

# 農業用ため池の安定解析における有効応力法と全応力法の比較

## Comparison of Effective Stress Method and Total Stress Method for Stability Analysis of Agricultural Reservoirs

○宮内皓司<sup>1</sup>, 西村眞一<sup>2</sup>, 阿部田凌<sup>3</sup>

○Koji Miyauchi<sup>1</sup>, Shinichi Nishimura<sup>2</sup>, Ryo Abeta<sup>3</sup>

### 1. 背景と目的

近年, 地震・豪雨の影響で, ため池の決壊による被害が発生している. これを踏まえ, 防災重点農業用ため池に関わる防災工事等の推進に関する特別措置法(ため池工事特措法)が令和2年10月1日に施行された. 都道府県は基本指針に基づき防災重点農業用ため池を指定し, 劣化状況や地震・豪雨耐性評価, 防災工事, 廃止工事を計画的に実施している. 地震・豪雨耐性評価によってため池の改修判断を行うが, 現在評価をする際に用いられている解析方法は地震によって生じる粘性土中の間隙水圧を無視して安全率を算定している. そこで, 本研究では従来の解析方法(有効応力法)と地震によって生じる粘性土中の間隙水圧を考慮する一般全応力法を比較検討した.

### 2. 方法

改修予定の防災重点農業用ため池について, 標準スライス法(フェレニウス法)を用いて安定解析を行った. 図2はすべり土塊の一つのスライス面にかかる力を示す. 平常時におけるすべり面の抵抗力( $\tau$ )は  $\tau = \sigma \tan \phi + c$  で表され, 全応力を  $\sigma$ , 中立間隙水圧を  $u$ , せん断による間隙水圧を  $\bar{u}$  とすると, 圧密非排水(CU)条件下において, 一般全応力法:  $\tau = (\sigma - u) \tan \phi_{cu} + c_{cu}$ , 有効応力法:  $\tau = \{\sigma - (u + \bar{u})\} \tan \phi' + c'$  となる. 地震発生時, 地震によってすべり面に対して垂直な力( $N_e$ )と地震による間隙水圧( $\bar{U}$ )が発生し, すべり面の長さを  $L$ ,  $\sigma L = N$ ,

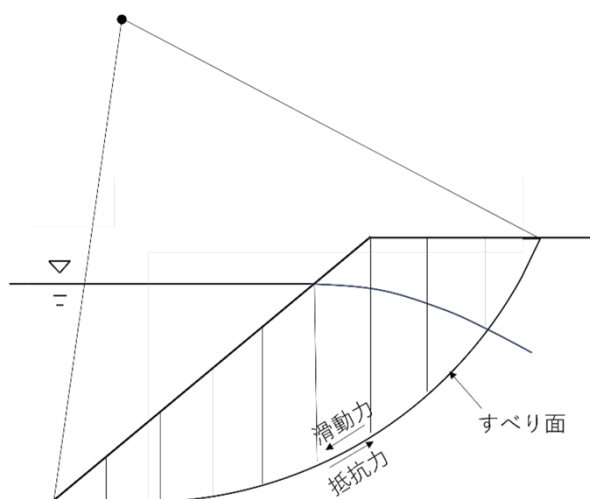


図1 標準スライス法の概略図

Ordinary method of slices

$uL = U$ ,  $\bar{u}L = \bar{U}$  とすると, 一般全応力法:  $\tau L = \{N + N_e - (U + \bar{U})\} \tan \phi_{cu} + c_{cu}L$ , 有効応力法:  $\tau L = \{N + N_e - (U + \bar{U} + \bar{U})\} \tan \phi' + c' L$  となる. 粘性土の場合は  $N_e$  がすべて間隙水圧( $\bar{U}$ ) となり, すべり面の抵抗力( $\tau$ )に影響を及ぼさない. よって, 一般全応力法:  $\tau L = (N - U) \tan \phi_{cu} + c_{cu}L$ , 有効応力法:  $\tau L = \{N - (U + \bar{U})\} \tan \phi' + c' L$  となる.  $\bar{U}$  の推定は困難であり, 有効応力法は  $\bar{U}$  を無視して計算する. 安全率は全てのスライス面に働く抵抗( $\sum \tau$ )を分子に, 全てのスライス面に働く滑動力を分母に置くことで

1. 岐阜大学大学院自然科学技術研究科, 2. 岐阜大学応用生物科学部, 3. 愛知県 1. Gifu

University Graduate School of Natural Science and Technology, 2. Gifu University Faculty of Applied Biological Sciences, 3. Aichi Prefectural Government 有効応力法, 全応力法, 安定解析

求められ、1.2を超えると安全といえる。なお、本研究では一般全応力法は水面以下の粘性土について適応し、粘着力( $c'$ )と内部摩擦角( $\phi'$ )はモール・クーロンの破壊基準を用いて導出した。

次に標準スライス法を用いた安定解析の具体的方法について説明する。最も小さい安全率を示すため、中心の位置、半径を様々な値に変えて解析を行う必要がある。したがって図3に示す通り、一つの中心点に対して、半径を0.5mごとにかえて解析を行った。また、中心点として、縦横それぞれ1m間隔で1辺につき10個のグリッド、即ち合計100箇所の点を設置し、それぞれにおいて解析を行った。

### 3. 結果と考察

解析を行った10個のため池に対して、一般全応力法による安全率と有効応力法による安全率を示し、その差を求めた(表1)。一般全応力法を用いることにより安全率が1.2を超えるため池は8個あり、従来の有効応力法と一般全応力法の安全率を比較すると、従来の方法で安全率が1.2を下回っていても一般全応力法による安全率は1.2を超えるため池が多くあることが示された。

ため池工事特措法により、多くの防災重点農業用ため池を改修が予想されるが、粘性土の場合でも地震による間隙水圧を考慮する、一般全応力法を用いることにより、過度な改修による時間、労力、費用の削減につながると思われる。

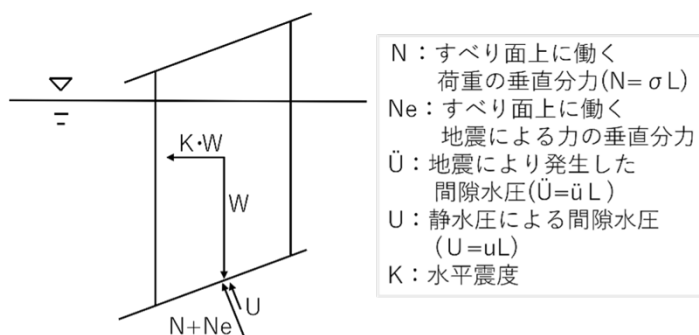


図2 スライス面に働く力  
Forces acting on single slice

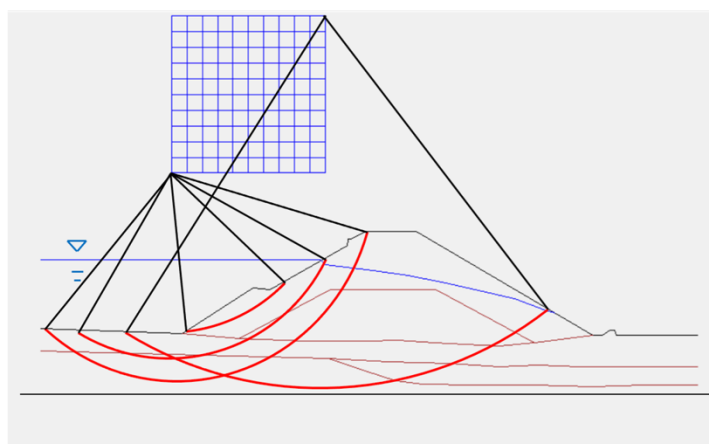


図3 安定解析の方法  
Stability analysis methods

表1 有効応力法と一般全応力法による比較  
Comparison of effective stress method and total stress method

	有効応力法	一般全応力法	差
A池	0.807	0.953	0.146
B池	0.838	1.632	0.794
C池	1.138	1.674	0.536
D池	1.017	1.68	0.663
E池	1.154	1.269	0.115
F池	1.052	1.925	0.873
G池	0.805	1.065	0.260
H池	1.025	1.212	0.187
I池	0.996	1.273	0.277
J池	0.952	1.919	0.967