

まえがき

ケーソンの前面に消波工を配した消波ブロック被覆堤は、ケーソンに作用する波力の軽減と越波防止の点から盛んに採用されてきたが、近年は船舶航行や漁業操業等の面から反射波軽減のために重複波領域にも採用されてきている。この型式の短所は、建設水深が大きくなると著しく工費が高くなること、および大波浪下にあつては消波工を形成するブロックに大きな重量を必要とすることである。

この隘路を開通するために、各種の消波ケーソンが開発されているが、据付にあたってはいずれも大型の起重機船を必要とする。このため現在の技術水準の延長線上にあつて、浮ドックや斜路での進水が可能で、しかも万一の災害に対しても直ちに消波ブロック被覆堤にvari得る、消波ケーソンの開発が要請された。試行錯誤により、従来ケーソンの隔室寸法で、外側壁の上半分をスリットにして外側隔室を消波機能部としたケーソンが、これらの要請に応えられることを確認したので、ここに発表するものである。

1. 従来ケーソンの外側隔室を消波部としたケーソン

模型は図-1に示す5種類である。図中のa型は従来の混成堤で、この滑動抵抗力を基準として4種類の消波ケーソンの優劣を比較する。b型は外側をスリットにして隔室内に4~5tの消波ブロックを填充するもので、ケーソンの曳航には浮力タンクの補助使用を考えた。c型~e型は外側の上半分のみをスリットにして、進水・曳航時にはスリット部に簡単な蓋を取付けて浮力を持たせるものである。

c型は外側隔室に消波ブロックを填充するもの、d型は外側隔室の下半分を砕填充あるいはプレバックドコンクリートにして、ケーソンの幅をそれほど増さずに堤体重量を確保しようとするものである。なお、e型は上部スリット、下部不透透壁スリットケーソンとしたものである。もともと、この型式は、c型およびd型におけるケーソン据付時の滑動安定性を検討するうえでも重要な意味合いを持っている。

2. 滑動抵抗力

実験には、長さ2.8m、幅0.8m、高さ1mの規則波造波水路を使用した。実験縮尺としては、現地の建設水深1.8m、設計波高 $H/3 = 6\text{ m}$ 、天端高+4.5m、ケーソン幅1.5m(ケーソン隔室幅5m)、割石基礎厚4.5m、ケーソン据付水深-1.3.5mに見合う、 $1/50$ を想定した。実験周期は、現地換算で1.0.5 sec、1.2.7 sec、1.5.8 secである。

堤体に作用する波圧は、波高 H に比例するものとして $P = \alpha \omega H$ とおけば、堤体に作用する波力は $P = \alpha \omega HA$ となる。いっぽう堤体の有効重量を W' とすれば、滑動抵抗力は $\mu W'$ であるから、堤体が滑動するときの滑動波圧係数 α' は $\alpha' = (\mu W') / (\omega HA)$ で表わすことができる。なお、揚圧力はここでは α' の中に含めて考える。

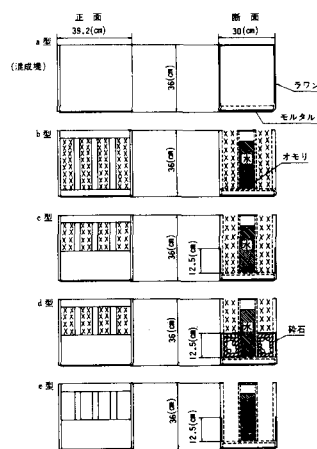


図-1 消波ケーソンの模型

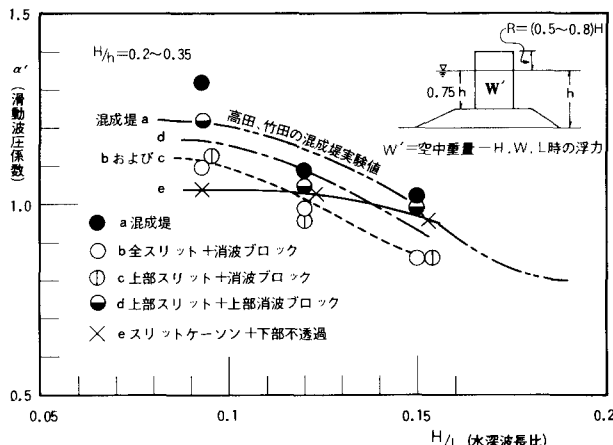


図-2 消波ケーソンの滑動波圧係数

ここで、 ω ：水の単重、 H ：滑動限界波高、 A ：波圧の作用面積、 μ ：堤体と割石基礎との静止摩擦係数、 W' ：堤体の有効重量、すなわち堤体の空中重量から $H.W.L$ 時の浮力を差引いた値、である。

堤体の移動は、ロッキングによる割石基礎の締りによるズレの状態、滑動が始まる遷移状態、明らかに滑動と判断される状態、の3段階に分類することができる。明らかに滑動と判断される状態について α' の値を示したものが図-2である。同図によれば、消波ケーソンはいずれも混成堤と同程度かそれ以上の滑動抵抗力を有しており、混成堤に比べてその優位性は否定しがたい。ことに遊水部に消波ブロックを填充しない e 型は、周期の違いによる特性変化がみられない。なお、消波ブロック被覆堤の α' は森平等によれば $\alpha' = 0.8^{2)}$ 、赤塚等によれば $\alpha' = 0.6 \sim 0.8^{3)}$ である。

3. 最適不透過壁高

上部のスリット部と下部の不透過壁部との寸法を定めるために、周期特性の平坦な e 型について、下部不透過壁の高さを変えて反射率を測定した。模型は、堤高 3.6 cm、遊水部幅 3.0 cm で、実験周期は 1.2、1.8、2.9 sec、実験波高は堤体を越波しない 3、4、5、6、7 cm である。遊水部からは 3～4 倍周波数の新しい波が発生するので、反射率はケーソン前方に形成される重複波の腹における水位変動量と通過波高との関係より求めた。

実験結果を図-3に示す。最小の反射率は、堤高の上部 40% をスリット、下部の 60% を不透過壁としたときに得られた。これは、遊水部の不透過壁部分において、1 周期につき 3～4 回転する大きな渦が発生するためである。

4. スリット部材に作用する波力および填充

消波ブロック重量

スリット部材に作用する波力は、時川等の実験データ⁴⁾を整理した結果では、港外から遊水室へ波が入るとき $P = 0.8 \omega H$ 、遊水室から港外へ波が出るとき $P = 1.1 \omega H$ であった。谷本等⁵⁾の曲面スリット部材に働く波圧は、港外から遊水室 $P = 0.75 \omega H$ 、遊水室から港外 $P = 1.0 \omega H$ または $P = 1.5 \omega H$ である。したがって、スリットは $P = 0.8 \omega H$ および $P = 1.5 \omega H$ で設計すれば安全と考えられる。

填充消波ブロックは、波によって浮き上がらなければその目的を達する。静水面における水粒子の最大上昇速度は $v = \pi H/T$ であるから、ブロックの下面に作用する圧力強度は $P = \alpha \omega v^2 / 2g$ となる。ここで、 α としては衝撃的な圧力を想定して $\alpha = 2.0$ とすればよいと考えられる。

あ と が き

在来ケーソンの隔壁幅は配筋上 5 m 前後で、このままでは遊水部幅が非常に狭いため、むしろ砕波を助長して滑動抵抗力を低下させるものと考えられていた。しかし、いずれも在来ケーソンよりも滑動抵抗力が高く、ことに e 型は周期特性が平坦であるという特長を有している。水理特性上からは、隔壁内に消波ブロックのない方が有利であるが、外海の大波浪下にあつては、当面、消波ブロック填充のほうを推奨したい。これにより堤幅をやや大きくする程度で堤体重量を確保できる。なお、進水・曳航のさいスリット部を蓋で覆う点に関しては、十勝港や増毛港で実証済みであり、また港内側もスリットにすることにより進水・曳航時のバランスがとりやすく、しかも港内側消波がはかれる。最後に、設計にあたっては、規則波実験によるものなので $H = H_{max}$ としたい。

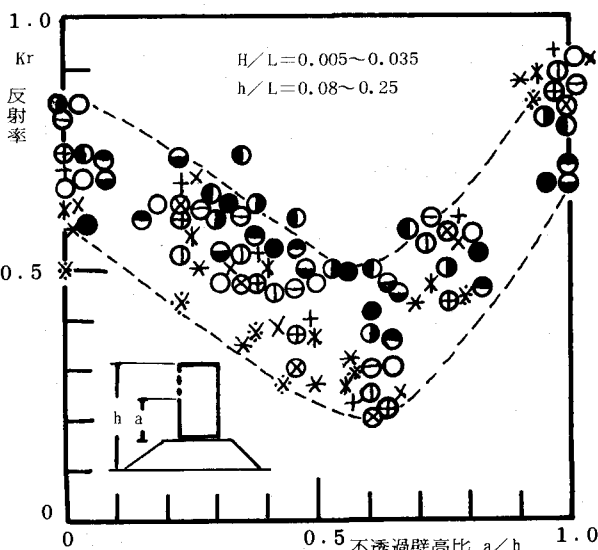


図-3 消波ケーソンの不透過壁高と反射率