

貯水池地すべりの時間依存性挙動に関する数値解析的検討

水資源機構技術研究研修センター 正会員 ○野中 樹夫
 埼玉大学工学部 正会員 山辺 正
 埼玉大学大学院理工学研究科 松沢 政和

1. はじめに

近年、地形・地質条件の不利なサイトにダムを建設せざるを得ない状況にあって、貯水池周辺の地すべり対策に膨大な投資を行うダムが顕在化しており、コスト削減の観点から合理的な対策工の調査、設計法を開発することが重要な課題となっている。また、斜面において地すべり未対策地区における対策工の有無を検討し、少ない予算から効率の良い施工を行うために、変動状況を分析し検討することは極めて重要である。さらに、地すべり挙動に限らず、岩盤の変形挙動を解析する際、その時間依存性を表現するためには、粘塑性の効果を考慮することが不可欠である。そこで、本検討ではある二つの斜面(A,Bダム)に着目して数値解析を行い、適切なバーガーズモデルとしての粘弾性定数を得た。

2. 検討の流れ

弾性変形挙動解析結果はいずれの場合も当然微小な変形を与えるのみであり、地すべり挙動をクリープ現象と捉えた解析を行うこととした。粘塑性解析に必要な物性値である粘弾性定数は参考文献1)から引用した場合と実変位から逆解析的に求めた場合の二通りの方法で設定した。本検討の流れを図1に示す。

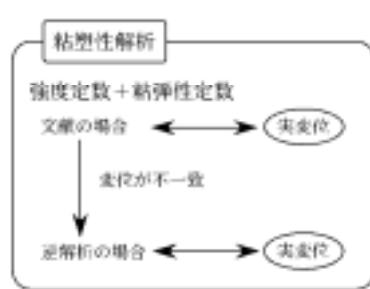


図1 本検討の流れ

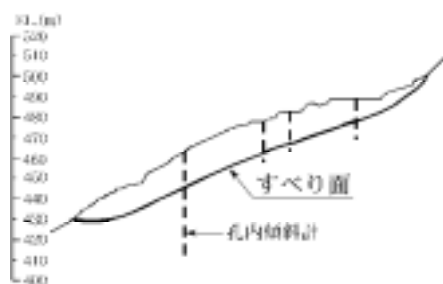


図2 モデル斜面(A)と孔内傾斜計位置

3. 解析条件

斜面のモデル化に際し、基盤・すべり面・すべり土塊の三つを基本構成として、それぞれが従う構成則をモール・クーロンまたはバーガーズモデルとし、これらの組み合わせで数パターンのモデルを作成した。図2にAダムのモデル斜面を示す。

表1 入力物性値

		Aダム			Bダム		
		すべり土塊	すべり面	基盤	すべり土塊	すべり面	基盤
	弾性係数(MPa)	490	196	1,960	490	196	1,960
	ポアソン比	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	粘着力(kPa)	750	20	2,160	750	30	2,160
	内部摩擦角(°)	38	16	50	38	27	50
	引張強度(kPa)	750	20	2,160	750	30	2,160
	単位体積質量(kN/m³)	18	18	18	18	18	18
文 献	弾性せん断係数 G_M (MPa)	196	78.4	-	196	78.4	-
	遅延弾性量 G_K (MPa)	196	78.4	-	196	78.4	-
	粘性流体速度 η_M (MPa·s)	$1,670 \times 10^6$	16.7×10^6	-	$1,670 \times 10^6$	16.7×10^6	-
	遅延弾性速度 η_K (MPa·s)	$1,670 \times 10^6$	16.7×10^6	-	$1,670 \times 10^6$	16.7×10^6	-
逆 解 析	弾性せん断係数 G_M (MPa)	3,740	3,740	-	9,780	9,780	-
	遅延弾性量 G_K (MPa)	60.7	60.7	-	306	306	-
	粘性流体速度 η_M (MPa·s)	388×10^6	388×10^6	-	$5,700 \times 10^6$	$5,700 \times 10^6$	-
	遅延弾性速度 η_K (MPa·s)	103×10^6	103×10^6	-	$5,490 \times 10^6$	$5,490 \times 10^6$	-

キーワード：地すべり、貯水池、時間依存性、モールクーロンモデル、バーガーズモデル

連絡先：〒338-0812 さいたま市桜区大字神田936 TEL 048-853-1785

入力物性値においては、強度物性値(c , ϕ)と粘弾性定数以外の物性値は地質調査結果から推定した。強度物性値は地すべり層厚から粘着力を決定する極限平衡法から決定し、粘弾性定数は参考文献1)から、または逆解析から設定した。種々の物性値を表1に示す。解析の境界条件は、側端面を水平方向変位固定とし、底面を全方向変位固定とした。解析に際し、第一に自重解析を行い、変形を収束させた後、実挙動の解析を行った。また、参考のため、すべり面の強度物性値(c , ϕ)をリングせん断試験の結果から求めた強度と想定した解析と手近にある珪藻泥岩のCD三軸圧縮試験結果を参考にした解析を実施した。なお、リングせん断試験では、地すべり地のすべり面付近の試料を用い、(c , ϕ)を決定した。その結果、(c_r , ϕ_r)=(4.2(kPa), 15.8(°)), (c_d , ϕ_d)=(800(kPa), 0.0(°))と設定した。

4. 解析結果

図3は、Aダムの周辺斜面に設置した孔内傾斜計AK-3における水平変位の経時変化を、図4は、AK-3の深度方向における水平変位を示す。ただし、この解析で用いた粘弾性定数は文献から引用したものである。両図において、すべり面の強度をリングせん断試験から求めた強度と想定した場合、実測値と比較すると、全ての解析条件において変形が極端に大きくなる傾向にあった。これは、試験試料の風化状態や小礫の存在などの不確定要因により供試体が原位置のものより軟弱であるためと考えられる。逆に泥岩の場合は、挙動が小さくなる傾向にあった。

図5は、Bダムについて参考文献からまたは逆解析から求めた粘弾性定数を用いた解析結果を実測値と比較したものである。図3, 4に示すとおり、Aダムでは文献から引用した粘弾性定数を用いた解析結果が実測値とほぼ一致したが、Bダムにおいては一致しなかった。そこで図1に示すように逆解析を行ったところ、逆解析的に求めた粘弾性定数を用いた解析結果が、図に示したように実測値と近い値をとった。

5. 結論

1) 粘塑性挙動を考慮することで、斜面の挙動を精度よく表現することができ、さらに実変位から逆解析的に粘弾性定数を算出することで、より精度よく変動を表現できた。

2) すべり面およびすべり土塊をクリープモデルとした場合に実測値と解析結果の傾向は一致することから、実際の斜面において基盤以外はクリープ現象が起きていると考えられる。

3) 時間依存性を示す斜面の粘塑性挙動を解析する手順をある程度見いだすことができた。

6. 今後の課題

対策工の有無を決定する場合、変動量の予測精度が大変重要となるので、モデルの作成や物性値の設定方法にさらなる検討が必要である。また、地すべりにおける粘塑性挙動のメカニズムを検討することも重要である。

参考文献 1) 上田誠也:固体の流動,東海大学出版

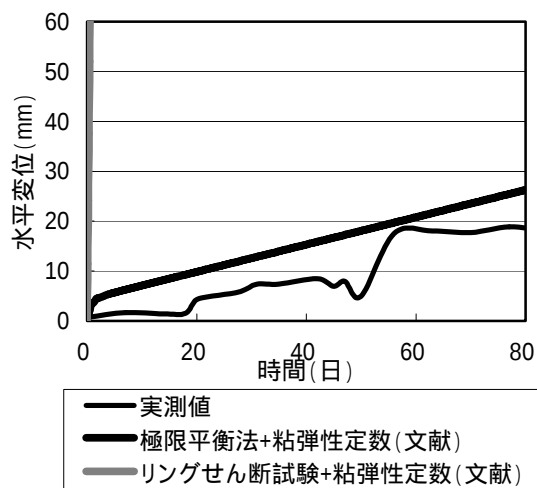


図3 水平方向の経時変化

比較位置:A ダムの周辺斜面に設置した孔内傾斜計AK-3の深度16m

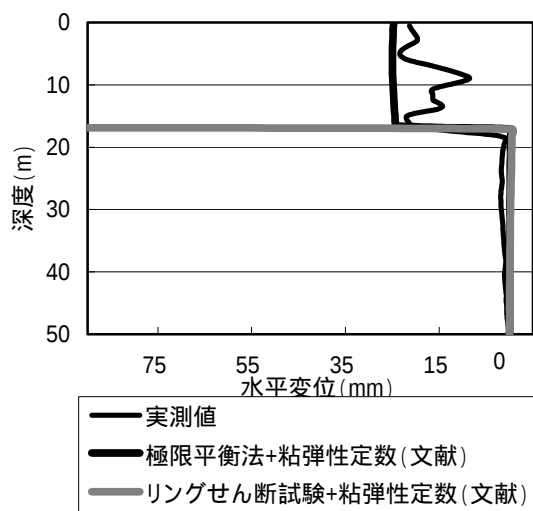


図4 深度方向における水平変位

比較位置:A ダムの周辺斜面に設置した孔内傾斜計AK-3

経過時間:測定開始日から70日

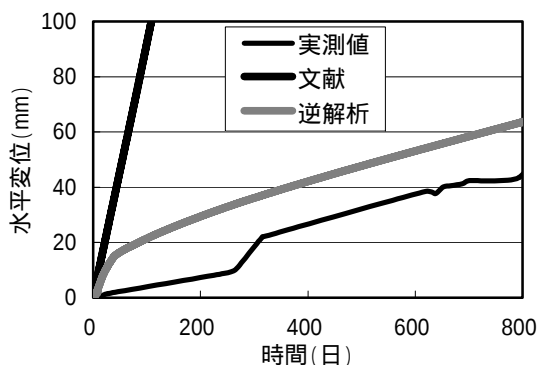


図5 文献1)と逆解析の比較

比較位置:B ダムの周辺斜面に設置した孔内傾斜計FI-9の深度25m