

斜面安定を考慮した貯水池操作

岐阜大学工学部 学生員 ○落合隆司

岐阜大学工学部 正 員 小尻利治

1. はじめに

近年、治水・利水の両面を目的とした多目的ダム貯水池が多数建設されている。それと共に、貯水池の適切な配置、規模、操作が新たな問題として注目されてきた。また、河川生態学的、地質学的に見て適地は減少しており、貯留による生態系の変化、上流域からの土砂の流入、貯水池内での斜面崩壊も管理上重要な問題となってきた。特に、水位変動による湖面付近の斜面崩壊はヒマラヤ山岳地域で深刻な問題であり、本研究では、この点に焦点を絞って適切な貯水池操作を提案しようとするものである。

2. 斜面安定に関する制約条件

貯水池内の斜面崩壊に関する現地からの情報では、湖面を先端とする円弧滑りの形態が多いそうである。そこで、図-1のようなスウェーデン法により斜面安定の安全率を算定する。いま、水位低下によって崩壊が起こったとし、その時の安全率を F_a と置き、低下前の安全率を F_b とする。図のような条件では F_a は

$$F_a = \frac{\sum \{ (C * L + W \cos \theta - U * L) \tan \phi \}}{\sum W \sin \theta}$$

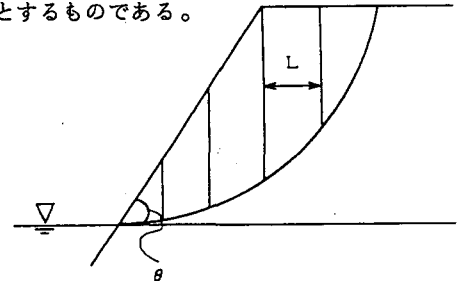


図-1 斜面安定解析の概念図 (1)

ここに、 C ：粘着力、 W ：スライス重量、 U ：間隙水圧、 L ：スライス幅、 ϕ ：内部摩擦角、である¹⁾。安全率がある基準値 C_F 以下になれば崩壊の危険性が高いので、それ以下には水位を低下できないものとする。従って、崩壊に関する水位低下条件として

$$|S(t-1) - S(t)| \leq DH(S(t), i) \quad (2)$$

が得られる。ここに、 $DH(S(t), i)$ は、崩壊が貯水池水位と地点の関数であることを意味している。

3. 操作目的

一般に、貯水池の操作目的は農業用灌漑と発電用取水である。前者は目標取水量を達成すればよく、後者は契約電力（水位）を満たしつつ、貯水量をなるべく高くすることになる。数学的には、

$$\text{利水（農業）： } O_a = \text{minimum}_t \{ \text{maximum}_t (|QO(t) - TO(t)|) \} \quad (3)$$

$$\text{発電： } O_p = \text{minimum}_t \{ \text{maximum}_t (|S(t) - TS(t)|) \} \quad (4)$$

となる。ここに、 $TO(t)$ は第 t の目標取水量、 $TS(t)$ は目標貯水量である。上2式はトレードオフ関係があり、多目的の最適問題である。ところで、ダム貯水池内の斜面崩壊箇所は、その地質、地形条件より一様ではなく図-2のような分布をしていると考えられる。斜面安定条件式(3)に関しても、小地域であっても一様ではなく、曖昧性を含めて表現されている。こうした点より、本研究ではファジィ多段決定理論を導入して放流量の決定を行う²⁾。

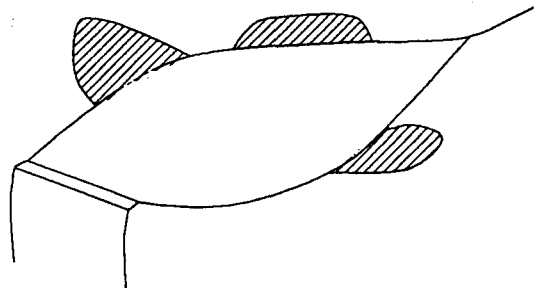


図-2 貯水池湖面

4. 流域のモデル化と定式化

まず、対象とする崩壊箇所を2地点とすると、ある貯水量の時の水位低下条件は図-3のような曖昧性（メンバーシップ関数）で表される。

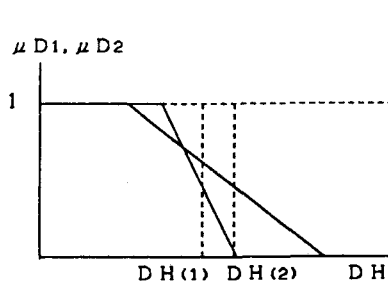


図-3 水位低下の
メンバーシップ関数

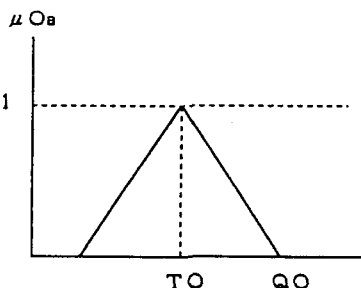


図-4 取水量の
メンバーシップ関数

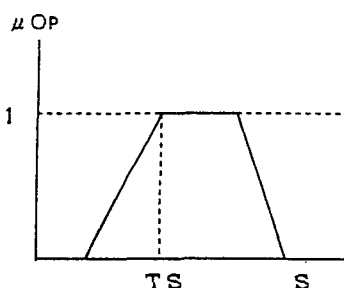


図-5 貯水量の
メンバーシップ関数

各々、望ましい水位低下範囲を示しており、両者による制約条件としては、ファジィ和を取り

$$\mu DA = \mu D1 \wedge \mu D2 \quad (5)$$

で表される。ここに、 $\mu..$ はファジィメンバーシップ関数である。つづいて、貯水池の操作目的も図-4、5のようなメンバーシップ関数で表されるとしよう。結局、貯水池操作とは全制御期間にわたって目的関数（ファジィ目標）を制約条件（ファジィ制約、クリスプ制約：連続式、容量等の従来の制約）を包含して最大化する問題となる。すなわち、制御目的は可能な意志決定の中でメンバーシップ値を最大化することといえることができる。具体的には時間ステップ t でのメンバーシップ値を $(\mu DA \wedge \mu Oa \wedge \mu Op)_t$ で表すと

$$OBJ = \max_{(QO(1), \dots, QO(T))} \{ (\mu DA \wedge \mu Oa \wedge \mu Op)_1 \wedge \dots \wedge (\mu DA \wedge \mu Oa \wedge \mu Op)_T \} \quad (6)$$

となる。ここに、 T は制御時間数である。動的計画法の概念を導入し、 $f_{\mu t-1}(S(t-1))$ を $t-1$ までの時間ステップでの最適累加メンバーシップ関数とすると、次のような関数漸加式が成立する。

$$f_{\mu t}(S(t)) = \max_{QO(t)} \{ (\mu DA \wedge \mu Oa \wedge \mu Op)_t \wedge f_{\mu t-1}(S(t-1)) \} \quad (7)$$

$$\text{クリスプ制約: } S(t) = S(t) + QI(t) - QO(t) \quad (\text{連続式})$$

$$0 \leq S(t) \leq V \quad (\text{貯水池容量; } V \text{ は有効貯水容量})$$

$$0 \leq QO(t) \quad (\text{放流量})$$

もちろん、斜面安定条件は貯水量の関数であるから、データベースとして保存しておく必要がある。以上の手順を時刻1から T まで求め、望ましい最終貯水量を与えると最適放流量系列が算定される。

5. さいごに

本研究はヒマラヤ山岳地域で問題となっている斜面崩壊の防止を考慮した貯水池操作について検討したものである。斜面安定シミュレーションからの情報を制約条件とするとともに、その曖昧性及び操作目的の曖昧性に対処するためファジィ多段決定過程として定式化したものである。得られた結果については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 山口柏樹：土質力学、技報堂出版、1990、297-310
- 2) 水本雅晴：ファジィ理論とその応用、サイエンス社、1988、223-240