

境水道の水位変動に関する水理模型実験(Ⅱ)

樋 口 明 生

HYDRAULIC MODEL EXPERIMENT ON THE OSCILLATION OF WATER LEVEL IN SAKAI CHANNEL (II)

by Haruo HIGUCHI

Synopsis

A lake of half salt water named "Nakaumi" is connected with Miho-Bay by Sakai Channel. As the first step of the reclamation work in Lake Nakaumi, there is a plan to close the channel for making fresh the water in the lake by inflow. After this plan will be executed, it is supposed that the oscillating character of the system, composed by the channel and the lake, will be changed. This is examined experimentally.

As the roughness coefficient of the model channel changed according to Reynolds number, the experiments were done under such conditions that the roughness coefficient demanded by the conditions of dynamical similitude was realized by changing Reynolds' number.

Horizontal scale of the model is 1/500 and vertical one is 1/125, which were decided by the preliminary experiment formerly.

The characters of frequency response in several geographical features were examined.

After all we may clarify as follows:-

- (1) In such a case in which the system is composed by both a channel and a lake, we have to consider the characteristic period of the whole system, besides that of the channel itself.
- (2) This characteristic period is largely influenced by the area of the lake. The smaller the area is, the shorter the period becomes.
- (3) The system resonates with the given oscillation of the same period, and the amplitude becomes larger.
- (4) The shorter the characteristic period is, the larger the amplitude becomes.

1. 緒 言

中海は島根県東部に位置し、境水道により日本海に通ずる鹹水湖である。大山・出雲特定地域総合開発計画の中核をなす中海干拓工事の第一段階として、境水道と中海との接続部を締切り、内水により中海を淡水化する計画がある。この計画が実施されると境水道、中海およびその近傍における各種の水理現象が影響をうけるであろう。これらの現象のうちとくに境水道の水位変動に関して、さきに簡略化した模型について予備実験¹⁾をおこない、現象に対する模型企の効果、および境水道と中海とで構成される系の振動特性について興味ある結果が得られたが、これは中海の面積も所定の大きさだけでなく、境水道も矩形断面であるなど、

相当簡略化した模型に関する結果であり、これによつて定量的な議論をするまでには至らなかった。そこでさらに厳密な模型を製作し、これに種々の周期と振幅をもつ水位変動を与えて、二三の地形的条件下におけるこの系の振動特性をしらべた。

2. 原 型

中海は島根県東部に位置する周囲 96 km, 水面積 102 km², 平均水深 4.6 m の鹹水湖で、この東北隅から長さ 7.5 km, 巾 250~520 m, 平均水深 5.7 m の境水道が東に向い、日本海美保湾に通じている (Fig. 1 参照)。

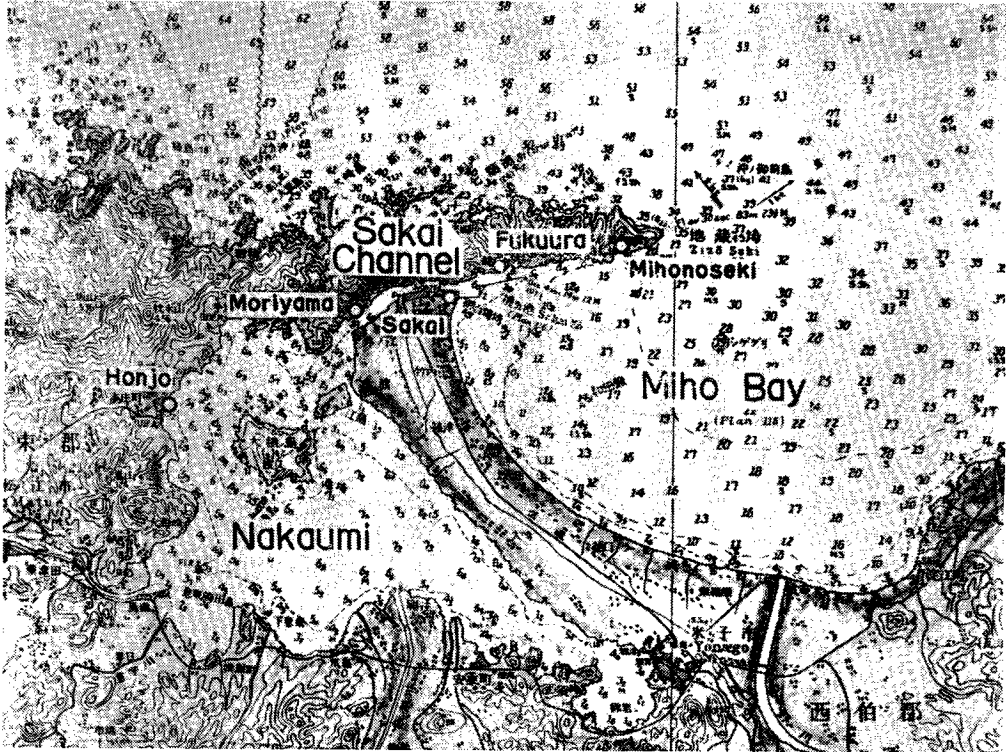


Fig. 1 Prototype

現地においては、この干拓計画を実施するに先立つて数年前から種々の調査がなされている^{2), 3), 4), 5), 6), 7)}。

まず水位に関しては、美保関をはじめ、境水道内に4ヶ所、中海周辺7ヶ所に検潮儀が設置され毎日の潮候曲線が得られている。これによると同水域の月平均潮位は各検潮所とも2~3月が低く、7~8月が高くなつており、その差は35~40 cm で場所的な変化はなく、ほぼ一定である。また、年平均潮位は中海の方が外海より4.3 cm 高くなつている。水道の中央に位置する境検潮所における各分潮⁸⁾は、 $K_1=3.3$ cm, $O_1=3.4$ cm, $S_2=1.1$ cm, $M_2=3.0$ cm であり、各検潮所における分潮の比は Fig. 2 のようである。これによると、日周潮、半日周潮とも水道の奥部に行くにつれて減衰し、それぞれ美保関での値の約70%および50%になつている。これらの潮汐以外に、いわゆる風波やうねりにくらべると相当長周期の振動が各検潮所で観測されており、その周期も広範囲にわたつている。これらの振動はもちろん局地的な静振をも含んでいるが、外海から伝わってきたと思われる各検潮所に共通の振動も多く見うけられる。美保関検潮所における

和32年1ヶ月の副振動の頻度分布 (Fig. 3) を見ると周期75分のものが最多数となつている。平均潮位の高い夏期の資料のうち昭和32年7月の潮候曲線を見ると、美保関と境水道内の各検潮所において130分周期の振動が卓越している場合があつたのでこれを解析した結果、その振巾は森山では美保関の約27%、中海内部では識別できないほど小さくなつている。

つぎに流速については、境水道西部の森山附近で昭和29年9月から同32年7月までの間に都合11回の観測⁶⁾がなされており、この資料を解析した結果によると境水道の Manning の粗度係数として $n_p=0.022$ が与えられている⁶⁾。これらの資料より、同地点における最大平均流速と美保関における潮差との関係を示すと Fig. 4 のようである。上の図の縦軸は森山における潮差と美保関におけるそれとの比を表わし、下の図では森山における最大平均流速を表わしている。横軸はともに美保関における潮差である。これによると森山における振巾比は、振巾がこの範囲内ではその大きさに無関係であり、その最大平均流速は振巾の2/3乗に比例するように見うける。

3. 相似性

考えられるすべての現象について、原型と模型との間に完全に相似性を保たせることは不可能であるから、ここでは主として振巾の変化に着目して相似性を考えることにする。

原型と模型とにおいて運動方程式および連続式として

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{\lambda}{2R} u^2 - \frac{\partial \eta}{\partial x} \dots (3.1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \dots (3.2)$$

が成立するものとする。ここに x は

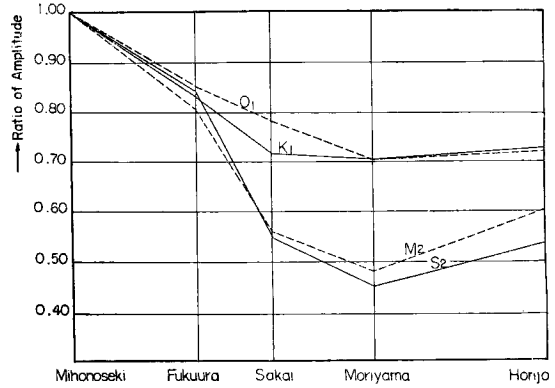


Fig. 2 Ratio of amplitude of tidal constituent(prototype)

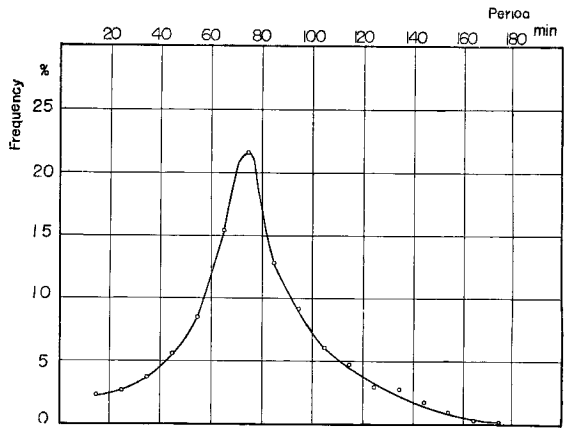


Fig. 3 Frequency distribution of long period waves at Mihnoseki tidal station (prototype)

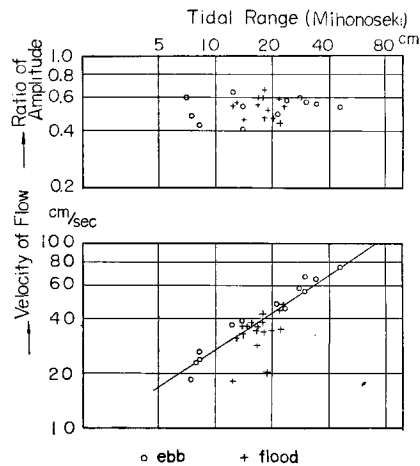


Fig. 4 Ratio of amplitude and velocity of flow for semi-diurnal tide at Moriyama (prototype)

距離, t は時間, u は流速, R は径深, h は水深, η は静水面からの水面の変位, g は重力の加速度である。両者が力学的に相似であるためには, 原型と模型において各項の比が等しくなければならないから, 原型の量と模型のそれとの比を添字 r で表わすことにすれば (3.3), (3.4) が得られる。

$$\frac{u_r}{t_r} = \frac{u_r^2}{x_r} = \frac{\lambda_r}{R_r} u_r^2 = \frac{\eta_r}{x_r} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\frac{\eta_r}{t_r} = h_r \frac{u_r}{x_r} \dots\dots\dots(3.4)$$

摩擦項が Manning の式で表わされるものとし, また水深にくらべて水路巾が広いために $R=h$ が許されるものとするれば,

$$\lambda = \frac{2gn^2}{h^{1/3}} \dots\dots\dots(3.5)$$

と書けるから, 相似の条件としてつぎの式が得られる。ここに n は Manning の粗度係数である。

$$t_r = x_r h_r^{-1/2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$n_r = x_r^{-1/2} h_r^{3/2} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$u_r = h_r^{1/2} \dots\dots\dots(3.8)$$

(3.6) 式は Froude 数を合わせることに相当し, (3.7) 式は摩擦係数に関する条件を与えるものである。

予備実験の結果, 水平縮尺 1/500, 鉛直縮尺 1/125 が適当であると認められたので, 本実験もこの縮尺を採用することにすれば, (3.6) 式より時間縮尺として $1/t_r=1/44.7$ が得られる。したがって模型では日周潮は約 32 分, 半日周潮は約 16 分, 130 分振動は約 3 分の周期となる。また (3.7) 式より粗度係数の縮尺として $1/n_r=1/1.12$ が得られ, 原型の粗度係数として $n_p=0.022$ が与えられているから相似であるべき模型の粗度係数として $n_m=0.0196$ が要求される。この値は予備実験の結果から推しても無理な値とは考えられないので, これらの縮尺で模型を製作した。

4. 実験施設^{1), 9)}

実験は宇治川水理実験所の海洋水槽でおこなった。これは予備実験の際使用した水槽であり, 構造の詳細については重複をさけるために省略する。この水槽を拡張して Fig. 5 に示すような模型を作った。これは

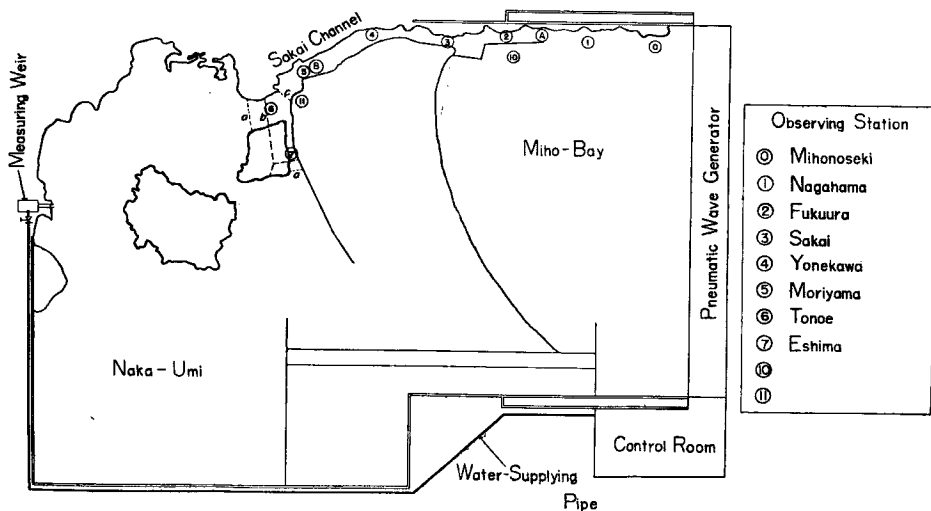


Fig. 5 Experimental facilities and sketch of model

水平縮尺 1/500, 鉛直縮尺 1/125 であり, 美保湾の一部, 境水道, 中海全域を含んでいる。中海は施設の都合上変形されているが, 水面積は所定の大きさ 1/500² になっている (Photo. 1 参照)。

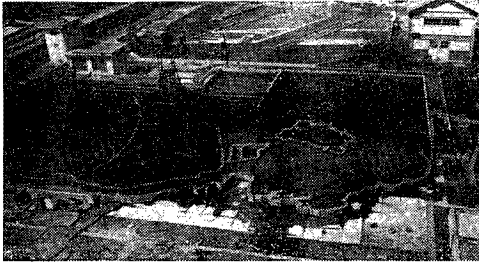


Photo. 1 General view of model

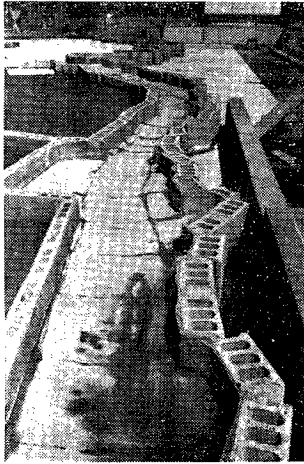


Photo. 2 Medel channel in present state

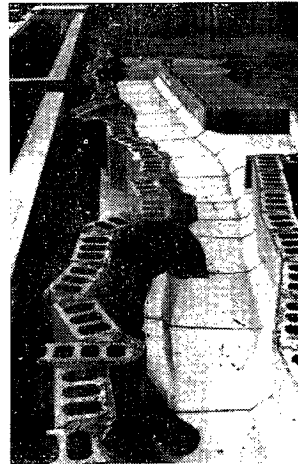


Photo. 3 Model channel in dredged state

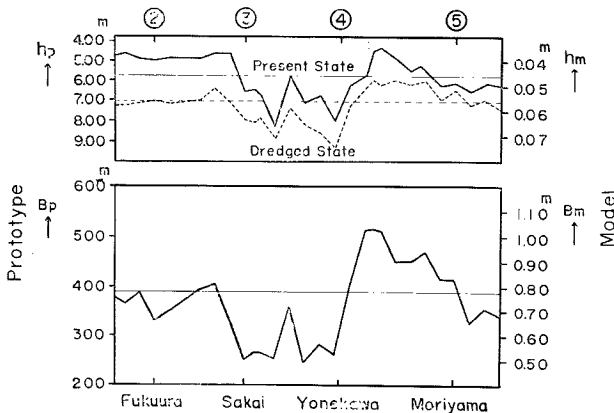


Fig. 6 Water depth and breadth of Sakai Channel (prototype and model)

模型は予備実験の場合と同じく建築用コンクリートブロックとモルタルを用い, 境水道全域および中海の一部は水平, 鉛直両縮尺に応じた厳密な海底地形を製作した (Photo. 2 参照)。境水道の山 B および水深 h は Fig. 6 のようである。図中実線は現況の境水道 (Photo. 2) を表わし, 破線は浚渫後のもの (Photo. 3) を表わしている。後半の実験は Fig. 5 に破線で示されている所をモルタルで締切つておこなつた。なお実験施設は屋外にあるので, 風の影響を少なくするために水路の部分にはおおいをした。

水位変動は同水槽附属の気圧式起波装置を用いて与えた。予備実験ではこれを手動でおこなつたが, 本実験では自動制御装置⁹⁾を用いた。

水槽内の①~⑤の地点に銅管を埋めこみ, サイフォンによりピットアップに水を導き, 電気抵抗式水位計¹⁾により水位を計測記録した。

流速は, 実験に応じてA)またはB)の地点にモーメント式流速計を設置して測定した。この流速計は Fig. 7 に示すように歪計を用いて流速を測るもので, 精度は充分とはいえないが, あらかじめ校正しておけばかなり小さい流速まで測定できる。

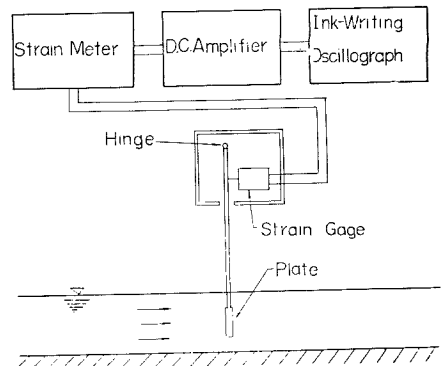


Fig. 7 Sketch of current meter

5. 実験内容および計測事項

実験内容は大略次の通りである。

- (1) 模型の粗度に関する実験
- (2) 相似性の検討に関する実験
- (3) 周波数特性に関する実験Ⅰ—境界水道および中海が現況の場合—
- (4) 周波数特性に関する実験Ⅱ—境界水道は現況のまま計画地点を締切った場合—
- (5) 周波数特性に関する実験Ⅲ—境界水道は現況のまま水道西端を締切った場合—
- (6) 周波数特性に関する実験Ⅳ—境界水道を浚渫し計画地点を締切った場合—

計測事項は次の通りである。

水位：⑩～⑪の各点における水位を電気抵抗式水位計により測定した。記録の一例を Photo. 4 に示す

流速：実験に応じて(A)または(B)の地点における流速をモーメント式流速計で測定した。記録の一例を Photo. 4 に示す。写真中(B)印のついているのが流速記録である。

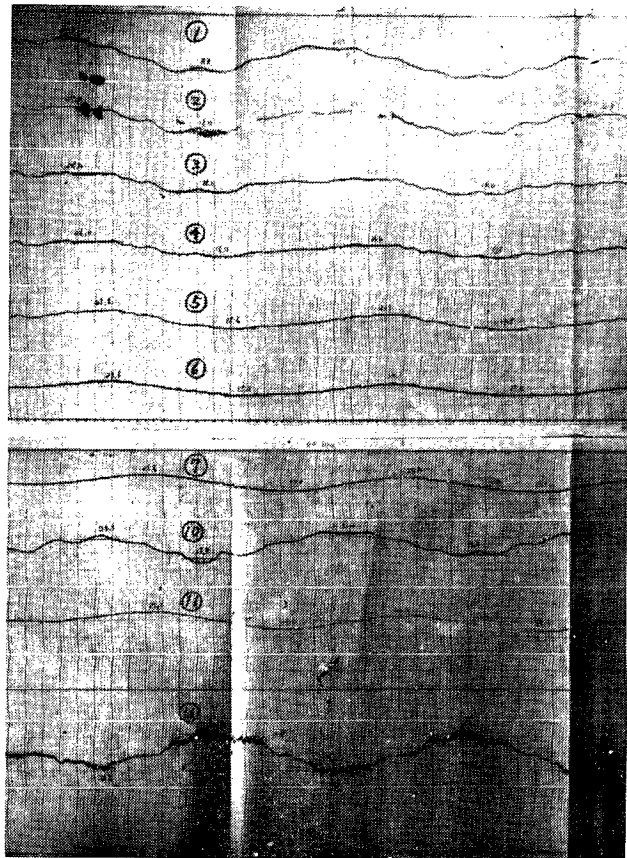


Photo. 4 Records of water levels and velocity of flow

6. 実験経過および結果

(1) 模型の粗度に関する実験

境界水道の模型は防水モルタルにて仕上げである。ここに定常流を流して水面勾配を測定し粗度係数を求めた。

Fig. 5 に示した起波装置の下部より水を取り入れ、給水管、計量堰を通して中海に給水し、境界水道に通水して循環させた。境界水道内の各水位計測点にポイントゲージを設置して各点の水位を測つた。

流れは定常であり、水道の底面は水平、各計測点間では、様断面であると考えられる。

$$n^2 = R^{4/3} \left(\frac{A^2}{Q^2} \right) i_w \left[1 - \frac{1}{gh} \frac{Q^2}{A^2} \right] \dots \dots \dots (6.1)$$

ここに A は流水の断面積, Q は流量, i_w は水面勾配である。(6.1) 式により得られた粗度係数を Fig. 8 に

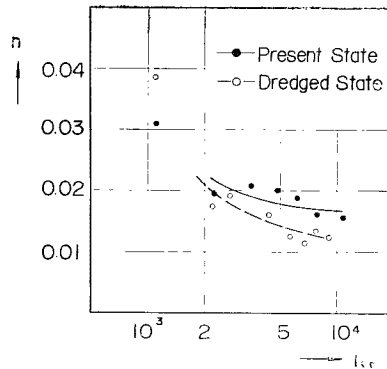


Fig. 8 Manning's roughness coefficient of model channel

示す。縦軸は Manning の粗度係数，横軸はレイノルズ数である。図中，黒丸および実線は境水道の横断面形状が現況に関するものであり，白丸および破線は淺渚後に関するものである。

(2) 相似性の検討に関する実験

Fig. 8 によると粗度係数の値は Reynolds 数に従って相当変化している。いま一つの考え方として，前述の相似の条件から要求される粗度係数 $n_m=0.0196$ を与えるような Reynolds 数が実現するとき現象は相似であると考えることができる。このような Reynolds 数を得るために，与える振動の振巾をいろいろ変えて実験をおこなった。

原型の資料の豊富な半日潮に関して，種々の振巾についてその減衰状態をしらべた結果 Fig. 9 に示すようであった。図中の数値は①における全振巾である。実験は 8 種類の振巾についておこなったが，図が煩雑になるので代表的な 3 例のみを示してある。これは振巾の大きさによつて減衰状態が変わることを示しており，Fig. 4 に示した原型の状態と比較すれば，如何なる振巾に関しても相似であるとはいえないことを示している。原型の資料のある森山⑤と外江⑥における振巾比を Fig. 4 のように表示したものが Fig. 10 である。原型の資料と比較すれば全振巾 $2\eta_0$ が 0.5~0.8 cm のときに相似であるように認められる。このときの流速は 7~8 cm/sec であり，これを用いた Reynolds 数は $2.5\sim 2.8 \times 10^3$ となる。この場合にも定常流についての値が適用できるものと考えたと Fig. 8 より，この Reynolds 数に対応する粗度係数は 0.019~0.020 となり，要求される粗度係数 $n_m=0.0196$ に近い値となつている。一方これに相当する原型は，鉛直縮尺 $1/h_r=1/125$ であるから，全振巾は 62.5~100 cm となり，このときの流速は Fig. 4 の曲線より外挿すれば $u_p=90\sim 120$ cm/sec と推定される。流速に関する縮尺 $1/u_r=1/h_r^{1/2}$ であるから， $u_p=90\sim 120$ cm/sec に対応する模型の流速は $u_m=8.0\sim 10.7$ cm/sec となる。これは， $2\eta_0$ が 0.5~0.8 cm の実験で得られた流速とかなりよく一致しており，この点から推してもこの場合に相似性が保たれていると考えてよさそうである。

以上のことから，原型の振巾比が振巾の大きさにより変化しないものと仮定し，（この仮定の正しいことは，原型の全振巾が 7~45 cm の間では確かめられている），また原型における粗度係数が振動の周期に無関係であると仮定するならば，以下の実験においてこのような Reynolds 数を与える流速が実現するような振動を考えれば現象は相似であると考えられる。

(3) 周波数特性に関する実験 I—境水道および中海が現況の場合—

予備実験の結果，境水道と中海とで構成される系は一つの振動系と考えられることが明らかになつたので，本実験でもこの系の周波数特性をしらべること重点をおいて実験をおこなつた。

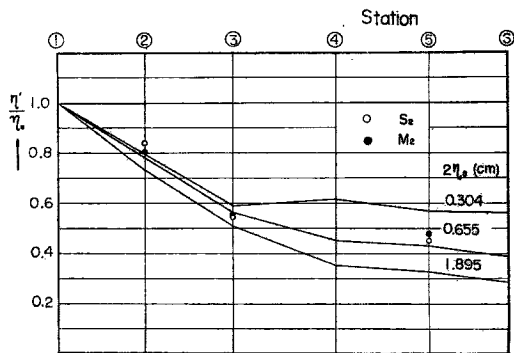


Fig. 9 Ratio of amplitude for semi-diurnal tide

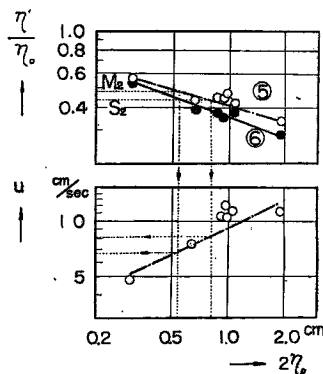


Fig. 10 Ratio of amplitude and velocity of flow for semi-diurnal tide

現況の模型において、美保湾に種々の周期の振動を与えて水道内の各測点における振巾の変化をしらべた。すなわち、美保湾に1～32分の間の11種類の周期をもつ種々の振巾の正弦振動を与えて水道内の振動の様相をしらべた。

各点における振巾の変化を①を基準とした振巾比で表わすと Fig. 11 のようである。これによると、1分および1.5分周期のものは特殊な形をしているが、2分よりも長い周期の振動は予備実験の結果と同様に、周期が長くなるにつれて漸次低下し、8分前後のときに最も小さくなり、さらに周期が長くなると次第に上昇している。この図を書きなおすと Fig. 12 のようになる。これは与えた振動の周期を横軸に、振巾比を縦軸にとつたものであり、それぞれの曲線は各測点における振巾比の周期による変化を示している。これによると水道奥部では振巾比は8分前後で極小値を示しており、極小値の表われる周期は水道の奥へ行く程短かくなっている。これらの曲線のもつ一般的な性質については昨年度の報告にのべた通りであるが、要訳すると、Fig. 11 において1分および1.5分周期の振動が水道の中央部で大きくなるのは、これらの周期が水道の固有周期（注：系全体の固有周期ではない）に近いためであり、また Fig. 12 において各曲線が周期が長くなるにつれて漸次上昇しているのは、中海の貯溜効果によるものである。

(4) 周波数特性に関する実験Ⅱ—境水道は現況のまま計画地点を締切つた場合—

境水道は現況のまま Fig. 5 の a の地点を締切つて前項と同様の実験をおこなつた。実験としては、それぞれの周期について 0.14～1.8 cm の間の数種類の振巾の振動について実験をおこない、前述の相似性の考察により要求される流速が実現するような振動を実験的に求めた。結果を Fig. 13 に示す。縦軸は上の図では振巾比、下の図では水道内の最大平均流速であり、横軸は振巾である。図が煩雑になるので代表的に⑥の測点の値のみを示している。この図によると振巾比に及ぼす振巾の影響は3分の場合に最も大きいことがわかる。締切り後についても先に相似性について考察したことが正しいとすれば、この図より流速の等しい場合を取り出せばよいことになる。このようにして図化したものが Fig. 14 である。これは流速 $u=8$ cm/sec の場合のものである。縦軸は振巾比、横軸は周期であり、前項の Fig. 12 に相当するものである。この図によれば、振巾比は周期が長くなるにつれて漸次増大し、ある特定の周期のときに最大値をとり、周期がさらに長くなると漸次低下し、1に近づいている。この系の固有周期は、最大値の表われる周期3分に近いと考えられる。予備実験および理論的考察の結果、長周期の場合にはどの曲線も1に近づくことがわかっているため、8分より長い周期の振動に関する実験は省略した。

(5) 周波数特性に関する実験Ⅲ—境水道は現況のまま水道西端を締切つた場合—

前項の締切り地点を Fig. 5 の c の処に移したときの実験である。結果は Fig. 15 および Fig. 16 の

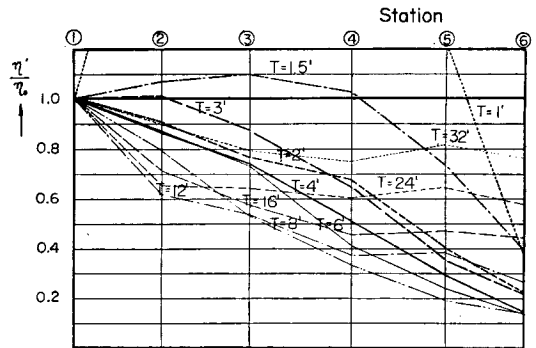


Fig. 11 Ratio of amplitude for each period from 1 to 32 minutes (present state)

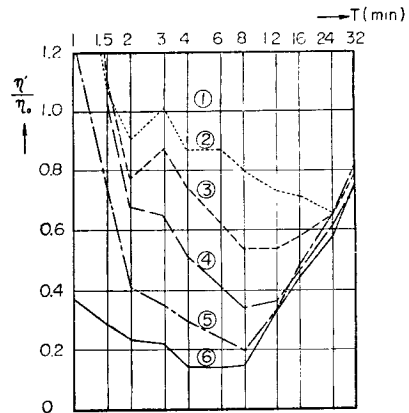


Fig. 12 Experimental frequency response (present state)

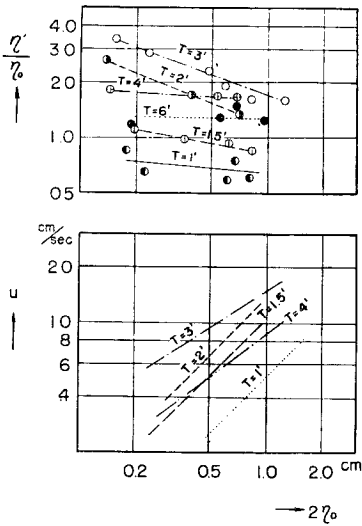


Fig. 13 Ratio of amplitude and velocity of flow (state with small reservoir)

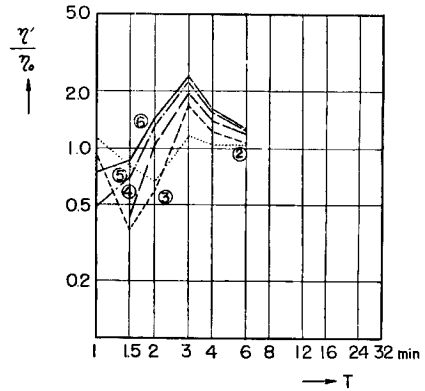


Fig. 14 Experimental frequency response (state with small reservoir)

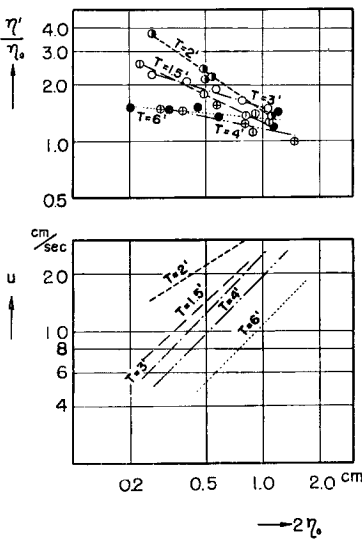


Fig. 15 Ratio of amplitude and velocity of flow (state without reservoir)

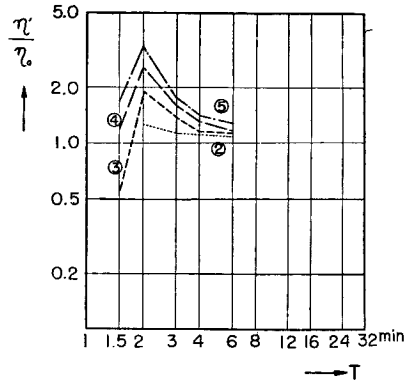


Fig. 16 Experimental frequency response (state without reservoir)

ようである。ただしこの場合は⑥の地点は領域外にあるため、曲線は⑤の値を示している。前項の結果と比較すると、最大値の表われる周期は短くなり、その値はかなり大きくなっている。これは奥に遊水池がなくなつたために固有周期が短くなつたものと考えられる。またこの場合にも、Fig. 15に見られるように、振巾の効果は固有周期の附近で最も大きく表われているようである。

(6) 周波数特性に関する実験Ⅳ—境水道を浚渫し、計画地点を締切つた場合—

つぎに模型を改修して、浚渫計画完成後の境水道について、同様の実験をおこなつた。締切り地点は

Fig. 5 の b の地点である。結果は Fig. 17 および Fig. 18 のようである。

Fig. 18 と Fig. 14 とを比較すると、遊水池の大きさはほぼ等しいにもかかわらず、その形は異なり、多分偶然の一致であろうが、Fig. 16 ときわめてよく似ている。この場合には奥の遊水池の面積がほとんど等しいけれども、水道の水深が大きくなったために、この系の固有周期が短くなったと考えられる。

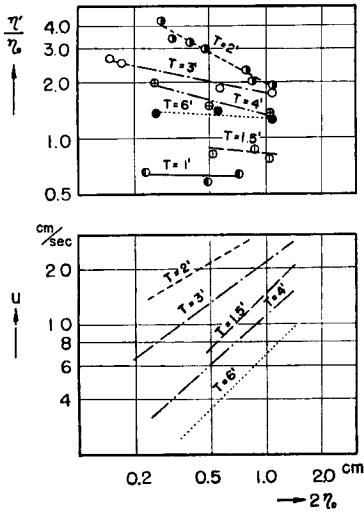


Fig. 17 Ratio of amplitude and velocity of flow (dredged state with small reservoir)

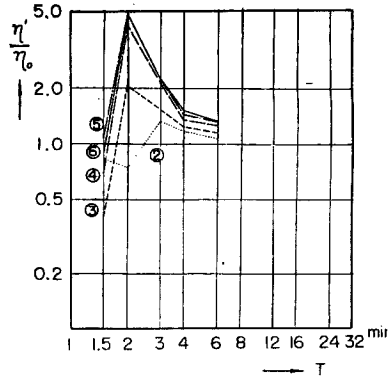


Fig. 18 Experimental frequency response (dredged state with small reservoir)

7. 考 察

以上の実験結果より、水道と遊水池とが接続している場合には、水道の固有周期とは別に系全体の固有周期をもっていると考えられ、これに一致する周期の振動が外海から与えられたとき共振現象がみられ、その振巾は非常に大きくなるものと考えられる。このような系のもつ固有周期は主として水道の大きさ(長さ, 巾, 深さ)および遊水池の大きさ(面積, 深さ)によつて決定されるものと考えられる。この事柄とこれまでの実験結果を説明するために少し理論的に取扱つてみる。これは前の報告に記した式と同じものであるが説明の都合上再録する。

いま簡単のために Fig. 19 のような系を考え、底は水平とする。摩擦が流速に直線的に比例すると考えると運動方程式と連続式は次のようである。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \alpha u + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots (7.1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots (7.2)$$

ここに α は摩擦係数である。境界条件として入口 ($x=0$) である振動を与え、出口 ($x=L$) では、遊水池に入った水は直ちに全域に一樣に拡がるという条件

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \text{ で } \eta = \eta_0 e^{i\omega t} \\ x=L \text{ で } \frac{d\eta}{dt} = \beta u \end{array} \right\} \dots\dots\dots (7.3)$$

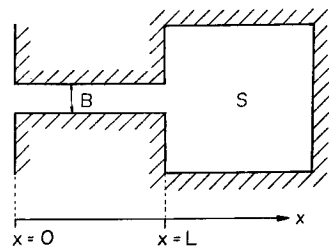


Fig. 19

のもとに (7.1), (7.2) 式を解くと次式のようになる。ここに $\beta=Bh/S$, B は水路巾, S は遊水池の面積である。

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{(p+iq)(e^{(p+iq)(L-x)} - e^{-(p+iq)(L-x)}) + \frac{B}{S}(e^{(p+iq)(L-x)} + e^{-(p+iq)(L-x)})}{(p+iq)(e^{(p+iq)L} - e^{-(p+iq)L}) + \frac{B}{S}(e^{(p+iq)L} + e^{-(p+iq)L})} e^{i\omega t} \dots (7.4)$$

ただし

$$p^2 = \frac{\omega^2}{2C^2} \left\{ \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}} - 1 \right\}, \quad q^2 = \frac{\omega^2}{2C^2} \left\{ \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}} + 1 \right\}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad C = \sqrt{gh}$$

であり T は周期である。

(7.4) 式を有理化し, その振巾 η' を求めると,

$$\left(\frac{\eta'}{\eta_0}\right)^2 = \left[(p^2 + q^2) \{ \sinh^2 p(L-x) + \sin^2 q(L-x) \} + \frac{B^2}{S^2} \{ \sinh^2 p(L-x) + \cos^2 q(L-x) \} + \frac{B}{S} \{ p \sinh 2p(L-x) - q \sin 2q(L-x) \} \right] \div \left[(p^2 + q^2) \{ \sinh^2 pL + \sin^2 qL \} + \frac{B^2}{S^2} \{ \sinh^2 pL + \cos^2 qL \} + \frac{B}{S} \{ p \sinh 2pL - q \sin 2qL \} \right] \dots (7.5)$$

となる。また流速については最大平均流速 u として

$$\left(\frac{u}{\eta_0}\right)^2 = \frac{g}{h\sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}}} \left[(p^2 + q^2) \{ \sinh^2 p(L-x) + \cos^2 q(L-x) \} + \frac{B^2}{S^2} \{ \sinh^2 p(L-x) + \sin^2 q(L-x) \} + \frac{B}{S} \{ p \sinh 2p(L-x) + q \sin 2q(L-x) \} \right] \div \left[(p^2 + q^2) \{ \sinh^2 pL + \sin^2 qL \} + \frac{B^2}{S^2} \{ \sinh^2 pL + \cos^2 qL \} + \frac{B}{S} \{ p \sinh 2pL - q \sin 2qL \} \right] \dots (7.6)$$

が得られる。

もし実際には摩擦項が Manning の式で表わされるものとすれば

$$\alpha = \frac{gn^2}{h^{4/3}} u \dots (7.7)$$

と書くことができる。

いま, 全体の傾向を知るための代表点として水道の出口 ($x=L$) における遊水池の効果を考えてみよう。(7.5) 式は T, α, h, L, x , および B/S の函数となつているが, この場合には α, h, L および x は常数と考えられるので, 振巾比を B/S の函数と考え, T をパラメーターとして図に示すと Fig. 20 のようになる。

この図は縦軸は振巾比, 横軸は B/S であり遊水池の面積に逆比例するものである。したがつて図の右側程遊水池が小さい場合に相当するわけである。パラメーターは周期である。この図の破線の位置が, 前節の (3) および (4) の場合に対応する。この図によれば, 如何なる周期の振動に対しても共振するような遊水池の大きさがあることを物語る。そしてその極大値は固有周期が長ければ小さく, 短かければ大きくなつて

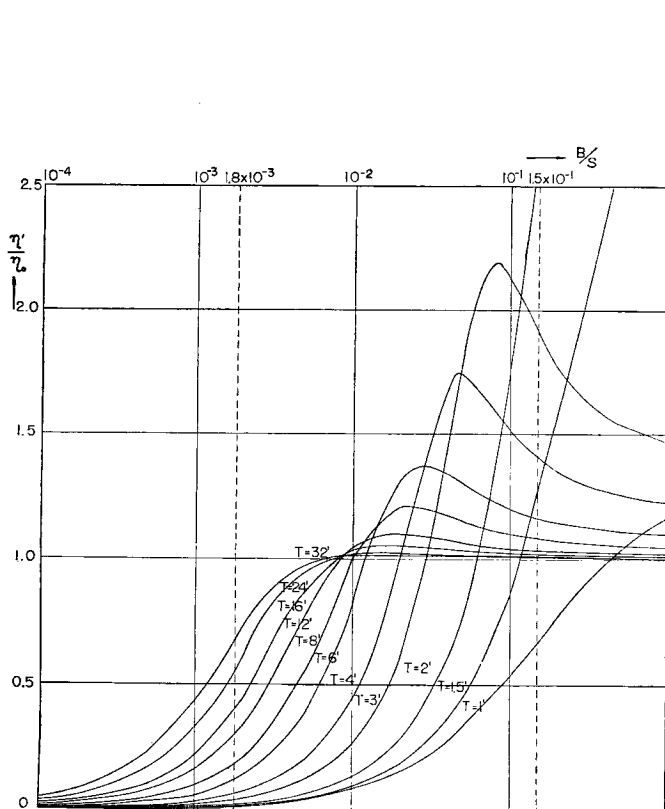


Fig. 20 Theoretical relation of ratio of amplitude at the end of the channel with respect to B/S ; parameter is period

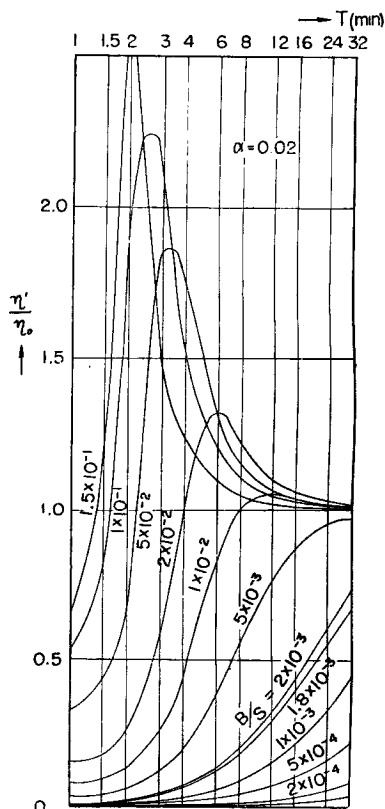


Fig. 21 Theoretical frequency response at the end of the channel; parameter is B/S

いる。これを B/S をパラメーターとして書きなおすと Fig. 21 のようになる。

この図によれば、たとえば遊水池が無限に広い場合には $B/S=0$ であるから、この地点における振幅比 η'/η_0 は常に零であるが、遊水池が小さくなるにつれて曲線は漸次上昇してくる。 $B/S=1.8 \times 10^{-3}$ が前節(3)項の場合に相当すると考えられるが、これを Fig. 12 の⑥の曲線と比較すればかなりよく似ているといえよう。実験値が短周期の方で上つているのは、この地点が完全に遊水池の値を代表していないことを暗示している。さらに遊水池が小さくなればこの範囲の周期に対して曲線は極大値をもつようになる。これは Fig. 20 の極大値に相当するものであり、この周期がこの系の固有周期と考えられる。この固有周期は遊水池が小さいほど短くなり、極大値は大きくなっている。 $B/S=1.5 \times 10^{-1}$ が前節(4)項の場合に相当し、Fig. 14 の⑥の曲線に比較されるべきものである。この場合にはその形は類似しているが、その値はよく一致しているとはいえない。これは周期が短くなると慣性項の効果が大きくなるにもかかわらず、この理論の基礎方程式として(7.1)のような簡単なものを使用したためではないと思われる。

さらに遊水池が小さくなると固有周期はますます短くなり、その極大値は大きくなり、ついにはいわゆる湾振動になるであろう。Fig. 14 と Fig. 16 との相異はこのことから説明できそうに思われるが、定量的には不十分であるから詳細な議論はさしひかえたい。

8. 結 言

境水道の振動特性をしらべるために、現況の境水道で遊水池の大きい場合（6節3項）、遊水池の小さい場合（6節4項）、遊水池のない場合（6節5項）および浚渫後の境水道で遊水池の小さい場合（6節6項）の周波数特性を求める実験をおこなった。

その結果次のことが明らかになった。

- (1) 周波数特性は締切り浚渫前後でいちじるしく異なる。
- (2) 水道と遊水池とが接続しているような場合には、水道自身の固有周期以外に系全体の固有周期をもっている。
- (3) この固有周期は遊水池の面積に大いに影響される。遊水池が大きい程固有周期が長く、小さい程短かい。
- (4) この固有周期に一致する振動が外部から与えられたときに、この系は共振して振巾は増大する。
- (5) 固有周期が短かいほど振巾はより増大する。

以上の事柄を充分考慮して、実際に締切り計画をおこなうときには、固有周期に近い周期の外海の振動の有無大小を調査し、対策を考えることが望ましい。

さらに実験的事実として、振巾比におよぼす振巾の大きさの効果は、共振点附近が最も顕著であることをとくに附記する。

この研究を遂行するにあたって、終始適切な御指導を賜った京都大学理学部速水頌一郎教授、国司秀明助教授、京都大学防災研究所足立昭平助教授、ならびに実験に協力して頂いた谷泰雄技官に深甚なる謝意を表す次第である。なおこの研究は一部農林省の委託によりおこなったものであることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 樋口明生：境水道の水位変動に関する水理模型実験（Ⅰ），京都大学防災研究所年報第3号昭和34年12月 pp. 54～64.
- 2) 島根県：中海流入河川水位流量並潮位観測調査報告書，昭和32年3月。
- 3) 島根県：中海流入河川水位流量並びに潮位観測調査報告書，昭和33年3月。
- 4) 島根県・鳥取県：宍道湖・中海水理調査報告書，昭和33年3月。
- 5) 島根県：境水道の交流について（Ⅰ）昭和33年3月。
- 6) 島根県：境水道の交流について（Ⅱ）昭和33年9月。
- 7) 鳥取県：中海干拓調査報告書，昭和33年10月。
- 8) 気象庁：潮位表昭和34年12月，P.11.
- 9) 京都大学防災研究所：宇治川水理実験所概要，京都大学防災研究所創立5周年記念論文集，昭和31年11月，pp. 282～313.