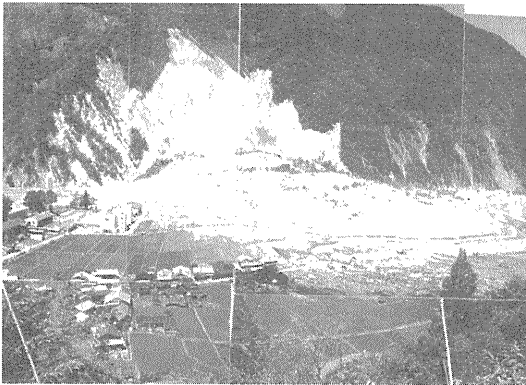


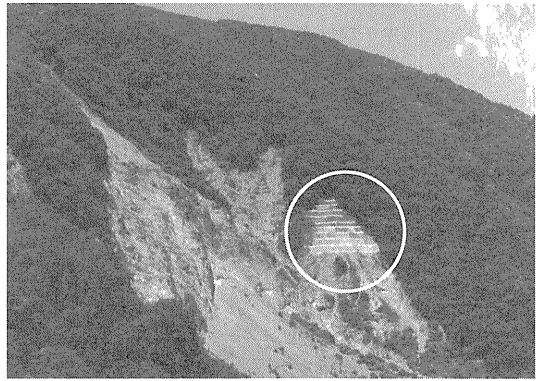
写真一 崩壊前



写真三 大西山の全景



写真二 崩壊直後



写真四 施工済み箇所

石の到達に1分を要していないということであった。この土石の速度は1,000 m/分にも達するのである（これでは普通の生活をする人は避難できない）。崩壊によって瞬時にせき止められた小渋川は、一時的にダムと化し上流家屋を浸水させた。その20分後、右岸側より溢れた濁流が崩落土を再び流し始め激しく決壊した。

（2）復旧事業の経過

昭和36年に崩壊した斜面は徐々に上部へ荒廃が進み、急峻な溪谷に沿って、著しく崖化が進んでいる（写真三参照）。

復旧治山事業は、昭和61年から林野庁直轄事業として実施され、大崩壊斜面北側の荒廃斜面に対して工事が進められてきた。工事の概要は法面の荒廃防止の山腹工であり、鋼製枠土留め工、コンクリート土留め工、練ブロック積み等により地表面の崩壊を抑止し、植栽工、施肥工により崩壊の抑制を目的としたものである。

工事施工済み箇所の緑化、植栽は崖の進化を抑制し、落石発生源を被覆して着実に効果を上げている（写真四参照）。

（3）平成10年度工事中の死亡事故

平成8年度から、大崩壊地北側の最上部の山腹工に着手した。この場所は、大崩壊後に崖化が進んだ部分で、その頂上部（初期の崩壊）よりさらに150 m高い位置となり、最下部の小渋川からは高低差600 mとなる。法面の整形は安全帯を着用しての人力作業で、発破を併用して行われた。法面の勾配は70度から50度の急峻な場所での作業であった。

平成10年8月、法面の整形作業中に崩壊（約150 m³）が発生し、作業員1人が巻き込まれた。この作業員は、崩壊土石とともに約300 m落下し、救助活動の末翌日に遺体で収容された。この死亡事故により工事は一時中止となった。

地元の労働基準監督署は、事故の重大性を考慮

し、工事再開のための条件として、崩壊面への立入禁止（何時法面が崩壊してもおかしくないとの理由）が提示される結果となった。

3. 工事を再開する前に苦労したこと

崩壊面立入禁止の条件は、これまでの施工方法を根底から変更するものである。工事の継続と作業の安全を両立させる全く別の方法を示唆しているため、いろいろな課題を解決しなければならなかった。

（1）工事再開に向けた施工方法の検討

前述の条件を考慮し、工事の目的（復旧治山事業）を達成するための施工計画を立案した。

斜面に立入らず工事を行う方法は、遠隔制御による無人化施工しか考えられない。一方、急峻かつ不安定な斜面工事で、本当に機械施工が可能であるか判断に迷ったのも事実である。最終的には、雲仙・普賢岳の無人化施工を担当している関係者を招き、現場確認と協議を経て実施可能であると判断した。

（2）建設用機械の搬入方法の検討

過去の工事は人力作業が主体であり、工事資材の搬入路は設置されていない。しかし、建設用機

械を用いるとなれば何らかの方法を検討しなければならない。

搬入路を新設することは膨大な費用が必要となり考えられない。可能な方法は、ヘリコプターによる空輸か索道タイプの設備のいずれかである。索道設備は、現場条件（高低差 650 m、水平距離 1,100 m、斜度 30.6°、中間支柱なし）では上下部のタワー、アンカー等は極めて大規模になる。またその資材搬入も空輸に頼らざるを得ない。費用面から大型資機材は直接空輸することとした。

また、建設機械は分解して搬入することになるので、上部に組立てヤードの造成が必要となる。

（3）正確な地形図が必要となった

無人化機械施工となると、作業方法は上部からの切り取りとなる。この方法は、一度機械を設置して工事を開始すると、人力施工のように簡単に変更は出来ない。したがって、仮設備計画や将来の工事計画まで考慮した広範囲のしかも正確な地形図が必要となった（図-3 参照）。

測量は、崩壊斜面内への立入禁止条件を満足しつつ、地道に行わなければならなかった。上方の十分安全な場所から紐付きのボールを下ろし、それをターゲットとして2台のトランシットで同時に水平角と仰角を測定した。この作業の繰返しにより地形データを得ることができた。約 15,000

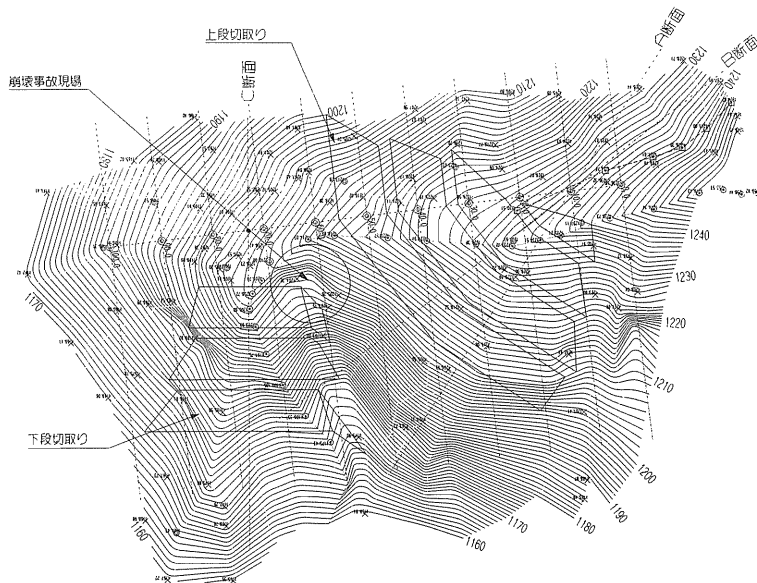


図-3 平面計画図

m²の地形図（縮尺1/200）を作成するのに要した時間は、約2ヵ月である。

（4）建設用機械の機種決定

復旧治山事業としての目的は、法面を切り取り緑化工を施して荒廃斜面を安定させることである。必要となる建設機械は法面の掘削を行う機械であり、ショベル系建設機械のバックホウが最も一般的な機種となる。

規格決定に当たっては、地山掘削時の条件（岩塊の大きさ）、作業条件、空輸時の分解重量があり、検討の結果0.45 m³級とした。この規格では、分解可能で無人化対応の機種が存在せず、新たに特注で購入することとなった（表—1 参照）。

表—1 無人化施工使用機材

名称	仕様	台数	無線方式	周波数
バックホウ	0.45 m ³ 級 (分解仕様)	1	特定省電力	429 MHz
車載カメラ	FKC 60	2	(有線)	
外視カメラ	STC 630	2	(有線)	
モニタ	21 インチ	5		

（5）斜面切り取り勾配の決定

工事施工位置の地質は、大崩壊を起こした「マイロナイト」と呼ばれる地層の上部に位置する斑状花崗岩と、珪質花崗岩およびホルンフェルスの強風化帯であり、部分的に土状化した部分が見受けられる。工事位置で行ったボーリング結果によると、RQDは10~30程度でその大部分が亀裂の多い軟岩と判断できる。

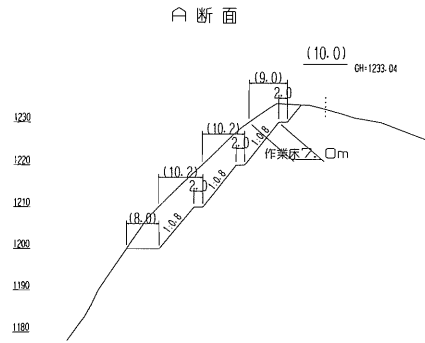
切り取り勾配の決定は、将来にわたって安定するものでなければならない。既往の土工指針、設計要領によってその概略値の範囲を参考にするとともに、以下の要素を検討要素に加えた。

① 周辺地山の勾配測定

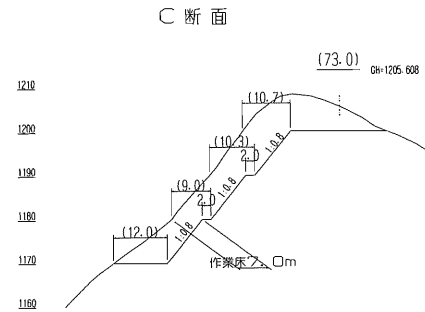
太い立木がある部分は当然ゆるい勾配であり、また崩壊も発生していない。切り取り部周辺の地山の測定から1:0.6~1:1.0程度で安定していることを確認した。

② 事業目的と工事の整合性

原則として目的は治山であり、著しく多量の切り取りが発生することは好ましくない。切り取り勾配を緩くすれば安全な方向に向かうことは確かだ



図—4 A断面計画図



図—5 C断面計画図

が、山全体を切り取ってしまうような勾配の設定は無意味である。

③ 機械施工

作業床の最低幅は、無人施工であることを考慮し、方向転換を含めた自由度の確保によって決定している。機械の幅は2.5 mで、その2倍で作業上の自由を確実にし、さらに2 mの路肩危険範囲（立入禁止域）を加えて7 mを作業床とした。

最終的に切り取り勾配は1:0.8と決定したが、その際、最も参考となったのは①の周辺地山の勾配測定である（図—4、図—5 参照）。

4. 工事の実施

（1）工事概要

- ・件名：大西山復旧治山工事（大型階段工）
- ・場所：長野県下伊那郡大鹿村大河原
- ・発注者：林野庁中部森林管理局
- ・工期：平成11年8月～平成13年1月
- ・工事数量：切り取り量 24,000 m³
法面保護工 3,200 m²

(2) 施工方法

工事は以下に示す流れで実施した。

第1ステップ 機械搬入ヤードの整地

崩壊面上部の樹木の繁殖地内より切取るため伐採を行い、人力により安全な場所に小さな平地を作る。ここへ小型の重機を空輸し、大型機械を組立て可能な作業ヤードを設ける（写真—5参照）。



第2ステップ 機械搬入・組立て

作業ヤードへ分割した機械を空輸する。組立ては単体で空輸したカニクレーン（3t）によって組立てる（写真—6、写真—7参照）。



第3ステップ 切取り（切下がり）

上方より下方に切取る。作業は遠隔操作によって無人化施工を実施、同時に法面整形も行方。硬い岩盤は、バックホウ装着のブレーカによって破碎する。遠隔操作室は、安全な場所に設置し、切取り作業の進捗に合わせて下方へ移動する（写真—8、写真—9参照）。



第4ステップ 法面保護工

整形された法面に、人力により植生工を布設し完了する（写真—10参照）。



写真—6 空輸作業

(3) 仮設備（モノレール）

資材運搬にはモノレールを敷設し、事業の進捗に合わせて斜面の上方へ延長してきた。現在の現場までの標高差 600 m を歩いて登ると、現地に着く頃には作業が出来なくなってしまう。作業員、小資材の運搬には、この設備を継続して使用している。延長 2,200 m、積載量 400 kg、所要時間 50 分である（写真—11参照）。

(4) 工事の安全対策

最も大切なことは、斜面崩壊を事前に予測し、人的被害を出さないことである。この判断にはボーリング孔を用いたひずみ計と、伸縮計を切取り面頂上部に設置し観測を行うこととした。



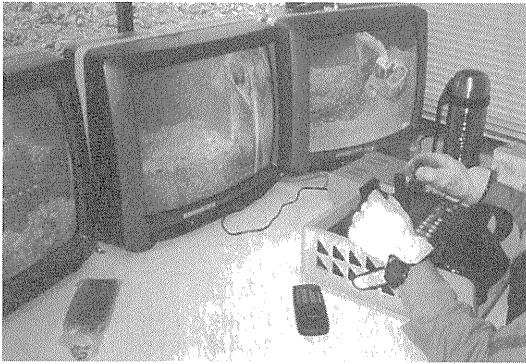
写真—7 組立て作業



写真—5 組立てヤード



写真—8 無人化機械作業状況



写真—9 遠隔操作（モニタシステム）



写真—10 法面保護工



写真—11 モノレール

また、降雨時には原則として作業は行わないこととし、24時間雨量が50mm以上の場合、翌日の作業を中止することとした。

5. 今後の課題

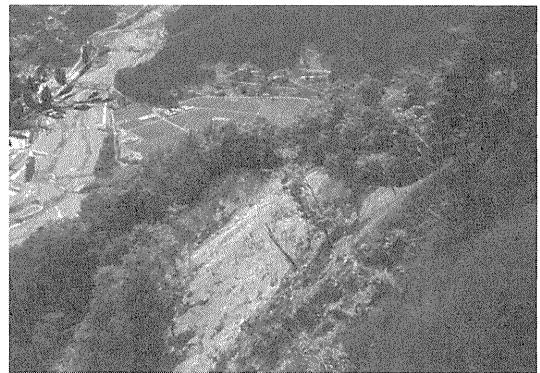
今回の工事では、崩壊面の荒廃の進行を抑止するため、最上部の法面安定に取組んできた。

上段切取りと緑化工を完了し、当初からの掘削

量は約18,000m³となった。今後は方向の変わる下段切取り（図—4参照）へと着手して行くこととなる。

下段切取りの斜面は大崩壊面の真上に位置し、対岸からは崩壊面の中に取り残された島のように見える。上段の切取りは、この下段の切取りを行うための前段階であると同時に、二度と切直しが行えない状況でもある。下段切取り斜面の側面は更に危険であり、1~2mのブロック状の岩が組重なっている状態で、何時崩れてもおかしくない状況を呈している。

切取られた土石を下方へ落すと、斜面が衝撃を受け崩壊を誘発する危険性がある。下方の切取り予定斜面が崩壊すれば、作業中の場所が危険にさらされるばかりでなく、作業床の確保が困難な状態になってしまう。筆者らは、この下段切取りに着手する前に、より広範囲の詳細な地形の確認と調査解析等を行い、安全対策を含めた今後の計画を確立することが必要であると考えている（写真—12、写真—13参照）。



写真—12 着工前



写真—13 切取り・4段目完了

施工済みの箇所は確実に崩土の減少に結びついており、その手法そのものの妥当性は十分に認められている。一方で、切取り完了斜面の監視、計測を継続するものの、法面勾配を理論的に決定した根拠は乏しい。このような急傾斜地形の中に存在する切取り法面の安定性評価は、通常の方法ではどうしても不安なイメージが残る。今後の工事を施工して行くうえで、同じような検討を実際に行ったり、何か知見が得られているようならばお教えいただきたい。

6. おわりに

大西山の斜面切取り工事で感じられることは、とにかく現場に入ることが怖い。これは、

- ① 稜線頂上部に位置し崩壊面を通して高低差 600 m が直視できてしまうこと、
 - ② 過去に大崩壊が発生したこと、
 - ③ 工事施工中に崩壊事故が起こったこと、
- に起因する。しかしそれだけではなく、中央構造線周辺特有の目開きの大きなクラックの存在や、ランダムに積上げられたような岩塊の不連続性に代表される脆弱な地盤の総体的感覚なのかもしれない。

今後は、安全対策を万全にし、二度と崩壊を発生させないよう努めなければならない。また、学識者や同種工事の経験者の意見を参考にし、工学的な評価や考察が可能なプロセスを大切にしたい

と考えている。

建設用ロボットの導入により危険な人力作業からは解放された。一方で山全体は、自然が持つ巨大なエネルギーによって作り出されたものである。前出の大西山崩壊でも述べた崩壊規模は、人間の考えるスケールと比較し次元を異にする場合があることも忘れてはならない事実である。

《参考文献》

- 1) 松島信幸；赤石山地大西山の大崩壊—伊那谷三六災で中央構造線マイロナイト帯の巨大崩壊
- 2) 建設省中部地方建設局天流川上流工事事務所—S 36.6 災害 大西山変貌写真集 (1984.11)
- 3) 昭和 36 年災害 20 周年記念行事実行委員会—語り継ぐ災害の記録 (1981.6)
- 4) 大鹿村誌編纂委員会—大鹿村誌 (下巻) (1984.1)

【筆者紹介】



牛山 博司 (うしやま ひろし)
株式会社トライネット
常務取締役
上村支店長



酒井 淳 (さかい じゅん)
株式会社トライネット
土木部
課長