

II-64

検潮井戸の応答

東北大学工学部 学生員 ○斎藤 健
 東北大学工学部 正 員 高橋智幸
 東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

津波の数値解析では検証材料として検潮所における潮位記録が用いられる。しかし、潮位計は潮汐を対象としているため、短周期の波の振動は捉えられず、特に波状段波は完全に記録から落ちてしまう。そこで、本研究では模型井戸を用いた実験結果を岡田(1988)の式で解析し、検潮井戸の応答特性を検討する。

2. 実験例

実験は藤川(1993)によって行われ、本研究ではその結果を使用する。

実験装置として、水路は全長100m、幅1mで、水深70cmの低水路部と水深20cmの高水路部からなり、段波の碎波点の位置を安定させるために、高水路部には緩斜面が設置されている。また模型井戸は、直径15cm、高さ60cmのアクリルでできた円筒状のものに導水管となる直径32mmの塩化ビニールのホースを取り付けたものである。

実験条件は、高水路部で波列の第1波がSPILLINGの碎波を起こすようにして行われた。

図-1の実線と点線はそれぞれ、水路内及び模型井戸での水位変化を示している。井戸内水位には波状段波が全く記録されず、しかも波状段波による平均水位の上昇も、かなり時間は遅れて生じていることがわかる。

3. 岡田の理論とその適用

3. 1 岡田の理論

検潮井戸の理論として連続の式は

$$\frac{dh}{dt} = \left(\frac{D_p}{D_w} \right)^2 u \quad \dots (1)$$

が用いられる。ここで、 h 井戸内の水位、 D_w 井戸の内径、 D_p 導水管の内径、 u 導水管内の平均流速を表す。次に運動の式として、岡田は外海水位 H と井戸内水位 h との差は、導水管への流入

による損失 h_e 、導水管からの流出の損失 h_o 、及び導水管での摩擦損失 h_f によるとした。つまり、

$$H = h + h_e + h_f + h_o \quad \dots (2)$$

$$h_e = f_e \frac{u^2}{2g}, h_f = f \frac{L}{D_p} \frac{u^2}{2g}, h_o = f_o \frac{u^2}{2g}$$

となる。式(2)を u に関して解き、式(1)に代入すると、次式が井戸内の水位を与える微分方程式となる。

$$\frac{dh}{dt} = W \operatorname{sgn}(H - h) \{2g|H - h|\}^{1/2} \quad \dots (3)$$

$$W = \left(\frac{D_p}{D_w} \right)^2 / (f_e + f \frac{L}{D_p} + f_o)^{1/2}$$

ここで、 W 検潮井戸ごとの応答係数、 f_e 流入による損失係数、 f 摩擦による損失係数、 f_o 流失によ

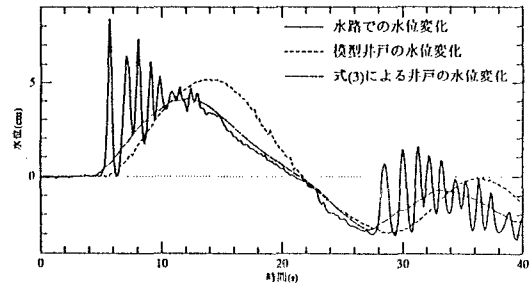


図-1 水路、井戸、及び岡田式による井戸の水位

る損失係数である。

3. 2 岡田式の実験例への適用

式(3)を実験例に適用し、井戸内の水位変化を示したものが図・1の破線である。計算値と実験値を比較すると、計算波形の方が、(a)立ち上がりが早い、(b)波高が低い、(c)ピークが早いといった違いがある。

4. 修正理論とその適用

4. 1 導水管内の水の慣性を考慮した理論

図・2に水の慣性に影響を及ぼす d^2h/dt^2 と式(3)による井戸水位との比較を示す。 d^2h/dt^2 は、井戸内の水位変化の以前に変化を始める。このことから、水の慣性が井戸内の水位変化、特に立ち上がり時間に大きく関係してくるのではないかと考えられる。よって、導水管内の水の慣性の効果を次式から算出した。また、同式では実験条件下で存在した導水管の曲がりによる損失 h_b も考慮している。

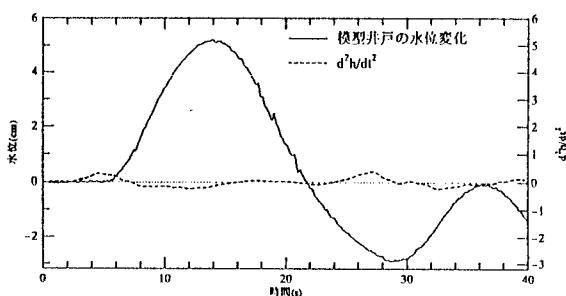
$$\rho\pi D_p^2 L \frac{du}{dt} = \rho g(H - h - \Delta h)\pi D_p^2 \quad \cdots (4)$$

$$\Delta h = (f_e + f \frac{L}{D_p} + f_o + f_b) \frac{u^2}{2g}$$

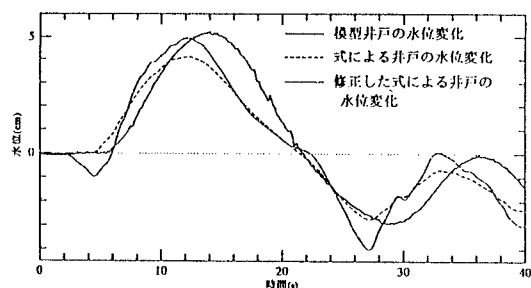
ここで、 ρ :水の密度、 π :円周率、 f_b :曲がりによる損失係数である。また、 u は式(1)より与えられる。結局 h についての2階微分を解かねばならない。今回は慣性項の影響を見るために式(4)中の h として式(3)で得られた値を代入した。

4. 2 適用例

水の慣性項を考慮したことにより、図・3に示す結果を得た。波高の低さは改善されているが、立ち上がりのズレやピークのズレについては不十分な結果であった。また立ち上がりの前に水位が下がり、波形中に振動がみられるようになった。このように、今回の方法では水位の上下のみが変化しただけで、時間の修正までは至らなかった。これは、式(4)において u を求めるときの h の与え方に一因があると考えられる。



図・2 模型井戸水位と d^2h/dt^2 との比較



図・3 導水管の慣性を考慮した井戸の水位

5. おわりに

今後は、式と式を組み合わせた微分方程式を直接解き、井戸の応答特性の詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1)阿部邦昭・岡田正実：検潮井戸の応答特性，日本海中部地震の発生・増幅機構と破壊力，pp.57～86，1988
- 2)藤川直正：検潮井戸の非線形応答に関する実験