

半無限防波堤による平面単一波群の回折と長周期波の数値実験

中央大学理工学部 正会員 水口 優
中央大学大学院 工藤大祐

1. はじめに

波群に伴う長周期波の回折現象を調べるため、時系列的に見て最も単純な平面単一波群を半無限防波堤（鉛直壁）に入射させる．波群と波群内の基本波の進行方向が等しくかつ鉛直壁に直角に入射する直波向き直波群，基本波の進行方向は異なり鉛直壁に直角に入射する斜め波向き直波群（図-1）の2種類の波群（水口ら，1997）を発生させ，両進行方向のなす角度（内部角）の効果に着目した解析を行う．波群の時空間スケール上，平面水槽での実験が難しいため Boussinesq 方程式を用いた数値実験により検討を行う．

2. 計算手法および計算条件

座標系の定義は図-2.1 に従う．Boussinesq 方程式の計算には時間・空間双方に中心差分を用いる陰解法を使用し，造波側（ $X = -7.0$ [m]）の境界条件として単一波群の流速を与える．造波境界で発生する自由長周期波は制御する．他の側壁，鉛直壁での境界条件は完全反射とする．波群の進行方向はX軸正方向であり，内部角 θ が 0° の場合をケース1（直波向き直波群）， 15° の場合をケース2（斜め波向き直波群）とする．両ケースともに単一波群中の基本波の数は8波，基本波周期 T は1.2 [s]，包絡波の最大振幅 $A_{\max}$ は0.005 [m]，水深 h は0.1 [m]とした．計算領域，解析領域は図-2.2 に従う．

3. 結果と考察

3.1 基本波の回折

波群中の最大波高の分布（図-3.1，図-3.2）と，Helmholtz 方程式の解である回折係数 K_d の分布（周期： $T=1.2$ [s]）（図-3.3，図-3.4）との比較を行う．最大波高に関しては，造波境界での値で無次元化した透過波と回折散乱波が共存する領域（ $Y > 0.0$ [m]）では K_d の分布と多少の相違が見られるものの，鉛直壁先端付近から背後に掛けては両ケースともによく一致しており，波群中の基本波はその振幅について波群の進行方向によらず基本波自身の入射角度 θ_i で回折していることが分かる．

3.2 長周期成分の回折

各地点における水位変動の時系列データに対し，数値 low pass filter を施し長周期成分を取り出し，そのピーク値を造波境界での値で無次元化しプロットした（図-3.5，図-3.6）．鉛直壁に沿っては両ケースとも同傾向の減衰をしていることが分かる．

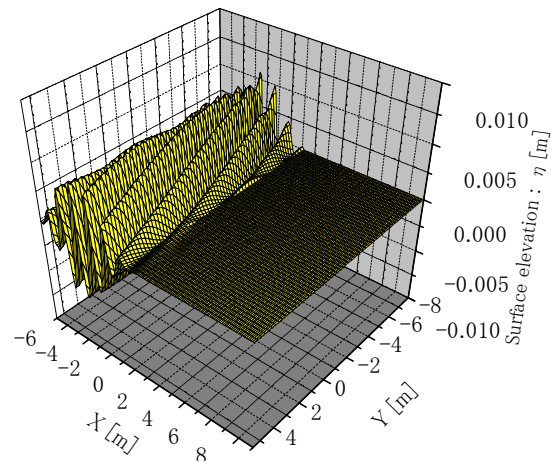


図-1 斜め波向き直波群（ $\theta = 15^\circ$ ）

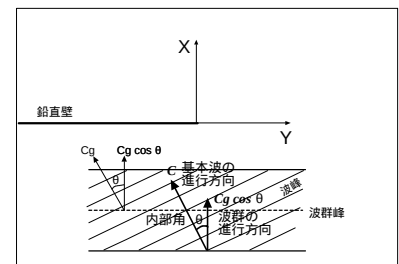


図-2.1 座標系

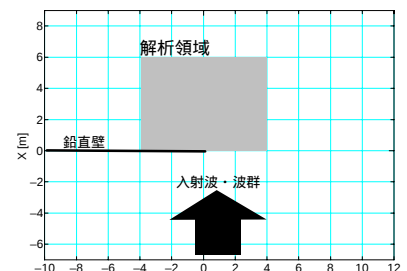


図-2.2 計算領域と解析領域

キーワード：平面波群・回折・長周期波・数値実験

連絡先：〒112-8551 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1818 FAX 03-3817-1803

ここで、波群周期($T_g=9.6$ [s])の波が直入射する場合の回折係数 K_d の分布(図-3.7)との比較を行う。両ケース共に波群はX軸方向へ伝播するが、比較のため $\theta_i = 15^\circ$ の場合も図-3.8に載せる。さらに、図-3.9、図-3.10はケース1、2の各地点へのピーク到達時間をプロットしたものである。X軸方向への伝播速度は $\cos \theta$ 分の差を持っていることが分かるが、鉛直壁に沿った方向へは同じ速度 $\sqrt{gh}$ で伝播している。これより、基本波としての透過域では拘束波が、遮へい域では自由長周期波が卓越していることが分かる。遮へい域での回折係数は、拘束波のみ存在する場合の波群の向きに波群周期の波を入射させたときのものに近くなる。透過域での回折係数は、拘束波の向きに $L_g=C_g T_g$ のときの T_g を周期に持つ波を入射させたものになると考えられる。両者の遷移域では中間的値を有する。

4. おわりに

平面単一波群の回折に対し基本波と長周期成分の回折図に基づいて議論を行った。壁に直に入射する波群や長周期波も基本波の進行方向により異なった振る舞いをする事が分かった。壁背後領域における長周期波の挙動の更なる理解に向け、波群の包絡波に着目した解析を予定している。

参考文献

水口 優・山口英一(1997): 平面的な波群についての基礎的研究, 中央大学理工学部紀要, 第40巻, pp. 47-55

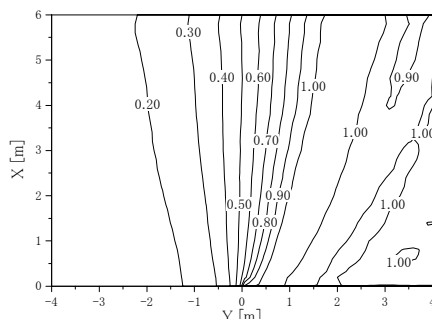


図-3.1 単一波群中の最大波高の分布($\theta = 0^\circ$)

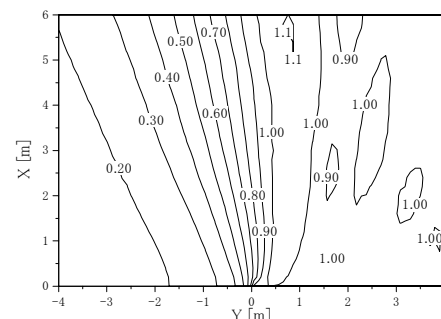


図-3.2 単一波群中の最大波高の分布($\theta = 15^\circ$)

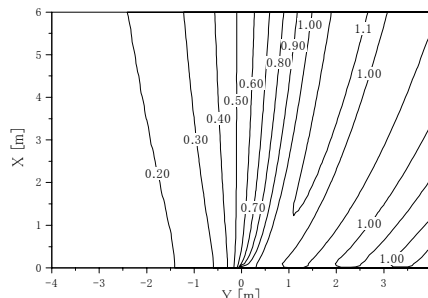


図-3.3 回折係数 K_d の分布($\theta_i = 0^\circ$, $T = 1.2$ [s])

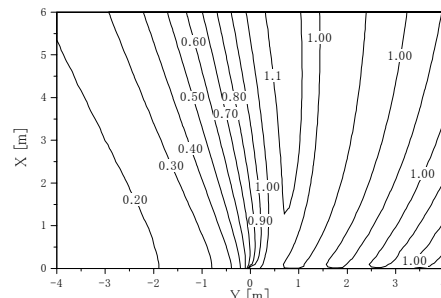


図-3.4 回折係数 K_d の分布($\theta_i = 15^\circ$, $T = 1.2$ [s])

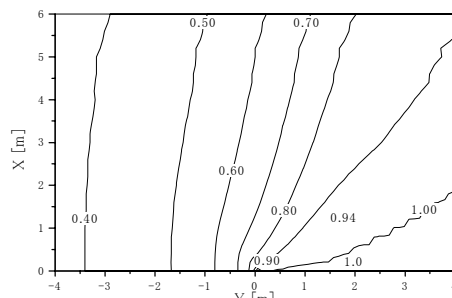


図-3.5 長周期成分のピークの分布($\theta = 0^\circ$)

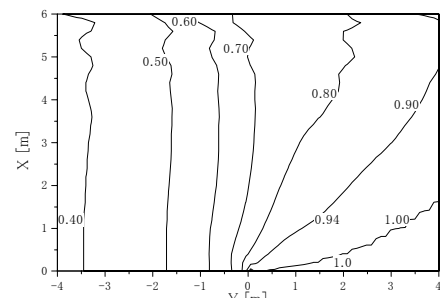


図-3.6 長周期波成分のピークの分布($\theta = 15^\circ$)

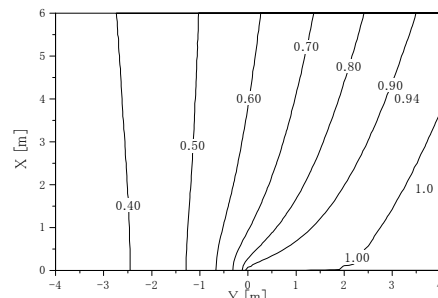


図-3.7 回折係数 K_d の分布($\theta_i = 0^\circ$, $T_g = 9.6$ [s])

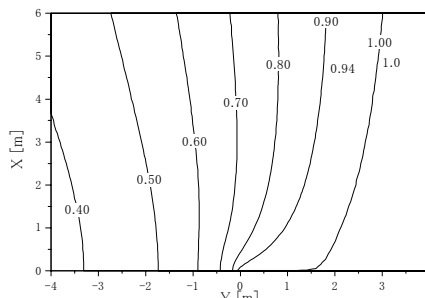


図-3.8 回折係数 K_d の分布($\theta_i = 15^\circ$, $T_g = 9.6$ [s])

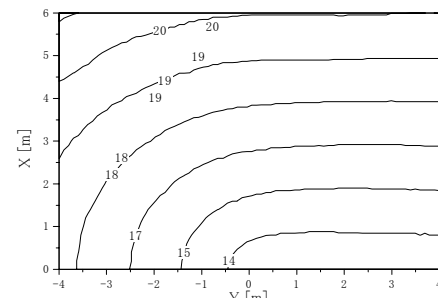


図-3.9 長周期波のピーク到達時間の分布($\theta = 0^\circ$)

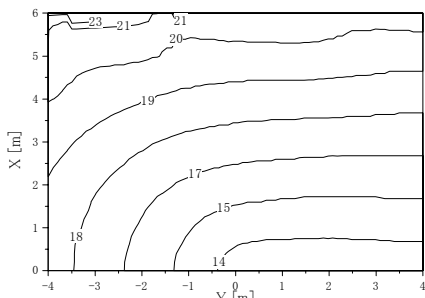


図-3.10 長周期波のピーク到達時間の分布($\theta = 15^\circ$)