

ため池耐震性能照査に関する 解析条件の設定事例

川崎地質株式会社

○中川 翔太、太田 史朗、住 武人

1. はじめに

本報告は、防災重点ため池である宮城県の農業用ため池に対してレベル2の安定性検討を行うために、地質調査、地盤定数の設定、地震動の作成を行った事例である。

2. 概要

(1) ため池概要

当該ため池は、築堤年度は不明であるが、平成初期に腹付けの築堤工事（砂質土（Bs1）層）が行われている均一形式、堤高約13mの大型のため池である。既往ボーリングにより、各盛土層で三軸圧縮試験が行われており、レベル1の安定解析が実施されている。

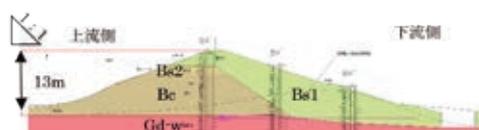


図-1 既往調査における断面図（凡例は図-3を参照）

(2) 調査前の課題

既往業務によるレベル1の安定計算結果が、安全率 $F_s < 1.0$ 以下（常時満水位条件で上流 $F_s=0.86$ ）となっているが、既往地震による履歴では変状が確認されおらず、実現象と解析結果に乖離がみられる。また、レベル2地震動に使用する波形が決定していないため、作成する必要がある。

3. 解析に使用する断面図及び地盤定数の精査

(1) 既往文献調査

既往文献調査により、平成初期の腹付け築堤工事の履歴が確認された。Bs1層が腹付け層であるが、図-1の断面図と施工断面図が異なる形状となっていたため、施工断面図の土層構成を反映した断面となるように見直した。

(2) 調査結果の反映

レベル2耐震性能照査（安定解析）に必要な強度特性、液状化特性、変形特性把握のためのサンプリングを目的としたボーリング調査を各層で実施し、併せて地層構成を見直した。粘性土（Bc）層は、上部と下部でN値の傾向が異なり下部の方が大きいため、上部（Bc1層）、下部（Bc2層）に分けて地盤定数を設定した。

また、既往の三軸試験結果と今回実施した三軸試験結果でモール円の重ね合わせを行い、破壊包絡線を見直すことで適切な地盤定数を設定した。

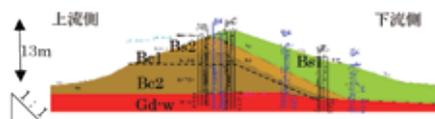


図-2 見直し後の断面図（凡例は図-3を参照）

(3) 地震履歴を考慮した検討

気象庁の震度データベースより確認した当該ため池付近における近年の大規模地震時の地震履歴（最大計測震度）を表-1に示す。

表-1 地震履歴と最大計測震度

日付		時間	震央地名	観測所		
西暦	和暦			最大計測震度	最大加速度 (gal)	設計水平震度 (換算 K _b)
2005/08/16	H17.08.16	11:46	宮城県沖	5弱	181.4	0.19
2011/03/11	H23.03.11	14:46	三陸沖	6弱	426	0.25
2011/04/07	H23.04.07	23:32	宮城県沖	5弱	285.4	0.22

土木学会が定義するレベル1地震動は、供用中に1~2回発生する確率を有する地震動であり、当該地の既往の地震履歴では、震度5弱の地震が相当する。当該地震では、これまでに大きな変状やすべり破壊が発生していないことから、少なくともレベル1地震時のすべり安全率は、1.0以上は有するものと考えた。

(4) レベル1地震動に対する安定性検討結果

既存の断面及び地盤定数(図-3)では、上流側の解析において、安全率Fsが1.0を下回っているが、本業務で設定しなおした断面及び地盤定数(図-4)では、Fsが1.0以上となることを確認した。地震履歴と堤体の現状から、より実現象を反映した妥当な断面となっていると判断した。

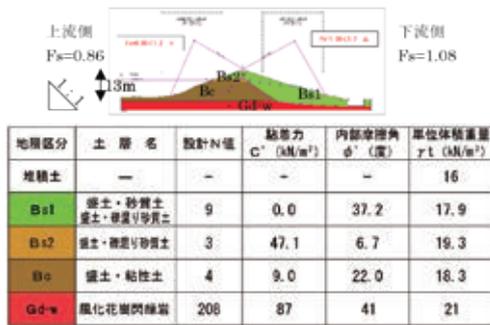


図-3 既往の地盤定数とレベル1安定計算結果



図-4 見直し後の地盤定数とレベル1安定計算結果

4. レベル2耐震性能照査に使用する地震動の作成

(1) 入力地震動の設定

土地改良事業設計指針「ため池整備」¹⁾に記載の通りタイプI(プレート境界型)とタイプII(内陸直下型)を想定した2種類の波形を設定した。設定方法は、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」²⁾(以下、指針(案))に準じたほか、近傍の地震動観測所における地震波を考慮して、地震波を設定した。図-5に検討フローを示す。

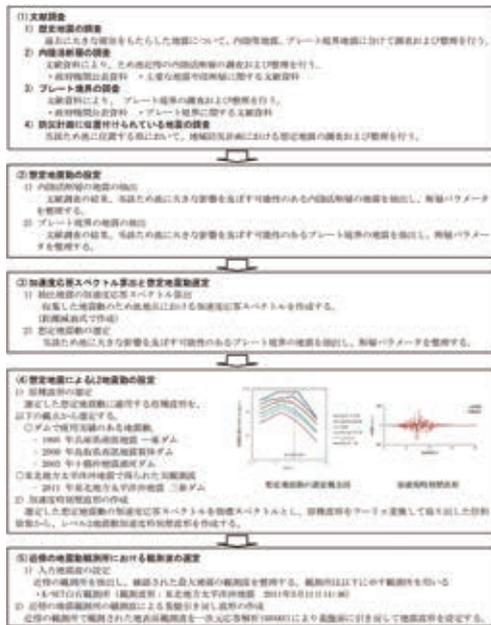


図-5 地震動の設定フロー

(2) 指針(案)に準じた地震波の作成

以下に示す①~④を行い、地震波を作成した。

- ①: 文献調査から当該ため池に大きな影響を及ぼす可能性のある地震を抽出し、抽出地震の加速度応答スペクトルを作成した。加速度応答スペクトルの作成は、国土技術政策総合研究所によるダムの距離減衰式³⁾を用いた。
- ②: 想定地震動は作成した加速度スペクトルから、ため池の固有周期に着目して選定した。ため池の堤体高さ、S波速度Vsより、固有周期TGを算出し、ため池の固有周期周辺の加速度応答ス

ペクトルが大きい地震動を以下に選定した。

【タイプⅠ】東北地方太平洋沖地震(最短)

【タイプⅡ】福島盆地西縁断層帯(等価)

- ③：レベル2地震動の設定で原種波形の選定を行った。選定した想定地震動に適用する原種波形を、A.ダムで使用実績のある地震動、B.東北地方太平洋沖地震で得られた実観測波を使用した。

【タイプⅠ】

A. 2003年十勝沖地震 浦河ダム

B. 2011年東北地方太平洋沖地震
三春ダム

【タイプⅡ】

A. 1995年兵庫県南部地震 一庫ダム

A. 2000年鳥取県西部地震 賀祥ダム

- ④：選定した想定地震と原種波形から以下の手順で加速度時刻歴波形を作成した。

1. 原種波形をフーリエ変換し、位相情報を取り出した。
2. 目標スペクトルと1の位相情報を用い、作成した波形の応答スペクトルと目標とする応答スペクトルが所定の一致度を満たすまで、繰り返し修正を行った。

(3) 近傍の地震動観測所における観測波の作成

現地条件に則した地震波を照査に使用するため、調査地に近傍であるK-NET

の地表面の観測波を用いて次元応答解析(SHAKE)を行い、基盤面に引き戻した地震波を作成した。

(4) レベル2地震動に対する安定性検討結果

結論として、近傍の地震動観測所から作成した地震波を使用し解析した結果が、最も変位量大きい結果となった。

5. まとめ

解析モデルや地盤定数を検討する場合は、実現象と乖離のないよう、築堤履歴、地震履歴等を考慮すると良い。

地震動は、指針(案)に準じ作成したものと、近傍観測所の最大観測波から作成したものを併用し検討することで、安全側の照査が可能である。

《引用・参考文献》

- 1) 農林水産省農村振興局整備部監修, 公益社団法人農業農村工学会発行: 土地改良事業設計指針「ため池整備」, p.128, 2015.5.
- 2) 国土交通省河川局: 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説, p.6, 2005.3.
- 3) 国土砂防技術総合研究所 河川研究部 ダム研究室: 大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料 参考資料1 指針(案)・同解説の補足説明資料, p.34, 2005.3.