# 410tつり超大形ホイールクレーン"F2500"の開発 (つり上げ能力2,500t·m)

# Development of Huge Wheel Crane "F2500" with a Lifting Capacity of 410t(Lifting Moment Ability 2,500t·m)

近年荷役機械の大形化による建設工事の合理化とともに, 荷役作業の能率化, 安 全化、省力化などの要求は大きなものがある。このたび日立建機株式会社が開発し た410tつりF2500ホイールクレーンは、国産最大の超大形移動式クレーンであり、 在来機のクライミングクレーン, ジンボールの固定式といった弱点を補う代替機と して開発したもので、次に述べるような特長をもつ。(1)各部がユニット構造でピン ジョイント式のため、本体組立ては2日間で完了できる。(2)サイリスタレオナード 制御により、インチング性能に優れる。(3)走行タイヤユニットにより、場内移動が 可能である。(4)超大形フロートにより、接地圧は20t/m2で地盤の養生が簡単である。 本機はこれらの特長により,発売以来稼動実績を積み重ね所期の開発目的を達成した。

猛\* 有竹 Takeshi Aritake 盛武 賢\* Ken Moritake 島 忠夫\* Tadao Shima

荷役作業の大形化は、各種建設構造物施工に際して、そのタイヤユニットを装備し、場内移動を可能とした。 部材を大ブロック化しあるいは超重量化し、より高く、より 遠くへ一気に据え付けていくことを可能にし、建方作業工期の 短縮,安全化を実現する1)。

従来の基礎工事を必要とするクライミングクレーンあるい はジンボールなどと比較して, 超大形移動式クレーンによる 荷役は、トータルハンドリングコストの低減及び荷役作業の 安全化を実現する上で大きなメリットがある。ここに紹介す る F 2500 ホイールクレーン(図 1(a), (b)参照)は、独自の組立 て・分解方式を採用し、輸送に便利な構造とした国産最大の 移動式クレーンである(図2参照)。ここでは、本機の関発概 要、クレーン性能・構造、先行研究、制御機構、性能試験及 び稼動状況について述べる。

#### 開発概要 2

大形建方工事で、据付基礎工事を必要とするクライミング クレーン, ジンポールなどの代替機として開発した。表1の 在来機とF2500との比較で分かるように、施工効率、経費及 び安全性の面で在来機の欠点を補い,作業性の優れた機械と なるように計画した。クレーン容量は、多くの需要が見込ま れ、国内輸送制限重量・寸法を考慮して400tつり級とした。 主要構造物はすべて、組立て・分解・輸送が容易なように各 部をユニット化して、ピンジョイント方式を採り、トレーラ 輸送可能な寸法、重量とした。駆動方式は、操作性、保全性 に優れる電気駆動方式とした。また、インチング性能\*1)に最 良のサイリスタレオナード制御を採用し、輸送重量軽減のた め, 市販電力を利用する方式とした。

移動式クレーンとしての機動性を付加するために、走行用

※1) インチング性能:つり荷を少しずつ動かす性能で、特に大形ク レーンでは重要な性能である。

本機は, 国産初の超大形機であるため, 先行研究として, 構造物の全体相似模型強度, 高張力鋼溶接継手強度などに関 する研究を実施し、信頼性の高いクレーンとした。

#### 3 クレーン性能・構造

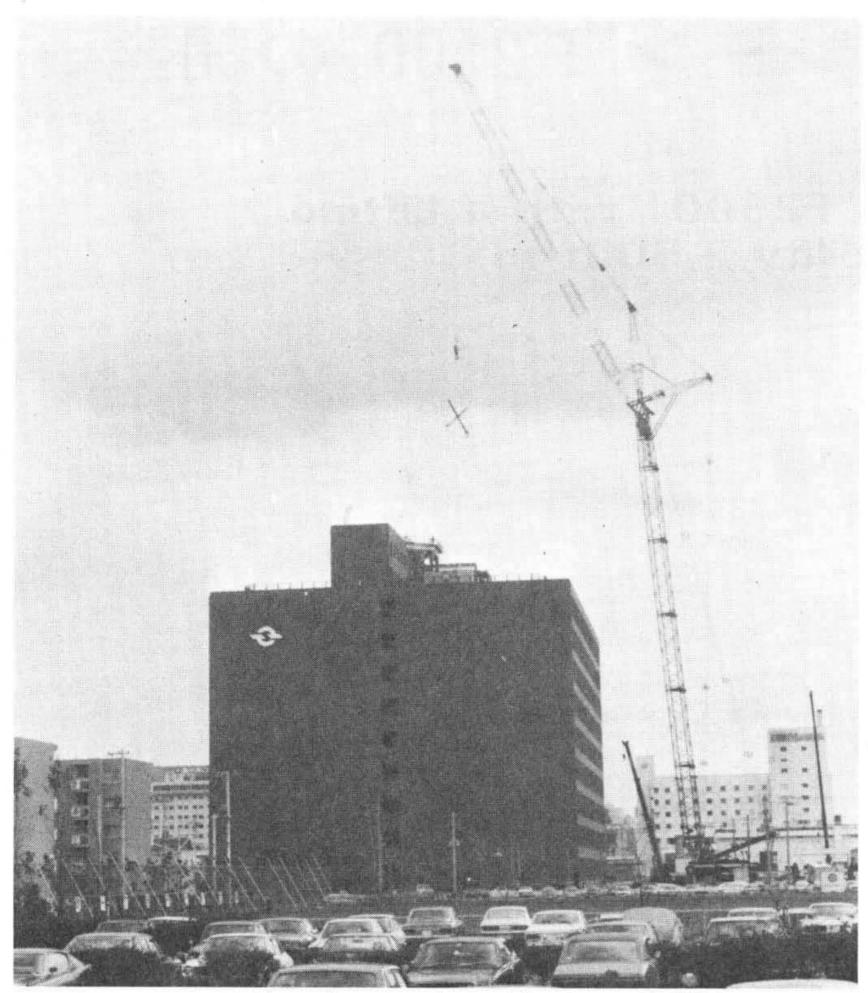
(1) クレーン性能(表2参照)

表 2 に示すタワー最長 (79m+76m) の揚程150mは, 地上の

表 | F2500ホイールクレーンと在来機の比較 在来機(クライミン グクレーン, ジンボールなどの固定式クレーン)と比較して, 基礎工事不要, 組 立て・分解の迅速性により大幅な工期短縮ができる。

No.	機 種 比較項目	F 2500 ホイールクレーン	在 来 機	
			大形クライミング クレーン	大形ジンボール
1	荷役汎用性	[高揚程荷役] 重量物荷役]	高揚程荷役のみ	重量物荷役のみ
2	基礎工事の有無	不 要 (アウトリガフロ) ート反力20t/m²	コンクリート基礎 必 要	コンクリート基礎 必 要
3	組立て分解性 (1)高揚程荷役 (2)重量物荷役	(ピンジョイント) 方 式) タワーフロント 4~5日 ストレートブーム 2~3日	(ボルトジョイント) 方 式 約 25日	(ボルトジョイント) 方 式 約 15日
4	機動性	移動可	移動不可	移動不可
5	作業性	サイリスタレオナ ード制御により, インチング性能に 優れる。	二次抵抗制御のため、インチング性能はサイリスタレオナードよりも劣る。	同 左
6	輸送性	トレーラ輸送可 (幅 3 m 以下)	寸法大でトレーラ 輸送困難。	トレーラ輸送可
7	組立て時の 安全性	組立て時の全高が 低く,安全。	組立て時の全高が 高く安全性に問題 がある。	同 左
8	補助クレーン (トラッククレーン)	125tつり級:1台	100tつり級: 1台	100tつり級:1台 他 補助ウインチ
9	駆動源	市販電力	同立左	同 左

<sup>\*</sup> 日立建機株式会社土浦工場



(a) F2500ホイールクレーンによるマイクロウエーブ鉄塔建方 (タワーフロント73m+70m)



(b) 走行用タイヤユニットを装備したF2500本体

図 I F 2500ホイールクレーン稼動状況 ここでは、クライミングクレーンの代替機として本機が使用され、工期は約3箇月短縮された。

つり荷を霞ヶ関ビル級超高層ビルの屋上まで一気につり上げる能力をもつ。巻上速度は31m/min~62m/minで,等馬力制御を行なっている。走行速度約100m/hは,本機が超大形であるため安定した走行感覚を与える。

#### (2) 構 造(図3参照)

X字配置のアウトリガのスパンは14mで安定性が高く,大形フロート(5m×1.5m)により約20t/m²の低接地圧であるため,特別の地盤の養生は不要である。上部旋回体は,前後に2分割ユニット化し,輸送重量の軽減を図っている。ブームフロントは,ストレートブームとタワーフロント構成時のタワーとを共用にし,汎用性をもたせている。以上の主要構造物の組立てはすべてピンジョイントであり,組立て・分解工数の大幅な節減を図っている。

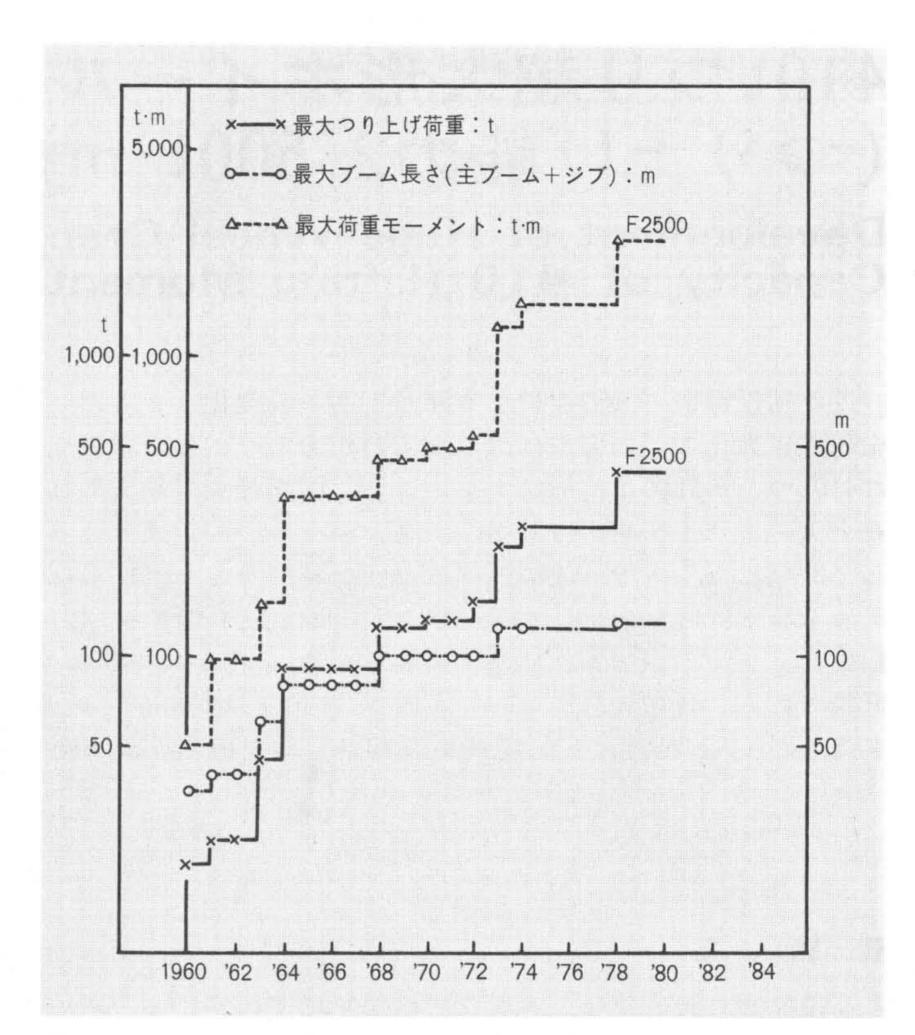


図 2 我が国で製作された移動式クレーンの大形化の推移(日本クレーン協会の資料による。) 大形化は急速に進み, F2500ホイールクレーンは国産最大位置を占める。

表 2 F 2500ホイールクレーンの仕様 タワー最長(79m+76m)の揚程は150mで、霞ヶ関ビル級超高層ビル屋上へ、地上のつり荷を一気につり上げる能力をもっている。

	項目		仕 様	
定	枚 松 芹 香	ストレートブーム	205t ×II.8m(作業半径) [4I0t級]	
	格総荷重	タワークレーン	80t ×26m(作業半径)	
	ストレートブー	ム ブーム長さ	37~85m	El El
寸	タワークレーン	タワー長さ	49~79m	
法		ジブ長さ	28~76m	
<b>A</b>		タワー+ジブ最長	73mタワー+70mジブ(標準) 79mタワー+76mジブ (外部カウンタウェート:12t)	
電	動機	巻上げ/巻下げ	150kW 25%ED	サイリスタレオ ナード制御
		ジブ起伏	50kW 25%ED	
		ブーム起伏	50kW 25%ED	
		旋回	15kW 25%ED	
		走 行	22kW 連 続	
		巻上げ/巻下げ	31~62m/min*	- ロープ速度, ド ラム 4 層目にて
		ジブ起伏	29m / min	
作	業 速 度	ブーム起伏	IOm/min	
		旋回	0.24rpm/0.48rpm (タワークレーンは 0.24rpm)	
		走 行	I00m/h(場内走行) tan $ heta=$ 0.05	
電	源	電圧	400/440V, 3,000/3,300V, 6,000/6,600V	
		周 波 数	50/60Hz	
フルスック重	スペ(ストレートフ 重量(キュービクル	ーム, タワーフロント , スタンド含む。	約 390t + 29t (場内元	<b>走行装置</b> )

注: \* 負荷により速度変化。

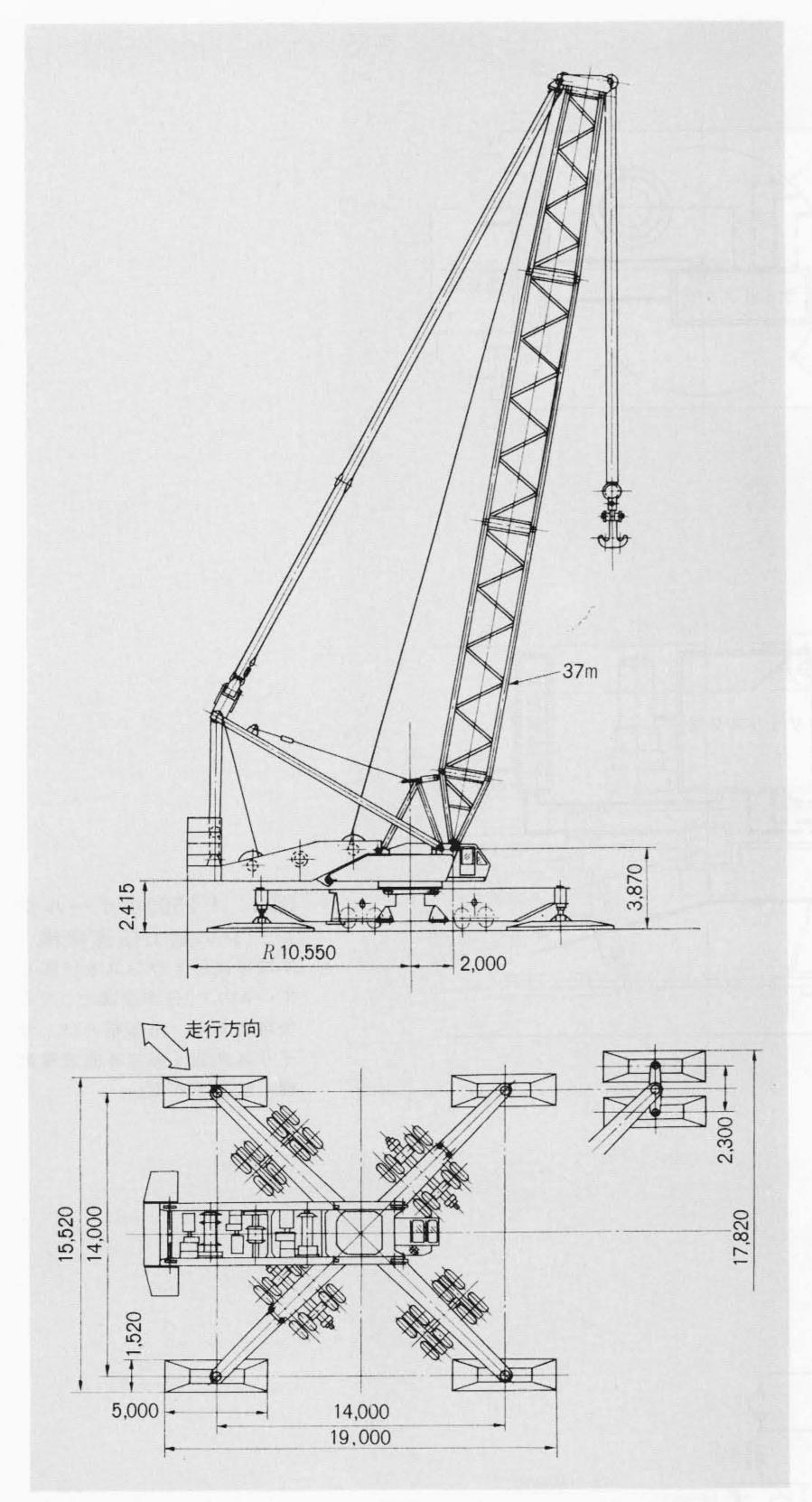
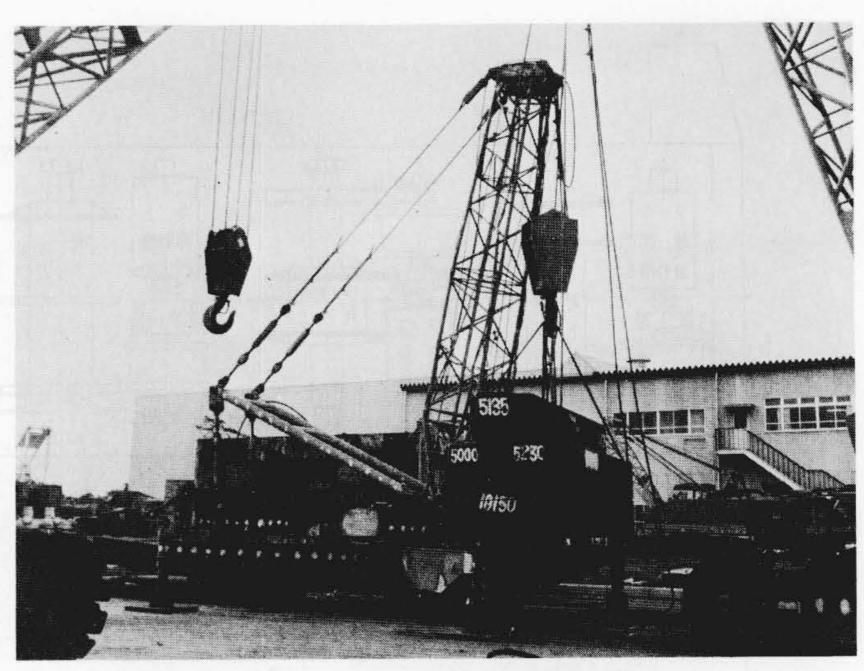


図 3 F 2500ホイールクレーン全体図 アウトリガスパンは14mとし, 高い安定性を得る。大形フロート $5m \times 1.5m$ により接地圧 $20t/m^2$ で地盤の養生は 不要である。

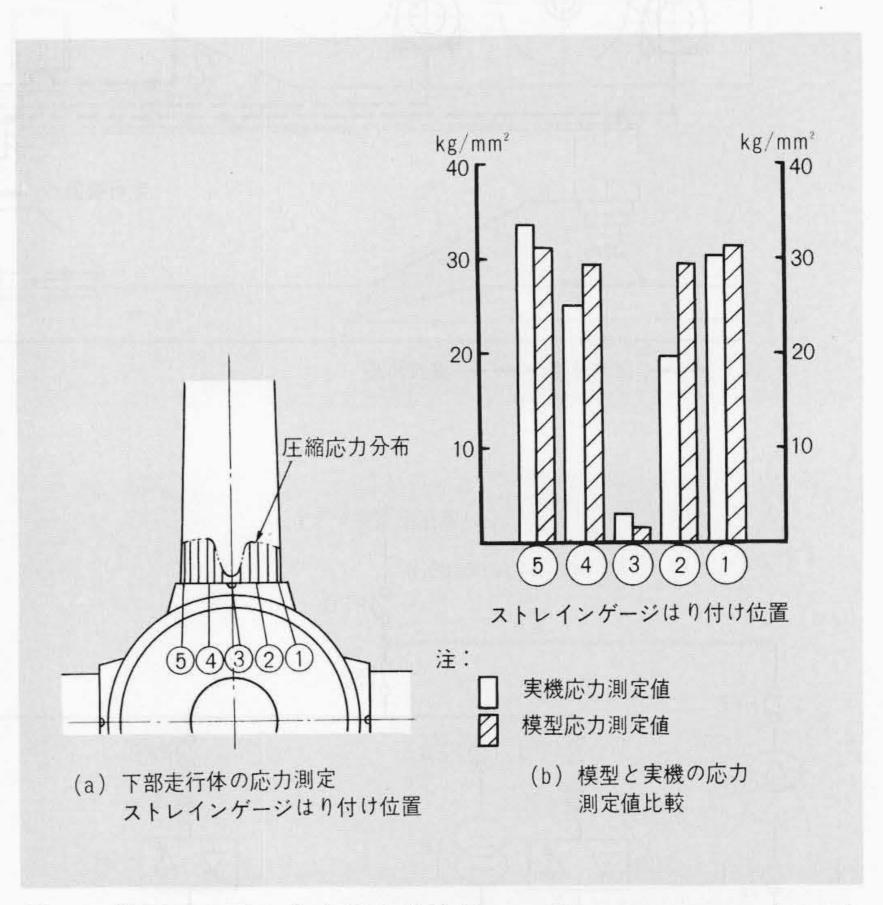
#### 先行研究

全体相似模型による構造強度についての研究を先行して実 施した。超大形構造物の試作はコスト上不可能のため、幸縮 尺の全体相似模型を実機と同じ材質, 熱処理により製作し, 構造強度について実機に対する等価試験を実施した(図4参 照)。その結果、構造強度は設計に問題のないことを確認した。 また、その一例として図5に示すように、模型と実機の応力 測定値はほぼ一致しており, これにより模型試験は有効であ ることが分かった。また、本機で採用した厚板高張力鋼、中 炭素鋼の溶接継手疲労強度試験と脆性破壊強度試験とを行な い、十分な強度をもつことを確認した。

本機は表2に示すように、多様なフロント構成、荷重条件 で作業するため, ブームフロントの強度計算が膨大となる。



全体相似模型による構造強度(410tつり等価試験) 4縮尺 のため、つり荷重は $410t \times \frac{1}{4}$ で26tとなる(応力等価条件)。



模型と実機の応力測定値比較の一例模型と実機の応力分布 状況及び実測値はほぼ一致しており、模型の実機に対する等価性があることが 分かる。

そこで、専用計算プログラムを開発し、これにより、強度計 算が短時間に処理できるようになった。

#### 電気制御機構

図6に動力伝達機構を、図7に主要機器単線結線図を示す。 巻上げ、ジブ起伏、ブーム起伏及び旋回用の各直流機は、図 7に示すように逆並列サイリスタレオナード制御(サイリスタ による可変電圧制御)を行なっている。速度変動率は2%以下 である。

#### (1) 巻上用直流機の制御

巻上制御方式は直流機の回転数をパイロット発電機で検出 し、その回転数を希望する値に保つように速度制御を行なっ ている。また、等馬力制御を行ない、軽いつり荷は倍速で巻 き上げられるようにし、作業能率を高めている。

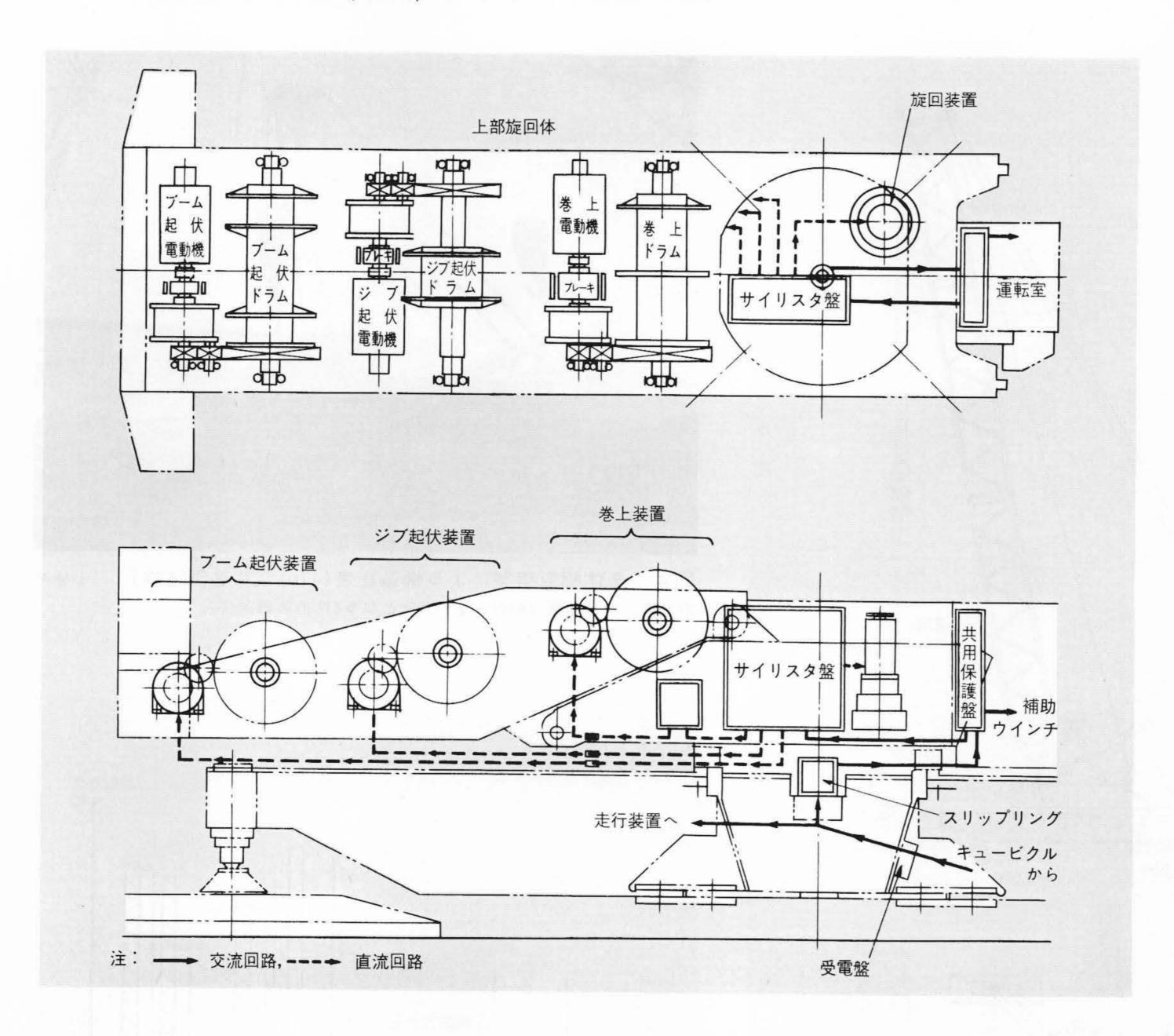


図 6 F 2500ホイールクレーンの動力伝達機構本機は高圧トランスを付属しているので、日本全国どこでも受電できる。市販電力は、サイリスタ盤を経て各直流電動機へ伝達される。

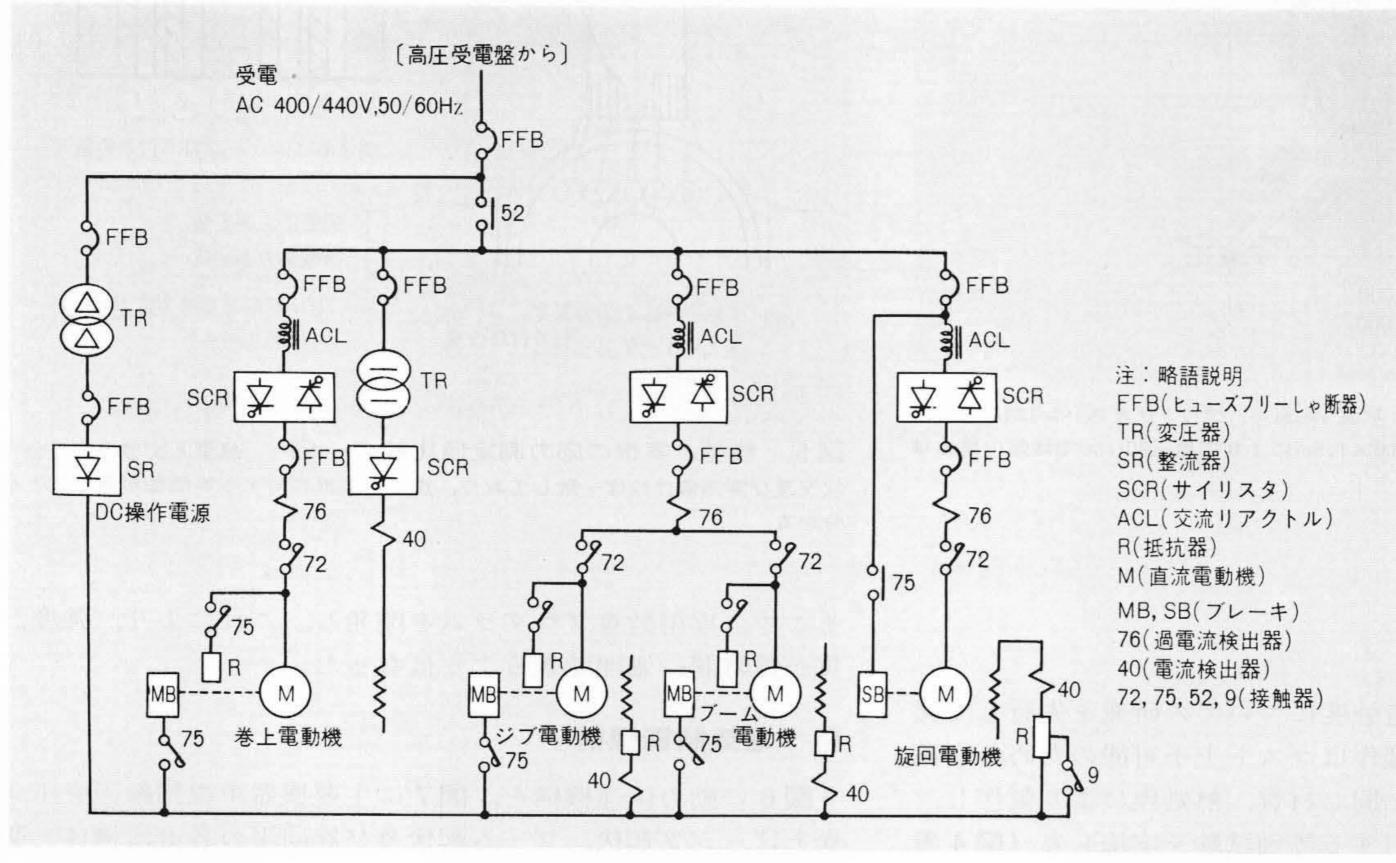


図7 F2500ホイールクレーンの駆動電源単線結線図 各直流電動機は,逆並列サイリスタレオナード制御(サイリスタによる可変電圧制御)により,正確な速度制御とインチング性能に優れた制御が可能である。

#### (2) ジブ, ブーム起伏用直流機の制御

印加電圧をフィードバックする電圧制御により,直流機の速度は印加電圧にほぼ比例し、コントローラで指示する値を 正確に得ることができる。

#### (3) 旋回用直流機の制御

制御方式はジブ, ブーム用直流機と同様であるが, ブーム

の長短により旋回速度範囲を広くする必要から界磁電流を2 段階に切り換え、高・低速を得ている。

なお、急激なコントローラ操作に伴う旋回速度の急激な変化により、タワーに大きなねじりトルクが生じないように速度指令器を設け、零≠トップノッチを約10秒で加減速させている。

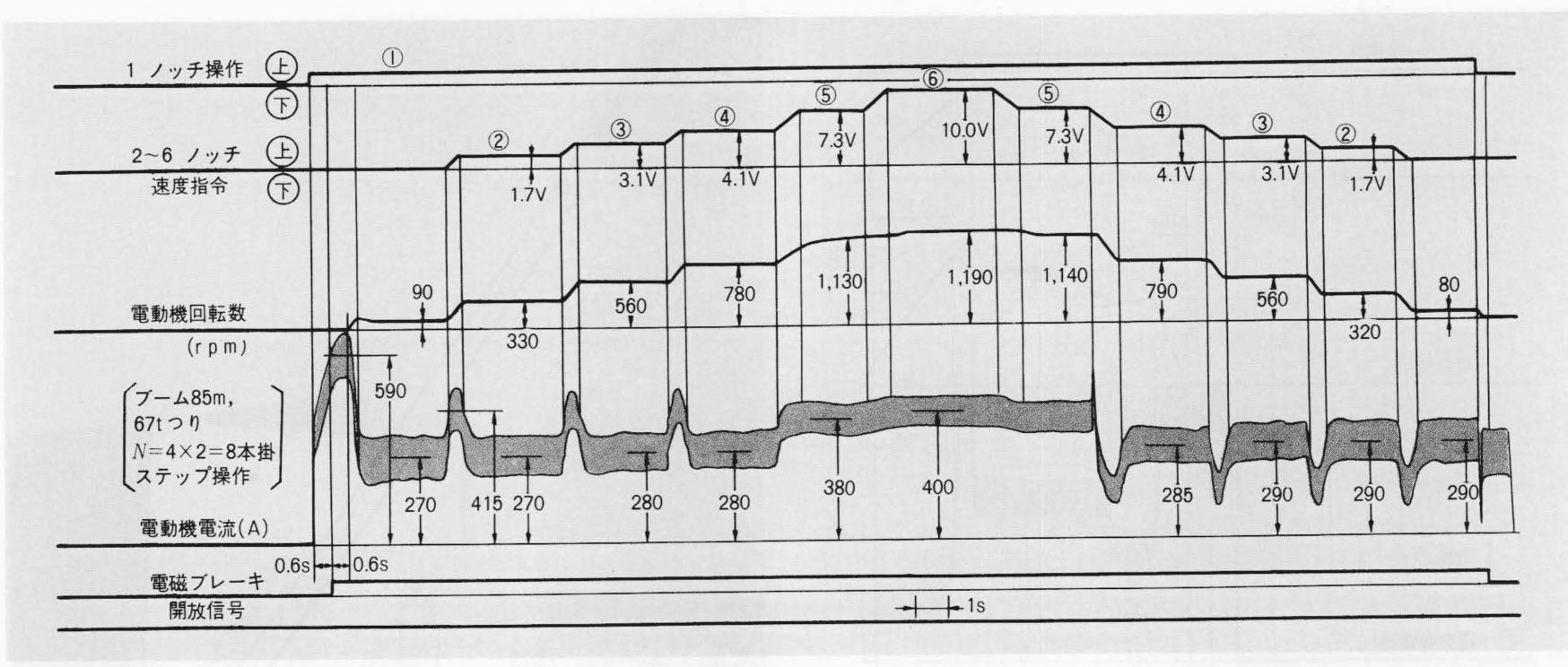


図8 巻上速度試験(コントローラのステップ操作(67tつり))  $I\sim 4 ノッチ間は速度指令どおりの電動機回転数となり、<math>5\sim 6$  ノッチ間は等馬力制 御により、つり荷の重量に応じた回転数となっていることが分かる。

#### (4) 安全装置及び表示器

モーメントリミッタによる過負荷防止, 巻上装置の過巻防 止,制御装置の異常検出,風速表示などの安全装置と自動停 止及び作動部分の動作状況を示す表示器を備え,機体の安全 性,保全性を高めている。

#### 性能試験 6

#### 6.1 卷上性能

#### (1) 卷上速度試験

巻上速度試験の結果を図8,9に示す。図8のオシログラ

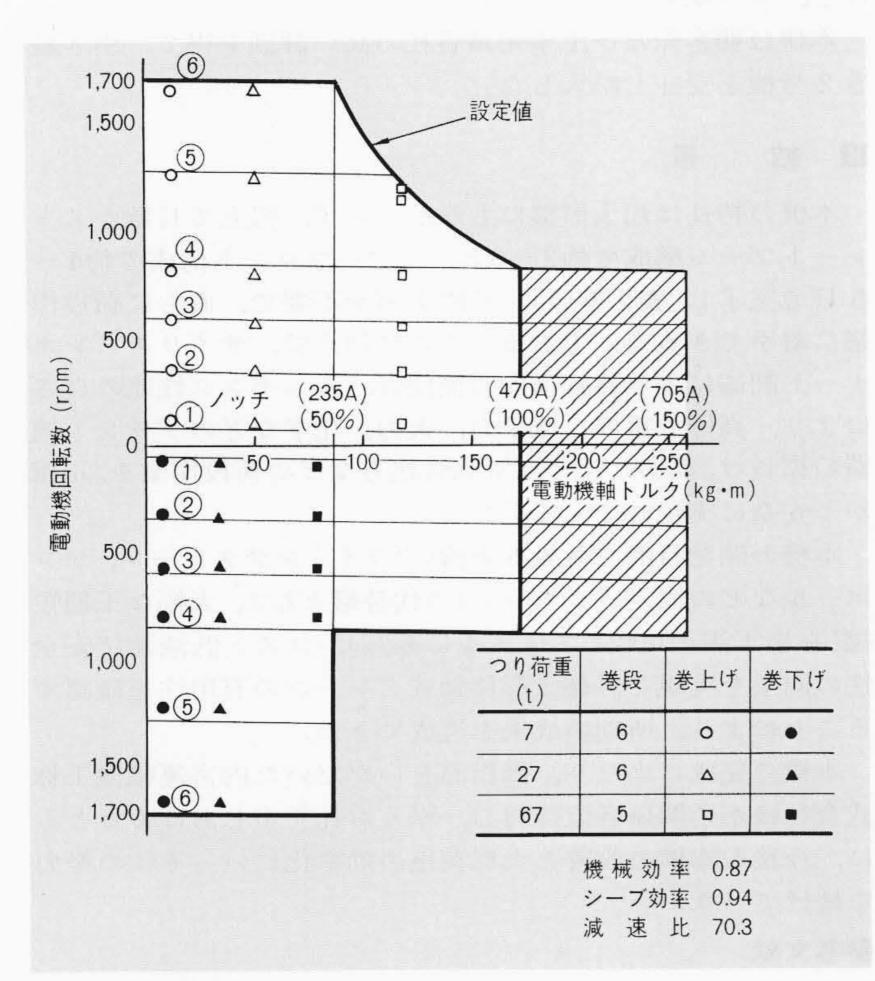


図9 巻上電動機の速度-負荷特性測定値 各ノッチは設定値どおりの電 動機回転数であることが分かる。これにより,正確な巻上操作を行なうことができる。

ムで、巻上コントローラのステップ操作時、1~4/ッチ間 は電動機回転数は速度指令どおりにステップ状の変化を示し ているが、5、6ノッチの速度指令に対しては巻上速度が遅く なっている。これは、巻上負荷トルクが定格の68%と大きく、 5,6ノッチが等馬力制御範囲に入っているので、巻上電流が 飽和して、巻上速度も遅くなっているからである。図9は、 巻上試験の結果から、巻上電動機の速度-負荷トルクの測定値 をプロットしたものである。本図から明らかなように、各ノ ッチでの速度変動率は2%以下であり、当初の設定値を満足 しており、低速から高速まで負荷の大小に関係なく、各ノッ チごとに設定された正確な速度で巻上操作を行なうことがで きる。

### (2) コントローラ急操作時の巻上速度-負荷特性

巻上コントローラを急操作(約0.3秒で6ノッチに投入)した 場合のオシログラムを図10に示す。A~B間は起動電流が多 く、電動機の回転も急加速しているので、この区間の加速に ついて検討する。

 $B \sim C$  間でのつり荷の加速度 $\alpha$ は、つり荷の巻上速度V =31.0/4本掛=7.75m/min(0.129m/s)であるから、 $\alpha = V/\Delta t =$ 0.129/0.9=0.143m/s<sup>2</sup>となり、これは0.015G(Gは重力加速 度)に相当する。すなわち、コントローラを急操作しても、巻 上げ時の衝撃割合はつり荷重の1.5%である。

この理由は、電動機、ブレーキドラムの慣性モーメントが、 つり荷のそれと比較して大きいため,加速電流は主に電動機 の加速に消費されて、つり荷はわずかなショックで、円滑に 加速されることになるからである。

# (3) 巻下げインチング特性

表3にコントローラの操作時間を1.45秒から2.37秒まで変 化させたときのつり荷の巻下げインチング量を示す。巻上げ コントローラを下げに入れて往復1.45秒で元にもどすと、こ の間に電動機は1.36回転する。ロープ10本掛けの場合、巻下 げインチング量は4.9mmとなる。実測値はロープ10本掛けで 3~5mmであり、計算値とほぼ一致する。この値は従来機と 比較して約量~量程度である。

この巻下げインチング量は、コントローラ操作時間を1.2 ~1.3秒とすれば、更に小さくすることができる。

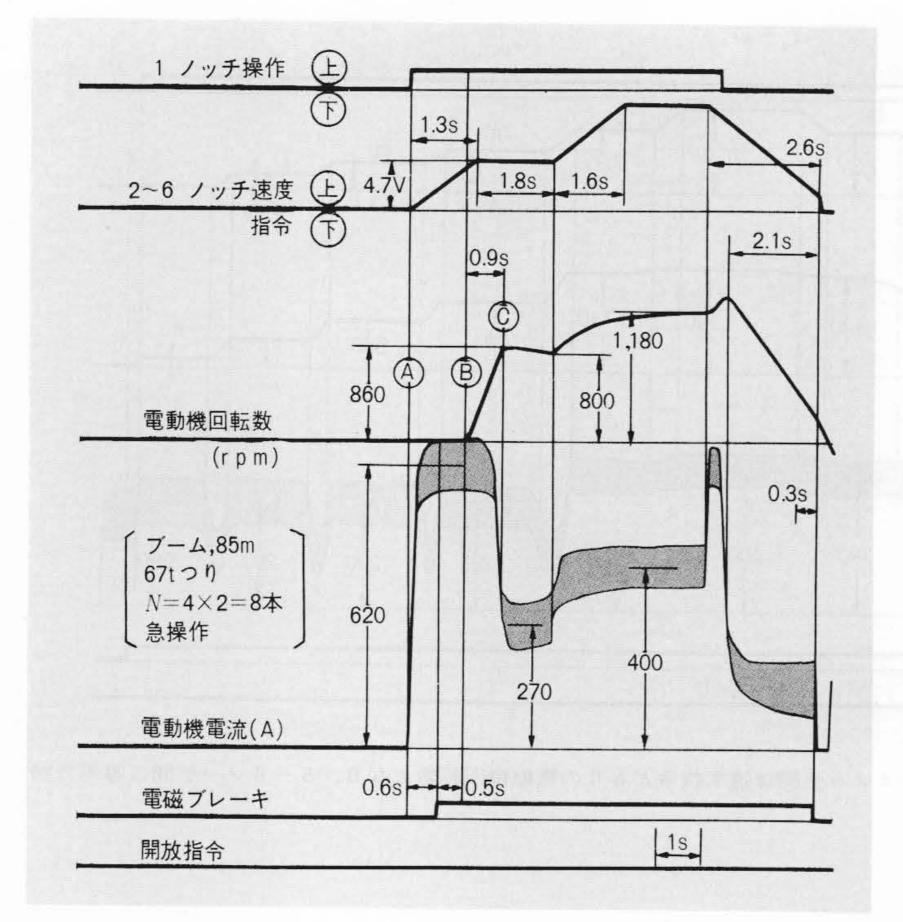
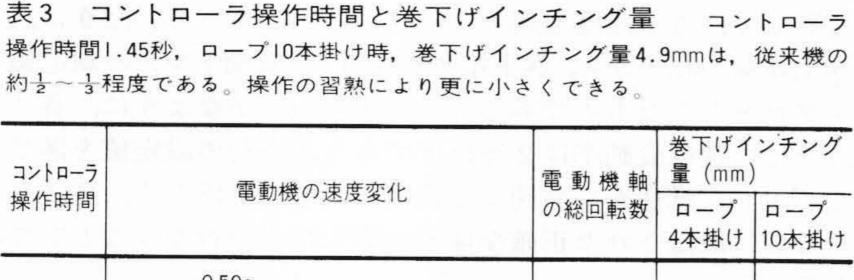
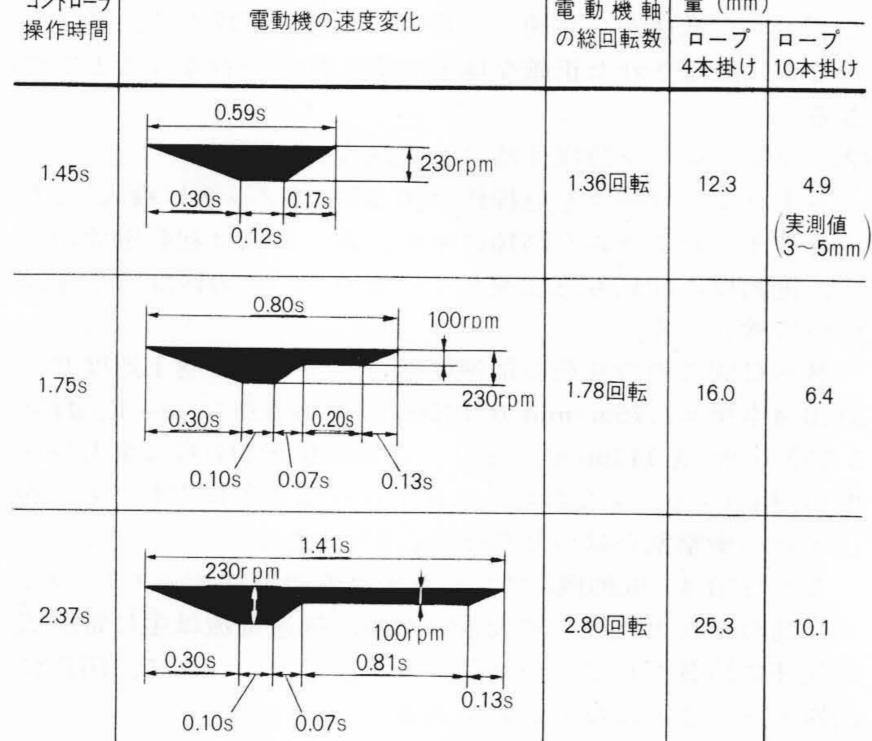


図10 巻上速度試験:コントローラの急操作(67tつり) 約0.3秒で6ノッチにコントローラを投入する急操作を行なっても、巻上げ時の衝撃はつり荷重の1.5%程度で、円滑に加速する。

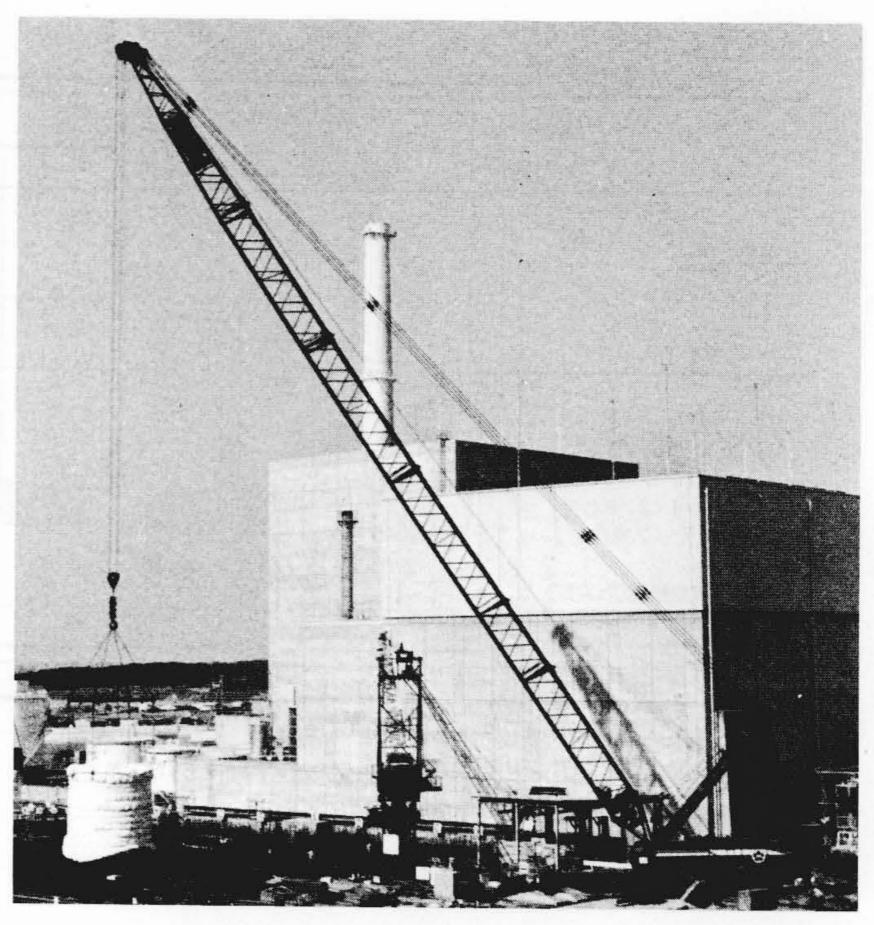




## 6.2 走行性能試験

走行時全装備状態(ブームフロント付き)で、直進、ステアリング及び角材(75mm角)乗越しテストを行なった結果、動作はスムーズで、ほとんどフロントの揺れもなく、外観からの安定性も十分であった。

75mm角材乗越し時の走行用タイヤの油圧イコライズシリンダの圧力変動は、±10%以下であり作動遅れもなく問題はない。



図川 F2500ホイールクレーンによる原子力プラント据付作業(ストレートブーム73m) 本機は固定式ジブクレーンの代替機として使用され、短期間で据付作業が完了できた。

#### 7 稼動状況

本機の1号機は内宮運輸機工株式会社へ納入されて以来,河川の砂防ダム工事,マイクロウェーブ鉄塔建方〔図1(a)参照),港湾の重量物水切り,原子力プラントの据付工事(図11参照)など,大作業半径,高揚程,大荷重作業などに威力を発揮し,フル稼動を行なっている。

本機は顧客先及び工事元請各社の高い評価を得て,引き続き2号機を受注し納入した。

#### 8 結 言

本機の特長は超大形機にもかかわらず、組立て日数がストレートブーム構成で約2~3日、タワーフロント構成で約4~5日で完了し(表2参照)、基礎工事が不要で、直ちに荷役作業に着手できることである。これに加えて、サイリスタレオナード制御による運転操作の簡便性、インチング性能の良さにより、高価で重要な原子力、火力、化学などのプラント機器の据付け、水切り及び高層鉄骨建方などの荷役作業を、正確かつ安全に実現している。

本機の開発目的である在来機(クライミングクレーン,ジンボールなどの固定式クレーン)の代替機として,大幅な工期短縮(在来工法と比較してま~もに縮減),コスト低減及び安全性の向上を実現し,超大形移動式クレーンの有用性を確認することにより,所期の成果を達成できた。

本機の完成に当たり、御指導をいただいた内宮運輸機工株式会社ほかの関係各位に対し、厚くお礼を申しあげるとともに、今後も本機の改善と大形荷役の効率化にいっそうの努力を続けていきたい。

#### 参考文献

1) 汐崎,外:大形クローラクレーンの開発,日立評論,55, 367~371 (昭48-4)