

河川構造物の耐震性能照査指針・解説
—IV. 水門・樋門及び堰編—

平成24年2月

国土交通省水管理・国土保全局治水課

目 次

1. 総 則.....	1
1.1 適用の範囲.....	1
1.2 用語の定義.....	2
2. 基本方針.....	3
2.1 耐震性能.....	3
2.2 地震の影響.....	4
3. 耐震性能の照査.....	5
3.1 一 般.....	5
3.2 耐震性能の照査方法.....	5
3.3 耐震性能 1 に対する水門・樋門及び堰の限界状態.....	6
3.4 耐震性能 2 に対する水門・樋門及び堰の限界状態.....	6
3.5 耐震性能 3 に対する水門・樋門及び堰の限界状態.....	7
4. 静的照査法による耐震性能の照査方法.....	8
4.1 一 般.....	8
4.2 荷重の算定方法.....	9
4.3 液状化の影響.....	9
4.4 レベル 1 地震動に対する耐震性能の照査.....	9
4.5 レベル 2 地震動に対する耐震性能の照査.....	11
4.6 堰柱床版の照査.....	15

1. 総 則

1.1 適用の範囲

本編は、水門・樋門及び堰の耐震性能の照査に適用する。

本編の適用の範囲を明らかにしたものである。なお、本編に規定していない計画、調査、設計、施工、維持管理の事項については、次の資料を参考にしてよい。

国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編（平成17年11月）

建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編（平成10年3月）

建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編（平成9年10月）

国土交通省河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）（平成23年5月）

柔構造樋門設計の手引き（平成10年11月）

ダム・堰施設技術基準(案)（基準解説編・マニュアル編）（平成23年7月）

鋼製起伏ゲート設計要領(案)（平成11年10月）

ゴム引布製起伏堰技術基準(案)（平成12年10月）

大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説（平成17年3月）

道路橋示方書（Ⅲコンクリート橋編）・同解説（平成14年3月）

道路橋示方書（Ⅳ下部構造編）・同解説（平成14年3月）

道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（平成14年3月）

1.2 用語の定義

本編に用いる用語の定義は、次のとおりとする。

- (1) 水門
堤防を分断することにより河川又は水路を横断して設けられる制水施設であって、堤防の機能を有するもの
- (2) 樋門
堤体内に函渠を挿入することにより河川又は水路を横断して設けられる制水施設であって、堤防の機能を有するもの。なお、本編では、通常樋管と称しているものも樋門に含めて取り扱う。
- (3) 堰
河川の流水を制御するために、河川を横断して設けられるダム以外の施設であって、堤防の機能を有しないもの
- (4) 上部構造
門柱の上に設けられるゲート操作室、ゲート操作台等の構造物
- (5) 函渠
通水のために埋設される函状又は管状の構造物。函渠は、一般に、函体と継手から構成される。
- (6) レベル1 地震動
河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動
- (7) レベル2 地震動
対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動
- (8) 耐震性能
地震の影響を受けた河川構造物の性能
- (9) 限界状態
耐震性能を満足し得る河川構造物及び各部材の限界の状態
- (10) 液状化
地震動による間げき水圧の急激な上昇により、飽和した砂質土層がせん断強度を失うこと
- (11) 耐震性能照査上の地盤面
耐震性能の照査において地表面と仮定する地盤面
- (12) 静的照査法
静的解析を用いて耐震性能の照査を行う方法
- (13) 震度法
構造物の弾性域の振動特性を考慮して、地震の影響を静的な荷重に置き換えて耐震性能の照査を行う方法
- (14) 地震時保有水平耐力法
構造物の塑性域の地震時保有水平耐力や変形性能、エネルギー吸収を考慮して静的に耐震性能の照査を行う方法
- (15) 地震時保有水平耐力
塑性域において地震力を繰返し受けた場合に構造部材が発揮し得る水平耐力

(6)に規定したレベル1 地震動の定義中の河川構造物の供用期間とは、耐震性能の照査において想定する供用期間であり、特に、土構造物である盛土による堤防に対しても他の河川構造物と同等とする。

2. 基本方針

2.1 耐震性能

- (1) 水門・樋門及び堰の耐震性能は、次のとおりとする。
- 1) 耐震性能 1
地震によって水門・樋門又は堰としての健全性を損なわない性能
 - 2) 耐震性能 2
地震後においても、水門・樋門又は堰としての機能を保持する性能
 - 3) 耐震性能 3
地震による損傷が限定的なものにとどまり、水門・樋門又は堰としての機能の回復が速やかに行い得る性能
- (2) レベル 1 地震動に対しては、すべての水門・樋門及び堰について耐震性能 1 を確保するものとする。
- (3) レベル 2 地震動に対しては、治水上又は利水上重要な水門・樋門及び堰については耐震性能 2 を、また、それ以外の水門・樋門及び堰については耐震性能 3 を確保するものとする。

(1) 水門・樋門は、排水、取水等の機能に加えて、河川の流水が河川外に流出することを防止するという堤防と同等の機能を有する。ただし、水門・樋門は、土構造物である堤防（土堤）とは異なり、損傷の程度によっては速やかな修復が困難になる。また、堰は潮止めや分流といった治水上の機能に加えて、都市用水やかんがい用水等を取水する利水上の機能を有する。堰についても、水門・樋門と同様に、損傷の程度によっては速やかな修復が困難になる。このような水門・樋門及び堰の特性を踏まえて、耐震性能を規定したものである。

(2) レベル 1 地震動は、河川構造物の供用期間中に発生する確率が高い地震動であり、震度法による従来の耐震設計で考慮されていた地震動のレベルを踏襲するように定めたものである。レベル 1 地震動に対しては、従来の耐震設計と同様に、地震後においても機能回復のための修復をすることなく、地震前と同じ機能を保持することができるように、地震によって水門・樋門又は堰としての健全性を損なわない性能を確保することとした。

(3) レベル 2 地震動に対しては、治水上又は利水上重要な水門・樋門については、地震後においてもゲートの開閉性、函渠の水密性等の確保が求められることから、地震によりある程度の損傷が生じた場合においても、水門・樋門としての機能を保持できることを必要な耐震性能として規定した。同様に、治水上又は利水上重要な堰については、地震後もゲートの開閉性等の確保が求められることから、地震後においても堰としての機能を保持できることを必要な耐震性能として規定した。一方、前記以外の水門・樋門及び堰については、地震後に水門・樋門又は堰としての機能が応急復旧等により速やかに回復できることを必要な耐震性能として規定した。

2.2 地震の影響

水門・樋門及び堰の耐震性能の照査においては、地震の影響として、次のものを考慮するものとする。

- (1) 構造物の重量に起因する慣性力
- (2) 地震時土圧
- (3) 地震時動水圧
- (4) 液状化の影響

水門・樋門及び堰の耐震性能の照査において考慮すべき地震の影響の種類を規定したものである。水門・樋門及び堰の門柱・堰柱及びゲートには地震時に慣性力及び地震時動水圧が作用するとともに、周辺土が存在する場合には地震時土圧が作用する。さらに、基礎地盤が液状化した場合には、その影響を受けるため、耐震性能の照査においては、これらの影響を考慮する必要がある。

また、樋門の函渠の地震時挙動は、地形、地盤条件等の種々の要因の影響を受けるが、中でも、堤体及び基礎地盤の影響を強く受ける。特に、基礎地盤が液状化した場合には、液状化に伴う堤体及び基礎地盤の変形が函渠の縦断方向の地震時挙動に大きな影響を及ぼすため、液状化の影響を考慮する必要がある。

3. 耐震性能の照査

3.1 一般

- (1) 水門・樋門及び堰の耐震性能の照査にあたっては、3.3から3.5までに規定する水門・樋門及び堰の限界状態に基づき、各部材の限界状態を適切に設定するものとする。
- (2) 水門・樋門及び堰の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動によって生じる各部材の状態が、(1)の規定により設定した当該部材の限界状態を超えないことを照査することにより行うものとする。

(1) 水門・樋門及び堰の耐震性能の照査では、水門・樋門及び堰の限界状態に基づき、塑性化を考慮する部材や部位を選定するとともに、個々の部材の限界状態を適切に設定する必要があることを規定したものである。

(2) 水門・樋門及び堰の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動が作用したときに、水門・樋門及び堰を構成する各部材に生じる状態が当該部材の限界状態を超えないことを照査することにより行うものとした。

3.2 耐震性能の照査方法

水門・樋門及び堰の耐震性能の照査は、耐震性能の照査に用いる地震動並びに水門・樋門及び堰の限界状態に応じて、適切な方法に基づいて行うものとする。ただし、一般には、4. に規定する静的照査法により耐震性能の照査を行えば、本規定を満足するとみなしてよい。

耐震性能の照査方法は、構造物の地震時挙動を動力的に解析する動的照査法と地震の影響を静力的に解析する静的照査法に大別される。水門・樋門及び堰の門柱・堰柱は、一般に、橋脚に類似した比較的単純な構造物であり、地震時には1次振動モードが卓越し、また、主たる塑性化の生じる部位が明確である。樋門の函渠の地震時挙動は、主として、堤体及び基礎地盤の地震時変形に支配されるが、堤体及び基礎地盤の地震時変形は、静的解析法により算定することが可能である。したがって、水門・樋門及び堰については、一般に、静的照査法により耐震性能の照査を行うことが可能なため、条文のように規定した。ただし、門柱・堰柱の構造によって、必ずしも1次振動モードが卓越しない場合や主たる塑性化の生じる部位が明確ではない場合等には、動的照査法を用いて耐震性能の照査を行う必要がある。

3.3 耐震性能 1 に対する水門・樋門及び堰の限界状態

耐震性能 1 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、原則として、各部材の力学特性が弾性域を超えない範囲内で適切に定めるものとする。

耐震性能 1 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、地震後においても機能回復のための修復をすることなく、地震前と同じ水門・樋門又は堰としての機能を保持することができるように定めたものである。耐震性能 1 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、原則として、各部材の力学特性が弾性域を超えない限界の状態とすればよい。ここで、部材の力学特性が弾性域を超えない限界の状態とは、一般に、部材のコンクリート又は鋼材に生じる応力度が許容応力度となる状態としてよい。

3.4 耐震性能 2 に対する水門・樋門及び堰の限界状態

耐震性能 2 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、塑性化を考慮する部材にのみ塑性変形が生じ、その塑性変形がゲートの開閉を妨げないとともに、函渠の水密性を保持できる範囲内になるよう適切に定めるものとする。

耐震性能 2 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を保持できるよう、塑性化を考慮する部材と塑性化を考慮しない部材を明確に区別し、地震時においては、塑性化を考慮する部材にのみ塑性変形が生じるようにした上で、生じる損傷がゲートの開閉を妨げないとともに、函渠の水密性を保持できる程度までに抑えられるように定めたものである。門柱・堰柱について塑性化を考慮する部材としては、一般には、門柱が該当する。また、ゲートの開閉を妨げない程度の損傷とは、一般に、門柱の水平耐力が低下し始める前の状態及び早期の修復が可能な残留変位が生じた状態よりも余裕を持った状態となる。

門柱・堰柱の基礎の限界状態は副次的な塑性化にとどまる限界の状態とする。これは、基礎全体として修復が困難となる損傷が生じないように必要な耐力及び剛性を確保することとするが、基礎を構成する一部の部材に塑性化を考慮するためである。なお、堰柱床版は、堰柱に作用する地震力を基礎に確実に伝達させる部材であるため、その限界状態は力学的特性が弾性域を超えない限界の状態とする。

また、ゲートの限界状態は、ゲートに損傷が生じた場合でもゲート開閉が可能な限界の状態とする。これは、門柱の場合と同様に、地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を保持できるようにするためである。ただし、角落し等により、地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を確実に保持することができる場合には、ゲートの限界状態は3.5に規定する耐震性能 3 に対する限界状態とすることができる。

樋門の函渠の限界状態は水密性を保持できる範囲内で適切に定めることとしたが、函体の限界状態は函体の耐力が低下し始める限界の状態とする。これは函体の耐力が低下し始める限界よりも前の状態であれば、一般に、その函体が保有する塑性変形性能を超えない状態となるためである。また、継手の限界状態は、継手に過大な変形や損傷が生じない限界の状態とする。なお、函渠の限界状態は函渠の縦断方向を対象とするものである。

3.5 耐震性能 3 に対する水門・樋門及び堰の限界状態

- (1) 耐震性能 3 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、塑性化を考慮する部材にのみ塑性変形が生じ、その塑性変形が当該部材の修復を容易に行い得る範囲内になるよう適切に定めるものとする。
- (2) 塑性化を考慮する部材としては、確実にエネルギー吸収を図ることができ、かつ、速やかに修復を行うことが可能な部材を選定するものとする。

(1) 耐震性能 3 に対する水門・樋門及び堰の限界状態は、水門・樋門又は堰としての機能の回復が速やかに行えるようにするために、塑性化を考慮する部材と塑性化を考慮しない部材を明確に区別し、地震時においては、塑性化を考慮する部材にのみ塑性変形が生じるようにした上で、生じる損傷が修復を容易に行い得る程度までに抑えられるように定めたものである。

(2) 塑性化により確実にエネルギー吸収ができ、損傷の発見が容易であり、かつ、その修復が容易に行い得る部材としては、一般には、門柱が該当する。門柱に塑性化を考慮する場合、門柱の限界状態は損傷の修復を容易に行い得る限界の状態とする。これは、水門・樋門又は堰としての機能の回復を速やかに行うために、一般に水平耐力が低下し始める前の状態よりも余裕を持った状態にあり、かつ、修復が困難な残留変位が生じない状態であることを意味している。

門柱・堰柱の基礎及び堰柱床版の限界状態は、耐震性能 2 に対する限界状態と同様とする。これは、基礎及び堰柱床版の損傷は、一般に、発見が困難であるとともに、修復も大規模なものとなるためである。

また、ゲートの限界状態は、修復困難な残留変位が生じない限界の状態とする。ただし、小規模なゲート等で、ゲートの交換が容易な場合については、この限りでない。

函渠の限界状態は、継手の有無にかかわらず、函体の耐力が低下し始める限界の状態とする。すなわち、耐震性能 3 に対する函渠の限界状態は、継手を対象とするものではなく、函体を対象とするものである。これは、継手については損傷が生じたとしても、修復又は交換が比較的容易なためである。一方、函体の限界状態は、耐震性能 2 に対する函体の限界状態と同様とした。これは、塑性域における函体の地震時挙動には未解明の部分も多いため、安全側の規定としたものであり、実験、解析等により塑性域における函体の挙動を精度よく検証した場合には、修復を容易に行い得る範囲内で、函体の限界状態を定めることができる。

4. 静的照査法による耐震性能の照査方法

4.1 一般

- (1) レベル1地震動に対する静的照査法による水門・樋門及び堰の耐震性能の照査は、原則として、震度法に基づいて行うものとする。また、レベル2地震動に対する静的照査法による耐震性能の照査は、原則として、地震時保有水平耐力法に基づいて行うものとする。
- (2) レベル1地震動に対する静的照査法による水門・樋門及び堰の耐震性能の照査にあたっては、まず、4.2の規定により荷重を算定し、液状化の可能性がある場合には、4.3の規定によりその影響を考慮するものとする。次に、門柱・堰柱、基礎、ゲート及び函渠について、それぞれ、4.4.1から4.4.4の規定により耐震性能1の照査を行うものとする。
- (3) レベル2地震動に対する静的照査法による水門・樋門及び堰の耐震性能の照査にあたっては、まず、4.2の規定により荷重を算定し、液状化の可能性がある場合には、4.3の規定によりその影響を考慮するものとする。次に、門柱・堰柱、基礎、ゲート及び函渠について、それぞれ、4.5.1から4.5.4の規定により耐震性能2又は耐震性能3の照査を行うものとする。
- (4) 堰柱床版の照査は、4.6の規定に基づいて行うものとする。

(1) 静的照査法による耐震性能の照査の基本を規定したものである。構造物が弾性域に留まることを前提とするレベル1地震動に対する静的照査法による耐震性能の照査では、原則として、震度法を用いることとした。一方、構造物が塑性化することを考慮するレベル2地震動に対する静的照査法による耐震性能の照査では、原則として、地震時保有水平耐力法を用いることとした。

(2)、(3) レベル1地震動に対して、静的照査法により水門・樋門及び堰の耐震性能の照査を行う場合には、まず、4.2の規定により慣性力、地震時土圧及び地震時動水圧を算定する。また、液状化の可能性がある場合には、4.3の規定によりその影響を考慮することとした。次に、算定した荷重を用いて、4.4.1から4.4.4の規定により耐震性能1の照査を行うこととした。

同様に、レベル2地震動に対して、静的照査法により水門・樋門及び堰の耐震性能の照査を行う場合には、まず、4.2の規定により荷重を算定し、液状化の影響については4.3の規定により考慮することとした。次に、算定した荷重を用いて、4.5.1から4.5.4の規定により耐震性能2又は耐震性能3の照査を行うこととした。

(4) 堰柱床版は橋のフーチングに類似した部材であり、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して照査を行うこととした。

4.2 荷重の算定方法

- (1) 慣性力は、構造物の重量に共通編5.6又は5.7に規定する水平震度を乗じた水平力とし、これを水流方向及び水流直角方向に作用させるものとする。
(2) 地震時土圧は、共通編5.4の規定により算定するものとする。
(3) 地震時動水圧は、共通編5.5の規定により算定し、慣性力と同じ方向に作用させるものとする。

(1) 静的照査法による水門・樋門及び堰の耐震性能の照査に用いる慣性力の算定方法及び作用方法を規定したものである。

固有周期は式(解4.2.1)により算出してよい。ここで、 δ は道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して算出してよい。

$$T = 2.01\sqrt{\delta} \dots\dots\dots (解4.2.1)$$

ここに、

T : 固有周期(s)

δ : 共通編4.6に規定する耐震性能照査上の地盤面より上にある門柱・堰柱の重量の80%と、それが支持する上部構造の全重量に相当する力を慣性力の作用方向に作用させた場合の上部構造の慣性力の作用位置における変位(m)。ただし、構造物の形状が複雑な場合やラーメン構造の場合には、その構造形式に応じて変位を算出するものとする。

(2)、(3)地震時土圧及び地震時動水圧の算定方法を規定したものである。特に、地震時動水圧の算定においては、通常想定される水位を用いればよい。

4.3 液状化の影響

砂質土層の液状化の判定は共通編6.2の規定により行うものとし、液状化が生じると判定された砂質土層については、共通編6.3の規定により土層の物性の変化を適切に考慮するものとする。

砂質土層の液状化の判定は、共通編6.2の規定に従うものとし、液状化が生じると判定された場合、門柱・堰柱の基礎及び函渠の耐震性能の照査においては、共通編6.3の規定により土層の物性の変化を考慮するものとする。

4.4 レベル1地震動に対する耐震性能の照査

4.4.1 門柱・堰柱の照査

門柱・堰柱については、門柱・堰柱に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査するものとする。

門柱・堰柱の耐震性能の照査は、震度法を用いて行うことができる。門柱・堰柱については、部材に生じる応力度が地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であることを照査することとした。ここで、門柱・堰柱の部材に生じる応力度の算出は、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して行ってよい。また、照査は水流方向及

び水流直角方向のそれぞれについて行う必要がある。

4.4.2 基礎の照査

門柱・堰柱の基礎については、基礎に生じる応力度が許容応力度以下であり、かつ、支持、転倒及び滑動に対して安定であるとともに、基礎の変位が許容変位以下であることを照査するものとする。

門柱・堰柱の基礎については、部材に生じる応力度が地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であり、かつ、基礎として安定であることを照査することとした。ここで、基礎の部材に生じる応力度の算出及び基礎の安定性の照査は、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して行ってよい。

本指針では、共通編6.2に規定するように、砂質土層の液状化の判定はレベル2地震動を対象としている。そこで、レベル1地震動に対する基礎の耐震性能の照査において砂質土層の土質定数を低減させる場合には、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、レベル2地震動とレベル1地震動の差異を考慮する必要がある。

4.4.3 ゲートの照査

ゲートについては、部材に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査するものとする。

ゲートについては、部材に生じる応力度が地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であることを照査することとした。また、圧縮力を受ける部材については、座屈が生じないことを照査する必要がある。

4.4.4 函渠の照査

函渠については、門柱等に起因して函渠端部に作用する曲げモーメントを考慮し、函渠に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査するものとする。

函渠の照査は、函渠縦断方向を対象とするものである。函渠縦断方向には、門柱等に起因して端部に曲げモーメントが作用する。函渠については、その影響を荷重として部材に生じる応力度を算出し、地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であることを照査することとした。

なお、函渠の横断方向については、一般に、小断面であり、常時の荷重に対して適切に設計されていれば十分な耐震性を有しているとともに、既往の地震においても顕著な被害事例はなく、耐震性能の照査を省略することができる。

4.5 レベル2地震動に対する耐震性能の照査

4.5.1 門柱・堰柱の照査

(1)耐震性能2の照査

門柱・堰柱については、門柱・堰柱の地震時保有水平耐力が門柱・堰柱に作用する慣性力を下回らないとともに、門柱・堰柱の残留変位がゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下であることを照査するものとする。

(2)耐震性能3の照査

門柱・堰柱については、門柱・堰柱の地震時保有水平耐力が門柱・堰柱に作用する慣性力を下回らないとともに、門柱・堰柱の残留変位が許容残留変位以下であることを照査するものとする。

門柱・堰柱の耐震性能の照査は、地震時保有水平耐力法を用いて行うことができる。門柱・堰柱の耐震性能の照査では、水流方向及び水流直角方向のそれぞれについて、地震時保有水平耐力及び地震後に生じる残留変位の照査を行う必要がある。

(1)耐震性能2は、地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を保持することを目標としていることから、門柱・堰柱の許容残留変位はゲートの開閉を妨げない変形角を基に構造物ごとに設定する必要がある。ここで、ゲートの開閉を妨げない変形角は、扉体と戸当たりとの関係、ローラ形式、サイドローラの有無等によって決定される。例えば、ローラゲートで扉体が戸当たりの内側に配置されている場合には、図-解4.5.1に示すように、扉体が戸当りに接触して動かなくなる条件（扉体やローラの3点が戸当りに接触）から、ゲートの開閉を妨げない門柱の変形角を求めることができる。なお、図-解4.5.1ではゲートには残留変形が生じないことを想定している。

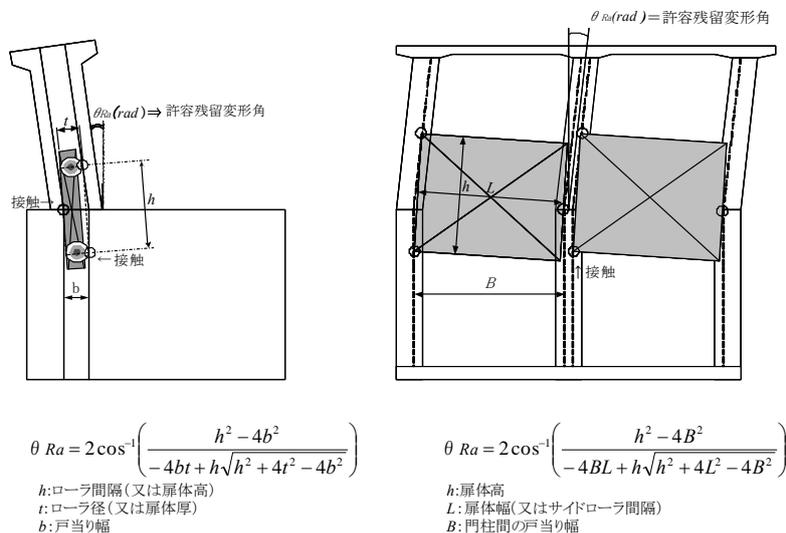


図-解4.5.1 ゲートの開閉を妨げない変形角（許容残留変形角）の算出方法の例

耐震性能2の照査は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、式(解4.5.1)及び(解4.5.2)により行ってよい。

$$k_h W \leq P_a \dots \dots \dots (解4.5.1)$$

$$\delta_R \leq \delta_{Ra1} \dots \dots \dots (解4.5.2)$$

ここに、

- k_h : 共通編5.7に規定する水平震度 k_{h1} 又は k_{h2}
- W : 地震時保有水平耐力法に用いる等価重量(N)で、門柱・堰柱の自重及びそれが支持している上部構造の重量から算出する。
- P_a : 門柱・堰柱の地震時保有水平耐力(N)
- δ_R : 門柱・堰柱の残留変位(mm)
- δ_{Ra1} : 門柱・堰柱の許容残留変位(mm)で、原則として、扉体やローラ、戸当たり等との関係から定まるゲートの開閉を妨げない残留変位。ただし、(2)に規定する δ_{Ra2} 以下とする。

なお、地震時保有水平耐力法に用いる等価重量の算出は、門柱・堰柱の構造形式を考慮した上で、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して行ってよい。また、破壊形態の判定並びに地震時保有水平耐力、許容塑性率及び残留変位の算出は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して行ってよい。

(2)耐震性能3に対する門柱・堰柱の地震時保有水平耐力の照査は、耐震性能2の照査の場合と同様である。ただし、耐震性能3は地震による損傷を限定的な範囲にとどめ、水門・樋門又は堰としての機能の回復を速やかに行うことを目標としていることから、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、門柱・堰柱の許容残留変位を設定した。

耐震性能3の照査は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、式(解4.5.1)及び(解4.5.3)により行ってよい。

$$\delta_R \leq \delta_{Ra2} \dots \dots \dots \text{(解4.5.3)}$$

ここに、

- δ_{Ra2} : 門柱・堰柱の許容残留変位(mm)で、門柱・堰柱の構造に応じて、堰柱又は門柱の下端から上部構造の慣性力の作用位置までの高さの1/100とする。

4.5.2 基礎の照査

門柱・堰柱の基礎については、原則として、地震時に降伏に達しないことを照査するものとする。ただし、液状化が生じる場合には基礎に塑性化が生じることを考慮してもよいものとする。

(1)門柱・堰柱の基礎の照査は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、基礎形式に応じて(2)に規定する荷重が作用したときの基礎の応答値を求めた上で、(3)の規定により行ってよい。また、基礎の降伏は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、基礎の部材若しくは地盤抵抗の塑性化、又は、基礎の浮上がりにより、上部構造の慣性力の作用位置での水平変位が急増し始める時としてよい。

(2)門柱・堰柱の基礎の照査においては、門柱・堰柱に生じる応答が塑性域に達する場合には、死荷重及び式(解4.5.4)により算出する水平震度に相当する慣性力を荷重として考

慮するものとする。また、門柱・堰柱に生じる応答が弾性域にとどまる場合には、門柱・堰柱基部に生じる断面力を荷重として考慮するものとする。

$$k_{hp} = c_{dF} P_u / W \dots\dots\dots (解4.5.4)$$

ここに、

k_{hp} : 地震時保有水平耐力法による基礎の照査に用いる水平震度(小数点以下2けたに丸める)

c_{dF} : 地震時保有水平耐力法による基礎の照査に用いる水平震度の算出のための補正係数で1.1とする。

P_u : 基礎が支持する門柱・堰柱の終局水平耐力(N)。ただし、門柱・堰柱の破壊形態がせん断破壊型と判定される場合はせん断耐力を用いる。

W : 地震時保有水平耐力法に用いる等価重量(N)

さらに、共通編4.6に規定する耐震性能照査上の地盤面より上方にある地中の構造部分、また、耐震性能照査上の地盤面より下方であっても堰柱床版のように基礎の地震時挙動に及ぼす影響が大きい構造部分に対しては、共通編5.7に規定するレベル2地震動の地盤面における水平震度に相当する慣性力を考慮するものとする。

(3)門柱・堰柱の基礎は、原則として、(2)に規定する荷重を作用させたときに降伏に達しないことを照査するものとする。

ただし、門柱・堰柱が水平震度に対して十分大きな地震時保有水平耐力を有している場合、又は、液状化の影響がある場合等のやむを得ない場合には、基礎に塑性化が生じることを考慮してもよい。この場合には、基礎の応答塑性率及び応答変位が、それぞれ、許容塑性率及び許容変位以下となることを照査するものとする。ここで、基礎の塑性化を考慮する場合の応答値は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して算出してよい。また、基礎の応答変位の照査は、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、過大な残留変位の発生を防止する観点から行うこととしたものである。

なお、液状化が生じると判定された場合には、液状化が生じないとした場合の耐震性能の照査も行い、いずれか厳しい方の結果を用いるものとする。これは、液状化時の地盤及び構造物の挙動は複雑であり、液状化が生じると判定された場合でも耐震性能の照査において想定しているとおりの状態とならない可能性もあるため、液状化が生じないとした場合も含めて照査を行うこととしたものである。

4.5.3 ゲートの照査

(1) 耐震性能2の照査

ゲートについては、ゲートの残留変位がゲートの開閉性から決定される許容残留変位以下であることを照査するものとする。ただし、4.4.3の規定と同様に、原則として、ゲートの部材に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査してもよい。

(2) 耐震性能3の照査

ゲートについては、ゲートの残留変位が許容残留変位以下であることを照査するものとする。ただし、4.4.3の規定と同様に、原則として、ゲートの部材に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査してもよい。

(1)耐震性能2は、地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を保持することを目標としていることから、ゲートの残留変位がゲートの開閉を妨げない範囲内に留まるように照査を行うこととした。ここで、ゲートの許容残留変位は、ゲートの開閉を妨げない変形を基に構造物ごとに設定する必要がある。

ただし、安全側の配慮と解析上の簡便さから、耐震性能2の照査においてもゲートに残留変位が生じないように、原則として、ゲートの部材に生じる応力度が地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であることを照査してもよいこととした。なお、照査においては、ゲートの残留変位に影響する主要な部材とそれ以外の部材を区別する必要がある。また、圧縮力を受ける部材については、座屈が生じないことを照査する必要がある。

(2)耐震性能3は、地震による損傷を限定的な範囲にとどめ、水門・樋門又は堰としての機能の回復を速やかに行うことを目標としていることから、ゲートの残留変位がゲートの修復を妨げない範囲内に留まるように照査を行うこととした。ここで、ゲートの許容残留変位は、ゲートの修復を妨げない変形を基に構造物ごとに設定する必要がある。

ただし、耐震性能2の照査と同様に、安全側の配慮と解析上の簡便さから、耐震性能3の照査においてもゲートに残留変位が生じないように、原則として、ゲートの部材に生じる応力度が地震時の割増しを考慮した許容応力度以下であることを照査してもよいこととした。なお、照査においては、ゲートの残留変位に影響する主要な部材とそれ以外の部材を区別する必要がある。また、圧縮力を受ける部材については、座屈が生じないことを照査する必要がある。

4.5.4 函渠の照査

(1) 耐震性能2の照査

函渠については、函渠縦断方向の変形を静的に算定し、原則として、函体に生じる曲げモーメント及びせん断力が、それぞれ、終局曲げモーメント及びせん断耐力以下であるとともに、継手を有する場合には継手の変位が許容変位以下であることを照査するものとする。

(2) 耐震性能3の照査

函渠については、函渠縦断方向の変形を静的に算定し、原則として、函体に生じる曲げモーメント及びせん断力が、それぞれ、終局曲げモーメント及びせん断耐力以下であることを照査するものとする。

(1)、(2)函渠の耐震性能の照査においては、函渠縦断方向を対象として、堤防の耐震性能の照査で用いられる静的な変形解析方法により堤体及び基礎地盤の変形を算定し、得られた変形を基に部材に発生する断面力を算出する方法、堤体及び基礎地盤の変形と部材の断面力を一体的に算出する方法等を用いることができる。

耐震性能2は地震後においても水門・樋門又は堰としての機能を保持することを目標としていることから、函渠については水密性を保持する必要がある、函体に過大な損傷が生じることがないとともに、継手の変位が許容変位以下であることを照査することとした。また、一般に、函渠の基礎に塑性化が生じたとしても、函体を支持することは可能であるため、函渠の基礎の照査は省略することができる。

耐震性能3に対する函渠の限界状態は函体を対象とするものであり、耐震性能の照査は、継手を有する場合でも函体について行えばよい。これは、一般に、函渠は比較的小規模の構造物であり、函体がある一定以上の耐力を有していれば、地震により著しい損傷を生じることはないとともに、地震後に応急復旧等により機能回復が速やかに行えることを考慮したものである。ここで、耐震性能3に対する函体の限界状態は耐震性能2の場合と同様であるため、函体の耐震性能3の照査は耐震性能2の照査と同様に行えばよい。

なお、函渠の横断方向については、レベル1地震動に対する耐震性能の照査の場合と同様の理由により、耐震性能の照査を省略することができる。

4.6 堰柱床版の照査

水門及び堰の堰柱床版については、曲げモーメント、せん断力及び押抜きせん断力に対して必要な部材厚を有することを照査するものとする。
--

水門及び堰の堰柱床版が曲げモーメント、せん断力及び押抜きせん断力に対して必要な部材厚を有していることの照査は、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して行ってよい。また、基礎の照査の前提として堰柱床版を剛体と仮定する場合には、道路橋示方書（IV下部構造編）・同解説（平成14年3月）に準拠して、剛体とみなせる厚さを有していることの照査を行えばよい。ただし、箱形又はU形の水門・堰のように、床版が堰柱間で連続し、床版寸法が大きい場合には、剛体とみなせる床版厚さが著しく大きく不合理になる。そこで、そのような場合には、レベル1地震動に対する耐震性能の照査では床版に生じる応力度が許容応力度以下であることを、また、レベル2地震動に対する耐震性能の照査では床版に生じる応力度が降伏応力度以下であることを照査すればよい。

また、堰柱床版と中間床版内に水門又は堰の機能を維持するための配管類が設置されている場合には、堰柱床版と中間床版の相対変位に留意する必要がある。