

平成22年度

平成22年8月豪雨による一般国道229号 乙部町鳥山の斜面崩壊について

函館開発建設部 江差道路事務所 ○山中 昌也
渡辺 をさむ
工務課 畠山 賢一

平成22年8月の記録的豪雨によって、高さ約90mの急崖露岩斜面上部から流下した高含水の土砂が擁壁を飛越して現道に達し、通行止めを余儀なくされた。これまでの被災履歴では落石・崩壊、岩盤崩壊ともポケット内に収まり、現道への直接的な被害はなかったが、今回の崩壊土砂は現道を越え海側にまで到達するものであった。

本稿では、斜面崩壊に至った経緯、高含水の崩壊土砂が海岸に到達した現象の再現、対策工検討について報告する。

キーワード：防災、自然災害、災害復旧

1. まえがき

被災箇所は、檜山郡乙部町市街の北西約 1.5km 付近に位置する一般国道 229 号館の岬トンネル坑口起点側斜面である。本箇所は、軽石凝灰岩、凝灰岩および凝灰質砂岩などが整然と堆積した断崖状の景観をなし、「東洋のグランドキャニオン」とも呼ばれている景勝地である。しかしながら、岩質の脆さを反映して落石・崩壊、岩盤崩壊などの災害要因を有し、道路防災点検では「対策が必要」ないし「防災カルテ対応」と評価されている斜面でもある。また、本箇所は特殊通行規制区間（落石）に指定されている（図-1、写真-1）。



図-1 被災箇所位置図

本箇所においては、平成 22 年 8 月 11～12 日の記録的豪雨によって土砂崩壊が発生し、斜面を流下した高含水の土砂が土堤・擁壁を越えて現道に達した。これまでの被災履歴は、災害種としては「落石・崩壊」、「岩盤崩壊」であり、いずれも斜面と現道との間のポケット内に収まっており、現道への直接的な被害はなかった。しかし、今回の崩壊では、崩壊土砂（以降、土砂流）はポケットに収まらず、現道を越え海側の消波ブロックにまで到達した。そのため、今回の事象の再現と原因の究明を行うとともに、対策工の検討を行ったものである。

2. 地形・地質の概要

本区間は北海道南西部の渡島半島のほぼ中央西部に位置し、日本海側に面した標高30～100m程度の急崖斜面（海食崖）が館の岬付近より連続して認められ、その上方に海岸段丘の平坦面が見られる。



写真-1 被災箇所全景写真

本区間を構成している地質は、新第三紀中新世館層の軽石凝灰岩、凝灰岩および凝灰質砂岩を基盤とし、これを覆う第四紀の段丘堆積物、沖積層などで構成されている（図-2、3）。

Tr層およびTa1～Ta2層は“土砂状”を呈し、湧水が認められる。また、Ta3層は斜面勾配70°以上の急崖を形成し、層理および亀裂が発達している。層理および亀裂間隔はともに1.5～2.0m程度であり、落石や崩壊が発生する斜面部となっている。Ta4～Ta5層は軟質、塊状で、表面は剥離性に富んでいる。

また、現況の待ち受け工背面のポケット内には落石・崩土が多数認められる。

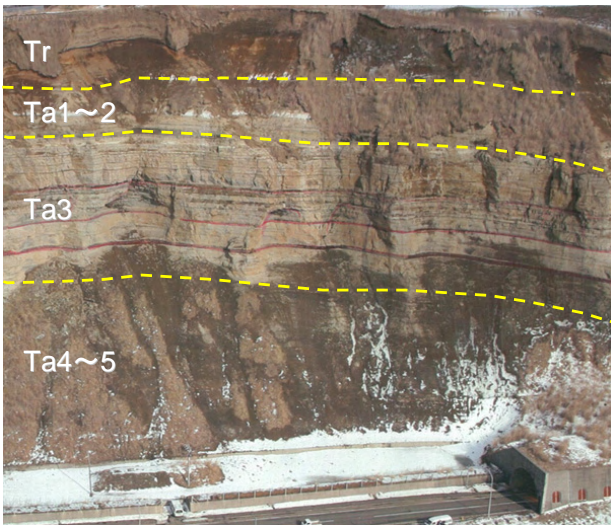


図-2 被災箇所地質状況

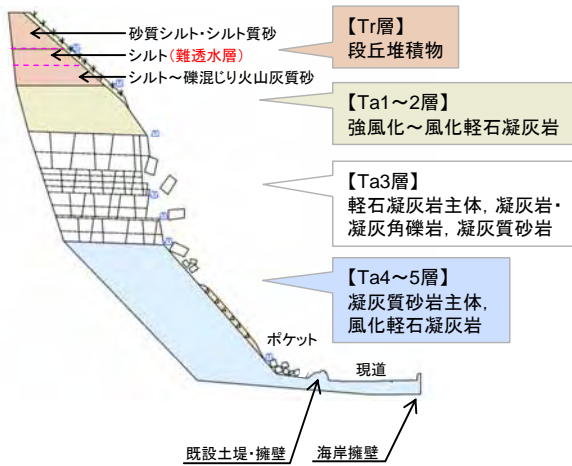


図-3 被災箇所の模式地質断面図

3. 斜面土砂崩壊の原因

(1) 地質状況

被災箇所の最上部に分布している段丘堆積物は、上位

から砂質シルト・シルト質砂、シルト、シルト～礫混じり火山灰質砂で構成されている。これらのうちシルト層は相対的に難透水性であり、降雨や周辺からの浸透水はこのシルト層の上面を流れやすい。また、これらの各層は横断方向では道路側へ、縦断的には終点側（トンネル側）に向かって傾斜しており、今回崩壊が発生した箇所付近に浸透水が集中しやすい地層構造を有していたといえる。本箇所を含む段丘堆積物が分布する斜面では表層崩壊跡が多数認められており、これらの地層分布に伴う水理機構が反映された結果であると考えられる。

(2) 被災時の降雨状況

平成22年8月11日から12日にかけて、道南から道東地方で記録的な豪雨が観測された。8月12日24時時点の48時間雨量を図-4に示す。本法面から約1km南東に位置しているテレメータ館浦では連続雨量211mmを記録したほか、約6km北に位置しているアメダス潮見では233mmの連続雨量を記録した（観測史上最大）。また、時間雨量で見ると、11日夜にテレメータ館浦では37mm、アメダス潮見で42.5mmを記録している。

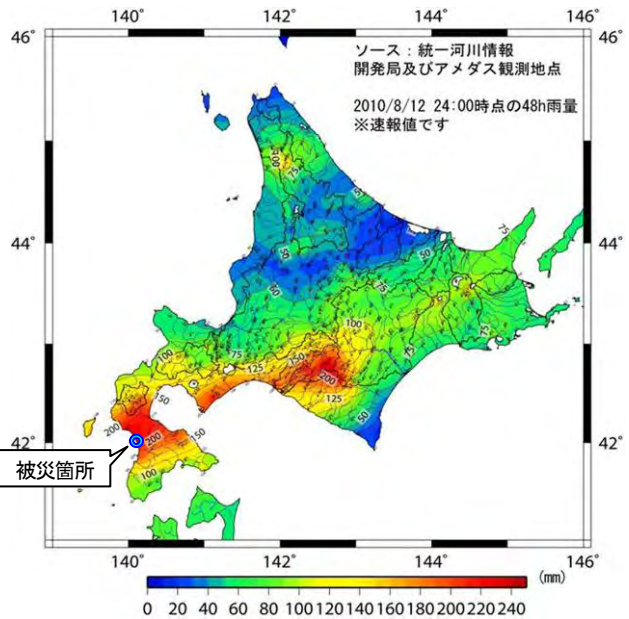


図-4 8月11～12日の48時間雨量分布図

『(独) 寒地土木研究所 寒地河川チーム』HPより

(3) 被災状況

この豪雨により、まず斜面最上部より小規模な土砂崩壊が発生し、今後さらなる土砂崩壊・落石の恐れがあったため、8月12日8時30分より全面通行止めを行った。その後大規模な泥水状の土砂崩壊が漸続的に続き、斜面を流下した土砂流の一部は、現況のポケットおよび落石防護擁壁を越流し、現道に達したうえ、海岸擁壁を越えて消波ブロックにまで到達した（写真-2、3）。崩壊土砂量は約1,000m³と想定され、応急復旧が完了した8月13日11時までの約26時間、全面通行止めを余儀なくされた。



写真-2 道路被災状況 (8月12日撮影)



写真-3 崩壊箇所から現道を望む (8月12日撮影)

(4) 崩壊原因

今回の崩壊は、以上述べてきた地層構造（水理構造）を素因とし、今回の記録的な豪雨による雨水や周辺からの浸透水が、透水性の悪いシルト層上を流れ、シルト層の上位に分布する砂質シルト・シルト質砂中の間隙水圧が上昇したことが直接的な誘因となって崩壊に至ったものの推定される（図-5, 6）。

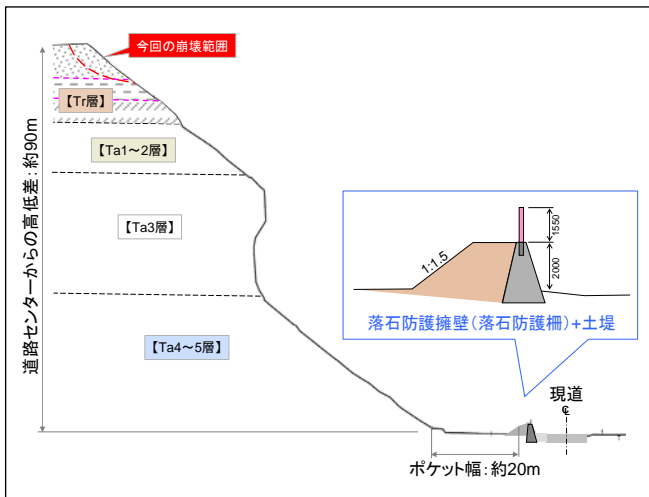


図-5 今回の崩壊範囲と既設対策工概略図

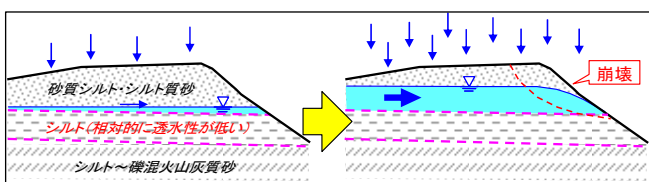


図-6 推定崩壊模式図

4. 対策方針

(1) 検討の流れ

今回の崩壊は、過去の被災履歴から想定されていた岩盤崩壊や落石よりも、高含水の土砂崩壊が主たる要因であった。このため、対策工の検討は図-7に示すように今回の崩壊形態を勘案して災害要因・規模を見直し、被災状況を数値解析による土砂崩壊シミュレーションにより再現することで解析手法の妥当性を確認し、道路が被災しないように検討を行った対策工で同一条件のシミュレーションを行い、被災しないことを確認することで対策工の規模を決定することとした。



図-7 対策検討フロー

(2) 土砂崩壊シミュレーション

一般的な落石シミュレーションに用いられる手法では、今回の崩壊形態を再現することが困難なため、本検討ではより高度な手法として、流体を取り扱うことが可能なSPH法を採用した。

SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法は、宇宙物理学における圧縮性流体解析手法として提案され、その分野では現在でも最も有力な解析手法とされている。SPH法は、流体解析のみならず、固体の衝撃解析、大変形解析、熱伝導解析など多くの分野への適応研究が進展

しつづける解析手法である。

本検討では、SPH法により土砂流の流下を再現する土砂崩壊シミュレーションを実施し、以下の2点を確認することとした。

- 実際に発生した崩壊状況を再現すること。
- 設定した対策工の規模（土堤高さや背面の勾配等）に対し、シミュレーションによって土砂流が現道に到達しないこと。

崩壊土量は、崩壊前と今回の崩壊後に実施された3次元空中写真測量の成果を基に、変化した地形形状の差分を取ることで、2次元の断面上で約40㎡と想定した（図-8）。

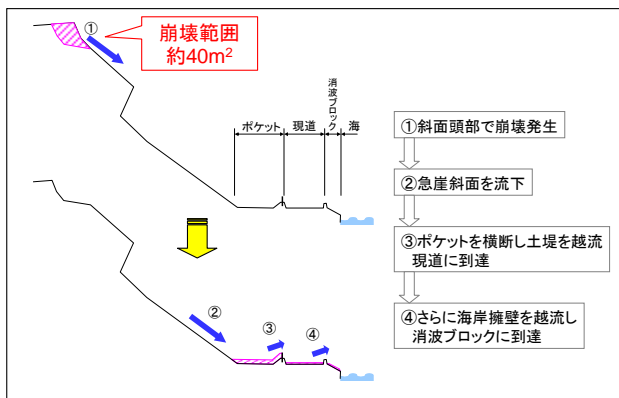


図-8 シミュレーションによって再現する崩壊イメージ

(3) 解析結果

シミュレーション結果から、現況の再現と必要な対策工の規模を確認した。

図-9には当時の崩壊状況の再現結果を示す。土砂流は現道にまで達し、海岸擁壁を越えて消波ブロックにまで達しているのが確認できる。

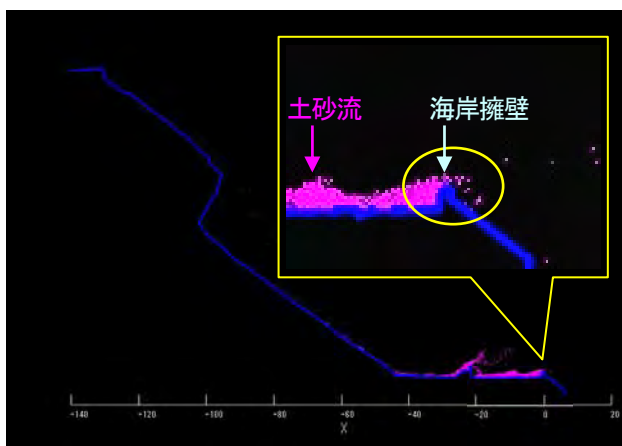


図-9 解析結果（崩壊の再現）

解析結果から、土砂流がどのように落石防護擁壁を越流しているかを分析する。図-10に示すとおり、解析から以下のことが明らかとなった。

- 擁壁を越えた土砂流のほとんどは、擁壁背面の土堤（1:1.5勾配）を駆け上がり、そのままH=1.5mの落石防護柵を飛び越えるようにして現道に達している。
- 土堤を駆け上がることで、斜め上方に跳躍した土砂流は落石防護柵の位置で最高約6.4m（ポケット底面からの高さ）に達している。

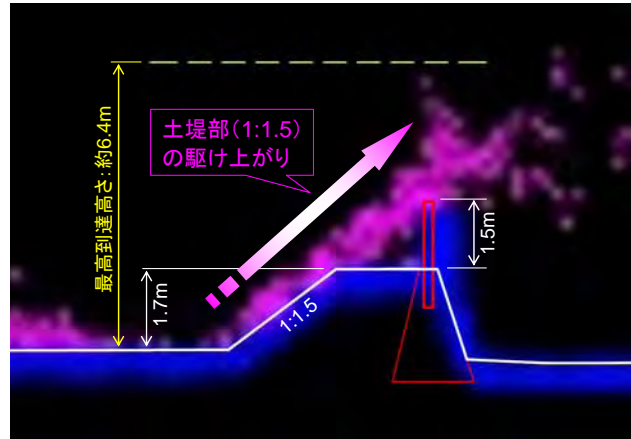


図-10 土砂流の越流状況

この結果を踏まえ、新たな対策工を検討するにあたり、以下の対策ポイントを設定した。

- 背面の急勾配化
土砂流にとって、勾配1:1.5は駆け上がりの条件となっていることが考えられるため、対策にあたっては背面勾配を急にする必要がある。なお、土堤は擁壁を防護するため、落石に対する緩衝効果を期待したものであり、土堤を撤去するのであれば、代替となる緩衝材が必要となる。
- ポケットとの高低差不足の解消
現況では明らかにポケットと擁壁部の高低差が不足していることが確認されたため、最高到達高さ（約6.4m）に対し、余裕を考慮して7.0mの高低差を設けることとする。

5. 対策工の検討

以上のような対策ポイントを考慮し、新たな対策工の形状を検討し、同様の条件を与えてシミュレーションを実施することで、土砂流にも耐えられる対策工を計画した。

なお、各工種における高さや勾配は、上記土砂崩壊シミュレーション結果から、現道を防護可能であると判断されたものとして設定した。

図-11に対策工の標準断面図を示すとともに、対策工種について以下に詳説する。

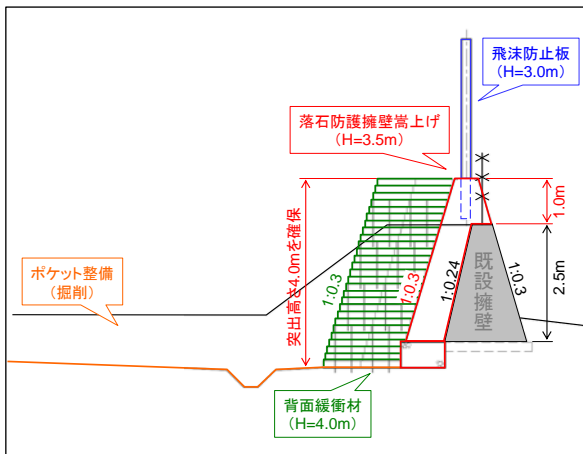


図-11 対策工標準断面図

(1) 背面緩衝材

現況では、落石防護擁壁背面は1:1.5の土堤構造となっている。土砂流はこの勾配を駆け上がって擁壁を越えたものと想定されたことから、本設計では、より急勾配の法面(1:0.3)を造成することが可能な背面緩衝材を採用し、擁壁背面に設置することとした(図-12)。

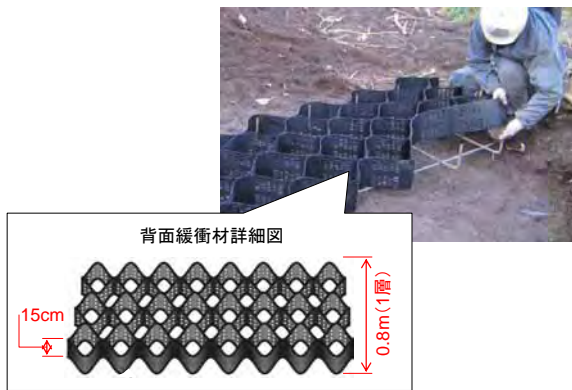


図-12 背面緩衝材

(2) 飛沫防止板

一般的な落石防護柵に設置される金網では、水を含んだ土砂流を防ぐことが困難であることから、当該箇所では無孔板による飛沫防止板を落石防護擁壁天端部に設置することとした。

土砂崩壊シミュレーションでは、ほとんどの土砂流が現況の落石防護柵(H=1.5m)を越える結果となった。前述の対策ポイントより、ポケット底面からの高低差を7.0m確保する必要があるが、土砂流の圧力を飛沫防止板で全て受け持つことは不可能であった。そのため、圧力計算結果より、飛沫防止板の高さはH=3.0mを限界とした。

(3) 落石防護擁壁

当該区間には背面に緩衝盛土を伴った落石防護擁壁(高さ:2.5m)が設置されているが、今回の崩壊では土砂流がこれを越えている。他の工種と合わせて7.0mの高

低差を必要とすることから、擁壁に対しては高さ1.0mの嵩上げを行うこととした。

(4) ポケット整備

当箇所では、当初より落石・崩壊、岩盤崩壊が想定されており、今回の被災を踏まえても、背面のクリアランスを有効に活用する待ち受け対策が最も効率的で経済的であり、大規模な切土を行わないことによって、景勝地の保全にも寄与できる。そこで、擁壁の突出高さ(背面ポケットとの高低差)を確保すること、想定される崩壊土量を堆積可能なポケット容量を確保することを目的として、ポケット整備(掘削)を行うこととした。なお、崩壊発生時には重機により土砂の搬出を行う必要があるため、維持管理のし易さに配慮し、ポケット内の排水は素堀側溝にて行うこととした。

以上の対策により、落石防護擁壁の嵩上げと背面クリアランス内の掘削によるポケット整備と併せ、擁壁天端までの突出高さを4.0mとし、飛沫防止板の高さ3.0mと合わせて7.0mの高低差を確保した。

(5) 対策工の効果確認

対策完了後を想定した状態でのシミュレーション結果を図-13に示す。背面勾配を立てたことにより、土砂流はより上方に跳ね上がるようになり、土砂流が現道に達するのを飛沫防止板によって防護していることが確認された。

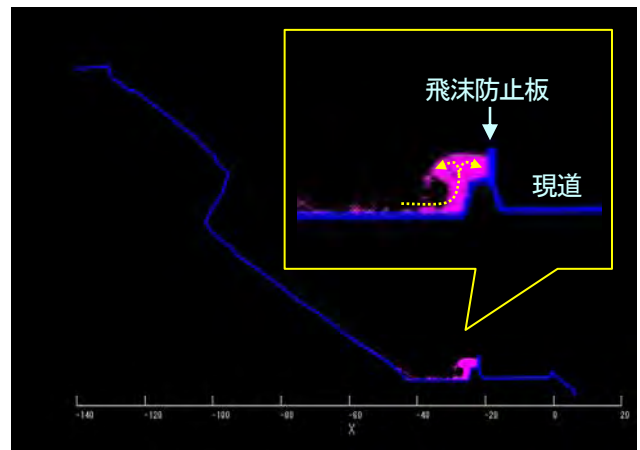


図-13 解析結果(対策完了後)

6. おわりに

今回の検討結果を元に、現在、現場において対策工を実施している最中である。

今後も、特殊通行規制区間を解除し、道路利用者が安心・安全に通行できる道路整備を目標に、重点的に防災対策の実施に取り組んでいく予定である。