

# 大形クレーンの大組み海上輸送

## Transportation of Completely Assembled Large Gantry Cranes

コンテナクレーン、アンローダなど港湾用大形クレーンの現地据付工事が果たす技術的及び経済的役割は、工場での製作範囲に匹敵するほど重要なものである。品質管理のゆきとどいた工場内で製作され、かつ組み立てられた大形クレーンを分解することなく組み立った状態で海上輸送することは、現地据付工事で生ずる種々のリスクが回避でき、かつ工期の大幅な短縮が可能となる。最近国内はもとより海外向けでもこの工法が成功裏に実施されるに至り、港湾用クレーン据付の新しい分野としてこの工法が定着化し、納期短縮、品質向上に威力を発揮しているため、その概要について述べる。

板倉慶隆\* Yoshitaka Itakura

岩池昭二郎\* Shôjirô Iwaïke

大原 守\* Mamoru Ôhara

### 1 緒 言

大形構造物の現地据付は、工場で作成された各ユニットを現地へ単品輸送し、それらを現地で組み立てるといった方式がとられている。しかし近年、大形橋梁やプラントでさえも工場を組み立てられて海上輸送で現地へ送られ、工期の短縮・現地工事のリスク回避が図られている。クレーンの中にあつて、港湾荷役用のコンテナクレーンやアンローダのような大形クレーンは、現地据付期間が4～5箇月と長く、この間貴重なヤードやバースの使用が制限され、ヤードの稼働率が低下するためユーザー側からも大組み輸送の実現が望まれていた。これらのクレーンは一般に4本の細長い脚の上方約30m近くに、機械室、トロリ、電気室などの重量物が装備されている高重心の構造物でもあるため、揺動を伴う大組み海上輸送には多くの解決すべき問題点をもっていた。特に外国向けの長期間外洋航海に当たっては、海洋気象の予測、海外積卸し作業などの計画を綿密に立案し、各ステップごとの問題点を一つずつ解決してゆき、万全を期さなければならない。本報告は日立製作所が実施した6件の実績をもとに、クレーン大組み輸送の概要について述べるものである。

### 2 大組み輸送の背景

大形クレーン完成までの前半期は、工場での機械、電気などの機素部品の製作、鉄骨構造物に代表される大形製品(一般に輸送に便なるように小分割される。)及びユニット化された装置の組立てと工場内試験である。工場内で完成した各機器は各々単独の状態一般貨物船に積まれて据付地まで輸送される。後半期の現地での工程は、水切り作業、組立工事及び現地性能試験であるが、特に海外での現地組立て工事はユーザー側及びメーカー側にとっても、表1に示すように工程、安全性、品質の確保などについて多くの問題点をもっていたが、これらはクレーンの大組み輸送の成功によって一挙に解決することができるようになった。

### 3 大組み輸送方式

現在用いられている大組み輸送方式及びその特長を表2に、代表例を図1に示す。これらのうち、どの方式を採用するかは輸送距離、現地でのフローティングクレーンの有無、バース\*1)の性能、現地岸壁の強さ、経済性、安全性など多くの条

表1 現地組立方式の問題点と大組み輸送方式の利点 現地組立方式と大組み輸送方式を、ユーザー及びメーカーの立場から比較したものを示す。

	現地組立方式の問題点	大組み輸送方式の利点
ユーザー側から見た場合	据付工事の長期化(4～5箇月) 荷役ヤードの広範囲占有化 (既存荷役設備の稼働範囲制限) 事故ポテンシャルの増加	据付工事の短縮(1.5～2箇月) 占有区域の減少(約1/3) (既存荷役設備の稼働範囲拡大) 現地工事減少による事故ポテンシャルの減少
メーカー側から見た場合	工事用重機械の確保が困難 (工事の長期化) 品質の確保が困難 (ハイレベル作業者の不足)	重機、工事機材の調達容易 ハイレベル作業者の確保可能

表2 大組み輸送方式 現在用いられている大組み輸送方式の概要と特長を示す。

輸送方式	納め先及び製品名	輸送距離(km)	輸送内容	特長及び特記事項
フローティングによる宙づり輸送	北九州市(太刀浦): コンテナクレーン	80	フローティングクレーンでクレーンを宙づりしたまま、工場から据付地まで輸送。	●完全組立状態(走行装置付)で輸送可能 ●バース不要 ●比較的距離かつ内海輸送
リフトオン・リフトオフ方式	高知県: アンローダ 神奈川県: アンローダ 神奈川県: アンローダ	330 1,300 1,300	バースへの積み込み、積卸し共にフローティングクレーンを使用。	●バラスト調整装置なしのバースが使用可能 ●積み込み積卸し時間が短い。
リフトオン・ロールオフ方式	QASCO: アンローダ(カタル) MTL: コンテナクレーン(ホンコン)	12,000 2,200	バースへの積み込みはフローティングクレーンで、現地での積卸しはころ引き作業又は自走。	●積み込みは1日ぐらいで完了するが、積卸しに7～10日を要する。 ●バラスト調整装置付バース必要。 ●外航輸送
ロールオン・ロールオフ方式	該当なし	—	バースへの積み込み、積卸し共にころ引き作業又は自走。	●タイヤマウントトランスファクレーンのような自走式クレーンに有効。 ●フローティングクレーン不要

※1) 大形のプラントや機械を輸送するために使用する箱形の台船をいう。自航式と非自航式がある。

\* 日立製作所笠戸工場

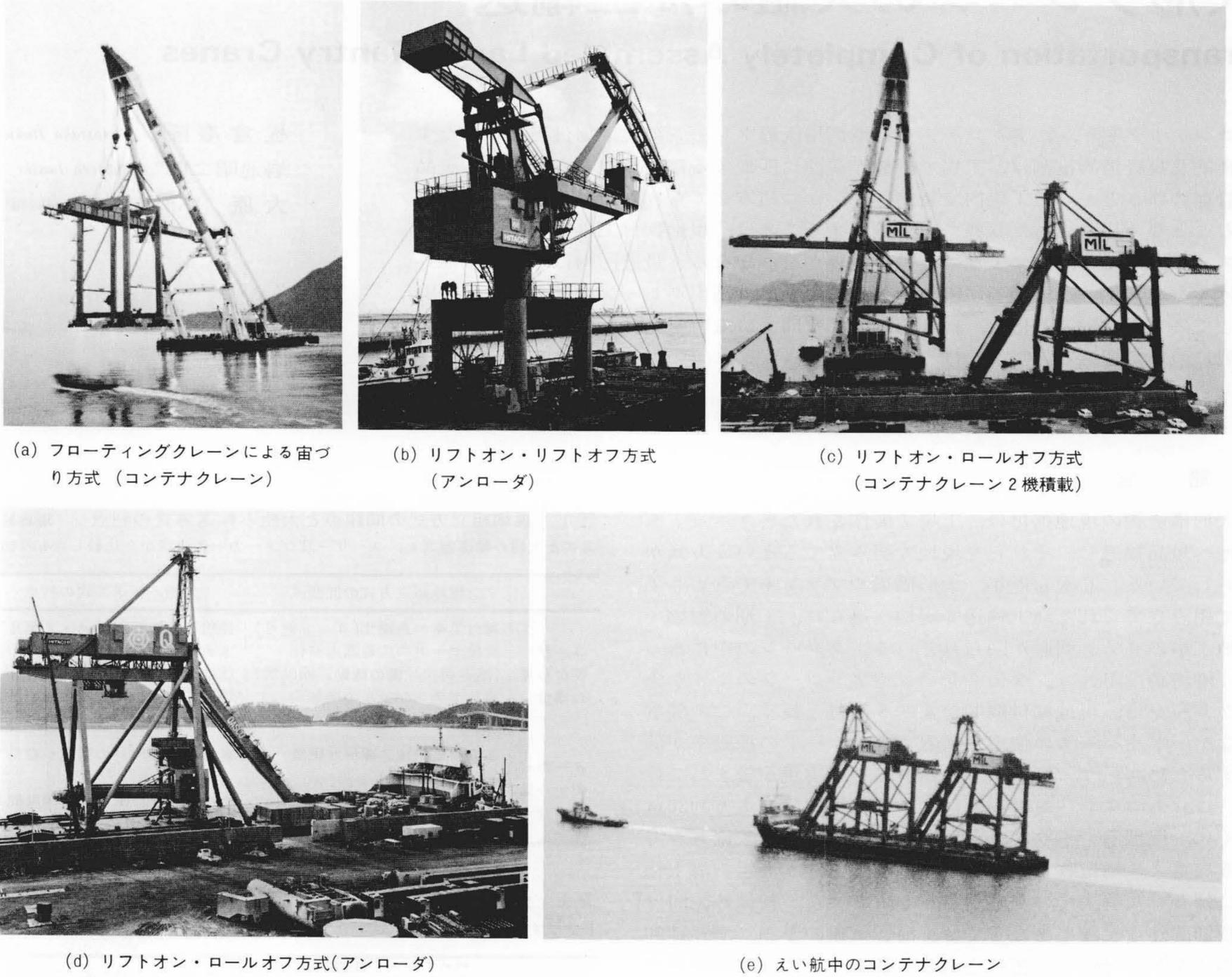


図1 輸送中の代表例 輸送方式の実績代表例を示す。

件を検討した上で決められるべきもので、一概にどの方式が良いとは言えない。最近の傾向としては、国内輸送の場合は、目的に応じたフローティングクレーンが調達しやすいため、積み込み、積み出し日数が少なく済むリフトオン・リフトオフ方式が多く用いられている。一方、海外向けでは現地でのフローティングクレーンの調達が困難であることから、リフトオン・ロールオフ方式が多く用いられている。今後需要が見込まれているタイヤマウントトランスファクレーンのように、自在に自走可能なものについては条件が許すかぎりロールオン・ロールオフ方式が理想的である。

#### 4 輸送技術

従来の部品又はユニット単位の輸送から、完成品又はこれに近い大組み輸送への転換に当たって、最も留意すべき点は、あらゆる輸送作業段階でクレーンに作用する外力がクレーン稼動時に作用する外力と根本的に異なるということであり、輸送作業手順を詳しく分析してゆき、相違点を把握することが重要である。図2は輸送作業手順と検討事項の概要を示したものであるが、主な検討項目は次のように分けることができる。

##### 4.1 輸送ルートを選定

過去、日立製作所が実施した大形クレーンの大組み輸送の

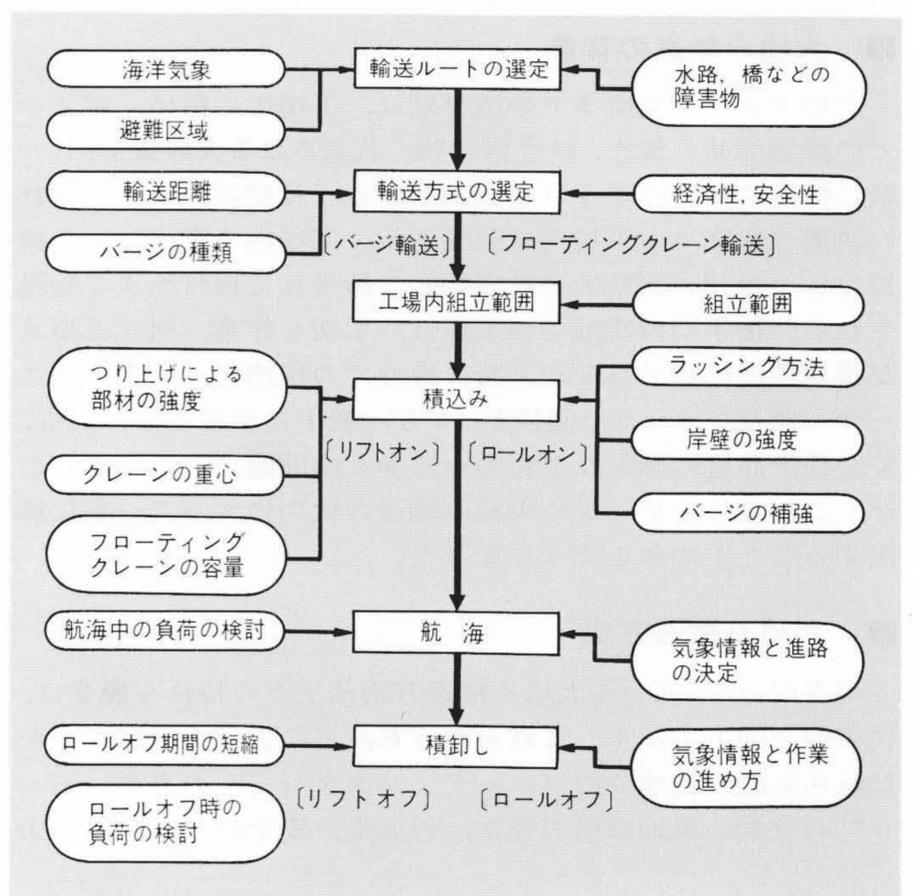


図2 大組み輸送方式の検討項目フローチャート概略 大組み輸送の場合の計画から実行までの流れと、その過程に伴う検討事項をまとめたものである。

輸送方式、製品名を表2に示す。輸送距離は、山口県下松市～福岡県北九州市間約80kmの近距離から下松市～カタール間約12,000km(航海日数41日)の遠距離に及んでいる。

輸送に当たっては、海上の気象条件<sup>1)~5)</sup>を考慮して、できるだけ風波の影響が少ない季節を選び、かつ気象の急変に対応するための緊急避難区域を考慮に入れてルートを選定する必要がある。

4.2 工場内組立範囲

現地据付工事の短縮を考えると、工場内で完全な形に組み立てて発送することが望ましいが、輸送方式、航海中の安定性・安全性、現地での積卸し方法などを考慮して決定する必要がある。過去実施してきた大組み輸送時の工場内組立て範囲は図1に一例を示すが、フローティングクレーンによりバージへ積み込む前と後では、後述するように荷姿が多少変わってくる。

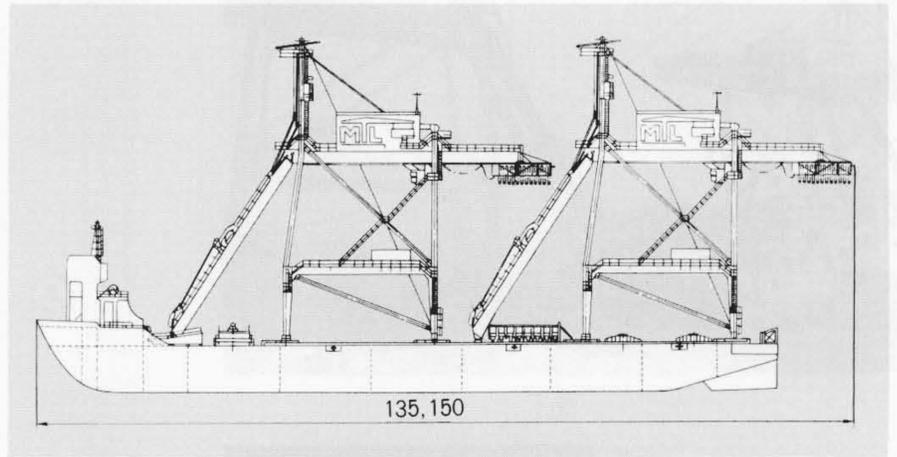
4.3 積み込み・積卸し技術

ここでは現在最も多く用いられているリフトオン・ロールオフ方式について概要を述べる。その他の積み込み、積卸し技術は、おおむねリフトオン・ロールオフ方式の応用であると考える。図3は、積み込みから積卸しまでの状況を示す流れ図である。

4.3.1 積み込み

工場内で組み立てられたクレーンは、フローティングクレーンによってバージ上に積み込まれるが、重さ500～600t近いクレーンを水平に地切りして、あらかじめ準備してあるバージ甲板上の脚台に狂いなくセットしなければならない。積み込まれたクレーンは更にバージ上で輸送に必要な作業が実施される。表3は積み込みに当たっての検討事項及び積付図を示す。

表3 バージ積み込み検討事項及び積付図 バージに積み込むに当たって検討すべき事項を示す。



No.	主要検討事項	内容と対策
1	バージの強度	航海中の負荷を考慮した甲板の補強
2	水平つり上げ	クレーンの重心を的確に把握して、つり上げロープの長さを決定。(つり上げ時バランスの取りやすい姿で組み立てる。)
3	つり上げ時の部材強度	ロープの絞りによる力の影響 つり点の位置による影響 (通常のクレーン稼働時とは全く異なる力が作用するため注意を要する。)
4	バージ積付及び固定 (海上輸送に耐える荷姿)	ブームを降下してクレーン全体の重心を下げる。 航海中のバージの変形を考慮したクレーンの固定 現地での迅速なロールオフ作業を考慮した積付

4.3.2 積卸し

現地でのロールオフ作業は、クレーンに仮台車を取り付け、バージ上及び地上側に仮設のランウェイを敷いて両者の間を挿入しウインチを用いて引き出す方法であり、この方

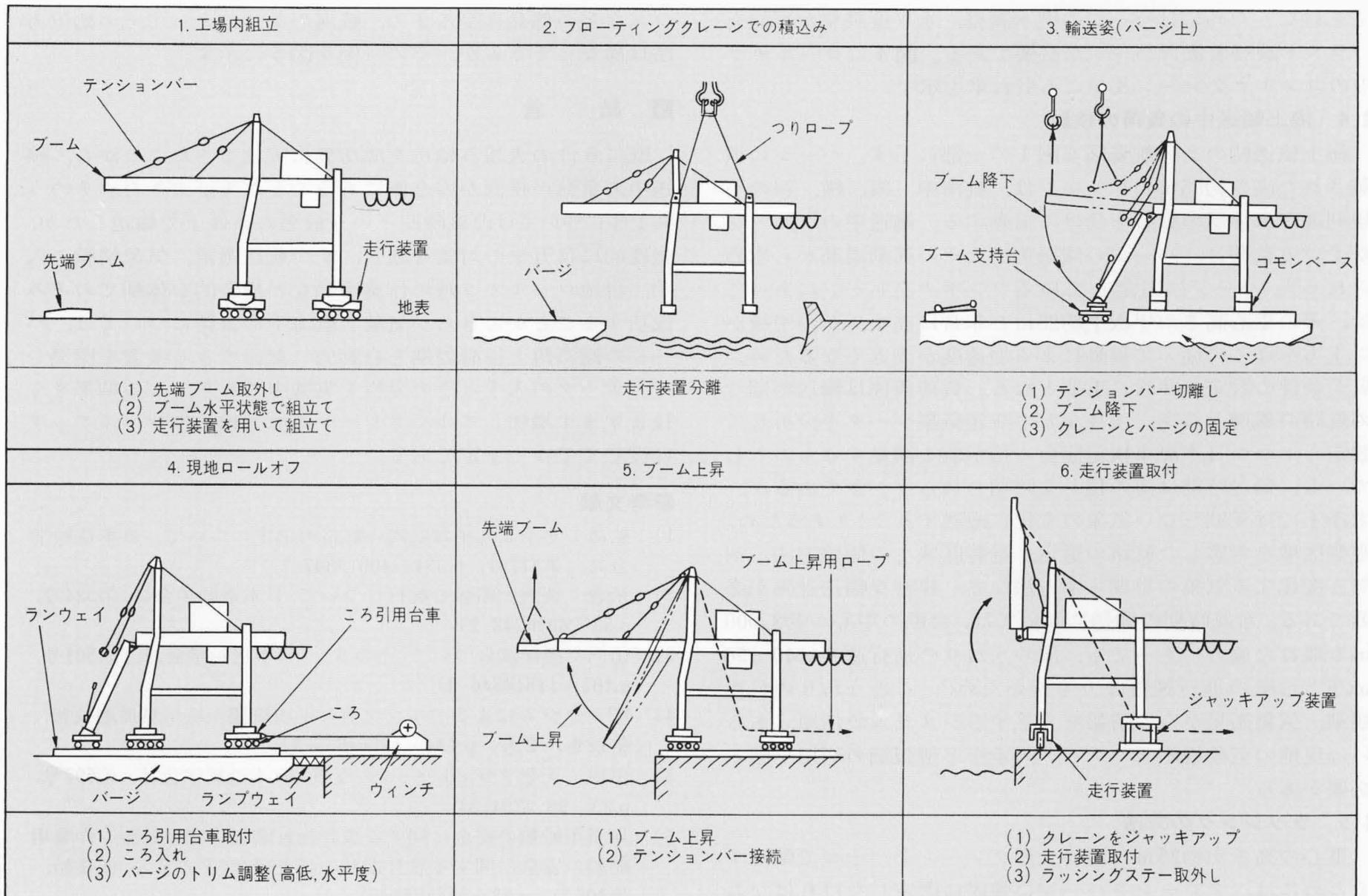
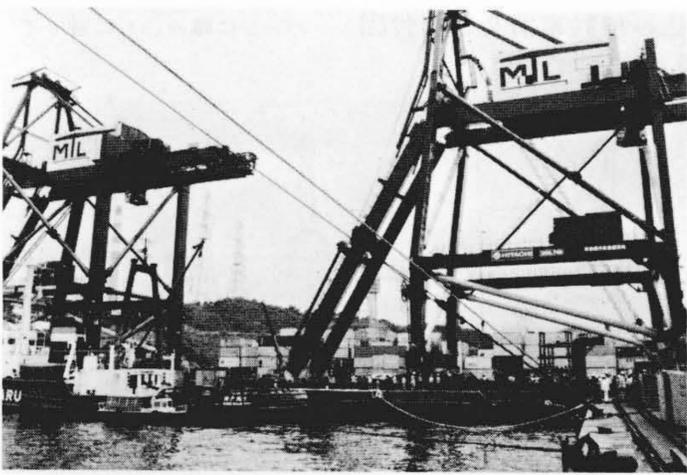
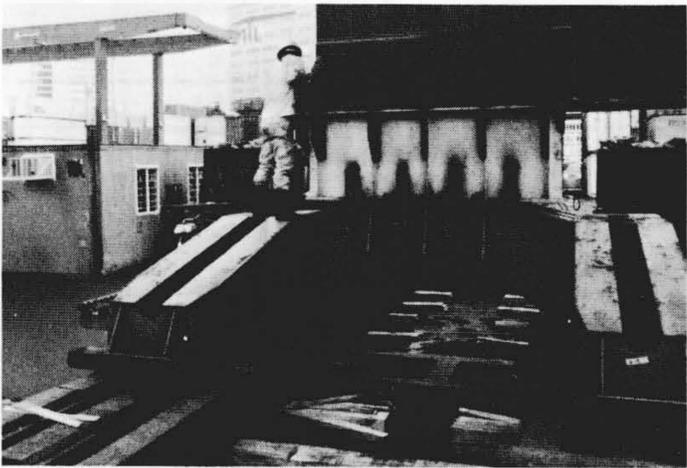


図3 積み込み・積卸しの流れ図 工場内での組み立てから現地でのロールオフ作業までの内容を表わした流れ図を示す。



(a)



(b)

図4 ロールオフ時の全体図及びころ引用台車  
現地でバージから地上側へロールオフ途中の全体図(海脚はバージ上, 陸脚は地上側)(a)及びクレーン脚部に仮取付けされたころ引用台車(b)を示す。

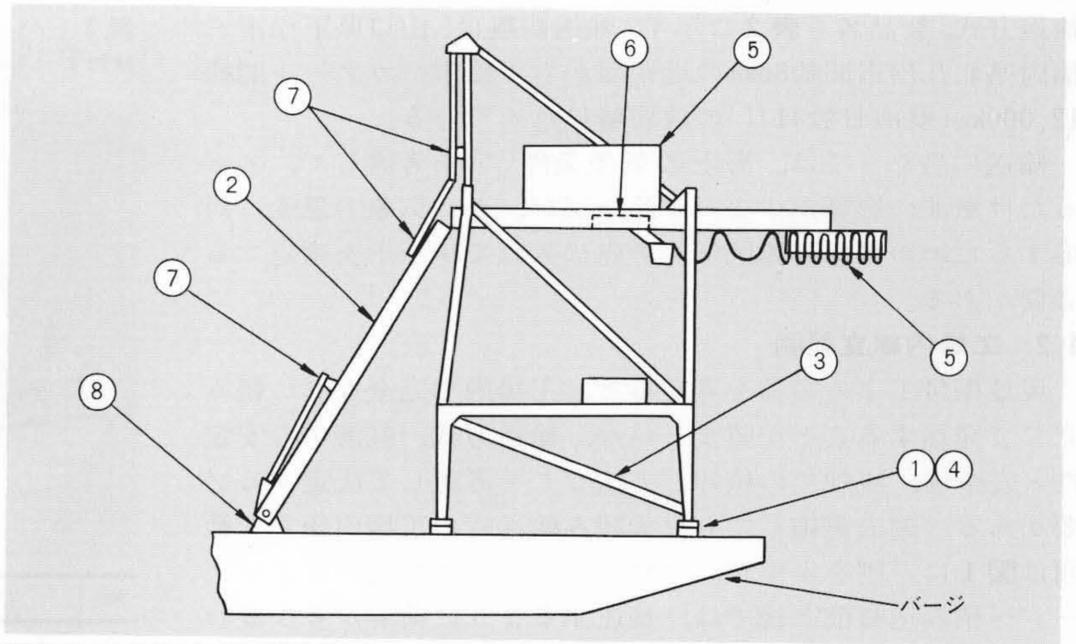
法を行なうためにはバージの喫水調整, 水平度調整が可能なバラスト調整装置付バージが必要である。図4にロールオフ中のコンテナクレーン及びころ引台車を示す。

#### 4.4 海上輸送中の負荷の検討

海上輸送時のえい航姿図を図1の一部に示す。バージに積載された高さ約55mのクレーンは, 航海中, 縦, 横, 斜の不規則波と海洋風の影響を受けて揺動する。輸送中のクレーンが受ける負荷は, バージの傾斜角度とその揺動周期から求められる<sup>6)</sup>。バージに固定しているコンテナクレーンにあっては, その重心高さが甲板上約25mと非常に高く, かつ甲板から上方へゆくに従って揺動による加速度が大きくなるため, 負荷条件の設定は非常に重要となる。負荷条件は輸送時期での航路の風速, 波高, 波長などの海洋気象データを分析して設定し, かつ日本海事検定協会の指示値を満足するものとしている。輸送時期は海の穏かな時期をねらうべきであるが, 太平洋上では予期しない気象の変化に遭遇することもあるため, 避難区域を考慮した航路の選定, 避難区域での係留方法, 刻々と変化する気象の早期入手方法など, 綿密な輸送計画が必要である。台風時期の輸送については, 台風の中心が約2,000kmも離れた遠方であっても, 波のうねりの進行速度は40~50km/hと台風の進行速度よりも速いため<sup>7)</sup>, このうねりの目視観測, 気象衛星からの情報を入手するシステムの活用, あるいは現地の気象観測所のデータ入手など情報網の活用を図る必要がある。

#### 4.5 ラッシングの方法

重心の高さが約25mに近い大形クレーンをバージで輸送するためには, クレーンをバージに強固に固定しなければならない反面, 現地到着後はクレーンのジャッキアップ, 仮台車



No.	項目	ラッシングの目的又は内容	構造
①	走行装置	クレーン本体から取外し単体で固定	取付, 取外し容易なボルト付
②	ブームの降下	重心を下げ安定性をよくする。	ガーダとブームはピン結合
③	ステー	鉄骨部材の補強	風波の負荷に耐える構造
④	クレーン本体の固定	クレーンの横ずれ, 浮上がり防止	脚台を介してボルト付
⑤	灯具, 補助機器の固定	機械室内の機械, ケーブル, トランス, 制御盤などの電気品, 窓ガラス, 運転室などの付帯機器	ワイヤロープ, 緩衝材, 木材などを用いる。
⑥	トロリの固定	横行レール上の転動及び外れ止め	ボルト又は溶接によりガーダに固定
⑦	テンションバーの固定	揺れ止め	取付, 取外し容易な固定金具
⑧	ブームの固定	横ずれ防止	バージの変位をクレーンに伝えない架台使用

図5 ラッシング方法の一例 ラッシングを施した部分の内容説明を示す。

の挿入などのロールオフ準備作業を迅速に行なえるように, 固定が簡単に解除できるように考慮する必要がある。一般にはボルトによる固定が多く用いられている。ラッシングはクレーン本体の大きなものから, 灯具, 電線ケーブル, 窓ガラスなどの部品に至るまで, 航海の条件によってその処置方法は異なってくるが, その一例を図5に示す。

#### 5 結 言

既に6件の大組み輸送を成功裏に実施できたことから, 輸送中の負荷の推測が安全側にあることが実証できた。そのうち1件については台風時期という最悪の条件下で輸送したが, 強度的には万全の対策を施し, かつ航路選定, 気象情報の入手, 現地ロールオフ時の作業手順など総合的な体制でのぞみ成功することができた。気象と航海中の負荷については, バージの傾斜角と揺動周期を自動的に記録できる装置を開発して, データの入手とその分析を実施中であり, この結果を今後ますます増加してゆくクレーンの海上輸送のレベルアップに役立ててゆく予定である。

#### 参考文献

- 1) 船越: 冬季北太平洋航海の航路の選定について, 日本造船学会誌, 第517号, p.394~400(昭47-7)
- 2) 米倉: 荒天と船舶の航行について, 日本造船学会誌, 第524号, p.53~63(昭48-2)
- 3) 山内: 海洋波について(その5), 日本造船学会誌, 第501号, p.105~115(昭46-3)
- 4) IPシステムによるパルププラントの概要: 石川島播磨技報, 第18巻, 2号, p.134~137(昭53-3)
- 5) 田中: 大型プラントバージの曳航, 日本造船学会誌, 第597号, p.93~98(昭54-3)
- 6) 作業用船舶の安全に関する設計指針調査研究委員会: 作業用船舶の安全に関する設計指針の調査研究(その3), 作業船, 第105号, p.28~34(昭51-5)
- 7) 滝川: 海洋気象術, p.39~50, 成山堂書店(昭56-4)