

クレーン装置非分解型移動式クレーンの 新技術と安全対策

最大つり上げ荷重 110 t オールテレーンクレーン KA-1100R

中 嶋 光 也

最大つり上げ荷重 110 t のオールテレーンクレーンである KA-1100R（以下「本機種」）は、ワイドキャブを装備した全輪操向可能な 4 軸キャリヤに、最長 51.3 m の 6 段ピンロック式ブームと最長 20.4 m の 3 段スーパーラフィングジブ（油圧により伸縮・起伏が可能：以下「SL ジブ」）を装備し、クレーン装置を分解することなく公道走行が可能な移動式クレーンである。走行時の左右傾斜安定度を確保するための低重心化およびメンテナンスコスト低減のため、シングルエンジン方式を採用した。安定域性能向上のためのカウンターウエイトは最大 29.8 t で、ウエイト中央部の窪みにより全装備のブーム最伏姿勢で現場内移動が可能となっている。また、電気式ジョイスティック採用に伴う各種機能拡充により、操作性向上および操作時の疲労を軽減させている。本稿では本機種の特長および機能について解説する。

キーワード：荷役機械、移動式クレーン、オールテレーンクレーン、シングルエンジン

1. はじめに

荷役機械のうち、移動式クレーンのひとつであるオールテレーンクレーンのなかでも 4 軸 100 t クラスのオールテレーンクレーンは、ラフテレーンクレーン（ひとつの運転席で走行とクレーン操作が可能）では能力が不足するような比較的に大規模な建設現場はもとより、都市部の狭所での作業にも用いられる。我が国で稼働するオールテレーンクレーンは、国産機と輸入機（主にドイツ製）を合わせ、最大つり上げ荷重 100 t 以上のクラスで多くの機種が存在している。これらの大型機は、その機体サイズや重量の制限から、ブームや上部旋回体のクレーン装置を分解して輸送することを前提として使用される。本機種は、最大つり上げ荷重 110 t ながらクレーン装置を分解することなく公道走行を可能とし、旋回後端半径の短縮やブーム起立角度の拡大など、現場へのアプローチや設置場所に制約の多い日本国内の作業現場に合致させるべく開発したものである。

2. 機種概要

本機種は、最大つり上げ荷重 110 t の 4 軸オールテレーンクレーンである。移動式クレーンにおいて重要な要素である機動性に大きく影響するクレーン装置の分解をなくし、簡単で迅速なクレーン設置作業を可能

とした。ワイドキャブを装備した全輪操向可能な 4 軸キャリヤに、最長 51.3 m の 6 段ピンロック式ブームと最長 20.4 m の 3 段 SL ジブを装備し、最大地上揚程 72.3 m、最大作業半径 57.7 m の作業空間をカバーする。安定域性能確保のためのカウンターウエイトは最大 29.8 t で、カウンターウエイト中央部にはブーム最伏格納のための窪みを設定し、全装備の現場内移動でブーム最伏姿勢を可能としているため、現場内での移動設置にも迅速に対応できる。なお、現場間移動のために一般公道を通行する場合は、一部の装置を取り外して別送する必要がある。環境対応では、油圧制御による省エネシステムや国土交通省による低騒音型建設機械指定の取得により環境に配慮している。クレーン作業の安全対応では、作業領域制限機能や負荷率制限機能を有する過負荷防止装置等を搭載している。本機種の輸出仕様はドイツのミュンヘンで開催される世界



写真—1 現場内移動姿勢例

最大の建設機械展である BAUMA2019 にも展示した。本機種の現場内移動姿勢例を写真-1 に、主要諸元を表-1 に示す。

表-1 主要諸元

クレーン型式	KA-1100R
ブーム最大つり上げ能力	110.0 t × 2.0 m
SL ジブ最大つり上げ能力	5.6 t × 26.6 m
ブーム長さ	11.1 m ~ 51.3 m
SL ジブ長さ	8.8 m ~ 20.4 m
ブーム起伏角度	-1.0° ~ 84.0°
SL ジブオフセット角度	2° ~ 60°
最大地上揚程 ブーム	52.2 m
SL ジブ	72.3 m
最大作業半径 ブーム	48.0 m
SL ジブ	57.7 m
カウンターウエイト (最大)	29.8 t
キャリヤ型式	カトウ KA4120
エンジン型式 (キャリヤ)	ベンツ OM470LA
最高出力	320 kW/1700 min ⁻¹
最大トルク	2100 N·m/1300 min ⁻¹
最高速度	75 km/h
最小回転半径	8.9 m
アウトリガ最大張出幅	7.2 m
全長×全幅×全高 (公道走行姿勢時)	13.20 m × 2.75 m × 3.79 m

3. 特長および機能

(1) ブーム

ブームは、1180 MPa 級高張力鋼を使用した 6 段箱型で、最縮小時の長さは 11.1 m ながら最大 51.3 m まで伸長させることができる。各断面形状は 2 枚の鋼材を曲げ加工により各々略 U 字形に成型し、曲げ応力が低くなる断面の上下中央 (中立軸) 付近で溶接により接合しているため、構造的信頼性が高い。この構造は、現代の移動式クレーンでは多くの機種で採用されている。また、断面サイズを最大限拡大して全体撓みを抑制した。ブーム伸縮機構は、軽量化に有効である 1 本の油圧シリンダとブーム各段固定のためのピンを装備した方式を採用した。ブーム各段の固定機構は、各ブーム後端にあるロックピンで連結することにより隣接するブーム間が連結される。また、テレシリンダユニットと称する伸縮装置に装備したグリップピンにより伸縮させる段と連結して伸縮させる。なお、テレシリンダユニットには、ロックピンとグリップピンが同時に解除できないよう機械的なインターロック機構が内蔵されている。

伸長操作は、テレシリンダユニットと伸長させるブームをグリップピンにて連結後、ロックピンを抜き、テレシリンダユニットを伸長させる。目標の長さ

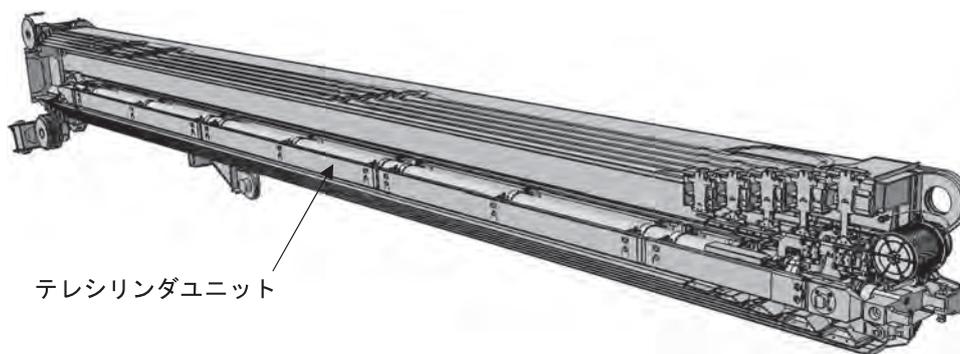


図-1 ブーム軸線断面図

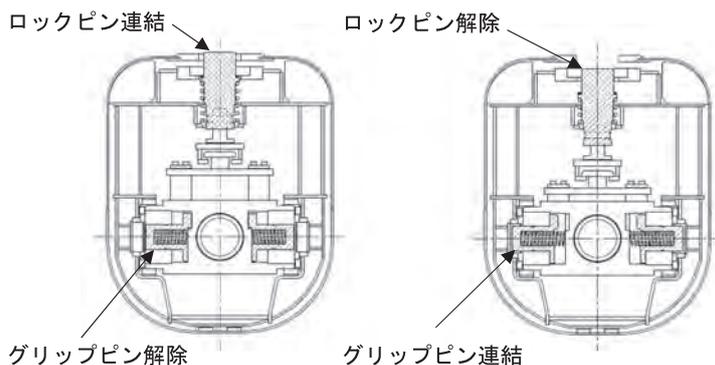


図-2 ロック部断面図

まで伸長させた後、伸長段と一段基部側のブームをロックピンにて連結する。その後、次の伸長段を伸長させるため、前工程で伸長したブームとグリップピンの連結を解除し、テレシリンダユニットを縮小させる。この操作の繰り返しにより所定のブーム長さ伸長させる。伸縮用テレシリンダユニットの配置が確認できるブーム軸線断面図を図一1に、ロック装置が確認できる断面図を図一2に示す。

なお、ブーム摺動面のグリース塗布などの保守点検の場合には、任意のブーム伸長割合に伸縮可能である。いずれも運転室内の操作レバーとスイッチで操作でき、テレシリンダコントローラ（ブームの伸縮を制御・各種インジケータを表示：以下「TCC」）のディスプレイ上でブームの伸縮状態が確認できる。また、ブーム上面には作業時の安全確保のため格納式スタンション（水平親綱取付用）を設定した。

(2) SL ジブ

SL ジブは、3段箱型で、最縮小時の長さは8.8mながら最大20.2mまで伸長させることができる。各断面形状はブームと同様に2枚の鋼材を曲げ加工により各々略U字形に成型している。伸縮動作は、1本のテレシリンダとワイヤロープ併用の伸縮装置により全段等長で伸縮させる。起伏（オフセット）動作は、基部ジブ下部に配置されるデリックシリンダの伸縮により起伏させる。運転室内の操作選択スイッチにて選択後、ペダルもしくはレバーで操作でき、TCCのディスプレイ上で伸縮・起伏の状態が確認できる。

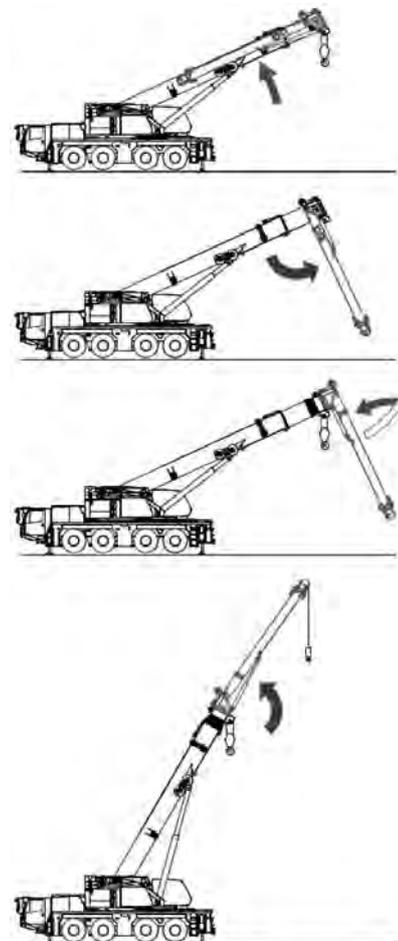
SL ジブ作業時には、ブーム先端部に装着して地上揚程を拡大させる他、ブームの基軸線に対して最大60°までオフセットさせることができるため、障害物超えの懐の深い作業が可能になる。別送のための着脱作業は、積載形トラッククレーンによりブーム側面格納状態またはブーム先端装着状態にすることが可能である。なお、SL ジブのブーム側面格納状態からは、省スペースでの振出作業が可能である。これらの機能は、特に都市部での狭い作業現場で威力を発揮するもので、海外メーカー製の移動式クレーンにはない日本独自の機能と言える。SL ジブの作業姿勢例を写真一2に、振出作業手順例を図一3に示す。

(3) 上部旋回体

本機種は、ラフテレーンクレーンと同様、上部旋回体には作業用としてのエンジンを搭載していない。下部走行体のエンジン動力により油圧源を確保するシングルエンジンシステムとしてメンテナンス性を向上さ



写真一2 SL ジブ作業姿勢例



図一3 SL ジブ振出作業例

せている。ウインチは、主巻用および補巻用を前後ではなく左右に配置した。これにより、旋回後端半径が大幅に短縮した。ウインチの左右配置は、ワイヤロープのフリートアングルが悪化するが、ウインチドラムをブーム中心側に対して傾斜させて装着することで前後配置と同等としている。補巻用ウインチは、公道走行時の車両総重量軽減のため着脱可能とし、固定ピンの取り扱いはキャリヤ上面から可能として作業の安全性を確保した。油圧回路では、大容量のオイルクーラーとサブオイルクーラーを装備することにより作動油温の上昇を抑制した。

クレーン運転室は、水平状態から15°までチルトさせることができるため、高揚程作業での視界性確保に有効である。なお、クレーン運転室がチルト状態では、公道走行時の全高が登録値を超過してしまうため、チルト状態のまま走行しようとした場合は走行用運転室に警告表示を出す安全機能を設けている。クレーン運転室には、電動式のスライドデッキが装備され、デッキ前面にはクレーン電源OFF状態でも格納可能なスイッチをパワーウインドスイッチと併せて装備している。操作レバーは、電気式ジョイスティック（1本のレバーが前後左右に傾斜可動）を採用し、クレーン作業に適したグリップを新たに設定した。レバーはショートストロークでかつ操作力を軽くし、操作時の疲労を軽減させた。また、グリップには6個のスイッチおよび振動モータを内蔵しているため、操作姿勢のまま旋回ブレーキ等頻度の高い操作を可能とし、振動モータによりウインチドラムの微速作動がグリップで確認できる。ジョイスティックの特性として、複合操作時に意図しない方向にレバーが操作されていることがあるが、左コンソール上面のグリップ後方に操作選択スイッチを装備し、操作選択スイッチを入れないかぎり操作を受け付けない誤操作防止対策を採用している。右コンソールにはTCC操作用のジョグダイヤルを設定し、フロントパネルのタッチパネルまで上体を

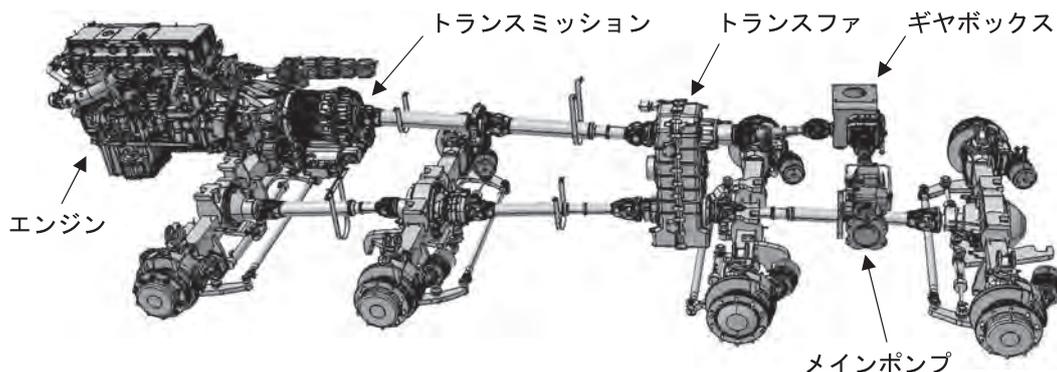


写真—3 クレーン運転室内

移動せずにTCC操作が可能である。ラフテレーンクレーンにおいては、ウインチのレバーとペダルが連結されておりペダルでウインチ操作を行うオペレーターも多い。100tクラスのオールテレーンクレーンはラフテレーンクレーンからのステップアップも多く、ペダルによるウインチ操作の要望に応えるべく、ブーム伸縮-SLジブ操作ペダルに加え、主補ウインチブーム起伏を選択可能なペダルも設定した。運転室内には、過負荷防止装置表示器やTCC表示器を装備している。クレーン運転室内の表示器やレバーの配置を写真—3に示す。

(4) キャリヤ

本機種は、シングルエンジンシステムを採用しているため、走行時とクレーン作業時共に下部走行体のエンジンにより駆動する。クレーン用メインポンプは、メンテナンス性を考慮して車両左側の3軸と4軸の間に配置した。ポンプへの動力伝達は、トランスミッションのアウトプットからトランスファを経由し、出力軸



図—4 動力伝達装置

より 90 度方向転換させたギヤボックスを介してメインポンプへ伝達させている。動力伝達装置を図一4に示す。

本機種のキャリヤは4軸車であるが、オールテレインクレーンとしての必須機能である全輪操舵機能を搭載している。1～2軸の操舵は機械的なリンケージ構造であるが、3～4軸には電子制御ステアリングシステムを装備した。一般走行時には3軸が中立で固定され4軸がフロント2軸に対し逆相に操舵される。走行速度が高くなると4軸は中立で固定され走行安定性を向上させる。これらの機能により、高速走行時の安定性が良く、低速時には小回り性に優れる。特殊操向では、クラブ（同位相）、カウンター（逆位相）、マニュアル（前後輪独立）、後部振出抑制の4つの操向方式を選択できる。これらは、作業現場の状況に応じて運転室内のスイッチのみで操作できる。電子制御ステアリングシステム概念図を図一5に示す。なお、助手席側のサイドミラーは電動格納式を装備したため、狭所への進入性が向上した。

制動装置は、前2軸と後2軸が独立した2系統フルエアシステムである。新たに装備したABSシステムにより、急制動時にタイヤがロックすることを防止し、ハンドル操作で障害物を回避できる可能性が向上する。また、補助制動装置は、エンジンのデコンプレッションブレーキに加えトランスミッションに内蔵された流体式リターダを装備している。ブレーキバルブ等の排気ポートにはサイレンサを装備して圧縮空気の排気騒音を低減している。また、オプションとして設定したタイヤ空気圧モニタリングシステムは、空気圧に加え温度もリアルタイムでインフォメーションディスプレイに表示し異常時は即座に確認できる。

アウトリガ操作はキャリヤ側面にある液晶タッチパネルまたはラジコンで行う。バーチカルシリンダ圧力検出機能により各アウトリガの反力値を、キャリヤ側面、キャリヤ運転室内、クレーン運転室内に表示させることができる。また、電子式水準器の採用により機体の傾斜状態がリアルタイムで表示される他、機体の水平設置のための補助機能も有している。液晶パネルでは、サスペンションの操作も可能である。アウトリガラジコンおよび操作パネルと表示例を図一6に示す。

(5) TCC (テレシリンダコントローラ)

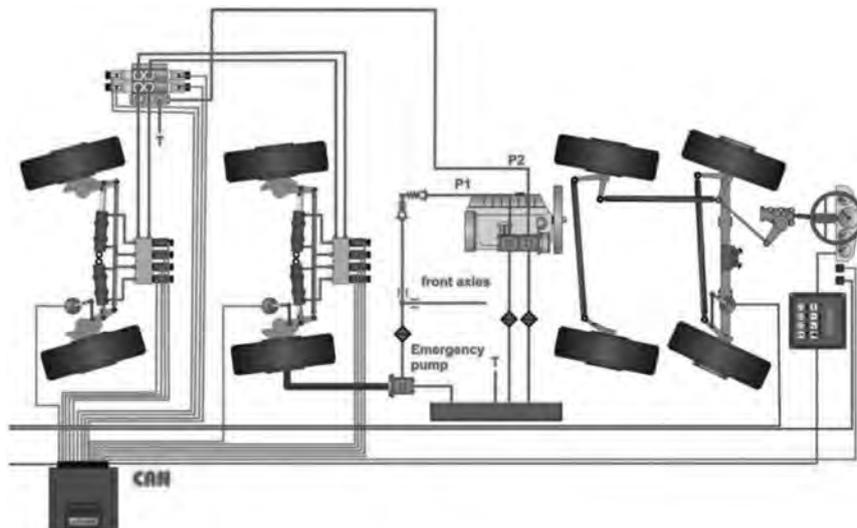
TCCは、タッチパネル式カラー液晶表示器であり、クレーン運転席のダッシュボード中央部に配置されている。必要に応じて画面を切り替えることができ、以下のような内容を表示する。

○常時表示

燃料計、尿素水量計、作動油／エンジン水温／トルコンオイル温度計、エンジン回転数、燃料消費



図一6 アウトリガラジコンおよび操作パネルと表示例



図一5 電子制御ステアリングシステム概念図

量, アワーメータ

- ①ホーム画面
ブーム伸縮状況, アウトリガ反力, ジョイスティック割り当てを表示
- ②ブーム伸縮画面
ブーム伸縮制御, 最適ブームパターン設定
- ③ジョイスティック設定画面
ジョイスティックおよびペダルの操作の割り当てを ISO 標準操作以外に, 3 パターン選択可能
- ④操作速度設定画面
各操作を個別に 10 段階で設定可能
- ⑤メンテナンス画面
バッテリー電圧, エンジン冷却水やエンジンオイル温度, 作動油温度, トルコンオイル温度, テレシリンダ圧力, テレシリンダユニット長さ, 各ポンプ圧力表示, メンテナンスアラーム設定
タコメータには, エンジン回転保持機能および eco

モード時に機能有効アイコンと共にメータ上にポイントを表示し, 回転範囲を直感で認知可能とした。また, ジョイスティック割り当てアイコンは, 操作不可時は【紺】, 操作可能時は【緑】, 操作中は【橙】に表示を切り替え, さらにレバーのみでなく, ボタン操作も表示することにより操作状況の確認を可能とした。TCC のホーム画面例を図-7 に示す。

ジョイスティック設定画面では, 市場要求の多い操作パターンを 3 種類設定し, 操作に応じて割り当てを変更できる。操作速度設定画面では各操作の速度設定が可能で, 3 パターンの速度を保存できるためオペレータごとに好みの操作速度を設定できる。メンテナンス画面では, 各ポンプ圧力, テレシリンダ圧力を新たに表示することにより, メンテナンス性が向上し, 操作時の負荷把握も可能である。TCC のジョイスティック設定画面例, 操作速度設定画面例, メンテナンス画面例を図-8 に示す。

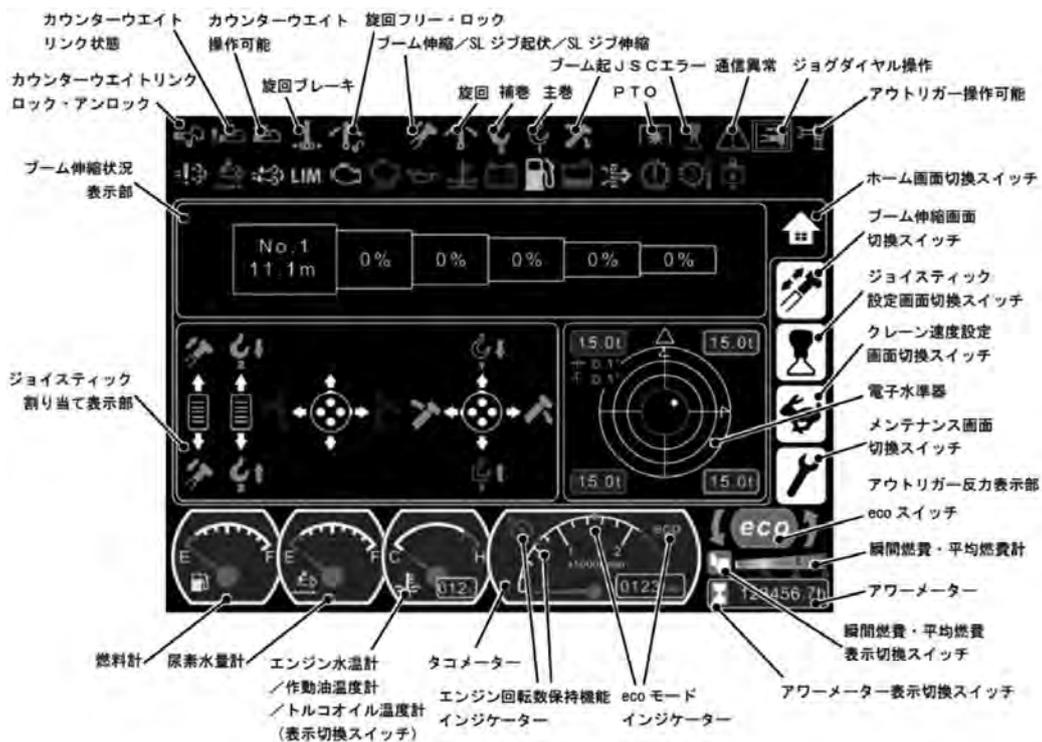
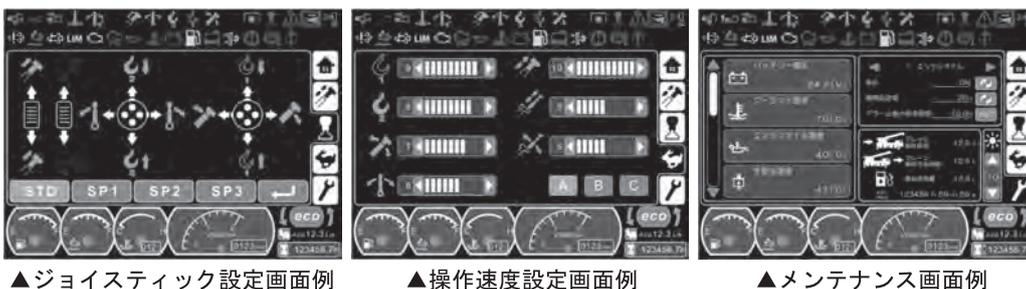


図-7 【TCC】ディスプレイのホーム画面例



▲ジョイスティック設定画面例

▲操作速度設定画面例

▲メンテナンス画面例

図-8 【TCC】ディスプレイの表示例

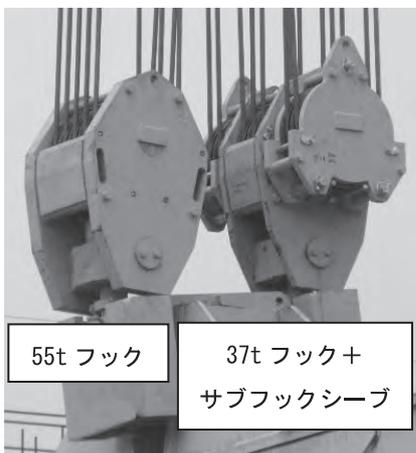
(6) フックおよびワイヤロープ

本機種のフックは、55t (5枚シーブ)、37t (3枚シーブ)、5.6tを設定、最大荷重時はさらに重荷重装置の使用が必要となる。重荷重装置は、ブーム先端下面にシーブブロックとイコライザを装着、フックは、55tフック+(37tフック+サブフックシーブ)の組み合わせとし、標準設定されているフックのみで構成することで通常使用しない余分なフックを削減した。55tと37tの主巻フックには要望の多い両鉤を採用し、37tフックにはオプションで片鉤フックも設定した。5.6tの補巻フックは、近年の玉掛けロープのナイロンスリング使用頻度増加に対応するため、鉤部内径を約20%増大させた鉤を新規に設定、フック自体も高さ寸法を短縮することで使い勝手を向上させた。重荷重作業姿勢を写真-4に、フック詳細を写真-5に示す。

ワイヤロープは、非自転性であるナフレックスロープを採用。端部はフラットエンド加工とし、フック掛数変更時のロープ掛回し作業が迅速に可能である。ワイヤロープ端部を図-9に示す。



写真-4 重荷重作業姿勢



55t フック

37t フック+
サブフックシーブ

写真-5 フック詳細

(7) カウンターウエイト

クレーン作業における安定域性能向上のため、8分割で5種類の性能がある最大29.8tonのカウンターウエイトを設定した。上部旋回体への着脱は、従来下部走行体中央部に設置し上部旋回体が後方向きでの着脱制限があったが、本機種では下部走行体後方に設置し上部旋回体が前方向きでも可能とした。また、上部ウエイトを除く全ての組み合わせで下側ウエイトの一体吊りを可能とし、クレーン設置作業時間を短縮した。カウンターウエイトの一体吊り状態を写真-6に示す。

全装備の現場内移動時の高さを抑えるため、ウエイト中央部にはブーム最伏格納のための窪みを設定した。限られたスペースでカウンターウエイトの重量を増加させるため、サイドウエイトは中央部の窪みにも搭載可能とした。また、上部ウエイトは上部旋回体に固定可能とすることで、サイドウエイト外側搭載時はブームを最伏姿勢にでき、また内側搭載時はブームを

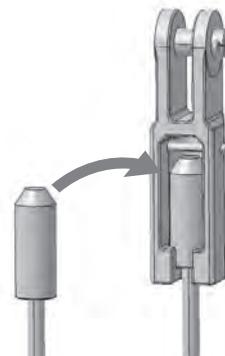


図-9 ワイヤロープ端部



写真-6 カウンターウエイト一体吊り



写真一七 全装備現場内移動姿勢（上部旋回体前方向）



写真一八 全装備現場内移動姿勢（上部旋回体後方向）

上げることにより車幅内にウエイトを収めた姿勢にできる。サイドウエイトを後方のウエイト用ブラケットに固定すれば、全装備状態での現場内移動が可能である。なお、上部旋回体を後方に向け、ウエイトを下部走行体に乗せた状態でも現場内移動が可能である。上部旋回体前方向きでの全装備現場内移動姿勢を写真一七に、上部旋回体後方向きでの全装備現場内移動姿勢を写真一八に示す。

(8) 分解輸送

本機種は、一般公道を通行する場合には、車両制限令により補巻ウインチ、主フック、SLジブ、SLジブ用ホースリールを取り外す必要がある。移動式クレーンにおいて機動性は重要な要素であり、分解組立が必要な機種では、簡単で迅速な作業が望まれる。本機種の補巻ウインチ、主フック、SLジブ、ジブ用ホースリールは、積載形トラッククレーンにて装着が可能であり、また、カウンターウエイトは自力でキャリア上面に吊上げ可能な為、ラフテレーンクレーン等の補助機を必要としない。従って、カウンターウエイト輸送用のトレーラーとSLジブ等の輸送用の積載形トラッククレーンの合計2台での運搬および機体設置が可能である。SLジブはブーム側面装着のみでなく、ブーム先端部への直接装着も可能なため、さらに機体設置の効率化が図れる。SLジブ運搬および補巻ウインチ組立状態を写真一九に示す。



写真一九 SLジブ運搬および補巻ウインチ組立状態

4. おわりに

オールテレーンクレーンのような移動式クレーンは公道を走行するという特徴から、クレーン関係のみでなく車両系の法令も遵守しなければならない。本稿で紹介した110t吊りオールテレーンクレーンは、刻々と変化する法的要求事項に加え、クレーン装置を分解することなく公道走行が可能な移動式クレーンとして、能力向上や分解品目の削減によるクレーン設置作業の効率化に対応したものである。近年クレーン業界では、オペレータの人材不足が深刻であり、若い世代が操作の難易度からクレーンオペレータを敬遠することが多いという。移動式クレーン運転士免許を取得したばかりでも、熟練オペレータと同様の作業ができるクレーンが欲しいとの意見もいただいている。これらのことから、オペレータの技量に左右されない一部の自動化を含めたクレーン操作補助機能等の開発も急務である。法的規制への対応、更なる高機能・高性能に対応するだけでなく、若いオペレータにも安心して操作可能な製品を市場投入することが、クレーン業界および建設業界の一助になると思量する。そのためにも、移動式クレーンにおける更なる技術開発の推進に取り組んでいく所存である。

JCMMA

【筆者紹介】

中嶋 光也 (なかじま みつや)
 (株)加藤製作所
 設計第一部 グループマネージャー

