

II-13 満水時における重力ダムの地震応答

九大 正員 小 澤 清 真

1. 緒言

地震週期と動水圧の共振週期とが一致すると、ダムに作用する外力としての動水圧は、従来ダムの設計に採用されてきた値よりも相当大きくなる。この場合、もし、ダム自身の固有振動週期が動水圧の共振週期に近接している場合には、ダムの振動振幅は極めて大きくなるだろうと推察される。ダムの振動に関する従来の理論は、外力の一つである動水圧を地震加速度に比例するものとして取り扱い、ダムの振動を外力が一定な一質点系の振動におきかえたものが多い。また、模型実験においても、ダムの固有振動週期に対しては相似律を考えているが、動水圧の共振週期に対してはそれを無視している。このような取り扱いでは、ダムの固有振動週期、動水圧の共振週期及び地震週期の三者が一致する場合の現象をつかむことはできない。本論はこのような場合について、問題を過渡現象として理論的に解析したものである。

2. 振動理論

重力ダムを2次元的に取り扱い、*modal analysis* を行う。今第1次の振動型のみを考え、その天端変位を a とすれば、振動の微分方程式が次のように得られる。

$$\ddot{a} + 2\mu\dot{a} + \omega^2 a + \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2W_0 v f_m^2}{W_0 h d} \int_0^t \ddot{u}(\tau) J_0\{\lambda_m v(t-\tau)\} d\tau$$

$$= \alpha g \frac{C}{d} \psi(t) + \alpha g \sum_{m=0}^{\infty} \frac{4W_0 v (-1)^m f_m}{\pi W_0 h d (2m+1)} \int_0^t \psi(\tau) J_0\{\lambda_m v(t-\tau)\} d\tau \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 μ は減衰係数、 ω はダムの空虚時固有振動率、 W_0 及び $W_0 h$ はそれぞれ水及びコンクリートの単位体積重量、 h はダム高、 v は水中音速、 $\alpha g \psi(t)$ は地震加速度、 f_m , d , C はダムの振動型を $u(x)$ 、ダムの厚さを $\delta(x)$ とするとき、次式で定められる。

$$C = \int_0^h \frac{\delta}{h^2} u \, dx, \quad d = \int_0^h \frac{\delta}{h^2} u^2 \, dx, \quad f_m = \int_0^h \frac{\cos \lambda_m x}{h} \, dx, \quad \lambda_m = \frac{(2m+1)\pi}{2h}$$

3. 数値計算

ダムの空虚時固有振動率 ω と満水時固有振動率 ω_w との関係は(1)式の左辺において $a = \bar{a} x e^{i\omega_w t}$ とおき若干の計算を行えば容易に求められる。今、ダムの振動型を直線で表わされるものとし、⁽¹⁾ ω_w と動水圧の共振動率 $\lambda_m v$ との関係がいろいろな場合(① $\omega_w/\lambda_m v = 0.5/5$, ② $0.8/70$, ③ $0.9/15$, ④ $0.95/0$, ⑤ $1.2/70$) に対して、地震が $\psi(t) = \sin \omega_0 t$ で始まる場合、 $W_0 = W_w$ として(1)式により振動振幅を計算し、静変位に対する倍率を求めた。

図-1 は ω と ω_w との関係、図-2 は ω_0 と $\lambda_m v$ との関係により外力たる(1)式右辺の時間的増大の度合、図-3 はこのような外力によるダムの振動振中の倍率、図-4 はダム天端加速度の地動加速度に対する倍率を示したものである。点線はダムと同じ減衰係数をもつ

一質点系の場合である。(ここには紙面の都合上、 $\mu/w=0$ の場合のみを示した。)

4. 結果に対する考察

以上の結果から次のことがわかる。

(1) 重力ダムの固有周期、動水圧の共振周期及び地震周期の三者が一致した場合の振巾倍率は、ダムの固有周期が動水圧の共振周期よりはるかに大きい場合の共振巾倍率より小さい。これは従来の予想に反する現象である。

(2) 重力ダムの固有周期が動水圧の共振周期よりはるかに大きい場合の振巾倍率は一質点系のそれにほとんど等しい。

(3) この場合のダム天端の震度の地動震度に対する倍率は一質点系のその約2倍になる。

(4) 従つて、重力ダムの動的耐震設計を行う場合(震度法による)の天端の震度としては、一質点系の応答震度の2倍に取るべきである。

図-1

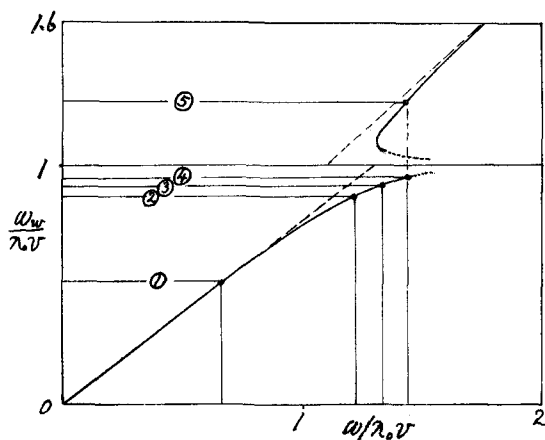
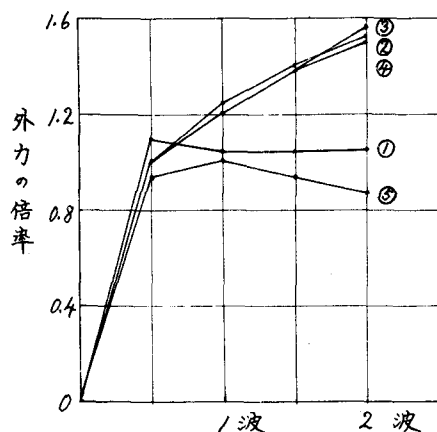


図-2



文献

(1) 畑中元弘.
「コンクリート
ダムの耐震設
計に関する一
私案」京大防
災研所報第2号
昭. 33. 12.

図-3

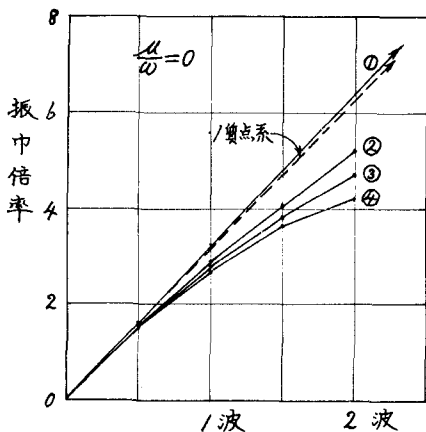


図-4

