

中央大学工学部 正金 豊 林 泰造 ○ 学生 豊 松 属 英 天

1. 予てがき 波浪は、その衝撃波面での圧力効果と底面摩擦効果を含んだ波浪条件を用いた特性曲線法による津波逆上解析を行った。この計算を行うには圧力効果と底面摩擦効果を含んだ波浪条件を誘導する必要があるので、本研究では従来の実験結果と数値論的研究結果を基に、2半経験的に波浪条件に含まれる摩擦減衰項を導出し、これによる計算を行った従来の方法による計算結果と比較検討を行った。合わせて、この波浪条件を用いた時の汀線近傍での波浪高について理論的考察を行った。

2. 圧力効果と底面摩擦効果を考慮した波浪条件の誘導 図-1に示す波浪の運動量式の一般形は
$$\frac{d}{dt} \left(\int_{-h}^{\eta} \rho u dx \right) + \int_{-h}^{\eta} \rho u \frac{dh}{dt} = \int_{-h}^{\eta} \rho p dx - \int_{-h}^{\eta} \rho p_0 dx - \int_{-h}^{\eta} \tau dx \quad (1)$$
 但し ρ : 水の密度, A : 流水面積, h : 水深, u : 流速, p : 圧力, τ : 底面剪断力, h_0 : 流水の状態に規定される長さ。福井等¹⁾に従って(1)式断面平均量を表現すれば、

$$\frac{d}{dt} (C_u^* W - C_u^* W - C_u^* C_u^* + C_u^* C_u^*) = \frac{1}{2} (C_u^* - C_u^*) - \tau_0 C_u^* \quad (2) \quad \text{但し } \tau_0 = \frac{1}{h_0} \int_{-h}^{\eta} \tau dx$$

$$\tau_0 = \frac{1}{h_0} \int_{-h}^{\eta} \tau dx = \frac{1}{h_0} \left(\frac{1}{2} \rho g h_0^2 \log \frac{u}{u_0} \right) \frac{1}{h_0} \quad C_u = \sqrt{gh_0}, C_u = \sqrt{gh_0}, W = \text{波浪速度}, Y_m = \text{流水の規模を示すパラメータ}, - : \text{断面平均} (2) \text{式中の } \tau_0 \text{ と } \tau_0 \text{ は } \tau = \tau_0 - \tau_0 \text{ の相対係数 } \eta = 0.013 \text{ の場合について福井等による実験的に評価した。} \text{ } \eta \text{ と } \tau_0 \text{ は図-2に示す。図-2に示す } h_2 = 0 \text{ の時、つまり surge front の時の波浪先端条件は } \tau_0 = \frac{W}{\sqrt{gh_0}} = \frac{u_1}{\sqrt{gh_0}} = 1.83 \text{ と } \tau_0 \text{ である。一方、岩崎・富田等は(移動)汀線条件として } Fr = 2.0 \text{ と理論的及び実験的に示した。よって、本研究では汀線条件として } Fr = 2.0 \text{ を用いることとする。さらに、波浪が発生した初期は波浪条件の底面摩擦効果は無視できるものとすると、} h_2/h_1 \approx 1.0 \text{ として } \tau_0 \approx 1.0 \text{ 及び } \tau_0 = 0 \text{ とし、図-2の実験結果から } \tau_0 \text{ の } h_2/h_1 \text{ と決定すると、上述の波浪条件が満足する } \tau_0 \text{ と2次式を導く。}$$

$$\tau_0 = 0.125 \frac{h_2}{h_1} + 0.875 \quad (3) \quad \text{結局、(2)と(3)式から圧力効果と底面摩擦効果を考慮した波浪の運動量式と1次式を導く。}$$

$$C_u^* - C_u^* = 2C_u^* (W - C_u^*) (C_u^* - C_u^*) + 0.25 (C_u^* - C_u^*) C_u^* \quad (4)$$
 但し $\tau_0 \approx 1.0$ と1次式。静水中に侵入する汀線方向の波浪を考えると(4)式より、
$$C_u^* - C_u^* = 2C_u^* W + 0.25 (C_u^* - C_u^*) C_u^* \quad (5) \quad (5) \text{式で本研究で用いる波浪の運動量式を、汀線条件 } (C_u = 0) \text{ として } Fr = 2.0 \text{ と満足する。}$$

3. 汀線付近での波浪高 Keller 等²⁾の解析法に従って、(5)式を整理した波浪の運動量式を用いた時の汀線近傍での波浪高について考察すると、
$$\frac{1}{h_2} \frac{dh_2}{dt} = - \frac{1}{2-H} \quad (6)$$
 (6)式を解くと波浪高2倍について2次の関係を得る。
$$\tau_0 \propto h_2 \quad (7)$$

4. 波浪条件 波浪先端位置で0.25の傾斜を有する傾斜面上で汀線に向って静水中に侵入する時、波は汀線に達する前に必ず崩壊する³⁾。崩壊後の傾斜時の波浪条件として、2次元の計算に適用する形で示す。一般性を考慮して本研究ではHs-Meyer⁴⁾の境界特性系の概念を用いて、図-3に示す記号を用いた2次式を用いることとする。
$$x_c + (u_c + c_c) \Delta t - c = x_0 \quad (8)$$

5. 計算手法と計算条件 本研究の計算手法は格子法($\Delta x = 0.5, \Delta t = 0.25$)、摩擦効果を考慮した(7)式の波浪条件を用いることと、岩崎・富田等の方法(無次元化の法則等)に従う。計算条件は侵入波形状として sine 波を選び、さらに底面勾配 $S = 0.05$ 、侵入波長 $L_0 = 100.0$ 及び入射角 $\alpha = 40.0^\circ$ とし、1次元勾配 $m = 0$ 及び0.10の2つの幾何形状を対象として入射波

図-1 示す波浪の運動量式の一般形

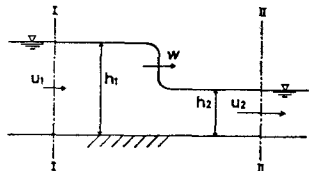


図-1 波浪の説明図

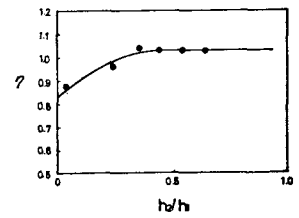


図-2 係数(2)と h_2/h_1 の関係

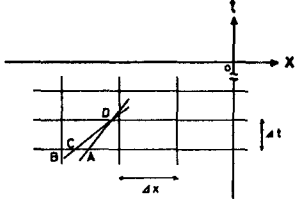


図-3 波浪条件

高 H_0 と波高と変化させ $H_0=0.3 \sim 0.7$ 計算条件にバライエーと持たせた。また、入射波高と流速の関係は水平底と進行する浅水理論による2回運用した。

6. 計算結果 計算結果の数値を図-4~8に示す。図-4~8の中の Cal. I と Exp. I による H の1/2の式で示される運動量式を用いた時の計算結果で、一方、Cal. II と Exp. II による H の1/2の式で示される運動量式を用いた場合の計算結果である。

図-4及び5は $Rm=0$ と 0.10 の時の相対逆上高である。但し、図中の H は岩崎・高橋・佐藤の定義に従った斜角 α の λ 射波高 H_0 と区別される。これ等によると、Cal. I と Cal. II は殆んど差が無く逆上高 H と議論する場合は従来の方法で予測可能であると判る。図-4に於いて、 $H_0/L_0 = 3.0 \times 10^{-2}$ の時逆上高が両方とも急減しているが、この理由はこの入射条件では major bore run-up method が適用できないためと思われる。

図-6は逆上高の Fr について両者と比較したものである。同図によれば、従来の方法では格子間隔の取り方次第で逆上高 H が無限大に近づき、実際現象と著しく異なり、 $2 < 3$ と判る。

図-7は逆上高の両者の逆上高 H と比較したものである。摩擦減衰を考慮した計算条件を用いた方は従来の方法による H の値に比べ、逆上初期は逆上高が小さく、逆上線に近づくにつれて急激に増加し、逆上線に到達した後は従来の方法による H の値は逆上高の低下をきたす。また、この図から明らかに判る様に、従来の方法ではこの様な逆上高が λ 射より、格子間隔の取り方次第で逆上高は逆上線に消滅するようになる。これは実際現象とは著しく異なり、 $2 < 3$ である。

図-8は各位置に垂直壁があると仮定した時のその壁面に沿った力 P と計算した H の値である。図によれば、沖から陸上までの挙動は逆上高と同様の傾向を示し、従来の方法は今回提案する方法に対し、逆上初期はその力 P は約1/2、逆上線には逆に約1/2以下の最大値となる。これは約8割程度という結果と判る。また、力 P は H と同様に、従来の方法では格子間隔次第で逆上線まで0になる。

また、従来の理論的考察及び実験結果と異なり、計算条件に摩擦減衰項を1700の津波逆上解析を行った。従来の計算結果によれば、逆上高 H と議論する場合には従来の方法と殆んど差が生じないが、力 P 、逆上高等を議論する場合には、従来の方法に比べ沖では under estimate、逆上線付近では over estimate の傾向があることが判る。

従来の H の計算条件に摩擦減衰項を1700まで加えると指摘した通り、本研究では過渡の計算結果に基づいてその計算に適用したものである。この摩擦減衰の計算面については、今後の検討が必要である。

謝辞：本研究の遂行に当り、昭和49年、国土庁文部省科学研究費自然災害特別研究「津波逆上現象時の被害予測（津波逆上現象時の被害）」（研究代表者岩崎高次郎）による研究費補助を受けた。記し謝意を表す。

参考文献 1) 福井孝朗・白石英彦・中村光・佐々木泰雄：第9回油断論文集、pp.46-49, 1982. 2) Iwazaki, T. and H. Togeishi: Coastal Engineering in Japan, pp.113-125, 1970. 3) 岩崎高次郎・高橋秀雄：第17回津波逆上現象論文集、pp.427-433, 1970. 4) Keller, H.B., D.A. Levin and G.B. Whitham: J.F.M., Vol. 7, pp.302-320, 1960. 5) H.P. Greenspan: J.F.M., Vol. 4, pp.330-334, 1958. 6) Kajiyama, K.: Australian Acad. Science and Springer-Verlag, Berlin, pp.72-79, 1976. 7) Ho, D.B. and R.E. Meyer: J.F.M., Vol. 14, pp.305-318, 1982. 8) 前記 2). 9) 前記 3).

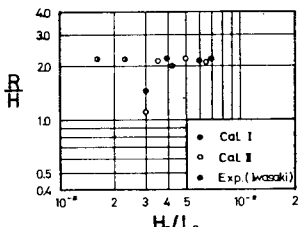


図-4 逆上高 ($S=0.05, m=0.0$)

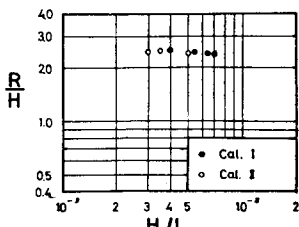


図-5 逆上高 ($S=0.05, m=0.10$)

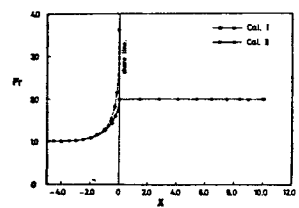


図-6 逆上高の Fr 数 ($H_0/L_0=4.0 \times 10^{-2}, S=0.05, m=0.10$)

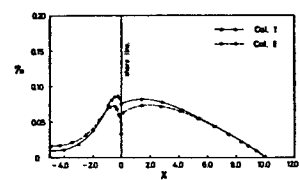


図-7 逆上高 H ($H_0/L_0=4.0 \times 10^{-2}, S=0.05, m=0.10$)

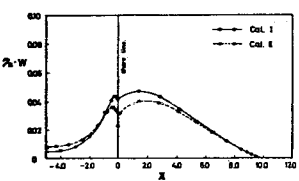


図-8 力 P ($H_0/L_0=4.0 \times 10^{-2}, S=0.05, m=0.10$)