

## 6. 大規模岩盤斜面崩壊等に対応する道路防災水準向上に関する研究

研究機関：平成 18 年度～22 年度

プロジェクトリーダー：寒地基礎技術研究グループ長 高橋守人

研究担当グループ：寒地基礎技術研究グループ（寒地構造、防災地質）

### 1. 研究の必要性

北海道では、平成 8 年の豊浜トンネル岩盤崩落を契機に道路斜面の調査、対策が鋭意実施されてきた。しかし、平成 13 年の北見市北陽の斜面崩落、平成 16 年のえりも町における岩盤斜面崩壊など、大規模な岩盤崩壊が依然として発生している状況にある。さらに、落石規模の斜面変状も数多く発生している。こうした斜面崩壊から道路を守るべく、適切な斜面对策が求められている。

### 2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、北海道内における道路沿いの斜面における大規模な岩盤崩壊について、調査・点検手法を明らかにしていくこと、さらに、防災工で対応可能な落石規模の斜面崩壊について、道路防災工の性能照査型設計手法を検討・提案し、既設の道路防災工の合理的な補修・補強工の開発を行うことを研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- （1）大規模岩盤斜面崩壊等に関わる斜面調査・評価手法の提案
- （2）北海道における岩盤斜面調査点検手法の策定
- （3）道路防災工の性能照査型設計手法の提案
- （4）既設道路防災工の合理的な補修補強工法の開発

### 3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- （1）岩盤・斜面崩壊の評価・点検の高度化に関する研究（平成 18～22 年度）
- （2）道路防災工の合理化・高度化に関する研究（平成 18～22 年度）

### 4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の研究成果は、以下に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、（1）大規模岩盤斜面崩壊等に関わる斜面調査・点検手法の提案、（3）道路防災工の性能照査型設計手法の提案の 2 項目が、それぞれ平成 18～20 年度に実施するものであり、平成 19 年度までに実施してきた研究と今後の課題について要約すると以下のとおりである。

#### （1）大規模岩盤斜面崩壊等に関わる斜面調査・評価手法の提案

北海道における岩盤・斜面崩壊事例の収集を行い、地球科学的観点から整理した。その結果、崩壊土量 1,000m<sup>3</sup>以上の岩盤・斜面崩壊事例は全部で 33 例あり、えりも東海岸及び日本海沿岸での崩壊が多い。崩壊規模については、日本海沿岸域で 10,000m<sup>3</sup>を越える事例が多く、えりも地域では 10,000m<sup>3</sup>以下の事例がほとんどである。地質との関係では、火砕岩とホルンフェルス～砂岩・泥岩での崩壊例が多い。誘因については、11 例が地震を誘因とする可能性があるなど、地震との関与が大きいことが示唆された。さらに、1996 年以降に発生した大規模岩盤崩壊（豊浜トンネル、第 2 白糸トンネル、北陽、えりも）については、崩壊要因は様々だが、地下水の作用が大きな要因を占めていると推定された。なお、崩落監視および危険の回避という観点から重要となる前兆現象について、整理・検討を進めていく必要があると考えられる。

岩盤斜面の安全性評価法検討の一環として、背面亀裂に着目した遠心模型斜面評価法について検討した。具体的には、北海道の実岩盤斜面の遠心力模型実験を行い、各種パラメータによる岩盤斜面安全率の変化傾向を検討した。そ

の結果、実験条件から推測された各種パラメータと安全率の関係が実験結果と一致し、さらに実験結果からこれらの関係を定量的に求められることを示し、遠心評価法の有効性を確認した。

上記の知見を踏まえつつ、新しい道路防災点検箇所のスクリーニング方法を構築した。この新たな方法は、管理対象道路の中から安定度調査箇所を選定するための絞り込みを2段階で実施する。第1絞り込みでは、管理対象道路の防災レベルを概括的に把握して「点検対象区間」を選定する。第2絞り込みでは、選定された点検対象区間について災害要因を抽出し、「安定度調査箇所」を選定する。このとき「地域特性把握図」や「道路防災基本図」を作成しつつ情報の整理・把握に十分に利活用する。なお、同スクリーニング方法は北海道開発局に提案済みであり、北海道開発局では提案されたスクリーニング方法に基づき、新たな道路防災点検を実施している。

点検・調査・監視手法の素案作成の一環として、近年、進展が著しい写真分野におけるデジタル化技術を取り込んだ道路斜面の点検調査システムについて検討した。検討対象は背景差分法（同一斜面を異なる時期にデジタル写真で記録し、その差分から斜面の変状を抽出する方法）の現地適用性であり、被写体に影がかからないようにすることや画素数を十分大きくすること、あるいは背景画像と観測画像の明るさを近似させることや、位置を一致させることなどの必要性を明らかにした。

道路斜面防災は、危険斜面の調査抽出から始まり、点検や斜面変状の観測・監視へと進み、斜面の直接的な対策、あるいはトンネルなどによる迂回などの対策を実施する。スクリーニングにおいては確実性を向上させることにより「見落とし」をなくすと共に、その逆の「オオカミ少年」となることを極力回避することが望まれる。スクリーニングの次のステップである安定度調査では、斜面を精度良く評価し適切な対策への橋渡しとなることが期待される。以上のためには、斜面の調査・評価・対策の個々の技術において最新の知見・技術を取り込むと共に、三者をバランス良く実施していくことが重要である。そして、このためには、微地形と地質との関係、岩相や地質構造、岩石や鉱物特性、岩石の風化・劣化など地質学的アプローチと、岩石・岩盤の工学特性の計測・評価など工学的アプローチが重要である。

## （2）道路防災工の性能照査型設計手法の提案

実規模レベルの大型 RC 梁に対して衝撃実験および解析的検討を行い、耐衝撃挙動の把握や重錘重量の違いによる影響について検討し、各種限界状態に対応可能な性能照査型耐衝撃設計法の確立に資する設計式を提案した。すなわち、入力エネルギーと残留変位に対応するとともに、質量比（重錘重量/RC 梁の支点間質量）に関する補正係数を考慮した静的曲げ耐力を有する RC 梁を設計することで、耐衝撃設計が可能となる設計式  $P_u = 0.42 \cdot \beta E / \delta$ （ $P_u$ : 静的曲げ耐力、 $\beta$ : 補正係数、 $E$ : 入力エネルギー、 $\delta$ : 残留変位）を提案した。これらの結果を踏まえ、頂版上に敷砂等を有する落石覆道の性能照査型耐衝撃設計法の確立に向けた研究を進めることとしている。

道路防災工の終局耐力評価手法の開発においては、小型 RC アーチ模型および実規模 RC アーチ構造に対してそれぞれ衝撃実験および数値解析的検討を行い、耐衝撃性能と緩衝工の検討を行った。その結果、アーチ構造の有する耐衝撃挙動が明らかとなり、数値解析による精度の高い検討が可能となった。さらに、アーチ構造においても緩衝工が有効に機能することが確認された。

また、本研究では、道路沿いに設置される道路防災施設の新たな工法として、建設コストの縮減および施工性向上を目的として、杭付落石防護擁壁を提案し、コンクリート擁壁内の鋼管を H 型鋼に置き換えるよう形式改善をし、耐衝撃性能を実験的・解析的に検討した結果、その性能を十分有していることが明らかとなった。また、コスト的にも 3% 程度の縮減と、打ち込み精度の緩和により施工性の向上も図られることがわかった。

## RESEARCH FOR IMPROVING ROAD SAFETY STANDARDS AGAINST LARGE-SCALE ROCK SLOPE FAILURES

**Abstract** : Since the rock failure which caused the fatal collapse of Toyohama Tunnel in 1996, surveys of slopes along roads have been performed and safety measures have been conducted eagerly. Despite this, large-scale rock slope failures have continued, such as those in the Hokuyo district of Kitami City in 2001 and in Erimo Town in 2004, in addition to frequent rockfalls. It is necessary to implement measures for the safety and stability of roadside slopes.

To prevent such disasters by improving road safety standards, this research aims to develop a system for inspecting roadside slopes and for assessing their likelihood of failure by further incorporating geographical and geological data. Until 2007, records of recent slope failures in Hokkaido were collected and were analyzed from geographical, geological and other technical points of view. The new screening plan to choose checkpoints of periodical slope inspection along national road for slope failure disaster prevention was proposed. Safety factor assessment method for rock slopes using centrifuge model test was studied as a part of proposal of estimation plan for rock slope failure. Slope check method with digital camera was studied as a part of plan making of new system of research, watch and check of slope failure.

Rock fall occurs frequently at slopes along roads. It needs new design methods for safer, more effective disaster prevention structures which satisfy site conditions and their changes, and more effective methods for the repair and reinforcement of existing disaster prevention structures along roads should be developed. Until this year, shock experiments assuming rock fall and analytic examinations for full-scale RC beams were conducted. As a result, a design formula was presented to contribute to the establishment of a performance-based impact-resistant design method for road disaster prevention structures.

Shock experiments assuming rock fall and analytic examinations for a small RC arch model and a full-scale RC arch structure were also conducted. As a result, the impact resistance behavior of arch structures was clarified, and accurate examination by numerical analysis became possible. It was also confirmed that the buffer system would function effectively for arch structures.

And the new retaining wall against rock fall, which has the two-layered absorbing system and piles, was developed and improved in this research. As a result, it was found that the retaining wall had sufficient impact resistance performance.

**Keywords** : large-scale rock slope failure, road disaster prevention inspection, road disaster prevention structure