

矩形橋脚近傍の流れが接航船に及ぼす影響

大阪市立大学工学部 正 員 小田 一 紀
 大阪市立大学大学院 学生員 山口 毅
 大阪市立大学工学部 学生員 瀬川 勝博

1. まえがき

流れの中に建設された巨大な構造物に接近して航行する船舶に操船上どのような問題が生ずるかを検討することがこの研究の目的である。ここでは矩形断面の橋脚をとりあげ、流れが橋脚正面に直角である最も基本的な場合について、まず模型実験によって橋脚周囲の船体に働く流体力を求め、ついでこの強制流体力を受けた船体の針路が原針路からどの程度変化するかを船体の運動方程式を逐次数値積分することによって解析した。

2. 橋脚周囲の流体力係数の分布状態

幅 $b = 27.0 \text{ cm}$ 、長さ $a = 45.0 \text{ cm}$ 、隅角部の曲率半径 $r = 5.6 \text{ cm}$ の断面形状をした橋脚模型を大阪市立大学河海工学実験場の長さ 35.0 m 、幅 4.0 m 、深さ 0.75 m の回流水槽のほぼ中央に設置し、垂線間長 $L_{pp} = 100 \text{ cm}$ 、型幅 $B = 17 \text{ cm}$ 、吃水 $d = 6.7 \text{ cm}$ 、方形係数 $C_b = 0.80$ の船体模型（タンカー型）を橋脚模型の周囲に設定した計測点に移動させて、これに働く横力 Y および回頭モーメント N を磁歪式ダイナモメーターを用いて計測し、次式によって横力係数 C_Y および回頭モーメント係数 C_N を求めた。

$$C_Y = \frac{Y}{\frac{1}{2} \rho L d U_c^2}, \quad C_N = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho L^2 d U_c^2} \quad (1)$$

ここに、 ρ ：水の密度、 L ：垂線間長、 d ：吃水、 U_c ：上流の流速

図-1 は流れの条件が、水深 30 cm 、流速 $U_c = 450 \text{ mm/s}$ のときの、(1)式で求めた横力係数および回頭モーメント係数の分布状態を示している。このときの $Fr = U_c / \sqrt{gB} = 0.35$ 、 $Re = BU_c / \nu = 7.7 \times 10^4$ である。図-1 によると横力係数は船体中心がほぼ橋脚中心を通る横軸（図中の y 軸）上に位置したときに橋脚側に引きつけられる負の極大値を示し、橋脚中心より約 $3b$ 上流の位置で逆に橋脚と反対側に反撓される正の極大値を示している。一方回頭モーメント係数は橋脚中心より約 $b \sim 3b$ 下流側で船首が橋脚側に引きつけられる小さな負の極大値を示し、船体中心が橋脚前面より僅かに上流側に位置したときに橋脚と反対側に反撓される正の極大値を示す。以上の傾向は橋脚中心軸（ x 軸）から $3.0 \sim 3.5b$ 以上離れるとかなり弱まることがわかる。

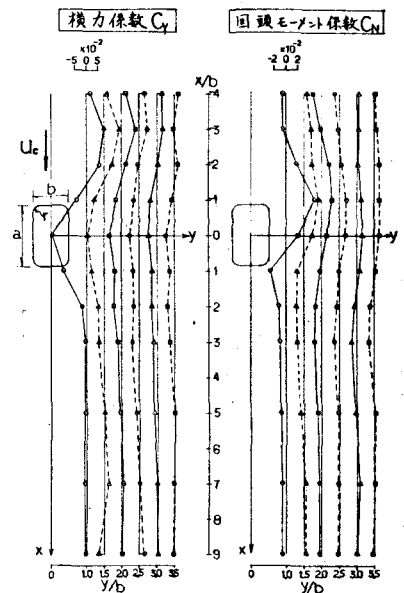


図-1. 流体力係数の分布状態
 ($a/b = 1.67$, $r/b = 0.208$, $L_{pp}/b = 3.70$)

3. 船体の航行軌跡

定常直進運動をしていた船体が強制外力を受け

て偏位および回頭運動をするときの運動方程式の近似式は、図-2に示す船体固定座標を用いて表わすと(2)式で与えられる。ただし、ここでは強制外力が働いても操舵しないで、常に舵角は0度であり、また船の縦軸(x_G 軸)方向に橋脚の存在によって新たに働く強制外力は無視でき、したがって x_G 軸方向に働く外力は0と仮定する。

$$\left. \begin{aligned} m_0(\dot{u}_G - \omega v_G) &= 0 \\ m_0(\dot{v}_G + \omega u_G) &= Y_v \dot{v}_G + Y_v v_G + Y_{\omega} \omega + Y \\ I_{zz} \dot{\omega} &= N_{\omega} \dot{\omega} + N_{\omega} \omega + N_v v_G + N \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

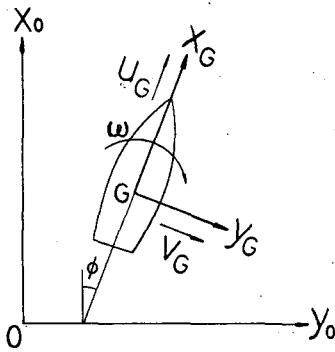


図-2. 座標系

ここに、 m_0 : 船体の質量、 I_{zz} : 船の重心を通る鉛直軸周りの慣性モーメント、 $u_G, v_G, \dot{u}_G, \dot{v}_G$: x_G および y_G 軸方向の船体の速度および加速度成分、 $\omega, \dot{\omega}$: 船の重心を通る鉛直軸周りの角速度および角加速度、 $-Y_v, -N_v$: 付加質量および付加慣性モーメント、 Y_v, Y_{ω}, N_v :

N_{ω} : y_G 軸方向の運動および鉛直軸周りの運動とそれらの相互干渉による造波減衰力係数、 Y, N : 強制流体力。

(1)式で与えられる Y および N を(2)式に代入して運動方程式を逐次数値積分することによって求めた、橋脚近傍を通る船体の運動軌跡を $U_s/U_c=2.0$ および12.0の場合について表わしたものが図-3および図-4である。ここに、 U_s : 対地船速、 U_c : 対地流速。

図-3および図-4から、 $a/b=1.67, r/b=0.208, L_{pp}/b=3.70$ の条件では、一般に船が下流側から橋脚に接近するにともなって、徐々に橋脚側に引き寄せられ、橋脚側方を通過して橋脚中心より2~3b上流側で最大偏位に達し、その後橋脚とは反対側に反撥される軌跡をたどるが、流速に比べて船速が大きいほど橋脚の影響は小さくなることわかる。しかし、 U_s/U_c の値に関係なく、橋脚中に隠れるから橋脚幅だけ離れた針路をとる船は引きつけ作用によって橋脚に衝突する軌跡を示している。3~3.5b離れた針路をとる船は僅かに右舷側に偏向するが実際は操舵するので、これより外側の針路をとる船は操舵上ほとんど橋脚の影響を受けないと考えられる。

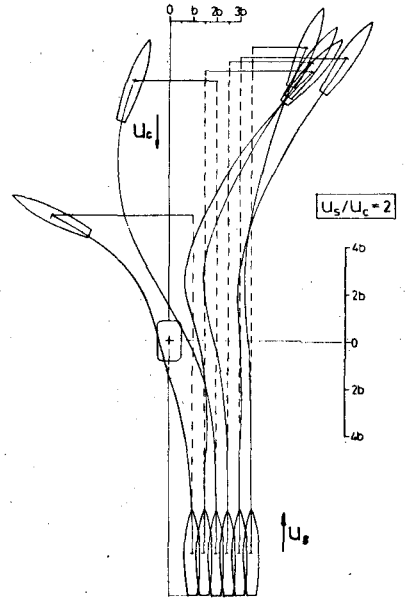


図-3. 船の運動軌跡($U_s/U_c=2.0$)

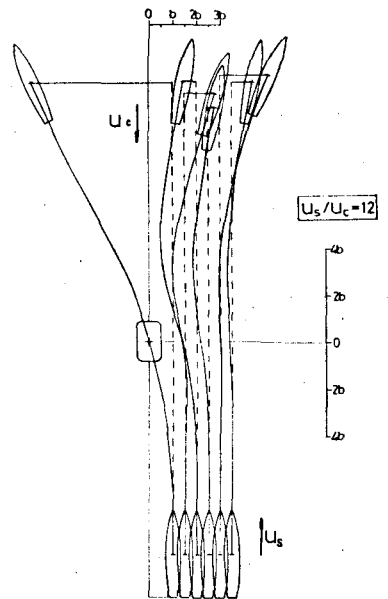


図-4. 船の運動軌跡($U_s/U_c=12.0$)