(昭和 35 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

規則波上の風圧モーメント

正員 菱 田 敏 男*

正員 富 武 満**

Wind Moment Acting on a Ship among Regular Waves

By Toshio Hishida, *Member*Takemitsu Tomi, *Member*

Summary

We usually assume a constant wind moment or a $\cos^2$ -ly varying one. But these are not well-founded.

Wind force and its centre of application were ever experimented by Mr. Okada and the centre of water pressure which resisted to steady drifting on a still water by one of the present authors. With these results the wind moment on a ship is most strong at nearly upright position and decreases somewhat rapidly with her list, wind-wards or lee-wards. Work done by the wind moment during one swing of the ship is considerably less than that by an assumed constant moment.

This suggests that effects of shipping sea, shifting of goods and so on upon a ship in a confused sea, which were not ostensibly taken in usual calculations related to the dynamic stability, for example, in the stability standards, stand comparison with wind and waves.

These data, especially the centre of water pressure, however, may be affected by encountered waves and associated rolling. Experiments were conducted with model-ships, for this time, under actions of wind and regular waves in the experimental tank, and it was cleared that the wind moment among waves also was computable approximately with above data modified suitably.

1. 緒 言

正横風のモーメントは船の傾斜角と共に変るはずであるが、その関係はまだよくわかっていないので、よく $\cos^2$ 法とか傾斜角に無関係な一定モーメントとかがとられている。

さきに SR17 部会⁽¹⁾において風圧モーメント（風圧とそれに拮抗する水圧の偶力）の実験が行なわれ、船の水線上部分に働く定常風圧の大きさおよび着力点⁽²⁾が風洞で、水線下部分に定常な横流れが当たる場合の水圧中心が静水上で測定せられた。これらの資料を用いれば、船が静水上で定常風を受け自由に横漂流するときの風圧モーメントを求めることができる。この結果によれば風圧並びにその着力点の水線上の高さ、および水圧中心の水線下の深さは共に船の傾角の複雑な函数であつて、大体直立位置近くで最も大きく、風上および風下側何れに傾斜しても減少し、従つて風圧モーメントは傾斜と共に一般に急に減少する。

今この静水上の風圧モーメントのなす仕事は、普通の一定モーメントによる仕事に比してどの程度軽いものであるかを見るため、仮に乙基準の風速および同調横揺をとつて示数の形で比較してみると、安全限界に相当する示数は、一定モーメントの乙基準では勿論 1 であるに対し約 2.2 となるのである。

この数字の差異は…乙基準はそもそも比較判定法であるから、その標準風速の下で復原性が安全限界にあると判定された船でも、実際にはかなりより大きな風速の海面でなければ限界に達しないことを意味する…のではなく、むしろ次のように考えるべきであろう。すなわち標準風速が全く仮想的相対的なものであればともかく、遭難状態が安全限界またはやや不安と判定された船が現実標準風速附近の風のある海面で転覆沈没した実例が

原稿受付 昭和 35 年 6 月 17 日

* 大阪府大工学部

** 日立造船技研

あるのであつて、標準風速は多分に絶対的なものであると考えられる。従つて上の示数の差異は、乙基準では陽には取入れられておらない海水の打込・重量物の移動等々が実際の海面で船に与える作用のウェート——風と同調横揺に対するウェートを示すものである。これらの作用は船によつて違う筈であるから、いわば平均のウェートである。乙基準においては一定モーメントを取ることによつて海水の打込以下の作用がカバーされていることになる。

もしそうならば、これは海水の打込等々の内あるものあるいはそれらの累加が、風と同調横揺に比肩すべき重大な影響を持つべきことを示すものである。

しかしながら上の実験の風圧モーメントは静水上の定常状態のものであつて、波浪中で横揺れしつつある船にそのまま適用できるかどうかはまだわかつていない。殊に水圧中心は直接波浪の影響を受ける筈であるから静水中とその性質が違ふかも知れない。ゆえに波浪中の風圧モーメントを調べることは、モーメントそのものを知る上にもまた上のようなウェートをもつと具体的に示す上にも必要であらう。

そもそも船の転覆機構を解明することは大問題であつて、例えば SR43 部会ではこのテーマの下に種々の調査研究が行なわれているが、今日まで代表として取扱われて来た風と同調横揺の占める比重を先ず出しておくことも、この大きな問題の第0段階の仕事として一度は誰かがやつておいてよいことであらう。

本実験的研究はこのような目的のためになされたものである。

2. 静水上での定常風圧モーメント

予備知識として上述の第17部会で行われた実験結果の一部を略述しておく。Fig.1は水線上部分に働く風圧力 F を、Fig.2はその着力点の水線上の高さ h_1 を船の傾斜角 ψ に対して置点したものである（後で使うので、後述の Y および Z 丸に対する数値で出してある）。Fig.3, 4は見掛の水圧中心（見掛の意味は後述）の水線下の深さ h_2 と喫水 d （直立時の）との比対傾斜角 θ （静水上では $\psi = \theta$ ）、および横漂流速 v_s の Froude 数 $v_s/\sqrt{gB}$ （ B は船の型幅）に対する h_2/d の修正量 $\Delta h_2/d$ の関係を示すものである。風圧モーメントは次の

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

ようにして求められる。 $v_s/\sqrt{gB}$ が標準値 0.12 と異なるときは、標準の h_2 を Δh_2 だけ修正し、これに h_1 を加え、 F を掛ければよい。

さて特に h_2 について説明を加えれば、図示のように h_2 は肥瘠係数 C_b 、彎曲部竜骨 (B.K) の有無および θ によつて著しくまた複雑に変化し、船底より深い所から水線の上に乗ておよんでいる。船が定常的に横漂流するとき、水から与えられる作用は、

イ) 静圧力. Fig. 5 のように船が水を押すため lee side の水面は持ち上げられ、wind side では逆に低下し、form stability が θ に相当する値よりも増加する。云いかえれば風圧モーメントがそれだけ減つたと同じ効果である。この効果は v_s の大きい程大きいわけである。

ロ) 動的圧力. 船体表面に対して水が流れるため表面には動的圧力が発生するが、その分布は複雑で、重心に関する合圧力のモーメントの大きさおよび向きによつては、あるいは風モーメント (Fh_1) を助けあるいは減殺する。

これら 2 つの効果を含んだ風圧モーメントを $F(h_1+h_2)$ の形の等価偶力で置換すれば、 h_2 は単に水圧の水平分力の着力点を示す距離ではなく、いわば見掛けの中心の深さとも云うべき便宜上の長さを表わすことになる。

h_2 はこのようなものであるから、波浪中では波の粒子の orbital motion の作用を受け、また v_s が刻々変る非定常の場合には、殊に上のロ) が静水中と違つて来るかも知れないから、 h_2 がどうなるかは一寸予測できないところである。

Fig. 5

3. 研究方針

波上の風圧モーメントにおいて、特に見掛けの水圧中心を直接驗出することはほとんど不可能である。ゆえにここでは隔靴搔痒の感があるが、やむを得ず次の方法をとつてみよう。

いま船が定常風と規則波を正横から受け、 v_s で漂流しつつ ψ_1 (絶対角で風上側へ) と ψ_2 (風下側) の間で揺れているとする。この両端における運動エネルギー (回転の) は 0、動的復原力 DS はそのときの相対傾斜角 θ に対応して $DS(\theta_1)$ および $DS(\theta_2)$ である。ゆえに $DS(\theta_2) - DS(\theta_1)$ は一揺れの間には風圧モーメント M_w がする仕事に等しい。Fig. 6 では面積 $a=b$ となる。ところでこの M_w を知りたいのであるが、いま適当な方法でこれが推定できたとしよう。そのモーメントに対して実際の $\theta_1(\psi_1)$ および $\theta_2(\psi_2)$ の間で面積 $a=b$ となれば、この推定の M_w の積分は略々正しいと云える。しかし任意の θ に対する M_w が真に近いかどうかはなお不明である。ただし $a=b$ となる $M_w(\theta)$ の形は無数にあり、例えば図の破線のようなものでも $a=b$ にはなる。ゆえに色々な船につき、種々の状態で実験と M_w の推定を繰返し、

同じ推定法による M_w がいつも $a=b$ なる結果をもたらすならば、まずその M_w は真に近いと云つてよからう。

さてその推定法であるが、それには上述の実験資料に頼るしかない。今これを次のように利用してみよう。

風と波を当てて船の運動を計測する。そして ψ , θ , v_s および η (船の中心断面内の波面の変位) と時間 t の関係を出す。風圧力 F および h_1 は風洞試験成績 (それがない船についてはあらかじめ実験しておいて) から ψ の函数として算出する。この際相対流速としては

絶対風速 (V) - v_s - 風圧中心における横揺れ線速度の水平分速度 (v_r) をとる (Fig. 7 参照)。さらに今実測した ψ, θ 間の関係を使つて F, h_1 を θ の函数に読み変える。次に h_2 を Fig. 3, 4 から θ の函数として出す。この際船に対する水流速度の変化は非常に緩やかと仮定していることになるが、相対流速としては刻々の

Fig. 7

v_s - 波の粒子の orbital motion の水平分速度 v_w をとることとする。 v_w は深さの方向の平均として喫水 d の 1/2 の所の sub-surface の値とする。また v_w は

風と同じ向きを正とし、船によつて乱されない波浪の理論値を用いる。

かくして $M_w = F(\theta) \cdot [h_1(\theta) + h_2(\theta)]$ が算出できる。

しかしながら前の実験資料を利用する仕方はこれだけではない。例えば v_r や v_w の扱い方にも別な考え方があり得る。7 でもその1つに触れるが、結果を先に云えば、上の方法の方が全般に亘つてよりよく $a \approx b$ をもたらしめるのである。

4. 水槽上風洞について

船に波と風を同時に作用させるため、先に大阪府立大学試験水槽上に簡単な風洞が設置せられた。風はプロペラ送風機によつて水槽の横方向から吸込まれ、直角に曲つた風路を通り長さ方向へしぼられつつ吹出される。吹出口は高さ 0.5m×幅 2m の矩形、その中心における最大風速は 13m/sec。送風機の排出側にシャッターがあり吹出風速を急激に変化させることができる。吹出口下端には波を風で崩さぬための遮風板があり、適当に俯仰させることができる。

吹出した風は吹放しであるから風束は次第に拡散し風速を減じ幅高さを増す。またある鉛直断面内の風速分布は幅の中心で最も大きく両端へ次第に減少し端で急激に消える。高さ方向はより一様で風束の上下端で急激に減少する。ゆえにこの風洞では風圧を風速で定義することはできず、船を何度定常傾斜させる風圧モーメントの風と云うことになる。実験ではそれに相当する送風機の回転数と呼ぶことになる。

5. 実験法について

実験された横型船は箱型船 1 隻小型旅客船 Y および Z 丸計 3 隻でその要目、状態を Table 1 および Fig. 8 に示す。

Table 1

Model ships	Box ship						Y-Marui		Z-Marui	
							Passen.		Passen.	
Conditions	I	II	III	IV	V	VI	1	2	1	2
B. K.	None						With		With	
L (cm)	120						149		133	
B (cm)	30						24.0		23.2	
d (cm)	10.0		10.3		7.2		6.3		6.3	
C _b	.997		.997		.53		.475		.475	
W (kg)	35.9		36.9		13.5		9.4		9.4	
KG (cm)	10.3		10.0		9.20		9.82		9.82	
GM (cm)	2.18		2.44		2.10		1.86		1.86	
A (m ²)	.278		.398		.265		.201		.201	
C.G. of A above W.L. (cm)	13.2		20.0		9.75		8.30		8.30	
V	low	low	high	low	low	high	low	low	low	high
Gust	—	—	—	—	—	—	—	low Applied	—	—
T _s (sec)	1.50		1.60		1.40		1.60		1.60	
T _w (sec)	1.33	1.33	1.21	1.38	1.38	1.28	1.42	1.62	1.62	1.62
H _w (cm)	6.2	11.5	9.6	6.1	12.0	10.5	14.0	13.2	13.2	13.2
λ (cm)	276	276	228	277	297	255	314	409	409	409
Wave slope (deg)	4.04	7.5	7.6	3.7	7.3	7.4	8.0	5.8	5.8	5.8
H _w /λ	1/45	1/24	1/24	1/49	1/25	1/24	1/22	1/31	1/31	1/31
T _s (sec)	1.57	1.55	1.43	1.50	1.61	1.35	~	1.73	1.70	1.69
T _s /T _e	.955	.97	1.05	1.07	.993	1.18	~	.81	.94	.945
σ	.85	.92	.79	.90	1.08	.86	1.19	1.04	.80	1.19
θ ₂ (deg)	24	22	37	21.5	23	27.5	28	26.5	21	23
θ ₂ ' (deg)	25	22.5	39.5	22.5	22.5	28.5	26	26.5	22.5	21.5
θ ₂ '-θ ₂	1	0.5	2.5	1.0	-0.5	1.0	-2.0	0	1.5	-1.5
v _s (cm/sec)	19	31	27	40	26	38	23	24(36)	34	29
C _x	4.6	1.8	4.0	1.5	3.3	3.3	2.5	4.8(2.1)	1.2	1.9

箱型船は Fig. 8 のように前後対称で、状態 I〜III は最上の構造物を取扱つた風圧面積 A の小さい場合である。風はいずれも定常風で、その強さを仮に船が直立時に受ける実際の風圧力 F と平均喫水の 1/2 の深さか

ら A の重心に至る高さの積なるモーメントで示せば、各状態のそれは Fig.15 の破 (直) 線ようになる。ゆえに III, VI の F は他の約 2 倍強あることになる。波は表示のように波高 (H_w) 対波長 (λ) の比を約 1/50 および 1/25 にとられている。ここで H_w は水に船を浮べず、風も吹かない場合の値で、後に実験では同じ造波機の状態における波が船に当てられる。 λ は深水波としての理論値がとられている。波・風について VI は最も酷、I は最も緩かな状態である。波の周期 T_w は、あらかじめ風・波の中での船の平均漂流速度を測定し、会合周期 T_e が船の固有周期 T_s に同調するようねらつて決定されたが、実際は表にあるごとく必ずしも $T_s/T_e=1$ には行なっていない。

Y および Z 丸は沿海航路の旅客船で、Y は一切の艀装品およびオーニングを持ち、Z は甲板室だけで艀装品のない模型である。Y 丸の (2) においては特に定常風に突風を加え、突風は船が風上側へ最も傾いたときに作用させられた。風の強さはやはり Fig.16 に前述のモーメントで示されているが、突風の F は定常風の 2 倍強である。Y, Z は乾舷が小さいので、同調に近づくと傾斜過大となり船内へ浸水するので、波は同調をずらせてやや長めにとられている。

船は全く自由に放し運動は映画にとつて解析された。船は漂流して行くが、風洞吹出口前端からの距離 x が 2m の位置 (x_0 とする) を中心とする一揺程の間が撮られ、一揺の間の漂流距離は最大 0.5m 程であつた。

箱型船に対する F とその着力点はあらかじめ波のない状態で計測された。前述のように風東は次第に拡がるから x_0 を中心とする左右それぞれ 0.5m の間の F と着力点が必要である。また波上では船と風東との上下の

相対位置が変化するゆえ、水深を平均水深より深くまた浅くした場合についても予備計測が行なわれた。これらの結果を Fig.9, 10 に示す。先ず横方向では、 h_1 は x によつてほとんど変化せず図のように各一本の平均曲線で表わし得る程度であるが、 F はかなり変化し、 x に応じて本図から読み取つ

Fig. 9

Fig. 10

た値を用いなければならない。 F の傾角 ψ に対する変化は、 ψ が風下側へある程度増す間一般に増加している。これは Fig.1 の Y, Z 丸と趣を異にするものであるが、上部構造物の形が特別なためであろう。上下方向は Fig.10 のように風圧モーメントはほとんど変化せず実用上一定とみなして差し支えない。次に箱型船のように C_b の大きい (.997) 船型に対する静水中水圧中心はまだ求められておらないので、これについてもあらかじめ実験が追加せられた。その結果は Fig.3, 4 に記入されている。

Y および Z 丸については上のような詳しい予備計測は行なわれず既知の実験資料が利用せられた。すなわち重心を通る前後軸を支え、2, 3 の x の位置で風だけを当て、静傾斜角 ψ_s を測定し、これに相当する復原モーメント (実測) を重心から風圧中心までの高さ (Fig.2 の h_1 から算出) で割り力 F_s を出す。風洞試験成績を利用し、任意の ψ における F は、 F_s に風圧力係数の比 C_F/C_s を掛けて求める。Y 丸は同じ状態で風洞試験が行なわれているが、Z 丸はないので、風洞試験の行なわれた漁船第 5 新日本丸 (スパンカー無し、上部構造物配置が類似) の数値を代用する。水圧中心位置 h_2 は Fig.3, 4 から C_b に応じ内挿法で出すこととする。

6. 実験結果

実験で計測されまた計算された $\psi, \theta, v_s, v_s - v_w, v_r$ および η と t の関係の3例を Fig. 12~14 に示す。 ψ, η は実測, v_w と v_r は計算値である。 v_w の計算は, η/η_0 (η_0 は水平面からの山の高さまたは谷の深さ) のある値における v_w は, 正弦波の同じ η/η_0 なる位置の orbital motion の水平分速度に等しいと仮定して行なわれ, v_r は横揺れが単弦振動であるとして計算されたものである。また θ は写真上で測つた値を元とし, 表面波の傾斜角 ϕ の理論値 (ある η/η_0 の位置では正弦波の同じ η/η_0 に対する傾斜角) を参考として出されたものである。Fig. 11 は映画の一駒を引伸してトレースしたものである。

3 の方法で計算された風圧モーメント M_w を復原性曲線 (実測) 図上に記入すれば Fig. 15, 16 のようになる。 M_w の

Fig. 11

Fig. 12

Table 2

 M_w

Y (1)

θ (deg)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
ψ (deg)	-9	0	5	12	18	24	28	33	35
x (m)	1.74	1.72	1.71	1.71	1.71	1.73	1.77	1.90	1.98
$v_s - v_w$ (cm/sec)	20	22	25	28	30	31	30	28	40
$v_s + v_r$ (")	-10	-11	-11	-6	0	20	38	50	64
h_1 (cm)	11.8	11.4	11.2	10.3	8.9	7.8	7.0	6.4	6.4
$(v_s - v_w)/\sqrt{gB}$	.13	.14	.16	.18	.19	.20	.19	.18	.26
$\Delta h_2/d$	-.03	-.04	-.09	-.13	-.14	-.15	-.14	-.13	-.27
$h_2(.12)/d$	-.10	.06	.20	.28	.29	.20	-.05	-.38	-.50
h_2/d	-.13	.02	.11	.15	.15	.05	-.19	-5.1	-.77
h_2 (cm)	-.9	.1	.8	1.1	1.1	.4	-1.4	-3.7	-5.5
$h_1 + h_2$ (cm)	10.9	11.5	12.0	11.4	10.0	8.2	5.6	2.7	0.9
F (kg)	.38	.42	.43	.43	.43	.41	.39	.35	.32
$V - (v_s + v_r)$ (m/s)	3.80	3.81	3.81	3.76	3.70	3.50	3.42	3.20	3.06
$(D_0/V)^2$	1.06	1.06	1.06	1.04	1	.90	.86	.75	.69
$F \times (")^2$ (kg)	.40	.45	.46	.45	.42	.37	.33	.26	.22
M_w (kg-cm)	4.4	5.2	5.5	5.1	4.2	3.0	1.9	.7	.2

Table 3

 M_w'

Y (1)

$\theta = \psi$ (deg)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
v_s (cm/sec), $v_s \sqrt{gB}$	23				.15				
h_1 (cm)	11.8	11.7	11.4	11.2	10.9	9.7	8.6	7.6	6.4
$\Delta h_2/d$	-.07								
$h_2(.12)/d$	-.10	.06	.20	.28	.29	.20	-.05	-.38	-.50
h_2/d	-.17	-.01	.13	.21	.22	.13	-.12	-.45	-.57
h_2 (cm)	-1.2	-.7	.9	1.5	1.6	.9	-.9	-3.2	-4.1
$h_1 + h_2$ (cm)	10.6	11.0	12.3	12.7	12.5	10.6	7.7	4.4	2.3
F (kg)	.36	.40	.42	.42	.43	.42	.41	.41	.40
$(V - v_s)^2/V^2$	.88								
M_w' (kg-cm)	3.4	3.9	4.5	4.6	4.7	3.9	2.8	1.5	.8

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

計算表の一例を Table 2 に示す。Fig. 15, 16 において $\theta_1 \sim \theta_2$ の間の仕事比 $\sigma = b/a$ の値は同図の面積 b 内に記入されている。また θ_1 からの横揺れが、仮に M_w が真であるときには、風下側へ何度まで傾くであろうかを示す θ_2' の値および $\theta_2' - \theta_2$ が σ と共に Table 1 に記入されている。これらの結果を見れば、上のような M_w が、予想外な程よく実際の風圧モーメントを近似していることが認められる。従つて波上においても、風モーメントおよび水圧中心は風洞および静水上のものを以て代用し得ることがわかる。

Fig. 15, 16 にはまた普通にとられる風圧モーメントが破(直)線で示されているが(ただし風圧力は実測)、実際に近いモーメントは決してそのようなものではないことが知れる。

〔

7. 簡 略 法

しかしながらこのような M_w を任意の船について推算することはまだできない。 ψ と θ , v_s および η の関係が実験しなければわからないからである。そこで、さらに次のような簡略法を考えてみよう。問題を局限し横揺れは同調に近いと仮定し、しかも ψ, θ, η 間の関係は理論的な同調横揺れにおけるもの、すなわちこれらの極値が同時に現われるものとみなしてしまう。さらに $\theta = \psi$ とおく。次に v_s については下のような取扱いをする。実際の v_s は Fig. 12~14 に見られるように波底で小さく波頂で著しく大きいのであつて、風と波両方の支配を受け到底簡単には出せないから、今一揺の間の平均 $\bar{v}_s$ を考えてみよう。この値はやはり Table 1 に記入されているが、かなりの幅を以て変化する。また

$$C_x = \frac{\bar{F}}{\frac{1}{2} \rho V^{2/3} \bar{v}_s^2},$$

ここに

$\bar{F}$ = 一揺の間の F の平均,

∇ = 排水量容積,

ρ = 水の密度

なる係数 C_x を取つてみても同表にあるようにやはりまとまりが悪い。B.K. のない箱型船では平均 3.2, B.K. を持つ Y および Z 丸では突風の場合を除き平均 1.9, 突風が加わつた後の一揺の次の一揺間では 2.1 である。静水上では以前の資料から B.K. なしでは 1.7~3.2(今回の箱型船は 2.3), B.K. 附では 1.8~2.2 であつた。しかし幸い B.K. 附の場合は幅が狭く波浪中でもほとんど同じ位の値になつているから、例えば平均として $C_x \approx 2$ にとると $\bar{v}_s$ の概略値を算出できる。そこでさらに B.K. 附の船に限定して考えて行こう。

このような簡略法で、物事をすべて一揺の間の平均で考え(従つて v_r, v_w を省略し), Y および Z 丸につき風圧モーメント M_w' を計算してみると Fig. 15, 16 中の破(曲)線のようになる。ただしここでは $\bar{v}_s$ は実験から出した値をとり、突風の加わる Y(2) では前の一揺の間の $\bar{v}_s$ と後の一揺間の $\bar{v}_s$ の平均値を使用し、 F に対しては船の位置 x についての修正が施してある。 $C_x = 2$ において上式から求めた $\bar{v}_s$ を使つた場合も風圧モーメント曲線は M_w' にほとんど一致する。Table 3 は M_w' 計算表の一例である。

この M_w' と前の M_w との差は僅かであるから近似的に M_w' を使つてもよいであろう。ところで M_w' と M_w の差異は主として $\bar{v}_s$ と v_s の差に基づき水圧中心 h_2 の値が違ふからであつて M_w' 曲線は一般に M_w より平坦になつている。この傾向は箱型船(図示してないが)ではより強く特に N~VII では著しい。最もこの場合は θ による h_2 の変化が急なため(Fig. 3 参照), $\psi = \theta$ とおいたことによる影響が加わっている。そして面積比 σ も M_w の時よりかなり悪くなる。ゆえに、 $\bar{v}_s$ の算出が困難なこともあるし、箱型船には M_w' は適用できない。

Fig. 17

この M_w' 法によれば、普通の船型の任意の船(B.K. 附)の風圧モーメントを大略推定することができるであろう。従つて風上側の極大傾斜が与えられれば、風下側への極大傾斜角を略々算出できよう。

このように風圧モーメントを取扱うことは、船を全く静水上へ戻したことに外ならないのであつて、前に SR 第 17 研究部会で行なわれた M_w' を用いた時の安全示数 C' の計算は大略波上でも通用し従つてそのときの結果にもまた変更を加えないでよい。概要を再録すれば次のごとくである。

貨客、貨物、旅客、油槽および漁船並びに水雷艇を含む 14 隻の計 23

状態について、これらが乙基準に則した風を受け横揺れする場合、風圧モーメントとして M_w' を用いて出された示数 C' を、一定風圧モーメントの場合の示数 C の基線上に C'/C の形で置点すると Fig.17 のようになる。図で○は $C \geq 1$ 、×は $C < 1$ の船である。今試みに C' によつて限界線を引いてみると図のように $C' \approx 2.2$ でほとんど○と×を分離できる。

したがつて 1 で述べたことはまた規則波上においても云えることになる。

8. 結 び

風と波を同時に受ける横型船の運動を計測解析して、波上における風圧モーメントを風洞および静水上実験の資料によつて推定する方法およびその簡略法が試みられかなりよい結果が得られた。

またこの簡略法による風圧モーメントを用い、船の転覆において風および同調横揺（風速および横揺角は例えば乙基準の程度の場合）が占めるウェートと、その他の要素すなわち普通陽には考慮されない海水の打込・重量物の移動等々のそれとの割合を大略見当づけることができ、海水打込以下のあるもの、またはこれらの累加が前 2 者に比肩すべきウェートを持つべきことが示された。

おわりに本研究費の一部は SR 研究部会に負うことを附記する。

以 上

註 (1) 「船舶の波浪中における復原性に関する研究」日本造船研究協会第 17 部会報告書第 2 分冊。

(2) 風圧力とその着力点に関しては次の論文にもある。「小型船舶に対する風圧による傾斜モーメントに就て」岡田正次郎、造船協会論文集 第 92 号。