

透過性防波堤まわりの平面的な波変形について

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

1. まえがき：本研究は、従来ほとんど明らかにされていない透過性防波堤まわりの平面的な波高分布を3次元波動場のGreen関数法に基づき理論的に検討すると共に、カーテン防波堤を用いた水理模型実験によりその妥当性を検証するものである。この際、堤体を不透透性とした場合の結果との比較も行っており堤体の透過性の効果についても検討した。また、堤体の面対称性を利用して計算機容量並びに計算時間を大幅に節約できる効率的な算定法についても明らかにした。

2. 実験装置および実験方法：実験は、高さ1m、長さ15m、幅20mの平面水槽を用いて行った。水深は、35cmと一定にした。カーテン防波堤の模型には、厚さ1.2cmのベニヤ板を用い、きつ水が12.5cmと一定になるように鋼製の支持台で固定した。堤体の長さWは、2mと4mの2種類を採用し、波の入射角 θ は、模型堤体を回転移動させることにより変化せしめた。作用せしめた波の周期Tは、0.63sec, 0.82sec, 1.27secの3種類、入射角 θ は、0°と30°の2種類とした。波高の測定は、図-1に示すように堤体より X_T だけ離れた所で堤体の長軸と平行な方向に測定を行った。

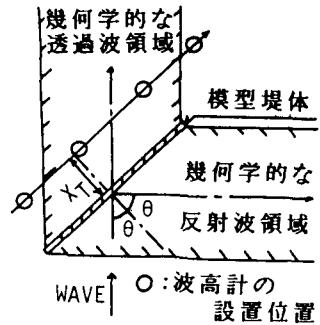


図-1 波高計の設置状況

3. 解析法：本研究で用いた解析法は、Garrison¹⁾による3次元波動場のGreen関数を核関数とするGreen関数法である。(1)物体の面対称性を利用した効率的な解析法：図-2に示すような鉛直線を含むY-Z平面について物体が面対称性を有する場合を想定する。図中に示すようにY-Z平面について対称な位置関係にあるパネルの重心点を $P(x, y, z)$ および $P'(x', y', z')$ とする。点PとP'における回折波の速度ポテンシャル $\phi_D|_P$ と $\phi_D|_{P'}$ は、対応する点で対称成分 ϕ_D^{SY} (絶対値と符号が一致)と反対称成分 ϕ_D^{AY} (絶対値が等しく符号が逆)とに分離して表される。すなわち、

$$\phi_D|_P = \phi_D^{SY} + \phi_D^{AY} \quad \phi_D|_{P'} = \phi_D^{SY} - \phi_D^{AY} \quad (1)$$

である。また、わき出し強さの分布関数 f 並びにGreen関数 G につい

ても ϕ_D と同様に対称成分 f^{SY} , G^{SY} と反対称成分 f^{AY} , G^{AY} に分離し

て表すことができ ϕ_D^{SY} と ϕ_D^{AY} は、これらを用いて表示すると次のようになる。

$$\phi_D\{\xi\eta\}|_P = (1/4\pi) \iint_{S_{X+}} f\{\xi\eta\}(\xi, \eta, \zeta) G\{\xi\eta\}(x, y, z; \xi, \eta, \zeta) dS(\xi, \eta, \zeta) \quad (2)$$

ここで式(2)において面積分を実行する領域は、 S_{X+} と物体没水面の半分になっていることに注意されたい。

そして式(2)中の f^{SY} , f^{AY} の決定方程式は、物体表面上の運動学的な境界条件である式(3)の2組のマトリックス方程式を解いて決定できる。

$$(1/4\pi) \iint_{S_{X+}} f\{\xi\eta\}(\xi, \eta, \zeta) \partial G / \partial n\{\xi\eta\}(x, y, z; \xi, \eta, \zeta) dS(\xi, \eta, \zeta) = -\partial \phi_I / \partial n\{\xi\eta\}|_{x=x_i, y=y_i, z=z_i} \quad (3)$$

($i = 1 \sim J/2$, 物体表面上で)

ここで $\partial \phi_I / \partial n$, $\partial G / \partial n$ は、それぞれ入射波の速度ポテンシャルおよび G の法線微分値で、これらについても対称、反対称成分に分離する必要がある。本研究では、式(3)などに現れる S_{X+} にわたる積分は、 S_{X+} を有限個の微小四辺形要素 ΔS_j ($j = 1 \sim J/2$)に分割した後に中央点近似法を採用して実行している。式(3)は、2組の独立した $(J/2) \times (J/2)$ のマトリックス方程式になっている。従って面対称を利用しない場合に比較して容

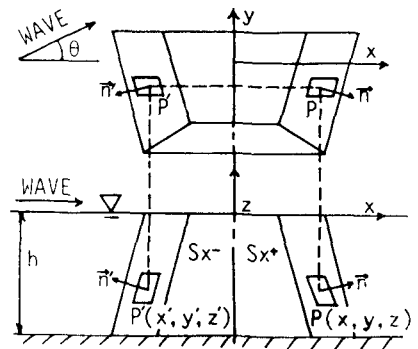


図-2 面対称性を有する物体の例

量で1/2また計算時間でもマトリックス方程式を解く時間に限定するならば1/2程度に短縮できる。また物体がさらにX-Z平面についても対称性がある場合上述の論理をX-Z平面について容易に拡張でき結果的に1/4程度に短縮できる。

4. 実験結果と算定結果との比較：以下で述べる回折係数 K_D の算定法は、上述した2面对称性を利用する解析法に基づくものである。図-3は、1例として堤体軸の法線方向と入射波の波向とのなす角 θ が 30° の場合のカーテン防波堤の透過波側における波高分布を示す。この図から堤体により幾何学的に影になる部分で K_D は顕著に減少する傾向を示す。しかしこの減少度は離岸距離 X_T/L が大きくなるにつれて緩やかになることなどが認められる。実験値と算定値との比較を行ってみると両者は、上述したような変動傾向を含め定性的にも定量的にもよく一致しており、本解析法を用いてカーテン防波堤まわりの平面的な波高分布が予測できるものと言えよう。

5. 波高分布に及ぼす堤体の透過性の効果：

図-4,5は $\theta=0^\circ$ の場合のカーテン堤および同じ堤体長 W を有する不透過堤の背後領域における波高分布の比較を示す。各図で上半分がカーテン堤の場合を、下半分が不透過堤の場合を表す。また図-5は、図-4に比較してより長周期波の条件になっている。これらの図よりカーテン堤の場合、不透過堤に比較すると波高分布はより緩やかに変化することや堤体背後の静穏化水域の奥行はより短くなることなどがわかる。そして、カーテン堤の場合入射波の周期によって消波効果は変動し、比較的短周期波の条件下では不透過堤と同程度のものと言えよう。

6. 結論：i) 透過性防波堤まわりの平面的な波高分布は、3次元波動場のGreen関数法を用いてほぼ予測できる。この際、波の入射角にかかわらず物体の面对称性を利用して効率的な算定が可能である。ii) カーテン防波堤の透過波側での静穏化水域は、堤体よりの透過波によって大きく影響を受けることなどが判明した。

(参考文献)1) Garrison, C. J. : Hydrodynamic loading of large offshore structures; Three dimensional source distribution methods. In Numerical Methods in Offshore Engineering, eds. O. C. Ziekiewicz, R. W. Lewis and K. G. Stagg. Wiley, England, pp. 97~140, 1978.

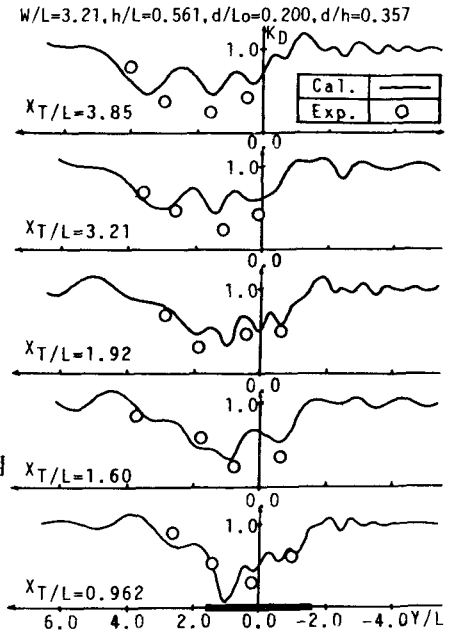


図-3 透過波側での波高の平面分布

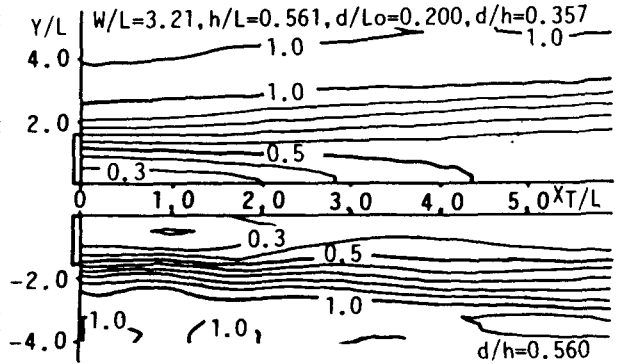


図-4 カーテン堤と不透過堤の波高分布の比較

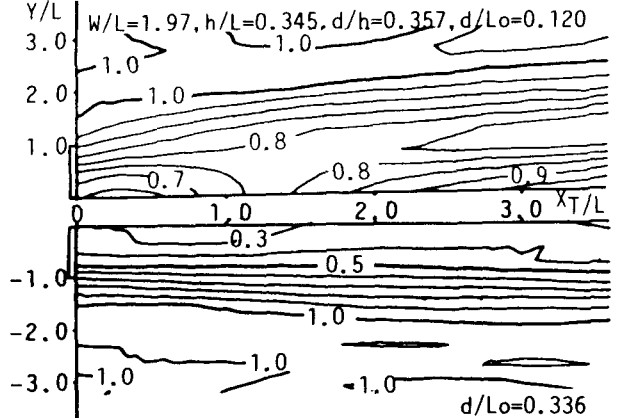


図-5 カーテン堤と不透過堤の波高分布の比較