

# 境水道の水位変動に関する水理模型実験 (I)

樋 口 明 生

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

by Haruo HIGUCHI

### Synopsis

This is a report of the preliminary test of hydraulic model experiment on the oscillation of the water level in Sakai Channel, which connects Nakaumi with Miho Bay.

First, in order to examine the scale effect, some experiments for semi-diurnal tide and 130 minutes oscillation are carried out under constant horizontal scale, 1/500, and five different distortions, that is, 2, 4, 6, 8, and 16. The term "distortion" means the ratio of vertical scale to horizontal. As the result, it is found out that the scale effect seems rather large on the oscillation of longer period as semi-diurnal tide and very small on that of shorter period as 130 minutes oscillation. In spite of the smaller reservoir and larger amplitude, the state of damping of amplitude in the channel with reservoir is similar to prototype when the distortion is 4.

Then, in order to investigate the character of frequency response of the model channel, two series of experiments are carried out for sinusoidal waves of various frequencies, one is that for the channel with reservoir and the other without reservoir. After these experiments it is clarified that the character of frequency response of the channel without reservoir is considerably different from that with reservoir, therefore the effect of the area of reservoir on the character of frequency response is of much importance.

### 1. 緒 言

中海は島根県東部に位置する周囲 96 km, 水面積約 102 km<sup>2</sup>, 平均水深 4.6 m の鹹水湖である。この東北隅から長さ 7.5 km, 巾 200~800 m, 平均水深約 5 m の境水道が東に向つて続き、日本海美保湾に通じている。

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、中海と境水道との接続部外江付近に潮止樋門を設けて境水道から海水が流入するのを阻止し、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水理現象が現状と異なることが予想される。例えば中海水位の変化、境水道内の水位変動や流況の変化、あるいは混合や底質の移動に関する問題、また中海周辺とくに弓浜半島における地下水の変化など多くの問題が考えられるが、このうちの一つの重要な問題である境水道内の水位変動に関する問題を取りあげてみる。

このような問題を理論的に取り扱うことは、事態が複雑すぎて非常に困難であり、容易に解答を得ることはできないと思われるので、実験によつて問題を解明することを試みた。

この実験は予備実験であるから、模型実験をおこなうときの必要条件である相似律を論ずる基礎資料として、現象に関する模型の縮尺の効果をしらべることと、水道の周波数特性におよぼす遊水池の影響をしらべ

ることを主たる目的としている。実験としては境水道を含む簡略な模型を製作し、種々の水深に関する水道の性質をしらべ、さらに現状と樋門設置後とに相当する二つの場合の水道の周波数特性を比較検討した。

## 2. 実験施設

実験には宇治川水理実験所の渾洋水槽を使用した。これは Fig. 1 に示すように、巾20m、長さ15m、深

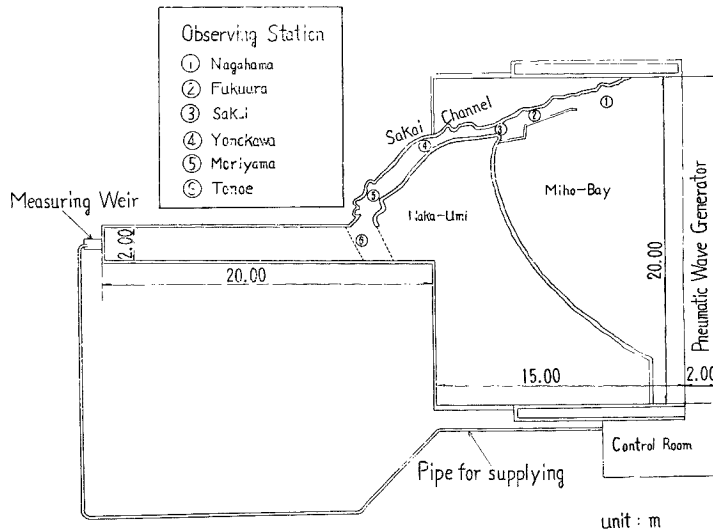


Fig. 1 Experimental facilities and sketch of model

さ 0.6m の水槽と、これに接続している巾 2 m, 長さ 20m の水路部分とから成っており、水路部分を除いては鉄筋コンクリート製である。この水槽内に水平縮尺 1/500 の模型を製作した。この模型の含む範囲は Fig. 1 に示すように美保湾の一部、境水道全域、および中海の一部を含むが、既設の施設を利用したため中海に相当する部分は変形されており、面積も約48%になっている（Photo. 1 参照）。

境水道および美保湾の側壁は、 $20 \times 20 \times 40$ cm の建築用コンクリートブロック2段積で片側防水モルタルこて仕上げとし、



Photo. 1 General view of model



Photo. 2 Model channel with brushed mortar bottom

森山地点に観測用ガラス窓を設けてある。水道部は実験の都合上特定の横断面形を与えず、矩形とした。底は水平とし防水モルタルはけ仕上げである(Photo. 2 参照)。後半の実験はコンクリートブロックと土とで⑥付近(Fig. 1 に破線で示されている部分)を締切つておこなった。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道の部分にはおおいをした。水位変動は Fig. 2 に示すような気圧式起波装置を用いて起した。これは7.5馬力のルーツブロワーで空気室内を減圧して実験水槽内の水を吸いあげておき、 $\phi 4"$ の空気作動式調整弁を通して外の空気を送り込むことによつて室内の水を吐きだし、水槽内に波を起す装置である。この調整弁の操作次第で任意の波形をうることができる。

本施設には河川用水の循環装置が付属しており、水路部分の先端に給水できるようになっている。ここに計量堰を据え、模型水道の粗度係数を求める実験に使用した。

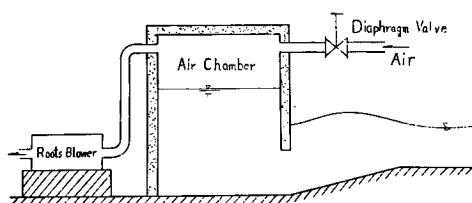


Fig. 2 Schematic diagram of pneumatic wave generator

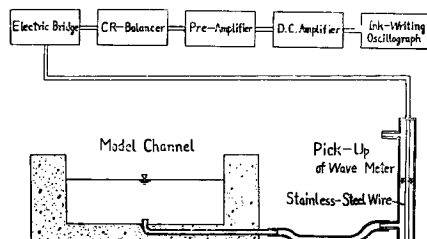


Fig. 3 Block diagram of wave meter

水道内の①～⑥の地点に Fig. 3 に示すように銅管を埋めこみ、ビニールチューブを通してピックアップに水を導き、水位の計測をおこなった。これは電気抵抗式水位計<sup>1)</sup>で、ピックアップの中に張られた2本のステンレス線の間の電気抵抗の変化を Fig. 3 に示すような方法で水位の変化に換算して記録した。

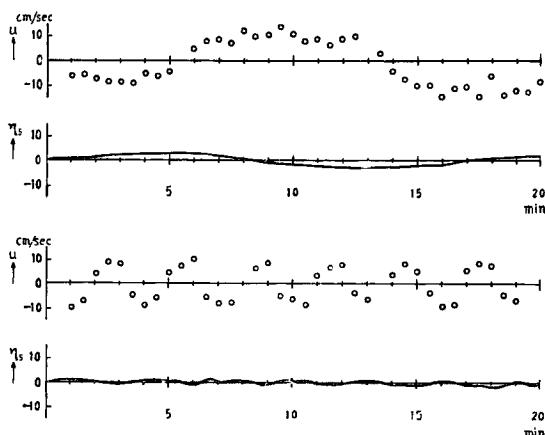


Fig. 4 Velocity of flow  $u$  at the station between ④ and ⑤, and water level ( $\eta_G$ ) at ⑤ for semidiurnal tide(top) and 130 minutes oscillation(bottom) in the channel with reservoir: the depth of water is 4 cm

### 3. 実験内容および計測事項

実験内容はつぎの四つに大別できる。

- (1) 模型の粗度に関する実験
- (2) 縮尺効果に関する実験
- (3) 周波数特性に関する実験Ⅰ  
—奥に遊水池のある場合—
- (4) 周波数特性に関する実験Ⅱ  
—奥に遊水池のない場合—

計測事項はつぎの三つである。

- (1) 水位：計測地点 ①長浜，②福浦，③境，④米川，⑤森山，および⑥外江，計測方法は電気抵抗式水位計による。

- (2) 表面流速：計測地点 ④と⑤の間，計測方法は浮子による。

記録の一部を Fig. 4 および Fig. 5

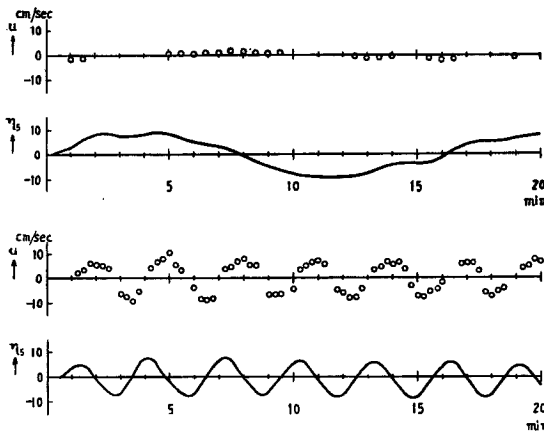


Fig. 5 Velocity of flow  $u$  at the station between ④ and ⑤, and water level ( $\eta_s$ ) at ⑤ for semidiurnal tide (top) and 130 minutes oscillation (bottom) in the channel without reservoir: the depth of water is 4 cm

を設置して各点の水位を測った。

この実験は定常流に関するものであり、水道の底面は水平で、横断面は矩形である。いま簡単にするために各水位計測点間では一様巾であると考え、運動方程式から次式が得られる。

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

ここに、 $n$ : Manning の粗度係数、 $R$ : 径深、 $A$ : 流水の断面積、 $Q$ : 流量、 $g$ : 重力の加速度、 $h$ : 水深である。これにより求めた粗度係数の値を Fig. 6 に示す。縦軸は Manning の粗度係数、横軸は④～⑥間で測定した平均流速である。水深は常に 4 cm である。

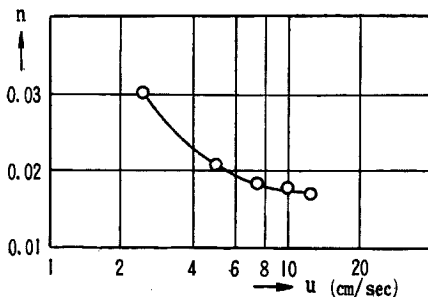


Fig. 6 Relation of Manning's coefficient  $n$  of model channel to velocity of flow  $u$ : the depth of water is 4 cm

に示す。Fig. 4 は遊水池のある場合、Fig. 5 は遊水池のない場合で○印は表面流速、横軸は時間である。参考のために⑥における水位変化をそれぞれ下の段に示す。

(3) 粗度係数: 計測地点、水道内全域、計測方法は後述するとおりである。

#### 4. 実験経過・結果および考察

##### (1) 模型の粗度に関する実験

境水道の模型は前にも述べたように両側面は防水モルタルにて仕上げ、底面ははけ仕上げである。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。

水は Fig. 1 に示す起波装置の下部より取り入れ、給水管によって計量堰を通して、長さ 20 m の水路部の上流端に給水し、境水道を通過して循環するようになっている。境水道内各水位計測点 (①～⑥) にポイントゲージ

##### (2) 縮尺効果に関する実験

実験には既設の施設を使用したため、前述のように中海相当部の面積が充分得られないから、厳密な意味での相似は期待できないと思われるので、ここでは水平縮尺を固定し、鉛直縮尺をいろいろに変化させて摩擦の効果を変え、半日潮と 130 分周期の振動に関する実験をおこない、縮尺の違いによる減衰状態の変化をしらべ、この結果と原型資料<sup>(2), (3), (4), (5), (6), (7)</sup>とを比較して、水道内における減衰状態がなるべく原型に近いような縮尺を求めることを目的としている。いま水平縮尺を 1/500 とし、鉛直縮尺と水平縮尺との比、すなわち歪を 1～16 の間で変えれば、鉛直縮尺、時間縮尺、速度縮尺および原型と模型における諸量は Froud 数を考慮して Tab. 1 のようになる。

歪が 1 の場合には水道内の水深は 1 cm となり、水路床の製作精度を考えれば実験誤差がいちじるしく増

Table 1

| Distortion<br>of Model | Vertical<br>Scale | Water<br>Depth | Amplitude | Time<br>Scale | Period |         | Velocity<br>Scale | Velocity  |
|------------------------|-------------------|----------------|-----------|---------------|--------|---------|-------------------|-----------|
| Prototype              |                   | 500 cm         | 40 cm     |               | 130 m  | 12h25m  |                   | 40 cm/sec |
| 1                      | 1/500             | 1              | 0.08      | 1/22.4        | 5' 48" | 33' 12" | 1/22.4            | 1.79      |
| 2                      | 1/250             | 2              | 0.16      | 1/31.6        | 4' 07" | 23' 36" | 1/15.8            | 2.53      |
| 4                      | 1/125             | 4              | 0.32      | 1/44.7        | 2' 55" | 16' 40" | 1/11.2            | 3.57      |
| 6                      | 1/83.4            | 6              | 0.48      | 1/54.7        | 2' 23" | 13' 38" | 1/9.13            | 4.38      |
| 8                      | 1/62.5            | 8              | 0.64      | 1/63.3        | 2' 03" | 11' 46" | 1/7.90            | 5.07      |
| 16                     | 1/31.25           | 16             | 1.28      | 1/89.4        | 1' 27" | 8' 20"  | 1/5.59            | 7.15      |

where "horizontal scale" is 1/500.

大するおそれがあるので省略することにし、歪が2～16の間の五つの場合について実験をおこなうことにした。ただし、ここにいう歪とは平均水深についての鉛直縮尺と水平縮尺との比である。原型の潮汐および副振動の全振幅は30～40cmであるから、水位変動に関しても同じ鉛直縮尺を採用すれば模型についての全振幅はわずか数mmの程度となり測定誤差が大きくなるので、ここでは全振幅が常に1cmであるような振動を主として取り扱った。

現地の水位記録を見ると、潮汐以外に種々の周期の振動が存在しているが、美保関、境、森山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(昭和32年7月)があつたので、この振動と半日潮とをこの実験の基礎資料とした。

実験は Fig. 1 に示す起波装置によつて、それぞれの歪に応じた周期をもち、全振幅 1cm の正弦波を美保湾に与え、それが水道内でどのように変化してゆくかを調べるものである。

結果は Fig. 7 および Fig. 8 に示すようである。これは各水位計測点における水位変動の振幅と②にお

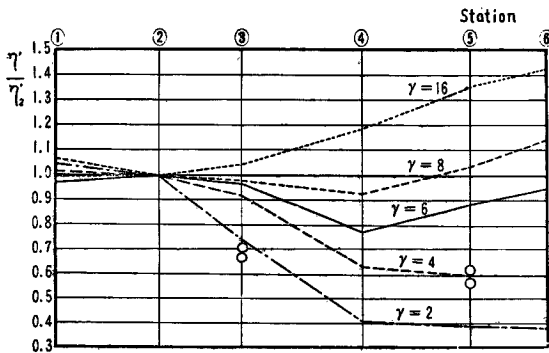


Fig. 7 Ratio of amplitude at each station with respect to station ②, for semi-diurnal tide :  $\gamma$  shows the distortion, and the mark o the value for prototype

けるそれとの比で表わしたものである。②を基準としたのは、原型の資料と比較することを考慮したためである。Fig. 7 は半日潮に関するものであり、これによると歪が小さいほど水道内における減衰が大きいことが認められる。これは歪が小さいほど水深が浅くなるから、水路の摩擦がより大きく影響するためであると考えられる。図中の○印は原型に関するものである。③の地点における値はよく合っているとは言えないが、水道内の全体的傾向としては歪4の場合が原型とよく似ているようである。

Fig. 8 は130分振動に関するものであり、これによると前図のような変化は認められず、歪が上記の範囲内で変化しても減衰状態は

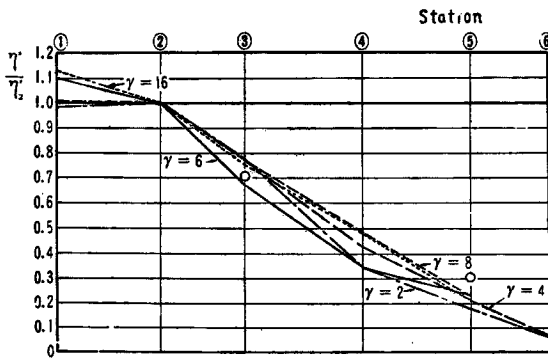


Fig. 8 Ratio of amplitude for 130 minutes oscillation

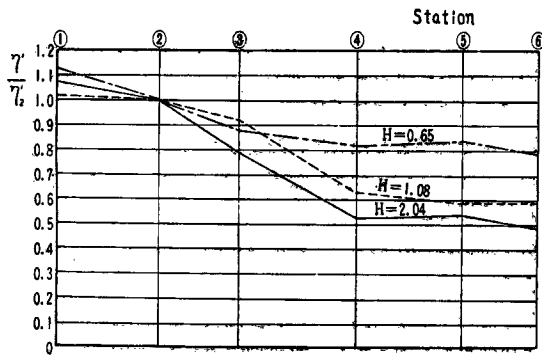


Fig. 9 Ratio of amplitude for semi-diurnal tide of different amplitude, when  $\gamma=4$  :  $H$  shows the amplitude

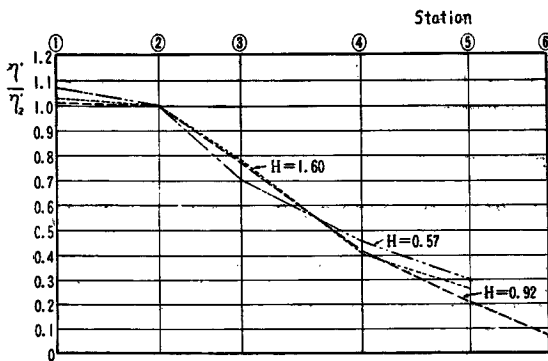


Fig. 10 Ratio of amplitude for 130 minutes oscillation of different amplitude, when  $\gamma=4$

とんど変わらないことを示している。このことは 130 分振動の場合には摩擦があまり効いていないことを暗示しているのであろう。

つぎに歪 4 の場合に振巾を変えて同様の実験をおこなった。すなわち標準の約 60%，および 180～200% の振巾をもつた半日潮と 130 分振動とを取り扱った。Fig. 9 は半日潮に関する結果であり，図中の数字はそれぞれ②における全振巾を示す。これは振巾が増大するほど減衰がいちじるしくなることを示しており，摩擦の効き方の違いを示していると思われる。Fig. 10 は 130 分振動の場合で，Fig. 8 の場合と同様に振巾の変化による減衰率の変化はほとんど認められない。

以上のことがらより，半日潮のように周期の長い振動については縮尺効果は大きく表われるが，130 分振動のように周期の短い振動ではあまり表われないこと，また半日潮については歪 4 の場合に原型に最も近い減衰状態を示すことがわかった。ただし，これは遊水池の面積が過小であり，全振巾が特定の場合にのみ言えることであることに注意しなければならない。

### (3) 周波数特性に関する実験 I

—奥に遊水池のある場合—

さきの実験で歪 4，全振巾 1cm の場合に減衰状態が最も原型に近かったので，この条件で美保湾に種々の周期の正弦振動を与えて水道内の振動の様相をしらべた。

実験は 1～32 分の間の 10 種類の周期の振動についておこなった。各地点における振巾の変化を，②を基準とした振巾比で表わしたのが Fig. 11 である。これによると 1 分の場合だけは非常に特異な形をしているが，周期が 2 分より長い振動については，減衰曲線は周期が長くなるにつれて漸次低下し，6 分くらいから次第に上昇している。この図を書きなおしたものが Fig. 12 であるが，これは与えた振動の周期を横軸に，前図と同様に振巾比を縦軸にとつたものである。図内の各曲線は，それぞれの地点における振巾比の変化

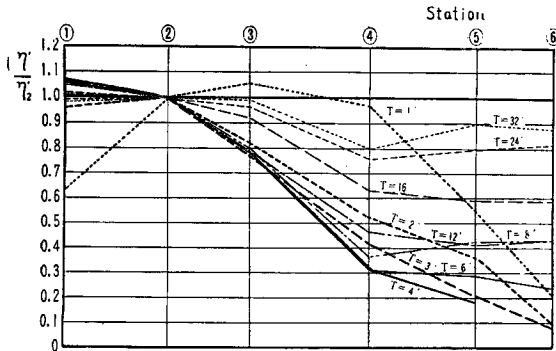


Fig. 11 Ratio of amplitude for each period from 1 to 32 minutes :  $T$  shows the period (with reservoir)

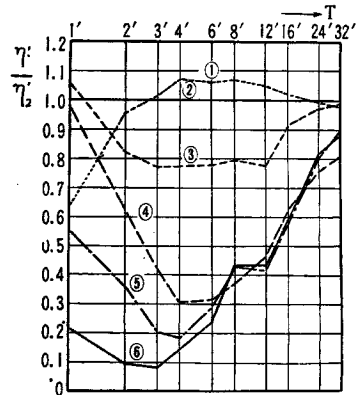


Fig. 12 Experimental frequency response : each curve corresponds to each station (with reservoir)

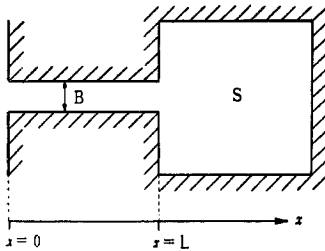


Fig. 13 Notations

を示している。これによると水道内の各地点における振巾比は、それぞれ4～6分のあたりで極小値を示している。①の曲線が極大値を示すのは、②を基準としたこと、およびこの地点が③～⑥の点と反対側にあることによつて起る現象で、③～⑥の場合と傾向は一致しているわけである。

さて1分周期の特異な形と、上述の極小値の表われる理由を少し調べてみよう。

いま矩形断面の様な水路を考え、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、運動方程式および連続式は次のようである。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \alpha u + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0, \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $\alpha$  : 摩擦係数、 $u$  : 流速、 $\eta$  : 静水面よりの水面の変位、 $h$  : 水深、 $g$  : 重力の加速度である。ここで Fig. 13 のような場合を考え、ぎつのような境界条件

$$x=0, \text{ で } \eta = \eta_0 e^{i\omega t}, \text{ 及び } x=L, \text{ で } \frac{d\eta}{dt} = \beta u$$

のもとに解くと(4)式のようになる。ここに、 $\beta = Bh/S$ 、 $B$  : 水路の巾、 $S$  : 遊水池の面積である。

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{(p+iq)(e^{(p+iq)(L-x)} - e^{-(p+iq)(L-x)}) + \frac{\beta}{h}(e^{(p+iq)(L-x)} + e^{-(p+iq)(L-x)})}{(p+iq)(e^{(p+iq)L} - e^{-(p+iq)L}) + \frac{\beta}{h}(e^{(p+iq)L} + e^{-(p+iq)L})} e^{i\omega t}, \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、
$$p^2 = \frac{\omega^2}{2c^2} \left\{ \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}} - 1 \right\}, \quad q^2 = \frac{\omega^2}{2c^2} \left\{ \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\omega^2}} + 1 \right\}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad c = \sqrt{gh}$$

であり、 $T$  : 周期とする。

(4)式を有理化し、その振巾  $\eta'$  を求めると

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{\eta'}{\eta_0}\right)^2 = & \left\{ (p^2 + q^2) \{ \sinh^2 p(L-x) + \sin^2 q(L-x) \} + \frac{\beta^2}{h^2} \{ \sinh^2 p(L-x) + \cos^2 q(L-x) \} \right. \\
 & + \frac{\beta}{h} \{ p \sinh 2p(L-x) - q \sin 2q(L-x) \} \left. \right\} \div \left\{ (p^2 + q^2) \{ \sinh^2 pL + \sin^2 qL \} \right. \\
 & + \frac{\beta^2}{h^2} \{ \sinh^2 pL + \cos^2 qL \} + \frac{\beta}{h} \{ p \sinh 2pL - q \sin 2qL \} \left. \right\} \dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

となる。

摩擦項が Manning の式で表わされるとすれば

$$\alpha = \frac{gn^2}{h^{4/3}} u$$

と書けるから、実験中に測つた表面流速から平均流速を算定して  $\alpha$  を求め、(5) 式の数値計算をおこなつた。結果を Fig. 14 に示す。これは前の Fig. 12 に対応するものであり、単純化した模型について計算したものであるから数値は一致しないけれども、傾向はかなりよく表わされているといえよう。

もし遊水池が無限に広い ( $S \rightarrow \infty$ ) とすれば  $\beta \rightarrow 0$  となるから (5) 式は

$$\left(\frac{\eta'}{\eta_0}\right)^2 = \frac{\sinh^2 p(L-x) + \sin^2 q(L-x)}{\sinh^2 pL + \sin^2 qL} \dots\dots\dots (6)$$

となり、Fig. 15 に示されるように  $T$  が大きくなるにつれて振巾比は漸次小さくなり、それぞれの地点に固有の値に漸近するはずである。ところが  $S$  に有限の値を与えると Fig. 14 に示されるような極小値が表われてくる。このことから、Fig. 12 および Fig. 14 に見られるような極小値が表われるのは、遊水池の面積が有限であるためであると考えられ、この面積が水道の周波数特性におよぼす効果は非常に大きいといえよう。この影響は与えられた振動の周期が長いほど大きく表われるようである。

つぎに 1 分周期の振動について考えて見よう。いま簡単のために、周期が短いから遊水池の影響は小さく、摩擦もあまり効かないと考えると、 $\beta = 0$ ,  $\alpha/\omega \ll 1$  と書ける（実際には  $\alpha/\omega = 0.11$  である）。したがって  $p = 0$ ,  $q = \omega/c$  であるから、(6) 式は

$$\frac{\eta'}{\eta_0} = \frac{\sin \frac{\omega}{c}(L-x)}{\sin \frac{\omega}{c}L} = \frac{\sin \pi \frac{T_0}{T} \left(1 - \frac{x}{L}\right)}{\sin \pi \frac{T_0}{T}} \dots\dots\dots (7)$$

となる。ここに、 $T_0 = 2L/\sqrt{gh}$  であり、これは水道の固有周期である。

(7) 式は  $2T_0 > T > T_0$  のときに  $\frac{x}{L} = 1 - \frac{1}{2} \frac{T}{T_0}$  の点に極大値が表われることを示している。実際、模型の水道の固有周期は 48 秒であるから、1 分周期のときはこの場合に相当し、③～④間に極大値が表われることになり、先にのべた特異な形をよく説明していると考えられる。

つぎに流速に関しては、振巾の場合と同様な計算により (2)、

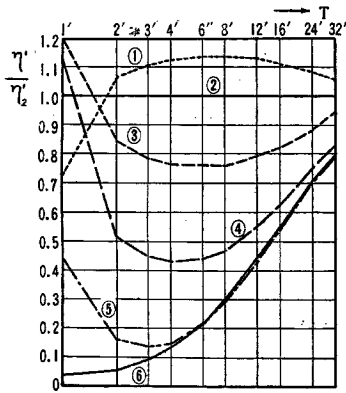


Fig. 14 Theoretical frequency response (with reservoir)

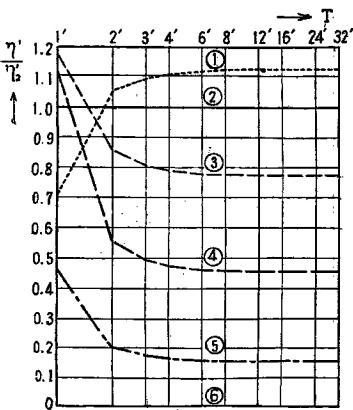


Fig. 15 Theoretical frequency response when  $S \rightarrow \infty$



(3)式から次式を得る。

$$\begin{aligned} \left(\frac{u}{\eta_0}\right)^2 = & \frac{g}{h\sqrt{1+\frac{\alpha^2}{\omega^2}}} \left\{ (p^2+q^2)\{\sinh^2 p(L-x)+\cos^2 q(L-x)\} + \frac{\beta^2}{h^2}\{\sinh^2 p(L-x)+\sin^2 q(L-x)\} \right. \\ & + \frac{\beta}{h}\{p \sinh 2p(L-x)+q \sin 2q(L-x)\} \left. \right\} + \left\{ (p^2+q^2)\{\sinh^2 pL+\sin^2 qL\} \right. \\ & + \frac{\beta^2}{h^2}\{\sinh^2 pL+\cos^2 qL\} + \frac{\beta}{h}\{p \sinh 2pL-q \sin 2qL\} \left. \right\}. \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

前と同様に(8)式を計算すると Fig. 16 に示すようになる。図中④、⑤とあるのはそれぞれの水位計測点において計算された値である。実線で示したのが④～⑤間で得られた実験値である。これによると計算値は直線水路で近似しているにもかかわらず、かなり実験値とよく合っているといえよう。

#### (4) 周波数特性に関する実験Ⅱ

—奥に遊水池のない場合—

模型水道を⑥附近 (Fig. 1 の破線の部分) で締切り、前節と同様に1～32分の間の10種類の振動について実験をおこなった。この場合もやはり全振幅は1cmである。結果は Fig. 17 および Fig. 18 に示す。

Fig. 17 は前節の Fig. 11 に対応するものであり、これによると遊水池のない場合には、2分より長い周期の振動は水道内で減衰せず、逆に増大する傾向が認められる。

Fig. 18 は Fig. 12 に相当するもので、これによると周期が3分のときに④～⑥の地点でそれぞれ極大値を持つており、6分より長い周期の振動では各曲線とも漸次1に近づいていることが認められる。

前節と同様に(5)式を数値計算し図化したのが Fig. 19 である。これによると全体的な傾向は類似しているが、極大値の表われる周

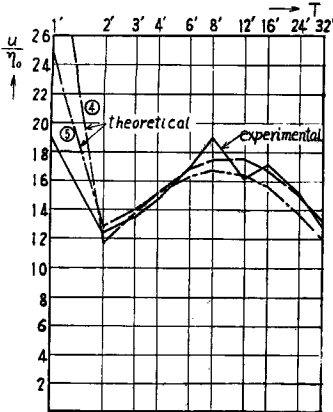


Fig. 16 Experimental maximum mean velocity at the station between ④ and ⑤, and theoretical value at ④ and ⑤ (with reservoir)

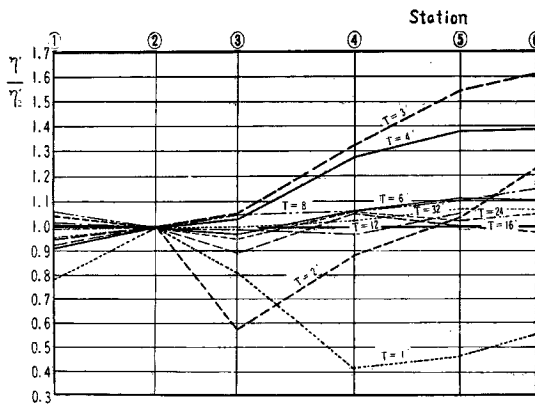


Fig. 17 Ratio of amplitude for each period from 1 to 32 minutes (without reservoir)

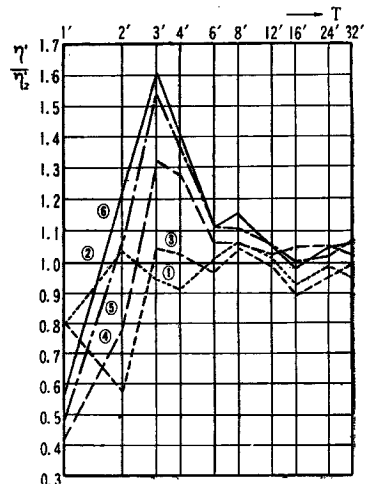


Fig. 18 Experimental frequency response (without reservoir)

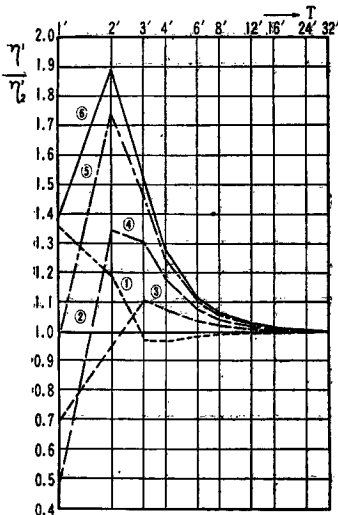


Fig. 19 Theoretical frequency response (without reservoir)

Fig. 20 である。これによると遊水池のない場合は、与える振動の周期が長くなるにしたがい最大流速は単調に減少することがわかる。前節のFig. 16 と比較すると、周期が短いときは、ほぼ同程度の大きさであるが、長くなると遊水池のない場合にはいちじるしく小さくなるがわかる。

つぎに、半日潮および130分振動に関して、振幅を変えた実験をおこなった。結果はそれぞれ

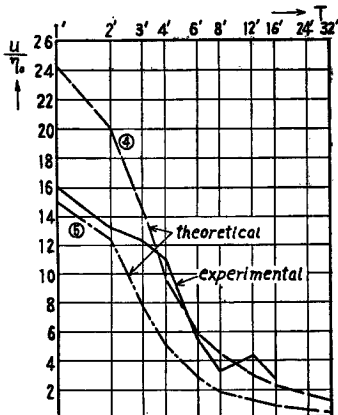


Fig. 20 Experimental maximum mean velocity at the station between ④ and ⑤, and theoretical value at ④ and ⑤ (without reservoir)

期が異なっている。理論上極大値が2分のときに表われるのはつぎの簡単な計算から共振現象であることは明らかである。すなわち、周期が短いことおよび遊水池がないことを考慮して(5)式において  $\alpha=0$ ,  $\beta=\infty$  とおけば

$$\frac{\eta'}{\eta_0} = \frac{\cos \frac{\omega}{c}(L-x)}{\cos \frac{\omega}{c}L} = \frac{\cos \frac{\pi}{2} \frac{T_0}{T} \left(1 - \frac{x}{L}\right)}{\cos \frac{\pi}{2} \frac{T_0}{T}} \dots \dots \dots (9)$$

となる。ここに  $T_0=4L/\sqrt{gh}$  で、これは水道の固有同期であるが前節の値とは異なる。(9)式は  $T=T_0$  のときに共振することを示しており、模型水道の固有周期は理論上114秒であるから、実験をおこなった範囲では2分周期のときに極大値が表われてもよさそうに思われる。にもかかわらず3分周期のときに極大値が表われるのは、摩擦あるいはその他の理由により水道の固有周期がのびたと考えられる。この点に関してはなお研究中である。

前節と同様に(8)式により流速を計算した結果と実験値とを示したのが

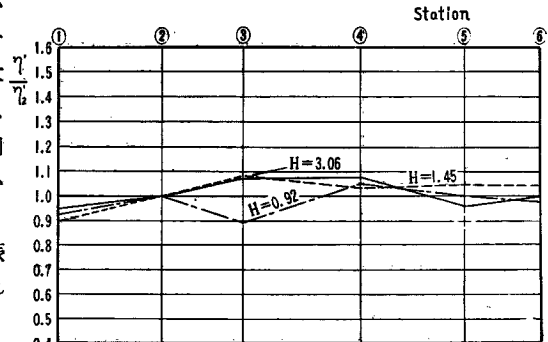


Fig. 21 Ratio of amplitude for semi-diurnal tide of different amplitude (without reservoir)

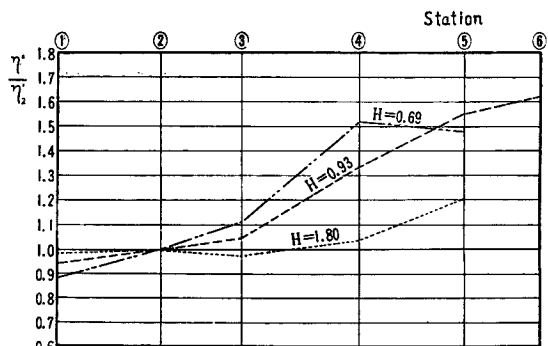


Fig. 22 Ratio of amplitude for 130 minutes oscillation of different amplitude (without reservoir)

Fig. 21 および Fig. 22 に示す。これによると遊水池のある場合とはかなり様子が異なり、半日潮については水道内全区間を通じてほとんど減衰も増大もせず、振巾の変化による現象の違いは認められないが、130分振動では振巾が小さいものほどより大きくなることを示している。

## 5. 結 言

境水道の水位変動をしらべる実験の予備実験として、水道内の振動特性の縮尺効果と、奥の遊水池の有無による周波数特性の差異とを実験的に検討した。その結果、つぎのことが明らかになった。

(1) 縮尺効果については、半日潮に相当するような長周期の振動では縮尺の違いによる現象の変化は大きく表われるが、130分振動に相当するような短周期の振動では、縮尺を変えても現象はあまり変らない。

(2) 水道の周波数特性は、奥の遊水池の有無ないしは大きさによつて大いに左右される。すなわち、遊水池のある場合にはほとんどの周期の振動が減衰しているが、遊水池のない場合には長周期の振動は減衰しなくなり、ある特定の周期の振動が卓越してくる。

(3) 流速は、短周期の振動によるものは、遊水池の有無によつてあまり変らないが、長周期の振動によるものは、遊水池のない場合にはいちじるしく減少する。

以上の実験は予備実験であり、中海相当部の面積も規定の大きさだけでなく、実験に使用した振動の振巾も特殊な値を採用しているから、「周波数特性に関する実験」で得られた結果をそのまま定量的に原型にあてはめて考えることは危険であるが、定性的にはかなり信頼してよいと言えよう。定量的な議論をするためには、この実験の結果を参考にしてより本格的な実験をおこなうことが必要であろう。

この研究を遂行するにあつて、終始適切な御指導を賜つた速水頌一郎教授、足立昭平、国司秀明両助教授、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る次第である。なおこの研究は一部農林省の委託によつておこなつたものであることを付記する。

## 参 考 文 献

- 1) 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. 303-313.
- 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，pp. 9-25.
- 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，pp. 12-41.
- 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，pp. 206-234.
- 5) 島根県：境水道の交流について（Ⅰ）昭和33年3月，pp. 27-50.
- 6) 島根県：境水道の交流について（Ⅱ）昭和33年9月，pp. 5-13.
- 7) 鳥取県：中海干拓調査報告書，昭和33年10月，pp. 7-52.