

隅切りによる隅角周辺の波高低減効果

徳島大学工学部 正員 三井 宏

徳島大学工学部 正員 加藤 憲一

徳島大学大学院 学生員 ○見附 敬三

1. まえがき

海岸構造物隅角の周辺では、回折・散乱現象により極大前面波高が発生する。このような隅角に、主として工費の軽減を目的に隅切りが行われるが、同時に波高低減の意図を併せてもつものも少なくない。そこで本研究では、一様水深領域に設置された 90° 凸、 90° 凹隅角の壁面沿いの波高分布を、半平面グリーン関数法を用いて数値計算し、隅切りによる波高低減効果の有無を検討した。

2. 半平面グリーン関数法の基本原理

グリーン関数を用いた数値解法には、Lee, Jiin-Jenあるいは井島らの方法などがあるが、本研究では波高の平面分布を算出するのに都合のよいBaraillerとGaillard¹⁾の方法を採用した。これは、半平面のグリーン関数を用い、任意形状領域、任意水深の海面での波高分布を算出できるが、本研究では一様水深領域にのみ適用できる方法を採用した。

一様水深領域を周期 T の規則波が伝播する場合、水位 $\eta(x, y, t)$ は、微小振幅波理論によれば、次式で表すことができる。

$$\eta(x, y, t) = \zeta(x, y) \cdot \exp(-i\sigma t) \quad (1)$$

ここに、 $\sigma = 2\pi/T$ 、 t は時間変数、 $\zeta(x, y)$ は複素変数で絶対値は波の振幅を示し、偏角は位相を表す。図-1に示す閉曲線 Γ により限定された領域 D の内部点 O の波は、第2種グリーン関数 G_2 を用いて次式で与えられる。

$$\zeta = 1/4i \int_{\Gamma} \zeta / \partial n \cdot G_2(OM) ds \quad (2)$$

ここに、 ds は M 点を中心とする閉曲線 Γ のelement長、 $\zeta / \partial n$ は M 点での Γ 上の内部法線微分であり、 $G_2(OM)$ は次式で表される。

$$G_2(OM) = 2H_0^{(1)}(kr) \quad (3)$$

$H_0^{(1)}(kr)$ は0次第1種のハンケル関数で k は波数、 r は OM の距離。

実際に数値計算する場合には、まず計算位置を含む領域を仮想凸形状領域に分割し、その境界線を波長に較べ十分小さい要素に分割する。このように離散化し、内部法線微分を求め所要の波高を求めるのである。

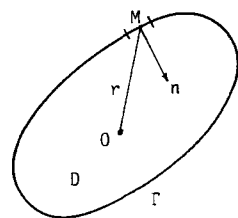


図-1 計算領域

3. グリーン関数法の適合性

本研究では、海岸構造物隅角の角切り効果を調べることに加えて、グリーン関数法の適合性についても検討を試みた。これは、隅切り隅角部の計算をする前に、グリーン関数法による 90° 凸、 90° 凹単純隅角を用いて厳密解と比較することにより、どれほどの誤差を含んでいるかを調べるものである。

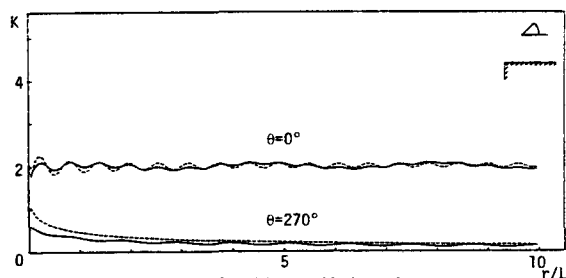


図-2 壁面沿いの波高分布
(90° 凸隅角, $\alpha = 45^\circ$)

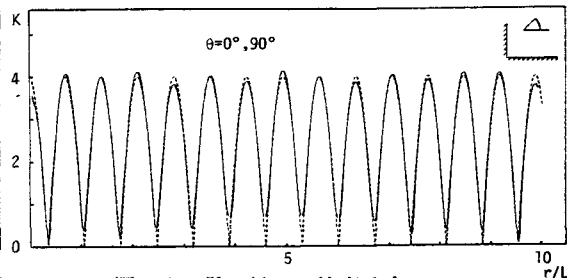


図-3 壁面沿いの波高分布
(90° 凹隅角, $\alpha = 45^\circ$)

図-2, 3に 90° 凸, 90° 凹隅角の場合について, それぞれ入射角 45° の波の計算結果を示す。実線はグリーン関数法による数値解, 破線は厳密解である。これらの図から 90° 凸隅角の場合, 隅角点からの距離 r/L が大きくなるにつれ両値は一致してくるものの, 隅角点付近では誤差が大きい。この原因として, 分割要素数, 計算領域の大きさ, 反射波の反射回数, 領域外での反射波の寄与など様々なものが考えられ各々に対して検討を加えたが, 何が主因であるのか明確にはならなかった。ただ, $\theta = 0^\circ$ の堤前面より $\theta = 270^\circ$ の側面の方が誤差が大きかったのは入射波の与え方の違いによるものと考えられる。また, 凹隅角では, 比較的よく一致しているといえる。これらのことより, グリーン関数法は, 隅角点付近で誤差が多少大きくなるが, それらのことをふまえて使用するならば, それほど大きな誤りができることはない。

4. 隅切り効果の検討

凸隅角の隅切りモデルを図-4に示す。計算モデルの諸元は領域ⅠとⅢは一辺が40波長の正方形, 要素長は単純隅角の場合と同様0.1波長とし, 入射角 α を 45° , 90° , 135° の3種類, 隅切り長さを1.0波長から1.5波長まで0.1波長きざみの6種類, 合計18種類の場合について計算した。凹隅角の場合は, 隅切りの種類は同じであるが, 入射角を 45° と 90° とし, 合計12種類の場合について計算した。

図-5, 6にグリーン関数法による隅切り隅角部の波高分布を示す。ここでは, 凸, 凹両隅角ともに $\alpha = 45^\circ$, 隅切り長さ1.5波長の場合のみを示した。横軸 r/L は原点からの距離, 縦軸 K は入射波高に対する波高比で, 図中の実線は隅切りモデルによる計算結果を示す。比較のため, 単純隅角の壁面沿いの波高分布を破線で示した。これらの図より凸隅角の場合には, 隅切り部を除いて実線と破線の位相のずれはあるものの, 極大波高の値は変化しないことがわかる。また, 凹隅角の場合には凸隅角の場合のような位相のずれはないが, $\theta = 0^\circ$, 90° の壁面に, 90° 単純凹隅角の場合より大きな波高が発生していることがわかる。これは, 隅切りをすることにより, 散乱波を発生させてしまったことを示している。

以上のことより, 海岸構造物隅角に隅切りを施しても波高低減効果は期待できないこと, および場合によっては危険にさえることがわかった。

5. あとがき

本研究は文部省自然災害特別研究(研究代表尾島勝 徳島大学助教授)によるものであることを付記して謝意を表する。

—参考文献— 1) L. Barailler et P. Gaillard: Evolution recent des modeles mathematiques digitation due a la houle. Calcul de la diffraction en profondeur non uniforme. La Honille Blandie, Vol.22, No.8, pp.861~869.

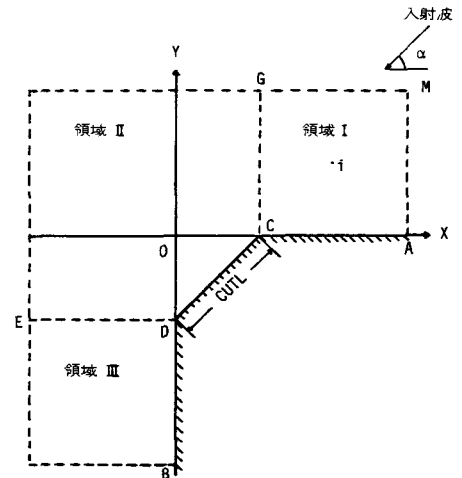


図-4 隅角隅切りモデルと座標

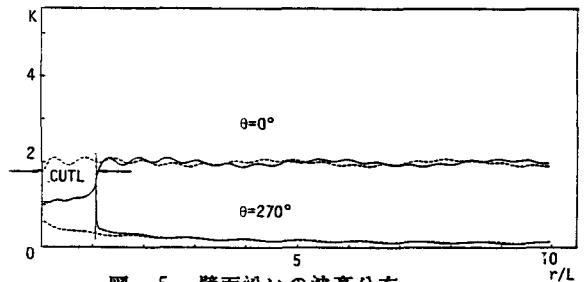


図-5 壁面沿いの波高分布

(90° 凸隅角, $\alpha = 45^\circ$, $CUTL = 1.5L$)

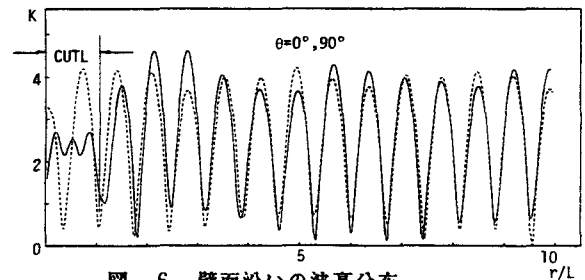


図-6 壁面沿いの波高分布

(90° 凹隅角, $\alpha = 45^\circ$, $CUTL = 1.5L$)