

埋め立て地護岸前面の波高分布について

徳島大学工学部 正員 三井 宏

昭和42年度に単一隅角部付近の護岸沿いの波高分布を模型実験および数値解析により求めた。この数値解析に用いた理論解を利用して、埋め立て地護岸や河口堤防などのように、法線形状が2つ以上の隅角の組み合わせより成る護岸沿いの波高分布を数値解析により求める。

図-1に示すZ型法線の場合を例にとりて解法を示す。ここに以下のよう仮定をする。(1) 海域はすべて一定水深である。(2) 微小振幅波理論が成立する。(3) 法線AOBCにおいて波は完全反射をする。(4) OBの距離 l は波長にくらべて十分に大きい。したがって、Oから伝達しBCで反射してふたたびOへ帰ってくる攪乱波によるO点での再攪乱は無視する。

AOBを単一隅角部としたときの入射波 $e^{ip\cos(\theta-\alpha)}$ に対する付近海面の状態は前年度に求めたように、

$$f_1 = \frac{4}{3} J_0(\rho) + \frac{8}{3} \sum_{n=1}^{\infty} e^{i\frac{2n}{3}} \cdot J_{\frac{2n}{3}}(\rho) \cdot \cos \frac{2}{3} n \alpha \cdot \cos \frac{2}{3} n \theta \quad (1)$$

ここに、 $\rho = k r$ 、 k は単位長さごとの波数である。つぎにBCを鏡面とするAOBの鏡像A'O'Bにおける入射波 $e^{ip\cos(\theta-\alpha)}$ に対するA'O'B付近海面の状態は

$$f_2 = \frac{4}{3} J_0(\rho_2) + \frac{8}{3} \sum_{n=1}^{\infty} e^{i\frac{2n}{3}} \cdot J_{\frac{2n}{3}}(\rho_2) \cdot \cos \frac{2}{3} n \alpha \cdot \cos \frac{2}{3} n \theta \quad (2)$$

ここに、 $\rho_2 = \sqrt{\rho^2 \cos^2 \theta + (\rho \sin \theta + 2kl)^2}$ である。

入射波 $e^{ip\cos(\theta-\alpha)}$ はCBで反射し、隅角AOBに到達するのに位相が $2kl \sin \alpha$ だけ遅れるから、BCによる反射波 $e^{ip\cos(\theta+\alpha)-2i2kl \sin \alpha}$ に対する単一隅角部AOB付近の解は

$$f_3 = \left\{ \frac{4}{3} J_0(\rho) + \frac{8}{3} \sum_{n=1}^{\infty} e^{i\frac{2n}{3}} \cdot J_{\frac{2n}{3}}(\rho) \cdot \cos \frac{2n}{3} (2\pi - \alpha) \cdot \cos \frac{2}{3} n \theta \right\} \cdot e^{-i2kl \sin \alpha} \quad (3)$$

となり、同様にして鏡像A'O'Bに対するこの波の解は

$$f_4 = \left\{ \frac{4}{3} J_0(\rho_2) + \frac{8}{3} \sum_{n=1}^{\infty} e^{i\frac{2n}{3}} \cdot J_{\frac{2n}{3}}(\rho_2) \cdot \cos \frac{2n}{3} (2\pi - \alpha) \cdot \cos \frac{2}{3} n \theta \right\} \cdot e^{-i2kl \sin \alpha} \quad (4)$$

となる。これらの単一隅角部における解を重ね合わせ、OA、OB、BC沿いの波を求めると、それぞれ以下のようになる。

[OA沿いの波] $\theta = 0$

($\alpha = 0, \pi/4$ および π) 単一隅角部の解と同じになる。すなわち、 f_1 に $\theta = 0$ および所要の α の値を代入すれば解がえられる。 $f = f_1$, ($\alpha = \pi/4$ および π), $f = 0.5 f_1$ ($\alpha = 0$)

$$(\alpha = \pi/2) \quad f = f_1 + 0.5 f_3$$

$$(\alpha = 3\pi/4) \quad f = f_1 + f_3$$

[OB沿いの波] $\theta = 3\pi/2$, $\rho_2 = 2kl - \rho$

$$(\alpha = 0) \quad f = 0.5 (f_1 + f_2)$$

$$(\alpha = \pi/4) \quad f = f_1 + f_2$$

$$(\alpha = \pi/2) \quad f = f_1 + f_2 + 0.5 (f_3 + f_4) - e^{-i\rho} - e^{-i(2kl-\rho)}$$

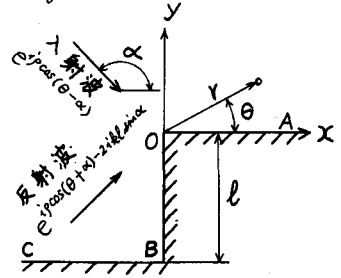


図-1 Z型法線の座標

$$\begin{aligned}
 (\alpha = 3\pi/4) \quad f &= f_1 + f_2 + f_3 + f_4 - 2 \{ e^{-i\rho/12} + e^{-i(2kl-\rho)/12} \} \\
 (\alpha = \pi) \quad f &= f_1 + f_2 - 2.0 \\
 [BC \text{ 沿いの波}] \quad \theta &= \sin^{-1} kl/\rho + \pi, \quad \rho = \rho_2 = \sqrt{x^2 + (kl)^2} \\
 (\alpha = 0) \quad f &= f_1 \\
 (\alpha = \pi/4) \quad f &= 2f_1 \\
 (\alpha = \pi/2) \quad f &= 2f_1 + f_3 - 2e^{-ikl} \\
 (\alpha = 3\pi/4) \quad f &= 2(f_1 + f_3) - 2 \{ e^{i(x-kl)/12} + e^{-i(x+kl)/12} \}
 \end{aligned}$$

以上の解 f はすべて周期関数を複素数表示したものであるから、 f の絶対値をとれば入射波高1に対する護岸沿い波高 K がえられる。図-1のOB間の距離を $kl = 19.0 \sim 28.0$ の範囲で0.5おきに变化させ($l/L \div 3 \sim 4.5$ の範囲で0.08おき) $\alpha = 3\pi/4$ に対するOA沿いの K の値を計算した結果を図-4に示す。この図においては、 $kl = 19 \sim 22$ の範囲しか図示していないが、 $kl = 22 \sim 28$ の範囲においてもほぼ同様の傾向を示し、 $kl = 20.0 \sim 20.5$ および $kl = 24.5 \sim 25.0$ それぞれにおいて、 $\rho = 6 \sim 7$ ($x/L \div 1.0$)で最大の $K \div 2.72$ をとる。すなわち、位相のずれ $2kl \sin \alpha$ が半波長になるような l のときに最大の K が発生し、 l が $3L$ から $4.5L$ の範囲では最大波高は完全重複波高の1.36倍になる。 $3\pi/4$ 以外の α およびOB, BC沿いの波高分布の計算はほとんど完了している。図-2および3に示すような法線形状についても、上述と同様にして解をえることができる。現在、これらの法線形状について徳島大学電子計算センターのTOSBAC3400により計算中である。

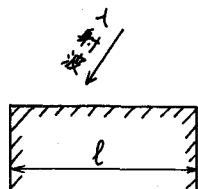


図-2 突堤状法線

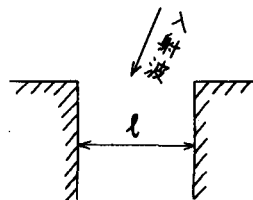


図-3 幅の広い河口

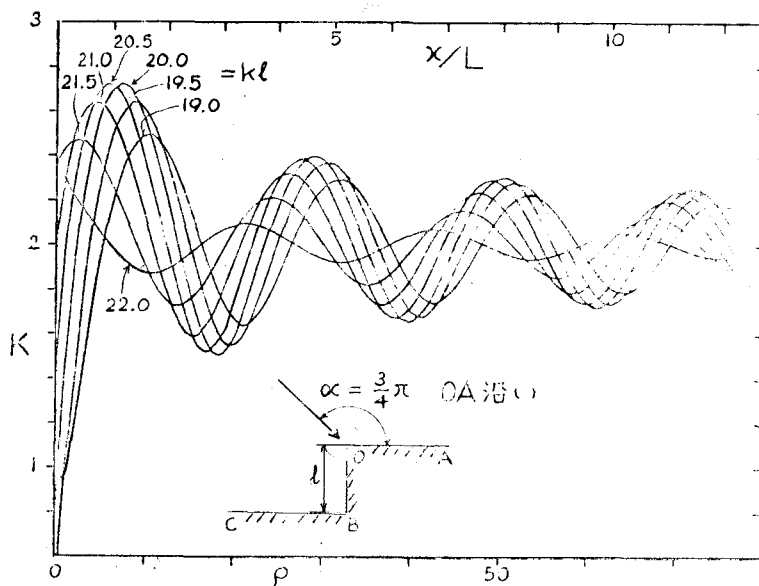


図-4 Z型法線OAに沿う波高分布