

橋、高架の道路等の技術基準(道路橋示方書) の改定について(案)

道路局 国道・技術課
(技術企画グループ)

改定の全体像

<行政目的・ニーズ>

①良質なストックの蓄積と更なる建設コストの縮減の推進

②長寿命化と維持管理費用・作業量・作業時間の低減の一層の推進
(ライフサイクルコストの縮減)

③将来の変化に向けた対応への着手

- ✓ 道路構造令の設計自動車荷重の改定から30年が経過している(前回H31→H6に改定)だけでなく、物流の高度化やカーボンニュートラルの観点からも、車種分布や運送形態などの趨勢に変化が見込まれる
- ✓ 橋、高架の道路等の技術基準は新設構造物を対象にしたものであるものの、実質的に修繕設計へも適用されている実態もある

④地震動の続発も考慮した震災対応

- ✓ 防災上も、1週間程度は同程度の地震が生じることや、数年の地震活動の継続の考慮が呼びかけられている

<H29道示の課題>

A. 要求性能そのものや性能の評価体系・方法の高度化が必要

B. 道路の特性に応じたきめ細かな性能の選択肢の充実が必要

(イメージ)

- ✓ 診断や修繕など、平時の維持管理の確実性や容易さの程度
- ✓ 災害等より結果として被害を受けたときに供用を損なうリスクの軽減の程度
 - ・点検、診断の容易さの程度
 - ・復旧の容易さの程度
- ✓ 将来の構造の強化の容易さの程度
など

C. 地震動の続発を考慮することの明示と、被災・復旧実態に基づいた規定の充実が必要

【今回の主な改定項目】

(1)限界状態設計法の考え方を発展させた、性能規定の高度化 P4,5

(2)荷重の規定の充実 P6,7

(3)設計耐久期間の信頼性評価に関わる要求事項の明確化 P8,9

(4)「橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他検討」における検討の要求水準の規定の導入 P10,11

(5)続発する一連の地震動を考慮して設計することの明確化。復旧性を向上させる規定の充実 P12,13

H29改定の概要(参考)

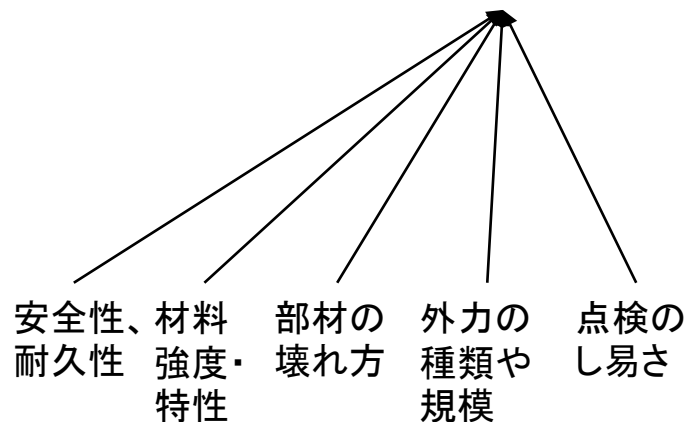
H24道示以前

【許容応力度設計法】

- ・様々なばらつきを一つの安全率で考慮
- ・多様な構造や材料への対応が困難

$$\text{外力} \quad \text{抵抗}$$

$$F < R \times \frac{1}{\text{安全率}}$$



等

H29道示

【限界状態設計法・部分係数法】

- ①性能を3つに区分し、それぞれの性能を要求したり、
- ②安全率を分けるなど、多様な性能の実現手段に応じてきめ細かい設計が可能な枠組みを導入

【耐荷性能】

①性能の構造の明確化

②外力と抵抗の関係の明確化

$$\begin{array}{c} \text{外力} \qquad \qquad \qquad \text{抵抗} \\ \gamma_1 F_1 + \gamma_2 F_2 + \gamma_3 F_3 + \gamma_4 F_4 \cdots < \frac{1}{\Phi_R \times \xi_1 \times \xi_2} \times R \end{array}$$

車両 死荷重 温度 風、地震...

材料・耐力式 調査・解析 部材非弾性
のばらつき の質 挙動特性

前提条件

【耐久性能】

- ・設計供用期間100年
- ・維持管理の確実性とセットで耐久性確保の方法を選定

【橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他検討】

- ・フェールセーフ
- ・第三者被害の防止 等

ただし、部分係数や限界状態の定義など、大半は従来規定の読み替えに留まった点も多い

照査体系の変換

(1)限界状態設計法の考え方を発展させた、性能規定の高度化

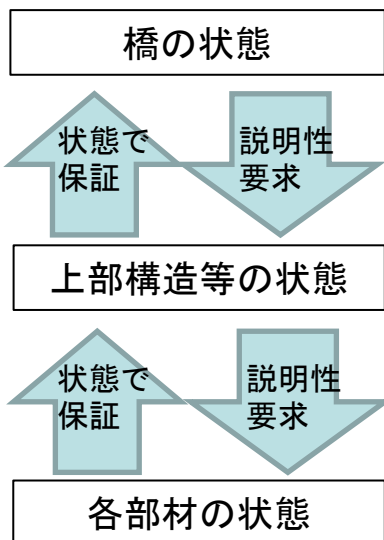
【H29道示の積み残し課題】

- 標準的な照査体系として、一つの部材(パーツ)が限界状態に達すると、上部構造等の状態及び橋全体の状態もいずれかの限界状態に達するとみなしてよいものとした。その結果、多様な構造の性能の評価方法に改善の余地がある。
- また、部材(パーツ)単位の限界状態は、材料の降伏と破断・圧壊の両者を考慮して設定された従来の許容応力度法の読み替えに留まっているものが多く、部材の断面全体としての特性が評価できれば、部材の能力を適正に評価できる余地がある。

■橋の性能を部材の性能で保証

■橋の機能の状態と安全性それぞれに安全余裕を確保

■部材の限界状態を橋の限界状態にすることの課題



橋の機能
の状態

橋の
安全性

限界状態3

致命的で
ない状態

限界状態2

あらかじめ想定する低下
の範囲で機能する状態

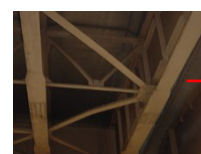
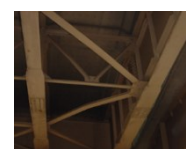
限界状態1

機能が損なわれていない
状態

実際の状態



設計上の
状態
(降伏を超え
ている状態)



縦桁

主桁
(奥側)

縦桁が塑性化しても、床版と一体で橋面荷重を支持できる可能性がある



従来複数の部材が分担していた役割を少数の部材に兼任させる度合いによっては、1部材が降伏したときに橋全体の性能に与える影響が異なる

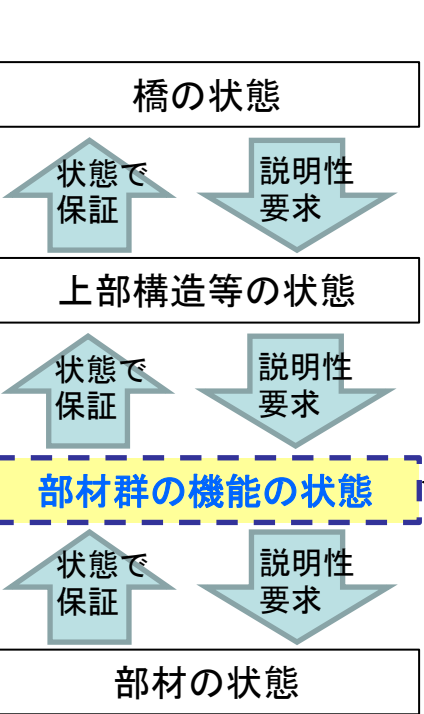
(1)限界状態設計法の考え方を発展させた、性能規定の高度化

【改定内容(案)】

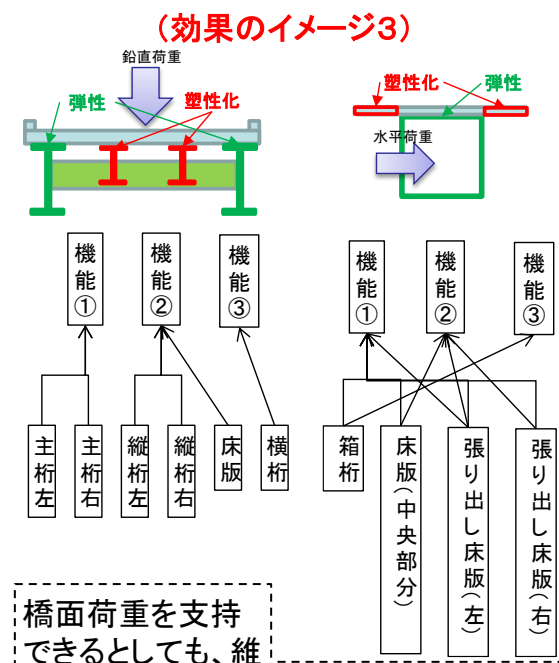
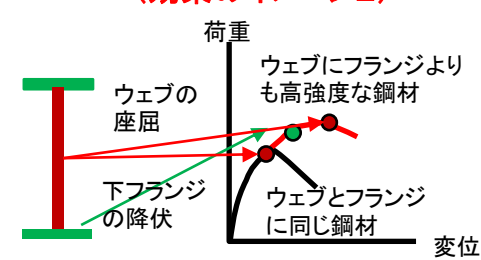
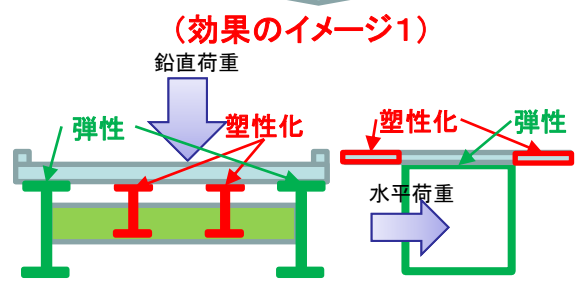
○橋全体系の荷重伝達の状態と部材(パーツ)単位の荷重伝達の状態を関係付けるため、上部構造、下部構造、上下部接続部がそれぞれ具備すべき機能の要素と水準を明確にし、全ての要素にて求める機能と水準が充足できるように部材(パーツ)の状態が組み合わされていることの照査を求める。

■塑性化させる部材とさせない部材を組み合わせる機能来满足させたり、断面力に基づいてパーツの性能を評価できるようになる

■1部材の塑性化が複数の機能の要素に及ぼす影響を把握できる



- 【上部構造】
- ①上部構造へ作用する荷重を支持し、上下部接続部まで伝達する機能
 - ②路面に作用する荷重を直接的に支持する機能
 - ③荷重に対して上部構造の断面形状を保持する機能
- 【下部構造】
- ④上下部接続部からの荷重を直接支持し、基礎・周辺地盤に伝達するとともに、上下部接続部の位置を保持する機能
 - ⑤橋の安定に関わる周辺地盤等に伝達するとともに、地盤面での橋の位置を保持する機能



橋面荷重を支持できるとしても、維持管理上の課題を事前に把握する必要がある。

地震後に車線規制等が必要になる可能性を事前に把握できる

⇒ ○新しい構造・部材の開発や既設橋の修繕の合理化につながる事が期待できる。
○少部材化を合理的に進められることが期待できる。

(2) 荷重の規定の充実

【H29道示の積み残し課題】

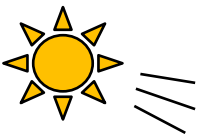
○断面の一部を高強度材料や剛性の低い材料に置き換えるなど、更なる構造の多様化が期待される一方で、供用中に生じる厳しい状態を捉えるための荷重の規定も進化が必要がある。

■ 部分係数法の導入

$$\gamma_1 F_1 + \gamma_2 F_2 + \gamma_3 F_3 + \gamma_4 F_4 \cdots < \frac{1}{\Phi_R \times \xi_1 \times \xi_2} \times R$$

車両 死荷重 温度 風、地震...

材料・耐力式のばらつき 調査・解析の質 部材非弾性挙動特性



温度



死荷重、活荷重



風



地震

■ 新しい構造型式の例

(国外)



アメリカ Signature Bridge
<https://i395-miami.com/>



中国 Ganhaizi Bridge
<https://baike.baidu.com/item/%E5%B9%B2%E6%B5%B7%E5%AD%90%E7%89%B9%E5%A4%A7%E6%A1%A5/9820464>

(国内)



(2) 荷重の規定の充実

【改定内容(案)】

- 風荷重や地震荷重について、静的な荷重と適用の留意点を規定するだけでなく、動的な安定や応答を評価し、照査する際の構造解析の必要要件を規定するなど、特殊な構造に対しても信頼性の確保を図る。
- 活荷重、温度荷重についても、損傷事例の分析、確率的な荷重同時載荷シミュレーションなどから、主として荷重の分布形状など、立体的な挙動に厳しい載荷方法の規定の充実を図る。

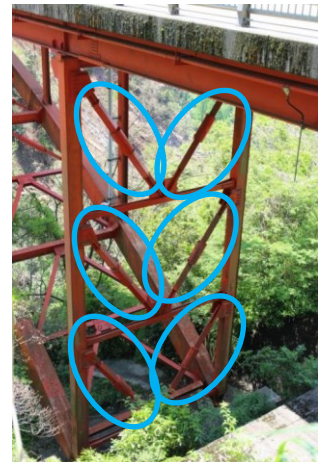
■風荷重・地震荷重

・柔な連続構造や曲線橋では、橋軸直角方向だけでなく、様々な方向からの外力に対する影響が橋全体に及ぼすことも考えられる。

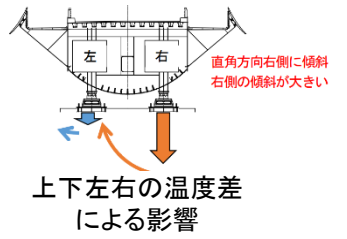
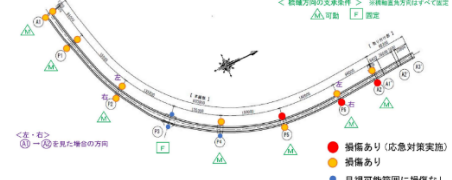
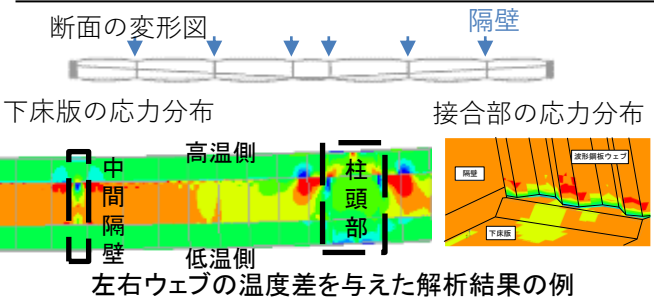
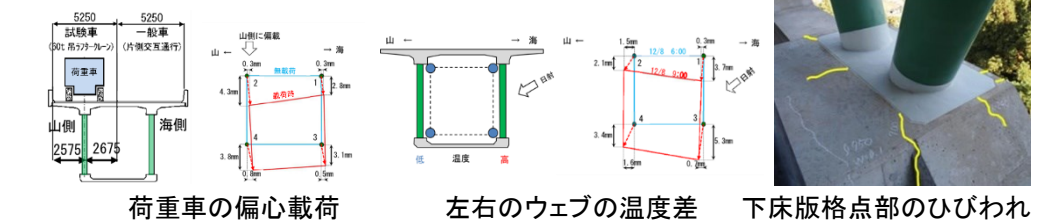
・減衰の取扱いが照査結果に及ぼす影響は大きい。



フランス Millau Viaduct
Viaduc de Millau
<https://www.leviaducdemillau.com/home.html>



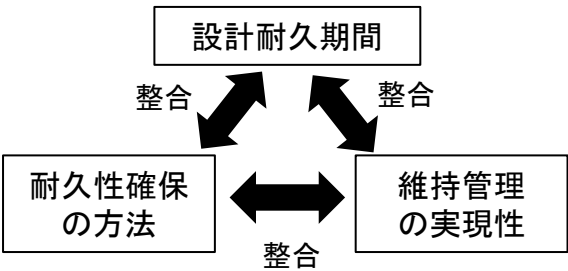
■温度差、荷重の偏心載荷による影響



【H29道示の積み残し課題】

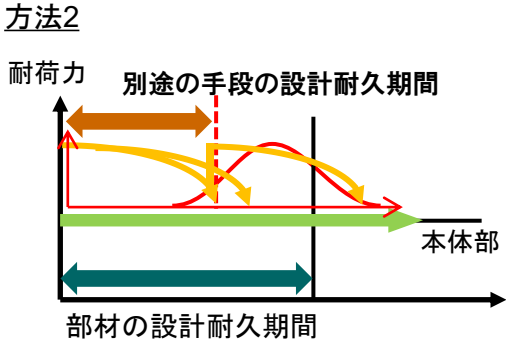
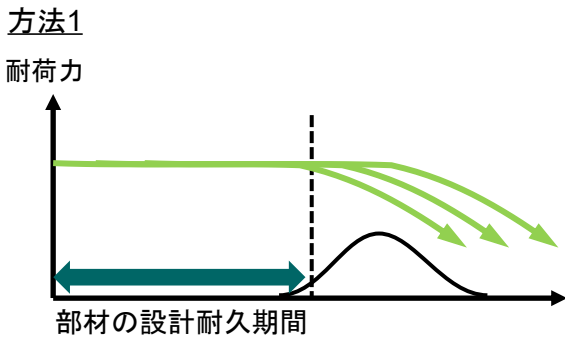
- 設計耐久期間の限界点の定義や設計耐久期間の評価に求める信頼性水準が示せていない。
- そのため、予防保全を考慮したLCCの比較など、新技術も含めた技術間の特性の比較検討が困難であるなどの課題がある。

- H29道示の耐久性能の照査の概念
- 1. 部材等ごとに、「期間」と「方法」を「維持管理の実現性」の整合を評価
 - 2. 方法に適合する手段を選び、「期間」以上の耐久性を有することを照査



架橋条件や構造形式の違いを踏まえ、維持管理の実現性を設計に反映

■設計耐久期間



■耐久性確保の方法の区分

	定義	具体手段の例	必要となる修繕
方法 1	<u>劣化の影響を考慮した部材寸法や構造とすることで、耐荷性能に影響を及ぼさない</u> ようにする方法	疲労設計、耐候性鋼材の使用	部材本体の回復 (例) あて板
方法 2	部材に <u>劣化の影響が及ばないよう</u> に <u>別途の手段を講じる</u> 方法	塗装、表面保護工	別途の手段の回復 (例) 塗替塗装、表面保護工の更新
方法 3	<u>劣化の影響がない</u> とみなせる方法	高耐久材料	—

⇒方法1と2について、「影響を及ぼさない」限界の状態の定義や「設計耐久期間」の信頼性の測り方は規定できていない

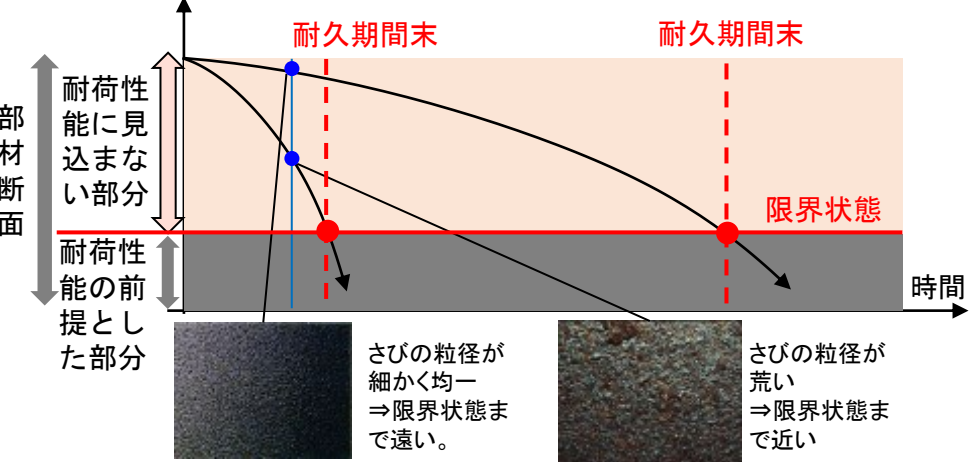
【改定内容(案)】

○耐久性能の確保の方法の定義と橋の予防保全の実施時期に適合する耐久期間や限界状態の定義を規定する。（期間のばらつきに対し、求める信頼性水準の明示は引き続き検討する）

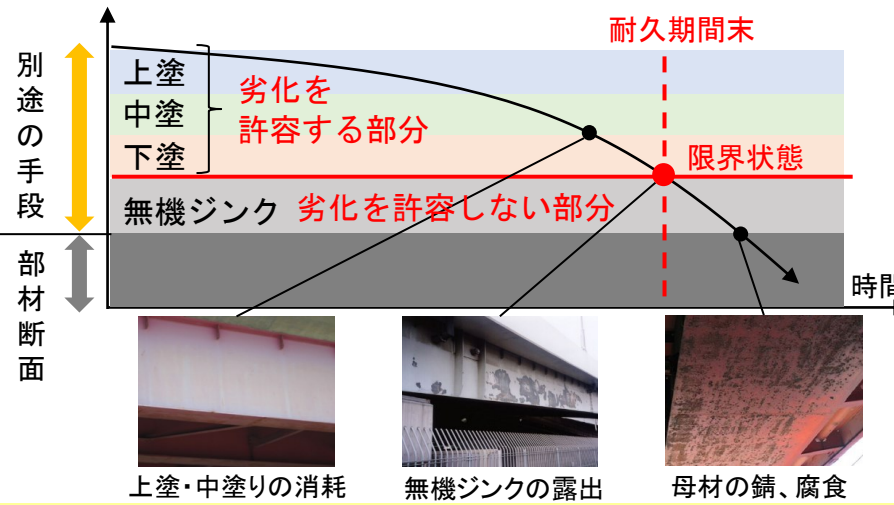
■耐久性確保の方法と限界状態の定義の関係

	方法の定義 ← 整合 → 手段の限界状態の定義	具体手段の例	必要となる修繕
方法1	劣化の影響を考慮した部材寸法や構造とすることで、「部材」の耐荷性能に影響を及ぼさないようにする方法	疲労設計、耐候性鋼材の使用	部材本体の回復 (例) あて板
方法2	「部材」に劣化の影響が及ばないように「別途の手段」を講じる方法	塗装、表面保護工	別途の手段の回復 (例) 塗替塗装、表面保護工の更新

■方法1（耐候性鋼材を手段とする例）



■方法2（塗装を手段とする例）



※ 曲線形は理論等に基づくものではなく劣化の概念を表したもの

⇒ ○設計時点で予防保全の実施が必要となる状態の目安が明確にでき、合理的な点検・診断の実施、橋の長寿命化が期待される。
○技術間での比較検討が可能となり、新技術の開発の円滑化や導入が進むことが期待される。

(4)「橋の使用目的との適合性を満足するために必要な その他検討」における検討の要求水準の規定の導入

【H29道示の積み残し課題】

- 耐荷性能や耐久性能とは別に、橋の使用目的との適合性を満足させるために、①通行者が安全かつ快適に使用するために必要な性能、②道路橋の損傷経験等も踏まえて付与しておくのがよい性能などのその他必要な性能を検討し、設計に反映させることとした。
- 検討や反映する内容は橋ごとであり、劣化や被災への対応を考えたときに、同じ道路上に設計される橋でも対応の確実性や容易さの差が大きい可能性がある。

■橋の性能の体系

橋の 重要度	耐荷性能			
A種 の橋	状態 状況	限界 状態1	限界 状態2	限界 状態3
	永続・ 変動	○		○
	偶発			○
B種 の橋	状態 状況	限界 状態1	限界 状態2	限界 状態3
	永続・ 変動	○		○
	偶発		○	○

↑ 前提条件

耐久性能

必要なその他検討

- ・フェールセーフ
- ・第三者被害の防止 等
- + 必要に応じて適切に設定



- ・支承のジャッキアップに
配慮した構造



- ・検査路の設置

■接近がし難い例



■接近と復旧が円滑だった例



- 仮支持材の設置

■復旧が大規模になる例



- 広い範囲での再構築の可能性
がある。
- 類似損傷は、橋の復旧の資機
材搬入の障害になる可能性が
ある。

(4)「橋の使用目的との適合性を満足するために必要な その他検討」における検討の要求水準の規定の導入

【改定内容(案)】

○道路の位置付けに応じて、求める性能の項目・内訳を示すとともに、その達成度(標準とオプション)を区分する。また、その区分に応じて標準的な達成方法を規定する。

■その他必要な検討の対象とする事象

■道路の位置付けを踏まえ、使用目的との適合性の観点から求められる性能の項目・内訳とその達成度および標準的な達成方法を一連で規定

その他必要な検討

耐荷性能

①あらゆる事象

設計上は遭遇しないもの

【例】

- ・「その災害が異常に巨大な天災地変」をもたらすような状況
- ・テロ、沿道の大火災等予測困難で人為的な事象
- ・巨大隕石の衝突、巨大噴火

②生じうるとする事象

設計状況として
は具体的設定が
困難であるが、設
計上は遭遇する
可能性がある状
況として考慮する
もの

【例】

- ・大規模な断層変位
- ・巨大津波による作用力、漂流物の衝突や堆積、背面土の流出
- ・地すべりなどの地盤変動もの

③考慮すべきとする事象

設計上確定的
評価で考慮する
もの

【例】

- ・既往最大級の地震動の影響
- ・道路橋示方書の「偶発作用」

④信頼性を評価できるとする事象

設計上信頼性
を考慮するもの

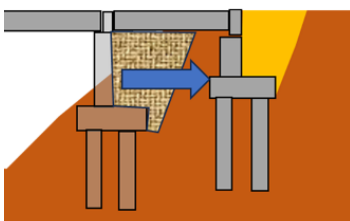
【例】

- ・道路橋示方書の「変動作用」

道路の位置付け
のイメージ

区分	平時	緊急時
1	...	..
2		...
3	..	
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

道路の位置付けに応じて性能の達成度を差別化



橋台背面アプローチ部が崩壊しても、復旧し易いように、橋台高を低減するイメージ

その他必要な性能の項目イメージ	点検・診断のし易さ	修繕・復旧のし易さ	致命的な状態に至った場合の機能の回復のし易さ	致命的な状態への至りにくさ
達成度の指標イメージ	1. 近接可 2. 資機材により近接可 3. 不可	1. すぐ可能 2. 応急復旧により可能 3. 恒久復旧により可能	1. 求める 2. 求めない	1. 求める 2. 求めない

標準的な達成方法

検討項目	点検が行えない箇所を減らす配慮(点検施設の設置等)など	地中部や水中部など修繕困難箇所を減らす配慮・支承部の段差の抑制・踏掛版の設置など、橋台背面沈下の抑制 など	支承など、損傷したとしても交換が容易にできるように計画するなど	落橋防止システム・支承が破壊しても、下部構造が安定して上部構造を支持・斜面上の基礎は単列ではなく複数列の組杭など
新規追加	・橋台背面アプローチ部※について、耐荷・劣化機構に基づく点検・診断の方法を計画する など		・橋台背面アプローチ部※が損傷したときも復旧や更新が容易にできるように計画する など	・橋台背面盛土が流出しにくい構造 など

※橋台アプローチ部(H24道示より規定):
橋の性能に影響を及ぼす境界条件を形成する地盤等のうち、橋台との土工区間の間の領域

その他標準的な検討項目の充実

(5) 続発する一連の地震動を考慮して設計することの明確化 復旧性を向上させる規定の充実

【能登半島地震等を通して見えたH29道示の課題】

- 同一地震での地震動の続発が社会の共通認識になりつつあること、R6能登半島地震における道路の復旧においても続発も考慮した対応がとられたことに対して、技術基準では、続発する一連の地震動を考慮することが明確にされていない。
- R6能登半島地震では、(1) 上部構造の変位を制限する構造の損傷や、(2) 橋台が成立するための力学的境界条件として橋の性能にも影響を与える橋台背面アプローチ部の損傷に対して、続発も考慮した診断・復旧が、道路橋の通行機能の回復の工程に影響を与えた。
- この他、橋台に変位が生じていることで、本復旧のための基礎の損傷の調査に時間を要したり、大規模な復旧工事になる可能性が生じている。

■被害が拡大する恐れのある損傷事例と復旧工法の例

■橋台背面アプローチ部の異常

■変位や傾斜が生じ、基礎の調査・復旧に時間を要する例

■気象庁より発表される地震の見通しの例

防災上の留意事項と今後の見通し

(防災上の留意事項)

大きな津波が観測されており、津波による被害のおそれがあります。沿岸部や川沿いにいる人はただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難してください。津波は繰り返し襲ってきます。警報が解除されるまで安全な場所から離れないでください。

揺れの強かった地域では、家屋の倒壊や土砂災害などの危険性が高まっていますので、今後の地震活動や降雨の状況に十分注意し、やむを得ない事情が無い限り危険な場所に立ち入らないなど身の安全を図るよう心がけてください。

(今後の地震活動の見通し)

過去の事例では、大地震発生後に同程度の地震が発生した割合は1～2割あることから、揺れの強かった地域では、地震発生から1週間程度、最大震度7程度の地震に注意してください。特に今後2～3日程度は、規模の大きな地震が発生することが多くあります。また、この地域では、3年以上地震活動が続いており、当面、継続すると考えられますので、引き続き注意してください。なお、今回の地震の揺れは従来より広範囲に広がっています。



○広い範囲での再構築の可能性がある。

○類似損傷は、橋の復旧の資機材搬入の障害になる可能性がある。

(5) 続発する一連の地震動を考慮して設計することの明確化 復旧性を向上させる規定の充実

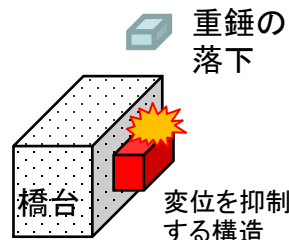
【改定内容(案)】

- 地震の影響については、続発も含めた一連の地震動の影響を考慮することを明示する。
- 地震動の続発に対して、機能回復を速やかに行えるように、上下部接続部の部材の損傷後の橋の鉛直・水平変位の拡大を抑制することを選択する余地や、選択した場合の要求性能や評価法のあり方を導入する。
- 橋台基礎の耐荷性能の照査法について、橋台の被災メカニズムについて調査・分析を行い、照査法の高度化の余地や再体系化を行う。

■その他性能として上下部接続部に求める機能の整理や試験方法の必要性を検討中

求める性能	上部構造が容易に落下しない	速やかな機能回復 : 段差や水平方向の変位を抑制する
方法	支承がないものとして、 <u>別途の対策を設ける</u> ・桁かかり長 ・落橋防止構造など	1) 支承に機能を付与する 2) 別途の対策を講じる ・段差を抑制する構造 ・変位を抑制する構造 3) 資機材の配備等 : ※ <u>どのような規定ができるか精査中</u>

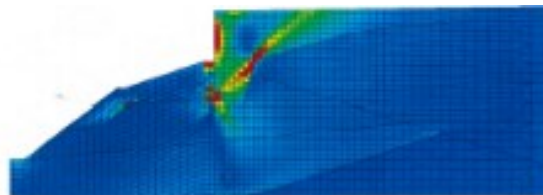
別途の対策を行う場合の評価法の検討



■橋台の設計法について検討中

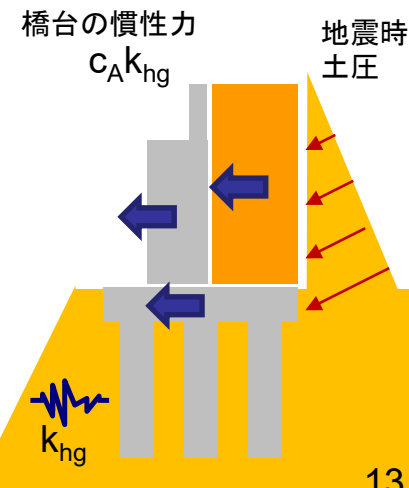
※今後の検討の進展に応じて改定案へ反映できるかどうかを精査する

斜面上や堤防内の橋台基礎の被災メカニズムを調査・分析中



【参考】

現在の地震時保有水平耐力法での照査
(液状化地盤で適用)
⇒見直しの余地がある。



【参考】法体系の概要

法	第29条 道路構造の原則 道路の構造は、当該道路の存する地域の地形、地質、気象その他の状況及び当該道路の交通状況を考慮し、通常の衝撃に対して安全なものであるとともに、安全かつ円滑な交通を確保することができるものでなければならない。 第30条 道路の構造の基準 高速自動車国道及び国道の構造の技術的基準は、次に掲げる事項について政令で定める。 十二 橋その他政令で定める主要な工作物の自動車の荷重に対し必要な強度
令	道路構造令第35条(橋、高架の道路等) 橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路は、鋼構造、コンクリート構造又はこれらに準ずる構造とするものとする。 2 橋、高架の道路その他これらに類する構造の普通道路は、その設計に用いる設計自動車荷重を二百四十五キロニュートンとし、当該橋、高架の道路その他これらに類する構造の普通道路における大型の自動車の交通の状況を勘案して、安全な交通を確保することができる構造とするものとする。 3 橋、高架の道路その他これらに類する構造の小型道路は、その設計に用いる設計自動車荷重を三十キロニュートンとし、当該橋、高架の道路その他これらに類する構造の小型道路における小型自動車等の交通の状況を勘案して、安全な交通を確保することができる構造とするものとする。 4 前三項に規定するもののほか、橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路の構造の基準に関し必要な事項は、国土交通省令で定める。
規則	道路構造令施行規則5条(橋、高架の道路等) 橋、高架の道路その他これらに類する構造の道路(以下「橋等」という。)の構造は、当該橋等の構造形式及び交通の状況並びに当該橋等の存する地域の地形、地質、気象その他の状況を勘案し、死荷重、活荷重、風荷重、地震荷重その他の当該橋等に作用する荷重及びこれらの荷重の組合せに対して十分安全なものでなければならない。
局長通知	橋、高架の道路等の技術基準(道路橋示方書) ・性能の達成水準とオプションを規定 ・要求事項と要求事項を満足する標準