

II-259

箱型カーテン防波堤の波浪動揺とその消波効果に関する研究

愛媛大学工学部 正員 中村孝幸
 （株）熊谷組 正員 森田知志
 愛媛大学大学院 学生員 小野正順

1. まえがき：従来、カーテン防波堤の消波効果は、堤体が剛に支持されているものと仮定して静的な解析に基づき検討されてきている。ここでは、堤体の設置水深が深くなる場合に問題になると考えられるカーテン防波堤の波浪動揺並びにそれに伴う消波効果の変動特性について実験および理論の両面から検討するものである。なお、本研究では、箱型部分の余剰浮力が利用できるなど大水深域での防波堤形式として有望と考えられる箱型カーテン防波堤を採用している。

2. 実験装置および実験方法：i) 模型堤体；図-1に示すもので、箱型部分の両側壁を水中に向かって伸ばした構造のものである。堤体は、その底板の長軸方向における中心線上に等間隔に配置した5本の鋼棒により片持梁形式で支持した。なお、これらの支持棒には、箱型部分を強制的に沈め込むことにより発生する余剰浮力を利用して初期張力 T_0 を与え、支持系の剛性を高めるようにした。この模型堤体の緒元を表-1に示す。ii) 水槽；高さ1m、長さ15m、幅20mの平面造波水槽を用いた。iii) 堤体の動揺の測定；堤体上の水平および鉛直位置の異なる

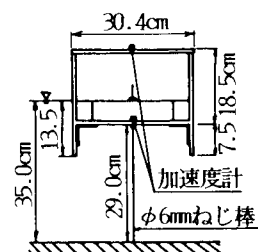


図-1 模型堤体の断面

表-1 箱型カーテン防波堤の緒元

堤体幅 B	30.4cm	初期張力 T_0	12.2kgf
堤体長 λ	200cm	重心位置 Z_G	壁の頂より10cm上
きつ水 d	11.5cm 13.5cm	支持柱の剛性 EI/本	$5.36 \times 10^3 \text{ kgf cm}^2$
重量 W	27.6kgf	回転半径 R_z	20.1cm
排水量 W_0	39.8kgf (d=13.5cm)	回転半径 R_y	13.3cm

4ヶ所に加速度計を設置して動揺加速度を測定した。またこの測定に加え、ビデオカメラによっても堤体上の2点を対象にして動揺変位を観測した。iv) 波高分布の測定；堤体の長軸と平行に離岸距離の異なる3測線を設け、各測線上の4点で波高を容量式波高計により測定した。v) 実験条件；波条件は、周期Tが、0.63~1.27 secの範囲の5種類、入射波高Hが、4cm程度の1種類とした。また静水深hは、35cmと一定にした。堤体の法線方向と波向きとのなす角で定義される波の入射角 θ は、 0° と 45° の2種類を採用し、これらの入射角は、堤体を移動・回転して実現せしめた。また、支持棒の初期張力 T_0 は、箱型部分のきつ水を変えて2種類のものを用いた。

3. 解析法：ここで用いた解析法は、既に著者ら¹⁾が明らかにしている面対称性Green関数を核関数とするわき出し分布法に基づくものである。この解析法は、物体が面対称性を有するとき、対称な関係にある2点P、Qにおける速度ポテンシャル $\Phi_{k|P}$ 、 $\Phi_{k|Q}$ ($k=7$; 回折波、 $k=1-6$; 各運動モードに対する発散波)は、波の入射角 θ にかかわらず、PとQで絶対値と符号が一致する対称ポテンシャル成分およびPとQで絶対値が一致するが符号が逆になる反対称ポテンシャル成分とに分離できることに着目して導いたものである。この解析法では、対称面の数により異なるが、物体の $1/2$ 没水表面または $1/2$ 没水表面のみを対象にして解析が行なえることから、従来のGarrison²⁾の方法などに比較すると計算機容量および計算時間の両者を $1/2 \sim 1/3$ に縮小できることなど効率的な算定法になっている。

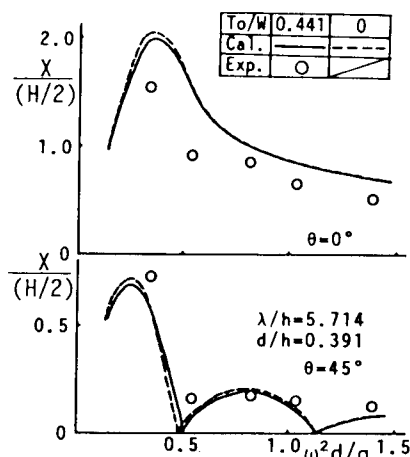


図-2 箱型カーテン堤の水平動揺変位

4. 実験結果と算定結果との比較：i) 堤体の波浪動揺について；図-2は、代表例として波の入射角 θ が 0° と 45° の場合の堤体の水平変位 X (Surge)に関する比較を示す。図中の横軸には、周期に関する無次元量 $\omega^2 d/g$ (ω :角振動数) がとってある。また、水平変位に及ぼす初期張力 T_0 の効果についても検討できるように $T_0=0$ とした場合の算定結果についても併せ示してある。この図より、水平変位の算定結果は、実測結果にはほぼ一致しており、解析法は妥当なものであることがわかる。そして水平変位は、 θ が 0° の場合、 $\omega^2 d/g=0.3$ 付近で共振応答を示すことや、 θ が 45° の場合、特定の周期で極小値を示すように変化することなどが認められる。

なお、斜め入射波が作用するときには水平変位が極小値を示すのは、堤体軸に沿う波力の空間的な位相差に基づき堤体への全波力が特定の周期の条件下で減少することによるものである。次に水平変位に及ぼす T_0 の効果に着目してみると、 T_0 のある場合の方が多少変位が小さくなっているものの大きな差異は認め難い。そして、この T_0 の効果は、支持柱の剛性をもっと小さな場合や初期張力がさらに大きな場合に有意に現れるものと考えられるが、これについては今後の課題としたい。

ii) 波高分布について；図-3、4は、堤体背後の波高分布を回折係数 K_D のコンターで示すものである。なお、これらの図の上下段には、各々堤体の動揺を許す場合並びにそれを許さない完全固定の場合の結果が示してある。

また、図-3、4は、各々共振点下並びに共振点を大きくはずれた場合の結果を表す。これらの図の上下段の比較から、堤体背後の波高分布は、堤体の動揺の効果を大きく受けていることがわかる。そして共振点下において、波は堤体によってほぼ完全に遮蔽されていることやその遮蔽効果は堤体の動揺を許す場合の方が向上していることなどが認められる。なお、これは、堤体の動揺により発生する発散波が、堤体の固定時における入射波並びに回折波と逆位相の関係になることによるものである。次に図-5は、波高分布に関する実測結果と算定結果との比較の一例を示す。この図より、堤体まわりの波高分布は、上述した面对称性を利用する算定法によりほぼ予測できることなどがわかる。

5. 結語：以上の検討より、箱型カーテン防波堤の波浪動揺並びにその消波効果は、面对称性を利用する解析法に基づき効率よく算定できることや堤体まわりの波高分布は堤体の動揺によっても大きく影響を受けることなどが判明した。今後は、さらに支持柱の初期張力の効果について検討していきたい。

(参考文献) 1)中村他：透過性防波堤まわりの平面的な波浪変形について、第39回土木学会中四国支部研究発表会講演概要集、1987。 2)Garrison, C., J.: Hydrodynamic loading of large offshore structures ; three dimensional source distribution methods, In Numerical Method in Offshore Engineering, Willy, 1978.

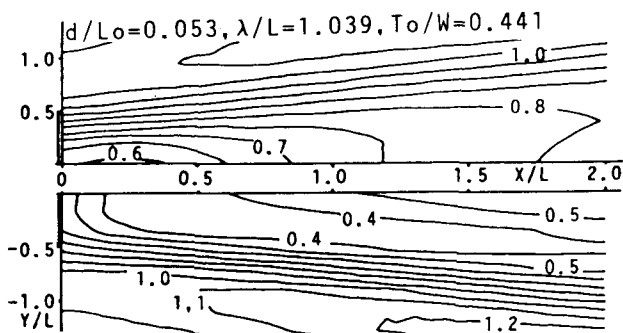


図-3 堤体背後の波高分布（共振点、 $\theta=0^\circ$ ）

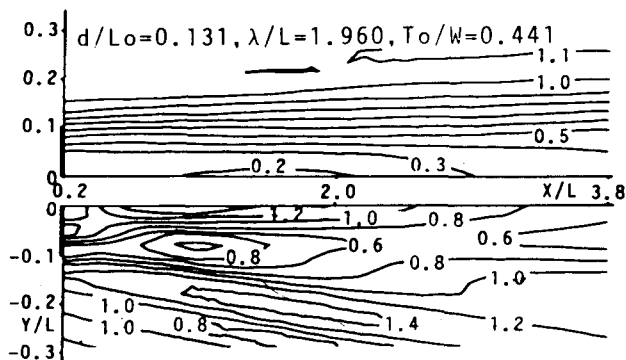


図-4 堤体背後の波高分布（非共振点、 $\theta=0^\circ$ ）

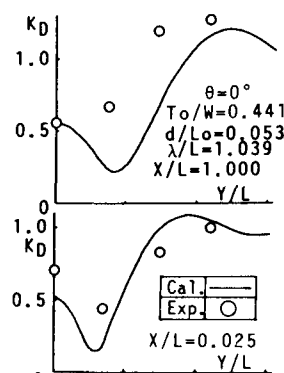


図-5 波高分布に関する
実測結果との比較