

II-313 球面人工礁による波の制御について

清水建設（株） 正会員 田中正博 正会員 清川哲志
正会員 大山 巧

1. はじめに

最近全国各地で沿岸の開発や港湾の再開発が構想を中心に活発化している。従来の沿岸開発は臨海工業の生産の場を提供することであったが、最近の開発や構想の特徴は市民のために生活の場・遊びの場を提供しようとするものが多いことである。多くの国民は余暇活動を非常に重視する傾向を示しているのでこのニーズは今後ますます大きくなっていくものと考えられる。我が国の国民一人当たりの公園面積は先進国平均の1/10以下であり、また沿岸域が未整備である点を考えれば沿岸域に快適な憩いや遊びの空間を創出することは今後の沿岸開発にとってきわめて重要である。そのためには外力としての波や流れから各種施設を守るという施設としての安全性のほかに、美観・景観、親水性、人間にとっての安全性がきわめて重要になってくる。また、生活の場・遊びの場としての沿岸に要求される機能は従来の構造物と異なり静穏時を中心に考えなければならないが、単に静穏であるだけでなく変化のある海域を創出することが重要である。そこで著者は、美観、人間にとっての安全性、親水性にすぐれた憩いと遊びの場を沿岸域に創出すべく海底に可撓性膜で曲面の浅瀬を作り、静穏時には波高を増幅・減少させ変化のある遊びに適した海域を創出し、荒天時には砕波により波高を減少させて海岸を波から守ることを目的とした人工礁を考案した。人工礁によって波を制御しようとする場合大寸法の構造物が必要になるので従来の工法では実用的でないが、膜を用いれば寸法の増加は障害とならず大水深化、大寸法化にも十分対応できる。本報告は人工礁の基本的な形状として球面人工礁を選び、剛体モデルを用いて球面人工礁による波の制御（波高の増幅と減少）について数値計算と模型実験を行った結果の一部である。

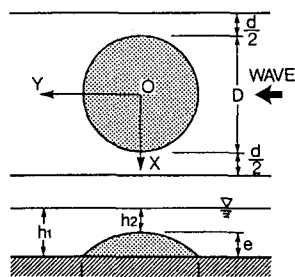


図-1 記号の定義

2. 球面人工礁による波高分布に影響する要因

球面人工礁による波高分布に影響する要因を把握するため剛体モデルを用いて人工礁の設置間隔、球面の曲率、波浪条件を変えて数値計算を行った¹⁾。本報告に用いた記号の定義を図-1に示す。ここでは波高の増幅・減少を広くして把握するために、図-1で $X = -0.5(D+d) \sim 0.5(D+d)$ および $Y = -0.5D \sim 1.5D$ の領域内に現れる波高が入射波高の1.4倍以上に増幅された領域および0.6倍以下に減少した領域の面積を人工礁の投影面積 S_0 で除した S_1/S_0 および S_2/S_0 で整理した。

(1) 人工礁の設置間隔の波高分布への影響

図-2および図-3は人工礁と人工礁の設置間隔 d と人工礁の径 D との比 d/D を1.0～0.0で5段階変えたときの人工礁の径 D と水深 h_1 (=28m)での波長との比 D/L に対応した波高の増幅(S_1/S_0)および波高の減少(S_2/S_0)をそれぞれ示したものである。波高の増幅は $d/D=0$ の場合他の場合に比べて小さいが、 $d/D=0.333 \sim 1.0$ の範囲ではあまり大きな違いはない。一方、波高の減少については

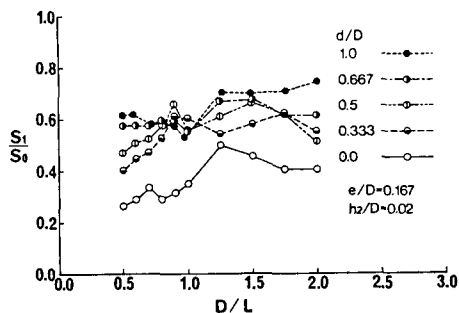


図-2 人工礁の設置間隔の波高増幅への影響

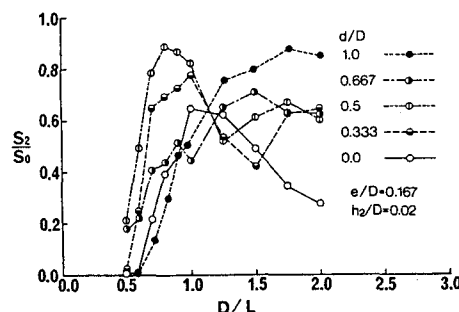


図-3 人工礁の設置間隔の波高減少への影響

d/D により大きく異なり、 $D/L \geq 1.25$ では設置間隔の大きい $d/D=1.0$ が増幅領域も大きい、 $D/L \leq 1.0$ では設置間隔の比較的小さい $d/D=0.333$ 、 0.5 で波高減少の広い領域が得られる。実用的には人工礁の径が小さい方が望ましいので、 D/L の小さい領域でも大きな効果が期待できる d/D の小さいものがよいと考えられる。

(2) 人工礁高の波高分布への影響

図-4および図-5は球面人工礁頂部の没水深 h_2 を一定にし人工礁高 e と人工礁の径 D との比を 0.167 、 0.12 、 0.08 に変えたときの D/L に対応した波高の増幅と減少をそれぞれ示したものである。 $e/D=0.167 \sim 0.08$ の範囲では S_1/S_0 にほとんど差は認められない。一方、波高の減少については e/D の大きい方がその面積も大きくなっているが、その違いは $D/L \leq 0.6$ を除いてあまり大きくない。 e/D による波高分布への影響は小さいが、小さい D/L に対しても波高の減少が期待できる e/D の大きいものが好ましい。

3. 模型実験による検討

図-6および図-7は2次元水槽を用いて行った $e/D=0.333$ 、 $d/D=0.167$ 、入射波高 $H_i=2\text{cm}$ で D/L と h_2/D の異なる球面人工礁模型実験結果の $X=0$ における波高分布例で、図中の実線は計算値である。

$h_2/D=0.04$ で $D/L=1.0$ の場合(図-6)実験値の方が大きい値となっているが比較的一致している。一方、 $h_2/D=0.02$ で $D/L=0.6$ の場合(図-7)、 $Y=15 \sim 55\text{cm}$ のピーク値および $Y \geq 155\text{cm}$ において実験値は計算値の $1.5 \sim 2$ 倍で大きな違いを示している。図-7のケースのように球面の没水深 h_2 および D/L が小さい場合には波の非線形性が強くなるため両者の差が大きくなるものと考えられる。砕波領域を除くと殆どの領域で実験値の方が計算値よりも大きい値となっているので、 h_2 や D/L の小さい場合球面人工礁による波高の増幅効果は先に求めた計算値よりも大きく、逆に波高の減少効果は小さいと考えてよい。

4. まとめ

- ・ $D/L=0.5 \sim 1.0$ と径の小さい球面人工礁でも波高を増幅・減少させることが可能である。特に、増幅に有効であり、波高の増幅には人工礁の設置間隔や球面の曲率はあまり影響しない。
- ・ 頂部の没水深 h_2 や D/L が小さい球面人工礁の場合波の非線形性が現れるため、ここで用いたような線形理論による計算値よりも実験値の方が大きな波高分布を示す。
- ・ 今後、柔モデルを用いて剛モデルとの比較、潜堤等への適用性を検討する予定である。

参考文献； 1) 清川哲志・大山巧・小林浩：波動方程式の直接差分による港内波高分布解析法，第29回海岸工学講演会論文集，pp. 90～94，1982。

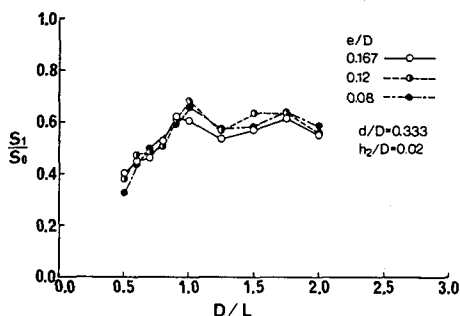


図-4 人工礁高の波高増幅への影響

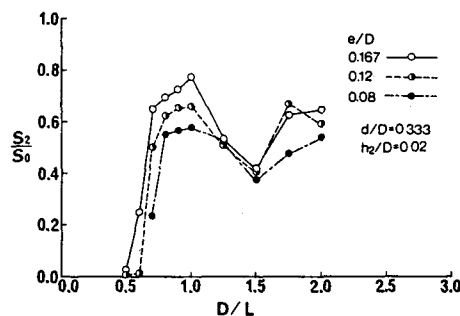


図-5 人工礁高の波高減少への影響

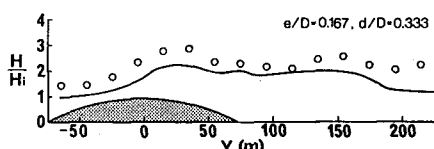


図-6 実験による波高分布例
($h_2/D=0.04$, $D/L=1.0$)

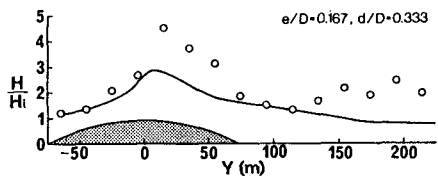


図-7 実験による波高分布例
($h_2/D=0.02$, $D/L=0.6$)