

港湾における風の特性と係留船舶の動揺に関する研究

(株) 竹中土木 正会員 ○中出 智士 鳥取大学大学院 学生員 紀村 亮
 鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂 鳥取大学工学部 正会員 谷口 朋代
 鳥取大学工学部 正会員 池内 智行

1. はじめに

本研究では係留船舶の動揺と風の特性について検討する。海上風の特性が陸上風の特性と異なることはよく知られているが、ここではまず港湾における風のガスト率を調べた。船舶に作用する風荷重算定式は各国の基準によって決められているが、それらに基づいて算定される風荷重の値は相当異なる。そこで、ここでは風荷重算定式及びガスト率と係留船舶の動揺について検討する。

2. 港湾における風の特性

本研究では鳥取港の風速観測記録について解析した。評価時間は20分間で、1時間毎の風向、平均風速、最大瞬間風速が記録されている。ただし、風速の時系列は記録されていない。したがって、ここでは風の周波数特性がDavenportの周波数スペクトルに従うとして検討した。表-1は平均風速とガスト率の関係式から求めた信頼度50%、90%の値である。すなわち観測記録を解析して求めたガスト率に対応する変動風の時系列を表面摩擦係数 K_z を変化させて作成した。図-1は表面摩擦係数 K_z を0.003として、平均風速を変化させた場合のDavenportの周波数スペクトルである。これをみると、平均風速によって卓越周波数が異なることがわかる。例えば平均風速10(m/s)では周波数0.006Hz（周期約167s）、平均風速30(m/s)では周波数0.019Hz（周期約53s）が卓越周波数である。このような周期特性は船舶の動揺に影響があると考えられる。

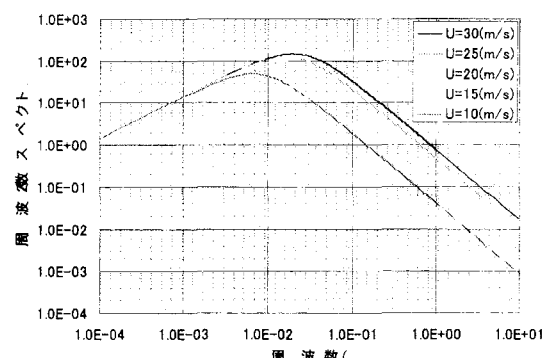


図-1 平均風速を変化させた場合のDavenportの周波数スペクトル

表-1 平均風速とガスト率の関係

風速(m/s)	信頼度50	信頼度90
10.0	1.35	1.69
15.0	1.29	1.57
20.0	1.24	1.50
25.0	1.21	1.44
30.0	1.18	1.39

3. 船舶に作用する風荷重について

船舶に作用する風荷重は水面上の船体投影面積及び風速の二乗に比例しそれらの積に空気密度と風洞実験または水槽における実験などで求めた風抗力係数を乗じることによって算定する。風荷重算定式は各国の基準に定められている¹⁾（岩井の式、技術基準の式、船研の実験値、イシャーウッドの提案に基づく上田らの式、スペインの基準による算定式、イギリスの基準による算定式）が、これらによって算定した風荷重を比較する。図-2は200,000DWTのタンカー（表-2）の風向0°～90°、平均風速20m/sの場合の船体長手方向（X軸）及び短手方向（Y軸）の風荷重を示したものである。風荷重は算定式によってかなり異なり、例えば最大のものと最小のものとの比は風向によってX軸方向の風荷重では2.0～23.6、Y軸方向の風荷重では1.5～2.4である。

表-2 対象船舶諸元

乾荷重トン	DWT	200000
乾荷状態		空載
全長	L(m)	327.00
垂線間長	Lpp(m)	316.50
船幅	B(m)	52.24
型深さ	D(m)	21.00
喫水	d(m)	9.39
重心（船体中心より）	OG(m)	0.00
（船底より）	KG(m)	14.20
メタセンター高さ	GM(m)	14.72
水面上正面投影面積	A _F (m ²)	1549.60
水面上側面投影面積	A _L (m ²)	6618.30

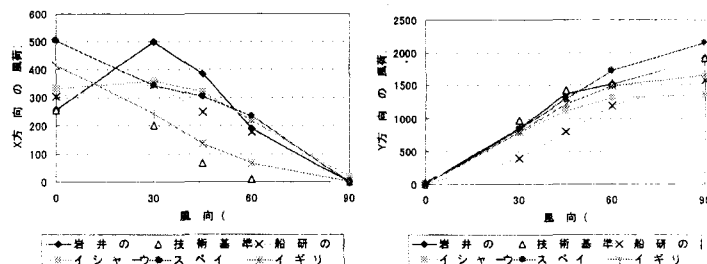


図-2 風抗力係数、風向別による風荷重の比較（風速20m/s）

4. 風荷重と動揺

図-3 に示す係留船舶について表-3 に示す条件でガスト率及び風荷重算定式を変えて動揺計算を行い、風の作用の影響を検討した。

風向は動揺成分に対し最も影響を及ぼすものとして、サージングについては 0°、スウェイングについては 270° とした。図-4 は風抗力係数をイシャーウッドに基づくもの、波向 30°、波高 0.5m、波周期 12s、初期張力 0 におけるガスト率と動揺両振幅の関係を示したものである。

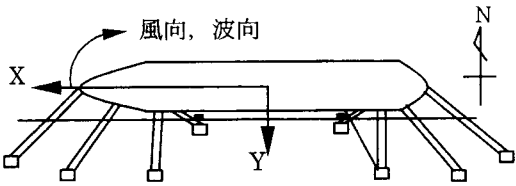


図-3 船舶の係留状況

(1) はサージング (風向 0°)、(2) はスウェイング (風向 270°) に対するものである。風荷重は風速の二乗に比例するので、ガスト率 1.2 に対するガスト率 1.5 の風荷重の比は 1.6 である。サージングの動揺両振幅は、風速とガスト率にほぼ比例している。しかし、スウェイングは、平均風速 20m/s では動揺両振幅の比が 2.0 であって大きな増幅がみられる。平均風速 25m/s と 30m/s では増幅率は小さい。この係留船舶のスウェイングの固有周期はほぼ 680 s とみなされ、風平均風速 20m/s の卓越周期 710 s に近いことによると考えられる。

表-3 計算条件と動揺成分の固有周期

風	風 向(deg)	0, 270, 315	動 揺 成 分	固 有 周 期
	風 速(m/s)	10 ~ 30		
	ガ ス ト 率 係 数	50, 90		
	風 抗 力 係 数	イシャーウッド, 船 研 の 値		
波	波 高(m)	0.5	サ ー ジ ン	192
	波 向(deg)	30		
	波 期(s)	8, 12		
	係 留 索 初 期 張 力(kN)	0.58, 145		
			ス ウ ェ イ	68

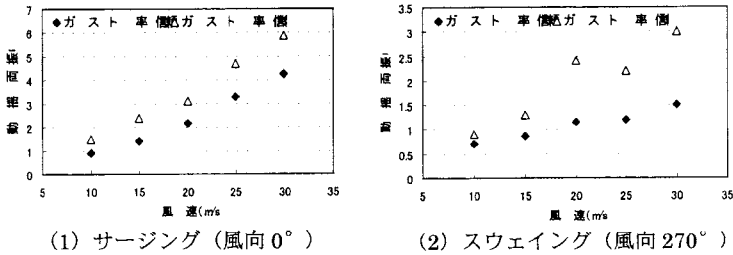


図-4 ガスト率と動揺両振幅 (有義値) の関係
ガスト率の差異による比較

図-5 はガスト率 1.5、波向 30°、波高 0.5m、波周期 12s、初期張力 0 における風荷重算定式と動揺量との関係を示したものである。(1) (2) はそれぞれサージング (風向 0°)、スウェイング (風向 270°) の動揺両振幅、(3) (4) はそれぞれサージング (風向 0°)、スウェイング (風向 270°) の最大移動量である。サージングの動揺両振幅はほぼ風速に対応しているが、スウェイングは上記と同様の傾向を示す。また風荷重算定式により、算定される動揺に大きな差があるので、算定式の適切な評価が必要である。

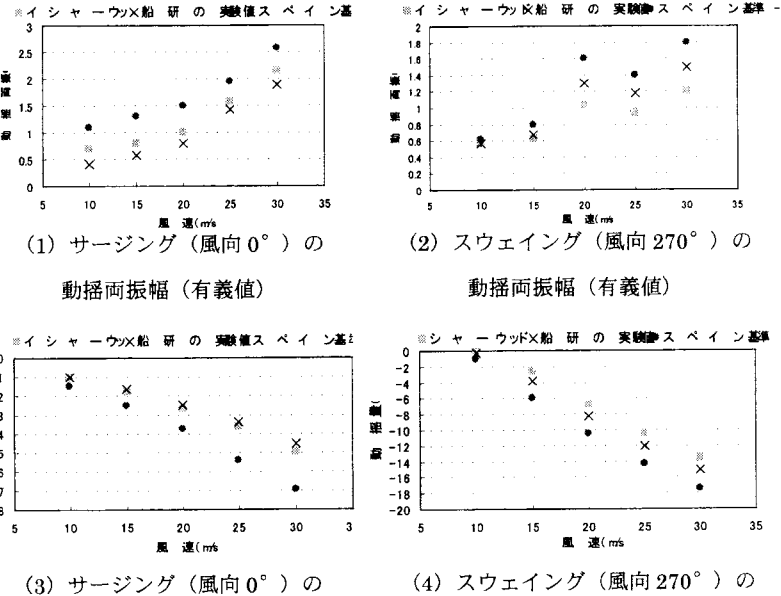


図-5 風荷重算定式による動揺量の差異
最大移動量 (船尾方向) 最大移動量 (離岸方向)

5. 参考文献

1) 上田茂 他：新しい風抗力係数の計算式及び係留船舶の動揺への影響、港湾技研資料、No760、1993、57 p.