

農業専用ダムの安全性評価について —月形ダムの耐震性能評価—

札幌開発建設部 農業整備課

○須藤 翔太
魚石 洋一
松本 博昭

昭和50年より供用開始された農業用ダムである月形ダムについて、健全性の確認及び耐震性能照査を実施し、総合的な安全性評価を行うこととしている。

築造当時の設計思想並びに各種観測データの整理解析を行い、不足する必要なデータの補足調査を検討実施の上、健全性の確認と耐震性能照査に必要な様々なパラメータ（物性値）の設定方法等について報告する。

キーワード：耐震、危機管理、防災、維持管理

1. はじめに

近年、1995年の兵庫県南部地震、2008年の岩手・宮城内陸地震、さらに2011年3月11日発生の東北地方太平洋沖地震、2018年の胆振東部地震などの大規模な地震により、農業用ダムやため池においても、堤体、付帯施設に変状、損傷が生じた事例や堤体が決壊した被害が報告されている。このような背景のもと、ダムの地震時における安全性の検証が急務となっており、既設ダムの耐震性能照査が実施されることとなった。

本報では、直轄かんがい排水事業南月形地区で造成された「月形ダム」について、堤体の耐震性能照査を評価するために必要となる様々なパラメータ（物性値）の設定方法等を報告するものである。



図-1 月形ダム位置図



写真-1 月形ダム貯水池写真

2. 月形ダムの概要

(1) ダム概要

月形ダムは石狩川水系石狩川支流須部都川に建設された有効貯水量4,230千m³、堤体積307千m³、堤高28.8m、堤頂長208.12mの中心コア型アースダムである。

ダムの建設工事は、昭和41（1966）年に着手し、昭和49（1974）年に完了した。その後、試験湛水を実施し、昭和50（1975）年度より供用を開始している。（図-1、写真-1）

(2) 地形、地質概要

ダムサイトは、上流で須部都川とポン須部都川が合流するほか数多の小派川が流入する複雑・急峻な地形で、ダム地点兩岸は急傾斜で崩落が各所に見られる。

ダムサイトの地質は、樺戸山地の堆積岩を主とする地域で月形ダム周辺の須部都層は新第三紀中新世の地層である。須部都層の本体は泥岩を主とし、凝灰岩を挟んでいる。

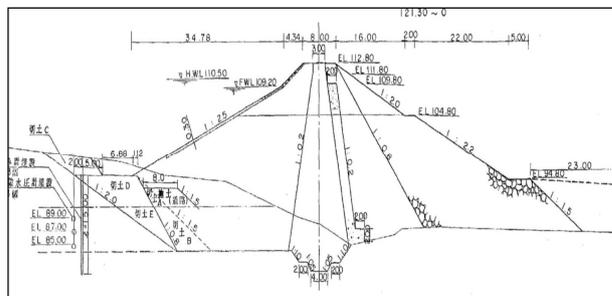


図-2 堤体断面図

3. 耐震性能照査とは

(1) レベル1耐震性能照査とは

フィルダムのレベル1地震動に対する耐震性能は、「供用期間内に1～2度程度発生する確率をもつ地震動強さ」に対して、「ダムにすべり破壊が生じないこと」（国営造成農業用ダム耐震性能照査マニュアル 平成24年3月）とされており、具体的には、ダム地点における地震力（地震係数）を作用させた安定計算（震度法）において、すべり破壊に対して所要の安全率（Fs）1.2以上を確保することである。

(2) レベル2耐震性能照査とは

フィルダムのレベル2地震動に対する耐震性能は、「現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動強さ」に対して、「地震によりダムに構造的な損傷が生じた場合でも構造的な損傷が修復可能であり、ダムの貯水機能、放流機能が維持されること」（国営造成農業用ダム耐震性能照査マニュアル 平成24年3月）とされており、具体的には、ダム当該地点における最大級の地震波形を設定して地震応答解析を行い、堤体のすべり破壊が生じて、鉛直変位量が許容値内（1.0m未満）となることである。

4. パラメーターの設定

レベル1及びレベル2耐震性能照査においては、堤体に関連する材料試験結果（粒度試験、乾燥密度、せん断強度他）や基礎地盤に関する試験（表-1）、盛り立てに関連した品質管理記録（含水比、密度試験他）（表-2）、ダム管理における観測値（浸透水量、堤体内の浸潤線観測水位他）（表-3）、などを基に各種パラメーターが必要となる。

昭和40年代に築造した月形ダムにおいては、これらの記録がないことや観測機器の老朽化により観測されていないデータ等があることが予想される。この場合は、不足したデータを補完等する目的でボーリング調査並びに地質調査が必要である。

(1) 月形ダムにおける既存資料

月形ダムにおける既存資料を収集した結果、全体実施設計書、河川協議図書、堤体材料報告書、貯水位、浸透水量、堤体表面変位他を確認した。（表-4）

表-1 材料等試験の一例

区分	必要パラメータ	材料試験
堤体材料	粒度分布 (液状化判定他)	粒度試験
	最大乾燥密度	突き固め試験
	最適含水比	
	透水係数 ルジオン値	透水試験
	粘着力	三軸圧縮強度試験
内部摩擦角		
基礎地盤	地質構造	ボーリング調査
	透水係数	現場透水試験
	岩盤強度	弾性波探査
	岩級区分	

表-2 品質・施工管理記録の一例

区分	必要な記録	備考
品質管理	施工含水比	不透水性材
	湿潤密度	不透水性材料、フィルター材
	乾燥密度	不透水性材料、フィルター材
	粒度分布	不透水性材料、フィルター材 ロック材
施工管理	グラウト位置・ 配置・深度	基礎地盤
	改良後の透水係数、 ルジオン値	基礎地盤

表-3 観測記録の一例

	必要な記録	備考
観測記録	貯水位	
	気象データ	降雨、積雪、気温他
	浸潤線観測孔	堤体内地下水位
	浸透水量	
	間隙水圧	
	堤体表面変位	浮上沈下、水平変位

表-4 既存資料の一例

区分	資料名
材料等	全体実施設計書、河川協議図書、堤体材料試験報告書、完成検査図書、事業誌
観測記録	管理日報、ダム定期検査資料

(2) 追加調査

既存資料の収集整理の結果、品質管理記録、施工管理記録が不足していることや、レベル1耐震性能照査のパラメータとして必要となる浸潤線水位が未計測であった。

また、堤体コア以外の箇所の基礎地盤と堤体の接続処理に係る資料を確認できなかったことから、新たに調査計画を作成しボーリング調査により不足データに係る試料の確保と試験、ボーリング孔を活用した浸潤線観測孔を設置することでパラメータの補完を実施することとした。(表-5)

a) 追加調査における留意点

月形ダムは供用中のダムであり貯留期間は3月20日から8月20日までである。貯留中にボーリング調査を行い、万が一調査孔付近で水みちが形成されパイピングなどが生じると堤体の安定性に影響することから掘削時期は非貯留期間内とした。

b) 調査位置、深度等の設定

ボーリング調査は、最少の調査孔となるよう本ダムの堤体材料(鋼土、抱土、鞘土)の採取並びに性状の確認と併せて、堤体内浸潤線を確認するため、3孔を掘削することとした。また、掘削孔はそのまま浸潤線観測孔として活用できるように越年のためケーシング管を残置して次年度の貯留中の安全性を確保することとした。3孔はL1堤体最大断面付近における浸潤線を把握するため最大断面線に沿って配置した。(図-3, 4)

c) 調査後の浸潤線観測孔の取扱い

観測データを回収した後の浸潤線観測孔(ボーリング孔)は、地震発生時の堤体異常を早期に把握できるように引き続き浸潤線観測孔として活用し、手計水位計を現地配置することとした。

表-5 追加調査項目

調査試験項目	調査等目的
ボーリング調査	地質性状
調査孔を利用した試験	
標準貫入試験	河床砂礫のN値
PS検層	P波、S波
透水試験	透水係数、ルジオン値
浸潤線水位観測	堤体内水位
ボーリングコアを用いた試験	
土粒子の密度試験	土粒子の密度
含水比試験	自然含水比
粒度試験	粒度分布
締固試験	最大乾燥密度
三軸圧縮試験	粘着力
圧密試験	圧密降伏応力、圧縮指数

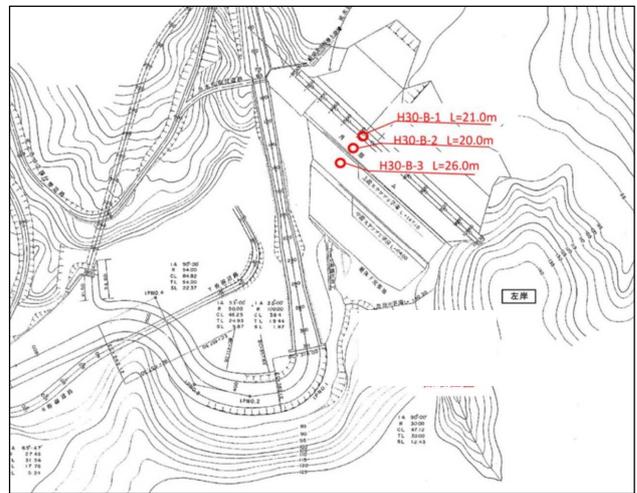


図-3 追加ボーリング調査位置図

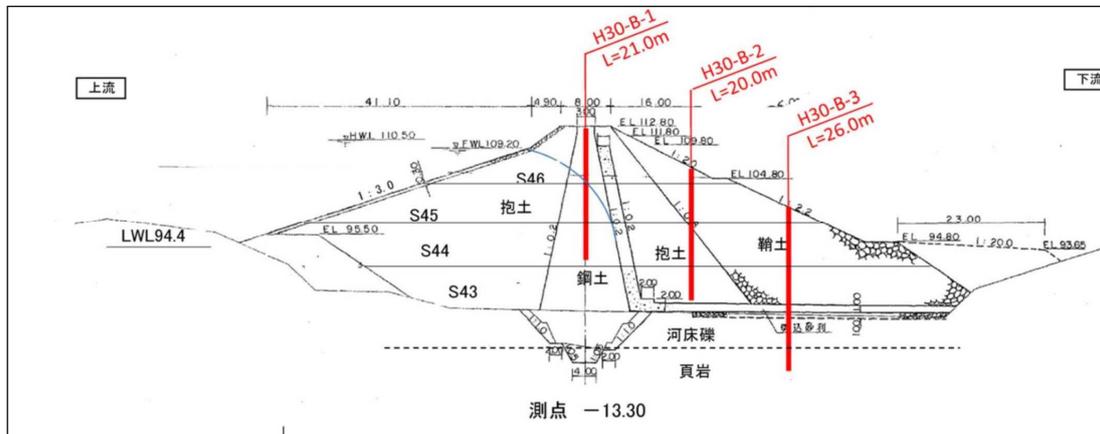


図-4 追加ボーリング調査位置断面図

(3) 追加パラメータと浸潤線観測結果

追加調査により、各種パラメータを設定するとともに、文献値等との比較検証を行い妥当性を確認した。(表-6)

また、地震時に最も危険側となる常時満水位時点の浸潤線の観測結果を整理した。(図-5)

表-6 レベル1安定計算パラメータ

区分	鋼土	抱土	鞘土
乾燥密度	1.30	1.47	1.28
湿潤密度	1.77	1.89	1.66
飽和密度	1.81	1.92	1.77
粘着力c	1.1	1.5	0.0
内部摩擦角φ	33.1	35.9	39.7

区分	仮締切	フィルター	バーム
乾燥密度	1.48	2.14	1.30
湿潤密度	1.83	2.20	1.76
飽和密度	1.91	2.34	1.79
粘着力c	0.9	0.0	4.0
内部摩擦角φ	35.9	35.0	20.0

※湿潤密度・飽和密度はtf/m³、粘着力はtf/m²

下線は追加調査結果による値

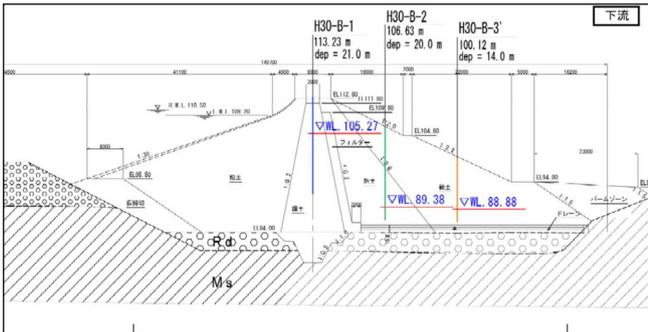


図-5 浸潤線水位観測結果

5. L1照査結果

既存資料並びに追加資料から設定したパラメータと浸潤線観測結果を基に現行基準に基づいた安定計算を行い堤体の安定性を確認した。

計算は、安全率が小さくなる常時満水位の各ケースで行い現行の設計震度kh=0.15を使用した。

その結果、いずれのケースにおいても安全率1.2を満足する結果となった。(表-7、図-6)

表-7 レベル1安定計算結果

法面	堤体条件	貯水位	地震係数	安全率
上流(1)	常時	FE=109.2m	0.15	1.214
上流(2)	常時	〃	〃	1.256

6. まとめ

月形ダムのレベル2耐震性能照査は令和5年2月に安全性評価委員会(農林水産省設置)にて、設定した解析モデル、設定したパラメータ並びに荷重条件を設定し、内陸活断層型地震、プレート境界型地震に対して、変形等が許容値内であるか検証することとしている。

本ダムのように、昭和40年代に築造した施設では、特に当時の品質管理、施工記録等の資料が不足していることから、ボーリング調査による試料確保や性状確認が必要不可欠になっている。

他方で安定している堤体に対してボーリング調査他を行うことは、想定外の水みちなどが発生する原因にもなり得るものである。このためボーリング調査を行う場合、必要となる試料に基づいた深さや口径の選定、必要なデータに関連する調査位置の選定など十分検討した上で、堤体の安定性に影響が少ない調査や計測を行うべきである。

また、新たに確認したパラメータで地質性状に基づく文献値等や地域の地質特性を考慮しても異常値となっていないかを十分確認した上で耐震安定計算に臨むことが必要と考えている。

最後に、本報文をまとめるに当たりご助言いただいた関係各位に対し、深く感謝を申し上げる。

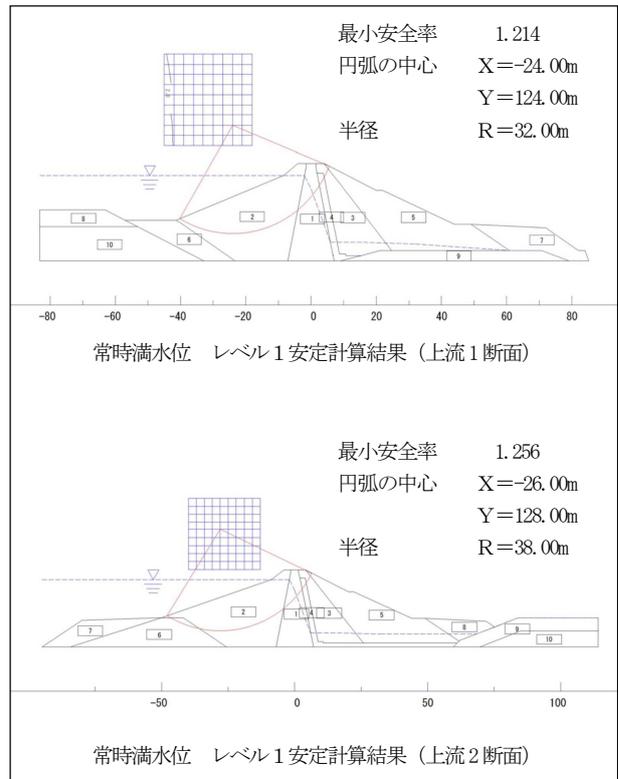


図-6 安定計算結果断面