

熊本大学工学部

正 員 三 池 亮 次

同 上

学生員 ○ 島 村 直 平

1. はじめに、安全な構造物を設計するのに、過去の実績との比較設計を行うことは、構造工学の発達した現代においても、予備設計の段階で盛んに用いられているし、規模の小さい単純な構造物であれば、過去の設計例とか経験を参照にして、単に比較設計のみにとどめ、構造計算を行わない事例も多いようである。たとえば、古来西欧における石造寺院、アーチ橋、わが国における木橋、木造建築など、複雑にしては大きな構造物が力学の助けをかりないで、直観的におそらくは実績との比較設計の手法を用いて建造された事実、われわれは注目すべきである。構造設計とは、地形、地質などの地盤の条件と、風荷重、水圧荷重などの外荷重その他外的諸条件に適合した構造物の材質と形状を選定することであり、過去に構築した外的諸条件の類似の構造物を基準として材質、形状を定め、あるいは、これを予備設計として、さらに厳密な計算を行い、より大型の構造物の構築を可能にする。

この過程に、相似則を応用すれば、よりの確な設計が可能となるであろうし、より適切なパラメーターを用いて、構造物の性状を把握することができるであろう。

さきに、骨組構造解析の変形を支配する相似則の誘導を行ない¹⁾、その応用例として、トラスにおける二次応力と細長比、断面係数との関係を論じたが⁴⁾、ここでは、アーチダムおよび、トラス橋における比較設計への応用の問題について検討する。

2. アーチダムの比較設計への応用。与えられた谷形にアーチダムを計画する場合、類似の谷形状と地質条件を有する溪谷に既設のアーチダムの変位と応力の実績値より、計画アーチダムのそれを推定する場合に例をとって、比較設計法を検討しよう。

アーチダムにおける変形の相似則： アーチダムの応力解析に用いられる厳密荷重分割計算法は、アーチダムのアーチ要素と片持ばり要素に分割して行なう一種の骨組構造の解法であり、形状に関する無次元値として、アーチ要素のライズ f とスパン l の比 f/l 、細長比に相当するものとしてアーチ剛性を表わす厚さとスパンの比 T/l 、片持ばり要素については基底厚と高さの比 T_b/H_0 などが考えられる。等厚円弧アーチの場合の無次元値は、中心角 ϕ 、厚さ半径比 T/r などである。アーチダムの材料に関する無次元値として、ポアソン比 ν 、弾性固定アーチの場合は堤体コンクリートと基礎岩盤の弾性係数の比 E_c/E_r で、これらの形状および材料無次元値の等しい2組のダム、 p 、 m のおおのが満水状態にある場合の変位 δ_w および応力 σ_w に関する相似則は、水の単位体積重量を w とすれば、

$$\left(\frac{E_c \delta_w}{w H_0^2} \right)_p = \left(\frac{E_c \delta_w}{w H_0^2} \right)_m \equiv f_{\delta_w}, \quad \left(\frac{\sigma_w}{w H_0} \right)_p = \left(\frac{\sigma_w}{w H_0} \right)_m \equiv f_{\sigma_w} \quad (1)$$

である。²⁾ 上式の f_{δ_w} 、 f_{σ_w} は、言わば、アーチダムの変位および応力のフレキシビリティを与える係数で、アーチダムの形状および材料に関する無次元値の関数となる。その主要パラメーターとして、中央部アーチ要素のアーチクラウンの厚さと曲率半径の比(アーチ剛性) T_0/h_0 と、クラウン片持ばりの

基底厚高さの比(片持ばり剛性) T_b/H_0 が考えられる。(1)式において、 $W=1\text{ ton/m}^3$ 、 $E_c=200000 \sim 300,000 \text{ kg/cm}^2$ を与えれば、

$$\delta_w = f'_{ws} \cdot H_0^2 \text{ (mm)}, \quad f'_{ws} = (0.0003 \sim 0.0005) f_{ws} \quad (2)$$

$$\sigma_w = f'_{ws} \cdot H_0 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad f'_{ws} = 0.1 f_{ws} \quad (3)$$

を得る。ここに H_0 の単位は m であり、 f'_{ws} 、 f'_{ws} は、たわみ、応力係数である。薄肉ドーム式アーチダムである綾北ダムなど7ダムと重力式アーチダムである鳴子ダムの最大変位 δ_{max} 、最大応力 σ_{max} の模型実験または荷重分割法による設計推定値とダム高 H_0 の関係を図-1, 2に示す。

図-1において、たわみ係数の大きい一ツ瀬、矢木沢ダムはアーチ剛性の小さいアーチダムであり、黒四ダムは、アーチ剛性および片持ばり剛性の大きく、室牧ダムは良好な谷形に恵まれアーチ剛性が大きく、したがって、たわみ係数の比較的小さい例である。

また、図-2において、黒四、一ツ瀬、矢木沢、坂本ダムの最大応力が、高さ H_0 の相違にもかかわらず、約 80 kg/cm^2 であるが、これは許容応力を 80 kg/cm^2 として、コンクリート量を節減するよう、ダムの厚さ、形状を選定したことによるのであろう。あるいは、許容応力を与えて最適ダム形状が、既設の何れの形式に属すべきかの判断に、図-2が利用され、その場合の最大変位は図-1によって推定できよう。図-1, 2に堤体平均温度上昇 $\Delta\theta$ と温度こう配 α を生ずる場合の変位、応力 δ_0 、 δ_α 、 σ_0 、 σ_α の概算平均推定値(クラウン片持ばり法による)を図示している。

トラス橋の比較設計の問題は講演時に説明する。図-2 アーチダムの高さ H_0 とクラウン外弧面水平方向最大応力との関係

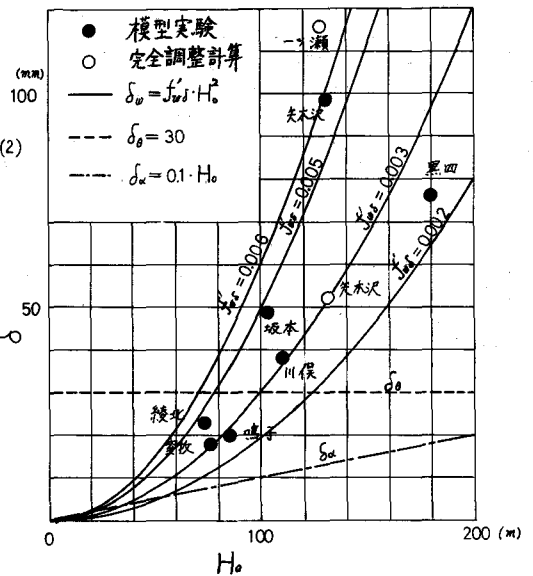


図-1 アーチダムの高さ H_0 とクラウンの半径方向最大変位 δ との関係

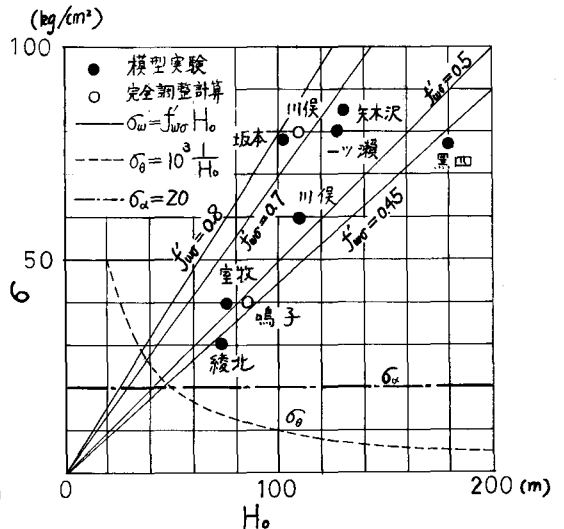


図-2 アーチダムの高さ H_0 とクラウン外弧面水平方向最大応力との関係

参考文献：1) 福井武弘、三池亮次、石田泰弘：土木学会講演会、昭47、2) 三池亮次：“無次元解析法によるアーチダムのたわみ、応力の特性”土木学会西支発表会、昭42、3) 三池、田中：“無次元解析法によるアーチダムのたわみ、応力の特性”、昭43、4) 三池亮次、秋吉卓、松本弘一：“骨組構造解析における相似則とその応用”土木学会講演会、昭47、5) “工事報告、黒部オ四発電所”関電：土木学会、その他アーチダム工事報告を参照