

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.19 (1987) No.4

コタ・キナバル可動橋棧橋施設

Kota Kinabalu Roll-on/Roll-off Facilities

越後 勇吉(Yukichi Echigo) 榊 豊和(Toyokazu Sakaki) 中村 茂樹(Shigeki Nakamura) 西口 明(Akira Nishiguchi) 小林 徳寿(Norihisa Kobayashi)

要旨：

東西マレーシア初めてのナショナルプロジェクトとして計画された、サバ州都コタ・キナバルの可動橋棧橋を、1985年11月から翌年8月にかけて建設した。本施設は、動荷重440t、静荷重620tの設計条件に基づいた、油圧シリンダー昇降方式の鋼製可動橋と、ポリエチレン被覆の重防食鋼管杭基礎によって支持されたアクセス棧橋およびフェリー接岸設備からなっている。本報文は、油圧システムおよび可動橋体の設計、製作、据付に関するエンジニアリングと、重防食杭を用いた基礎等の海上土木工事について報告するものである。

Synopsis：

A Roll-on/Roll-off (RO-RO) facility was constructed in the main-port area at Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia by Kawasaki Steel Corp. This facility was planned as a national project and the work was started in November 1985 and completed in August 1986. The facility consists of a RO-RO steel ramp structure and hydraulic system including an electric control system with a new access bridge and berthing facility. It was designed to accommodate special RO-RO vessels in the range of 70 to 180 m in length, having stern and/or bow ramps for cargo handling. The new concrete access bridge and the berthing RO-RO structure are supported by polyethylene coated steel pipe piles which have superior resistance to corrosion, unlike pipes protected by ordinary bituminous coatings. This report discusses the engineering design, fabrication and installation of the hydraulic system and RO-RO ramp structure, and construction aspects of the marine work.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

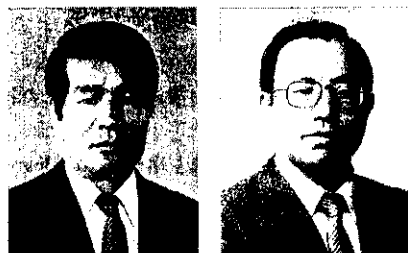
Kota Kinabalu Roll-on/Roll-off Facilities



越後 勇吉
Yukichi Echigo
エンジニアリング事業
部 土木技術部 部長

榑 豊和
Toyokazu Sakaki
エンジニアリング事業
部 土木技術部 主査
(課長)

中村 茂樹
Shigeki Nakamura
エンジニアリング事業
部 土木技術部 主査
(課長補)



西口 明
Akira Nishiguchi
川鉄鉄構工業(株) 製
鉄機械設計部 課長

小林 徳寿
Norihisa Kobayashi
川鉄鉄構工業(株) 鉄
構設計部 設計主幹

1 まえがき

マレーシア政府は、マレー半島とボルネオ島にわかれた東西マレーシアを結ぶフェリー航路を確立すべく、西マレーシアのクアンタン市を拠点に、東マレーシア、サラワク州都クチン市、そしてサバ州都コタ・キナバル市にフェリー用の可動橋棧橋を建設するナショナルプロジェクトを計画した。各地域の港湾局は、政府の委託のもとに、本プロジェクトの竣工を、すなわち、フェリーの処女航海をマレーシア国の建国記念日9月1日(1986年)に行うべく建設にかかった。

川崎製鉄は、これらの施設のうち、Fig. 1に示す東マレーシアサバ州都コタ・キナバル市の棧橋建設を、国際入札の結果、サバ港湾局(Sabah Port Authorities: SPA)より一括受注し、1985年11月より、1986年8月にかけて建設を行った。

設備の規模は、対象フェリー船舶の仕様が船長180m、船幅25m、吃水5.5mを最大とする旅客および貨物車輛用船舶である。

可動橋にかかる荷重は、動荷重440t、静荷重620tと大きく、日本国内の設備を大きく上回るものである。

要旨

東西マレーシア初めてのナショナルプロジェクトとして計画された、サバ州都コタ・キナバルの可動橋棧橋を、1985年11月から翌年8月にかけて建設した。

本施設は、動荷重440t、静荷重620tの設計条件に基づいた、油圧シリンダー昇降方式の鋼製可動橋と、ポリエチレン被覆の重防食鋼管杭基礎によって支持されたアクセス棧橋およびフェリー接岸設備からなっている。

本報文は、油圧システムおよび可動橋体の設計、製作、据付に関するエンジニアリングと、重防食杭を用いた基礎等の海上土木工事について報告するものである。

Synopsis:

A Roll-on/Roll-off (RO-RO) facility was constructed in the main-port area at Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia by Kawasaki Steel Corp. This facility was planned as a national project and the work was started in November 1985 and completed in August 1986.

The facility consists of a RO-RO steel ramp structure and hydraulic system including an electric control system with a new access bridge and berthing facility.

It was designed to accommodate special RO-RO vessels in the range of 70 to 180 m in length, having stern and/or bow ramps for cargo handling.

The new concrete access bridge and the berthing RO-RO structure are supported by polyethylene coated steel pipe piles which have superior resistance to corrosion, unlike pipes protected by ordinary bituminous coatings.

This report discusses the engineering design, fabrication and installation of the hydraulic system and RO-RO ramp structure, and construction aspects of the marine work.



Fig. 1 Project site

* 昭和62年8月25日原稿受付

本可動橋（施設）は、従来まで多く使用されている電動モーターによるウィンチ昇降式では駆動系統が大きくなり過ぎるので、保守、安全、設備費等を考慮し、油圧シリンダー昇降方式が採用されている。

この可動橋施設は、既設橋に平行してあらたにアクセス橋を建設し、その先端部に鋼製の可動橋部が配置されたもので、各々の施設は鋼管杭によって支えられた、波浪透過性の基礎形式になっている。鋼管杭はポリエチレンコーティングされた重防食塗装仕様となっており、従来の電気防食工法と異なる経済的で新しい防食技術が採用された。

以下、本報文は、可動橋の設計、製作、据付工事およびアクセス橋、ドルフィン等の附帯設備の海上土木工事について報告するものである。

2 プロジェクト概要

本プロジェクトは、鋼製可動橋、可動油圧システム機械と電気設備、コンクリート構造のアクセス橋、接岸ドルフィン等の土木構造物から成る複合的なものである。

工事概要は、全体平面図（Fig. 2）に示すように、

- (1) 接岸海域の浚渫
- (2) 鋼製可動橋の製作、据付
- (3) 油圧システムの設計、製作、据付
- (4) 新アクセス橋の海上杭打工事、コンクリート工事
- (5) 既設橋取り壊しと補強新設
- (6) 接岸ドルフィン建設

などである。また、竣工間近なプロジェクト全体写真を Photo 1 に示す。

鋼製可動橋本体は、コンサルタントの基本設計に基づいて、当社が製作図を作成し、現地の造船会社 Sabah Shipyard Sdn. Bhd. で製作した。油圧システムに関する機械、電気設備の設計、製作は日本国内で実施した。

3 可動橋構造

3.1 骨組構造

可動橋体は、陸側ヒンジ杣に取り付く 2 本の I 型主桁と昇降用油圧シリンダーに支持された箱桁の横梁から成る張り出し梁形式であ

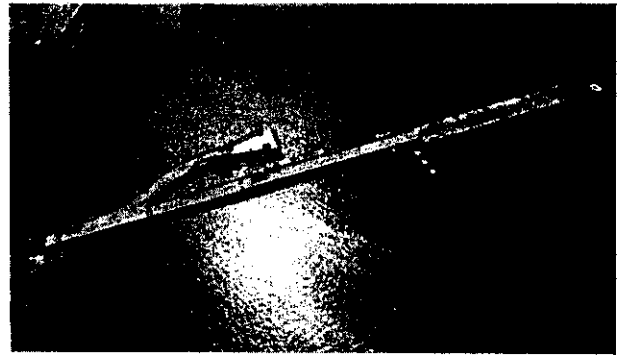


Photo 1 General view

る。床組は、トラフリブ鋼床版とする全溶接一体構造である。

油圧シリンダーは、左右独立のドルフィン上に構築された角パイプトラス構造のホイストフレームに懸架されている。

3.2 構造の特徴

可動橋には、船のピッチング、ローリングおよび潮の干満による上下動に追従し、車輛等の荷重を支持し、かつ安全な路面勾配を保持する機能が要求される。Fig. 3 に構造物の平衡面を示す。

本可動橋は、船のピッチングおよびローリングに対しては、船側に設けられているレベリングフラップで吸収し、このフラップの荷重を橋体前部の床版上で支えている。また、上下動に対しては油圧シリンダー昇降装置によって橋体を上下させる。

接岸時および波浪による船舶の衝突荷重に対する防護は、橋体最前面に π 型ゴムフェンダーと鋼製フェンダービームを設け、衝撃を緩和するとともに、その水平力を陸側ヒンジ杣にて支持される構造によって成されている。

3.2.1 橋体工

橋体の製作を容易にするために、ブロックごとに分割溶接し、工場大組立時に一体構造に組み合わせた。鋼材は JIS G 3106 SM 41 材を用い、I 形主桁下フランジには最大板厚 60 mm を、また横梁との交差部には、これに 35 mm 厚のカバープレート溶接している。主桁腹板高は 1 345 mm、腹板厚は 20 mm とし、水平および鉛直の補剛材を省略している。

中間横梁は 4 m 間隔に配置し、引張側フランジには STK 41 の 250 mm パイプを用いた。

床組の鋼床版は 15 mm 厚とし、600 mm ピッチで配置されたトラ

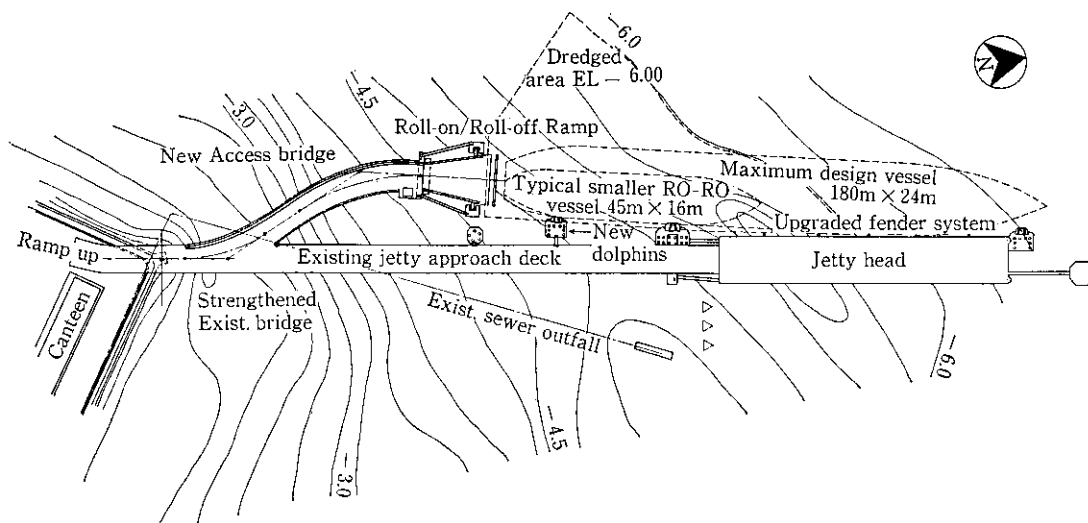


Fig. 2 General layout of roll-on/roll-off facilities

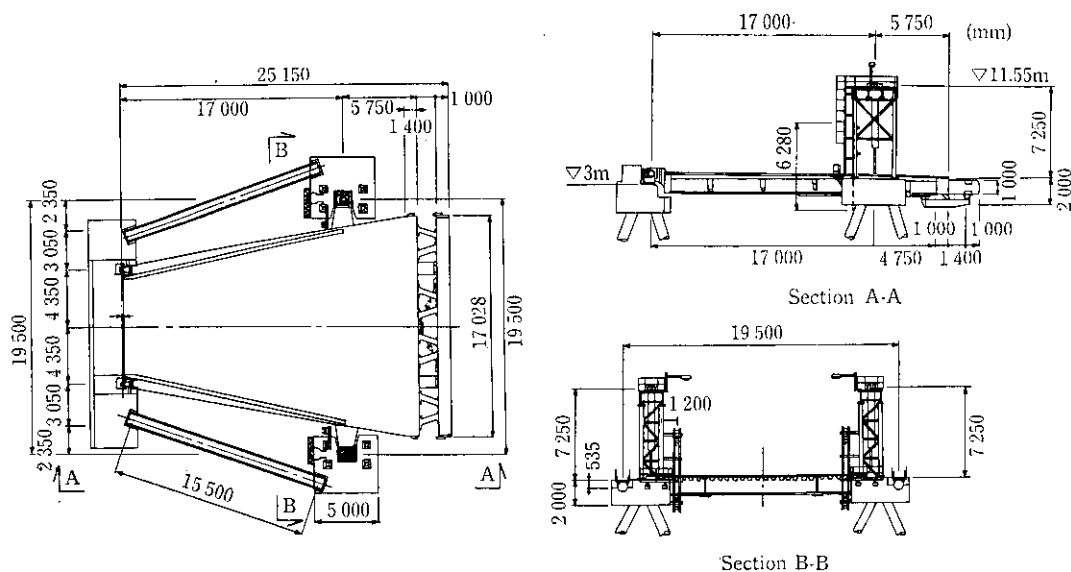


Fig. 3 Roll-on/roll-off ramp structure

フリブより構成され、前部のレベリングフラップ載荷附近には摩耗防止のために帯板を張りつけている。

油圧シリンダーに支持される横梁は、1000 mm×4000 mmの箱桁断面であり、主桁との交差部には十文字の一枚板を用い剛結合とし、シリンダーピンとの結合はメンテナンスを配慮し剪断ボルトとした。

3.2.2 ヒンジ沓

ヒンジ沓には、常時、鉛直力が91 t、引揚力が46 t作用しているが、さらに異状時には370 tの水平力が作用する。これらの荷重に対し、ヒンジ沓の固定に、26 mmφのPC鋼棒を用い、フーチング下面から緊張し固定するとともに、水平力に耐える約400 mm角のボックスアンカーを沓と同一水平レベルに埋め込んだ。

4 可動橋昇降油圧システム

4.1 基本設計

昇降油圧システムは、油圧ポンプ、油圧シリンダー、油圧配管、

そして運転操作に関連する電気制御装置から成っている。

本可動橋の油圧シリンダーは、可動橋本体を上下させるための高圧かつ大容量のものと、休止時に橋体を保持するスブラッキングビーム作動用の低圧、小容量のものとあり、油圧システムが二系統になっている。油圧系統図をFig. 4に示す。また主要油圧機器の仕様をTable 1に示す。

4.2 油圧システムの特徴

4.2.1 Flow Equalizerの採用

油圧シリンダー方式の場合、左右のシリンダーを確実に同調運転できるシステムが要求される。このために、油圧同調回路として、定量を左右に分流する2連式フロー・イコライザーを設置した。可動橋油圧システムにこのような同調回路を採用した例はあまりなく、従来の技術を新分野に応用した。

当分流器は、分流量が3%以内で、他の分流器の5%に比較して同調精度がよく、左右の荷重バランスの変動に対応できる。すなわち、両シリンダーの昇降量の差が少なく、橋体の水平度が確保でき、安全性に大きく貢献している。

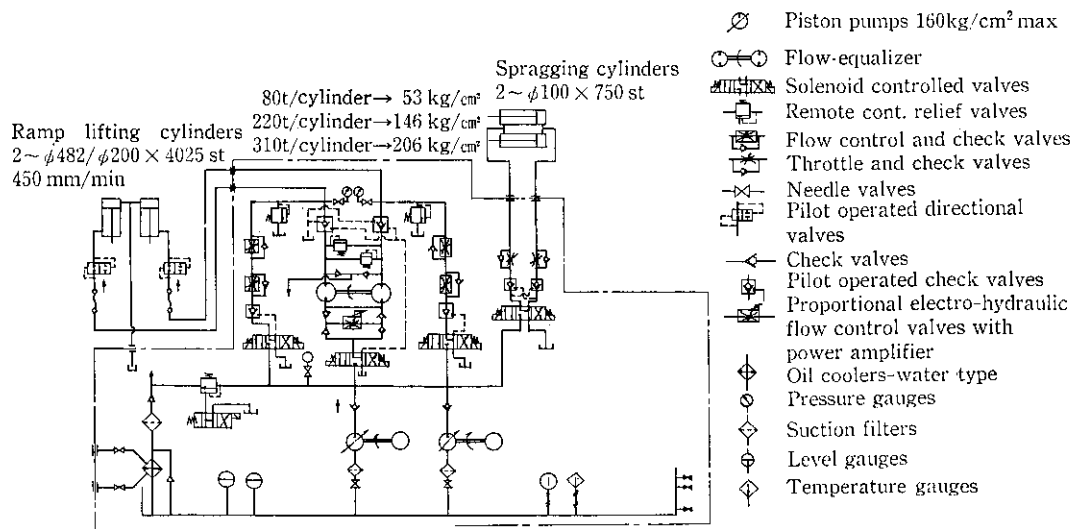


Fig. 4 Hydraulic installation diagram

Table 1 Specification of hydraulic equipment

Oil pressure equipment	
Max. pressure	160 kg/cm ²
Discharge capacity of pump	150 l/min (Pressure 80 kg/cm ²)
Pump type	Variable displcent pump
Electrical capacity of motor	AC 22 kW
Nos. of pump	2 units
Volumetric capacity of tank	1 000 l
Lifting cylinder	
Internal diameter of cylinder	482 mmφ
Out-side diameter of rod	200 mmφ
Stroke	4 000 mm
Surface treatment for rod	Chromate coating
Lifting load (per one unit)	
Usual	80 t
Maximum	220 t
Max. supporting road (per one unit)	310 t (Pressure 206 kg/cm ²)
Nos. of cylinder	2 units
Lifting speed	450 mm/min
Spragging beam cylinder	
Internal diameter of cylinder	100 mmφ
Out-side diameter of rod	56 mmφ
Stroke	750 mm
Running pressure	140 kg/cm ²
Nos. of cylinder	2 units

4.2.2 電気同調装置

橋体は2基のシリンダーにより昇降するが、昇降途中で生ずるレベル差による機械系の損傷を防止するため、電気同調装置を設けている。2基のシリンダーのレベル差が15mmを越えると、自動的に先行しているシリンダーを停止させ、遅れている側のシリンダーの駆動を続行させることによって、レベル差を15mm以内に戻す。レベル差がなくなった時点で停止中のシリンダーを再駆動させ、レベル差が常に15mmを超えないように自動制御している。

電気同調装置の構成をFig. 5に示す。両シリンダーのレベル差の検出は、2個のシンクロ受信機およびその出力軸に連結されたカムによるマイクロスイッチとレベル差指示計により行われる。2基のシリンダーの各々のレベルは、対応するシンクロ発信機により2つの電気信号として検出され、差動シンクロ受信機に入力される。差動シンクロ受信機は、レベル差を回転量に変換し、マイクロスイッチおよびレベル差指示計を作動させる構成になっている。

4.2.3 その他の特徴

上記以外の本油圧システムの特徴を列記すると下記の点が挙げられる。

- (1) 昇降シリンダーまでの油圧配管、バルブ等が破損し、作動油洩れが生じた場合に、作動途中でも直ちにその位置で停止させる緊急遮断回路を設けた。
- (2) 設備の稼働重要性を考慮して、油圧ポンプを2台設置した。1台故障時でも、運転速度は1/2に減少するが、設備の運転は可能である。
- (3) 設備休止時には、橋体を油圧シリンダー作動のスプラッキンギングビームで保持し、油圧装置と昇降シリンダーに無駄な負荷を与えない機構にしている。

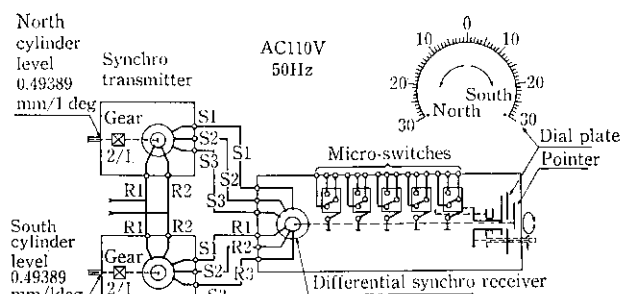


Fig. 5 Electrical synchro devices

5 建設工事

5.1 建設工程

Fig. 6は本プロジェクトの工程を示したものである。工事は1985年11月28日に着工し、1986年8月6日に竣工した。8箇月の短い工期での作業でありながら、浚渫、杭打ち、コンクリート工事、油圧機器と橋体の設計、製作、据付および電気工事と多岐にわたる工事であった。

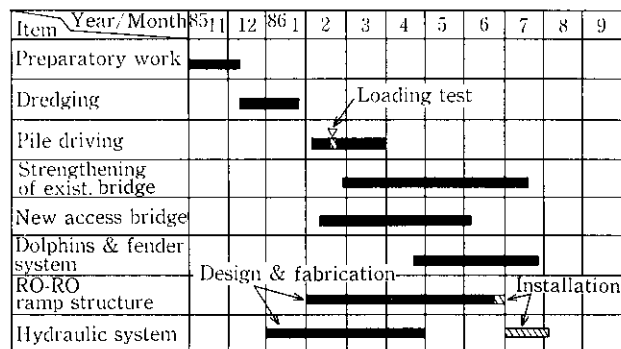


Fig. 6 Construction schedule

5.2 現地工事

5.2.1 工事数量

現地での工事は、いくつかの現地業者を起用し、当社がその施工管理を実施した。工事数量は以下のとおりである。

浚渫工	2 000 m ³
重防食鋼管杭打ち (KPP 鋼管杭)	91 本 (600 t)
コンクリート工	1 800 m ³
鋼製可動橋体工 (含付帯工)	220 t
油圧機器および電気機器据付工	1 式

5.2.2 海上杭打ち工事

本工事に使用した杭は、ポリエチレンを被覆した重防食鋼管杭である。打設した杭の仕様をTable 2に示す。

杭打ち歩掛りは、杭伏せのほとんどが斜杭であることと、構造が曲線形であったため、杭打ち船の転船が多く、実稼働日当たりで3.63本/日であった。加えて、杭打時期が2月から3月であり、現地のモンスーン時期に当たり、波浪(うねり)により杭打不可能な日が続ぎ、暦日当たりの歩掛は、1.98本/日まで下がってしまった。

使用したディーゼルハンマーは、KOBELCO KB 45とK 35を杭径に応じて使用した。

Table 2 Pile specifications

Structure	Polyester coated pile				Quantity (pcs)
	Dia. (mm)	Thickness (mm)	Pile length (m)	Coated length (m)	
Strengthening of exist bridge	φ 610	13	24	12.0~13.0	8
New access bridge	φ 762	13	23~31.5	12.5~14.5	35
Dolphins	φ 762	13	27~30	14.5~16.0	40
Fender pile (Tar epoxy painted)	φ 762	13	12~13.5	12.0~13.5	5
	φ 914.4	30	11~13.5	11.0~13.5	3

5.2.3 杭載荷試験

杭の設計支持力は、 $R_a=200$ t, 設計引抜き力 $R_u=100$ t である。現場の土質状況は Fig. 7 に示すように、海底面から 18 m (60 ft) 付近までは、 N 値 = 0 の軟弱なシルト質粘土で、それ以深に N 値 > 50 の岩盤層がありこれが支持層となっている。

打設杭の支持力確認の為に、最初に打設した直杭 (762 mmφ) を用いて、最大荷重 300 t の載荷試験および最大荷重 150 t の引抜き試験を実施した。なお、試験杭の打設時に得られた杭の動的支持力 (極限支持力) は $R_u=788$ t であった。

Fig. 8 および 9 に試験結果を示す。載荷試験、引抜き試験とも、荷重-変位曲線はほぼ直線を示しており、載荷した最大荷重が降伏荷重に達していないと判断でき、当初の設計支持力、引抜き力が妥当であると確認した。

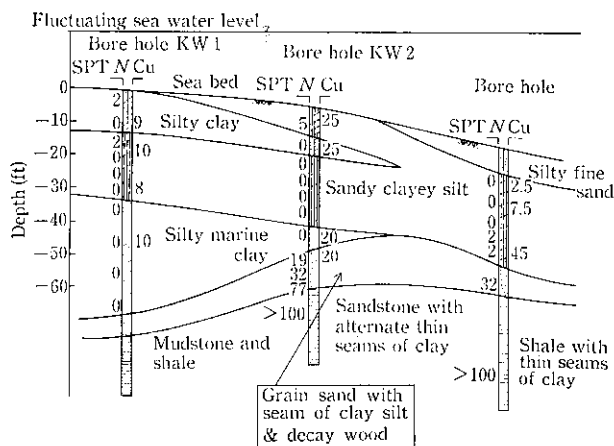


Fig. 7 Boring log

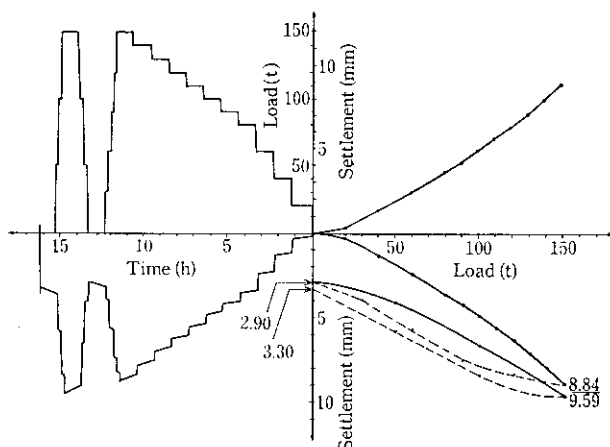


Fig. 8 Pile tension test result

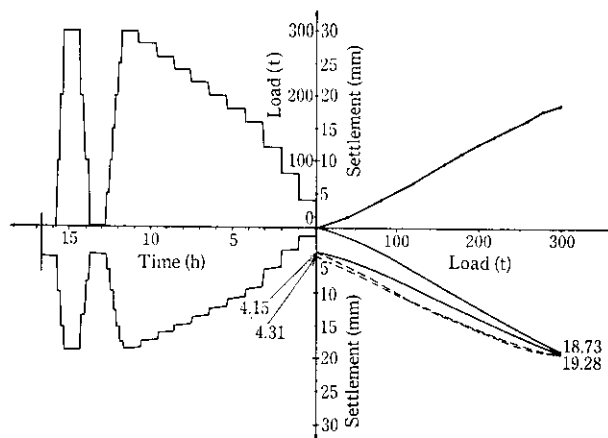


Fig. 9 Pile compression test result

5.2.4 コンクリート工事

本工事に使用した杭は、ポリエチレンの被覆を施しており、従来の鋼管杭のように直接杭にコンクリート型枠用の支保工を溶接する方法はとれず、Fig. 10 に示すように、杭頭部よりブラケットを出し、そこからロングボルトを下げる吊り型枠方式でコンクリートを打設した。

吊り型枠は、支持型枠に比較して不安定であるため、支保工材が増える傾向にあるので、安定性の確保と使用支保工材の削減の両方

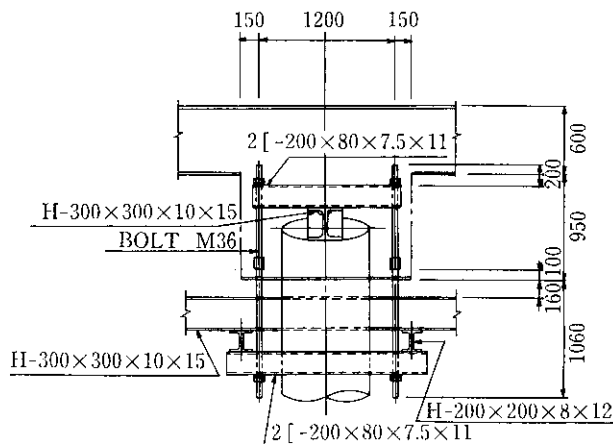


Fig. 10 Staging for concrete work

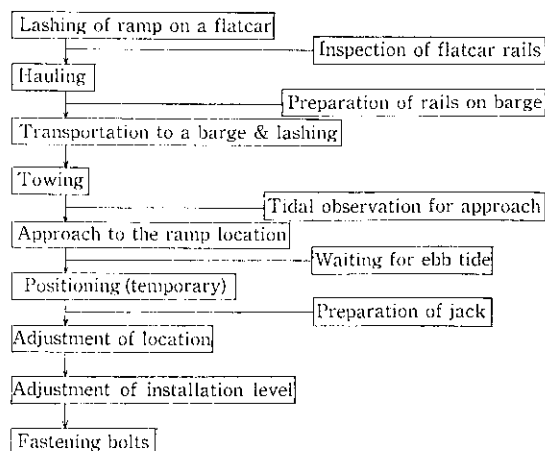


Fig. 11 Work flow for ramp installation

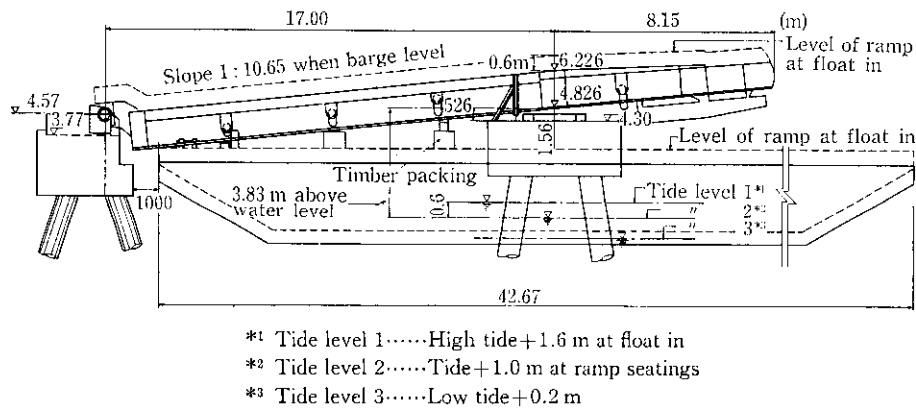


Fig. 12 Installation scheme



Upper: Loading ramp on barge
 Middle: Towing ramp to the site
 Lower: Approach to the ramp location
 Photo 2 Work flow for ramp installation

を考慮し、支保工を設計する必要があった。

5.2.5 可動橋体据付工事

現地工事において、最も困難でやっかいな工事は、いかに総重量163tの橋体を据えつけるかであった。現地での海上クレーン等の重機の有無、海象等を考慮し、最終的に潮の干満差を利用して据付ける工法を採用した。

橋体製作完了後からの運搬、据付のフローを Fig. 11 に示す。

橋体を平台船上に固縛する際に、Fig. 12 に示すようにヒンジ部とドルフィン部が同時に据わるように傾斜を持たせた。据付現場に到着した橋体は、高潮位+1.6mを待ち、据付位置に接近し、潮位が+1.0mになったとき、橋体はコンクリート構造物に支持された。その後、平台船のバラストを増し、平台船だけが現場より引き出され、仮据付が無事完了した。その後の平面位置、レベルの微調整は、3台のジャッキを使い、行われた。据付の様態を Photo 2 に示す。

6 結 言

東マレーシア、サバ州都コタ・キナバル市に建設した東西マレーシアを航路で結ぶフェリー用可動橋棧橋工事は、1986年8月に完工した。本工事の主な特徴は以下のとおりである。

- (1) 本可動橋は、負荷荷重が動荷重440t、静荷重620tと大きく、油圧シリンダー昇降方式を採用した。油圧システムは、高精度の2連式フローイコライザー、および、電気同調装置を設け、左右のシリンダーを確実に同調運転できる。
- (2) アクセス棧橋の現地工事においてはポリエチレンを被覆した重防食鋼管杭を基礎杭として用いた。
- (3) 重量構造物である可動橋本体の据付は潮の干満を利用して据付ける工法は採用した。

複合的な本プロジェクトは、港湾土木技術、油圧システム技術、加えて鋼構造物の技術が三位一体となって成功に導いたといえる。

本報文のおわりに、本プロジェクトの遂行にあたりご支援ご協力いただいた関係各位へ深甚の謝意を表します。