

最近の日立天井クレーン

小池喜太郎*

Hitachi's Latest Overhead Crane

By Kitaro Koike

Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Modernization of the overhead crane must be directed towards greater efficiency for high speed operation by improvement of such factors as speed control, noiseless operation, and longer life. These improvements must also be accompanied by lowering of maintenance cost through simplification of maintenance, expansion of the permissible loading area, and cutting down of construction cost by reducing the wheel load.

The progress made in this direction by Hitachi, Ltd. can be summarized as follows:

1. For speed control, the *CF* Control utilizing the servolifter may be adopted to obtain a minimum speed of 1/3 to 1/4 in lowering.
2. For noiseless operation, gears which are the source of noise must be produced with high precision, and either special steel must be employed for their material, or resistance increased against abrasion by hardening the surface of the gear teeth.
3. For durability, there are the adoption of hardened gear surface, employment of anti-friction bearings, and the utilization of the filler-type rope.
4. For simplification of maintenance, there are the adoption of the concentrated lubrication system, and the anti-friction bearings.
5. For expansion of permissible loading area to reduce construction expense, the machines are to be made smaller and compact; and for the reduction in the wheel-load, there are the rationalization of design and adoption of high tensile structural steel.

In the latter half of the report, the writer sets forth representative achievements for each type of the overhead crane.

〔I〕 緒 言

天井クレーンは現代工業において重要な役割を占めている荷役機械のうちで、最も広範囲に用いられている機種である。日立製作所では従来国内生産の70%を占める4,000台以上を製作しているが、近代的クレーンとするために日々研究改良を行つている。

天井クレーンの近代化の方向は高速化に伴う速度制御、静粛運転、長寿命などの高性能化とともに、保守の容易化による維持費の低減、荷役可能面積の拡大、車輪荷重の軽減などによる建設費の切下げに向わねばならな

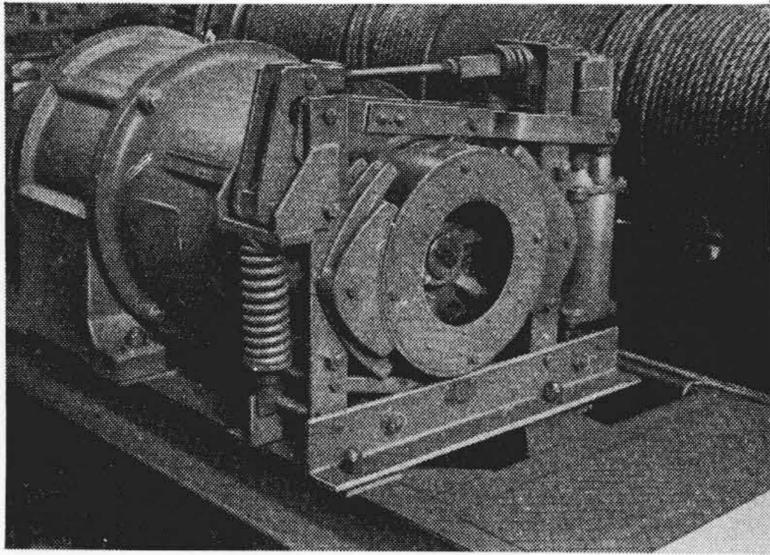
* 日立製作所亀有工場

いと考える。以下この各項目について日立製作所の行つて来た点を説明し、その実績について述べる。

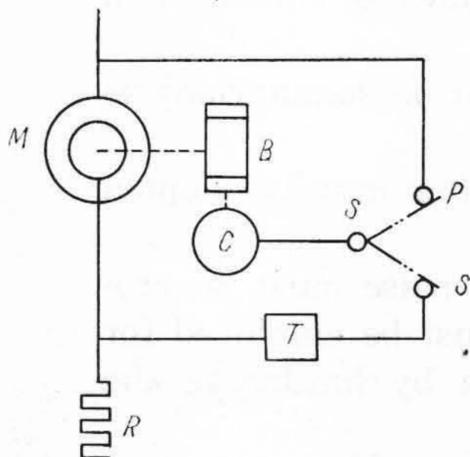
〔II〕 天井クレーン近代化の方向

(1) 速度制御

作業能率を上げるための高速化に伴つて速度制御の必然性が生じ、特に巻下において必要となつてくる。すなわち単に速度を上げただけでは、吊荷の着床や合せ作業を正確に行うのに手間どる結果となり、かえつて能率の低下をきたすからである。一般天井クレーンに用いられる誘導電動機の速度制御方式には種々の方式があり、諸外国においても色々と実施されているが⁽¹⁾、日立製作所

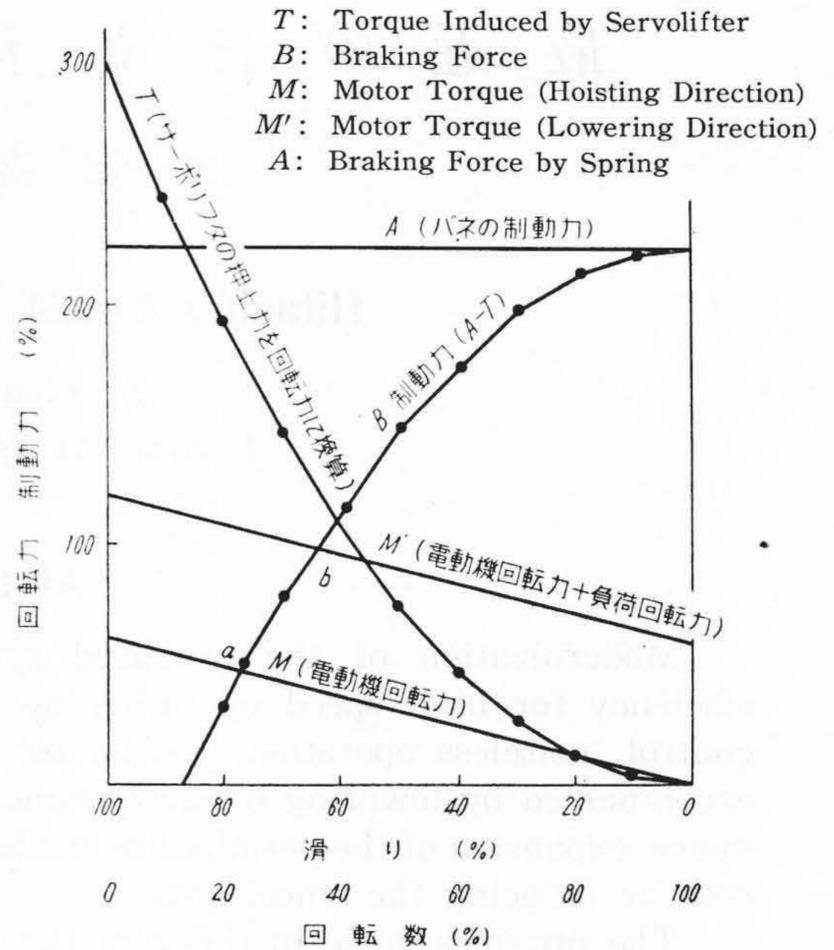


第1図 サーボリフタブレーキ
Fig.1. Servolifter Brake

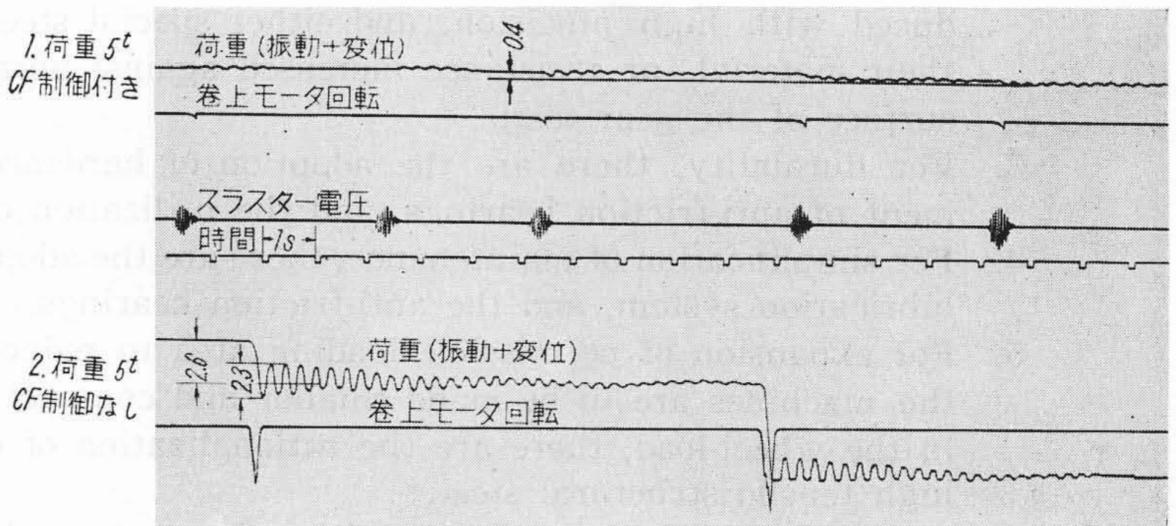


- M: Hoisting Motor
- B: Brake
- T: Transformer
- R: Secondary Resistor
- C: Servolifter
- S: Change Over Switch

第2図 CF 制御の結線要領
Fig.2. Connection Diagram of the CF Control System



第3図 CF 制御の特性曲線
Fig.3. Characteristic Curves of CF Control



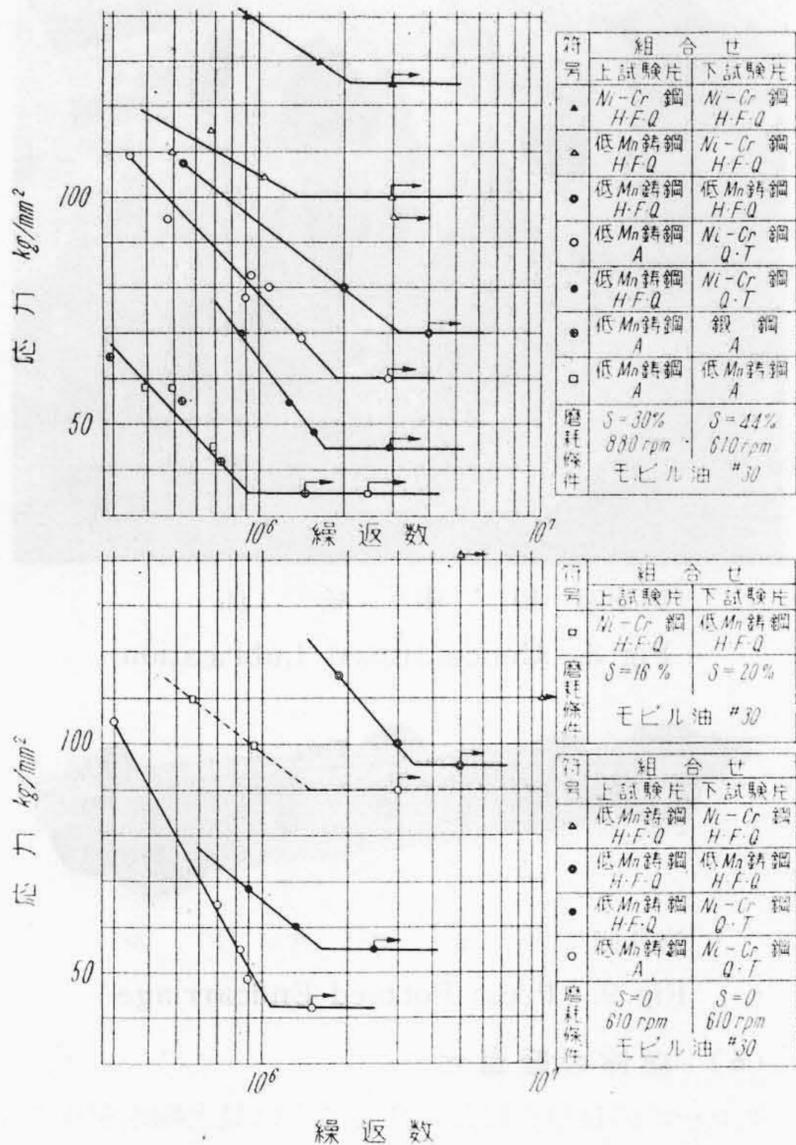
第4図 オシログラム
Fig.4. Oscillogram of Inching, Load 5t, Motor 15kW, Lowering

では CF 制御方式を天井クレーンに全面的に採用した。

CF 制御方式 (特許第 144352 号) とは今まで度々紹介された⁽²⁾⁽³⁾ように巻上電動機の二次側に、サーボリフタの操作電動機を接続して、巻上用電動機の回転数に応じて自動的にブレーキの制動力を増減させて安定した微速をうる方式である。第1図~第3図はそれぞれサーボリフタブレーキの外観、結線要領および特性曲線を示したものである。この制御方式によれば巻下速度は定格巻下速度の約 1/4~1/3 の安定した微速がえられる。またこの制御方式はインチング性能も非常にすぐれている。第4図は CF 制御付と CF 制御なしの場合のインチングのオシログラムの一例である。

(2) 静粛運転

往々据付当時は大して音のしなかつたクレーンが半年も経過すると音が大きくなる例があるが、これは歯面の早期磨耗によるものが多い。ゆえに無音クレーンとするために一番肝要なことは、音の発生源たる歯車に高精度の工作をし、しかも歯面の耐磨耗性を向上させることである。日立製作所では歯車材料として特殊鋳鋼、ダクタイル鋳鉄などの研究と平行して表面硬化の研究^{(4)~(6)}および歯車を対象とした磨耗についての研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾を行い、その結果表面硬化の効果が顕著であることが確認された。その一、二の例をつぎに示す。ともに試験機は西原式回転磨耗試験機である。



第5図 ヘルツ応力，繰返数曲線
Fig. 5. Herz Pressure σ —Repeated Number Diagram

(2・1) 歯車の高周波焼入と斑磨耗耐久限⁽⁷⁾

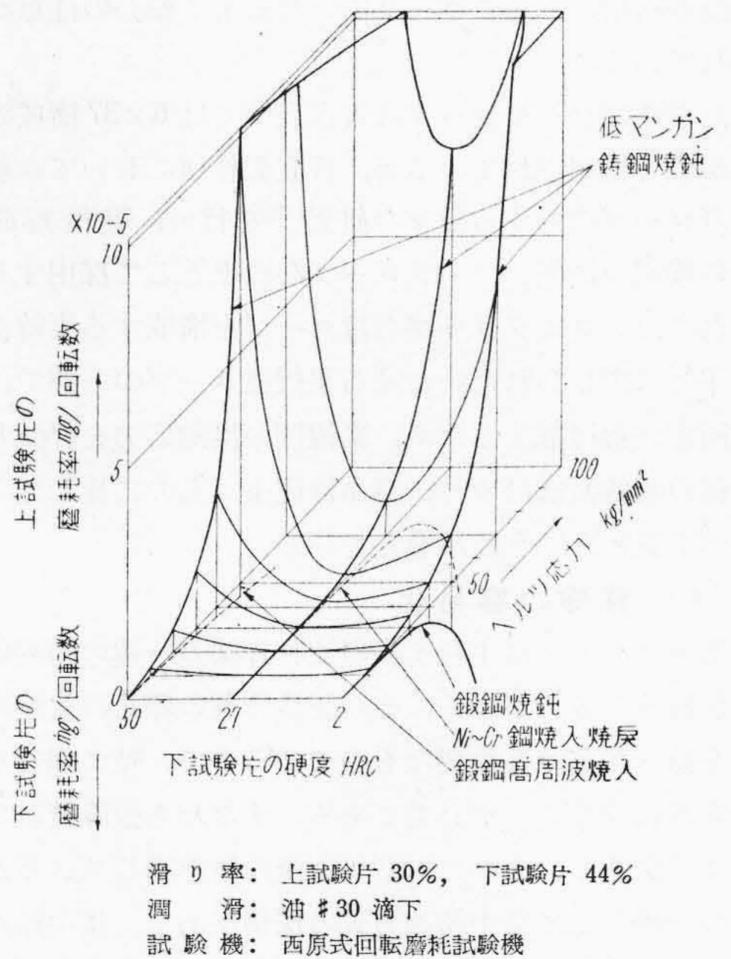
各種の組合せの場合，斑磨耗発生繰返数 N と Herz 応力 σ とは第5図に示すような関係となる。なお線図は上下試験片の斑磨耗を発生した側について画いてある。この結果から高周波焼入によつて斑磨耗耐久限は著しく高められることがわかる。

(2・2) 歯車の組合せと磨耗量⁽⁸⁾

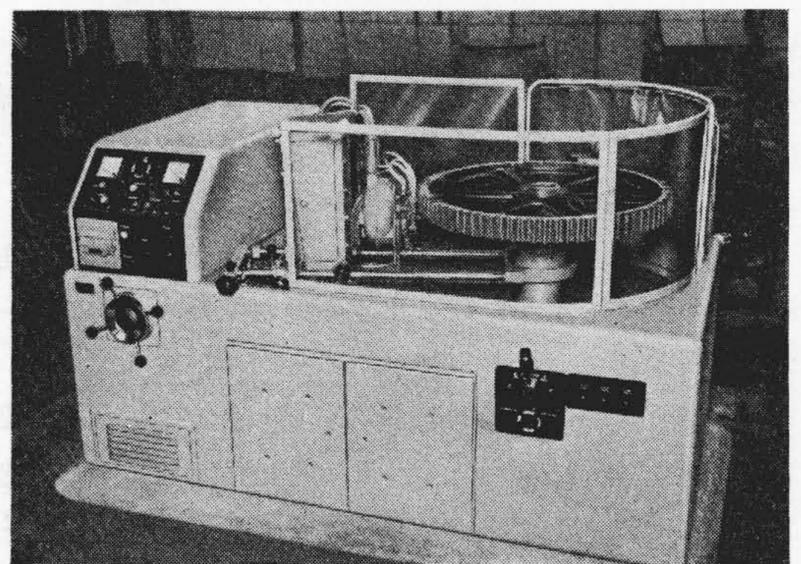
磨耗量を表わすのに斑磨耗を起す直前までの総磨耗量をそのときまでの試験回転数で除した値を磨耗率とし，低Mn 鋳鋼の上試験片に対し，下試験片に硬，中，軟の3種を選んだときの磨耗率推定模型図を画くと第6図のようになる。すなわち上試験片の硬度に対し下試験片の硬度をショア5~10くらい硬く選んだときの磨耗率が優秀で，相手が硬すぎても軟かすぎても磨耗率は増大する。

いずれにしても一對の歯車の組合せにおいて，芯は衝撃値をもたせるよう十分焼入焼戻を行い，歯の嚙合面および歯底に表面硬化を行えば，軽くて寿命は数倍の歯車をえられることはあきらかである。

日立製作所亀有工場においては日立式3,000サイクル300kVA高周波焼入装置⁽⁹⁾とSchoppe & Faaser社製10,000サイクル70kW⁽¹⁰⁾(第7図)の2基を設置し



第6図 低Mn 鋳鋼焼鈍の上試験片に対し下試験片を硬，中，軟に選んだときの磨耗率推定模型図
Fig. 6. Model Diagram of Specific Abrasion for Various Combination



第7図 Schoppe & Faaser 社製高周波焼入装置の外観
Fig. 7. General View of Schoppe & Faaser Type Induction Hardening Arrangement

ている。後者は歯底部への焼入も可能であり，切欠部に対する高周波焼入の効果⁽¹¹⁾が大であることを考えれば，強度上，耐磨耗上，歯車に対する高周波焼入がいかに有効であるかがわかる。

(3) 長寿命

荷役機械が長寿命を要求されることは言を俟たない。このためには歯車材料に特殊鋳鋼の採用あるいは表面硬化の実施，摺動面，ピン廻りに対する焼入の実施，転り

軸受の活用, さらにロープにいたるまで細心の注意が払われている。

たとえばワイヤロープは現在我国では6×37構成のものが広く採用されているが, 日立製作所においては戦前よりロープに対する種々の研究⁽¹²⁾を行い, 戦後寿命実績の検討の結果, フイラロープを標準として採用するにいたつた。フイラロープとはロープを構成する素線が互に平行に撚じられたいわゆる平行撚ロープの一種で, 素線同志は線接触するため, 素線間の接触応力を軽減し, 内部の素線断線は少く, 寿命は従来のものに比して2~3倍も長いという実績をえている。

(4) 保守の容易化

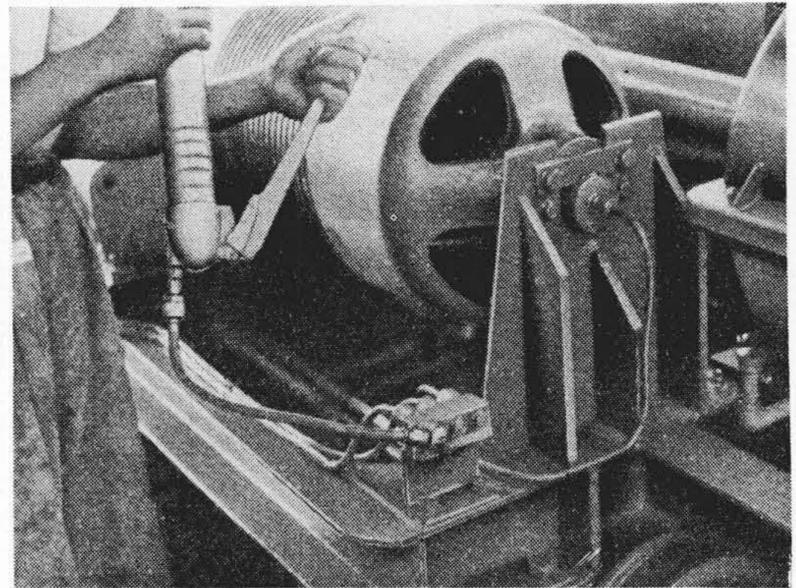
天井クレーンは生産工場の流れ作業の一連の系列の中に位置するものが多く, その正常作業の停止は生産の停止を意味するほど重要なものであるので, 特に保安点検を容易にすることが必要である。すなわち故障統計などをよく調査し, それに対して万全の策を講じているが, その一例として集中給油方式の採用がある。集中給油方式とは従来のグリースカップ給油方式の代りに第8図に示すように給油口を配管によつて二, 三のグリースニブルスタンドに集めてグリースガンによつて給油する方式で, 高速部の転り軸受の採用, 歯車のオイルバスによる給油頻度の減少と相まつて, 保守が非常に容易になっている。この方式は高圧給油であるので, 殊に従来グリースカップ式ではどうしても十分給脂できなかつた長い給油管を持つた系統に対する給脂が完全となつた。

(5) 荷役可能面積の拡大

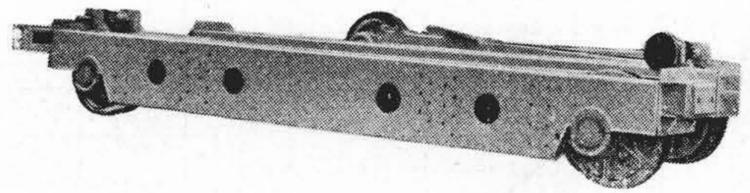
建屋建設費の切詰めのために荷役可能面積の広いことが要求される。こゝに荷役可能面積とはフックがクレーンの横行走行によつて作業しうる床面積の意味である。この拡大のためには, 電動機, ドラム, ホイルなど各要素の配置を適当に選びコンパクトな形にすることが必要である。日立天井クレーンはJIS普通形クレーンにくらべて, 寄り上りがよく, すぐれたカバ面積を有している。一例として5t×20m天井クレーンについての比較を下表に掲げる。

5t×20m 天井クレーン	横行方向寄り (mm)		走行方向寄り (mm)		上り (mm)	クレーン ハイト
	右	左	ケージ側	反ケージ側		
JIS 普通形	800	800	2,700	2,300	300	1,600
日立産業用	700	700	2,600	2,000	200	1,300
差	100	100	100	300	100	300

なお特に大形クレーンには, ガーダ下面にI形ガーダを取付け, これに小形のホイストまたはトロリーを走行させる方法とか, 建屋の両側の壁に壁クレーンを設け, これを建屋の長手方向に走行させる方法とかが考えられ実施されている。



第8図 集中給油
Fig.8. Concentrated Lubrication



第9図 プレスサドル
Fig.9. Press Formed Endcarriage

(6) 機体の軽量化

クレーンの自重を軽量化することは最大輪重を小さくし建屋建設費を少なくする。

重量軽減のためには, むだな部材のない合理的設計がなされねばならない。日立製作所では天井クレーンに対する衝撃応力の測定を従来より行い^{(13)~(15)}, それらのデータの上に立つた合理的設計を行つている。また溶接技術の進歩によつて部材断面の形状および寸法はきわめて合理的になり, パイプ断面の部材の使用も容易になつた。なおプレス作業も最大限に活用している。第9図はプレスと溶接を巧みに使用して製作したサドルの一例を示す。

また現在船舶, 橋梁などでは高抗張力鋼の溶接構造が広く採用されているが, 日立製作所では高抗張力鋼の溶接について種々研究の結果, 天井クレーンにおいても実用の段階に入つている。

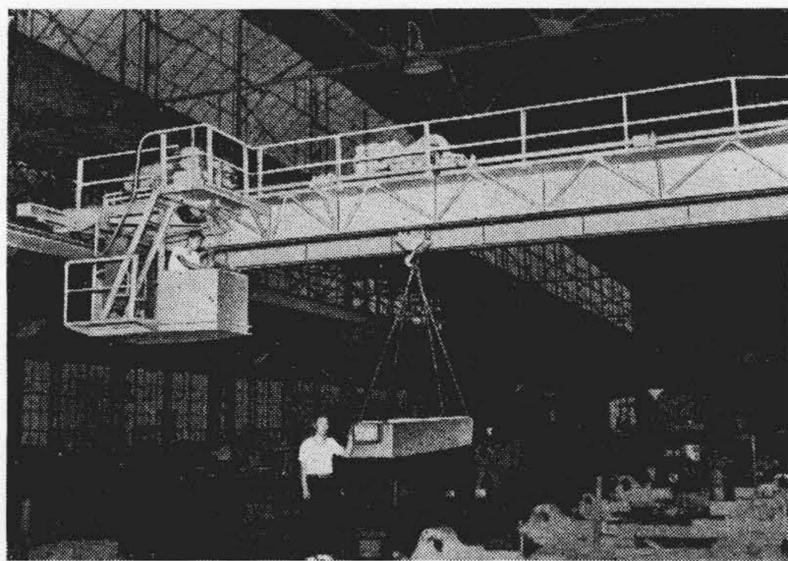
上記の衝撃応力測定結果の活用, 溶接構造の大幅な採用などによつて従来より20~30%の軽量化が実現されている。

〔III〕 日立クレーン近代化の実績

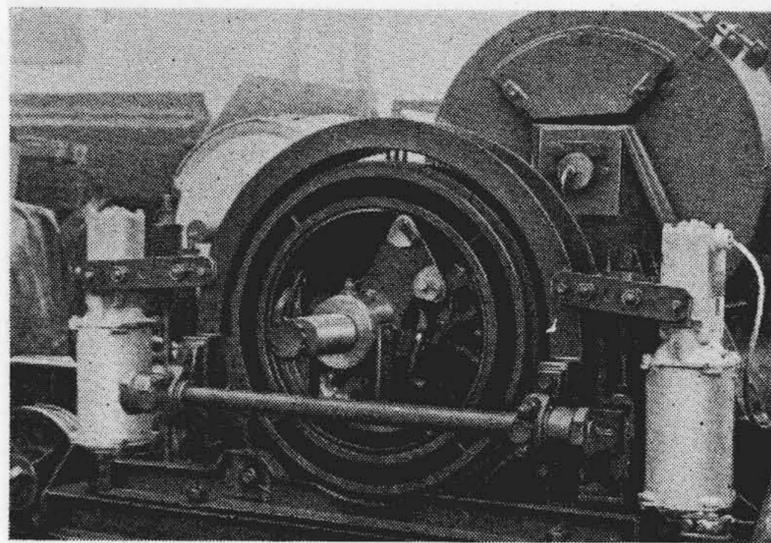
前項の近代化の線に沿つて設計製作された最新の各種天井クレーンの実際について説明する。

(1) 一般産業用天井クレーン

これは機械工場, 組立工場, 鋳物工場, 材料置場の作業, 化学工場の製造プロセスなどの一般産業を対象とした天井クレーンであり, 最も需要の多い機種である。



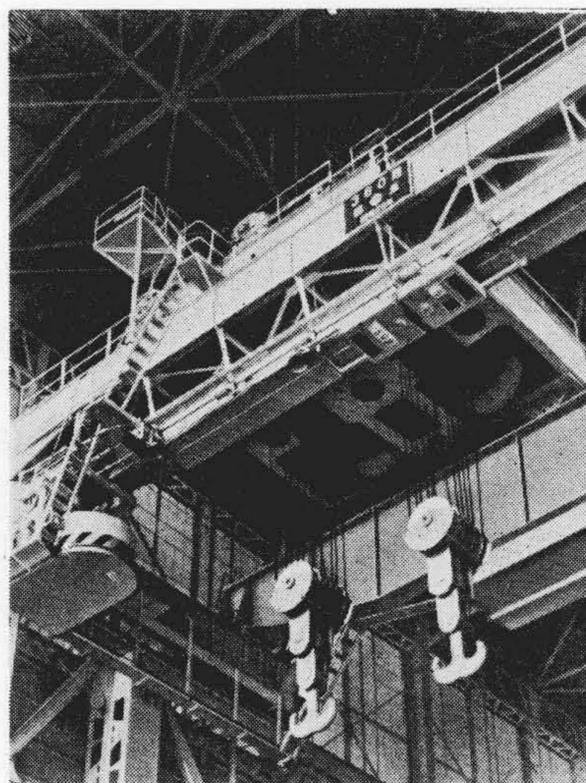
第10図 5t×10.2m 天井クレーン
Fig. 10. 5t×10.2m Electric Overhead Crane



第12図 エキспанションクラッチ
Fig. 12. Expansion Clutch



第11図 4t×11m グラブバケツ付天井クレーン
Fig. 11. 4t×11m Electric Overhead Crane with Groab Bucket



第13図 360t×20.85m 天井クレーン
Fig. 13. 360t×20.85m Electric Overhead Travelling Crane

各速度は JIS (B 8801) を採用し高速化されており、前述の近代化の方向により標準化されている。

第10図は最近の一例で、クラブはユニットシステムで CF 制御方式を採用している。またガードは主桁をプレートガードとし、その上部のフランジは幅を広くし水平荷重を持たせ、従来の補桁の代りにパイプトラスにより全体を▽形としてあり、最大車輪荷重の軽減をはかっている。

(2) グラブバケツ付天井クレーン

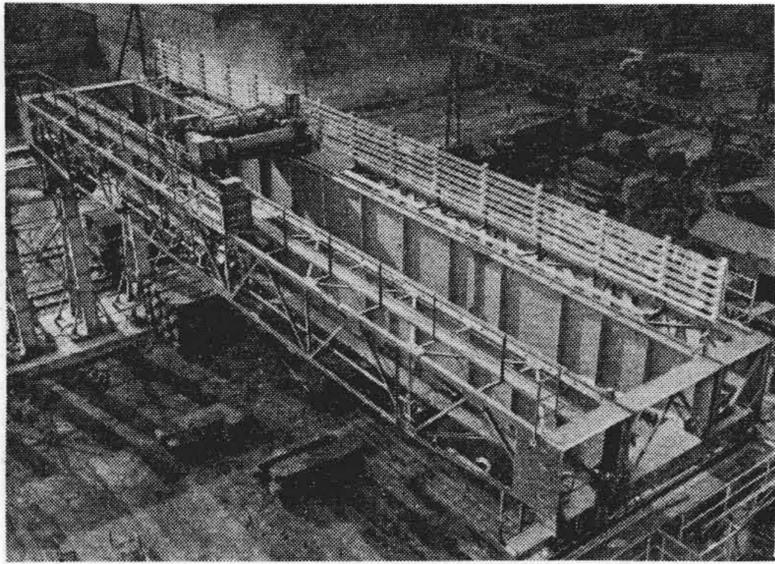
この機種はセメント工場、製鉄所などにおいて石炭、石灰石、クリンカー、鉱石などの各種原料の処理に使用され製造工程の一環として稼動するものであり、その運転は激甚な連続作業であるので、この機種に対しては特に故障なく、磨耗少く、整備容易を主眼としている。

第11図は最近のグラブバケツ付天井クレーンの一例であるが、前述の近代化の方向の各項を満足しているのはもちろん、この機種特有のものとしてつぎの点があげられる。

(A) グラブ開閉操作機構のクラッチにはエキспанションクラッチ (第12図) (実用新案第 382242 号) を採用しているので、従来の外巻バンド式のクラッチに比してバンドの安全率を高く出来るからバンドの切損事故がなく構造堅牢である。バンドは構造上円形に精度高く製作しうるからライニングの当りがよく、レバーの僅かな動きでも確実に嵌脱が行われ、スリップが少い。

(B) 粉塵の影響を考慮して歯車はすべてオイルバスまたは密閉のギヤケースにおさめた。

(C) グラブバケツについても種々深長な考慮をはらっている。すなわち開き方向を簡単に 90° 向きを変え取替えを行うことができる構造とした。これはクレーンの設置場所を移したり、ピット、引込線の模様替えをしてグラブバケツの開き方向を変えたいときに便利である。また双先に特殊鋼の盛金を施して耐磨耗性を大にした。(特許176297号, 実用新案373884号)



第14図 20/5 t×95' 天井クレーン
(印度 TATA 製鉄所納)

Fig. 14. 20/5 t×95' Electric Overhead Crane
Supplied to Tata Iron & Steel Co.,
India

(3) 大形天井クレーン

工業の進歩とともに工場その他の設備は漸次大規模となり、特に発電所のユニットが大形となり、天井クレーンも大容量のものを要求される傾向にある。大形天井クレーンでは巻上荷重が大容量であるので、安全確実な設計製作が要求されることはもちろんであるが、その構造のいかんによつては建屋の建設費に影響をおよぼすことが甚大であるので自重の軽量化、荷役可能面積の拡大に特に意をはらっている。

第13図(前頁参照)は最近の大形天井クレーンの一例であるが、これは種々の点で新機軸を出している。その主たる点は下記の通りである。

(A) 巻上装置には CF 制御方式を採用した。その結果、巻下速度に安定した微速がえられ、かつインテグ性能も良好であり、非常な好評を博している。

(B) クラブ、ガードともに高抗張力鋼を使用し全溶接構造とした。大容量の天井クレーンにかかる溶接構造を採用したのは日本ではもちろん世界でも最初であろう。

(C) 主桁とその約半分のデプスの補桁とで堅固なボックスを構成するセミボックスガードを採用した(特許出願中)。その特色としては強度ならびに剛度に対してきわめて合理的な構造であり、ビーム本体が形良く軽快である。なお走行装置を置くのに便利な空間がありスペースの経済となる。

(D) 走行車輪は 16 輪で、内側のトラックは車輪はそのままサドル中央に引出すことができるので、車輪取換修理が容易である。(実用新案 410640 号)

(E) 中小荷重の荷役能率を上げるために、速巻切換装置を備え、この切換装置と連動して吊りうる荷重の大

きさを特殊表示灯に指示し、床上の作業者に知らせるようになっている。(特許出願中)

(F) クラブには荷重計を備え、運転室の荷重メータの目盛により吊荷重を読みとることができる。(特許出願中)

(4) 日立天井クレーンの国際的水準

クレーンの海外進出の叫ばれている今日、われわれの製作水準は諸外国のそれに比してどうであろうか。

日立製作所では南米および東南アジアに戦後各種のクレーンを輸出して来たが、最近印度 TATA 製鉄所に製鋼所用天井クレーンを 6 台納入した。因みに TATA 製鉄所はアジアにおける屈指の近代的大製鉄所で、クレーンは英、米、独一流のメーカ製のものが優劣を競っている所である。第14図はその一例を示す。これらは多年の経験を生かし、上記の近代化をあますところなく実施した最新形のものであるが、現地据付完成後の現在、該製鉄所に既設の米英独など各国メーカーのものに比してなんら遜色することなく、むしろそれらを凌いで稼動中であり、日立技術の真価を遺憾なく発揮するとともに今後のクレーンの海外進出に明るい見透しを保証している。

[IV] 結 言

以上最近の日立天井クレーンの近代化の方向と、その実績について紹介したが、今後も日立製作所の機械部門と電気部門との総合メーカーの妙を發揮するとともに、使用者側の御協力の上に、より高性能の、より高能率の、より取扱い容易なクレーンを製作するよう不断の努力を進めて行く。

参 考 文 献

- (1) Load-O-Matic (Westinghouse 米国)
Microsen (British Thomson-Houston 英国)
Stacreep (J.H. Carruthers & Co., Ltd. 英国)
- (2) 森泉: 日立評論 26 (1943) 7 P. 34
- (3) 日立評論 35 (1953) 1 P. 202
- (4) 寺前, 牧野: 日立評論 32 (1950) 12 P. 1
- (5) 牧野, 黒木: 日立 13 (1951) 1~2 P. 25
- (6) 寺前, 牧野: 金属 20 (1950) 6 P. 44
- (7) 牧野, 箭内: 日立評論 35 (1953) 5 P. 119
- (8) 安河内: 機械の研究 5 (1953) 7 P. 15
- (9) 黒木: 日立 13 (1950)
- (10) 黒木: 日立 16 (1953)
- (11) 中村, 水馬, 船木: 機械学会論文集 18 (1952) 75 P. 70
- (12) 安河内: 日立評論 26 (1943) 4 P. 35
- (13) 福井: 日立評論 25 (1942) 9 P. 17
- (14) 福井: 日立評論 27 (1944) 5 P. 22
- (15) 川勝: 日立評論 35 (1953) 3 P. 53