

細島港における湾内水面振動解析

九州大学工学部

学生員○樽井史朗 山城 賢 金丸敏宏

九州大学工学部

正会員 吉田明德 入江 功

宮崎大学工学部

正会員 村上啓介

1. まえがき

宮崎県日向市にある細島港では係留船舶に大きな長周期波動揺が生じ、荷役障害、係留ロープ切断そして本船の冲出しを余儀なくされるといった事例が数多く報告されてきた。そこで本研究では、J.J.Leeの方法を用いた領域分割計算法により港内水面振動の数値計算を行い、港内水面振動の特性を明らかにするとともに、湾内に設置された波高計により得られた港口、港内の水位の連続観測データの解析を行い、両者の比較から数値計算の妥当性を検討する。また、平成10年7月31日より約1ヶ月間行った船体動揺の現地観測により得られた係留船舶の動揺特性と湾内水面振動特性との関連を調べることを目的とする。本文では、湾内水面振動の数値計算における、領域の分割方法、水深のとり方の違いによる湾内の波高増幅率分布の変化について検討した結果について述べる。

2. 理論解析の概略 (J.J.Leeの方法)

完全反射の直線状護岸に港口を有する港湾があり、これに対し直線海岸と θ の角度で、角周波数 ω 、振幅 ζ_0 の規則波が入射する場合、港湾内の水面振動を取り扱う。座標軸は、静水面上でかつ港口の midpoint に原点、直線海岸上に x 軸、海岸より沖方向に y 軸、鉛直方向に z 軸を取るものとする。水深を考慮して、仮定の境界線により港湾内をいくつかの領域に分割する。各領域内の水深はそれぞれ一定で、海岸線、港内側壁および防波堤は完全反射の不等過壁より成るものとする。

流体運動は、非圧縮完全流体の無渦運動で、次の速度ポテンシャルが存在するものと仮定すると、各領域に関する速度ポテンシャルは次式で表すことができる。

$$\Phi(x, y, z; t) = \frac{g\zeta_0}{\omega} \phi(x, y) Z(z) e^{-i\omega t} \quad (1)$$

g : 重力加速度

$$Z(z) = \cosh k(z+h) / \cosh kh$$

$\phi(x, y)$ は速度ポテンシャルの水平分布を表す無次元関数で Helmholtz の方程式を満足すべき関数である。

港口上における外海領域のポテンシャル関数 ϕ_1 は、完全反射海岸の入射波と反射波が重なり合った波の場のポテンシャル関数 ϕ_a と、港口からの外海への散乱波のポテンシャル関数 ϕ_s の重ねあわせで表せるものと仮定する。

$$\phi_1(x, y) = \phi_a(x, y) + \phi_s(x, y) \quad (2)$$

ポテンシャル関数 ϕ_a は、次式で表せる。

$$\phi_a(x, y) = \exp \{-ik(x \cos \theta + y \sin \theta)\} + \exp \{-ik(x \cos \theta - y \sin \theta)\} \quad (3)$$

外海領域に対して Green の定理を用いると ϕ_s は次の積分方程式で表すことが出来る。(この閉領域に対する外向き法線を n_1 、境界線を ∂D で表す。)

$$\phi_s(X) = \frac{i}{2} \int_{S_1} H_0^{(1)}(kr) \frac{\partial \phi_s(X_b)}{\partial n_1} ds \quad (4)$$

一定水深の閉領域のポテンシャル関数は、 $\phi_s(x, y)$ と同様に Green の定理より、各閉領域の水深に対応する波数 k の値を用いて次式で表すことが出来る。

$$\phi(X) = -\varepsilon \int_{\partial D} \left\{ \phi(X_b) \frac{\partial H_0^{(1)}(kr)}{\partial n} - H_0^{(1)}(kr) \frac{\partial \phi(X_b)}{\partial n} \right\} ds \quad (5)$$

湾内の各分割領域に式(5)を適用し、外海についての式(4)と連立して数値的に解く事により、各領域でのポテンシャルが決まる事になる。

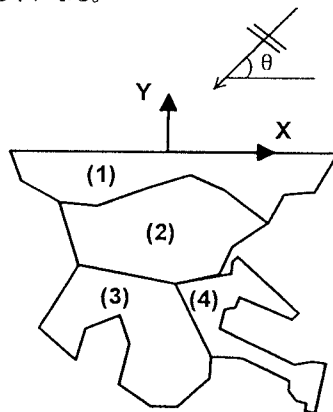


図-1(a) 分割領域(4-REGION)

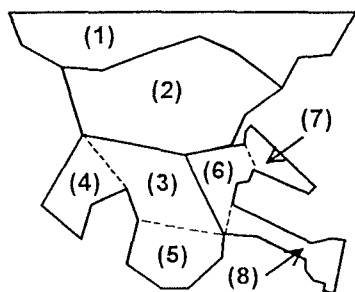


図-1(b) 分割領域(8-REGION)

3. 計算結果

平面形状は同じにとり、水深変化の激しい湾奥部を領域(3),(4)の2領域に分割した場合(図-1(a))と、領域(3),(4)をさらに6領域に分割した場合(図-1(b))とについて、波高増幅率の分布を求め、図-2(a)の領域(4)の部分について両者を比較した。外海の水深30mに対する各領域の水深の比を、図-2(a)では、 $h_1=1.0$, $h_2=0.83$, $h_3=0.5$, $h_4=0.33$, 図-2(b)では、 $h_1=1.0$, $h_2=0.83$, $h_3=0.67$, $h_4=0.5$, $h_5=0.42$, $h_6=0.5$, $h_7=0.33$, $h_8=0.33$ にとり、周期300sと125sについて検討した。周期300sの場合の結果を図-2(a),(b)、周期125sの場合の結果を図-3(a),(b)に示す。周期300sの場合の図-2(a),(b)を比較すると、波高増幅率の分布の形状、およびその大きさともに、領域の分割の違いによる差異は見られず、両者の結果はほぼ一致している。これより300s程度の比較的周期の長い波に対しては、領域の分割の違いによる影響は少なく、あまり細かい水深を設定する必要はないようである。次に周期125sの場合の図-3(a),(b)を比較すると、領域(8)における増幅率の分布はほぼ一致しているものの、領域(7)での増幅率の分布は大きく異なっている。したがって125s程度の波では、水深の設定の違いにより場所によって結果に違いが生じることが分かる。これらの結果より入射波の周期が短くなると、領域の分割と水深の設定を細かくする必要があるようだが、領域分割の妥当性については、今後実測の波浪データと比較して検証する予定である。

4. あとがき

本文では数値計算における領域の分割方法の違いが、湾内の波高増幅率分布に及ぼす影響について述べた。平面形状のモデル化の差異による波高増幅率分布の変化についても検討している。並行して、湾内に設置された波高計により得られた港口、港内の水位の連続観測データの解析を行っており、数値計算の妥当性を検討するとともに、現地調査により得られた係留船舶の動揺特性と湾内水面振動特性との関連を調べる予定である。

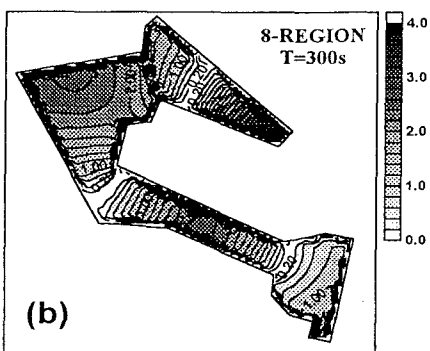
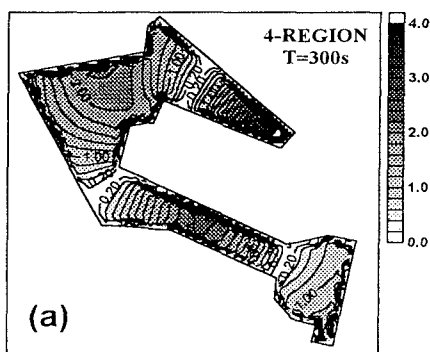


図-2 ($T = 300s$)

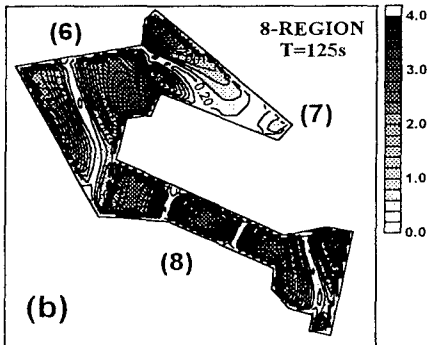
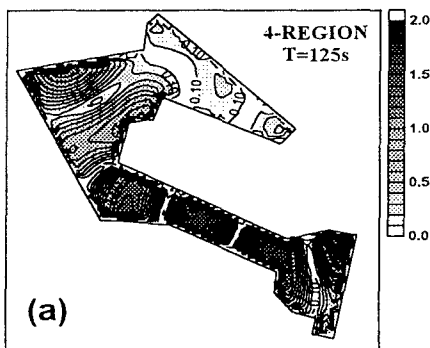


図-3 ($T = 125s$)