

氏 名	林 正 夫 はやし まさ お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 32 号
学位授与の日付	昭 和 39 年 9 月 29 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	アーチダムとその基盤の応力状態および安定性に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教授 丹羽義次 教授 小西一郎 教授 岡田 清

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アーチダムとその基盤の応力状態および安定性に関する基礎的な問題を取り扱ったもので、緒論、本文7章および結語からなっている。

緒論は、本研究の意義ならびに各章の要旨を記述したものである。

第1章は、ドーム型アーチダムの応力解析を曲面版理論によって取り扱ったもので、まず回転殻体において緯線方向の曲率半径および殻厚の変化を近似的に導入した擬似回転殻の任意の微小部分を考え、緯線および経線の接線方向ならびに法線方向の力の釣合式、ならびにこれらの3方向軸のまわりのモーメントの釣合式をすべての断面力を考えて導き、これらから3変位成分を未知数とした三つの釣合連立偏微分方程式を誘導している。つぎに、堤頂の境界条件を3変位成分で表わし、さらに周辺基礎での弾性固定条件を実際のダム底面下に仮想の壁体を考えることによって完全固定条件に近似的に変換し、同様にこれを3変位成分で表わしている。つぎに、求める変位を多項式と指数関数の積で表わしうるものとし、堤頂および周辺境界条件を満足する多くの解を求め、それらの一群の解の1次結合を造り、ダム中央面上の多くの点における上記の釣合偏微分方程式に代入し、これらを連立に解いてその中に含まれる未定係数を決定し、これより断面力、応力成分を求めている。また、一つのドーム型アーチダムを取り上げて数値計算を行ない、石膏模型実験結果と比較してその解析精度を検証している。

第2章は、ダムに発生する温度応力のうち、周期的な外部温度変化に原因する堤体応力について考察したものである。この場合アーチの曲率は無視し、版の熱伝導方程式を初期条件ならびに両境界面が年周期をもつ異なった温度変化をうけるという条件の下に解き、過渡状態を表わす項を除いてえられる非線型温度分布を応用力学的に等価の梯形分布（平均温度 τ_m 、上下流面温度差 $\Delta\tau$ ）に変換し、この温度荷重をうける弾性固定の多数の等厚円弧アーチの撓み、応力の計算を行なっている。つぎに、この計算結果を用い試算荷重法によって三つの既設アーチダムについて3次元応力解析を行ない、多くの新しい事実を見出しているが、それらはいずれも実物ダムでの観測結果とよく一致することを明らかにし、現行ダム設計基準

の不備を指摘している。

第3章は、堤体コンクリートの有効弾性係数と、基盤の可逆的あるいは非可逆的変形量ならびに形状によって特性づけられる変形係数の比 E_c/E_r がアーチダムの応力に及ぼす影響について考察したもので、フイレットを有する3心アーチを対象にして不静定力を求める一般式を誘導している。計算は、半径方向等分布荷重をうける多数の等厚円弧アーチについて E_c/E_r を種々変化して行ない、 $E_c/E_r=1$ の場合について撓み、断面力、応力を表示した Lieurance の数表と同種の数表を作成し、実用計算に多大の便宜を与えている。また、この計算結果にもとづき、いわゆる“Crown Cantilever Method”によりアーチダムとしての3次元的考察を行ない、将来の堤体設計ならびに岩盤処理に有益な多くの資料をえている。

第4章は、模型実験方法について考察したもので、まず、実物と模型の相似関係を次元解析によって論じ、両系の堤体において $\sigma_p/\sigma_m = E_p/E_m$ (σ : 直応力) が成立するために等しくなければならない重要な多くの要素を摘出している。そして、 β 石膏を主材料とする模型材料の広範囲の試験、あるいは現場岩盤試験よりえられた諸数値を相似条件に適用して、従来の模型実験の適合性を検討するとともに、その欠陥に対する対策ならびに問題点を明らかにしている。なお、応力状態の実験値と計算結果の相違、ならびに Mohr あるいは Orowan の極限曲線によって推定した局部的弱点と破壊状態の相違についても、価値ある考察を行なっている。

第5章は、基盤の滑り破壊に対する安定性を検討したもので、基盤は数種の半無限楔形領域と考え、これに実際のアーチダムでおこる最も危険な状態と考えられるアーチアバットメントの応力状態、すなわち、上流側直応力 $\sigma_R=0$ 、平均剪断応力 $\tau_m=0.2\sigma_I$ (σ_I : 下流側直応力) を与えて光弾性学的にその応力状態を求め、岩盤の剪断強度 τ_R と σ_I の比および内部摩擦係数 $\tan \varphi_R$ の多くの組合せについて、基盤内各点の6方向の滑り破壊に対する安全率を Henney の剪断摩擦安全係数を用いて求めている。そして、一応安全率が慣用せられている5以下の領域を求め、岩盤処理を必要とすると考えられるおよその領域を求めている。また各点での最小安全率の方向を結んだすべり線群の方向と τ_R 、 $\tan \varphi_R$ との関係、あるいはその線上の安全率の値の分布についても興味ある事項を見出している。

第6章は、軟弱な断層が存在する場合の基盤内の応力状態を光弾性学的に解析したものである。この場合断層と基礎岩盤の変形係数の比は1:10あるいは1:180とし、両者の接触面で直応力および剪断応力、法線および接線方向変位が連続的に伝達されるものと考えている。実験は軟層の規模、方向、位置および基盤形状を系統的に変化し、これに軸推力、曲げモーメント、剪断力を個々に載荷して行ない、等方等質の場合の知識に加えるべき修正について有益な資料をえている。

第7章は、節理等によるひびわれ性基盤の応力の伝達機構を考察したもので、従来の連続体の力学から脱却し、不連続体の力学に進む一つの試みとして、立方体を規則正しく積み重ねた一つの力学模型を提案し、ひびわれ面に作用する剪断応力 τ が面の剪断抵抗 ($\tau_R + \sigma \tan \varphi_R$) より大きい場合にその部分に局部的な滑りを生じ、より小さい場合には等方等質として応力が分布するものと考え、表面第1層から逐次下部に向かって応力解析を行なっている。そして $(\tau_R + \sigma \tan \varphi_R) \ll \tau$ のかなり極端なひびわれの場合、鉛直応力の分布は、パスカルの分布を組合せた複合パスカル分布ともいうべき分布を示すことを明らかにし、光弾性実験を行なってその解析精度の検証を行なっている。また、この場合局部的な滑りが生じないある

限界深さが存在するが、これとひびわれ区間の平均長さと載荷幅の比、剪断抵抗と荷重強度の比および内部摩擦係数との関係についても興味ある事実を明らかにしている。

結語は、各章に対する著者自身の批判を述べたものである。

論文審査の結果の要旨

アーチダムは、他の型式のダムに比べて構造的に優れた特性をもっているが、その挙動はきわめて複雑であり、設計にはとくに慎重な配慮が必要である。この点に鑑み、著者はアーチダムの本質を究明するために必要な基礎的な諸問題の解明に努力し成功を収めている。

ダム本体に関しては、鉛直曲率を有効に利用しようとするドーム型アーチダムの応力解析を曲面版理論によってできるだけ正確に展開し、従来の Herzog, Lombardi, Tölke らの諸氏の解を包含したより高度の解法を確立し、高速電子計算機の発達とあい俟って本解法の実用への道を開いている。またアーチダムにおける温度荷重の重要性に着目し、周期的温度変化をうける弾性固定の等厚円弧アーチの撓み、応力を広範囲の形状について計算し、従来の Lieurance の数表に補遺を加えて今後の設計計算に多大の便宜を与えるとともに、試算荷重法による3次元応力解析を行ない、実測値とも比較して多くの新しい事実を見出し、現行のダム設計基準の不備を明らかにしている。さらにダムの基盤の変形係数が、堤体コンクリートの有効弾性係数との関係において堤体応力状態に及ぼす影響を3次元的に考察し、将来の堤体設計ならびに岩盤処理に有益な多くの資料を提供しているが、とくにアーチが半径方向等分布荷重をうける場合については、上と同様の Lieurance の数表の大幅な増補を行なっている。また、模型実験を行なう場合の相似関係を次元解析によって論じ、重要な多くの要素を摘出し、これに模型材料試験あるいは現場岩盤試験よりえられた諸数値を適用して詳細な検討を行ない、従来の模型実験の適合性について批判し、今後の試験にきわめて有益な指針を与えている。なお、応力状態の実験値と計算結果の相違、ならびに Mohr あるいは Orowan の極限曲線によって推定した局部的弱点と破壊状態の相違について 価値ある考察をしている。

つぎに、ダムの基盤について考察し、実際のアーチダムでおこる最も危険と考えられるアーチアバットメントの応力状態に対する基盤内各点の滑り破壊安全率を求め、基礎処理を必要とすると考えられるおよその領域を明らかにするとともに、基盤内のすべり線群の特性についても有益な事実を見出している。また、軟弱な断層が存在する場合の基盤内応力状態を光弾性の手法によって明らかにし、等方等質の場合の従来の知識の修正について論及し、さらに、ひびわれ性基盤に対しては、連続体の力学から脱却して不連続体の力学を展開し、将来のこの方面の研究に対してきわめて示唆に富む成果をえている。この理論展開は粒状基礎に対する Fröhlich の応力集中係数の考え方よりさらに一步前進したものとして高く評価せられる。

以上のように著者の研究は、アーチダム本体ならびにその基盤の合理的設計にきわめて重要な基礎的問題を解明し、注目すべき数々の成果を挙げているのであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。