

マニラ南港における 港湾構造物の機能診断技術と改修技術*

川崎製鉄技報
28 (1996) 3, 165-169

Technology of Functional Diagnosis and Rehabilitation for Marine Structure at Manila South Harbor



土肥 宏一郎

Koichiro Dohi
エンジニアリング事業
本部 建設事業部 土
木技術部 主査(掛長)



平川 雅人

Masato Hirakawa
川鉄テクノストラ
クション(株) 土建工事
本部 土本部 課長代理



山本 武志

Takeshi Yamamoto
エンジニアリング事業
本部 建設事業部 土
木技術部

要旨

川崎製鉄は、フィリピンにおける 1974 年のフィリピン・シンター・コーポレーション・ミンダナオ工場の建設を契機に数多くのプロジェクトを手掛けてきた。マニラ市において 1991 年より現在まで継続中であるフィリピン最大の国際港、マニラ南港の改修工事も川崎製鉄が実施している。発展途上国における改修工事に要求されるのは、単なる構造的な改修のみならず、物流のニーズにあった機能的改修を実施することである。稼働中の港湾での改修工事には新設工事に異なり、港湾業者や港湾局と調整を行いながらブロック割りを行ない部分竣工していく全体調整管理が必要であった。また、構造物の機能診断にはこれまで川崎製鉄が製鉄所で培ってきた補修技術や PDA (Pile Driving Analyzer) などの保有技術を活用し、最終的に本プロジェクトを成功に導いた。

Synopsis:

Kawasaki Steel has undertaken many projects in the Philippines, starting with Mindanao Works of Philippine Sinter Corp. which was constructed in 1974. Rehabilitation project of Manila South Harbor, which is the biggest international port in the Philippines, has been proceeding by the company since 1991. Rehabilitation work in developing countries necessitates not only a structural repair but also a functional rehabilitation which is suitable for the requirements of the transportation. Rehabilitation of a port in operation is different from the construction of entirely a new port. Thus, Kawasaki Steel realized total management to conduct, in turn, divisional rehabilitation by coordinating with Port Authority and Port Operator, and finally completed this project successfully, using technology, which was cultivated in steel works constructions, such as rehabilitation technologies and PDA (Pile Driving Analyzer) etc.

1 はじめに

近年めざましい経済成長を遂げている ASEAN 諸国の一員として、フィリピンは 1990 年代から経済活動が活性化、物流も増大し、それに伴う港湾機能の拡大・近代化が急務となっている。マニラ港は首都マニラの西側に位置し、物流拠点の最重要港として、国内港である北港、コンテナ専用埠頭の MICT (Manila International Container Terminal)、そして国際港である南港より構成されている (Fig. 1)。

マニラ港の北港と南港は旧スペイン統治時代より機能しており、第二次世界大戦前に現在の棧橋形式となった。大戦により損傷を受けたが、1946 年～1950 年で米軍とフィリピン政府により改修工事が実施された。その後約 40 年が経過し、この間に塩害および港湾運営の粗雑さのために損傷・老朽化が進んだ。この時代には小規模な改修工事は実施されたが、設備および構造体の大幅な改修はほとんど実施されなかった。

同港は、1975 年よりフィリピン港湾局 (Philippine Ports Author-

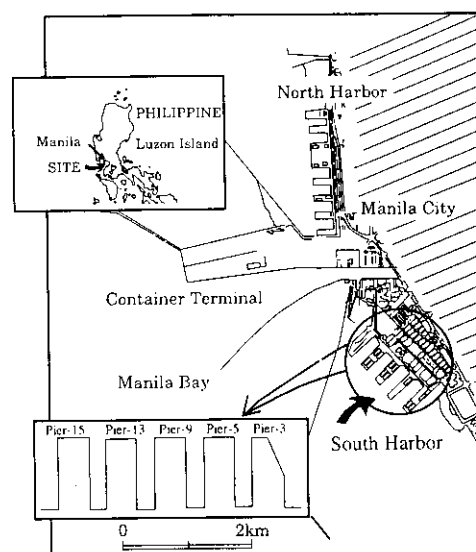


Fig. 1 Ports of Manila

ity) の管理下に入り、貨物の増大、船舶の近代化・大型化に対応するために 1978 年～1987 年のフィリピン政府長期計画において、港湾

* 平成 8 年 7 月 16 日原稿受付

Fig. 3 Plan of the rehabilitation project

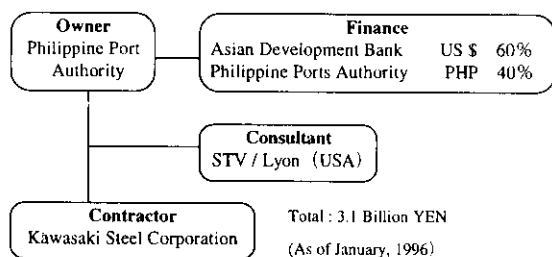
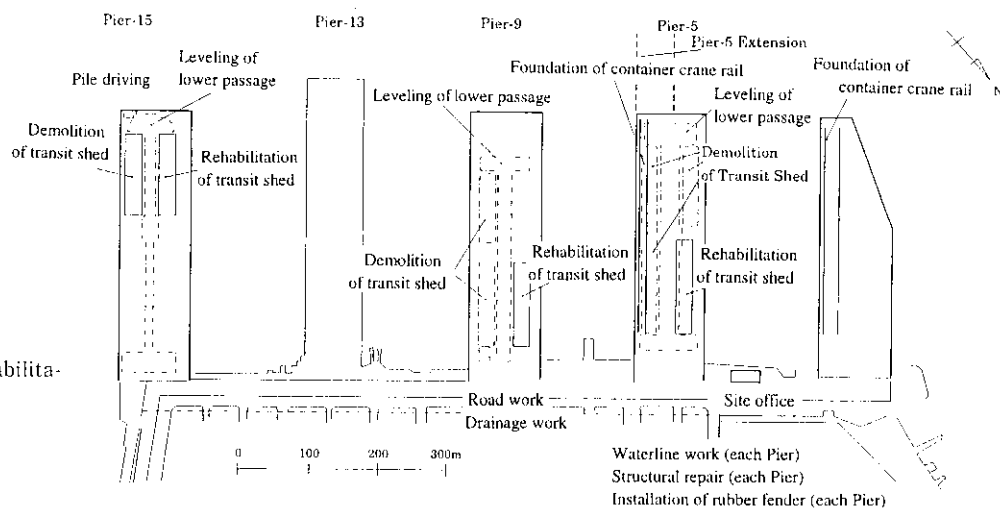


Fig. 2 Organization for construction

の近代化を目的として改修工事を実施することが決定された。これを受け、JICA が中心となり 1986 年～1987 年に FS が行われ、改修工事の概要がまとめられた¹⁾。この報告書に基づき 1987 年にアジア開発銀行 (ADB) の融資が決定し、マニラ南港改修工事が具現化したのである。工事組織を Fig. 2 に示す。

本報文は、ウルグアイランド後の海外展開を進めていく上で礎となった本工事において、海外港湾工事の特徴を概説する。

2 工事概要

本工事は、港湾機能を阻害することなく改修を行う必要があるため、限られたバースを施主より明け渡された後、部分竣工を繰り返し改修を進めていくことになっていた。そのため工程管理では、港湾荷役業者や港湾局との調整など、新設工事に比して多様な技術とプロジェクト管理能力が必要とされた。本改修工事の工事内容は構造的改修と機能的改修の 2 つに大きく分けることができる。

構造的改修には①劣化コンクリート撤去および再打設②亀裂部へのエポキシ樹脂注入③防舷材の撤去および新設等がある。機能的改修には①コンテナ化に対応した棧橋のフラット化②コンテナクレーンレール基礎構築③鋼管杭によるコンテナバースの新設がある。Fig. 3 に改修工事概要平面図、Table 1 に工事数量、そして Fig. 4 に工程表を示す。

3 構造的改修工事

3.1 エポキシ樹脂によるひび割れ補修

港湾構造物へのエポキシ樹脂の適用には、製鉄所における各種補

Table 1 Major quantities for the construction project

Structural repair		Functional rehabilitation	
Pier-3, 5, 9, 15		Pier-3 CR., Pier-5 CR., Pier-5 EX.	
Pile driving (PC)	17 piles	Pile driving (PC)	544 piles
Concrete	22 136 m ³	(steel pipe)	430 piles
Asphalt paving	166 000 m ²	Concrete	11 321 m ³
Inst. of rubber fender	194 units	Inst. of rubber fender	29 units

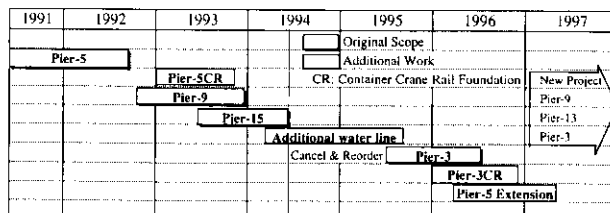


Fig. 4 Construction schedule

修工事の品質管理手法を参考にし、コンサルタントと協議の上、本工事独自の品質管理を実施した。

3.2 構造改修実施前の改修方法診断

改修工事は、平面的に広がりをもつ既存構造物に対し実施する工事である。従って、場所により異なる損傷程度を的確に、客観的に把握、改修方法を選択できるよう分類表を作成し、改修方法診断の標準化をはかった (Table 2)。

3.3 改修工事の流れとコスト管理

本工事では、①目視による損傷状況調査、②改修タイプを分類し、調査レポートの作成、③ Shop Drawing の作成、④コンサルタントの承認を得たあと、準備工の実施、⑤コンサルタントの立会いのもと、数量を確認し、その結果に基づき Shop Drawing の作成⑥改修工事実施、⑦コンサルタントによる品質・数量チェックというフローで行うようシステム化を徹底した。これにより、施工数量の増減、実コストの把握を容易に行えるようにし、クレーム作業による収益率の改善に大きく寄与した。

Table 2 Classification table for selection of rehabilitation methods

		Type - A	Type - B	Type - C	Type - D	Type - E
Slab	Damaged condition	Need to change reinforcing more than 10%	Reinforcing bar more than 90% Flaked area is more than 50%	Flaked area is 25 - 50%	Flaked area is less than 25%	Crack width is 1 - 3 mm Total length is less than 30 m
	Repair method	Demolish damaged portion and concreting with reinforcing bar	Demolish damaged portion and repair by shotcreting	Demolish damaged area and repair by shotcreting	Apply cement mortar	Apply epoxy mortar
Beam	Damaged condition	Flaked area is more than 50% Both slabs are type - A	Flaked area is more than 50% One side or both side slab is not Type - A	Flaked area at bottom is more than 50% Flaked area at side is more than 50%	Flaked area is less than 50%	Crack width is 1 - 3 mm Total length is less than 10 m
	Repair method	Concreting with reinforcing bar	Demolish damaged portion and repair by shotcreting	Demolish damaged area and repair by shotcreting	Patching by cement mortar	Apply epoxy mortar
Pile	Damaged condition	For batter pile only Pile is separated from pile cap	For vertical & batter pile Need to change reinforcing bar Flaked area is above MLLW*	For vertical & batter pile Need to change reinforcing bar Flaked area is below MLLW*	For vertical & batter pile No need to change reinforcing bar Flaked area is observed	For vertical & batter pile Crack is observed
	Repair method	To be connected by concrete	Demolish from pile cap to MLLW - 30 cm at least After jacking up, concreting with reinforcing bar	Demolish damaged portion and concreting with reinforcing bar	Above water, patching cement mortar Below water, patching epoxy mortar	Applying epoxy mortar
Pile cap	Damaged condition	Flaked area is observed No need to change reinforcing bar	Flaked area is observed Need to change reinforcing bar			
	Repair method	Demolish damaged portion and repair by shotcreting	Demolish damaged portion and repair by shotcreting			

*Mean lower low water

4 機能的改修工事

4.1 コンテナ化に対応した棧橋のフラット化

南港では、トラックによる輸送の利便性を考慮して、棧橋中心部に設けられた低路部がある。しかし、現在では貨物のコンテナ化が進み、荷役は主にフォークリフトを使用するようになったため、低路部が同作業の妨げとなるようになった。そこで荷役の円滑化を目的とし、棧橋をフラット化する低路部撤去工が計画された。この工事での大きな技術的問題点は、既設杭の打ち込み精度が非常に悪く、実際の低路部床版撤去後の杭位置は、図面と大きな相違があることであった。この杭にあわせて新規の梁を構築すると、この新規梁上に載せるプレキャスト床版約 500 枚全てが異形となり、工場製作のメリットが生かせない。これに対し、プレキャスト床版が定形サイズとなるよう新規梁構築に構造的工夫をし、コンサルタントの了解のもと本工事に適用した。

4.2 コンテナクレーンレール基礎梁構築

近年の物流海上輸送の傾向として 1960 年代後半より始まったコンテナ輸送が最も効率的で合理的な輸送システムとして発展を遂げている。フィリピンでも内政が安定し、積極的経済政策路線がとられるとともに、コンテナ取扱量の大幅な伸びが予想され、コンテナの大量輸送に対応した港湾施設の整備が急務となっている。港湾局側では、コスト面、工期面から検討を行い、新設コンテナバースを建

設するより、既設棧橋 Pier - 3、Pier - 5 上にコンテナクレーンレール基礎を構築する方が有利と判断し、その計画を立案した。この Pier - 3 のケースでは、設計・施工方法に対し以下の 2 つの案が提案された (Fig. 5)。

- (1) 既存杭の上にコンテナクレーン基礎梁を構築
- (2) 既存杭を利用せず新設杭を打ち込み、それを基礎としてレール基礎梁を構築

我々は、Pier - 3 の既存杭の設計データが存在しないため、その信頼性を問題点として指摘し、構造物の診断試験や耐力試験を実施して、結論を出すことを提案した。試験はエンジニアリング事業本部で実績のある PDA (Pile Driving Analyzer) を使用して、既存杭の支持力の判定および杭長の推定を実施、既存構造物の状態を客観的に把握することとした²⁾。Table 3 に示す PDA の試験結果に基づき、港湾局、コンサルタントと協議し、以下の理由によりコンテナクレーン基礎のために新設杭を打設する (2) 案を採用することとなった。

- (a) 既存杭の 8 割は、設計極限支持力を満たしていない。
- (b) 杭は中間支持層で止まり、かつ周面摩擦力が卓越しており、既存棧橋を支持することは可能であるが、重量コンテナクレーンの荷重に対しては支持力不足である。
- (c) 打ち込み後 30 年以上経過している他の既存杭が全て健全な状態で既存構造物を支持しているか定かではない。

以上のように設計・施工データを持たない既存杭に対し、PDA 試験を実施、信頼できるデータを取得、技術検討を行ない最終的にコンテナクレーンレール基礎工事として工事を受注、完了した。

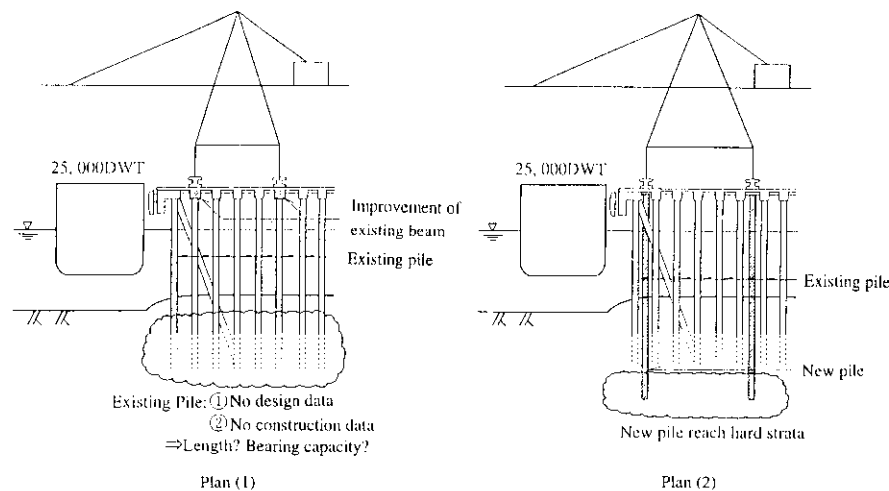


Fig. 5 Two plans of design and construction for foundation container crane rail

Table 3 Result of PDA analysis

Pile No.	Driving number (times)	Dropped height (m)	Assumed pile length by analysis (m)	Ultimate bearing capacity (kN)	Skin friction (kN)	End bearing capacity (kN)
A - 110	4	3.0	28	2 840	2 010 (70.7%)	830
H - 100	5	4.0	30	2 000	1 600 (79.9%)	400
I - 83	2	3.0	24	1 820	1 180 (64.5%)	650
H - 67	3	4.5	20	1 520	820 (54.2%)	700
H - 63	3	4.5	20	1 960	1 280 (65.5%)	680
H - 20	—	—	18	—	—	—

4.3 鋼管杭代替案による新設コンテナバースの建設

マニラ南港ではコンテナ化の物流ニーズに呼応して、① Pier - 3, Pier - 5 のコンテナバース化② Pier - 3 コンテナクレーンレール基礎の増強を実施してきた。さらに港湾局は 2005 年港湾計画の中で③ Pier - 5 コンテナバース延長工事④ Pier - 13 改修工事、⑤ Pier - 3 背面埋立ヤード拡張工事⑥ Pier - 9 延長工事を策定しており、その中でまず Pier - 5 コンテナバース延長工事 (70 000 D.W.T., 計画水深: -15 m) が一般競争入札案件として実施に移されることとなった。

入札時の原案はオーストラリアのコンサルタント指導のもと、直径 900 mm のプレキャストコンクリート遠心力杭を使用した東南アジアでは一般的な設計となっていた。当社はそれまでの改修工事で、マニラ港の深い複雑な基礎地盤構成に熟知していたため、容易に原案の問題点を洗い出すことができた。ここで原案の設計上の問題点を整理すると以下のようになる。

- (1) 荷重条件: 棧橋全体にコンテナ荷重として 5 t/m^2 と過大な設計荷重
- (2) 床版: 床版厚は 450 mm と既存棧橋の 250 mm に比べ過大
- (3) 杭
 - (a) 大水深でかつ軟弱層が厚い地盤に、曲げに弱い PC コンクリート遠心力杭を採用
 - (b) PC コンクリート遠心力杭は、杭長 18 m (12.7 t) の海上 3 本継ぎとなり施工難

以上の状況のもと、鋼管杭を使用する代替案を以下の方針に基づき検討した。

(1) 鋼管杭の利用

- (a) 重量が PC コンクリート遠心力杭の約 40% のため、より能力の小さい杭打船で施工可能
- (b) 陸上での継ぎ杭となるため、杭打サイクルタイムが短縮可能

長尺杭の設計では、PC コンクリート遠心力杭より有利となり、ホットコイルを第 3 国調達し、マニラで造管、ポリウレタン重防食塗装とすることでより経済的となる。

(2) PC (プレキャストコンクリート) 梁・床版の採用

- (a) コンクリート床版厚さを 450 mm から 300 mm へ減少可能
- (b) プレキャスト化することで事前に陸上でコンクリート打設ができ急速施工が可能で、工事期間におけるコンクリート使用量を平準化できる。
- (c) PC 床版が底型枠の役割をし、床版コンクリートが陸上施工同様に容易となる。

(3) 日本の平均的なコンテナバースの設計上載荷重の採用

- (a) 原案の 5 t/m^2 は、日本の類似バースと比較して過大
 - (b) 上載荷重を低減することで、構造物全体の荷重を低減可能
- 上記項目についての技術的考察を加え、原案から工事数量を約 20% 削減させた (Fig. 6, Table 4)。工事金額においても大幅な改善を得て競争力のある案を作成に至り、現在工事を実施中である。

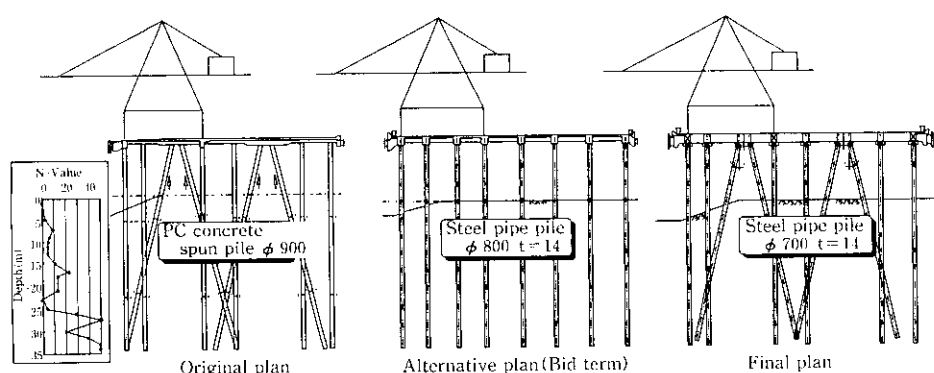


Fig. 6 Plans of new container berth

Table 4 Comparison among original design, alternative design, and final design

	Original design (PC Concrete spun pile)	Alternative design (Bid term) (Steel pipe pile)	Final design (Steel pipe pile)
Pile (pile)	430 (φ 900)	344 (φ 800, t=14)	430 (φ 700, t=14)
Concrete (m³)	9 884	9 880	9 690 (Pre-cast)
Slab thickness (mm)	450	300	300 (Pre-cast)
Load condition :			
Crane zone (t/m²)	5.0	1.0	3.0
Container yard (t/m²)	5.0	5.0	5.0
Construction schedule (month)	20	14	12
Construction amount (billion yen)	1.7	1.1	1.23

5 まとめ

1951年からの千葉工場建設、そして1961年からの水島工場建設を通じて築かれた土木技術力を基本として、当社エンジニアリング事業本部は国内外を問わず設計～施工まで一貫した業容展開を行ってきた。製鉄所においては、鋼鉄板や鋼管杭を用いた埋立護岸・岸壁建設技術を核として、各周辺技術を開発している。その中で、防蝕技術(KPP(ポリエチレン被覆鋼管)、電気防蝕、塗装)、補修技術(鉄筋防蝕、鉄筋差替・補充、塗装、断面補修、ひび割れ注入)は、経年変化を受けたウォーターフロント構造物のメンテナンス手法として近年重要視されており、技術開発に注力しているところである。この当社のメンテナンスノウハウを活かし、本工事では改修技術の品質サービス向上を目指した。

本報文では、マニラ南港での港湾構造物の改修を通じて以下のような取組みを行った。

- (1) 構造補修に対し、補修方法の分類方法を確立し、さらに工事

フローのシステム化を徹底することで、コスト削減、工期短縮を図った。

- (2) 改修工事に対し港湾機能を停止することなく栈橋の改修を行い、工程管理や調整力などのプロジェクト管理能力を発揮した。
- (3) Pier-3 コンテナクレーン基礎工事では、古いコンテナバースの既存杭の杭長、支持力をPDA試験により確認し、信頼できる施工方法で改修を実施した。
- (4) Pier-5 コンテナバース延長工事では、コンサルタント原案のPCコンクリート遠心力杭に対し技術的な検討を短期間で実施し、鋼管杭代替案で最終交渉権を獲得し、受注に至り工実施中である。

このように、今回の改修工事では、製鉄所で培われてきた多くの技術を適用してきたが、東南アジア地域では、今後この種の設計・施工の難易度の高いプロジェクトの増加が予想される。本工事の実績を礎に新たなプロジェクトに取り組む予定である。

最後に、論文の作成にあたり、多大なるご指導、ご協力を頂いた関係者の皆様方に紙面を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国際協力事業団：「フィリピン共和国マニラ南港改修計画調査報告(要約)」
- 2) 福若雅一、橋本修身、脇屋泰士、沖 健、四宮秀夫、尾関史洋：「波

動理論による杭の支持力管理システム」川崎製鉄技報、24(1992)3、201-208