

地すべり対策事業に関する取り組み

桜井孝昭¹・岩丸圭一¹

¹岐阜県 県土整備部 道路維持課（〒500-8570 岐阜市藪田南2-1-1）

一般国道417号（岐阜県揖斐郡揖斐川町^{はげはら}樋原地内）で発生した地すべりについて、徳山ダム湖畔沿いであることから、関係機関と調整を図り、地すべり対策の検討を実施した。

キーワード：道路災害，地すべり，ダム湖畔

1. はじめに

平成24年7月9日に、岐阜県揖斐郡揖斐川町樋原地内の一般国道417号において地すべりに起因する道路災害が確認された。大規模な地すべりが発生した場合、一般国道417号が寸断され、かつ、崩壊した土砂が揖斐川に流入し徳山ダムに堆積するなど、甚大な被害を及ぼすことが懸念されることから、関係機関と調整を図り、地すべり対策の検討を実施した。



図-1 地すべり対策事業位置図

2. 被災概要

路線：一般国道417号

箇所：岐阜県揖斐郡揖斐川町樋原地内

発見日時：平成24年7月9日（月）15時頃

道路パトロールにて発見

被害状況：延長61mの区間で道路の舗装及び擁壁のひび割れ、段差が発生

通行規制：7月9日（月）21時から揖斐川町樋原から塚間の4km間で全面通行止め

9月21日（金）より片側交互通行に移行



写真-1 被災状況

3. 地すべりブロックの設定

(1) 観測状況

ボーリングは、全体ブロック、起点側ブロック、背後二次ブロックを含め計11箇所を行い、パイプ歪計による観測と地下水の観測を実施した。伸縮計は全体ブロック、起点側ブロック、背後二次ブロックを含め6箇所設置し、その他地表面に現れたクラック箇所には継目計を設置し、クラック幅を観測した。

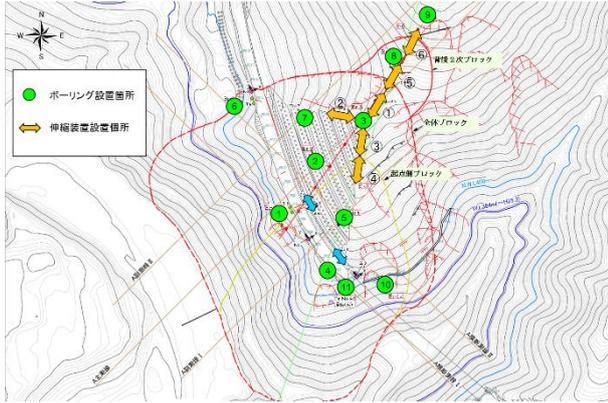


図-2 観測状況図

(2) 観測結果（変動状況の確認）

- ・地すべりの全体ブロックで顕著な地すべり変動が確認されたのは、地盤伸縮計S-4で平成25年1月3日～3月17日にかけての移動量7.6mm/73日（3.1mm/月）
 - ・背後の2次ブロックでは、平成26年8月10日～11日にかけて3.7mm/日の変動
 - ・本箇所における当該期間の地すべり変動種別は、全体ブロックで「変動B（準確定変動）：緩慢に変動中」、背後2次ブロックで「変動A（確定変動）：活発に運動中」¹⁾
- それ以外の期間は、概ねそれ以外の変動レベルである。

表-1 観測状況表

観測所名	気象の状況			備考
	期間	移動状況	変動区分	
地盤伸縮計 (S-4)	平成25年1月3日 ～平成25年3月17日	3.1mm/月 (月あたり累積変動量) (2.3mm/月: 修正値)	変動B	期間累積 7.6mm (ただし観測中の計器稼働に伴い2.0mm変動)
地盤伸縮計 (S-6)	平成26年8月10日 ～平成26年8月11日	3.7mm/日 (日あたり累積変動量)	変動A	

変動区分 **変動A: 日変動1.0mm/日以上** 月間累積変動量 10mm/月以上
変動B: 日変動0.1mm/日～1.0mm/日 月間累積変動量 2～10mm/月
変動C: 日変動0.02mm/日～0.1mm/日 月間累積変動量 0.5～2mm/月

(3) 地すべり発生の素因と誘因

a) 素因1 流れ盤構造の砂岩・泥岩の分布

- ・調査地付近には、砂岩・頁岩の互層の層理面は南傾斜30～50°程度となり、法面に対して斜向した流れ盤構造を持つ。

b) 素因2 多亀裂な破碎質岩盤の分布

- ・初生(テクトニック)構造による不連続性を持つ砂岩・頁岩のメランジュ(混在岩帯)が分布する。メランジュは礫状もしくはレンズ状の岩石が混在し、潜在(初生)亀裂が多く生じており、脆弱な岩体である。
- ・地表に分布する露頭は、風化が進行し鱗片状の劈開に沿った亀裂が発達する。ボーリング結果より、風化帯は地下深部(G.L-15～30m)程まで見られ、亀裂が発達した多亀裂な破碎質岩盤となる。そのため、表層から深部まで多亀裂な破碎質岩盤が分布すると考えられ、不安定化しやすい地質である。

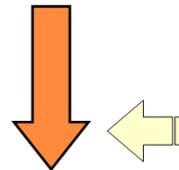
c) 素因3 旧河川の攻撃斜面

- ・ダム建設前の調査地下方斜面は湾曲した河川の外側の攻撃斜面にあたる。斜面末端部は攻撃斜面が形成されやすい脆弱な地質状況が想定され、斜面が不安定になりやすい地形・地質状況と考える。

d) 誘因 豊富な地下水供給に伴う間隙水圧の増加

- ・当該地では平成26年8月中旬の台風11号による豪雨時に地下水位の最高水位を観測したが、その時の地すべりの変動は小さく、最も顕著な変動を記録したのが平成24年の多雪と春先の降雨を伴った融雪期であったことから、当該地では豊富な地下水供給により間隙水圧が増加したことにより、不安定化が進行し、地すべりが一層発生しやすくなった。

・流れ盤構造の砂岩・頁岩の分布
 ・多亀裂な破碎状岩体の分布
 ・旧河川の攻撃斜面



・平成24年の多雪と融雪期の降雨による豊富な地下水供給に伴う間隙水圧の増加

地すべり発生

図-3 地すべり発生機構

(4) 地すべりブロックの設定

a) 全体ブロック

◆地すべり頭部

法面上方の尾根に見られる遷緩線をブロック頭部として形成され、全体ブロックを追隨する斜面上方の段差を頭部とする背後からの2次ブロックが形成

◆地すべり側部

起点側の側部は、橋台(深礎杭)を包括し、側部吹付帯に生じた亀裂を起点側の側部と想定する。

終点側はトンネル側の軽量盛土(EPS)の道路上のせん断亀裂及び道路下方のアンカー工法面の亀裂が終点側の側部と想定する。

◆地すべり末端部

水没された旧河床部がブロック末端部に位置すると想定する。

b) 起点側ブロック

道路中央部に見られるせん断亀裂や擁壁に生じている亀裂で起点側が沈下し、変状が融雪後に大きく進行している。起点側での変状が大きく、変位速度が速いことから、起点側ブロックとして区分

◆地すべり頭部

S-4伸縮計の引張変動箇所を地すべり頭部とする。

◆地すべり側部

起点側の側部は側部斜面吹付帯に生じた亀裂を起点側の側部となる。終点側は道路中央部に見られる雁行状クラックを終点側の側部とする。

◆地すべり末端

全体ブロックにすべりの末端が及んでいると想定する。

表-2 地すべり概要

地すべり幅	200m	地すべり長	210m
すべり面深さ	54.7m	平均すべり面勾配	42°
地すべり形状	岩盤地すべり(凸状尾根地形、舟底型)		
発生の誘因	融雪・降雨による豊富な地下水供給		
保全対象	一般国道417号		
分布地質	美濃帯堆積岩コンプレックス(左門岳ユニット)		
地質年代	古生代ペルム紀~中生代ジュラ紀中期		
岩相	砂岩・頁岩互層(流れ盤構造)		

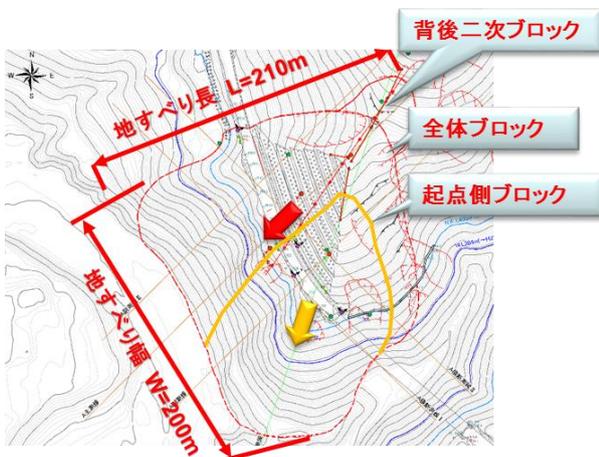


図-4 地すべり概要図



写真-2 地すべり概要

4. 地すべりブロック解析

(1) 解析手法の概要

一般的には、最深すべり面である主測線に対して二次元解析により安全性の評価を行うが、当該箇所が尾根地形であることに加え、地すべり土塊(全体ブロック)内にもう一つ地すべり土塊(起点側ブロック)が存在する等、地形などの条件が複雑・特殊であるため、三次元的に評価する必要がある。

一方、三次元解析は近年、実績が増えているが、ダム湛水池の水位変動まで考慮した三次元解析の実績が少なく、こうした特殊な地形条件等に対する技術的な信頼性は乏しい。そのため、大規模な地すべりにおける実績が多い、簡易三次元解析による評価を行い、参考として三次元による安定解析の結果と大きな乖離が生じていないかの確認を行うこととした。

(2) 解析の流れと結果

対策対象水位、現況安全率を決定するため、以下の7つのプロセスを経て決定した。

a) 解析手法の選定

「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説」²⁾に示される二次元解析手法を基本として、地すべりブロックを複数断面で評価する簡易三次元解析で安定性を評価。

b) すべり解析断面の設定

全体ブロックで4断面、起点側ブロックで3断面についてすべり解析断面を設定。

c) 現況安全率と水位の設定

逆算による解析のための地下水位は、継続的な動態観測で得られた変動と観測水位状況から最も変動が活発であった平成24年12月から平成25年3月ごろの降雪・融雪期の定常的な水位(EL384.2m)として設定。また、現況安全率 $\gamma_s=0.98$ と設定。

d) すべり面強度の逆算

地すべりブロックの単位体積重量をボーリングコア重力測定から $\gamma=23\text{kN/m}^3$ と設定。また、地すべりブロック最大層厚が25m以上であるため、すべり面の粘着力を 25kN/m^2 と設定。

e) 貯水位低下時の地下水残留設定

対策工の逆算水位を最も変動が活発であった平成24年12月から平成25年3月ごろの降雪・融雪期の定常的な水位(EL384.2m)とし、貯水位下降による残留間隙水圧の残留率30%を考慮するとして設定。

f) 貯水位と安全率の検証

ダムの貯水位は基本的にEL391m⇔EL401mでの運用計画であるが、水位が大きく低下する場合も考慮する必要があり、貯水位0m→EL401mの上昇過程及びEL401m→EL391mの水位低下における安全率変化を検証。

g) 対策対象水位、現況安全率の決定

全体ブロック

対策対象水位EL391.0m、現況安全率0.961

起点側ブロック

対策対象水位EL382.2~384.2m、現況安全率0.980

5. 地すべり対策工の検討

(1) 現地条件等

以下の現地条件を前提に、当該路線が第二次緊急輸送道路に指定されているため計画安全率を1.20として計画を立案した。

(現地条件)

- ・地すべりブロックの現地地形は、道路山側には切土法面が築造され1:1.0勾配で7段
- ・法面には雪崩予防柵が設置
- ・道路より谷側は凹凸の激しい自然斜面
- ・起点側には橋梁の橋台が設置されており、基礎は深礎
- ・当箇所地すべりは、末端から頂部まで高さ約130m
- ・湛水深約56m~66m
- ・中心断面で水没率が45%~50%である。

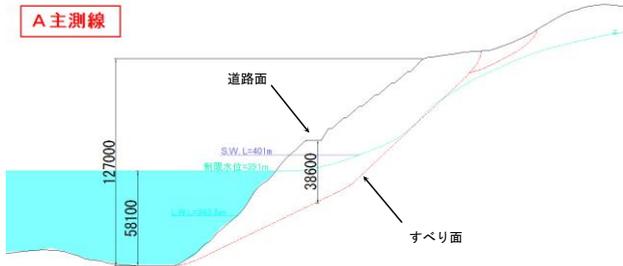


図-5 現況断面図

(2) 概略検討、詳細検討

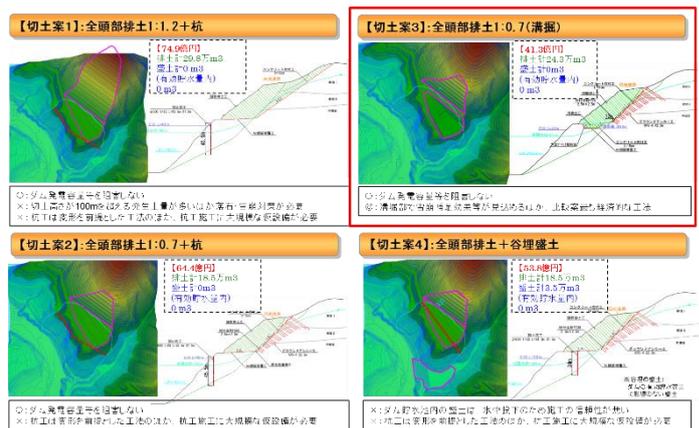
以下の4案にて概略検討を行い、切土案を採用した。

表-3 概略検討比較表

工法区分	①バイパス案	②アンカー案	③盛土案	④切土案
計画概要				
工事概要	・地すべり箇所を迂回するバイパス設置 ・全長5,650m	・現在の地表面よりグラウンドアンカーを設置	・切土による排土を盛土材として再利用し、ダム貯水池内に盛土	・切土による排土を行い、排土は発生土として処分
長所	・被災箇所を迂回できる	・発生土が発生しないほか仮設備が簡易	・発生土が有効利用できる	・地すべり滑動の低減効果が高い
短所	・バイパス建設費用が膨大となる ・地すべりが発生した場合のダムへの影響は解消しない	・被災箇所ではアンカー長が50mを超えるため締付効果が見込めない(NG)	・ダムの発電容量等を阻害する ・水中押し盛土に対する、施工品質の確保及び効果確認が困難	・多量の発生土が発生する
参考費用	約130億円	(適用不可)	(適用不可)	約41~75億円
適用性	△	×	×	○

次に、切土案の詳細検討を行い下表に示す切土案3を採用した。

表-4 詳細検討比較表



決定した対策工法は下図に示すとおり、大規模な切土(V=24万m³)となった。

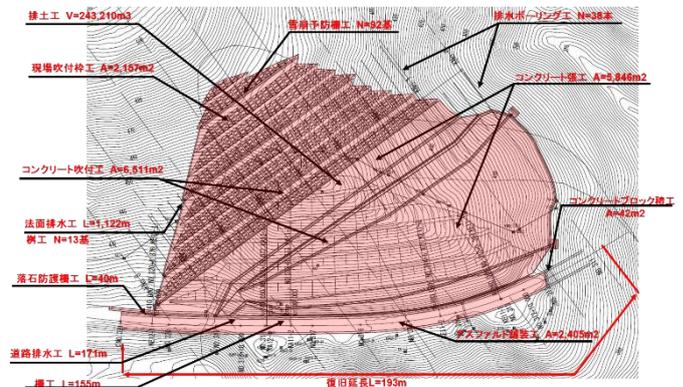


図-6 地すべり対策工平面図

6. おわりに

平成24年7月9日に変状を確認して以降、同年9月10日に、地すべり対策について現地の観測・警戒体制及び対策工法等の検討を行うにあたり、必要な事項について審議し助言等を行うことを目的として、学識経験者、橋梁専門家、国土交通省、ダム管理者、揖斐川町、岐阜県で構成する「国道417号揖斐川町徳山地区地すべり検討会」を設置した。

対策工法を決定するまでに、3回の検討会を開催し、その後、平成27年2月23日、24日に災害査定を実施し約40億円の災害復旧事業が決定した。

参考文献

- 1) 藤原明敏: 地すべりの解析と防止対策,理工図書, 1979
- 2) 国土交通省河川局治水課: 貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説, 平成21年7月