

氏 名	こ ばやし のり ゆき 小 林 範 之
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2187 号
学位授与の日付	平 成 10 年 3 月 23 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	山留め掘削工事における合理的設計・施工法に関する研究

論文調査委員 (主 査)
 教 授 長 谷 川 高 士 教 授 河 地 利 彦 教 授 水 山 高 久

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、山留め情報化施工の中で最も重要となる事後設計の信頼性、つまり逆解析および予測解析の精度に着目し、逆解析手法の開発と予測解析結果の信頼性の評価を行い、設計・施工法としての情報化施工の有効性を示すことを目的としたものである。

従来の設計・施工法は各段階が分離しており、それぞれの持つ不確実性が工事全体の安全性や経済性の面で不合理な状態を生む結果となっていた。情報化施工は設計・施工を有機的に結び付け、工事を合理的に進めるための有効な手段として注目されている。しかし、現在実施されている情報化施工は施工管理の域を脱しておらず、本来の目的である設計・施工法として使用するためには、事後設計の信頼性やコスト面での有利性などの問題点を解決する必要がある。

本論文は、上記の問題点の解決を目的とした研究であり、第1章から第7章より構成されている。各章の概要を以下に示す。

第1章では、本研究の背景および目的を述べ、本研究の目的に即した既往の研究を概説し、その位置付けを明らかにしている。

第2章では、山留め掘削工事の設計・施工における不確実性についてまとめている。施工開始前の設計段階では種々の不確実性が存在し、施工段階に大きく影響を与える。また、施工段階においても多くの不確実性が存在し、工事全体の安全性や経済性の面で不合理な状態を生む結果となる。ここでは先ず設計・施工段階における不確実性を分類・整理し、次に、この不確実性に対処するための方法をまとめ、情報化施工の位置付けを示し、最後に情報化施工における予測の役割を示している。

第3章では、拡張カルマンフィルタによる、施工中の計測データを用いた山留め設計パラメータの逆解析手法の開発を行っている。実測データを用いた有効主働側圧と地盤反力係数の同時推定は非常に困難であるが、ランキン・レザール式により求められる有効主働側圧を擬似的な観測量として用いることで解の収束性の改善が得られている。ここでは先ず、制御理論である拡張カルマンフィルタを用いた山留め逆解析手法についてまとめ、次に擬似観測量を与えた場合の定式化について述べている。最後に、山留め掘削工事に適用しその有効性を示している。

第4章では、第3章で提案した山留め逆解析手法の適用事例を示している。逆解析を実務において利用する目的は、現場での計測結果を山留め架構の設計・施工に反映させること、つまり情報化施工に利用することである。通常の設計では、不確実性のある地盤定数を確定量として与えるため、設計値と実際の山留め挙動は異なることがある。4.2節では、大阪地盤における10現場の山留め掘削工事の計測データを用いて山留め逆解析を実施し弾塑性法に対する入力値である山留め壁作用側圧と地盤反力係数の見直しを行っている。4.3節では事後設計のパラメータ評価へ利用した事例を紹介している。この事例は、情報化施工をリアルタイムに実施し、切ばり解体時の合理化を試みたものである。

第5章では、山留め計測データに基づく予測解析の信頼性と設計変更のリスク評価について示している。情報化施工は計測データに基づく予測結果に基づいて合理性の評価を行うが、観測誤差とモデル化誤差による解析結果のばらつきをどの

ように判断するかが重要な問題となる。この章では、実際の計測データを用い、観測誤差とモデル化誤差の2つの面から予測解析の信頼性を評価している。さらに、評価した予測値の分布から実際に行った設計変更がどの程度のリスクを持っているかを明らかにしている。

第6章では、情報化施工のコスト面での有効性について述べている。一般に情報化施工は、当初の不確実性を減少させ、施工を「安全」に行うことを第1の目的として実施されることが多い。一方、施工中の計測データから得られる逆解析・予測解析結果を積極的に利用すれば、工事を合理的に進めることができ、信頼性設計の観点からもその有効性が認められるところである。ここでは、非観測施工と情報化施工の期待総費用を比較し、情報化施工システム導入の意義を評価している。

第7章では、本研究の結論と、得た結果や知見を総括的に述べている。

論文審査の結果の要旨

地盤を対象とする工事において、自然地盤の性状の空間的な変動性に対応することは、工事の確実性を保証し、安全性、経済性に係わる重要な問題である。しかしながら、この変動の特性に規則性を求めることは極めて困難な場合が多く、そのために、この特性は予め知り得ない不確実な情報と見なされてきている。しかし、工事が進行するにつれて直接的な計測によって情報量は確実に増えるため、それを生かして工事を行う情報化施工が一般的に利用されてきている。

この研究は、情報化施工において最も重要である2点、すなわち、逆解析手法の開発、および、情報を生かして用いるための予測解析の信頼性の評価について取り扱ったもので、評価すべき点は以下のようなものである。

1. 山留め設計パラメータを求める逆解析法として、拡張カルマンフィルタ理論を導入し、理論側圧を擬似観測量として与える手法を開発した。この手法は、従来用いられている手法と比較して精度良く、安定した結果が得られることを確認した。さらに、この方法によって得られたパラメータを用いた地盤挙動の評価方法を提案し、それが有効であることを実証した。
2. 本研究で開発、提案した手法を多くの掘削工事に適用して、主動側圧分布が理論分析に近いことや、土の粘着力や内部摩擦係数、土圧、地盤反力係数の変位依存性など、地盤の工学的特性に関するいくつかの重要な知見を得た。
3. 情報化施工に用いられる観測データに含まれる観測誤差と、逆解析を適用する系の基本挙動を定めるモデルに起因してパラメータに含まれるモデル誤差について検討し、観測誤差とモデル化誤差を同時に考慮した予測の確率分布の特性を明らかにするとともに、これを用いた情報化施工実施中のリスク評価法を求め、信頼性設計への道を開いた。
4. 破壊確率に基づいて情報化施工と従来の非観測施工との期待総費用を定義して、建設投資費用と破壊損失費用の増減を比較し、適度な破壊確率と破壊損失費のもとで、多くの場合情報化施工を採用する優位性が認められることを明らかにした。

以上のように、本研究は山留め掘削工事に対する情報化施工のための予測解析手法の開発、および、予測精度の評価法を確立して、情報化施工の合理性を高めたもので、施工機能工学、地盤工学の基礎理論および実用技術に貢献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10年2月17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。