

ため池耐震診断

簡易的な手法による耐震性能評価

九州コンサルタント部 手塚 匡夫・小田原 寿

はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により農業生産の基盤となる農業水利施設も甚大な被害を受け、これを契機として農業水利施設の耐震化対策は大きな問題と捉えられるようになりました。

とりわけ、農業用ため池は全国に約21万箇所存在し、ため池本体の被害もさることながら、ため池の決壊によ

り地域住民の生命、財産、公共施設に甚大な被害が生じる恐れがあります。このため、農業用ため池の耐震化対策は大変重要な施策として全国的に取り組みられています。

ここでは、既設の農業用ため池について、レベル1地震動（震度5強相当）を対象とした、簡易的な方法による農業用ため池の耐震診断方法について紹介します。

耐震診断方法

耐震診断は、『土地改良施設耐震設計の手引き（農業農村工学会、2004年3月）以下『手引き』という。』に示された方法により進めていきます。耐震診断の手順を図1に示します。

1. 資料収集および現地踏査 耐震診断を行うため池の状況を把握するため、ため池台帳、現況堤体断面図および地質調査資料などを収集します。必要に応じて、堤体横断測量や地質調査を実施して堤体の断面形状や堤体盛土および基礎地盤の物理特性や力学特性を把握します。あわせて、現地踏査を行い、常時満水位や堤体からの漏水状況の確認も行います。

2. 地盤モデル作成 収集した現況ため池の諸条件をもとに堤体および基礎地盤の地層区分を設定し、常時満水条件における堤体内への池水の浸潤線モデルを作成します。浸潤線モデルは、A.Casagrande（キャサグランデ）式などの推定式をベースに、ボーリング調査時の孔内水位や堤体からの漏水位置を参考に補正し設定します。また、液状化判定のために1m×1mのメッシュを設定し、地盤モデルを作成します。

3. 液状化判定 地盤モデルをもとに、 F_L 値法^{*1}を用いて液状化判定を行います。液状化判定は、先に設定したメッシュの格子ごとに計算し、液状化判定の指標となる F_L 値や過剰間隙水圧（ Δu ）^{*2}の分布状況を把握します。

4. 安定解析 液状化判定結果をもとに堤体の安定解析を行います。安定解析は、通常の堤体安定解析で用いられる円弧すべり法を用います。液状化判定において非液

状化堤体と判定された場合、Kh法^{*3}を用いてレベル1地震動による地震慣性力に対して耐震性能を評価します。液状化堤体と判定された場合、地震によって生じる堤体への過剰間隙水圧を考慮した簡易液状化安定計算法（ Δu 法）による耐震性能評価もあわせて行います。

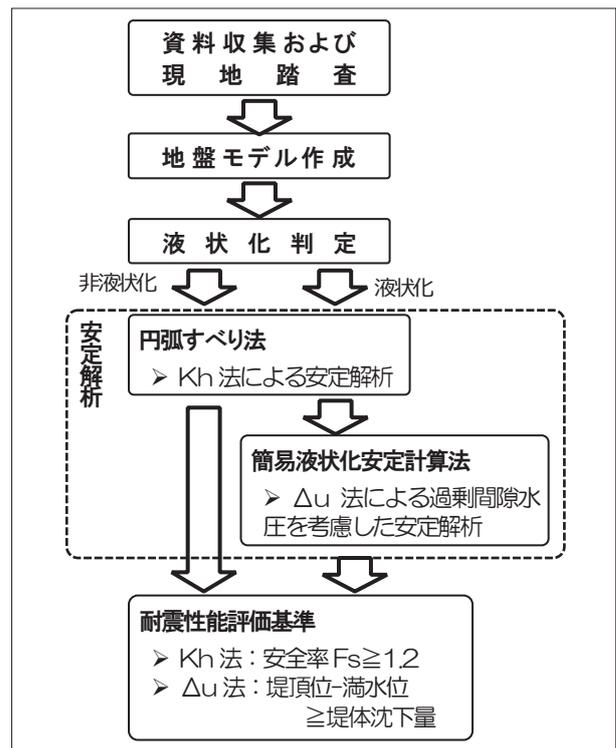


図1 耐震診断フロー

液状化判定計算

液状化判定の指標となる F_L 値は、『手引き』に示されているように、『道路橋示方書・同解説V. 耐震設計編』（日本道路協会, 2011年3月）を参考に算定します。

液状化判定においては、液状化発生状況を面的にとらえるため地盤モデルで設定したメッシュの格子点ごとに F_L 値を算定し液状化発生分布を解析します（図2）。

F_L 値と液状化の判定区分は、表1に示すとおりです。

表1 F_L 値と液状化判定

F_L 値の範囲	液状化の判定
$F_L \geq 2.2$	液状化は発生しない。（過剰間隙水圧は発生しない）
$2.2 > F_L > 1.0$	部分液状化は発生する。（拘束圧（有効上載荷重）より小さい過剰間隙水圧が発生する）
$F_L \leq 1.0$	完全液状化。（拘束圧に等しい過剰間隙水圧が発生する）

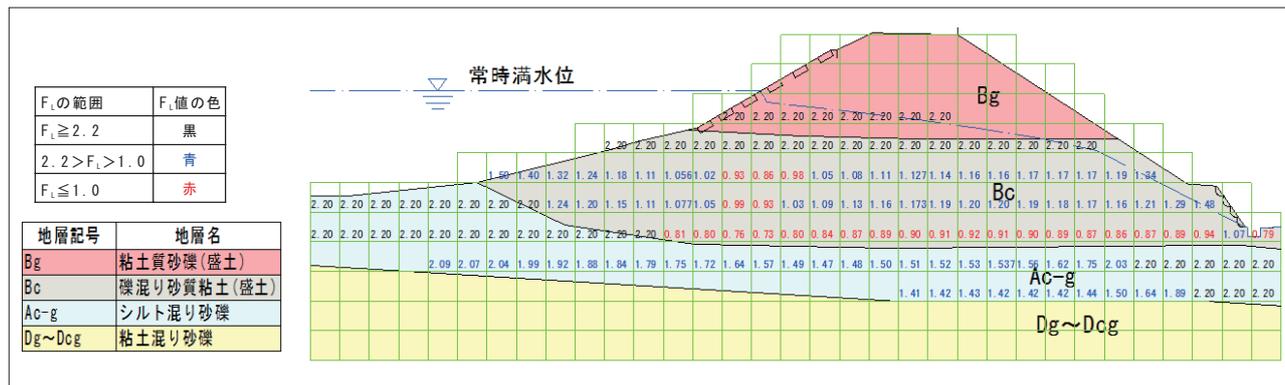


図2 液状化判定解析図 (F_L 値分布図) 例

液状化堤体における安定解析と耐震性能評価

完全液状化層の存在が確認されたため池は、地震が発生した場合、地震の慣性力に対する安定性とは別に、液状化現象で堤体内に生じる過剰間隙水圧により地盤強度が低下し、堤体や基礎地盤が全面崩壊する恐れがあります。このため、液状化堤体における円弧すべり計算では、地盤強度の低減を反映するため、過剰間隙水圧を考慮した円弧すべり計算を行います。この計算方法を簡易液状化安定計算法 (Δu 法) といいます。

また、液状化現象が生じた場合のため池の耐震性能評価は、堤体の沈下量により評価します。 Δu 法で求められた安全率とため池の沈下量との関係は、『手引き』に示されています（表2）。この関係で求めた沈下量が常時満水位を下回らなければ、液状化に対して耐震性能が満足すると評価できます。

表2 安全率と沈下量の関係

安全率の範囲	沈下量
$0.8 < F_s \leq 1.0$	堤高 $\times 0.25$
$0.6 < F_s \leq 0.8$	堤高 $\times 0.50$
$0.6 \leq F_s$	堤高 $\times 0.75$

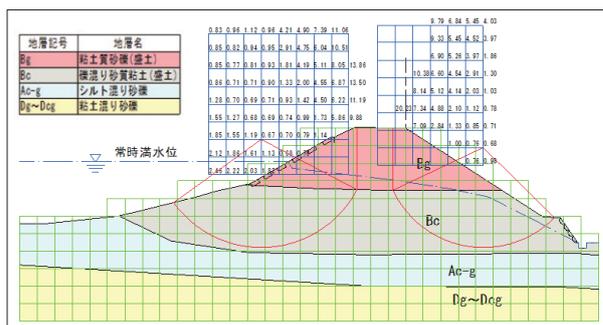


図3 Δu 法による安定解析図例

おわりに

今回紹介したため池耐震診断は、簡易的な手法を用いており手軽に耐震性能の評価を行えます。全国に多数ある農業用ため池について効率よく耐震性を評価すること

で、ため池整備計画策定に際し、改修すべきため池の優先度判定やため池ハザードマップとともに、地域住民に対する地震災害の啓発活動にも役立てられると考えます。

※1 F_L 値法とは、地盤内のある深さの液状化強度比を求めて液状化の判定を行う方法である。 F_L 値は、 $F_L = R/L$ (R : 液状化抵抗比 L : 繰返しせん断応力比) で求められます。

※2 過剰間隙水圧 (Δu) とは、堤体の浸潤線以下にある地盤内の間隙水圧 (静水圧) が、地震により地盤が繰返しせん断を受けることにより静水圧を越える間隙水圧のことをいいます。

※3 Kh法とは、震度法と呼ばれる円弧すべり計算の方法であり、堤体に作用する地震時慣性力として設計水平震度 (Kh) を考慮した計算のことです。