

日立鉄塔建設用クライミングクレーン

Hitachi Climbing Cranes for Construction of Power-Transmission Towers

主として山岳地に建設される超高圧送電線の大形鉄塔組立て用として、このたび日立建機株式会社で鉄塔建設用クライミングクレーンを開発した。

本機はクレーンのマストを下から継ぎ足してクライミングを行なう地上せり上げ形の全旋回式ジブクレーンであり、昭和55年に東京電力株式会社奥清津秩父線500kV送電線鉄塔の建設に使用され、安全で能率よく作業ができるとの好評を得た。

本論文では、本機による鉄塔建設の概要、主仕様、特徴、構造、稼動状況、改善事項などについて述べる。

山口美明* Yoshiaki Yamaguchi

鹿島淳彦** Atsuhiko Kashima

1 緒言

発電ソースの多様化、環境の保全、発電所立地の制約、全国の電力需給バランスの関係などにより、遠隔の発電所から大容量電力を効率よく送電するため、山岳地経由の超高圧送電線(500kVまでの)の工事が増加している。このため、最近では大形送電線鉄塔の山岳地での建設が盛んに行なわれている。

現在、山岳地の送電線鉄塔建設には、高揚程形の専用デリック^{1),2)}が一般に使用されているが、鉄塔の大形化とその建設工事の増大に伴って、能力がより大きく、いっそう安全に作業が行なえる専用の全旋回式クライミングクレーンの開発が要望され始めた。

在来の建築用クライミングクレーンでは、鉄塔敷地内の中央部に設置し、鉄塔組立て後に塔内を下降し撤去することが困難である。

日立建機株式会社では、建設現場での使用条件及び鉄塔組立て工法を調査の上、CTシリーズ鉄塔建設用クライミングクレーンを開発し、CT65×1台及びCT45×2台をいち早く実用に供することができた。

本機は超高圧送電線用大形鉄塔の建設に対して十分な能力をもつとともに、現場の条件及び工法によくマッチし、安全性、信頼性が高く、能率の良いクレーンであるとの評価を得た。ここにその概要を述べ、合わせてCT45の3号機以降の改善点についても触れる。

2 本機による鉄塔の建設

従来の鉄塔建設工法を種々調査し、クレーンによる鉄塔組立て方法を検討した。

山岳地の鉄塔建設現場は急峻な地形が多く、鉄塔建設用クライミングクレーンも分解された形で、ヘリコプタ又は索道により現場に搬入される。

鉄塔敷地は急斜面が多いが、本機は図1、図2に示すようにその中央部に設置される。設置場所の斜面を水平にカットし、その上にクレーン架台ベースを設け、本クレーンを据え付ける。地形によっては、基礎コンクリートを打設した上に架台ベースを置く場合もある。クレーンの据付けには据付け用デリックなどを用いる。

まず、鉄塔部材が搬入されるごとに、本クレーンにより鉄塔の組立て順序に応じて仕訳作業を行なう。次に、本クレーンを用いて鉄塔の主体である塔体を組み立ててゆく。また、

塔体が組み上がるに従って、クレーンのマストを下から継ぎ足す地上せり上げ式でクレーン自身のクライミングを行ない、その作業高さも増してゆく。このクライミングの際に、クレーンマストのステーとなる水平支線ロープを、マストガイドと4本の鉄塔主柱との間に張る。

このようにして塔体組上げを完了した後に、その左右に送電線を張るための腕金を取り付ける。腕金は、ある程度地上で地組みしたものを本クレーンによってつり上げ、塔体に取り付ける。

鉄塔の組立てが完了した後、本クレーンはジブ及びバランスアームを直立させて下降姿勢をとり、そのマストを地上で下から順次除きながら塔体の中を下降する。据付け時の高さまで下降したクレーンは、鉄塔を利用して滑車などにより解体を完了する。

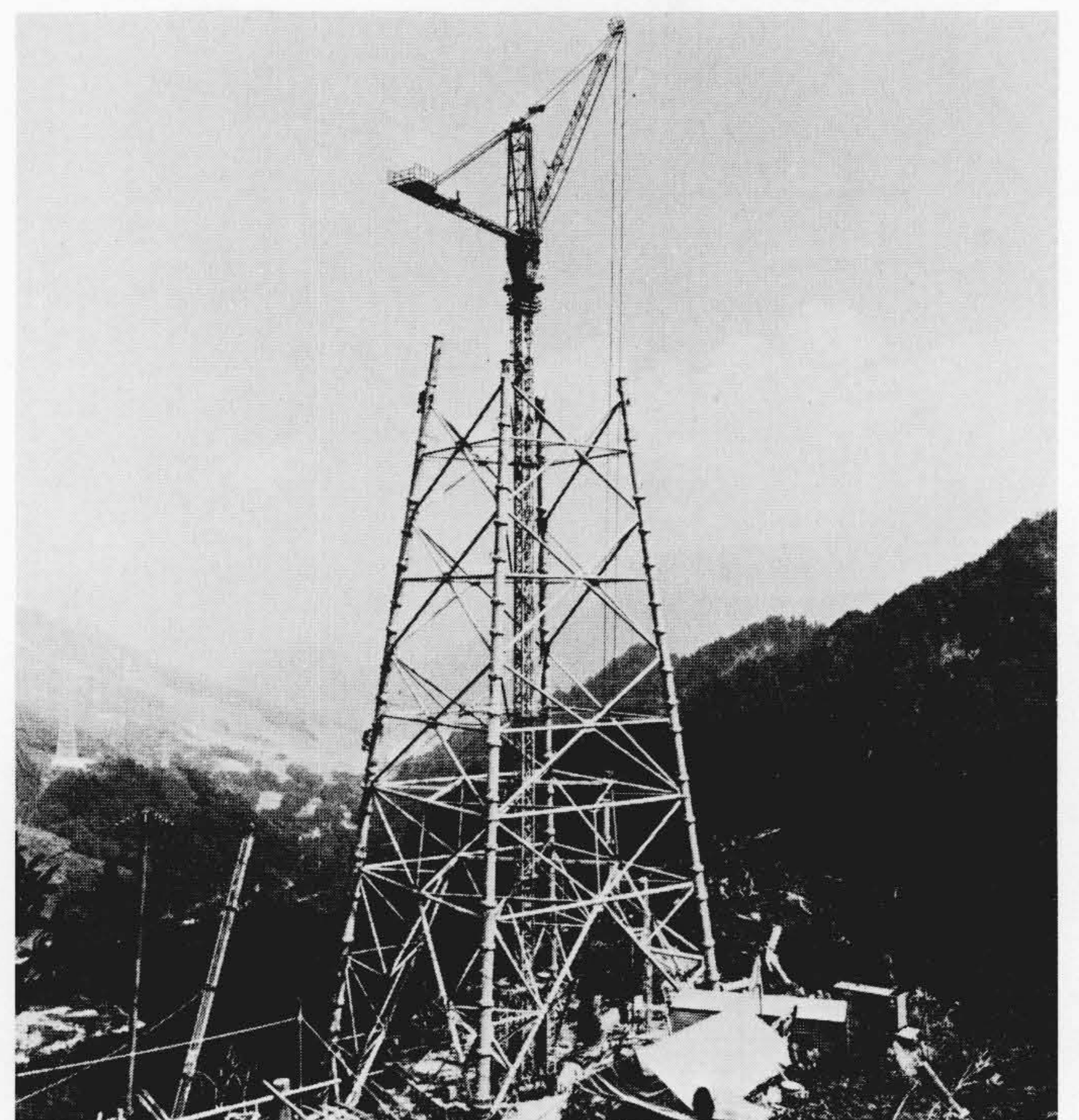


図1 東京電力株式会社奥清津秩父線現場で活躍中のCT65 重量約400tの超高圧送電線鉄塔組立て中の状況を示す。

* 日立建機株式会社 ** 日立建機株式会社土浦工場

3 開発の基本条件

前項の鉄塔組立て工法にマッチするクレーンとするために必要な主要条件を挙げる。

- (1) 急峻な現場での高所作業である鉄塔組立て作業を、安全かつ能率よく行なえること。
- (2) 100mを越す高揚程クレーンなので、稼動中頻繁にクライミングを行なう。そのために、クライミング及び水平支線作業が容易で能率的に行なえること。
- (3) マストは、マストガイドと水平支線を介して鉄塔で支持されるので、水平支線力を小さく抑え、また水平支線を張る位置(マストガイドの取付け位置)が鉄塔側から制約されるので、マストのどの位置にきても差し支えないこと。
- (4) クレーンが組立て後の鉄塔内を下降できるように、下降姿勢の水平断面寸法は約2.5m角以内とすること。
- (5) 2t索道、ヘリコプタなどによる現地輸送や山岳傾斜地での据付けに便利な分割重量及び形状とし、合わせて全体の軽量化をも図ること。

以上を満足するように検討し、下記の仕様、構造とした。

4 主な仕様

本機の主な仕様は表1に示すとおりである。
なお、山岳地鉄塔の塔高は一般に95m程度以下が多く、最高は約120mと推定し、本クレーンの最大揚程を定めた。

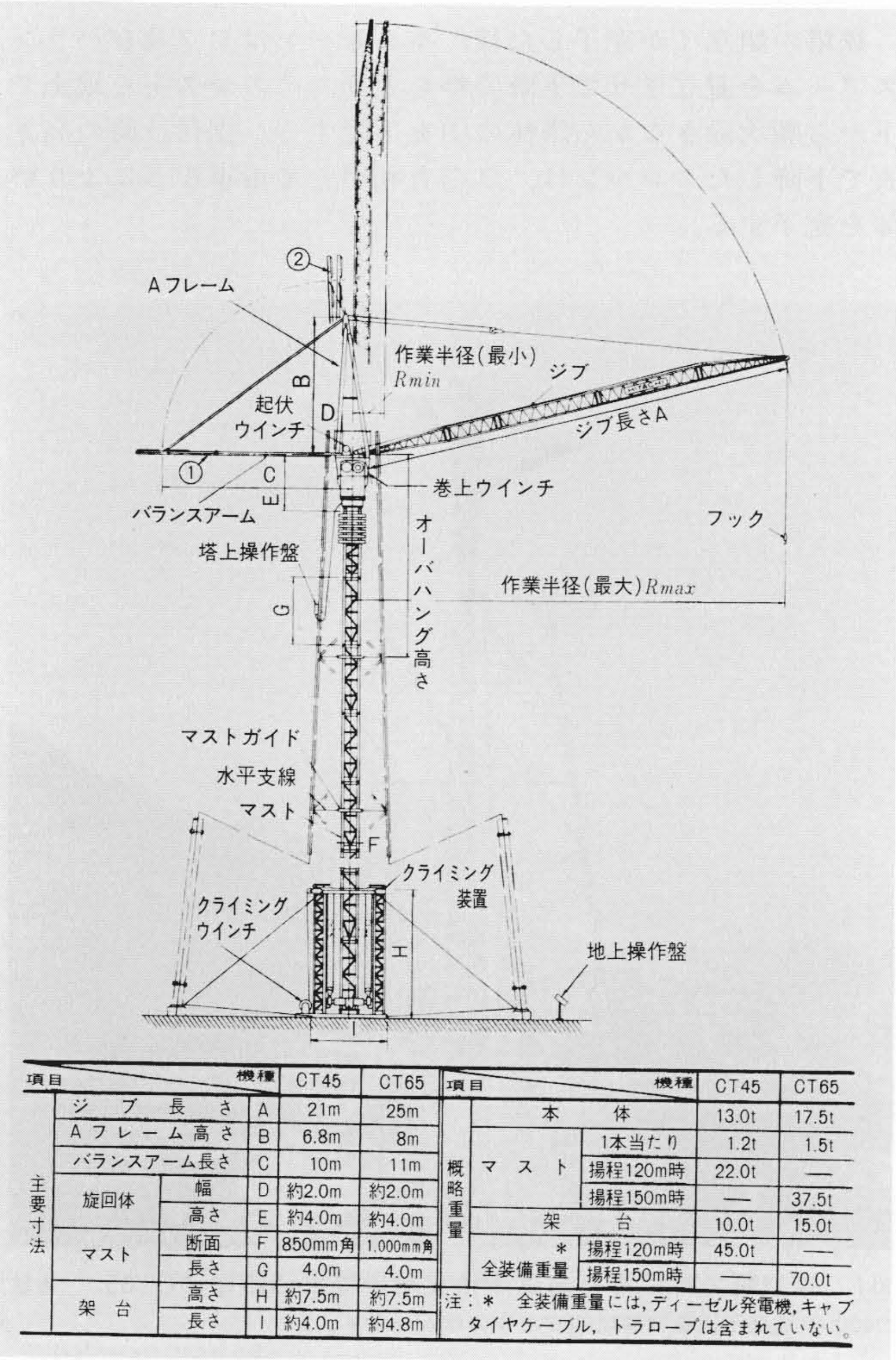


図2 CTシリーズ全体図 図中①はバランスアーム水平時を、②はバランスアーム直立時を示す。

5 構造上の主な特徴

- (1) 本機は全旋回式の電動ジブクレーンで、有線遠隔操作により塔上又は地上からスムーズに運転できる(図3参照)。特に、現場で多少霧がかかっているときでも、上下の両操作員が通話連絡を取りながら、安全に組立て作業が行なえる。
- (2) 作業速度は鉄塔作業の特性を考え、複合動作も円滑にできるよう選定した。また、巻上げは高・低・微速の3段、起伏は高・微速の2段変速で、高揚程で大きな作業範囲の荷役を能率よく行なえ、しかも部材組付けは微速で安全に位置合わせができる。
- (3) 更に、作業の安全についてはモーメントリミッタ、インターロックをはじめ、各種安全装置を備えて厳しい作業条件下での安全に万全を期した。モーメントリミッタは荷重とジブ角度を検出、演算し、警報と自動停止を行なう方式である。
- (4) 本クレーンの性格上、多数のマストが着脱を繰り返し使用される。このため、マストがクレーンの信頼性、作業性に及ぼす影響が大きく、全体重量に占める割合も大きい。したがって、最上部から2段目の水平支線がくる位置までの各マストは主材を強力なボックス構造とし、十分な強度・剛性をもたせた。このため、水平支線を張ったときマストガイドがマストのトラス節点に限らずどの位置にきても、十分支持できる強度をもつようにした(他社機は、マストガイドの位置に制約がある)。その結果、クレーンの安全性と信頼性が高く、しかも水平支線を張る作業が容易かつ迅速にできることとなった。

また、各マストのジョイント部は他社機がボルトジョイントで締付トルク管理を要するのに対し、本機は信頼性の高いピンジョイントを採用したので、その着脱が簡単かつ迅速に行なわれる。

マスト主材には高抗張力鋼を用い、しかも下方のマストは曲げモーメント及び水平力をわずかし受けけないため、その構造及び部材を軽量化した。

マスト1本の長さも4mと長くし、クライミング時のマストのジョイントの数を減らした。

- (5) 水平支線力には負荷時のマストに加わるモーメントが大きく影響するので、これを軽減するためバランスアームを旋回体後方に取り付けた。しかも、バランスアームのセットを

表1 CTシリーズ主仕様 表中の*印 旋回装置はスリッリングを備え、旋回角度に制限はない。

機 種		CT45	CT65
項 目	①バランスアーム水平時	3.8t×12m 1.85t×21m	4.5t×15m 2.5t×25m
	②バランスアーム直立時	2.0t×12m 0.6 t×21m	2.5t×13.5m 0.5t×25m
作 業 半 径		Rmin 1.8~Rmax 21m	Rmin 1.8~Rmax 25m
最 大 揚 程		約120m	約150m
旋 回 角 度		無限*	無限*
電 源 (ディーゼル発電機)		200/50 V/Hz	200/50 V/Hz
巻 上 げ	フック速度	30(空フック)/15/3m/min	30(空フック)/15/3m/min
	ロープ掛数	2本	2本
起 伏	出 力	(親)15/(子)3.5kW	(親)22/(子)4.3kW
	ロープ速度	42m/5min	42m/5min
旋 回	出 力	14本	14本
	速 度	11/1.5kW	15/1.9kW
ミ ン ク ラ イ	速 度	0.2rpm	0.2rpm
	出 力	0.75kW	1.5kW
安全装置	速 度	0.85/min	0.85/min
	出 力	8.5kW	16kW
最大オーバハング高さ		16m	16m
本 体 下 降 時 寸 法		約2.0m×2.0m	約2.0m×2.0m
輸 送 時 最 大 重 量		1.7t	1.85t
の そ の 装 置 他	巻 上 げ	○ モーメントリミッタ	○ 過巻防止装置
	起 伏	○ 起伏制限装置	
操 作 方 式	ク ラ イ ミ ン グ	○ 過巻防止装置	
	マストガイド	水平支線はマストのどの位置でも可	
	マスト横送り台	マストの搬入・撤去用	
	ケーブルリール	動力ケーブル・操作ケーブル用	
		遠隔操作方式(有線リモートコントロール)	



図3 CT 65の地上操作盤 鉄塔上(又は機上)にも操作盤があり、切換えでどちらからでも遠隔操作が行なえる。

水平と直立に容易に切り換えられる方式とした。

これは、鉄塔部材の仕訳のように大きな作業半径での作業や腕金組付けのような大荷重作業ではバランスアームを水平にセットして行ない、塔体組立てや塔内下降のような狭い空間での作業は、図4のようにバランスアームを直立にして行なうことにより、スムーズに一連の作業を処理できるように配慮した。

このバランスアームの効果で、CT65の大形機でも水平支線のロープ径が20mmに収まり、マストガイドも軽量となり、好評を得た。

(6) 旋回体は鉄塔内下降時の水平断面寸法を2 m角に収め、しかも、据付作業を容易とするために巻上げ及び起伏各ウィンチユニットを上下2段に組み付ける構造とした。

(7) 現地輸送条件に十分適合するように、分解時の重量は1.85 t以下に、寸法は幅1.6m、高さ2m、長さ9m以内とした。

クレーン全体の重量も、現地条件を考慮して極力低減した。

6 水平支線張力の解析

3章(3)項に記したように、クレーンのマストは水平支線を介して建設中の鉄塔に支えられる。どちらもラチス構造であるが、鉄塔側から水平支線の位置を制約されるため、一般にマストはラチスの節点以外の部分で水平力を受けなければならない。これは、ラチス構造にとって辛いことであり、この水平力の大きさは部材の選定に決定的な影響をもつ。したがって、水平支線張力を精度よく求めることは非常に重要である。この張力を求めるために、従来はクレーンモーメントを最上部支線間隔で除す方法(張出し梁の計算)や、支線位置を剛支点とした連続梁の計算方法が用いられてきたが、本機の開発に当たっては、水平支線にワイヤロープを使用していることに着目し、これをばねと考えた計算(弾性支点をもつ連

続梁)を行なった(図5に計算モデルを示す)。これは、マストの延長としたAフレーム頂部とジブフット部に、水平力及び軸力としてクレーンのモーメントを置き換え、マストは任意の位置で水平支線に支えられているとしてモデル化した。これを弾性支点をもつ連続梁として解いた三モーメント法(図6参照)を次々に適用していくことにより、各支点のモーメント、変位(たわみ)及び反力(水平支線張力)を求めることができる。表2に本計算式による反力と従来の方法によるものとを比較すると、本計算式の値は他の方法に比較して大幅に小さいことが分かる。この解析の結果、マストの軽量化、マストガイドのセット位置の制約の解除など、使いやすく信頼性の高いクレーンとすることができた。なお、この反力値は奥清津線20号鉄塔建設時の実証試験で測定の結果、妥当であることを確認した。

7 稼動状況

日立建機株式会社は、CT65×1台、CT45×2台を、昭和55年夏、岳南建設株式会社に納入した。現場は東京電力株式会社奥清津秩父線(500kV)第3工区で、CT 65は重量約400 t、CT 45は約140～300 tの各鉄塔を順調に組み立て、特に安全性、信頼性及び作業能率の点で好評を得た。その後、本機は奥清津秩父線第16工区など、他の現場でも大形鉄塔の建設に活躍している。

8 CT 45の3号機以降についての改善点

CT 45は、3号機以降についても受注し現在製作中であるが、既納機の稼動実績を基に、下記のように一部改善を行なった。

(1) 主な仕様及び全体図は、図7に示すとおりである。

(2) バランスアーム

5章、(5)項に記したように、バランスアームは水平支線力

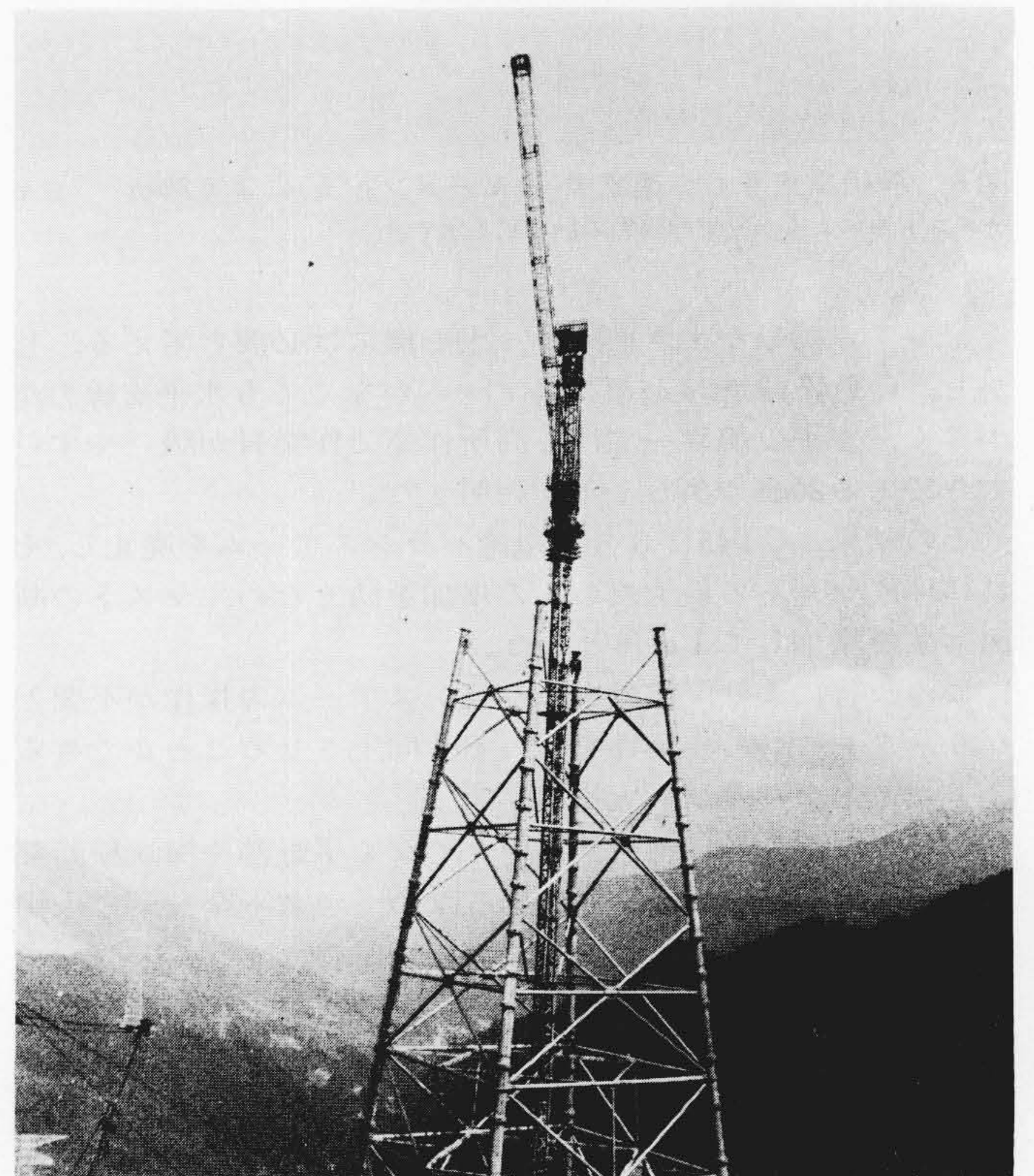


図4 バランスアームを直立させて作業中のCT 65 塔体内の狭い空間でも作業しやすい。

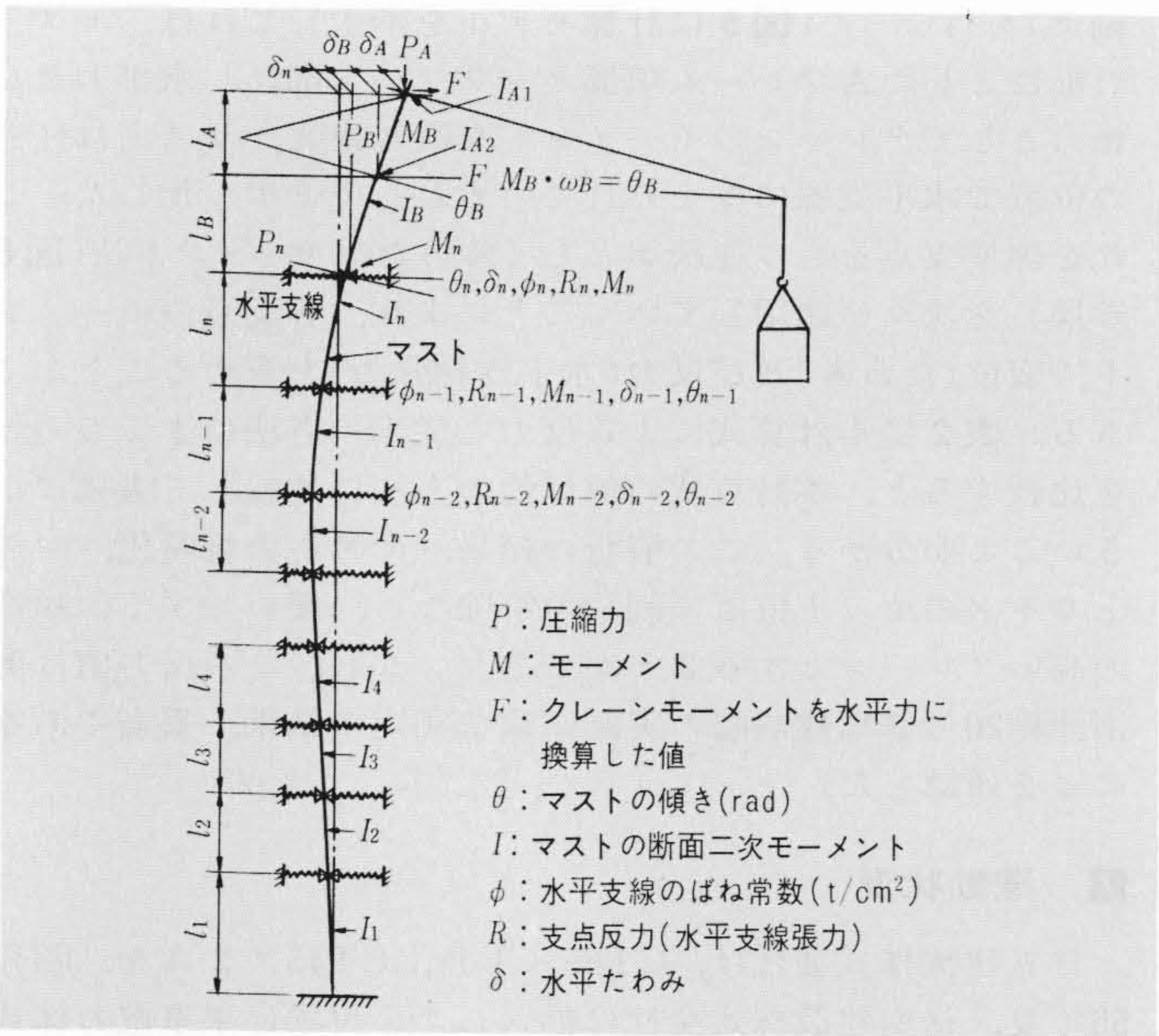


図5 クレーンマストの計算モデル クレーンが水平支線を介して支えられているので、その支点を弾性支点としたクレーンマストの計算モデルを示す。

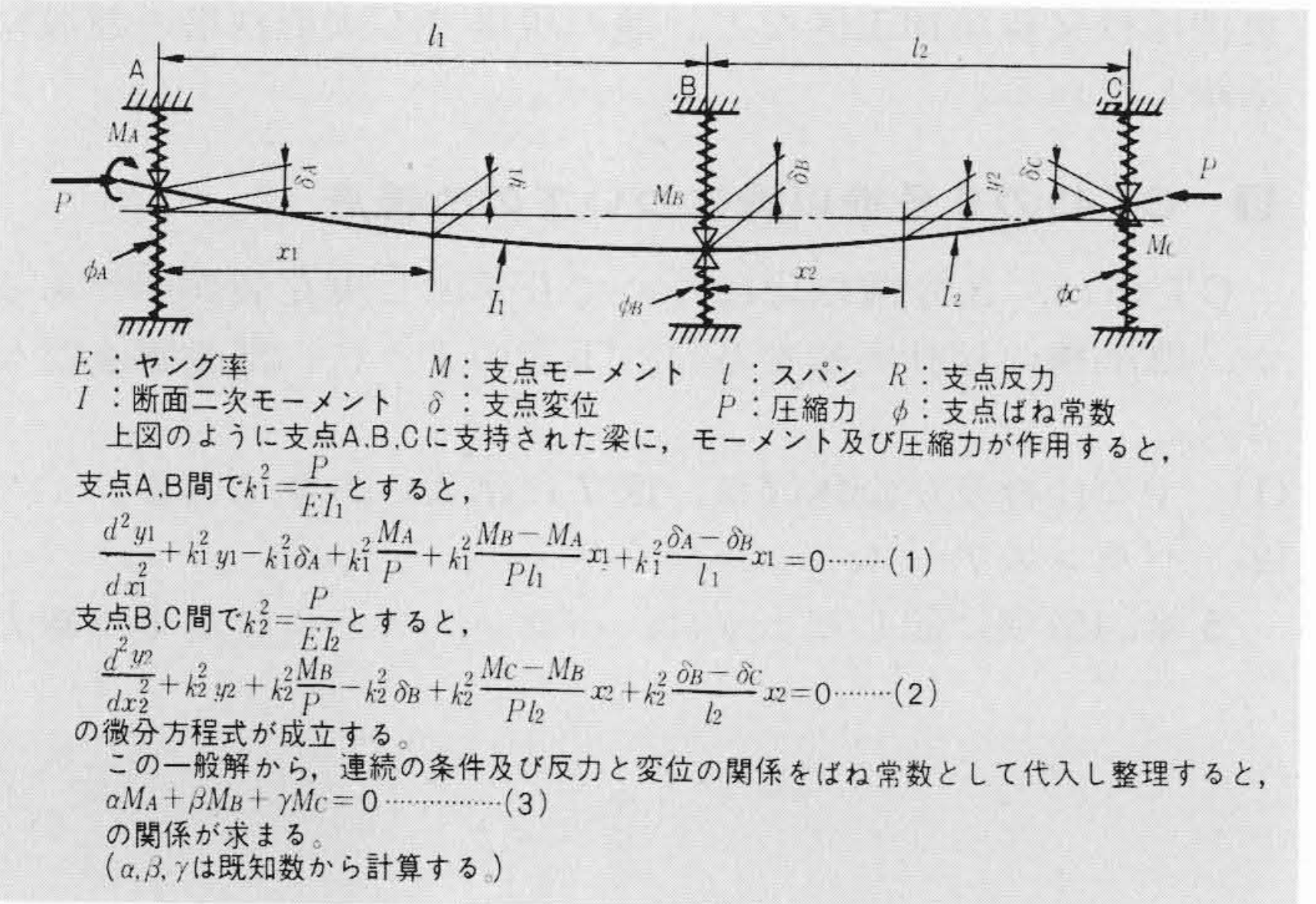


図6 弾性支点をもつ連続梁(三モーメント法)による解析 三モーメント法による水平支線張力の計算式を示す。

を軽減する効果が大いなので、大形機には必要と考える。しかし、CT45級ではバランスアームがなくても水平支線力が小さく、水平支線ロープ径も高所作業で作業員が扱いやすい太さである20mmで済むことが判明した。

その結果、CT45は3号機以降バランスアームを廃止し、それに伴うマストの最大たわみの増加を防ぐため、マストの断面寸法を増加して1m角とした。

この改善により、稼動中にバランスアームの操作が不要となり、クレーンの作業性をいっそう向上させることができる。

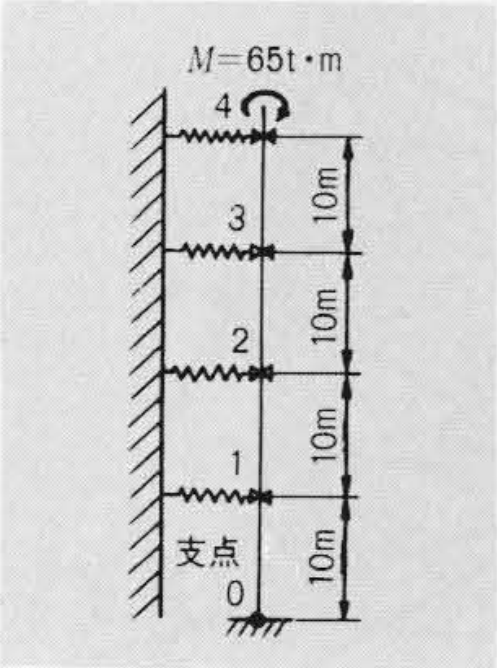
(3) マスト全長及び最大揚程

CT45の用途を、山岳地ばかりでなく平野部や海峡横断部の送電線大形鉄塔建設にも広げるため、マスト全長、最大揚程及びクライミングウインチを大きくした。

9 結 言

以上述べたように、従来の鉄塔建設工法を調査し、この工法に適した方式で、大形化した送電線鉄塔を安全・能率的に組み立てられる全旋回式高揚程ジブクレーンを開発し市場に導入することができ、所期の評価を得ることができた。今後

表2 弾性支点と剛支点の反力比較例 反力が大きくなる支点3又は4で、弾性支点として計算した反力値tが剛支点の値に比べて小さい。



支点	計 算 方 式		
	A	B	C
4	4.2	8.2	6.5
3	⊖ 2.6	⊖ 10.5	⊖ 6.5
2	⊖ 1.0	2.8	0
1	⊖ 0.3	⊖ 0.6	0
0	⊖ 0.2	0.1	0

注：1.上記反力値の単位はt
2.計算方式A(CT65をモデルとした弾性支点の連続梁の計算)
B(剛支点の連続梁の計算)
C(張出し梁の計算)

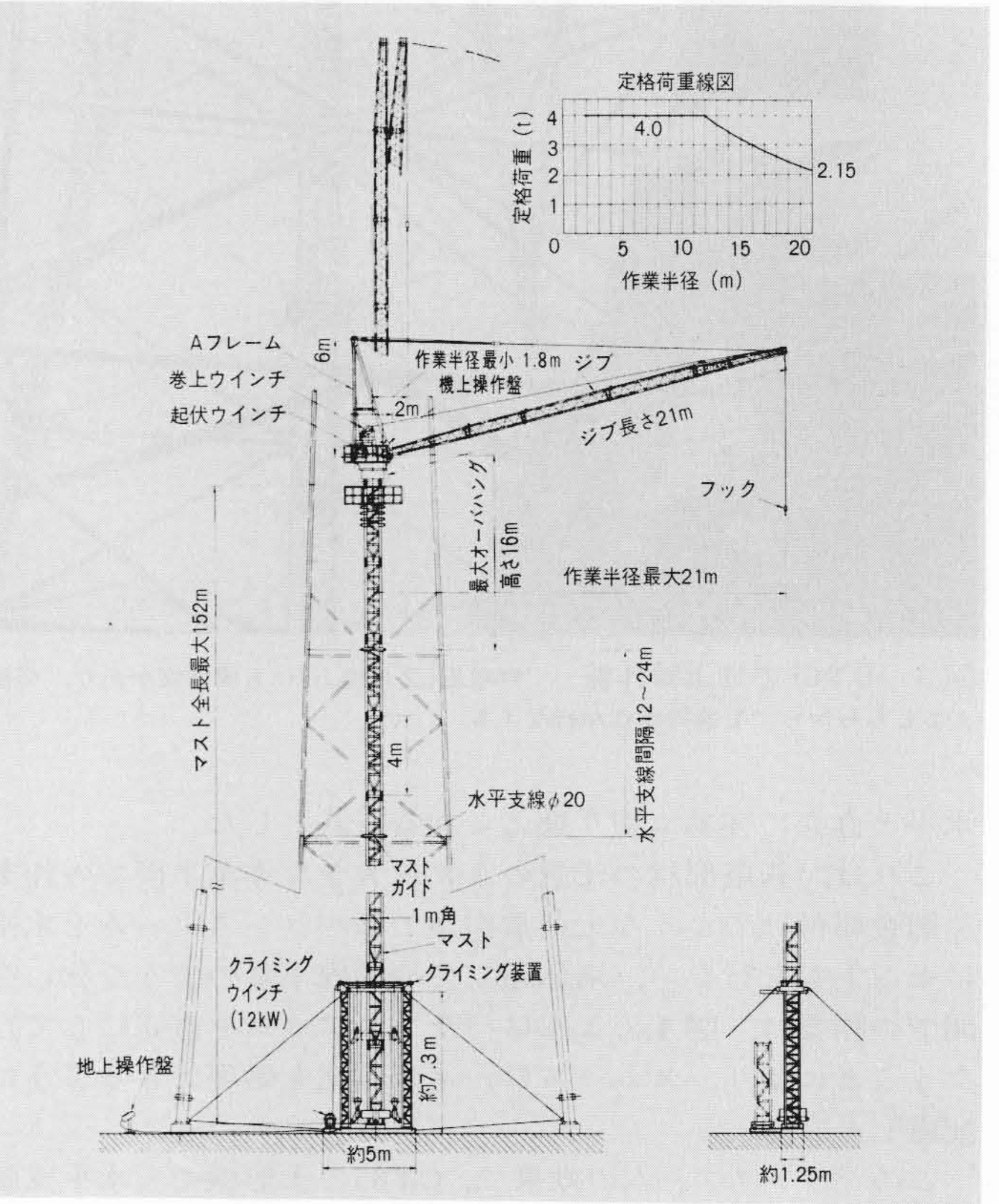


図7 CT45(3号機以降)全体図 バランスアームを廃止し、マストを1m角、マスト全長を最大152m及び最大揚程を169mとした。

とも更に研究、実績を重ねて、UHV送電線建設を含む数々の要望にもこたえていきたい。

終わりに、本機の開発、試験及び現場稼動を通じて御指導、御協力をいただいた東京電力株式会社、岳南建設株式会社をはじめ関係各位に対し心から御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 山岸，外：鉄塔組立の変遷と最近の工法，送電線建設資料第26集，61～81，送電線建設技術研究会（昭55-12）
- 2) 架空送電線路工事従事者用教材（基礎技術編），360～409，送電線建設技術研究会（昭55-7）
- 3) 中村：最近の大形送電鉄塔建設，土木施工，17，12，43～51，山海堂（昭51-11）
- 4) 小泉，外：UHV送電をめざす新しい技術，電気計算，46，10，21～30，電気書院（昭53-8）
- 5) 堀：送電用鉄塔設計の新しい考え方，電気計算，47，15，33～42，電気書院（昭54-12）
- 6) 有働：電力輸送，日本の技術10年前・10年後，221～235，科学技術と経済の会編，日本ビジネスレポート（昭52-4）
主として，日本の電力輸送及びその設備計画の動向について述べている。