

第6編 耐震設計編

目 次

1章	設計一般	6-1
1.1	<u>橋の耐震設計の基本</u>	6-1
1.2	<u>橋の耐荷性能</u>	6-2
2章	耐震設計上考慮する状況	6-4
2.1	<u>耐荷性能の照査において地震の影響を考慮する状況</u>	6-4
2.2	<u>地震の影響</u>	6-4
3章	設計地震動	6-5
3.1	<u>一般</u>	6-5
3.2	<u>地域別補正係数</u>	6-5
3.3	<u>耐震設計上の地盤種別</u>	6-5
3.4	<u>耐震設計上の地盤面</u>	6-6
4章	耐荷性能の照査	6-7
4.1	<u>一般</u>	6-7
4.2	<u>橋の限界状態1に対する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態</u>	6-9
4.3	<u>橋の限界状態2に対する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態</u>	6-9
4.4	<u>橋の限界状態3に対する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態</u>	6-12
4.5	<u>上部構造、下部構造及び上下部接続部を構成する部材等の限界状態</u>	6-13
4.6	<u>部材等の限界状態</u>	6-13
4.7	<u>耐荷性能の照査</u>	6-13
4.8	<u>解析手法</u>	6-13
4.9	<u>その他の必要事項</u>	6-14
5章	静的照査法による耐荷性能の照査方法	6-15
5.1	<u>一般</u>	6-15
5.2	<u>静的照査法を適用する場合の荷重の算定方法</u>	6-15
5.2.1	一般	6-15
5.2.2	慣性力	6-15
5.2.3	固有周期の算定方法	6-18
5.2.4	地震時土圧	6-18

5.2.5	地震時動水圧	6-18
5.3	レベル1地震動に対する耐荷性能の照査	6-18
5.3.1	一般	6-18
5.3.2	慣性力の算定方法	6-18
5.3.3	設計水平震度	6-19
5.3.4	レベル1地震動に対する照査	6-20
5.4	レベル2地震動に対する耐荷性能の照査	6-21
5.4.1	一般	6-21
5.4.2	慣性力の算定方法	6-21
5.4.3	設計水平震度	6-22
5.4.4	レベル2地震動に対する照査	6-22
5.4.5	鉄筋コンクリート橋脚の照査	6-24
5.4.6	橋脚基礎の照査	6-26
5.4.7	橋台基礎の照査	6-28
5.4.8	上部構造の照査	6-29
5.4.9	支承部の耐荷性能の照査	6-29
6章	動的照査法による耐荷性能の照査方法	6-30
6.1	一般	6-30
6.2	動的解析に用いる慣性力	6-30
6.3	解析モデル及び解析方法	6-32
6.3.1	解析モデル及び解析方法	6-32
6.3.2	橋及び部材のモデル化	6-32
6.4	耐荷性能の照査	6-34
7章	地震時に不安定となる地盤の影響	6-36
7.1	地盤の流動力	6-36
7.1.1	一般	6-36
7.1.2	橋に影響を与える流動化が生じる地盤の判定	6-36
7.1.3	地盤の流動力の算出	6-36
7.2	地盤の液状化	6-36
7.2.1	一般	6-36
7.2.2	橋に影響を与える液状化の判定	6-36
7.2.3	耐震設計上土質定数を低減させる土層とその扱い	6-38

8 章	免振橋の耐震性能の照査	6-39
8.1	<u>一般</u>	6-39
8.2	<u>免震支承の構造計画</u>	6-39
8.3	<u>免震橋における下部構造の限界状態</u>	6-40
9 章	地震の影響を受ける上部構造の応答値及び許容値並びに上部構造端部構造	6-41
9.1	<u>一般</u>	6-41
9.2	<u>鋼上部構造</u>	6-41
9.2.1	耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデル	6-41
9.2.2	構造細目	6-41
9.3	<u>コンクリート上部構造</u>	6-41
9.3.1	耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデル化	6-41
9.3.2	構造細目	6-42
9.4	<u>上部構造端部構造</u>	6-42
9.4.1	上部構造端部の遊間	6-42
9.4.2	伸縮装置	6-43
10 章	支承部の照査	6-44
10.1	<u>一般</u>	6-44
10.2	<u>支承部の構造</u>	6-44
11 章	落橋防止システム	6-45
11.1	<u>一般</u>	6-45
11.1.1	橋軸方向	6-45
11.1.2	橋軸直角方向	6-48
11.1.3	回転方向	6-49
11.2	<u>落橋防止構造</u>	6-51
11.3	<u>横変位拘束構造</u>	6-52
11.4	<u>構造細目</u>	6-52
11.5	<u>段差防止構造</u>	6-52
11.6	<u>落橋防止構造および横変位拘束構造の設置の例外</u>	6-53

1 章 設計一般

1.1 橋の耐震設計の基本

- (1) 橋の耐震設計は、道示 I 1.8 に規定する橋の性能を満足するようにしなければならない。(道示 V 2.1(1))
- (2) 橋の耐震設計にあたっては、耐震設計上の橋の重要度を、地震後における橋の社会的役割及び地域の防災計画上の位置付けを考慮して、表 1.1.1 に示すように耐震設計上の重要度が標準的な橋及び特に重要度が高い橋（以下それぞれ「A種の橋」及び「B種の橋」という。）の2つに区分する。(道示 V 2.1(2))

表 1.1.1 橋の重要度区分

構造・機能 道路種別等	<ul style="list-style-type: none"> ・複断面、跨線橋、跨道橋 ・緊急輸送道路ネットワーク計画（H13 策定）※にある区間の橋及びその代替機能区間の橋 ・県境を跨ぐ重要な路線で、県境から緊急輸送道路ネットワーク計画区間に接続するまでの区間の橋 ・インター関連道路 ・完成時4車線以上の橋 ・その他、利用状況から特に重要と考えられる路線の橋 	左記以外の橋
一般国道 主要地方道	(B種の橋)	(B種の橋)
一般県道 市町村道	(B種の橋)	(A種の橋)

※ 緊急輸送路ネットワーク計画は最新版を使用するものとする。

- (3) 橋の耐震設計では、上部構造、下部構造及び上下部接続部が、道示 I 2.3 に規定する橋の耐荷性能を満足しなければならない。(道示 V 2.1(3))
- (4) 調査の結果得られた斜面等の地形条件や地質的な地盤の成り立ちなどの条件を考慮して、基本として地盤変動の影響を避けられるように架橋位置を選定するのが望ましい。一方で、その他の条件も加味したうえで、地盤変動に対して粘り強い基礎構造を採用したり、基礎が移動したり斜面移動による外力を受け続ける状態に陥ったとしても自立性が高く、応力状態が比較的明確なままであるような支間割りや上部構造形式を採用したりするなど、それぞれの橋に求められる性能が発揮できるよう構造形式の選定において配慮する必要がある。(道示 I 1.7.1)
- (5) 片持ち張出し架設を行う PC 橋、吊橋、斜張橋、アーチ橋のように、完成系と施工時とで構造系が異なる橋の下部構造で、施工期間が比較的長い場合は、施工時の耐震性を照査するのが望ましい。(県独自)
- (6) 橋台で裏込め土が無い場合（土圧軽減工法等で橋台背面に土圧が生じない場合）は、レベル 2 地震動を考慮し耐震性の照査を行う。(県独自)

1.2 橋の耐荷性能

- (1) 橋の耐荷性能は、道路ネットワークにおける路線の位置付けや代替性、架橋位置や交差物件との関係等を勘案し、所要の信頼性を満足する性能とする。(道示 I 2.3 (1))
- (2) 耐荷性能の照査において地震の影響を考慮する状況を設定するにあたっては、橋の設計供用期間中にしばしば発生する地震動（レベル1地震動、変動作用支配状況）及び橋の設計共用期間中に発生することは極めて稀であるが一旦生じると橋に及ぼす影響が甚大であると考えられる地震動（レベル2地震動、偶発作用支配状況）を適切に設定しなければならない。(道示 I 8.19、道示 V 3.1 (1))
- (3) 橋の耐荷性能は、耐震設計上の橋の重要度を考慮して、道示 V 2.1 (2) にて設定する耐震設計上の重要度がA種の橋では橋の耐荷性能1を、耐震設計上の重要度がB種の橋では橋の耐荷性能2とすることを標準とする。(道示 I 2.3 (2))

表1.2.1 橋の耐荷性能の照査

(a) 橋の耐荷性能1に対する照査（A種の橋）

状態 (道示 I 2.2) 状況 (道示 I 2.1)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの橋の状態
		橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状態	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態
レベル1地震動	橋の限界状態1を超えないことの実現性		橋の限界状態3を超えないことの実現性
レベル2地震動			橋の限界状態3を超えないことの実現性

(b) 橋の耐荷性能2に対する照査（B種の橋）

状態 (道示 I 2.2) 状況 (道示 I 2.1)	主として機能面からの橋の状態		構造安全面からの橋の状態
		橋としての荷重を支持する能力が損なわれていない状態	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているが、橋としてあらかじめ想定する荷重を支持する能力の範囲である状態
レベル1地震動	橋の限界状態1を超えないことの実現性		橋の限界状態3を超えないことの実現性
レベル2地震動		橋の限界状態2を超えないことの実現性	橋の限界状態3を超えないことの実現性

※レベル2地震動については、橋の限界状態2を照査することで限界状態3を担保する。

(4) 耐荷性能の照査において地震の影響を考慮する状況に対する限界状態（道示V 2.4.1）

- 1) 橋の耐震設計における上部構造、下部構造、上下部接続部（以下これらを「各構造」という。）または各構造を構成する部材等の耐荷性能の照査にあたっては、道示V 2.2.2 に規定する耐荷性能の照査において考慮する状態の限界を、各構造または各構造を構成する部材等の限界状態として適切に設定しなければならない。
- 2) 橋の耐震設計における橋の耐荷性能の照査にあたって、各構造の限界状態によって橋の限界状態1、橋の限界状態2及び橋の限界状態3を代表させる場合には、それぞれ道示V 2.4.2 から 2.4.4 の規定に従って各構造の限界状態を設定し、これを組み合わせることを標準とする。

表 1.2.2 上部構造，下部構造および上下部接続部の限界状態

上部構造，下部工層， 上下部接続部の 限界状態1	部分的にも荷重を支持する能力の低下が生じておらず，耐荷力の観点からは特別の注意無く使用できる限界の状態
上部構造，下部工層， 上下部接続部の 限界状態2	部分的に荷重を支持する能力の低下が生じているものの限定的であり，耐荷力の観点からはあらかじめ想定する範囲にあり，かつ特別な注意のもとで使用できる限界の状態
上部構造，下部工層， 上下部接続部の 限界状態3	これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態

- 3) 橋の耐震設計における各構造の耐荷性能の照査にあたって、各構造を構成する部材等の限界状態によって各構造の限界状態1、限界状態2及び限界状態3を代表させる場合には、道示V 2.4.5 の規定に従って各構造を構成する部材等の限界状態を設定し、これを組み合わせることを標準とする。

表1.2.3 部材等の限界状態

部材の限界状態1	部材等としての荷重を支持する能力が確保されている限界の状態
部材の限界状態2	部材等としての荷重を支持する能力が低下しているものあらかじめ想定する能力の範囲にある限界の状態
部材の限界状態3	これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態

2章 耐震設計上考慮する状況

2.1 耐荷性能の照査において地震の影響を考慮する状況（道示V 2.3 (1)）

橋の耐震設計にあたっては、上部構造、下部構造及び上下部接続部並びに部材等の耐荷性能の照査において、道示V 2.2.1に規定する状況を、道示I 3.2に従い、作用の特性値、作用の組合せ（雪荷重（S W）については「道示I 2.8.1(3)雪荷重」を参照）、荷重組合せ係数及び荷重係数（道示V 3.3における⑨、⑩はレベル1地震動、⑪はレベル2地震動）を用いて適切に設定しなければならない。

2.2 地震の影響（道示V 2.3 (2)）

道示I 8.19に規定する地震の影響（EQ）は、以下の1）から5）の影響を考慮することを標準とする。

- 1) 構造物及び土の重量に起因する慣性力（以下「慣性力」という。）
- 2) 地震時土圧
- 3) 地震時動水圧
- 4) 地盤振動変位
- 5) 液状化に伴って生じる地盤の流動化の影響（以下「地盤の流動力」という。）

3章 設計地震動

3.1 一般 (道示V 3.1)

レベル1地震動及びレベル2地震動は、それぞれ、「道示V 3.2 及び 3.3」の規定により設定しなければならない。

3.2 地域別補正係数 (道示V 3.4)

岐阜県の場合 地域区分A2

レベル1地震動の地域別補正係数 $C_z = 1.0$

レベル2地震動 (タイプI) の地域別補正係数 $C_{Iz} = 1.0$

レベル2地震動 (タイプII) の地域別補正係数 $C_{IIz} = 1.0$

※愛知、三重県境の橋梁は補正係数に留意のこと

3.3 耐震設計上の地盤種別

- (1) 耐震設計上の地盤種別の判定は、地盤の基本固有周期TGをもとに区別するものとする。(道示V 3.6)
- (2) 地盤種別の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。(県独自)

3.4 耐震設計上の地盤面 (道示V 3.5)

耐震設計上の地盤面は、常時における設計上の地盤面とする。ただし、フーチングを有する基礎において、常時における設計上の地盤面がフーチング下面より上方にある場合は、耐震設計上の地盤面はフーチング下面とする。また、地震時に地盤反力が期待できない土層がある場合においては、その影響を考慮して適切に耐震設計上の地盤面を設定しなければならない。

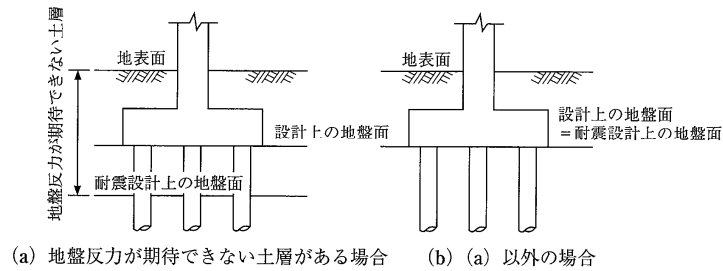


図 3.4.1 橋脚における耐震設計上の地盤面

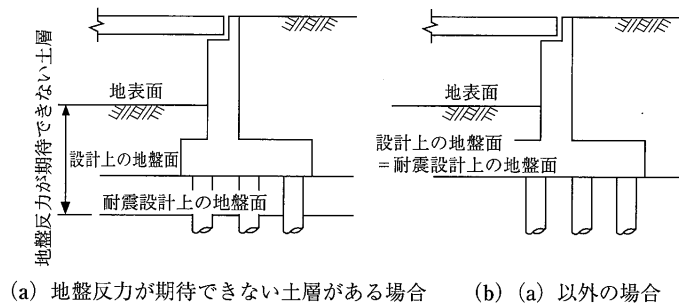


図 3.4.2 橋台における耐震設計上の地盤面

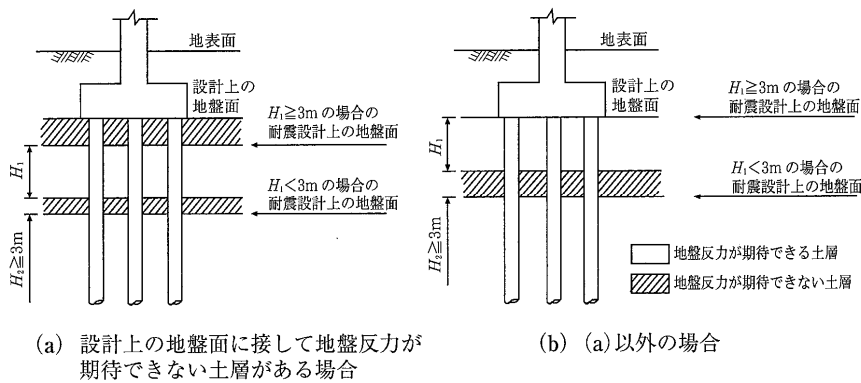


図 3.4.3 地盤反力が期待できない土層が互層状態で存在する場合の耐震設計上の地盤面

4章 耐荷性能の照査

4.1 一般

- (1) 耐荷性能の照査にあたっては、本編 4.2 から 4.5 に規定する橋の限界状態に基づき、各部材の限界状態を適切に設定しなければならない。
- (2) 橋を構成する部材のうち、地震の影響を支配的に受ける部材には、本編 4.6 の規定を満たす部材を用いなければならない。
- (3) 耐荷性能の照査は、設計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わなければならない。ここで、耐荷性能の照査方法は本編 4.7、4.8 の規定によるものとする。
- (4) 橋の複雑な地震応答や地盤の流動化に伴う地盤変位等が原因による支承部の破壊が生じた場合の上部構造の落下を防止するための配慮については、本編 4.9 の規定による。

図 4.1.1 は耐震設計の全体的な流れと道路橋示方書での関連する主な条文規定の章節番号を整理して示したものである。耐荷性能の照査にあたっては、耐震設計編以外の他の編の規定も引用している箇所があるため適宜参考にするのがよい。

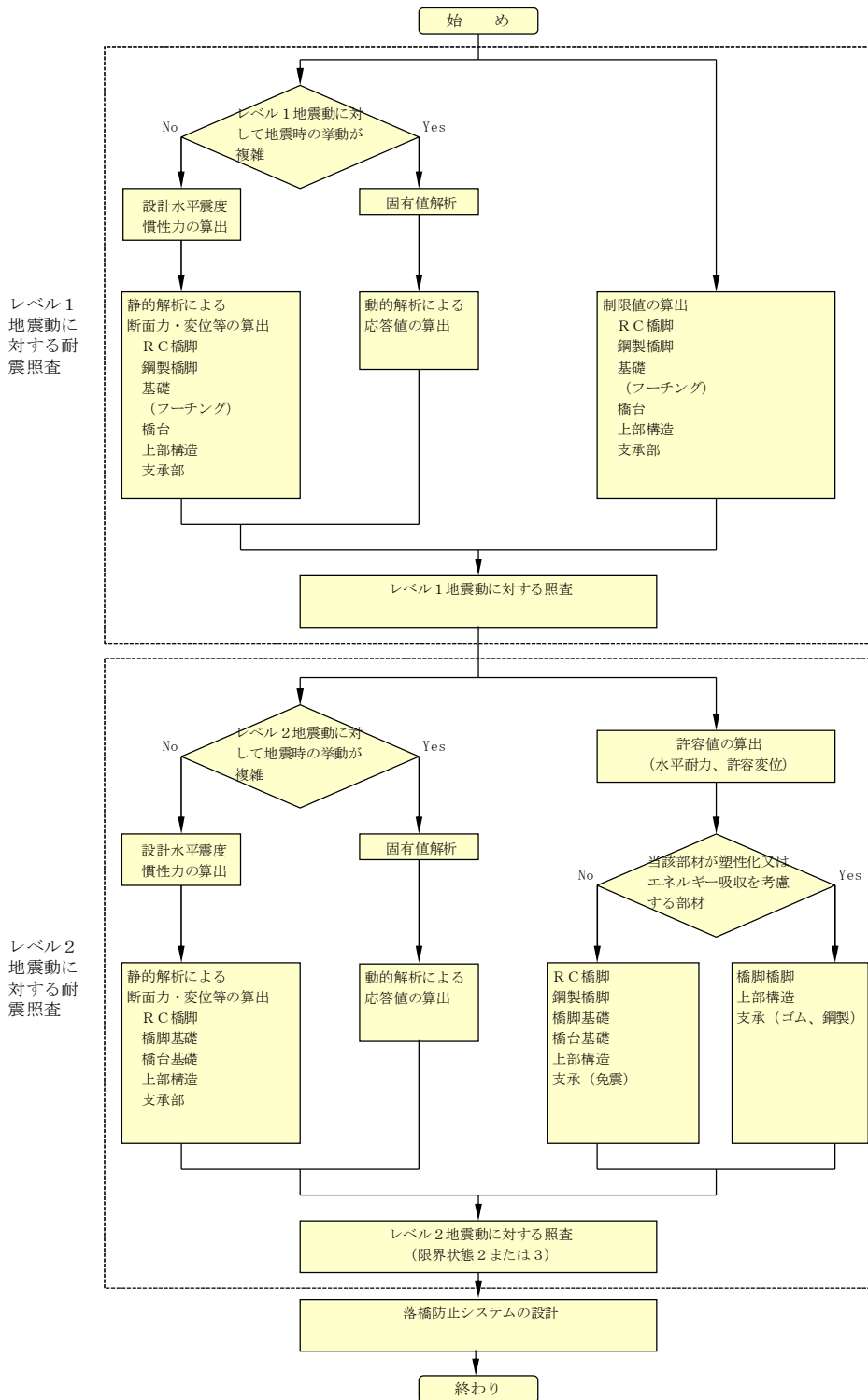


図 4.1.1 耐震設計の流れと関連する主な条文の規定箇所

4.2 橋の限界状態 1 に対応する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態 (道示 V 2.4.2)

橋の耐震設計にあたって、道示 I 4.1 に規定する橋の限界状態 1 を各構造の限界状態で代表させる場合には、以下の 1) から 3) とする。

1) 上部構造

道示 II 3.4.2 又は道示 III 3.4.2 に規定する上部構造の限界状態 1

2) 下部構造

道示 IV 3.4.2 に規定する下部構造の限界状態 1

3) 上下部接続部

支承部を用いる場合には、道示 I 10.1.4 に規定する支承部の限界状態 1

4.3 橋の限界状態 2 に対応する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態 (道示 V 2.4.3)

橋の耐震設計にあたって、道示 I 4.1 に規定する橋の限界状態 2 を各構造の限界状態で代表させる場合には、以下の 1) から 3) とする。

ただし、下部構造の限界状態を限界状態 2 とする場合は、これと組み合わせる上下部接続部の限界状態は限界状態 1 とし、上下部接続部の限界状態を限界状態 2 とする場合は、これと組み合わせる下部構造の限界状態は限界状態 1 とすることを標準とする。

1) 上部構造

道示 II 3.4.2 又は道示 III 3.4.2 に規定する上部構造の限界状態 1

2) 下部構造

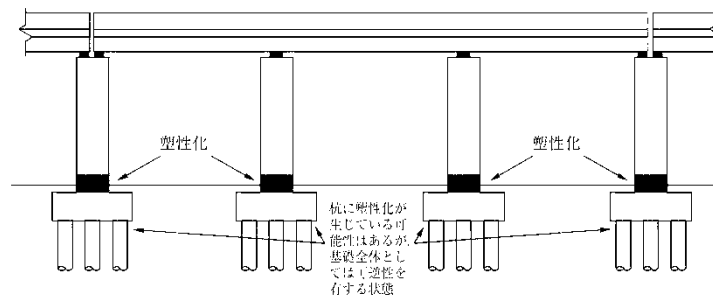
道示 IV 3.4.2 に規定する下部構造の限界状態 1 または限界状態 2

3) 上下部接続部

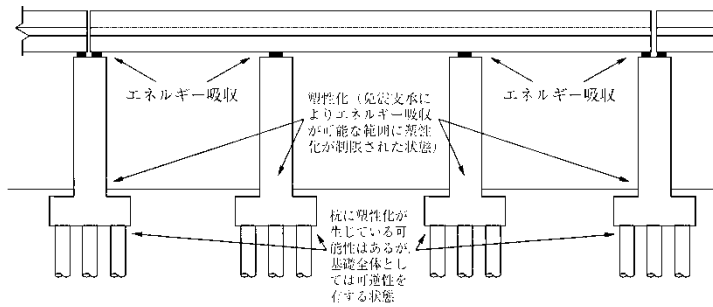
支承部を用いる場合には、道示 I 10.1.4 に規定する支承部の限界状態 1 又は限界状態 2

表4.3.1 橋の限界状態2に対する部材の塑性化を期待する部材等の組合せ例と各部材の限界状態

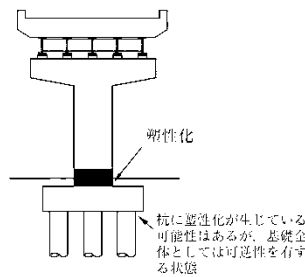
塑性化又はエネルギー吸収を考慮する部材 各部材の限界状態	橋脚	橋脚 〔上部構造に副次的な塑性化を考慮する場合〕	基礎	免震支承と橋脚
橋脚	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態		力学特性が弾性域を超えない限界の状態	限定的な塑性化に留まる限界の状態
橋台	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			
支承部	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			免震支承によるエネルギー吸収が確保できる限界の状態
上部構造	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	副次的な塑性化に留まる限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	
基礎	副次的な塑性化に留まる限界の状態		速やかな機能回復に支障となるような変形や損傷が生じない限界の状態	副次的な塑性化に留まる限界の状態
	フーチング	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態		
適用する橋の例	免震橋以外の一般的な桁橋等	ラーメン橋	橋脚躯体が設計地震力に対して十分大きな耐力を有している場合や液状化の影響のあるようなやむを得ない場合	免震橋



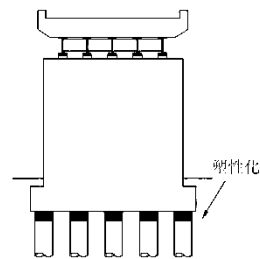
(a) 単柱橋脚に塑性化を期待する場合（橋軸方向）



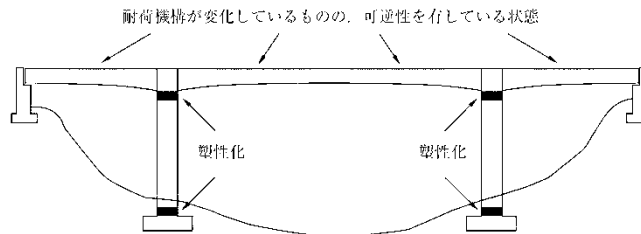
(b) 免震支承にエネルギー吸収を期待する場合（免震橋、橋軸方向）



(c) 単柱橋脚に塑性化を期待する場合（橋軸直角方向）



(d) 基礎に塑性化を期待する場合（壱式橋脚、橋軸直角方向）



(e) 橋脚に塑性化を期待する場合（ラーメン橋の橋軸方向の場合）

図 4.3.1 塑性化又はエネルギー吸収を考慮する部材の組み合わせ例

4.4 橋の限界状態3に対応する上部構造、下部構造及び上下部接続部の限界状態 (道示V 2.4.4)

橋の耐震設計にあたって、道示I 4.1に規定する橋の限界状態3を各構造の限界状態で代表させる場合には、以下の1) から3) とする。

ただし、下部構造の限界状態を限界状態3とする場合は、これと組み合わせる上下部接続部の限界状態は限界状態1とし、上下部接続部の限界状態を限界状態3とする場合は、これと組み合わせる下部構造の限界状態は限界状態1とすることを標準とする。

1) 上部構造

道示II 3.4.2 又は道示III 3.4.2に規定する上部構造の限界状態1 又は限界状態3

2) 下部構造

道示IV 3.4.2に規定する下部構造の限界状態1 又は限界状態3

3) 上下部接続部

支承部を用いる場合には、道示I 10.1.4に規定する支承部の限界状態1 又は限界状態3

表4.4.1 橋の限界状態3に対する部材の塑性化を期待する部材等の組合せ例と各部材の限界状態

各部材の 限界状態	塑性化又はエネルギー吸収を考慮する部材			
	橋脚	橋脚 〔上部構造に副次的な塑性化を考慮する場合〕	基礎	免震支承と橋脚
橋脚	橋脚の水平耐力を保持できる限界の状態		力学特性が弾性域を超えない限界の状態	限定的な塑性化に留まる限界の状態
橋台	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			
支承部	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			免震支承によるエネルギー吸収が確保できる限界の状態
上部構造	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	副次的な塑性化に留まる限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	
基礎	副次的な塑性化に留まる限界の状態		速やかな機能回復に支障となるような変形や損傷が生じない限界の状態	副次的な塑性化に留まる限界の状態
	フーチング 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			
適用する橋の例	免震橋以外の一般的な桁橋等	ラーメン橋	橋脚躯体が設計地震力に対して十分大きな耐力を有している場合や液状化の影響のあるようなやむを得ない場合	免震橋

4.5 上部構造、下部構造および上下部接続部を構成する部材等の限界状態

道示V 2.4.5を参照のこと。

4.6 部材等の限界状態 (道示V 2.4.6)

- (1) 地震の影響を支配的に受ける部材については、実験等の検証により次の事項を満たすことが明らかでなければならない。
- 1) 破壊形態が明らかであり、破壊形態に応じて破壊に対する安全性が確保できること。
 - 2) 耐震設計で設定する限界状態までの範囲においては、供用期間中に発生する地震による作用に対して安定して挙動すること。
- (2) 地震の影響を支配的に受ける部材については、地震による作用を考慮した実験等の検証により、部材の抵抗特性を評価する方法が明らかでなければならない。

4.7 耐荷性能の照査 (道示V 2.5 (1))

橋の耐震設計にあたって、各構造又は各構造を構成する部材等の耐荷性能の照査は、道示V 2.2.3に規定する耐荷性能を満足することを適切な方法を用いて確認することにより行う。

4.8 解析手法 (道示V 5.1)

- (1) 橋の耐震設計にあたっては、慣性力による断面力、応力、変位等の応答値の算出に、道示V 5.2に規定する動的解析を用いることを標準とする。

ただし、部材等の塑性化を期待しない場合で以下の1)に該当する場合又は部材等の塑性化を期待する場合で以下の1)から3)に該当する場合には、道示V 5.3に規定する静的解析を用いてもよい。

- 1) 1次の固有振動モードが卓越している。
 - 2) 塑性化の生じる部材及び部位が明確である。
 - 3) エネルギー一定則の適用性が検証されている。
- (2) 地盤抵抗は、道示V 3.5に規定する耐震設計上の地盤面の下方において考慮することを標準とする。

表4.8.1 地震時の耐震性能の解析手法 (参考)

橋の動的 特性 照査を する耐 震性能	地震時の挙動が複雑で ない橋	塑性化やエネルギー吸 収を複数箇所に考慮す る橋又はエネルギー一 定則の適用性が十分検 討されていない構造の 橋	静的解析の適用性が限定される橋	
			高次モードの影響が懸 念される橋	塑性ヒンジが形成され る箇所がはっきりしな い橋又は複雑な振動挙 動をする橋
限界状態1	静的照査法		動的照査法	
限界状態2 限界状態3	静的照査法		動的照査法	
適用する橋の例	<ul style="list-style-type: none"> ・固定支承と可動支承により支持される桁橋 (曲線橋を除く) ・両端橋台の単純桁橋 (免震橋を除く) 	<ul style="list-style-type: none"> ・弾性支承を用いた地震時水平力分散構造を有する橋 (両端橋台の単純橋を除く) ・免震橋 ・ラーメン橋 ・鋼製橋脚に支持される橋 	<ul style="list-style-type: none"> ・固有周期の長い橋 ・橋脚高さが高い橋 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜張橋、吊橋等のケーブル系の橋 ・上・中路式アーチ橋 ・トラス橋 ・曲線橋

静的解析が適用できない橋梁条件に関する具体例

- 1) 塑性化やエネルギー吸収を複数箇所期待するため、静的解析を適用できない構造の橋
 - ①ラーメン橋（面内方向）
 - ②免震橋
- 2) 1次の固有振動モードが卓越していない又はエネルギー一定則の適用性が十分検証されていないため、静的解析を適用できない構造の橋
 - ①橋脚高さが高い橋（一般に、30m程度以上）
 - ②鋼製橋脚に支持される橋
 - ③固有周期の長い橋（一般に、固有周期1.5秒程度以上）
 - ④弾性支承を用いた地震時水平力分散構造を有する橋
- 3) 塑性ヒンジが形成される箇所が明確ではない又は複雑な地震時挙動をするため、静的解析を適用できない構造の橋
 - ①斜張橋、吊橋等のケーブル系の橋
 - ②アーチ橋
 - ③トラス橋
 - ④曲線橋

4.9 その他の必要事項（道示V 2.7.1）

- (1) 橋の耐震設計においては、橋の耐荷性能に加えて、その他、耐震設計上、橋の性能を満足するために必要な事項の検討を行わなければならない。
- (2) (1) を満足するために必要な事項として、以下の1) から3) を満足しなければならない。
 - 1) 上下部接続部に支承部を用いる場合、その破壊を想定したとしても、下部構造が不安定とならず、上部構造を支持することができる構造形式とする。
 - 2) 上下部接続部に支承部を用いる場合、その破壊を想定したとしても、上部構造が容易には下部構造から落下しないように、適切な対策を別途講じる。
 - 3) B種の橋については、上下部接続部に支承部を用いる場合、その破壊を想定したとしても、機能の回復を速やかに行う対策を講じる必要があるかどうかを検討し、必要がある場合には、構造設計上実施できる範囲を検討し、必要に応じて構造設計に反映する。
- (3) 道示V 13.3の規定により対策を講じる場合は、(2) 2) を満足するとみなしてよい。

5章 静的照査法による耐荷性能の照査方法

5.1 一般 (道示V 5.3)

- (1) 本編 4.9 (1) の規定に基づき、レベル1地震動に対する耐震性能の照査を静的照査法により行う場合においては、本編 5.2 の規定により荷重を算定し、本編 5.3 に規定する弾性域の振動特性を考慮した震度法により限界状態1に対する照査を行うことを標準とする。
- (2) 本編 4.9 (1) の規定に基づき、レベル2地震動に対する耐震性能の照査を静的照査法により行う場合においては、本編 5.2 の規定により荷重を算定し、本編 5.4 に規定する地震時保有水平耐力法により限界状態2、限界状態3に対する照査を行うことを標準とする。

5.2 静的照査法を適用する場合の荷重の算定方法

5.2.1 一般

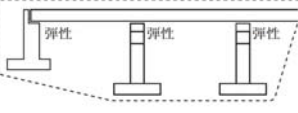
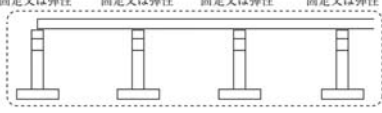
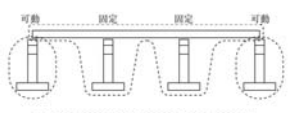
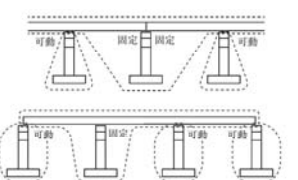
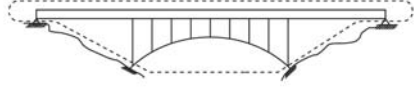

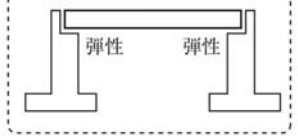
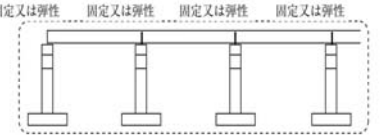
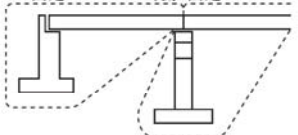
- (1) 静的照査法により耐荷性能の照査においては、本編 2.2 に規定する地震の影響として、慣性力、地震時土圧、地震時動水圧及び地震時に不安定となる地盤の影響を、それぞれ適切に考慮しなければならない。
- (2) 慣性力、地震時土圧及び地震時動水圧は、それぞれ、本編 5.2.2、5.2.4 及び5.2.5 の規定により算出してよい。また、地震時に不安定となる地盤の影響は、本編 7.1 の規定に基づいて考慮してよい。
- (3) 本編 3.4 に規定する耐震設計上の地盤面より下方の構造部分には、慣性力、地震時土圧及び地震時動水圧を作用させなくてもよい。

5.2.2 慣性力 (道示V 4.1.1)

- (1) 慣性力は、設計振動単位ごとに、本編 5.2.3 に規定する固有周期に応じて、レベル1地震動に対しては本編 5.3.2 の規定により、レベル2地震動に対しては本編 5.4.2 の規定により算出する。
- (2) 設計振動単位は橋の構造特性に応じて表 5.2.1 を基本として定めるものとする。(道示V 4.1.4)
- (3) 斜橋の場合は、単純桁橋で両端の支承条件が橋軸方向に固定・可動の場合にも、土圧の水平成分の作用方向に慣性力を作用させる場合には、両端とも固定条件となるため、設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造からなる構造として取り扱うのがよい。
- (4) 慣性力の作用方向は次のとおりとする。
 - 1) 慣性力は、各部材ごとに影響が最も大きくなる方向及びその直角方向に別々に作用させる。
 - 2) 橋脚の慣性力の作用方向は、橋脚の断面二次モーメントが最小となる軸周りに曲げモーメントを発生させる方向及びその直角方向としてよい。
 - 3) 橋台の慣性力の作用方向は、土圧の水平成分の作用方向及びその直角方向としてよい。
 - 4) 基礎の慣性力の作用方向は、これが支持する橋台または橋脚に作用させる慣性力と同じ方向としてよい。
 - 5) 上部構造の慣性力の作用方向は、橋軸方向及び橋軸直角方向としてよい。
- (5) 以下の 1) 又は 2) に該当する場合は、(4) によるほか、鉛直方向の慣性力も適切に考慮しなければならない。
 - 1) 支承部及び支承部と上下部構造との接合部
 - 2) 永続作用により大きな偏心モーメントを受ける橋脚

- (6) 上部構造の慣性力の作用位置は、上部構造の重心位置とする。ただし、支承部において曲げモーメントが下部構造に伝達されない場合においては、上部構造の慣性力の作用位置は支承の底面としてよい。
- (7) 下部構造の頂部において上部構造を支持する支点の条件が慣性力の作用方向に対して可動の場合には、(2)によらず、上部構造の慣性力の代わりに、以下の1)及び2)を下部構造に考慮しなければならない。
- 1) レベル1地震動を考慮する設計状況に対しては、支承の静摩擦力
 - 2) レベル2地震動を考慮する設計状況に対しては、橋脚の場合は、上部構造の死荷重反力の1/2に本編 5.4.3に規定する設計水平震度を乗じた力。橋台の場合は、支承の静摩擦力

表 5.2.1 設計振動単位

橋の形式	橋軸方向		橋軸直角方向	設計振動単位 橋軸方向	設計振動単位 橋軸直角方向
連続桁橋	橋軸方向の支承条件	地震時水平力分散構造の場合 	 ※特に支障がある場合は、H24道示の規定による。	耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合	耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合
		多点固定の場合 			
		一点固定の場合 			
ラーメン橋等				耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合	耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合
単純桁橋	橋軸方向の支承条件	地震時水平力分散構造の場合 	 ※特に支障がある場合は、H24道示の規定による。	耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合	耐震設計上1基の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるとみなす場合
		固定・可動条件を有する場合 			

5.2.3 固有周期の算定方法

- (1) 橋の固有周期は、表 5.2.1 に示す設計振動単位ごとに、道示V 4.1.5 に規定する方法で求めるものとする。
- (2) 設計振動単位が 1 基の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合または 1 基の下部構造のみからなる場合には、1 自由度系の振動理論に基づき設定された道示V 4.1.5 式 (4.1.2) により固有周期を求めてもよいとしている。ここで、当該下部構造が支持している上部構造部分とは、表 5.2.1 に示す点線で囲まれた一体の構造系のうち上部構造部分をいう。(道示V 4.1.5 (2) 1))
- (3) 設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合には、道示V 4.1.5 図解 4.1.14 に示す考え方に基づいて道示V 4.1.5 式 (4.1.3) により固有周期を算出してよい。(道示V 4.1.5 (2) 2))

5.2.4 地震時土圧

地震時土圧は、道示V 4.2 に規定する方法で求めるものとする。

5.2.5 地震時動水圧

レベル 1 地震動により下部構造に作用する地震時動水圧の算定方法は、道示V 4.3 に示す動水圧算定式により算出する。なお、レベル 2 地震動を考慮する設計状況においては、地震時動水圧の影響を考慮することができる解析モデルを用いた動的解析により地震時の挙動を解析するのがよい。

5.3 レベル 1 地震動に対する耐荷性能の照査

5.3.1 一般

弾性域の振動特性を考慮した震度法による耐震性能 1 の照査は、本編 5.2.4 に規定する地震時土圧、本編 5.2.5 に規定する地震時動水圧及び本編 5.3.2 の規定により算出する慣性力を作用させたときに各部材に生じる断面力、変位等を算出し、本編 5.3.4 の規定に基づいて行う。

5.3.2 慣性力の算定方法

静的解析を用いる場合の慣性力の大きさは、本編 5.2.3 に規定する設計振動単位の固有周期を算出し、本編 5.3.3 に規定する設計水平震度を求め、構造物の重量に乗じて算出する。(道示V 4.1.3)

ただし、下部構造の頂部において上部構造を支持する支点の条件が慣性力の作用方向に対して可動の場合には、上部構造の慣性力として支承の静摩擦力を支点に作用させるものとする。(道示V 4.1.1 (5))

ここで支承の静摩擦力は支承に作用する死荷重による鉛直反力に可動支承の静摩擦係数を乗じた値とし、静摩擦係数は以下に示すとおりとする。(県独自)

表 5.3.1 可動支承の摩擦係数

摩擦機構	水平移動の機構 (支承の種類)	摩擦係数
ころがり摩擦	鋼製のローラー支承	0.05
すべり摩擦	ふっ素樹脂とステンレス板	0.10
	簡易ゴム支承 (パッド)	0.15

なお、ゴムのせん断変形で水平方向の変位に追随させる支承を可動支承として用いる場合には、ゴム支承の水平変位に伴う水平力を考慮する方が良いため、固定支承と可動支承により支持される単純橋の場合にも、設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合として取り扱うのが良い。(県独自)

5.3.3 設計水平震度

- (1) レベル1地震動の設計水平震度は式(5.3.1)により算出する。ただし、式(5.3.1)による値が、0.10を下回る場合には0.10とする。(道示V 4.1.6 (3))

$$k_h = c_z \cdot k_{h0} \geq 0.1 \quad \text{式(5.3.1)}$$

ここに、 k_h : レベル1地震動の設計水平震度(小数点以下2けたに丸める)

k_{h0} : レベル1地震動の設計水平震度の標準値(道示V 表-4.1.1)

c_z : レベル1地震動の地域別補正係数(岐阜県 1.0)

- (2) 同一の設計振動単位においては、同一の設計水平震度(同一設計振動単位内で橋脚ごとに求めた設計水平震度のうち最大値)を用いることを原則とする。(道示V 4.1.6 (6))
- (3) 土の重量に起因する慣性力および地震時土圧の算出に際しては、設計水平震度の標準値 k_{hg0} は地盤種別に応じて下記による。(県独自)

表 5.3.2 土の質量に起因する設計水平震度の標準値

	地盤種別		
	I種	II種	III種
k_{hg0}	0.16	0.20	0.24

5.3.4 レベル1地震動に対する照査

鉄筋コンクリート橋脚及び橋台の照査は「道示Ⅳ」、基礎の照査は「道示Ⅳ」、鋼製橋脚及び鋼上部構造の照査は「道示Ⅱ」、コンクリート上部構造の照査は「道示Ⅲ」、免震橋の照査は「道示Ⅴ 14章」、支承部の照査は「道示Ⅰ 10.1、Ⅴ 13.1」の規定に基づいて行うものとする。

表5.3.3 レベル1地震動に対する主な照査項目

レベル1地震動に対する耐荷性能を満たす各部材の限界状態の組合せ			耐震性能の観点		主な照査項目
			照査において支配的となる観点		
上部構造	本体	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・部材照査は、部材への作用力及び作用力に対する部材の耐荷機構を明確にし、適切に部材の限界状態、照査項目、制限値、構造解析手法等を設定する。【限界状態1、限界状態3】
	伸縮装置	損傷が生じない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・地震時設計伸縮量 < 伸縮装置の伸縮量 (道示Ⅴ13.2)
支承部	弾性支承	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・部材照査は、部材への作用力及び作用力に対する部材の耐荷機構を明確にし、適切に部材の限界状態、照査項目、制限値、構造解析手法等を設定する。 【限界状態1、限界状態3】
	鋼製支承				
橋脚及び橋台		力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	<ul style="list-style-type: none"> 発生曲げモーメント < 部材降伏に対する曲げモーメントの制限値【限界状態1】(道示Ⅲ5.5) 発生曲げモーメント < 部材破壊に対する曲げモーメントの制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8) 発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8、道示Ⅳ5.2) 発生せん断力 < ウェブコンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8、道示Ⅳ5.2)
杭基礎		基礎の力学的特性が弾性域を超えることなく、基礎を支持する地盤の力学的特性に大きな変化が生じない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	<p>【基礎全体系の照査】</p> <ul style="list-style-type: none"> 軸方向押込み力 < 杭の軸方向押込み力の制限値【限界状態1】(道示Ⅳ10.2、10.5、10.6) 引抜き力 < 杭の軸方向引抜き力の制限値【限界状態1】(道示Ⅳ10.2、10.5、10.6) 杭の水平変位 < 杭の水平変位の制限値【限界状態1】(道示Ⅳ10.2、10.5、10.6) <p>【杭体の照査】</p> <ul style="list-style-type: none"> 曲げモーメント等に対する限界状態の照査(道示Ⅳ10.2、10.5、10.6) せん断力に対する限界状態の照査(道示Ⅳ10.2、10.5、10.6) <p>※杭種によって照査する限界状態が異なる</p>
フーチング		力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	<ul style="list-style-type: none"> 発生曲げモーメント < 部材降伏に対する曲げモーメントの制限値【限界状態1】(道示Ⅲ5.5) 発生曲げモーメント < 部材破壊に対する曲げモーメントの制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8) 発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8、道示Ⅳ5.2) 発生せん断力 < ウェブコンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】(道示Ⅲ5.7、5.8、道示Ⅳ5.2)

5.4 レベル2地震動に対する耐荷性能の照査

5.4.1 一般（道示V 8.2）

塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚を設計する場合は、以下の 1) から 5) を満足しなければならない。

- 1) 塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚は、破壊形態を考慮したうえで、限界状態の特性値及び制限値を適切に設定し、地震時保有水平耐力を算出しなければならない。ここで、破壊形態は、曲げ破壊型、曲げ損傷からせん断破壊移行型及びせん断破壊型に区分することを標準とする。
- 2) 「道示V 8.3 鉄筋コンクリート橋脚の判定及び地震時保有水平耐力法」の規定による場合は、適切に破壊形態を区分し、破壊形態に応じた地震時保有水平耐力を算出したとみなしてよい。
- 3) 破壊形態に応じた鉄筋コンクリート橋脚の限界状態は「道示V 8.4」の規定による。
- 4) 上部構造等の死荷重による偏心モーメントが作用する場合は、「道示V 8.8」の規定によりその影響を考慮する。

5.4.2 慣性力の算定方法

静的解析を用いる場合の慣性力の大きさは、本編 5.2.3 に規定する設計振動単位の固有周期を算出し、本編 5.4.3 に規定する設計水平震度を求め、構造物の重量に乗じて算出する。（道示V 4.1.3）

ただし、橋脚の頂部において上部構造を支持する支点の条件が慣性力の作用方向に対して可動の場合においては、上部構造の慣性力として、上部構造の死荷重反力の 1/2 に本編 5.4.3 に規定する設計水平震度を乗じた力を作用させる。（道示V 4.1.1 (5)）

なお、このような慣性力を考慮するのは可動支承のみを有する橋脚を対象とし、1つの橋脚上で固定支承と可動支承の両者を有する橋脚の場合には適用しない。（道示V 4.1.1）

5.4.3 設計水平震度

(1) レベル2地震動の設計水平震度は以下により算出するものとする。

1) タイプIの設計水平震度は、式(5.4.1)により算出するものとする。

$$k_{Ih} = c_{Iz} k_{Ih0} \quad \text{式(5.4.1)}$$

ここに、 k_{hc} : タイプIの設計水平震度(小数点以下2けたに丸める)

k_{Ih0} : タイプIの設計水平震度の標準値(道示V 4.1.6)

c_{Iz} : 地域別補正係数(岐阜県 1.0)

2) タイプIIの設計水平震度は、式(5.4.2)により算出するものとする。

$$k_{IIh} = c_{IIz} k_{IIh0} \quad \text{式(5.4.2)}$$

ここに、 k_{IIh} : タイプIIの設計水平震度(小数点以下2けたに丸める)

k_{IIh0} : タイプIIの設計水平震度の標準値(道示V 4.1.6)

c_{IIz} : 地域別補正係数(岐阜県 1.0)

ただし、式(5.4.1)(5.4.2)の下限值はそれぞれ表5.4.1の値とする。

また、土の重量に起因する慣性力および地震時土圧の算出に際しては、下表の地盤面における設計水平震度の標準値を用いるものとする。

表5.4.1 設計水平震度の下限值および地盤面における設計水平震度の標準値

	地震動種別	地盤種別		
		I種	II種	III種
保有水平耐力法における設計水平震度の下限值	タイプI	0.4		
	タイプII	0.4		
地盤における設計水平震度の標準値 k_{hc0}	タイプI	0.50	0.45	0.40
	タイプII	0.80	0.70	0.60

(2) 同一の設計振動単位においては、同一の設計水平震度(同一設計振動単位内で橋脚ごとに求めた設計水平震度のうち最大値)を用いることを原則とする。(道示V 4.1.6(6))

5.4.4 レベル2地震動に対する照査

鉄筋コンクリートの照査は本編 5.4.5、橋脚基礎の照査は本編 5.4.6、橋台基礎の照査は本編 5.4.7、上部構造の照査は本編 5.4.8、支承部の照査は本編 5.4.9の規定に基づいて行う。また、橋脚と同様の振動特性を有する橋台及びその橋台基礎の照査は、本編 5.4.6及び5.4.7の規定によりそれぞれ行うものとする。

表5.4.2 レベル2地震動（B種の橋；耐荷性能2）に対する主な照査項目

（一般的な桁橋で、鉄筋コンクリート橋脚とした場合の例）

レベル2地震動に対する耐荷性能2を満たす各部材の限界状態の組合せ			耐震性能の観点		主な照査項目
			照査において支配的となる観点		
上部構造	遊間	損傷が生じない限界の状態	耐震設計上の修復性	耐震設計上の供用性	・上部構造端部の必要遊間量<上部構造端部の遊間 (道示V13.2)
支承部	弾性支承	安定した力学的特性を示す限界の状態	耐震設計上の修復性	耐震設計上の供用性 耐震設計上の安全性	・部材照査は、部材への作用力及び作用力に対する部材の耐荷機構を明確にし、適切に部材の限界状態、照査項目、制限値、構造解析手法等を設定する。 【限界状態1、限界状態2、限界状態3】
	鋼製支承	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			
橋脚		損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・水平変位 < 塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚の限界状態2に対応する水平変位の制限値【限界状態2】 (道示V8.4) ・残留変位 < 残留変位の制限値 (道示V8.4) ・ $0.4 \cdot C2z \cdot W < Pa$ (地震時保有水平耐力) (道示V8.9)
基礎		副次的な塑性化に留まる限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	【基礎全体系の照査】※基礎に塑性化を考慮しない場合 ・応答変位 < レベル2地震動を考慮する設計状況における杭基礎の降伏変位の制限値【限界状態1】 ※変位の照査は、基礎の降伏（杭体の塑性化、押込み支持力）照査にて行う。 (道示IV10.2、10.9) 【基礎全体系の照査】※基礎に塑性化を考慮する場合 ・応答変位 < 応答変位の制限値 ・応答塑性率 < 塑性率の制限値 (道示IV10.2、10.9、道示V10.4) 【杭体の照査】 ・発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2) ・発生せん断力 < 圧縮コンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2)
フーチング		力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・発生曲げモーメント < 部材降伏に対する曲げモーメントの制限値【限界状態1】 (道示III5.5) ・発生曲げモーメント < 部材破壊に対する曲げモーメントの制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8) ・発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2) ・発生せん断力 < 圧縮コンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2)

表5.4.3 レベル2地震動（A種の橋；耐荷性能1）に対する主な照査項目

（一般的な桁橋で、鉄筋コンクリート橋脚とした場合の例）

レベル2地震動に対する耐荷性能1を満たす各部材の限界状態の組合せ			耐震性能の観点		主な照査項目
			照査において支配的となる観点		
上部構造	遊間	損傷が生じない限界の状態	耐震設計上の修復性	耐震設計上の供用性 耐震設計上の安全性	・上部構造端部の必要遊間量<上部構造端部の遊間 (道示V13.2)
支承部	弾性支承	安定した力学的特性を示す限界の状態	耐震設計上の修復性	耐震設計上の供用性	・部材照査は、部材への作用力及び作用力に対する部材の耐荷機構を明確にし、適切に部材の限界状態、照査項目、制限値、構造解析手法等を設定する。 【限界状態1、限界状態3】
	鋼製支承	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態			
橋脚		橋脚の水平耐力を保持できる限界の状態	耐震設計上の安全性		・水平変位 < 塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚の限界状態3に対応する水平変位の制限値【限界状態3】 (道示V8.4) ・ $0.4 \cdot C2z \cdot W < Pa$ (地震時保有水平耐力) (道示V8.9)
基礎		副次的な塑性化に留まる限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	【基礎全体系の照査】※基礎に塑性化を考慮しない場合 ・応答変位 < レベル2地震動を考慮する設計状況における杭基礎の降伏変位の制限値【限界状態1】 ※変位の照査は、基礎の降伏（杭体の塑性化、押込み支持力）照査にて行う。 (道示IV10.2、10.9) 【基礎全体系の照査】※基礎に塑性化を考慮する場合 ・応答変位 < 応答変位の制限値 ・応答塑性率 < 塑性率の制限値 (道示IV10.2、10.9、道示V10.4) 【杭体の照査】 ・発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2) ・発生せん断力 < 圧縮コンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2)
フーチング		力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	耐震設計上の修復性 耐震設計上の供用性	耐震設計上の安全性	・発生曲げモーメント < 部材降伏に対する曲げモーメントの制限値【限界状態1】 (道示III5.5) ・発生曲げモーメント < 部材破壊に対する曲げモーメントの制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8) ・発生せん断力 < 斜引張破壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2) ・発生せん断力 < 圧縮コンクリートの圧壊に対するせん断力の制限値【限界状態3】 (道示III5.7、5.8、道示IV5.2)

5.4.5 鉄筋コンクリート橋脚の照査

(1) 限界状態2に対する照査（道示V 8章）

単柱式の鉄筋コンクリート橋脚及び一層式の鉄筋コンクリートラーメン橋脚は、以下の項目に対し照査を行うものとする。

- ①橋脚の限界状態2に対応する水平変位の制限値 \geq 橋脚の水平変位
- ②橋脚の残留変位の制限値 \geq 橋脚の残留変位
- ③地震時保有水平耐力 $(P_a) \geq 0.4 \cdot C2z \cdot W$

(2) 限界状態3に対する照査（道示V 8章）

単柱式鉄筋コンクリート橋脚ならびに一層式の鉄筋コンクリートラーメン橋脚は、以下の項目に対し照査を行うものとする。

- ①橋脚の限界状態3に対応する水平変位の制限値 \geq 橋脚の水平変位
- ②地震時保有水平耐力 $(P_a) \geq 0.4 \cdot C2z \cdot W$

(3) 設計の基本方針

1) 単柱式鉄筋コンクリート橋脚

地震時保有水平耐力法による限界状態2及び限界状態3に対する照査は、橋脚の塑性領域を考慮した変形性能の照査であり、次の2点が基本である。

- ①じん性に富んだ構造とし、ぜい性的な破壊をさせない。
 - せん断耐力 $(P_s) >$ 終局曲げ耐力 (P_u)
 - 終局曲げ耐力 $(P_u) >$ ひび割れ耐力 (P_c)
- ②大規模な地震による落橋等の機能停止を避け、震災後の保持を図り復旧し易い状態にとどめる。

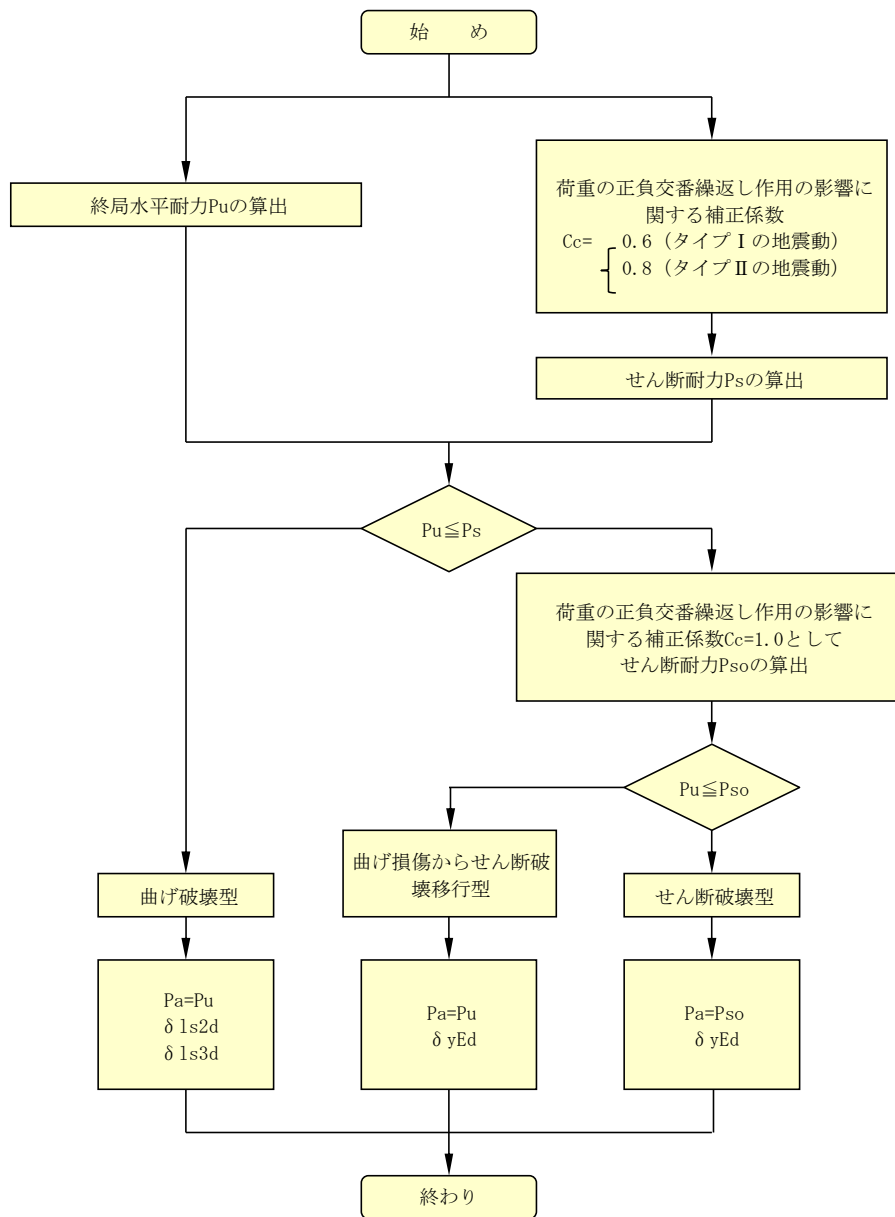
単柱式型橋脚の地震時保有水平耐力法による耐震設計の基本的な項目を以下に示す。

- i) 帯鉄筋による拘束効果を考慮してコンクリートの応力度-ひずみ曲線を設定する。(道示V 8.5)
- ii) 塑性ヒンジを考慮してRC橋脚の変形性能を解析する。(道示V 8.5)
- iii) 地震動の繰返し特性に応じて許容塑性率を算出する。(道示V 8.3)
- iv) 寸法効果、荷重の正負交番作用の影響を考慮してせん断耐力を算出する。(道示V 6.2.4)

2) 一層式の鉄筋コンクリートラーメン橋脚

地震時保有水平耐力法による限界状態2及び限界状態3に対する照査は、面内方向は、ラーメン橋脚全体の水平荷重一水平変位の骨格曲線を求め、エネルギー一定則を適用するものであり、その基本的な項目を以下に示す。

- ①塑性ヒンジは柱上下端、はり両端部の複数箇所形成される可能性がある。
- ②塑性ヒンジでの曲げモーメント曲率関係は軸力に応じて変化する。
- ③終局状態は、曲げ破壊型と判定された場合、複数箇所に形成される塑性ヒンジが全て終局限界に達する状態(2柱式ラーメン橋脚では4つの塑性ヒンジが終局)。なお、はりに塑性ヒンジが生じる場合には、衝撃を除いた主荷重作用時に対しせん断耐力の照査を行うものとする。
- ④面外方向の設計は、各柱部材を1本柱とみなし、それぞれ1本柱としての地震時保有水平耐力法を適用する。



P_a : 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力 (N)
 P_u : 鉄筋コンクリート橋脚の終局水平耐力 (N)
 P_s : 鉄筋コンクリート橋脚のせん断力の制限値 (N)
 P_{s0} : 荷重の正負交番繰返し作用の影響に関する補正係数 c_c を 1.0 として算出する鉄筋コンクリート橋脚のせん断力
 δyEd : 鉄筋コンクリート橋脚の限界状態 1 に対応する水平変位の制限値 (mm)
 $\delta 1s2d$: 塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚の限界状態2に対応する水平変位の制限値 (mm)
 $\delta 1s3d$: 塑性化を期待する鉄筋コンクリート橋脚の限界状態3に対応する水平変位の制限値 (mm)

図 5.4.1 単柱式の鉄筋コンクリート橋脚の破壊形態の判定と地震時保有水平耐力
 及び各限界状態に対応する変位の制限値の算出手順

5.4.6 橋脚基礎の照査

- (1) 基礎は地中部にあるため、下部構造躯体に対し損傷の発見が困難であり、その補修も大規模となる。

地震時保有水平耐力法による基礎の耐震設計では、橋脚に生じる応答が塑性域に達する場合、基礎が橋脚躯体の終局水平耐力以上の水平耐力及び、十分な変形性能を有するように耐震設計を行う。また、橋脚に生じる応答が弾性域にとどまる場合には、橋脚基礎に生じる断面力を荷重として考慮するものとする。

(県独自)

- (2) 杭基礎の降伏とは、基礎の水平変位及び回転変位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ときで、基礎形式に応じて「道示Ⅳ 10.9.2」に規定する基礎の降伏に達しないことを照査することを原則とする。(県独自)

- (3) 壁式橋脚の橋軸直角方向のように地震時保有水平耐力法の設計水平震度に対し、橋脚躯体が1.5倍以上の終局水平耐力がある場合、また、液状化が生じ基礎周辺の地盤の強度や支持力が低下する場合には、基礎の耐力は橋脚躯体の終局水平耐力を下回るものの、基礎本体に速やかな機能回復に支障となるような変形や損傷が生じない範囲において降伏以降の塑性化を許容し、基礎でのエネルギー吸収を期待して設計を行う。(県独自)

なお、橋脚基礎の応答値と許容値の詳細は、「道示Ⅴ 10.4」を参照すること。(県独自)

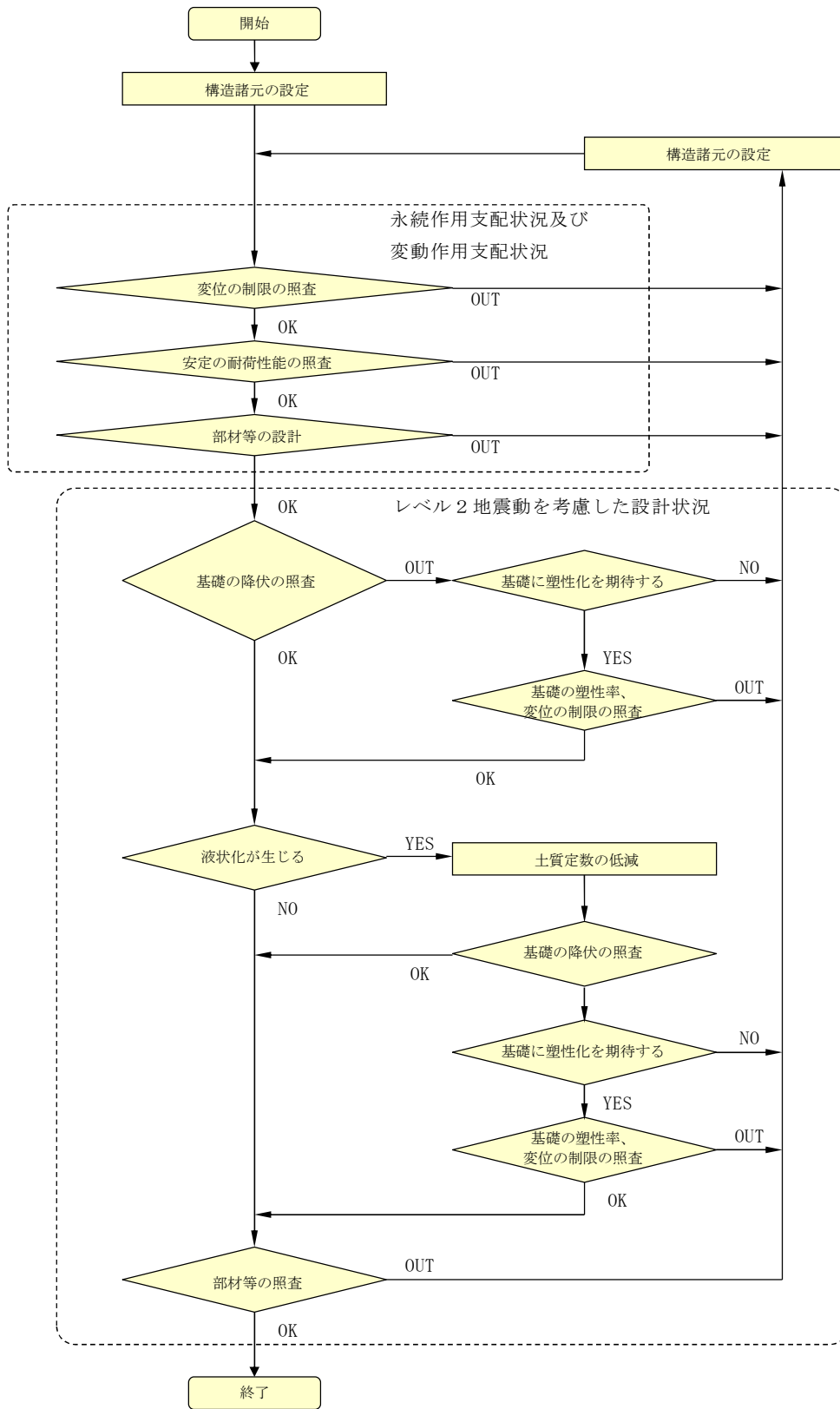


図 5.4.2 橋脚杭基礎の設計計算フロー

5.4.7 橋台基礎の照査（道示V 11.2）

橋台基礎に対する照査は、以下に該当する場合を除き、レベル1地震動を考慮する設計状況に対して、橋台及び橋台基礎がそれぞれ限界状態1及び限界状態3を超えない場合は、レベル2地震動を考慮する設計状況に対して下部構造の限界状態2及び限界状態3を超えないとみなしてよい。

- i) 道示V 7.2の規定により橋に影響を与える液状化が生じると判定される土層を有する地盤上にある場合
- ii) レベル2地震動に対する橋台の荷重支持条件がレベル1地震動に対する橋台の荷重支持条件と異なる場合

ただし、橋台周辺地盤が橋に影響を与える液状化が生じる地盤と判断された場合であっても、橋の機能の速やかな回復が著しく困難とならないと判断される橋（たとえば両端に橋台を有する橋長25m以下の単径間の橋）や、構造形式上大きな変位が生じないと判断される場合等には、レベル2地震動に対する橋台の照査を省略してもよい。

また、地盤に液状化が生じた場合に対する照査であるため、橋脚基礎の場合と同様、橋台でエネルギー吸収を行うように設計することは必ずしも合理的でないことから、橋台基礎に主たる塑性化を考慮し、応答塑性率が許容塑性率以下であることを照査する。（県独自）

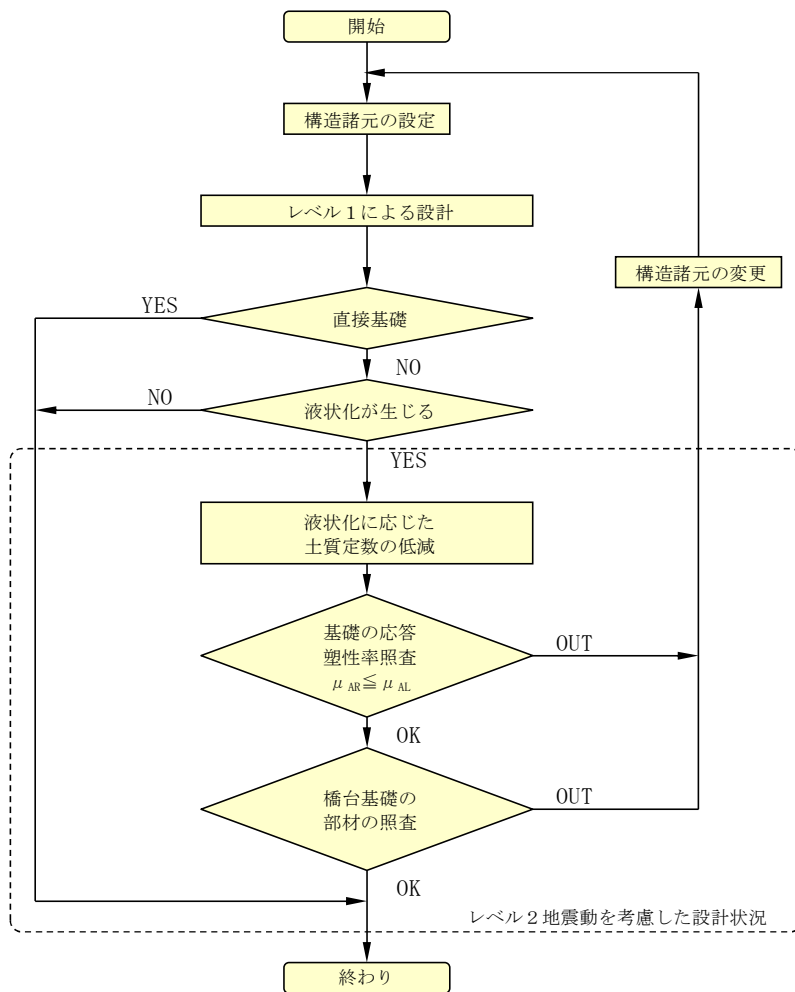


図 5.4.3 橋台基礎の設計計算フロー

5.4.8 上部構造の照査（道示V 12.2）

- (1) 道示V 12.5に規定する構造細目を満足したうえで、上部構造を構成する全ての部材等が道示V 6.1に規定する部材等の限界状態1を超えない場合には、上部構造の限界状態1を、部材等の限界状態3を超えない場合には、上部構造の限界状態3を超えないとみなしてよい。

5.4.9 支承部の耐荷性能の照査（道示V 13.1.3）

道示V 13.1.1で算出した力が作用したときの支承部各部の応答が、以下の1) から3) を満足する場合は、支承部の限界状態を超えないことについて所要の信頼性を有するとみなしてよい。

1) 支承部の限界状態1

道示V 13.1.2の規定に基づき設定した支承部の限界状態1に対応する部材等の抵抗の制限値を超えない。

2) 支承部の限界状態2

道示V 13.1.2の規定に基づき設定した支承部の限界状態2に対応する部材等の抵抗の制限値を超えない。

3) 支承部の限界状態3

道示V 13.1.2の規定に基づき設定した支承部の限界状態3に対応する部材等の抵抗の制限値を超えない。

6章 動的照査法による耐荷性能の照査方法

6.1 一般 (道示V 5.2)

- (1) 動的解析には、時刻歴応答解析を用いることを標準とする。
- (2) 動的解析により応答値を算出するにあたって、部材のモデル化は以下の 1) から 3) を満足しなければならない。
 - 1) 橋の構造特性を踏まえ、橋の地震時の挙動を評価できるように、部材の材料特性、地盤の抵抗特性等に応じて、適切に部材をモデル化する。
 - 2) 部材のモデル化は、その力学的特性および履歴特性に応じて適切に行う。
 - 3) 橋の減衰特性は、橋を構成する部材等の振動特性を考慮して、適切にモデル化する。
- (3) 動的解析による応答値の算出は、レベル2地震動を考慮する設計状況において、道示V 4.1.2に規定する加速度波形を用いて算出した応答値の平均値を用いる。

6.2 動的解析に用いる慣性力 (道示V 4.1.2)

- (1) 動的解析を用いる場合の慣性力の大きさは、レベル1地震動およびレベル2地震動の強度、周期特性、位相特性及び継続時間並びに橋の減衰定数等を考慮して、動的解析に用いる加速度波形を適切に設定したうえで、構造物の応答加速度を質量に乗じて算出する。
- (2) 道示V 4.1.2 (3) から (5) による場合は、(1) の加速度波形を適切に設定したとみなしてよい。
- (3) 動的解析に用いる加速度波形には、「道示V 式 (3.2.1)」により算出するレベル1地震動並びに「道示V 式 (3.3.1)」及び「道示V 式 (3.3.2)」により算出するレベル2地震動の加速度応答スペクトルと同様の特性を有するように既往の代表的な強震記録を振幅調整した加速度波形を用いる。橋の減衰定数が0.05と大きく異なる場合には、「道示V 式 (3.2.1)」並びに「道示V 式 (3.3.1)」及び「道示V 式 (3.3.2)」により算出する加速度応答スペクトルに、「道示V 式 (4.1.1)」により算出する減衰定数別補正係数 C_0 を乗じて求めた加速度応答スペクトルをレベル1地震動およびレベル2地震動の加速度応答スペクトルとして用いる。

表 6.2.1 動的解析に用いる振幅調整した加速度波形のもととした強震記録

(a) レベル1地震動

地盤種別	地震名	マグニチュード ^a M	記録場所
I種地盤	昭和53年宮城県沖地震	7.4	開北橋周辺地盤上 LG成分
II種地盤	昭和43年日向灘沖地震	7.5	板島橋周辺地盤上 LG成分
III種地盤	昭和58年日本海中部地震	7.7	津軽大橋周辺地盤上 TR成分

注 LG：橋軸方向

TR：橋軸直角方向

(b) レベル2地震動 (タイプI)

地盤種別	地震名	マグニチュード M	記録場所	呼び名 (加速度波形)
I種地盤	平成15年十勝沖地震	8.2	清水道路維持出張所構内地盤上 EW成分	I-I-1
	平成23年東北地方太平洋沖地震	9.0	開北橋周辺地盤上 EW成分	I-I-2
			新晩翠橋周辺地盤上 NS成分	I-I-3
II種地盤	平成15年十勝沖地震	8.2	直別観測点上 EW成分	I-II-1
	平成23年東北地方太平洋沖地震	9.0	仙台河川国道事務所構内地盤上 EW成分	I-II-2
			阿武隈大堰管理所構内地盤上 NS成分	I-II-3
III種地盤	平成15年十勝沖地震	8.2	大樹町生花観測点地盤上 EW成分	I-III-1
	平成23年東北地方太平洋沖地震	9.0	山崎震動観測所地盤上 NS成分	I-III-2
			土浦出張所構内地盤上 ES成分	I-III-3

(c) レベル2地震動 (タイプII)

地盤種別	地震名	マグニチュード M	記録場所	呼び名 (加速度波形)
I種地盤	平成7年兵庫県南部地震	7.3	神戸海洋気象台地盤上 NS成分	I-I-1
			神戸海洋気象台地盤上 EW成分	I-I-2
			猪名川架橋予定地点周辺地盤上 NS成分	I-I-3
II種地盤	平成7年兵庫県南部地震	7.3	JR西日本鷹取駅構内地盤上 NS成分	I-II-1
			JR西日本鷹取駅構内地盤上 EW成分	I-II-2
			大阪ガス葎合供給所構内地盤上 N27W成分	I-II-3
III種地盤	平成7年兵庫県南部地震	7.3	東神戸大橋周辺地盤上 N12W成分	I-III-1
			ポートアイランド内地盤上 NS成分	I-III-2
			ポートアイランド内地盤上 EW成分	I-III-3

注 N-S : 北-南方向
E-W : 東-西方向
N27W : 北西 27° 方向

呼び名 (加速度波形) は道示V図解 7.2.1、7.2.2、7.2.3 参照

※波形のデジタルデータは、日本道路協会のホームページ『道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形 (H24年版対応)』より「<http://www.road.or.jp/dl/waveform.html>」

デジタルデータの加速度波形の単位は gal (cm/s²)、地域別補正係数 (C_z、C_{1z}、C_{IIz}) が 1.0 の場合

6.3 解析モデル及び解析方法

6.3.1 解析モデル及び解析方法

動的解析による橋の地震時挙動の解析では、固有振動特性、減衰特性、橋脚等の非線形履歴特性等を十分考慮し、橋の動的特性を表現できる解析モデルを用いて地震時の応答を算出する必要がある。地震動のレベルと橋の限界状態に対応する部材等の限界状態に応じて適切なモデル及び解析方法を選定する必要がある。(道示V 5.2解説)

- (1) レベル1地震動を考慮する設計状況に対しては、部材の塑性化を期待しないため、可逆性を有する範囲における橋の動的特性を表現できる解析モデル及び解析方法を用いる。(道示V 5.2解説)
- (2) レベル2地震動を考慮する設計状況に対して、部材の塑性変形やエネルギー吸収を考慮した設計を行う場合は、必要に応じて橋脚等の部材の非線形履歴特性を考慮した橋の非線形域の動的特性を表現できる解析モデル及び解析方法を用いる。(道示V 5.2解説)

動的解析法には、時刻歴応答解析を用いることを標準とするが、解析目的に応じて、

- ①等価線形化法を用いた時刻歴応答解析法
- ②等価線形化法を用いた応答スペクトル法
- ③プッシュオーバー解析と時刻歴応答解析を組み合わせる方法等もあるため、それぞれの解析法の特徴と適用性に留意して適切に耐震性能を照査するのがよい。

6.3.2 橋及び部材のモデル化 (道示V 5.2解説)

- (1) 橋全体系のモデル化は、橋の地震時の挙動を推定できるように、橋の構造特性、部材の材料特性、地盤の抵抗特性等に応じて、適切に行わなければならない。

橋全体系の地震時の挙動を表す解析モデルを作るためには、以下のこと等が必要となる。

- 1) 構造物の形状を表現するために必要な節点と構造要素
- 2) 慣性力の作用を考慮するために必要な構造物の質量分布
- 3) 力学特性を求める際に必要な構造要素の断面特性 (断面積、断面二次モーメントなど)
- 4) 部材に発生する断面力と変形の関係を表現するための非線形履歴モデル
- 5) 対象とする構造物の境界条件 (例えば、隣接橋や地盤と境界部分のモデル化)

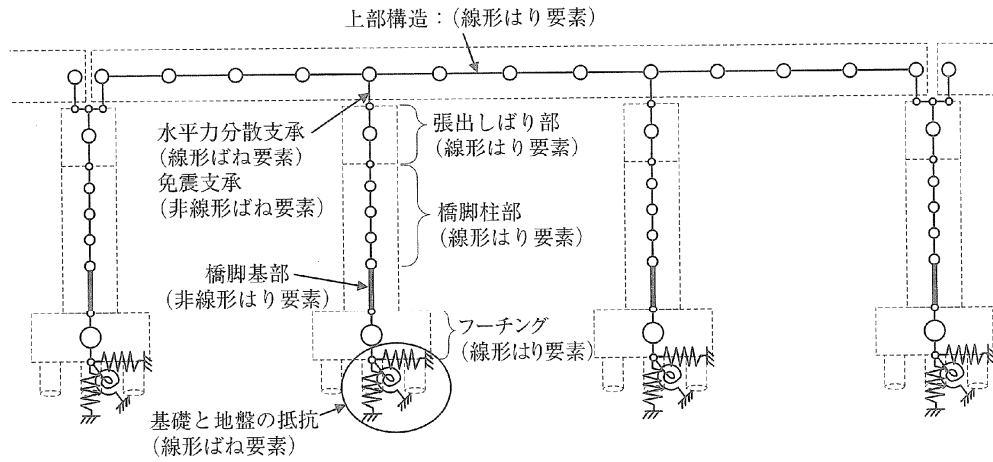


図 6.3.1 橋の解析モデルの例

- (2) 部材のモデル化は、その力学的特性に応じて適切に行わなければならない。
- (3) 動的解析における減衰特性のモデル化は、橋を構成する各要素の振動特性を考慮して、適切に設定しなければならない。

6.4 耐荷性能の照査

(1) 限界状態 1 に対する照査

各構造物は表 6.4.1 により照査を行う

表 6.4.1 限界状態 1 に対する照査項目および許容値

部 位	照査項目	許 容 値	備 考
RC橋脚及び橋台	応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅲ5.5、5.7、5.8、 道示Ⅳ5.2
鋼製橋脚	応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅱ
橋脚基礎	【杭基礎】 軸方向押込み力 引抜き力 杭の水平変位 応答値（作用力）	杭の軸方向押込み力の制限値 杭の軸方向引抜き力の制限値 杭の水平変位の制限値 部材の制限値	道示Ⅳ10.2、10.5、 10.6
	【直接基礎】 鉛直荷重 転倒モーメント 水平荷重	基礎底面地盤の降伏支持力 偏心した鉛直力の作用位置 基礎底面地盤のせん断力	道示Ⅳ9.5
鋼上部構造	応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅱ
コンクリート上部工	応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅲ
上部構造端部（伸縮装置）	レベル1地震時の応答変位 伸縮装置に作用する作用力	伸縮装置の伸縮量 部材の制限値	道示Ⅴ14.2
支承	鋼製	応答値（作用力）	道示Ⅰ10.1、 道示Ⅴ13.1
	ゴム製	応答値（せん断ひずみ） 応答値（作用力）	

(2) 限界状態 2 または限界状態 3 に対する照査

各構造物は表 6.4.2 により照査を行う

表 6.4.2 限界状態 2 または限界状態 3 に対する照査項目および許容値

部 位	照査項目	許 容 値	備 考
RC橋脚	最大応答変位	最大応答変位の制限値	道示Ⅴ8.4
	最大応答せん断力	せん断力の制限値	
	残留変位	残留変位の制限値	道示Ⅴ8.4
鋼製橋脚	最大応答変位	最大応答変位の制限値	道示Ⅴ9章
	残留変位	残留変位の制限値	
橋脚基礎	応答変位	杭基礎の降伏変位の制限値	道示Ⅳ10.2、10.9、 道示Ⅴ10.4
	【橋脚が十分な耐力を有する】 【液状化の影響がある】 応答塑性率 応答変位	塑性率の制限値 杭基礎の降伏変位の制限値	
橋台基礎（液状化が生じると判断される場合）	応答塑性率	塑性率の制限値	道示Ⅴ11.4
鋼上部工 コンクリート上部工	【塑性化を考慮する場合】 応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅱ、Ⅲ
	【塑性化を考慮しない場合】 応答値（作用力）	部材の制限値	道示Ⅱ、Ⅲ
上部構造端部	遊間量	必要遊間量	道示Ⅴ13.2
支承	鋼製	応答値（作用力）	道示Ⅰ10.1、 道示Ⅴ13.1
	ゴム製	応答値（せん断ひずみ） 応答値（作用力）	

- (3) 免震橋の耐震性能の照査は、「道示V 14章」の規定に基づいて行う。
- (4) 動的照査法により耐震性能の照査を行う場合においては、橋全体としての耐震性が確保されていることに十分に留意しなければならない。具体的には動的照査法によって耐震性能を照査した橋に対して、橋脚の地震時保有水平耐力が式(6.4.1)を満たしていることを確認するのがよい。

$$P_{a(u)} \geq 0.4 \cdot c_{2z} \cdot W \quad \text{式(6.4.1)}$$

- ここで
- P_a : P_a :鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力(N)「道示V 8.3」
 P_u :鋼製橋脚の地震時保有水平耐力(N)「道示V 9.4」
 - c_{2z} : レベル2地震動の地域別補正係数(C_{Iz} 又は C_{IIz})
 岐阜県の場合は $C_{Iz}=1.0$ 、 $C_{IIz}=1.0$
 - W : W :地震時保有水平耐力法に用いる等価重量(N)「道示V 式8.4.5」
 $W=W_U+C_P \cdot W_P$
 W_U :橋脚が支持している上部工部分の重量(N)
 W_P :橋脚の重量(N)
 C_P :等価重量算出係数=0.5

7章 地震時に不安定となる地盤の影響

7.1 地盤の流動力

7.1.1 一般（道示V 4.4.1）

- (1) 地盤の流動力は、地盤条件、地形条件、下部構造の設置位置等を考慮して、適切に設定しなければならない。
- (2) 本編 7.1.2 の規定により橋に影響を与える流動化が生じると判定された地盤において、「道示V 4.4.3」の規定により橋脚基礎に作用する地盤の流動力を設定する場合には、(1) を満足するとみなしてよい。

7.1.2 橋に影響を与える流動化が生じる地盤の判定（道示V 4.4.2）

以下の (1) 及び (2) のいずれにも該当する地盤は、橋に影響を与える流動化が生じる地盤と判定する。

- (1) 臨海部において、背後地盤と前面の水底との高低差が 5m 以上ある護岸によって形成された水際線から 100m 以内の範囲にある地盤
- (2) 本編 7.2 の規定により液状化すると判定される層厚 5m 以上の土層があり、かつ、当該土層が水際線から水平方向に連続的に存在する地盤

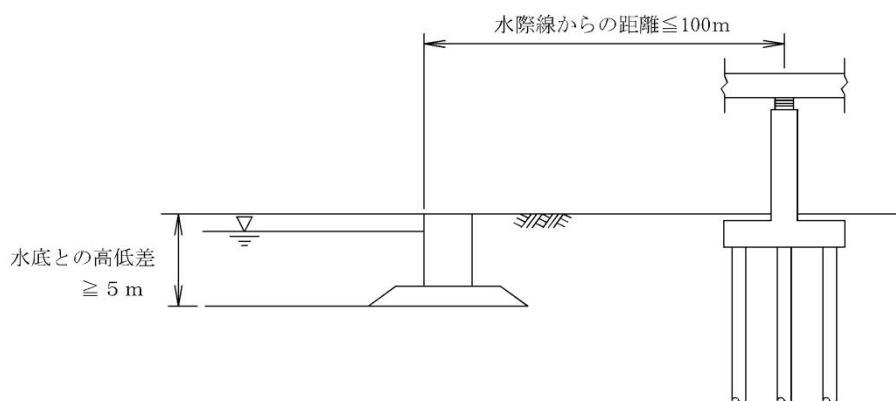


図 7.1.1 水底との高低差及び水際線からの距離の取り方

7.1.3 地盤の流動力の算出

地盤の流動力の算出は、「道示V 4.4.3」により算出する。

7.2 地盤の液状化

7.2.1 一般（道示V 7.1）

液状化が橋に及ぼす影響は、以下の (1) 及び (2) により考慮する。

- (1) 本編 7.2.2 の規定により橋に影響を与える液状化が生じるか否かを判定する。
- (2) 本編 7.2.2 の規定により橋に影響を与える液状化が生じると判定された土層に対して、本編 7.2.3 の規定により耐震設計上の土質定数を低減し、これを設計に考慮する。

7.2.2 橋に影響を与える液状化の判定（道示V 7.2）

- (1) 橋に影響を与える液状化の判定は、(2) 該当する土層を対象として、(3) により行う。
- (2) 沖積層の土層で以下の 1) から 3) の条件全てに該当する場合には、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が地表面から 10m 以内にあり、かつ、地表面から 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 IP が 15 以下の土層
 - 3) 50%粒径 D50 が 10mm 以下で、かつ、10%粒径 D10 が 1mm 以下である土層
- (3) 液状化に対する抵抗率 FL をレベル 1 地震動およびレベル 2 地震動のそれぞれに対して「道示 V 式(7.2.1)」により算出し、この値が 1.0 以下の土層については橋に影響を与える液状化が生じると判定する。

液状化の判定を行う必要がある土層の評価の手順を 図 7.2.1 に示す。

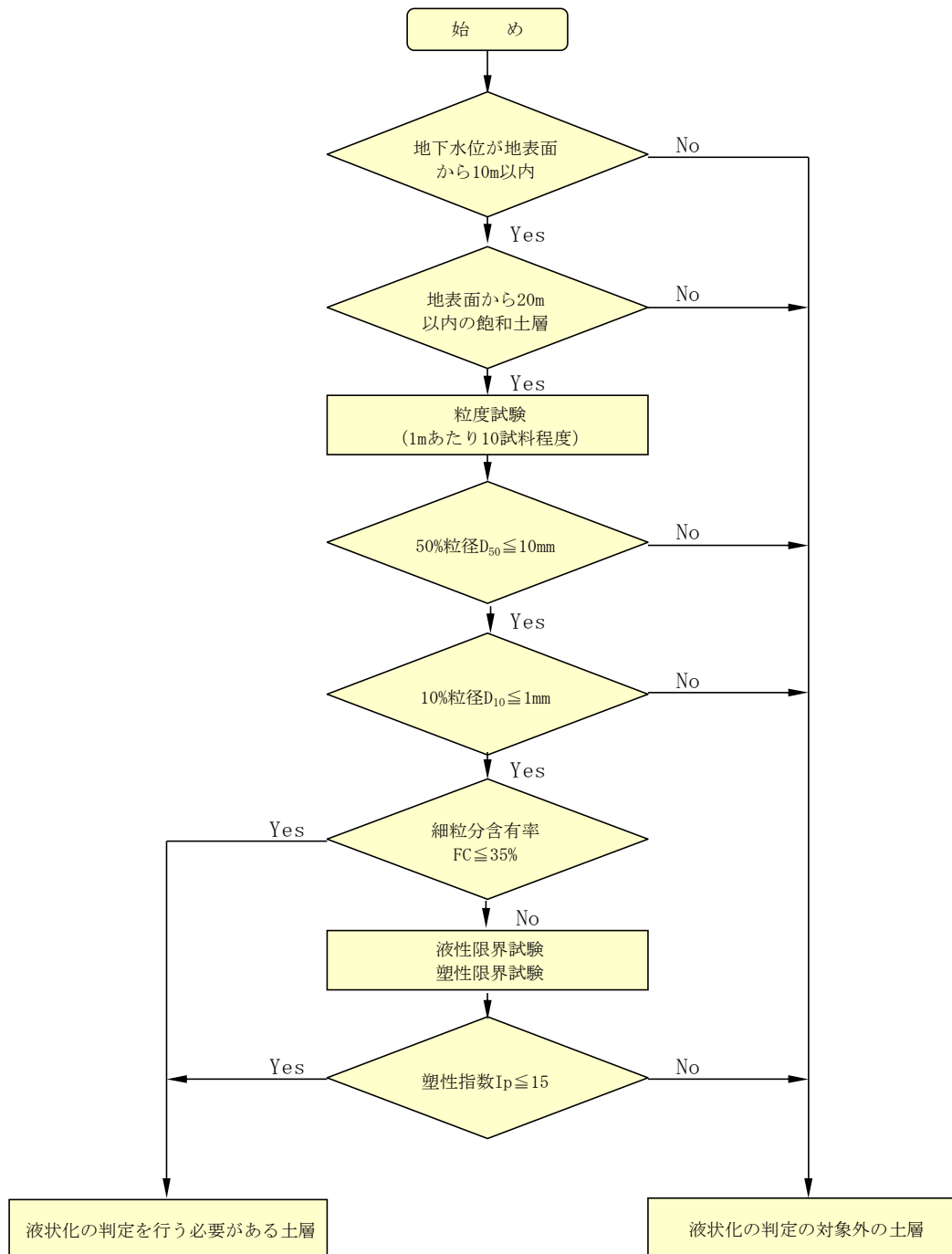


図 7.2.1 液状化の判定を行う必要がある土層の評価の手順

7.2.3 耐震設計上土質定数を低減させる土層とその扱い

- (1) 「道示V 3.53) ii)」に示す「耐震設計上ごく軟弱な土層」と判定された土層は、耐震設計上の土質定数を0とする。
- (2) 本編 7.2.2 の規定により橋に影響を与える液状化が生じると判定された土層における耐震設計上の土質定数は、レベル1地震動及びレベル2地震動のそれぞれに対して算出した液状化に対する抵抗率FLの値に応じて、表7.2.1に示す低減係数DEを乗じることで低減させた値とする。(道示V 7.3)

表 7.2.1 土質定数の低減係数

F_L の範囲	地表面からの 深度 x (m)	動的せん断強度比 R	
		$R \leq 0.3$	$0.3 < R$
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq x \leq 10$	0	1/6
	$10 < x \leq 20$	1/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 \leq x \leq 10$	1/3	2/3
	$10 < x \leq 20$	2/3	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 \leq x \leq 10$	2/3	1
	$10 < x \leq 20$	1	1

8章 免震橋の耐荷性能の照査

8.1 一般（道示V 14.2）

免震橋における橋の限界状態2を上部構造、下部構造及び免震支承の限界状態で代表させる場合には、本編 4.5の規定によらず、以下の1) から3) による。

1) 上部構造

「道示Ⅱ 3.4.2」又は「道示Ⅲ 3.4.2」に規定する上部構造の限界状態1

2) 下部構造

以下の①又は②による。

①「道示Ⅳ 3.4.2」に規定する下部構造の限界状態1

②下部構造の限界状態1を超えるものの、限界状態2を超えない範囲で、下部構造の塑性化が免震支承によるエネルギー吸収の確実性に影響を及ぼさない限界の状態

3) 免震支承

「道示Ⅰ 10.1.4」に規定する支承部の限界状態2

8.2 免震支承の構造計画

(1) 免震橋の採用は、上部構造の慣性力を適切に複数の下部構造に分散できることを前提とし、免震支承により橋の固有周期及びエネルギー吸収性能を増大させる効果を検討した上で判断しなければならない。

【免震橋を採用してはならない条件】（道示V 14.2）

- 1) 基礎周辺の地盤が、本編 3.4 3) i)、ii) に規定する耐震設計上の土質定数を零にする土層を有する地盤の場合
- 2) 下部構造のたわみ性が大きいこと等により、もともと固有周期の長い橋等で、橋の固有周期の長周期化の効果又はエネルギー吸収の確実性が期待できない可能性がある場合
- 3) 基礎周辺の地盤が軟らかく、橋を長周期化することにより、地盤と橋の共振を引き起こす可能性がある場合
- 4) 永続作用支配状況において、ゴム製の支承本体に引張力が生じる場合
- 5) 基礎の塑性化を期待する設計を行う場合

【免震橋に適している橋の条件】（道示V 14.2 および解説）

- 1) 地盤が堅固で、基礎周辺地盤が地震時に安定している場合。
- 2) 下部構造の剛性が高く、橋の固有周期が短い場合。
- 3) 多径間連続橋
- (2) 免震橋では、上部構造の端部に設計上の変位を確保できる遊間を設けなければならない。また、橋軸方向に免震支承によるエネルギー吸収を期待し、橋軸直角方向の支承条件を固定支承とする場合には、橋軸直角方向の変形を拘束する部材が、免震支承の橋軸方向の変形を拘束しないように配慮しなければならない。
- (3) 免震支承をエネルギー吸収による慣性力の低減を期待しない地震時水平力分散構造に用いる場合には、免震支承のエネルギー吸収による効果を考慮してはならない。

8.3 免震橋における下部構造の限界状態

「道示V 14.3」の規定による。

9章 地震の影響を受ける上部構造の応答値及び許容値並びに 上部構造端部構造

9.1 一般

- (1) 耐荷性能の照査において、上部構造に塑性化を考慮する場合には、鋼上部構造及びコンクリート上部構造の耐力、許容変形量及び応答値を算出するためのモデルは、それぞれ、本編 9.2 及び 9.3 の規定に基づいて設定するものとする。
- (2) 耐荷性能の照査において、上部構造に塑性化を考慮しない場合には、鋼上部構造に対しては割増係数 1.7 を考慮した許容応力度を用いて「道示Ⅱ」の照査法に準じて、また、コンクリート上部構造に対しては「道示Ⅲ 5章」に規定する設計荷重作用時の照査に基づいて、それぞれ照査を行うものとする。
- (3) 支承部、落橋防止構造または横変位拘束構造から地震力の作用を受ける上部構造の部位は、鋼上部構造では割増係数 1.7 を考慮した許容応力度を用いて「道示Ⅱ」の規定に準じて、また、コンクリート上部構造では「道示Ⅲ 10.5」の規定に基づいてそれぞれ設計する。
- (4) 遊間及び伸縮装置等の上部構造端部構造に関する照査は、本編 9.4 の規定により行う。

9.2 鋼上部構造

9.2.1 耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデル化

鋼上部構造の塑性域での耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデルは、本編 4.3 又は 4.4 の規定に基づいて設定した上部構造の限界状態に応じて、実験または適切な手法による解析に基づいて設定しなければならない。

9.2.2 構造細目（道示Ⅴ 12.5.2）

支承端部の直上等の集中荷重を受け局部変形を生じる可能性のある部位には、補剛材を設けて局部変形を防ぐとともに、桁が橋軸直角方向の地震力によって面外変形を生じないように、横桁またはダイヤフラム等により補強しなければならない。

9.3 コンクリート上部構造（道示Ⅴ 12.3、12.4）

9.3.1 耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデル化

コンクリート上部構造の塑性域での耐力及び許容変形量並びに応答値を算出するためのモデルは、本編 4.3 及び 4.4 の規定に基づいて設定した上部構造の限界状態に応じて、実験又は適切な手法による解析に基づいて設定しなければならない。

1) 地震後に当面の供用性を確保できる限界の状態を限界状態とした場合（限界状態 1）

限界状態 1 の照査において上部構造の限界状態を地震後に当面の供用性を確保できる限界の状態と設定した場合には、レベル 2 地震動に対する主桁の許容曲率は表 9.3.1 に示す値を目安に設定してよい。ここで、表 9.3.1 に示す値は、応急復旧が不要とみなせる主桁の許容曲率であり、ここでは応急復旧を行わずとも当面の供用性を確保できるとみなせるひび割れ幅としては 0.2mm を目安としている。

なお、表 9.3.1 に示される許容曲率の値は、鋼材に付着があり、上フランジ幅に対する外ウェブ間の幅の比率が 0.54 の場合の実験結果に基づいて設定している。したがって、鋼材に付着のない場合や張出フランジの比率が一般的なプレストレストコンクリート箱桁に比べて大きい場合などは、別途十分な検討が必要である。

表 9.3.1 応急復旧が不要と見なせる主桁の許容曲率

照査の方法	応答曲げモーメントに対する引張縁側に、緊張した P C 鋼材を配置している場合	曲げモーメントに対する引張縁側に、緊張した P C 鋼材を配置していない場合
橋軸方向	P C 鋼材が弾性限界に達する曲率	最外縁鉄筋が降伏点に達する曲線 ただし、永続作用支配状況での圧縮縁応力度が 2N/mm^2 以上の場合は、最外縁鉄筋の引張ひずみが、0.005 にする曲率
橋軸直角方向	ウェブの最外縁鉄筋が降伏又は P C 鋼材が弾性限界に達する曲率のいずれか小さい方	

2) かぶりコンクリートが大きく剥離しない限界の状態を限界状態とした場合（限界状態 3）

限界状態 3 の照査において上部構造の限界状態をかぶりコンクリートが大きく剥離しない限界の状態と設定した場合には、レベル 2 地震動に対する主桁の許容曲率は、主桁に生じる最外縁のコンクリートの圧縮ひずみが 0.002 に達するときを目安に設定することができる。

また、P C 鋼材が最外縁のコンクリートの圧縮ひずみが 0.002 に達する前に破断するという破壊形態は避けなければならないため、限界状態 3 の許容曲率としては、プレストレスによる初期ひずみを含めた P C 鋼材の引張ひずみが、JIS G 3109 および JIS G 3536 に規定する P C 鋼材の伸びの最小値である 0.035 に達するときに対しても設定する必要がある。

9.3.2 構造細目（道示 V 12.5.2）

コンクリート上部構造の鉄筋は、部材の塑性化の程度に応じて適切な継手構造及び横方向鉄筋の形状を選定し、適切に配置しなければならない。

9.4 上部構造端部構造

9.4.1 上部構造端部の遊間

- (1) 隣接する上部構造どうし、上部構造と橋台又は上部構造と橋脚の段違い部は、地震の影響を考慮する設計状況において、衝突しないように必要な遊間を設けることを原則とする。（道示 V 13.2.1）特に、免震支承によるエネルギー吸収に期待する橋の場合においては、設計で考慮する免震効果が確実に得られるように、必要な上部構造端部の遊間を設けなければならない。
- (2) 上部構造の遊間量は式 (9.4.1) により算出する値以上とする。なお、地震時の挙動が複雑で本編 6 章に規定する動的照査法により照査を行う橋については、式 (9.4.1) の u_s として動的解析により算出する最大相対変位を用いる。

$$S_{BR} = \begin{cases} u_s + L_A & \text{(上部構造と橋台又は橋脚の段違いの間)} \\ c_B u_s + L_A & \text{(橋軸方向に隣接する上部構造の間)} \end{cases} \quad \text{式 (9.4.1)}$$

ここで、

S_{BR} : 上部構造端部の必要遊間量 (mm)

u_s : レベル 2 地震動が作用したときに遊間量を算出する位置において生じる上部構造と下部構造との間の最大相対変位 (mm)

L_A : 遊間量の余裕量

c_B : 遊間量の固有周期差別補正係数で、隣接する 2 連の上部構造の固有周期差 ΔT に基づいて表 9.4.1 の値とする

表 9.4.1 遊間量の固有周期差別補正係数 c_B

固有周期差比 $\Delta T/T_1$	c_B
$0 \leq \Delta T/T_1 < 0.1$ 、 $0.8 \leq \Delta T/T_1 < 1.0$	1
$0.1 \leq \Delta T/T_1 < 0.8$	$\sqrt{2}$

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad , \quad (T_1 \geq T_2)$$

T_1 、 T_2 は、それぞれ、隣接する 2 連の桁の固有周期を表す。

9.4.2 伸縮装置 (道示 V 13.2.2)

- (1) 伸縮装置の伸縮量は、変動作用支配状況のうち地震の影響を考慮する設計状況に対して式 (9.4.2) により算出する値以上を確保する。ただし、「道示 I 10.3.3」に規定する設計伸縮量を下回ってはならない。

$$L_{ER} = \begin{cases} \delta_R + L_A & \text{(上部構造と橋台間)} \\ c_B \delta_R + L_A & \text{(橋軸方向に隣接する上部構造の間)} \end{cases} \quad \text{式 (9.4.2)}$$

ここで、

L_{ER} : 地震の影響を考慮する設計状況に対する伸縮装置の設計伸縮量 (mm)

L_A : 伸縮量の余裕量

δ_R : 変動作用支配状況のうち地震の影響を考慮する設計状況に対して伸縮装置の位置における上部構造と下部構造との間の最大相対変位 (mm)

c_B : 遊間量の固有周期差別補正係数で、隣接する 2 連の上部構造の固有周期差 ΔT に基づいて表 9.4.1 の値とする

- (2) 伸縮装置及び伸縮装置と上下部構造との接合部は、変動作用支配状況のうち地震の影響を考慮する設計状況において作用する力を、上下部構造に確実に伝達できるようにしなければならない。

10章 支承部の照査

10.1 一般

- (1) 支承部は、レベル1地震動及びレベル2地震動により生じる水平力及び鉛直力に対して、「道示I 10.1、V 13.1」を満たす構造としなければならない。
- (2) 次による場合においては、(1)を満たすものとする。
 - 1) 支承部には、「道示V 13.1.2」に規定する支承部の基本条件を満たす支承を用いる。
 - 2) 支承部の照査は、「道示V 13.1.3」の規定により行う。
 - 3) 支承部は「道示V 13.1.4」に規定する支承部の構造によるとともに、支承部から地震力の作用を受ける上部構造の部位は本編 9.1(3)の規定に、また、下部構造の橋座部は「道示IV 7.6」の規定にそれぞれ基づいて設計する。

10.2 支承部の構造

- (1) 支承部としてねばりのある挙動をする材料及び構造を採用するとともに、応力集中が生じにくい構造としなければならない。
- (2) 支承部は、支承本体の取替えが可能な構造を標準とする。
- (3) 支承部が取り付けられる上下部構造の部位は、支承の維持管理の確実性及び容易さ並びに支承部の取替えに配慮した構造としなければならない。
- (4) 限界状態2を確保する橋の支承部においては、支承部に破壊が生じた場合においても、上部構造を適切な高さに支持できるように、また、橋軸直角方向への上部構造の残留変位が過大にならないように配慮しなければならない。

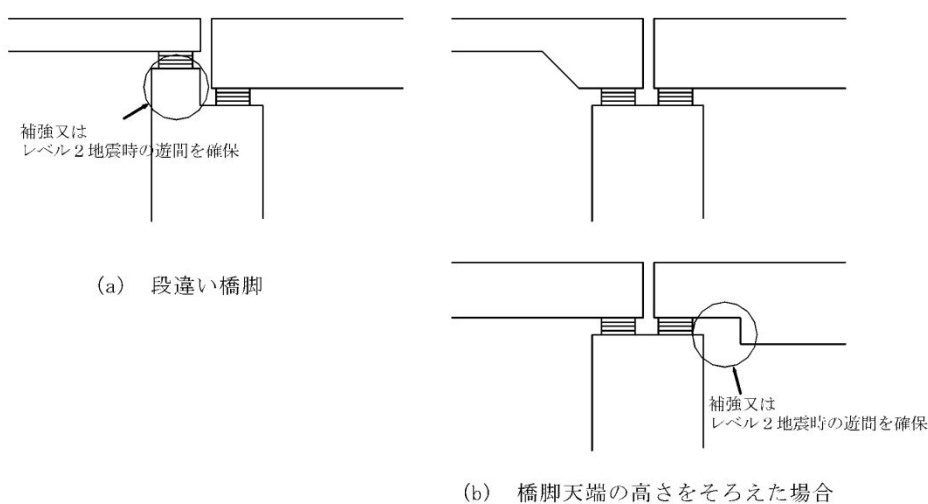


図 10.2.1 段違い部を有する橋脚への対策

1 1 章 落橋防止システム

11.1 一般

(1) 落橋防止システムは、道示V 13.3の規定に従うこととし、以下の1) から3) の設計で考慮する方向に対して独立して働くシステムから構成されるものとする。

- 1) 橋軸方向
- 2) 橋軸直角方向
- 3) 水平面内での回転方向（以下、「回転方向」という。）

11.1.1 橋軸方向（道示V 13.3.2）

橋軸方向に対して上部構造が容易には落下しないための対策は、桁かかり長を確保するとともに、落橋防止構造を設けることにより行う。

(1) 橋軸方向に対する必要桁かかり長

橋軸方向に対する桁かかり長は、以下の1) から3) を満足するように確保する。

- 1) 必要桁かかり長は、一連の上部構造の端支点部において確保する。ただし、図 11.1.2 に示す下部構造上の視点が上部構造の橋面の水平投影面上にない場合は、当該支点部でも確保する。
- 2) 必要桁かかり長は、一連の上部構造端部から橋軸方向に確保する。
- 3) 必要桁かかり長は、道示V 13.3.5 (1) の規定により算出する。

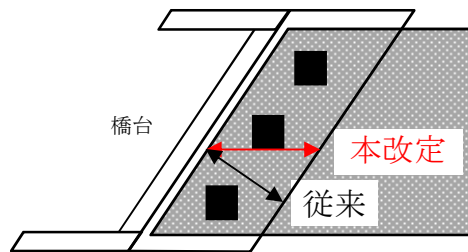


図 11.1.1 橋軸方向の必要桁かかり長

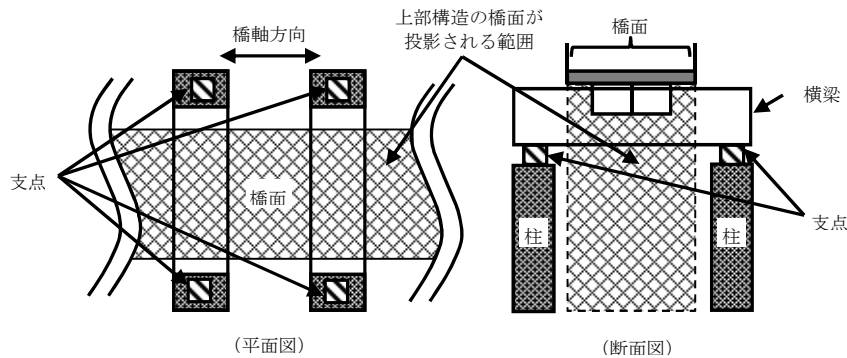


図 11.1.2 下部構造上の支点が上部構造の橋面の水平投影面上にない構造の例

(2) 橋軸方向に対する落橋防止構造

落橋防止構造は、道示V 13.3.6に規定する構造を、以下の1) から3) により設置する。

- 1) 落橋防止構造は、一連の上部構造を支持する支点部のうち、必要桁かかり長を確保した支点部に設置する。
- 2) 落橋防止構造は、上部構造がこれを支持する下部構造から橋軸方向に対する桁かかり長を超えて逸脱することのない範囲で機能するように設置する。
- 3) 落橋防止構造を橋軸方向に対する桁かかり長の0.75倍以下の範囲で機能するように設置する場合には、2) を満足するとみなしてよい。

(3) 落橋防止構造の省略規定

橋軸方向に対して、両端が橋台に支持された一連の上部構造を有する橋で、以下の1) から3) を満足する場合には、(2) によらず、パラペットと橋台背面土が協働して落橋防止構造と同等の役割を果たすとみなしてよい。

- 1) 道示IV 7.4.4 に規定するパラペットを有し、かつ、橋台背面土圧に対して抵抗するように設計された橋台であること。ただし、橋脚と同様の振動特性を有する橋台は除く。
- 2) 上部構造が、一方の上部構造端部における橋軸方向に変位したと仮定したときに、他端部に位置する橋台パラペットで拘束される状態になること。
- 3) 2) の状態となるときに、上部構造端部が下部構造上に留まっていること。

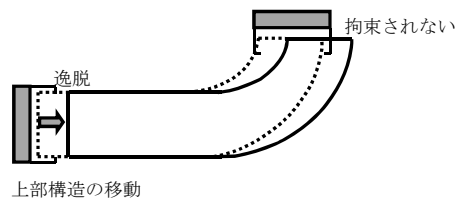


図 11.1.3 橋軸方向の上部構造の変位が拘束されない橋の例

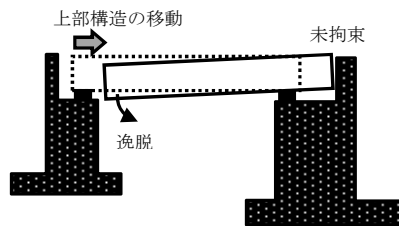


図 11.1.4 上部構造端部における遊間量が桁かかり長より大きい橋の例

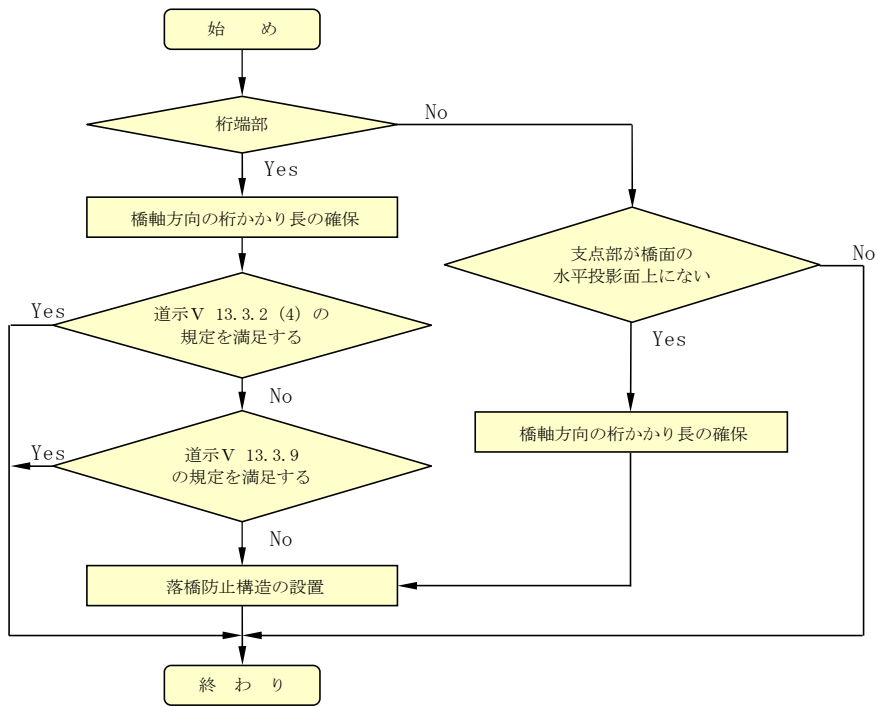


図 11.1.5 橋軸方向の落橋対策フロー

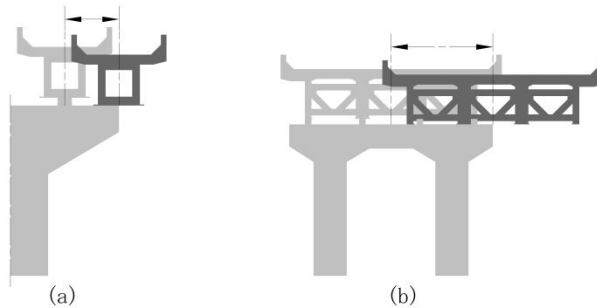
11.1.2 橋軸直角方向（道示V 13.3.3）

橋軸直角方向に対して上部構造が容易に落下しないための対策は、桁かかり長を確保することにより行う。

(1) 橋軸直角方向に対する必要桁かかり長

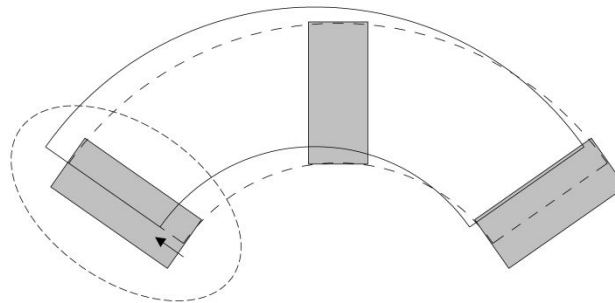
橋軸直角方向に対する桁かかり長は、以下の 1) から 3) を満足するように確保する。

- 1) 必要桁かかり長は、一連の上部構造の全ての支点部において確保する。
- 2) 必要桁かかり長は、橋軸直角方向に確保する。
- 3) 必要桁かかり長は、上部構造が下部構造に対して相対的に橋軸直角方向に道示V 13.3.5(1)の規定により算出した長さ分だけ移動した場合に、安定して下部構造上に留まることのできる長さとする。ただし、道示V 13.3.5(1)の規定により算出した必要桁かかり長が一連の上部構造の両端部で異なる場合は、いずれか長い方を用いる。



※矢印部分の長さが橋軸方向の桁かかり長相当分の相対変位より小さい場合は安定した状態で残存しなくなると判断

図 11.1.6 橋軸直角方向に上下部構造間の相対変位が生じた際に安定した状態で残存しない場合の例



(左端の下部構造位置で検討する場合)

図 11.1.7 曲線橋の橋軸直角方向の桁かかり長の考え方

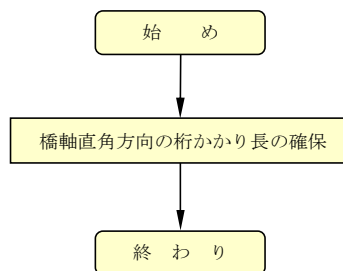


図 11.1.8 橋軸直角方向の落橋対策フロー

11.1.3 回転方向 (道示V 13.3.4)

回転方向に対して上部構造が容易には落下しないための対策は、一連の上部構造の水平面内での回転挙動を想定した場合に、これに隣接する上部構造、橋脚の段違い部または橋台パラペットで挙動が拘束されないときに行うものであり、桁かかり長を確保するとともに、横変位拘束構造を設けることにより行う。一連の上部構造が回転できる条件は、式 (11.1.1)、(11.1.2) から簡便に判定できる。

①斜橋が回転できる条件

$$\sin 2\theta / 2 > b / L \quad \text{式 (11.1.1)}$$

②曲線橋が回転できる条件

$$\cos \theta' > b / L \quad \text{式 (11.1.2)}$$

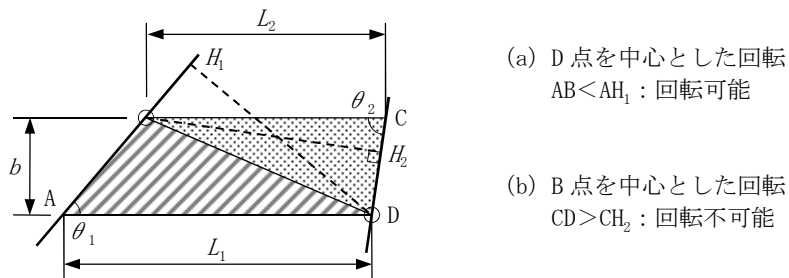


図 11.1.9 隣接する上部構造や橋台等の拘束を受けずに斜橋が回転できる条件

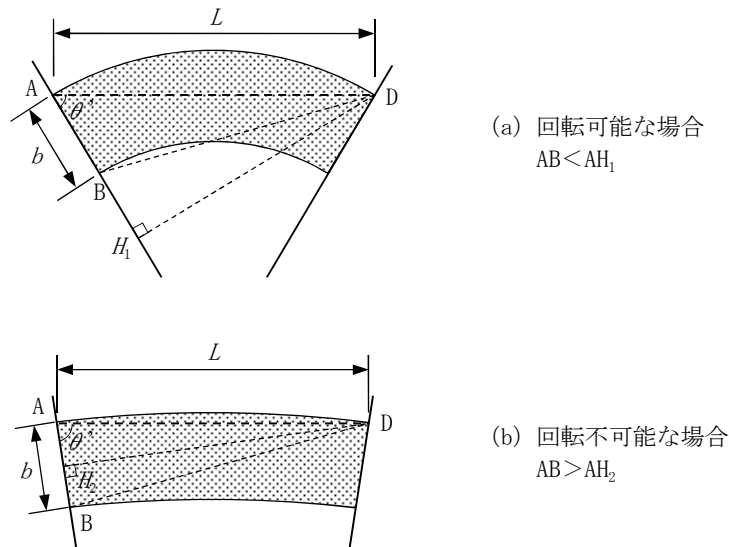


図 11.1.10 隣接する上部構造や橋台等の拘束を受けずに曲線橋が回転できる条件

(1) 回転方向に対する必要桁かかり長

回転方向に対する桁かかり長は、以下の 1) から 3) を満足するように確保する。

- 1) 必要桁かかり長は、一連の上部構造の端支点部において確保する。
- 2) 必要桁かかり長は、一連の上部構造端部から当該端支点部の支承線に直角な方向に確保する。
- 3) 必要桁かかり長は、道示V 13.3.5 (2) の規定により算出する。

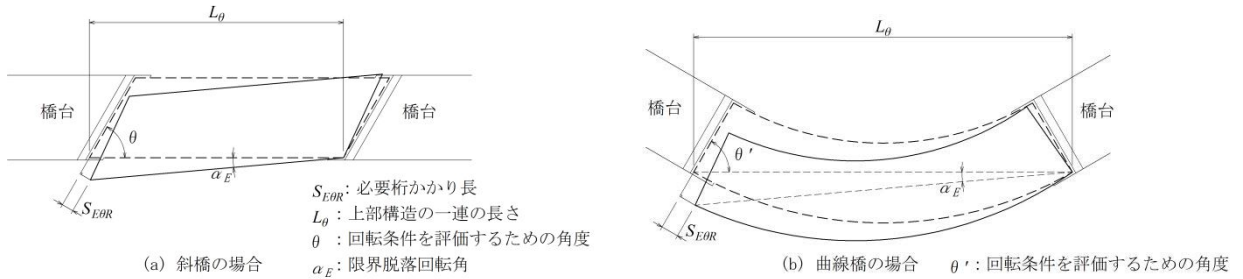


図 11.1.11 斜橋および曲線橋の必要桁かかり長

(2) 回転方向に対する横変位拘束構造

横変位拘束構造は、道示V 13.3.7の規定による構造を、以下の 1) 及び 2) により設置する。

- 1) 横変位拘束構造は、上部構造の回転を拘束する位置に設置する。
- 2) 横変位拘束構造は、上部構造がこれを支持する下部構造から回転方向に対する桁かかり長を超えて逸脱することのない範囲で機能するように設置する。

回転変位が大きくなならないうちに機能させること等を考慮して、レベル2地震動を考慮する設計状況で生じる橋軸直角方向に対する最大応答変位を超えてほどなく機能するような位置に設置することを標準とする。

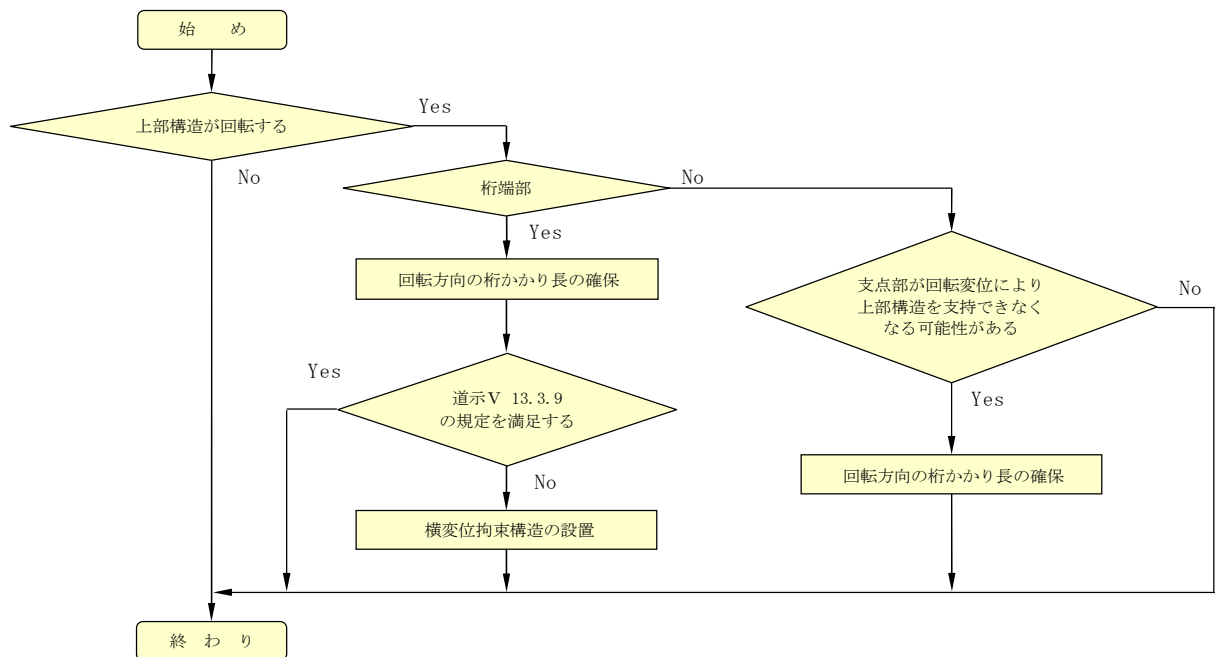
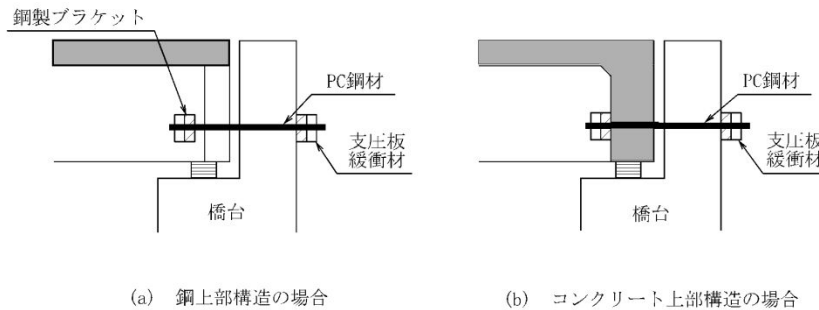


図 11.1.12 回転方向の落橋対策フロー

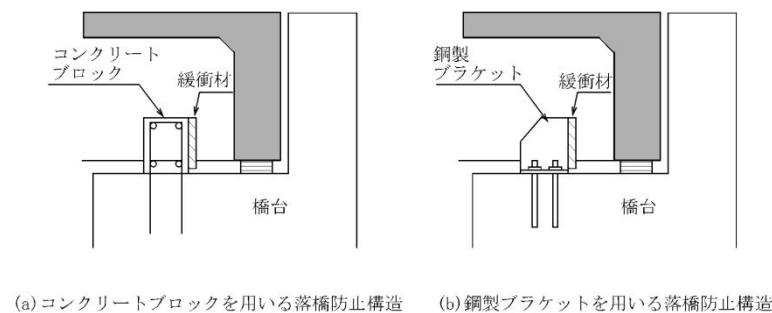
11.2 落橋防止構造

- (1) 橋軸方向に対しては、橋の形式、地盤条件に応じて、上部構造の端支点を支持する下部構造において、「道示V 13.3.6」に規定する落橋防止構造を適切な箇所に設置する。
- (2) 落橋防止構造は桁かかり長を補完するもので、支承が破壊し、上下部構造間に大きな相対変位が橋軸方向に生じた場合に、桁端部が桁かかり長に達する前に機能し、上部構造の端部が下部構造の頂部から逸脱することを防止することを期待する構造である。
- (3) 落橋防止構造の設計は、桁かかり長を超えない範囲で必要な強度を発揮し、かつ、落橋防止構造に作用する水平力に対して弾性域に留まるようにする。(道示V 13.3.6 (2))
- (4) 落橋防止構造は、原則として以下に示す構造を用いる。落橋防止構造は、隣接桁との重量比及び固有周期の比の他に、落橋防止構造とその取付け部の維持管理の確実性と容易さを考慮して選定する。(参考資料編参照)

①上部構造と下部構造を連結する構造



②上部構造および下部構造に突起を設ける構造



③2連の上部構造を相互に連結する構造

2連の上部構造を相互に連結する構造は、隣接する上部構造との重量比が2倍以上または隣接する振動単位系の固有周期の比が1.5倍以上の場合には適用不可であり、その場合には上部構造および下部構造に突起を設ける構造とする。

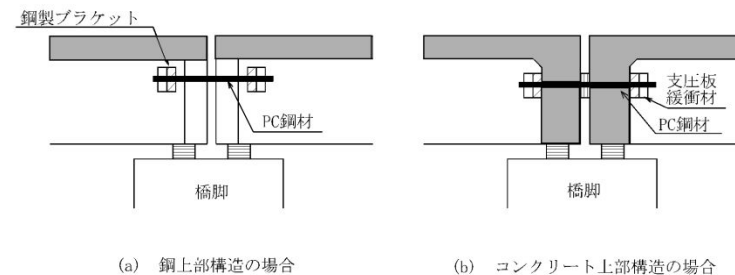


図 11.2.1 落橋防止構造の例

11.3 横変位拘束構造

- (1) 回転方向に対しては、本編 11.1(4)に規定する上部構造の回転方向への移動により落橋する可能性のある橋に対しては、「道示V 13.3.7 横変位拘束構造」に規定する横変位拘束構造を適切な箇所を設置する。
- (2) 横変位拘束構造は、上部構造の回転を拘束する位置に設置する。(道示V 13.3.4 (4) 1))
- (3) 横変位拘束構造は、上部構造がこれを支持する下部構造から回転方向に対する桁かかり長を越えて逸脱することのない範囲で機能するように設置する。(道示V 13.3.4 (4) 2))
- (4) 横変位拘束構造の設計は、桁かかり長を越えない範囲で必要な強度を発揮し、かつ横変位拘束構造に作用する水平力に対して弾性域に留まるようにする。(道示V 13.3.7 (2))

11.4 構造細目 (道示V 13.3.8)

- (1) 落橋防止構造及び横変位拘束構造は、支承部の移動、回転等の機能を損なわない構造とする。
- (2) 落橋防止構造及び横変位拘束構造は、設計で対象とする方向以外への上部構造の移動にも追随し、また、衝撃的な力を緩和できる構造とする。
- (3) 落橋防止構造及び横変位拘束構造の取付部及びこれらが取り付く上下部構造の部位には、応力集中が生じにくい構造を採用する。また、落橋防止構造または横変位拘束構造は、これが確実に機能する箇所に設置する。
- (4) 落橋防止構造及び横変位拘束構造は、支承部の維持管理の障害とならない構造とする。落橋防止構造及び横変位拘束構造は支承部付近に設けるものが多いため、支承部の点検や補修等の維持管理の障害とならない構造とするのが望ましい。特に上部構造又は下部構造に突起を設ける構造や、上部構造と下部構造を連結する構造を採用する場合には、支承部や伸縮装置の点検等の維持管理に支障とならないように設置する必要がある。
- (5) 塵埃、滞水等による上下部接続部および上下部構造の腐食等を生じさせにくい構造および配置とする。
(道示V 13.3.8 4))

11.5 段差防止構造 (県独自)

- (1) 段差防止構造は、支承が破損した場合でも上部構造を適切な高さに支持できる構造とする。
- (2) 段差防止構造は、支承高が大きい(40 cm以上)鋼製支承を用いる場合には設置することが望ましい。
- (3) 具体的には、予備のゴム支承を設けたり、コンクリート構造等による台座を設ける構造とする。

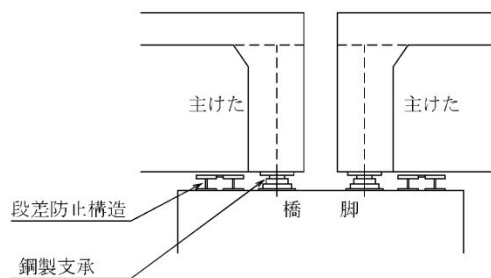


図 11.5.1 段差防止構造例

11.6 落橋防止構造および横変位拘束構造の設置の例外

上部構造が容易には落下しないと考えられる構造条件として、以下に該当する場合には、「道示V 13.3.2 から 13.3.4」の規定のうち必要桁かかり長のみを確保すればよい。(道示V 13.3.9)

(1) 橋軸方向に対して両端が橋台に支持された一連の上部構造を有する橋で、以下の①から③を満足する場合には、パラペットと橋台背面土が協働して落橋防止構造と同等の役割を果たすとみなしてよい。

①「道示IV 7.4.4」に規定するパラペットを有し、かつ、橋台背面土圧に対して抵抗するように設計された橋台であること。ただし、橋脚と同様の振動特性を有する橋台は除く。

②上部構造が、一方の上部構造端部における橋軸方向に変位したと仮定したときに、他端部に位置する橋台パラペットで拘束される状態になること。

ただし、両端が橋台であっても、上部構造の平面形状や橋台の位置関係によっては上部構造の応答が拘束されない以下の構造の場合には、橋台パラペットに接触する条件か否か等の判定を行い、橋台パラペットで拘束される状態を確認することとする。

③上記②の状態となるときに、上部構造端部が下部構造上に留まっていること。

(2) 橋軸方向に4基以上の下部構造において剛結、弾性支持もしくは固定支持またはこれらの併用からなる一連の上部構造を有する橋

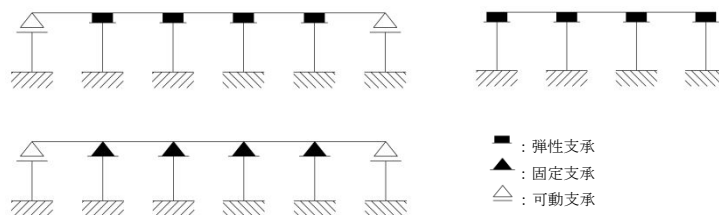


図 11.6.1 橋軸方向に4基以上の下部構造において弾性支持または固定支持される一連の上部構造を有する条件の例

(3) 2基以上の下部構造が剛結される上部構造を有するラーメン橋



図 11.6.2 2基以上の下部構造が剛結される上部構造を有するラーメン橋の例