

II-51

構造物に作用する段波の波圧算定式の提案

東北大学大学院 正 員 ○水谷 将

東北大学大学院 正 員 今村文彦

1. はじめに

現在までに、表面波や津波、そして重複波から砕波まで、様々な波を対象に多くの波圧の算定式が提案され、沿岸構造物の設計の際に用いられてきたが、これらの算定式は津波段波特有の動的圧力や衝撃的圧力を考慮していない。実際、1983 年日本海中部地震津波や 1993 年北海道南西沖地震津波の際には、ケーソンの倒壊や移動、防潮堤や岸壁の倒壊がみられている。したがって、本研究では水理実験により段波が構造物に作用する際に発生する波圧を詳細に測定し、衝撃力を考慮した段波の波圧算定式の提案を試みた。さらに、過去に提案された波圧公式との比較検討を行った。

2. 実験方法

使用した装置は図-1 に示すように高さ 0.44m、幅 0.3m、全長 12m のアクリル製矩形水路である。段波は鉛直造波板を水路傾斜板方向に平行に約 1 m、一定の速度で移動させることにより発生させた。また、水路の一端に勾配可変の傾斜板（勾配 1:0, 0.3, 0.6, 1, 1.53 の 5 ケース）を設け、この傾斜面の中央部の下端から 1cm の箇所に波圧計を取り付けた。波圧計の設置部分は埋め込み式の板になっており、上方向に 1cm 間隔で測定した。静水深 h は 5, 10, 15cm の 3 ケースに設定した。

3. 衝撃段波波圧

図-2 に勾配 1:0 (90 度)、静水深 15cm、傾斜板上、底面より 25cm（静水面上 10cm）の測点における波圧の時間変化分布を示す。この図より、段波波圧発生と同時に極めて大きな波圧が発生していることがわかる。この波圧は静水面の上方で発生し、前後の測点の波圧と不連続という特徴をもつ。本研究では、この波圧を衝撃段波波圧と呼ぶことにする。この波圧は勾配が直壁およびそれに近い場合に設計上、特に注意する必要がある。松富(1991)も本研究と同様の水理実験を実施し、衝撃的な段波波圧について詳細なデータを得ている。図-3 に本実験と松富(1991)、福井ら(1962)の実験結果を示す。ここに、 c は波速、 H は入射波高、 w は単位体積重量、 g は重力加速度である。最大衝撃段波波圧 p_{dm} については、本実験結果と松富(1991)の実験結果より次式を提案する。

$$p_{dm} = 0.25 \frac{wc^4}{g^2 H} \quad (1)$$

衝撃段波波圧 p_{di} の鉛直分布を図-4 に示す。ここに、 R は遡上高、 z は測点高である。この図より、衝撃段波波

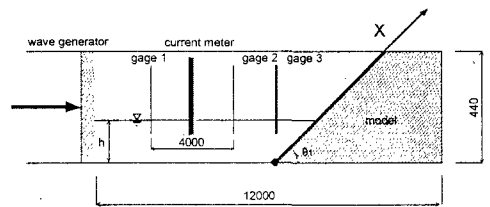


図-1 実験装置（単位:mm）

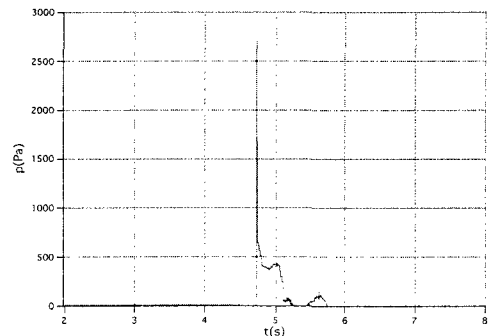


図-2 衝撃段波波圧の時間変化

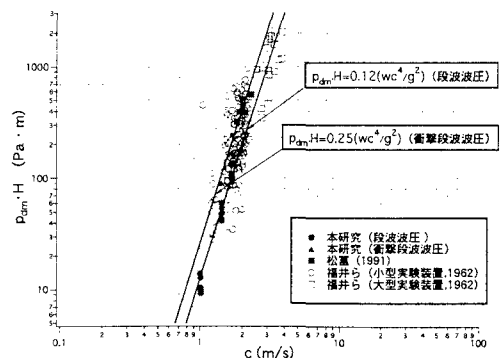


図-3 衝撃段波波圧

圧は静水面のやや上方($z/R=0.15$ 付近)で発生し、 $z/R=0.25$ 付近で最大となり、その上方では $z/R=0.5$ 付近にかけて急激に減少することがわかる。本研究では、衝撃段波波力算定式として、式(2)–(5)を提案する。

$$\frac{p_d}{p_{dm}} = 0.2 \left(1 - \frac{z}{R} \right) \quad (z/R > 0.5) \quad (2)$$

$$\frac{p_d}{p_{dm}} = 1.9 - 3.6 \frac{z}{R} \quad (0.25 < z/R < 0.5) \quad (3)$$

$$\frac{p_d}{p_{dm}} = 4 \frac{z}{R} \quad (0.15 < z/R < 0.25) \quad (4)$$

$$\frac{p_d}{p_{dm}} = 0.6 \quad (z/R < 0.15) \quad (5)$$

また、衝撃段波波圧の発生条件として、次式を提案する。
ここに、 θ_1 は構造物の前面傾斜角度である。

$$\frac{c^2}{gH} \leq -0.6 \cot \theta_1 + 3.45 \quad (6)$$

4. 既往の波力算定式との比較

構造物の局所的な破壊や安定検討の際、重要な因子である最大波圧 p_m 、単位幅あたりの波力 F の静水圧に対する無次元値について、既往の波力算定式(広井式(広井,1920)、Minikin 式(Minikin,1950)、合田式(合田,1973)、谷本ら(1984)、松富(1991))との比較検討を行った。初期条件を以下に示す。

- ・捨石マウンドなし、海底勾配一定、水深波長比 $h/L=0.01$
- ・波の卓越方向は防波堤の壁面に対する垂線方向
- ・直立矩形構造物、構造物高は波圧の作用高よりも大きい

検討結果を図-5.6 に示す。本研究の対象域(波高水深比 $H/h=0.6$)近傍に注目すると、衝撃段波波圧による算定値は、すべてのケースにおいて、既往式の算定値よりも大きい値を示している。したがって、設計上、衝撃段波波圧を考慮しないことは、設計外力の過小評価につながる可能性がある。

5. 主な結果

衝撃段波波圧の最大値および波力の算定式を提案した。また、本研究と既往の研究で提案された各波圧算定式について、最大波圧、波力を比較することにより、構造物の破壊および安定検討の際、波力の算定に衝撃段波波力を考慮せず、従来の設計式を用いることは過小評価につながるということがわかった。

参考文献

- 合田良実(1973)：防波堤の設計波圧に関する研究，港湾技術研究所報告第12巻第3号，pp. 31-69。
谷本勝利ら(1984)：1983 年日本海中部地震津波における津波力と埋立護岸の被災原因の検討，第31回海岸工学講演会論文集，pp. 257-261。
広井勇(1920)：波力の推定法に就て，土木学会誌，第6巻第2号，pp. 435-449。
福井芳朗ら(1962)：津波の研究(II)，第9回海岸工学講演会講演集，pp. 50-54。
松富英夫(1991)：砕波段波衝突時の圧力分布と全波力，海岸工学論文集，第38巻，pp. 626-630。
Minikin, R. R. (1950)：Winds, Waves, and Maritime Structures, Charles Griffin & Co., Ltd.

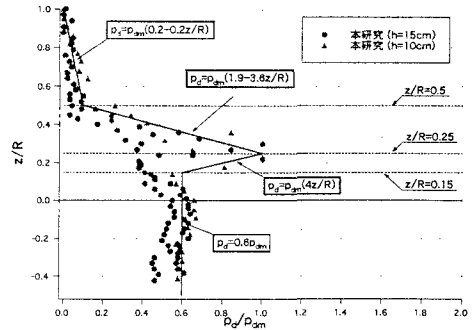


図-4 衝撃段波波圧の鉛直分布

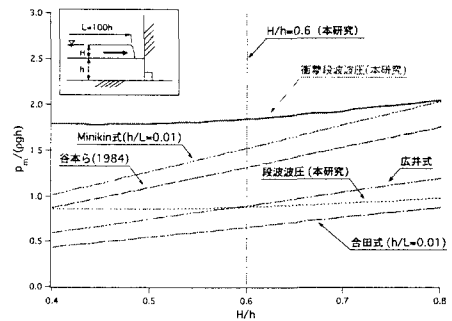


図-5 最大波圧の比較検討

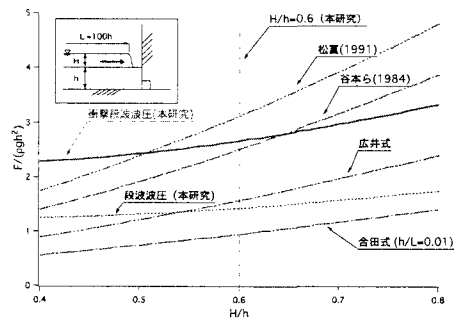


図-6 波力の比較検討