

# 過去に被災・復旧したため池堤体のレベル2耐震性能照査事例

中央開発(株) 吉田 奈央

## 1. はじめに

本報告では、平成27年に改定された土地改良事業設計指針「ため池整備」<sup>1)</sup>等に準拠し、レベル2耐震性能照査法として、地震時の堤体の強度低下を考慮した塑性変形解析手法である「詳細ニューマークD法」を用いて、ため池堤体の安全性評価を行った結果について紹介する。本事例は、復旧工事範囲に設定した解析断面において新・旧堤体材料の特性と堤体浸潤面に着目しつつ、土質試験結果だけでは実態に則した評価にならないことにも言及しながら、対象ため池の耐震性能評価を行ったものである。

## 2. ため池概要

今回対象とするため池は、堤高24m、堤長93mの規模であり、二十数年前の地震で堤体の一部が被災したが、復旧工事により現在まで農業用水用として利用されている。復旧工事により、底樋が設置されている堤体が最も高い断面はすべて被災後に復旧された新堤であり、相対的に強度が低いと考えられる旧堤に対する照査を実施することができないため、本検討では堤体が高く、新堤と旧堤の両方が確認されている断面を解析断面として選定した(図-1)。

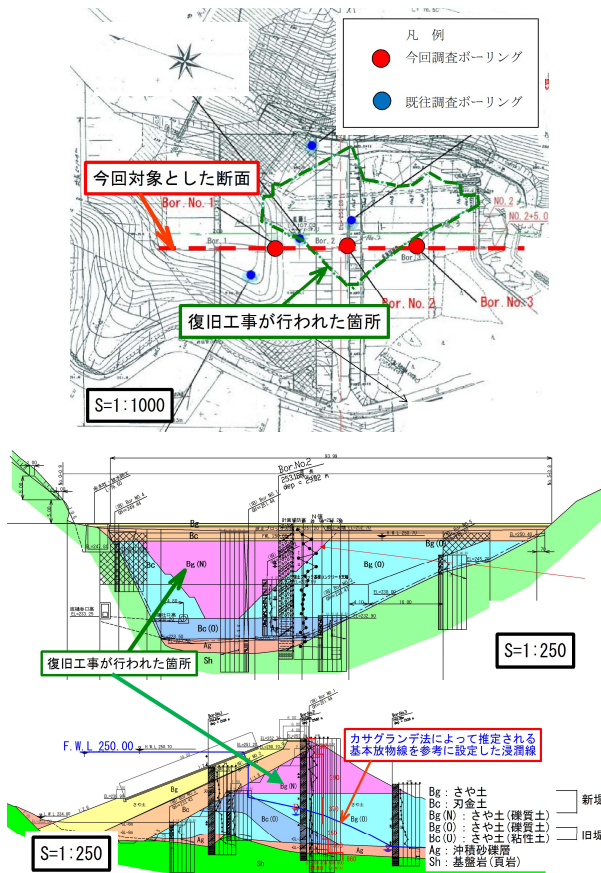


図-1 解析断面図

## 3. 耐震性能照査結果

当ため池におけるレベル2地震動に対する耐震性能照査手順を図-2に示す。

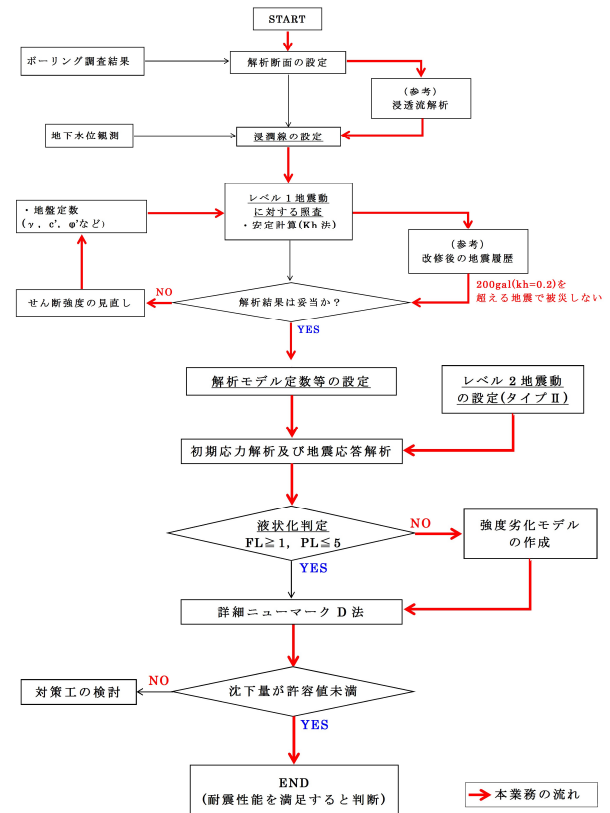


図-2 耐震性能照査手順

### (1) 浸潤線の設定

堤体には、BorNo. 2とNo. 3に観測井が設置されていたが、貯水位が常時満水位よりもやや低い状況であった。そのため、浸潤線はカサグランデ法<sup>2)</sup>によって推定される基本放物線を参考に、観測期間最高水位を貯水位と常時満水位の水位差分を補正して設定した(図-1)。また、常時満水位の場合の浸透流解析も実施し、今回設定した浸透流解析が妥当であることを確認した。

### (2) 強度定数の設定

試験結果に基づいて設定した表-1の「当初」のせん断強度定数では、レベル1地震動(常時満水位)に対する安定計算結果で許容安全率を大きく下回り( $F_{smin}=0.711<1.2$ )、安全率1.0も確保されていない結果となった。

表-1 土質定数(当初と見直し)

地層	N値	単位体積重量 $\gamma_{sat}(kN/m^3)$ $\gamma_t(kN/m^3)$	せん断強度定数(排水強度)			
			当初		見直し後	
			粘着力 $c'(kN/m^2)$	せん断抵抗角 $\phi'(^{\circ})$	粘着力 $c'(kN/m^2)$	せん断抵抗角 $\phi'(^{\circ})$
堤体盛土 (新堤)	Bg	5	19.7	19.0	1	27
	Bc	10	19.8	19.0	1	27
	Bg(N)	14	22.0	21.0	3	31
堤体盛土 (旧堤)	Bg(O)	11	21.8	21.0	12	32
	Bc(O)	10	19.4	19.0	1	28

この結果は、ため池が復旧して以降に発生したレベル1地震動相当の外力に対して被災していない実態と整合していない。新堤は重機を使用して近代的施工方法で復旧されており、新堤と旧堤のN値を比較すると新堤の方が大きいように見えるため、せん断強度も同様の傾向にあると考えると、「当初」の新堤のせん断強度を過小評価していることが、上記要因と考えた。

そこで、新堤(Bg, Bc, Bg(N))のせん断強度定数は、旧堤のせん断強度定数以上あるものと考え、Bg(0)と同値と仮定すると、レベル1地震動(常時満水位)に対する安定計算結果において安全率1.0を満足し、少なくとも実態と不整合回避できるため、この値を採用することとした。

### (3) 詳細ニューマークD法

Bg(0)およびBg層、Bg(N)層の液状化判定においては、レベル2地震動に対して $FL < 1$ となったことから、レベル2照査手法は地震時の繰り返し载荷により、堤体の強度が低下することが考慮できる詳細ニューマークD法を採用した。なお、解析ソフトは「地震時強度低下を考慮した変形解析システムSERID」<sup>3)</sup>を用いた。

レベル2入力地震動は、ため池が「海溝型地震」の影響がほぼ無視できる内陸に位置することから、「内陸直下型(タイプ2)」を対象とした。

レベル2地震動の許容沈下量は、許容沈下量の全国調査を行った結果を踏まえ、人の手が及ばない部分の安全性の確保(地震の発生は予測不可能)という点から、沈下後の必要堤体高を常時満水位とし、堤頂(253.20m)と常時満水位(250.00m)との標高差(3.2m)を許容沈下量として設定した。

今回の解析結果を表-2、図-3、図-4に示す。今回設定した地震波形に対して、最大変位を示す円弧すべりは $S=0.288(\text{m})$ と、許容値( $S_a=3.2\text{m}$ )を満足する結果となり、ため池はレベル2地震動に対して耐震性能を満足していると判断した。

### 4. まとめ

再構成試料の供試体作成条件の密度は、締固め試験と現場密度から締固め度は95%を示しており、問題となるような過小な値ではない。したがって、新堤のせん断強度を過小評価している要因としては、試料を採取する際、堤体礫質土の最大礫径(53mm)に対してサンプラーの径(内径35mm)が小さすぎるために、層を代表するような密度を測定ができず、密度の小さな箇所の測定値をターゲットとして、三軸試験の供試体作成が行われたことが考えられる。この結果より、礫質土堤体の正確な密度測定方法について予め検討しておく必要があったと感じている。

表-2 詳細ニューマークD法による解析結果

解析断面	地震波形	最大変位を示す円弧			許容沈下量 $S_a(\text{m})$	判定 OK: $S \leq S_a$ NG: $S > S_a$
		最大加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	降伏震度	すべり変位量 $S(\text{m})$		
上流側	目標スペクトルA	-724.4	0.25	0.288	3.20	OK

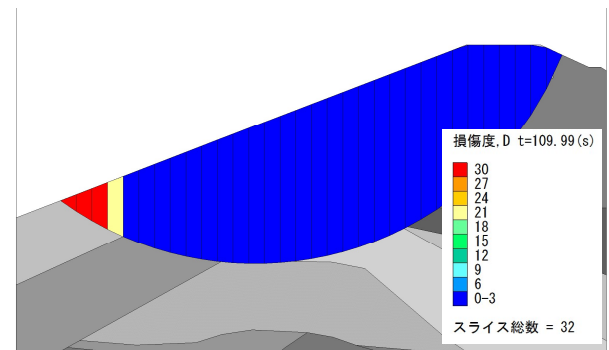


図-3 損傷度コンター図と変形図

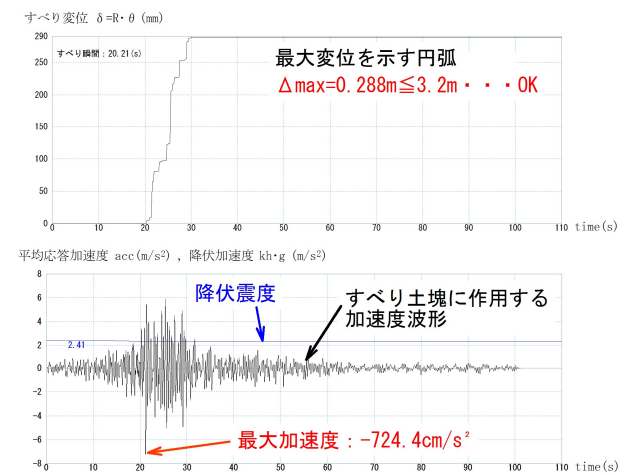


図-4 変位量および降伏震度の時刻歴図

### 《引用・参考文献》

- 1) 農林水産省農村振興局整備部，土地改良事業設計指針「ため池整備」，H27.5
- 2) 農林水産省農林振興局，土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書[フィルダム編]，H15.4
- 3) SERID 研究会：SERID-Stability Evaluation and Rehabilitation of Irrigation Dam-によるため池等土構造物の耐震診断マニュアル(案)，2016.