

農業用ため池における堤体の耐震性検証技術

Earthquake-resistant Inspection Technology of the Bank Body in the Reservoir for Agriculture

佐藤 輝 幸[†]
(SATO Teruyuki)

I. はじめに

東日本大震災により福島県内では、多くの農業用ダムおよびため池が被災した。地域住民の安全・安心を確保するため、ため池の耐震性検証を行い、その結果に基づき、早急な対策が求められている。

福島県には受益面積 2 ha 以上のため池が 3,035 カ所あり、警戒ため池の 532 カ所については、平成 23 年度から優先的に耐震性検証が実施されているが、残る 2,503 カ所についても耐震性の検証が必要である。

ため池の耐震性検証は慣行法としてボーリング調査結果による安定解析が行われている。しかし、復旧・復興業務が多大な福島県において、慣行法では時間と費用を要し、調査労力の確保が困難な状況にあるため、耐震性検証のための効率的なスクリーニング法が必要とされている。

本報では、短時間で比較的安価な検証方法として、サウンディング調査に基づく危険度予測方法（以下、「簡易法」という）の有効性の検証について紹介する。

II. 方法

震災後実施しているため池点検データをベースに、慣行法と簡易法のサウンディングの結果を収集し、安定解析を行い、おのおのの結果を比較することで関係性を確認することとした¹⁾。

検討対象としたため池は、ボーリングとサウンディングの両方により調査された 9 カ所とした。

基礎となるデータは、耐震性検証が終了したため池の現況調査のうち、堤体情報（堤高、満水位、堤頂幅、法面勾配）、土質サンプルおよびボーリングやサウンディングで得られた土質定数を収集した。

ボーリングは、堤体最大断面の中央および下流 1 カ所ずつの計 2 カ所で行い、深さは基礎地盤面以下おおむね 5 m（または堤高相当）までのデータとした。サウンディングは、堤体最大断面の中央および下流 1 カ所で行い、深さは堤頂より 5 m（堤高 5 m 未満は堤高

表-1 ため池諸元

ため池名	堤高 (m)	満水位 (m)	堤頂幅 (m)	法勾配		土質	
				上流 (1:n ₁)	下流 (1:n ₂)	堤体	基礎地盤
K池	3.0	1.9	6.0	1.5	1.5	粘性土	粘性土
A池	4.8	3.7	3.5	2.0	2.0	粘性土	粘性土
M池	3.8	2.7	4.0	2.5	2.0	粘性土	粘性土
B池	3.0	1.9	5.5	2.5	1.5	粘性土	粘性土
D池	3.8	3.0	3.5	2.0	1.8	粘性土	粘性土
R沼	15.9	13.9	3.5	3.1	2.4	粘性土	砂質土
I池	6.0	4.4	4.0	2.0	2.0	粘性土	粘性土
H池	5.0	3.8	4.0	1.5	2.0	粘性土	粘性土
Y池	6.0	4.1	3.5	2.0	2.0	粘性土	粘性土

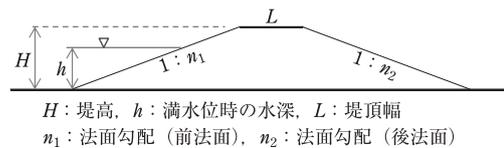


図-1 安定解析 堤体モデル

相当まで) のデータとした。

安定解析については、以下の各種条件を設定し、解析を行った。

堤体形状はため池点検の実測値である堤高、満水位、堤頂幅、法面勾配を使用しモデル化した(表-1, 図-1)。

検討水位として、常時満水位は現況余水吐クレスト高としている。

堤体形式については、現地調査の結果よりすべて均一型とし、浸潤線位置はカサグランデの方法で設定した。

安定解析方法については、土地改良事業設計指針「ため池整備」²⁾に基づき、円弧すべり面スライス法を使用し、応力表示は有効応力、計算斜面は上下流側で計算を行った。

土質定数については、慣行法はボーリング時に得られた内部摩擦角φ、粘着力cを採用した。

一方、サウンディングでは、内部摩擦角と粘着力を測定することができないため、サウンディングで得られた換算N値から、土地改良事業設計指針「ため池整

[†]福島県農業総合センター

ため池、耐震性、サウンディング、安定解析、土質定数、危険度予測、モデル化

表-2 堤体土質および土質定数

ため池名	堤体 土質		内部摩擦角 ϕ		粘着力 c	
	B	SW	B	SW	B	SW
K池	シルト	粘性土	35.3	0.0	1.0	13.8
A池	風化凝灰岩	粘性土	36.4	0.0	11.0	37.5
M池	シルト	粘性土	35.8	0.0	3.0	18.8
B池	シルト	粘性土	34.6	0.0	2.0	25.0
D池	風化凝灰岩	粘性土	34.8	0.0	12.0	18.8
R沼	風化凝灰岩	粘性土	3.6	0.0	37.4	37.5
I池	粘性土	粘性土	39.0	0.0	2.0	18.8
H池	粘性土	粘性土	38.0	0.0	2.0	25.0
Y池	粘性土	粘性土	36.0	0.0	8.0	25.0

注) サウンディングの内部摩擦角は、粘性土のため $\phi=0$ として取り扱う

B: ボーリング, SW: サウンディング

備³⁾に基づき、内部摩擦角 ϕ または粘着力 c へ換算した。堤体が砂質土の場合は内部摩擦角 ϕ へ換算し、粘着力 $c=0$ とした。また、粘性土の場合は粘着力 c へ換算し、内部摩擦角 $\phi=0$ とした。なお、土質の判定については、サウンディング実施時に目視により判定した(表-2)。

堤体の自重として使用する土の単位体積重量については、慣行法では単位体積重量(湿潤、飽和)を採用し、簡易法では既存の土質調査のデータの結果を勘案し、湿潤単位体積重量 16 kN/m^3 、飽和単位体積重量 18 kN/m^3 に設定した。

III. 結果および考察

慣行法である三軸圧縮試験結果から得た土質定数より求めた安全率(F_{S_y})と、簡易法であるサウンディングの換算 N 値から算定した土質定数で安全率(F_{S_n})を解析した結果、前法面、後法面の双方において、安全率が必要とされる 1.2 を上回り、安全との判定となった。

また、慣行法と簡易法の安全率を比較した場合、 $F_{S_y} : F_{S_n} = 1 : 1$ である 0% の線から F_{S_n} 側に 40% の範囲に収まる結果となった(図-2)。

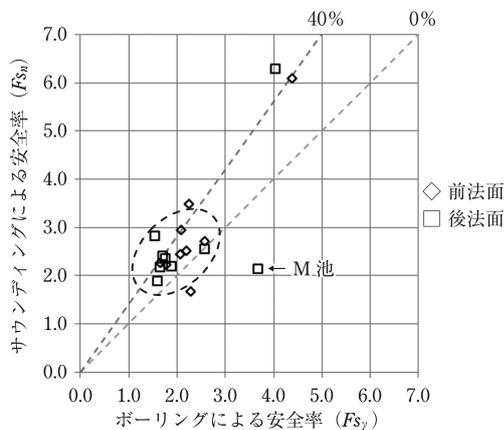


図-2 ボーリングとサウンディングの安全率

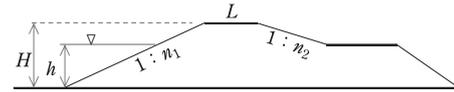


図-3 モデルと異なる堤体 (M池)

簡易法の安全率がやや高めに出ているが、単位体積重量の変更が大きな変動にならなかったことから、土質定数算定に係る換算係数の影響が考えられた。

なお、現地の堤体形状が安定解析をモデル化したものと大きく異なる M 池の場合(図-3)は、 F_{S_y} と F_{S_n} の安全率の比が他のため池のプロットより外れる結果となった。

IV. まとめ

慣行法であるボーリング調査による安定解析と簡易的な土質調査であるサウンディングによるため池堤体の安定解析を行う簡易法による安全率を比較した結果、 $F_{S_y} : F_{S_n} = 1 : 1$ である 0% の線から F_{S_n} 側に 40% の範囲に収まる結果となった。

このことから、ため池点検で得られた堤体情報とサウンディングの土質データによる解析で、補正の検討は必要なものの簡易的な耐震性検証の手法として採用できる可能性は高いことが示唆された。

V. おわりに

今回の検討は、簡易的な耐震性検証の有効性を検討したものである。

今後は、調査点数を増やし、堤高や堤体土質の異なるため池について解析し、本手法の現地適合性を確認し、補正係数などを検討する必要がある。

サウンディングの有効性が確認されれば、耐震性検証の必要な 2,503 カ所を本手法によりスクリーニング調査を実施し、安全性を確認できないものについてのみ、ボーリング調査による詳細検査を行うことで、より効率的な検証が可能となると考えられる。

引用文献

- 堀 俊和, 毛利栄征, 大北耕三, 近藤 巧, 向江悠策: サウンディング試験孔を用いた盛土斜面の原位置孔内回転せん断試験, 地盤工学ジャーナル 9(3), pp.443~455 (2014)
- 農林水産省農村振興局整備部設計課: 土地改良事業設計指針「ため池整備」, p.49 (2006)
- 同上, p.53 (2006) [2014.11.25.受稿]

佐藤 輝幸 (正会員)

略 歴



1969年 福島県に生まれる
1991年 茨城大学卒業
2013年 福島県農業総合センター
現在に至る