

農業専用ダムの安全性評価について

—ダム付帯設備の耐震性能評価—

旭川開発建設部 農業計画課 ○南 恭子
佐藤 広輝
長尾 諭

我が国の農業生産基盤を支える農業用ダムについては、重要な社会インフラとしてその機能を適切に管理していくため、総合的な安全性評価を進めている。農林水産省ではダム堤体と同様に付帯設備に関しても必要な耐震性能を有しているかを確認するため、付帯設備の耐震性能照査を行っている。

本稿では、この農業用ダム付帯設備耐震性能照査マニュアルに則り実施したダム付帯設備における耐震性能照査について報告する。

キーワード：耐震性能照査、ダム付帯設備、安全性評価

1. 神居ダム概要

神居ダムは、国営土地改良事業「神居地区」（昭和55年～平成9年）により、地域における安定したかんがい用水の確保及び用水供給を目的に用水路等と併せて基幹的用水施設として整備された（写真-1）。

○神居ダム諸元

位 置：旭川市新開
河 川：1級河川石狩川水系美瑛川支流
オイチャヌンペ川
型 式：重力式コンクリートダム
提 高：40.40m
堤 長：143.20m
堤 長 幅：4.00m
総貯水量：5,300千 m^3
有効貯水量：3,900千 m^3
設計洪水量：390.0 m^3/s
取水設備：機械式シンリンダーゲート
放流設備：放流管ゲート、注水管バルブ



写真-1 神居ダム全景

2. 調査の目的

神居ダム付帯設備の安全性を確認するため、想定される地震時の損傷形態を基に耐震性能照査を行い、照査結果から耐震対策の検討に必要な基礎資料を作成することを目的としている。

本稿は、神居ダム付帯設備で調査を行った耐震性能照査について報告を行うものである。

3. 耐震性能照査手法について

神居ダムの付帯設備の安全性評価は、「農業用ダム付帯設備耐震性能照査マニュアル（農林水産省農村振興局整備部設計課 令和4年2月）¹⁾」（以下、「マニュアル」という。）に基づき、付帯設備の耐震性能照査を行った。

(1) 地震時の損傷形態からの対象設備概定

耐震照査の対象設備として神居ダムの取水・放流設備及び電気設備を選定して、マニュアルに基づき各設備の構造・機能及び想定される損傷形態を踏まえ耐震性能照査手法を整理した。

なお、取水・放流設備を構成する各設備が想定される地震時での損傷時に以下の耐震性能①及び②に該当しない場合は、レベル2地震動に対する耐震性能照査の対象設備としない。

・耐震性能①

当該設備の損傷による制御ができない貯水の流出が生じるおそれがないこと。

・耐震性能②

ダム堤体が損傷した場合、ダムの安全を確保するために緊急の水位低下が可能であり、また、低下させた水位の制御が可能であること。

なお、神居ダムにおける取水・放流設備は緊急放流設備としての役割以外に農業用水の供給を担っているため、利水機能保持の観点からも耐震性能照査の必要性について検討した。

神居ダムの取水設備は堤体設置型であることからマニュアル（表-1）に基づき耐震性能照査は該当するゲート・開閉装置を対象とした。また、同様に放流設備もマニュアル（表-1）に基づき、該当するゲート・開閉装置及び導水部固定アンカ部を対象とし、管理棟・操作室及び操作管理設備もマニュアル（表-2）に基づき、当該箇所損傷によりゲート等の操作機能が喪失される箇所を対象とした。

表-1 耐震性能照査の対象となる主な取水設備及び洪水吐以外の放流設備の損傷形態（マニュアル抜粋）¹⁾

		取水設備		
		堤体設置型 (重力ダムで一般的)	独立塔型 (フィルダムで多い)	地山設置型 (フィルダムで多い)
想定される 損傷形態	①制御できない野水の流出が生じるおそれがあるもの	(1)ダム堤体からの流出 ・特になし（堤体と剛結しており取水機の不安定化によるダム本体への影響の可能性は小さい） (2)取水設備からの流出 ・各種ゲートの損傷	(1)ダム堤体からの流出 ・堤体に接続している場合、堤体が傾倒したり、取出口基礎が彫削・移動するとダム堤体への影響が生じる恐れがある (2)取水設備からの流出 ・各種ゲートの損傷	(1)ダム堤体からの流出 ・特になし（堅固な岩盤に設置されている場合はダム堤体への影響が生じる可能性は小さい。） (2)取水設備からの流出 ・各種ゲートの損傷
	②ダム堤体損傷時に、緊急の水位を低下、水位上昇規制ができなくなるおそれがあるもの	・地震動によるゲートの損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合） ・開閉装置の損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合）	・堤体の傾倒・変形による取水・放流機能の喪失 ・地震動によるゲートの損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合） ・開閉装置の損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合）	・地震動によるゲートの損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合） ・開閉装置の損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合） ・背面地山不安定化による操作室、基礎コンクリート損傷
耐震照査の必要性		該当するゲート・開閉装置	堤体及び 該当するゲート・開閉装置	該当するゲート・開閉装置

		放流設備 (導水管、放流ゲート)
想定される 損傷形態	①制御できない野水の流出が生じるおそれがあるもの	(1)ダム堤体からの流出 ・特になし（堤体及び堅固な岩盤に設置されている場合は影響が生じる可能性は小さい。） (2)洪水吐以外の放流設備からの流出 ・各種ゲートの損傷 ・導水管を固定するアンカ部の破損
	②ダム堤体損傷時に、緊急の水位を低下、水位上昇規制ができなくなるおそれがあるもの	・地震動によるゲートの損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合） ・開閉装置の損傷（緊急水位低下、水位上昇規制に関係する場合）
耐震照査の必要性		該当するゲート・開閉装置及び 導水管固定アンカ部

(2) 耐震性能照査対象構造物の選定

本ダムの取水設備は堤体設置型であり、ダム堤体のレベル2地震動に対する耐震性能を満足していることから、マニュアルに基づき、取水設備は耐震性能照査対象外とする。

また、神居ダムの管理から以下の2点を踏まえて「注水管バルブ」を照査対象とし「放流管ゲート」を耐震性能照査対象外とする。

- ・本ダムはコンクリートダムであることから緊急放流操作は行わないが、緊急放流に近い操作を行う場合は「注水管バルブ」の操作を行うこと。
- ・放流管ゲートは河川管理者との協議により、取水ゲートの点検時のみ使用する。

また、利水機能保持の観点から、放流時に導水トンネルから流水するために機能保全が必要な締切ゲートを含めた以下の設備を耐震性能照査の対象とする（図-1）。

- ・取水ゲート
- ・取水ゲート開閉装置
- ・取水管ゲート
- ・取水管ゲート開閉装置
- ・取水管ゲート電気設備
- ・注水管バルブ
- ・注水管バルブ開閉装置
- ・注水管バルブ電気設備
- ・締切ゲート
- ・締切ゲート開閉装置
- ・締切ゲート電気設備

表-2 耐震性能照査の対象となる管理棟・操作室及び操作管理設備の損傷形態（マニュアル抜粋）¹⁾

		管理棟・操作室 (建築構造物)	操作管理設備 (電気設備、通信設備、警報設備等)
想定される 損傷形態	①制御できない野水の流出が生じるおそれがあるもの	・特になし ・管理人等の安全性の喪失 ・管理人等の作業性の喪失	・特になし ・ダム管理システム、電気盤の倒壊による操作機能の喪失
	②ダム堤体損傷時に、緊急の水位を低下、水位上昇規制ができなくなるおそれがあるもの	・特になし ・非常用発電設備等、電気設備の損傷によるゲート稼働電力供給の途絶 ・通信設備、警報設備の損傷によって生じる放流に伴うダム下流河川における危害防止機能の喪失	
耐震照査の必要性		設備の構造・重要度に応じ判断	設備の構造・重要度に応じ判断

以上を踏まえ、耐震性能①、耐震性能②及び利水機能の保持に対して、照査が必要と判断される設備のうち、各々の構造・機能面からマニュアルに示される地震時の損傷形態及び耐震性能照査手法の区分に基づき、ゲート設備、開閉装置及び操作盤について、耐震照査の対象とした(表-3)。

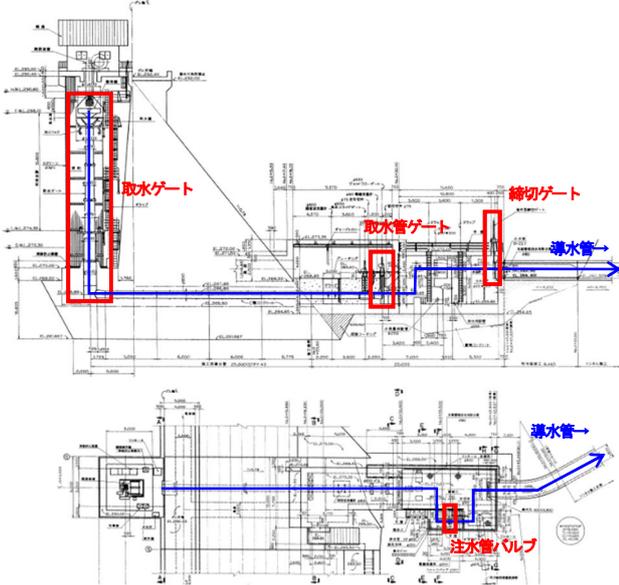


図-1 神居ダム 取水放流設備工事 完成図書
取水設備及び放流設備関係

表-3 神居ダム付帯設備 耐震性能照査対象 整理表

施設区分	設備	構造型式・諸元	数量	耐震性能照査の要否判断			耐震照査手法	
				耐震性能①	耐震性能②	利水機能		
取水設備	取水塔	環形器型取水設備 (環形器型)	1施設	○	○	○	—	
	ゲート施設	取水ゲート	機械式シリンダーゲート 4段 (φ850mm~φ1300mm)	1門	○	○	○	ゲート構造計算書に基づく照査 (2種出地震考慮)
開閉装置	取水ゲート用 (巻上機)	ワイヤーロープ式ウィンチ	1式	○	○	○	開閉装置重量よりアンカ固定部照査	
	ゲート設備	導水管	コンクリート埋設及び露出管	円形鋼管 (φ250~φ300mm)	1式	—	○	導水管径より内圧方向応力照査
取水ゲート		ジェットフローゲート	ジェットフローゲート (φ650mm)	1門	○	○	○	ゲート構造計算書に基づく照査 (2種出地震考慮)
取水ゲート		高圧スライドゲート	高圧スライドゲート (φ520mm Hφ450mm)	1門	—	○	—	
注水管バルブ		スルースバルブ	スルースバルブ (φ250mm)	1門	—	○	バルブ仕様書に基づく照査 (2種出地震考慮)	
注水管バルブ		スルースバルブ	スルースバルブ (φ250mm)	1門	—	○	—	
注水管バルブ		スルースバルブ	スルースバルブ (φ80mm)	1門	—	○	—	
放流管主ゲート		ジェットフローゲート	ジェットフローゲート (φ700mm)	1門	—	○	—	
放流管副ゲート		高圧スライドゲート	高圧スライドゲート (φ700mm)	1門	—	○	—	
締切ゲート		スライドゲート	スライドゲート (φ1300mm Hφ1000mm)	1門	○	—	○	ゲート構造計算書に基づく照査 (2種出地震考慮)
冬季管理用主バルブ		スルースバルブ	スルースバルブ (φ80mm)	1式	—	○	—	
放流設備	冬季管理用副バルブ	スルースバルブ	スルースバルブ (φ80mm)	1式	—	○	—	
	取水ゲート	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	○	○	○	開閉装置重量よりアンカ固定部照査
	取水ゲート	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	注水管バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	注水管バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	注水管バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	放流管主ゲート	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	放流管副ゲート	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	締切ゲート	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	○	—	○	開閉装置重量よりアンカ固定部照査
	冬季管理用主バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
電気設備	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
	冬季管理用副バルブ	電動スピンドル式	電動スピンドル式	1式	—	○	—	
取水設備	操作盤 (取水ゲート)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
	取水ゲート自動制御盤	—	1面	○	○	○	自動制御盤重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
	凍結防止装置	—	1式	○	○	○	凍結防止装置重量よりアンカ固定部照査	
放流設備	操作盤 (注水管バルブ・締切ゲート)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
	操作盤 (注水管バルブ)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
	操作盤 (注水管バルブ)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
	操作盤 (注水管バルブ)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
	操作盤 (注水管バルブ)	—	1面	○	○	○	機械仕様書重量よりアンカ固定部照査	
管理設備	非常用発電機	—	1機	○	○	○	非常用発電機重量よりアンカ固定部照査	
	燃料タンク	—	1機	○	○	○	燃料タンク重量よりアンカ固定部照査	
	低圧受電動力盤	—	1面	○	○	○	低圧受電動力盤重量よりアンカ固定部照査	
	低圧受電照明盤	—	1面	○	○	○	低圧受電照明盤重量よりアンカ固定部照査	

(3) 耐震性能照査手法の検討

本検討に用いる設計震度は、対象設備の動的解析結果より、最大加速度を用いて設計震度を設定し静的に照査を行う。対象設備の動的解析が実施されていない場合には、マニュアルに記載されている『建築設備耐震設計・施工指針2014年版(一般財団法人日本建築センター)』を参照し、設計震度を設定する。なお、マニュアルより、レベル2地震動に対する耐震性能照査時の水位は「常時満水位」とする。

取水設備の照査に際して、ダム堤体の動的解析結果(内陸活断層型)から、取水盤、各段扉及び各ガイドローラへの設計震度を設定する。

各部材の中心設置標高を「神居ダム 取水放流設備工事 完成図書 取水設備及び放流設備関係」より以下のとおり設定する(図-2)。

- 取水盤 : EL. 287.500m
- 第1段扉 : EL. 284.250m
- 第2段扉 : EL. 280.000m
- 第3段扉 : EL. 276.075m
- 第4段扉 : EL. 272.575m

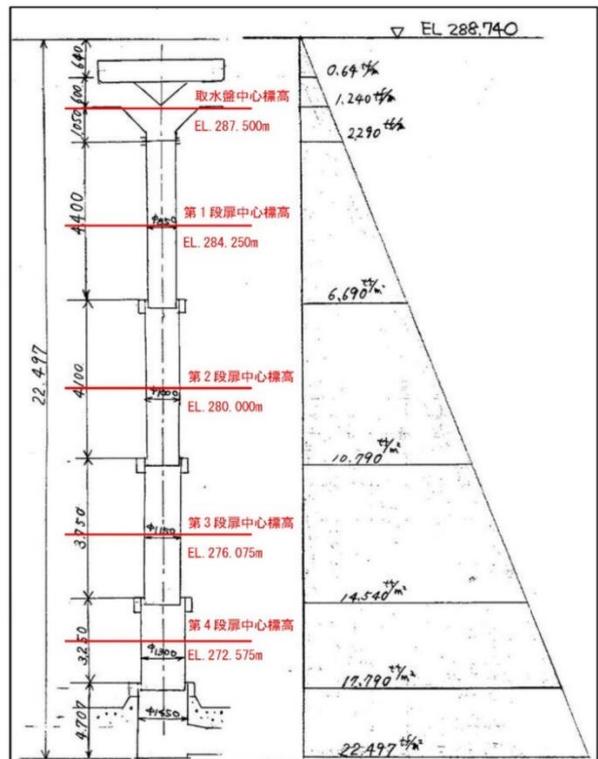


図-2 神居ダム 取水放流設備工事 完成図書 取水設備及び放流設備関係

また、ダム堤体の動的解析結果（内陸活断層型）より、各部材の中心標高付近における最大加速度を設計震度（表-4）として、最大加速度分布図より各設備の設計震度を設定した（図-3）。

放流管ゲート、開閉装置及び電気設備は、動的解析が実施されていないため、『建築設備耐震設計・施工指針 2014年版（一般財団法人日本建築センター）²⁾』を参照し、設計震度を設定した。

○設計用地震力

設計用地震力は以下2種を設定する。

- ・設計用水平地震力 F_H

$$F_H = K_H \times W \text{ (kN)}$$

ここに、 K_H ：設計用水平震度

W ：設備機器の重量(kN)

*作用点は原則として設備機器の重心

- ・設計用鉛直地震力 F_V

$$F_V = K_V \times W \text{ (kN)}$$

ここに、 K_V ：設計用鉛直震度 (1/2× K_H)

*作用点は原則として設備機器の重心

○設計用震度

設計用震度は以下の2種を設定する。

- ・設計用水平震度

$$K_H = Z \times K_S$$

ここに、 K_S ：設計用標準震度

Z ：地域係数(通常 1.0)

表-4 機械式シリンダーゲートの設計震度

対象設備	中心標高 EL.m	最大加速度 gal	設計震度K
取水盤	287.500	1100	1.12
第1段	284.250	1050	1.07
第2段	280.000	1000	1.02
第3段	276.075	850	0.87
第4段	272.575	800	0.82

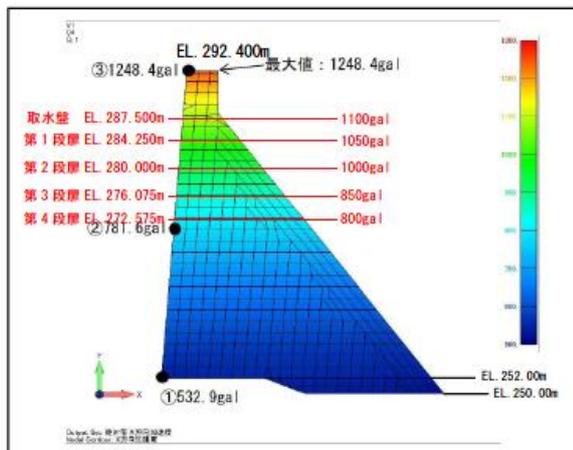


図-3 神居ダム 最大加速度分布 (内陸活断層型)

- ・設計用垂直震度

$$K_V = \frac{1}{2} \times K_H$$

ここに、 K_H ：設計用水平震度

なお、神居ダム地点の地域係数Zは0.9である。なお、燃料タンクは水槽類に該当するため、設計用標準震度 $K_S=1.5$ と設定した（図-4）。

検討の結果、放流管ゲート、開閉装置及び電気設備の設計震度は表-5のとおり設定した。

設備機器の耐震支持は、アンカーボルト等を用いて鉄筋コンクリートの基礎、床、壁等に緊結することを原則とする。これらの鉄筋コンクリート部材は、建築構造体と見なせるものであり、地震時にアンカーボルトを介して伝達される力に対して、十分に安全なものである必要があることから、アンカーボルトに作用する引抜き力とせん断力について耐震性能照査を行った。

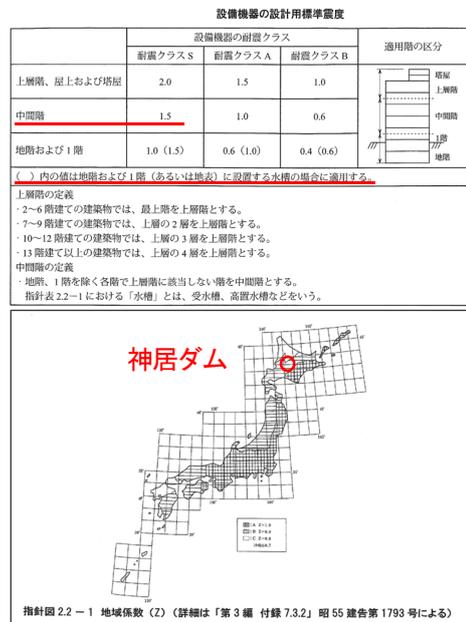


図-4 設備機器の設計用標準震度

表-5 取水ゲートの設計震度

施設区分	設備	設置階	設計用標準震度 K_S	地域係数 Z	設計震度	
					水平震度 K_h	垂直震度 K_v
取水設備	ゲート開閉装置	塔上	2	0.9	1.8	0.9
	電気設備	塔上	2	0.9	1.8	0.9
放流設備	放流管ゲート	地階	1	0.9	0.9	照査に使用しない
	注水管バルブ	地階	1	0.9	0.9	照査に使用しない
	縮切ゲート	地階	1	0.9	0.9	照査に使用しない
	開閉装置 (放流管)	地階	1	0.9	0.9	0.45
	開閉装置 (注水管)	屋上	2	0.9	1.8	0.45
	開閉装置 (縮切)	地階	1	0.9	0.9	0.9
	電気設備	地階	1	0.9	0.9	0.45
電気設備	非常用発電機	地階	1	0.9	0.9	0.45
	燃料タンク	地階	1.5	0.9	1.35	0.88
	電灯電力盤	地階	1	0.9	0.9	0.45

アンカーボルトの計算を行うためには、アンカーボルトの本数と径からせん断応力度 τ を計算する必要がある。アンカーボルトの許容応力度は、引張り応力度及びせん断応力度により検討するため両者を用いた許容応力度 f_{ts} を用いている。

アンカーボルトの照査方法として、上記の手順を基にレベル2地震動に対する耐震性能照査フロー図を作成した(図-5)。

なお、アンカーボルトを基礎コンクリートに打込んでいる設備に関しては、許容引抜き応力度を用いて照査を行うため別途の検討となる。

- ① ボルト径及び地震力の設定
- ② 引抜き力 R_b 及びせん断応力度 τ の計算
- ③ 引抜き力 R_b の発生についての検討
- ④ せん断応力度 $\tau \leq 4.4 \text{ kN/cm}^2$ についての検討
(※ステンレスボルトの場合は $\tau \leq 3.95 \text{ kN/cm}^2$)
- ⑤ 引抜き応力度 $\sigma \leq f_{ts}$ についての検討
- ⑥ ⑤が満たされる場合：耐震性能照査を終了
- ⑦ ⑤が満たされない場合：必要に応じて対策の検討

4. 耐震性能照査の検討

(1) 取水設備の耐震性能照査

耐震性能照査手法の整理で選定した手法に基づき、取水設備として取水ゲート(機械式シリンダーゲート)の耐震性能照査を行う。

耐震性能照査は、設計時(平成6年)を基に、レベル2地震動相当の静的地震動を作用させた場合の応力照査に条件を見直して、取水管、ガイドアーム、ゴム座部、戸当たりレール及び開閉装置で実施する。

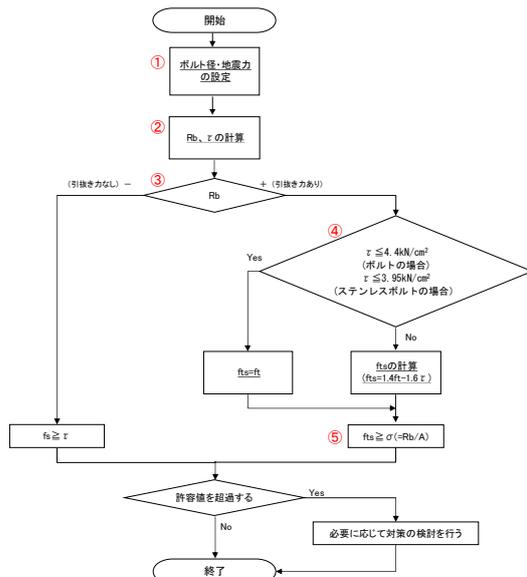


図-5 アンカーボルトの耐震性能照査 フロー図

取水管は、常時荷重(当初設計条件)と地震時荷重(常時満水位、レベル2地震動相当)を比較検討して、より大きい荷重のケースで照査する。なお、設計荷重の補正係数は、「ダム・堰技術基準(案)」(平成28年度)より、常時1.0、地震時1.5とする。

検討の結果、常時荷重の方が大きいこと(表-6)から、応力計算は当初設計条件と同様となるため、現況設備で耐震性能を有していると判断された。

ガイドアームは、圧縮応力と曲げ応力及びせん断応力について、耐震照査を行いすべてのアームで許容応力以下であることを確認した。

ゴム底部は、ボルトの引張り応力及び曲げ応力について、耐震照査を行い、いずれも許容応力以下であることを確認した。

戸当たりレールは、SUS304-TPのパイプを3.0mピッチの受桁で支持された単純梁であり、設計荷重はダム壁平行荷重 S_{xn} の最大値 19.984 tf とする(表-7)。

戸当たりレールの耐震照査は曲げモーメント及び最大せん断力で検討した結果、曲げ応力で許容応力以上となることから、レベル2地震動に対する耐震性能を有していないと判断した。

<曲げモーメント>

$$M_b = 1/4 \cdot S_x \cdot L$$

$$= 1/4 \cdot 19.984 \cdot 3.0 = 14.988 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

<曲げ応力>

$$\sigma_p = M_b \cdot 10^5 / Z_p$$

$$= 14.988 \cdot 10^5 / 390.7$$

$$= 3,836 \text{ kgf/cm}^2 > 2,091 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (許容応力度)}$$

σ_p : 曲げ応力 (kgf/cm²)
 M_b : 曲げ応力度 (14.988tf-m)
 Z_p : 断面係数 (390.7cm³)

表-6 機械式シリンダーゲートの設計荷重の比較

	常時荷重 (tf/m ²)	判定	地震時荷重 W_n (tf/m ²)	
			(補正後)	(補正前)
第1段扉	6.69	>	0.41	0.62
第2段扉	10.79	>	0.42	0.63
第3段扉	14.54	>	0.40	0.60
第4段扉	17.79	>	0.45	0.68

表-7 各反力点における軸力

	反力点	ダム壁直角荷重(tf)		ダム壁平行荷重(tf)	
		S_{xn}	$S_{yn}(S_{xn}/2)$	S_{xn}	S_{yn}
1段扉	S1	0	9.992	19.984	0
2段扉	S2	0	3.813	7.626	0
3段扉	S3	0	4.096	8.191	0
4段扉	S4	0	4.359	8.717	0
固定管	S5	0	2.314	4.628	0

開閉装置における固定部のアンカーボルトの耐震性能照査は、前述するアンカーボルトの耐震性能照査フロー図（図-5）に基づき行った結果、長辺方向及び短辺方向ともアンカーボルトに対する引抜き力及びせん断力は許容応力以下であることを確認した。

(2) 放流設備の耐震性能照査

耐震性能照査手法の整理で選定した手法に基づき、放流設備として放流管ゲート、締切ゲート、注水管バルブ、導水管及び開閉装置の耐震性能照査を行う。

耐震性能照査は、取水施設と同様に設計時（平成6年）を基に、レベル2地震動相当の静的地震動を作用させた場合の応力照査に条件を見直して、放流管ゲート、締切ゲート、注水管バルブ及び導水管で実施する。

開閉装置の耐震性能照査も取水設備と同様にアンカーボルトの耐震性能照査フロー図（図-5）に基づき実施する。

ゲート類の地震時荷重は、常時荷重（当初設計条件）と地震時荷重（常時満水位、レベル2地震動相当）を比較検討して、より大きい荷重のケースで照査する。検討の結果、地震時荷重の方が大きいこと（表-8）から、ゲートの照査は地震時荷重を用いる。

放流管ゲートは、扉体、戸当たり及びシールリングで曲げ応力、せん断応力で耐震性能照査を実施して、いずれも許容応力以下であることを確認した。

締切ゲートは、扉体及び戸当たりで曲げ応力、せん断応力等で耐震性能照査を実施して、いずれも許容応力以下であることを確認した。

注水管バルブは扉体の圧力の耐震性能照査を実施して、許容応力以下であることを確認した。

導水管は、円形鋼管（φ250mm）で円周方向応力、曲げ応力、せん断応力等で耐震性能照査を実施して、いずれも許容応力以下であることを確認した。

(3) 電気設備の耐震性能照査

耐震性能照査手法の整理で選定した手法に基づき、電気設備として取水ゲート機側操作盤、取水ゲート自動制御盤、凍結防止装置、凍結防止装置機側操作盤、機側操作盤（取水放流ゲート）、機側操作盤（注水管バルブ・締切ゲート）、非常用発電機、非常用発電機用燃料タンク及び低圧受電動力盤の固定部（アンカーボルト）について、レベル2地震動の静的地震動を作用させた場合で耐震性能照査を行った。

各設備の設計震度は、地域係数と設備ごとの設計用標準震度から下記のとおり設定した。

- ・取水設備 設計震度（水平） $K_H=1.8$
設計震度（垂直） $K_V=0.9$
- ・放流設備 設計震度（水平） $K_H=1.4$
設計震度（垂直） $K_V=0.7$
- ・管理設備 設計震度（水平） $K_H=1.0$
設計震度（垂直） $K_V=0.5$
- ・燃料タンク 設計震度（水平） $K_H=1.35$
設計震度（垂直） $K_V=0.68$

アンカーボルトの耐震性能照査は、前述するアンカーボルトの耐震性能照査フロー図（図-5）に基づき行った結果、燃料タンク以外の施設では、長辺方向及び短辺方向とも引抜き力及びせん断力は許容応力以下であることを確認した。

燃料タンクでは、短辺方向のアンカーボルトに作用する引抜き力が許容引抜き力以上となったことから、レベル2地震動に対する耐震性能を有していないと判断した。

・短辺方向の引抜き力照査

引抜き力 R_{qe} 9.3kN > 許容引抜き力 T_a 7.1kN

5. 結果とりまとめ

神居ダム付帯設備のレベル2地震動に対する耐震性能照査の結果、取水設備ではゲート設備の戸当たりレールに作用する曲げ応力、電気設備では燃料タンクの固定部（アンカーボルト）に作用する引抜き力が許容応力以上となった。

このため、取水設備及び電気設備においてレベル2地震動に対する耐震性能を有していないと判断した。

なお、放流設備ではすべての設備で許容応力を超過しなかったため、レベル2地震動に対する耐震性能を有していると判断した。

耐震性能を有していない施設では、更新事業時において、耐震化対策の検討を行うこととする。

参考文献

- 1) 農林水産省：農業用ダム付帯設備耐震性能照査マニュアル令和4年2月
- 2) 一般財団法人日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針2014年版 平成26年度

表-8 放流設備の各ゲートの設計荷重の比較

検討ケース	合計荷重(tf)	補正係数	補正後荷重(tf)
常時荷重(設計洪水位) K=0.0	11.152	1	11.152
地震時荷重(常時満水位) K=0.9	20.358	1.5	13.572