

2. ラチスジブ移動式クレーンの実働負荷測定*

吉見雅行**・吉久悦二***・前田豊****

Active Load Measurements for Lattice Jib Type Mobile Cranes*

by Masayuki YOSHIMI**, Etsuji YOSHIHISA*** and Yutaka MAEDA****

Abstract; Recently, maintenance of machines is of great concern not only as economic issue but also as safety issue. Suitable inspection of flaws and adequate estimation of the risk of failure are essential in applicable maintenance. From a point of view of fatigue, evaluation of the load history is necessary in order to assess the remaining life of a structure or a member.

Active load measurements for lattice jib type mobile cranes were conducted. Objectives of them were to reveal actual state of stresses loading on members of cranes. They were split into two phases. One was the in yard measurement of a crane simulating some actual operations such as slewing, hoisting, derricking, combined operation and so on, aiming at grasping typical features of stresses and associating them with operations of the crane. The other was the measurement for a crane operated for actual building construction works, aiming at clarifying actual state of stresses.

The results and significance of this study are mainly as follows:

- (1) Main factors of changes of stresses acting on the tower and jib of cranes are the posture of the crane, the mass of the load and speed of slewing.
- (2) Amplitudes of stress changes by dynamic lift off and touch down are much smaller than those by posture shifting and slewing with loading.
- (3) Acting stresses at the bottom of crane towers by fast slewing can be comparable to those by posture shifting, and they cannot fully be evaluated with overloading alarming instruments equipped on lattice jib type mobile cranes.

We suggest that new instruments for recording load history of members of cranes should be ones that are capable of evaluating actual state of loading, and that they must include a measuring device for transversal loads.

Keywords; Mobile crane, Stress histogram, Lattice, Strain measurement

* 平成14年12月 日本機械学会第11回交通・物流部門大会および平成15年8月 日本機械学会年次大会にて本研究の一部を発表した。

** 機械システム安全研究グループ Mechanical and System Safety Research Group

現 産業技術総合研究所 National Institute for Advanced Industrial Science and Technology

*** 機械システム安全研究グループ Mechanical and System Safety Research Group

**** 研究企画調整部 Research Planning and Coordinating Division

1. はじめに

移動式クレーンの部材の応力状態は、姿勢や動作によって変化するが、稼動時におけるクレーンの応力状態を実測によって示した例は少なく^{1),2)}、特に実際の使用現場での測定データは公開されていない。そこで、ラチスジブ移動式クレーンを対象に、動作別の負荷測定および建設現場での実機負荷測定を実施した。これら測定の目的は、クレーンの負荷履歴の特徴をつかむと共に、それを記録する装置の具備条件について検討することにある。この際、移動式クレーンに装備されている過負荷防止装置(起伏角・ロープ張力、ジブ・タワー長さを基に安定度等に関わる負荷率を算出する装置)の援用も視野に入れた。

本稿は、実測により得られた実働負荷とクレーン動作との関係、および、負荷履歴測定装置の具備条件について記すものである。

2. 実験ヤード内での負荷測定

2.1 クレーン概要

実験ヤード内で指定した動作を行なわせ、タワーおよびジブ部材に作用する負荷を測定した。測定対象は90トン級のクローラークレーンである。クレーンの概略図をFig.1に示す。一对のクローラを持つ下部走行体の上に上部旋回体が載り、旋回体前部にラチス構造のタワーが支持され、タワー上部にジブがある。ラチス部は鋼管を溶接して構成されており、主材には高張力鋼管が使われている。

タワー、ジブの長さはそれぞれ27m、19mで、タワー、ジブとも、角度を自在に変えて作業できる(フルフィンギ仕様)。作業姿勢としては、タワーが水平角60度から90度(88度)の範囲内、ジブは水平角15度から、タワーの水平角より15度小さな角度の範囲内で動作可能である。ただし、実際の限界作業姿勢は、前方安定度および部材の強度限界によって制限され、これらはクレーンの姿勢とつり荷の質量によって定まる。この限界姿勢を演算するために、過負荷防止装置が組み込まれている。

2.2 測定方法

ラチス構造部材には主に軸力が作用する。部材の中でも主材には最も大きな軸力が作用し、また主材の破壊は構造全体の破壊に直結するため、負荷評価に際して、主材は最重要部材である。そこで主材の軸方向応力を測定対象とした。

タワー、ジブの代表的な断面を選定し、主材上の

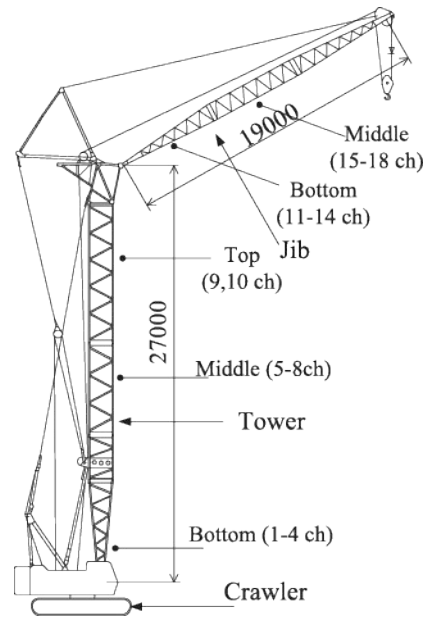


Fig.1 Lattice jib type crawler crane used at the yard
ヤード内測定に使用したクレーン概略図



Fig. 2 Photo of measured crane
ヤード内測定の様子

5断面18点(タワー:下部断面4点,中間断面4点,上部断面2点,ジブ:根部断面4点,中間断面4点)にひずみゲージを貼付し、応力を測定した。また、タワー中間部の2本の斜材にもひずみゲージを貼付し、タワーのねじり挙動を捉えることとした。測定に際しては、精度を確保するため、部材の塗装を剥いて金属面を露出させ、ひずみゲージを貼付した。実験場が屋外であり測定対象が部材の垂直ひずみであることから、温度保証型ゲージを用い、2ゲージ法を採用した。応力集中の影響を避けるため、貼付点は溶接箇所から離れた部材の長手方向中央部とした。測定したひずみが弾性範囲であることを確認した上で応力へ変換した。ひずみ測定と同時に、起

伏ロープ張力、タワー角度、ジブ角度、回転速度を測定し、クレーンの姿勢および動作速度に関するデータを取得した。起伏ロープの張力測定には、クレーン実機に付属のロードセルを用いた。ロードセルは、起伏ロープ上部で、12本掛けになっている箇所に設置されており、出力は、0 ton=4.5 V、12.5 ton=1.5Vである。タワー角度およびジブ角度の測定は、クレーン実機に付属の角度計を用いて行った。角度計はポテンションメーターであり、角度に比例した電圧が出力される。測定対象機種では対地角と電圧との対応は、0° =0.742V、90° =4.258Vである。

回転速度については、クレーン実機に計測機構が備わっていないため、新たに、周囲にゴム製の滑り止めを施した円盤をロータリーエンコーダに装着し、F/Vコンバータと接続した測定装置を取り付けた。すなわち、ロータリーエンコーダを下部走行体上に固定し、円盤をクレーンの旋回リング(上部旋回体と下部走行体との接続部)に密着させると、クレーンの旋回にあわせて円盤が回転し、ロータリーエンコーダの軸も回転するため、クレーンの旋回動作を捕らえることができる。エンコーダのパルス出力をF/Vコンバータに入力し、パルスの頻度に比例した電圧への変換を行なった。上部旋回体の回転速度1rpmに対して出力電圧1Vとなるように調整した。

これらの出力を同時連続記録する装置(共和電業製EDX1500、32チャンネル仕様)は上部旋回体上に設置し、バッテリーにより直流駆動して、全データを記録した。ヤード内では交流電源も使用可能であったが、工事現場での測定を見据えての措置である。ゲージからこの計測装置までは、ノイズの影響を抑えるために3芯シールドケーブルによって接続した。また、ロードセル、角度計、コンバータの出力は十分に高い電圧で、ノイズの影響は小さいと思われるが、接続にはシールド線を用いている。

測定動作一覧をTable1に示す。これらは、当該クレーンの基本的な動作を網羅するよう設定したものである。実際の作業では旋回動作や巻上げ動作など2、3の動作が複合されるが、本測定では、同時に複合してよい動作は2つまで(例えば、旋回+巻上げ、など)とした。動作を開始する初期姿勢は、タワー角公称90度(実際には88度程度)と60度、ジブ角は最大作業半径と最小作業半径に限定した。最大作業半径はつり荷の質量とクレーンの姿勢(タワー角)によって変化するため、同一のタワー角であってもつり荷の質量が異なると、最大作業半径も異なる。動作速度は、中速、高速の2通りを設定した。ただし、中速は「速めの作業」、高速は「かなり荒い作

業」という指示をオペレータに与えて動作を行なわせたものであり、速度の判断はクレーンのオペレータの主観による。

動作はすべて、つり具およびつり荷を完全に接地させてワイヤーに負荷がかからない状態から開始し、動作完了後には再度つり具およびつり荷を完全に接地させるものとした。実際の作業時にはつり具を接地させることは稀であるが、負荷の絶対量を測定するためには必要な処置であると判断した。ただし、つり具はつり荷に比べて軽いので、高負荷時の応力変動量を左右するほどの影響はない。測定に際しては、一連の動作(複合動作等)を連続して3回ないし5回繰り返した。これは応力変動が、動作速度、操作技術、操作のタイミング、および自然条件(主に風)によって左右されることを考慮したものである。なお、動作を連続して行なわせる際には、1回の動作によるクレーンの振動やつり荷の振動がほぼ収まったことを確認した後に、オペレータへ合図を送って動作を開始させることによって、前の動作の影響を極力排除した。

2.3測定結果

タワー引き起こしは、クレーンのタワー、ジブをすべて伏せた状態から作業姿勢まで起こす動作であり、その際の応力変化は大きかった。しかし、この動作は、数多くは行なわれない(1現場につき数度)ため、疲労よりも静的強度の観点から制限すべきものである。タワー起伏およびタワー起伏による水平

Table 1 List of measured movements
測定動作一覧

クレーン状態
<ul style="list-style-type: none"> ・タワー起伏角：90度、60度 ・つり荷質量：0 ton、3 ton、7 ton、12 ton
動作一覧
<ul style="list-style-type: none"> ・タワー引き起こし ・基本動作(地切り、巻上げ、旋回、巻下げ、着地) ・水平引込み、旋回+(巻上げ、ジブ起伏) ・タワー起伏、タワー起伏+旋回、タワー起伏による水平引込み、空フック自由落下 ・つり荷走行
動作速度
<ul style="list-style-type: none"> ・高速、中速、高速旋回、中速旋回

引き込みは、主にタワーの起伏動作に支配される動作であるが、実験に使用したクレーンの構造上、タワー起伏はジブ起伏に比べて動作が遅い。そのため、クレーンへの負荷には動的な影響（衝撃荷重等）がほとんど見られなかった。したがって、応力変動はクレーンの姿勢変化によるものと考えられる。水平引き込み時も、クレーンの姿勢変化と応力変動が静的に対応していた。この動作は、つり荷の地上高を一定に保ちながら引き寄せるものである。多大な注意力を必要とするために作業速度が小さく抑えられ、衝撃的な負荷は生じにくい。

これらの動作と異なって、基本動作、タワー起伏+旋回、旋回+（巻上げ、ジブ起伏）は、特に高速旋回時にタワー根元の応力変動が、クレーン姿勢（旋回角除く）の変化とは十分に対応せず、動的な影響が大きいものとなった。これらの作業での負荷履歴の把握は、クレーン部材の疲労強度評価にとって重要と考えられるので、以下では、これら旋回を含んだ動作、特に基本動作について考察する。

タワーを90度に保ち基本動作（地切、巻上、中速旋回、巻下、接地）を1回行なったときの応力変動およびクレーン姿勢の時刻歴波形をFig. 3に示す。横軸は時間、縦軸は応力、張力、起伏角、旋回速度である。なお、同様の動作を計3回行なったが、どの時刻歴波形も似通っていた。

地切—接地によって最大の応力変動がもたらされていることがわかる。この応力変動は、起伏力計の出力変化と対応しており、クレーンに既設の計測装置で捉えることができる。

次いで大きな応力変化は、旋回運動によるものである。特に、旋回の開始時および終了時に、旋回加速度が働くため、大きな応力変化が発生する。旋回時の応力変動の特徴は、タワーの根元（1ch）の応力変化が最大となることである。これは、面外方向に関しては固定された片持ち梁構造である（面内方向にはピン結合されている）クレーンのタワーに、面外方向に慣性力が作用するためである。注目すべきは、この時に起伏力計にも角度計にも出力の変化がほとんどみられないことである。これは、旋回による応力変動は、既設の計測装置では捉えられないことを意味する。

巻き上げ、巻き下げ時には全波形に小刻みな振動（衝撃荷重）が現れている。しかし、地切—接地および旋回運動時の振動の振幅に比べると、この振幅は小さい。

各測定点の応力変化の最大値をFig. 4に示す。前記したように、これらは地切—接地動作によるもの

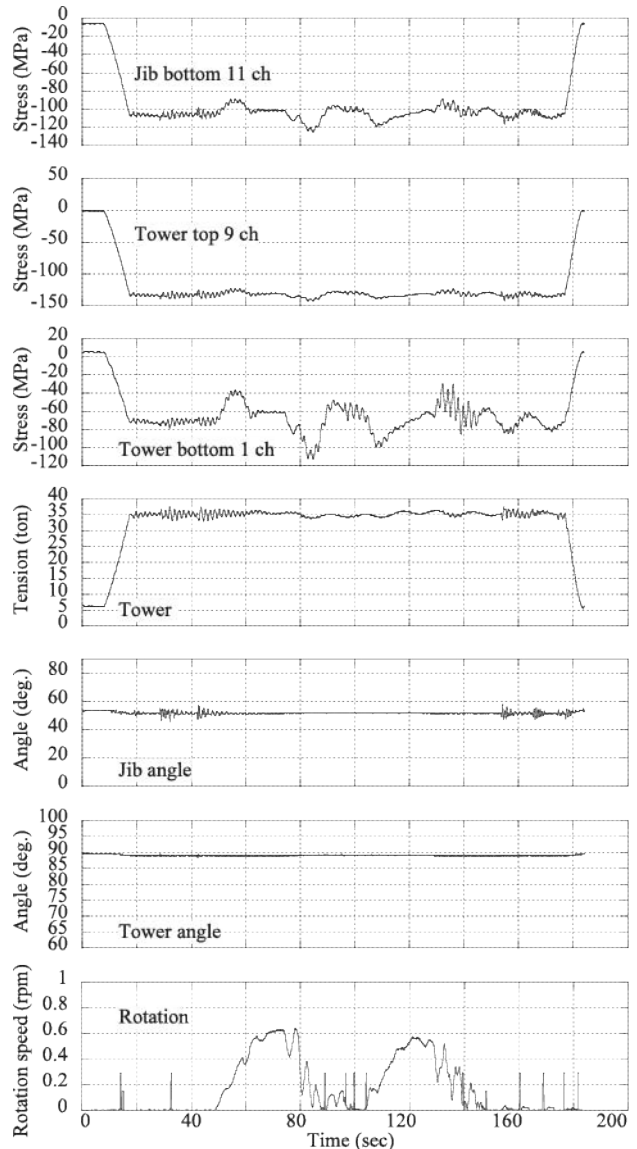


Fig. 3 Time series of stress, tension of the cable, the angle of the tower/jib of the crane and rotation speed during basic movement with 12 ton load and moderate rotation speed.

基本動作（最大半径、12トン、中速旋回）時の主材応力、ロープ張力、起伏角、旋回速度の変動時刻歴波形

である。タワー部では、同一断面内の測定点の応力変化量は同一ではないが、これは、測定に用いたタワーの支持形式に起因するもので、タワーに前後（面内）の曲げが作用しているためである（1chと4chはタワー前面、2chと3chはタワー背面に位置する）。ジブ部では応力変化値がほぼ均一である。

タワーおよびジブ根元の応力の作用頻度をFig.5、Fig.6に示す。応力頻度分布はレインフロー法を用いて求めたもので、5.0MPa未満は無視している。両図

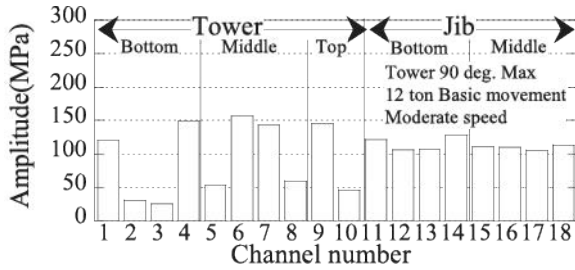


Fig. 4 Maximum stress changes during basic movement (tower 90 deg., maximum radius, 12 ton load, moderate speed)
基本動作時の各測定点における最大応力変化

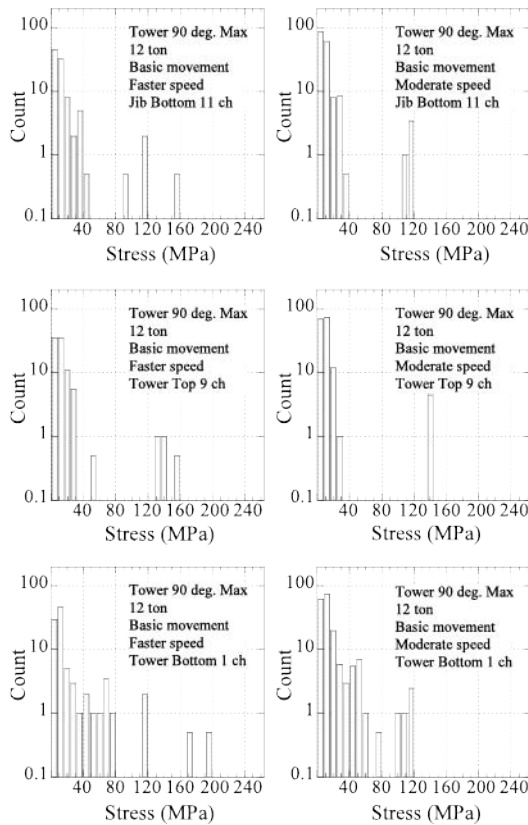


Fig.5 Stress histogram during faster/moderate basic movement -tower 90 deg., maximum radius, 12 ton load (Top; at jib bottom, Middle; at tower top, bottom; at tower bottom. Horizontal axes are stress amplitudes.)
基本動作時（タワー角90度，最大半径，荷重12トン）の応力頻度分布（左：高速動作，右：中速動作）

の右側は，基本動作を中速（時刻歴波形に対応）で行なった時の応力頻度分布，左側は，基本動作を高速で行なったときの応力頻度分布である．応力頻度分布の形状は，小振幅部の大きなかたまりと大振幅

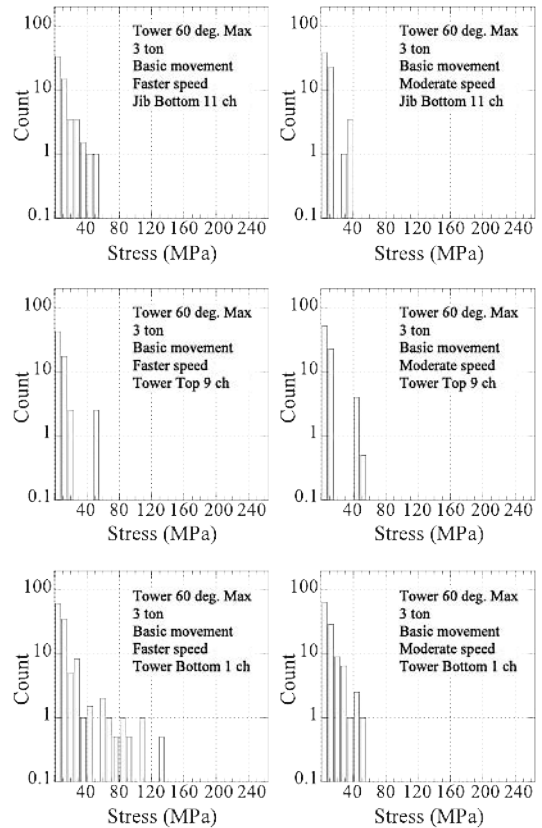


Fig.6 Stress histogram during faster/moderate basic movement _ tower 60 deg., maximum radius, 3 ton load (Upper; at jib bottom, Middle; at tower top, Bottom; at tower bottom)
基本動作時（タワー角60度，最大半径，荷重3トン）の応力頻度分布（左：高速動作，右：中速動作）

部（100MPa以上）の小カウントの2つの部分に分かれる．前者は，衝撃荷重にともなう減衰振動，および旋回運動に対応し，後者は，つり荷の地切—接地による動荷重（つり荷重）の変化に対応する．タワー根元部では，高速動作の時は旋回運動による応力変化が地切—接地による応力変化に匹敵し，大振幅部のカウント数が増えている．旋回動作が速い際に応力変化がタワー根元で大きくなるこの傾向は，タワー角60度の時の応力頻度分布に特に顕著である．

3. 建設工事現場における実働負荷測定

3.1概要

建設工事現場でのクレーンの負荷を測定した．測定対象の現場は，鉄骨造9階建てオフィスビル建設工事現場，測定対象クレーンは，150トン級のクロークレーン（Fig. 7）である．タワー，ジブの長

さはそれぞれ42m, 36mであり, フラフティング仕様である。当該クレーンはオフィスビル建築工事中の, 鉄骨組み上げ作業, および外壁のPC板設置作業期間中にのみ使用された。

負荷測定は, 鉄骨組み上げ作業期間中の7日間(うち4日間は鉄骨設置作業あり), プレキャストコンクリート外壁材(PC板)設置作業期間中の8日間(うち7日間はPC板設置作業あり)に亘って実施した。

3.2測定方法

タワー, ジブの代表的な断面の負荷を測定することとし, 主材上の3断面12点(タワー:下部断面4点, 中間断面4点, ジブ:根元部断面4点)にひずみゲージを貼付した。ひずみゲージの貼付箇所等については, ヤード内での測定時の貼付箇所にした。ひずみ測定と同時に, クレーンの姿勢, 動作速度を得るため, タワー起伏ロープ張力, ジブ起伏ロープ張力, タワー角度, ジブ角度を測定した。また, クレーン運転席に小型カメラを設置し, 作業状況をビデオで撮影した。ただし, クレーンの旋回は測定することができなかった。そのため, ビデオ撮影の結果を用いて旋回速さを確認した。

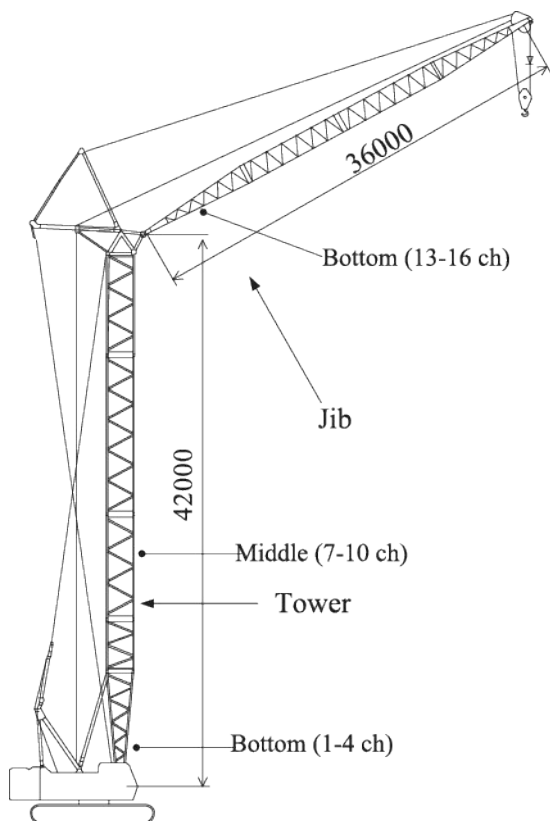


Fig. 7 Crawler crane used at the construction site
建設現場での測定対象クレーン概略図

3.3測定結果

クレーンの主な作業内容は, トレーラトラックによって運び込まれた鉄骨やPC板等の建材をオフィスビルの壁面近くに仮置きする作業, クレーンをオフィスビルに横付けして, これら建材をビル上部で組み立てるためにつり上げる作業であった。これら作業は極めて慎重に行なわれており, ヤード内での実験動作と比較して, 動作速度は非常にゆっくりとしたものであったことが, ビデオ撮影の結果により確認されている。

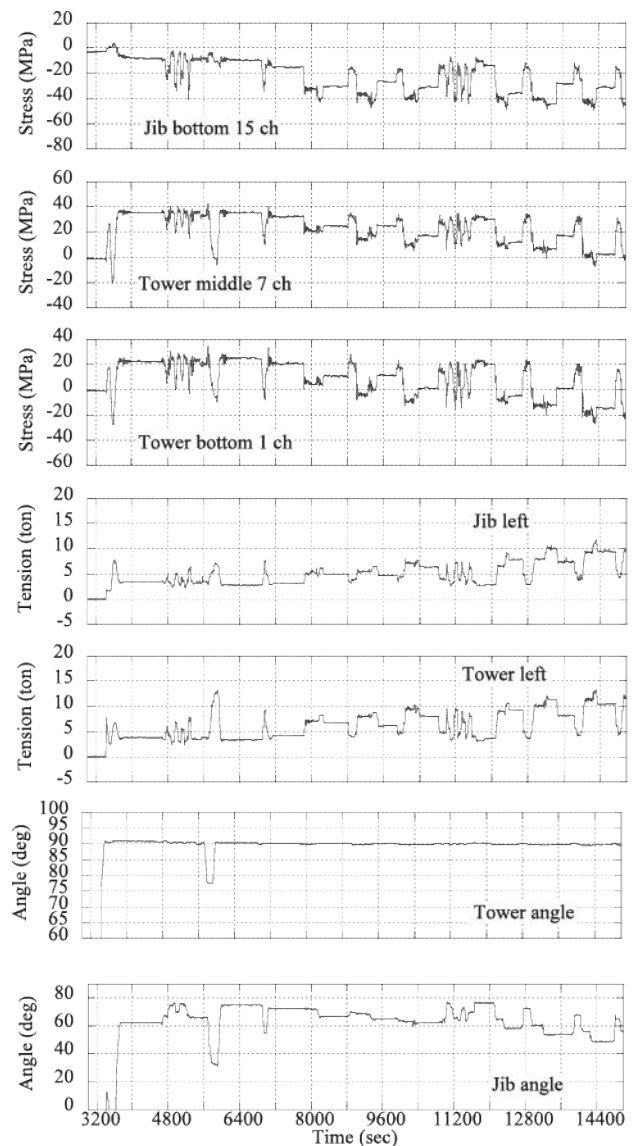


Fig. 8 Time series of stresses, tensions of the cables and the angle of the tower/jib of the crane at the construction site

建設現場におけるクレーンの主材応力, 起伏ロープ張力, 起伏角の変動時刻歴波形

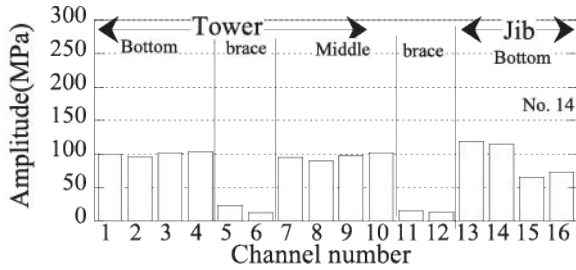


Fig. 9 Maximum stress changes during 1-day-long work (for the same day as Fig. 8)
各測定点における応力変化の最大値

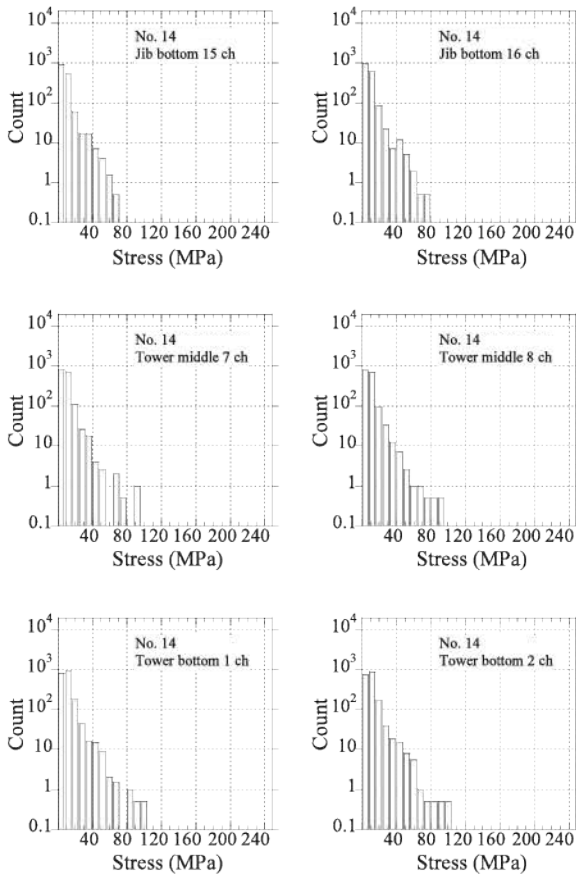


Fig.10 Stress histogram of crane for the 1-day-long work at the construction site (the same day as Fig.6) (Top; at jib bottom, Middle; at tower middle, Bottom; at tower bottom)
建設現場での作業時の応力頻度分布 (1日間)

測定データの時刻歴波形の一例をFig. 8に示す。これらはPC板設置作業中の応力、起伏ロープ張力および起伏角の変動について、クレーンの始動を含めた200分間のデータを切り取ったものである。なお、ここに示した応力変化の特徴は、全測定データに共通している。Fig. 8の時刻3400秒付近でクレーンが始動した。この直後に、起伏力、タワー角、ジブ角

が急激に上昇しているが、これは角度計等に電源が供給され作動したためであり、クレーンの姿勢の変化によるものではない。なお、ひずみゲージによる測定はバッテリー電源を用いて行なわれている。したがって、クレーンの始動前すなわち時刻3400秒以前の応力値も測定値としての意味があるものである。

時刻3600秒付近で応力が大きく変動しているが、これは、タワー先端部に取り付けられているジブが、ぶら下がった状態から作業姿勢まで起こされたことによるもので、この時刻以降の変動は、荷をつるなど、作業に関わる応力変動である。

タワー、ジブの角度計出力から、作業時にはタワーを90度で固定した状態で、ジブの起伏動作が行なわれていることがわかる。なお、目視により、タワーを固定した状態で、地切、巻上、旋回、ジブ起伏、接地（ビル屋上）、旋回、の順で作業がおこなわれていたのを確認している。

前節の基本動作の時刻歴波形Fig. 3と比較すると、現場測定の時刻歴波形Fig. 8では、張力変動と応力変動が極めてよく似ており、旋回等による動的な応力変動がみられない。目視による観察、および、ビデオ撮影の画像から、現場では旋回速度を小さく抑えた、慎重な動作が行われていたことが確認されており、応力変動が似ていることは、この観察結果と一致する。

各測定点の最大応力変化値をFig. 9に示す。図には主材の応力値とともに斜材の応力値(5,6,11,12ch)も示した。斜材の応力変化が小さいことから、旋回速度の小さいことがわかる。また、タワー根元と中間部の応力変化値がほぼ等しくなっている。これらは、タワー断面に主に軸力が作用していることに対応する。

時刻歴波形に示した作業を通しての応力頻度分布をFig.10に示す。前節の応力頻度分布(Fig.5)では、頻度分布が2つの部分に分かれていたが、Fig.10にはそれがない。また、頻度分布形状は、小さい応力振幅から大きい応力振幅にかけて、対数グラフ上で右下がりの直角三角形形状となっている。

現場測定全体の測定データから求めた応力頻度分布をFig.11に示す。タワー部の頻度分布に孤立値があるが、これは、タワーの引き起こし時のものである。それ以外の作業時の頻度分布形状はFig.10と同様に、小さい応力振幅から大きい応力振幅にかけて、対数グラフ上で右下がりの直角三角形形状となっている。

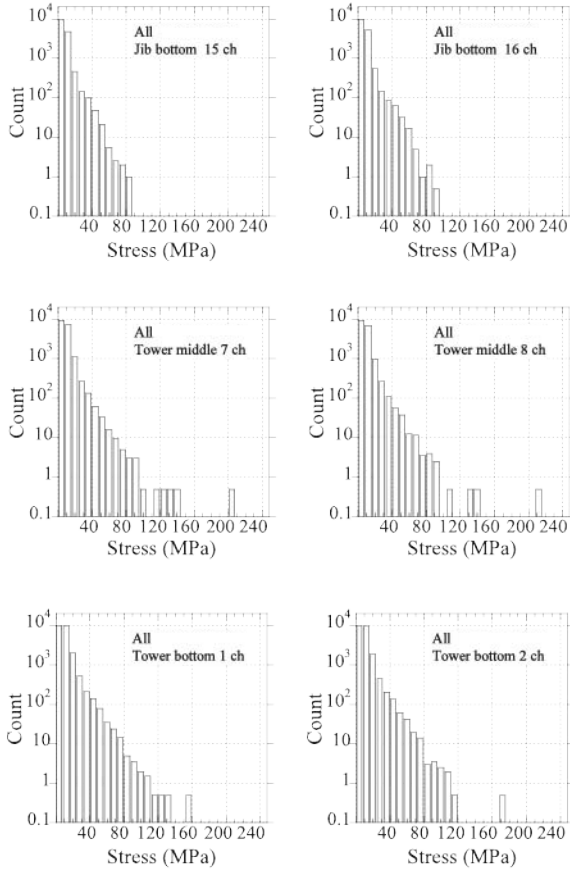


Fig.11 Stress histogram of crane for the 15-days-long work at the construction site (Top; at jib bottom, Middle; at tower middle, Bottom; at tower bottom)
建設現場での作業時の応力頻度分布 (全測定: 15日間)

4. 既設装置の出力を用いたタワー負荷の簡易計算

過負荷防止装置への入力値 (起伏角, ロープ張力, ジブ・タワー長さ) を所与として, できるだけ単純なモデルを用いた計算により, クレーンの負荷特性の再現を試みた.

クレーン上部 (タワー・ジブ・ペンダントロープ系) の簡易トラスモデルをFig. 12に示す. 面内の釣り合いのみを考える. つり荷重はジブの先端に作用するものとしている. タワーの起伏ロープ張力と, タワーの部材力との関係は,

$$N_{CE} = \frac{-\cos \theta_A}{\cos \theta_i} N_{AE} \quad (1)$$

となる. ここで, 起伏ロープの仰角 θ_A は $L_{AC} \cdot L_i \cdot \theta_i$ を用いて算出できる.

まず, ヤード内の測定におけるタワー付け根の応力

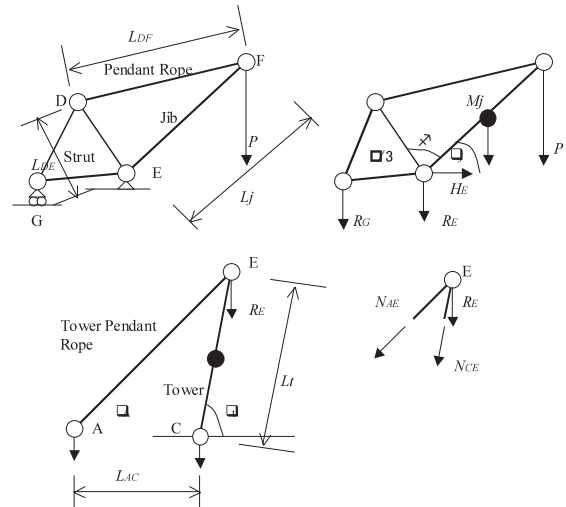


Fig. 12 Truss crane model (top: jib model, bottom: tower model)
クレーンタワー及びジブの簡易モデル

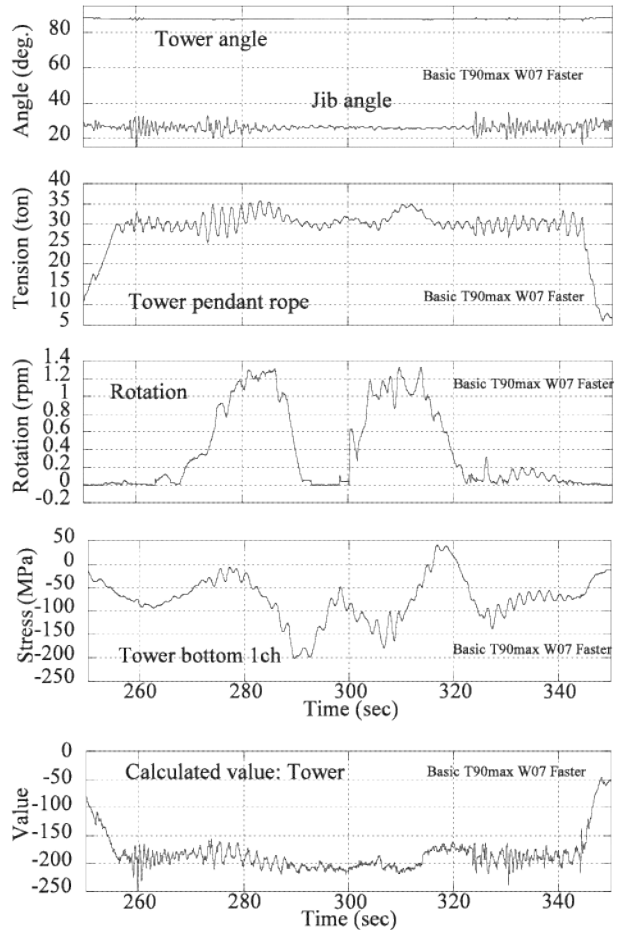


Fig. 13 Measured vs. calculated data: at yard (tower/jib angle, tension of pendant, rotation, stress at tower bottom, calculated axial force on tower)
基本動作 (高速旋回) 時の応力変動時刻歴波形および簡易モデルによる計算値 (: 最下段)

変動特性に着目する。動作は、地切一巻上一高速旋回一巻下一接地である。式(1)を用いて、タワー部に働く軸力を算出した結果、および、そのときの応力測定値の時刻歴波形をFig. 13に示す。最下段が計算値であり、測定値は下から2段目である。式(1)による計算値(最下段)は、応力変動特性を再現できていない。これは、旋回動作(3段目)によって働く力が常に面外方向であり、この方向には起伏ロープによる支持力はほとんど働かないためである(タワー付け根が面外方向力に対抗する)。起伏ロープ張力値の時刻歴波形からは、旋回に伴う張力変動はあまり大きくないことが判る。

次に、現場測定におけるタワー付け根の応力変動特性に着目し、同様に応力変動特性を計算した結果をFig. 14に示す。応力測定値は下から2段目、計算値は最下段に示す。計算値は測定値の変動特性をほぼ再現している。これは、旋回の影響が無視できることを意味し、測定対象とした現場では旋回速度が小さく抑えられていたことに対応する。

測定の対象とした現場で行なわれていたような丁寧な動作に対しては、過負荷防止装置の入力データのみで負荷特性を掌握可能であることがわかる。しかし、高速旋回等の荒い動作が行なわれた場合や、強風等により面外方向に負荷が加えられた場合などには、特にタワー根元付近に作用する大きな負荷が見落とされてしまう。

負荷履歴測定は、疲労き裂進展予測等への入力データを得るために必要である。これら部材の疲労等による余寿命算定には大きな負荷ほど重要である。面外方向力による負荷が大きくなることをふまえると、負荷履歴測定装置は、面外方向力を算定できなければならない。測定のしやすさを考慮すると、旋回速度、タワー取り付け部の圧縮力のどちらかを計測する必要があると考えられる。

5. まとめ

タワー式クローラクレーンのタワーおよびジブに作用する応力負荷について、動作を指定した測定と工事現場での測定を行なった結果、以下のような知見および考察を得た。

- (1) タワー、ジブ部の負荷の主たる変動要因は、クレーンの姿勢、つり荷の質量および旋回速度である。
- (2) 巻上、巻下時に生ずる衝撃荷重による応力変動は、クレーンの姿勢変化や旋回によるものに比べて回数は多いが、振幅は非常に小さい。
- (3) 高速な旋回動作によってタワー根元部に作用す

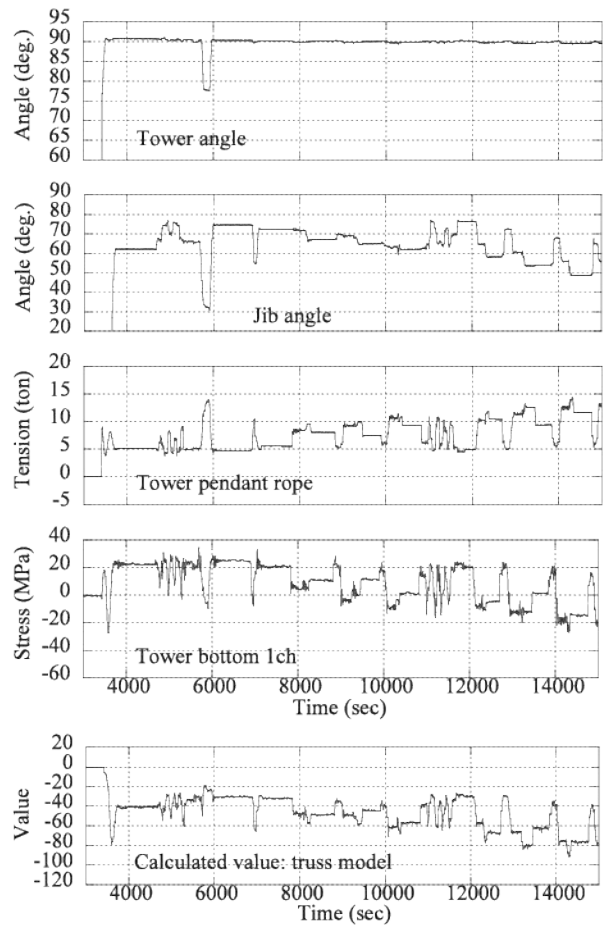


Fig. 14 Measured vs. calculated: at construction site (tower angle, jib angle, tension of pendant rope, stress at tower bottom, calculated axial force on tower)

建設現場での応力変動時刻歴波形と簡易モデルによる計算値(：最下段)

る動的負荷は姿勢変化による負荷に匹敵または凌駕することが考えられる。したがって、負荷履歴の算定においては特別な注意を払う必要がある。

旋回や姿勢変化に伴って移動式クレーンのタワーおよびジブに働く負荷の変動回数は、高々作業回数のオーダーである。また、それが常に高負荷になるとも限らない。日々の作業の積み重ねの結果起きる疲労破壊を予測するには、頻度は多くはないが、値の大きな負荷を確実に把握することが重要である。しかしながら、現状の移動式クレーンに装備されている過負荷防止装置だけでは、本稿で述べてきたように、部材に働き得る大きな動的負荷を把握しきれない。

負荷履歴測定装置の具備条件については、次のことが言える。

(1) 過負荷防止装置を援用するならば、面外方向の負荷を測定できる装置を追加する必要がある。

負荷履歴測定装置を多数の移動式クレーンに装備して長期間のデータを蓄え、同時に、部材の検査結果と照合する等により、効率的な検査間隔の決定等に必要データを取得できると考えられるが、これは今後の課題である

参考文献

1) 星井勤・ほか2名, クレーンの巻上荷重に関する定量

的評価法, 機械学会論文集(C編), Vol.58, No.555, pp.261-268 (1992)

2) 前田豊・ほか2名, 天井クレーンの経年損傷と疲労強度評価—応力頻度分布の測定と疲労強度—, クレーン, Vol. 35, No. 11, pp. 2-6 (1997).

(平成 16年8月30日 受理)