

川崎重工業(株) 正員 ○ 坂井 藤一
川崎重工業(株) 玉木 利裕

1. はじめに

河口堰(防潮ゲート)に用いられる正二段式シェ ルゲートでは、海から遡上する波によって¹⁾衝撃的揚圧力を受けることがある。このような衝撃揚圧力の算定法としては、樁橋に対する合田の研究があるがゲートの場合に必ずしも適当と言えない面がある。また従来の実験結果も一般化するには不十分であると思われる。その意味でここでは一般的な波圧算定法について考察し、別途行、た実験結果などと比較してみた。計算結果は実験結果とかなりよく対応し、合田式で求まらないような条件でも一応説明できる。この点から本方法はより合理的な衝撃的揚圧力算定法ではないかと思われる。

2. 理論

合田理論では、微小振幅波を用い水の運動量変化を基に衝撃力を導き、その後で有限振幅の影響を考慮するため、第2次近似有限振幅重複波理論による補正を行っている。しかしながら、後に述べるような理論手法では水面とゲート底板の位置関係が非常に重要になるので、本報告では第4次近似有限振幅重複波理論を適用する。また合田理論では水平板の場合を扱っているが、ここでは傾斜している場合も含めて理論的な取扱いを行う。ここで用いる記号を図1に示す。

〔有限振幅波〕 ²⁾ここでは合田・柿崎が展開した有限振幅重複波の第4次近似解を用いる。すなわち、

$$\eta(x,t) = \frac{1}{R} \sum_{m=0}^4 \sum_{n=1}^4 a_{mn} \cos m\omega t \cos n\pi x \quad (1)$$

ここに、 R : 波数 $=2\pi/L$, L : 波長

ω : 角周波数 $=2\pi/T$, T : 周期

a_{mn} : h , σ , 波高 H などによって決まる係数。

〔衝撃圧理論〕 図2のように楔型剛体が水中へ突入する現象を扱うのに、³⁾von Kármánと⁴⁾Wagnerの理論がある。ここではこれらの理論を採用する。今、水面は上昇速度 $\dot{\eta}$ でゲート底板に衝突するので、衝撃圧 P および衝撃力 F は両理論より次のように求めることができる。

von Kármánの理論では、

$$F_k(t) = \frac{\pi}{2} \frac{W}{g} (\eta - d) \dot{\eta}^2 \tan^2 \psi \quad (2)$$

$$P_k(t) = \frac{\pi}{2} \frac{W}{g} \dot{\eta}^2 \tan \psi \quad (3)$$

Wagnerの理論では、

$$F_w(t) = \frac{\pi^3}{8} \frac{W}{g} (\eta - d) \dot{\eta}^2 \tan^2 \psi \quad (4)$$

$$P_w(x,t) = \frac{W}{2g} \dot{\eta}^2 \left\{ \frac{\pi \tan \psi}{\sqrt{1-(x/c)^2}} - \frac{(x/c)^2}{1-(x/c)^2} \right\} \quad (5)$$

Wagnerの理論と von Kármánの理論の差異は、図2のように接水による水面の盛り上りを考えるか否かである。

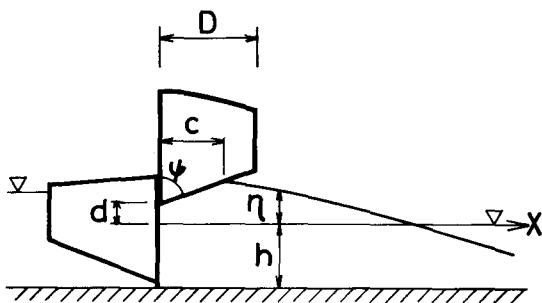


図1. 記号説明図

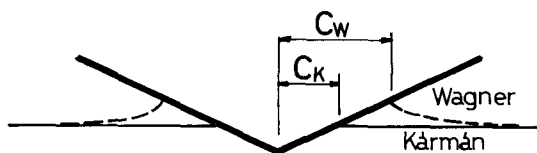


図2. 楔型剛体の着水

3. 実験⁵⁾

図3に示すような2種類の断面形状を有する模型を用いた実験から波圧・波力が判定されている。模型には底板に3個の圧力計 ($P_1 \sim P_3$), 上部にロードセルが設置されている。実験はこれらのゲート模型を造波水路にセットし、実機換算で周期6~10秒, 波高0.8~2.0mの波を作用させた。

4. 検討結果

<1>揚圧の最大値 —— 水面が底板に接してから, 接水幅Cがゲート奥行に等しくなるまでの範囲で, 最大の揚圧を図4に示す。有限振幅波による計算はかなり実験値に近い値を示し, 微小振幅波による計算より精度がよい。

<2>接水後の揚圧分布 —— Wagnerの理論では, ゲート奥行方向の揚圧分布の時刻歴変化を求めることができる。最大揚圧の分布は時刻ごとの揚圧分布の包絡線で与えられる(図5)。実験値と比較すると P_3 とは良く一致するが, P_2, P_1 とは一致しない。これは実験ではゲート中央部に給排水孔が設けられているためであろう。

<3>揚力 —— (2)式, (4)式による計算結果を合田式による計算結果と比較するため, 合田式

$$F = \frac{w}{4} H L \tanh(kh) \left(\frac{H}{R} - \frac{R}{H} \right) \quad (6)$$

と同様の表現にして図6に示す。ここにRはクリアランスを補正したもので, ここでは第4次近似有限振幅波の中分面上昇量をもとに補正した。これをみると, (6)式では計算できない $R \leq 0$ の領域でも, (2), (4)式では計算可能であり, 全般的に実験値に近い値が得られている。

—参考文献—

- 1) 合田, 「構造物に働く波力」水工学に関する夏期研修会講義集 (1967)。
- 2) 合田, 柿崎, 「有限振幅重複波ならびにその波圧に関する研究」, 港湾技術報告 5-10 (1966)。
- 3) Th. von Kármán, "The Impact on Seaplane Floats during Landing," NACA. TN321 (1929)。
- 4) V.H. Wagner, "Über die Landung von See- flugzeugen," ZAMM Jahrg. 1 Heft (1931)。
- 5) 川崎重工業, 「防潮ゲートの波圧に関する実験報告書」 (1981)。

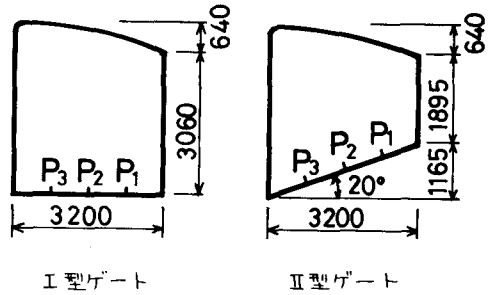


図3. ゲート模型断面図 (寸法は実機)

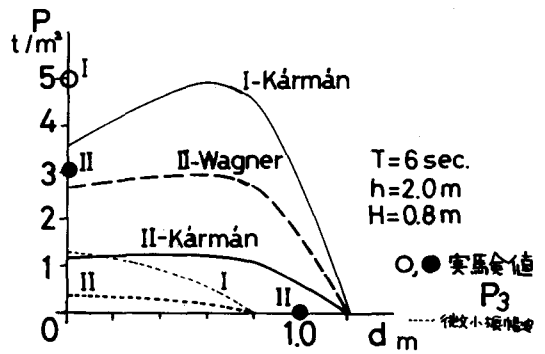


図4. クリアランスと最大揚圧

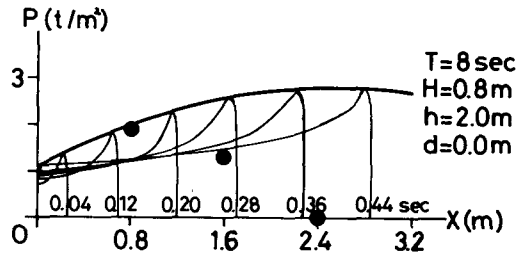


図5. 揚圧の時刻歴変化

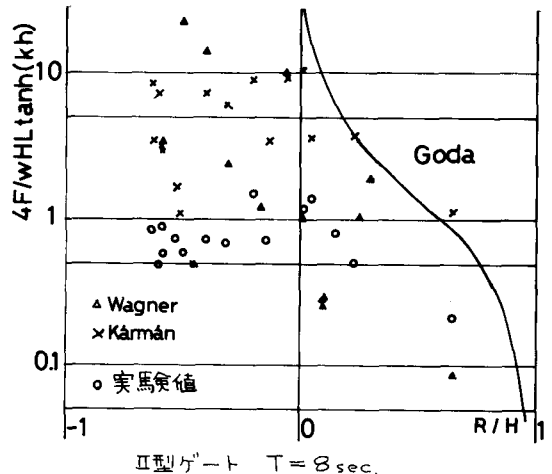


図6. 波力とクリアランス (R/H)