

氏名	もり い とし ひろ 森 井 俊 廣
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 1878 号
学位授与の日付	平 成 5 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	フィルダムの浸透特性と力学的安定性に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 長谷川高士	教 授 丸山利輔	教 授 小橋澄治
--------	--------------------	----------	----------

### 論 文 内 容 の 要 旨

この研究は、フィルダムのさまざまな運用過程における浸透流動の特徴を、系統的に明らかにするとともに、それにとまなう堤体の力学的安定性の変化を、浸透流動と応力挙動との相互作用の観点から検討しようとしたものである。

第1章、第2章では、研究の目的と概要を説明し、また、従来の飽和流れのみを対象とした浸透流解析法をレビューし、それらのもつ制約点を指摘することや、つづいて反復型 Galerkin 有限要素法をもちいて飽和・不飽和浸透流解析の定式化を行い、数学モデルとしての内容と特徴を整理するなどして、本研究の意義を明確にするとともに、基本手法を説明している。

第3章では、飽和・不飽和浸透流解析の数値解法としての適用性と制約を検討している。適用性の検証には Philip による不飽和流れの理論解と、Vauclin らによる実験結果を用いている。フィルダムの浸透問題への適用性は、利用実績が豊富な Casagrande の方法との比較によっている。その結果、土の初期水分状態や不飽和水分特性の影響の程度や、フィルダム堤体内流れの解析精度にかんする有用な知見を得ている。

第4章では、飽和・不飽和浸透流解析の重要パラメータの1つである土の不飽和水分特性（体積含水率とサクション、不飽和透水係数との関係）を求めるための、ラジオアイソトープ (RI) 法を用いた室内測定装置を開発し、その実用性を検討している。ここでは特に、低レベル線源の利用と、省力・高精度実験を可能にすることを目的として一定の成果を得ている。

第5章では、飽和・不飽和浸透流解析を用いて、フィルダムの湛水過程および貯水池運用段階における浸透流動特性を取扱っているすなわち、遮水ゾーンと透水ゾーンの透水係数の相違が自由水面位置や浸透流量に及ぼす影響、湛水および貯水位低下時の非定常浸透流動とそれに与える透水係数の異方性や施工時含水比の影響、ドレーン工の効果等について詳細に検討している。その結果、定常状態での遮水ゾーン内の自由水面は、ゾーン透水係数比  $\mu$  によって支配される程度が大きく、遮水ゾーンの断面形状による影響は相対的に小さいこと、湛水過程において堤体の初期含水状態が低いと自由水面の進行は遅くなること、

自由水面の低下に対して法先ドレーンの効果は顕著でなく、水平ドレーンと立上がりドレーンの効果は同程度であること、などを明らかにしている。

第6章では、有限要素網の幾何学的共通性を利用して、飽和・不飽和浸透流解析と応力・変形解析を重ね合わせて、湛水時および貯水位低下時の浸透流動にともなう応力・変形挙動と、それによってもたらされる堤体の力学的安定性の変化を検討している。この際、堤体の安定性の変化が、浸透流動に起因する最大主応力 $\sigma_1$ と最小主応力 $\sigma_3$ との変化の相対的な関係によってもたらされることを利用した検討を行っている。その結果、湛水過程においては上流斜面のすべり安全率は増加、下流斜面では低下する傾向をもつこと、貯水位低下過程での上流斜面安全率の低下の様子、水平ドレーンで自由水面を低下させても安全率が低下する傾向をもつこと、湛水や水位低下にともなう堤体含水状態の相違にともなう変形挙動、などの詳細を明らかにしている。

### 論文審査の結果の要旨

土質材料を利用して建造されるフィルダムの挙動は、浸透水の影響をうけてさまざまに変化する。これは浸透にともなう間隙水の状態の変化に対応したもので、土の粒子からなる骨格に作用し、応力や変形の挙動に影響する。この論文は、飽和・不飽和浸透理論を用いた詳細な浸透挙動の解析に基づいて、間隙水と土粒子骨格との相互作用に配慮したフィルダムの挙動を解明する試みを行ったもので、以下のような点で評価出来る成果を得ている。

1. 不飽和浸透を取扱う上で基本的に重要な、不飽和水分特性を求めるための小型半導体圧力変換器とRI法を併用した瞬時水分計測法に基づく測定装置を開発し、測定精度を向上させ、実用性の改良を行った。

2. 飽和・不飽和浸透理論を利用することにより、広い範囲のゾーン間の透水係数比 $\mu$ にも対応でき、ゾーン境界部や複雑なゾーン形状にも対応できる精度の良い解析法を確立した。これによって、中央遮水壁型ダムと傾斜遮水壁型ダムにおける $\mu$ の変化にともなう自由水面の位置の変化の特性や、自由水面位置が $\mu$ によって支配され遮水壁形状に大きな影響をうけないこと、従来用いられている実用解析法であるCasagrande法では、 $\mu$ が10程度以上になれば遮水ゾーン内の自由水面位置を高めに評価し、また浸透流量を過小に評価する、などの知見を得た。

3. 間隙水の挙動が堤体の安定性に与える影響を検討するために、最大および最小主応力の変化の特性に着目し、それらが浸透力、浮力および自由水面の移動にともなう単位体積重量の変化によって生じる物体力の分布に支配される様子を明らかにして、湛水過程や貯水位低下時の堤体上下流斜面の安全率変化の特性を詳細に究明した。また、自由水面を低下させるために設置されるドレーンは、物体力の効果の観点からすると安全率の大きな改良に結びつかないことや、同観点からみた堤体変形挙動が、貯水位変化にともなう飽和と不飽和領域の変化によって複雑に推移する、などの知見を得た。

以上のように本論文は、浸透流解析に基づいてフィルダムの堤体が示す挙動を解析するとともに、その安全性を検討したもので、土質力学、ダム工学、農業施設工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成5年10月27日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。