

急潮流における作業船に作用する潮流圧と引船の所要馬力

運輸省 第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 正会員 曾我部 隆久

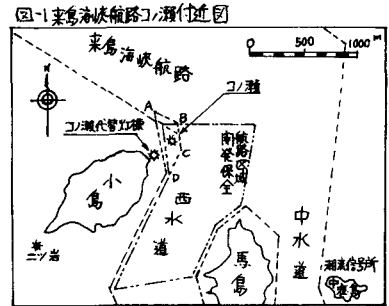
まへがき

第三港湾建設局では複雑な地形と急潮流のため瀬戸内海船舶航行の最大の難所とわっている東島海峡航路の整備計画をたて、図-1に示す西水道のユノ瀬の岩礁撤去(南北約500m東西約500m)に着工した。着工に先立って最大約9ノットの急潮流下の作業船の施工性、安全性を確認するため大型グラブ浚渫船(以下グラブ船)、研岩船による浚渫調査試験工事を実施した。本報告は調査試験に当りグラブ船に必要とする引船の馬力をどう求めるか、又決定に用いた船体の抵抗係数(流圧係数又は抗力係数)は妥当であったかを、実船によって計測したので合わせて報告するものである。

1. 引船の所要馬力

本工事の現場作業条件は、係留待避時、浚渫時に分け定められたが、調査試験時に想定した条件は潮流7ノット、風速16m/sec、波高0.5m以下とした。

引船の所要馬力はグラブ船と土運船に働く外力(潮流圧、風圧、波圧の合力)に抵抗する船体抵抗力によることを主として定まる。船体抵抗は①摩擦及び圧力抵抗、②造波抵抗、③渦流抵抗、④空気抵抗となるが②、④の影響は少なく①、③が支配的であり、特に潮流による流圧力が大きい。しかしこれらの抵抗を厳密に区分して説明することは、困難である。(1)(2) 船体に働く流圧力の算定は港湾施設の設計



上の基準(以下設計基準)2.2.4に船首方向からの流れによる流圧力、船側方向からの流れによる流圧力の算定式がありそれぞれ(1)式、(2)式とわっている。

$$R_f = 0.14 S V^2 \dots (1) \quad R_f; \text{流圧力 (kg)} \quad S; \text{浸水面積 (m}^2\text{)} \quad V; \text{流速 (m/sec)}$$

$$R = \frac{1}{2} \rho C V^3 B' \dots (2) \quad R; \text{流圧力 (kg)} \quad \rho; \text{海水密度 (kg/sec}^3\text{)} \quad V; \text{流速 (m/sec)}$$

$$B'; \text{喫水線下の船側面積 (m}^2\text{)} \quad C; \text{流圧係数}$$

流圧係数Cは船舶と流れの相対流向 θ によって変化し、水深が喫水の7倍以下では $\theta = 90^\circ$ でCは1.0となる。又水中部材に作用する流れの力として設計基準7.2に(3)式がある

$$F_0 = C_0 \frac{\omega_0}{2g} A U^2 \dots (3) \quad F_0; \text{物体に作用する流れの方向の抗力 (t)}, A; \text{物体の流れる方向の投影面積 (m}^2\text{)}, U; \text{流速 (m/sec)}, C_0; \text{抗力係数}, \omega_0; \text{海水の単位体積重量 (t/m}^3\text{)}, g; \text{重力加速度 (m/sec}^2\text{)}$$

抗力係数についてはレイノルズ数 10^3 程度より大きい場合立方体は1.3~1.6、平板は縦横の比によって異なるが使用したグラブ船の船中(25.0m):水中部の深さ(2.3m)=10:1より $C_0 = 1.29$ とする。

作業船設計基準(第)では操船ラインに於ける能力を算定する場合船舶抵抗は(4)式を用いる。

$$Q_w = \frac{1}{2} \rho A_w C_x \dots (4) \quad Q_w; \text{水抵抗 (kg)}, \rho; \text{海水密度 (kg/sec}^3\text{)}, A_w; \text{水面下正面投影面積 (m}^2\text{)}, V; \text{巻上速度+潮流速 (m/sec)}, C_x; \text{抵抗係数} = 1.4 \quad \text{またY型船型のものに於て}$$

$$R_t = C_t B d x 13.73 V^2 \dots (5) \quad R_t; \text{船体抵抗 (kg)}, C_t; \text{係数}, B; \text{船中 (m)}, d; \text{喫水 (m)}$$

Sogabe Takahisa

サ) 船の速力 (ノット) とし C_t は船側面形状と船長船速比により 2 定め 2 for, 使用グラブ船では船底力つ効果を考えれば $C_t = 0.5$ 、船底力つなしとすると $C_t = 1.0$ と仮定した。

以上のように所要馬力の算定は抵抗係数により左右され 0.5~1.4 まで考えられた。

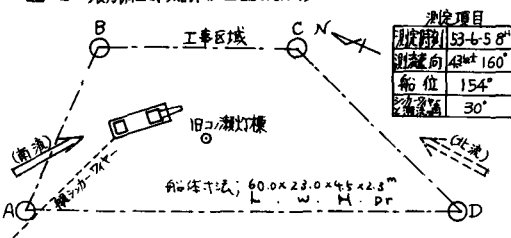
このでは (4) 式 ($C_x = 1.4$), (5) 式 ($C_t = 1.0$) に基づく。 (4) 式では潮流速 7ノットに対し $Q_w = 65.4t$ (風速 (風速 16.7 m/sec) に 83% の 7.5t を加えると 72.9t と仮定)。 (5) 式では 7ノット潮流に逆らう 3ノットで曳航するとすれば $R_t = 72.6t$ (船底力つなし $C_t = 1.0$) と仮定。一方引船の必要馬力は作業船設計基準(案)にあれば (6) 式で与えられる。

$$P = \frac{T_b}{t_b} \times 100 = \frac{1}{t_b} \times \frac{R_b}{5} \times 100 \dots (6)$$
 P : 主機関の連続最大出力 (PS), T_b : 引船の曳航力 (ボラード) (t); t_b : 単位ボラード当り 500 PS (可変プロパellerの場合 1.2) S; 曳航力減少率 (0.7 静止の場合 1.0), 従ってグラブ船と土運船に係留索をかけた潮流速 7ノット 風速 16.07 m/sec で静止状態を保つためには必要な引船馬力数は (4), (6) 式より 6075 PS, 3ノットで曳航する場合 (5), (6) 式より 8640 PS と仮定。そこで船間を対水速度 5ノットで曳航するために要する馬力数 4400 PS も考慮して、実際に使用した引船は D-2600 PS 1隻と D-2000 PS 2隻合計 6600 PS と仮定。

2. 潮流圧の測定結果

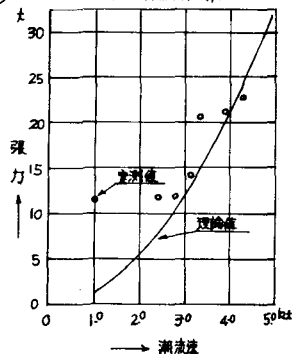
係留調査のうち潮流速と船体抵抗の関係は係留索にかける張力を測定することにより解明しようとし、グラブ船のシンカー (水中重量 150t のコンクリートブロック) ワイヤ用のウインチに荷重変換器 (スレンジャー式 L.U.E) を取付け、両舷船舷のブローチを解放して測定した。又潮流は港

図-2 張力調査時の船体位置図(南流時)



研式流向流速計を船中央部海面下 40cm 下に取り付け連続観測を行なった(図-2) 流向はほぼ 160° (方位角)。船位は 154° で船体後方に約 6° の傾斜であった。測定結果は図-3 のとおりとなり最大 4.3 ノットのとる張力は 23.3t を記録した。北流時にも測定したが、灯標基部の岩礁により渦流や横流が発生するで船体が潮流に傾くため正確な測定が出来なかった。この実測値に対し式 (4) (抵抗係数 1.4) に基づく計算した理論的な張力は図-3 の実測値より 2ノット以下では実測値がかなり大きい。4ノット附近では実測値によく合う結果が得られた。

図-3 張力・潮流の関係



3. 考察

当初抵抗係数 1.4 はやや大きいと考えたが、この潮流附近の不均則な急潮流では、ほぼ妥当な数値と云える。しかし 2ノット以下では実測値が大きく出ており、その理由について今後の検討を要する。このような実船による測定は機会に恵まれたいから、今後も努力してデータの蓄積と解析が必要となる。本調査の関係者に敬意を表したい。

参考文献

- (1) 港湾施設工学設計基準・同解説 昭和54年3月 日本港湾協会
- (2) 作業船設計基準(案) 運輸省港湾局、港湾技術研究所
- (3) 朱島航路浅瀬調査(第1, 第2巻) 報告書 昭和53年7月 日本理直浅瀬協会