船速に及ぼす風浪の影響について—VI.

平 岩 節*

Study on the Effect of Wind and Wave on a Ship's Speed—VI.

T. Hiraiwa

Abstract

The effect of winds and waves upon any one ship's speed seems to be different from that upon any other owing to type, size, condition, ability, etc., of a ship; the author has some interest in the problem of whether the speed reduction of a modern ship has the same tendency as that of a old-type ship or not even if they are the same kind of ship and sail the same sea.

In this paper, he has attempted, for example, on a passenger boat, to analyze the navigational records of the connecting steamer "Towada maru" in Tsugaru Straits.

1. All data is separated into 7 sections every 30° according to the direction of the winds.
2. The relation between the time elapsed after leaving the dock and the slip is shown in Fig. 1.
3. As the speed reductions are changed according to the revolutions of the main engine he collected data when the revolutions were from 200 to 220 RPM.
4. The mean speed reductions of the ship, weights of data, are indicated in Table 2 against each section and wind wave grades.
5. Let the speed reduction be expressed by equation $(\Delta) = aD + bD^2$ with parameter D , and a smooth curve is drawn along the points plotted from data, the speed reduction due to wind wave grade is shown by forms (1)~(7) in each section in Fig. 2.
6. When the values calculated by forms (1)~(7) are plotted and the smooth curve is drawn along the plotted points, the speed reduction due to the wind direction is obtained as forms (8)~(11); Fig. 3 shown them.
7. The relation between wind wave grade and wind velocity in the strait (1963) is shown in Fig. 4, and the relation between wind velocity and wave height is shown in Fig. 5.

1. ま え が き

前報⁵⁾において青函航路における国鉄貨車航送船松山丸型の航海記録より船速と風浪の関係につき若干の解析, 検討を行い併せて旧型船との対比を試みたのであるが本報では客貨連絡船十和田丸型(昭和32年建造)に関する解析結果を報告する。

* 北海道大学水産学部(函館市港町253)

2. 資 料

2.1 供試船要目

総屯数 6,148.08T, 全長 120.00m, 型幅 17.40m 深さ 6.80m, S (水線上側投影面積) 1,320.0 m^2 , S_w (水線下の側投影面積) 520.0 m^2 , S/S_w 2.54, 方形係数 0.558, 柱形肥瘠 0.616, 水面積肥瘠 0.796, 中央積載面肥瘠 0.910 (註 S , S_w は吃水 457cm の状態における値)

2.2 抽出、層別方法

昭和38年1月1日より同年12月31日に至るT丸の航海日誌, 機関日誌より青森県平舘, 北海道葛登支岬間予定地点を通過した際の時刻, 測程儀示度より速力を計算した。

又風向, 風速, 風浪階級及び主機回転数は一時間毎に記録されているのでそれらの地点を通過した時刻より経過分数を重率とした平均値をとつてそのときの速力に対応させることにした。

次に資料の層化は風向の表示が16方位でなされていることと風向の乱れ具合よりみて船首尾を中心にして左右15° 他は30° 毎に分割し船首より順次 I, II, …………… VII の区劃番号を附した。

3. 資料の統一

3.1 回転数別減速量の統一

機関日誌に一時間毎の主機回転数が記録されているので観測地点を通過した時刻より経過分数を重率とした平均値をとつて2点間を航走した回転数とした。而して減速量は回転数によつて異なるので資料を統一するため多く使用された200~220 RPM の場合における減速量を同一と見做してその中間値210 RPM を以て代表することにした。

ここに回転数と速力との関係は速力試験 (昭和38年6月8日施行, 平均吃水455cm) の結果によれば210 RPM で14.38 kt, 230 RPM で15.20 ktである。

3.2 船底汚穢と Slip の関係

出渠後日数経過と共に船底の汚穢度は増加し slip は大となるので同一状態に統一するためには slip 増加に伴う減速量の補正を必要とする。

そのため回転数が 200~220 RPM であつて, 風浪階級が0及び1, 風速が2 m以下の場合の有効推進率 (= 1 - 失脚比) を求め出渠後日数30日毎に分類したのが図1であり, 同図の一資料当りの航走時間は平均123分である。而してそれらの平均値を結んだのが図中の点線であり航走時間を重率として簡単に一次式で滑らすと

有効推進率 = $(87.4648 - 0.030427T)\%$ にて表わされる。但し T は出渠後日数

この船底汚穢による slip 増加傾向は前報⁴⁾の洞爺丸型の場合に比し若干過小であるのは繋留場所が同じであつても運航回数が115回多いため換言すれば碇泊時間が約530時間少い為と水線下の形状の相違と思路する。

3.3 吃 水

図1 出渠後日数と有効推進率の関係

吃水が変れば同一外力に対してもその影響は異なる。同船の調査期間内における最大吃水は478cm, 最小433cm, 平均457.1cmでこれら吃水の分布は正規型であるので標準偏差を求めてみると8.5cmで可成りのばらつきが見られる。又月別平均をとってみると1月より順次467, 465, 463, 465, 457, 455, 453, 447, 447, 450, 456, 462で季節による吃水の違いが判然と表われている。従つてそれら異なる状態時の資料を包括することに問題はあるが, 各層各階級別の平均値を求めてみると表1の如くであるので吃水の変化に対する減速量の変化に関し平均的には類似の状態であると見做し得る。

表1 風浪階級, 風向別吃水の平均値

(単位: cm)

Section D	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1	450.6	448.2	452.5	455.4	455.7	454.9	458.0	451.8
2	458.1	455.6	455.2	455.2	456.2	458.9	455.4	456.3
3	458.6	458.8	457.3	457.5	456.9	460.5	457.7	457.9
4	458.5	461.7	456.7	457.5	461.4	462.6	464.8	459.2
Mean	456.9	457.0	456.4	456.6	457.2	459.5	457.2	

(註) Mean は各層, 各階級における航走時間を重率として算出した値である。

3・4 減速量の算出

出渠後日数を30日毎に区切り前記有効推進率を示す式の T に15, 45, 75, ……………, 165を代入して求めた87.008, 86.096, 85.183, 84.270, 83.357, 82.444を夫々の期間の有効推進率(p)と見做した。そうすると回転数 r ($200 \leq r \leq 220$)に対する速力は $60p$ ($2.43r$) mにて表わされるので之と log speed との差を以て減速量とした。

(註) 出渠後日数30日以内の有効推進率87.008%による計算速力は210 RPM のとき14.38ktで前記の速力試験の結果と合致している。

4. 風浪階級, 風向と減速量の関係

前記減速量を風浪階級を対応尺度にとつて表示したのが表2である。ここに減速量の算定は予定 point 間毎に行つたためその間の航走時間を夫々の減速量の重率として扱つた。

表2 風浪階級, 風向別平均減速量

Section 風浪階級		I	II	III	IV	V	VI	VII
1	$\frac{p}{\Delta}$	$\frac{509}{0.122}$	$\frac{1165}{0.091}$	$\frac{272}{0.090}$	$\frac{285}{0.038}$	$\frac{253}{0.058}$	$\frac{332}{-0.059}$	$\frac{95}{-0.052}$
2	$\frac{p}{\Delta}$	$\frac{2121}{0.186}$	$\frac{3555}{0.162}$	$\frac{5987}{0.098}$	$\frac{5043}{0.039}$	$\frac{3262}{0.019}$	$\frac{3387}{-0.088}$	$\frac{1344}{-0.076}$
3	$\frac{p}{\Delta}$	$\frac{1535}{0.315}$	$\frac{5651}{0.247}$	$\frac{8674}{0.137}$	$\frac{5438}{0.059}$	$\frac{4812}{0.062}$	$\frac{2490}{-0.090}$	$\frac{1167}{-0.052}$
4	$\frac{p}{\Delta}$	$\frac{277}{0.604}$	$\frac{2205}{0.365}$	$\frac{3152}{0.271}$	$\frac{1668}{0.081}$	$\frac{953}{0.057}$	$\frac{408}{-0.073}$	$\frac{73}{-0.052}$

 p : 重率 (航走分数) Δ : 平均減速量 (単位: kt)

今減速量 (Δ) = $aD + bD^2$ として表2の値を滑らせば各区劃における風浪階級と減速量との関係は夫々次式にて表わされる。但し D : 風浪階級

- section I $\Delta = 0.0471D + 0.02199D^2$ (1)
 // II $\Delta = 0.0687D + 0.00521D^2$ (2)
 // III $\Delta = 0.0173D + 0.01142D^2$ (3)
 // IV $\Delta = 0.0188D + 0.00032D^2$ (4)
 // V $\Delta = 0.0134D + 0.00128D^2$ (5)
 // VI $\Delta = -0.0698D + 0.01313D^2$ (6)
 // VII $\Delta = -0.0689D + 0.01647D^2$ (7)

而してこれらの形状を図示したのが図2で、前報³⁾⁴⁾⁵⁾のS丸、Y丸、H丸と較べた場合同船種のY丸に減速傾向は類似し、H丸と共に減速量が旧型船のS丸、Y丸のそれに比し約半減しているのが目立つた点である。

図2 風向角別風浪階級と減速量の関係

図3 風浪階級別風向角と減速量の関係

次に横軸に各 section の中央値を、縦軸に減速量を取り (1)～(7) 式による計算値を plot すれば図3に示す如くであり、之が平滑化のため5次式を想定してみると風浪の方向別減速量は夫々次の各式にて表示される。

風浪階級 1 $\Delta = 0.069 + 0.04719\theta$

$-0.024584\theta^2 + 0.0038987\theta^3 - 0.000252739\theta^4 + 0.0000057099\theta^5$ (8)

// 2 $\Delta = 0.181 + 0.05653\theta$

$-0.034786\theta^2 + 0.0056140\theta^3 - 0.000366643\theta^4 + 0.0000083336\theta^5$ (9)

// 3 $\Delta = 0.338 + 0.02938\theta$

$-0.031017\theta^2 + 0.0051977\theta^3 - 0.000344753\theta^4 + 0.0000079386\theta^5$ (10)

// 4 $\Delta = 0.539 - 0.03579\theta$

$-0.012987\theta^2 + 0.0026341\theta^3 - 0.000187176\theta^4 + 0.0000045440\theta^5$ (11)

但し θ は各 section の中央値を 10° で除して無次元化した数、 Δ は減速量にして単位は kt

5. 風浪階級と風速の関係及び風速と波高の関係

同船が調査対象期間内において対象海域を航行中同一風浪階級を観測したときの風速の平均値を風向角別に計算してみると表3に示す如くである。

表3 風向角別風浪階級と風速の関係

(単位: m)

Section D	I	II	III	IV	V	VI	VII	Mean
1	3.39	3.90	3.56	3.58	3.45	3.58	3.17	3.55
2	6.02	6.03	7.05	5.88	5.30	5.41	5.73	5.99
3	10.90	9.78	10.27	8.85	9.23	10.43	9.53	9.76
4	17.58	15.94	15.81	14.89	14.71	15.98	14.71	15.52
5	17.00	21.49	19.18	20.78	17.33	21.00	—	20.12

ここに風速 W (m/sec) と風浪階級 D との間には概ね一次関係があるとみられるので各風向角別の係数を求めてみると section I, II, …… VII において夫々 3.521, 3.518, 3.603, 3.215, 3.188, 3.317, 3.175 で各層間に左程の差が見られないので全体を総合し即ち表3に示す平均風速と風浪階級との関係を示したのが図4で両者の間には $W=3.403D$ なる関係が成立する。

(註) 表3の Mean は各層各階級における観測時間を重率として算出した値であり、又図4の平滑化も各点に同様の重率を附して行つた。

次に各風浪階級における波高を各階級の中央値を以て代表することにすれば、前記風浪階級と

図4 風浪階級と風速の関係

図5 風速と波高の関係

風速の関係より波高と風速との間には図5に示す如き関係がみられる。この場合新波高基準によれば波高 H (m) と風速 W (m/sec) との間には $H=0.0024W^{2.55}$ なる関係式が成立するが前報³⁾⁴⁾⁵⁾と比較するため旧基準によれば $H=0.0329W^{1.65}$ となる。

この関係即ち風による浪の発達状況は今迄求めた昭和35, 36, 37, 38年の各年間平均の類似性よりみて同海域における年間平均関係を示すものと解せられる。

6. あとがき

今迄調査検討した6隻の内青函連絡船4隻については何れも船首方向より風浪を受ける場合の減速量が最も大きく外航路2隻については斜前方方向が最大となっている点が目立つが果して必然的現象であるか否かについては速断し難い。fieldにおける気象海象の表示は多く階級によるものなれば統計量の解析には等質性に関する問題が常に内蔵されている。

青函航路についてみても風速と fetch より計算した波高⁴⁾は同一風浪階級であつてもその上限と下限に位する程の差がみられ而も計算値の最小となるのが 30° 及び 150° 方向であることは結果を判断する上において留意したい。

終りに便宜を与えられた青函船舶鉄道管理局関係者各位に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 平岩節・坂本有隣：船速に及ぼす風浪の影響について（第一報），日航海誌，25（1961）pp. 65.
- 2) —：同 上——Ⅱ，同誌，30（1963）pp. 43.
- 3) —：同 上——Ⅲ，同誌，30（1963）pp. 49.
- 4) —：同 上——Ⅳ，同誌，30（1963）pp. 57.
- 5) —：同 上——Ⅴ，同誌，32（1965）pp. 143.