

没水型長周期波対策工の消波性能に関する水理模型実験による検討

日本海洋コンサルタント株式会社  
日本海洋コンサルタント株式会社  
日本海洋コンサルタント株式会社  
国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所

正会員 内山一郎  
正会員 ○山本禎寿  
村瀬良平  
及川 隆

1. はじめに

港湾における長周期波対策の一つとして、防波堤の港内側にマウンド形式の消波構造物を設置する方法<sup>1)</sup>が挙げられる。本検討では天端が静水面に位置する没水型対策工<sup>2)</sup>を対象に、防波堤と対策工の間に遊水部がない「切欠なし」構造、遊水部を有する「切欠あり」構造の2断面における消波性能について水理模型実験を行い確認した。

2. 実験方法

実験には、長さ50m、幅0.6m、高さ1.2mの二次元造波水槽を用いた。模型の縮尺は1/50であり、図-2に示すとおり、ケーソン前面から造波機側に水平床を設け、その先に1:50勾配の擦付床を設置した。入射波は現地スケールで波高0.25m程度、周期40～120秒の規則波とした。反射率の解析には合田らの入反射波分離推定法を適用し、用いた波高計の組合せは、ケーソンから擦付床先端までの中央に波長(L)の1/4および1/8の間隔で設置した。

3. 検討ケース

検討ケースを表-1に示す。何れの設置水深(h)も13.15mであり、対策工本体は30～200kg/個の基礎捨石の表層を20t型消波工2層で被覆する構造とした。また、切欠ありについては、通常の傾斜堤と同様に消波工3個並びの天端幅とした。まず、周期の影響を検討する目的で40～120(s)の周期について検討を行った。なお、検討対象港湾での対象周期は80(s)である。次に、没水型対策工の天端高はM.S.L.(D.L.+0.88m)に設定しているが、潮位がH.W.L.(D.L.+1.50m)およびL.W.L.(D.L.±0.00m)に変化したときの影響について検討を行った。また、周期を80(s)に固定し、切欠なしについては天端幅(B<sub>M</sub>)、切欠ありについては離隔距離(B<sub>d</sub>)の影響についても検討を行った。

4. 実験結果

実験結果は図-3に示すとおり、切欠なしについては既往の検討<sup>2)</sup>において、断面幅の考え方が対策工断面の没水部をそれと等しい高さの矩形断面に置き換えたときの幅(B\*)として定義して無次元化を行っている。

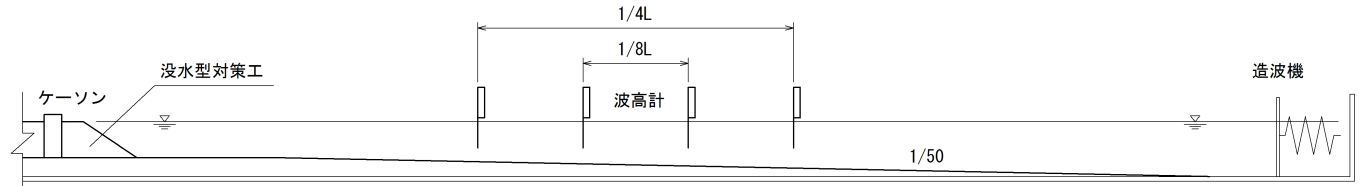


図-2 没水型長周期波対策工の模式図

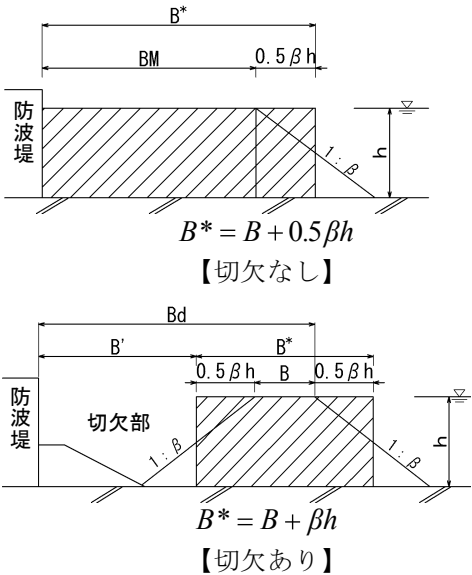


図-1 没水型対策工の模式図

表-1 検討ケース

| Case名     | 構造条件 |                                                   | 実験目的   | 周期<br>T (s) | 水位<br>D. L. (m) |
|-----------|------|---------------------------------------------------|--------|-------------|-----------------|
|           | 切欠   | 天端幅 B <sub>M</sub> (m)<br>離隔距離 B <sub>d</sub> (m) |        |             |                 |
| Case. 1-A | なし   | 30                                                | 周期の影響  | 40          | 0.88            |
| Case. 1-B |      |                                                   |        | 60          | 0.88            |
| Case. 1-C |      |                                                   |        | 80          | 0.88            |
| Case. 1-D |      |                                                   |        | 100         | 0.88            |
| Case. 1-E |      |                                                   |        | 120         | 0.88            |
| Case. 1-F |      |                                                   | 潮位の影響  | 80          | 1.50            |
| Case. 1-G | なし   | 20                                                | 天端幅の影響 | 80          | 0.00            |
| Case. 2-C |      |                                                   |        | 80          | 0.88            |
| Case. 3-C |      |                                                   |        | 80          | 0.88            |
| Case. 4-A |      | 40                                                | 周期の影響  | 40          | 0.88            |
| Case. 4-B |      |                                                   |        | 60          | 0.88            |
| Case. 4-C |      |                                                   |        | 80          | 0.88            |
| Case. 4-D |      |                                                   |        | 100         | 0.88            |
| Case. 4-E |      |                                                   |        | 120         | 0.88            |
| Case. 4-F | あり   | 30                                                | 潮位の影響  | 80          | 1.50            |
| Case. 4-G |      |                                                   | 離隔の影響  | 80          | 0.00            |
| Case. 5-C |      |                                                   |        | 80          | 0.88            |

本検討においてもこれを参照して無次元化を行った。切欠ありは切欠なしと同様に対策工断面を図-1のように矩形に置き換えた幅( $B^*$ )と、ケーソンと置き換えた矩形断面までの距離( $B'$ )を設定し、これら足し合わせた長さを用いて無次元化を行った。無次元化を行った結果を図-3に示す。

**(1)周期および天端幅・離隔距離の影響：**今回の実験結果は概ね既往の実験結果<sup>2)</sup>と一致する結果が得られた。つまり、一定の天端幅に対して作用周期が長くなるほど、同一周期に対して天端幅が狭くなるほど消波効率が低減する。この傾向は切欠なし・ありで同様の傾向であった。

**(2)潮位の影響：**切欠なしについては今回の実験結果では潮位変化による反射率の顕著な変動傾向は見られなかった。これについては、対象周期(波長)と設置水深に対する潮位の感度が関係するものと考えられる。つまり、今回の設計対象周期は80secと比較的長い周期を対象としているため、元々の目標反射率0.9前後の高めの設定となっており、波長が長く相対幅( $B^*/L$ )が小さくなる範囲では設置水深に対する10%以下の水深変化は影響していない可能性がある。一方、切欠ありは切欠なしに比べ変動幅が広く、H.W.L.時に効率が若干低減する傾向にある。

**(3)切欠なし・ありの消波性能の比較：**今回の無次元化量は図-1に示すとおり、切欠なしでは $B^*$ であり切欠ありでは $(B^*+B')$ であるが、切欠なしの天端幅( $B_M$ )と切欠ありの離隔距離( $B_d$ )が同一とするとお互いの無次元量、つまり、図の横軸の値は同じ値となる。一方、図-3では今回得られた全てのデータに対して近似曲線(対数)を求めた。両者の近似曲線を比較したものを図-4に示すが、横軸の $B^*/L$ もしくは $(B^*+B')/L$ が0.05付近で逆転しており、設計対象周期等により優劣が逆転することとなる。ここで、表-2に検討対象周期を80(s)とした場合と40(s)とした場合で今回検討した幅20~40m程度の反射率推定結果を示す。周期80(s)程度では切欠なしの方が反射率は低く効率がよいが、周期が短い40(s)程度では逆に切欠ありの方が優位となる。

5. まとめおよび今後の課題

今回検討した消波工を用いた長周期波対策工は消波性能が高く、多くの港湾での適用が可能であると考ええる。一方、設置水深や対象周期によりその効率が変化する可能性があり、特に、天端幅、離隔距離、消波層厚等、消波の詳細なメカニズムは必ずしも明らかになっていない。今後、より高性能な構造への改良を図るためにも、メカニズムの解明が必要と考える。また、これらをパラメータとした水理実験をその設計対象毎に実施することは煩雑であり費用も必要となる。そこで、CADMAS-SURF等の数値計算を利用することが有効と考える。先ずは、今回得られた実験結果に対する入

力パラメータのキャリブレーションを行い、計算モデルの再現性を高める必要がある。

参考文献

1)山田晶子, 国栖広志, 爲廣哲也, 小平田浩司, 平石哲也：石巻港における長周期波の消波対策に関する検討, 海洋開発論文集, 第21巻, pp.785-790, 2005.  
2)田中真史, 松本朗, 半沢稔: 没水型長周期波対策工の消波特性に関する実験的検討, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol.68, 第2号, pp.I\_816-I\_821, 2012.

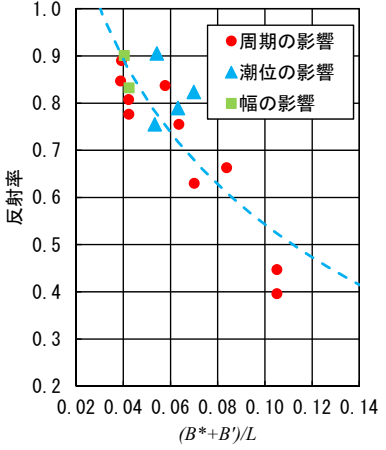
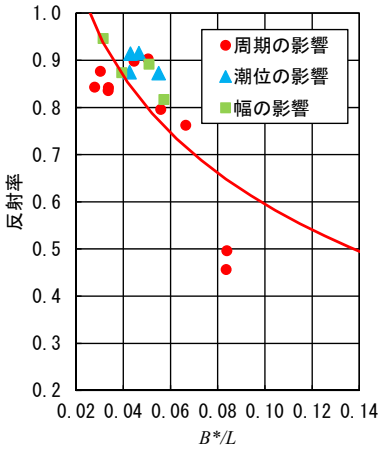


図-3 相対幅と反射率の関係

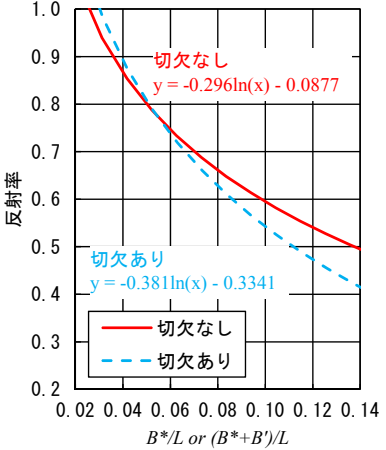


図-4 近似曲線の比較

表-2 推定反射率の比較

| 周期<br>$T(s)$ | 波長<br>$L(m)$ | 天端幅 $B_M(m)$<br>離隔距離 $B_d(m)$ | $B^*/L$<br>$(B'+B^*)/L$ | 推定反射率 $K_r$ |           | 有効断面 |
|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|-----------|------|
|              |              |                               |                         | 切欠なし        | 切欠あり      |      |
| 80           | 938          | 20~40                         | 0.031~0.053             | 0.78~0.94   | 0.79~0.99 | 切欠なし |
| 40           | 469          | 20~40                         | 0.062~0.105             | 0.73~0.58   | 0.72~0.52 | 切欠あり |