要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.17 (1985) No.4

フィリピン レイテ工業港湾設備のプロジェクトエンジニアリング
Project Engineering on Leyte Industrial Port

小倉　光夫(Mitsuo Ogura)　塚本　八郎(Hachiro Tsukamoto)　小林　信夫(Nobuo Kobayashi)　島　睦雄(Mutsuo Shima)　守永　見義(Miyoshi Morinaga)　上田　誠二(Seiji Ueda)

要旨：
当社エンジニアリング事業部により建設が進められていた比国レイテ港湾設備は，1984 年 8 月港湾荷役設備の性能試験を終え引き渡しを完了した。岸壁延長 665m の港湾構造物の構築につづき，800 t/h アンローダー2 基，2400 Bag/h シップローダー2 基，後続ベルトコンベア 8 連，液体貯蔵輸送システム，製品倉庫・管理事務所の建設および港湾操業に必要なタグボート，揚重機等の設備一式を納入したものである。基本計画から操業指導引き渡しまでを行うエンジニアリングとマネージメントの展開の中でローダー，アンローダーの Roll on-off 工事，岸壁の一部早期完成，進捗管理と支払請求事務処理の一元化などが実施され成果を挙げた。

Synopsis：
Leyte public port complex was constructed in August 1984 in the Philippines by Kawasaki Steel. The work was composed of dredging and reclamation, berth construction, mechanical handling and liquid handling facilities, storage building, tank and affiliated port facilities. The work was successfully performed by the project team of the Engineering Division using the well developed project management system. A major topic of construction is the ocean transportation of assembled 800 t/h ship-unloaders and 2400 bags/h ship-loaders on a roll on-off vessel. This delivery method greatly contributed to enhancement of the economical merit and strict adhesion to the construction schedule. The report discusses the engineering key points of the port facilities.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

川崎製鉄技報
17 (1985) 4, 401-409

フィリピン レイテ工業港湾設備のプロジェクトエンジニアリング*

Project Engineering on Leyte Industrial Port

小倉 光夫
Mitsuo Ogura
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部プラント技術室 主査(部長)・技術士

塚本 八郎
Hachiro Tsukamoto
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部プラント技術室 主査(部長補)

小林 信夫
Nobuo Kobayashi
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部プラント技術室 主査(課長)

島 睦雄
Mutsuo Shima
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部電気計装技術室 主査(課長)

守永 見義
Miyoshi Morinaga
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部プラント技術室 主査(課長補)

上田 誠二
Seiji Ueda
エンジニアリング事業部 製鉄エンジニアリング技術部プラント技術室 主査(掛長)

要旨

当社エンジニアリング事業部により建設が進められていた比国レイテ港湾設備は，1984年8月港湾荷役設備の性能試験を終え引き渡しを完了した。岸壁延長 665 m の港湾構造物の構築につづき，800 t/h アンローダー2基，2 400 Bag/h シップローダー2基，後続ベルトコンベア8連，液体貯蔵輸送システム，製品倉庫・管理事務所の建設および港湾操業に必要なタグボート，揚重機等の設備一式を納入したものである。

基本計画から操業指導引き渡しまでを行うエンジニアリングとマネージメントの展開の中でローダー，アンローダーの Roll on-off 工事，岸壁の一部早期完成，進捗管理と支払請求事務処理の一元化などが実施され成果を挙げた。

Synopsis:

Leyte public port complex was constructed in August 1984 in the Philippines by Kawasaki Steel. The work was composed of dredging and reclamation, berth construction, mechanical handling and liquid handling facilities, storage building, tank and affiliated port facilities. The work was successfully performed by the project team of the Engineering Division using the well developed project management system. A major topic of construction is the ocean transportation of assembled 800 t/h ship-unloaders and 2 400 bags/h shiploaders on a roll on-off vessel. This delivery method greatly contributed to enhancement of the economical merit and strict adhesion to the construction schedule. The report discusses the engineering key points of the port facilities.

1 まえがき

フィリピンのレイテ工業地区の開発はレイテ島トゴナン地区における地熱発電のエネルギーを中軸として行われ，フィリピン国内の中心的立地条件を生かし，同国有数の資源である銅鉱石を集めて精錬工場を建設し，資源に高い附加価値を与えた製品として生産するものである。さらに副産物の硫酸と輸入したアンモニアおよび燐鉱石を利用して化学肥料を生産する工場を隣接して建設したものがレイテ工業開発である。

この工業開発の公共港湾として **Fig. 1** に示す如く，レイテ公共港湾がフィリピン開発庁 (National Development Company: NDC) により計画され，Pacific Consultants International (PCI) がコンサルタントに起用されて，プロジェクトが実施された。

本プロジェクトの港湾構造物の調査，計画，設計，施工に関するエンジニアリングの実績と，岸壁の構造特性については前報[1] で詳しく述べた。本報文では岸壁上に設置された原料アンローダー，製品ローダー等 **Table 1** に代表される港湾設備の計画，施工，特殊工法の採用，操業指導の実施等を含め港湾設備のフルターンキー契約実施の全過程を通して展開されたエンジニアリングの実績を，プロジェクトマネージメントの面からとらえ記述した。

2 プロジェクトエンジニアリングの展開

一つのプロジェクトを顧客より受注して，それを完成させるまでには各種各段階ごとにエンジニアリングの活動が展開される。この総合的なプロジェクトエンジニアリングをいかに効率的に展開するかが，エンジニアリングマネージメントの技術である。

18箇月の受注活動のあと，応札し，9箇月で契約にまで到達した。契約後は，契約期間通りの27箇月でプロジェクトの諸フェー

* 昭和60年8月9日原稿受付

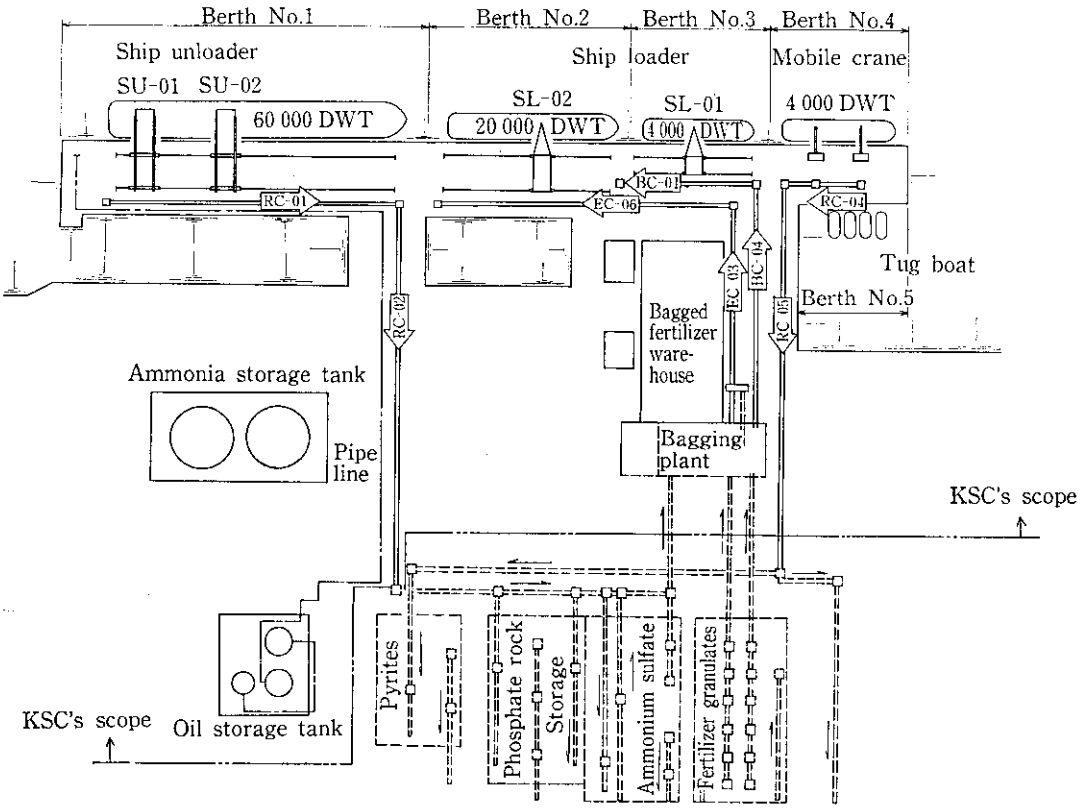


Fig. 1 Outline of lay-out

Photo 1 The whole view of the Leyte Port project

ズの展開がなされ，メカニカルコンプリーション（機械的試運転完了）までを順調に達成した。**Photo 1** に完成したレイテ港の全景を示す。

客先供給の電力の遅延があったためにパフォーマンステストまで3箇月を要したが無事検収を得ることができた。契約後30箇月で土木工事からアンローダーの負荷運転まで含む港湾設備のフルターンキープロジェクトを完了することができた。

受注前活動から入れると，4年9箇月のプロジェクトであった。この間のプロジェクト活動の展開を **Fig. 2** に図式化して示した。

3 エンジニアリングの流れ

港湾設備のフルターンキープロジェクトにおけるエンジニアリングの流れは **Fig. 3** のごとくすすめられた。

客先との契約仕様書にもとづき，エンジニアリングの概念計画および基本計画を作成し，これに現地調査による条件や港湾としての運用条件を十分に加味して，実施計画へとすすめた。

特に港湾設備としてのエンジニアリングの留意点としては次の点であった。

(1) 気象，海象条件を充分調査し船舶の入出港が安全にできるように航路ならびに岸壁の位置を計画した。

(2) 入出港船舶数と取扱貨物量を充分検討し岸壁接岸率を平均デマレージの発生の少なくなるよう荷役設備を計画した。

(3) 土質条件などをふまえて経済的，機能的な岸壁構造物として鋼管矢板構造を主要部分に採用した。

(4) 燐鉱石の荷場には防塵装置を備えたアンローダー，袋詰された肥料の船積にはスパイラルシュート型シップローダー，液体アンモニア，硫酸の荷役にはフレキシブルローディングアーム等の諸設備を備えた。

(5) 岸壁には，離接岸に必要な諸設備を設け，海象条件にあわせたタグボート，ラインボートを準備した。

(6) 倉庫，計量，気象，海象測量，通信設備など港湾管理に必要な附帯設備を設置した。

これらの点を基本計画におり込み，エンジニアリングを進めた。

4 プロジェクトスケジュール

本プロジェクトにおいて，プロジェクトマネージメントの重要な管理項目として設定したものは，スケジュール管理である。

プロジェクトスケジュールの設定は，まず，契約期間，コントラクトマイルストーン，メインプラントとの取合工期，客先電力，ユーティリティーの供給時期等に各ワークパッケージ間の取合，ワー

Table 1 Summary of equipment list

Berth	Mechanical and liquid handling equipment	Handling materials (t/year)
Berth No. 1 —Wharf Length 280 m —Sea Bottom −12.7 —Vessels 2 000～60 000 DWT	—Shipunloader 880 t/h × 2 units —Belt coveyor RC-01/02: 1 670 t/h × 2 —Pipe line and load facilities ・10″-sulphuric acid ・10″-phoshoric acid ・16″-ammonia ・8″-fuel oil ・6″-diesel oil ・8″-fire water ・6″-potable water ・2″-steam and air —Storage tank ・Ammonia 15 000 t × 2 ・Fuel/diesel oil 3 000 kl × 3	—Phos-rock 900 000 —Potash 25 000 —Urea 10 000 —Sand 15 000 —Sulphuric acid 373 000 —Phosporic acid 140 000 —Ammonia 200 000 —Fuel/diesel 35 000 —Others ・Cathod coppor 138 000 ・General 10 000
Berth No. 2 —Wharf length 165 m —Sea Bottom −9.0 —Vessels 4 000～2 000 DWT	—Shiploader × 1 Bagged fert: 2 000 bag/h Bulk fert: 300 t/h —Belt conveyor EC-03/06: 2 400 bag/h・max 330 t/h	—Bagged fertilizer 226 000 —Bulk fertilizer 474 000
Berth No. 3 —Wharf length 110 m —Sea bottom −5.5 —Vessels 4 000 DWT	—Shiploader Baggec fert: 2 000 bag/h × 1 —Belt conveyor BC-04/01: 2 400 bag/h・max	—Bagged fertilizer 160 000
Berth No. 4 —Wharf length 110 m —Sea bottom −5.5 —Vessels 4 000 DWT	—Mobile crane with grab bucket 50 t × 1 40 t × 2 —Belt Conveyor with Hoppor RC-04/05: 120 t/h・max	—Pyrite 280 000 —Coal 25 000

クパッケージ内の主要作業および船積時期を加え，約350点ほどの接合点を持つマスターネットワークスケジュールにより検討し，決定した。資材および機材の荷揚に用いる為の岸壁の早期完成，ロールオンの時期，機器の船積予定，設備別の建設予定および試運転調整の時期など重要項目のスケジュール管理は，このマスタースケジュールにより実行された。

次にマスタースケジュールは各作業ごとに細分化し，バーチャートによりスケジューリングすると同時に各作業別にその作業量を設定し進捗度予定（Sカーブ）を付加し，工程および進捗度の管理を行った。各作業の作業量の設定は，価格比，重量比および完成度率（一連の作業工程中の仮組，溶接，検査など主要工程要因によって格付けされた比率を用いた）によって算出した。これ等のデータは客先に提示したB/M（納入品明細書）およびサブコントラクト契約に用いたB/Q（建設明細書）とも同一のものとし，現地に持ち込んだパソコンによりデータ処理を行った。このことにより，工事の進捗管理と客先への出来高請求，業者への月例支払いの事務処理も同時に行える簡便なシステムとすることができた。バーチャートとSカーブを合せた管理図表の例として **Fig. 4** に設備関連の建設工程，進捗度予定表を示す。

5 プロジェクト組織

プロジェクト組織がプロジェクト運営の基本であり所定の目的を果たすべく選定され配列される必要がある。非常に多くの関連する分野の人達の能力を個人の力でなく，組織の総合力として発揮することが肝要である。

本プロジェクト組織の特徴はプロジェクト前半の土建工事段階と後半のプラント工事段階のフェーズに分けて，そのフェーズに適した要員を配することに心掛けた。プロジェクトコーディネイター，現地マネージャーを含くめ構成メンバーをその段階によって決めた。**Fig. 5** に現地の組織を示す。

大別すると本社のエンジニアリング事業部とローカルオフィスとしてのマニラ事務所，現地のレイテ工事事務所の3箇所に拠点を置いた。マニラ事務所は，工事事務所分室として，客先本社との連絡

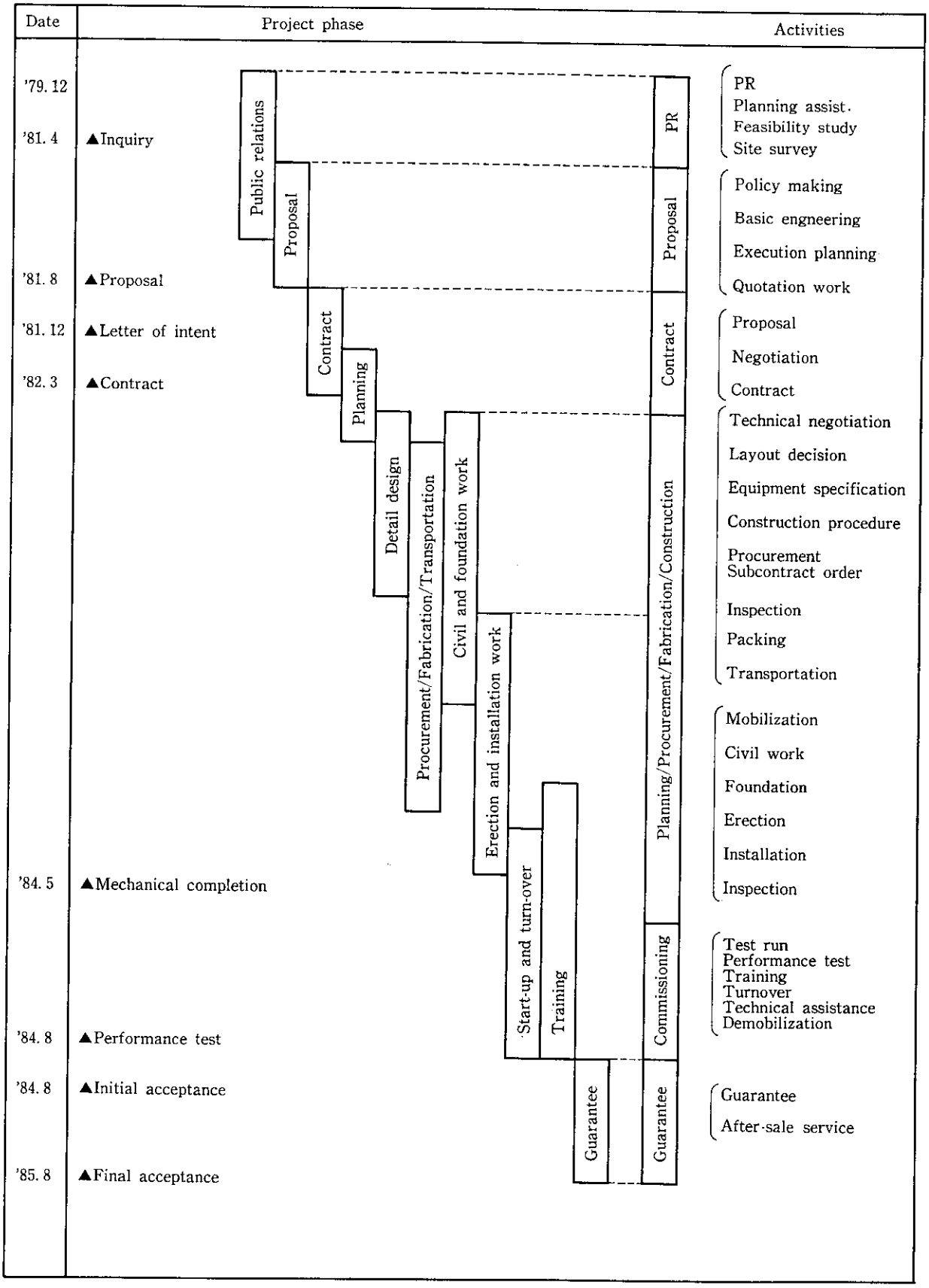


Fig. 2 Construction phase cycle in Leyte Port project

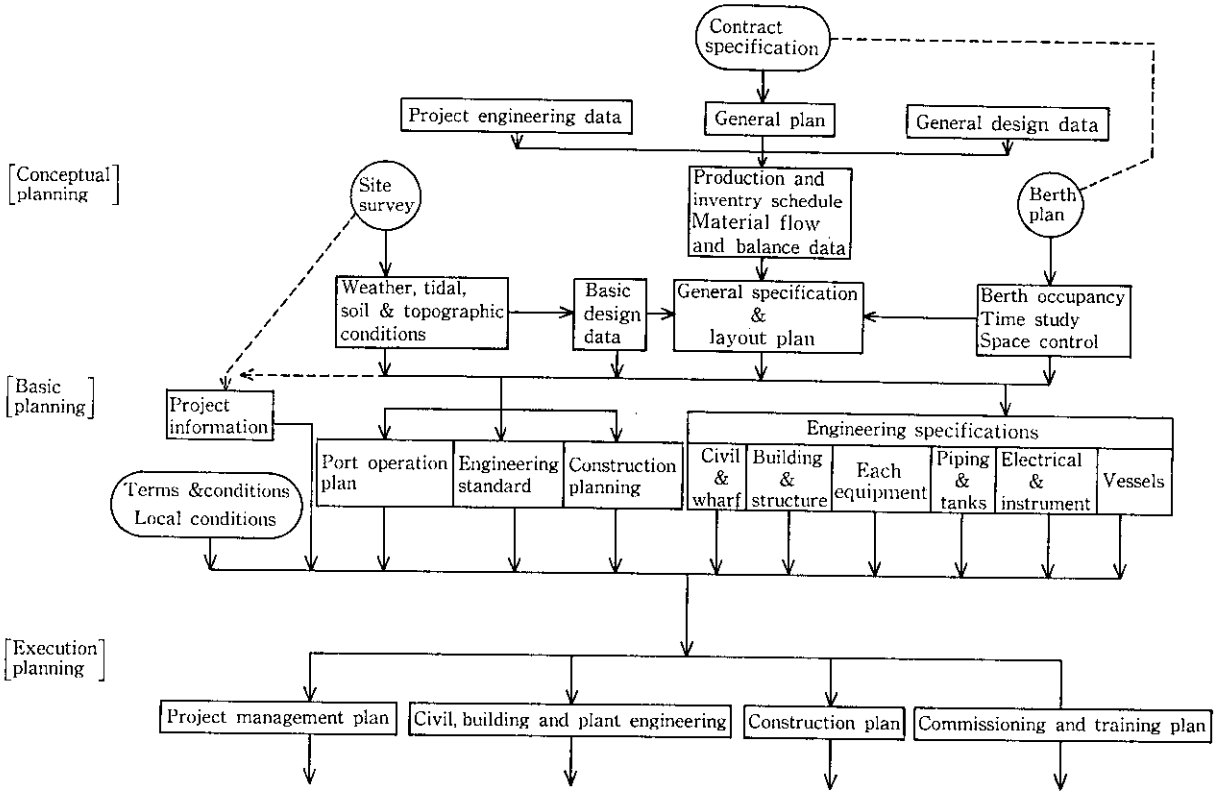


Fig. 3 Engineering work flow diagram

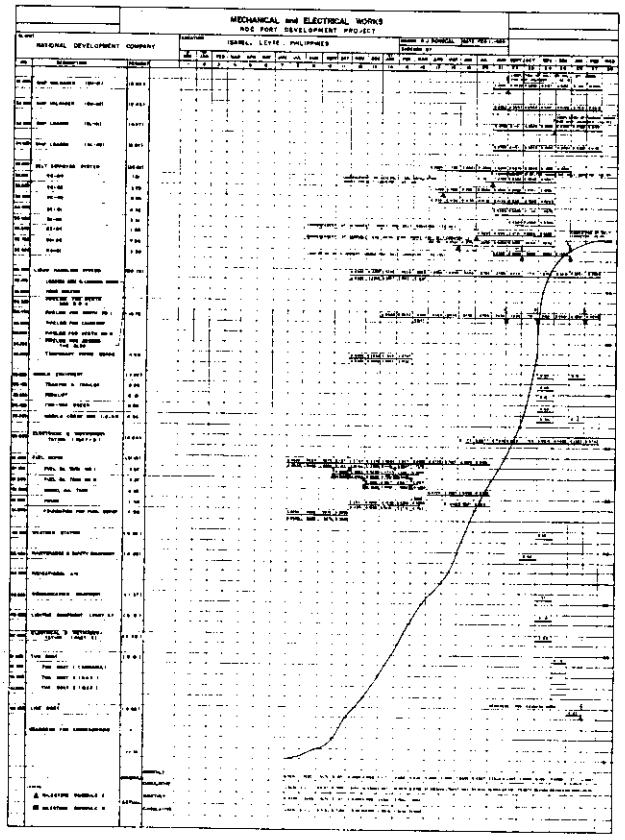


Fig. 4 An example of construction schedule and mileston control chart

業務ならびにサイトとホームオフィスとの連絡中継点の役割をはたし，情報ならびに輸送管理の重要な中枢であった。

客先，コンサルタント，サブコントラクター，すべてが英語文化圏の人間であり，プロジェクト運営の会議，通信，報告等すべて英文で行なわれた。このためにフィリピンのスタッフをこの組織の中に組込み戦力と潤滑剤として活用した。特に建設現場では日比混成チームとして効果を発揮した。

本社ではプロジェクトとライン組織をマトリックス方式で全体をとりまとめ，プロジェクトマネージャーの下にこれを監督するプロジェクト委員会を設けた。

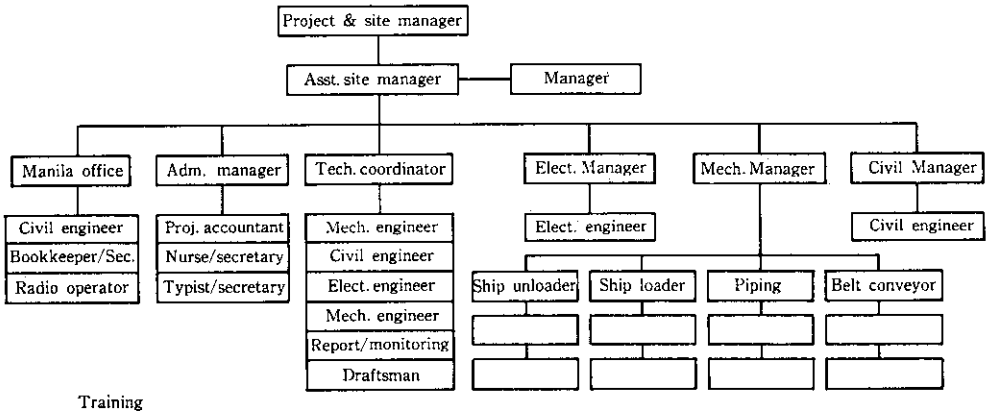
6 コンストラクションマネージメント

海外プロジェクトでは現地の建設がプロジェクトの中心をなすものであり，この運営管理能力がプロジェクトエンジニアリングとしてのキーポイントである。

本プロジェクトの現地工事の実施は複数サブコントラクト契約形態であり，土木，建築，プラント，タンク等それぞれの工事単位に最適なフィリピンの業者を選択して行った。

コンストラクションマネージメントは，客先との契約と対サブコン契約の両面管理の性格があり，これを同時平行的にバランスさせて行ってゆくところが最も留意した点であった。

特に前述のプロジェクトスケジュールに従って計画通りにコンストラクションをすすめるには，自明であるが，すべての段階に応じた計画を設備区分に従って綿密に行う必要がある。またこの建設の実施管理として品質，コスト，期間の達成のためにプロジェクト活動の管理システムを確立した。このシステムの基本機能は，計画，



Training

Ship unloader	Ship loader	Belt conveyor	Two way dozer	Electrical
Operation (mech.) Operation (elec.) Maintenance (electrical) Maintenance (mechanical)	Operation (mech.) Operation (elec.) Operation (loading) Maintenance (mech.) Maintenance (elec.)	Operation Maintenance Splicing of belt Belt weigher Maintenance (elec.)	Operation Maintenance	Operation Maintenance

Fig. 5 Site organization chart

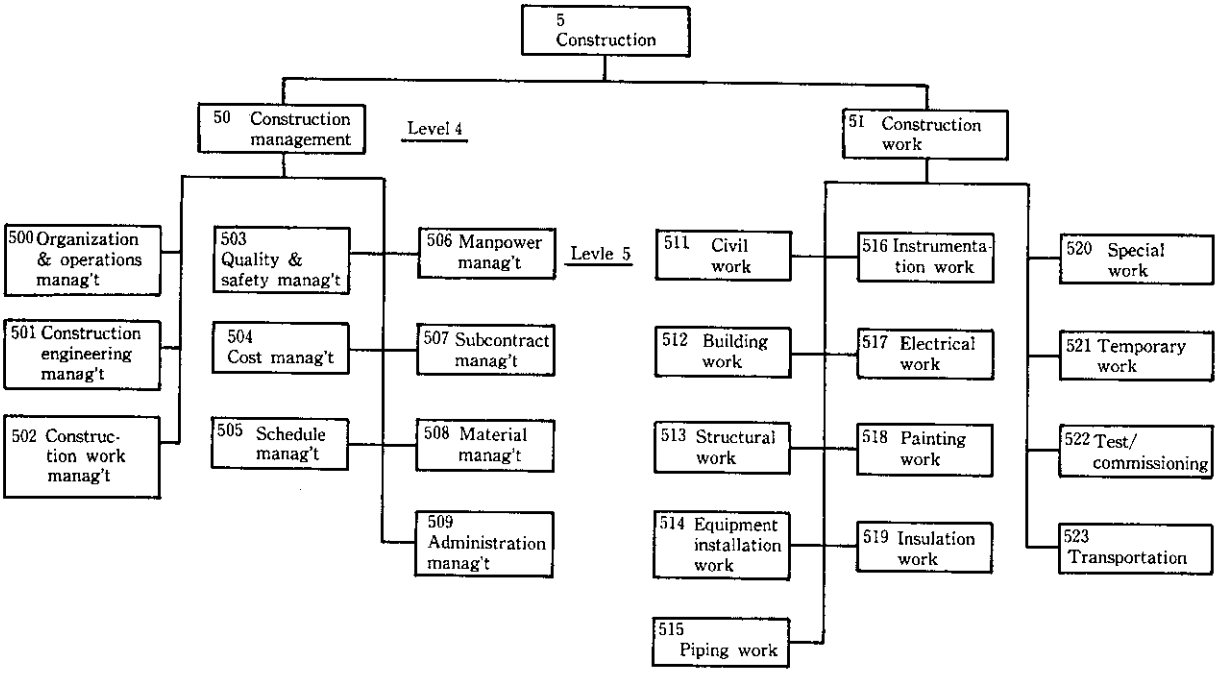


Fig. 6 Construction work breakdown structure

統制，管理，報告の管理サイクルから成っており，設備単位区分ごとに実施した作業を充分に監理し報告し，それを次の作業計画に反映してゆくことの繰返しからなっている。

本プロジェクトのコンストラクションマネージメントの作業単位としての分割はその設備構成と現地の組織とを勘案して Work Break-down Structure (WBS)[2] の概念で **Fig. 6** の如く区分した。この作業単位に従って作業管理を実施し，それぞれの設備の建設を管理し実行された。

7 マンアワーおよび建設機械管理

コンストラクションマネージメントの重要なポイントは，期間とコストにある。その重要な支配要因の管理は，コントラクションに必要な工数と建設機械の合理的割付けといっても過言ではない。

本プロジェクトではサブコントラクト形態であるが，コンストラクションマネージメントでは一貫して，建設計画の立案からサブコントラクターに予定作業量，据付重量等を提示し，それに対する動員計画，建機計画をプランニングさせ，実績をとらえてその結果を

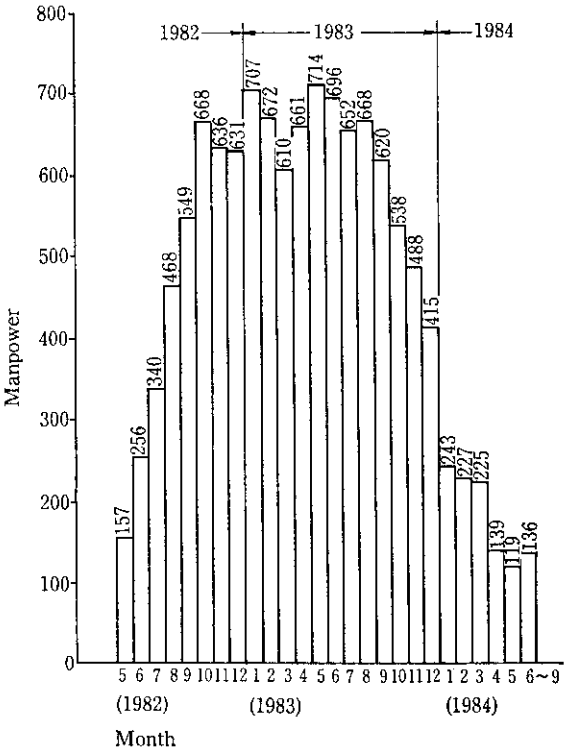


Fig. 7 Total manpower pile

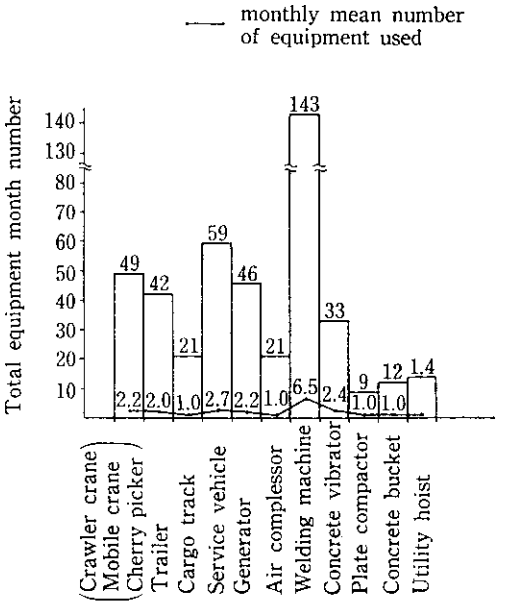


Fig. 8 Construction equipment pile

すぐに反映させた。**Fig. 7** および **8** は作業区分毎の実績表である。

現地工事は，構築物数，機器数などの数多くの複雑度が高く，スケジュールコントロールの重要性が大きかった。さらにスケジュール内での作業員と建機類を有効に利用してゆくことが，最も大切な日常の管理作業であった。

8 シップアンローダーおよびローダーの据付

本プロジェクトの建設工事の中で特記すべき新しい工法は Roll on-off 工法を採用したことである。800 t/h アンローダー2基と 2 400 Bag/h ローダー2基の計4基の大型荷役機械を日本で組組をして，それを一隻の Roll on-off 船に載せて現地まで海上輸送した

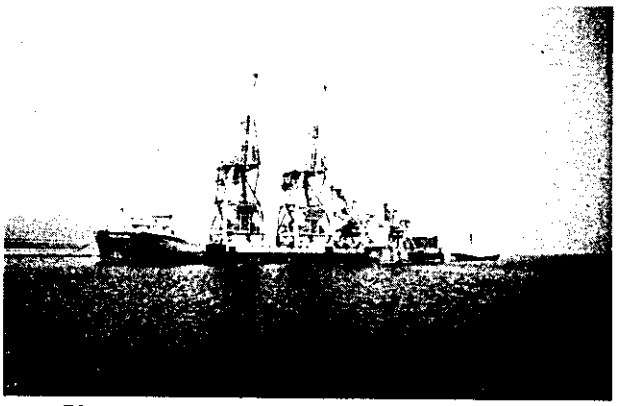


Photo 2 Trasportation of loaders/unloaders to site

(**Photo 2**)。現地では短期間に船のウインチを用いて Roll off を行い岸壁レール上にこれらの機器の据付けを行ったものである。

この Roll on, Roll off 工法は，次の本プロジェクトに利点を与えたといえる。

(1) 日本国内で総組立を行うことにより，所定の期間内に高品位の製品として製作された。

(2) 現地でのバラ組工事には予測できない不安要因が入る恐れを取りのぞいた。

(3) 現地組立の場合必要なフローティングクレーンや大型組立クレーンを不要とした。

(4) 岸壁上に組立用スペースやクレーン用の基礎を不要とした。

(5) 土木工事期間を経済ベースで行えるよう選定し，土木工事が完成したところへ搬入することができた。

(6) 日本国内で，負荷試運転テストまで行うことができたため現地ですぐに商業運転に入れた。

このアンローダーの総組輸送法については，フィリピンの P.S.C. のミンダナオ工場へ 1 800 t/h アンローダー2基を4分割の大組輸送を行って以来，トリニダードトバコへ 600 t/h アンローダー2基，フィリピン PASAR へ 300 t/h アンローダー1基を輸送した実績の中で，段階的に一体総組までもって行った。今回はじめて4基のアンローダー，ローダーを一隻で同時輸送するという港湾荷役機械の総組による海上輸送の技術を確立することができた。

台風の発生を把握しそれを回避するための気象予知と通信連絡技術が宇宙通信などを利用して進歩してきたために船の動揺計算[3]とあわせてこのような大型荷役機械の総組み海上輸送を行うことができるようになった。

積荷状態における総合重心と安定性の関係を **Fig. 9** に示し，計

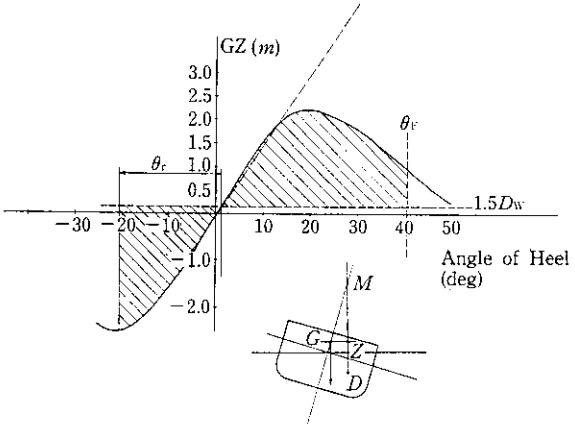


Fig. 9 Stability curve of roll-on/off vessel

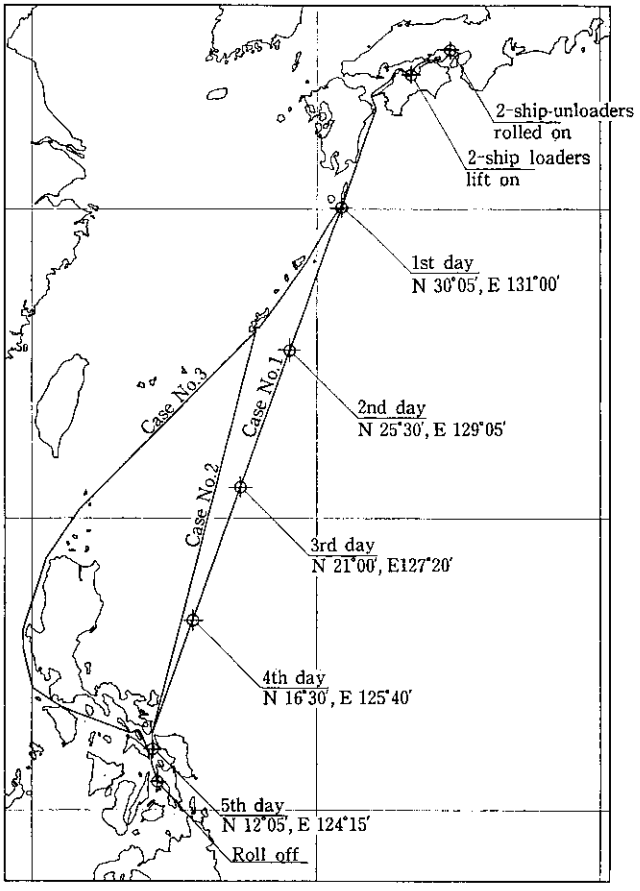


Fig. 10 Navigation routs map

```
**********************
**   ROUTE DATA     **
**********************

SHIP NAME          GULF BRIDGE
ROUTE              JAPAN-PHILIPPINE
VOY. NO.           25
SEASON             JUN-AUG.
FILE NAME          STAMOTN
COMMENT            UNLOADER

DATE               1982.09.21
OPERATOR           DOI

** CALCULATION CONDITIONS **

TW;  ORDINARY
HW;  NV CONVERSION
WAVE FREQ.;  NV CONVERSION

** WAVE CONDITIONS **

MEAN WAVE PERIOD (SEC) ............... 6.39
MEAN WAVE HEIGHT (M) ................ 2.25
SIGNIFICANT H1/3 (M) ................ 3.94
```

0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
16.8	13.8	9.3	6.4	4.9	4.2	3.9	4.2	4.9	6.4	9.3	13.8

** WAVE DIRECTION FREQUENCY **

WAVE DIRECTION (DEG)											
0	30	80	90	120	150	180	210	240	270	300	330
12392	10290	9064	11166	7667	3572	2542	2910	3379	6156	13627	15513

TOTAL=100000 (CALM= 3285)

** ROUTE DATA **

P.NO	LATITUDE (D.M)	LOGITUDE (D.M)
1	N 34.00	E 135.00
2	N 13.14	E 124.36

Fig. 11 Example of output data used in stability calculation

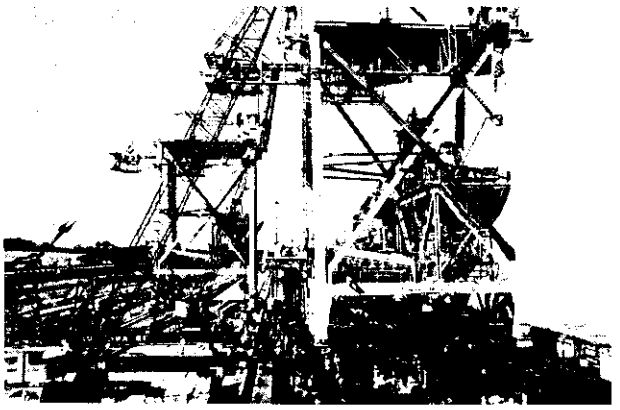


Photo 3 Roll off work at site

画航路とこの航路上での波浪データを夫々 **Fig. 10** および **11** に示す。また，現地におけるロールオフの様子を **Photo 3** に示す。

9 技術移転と検収試験

本契約の中で取り決められていた技術移転の範囲は，納入設備に関する運転および保全の教育から，港湾管理の手法にいたる広範囲なものである。また，設備の最終検収は，設備の引き渡し後1年以内に，客先自からの技能で行う操業において所定の平均能力を達成すべし，という非常に厳しい条件であった。

トレーニングの実施は，当社千葉製鉄所および比国 PSC 社における類似設備を用いた実技から管理手法に及ぶ教育と，現地における実機によるトレーニングへと綿密に組まれたトレーニング計画にそって充分に行われた。

Table 2, Fig. 12 は夫々アンローダーラインの検収条件とテスト方法を示している。Table 2 の第3項が，本来なら引渡し後1年以内に達成すべきアンローダーの1船取り切り能力を示す。これは単に設備の優秀性のみならず，運転者の技術，ハッチスケジューリング等総合力の成果として達成し得るものである。本プロジェクトでは，この能力を設備検収時の試験で同時に達成するという快挙を為し，プロジェクトコストの大幅削減を計るとともに，納入設備の

Table 2 Performance test conditions of shipunloder

Performanc Test on the Contract		Actual Performance Test	
Item	Capacity (t/h)	Condition	Actual capacity (t/h)
1. Unloader			
1 3 points unloading			
SU-01	970	Vessel:	1 102
SU-02	970	30 000 DWT	1 029
2 One hour unloading		Handling material: Phos-rock	
SU-01	750		873
SU-02	750		822
2. Belt conveyor			
RC01/02: Max. cap	1 670		1 737
3. Unloader		Vessel: 60 000 DWT	
3 Average unloading (90% total Q'ty)	500	Handling material: Phos-rock	510

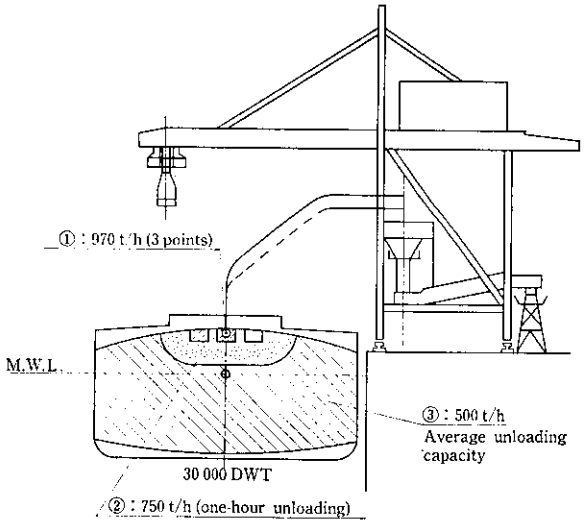


Fig. 12 Illustration for performance test condition

品質の高さ，技術移動の完全さを証明するものとして客先を満足させた。

この種大型ターンキーベースのプロジェクトの遂行にあたっては前述の如き種々のエンジニアリング手法が要求されるものであるが，そのエンジニアリング技術の基盤として，自社みずからが行っている操業の経験が，建設経験と共に，いかに有用であるかを今回あらためて感じさせられた。

10 結　言

レイテ港湾設備プロジェクトの技術は当社の千葉，水島両製鉄所の建設過程で蓄積された港湾土木技術とマテリアルハンドリング技術を融合したものと，P.S.C. とツバロン製作所など経験を重ねた海外プラント建設のプロジェクトマネージメント技術とが合体して完成したものといえる。

世界の物流の動きが一層広がる中にあって，このような港湾設備の需要は資源国や発展途上国において，まだまだ数多く必要とされて来ている。

エンジニアリング事業部が，土木，建築，プラントの力を結集して，本プロジェクトを港湾設備プロジェクトのパッケージの実績としてフルターンキーで完成させた意義は大きい。鉄鋼分野の技術を銅や肥料の分野へ応用した実例である。今後さらにここで得られたエンジニアリング技術がインフラストラクチュアーの増強ならびに広く一般産業分野の港湾設備として展開されゆくことが期待される。

参 考 文 献

1) 富永真生，柳　豊和，石田昌弘および細谷由光：「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** (1984) 2，56～65
2) たとえば「海外における現場運営の研究（その 2)」，(1983)，29～45，[(社)エンジニアリング振興協会]
3) たとえば井上正祐：「船舶工学便覧」，(1969)，543～562，[コロナ社]