

47. クレーン作業領域管理システム

清水建設㈱： 奥隈 和美・今村 隆次
*西村 淳

1. はじめに

建設工事においてクレーンは様々な形で利用されており、その制約も作業を行う現場の状況によって異なる。例えば、道路、鉄道、および送電線などに隣接する場合や、近隣のビルからの制約などが挙げられる。

このような制約の1つに航空法からの高さ制限がある。この高さ制限は、作業場所によって異なることや、対象の制限高さが見えないなどの理由によりこれまでに開発されている管理システムや、監視員による管理では対応が難しい。

この度、複雑な制限を受けている作業領域において安心して確実にクレーン作業を行うことができる「クレーン作業領域管理システム」を開発した。今回は、この「クレーン作業領域管理システム」の概要と、新潟空港ターミナルビル建設所での現場適用事例について報告する。

2. システム概要

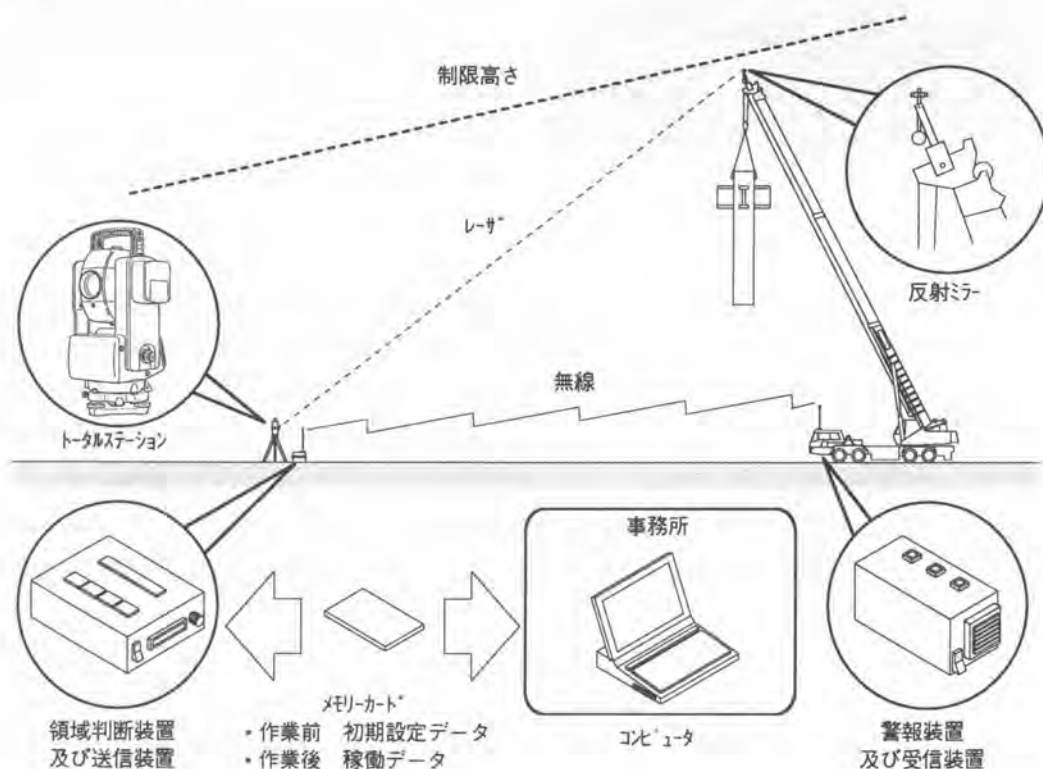


図1. システム図

2-1. 管理方法

トータルステーションにより、クレーンブーム先端に装着した反射ミラーを自動追尾し、常にブーム先端の位置 (X, Y, Z) を認識する。トータルステーションから出力されたブームの先端の位置 (X, Y, Z) は、コンピュータで予め作成した制限領域をメモリーカードによって移植されている領域判断装置で処理する。

領域判断装置は、敷地内の X, Y に対する制限高さ Z_{max} を認識している。トータルステーションから送られてくる位置データ X, Y, Z の X, Y より Z_{max} を算出し、この Z_{max} と Z を比較する。 $Z \leq Z_{max}$ の場合、クレーンブーム先端は作業領域内で作業している。 $Z > Z_{max}$ になった場合、クレーンブーム先端は、作業領域の制限高さをオーバーしているので、無線によりクレーンオペレータ室に設置してある警報装置に信号を送信し警報によってオペレータに知らしめる。

1日のクレーンの稼働記録はメモリーカードに蓄積され、事務所のコンピュータで警報発生状況、稼働記録を確認することができる。

2-2. 構成機器

1) 反射ミラー

反射ミラーは、ブームの最先端、つまり最高点になる場所へ取付ける。取付ける治具は、振り子になっており、ブームの起伏角度によらず、水平に保つようになっている。(図2)

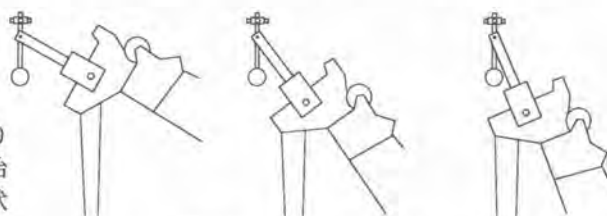


図2. 反射ミラー治具

トータルステーションはプリズムの $\pm 30^\circ$ の範囲でプリズムを認識することができる。この範囲外から自動追尾を行うとトータルステーションは反射ミラーを見失う恐れがある。このことからトータルステーションの位置から管理するクレーンの位置の距離に応じて、傾き 0° 、 15° 、 30° のプリズム治具を考案し、状況に応じて選定することにした。(図3)

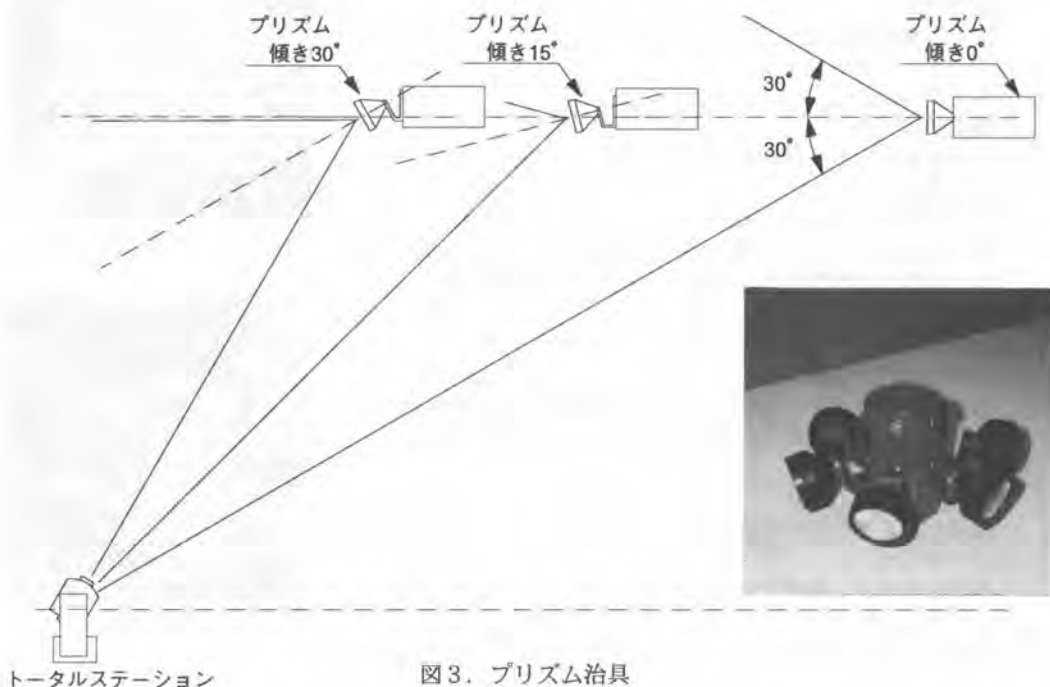


図3. プリズム治具

2) トータルステーション

トータルステーションは、クレーンブーム先端を自動追尾しながら計測しており、そのデータを約1秒毎に領域判断装置へ送る。

3) 領域判断装置及び送信装置

トータルステーションから送信されてきたブーム先端の計測データ(X, Y, Z)から、ブーム先端が作業領域内で稼働しているかを判断する。ブーム先端が作業領域外になった場合は送信装置により警報装置へ信号を送る。判断条件は事務所のコンピュータによって設定し、メモリーカードによって領域判断装置へ移植されている。さらに、基準点の位置、トータルステーションの設置位置、トータルステーションの設定も同時に移植されている。

また、トータルステーションから送られてきた計測データを全てメモリーカードに保存させており、作業終了後コンピュータで警報発生状況、稼働記録を確認することができる。

4) 警報装置及び受信装置

領域判断装置の送信装置から送られてきた信号を受信装置で受け取り、警報装置から警報を出力する。

5) コンピュータ

コンピュータは以下の項目について入出力及び処理を行う。

(1) 初期設定処理

1) 基準点座標

トータルステーションの設置位置を算出するための基準点を入力する。トータルステーションは入力されている基準点の任意の2ヶ所を視準することにより設置位置を算出する。

2) 監視域座標

監視領域の設定を行う。

3) トータルステーション

トータルステーションの初期設定を行う。

4) 警報領域入力

監視領域のオフセット量を入力する。

(2) 作業前入力処理

1) トータルステーション座標

トータルステーションの設置位置を選択する。選択しない場合は、基準点を視準することにより設置位置を算出する。

2) メモリーカード初期化

メモリーカードの初期化を行う。

3) メモリーカード書込

設定したデータをメモリーカードに書き込む。書き込まれたメモリーカードは領域判断装置に挿入しデータを移植する。

(3) 作業後処理

1) メモリーカード読込

領域判断装置からの稼働データをコンピュータへ読み込む。

2) データ表示

警報発生状況、稼働記録を表示する。

3) データ保存

稼働データをフロッピーディスクに保存する。



写真1. 反射ミラー



写真2. トータルステーション



写真3. 領域判断装置



写真4. 警報装置

初期設定処理		基準点座標			
	基準点名	X	Y	Z	
F1	基準点座標	e9-1b+1	52.000	43.000	1.100
F2	監視域座標	e9-1c+1	52.000	52.000	1.100
F3	トヨタゾーン	e9-1d+1	52.000	64.000	1.100
F4	警報領域入力	e9-1e+1	52.000	76.000	1.100
		e9-1f+1	52.000	88.000	1.100
F9	終了				

図4. 基準点座標入力画面

初期設定処理		警報領域設定(オフセット量)	
		X	Y
F1	基準点座標	0.000	0.000
F2	監視域座標		
F3	トヨタゾーン		
F4	警報領域入力		
F9	終了		

図5. 警報領域設定画面

3. 現場実証

3-1. 監視領域設定

航空法による制限表面は図6の様に定められている。新潟空港ターミナルビルの敷地は2本の着陸帯の転移表面から制約を受ける位置にある。これら2本の転移表面の高さ制限により敷地内は図7の様な高さ制限の形状となる。

この高さ制限の形状を、管理システムの座標系に変換するために、図7のようにX, Y, Z軸を設定する。着陸帯と敷地の位置関係から、1つの転移表面の内、同じ高さの点を2点抽出するA, B滑走路からのそれぞれの2点、A1, A2, B1, B2は次のようになる。

$$A1 : (X_{A1}, Y_{A1}, Z_{A1}) = (9, 23, 19.20)$$

$$A2 : (X_{A2}, Y_{A2}, Z_{A2}) = (18, 6.910, 19.20)$$

$$B1 : (X_{B1}, Y_{B1}, Z_{B1}) = (54, 118, 30.43)$$

$$B2 : (X_{B2}, Y_{B2}, Z_{B2}) = (234, 118, 30.43)$$

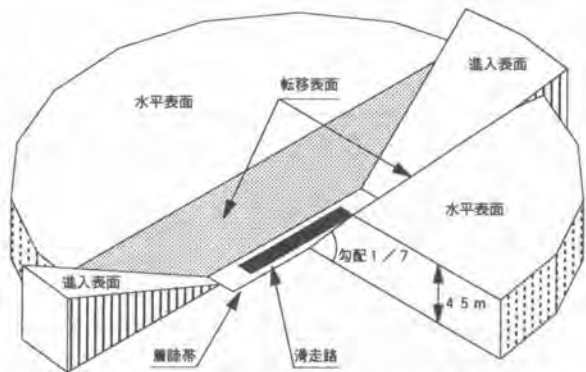


図6. 航空法による制限表面

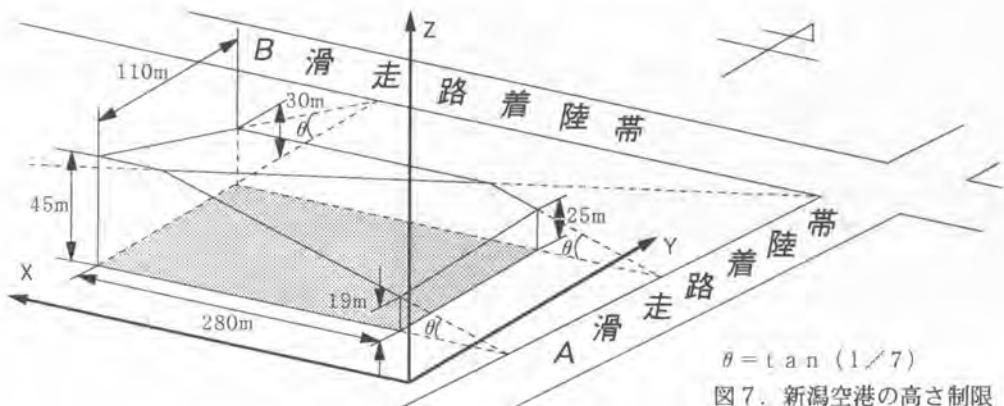


図7. 新潟空港の高さ制限

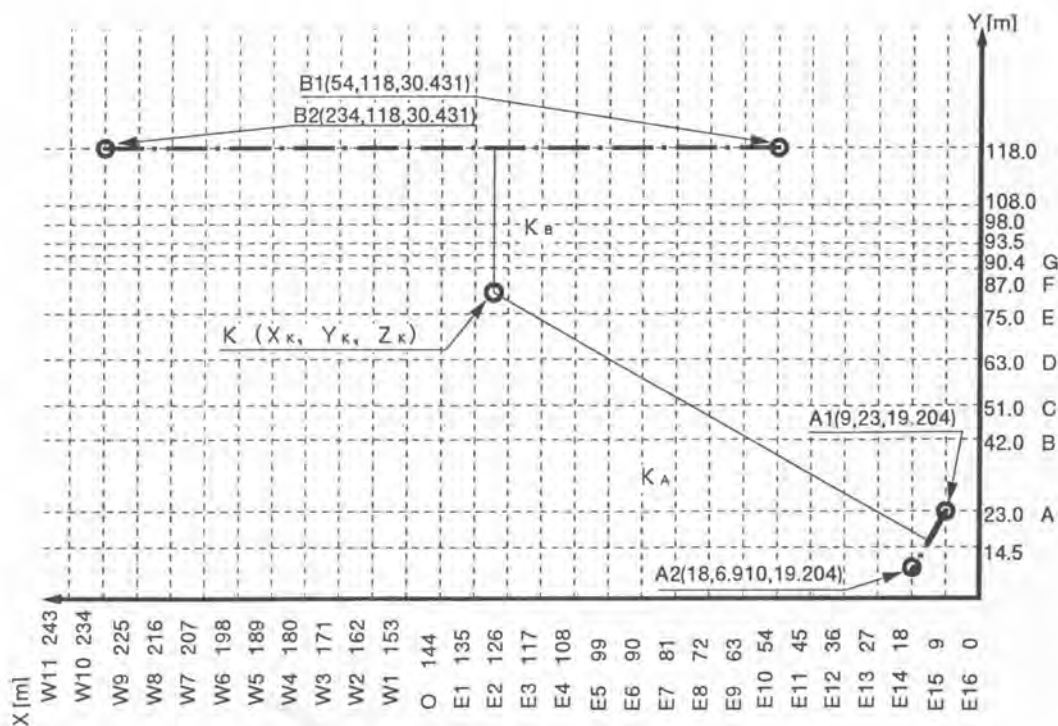


図8. X-Y平面図

この2本の等高線A1-A2、B1-B2をX-Y平面で見ると図8のようになる。

このように作成された2本の等高線A1-A2、B1-B2の2点づつと、勾配1/7を入力することにより転移表面からなる高さ制限を設定する。

勾配は角度で入力し垂直を0°としているので、勾配1/7 (8.13°)は

$$90 - 8.13 = 81.87^\circ$$

となる。

また制限領域となる範囲は、最初に入力した点からもう1点に向けて左側へできる領域としているので2点の入力順序、角度の設定は図9のようになる。

3-2. 判断方法

等高線A1-A2、B1-B2を利用して、敷地内の任意点K (X_K, Y_K, Z_K)でのA滑走路、B滑走路のそれぞれの制限高さZ_{maxA}、Z_{maxB}は次の2式から算出できる。

$$Z_{\max A} = 19.20 + \frac{|1 \times X_K + 0.559 \times Y_K - 21.866|}{\sqrt{(1 + 0.559^2)}} \div 7$$

$$Z_{\max B} = 30.43 + |Y_K - 118| \div 7$$

初期設定処理		監視域座標				
処理名	名	X	Y	Z	B	
F1	基準点座標	54.000	118.000	30.431	61.870	
F2	監視域座標	234.000	118.000	30.431	61.870	
F3	トラス座標	18.000	6.910	19.204		
F4	警報領域入力	9.000	23.000	19.204		
F9	終了					

図9. 監視域座標入力画面

- 1) $Z_{maxA} > Z_{maxB}$ の場合 $Z_{max} = Z_{maxB}$
 2) $Z_{maxA} < Z_{maxB}$ の場合 $Z_{max} = Z_{maxA}$

さらに、この Z_{max} を Z_K と比較しクレーンブーム先端が高さ制限を越しているかを監視する。

- a) $Z_{max} > Z_K$ 制限高さ内
 b) $Z_{max} < Z_K$ 制限高さ外

以上のような判断を領域判断装置で行い、警報発生状況、稼働記録は図10、11のようにコンピュータへ出力される。

3-3. 実施効果

- クレーンの機種を選ばず装置を簡易に設置できるので、クレーン1台1台を自動的に管理することができる。
- 複雑な作業エリアの形状も、最初のコンピュータへの入力に対応でき、管理精度が高くなる。
- 警報出力のオフセット量を自由に変更でき稼働記録も出力できるので以後の作業へ活用できる。

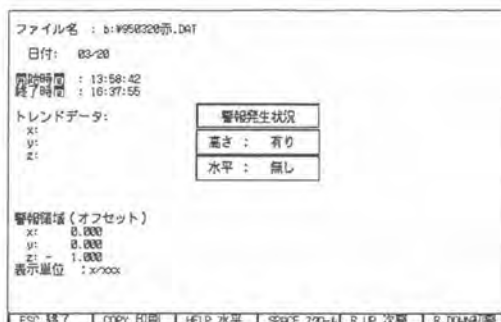


図10. 警報発生状況画面

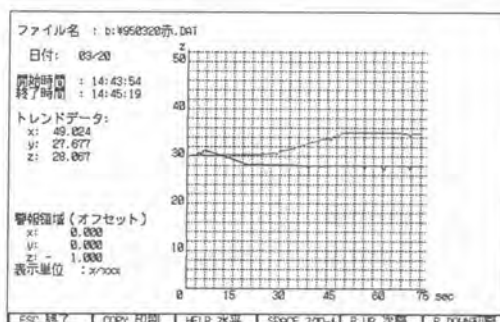


図11. 稼働記録画面

4. おわりに

今回は航空法からの高さ制限に対して実施しましたが、鉄道、道路、送電線などに隣接し、クレーンの作業範囲を規制される場所に対応できるシステムになっている。

今後は、更なる汎用性、操作性向上を目指し、クレーンの安全性の向上に寄与してゆくと同時にこのシステムを利用したクレーンの自動運転へと展開してゆきたい。



写真5. 実施状況