地震時に於けるアーチダム應力の近似計算法

九州大学　小坪清眞

緒論

アーチダム応力の精密なる計算法としては常時地震時何れの場合にも荷重試算法が専ら用ひられてゐる、然しながら荷重試算法は計算が極めて煩雑であり応力解析に尨大なる時日を要するので、アーチダムの設計に際してダムの断面を仮定する予備設計には実に不便である。この不便も米国の Alfred L. Parme が拱頂片持梁法に差分方程式を応用することによって常時応力の近似計算法を発表して以来取除かれたのであるが、彼の方法は静水圧荷重に対してのみ用ひられるもので地震荷重特に地震力が河流に直角なる方向の場合には用ゐることが出来ない。

以下述べる方法は地震時、特に地震力が河流に直角方向の場合に於ける応力の近似計算法について大要を示さんとするものである。

記号

G_{1t} ＝半径方向三角形荷重による拱頂の切線方向撓係数

G_{1r} ＝同荷重による $\frac{1}{2}$ 点の半径方向撓係数

G_{2t} ＝切線方向等布荷重による拱頂の切線方向撓係数

G_{2r} ＝同荷重による $\frac{1}{2}$ 点の半径方向撓係数

G_{3t} ＝切線方向三角形荷重による拱頂の切線方向撓係数

G_{3r} ＝同荷重による $\frac{1}{2}$ 点の半径方向撓係数

E ＝コンクリートの弾性係数

μ ＝コンクリートのポアッソン比

T ＝片持素片の厚さ

R ＝アーチエレメントの平均半径

P_{ra} ＝アバットに於ける半径方向外力

P_{tc} ＝拱頂に於ける切線方向外力

P_{ta} ＝アバットに於ける切線方向外力

m ＝ダムの高さ H の等分数

λ ＝ アーチエレメントの間隔 ＝ $\frac{H}{m}$

n ＝ 片持素片の底部より n 番目の分点

w ＝ 拱頂に於けるダムの切線方向撓

u ＝ $\frac{1}{2}$点に於けるダムの半径方向撓

撓方程式

一般にアーチダムが河流に直角方向の地震力を受けると切線方向撓は拱頂にて最大となり、半径方向撓は$\frac{1}{2}$点にて略最大となる、故に拱頂と$\frac{1}{2}$点とに於て片持素片を考へ拱頂に於てアーチ素片と片持素片の切線方向撓を一致せしめ、$\frac{1}{2}$点にて両者の半径方向撓を一致せしめると、u, w に関して次のやうな $2m$ ケの聯立方程式を得る。

$$w_{n+1}\left(4+\frac{T_{n+1}-T_{n-1}}{T_n}\right)+w_n\left(-8-\frac{8(1+\mu)G_{1r}}{G}\frac{\lambda^2}{RT_n}\right)+w_{n-1}\left(4-\frac{T_{n+1}-T_{n-1}}{T_n}\right)+u_n\left(\frac{8(1+\mu)G_{1t}}{G}\frac{\lambda^2}{RT_n}\right)=$$
$$-\frac{8(1+\mu)\lambda^2}{E\,T_n}\left(P_{tc}+\frac{G_{1r}\cdot G_{3t}-G_{1t}\cdot G_{3r}}{G}P_{ta}\right)\quad\cdots\cdots(1)$$

$$u_{n+2}\left(2+\frac{T_{n+1}^3-T_{n-1}^3}{T_n^3}\right)+u_{n+1}\left(-8-2\frac{T_{n+1}^3-T_{n-1}^3}{T_n^3}+2\frac{T_{n+1}^3-2T_n^3+T_{n-1}^3}{T_n^3}\right)+u_n\left(12-4\frac{T_{n+1}^3-T_{n-1}^3}{T_n^3}+2\frac{T_{n+1}^3-2T_n^3+T_{n-1}^3}{T_n^3}\right)$$
$$+u_{n-2}\left(2-\frac{T_{n+1}^3-T_{n-1}^3}{T_n^3}\right)-w_n\left(\frac{G_{2r}-G_{3r}}{G}\frac{12\lambda^4}{RT_n^3}\right)=\frac{12\lambda^4}{E\,T_n^3}\left(P_{ra}+\frac{G_{3r}(G_{2t}-G_{3t})-G_{3t}(G_{2r}-G_{3r})}{G}P_{ta}\right)\quad\cdots\cdots(2)$$

但し　$G=G_{1r}(G_{2t}-G_{3t})-G_{1t}(G_{2r}-G_{3r})$

(1)(2)は方程式 $2m$ ケに対し未知数は w が $m+2$ ケ、u が $m+4$ ケであるから更に6ケの條件式が必要である。即ち天端 m 点にて切線方向剪断力、半径方向剪断力並に曲げモーメントが0であり底部に於て切線方向撓、半径方向撓並に傾斜が0であるからこの6ケの境界條件を用ひると未知数が $2m$ ケとなり、u, w を求めることが出来る、尚片持素片が底部に於て半径方向に自由に廻転出来るものと仮定すれば底部に於ける傾斜を0と置く代りに曲げモーメントを0とすればよい、かくして m 点、$m-1$ 点及び1点に対して(1)(2)の修正式を用ひ他の分点に対しては(1)(2)をそのまゝ用ふればよい。（修正式省略）

アーチの応力

u, w が求まるとアーチ素片の半径方向三角形荷重はアバットにて

$$P_r=\frac{E}{GR}\left[(G_{2t}-G_{3t})u_n-(G_{2r}-G_{3r})w_n+\left\{G_{3t}(G_{2r}-G_{3r})-G_{3r}(G_{2t}-G_{3t})\right\}\times\frac{R}{E}P_{ta}\right]$$

切線方向荷重は拱頂にて

$$P_t = \frac{E}{GR}\left\{ G_{1r} W_n - G_{1t} \cdot U_n + \left(G_{1t} \cdot G_{3r} - G_{1r} \cdot G_{3t} \right) \frac{R}{E} P_{ta} \right\}$$

とよりアーチの応力は容易に求められる。

片持素片の応力

拱頂片持梁の切線方向剪断応力

$$\tau_n = \frac{W_{n+1} - W_{n-1}}{4(1+\mu)\lambda}$$

$\frac{1}{2}$点片持梁の鉛直方向纎維応力

$$\sigma_n = \pm \frac{T_n}{2\lambda^2}\left(U_{n+1} - 2U_n + U_{n-1} \right)$$

計算例

筆者の計画せる日向神アーチ堰堤（$H=70m$）について近似計算法による応力と荷重試算法による応力とを比較してみる。

アバットに於けるアーチの応力（t/m^2）

標高	上流側		下流側		剪断応力	
	近似値	精密値	近似値	精密値	近似値	精密値
70	−41	−45	73	75	−3.1	−3.1
50	−75	−77	110	112	−9.6	−9.7
30	−56	−54	52	50	−10.4	−9.7
10	−17	−17	5	5	−3.5	−3.6

小倉駅改良工事に就て

国鉄下関工事々務所　　安井三郎

緒言

北九州が国土総合開発の特定地に指定され、昭和26年度より5ヶ年計画で諸種の工事が施工されておる一環として今年6月より国鉄では小倉駅改良工事に着手しました。北九州総合都市の表玄関となる当駅は現在施工中の日田線開通と共に日豊、鹿児島、添田三線の会合する陸運の要衝であります。

現小倉駅は河川工場に囲まれ拡張の余地なく開業以来六十余年間大改築