

## 自然斜面における転石除去工法

(社)北海道土木施工管理技士会  
宮坂建設工業株式会社  
現場代理人

藤 田 恵 一

### 1. はじめに

当工事は、北海道の中心部に位置する大雪山国立公園の東大雪湖（十勝ダム）に面する道道忠別清水線上の高低差約170m、平均斜度40°の自然斜面で、しばしば落石や雪崩が発生し、時には雪崩が湖まで到達する急峻な斜面から崩落の危険がある転石を除去し通行車両の安全を確保する事を目的とした工事である。

撤去を要する転石は硬質な花崗岩で形成され、これらが樹齢30年余りの落葉樹林（面積35,000㎡）の斜面に約250個点在しており、特に不安定で慎重な作業を必要とする高さ3m程度の転石は標高490mの頂上付近に多数存在していた。

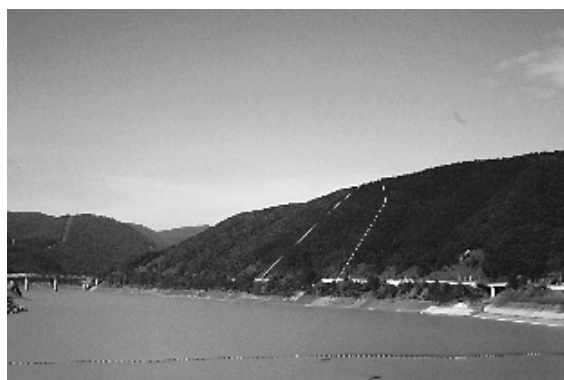


写真-1 現場全景

### 工事概要

工事名 : 忠別清水線 交B9-14局改工事  
発注者 : 北海道十勝支庁帯広土木現業所  
工事場所 : 北海道上川郡新得町  
工期 : 平成18年9月6日～  
平成19年3月15日  
工事内容 : 掘削工（転石撤去）V=500㎡

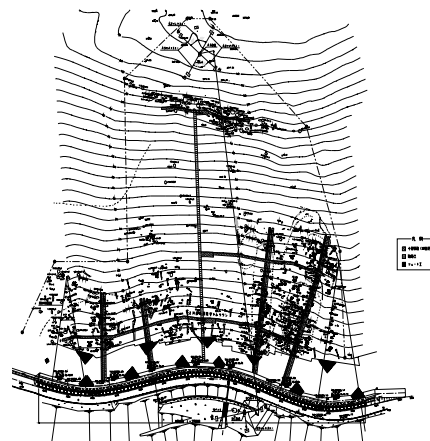


図-1 転石撤出計画平面

### 2. 現場における課題・問題点

当初計画における転石撤去方法としてGL+100mまではシュート工4本で、GL+140mの頂上付近については索道1本（鉄塔H=20m、索道延長230m）を仮設し撤出を行うものであり、撤去対象の転石が1～3mと大きいため、各シュート及び索道まで

横移動させるには斜面に足場を設置し、人力小割と人力小運搬により撤去を行う人力主体の施工が想定された。

課題① 法下に既設ライフラインがある。

シュート及び索道の法下の転石集積箇所には既設のライフライン（高圧電線3条、電話ケーブル1条、光ケーブル2条）があり、それらの仮移設が難しく、小割りした転石の落下、シュートからの跳躍等によりそれらに損傷を与える可能性がある。

課題② 高圧線があり施工ヤードが狭い。

シュート及び索道により集積した転石を重機により積込搬出作業する際、既設ライフラインと重機に安全な離隔範囲を設けることが難しい。

課題③ 樹木伐採により雪崩を助長する。

シュート及び索道を設置にあたり既存樹木を300本程度、伐採する必要があるが、今までも度々雪崩が道路を乗り越えてダム湖まで到達していることから樹木伐採を行う事により雪崩を助長させないように伐採を極力減らす必要がある。

### 3. 対応策・工夫・改良点

当初計画の課題を克服する為ロッククライミングマシン、モノレール、H型索道等斜面工法の検討を行ったが、いずれも安全性、工期、費用的に満足する物が無かった。そこで山岳地帯で行われる高圧送電線の鉄塔建設、ケーブルの架線工事で採用されているヘリコプターを使用した長吊工法で、転石搬出を行う施工案が浮上した。

現地において機長立会のもと、再度現地踏査を行った結果、現在は樹木の葉により視界が全く効かないが、全体がほぼ落葉樹林で時期的に葉が落ちることにより空輸作業は可能と判断し施工方法の検討に入った。

密生した高さ20m程度の樹木と機体の安全な離隔を確保する為に長吊カーゴスリングを40mに設定して空輸作業を行う事とした。長吊作業はヘリコプターの下方40mで荷吊作業を行うことから、高度の操縦技術を必要とする為、航空会社の中でも長吊りの経験の多い機長及び機上整備士を選抜するこ



写真-2 カーゴスリング40m長吊り

とで空輸作業を行う事とした。

使用出来るヘリコプターには吊上能力が1t～3tの物があり、一度に多く運ぶほど経済的ではあるが斜面勾配が40°ときつい為、カーゴネットを斜面に複数作り置くことは安全上問題があるため1回に1個吊りとして1tクラスのベル社製412型にて検討を行った。

ヘリコプターによる転石除去方法

- I. 現道通行を公安委員会信号機により終日片側交互通行に切替え仮設落石防護柵を道路上に設置し交通の安全を確保する。
- II. 斜面に作業用足場・階段を設置する。
- III. 万が一の落石に備えて直下に予備ネットを張って、コンプレッサーとブレーカー+ダグダにより人力小割りを行う。



写真-3 人力小割り（予備ネット防護）

- IV. その場でヘリ用カーゴネット（ヘリ専用モッコ、吊上荷重 1t）に梱包する。
- V. 梱包した吊荷をヘリコプターで吊上げ現場頂上に設置した仮集積所にホバリングで自動解除装置により吊荷を降ろす。
- VI. ダンプトラックにより、林道を経由し転石堆積場へ搬出を行う。

ヘリコプターを空輸作業に取り入れる際の課題として、時間単価が高いこと（1時間当り86万円～135万円）があげられたが、対応策として荷吊場と荷降場をできる限り近く設定することでサイクルタイムを短くし、また燃料補給・夜間駐機場となる仮設のヘリポートもできるだけ、近い場所を探して設定することで対処した。

ヘリコプターを使用した場合の1回当たりのサイクルタイムを計算すると

【作業条件】

- ・荷吊場と荷降場の水平距離  $L = 300\text{m}$
  - ・荷吊場と荷降場の標高差  $H = 150\text{m}$
  - ・ベル社412型の水平作業速度  $60\text{km/h}$
  - ・垂直上昇率  $250\text{m/分}$
- ①（往路距離  $0.3\text{km} \div$  速度  $60\text{km/h}$ ） +  
（標高差  $150\text{m} \div$  上昇率  $250\text{m/分}$ ） = 54秒
- ②（復路距離  $0.3\text{km} \div$  速度  $60\text{km/h}$ ） +  
（標高差  $150\text{m} \div$  上昇率  $250\text{m/分}$ ） = 54秒
- ③荷吊・降し、1分 + 長吊加算 1分 = 2分

上記1回当たりのサイクルタイムは①～③の合計

から  $54\text{秒} + 54\text{秒} + 2\text{分} = 3\text{分}48\text{秒}$  で1往復となり今回の転石の総トン数、約1,200tを1t吊りカーゴネットで1,200梱包を、3回に分けて5日間、計15日間程度で空輸作業を進めるものとし、荷吊場が急斜面で厳冬期であることから玉掛班を3名1セットで3班配置し、作業員の斜面移動を減少させる事で転落事故の防止と作業員の身体的負担の軽減を図り、安全を最優先に施工を行うこととした。



写真-4 吊荷場玉掛班作業状況

ヘリコプターの運行には、機長と機上から下方確認及び自動解除式カーゴスリングを操作する機上整備士の2名が搭乗し、地上では燃料補給を担当する地上整備士、荷降場には万が一の場合カーゴスリングの手動解除及び荷吊場への物資の玉掛を行う地上整備士を配置して計4名の体制とした。

ヘリコプターを現場で運行するには機体整備、燃料補給のために臨時離発着場（仮設のヘリポート）を必要とするため現場において許可条件に合う場所を選定し、離着陸を行う許可（仮設ヘリポート・航空法79条）と現場において降下、ホバリングにより荷吊作業を行う際の最低安全高度以下の高度での飛行許可（最低安全高度・航空法81条）及びヘリコプターに使用するジェット燃料を保管するための危険物貯蔵所設置の3点を申請し許可を得ることとした。

1日の作業は実飛行が5時間程度、飛行前後の日常点検として各1時間の機体整備、昼間有視界飛行の許可条件から日没1時間前に仮設ヘリポートに着陸となるように設定し、残り時間は当日及び翌日のKYと気象予報の分析に当てることで計画した。

玉掛合図及びヘリコプターの誘導は、ヘリコプ



写真-5 現場上空での荷吊り状況

ターに搭載した航空無線と必ずリンクする形で地上無線を配置して作業間での連携を図ることとした。

以上の準備期間を経て第1回目の空輸作業を12月25日から開始した空輸作業の計画段階においては、1回当たりのサイクルタイムが4分弱との計算結果が出ていたが、建設工事者の感覚ではそんなに早い訳がないとの意見が大半であったが、計算結果通りの施工ができ、北海道の年末としては大変珍しく降雨により1日休工としたが、4日間で無事作業を

終了した。

実際の空輸作業の感想としては、荷吊場で玉掛時のホバリングにしても、荷降場で荷降ろしの安定感のいずれもヘリコプターでしかも40m下で物を吊っている感覚ではなく、大型クレーンに比べても非常にスムーズで、まさに人間のなせる技を見ているようで大変感銘を受けた。

同様に第2回目、第3回目とも気象条件にも恵まれ計画通り作業が進行し、当初心配された第三者災害・労働災害もなく無事故で工事を完了した。

#### 4. おわりに

当社の着工前技術検討会において最も危険度が高い現場との声が社内からも上り、安全を最優先に諸問題を1つずつ解決した結果、ヘリコプターを使用した転石撤去工法を採用することにより無事故で工事が完了し、また技術的な面では索道等の大規模な仮設無しにピンポイントで転石の撤去を可能とし、工事の規模によってはコスト的な課題を含んでいますが、建設・航空両業界の努力により克服できると思います。

今回使用したヘリコプターの中には日航機墜落事故の際に他にできる方法が無いことから、特別の要請により今回の長吊で機体回収にあたった機体も含まれていたと後日聞きました。困難を克服することにより、新しい技術が見えてくることを信じ、今回の現場教訓を生かしていきたいと思います。