

# 橋梁耐震化の考え方① [参考]

## 1-1. 耐震補強において目標とする耐震性能

道路橋の技術基準である道路橋示方書は、基本的に新設橋梁を対象としているため、制約条件が多い既設橋梁を対象にした耐震補強にそのまま適用することが困難なところがある。また、耐震補強に関する設計基準は、必ずしも明確には整っていない。

このような状況に鑑み、平成24年道示の改定以降、平成24年と27年の国交省事務連絡により耐震補強における耐震性能確保の考え方が示され、これを参考に耐震補強を行っているところである。その後、平成29年に道路橋示方書が改定されているが、耐震性能に対する考え方は平成24年道示と概ね同じ内容であるため、以前に発せられた事務連絡の内容を現在においても使用している。

ここでは、これまでの設計基準や耐震補強の取り組みの経緯を踏まえて、既設橋を対象にした耐震補強特有の制約条件を考慮した性能目標を検討する。

表1-1. 既設橋の耐震補強設計に関する施策と設計基準の変遷

発行年	耐震設計基準等	主な内容等	備考
平成17年	H17.6.23 事務連絡 「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」の策定について	緊急輸送道路に架かる橋を対象とした耐震補強の重点実施 (S55 年道示より前の耐震性の小さい構造の橋を対象)	橋脚段落とし部の補強と落橋防止装置の設置
平成21年	H21.3.31 事務連絡 「橋梁耐震補強における対策工法の選定の考え方」について	上記3箇年プログラムで実施した橋脚段落とし部の補強に加え、柱の基部補強を含めたグレードアップ補強の計画・設計方法を示した。	H17年3箇年プログラムからのアップグレード補強
平成24年	道路橋示方書 (H24) 発刊 (新設橋を対象)	・設計地震動の変更 (LV2-TYPE I) ・TYPE-A 支承を廃止し、LV2 地震に対応した支承のみ規定	
平成24年	H24.12.18 事務連絡 (国総研資料 700 号) 既設橋の耐震補強設計に関する技術資料	・既設橋特有の制約条件があるなかで、耐震補強における当面の目標とする耐震性能の例を示し、設計における留意事項や考え方をまとめている。	H24 道示をベースにして耐震補強設計用に整理
平成27年	H27.6.25 事務連絡 既設道路橋の耐震性能照査及び耐震補強設計について	・耐震補強における基礎の照査に関し、適切な取扱いを徹底するため、耐震補強設計において道路橋示方書を準用する場合の考え方と留意点を示した。	既設道路橋基礎の性能照査方法が示された
平成29年	道路橋示方書 (H29) 発刊 (新設橋を対象)	・耐震性能の設定内容は H24 道示と同じ内容。 ・落橋防止システムについては、橋軸方向、直角方向、回転方向に対して独立して働くシステムで再編し、記載内容を変更。	

## □ H24年道路橋示方書に示されている新橋を対象とした性能

表1-2. 耐震設計上の橋の重要度

耐震設計上の橋の重要度の区分	対象となる橋
A種の橋	下記以外の橋
B種の橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速自動車国道、都市高速道路、指定都市高速道路、本州四国連絡道路、一般国道の橋</li> <li>・都道府県道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋</li> <li>・市町村道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋</li> </ul>

(出典：H24道示V p.13、H29道示V p.11)

## 新橋を対象としたLV2地震動に対する目標性能

表1-2-1 耐震性能の観点

橋の耐震性能	耐震設計上の安全性		耐震設計上の供用性		耐震設計上の修復性	
	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確保する	地震前と同じ橋としての機能を確保する	地震後橋としての機能を速やかに回復できる	短期的修復性	長期的修復性
耐震性能1： 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	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	よい
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	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修復で対応できる	比較的容易	恒久復旧を行うことが可能である
耐震性能3： 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	—	—	—	—	—

B種の橋に適用する耐震性能2では、地震直後の供用性と、応急復旧で速やかに修復でき、恒久復旧が容易に行えることが求められている。(既設橋の耐震でここまでの性能を求めるとは現実的でない)

## ■ 既設橋を対象とした目標性能 (国交省事務連絡の考え方)

### 1) 平成24年事務連絡で提案されている性能 下表の赤囲みの性能を追加 (性能2-aと称す)

⇒ 支承及び落防システムの補強を対象とした耐震性能において、レベル1地震動で設計された既設支承が損傷することは許容しつつ、水平力を分担する構造を増設するなどしてLV2地震動による水平力の伝達機能を確保するものである。なお、既設の支承部は損傷し機能を失うことが予想されるため、道路橋示方書の耐震性能2で求めている「レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の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」に対して、地震後の恒久復旧 (長期修復性) が困難となる可能性があるという点で、耐震性能2とは異なる。(長期修復性の目標を緩和)

なお、この事務連絡においては、既設橋を対象とした落橋防止や橋脚補強に関する考え方も記載されているため、必要に応じて準用することができる。

表1-3 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

耐震補強において目標とする橋の耐震性能	耐震設計上の安全性	耐震設計上の供用性	耐震設計上の修復性		
			短期的修復性	長期的修復性	
レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の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	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	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である	一道路橋示方書 耐震性能2相当
レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その恒久復旧は容易ではないが、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	恒久復旧を行うことは可能である	
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	落橋に対する安全性を確保する	-----	-----	-----	一道路橋示方書 耐震性能3相当

表1-4 既設橋の耐震補強における目標性能レベルに応じた支承部・落橋防止システムへの対応の

考え方の例 (橋軸方向の場合)

耐震補強において目標とする橋の耐震性能レベル	耐震補強において考慮する支承部及び上部構造に生じている状態	既設橋の耐震補強における支承部・落橋防止システムへの対応
レベル1地震動まで	レベル1～レベル2地震動まで	支承部の破壊後
レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の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	支承部 (支承本体、取付用鋼板、ボルト等の取付部材等) に変状や損傷が生じない。	支承部 (レベル2地震動に対して機能確保できる支承部 (必要に応じて、段差防止構造を設置) 落橋防止システム：桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置
レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その恒久復旧は容易ではないが、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	既設の支承部 (支承本体、取付用鋼板、ボルト等の取付部材等) に損傷又は変状が生じるため、支承部の恒久復旧は容易には行えないが、供用性に影響を及ぼす段差は生じない <sup>※)</sup> 。また、水平力を分担する構造により水平力の伝達機能は確保されている。	支承部 (水平力を分担する構造) は破壊するため、機能を喪失する。桁かかり長と落橋防止構造により上部構造が下部構造頂部から逸脱しない。落橋防止システム：桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置
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	支承部 (支承本体、取付用鋼板、ボルト等の取付部材等) に変状や損傷が生じない。	既設の支承部 (支承本体、取付用鋼板、ボルト等の取付部材等) に損傷又は変状が生じるため、支承部は機能を喪失する。落橋防止システム：桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置

※) 支承部に破壊が生じた場合にも、橋の速やかな機能の回復が求められる場合には、当該支承部の構造条件等によってはその破壊により路面に数百 mm の段差が生じる可能性がある場合もあるため、段差防止構造の設置等についても検討する。

← B種の橋の性能目標

← A種の橋の性能目標

一道路橋示方書  
耐震性能2相当

一道路橋示方書  
耐震性能3相当



# 橋梁耐震化の考え方② [参考]

## ■ 既設橋を対象とした目標性能（国交省事務連絡の考え方）

2) 平成27年事務連絡で提案されている性能 下表の赤囲みの性能を追加（性能2-bと称す）

⇒ 土木研究所資料では、橋の供用性と短期修復性及び基礎の長期修復性の具体的内容の記載があり、事務連絡の損傷度と対比することで理解しやすくなるため資料を添付する。なお、耐震補強においては目標とする供用性や修復性（右下図赤囲み）に応じて、目標とする強度点（E, Y, M, U点）を選択することになる。

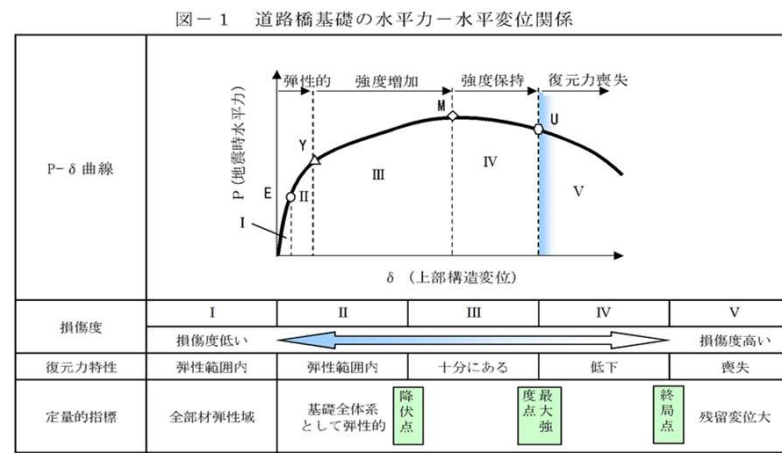
表1-5 既設道路橋において求める橋の耐震性能とその観点

橋の耐震性能	既設道路橋において求める観点			備考
	橋の安全性	橋の供用性	橋の修復性	
橋の耐震性能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修復が必要になることもある。
橋の耐震性能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、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。
橋の耐震性能3	落橋に対する安全性を確保する			

一般車両の通行機能の確保は求めている

恒久復旧が容易でないことも視野に入れている

1) H27年事務連絡に添付されている図表



2) 土木研究所資料第4168号：既設道路橋基礎の耐震性能簡易評価手法に関する研究（H22年5月）

（独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター） p.1

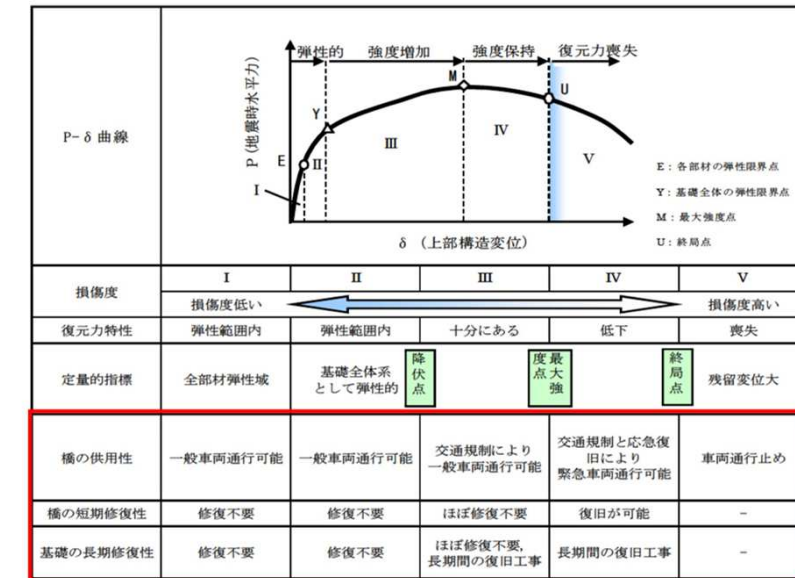


図-2 既設道路橋基礎の耐震性能水準区分のイメージ

## 1-2 橋の重要度と目標とする耐震性能

表1-8 耐震設計上の橋の重要度の区分（H24道示V p13）

耐震設計上の橋の重要度の区分	対象となる橋
A種の橋	下記以外の橋
B種の橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>高速自動車国道、都市高速道路、指定都市高速道路、本州四国連絡道路、一般国道の橋</li> <li>都道府県道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋</li> <li>市町村道のうち、複断面、跨線橋、跨道橋又は地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要な橋</li> </ul>

## ■ 生駒市における耐震設計上の重要度

### B種の橋

- 地域の防災計画上の位置づけで特に重要な橋
  - ⇒ 緊急輸送道路、その他防災計画に特に重要な道路に架かる橋
- 橋が被害を受けた場合の他の施設への影響度（二次被害の発生等）が大きい橋
  - ⇒ 複断面、跨線橋、跨道橋
- 当該道路の利用状況から特に重要な橋
  - ⇒ 利用者の多い主要駅に関連する橋など、橋の利用者が多く、地震後の橋の被害に伴う影響や、応急復旧（恒久復旧）による工事の影響や難易度が大きいもの（当業務においては、日当り乗降者数が1万人を超える、近鉄生駒駅、東生駒駅、学研奈良登美ヶ丘駅に関連する橋を対象とする）
- 橋が通行機能を失ったときの代替性の有無
  - ⇒ 防災拠点や避難地等を結ぶ経路の多重性・代替性が確保できない場合など、その橋の通行機能を確保することが重要となる橋とする。なお、今回の検討においては、緊急輸送道路の指定に際して、多重性や代替性は考慮済みの内容と考え、前期「①地域の防災上の位置づけで特に重要な橋」の項目で代表させるものとした。
- 機能回復の難易度
  - ⇒ 重交通路線に架かる橋、長大橋、跨線橋、深い渓谷や湖面に架かる橋など、機能回復を行うための対応や工事施工の難易度が大きい橋とする。なお、当業務の対象橋梁には、このような橋は含まれていない

### A種の橋

上記以外の橋

## ■ 既設橋を対象とした耐震補強において目標とする耐震性能

表1-6 生駒市の耐震補強設計におけるLV2地震の設計状況における目標性能（案） ※赤字は道示Vの耐震性能2に対して変更している内容を

耐震補強において目標とする橋の耐震性能	耐震設計上の安全性	耐震設計上の供用性	耐震設計上の修復性		備考
			短期的修復性	長期的修復性	
耐震性能2 レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る状態が確保され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	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である	H24道示V 耐震性能2と同様
耐震性能2-a レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その恒久復旧は容易ではないが、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	恒久復旧を行うことは可能である	H24年事務連絡で提案されている性能（追加） ※主に支承及び落防の目標性能として適用
耐震性能2-b 同上	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、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。	H27年事務連絡で提案されている性能（追加） ※主に基礎補強の目標性能として適用
耐震性能3 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	落橋に対する安全性を確保する				H24道示V 耐震性能3と同様

※1. 耐震性能2-aと2-bは統合して考えることも可能である。

※2. ・耐震設計上の安全性：地震による上部工の落下や橋脚の倒壊によって人命を損なうことにならないようにすること

・耐震設計上の供用性：地震後において、本来有すべき通行機能または、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維持できること。

・耐震設計上の修復性：地震によって生じた損傷に対する修復の容易さ（地震直後の短期修復性と其後の長期修復性）

表1-7. 既設橋の耐震補強において目標とする耐震性能

設計地震動	目標とする耐震性能		備考
	B種の橋	A種の橋	
レベル1地震動	耐震性能1	耐震性能1	
レベル2地震動	耐震性能2 ※1 (2-a、2-bを含む)	耐震性能3	