

表一六

種 別	最大 kg/cm ²	最小 kg/cm ²	平均 kg/cm ²
引張	249	77	163
弾性係數	333×10 ⁵	200×10 ⁵	
曲げ	345.6	243.4	294.5
外壓	447.0	251.6	349.3
水壓	202.3	123.8	163.1

この強度を平均値について、土木試験所報告 25 號 (昭 8. 11)の成績及上下水道用特殊管規格委員會で規定したものと比較して見ると 表一七 の様になる。

又百分比により比較して見ると

所報 25 號に對し	規格委員會に對し
引張強さ 64%	引張強さ 86%
曲げ強さ 92%	曲げ強さ 83%
外壓強さ 57%	外壓強さ 58%
内壓強さ 83%	内壓強さ 66%

以上の様に相當の強度低下を示して居るから使用に際しては充分注意を拂ふ要ある事が認められる。

(昭 23. 4. 28)

表一七

種 別	本 試 験	所報 25 號	規 格 委 員 會
引張強さ(%)	181	282	210
弾性係數(・)	200×10 ⁵ ~330×10 ⁵	207×10 ⁵ ~407×10 ⁵	187×10 ⁵ ~207×10 ⁵
曲げ強さ(・)	305.6	331	368
外壓強さ(・)	358.8	625	622
内壓強さ(・)	159.6	193	241(C)266(D)19

ア ー チ ダ ム に 就 いて

正 員 垣 谷 正 道*

要旨 アーチダムが今日我が國で普及してゐる重力ダムに比較して、コンクリートの強度を一層有効に利用されてゐることを認識すれば、經濟的にも純技術的にも構造物としてその合理性を了解されると思ふ。従來アーチダムに對しては、計算理論の不明確な點とこれに伴ふ安定度に對する疑問とから實用に至つてゐないが、外國では既に、廣く行はれて居り、高さ百米以上のダムが數多存在する。計算理論は確かに未だ疑問と思はれる所はあるが、その程度は重力ダムの安定計算の疑問と同等なものであると思ふ。安定度に至つては厚い重力ダムのやうに硬化熱の冷却による收縮應力が大きい場合よりはましたといふ見方が外國諸家の間に認められてゐるやうである。(F. Tölke, L. R. Jorgensen 等) 筆者は重力ダムと異なるアーチダムの特質を極く簡単に述べ、ついで計算理論を餘白のある限り説明しよう。

1. アーチダムの特質

* 日本發送電株式會社電力技術研究所

第一の要點は收縮接合であつて、アーチ作用を生ずるやうにする爲には、此の接合に間隙があつてはならないので、コンクリートの硬化熱の冷却によつて生ずる收縮に對處して、接合グラウトその他の適當な工法を必ず施す必要がある。接合グラウトに就いては、フランスの A. Coyne が極めて獨創的な工法を發表し、今日改良させて世界一般に普及してゐる。アーチダムと重力ダムの區別を接合グラウトするか否かによつて、行へる位である。

構造上、ダム天端の長さとお高さとの比が小さい方がよいことは明かで、その値が 2.5 以下を理想とされてゐるやうである。筆者の計算による朝日地點では 2.6 であつたが、併し相當のアーチ作用をとらせる事が出来たのであり、外國には 6.0 のダムさへあるといふ。尙研究によつては、斯様な大きい値の地點でも成立しさうである。ダムの安定上、地點に於てもつと重要なことは兩翼の岩盤であつて、従來アーチダムで決壊した實例を調べると、すべてアバットの崩壊が原因して

るので、此の岩質調査は特に慎重を要するといふ事になる。

次に外力として、新に温度變化の影響を考へなければならぬ。アーチは温度變化によつて變位と應力を生ずる。夏冬の烈しい温度の昇降による直接の影響はダム表面附近のみに止るので、安定上重要とは考へられないが、大切なのは、断面の平均温度の昇降である。各断面に於ける平均温度は年間或る週期をなして發動する。收縮接合をグラウトするとき、アーチ作用が始めて生じりるから、グラウト時の各断面の平均温度と變動する最低時の平均温度との差に等しい温度降下の影響を安定に關係するものとして計算に見込むべきである。

第四の要點は洪水處理の方法であつて、一般に重力ダムのやうに正面溢流とすると下流面勾配が急な爲に溢流水脈はダムを離れるので、洪水量が少い場合の外は、適當でないやうであり、横溢流(Boulder)、重力ダムアバット(Ariel)、隧道(Gibson)等の工法を用ひるべきであらう。

終りに、アーチダムは地形上の理由から、水壓その他の外力の作用によつて引張應力を生ずることは、どうしても避けることが出来ないやうである。コンクリートの引張抵抗は比較的小さいので、クラックを生じ易い。外力に起因するクラックの發生箇所は鉛直曲げ作用によつて上流面の下方に水平に生ずるものと、アーチ曲げ作用によつて、中央下流面とアバット附近の上流面とに鉛直に生ずるものとある。併し此の外力に起因するクラックは、重力ダムの場合のやうにダム安定上の重大問題ではなく、寧ろコンクリートの風化作用に悪い原因を與へるに過ぎない。アーチ構造の理由から、クラックの及ばない残りの有效断面の部分が三角形分布の壓縮應力のみによつて、力の平衡を保つものと考へられる。勿論上流面の水平クラックの中には100%の揚壓力が作用する。F. Vogtによると、最大壓縮應力の計算値はクラックの存在を考慮に入れる場合と無視する場合とは甚だしい違ひはないといふ。尤も外力によるクラックは安定上の重大問題ではないとしても好ましいものではないから、出来るだけ引張應力を小さく設計すべきであらう。この爲にアーチ中心角は出来るだけ大きくとりたい。二次元アーチの理論的計算によると、150°位が最も經濟的である事を知つたが、實例ではダム天端の中心角が100~120°とするのが多い。

2. 計算理論

現在最も適當な方法と考へられるものは荷重試算による方法であつて、起りは Ritter が發案し、相當の進歩をとげ、特にアメリカに於て著しい改良が行はれ實用化されてゐる。理論的に尙、難點はあるとしても我が國に於て問題の地震慣性力による作用に對する計算も、此の方法によれば、一應解決出来る。試算方の要領を次に紹介しよう。

ダムも岩盤も共に等方等質の彈壓體と考へる。勿論兩者の彈壓、常數の値は異つてゐてもよい。彈壓變形を取扱ふので、岩盤の變形を考慮に入れる譯である。ダムは水平のアーチと鉛直の片持梁とに分けて考へる水壓等の水平荷重を適當に分割して、夫々をアーチと片持梁に作用させる。兩者は自由に變位し、夫々の變位が一致するやうになるまで、荷重の分割を繰返へすといふ近似解法である。變位は三次元的であるから、水平半徑方向、水平切線方向、鉛直方向の撓みと鉛直方向軸、水平切線方向軸、水平半徑方向軸の周りの回轉が存在するが、鉛直方向の撓みと半徑方向軸の周りの回轉は收縮接合のグラウトを後で行ふことゝ變位の小さいことから考慮する必要を認めず、残りの4成分の變位が一致するやうに荷重の分割を行ふ。併し片持梁に半徑方向の荷重を與へても、切線方向の撓みや回轉を生じない。そこでアーチと片持梁が幾何學的連續性を得られる爲には、更に別な力の作用がある譯である。これはダム全體としては、内力であるが兩者には外力となるべきもので、大きさ相等しく、方向反對の力對を適當に推定して、一つはアーチに一つは片持梁に作用させて、變位が一致するやうに内力の推定値をも繰返へして試算する必要がある。

計算に用ひるアーチと片持梁は代表的なものを數個づつ選ぶ。アーチ断面は鉛直方向の厚さが1mの矩形でよいが、片持梁断面は半徑方向の側面を有する爲に矩形と考へることは悪い。従つて t を厚さ、 a を中心線の長さ、 r を中心線半徑とすると、例へば慣性モーメント I_c を計算すると、

$$I_c = \frac{1}{12} t^3 a \left(1 - \frac{1}{12} \frac{t^2}{r^2} \right)$$

となり、矩形断面とする場合より、 $1 - \frac{1}{12} \frac{t^2}{r^2}$ の割合で小さい。變位の一致は重心軸線を對象とするのであるから、計算の基本式は極めて簡單である。

E =弾性係數 G =剪斷弾性係數

A_a, A_b =夫々アーチと片持梁の斷面積

I_a, I_c = 夫々兩者の斷面の慣性モーメント

$\Delta s, \Delta h$ = 夫々兩者の軸方向の長さの増分

M_v, M_c = 夫々兩者の外力によるモーメント

P, Q = 夫々兩者の外力による剪断力

T = 外力による

x, y = アーチ水平面内に於てアーチ頂を通る半径を

y 軸とし、これに直角に x 軸をとるときの座標

R = 切線方向に内力として推定する剪断力

M', M'' = 鉛直軸及び水平切線方向軸の周りの推定する振りモーメント

β = 温度變化量 c = 膨脹係數 $2x_a$ = 徑間

y_a = ライズ m_i = 常數 $\alpha = x, y$ 點を通る半径と y 軸のなす角

とすると、

片持梁の半径方向の撓みは

$$\sum \sum \frac{M_c}{EI_c} \Delta h \Delta k + \sum \frac{m_1 Q}{GA_c} \Delta k$$

水平軸の周りの回轉は $\sum \frac{(M - M'')}{EI_c} \Delta h$

切線方向の撓みは $\sum \frac{m_2 R}{GA_c} \Delta h$

鉛直軸の周りの回轉は $\sum \frac{m_3 M'}{GI_c} \Delta h$ (便宜上の形)

アーチの計算は不靜定であるからかなり複雑であるが、要するに基本式を略記すると y 方向の撓みは

$$\sum \frac{(M - M')}{EI_a} x \Delta s + \sum \frac{(T - R)}{EA_a} \sin \alpha \Delta s + \sum \frac{m_4 P \cos \alpha}{GA_a}$$

$$\Delta s + c \beta y_a$$

x 方向の撓みは $\sum \frac{(M - M'')}{EI_a} y \Delta s + \sum \frac{(T - R)}{EA_a}$

$$\cos \alpha \Delta s + \sum \frac{m_4 P \sin \alpha}{GA_a} \Delta s + c \beta x_a$$

鉛直軸の周りの回轉は $\sum \frac{M - M'}{EI_a}$

切線方向軸の周りの回轉は $\sum \frac{m_5 M''}{GI_a} \Delta s$ (便宜上の形)

數値積分の境界條件となる岩盤の變形に就いては、F. Vogt が極めて實用的な考へ方を發表し、アメリカではこれを三次元の場合に擴張改良して使つてゐる。

3. 結 語

ダムの変位は半径方向の撓みが最も大きいので、半径方向の撓みの一致だけを調整して、他の3成分の変位を省略して計算しても應力分布の傾向は餘り變らない。そこで計畫設計といふやうな場合には、これでよいと考へる。アメリカには標準荷重によるアーチの半径方向の撓みの表があり、これを換算すれば、半径方向の撓みの調整を行ふ設計の場合に利用することが出来る。朝日地點は此の方法によつて計算したものであり、最大應力は中央より稍下方の下流面に 7.8 kg/cm^2 の水平引張應力と最底部に 18 kg/cm^2 の鉛直壓縮應力を生じた。併し其の他の變位成分及びクラックの存在を考慮して計算すれば、應力分布は違つて來よう。斯ういふ計算による結果はかなり實際に近い應力分布を得られると推定される。我々はアーチダムの實現化を期して、少くとも重力ダムの計算の5倍位の勞力を要する計算をいとわず、更に施すべき工法を研究し、以てダム技術の向上と經濟的利益とを計らなければならない。(昭 23. 4. 6)

消 防 工 學 に 就 て

准員 岩 間 一 郎*

1. 序 論

我國の建築物は、可燃性物で出來てゐるので、消防設備の不備と相俟つて、歐米諸國に比して、出火度數が少いのにならぬ大火災は最も多い。

* 國立消防研究所

國富が火災の爲一朝にして、灰燼に歸する事は誠に戰慄すべき状態と云はねばならない。今回聯合軍當局の示唆によつて國家消防廳並びに消防研究所が設立されて、積極的に之が對策に乗り出す事となつたは當然と云へるのである。