

# 39. タワークレーン用衝突防止装置の開発

(株)竹中工務店 \*大 滝 昭 治・山 田 弘 道・谷 口 四 郎

## 1. まえがき

タワークレーンが日本国内で使用されて以来、4半世紀を経過し、その間、建設工事の大型化に伴ない、タワークレーンも、技術の進歩により性能の向上と共に大型化してきている。また、安全性の面でも当時と比べ著しく進歩をとげている。しかし、個々のタワークレーンの安全性が高まっても、原子力発電所、超高層ビルなどの建設工事のようにクレーンを同時に複数台設置する作業所では、クレーン相互間の安全を確保する装置が必要である。従来、このように、複数台のクレーンを設置している作業所では、作業範囲規制装置などにより対処していたが、種々の問題点があった。

今回、当社が開発したクレーン衝突防止装置は、各クレーンのブーム位置を時々刻々検出し、そのデータをクレーン相互間で交換することによりブーム同士および吊荷などの衝突を自動的に防止するものである。以下、その概要について述べる。

## 2. 従来技術の問題点

予想されるクレーンの衝突状況としては、①クレーンのブームとブームによる ②ブームと巻上ロープ(荷)による ③ブームとカウンタージアによる ④建築物等の固定障害物などが考えられる。また、タワークレーン相互間の衝突を防止する技術として従来使用された方法は、①音波または電波による位置の検知 ②作業範囲規制装置を取付ける ③無線および有線によるオペレーター同士の通話などがある。この中では、比較的信頼性の高い作業範囲規制装置が使用されていたが、クレーンの作業可能範囲が大きく制限され、いかに高性能を有するクレーンでも、その能力が半減されてしまい、作業性の向上および揚重の合理化が計れなかった。他の方法に対する問題点をもまとめると表-1になる。

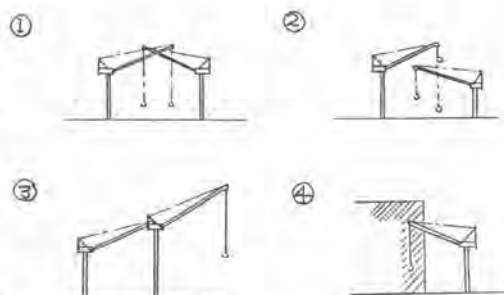


図-1 予想される衝突状況

表-1 従来装置の問題点

安全装置	問題点
音波・電波による検知	・発振装置の周回のみを検知であるため、ブームがある範囲で重複していても検知できない。また自分の巻上ロープの動きでも検知してしまう。
旋回半径規制装置	・主に隣接建築物などの固定物に対する規制であるため、ブーム同士の衝突防止装置としては困難である。
無線および有線通話	・耳による正確さのため、ミスが発生の可能性がある。あるいはカウンタージアと相対ブームの衝突の場合、確認が難しい。

## 3. 基本計画と原理

本装置の開発に当たり、関連部署員のブレインストーミングを実施し、マイコン使用による制御方式を採用することにした。その後、検出方式、表示方式、プログラム、信号の伝送方式などについて検討し基本計画を立案した。そのまとめを表-2に示す。

次に本装置の原理を図-2.3より説明する。作業所内の空間をX, Y, Z軸で定義し、タワークレーンの設置位置の座標点を(X, Y)とする。

また、ブーム上に任意に設置した点のX-Y平面上への投影点を $P_1 \sim P_n$ とすると各点の座標は、

$$P_1 = \{ (X + L \cdot \cos\theta \cdot \cos\varphi), (Y + L \cdot \cos\theta \cdot \sin\varphi) \}$$

$$P_2 = \{ (X + (L-m) \cdot \cos\theta \cdot \cos\varphi), (Y + (L-m) \cdot \cos\theta \cdot \sin\varphi) \}$$

⋮

$$P_n = \{ (X + (L-(n-1)m) \cdot \cos\theta \cdot \cos\varphi), (Y + (L-(n-1)m) \cdot \cos\theta \cdot \sin\varphi) \}$$

となる。ここで、

L: クレーンブーム長さ     $\theta$ : ブーム起伏角度

$\varphi$ : ブーム旋回角度    m: クレーン旋回体の体積間距離

同様に、隣接クレーン上の任意点の座標を求め、それぞれの点間距離 $l$ を算出する。また、各投影点 $P_1 \sim P_n$ は、停止域 $S$ と警戒域 $R$ をあらかじめ設定しておき、各点間距離がその値より小さくなった時に、各々の信号を出すことができる。

#### 4. 装置の概要

今回開発した、タワークレーン衝突防止装置は、隣接して設置したクレーン相互間の接触、隣接建物などの接触、を未然に、自動的に防止するシステムで、各々のクレーンに搭載された演算部(検出部)(C.P.U)で、ブーム位置を算出し、他のクレーンとデータを送受し合ひ、互いのブーム位置を監視する。

本装置では、各々のクレーンにC.P.Uを搭載しているため、最大6機種のクレーン相互監視ができる。また、1機のみでも、旋回規制などは、作業範囲規制装置として使用が可能となっている。本システムは、図-4のごとく検出部、演算部、表示部のサブシステムに分けられ、それぞれは、次の機器類によって構成されている。(表-3)

表-2. 基本計画のまとめ

1	タワークレーン個々の検出器、マイコンをセパレート集約および個別制御方式とする。
2	それぞれ検出されたデータは、マイコン(CPU)により演算する
3	タワークレーン本体位置の設定は、X-Y座標の平面より算出する
4	ブーム角度・荷重の検出は、タワークレーン本体のモーメントリミッターを利用する
5	旋回位置は旋回角度センサーにて検出する
6	作業用テレビカメラを取り付けるため、危険区域のため、装置と連動するシステムとする。
7	このため、テレビ用モニターとして、ディスプレイを使用する。

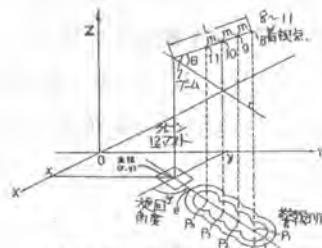


図-2 基本原理(1)

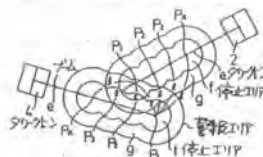


図-3 基本原理(2)

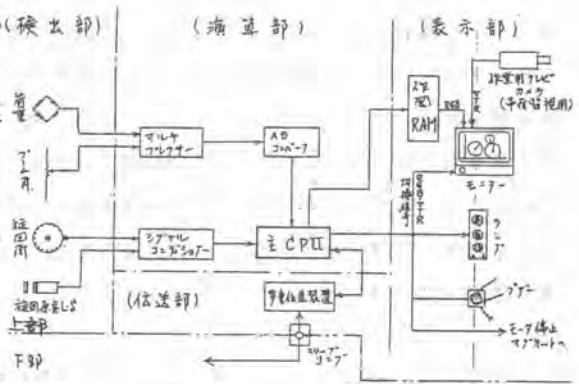


図-4 システムブロック図

表-3 装置の構成

<p>検出部</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フーム角度検出</li> <li>・荷重検出</li> <li>・旋回角度</li> <li>・旋回原点</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・クレーンモメント検出器より取出す。</li> <li>・新規に旋回リンク廻りに取付けた近接スイッチよりアウトプットする。</li> </ul>
<p>演算部</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バリリアルデータ設定器</li> <li>・A/Dコンバーター</li> <li>・シグナルジェネレータ</li> <li>・主C.P.U</li> <li>・多重伝送装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フーム自身の固定位置および固定障害物の座標を入力させるデジタルスイッチ</li> <li>・モメント検出器のアナログデータをデジタルに変換する。</li> <li>・旋回角度検出のON/OFF信号を数値化する。</li> <li>・フーム位置の算出、警報、停止域との比較を行うと共に、自己データを常時伝送部へ出力する。また、警報、停止時には表示部へ各種信号を出力する。</li> <li>・自己データを他クレーンに送出し、他クレーンからのデータを受取る。データは、電源に同期した信号に変換され電源線と信号線を通じて伝送する。</li> </ul>
<p>表示部</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・監視ランプ</li> <li>・警報ブザー</li> <li>・グラフィックRAM</li> <li>・モニターテレビ</li> <li>・クレーン動作の停止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正常時は、緑色ランプ点灯、警報域では、黄色ランプ点灯、停止域では、赤色ランプ点灯する。</li> <li>・警報域に入った時の低音波のアザ音、停止域に入った時は、高音波のアザ音か鳴る。</li> <li>・主C.P.Uからのデータより、全クレーンのフーム方向および作業半径モニターに表示させるための作図用=ジ(図-6)</li> <li>・警報域に入った時点で作業用テレビ(併有監視用)のモニター映像が自動的に衝突防止装置の画面(画面用CPUによる作図エムエム)に切替る。</li> <li>・停止域にフームが入った時点で、クレーンの旋回モータ等を停止させる。なお、クレーン同士の接近の場合は、モメントの大きさを先に停止し、監視解除スイッチを押した逆旋回することによって停止域より離隔させる。</li> </ul>

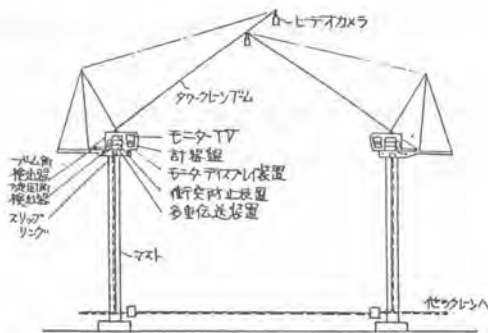


図-5 衝突防止装置状況

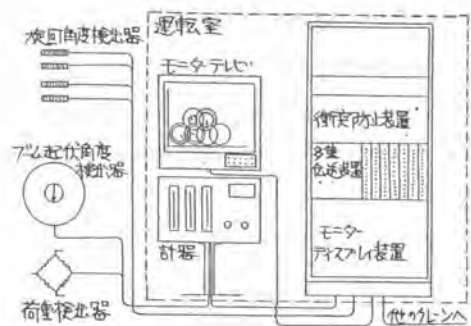


図-6 衝突防止装置配置図

## 5. 実工事への適用

本装置は、昭和58年5月の完成させ、中部電力茨原3期工事のクレーン（当社分5基とS社1基）6基に設置した。この工事におけるクレーン配置を図-7とクレーン稼働状況を写真-1に示す。

今回開発した装置の据付は、タワークレーンが稼働中であつた為 ①本体位置、ブーム位置確認 ②演算装置稼働確認 ③旋回位置の検出確認 ④警報、停止領域の設定と確認 ⑤ディスプレイの作業時の映像と警報域との変換状況および稼働確認などを1基毎あるいは隣接するタワークレーン同士毎にその都度実施し、対策および調整を行なつた。

その後、現在まで6基共順調に稼働しているが、その成果として、①各装置とも順調に機能し、揚重作業の安全性の向上に寄与している。②建築主より、技術力、安全に対する姿勢などについて、高い評価を受けている。③クレーン同士の衝突の危険が少なくなり、オペレーターの疲労感も少なくなった。などがあげられる。



図-7. タワークレーン配置図(立面)

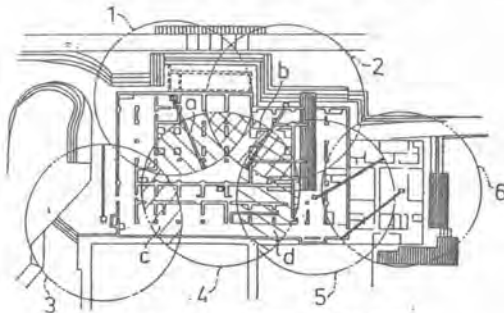


図-8. タワークレーン配置図(平面)



写真-1. タワークレーン稼働状況

## 6. おすが

以上、今回開発したクレーン衝突防止装置について述べた。本装置は、個々のクレーンにC.P.Vを搭載し、クレーン相互の衝突を事前に、自動的に防止すると共に、作業用テレビモニターを連動し、オペレーターに確認するシステムである。その成果は、建築主自ら新聞発表を行うなど高い評価と共に、大いに期待されている。

今後は、本システムを発展させ、オペレーターの省力化、省人化、揚重作業の合理化に寄与したいと考えている。更に、他の建設機械への応用をも指向していくつもりである。