

運輸省港湾技術研究所 設計技術研究室 正会員 松淵 知
同上 同上 正会員 横田 弘
同上 波浪研究室 正会員 平石 哲也

1. まえがき

港内へ進入する長周期波や、長周期波に励起され発生する港内副振動による船舶等の被害を抑制するための有効な対策の一つとして、港湾形状を変化させることが考えられる。本研究では数値シミュレーションにより長周期波の振動特性が港湾形状に応じてどのように変化するかについて定量的に把握し、これらの被害を抑制する効果の高い港湾形状についての検討を行った。

2. 計算条件

解析は、自由進行長波が計算領域の開境界から進入してくるものとして、長波近似された運動方程式と差分法を用いて計算を実施する数値シミュレーションプログラムを用いた。検討においては、港湾形状を変化させることによる長周期波被害への対策として、a)長周期波の進入を防ぐ、b)港内における長周期波の反射波を低減させる、c)港の固有振動数を変化させるという3つを基本とした。

計算は、表-1に示すように、長周期波の周期により2つに大別して行った。表-2にa)～c)の基本対策に応じて採用した計算ケースを示す。図-1にモデル港湾を、図-2に、基本形状①に対し、港口部港口部狭窄（防波堤の延長1km）形状②、防波堤（1km）撤去③、波除堤（300m）撤去⑤、緩傾斜護岸設置（幅1km,奥行0.4km）⑥、遊水部設置（幅1.2km,奥行1km）⑧の各々の形状を示す。また、中央航路増深（-24m）④、航路全体の鋸状の増深（500m² づつ）⑦、のケースも計算している。図中の数字は、表-2に示した対策を行った場所を示す。図-2に示すC、N、Sの各点の位置において、開境界へ入力した波高と各出力地点での波高との比（波高増幅率）を求め、形状変化による増幅率の比較を行った。

表-1 計算条件

項 目	内 容	
	港内副振動を励起するような周期5～数十分の微小振幅の長周期波	船舶の固有周期と重なる周期0.5～5分の波群に拘束された長周期波
格子間隔	一律5.0m	一律5.0m
格子数	307×382 (15.300m×19.050m)	307×382 (15.300m×19.050m)
計算時間間	1.5秒	1.0秒
計算時間	5時間	3.3時間 (12,000秒)
周期	1～60分 (1.5分間隔で40周期)	30～180秒 (5秒間隔で31周期)
境界水深	5.0m	5.0m
境界波高	5cm (両振幅)	5cm (両振幅)
港口減衰	$f_R=1.5$ (基本形状検討時は無し)	$f_R=1.5$ (基本形状検討時は無し)
海底摩擦	Manningの粗度係数 $n=0.025$	Manningの粗度係数 $n=0.025$

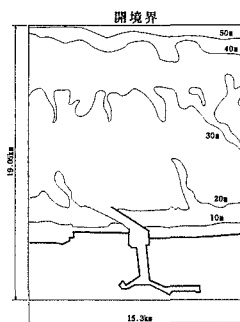


図-1 モデル港湾の形状

表-2 計算ケース

対策の基本	港湾形状の変化	1～60分	30～180秒
基本形状	検討の基本形状	①	①
長周期波の進入を防ぐ	防波堤の延長により港口を狭くする	②	②
港内での長周期波の反射波を減衰	低反射構造の護岸、岸壁を導入 防波堤の一部を撤去または透過型に変更	-	⑤
港の固有振動数を変化	航路、泊地の水深を変化 防波堤の位置の変更または撤去 埋立や堀込みで水面形状を変化	④ ⑤ -	⑦ - ⑧

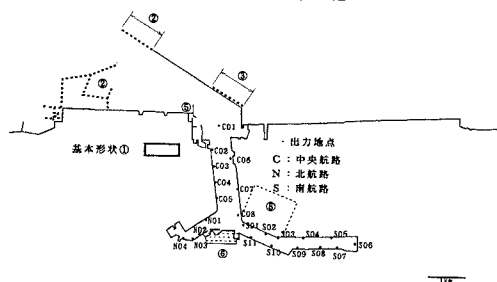


図-2 計算形状と出力地点

キーワード：港内副振動、長周期波、数値計算

〒239 横須賀市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5038 FAX 0468-44-1145

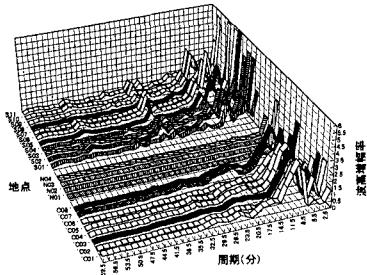


図-3 周期1～60分 ケース①

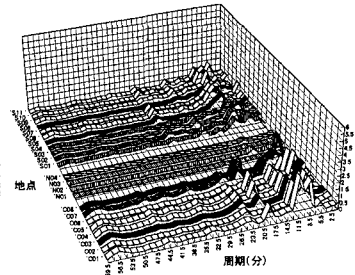


図-4 周期1～60分 ケース②

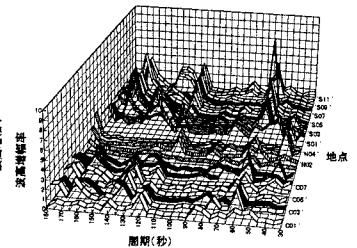


図-5 周期30～180秒 ケース①

表-3 周期1～60分

検討ケース	平均波高増幅率
①：基本形状	1.0
②：港口を狭める形状	0.62
③：防波堤基づけ撤去	1.23
④：中央航路部増深	0.61
⑤：波除堤の撤去	0.65

表-4 周期30～180秒

検討ケース	平均波高増幅率
①：基本形状	1.0
②：港口を狭める形状	1.10
⑥：緩傾斜護岸の設置	0.62
⑦：鋸状の凸凹の増深	0.87
⑧：遊水部の設置	1.04

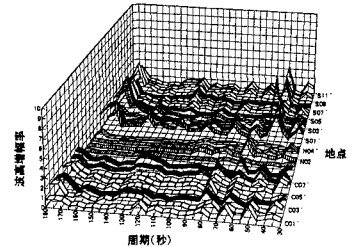


図-6 周期30～180秒 ケース⑥

3. 計算結果

表-3および表-4には各計算ケース毎の全出力地点での平均波高増幅率を、図-3～6の縦軸には波高増幅率、横軸には周期と増幅率の出力地点をプロットした波高増幅率の分布例を示す。

周期1～60分の波高増幅率の計算では、図-3および図-4に示したように、基本形状に比べ港口を狭める形状では平均的に波高増幅率の低下する結果となったが、双方とも周期8.5分で波高増幅率が高くなった。また、港口を狭めることで5.5分以下の周期の波高増幅率が低下する結果となった。

周期30～180秒の波高増幅率の計算では、図-5に示したように、基本形状の60秒、120秒、175～180秒で波高が増幅する結果となった。それに対し図-6では50秒および175秒で波高が増幅したが、基本形状に比べ全体的に波高増幅率が低下する結果となった。

4. 考察

港湾形状を変化させることによる港内副振動の抑制効果を把握するために行った今回の数値シミュレーションによる検討から、港口を狭めたり、港湾形状を変化させることで、港内波高の増幅を低下できることが明らかとなった。しかし、長周期波の周期の長短によって形状変化による効果は大きく異なるものとなった。

表-3に示した平均波高増幅率と、図-3および図-4にそれぞれ示したケース①、ケース②の増幅率の分布例から、周期約5～60分の比較的長い周期の長周期波では、港口を狭め長周期波の進入を減らすことにより、港全体の波高増幅率が低下する傾向がみられた。しかし、港湾の形状を変化させることで、副振動による波高の増幅そのものを抑えることはできなかった。また、今回計算したような対策では、波高増幅率が高くなる周期の分布に大きな変化はみられなかった。そこで、副振動そのものを抑えるためには、振動特性が変化するほど大規模でかつ複雑な形状変化を与えなければ効果は薄いと考えられる。

一方、表-4に示す平均波高増幅率と、図-5と図-6にそれぞれ示すケース①とケース⑥の増幅率の分布から、周期30～180秒では、港湾形状の変化に応じ波高増幅率のピーク周期と増幅率が敏感に変化した。周期1～60分の場合と異なり、港口部を狭める形状での波高増幅率が低下する結果とはならなかったものの、120秒以下の周期では緩傾斜護岸の設置、鋸状の凸凹の増深といった形状変化によって波高増幅率の減少傾向が見られた。したがって、港湾形状を変化する対策は、30～180秒の長周期での副振動対策としての効果は高いと考えられる。