

リーフ上の防波堤に作用する波圧に関する水理模型実験

業務名	漁港構造物波圧算定式検討調査（11-334，12-334）
委託者	沖縄県
担当者	小林学、滑川順、（佐藤勝弘）

1. 調査の目的

沖縄県では、高波浪時に発生するリーフ上の特異な波浪・水理現象（波浪・流れ、長周期波（波群津波））を考慮した新たな設計指針を確立することを目的とし、平成3年から平成9年度までリーフ上の波浪観測調査を行い新たな成果として①リーフ上における波高・水位上昇量算定式中の各係数の見直し②天端高・防波堤に作用する波圧算定においてサーフビート効果の導入等を行い、実設計に使用されている。しかし、従来の設計法では長周期波（サーフビート）を取り入れた場合の波圧算定式はなく、設計波高として短周期波波高とサーフビート波高の最大値をエネルギー合成した波高を用いて従来の波圧算定式を使用する便宜的に方法の提案にとどまり、今後の課題として残っていた。このため、平成11年から平成12年度には、リーフ形状（フラット、環礁型）、水深、堤体位置、作用波を変えた系統的な2次元水路での水理模型実験により、リーフ上の波浪特性と波圧特性との関係を明らかにすると共に、サーフビートの影響を考慮した波圧算定式の検討を行い、これらの成果を基にリーフ上の構造物に作用する波圧算定式の提案を行った。

2. 調査の方法

図 - 1 に本調査の調査フローを示す。

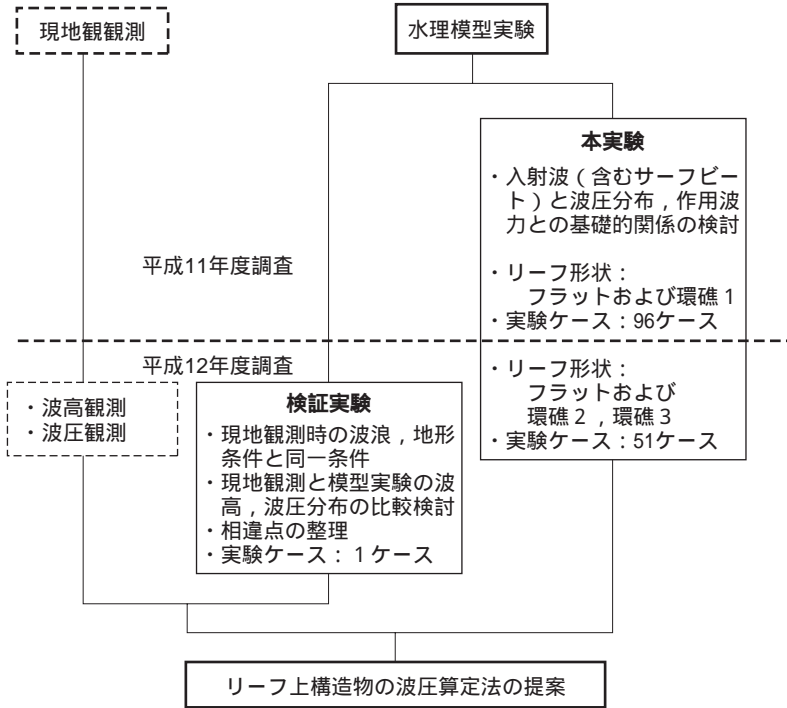


図 - 1 調査のフロー

実験は、水産工学研究所所有の幅1.0m × 深さ1.5m（水深1.0m） × 長さ100mの2次元造波水路を用いて行った。地形模型の海底勾配は1/10、模型縮尺は1/50とした。実験波浪はブレットシュナイダー・光易型スペクトル不規則波とし、波高約2.5～10.0mと周期約10～16sを組み合わせた12種類とした。実験水位（リーフエッジでの水深）は、現地との整合性を考慮し、0.5、2.5mの2水位とした。図-2に示すようにリーフ形状をフラット型と環礁型の場合で行い、環礁型の場合には、環礁の高さDや環礁幅Wを数種類変えた形状についても検討した。水面変動（波高）を測定するとともに堤体位置を5種類変え作用波圧を測定した。測定された水面変動（波高）と波圧は、短周期成分・長周期成分・平均成分に分離し、各成分の特性と相互の関係を検討した。写真-1に実験時の波作用状況例を示す。

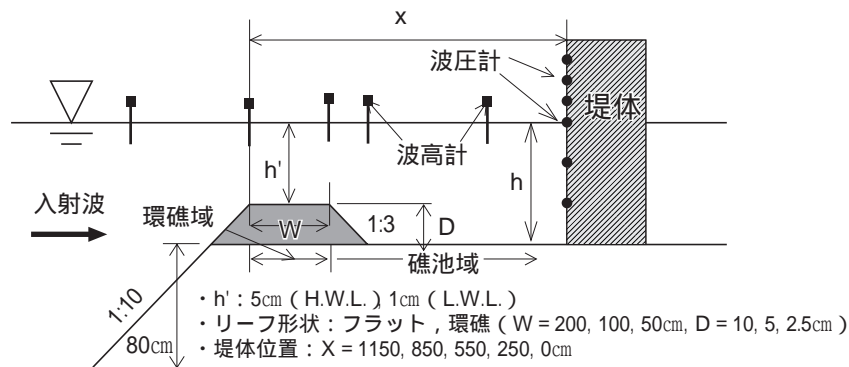


図-2 実験で使したリーフ形状・測定位置

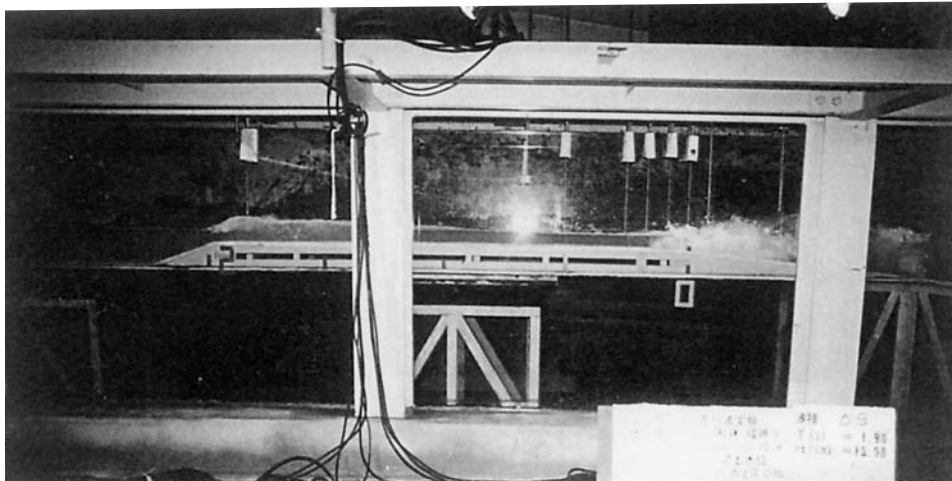


写真-1 環礁地形上の波浪状況（波は右側より入射）

3. 主な調査結果

図-3は堤体前面の水面変動（静水圧換算値）と静水面下-2.0cm（模型量）の波圧の経時変化の比較例である。長周期成分は水面変動の静水圧換算値換算値と波圧波形はほぼ一致しており、静水圧的に作用すること、一方、短周期成分は、水面変動のピーク付近で静水圧換算値との差が大きく、長周期波とは分けて考えるべきと判断される。このことより、全波圧および全波力は、短周期成分と長周期成分の波圧およ

び波力をおのの求め、これらに平均水位上昇量に対応する量を加えて重ね合わせで推定すべきと考えられた。なお、平均水位上昇量は、静水圧として防波堤の内外で同等に生じると考えられるので、防波堤に作用する波圧としてはその寄与は差し引いて考えるが、後述のように波圧の作用高さの算定には考慮されている。

図 - 4 は全波圧の1/10最大波圧強度の分布例である。静水面上がほぼ三角形、静水面下がほぼ一様となる台形分布であり、平均水位上昇量による分を差し引いた防波堤に作用する波圧の分布としては、平均水面以下を一様とする台形分布と考えて良いと判断される。

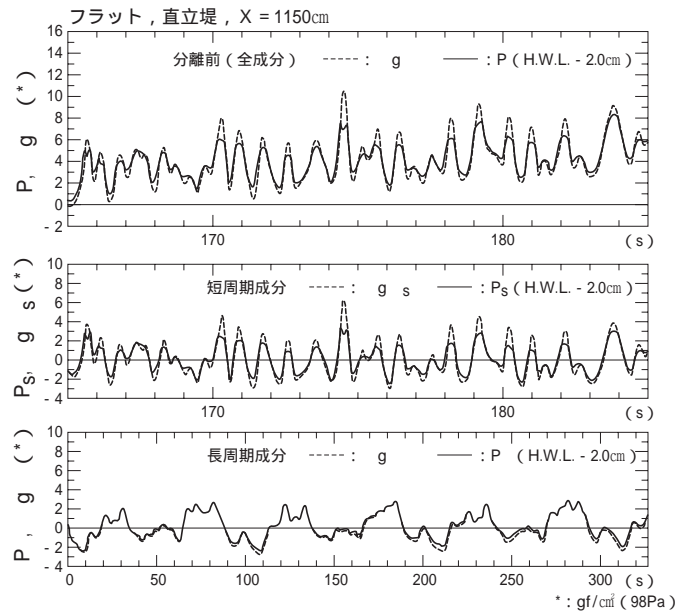


図 - 3 堤体前面の水面変動（静水圧換算値）と波圧の経時変化

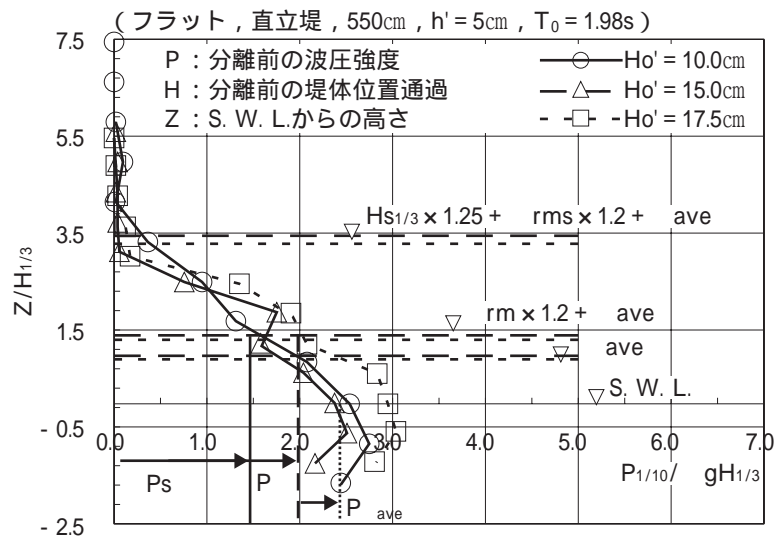


図 - 4 1/10最大波圧強度の分布例

各成分の波圧強度とその分布について得られた結果は以下の通りである。

・長周期成分の波圧強度とその分布形状

静水圧分布と仮定できるので、静水圧の何倍かを示す波圧係数は1.0とみなしてよい。分布形は、平均水面から1/10最大波圧発生時に対応する長周期波の振幅を加算した水面（長周期波の作用高さ）まで三角形となり、平均水面以下が一般的な台形分布となると考えられる。実験範囲内では1/10最大波圧発生時の長周期波の水面変動（作用高さ）は、長周期波の振幅標準偏差 rmsの約1.2倍であり、換算沖波 H_0' のほぼ4～8%であった。したがって入射波の諸元により推定可能となる。

・短周期成分の波圧強度とその分布形状

図 - 4 より、静水面上の分離前の波圧強度はほぼ三角形に分布しているとみなせるので、短周期成分の分布としては、長周期波の作用高さから短周期成分の波圧作用高まで三角形、長周期波の作用高さ以下が一般的な台形分布と考えると、分離前（全成分）の波圧強度の分布形状が各成分の重ね合わせとして表現でき合理的である。なお、短周期成分の波圧作用高は「平均水面に長周期波の振幅を加算した水面」から堤体位置通過波短周期成分の有義波高の1.25倍程度と見られる。

静水面位置の波圧係数は図 - 5 のように一定ではなく、リーフエッジから奥に向かって小さくなる傾向にある。このため、本調査では非線型性をあらかずパラメータとして合田の提案した前傾度を考慮して波圧係数を整理し、リーフ形状や堤体位置・堤体前面水深の違いによらず波圧係数を精度良く推定できよう定式化した。なお、詳細は小林ら（2001）を参照されたい。

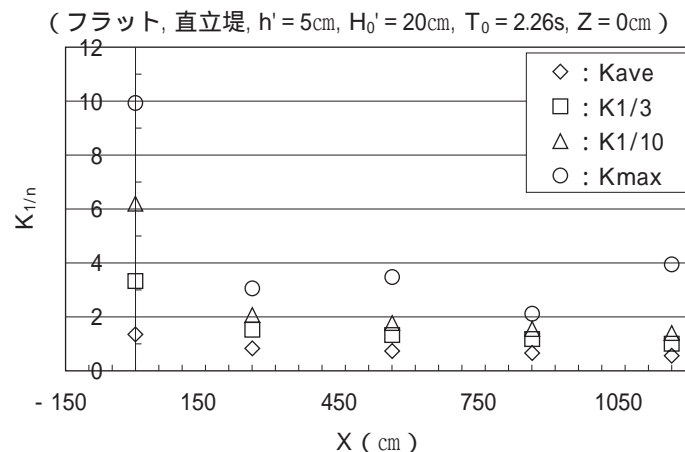


図 - 5 短周期成分の波圧係数の位置的变化

・リーフ上の波力算定式の提案

以上の結果を踏まえ、図 - 6 に示すように波圧の分布形状を仮定したり - フ上の波力算定式を提案した。短周期等の各成分の波力は、短周期波力が実線で、長周期波力が点線で囲まれた面積で表される。全波力はそれらの和として算定される。長周期波圧の作用高 * は平均水面上に、短周期波圧の作用高 s は平均水面に長周期波圧の作用高を加えた水面上に加算される。前述のように作用高さには平均水位上昇量が考慮されており、長周期成分の作用高さは短周期・長周期両成分の発現同時性を考慮して設定されている。

図 - 7 は、堤体位置の短周期波高・平均水位上昇量および長周期波の振幅には実験値を使用して算定した全波力の推定値と実験値とを比較したもので、提案式による波力は、堤体位置によらず推定値は実験値をよく表し、リーフ上の波力の算定式として妥当であると云える。

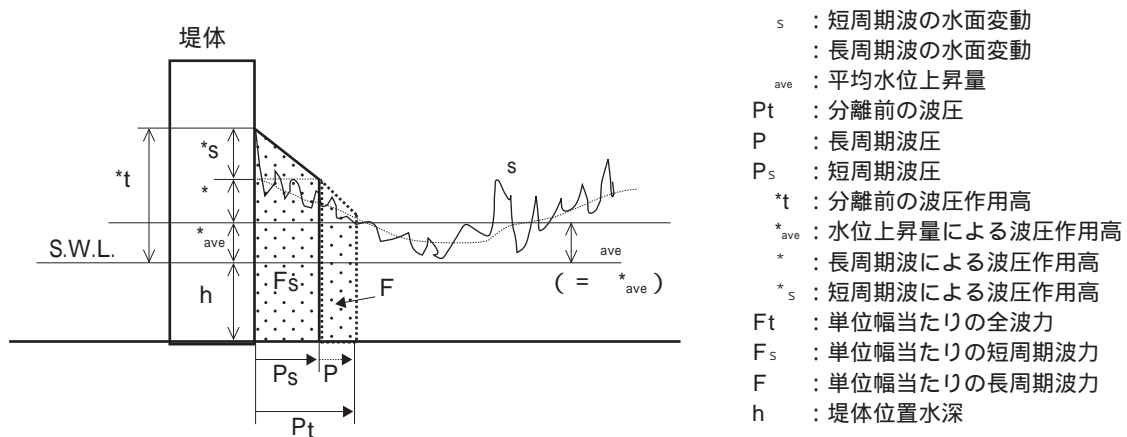


図 - 6 リーフ上防波堤に作用する波圧分布形状の概略図

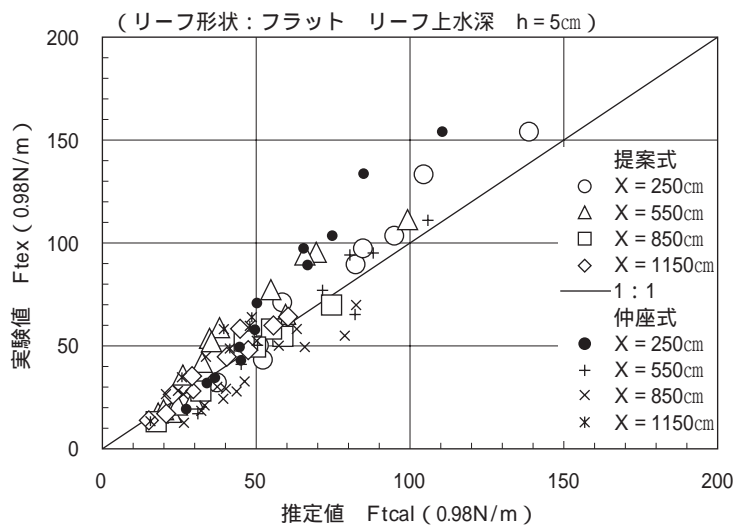


図 - 7 全波力の実験値と推定値の比較

4. 成果の活用

本調査により、リーフ上の防波堤に作用する波力の特性が明らかとなり、その作用波力は同時性を考慮することにより、短周期成分・長周期成分の各成分に分けそれぞれを算定し、それらの和として求められることが分かり、従来法に比べ合理的な算定式が提案された。

これらの成果はリーフ上の構造物設計時の波力算定法として設計指針あるいは設計手引きに取り入れられ、実設計での利用が始まるものと期待される。

参考文献

小林・中山・宮地・榎本・金城・篠田・佐藤 (2001) : リーフ上の防波堤に作用する波圧に関する実験的研究., 海岸工学論文集, 第48巻, pp.826-830.