

一様海底勾配を有する湾の湾水振動

京都大学工学部 正 酒井哲郎

1. まづがき 昨春秋、文部省科学研究費自然災害特別研究(1)“三陸大津波来襲時の被害予測”(東北大学岩崎敏夫教授代表)のメンバーとして、三陸沿岸を見学する機会を得た。その時、昭和8年の三陸津波の時に30mという遡上高を記録した綾里湾をはじめ、湾奥に向うほど幅も水深も減少するいわゆるV字型の谷の形状をこの湾の多いことが印象に残った。このような造り、湾水振動と遡上とが重なり、高い水位を生じるものと思われる。最高水位は津波の陸上部への遡上によって決まるが、湾水振動としての増幅の効果も無視できない。この場合湾水振動に対して、湾内の底勾配がどのような効果をもっているだろうか。この問題に関して、これまで若干の考察^{1), 2)}があるが、本格的に湾水振動理論として扱うものはないと思われる。ここでは、最も簡単な場合として、水深が一様に減少し湾奥へ完全反射を生じる鉛直壁を有する長方形湾における湾水振動に対する底勾配の効果と理論的に検討する。

2. 理論 まづつぎのよう仮定する。1) 波動は線型長波, $\partial u / \partial x + g \partial \eta / \partial x = 0$ ---- (1)
2) 外海は一様水深, 3) 湾口部に防波堤あり, 4) 湾内で $\partial v / \partial x + g \partial \eta / \partial y = 0$ ---- (2)
は湾水振動無視, 5) 湾内の水深は湾軸方向に一様に減少。 $\partial \eta / \partial x + \partial(h \cdot u) / \partial x + \partial(h \cdot v) / \partial y = 0$ ---- (3)
運動方程式は(1), (2)式, 連続式は(3)式で与えられる。
 $\eta = a e^{i\omega t} f(x, y)$ ---- (4)
水位 η を(4)式で与えると, u, v は(1), (2)式より(5), (6)式で $u = -(ag/\omega) e^{i\omega t} f_x$ ---- (5)
表わされる。境界条件は、図-1を参照して、(5), (6)式より, $v = -(ag/\omega) e^{i\omega t} f_y$ ---- (6)
(7) ~ (12) 式で与えられる。こ

$x = -b, b, -b \leq y \leq 0, f_x = 0$ ---- (7) の表現は, Oppen-Goda³⁾ によるものである。なお(10)式の $|x| > b, y = 0: f_y = 0$ ---- (8) 形は, $h_1 = \text{const}$ であるので、外海における完全重複波とし $|x| \leq b, y = -b: f_y = 0$ ---- (9) と求める。(12)式を、(6)式の関係をを用いて変形すると、 $x^2 + y^2 \rightarrow \infty: f(x, y) = \cos(\sigma/\sqrt{gh_1} \cdot y)$ ---- (10) (13)式のようになる。ここで、 C および ω は未知定数で $|x| \leq b, y = 0: f_1(x, 0) = f_2(x, 0)$ ---- (11) あり (C は波速ではない)。外海においては, $h_1 = \text{const}$ “ “ “ “ $v_1(x, 0) = v_2(x, 0)$ ---- (12) であり、(11) ~ (14) 式より f_1 の4つの式にすると、Oppen-Goda $f_{1y}(x, 0) = f_{2y}(x, 0) \equiv (\sigma/\sqrt{gh_1}) C e^{i\omega t}$ ---- (13) の場合と同様となる。 f_1 が満たすべき $f_1(x, y) = \cos(\sigma/\sqrt{gh_1} \cdot y) + (\sigma/\sqrt{gh_1}) C e^{i\omega t} \{I_1(x, y) - I_2(x, y)\}$ ---- (14) 系(4), (8), (10), (11), (13) 式のうち(11)式は外 $h_2(x, y) = h_1 + \sigma \cdot y$ ---- (15) を満足する解は、(14)式で与えられる。
 $y' \cdot d^2 f / dy'^2 + df / dy' + (\sigma^2 / g s) f = 0$ ---- (16) I_1 および I_2 は、Oppen-Goda の(2.19.1)および(2.19.2)式を参照せよ(11)。一方、湾内では仮定5より、(15)式のようにない、すなわち $f_2(x, y) \equiv f_2(y)$ 。 $\overline{f_1(x, 0)} = a e^{i\omega t} + a C e^{i(\omega t + \omega)} (\psi_1 - \psi_2)$ ---- (19) (16)式は、 $h_1 + \sigma \cdot y \equiv \sigma \cdot y'$ とおき $C = 1 / \sqrt{(z - \psi_2)^2 + \psi_1^2}, \omega = -\tan^{-1} \{ \psi_1 / (z + \psi_2) \}$ ---- (20)

$$Z = \{N_1(B)J_0(D) - J_1(B)N_0(D)\} / \{N_1(B)J_1(D) - J_1(B)N_1(D)\} \dots (21)$$

$$D = 2(k_1 h_1) / s \dots (22)$$

$$B' = 2/s \sqrt{k_1 h_1} \cdot \sqrt{k_1 h_1 - s \cdot b \cdot l} \dots (23)$$

$$R_{y=1} = |q_{y=1}| / |q_{y=0}| = |Z'| / \sqrt{(Z - Y_2)^2 + Y_1^2} \dots (24)$$

$$Z' = \{N_1(B)J_0(B') - J_1(B)N_0(B')\} / \{N_1(B)J_1(D) - J_1(B)N_1(D)\} \dots (25)$$

ば、(16)式となる。(16)式は斜面上の
線型長波の式であり(岩垣 通井⁴⁾、

その一般解は J_0 , N_0 をそれぞれ0次

のベッセルおよびノイマン関数とす

る。(17)式で与えられる。したがって

べき条件(7), (9), (11), (13)式のうち(17)

式はすべて満たしてあり、(11)式以外を満足する解は(18)式で与えられる。最後に残っ

た条件(11)式は、未知定数 c および ω を決定する。Oppen-Goda と同様、(11)式を透口部平均

して成立するものとする。 $\sigma/\sqrt{g h_1} = k_1$, $\lambda = b$ とおけば、(14), (4)式から得られる q_1 は、Oppen-

Goda の(2.20)式と同じであり、 q_1 の透口幅方向の平均値は(19)式で与えられる。 ψ_1 は

$k_1 b$ ($= \sigma/\sqrt{g h_1} \cdot b$) の関数として、Oppen-Goda の(2.34, 1.2)式で与えられる。一方、 $q_2(x, 0) = q_2(0)$ である(11)式より(20)式のように c, ω を求める。ここで Z, D, B' はそれぞれ(21)~(23)式

のようである。(18)式と(4)式より q_2 を求めれば、透奥での増幅率 $R_{y=1}$ は(24)式となる。

ここで Z' は(25)式で与えられる。なお、 ψ_1, ψ_2 は $k_1 b$ の関数であり変形すれば $B = \frac{1}{2}(k_1 b)$

(2b/l) の関数である。結局透奥の増幅率は、 $2b/l$, $k_1 h_1$ および s をパラメータとして $k_1 b$

の関数として(24)式で与えられる。いま、 $2b/l = 0.2$, $k_1 h_1 = 0.2$, $s = 1/10, 1/20, 1/50, 1/100$ と

して計算した $R_{y=1}$ が図-2 に示してある。なお図中には

$2b/l = 0.2$ の場合の Oppen-Goda の理論曲線($s=0$ に対応)も示

してある。一般的に、底勾配が多くなるほど Oppen-Goda

の一樣水深の透水振動の共振曲線とくらべて、第1次共振

点($k_1 b$)₁、第2次共振点($k_1 b$)₂ とも減少し、その増幅率

($R_{y=1}$ および ($R_{y=1}$)₂ はとも減少)する傾向が認められる。

なお、本研究に当り終始熱心に御指導頂いた京都大学

工学部志願組一教授に感謝するとともに、文部省科学研究費による研究であることをご付記する。参考文献 1)

杉本修一 西村益夫、才4回通論、1967、2) 堀川清司

西村に嗣、

才20回通論、

1973、3)

Oppen, A. T. and

Y. Goda, M.I.T

Hyd. Lab. Rep

No. 59, 1963,

4) 岩垣 通井

岩垣 通井

土木学会論文

報告集 No. 176, 1971

図-2 一樣底面勾配を有する透の透水振動の共振曲線の例 ($2b/l = 0.2$, $k_1 h_1 = 0.2$)

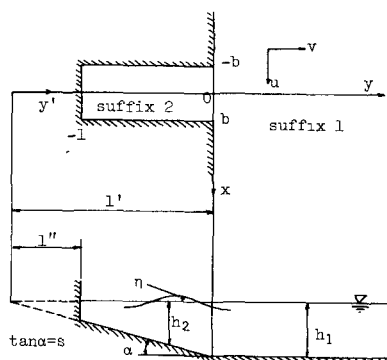


図-1. 記号の説明

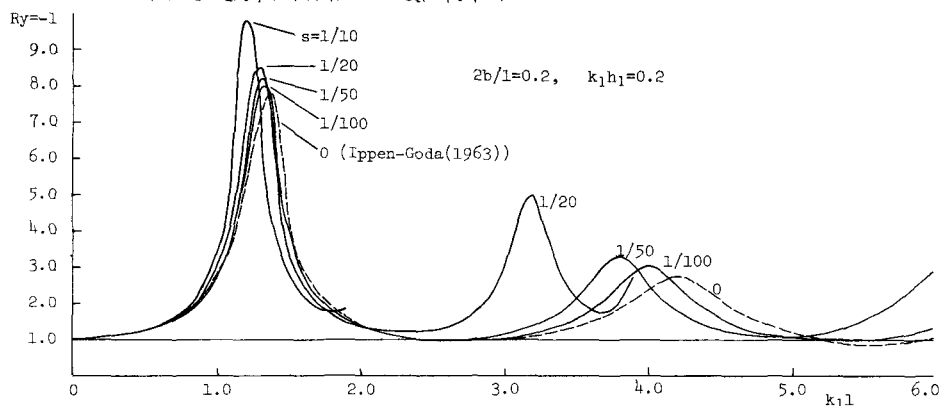


図-2 一樣底面勾配を有する透の透水振動の共振曲線の例 ($2b/l = 0.2$, $k_1 h_1 = 0.2$)