

II-1 スリップ内における係留船舶の 動揺に関する基礎的実験

室蘭工業大学	正会員	近藤 徹郎
室蘭工業大学	学生員	松岡 功
新日本製鉄室蘭製鉄所	正会員	溝口 郁夫
新日本製鉄建材開発技術部	"	片山 猛

1. まえがき

現在、室蘭港新日鉄埠頭において、波浪、風、雨または雪による荷役作業不可能な日が年間を通じて約70日ほどあり、新日鉄室蘭製鉄所ではいかなる悪天候時においても荷役作業を可能にするために、新日鉄埠頭の第11バース前面にL字型の消波工を有する全天候型バースの建設を計画している。最初に、平面水槽を用いて現在の状態での第11バース付近の波浪特性を調べ、次にこのバースに最も適した消波工を選定することを目的として、様々なタイプの消波工に対して消波性能を知るための実験を行っている。また、港内係留船舶の安全な荷役を行うためには、港内静穏度はもちろんのこと、係留船舶の動揺に関しても把握がなされなければならないという観点から、簡単に作製することができるランプスケールを用いた模型実験によって、現状および消波工としてカーテンウォールを設置した場合のスリップ内における係留船舶の動揺を測定したものである。

2. 実験方法

1) 実験水槽

実験に用いた水槽は、図-1に示されるような室蘭港の最も奥に位置する新日鉄埠頭を室蘭製鉄所内の1/80の歪無し模型として作られたものである。ただし、対象となる第11バースは、長さ約2200m、幅450mの細長いスリップ中の奥から約1/3ほどの距離の所にあるため、スリップ全体を模型にするとかなり大きな模型となる。そこでスリップ内の波の周期が比較的短く直進性が強いことに着目して図-2のような模型とした。

2) 実験波

波向は、スリップがほぼWSW方向に開口しており、また図-3に示すように室蘭港で最も発生頻度の高い波向がWNW方向であるため、実験に用いた波向をWNW方向とした。

波高は、風波と来襲波との合成波とし、風波はWNW方向で平均風速20m/sを想定し1.4m、来襲波は室蘭港外防波堤模型実験報告書から3mでスリップへの回折係数0.12を考慮し、縮尺比1/80から実験に用いた波高はWNW方向で1.8cmとした。

周期は、実物換算で4～7secを1.0sec間隔で4周期とした。

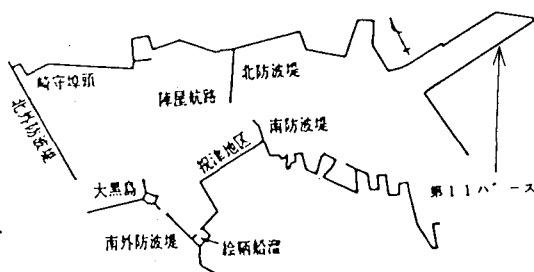


図-1 室蘭港

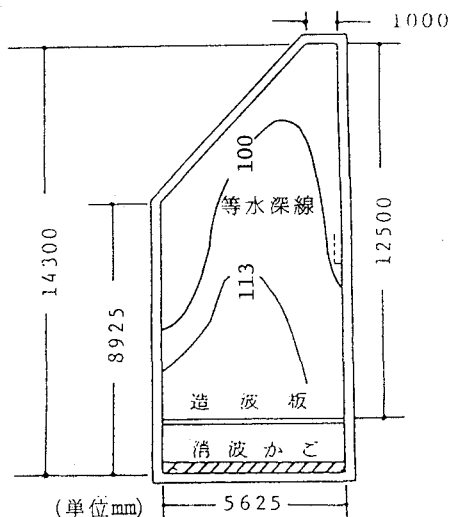


図-2 実験水槽

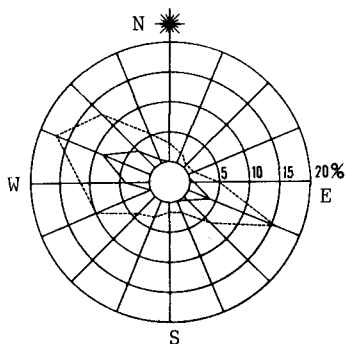


図-3

表-1

全長	L OA	90.0 c m
垂線間長	L pp	85.0 c m
型深さ	D	9.0 c m
型幅	B	14.5 c m
喫水	d	5.7 c m
キール重心高	K G	3.3 c m
M S から重心までの距離		2.0 c m

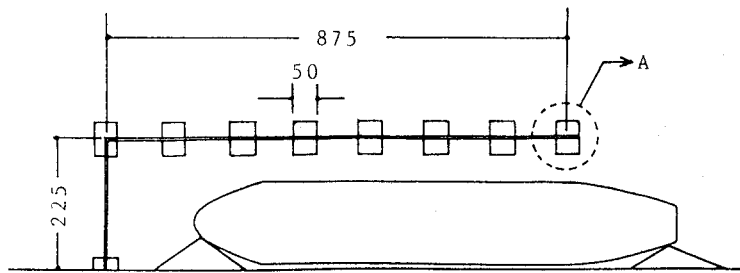
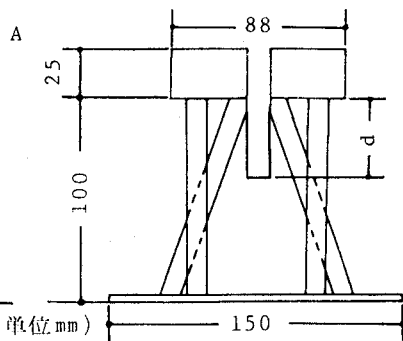


図-4



(単位 mm)

3) 模型船

模型船は 1500DWT級の貨物船を1/80にしたものであり、模型船の諸元を表-1に示す。また模型船は図-4に示すように係留されている。

4) ランプスケールによる動揺の測定

ランプスケールは、図-5のように模型船に取付られている。原理としては、船長方向に対して平行に置かれた3本のペンライトを光源とした光が、前方のスクリーンにスポットを映し、模型船の動揺に追従してスポットが移動するというものである。スクリーンには、1cm 間隔でメッシュが切っており、スポットの移動量はモータードライブを装着した一眼レフカメラを用いてシャッタースピード1/250 で撮影された連続写真として記録される。

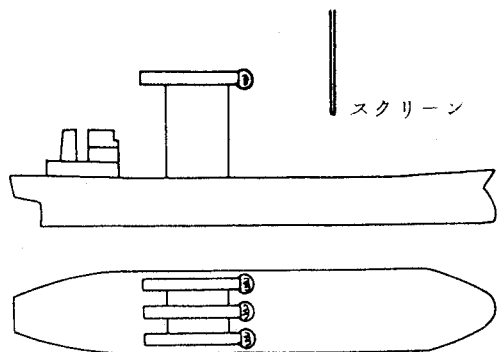


図-5

図-6には、波を起す前のスポット (X_{00}, Y_{00}) 、 (X_{10}, Y_{10}) 、 (X_{20}, Y_{20}) 、波を起こし撮影を開始してから j 番目に記録されたスポット (X_{0j}, Y_{0j}) 、 (X_{1j}, Y_{1j}) 、 (X_{2j}, Y_{2j}) が示されている。これより船体の動揺は、rolling に関しては j 番目のスポットを結ぶ線分の傾きから直接測定できる。スクリーン上の縦方向に現れる変動は、船体の運動成分のうちの heaving, pitching の2つを含んだものである。船体に作用する横波が小さい場合には、heaving は極めて小さいが図-7のように波が進んでくるために heaving を無視することはできない。しかし、本実験では heaving および、

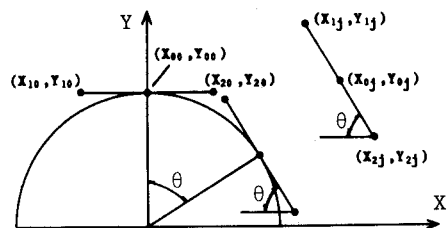


図-6

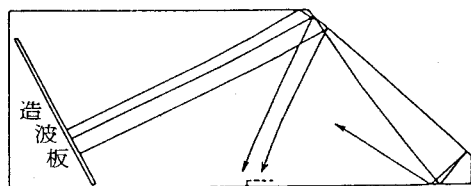


図-7

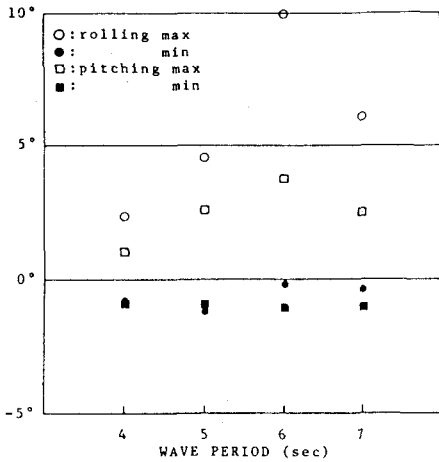


図-8 現状

pitchingの2つを合わせて上下動揺量と考えてpitching動揺量として表す。また、バース前面に設置したカーテンウォールの遮断比d/hを0.5, 0.75, 1.0と変化させて実験を行った。

4. 結果と考察

図-8から図-10までの図中において、rollingに関して縦軸の正負は船体が岸壁方向に傾く場合を正、その逆を負にとっている。また、pitchingに関して縦軸の正負は船首が下がる場合を正、その逆を負にとっている。

1) Rolling 動揺量

図-8は現状におけるrolling動揺量である。バースに進行してくる波は、図-7から推定できるように横波、斜波が卓越しているため、rolling動揺量は非常に大きな値を示している。特に周期6.0secでは船体が10°も岸壁側に傾いていることがわかる。

一般によく知られているように、rollingの固有周期 T_r はメタセンター高さをGMとすると下式で与えられる¹⁾。

$$T_r = 0.8B / \sqrt{GM} \quad \dots (1)$$

実船で $B=11.5\text{m}$ 、 $GM=2.2\text{m}$ から T_r は6.2secとなる。波の周期が長くなるほどrolling動揺量は増加するが、周期6.0secでrollingの固有周期 T_r とほぼ等しくなってしまうため、波と同調して大ききなrolling動揺量を示すと思われる。

船体が沖方向に傾く状態、つまり図中でrolling動揺量が負を示す場合その値は極めて小さい。これは明

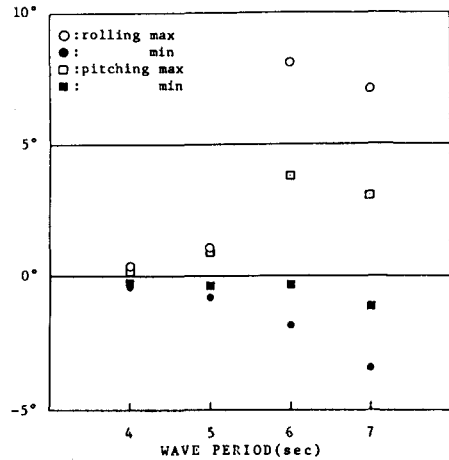


図-9 遮断比 0.5

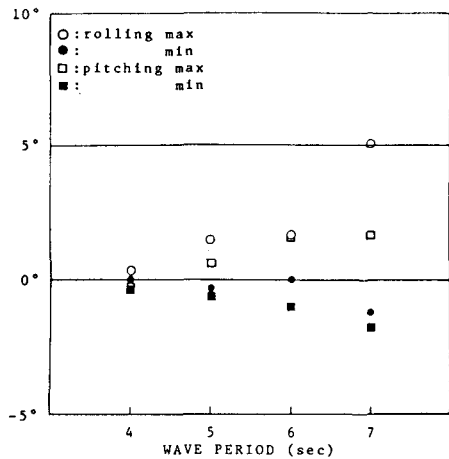


図-10 遮断比 0.75

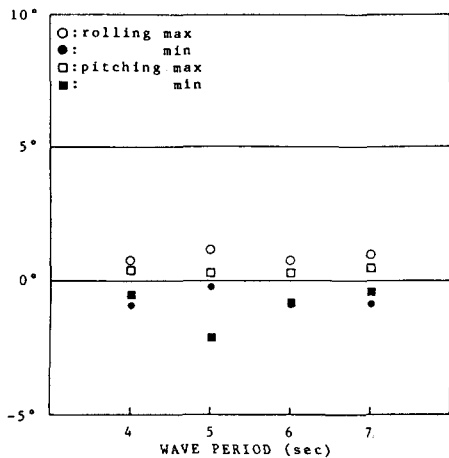


図-11 遮断比 1.0

らかに片揺れを起していることを示している。この現象は上田・白石らの報告²⁾中にも示されており、岸壁の存在により動揺が制限されていることと、swaying の影響によるものと考えられる。

図-9 は、遮断比 $d/h=0.5$ でカーテンウォールを図-4 のように設置した状態での rolling 動揺量である。岸壁方向への動揺は、周期 7.0sec を除いて他の周期では rolling 動揺量が現状と比較して減少している。しかし、周期 6.0sec の動揺量が大きく形状的には似ていることから、遮断比 $d/h=0.5$ では、カーテンウォールの沖側から進行してくる波の影響が依然大きく、船舶の動揺をできるだけ低くおさえないといけないという観点から不十分であると思われる。

図-10 は、カーテンウォールの遮断比を $d/h=0.75$ とした場合の rolling 動揺量である。周期 6.0sec での動揺量は、遮断比 0.5 と比較して約 6° ほど低下して周期 5.0sec の動揺量とほぼ同じ値になっている。周期 7.0sec を除いて他の周期では rolling 動揺量が 2° 以下になり問題は周期 7.0sec の波が来襲した場合にどれだけ rolling 動揺量を低減させるかということになる。そこで、遮断比 $d/h=1.0$ つまりカーテンウォールを水底まで降ろして実験を行った結果が図-11である。すべての周期にわたって rolling 動揺量は 2% 以下になっている。実船で rolling 動揺量が 2% ということは、船の舷での上下移動量が $\pm 20\text{cm}$ になることから、荷役作業は十分可能であると予想される。

2) Pitching 動揺量

図-8～図-11で、pitching 動揺量は、現状およびカーテンウォールの遮断比によらず rolling 動揺量と形状的によく似ていることがわかる。遮断比 $d/h=0.75$ では、pitching 動揺量は 2% 以下。遮断比 $d/h=1.0$ では、横波、斜波がほとんどカットされ、追波が船体に作用しているにもかかわらず、pitching 動揺量は、周期 5.0sec を除いて 1% 以下になっている。

以上、カーテンウォールの遮断比を変化させ係留船舶の動揺を測定した結果から、現状より動揺量を低減させることが可能であることがわかったが、カーテンウォールだけでなく他のタイプの消波工に関しても同様な実験を行い検討する必要があると思われる。

本研究にあたり、ランプスケールを用いた動揺量測定に関して、本学電気工学科 望月定助教授の御指導を頂いたことを記し感謝いたします。また、実験その他に関して協力を頂いた新日鉄室蘭土建室 山上佳範、古池憲宝両氏、ならびに土木工学科河海工学講座 山岸等技官、4年目学生太田一広、児玉幸博両君に感謝いたします。

参考文献

- 1) 植木亨・久保雅義：船体運動が荷役作業に及ぼす影響についての一考察、第33回年次学術講演会講演概要集、pp. 707~708、1978
- 2) 上田茂・白石悟：係留船舶の動揺計算法とその評価、港湾技術研究所報告、第22巻、第3号、pp. 181~218、1983