

## IV-6

## 洪水のピークから大幅に遅れて発生した護岸倒壊の特異性と今後の対策について

○東日本旅客鉄道株式会社 正会員 荻原郁男  
 同 上 吉田徳房  
 同 上 山崎正広  
 鉄道総合技術研究所 正会員 村石 尚

## 1. まえがき

平成7年7月11日から翌朝にかけて長野県北部を襲った集中豪雨は、県北部県境から新潟県にわたる地域で、鉄道線路及び道路等に甚大な被害を及ぼした。信越線の豊野から妙高高原にかけての線路は、大半が河川に沿っており、当時の洪水により多数の箇所で護岸侵食、及び盛土崩壊等の被害を受けた。このうち、部分開通区間の応急工事が終了し運転を再開した区間で発生した築堤崩壊は、洪水の発生から11日後、運転再開から5日経過後の発生であった。

ここでは、洪水のピークから大幅に遅れて発生した土留壁の倒壊及び築堤崩壊について原因を推定するとともに、類似災害の再発による運転事故を防止するために有効と考えられる対策案について、提案を行うものである。

## 2. 地形及び地質

洪水後に遅れて築堤崩壊が発生した地点は、線路と並行する一級河川の鳥居川が線路の右側を線路と同程度の1/40の勾配で流れ、さらにその右側を国道18号線が並行している。いずれも河川の侵食によって形成された山間地の狭い谷間に位置している。河川の流路は鉄道の盛土によって次第に左方向へ大きく向きを変換しようとする始点付近に当たり、いわゆる河川の攻撃を受けやすい箇所となっていた。（図1）

被災箇所付近の地質は現地の露頭の観察によると、赤褐色を呈する安山岩質の砂質凝灰岩と灰色で円礫を含む泥質凝灰岩が混在しており、これらは新第3紀後期の岩石と考えられる。上位の泥質凝灰岩は、全体的に岩石ハンマーによって端部がようやく壊せる程度に固結している。一方下位の砂質凝灰岩は、局所的に固結度の高い岩石と風化等により指でもみほぐせる程度に土砂化した部分とがあり、全体的に脆弱である。土留壁の倒壊は、この砂質凝灰岩が堆積面と直行する方向に節理面を形成した位置で縦侵食が大きく進行して、図2 被災した土留壁の横断面図上位の泥質凝灰岩との境で落差を生じて発生した。なお、倒壊した土留壁周囲の地山だけが上部の盛土材料と同じ岩ではないことから、古くは河川の流路であったことが推察できる。

## 3. 築堤崩壊箇所の概況と原因の推定

築堤崩壊が発生した箇所の横断面図を図2に示す。鉄道が建設された明治21年当時は、練石積構造の土留壁で防護された高さ約3m程度の盛土であった。徐々に低下した河床に対して土留壁の安定性を確保するため、昭和39年には根固工を施工した。さらに、昭和60年には洪水により急激に河床が低下したため、練石積護岸の前面をコンクリートで覆うとともに、逆巻で約3mの土留壁を継ぎ足し、根入れを1.5m確保した。

平成7年7月の洪水では、昭和60年当時の河床からさらに約2.5mの急激な河床低下が発生して、土留壁基礎部の土砂が流出したため、支えを失って倒壊した。しかし、土留壁の倒壊及び築堤崩壊の発生は、洪水のピークから約11日後であり、これまでの弱点箇所の把握方法と点検方法に問題を残すこととなった。

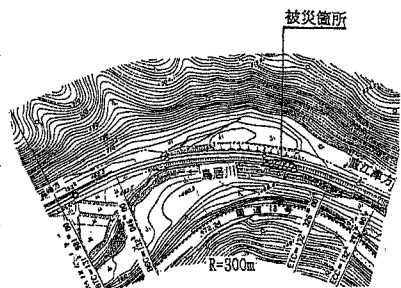


図1 被災箇所の位置平面略図

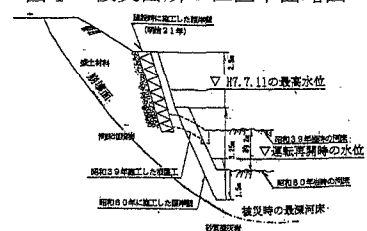


図2 被災した土留壁の横断面図

鳥居川上流の長野県が管理する裾花ダムでの降雨観測値をグラフ1に示す。また断続的ではあるが、同水系に設置した橋りょう水位計及び災害警備員の証言をもとに推定した被災地点の水位変化をグラフ2に示す。

河床低下の進行による土留壁の変状・築堤崩壊の予兆を発見できなかった理由としては、

(1)増水した河川は約1週間程度水位が低下せず、また濁流のため河床状態が確認できなかったこと。(2)この付近の築堤のり肩は、中低木や雑草が繁茂しており、災害警備員が護岸の状況を点検できる状況ではなかったこと。

(3)この付近の河川の性状、過去の災害経緯等を知り、洪水による変状の発生を予測した対応ができなかったことと、危険予知の補助手段となり得る管理資料等が整備されていなかったこと。

等が考えられる。なお盛土崩壊は、列車運転士がマクラギ端部に生じた「路盤陥没」を認めて通過した後、後続列車の運転士が列車指令の指示により現場付近を注意運転していて発見したものである。一歩間違えば、約10m下の河川に脱線、転覆する状況にあった。

次に、当該箇所の土留壁が洪水のピークから約11日も遅れて倒壊に至った原因としては、土留壁倒壊位置より下流にある同じ構造の土留壁の基礎部が、奥行き80cmほど地盤を侵食されながらも倒壊せずに現存していたことから推察すると、侵食のアクセントを強める誘因が別に存在していたと考える必要がある。崩壊のメカニズムを以下のとおり推論する。

①護岸倒壊現場の直下には、流水の侵食に対する抵抗力の異なる地層の境がある。それまで全体的に河床面を覆っていた砂礫が今回の洪水で流出するとともに、比較的侵食抵抗力の小さい下流側の砂質凝灰岩が転動石を含む濁水にたたかれ、河床が徐々に低下する。

②砂質凝灰岩を基礎地盤にもつ土留壁の基礎部は水中に露出するが、せりもち状態で均衡を保っている。

③この時、倒壊した護岸の直下にあった砂質凝灰岩の特に弱い部分に滝壺状の洗掘孔が形成される。洪水発生直後の7月13日に撮影した空中写真によれば、河中の白濁がすでに河床に落差の生じていることを物語っているが、それほど顕著ではない。

④その後、2～3日おきに発生した断続的な出水により、徐々に上述の洗掘孔が拡大、成長する。この過程では抵抗力のある泥質凝灰岩自体も多少侵食されてきているので局所流の影響を受け、流れの方向が部分的に変わることにより当該護岸の基礎地盤の侵食を促進する。

⑤7月22日になり、基礎地盤の局所的な低下が更に進むことにより、背面土が次第に流出して空隙が拡大し、それまで臨界状態を保っていた護岸壁が自重及び土圧に抗しきれず前方に滑り出し、倒壊に至る。

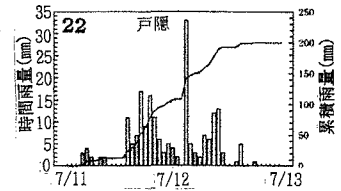
#### 4. 類似災害による運転事故を防止するための対応策について

河川増水によって護岸壁の基礎地盤が洗掘されて発生する土留壁の倒壊、築堤崩壊等による運転事故は絶対に発生させてはならない。そのためには、以下のような対策案が考える。

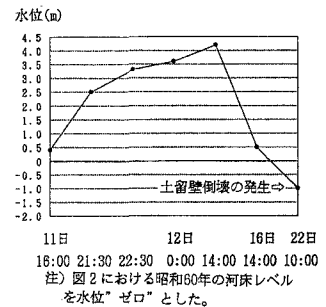
ア. 過去に河川増水により土留壁等構造物の基礎地盤が侵食されて倒壊または変状等が発生した付近、及び地形上河川の攻撃を受けやすい箇所等の弱点箇所を抽出して、管理図として整備する。管理図は、構造物と河床状態、計画高水位及び既応洪水水位等を定量的かつ時系列的に理解できるように表示する。

イ. 増水時の警備等では、濁水等で河床状態が確認できないことも予想されるので、故障が少なく経済的な洗掘計を開発・設置し、施設指令等へその情報を随時伝送できるシステムを構築する。

上記②の対応が早めにでき、弱点箇所を一定のレベルで抽出することが可能であれば管理図は不要である。それ以前に、日常巡回等で河川と構造物の状態を確認できるよう定期的な除草を行っておくことが管理の第一歩であると考え、今後対応していきたい。



グラフ1 戸隠の降水状況



グラフ2 被災地点の水位変化

注) 図2における昭和60年の河床レベルを水位“ゼロ”とした。