

中部ミニフォーラム優秀論文



富士山富士宮口の 落石発生源の状況

静岡県 佐野貴洋
静岡県 飯田 温
静岡県富士土木事務所 西谷 誠
富士設計株式会社 本多美仁
▶ 応用地質株式会社 岡野 肇
応用地質株式会社 本多 豊
応用地質株式会社 増田三男
▶ 発表者

1. はじめに

平成21年7月13日、午後8時頃、富士山富士宮口新5合目駐車場において落石災害が発生した。落石は、5合目駐車場背後の落石防護柵を突き破り、駐車してあった乗用車を貫通し、死者1名の災害を引き起こした。落石の体積は約0.42m³、重量は約1,000kgであった。

落石発生箇所は標高2,400m～2,800mの富士山南麓斜面であり、再度の落石災害を防止するため、落石発生源を特定し対策の有無を判定する必要がある。

本報告では、今回の落石の発生源周辺の地形地質的特徴を整理し、落石発生の地質的素因と今後の落石発生の可能性についての調査結果を報告する。

2. 調査地の地形地質概要

富士山は静岡県と山梨県の県境に跨って位置する玄武岩質の成層火山であり、緩やかな斜面と放射状に広がる広大な裾野によって特徴づけられている。

富士山は、活発な噴火活動を繰り返した結果、溶岩と火山礫、スコリア質の火山灰が幾重にも積み重なった成層火山であり、1707年の宝永火口からの爆発的な噴火以降は噴火活動を休止している。

また、富士山は活発な活火山であると同時に土砂災害の発生源としても知られている。なかでも、大沢崩れは、周囲を急崖で取り込まれた大規模な崩壊地であり、下流域で土砂災害を度々引き起こしてきた。

今回、落石の発生した斜面は、富士山(山頂標高3,776m)の南側斜面に位置している(図-1参照)。斜面の標高は、落石の到達地点である富士山スカイライン新5合目駐車場で2,378mであり、落石の発生箇所で2,790mである。

また、斜面の傾斜は比較的ゆるやかであり、新5合目駐車場に近い斜面では20°程度、落石発生源付近の斜面では30°程度である。

詳細な地形を判読すると、新5合目駐車場から富士山頂上へ向かう方向にガリ状の細長い沢地形が分布することが読み取れる(図-2参照)。富士山の斜面には同様のガリ

状の沢地形が多数発達しており、山体を放射状に取り巻いている。本斜面に発達するものは新5合目駐車場から、斜面上方へ北北西から真北へ延びている。

この沢地形の幅は下方斜面では100m程度であり、上方斜面では50m程度となっており、両側に比高10～15mの急崖が発達する。沢地形の上端は標高2,850mに位置し、細長い馬蹄形の崖を形成している。沢地形の上端から新5合目駐車場までの水平距離は約1,000m、標高差は約400mである。このガリ状地形は、新5合目のレストハウスより下方では不明瞭となっている。

沢地形の両側の崖は、溶岩露頭から構成されており、約15～20mの落差がある。また、沢地形の底部は径1cm～5cmのスコリアが厚く堆積している。



図-1 調査地周辺の位置図

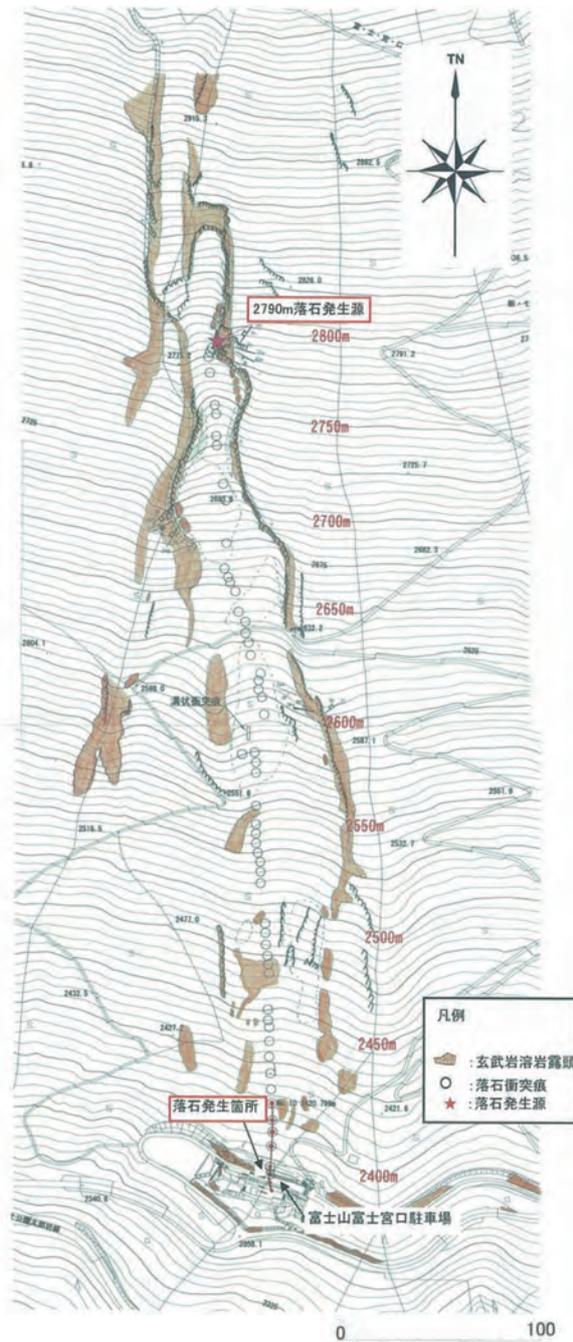


図-2 富士宮口新5合目駐車場周辺の地形

3. 落石経路の調査

落石の発生した時期は、登山客が多い時期に相当していたため、再度の落石による被害の拡大を防止するため、早期に落石発生源を特定し、再度の落石発生の有無を判断することを目的に地質踏査を実施した。地質踏査は、落石発生の2日後に実施した。踏査においては、落石の痕跡を見落とさないようにするため、地質技術者4名を5～10m間隔で横一列に配置し、落石の痕跡を斜面上方へ追跡する方法で実施した。踏査は、落石被災箇所の標高2,378mの富士山富士宮口駐車場背後の上方斜面から始め、落石発生源を特定するまで続けた。

(1) 落石防護柵の破損状況

落石により破損した落石防護柵は富士山富士宮口駐車場の背後にあり、標高2,378mの駐車場およびレストハウスを落石から防止するために施工されていた。落石防護柵の吸収エネルギーは52kJ/mであり、今回発生した落石エネルギーに対して非常に小さなものであったため、落石防護柵の末端支柱の中間支柱は落石の衝撃によりねじられ、下方へ50cm程度倒れこんでいた(写真-1参照)。



写真-1 破損した落石防護柵を斜面上方より撮影

(2) 落石防護柵直近の痕跡

標高2,378mの富士山富士宮口駐車場周辺は森林限界付近に位置し、カラマツ、ミヤマナギ、タカネニガナ等の高山植物が繁茂している。落石被災箇所の富士山南東斜面には1707年の宝永噴火により噴出されたスコリア堆積物の上を高山植物が覆っている。今回の落石により、これらの高山植物の枝がへし折られたり、押し潰された衝突痕が認められた(写真-2参照)。衝突痕の間隔は水平方向に約20m程度あり、折れた枝の位置から落石は地面より2m程度の高さを跳躍しながら落下していったことが明らかとなった。



写真-2 標高2,400mの高さ2mの枝の折れた跡

(3) 落石の衝突痕

斜面の大部分を構成するスコリア堆積物は先述した宝永噴火により噴出されたものであり、新5合目駐車場裏の落石防護柵の上方を厚く広く覆っている。スコリア堆積物は粒径1cm～10cmの空隙の多い玄武岩質のスコリアを主体とし、少量の玄武岩質溶岩の岩片を含む。植生はまばらなため、落石の衝突痕は、このスコリア堆積物上に残存している可能性が高いことが予想された。

踏査の結果、スコリア堆積物上に残された落石の衝突痕の形状は、斜面上方に要のある扇形の形状をなし(写真-3参照)、平均的な大きさは、長さ2m、幅2m、深さ0.3mであることがわかった。また、斜面に点在する玄武岩溶岩の露頭の表面やスコリア堆積物上に点在する長径50～60cm程度の転石にも落石の衝突痕が残されていた。露岩や転石表面には衝突により細かく砕けた跡が白い粉末状となって認められた(写真-4)。

なお、落石の衝突痕の間隔は、水平距離にして約20mあり、最大は約50mであった。



写真-3 標高 2,510m のスコリア堆積物上の衝突痕



写真-4 標高 2,500m 付近の転石表面の衝突痕

(4) 落石衝突痕の経路

図-3に地質踏査で明らかになった今回の落石の衝突痕の経路を示す。標高2,790mの落石発生源から、被災箇所の新5合目駐車場まで、水平距離約1,000m、標高差約

400mの斜面上を落下してきたことがうかがえる。落石は、標高2,790mから2,675mまではS5°Eへ、標高2,675mから2,625mまではS10°Eへ向きを変えている。この区間では沢地形の底部に沿って落石が転がっていったことを示している。落石は標高2,550m周辺から向きを変え、落石箇所まではほぼS向きへ転がっている。落石は沢地形の右岸側の尾根を掠めるように落下しており、所々で露岩上にも痕跡を残している。標高2,470mの露岩上の衝突痕から2,450mの区間の衝突痕の間隔は前後の衝突痕の間隔約20mに対し、50mと大きく、露岩との衝突により、落石の跳躍距離が大きくなったことが推定される。

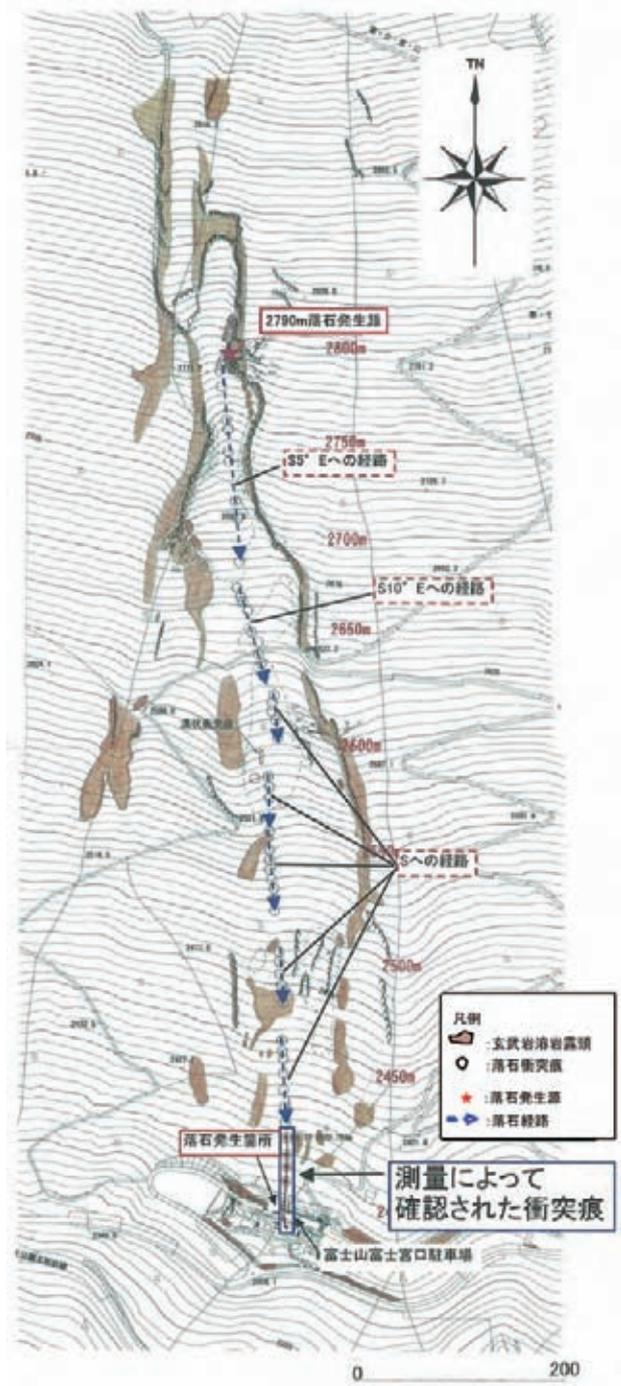


図-3 落石衝突痕の経路平面図

(5) 落石発生源

スコリア堆積物の表層に認められた落石の衝突痕は標高2,790m付近で斜面上方に連続しなくなり、側方のガリ状地形の左岸側に露岩上の傷痕として連続する。この傷痕の延長上に岩塊が抜け落ちたような玄武岩溶岩の露岩が認められ、落石の大きさとほぼ同じ規模であることから、この位置を落石の発生源と特定した(写真-5参照)。発生源は、沢中心からの比高15mにある高さ約2mの崖地形上端部に位置し、厚さ約1mの玄武岩溶岩流の岩石露頭からなる。露頭は厚さ60cmの灰色塊状溶岩の上下に厚さ20cm程度の赤褐色のクリンカーが発達する溶岩流のユニットからなり、層理面(灰色溶岩とクリンカーの境界面)は斜面の傾斜と平行に下方へ20°～30°で傾斜している。また、溶岩の層理面と直交する方向に約1mの間隔で節理面が発達している。節理面は所々開口し、多数の岩塊が露頭から剥落して、崖下に堆積していた。

なお、落石発生源周辺では、広範囲に露岩からなる崖が露出しているのが確認された。その中には多くの不安定岩塊が認められた。崖下にも多量の転石群が認められたが、下半分がスコリア堆積物に埋もれた形で静止していた。そのため、落石が発生するとしても、今回のように駐車場まで到達する可能性は小さいと考えられる。

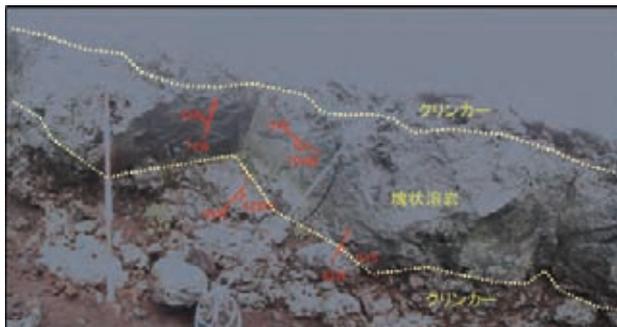


写真-5 落石発生源の状況

(6) 落石発生の地質的素因

落石発生源周辺には不安定岩塊を含む溶岩からなる岩石露頭が分布している。落石発生源の地質的素因を把握するため、崖に露出する岩石の観察を行った。



崖に露出する岩石は、発生源周辺では、1ユニットの溶岩の厚さが1m前後の溶岩流である。溶岩の上・下面にはクリンカーを伴い、クリンカーに挟まれた部分は塊状・硬質であるが、発泡しており空隙が多い。割れ目は、溶岩の層理面に直交する方向のものがおおむね1m間隔に見られる。また、崖面にほぼ平行な割れ目も見られた。このような割れ目により、1m角程度の大きさと分離した岩塊が崖下に多量に堆積していた。これらの観察結果から、急崖に発達する溶岩の層理面、層理面に直交する割れ目、崖面に平行な割れ目が落石発生の素因となっていると考えられる。

4. まとめ

落石発生後2日目に実施した調査により、落石箇所から落石発生源まで落石衝突痕を追跡し、発生源を特定することができた。落石衝突痕は平均して約20m間隔で分布しており、発生源までほぼ途切れなく連続していることが明らかとなった。

落石発生源周辺には不安定岩塊が分布しており、溶岩の層理面、層理面に直交する割れ目、崖面に平行な割れ目の3つの分離面が落石発生の地質的素因となっている。

落石発生源周辺では、多くの不安定岩塊が認められ、崖下にも多量の転石群が認められたが、下半分がスコリア堆積物に埋もれた形で静止しており、今回のように駐車場まで到達する可能性は小さいと考えられる。

今回の落石発生斜面は、新しい火山噴出物に覆われていたこと、標高2,400mから2,800mの高標高部に位置しており、一部の高山植物しか繁茂していないという特殊な斜面環境下であり、通常の斜面と比較して、落石の痕跡が保存されやすい状況にあった。しかし、富士山の気象条件から、時間の経過とともに、痕跡が消失されることが予想されたため、落石発生2日後という早い時期に調査を実施した。これらの条件により、落石発生源の特定につながったことと思われる。

《引用・参考文献》

- 1) 佐野貴洋・飯田 温・本多美仁・岡野 肇・本多 豊 (2010) 富士山の大规模斜面における落石調査例. 第19調査・設計・施工技術報告会発表論文集, pp.56～63.

水深80mのダム湖内での 地質調査手法について

▶ 株式会社ダイヤコンサルタント中部支社 小野 薫
株式会社ダイヤコンサルタント中部支社 米田茂夫
▶ 発表者

1. はじめに

ダム湖内の堆砂状況を知るうえで地質調査は重要な調査手法であるが、水深80mにも及ぶ水上での調査は過去にほとんど例をみない。

本発表では、竣工から50年以上経過したダム湖において、堆積土砂の分布状況を把握するために実施した水深80mにも及ぶ水上ボーリングで、特に苦労した作業台船の曳航や固定、掘進時の工夫等について報告する。

2. 調査の目的

ダム湖の堆砂は様々な影響因子によるが、出水のたびに大量の土砂が搬送され、貯水池に堆砂する。搬送された土砂は粒度により分級（河床近傍を移動する土砂⇒掃流砂、河床から離れた細かい土砂⇒浮遊砂）され表-1のように区分される。

表-1 ダム貯水池の堆砂タイプ

堆砂タイプ	堆砂タイプの形状	特徴
I型		掃流砂、浮遊砂とも相当量流入。流域にかなりの崩壊地が存在し、土砂生産が活発。
II型		流入土砂のほとんどが微細な浮遊砂。上流に大貯水池がある場合や貯水池上流に緩勾配区間がある場合。
III型		浮遊砂の供給源の少ない流域で堆砂の初期段階にみられる。
IV型		小規模貯水池でダム付近まで著しく土砂が堆積している場合。

当該地では流域の高度や起伏量が大きいこと、貯水池の規模が大きいこと、竣工からある程度時間が経過していることから、表-1のうち「I型」に属し、ダムサイト付近の水深が非常に深くなっている。

本地質調査は、ダムサイト付近の堆積土砂の分布状況や土質、粒度等を把握することを目的として実施した。

3. 作業足場の選定

(1) 水上ボーリングにおける作業足場の種類

一般に水上ボーリングにおける作業足場は、図-1のように整理される。固定式足場や接地式足場は、対応する水

深がおおむね数m～20mであり、水深80mにも達する今回の調査地においては適応できない足場である。このため本調査では唯一適用できる浮上式足場を用いた。

(2) 作業足場の選定

作業足場は、フロート式足場を選定した。実際は、「スパッド台船」のステージを作業ステージとして改良した。

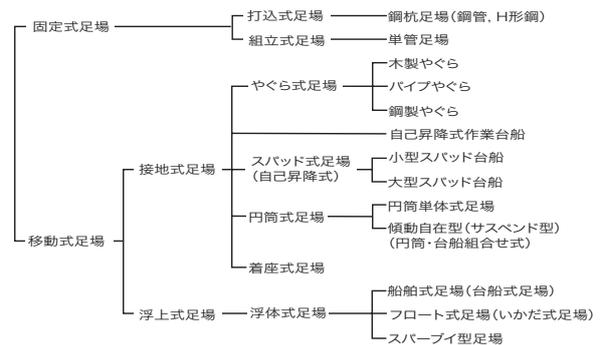


図-1 水上ボーリング足場の主な形式

4. 調査手法の紹介

(1) 調査地の施工条件等

調査地の施工条件や施工上の問題点は、次のようなものが挙げられる。

- ① 調査位置を元河床の最深部付近に設定する。
- ② 河川増水により放流を行った場合の対策を講じる必要がある。
- ③ 台船の航路に流木や網場などの障害物がある。
- ④ 水の流れはほとんどなく、潮流や波浪などの影響は受けない。
- ⑤ 揚水発電により1.5m程度の水位変動が生じるため、水位変動に追従できる構造にする必要がある。

(2) 調査位置の選定

調査位置は深度方向に対して、元河床の最深部付近に設定する必要があるため、距離標毎に示される横断図から元河床の最深部を推定した。また、水平方向に対しては、ナローマルチビーム測深(以下、NMB測深)により水面下

の湖底地形を測定した。

NMB 測深の結果を考慮し、堆積土砂の堆積環境が把握できるような代表地点を選定するように調査位置の検討を行った。

なお、調査位置の選定にあたりダム管理者から制限が設けられた。代表的なものは次のとおりである。

- ① 出水時に水流の影響を受ける可能性があるため、河川の流れの主方向には設置しないこと（ここでいう「河川の流れの主方向」とは放流ゲートが開いた際の流れが強くなる側をいう）。
- ② 放流時に水流により放流ゲートに引き込まれることが懸念されるため、設置するフロート台船はダムサイトから100m以上離隔をとること。

以上のような選定条件を踏まえ、調査位置を選定した。

(3) 改良したフロート台船の特徴

フロート台船の特徴は、次のとおりである。

- ① アンカーは、図-2に示すように水位変動に追従できるようにワイヤーとチェーンの二段構造とした。作業時には緊張させ、休工時にはチェーン部分を湖底に自重により沈む構造とし、水位変動に追従できるように改良した。

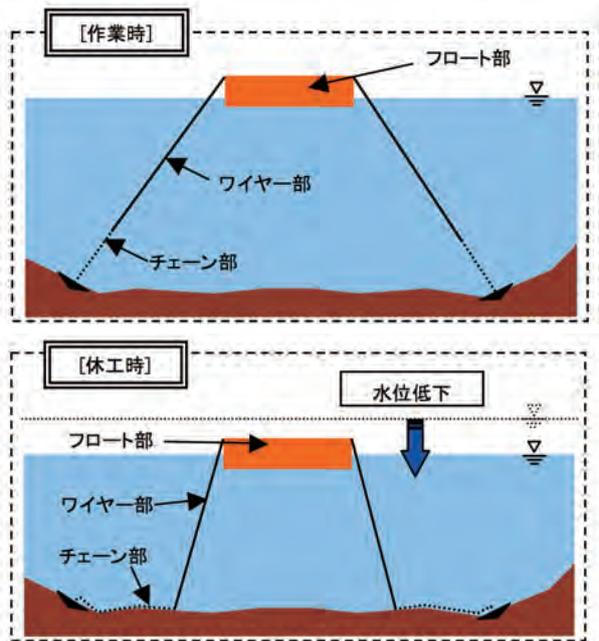


図-2 アンカーの改良概念図

- ② ガイド管は台船に溶接接合し、台船から50m程度ぶら下げた。地盤に建て込まないことで水位低下した場合でも座屈などの影響は回避でき、溶接接合することで掘進中の振動等により、ガイド管が落下することを防止する役割を果たした。
- ③ ケーシングは、図-3に示すように必要数地盤に挿入するが、ケーシングバンドなどで固定せず、フリーな状態を保持した。水位低下すれば、翌朝にはケーシングがステージよりも突出するためケーシングを切る作業を行う。このように日々の水位変動に対して継ぎ足しを行い調整した。

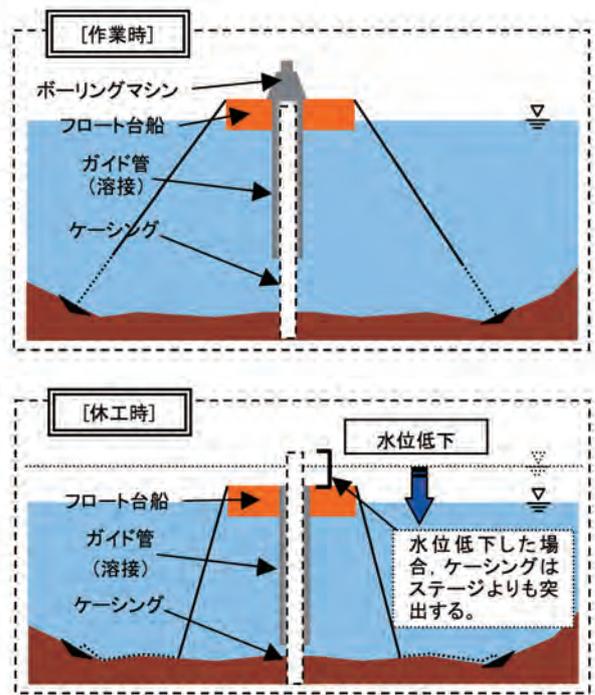


図-3 ガイド管・ケーシングの作業概念図

- ④ 通常、スパッド台船の作業ステージは、水面と縁切りした形となるため、開口部も十分に利用することができる。しかし、今回の場合では作業ステージは水面と接しているため、利用できない状態であった。このため、開口部に台座を設置し、1.5mのクリアランスを設け、作業の効率化を図った。

(4) 現場作業中の苦労点

現場は狭隘な谷地形であり、強風による作業休止・中断を余儀なくされることが多かった。フロート台船には吹流しを設置し、常に風の状態を把握できるように努めた。アンカーにより、ある程度フロート台船を固定できたものの、安全かつ確実に掘進するためには風の影響を無視することはできなかった。

5. おわりに

フロート台船に施した改良により、日々の水位変動に対応することはもちろんであるが、風や水流などの外力によりフロート台船が受ける水平方向の挙動に対してもある程度許容できることが判った。ただし、強風時には安全性を考慮し、作業の休止または中断をせざるをえないことも判った。

当初設計数量は100mであったが、湖底面より37mで元河床に達し、掘止めとなった。この調査手法で100mまで到達できるか実証することはできなかったが、湖底面から40m程度の掘進が可能であることが確認できた。

また、この業務の現場責任者として、無事故・無災害で現場を終えることができたことに対し、関係各位に感謝するとともに、この貴重な経験を今後、様々な業務に活かしていきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 財団法人ダム技術センター：多目的ダムの建設, H17.6
- 2) 全国地質調査業協会連合会編：ボーリングポケットブック, pp.172, 2003.8