209 3本吊りロープによるクレーンの揺れ制御

室蘭工大 ○松岡宏幸 西田公至 斉当建一

要旨

クレーンの荷の揺れを抑えるために，巻き上げロープを3本用い，トロリ内にばねとダンパを取り付けた機構を考案した．荷の積み上げ，積み下ろし時に起こる荷の揺れを想定し，3本で吊った場合の荷の軌道曲面を求めた．さらに，それを2次元で考えた場合，2本で吊ったクレーンと考えられ，巻き上げ，巻き下ろしを行っていない場合の揺れを数値計算により検討した．その結果，荷の揺れを止めることが可能なことが明らかとなった．

1，緒言

ロープを用いて物をつり上げ運搬するクレーンは，作業を行う際に，常にトロリの真下で作業しているとは限らず，ロープを巻き上げると荷を持ち上げた時点で揺れを生じてしまう．このような荷の揺れを制御する方法としてロープを図1のように3本用いたクレーンの機構を考える．それぞれ3方向から3つのロープの張力をトロリ内部のばねとダンパにより変化させることによって制振させるというものである．このときのばね定数と粘性定数を変化させた場合の制振効果を数値解析により明らかにする．

2，3本吊りにおける軌道曲面

図1にあるような機構で，トロリ内部にある可動部分は正三角形の頂点に開けられた穴S_1，S_2，S_3を通るロープと，可動部分に取り付けられたばね定数Kのばねと粘性定数Cなるダンパによってトロリ内部で

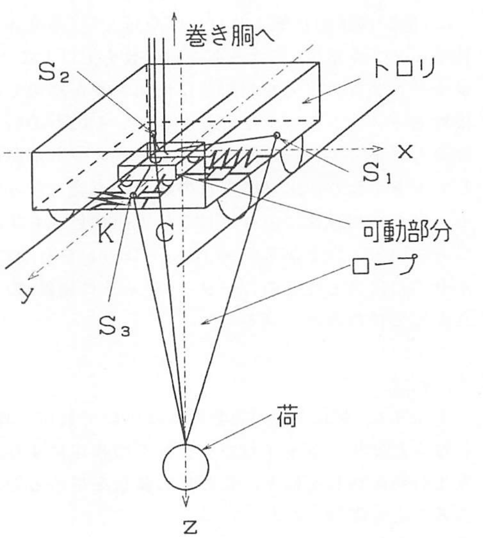


図1 3本吊りクレーンモデル図

$x-y$平面を荷が動くと，ばねとダンパの力と3本のロープの張力によって拘束されて動く．荷が揺れ始めると，連動して可動部分が動き，この部分の振動を止めることによって荷の揺れも止めることが可能である．このときの荷の動く軌跡は，図1のようにx，y，zをとると

$$\left(\frac{h_0^2}{l_0^2}x^2+\frac{h_0^2}{l_0^2}y^2+z^2\right)^2-2L^2(x^2+y^2+z^2)+L^4=\frac{4}{3}L^2L_T^2 \qquad (1)$$

となる．ここで，l_0：荷の位置からトロリまでのロープの長さ，h_0：揚程，L：荷の位置から可動部分のロープの長さ，L_T：S_1，S_2，S_3を頂点とする正三角形の一辺の長さ，である．この式(1)の曲面は，図2のようになる．このときh_0を20m，L_Tを4mとし求めた．この結果より，幾何学的な荷の揺れの曲面は，球面に近いなめらかな楕円面を描くと考えられる．これは，h_0の値に対してL_Tが小さいためであり，巻き上げを行うと楕円の離心率は小さくなっていく．

3，2次元による計算

3本で吊ったクレーンを2次元で考える場合，2本吊った平面内を動くクレーンとして考えることができる．その場合のモデルを3に示す．x_0方向にのみに動く質量m_0の可動部分は，左右のロープの張力T_1 T_2とばねとダンパによる力，F_KとF_Cに拘束される．この動部分の運動方程式は，ロープの伸びは生じないものとして，可動部分と荷の揺れのみに着眼すると

$$m_0\ddot{x}_0+C_0\dot{x}_0+Kx_0=T_2-T_1 \qquad (2)$$

と表される．この方程式は2本のロープの張力の差が力となる1自由度粘性減衰振動系となる．さらにこの本のロープは，荷の揺れによって周期的に変化するかこれを揺れ角σで表すと式(2)は荷が楕円軌道を通る

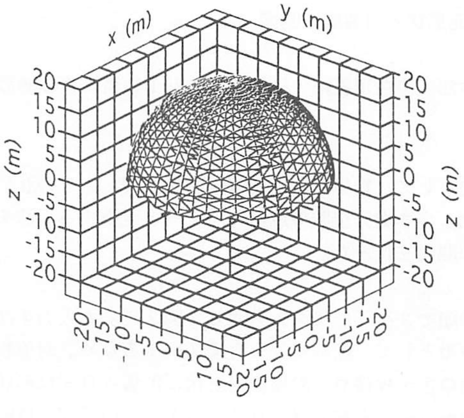


図２　３本吊りの荷の軌道曲面

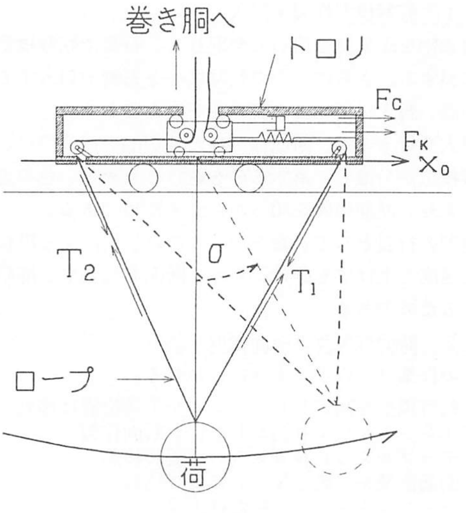
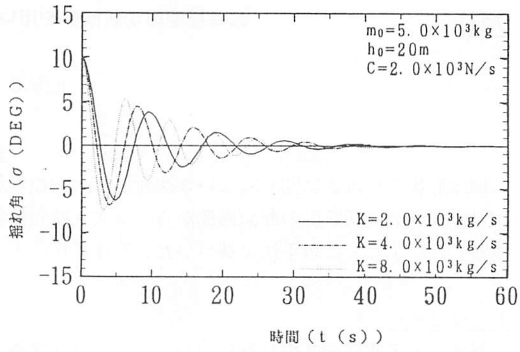


図３　２本吊りクレーンモデル

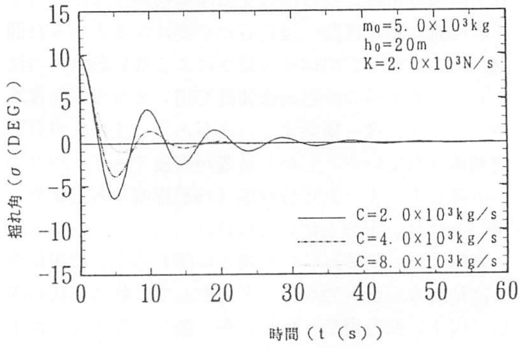
ことを考慮して(3)式のようになる．

$$\ddot{\sigma} = \frac{-h_0 \varepsilon C\cos\sigma(\dot{\sigma}) + \varepsilon\sin\sigma\,(mk\cos\sigma + m_0 h_0)(\dot{\sigma})^2 - h_0\left(\dfrac{mg}{l_0\sqrt{l_0^2\cos^2\sigma + h_0^2\sin^2\sigma}} + \varepsilon K\right)\sin\sigma}{m_0 h_0 l_0 \varepsilon\cos\sigma + m(1-0.5\varepsilon^2\sin^2\sigma)} \quad (3)$$

ここで，εは楕円の離心率，gは重力加速度である．



(a)　ばね定数Kの変化による揺れの挙動



(b)　粘性定数Cの変化による揺れの挙動

図４　２次元における荷の揺れ

４，数値計算結果

数値計算は，(3)式から求まる．巻き上げ荷重10tの天井クレーンを想定し，揚程20m，離心率を0.995，可動部分の質量を5×10^3kgとし，初期条件 $t=0:\sigma=10°$ のときのばね定数と，粘性定数を変えた場合の計算結果を図４(a)，(b)に示す．この結果から，ばねとダンパからなる振動系を用いることによって，荷の揺れが粘性の影響で，大きく減衰することがわかった．また，ばね定数の変化による減衰効果は，あまり変わらないということが図４(a)からわかる．

５，結言

２次元における２本吊りのクレーンについて，数値解析を行った結果，粘性抵抗が減衰に大きな位置を占め，粘性係数が大きくなるほど減衰効果が得られるということがわかった．さらに，２本吊りのクレーンの結果から，３本吊りのクレーンの揺れ止めについても同様に減衰効果が得られることがわかった．

参考文献　佐久本，林，'ファジィ制御のコンテナクレーン揺れ止めシステムへの適応' 機論58巻350号1992-6