

## 学位論文題名

## 地すべり安定解析用強度パラメータの決定方法に関する研究

## 学位論文内容の要旨

急峻な山地が多く、複雑で脆弱な地形・地質構造の地域が広く分布し、加えて降雨降雪量が極めて多いわが国では、これまで数多くの地すべり災害を被ってきている。

これらの地すべり災害のうち、とくに第三紀層の地すべりでは軟らかい岩質が素因となっていて、これに、断層や褶曲などの地質構造的な運動が加わって周辺地盤に亀裂が生じ、さらに集中豪雨・融雪・地震など厳しい自然環境が誘因となってすべり運動を活発化させている。こうした地すべり現象は自然斜面の崩壊にとどまらない。近年の急速な大規模開発による人為的な原因によって新たな地すべりの危険地域が増加する傾向にあり、兵庫県南部地震の際に典型的に現れたように、大地震の発生が地すべりを誘発する危険性も増大している。

一方、地すべり安定解析に用いる強度パラメータの妥当性は、斜面の安定性の評価のみならず対策工の選定やその効果に大きな影響を与えるものであり、すべり面上で動員される強度パラメータの適切な設定は地すべり問題を扱う上で基本的に重要な課題である。そして、より信頼性の高い地すべり安定解析のためには、軟岩のせん断強度特性の把握とそれに適した試験装置の開発が必要である。しかしながら、この種の問題に関する研究は極めて限られており、実務においては経験的手法に頼っているのが現状である。そこで、本研究では地すべり斜面の安定計算に不可欠な設計用強度パラメータの決定に関して、軟岩の残留強度を精度よく測定し得る装置の開発と、その測定値を用いた設計用強度パラメータの合理的な決定方法の確立を目的とした。

本論文は6章からなっている。

第1章は、序論として本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、地すべり安定解析に用いる強度パラメータの決定に関する従来の研究についてまとめた。実用的手法として従来から多く用いられてきている逆算法の問題点を明らかにし、その修正法や実験値を用いてすべり面上での平均強度パラメータを求める方法など最近の研究に関して整理し、本研究の位置付けを行なっている。

第3章では、本研究の主題の一つである設計用強度パラメータの決定方法に関する理論展開を示し、実用的算定法を提案している。

地すべり安定解析には過圧密状態での排水せん断強度を採用する必要があるとの基本的な考え方に立ち、その際に採用すべき強度パラメータ ( $c_p, \phi_p$ ) は、ピーク ( $c_p, \phi_p$ ) から完全軟化 ( $c_r, \phi_r$ ) を経て残留状態の強度 ( $c_r, \phi_r$ ) に至るまで連続的に変化するものと

して、過圧密比(OCR)の関数で表現し得ることを示した。さらに地すべりの2大要因である、降雨等による間げき水圧上昇に基づく有効応力の減少によって生じる強度減少と、すべり面上の土の化学的風化の進行等に基づく強度減少とが、ともにOCRの関数で表されるととらえ、地すべり面付近から採取した試料による実験値としての $(c_p, \phi_p)$ 、 $(c_s, \phi_s)$ および $(c_r, \phi_r)$ の3組の強度パラメータと、逆算法に基づく $c - \tan \phi$ 図とを組み合わせることによって、設計用強度パラメータを決定する実用的な方法を提案した。

第4章では、もう一つの研究課題である信頼性の高いせん断強度の測定方法について論じている。

第三紀層地すべりの素因が固結度の低い岩質にあることから、初生すべりに対応するピーク強度から再活動型地すべりに対応する残留強度までの軟岩のせん断特性を把握するために、ピーク強度と残留強度とを比較的簡単に測定できる、実務上即応性の大きな軟岩用自動繰返し一面せん断試験装置を開発した。これは、単一の試験装置でしかも一個の供試体からピーク強度と残留強度とを測定でき、また供試体の準備が容易であり、構造が簡単なため操作性に優れた実用的な試験装置である。地すべり地から採取した試料を用いた実験の結果、インタクト試料およびスラリー試料から求められた残留強度はほぼ等しく、単一の試験装置によってピーク、完全軟化および残留状態の各レベルにおける強度パラメータを精度良く測定し得ることを確認した。

第5章では、地すべり斜面の安定解析用強度パラメータの決定方法として、現地における調査・観測も含めて設計用強度パラメータの決定に至るまでの手順を詳細に説明している。まず、土質試験値をそのまま安定解析に適用することには問題が多く実状に合致しないことを実例を含めて明らかにし、つぎに本研究で提案された設計用強度パラメータ決定方法の適用に当たっての具体的な手順を説明し、算定例を示した。

第6章は結論で、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について述べている。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三 田 地 利 之  
副 査 教 授 土 岐 祥 介  
副 査 教 授 石 島 洋 二  
副 査 助 教 授 澁 谷 啓

## 学位論文題名

### 地すべり安定解析用強度パラメータの決定方法に関する研究

地すべり斜面の安定解析に用いる強度パラメータの妥当性は、斜面の安定性の評価のみならず対策工の選定やその効果の判定に大きな影響を与えるものであり、すべり面上で動員される強度の適切な予測が地すべり問題を扱う上で基本的に重要な課題である。しかしながら、この種の問題に関する研究は極めて限られており、実務においては経験的手法に頼っているのが現状である。急峻な山地が多く、複雑で脆弱な地形・地質構造の地域が広く分布し、加えて降雨降雪量が極めて多いわが国では、これまで数多くの地すべり災害を被ってきているが、とくに第三紀層の地すべりでは軟らかい岩質が素因となっていて、約7割が軟岩を主体とする地域で発生している。

以上のような背景から、本論文は軟岩のピークから残留状態までの強度を精度よく測定し得る装置の開発と、その測定値を用いた設計用強度パラメータの合理的な決定方法の確立を目的としたもので、主要な成果を要約すると以下のようである。

- ① 安定解析用強度パラメータの決定方法として実務で多用されている逆算法の問題点を指摘した上で、その修正法や実験値に基づく方法など最近の研究に関して整理し、すべり面上で連続的に変化する強度を適切に評価するには、従来の方法では不十分であることを明らかにした。
- ② 地すべり安定解析に採用すべき強度パラメータ ( $c, \phi$ ) の、ピークから完全軟化状態を経て残留状態に至るまでの変化を、過圧密比の関数として表現し得ることを示した。さらに、地すべり面付近から採取した試料による実験値としての上記3つの状態における強度パラメータと、逆算法に基づく  $c - \tan \phi$  図とを組み合わせることによって、設計用強度パラメータを決定する実用的な方法を提案した。
- ③ 軟岩の強度特性を把握するための操作性にすぐれた自動繰返し一面せん断試験装置を開発し、地すべり地からの採取試料を用いた実験によって、単一の試験装置でピーク、完全軟化および残留の各状態における強度を精度良く測定し得ることを確認した。
- ④ 現地における調査・観測も含めて、本研究で提案された設計用強度パラメータの決定方法を適用するに当たっての具体的な手順を説明し、算定例を示した。

これを要するに著者は、地すべり斜面の安定解析用強度パラメータの決定方法として明確な理論的裏付けのある実用的方法を提案するとともに、強度の試験値を得るための新しい装置を開発したものであって、地盤工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。