

船体運動にともなう荷役貨物のふれまわりについて

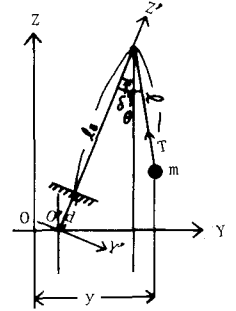
大阪大学工学部 正 榎木 亨  
 ○ 神戸商船大学船貨輸送研究施設 正 久保 雅義

1 まえがき

港内において船舶が安全かつ能率的に荷役作業を行うためには港内静穏度ほどの程度なければならぬかを調査研究してきた。才30回の年次講演会においてアンケート調査の結果を報告したが、その中で船体運動に伴うクレーン荷物のふれ回りが問題になることを指摘し、Swayingがある場合の厳密解を提示した<sup>1)</sup>。最近では海洋南航がさかんになるにつれてFloating Craneも活躍しており、この場合は船体運動に伴うクレーン荷物のふれ回りが、荷役可能日数を決める最大の要因であるといわれている<sup>2)</sup>。そこでDeck Craneで吊られた荷物が船体運動のためどのようなふれ回りを示すか検討したので次々それを報告する。

2 Deck Craneで吊られた貨物の運動の理論解析

SwayingとRollingがある時、Deck Craneで揚荷役をする場合について考える。この場合は平面運動になるので、座標系を図-1のように定める。ここでOYZは空間に固定した直交軸であり、O'Y'Z'は船に固定した直交軸で、O'は船の回転中心である。今船のRolling角をδ、貨物のふれ角をθ、貨物の重量をm、Cargo Hallの長さをlとし、それに伴う張力をT、重力加速度をgとすると、貨物のふれ回りの運動方程式は式(1)で与えられる。



$$m \ddot{\theta} = T \cdot (\theta - \delta) \tag{1}$$

ここで、θおよびδは小さくして

$$\theta \approx y/l, \quad T \approx m \cdot g \tag{2}$$

とおく。更に図-1より

$$y = A \cdot \sin(\omega t + \epsilon_s) + (l_b + d - l) \cdot \Theta \cdot \sin(\omega t + \epsilon_R) + l \cdot \theta \tag{3}$$

が求まる。ここでA、ΘはそれぞれSwayingとRollingの振巾でωはその運動の角周波数、ε<sub>s</sub>とε<sub>R</sub>はSwayingとRollingの位相おくれ、dは船の回転中心から荷役作業面までの距離、そしてl<sub>b</sub>は荷役作業面からクレーン先端までの距離を示す。式(2)および式(3)を式(1)に代入して整理すれば、次のような貨物のふれ回りに関する基本方程式が得られる。

$$l \cdot \ddot{\theta} + 2l \cdot \dot{\theta} + g \theta = \{g + (l_b + d - l) \omega^2\} \Theta \sin(\omega t + \epsilon_R) + 2l \omega \Theta \cos(\omega t + \epsilon_R) + A \omega^2 \sin(\omega t + \epsilon_s) = F_2 \tag{4}$$

この時の解は

$$y' = l \theta = P_2 \xi J_1(\xi) + P_2 \xi Y_1(\xi) - \xi J_1(\xi) \int_0^t \frac{\pi V}{4g} F_2 \xi Y_1(\xi) dt + \xi Y_1(\xi) \int_0^t \frac{\pi V}{4g} F_2 \xi J_1(\xi) dt \tag{5}$$

で与えられる。ただし

$$l = v(一定), \quad \xi = 2\sqrt{gl}/v^2$$

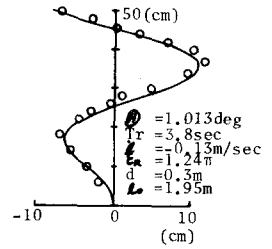
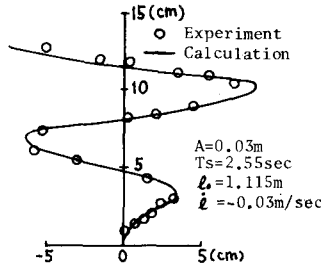
J<sub>1</sub>は一次のベッセル関数、Y<sub>1</sub>は一次のノイマン関数

である。式(5)のP<sub>2</sub>とξは積分定数で、y'の初期条件より決められる。

3 理論解と実験結果との比較

上記の理論解はRollingとSwayingの両者による貨物のふれ回りを示すが、実験装置の都合上、実験はRollingとSwayingを別々に行なった。Swayingは荷役装置のフク車をフクモータで規則的なSwayingを起しその時の貨物の軌跡をビデオ・テープで撮映し、それを理論解と比較したのが図-2である。次にRollingは動揺試験台上に、Deck Craneをのせて、実験を行なった。図-3はビデオ・テープで得られた貨物の軌跡と理論

値と比較したものである。これらは一例にすぎないが、運動の周期と巻上げ速度をいろいろかえた時の理論と実験における最大ふれ中  $Y_{max}$  の比較においても両者はほぼ等しいことが確かめられた。そこで著者は次に、この数値解を使って条件をいろいろ変えた場合の計算を行なった。



4 貨物のふれ回りに及ぼす船体運動の影響について

図2 Swayingによる貨物のふれ回り

図3 Rollingによる貨物のふれ回り

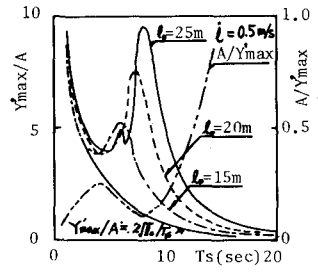
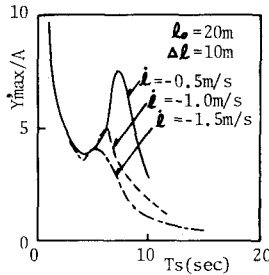
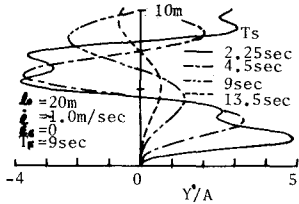


図4 Swaying周期が貨物のふれ回りに及ぼす影響

図5 貨物の巻上速度が貨物のふれ回りに及ぼす影響

図6  $l_0$ から  $l=10m$ まで巻上げた時の貨物のふれ回り

図4は Swayingの周期  $T_s$  を変化した場合の貨物のふれ回りの軌跡であるが、振り子の固有周期を  $T_0$  とすると、図からわかるように、 $T_s < T_0$  では巻上げの初期にふれ中は最大になり、 $T_s \sim T_0$  では巻上げるにつれてふれ中は大きくなり、 $T_s > T_0$  ではふれ中は小さくなる。図5は巻上速度を変えた場合のふれ中に関する共振曲線を示している。ここで  $l_0$  は巻上げる前の Cargo Hall の長さであり、 $\Delta l$  は巻上げ量を示す。図6は貨物を巻上げ始める位置の影響を示しており、2点鎖線の  $A/Y_{max}$  は最大ふれ中が  $1m$  となる Swayingの振中  $A$  を与える曲線である。

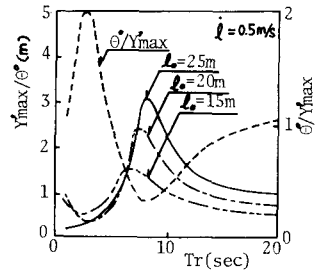
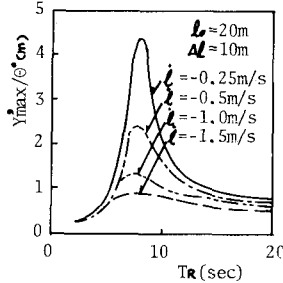
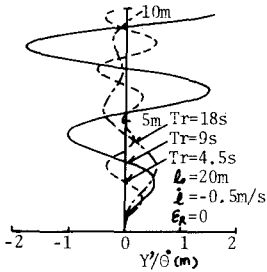


図7 Rolling周期が貨物のふれ回りに及ぼす影響

図8 貨物の巻上速度が貨物のふれ回りに及ぼす影響

図9  $l_0$ から  $l=10m$ まで巻上げた時の貨物のふれ回り

図7, 8, 9 は Rolling による影響をよと 同じような面から調べたものである。図6と図9より、Deck Crane からつるされた貨物のふり子としての共振周期はうわりの周期に近いので、外洋での Deck crane 荷役には充分注意が払われなくてはならないことがわかる。

- 1) 久保雅義：港湾荷役条件と自然条件との関連性について，第30回年次講演会，昭和50年。
- 2) 園田 谷山：大型海洋構造物建設におけるアリックバニツの作業限界，第23回海岸工学，1976年。
- 3) 坪井忠二：振動論，P.296~299，河出書房，昭和17年。
- 4) 小中吉男：物理数学才一巻，P.38~40，岩波書店，1931年。