

愛媛大学工学部 正員 中村孝幸
愛媛大学大学院 学正員 川本若二
(株)日本テトラポッド 浜口敬知

1. まえがき： 海洋構造物に作用する砕波衝撃力は他の設計外力に比較して強大であることから、その明確な特性の把握や低減化が非常に重要になると考えられる。そして、既に造船の分野においては、船体を受ける衝撃力 (Slamming) は船首底形状を変化させることによってその低減化が可能であることが報告されている²⁾。従って本研究では Slamming と同様な効果が砕波衝撃力についても現れるものと考え、平板や各種の頂角を有する三角柱並びに半円柱を用い、作用する砕波衝撃力の形状に基づく低減効果について実験的に明らかにする。さらに、従来の衝撃力に関する解析法を用いて形状に基づく低減効果を求め、本実験による結果との比較の上でその妥当性を検討しようとするものである。

2. 実験装置および実験方法： 本実験は愛媛大学海洋工学科の高さ1.25m、幅1.0m、長さ28mの造波水槽を使用し行ったもので、この水槽には一端にマルチバース型規則波造波機が、他端に水底勾配 $1/10$ の傾斜底が設置してある。波力計は図-1に示すように、各物体がとりつけられる受圧部に作用する水平力を片持梁に設けた4ゲージ回路により検出する構造をとっており、本研究で用いた波条件において砕波衝撃力が最大となる斜面上での水深12.5cmの位置に設置した。用いた物体は底辺を一定 (20cm) とし、平板 (半頂角 90°)、半頂角の異なる4種類 ($61^\circ, 45^\circ, 34^\circ, 29^\circ$) の三角柱、および半円柱 (半径7.6cm) である。砕波衝撃圧は、各柱の静水面および静水面上6cmの高さで水平方向に異なる4ヶ所の位置において波力計を用いて測定した。また、用いた波条件は水平床上的の水深が71cm、周期 T が1.84sec、冲波波高 H_0 が13.0cmであった。なお、用いた波力計の固有振動数は衝撃力の測定状態においてほぼ80Hzであった。

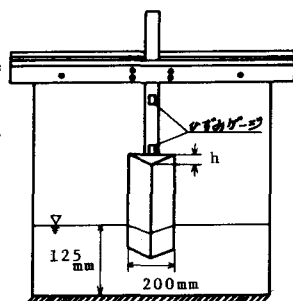


図-1 波力計

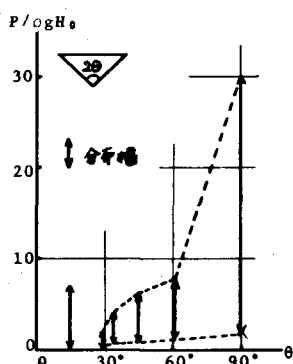


図-2 波圧強度の分布図

3. 物体形状に基づく低減化の実態

1) 砕波衝撃圧の特性： 各物体の半頂角と静水面上における各波圧強度の分布幅の関係を図-2に示す。半円柱の場合は便宜上 15° として示してある。図から明らかなように、半頂角が小さくなれば波圧強度の上限値が低減してその分布幅が狭くなり、最大衝撃圧が低減するとともに波圧のばらつきが少なくなることがわかる。また静水面上6cmにおける波圧の場合も、静水面上におけるそれとほぼ同様の傾向が見られることを付記しておく。

2) 砕波衝撃力の特性： 各物体の半頂角と各波力強度 (砕波衝撃力を pgH_{0bd} と除いた値、 b ：受圧部幅、 d ：堤体設置水深) の分布幅および平均値の関係を図-3に示す。半円柱は便宜上 15° として示す。図-3からわかるように砕波衝撃力は、半頂角が小さくなればなるほど波力強度の分布幅は上限値が低減し、その平均値も小さくなっている。そして、半頂角が 90° から 45° まではその減少率がかなり大きく、半頂角の波力に及ぼす影響が非常に大きいことがわかる。これに対し半頂角 45° 以下の場合、半頂角の波力に及ぼす影響は比較的小さく、低減効

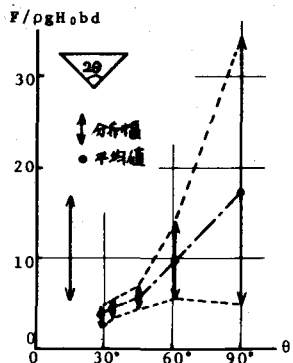


図-3 波力強度の分布図

果の面から考えると、半頂角は45°程度が最適と言える。

砕波衝撃力に対する半頂角の効果を平板の波力強度との比較より示すのが図-4、図-5である。ここで図-4は平均波力強度の比を、図-5は最大波力強度の比を示す。これらの図より、平均波力強度は平板のそれに比し半頂角60°で55%程度、半頂角30°で25%程度に減少していることがわかる。そして、最大波力強度についても平板のそれに比し半頂角60°で40%程度、半頂角45°で15%程度に減少しており、平均波力強度での減少率に比較すると、半頂角の最大波力の低減に及ぼす影響は小さくなっていることがわらう。

以上のことから、三角柱の半頂角を小さくすればするほど波力は低減し、しかも半頂角は最大波力の低減化に効果的であり、形状効果に基づく波力の大きな低減が可能になるものと言えよう。

4. 従来の理論との比較： 合田らは直柱および円柱に作用する砕波波力の算定において砕波衝撃力に加え、特に静水面下で作用する抗力と質量力も考慮した算定式を提案している²⁾。しかし、衝撃力と調和振動波力に分解できる理論的根拠は存にもなく、しかも本研究のように砕波点近傍においてこのように波力を分解することは相当困難である。従って、本研究では測定波力を砕波衝撃力としてのみとらえ、合田らの平板の付加質量を仮定した運動量理論に基づく結果との比較を行なった。合田らによると鉛直方向の単位幅当りの衝撃力は式で与えられている。

$$dF = \frac{\rho U}{2g} C_D \cdot \delta \cdot \tan \alpha \cdot D$$

ここに C_D ：砕波係数、 α ：半頂角、 δ ：水の単位体積重量、 D ：受圧部幅であるこの測定波力と理論式から算定した値を比較したものが図-6である。図中で実線が鉛直方向の単位幅当りの測定波力（全測定波力を砕波の作用高さで除した値）を示しており、点線が理論式から算定した値を示している。また、図中には測定された平均波圧に基づく算定した波力が一点鎖線で付記してある。この図から明らかなように、測定波力と波圧に基づく算定した波力はともに理論値と同様に三角柱の半頂角を小さくすればするほど波力が低減する傾向を示し、理論値との定性的な一致が確認された。しかし、測定波力の値は相対的に理論値を下回り、半頂角が大きくなるに従って理論値との差が大きくなっている。また、測定波圧に基づく波力の値も相対的に理論値を下回り、半頂角が小さくなるに従って理論値との差が大きくなっている。以上、本研究による形状に基づく低減効果は理論式から算定されるそれに比し定量的な一致は必ずしも十分とは言えず、さらに理論的な検討が必要と考えられる。

4. 結論： 以上本研究では、三角柱・半円柱によって、作用する砕波衝撃力は平板に作用するそれに比較し明らかに低減された。そして三角柱を用いた場合、頂角を小さくすればするほど砕波衝撃力は低減されること明らかとなった。また、砕波衝撃圧においても波力と同様に三角柱・半円柱による低減効果が確認された。さらに、本研究によって得られた砕波衝撃力の形状に基づく低減効果は従来の解析法に基づくそれと比較して、定性的な一致は認められたものの、定量的な一致は不十分であった。

【参考文献】

- 1) 渡辺恵弘：船首底衝撃（Slamming）に就て、造船協会論文集第93号，1953年5月，PP 65～73
- 2) 合田良典・原中祐人・北畑正記：直柱に働く衝撃砕波力の研究，港務技術研究所報告第5巻6号，1966年2月，PP 220

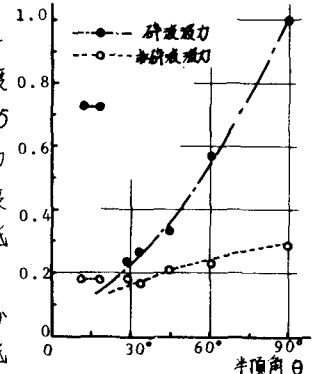


図-4 平均波力強度比

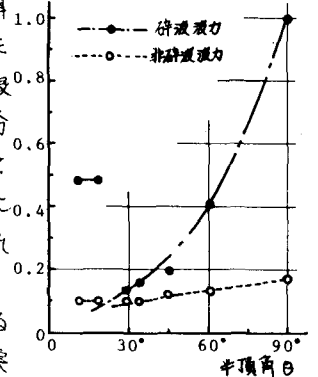


図-5 最大波力強度比

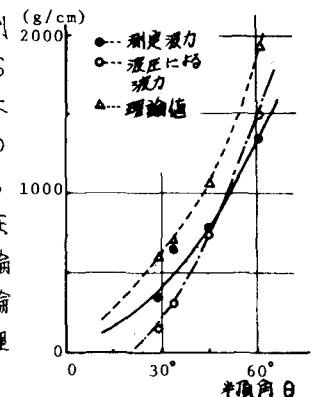


図-6 測定波力と理論値