

クイックピア工法

Quick Pier Method

丹内 正利*
Masatoshi Tannai

斉藤 正忠**
Masatada Saito

吉野 洋***
Hiroshi Yoshino

要 約

港湾構造物である横棧橋の上部コンクリート工は、これまでスラブのプレキャスト化の例が2～3あるのみで、現場打ち工法が原則とされてきた。

本報文では、上部コンクリート工を完全プレキャスト化した工事例について、従来工法との比較も含めて述べると共に、本工法を応用した他の事例についても簡単に紹介している。

目 次

- § 1. まえがき
- § 2. 工事概要
- § 3. 本工法の概要
- § 4. 施工計画
- § 5. 施工
- § 6. 施工実績
- § 7. 今後の問題点と本工法の応用
- § 8. あとがき

§ 1. まえがき

一般に港湾構造物の施工は、陸上構造物に比べて、気象、海象条件に影響されることが大きいので、条件の良い時に集中的に行われることが多い。このような観点から、横棧橋の上部コンクリート工においても、スラブをプレキャスト化した事例が2～3例報告されている。しかし、はりを含めたプレキャスト化は、これまで、はりと杭の結合に適当な方法がなく、行われなかった。

土木設計部では、この結合に関する新しい構造を開発し、(株)日本製鋼所室蘭製作所の横棧橋工事において良好な結果を得た。更にこの結合方法を、東北電力(株)秋田火力発電所の45,000D.W.T用ドルフィン工事に対して応用し、やはり良好な成果を得た。



Photo-1 完成全景
Overall view (completed)

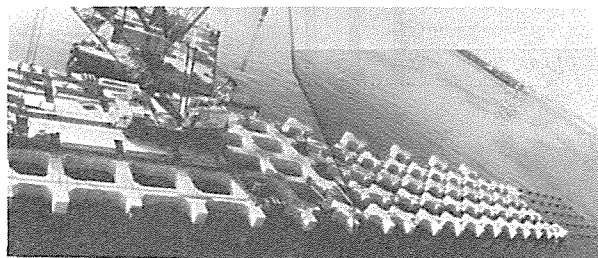


Photo-2 工事全景
Overall view (under construction)

*土木設計部係長
**土木設計部課長
***室蘭出張所所長

§ 2. 工事概要

本工事の概要は Table-1 に示す。

Table-1 工事概要
Brief description of the project

工事名称	2号埠頭延長工事
企業先	(株)日本製鋼所室蘭製作所
工事場所	室蘭市茶津町室蘭日鋼埠頭
工期	昭和50年8月～昭和51年9月
構造形式	鋼管杭式横棧橋
形状	Fig-1～Fig-3 参照
工事数量	杭 $\phi 1016$ $t=16\sim 19$ $\ell=33.0\text{m}$ 130本
	プレキャストばり 130基 30t/基
	プレキャストスラブ 174枚 20t/枚
	鉄筋(SD30) 610 t
	コンクリート ($\sigma_{CK}=240\text{kgf/cm}^2$) 3,700 m^3
	型枠 5,100 m^2

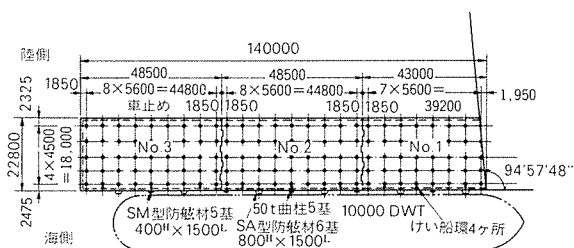


Fig-1 平面図
Plan

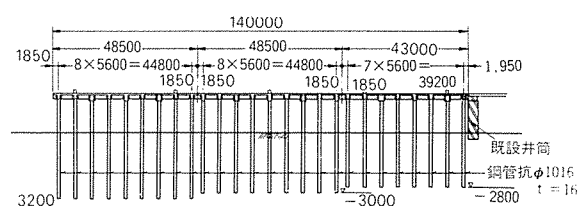


Fig-2 正面図
Front view

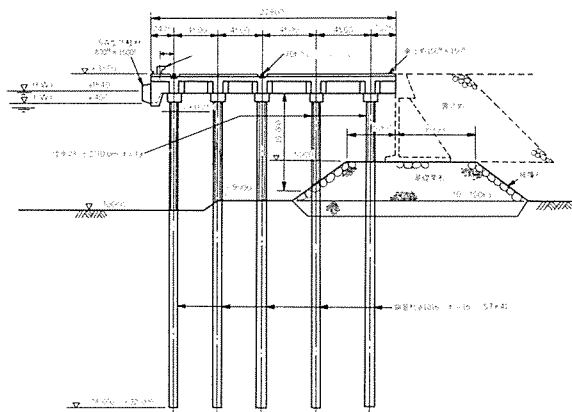


Fig-3 断面図
Section

§ 3. 本工法の概要

Fig-4に示すような棧橋上部構の施工について、従来の場所打ち工法と本工法の概要を以下に述べる。

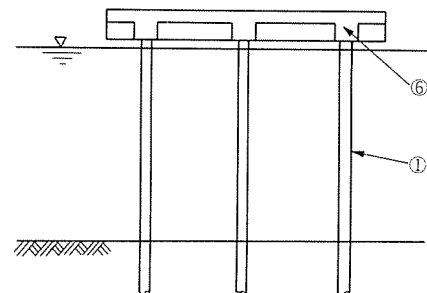


Fig-4 標準断面
Typical section

3-1 従来工法

Fig-4～Fig-6に示すように、杭①を打設し、これに支保工用ブラケット②を取付け、支保工③を組立てる。杭頭処理は、鉄筋取付用プレート④を杭に溶接し、はりの主鉄筋⑤を、このプレートに1本ずつ溶接する。次に、鉄筋、型枠を組立てた後、コンクリート⑥を打設し、コンクリートの養生硬化後、型枠、支保工を撤去する。

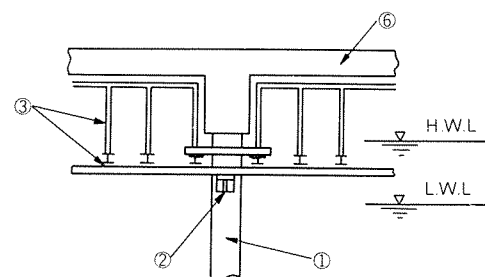


Fig-5 場所打工法による支保工
Staying for cast-in-place method

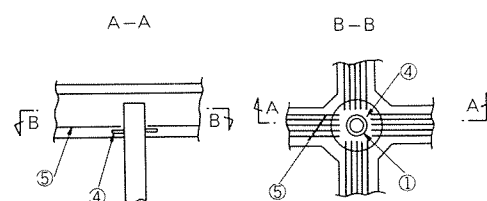


Fig-6 場所打工法によるはりの配筋
Bar arrangement for
cast-in-place method

このような従来工法は、作業が煩雑であるのみならず、そのほとんどが、海上作業となるために、気象、海象条件に左右され易く、作業能率も良くないという欠点がある。

3-2 本工法

(1) はりと杭の結合方法

プレキャストはり基礎杭との結合方法としては、はりの形状や施工方法及び状況に合わせて、Fig.-7に示す3タイプが考えられる。

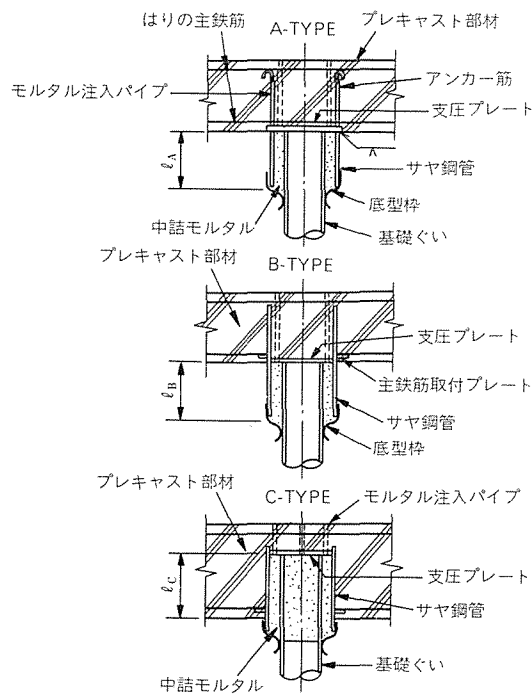


Fig-7 杭頭構造
Type of pile head

A タイプ	サヤ鋼管と突合せ溶接された支圧プレートにアンカー鉄筋を溶接してプレキャストばりに埋込む。はりの下側主鉄筋は連続させることができる。
B C タイプ	サヤ鋼管自身をプレキャストばりに埋込む。はりの下側主鉄筋はサヤ鋼管に溶接された取付プレートに溶接する。

A～Cタイプ共にサヤ鋼管の径は、杭との間に硬化材料（無収縮モルタル等）を充填できるように、杭径よりも10～15cm程度大きいものを用いる。

(2) 設計方法

(1)で述べたいずれのタイプについても、サヤ鋼管と基礎杭の継手長（ l_A , l_B , l_C ）の決定は、フーチングと杭の結合の場合に用いられている検討方法（慣用法）に従う。ただし、A, Bタイプについては、フーチングにおける構造と若干違うため、軸対称構造モデルについて、有限要素法を用いて検討した。この結果、厳密な解は得られなかったが、慣用法とほぼ同様な傾向であった。

(3) 本工法の施工順序

Fig.-8～Fig.-13で説明する。

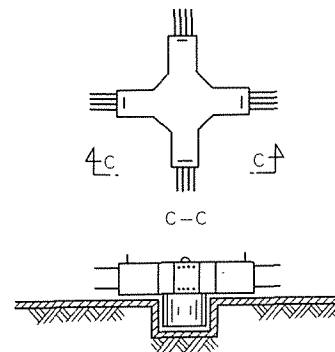


Fig-8 プレキャストばり製作
Precast beam fabricating

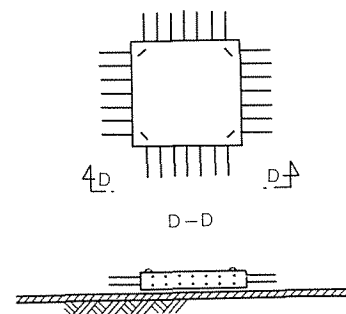


Fig-9 プレキャストスラブ製作
Precast slab fabricating

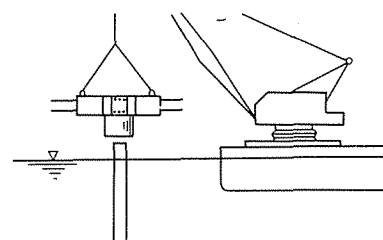


Fig-10 プレキャストばり据付
Precast beam installing

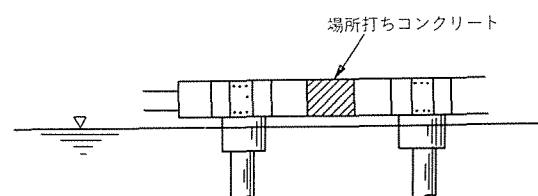


Fig-11 プレキャストばり連結
Precast beam connecting

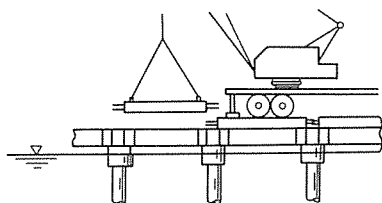


Fig-12 プレキャストスラブ据付
Precast slab placing

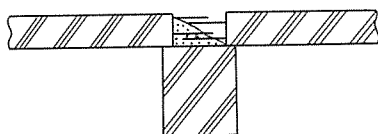


Fig-13 プレキャストスラブの連結
Precast slab connecting

- ①基礎杭打込み。
- ②杭頭切断……杭頭は所定の高さに精度よく切断する。
- ③プレキャストばり製作 (Fig.-8)
(1)で述べたように、サヤ鋼管を埋込んだプレキャストばりを陸上ヤードにて製作する。
- ④プレキャストスラブ製作 (Fig.-9)
はり上に据付けるプレキャストスラブを陸上ヤードにて製作する。
- ⑤プレキャストばりの据付 (Fig.-10)
プレキャストばりをクレーン船または陸上からクレーンにて杭頭に据付ける。その後、据付けられたプレキャストばりの鉄筋と、既に据付けられたプレキャストばりの鉄筋を仮溶接して安定させる。
- ⑥プレキャストばりの連結 (Fig.-11)
プレキャストばり間を場所打コンクリートで連結する。
- ⑦プレキャストスラブの据付 (Fig.-12)
はり連結部コンクリートの養生完了後、クレーンにてはり上にプレキャストスラブを据付ける。既に据付けられているスラブ上から、次のスラブを順次据付けてゆく。
- ⑧プレキャストスラブの連結 (Fig.-13)
プレキャストスラブ間を場所打コンクリートにて連結する。
- ⑨杭頭固定
(1)の Fig.-7 参照

§ 4. 施工計画

4-1 本工法と場所打工法との概略比較

本工法の実施に際し、工期、工費、その他について、場所打工法との概略比較検討を行った。

(1) 工期

Table-2, 3 参照

(2) 工費

Table-4 参照

Table-2 場所打工法工程表

Schedule of cast-in-place method

工 種	単位	数量	年月											
			8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
鋼管杭打込														
杭版結構														
支保工組立撤去														
鉄 筋														
型 枠														
コンクリート														
電気防食														
防蝕材取付														
繫 船 柱														
防食塗装														

Table-3 プレキャスト工法工程表

Schedule of precast method

工 種	単位	数量	年月											
			8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
鋼管杭打込	本	130												
鋼管杭頭部切断	"	130												
中品砂投入	m ³	3,000												
P.C.ばり製作	ヶ	130												
P.C.スラブ製作	枚	174												
P.C.ばり据付	ヶ	130												
P.C.スラブ据付	枚	174												
連結コンクリート	m ³	785												
防食塗装	m ²	747												
ファブリフォーム取付	ヶ	130												
電気防食工	本	130												
注入モルタル	m ³	300												
防蝕材取付	基	8												
ヤード設備	式	1												

Table-4 両工法の概算見積比較 (単位: 千円)

Rough cost estimate of the two methods

科 目	項 目	プレキャスト工法		場 所 打 工 法		差 額 A-B
		A	%	B	%	
工 事 費	材 料 費	301,170	43.1	307,588	42.2	△ 6,418
	電 力 料					
	労 務 費					
	技能員給与					
	外 注 費	169,028	24.2	201,083	26.2	△ 32,055
	機 材 費	44,280	6.3	39,714	5.5	4,566
	工事仮設費	31,680	4.5	25,085	3.5	6,595
	工事促進費	0		0		
	設 計 費	2,000	0.3	2,000	0.3	0
	保 険 料	6,600	0.7	6,600	0.7	0
	補 償 費	0		0		
	計	554,758	79.1	582,070	78.4	△ 27,312
経 費		40,975	5.9	52,000	6.6	△ 11,025
荒 利 益			15.0		15.0	
仮 計		595,723		634,070		△ 38,347
合 計			100.0		100.0	

註) 1. 場所打工法には、災害復旧費、遊休労務費、鋼管継足費を20,000千円計上している。

2. 上記見積比較表から、プレキャスト工法が約6%安くなっている。また災害復旧費等の20,000千円を除いても約3%安くなる。但し、本工事の場合室蘭港の港湾業者が、90tf 吊の大型クレーン船を持っていたことや、岸壁上にプレキャストばり製作ヤードを借用できた事等、プレキャスト工法に有利な条件があった。

4-2 プレキャスト部材の据付計画

プレキャスト部材の据付けについて、陸上クレーンのみによる手延べ方式と、海上クレーンと陸上クレーン併用による据付け方式の2通りが考えられるので、以下にそれぞれの概略比較検討を行ってみた（Table-5参照）。

Table—5 手延べ方式と併用方式の比較

Installation methods comparison ~ by on-deck crane vs on-deck plus floating crane

	陸上クレーンのみによる手延べ方式	海上クレーン併用方式
1 サイ クル 工 程	はりの据付 1日 はり相互の連結コンクリート 2日 コンクリート養生 3日 スラブ据付 1日 7日/サイクル	海上工事 はりの据付 4基/日 陸上工事 はり相互の連結コンクリート 2日 コンクリート養生 3日 スラブ据付 1日 6日/サイクル
工 期	延長方向26スパン 26×7日 25日/月 → 7.3ヶ月 → 7.5ヶ月	はり据付 130基 4基/日×18日/月 → 1.8ヶ月 → 2.0ヶ月 スラブ据付 6日/サイクル×25セット → 6.0ヶ月 25日/月
工 費	はり・スラブ据付費 4,500千円×7.5ヶ月=33,750千円 仮設費 95tローディングクレーン 400千円×1日= 400千円 材料費 2,000千円 計 36,150千円	はり据付費 (90t海上クレーン) 8,000千円/月×2.0ヶ月=16,000千円 スラブ据付費 (70t陸上クレーン) 2,400千円/月×6.0ヶ月=14,400千円 計 30,400千円

以上の結果から、併用方式にて実施することにした。

§ 5. 施工

5-1 杭打工

鋼管ヤードにて1本ものに溶接された杭（36.0～31.0 m）に曳航用蓋を取付け、海上に浮上させて打設地点まで曳航し、打込みを行った。杭打精度の向上のため、導棒材の使用も考えたが、この移動に補助クレーンが必要であり、段取替えに時間がかかるため、キャブスタによる微調整が容易な杭打船を使用した。また施工地点が船舶航路に近接しているので、速やかに移動可能な自航式とした。本工法の成否は、杭打精度に左右されるので、精度については十分な注意を払った。その結果、当初目標値（10cm）より精度よく打込まれ、目標値を越えたものは2本であった。

5-2 杭頭切断工

水盛りにより杭周レベルを出し、杭内から半自動切断機（シャープPC-2ギヤゼット）にて切断した。

5-3 プレキャストばり製作・据付工

(1) 製作ヤード

当初、現場から約500m離れた所に予定していたが、岸壁までの小運搬に費用がかかるので、室蘭港先端部（現場より海上7km）の室蘭市港湾部用地を借用した。ヤード必要面積は約6,500㎡（サヤ鋼管塗装2,000㎡、鉄筋加工2,000㎡、仮置2,500㎡）であるのに対し、借

用面積が4,000㎡であったため、製作完了後のプレキャストばりは、ヤードに仮置きせず、直接鋼管杭上に仮置セットすることにした。製作ヤードは、15.0m×70.0mの広さにFig.-14のような断面を7.0m間隔に20基設置した。

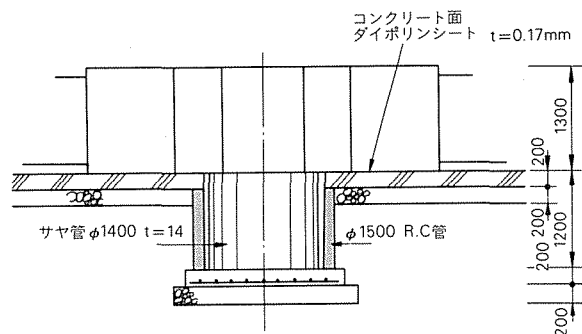


Fig-14 プレキャストばり製作ベッド
Fabrication bed of precast beam

(2) プレキャストばり製作

製作ベッドの円形ピット内に、工場製作し、防食塗装されたサヤ鋼管をセットし、その上で鉄筋、型枠を組立て、コンクリート打設を行った。型枠は鋼製のもので5基製作し、コンクリート打設後3日目に解体移動した。打設コンクリートの配合はTable-6のものを採用したが、冬期11～12月は、早強剤、セメント量を増して打設し、打設後の凍結防止のため、わら巻養生を行った。

Table—6 コンクリート配合表
Concrete proportion

設計基準強度	240kgf/cm ²
スランプ	12cm
骨材の最大寸法	25mm
水セメント量	53%
単位セメント量	315kg
空気量	4%

(3) プレキャストばり運搬、据付

運搬、据付は、90tfクレーン船にて行った。製作ヤードよりクレーン船にプレキャストばり8基を積み込み、現場までの海上7kmを300PS曳船で曳航し、鋼管杭上に仮置する。翌日、この仮置されたプレキャストばりの据付けを行った。

〈据付要領〉

サヤ鋼管内部にFig.-15のようなガイド鉄板を取付け（鉄板と杭の間に30mmの余裕を見た）、鋼管杭上に吊り下

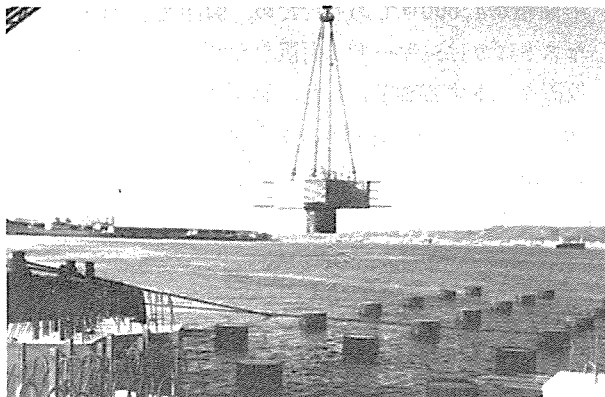


Photo-3 プレキャストばり据付
Precast beam installing

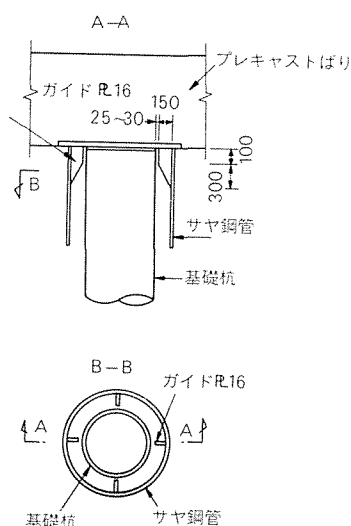


Fig-15 プレキャストばり据付ガイド
Installation guide of precast beam

ろし、杭頭から少し浮かした状態で、はり天端の地墨をトランシットで視準しながら、チェンブロックで調整を行い、所定の位置にセットする。セット後直ちに、各鉄筋を溶接にて仮止め固定し、チェンブロックを取りはずした。防舷材取付部のはりは、重量がアンバランスなため、当初はI型ビームにて吊り、固定した。しかし、このためには、防舷材取付ばりの両側のはりを、予じめ連結コンクリートにて固定しなければならず、これにより床版の据付けが遅れがちとなった。この対策として、プレキャストばりの重心が杭芯と一致するように、カウンターウェイト用のコンクリートを打増して、標準部と同様な据付けを行った(Fig.-16)。

5-4 はり連結部コンクリート

プレキャストばりの鉄筋を溶接にて仮固定後、再度トランシットで視準し、通り狂いの心配があるので、できるだけ早くコンクリートを打設するように心掛けた。杭の打込精度が良かった事もあり、コンクリート打設後の通

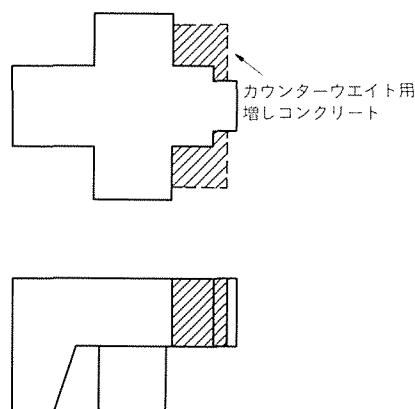


Fig-16 防舷材取付ばり打増コンクリート
Balancing concrete of fender beam

り狂いは10mm以内に収めることができた。型枠は、省力化とスピードアップのため、鋼製でヒンジ式底蓋 (Fig.-17) のものを10基、工場製作した。型枠取付けは、既に据付けられているスラブ上から、トラッククレーンにて行い、コンクリートもこのクレーンにてバケット打ちとした。

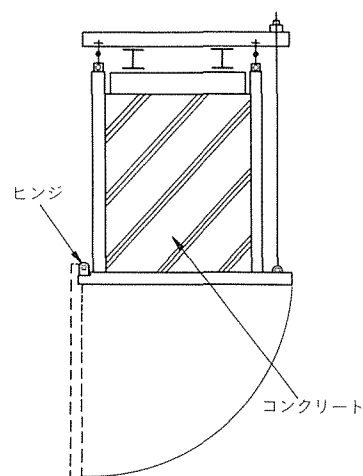


Fig-17 鋼製型枠(底蓋ヒンジ式)
Steel form

5-5 プレキャストスラブ製作・据付工

(1) ヤード及び製作

当初計画では10,000㎡の用地を考えていたが、企業先から貸与されたヤードは6,000㎡だったので、鉄筋加工は別の場所で行い、製作ヤード迄運搬する事とした。ベッド数は12基分とし、打設後1週間で型枠脱型、移動し、3段積みにて仮置した。ベッド数が少ないため、単独工程としての流れ作業はできなかったが、製作が据付工程に対して余裕があったので、ヤード縮小によるトラブルはなかった。

(2) 据 付

製作ヤードから現場までは、25tfトレーラーに2段積にて小運搬し、トラッククレーンにて4～8枚/日据付けた。トラッククレーンは、当初75tf級を予定していたが、90tf級を75tf級と同金額でリースできたので、より安全に据付作業を行うことができた。



Photo-4 プレキャストスラブ据付
Precast beam placing

5-6 プレキャストスラブ連結工

スラブ据付完了後、はりの上筋を配筋し、コンクリートを打設した。この作業は陸上と全く同じなので説明は省略する。

5-7 杭頭処理工

サヤ鋼管と杭間及び杭頭中詰のモルタルは、当初、スラブ据付が全て完了後に行う予定であったが、杭頭付近に海藻や貝類の付着が多く、後で除去するのが容易でないと判断し、プレキャストばり据付後直ちに、型枠を取付け、モルタル注入を行った。型枠はファブリフォームを用いた。

§ 6. 施工実績

Fig.-18～21, Table-7に示す。

§ 7. 今後の問題点と本工法の応用

7-1 今後の問題点

(1) 杭打工

本工法の成否は、一に杭打精度のいかにあったが、幸い当初目標を上回る良好な結果が得られたため、以後の作業がスムーズに進められた。今後も同様な工法に対しては、杭打工に細心の注意が必要である。

(2) 杭頭処理工

杭頭注入モルタルの施工に際しては、型枠の種類と

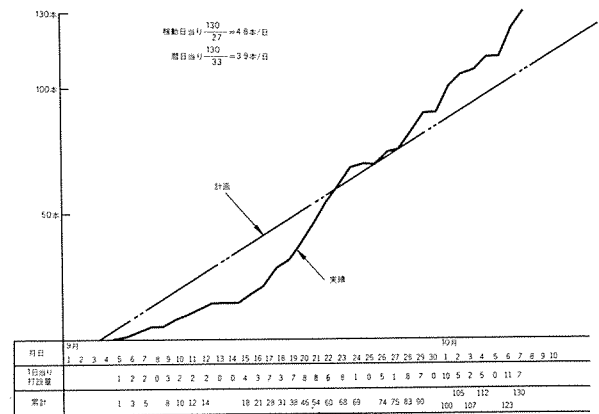


Fig-18 鋼管杭打込実績
Actually driven steel piles

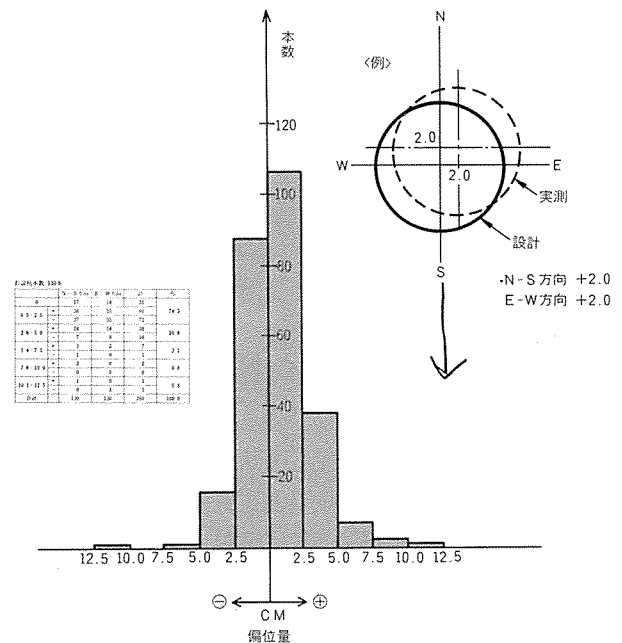
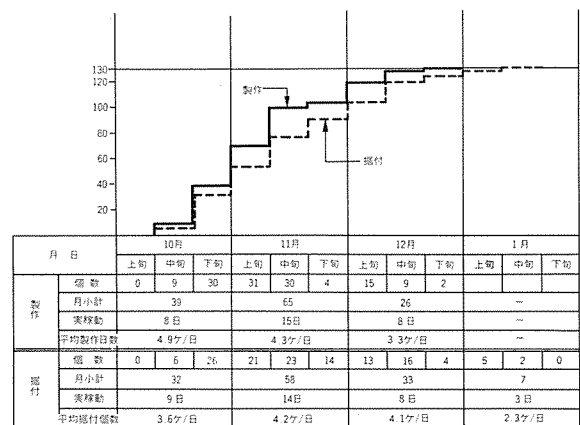


Fig-19 鋼管杭打込精度表
Displacement of driven piles



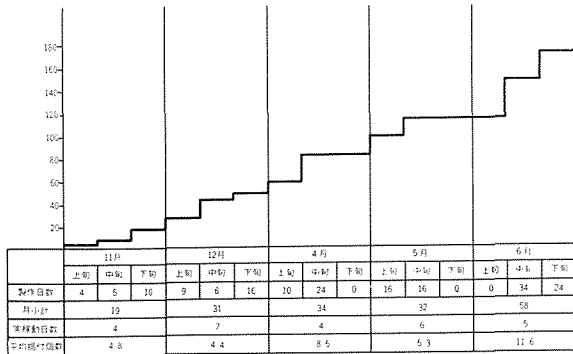


Fig-21 プレキャスト床版据付実績
Actually installed precast slabs

Table—7 使用機械一覧表
List of equipments

機 械 名	性 能	数 量	作 業 工 種	備 考
杭 打 船	ハンマMB70	1	鋼管杭打込	自航式全施回詳細別紙
"	" MB40	1	P C杭打込	
"	" D-22	1	"	
起 重 機 船	1055F&G50tf	1	桁据付補助、投石	
"	FD1200 90tf	1	桁据付	
"	P&H335A-S35tf	1	桁据付補助、投石	
運 搬 船	180m³	3	投 石	底開き式
"	油圧傾倒式25tf	1	"	
"	600 t f 吊船	2	" 中品砂	
曳 船	800ps	1	起重機船90tf	
"	300ps	1	"	
"	170ps	1	運搬船投石	
"	150ps	1	"	
運 送 船	30ps	1		
揚 置 船	1.5tf	1		
滑 水 船		2		
トラッククレーン	MC-7100 95tf	1	床版据付	
クローラクレーン	P&H320 32.5tf	2	床版仮置、杭横持	製作ヤード
コンクリートポンプ車	750FB 80m³/h	1	桁コンクリート打込	
ホイローダ	TCM175III A3.3m³	1	投石、桁小運搬	
"	CAT 966C 3.1m³	1	"	
"	CAT 950 2.1	1	"	
グラウトポンプ	横型2連複動ピストン	1	注入モルタル	
グラウトミキサ	横型2槽式MH-500 800ℓ	1	"	
コンプレッサ	30ps	1		
水中ポンプ	4 ps	4		
自動切断機	シャープPC-2ギャゼット	2	鋼管杭切断	

注入時期について、事前に十分な検討が必要である。本工事では当初、型枠として鋼製のものも考えたが、注入を床版据付後一括施工する場合、杭本数分必要となるため、費用の点で布製型枠（ファブリフォーム）を用いた。しかしながら、貝類付着によりプレキャストばり据付後、直ちに杭頭処理の必要が生じ、また波浪による布の損傷が見受けられたことから、今後は同種の施工に対し、鋼製型枠を転用していく方が良いと思われる。

7-2 本工法の応用

本工法の応用として、昭和53年4月着工の東北電力(株)秋田火力発電所、45,000D.W.T用ドルフィン工事に際し、ブレストイングドルフィン上部工の施工を、プレキャスト化による急速施工で行った。その概要を簡単に紹介する。

上部工形状は9.0m×9.0m×2.0mであり、これを一括プレキャスト化する場合、3-2で述べたA～Cタイプの杭頭構造がいずれも可能である。しかし重量が400tfとなるため作業船の費用が割高となる。したがって、上部工の周辺部分のみプレキャスト化し、この函体内に鉄筋を組込んで杭頭に据付け、これを型枠としてコンクリートを打設した。(Fig-22, Photo-5 参照)

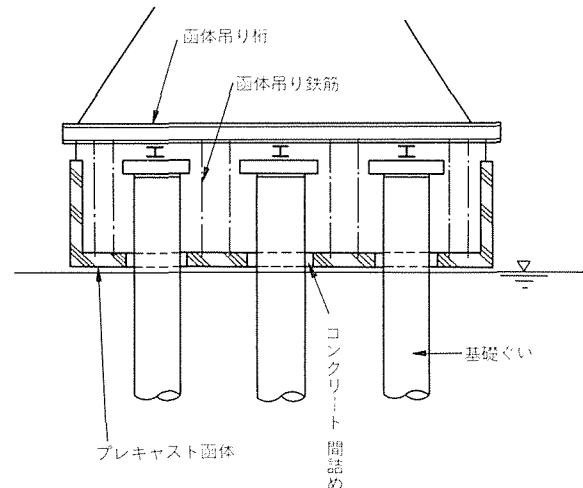


Fig-22 プレキャスト函体据付図
Precast box installing

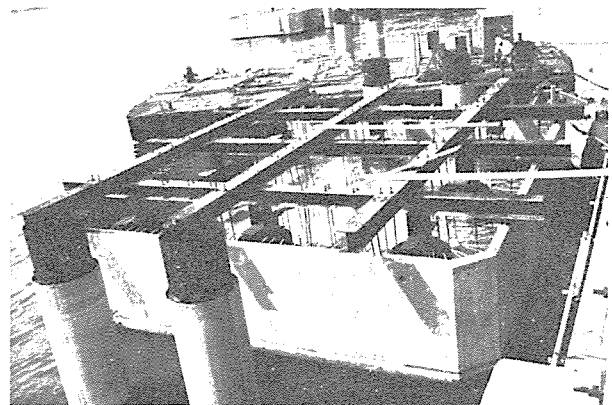


Photo-5 据付完了
Precast box as completed

§ 8. あとがき

本工法の開発に際して、最も大きな課題は、「杭頭構造とその設計方法」であった。この点に関しては、従来の慣用的な設計手法の他に、FEMによる検討を行い、十分その安全性を確認した。

本工法により、昭和51年度土木学会吉田研究奨励金(桟橋の上部床組構造のプレキャスト化による急速施工)を受賞したが、これは東北大学後藤教授、尾坂教授の御尽力に負うところが多い。

ここに、施工面で御協力戴いた関係者と共に合わせて感謝の意を表します。