

河川構造物の耐震性能照査指針・解説  
— I . 共 通 編 —

平成24年2月

国土交通省水管理・国土保全局治水課



## まえがき

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北地方から関東地方の広範囲にわたって河川堤防が被災し、被災箇所は2,000箇所を超えた。このなかには、堤防機能を失するような大規模な被災も含まれていた。この地震による河川堤防の被災は、過去の地震による堤防の被災と比較して、範囲も規模も甚大であることから、「東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について 報告書」（以下、「今後の耐震対策報告書」という。）に整理された知見を踏まえ、平成19年3月に策定された河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説のI. 共通編及びII. 堤防編を改訂するものである。

大規模な河川堤防の被災の原因は液状化であるが、従来から想定されていた基礎地盤の液状化を原因とするものが多数発生した他、これまで地震による堤防の被災として主眼の置かれていなかった堤体の液状化による被災が多数発生した。

また、沿岸域においては、海岸のみならず、河川を遡上した津波が河川堤防を越えて沿川地域に甚大な被害をもたらした。中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会 報告」においては、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で設定する津波と、海岸保全施設等の整備を行う上で想定する津波に2つのレベルの津波を想定することが示された。河川津波対策検討会の「河川への遡上津波対策に関する緊急提言」では、河川管理における施設の諸元等を定める津波を、海岸保全施設等の整備を行う上で想定する津波（「施設計画上の津波」）とすべきとされ、平成23年9月2日に「河川津波対策について（国水河計第20号、国水治第35号）」により、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、施設計画上の津波高を考慮する必要があると通知したところである。

さらに、東北地方から関東地方の太平洋沿岸を中心に地殻変動に伴う地盤沈降が観測された。このような地盤沈降によって、浸水被害が拡大・長期化した地域もある。

このため、今回の改定では、主に、堤体の液状化、津波、地殻変動に伴う広域な地盤沈降の3項目についての記述を追加、充実させたものである。

一方で、「今後の耐震対策報告書」においては、今後の技術研究の方向性として照査や対策等に関する様々な課題が示されていることから、今後の研究・技術開発の進展に応じて適切に対応していくことが必要とされるのは言うまでもない。

本指針の趣旨が正しく理解され、河川構造物の質の高い整備が一層推進されることを期待するものである。



# 目 次

まえがき

1. 総 則	1
1.1 適用の範囲及び構成	1
1.2 用語の定義	2
2. 基本方針	3
2.1 耐震性能の照査の基本	3
2.2 耐震性能の照査において考慮する外水位	3
3. 地震の影響	5
4. 耐震性能の照査に用いる地震動	6
4.1 一 般	6
4.2 レベル1地震動	7
4.3 レベル2地震動	9
4.4 地域別補正係数	12
4.5 耐震性能照査上の地盤種別	13
4.6 耐震性能照査上の地盤面	14
4.7 耐震性能照査上の基盤面	14
5. 静的照査法を適用する場合の荷重の算定方法	15
5.1 一 般	15
5.2 慣性力	15
5.3 地震時地盤変位	15
5.4 地震時土圧	16
5.5 地震時動水圧	17
5.6 レベル1地震動の水平震度	18
5.7 レベル2地震動の水平震度	20
5.8 構造物特性補正係数	23
6. 液状化の影響	24
6.1 一 般	24
6.2 砂質土層の液状化の判定	24
6.3 液状化が生じる土層の取扱い	26



# 1. 総 則

## 1.1 適用の範囲及び構成

- |   |
|---|
| <p>(1)本指針は、堤防、自立式構造の特殊堤、水門・樋門及び堰並びに揚排水機場の耐震性能の照査に適用する。ただし、前記以外の河川構造物についても、その機能、構造形式等に応じて、本指針を準用することができる。</p> <p>(2)本指針は、Ⅰ．共通編、Ⅱ．堤防編、Ⅲ．自立式構造の特殊堤編、Ⅳ．水門・樋門及び堰編、Ⅴ．揚排水機場編の5編で構成し、各編の適用の範囲は次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Ⅰ．共通編…耐震性能の照査の基本方針、荷重等の各編に共通する事項</li><li>Ⅱ．堤防編…盛土による堤防の耐震性能の照査</li><li>Ⅲ．自立式構造の特殊堤編…自立式構造の特殊堤の耐震性能の照査</li><li>Ⅳ．水門・樋門及び堰編…水門・樋門及び堰の耐震性能の照査</li><li>Ⅴ．揚排水機場編…揚排水機場の耐震性能の照査</li></ul> |
|---|

### (解説)

(1)、(2)本指針の適用の範囲及び構成を明らかにしたものである。特に、本指針は耐震性能の照査について規定したものであり、それ以外の計画、調査、設計、施工、維持管理に関する事項については、関連する資料を参考にするのがよい。また、本指針の適用範囲外の河川構造物についても、その機能、構造形式等が本指針で対象とする構造物に類似している場合などは、耐震性能の照査に本指針を準用することができるが、それ以外の場合には関連する資料を参考にするのがよい。

## 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) 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
- (2) 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
- (3) 耐震性能  
地震の影響を受けた河川構造物の性能
- (4) 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
- (5) 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
- (6) 耐震性能照査上の地盤種別  
地震時における地盤の振動特性に応じて、工学的に分類する地盤の種別
- (7) 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
- (8) 耐震性能照査上の基盤面  
対象地点に共通する広がりを持ち、耐震性能の照査上、振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な土層の上面
- (9) 静的照査法  
静的な解析等を用いて耐震性能の照査を行う方法

### (解説)

(1)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 耐震性能の照査の基本

河川構造物の耐震性能の照査においては、河川構造物の耐震性能及び耐震性能の照査に用いる地震動を適切に設定するとともに、適切な耐震性能の照査方法を用いるものとする。

#### (解説)

河川構造物の耐震性能の照査の基本を規定したものである。耐震性能の照査を構成する要素としては、耐震性能、耐震性能の照査に用いる地震動及び耐震性能の照査方法の三者があるが、河川構造物の耐震性能の照査においては、これら三者のいずれについても、適切に設定又は選定する必要がある。

河川構造物に求められる耐震性能は、同種の構造物であっても治水上又は利水上の重要性等により異なる場合もある。また、1つの構造物の中でも、耐震性能の照査の対象となる部分と対象とはならない部分がある場合があると同時に、代替措置の有無に応じて耐震性能の照査を行う場合の限界状態が部材により異なる場合もある。

耐震性能の照査方法は、構造物の地震時挙動を動学的に解析する動的照査法と地震の影響を静学的に解析する静的照査法に大別される。動的照査法では地震動の時刻歴波形から構造物の地震時挙動を算定したり、加速度応答スペクトルを用いて構造物に生じる最大応答を算定するのに対して、静的照査法では地震の影響を震度として構造物に作用する種々の力を算定したり、構造物の変形を算定することが行われる。動的照査法は、一般に、地震時の現象を精緻にモデル化し、詳細な入力データ及び高度な技術的判断を必要とする。一方、静的照査法は、現象を簡略化して、比較的簡易に実施することが可能である。

耐震性能の照査にあたっては、構造物の地震時挙動、必要とされる精度等を考慮して、適切な照査方法を選定する必要があるが、本指針では主として静的照査法について規定している。また、本編5. では静的照査法を適用する場合の荷重の算定方法を規定している。

また、本指針では可能な限り最新の知見を取り入れているが、一方、現時点では指針として規定するためには、十分に解明されていない事項があることも事実である。例えば、東北地方太平洋沖地震による強い地震動を受けながらも被害が生じなかった河川構造物も多かった。したがって、過去に地震を経験した河川構造物については、その際の被災状況や被災の程度などを照査や対策に活かすことが重要である。

### 2.2 耐震性能の照査において考慮する外水位

耐震性能の照査において考慮する外水位は、原則として、平常時の最高水位とするものとする。ここで、河口部付近では、平常時の最高水位として朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮するものとし、また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、施設画面上の津波高についても考慮するものとする。

#### (解説)

一般に、河川構造物の耐震性能の照査を行う場合に必要となる水位には2種類の水位がある。1種類は条文に規定する耐震性能の照査において考慮する外水位である。地震と洪水が同時に発生する可能性は低く、また、従来の耐震点検・耐震対策等で考慮されてきた外水位を踏襲して、耐震性能の照査において考慮する外水位は、原則として、平常時の最

高水位としたものである。ただし、河口部付近では朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮する必要がある。また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には、「河川津波対策について」（平成23年9月2日 国水河計第20号、国水治第35号）等を踏まえ、施設計画上の津波高を考慮する必要がある。

もう1種類の水位は、3. に規定する地震の影響を考慮するときに用いる水位である。この水位としては、通常想定される水位を用いればよい。

### 3. 地震の影響

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) 地震時地盤変位
- (3) 地震時土圧
- (4) 地震時動水圧
- (5) 液状化の影響
- (6) 広域な地盤沈降の影響

#### (解説)

河川構造物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。河川構造物には、盛土による堤防のような土構造物、水門や堰のように地表面から突出した構造物、揚排水機場の機場本体のように主として地盤内に設置される構造物等、多くの種類がある。また、部材によっては、周辺土や水に接しているものもある。このように、構造物又は部材に応じて受ける地震の影響が異なることから、耐震性能の照査においては考慮すべき地震の影響を適切に選定しなければならない。

平成23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震では、東北から関東地方の広範囲に地殻変動に伴う地盤沈降が生じたことから広域な地盤沈降の影響を加えたものである。照査において外水位との比較を行う場合等においては、広域な地盤沈降による河川構造物全体の沈下を適切に考慮しなければならない。

## 4. 耐震性能の照査に用いる地震動

### 4.1 一般

- (1) 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とする。また、レベル2地震動は、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とする。ここで、レベル2地震動としては、プレート境界型の大規模な地震を想定したレベル2-1地震動及び内陸直下型地震を想定したレベル2-2地震動の2種類を考慮するものとする。
- (2) レベル1地震動及びレベル2地震動は、それぞれ、4.2及び4.3の規定により設定するものとする。ただし、レベル2地震動については、対象地点周辺における過去の地震情報、活断層情報、プレート境界で発生する地震の情報、地下構造に関する情報、対象地点の地盤条件に関する情報、既往の強震記録等を考慮して対象地点における地震動を適切に推定できる場合には、その結果に基づいて設定してもよい。

#### (解説)

(1) 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。(社)土木学会「土木構造物の耐震設計ガイドライン(案)」(平成13年9月)でも述べられているように、レベル1地震動の規定に関しては今後の検討が必要とされているところであり、本指針では従来の耐震設計との連続性を確保することに配慮してレベル1地震動を規定した。

レベル2地震動は、(社)土木学会「土木構造物の耐震設計ガイドライン(案)」(平成13年9月)、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」(平成14年10月)等を参考にして規定したものである。レベル2-1地震動は大きな振幅が長時間繰返して作用する地震動であるのに対し、レベル2-2地震動は継続時間は短いが構造物の地震応答に対して支配的な影響を及ぼす周期帯域において極めて大きな振幅を有する地震動である。構造物の地震時挙動は、地震動の振幅特性のみならず、周期特性、継続時間、繰返し特性等の影響を受けるため、耐震性能の照査においては、地震動特性が異なる2種類の地震動を考慮することとした。

(2) レベル1地震動及びレベル2地震動は、それぞれ、4.2及び4.3に規定する加速度応答スペクトルに基づいて設定することとした。レベル1地震動は、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したものであり、4.2に規定するように、標準的な加速度応答スペクトルに各種の補正係数を乗じて算出すればよい。また、本指針では、レベル2地震動を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と定義しているが、将来、発生が予想される地震動を適切に推定できるケースは現状では限られている。そこで、4.3では耐震性能の照査に用いる標準的な地震動として、各種の構造物に大きな被害を引き起こした既往の地震による地震動を考慮することとした。

一方、近年、中央防災会議、地震調査研究推進本部、地方自治体等により活断層の調査、断層を特定した上での地震動の評価等が進められ、その結果も公表されてきている。そこで、そのような結果に基づき、対象地点における地震動を適切に推定できる場合には、その結果に基づいてレベル2地震動を設定してもよいこととした。

#### 4.2 レベル1地震動

- (1) レベル1地震動は、(2)に規定する加速度応答スペクトルに基づいて設定するものとする。
- (2) レベル1地震動の加速度応答スペクトルは、原則として、耐震性能照査上の地盤面において与えるものとし、式(4.2.1)により算出するものとする。

$$S=c_z c_D S_0 \dots\dots\dots (4.2.1)$$

ここに、

$S$  : レベル1地震動の加速度応答スペクトル (1Gal単位に丸める)

$c_z$  : 4.4に規定する地域別補正係数

$c_D$  : 減衰定数別補正係数であり、減衰定数 $h$ に応じて、式(4.2.2)により算出するものとする。

$$c_D=1.5/(40h+1)+0.5\dots\dots\dots (4.2.2)$$

$S_0$  : レベル1地震動の標準加速度応答スペクトル (Gal) であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 $T$ に応じて表-4.2.1の値とする。

表-4.2.1 レベル1地震動の標準加速度応答スペクトル $S_0$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $S_0$ (Gal)		
I種	$T < 0.1$ $S_0 = 431T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 160$	$0.1 \leq T \leq 1.1$ $S_0 = 200$	$1.1 < T$ $S_0 = 220/T$
II種	$T < 0.2$ $S_0 = 427T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 200$	$0.2 \leq T \leq 1.3$ $S_0 = 250$	$1.3 < T$ $S_0 = 325/T$
III種	$T < 0.34$ $S_0 = 430T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 240$	$0.34 \leq T \leq 1.5$ $S_0 = 300$	$1.5 < T$ $S_0 = 450/T$

#### (解説)

(1) 耐震性能の照査に用いる地震動の表し方としては、時刻歴波形や加速度応答スペクトル等がある。加速度応答スペクトルは、特定の地震動に対して任意の固有周期及び減衰定数を持つ1自由度系の最大応答加速度として定義され、耐震設計基準類における地震動の表し方として広く用いられている。また、耐震性能の照査において加速度時刻歴波形を用いる場合でも、加速度応答スペクトルを設定した上で、当該加速度応答スペクトルに近い特性を有するように加速度波形を調整する、あるいは、地震動の振幅及び周期特性は加速度応答スペクトルに基づき設定し、経時特性は別途モデル化することにより加速度波形を合成することが行われている。このように、加速度応答スペクトルは地震動の表し方として汎用性を有するものであり、本指針では、耐震性能の照査に用いる地震動を加速度応答スペクトルに基づいて設定することとした。

(2) レベル1地震動の加速度応答スペクトル $S$ は、表-4.2.1に規定する標準加速度応答スペクトル $S_0$ を、地域別補正係数 $c_z$ 及び減衰定数別補正係数 $c_D$ により補正して算出することとした。ここで、 $S$ は水平方向の加速度応答スペクトルである。地震動には水平成分に加えて鉛直成分が含まれるが、鉛直方向の地震動が河川構造物の耐震性に及ぼす影響は一般に小さいため、耐震性能の照査に用いる地震動としては水平成分のみを考慮すればよい。

レベル1地震動は、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

襲したものであり、発生する確率が高い中規模程度の地震による地震動に相当するものである。表-4.2.1を図示すると、図-解4.2.1のようになる。

また、減衰定数別補正係数 $c_D$ は、減衰定数0.05の加速度応答スペクトルを任意の減衰定数 $h$ の加速度応答スペクトルに補正するための係数である。

条文では、耐震性能の照査に用いる地震動の入力位置を4.6に規定する耐震性能照査上の地盤面とする場合の加速度応答スペクトルを規定した。耐震性能の照査に用いる地震動の入力位置を耐震性能照査上の基盤面とする場合等には、地盤の影響を適切に考慮する必要がある。

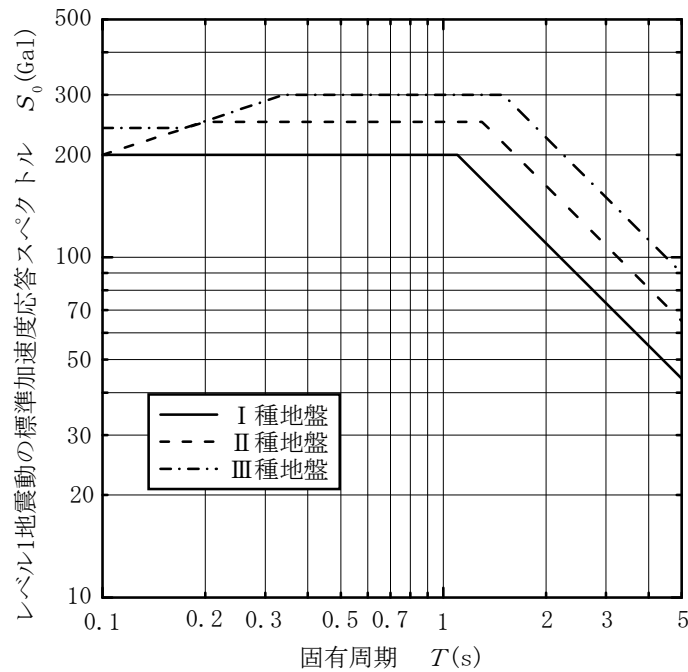


図-解4.2.1 レベル1地震動の標準加速度応答スペクトル $S_0$

#### 4.3 レベル2地震動

- (1) レベル2地震動は、(2)に規定する加速度応答スペクトルに基づいて設定するものとする。
- (2) レベル2地震動の加速度応答スペクトルは、原則として、耐震性能照査上の地盤面において与えるものとし、地震動の種別に応じて、それぞれ、式(4.3.1)及び(4.3.2)により算出するものとする。

$$S_1 = c_z c_D S_{10} \dots \dots \dots (4.3.1)$$

$$S_2 = c_z c_D S_{20} \dots \dots \dots (4.3.2)$$

ここに、

- $S_1$  : レベル2-1地震動の加速度応答スペクトル (1Gal単位に丸める)
- $S_2$  : レベル2-2地震動の加速度応答スペクトル (1Gal単位に丸める)
- $c_z$  : 4.4に規定する地域別補正係数
- $c_D$  : 減衰定数別補正係数であり、減衰定数 $h$ に応じて、式(4.2.2)により算出するものとする。
- $S_{10}$  : レベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル (Gal) であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 $T$ に応じて表-4.3.1の値とする。
- $S_{20}$  : レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル (Gal) であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 $T$ に応じて表-4.3.2の値とする。

表-4.3.1 レベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{10}$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $S_{10}$ (Gal)		
I種	$T \leq 1.4$ $S_{10} = 700$		$1.4 < T$ $S_{10} = 980/T$
II種	$T < 0.18$ $S_{10} = 1,505T^{1/3}$ ただし、 $S_{10} \geq 700$	$0.18 \leq T \leq 1.6$ $S_{10} = 850$	$1.6 < T$ $S_{10} = 1,360/T$
III種	$T < 0.29$ $S_{10} = 1,511T^{1/3}$ ただし、 $S_{10} \geq 700$	$0.29 \leq T \leq 2.0$ $S_{10} = 1,000$	$2.0 < T$ $S_{10} = 2,000/T$

表-4.3.2 レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{20}$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $S_{20}$ (Gal)		
I種	$T < 0.3$ $S_{20} = 4,463T^{2/3}$	$0.3 \leq T \leq 0.7$ $S_{20} = 2,000$	$0.7 < T$ $S_{20} = 1,104/T^{5/3}$
II種	$T < 0.4$ $S_{20} = 3,224T^{2/3}$	$0.4 \leq T \leq 1.2$ $S_{20} = 1,750$	$1.2 < T$ $S_{20} = 2,371/T^{5/3}$
III種	$T < 0.5$ $S_{20} = 2,381T^{2/3}$	$0.5 \leq T \leq 1.5$ $S_{20} = 1,500$	$1.5 < T$ $S_{20} = 2,948/T^{5/3}$

#### (解説)

(1) レベル1地震動の場合と同様に、レベル2地震動についても加速度応答スペクトルにより規定することとした。これは、加速度応答スペクトルは地震動の表し方として汎用性を有するためである。

(2) レベル2-1地震動及びレベル2-2地震動の加速度応答スペクトル $S_1$ 及び $S_2$ は、それぞれ、表-4.3.1及び表-4.3.2に規定する標準加速度応答スペクトル $S_{10}$ 及び $S_{20}$ を、地域別補正係

数 $c_z$ 及び減衰定数別補正係数 $c_D$ により補正して算出することとした。ここで、 $S_1$ 及び $S_2$ は、レベル1地震動の加速度応答スペクトル $S$ と同様に、いずれも、水平方向の加速度応答スペクトルである。

レベル2-1地震動は、発生頻度が低いプレート境界で発生する大規模な地震を想定した地震動を与えるものである。このような地震による地震動のうち、甚大な被害を引き起こしたものとして、大正12年の関東地震に際して東京周辺で生じた地震動を用いることとし、これをレベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{10}$ として考慮することとした。関東地震による東京周辺での地盤上の最大加速度は、距離減衰式等により0.3~0.4G程度と推定されている。地盤上である振動が生じた場合に地上構造物に生じる応答加速度は構造物の固有周期や減衰特性によって変化するが、一般には、地盤上の最大加速度の2~3倍程度になる。したがって、0.3~0.4Gの地震動に対して構造物が弾性挙動するとすれば、応答加速度はおおむね0.7~1G程度となる。

一方、レベル2-2地震動は、発生頻度が極めて低いマグニチュード7級の内陸直下型地震を想定した地震動を与えるものである。レベル2-2地震動についても、これまでに最大規模の被害を引き起こした地震として平成7年兵庫県南部地震を考慮し、同地震により地盤上で実測された加速度強震記録に基づき、レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{20}$ を定めることとした。兵庫県南部地震では、神戸海洋気象台（Ⅰ種地盤）、JR西日本鷹取駅（Ⅱ種地盤）、東神戸大橋周辺地盤上（Ⅲ種地盤）等において加速度が大きく構造物に破壊的な影響を与えた地震動が観測されており、これらの加速度応答スペクトルを計算し、特別に大きなピークは平滑化して求めた加速度応答スペクトルがレベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{20}$ である。

表-4.3.1及び表-4.3.2を図示すると、それぞれ、図-解4.3.1及び図-解4.3.2のようになる。

条文に規定するレベル2地震動の加速度応答スペクトルの入力位置は、レベル1地震動の場合と同様に、4.6に規定する耐震性能照査上の地盤面とした。したがって、耐震性能の照査に用いる地震動の入力位置を耐震性能照査上の基盤面とする場合等には、地盤の影響を適切に考慮する必要がある。



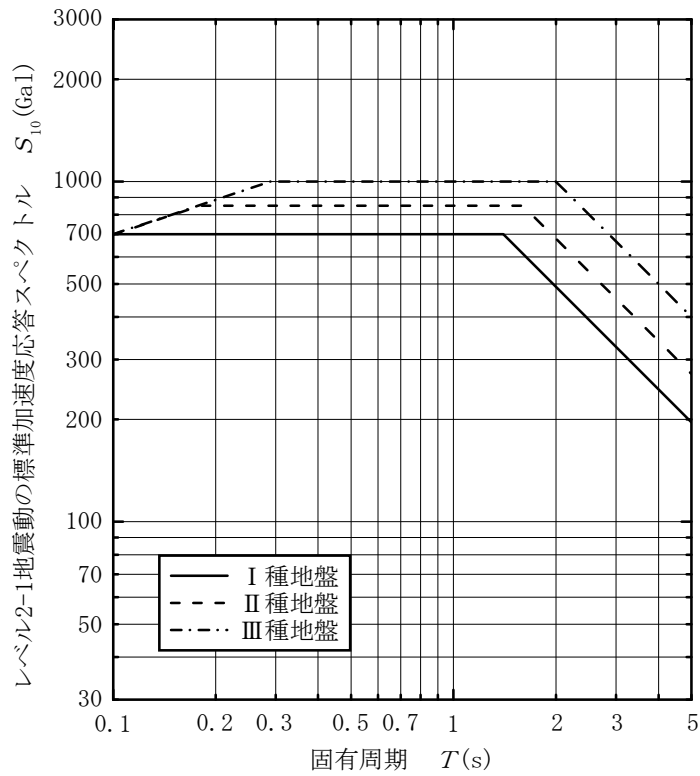


図-解4.3.1 レベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{10}$

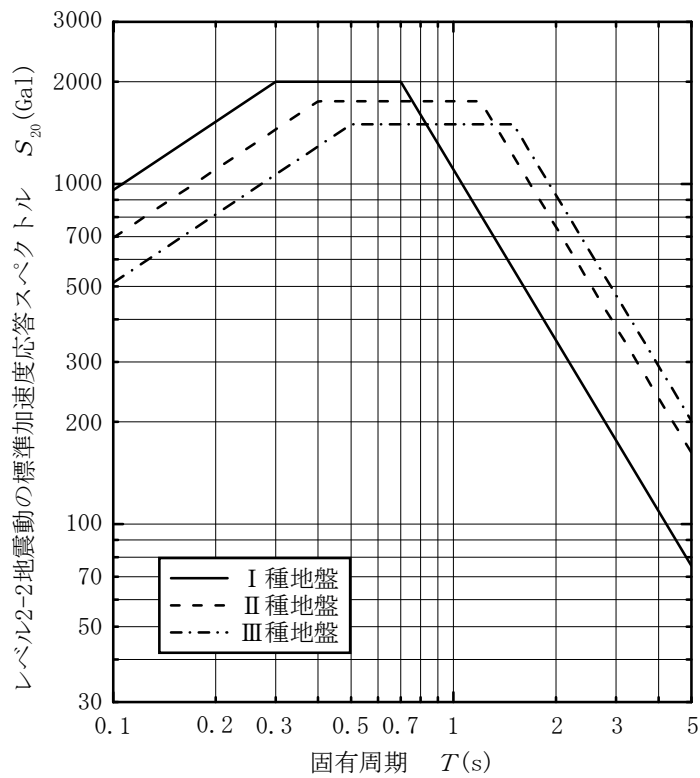


図-解4.3.2 レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル $S_{20}$

#### 4.4 地域別補正係数

地域別補正係数 $c_z$ は、地域区分に応じて表-4.4.1の値とするものとする。ただし、対象地点が地域区分の境界線上にある場合は、係数の大きい方とするものとする。

表-4.4.1 地域別補正係数 $c_z$

地域区分	強震帯地域	中震帯地域	弱震帯地域
地域別補正係数 $c_z$	1.0	0.85	0.7

#### (解説)

強震帯地域、中震帯地域及び弱震帯地域の区分は、建設省告示第1715号(昭和56年10月16日)によるものとし、地域別補正係数 $c_z$ は建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編(平成9年10月)を参考に設定したものである。

地震動強度の地域特性については、建設省総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」(昭和47～51年度)において詳細な検討が行われ、その結果は新耐震設計法(案)における地域区分図としてまとめられている。その後の多くの耐震設計基準類では、地震動強度の地域特性として新耐震設計法(案)による地域区分を基礎としている。レベル2地震動を対象とした地域区分は、従来の地域区分とは異なる部分があることも考えられるが、新耐震設計法(案)における地震動強度の地域区分は、プレート境界で発生する大規模な地震や内陸直下型地震を含めて工学的に利用可能な資料を考慮して、わが国の地震動強度の地域特性を総合的に分析した結果に基づくものである。このような点を考慮して、本指針ではレベル2地震動についても新耐震設計法(案)の地域区分に基づく建設省告示による地域区分を用いることとした。なお、プレート境界型の大規模な地震や内陸直下型地震の発生特性を個別に考慮した地震動強度の分布については、現在、研究が進められている段階であり、今後、研究の進展に応じて適切に対応していくことが必要である。

強震帯地域、中震帯地域及び弱震帯地域に対する地域別補正係数 $c_z$ は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編、新耐震設計法(案)等を参考にして、それぞれ、1.0、0.85及び0.7とした。

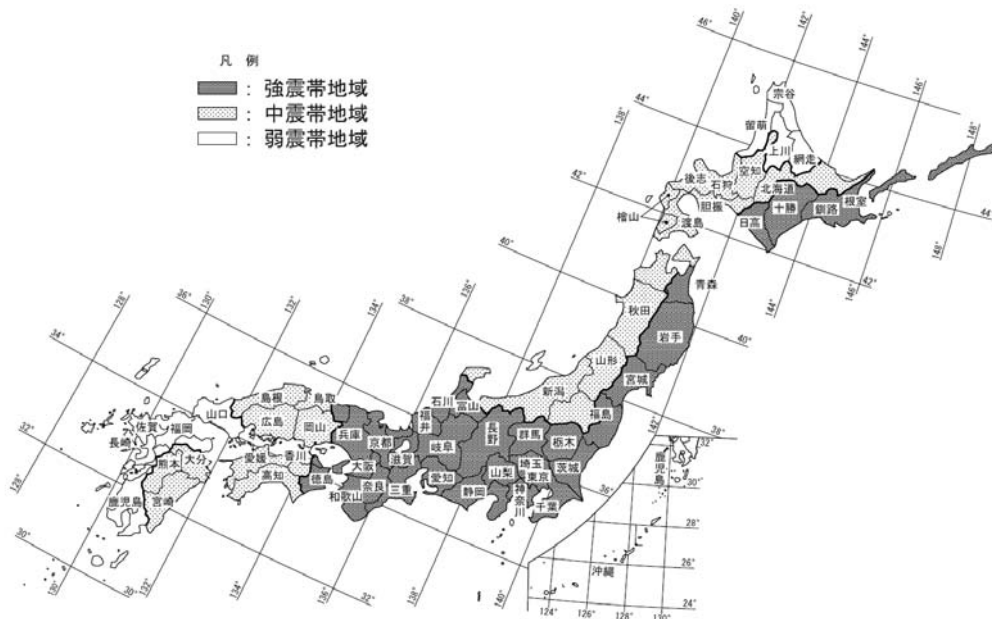


図-解4.4.1 地域区分

#### 4.5 耐震性能照査上の地盤種別

耐震性能照査上の地盤種別は、原則として、式(4.5.1)により算出する地盤の特性値  $T_G$  をもとに、表-4.5.1により区分するものとする。ただし、地表面が耐震性能照査上の基盤面と一致する場合はⅠ種地盤とするものとする。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \dots\dots\dots (4.5.1)$$

ここに、

- $T_G$ : 地盤の特性値(s)
- $H_i$ : i 番目の土層の厚さ(m)
- $V_{si}$ : i 番目の土層の平均せん断弾性波速度(m/s)
- $i$ : 当該地盤が地表面から耐震性能照査上の基盤面まで n 層に区分されるとき  
の地表面から i 番目の土層の番号

表-4.5.1 耐震性能照査上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 $T_G$ (s)
Ⅰ	$T_G < 0.2$
Ⅱ種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
Ⅲ種	$0.6 \leq T_G$

#### (解説)

地表面における地震動特性は地盤条件の影響を受けることが知られており、耐震性能照査上の地盤種別はそれを考慮するために規定したものである。概略の目安としては、Ⅰ種地盤は良好な洪積地盤及び岩盤、Ⅲ種地盤は沖積地盤のうち軟弱地盤、Ⅱ種地盤はⅠ種地盤及びⅢ種地盤のいずれにも属さない洪積地盤及び沖積地盤と考えてよい。洪積地盤及び沖積地盤は、それぞれ、主として洪積層及び沖積層から構成される地盤であるが、ここでいう沖積層には、がけ崩れ等による新しい堆積層、表土、埋立土及び軟弱層を含み、沖積層のうち締まった砂層、砂れき層、玉石層等については洪積層として取り扱ってよい。

地盤種別は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編(平成9年10月)と同様に、地盤の特性値  $T_G$  により区分するものとした。地盤の特性値  $T_G$  は、微小ひずみ振幅領域における地盤の基本固有周期に相当するものであるが、レベル2地震動といった強震動の特性も地盤の周期特性に強く影響を受け、また、工学的に簡便に算出することができるため、本指針ではレベル2地震動についても地盤条件を区分するために  $T_G$  を用いることとした。

平均せん断弾性波速度  $V_{si}$  は、弾性波探査やP S検層によって測定するのが望ましいが、実測値がない場合は式(解4.5.1)によってN値から推定してもよい。この場合のN値は各層の平均的なN値で代表し、むやみに計算を繁雑にする必要はない。

$$\left. \begin{array}{l} \text{粘性土層の場合} \\ V_{si} = 100N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \\ \text{砂質土層の場合} \\ V_{si} = 80N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (解4.5.1)$$

ここに、

$N_i$ : 標準貫入試験による i 番目の土層の平均N値

式(解4.5.1)は、粘性土層については  $N=1 \sim 25$  の範囲、砂質土層については  $N=1 \sim 50$  の範囲での実験値から導いた推定式である。なお、N値が0の場合は  $V_{si}=50\text{m/s}$  としてよい。

#### 4.6 耐震性能照査上の地盤面

耐震性能照査上の地盤面は、長期にわたり安定して存在し、地盤抵抗が期待できる地盤の上面とするものとする。ただし、地震時に地盤抵抗が期待できない土層がある場合には、その影響を考慮して耐震性能照査上の地盤面を適切に設定するものとする。

##### (解説)

耐震性能照査上の地盤面とは、4.2及び4.3に規定するレベル1地震動及びレベル2地震動の加速度応答スペクトルの設定位置であり、その面より上方の部分には地震力を作用させるが、その面よりも下方の部分には地震力を作用させないという耐震性能照査上仮定する地盤面のことである。また、耐震性能照査上の地盤面より下方の地盤については地盤抵抗を期待することができる。ただし、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、ごく軟弱な土層又は液状化が生じると判定された砂質土層で地盤抵抗が期待できない土層がある場合には、耐震性能照査上の地盤面はその土層の下面に設定するものとする。

#### 4.7 耐震性能照査上の基盤面

耐震性能照査上の基盤面は、対象地点周辺に広がりを持ち、工学的に十分堅固な土層の上面とするものとする。

##### (解説)

耐震性能照査上の基盤面としては、対象地点周辺に広がりを持ち、耐震性能の照査上、振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な土層の上面を想定することとした。ここで、十分堅固な土層とは、せん断弾性波速度300m/s程度（式(解4.5.1)より、粘性土層ではN値25、砂質土層ではN値50）以上の値を有している剛性の高い土層と考えてよい。なお、大深度地下構造物の耐震設計、また、断層モデルを用いた地震動の推定等においては、基盤面として前記よりも堅硬な地層の上面を想定する場合もあるが、一般に、河川構造物の地震時挙動には比較的浅部の表層地盤が大きな影響を及ぼすため、前記のように規定した。

## 5. 静的照査法を適用する場合の荷重の算定方法

### 5.1 一般

- (1) 静的照査法により耐震性能の照査を行う場合には、3. に規定する地震の影響として、慣性力、地震時地盤変位、地震時土圧、地震時動水圧及び液状化の影響を、それぞれ、適切に考慮するものとする。
- (2) 慣性力、地震時地盤変位、地震時土圧及び地震時動水圧は、それぞれ、5.2、5.3、5.4及び5.5の規定により算出するものとする。また、液状化の影響は6. の規定に基づいて考慮するものとする。

#### (解説)

(1) 静的照査法を適用する場合において考慮すべき地震の影響を規定したものである。また、これらの地震の影響を静的照査法の中で考慮するためには、適切な手法に基づいて静的荷重として評価しなければならない。ここで、地震時地盤変位等は狭義には力として作用する荷重ではないが、設計上の従来慣例に従い、荷重と呼称することにしたものである。

(2) 慣性力の算定にあたっては、構造物の重量には添架物等の重量も考慮するものとする。構造物と一体的に振動し、構造物に大きな影響を与える土塊部分に対して慣性力を考慮する場合には、土塊の重量に水平震度を乗じて慣性力を求める必要がある。構造物の地震時挙動に地盤の変位が影響を及ぼす場合には、地震時地盤変位を考慮する必要がある。また、背面土を有する自立式構造の特殊堤の躯体や水門のゲート等については、それぞれ、地震時土圧や地震時動水圧の影響を考慮する必要がある。さらに、液状化が生じる可能性がある場合には、6. の規定に基づいて、その影響を耐震性能の照査において考慮することとした。

### 5.2 慣性力

慣性力は、構造物の重量に5.6又は5.7に規定する水平震度を乗じた水平力とするものとする。

#### (解説)

静的照査法を適用する場合の慣性力の算出方法を規定したものである。

### 5.3 地震時地盤変位

地震時地盤変位は、地震時の地盤の応答を考慮して、適切に設定するものとする。

#### (解説)

地震時地盤変位は、本体寸法に比較して設置深度が大きい揚排水機場の機場本体のように、地震時に地盤変位の影響を受ける構造物の耐震性能の照査において考慮する必要がある。地震時の地盤の応答には、地盤の層序、物性等が大きな影響を及ぼすため、地震時地盤変位の設定に当たっては、これらの影響を適切に考慮する必要がある。

#### 5.4 地震時土圧

地震時土圧は、5.6又は5.7に規定する水平震度を用いて、構造物の形状、土質条件、地盤の動的挙動等を考慮して、適切に設定するものとする。

##### (解説)

地震時土圧は分布荷重として、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5.4.1)により算出するのがよい。ここで、式(解5.4.2)は、物部・岡部による土圧の算定式をレベル2地震動まで適用できるように拡張した修正物部・岡部法による地震時主働土圧係数を簡易な近似式として与えたものである。

$$p_{EA} = \gamma x K_{EA} + q' K_{EA} \dots \dots \dots \text{(解5.4.1)}$$

ここに、

$p_{EA}$  : 深さ $x$ (m)における地震時主働土圧強度(kN/m<sup>2</sup>)

$K_{EA}$  : 地震時主働土圧係数で、式(解5.4.2)により算出してよい。

1) 背面が土とコンクリートの場合

砂及び砂礫  $K_{EA} = 0.21 + 0.90k_{hg}$

砂質土  $K_{EA} = 0.24 + 1.08k_{hg}$

2) 背面が土と土の場合

砂及び砂礫  $K_{EA} = 0.22 + 0.81k_{hg}$

砂質土  $K_{EA} = 0.26 + 0.97k_{hg}$

..... (解5.4.2)

$k_{hg}$  : 5.6に規定するレベル1地震動の地盤面における水平震度 $k_{hg}$ 又は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 $k_{h1g}$ 若しくは $k_{h2g}$

$\gamma$  : 土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$q'$  : 地震時の地表載荷荷重(kN/m<sup>2</sup>)

ただし、 $q'$ は地震時に確実に作用するもののみとし、活荷重は含まないものとする。

また、式(解5.4.2)は地下水位以浅の土を対象としたものであり、地下水位以深の土による地震時土圧は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編（平成9年10月）に準拠して、式(解5.4.3)により水中の見かけの水平震度を算出した上で、式(解5.4.1)及び式(解5.4.2)を用いて算出するのがよい。なお、式(解5.4.1)を用いる際には、地下水位以深の土の単位体積重量に水中単位体積重量を用いるものとする。また、静水圧は地震時土圧と別に考慮しなければならない。

$$k_{hg}' = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma' \cdot h_2 + \gamma_w \cdot h_2 + q'}{\gamma \cdot h_1 + \gamma' \cdot h_2 + q'} \times k_{hg} \dots \dots \dots \text{(解5.4.3)}$$

ここに、

$k_{hg}'$  : 水中の見かけの水平震度

$\gamma$  : 地下水位以浅の土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma'$  : 地下水位以深の土の水中の見かけの単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)

$h_1$  : 地下水位以浅の土層厚(m)

$h_2$  : 地下水位以深の土層厚(m)

$q'$  : 地震時の地表載荷荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$k_{hg}$  : 5.6に規定するレベル1地震動の地盤面における水平震度 $k_{hg}$ 又は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 $k_{h1g}$ 若しくは $k_{h2g}$

## 5.5 地震時動水圧

地震時動水圧は、水位、構造物の形状及び地震時の応答等を考慮して、適切に設定するものとする。

### (解説)

地震時動水圧は、Westergaardの式を基本として、式(解5.5.1)により算出し、慣性力の作用方向と同一の方向に作用させるのがよい。ここで、Westergaardの式は、ダムのような片側にのみ水が存在する壁状構造物に作用する地震時動水圧を与えるものであるが、解析上の簡便さを考慮して、水門及び堰の堰柱の水流直角方向に対する耐震性能の照査のように、両側に水が存在する場合にも用いてよい。また、震度法による従来の耐震設計のように構造物が弾性域に留まることを前提とする場合は、構造物の地震応答は水平震度に相当する揺れになるが、構造物の塑性化を考慮する場合は、一般に、予め構造物の応答を特定することはできない。本指針では構造物が塑性化する場合も考慮しているため、地震時動水圧の算出においては、構造物の応答に相当する水平震度を適切に算定する必要がある。

$$p_d = \frac{7}{8} \gamma_w k_{hs} \sqrt{H \cdot h} \dots\dots\dots \text{(解5.5.1)}$$

ここに、

- $p_d$  : 地震時動水圧 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_w$  : 水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- $k_{hs}$  : 地震時に構造物に生じる応答に相当する水平震度
- $H$  : 水深 (m)
- $h$  : 水面から地震時動水圧が作用する点までの水深 (m)



5.6 レベル1地震動の水平震度

レベル1地震動の水平震度は、式(5.6.1)により算出するものとする。ただし、式(5.6.1)による値が0.1を下回る場合には0.1とする。

$$k_h = c_z k_{h0} \dots\dots\dots (5.6.1)$$

ここに、

- $k_h$  : レベル1地震動の水平震度 (小数点以下2けたに丸める)
- $k_{h0}$  : レベル1地震動の水平震度の標準値で、表-5.6.1による。
- $c_z$  : 4.4に規定する地域別補正係数

なお、土の重量に起因する慣性力及び地震時土圧の算出においては、式(5.6.2)により算出する地盤面における水平震度 $k_{hg}$ を用いるものとする。

$$k_{hg} = c_z k_{hg0} \dots\dots\dots (5.6.2)$$

ここに、

- $k_{hg}$  : レベル1地震動の地盤面における水平震度 (小数点以下2けたに丸める)
- $k_{hg0}$  : レベル1地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.16、0.20、0.24とする。

表-5.6.1 レベル1地震動の水平震度の標準値 $k_{h0}$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $k_{h0}$ の値		
Ⅰ種	$T < 0.1$ $k_{h0} = 0.431T^{1/3}$ ただし、 $k_{h0} \geq 0.16$	$0.1 \leq T \leq 1.1$ $k_{h0} = 0.20$	$1.1 < T$ $k_{h0} = 0.213/T^{2/3}$
Ⅱ種	$T < 0.2$ $k_{h0} = 0.427T^{1/3}$ ただし、 $k_{h0} \geq 0.20$	$0.2 \leq T \leq 1.3$ $k_{h0} = 0.25$	$1.3 < T$ $k_{h0} = 0.298/T^{2/3}$
Ⅲ種	$T < 0.34$ $k_{h0} = 0.430T^{1/3}$ ただし、 $k_{h0} \geq 0.24$	$0.34 \leq T \leq 1.5$ $k_{h0} = 0.30$	$1.5 < T$ $k_{h0} = 0.393/T^{2/3}$

(解説)

建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編(平成9年10月)では、構造物の重量に起因する慣性力を算出するための水平震度と土の重量に起因する慣性力及び地震時土圧を算出するための地盤面における水平震度が明確に区分されていないが、本指針では両者を区分することとした。これは、一般に、地震時の地盤面の振動と構造物の応答は異なるためである。

レベル1地震動の水平震度 $k_h$ は、表-5.6.1に規定する水平震度の標準値 $k_{h0}$ を4.4に規定する地域別補正係数 $c_z$ により補正して算出することとした。表-5.6.1に規定する固有周期ごとの設計水平震度の標準値は、4.2に規定するレベル1地震動の加速度応答スペクトルに固有周期ごとの減衰定数の補正を加えて定めたものである。また、レベル1地震動の水平震度の設定に当たっては、震度法による従来の耐震設計で考慮されていた設計水平震度のレベルを考慮した。表-5.6.1を図示すれば、図-解5.6.1のようになる。

ここで、式(5.6.1)による水平震度の算出に際しては、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、水平震度を極端に小さくすることがないように

に、下限値を0.1とすることとした。

また、土の重量に起因する慣性力及び地震時土圧の算出に用いる水平震度としては、地盤面における水平震度を用いることとし、レベル1地震動の地盤面における水平震度の標準値 $k_{hg0}$ は、地盤種別に応じて、0.16～0.24とした。ここで、 $k_{hg0}$ は建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編(平成9年10月)、道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(平成14年3月)等を参考にして設定したものである。

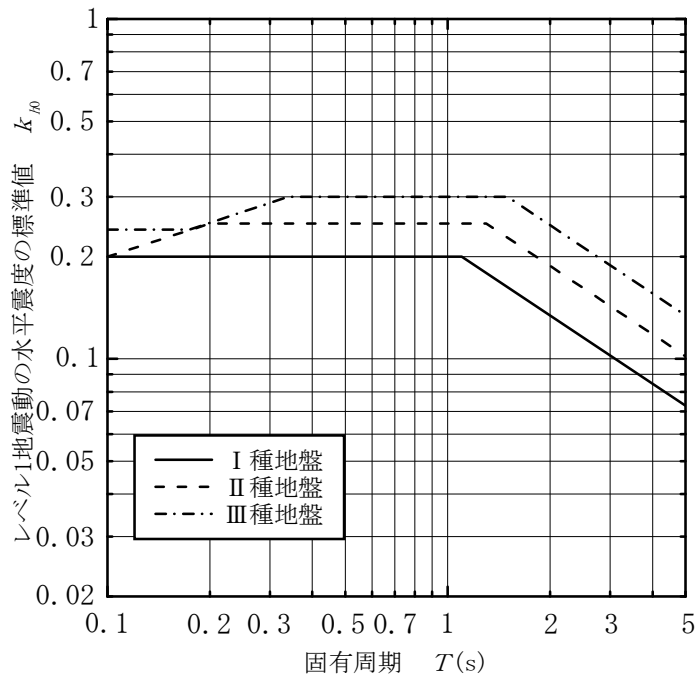


図-解5.6.1 レベル1地震動の水平震度の標準値 $k_{hg0}$

5.7 レベル2地震動の水平震度

レベル2地震動の水平震度は、(1)及び(2)の規定により算出するものとする。

(1) レベル2-1地震動の水平震度

レベル2-1地震動の水平震度は、式(5.7.1)により算出するものとする。ただし、レベル2-1地震動の水平震度の標準値 $k_{h10}$ に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値が0.3を下回る場合には、水平震度は0.3に構造物特性補正係数 $c_S$ を乗じた値とする。また、水平震度が0.4に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値を下回る場合には、水平震度は0.4に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値とする。

$$k_{h1} = c_S c_Z k_{h10} \dots \dots \dots (5.7.1)$$

ここに、

$k_{h1}$  : レベル2-1地震動の水平震度 (小数点以下2けたに丸める)

$k_{h10}$  : レベル2-1地震動の水平震度の標準値で、表-5.7.1による。

$c_S$  : 5.8に規定する構造物特性補正係数

$c_Z$  : 4.4に規定する地域別補正係数

なお、土の重量に起因する慣性力及び地震時土圧の算出、また、砂質土層の液状化の判定においては、式(5.7.2)により算出する地盤面における水平震度 $k_{h1g}$ を用いるものとする。

$$k_{h1g} = c_Z k_{h1g0} \dots \dots \dots (5.7.2)$$

ここに、

$k_{h1g}$  : レベル2-1地震動の地盤面における水平震度 (小数点以下2けたに丸める)

$k_{h1g0}$  : レベル2-1地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.30、0.35、0.40とする。

表-5.7.1 レベル2-1地震動の水平震度の標準値 $k_{h10}$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $k_{h10}$ の値		
	$T \leq 1.4$ $k_{h10} = 0.7$	$1.4 < T$ $k_{h10} = 0.876/T^{2/3}$	
Ⅱ種	$T < 0.18$ $k_{h10} = 1.51T^{1/3}$ ただし、 $k_{h10} \geq 0.7$	$0.18 \leq T \leq 1.6$ $k_{h10} = 0.85$	$1.6 < T$ $k_{h10} = 1.16/T^{2/3}$
Ⅲ種	$T < 0.29$ $k_{h10} = 1.51T^{1/3}$ ただし、 $k_{h10} \geq 0.7$	$0.29 \leq T \leq 2.0$ $k_{h10} = 1.0$	$2.0 < T$ $k_{h10} = 1.59/T^{2/3}$

(2) レベル2-2地震動の水平震度

レベル2-2地震動の水平震度は、式(5.7.3)により算出するものとする。ただし、レベル2-2地震動の水平震度の標準値 $k_{h20}$ に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値が0.6を下回る場合には、水平震度は0.6に構造物特性補正係数 $c_S$ を乗じた値とする。また、水平震度が0.4に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値を下回る場合には、水平震度は0.4に地域別補正係数 $c_Z$ を乗じた値とする。

$$k_{h2} = c_S c_Z k_{h20} \dots \dots \dots (5.7.3)$$

ここに、

$k_{h2}$  : レベル2-2地震動の水平震度 (小数点以下2けたに丸める)

$k_{h20}$  : レベル2-2地震動の水平震度の標準値で、表-5.7.2による。

$c_s$  : 5.8に規定する構造物特性補正係数

$c_z$  : 4.4に規定する地域別補正係数

なお、土の重量に起因する慣性力及び地震時土圧の算出、また、砂質土層の液状化の判定においては、式(5.7.4)により算出する地盤面における水平震度 $k_{h2g}$ を用いるものとする。

$$k_{h2g} = c_z k_{h2g0} \dots \dots \dots (5.7.4)$$

ここに、

$k_{h2g}$  : レベル2-2地震動の地盤面における水平震度 (小数点以下2けたに丸める)

$k_{h2g0}$  : レベル2-2地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.80、0.70、0.60とする。

表-5.7.2 レベル2-2地震動の水平震度の標準値 $k_{h20}$

地盤種別	固有周期 $T$ (s)に対する $k_{h20}$ の値		
Ⅰ種	$T < 0.3$	$0.3 \leq T \leq 0.7$	$0.7 < T$
	$k_{h20} = 4.46T^{2/3}$	$k_{h20} = 2.0$	$k_{h20} = 1.24/T^{4/3}$
Ⅱ種	$T < 0.4$	$0.4 \leq T \leq 1.2$	$1.2 < T$
	$k_{h20} = 3.22T^{2/3}$	$k_{h20} = 1.75$	$k_{h20} = 2.23/T^{4/3}$
Ⅲ種	$T < 0.5$	$0.5 \leq T \leq 1.5$	$1.5 < T$
	$k_{h20} = 2.38T^{2/3}$	$k_{h20} = 1.50$	$k_{h20} = 2.57/T^{4/3}$

(解説)

レベル2地震動に対する水平震度としては、4.1の規定に基づいて、レベル2-1地震動の水平震度とレベル2-2地震動の水平震度の2種類を規定した。

レベル2-1地震動及びレベル2-2地震動の水平震度 $k_{h1}$ 及び $k_{h2}$ は、それぞれ、表-5.7.1及び表-5.7.2に規定した水平震度の標準値 $k_{h10}$ 及び $k_{h20}$ を5.8に規定する構造物特性補正係数 $c_s$ と4.4に規定する地域別補正係数 $c_z$ により補正して算出することとした。表-5.7.1及び表-5.7.2に規定する固有周期ごとの水平震度の標準値は、4.3に規定するレベル2-1地震動及びレベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトルに固有周期ごとの減衰定数の補正を加えて定めたものである。表-5.7.1及び表-5.7.2を図示すると、それぞれ、図-解5.7.1及び図-解5.7.2のようになる。

レベル2-1地震動の水平震度の標準値に地域別補正係数を乗じた値の下限値を0.3、レベル2-2地震動の水平震度の標準値に地域別補正係数を乗じた値の下限値を0.6としたのは、水平震度は長周期領域においても地盤面における水平震度を下回らないこと、また、地震動に含まれる長周期成分の影響を考慮し、長周期領域においても中間周期領域における水平震度を大きく下回らないようにするという判断によるものである。

また、構造物特性補正係数を考慮した水平震度の下限値を $0.4c_z$ としたのは、周期が長い構造物等では水平震度が極端に小さくなる場合も生じるが、このような場合でも構造物に一定以上の耐力を付与するように配慮したためである。

地盤面における水平震度の標準値は、地盤種別に応じて、レベル2-1地震動に対しては0.30~0.40、レベル2-2地震動に対しては0.60~0.80とした。これらは、レベル2-1地震動については、大正12年の関東地震に際して東京周辺で生じた地盤上の加速度は0.3~0.4G程度と推定されていること、また、レベル2-2地震動については、平成7年兵庫県南部地震により地盤上で実測された加速度記録が0.6~0.8G程度であったことを考慮して設定し

たものである。

静的照査法でも地震動の継続時間が必要となる場合には、既往の強震記録、地震動の継続時間に関する距離減衰式等から継続時間を算定するのがよい。また、液状化に伴う流動的な変形の継続時間 $T_{ul}$ を入力条件として必要とする静的照査法を用いる場合、 $T_{ul}$ は式(解5.7.1)により算出することができる。

$$T_{ul} = -1144 + 602.0M - 104.5M^2 + 6.035M^3 \dots \dots \dots \text{(解5.7.1)}$$

ここに、

$T_{ul}$  : 液状化に伴う流動的な変形の継続時間(s) (最大加速度発生時刻以降、地震動の加速度が50Gal以上を維持する時間)

$M$  : 地震のマグニチュード ( $M > 6$ )

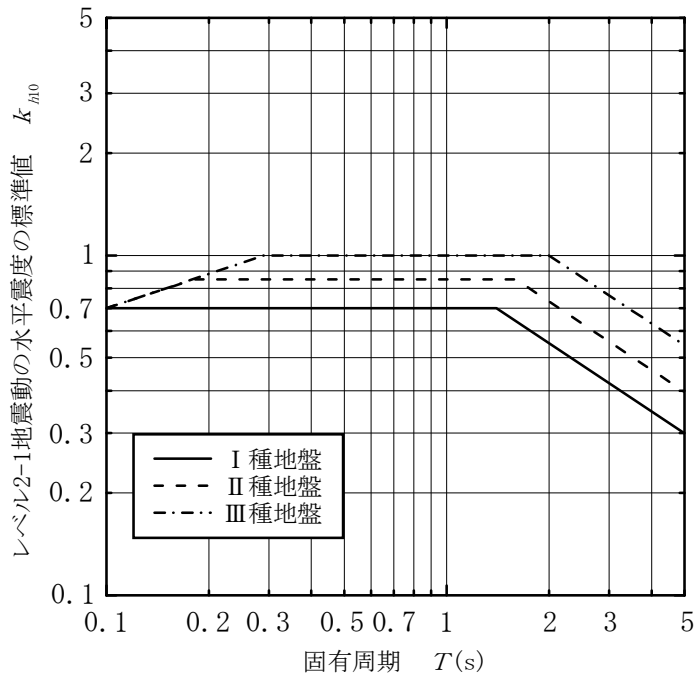


図-解5.7.1 レベル2-1地震動の水平震度の標準値 $k_{h10}$

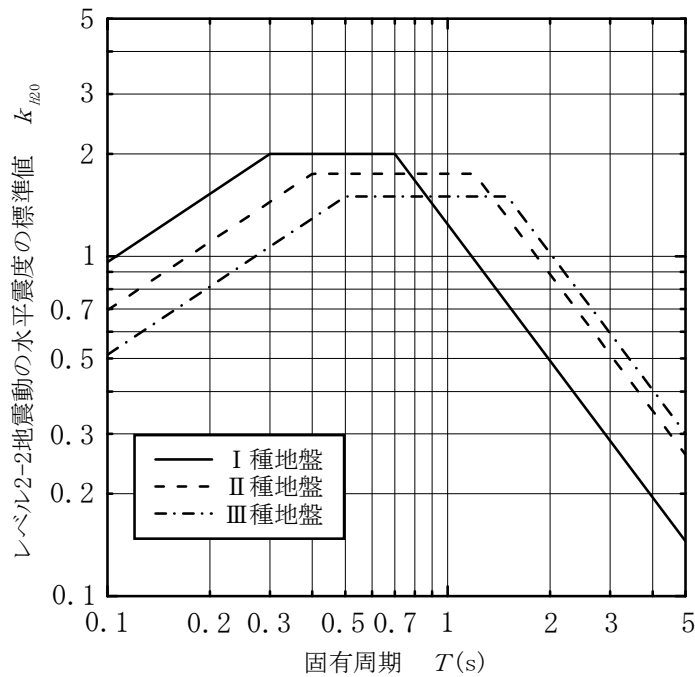


図-解5.7.2 レベル2-2地震動の水平震度の標準値 $k_{h20}$

### 5.8 構造物特性補正係数

構造物特性補正係数 $c_s$ は、構造部材の塑性化の程度等の力学的特性を考慮して適切に設定するものとする。

#### (解説)

レベル2地震動の水平震度は、構造部材に許容できる塑性化の程度等によって変化するため、当該構造部材の力学特性を踏まえて構造物特性補正係数 $c_s$ を適切に設定する必要がある。構造物特性補正係数 $c_s$ は、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して算出するのがよい。なお、構造物特性補正係数は、本来、河川構造物に必要とされる耐震性能、河川構造物の構造部材の特徴等に応じて定めるべきものであるが、現状では十分な知見の蓄積もないため、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説（平成14年3月）に準拠して算出するのがよいとしたものである。したがって、今後の調査研究の進展に応じて適切に対応していく必要がある。

## 6. 液状化の影響

### 6.1 一般

静的照査法による耐震性能の照査においては、基礎地盤の砂質土層の液状化の判定は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の土質定数は、6.3の規定により低減させるものとする。

#### (解説)

既往の震災事例によれば、基礎地盤の砂質土層に生じる液状化は河川構造物の地震時挙動に大きな影響を及ぼす。このため、耐震性能の照査にあたって基礎地盤に液状化が生じる可能性がある場合には液状化の判定を行う必要がある。また、砂質土層が液状化した場合、強度及び支持力が低下する。したがって、液状化が生じると判定された砂質土層の土質定数は、適切に低減させる必要がある。なお、本指針では、他の耐震設計基準類と同様に、基礎地盤の砂質土層の液状化を考慮することとしているが、液状化の判定及び土質定数の低減においては、土の分類名のみではなく、土の物性を総合的に勘案することが必要である。

なお、現状においては、6.2の規定による液状化判定法や6.3の規定による砂質土層の物性の変化が、堤体の液状化に対して適用できるか十分に検証されていない。このため、堤体の液状化の影響については、堤防編の4.2に規定する手法により考慮するものとする。

### 6.2 砂質土層の液状化の判定

沖積層の砂質土層については、5.7の規定により算出されるレベル2地震動の地盤面における水平震度を用いて液状化の判定を行うものとする。

#### (解説)

砂質土層の液状化の判定は、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、レベル2地震動を対象として、次の(1)～(3)により行うものとした。ここで、レベル2地震動を対象としたのは、一般に、河川構造物の耐震性に大きな影響を及ぼす液状化はレベル2地震動によるものであり、道路橋示方書(V耐震設計編)・同解説(平成14年3月)に規定されている液状化の判定手法もレベル2地震動を対象とするものであるためである。なお、本指針では、液状化の判定を行う必要がある砂質土層の地下水位の条件等については、一般に、河川構造物が設置される地点の地盤条件に比較して、安全側の規定としている。また、特に必要がある場合には、対象地点における詳細な地盤調査、室内土質試験等を実施し、液状化の判定を行うのがよい。

#### (1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層

沖積層の砂質土層で次の3条件すべてに該当する場合には、(2)によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ、現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率 $FC$ が35%以下の土層、又は、 $FC$ が35%を超えても塑性指数 $I_p$ が15以下の土層
- 3) 平均粒径 $D_{50}$ が10mm以下で、かつ、10%粒径 $D_{10}$ が1mm以下である土層

(2) 液状化の判定

(1)により液状化の判定を行う必要のある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 $F_L$ を式(解6.2.1)により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$F_L=R/L \dots\dots\dots (解6.2.1)$$

$$R=c_w R_L \dots\dots\dots (解6.2.2)$$

$$L=r_d k_{hg} \sigma_v / \sigma'_v \dots\dots\dots (解6.2.3)$$

$$r_d=1.0-0.015x \dots\dots\dots (解6.2.4)$$

$$\sigma_v=\gamma_{t1} h_w+\gamma_{t2}(x-h_w) \dots\dots\dots (解6.2.5)$$

$$\sigma'_v=\gamma'_{t1} h_w+\gamma'_{t2}(x-h_w) \dots\dots\dots (解6.2.6)$$

(レベル2-1地震動の場合)

$$c_w=1.0 \dots\dots\dots (解6.2.7)$$

(レベル2-2地震動の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \dots\dots\dots (解6.2.8)$$

ここに、

- $F_L$  : 液状化に対する抵抗率
- $R$  : 動的せん断強度比
- $L$  : 地震時せん断応力比
- $c_w$  : 地震動特性による補正係数
- $R_L$  : 繰返し三軸強度比で、(3)の規定により求める。
- $r_d$  : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数
- $k_{hg}$  : 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 $k_{h1g}$ 又は $k_{h2g}$
- $\sigma_v$  : 全上載圧(kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma'_v$  : 有効上載圧(kN/m<sup>2</sup>)
- $x$  : 地表面からの深さ(m)
- $\gamma_{t1}$  : 地下水位以浅の土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_{t2}$  : 地下水位以深の土の単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)
- $\gamma'_{t2}$  : 地下水位以深の土の有効単位体積重量(kN/m<sup>3</sup>)
- $h_w$  : 地下水位の深さ(m)

(3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比 $R_L$ は式(解6.2.9)により算出するものとする。

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases} \dots\dots\dots (解6.2.9)$$

ここで、

<砂質土の場合>

$$N_a=c_1 N_1+c_2 \dots\dots\dots (解6.2.10)$$



$$N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70) \dots \dots \dots \text{(解6.2.11)}$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40) / 50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC / 20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \dots \dots \dots \text{(解6.2.12)}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10) / 18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \dots \dots \dots \text{(解6.2.13)}$$

< 礫質土の場合 >

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \dots \dots \dots \text{(解6.2.14)}$$

ここに、

- $R_L$  : 繰返し三軸強度比
- $N$  : 標準貫入試験から得られるN値
- $N_1$  : 有効上載圧100kN/m<sup>2</sup>相当に換算したN値
- $N_a$  : 粒度の影響を考慮した補正N値
- $c_1, c_2$  : 細粒分含有率によるN値の補正係数
- $FC$  : 細粒分含有率(%) (粒径75μm以下の土粒子の通過質量百分率)
- $D_{50}$  : 平均粒径(mm)

### 6.3 液状化が生じる土層の取扱い

6.2の規定により液状化が生じると判定された砂質土層については、土層の物性の変化を適切に考慮するものとする。ここで、砂質土層の土質定数を低減させる場合には、液状化の程度に応じて土質定数を適切に低減させるものとする。

#### (解説)

6.2の規定により液状化が生じると判定された砂質土層については、土層の物性の変化を適切に考慮する必要がある。ここで、砂質土層の土質定数を低減させる場合には、種々の方法が提案されているが、目的に応じて適切な方法を選定する必要がある。

土層のせん断剛性を低減させることにより堤防の変形を静的に算定する場合には、式(解6.2.1)による液状化に対する抵抗率 $F_L$ 及び式(解6.2.9)による繰返し三軸強度比 $R_L$ の値に応じてせん断剛性を低減させるのがよい。図-解6.3.1に、初期有効拘束圧に対するせん断剛性の比と $F_L$ 及び $R_L$ との関係の例を示す。同図の関係は、室内土質試験及び堤防の地震被害事例の分析結果を基に設定されたものである。また、液状化した土に関しては、せん断ひずみが大きくなるとせん断剛性が急激に回復することが実験的に確認されているため、せん断ひずみとせん断応力の関係は、下に凸なバイリニアモデルで表現するのがよい。

また、河川構造物の基礎の耐震性能を照査する場合には、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、液状化に対する抵抗率 $F_L$ 、現地盤面からの深度及び式(解6.2.2)による動的せん断強度比 $R$ の値に応じて土質定数を低減させるのがよい。ここで、低減させる土質定数は、地盤反力係数、地盤反力度の上限値及び最大周面摩擦力度である。

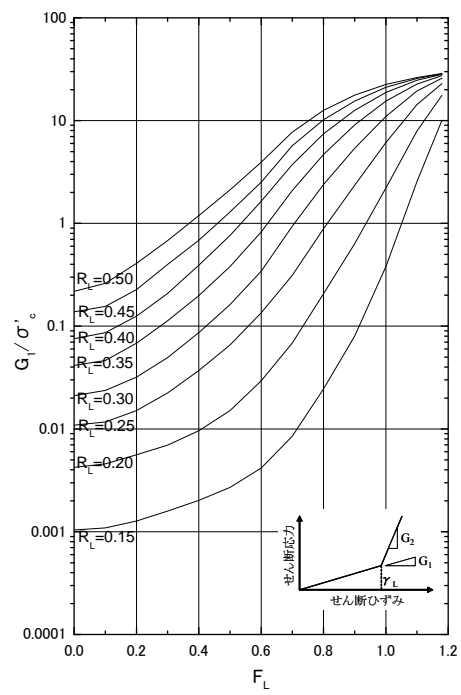


図-解6.3.1 液状化が生じる土層のせん断剛性の低減の例