

吉野ダム・杉田ダム

関連構造物の耐震性能照査について

平成28年3月

高知県 公営企業局 電気工水課

耐震性能照査の内容

○「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」
(国土交通省河川局)に基づき実施した。

○対象関連構造物

- ・クレストゲート
- ・門柱及び橋梁(機械台橋梁、管理橋)

○解析手法

- ・クレストゲート
 - 3次元弾塑性大変形解析(プッシュオーバー解析＋動的解析)
- ・門柱及び橋梁(機械台橋梁、管理橋)
 - 3次元非線形動的解析(固有値解析＋動的解析)

○有識者からの意見

有識者からの助言や評価を受けて実施した。

吉野ダムの概要

ダムの完成：昭和28年

ダムの形式：重力式コンクリートダム

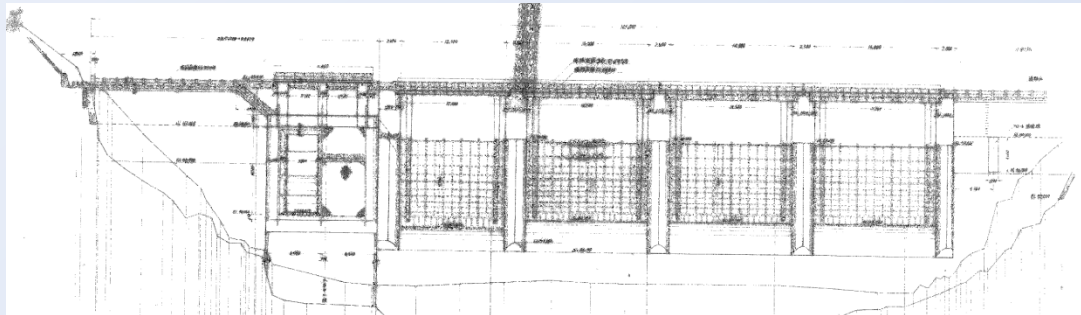
ダムの高さ：26.9m

ダムの長さ：115.5m

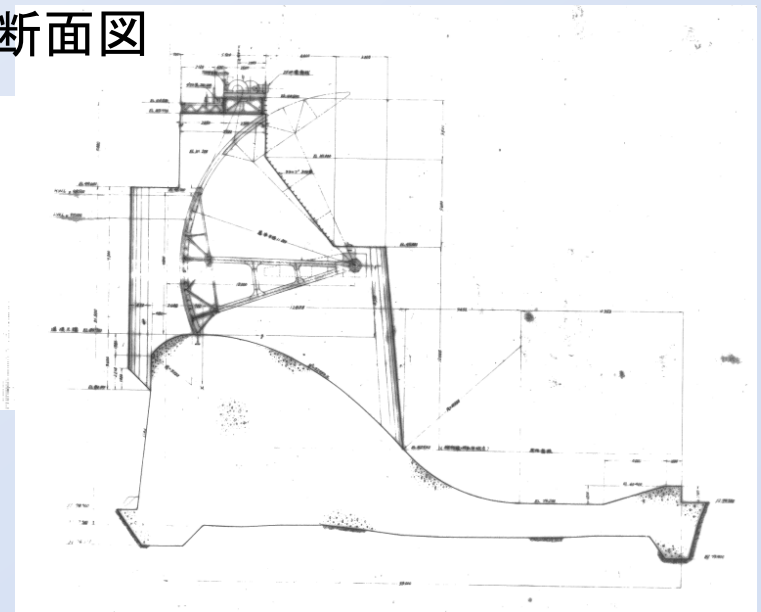
ゲート：クレストゲート4門



上流面図



断面図



杉田ダムの概要

ダムの完成：昭和34年

ダムの形式：重力式コンクリートダム

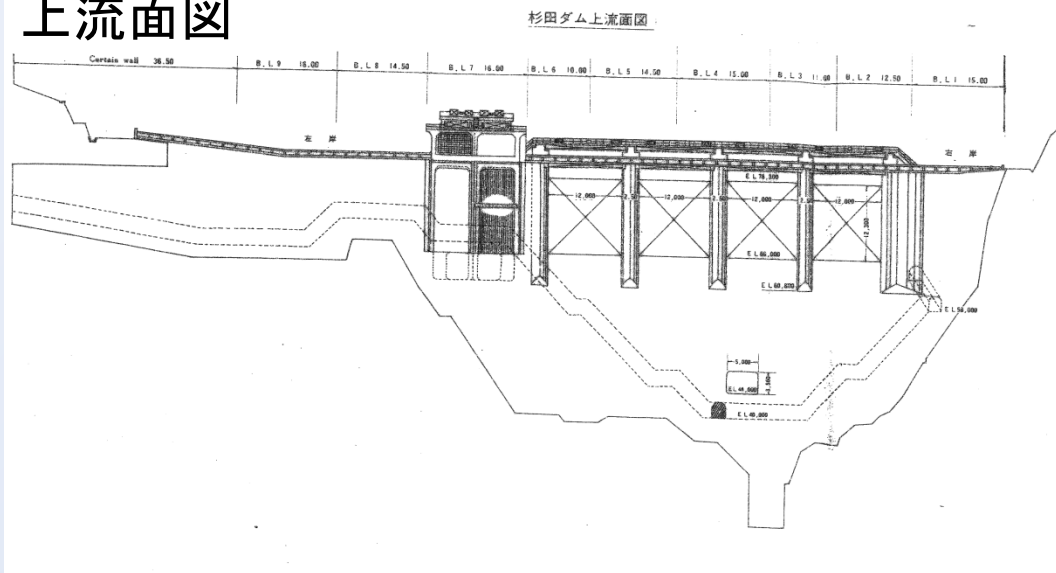
ダムの高さ：44.0m

ダムの長さ：140.5m

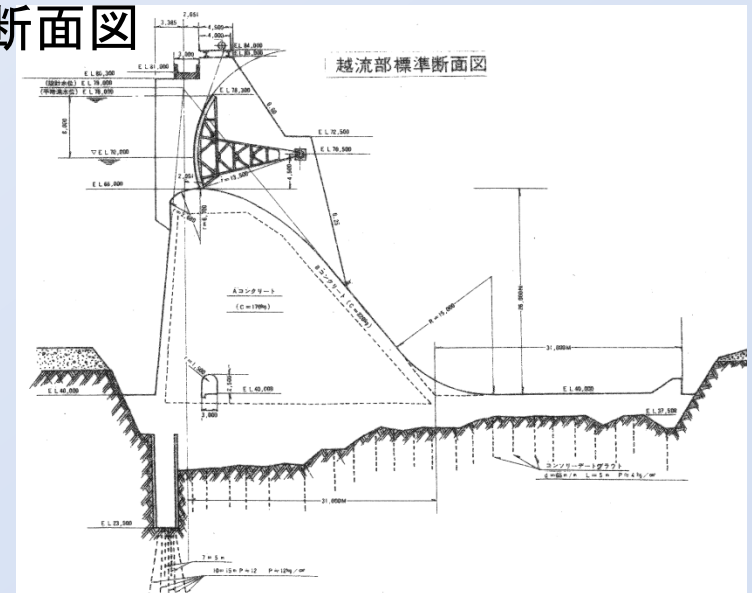
ゲート：クレストゲート4門



上流面図



断面図



吉野ダム・杉田ダムの耐震性能照査の取り組み

	平成25年度の取り組み	平成27年度の取り組み
ダム本体	一次照査により、レベル2地震時にも安全であることを確認した。	—
ゲート	一次照査を行った結果、より詳細な照査が必要となった。	より詳細な照査により耐震性能を照査する。
門柱	一次照査を行った結果、より詳細な照査が必要となった。	より詳細な照査により耐震性能を照査する。

ゲート・門柱の安全性の確認

- ・一次照査の結果、ゲートの座屈および門柱の変形の可能性があり、ゲートの安全性が保たれるかどうかの判断ができなかった。



- ・より詳細な照査を行い、レベル2地震時にゲートが安全であるかどうかの確認を行う。

ゲートの詳細照査の内容

- ・ゲート本体に問題となる損傷が発生しないか
 - ・貯水の流出が下流に影響しないか
- を確認

吉野ダム 1ゲート

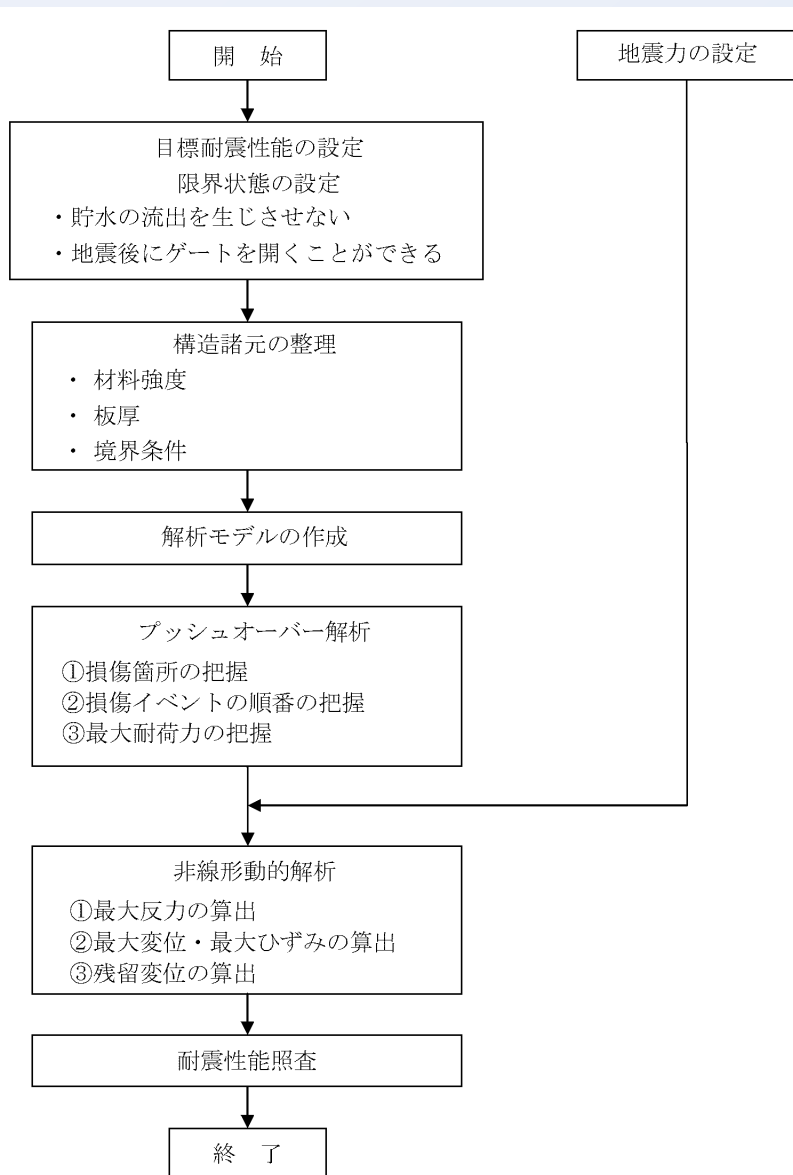


杉田ダム 2, 3, 4ゲート

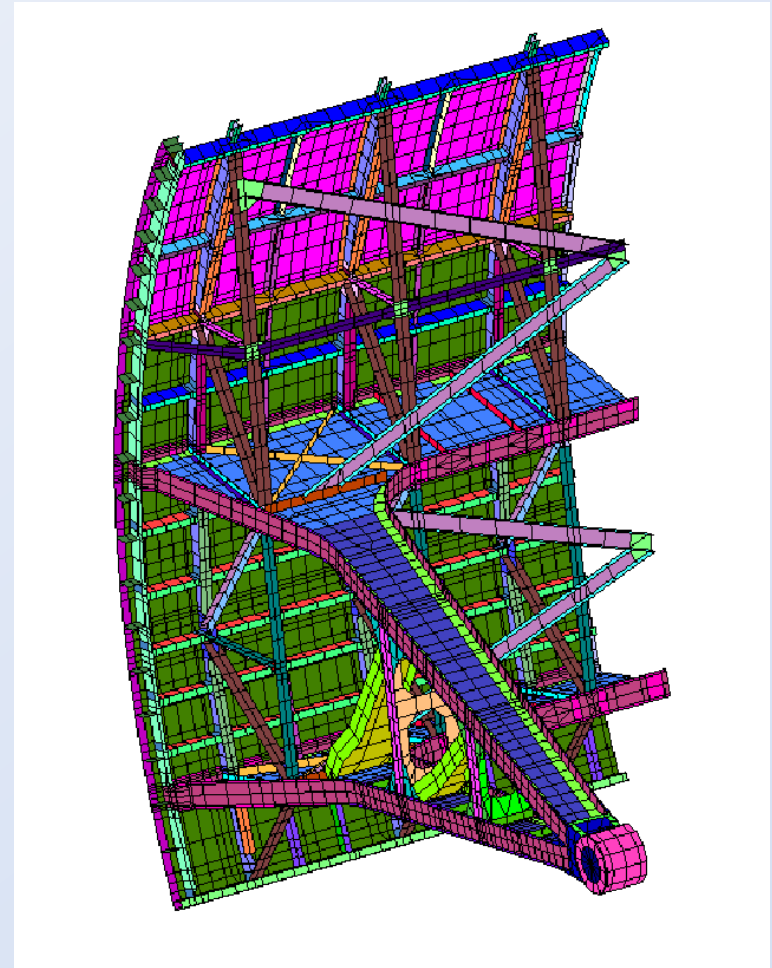


ゲートの詳細照査の内容

ゲートの照査の流れ



ゲートの解析モデル



※解析モデルはシェル要素を用いた3次元有限要素モデル
扉体の対称性を考慮して1/2の範囲をモデル化

ゲートの詳細照査の内容

ゲートに求められる性能

関連構造物等を選定する視点			
関連構造物等に求められる性能	① 当該関連構造物等が損傷した場合、制御できない貯水の流出を生じるおそれがあるもの	②-1 地震後に、ダムの安全性を確保するために緊急に水位を低下させるために必要となるもの	②-2 地震後に、ダムの安全性を確保するために低下させた水位の上昇を規制するために必要となるもの
	貯水機能の維持	地震直後に水位を低下できるよう、地震直後にゲートを開くことが可能	地震後の出水に対して、水位の上昇を規制できるよう地震後の出水時までにはゲートを開くことが可能
	ゲート扉体部	ゲート扉体部が耐荷力を保持し、堤体とゲートの間隙が十分小さい。 ゲートの損傷は許容するが、地震後にゲートを開くことができる。	

ゲートの限界状態

要求性能		限界状態
貯水機能の維持	耐荷力を保持する。	座屈・降伏が生じても耐荷力を保持できる応答範囲に留まる状態。
	堤体とゲートの間隙からの貯水の流出が限定的。	残留変位が限定的であり、ゲートと堤体に生じる間隙から流出する貯水の量が許容可能な範囲に留まる状態。
地震直後に水位を低下できるよう、地震直後にゲートを開くことが可能	ゲートの損傷は許容するが、地震後にゲートを開くことができる。	ゲートの変形が堤体と干渉しない範囲に留まる状態。
地震後の出水に対して、水位の上昇を規制できるよう地震後の出水時までにはゲートを開くことが可能		

※「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」に基づいて設定

照査基準

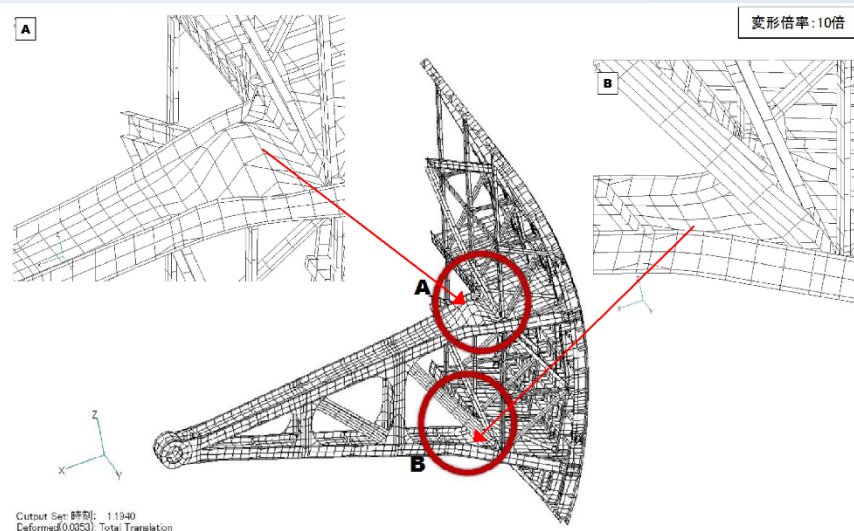
照査項目	照査基準
耐荷力を保持できる応答範囲に留まる	最大ひずみ < 破壊ひずみ
地震後に必要な耐荷力を保持できる	静水圧 < 残留耐力
流出する貯水の量が許容可能な範囲に留まる	貯水流出量 < 許容流出量
変形が堤体と干渉しない範囲に留まる	残留変位 < 許容残留変位

ゲートの詳細照査の内容

3次元弾塑性大変形解析

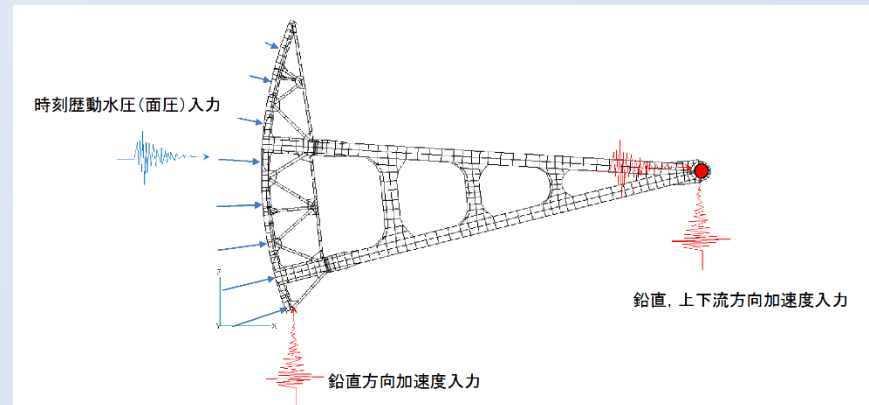
プッシュオーバー解析

プッシュオーバー解析は、ゲートに対して一方向に荷重をかける計算方法。ゲートが耐えることができる限界点を把握することができる。



動的解析

動的解析は、ゲートを地震波で時々刻々振動させる計算方法。地震時のゲートの動きを把握することができる。



門柱及び橋梁の詳細照査の内容

- ・門柱がゲートと接触しないか
- ・接触の程度がゲート操作の支障とならないか を確認

吉野ダム 門柱

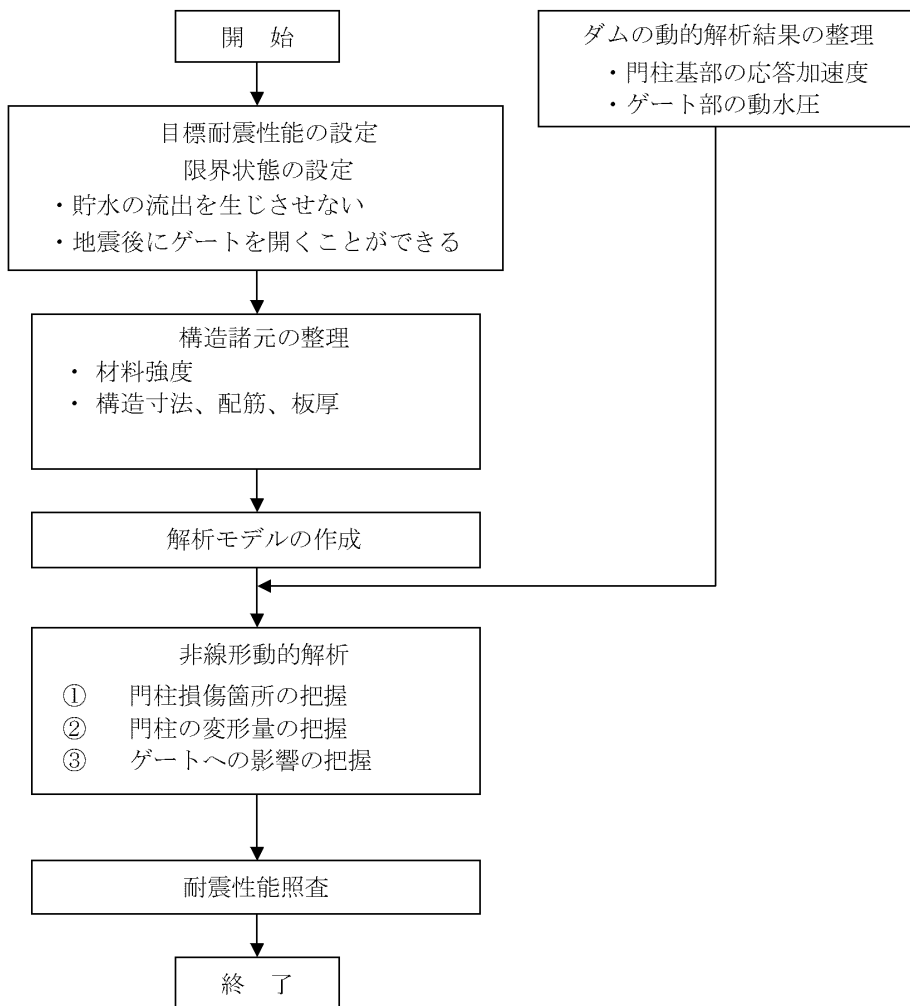


杉田ダム 門柱

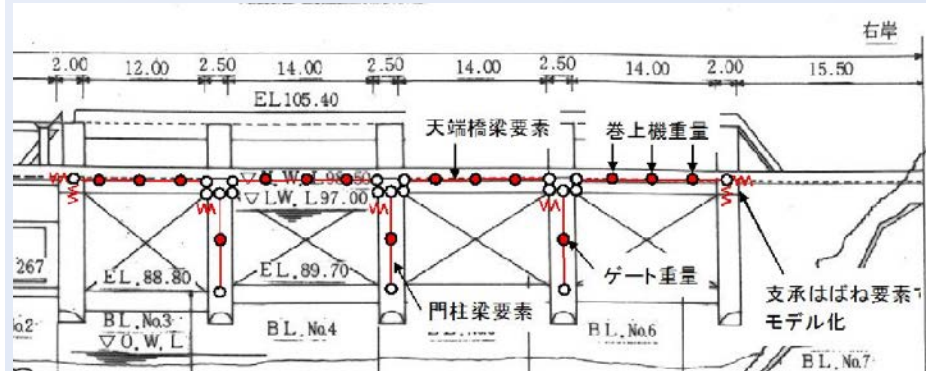


門柱及び橋梁の詳細照査の内容

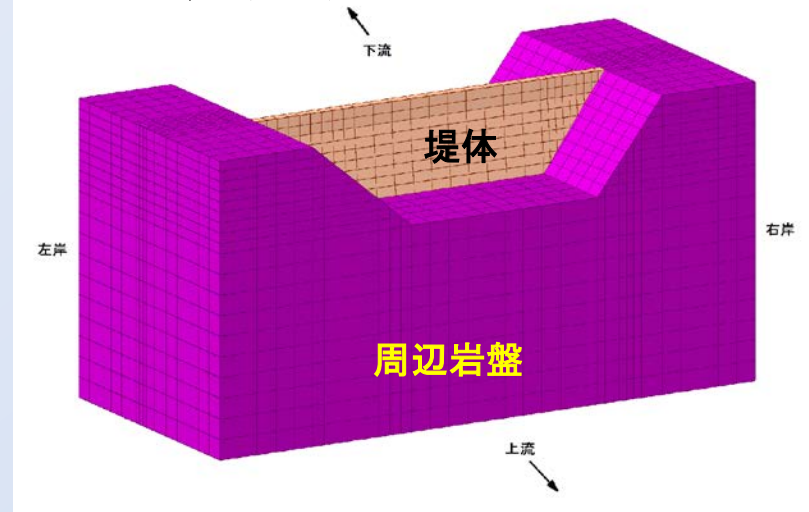
門柱の照査の流れ



門柱の解析モデル



入力地震動設定用のダム全体モデル



※門柱に入力される地震波を高精度に設定するため、堤体と周辺岩盤全体の動的解析を実施した。

門柱及び橋梁の詳細照査の内容

門柱に求められる性能

関連構造物等を選定する視点			
		① 当該関連構造物等が損傷した場合、制御できない貯水の流出を生じるおそれがあるもの	②-1 地震後に、ダムの安全性を確保するために緊急に水位を低下させるために必要となるもの
			②-2 地震後に、ダムの安全性を確保するために低下させた水位の上昇を規制するために必要となるもの
関連構造物等に求められる性能		貯水機能の維持	地震直後に水位を低下できるよう、地震直後にゲートを開くことが可能
門柱	門柱全体の損傷状態	重大な損傷により主ゲートの脱落等により貯水機能が維持できない状況にならない	
	門柱の変形がゲートに与える影響	損傷しても、その変形による影響でゲートが変形して貯水機能が維持できない状況にならない。	損傷しても、その変形がゲートとの遊間長に収まり、ゲートを開けることができる。

門柱の限界状態

要求性能		限界状態
貯水機能の維持	耐荷力を保持する。	- 鉄筋の降伏やコンクリートのひび割れが生じて耐荷力を保持できる応答範囲に留まる状態。 - 門柱の移動量がゲートと干渉しない範囲に留まる状態。もしくは、門柱とゲートとが干渉する場合においても、ゲートの安定性が保たれる状態。
地震直後に水位を低下できるよう、地震直後にゲートを開くことが可能	門柱の損傷は許容するが、地震後にゲートを開くことができる。	損傷してもその変形がゲートとの遊間長に収まり、ゲートを開けることができる。
地震後の出水に対して、水位の上昇を規制できるよう地震後の出水時までゲートを開くことが可能		

※「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」に基づいて設定

門柱及び橋梁の詳細照査の内容

照査基準

照査項目	限界状態	照査項目
門柱本体	鉄筋の降伏やコンクリートのひび割れが生じても耐荷力を保持できる応答範囲に留まる状態。	【曲げ破壊に対する照査】 応答曲率$\leq$許容曲率 【せん断破壊に対する照査】 発生せん断力$\leq$せん断耐力
門柱の変形がゲートに与える影響	門柱の移動量がゲートと干渉しない範囲に留まる状態。もしくは、門柱とゲートとが干渉する場合においても、ゲートの安定性が保たれる状態。	【門柱とゲートの相互作用の照査】 応答変位$\leq$ダムピアとゲートの遊間長 もしくは、 門柱とゲートとの連成解析結果より ゲート架構部の発生応力度$\leq$許容応力度 ゲート架構部の発生ひずみ$\leq$許容ひずみ 【落橋の照査】 門柱間の相対変位$\leq$桁かかり長
	門柱が損傷しても、その変形がゲートとの遊間長に収まり、ゲートを開けることができる。	【ゲート操作性の照査】 門柱間の相対残留変位$\leq$門柱とゲートとの遊間 【門柱の使用性の照査】 残留変位$\leq$許容残留変位 (h/100)

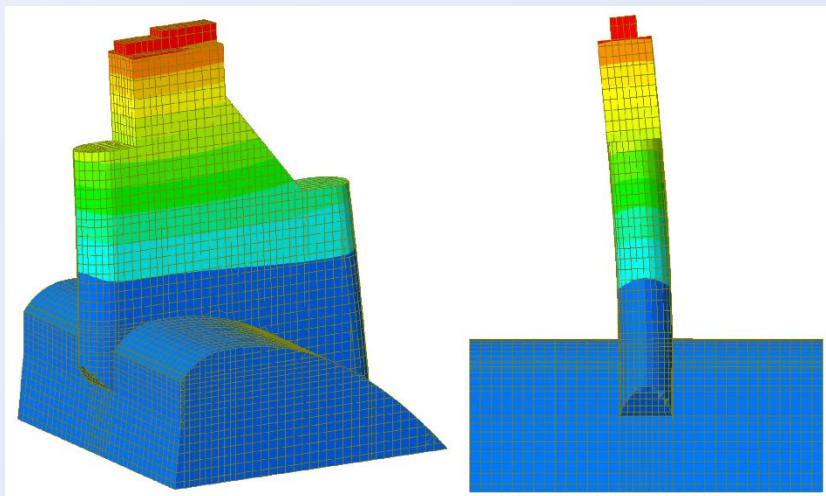
※「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」に基づいて設定

門柱及び橋梁の詳細照査の内容

3次元非線形動的解析

固有値解析

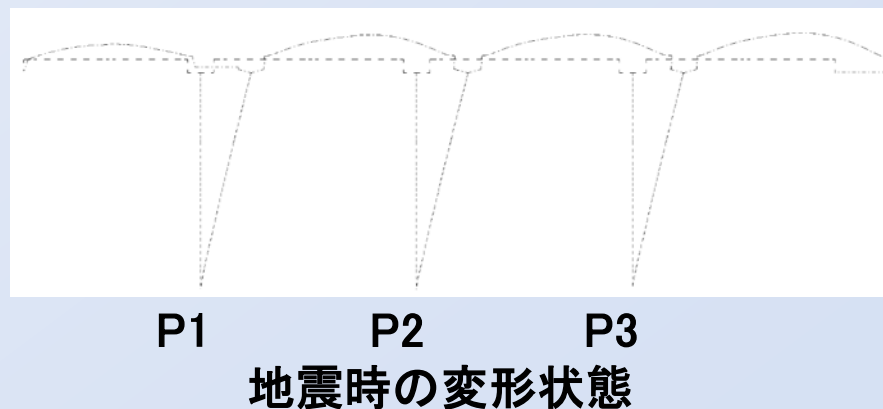
固有値解析は、門柱が最も揺れやすい周期とその時の形状を把握するための計算。



3次元モデルを使った固有値解析

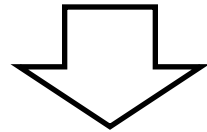
動的解析

動的解析は、門柱を地震波で時々刻々振動させる計算方法。地震時の門柱の動きを把握することができる。



有識者からの意見

耐震計算の条件および計算結果について、有識者から意見をいただきながら検討を進めた。



条件および結果の評価は妥当であることが確認できた。

今回実施したダムの関連構造物耐震性能照査は、経済産業省「平成27年度再生可能エネルギー発電設備耐力調査費補助金」を受けて実施しましたので、その趣旨に従い、実施内容について報告するものです。