

浮桟橋を含む港湾域の波高分布について

愛媛大学工学部 正 員 中村孝幸
愛媛大学大学院 学生員 ○大森慎敏

1. まえがき：従来、浮桟橋を含む港湾域の波浪静穏度は防波堤などの固定式外郭施設は考慮して検討されているが、浮桟橋などの浮体式施設の影響は一般に無視されることが多い。これは、浮体式施設では、吃水面下で流体の移動があり、波の変形に対する寄与が十分に小さいと錯誤されていることや、その影響を解析的に検討する手法も確率されていないことなどによる。本研究は港湾境界には平面2次元な鉛直線グリーン関数法を浮体には3次元グリーン関数法を用いる数値解析法を新たに提案し、その算定例について示すものである。

2. 解析法の概略：解析モデルおよび座標系は図-1に示すものである。すなわち、一定水深 h の任意平面形状を有する港湾域に任意形状の浮体が弾性係留されており、これに平面波が任意の方向から作用する場合を考える。ただし、座標系は右手座標系で、 x 、 z 軸が水面の2直交軸、 y 軸が上方を正とする鉛直軸にとってある。本研究では、回折散乱波および発散波の速度ポテンシャルの算定法として、任意形状の浮体および港湾境界を対象にできる、湧出し分布法を採用した。このとき、3次元波動場上のグリーン関数 $G_3(x, y, z; X, Y, Z)$ を用いると、回折散乱波の速度ポテンシャル ϕ_s は次式のように表せる。

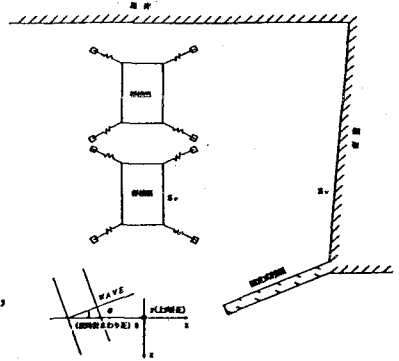


図-1 解析モデルおよび座標系

$$\phi_s(x, y, z) = \iint_{S_v, S_f} f_s(X, Y, Z) G_3(x, y, z; X, Y, Z) ds(X, Y, Z) \quad (1)$$

ここに、 $f_s(X, Y, Z)$ は港湾境界および固定浮体の没水面上の点 (X, Y, Z) における波源強さ、 (x, y, z) は ϕ_s を求める波動場中の一般点の座標、 S_v 、 S_f はそれぞれ港湾境界、浮体の没水表面である。ここで、港湾境界が浮体による減衰定常波の影響が無視できる位置にあるものとする、中村らによる直立式構造物の解析例¹⁾に見られるように港湾境界での $f_s(X, Y, Z)$ は次式のように仮定できる。

$$f_s(X, Y, Z) = \hat{f}_s(X, Z) \frac{\cosh k(h+Y)}{\cosh(kh)} \quad (2)$$

そして、 $ds(X, Y, Z) = dc(X, Z) dZ$ であることに注意すると、式(1)の S_v についての積分は Y に関して解析的に実行でき、最終的に式(1)は次のようになる。

$$\begin{aligned} \phi_s(x, y, z) = & \iint_{S_v} f_s(X, Y, Z) G_3(x, y, z; X, Y, Z) ds(X, Y, Z) \\ & + \int_{C_v} \hat{f}_s \hat{G}_2(x, z; X, Z) dc(X, Z) \frac{\cosh k(h+Y)}{\cosh(kh)} \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 C_v は S_v の $x-z$ 平面上の境界線に相当する。また、 $\hat{G}_2$ は鉛直線グリーン関数である。そして、この式は第1項に浮体に関する項、第2項に港湾境界に関する項を含み、それぞれ面積分、線積分で求められることから、より効率的に ϕ_s の算定が可能になる。なお、浮体の動揺を取り扱うには、発散波のポテンシャルも必要になるが、これについても ϕ_s と類似した手法により求めており、ここに付記しておく。

さて、式(3)に基づき解析を行うには、港湾境界上における浮体による減衰定常波の影響を前もって検討しておく必要がある。本研究では、直線護岸前面に設置された矩形浮体を対象にして、その離岸距離を各種に変化させて、減衰定常波の影響を検討した。その結果、離岸距離が対象波の $1/4$ 波長以上になると浮体による減衰定常波は無視できることが確認され、以下この基準をまもるようにして算定を行った。

3. 解析例：本研究で対象にした港湾域を図-2に示す。水深は10mで一定とし、港湾境界護岸の反射率は一般的なコンクリート護岸を想定して0.9とした。波高分布の算定領域としては、浮桟橋と港湾境界で挟まれる、105m×121.5mの台形領域とした。また、座標系の原点は浮桟橋(2)の中心に一致するように設けた。浮桟橋の主な寸法は25m×12m×2.7mで重量は558tである。そして、浮桟橋は底部の4隅でチェーン係留されており、解析ではこれをカテナリー係留として近似し、係留ラインのバネ常数等を算出した。

図-3(a)は入射角 $\theta = -90^\circ$ (沖側)、周期 $T = 6.0$ sec. 入射波高 $H = 1.0$ mに対する波高分布を、また図-3(b)は比較のため、同条件下で浮桟橋の影響を無視したときの結果を示す。この場合、両者に有意な差は見られない。一方、図-4(a), (b)は波周期 $T = 3.0$ sec. に対するそれぞれの算定結果で、このとき両者には大きな差が見られる。そして、このような類似および相違は浮桟橋の透過・反射特性によるものと考えられる。すなわち、長周期波では浮桟橋による反射波が小さく、その影響は無視できるのに対して、短周期波では反射波が大きく、その影響は無視できないことによる。したがって、浮桟橋による反射効果が有意となる条件下では、本研究のような算定法が是非必要になるものと言えよう。

4. 結語：以上、浮体構造物を含む港湾域の波浪境界値問題は浮体構造物には3次元グリーン関数、港湾境界に対しては鉛直線グリーン関数を用いる方法により効率的に算定できる。ただし、浮体の離岸距離としては、対象波のほぼ $1/4$ 波長以上とする必要がある。また、港湾域の波浪静穏度に及ぼす浮体式施設の影響は、その反射・透過特性を考慮することにより概略的に推定できる。

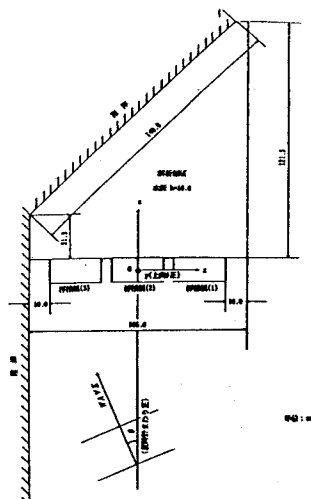


図-2 解析港湾域

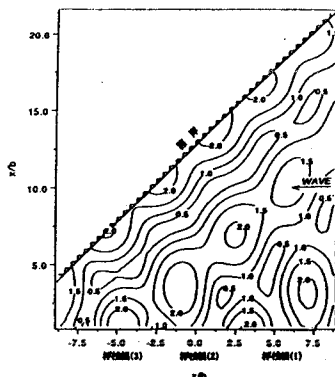


図-3 (a) 浮桟橋の影響を考慮したときの波高分布 (周期 $T = 6.0$ sec.)

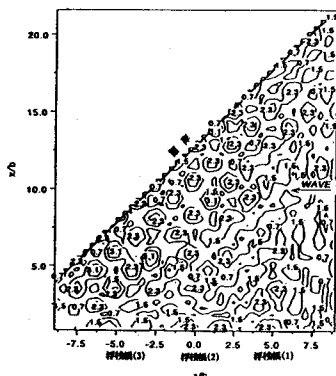


図-4 (a) 浮桟橋の影響を考慮したときの波高分布 (周期 $T = 3.0$ sec.)

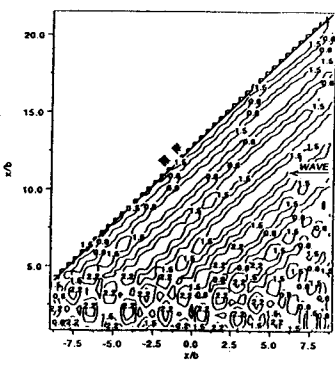


図-4 (b) 浮桟橋の影響を無視したときの波高分布 (周期 $T = 3.0$ sec.)

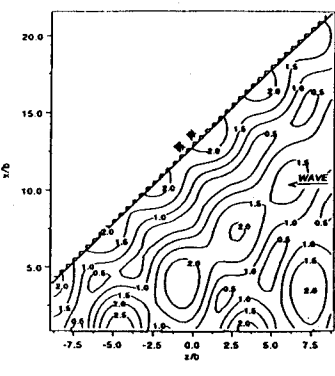


図-3 (b) 浮桟橋の影響を無視したときの波高分布 (周期 $T = 6.0$ sec.)

<参考文献> 1) 中村孝幸・奥吉雄：任意平面形状を有する堤体構造物まわりの波変形の解析法について、第32回 海岸工学講演会論文集、土木学会、pp.594~598、1985