

ラフィングジブ・クローラクレーン CCH3000LJ の開発

Development of Luffing Jib Crawler Crane CCH3000LJ

寺内 哲行	IHI 建機株式会社	設計部クレーン・ポンプ設計グループ
川本 良	IHI 建機株式会社	横浜工場組立グループ
中島 貴史	IHI 建機株式会社	横浜工場品質管理グループ
三村 等	前 IHI 建機株式会社	設計部クレーン・ポンプ設計グループ
町田 将一	IHI 建機株式会社	設計部クレーン・ポンプ設計グループ

近年、インドや東南アジア諸国などの新興国を主としてインフラ構築のニーズが急拡大するなか、IHI グループでは火力・原子力といったエネルギープラントや橋梁・水門といった社会インフラなどの建設を通じて、各国の発展に貢献している。そういった巨大建設の主役として、IHI 建機株式会社が提供するクローラクレーンも活躍の場を広げており、また、より大規模なモジュール工法の実現によってお客さまの工事効率化に貢献すべく、各メーカーとも競って大型新機種投入や吊り能力などの基本能力の向上に取り組んでいる。今回、こういった基本能力で競えるだけでなく、短期間での組立や少ない配車で輸送などの付加価値もプラスした、お客さまのトータルコスト削減に貢献するクローラクレーンを開発した。

In recent years, the need for the construction of social infrastructure, particularly in developing nations such as India and Southeast Asia countries, has greatly increased. In these circumstances, IHI Group is making contributions to development in such countries through the construction of infrastructure such as thermal and nuclear power plants, bridges, and flood gates. As leading players in such massive construction projects, the crawler cranes provided by IHI Construction Machinery Limited are having increasing opportunities to shine, and through the realization of even larger-scale modular construction methods, we are contributing to increasing our customers' level of construction efficiency. Furthermore, we compete with other manufacturers through our efforts to introduce new models of large construction equipment and to increase our equipment's fundamental capabilities, such as lifting capacity. Now, IHI Construction Machinery Limited has developed a crawler crane that not only can compete in head-to-head contests with its rivals with regard to such fundamental capabilities, it can also contribute to the making of total cost savings by our customers, as it also includes a number of added-value features. For example, it can be assembled in a short period of time and moving it requires only a limited number of transporters.

1. 緒 言

クレーンとは、動力を用いて荷を吊り上げ、これを運搬することを目的とする機械で、そのなかでも、原動機を内蔵し、自由に場所を移動できるものを移動式クレーンと呼ぶ。IHI 建機株式会社 (IK) では、クローラと呼ばれる戦車やブルドーザなどに見られるような、帯状の走行体を備えたタイプの移動式クレーン (クローラクレーン) の提供を行っている (第 1 図, 第 2 図)。

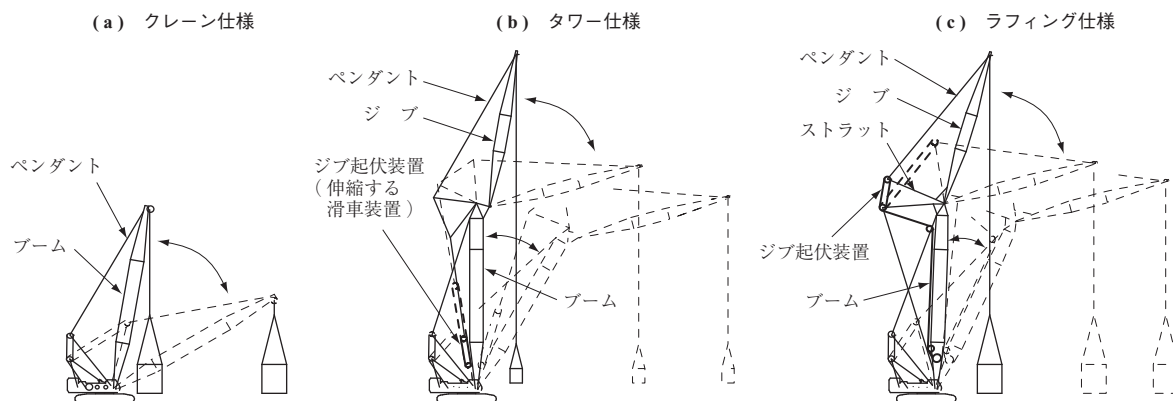
そのなかでも、① ブームと呼ばれるアームを 1 本のみ備えたクレーン仕様 ② ブームの先端にジブと呼ばれる 2 本目のアームと専用の起伏装置とを追加することで、より自由度の高い作業を可能にしたタワー仕様、などを主力製品とし、展開してきた。

一方、ラフィング仕様のラインナップも進めている。ラフィング仕様とは、タワー仕様と同様に 2 本アームの自



第 1 図 ラフィングジブ・クローラクレーン CCH3000LJ 最長構成
Fig. 1 Luffing jib crawler crane CCH3000LJ (Longest configuration)

由度をもつ、クローラクレーンの一種である。タワー仕様は起伏装置を本体付近に配置するが、ラフィング仕様は起伏装置をジブ直近に配置する。このため、ラフィング仕様



第 2 図 クローラクレーンの種類
Fig. 2 Types of crawler cranes

の方がジブをより直接的に起伏できる点で吊り能力向上を図りやすく、近年採用が広がっている。

2. ラフィング仕様開発の経緯

クローラクレーンは、新興国を中心としたインフラ整備やプラント建設などに近年その活躍の場を移してきている。これらの現場では、大型の機器をジブ下部の懐部分に抱えて吊り上げるような機器設置作業や、建屋の中への機器搬入作業など、フレキシブルな荷役が求められる。また近年、工事期間短縮の観点から吊り荷自体が大型化・モジュール化する傾向にあり、併せて吊り能力の向上も求められている。

以上の動向を踏まえ、以前から提供している IK 最大機種、3 000 kN 吊りクローラクレーン CCH3000 をベースに、高い吊り能力と作業自由度とを兼ね備えたラフィング仕様機である CCH3000LJ を開発したので、その概要を紹介する。

3. 優れた吊り能力の実現

ラフィング仕様の開発に当たっては、より一層の吊り能力の向上を図るとともに、さらなる大型化への対応に関わる技術開発も併せて推進した。

3.1 鋼板製ペンダントの開発

ペンダントとは、ブームを支持する索（太い縄）である。従来ペンダントはワイヤロープで構成する場合が主であったが、クレーンの大型化に伴いワイヤロープ自体も大径化しており、製作限界も現れてきている。このため、ワイヤに代って鋼板や鋼管などの鉄鋼材料で構成するといった代替技術を確認する必要に迫られている。

その一方で、これらの鉄鋼製ペンダントは、分解後も単体のペンダント自体が形状を保つため、従来のワイヤに比

べ組立・輸送などの際に扱いやすいといった、多数のメリットも併せもつ。このため近年、中国ほか海外メーカーも含め、各社とも採用を増やす傾向にある。

しかし、ワイヤロープに比べ採用実績が十分とはいえない。また、トラブルがたちまち大事故につながる重要部品である。このため、将来にわたる信頼性をいかに確保するかが重要課題となっている。

本機では、疲労強度に対する信頼性を考慮し、高張力鋼板を切り出しただけのリンクから成るシンプルな設計を採用した。さらに、株式会社 IHI が所有する日本有数の負荷能力を誇る疲労試験機の活用によって、実設計・実寸法・実荷重での検証を実現した。この結果、何十年もの繰返し負荷に耐えられる、十分な疲労強度をもっていることを確認した（第 3 図）。

また IHI の協力のもと、強度のみならず、風振動といったほかの懸念要素も洗い出し、試験検証などによる潰し込みを完了した。



第 3 図 2 000 kN 疲労試験機によるペンダント強度試験
Fig. 3 Strength test of pendant using 2 000 kN fatigue testing machine

3.2 構造物の合理化

クローラクレーンは、荷吊り時の前のめりに抗する踏ん張り、つまり、カウンタウエイト重量などの仕様によって、引き出せる吊り能力がほぼ決まってしまう。このため、ブーム構造体の軽量化などの限られたなかでの地道な改善に各社がしのぎを削っている。

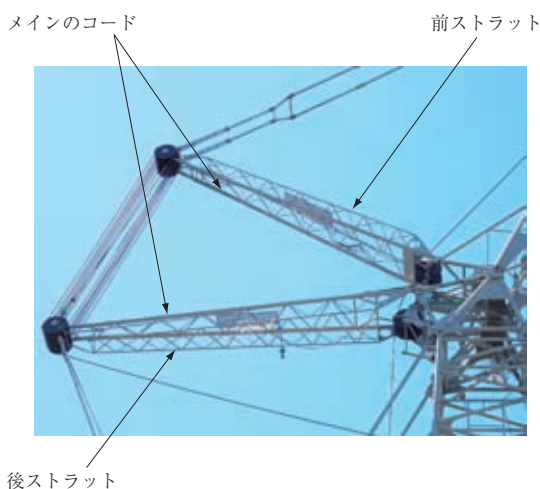
本機では、主たる開発対象のジブ起伏部を中心に IK 独自の構造を盛り込み、構造物の徹底した合理化を図るとともに、FEM（有限要素法）解析などを駆使し、座屈や疲労強度などもこれまでの開発以上に一步踏み込んだ検証を行った。以下、その一例としてストラット構造を示す（第4図）。

本機では、ストラットと呼ばれるジブ起伏部の構造物にラチス構造を採用した。ラチス構造とは、荷重を受ける4本のコードとそれをトラス状につなぐプレスとから成る構造で、軽さと強度を併せもつ合理的な構造の構成方法として知られる。

しかし従来の構造は、ストラット両端の荷重点を結ぶ負荷軸に対して、コード中心がずれた位置になるため、コードから負荷軸へと力を蛇行させる必要がある。このため、コードを曲げたり斜めに溶接したりする必要があり、構造の複雑化や重量増加を招いていた。

本機では、コード4本の強度に強弱をつけたラチス構造とすることで、これを合理化した。つまり、4本のうちメインとなる2本については、全荷重を支持可能な断面積を与え、負荷軸のほぼ一直線上に配置することで、力の蛇行のない簡素で軽量の構造とした。

一方で、残りのコード2本については負荷軸から離して配置し、ストラット全体の座屈を防止するサポートに専



第4図 ストラット構造外観
Fig. 4 Appearance of strut structure

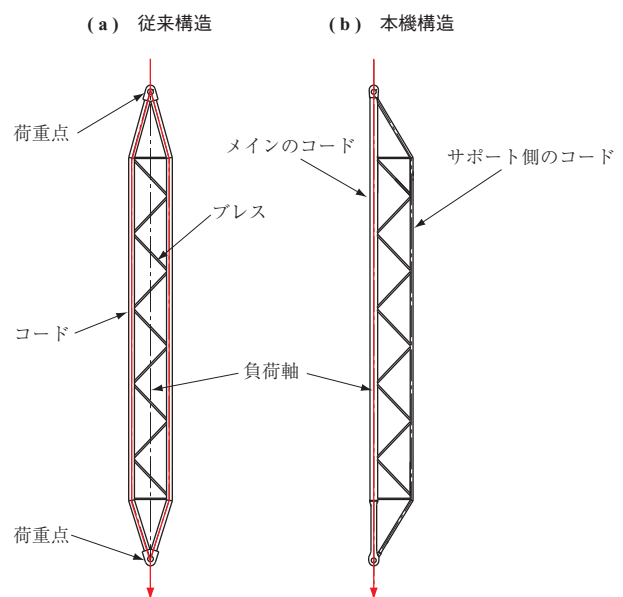
念させるとともに、それに最低限必要な断面積のみとすることによって、こちらも軽量化につなげた（第5図）。

ジブ起伏部を構成する滑車装置は、引くことはできても押すことはできない。このため、ジブは高く持ち上げた姿勢においても前のめりに前傾していないと操作不能になる。ジブ前後の重量バランスにおいて、ストラットが重い場合後傾してしまうような場合、前傾を得るためやむをえずジブを増量する必要がある。このため、ストラットを軽くできたことは、ジブ側の軽量化に取り組む道を開くことにもつながる。

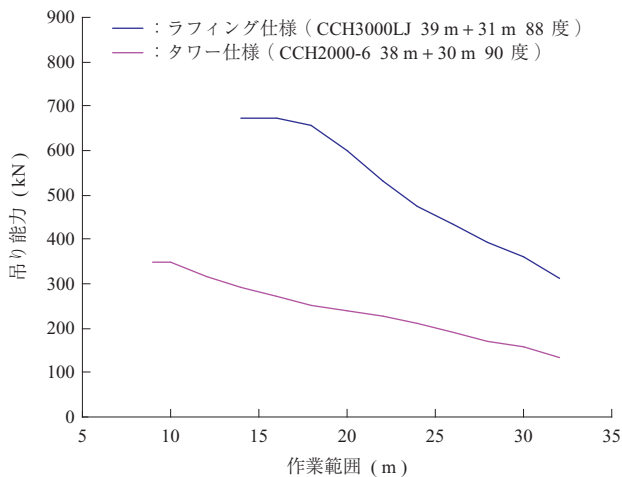
以上の取組みの結果、カウンタウエイト重量などの車両仕様はそのままでありながら、1クラス上の機種に迫る優れた吊り能力を実現した（第6図、第7図）。また、作業範囲の拡大に関しても、ブーム長さ66m、ジブ長さ67mまでの構成に対応可能としたことで、国内2500～4500kNクラスのラフィング仕様・標準構成との比較において、クラス最大級のリーチ・揚程を実現した（第1図参照）。

4. 組立時間の大幅な削減を実現

クローラクレーンは、吊り能力向上の要求もさることながら、ランニングコストにおいて輸送や組立・分解の費用の占める割合が大きい。その点、ラフィング仕様の特徴でもあるジブ起伏装置は、2本のストラットと、その先端のシーブと起伏ロープを組み合わせた滑車装置とから成る複雑な構成になる。こ



第5図 ストラット構造の従来比較（側面図）
Fig. 5 Comparison with conventional strut structure (side view)



(注) IK のタワー仕様最大能力機種との比較

第 6 図 本機吊り能力
Fig. 6 Lifting capacity

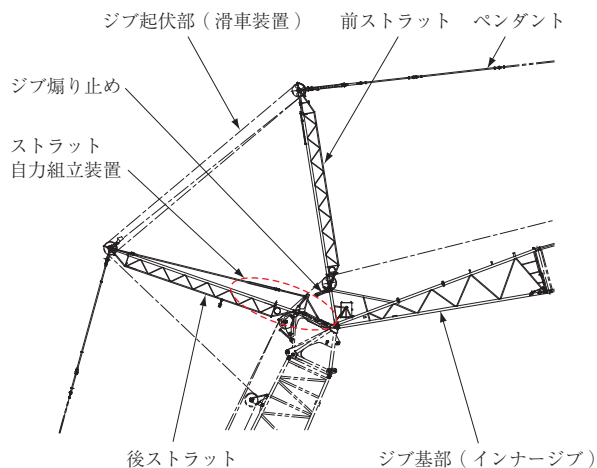


第 7 図 1 000 kN 超のウエイト吊り上げによる過負荷試験
Fig. 7 Overload test

のため、①輸送②組立③作業状態までブームを起こす“引き起こし”、の各工程をどのようにして時間短縮するかが重要課題となる。また、相伴機と呼ばれるクレーン組立のための補助クレーンの台数やその吊り能力などの経済性も問題となり、自力組立装置の装備といった対応が求められる(第 8 図)。

4.1 優れた輸送性 – ジブ起伏装置のユニット化 –

本機では、独自構造によるストラットの簡素化・コンパクト化のほか、各部品最適配置を行い、ジブ起伏装置にインナージブと呼ばれるジブ基部までを含めた範囲のユニット化を実現した。また、その大きさも低床 10 t ト



第 8 図 ラフィング仕様のジブ起伏装置
Fig. 8 Jib hoist unit with luffing jib specification

ラックに搭載可能なサイズにまでのコンパクト化を実現し、輸送費の削減を図った(第 9 図)。

ユニット化によって、組立がほぼ完了した姿で現地搬入することができ、ブームの先端部とも一面の連結のみで接続を完了できるため、その後の組立時間を大幅に圧縮できた(第 10 図)。

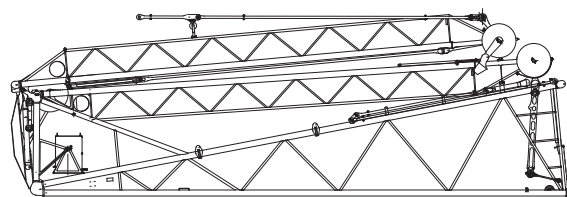
4.2 容易な組立 – 自力組立装置の開発 –

本機では、ジブ起伏部の自力組立装置を開発し、以下に示す一連の起伏部組立作業の省力化を実現した(第 11 図, 第 12 図)。

- (1) ストラット持上げによるワイヤリング姿勢移行
- (2) ストラット後傾によるペンダントの接続
- (3) ストラット起こしによるペンダントの緊張

ストラットの駆動は重心の前後反転を伴うため、相伴機で吊り上げる従来の駆動方法では危険を伴うが、本装置は重心反転時を含め装置でつねに把持しており、駆動また制動できるため、安定して安全に作業できる。

本装置によれば、起伏ロープ送り出しなどの操作を行うクレーン運転者と本装置操作者との 2 名のみでこれらの作業に対応できるため、従来に比べ作業人員を半減できる。あるいは、残りの人員および相伴機を並行してジブ組立ほかの作業にあてることができる。



第 9 図 ジブ起伏装置ユニット
Fig. 9 Jib hoist unit

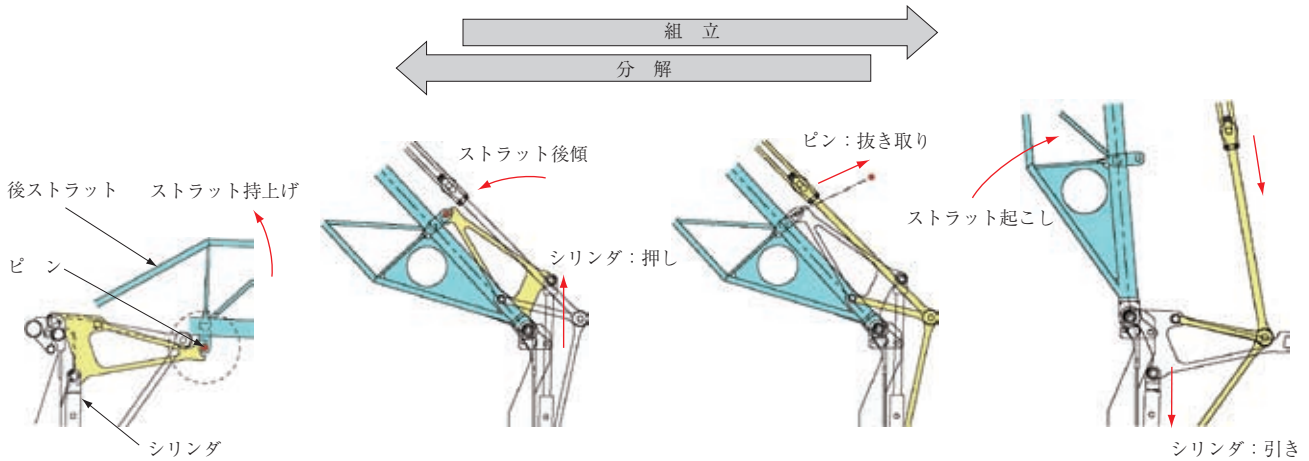
(a) 現地搬入



(b) ブーム先端への接続



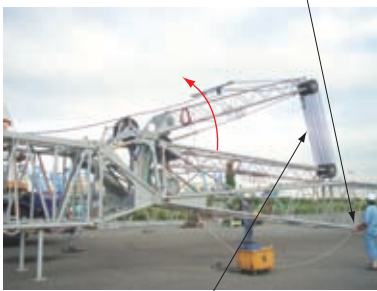
第 10 図 ジブ起伏装置ユニットの現地搬入からブーム接続まで
Fig. 10 From transportation to connection of jib hoist unit



第 11 図 ジブ起伏部 自力組立装置の一連動作
Fig. 11 Operation of self-assembly equipment for jib hoist unit

(a) ストラット持上げ～ワイヤリング

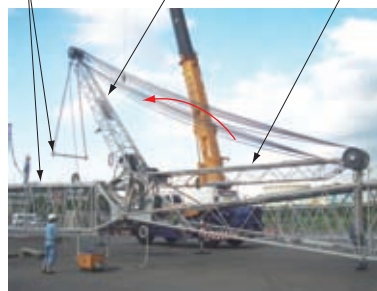
リモコンおよび装置操作者



ジブ起伏部およびワイヤリングされた起伏ロープ

(b) ストラット後傾～ペンダント接続

ペンダント接続 後ストラット 前ストラット



(c) ストラット起こし～ペンダント緊張

ペンダント緊張 相伴機



第 12 図 ラフィング仕様の組立
Fig. 12 Assembling of luffing jib specification

さらに本自力組立装置は、以下の特長をもつ。

(1) 組立対象のユニット自体に搭載されており、可搬発電機など電源との接続だけで起動が可能である。

(2) 操作が、付属リモコンによるシリンダの伸縮と 1 か所のピン抜き差しのみとなり簡素である。なお本装置は、組立後のクレーン作業時においてもスト

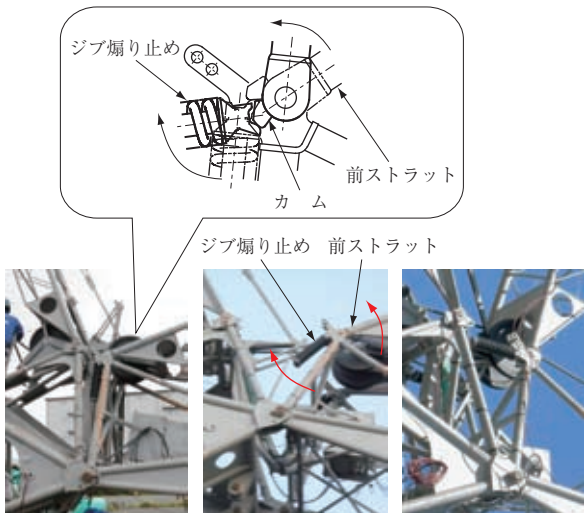
ラットの自重による垂れ下がり防止機能を果たす。

4.3 スムーズな引き起こし - 従動機構の開発 -

ラフィング仕様では、ストラットやペンダントなど多くの部品が、引き起こし開始時点で未設置ないしは折り畳まれた状態にある。よって引き起こしの際は、ブーム持ち上げと同時に並行してそれらを設置ないしは展開する必要があり、なおかつそれをはるか上空でトラブルなく実現する必要がある。

本機ではこれをスムーズに実現する仕組みを随所に盛り込んだ。その一例が、ジブ^{あお}煽り止め設置のための従動機構である（第13図）。

ジブはブームに対して作業中はつねに前傾しており、ジブ煽り止めは、許容以上のジブ後傾を食い止める。通常、ラフィング仕様ではブーム・ジブを地上に倒した状態では両者をほぼ一直線に伸ばすため、この煽り止めを一旦取り



第13図 ジブ煽り止めおよび従動機構
Fig. 13 Jib backstop and following mechanism

除いておき、引き起こし開始に入ってから設置する必要がある。

本従動機構はカムを用いており、前ストラットの起伏動作に連動・従属してジブ煽り止めを起伏させることができる。また、前ストラットと煽り止めとが各々の都合の良い角度とタイミングで起伏するよう、カム曲線を最適化している。

また本機では、引き起こしの簡素化・省力化を徹底的に追及した。その一例がペンダントの自動収納である（第14図）。

本機は、ジブなどの上面にペンダント格納用の受けを備えており、ジブなどを倒す際はこの受け部に受動的にペンダントが落下して収まり、そのまま輸送できる。逆に引き起こしの際も、ストラットの起き上がりに伴って、自重によって独りでペンダントが送り出しされる。

その結果、ジブ長さほかの構成によって異なるが、大半の構成で下記2ステップでの引き起こしを実現した。

- (1) 所定角度までブームを起し、ペンダントを展開
- (2) さらに、作業範囲までブームを起し、作業姿勢到達

4.4 明瞭な手順指示 - 教示モニタの開発 -

クレーンは、モーメントリミッタと呼ばれるモニタ画面一体の制御装置を運転室に備えており、作業時には吊り荷重の表示や転倒モーメントの監視を行っている。本機では、より一層の使い勝手向上を目指して、引き起こし手順のモニタ教示を行う組立／分解モードを開発し、本制御装置に搭載した（第15図）。

本モードでは、運転者が次に何をすべきか、つまりブーム起伏などのレバー操作内容や、その目標起伏角度など

(a) 引き起こしおよびペンダントの自動送り出し・収納の様子

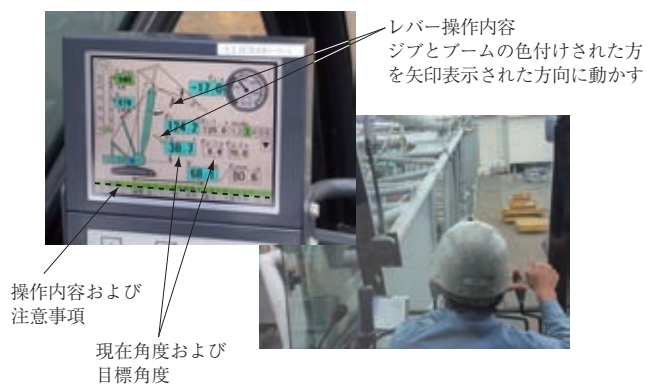
(b) 引き起こし完了



ジブ煽り止め設置のための従動機構

(注) ←：ペンダントの自動送り出し・収納の様子

第14図 ラフィング仕様の引き起こし
Fig. 14 Boom erection of luffing jib specification



第 15 図 引き起こし手順 教示モニタ
 Fig. 15 Training monitor for boom erection

が、モニタ画面に一目瞭然に教示される。また、引き起こし途中の各段階における注意事項といった内容も、見落とすことのないよう警告音とともに画面に注意喚起される。このことによって、運転者は迷いなく、かつ安全に、引き起こし操作を行うことができる。

5. 今後の展開

今後は、開発した CCH3000LJ を提供していくとともに、さらなる使い勝手の向上に努めていく。また、今回開発したラフィング機構や鋼板製ペンダントなどを他機種に展開することで、製品ラインナップの充実とより一層の能力向上を図っていく。