

大阪大学工学部

正員 根不 亨

神戸商船大学船貨輸送研究施設 正員 久保雅義

1. まえがき：昨年は自船のデッキクレーンを用いて荷役を行なう場合、船体運動によって貨物がどの程度ぶれ回るかについて考察を行なった。¹⁾今回は陸上のクレーンを用いて荷役を行なう場合、荷役ができるための船体運動の限界について考察を行なう。とこの程度の船体運動変化を主ると荷役ができなくなるかということとはなかなか決めにくく、荷役作業従事者に聞いても必ずしも明確な解答は得られなかつた。そこで著者らはどのような不都合が生じて荷役ができなくなるかという聞き取り調査を行ない、8mmフィルムにより荷役作業を観測し、その作業を分析して船体運動がめれば都合が悪くなるであろう箇所を予測した。このようにして得られた荷役上の *neck point* を工学的問題に定式化し、それを解いて荷役ができるための船体運動の限界値を明らかにする方法をとった。一方上記方法とは別に、荷役が中止された時の船体運動量を計測し、上記荷役限界の考察と照合し、荷役ができるための限界船体運動量を求めるのにこの以下を明らかにして報告する。

2. 長周期の水平変動が荷役に及ぼす影響について(主としてクレーンオペレータの立場より)

1分~2分の長周期の水平変動は係留索をバネとし、船を質量とする振動系の固有振動周期が長いことによつて生じる現象である。この変位が大きくなると係留索が切断されるため係留できなくなり、それに応じて荷役作業も中止に追い込まれる。しかしそのように大きな変位でなくとも、クレーンオペレータは設置場所へ荷物を設置することが困難になり、又船のバルブヘッド等に貨物をぶつつけて損傷を生じる。このような水平変動があると、船内作業員からはあつたかも貨物が走り回っているように見え荷役作業が危険になる。著者らの実験結果によれば、このような船体運動量は *Swaring* 及び *Surging* とともに一応 2m が限度と考えられる。

3. *Rolling* によつて生じる水平変動量について

Rolling 角 θ による水平変動量は *Rolling* の中心(ここでは船の重心とみなす)と荷役作業をしている場所との距離を d とする時、 $2d\theta$ と与えられる。そこで d が大きいと、*Rolling* による水平変動も大きくなるのが解る。

一般貨物船の場合、軽荷時にはほぼ *hold* の底で荷役作業が行なわれているとすると、この時の d は軽荷時の重心高さ KG^2 から二重底の高さ(ここでは 1m とする)を引けば求める。即ち、 $d_L = KG_L - 1$ となる。次に満載状態においては荷役作業は上甲板近くで行なわれているとすれば、満載状態に近い時の d は船の型深さ D から満載時の重心高さ KG^2 を引いて得られる。即ち $d_F = D - KG^2$ となる。

図1は船の垂線肉長 Lpp と d_L 及び d_F の関係を求めたものである。軽荷時には荷役は重心よりも下で行なわれ、満載時には荷役は重心よりも上で行なわれるので、 d_L は荷役作業が進むにつれ、一度 d_L から 0 に減少し、次に増加して d_F になる。図2は軽荷及び満載時のメタセンター高さ GM を表わしている。よく知られているように、*Rolling* の固有周期 T_R は船中を B とする時、 $T_R = 0.8B/\sqrt{GM}$ と与えられるが、軽荷時の GM は大きいので、固有周期 T_R が短くなり、ゆわりと同調しやすくなる。更にこの時は d も大きいので、軽荷時には *Rolling* の影響を受けやすくなるのが解る。一方 *Container* 船の場合は *container* を *Deck* 上の入口より入れこガイドに沿つておろすので、一番問題になるのは *hatchway* での水平変動であると考えられる。図3はコンテナ船の重心から *hatchway* までの距離 d_H を示している。図よりコンテナ船の場合には載荷状態による d_H の変化はほとんどあらわれていない。

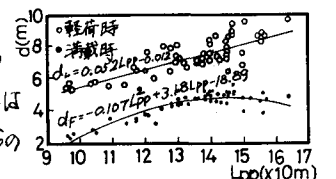


図1 動揺中心と荷役作業面との距離(汎用船)

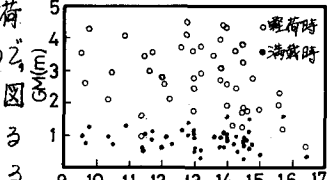


図2 船の長さGMの関係(汎用船)

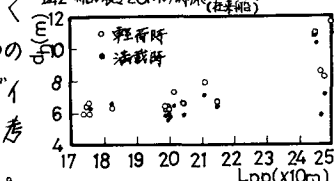


図3 動揺中心と作業面との距離(コンテナ船)

今 dx が7mでRollingが1であるとするとき hatchway での水平変動は約20~30cmになる。20cm程度の水平変動がどの程度荷役作業に影響を与えるか今のところ不明であるが、微小なRollingでも荷役作業に影響は大きいことが理解される。

3. 短周期の水平変動が荷役に及ぼす影響について： フレーンで荷物を船内に積み込む時に積み込んである荷物の上約1mの所で荷物の降下を一度止め、設置場所の真上になるように船倉内の作業員が貨物を押し調整する。とこの図4に示すように、重量 W tonの荷物が長さ l mのcargo hallを持つフレーンで吊られている時、船が振れ a 、周期 T で水平に動けば、定められた位置に荷物を設置するためには、この貨物を船の動きに合わせて船内作業員が動かしてやる必要がある。この時作業員が荷物に加えてやらねばならない力 F は図4に示すように荷物に関する運動方程式より次式で得られる。

$$F = W\ddot{x} + Wg\theta$$

$$= \frac{Wag}{l} \left\{ 1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 \right\} \cos \omega t$$

$$x = a \cos \omega t, \quad \theta = \frac{a}{l} \cos \omega t$$

ここで、 T_0 は振り子の固有周期、 T は船の水平変動周期、 ω は船の水平変動角周波数を表わす。図5は上式で与えられる力の理論値と実験値の比較を行ったものである。これより振り子の固有周期と船の水平変動の固有周期が等しい時にはほとんど力はいらないけれども、両者の周期がずれると F が大きくなるのが解る。船舶という特殊な作業場では、足場が非常に悪いので作業員が真横に押すことのできる力の限界は我々の実験では20kg程度であることが解る。これより船の限界水平変動振幅 a_{lim} は次式で与えられる。

$$a_{lim} = 0.02 l / \left\{ W \left(1 - (T_0/T)^2 \right) \right\}, \quad T_0 = 2\pi \sqrt{l/g}$$

船が小さくすると一般に T も小さくなるので、これと合わせて a も短くなる必要があるが同様に。ところが現実にはフレーンのcargo hallの長さはこのような配慮のもとに決められているので荷役限界としては限界水平変動振幅が問題になるが、この式からも解るように、これは W 、cargo hallの長さ l 、そして船の水平変動周期 T に依存することになる。ここに限界水平変動量が一概に決められない理由があると考えられる。図6は l を10m、15mそして20mとした時の限界水平変動量であるが、これより限界水平変動量がいかにかargo hallの影響を受けるかわよく解る。勿論上記の考察は荷物の設置場所が定まっている場合で、荷物の性質よりどこに設置しても関係ない場合には以上の考察は特にしなくともよいことになる。

4. 上下動が荷役に及ぼす影響について： 船の舷倉壁近くではRollingも上下動に寄与するので、以下Rollingも含めて考える。フレーンで荷物を船内に積み込む時、前述のようにすでに積み込んである荷物の上約1mの所に一度止めて設置場所の真上になるように調整するが、上下動があると、船内荷物との接触やslingsからはずれる等の事故が生じる。ここではNeavingによる上下動全高 H とRollingの振幅 θ による船のsideでの上下動全高 $B\theta$ の和 $H+B\theta$ がどの程度で荷役が中止されるかを調べる。図7は荷役が行なわれないうち、荷役が止まらないうちの $H+B\theta$ を示したものである。これより $H+B\theta < 0.5m$ が一つの目安になると考えられる。従来作業船を対象とした場合の港内静穏度として波高50cmと定められているが、作業船のように小さい船では、Neaving量はほぼ波高に対応し、船中が小さいためにRollingによる上下動は小さいので、Neavingのみが上下動に寄与する。したがって静穏度50cmということは上下動の限界が50cmであったとも考えられ、その意味では上記の上下動の限界値50cmは妥当な値と考えられる。

参考文献

- 1) 樫木 亨, 久保雅義: 船体運動に伴う荷役貨物の小丸回りについて, 第32回年次学術講演会, 昭和52年
- 2) 関西造船協会誌 新造船要目表 第71号(昭57年)~第159号(昭50年)

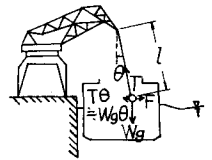


図4 船内作業員に働く力

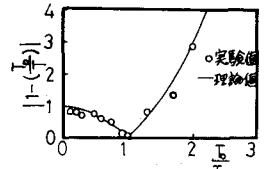


図5 船内作業員に働く力の周波数比

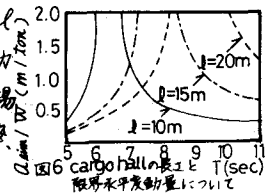


図6 cargo hallの長さ l と T (sec) 限界水平変動量について

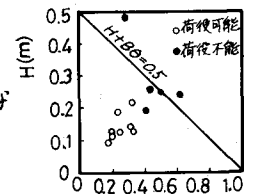


図7 荷役が可能なための限界上下動