

## ため池レベル1耐震性能照査業務における簡易的な堤体土の土質定数と安全率の傾向把握

基礎地盤コンサルタンツ(株) ○ 福本 祐太, 久賀 真一, 戸田 陸斗

### 1. はじめに

近年、多くのため池が老朽化により漏水、侵食等の危険箇所が発生し、大雨や地震を契機に決壊するリスクがあり、全国的に防災のための点検や調査が進められている。本報告は、9箇所の農業用ため池において、所定の耐震性能を有しているかを、照査するために必要な土質調査およびレベル1耐震性能照査を実施した事例を基に、各ため池堤体の土質定数とすべり安全率を比較し、傾向の把握を行った。

### 2. 土質調査およびL1耐震性照査結果

本調査では、9箇所の農業用ため池(A~I)を対象に、土質調査(機械ボーリング、現場透水試験、室内土質試験等)を実施し、レベル1地震動に対する安定性の照査を実施している。円弧すべり解析については、上流側と下流側においてそれぞれ、FWL(常時満水位)、HWL(設計洪水位)、水位急降下の3ケース実施している。今回は、下流側のHWLのケースに着目し比較検討を行った。

#### (1) 各ため池の土質定数

表-1に各ため池における堤体盛土の土質定数を示す。A・E・F・Hため池の土質は、砂質粘土・砂質シルトであり、B・C・D・G・Iため池では、細粒分を含む砂質土であった。「土地改良事業設計指針ため池整備」<sup>1)</sup>による堤体材料としての物性値の目安によると、① $\rho_s \geq 2.6(\text{g}/\text{cm}^3)$ (2.6以下であれば有機質を含む可能性があるため)、②0.075mmの細粒分を10~15%程度以上保有している、③透水係数 $k \leq 5.0 \times 10^{-7}(\text{m}/\text{s})$ とある。今回の調査では、土粒子密度と細粒分含有率に関しては、いずれのため池の堤体材料でも、物性値の目安を満たす結果であった。一方、透水係数についてはA・B・Eため池で物性値の目安に満たない結果であった。

表-1 各ため池の土質定数

ため池	N値	土粒子密度 $\rho_s$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	透水係数 $k$ ( $\text{m}/\text{s}$ )	粘着力 $c$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	内部摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	細粒分含有率 FC (%)
A	8	2.705	$6.15 \times 10^{-6}$	0.0	38.0	51.5
B	2	2.698	$6.87 \times 10^{-6}$	2.7	35.2	31.8
C	2	2.664	$2.88 \times 10^{-7}$	0.7	31.8	43.8
D	4	2.687	$3.73 \times 10^{-7}$	2.3	33.3	48.3
E	3	2.750	$1.78 \times 10^{-6}$	1.0	35.1	92.3
F	3	2.750	$1.27 \times 10^{-7}$	1.3	33.6	67.7
G	7	2.701	$5.39 \times 10^{-8}$	1.3	36.2	39.8
H	2	2.685	$4.87 \times 10^{-8}$	3.4	34.6	65.0
I	7	2.728	$3.33 \times 10^{-7}$	0.3	35.0	34.5

#### (2) 各ため池のすべり安全率

今回、堤体の安定計算は、「土地改良事業設計指針ため池整備」<sup>1)</sup>に従い、図-1に示すH26年農地管理課長通知<sup>2)</sup>での条件①・②で解析を実施している。また、堤体の安定計算のケースについては下流側HWLに着目した。基

準の安全率は「土地改良事業設計指針ため池整備」<sup>1)</sup>に従い、 $F_s \geq 1.2$ としている。表-2に各ため池の円弧すべり解析結果(下流側HWL)を示す。A・C・E・F・G・Hため池では基準の最小安全率  $F_s 1.2$ を上回り、すべり破壊の危険性がない結果となった。一方、B・E・Iため池では基準の最小安全率  $F_s 1.2$ を下回り、すべり破壊の危険性がある結果となった。

2 解析方法  
 実際起こりうる滑りを考慮し、①及び②の設定条件により解析を行うこととする(別添「参考図」参照)。  
 ①円弧すべりを、堤頂をとり堤体内で収まるように設定する  
 ②円弧すべりを、堤体下面より1m、法尻より1mの範囲内に収まるように設定する

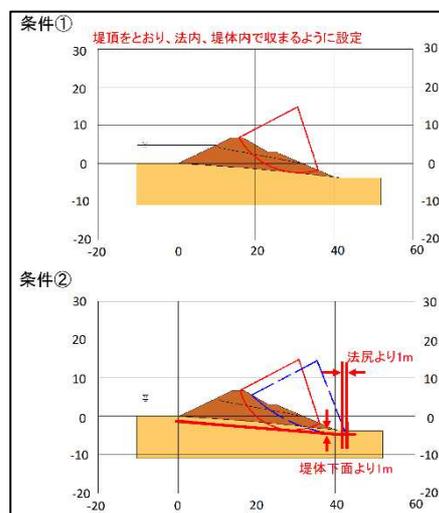


図-1 農地管理課長通知での条件に加筆<sup>2)</sup>

表-2 各ため池のすべり安全率(下流側HWL)

ため池	円弧規制なし	H26年農地管理課長通知 条件①	H26年農地管理課長通知 条件②
		(円弧すべりは、堤頂をとり堤体内で収まるように設定)	(円弧すべりは、堤体下面より1m、法尻より1mの範囲内に収まるよう設定)
安全率 $F_s$			
Aため池	1.080	1.654	2.273
Bため池	0.588	0.906	0.922
Cため池	1.256	1.714	2.139
Dため池	1.146	1.067	2.766
Eため池	1.255	1.255	4.332
Fため池	0.532	1.208	0.487
Gため池	1.337	1.830	1.313
Hため池	1.351	1.351	1.309
Iため池	0.676	1.061	1.387

黄色背景:  $F_s < 1.20$

### 3. 土質定数と安全率の傾向

ここでは、各ため池盛土の土質定数と最小安全率を比較し、傾向の把握を行った。今回、円弧の形状については農地管理課長通知の条件①に着目した。

#### (1) 土粒子密度

図-2に土粒子密度と安全率を示す。本調査におけるため池盛土の土粒子密度は、いずれのため池でも $2.6(\text{g}/\text{cm}^3) \sim 2.8(\text{g}/\text{cm}^3)$ の範囲にあり、これは、一般的な砂質土または沖積粘土の値<sup>3)</sup>である。また、値にもそれほどの差異が確認できなかったことから、今回の調査結果から、土粒子密度と安全率の傾向を確認することはできなかった。

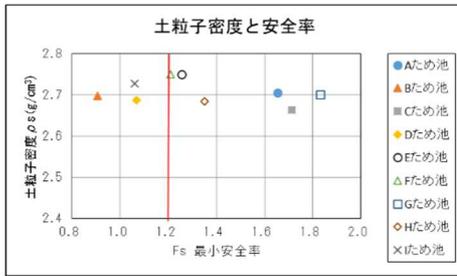


図-2 土粒子密度と安全率

(2) 透水系数

図-3に透水系数と安全率を示す。本調査結果では、いずれのため池も一般的に低い～非常に低い透水系数の範囲にある<sup>4)</sup>。B・D・I・F・Hため池に着目すると、透水系数が低くなるにつれ、安全率が高くなる傾向にある。ただし、Aため池のように、透水系数が大きくても安全率が高いケースがあるため、この限りではない。

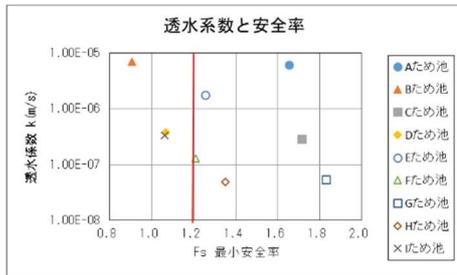


図-3 透水系数と安全率

(3) 粘着力

図-4に粘着力と安全率を示す。本調査結果では、いずれのため池でも、低い粘着力を示す土質(砂質粘土・砂質シルト・砂質土)であることから、粘着力と安全率の傾向は確認できなかった。

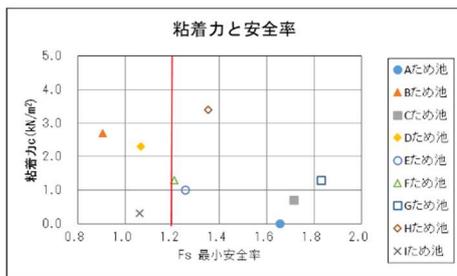


図-4 粘着力と安全率

(4) 内部摩擦角

図-5に内部摩擦角と安全率を示す。本調査結果の中では、内部摩擦角と最小安全率の傾向にばらつきがみられたため、内部摩擦角と安全率の傾向を把握することはできなかった。

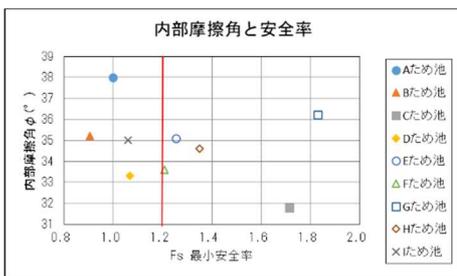


図-5 内部摩擦角と安全率

(5) 細粒分含有率

図-6に細粒分含有率と安全率を示す。細粒分含有率が50%以上であるA・E・F・Hため池では、Fs1.2を上回っている。一方で、細粒分含有率が50%以下であるB・D・Iため池では、Fs1.2を下回っている。これより、細粒分含有率が高いと安全側の傾向を示すと示唆される。

また、C・Gため池は、細粒分含有率が50%以下であるが、Fs1.2を上回っている。Cため池については、表-3に示すように堤体の法勾配が最も緩やかであることに起因していると考えられる。また、Gため池はN値が7と、他のため池より比較的大きいN値であることに起因していると考えられる。これより、細粒分含有率が低くてもN値が高ければ安全側の傾向を示すことが示唆された。一方、Iため池は、法勾配も緩やかであり、N値も高いにも拘らず、Fs1.2を下回っている。また、F・Hため池は法勾配が急であり、N値が低いにも拘らず、Fs1.2を上回っている。これより、すべり破壊において細粒分含有率の与える影響が大きいことが示唆される。

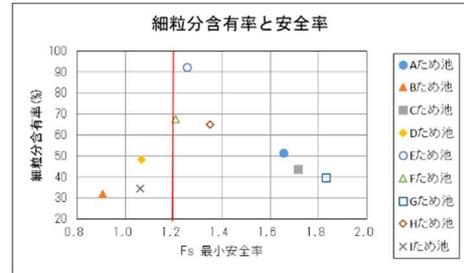


図-6 細粒分含有率と安全率

表-3 法勾配と安全率と土質定数

	ため池名								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
法勾配	2.2	1.5	2.6	1.7	2.3	1.7	2.2	1.2	2.0
最小安全率	1.654	0.906	1.714	1.067	1.255	1.208	1.830	1.351	1.061
細粒分含有率(%)	51.5	31.8	43.8	48.3	92.3	67.7	39.8	65	34.5
N値	8	2	2	4	3	3	7	2	7

黄色背景: Fs<1.20

4. まとめ

本論文のまとめを以下に示す。

- ・細粒分含有率が高いと、すべり結果が安全側の傾向を示すことが示唆される。
- ・細粒分含有率が低くてもN値が高ければ、安全側の傾向を示すことが示唆される。
- ・すべり破壊において、細粒分含有率の与える影響は大きいことが示唆される。

《引用・参考文献》

- 1) (社)農業農村工学会；土地改良事業設計指針「ため池整備」,2015年5月
- 2) 農地管理課長通知 震災対策農業水利施設整備事業(耐震性調査)における留意事項について,2014年10月
- 3) 地盤材料試験の方法と解説, 2020年12月, 公益社団法人地盤工学会, p118
- 4) 地盤材料試験の方法と解説, 2020年12月, 公益社団法人地盤工学会, p468