

論文題名

動的特性に基づいたオーバーハング状岩塊の
安定性評価手法の開発に関する研究

長 崎 大 学 大 学 院 生 産 科 学 研 究 科
山内 淑人

論文内容の要旨

近年、道路や鉄道等の都市基盤の建設が山間部にも進められているため、岩塊崩壊の可能性のある岩盤斜面が増加している。地すべりに比べて岩塊崩落の発生頻度は低いが、一度岩塊が崩落すると甚大な被害が発生するため、岩塊挙動のモニタリングにより崩壊発生の前兆を検知し、事前に対策を講じる必要がある。危険と判断された岩塊に対して、変位モニタリングが実施されているが、変位の発生から岩塊崩落までの時間が短いため、その前兆を捉え難く崩落の予知が困難である。道路や鉄道の災害に対する安全性・信頼性を向上させるためにも、変位に代わる新しいモニタリング技術の確立が急務であると考え、本論文では、定性的に評価されている岩塊の安定性の評価に関して、岩塊の動的挙動に基づく定量的な岩塊の安定性評価手法の研究・開発を行った結果、オーバーハング状岩塊自体の動的特性に基づいた平均フーリエスペクトル比という新しい概念を用いて設定した閾値が、安定性評価の有効的な基準となることを明らかにした。

第1章では、岩塊崩落に関する既往の研究について記述し、本研究の目的と本論文の構成を示した。

第2章では、岩盤斜面とオーバーハング状岩塊部を固着させている部分における亀裂の伸長が、岩塊の動的挙動に影響を与えるものと考え、オーバーハング状岩塊を有する岩盤斜面をモデル化し、動的有限要素法を用いたシミュレーションを行った結果、亀裂の伸長に伴いオーバーハング状岩塊部の動的挙動が変化することを解析的に明らかにした。

第3章では、岩塊切取施工時におけるオーバーハング状岩塊の静的挙動及び動的挙動についてのモニタリング結果を示している。岩塊切取工事は、岩盤斜面上部からオーバーハング状岩塊部を切り取るため岩塊の不安定性を増大させることになる。従って、自然な状態であれば非常に長い年月を必要とされる、安定状態から岩塊崩落までの岩塊挙動を連続してモニタリングできたことにより、安定性評価に必要とされるデータを取得することができた。

第4章では、第3章で得られたオーバーハング状岩塊の静的挙動と動的挙動を検討することにより、岩塊の変位特性と振動特性を明らかにした。オーバーハング状岩塊における変位特性を検討した結果、定性的に不安定とされた岩塊においても、実際には安定した状態が保持されていることが明らかになった。そして、一旦岩塊に変位が発生すると急速に不安定化が進行することも判明した。一方、オーバーハング状岩塊の振動特性について、周波数と振

幅に着目して検討した。周波数特性においては、3Hz 付近に 1 つの周波数のピークを有することが明らかになった。これは、検討対象岩盤斜面が錦江湾北部に位置しているため、桜島の火山活動に起因する火山性ガスの噴出と関係していることを示した。一方、振幅特性においては、フーリエスペクトルによる検討を行った。岩塊切取工事開始直後においては、基盤岩部でのフーリエスペクトルが、オーバーハング状岩塊部のものよりも大きいことから、岩盤斜面麓の基盤岩部に入力した振動が、オーバーハング状岩塊部に伝播することを確認した。そして、岩塊崩落直前では、基盤岩部でのフーリエスペクトルが、オーバーハング状岩塊部のものよりも小さいことから、岩盤斜面とオーバーハング状岩塊を固着している部分の弱体化と考えられる岩塊切取工事の進捗に伴い、オーバーハング状岩塊の振動特性に変化が生じることを確認した。

第 5 章では、岩塊切取工事をモデル化し、さらに既存亀裂の存在も考慮した動的有限要素法による 34 パターンのシミュレーションを行った結果、岩塊切取工事進捗及び既存亀裂の伸長に伴い、オーバーハング状岩塊部の振動特性が変化することを解析的に明らかにした。

第 6 章では、オーバーハング状岩塊の定量的安定性評価システムについて提案を行っている。岩塊切取工事開始直後と岩塊崩落直前において、岩盤斜面麓の基盤岩部とオーバーハング状岩塊部で測定された振動波形の有するフーリエスペクトルの大きさが逆転していることから、岩塊切取工事の進捗に伴ってオーバーハング状岩塊の振幅特性が変化しているものと想定し、この変化を時系列的に検討することが安定性評価において必要であると考えた。オーバーハング状岩塊部で測定される振動は、岩盤斜面麓の基盤岩部を通過して伝播する。この基盤岩部で測定された振動のフーリエスペクトルを用いて、オーバーハング状岩塊部で測定された振動のフーリエスペクトルを基準化することによって算出される平均フーリエスペクトル比という新しい概念を導入することにより、振幅特性の時系列化を行った。また、この基準化により、入力振動の違いを除去することにもなり、基盤岩部からオーバーハング状岩塊部の間を伝播する振動の振幅変化のみを抽出していることになる。この平均フーリエスペクトル比を用いて、オーバーハング状岩塊の安定性を評価する閾値と、この閾値から必要とされるモニタリングシステムについての提案を行った。

平均フーリエスペクトル比が 1.0 以下の場合においては、基盤岩部に入射した振動がオーバーハング状岩塊部に距離減衰して伝播していることから、安定領域であるとし、モニタリングの必要性は無いものと提案した。次に、1.0～1.5 の場合には、基盤岩部の振動よりもオーバーハング状岩塊部のものが大きく振動していることから不安定領域と定め、連続的なモニタリングによる岩塊挙動の管理が必要であるとした。さらに、平均フーリエスペクトル比が 1.5 を越える場合には、本研究における測定結果に示されるように岩塊が崩落する直前の状態であると判断できるので、危険領域とした。この場合には、対象とする岩塊に対して人為的崩落や通行規制等の対策の必要性があると評価した。

第 7 章は、各章の成果をまとめ結論とした。