

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.28 (1996) No.3

鋼管杭を利用した大型船舶接岸構造物 -25 万 D.W.T.シーバースから KPP 杭浅橋での適用例-

Large Scale Maritime Structures Using Steel Pipe Piles

福若 雅一(Masakazu Fukuwaka) 四宮 秀夫(Hido Shinomiya) 古谷 博明(Hiroaki Furuya)

要旨：

当社は 1974～77 年にフィリピン・ミンダナオ島で 25 万 D.W.T.船舶が接岸可能な大型バースを含む焼結工場を建設して以来、製鉄所建設で培われた港湾建設技術、鋼管杭や鋼管矢板などの鋼材料の応用技術をもとに海外における港湾建設プロジェクトを数多く実施している。これらの港湾施設の建設においては、現地施行のみではなく、立地選定から各種の現地調査、設計、施行、を含む幅広いエンジニアリングを実施しており、本報告では代表的な大型船舶接岸構造物についてそのエンジニアリングの特長について述べる。

Synopsis：

Since the construction of Philippine Sinter Plant (1974-1977) including the largest jetty structure in the Philippines to facilitate 250 000 D.W.T ore carrier, Kawasaki Steel has developed various port and harbor projects, utilizing high engineering careers obtained through construction of various structures of integrated steel works in Japan. In this report outline and attractive engineering performances of Kawasaki Steel in major port projects in Southeast Asia, using steel pipe piles, steel pipe sheet piles and other steel product, are introduced.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

鋼管杭を利用した大型船舶接岸構造物 ——25万D.W.T.シーバースからKPP杭棧橋での適用例——*

川崎製鉄技報
28 (1996) 3, 159-164

Large Scale Maritime Structures Using Steel Pipe Piles



福若 雅一
Masakazu Fukuwaka
経営企画部事業企画
室 主査(課長)



四宮 秀夫
Hideo Shinomiya
エンジニアリング事業
本部 建設事業部 主
木技術部 主査(課長
補)



古谷 博明
Hiroaki Furuya
川鉄エンジニアリング
㈱ 企画・開発部 部長

要旨

当社は1974～77年にフィリピン・ミンダナオ島で25万D.W.T.船舶が接岸可能な大型バースを含む焼結工場を建設して以来、製鉄所建設で培われた港湾建設技術、鋼管杭や鋼管矢板などの鋼材料の応用技術をもとに海外における港湾建設プロジェクトを数多く実施している。これらの港湾施設の建設においては、現地施工のみではなく、立地選定から各種の現地調査、設計、施工を含む幅広いエンジニアリングを実施しており、本報告では代表的な大型船舶接岸構造物についてそのエンジニアリングの特長について述べる。

Synopsis:

Since the construction of Philippine Sinter Plant (1974-1977) including the largest jetty structure in the Philippines to facilitate 250 000 D.W.T. ore carrier, Kawasaki Steel has developed various port and harbor projects, utilizing high engineering careers obtained through construction of various structures of integrated steel works in Japan. In this report, outline and attractive engineering performances of Kawasaki Steel in major port projects in Southeast Asia, using steel pipe piles, steel pipe sheet piles and other steel products, are introduced.

1 はじめに

高炉による製鉄業は大量の原料、製品の輸送を効率よく行うことが非常に重要であり、その大部分は船舶輸送に依存している。特に、鉄鉱石、石炭などの主原料は諸外国からの輸入となっており、効率面から大型船舶が多用される。製鉄所にはこれらの大型船舶を受け入れ、効率よく荷役を行うための港湾施設、荷役設備が不可欠であり、当社は製鉄所建設の初期段階から、全体の輸送システムの中での港湾計画を立案し、港湾施設、設備を建設してきた。大型船舶の接岸施設では、必要水深が深いことから構造物も大型のものとなり、コンクリートケーソンを用いた重力式岸壁や鋼管矢板を用いた控え式岸壁、または鋼管杭を用いた棚式棧橋など各種の形式の接岸構造物が採用される。当社はこれら大型船舶接岸施設の計画、設計、施工と併行して鋼管杭や鋼管矢板などの製品開発とそれらの利用技術の開発を行い、大水深岸壁・護岸について多くの実績と設計・施工ノウハウを蓄積した。

当社は1974～77年にフィリピン・ミンダナオ島で25万D.W.T.船舶が接岸可能な大型バースを含む焼結工場(Philippine Sinter Corp.:PSC)を建設したことを契機に、蓄積された港湾建設技術を武器として東南アジアを中心として各種の港湾施設の調査、設計、建設を受注し、幅広いエンジニアリングを展開している。本報告で

は当社が建設した代表的な大型船舶接岸構造物についてそれぞれのエンジニアリングの特徴について述べる。

2 大型船舶接岸構造物のエンジニアリング

2.1 25万D.W.T.用棧橋

フィリピンシンタープラントは、原料(鉄鉱石)をオーストラリア、南米、アフリカなどの遠隔地より大型鉱石船によって輸送し、焼結を生産して日本に輸出するプラントである。当初は対象船舶25万D.W.T.(必要水深23.0m)であったが1986年に棧橋前面を2m凌駕して30万D.W.T.が接岸可能となるよう能力アップを行っており、フィリピンでは最大級の港湾施設である。メインバースの標準断面をFig.1に、主要工事数量をTable1に示す。このような大型港湾施設の建設を行う場合、航路、泊地および棧橋前面の必要水深が得られ、かつ台風や季節風などの影響が少なく棧橋の占有率を高くできる場所を選定することが重要である。フィリピン各地の候補地の調査を広く実施しミンダナオ島北部のカガヤンデオロ近郊の地点を選定した。鉱石などを大量に取り扱う棧橋はオイルバースとは異なり重量の重い大型の荷役設備、運搬設備を有しているため、非常に大きな基礎構造が必要となる反面、経済性、建設工期面からの要求を満足させる必要がある。Fig.2は杭配置を含めた棧橋の平面図である。船舶衝撃力と地震による強大な水平力に耐えかつ軽量化を図るために海側、陸側の各ピラーをコンクリート梁、鋼製クロス

* 平成8年9月18日原稿受付

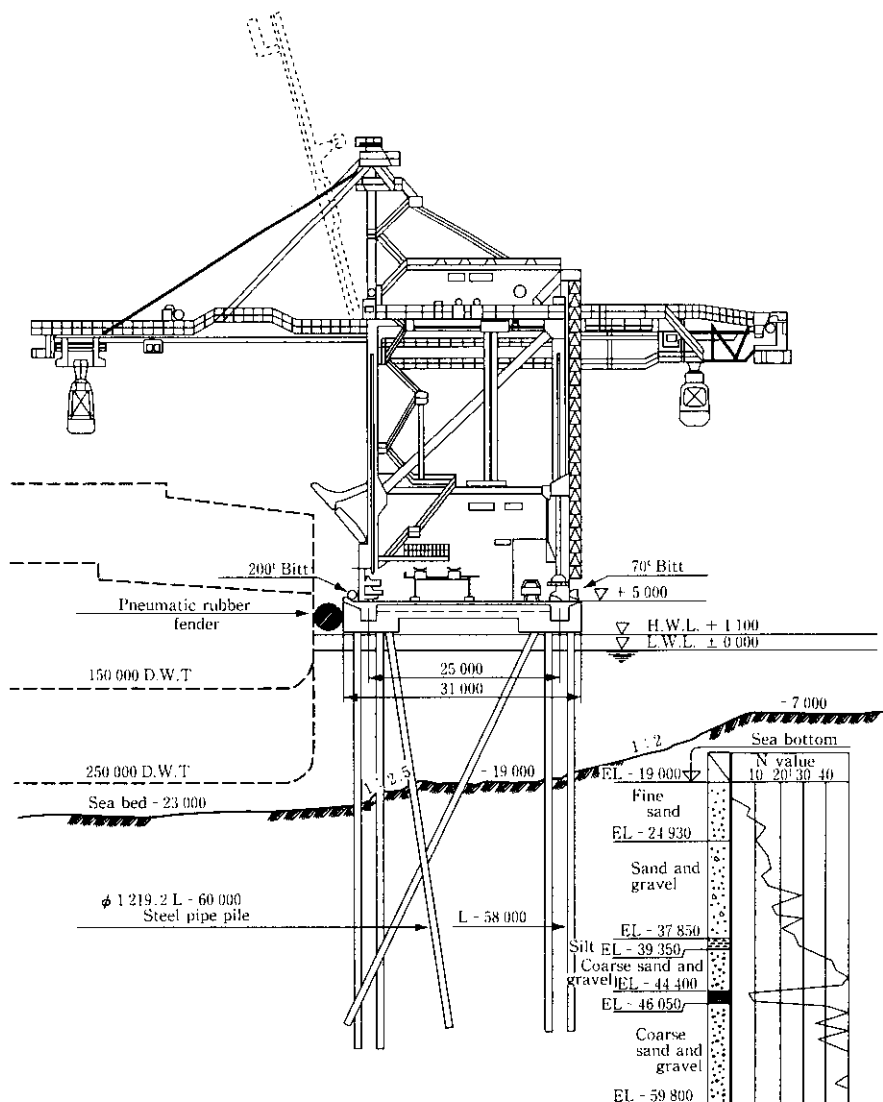


Fig. 1 Typical cross section of main berth

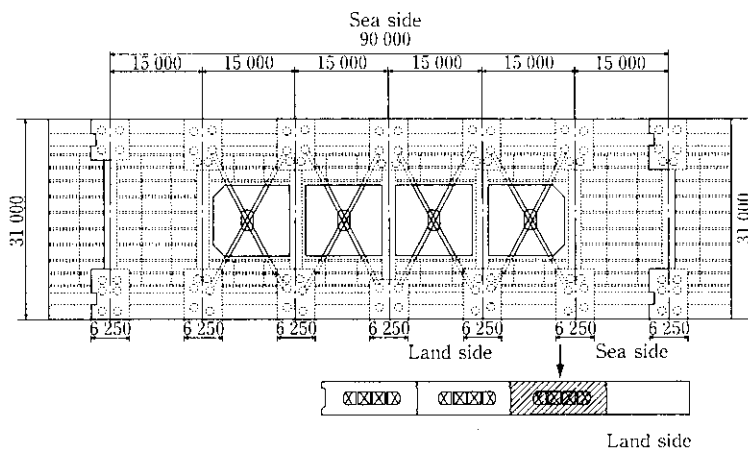


Fig. 2 Detailed plan of main berth

梁で結合したラーメン構造とした。また、斜杭は、各ピアに均等に配置するのではなく 30 m ピッチで 2 本ずつ配置し、構造物をコンパクトにまとめ、施工を容易にする工夫を施した。

本施設は建設後約 20 年が経過し、この間 1990 年 10 月の台風による鋼矢板岸壁エプロン部のコンクリート舗装の越波による破損や、

1990 年のミンダナオ北部地震によるレール継ぎ目部の軽微な損傷があったものの鋼管杭の電気防食（アルミニウムアノード；耐用年数 10 年）の電位計測と適切な時期での取り替え、コンクリート躯体の劣化調査と補修工事などのメンテナンスを怠りなく実施することにより問題なく稼動している。

Table 1 Quantity of major material

Item	Description	Quantity	Remarks
Main berth L = 351.25 m	Steel pipe pile (Vertical) (pcs.)	195	O.D. 1 219 mm, t = 16 mm, l = 55-60 m
	Steel pipe pile (Rake) (pcs.)	76	O.D. 1 219 mm, t = 16 mm, l = 60 m
	Steel beam (t)	1 350	
	Reinforcement bar (t)	2 150	
	Concrete (m ³)	14 600	
Dolphin one no.	Steel pipe pile (Vertical) (pcs.)	5	O.D. 1 219 mm, t = 16 mm, l = 60 m
	Steel pipe pile (Rake) (pcs.)	4	O.D. 1 219 mm, t = 16 mm, l = 60 m
	Reinforcement bar (t)	27	
	Concrete (m ³)	320	
Connection bridge L = 47.56 m	Steel pipe pile (pcs.)	16	O.D. 1 016 mm, t = 14 mm, l = 25-45 m
	H shape pile (t)	26	H - 400 × 400 × 13 × 21, l = 20 m
	Steel beam (t)	74	
	Reinforcement bar (t)	32	
	Concrete (m ³)	390	
Material berth	Steel sheet pile (pcs.)	818	KSP IV type, l = 19 m
	Anchor pile (pcs.)	204	H - 400 × 400 × 13 × 21, l = 10 m
	Reclamation (m ³)	196 000	
	Dredging (m ³)	7 800	
Accessories	Anode (pcs.)	1 184	
	Crane rail (m)	1 380	
	Rubber fender (pcs.)	59	
	Capstan (pcs.)	3	
	Docking sonar (pc.)	1	

2.2 台湾興達石炭棧橋（外洋における鋼管杭の施工）

台湾電力(株)は、高雄の北 30 km の興達地区に建設した火力発電所への石炭供給のため 10 000 D.W.T.用石炭受入れ棧橋を計画し、当社は現地企業と共同でこの建設工事を受注した²⁾。この地点は一年の内 3/4 は季節風、台風の影響で波が高く(1/3 有義波で 2~3 m)、また遠浅であるために海岸線から約 1 km 沖合にプラットフォーム

ームが建設された (Fig. 3)。使用された鋼管杭は外径 1 500 mm、肉厚 25 および 36 mm、長さ 33~55 m の鋼管杭(98 本)である。杭の施工上の課題は、厚肉の大口径鋼管を現地で円周溶接を行い長尺鋼管杭を製作する場合の溶接方法・品質管理と気象条件が不安定な外洋での鋼管杭の打設工事をいかに効率的に行うかということであった。現地での円周溶接方法・品質管理は高能率円周サブマージーク溶接方法を事前の実験で確立し、JIS 規格 1 級の合格率が 93.5% という高い成績を収めた³⁾。

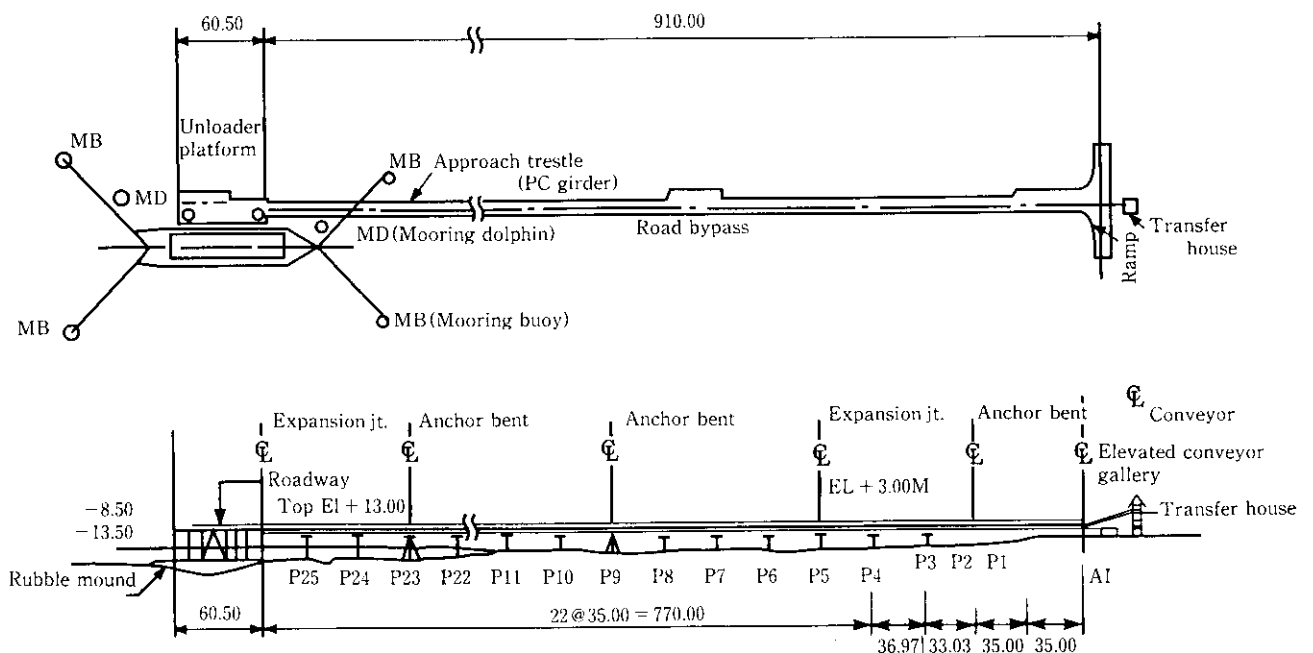


Fig. 3 Layout plan of offshore facility

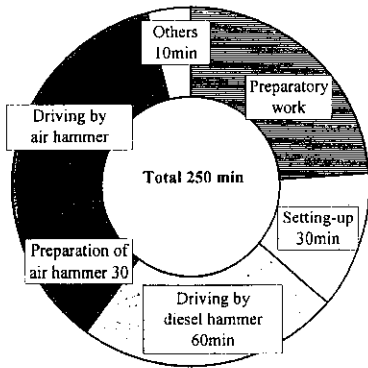


Fig. 4 Standard time cycle of piling work

海上杭打ち工事は、厳しい海象条件の中でも杭打ち精度(水平面内での許容誤差=10~20cm)を守り、工程を早めなければならなかった。杭打ちは、北北東からの季節風の影響を受ける期間(10月~3月)であり、午後になるとうねりが大きくなることを考慮して、杭の建込みをリーダー付きのディーゼルハンマMH-80Bで行い、打止めを海象条件の影響をうけることが比較的少ないエアハンマMRB-2000で実施した。杭打ち開始は1981年10月1日、完了は1982年1月23日で、のべ115日(0.85本/日)であった。Fig.4に標準的な杭打ちのサイクルタイムを、Fig.5に杭打ち精度の分布を示すが、非常に厳しい海象条件であったにもかかわらず工期、杭打精度ともにはほぼ満足する成果を得た。これは、事前の海象条件、土質条件の入念な調査とこれら調査結果を基にした、鋼管杭の加工から杭打ちまでの一貫したエンジニアリングの成果であるといえる。

2.3 フィリピン・レイテ島での鋼管矢板岸壁 (代案設計による工費削減)

本工事はレイテ島西海岸に位置する臨海工業地帯の港湾設備の建

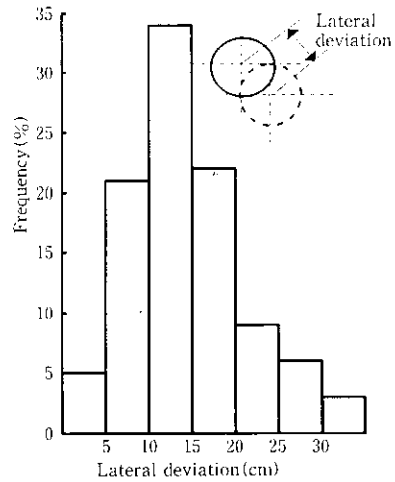


Fig. 5 Deviation after driving

設であり、当社は港湾設備の調査、設計から建設、操業指導までを受注したり。発注者であるフィリピン開発庁(National Development Company : NDC)は、海底地盤は標準貫入試験のN値が100以上と非常に硬く杭式構造が成立しないとの判断から、岸壁構造として鉄筋コンクリートケーソンによる重力式構造を計画していた。しかし、当社のフィリピンでの多くの土質調査によるとこのような硬質土が存在しているとは考え難く、当社自ら土質調査を実施した結果、N値が20~40の砂質土を主体としたものであり施工性に優る鋼管杭(鋼管矢板)による打設工法が適用できると判断した。そこで、Fig.6に示す鋼管矢板、鋼矢板による構造を考案し、また岸壁背面の良質土を確保するために当初案よりも約20m岸壁法線を陸側に移動させて浚渫と背面埋戻し土の量をバランスさせる代替案を提案した。こ

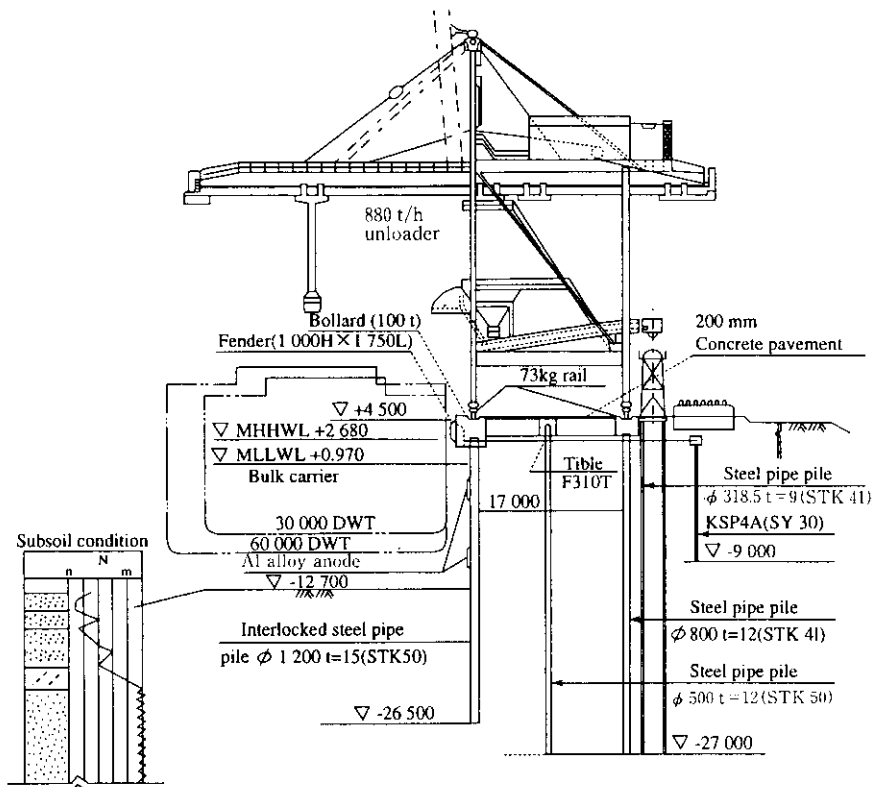


Fig. 6 Typical cross section of wharf structure supported on interlocked steel pipe piles

Table 2 Operation records of floating pile driving equipment

Description		Interlocked steel pipe pile	Steel pipe pile	Steel sheet pile
Dimension	(mm)	O.D. 1 200 × 15 t	O.D. 500 × 12 t	KSP VI.
	(mm)	O.D. 800 × 13 t	O.D. 600 × 12 t O.D. 800 × 12 t	
Length	(m)	21.0-33.0	22.0-40.5	21.5-23.5
Quantity	(pcs.)	380	145	897
Calendar days	(d)	71	21	63
Operational days	(d)	45	14	33
Non-operational days	(d)	26	7	30
(due to bad weather)	(d)	21	4	11
(due to other causes)	(d)	5	3	19
Rate vs. calendar day	(pcs./d)	5.4	6.9	14.2
Rate vs. operational day	(pcs./d)	8.4	10.4	27.2

の改善計画が、技術面および経済面から評価され採用されるに至った。岸壁の主構造部材である鋼管杭、鋼管矢板の打設ではディーゼルハンマ MB-40 と MB-70 を土質条件および鋼管杭（鋼管矢板）のサイズにより使い分け、Table 2 に示すように効率的な施工が可能となった。

土質条件の情報の違いが、鉄筋コンクリートケーソン岸壁構造を鋼管矢板と鋼管杭による岸壁構造に置換させ、その経済的、構造的および施工面の長所が大いに発揮された点が極めて意義深いプロジェクトである。

2.4 コタキナバル港拡張工事 (重防食鋼管杭による代案)

コタキナバル港はサバ州港湾局が管理する港湾のひとつで、サバ州の財源である木材の出荷や一般消費財、工業製品を取り扱う一般商港であり、サバ州経済の拠点となっている。本港は、1968年の供用開始以来、数回の拡張を経て規模を拡大してきたが、年々増加する荷役量に対する港湾の能力不足、施設の老朽化、また、荷役のコンテナ化へ対応するため大幅な拡張工事が実施された。拡張工事は木杭式の老朽化した棧橋に替わる L 字型の新設棧橋 (New South Jetty) と既存の棧橋をほぼ 2 倍に拡張する North Extension からなり (Fig. 7, 8) 供用中の港湾内での工事のため 5 回の部分引渡しが設定された³⁾。杭本数が全体で 1 429 本と大量であり工事費に占める材

料費の割合が大きいことから杭の選定が重要な問題であった。入札図書ではコンクリート杭または鋼管杭の双方が使用可能であったが、現地には既製コンクリート杭を製造するプラントが無く、半島マレーシアからの海上輸送が必要であり、工期の点でも鋼管杭に比べて不利であった。また、鋼管杭の防食はコールタールエポキシ塗装と腐蝕代で考えられており、応力的にはかなり余裕のある設計となっていた。そこで、鋼管杭の防食工法としてポリエチレン被覆鋼管杭 (KPP パイル) を使用し、Table 3 に示すように全体で 1 100 t 鋼重を減らす提案を行いこの案が採用された。重防食鋼管杭を用いる場

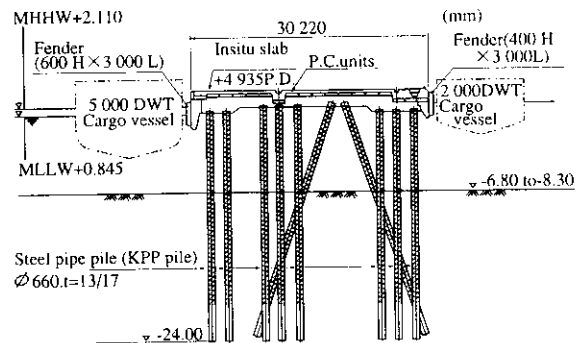


Fig. 8 Typical section

Fig. 7 General plan

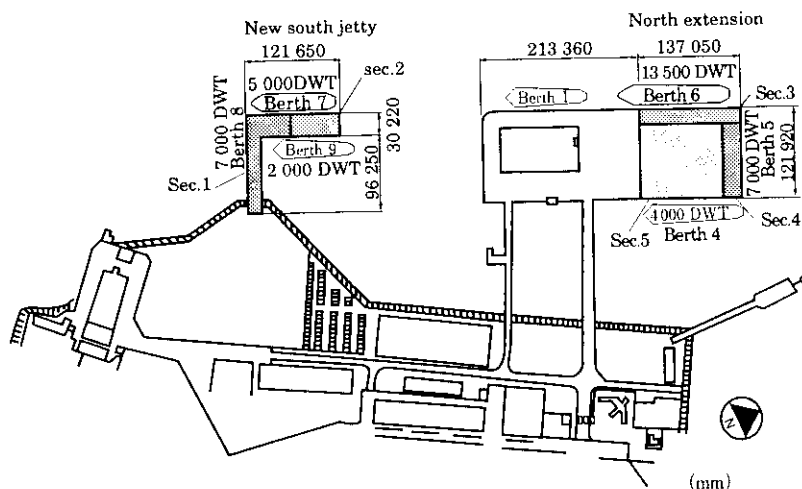


Table 4 Comparison of supporting system

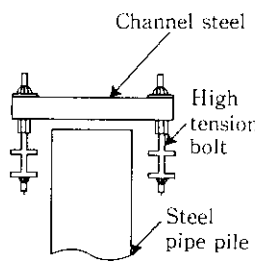
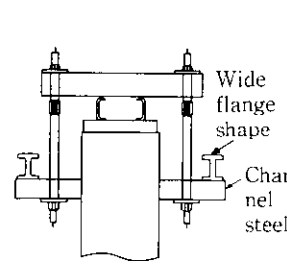
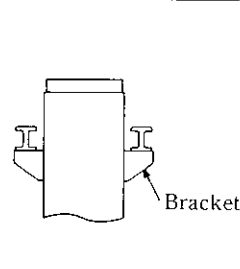
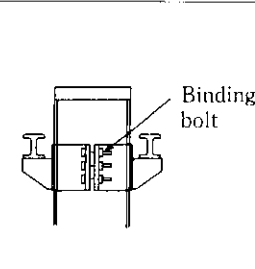
Hanger type(1)	Hanger type(2)	Bracket type	Prefabricated bracket
 <p>Channel steel High tension bolt Steel pipe pile</p>	 <p>Wide flange shape Channel steel</p>	 <p>Bracket</p>	 <p>Binding bolt</p>
<p>* Easy installation * Small allowance for pile deviation</p>	<p>* Take time for installation * Large allowance for pile deviation</p>	<p>* No embedded steel * Damage to coating</p>	<p>* No embedded steel * Small bearing capacity</p>

Table 3 Comparison of steel pipe pile foundation system

Item	Original design	Final design by KPP pile
Outer diameter (mm)	660	660
Wall thickness		
Upper pile (mm)	19	17
Lower pile (mm)	14.2	13
Weight (t)	12 035	10 929
Corrosion Protection		
Material	Coal tar-epoxy	Polyethylene
Coating thickness (mm)	0.45	2.5

各の施工上の課題は、工場で被覆された防食層に損傷を与えることなく構造物を完成させるかということである。特に、海上コンクリート工事では型枠を支えるための支保工が重要となる。Table 4に各種支保工の比較検討を示すが、最終的には杭の偏心に対する許容範囲が大きく、被覆層への損傷が少ない吊支保工(2)を採用した。プレート型式は上部コンクリートが小さく、コンクリート打設時の支保工への荷重が小さい場合は有効であると考えられるが、本工事ではコンクリート荷重が大きく、潮位との関係から水中作業が多くなり採用を見送った。

本棧橋は施工後約10年を経過したが、その後の調査によってもKPPパイルは十分な健全性を保有しており、メンテナンスフリーであることが施主より高い評価を得ている。

参考文献

- 小松雅彦, 榑 豊和, 藤岡隆雄, 牧 和郎: 「フィリピンセンタープラント港湾施設の施工」, 土木技術, 31(1977)11, 71-83
- 富永眞生, 長野昌雄, 古谷博明, 木村 保: 「オフショア構造物への大径 UOE 鋼管杭の利用」, 川崎製鉄技報, 15(1983)4, 308-317
- 赤秀公造, 古谷博明, 石田昌弘: 「高能率円周サブマージアーク溶接技術の確立」, 川崎製鉄技報, 15(1983)4, 318-326
- 富永眞生, 榑 豊和, 石田昌弘, 細谷山光: 「フィリピンレイテ工業港湾構造物の調査, 計画, 設計, 施工」, 川崎製鉄技報, 16(1982)2, 130-139
- 古谷博明, 鹿毛征二, 福岩雅一, 四宮秀夫: 「コタ・キナバル港拡張工事」, 川崎製鉄技報, 20(1988)4, 291-298

3 おわりに

当社がエンジニアリングを展開した大型船舶の接岸設備についての特徴を述べた。その要点は以下の通りである。

- 立地選定から各種調査, 計画, 設計, 施工までの一貫したエンジニアリングを展開している。
- コンクリート杭に比べ軽量で剛性の大きい鋼管杭の特徴を發揮した経済的な設計と鋼管杭に関する高度な施工ノウハウにより短納期での施工を可能にしている。
- 原案に対する合理的な VE(value engineering)によりコスト面, 納期面で有利な提案により経済的で合理的な港湾構造物を提供している。

港湾施設の計画, 設計においては特に民間企業が計画する場合においては、経済性に主眼が置かれ将来への配慮が不足してしまう場合が多く見られる。棧橋上部の荷役設備については耐用年数に達したり、荷役方法が変わった場合の対応は比較的行いやすいが、棧橋構造そのものを改造したり補強したりすることは容易ではない。したがって、港湾計画においては将来の変動要因も考慮した柔軟な計画, 設計をおこなうことが重要となる。また、港湾施設は海上輸送と陸上輸送の接点となる構造物で、全体の物流システムの一環として計画・設計されるべきであり、大規模な物流を取り扱っている当社のノウハウが大いに生かされる分野でもある。

当社では、ここで述べた実施例にとどまらず、数多くの港湾施設の計画, 設計および施工を東南アジアを中心として展開しており、インフラとしての港湾構造物のエンジニアリングを通して、今後とも各国の経済発展のために貢献していく所存である。