

## 第3章 ダム付帯設備において想定される地震時の損傷形態

### 3.1 取水設備及び洪水吐以外の放流設備

ダム付帯設備の耐震性能照査では、各設備の構造・機能及び想定される損傷形態を踏まえ、照査手法を設定する必要がある。

また、取水設備及び洪水吐以外の放流設備を構成する各設備には、その設備が損傷しても、耐震性能①及び②に該当しない場合があることから、レベル2地震動に対する耐震性能照査の対象とするかを判断するための対象設備の選定（スクリーニング）を実施する必要がある。

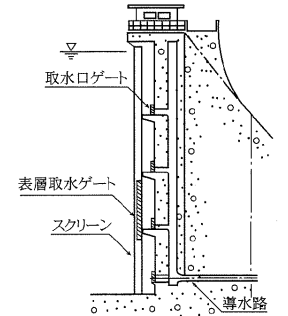
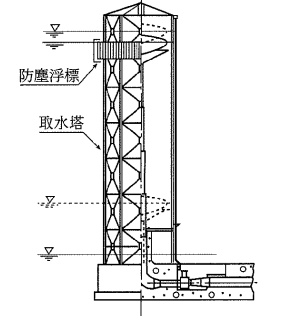
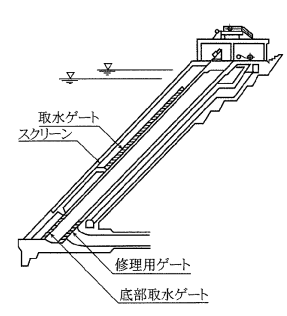
表 3.1-1 に示すように、耐震性能①「当該設備の損傷による制御できない貯水の流出が生じるおそれがないこと」に関しては、「ダム堤体からの流出」、「取水設備及び洪水吐以外の放流設備からの流出」について検討する。堤体設置型、地山設置型では「ダム堤体からの流出」につながる損傷は考えにくいことから、構造体としての照査は実施せず、「取水設備及び洪水吐以外の放流設備からの流出」を想定し各種ゲートの損傷を照査することとなる。

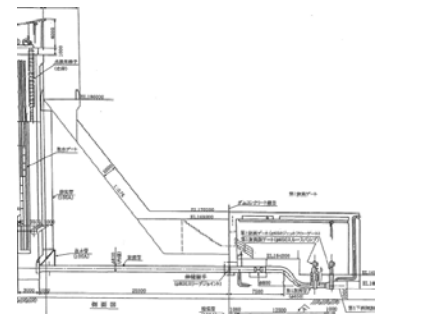
また、独立塔型の場合、塔体の倒壊によりダム堤体を損傷させるおそれがある場合には塔体自体の照査も必要となる。

次に、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」に関しては、緊急時の貯水位低下用放流設備、水位上昇規制に関わるゲート及び開閉装置を選定し照査を行う。独立取水塔型の場合、塔体の倒壊により取水・放流機能が喪失されることも想定されることから、塔体の照査も行い、地山設置型では地山の不安定化につながる懸念が無いかを確認することが求められる。

このように、耐震性能①、②に関係する設備を適切に選択し、照査を行うことが重要である。

表 3.1-1 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

		取水設備		
		堤体設置型 (重力ダムで一般的)	独立塔型 (フィルダムで事例多い)	地山設置型 (フィルダムで事例多い)
想定される 損傷形態				
		(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塔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 ・堤体に近接している場合、塔体が倒壊したり、取水口基礎が転倒・滑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
耐震照査の必要性		該当するゲート・開閉装置	塔体及び 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)ダム堤体からの流出 ・特になし（堤体内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
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

### 3.1.1 制御できない貯水の流出につながる損傷

#### (1) ダム堤体からの流出

ダム堤体からの流出につながる損傷形態として、独立塔型については、「取水塔の塔体の倒壊（堤体に隣接する場合）及び取水口基礎の転倒・滑動」が想定される。堤体設置型については堤体の損傷がないこと、地山設置型については堅固な基礎岩盤上に設置されていることを前提条件とし、このような損傷につながることはないと考えられる。なお、これらの前提条件が満たされない場合は、個別の条件に応じた検討を行う必要がある。

#### (2) 取水設備及び洪水吐以外の放流設備からの流出

放流設備からの流出につながる損傷形態として、「放流管内ゲート支持コンクリートの破壊」、「放流管内ゲート戸当り部の座屈」、「放流管内ゲート主要架構部、支承部、受圧部の座屈」が想定される。

取水ゲート、管内ゲート、放流ゲートの損傷により貯水の流出が生じることが想定されるが、いずれかのゲートが機能すれば貯水の流出は制御できるものと考えられる。また、設備の修復性を考慮すると、取水ゲートが最も修復困難と考えられることから、取水ゲートの照査を実施し、性能を満足する場合には、他のゲートの照査を省略することも考えられる。

なお、堤体内及び岩盤トンネル内に設置される導水路自体は、堤体本体の損傷がないこと、堅固な基礎岩盤内に設置されていることを前提条件とし、このような損傷につながることはないとした。これらの前提条件が満たされない場合は、個別の条件に応じた検討を行う必要がある。

### 3.1.2 地震後に貯水位を制御できなくなる損傷（緊急放流及び水位上昇抑制機能の喪失）

地震後に貯水位を制御できなくなる損傷としては、次のものが考えられることから、緊急時の貯水位低下（以下、「緊急放流」という。）及びその後の水位上昇抑制機能に関する設備について、対象設備を選定（スクリーニング）し、照査を行う。

なお、堤体内及び岩盤トンネル内に設置される導水路自体は、堤体本体の損傷がないこと、堅固な基礎岩盤内に設置されていることを前提条件とし、導水路自体が損傷し通水不能となることはないとした。しかしながら、地震時の慣性力により、導水管を固定するアンカボルト等が破断し、導水管が離脱するなど、管路の通水が阻害される場合が考えられることから、導水管固定部の損傷を照査することとした。これらの前提条件が満たされない場合は、個別の条件に応じた検討を行う必要がある。

#### (1) 緊急放流のための取水不能につながる損傷

- ① 取水塔の大変形又は倒壊、取水口本体の大変形
- ② 取水口基礎の滑動、転倒

#### (2) 緊急放流用ゲートの開閉障害につながる損傷

- ① 緊急放流用ゲート主要架構部、支承部、受圧部の変形
- ② 緊急放流用ゲート開閉装置の損傷（装置自体の損傷、装置支持部の損傷、機側操

作盤の損傷、電源設備の損傷、操作架台及び操作室の損傷)

**(3) 管内ゲートの開閉障害につながる損傷**

- ① 管内ゲート主要架構部、支承部、受圧部の変形
- ② 管内ゲート開閉装置の損傷（装置自体の損傷、装置支持部の損傷、機側操作盤の損傷、電源設備の損傷、操作架台及び操作室の損傷）

**(4) 放流ゲートの開閉障害につながる損傷**

- ① 放流ゲート主要架構部、支承部、受圧部の変形
- ② 放流ゲート開閉装置の損傷（装置自体の損傷、装置支持部の損傷、機側操作盤の損傷、電源設備の損傷、操作架台及び操作室の損傷）

**(5) トンネル内導水路（露出管）の機能喪失につながる損傷**

トンネル内に敷設した導水管（露出配管）の固定部の損傷による管路の通水阻害（設置架台の大変形、アンカ破断）

**(6) 間接流域からの導水路（トンネル）の損傷**

間接流域からの導水路（トンネル）出口部の損傷（坑口の崩落）により、貯水池への流入量が制御不能。

なお、本設備が損傷した場合でも、洪水吐や洪水吐以外の放流設備の機能が確保されていれば、耐震性能は確保されるものと判断してよい。

### 3.2 洪水吐ゲート

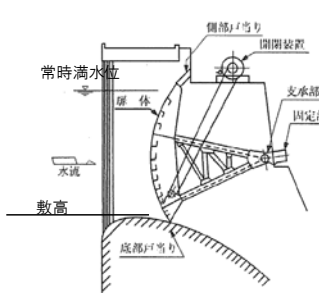
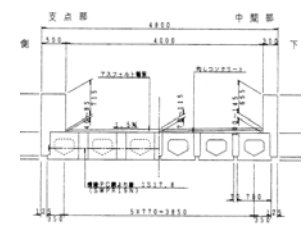
洪水吐の主ゲートは洪水時に利用されるため、一般にその放流能力は大きく、また、常時において閉じた状態にあり貯水位を保持している。このため、地震により重大な損傷が生じると、制御できない貯水の流出あるいは開閉不能になることにより貯水位を制御できなくなるおそれがある。

また、近年の水害の激甚化等を踏まえ、ダムの洪水調節機能の早期強化に向けて、関係行政機関の緊密な連携の下、総合的な検討を行うため、令和元年11月26日に「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」が設置され、令和元年12月12日に開催された第2回検討会議において「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」（第6章に添付）が決定された。基本方針では、洪水調節機能の強化の取組として、事前放流と時期ごとの貯水位運用を行うこととされており、このことを踏まえ、利水専用の農業用ダムにおいても、洪水吐ゲートについては原則として全て照査対象とする。

表3.2-1に、耐震性能照査の対象と想定される洪水吐ゲートの損傷形態を示す。なお、ここでは、基本的に考慮すべき損傷を示しており、実際の照査に当たっては、個別の構造物においてゲートの運用状況やリスクを考慮し、対象とする損傷形態を選定することが望ましい。また、洪水吐ゲートが損傷したとしても、緊急放流用ゲート等により貯水位を低下させることにより、制御できない貯水の流出を回避し、地震後の貯水位の制御が可能となる場合も想定される。

このことから、緊急放流用ゲートの耐震性能照査と併せ、その放流能力等についても確認を行うことが望ましい。

表 3.2-1 耐震性能照査の対象となる洪水吐ゲートの損傷形態

		洪水吐ゲート	天端橋梁
想定される 損傷形態			
		①制御できない貯水の流出が生じるおそれがあるもの 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>扉体架構部、支承の大変形</li> <li>戸当り、固定部、門柱の重大な損傷（ゲートが脱落する恐れのあるもの）</li> <li>扉体、支承、戸当り、固定部、門柱の損傷（速やかな復旧が困難なもの）</li> <li>開閉装置及び操作架台の損傷</li> </ul>
耐震照査の必要性		扉体、戸当り、支承部、固定部、門柱、開閉装置、操作架台	該当する天端橋梁

### 3.2.1 制御できない貯水の流出につながる損傷

洪水吐からの制御できない貯水の流出につながる損傷として、次のものが考えられる。

#### (1) ゲートの脱落につながる損傷

- ① ピアの大変形・倒壊
- ② ゲート戸当り・固定部の破壊

#### (2) 扉体主要部の大変形・破壊につながる損傷

- ① 主要架構部・トラニオンハブの座屈（ラジアルゲート）、主要架構部・主ローラの座屈（ローラゲート）
- ② 上部構造物（天端橋梁、操作架台等）の落下

### 3.2.2 地震後に貯水位を制御できなくなる損傷（緊急放流及び水位上昇抑制機能の喪失）

地震後に貯水位を制御できなくなる損傷として、ゲートの開閉障害につながる次のものが考えられる。

#### (1) 扉体主要部材の変形・損傷につながる損傷

主要架構部・トラニオンハブの変形（ラジアルゲート）、主要架構部・主ローラの変形（ローラゲート）

#### (2) 扉体支持部の変形・損傷

- ① 洪水吐ピアの変形
- ② 支持、固定部の変形・損傷

#### (3) ゲート開閉装置の損傷

装置自体の損傷、装置支持部の損傷、機側操作盤の損傷、電源設備の損傷、操作架台及び操作室の損傷

### 3.3 洪水吐水路

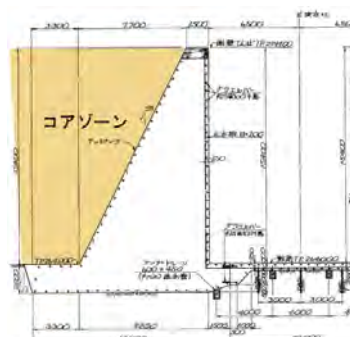
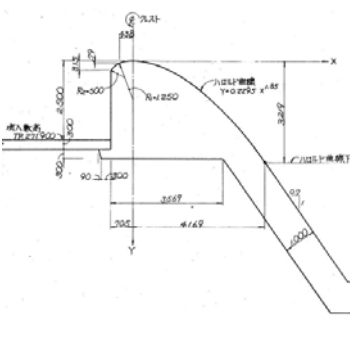
表 3.3-1 に耐震性能照査の対象となる洪水吐水路の損傷形態を示す。

洪水吐水路については、レベル 2 地震時に水路側壁の倒壊等により水路が閉塞し、通水不能となることが想定される。一方で、洪水吐水路が損傷したとしても、緊急放流用ゲート等により貯水位を低下させ、地震後の貯水位を適切に管理することも想定されるため、緊急放流用ゲートの耐震性能照査と併せ、その放流能力等についても確認を行うことが望ましい。

なお、特殊な形状の部位（洪水吐と堤体の接合部が円弧状を呈している場合や、越流堰が重力式以外の構造形式等、現行設計基準の手法によらない検討を行っている場合）については、レベル 2 耐震性能照査の必要性について個別に検討を行う。

また、地震時に地山の崩壊等により洪水吐水路が閉塞した事例もあることから、地山の安定性についても評価を行うことが望ましい。

表 3.3-1 耐震性能照査の対象となる洪水吐水路の損傷形態

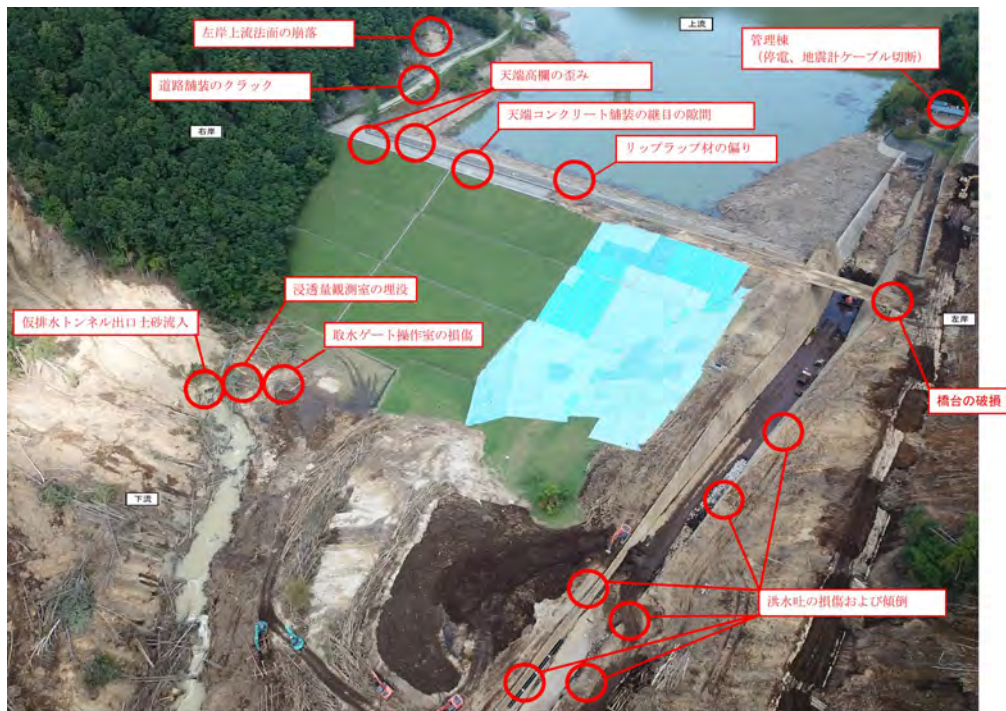
		洪水吐水路	
		(フィルダム堤体との接合部)	(フィルダム越流堰)
想定される 損傷形態			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コアゾーンと洪水吐コンクリートの接合部の開口による水みち形成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 洪水吐越流堰（擁壁部を含む）の滑動・転倒</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特になし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特になし</li> </ul>
耐震照査の必要性		形状が特殊な場合のみ検討 (設計基準適用の場合は不要)	

**【参考：大規模地震時における洪水吐周辺斜面の被災事例】**

平成 30 年 9 月 6 日に発生した「北海道胆振東部地震(マグニチュード 6.7)」により、震源に近い厚真ダムでは、ダム堤体や付帯設備、周辺地山等で大きな被災を受けた。

特に、ダム左岸下流側の斜面の一部が崩壊して、洪水吐水路内の一部が損傷するとともに、崩落土砂が水路内に流入して埋没する状況が発生した。

このため、緊急対応として、自衛隊が通水阻害を助長する倒木の切断・撤去を、アクセス道路の啓開後は重機により土砂撤去を行い、洪水吐の放流機能を確保した。



[堤体周辺部の被災状況]



[洪水吐越流部付近]



[洪水吐急流水路付近]

厚真ダム堤体・付帯施設等の被災状況写真


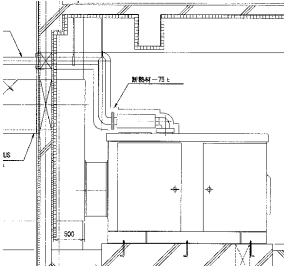


### 3.4 管理棟・操作室及び操作管理設備

表 3.4-1 に、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を示す。管理棟・操作室については、管理棟の倒壊等による管理人等の安全性、作業性の喪失を防ぐ必要がある。操作管理設備については、電気設備や操作盤の損傷によりゲート等の操作機能が喪失することや、通信設備や警報設備の損傷により、放流に伴うダム下流河川における危害防止機能の喪失が想定される。なお、比較的施工年代が古いダムでは、電気ではなく油圧によるゲート操作を行っている場合もあることから、個別ダムごとに想定される損傷形態を検討する必要がある。

また、管理棟・操作室及び操作管理設備についても、周辺地山の崩壊等によって被災・損傷する可能性もあることから、設置環境や設備の重要度を勘案し、必要に応じて地山の法面・斜面の安定性評価の必要性を検討することが望ましい。

表 3.4-1 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

		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制御できない貯水の流出が生じるおそれがあるもの	・ 特になし	・ 特になし
	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 管理人等の安全性の喪失</li> <li>・ 管理人等の作業性の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダム管理システム、電気盤の倒壊による操作機能の喪失</li> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> </ul>
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