

構造物背後における係留船舶にかかる風荷重に関する研究

074103 大友政治

1. はじめに

構造物背後で風は弱くなる特性がある。この特性を利用して構造物背後で係留しようとする船舶について調べた研究¹⁾²⁾が幾つかある。そこで、本研究室では二次元開水路を用い、構造物模型背後の流場を調べ、また、その構造物模型背後に設置された固定船舶模型に作用する風荷重を調べてきた。本研究では、構造物模型背後で係留された動揺可能な船舶模型を用い、船舶模型の係留荷重に作用する風荷重の影響を調べた。特に、風荷重に対する構造物模型と船舶模型の距離の影響を調べた。また、船舶模型を固定している場合の風荷重と比較した。

2. 実験方法

図1に本実験の状況を示す。実験には長さ10m、幅0.6m、高さ0.4mの二次元開水路を使用した。構造物模型は倉庫型(長さ0.53m、幅0.1m、高さ0.05m)とフェンス型(長さ0.53m、幅0.002m、高さ0.05m)の2種類とし、船舶模型(長さ0.53m、幅0.08m、高さ0.03m)をその構造物模型背後に設置した。地上風速分布再現のために0.03mの立方体の粗度を構造物模型前から2.4m上流の水路床に40個設置した。船舶模型は両側面の前後に滑車を介して4セットのコイルバネで係留し動揺可能にしている。また天井から船舶模型上面までの高さ1.92mで吊るしており、上下動をゆるしていない。そして、船舶模型の係留荷重をロードセルで計測した。なお、構造物模型と船舶模型の距離を変えて7ケース計測した。表1に実験の水理条件を示す。表2に実験で使用したコイルバネの係留ライン1本当たりのバネ定数を示す。

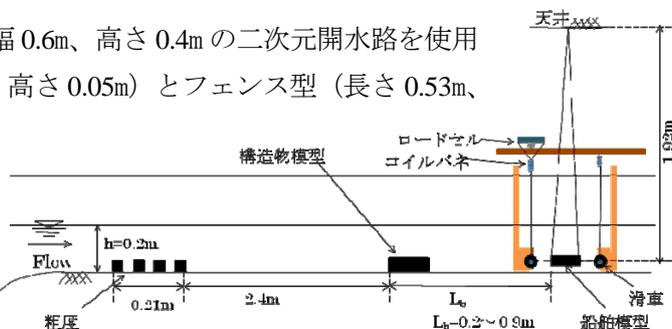


図1 実験の状況図

表1 水理条件

流量: Q	0.0165m ³ /s
断面平均流速: U	0.133m/s
レイノルズ数: Re	7300
水深: h	0.2m
水路幅: B	1.0m
水路勾配	1.6/1000

表2 バネ定数の種類

バネ(個数)	バネ定数(N/mm)
1個	0.012N/mm
2個	0.006N/mm
3個	0.004N/mm

3. 実験結果および考察

(1) 時間平均風荷重

図2は倉庫模型がある場合とフェンス模型がある場合について、動揺時の係留荷重と固定時の船舶模型に作用する風荷重の時間平均を示している。縦軸は構造物模型が有る場合の荷重の時間平均Fであり、構造物模型が無い場合の荷重の時間平均F₀で無次元化されている。図2を見ると、動揺時も固定時もL_b/d=4では風荷重は負になっている。これは、構造物模型直背後で生じる逆流域により構造物模型背後に船舶模型が引き寄せられているため、船舶模型に作用する風荷重が負になると考えられる。そして、フェンス・倉庫模型の場合、動揺時も固定時もL_b/dが大きくなるにつれ、船舶模型に作用する風荷重が単調に増加していることが分かる。ただし、L_b/d=12以上の動揺時の係留荷重すなわち風荷重は、フェンス模型と比べて倉庫模型は小さくなっている。これは、逆流域の範囲の違いが反映されたものと考えられる。一方、図2のフェンス模

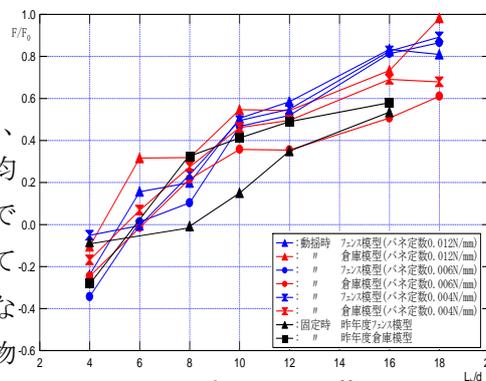


図2 時間平均風荷重 (動揺時と固定時)

型の場合動揺時と固定時を見ると、明らかに固定時よりも動揺時の風荷重の方が強いことが分かる。しかし、倉庫模型では固定時と動揺時の係留荷重との間には有意な差は無いと言える。尚、動揺時の係留船舶のバネ定数が変わっても船舶模型に作用する風荷重がほぼ近い値を示していることが分かる。

(2) 変動風荷重の標準偏差

図3は倉庫模型がある場合とフェンス模型がある場合について、動揺時の係留荷重と固定時の船舶模型に作用する風荷重の標準偏差を示している。縦軸は構造物模型が有る場合の荷重の標準偏差 F_{σ} であり、構造物模型が無い場合の荷重の標準偏差 $F_{m\sigma_0}$ で無次元化されている。昨年度の乱れ強度の計測で得られた結果により、フェンス模型は倉庫模型より模型背後で乱れ強度が強いことが分かっている。その結果、図3で見ると、動揺時の係留荷重は $L_b/d = 4 \sim 12$ にかけて倉庫模型が約1~5倍、フェンス模型が約1~7倍になり、フェンス模型は倉庫模型より乱れの変動が強くなっている。つまり、構造物模型の高さが同じでもフェンス模型と倉庫模型のようにその幅が違うと、船にかかる風荷重の変動の仕方が違うということが分かる。一方、固定時の荷重の標準偏差は動揺時の係留荷重に比べて弱いことが分かる。

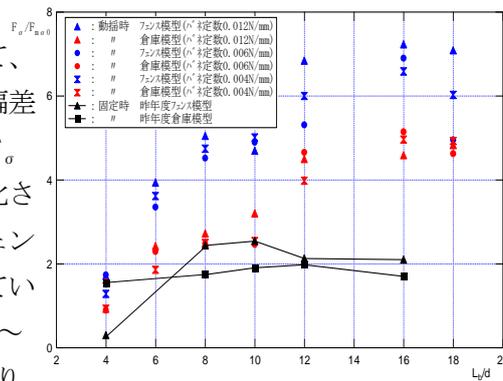


図3 変動風荷重の標準偏差 (動揺時と固定時)

(3) 船舶模型位置での流速と風荷重

図4は倉庫模型がある場合とフェンス模型がある場合について、動揺時の係留荷重と固定時の船舶模型に作用する風荷重の時間平均 F と船舶模型位置で船舶が無い時の流速 u の関係を調べたものである。縦軸は図2と同様であり、 u は、水底から構造物の高さ d までの平均流速で、接近流速 U で無次元化されている。図4を見ると、船舶模型位置での流速が速くなっていくと風荷重も大きくなっていく。すなわち、船舶模型位置での流速と風荷重には強い相関があると考えられる。次に、図5は船舶模型に作用する係留荷重と風荷重の標準偏差と流速の関係を示している。縦軸は図3と同様である。これによると、動揺時の係留荷重は前例と同様な強い相関があり固定時は動揺時の係留荷重に比べて相関が弱いことが分かる。

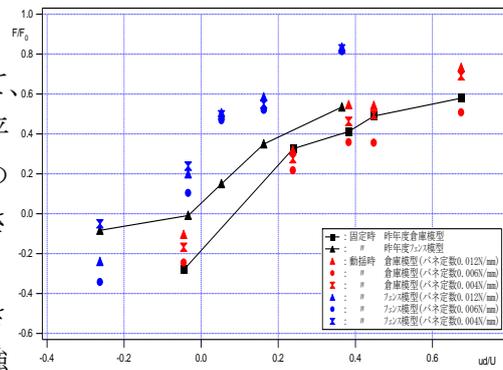


図4 時間平均風荷重と流速 (動揺時と固定時)

4. おわりに

本研究では、動揺時の係留荷重と固定時の風荷重を比較して船舶模型に作用する風荷重を調べた。その結果、時間平均風荷重についてフェンス模型の場合、固定時よりも動揺時の係留荷重の方が大きいということが分った。また、構造物模型の高さが同じでもその幅が違うと船舶模型に作用する風荷重の影響の仕方に違いがあるということが分った。

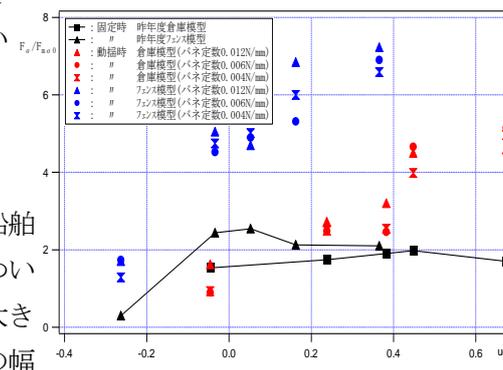


図5 変動風荷重の標準偏差と流速 (動揺時と固定時)

参考文献

1) 新井信一・高梨清一・平山久 (1991) : 岸壁係留時の挙動に関する実船実測、海岸工学論文集、第38巻、pp. 741-745
 2) Shigeki Sakakibara, etc. (2005) : Dynamic Behavior of Moored Ship Motions induced by Initial Attack of Large Scaled Tsunami, Japan Institute of Navigation, (112) pp. 125-133