

氏 名 西 垣 誠
にし がき まこと
 学位の種類 工 学 博 士
 学位記番号 工 博 第 639 号
 学位授与の日付 昭 和 55 年 1 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
 研究科・専攻 工 学 研 究 科 交 通 土 木 工 学 専 攻
 学位論文題目 RESEARCH ON BEHAVIOR OF GROUNDWATER
 AND ITS APPLICATION TO FOUNDATION
 ENGINEERING
 (土中水の挙動とその土質基礎工学への応用に関する研究)

論文調査委員 (主 査)
 教授 赤井浩一 教授 柴田 徹 教授 松尾新一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、土質基礎工学において基本となる地下浸透水の挙動を定量的に評価すべく、一連の理論的・実験的研究を行なった結果を記述したもので、緒論・結論を含め8章からなる。

第1章は緒論であって、地下水挙動に関する研究の意義や従来のおもな研究の概要を述べたのち、著者が本研究で取り扱う問題の重要性を指摘し、かつ研究の位置づけを行なっている。すなわち、従来の浸透解析の大部分は、飽和領域内の地下水の挙動のみを対象としているために、自由水面より上部の不飽和領域が考慮されていず、境界面の水位変化や降雨による浸透を解析するには不十分であるので、本研究は飽和一不飽和浸透流の挙動について、有限要素法による非定常解析を主たる目的として行われたことを述べた。

第2章においては、飽和土中に生ずる浸透流(飽和浸透流)と不飽和土中のもの(不飽和浸透流)とが共存するような、飽和一不飽和領域における浸透流の支配式を提案している。すなわち、透水係数が体積含水率または毛管ポテンシャルの関数になると仮定して、土の水分保持特性を考慮した新しい基礎式を導き、それが従来、不飽和浸透流の解析に用いられてきたKluteの拡散方程式より汎用性が大きいことを示した。

第3章においては、前章で得られた浸透流の支配式の有限要素法に対する定式化を行なっている。まず、飽和一不飽和領域を一体とした浸透解析では、全水頭を圧力水頭と位置水頭の和とし、飽和領域では圧力水頭が正、不飽和領域ではこれが負と仮定すると、両領域の境界面としての自由水面は圧力水頭がゼロの点を連ねた面であると定義され、この手法により浸透流の有限要素解析が著しく単純化されることを述べた。ここで扱われている問題は、二次元問題、軸対称三次元問題、および一般の三次元問題であるが、定式化にあたっては、重みつき残差法が汎関数を用いる変分法などよりも優れていることを示した。

第4章においては、土中の不飽和浸透特性を規定するための実験的研究について記述している。従来の飽和領域のみを対象とした浸透解析では、浸透を支配する物理定数として透水係数と貯留係数の2つのみをとっていたが、不飽和領域をも扱うには、透水係数と含水量の関係、および含水量と負の圧力水頭の関

係が必要であることを述べ、これらの関係を支配する物理量を実験的に求めるために、新たにガンマ線を利用する水分測定とサクション変換器による負圧測定を試みて、いずれも十分な精度を与えることを実証した。

第5章においては、前章までに展開した飽和—不飽和領域内の浸透流の解析の結果を、二次元および三次元浸透模型実験によって検証している。計算に用いた定数は、前章の実験から得られた透水係数—含水量、および含水量—負の圧力水頭関係であり、また不飽和領域内の浸透解析で問題となる土の水分保持曲線のヒステリシス特性の表現には、走査曲線を与える Mualem の式を用いることにより、有限要素解析が高精度化され、著者の提案する理論が土中水位の上昇と下降のいずれの場合に対しても有効であることを示した。

第6章においては、滞水層内の地下水流動に関する物理定数を評価するために行われる原位置試験の中で最も普遍的な揚水試験結果の解析に対して、新しい2つの手法を示している。すなわち、第一に、被圧滞水層または不圧滞水層内に設けられた不完全貫入井からの揚水試験の結果より、地盤の貯留係数とともに透水係数の異方性を求めうる新しい算定法を理論的に示し、実際のデータを用いてこの方法の妥当性を検証した。従来、不完全貫入井の水理は十分明らかにされていなかったが、著者は被圧および不圧の両者の場合について、揚水井の貫入度が揚水試験の結果に与える影響を定量的に示している。第二に、揚水による地下水位低下の影響圏を求めるために島モデルなる概念を導入し、従来理論解のなかった非定常解析を被圧地下水および不圧地下水の両者に対して行い、かつ現地での実測データを用いて解の正当性を実証した。

第7章においては、有限要素法による飽和—不飽和領域の浸透解析の広範な応用の可能性を検討するため、実際の事例について考察を行なっている。すなわち、洪水時の河川水位の上昇による堤防内浸潤線の挙動や、矢板を打設した滞水層における掘削時の三次元浸透の特性を調べ、従来の飽和領域のみを対象とした解析結果と比較して、著者の方法が優れていることを述べた。

第8章は本研究の結論である。

論文審査の結果の要旨

土中に存在する水の性質、特にそれが流動するさいの挙動が土構造物や基礎地盤の変形と安定に重大な影響を及ぼすことは古くから知られていたが、近年築造される土木構造物が巨大になるにつれて、さらに精度のよい解法が要求されるに至っている。本論文は、建設工事においてしばしば問題となる地下浸透水の挙動を定量的に評価するために、一連の理論的、実験的研究を行なった結果をまとめたもので、得られた成果のおもなものは次のとおりである。

(1) 土の水分保持特性を基礎として、間隙が水で満たされた飽和土中に生ずる浸透流と不飽和土中の流れが共存するような、飽和—不飽和領域における浸透に関する支配式を新しく誘導し、それが従来、不飽和浸透流の解析に用いられてきた Klute の拡散方程式より汎用性が大きいことを示した。

(2) 有限要素法による非定常多次元浸透解析を上記の支配式に対して行い、その定式化にあたって重みつき残差法が優れていることを示した。また提案する方法によると、飽和領域のみを対象とした既往の解

法よりも解析が簡単となり、土中の浸透を飽和・不飽和を問わず統一的に取り扱うことができることを論証した。

(3) 土中の不飽和浸透特性を実験的に把握する手法として、新たにガンマ線による含水量測定とサクシオン変換器を使用する負圧測定を試み、不飽和領域内の透水係数ならびに負の圧力水頭を土の含水量の関数として表わすことを可能にした。

(4) 砂模型を用いた二次元および三次元非定常浸透実験により、浸潤線の形状や浸透流量の変化などを把握し、水分保持曲線のヒステリシス特性の表現をとり入れた高精度の有限要素解析が、土中水位の上昇と下降のいずれの過程に対しても有効であることを示した。

(5) 被圧滞水層または不圧滞水層内の不完全貫入井からの現地揚水試験の結果より、地盤の異方性透水係数と貯留係数とを個々に求めうる新しい非定常解析法を示すとともに、揚水による地下水位の低下の範囲を求めるために島モデルなる概念を導入し、従来の井戸理論に一つの進展を加えた。

(6) 著者の解析法を用いて、洪水時河川水位の上昇による堤防内浸潤線の挙動や、止水矢板を打設した滞水層における掘削時の三次元浸透の特性を調べ、従来の飽和領域のみを対象とする方法との差異を定量的に明らかにして、土構造物の安定計算と地盤の排水設計に対する基礎的指針を与えた。

これを要するに、この論文は、土中の浸透解析を現実遭遇する不飽和、非定常、ならびに多次元の複雑な問題にまで拡張し、従来の手法では困難であった各種の実際事象の解明に対して多くの重要な知見を得たものであって、土質力学および基礎工学の分野において学術上、実際上貢献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。