 移動, Drill strings の揚降は全て海上

の Crane Barge にて行った。Drill Strings の最大量が約40トンになるため Crane は80トン吊り Crane を使用した。掘削ズリは海上工事である事及び数量が少ない事から海中投棄とした。

Keying-in は前述の様に Type 1 と Type 2 とがあり、Type 1 は  $\phi 1016\text{mm}$  の杭に対し支持力を確保するために  $\phi 960\text{mm}$  の断面の岩着処理工を行うものでなる。Type 2 は杭先端に影響を与えないように1周り小さな  $\phi 450\text{mm}$  の断面にて岩着処理を行うものであった。(Fig.6, Fig.7)

Anchoring (Fig.8) の Anchor Bar は  $\phi 32\text{mm}$  の

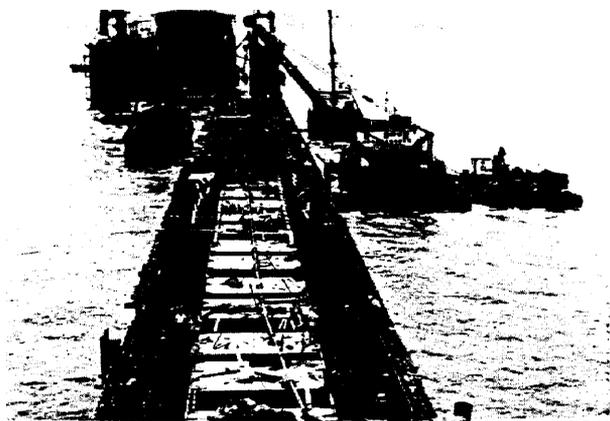


Photo7 躯体工事, Keying-in 併行作業中の Jetty area Superstructure and keying-in work in Jetty area

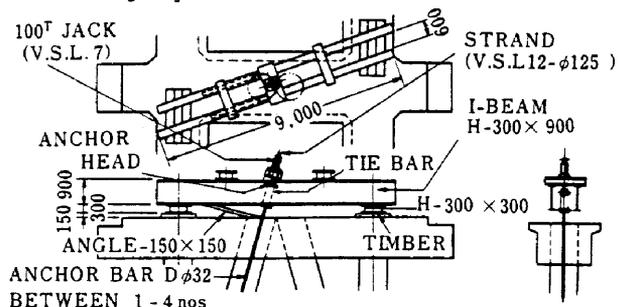


Fig.13 引抜試験装置 Pull out test equipment

異形鉄筋を使用し、穿孔径  $\phi 200\text{mm}$  に対し最大4本迄挿入した。Anchor BarはC.C.L Couplerにて接続し、杭頭部まで延長し Beam Concreteと締結した。Anchor Barはグラウト注入後、各杭毎に Pull out Test (Fig.13) を実施して所定の強度を確認した。

Pinning (Fig.9) は  $\phi 150\sim\phi 200\text{mm}$  の孔を掘削しグラウトモルタルを注入した後  $\phi 100\text{mm}$  の丸棒を挿入した。

Keying-inを施工した直杭は Tremie Concrete 打設後、水替を行い150mm Sizeの碎石を鉄塊により転圧しながら中詰した。Keying-in斜杭及び Anchoring 杭は Concreteにて中詰した。

(2) 使用機械

杭先端岩着処理工事に使用した主要機器は Table 5 のとおりであり、掘削機の諸元は Table 6 のとおりである。

なお、掘削機械の使用実績は Table 7 のとおりである。

(3) 施工手順と施工法

a) Keying-in Type 1

この掘削には、香港にて手配できる機械という点から

Table5 主要使用機器 Main used machines and equipments

使用工種	使用機器	仕 様	台 数	備 考
Keying-in	大口径掘削機	BM-100N $\phi 960\text{mm}$ $\phi 450\text{mm}$	2	Type 1 Type 2
	Bit	$\phi 450\text{mm}$ T.C Chip Insert Tri-cone	2	
	Drill pipe	$\phi 960\text{mm}$ T.C Chip Insert Fullface	2	
	Stabilizer	内径 $\phi 190\text{mm}$ Flange Type with Air pipe 回転式, $\phi 970\text{mm}$ , Drill collar兼用	3	
	Drill collar	非回転式 $\phi 560\text{mm}$ , 5トン	2	
	水中ポンプ	$\phi 150\text{mm}$	4	
Anchoring	掘削機	BM-50N $\phi 200\text{mm}$	2	1部BM-100N使用
	Bit	$\phi 194\text{mm}$ T.C Chip Insert Tri-cone	4	
	Drill Rod Drilling pump	B-6 Rod, 外径 $152\text{mm}\times 1\text{m}$ MG-40, 30kW-4P	2	
Pinning	掘削機	BM-50N $\phi 200\text{mm}$	2	Anchoring兼用
	Bit	EP-1 $\phi 150\text{mm}$ , $\phi 200\text{mm}$ $\phi 194\text{mm}$ T.C Chip Insert Tri-cone $\phi 100\text{mm}$ , $\phi 150\text{mm}$ Diamond Bit	3	Anchoring兼用
共通機械	掘削機	OP-1	1	Casing Tremie pipe Anchor Bar建込用
	Crane Barge	P&H1055Crane, 吊能力80トン	1	
	Derrick Barge	吊能力30トン, 積載容量1,300トン	1	
	平台船	9m $\times$ 11m	1	
	Air-compressor	17m <sup>3</sup> /min	2	
	Generator	175kVA	2	
		125kVA	2	
	Grout Mixer	LM-250 0.2m <sup>3</sup> $\times$ 2段	1	
	Grout pump	MG-10	1	
	Agitator Car	4m <sup>2</sup>	1	
	水中ポンプ	$\phi 100\text{mm}$	2	
		$\phi 100\text{mm}$ 高揚程 40m	1	
		$\phi 50\text{mm}$	2	
	Hammer Grab		2	
Casing	$\phi 150\text{mm}$ 150m $\phi 200\text{mm}$ 215m			
Tremie pipe	$\phi 150\text{mm}$ , $\phi 200\text{mm}$	各1set		

Table6 掘削機諸元  
Specifications of boring machines

機械形式名称	BM-100N	BM-50N	EP-1	OP-1
製作会社	鉦研試錐	鉦研試錐	鉦研試錐	鉦研試錐
駆動方式	パワースイベル	パワースイベル	ロータリーオイルフィード	ロータリーオイルフィード
掘進可能深さ(標準)	180m	100m	600-1,000m	150m
掘削口径	φ960mm	φ200mm	φ150, φ200mm	
掘削傾斜角度(水平から)	-45°~-90°	-45°~-90°	0~360°	0~360°
Spindle回転数	Low 0~6.5rpm 2nd 0~18rpm Top 0~57rpm	Low 0~19rpm High 0~57rpm	Low 156, 40rpm 2nd 279, 72rpm 3rd 524, 128rpm Top 1,010, 261rpm Rev 132, 33rpm	150-300-600rpm
最大掘削Torque	7,000kgf・m	3,000kgf・m	300kgf・m	23kgf・m
Thrust Load(最大)押し込み	100tf	32tf	6.4tf	1.25tf
引き抜き	160tf	45tf	8.6tf	1.60tf
Power Unit	90kW	37kW	15kW-4P	3.7~5.5kW-4P
掘削機本体寸法				
高さ	4,540mm	3,820mm	1,600mm	1,310mm
長さ	4,360mm	3,690mm	3,000mm	1,325mm
幅	1,640mm	1,230mm	1,170mm	820mm
掘削機本体重量	12 t	5 t	1,500kg	380kg

Table7 掘削機械使用実績  
Actual results of machine use

機種	単位	数量	年月																	
			昭和52年						昭和53年											
			7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BM-100N	台	2							No.1								No.2			
BM-50N	台	2												No.1			No.2			
EP-1	台	2												No.1			No.2			
OP-1	台	1																		

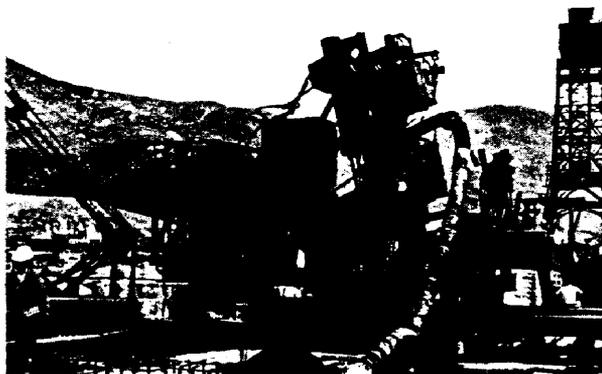


Photo8 ビッグマン-100N  
Bigman-100N

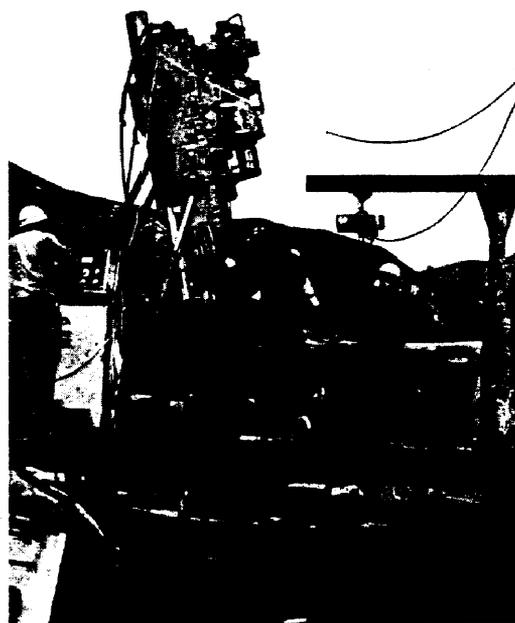


Photo9 ビッグマン-50N  
Bigman-50N

鉦研試錐工業製の Bigman Series の BM-100N を使用することとなり掘削方式としては Air-lift による Reverse Circulation 方式とした。このため Drill Pipe は φ200mm フランジ型 Air-Pipe 付を使用した。Blind Bit, Stabilizer, Drill Collar, Cross Over Sub 等は日本にて製作輸送した。Stabilizer は最小杭内径がφ988 mm のため外径φ970mm とし、Casing 代りの本杭を痛めないよう Roller Stabilizer とし Weight 用の Drill Collar を兼ねる構造とした。

掘削岩は地質条件の項で述べたとおり、一軸圧縮強度

が約 1,200kgf/cm<sup>2</sup> (117.6MN/m<sup>2</sup>) の硬岩に属する花崗岩であるため Blind Bit は φ960mm の Tungsten Carbide Chip Insert Type Fullface Roller Type Bit を使用した (Fig.14)。

Cutter 構成は Centre Cutter 1個, Inner Cutter 2個, Gauge Cutter 3個の6個からなりたっている。

直杭 Type1 Keying-in の施工手順は次のとおりである (Fig.15)。

- ① Hammer Grab にて杭内の土砂を掘削する。
- ② Drill Strings を降下させる。

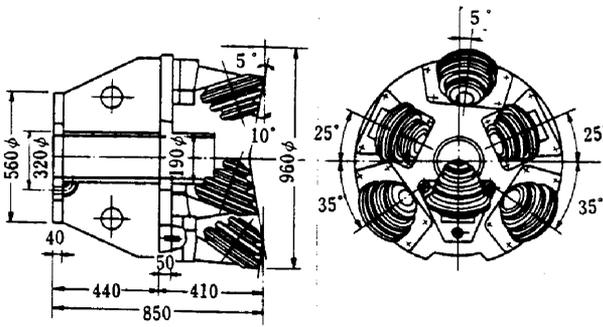


Fig.14 φ980 カッタビット  
φ980 Cutter bit



Photo10 Keying-in, Drill stringsの降下作業  
Drill strings bringing down in keying-in method

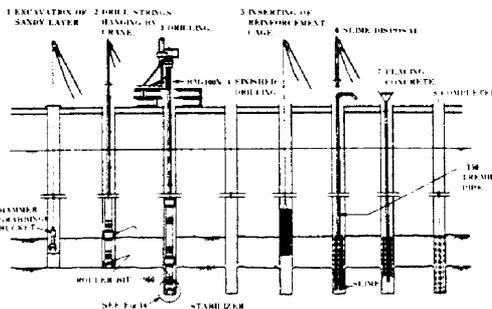


Fig.15 キーイングインの施工手順(鉛直杭)  
Construction sequence of keying-in method (vertical pile)

- ③掘削機 BM-100N を設置，掘削を行う。
- ④掘削完了後，鉄筋籠を挿入する。
- ⑤φ150mm Tremie Pipe を降下させ Air lifting により掘削底を清掃する。
- ⑥ Tremie Concrete を打設する。

- ⑦ Tremie Pipe を引き抜き作業完了。
- b) Keying-in Type 2  
φ450mm Tungsten Carbide Chip Insert Tricone Bit を使用，Type 1 と同様 BM-100N 掘削機にて Reverse Circulation 方式にて掘削した。



Photo11 φ450mm トリコンビット  
φ450mm Tri-cone bit

c) Anchoring

Type 1 Keying-in を施工した斜杭に対する Anchoring と打設斜杭に対する Anchoring と 2 種類あり，両者共岩掘削は BM-50N を使用した。

Drill Rod は Screw joint 式の B-6 Rod を使用し Bit は φ194mm Chip Insert Tricone Bit を使用した。

前者の場合は，B-6 Rod に現地製作の Stabilizer を取り付けて掘削を行った。後者の場合はまず Hammer Grab にて，ある程度土砂を除去し，その後掘削機 EP-1 にて φ200mm Casing を岩盤線迄降下後 OM-50N に切り替えて岩掘削を行った。

Type 1 Keying-in と Anchoring 併用斜杭の施工順序は次のとおりである (Fig.16)。

① Keying-in Type 1 直杭同様の順序にて φ960mm 孔の岩掘削を行う。

② φ194mm Bit, Drill Strings を降下し BM-50N にて φ200mm 岩掘削を行う。

③ φ150mm Tremie Pipe を挿入し Air lifting にて φ200mm 孔の清掃を行う。

④ Tremie pipe を利用して Anchor bar, Grout Pipe を挿入する。

⑤ グラウト注入を行う。

⑥ 養生期間後，引き抜き試験を行う。

⑦ 鉄筋カゴをセットする。

⑧ Tremie Pipe を降下し φ960mm 孔の清掃を行う。

⑨ Tremie Concrete を打設する。

d) Pinning

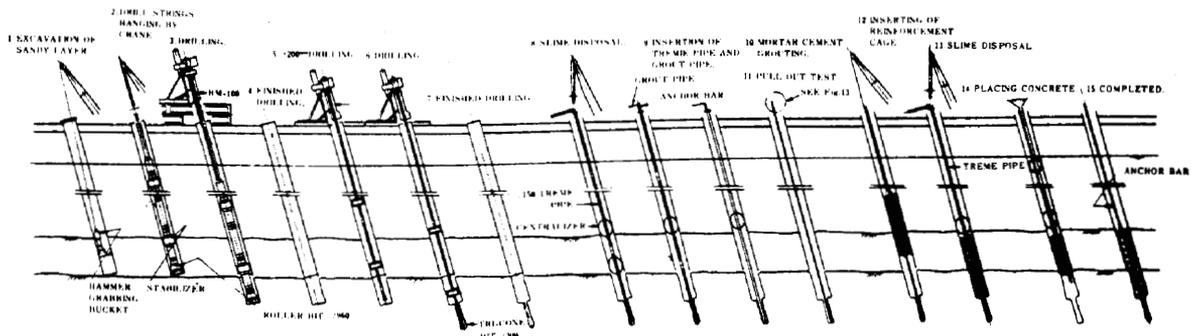


Fig.16 キーイングイン工法岩着杭の施工手順(斜杭)  
Construction sequence of anchoring pile keying-in method (raking pile)

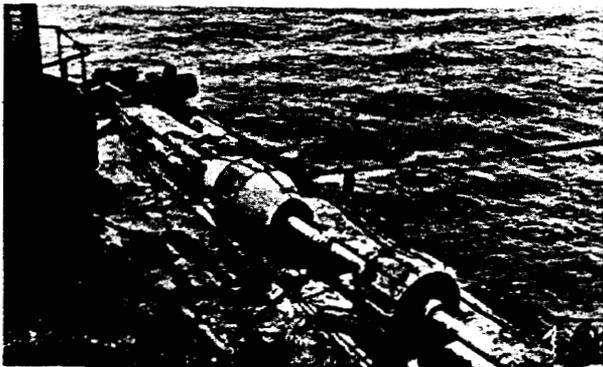


Photo12 アンカー用B-6ロッドとスタビライザ  
B-6 Anchoring rod and stabilizer

②深度が深くて穿孔が困難な場合に EP-1 を主体にして  $\phi 200\text{mm}$  Casing 降下後  $\phi 100\text{mm}$  Diamond Bit にて Core-drilling を行う。次に  $\phi 150\text{mm}$  Diamond-Bit にて穴を  $\phi 150\text{mm}$  に拡げる。穿孔完了後  $\phi 150\text{mm}$  Casing を引抜き丸棒のセットは  $\phi 200\text{mm}$  Casing を利用して行う。



Photo14  $\phi 200\text{mm}$  ケーシングとセントライザ  
 $\phi 200\text{mm}$  Casing and centralizer

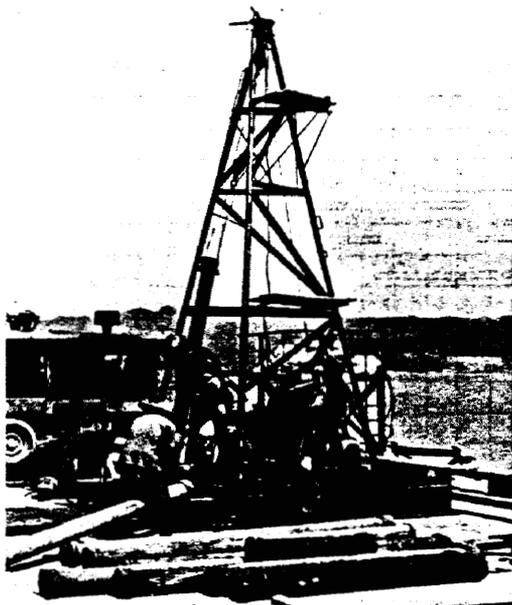


Photo13 OP-1 によるトレミ管の建込み  
Tremie pipe setting using OP-1

穿孔径は Anchoring とほとんど同じであるが状況に応じて次の通りの方法をとった。

①打設杭の Anchoring と同様に Drilling Rig EP-1 にて  $\phi 200\text{mm}$  Casing を追いこんでから BM-50N にて  $\phi 200\text{mm}$  の孔を掘削する。

(4) Tremie Concrete 及び Grout mortar

a) Tremie concrete

Tremie Concrete は現場内の Batching Plant にて Dry 混合した後、Hopper bucket に積み替えて台船に乗せ、海上輸送し Crane barge 上に搭載している Agitator Car にて攪はん後、Crane にて打設した。

Tremie pipe は最初、 $\phi 150\text{mm}$  管を使用したのが Cement 量が多いためと粘性度が高いため  $\phi 200\text{mm}$  管に変更した。打設した Tremie Concrete は Core drilling により品質管理を行った。

Tremie concrete の設計配合は次のとおりである。

28日設計圧縮強度  $360\text{kgf/cm}^2$  ( $30\text{MN/m}^2$ ) (目標強度  $41.5\text{MN/m}^2$ )

最大骨材	20mm
1 m <sup>3</sup> 当り配合	

Cement	550kg
水	242kg
20mm 骨材	579kg
10mm 骨材	289kg
細骨材 (Stone fine)	682kg
混和剤	2500cc (Workability 促進剤)
水 Cement 比	0.44
b) Grout mortar	
28日設計圧縮強度	306kgf/cm <sup>2</sup> (30MN/m <sup>2</sup> )
Grout 1 m <sup>3</sup> 当りの設計配合	
Cement	883kg
Stone fine	500kg
Denca C.S.A	120g (膨脹剤)
San-flo R	1.764g (減水剤)
Mighty 150	3460cc (減水剤)
水	499kg

(5) 実施工程

本工事中, Jetty area の杭打設, 建込み, 杭先端岩着

処理工及び躯体工事の実施工程は Table 8 のとおりである。

なお, 躯体工事は Q<sub>A1</sub> の Concrete 打設から始まり Jetty area に進み併行して Q<sub>A2</sub> に戻り, その後 Q<sub>B</sub>, Q<sub>C</sub> の順序で施工し, 昭和54年1月24日に完成した。

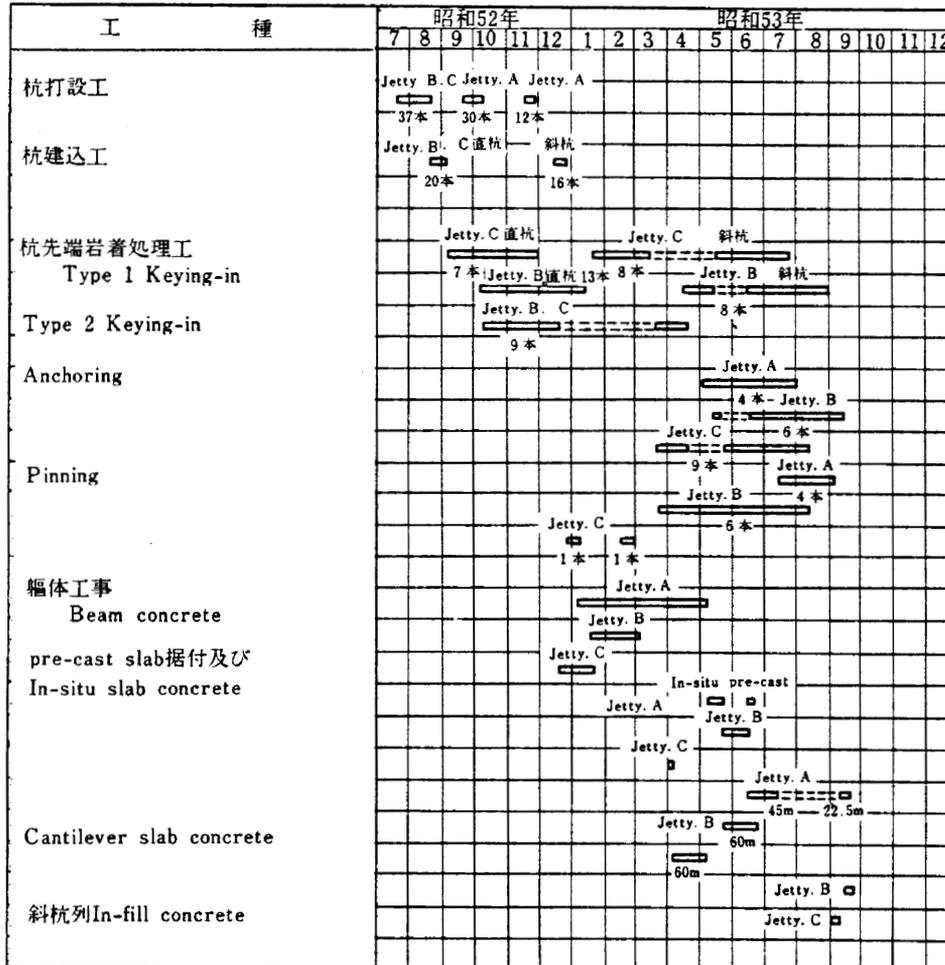
Jetty の施工は企業先が新規に発注製作した 100,000 D.W.T Floating Dock への連絡路を兼ねるため Critical 作業であったが努力の甲斐があって何とか期待に沿うことができた。

(6) 施工実績

鋼管杭の先端岩着処理工事は過去に Kwai Chung Container Terminal 2, 3 Berth 工事の時に φ711.2 mm 直杭に対し何本か Keying-in を行った実績があるが, これ程大規模かつ多種にわたって海上にて施工したのは当社でも始めてではないと思われる。着工前に種々の工法, 工程を検討して着手したのであるが, 実際には相当の日数を費し, 予想外の工程の遅れとなった。その原因としては次のような理由が考えられる。

①杭打設作業を進めて行く過程において初めて岩着処

Table8 実施工程表  
Actual construction schedule



理に必要な杭の位置が確認された。

②設計面で打設した杭の状況に応じてどのような処置をするべきかという点で Consultant との合意に達するのに時間を要した。

③このため急きょ現地で調達し得る範囲での施工方法を取った。

④岩盤線に達する前に予想外の Boulder 層があり、この層は Hammer Grab で掘削できず、掘削機にて掘削したが、Blind Bit は岩盤用であるため進行がはかどらず施工方法の検討に相当の日数を要した。

⑤斜杭は Keying-in 施工前に Beam Concrete を打設してから行ったが、管尻が建込時に上述の Boulder 層をつき抜けておらず、掘削中に宙吊り状の形となり何回か根固めの Tremie Concrete を打設してから掘削を行うという状態になった。

⑥多数の岩着処理工に対し多数の施工機械を棧橋幅が狭いところに投入したために Crane Barge 及び付属設備の移動に限界があった。

⑦機械設備の移動が海上 Crane によったため気象、海象条件に大きく影響された。

⑧機械の故障、Drill strings の破断事故が多々発生し、これによる手待ち時間が大きかった。

これらの理由により工程が遅れるに伴い、Keying-in に対し BM-100N 1 台 Anchoring に BM-50N 1 台、日中作業のみとしていたが昼夜作業に切り換えると共に BM-100N、BM-50N 各 2 台ずつに増強して施工した (Table 7)。

各工種別の概略の実績は Table 9 のとおりである。Type1 keying-in の直杭と斜杭にて純掘削速度が極端に遅いのは、斜杭の場合、たれ込みをおさえるために Weight を減らし回転速度を押えながら掘削したこと起因する。

## § 6. あとがき

施工に当り各種の困難に直面したが、構造物の基礎の安定に対する根本的な考え方というものに対して非常に良い教訓を得たと共に多くの経験が得られ、今後の工事に対し勉強になった。杭先端岩着処理工自体は工程的に大分遅れたが軀体工事とのかみ合わせ調整により、幸いにも全体工事を無事施主の要望とおりに完成することができた。

ここに報告した鋼管杭棧橋工事の杭先端岩着処理問題は香港のような傾斜岩盤で土被りが浅い土質状態の場合、必ず出くわす問題である。このため、今後この種の工事を入力して行くためには、より良い施工法を開発して行く必要がある。

一方、香港においては Consultant の指定基準は British Standard であり日本の基準と比較して設計上かなり保守的な感がある。企業先に対してより安く、経済的な構造物を提供するという事を Contractor の基本的使命と考えた時、日本の基準の適用が認可されることが必要と思われる。このためには日本で各企業先が独自に設定している示方書の一つの統一基準として設定することが望まれる。

なお、この場を借りて杭打工事を施工した村角建設株、掘削機メーカーであり実際の施工に当たった鉦研試錐工業株、技術指導を担当した帝石鑿井工業株、本社外国部、機械部、土木設計部、香港支店土木設計部門、関係各位に改めて感謝する次第である。

Table9 杭先端処理掘削作業集計表  
Results of pile-toe treatment and excavation

工種	使用掘削機	施工本数 (本)	掘削作業全体		岩掘削				
			延掘削日数 (日)	1本当り掘削日数 (日/本)	掘削延長 (m)	純掘削時間 (h)	掘削速度 (m/h)	掘削深度	
								最大(m.P.D)	最小(m.P.D)
Keying-in Type 1 直杭 斜杭	Bigman-100N	20	84	4.2	57.17	260-05	0.220	-32.70	-15.72
	Bigman-100N	16	212	13.25	47.27	471-55	0.100	-36.58	-17.27
Keying-in Type 2 直杭	Bigman-100N	7	42	6	16.44	71-20	0.230	-42.42	-17.80
Anchoring Type 1 Keying杭 打設杭	Bigman-50N	11	50	4.55	23.93	129-00	0.186	-30.74	-18.81
	Bigman-50N	10	129	12.9	30.50	131-25	0.232	-55.37	-17.50
Pinning	Bigman-50N EP-1	12	196	16.33	22.76	149-45	0.152	-53.00	-18.43