

## 動水圧性状に及ぼす諸因子の影響

京都大学工学部 正員 ○尾島 勝  
水資源開発公團 正員 橋田一雄  
森本組 木村 劍

1. 緒言. 著者らは、二、三数年来ダムに作用する地震時動水圧の性状に関する研究を続けてきた。これまでには2次元動水圧の範囲で考察を行ってきたが、実際には3次元的振れりとももダムにおいては、ダムの断面形状、貯水地形形状からみて地震波の特性を考慮した3次元動水圧について考察しなければならない。そこで我々は、重力ダムおよびその貯水池を3次元長方形モデルで表わし、その動水圧性状に影響する因子を明らかにしようとするものである。

2. 動水圧性状に関する考察. 図-1に示す3次元直交座標系を用いて3次元動水圧を解析し、次式により数値計算を行なうとの性状に関する考察を加えた。

$$\begin{aligned}
 G = & 8\alpha \rho g h \left[ \sum_{m=1}^{2n} \frac{(-1)^{m+n}}{(2n-1)\pi^2} \frac{1}{B_m h} \frac{\sin(\pi/4B)}{4B} \frac{1}{1/(4B)^2 - (m-1)^2} \tan(\gamma_m h \cdot \frac{\ell}{2h}) \right. \\
 & \times \cos((m-1)\pi \frac{y}{B}) \cos(\frac{(2n-1)\pi}{2} \frac{z}{h}) \cdot \sin(2\pi \frac{x}{\ell}) + \sum_{m=3n+1}^{2n} \sum_{n=p_1}^{2n} \frac{(-1)^{m+n}}{(2n-1)\pi^2} \frac{1}{B_m h} \frac{\sin(\pi/4B)}{4B} \frac{1}{1/(4B)^2 - (m-1)^2} \frac{e^{-\gamma_m h \frac{\ell}{2h}} - 1}{e^{-\gamma_m h \frac{\ell}{2h}} + 1} \\
 & \times \cos((m-1)\pi \frac{y}{B}) \cos(\frac{(2n-1)\pi}{2} \frac{z}{h}) \cdot \sin(2\pi \frac{x}{\ell}) \Big] + 8\alpha \rho g h \left[ \sum_{m=1}^{2n} \sum_{n=p_1}^{2n} \frac{(-1)^{m+n}}{(2n-1)\pi^2} \frac{1}{B_m h} \frac{\cos(\pi/4B)}{4B} \frac{1}{1/(4B)^2 - (2m-1)^2} \tan(\gamma_m h \cdot \frac{\ell}{2h}) \right. \\
 & \times \sin(\frac{(2m-1)\pi}{2} \frac{y}{B}) \cos(\frac{(2n-1)\pi}{2} \frac{z}{h}) \cos(2\pi \frac{x}{\ell}) + \sum_{m=p_1}^{2n} \sum_{n=q_1}^{2n} \frac{(-1)^{m+n-1}}{(2n-1)\pi^2} \frac{1}{B_m h} \frac{\cos(\pi/4B)}{4B} \frac{1}{1/(4B)^2 - (2m-1)^2} \frac{e^{-\gamma_m h \frac{\ell}{2h}} - 1}{e^{-\gamma_m h \frac{\ell}{2h}} + 1} \\
 & \left. \times \sin(\frac{(2m-1)\pi}{2} \frac{y}{B}) \cos(\frac{(2n-1)\pi}{2} \frac{z}{h}) \cos(2\pi \frac{x}{\ell}) \right]
 \end{aligned}$$

$$= 1, \quad \gamma_m h = \sqrt{\left(\frac{1}{c} \frac{\pi}{B_m \cdot 4B}\right)^2 - \left(\frac{(m-1)\pi}{B_m h}\right)^2 - \left(\frac{(2n-1)\pi}{2h}\right)^2}, \quad \gamma_m h = \sqrt{\left(\frac{1}{c} \frac{\pi}{B_m \cdot 4B}\right)^2 - \left(\frac{(2m-1)\pi}{2B_m h}\right)^2 - \left(\frac{(2n-1)\pi}{2h}\right)^2} \text{である。}$$

数値計算を行なうためのパラメータとしては、 $B_h$ ,  $B_m$ ,  $4B$ をとる、水中音速  $C = 1440 \text{ m/sec}$  地震波の伝播速度  $15 = 3 \text{ km/sec}$  と仮定している。パラメータは既設のダム形状を考慮したうえで求められねばならない。とくに複雑な原地形を単純な長方形領域モデルで表わすとき、貯水池としての水域をどこまで取るか大問題となる。ここでは比較的大きなダムを想定し、 $B_h$ を 50, 10.0 としている。従来、2次元動水圧性状に関する研究においては、このパラメータはあまり重視されておらず、通常この値が 2~3 以上であれば半無限貯水池みなしうるとされてきた。しかし、本研究の結果、動水圧の実験条件、分布形、値に影響を及ぼす因子として無視できないことが明らかになつた。

既の道は、「日本常用高強度要覽」による調査分析した結果、ほぼ 1.0~2.0 の値となる例が多く、したがって、ここでは 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 について計算した。

左は地震波長と河幅との比を表す。地震波の伝播速度は  $3 \text{ km/sec}$  程度であり、ダム地点での地震の卓越周期は  $0.1 \sim 0.3 \text{ sec}$  とみられるよのであらうから、波長は  $300 \sim 900 \text{ m}$  になる。した

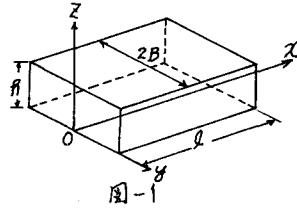


図-1

がって、 $4B$ の値としてとった、1.5, 2.0, 2.5は現実的な値と考えてよい。

計算結果の一例を図-2に示す。図のX軸は動水圧の大きさを表す無次元量 $Q (= 0.8 \rho g h)$ を表わし、Y軸は河岸方向への位置を表す無次元量 $B$ であり、Z軸は高さの無次元表示形を表わす。なお、動水圧は河道中央線に対して対称となることは明らかであるから、図には序側だけを描いてある。

図中のパラメータ $TK$ は、入力地震波の1周期を1として無次元化したときの、周期Tに対する時間推移を表す。たとえば、 $TK = 0.15$ は入力波周期に対し0.15倍の時間経過後の分布を表す。

動水圧の鉛直分布は、一般には準規則放物形状ではなく、3次元的な位置と時間の関数として表され、しかもそれらの値によって異なる。したがって、 $\eta_h$ ,  $B_h$ ,  $4B$ の相互的な影響によると、とくに $4B$ の値が大きくなるほど複雑な分布となる。換言すれば、地震強度が震源距離に比例して大きくなるほど、地震に対するアムモニアの位相差が少なくなり、2次元的な振動に近くなる。したがって、生起される動水圧も2次元動水圧分布形状に類似してくるものと考えられる。

しかししながら、支振周期において、動水圧値は2次元動水圧の値よりも大きくなる場合もあり、 $4B$ が大きいかぎりといつて、2次元動水圧を用いて安全側に取るとはいえないことを明らかにする。

図-3は、 $TK=0.20$ の場合の最下部における

水平分布を示したものである。なお、Westergaard式の2次元動水圧式から算出した $Q$ の値は0.11である。 $\eta_h$ が5.0の場合には、 $4B$ が大きくなるほど地盤波の位相差による影響が少くなり、一様分布における傾向がうかがえるが、 $\eta_h$ が10.0の場合には必ずしも二の値がみられず、水平分布形状についても $\eta_h$ ,  $B_h$ ,  $4B$ の相互的な影響について、さらに詳しく検討する必要がある。

3. あとがき。以上、3次元長方形モデルによる動水圧形状に関する考察を試みたが、各影響因子個々の影響度を追求するには、まだ不十分であった。しかし、一般的には、二で考慮した3つのパラメータが相互に関連し動水圧形状を規定していると考えよう。したがって、2次元解析に比し、パラメータが多くなることからも、各小箇目の影響度の方へは関連性を明確化するには二とは、困難にならざるべし。

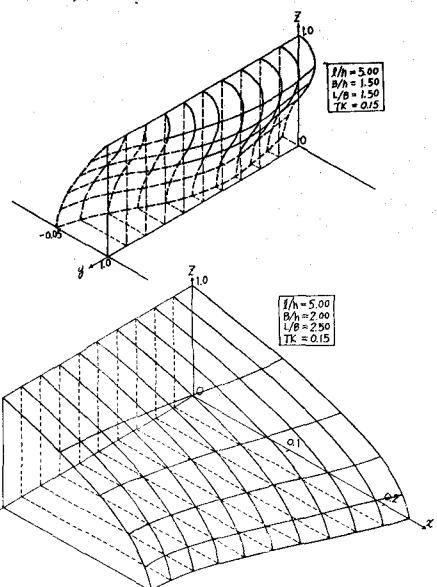


図-2

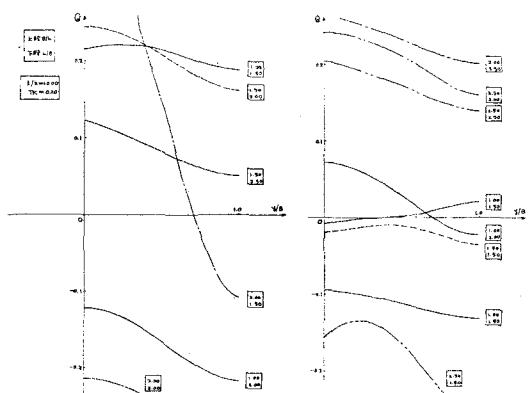


図-3