

1. 緒言 本研究では、水門に作用する津波段波の衝撃圧を正確に推定する方法について検討し、計画津波の波圧に関する1つの推定法を述べる。水門前面での津波はダム破壊時の段波に類似の現象と考えられるので、津波を段波としてシミュレートして検討した。

2. 段波の変形特性 津波が段波状となって陸上へ潮上する機構については、従来、解析的研究や特性曲線法による数値解法など多岐みられる。また、Cross は別に dry bed 上を進行する段波先端付近の運動を検討している。

一方、段波に関しては Ritter による理論があり、図-1の実線(曲線)のような水面形が求められている。著者らの実験から、段波先端の水面形は図-2に $\sqrt{g/h_0}$ をパラメータとして示すように、段波先端は上方に凸な水面形である。これは底面摩擦の効果によるものと考えられる。底面摩擦の効果は段波の波速にもあらわれる。図-3には、実験値のほか Dressler や Whitham の理論曲線を示す。

Cross は段波先端付近について運動量保存則を適用し(図-4参照)、その水面形を求め、初期水深 h_0 での伝播速度が定まるとして、次式を与えた。

$$\left(\frac{h}{h_0}\right)^2 = 2\left(\frac{x'}{h_0}\right)\left(\frac{g}{C^2}\right)\left(\frac{u}{u_0}\right)^2, \quad u_0 = \sqrt{gh_0} \quad (1)$$

ここに、 C は Chézy の定数。著者らの実験結果を、この式および Ritter の理論と比較したのが図-5である。

3. 段波の反射時の変形 簡単のために、段波が水平な海浜に進入する場合を考え、水門前面で完全反射する現象を Stokes の方法によって検討する。そうすると、進入してきた段波の前後における水深の比 h_1/h_0 を与えてやると、段波が水門に衝突した後の水深 h_2 と h_0 との比 h_2/h_0 をもとめることができる(図-6参照)。石原・岩垣らはこの理論を碎波後の周期波が直立壁面に衝突する場合に応用した。

このような方法によって、段波の水門前面での衝突高 R を推定することもできる(図-7参照)

4. 段波の衝突による波圧 いま3つの面からの検討によれば、段波の衝突による波圧の推定にあたって、2つの問題を考えるのがよい。その

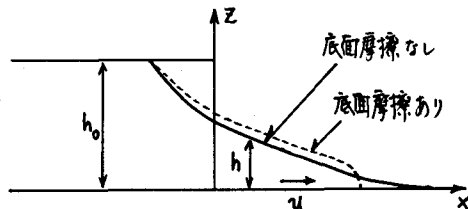


図-1 段波の特性と記号説明

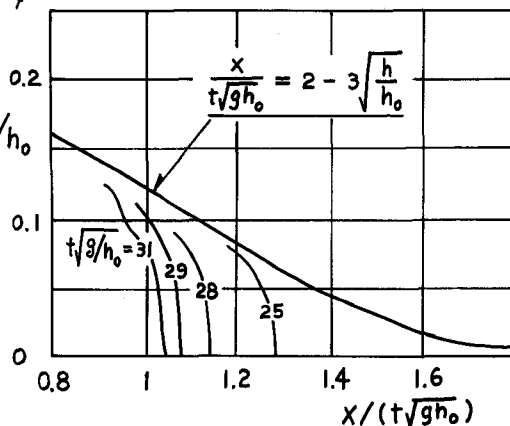


図-2 RITTERの理論と実験との比較

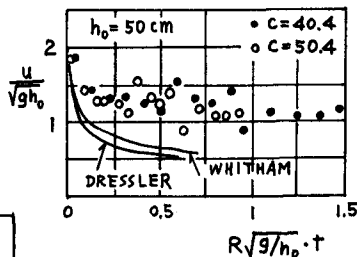


図-3 段波の波速

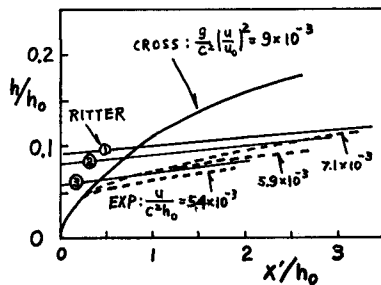


図-5 段波先端部水面形

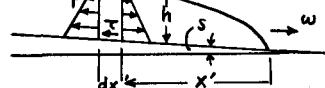


図-4 段波先端部説明図

1つはCrossのように段波が構造物に作用する衝撃圧を評価することであり、他の1つは、段波の反射時の静水圧を検討することである。

(a) 段波の衝撃圧 Cross はくさび状の水塊が壁面に衝突したときの衝撃圧に関してCumberbatchの理論の応用を試みた。着者らの実験における段波衝突時の衝撃圧のピークは降に対してはCumberbatchの理論にもとづく計算値がよく対応している(図-10参照)。Cumberbatchの理論によれば、段波による衝撃圧の最大値は底面に生ずる(図-8, 9参照)。そして、段波の最大衝撃圧は、衝突時の段波先端付近の水面こう配とその水塊の速度との関数としてあらわされる。段波が水門に到達するまでの時間を $t_0 = a_0 x_0 / \sqrt{gh_0}$ とする。水面形がRitterの解で近似できるならば、水面こう配は、

$$(\partial h / \partial x)_0 = -(2/9)(2 - \sqrt{a_0})(\sqrt{a_0})(h_0/x_0)$$

で与えられ、 $(\partial h / \partial x)_0 = \tan \theta$ 、また、 x_0 は段波発生地点より水門までの距離である。これは最大衝撃圧が発生する直前の段波の水面こう配を十分に正確に推定できればならないことを示唆している。

段波先端付近の水面こう配をCrossの理論によって求めると、次式のようなになる。実験から (h_0/x') 、 a_0 および C を推定すれば $\tan \theta = (\partial h / \partial x)'$ が求まる(着者らの実験では (h_0/x') は3~5、 a_0 は0.6~0.8、 $(g/c^2) \sim 160$)。

$$(\partial h / \partial x)' = (1/\sqrt{2})(h_0/x')^{1/2}(\sqrt{a_0})(g/c^2)^{1/2}$$

これから $\theta \sim 5^\circ$ 。 $(P_{\max}/\frac{1}{2}\rho u^2)$ と $(\partial h / \partial x)'$ との関係は図-11に示す。この場合、 C_p は1.1~1.2であり、

$$P/\frac{1}{2}\rho u^2 = C_p \{1 - (\beta/\rho_w)^2\}; \quad \beta = z/ut, \quad \text{あるいは} \quad P_{\max} = C_p \cdot \frac{1}{2}\rho u^2$$

を用いて $P_{\max}$ を算定した。

(b) 段波の反射時における静水圧 段波が直立壁面で反射する場合、進入する段波の波高と前面水深との関係によれば、反射によって段波の波高は増大するので、そのときの静水圧が重要な問題となる。着者らの実験では直立壁面として津波防止水門の模型を用い、その上端は越水できるようにしていたので

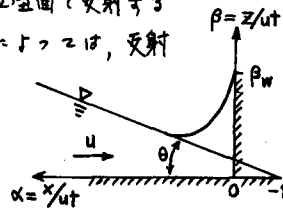


図-8 段波衝突時水面形

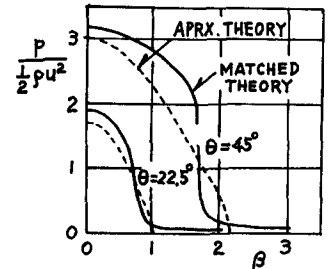


図-9 段波の衝撃圧の分布

(先端高22cm)、この静水圧はとくに大きな問題として考える必要はなかったものと考えられる。

5. 結論 上述のように、津波の計画波圧の算定には、段波をシミュレートして、その衝撃圧と反射時の静水圧の両者について検討する必要があるといえる。

終に、御指導いただいた土屋教授に謝意を表す。

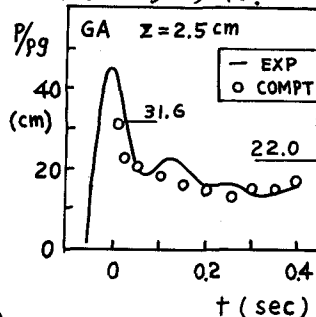


図-10 段波衝撃圧の時間的变化

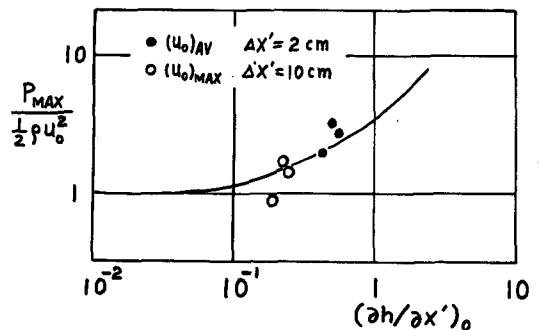


図-11 段波衝撃圧と段波先端形状との関係