

# 巨大落石へのリスクマネジメント事例 ～全国初の直轄国道全面通行止めによる撤去～

高山国道事務所	増田 仁	下野琢也	
岐阜国道事務所	正会員	○小幡敏幸	
南三陸国道事務所	小見山公孝		
岐阜大学	国際会員	八嶋 厚	国際会員 沢田和秀
中央復建コンサルタンツ	国際会員	國眼 定	

## 1. はじめに

高山国道事務所が管理する国道 41 号は、急峻な山岳道路である。国道 41 号の下呂市南部は飛騨川沿いの山岳道路であり、急峻な斜面に多数の岩塊が存在する地域である。平成 25 年 11 月末に図-1 に示す岐阜県下呂市門原地内国道 41 号の路肩部に約 1 m の落石を発見した。さらに国道沿いの落石防護柵に不安定な状態で停止している巨大な岩塊 2 個 (20 トン:200kN 及び 40 トン:400kN) を発見した。

高山国道事務所では、これまでも鋭意落石対策を講じてきた。落石対策は「落石対策便覧」<sup>1)</sup>等で工法が数多く提案されており、斜面上の大きな岩塊は、発生源対策としてワイヤー等による固定、岩盤接着工等による安定化、もしくは現地で小割り除去を行うことが

一般的である。しかしながら今回のように斜面上で不安定な状態の巨石を撤去する手法は対応事例がほとんどないため、現地状況を詳細に確認し、安全管理の観点から判断を下した。

対応としての結論は、国道を全面通行止めとし、岩塊を国道へ落としたのち撤去することである。本稿は、道路法第 46 条による撤去に伴う道路交通へのリスク回避、撤去工法採用に至る経緯や、事前の施工計画内容、撤去当日の概要などを報告し、今後の道路行政のリスクマネジメントや落石対策の参考とするものである。



図-1 門原地地区の位置図

## 2. 落石発生状況と応急対策

大きさ約 1 m の落石は、図-2 に見られるように、国道 41 号の 101.12KP 下り (岐阜から高山方面) にある自然斜面より発生し、路肩に崩落した。この落石は発見後速やかに撤去した。

写真-1 に見られる落石防護柵で停止した巨大岩塊については、その直上部岩盤より剥離した形となっており、かろうじて既設防護柵で停止し、崩落寸前の状態であった。この巨大岩塊は撤去が困難であることや、その大きさから、ひとたび崩落した場合に、道路および通行車両への影響が非常に大きいと判断した。このため、応急対策としてワイヤーロープの仮設置とロープ支持のためのアンカー打設を行った。



写真-1 巨大岩塊と応急対策

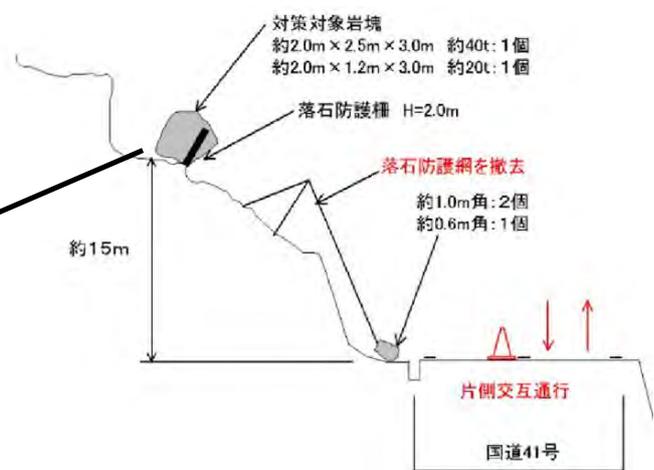


図-2 門原地地区の横断形状

Risk management example to huge falling rocks. H. Masuda and T. Shimono (Takayama Office of National Highways, MLIT), T. Obata (Gifu Office of National Highways, MLIT), K. Komiyama (Minami-Sanriku Office of National Highways, MLIT), A. Yashima and K. Sawada (Gifu University) and S. Kokugan (Chuo Fukken Consultants, Co. Ltd)



### 3.3 関係機関との調整

国道 41 号は、これまで終日全面通行止めを実施したことがほとんどない。通行止め時における推奨迂回路等の情報を地元住民やドライバーへ周知徹底するため、岐阜県や周辺市町村との調整を図った。

国道 41 号は、危険物積載車輛が通行可能である一方で、東海北陸道は飛騨清見 IC 以北で通行できないことから、物流の幹線として唯一全線通行可能な道路であり、通行止めや交通規制には細心の注意を払う必要がある。

全面通行止め区間の設定にあたっては、道路利用者への影響をなるべく少なくし、かつ落石撤去作業時に必要な多量の大型土のうを仮置きできる非常駐車帯スペースを確保しなければならない。国道 257 号と接続する箇所から地域高規格道路である濃飛横断自動車道と接続する箇所の間約 8 km を通行止め区間に設定した。推奨迂回路としては関係機関と調整した上で、大型車が通行できる国道 257 号・256 号を設定した。実際の交通規制時には、規制区間両端に職員を配置し、規制内容の説明およびクレーム対応を行うこととした。



図-3 通行規制の実施状況

事前周知として、図-4～図-7 に示すように、道路上の情報板や看板の設置、事務所ホームページ、市町村の広報無線等を活用し、さらに、通行止め規制内の住民には、全戸に説明しながらビラの配布等の対応を図った。

また、通行止め区間内には人家が存在するため、対象家屋には、落石撤去ヤード内を除き規制内の出入りができるように事前に通行証を配布した。

なお、図-3 に示す、県道 62 号、国道 256 号、国道 257 号を経由する迂回路について事前に実走したところ、本線走行が 40 分であることに対し、迂回路では 45 分と +5 分程度で収まることがわかり、適切な迂回路であることを確認した。

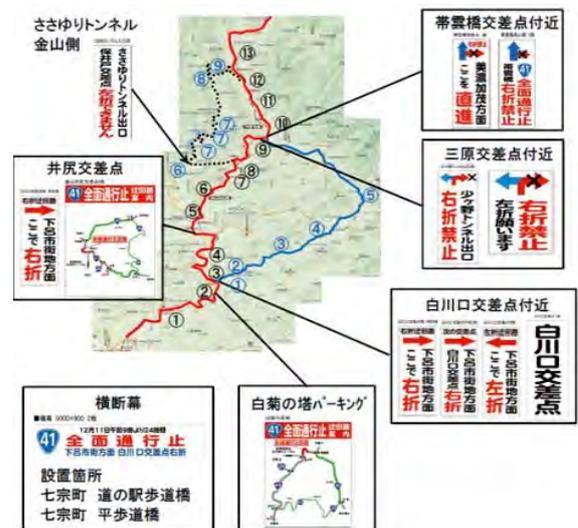


図-4 事前周知情報



図-5 道路情報提供装置



図-6 通行止めおよび迂回路（ピラ）



図-7 横断幕の設置

#### 4. 撤去方法の検討・事前検討

##### 4.1 撤去方法の抽出

落ち残った巨大岩塊（200kN、400kN の2個）を安全にどのように除去していくかが最重要課題である。これに対して、選択肢は、類似事例を参考として以下のものが考えられ、検討を行った。

案A：岩塊を「上から押して」道路へ落とす方法

案B：岩塊を「下から引っ張り」道路へ落とす方法・・・・・・・・・・土佐国道の事例<sup>3)</sup>

案C：現在の「岩塊の場所で小割りにして」道路へ落とす方法・・・・・・・・大分県の事例<sup>4)</sup>

案Aの上から押して落とす方法には、岩塊とその後ろの地盤とにジャッキを噛ませ、ジャッキアップする方法と、ゴムチューブなどで隙間を膨張させて落とす方法が考えられる（図-8参照）。

案Bの下から引っ張る方法では、岩塊にワイヤーを掛け、ターンバックルや滑車などを用いてワイヤーを引っ張る方法、または大型のクレーン車を用いる等、が考えられる（図-9参照）。

案Cでは静的破砕剤や低振動発破などで小割りにする方法が考えられる（図-10参照）。



図-8 岩塊を上から押す方法(案A)

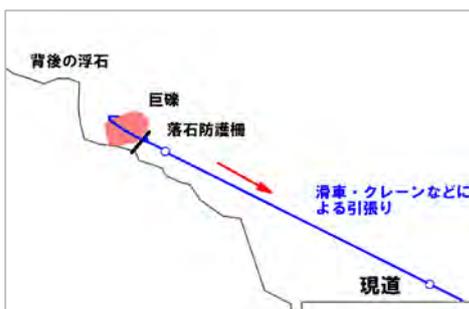


図-9 岩塊を下から引っ張る方法(案B)

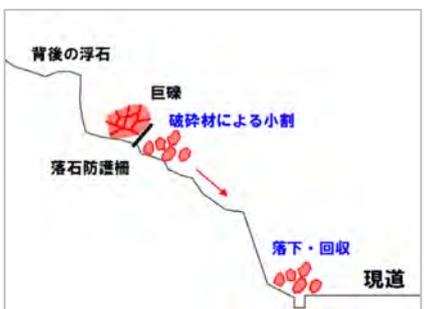


図-10 斜面上で小割りにする方法(案C)

## 4.2 岩塊撤去方法の選定

撤去方法について、現地の地盤環境、岩質特性、施工性、安全性などの見地から比較検討を行った。

### (1) 案A：岩塊を上から押す方法

・ジャッキやゴムチューブなどを使用するためには、不安定岩塊重量に相当する反力が必要であり、その反力は計 600kN である。斜面上背後には不安定な岩塊が連続しており、上部の岩塊に反力を取ることは上部岩塊の初動を誘発する危険性があり、安全性に問題がある。

・地表面から反力を取る方法が考えられるが、当地の地表面は土砂および崖錐・ガレ場となっており、600kN もの反力に耐えられない。またアンカーを取ることも考えられるが、アンカー打設時の安全性や狭隘地であることから施工性に問題がある。

・ジャッキやゴムチューブなど反力が正しく岩塊に伝わるかが懸念され、力が上方や側方に逃げる事が予想され、確実性に劣る。

以上より、現場条件から、案A：「岩塊を上から押す方法」は適当でないと判断される。

### (2) 案B：岩塊を下から引っ張る方法

・大型クレーンを用いる場合は、安全性の観点から真下から引くことはできない。したがって、斜め横から引くこととなり全旋回タイプが必要となり、相当の能力を必要とする。具体的には 2000kN 以上のクレーンが必要であり、この場合アウトリガ張り出しが 7m を超え、道路幅を超えるため、飛驒川へ仮設構台を設けなければならない。仮設構築に長時間を要し、現実的ではない。

・滑車などを用いてワイヤーを引っ張る方法では、600kN の力を引っ張ることは困難であるが、動滑車を併用することで大きな引張り力を得ることができる。仮設も大がかりでなく、半日で可能であり、当現場には適する。ただし、この場合も岩塊真下から引っ張るのではなく、斜め横から引く方法となる。さらに、道路へ落とす場合には道路を傷めない事前検討が不可欠となる。

以上より、岩塊を下から引っ張る方法において、ワイヤーと滑車を併用した引っ張り落とす手法が当地に適すると判断される。

### (3) 案C：現地で小割にする方法

・小割にする場合、不安定岩塊に破砕材やせり矢を入れる必要がある。当地の基盤地質である、濃飛流紋岩は非常に硬質であり、最も割れにくい岩盤の一つである。このため、施工条件の悪い斜面上で硬質岩盤を小割することは施工性（多くの時間を要する）の点で問題である。ただし時間をかければ可能と考える。

・交通安全確保の点で小割する間は全面通行止めが必要である。

以上より、現地で小割にする方法は実現可能であるが、交通規制および施工性を考慮する必要がある。

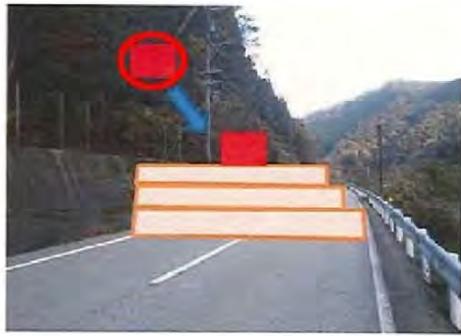
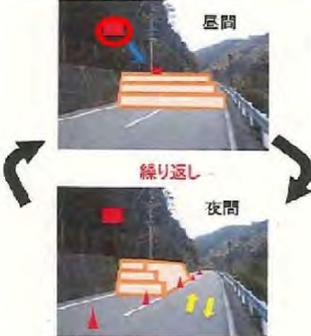
上記比較検討の結果、現地で実現可能な手法は、下記 2 つに絞り込んだ。どちらの方法を採用する場合でも、石を道路に落とすため、道路を通行止めにする必要がある。

案B：ワイヤーと滑車を併用した引っ張り落とす方法

案C：現地で小割にし、道路へ落とす方法

表-3 には、2 つの案に対する比較検討結果をとりまとめた。案B である道路へ巨大岩塊を小割りすることなくそのまま落下させる案の方が、一般交通へ与える影響が小さく、かつ準備を入れても数日で撤去が可能であることがわかった。したがって、案B の採用を決断した。ただし、この方法は事例が非常に少ないため、事前に綿密な解析検討や施工計画を立案しておく必要がある。

表-3 撤去方法の比較検討表

	案B 引っ張り落とす	案C 小割り除去後落とす
施工概要	岩塊にワイヤーを掛け、動滑車を使用し道路に落とす 	現在の岩塊の場所で小割りして道路に落とす 
交通規制	1日(24時間 昼夜間作業) 全面通行止め	44日間(昼間作業) 昼間・・・全面通行止め 夜間・・・片側交互通行規制
施工性	岩塊V=22m <sup>3</sup> 日当たり施工量22m <sup>3</sup> /日 0.7m <sup>3</sup> BH 大型ブレーカー 2台 5.5h/24h	岩塊V=22m <sup>3</sup> 日当たり施工量0.5m <sup>3</sup> /日 規制切り替え時間4h/8h せり矢小割り時間

### 4.3 事前検討 (撤去の施工計画)

斜面途中で停止する巨大岩塊の撤去について、事前検討として、施工計画を綿密に検討した。撤去の様子を理解できる平面図を図-11に示した。決定した施工計画および手順を図-12にまとめる。

- ①落石発見当日 (11/27) より撤去完了まで、道路利用者の安全を確保するため、終日片側交互通行規制を行うとともに、緊急対策としてワイヤーロープ掛工を施工した (準備工)。
- ②道路を全面通行止めし、道路に大型土のうを敷き均し、落下に備える※。
- ③全面通行止めの状態で、巨大岩塊にワイヤーを掛け、滑車を用いて下から引っ張り落とす。
- ④土のうの上に落ちた岩塊をトラックで運搬可能な大きさに小割し、撤去。小割完了後に土のうを撤去。
- ⑤巨大岩塊背後および周辺の浮石や転石に対し、今後の落石予防工として、落石防護網の設置、防護柵の設置、崩落跡のコンクリート充填などを行う。
- ⑥通行止め解除

上記のようなスケジュールに基づいて、平成25年12月12日に終日全面通行止めを伴った岩塊撤去を実施することを決断した。

※撤去の施工に先立ち、事前検討として、道路下に敷く土のうの設置検討を行った。落石対策便覧<sup>1)</sup>P187に示される衝撃力の算出式を用い、緩衝材として砂を用い、巨大岩塊の衝撃力を受け持ち、道路へ影響のない厚さを検討した。検討の結果、緩衝材の厚さが2m必要である結果となり、そのために必要な大型土のうを3段積みこととした。

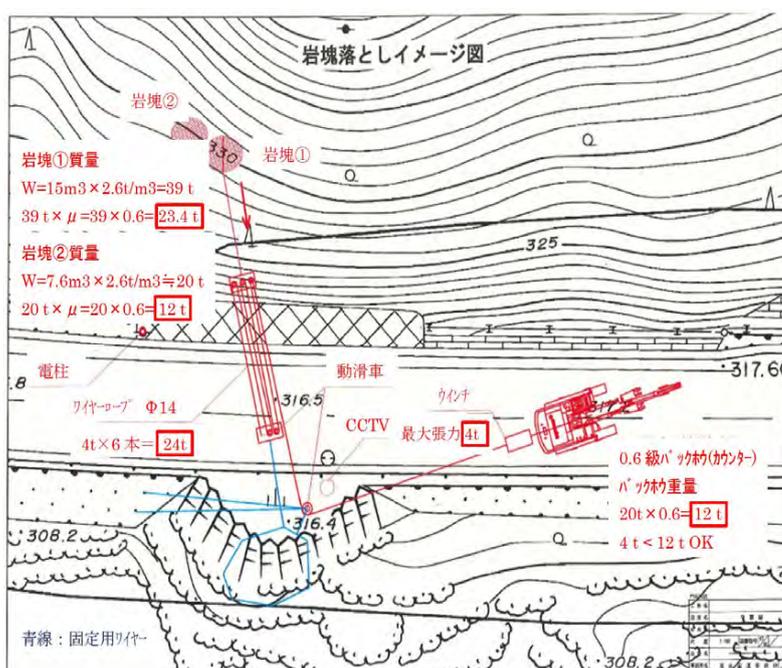


図-11 撤去施工平面図

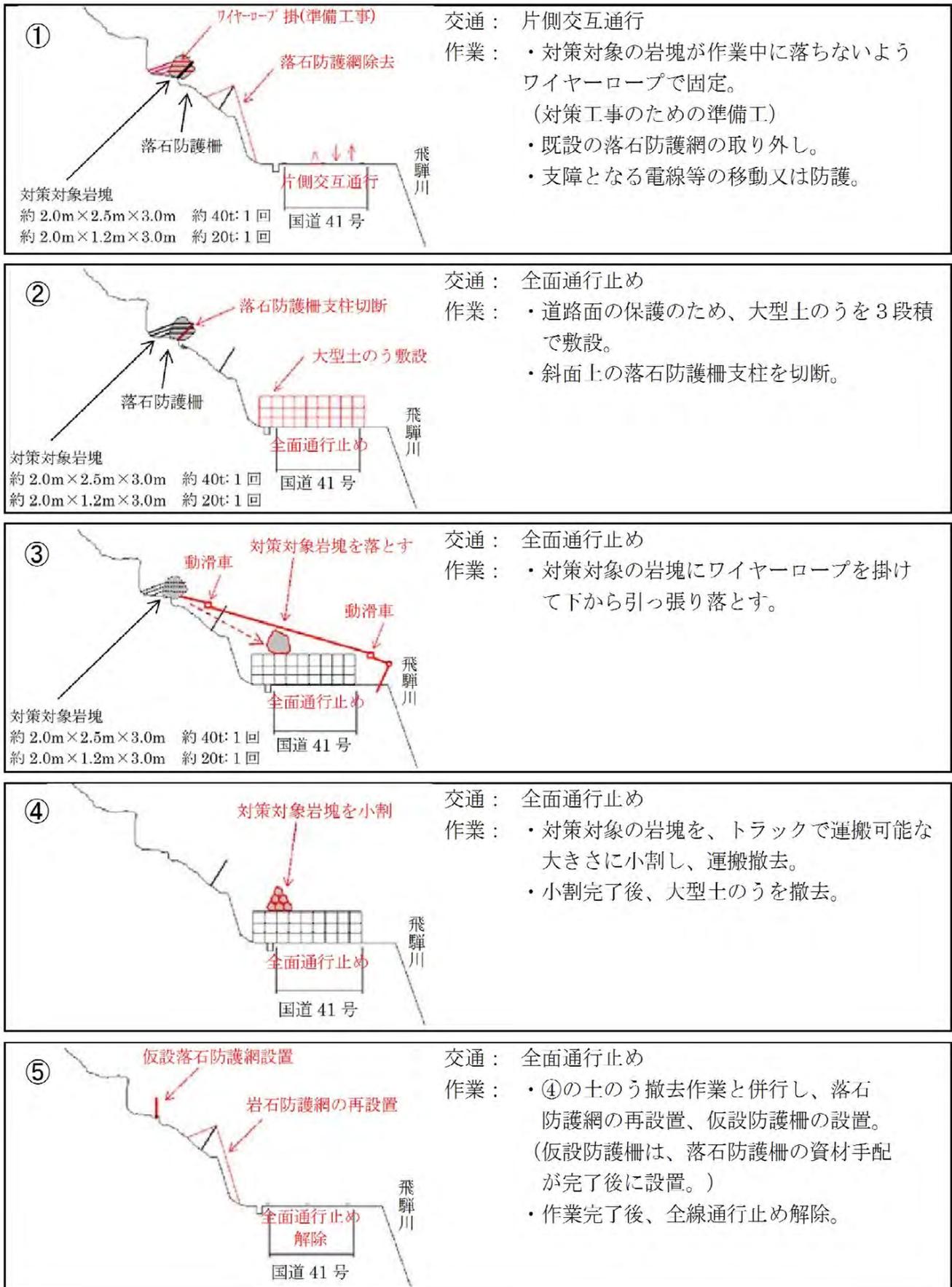


図-12 撤去工法の施工計画および手順

## 5. 巨大岩塊撤去

巨大岩塊撤去は、平成 25 年 12 月 12 日早朝より実施した。以下に撤去の時系列を示し、写真-2 には撤去の実施状況写真を示す。

- ①交通規制実施状況（国道 257 号三原交差点）
- ②ワイヤーロープ設置
- ③道路上に土のうを 3 段積み
- ④岩塊に加速度計を設置
- ⑤岩塊にワイヤーロープを掛け、動滑車で引っ張り落とす<落下>
- ⑥落とした岩塊を小割にして搬出
- ⑦落石防護網、コンクリート充填、土嚢撤去
- ⑧交通解放（現在）



写真-2 巨大岩塊撤去の実施状況

## 6. おわりに

国道 4 1 号のような山岳道路は、地域間を結ぶ数少ない交通網として重要な役割を担っており、今回の岩塊撤去を通じて道路管理の重要性を改めて認識した。不安定な巨石の撤去手法として、原始的ではあるが、動滑車を用いた手法は非常に有効であった。また既存の落石防護柵がかろうじて岩塊を食い止めて国道への落下を防いだことは、従来の対策も効果があったものと考えている。なお、国道を終日全面通行止めする際の規制方法や広報方法は今後の現道上での工事や災害時に参考となったと考えている。

### 参考文献

- 1) 落石対策便覧,日本道路協会,H12.6
- 2) 道路法（昭和二十七年六月十日法律第八十号）「第四十六条第一項第二号」,例えば,<http://law.e-gov.go.jp>
- 3) 国道 33 号の災害による 2 度にわたる全面通行止めに対する応急復旧について,平成 23 年度国土交通省 国土技術研究会発表論文,土佐国道事務所
- 4) 放電破砕工法適用事例（NETIS-050047A）,例えば H19 年度 大分県道路災害復旧工事事例,  
<http://www.hitachizosen.co.jp/gps/houden/ability/pdf/rakuseki1.pdf>