

【論文 No. 8】 ため池改修工事で発現した地質リスク事例

株式会社愛媛建設コンサルタント 田窪 裕一

1. 事例の概要

本事例は、ため池改修工事における洪水吐の床掘中に、山側法面に予期せぬ地すべりの兆候が現れたため施工を中断し、緊急対応を行ったものである。潜在的な地すべり地形の末端部に当初設計の洪水吐が計画されており、地すべり末端部を切土したことによって地すべりが不安定化したものである（図 1、写真 1）。この箇所は設計時では、地質リスクである「潜在的な地すべり」の存在が認識出来ていなかったが、施工時に地すべりが発現したため、迅速な応急措置や適切な調査・観測を行い、地質リスク特性に適合した対策工法の選定により、安全性を確保しながら制約された工期の中で、早期の竣工を達成することができた。ここでは、地すべり活動による被害拡大を未然に防ぎ、発現した地質リスクを最小限に回避した事例（Cタイプ）としてその効果を検証した。

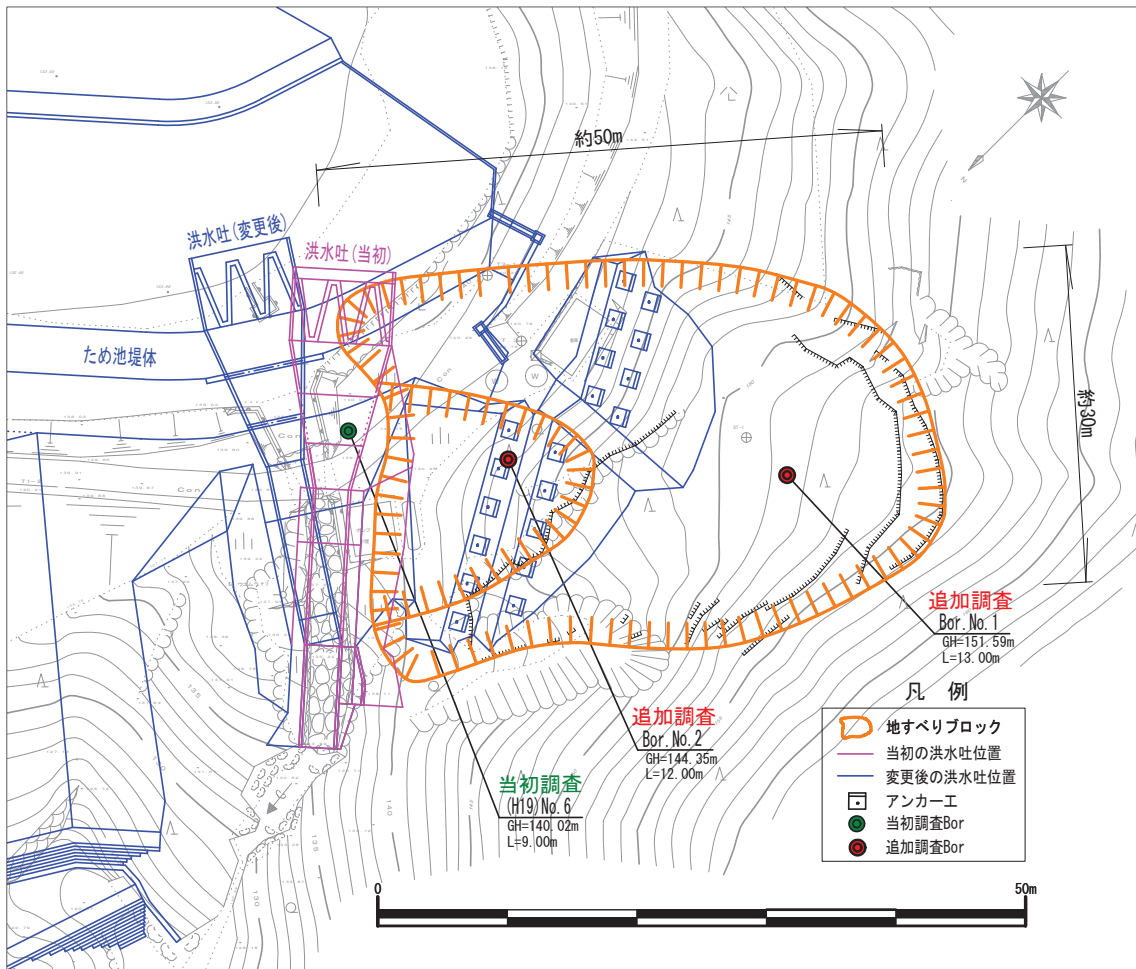


図 1 ため池改修計画及び追加対策工事と地すべりブロック

2. 事例分析のシナリオ

(1) 設計段階（地質リスクの予見なし）

この老朽ため池では改修設計を当社が担当し、当初調査は別業者が実施した。調査ボーリングは、堤体の底樋周辺と地山取付部で実施されていた。当初調査段階で小規模な表層崩壊は確認されていたが、施工時の対応範疇とされ、広範な地表踏査や測量は実施されず、結果として地質リスクを内在したまま設計が行われた。この段階で地質リスクが予見出来ていれば、洪水吐の位置や形状の検討による地すべりへの影響低減、事前の地質リスク対策実施による地すべりの発現防止などが実現できた可能性が高い。

(2) 施工段階（地質リスク発現）

「洪水吐の掘削面に亀裂が発生している」との第一報を受け、現地に急行し地表踏査を行った。洪水吐の掘削面には風化岩が露出していたが、粘土を挟在した押出し変位があり、背後斜面には連続性のある開口亀裂が、幅 30m、延長 50m 程度の範囲で確認され、地すべりによる変位と特定できた。写真 2～4 に亀裂の発生状況を示す。地すべりの原因は、潜在的な地すべりの末端部切土による不安定化であった。また、滲み出し程度の湧水が認められ、地下水の存在が不安定化を促進していると判断された。



写真1 地すべりブロック全景



写真2 冠頭部の亀裂と抜板



写真3 洪水吐掘削面と亀裂



写真4 掘削面に生じた押出し

(3) 初動対応（地質リスクを最小限に回避）

被害の拡大を防止するため、即時に初動対応として押え盛土を提言した。施工に際しては、抜き板を斜面の開口亀裂に設置して、変位状況を確認しながら盛土量を調整した。この初動対応によって地表面変位は緩和され、地すべり活動の活発化による洪水吐やため池堤体の損壊を免れることができた（地すべり発現時には洪水吐は下流側工区が配筋まで完了していた）。また、地すべりブロック全体を網羅した定点測量による移動観測の即時開始を提言し、地すべりブロックの周辺も含めた地表面挙動を確認した。

(4) 追加調査の実施

初動対応による変位沈静後は、追加調査を当社で実施した。地すべり縦断方向に調査ボーリングを2本行い、孔内傾斜計と自記水位計の観測を行った。孔内傾斜計の観測で、風化岩内の粘土化部でせん断性の累積変位が確認された。また、孔内傾斜計観測と定点測量を施工再開後も継続して行い、地中・地表の変位を確認するとともに、施工時の安全性をマネジメントした。

(5) 対策工法の選定

① 主たる対策工

主たる対策工はアンカー工とした。採用理由は、洪水吐へのクラック発生回避や工期が制約されていることから、即効性のある工法とする必要があり、地質リスク特性を考慮してアンカー工を採用した。対策工断面図を図2に、施工状況を写真5に示す。

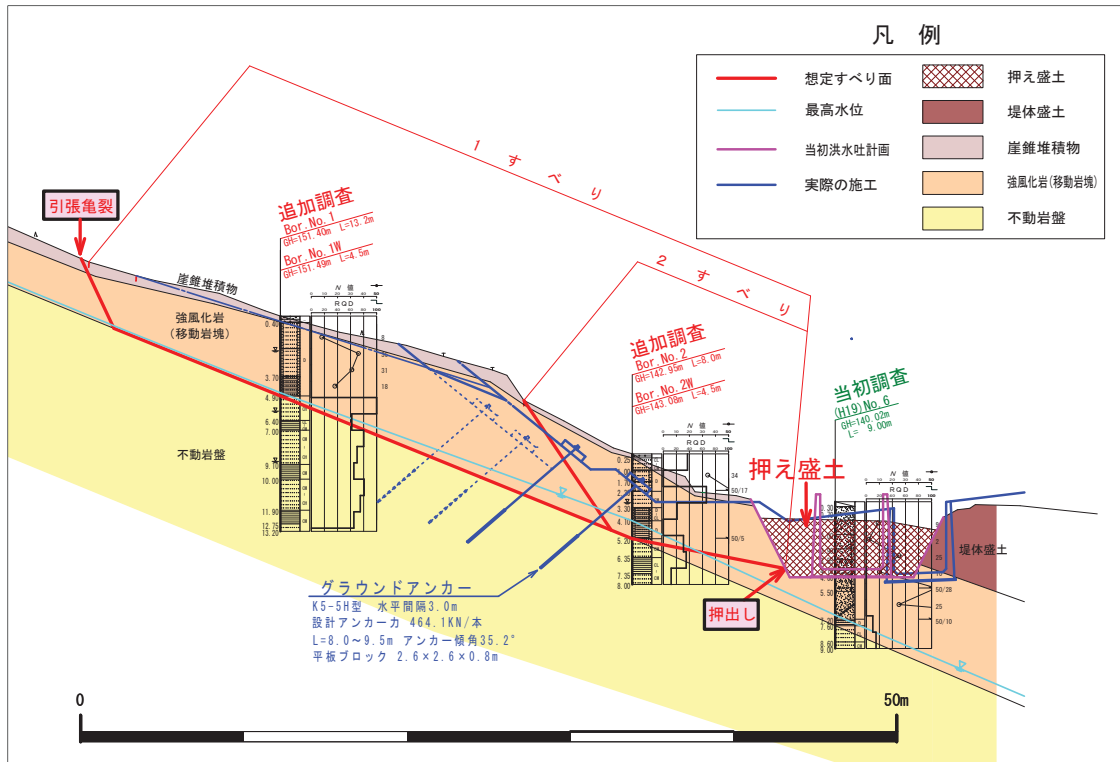


図2 対策工断面図

②掘削法面からの湧水処理

地すべりに悪影響を与えている掘削法面からの湧水を恒常的に排水処理するため、砕石によって洪水吐背面の山側底部にドレーンを配して排水処理した。

③地すべり安定度低下の低減

洪水吐は部分完成していたが、図1に示すように、流路の線形を可能な限り地すべりブロックから離れるように変更し、地質リスクを低減させるよう考慮した。



写真5 アンカー工の施工状況

(6)対策工の効果

当地の地質リスク特性に即した地すべり対策によって、安全な施工と早期の竣工を図ることができた。継続的に行った孔内傾斜計観測では、完成後の集中豪雨に対しても変位の累積は無く、対策効果が確認されている。

3. データ収集分析

当初調査段階の内容については、発注者から成果報告書の貸与を受け確認した。設計及び追加調査は当社が担当しており、社内のヒアリングで検討内容やプロセスを確認した。

当初工事費は、設計段階での想定工事費とした。想定工事費・工期は、経験（過去の同程度の規模の施工事例）に基づいて推算した。

地質リスクを最小限に回避した場合の、発現したリスクに対する追加対策工事費用は、修正設計数量から推算した。追加調査及び修正設計費については実績値を採用した。

地質リスクを回避しなかった場合の工事費算出には、地すべり活動によってため池堤体の一部と洪水吐が損傷すると仮定した復旧費、リスク発現に対する追加対策工事費用のほか、貯水困難で一年間の受益地の耕作不能による農業被害（水稻）を見込んだ。リスクに対する追加対策工事費は、最小限に回避した場合と同等の調査、設計、工事費を要すると仮定した。

4. マネジメントの効果

本事例のマネジメントの効果を次のように試算した。

C型マネジメントの効果＝

$$\begin{aligned} & \text{④リスク回避しなかった場合の工事費} + \text{⑤リスク回避しなかった場合の間接影響費} \\ & - (\text{①当初工事費用} + \text{②追加工事費用} + \text{③施工時に追加されたリスク対応費}) \\ & = 160,000 \text{ 千円} + 10,000 \text{ 千円} - (113,000 \text{ 千円} + 19,000 \text{ 千円} + 0 \text{ 千円}) \\ & = \mathbf{38,000 \text{ 千円}} \end{aligned}$$

$$\text{①当初工事費用} = 113,000 \text{ 千円}$$

設計段階（リスクを認識していない段階での当初想定金額）

- ②追加工事費用≒19,000 千円
 - 地すべり対策工 アンカー工 (19 基) ≒14,500 千円
 - 地すべり調査≒2,000 千円
 - 修正設計≒2,500 千円
- ③施工時に追加されたリスク対応費用=0 千円
 - 修正設計どおりで追加なし
- ④リスクを回避しなかった場合の工事費用≒160,000 千円
 - 地すべり対策工 ため池堤体の一部, 洪水吐の再構築≒31,880 千円
 - アンカー工 (19 基) ≒14,500 千円
 - 調査測量設計費用≒4,500 千円
 - (工期延期 1 年以上)
- ⑤リスクを回避しなかった場合の間接影響費≒10,000 千円
 - 受益地の耕作不能 (水稲) 1 年間

5. データ様式の提案

様式「C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例」をフォーマットとして、若干の変更を加えて取りまとめた。

本事例については、発現した地質リスクに対する追加工事の内容は、②修正設計時に検討した追加工事に対し、実際に施工した工事内容（③リスク対応の実際）は変更なしで対応できており、施工時における追加対応は発生していない。リスクマネジメントの効果算定式は、「④変更後工事費－（①当初工事費＋②追加工事＋③リスク対応の実際）」であることから、②と③が同じ内容ならば二重引きとなるため、③の内容を「リスク対応の実際」から「施工時に追加されたリスク対応費」と読み替えた。同時に、大項目「最小限に回避したリスク」中の「リスク対応の実際」は「施工時に追加されたリスク対応」と読み替えた。

また、本事例はため池の改修工事であり、施工期間中は貯水機能が失われる。大項目「最小限に回避したリスク：回避しなかった場合」中の小項目「間接的な影響項目」の内容として、受益地での耕作不能が挙げられる。この場合、農業被害が生じるため、フォーマットには存在していない「⑤間接影響費」をリスクマネジメントの効果算定根拠として追加した。

C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例

大項目	小項目	データ
対象工事	発注者	〇〇県
	工事名	老朽ため池 〇〇池改修工事
	工種	老朽ため池改修工事
	工事概要	漏水があり、堤体が断面不足なため池の改修(L=90m)
	①当初工事費	113,000千円
	当初工期	3年(実施設計・用地取得含む)

発 現 し た リ ス ク	リスク発現 事象	リスク発現時期	洪水吐の掘削時		
		トラブルの内容	左岸側斜面で地すべり兆候の発現(掘削面の押出し)		
		トラブルの原因	計画段階で認識されず施工段階にリスクが持ち越された		
		工事への影響	洪水吐周辺の工事の中断 地すべり対策工の追加		
	追加工事 の内容	追加調査の内容	地すべり調査 調査ボーリング 孔内傾斜計観測、地表面移動観測、地下水位観測		
		修正設計内容	・斜面安定解析 ・抑止工の検討 ・切土の検討及び平面、縦・横断測量の追加 ・洪水吐と周辺堤体の再検討		
		対策工事	地すべりの発現した斜面の安定対策工事		
		追加工事	アンカー工		
		追 加 費用	追加調査	2,000千円	
			修正設計	2,500千円	
			対策工	アンカー工 N=19	
			追加工事	14,500千円	
		②合計	19,000千円		
		延長工期	6ヶ月		
間接的な影響項目	-				
負担者	発注者、一部受益者				
最 小 限 に 回 避 し た リ ス ク	リスク回避 事象	予測されたリスク発 現時期	洪水吐掘削時		
		予測されたトラブル	地すべりの活動によりため池堤体及び洪水吐が損壊 場合によっては作業員の災害発生 中断期間の受益地での耕作不能		
		回避した事象	地すべり活動によるため池堤体及び洪水吐の損壊 中断期間の受益地での耕作不能		
		工事への影響	斜面安定化対策のため1年間中断		
	リスク管理 の実際	判断した時期	掘削時		
		判断した者	発注者(地質技術者の即時提言)		
		判断の内容	対策工の追加 経過観察(地すべり動態観測)		
		判断に必要な情報	掘削面への押出しと背後斜面に引張亀裂の発生		
	施工時に 追加された リスク対応	内容	追加調査	-	
			修正設計	-	
			対策工	-	
		費用	追加調査	-	
			修正設計	-	
	対策工		-		
③合計	0千円				
回 避 し な か っ た 場 合	工事変更の内容	アンカー工、ため池堤体の復旧(L=30m)、洪水吐の復旧			
	④変更後工事費	160,000千円			
	変更後工期	最低1年以上の延長			
	間接的な影響項目	受益地の耕作不能			
	⑤間接影響費	10,000千円			
	受益者	下流側住民、水利受益者			
リスクマネジメント の効果	費用④+⑤-(①+ ②+③)	38,000千円			
	工期	半年ほど短縮			
	その他	雨季までに洪水吐機能を復旧して下流住民の安全を確保			