

【課題】

- 現行基準では、理念として耐久性の確保、維持管理の確実性・容易さを要求しつつ、具体には疲労と塩害のみについて、100年を想定した対策を規定しているが、適切な維持管理を行う上で、網羅的に規定されているものではない。

【改定内容】

- 適切な維持管理が行われることを前提に、橋が良好な状態を維持する期間として、100年を標準とすることを規定。
- 耐久性確保の方法に応じ、維持管理に反映させることを規定。具体例として、部材交換を前提とした設計を追加。

【耐久性確保の方法】

方法	具体例（H13～これまでの設計）	
1. 劣化の影響を考慮した部材寸法や構造とする	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 部材の劣化を前提とした設計 	【疲労対策の例】 累積損傷度を指標にした疲労照査 $\left(\begin{array}{l} \text{荷重の繰返しによる累積の影響が} \\ \text{許容値以下になるように設計} \\ \text{応力変動}^n \times \text{繰返し回数} \leq \text{許容値} \end{array} \right)$
		【塩害対策の例】 コンクリート橋の鉄筋かぶりの規定 $\left(\begin{array}{l} \text{コンクリート中を塩分が浸透する早さを分析} \\ \downarrow \\ \text{供用期間中(100年)に鉄筋位置での塩分濃度} \\ \text{が基準以下となるよう、鉄筋のかぶりを設定} \end{array} \right)$
	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 部材交換を前提とした設計等 	(具体的な方法は未確立)
2. 部材寸法や構造とは別途の対策を行う	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 塗装等の防食方法の採用 	(具体的な防食方法は規定していない)
3. 劣化の影響がないとみなせる構造とする	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 劣化させない設計 	(具体的な方法は未確立)

具体例（今回新たに規定）

- 交換を前提とする部材は、交換がなるべく容易な構造とすること等を規定




支保交換の作業空間なし




ジャッキアップに配慮した構造

(具体例)

- 支保や伸縮装置等については、交換を前提とし、交換が単に可能というだけでなく容易であること
- 桁端及び支保まわりにて、点検のための空間を確保すること

- 施工・維持管理の容易さ、耐久性、部材の重要度等を考慮して、適切な防食方法を選定することを規定






重防食塗装 耐性鋼材 コンクリート表面塗装 電気防食

例えば、耐食性に優れた材料の活用が期待される

- 産学で土木用にも研究されている材料の例



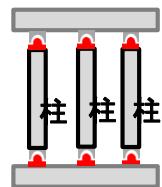


ステンレス鉄筋 FRP緊張材 ステンレス鋼材

その他の改定事項

【熊本地震における被災を踏まえた対応】

■ ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋を踏まえ、下部構造は安定して上部構造を支持することを要求



ロッキング橋脚は、単独では自立できず、変位が生じると不安定になる特殊な構造

- 支承部を用いる場合は、その破壊を想定したとしても、上部構造を支持するために下部構造が単独で自立できる構造形式とすること

※ロッキング橋脚を有する既設橋の耐震補強では、条件によっては、下部構造を単独で自立可能な構造へと補強することができない場合もあり、その場合には支承部の破壊が橋の崩壊につながらないように個別に検討

■ 大規模な斜面崩壊等による被災を踏まえ、斜面変状等を地震の影響として設計で考慮することを明確化



大規模な斜面崩壊による橋台の沈下等の事例が存在したため、地質・地盤調査、橋の設置位置等について考慮する必要

- 緊急輸送道路等、道路の重要度を踏まえた検討を実施
 - 1) 影響を受けない位置に架橋位置を選定することを標準とする
 - 2) 影響を受ける架橋位置となる場合は、致命的な被害が生じにくくなる構造形式等とする

■ 制震ダンパー取付部の損傷事例を踏まえ、部材接合部の留意事項を明確化



制震ダンパー取付部の損傷

制震ダンパー取付部の損傷により、制震ダンパーが機能しない事例が存在したため、部材接合部について留意する必要

- 接合部の耐荷力と接合部を有する部材の耐荷力の関係を明確にした上で、接合部を有する部材が所要の性能を発揮するようにしなければならない。

【施工に関する規定の改善】

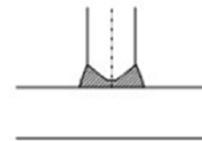
■ 落橋防止装置等の溶接不良事案を踏まえ、溶接検査の規定を明確化

- 現行基準では、引張りを受ける継手は完全溶け込み溶接を用い、主要部材については全数検査を行うことを規定
- しかし、落橋防止装置等については全数検査の適用が明記されていなかったため、不適切な検査につながった可能性

- 引張りを受ける完全溶け込み溶接は、主要部材に関わらず内部きず検査を継手全数・全長に渡って行うことを明確化

【完全溶け込み溶接】

全断面が完全に溶接されるよう、鋼材片側から溶接したのち、反対側からルート部の裏はつりを行った上で、反対側の溶接を行ったもの



(参考)

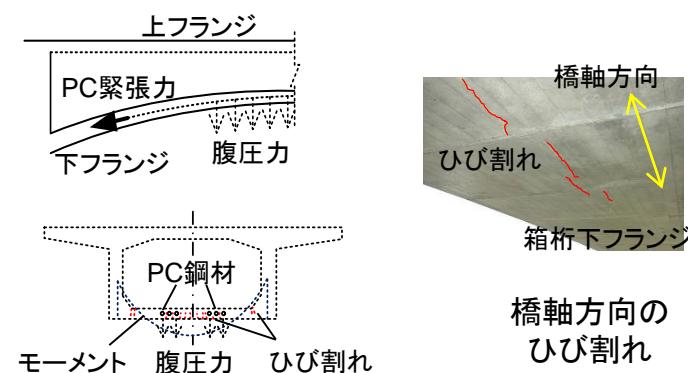
平成27年12月22日
落橋防止装置等の溶接不良に関する有識者委員会 中間報告書(抜粋)

- ①検査抽出率の見直し
「道路橋の落橋防止装置等において、完全溶け込み溶接部については、特別な理由がない限り、一律に溶接継手全長の検査を行うようにすべきである。」

【点検結果を踏まえた改善】

- 一部の橋梁で、点検や部材交換が困難な構造となっていること等を踏まえ、適切な維持管理ができるように設計を行うことを規定(再掲)
- 特殊な形状のPCポステン桁の一部でひび割れが発生していることを踏まえ、ひび割れ防止対策を充実

- ひび割れの発生には、複数の要因が関与しており、これまでも課題が認識される都度、規定の充実を図り、ひび割れ発生リスクを低減
- これまでの取り組みによりひび割れは減少しているものの、点検結果を分析したところ、PC箱桁の下フランジに橋軸方向のひび割れが見られることを確認
- 原因の一つとして考えられるのが、PC緊張力の鉛直分力(腹圧力)の影響



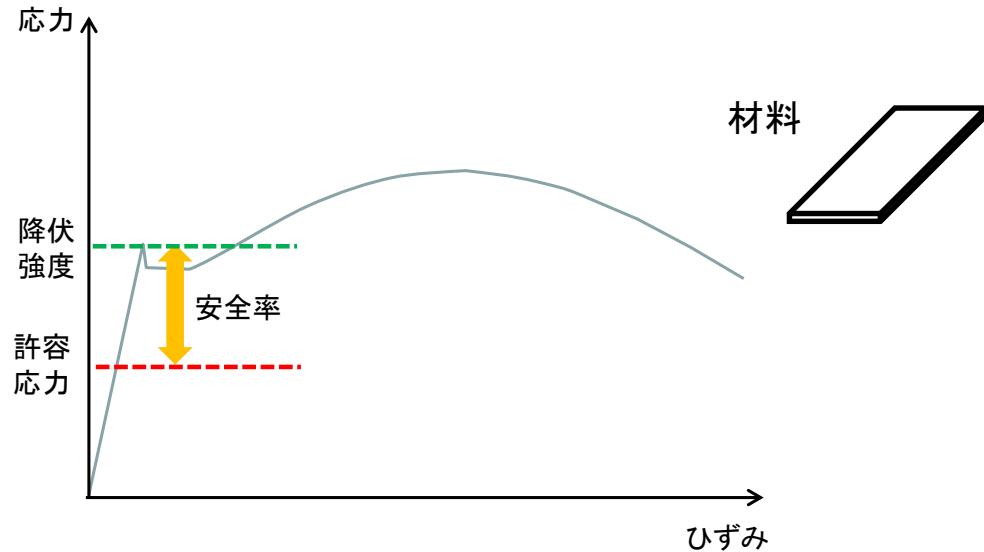
- PC箱桁のうち特殊な形状のものについて、ひび割れ発生リスクが低減されるように、PC鋼材の配置や、橋軸直角方向の鉄筋引張力の照査を新たに規定

[参考1] 限界状態設計法、部分係数設計法の概要

限界状態設計法

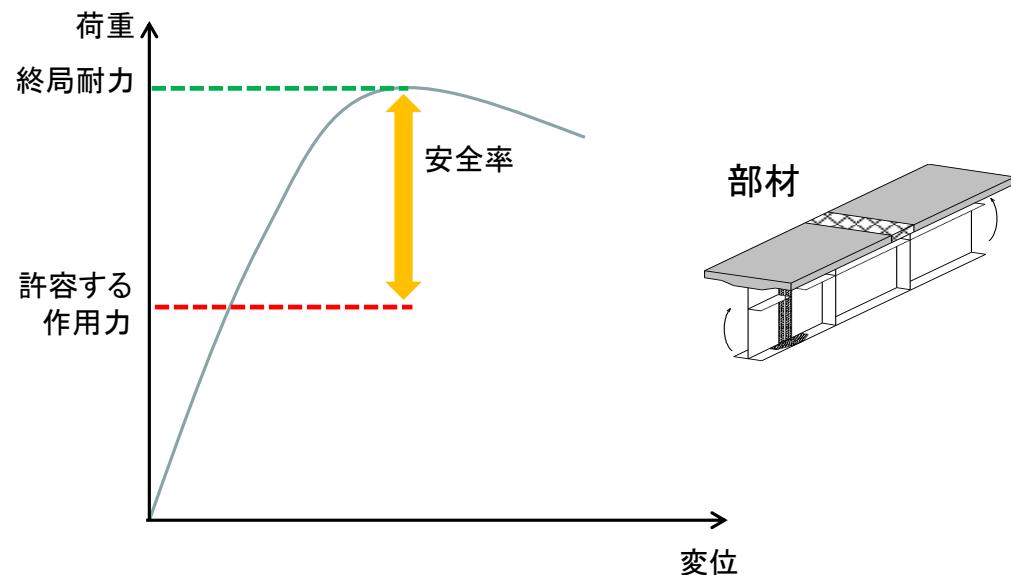
現行【許容応力度設計法】

- 部材に発生する応力を制限値(許容応力度)以下に抑える設計法



改定【限界状態設計法】

- (部材の応力のみによらず)部材単位、橋単位の限界状態を設定し、この限界状態に対して安全であることを確認する設計法



部分係数設計法

【部分係数設計法】

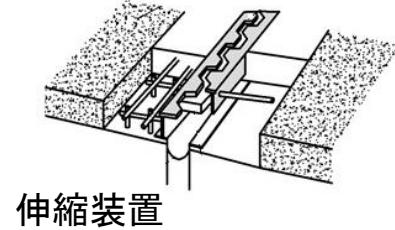
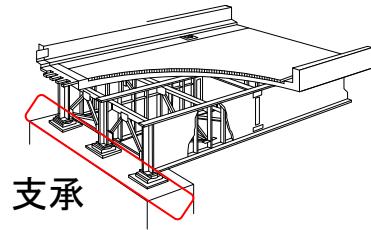
- 様々なばらつき要因を一つの安全率で考慮する「許容応力度設計法」では、多様な構造や材料、条件等への対応が困難な場合がある
- 部分係数設計法は、従来の安全率を要因別に分離するものであり、多様な条件に対応したきめ細かな設計が可能

(現行) 許容応力度 設計法	$\text{外力} < \text{抵抗力} \times \frac{1}{\text{安全率} (\geq 1.0)}$	
(改正) 部分係数 設計法	$\text{安全率}\alpha \times \text{外力} < \text{抵抗力} \times \frac{1}{\text{安全率}\beta}$ <p>↓ 要素毎に分解</p> <p>（車両、風、温度変化、地震等の外力、また外力の組み合わせに対して個々に安全率を設定）</p>	$\text{安全率}\beta$ <p>↓ 要素毎に分解</p> <p>（材料のばらつき、解析等の精度のばらつき、座屈等に対する安全性に対して個々に安全率を設定）</p>

[参考2] 部材交換に関する配慮事項の規定

交換前提の部材

■ 支承、伸縮装置、その他耐久性設計にて交換を前提とする部材



➤ 交換が容易な構造とすることを規定

交換を前提としない部材

➤ 交換を前提としないものの、床版、ケーブル類については、一部又は全体の交換等の方法について、検討しておくことを規定

■ 床版、ケーブル類 ⇒ 交換等の方法について検討

- 経験的に損傷例が少ないもの（床版、PC鋼材）
- 大型車の衝突や火災等、万一の損傷等が極めて重大な影響を及ぼす可能性が高いもの（斜材ケーブル、ハンガーケーブル）



床版損傷例



PC鋼材の腐食例



ケーブル損傷例

■ その他の主桁、アーチリブ、橋脚等 ⇒ 一般的には交換等の対象とならない



主桁

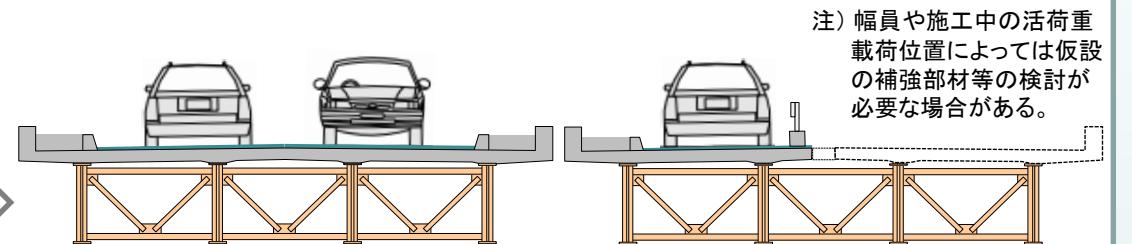


アーチリブ

橋脚

検討の着眼点

① 交換等の工程を検討し、交換の実現性や課題を確認しておく



注) 幅員や施工中の活荷重
 載荷位置によっては仮設
 の補強部材等の検討が
 必要な場合がある。

完成時(供用時)

床版施工時(1車線供用)

※ 実現性や課題を確認するのみとし、必要な補強等は、施工時に対応

② 部材細部構造の工夫で実現できることはないかを確認しておく



既設橋にて、PC鋼材の腐食発生を受け、
 PC桁内に外ケーブルを追加配置した例



新設橋にて、ケーブル交換、
 追加用の予備孔を設置

参考: 米国AASHTO 2.5.2.3 Maintainability (維持管理性)

Structural system whose maintenance is expected to be difficult should be avoided. (維持管理の困難が予期される構造系は避けること)

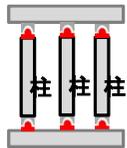
～ 例として、床版交換、支承やジョイント交換のための事前検討が挙げられる。

橋梁

■ ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋を踏まえ、下部構造は安定して上部工を支持することを規定



府領第一橋
ロッキング橋脚を有する橋の落橋



（ロッキング橋脚は、単独では自立できず、変位が生じると不安定になる特殊な構造であり、補強が必要）

基準へ反映



下部構造は安定して上部構造を支持することを規定

- ・ 支承部を用いる場合は、その破壊を想定したとしても、上部構造を支持するために下部構造が単独で自立できる構造形式とすること

※ロッキング橋脚を有する既設橋の耐震補強では、条件によっては、下部構造を単独で自立可能な構造へと補強することができない場合もあり、その場合には支承部の破壊が橋の崩壊につながらないように個別に検討

■ 大規模な斜面崩壊等による被災を踏まえ、斜面変状や断層変位等を地震の影響として設計で考慮することを規定



阿蘇長陽大橋
斜面変状による橋台の沈下

（大規模な斜面崩壊による橋台の沈下等の事例が存在したため、地質・地盤調査、橋の設置位置等について考慮する必要）

基準へ反映



斜面変状等を地震の影響として設計で考慮することを規定

- ・ 緊急輸送道路等、道路の重要度を踏まえた検討を実施
- ・ 影響を受けない位置に架橋位置を選定することを標準とする
- ・ 影響を受ける架橋位置となる場合は、致命的な被害が生じにくくなる構造形式等とする

■ 制震ダンパー取り付け部の損傷事例を踏まえ、部材接合部の留意事項を規定



南阿蘇橋（被災前）
制震ダンパー取り付け部の損傷



（制震ダンパー取り付け部の損傷により、制震ダンパーが機能しない事例が存在したため、部材接合部について留意する必要）

基準へ反映



制震装置等の部材接合部の留意事項を規定

- ・ 接合部の耐力と接合部を有する部材の耐力の関係を明確にした上で、接合部を有する部材が所要の性能を発揮するようにしなければならない

※熊本地震で被災した南阿蘇橋の事例においては、制震ダンパーが機能を発揮できるよう、制震ダンパー取り付け部（変位制限装置）は必要な耐力を有していなければならない

トンネル

■ トンネルの覆工コンクリートの被害の状況を踏まえ、山岳トンネルの耐震からの配慮事項を明確化



俵山トンネル
覆工コンクリートの崩落

（覆工の補強等により利用者被害発生の可能性を低減させる対応が必要なため、山岳トンネルの計画・調査・設計・施工・維持管理における耐震からの配慮事項を明確化）

道路管理者に周知



道路トンネルの耐震対策に関する留意事項

- ・ 計画・調査段階において、活断層の位置の把握に努める
- ・ 設計段階や施工段階において、特殊条件を有する区間は十分な支保構造となるよう設計等を行う
- ・ 維持管理段階においては、定期点検等で覆工等に変状が見られた場合は、特殊条件を有する区間において優先的に対策を実施する

土工

■ 盛土崩壊の調査結果を踏まえ、盛土に関する調査計画段階における留意事項を明確化



熊本県益城町
盛土の崩壊

（傾斜した脆弱な基礎地盤の崩壊により盛土が崩壊した事例が存在したため、調査計画段階において留意が必要）

道路管理者に周知



盛土における留意事項

- 調査計画段階において、地すべり地や崖錐と同様に、傾斜した脆弱な地層が基礎地盤となっていて不安定な場合には、必要に応じて、
 - ・ 影響を受けない位置にルートを選定すること
 - ・ 地盤安定対策等の対応を検討する

盛土崩壊（国道443号熊本県益城町）の例

参考

<当初の推定>

□集水地形上の盛土内の水位上昇による影響で盛土が崩壊したものと想定(6/24 当小委員会で報告)



<今回の見立て>

- 6月15日から9月5日まで地下水等を観測した結果、盛土表面から7m以上低い位置にあり、盛土内に達していないことを確認。このため、盛土内の水位上昇による影響ではないと推定
- 一方、当該地区における盛土は傾斜した基礎地盤内で崩壊していることを確認

【今後の対応方針】

- 盛土の基礎地盤については、地すべり地や崖錘と同様、傾斜した脆弱な地層でも地震動で盛土と同時に崩壊することがありうることから、調査計画段階で、必要に応じて、影響を受けない位置にルートを選定することや地盤安定対策等の対応を検討することが必要である旨、各道路管理者に通知予定。



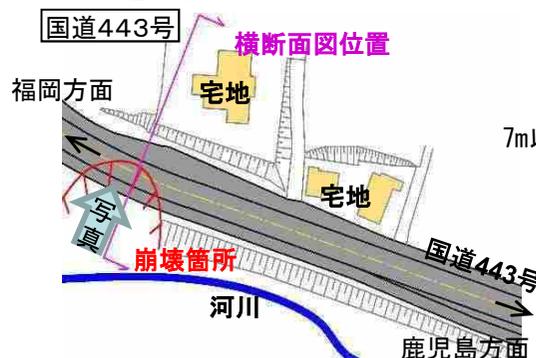
位置図



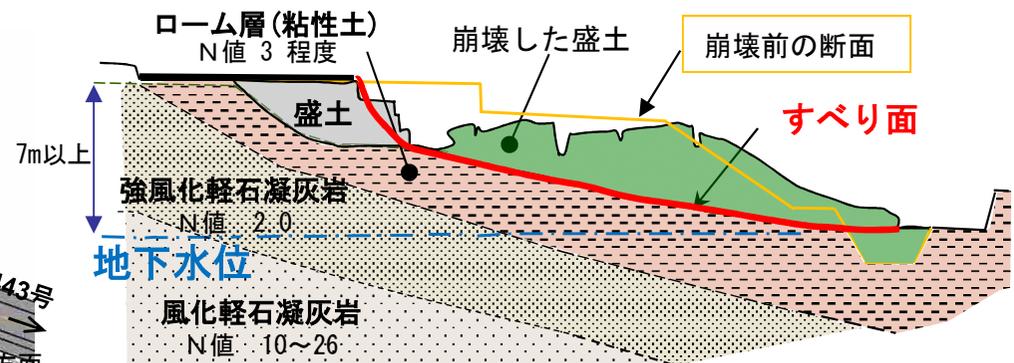
地盤状況 (4月15日)



路面陥没地付近の状況 (4月15日)



平面図



横断面図

道路に関する主な技術基準の制定状況

※代表的なものを記載

	新設・改築に関する技術基準	維持・修繕に関する技術基準
橋梁	橋、高架の道路等の技術基準(改定中)	5年に一度近接目視 定期点検要領
トンネル	道路トンネル技術基準	5年に一度近接目視 定期点検要領
	道路トンネル非常用施設設置基準	
舗装	舗装の構造に関する技術基準	点検要領
土工	道路土工構造物技術基準	5年に一度近接目視 定期点検要領 (シェッド・大型カルバート)
		点検要領(作成中) (切土・盛土・擁壁)
附属物等	道路標識設置基準	5年に一度近接目視 定期点検要領
	道路照明施設設置基準	(門型標識・情報板)
	立体横断施設技術基準	5年に一度近接目視 定期点検要領(横断歩道橋)
	防護柵の設置基準	(維持管理の内容を含む)
	道路緑化技術基準	(維持管理の内容を含む)
		点検要領(作成中) (門型以外の標識・照明)

(報告事項)橋梁の耐震化

社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会 (H28.6.24) まとめ (橋梁)

1. ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋等の原因と対策

- ロッキング橋脚は、単独では自立できず、変位が生じると不安定状態となる特殊な構造であり、支承部や横変位拘束構造等の部分的な破壊が落橋・倒壊等の致命的な被害につながる可能性がある。
- 部分的な破壊が落橋につながることを防ぎ、速やかな機能回復を可能とする構造系への転換が必要。

2. 耐震補強の効果の検証

- 兵庫県南部地震を受けて、耐震設計基準の改訂、緊急輸送道路等について耐震補強などを進めてきた結果、一部の橋梁を除いて、地震の揺れによる落橋・倒壊などの致命的な被害は生じていない。
- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における緊急輸送道路において、速やかに機能を回復するという目標を達成できなかった橋が12橋あり、緊急輸送等の大きな支障となった。
- 今後、緊急輸送道路等の重要な橋について、被災後速やかに機能を回復できるよう耐震補強を加速化する必要がある。

【参考】耐震補強の効果の検証

■ 兵庫県南部地震を受けて、耐震設計基準の改訂、緊急輸送道路等について耐震補強などを進めてきた結果、一部の橋梁を除いて、地震の揺れによる落橋・倒壊などの致命的な被害は生じていない。

【兵庫県南部地震による被害との比較】

表-1 地震の揺れによる落橋・倒壊事例

	兵庫県南部地震	熊本地震
発生年	平成7年	平成28年
最大震度	震度7	震度7
落橋数	11橋(47径間)	2橋(6径間)※

※府領第一橋(後述)、田中橋(斜面崩壊等によるものを除く)



写真-1 県道小川嘉島線 府領第一橋



写真-2 平田・小柳線 田中橋

【土木学会会長特別調査団 調査報告】 (H28.4.30)

- ・兵庫県南部地震などの過去の地震被害を教訓に、耐震設計基準の改訂、耐震補強などを進めてきた。
- ・今回の地震被害を見ると、この成果が着実に効果をあげていることが確認された。

【耐震補強の効果があった事例】 (緊急輸送道路としての機能を速やかに回復した事例)



写真-3 国道3号 跨線部
(熊本市内)

国道3号の橋梁では、耐震補強の実施により、損傷は限定的であった。



写真-4 阿蘇口大橋
(国道57号)

支承が損傷したものの、アンカーバーによる補強により、損傷は軽度であった。(ブロックのひび割れから、アンカーバーに力が作用したことがわかる)



写真-5 アンカーバーのイメージ



写真-6 支承の破損の状況

【耐震補強が未実施で被害を受けた事例】



写真-7 段落し部の損傷
ちゅうおうせんりつきょう
市道(1-3)中央線・中央線陸橋

熊本地震を踏まえた耐震対策の課題

- ① 熊本地震で落橋したロッキング橋脚については、熊本地震(前震と本震の2度の大きな地震)と構造の特殊性から、これまでの対策では不十分で落橋の可能性が否定できない
 - ② 落橋した場合の影響が大きい高速道路・直轄国道をまたぐ跨道橋で落橋防止対策が一部未了(完了率:95%, 地方管理のみ)
 - ③ 高速道路や直轄国道等の緊急輸送道路は、落橋・倒壊防止の対策は完了しているが、被災後、速やかに緊急輸送が可能となる耐震補強は未だ不十分な状況(完了率:76%)
- ※落橋・倒壊を防止する対策に加え、橋桁を支える支承の補強を行い、被災後速やかに緊急車両の通行を確保できる補強の実施

①



九州自動車道をまたぐロッキング橋脚の落橋
(県道小川嘉島線・府領第一橋)

②



地方管理の跨道橋(未対策)

③

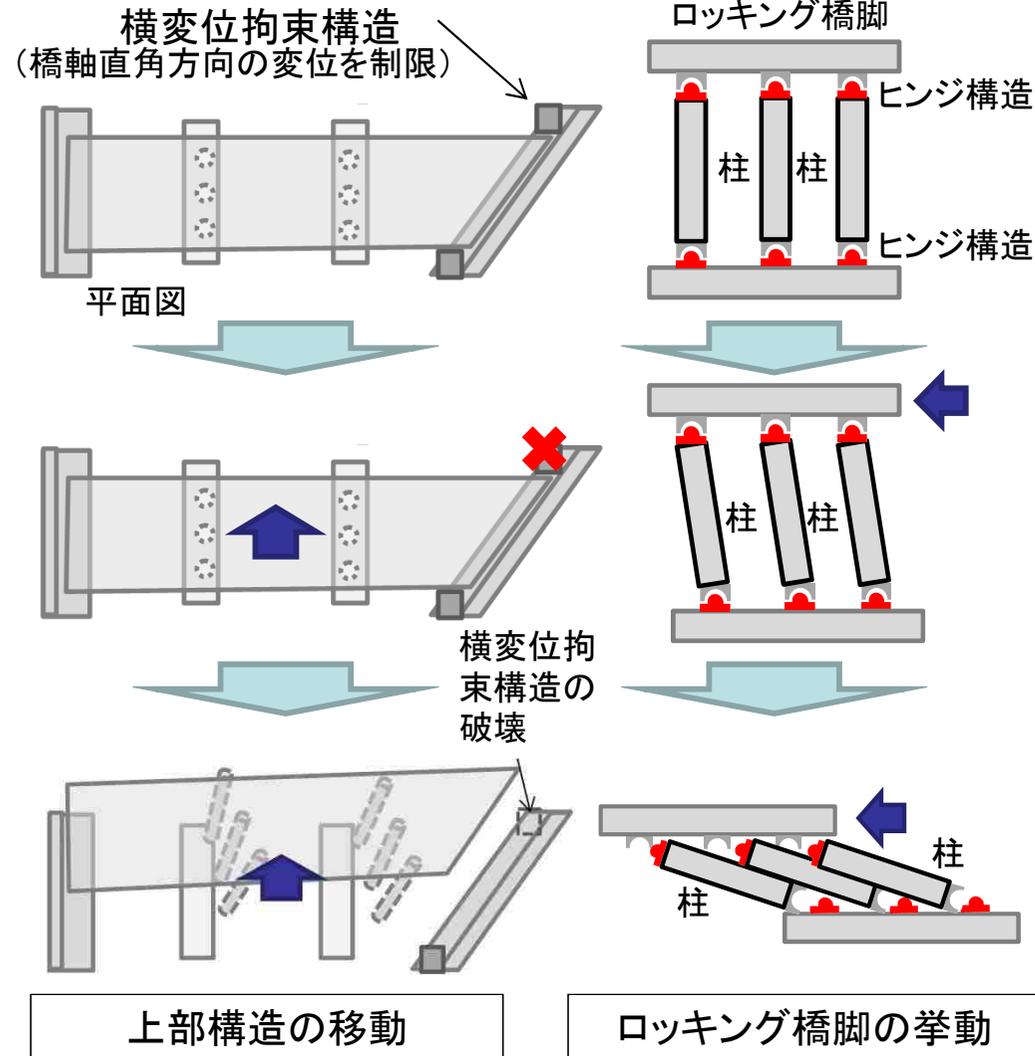


橋梁の支承・主桁の損傷
(大分自動車道・並柳橋)

ロッキング橋脚橋の耐震補強

高速道路・直轄国道や同道路をまたぐ跨道橋等のロッキング橋脚については、概ね3年程度で耐震補強を実施(約450橋)

【落橋メカニズム】

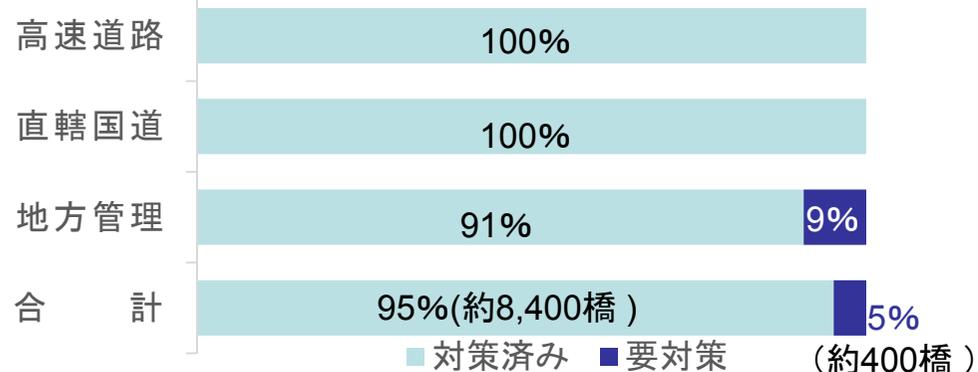


跨道橋の耐震化

高速道路や直轄国道をまたぐ跨道橋については、少なくとも落橋・倒壊の防止を満たすための対策を今後5年間で優先的に支援を実施(地方管理:約400橋※)

※その他ロッキング橋脚については、概ね3年程度で対策を完了させる

※高速道路や直轄国道においては対策済み



高速道路や直轄国道をまたぐ跨道橋について落橋・倒壊を防止する対策の実施状況

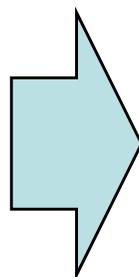
【落橋防止構造】



落橋防止構造

跨道橋

《対策イメージ》



【橋脚補強】



橋脚補強

緊急輸送道路の耐震補強の加速化

高速道路や直轄国道について、大規模地震の発生確率等を踏まえ、落橋・倒壊の防止対策に加え、路面に大きな段差が生じないように、支承の補強や交換等を行う対策※1を加速化

- ・当面5年間: 少なくとも発生確率が26%以上の地域※2で完了
- ・今後10年間: 全国で耐震補強の完了を目指す

※1 支承部の補強等により、橋としての機能を速やかに回復させることを目指す
支承部の補強ができない場合は、他の対策を実施
※2 この他、地方管理道路の緊急輸送道路についても対策を推進

速やかに機能を回復させることを目指した対策

落橋・倒壊を防止する対策

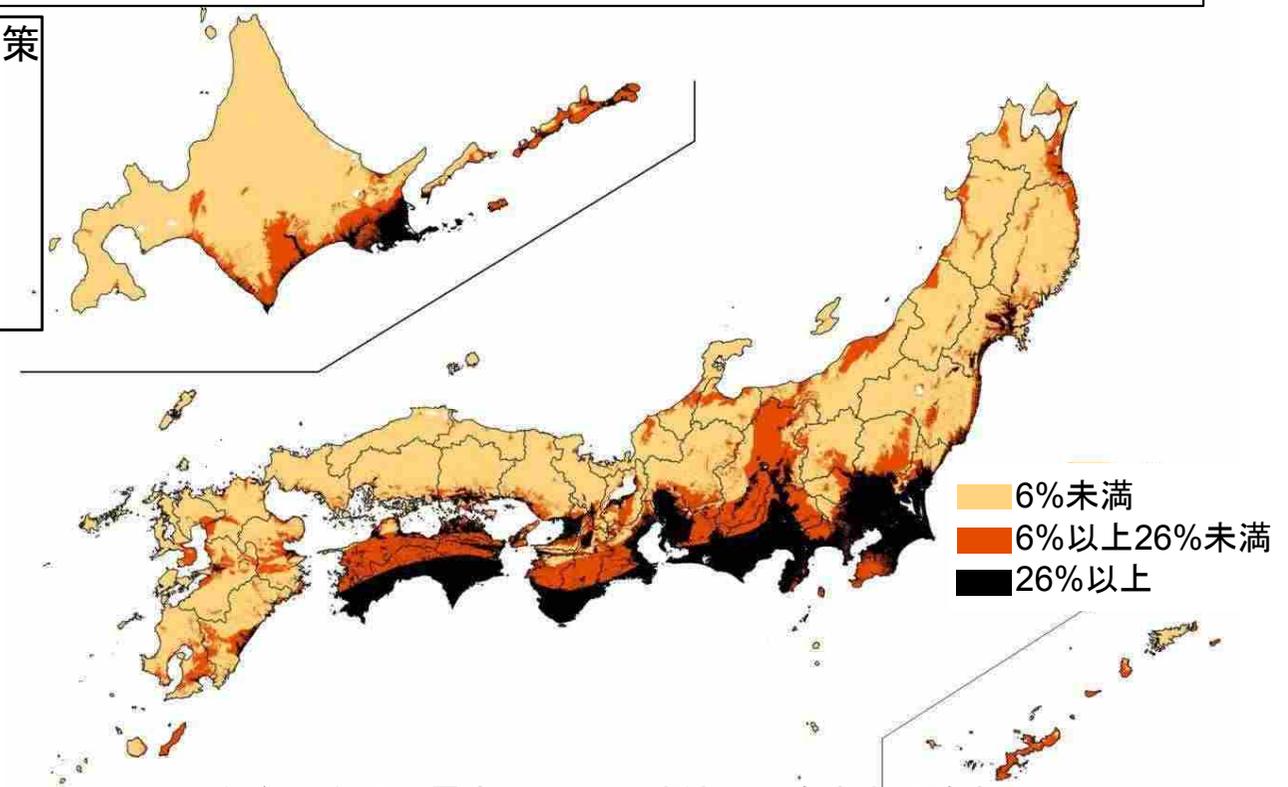
+

支承の補強・交換等

【支承部の補強の例】



水平力を分担する構造



今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率

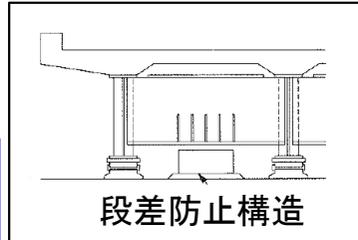
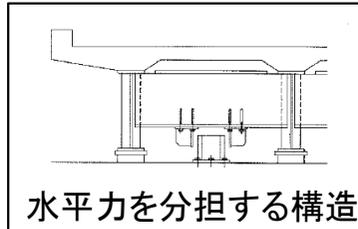
※今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率が26%、6%であることは、それぞれごく大まかには、約100年、約500年に1回程度、震度6弱以上の揺れに見舞われることを示す。

出典) 全国地震動予測地図2016年版(地震調査研究推進本部)を基に作成

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)

【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



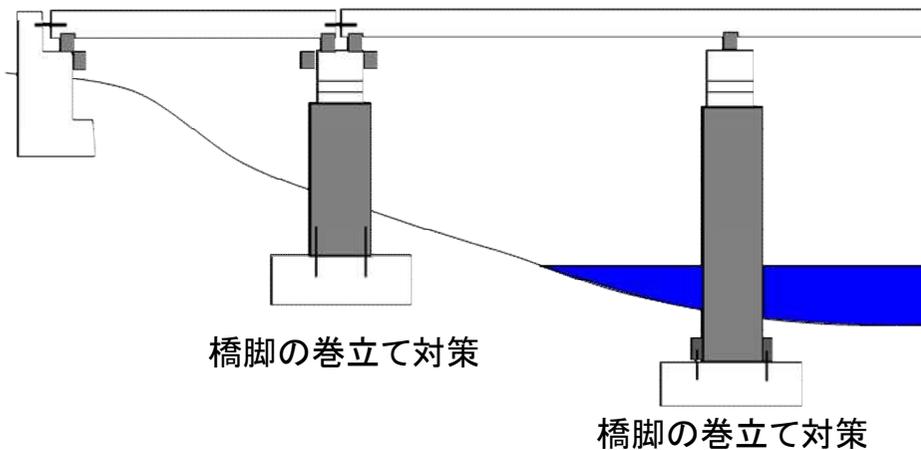
・落橋防止構造
・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※1)

・落橋防止構造
・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※1)

・支承部の補強※2

・支承部の補強※2

・支承部の補強※2



落橋・倒壊を防止する対策(耐震性能3)

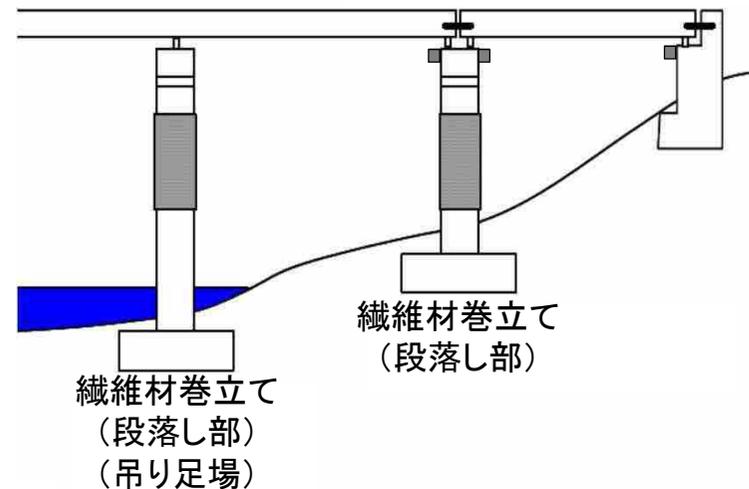
【対策内容】

- 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※1)

・落橋防止構造
・桁かかり長の確保
(横変位拘束構造※1)



※1 曲橋、斜橋のみ

※2 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)

(16) 技術力向上に関する取り組みについて

維持管理に関する必要な知識及び点検・診断に関する必要な知識の習得を目的として、**各種研修を実施。**

主催	研修名	平成29年度
近畿地方整備局	道路構造物管理実務者研修	<p>(橋梁技術研修) <目的> 橋に関する専門知識及び点検・診断に関する専門知識の習得。</p> <p><開催日> 橋梁メンテナンス初級 (鋼構造、コンクリート部材、下部構造の損傷と診断等) 平成29年5月29日～6月1日、7月18日～21日、9月19日～22日 橋梁メンテナンス初級 (鋼橋、PC橋の補修・補強、点検診断の現地実習等) 平成29年11月14日～11月17日</p> <p><主催> 近畿地方整備局</p> <p><参加人数> 自治体職員130名程度</p>
インフラ協議会事務局	橋梁点検講習会	<p><目的> 診断のポイントや補修について、必要な専門知識を習得。</p> <p><開催日・場所> 冬頃予定(吉野土木事務所) 冬頃予定(中和土木事務所)</p> <p><主催> インフラ協議会事務局</p> <p><参加人数> 各50名程度</p>
	市町村担当職員による意見交換会	<p><目的> 各市町村の担当職員で抱えている道路の維持管理等の課題について意見交換を行い、課題解決に向けた議論等を実施。</p> <p><開催時期> 10月～12月(全7回開催)</p> <p><主催> インフラ協議会事務局</p> <p><参加人数> 自治体職員述べ100名程度</p>