

耐震補強の事業概要

2019年 8月初回
2021年11月更新



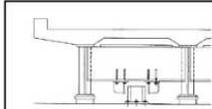
◆耐震補強の事業概要 防災・減災の強化に向けた更なる耐震補強の実施

◆高速道路や直轄国道について、災害時の救急救命活動や復旧支援活動を支えるため、緊急輸送道路上の橋梁について、耐震補強（大規模な地震時でも軽微な損傷に留まり、速やかな機能回復が可能となる対策）を推進しています。

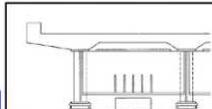
速やかな機能回復が可能な性能を目指す対策 (耐震性能2)※1

【対策内容】

- 落橋防止構造等
- 橋脚全体の補強
- 支承部の補強
 - ・支承の交換
 - ・水平力を分担する構造
 - ・段差防止構造



水平力を分担する構造



段差防止構造

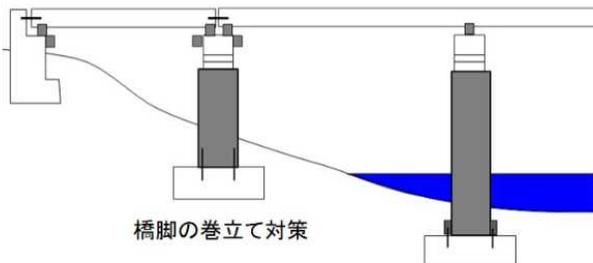
- ・落橋防止構造
- ・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※2)

- ・落橋防止構造
- ・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※2)

- ・支承部の補強※3

- ・支承部の補強※3

- ・支承部の補強※3



橋脚の巻立て対策

橋脚の巻立て対策

落橋・倒壊を防止する対策(耐震性能3)※1

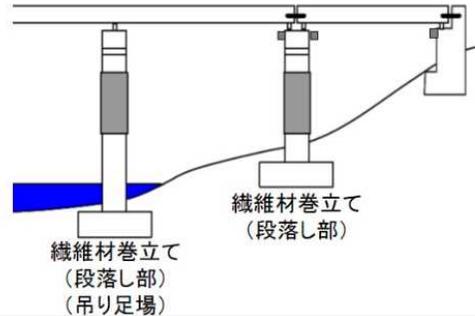
【対策内容】

- 落橋防止構造等
- 橋脚段落し部の補強

落橋対策

- ・落橋防止構造
- ・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※2)

- ・落橋防止構造
- ・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※2)



繊維材巻立て
(段落し部)
(吊り足場)

繊維材巻立て
(段落し部)

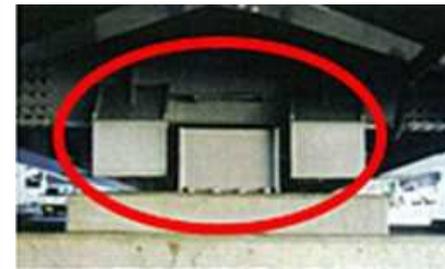
▼落橋防止構造の事例



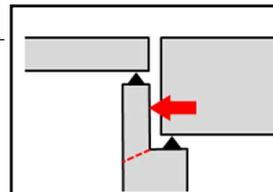
▼橋脚補強の事例



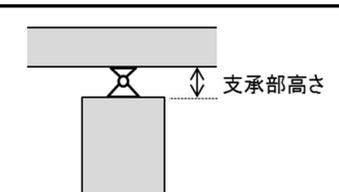
▼支承部の補強例



◆主な対象となる橋梁



桁高が異なる
掛違い橋脚を有する橋



支承部高さが高い橋

◆耐震補強の事業概要

耐震補強の対象

区分	現状の性能	対策の位置づけ	備考
ロッキング橋脚を有する橋	「従前の耐震性能2」が確保できていない	耐震性の向上	落橋・倒壊を防ぐ対策 対策済
その他の形式の橋			主に「S55～H7の基準」で建設された橋
	「従前の耐震性能2」を確保済み	緊急輸送路の確保 (支承逸脱防止)	主に「S54以前の基準」で建設された橋
		追加対策 (可動橋脚の補強など)	

※従前の耐震性能2：

兵庫県南部地震以降、復旧仕様、平成8年道示または平成14年道示により橋脚補強を行い、加えて桁かかり長を確保している橋が保有する性能。

◆耐震補強の事業概要

耐震事業の範囲



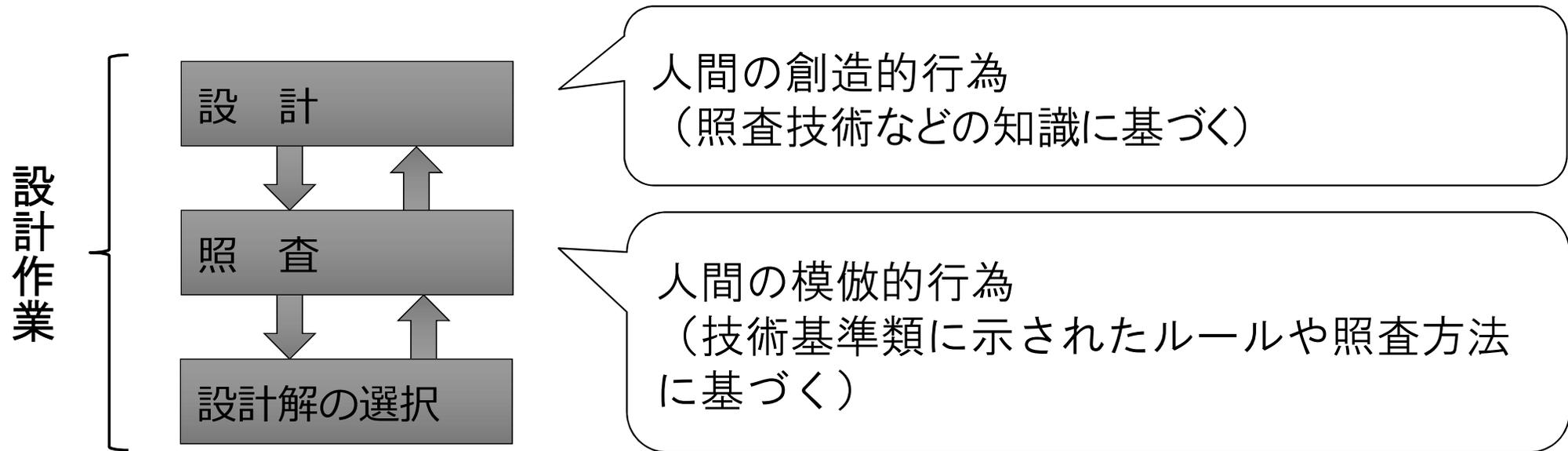
耐震補強設計のポイント

2019年8月
2020年2月更新



- ✓ 設計とは ……P1
- ✓ 耐震補強設計とは ……P2
- ✓ 新設橋の設計で目標とする耐震性能 ……P3
- ✓ 既設橋の耐震補強設計で目標とする耐震性能 ……P4
- ✓ 耐震補強の対象 ……P9
- ✓ 耐震補強設計のポイント ……P11
- ✓ 耐震補強設計の効率的な進め方 ……P20

近年の性能照査型設計体系において...



設計: 構造物の形式や形状を具現化する行為。

照査: ディテールが決まった後の構造物に対する作用に対して応答値と許容値を比較して設計の妥当性を示す。

すなわち、耐震補強設計とは

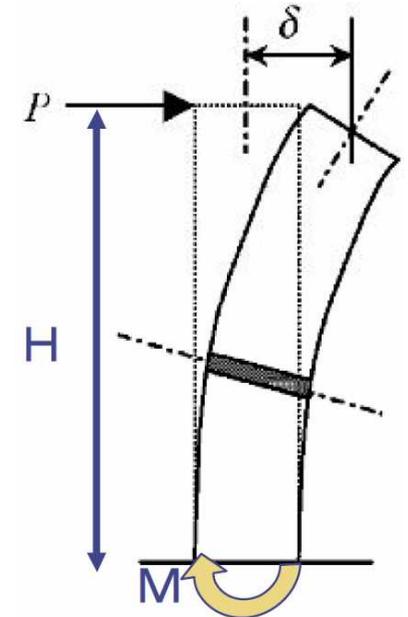
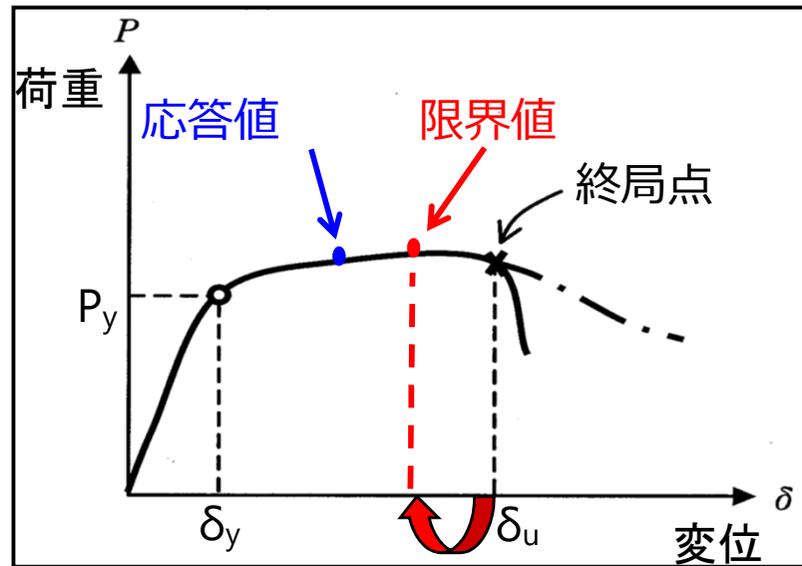
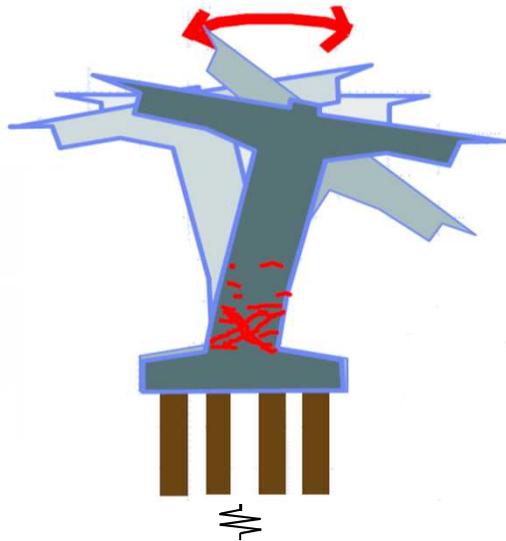
応答値
(Demand)

<
照査

限界値
(Capacity)

作用として地震時荷重を考慮

耐震設計の要求性能を満足する限界値



終局に対して一定の安全率

設計地震動



新設橋の設計で目標とする耐震性能

表 1. 平成14年道示および平成24年道示 V 耐震設計の観点

橋の耐震性能	耐震設計上の <u>安全性</u>	耐震設計上の <u>供用性</u>	耐震設計上の <u>修復性</u>	
			短期的 <u>修復性</u>	長期的 <u>修復性</u>
<u>耐震性能1:</u> 地震によって橋としての健全性を損なわない性能	落橋に対する安全性を確保する	地震前と同じ橋としての機能を確保する	機能回復のための修復を必要としない	軽微な修復でよい
<u>耐震性能2:</u> 地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能	落橋に対する安全性を確保する	地震後橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための復旧が応急復旧で対応できる	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である
<u>耐震性能3:</u> 地震による損傷が橋として致命的とならない性能	落橋に対する安全性を確保する	—	—	—

耐震補強設計で目標とする耐震性能①

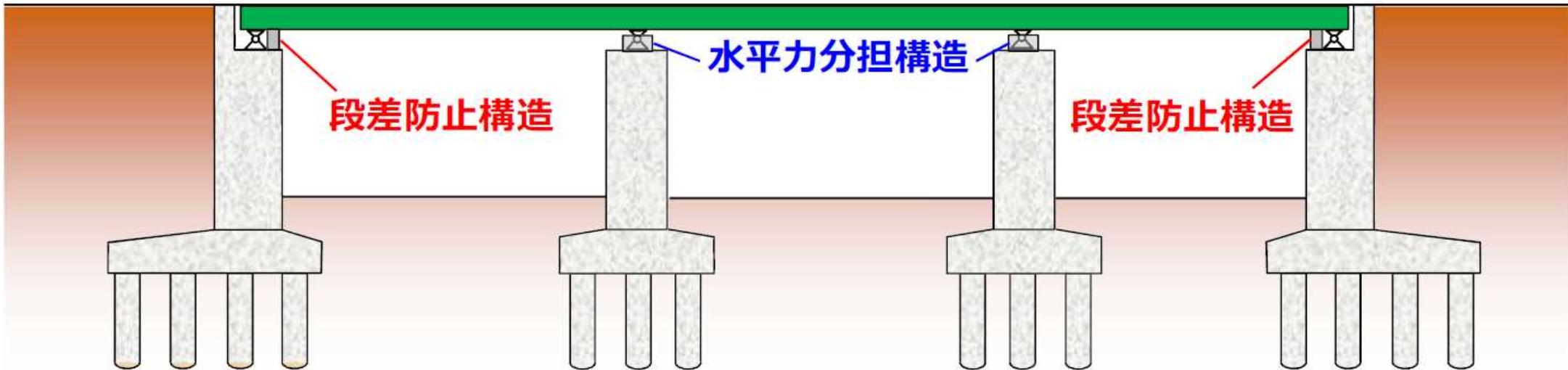
表2.耐震補強において目標とする橋の耐震性能のレベルの例とこれらに対する耐震性能の観点
【H24.12.18 国土交通省道路局事務連絡】

橋の耐震性能	耐震設計上の <u>安全性</u>	耐震設計上の <u>供用性</u>	耐震設計上の <u>修復性</u>	
			短期的 <u>修復性</u>	長期的 <u>修復性</u>
レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能回復が速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	H14・H24道示Vの耐震性能2の観点と同じ 仮に、「 <u>耐震性能2(a)</u> 」と呼称			
レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その <u>恒久復旧は容易ではないが</u> 、橋としての機能の回復は速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	<u>恒久復旧を行うことは可能である</u>
レベル2地震動に対して落橋等の甚大な被害が防止されるとみなせる耐震性能レベル	H14・H24道示Vの耐震性能3の観点と同じ			

- ✓ 例えば、既設支承部を活かしつつレベル2地震動に対する水平力分担構造や段差防止構造を追加設置する対策



- ✓ レベル1地震動を超える地震動が作用すると既設の支承が機能を失う可能性があるため、新設橋の「耐震性能2」と比較して恒久復旧の容易さという点で異なるが、短期的修復性の観点では同等の性能レベルと考えられる。

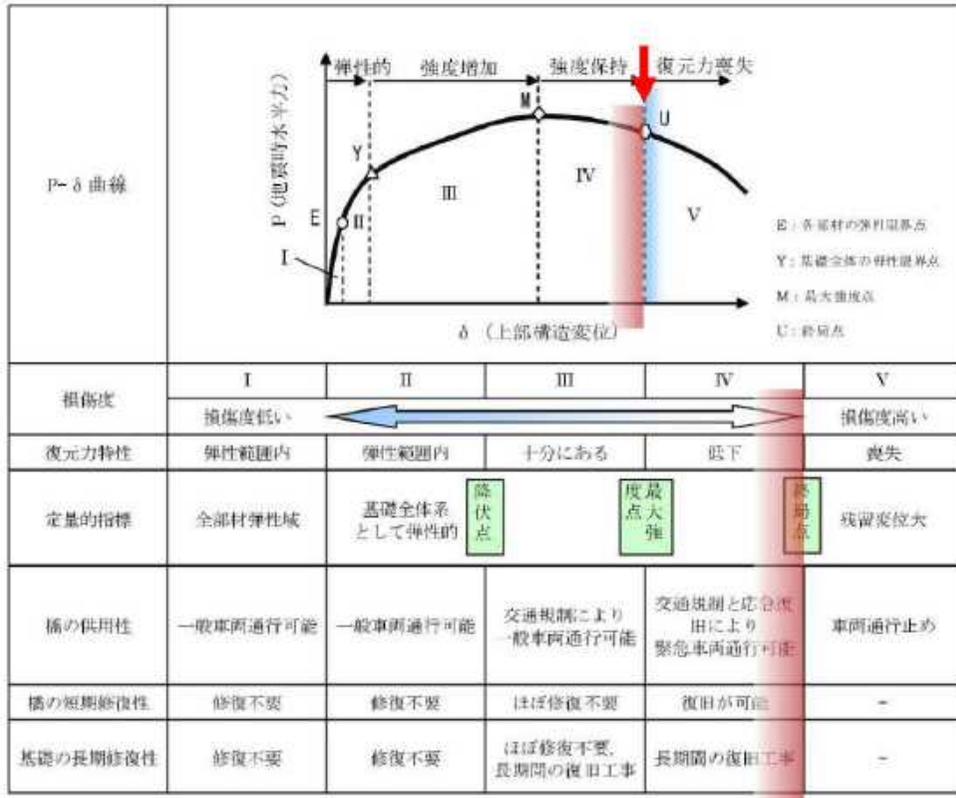
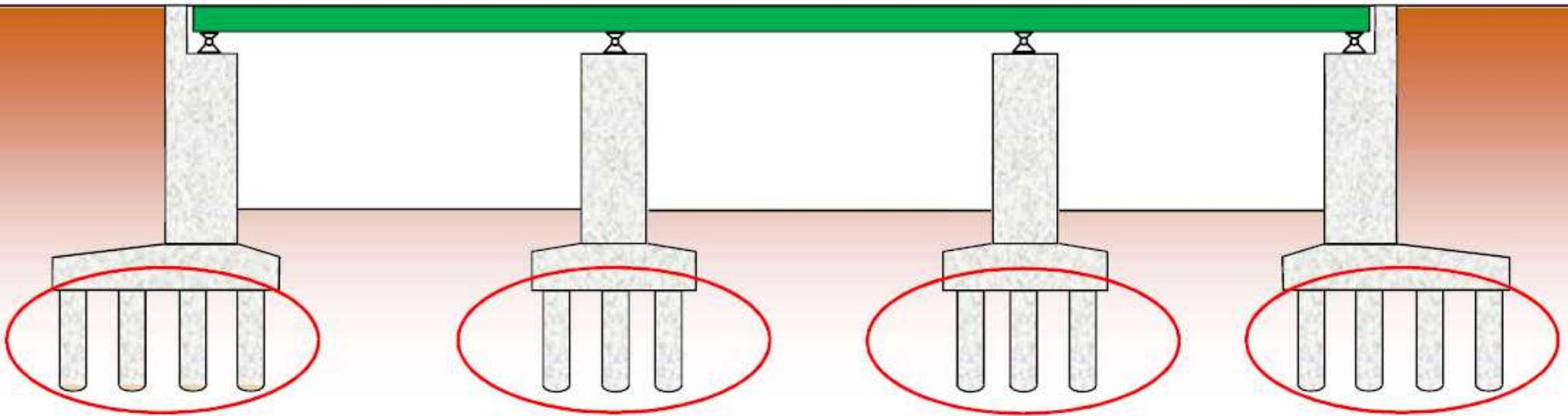


耐震補強設計で目標とする耐震性能②

表 3. 既設道路橋において求める橋の性能とその観点【H27.6.25 国土交通省道路局事務連絡】

橋の耐震性能	既設道路橋において求める観点			備考
	橋の <u>安全性</u>	橋の <u>供用性</u>	橋の <u>修復性</u>	
耐震性能1	落橋に対する安全性を確保する	地震前と同じ橋としての機能を確保する	左記の橋の機能回復措置が基本的に不要	各部材の限界状態の選択によっては、橋の機能回復のために <u>修復が必要になることもある。</u>
耐震性能2	落橋に対する安全性を確保する	少なくとも、避難路や救助・救急・医療・消火活動及び緊急物資の輸送路としての機能を確保する	左記の橋の機能回復措置を速やかに行うことができる	各部材の限界状態の選択によっては、橋の機能回復にあたって、 <u>通行の制限や別途荷重を受け直すなどの措置が必要なことや、部材の恒久復旧は容易でないこともある。</u>
耐震性能3	落橋に対する安全性を確保する	—	—	—

既設橋の耐震性能2(b)の例



✓ 例えば、基礎の耐震性能の照査において耐震性能2の限界点を終局点(U点)とし、損傷度IVまで許容。

✓耐震性能2:

地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能回復が速やかに行い得る性能。平成14年道示で定義され、平成24年道示でも踏襲されている。「既設橋の耐震性能2(a)および(b)」を含み、「従前の耐震性能2」は含まない。

✓既設橋の耐震性能2(a):

【国土交通省道路局事務連絡(平成24年12月18日)】に示される「耐震補強において目標とする橋の耐震性能のレベルの例とこれらに対する耐震性能の観点」における耐震性能2に相当する性能

✓既設橋の耐震性能2(b):

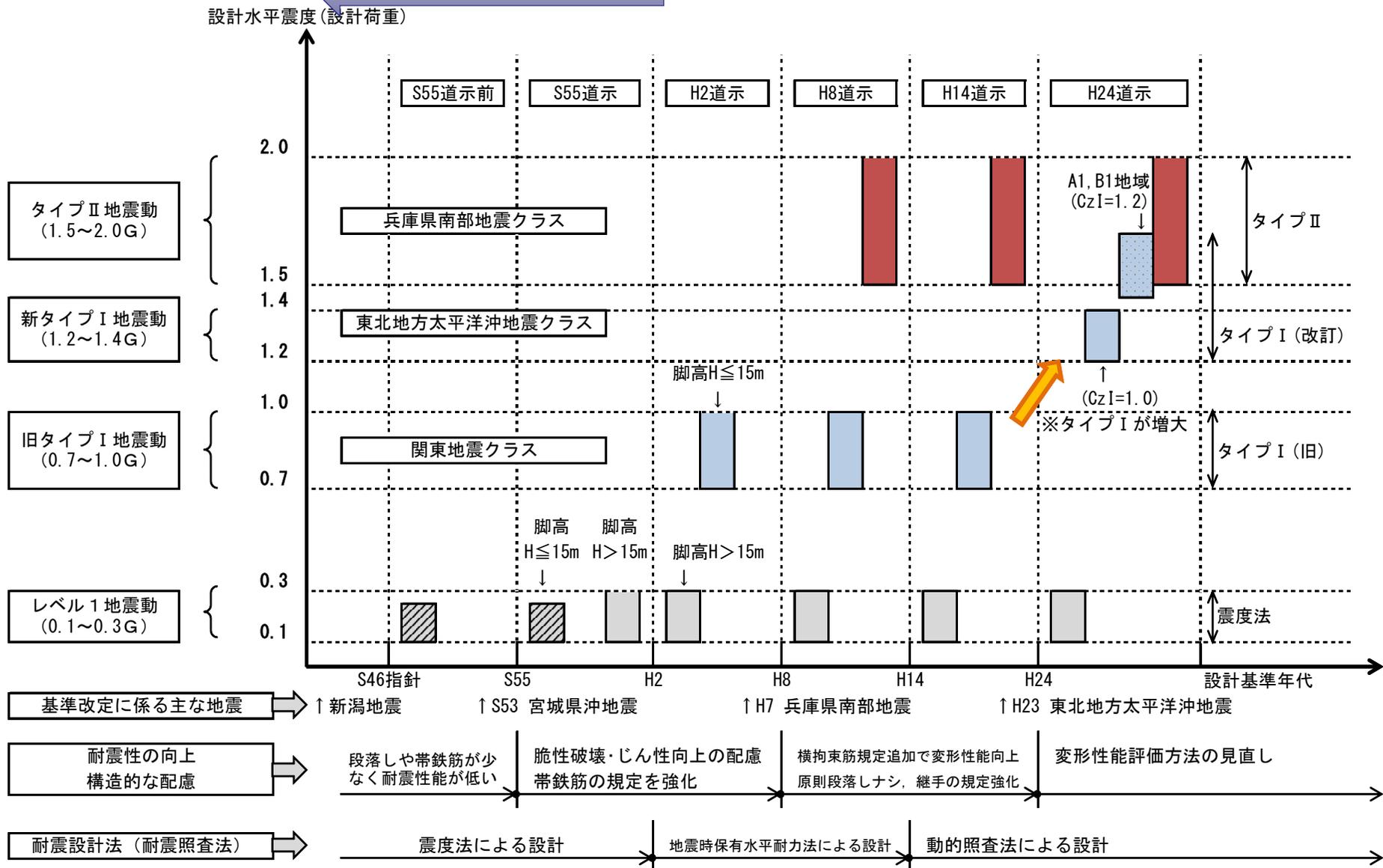
【国土交通省道路局事務連絡(平成27年6月25日)】に示される「既設道路橋において求める橋の耐震性能とその観点」における耐震性能2に相当する性能。

✓従前の耐震性能2:

兵庫県南部地震以降、復旧仕様、平成8年道示または平成14年道示により橋脚補強を行い、加えて桁かかり長を確保している橋が保有する性能。

耐震補強の対象①

耐震補強の当面の対象



■ 現在の耐震補強は、平成8年より前の基準を適用している橋梁を当面の対象。

表4. 現状の耐震性能と耐震補強の位置づけ

区分	現状の性能	対策の位置づけ	備考
ロッキング橋脚を有する橋	「従前の耐震性能2」が確保できていない	耐震性の向上	全橋対策中
その他の形式の橋			主に「S55～H7の基準」で建設された橋
	「従前の耐震性能2」を確保済み	緊急輸送路の確保 (支承逸脱防止)	主に「S54以前の基準」で建設された橋
追加対策 (可動橋脚の補強など)			

応答値・限界値の算定，要求性能など基本は，最新の道路橋示方書に基づく...

応答値
(Demand)

<
照査

限界値
(Capacity)

作用として地震時荷重を考慮

耐震設計の要求性能を満足する限界値

- ① 設計地震動は最新の道路橋示方書V編に基づく（現状はH24道示，今後見直しが必要であれば再考。）
- ② 応答値の算定は，橋全体系での動的解析により把握した上で，対策方法の検討を実施し各橋梁ごとに必要な対策を実施。ただし，可動橋脚の追加対策などの場合には静的照査法も可。

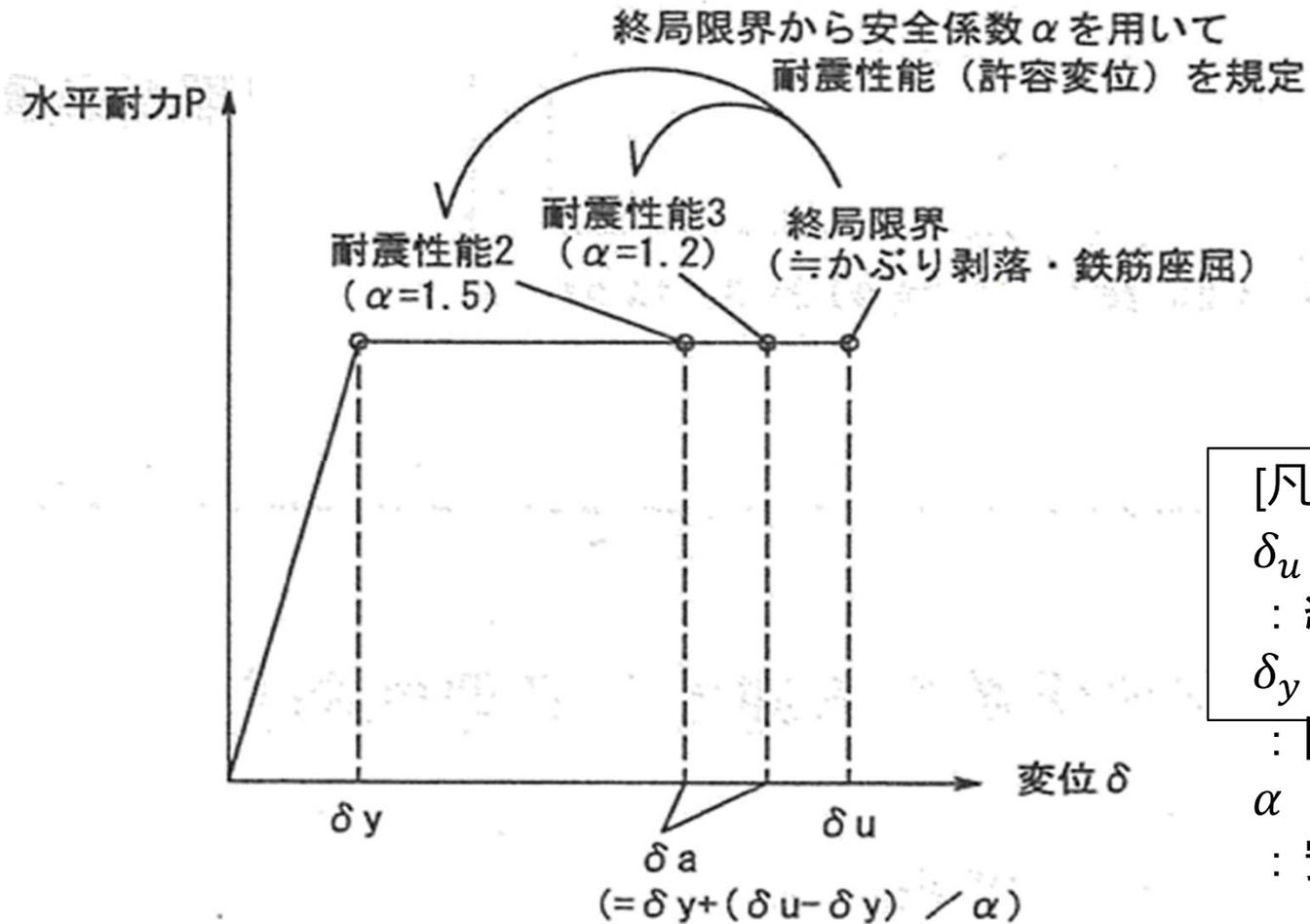
- ① 目標とする耐震性能は「既設橋の耐震性能2(b)」以上
- ② 既設RC橋脚の限界値の算定はH14道示
- ③ RC巻立補強・鋼板巻立補強の限界値の算定は道路協会参考資料H9.8（緑本）
- ④ 炭素繊維巻立補強の限界値の算定は設計要領第二集橋梁保全編H29.7

【想定される対策メニュー】

- ① 下部工補強（河川部・鉄道交差部等で仮設が大規模となる場合には段階施工を考慮($\alpha=1.0$)
- ② 支承部のレベル2地震動への対応（高さの高い支承は交換，それ以外は支承改良等に対応）
- ③ 落橋防止システムの整備（H24道示の省略規定が適用できる条件の場合には省略可）
- ④ 鋼上部工の補強（特殊橋梁や高さの高い支承を有する鋼桁橋の支点部の座屈対策）

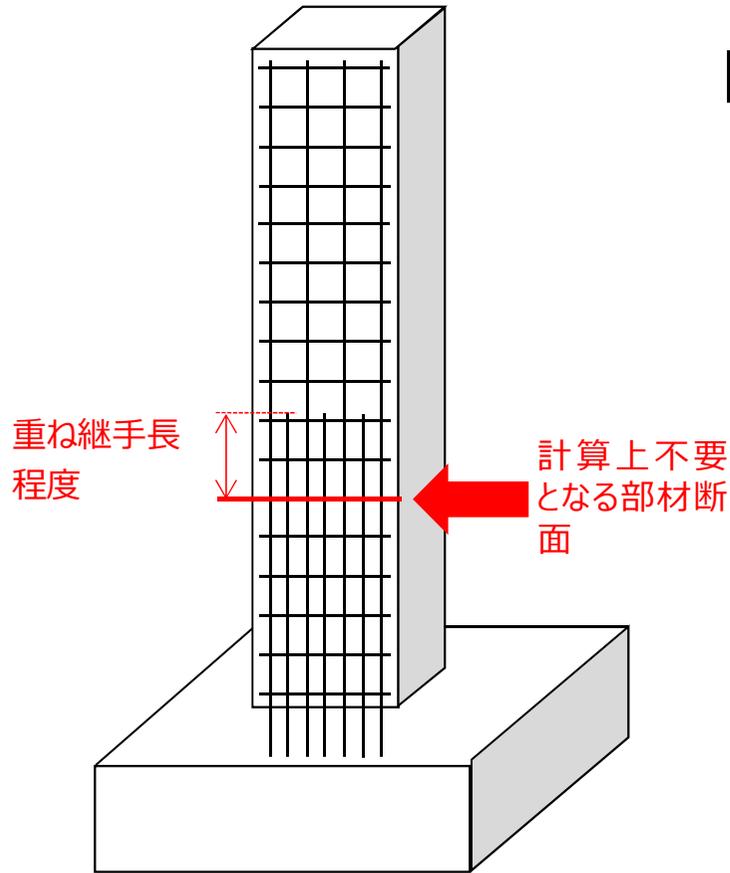
①下部工補強方針(RC橋脚の照査)

- レベル2地震動に対する応答変位が許容変位に収まるように対策を実施



①下部工補強方針(段落し部の照査)

- 段落し部での破壊が生じないように必要に応じて補強



【破壊判定】

$$\frac{M_{ty0}/h_t}{M_{By0}/h_{By}} \begin{cases} \geq 1.2: \text{ 躯体下端先行型} \\ < 1.2: \text{ 躯体段落し部先行型} \end{cases}$$

ここに, M_{ty0} : 躯体段落し断面における初降伏曲げモーメント

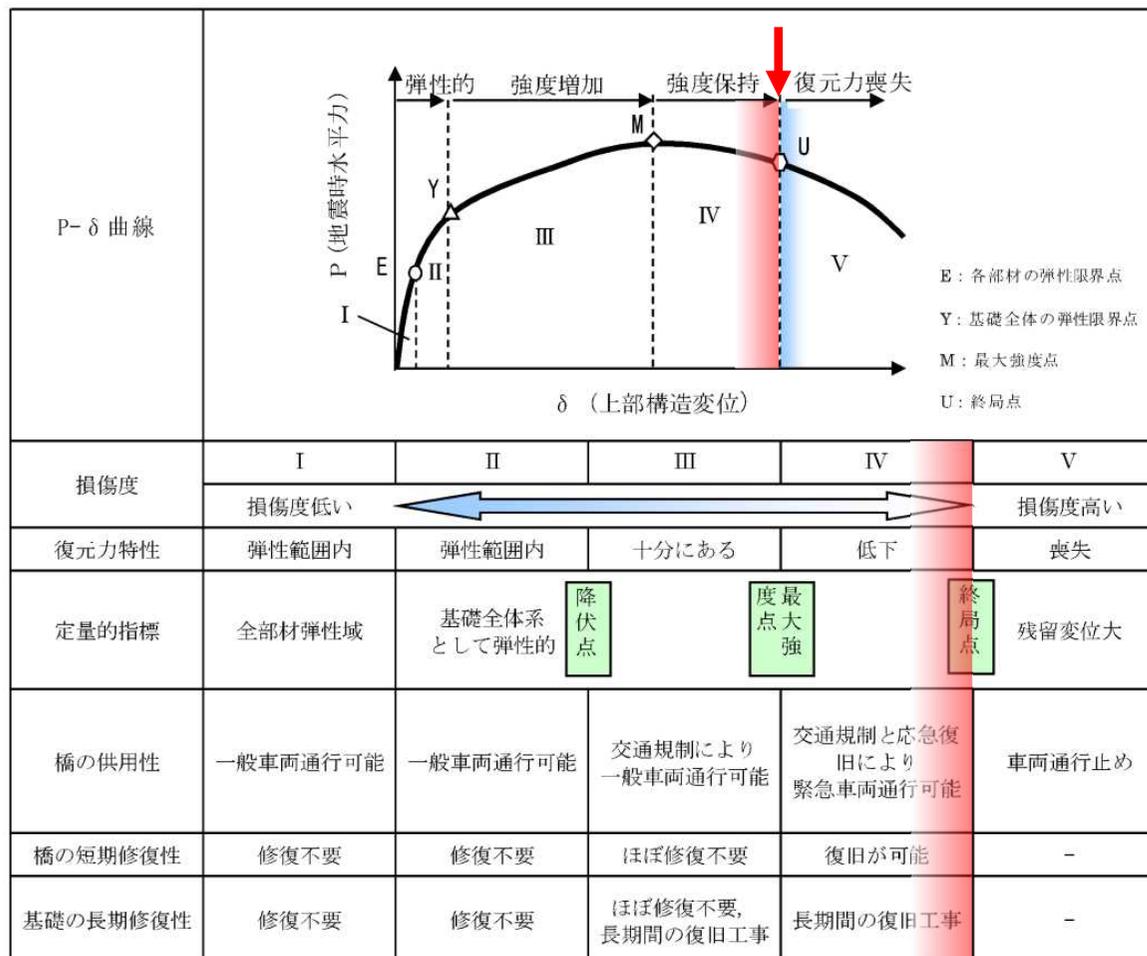
M_{By0} : 躯体下端断面における初降伏モーメント

h_t : 躯体段落し断面から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ

h_{By} : 躯体下端断面から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ

①下部工補強方針(基礎の照査)

- 橋全体系を考慮し，免制震技術等を用いて基礎の補強を可能な限り回避。
- 基礎の耐震性能の照査では，耐震性能2の限界点は終局点(U点)とし，損傷度IVまで許容。



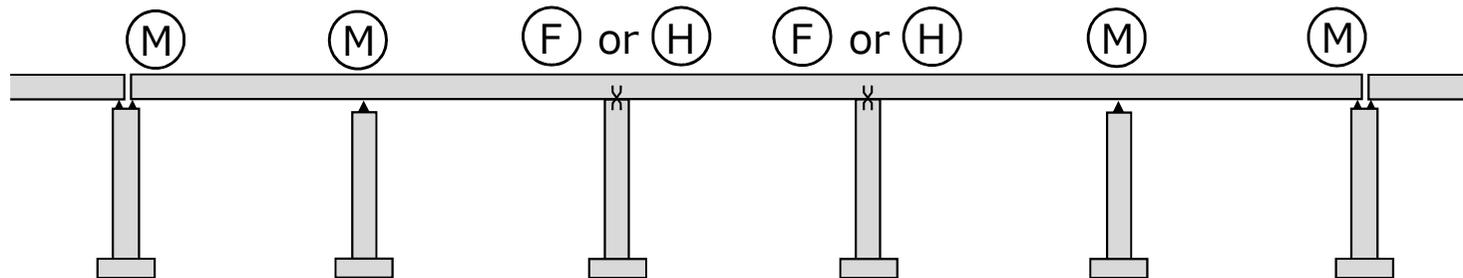
② 支承部の対策方針

- 高さの**高い**支承部（**コンクリートラーメン橋を除く**）
⇒ **ゴム支承への取替え**を基本
（既設橋の状況次第では機能分離支承や鋼製支承も可）



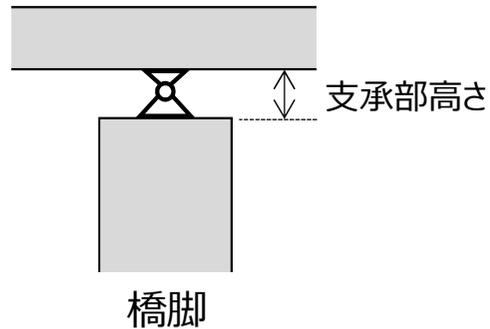
- 高さの**低い**支承部
⇒ 落橋防止システムを整備（道示Vの省略条件を適用しない）。ただし、大規模地震時に設計で想定した支承条件が保持できるような対策を別途行う。

【中空床版橋など】

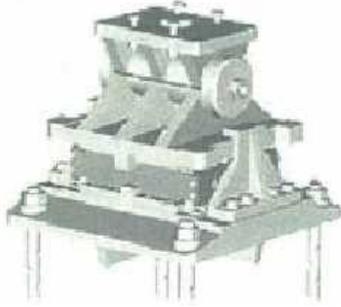
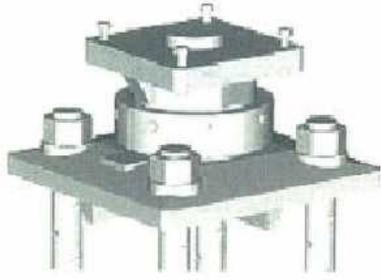
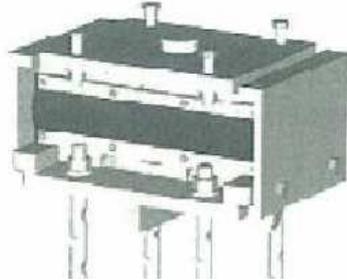
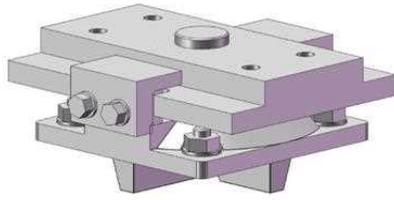
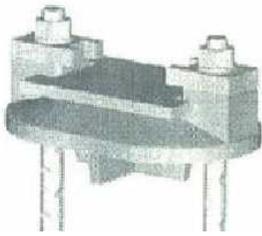


② 支承部の対策方針

【高さの高い支承の対策】

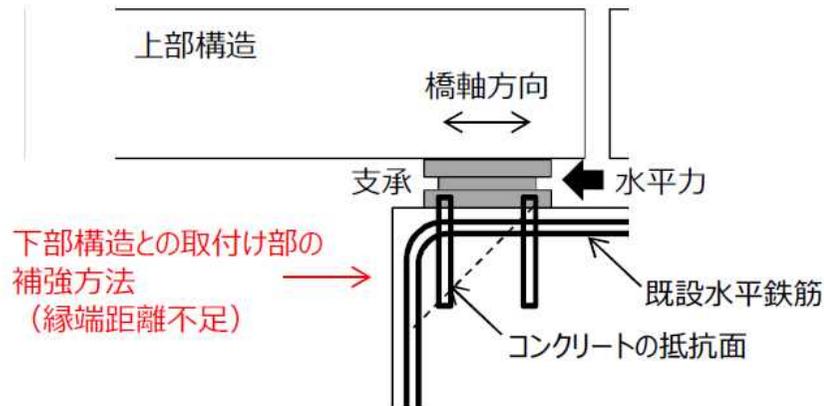


- ✓ 支承部高さの高い橋は、部材の破損・脱落、桁の逸脱等により、**路面に大きな段差**を生じる可能性がある。
- ✓ 基本的に、支承形式により判定。
- ✓ 積層型ゴム支承（免震支承等）は支承部高さが高い支承の対象から除く。

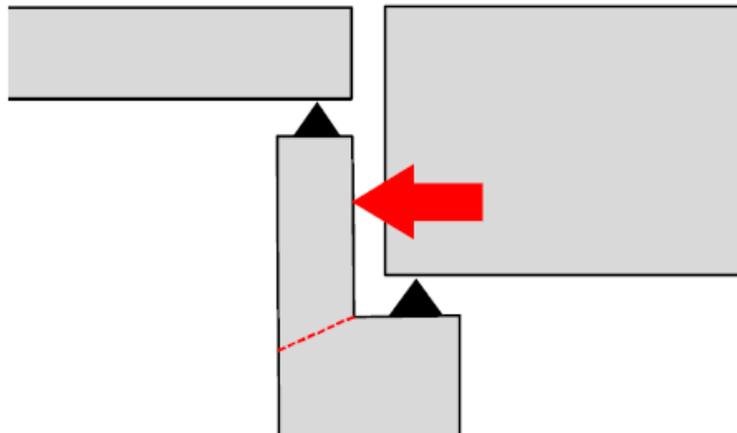
支承部高さが 高い 支承形式の例	ピン支承 	ピンローラー支承 
	ピボット支承 	一本ローラー支承 
支承部高さが 低い 支承形式の例	支承板支承 (BP) 	線支承 

- 落橋防止システムは、**橋梁形式によらず必要な対策を実施。**

【掛け違い部の例】

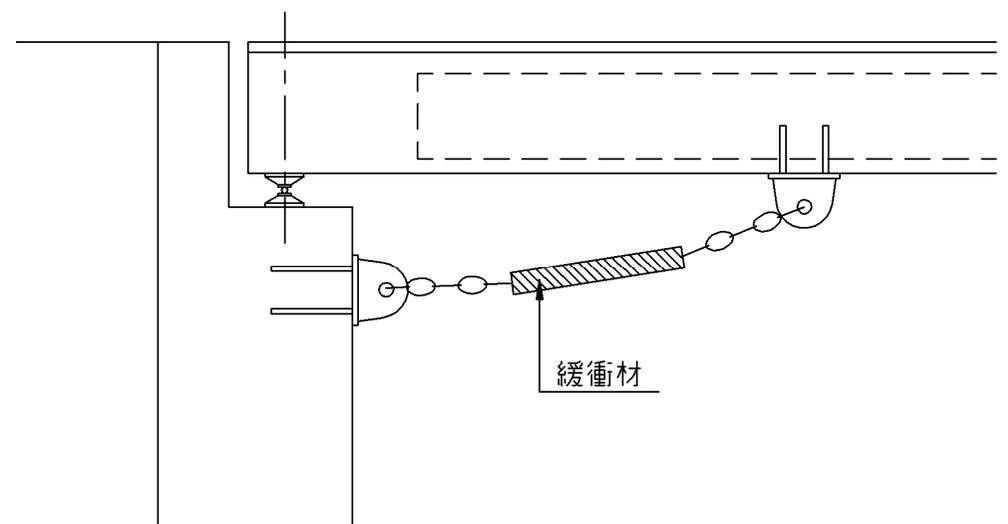
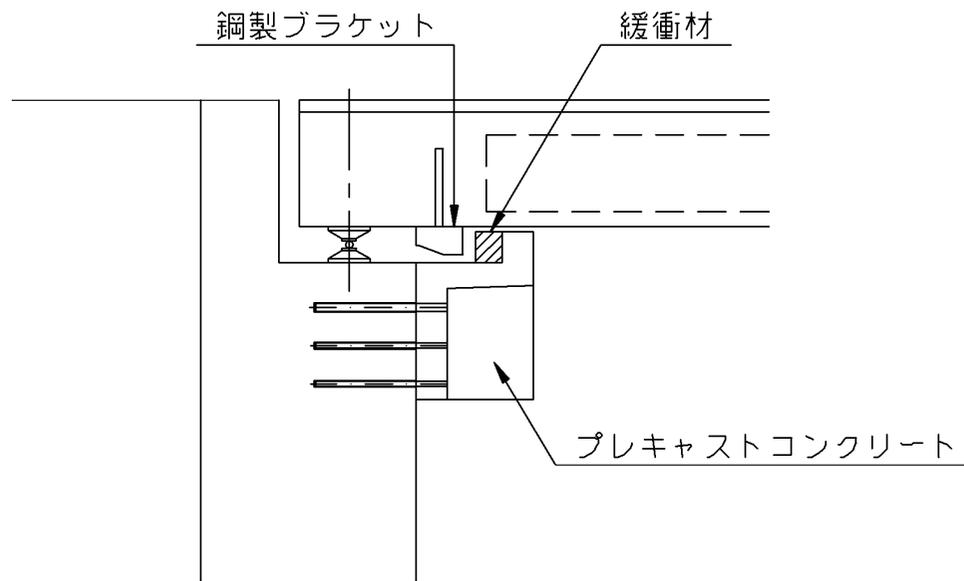


- 桁高が異なる掛け違い橋脚は、桁高が高い方の桁がパラペットに衝突することによる損傷を防止する対策を行う。



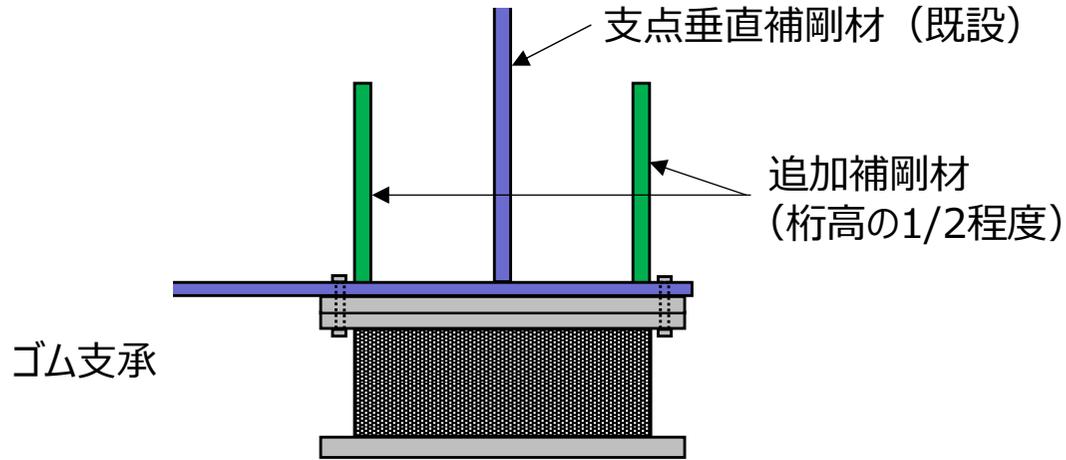
③落橋防止システムの整備方針

- 支承アンカー一部の照査を行い、支承縁端において必要な強度を確保する。
- レベル2地震動に抵抗できる支承部とした場合、H24道示V16.1(3)(4)の落橋防止構造及び横変位拘束構造の設置を省略できる条件を満足する場合は、設置を省略できる。
- 支承部の取替えおよび水平力分担構造や落橋防止構造などの追加部材を取付ける場合、取付け部及び橋脚等の取付けられる側が先に破壊しないよう照査し、必要に応じて補強。

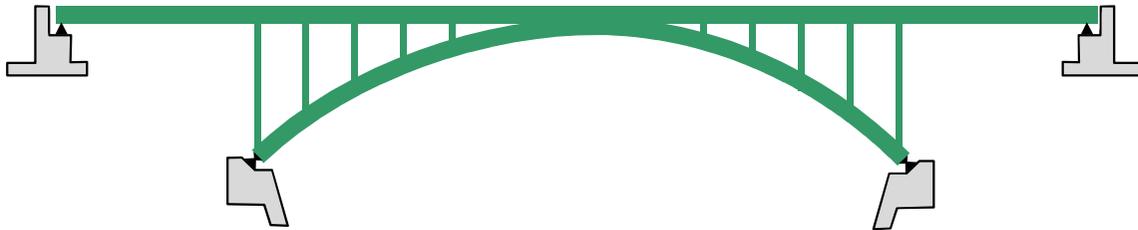


④鋼上部工の補強方針

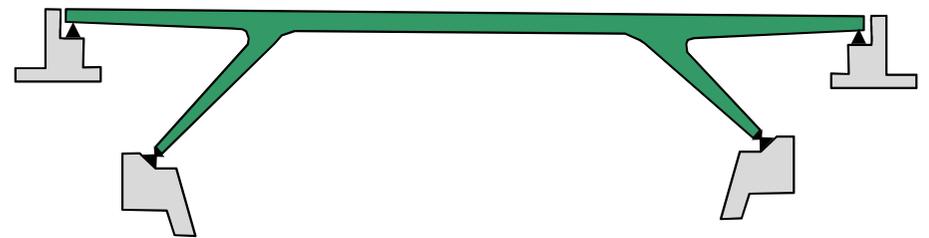
■ 鋼橋の特殊橋梁および高さの高い支承を有する鋼桁橋は、**支点部における上部構造の座屈対策**を行う。



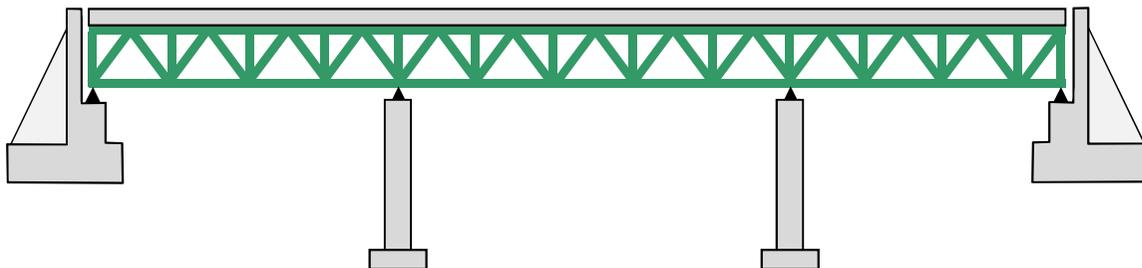
【鋼アーチ橋】



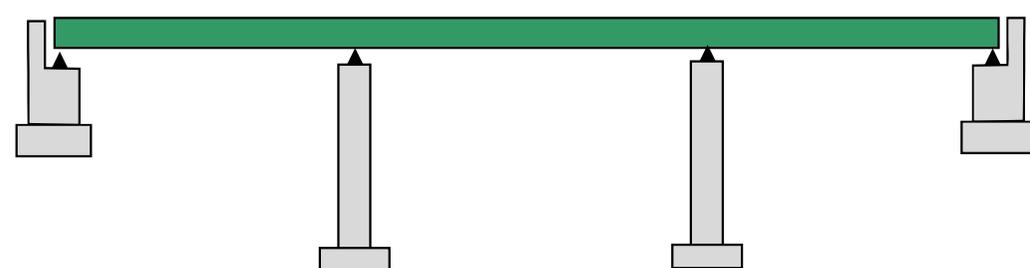
【鋼方杖ラーメン橋】



【鋼トラス橋】



【高さの高い支承を有する鋼桁橋】



【現状】

更なる耐震補強の設計については、設計要領及び前述した耐震補強の考え方に基づき進めていたところであるが、支承設計における非線形動解析を用いた繰返し検討や基礎補強設計に関する効率化・省力化が求められていた。

路線全体として早期に耐震性能を向上させるために
以下の照査項目に関する見直しを実施。

- ✓ 橋脚の補強方法の見直し
- ✓ 基礎の照査方法
- ✓ 支承の設計方法

これらの見直しにより、設計が大幅に効率化される

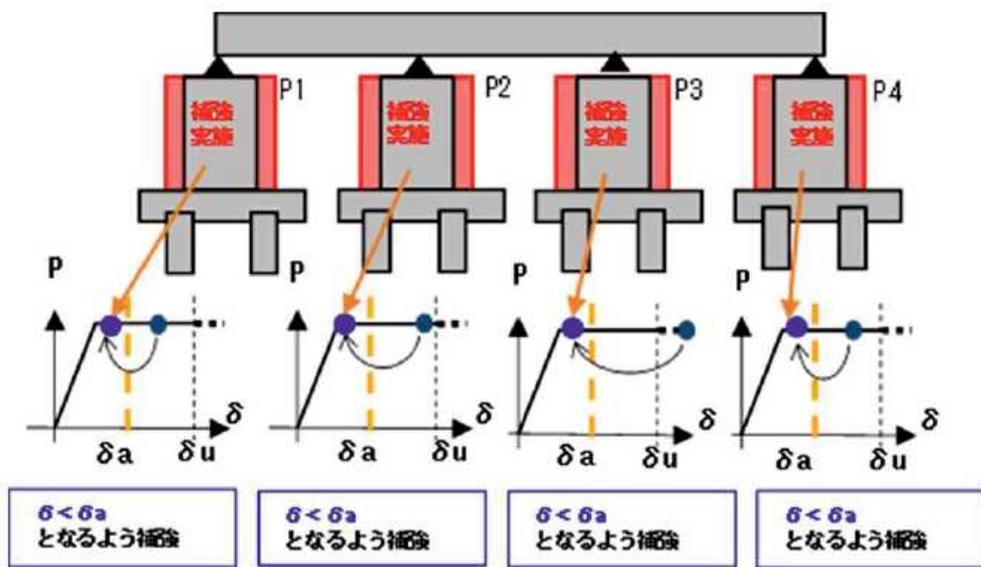
具体的な見直し内容については、対象橋梁毎に異なるため
発注公告資料を確認してください。

①橋脚の補強方法の見直し

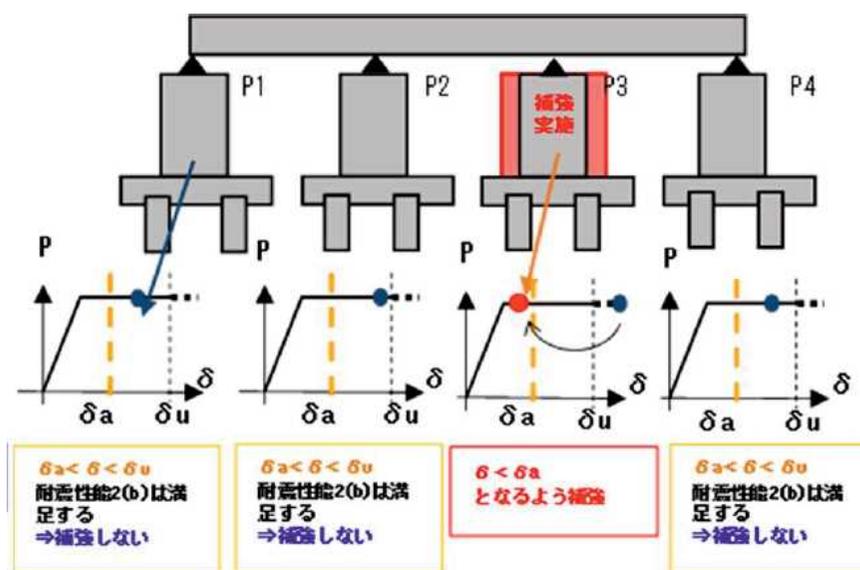
具体的な見直し内容については対象橋梁毎に異なるため、発注公告資料を確認してください。

- 一連の橋で耐震性能2(b)を満足していない橋脚がある場合は、満足しない橋脚のみの補強対象として設計する。
- 補強対象の橋脚において、曲げに対して耐震性能2(b)を満足する場合は補強しなくてもよい。
- 残留変位については照査のみを行うものとし、補強設計は行わない。

※曲げに対する耐震性能2(b)の限界点は δ_u （終局変位）



■ 現状の補強設計



■ 見直し後

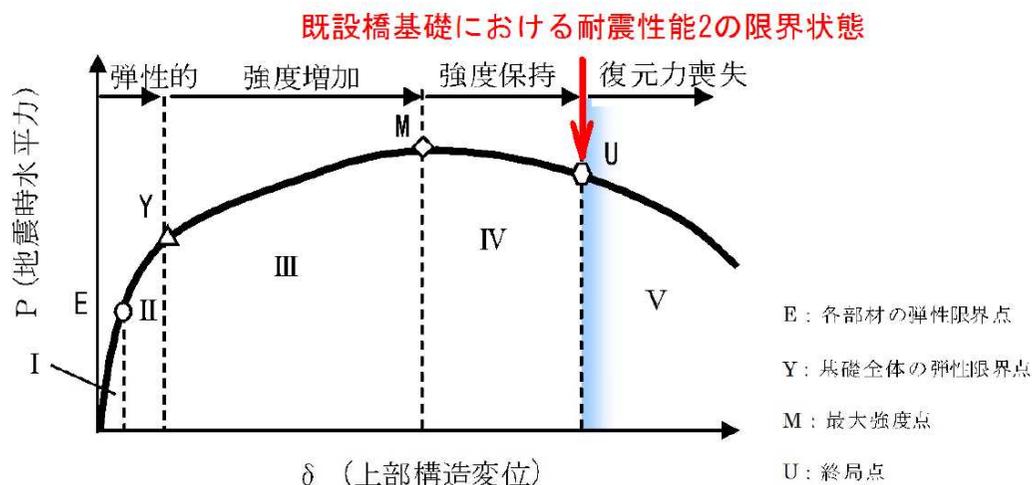
②基礎の照査方法の見直し

具体的な見直し内容については対象橋梁毎に異なるため、発注公告資料を確認してください。

- ・基礎の補強設計は、照査のみを行うものとし、補強設計は行わない。

基礎の耐震補強については、現時点では現設計法による照査のみ行うものとし、補強設計は行わないものとする。

(既設橋梁の基礎の照査、耐震補強後の基礎の照査のみを実施する)



■ 現設計法による照査手法 (曲げに関する性能)

③ 支承の設計方法の見直し

具体的な見直し内容については対象橋梁毎に異なるため、発注公告資料を確認してください。

■ 高さの高い支承の取替えの進め方

- ・S54以前の橋梁で既に橋脚の補強が完了している場合は、既設橋の支承条件は変えずに支承の設計を行うことを原則とし、下部工の照査は不要とする。
- ・ゴム支承以外の支承についても、レベル2地震動に対して機能する支承であれば、橋梁の特性を考慮した上で積極的に選択肢とする。

■ 高さの低い支承の取替えの進め方

- ・レベル2地震動に対して機能する支承部への取替を行わない場合でも、次の対策を実施することで、支承部に対して耐震性能2(b)相当を満足する。
 - ① 支承アンカー部において、レベル2地震動に抵抗できる強度を確保する。
 - ② 道示Vに規定される省略条件を適用せず、落橋防止システムを整備する。

高さの高い支承の取替について、S54以前の橋梁で既に橋梁の補強が完了している場合、支承条件を変更すると、補強済みの橋脚の再照査が必要となり、再補強を回避するための繰り返し検討を行う必要がある。

よって、今後は設計の効率化を考え支承条件を変更しないことを原則とする。