The Society of Naval Architects of Japan

(昭和 40 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

船の横揺に対するビルジキールの効果について

正員　加　藤　　弘

Effects of Bilge Keels on the Rolling of Ships

By Hiroshi Kato, *Member*

Summary

The effect of bilge keels on the rolling of a ship depends on many elements such as the area, the width, the aspect ratio, Reynolds' number, the draught of ship, the distance of bilge keel from the centre of gravity of ship, the height of centre of gravity of ship and the form of bilge. It was fouud that this effect is proportional to the n th power of mean velocity of the bilge keel, the index n being influenced by the width of bilge keel, the draught of ship and the distance of bilge keel from the centre of gravity of ship. Taking the above elements into consideration and analysing results of systematic experiments on the bilge keels with two dimensional ship models, a new approximate formula for calculating the decrement of angle of roll due to the bilge keels was obtained.

1 緒　　言

ビルジキールは船の横揺を減少させる装置として簡単有効であるために，ほとんどすべての船に装着されており，その抵抗は一般に船の横揺抵抗の 40～85% を占めている。しかし船の横揺に対するビルジキールの作用は非常に複雑なために，その定性的研究は多くの人々によつて行われたが，定量的研究は極めて僅かしか行なわれていない。ビルジキールの効果がビルジキール面の直圧力によるモーメントと船体表面の圧力分布の変化によるモーメントとに基づくものであることを初めて指摘したのは Bryan[1] であるが，笹島教授[2]はこの圧力分布に関して二次元物体についての理論的研究を行ない，また菱田教授および田中助教授等[3,4] はこれについて模型実験を行ないビルジキールの抵抗によつてなされる仕事を求めるための計算式および図表を得られた。これらの計算式は模型船と実船とに対して異なる形式となつているが，日本造船研究協会第 17 研究部会の報告[5] によれば横揺角が 10 度以上即ちビジルジキールの Reynolds 数がほぼ 10^3 以上で，ビルジキールの抵抗が船の全横揺抵抗の 50% 以上を占めるような場合には，模型船の減衰角と実船の減衰角とはほぼ相等しくなるものであるから，このような条件の下では模型船および実船に対するビルジキールによる減衰角の計算式は同一となるべきであろう。またビルジキールの抵抗はその縦横比[5]，没水深さ，船の重心位置および船体ビルジの形状[4] の影響もうけるものであるから，これらの事項を考慮に入れた計算式の導かれることが要望される。本論文においては柱形模型船および船形模型船を使用して得られた実験資料に基づき，ビルジキールの作用効果について，上記諸事項を考慮に入れた新たな計算式が求められた。

2 ビルジキールによる減衰角 $\delta\theta_b$

一般にビルジキール面に作用する直圧力 R は次式で表わされる。

$$R=\frac{1}{2}\rho C_s C_a C_\kappa C_n A_b v^2 \tag{1}$$

ただし　A_b＝ビルジキールの面積＝$2lb$

l＝ビルジキールの長さ

b＝ビルジキールの幅

v＝ビルジキールの速度

ρ＝水の密度

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

C_n＝Reynolds 数 R_N が 10^3 より大きいときの矩形板の圧力係数で．縦横比の関数である

$C_a=R_N$ に関係する係数で，R_N が 10^3 より大きいときは 1.0 となる

C_κ＝船体ビルジの形状に関係する係数

C_s＝矩形板をビルジキールとして船体に取付けたための修正係数

（1）式は模型船にも実船にも適用されるもので，寸法効果は係数 C_a だけで示される。

船が1揺れする間にビルジキール面の直圧力によつてなされる仕事を E_n とすれば

$$E_n=\int_{-\theta_0}^{\theta_1} Rr_k\cos\varphi d\theta$$

$$=\frac{1}{2}\rho C_sC_aC_\kappa C_n\frac{4}{3}\frac{A_b\pi^2r_k^3\theta_m^3}{\left(\frac{T_s}{2}\right)^2}\cos\varphi$$

$$=2.68\times10^3C_sC_aC_\kappa C_n\frac{A_br_k^3\theta_m^3}{T_s^2}\cos\varphi \tag{2}$$

(kg. m. sec. rad 単位)

ただし　r_k＝船の重心からビルジキールの中心までの距離 (m)

θ_m＝平均横揺角 (rad)

T_s＝横揺角が θ_m の時の横揺周期 (sec)

φ＝船の中央横截面において，船の重心とビルジキールの船体への取付け箇所とを通る直線がビルジキール面となす角度 (rad)

ビルジキールによる船体表面の圧力分布の変化にもとづくモーメントによつてなされる仕事を E_s とすれば，船の1揺れの間にビルジキールの抵抗によつてなされる全仕事 E_t は次のようになる。

$$E_t=E_n+E_s=2.68\times10^3C_sC_aC_\kappa C_n\frac{A_br_k^3\theta_m^3}{T_s^2}\left(1+\frac{E_s}{E_n}\right)\cos\varphi$$

$$=Wmk^2\theta_m\delta\theta_b \tag{3}$$

ただし　$\delta\theta_b$＝ビルジキールによる減衰角 (rad)

W＝船の排水量 (kg)

m＝メタセンタ高さ (m)

$$k^2=\frac{2}{m\theta_m^2}\int_0^{\theta_m}GZd\theta$$

船の小横揺の周期を T とすれば，T はほぼ kT_s に等しい。よつて（3）式から $\delta\theta_b$ を求めれば

$$\delta\theta_b=2.68\times10^3C_sC_aC_\kappa C_n\frac{A_br_k^3\theta_m^2}{WmT^2}\left(1+\frac{E_s}{E_n}\right)\cos\varphi \tag{4}$$

ビルジの半径の大きさを異にする柱形模型船 ($L\times B\times D=1.60\,\mathrm{m}\times0.30\,\mathrm{m}\times0.21\,\mathrm{m}$) および船形模型船 ($L_{pp}=2\,\mathrm{m}$) を用いて，小横揺の周期 T を系統的に変化した実験（同一排水量，同一重心高さで慣性モーメントを変えることにより横揺周期を変化した実験）を行ない，また，ビルジキールの幅を変化した実験を行ない，それらの資料を解析した結果，ビルジキールの Reynolds 数 $R_N=\frac{8br_k\theta_m}{T\nu}$ が 10^3 以上の範囲においては，ビルジキールによる減衰角 $\delta\theta_b$ はほぼ $(r_k\theta_m/T)^n$ に比例するものであり，従つて $\delta\theta_b$ はビルジキールの平均速度の n 乗にほぼ比例するものであることが判明した（2例が示されている Fig. 1 参照）。この指数 n は同一模型船に対して，同一ビルジキール，同一喫水および同一重心高さで，船の慣性モーメントを変えることにより横揺周期を変化しても変らないがビルジキールの幅を増せば減少し，また，同一ビルジキールの場合に喫水を減らせば n は減少する。従つて $\delta\theta_b$ は近似的に次式で表わされる。

$$\delta\theta_b=2.68\times10^3C_s'C_aC_\kappa C_n\frac{A_b\cdot r_k}{Wm}\left(\frac{r_k\theta_m}{T}\right)^n\left(1+\frac{E_s}{E_n}\right)\cos\varphi$$

$$\equiv C_0C_aC_\kappa C_n \text{Ⓐ}\text{Ⓑ}F^{-\alpha} \tag{5}$$

ただし　T＝船の小横揺の周期

$$\text{Ⓐ}=\frac{A_br_k}{Wm}\left(\frac{r_k\theta_m}{T}\right)^2$$

$$\text{Ⓑ}=\left(1+\frac{E_s}{E_n}\right)\cos\varphi$$

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

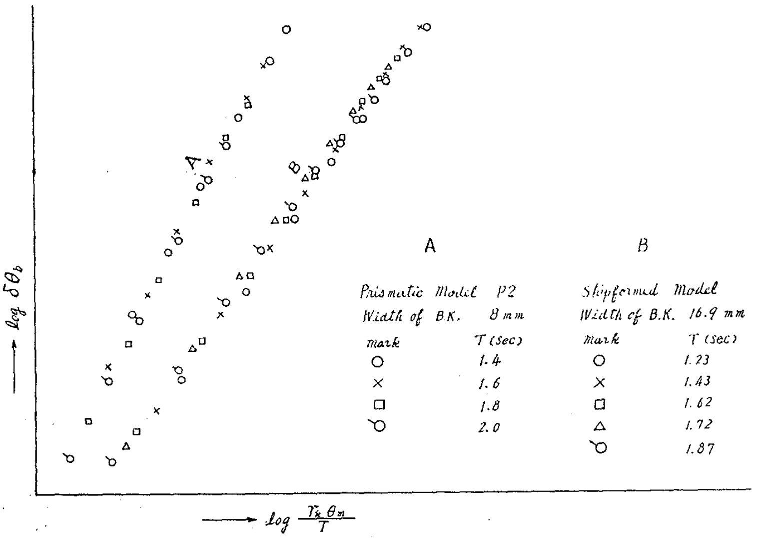

Fig. 1 Relation between $\delta\theta_b$ and $r_k\theta_m/T$

$\alpha=2-n$

C_0＝実験資料に基づいて定められる係数

（5）式のFは $r_k\theta_m/T$ に比例するものであるが，ビルジキールの Reynolds 数 R_N が 10^3 以上で，相応周期で横揺する相似船においては，ビルジキール面の直圧力は R_N に無関係となり，これらの船の $\delta\theta_b$ がほぼ相等しくなるという事実[5]を考えれば，Fは $r_k\theta_m/T\sqrt{b}$ に比例すると考えるのが妥当である。ビルジキールの幅を系統的に変化し，かつ喫水を変化して行われた実験の資料を解析した結果によれば，Fを次のように定めれば，係数 C_0 はビルジキールの幅にほぼ無関係となることが判明した。

$$F=\frac{r_k\theta_m}{T\sqrt{b}}\Phi^{1.7} \qquad (6)$$

ただし，Φ は船の重心Gからビルジキールの船体への取付け箇所Aまでの距離をr_0とし，半径r_0がGを中心とし，その先端が水面に達するまで回転するときの回転角 (rad) である。(Fig. 2 参照)

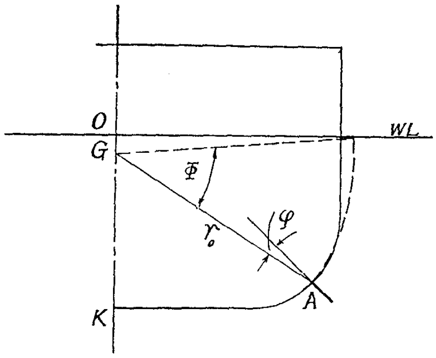

Fig. 2

3 指　数　n

ビルジの半径Rの大きさを異にする4個の平底柱形模型船（R＝20, 35, 50 および 70 mm）およびビルジの半径が一定（R＝35 mm）で船底勾配 F_r の値が異なる 3個の柱形模型船（F_r＝5, 10 および 15 mm）に，5種類のビルジキール（l＝600 mm, b＝5, 8, 12, 17 および 22 mm）を装着して，喫水を 3種（d＝130, 110 および 75 mm）に変化して実験が行なわれ（何れも KG＝110 mm）これらの実験資料を解析して指数nに対して多数の値が求められた。この指数nは前述のごとくビルジキールの幅を増せば減少し，喫水を減らせば減少する傾向を有し，b/r_k と Φ との関数であつて，その値はほぼ 1.4～2.3 の範囲である。

$$\xi=b/r_k\Phi^{3/4} \qquad (7)$$

とおき，ξを基線としてn値を置点すれば Fig. 3 に示される平均曲線が得られる。この曲線は近似的に次式で表わされる。

$$n=1.40+2.03e^{-25\xi} \qquad (8)$$

4 係数 C_K, C_n および C_a

4·1 係数 C_K

ビルジキール面の直圧力に関して田中助教授等[4]はビルジの半径を変化した柱形模型船の実験を行なつたが，

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

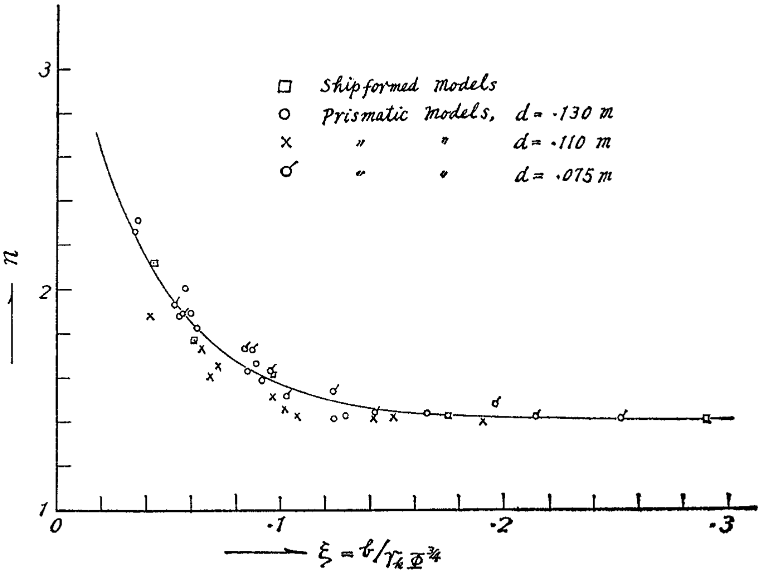

Fig. 3 Curve of n

これらの実験から得られた資料を調査してみるとビルジの半径が船幅に比してある値以下になるとビルジキール面の直圧力が急激に増加することが認められる。これらの資料と著者の実験資料とに基づいて，ビルジの形状に関係する係数 C_K を次式で表わす (Fig. 4 参照)。

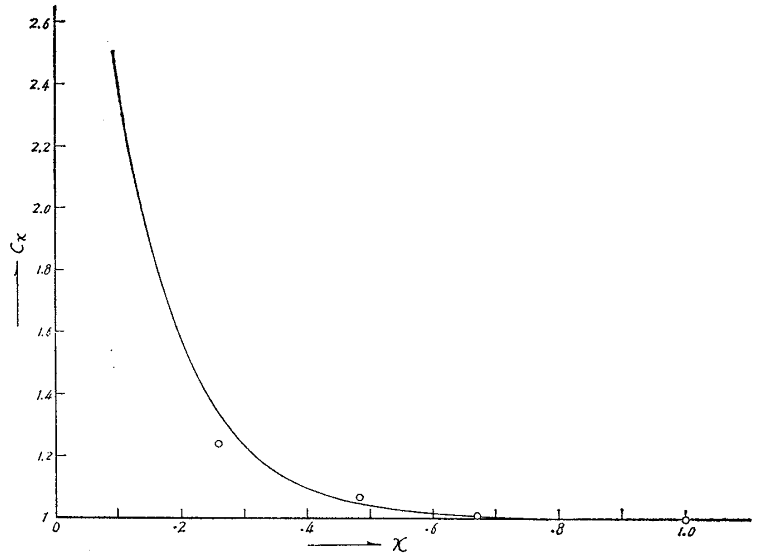

Fig. 4 Curve of C_K

$$C_K=1+3.5e^{-9\kappa} \tag{9}$$

ただし $\kappa=\dfrac{R\left(1+\dfrac{F_r}{B}\right)^2}{\sqrt{\dfrac{B}{2}\cdot KG}}$

R = ビルジの半径

F_r = 船底勾配

B = 船の型幅

KG = キール上面上船の重心高さ

4·2 係数 C_n

係数 C_n は矩形板がその面に垂直の方向に等速度で進行するときの圧力係数で Reynolds 数 R_N が 10^3 より

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

大きいときは C_n は矩形板の縦横比の関数である。藤本教授著書[6]および S. F. Hoerner 氏著書[7] によれば，C_n と縦横比との関係は Fig. 5 に示すとおりであるが，普通に使用されるビルジキールの縦横比 $(2b/l)$ の範囲に対しては C_n は次式で与えられる。

$$C_n=1.98e^{-11\frac{b}{l}}, \qquad \frac{2b}{l}<0.07 \tag{10}$$

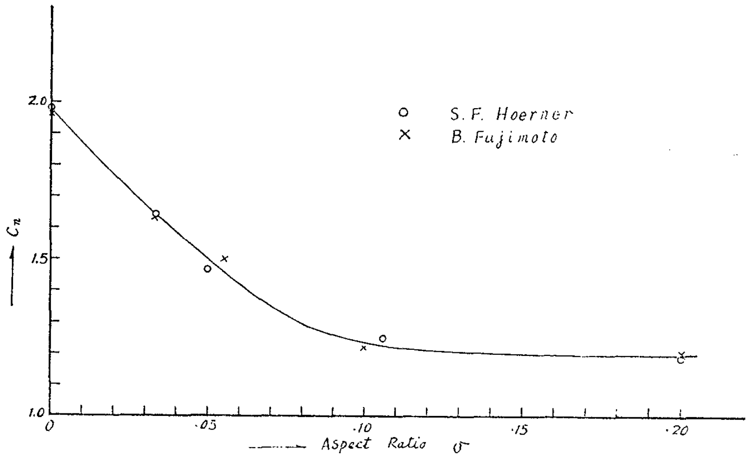

Fig. 5 Curve of C_n

4·3 係数 C_a

ビルジキールの Reynolds 数 R_N が 10^3 以下の場合には圧力係数は増大率 C_a をもつて増大される。横揺角があまり小さくないときの実船のビルジキールの場合には，R_N は 10^3 以上であるから C_a は 1.0 である。幅が 5～8 mm 程度のビルジキールの装着する船幅 300 mm 位の模型船が振幅 10° 以下の横揺をするときは一般にビルジキールの R_N は 10^3 以下となるから，このような場合に対しては C_a を考慮しなければならない。C_a 値については，正方形板についての実験結果[7]が Fig, 6 の曲線のように示されるが，矩形板についての実験結果は発表されていない。R_N が 10^3 以下の場合のビルジキールによる減衰角の実験値と，R_N が 10^3 以上の範囲における $\log\delta\theta_b$ と $\log R_N$ との関係を示す直線を R_N が 10^3 以下の範囲に延長して該直線上で得られた $\delta\theta_b$ の値との比はビルジキールに対する C_a 値を表わすものであるが，このようにして模型実験の資料から得られたビルジキールの C_a 値は，Fig. 6 に置点して示したように正方形板に対する C_a 曲線とほぼ一致することが判明した。よつてビルジキールの C_a 値に対しては近似的に正方形板の C_a 曲線を適用して差支えない。この C_a 曲線は R_N が 10^2～10^3 の範囲に対して，近似的に次式で表わされる。

$$C_a=1.95-0.25\log R_N+0.20\sin\frac{\pi}{0.54}(\log R_N-2.19) \tag{11}$$

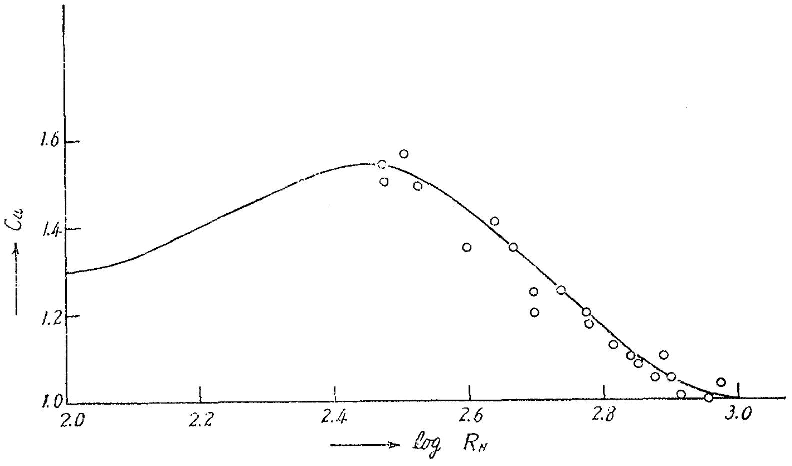

Fig. 6 Curve of C_a

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

5 E_s と E_n との関係および係数 C_0

5·1 E_s と E_n との関係

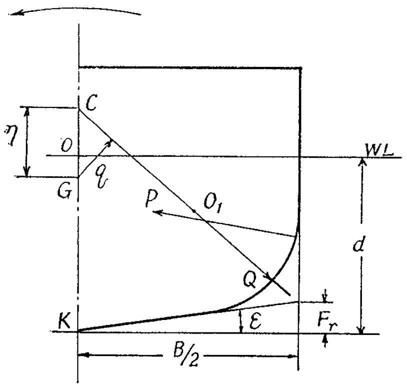

Fig. 7

Fig. 7 に示すように，船が反時針方向にまわる場合を考え，菱田教授等[3]の仮定したように，船体表面の動圧力の合力は前方のビルジキールから水面までの部分に対しては正圧力Pで表わされ，ビルジキールの後方部分に対しては負圧力Qで表わされ，このQはビルジキールの直後に集中して作用するものと仮定する。合力Qの船の重心からの挺qは次式で表わされる。

$$q=\left\{\frac{B}{2}\tan\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varepsilon}{2}\right)+F_r-KG\right\}\sin\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varepsilon}{2}\right) \tag{12}$$

ただし $\quad \varepsilon=\tan^{-1}\dfrac{2F_r}{B}$

合力Pの船の重心からの挺pは次のようにして求められる。

ビルジキールから上方の船側に作用する動圧力は線型に変化し，ビルジキールの根元で最大で水面で零と仮定する。

$$\lambda=\frac{R}{d-\dfrac{F_r}{B}(B-2R)} \tag{13}$$

とおき，$\lambda \doteqdot 0$ 即ち $R \doteqdot 0$ のときの合力Pの船の重心からの挺を p_0 とすれば (Fig. 8 参照),

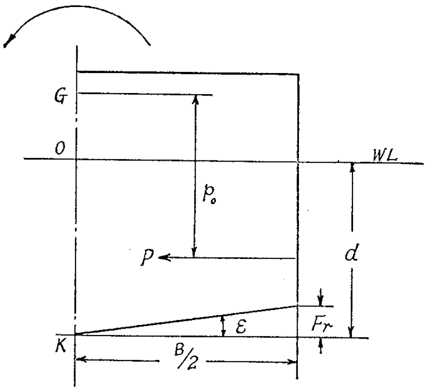

Fig. 8

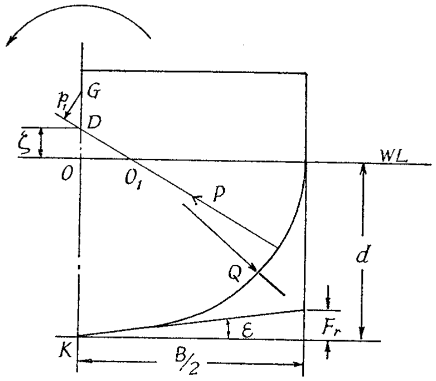

Fig. 9

$$p_0=KG-\frac{1}{3}d-\frac{2}{3}F_r \tag{14}$$

つぎにビルジサークルの中心が水面にあるとき，即ち $\lambda \doteqdot 1$ のとき (Fig. 9 参照) の合力Pの船の重心からの挺を p_1 とする。この場合に，F_r は船幅Bに比べて一般に微小であるから，合力 P の方向が水平となす角度は約 28.4° となる。合力Pの作用線が船の中心線と交わる点Dと水面との距離をζとすれば

$$\zeta \doteqdot \left(\frac{B}{2}-R\right)\tan 28.4^\circ$$

$$\doteqdot 0.54\left\{\frac{B}{2}-(d-F_r)\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varepsilon}{2}\right)\right\}$$

$$\therefore \quad p_1 \doteqdot (\overline{OG}-\zeta)\cos 28.4^\circ$$

$$\doteqdot 0.88\left[KG-d-0.54\left\{\frac{B}{2}-(d-F_r)\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varepsilon}{2}\right)\right\}\right] \tag{15}$$

合力Pの船の重心からの挺pを近似的に次式で表わす

$$p=p_0-(p_0-p_1)f(\lambda) \tag{16}$$

(16) 式の $f(\lambda)$ は，$\lambda=0$ では 0 となり $\lambda=1$ では 1 となるものである。船の両側のビルジキールに対する船の 1 揺れ中の平均圧力を $\frac{1}{2}p_m$ とすれば，船の 1 揺れの間にビルジキール面の直圧力によつてなされる仕事 E_n は

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

次のようになる。

$$E_n=2p_m lbr_k\theta_m\cos\varphi \tag{17}$$

$$\therefore\quad p_m=\frac{E_n}{2lbr_k\theta_m\cos\varphi} \tag{18}$$

ビルジキールに基づく船体表面の動圧力によるモーメントによつてなされる仕事 E_s は，前方のビルジキールで代表することとし，菱田教授等の仮定したように動圧力はビルジキールの前方ではビルジキールの根元において p_m が作用し，船側に沿うて線型に変化して水面では 0 になると仮定すれば，合力 P は次のようになる。

$$P=\frac{1}{2}p_m sl \tag{19}$$

ただし　s＝ビルジキールの根元から水面までのガースの長さ

l＝ビルジキールの長さ

合力 Q は前述の如くビルジキールの直後に集中して作用すると仮定したが，その大きさを次のようにおく。

$$Q=aP \tag{20}$$

したがつて仕事 E_s は次のようになる。

$$\begin{aligned}E_s&=\int_{-\theta_0}^{\theta_1}Qqd\theta+\int_{-\theta_0}^{\theta_1}Ppd\theta\\&=2P\theta_m(aq+p)\\&=p_m sl\theta_m(aq+p)\end{aligned} \tag{21}$$

$$\therefore\quad \frac{E_s}{E_n}=\frac{s}{2br_k\cos\varphi}\{aq+p_0-(p_0-p_1)f(\lambda)\} \tag{22}$$

田中助教授等[4)] がビルジサークルの大きさの異なる 4 個の柱形模型船を使用して得られた実験資料を解析した結果，次の式が得られた。

$$a=1.0$$

$$f(\lambda)=\frac{1.34\sin\frac{\pi}{3.6}\lambda}{1+0.162\sin\frac{\pi}{1.8}(\lambda-0.9)} \tag{23}$$

したがつてⒷは次式で表わされる。

$$Ⓑ=\cos\varphi+\frac{s}{2br_k}\{q+p_0-(p_0-p_1)f(\lambda)\} \tag{24}$$

$f(\lambda)$ と λ との関係は Fig. 10 に示されている。

5·2　係数 C_0

柱形模型船の実験から得られた資料を解析し，（5）式に適用して，θ_m が 15° のときの C_0 の値を求め，これを Fig. 11 に示すように Φ を基線として置点して C_0 の平均曲線が得られた。この曲線は近似的に次式で表わされる。

$$C_0/10^3=1.44+3.8\Phi^3 \tag{25}$$

以上のようにして求められた諸係数および諸式を用いて，柱形模型船に対して計算されたビルジキールによる減衰角および船形模型船に対して Strip method を適用して計算されたビルジキールによる減衰角と，それぞれの場合の実験値との比較が Fig. 12に示されているが，ほぼ満足な結果が得られている。

6　結　　　言

船の横揺に対するビルジキールの効果は，ビルジキールの面積，幅，縦横比，Reynolds 数，船の喫水，船の重心からビルジキールまでの距離，船の重心高さ，ビルジの形状等の影響をうけ，また，該効果は，ビルジキールの Reynolds 数が 10^3 以上の範囲では，その平均速度の n 乗に比例するものであり，この指数 n はビルジキールの幅，船の重心からビルジキールまでの距離および喫水によつて変化し，その値はほぼ 1.4～2.3 の範囲にあり，ビルジキールの幅が広いほど小さくなり，また喫水が浅いほど小さくなるものである。本論文においてはこれらの諸要素を考慮に入れ，実験資料に基づいて，ビルジキールによる横揺減衰角を計算するための近似式が新たに求められ，この計算式を適用して得られた減衰角が実験値とほぼ相等しいことを明らかにして該計算式の妥当性が立証された。

NII-Electronic Library Service

The Society of Naval Architects of Japan

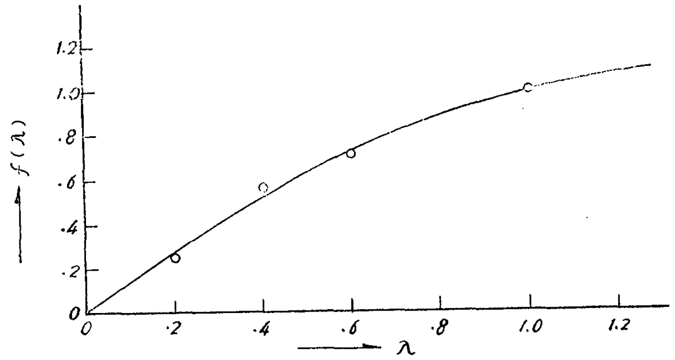

Fig. 10　Curve of $f(\lambda)$

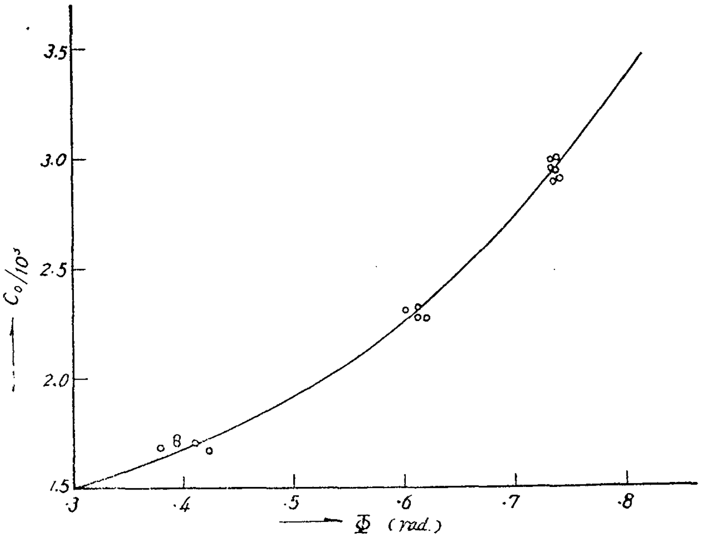

Fig. 11　Curve of C_0

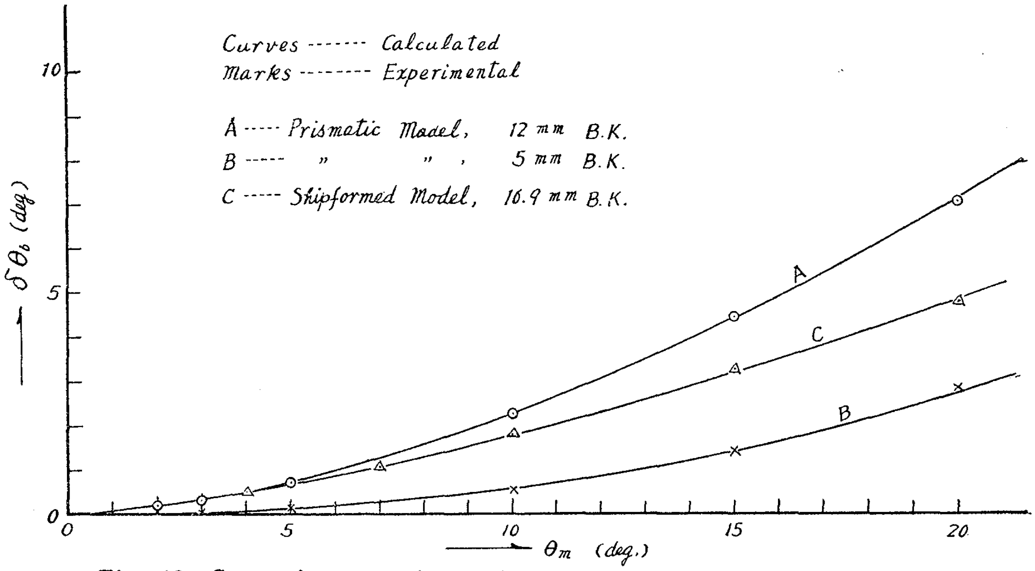

Fig. 12　Comparison of calculated decrement with experimental value

参　考　文　献

1)　Bryan, G. H. : "The Action of Bilge Keels." T. I. N. A., 62, 1900

2)　笹島秀雄：横動揺に於ける Bilge Kekl の作用に就て造船協会論文集第 86 号（後編）（昭和 29 年）

3)　Hishida, T., Tanaka, N. : "A Study on the Bilge Keels"(Part 1)造船協会論文集第101号(昭和32年)

4)　Tanaka, N., Kitamura, H. : A Study on the Bilge Keels" (Part 2) 造船協会論文集第103号(昭和33年)

5)　日本造船研究協会第 17 研究部会研究報告書「船舶の波浪中における復原性に関する研究」第 1 分冊（昭和 32 年）

NII-Electronic Library Service

6) 藤本武助：応用流体力学（昭和 22 年），484 頁
7) S. F. Hoerner : Aerodynamic Drag (1951), p. 25

附　　録

1. 計　算　式

$\delta\theta_b = C_0 C_a C_\kappa C_n Ⓐ Ⓑ F^{-\alpha}$, (kg, m, sec, rad 単位)

$$Ⓐ = \frac{A_b r_k}{Wm}\left(\frac{r_k \theta_m}{T}\right)^2$$

$$Ⓑ = \cos\varphi + \frac{s}{2 b r_k}\{q + p_0 - (p_0 - p_1) f(\lambda)\}$$

$$q = \left\{\frac{B}{2}\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varepsilon}{2}\right) + F_r - KG\right\}\sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varepsilon}{2}\right), \qquad \varepsilon = \tan^{-1}\frac{2F_r}{B}$$

$$p_0 = KG - \frac{1}{3}d - \frac{2}{3}F_r$$

$$p_1 = 0.88\left[KG - d - 0.54\left\{\frac{B}{2} - (d - F_r)\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varepsilon}{2}\right)\right\}\right]$$

$$f(\lambda) = \frac{1.34 \sin\frac{\pi}{3.6}\lambda}{1 + 0.162 \sin\frac{\pi}{1.8}(\lambda - 0.9)}, \qquad \lambda = \frac{R}{d - \frac{F_r}{B}(B - 2R)}$$

$$F = \frac{r_k \theta_m}{T\sqrt{b}}\Phi^{1.7}$$

$$\alpha = 2 - n = 0.60 - 2.03 e^{-25\xi}, \qquad \xi = \frac{b}{r_k \Phi^{3/4}}$$

$$\frac{C_0}{10^3} = 1.44 + 3.8\Phi^3$$

$$C_\kappa = 1 + 3.5 e^{-9\kappa}, \qquad \kappa = \frac{R\left(1 + \frac{F_r}{B}\right)^2}{\sqrt{\frac{B}{2}\cdot KG}}$$

$$C_n = 1.98 e^{-11\frac{b}{l}}, \qquad \frac{2b}{l} < 0.07$$

$$R_N = \frac{8 b r_k \theta_m}{T\nu} \fallingdotseq 7.0 \times 10^6 \frac{b r_k \theta_m}{T}$$

$$C_a = 1.95 - 0.25 \log R_N + 0.20 \sin\frac{\pi}{0.54}(\log R_N - 2.19)$$

2. 計　算　例

平底柱形模型船

$L \times B \times D = 1.600\,\mathrm{m} \times .300\,\mathrm{m} \times .210\,\mathrm{m}$

$d = .130$ m	$W = 61.44$ kg	$GM = .0148$ m
$KG = .110$ m	$R = .035$ m	
ビルジキール	$l = .600$ m	$b = .012$ m
$r_k = .1780$ m	$T = 1.584$ sec	
$q = .0283$ m	$p_0 = .0667$ m	$p_1 = -.0271$ m
$s = .1225$ m	$\cos\varphi = .988$	
$\lambda = .269$	$f(\lambda) = .365$	
Ⓑ $= 2.73$		
$\kappa = .272$	$C_\kappa = 1.302$	
$b/l = .020$	$C_n = 1.588$	
$\xi = .0851$	$n = 1.641$	$\alpha = .359$

θ_m(deg)	R_N	C_a	Ⓐ	F	F^α	$\delta\theta_b$(deg)	
						計算値	実　値
2	$.33 \times 10^3$	1.52	$.043 \times 10^{-6}$	.0212	.251	.25	.25
3	.50 〃	1.30	.098 〃	.0318	.290	.41	.40
5	.83 〃	1.04	.272 〃	.0530	.348	.77	.75
10	1.65 〃	1.00	1.088 〃	.1060	.447	2.30	2.26
15	2.48 〃	1.00	2.45 〃	.1590	.517	4.45	4.41
20	3.30 〃	1.00	4.35 〃	.212	.573	7.15	7.10
25	4.13 〃	1.00	6.78 〃	.265	.621	10.33	10.00

The Society of Naval Architects of Japan

NII-Electronic Library Service