

弥栄ダムにおける地すべり対策施工事例

建設省弥栄ダム管理所 賛助 山縣 一登
" " 横林 直樹
" " ○國時 正博

1. まえがき

弥栄ダムは山口県と広島県の県境を流れる小瀬川の中流に位置し、平成3年3月に完成した堤高120mの重力式コンクリートダムである。総貯水量は11,200万m³と西日本有数の規模を有している。

平成8年6月の梅雨前線停滞に伴う降雨により、ダムサイトから南南西に約1km、林道弥栄線笹ヶ谷橋の岩国市側橋台付近で地すべりが発生、その規模は幅約100m、長さ約110m、最大垂直層厚約45mであった。

平成8年8月以降、地すべり動態観測および調査ボーリングを実施した。その結果、すべり面横断形状がV字型を呈することが判明したことにより、三次元安定解析に基づいて対策工の検討を行った。その結果、対策工として頭部排土工+アンカー工+水抜きボーリング工を採用した。三次元解析により合理的な解析結果が得られ、二次元解析で求められた対策工事費を約2/3までに縮減することが可能となった。対策工事は平成11年1月に完了した。



図-1 位置図

2. 地すべり三次元安定解析

(1) 安定解析の条件と方法

当地すべりブロックの平面形は末端開放型であり、地すべり頭部が小さい。このような形状の場合、主断面でのみ安定解析を行う二次元解析では、頭部排土工の効果が過大評価されている可能性は高い。

二次元解析による頭部排土工の過大評価に起因する過小な地すべり対策工となることを合理的に回避するため、三次元解析を導入する必要があるものと判断した。

三次元解析には二次元簡便法を三次元に拡張した Hovland 法及び修正 Hovland 法に基き開発された FD-3D プログラム(濱崎法)を用いた。安定解析に用いた条件と方法を(表-1)に示す。

(2) 三次元安定解析結果

二次元解析と三次元解析の結果を(表-2)に示す。

被災地形から応急排土地形への安全率の上

表-1 安定解析の条件と方法

条件と方法	二次元安定解析 二次元簡便法 (基準水面法)	三次元安定解析 FS-3D プログラム<濱崎法> (基準水面法)
①安定計算式	二次元簡便法 (基準水面法)	FS-3D プログラム<濱崎法> (基準水面法)
②現状の安定度	応急排土工により地すべり変動が沈静化した H9.2.8 の応急排土地形(EL145m)、貯水位(EL104.05m)をもって $F_s=1.00$ と設定。	
③すべり面の 平均土質定数 (C' , ϕ')	すべりの最大層厚が 25 m 以上のためすべり面の平均的な粘着力を 2.5t/m ² と仮定し($\alpha=13^\circ$ 、滑動方向)断面でのすべり面の兵働的な内部摩擦角(ϕ')を逆算法により算出する。	
④地すべり土塊の 単位体積重量 (γ t)	$\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$	
⑤残留間隙水圧の 残留率 (μ)	a) サーチャージ水位(S.W.L=128.0m)から常時満水位(N.W.L=106.0m)まで、貯水位が急低下する場合 $\mu = 50 \%$ b) 常時満水位(N.W.L=106.0m)より貯水位が利水分低下する場合 $\mu = 0 \%$	
⑤地下水位	$F_s=1.00$ を設定した H9.2.8 の地下水位を採用。	
⑥貯水位の 変動範囲	貯水位降下時における安全率の変化の評価は、S.W.Lから、N.W.Lまでの範囲について実施するのが原則である。しかし、H7.3及びH8.3の貯水位低下期に変位が発生していることから、N.W.LからL.W.L(最低水位、想定地すべりブロック末端部)までの範囲についても評価する。	
⑦地すべりの 解析手法の違い	地すべりの応力が最大となるベクトル方向の一測線で安定解析を行い地すべり全体の施工計画を決めることとなる すべり面長 $L=157.37 \text{ m}$	ブロック毎(5m×5m)の土柱塊から発生するベクトルと応力を計算するもので土柱塊毎の特性に合わせた対策をもとめることができる。 $A=160,265.8 \text{ m}^2$

昇、つまり応急排土工の効果を比較すると、二次元解析では 5.8% 上昇しているのに対し、三次元解析では 1.6% の上昇に留まっている。同様に恒久排土地形 (EL135m) 時の安全率の上昇を比較しても 7.3% に対し 4.1% の上昇に留まっている。このことは、二次元解析では応急排土工の効果が過大に評価されていることを示唆している。

必要抑止力は、三次元解析では地すべりブロック全体の総必要抑止力 (tf) で算定されているのに対して、二次元解析では解析測線単位当りの必要抑止力 (tf/m) として算定される。このため、単純に三次元解析と二次元解析結果の値を比較することは出来ないが、三次元解析結果を地すべりブロック幅より単位幅当りの値に換算して比較すると、採用した対策工地形 (EL128m 排土 + 付替林道部 EPS 工) 時において、二次元解析で求められた必要抑止力 352.10tf/m に対して三次元解析では、212.34tf/m と約 2/3 程度となった。これは地すべりブロックの横断形状が両サイドが薄い V 字形を呈していることによって、側方部ほど必要抑止力が小さいため、総抑止力が小さくなったと判断される。これらの解析の結果に基づき、対策工検討を実施した。対策工は SWL(128.0m) から NWL(106.0m) の貯水位急降下時において計画安全率も $P.F.s=1.10$ を満たすものとした。

3. 対策工

対策工としては、施工性、経済性等を考慮した結果、排土工 (EL128m) + アンカー工、水抜き横ボーリング工を採用した。林道の一部 (橋梁取付け部) が排土工 (EL128m) の施工範囲に含まれるため、付替林道として橋梁接続部を EPS 工により施工した。

抑止工であるアンカー工は、アンカー鋼材は貯水池内水没部に打設しほぼ常時水没することから、経済性も考慮した上で、フロテックアンカーを採用した。

当地区では、地形特性や受圧版の配置に対する施工性・経済性からアンカーを地すべり幅全体をカバーするように均等に配置することが出来なかった。結果的にアンカーの配置は可能な限り地すべり幅全体を覆う様にしたが、やや中央部に偏ったものとなった。アンカーが配置できず、自然斜面が裸地のまま残る箇所が生じたため、浸食防止を主な目的とし、地すべり土塊の一体化の意味も含めて、法粹工を施工することとした。

4. おわりに

地すべり対策における三次元解析は、主断面のみで対策工を検討する二次元解析に対して、地すべりブロックを立体的に捉えることで、各種対策工の必要抑止力・防止効果を的確に算出できた。すべり面の平面形が V 字形であることもあいまって、必要抑止力が合理的に低減され、対策工事費は二次元解析で求められた費用に対して約 2/3 にまで縮減できた。三次元解析は今後の地すべり解析に大いに役立つものと思われる。

表-2 安定解析結果

条 件	貯水位	二次元解析 ($\alpha = 13^\circ$)		三次元解析 ($\alpha = 13^\circ$)	
		安全率 Fs	必要抑止力 Pr (tf/m)	安全率 Fs	必要抑止力 Pr
原地形 (被災地形)	105.41m	0.942	438.11	0.9838	15,921tf (159.21tf/m)
応急排土 地 形 (EL145m)	104.05m	1.000	251.46	1.000	13,264tf (132.64tf/m)
		《地すべりの 平均土質定数設定》 $C' = 2.5\text{tf/m}$ $\phi' = 33.88^\circ$ ($\tan \phi = 0.671564$)		《地すべりの 平均土質定数設定》 $C' = 2.8\text{tf/m}$ $\phi' = 32.45^\circ$ ($\tan \phi = 0.635844$)	
	SWL NWL	0.826	672.43	0.8262	35,284tf (352.94tf/m)
恒久排土 地 形 (EL135m)	SWL	1.073	56.96	1.0413	7,054 tf (70.54 tf/m)
	SWL NWL	0.869	495.65	0.8455	30,593 tf (305.93 tf/m)
恒久排土 地 形 (EL128m) 林道切欠	NWL	1.122	≥ 1.10 [OK]	1.0818	2,035 tf (20.35 tf/m)
	SWL NWL	0.898	394.64	0.8725	25,413 tf (254.13 tf/m)
恒久排土 地 形 (EL128m) EPS 盛土	NWL	1.148	≥ 1.10 [OK]	1.1130	≥ 1.10 [OK]
	SWL NWL	0.912	352.10	0.8950	21,234 tf (212.34 tf/m)

α : 解析測線方向 (橋軸方向との交角)

必要抑止力の 0 内は、地すべり幅 100m より単位幅当りに換算したもの。

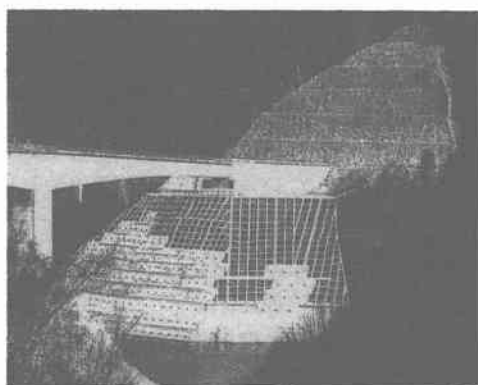


写真-1 地すべり対策工施工後の写真