

令和6年度救助技術の高度化検討会に伴う個別技術検証の実施報告（岩石の排除技術）

1 目的

土砂災害現場において救助活動の障害または危険要因となる岩石（自然石）の排除技術の向上を目的とする。

2 実施日時

令和6年11月18日（月）及び19日（火） 9時00分から16時30分まで

3 実施場所

- （1）兵庫県 西宮市消防局 西宮市消防訓練施設
- （2）兵庫県 西宮市塩瀬町 宝塚碎石株式会社敷地

4 検証実施者

- （1）西宮市消防局（実施本部）
- （2）大阪市消防局（アドバイザー）
- （3）消防庁 消防研究センター 地震等災害研究室（アドバイザー）
- （4）総務省消防庁 国民保護・防災部参事官付 救助係



（検証の実施状況）

5 概要

岩石の排除技術の検証

- （1）岩石を移動させる技術（岩石ムービング）
- （2）岩石を破砕する技術（岩石ブリーチング）

6 検証内容

- （1）岩石を移動させる技術（岩石ムービング）

不整地でのムービング方法を検証する。JDRで使用しているUSAR技術を基に各検証を実施する。

【検証1】 バールを活用したムービング**ア 漕いで動かす方法（ムービングタイプ3）**

不整地上の岩石をバールにて動かす方法を実施する。木材を支点として岩をバールで持ち上げたまま、舟を漕ぐように横に移動させる。不整地であるために支点の沈み込みが発生するので敷板を使用する。岩を完全に持ち上げるのは岩の形状、重量等により難しいことが多いが、完全に持ち上げる必要はなく地面を擦らすように動かす方が安全上からも望ましい。

隊員が岩石の両側に配置する方法と片側ずつ実施する方法を試みる。いずれの方法も1回あたりの移動距離は僅かであるので、移動させる距離が短い場合には活用可能である。また、岩石の移動により岩石の下敷きになる場所、転がった際に接触する場所を事前に隊内で検討、共有した後に実施する必要がある。



動画視聴
QRコード

【バールを用いたムービング（両側）】



動画視聴
QRコード

【バールを用いたムービング（片側ずつ）】

【検証2】単管パイプをレールとして活用したムービング（単管レール）

岩石の下に複数の単管パイプをレール状にして設定する。レールを固定するために両端にシム、パイプの間隔が保たれるように間に木材（2×4材）を挿入する。深く沈み込むような不整地である場合は沈み込みを防ぐために単管パイプの下にコンパネを敷くと有効である。

ア 押して動かす方法（ムービングタイプ2）

バールにて押す方法と単管パイプにて押す方法を実施する。単管パイプ敷設により摩擦抵抗が軽減され、検証1より1回あたりの移動距離が伸びる。岩の下面と地面の間に隙間がある場合にはテコの効果が得やすい長尺なバールもしくは単管パイプが有効であった。



動画視聴
QRコード

【バールを用いたムービング】

【単管パイプを用いたムービング】

イ 横から押して動かす方法（横ムービングタイプ2）

打ち込んだ杭（ピケット）を支点として、木材（4×4材）を用いて岩石をムービングする。岩石に対して水平の力が掛かるため、転がるリスクが軽減される。



【杭の打ち込み】



【木材を用いたムービング】

動画視聴
QRコード

【検証3】単管レールの敷設方法（岩石リフティング）

検証2を実施するためには岩石の下に単管パイプを挿入する必要があることから岩石のリフティング方法について検討する。

ア 持ち上げ、レール敷設

単管パイプを挿入できる高さまでバールを用いて岩石を持ち上げる。

転がりに注意しながら片側ずつ実施する。ただし、面積が広いコンパネを挿入することは困難である。



【岩石の持ち上げ】



【単管パイプの挿入】

動画視聴
QRコード

イ 三脚（トリポッド）吊り上げ

単管パイプ及びコンパネ等を敷設できる高さまで三脚を用いて岩石を持ち上げる。

三脚は木材（4×4材）とロープを使用し作成する。吊り上げにはチェンブロック、レバーブロック等を活用し、岩石の重心を確認した後に三脚を設定する。2点吊りで玉掛けを設定し慎重に吊り上げる。地切りの確認後、必要最小限な高さまで岩石を吊り上げる。



【三脚での吊り上げ】

動画視聴
QRコード

【検証4】 傾斜地での岩石の安定化

傾斜地に存在する岩石を不用意に移動させることは大きな事故へ繋がることを前提とし、活動上どうしても傾斜地の岩石を排除もしくは安定化する必要が生じた場合を想定し検討する。

落石による危険区域を事前に立入禁止とし、人が入らないようにテープ、スプレー等を用いて区域を明示する。岩石の位置や土砂の状況に応じて、明示を適切に変更すること。



【危険区域の明示例】

※傾斜が急な場合は、実施前に岩石にシム等を挿入し安定化を図っておく。

ア 上方落とし込み

岩石の上方を掘削し、掘削した穴に岩石を落とし込むことで落石を防止する。



【上方の掘削】



【上方穴への落とし込み】

動画視聴
QRコード

イ 側方落とし込み

岩石の側方を掘削し、掘削した穴に岩石を落とし込むことで落石を防止する。

側方への移動は傾斜を下る方向であるため、上方落とし込みに比べて落石のリスクは高まる。落とし込みでは検証2ア実施のボールによるムービングタイプ2、検証2イ実施の木材による横ムービングタイプ2を行なう。



【側方の掘削】



【ボールでの落とし込み】

動画視聴
QRコード



【木材での落とし込み】

動画視聴
QRコード

【検証5】傾斜地での岩石の下方移動

安定化を優先するが、下方へ岩石を移動しなければならない場合の方法を検討する。

ア 下方ムービング

岩石の斜め下方を掘削後、単管パイプを挿入し単管レールを敷設する。

可能な限り岩石が転がらないようにするために検証2イ実施の木材による横ムービングタイプ2を行なう。



【斜め下方の掘削】



【単管レール敷設】

動画視聴
QRコード



【木材でのムービング】

動画視聴
QRコード

イ 一方掘りからの下方ムービング

上記アでは単管パイプが敷設できない、移動してしまう場合には、岩石の斜め下方を一方掘りし単管パイプを敷設する。敷設後のムービングは同様である。



【斜め下方の一方掘り】



【単管レール敷設】

動画視聴
QRコード

【検証6】 Aフレームでのムービング

木材（4×4材）とロープを使用しAフレーム（二脚）を作成し、チェンブロック、レバブロック等を活用し岩石を吊り上げる。Aフレームの両側にロープを設定（ガイドライン）し、倍力システムで移動側へ引き込む。倍力システムと反対側はディセnder（下降器）等を設定し、Aフレームの傾きが変化することで吊り上げられた岩石が移動する。

支点が必要であることやAフレームの転倒に注意は必要であるが、地盤面の影響を受けずに移動が可能である。



【Aフレームでのムービング】

動画視聴
QRコード

（2）岩石を破砕する技術（岩石ブリーチング）

不整地でのムービングが不可能である場合に岩石を破砕する方法を検討する。

消防機関が保有する削岩機等で破砕が不可能である場合にはセリ矢を活用し、岩石をブリーチングする。

セリ矢で岩石を割るためには、ドリルで岩石に穴を開け、開けた穴（下穴）にセリ矢を差し込み、ハンマーでセリ矢を打ち込む。セリ矢を打ち込めば、セリ矢が開く方向に力が伝わり、岩石が割れていく。

【検証7】 セリ矢の選定

ア 方法

消防機関にとって適したセリ矢の大きさ（径）を検討する。市販されているセリ矢から3種類（径）を選定し、消防機関が保有する資機材（ハンマードリル）で下穴を開けるのに必要な時間を計測した。複数回下穴を作成し計測する。

- ・選定したセリ矢①セリ矢径 20mm、長さ 18cm（必要な下穴 19cm 程度）
- ②セリ矢径 30mm、長さ 21cm（必要な下穴 22cm 程度）
- ③セリ矢径 40mm、長さ 26cm（必要な下穴 27cm 程度）



【セリ矢 (20、30、40mm)】



【ハンマードリル】

- ・①～③を差し込むためには、セリ矢径と同等の径でのドリルを使用する必要がある。
- ・使用したハンマードリル (HILTI TE70-ATC)、ドリルビット (20、30、40mm)
- ・使用した岩石の種類は石英斑岩 (せきえいはんがん)

イ 測定結果

下穴	1箇所の下穴作成時間
①径 20mm、深さ 19cm 程度	1 分 18 秒～1 分 52 秒
②径 30mm、深さ 22cm 程度	1 分 50 秒～2 分 17 秒
③径 40mm、深さ 27cm 程度	5 分 16 秒～6 分 13 秒



【下穴作成】



【下穴】

ウ 有効なセリ矢

下穴が太く深くなるほど必要な時間も増加するが、大きいセリ矢ほど破壊力は高まる。よって、岩石の大きさに応じてセリ矢の種類を選定することが望ましい。

今回の検証で使用した岩石は1～5 t程度であったが、セリ矢径 20mm、30mm でいずれの岩石も破砕が可能であった。セリ矢径 40mm の下穴作成には1箇所でもかなりの時間を要すること、1箇所の下穴を開ける作業で隊員の疲弊が顕著であったことからセリ矢径 20mm、30mm の使用が望ましい。また、40mm の下穴を作成する際はハンマードリルを支える補助者を付けることが望ましかった。

【検証8】セリ矢でのブリーチング要領

岩石には石目と言われる岩石の割れやすい方向があるためにセリ矢を用いて割りたい方向を定めても、実際に割れる方向と異なることが多々発生する。石目を読む(見極める)ことは専門家でも容易ではないために、可能な限りコントロールしたセリ矢でのブリーチング要領を検討する。

ア 事前準備

破砕する岩石の状況(岩石の重心、危険区域、作業配置等)を隊内で確認する。

- ・安全監視員を定めて、緊急停止の合図等を周知すること。
- ・岩石が不安定である場合にはシム等を活用し安定化を図ること。
- ・危険区域にはカラーコーン等を用いて区域を明示すること。



【危険区域の設定】



【岩石の安定化例】

イ 割り方の検討

岩石の排除方法を考慮しながら、岩石の割り方を検討する。大きな岩石は複数回に分けて割ることも考え、岩石の落下、転がり等の危険性を隊内で検討する。

割りたいラインが決定すれば、下穴を作成する位置にマーキングを行なう。割りたいラインに対して約 15cm 間隔にセリ矢の下穴位置をマーキングしておく。

また、割れた際の岩の動きを予測し、危険区域等を再評価しておく。

ウ 作業前

- ・各隊員の役割分担を行なう。
- ・作業場所の安定化（足場等）を図る。
- ・PPEを確認する。

エ 下穴作成

セリ矢を挿入するための下穴をハンマードリルを用いて作成する。ドリル先がブレないようにドリル先の当てる箇所（あて）を作成する。作成後、必要な深さまで穴を開ける。

予め下穴に必要な長さをドリルにマーキングしておくで穴の深さが分かりやすくなる。また、粉塵が発生するためにブロア、手持ちほうき等での清掃を行ないドリルが視認できる環境を保つ。

適した深さの下穴が作成できているかをセリ矢を挿入し確認する。

必要箇所の下穴作成後、イで定めた割るラインとセリ矢が開く方向が合っているかを確認する。



【下穴作成（30mm）】



【セリ矢挿入】

動画視聴
QRコード

オ セリ矢の固定

セリ矢の本打ち込みを行なう前にセリ矢を岩石に固定するための打ち込みを石頭ハンマー等で実施する。当該固定を実施するとセリ矢は抜けなくなる。



動画視聴
QRコード

【セリ矢の固定】

カ 本打ち込み

セリ矢の固定後に鉄ハンマー等を用いてセリ矢を打ち込む。複数人で打ち込んでも支障はないが、各セリ矢を1回ずつ、均等（回数）に打ち込む。1回ずつ打ち込み、岩石にクラック（亀裂）が発生すれば隊長が状況確認を行なう。クラックが広がるまで慎重に打ち込みを継続し引き剥がしができそうであれば打ち込みを終了する。思いがけない方向へクラックが入っている場合は注意喚起や必要な安全措置を行なう。バール等で引き剥がし、完了。



【セリ矢の本打ち込み】



【クラックの発生】

動画視聴
QRコード



【クラックの確認】



【引き剥がし】

7 使用資機材

(1) ムービング

単管、ベニヤ板、バール、ピケット、鉄ハンマー、くぎ抜きバール、木材（4×4材、2×4材、ガゼット）、釘、ハンマー、ロープ、チェーンブロック、レバーブロック、ツヨロンスリング、危険区域明示物（杭、カラーテープ等）、PPE

(2) ブリーチング

ハンマードリル、ドリルビット（20、30、40mm）、発電機、セリ矢（口径 20、30、40mm）、石頭ハンマー、鉄ハンマー、バッテリー式ブロア、手持ちほうき、バール、4×4シム、耐水クレヨン、メジャー、カラーコーン、PPE