

鉄道沿線における斜面崩壊事例と復旧工事

Slope Failures and Disaster Restoration Works along Railway

渡邊 康 夫 (わたなべ やすお)

東日本旅客鉄道㈱構造技術センター 課長

保野 聡 裕 (ほの よしひろ)

東日本旅客鉄道㈱新潟支社設備部工事課 課長

堀 込 順 一 (ほりごめ じゅんいち)

東日本旅客鉄道㈱設備部 課長

荻原 郁 男 (おぎわら いくお)

東日本旅客鉄道㈱長野支社設備部施設課 課長

1. はじめに

線状構造物で構成される鉄道の構造物において、盛土・切取りのような土構造物は膨大な数量に上る。JR東日本の鉄道営業キロは約7500 kmであり、その中の約75%が土構造物となっている。鉄道の構造物の設計は鉄道構造物等設計標準により行われており、土構造物に関しても性能照査型の設計の考え方を取り入れた基準体系に改定されたところであるが、既存の構造物については明治から大正にかけて建設された旧式の構造物も多く、定期的に点検・保守を行っているのが現状であり、いまだ降雨や地震により崩壊するケースが見られる。

本稿は、平成18年に降雨により崩壊した切取り斜面と切盛り斜面の被災事例と、その復旧工事の概要を報告する。

2. 羽越線小岩川・あつみ温泉間斜面崩壊災害

平成18年7月13日、山形県温泉町の西に位置する羽越線小岩川・あつみ温泉間において、線路脇の切取り斜面の崩壊が発生した。現場付近では7月1日から断続的に降雨があり、12日から13日までに連続雨量94 mm (アメダス) の降雨が観測されていた。

2.1 被害の概要

羽越線の新潟県と山形県の県境付近では鉄道と国道7号線が日本海に面した海岸線に沿って併走しており、当該箇所付近では写真-1に示すように、海岸線まで山が迫った地形となっており、山側を鉄道が、海側には国道が走っている。当該箇所では南東側から線路に斜交する方向に伸びた尾根の側面を切取りして鉄道を敷設しており、切取り斜面は張りコンクリートによる法面工 (昭和5年竣工) と起点方の一部に場所打ち格子枠工が施工されていた。当該箇所の主な地質は、中新世中期から後期にかけて貫入した玄武岩質の岩石となっている。

土砂の崩壊は、法面工上部の尾根に近い箇所から法尻に設置されていた既設土留め壁下部1 mを残して、延長約25 m間が崩壊した。崩壊の状況を写真-2に示す。土砂の一部は線路を越え、隣接する国道7号線まで流出し、国道も通行止めとなった。崩壊土砂は、線路上に高さ6~7 m、延長35 m程度にわたって堆積し、崩れた土量は約3000 m³と推定される。

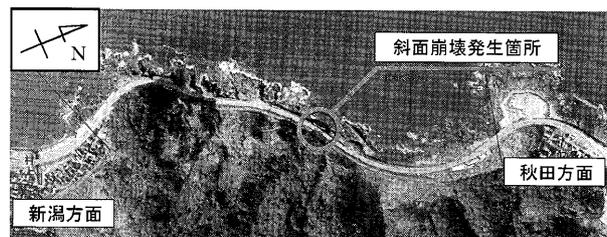


写真-1 羽越線崩壊箇所付近の地形概況



写真-2 羽越線斜面崩壊の状況

崩壊が発生した斜面では、平成18年6月5日の現場巡回の際に吹付け面および法枠工の一部にクラックが発生しているのを確認した。そのため、現地踏査および地質調査に基づき、応急対策としてコンクリート片の落下防止の目的でロックネットおよびロックボルトを施工するとともに、恒久対策を計画・立案していたが、着工前に崩壊が発生したものである。

今回の災害の発生原因は、張りコンクリート背面の地山の基岩が経年による風化作用によって土砂化したために土圧が張りコンクリート工に作用し、張りコンクリートに変状(新たな亀裂)が発生したこと、張りコンクリート工の上部には尾根部の斜面が存在しており、張りコンクリートの変状や過去の降雨等による潜在的な滑り線が発生していたことに加え、7月1日からの断続的な降雨により潜在的な滑り線が明瞭な滑り線に発達し、11日からの雨で一気に不安定化し崩壊に至ったものと考えられる。

2.2 復旧工法

今回の崩壊により発生した崩壊土は、線路を越えて併走している国道7号線まで流出し、国道も通行止めと

報 告

なった。発生直後の崩壊斜面の上面には、依然として不安定土砂が存在していたため、二次災害防止の観点から国道7号線と羽越線の間シートパイルによる道路防護柵を設置して国道の通行止めを解除した後に、鉄道側の復旧作業に取りかかった。

鉄道側の復旧工事は、羽越線を開通させるまでの仮復旧と、その後の恒久対策の2段階で実施した。仮復旧は、まず崩壊した斜面の上部に残った不安定土塊の除去と崩壊面の土砂の撤去を行うとともに、秋田方の既存の張りコンクリートを撤去することにより切り取り面全体の岩の状況を確認し、崩壊面については可能な限り風化部を撤去することとして、風化した基岩と比較的新鮮な境界面の勾配1:0.6を基準として法面を整形した。その後鉄道に対する二次災害防止の観点から羽越線側に土砂止め柵を設置するとともに、整形した法面にモルタル吹付けを行い、8月9日に羽越線の運転を再開した。法面の整形状況、および土砂止め柵の設置状況を写真-3に示す。

恒久対策は整形した地山の風化状況や追加で実施した地質調査の結果をもとに図-1のような対策を行った。崩壊面上部の切り取り法面は、切り取りの標準勾配である1:1.2の勾配に整形し、簡易格子枠工および植生工を実施した。崩壊面および秋田方の法面はロックボルト併用の吹付け枠工とし、風化の程度により、ロックボルトの配置を変更した。既設格子枠工が存置されている区間では、グラウンドアンカー併用の格子枠工により補強を行うとともに、新潟方の法面にも格子枠工を新設した。この仮復旧から本復旧するまでの期間中は、上部法面の変状や既設格子枠工の変状を監視するため、ワイヤ式伸縮計等により斜面の変動を計測管理している。

2.3 類似災害への対策

今回の災害事例は、法面工背面の基岩の土砂化により

既存張りコンクリート背面に土圧が作用し変状が進行したものと想定されている。そこで、切り取り法面の勾配が標準勾配より急な切り取り斜面で張りコンクリートを施工しており、張りコンクリートにひび割れや目違い等の変状が見られる箇所では、上部斜面の踏査やボーリング調査を実施することとし、基岩の風化が進行している箇所では法面工の補強のための対策工（ロックボルト等）を実施することとした。

3. 飯山線足滝・越後田中間土砂崩壊

平成18年10月9日、新潟県津南町の西に位置する飯山線足滝・越後田中間において、飯山線が信濃川の左岸を走行している切盛り構造の路盤崩壊が発生した。崩壊の状況を写真-4に示す。

3.1 被害の概要

当該箇所付近は、写真-5に示すように、信濃川により形成された河岸段丘地形となっており、段丘面には更新世中期～後期に堆積した風化火成岩である信濃川ローム層が堆積している。飯山線は、蛇行して流れる信濃川の左岸側の段丘面を走行しており、当該箇所付近は段丘崖中腹をトンネルと土工で走行している区間で、発生箇所は信濃川の水衝部の段丘崖斜面上（信濃川水面から高さは約20 m）を切盛りして作られた区間である。

長野県地方では、10月5日から本州南岸に停滞する前線の影響で広い範囲で雨が降っており、特に7日から8日にかけて、関東の南海上の低気圧が発達しながら三陸沖に進み、本州付近に寒気が流れ込んだ影響で、長野県北部では大雨となった。JR東日本が管理する森宮野原の雨量計による観測記録によると、1時間降水量の最大値は15 mmであり、連続雨量は236 mmに達した。この雨により、連続雨量・時雨量とも運転規制値に達し、飯山線は運転中止の措置を講じていた。



写真-3 羽越線崩壊箇所法面整形状況

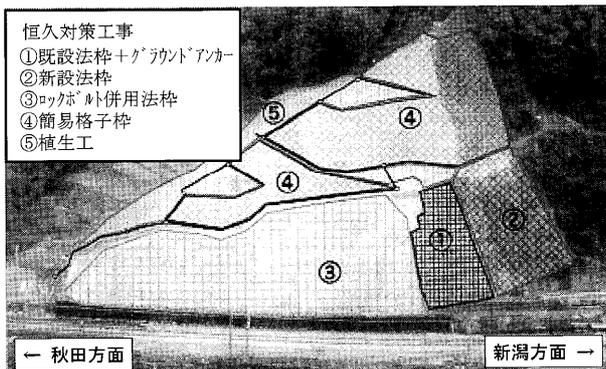


図-1 羽越線斜面崩壊恒久復旧工事の概要



写真-4 飯山線斜面崩壊の状況



写真-5 飯山線崩壊箇所付近の地形概況

9日には雨が降り止み、雨による規制の基準値を下回ったことから、災害警備体制に基づき警備を実施した。6時頃現地に添乗監視を行っていた社員が、当該箇所の信濃川に面した斜面法面が中腹から崩壊が始まっていることを確認し、列車抑止を行って現地状況を観察していたところ、徐々に崩壊が進行していった。崩壊は14時半頃まで断続的に続き、最終的な崩壊規模は線路方向延長約12 m、高さ約20 m、崩壊土量約2 000 m³であり、約8 mの区間の線路が梯子状となった。

当該箇所は段丘崖の比較的勾配の緩い斜面上に切り盛りして線路を敷設した区間であること、崩壊面には4箇所の湧水が確認されていたことから、長時間にわたった降雨の影響で地下水位が上昇し、せん断抵抗力を低減させてしまったものと想定される。

3.2 復旧工事

復旧工事は12月の積雪時期までに施工を完了すること、被災箇所は道路がないため資材搬入が困難な場所であることから、短期間かつ少量の資材で復旧可能であることを前提に検討し、補強盛土工法（RRR-B工法）により復旧することとした。RRR-B工法は、面状補強材（ジオテキスタイル）と剛壁面（コンクリート壁面）を用いて、盛土法面を急勾配で構築する補強盛土工法で、新潟県中越地震による上越線盛土崩壊の復旧工事でも採用された工法である。

壁面工の根固め箇所は、壁面に変状が発生しないようにするために安定した地盤に設定する必要があるが、当初現地地盤の状況を確認できなかったため、崩壊土砂があっても固定できるようにグラウンドアンカーにて根固めを行う計画であったが、崩壊土砂を排除し1.5~2 m程度掘削した際に玉石交じりの粘性土を確認し、表層改良することにより支持地盤として適用可能と判断できたことから、この面を基礎とすることとした。根固め工のレベルは、計画高水位より数 m 高い位置に設置している。なお、根固め工から下面の侵食対策については、河川管理者と侵食防護工の設置について協議を行う予定である。

補強盛土工法は図-2に示すように、盛土高さが約12 mであり、盛土材は現地への早急な供給が可能である点、施工上の取り扱いが簡単である点からクラッシュランとした。施工は30 cmごとにジオテキスタイルを2.1 mの幅で敷設していき、1.5 m間隔で全面に敷き込むこととした。崩壊斜面からの湧水箇所に対しては、排水管を設置することによりすみやかに排水を行うこととした。また壁面の基礎部にはふとん籠を配置するとともに、前壁にも排水孔を設置するなどして、排水に対する配慮を行った。前壁施工前の補強盛土の状況を写真-6に示す。

飯山線は、補強盛土を盛り立てて軌道を敷設した後、10月30日に運行を再開し、その後前壁として場所打ちコンクリート工の施工を実施した。

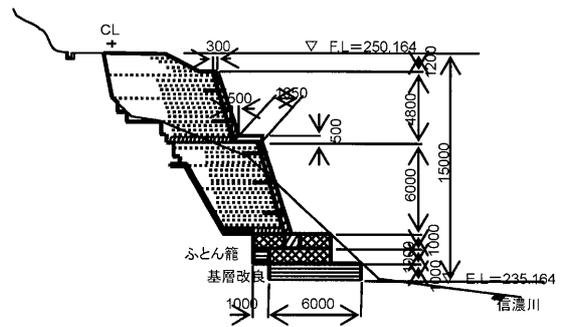


図-2 飯山線の復旧断面



写真-6 補強盛土による復旧状況（飯山線）

4. その他の災害状況

平成18年は、上記2件の他にも、何件かの雨による災害が発生している。長野県岡谷市では、発達した梅雨前線の影響で7月19日に土石流が発生し、中央線辰野岡谷間で列車の運行中止となった。また列車運行には直接影響はなかったが、10月6日からの全国的な大雨により、東北線においてトンネル坑口付近で大きな落石が発生し、落石覆い上で止まるといった事例も発生した。落石に対しても、要注意の落石監視箇所に対する緊急点検を行い必要な箇所では、対策工を実施することとした。

5. 終わりに

本稿では、降雨による土砂崩壊事例として、切り取り斜面と切盛り斜面の境界部での被災事例と復旧について報告した。近年は集中的な降雨が発生しており、想定していない被害が発生するケースも多くなっている。これらの災害に対しては、その発生原因を特定するとともに類似事象の発生を防止するために、調査検討を進めてきている。しかし、相当数の土構造物を対象としたときに、限られた情報の中で類似箇所のリスクを整理し、防災対策の予算を有効に使うべく、対策を立案することの難しさを実感しているところである。本稿が土砂崩壊災害における復旧工事、復旧対策の参考となれば幸いである。

最後に、羽越線土砂災害の復旧に対してご協力いただきました国土交通省酒田河川国道事務所、飯山線の復旧にご協力いただきました新潟県、2つの事例におきまして技術的なご指導をいただきました財鉄道総合技術研究所の関係者の皆様に謝意を表します。

(原稿受理 2007.2.20)