

# アーチダムの地震時応力並びに震度分布について

九州大学工学部

正員

小坪 清真

緒言 アーチダムの耐震性を究明するには、相似律を満足する適當な模型を作り、これに振動を与えて破壊実験を行ない、破壊時の振動台の震度と実際の地動震度との比を以つてダムの地震に対する安全率と見なすことができるが、模型に対し相似律を完全に満足させることは困難である。従つて、理論的には、コンクリートの破壊応力とダムに生ずる応力との比を以つて安全率と見なすよりほかはない。

地震時アーチダムに生ずる応力は振動学的に求めることができるが、アーチダムのような複雑な形状の構造物の応力を振動学的に求めることははなはだ煩雜であるから、ダムを振動学的に取り扱つて得られる応力と全く等しい応力を得るような静力学的応力計算法が必要である。アーチダムの変形を惹起せしめている外力は堤体慣性力と動水圧であるから、ダムが振動している場合の震度分布及び動水圧分布がわかれば振動応力を静力学的に計算し得ることになる。

理論 固有振動率 $\omega_j$ 、半径方向振動型 $U_j$ 、切線方向振動型 $V_j$ をもつアーチダムが、地震動 $\alpha g \psi(t)$ を受けた場合の弾性変位は次式で表わされる。

$$U = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha g (C_{jc} + C_{jw})}{\omega_j^2 d_j} L_j U_j, \quad V = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha g (C_{jc} + C_{jw})}{\omega_j^2 d_j} L_j V_j \quad \text{--- (1)}$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} C_{jc} &= \int_0^{R\delta} \int_0^{2\pi} (U_j \cos \theta + V_j \sin \theta) d\theta ds, & C_{jw} &= \frac{7k}{8} \frac{w_0}{w_c} \int_0^R \int_0^{2\pi} \sqrt{1-\gamma} U_j d\theta ds, & \gamma &= \frac{z}{h} \\ d_j &= \int_0^{R\delta} \int_0^{2\pi} (U_j^2 + V_j^2) d\theta ds, & L_j &= \frac{U_j^2}{\sqrt{\omega_j^2 - \mu^2}} \int_0^t \psi(\tau) e^{-\mu(t-\tau)} \sin \sqrt{\omega_j^2 - \mu^2} (t-\tau) d\tau \end{aligned} \right\} \text{--- (1)'}$$

$h$ は堤高、 $R$ はアーチの半径、 $\delta$ は堤厚、 $w_0$ は水の単位重量、 $w_c$ はコンクリートの単位重量、 $\mu$ は減衰係数、 $L_j$ は振動倍率である。エネルギー法等によりアーチダムの正しい振動型及び固有振動率がわかれば、(1)式より振動応力を求めることができる。しかしこのような振動学的取扱は多くの時間と労力とを要し不便であるから、震度分布の概念を導入する。

地震の振動率を $\omega$ とすれば、(1)式で表わされる弾性変位によるダムの震度は $\omega^2 U/g$ 、 $\omega^2 V/g$ で与えられるから、結局、震度分布が次のようになる。

$$\text{半径方向 } \alpha_r = \sum_{j=1}^n \frac{(C_{jc} + C_{jw}) \omega^2}{d_j \omega_j^2} L_j U_j \alpha, \quad \text{切線方向 } \alpha_\theta = \sum_{j=1}^n \frac{(C_{jc} + C_{jw}) \omega^2}{d_j \omega_j^2} L_j V_j \alpha$$

$\omega_j = \omega$ の振動型が特に大きく表われるから、

$$\alpha_r \doteq \frac{C_{jc} + C_{jw}}{d_j} L_j U_j \alpha, \quad \alpha_\theta \doteq \frac{C_{jc} + C_{jw}}{d_j} L_j V_j \alpha \quad \text{--- (2)}$$

$U_2$ は $U_1$ に比し小さいから、(2)式で震度分布を求めるに当っては、 $U_2$ を省略し、 $U_1$ のみを適当に仮定して $\alpha_p$ を求め、応力計算を行っても大きな誤差を生ずることはない。 $U_1$ の一案として次式を仮定する。

$$U_1 = (1-\eta)S^2 \cos \frac{\pi\theta}{\theta_a} + \eta S^3 \cos \frac{3\pi\theta}{\theta_a} \dots (3)$$

ここに、 $2\theta_a$ はアーチの中心角、 $\eta$ はダムの形状により異なる係数で、 $\eta \approx 0.4$ 程度である(図-1参照)。

ダムの弾性振動によつて生ずる動水圧は、ダムの形状によつて多少異なるのであるが、種々の中心角及びダム上流面半径について計算した結果によれば、近似的に次式で表わされる。

$$\sigma_u = \alpha W_0 h \frac{(C_{1c} + C_{1w})L_j}{d_j} 0.4 \left( 0.75 \cos \frac{\pi\theta}{\theta_a} + 0.25 \cos \frac{3\pi\theta}{\theta_a} \right) (S^2 - S^4)$$

-----(4)

地動震度及び地動による動水圧は次のようになる。

$$\alpha_p = \cos\theta, \quad \alpha_o = \sin\theta, \quad \sigma_o = \alpha W_0 h \frac{\gamma}{\rho} k \sqrt{1-S^2} \dots (5)$$

地動加速度による堤体慣性力及び動水圧は、ダムの弾性変形による堤体慣性力及び動水圧と位相が異なるのみならず、大まかも小さいから省略して差支ない。

図-2~6は、上植葉ダムに対する震度分布並びに応力分布の計算結果を示したものである。

図-1  $U_1$

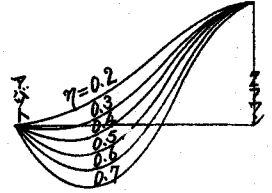


図-2 震度分布  $\alpha_p$

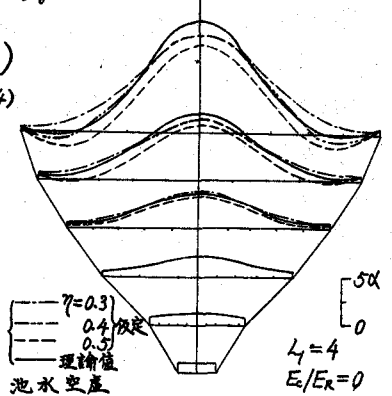


図-6 上流面

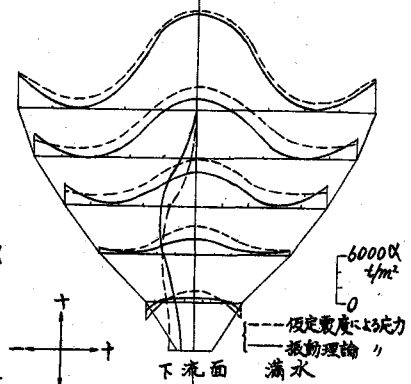


図-3 上流面

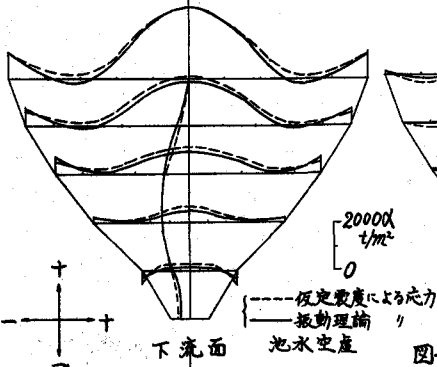


図-4  $\alpha_p$

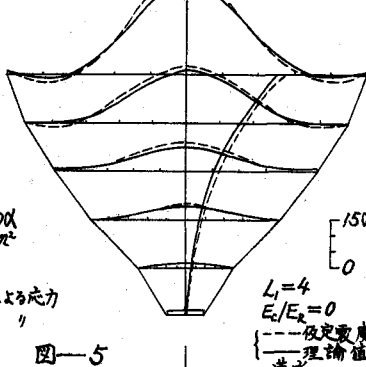


図-5

