

構造物周囲の波浪状況と通航船に及ぼす影響

大阪市立大学工学部 正員 小田一紀
 大阪市立大学工学部 正員 角野昇八
 大阪市立大学大学院 学生員 加藤博己

1. 緒言

海中に位置する鉛直平面壁を有する大構造物の近傍においては、波は四方八方に散乱され、入射波との干渉によって複雑な波面を形成し、入射波の周期や方向のいかんによっては入射波の波高の2～3倍の波高を生じる。このような波の場を航行する小型船舶は複雑な横揺れ、縦揺れおよび上下揺れを生じ、操船が困難になると考えられ、場合によっては荷くずれなどをおこし船舶の重心の位置が変化して、船舶の安定性が悪くなるなど、船舶の安全航行に悪影響を及ぼすことが考えられる。本報告では、漁船などの小型船舶の航行安全の観点から、超大な矩形橋脚壁面で波が完全反射する場合、および部分反射する場合の各々について、その周囲の波浪状況を理論的に解析した結果を述べる。

2. 解析

ここで問題とするような鉛直壁面を有する堤体周囲の波動問題に対する解析的方法は次のようである。図-1に示すような堤体外領域Iにおける流体の運動を表わす速度ポテンシャル ϕ を次のように変数分離形で表わす。

$$\phi(x, y, z; t) = A f(x, y) \cosh k(z+h) \cdot \exp(-i\sigma t) \quad (2-1)$$

ここで h : 水深, k : 波数 $= 2\pi/L$, L : 波長,

σ : 角周波数 $= 2\pi/T$, T : 周期

式(2-1)を水流連続の方程式に代入すると、次の2次元のヘルムホルツの方程式が得られる。

$$(\Delta + k^2)f = 0 \quad (2-2)$$

結局、堤体周囲の回折散乱波の問題は、境界条件と放射条件の下に式(2-2)のヘルムホルツの方程式を満足する、速度ポテンシャル ϕ の y 方向の変化を表わす項 $f(x, y)$ を求めるいわゆる境界値問題に帰着する。井島¹⁾は無限水域中の鉛直壁面を有する任意形状堤体による波の散乱の問題に対して、式(2-2)のヘルムホルツの方程式の解をグリーン関数を用いることによって積分方程式の形で表わし、それを数値的に解くことによって求めている。したがって、ここで問題とするような橋脚による波の散乱の問題に対しては、井島らがおこなったと同様の解法によればよいことがわかる。

3. 計算結果と考察

解析の対象とする構造物は、橋脚の幅を $b = 70\text{ m}$ 、側辺の長さを $a = 40\text{ m}$ 、その設置水深を $h = 47\text{ m}$ とする。計算は井島らの方法と同じく橋脚の周囲全体を計算対象領域として行なった。数値計算における橋脚周上のまどみ幅は $\Delta S = L/8$ であり、計算対象領域を

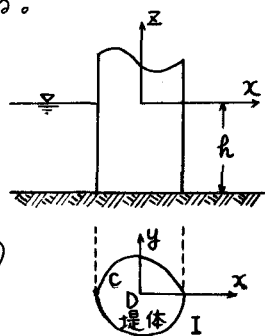


図-1 無限水域中の堤体

図-2に示すように、 x 軸および y 軸方向を10m間隔で区切った格子点における波高比を求め、これから等波高比線を描いた。図-3は鉛直平面壁を有する矩形橋脚に $T=5.0\text{sec}$ の波が x 軸と 60° の角度をなして入射してくる場合の橋脚周囲の等波高比線を示す。同図によると、入射波が直接作用する橋脚壁面①および②の前面で波高比 K_d は大きくなり、 K_d が1.8を越える領域もわずかではあるが見られる。また壁面①で反射された波と入射波の重なる領域では、波高比 $K_d=0.6\sim 0.8$ の分布と $K_d=1.3\sim 1.6$ の分布が交互に現われていること

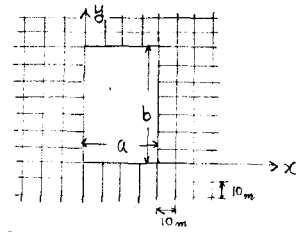


図-2 メッシュ

かう見て、この領域においては波動はいわゆる斜め重複波的であると考えられる。このような領域を船舶が壁面①に平行に航行すると、横揺れ、縦揺れ、および上下揺れはかなり大きくなるものと考えられる。このことはまた壁面②で反射された波と入射波の重なる領域においても同様である。次に図-4に図-3と同様の入射波の条件の下で反射率が $K_R=0.4$ であるような消波構造の場合の等波高比線を示す。図-4より明らかなように、 $K_R=1.0$ のときに見られたような斜め重複波的な波動を生ずる領域は橋脚のごく近い周囲のものについてはほとんど認められない。以上の計算からも明らかなように、鉛直平面壁を有する超大型の建造物の近傍では、かなりの範囲にわたって三角波のような強い波の場が形成され、小型船の航行安全上大きな問題となるが、周壁に適当な消波構造を設置することによってこのような問題は解決されると考えられる。

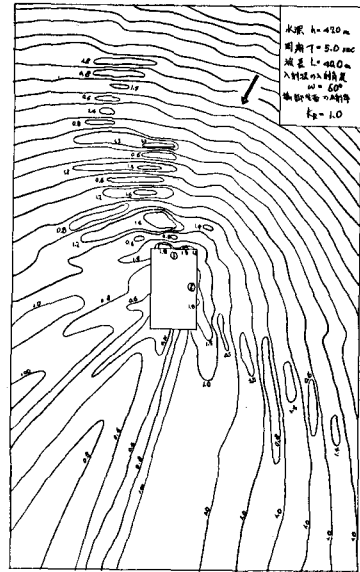


図-3 橋脚周囲の波高分布 ($K_R=1.0$)

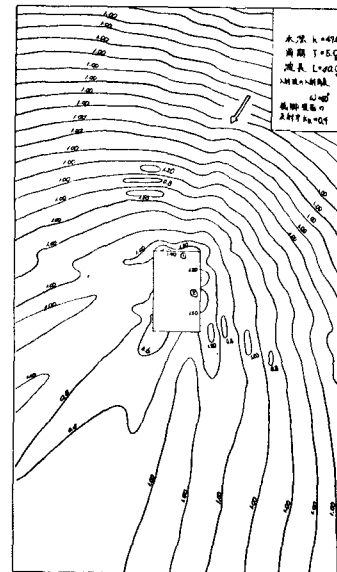


図-4 橋脚周囲の波高分布 ($K_R=0.4$)

参考文献

- 1) 井島, 岡, 湯村: 任意形状の透過および不透過防波堤による波の散乱