

1 まえがき 港内に係留された船舶の *Surging* や *Swaying* の固有周期が1分前後であることは多くの研究者により指摘されている。したがって1分前後の長周期波が港内に侵入してくると係留船舶の固有周期と波の周期が近いので共振して大きな運動が生じる。このような観点より1分前後の周期をもつ長周期波は非常に重要な意味をもつが、このような長周期波の発生原因については種々の説がある。そのうちの1つは低気圧中心域における微気圧振動によるとするもので、他の1つは *Surf Beat* が港に伝播してくるとするものである。しかしながら著者はより直接的に *Beat* という波が港内に侵入することにより長周期波が発生するのではないかと考えている。ここでは、このような考えのもとに二成分波が港口より侵入した時の港内での長周期水位変動について若干の考察を行った。

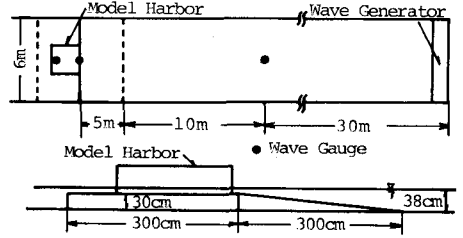


図-1 実験装置

2 実験装置 長さ60m、巾6m、高さ2.5mの木槽内に高さ30cmの底版を並べ、その上に0.5mの開口部をもつ2m×2mの矩形モデル港を設置して実験を行った。造波機は油圧駆動プランジャー型造波機があり、内蔵発振機により *Beat* を生じるように二成分波を発生させた。この場合オ1成分波の周期は1秒に固定し、オ2成分波の周期を変化させることにより *Beat wave* の包絡線の周期 T_B を変えていく。波高計は沖の港口、および港内岸壁前面に設置し、波形の記録は共和電業製のカセット式データレコーダーを用いて行った。データ処理に当ってはEAI製ハイブリッド計算機PACER-600を用いた。

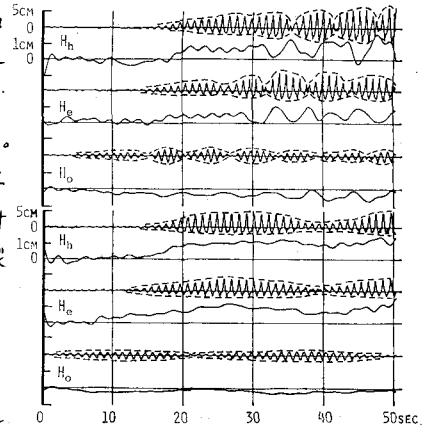


図-2 非砕波時の水位変動

3 実験結果 3.1 実験波形: 図2.3は各場所における実験波形の1例である。図中のHは水位変動を表し、Hの添字h, e, oはそれぞれ波の計測場所が港内、港口および沖であることを示している。図中の長周期の水位変動はFFTにより求めた有限フーリエ級数のうち0.5 Hz以下の成分波を用いて波形を再元したものである。この長周期波の振幅は10倍に拡大して表示している。この図よりはば波の包絡線波形に対応した長周期波が発生していることが窺える。図には包絡線波形の周期よりも短い周期2秒程度の波も顕著にあらわれているが、これは成分波間の非線形干渉によるものと考えられる。

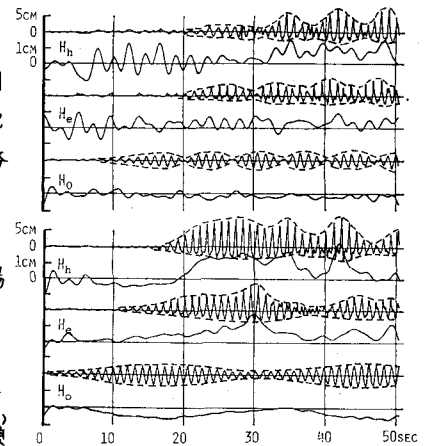
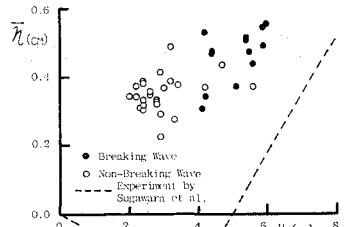


図-3 砕波時の水位変動

3.2 平均水位上昇量: 図2.3より *Beat wave* が港内に侵入した場合、長周期波が発生するだけでなく平均水位も上昇もしくは下降しているのがわかる。そこで港内岸壁前面における水位上昇量 $\bar{\eta}$ の変化を示したのが図4である。この図の横軸は沖波の合成波高 H_o を、縦軸は静水面からの平均水位上昇量 $\bar{\eta}$ を示している。図中の点線は菅原神籬が規則波について行った実験結果を示している。菅原神籬によれば、

$H_0 = 5\text{cm}$ 以上で碎波が生じ、非碎波時は港内水位は低下するが、碎波が生じると水位は上昇するとしている。一方着者らの実験においては碎波、非碎波とは平均水位は上昇している。二成分波が港内に侵入した場合と規則波が港内に侵入した場合とで何故このような違いを生じるのか今の所不明であるが、今回の実験結果からすれば、港内水位上昇量は沖波合成波高 \hat{H}_0 の略10% 程度も生じることが認められた。



3.3 長周期波の伝播速度：図2.3からわかるように港内岸壁前面と港口での長周期波の波形の位相はずれている。この位相のずれより波速を求めると表1のような値をうる。ここで T_B は Beat の周期を、 C は平均

図4 沖波波高と港内水位上昇量の関係

表1 長周期波成分の伝播速度

水位上昇量 $\bar{\eta}$ を考慮した波速 ($=\sqrt{g(h+\bar{\eta})}$) を、そして波速の添字 c は長波の波速による計算値を、 E は実験値を表している。表1には6例を示したが、このうち最初の3例は非碎波、後の3例は碎波時の波速である。非碎波の場合、両者の波速より、ここで発生した長周期波は長波の波速で移動していることがわかる。一方碎波時の波速は実験結果の方がかなり大きい。これは図3を見るわかるように碎波の場合、包絡線に対応する周期よりも小さい周期をもつ波の波高がかなり大きくなるために長周期波の peak 位置が読みとりにくいため生じたものであろう。

T _B (SEC)	H ₀ (CM)	$\bar{\eta}$ (CM)	C _c (M/S)	C _E (M/S)
4.5	2.9	0.23	0.90	0.86
5.0	5.6	0.37	0.90	0.89
6.0	2.6	0.35	0.91	0.98
8.0	5.4	0.51	0.91	0.94
8.0	5.1	0.37	0.91	1.12
11.5	5.5	0.47	0.91	1.18

3.4 波群の包絡波形と長周期波の位相差：Radiation stress の概念によれば、非碎波の場合には高波高群の下で水位は低下し、低波高群の下で水位は上昇することになる。一方碎波時には高波高群の下では水位が上昇し、低波高群の下では水位は下降すると述べている。そこで着者らも高周波成分をカットした波形と元の波形とを比較することにより両者の位相差を調べた。図2の実験波形の例からわかるように、沖波の長周期波成分は Radiation stress の概念に一致した水位変動を生じている。港内波高の場合は碎波の有無および長周期波の周期 T_B によって位相の関係は変化した。すなわち非碎波の場合で T_B が10秒よりも短い周期の時には、低波高群の下で水位は上昇するが、 T_B が10秒よりも長くなると、低波高群の下で水位は下降している。従来の Radiation stress の概念ではこのような現象は説明できない。碎波の場合には T_B が6秒よりも長い周期をもつ波についての実験しかないが、この範囲では低波高群で水位はすべて低下しており、Radiation stress の概念と一致した水位変動を生じている。

3.5 沖波合成波高 \hat{H}_0 と港内の長周期波高 \hat{H}_L との比率：二成分波が港内に侵入すると上述のように長周期波が生じるが、この長周期波の波高 \hat{H}_L と沖波合成波高 \hat{H}_0 の比率を示したのが図5である。横軸の L は二成分波の Beat 周期 T_B より、港内水深に対して求めた長周期波の波長であり、 l は港の奥行である。図5より長周期波の波高は沖波合成波高の10~20%の間にばらつくが、 L/l が0.1近くでは両者の比率は0.24程度になつてくる。このような peak は二成分波により生じた長周期波が、港の共振特性の影響を受けていることを示すものと考えられる。

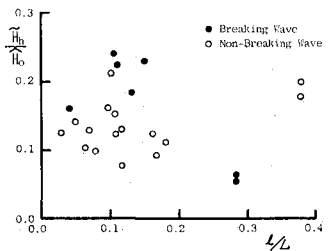


図5 Beat wave 中の長周期波の大きさ

4 あとがき ここで実験に用いた模型港はかなり特殊な形状をしており、実際の港に直接あてはめることはできないが、長周期波高が沖波合成波高の約10~20%あるとすればこれは係留船の運動に大きな影響を与えることになる。従来、開水域では波の不規則性のために漂流力が変動し、これにより係留浮体に長周期運動が生じるとされてきたが、以上の結果からすれば、変動漂流力以外に、港内係留の場合には新しく発生した長周期波による力も考慮しなければならぬ。これに関しては今後更に検討を加えてゆく予定である。

<参考文献> (1) 榎本岩田 第34回年講概要集(1979) (2) 菅原神瀬 農工試験(1976)