

K6-78

遠隔操作型ガントリークレーンの操作性向上に関する基礎研究 Study on improvement of operating remote control of Rubber Tired Gantry Cranes

○大野木廣¹, 青木義男², 田畑昭久²*Hiroshi Ohnogi¹, Yoshio Aoki², Akihisa tabata²

Abstract : Rubber Tired Gantry Cranes (RTG) have very important roles in the port logistics. In recent years, Automation Technology of Rail Mounted Gantry Cranes (RMG) and Gantry Cranes were established. However Automation Technology of RTG were not established because there are a lot of use. And therefore RTG is operated by a human. In recent years, there needs for making remote control of RTG. This paper shows that we have evaluated the vibration of the suspended load in order to achieve remote control of RTG. In this experiment, we measured the vibration of the suspended load at the start of the run. The result is a heavy suspended load causes complex vibration.

1. 諸言

コンテナを積み重ねたり、トラックに直接積むことができるタイヤ式トランスファークレーン (RTG : Rubber Tired Gantry Crane) は機動性に優れているため、港湾物流において重要な役割を担っている。近年、コンテナ荷役において、さらに高速化・効率化するために、港湾コンテナターミナルそのものをシステムとして自動化する流れになっている。その中で、レール式トランスファークレーン (RMG : Rail Mounted Gantry Crane) やガントリークレーン (Gantry Crane) は、移動できる範囲が限定されるため、比較的容易に自動化でき、実際に港湾コンテナターミナルで使用されている例が存在する。一方で、RTG は移動時の自由度が高く、制御が難しくなってくる。したがって、RTG の自動化について研究は成されているが、実用的なレベルには達していない。このことから、RTG は人間が操縦している^{[1]-[3]}。

しかしながら、コンテナターミナル内では事故が多発しており、RTG による労災事故も含まれている。加えて、RTG の操縦環境が未だ整っていないことから、RTG の自動化、またはフレキシブルな移動範囲を活かすために遠隔操作を早急に実用化することが求められている。

そこで本研究では RTG の遠隔操作化することを目標とし、本報告では、モデル化したクレーンの走行開始時の吊荷の挙動を確認し、考察する。

2. トランスファークレーンの概要

RTG は移動する車輪にゴムタイヤを使用しており、移動範囲が平面であれば特に環境を整備することなく設置することができる。一方で、動力エネルギー源と

してガソリンを使用するため二酸化炭素を排出し、自然環境に悪いとされているが、最近ではハイブリッド化により改善されている。

RMG は車輪がレール上を走行するため、設置するためにレールを敷く必要があり、環境整備面で非常にコストがかかるが、レールから給電でき電動とすることが可能なため、燃料費が RTG と比べて安価である。

最近では世界の港湾コンテナターミナルの拡大に伴い、トランスファークレーンが多く存在するが、主流は RTG である^[4]。

3. 吊荷の振動実験

吊荷の挙動は、走行開始時に発生する慣性力のほかに、コンクリート上に転がっている小石などによる衝撃や、大型機械特有の共振の影響、加えて港湾で発生する特有の風による揺れなどさまざまな要因の影響を受ける。今回は走行開始時に発生する慣性力と大型機械特有の共振が生ずるような環境を整え、そのときの吊荷の挙動を確認した。

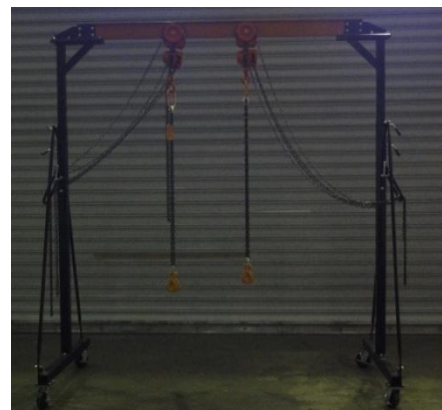


Figure1. Experimental equipment

図 1 のようなモデル化した RTG の吊荷の長さを 2 m としコンテナを設置した．また，コンテナのみを吊るした場合と，コンテナ内に 10 kg のおもりを追加した場合の 2 種類の実験を行った．

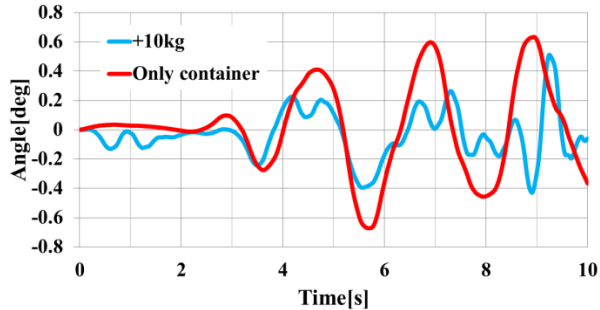


Figure 2. Time history of angle

実験結果を図 2 に示す．ここで周期は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

で表される．但し g を重力加速度， l を吊荷の長さとする．今回の条件を (1) 式に代入すると周期は 2.84 s となる．この数値を図 2 と比較すると，おおよそ実験値と一致した．次に (1) 式より振り子の周期の場合，周期はおもりに依存しない．つまり質量の数値によらず周期は一定である．図 2 に注目すると，まずコンテナのみの場合，1 周期毎に角度の中心がずれていることが確認できる．この理由として，重さが少なかつたためにロープがしっかりと張らなかつたことが考えられる．よって，ロープがたわんでしまったことによる影響だと思われる．一方，おもりを載せたときはコンテナのみの場合と比較して明らかに異なる．(1) 式によればおもりによらず周期は変化しないが，今回は衝撃の影響を受けた波形になっている．しかしながら，本実験では風の影響を受けない室内で，路面にも小石などは完全に排除し，亀裂などの生じていない平面の場所で実験を行った．よってこのような波形の要因に門型クレーンの特徴的な構造によって生じる周波数が考えられる．特徴的な構造とは重心位置が高いところにあり，かつ接地面がタイヤのみであることである．このタイヤの 1 つ 1 つがそれぞれ 3 方向に力とモーメントを受け，振動する．このことから吊荷は進行方向以外にも力が生じ，左右のタイヤにかかる力の大きさが異

なる．結果として図 2 のような結果になったと考えられる．

加えてこのような振動が低周波数の場合，固有振動数に近づき，共振を引き起こすことがある．大型機械は質量が重くなるため，より低周波数で共振が起こりやすくなる．今回の場合，10 kg のおもりを追加したことから，吊荷による進行方向以外に生じる力が大きくなり，左右のタイヤにかかる力の違いから振動が発生し，その振動が低周波成分を含んでいたために図 2 のような結果を得たと考えられる．

4. 結言

今回の実験では，吊荷がコンテナのみの場合は慣性力の影響のみが生じていることが確認できた．しかしながら，10 kg のおもりを追加した場合は，慣性力以外にも要因がありこれは吊荷によって，左右のフレームにかかるタイヤの反力が異なるために振動を誘発し，この振動から生ずる低周波成分が大型機械の固有振動数に近づき，共振を誘発したことが考えられる．今後はさらにおもりを追加した場合の吊荷の挙動を確認する．また，走行速度，走行加速度を変化させた場合の吊荷の挙動を確認し検討する．

5. 参考文献

- [1] 竹原亨，市村欣也，阿部雅二郎，伊藤廣，横田浩一：タイヤ式門型クレーンの動特性（第 1 報，走行シミュレーション），日本機械学会論文集（C 編），65 巻 637 号，pp.237-244，1999．
- [2] 竹原亨，市村欣也，阿部雅二郎，伊藤廣：タイヤ式門型クレーンの動特性（第 2 報，機体挙動と走行性能），日本機械学会論文集（C 編），65 巻 637 号，pp.245-252，1999．
- [3] 竹原亨，市村欣也，阿部雅二郎，伊藤廣：タイヤ式門型クレーンの動特性（第 3 報，駆動系の特性と直進走行性能），日本機械学会論文集（C 編），65 巻 637 号，pp.253-259，1999．
- [4] 千歳孝，山本元司，門前唯明，内田浩二：自動着床制御を用いたトランスファクレーン自動運転システムの開発，日本機械学会論文集（C 集），71 巻 702 号，pp.213-218，2005．