

港内波浪予測への Wave Ray 法の適用

大阪大学工学部 正会員 榎木 亨

〃 〃 〇青木伸一

1. はじめに

港内波浪の予測計算法としては、これまでも種々のものが提案されている。波変形の基礎式を、' 離散化' 以外の近似を用いずに解く、有限差分法、有限要素法、あるいは境界積分方程式法などの厳密解法は、港のスケールが波長と同程度か、それ以下の場合を除いて、計算コストの面からみて、実用的な方法であるとは言い難い。またこれらの計算法は、与えられた数学的問題の解としては十分な精度を有しているものの、実験値との比較においては、何らかのエネルギー逸散を考慮しない限り、港内波高を過大に見積るといった問題点がある。¹⁾

一方、大スケールの港湾を対象とした近似解法としては、我が国で広く用いられている高山の方法や、Larsen²⁾による Wave Ray 法などが挙げられる。これらの計算法はいずれも、港内での波浪場を、個々の防波堤や岸壁からの回折波および反射波の重ね合わせとして表現する方法である。本研究では、港内での波向が容易に求められる Wave Ray 法を取り上げ、厳密解法の一つである Lee の方法や、模型実験の結果と比較することにより、その適用性を検討している。

2. Wave Ray 法の概要と問題点

Wave Ray 法では、港内の水深を一定とし、図-1 に示すように、幾何光学的な成分(入射波 η^I とその反射波 η^R)に加えて、防波堤の先端や港内の隅角部から発生する回折散乱波を、Diffracted Ray として取り扱い、それらの寄与 η^D を幾何光学成分に加えて近似解を構成する。すなわち、港内P点での波浪場は次式で表される。

$$\eta(P) = \eta^I(P) + \sum \eta^R_i(P) + \sum \eta^D_i(P)$$

なお、本研究では2次回折(Diffracted Rayの回折)も考慮できるようにしている。この方法は、三井ら³⁾が、海岸構造物の不連続部の波高分布計算に適用した方法と基本的な考え方は同じであり、不連続点(防波堤先端や港内隅角部)での回折現象を各々独立に取り扱っているため、不連続点(散乱波の発生点)が近接する場合には誤差が大きくなる。すなわち、Wave Ray 法は、波長が港のスケールに比べて十分小さい場合ほど良好な解を与えることが容易に予想される。

また図-2は、隅角部から発生する回折散乱波のみの等位相線を示したものであるが、等位相線は必ずしも円筒状にはなっておらず、Diffracted Ray を隅角部から放射状に出ているとして波向を求めることにも問題があることがわかる。

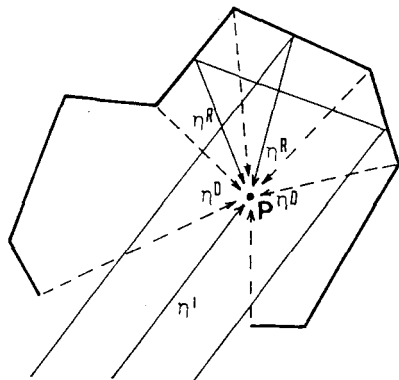


図-1 Ray Tracing

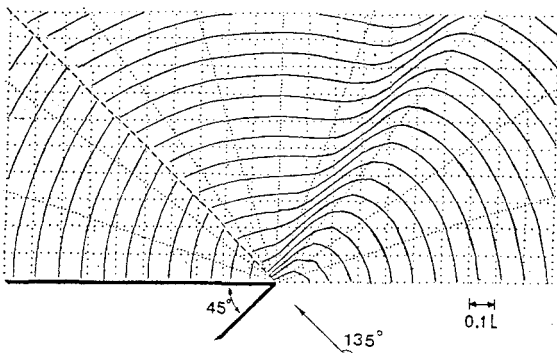


図-2 回折散乱波の等位相線図

Toru SAWARAGI

Shin-ichi AOKI

3. 計算法の適用性

図-3は、図中に示すようなL字型港湾内のC点における波高比の、周波数応答を示したものである。ただし、横軸の k は入射波の波数であり、 l は港の代表長として4mをとっている。計算はLeeの方法（一点鎖線）、Leeの方法で全ての港湾境界の反射率を0.94としたもの（破線）、およびWave Ray法（反射回数5、実線）の3種類を用いて行った。図より、港湾境界を完全反射とした場合のLeeの方法では、波長の変化による変動が激しく、過大なピークが出現しているのに対し、反射率を0.94としたケースでは、応答値が著しく小さくなり、実験値（●）に近い値を示している。またWave Ray法による計算値も、反射率を考慮した場合と同程度には実験値を説明しているが、波長の長い領域での実験値のピークは十分説明できていないことがわかる。

また、図-4はC点での波高比と位相差を、波向毎の線スペクトルとして表示したもので、港内任意点での波の場が詳細に求められることがわかる。

以上より、Wave Ray法は、港のスケールに比べて波長が短い場合には、計算の容易さ、個々のRayの波向や位相差が簡単に求められる点等を考慮すると、十分実用的な方法であると言えよう。

謝辞

本研究を行うに当たり大変御尽力いただいた、生田幸治君（香川県）に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 榎木 亨・青木伸一・山本明雄：有限要素法による港内波浪の予測とその適用性，海洋開発論文集，vol.4，pp.153-158，1988.
- 2) Larsen, J.: A Harbour Theory for Wind-generated Waves Based on Ray Methods, J.F.M., vol.87, part1, pp.143-158, 1978.
- 3) 三井宏他：海岸構造物不連続部の波高分布について（第1報～第6報），海岸工学講演会論文集，1966～1975.

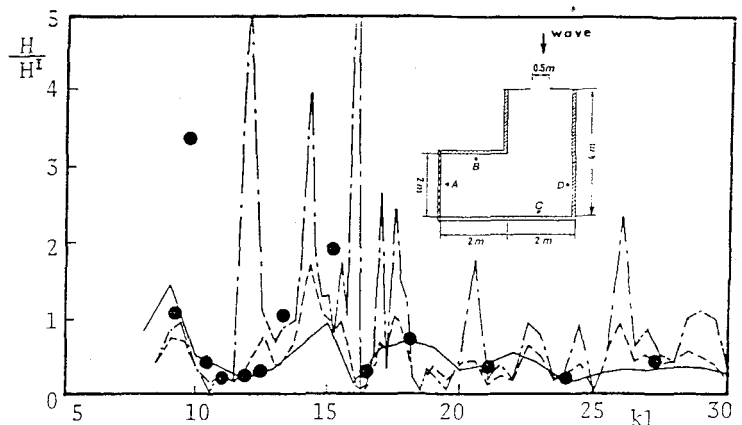


図-3 波高比の周波数応答（C点）

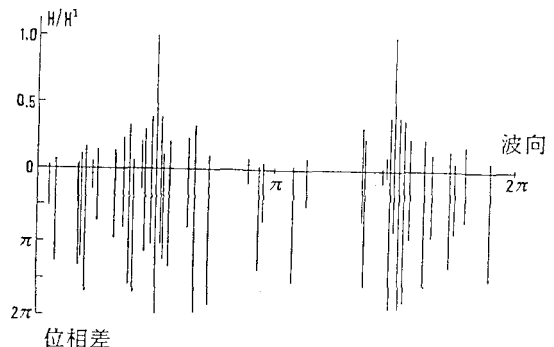


図-4 波高及び位相差のスペクトル
（C点， $kl=8\pi$ ）