

不規則波群に混在する自由長波の港内副振動に及ぼす影響

名古屋工業大学 正会員 〇柏原謙爾

名古屋工業大学 正会員 喜岡 渉

1. はじめに 来襲波群が伝播過程で屈折、回折やせん断流によって変形する際、波群に伴う2次長周期波（拘束波）に加えて自由長波が発生する。不規則波動場を対象とした従来の港内副振動の研究の多くは、来襲波としては波群とそれに伴う2次長周期成分を考慮しており、自由長波の混在を許した検討は（造波板より不可避免的に発生した自由長波を除いて）行われていない。本研究は、不規則波に混在する自由長波が港内副振動に及ぼす影響を、Boussinesq方程式を用いた数値実験により調べたものである。

2. 数値計算モデル 計算モデルの基礎方程式には、水面変動と断面平均の水平方向流速を未知量とする Boussinesq 方程式を用いた。外洋部の境界については、沖側境界を造波境界とし、沿岸方向両端の境界には数値消波フィルターを設けた。また、陸地部分との境界はすべて完全反射の鉛直壁として、壁面法線方向の流速成分を0とする境界条件を与えた。なお、Boussinesq方程式による平面波動場の数値計算においては、防波堤先端等の構造物隅角部まわりで流速が過大評価されることが指摘されているが、これを抑制するための粘性項の導入（例えば佐藤・Kabiling, 1993）は行っていない。方程式は中央差分により空間方向に離散化し、時間積分は3次の Adams-Bashforth-Moulton 法を用いて行った。

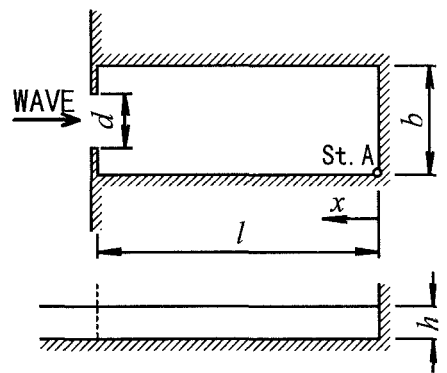


図-1 記号の定義

港湾形状は図-1に示すような長方形とし、その寸法は奥行き $l = 300 \text{ m}$ 、幅 $b = 0.4l = 120 \text{ m}$ に設定した。港口部には幅が 10 m であり開口部 $d = 0.5b = 60 \text{ m}$ となるような両翼防波堤を設けてある。港湾内、外洋部の水深 h はともに 10 m の一定水深とした。なお、線形理論による計算では、この港湾の基本モードおよび2次モードの共振周期はそれぞれ 170 s および 52 s である。

入射波には、2成分合成波を用い、沖側境界より防波堤に対し直交する方向に入射させた。ただし、2成分合成波には、Boussinesq方程式から得られる伝達関数によって算定した2次長周期波の変動成分と、その2次長周期成分に振幅、周期が等しく、入射境界上で2次長周期成分と $\alpha\pi$ ($0 \leq \alpha \leq 1$) だけ位相の異なる自由長波を入射境界上で合成させた。

3. 自由長波の混在した2成分合成波による湾水応答計算 短周期の各成分波の波高 H_1 、 H_2 がともに等しく 0.5 m であり、平均周期 $T_m = 8.0 \text{ s}$ 、波群周期 T_g が港湾の基本もしくは2次モードの共振周期に対応する 170 s 、 52 s となるような2成分合成波を入射させた場合の計算結果を以下に示す。入射境界上における2次長周期成分に対する自由長波の位相差 $\alpha\pi$ は、 $\alpha = n/4$ ($n = 0, 1, 2, 3, 4$) の計5パターンとした。図-2は、 $T_g = 170 \text{ s}$ のケースについて湾奥の隅の St. A における水面変動とその長周期成分をプロットしたものである。自由波を混在しないケースについて、波群が湾奥に到達後すぐの長周期成分の変動には波群の影響が残っており、港内にもわずかなではあるが2次長周期波が認められる。しかし、一定時間経過後の図-3に示すように、港内における長周期成分には波群との強い関係は見られず、自由波の挙動を示す。図-4は港湾長手方向の岸壁に沿う面における長周期水面変動の空間波形であり、St. A での変動量が最大となったときの波形が示してある。 $T_g = 170 \text{ s}$ 、 52 s の両ケースともに、水面の変動量は位相差 $\alpha\pi$ が増大するのにしたがい次第に

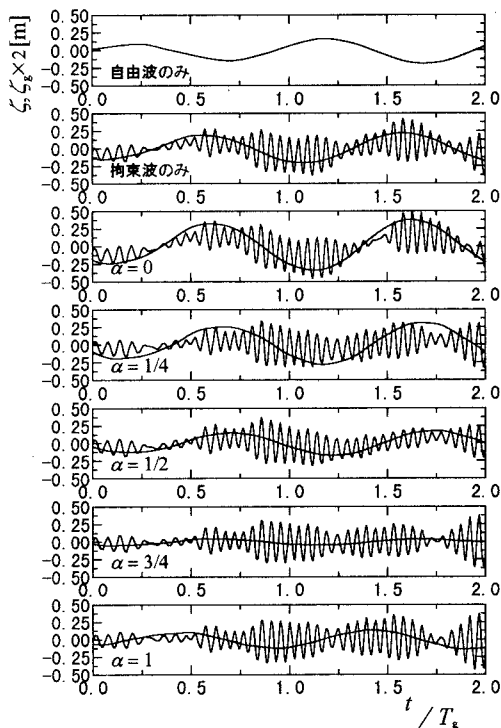


図-2 湾奥隅における水面変動の時間波形
($T_g = 170$ s)

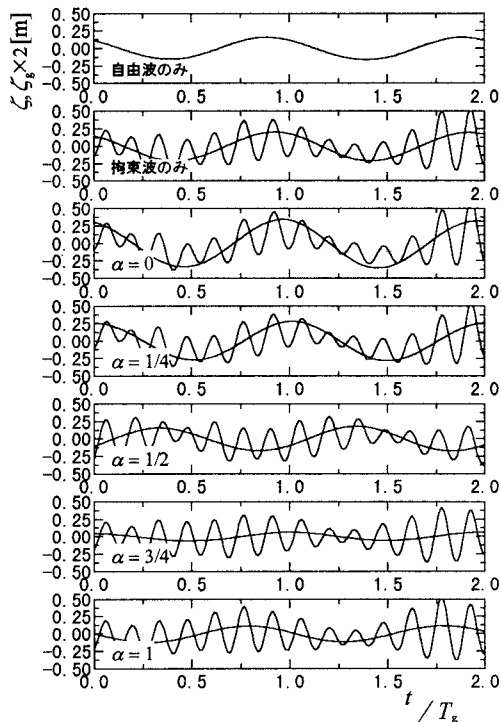
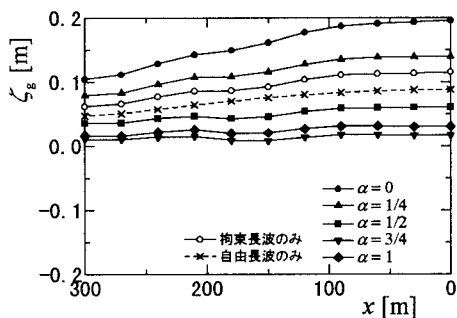
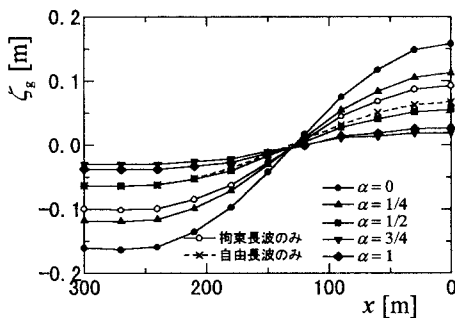


図-3 湾奥隅における水面変動の時間波形
($T_g = 52$ s)



(a) $T_g = 170$ s



(b) $T_g = 52$ s

図-4 港湾長手方向に対する長周期水面変動の空間波形

減少している。ただし、 $T_g = 170$ s, 52 s どちらのケースも、 $\alpha = 1$ と $\alpha = 3/4$ のケース間ではその関係が逆になっている。

4. おわりに 自由長波が波群に混在する場合、2次長周期成分に対する位相差によって共振発生時の位相ならびに応答値は大きく左右されることが分かった。港湾内での自由長波と2次長周期成分との位相差は、初期位相差の他に水深、入射位置にも依存するため、位相差と応答値の関係はその設定条件によって当然異なる。2次長周期成分の造波制御を行わない場合は造波境界において拘束波と逆位相の自由長波が発生する、すなわち $\alpha = 1$ のケースに相当し、本研究の結果は造波制御の必要性を示唆している。

参考文献 佐藤・Kabiling (1993), 海岸工学論文集, 第40巻, pp.386-390.