

ヘリコプター施工で施工現場を無人化

富士山大沢崩れ源頭部対策に向けて

岩 本 年 正

本工事は富士山西斜面に位置する大沢崩れ直下の、年間13～15万 m^3 の崩壊土砂が流下している箇所で行う。

このため本工事は構造物の特性を踏まえ、設置位置（施工現場）における作業員の安全確保に向けた無人化（作業員の排除）をヘリコプター施工によって実現した。本報告はこのヘリコプター施工を行うに当たりヘリコプターの能力を踏まえ資材と施行方法の工夫について、具体的事例を踏まえ報告する。

キーワード：ヘリコプター施工，施工箇所の無人化，崩壊地での施工

1. はじめに

大沢崩れは最大幅約500m、長さ約2,100mの崩壊地で、富士山西斜面の標高2,200m～3,200mに位置している。写真-1に示したとおり、植生限界を超える高標高、急傾斜といった厳しい環境のため、作業員の安全確保は困難を伴い施工には厳しい現場条件となっている。

この大沢崩れから下流の大沢扇状地に過去38年間で約523万 m^3 の土砂が流下したと推測されており、大沢崩れでは土砂が多く生産されている。これに対し富士砂防事務所では、土砂生産抑制のためブロックスクリーン工の検討を進めてきた。ブロックスクリー

ン工の施工は、大沢崩れ内での施工に先立ち、大沢崩れ下流の標高2,100m付近において試験的に実施している。施工にあたっては、作業員の安全確保を目的として、ヘリコプターを用いた施工により現場から作業員を排除し無人にすることを試みてきた。本報告ではこの“ヘリコプター施工”について報告する。

2. ヘリコプター施工

一般的に土木工事でヘリコプターを用いる場合、資材運搬や作業員移動が目的となる。ヘリコプターによる資材運搬の場合、ヘリポート及び目的地において地上作業員による作業が必要となる。しかし、ブロックスクリーン工の施工では、資材運搬だけでなく、本体の据え付けにヘリコプターを使用することとした。本報告でヘリコプター施工とは目的地における地上作業員の無人化を図るため、以下の工程のうち、③a) 玉掛け（フック外し）と③b) 荷さばきについて、対策工構造や材料及び施工方法を工夫することにより無人化を試みたものである。

①荷積み場所（地上作業員が必要）

- a) ヘリポートに資材を運搬
- b) 荷造り（資材をネット等にくるむ。鋼管等は番線で堅固に縛る）
- c) 玉掛け（フック掛け）

②荷物の運搬（ヘリコプターによる空輸）

③荷卸し場所（目的地周辺の荷卸しができる場所・地上作業員が必要）

- a) 玉掛け（フック外し）

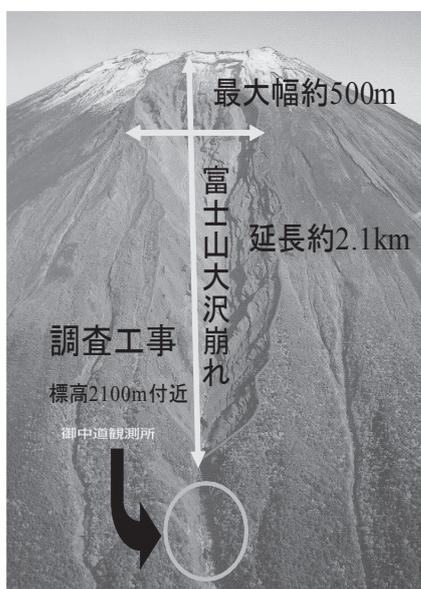


写真-1 富士山大沢崩れの状況

| 施工フロー | 通常 | 無人化施工 | 改良 |
|--------------|---------------|-------------------------------|-------------------|
| 掘削 | 重機掘削 | 作業員の立入禁止 ↓ ヘリコプター 施工 | 流水による掘削 |
| 清掃 | 人力清掃 | | 水洗 |
| 型枠 | 人力型枠組立 | | 大型土のうを型枠に |
| 水抜き | 2分割 人力組立 | | 補強し1組に 連結 |
| コンクリート 打設 | 人力打設 | | 高流動 コンクリート |
| 天端補強 | 1枚ずつ 人力で組立 | | 6枚1組に ユニット化 |
| 出来形管理 | 人力による 実測 | | レーザープロファイラー 計測 |

図一1 ヘリコプター施工に伴う施工フローの改良



図一3 1号ブロックスクリーン工完成予想図

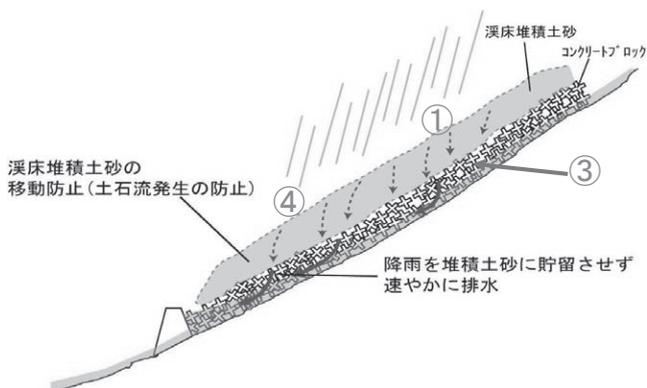
b) 荷さばき

また、これに伴う本工事における施工フローの改良について図一1に示した。

3. ブロックスクリーン工

ブロックスクリーン工はコンクリートブロックを敷並べたスクリーン層と、コンクリートブロックの流出を防ぐための横工から構成される。横工には排水のため水抜き穴を配置することとした。スクリーン層は、上面に崩壊土砂を堆積させると同時に、降雨による雨水は透水性の高いスクリーン層から排水することで堆積土砂の二次移動を抑制することを目的とし(図一2)、完成予想図を図一3に示す。

これらの構造をヘリコプター施工するために、ヘリコプターで運搬可能な材料を選定した。スクリーン層は1.6tのコンクリートブロックの乱積み構造とし、横工は無筋コンクリート堰堤形式とした。コンクリート打設にあたって、型枠の材料として1t土のう、水抜き穴に1m/個単位のコレゲートフリユームを使用した。また、横工天端の摩耗対策としてコンクリート保護材を使用した。



図一2 ブロックスクリーン工概念図

4. ヘリコプター施工のための課題と対応

ヘリコプター施工のための課題と対応について表一1に示した。以下に個別の作業について述べる。

(1) スクリーン層におけるヘリコプター施工のための課題と対応

スクリーン層で用いるコンクリートブロックはヘリコプターで運搬するために、吊り金具を取り付けた形状とした。しかしながら、玉掛け(フック外し)と荷さばきについて無人化を図る必要があった。そのため、玉掛け(フック外し)については、フックを地上作業員の手で取り外すのではなく、ヘリコプター上から安全に切り離しができる電磁フック(写真一2)を採用し作業員の無人化を図った。

(2) 横工におけるヘリコプター施工のための課題と対応

①土砂掘削

横工は岩盤基礎とした。岩盤清掃を無人化する必要があったため、渓床部の土砂は流水で洗い流すこととした。そのため、クレーン打設で使用するバケットに



写真一2 吊り金具に電磁フックを掛ける状況

表一 ヘリコプター施工のための課題と対応

| 作業名 | 通常施工 | ヘリコプター施工の工夫点 | 工夫点・効果 | 施工状況 | |
|-------------|--|--|---|---|---|
| 基盤掘削 | 重機 (BH 等) を使 い基盤掘削。 | H20.11 に発生した土石流で横工 打設面に土砂が1~2mの厚さ で堆積した。この土砂を打設面清 掃で使用したバケツで洗い流す (掘削)。 | ●流水は地上高3~5mの 高さからの流水が一番効果 的であった。 ●岩上部に堆積した土砂での 対応も可能と推察される。 |  | |
| 横工 | 打設面清掃 | 打設後にレイタンス 除去または表面仕上 げを行う。年度を跨 いだ場合、人力また は重機による土砂清 掃を行う。 | ヘリコプターに吊ったバケツ(1m ³) に水を入れ、打設面より5m程 度上部から基面に溜まった1~ 2cm程度付着した土砂を洗い流 した。 | 水洗いに加え、ヘリコプター のホバーリング時の風圧で溜 まった水を吹き飛ばすとより 効果的であった。 |  |
| | 型枠設置 | 木製もしくは鋼製の 型枠を人力により設 置、養生後脱型する。 | 大型土のうをヘリコプターで運 搬、所定の位置に並べて残存型枠 とした。端部・取付部は、詰砂の 量を少なくした土のうで対処。ま た、環境に配慮し、大型土のうに は生分解性の袋を使用、墨により 着色、中詰め土砂に大沢扇状地の 土砂 (現地発生材) を使用した。 | ●隙間20cm以内での据付 ができることを確認でき た。 ●景観に配慮した結果、目立 たないことを確認できた。 |  |
| | 水抜き工設置 | 打設面にコルゲート フリーユムの材料を 運搬、人力にて設置・ 組立。 | ●ヘリコプター運搬時の吊り荷の 回転 (ダウンウォッシュの巻き 込風) を防ぐため、フリーユム の開口面を鉄板で塞ぎ、吊り荷 の安定をはかった。 ●一体物とした。 | 大型土のうの据付けと調整し ながら設置できることが確認 できた。 |  |
| | コンクリート 打設 | コンクリートをバケ ツもしくはポンプ 車で打設、人力によ る締め固めを行う。 | 締め固めやレイタンス除去がい らない高流動コンクリートとし、ヘ リコプターに取り付けたバケツで 打設した。 | 大型土のうの隙間が20cm 以下であれば高流動コンク リートが流れ出ないことが確 認できた。 |  |
| | 天端摩擦対策 | コンクリート打設面 に人力でコンクリ ート保護材を組み立 てる。 | コンクリート保護材 (1m x 2m) 6枚を1組に鋼材でユニットとし て組立て、下面にはコンクリート との付着をよくするために鉄筋を 設置した。 | ●組にしたコンクリート保護 材の隙間を20cm許容す れば据付けが可能であるこ とが確認できた。 ●高流動コンクリートが硬化 する前に運搬・据付けがで きることを確認できた。 |  |
| ブロック据付け | 設置位置は作業員 の指示に従いクレー ンで噛み合わせを考 慮して据付ける。 | コンクリートブロックを1つづつ ヘリコプターで運搬、噛み合わせ に注意しながら敷設した。 | ●吊り金具の工夫により、安 全に運搬・切り離しが可能。 ●着色しない白色のブロッ クを四隅に配置し目印とし た。 |  | |
| 出来形管理 | 公共構造物であるこ とから構築物の出来 形管理が必要。監督 者が直接実測を行っ ている。 | 現場で使用しているヘリコプター を利用した簡易レーザープロフ ァイラーでの計測を行い、監督者 による実測と比較を行った。 | ●精度上の誤差はほとんど無 く、十分対応が可能なこ とを確認した。 ●コスト面での検討が必要で ある。 |  | |
| 長吊り試験 施工 | 現地条件により20m (通常)の長さでの 施工不能を想定して の試験。 | 50mの長吊りでの施工 (大型土 のう、コルゲートフリーユム、コ ンクリート打設) の施工を確認し た。 | 谷間が陰になる時間帯での施 工ができないことや風による 影響が大きいことが確認でき た。 |  | |



写真—3 大型土のうをヘリコプター施工している状況

水を入れ運搬し、バケットの開閉をヘリコプター上で行えるよう工夫した。

②型枠設置

型枠の材料として大型土のうを使用し、ヘリコプター施工することとした(写真—3)。この場合、大型土のうと大型土のう、あるいは取り合い箇所や水抜き穴設置部分で隙間からコンクリートが流出しないように密着させ、なじみの良い形で施工する必要がある。この課題については施工の中で確認・改良を行った。

その結果、大型土のうは、土のうと土のうの間に20 cm 離れることを許容すれば、おおむね所定の位置に並べることが可能であった。また、兩岸の取り合い箇所については大型土のうに詰める土砂量の調整と土のうの置き方を現場あわせとすることで対応できることが確認できた。なお富士山の環境に配慮し、大型土のうは生分解性の製品を使用し、中詰め土砂は大沢扇状地の堆積土砂を利用した。

③コンクリート打設

使用するコンクリートは、打設面の均しや締め固め、打設面処理(レイトンス除去)の不要な高流動コンクリートを使用し、バケット打設することとした(写真—4)。岩盤清掃と同様に、バケットの開閉をヘリコプター上で行った。

また、ヘリコプター施工のため大型土のう間に隙間が生じるため、コンクリートが流出することが懸念されたが、施工中の確認により20 cm 以下の隙間であれば型枠外へ流出しないことが確認できた。

打設面に溜まった土砂は、岩盤清掃と同様に流水により排除することが可能であった(写真—5)。

④水抜き穴設置

水抜き穴設置については、設置位置におけるコルゲートフリユームの組み立て・設置を無人化する必要があった。また、ヘリコプター輸送時の横荷重による破壊を防止する必要もあった。そこで設置位置下流に



写真—4 高流動コンクリートをバケット打設している状況



写真—5 打設面を流水で清掃している状況

ある安全な施工ヤードで所定の長さのC型鋼による補強での組み立てを行い、施工ヤードから設置位置まではヘリコプターにより運搬した。しかし、ヘリコプター特有のダウンウォッシュにより、コルゲートフリユームが回転し、正確な位置への施工及びそのために要する時間の点で問題があった。これはコルゲートフリユームの形状が下向きの「コ」の字で重量も軽いためであると推察されたため、その対策として底盤に鉄板を貼ることで運搬中の安定を図った。これによりダウンウォッシュ対策と合わせて重量も増したため、安定した運搬が可能となった。

更に、コルゲートフリユームを型枠内に設置することが難しかったため、横工断面外へのはみ出しは許容することとした。設置にあたっては、大型土のうを片



写真一六 コルゲートフリュームを設置している状況

側から一方方向で並べ、途中の水抜き口設置位置でコルゲートフリュームの両端を大型土のうに沿わせるように設置し、続きの大型土のうはコルゲートフリュームから並べ始めるようにした(写真一六)。この方法により所定位置に確実に設置できることを確認した。

⑤横工天端の摩耗対策について

横工天端の摩耗対策として、天端をコンクリート保護材で覆うこととした。コンクリート保護材(1m×2m)は通常生コン打設前に設置するが、本工事では生コン打設直後に設置することとした。予め、6枚ひと組で結束したコンクリート保護材をヘリコプター施工した。大型土のう同様に設置時の隙間を、20cmまで許容することとした。

(3) 狭隘な箇所におけるヘリコプター施工のための課題と対応

スクリーン層や横工の施工を行うにあたり、岸部の斜面が切り立った長大な崖の場合、通常の吊り長さ(20m)での施工が出来ない。そこで、そのような場所で施工する可能性を踏まえて50mの長吊りによる施工実験を行った。この結果、50mの長吊りによる据付も可能であった。ただし、時間帯によってヘリ位置に太陽光が当たり設置場所が陰となり施工位置が見えなくなることや風の影響が大きくなるため、通常の場合と比較すると作業時間が長くなることが判明した。

5. 出来型管理

本工事は公共土木工事であることから、出来形管理を行う必要がある。通常、出来形管理は構造物を直接計測し形状を確認するが、無人化のため簡易レーザープロファイラによる間接的な計測を試みた。工事で使用しているヘリコプターに簡易なレーザープロファイラ機器をつり下げ計測した結果と現地測量との比較を行い、測定誤差が5mm以下であることを確認した。これにより簡易レーザープロファイラ測量による出来形管理が可能であることを確認した。

6. おわりに

土木構造物は人力併用機械施工で構築している。しかし、現場に作業員が入れない危険な箇所にも構造物を設置しなければならない状況が生まれてきている。その一つが今回紹介した富士山大沢崩れにおける対策工事である。

無人化施工は、人間が入れない箇所での施工にロボット等の建設機械を無線等により遠隔操作し構築する方法を指す。しかし報告した事例は、運搬機械として使用していたヘリコプターの能力を踏まえ使用材料の形状や施行方法を工夫した取り組みである。

ヘリコプター施工を行うに当たり課題は施工費が非常に大きいことであり、目的物の重要性を踏まえた整理が必要となる。本工事を監督・工法検討する中、この工法の有効性や機動性が一番よく発揮される現場は、災害発生後の緊急対策が必要な現場ではないかと考える。緊急時には躊躇せずヘリコプターの能力を最大限に引き出す方法を発注者・施工業者・ヘリコプター運行者、さらには現場の最前線で働く親方やヘリコプターのパイロットと話し合うことで大きく道は開けていくものと確信している。

最後に、施工を行った(株)大旺新洋、中日本航空(株)及び関係各位に対しお礼を申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

岩本 年正(いわもと としまさ)
 (前)国土交通省 富士砂防事務所 建設監督官
 (現)国土交通省 静岡河川事務所 建設専門官

