

平成26年8月28日

CAESAR講演会

CAESARにおける 道路橋メンテナンス技術の開発

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
橋梁構造研究グループ長
松浦 弘

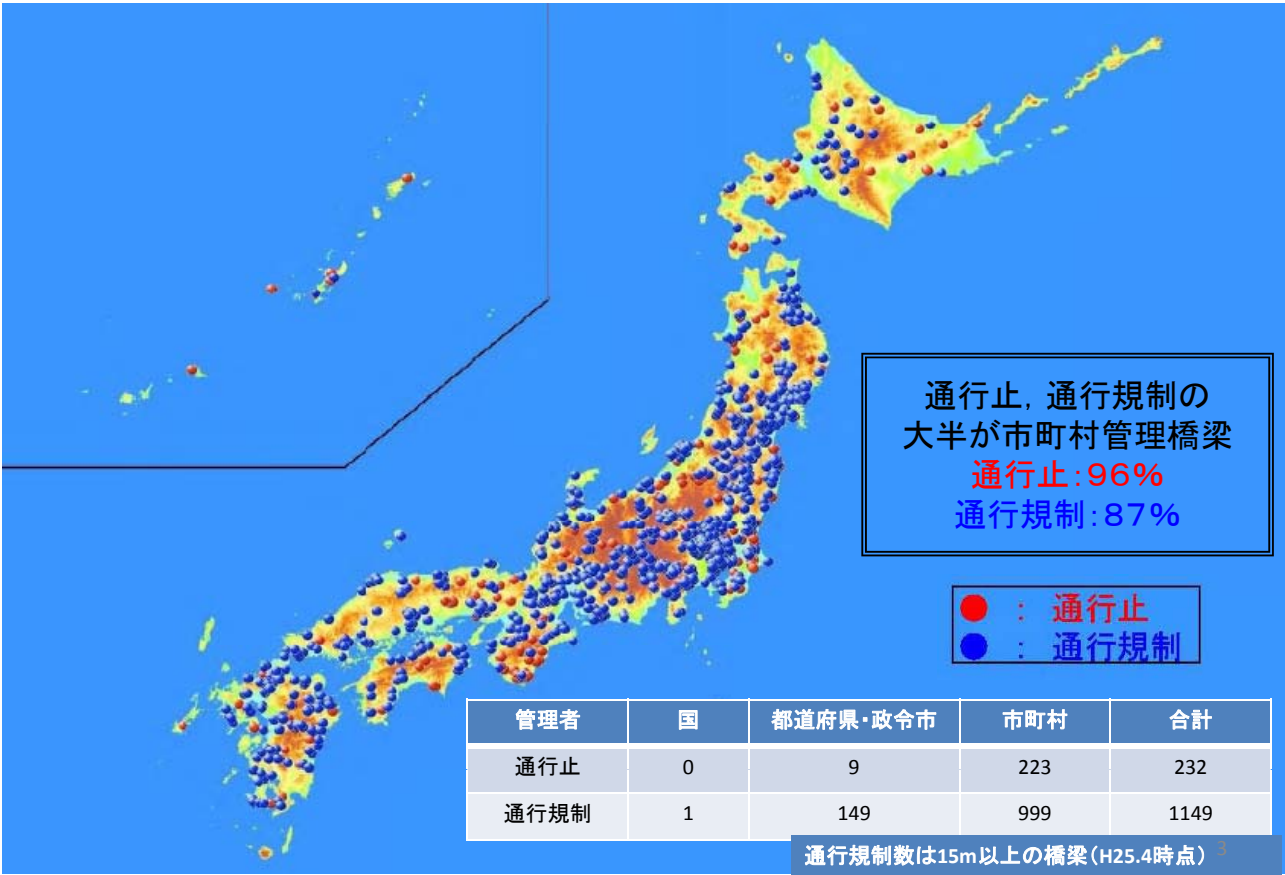


報告内容

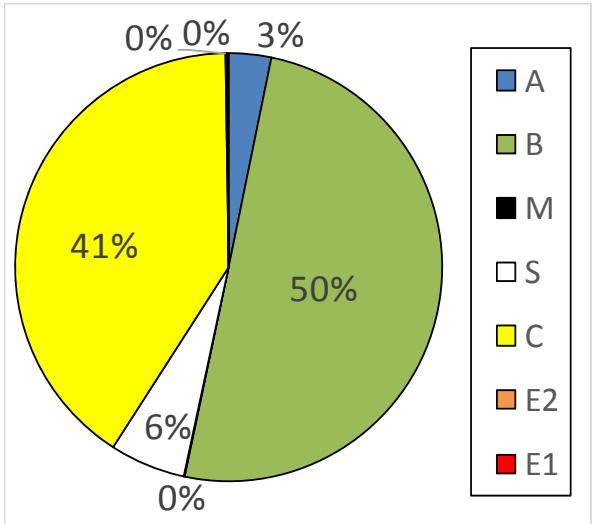
1. 損傷の状況
2. 最近の社会資本メンテナンス施策の動向
3. CAESARの取組



通行止め・通行規制橋梁位置 (H24.4 時点、橋長25m以上)



直轄道路橋の実態(1)

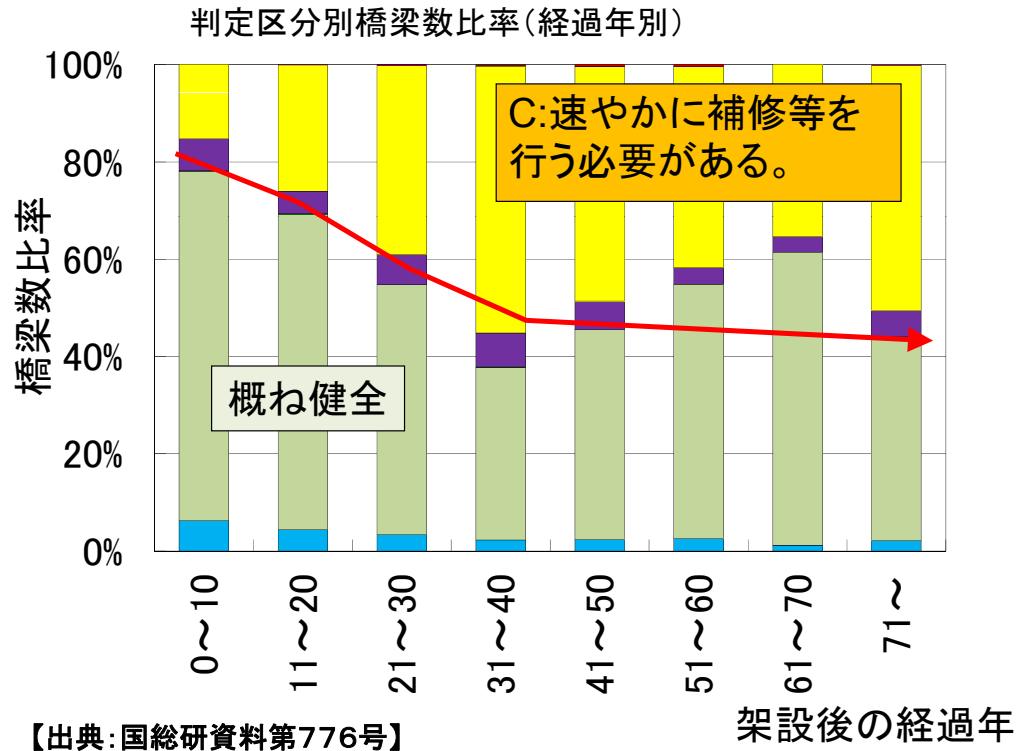


対策区分別橋梁数比率

出典: 国総研資料776号

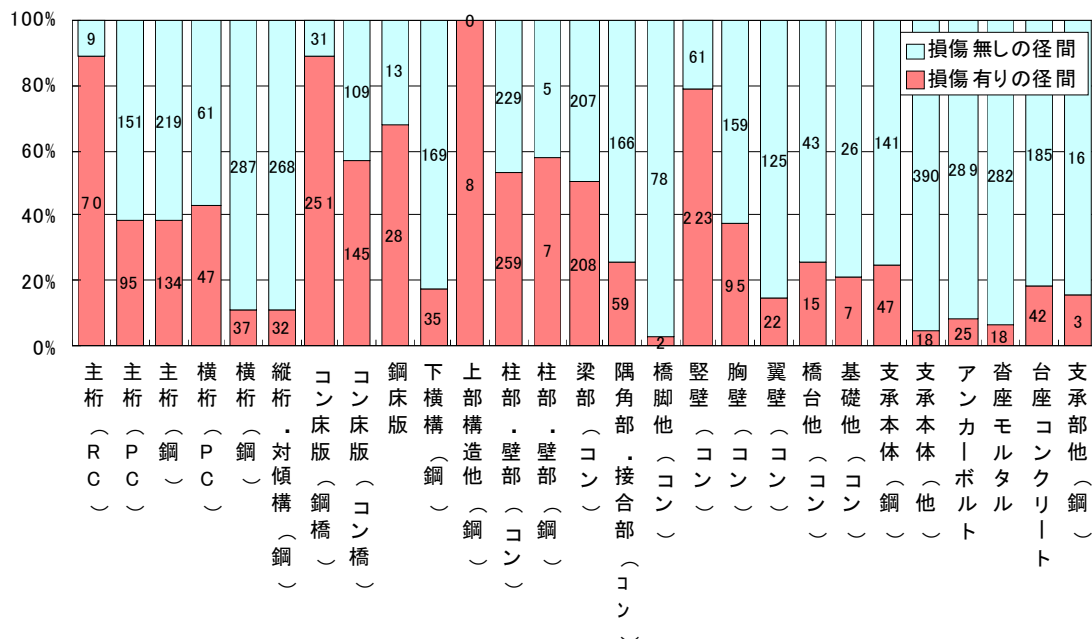
対策判定区分	判定の内容
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E2	その他、緊急対応の必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
S	詳細調査の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
A	補修を行う必要がない。

直轄道路橋の実態(2)

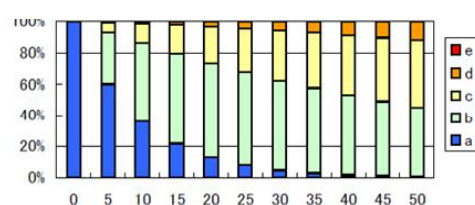
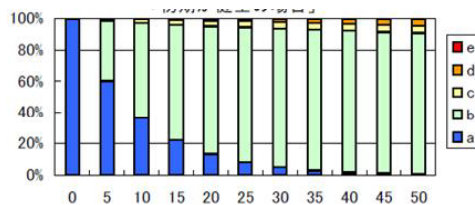
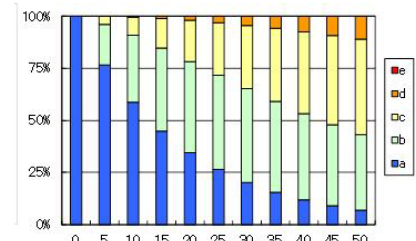
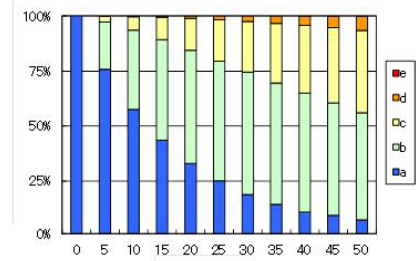
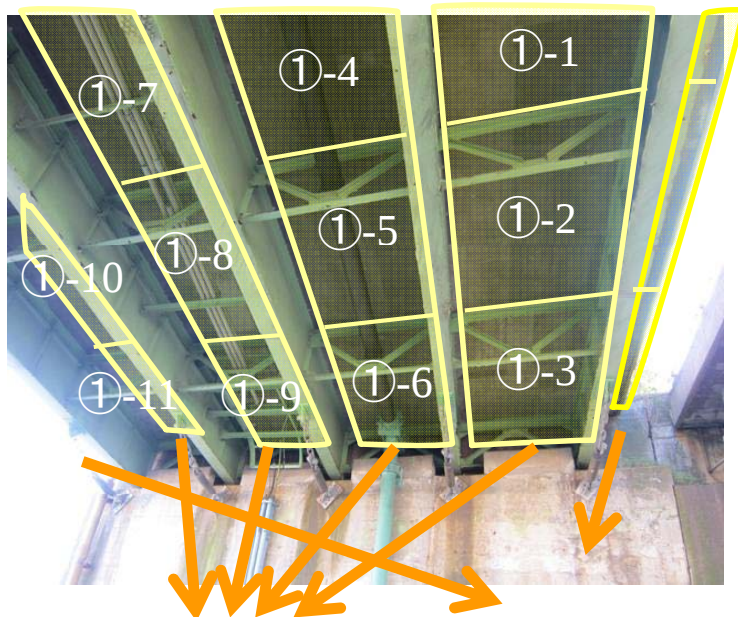


初回点検結果の例

供用後2年以内の点検で極めて多くの変状が確認されている



部位毎にも大きなばらつきがある劣化の実態

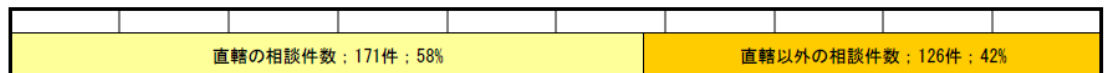


7

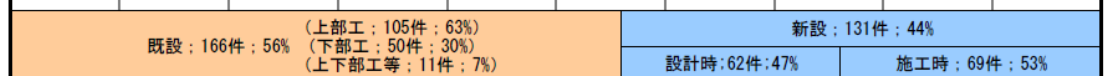
技術相談の内容

平成20年度～平成25年度 橋梁に関する技術指導件数の内訳

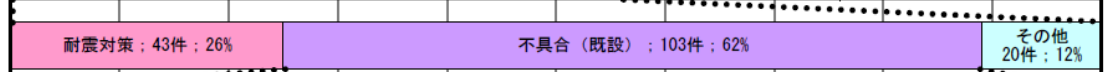
①相談者の割合
合計 297件



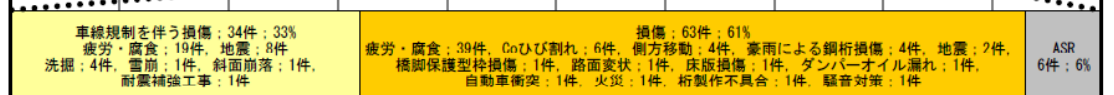
②既設・新設の割合
合計 297件



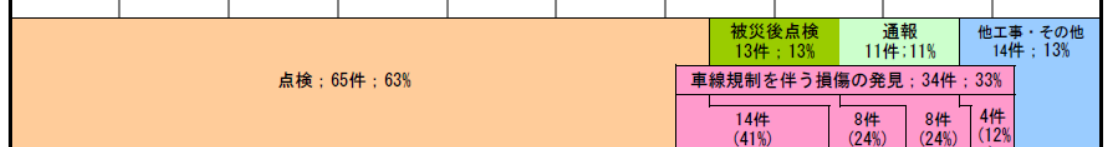
③既設橋梁の相談割合
合計 166件



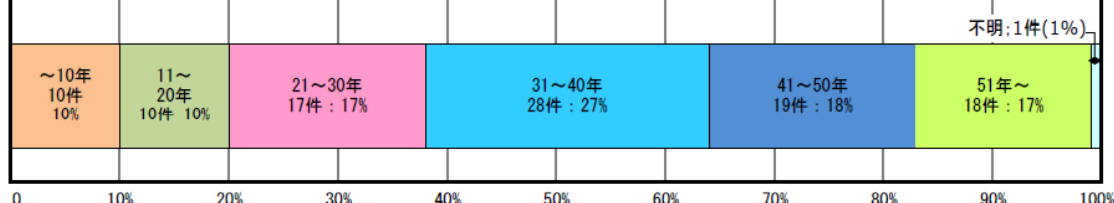
④不具合が生じた
既設橋梁の損傷内訳
合計 103件



⑤不具合の発見状況
合計 103件



⑥不具合が生じた既設
橋梁の供用年数
合計 103件



最近の社会資本メンテナンス施策の動向



最近の社会資本メンテナンス施策の動向

- 社会資本整備審議会・交通政策審議会

今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申) (H25年12月25日)

メンテナンス戦略小委員会(第2期)(2014年4月16日～)

- 社会資本の老朽化対策会議

国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画) (平成26年5月21日)

- 社会資本整備審議会道路分科会

道路の老朽化対策の本格実施に関する提言 (平成26年4月14日)

- 道路法の改正(平成25年6月公布、9月施行)

法令・点検基準の体系

大型車両の通行の適正化

- 科学技術イノベーション総合戦略(平成25年6月)



今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)

主旨

維持管理・更新に関する現状と課題を踏まえ、**今後目指すべき社会資本の維持管理・更新の方向性、戦略的な維持管理・更新に関する基本的な考え方**及び**国土交通省等が重点的に講ずべき具体的施策**に関して、技術部会社会資本メンテナンス戦略小委員会(平成24年7月設置)において審議し、取りまとめたもの。

第1章 維持管理・更新の現状と課題

- 社会経済情勢とこれまでの取組
- 国土交通省所管施設の実態と課題
- これまでの維持管理・更新に関する技術的進歩の推移と課題
- 地方公共団体における維持管理・更新の実施状況に関する現状と課題
- 国土交通省所管の社会資本に関する維持管理・更新費の推計と課題
- 維持管理・更新に関する制度面、体制面での現状と課題

第2章 今後目指すべき社会資本の維持管理・更新の方向性

- ・国民の安全、社会経済活動を支えている社会資本の維持管理・更新の重要性
- ・社会資本の維持管理・更新に重点をおいた体制の構築
- ・幅広い分野に及び性質が異なる社会資本の条件を考慮した課題の検討
- ・国民と一体となった社会資本の維持管理への取組の実現

第3章 戦略的な維持管理・更新に関する基本的な考え方

社会資本によって人々にもたらされる恩恵が次世代へも適切に継承されるよう、今後目指すべき**10の基本的な考え方**を整理

- 国の責務
- 国民の理解と協力の促進
- 社会資本としての役割を持続的に発揮させるための維持管理・更新
- 安全・安心を確保するための維持管理・更新
- 豊かな暮らし・環境や活力ある経済社会を実現するための維持管理・更新
- 維持管理・更新の重点化
- 機能・費用のバランスの取れた維持管理・更新
- ストック全体を見渡した調査・診断、評価及び活用
- 技術開発の推進
- 分野横断的な連携、多様な担い手との連携

今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)

第4章 戦略的な維持管理・更新のために重点的に講ずべき施策

現在直面している課題を克服するために**国土交通省等が重点的に講ずべき具体的施策を提言**

2. 維持管理・更新をシステムチックに行うための取組

- 維持管理・更新への「戦略的メンテナンス思想」の導入
- 維持管理・更新をシステムチックに行うための業務プロセスの再構築
- 長期的視点に立った維持管理・更新計画の策定
- 維持管理・更新に係る予算確保
- 維持管理・更新に係る入札契約制度の改善
- 維持管理・更新に軸足を置いた組織・制度への転換
- 施設の点検・診断、評価、設計及び修繕等を適切に実施するための技術者・技能者の育成・支援、資格制度の確立

1. 施設の健全性等を正しく着実に把握するための取組

- 全ての施設の健全性等を正しく着実に把握するための仕組みの確立
- 維持管理・更新に係る情報の収集・蓄積とカルテの整備
- 施設の健全性等及びその対応方針の国民への公表と国民の理解と協力促進

3. 維持管理・更新の水準を高めるための取組

- 効率的・効果的な維持管理・更新のための技術開発等
- 分野や組織を超えた連携と多様な主体との連携等
- 地方公共団体等への支援
- 地方公共団体等が円滑に維持管理・更新を行うための枠組みの提示

国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)

- 「社会資本メンテナンス元年」の成果や課題を踏まえ、インフラ長寿命化基本計画に基づく行動計画をとりまとめ
- 将来にわたる必要なインフラ機能の発揮に向けた取組により、メンテナンスサイクルを構築・継続的に発展
- 国民の安全・安心の確保、トータルコストの縮減・平準化、メンテナンス産業の競争力確保の実現

1. 国交省の役割

○各インフラに係る体制や制度等を構築する「所管者」としての役割

○インフラの「管理者」としての役割

2. 計画の範囲

- 対象: 国交省が制度等を所管する全ての施設
- 期間: 平成26～32年度(2014～2020年度)

3. 中長期的なコストの見通し

○維持管理・更新等の取組のため、施設の実態の把握や個別施設計画の策定により、中長期的な維持管理・更新等のコストの見通しをより確実に推定する必要

4. 現状・課題と取組の方向性

	現状と課題	必要施策に係る取組の方向性	具体的な取組の例
点検・診断／ 修繕・更新等	○総点検対象施設以外の対応 ○人口減少等の社会構造の変化への対応 ○技術力を有する職員の不足 ○取組の着実な実施に必要な予算の確保 ○点検・診断等の担い手の確保	○全施設のメンテナンスサイクルの構築 ○施設の必要性、対策内容等の再検討 ○相談窓口機能、研修・講習の充実 ○交付金等による支援の継続・充実 ○入札契約制度等の見直し	○基準類に基づく適時・適切な点検・診断 ○個別施設計画に基づく修繕・更新・集約等 ○地公体職員を対象とする研修の充実・継続 ○防災・安全交付金等による取組の支援 ○適正な価格等の設定、発注ロットの最適化
基準類の整備	○基準類の位置づけが不明確 ○新たな技術・知見が未反映	○基準類の体系的整備 ○新たな技術や知見の基準類への反映	○位置付けを明確にした全基準類の見える化 ○適時・適切な基準類の改定
情報基盤の整備と活用	○台帳等の不備・未整備 ○情報の活用に向けた統一的な管理が不十分	○点検・修繕等を通じた情報収集 ○情報の蓄積、地公体も含めた一元的集約	○データベースの構築・改良、情報の蓄積・更新 ○関係者による情報の共有
個別施設計画の策定	○計画未策定の施設が存在 ○記載内容にバラツキ	○計画策定の推進と内容の充実	○計画策定対象の拡大 ○手引き等の整備・提供、交付金等による支援
新技術の開発・導入	○現場ニーズと技術シーズのマッチングが不十分 ○新技術の特性(適用条件等)が不明確	○産学官の連携とニーズ・シーズのマッチング ○新技術を活用できる現場条件などの明確化	○ニーズを明確にした公募等による現場実証・評価 ○点検・診断技術の特性を明確にした維持管理支援サイトによる新技術の現場導入支援
予算管理	○非計画的な投資 ○対策費用を踏まえた財源が未確保	○トータルコストの縮減・平準化 ○受益と負担の見直し	○個別施設計画に基づく計画的な対策 ○更新投資の財源確保に向けた検討
体制の構築	○技術者の技術力の評価が不十分 ○地公体単独での対応が困難 ○国民等の利用者の関与が不十分	○資格制度の充実、高度な技術力を有する技術者の活用 ○管理者間の相互連携体制の構築 ○国民等の利用者の理解と協働の推進	○民間資格の評価、国の職員等の派遣 ○関係者からなる組織による市町村への支援 ○現地見学等による広報活動
法令等の整備	○点検等の法令等の位置づけが不明確	○責務の明確化、社会構造の変化への対応	○維持・修繕の責務明確化

5. その他

○計画のフォローアップにより、取組を充実・深化

○ホームページ等を通じた積極的な情報提供

今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)

【1. 道路インフラを取り巻く現状】

(1) 道路インフラの現状

- 全橋梁約70万橋のうち約50万橋が市町村道
- 一部の構造物で老朽化による変状が顕在化
- 地方公共団体管理橋梁では、最近5年間で通行規制等が2倍以上に増加

(2) 老朽化対策の課題

- 直轄維持修繕予算は最近10年間で2割減少
- 町の約5割、村の約7割で橋梁保全業務に携わっている土木技術者が存在しない
- 地方公共団体では、遠望目視による点検も多く点検の質に課題

(3) 現状の総括(2つの根本的課題)

最低限のルール・基準が確立していない

メンテナンスサイクルを回す仕組みがない

【2. 国土交通省の取組と目指すべき方向性】

(1) メンテナンス元年の取組

本格的にメンテナンスサイクルを回すための取組みに着手

○道路法改正【H25.6】

・点検基準の法定化
・国による修繕等代行制度創設

○インフラ長寿命化基本計画の策定【H25.11】

『インフラ老朽化対策の推進に関する関係府庁連絡会議』
⇒インフラ長寿命化計画(行動計画)の策定へ

(2) 目指すべき方向性

- ①メンテナンスサイクルを確定 ②メンテナンスサイクルを回す仕組みを構築

産学官のリソース(予算・人材・技術)を全て投入し、総力をあげて本格的なメンテナンスサイクルを始動【道路メンテナンス総力戦】

【3. 具体的な取組】

(1) メンテナンスサイクルを確定(道路管理者の義務の明確化)

各道路管理者の責任で以下のメンテナンスサイクルを実施

[点検]

- 橋梁(約70万橋)・トンネル(約1万本)等は、国が定める統一的な基準により、5年に1度、近接目視による全数監視を実施
- 舗装、照明柱等は適切な更新年数を設定し点検・更新を実施

[診断]

- 統一的な尺度で健全度の判定区分を設定し、診断を実施

『道路インフラ健康診断』(省令・告示：H26.3.31公布、同年7.1施行予定)

区分	状態
I 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
II 予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
III 早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
IV 緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態

[措置]

- 点検・診断の結果に基づき計画的に修繕を実施し、必要な修繕ができない場合は、通行規制・通行止め
- 利用状況を踏まえ、橋梁等を集約化・撤去
- 適切な措置を講じない地方公共団体には国が勧告・指示
- 重大事故等の原因究明、再発防止策を検討する『道路インフラ安全委員会』を設置

[記録]

- 点検・診断・措置の結果をとりまとめ、評価・公表(見える化)

(2) メンテナンスサイクルを回す仕組みを構築

メンテナンスサイクルを持続的に回す以下の仕組みを構築

[予算]

- (高速) ○高速道路更新事業の財源確保(通常国会に法改正案提出)
- (直轄) ○点検、修繕予算は最優先で確保
- (地方) ○複数年にわたり集中的に実施する大規模修繕・更新に対して支援する補助制度

[体制]

- 都道府県ごとに『道路メンテナンス会議』を設置
- メンテナンス業務の地域一括発注や複数年契約を実施
- 社会的に影響の大きな路線の施設等について、国の職員等から構成される『道路メンテナンス技術集団』による『直轄診断』を実施
- 重要性、緊急性の高い橋梁等は、必要に応じて、国や高速会社等が点検や修繕等を代行(跨道橋等)
- 地方公共団体の職員・民間企業の社員も対象とした研修の充実

[技術]

- 点検業務・修繕工事の適正な積算基準を設定
- 点検・診断の知識・技能・実務経験を有する技術者確保のための資格制度
- 産学官によるメンテナンス技術の戦略的な技術開発を推進

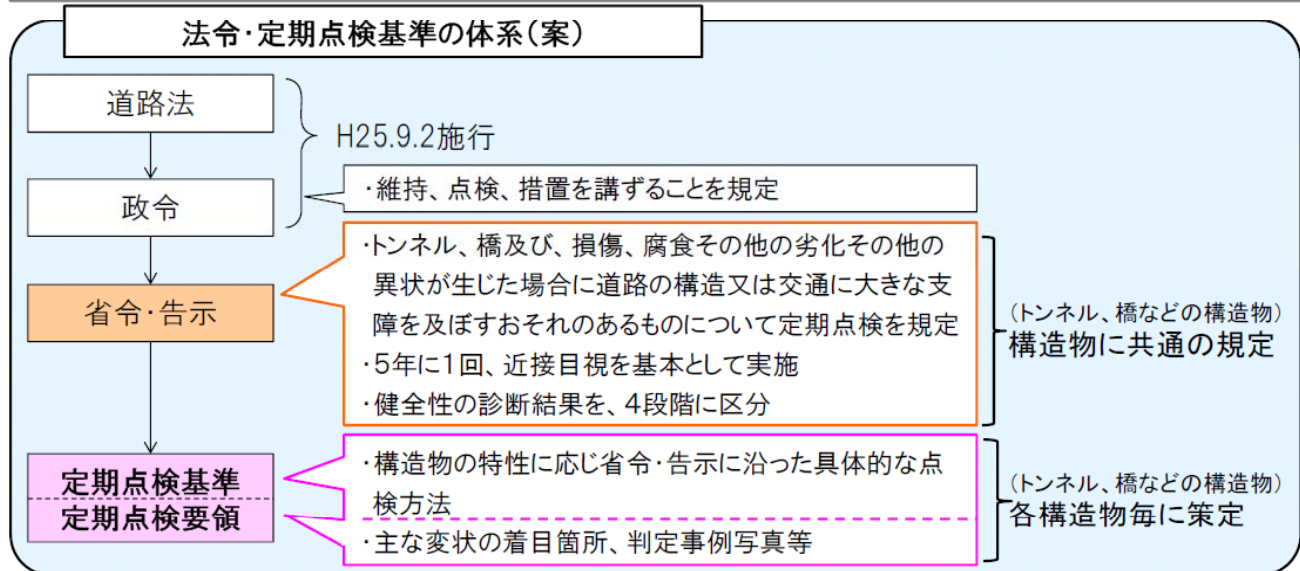
[国民の理解・協働]

- 老朽化の現状や対策について、国民の理解と協働の取組を推進

道路法改正 (H25.6.5公布、9.2施行)関連

省令、告示、定期点検基準の体系(案)

- ① 省令・告示で、5年に1回、近接目視を基本とする点検を規定、健全性の診断結果を4つに区分。
(トンネル、橋などの構造物に共通)
- ② 点検方法を具体的に示す定期点検基準を策定。(トンネル、橋などの構造物毎)
- ③ 市町村における円滑な点検の実施のため、主な変状の着目箇所、判定事例写真等を加えたものを定期点検要領としてとりまとめ。(トンネル、橋などの構造物毎)



出典：社会資本整備審議会道路分科会「第5回道路メンテナンス技術小委員会」資料3

健全性の診断結果の分類

○トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示

トンネル等の健全性の診断結果については、次の表に掲げるトンネル等の状態に応じ、次の表に掲げる区分に分類すること。

区分		状態
I	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

道路の老朽化対策に向けた大型車両の通行の適正化

具体的な取組

通行許可の基準等の見直しと許可審査手続の改善

(1) バン型等セミトレーラ連結車の駆動軸重の許可基準の統一

・バン型等のセミトレーラの駆動軸重の制限を、国際海上コンテナセミトレーラと同等の11.5tに緩和 【H26年度中に実施】

(2) 45フィートコンテナ等の輸送における許可基準の見直し

・45フィートコンテナを積載する車両を始め、バン型等のセミトレーラの車両長の制限の緩和 【H26年度中に実施】

(3) 許可までの期間の短縮

- ① 主要道路情報のデータベース化を促進 【継続して実施】
- ② 通行許可のオンライン申請システムを改良・普及促進 【継続して実施】
- ③ 大型車両を誘導すべき道路の範囲を拡大しつつ、国による一括審査を実施 【H26年度から実施】
- ④ 通行許可に係る審査体制の集約化 【H27年度から段階的実施に向けて準備】

(4) 適正に利用する者の許可の簡素化

- ① 違反実績のない者に対して許可期間（現行2年）の延長 【H27年度実施に向けて準備】
- ② ITS技術を活用した通行経路把握による通行許可の運用 【H28年度実施に向けて準備】

違反取締りや違反者への指導等の強化

(1) 適法に通行する大型車両の取締りの徹底

- ① 自動計測装置の増設 【H26年度から実施】
- ② コードラインを設定し、並行する高速道路と一般道路を一度に取締る等各道路管理者が連携した取締り及び自動計測装置の設置を実施 【継続して実施】

(2) 違反者に対する指導等の強化

- ① 国道事務所に呼び出して是正指導を行い、常習的な違反者に対しては告発を実施（措置命令4回又は是正指導5回で告発） 【H25年度から実施】
- ② 特に基準の2倍以上の重量超過等悪質な違反者は、現地取締りにおいて違反を確認した場合は即時告発を実施 【H26年度から実施】
- ③ 改正道路法に基づき違反者に対する報告徴収・立入検査の実施
また、報告徴収・立入検査を拒む者に対しては告発を実施 【H26年度から実施】

(3) 関係機関との連携体制の構築

- ① 国土交通省（道路局及び自動車局）、警察庁、高速道路会社及び全日本トラック協会等と連携し、道路の適正利用を図るための連絡会を設置し、荷主を含めた啓発活動、及び違反者情報の共有等を実施 【H25年度から実施】
- ② 国土交通省から日本高速道路保有・債務返済機構及び高速道路会社6社に対し、取締り強化及び違反者に対する指導等の強化を検討するよう指示 【H26年度から実施】
- ③ 自動車局と連携して、違反通行を行った運送事業者に対し貨物自動車運送事業法に基づく行政処分等を行うとともに、荷主に対する是正指導等を行うための検討を実施。 【H26年度から実施】

科学技術イノベーション総合戦略

平成26年度 科学技術重要施策アクションプラン

- アクションプランにより総合科学技術会議が重要と考える課題・取組を概算要求前に示すことにより、政府全体の科学技術関係予算の重点化に向けて、関係府省の施策の誘導を図る。
- 効率・効果的な取組推進、着実なPDCAプロセス実施により、科学技術イノベーションを強力に推進し、経済再生、及び、あるべき経済社会を実現。

平成26年度アクションプランのテーマ

科学技術イノベーション総合戦略第2章に掲げる5つの政策課題を重点対象として設定

1. クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現
2. 国際社会の先駆けとなる健康長寿社会の実現
3. 世界に先駆け次世代インフラの整備
4. 地域資源を‘強み’とした地域の再生
5. 東日本大震災からの早期の復興再生

平成26年度アクションプランの特徴（進化点）

1. 具体的な工程表を示し、課題達成に向けた取組を促進

具体的な工程表により、関係府省から課題達成に向けた施策の提出を促す。また、施策特定後はPDCAプロセスのため成果の検証が可能となる数値などを含む達成目標とその達成時期、目標の達成に向けて取り組むべき具体的な取組や中間目標を工程表に更に明示。

2. 施策の積極的なプログラム化（いわゆる大括り化）の促進

各省からの施策の提案に先立ち、専門家の意見を踏まえた社会的課題達成の観点を示すことで、連携により効率・効果的に成果が期待できるよう、積極的にプログラム化を促す。

3. マネジメント体制の明確化

アクションプラン対象施策に対して、プログラム全体の研究開発の進捗管理のみならず、社会実装に向けた進捗管理・調整も含めた明確なマネジメント体制を求める。

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)課題

- 革新的燃焼技術
- 次世代パワーエレクトロニクス
- 革新的構造材料
- エネルギーキャリア
- 次世代海洋資源調査技術
- 自動走行(自動運転)システム
- インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
- レジリエントな防災・減災機能の強化
- 次世代農林水産業創造技術
- 革新的設計生産技術



SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)課題



SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術

CAESARの取組



メンテナンスサイクルと保全技術

CAESARの取り組み例

対象		メンテナンスサイクルの業務サイクル				
		点検(調査、モニタリング)	→	診断(評価)	→	措置(補修・補強)
上部工	鋼構造 主桁	疲労環境の相対的厳しさの分析				桁端部の当て板補修補強方法の効果の検証 主桁溶接継ぎ手の疲労強度等級の提案(新設橋を対象)
	トラス主構			残存耐荷性能評価手法の開発		
	コンクリート橋	軸方向ひび割れが発生したプレテンションPC橋のひび割れ性状(深さ、幅)に関する調 高出力X線装置や小型中性子源を用いた鋼材腐食およびグラウト充填状況確認に関する研究		ASRIにより軸方向ひび割れが生じたプレテンションPC桁の耐荷力確認 塩害によりコンクリート及び鋼材に損傷の生じたポストテンションPCT桁の耐荷力確認		塩害補修工法(電気防食等)の適切な維持管理技術に関する研究
	床版 鋼床版	Uリブ溶接部の亀裂の非破壊調査法の開発				デッキプレートの板厚の増加 SFRC舗装による置き換え
	床版 RC床版	鋼板接着により補強されたRC床版の劣化に対する非破壊検査技術の適用性確認		RC床版の上面側劣化損傷の調査		繊維シートによるRC床版の補強方法
下部工		RC橋脚の発錆限界塩化物イオン濃度に関する調査		塩害劣化したRC橋脚の耐荷力評価		
				アルカリ骨材反応により損傷したRCフーチングの耐荷力評価		アルカリ骨材反応により損傷したRCフーチングの補修・補強方法に関する研究
支承部				経年劣化が生じた支承の性能評価		
橋梁構造全体				橋全体系の耐荷性能評価のためのモデル化手法確認		
道路ネットワーク		管理水準の考え方、社会的リスク評価技術を活用したマネジメント技術				

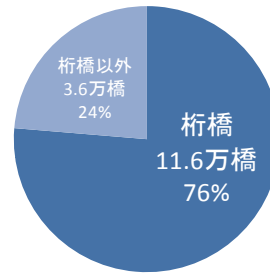
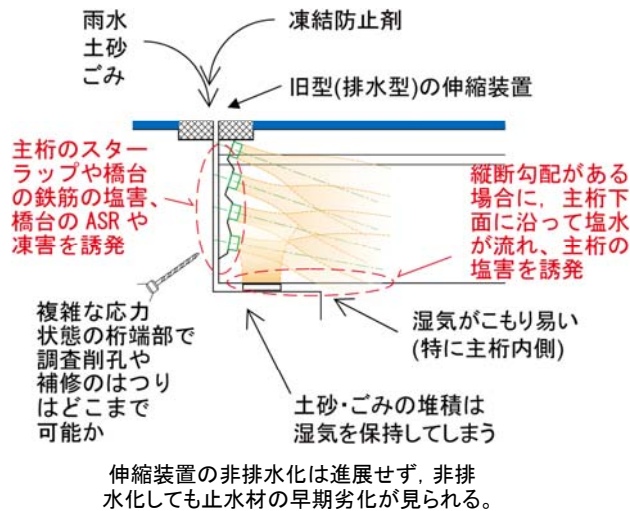
桁端部の腐食への対応

道路橋桁端部における腐食対策(1)

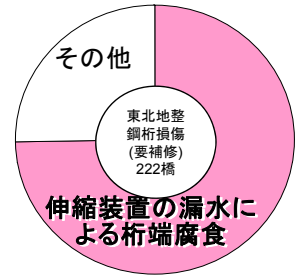
腐食した桁端部の例



道路橋桁端部における腐食対策(2)



国内道路橋15万橋
(橋長15m以上)のうち
桁橋の占める割合



H16-19補修設計
実施橋梁を対象

◆ 桁端部は厳しい腐食環境

◆ 桁端部の損傷は例は数多い

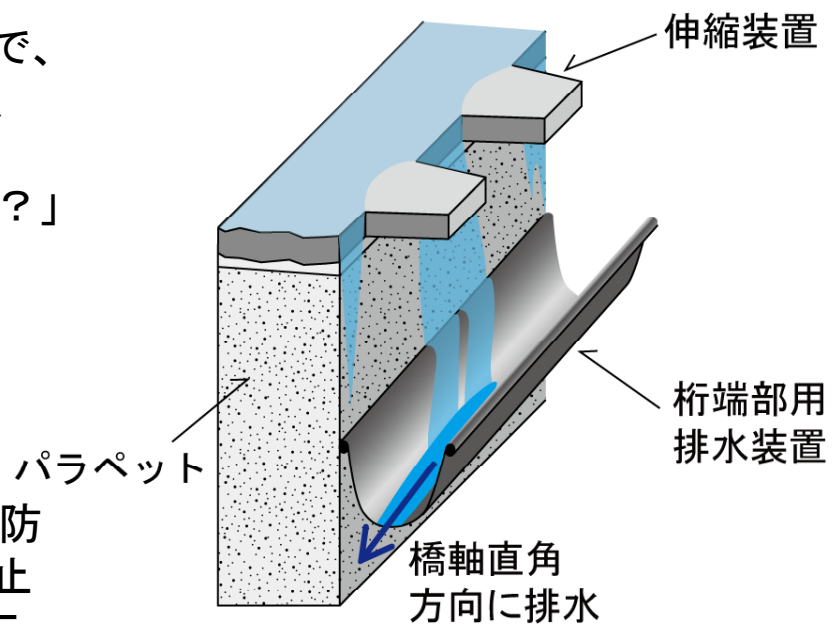


道路橋桁端部における腐食対策(3)

「できるだけ多くの橋で、
できるだけ早期に、
桁端部の腐食
環境を改善する手法？」



伸縮装置からの凍結防
止剤を含んだ漏水を止
水あるいは排水するこ
とが不可欠



道路橋桁端部における腐食対策(4)

民間2社とそれぞれ共同研究し、試験施工

平成24年度試験施工

PE製排水装置
遊間
100mm



ゴム製排水装置
遊間
70mm



平成25年度試験施工

PE製排水装置
遊間
50mm
(作業中の写真)



ゴム製排水装置
遊間
50mm



27

道路橋桁端部における腐食対策(5)

効果確認のための経過観察



付着塩分量の低下は、
前回拭き取りの効果
も含まれることから、
継続的な調査が必要

乾燥していたのは、
凍結の影響も
考えられる。

破線は塩分拭き取り調査箇所、数値はその結果(Cl⁻ mg/m²)

28

道路橋桁端部における腐食対策(6)

腐食した桁端部の例



道路橋桁端部における腐食対策(7)

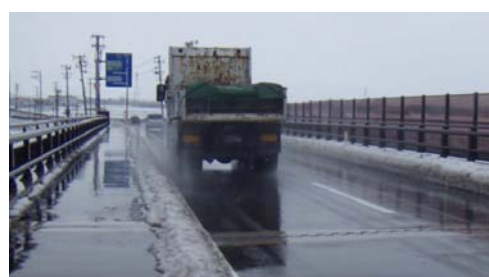
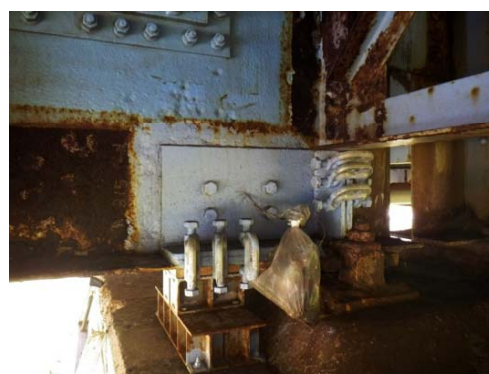
鋼橋桁端部の著しい腐食断面欠損に対して、
当て板補強方法をどうするか

狭く、入り組んだ支点上での
当て板方法
応急復旧時の仮設用
高力クランプの利用

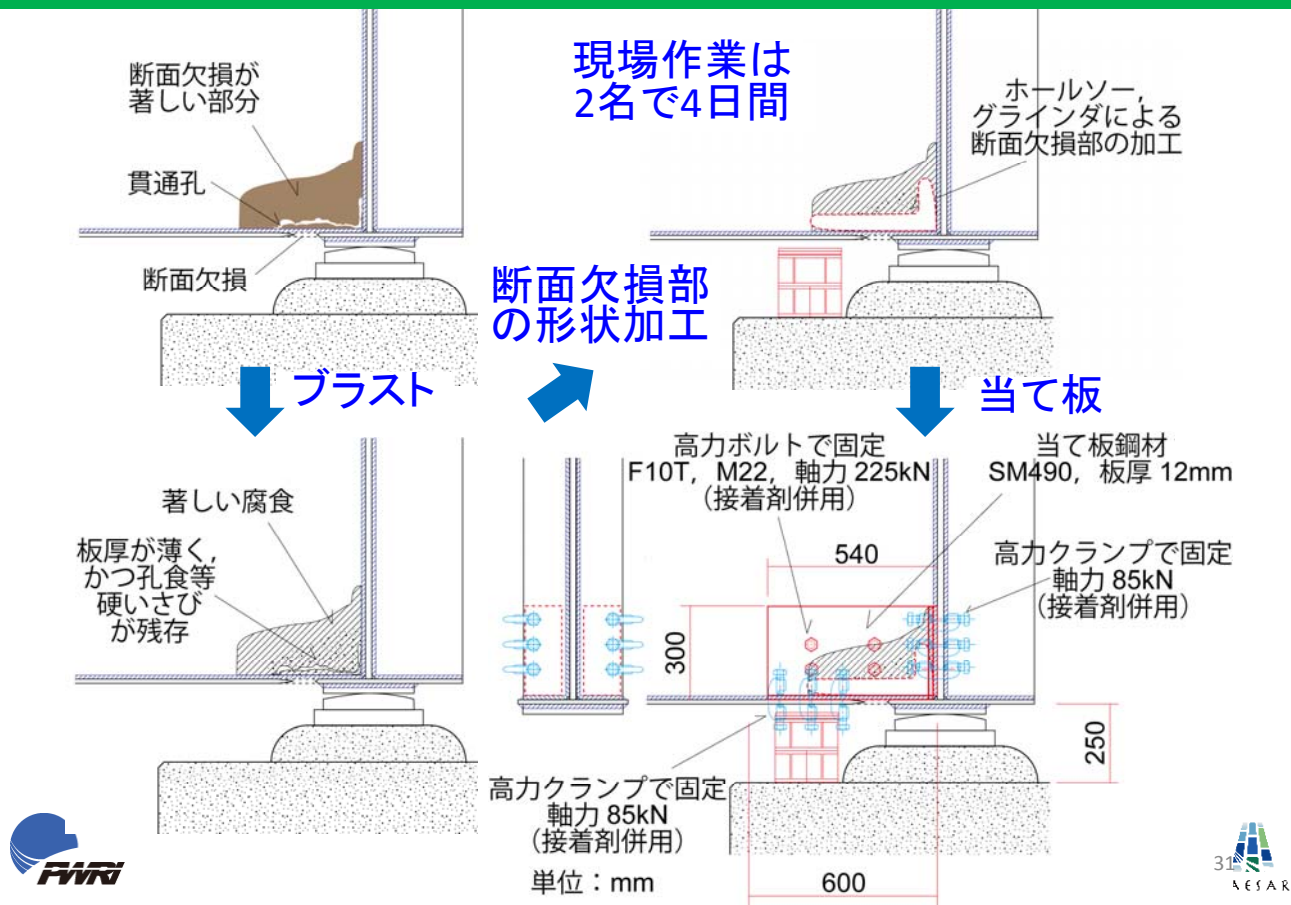


実橋で試験施工

効果確認のため、
走行載荷試験を実施



道路橋桁端部における腐食対策(8)



道路橋桁端部における腐食対策(9)



施工の状況



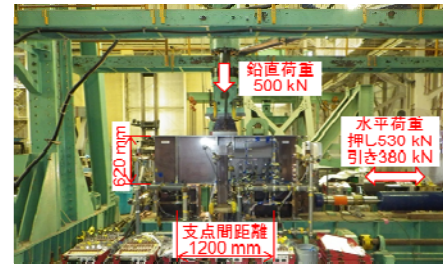
ひずみの状況

注) 図中の数値は、当て板前後における、20トン車走行時の断面欠損部のひずみ(με)を示す。負号(-)は圧縮側を示す。

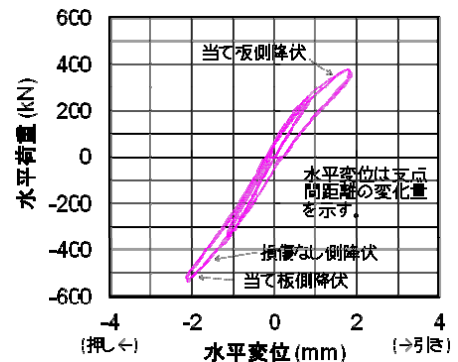
道路橋桁端部における腐食対策(10)

鋼橋桁端部の補修方法の評価

- 実橋での試験施工より、本数の少ないボルト、仮設用クランプ、接着剤を併用した当て板固定であっても、活荷重に対する補強効果が得られることを確認。
- また、当て板による補強により大幅に減少した実橋の断面欠損部のひずみは、9箇月後もほとんど変化なく、効果の持続を確認。
- 実橋の断面欠損を模擬した供試体の水平交番載荷より、地震による水平荷重に対して顕著に不安定な挙動とならないことを確認。



模擬断面欠損を有する供試体の水平交番載荷試験



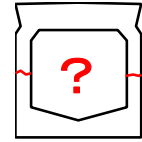
荷重－変位図

コンクリート部材のひび割れ損傷への対応

コンクリート主桁のひび割れ損傷(1)

ひび割れの生じたコンクリート橋上部構造に対し、適切な維持管理による橋梁長寿命化を図るうえでは、ひび割れ損傷に対する性能評価手法の確立が必要である。

- ・ ひび割れが耐荷性能に及ぼす影響と評価
- ・ 健全性を評価するための評価基準の整備



耐荷力、破壊性状？

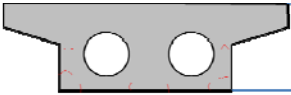
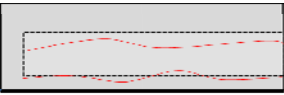
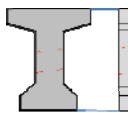
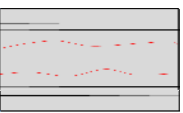
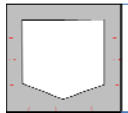
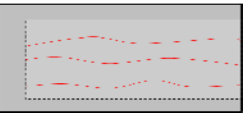


PC桁の水平ひび割れ



コンクリート主桁のひび割れ損傷(2)

実橋におけるひび割れの類型化・性状の把握（橋軸方向のひび割れ）

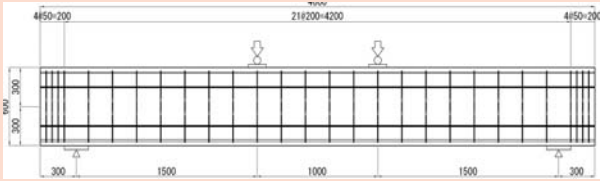
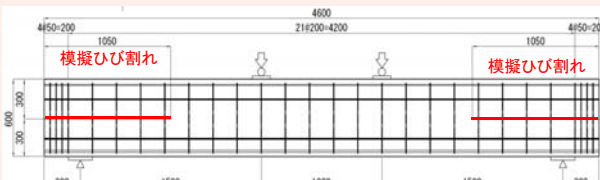
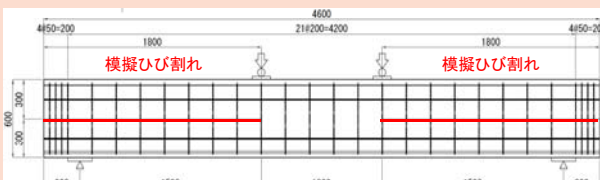
	竣工年	構造	主桁の主な損傷	管理者
ポストテンション方式	S57 (1982)	2 径間連続* ステーション中空床版橋	桁端部側面・桁下にひび割れ	市町村
	S57 (1982)	2 径間連続* ステーション中空床版橋	桁端部側面、橋面にひび割れ・ASR確認	市町村
	S57 (1982)	2 径間連続* ステーション中空床版橋	桁端部側面にひび割れ	市町村
	S55 (1980)	2 径間連続* ステーション中空床版橋	橋面のレンガ舗装に橋軸方向に多くのひびわれを確認。桁下・桁側面にひび割れあり	市町村
		2 径間連続* ステーション中空床版橋	橋面のレンガ舗装に橋軸方向に多くのひびわれを確認。桁側面に多くのひび割れを確認	市町村
	S57 (1982)	PC斜材付π型ラーメン橋（上部工中空床版）	桁端部側面にひび割れ	市町村
	S57 (1982)	PC斜材付π型ラーメン橋（上部工中空床版）	桁端部側面にひび割れ	市町村
	S54 (1979)	2 + 1 径間有ヒンジ* ステーション中空床版	側面・桁下にひび割れ、遊離石灰、端部にひび割れ	市町村
				
		桁断面図	桁断面図	
プレテンション方式	S53 (1978)	単純PCポストテンT桁橋	桁端部側面にひび割れ	市町村
	S57 (1982)	単純PCポストテンT桁橋（2 連）	桁端部側面にひび割れ	県
				
		桁断面図	桁断面図	
	S59 (1984)	単純プレテン中空床版橋	主桁下面全体に橋軸方向のひび割れと漏水・ASRの疑い	政令市
	S58 (1983)	単純プレテン中空床版橋（2 連）	桁側面・桁下に多くのひび割れを確認・ASR確認	市町村
	S52 (1977)	単純プレテン床版I桁橋（3 連）	主桁全体にひび割れ・漏水・遊離石灰	国
				
		桁断面図	桁断面図	

ほぼ同年代(S50年代後半)、中空、ポストテンT形式、塩害はない(錆汁なし)、遊離石灰あり

ASRの疑いが高い ⇒S59(1984)通達 S61(1986)JIS化

コンクリート主桁のひび割れ損傷(3)

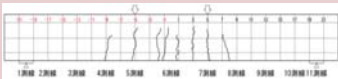
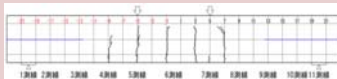
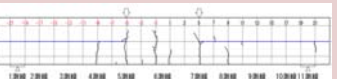
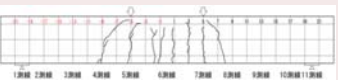
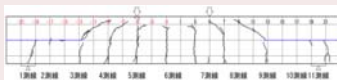
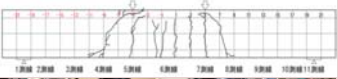
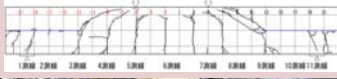
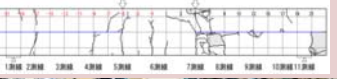
ウェブの水平ひび割れを模擬したPC桁供試体の載荷試験

供試体	概要図	
基準供試体 No.1 載荷試験 平成25年1月15日		 プレストレス 導入PC鋼材 下縁側PC鋼材
ひび割れ模擬供試体 No.2 載荷試験 平成25年1月22日		 模擬ひび割れ
ひび割れ模擬供試体 No.3 載荷試験 平成25年1月27日		 模擬ひび割れ

37

コンクリート主桁のひび割れ損傷(4)

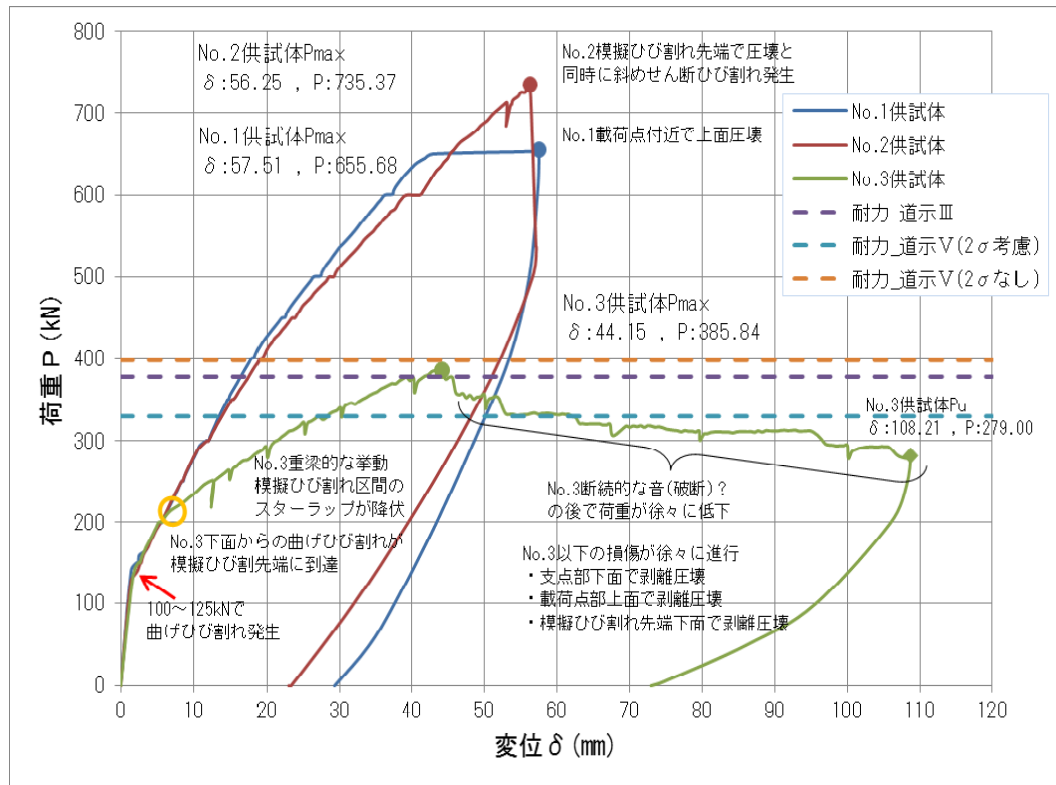
各供試体のひび割れ進展状況

載荷荷重	No.1供試体	No.2供試体	No.3供試体
200kN			
400kN			
終局	 	 	 
終局			 

- No. 1, 2 供試体・・・せん断（斜め引張）破壊、またはせん断圧縮破壊
- No. 3 供試体・・・曲げ破壊

コンクリート主桁のひび割れ損傷(5)

載荷試験結果 荷重－変位曲線



鋼床版の疲労への対応



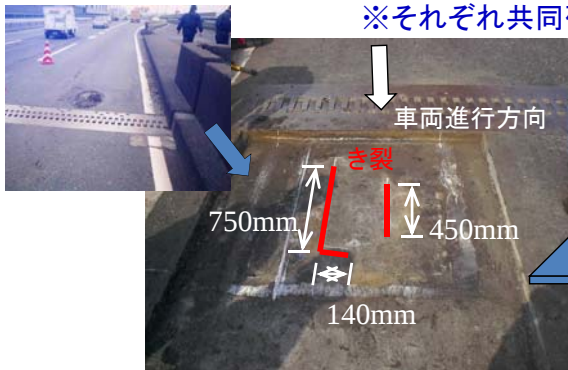
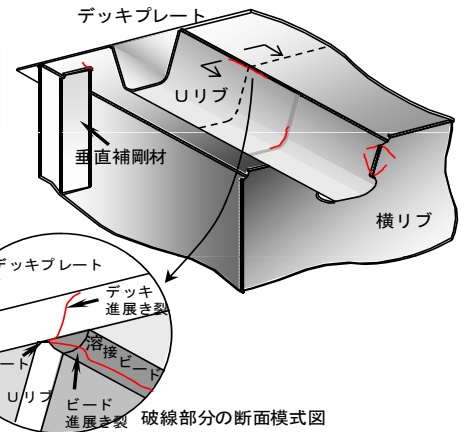
鋼床版の疲労への取組み(1)

- 各部位のき裂に対して原因究明、対策工法を検討
- 影響度の大きいき裂(デッキ進展き裂)を優先

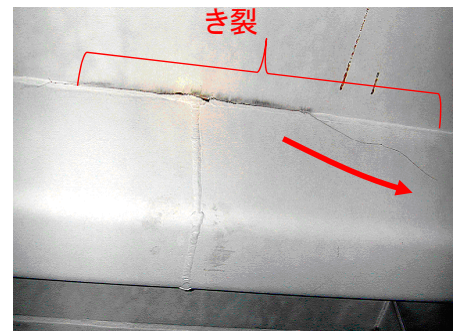
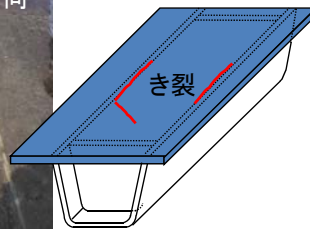
＜デッキ進展き裂の課題＞

- (1) 設計・施工上の問題点が不明
⇒**損傷原因解明、耐久性向上策**
- (2) き裂は、目視点検では検出困難
⇒**非破壊検査技術による調査法**
- (3) き裂進展時には路面陥没による第3者被害に
⇒**補修・補強方法、予防保全策**

※それぞれ共同研究を実施



舗装下に貫通したき裂(デッキ進展き裂)

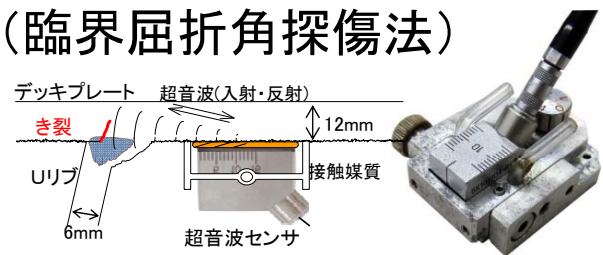


溶接に沿って長く進展したき裂(ビード進展き裂)

鋼床版の疲労への取組み(2)

疲労き裂の非破壊検査技術（臨界屈折角探傷法）

- 初期のき裂の検出可能な技術を開発
- 5橋で試行し、調査のための超音波探傷マニュアル案をとりまとめ
- 11橋での調査に適用。
⇒き裂の深さ計測のさらなる精度の向上、診断技術の高度化に取組中



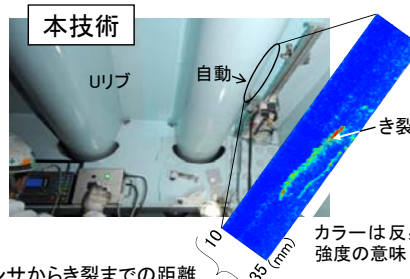
＜超音波探触子によるき裂検出模式図＞＜超音波探触子＞

- ※浅いき裂の検出に適した屈折角が90度に近い探触子の超音波伝搬特性を活用した新たな感度補正法の開発
- ※超音波の反射波とき裂深さとの対応付けによるき裂の評価手法の開発

	従来技術(70度斜角探触子)	本技術
信頼性	・塗装の影響の補正が 困難 ・技術者の 技量差の影響あり	・塗装の影響の補正が 可能 ・技量差による き裂の誤検出を排除
精度	深さ 6mm 以上のき裂の有無を検出	深さ 3mm 以上のき裂の有無を検出
作業性	手動探傷 (作業性・信頼性に課題あり)	自動探傷 (探傷結果を位置情報とともに自動記録)



上向き姿勢で手動



(効果)

- ・点検の信頼性向上に貢献
- ・合理的な対策の検討に活用
- ・対策実施までの監視や対策効果の検証に活用

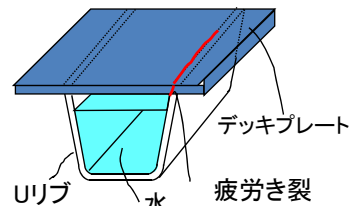
鋼床版の疲労への取組み(3)

Uリブ内の滞水状況から間接的にき裂を検知する技術

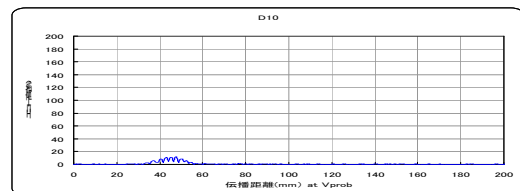
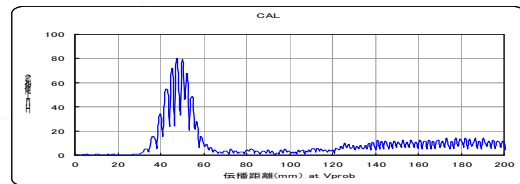
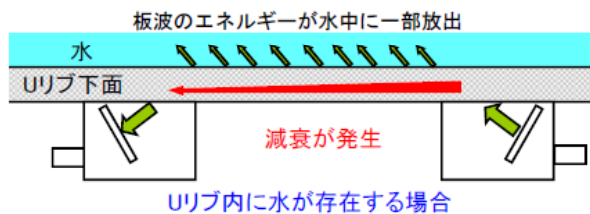
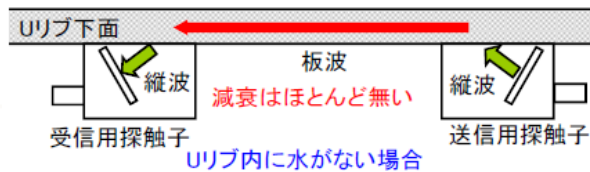
- 既にき裂が発生している場合の対策実施までの状況把握(安全性確保)
- 信頼性、作業性の面で、他の汎用手法では課題あり



- Uリブ内の雨水の有無によりUリブを伝わる超音波が減衰することを利用した調査方法を提案
- 3m程度離れた距離から1箇所5秒程度で滞水の有無と深さ(5mm程度)の計測が可能



※現場架設のブロック毎に、ダイヤフラム(仕切り板)が設置されており、その間に縦断勾配に応じて滞水



※菱電湘南エレクトロニクス(株)および三菱電機(株)と共同研究

鋼床版の疲労への取組み(4)

鋼床版Uリブ内の滞水検知の適用事例



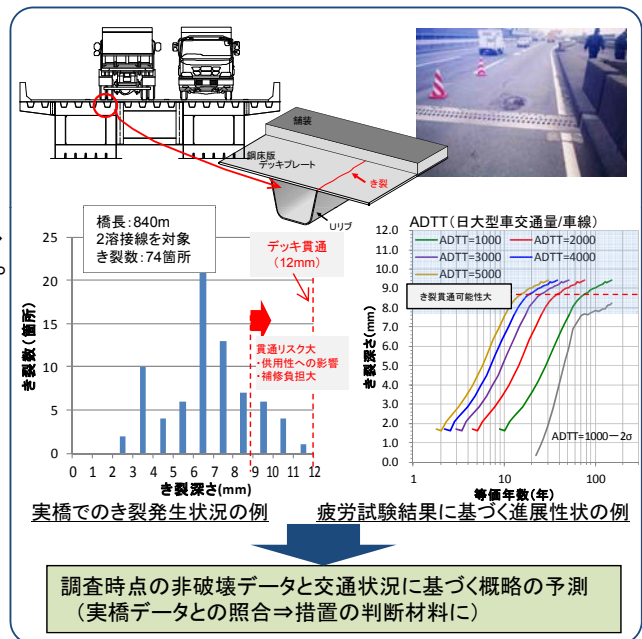
鋼床版の疲労への取組み(5)

鋼非破壊調査技術の診断への活用

- ・非破壊調査技術(鋼床版デッキき裂を対象)については、診断、維持管理計画策定への活用が必要
- ・一方では、き裂の発生・進展性状は明確でなく、調査結果からの措置判断の知見に乏しい状況。

⇒き裂の性状の実態を把握するとともに、健全性への影響を評価し、措置判断に活用できるようにしていくことが必要

- ・き裂の経年的な進展傾向
- ・進展性状と影響因子(供用条件等)との関係性
- ・実態と疲労試験結果との関係性



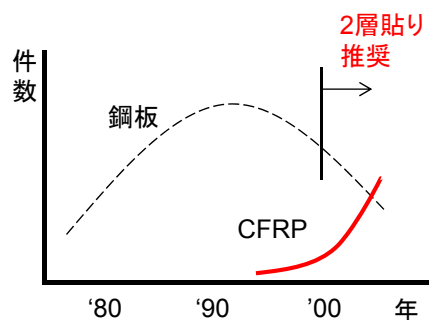
RC床版の疲労への対応

繊維シートによるRC床版の補強設計法に関する研究(1)

平成11年に、「炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計施工指針(案)」を作成

⇒・輪荷重走行試験の知見を踏まえ、所要の引張剛性を有する2層貼りの構造仕様を提示(引張剛性が同じであれば同等の耐久性と判断)

延命化の定量的な効果は明確でなく、新技術も含め、補強メカニズムの解明と照査法の提示が必要



下面補強材料の推移(概念図)



一般的なCFRPシート補強

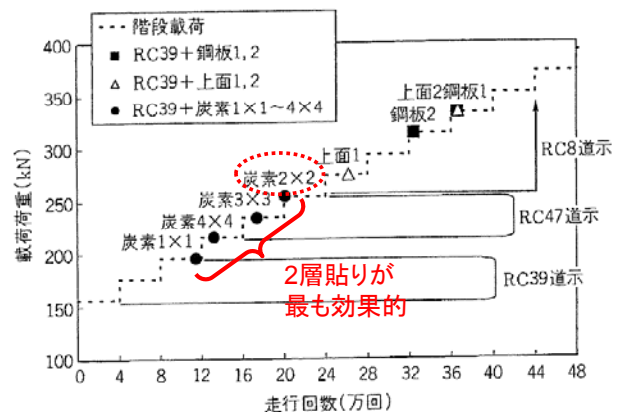
例: 繊維目付量300g/m²の1方向シート ($\sigma_t=3.4\text{kN/mm}^2$, $E=245\text{kN/mm}^2$) を主鉄筋・配筋方向に各2層貼り



格子貼り

滞水を防止して、シートの付着低下を防ぐ。コンクリートのひび割れを点検できるようにする。

繊維補強されたRC床版の事例



繊維補強されたRC床版の輪荷重走行試験結果 (旧土研, 炭補研, 1999)



繊維シートによるRC床版の補強設計法に関する研究(2)

■ 検討内容

① 繊維シート補強されたRC床版の疲労損傷機構の解明

- ・損傷進行に伴う内力の変化より、RC床版の疲労損傷機構の解明に取組中
- ・繊維シート補強の仕様を変えた実大試験体による輪荷重走行試験を実施
⇒繊維補強の程度や損傷程度の違いによる損傷過程の相違を把握するとともに、既往の試験結果と比較を行い、損傷機構を検討

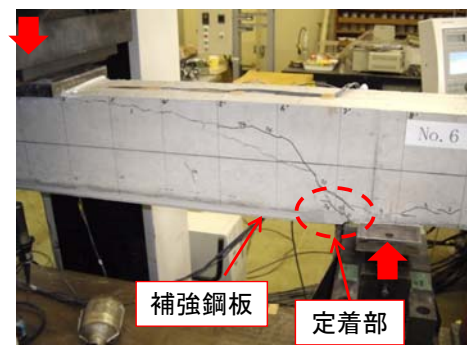


RC床版の輪荷重走行試験

床版の疲労損傷

② RC床版の繊維シート補強の性能照査型設計法の提案

- ①に加えて、定着部の強度照査等、繊維シートの補強設計に必要な照査項目の検討を行い、繊維補強の断面諸量の設定方法について検討



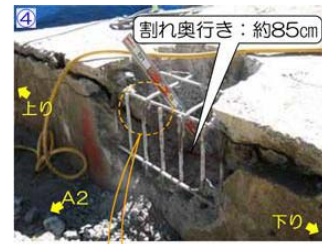
シート定着部の強度に着目した載荷試験 (写真は、鋼板接着補強されたRC桁の載荷試験の例)



基礎の補強技術



ASRによるフーチングの損傷への対応



- ・フーチングにおいて、アルカリ骨材反応（ASR）により、鉄筋破断を伴う甚大な損傷が確認。
- ・内部の劣化状況や補強方法が不明。



1. ASRによるフーチングの損傷程度の評価方法の検討

H18から継続中の暴露試験により、環境条件の違いに応じた劣化進展状況を確認。
暴露試験結果にもとづき、目視できないフーチングに対する損傷程度の評価法を提案

2. 補強方法・効果の検討

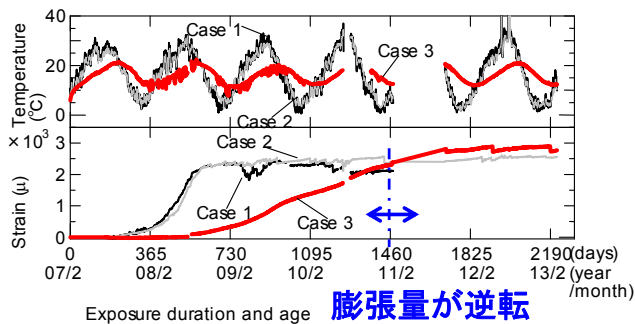
ASRによる損傷を模擬した供試体に対して、載荷実験により補強効果を確認。

ASRによるフーチングの損傷程度の評価法

- ・フーチング模型に対して、H18年度より暴露試験を継続実施。
- ・環境条件による劣化進展の違い、温度など劣化要因との関係性を評価。

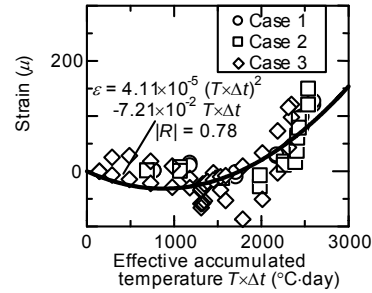


①環境条件によって、ASRの損傷はどのように異なるか？



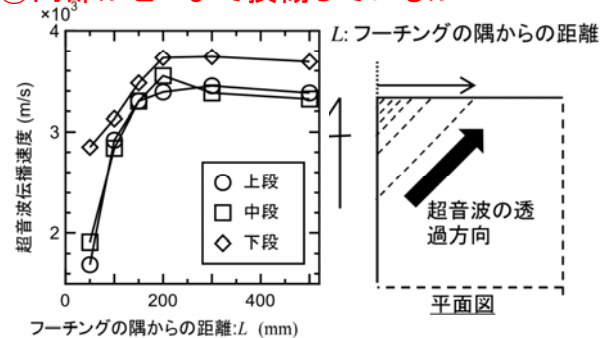
・低温環境では、ひずみが増加し始める時期は遅いが、最終的なひずみは大きい

②掘削することなく、フーチングの損傷を推定できないか？



・温度とひずみとの相関性を評価。温度を計測すれば、ひずみが推定できる可能性

③内部がどこまで損傷しているか？

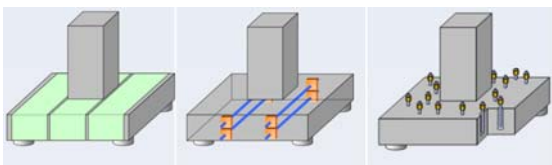


・超音波を斜めに入れることで、損傷程度の評価が可能

51

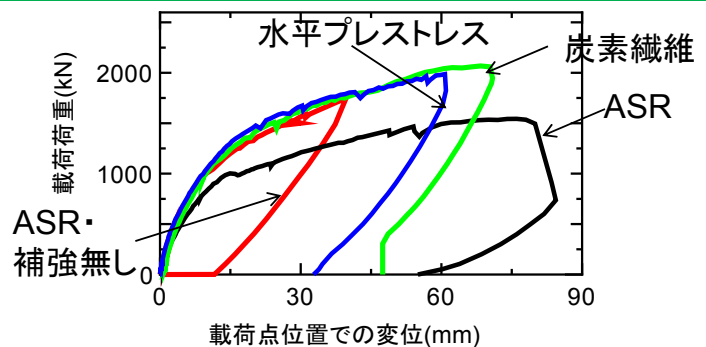
ASRにより損傷したフーチングに対する補強法の検討

- ・ASRによる損傷を模したフーチングに対する補強方法



炭素繊維シート 水平プレストレス (曲げ補強) 鉛直プレストレス (せん断補強)

- ・ASRによって、耐力や剛性が著しく低下
- ・補強により、耐力や剛性が損傷前まで回復。



⇒ASRにより損傷したフーチングの補強が可能。



- ・現在、死荷重を作用させた大規模供試体に対する暴露試験を実施中。
- ・これらについても、載荷実験を行って補強効果を確認する予定。

耐震対策



橋の耐震性能評価に関する最近の研究の取り組み

	新設橋	既設橋
上部構造	特殊橋上部構造部材の地震時限界状態の評価	制震装置を用いた特殊橋の地震応答評価
支承部	ゴム支承, 制震装置の性能評価試験方法	変状が生じたゴム支承の診断技術
落橋防止システム	震災経験に基づく落橋防止構造の要件分析	
橋脚	地震時限界状態の評価技術 配筋の合理化	震災経験に基づく耐震補強効果の検証 橋脚躯体, 橋座部の応急復旧技術 耐震補強部位の耐久性の検証
橋台	地震時土圧の評価 新形式構造(軽量盛土, 補強土壁)	
基礎		既設基礎の耐震性判定技術 動的解析による基礎の耐震照査技術 液状化判定手法の高度化

ゴム支承の品質管理の高度化と耐久性の評価手法に関する研究(1)

兵庫県南部地震以降の設計基準で設計された橋の被害 ゴム支承の破断



橋梁から取り外した
後のゴム支承破断
面の状態



ゴム支承の品質管理の高度化と耐久性の評価手法に関する研究(2)

■平成23年東北地方太平洋沖地震におけるゴム支承の被害事例

平成8年道路橋示方書に基づいてレベル2地震動に対して設計されたゴム支承に破断やき裂等の損傷が生じた。



地震時水平力分散型ゴム支承の破断



免震支承の亀裂

ゴム支承の品質管理水準を向上させるための仕組みづくりとゴム支承の耐久性の評価手法および点検・診断技術の開発が求められている。

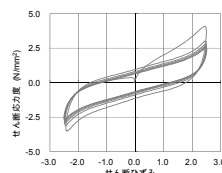
■土木研究所CAESARと民間会社・高速道路会社による共同研究の実施

①ゴム支承の地震時の性能の検証に関する研究(平成24-25年)

- 土木研究所と支承メーカー9社において、ゴム支承の特性検証試験及び品質管理試験における具体的な検証方法を構築するために共同研究を実施。
- 100体程度のゴム支承供試体を対象に繰返し載荷試験、破断試験を行い、力学的特性を評価。



せん断変形試験



力学的特性の評価

②支承の長期耐久性に関する研究 (平成25-26年)

- 土木研究所と高速道路会社4社において、支承の経年劣化メカニズムの解明および点検・診断技術の開発に向けた共同研究を実施。
- 各機関がそれぞれ供用後の経過年数が異なる支承を対象に、力学的特性や材料特性試験を実施し、経年劣化による影響を評価。



せん断変形試験



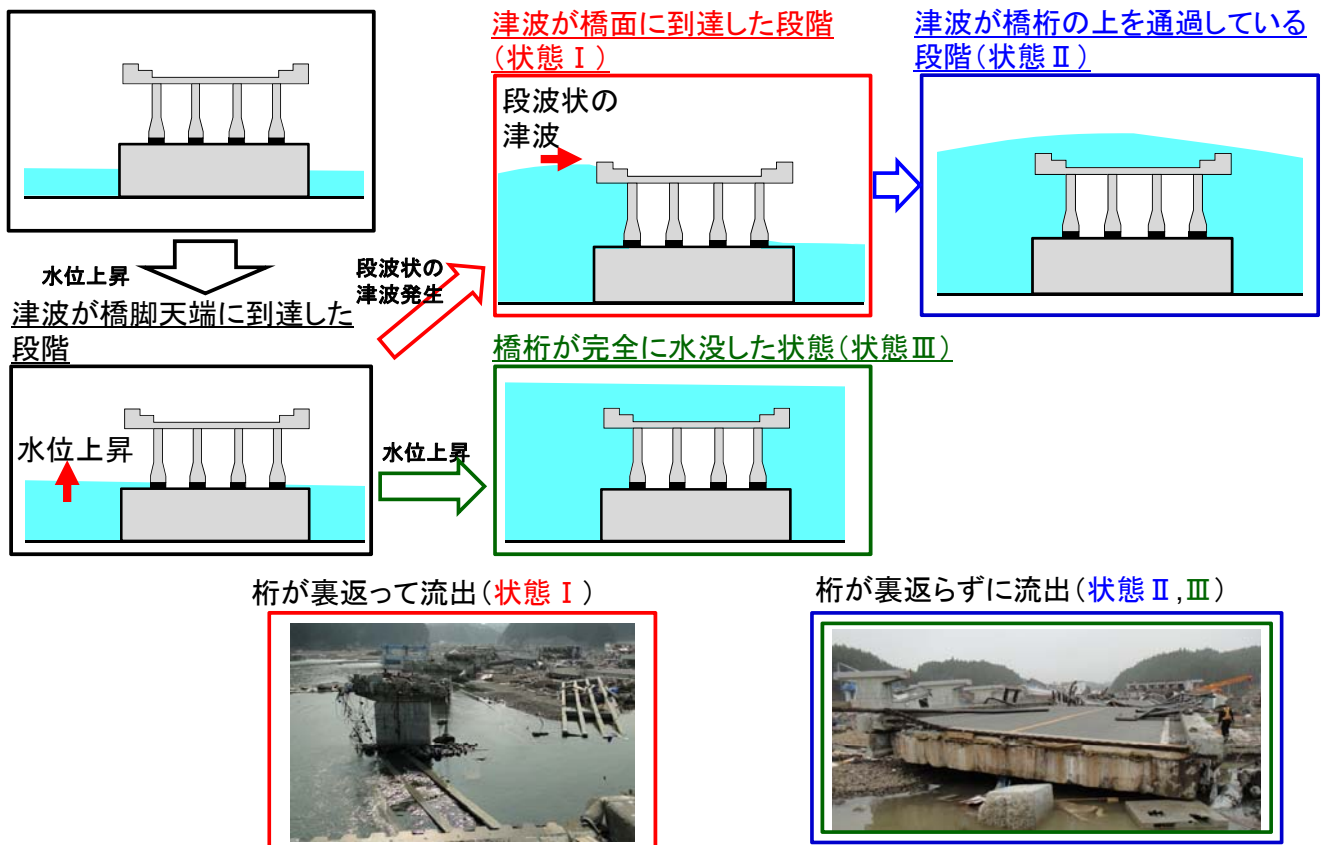
破断試験

供用中の橋梁から取り出したゴム支承の力学的特性検証試験

津波対策

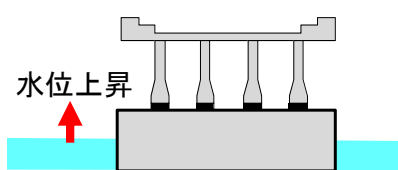


橋に影響を与える津波の作用状態



橋に影響を及ぼす津波と支承に生じる反力特性の関係

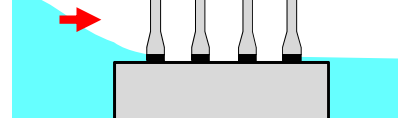
津波が橋桁に到達する
前の段階



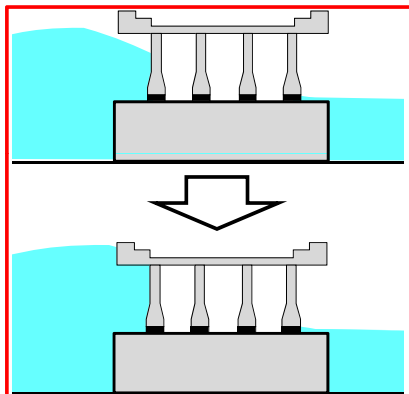
段波状の
津波



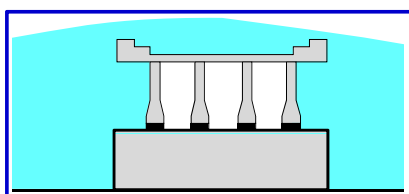
段波状の
津波



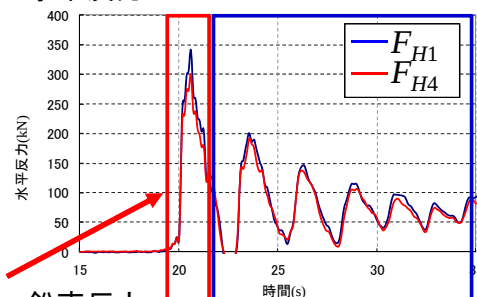
津波が橋桁に到達した
段階



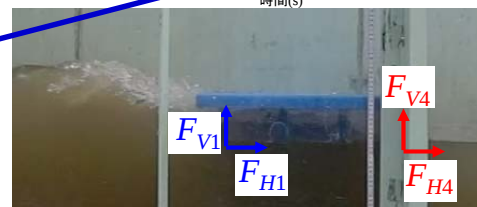
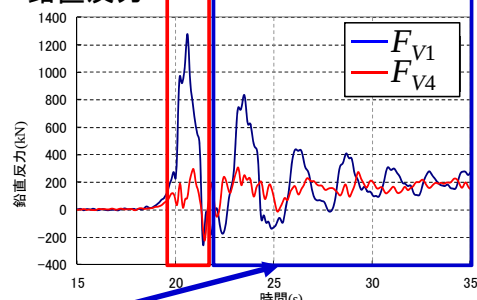
津波が橋桁の上を通過
している段階



水平反力

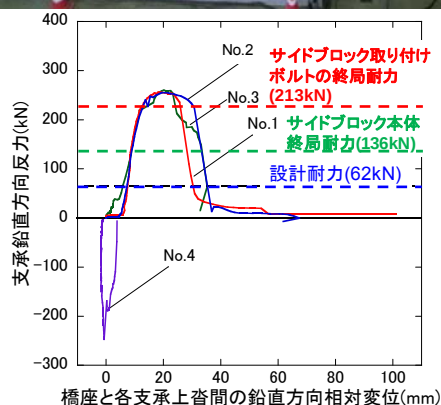
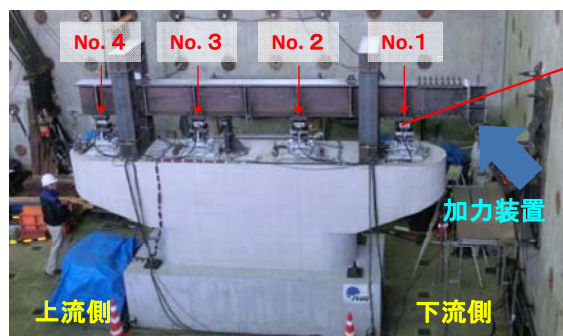


鉛直反力

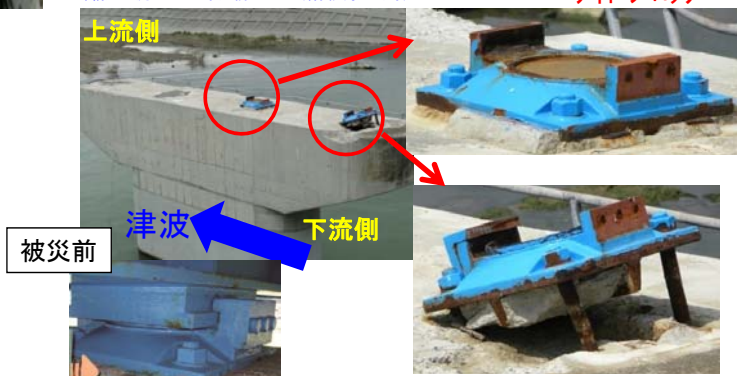
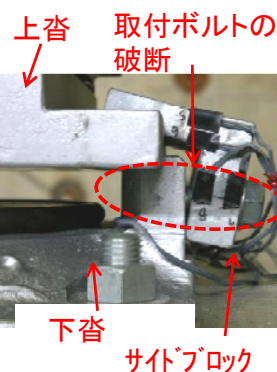


津波に対する1支承線全体としての抵抗特性の研究

津波の影響により上部構造に上揚力と抗力が作用した場合に支承部が1支承
線全体として抵抗する特性を載荷実験により検証

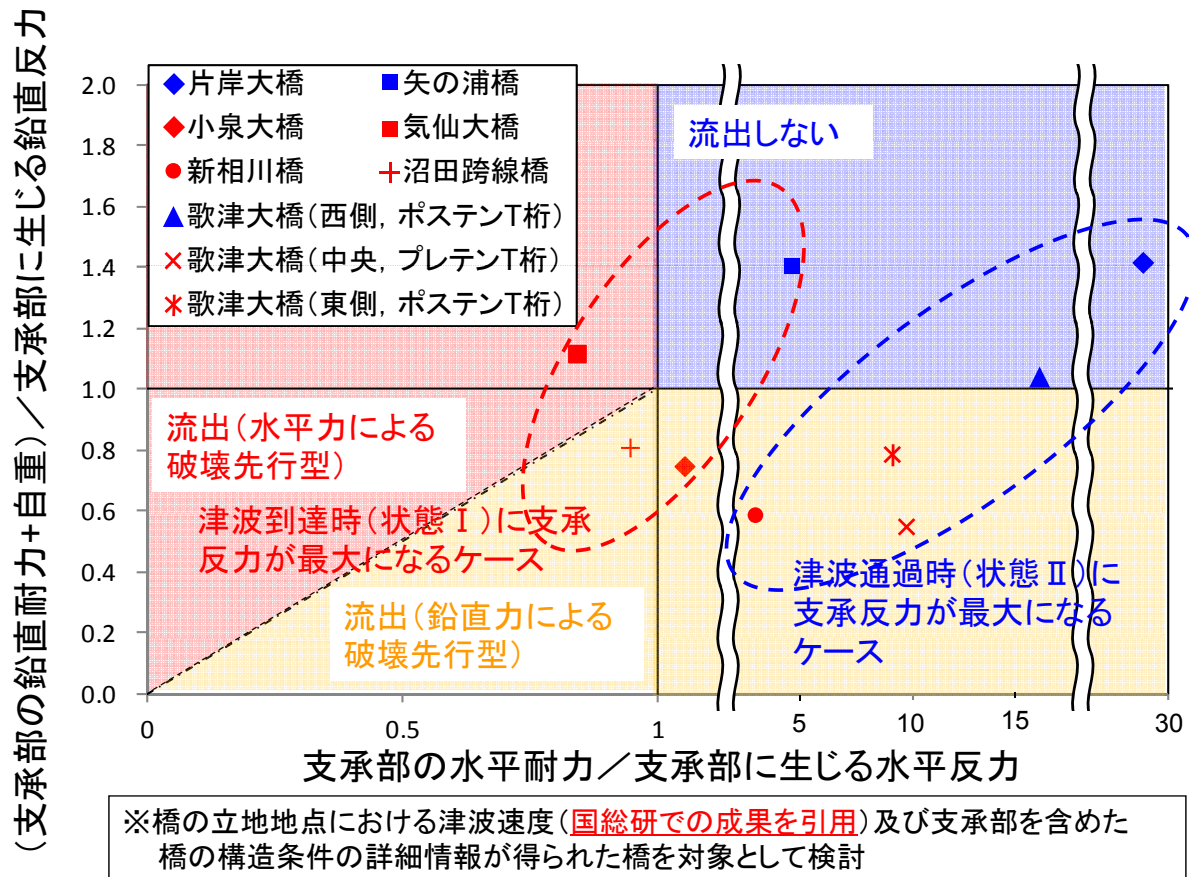


上部構造が流出した小泉大橋における鋼製支承の破壊モード



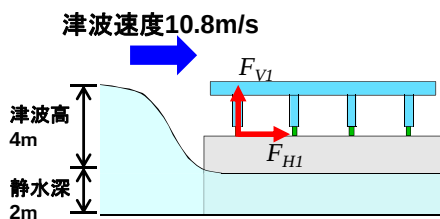
提供: 国土交通省東北地方整備局

支承部の耐力評価と実橋での被災状況との整合性



フェアリングの取り付けによる支承反力の軽減効果

(状態Ⅰにおける対策)

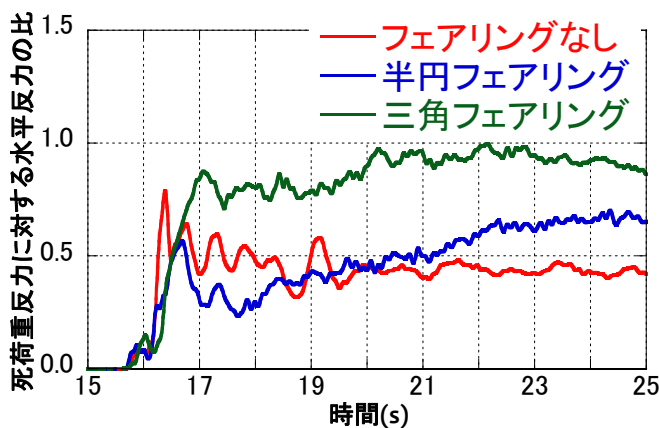


フェアリングなし

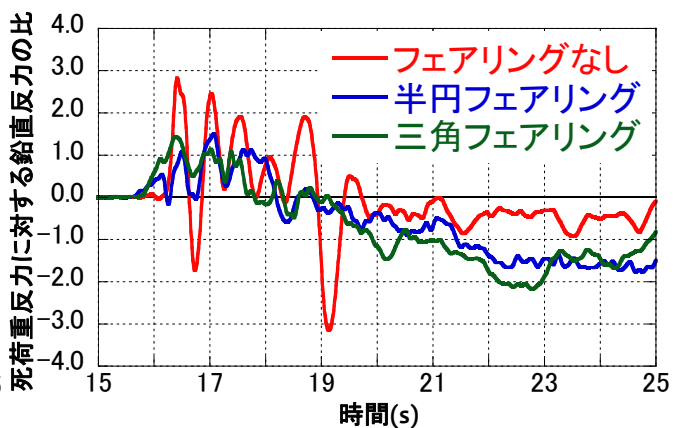


半円フェアリング

支承部に生じる水平反力

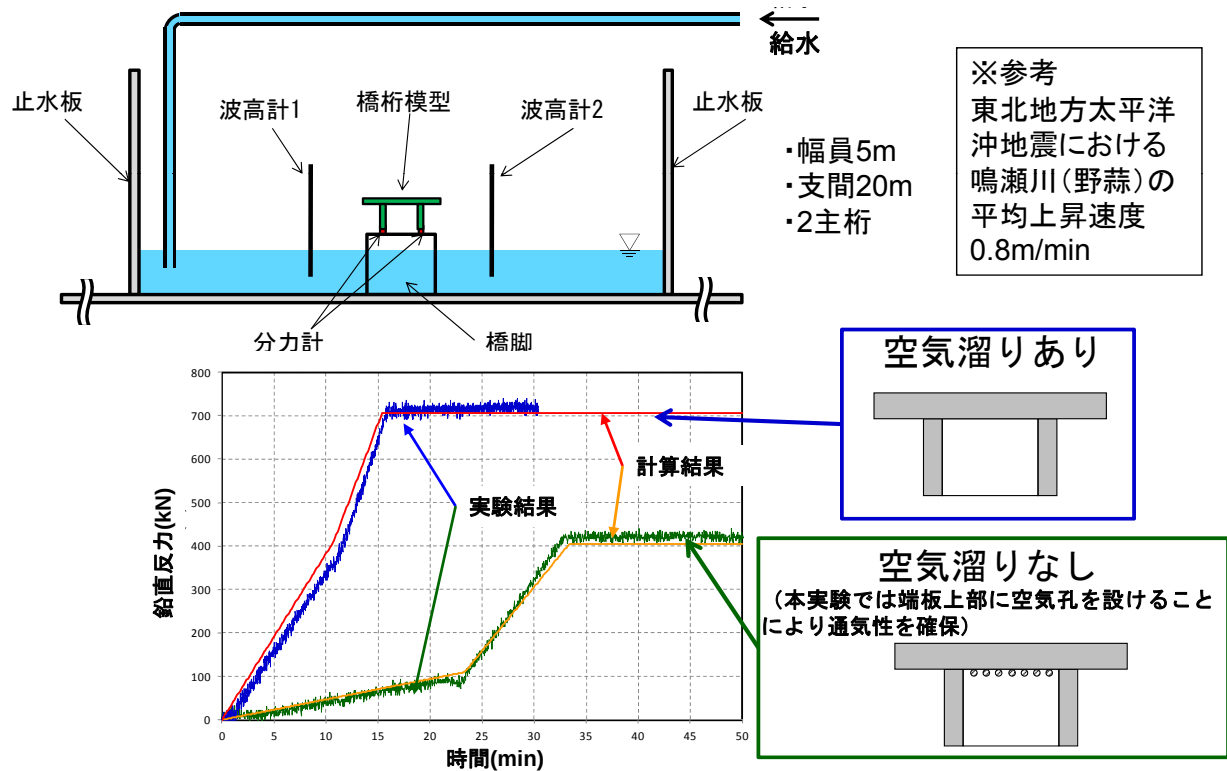


支承部に生じる鉛直反力



桁間の空気溜り発生による浮力を低下させる対策

(状態Ⅱおよび状態Ⅲにおける対策)

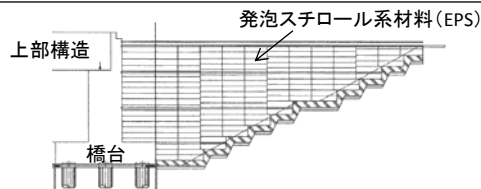


新形式構造の性能評価技術

性能規定化に対応した新形式道路構造の評価技術

■背景

性能規定化に伴い、コスト縮減等の観点から橋梁構造と土工構造の境界部に人工材料を用いた構造体や、連続カルバート等の橋梁構造と土工構造の境界的な構造を有するなど新しい形式の道路構造が提案されてきており、今後も増加することが想定される。



発砲スチロール系材料を用いた橋梁アプローチ部



橋梁構造と土工構造の境界的な構造: 連続カルバート

これらの新形式道路構造については、要求性能に基づき設計・照査する方法が確立されておらず、これまで独自の解釈による方法で性能を満足していることを検証している。

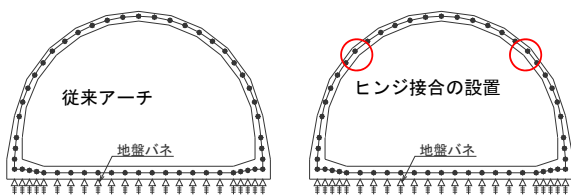
■研究目的

従来の道路構造物と同様の観点から担保される安全性や供用性等の統一的な評価を可能にすることで、社会的に最適で合理的な新形式道路構造物に関する技術開発、導入がしやすい環境を整備する

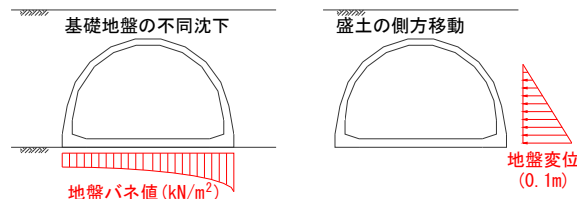
65

②アーチカルバートの挙動特性の検討(1)

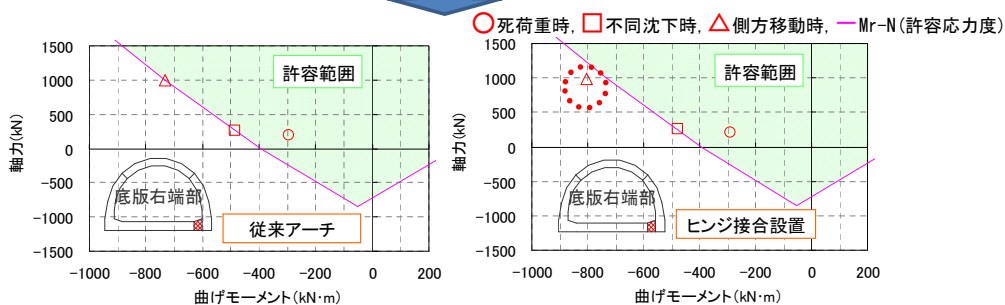
- ・アーチカルバートの構造形式の違い(ヒンジ接合の有無)及び周辺地盤拘束力の違い(水平バネの有無)による影響を比較検証
- ・地盤変状時(基礎地盤の不同沈下・盛土の側方移動)及び地震時におけるアーチカルバートの構造性能について解析的に検証



構造形式の違い(ヒンジ接合の有無)



想定した地盤変状外力



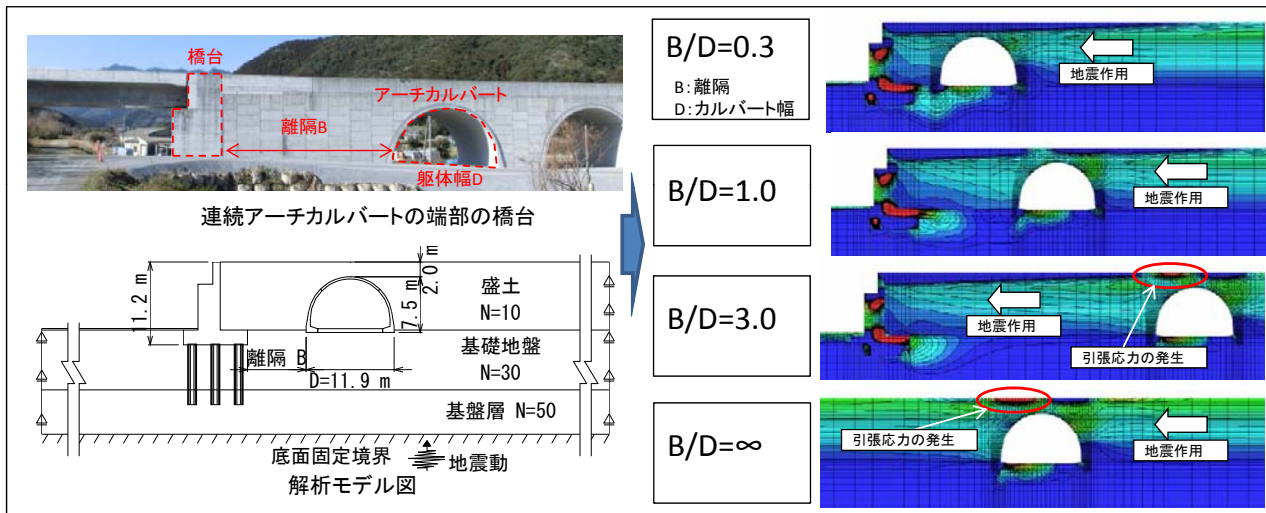
曲げモーメントと軸力の相関図(底版右端部)

- ・ヒンジ接合を有する構造や水平バネを考慮した構造は、従来アーチに比べて基礎地盤の不同沈下や盛土の側方移動といった設計で想定しない外力に対する影響を受けやすい構造である

66

②アーチカルバートの挙動特性の検討(2)

連続アーチカルバートの端部に設置される橋台を対象として、アーチカルバートと橋台の相互作用について数値解析により評価



- ① 橋台とアーチカルバートが近い場合 ($B/D=0.3, 1.0$), 橋台によって盛土の変形が拘束され結果的にアーチカルバートの変形・断面力も抑制される。
- ② 橋台とアーチカルバートが離れると ($B/D=3.0$), 橋台による盛土の変形の拘束効果が低減し、アーチカルバートの変形・断面力は橋台がないケース ($B/D=\infty$) の値に近づく。

橋台とアーチカルバートが近接設置される場合であっても、**それぞれ単体で設計しておけば安全側となる。**

67

調査・点検技術の動向

異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術の開発

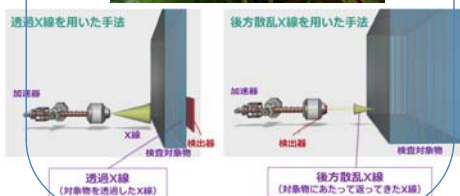
概要：・異分野の先進的な非破壊検査技術・微破壊検査技術導入のための撤去部材や現場での実証試験を実施、コンクリート構造物の健全性診断技術の確立
・コンクリート橋の塩害を対象とした、モニタリングに必要な計測項目の提示やモニタリング技術の開発・改良促進

土木研究所

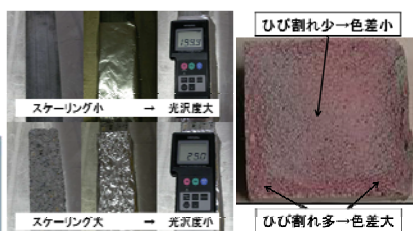
- 異分野非破壊検査技術の活用によるコンクリート橋の健全度診断
- 塩害・凍害複合劣化の非破壊検査技術の開発
- 橋梁モニタリング技術の開発



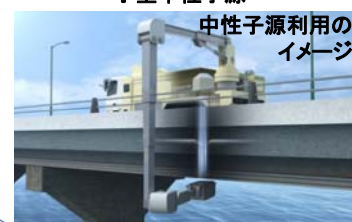
可搬型高出力X線



銀紙光沢度法



小型中性子源システム



次世代インフラ用ロボット(橋梁維持管理)

次世代社会インフラ用ロボット (橋梁維持管理)

「現場検証対象技術」が決定しました！

～橋梁維持管理に役立つ技術 57 件・25 者～

平成 26 年 4 月 9 日～5 月 28 日に、維持管理に役立つ技術として、「現場検証・評価」の対象とする「ロボット技術・ロボットシステム」を公募し、民間企業や大学等から 68 件・31 者の応募があり、これらについて「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 橋梁維持管理部会」において基本要件の確認等を行い、今般、「現場検証対象技術として決定」しました。

橋梁維持管理

…57 件・25 者

(内訳)

近接目視の代替または支援

…44 件・23 者

打音検査の代替または支援

…13 件・8 者

点検者の移動・接近手段

…0 件・0 者



国土交通省記者発表資料(抜粋)

おわりに

- ・使われ、役立ってこそ技術開発
- ・今まで、技術相談や直轄の損傷事例が研究開発の参考
- ・これから、多くの市町村で多くの損傷事例が明らかに
- ・CAESARは、今までの蓄積を生かし、これらに対応
- ・新たな研究開発のニーズは何か、とらえていきたい

