

東京大学工学部 正会員 工博 本間 仁
 東京大学工学部 正会員 工博 坂川 清司
 東京大学大学院 学生会員 ○ 西村 仁嗣

本実験は簡単な形の湾内における海水振動に関する研究の継続として行われたものである。

§1. 実験条件

今回は大型平面水槽(25m×40m)内に図-1の形状の模型を設置して実験を行った。図中黒丸印の各点は水位測定的位置を示す。測定に用いた水位計は、水を満たした細管を逆さにしてその先端を水中に入れ、負圧を連続的に記録するタイプのものであって、著しく短かい周期の波に対しては応答しない特性を有する。

以下に掲げるデータは主として 周期 $T=3.3\sim 9.5\text{ sec}$, 入射波高 $H_1\approx 5\text{ mm}$ の山から連続する5波を与え、その変形の様子を調べたものである。水深は湾の内外を通じて一様で $h=14.5\text{ cm}$ としたから、上記の範囲で長波条件が満たされる。従って波速は一定で、 $C=1.19\text{ m/sec}$ である。

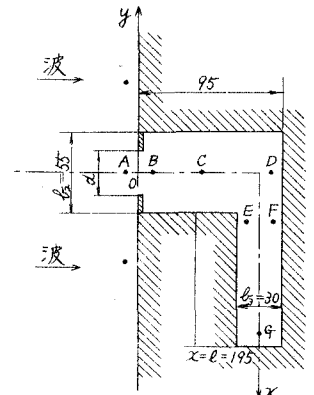


図-1 単位cm

§2. 波高の変化

図-2の破線は、周期5.5secの連続波の第1波が湾奥に向って進むに従い、変形して行く有様を示している。この後、第2波、第3波が侵入するに伴って湾水の振動は増大するが、条件により、ほぼ第4波前後で頂尖に達する。この時の各点の波高を同じく図-2に実線で示した。波高は湾口で約3倍、折曲部で7~8倍に増幅され、湾奥では入射波高の11倍以上にも達することが分る。

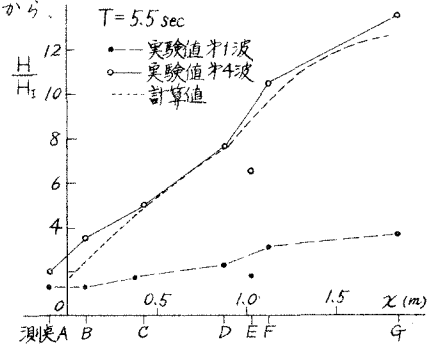


図-2

§3. 湾水の共鳴振動

図-3の実線は波の周期による湾奥の波高変化を示し、同様に破線は折曲部の波高変化を示す。

長方形湾の場合、この問題に関しては、既に幾つかの解析的若しくは実験的な研究がなされている。例えば、谷田は理論計算により、長方形湾の共振スペクトルを求めたが、

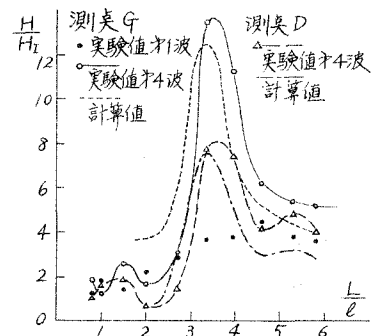


図-3

その方法によれば、波長と湾長の比 L/ℓ が 5~6 程度の値をとる時、最大の共鳴振動を生ずることが結論される。又、本間、坂川、高岡²⁾は $L/\ell \approx 4$ で湾水の振動を最大とする実験例を与えた。然るに我々の今回の実験では、図-3 から明らかなように L/ℓ の値が 4 よりも幾分小さい所で共鳴振動が現われている。これは L 字形湾の問題において、単純な長方形近似が必ずしも適当でないことを示すものである。但し、才 2 の比較的小さな共振値については、合田の与えた値に大体一致する実験値を得ている。

そこで我々は、この問題を模式的に図-4 の様な湾形で置き換え、一次元的に取り扱いで数値計算を試みた。この場合、幾つかの仮定のもとに特性曲線を用いて長方形湾の振動を解析した梶浦³⁾の方法を応用することができる。

即ち、長周期波の運動方程式 $\frac{\partial Q}{\partial t} + bgh \frac{\partial \zeta}{\partial x} = 0$

及び、連続の方程式 $\frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 0$

を用いて $Z^+ = \frac{Q}{bc} + \zeta$, $Z^- = \frac{Q}{bc} - \zeta$

とおけば $Q = \frac{1}{2}(Z^+ + Z^-)$, $\zeta = \frac{1}{2}(Z^+ - Z^-)$ ----- (1)

この時、 x - ζ 平面内 $\frac{dZ^+}{dt} = \sqrt{gh}$ 上で $\frac{dZ^+}{dt} = 0$

同じく $\frac{dZ^-}{dt} = -\sqrt{gh}$ 上で $\frac{dZ^-}{dt} = 0$

を得る。ここに、水深 h は一定、水路幅 b は図中、I, II, III の各領域内で一定である。又、 Q , ζ は夫々流量及び、静水面からの水位上昇量を表わす。以下、添字 1, 2, 3 で I, II, III の各領域における数値を表現することにする。

境界条件 $x=0$ で $\zeta_1 = \zeta_2$

$x=l_2$ で $\zeta_2 = \zeta_3$

$x=l_2+l_3$ で $Q_3=0$

により、結局 $\begin{cases} (1+\alpha_j)Z_j^- = -(1-\alpha_j)Z_j^+ + 2\alpha_j Z_{j+1}^- \\ (1+\alpha_j)Z_{j+1}^+ = 2Z_j^+ + (1-\alpha_j)Z_{j+1}^- \end{cases}$ ----- (2)

を得る。但し、 $\alpha_j = b_{j+1}/b_j$ である。($j=1, 2$)

更に、 $x=-\infty$ で、 ζ_1 として入射波を与えれば Z_1^+ が定まり、(1) 及び (2) 式を用いて ζ_j を逐次計算することができる。

ここで、 b_j をどのようにとるかが問題となるが、これを決めるために、湾前 x 軸方向の波高分布を示したのが図-5 である。湾口において入射波の約 1~3 倍に増幅された波高が、湾軸から離れるに従って入射波の約 2 倍の値に漸近する傾向がうかがわれる。我々は湾の影響範囲として $b=4m$ により計算を行ったところ、実際よりもかなり小さな値を得た。これは実験の際、利奥 E 付近で渦による流線の剥離が観測されたこと、ないしは曲りの影響等を考慮、断面比 α の値を実際よりも幾分小さくとる必要があることを示している。こうして α_1 に 10%, α_2 に 20% の補正を施し、再び計算を行

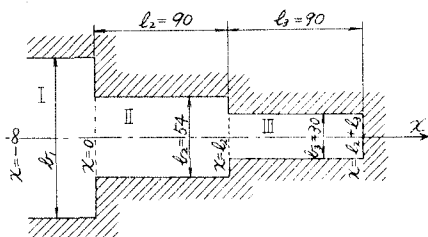


図-4 単位 cm

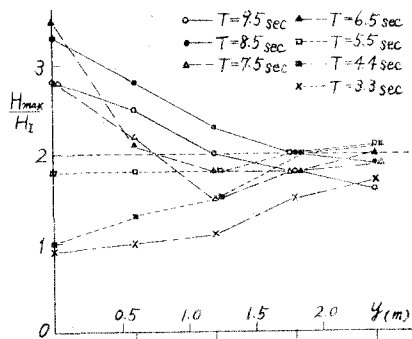


図-5

った。その結果を図-2 及び、図-3 に実線で示す。

図-3 を見ると、計算値は実験値に比して全体に左にずれており、又、 $L/\ell < 3$ の範囲で大きすぎるようであるが、これは上記の方法における一次元的な近似、及び全周期に亘る完全反射の仮定等によるものと思われる。

図-6 は周期 5.5 sec の連続する入射波に対し、湾奥の振動が発達して行く過程について、実験値と計算値を比較したものであり、この外、節の位置、波形等を照合して、かなりよい一致を得た。

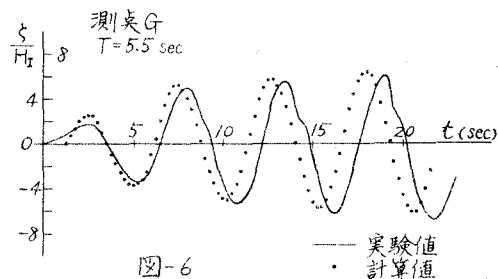


図-6

§4. 津波防波堤の効果

図-7 は湾口部に薄板状の防波堤を配置した場合、周期 5.5 sec の入射波に対する各点の最大振幅を示したものである。開口幅の大きい場合は防波堤のない場合とほぼ同形の波高変化を生ずるのに対し、開口幅の小さい場合は、開口部、湾の内外で著しい波高の変化が認められる。

同様に図-8 は波の周期による波高変化の状況を示す。防波堤は共振周期付近の周期を持った波に対して、最も大きな効果とあらわれ、入射波の周期によつては、この程度の障害物が湾水の振動に与える影響は極めて小さいことが分る。

この様に人工的な障害物が置かれた場合、この問題を理論的に解明することは仲々困難である。それと合せて非対称形湾内の海水振動の解析を更に進めるため、目下、二次元的な取扱いについて検討中である。

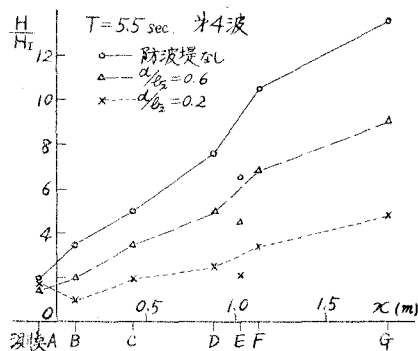


図-7

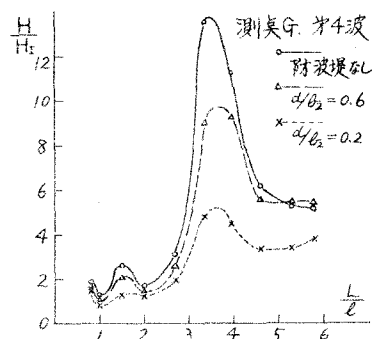


図-8

尚、今回の実験に際して御協力を頂いた、東京大学地震研究所、梶浦教授、東京大学理学部、永田講師、同、平氏 に対し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 合田良実； 長方形及び扇形の港の副振動について
第10回、海岸工学講演会講演集 1963
- 2) 本間仁、堀川清司、高岡征二郎； 簡単な形の湾における海水振動に関する実験
土木学会年次学術講演会、講演概要 1965
- 3) 梶浦欣二郎； 湾水振動に及ぼす防波堤の効果
地震研究所彙報、第41号 1963