
第 7 回 CAESAR 講演会

開催日：平成 26 年 8 月 28 日(木)

会 場：一 橋 講 堂

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(CAESAR)

目 次

■ 基 調 講 演

道路メンテナンス『最後の警告』の意図	3
--------------------------	---

東京大学・政策研究大学院大学 教授 家田 仁 氏

■ 講 演

地方におけるメンテナンス技術者育成の取り組み	41
------------------------------	----

岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター 副センター長
沢田 和秀 氏

なにわ八百八橋の保全に向けて	55
----------------------	----

大阪市建設局道路部橋梁課 奥 兼治 氏

鋼橋の補修・補強における留意点	75
-----------------------	----

(一社)日本橋梁建設協会 保全委員会幹事長 河西 龍彦 氏

P C橋の変状と点検・調査診断における現状と課題	97
--------------------------------	----

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 保全補修部会副部会長
徳光 卓 氏

CAESAR における道路橋メンテナンス技術の開発	113
---------------------------------	-----

CAESAR 橋梁構造研究グループ長 松浦 弘

基 調 講 演

道路メンテナンス「最後の警告」の意図

1. インフラの幅の広さとメンテナンス
2. インフラを新規に作ること
インフラをメンテナンスすること
3. より良いメンテナンスに向けた政策的課題

2014年8月

家田 仁（東大・社会基盤学）

1

2. インフラを新規に作ること・インフラをメンテナンス すること

●新規のものづくり⇔既存施設の改良⇔メンテナンス

●メンテナンス：

外的環境ばかりでなく、「生まれ」（作られ方）と
「育ち」（使われ方）に大きく依存

→同じ分野の似たような年齢の似たような施設でも「状態」には大幅に異なることがある。

→「中高齢化」ではあるが「老朽化」というのは誤解をよぶ。

→非常に大きな変動幅がある世界、個別性の高い世界だということが必ずしも理解されていない。

2

●個別性の高さ

→それぞれの分野で孤立して、従前からの経験により、ともするとなりゆきで、メンテナンスする傾向。

→できる限りシステマティックなメンテナンス体制の構築、分野を超えたインフラ・メンテナンス工学の体系化が急務。（「知の体系化」）

3

3. より良いメンテナンスに向けた政策的課題

●三つの重要課題：

- ①人と組織体制
- ②カネ、国民（政治家）の理解
- ③メンテナンスの技術開発

4

●人と組織体制：

- ・ **中小組織**のお寒い実情（**ミニマムマス**が満たされない）
- ・ **技術の継承**と**技術者の育成**の問題：いろいろなステージの技術者（検査・点検 → 診断・メンテ計画 → 修繕・更新、**特殊問題**）（技術と技術者の「**多層構造**」＝病院システムと同じ）
- ・ メンテナンス技術者の**処遇**の問題、**育成**の方法
- ・ **広域メンテナンス体制**の可能性
- ・ 「**民間ビジネス**としてのメンテナンス」を発展立させるには？
 - ここでも**ミニマムマス**の確保が必要
 - **定着型契約制度**の必要性（「**狩猟民族**」から「**農耕民族**」への脱皮）
 - なにを？どこまで？の明示化（スコーピング）した**メンテ契約**（メンテナンスの「**性能**」の定義）
 - **保険制度**の充実

5

●有料道路（知多半島道路など8路線73km）の**コンセッション方式**導入検討

道路の**所有権**：愛知県道路公社

道路の**運営権**：民間事業者へ

●道路の維持管理における「**指定管理制度**」

清里町と大空町（北海道）

（3年～5年の包括契約）

6

●カネと国民（政治家）の理解：

- ・ “America in Ruins”
- ・ 米国のインフラ状態評価（**国民や政治家に対する「見える化」**）分野別にA～Dランク
- ・ 「**メンテナンスはインフラにとって必須の食餌**」（維持管理費用は「**費用対効果評価**」の際も織り込み済み。必要な支出しないのは怠慢）
- ・ 「**メンテはボディブローで利いてくる**」：大事故が発生した時だけ関心が寄せられるのではダメ。
- ・ 組織の**コンプライアンス**（組織の**サボタージュ**）

7

●メンテナンスの技術開発：

- ・ 技術世界の進歩を支えてきた「**現場の工夫力**」と戦略的な「**技術開発**」
- ・ 大幅にコストダウンが図られてきた新規建設の工法「**これまでと同じではダメ**」
「**常に改善して当然**」、という精神は健在
→それをメンテナンスの世界でも大いに展開すべき
例）進化し続ける「東海道新幹線」のインフラとそのメンテナンス
- ・ メンテナンスに関する**技術開発の目標**：
 - ①高速で高能率な**点検・検査・モニタリング技術**
 - ②建設時・更新時に**長寿命化**を図る工法
 - ③修繕や更新を**コストダウン**する工法
 - ④**システマチックなメンテナンス体系**を構築する技術

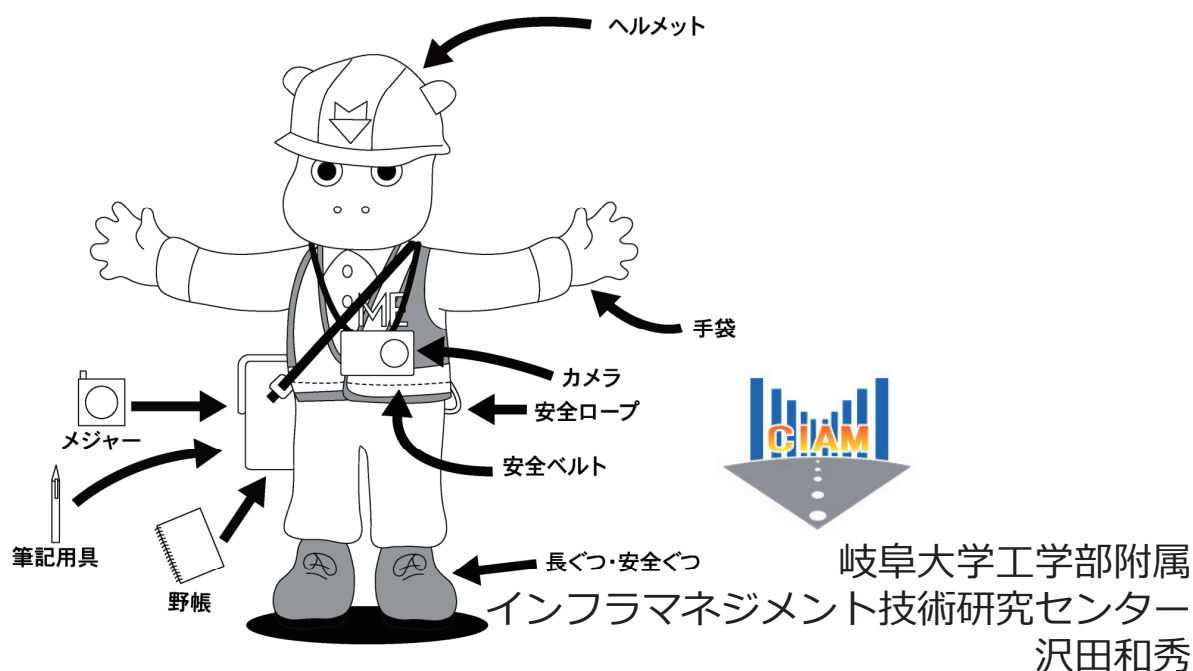
8

基調講演に関連する参考資料

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会：「最後の警告」
国土交通省ホームページ「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」2014.4.14 より
http://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000029.html
- 2) 家田仁：巻頭言，メンテナンス業務全体の体系化が必須ーインフラ維持・更新の未来を考えるー，土木施工，Vol.55，No.8，pp.19，2014.8.
- 3) 家田仁，徳山日出男：特別対談，本格化する道路のメンテナンス時代を乗り切るために求められること，道路，Vol.880，pp.4-11，2014.7.
- 4) 家田仁：インタビュー，メンテナンス技術者を育てる，首都高，(一財)首都高速道路協会，Vol.17，pp.9-12，2014 夏号。（開きが逆ですが，ご容赦ください）
- 5) 家田仁，徳山日出男：インタビュー，道路老朽化対策求め『最後の警告』，建設通信新聞，2014.6.2.

講 演

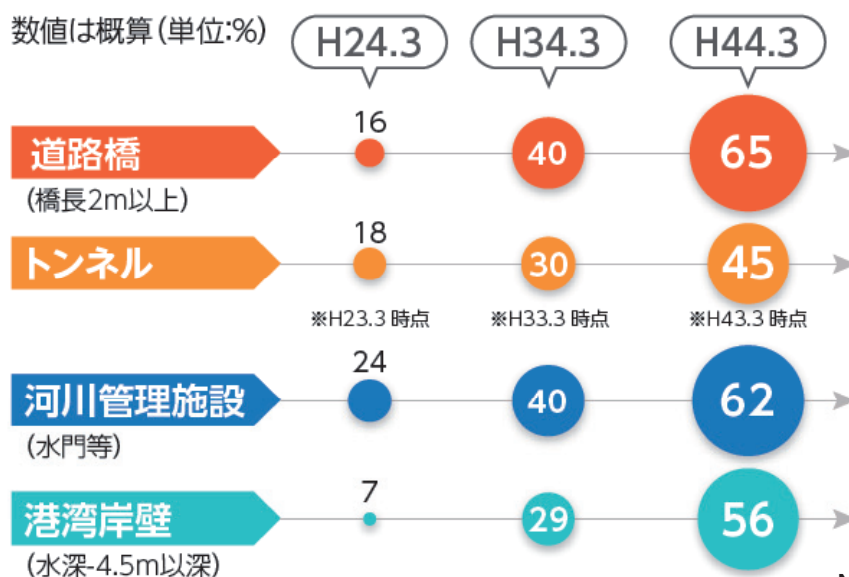
地方における メンテナンス技術者育成の取り組み



平成25年度はメンテナンス元年

建設後50年以上経過する社会資本の割合

数値は概算(単位:%)



「国土交通」広報誌
No.122(2013.10-1)

注) 建設年度が不明な施設については、割合の算出にあたり除いている。

これまで問題視されてきたことが

考えなければいけない課題は？

✓投資できる予算

災害対応の対症療法的予算を待つ？

粛々と予防保全型維持管理を進める？

✓既存施設の量とそれぞれの施設の状態

地域の現状は？

全国の実況は？

✓利用状況（地域の状況と周辺の実況）

地形・気候・人口・産業との関連は？

✓利用状況（これまでとこれから）

今後の地形・気候・人口・産業との関連は？

✓自然災害に対して？

地震・集中豪雨など

・地域の大切な情報を知っているのも活用できるのも地域の建設業界

・災害時にもっとも重要なのは、地元建設業の初動

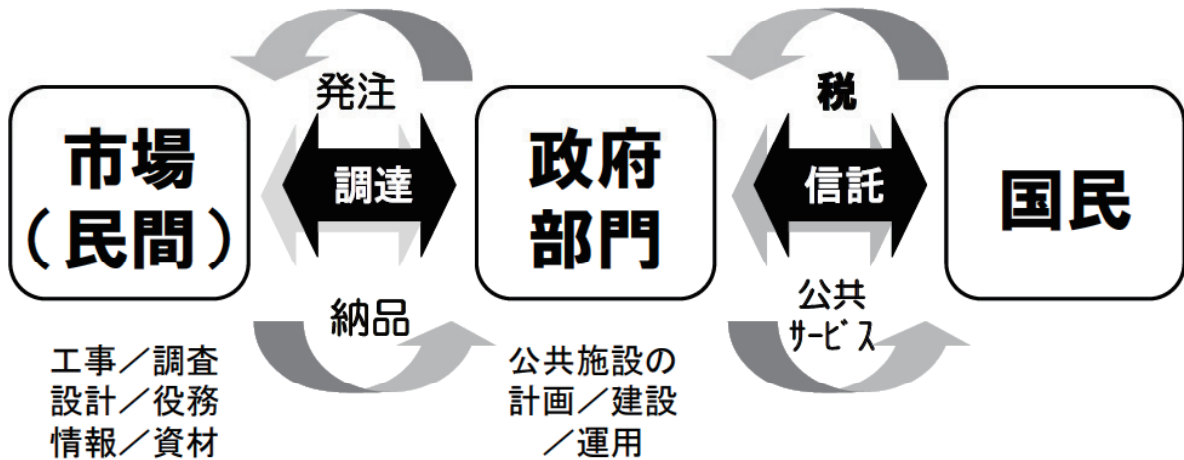
・一市民としての意見・土木屋としての意思・団体の意味

道路法施行規則の一部を改正する省令案等について

概要

- ① トンネル、橋その他道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物のうち、損傷、腐食その他の劣化その他の異状が生じた場合に道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがあるもの（以下「トンネル等」という。）の点検は、トンネル等の点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者が行うこととし、近接目視により、5年に1回の頻度で行うことを基本とすること。
- ② ①の点検を行ったときは、当該トンネル等について健全性の診断を行い、その結果を国土交通大臣が定めるところにより分類すること。

行政技術者の役割？



行政技術者の役割？

土木学会 建設マネジメント委員会
技術公務員の役割と責務研究小委員会中間報告書
建設サービスの高度化時代における技術公務員
(インハウス・エンジニア) の役割と責務

土木技術者のスキルアップ

社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）養成

なぜ必要なのか？ ： **継続的人財育成**

しなければならないことの変化？

- － 高度技術による維持管理
- － 機能保全→高機能化→新しい維持管理へ
- － 自治体等土木職員と建設関連業界技術者が
「技術」という共通言語で対話できる
- － **「技術」**でつながることによる維持管理技術レベルのスパイラルアップ
- － **地域に根付く町医者的**な高度維持管理技術者の広域ネットワーク

安心安全な県土整備に向けて これまでの経緯

県内建設業界

建設業の再生のため技術力・経営力の強化

県土整備の必要性和建設事業量の確保
不良不適格業者の自主的排除の推進

業界の再生・再編の推進

建設業の社会的地位の向上

労働災害・現場事故ゼロへの取組

平成14年から活発に活動している全国初の産官学組織！

岐阜社会基盤研究所

- ・ 橋梁のアセットマネジメント
- ・ 地域活性のための共同研究

自治体

ワンストップサービスセンター
建設業再生ポータルサイト
建設業再生人材チャレンジセンター
企業連携支援
新分野・異業種への進出支援

大学

非常に高い研究ポテンシャル

県内企業との積極的共同研究

地域交流協会との連携

金融機関との連携

人材交流

工学部テクノフェア

社会人大学院プログラム

大学発ベンチャー

防災と保全の専門講座

このような環境条件があるからこそ様々な取り組みが実現

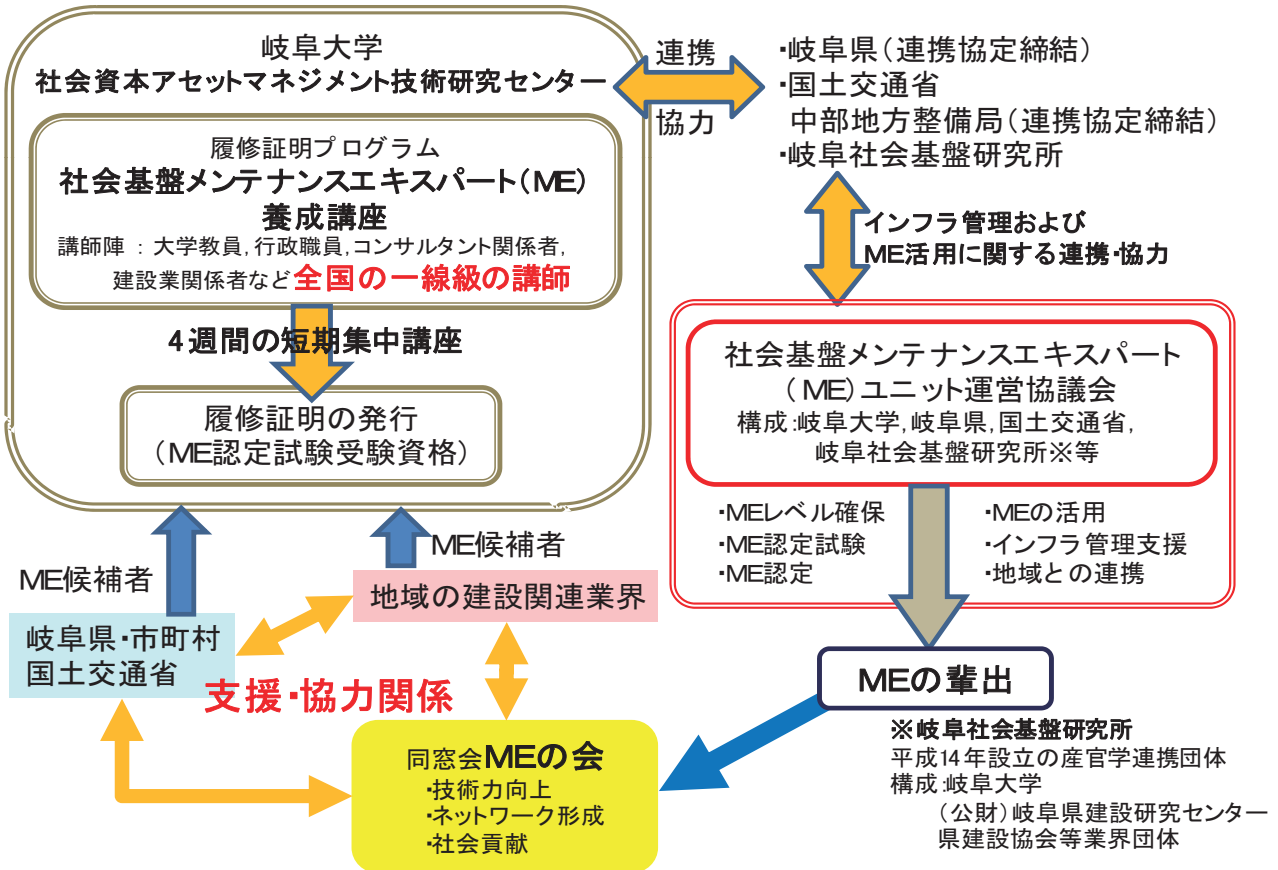
MEは？

- ・ 行政（国土交通省）がやるべき事業では？
 - － **自治体等土木職員向けの研修**等がほとんど
 - － 受注者へは，コンプライアンス上難しい
- ・ 大学が協力すべき？
 - － 受発注の**利害関係のない**立場
 - － **高度で専門的かつ平等**なカリキュラム

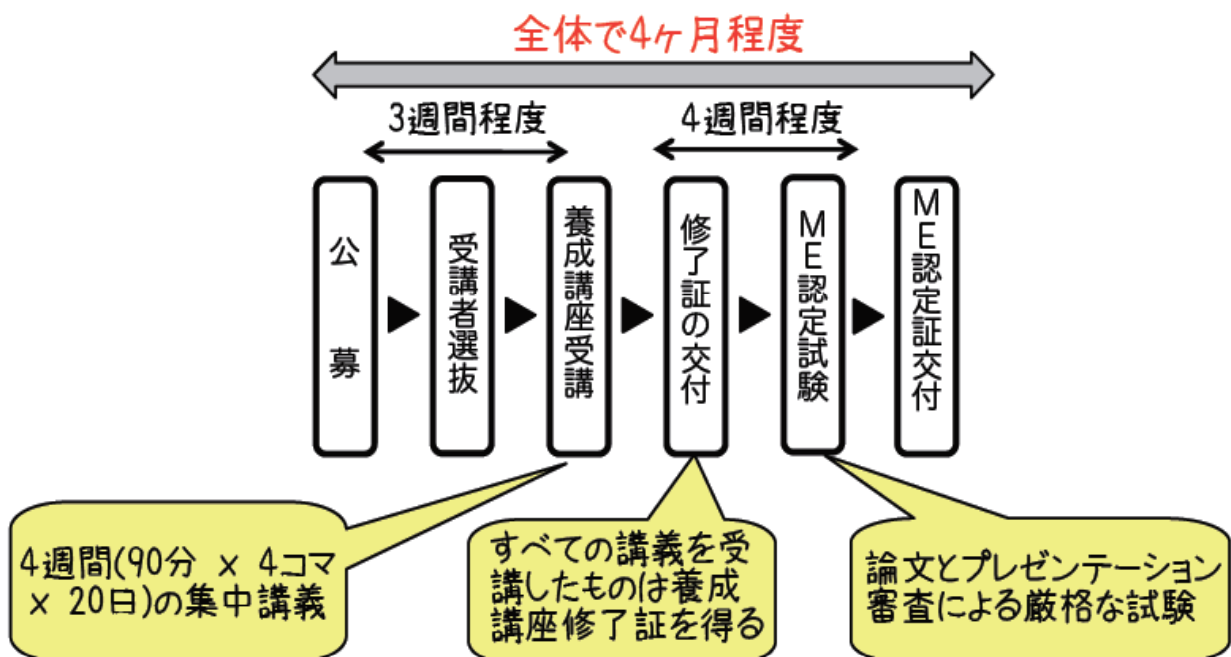


自治体等土木職員・建設関連業界技術者双方の人材を養成し
「安心・安全な県土構築」を通じて
「建設業界再生と地域活性化」を実現する！

M E 養成の実施体制



M E 養成講座のスケジュール

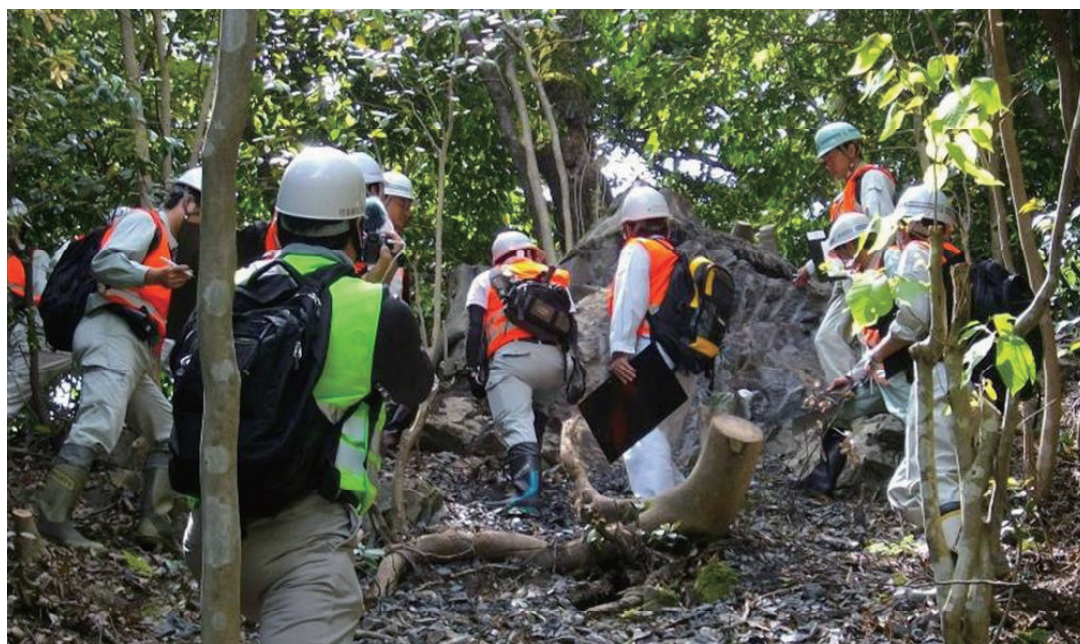


M E 養成講座の特徴

- 80コマ（1コマ90分）の集中講義
 - アセットマネジメント基礎科目（座学）
 - 社会基盤設計実務（演習主体）
 - 点検・施工・維持管理実習（フィールド実習主体）
- 全国の著名な専門家による最高レベルの講義
 - 外部講師の招聘
- すべての講義を受講してはじめて養成講座修了証が交付され、M E 認定試験の受験資格（履修証明）を得る
- 自治体等土木職員と建設関連業界技術者が同じ講義と一緒に受講する

受講者の達成度を厳しく確認！

フィールド実習の様子



- 🔊 自然斜面の実習
- 🔊 斜面上の亀裂性岩塊の状態とその対策法について

講義風景（M E と受講生の座談会）



カリキュラムには含まれていないが、
M E 取得者とM E 養成講座受講生の座談会も実施

M E 認定試験（M E ユニット運営協議会）

- 試験内容
 - － 論文試験
 - ・ 社会基盤の整備・維持管理を計画・設計・施工/実施するにあたって必要な知識や方策を確認する
 - － プレゼンテーション試験
 - ・ 論文試験の内容及び必要な知識や適用能力を確認する
- 審査方法（試験の評価）
 - － 社会基盤M E 養成ユニット運営協議会で承認



← プレゼン試験の様子

全ての講義を終え、
認定試験（筆記とプレゼン）
に合格すれば・・・はれて**M E**

MEの現状（H26.4月）

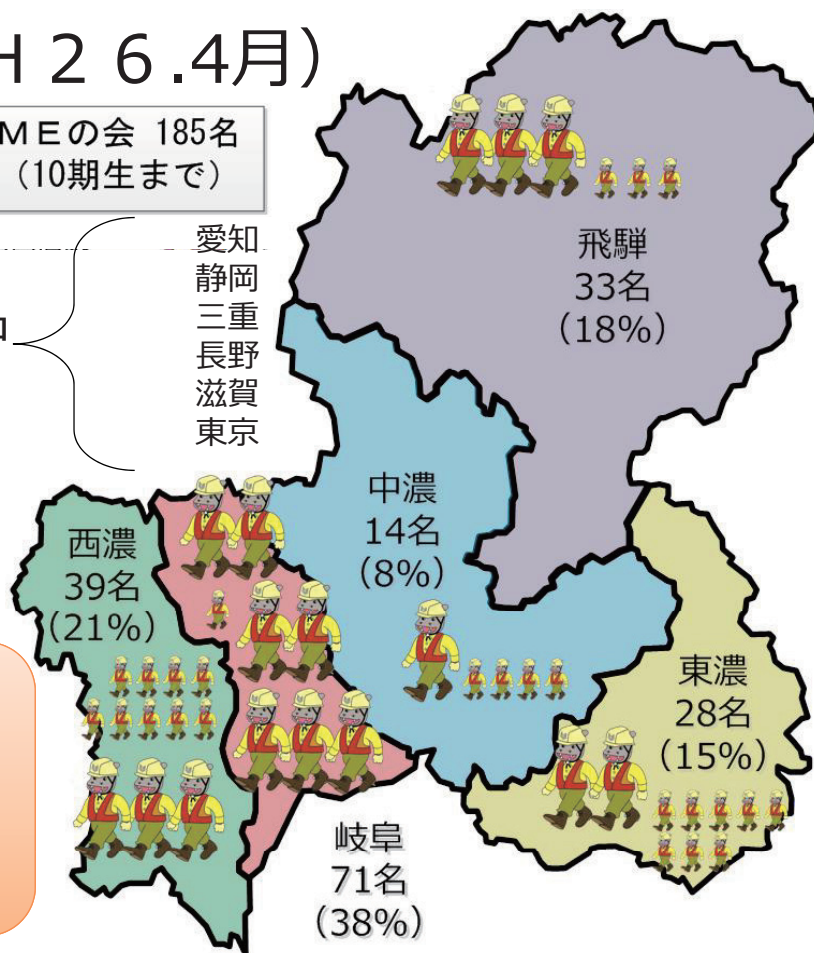
MEの会 185名
(10期生まで)

他地域でも活躍中

愛知
静岡
三重
長野
滋賀
東京

発注者・受注者などの関係に
よらない技術を核とした
コミュニケーション
高度な総合技術者によるネッ
トワークの強み

地域に根付く総合技術者



修了者の活動 「MEの会」：認定者の同窓組織



MEの会を通じた、発注者/受注者、職種、年齢などの壁のない

技術を核とした人財ネットワーク
技術者集団として法人化の検討

継続的な技術の研鑽



橋梁点検マニュアルの勉強会

岐阜県橋梁点検マニュアル
による試し点検



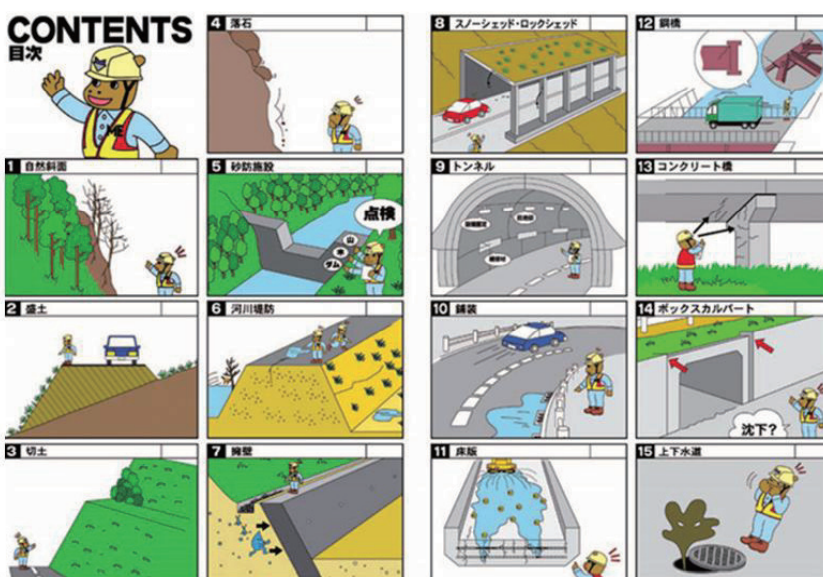
M E の会の活動



M E フォローアップ研修



M E の会での活動 社会基盤メンテナンス手帳の発刊



月刊建設で不定期掲載中

M E 取得によるメリット

- 目に見える効果
 - 岐阜県建設工事総合評価における加点項目（技術士と同等）
 - 国土交通省中部地方整備局の施設等管理支援士の受験資格
 - M E を活用した小規模橋梁の点検・補修計画・補修工事の実施
- 目に見えない効果
 - 自治体等土木職員と建設関連業界技術者の枠を超えた「技術」を共通言語としたコミュニケーション
 - 社会基盤維持管理の個々のプロフェッショナルからジェネラリスト集団へ
 - M E 取得者増加による維持管理ジェネラリスト集団の活躍
 - 産官学の垣根のない「技術と知識」によるネットワーク形成

技術と技術力によるつながり

M E の活躍

- 笹子トンネル事故を契機にした緊急点検
- M E ～M S 連携事業 一地域への貢献
- M y 橋運動 一独自の地域貢献事業を展開
- 国や県が主催する各種研修会での講師
- それぞれの地域における技術的支援



ME が道路の寸断を未然に防ぎました！
崩壊寸前の山の斜面（高山市）



M E の活躍例

- 地域での維持管理技術者としての目
- 自治体所属 M E が， M S 講習会の講師
- 県・市町村建設技術職員講習会の講師
- 橋梁点検研修 講師
- 中部地方整備局の依頼で，三重県下で維持管理に関する研修会の講師

講演等で受けたコメントなど

(社会的評価)

- － 相談できる専門家集団（M E）があるのは助かる
- － M E のような地場の技術者だと，迅速な対応がとれる
- － 現地の知見を持った技術者がいるのは心強い，しかも現地で初動対応ができる
- － 技術者養成は産官学の協働でないと構築できない枠組みである． M E 養成は，実にシステマティックで感心した
- － M E 認定者に対しても地元関連団体から講師依頼
- － 大学は敷居が高い

M E 認定者からの評価（修了者からの感想より）

- 維持管理の必要性やマネジメントの大切さを学び、最先端の理論や技術を体感できた！
- 維持管理を想定してものづくりをするようになった。
- 建設業者，発注者，コンサルタント，立場が違っても最終の目的が同じなら，いっしょに効率よく事業をできる。
“いっしょに受講した仲間とのネットワークこそ大切な財産。”
- 維持管理の必要性を理解してもらうために，地域住民とのコミュニケーションが不可欠である。各地域でのコミュニケーションを図る仕組み作りをしたい。
- M E の会を通じ，自己研鑽する機会が増え，多くの技術者と知り合い，自分と異なる視点を知ることができた。

M E 養成に関する課題

- M E としての活動と通常業務の両立
- M E を中心としたビジネスモデルの構築
- 行政側M E と民間側M E の役割分担の明確化
- 市町村M E の養成
- 岐阜県外への浸透
- M E 養成講座の継続と発展

課題解決の糸口

- M E 認定者および周辺のニーズ調査
- M E 養成ユニット運営協議会による方向性の協議
- M E の会を中心とした積極的な自主的活動
- M E 養成講座のカリキュラムのレベルの向上と継続
- 土木事業の広報

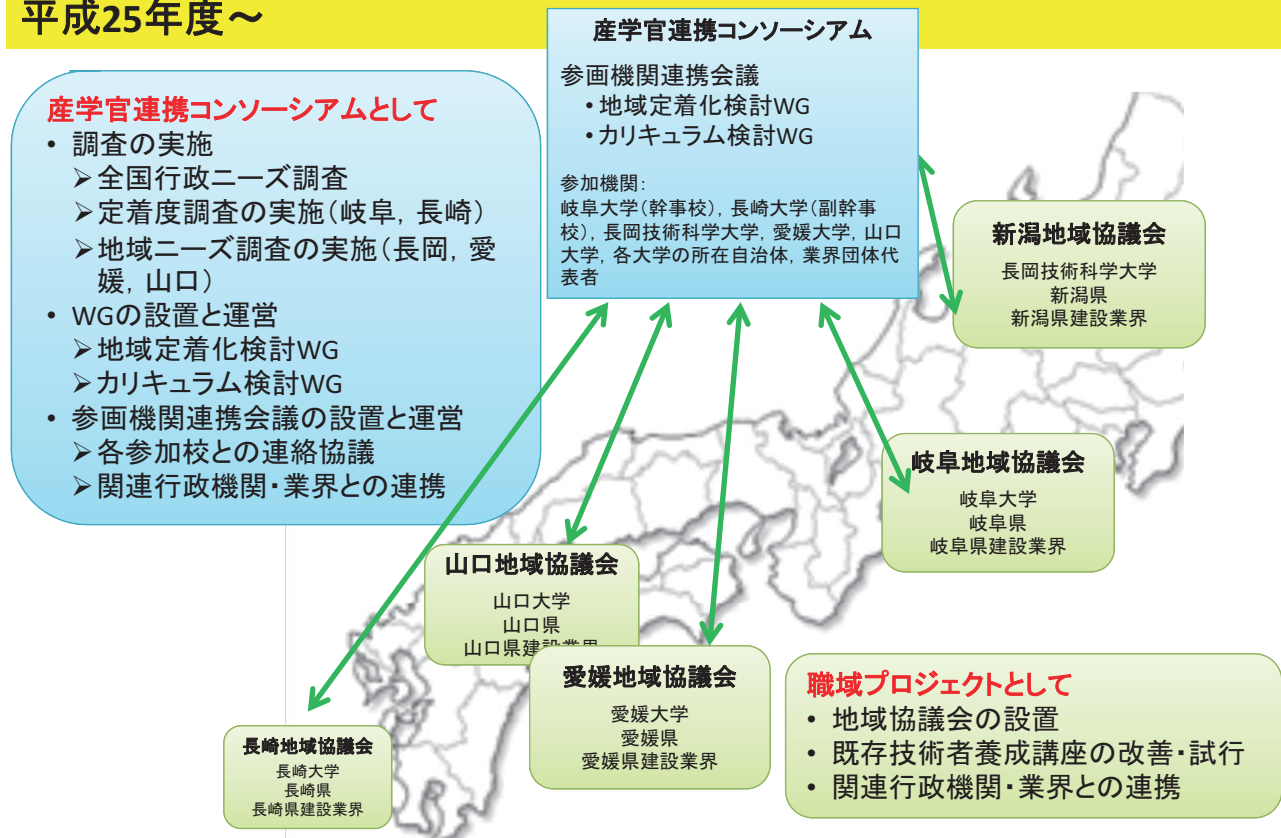
M E 養成講座の展開

- H24で補助金（科学技術戦略推進費：地域再生人材創出拠点の形成プログラム）が終了
- H25からの体制
 - 養成講座は岐阜大学の履修証明プログラムとして実施
 - 当初は受講料を徴収する予定であったが、岐阜県などからの支援により無料での開講に落ち着く
 - 平成25年度は1期のみ開講.
 - 平成26年度は2期開講.
 - M E の認定試験は大学と独立の「社会基盤メンテナンスエキスパート養成講座ユニット運営協議会」で行う.
 - 透明性の確保

M E の地域定着化、全国展開など、様々な活動を検討中

26

成長分野等における中核的専門人材養成の戦略的推進事業 地域ニーズに応えるインフラ再生技術者育成のためのカリキュラム設計 平成25年度～



最後に・・・

－人財も立派な社会資本

－人財の整備も急務

－人財のストックマネジメント？

－人財のアセットマネジメント??

－構造物は自らの価値を高めることは出来ないが、
人財は自らの価値を高めることが出来る（自己研鑽）

なにわ八百八橋の保全に向けて

大阪市建設局道路部橋梁課 奥 兼治



contents

1. 大阪市の橋梁の現状
2. 求められるメンテナンスサイクル
3. 大阪市の実践
4. 課題と解決の方策
5. まとめ
6. その他



1. 大阪市の橋梁の現状

「江戸八百八町」に対して、
「浪華八百八橋」と呼ばれていましたが、
現在、大阪に橋は何橋あるでしょうか？



1. 大阪市の橋梁の現状

- ・ 管理橋：**764**橋
(その他管理を含めると881橋)

2014年4月現在

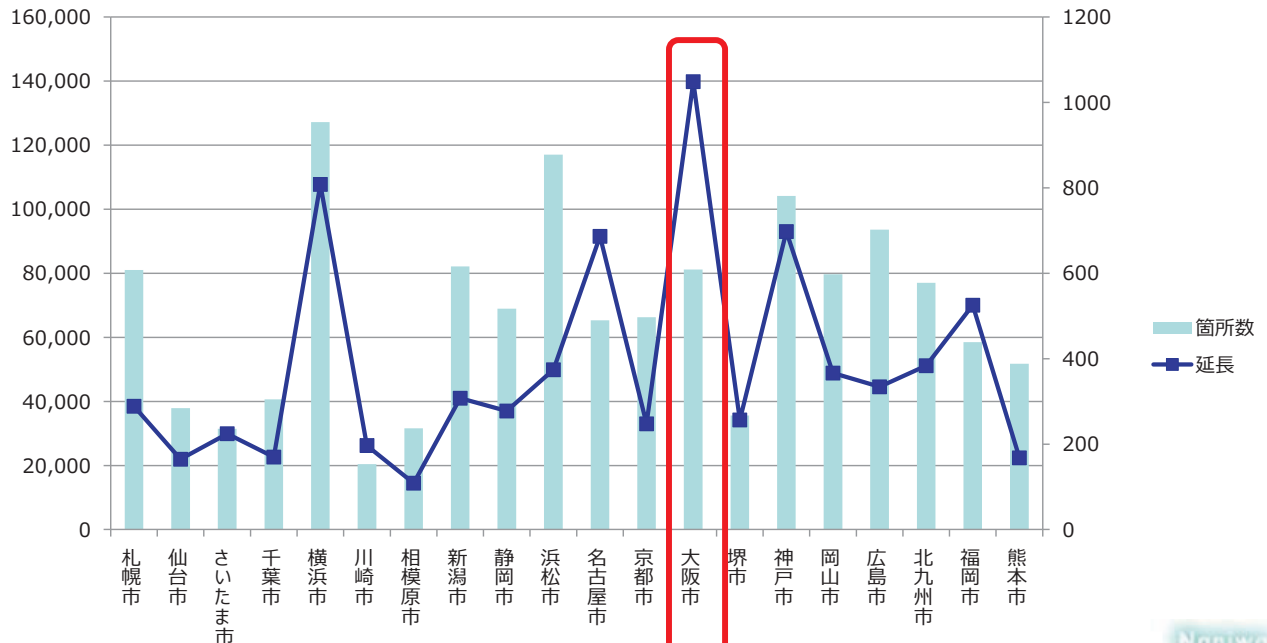
	橋梁数 (単位：橋)
大阪市管理(認定橋)	764
大阪市管理(その他)	69
大阪府、隣接自治体管理	20
国管理	28
総計	881

※ 鋼橋の割合（橋面積ベース）
大阪市…89%
全 国…39%



1. 大阪市の橋梁の現状

橋数及び橋延長の比較（政令市）

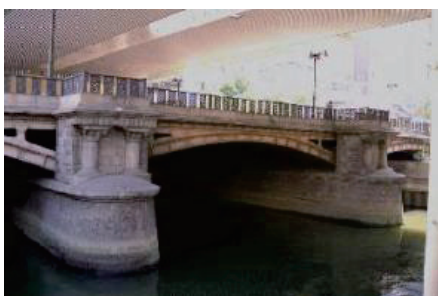
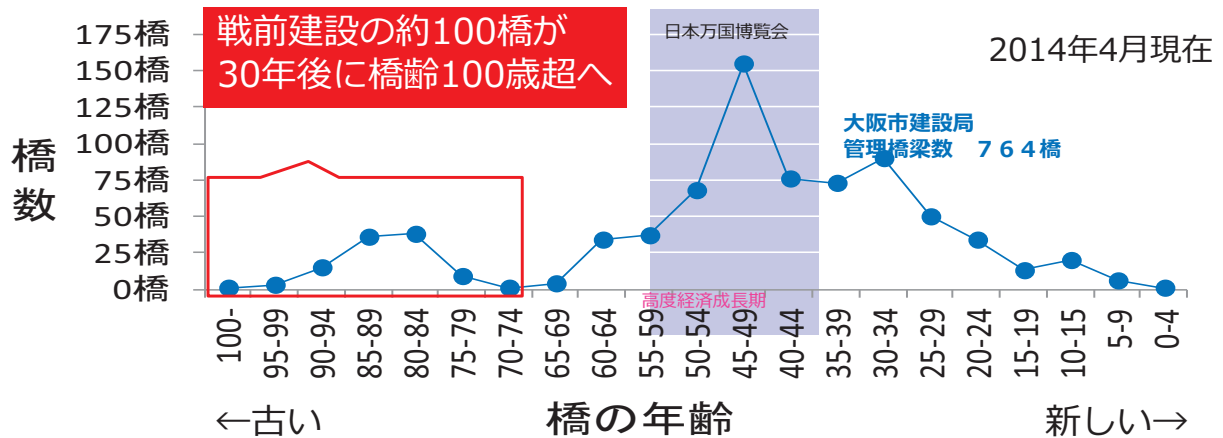


橋延長が長い→橋面積が大きい



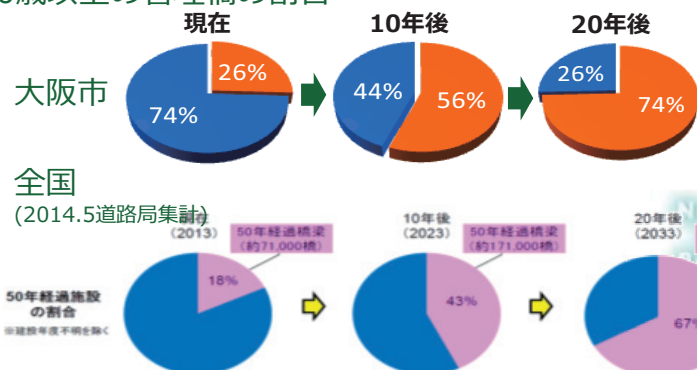
※道路統計年報2013（国交省HP）より

1. 大阪市の橋梁の現状



本市最高齢【100歳】の本町橋
大正2年（1913年）完成

橋齢50歳以上の管理橋の割合



1. 大阪市の橋梁の現状

長大橋



なみはや大橋

交通量10万台/日を超える橋梁



新御堂筋線高架橋

歴史ある橋梁



難波橋

地域密着の橋梁



駒川1号橋



1. 大阪市の橋梁の現状

桁橋



天満橋

ゲルバー橋



寝屋川橋

アーチ橋



天神橋

トラス橋



浜中津橋

斜張橋



菅原城北大橋

吊橋



此花大橋



2. 求められるメンテナンスサイクル

H24.12 笹子トンネルで天井板落下事故

H25.11 関係省庁連絡会議「インフラ長寿命化基本計画」
→インフラ管理者は「インフラ長寿命化計画（＝行動計画）」と「個別施設ごとの長寿命化計画（＝個別施設計画）」を策定

H26.4 「公共施設等総合管理計画の策定にあたっての指針」

H26.4 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言
→最後の警告
→都道府県ごとに道路メンテナンス会議を設置

H26.6 道路橋定期点検要領（国交省）の改訂

H26.7 改正道路法施行規則の施行
→5年に1度の近接目視、2m以上の全橋が対象
→点検結果の公表・報告



2. 求められるメンテナンスサイクル

道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて(要約)

1. 道路橋造物の適切な維持管理に向けて

(1)維持管理の基本的考え方
安全安心等を確保するため、道路・橋梁・港湾・河川の自然・文化の景観・サイクリング等、長寿命化計画等の内容を実施し、持続可能な社会の実現に貢献する。

(2)メンテナンスサイクルの構築に求められる重要な課題
① 道路橋造物の老朽化の進行に伴う深刻な被害の発生防止、道路の機能を確保すること。
② 長寿命化計画の策定について、
・高規格道路や港湾等の道路では、全体的に実施すること。
・地方公共団体等の道路では、国の施策、技術的支援で実施すること。

(3)メンテナンスサイクルを定める基準等のあり方
① 国は、道路橋造物の老朽化の進行に伴う深刻な被害の発生防止、道路の機能を確保すること、メンテナンスサイクルの構築に必要となる事項を法令上位置づけることとし、資力の向上を図ることも必要とする。

② 基本的な事項
・予防的な保全策の推進
・多岐にわたる施設等の老朽化の調査
・調査結果の活用
・点検、診断、修繕の記録の作成、管理 など

③ その他の留意事項(基本計画の中で規定)
・国に於ける調査等を行う上、道路橋造物の調査結果を、他の施設等の調査結果と連携して活用すること。
・修繕等に際して、クレーン・セーフティ等の安全対策の徹底を図ること。
・修繕等に際して、安全対策の一環として実施すること。

④ 基準制定、定期的な見直しや事故を防止するための緊急的な見直し等にも速やかに対応できる体制を確保すること。
⑤ 各道県等は、国が定める基準を踏まえ、各々の道路の状況に応じて、必要と認められる事項を定めること。

2. メンテナンスサイクルの構築に向けて

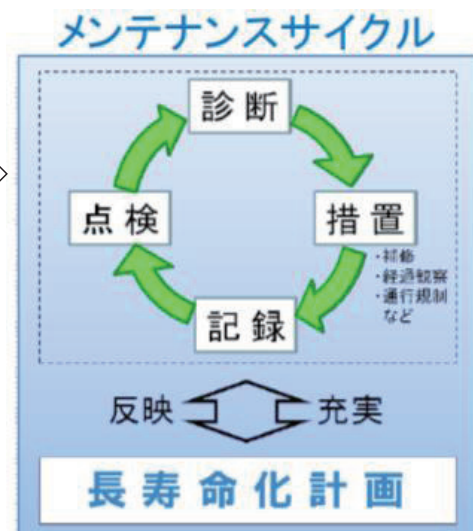
(1)メンテナンスサイクルの構築の必要と留意事項
① PDCAサイクルの導入により、メンテナンスサイクルに基づく維持管理を体系的に実施すること。
② メンテナンス計画の策定や大学等との連携によるメンテナンスエンジニアの育成。
③ 経験・知見等による適切な課題の抽出、高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。
④ 先進的な技術等の導入や関係機関との連携、各々の状況や長所・短所に応じた実施方法の選択等が図られること。

(2)全道の道路橋造物を対象としたデータベースの構築と活用
① 全道の道路橋造物から得られるデータを基に、データベースの構築・活用。基礎的なデータに絞り込むこと。
② 調査・診断結果、修繕履歴等のデータを基に、高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。
③ 調査結果や修繕履歴等のデータに基づき、高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。

(3)高度な技術の活用と高度な技術者の育成
① 高度な技術の活用。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。
② 高度な技術者の育成。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。

(4)点検・診断等に対する技術的支援と技術者の育成
① 点検・診断、修繕等の技術的支援。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。
② 点検・診断、修繕等の技術的支援。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。

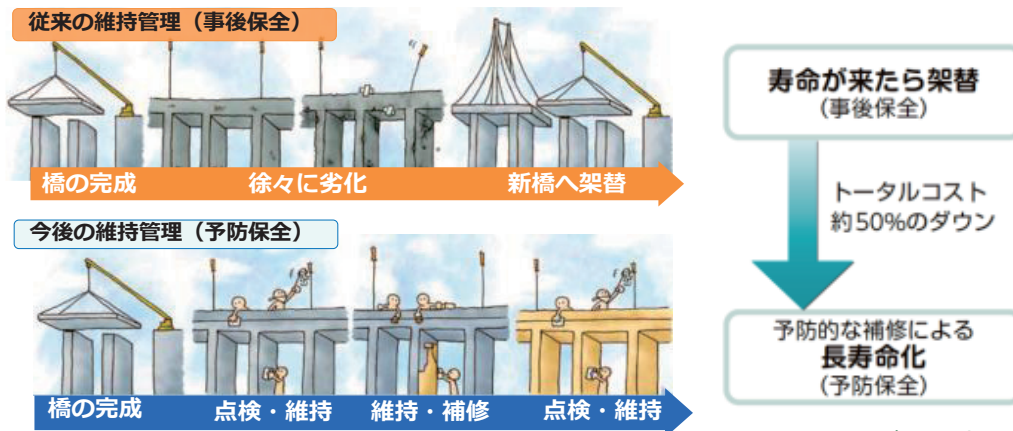
3. 地方公共団体でのメンテナンスサイクル導入に向けた支援
① 高度な技術の活用。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。
② 高度な技術者の育成。高度な技術で対応する専門的知識や能力の確保と育成の徹底。



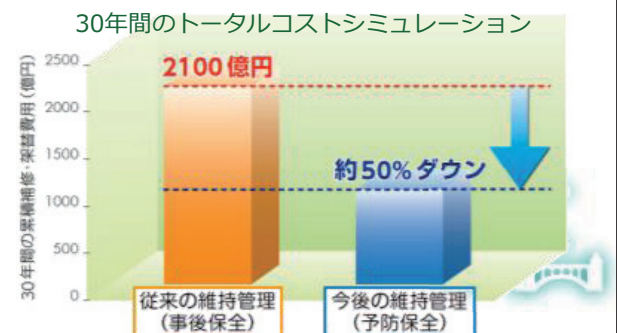
※第4回道路メンテナンス技術小委員会(H25.5) 資料

3. 大阪市の実践

橋梁保全更新計画



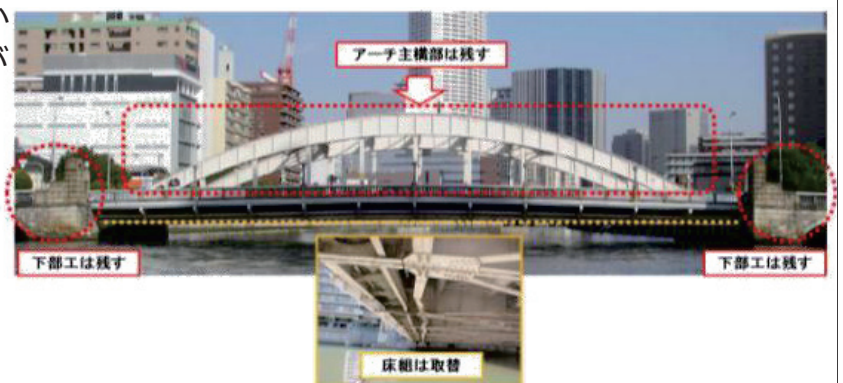
大阪市では、点検結果に基づき、予防保全による維持管理を行うことにより長寿命化を図ることを基本としている。



3. 大阪市の実践

（長寿命化の例）堂島大橋

- ・ S2 に架橋された本橋は竣工から80年以上が経過し、老朽化が著しいものの、アーチ主構部や下部は比較的健全な状態
- ・ 過去に地盤沈下を受けた影響で橋全体が沈下しており舟運のボトルネック



- ・ 比較的健全で中之島の景観を創出しているアーチ主構部および下部工を残し、老朽化の著しい床組を薄く取替え、橋全体の健全性・機能性（耐荷性・耐震性）の向上、ならびに桁下空間の改善を行う



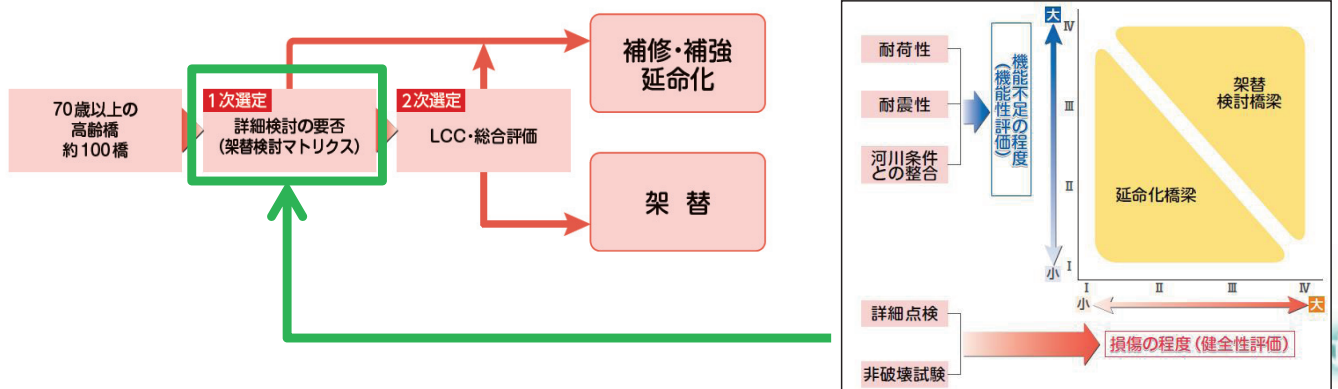
3. 大阪市の実践

橋梁保全更新計画

しかし、架替えることが合理的と考えられる必要最小限の橋については架替える方針としている。

そのため、戦前に架けられた70歳以上の高齢橋約100橋を基本として架替判定を行っている。

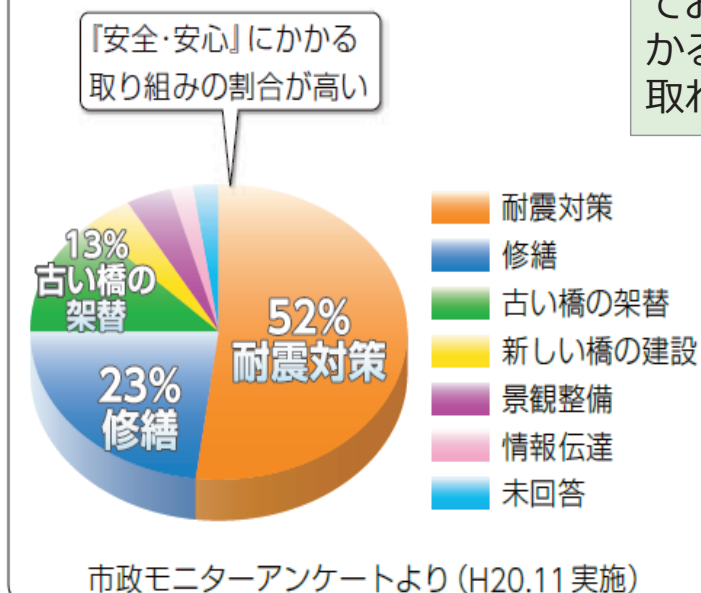
点検結果や構造照査結果を行い、架替検討マトリクスにより詳細検討の必要性がある橋を1次選定し、架替検討橋梁とされた橋について、ライフサイクルコスト（LCC）分析に基づく総合評価を行い架替要否を2次選定します。



3. 大阪市の実践

大阪市民の意識

市民の求める 橋に関する取り組み

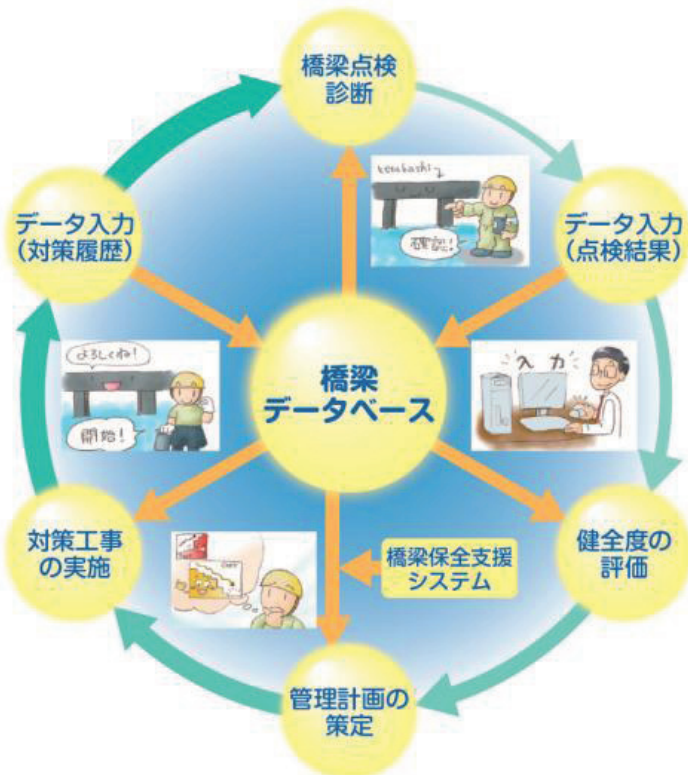


H20に実施した市民アンケートでは、橋の耐震対策や修繕、架替などの取り組みの優先順位が高い結果となっており、市民の『安全・安心』にかかる取り組みへの期待の高さが読み取れる。



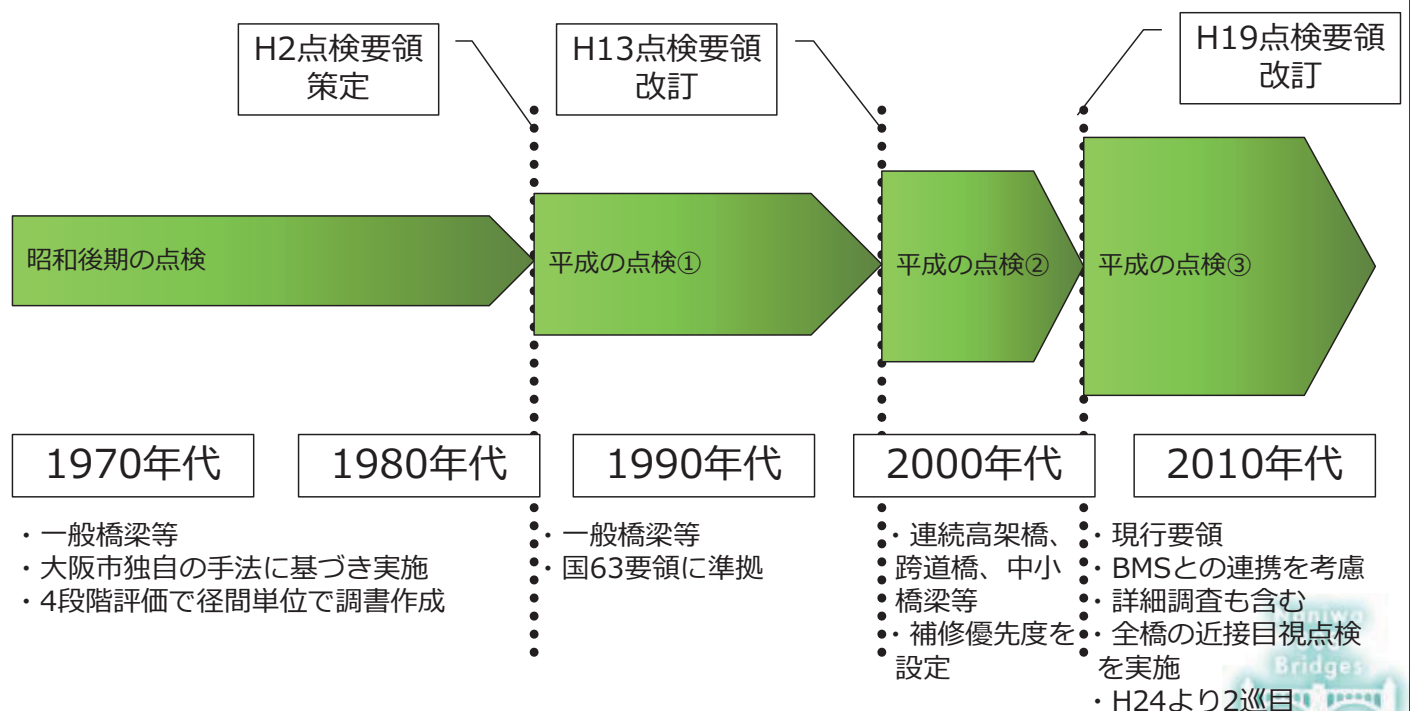
3. 大阪市の実践

大阪市のマネジメントサイクル



3. 大阪市の実践

大阪市における橋梁点検の経緯



3. 大阪市の実践

過去の点検調書の例

1974年度（昭和49年度）成果報告書 その2 昭和50年3月

② 橋梁調査報告書

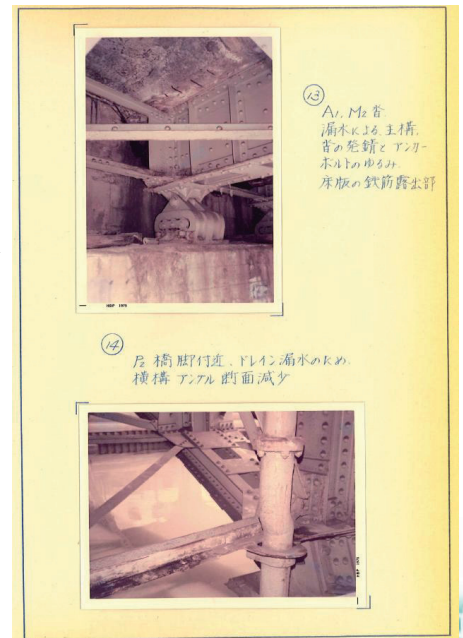
橋梁名	平野橋	築設年月	昭和10年10月	
橋梁形式	3径間連続鋼橋			
点検年月	昭和50年12月17日	天候	晴(曇)	
点検員	平田 加徳 小野田(加藤 小野田)			
評価	総合 B			
上部工	橋梁	A	対照橋梁	A
	床版	B	主桁主橋	A
	伸縮継手	B	支床	A
	床版(縦桁橋)	A	その他	B
下部工	支床部	A	橋体	A
	支床縁端距離	C	基礎	—
取り付け部	橋梁との取り付け部	B	護欄部	C
	盛土部	B	翼端部	B

(観察)

- 左岸側 防欄高き道路が跨っている。
- 塗装 昭和46/10
- 上流側 遊歩道の路に取付階段がある。

② 現況及び変状報告事項

- 岸版 断面北側(歩道直線部付近)の1/2と1/2付近)石灰質土が露出が多い。これはカブリ不足によるものと思われる。
- 又、その付近のGrass 化等の鋼材は海水の影響により劣化し、断面減少が著しい部分がある。
- 橋脚上流側、増水時に水につかる床版がドロドロ面になっている程度で、特に問題はみられない。
- しかし、橋台と岸版は時に1/2と1/2付近で、海水の影響と劣化が目立ち、Aと1/2のアンカーボルトが折れている。
- 橋脚側等比較的良好な点、取付部の腐蝕状態は、トレンエドアップされている。
- 右側上流部橋脚底下より、コンクリートが10%程度折れている。当然付近のコンクリート破断で脱落している。
- 又、路面からみれば、橋脚下部に付着した腐蝕物は、コンクリートが折れている。



3. 大阪市の実践

大阪市の現在の橋梁点検

○要領では、下表に分類して点検を実施

大阪市の点検の種類と内容

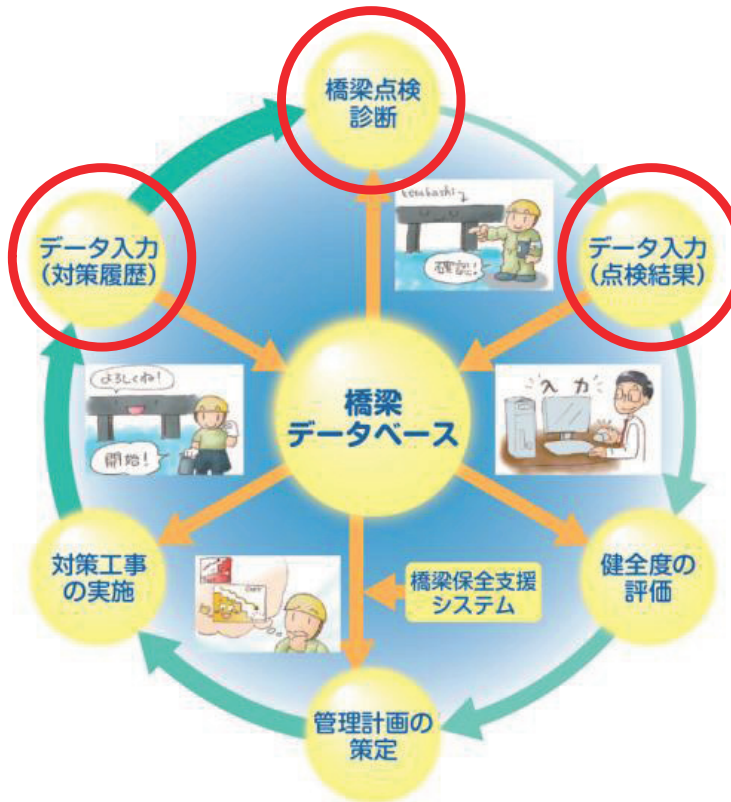
日常点検	路面の異常や突発的な破損を早期に発見することによって安全性を確保するために実施する点検
詳細点検	近接目視によって定期的に状態を詳細に点検し、損傷の有無を確認する点検
詳細調査	重要な損傷に対してより詳細な情報を収集するために実施する調査
緊急点検	他の橋で落橋につながる重要な損傷が発見された場合に同一形式の橋を対象として緊急に実施する点検
異常時点検	地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生し、橋梁に予期せぬ異常が発見された場合に行う点検

大阪市橋梁点検要領より



4. 課題と解決の方策

マネジメントサイクルのボトルネック



- 点検における課題
 - ・近接できない箇所が存在
 - ・その他

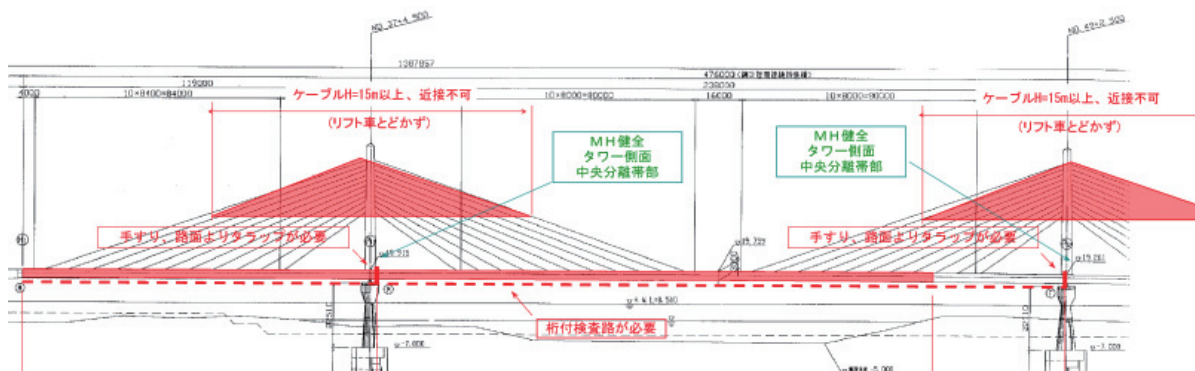
- 診断における課題
 - ・受注者の診断におけるバラツキ

- DB入力における課題
 - ・点検・判定・診断等 実施状況の着実なデータ入力



4. 課題と解決の方策

点検における課題（近接できない箇所①）

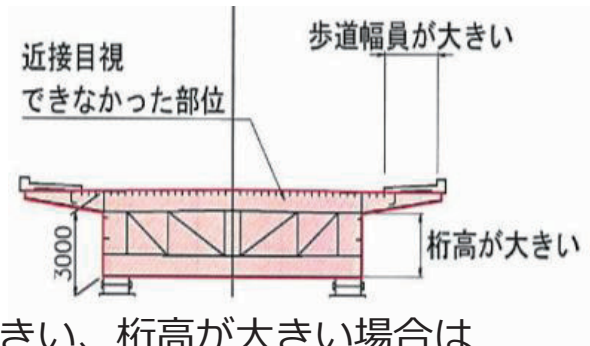


※橋上の高さ15m以上の部分は汎用性のある高所作業車の作業デッキが近接できない



4. 課題と解決の方策

点検における課題（近接できない箇所②）



※歩道幅員が大きい、桁高が大きい場合は
標準的な橋梁点検車の作業デッキが近接できない



天満橋



新十三大橋



4. 課題と解決の方策



梯子



船舶



橋梁点検車



高所作業車

※詳細点検は、原則 **全部材、近接目視(ハンドタッチ)**



4. 課題と解決の方策



全面足場



全面足場



移動式足場



ビデオスコープ
(狹隘部)



クライミング

※詳細点検は、原則 **全部材、近接目視(ハンドタッチ)**



4. 課題と解決の方策

点検における課題（その他）

- ・ コンサルタントによる足場設置
近接するための足場架設は再委託
← 足場面積が大きい業務は不調リスク
→ 発注ロットの調整など
- ・ コンサルタントによる産廃処理
叩き落としたCo等の殻処理（収集運搬免許）
→ 本市現場事務所と協力
- ・ 緊急対応
緊急対応を要する損傷箇所を発見した場合の措置
→ 本市現場事務所及び年間契約業者と協力

工事内での点検や足場架設も視野に入れて検討中

- ・ コスト縮減（今後の課題）
→ 近接方法に関するコスト縮減
→ 重要部位の選定によるコスト縮減



4. 課題と解決の方策

診断における課題（受注者の診断におけるバラツキ）

- ・ 損傷判定の診断は、損傷部位、原因、周辺への影響、進行度合、および補修履歴等を総合的に評価する必要があるため、受注者間でバラツキが生じてしまう
 - H20より本市職員を含めた「Eランク判定会議」を導入
 - 全橋D、Eランク損傷の対策区分判定に職員がかかわる

メンテナンスサイクルを回すためには、損傷部位ごとではなく橋としての評価が必要

→H26より本市職員を含めた「管理方針会議」を導入予定



4. 課題と解決の方策

診断における課題（受注者の診断におけるバラツキ）

（参考）本市における損傷判定区分

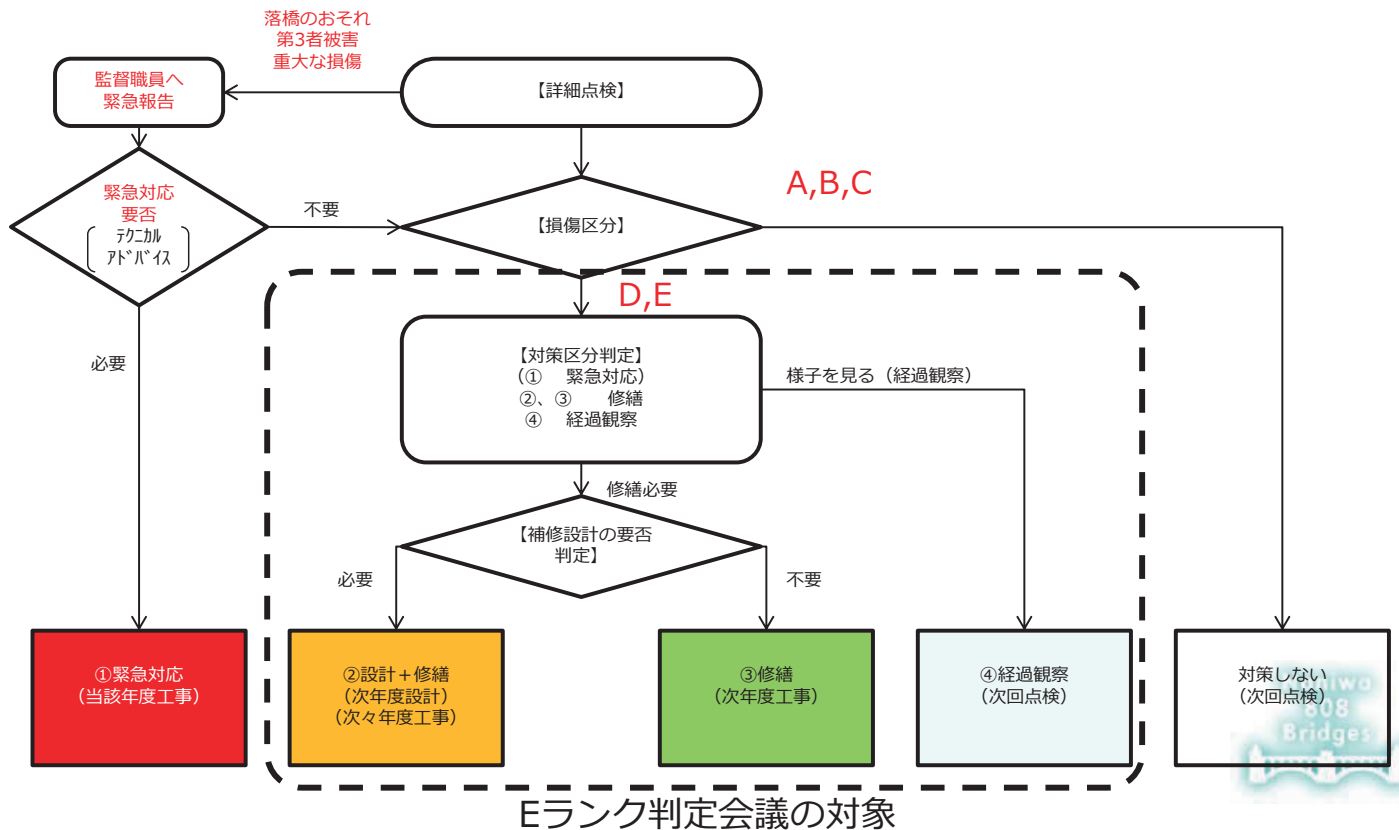
	概念	一般的状況		E1	E2	E3	E4
E	深刻	損傷が非常に大きい	⇒	D1	D2	D3	D4
D	顕著	損傷が大きい		緊急（第三者被害対応等）	設計・検討が必要	標準図対応可能	経過観察
C	軽度	損傷がある					
B	ほぼ良好	損傷が小さい					
A	良好	損傷が特に認められない					

Eランク判定会議の対象



4. 課題と解決の方策

(参考) 本市における損傷判定フロー



4. 課題と解決の方策

○入力における課題

- ・点検結果や点検に基づく補修工事、計画に基づく補強工事における完成図書・構造計算書等のデータを「大阪市道路橋梁管理システム」に入力
- ・システム稼働前の工事についても順次入力し、データベース化
 - 過去工事の完成図書・計算書も計画的に入力
 - 新たなデータを入力するための仕組みづくり

○その他の課題

- ・国への報告
新点検要領による判定区分（Ⅰ～Ⅳ）に従い報告義務（市はA～E）
 - 国の事例集等をもとに読み替え手法について検討中

5. まとめ

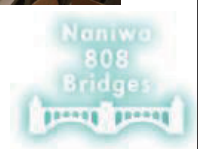
- ・大阪は「なにわ八百八橋」と称されるように古くから数多くの橋を抱えている。
- ・大阪市では早くから都市施設の基盤整備がすすめられたため、他都市と比べても橋梁の高齢化が進展しており、今後いっそう橋の高齢化が進んでいく。
- ・一方で、大阪の橋の中には、まちの発展と歴史をともにしてきた橋、都市景観の一部となっている橋、土木技術的にも価値のある橋など、市民に愛され親しまれてきた橋が多数存在している。
- ・今後も橋を市民の財産としてとらえ、適切に保全することにより、限られた予算で数多くの橋を維持管理していきたい。



6. その他

図面管理

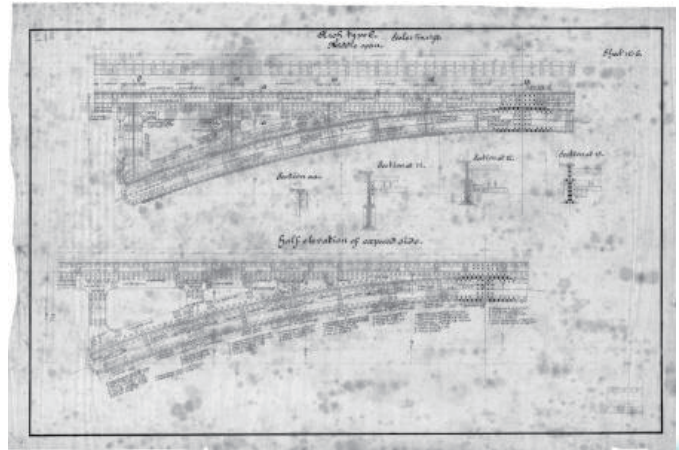
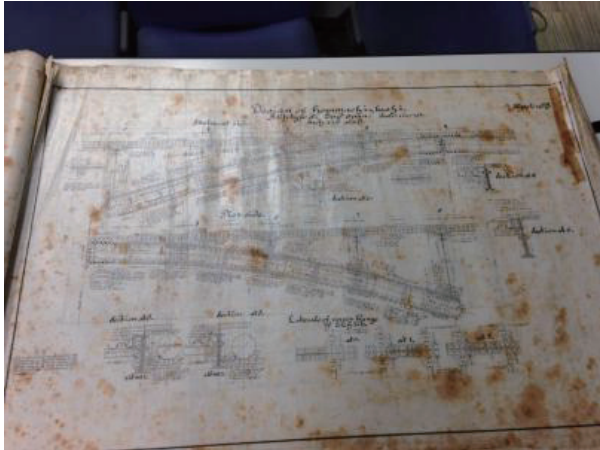
- ・図面の保管は、橋梁を適切に保全するために非常に重要
 - ・S50頃より図面のマイクロフィルム化を実施
 - ・現在では電子化により保管している



6. その他

図面管理

- マイクロフィルム、電子データの保管と並行して、図面原本も保管している



※本市最高齢の本町橋（1913年）の建設時図面
（左：布製図面原本、右：電子化PDF）



6. その他

橋梁遺産

- 橋梁の架替や改築に伴う撤去部材などを「遺産」として保存している。
- 今後は広く市民にも見ていただけるような方策についても検討中



※正安橋（1926年建設、1999年解体）
（跳開橋）



※橋名板
（栴檀木橋、渡辺橋、肥後橋、天満橋、上繋橋）

6. その他

・選奨土木遺産



天神橋

・選奨土木遺産



天満橋

・市指定文化財、選奨土木遺産



本町橋

・重要文化財、選奨土木遺産



大江橋



淀屋橋

・選奨土木遺産



浜中津橋



6. その他

橋洗い

中之島ガーデンプリッジ
戎橋
本町橋
難波橋
久宝寺橋 など

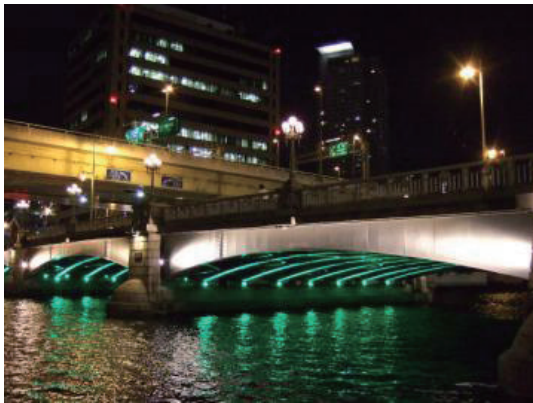


多い時には150名以上の方の
参加をいただきました。

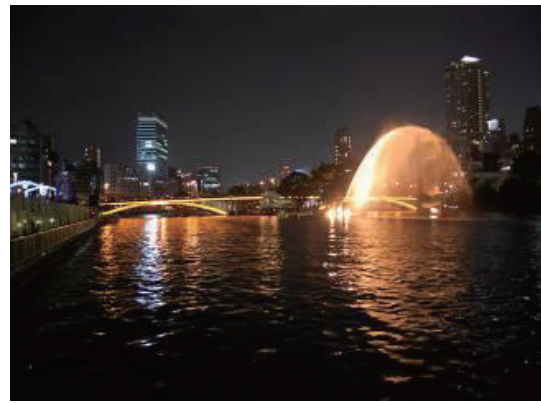


6. その他

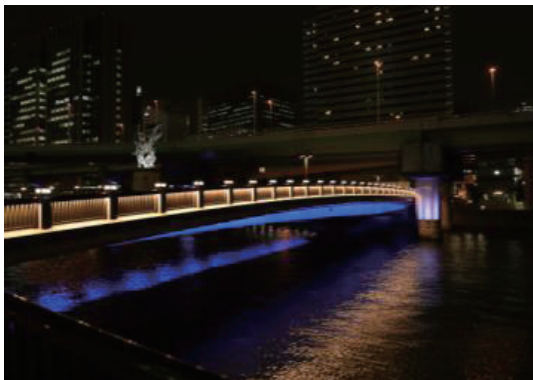
ライトアップ



難波橋



天神橋



中之島ガーデンブリッジ



Naniwa 808 Bridges
錦橋

6. その他

市民セミナー

大阪市立城北市民学習センター ネットワーク型市民セミナー

なにわ八百八橋物語

～橋に見る大阪の再発見～

生活、文化、芸術、社会の様々な場面で、大阪の橋は
広く多くの人々と関わってきました。
そのような橋の様々な役割について、
中之島に架かる橋を実際に見て歩きながら考えます。

12/11(水)

午前の部 講座
どころ、城北市民学習センター
10時～11時30分 定員 100名

午後の部 現地見学
どころ、中之島周辺
12時～14時 定員 40名

参加費 無料

どなたでも参加可

申し込み方法
① FAX・はがき 申し込み用紙をダウンロードし、お申し込みください。
② インターネット 「いちょうネット」(大阪市生涯学習情報提供システム)より申し込みください。
③ 申し込み用紙をダウンロードし、自由入力欄に「なにわ八百八橋物語」と入力・検索の上お申し込みください。

申込先
大阪市立城北市民学習センター
〒535-0031 大阪市北区東淀川1丁目14番6号
TEL:06-6593-1334 FAX:06-6593-1354

主催 大阪市教育委員会、大阪市立城北市民学習センター(指定管理者:大阪府教育委員会、SPS合同事業体)

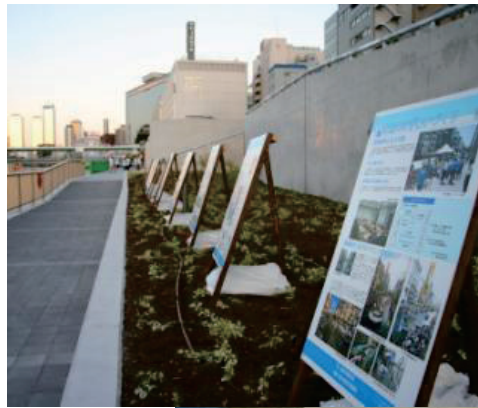
同時開催「大阪の橋パネル展」 開催期間:10月23日(水)～12月11日(水)

毎年、橋梁課職員を講師として、市民の皆様を対象にセミナーを開催し、好評を得ています。(定員100名)



6. その他

パネル展



八軒家浜周辺



区役所

6. その他

橋上空間の活用（錦橋の事例）

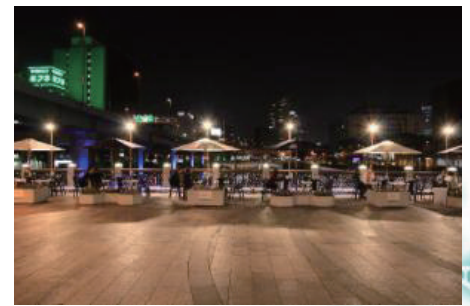
- 橋上にベンチを配置するとともに、橋のギャラリーとして黒御影の植樹柵や錦絵の陶板を飾っている
- また、階段登り口には、橋の絵や写真、橋の番付表を飾っている



6. その他

橋上空間の活用（中之島ガーデンプリッジの事例）

社会実験 平成24年10月（9日間）



平成26年8月28日(木) 第7回CAESAR講演会

ご清聴ありがとうございました



鋼橋の補修・補強における留意点

平成26年 8月28日



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association

保全委員会 幹事長 河西 龍彦

■ 目次



一般
社団法人

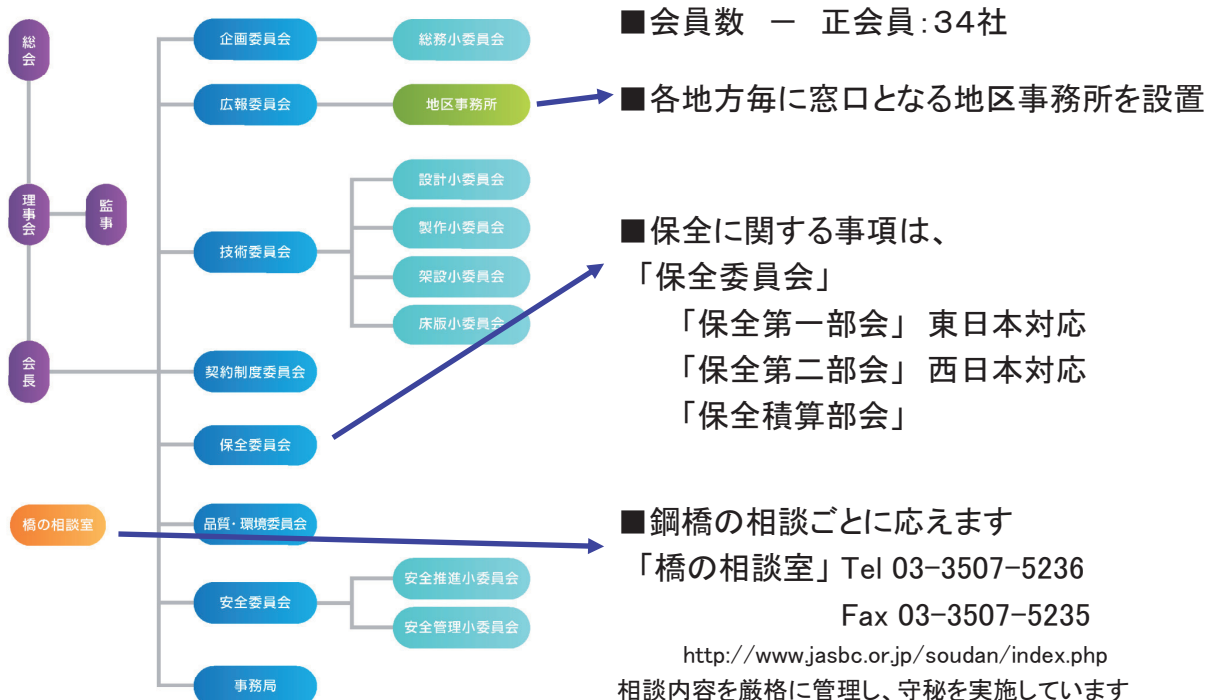
日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association

2

1. 最近の橋建協の活動
2. 補修・補強工事の事例紹介
3. 設計に反映して欲しい留意点
4. 現場施工における工夫

1. 最近の橋建協の活動



■ 橋建協ホームページによる技術情報の紹介

- ・鋼橋における技術情報に関する情報提供
- ・補修・補強技術に関する技術情報および事例紹介
- ・鋼橋Q&A、橋梁年間DB、技報DB、鋼橋の統計データ
- ・技術発表会資料



■ 鋼橋技術の参考図書の出版(補修・補強関連)

- ・支承部補強・補修工事施工の手引き(改訂版)(2013年1月)
- ・既設橋梁落橋防止システム 現場施工の手引き(改訂版)(2005年4月)
- ・鋼橋の損傷と点検・診断(2000年5月)
- ・鋼橋の補修・補強事例集(2002年10月)
- ・補修・補強工事安全の手引き(2005年4月)
- ・鋼橋付属物の設計手引き(改定2版)(2013年4月)
- ・耐候製橋梁の手引き(2013年4月)

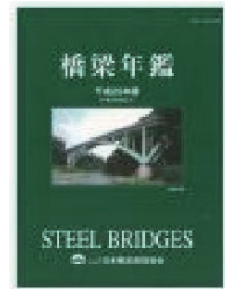
鋼橋に関する新設、保全に関し全59冊、他に橋梁年鑑(平成8年以降)



支承部補強・補修工事施工の手引き



耐候製橋梁の手引き



橋梁年鑑 平成25年度

■資格制度について(講習会への講師派遣等)

- ・道路橋点検士 (J-Bec)
- ・土木鋼構造診断士・診断士補 (JSSC)
- ・登録橋梁基幹技能者講習会

その他、各種の講習会や講演会に多数の講師を派遣



座学(工程表について)



グループ討議・試作(工程表)

■耐候性鋼橋梁のさび外観評価システムの提供

- ・耐候性鋼材の評価指標が判り難く、点検者の経験等により評価がバラつき易い



■ 橋梁技術者への情報発信「橋梁技術発表会」

- ・橋建協主催 全ての橋梁技術者を対象として全国6会場において実施
「耐候性鋼橋梁の損傷分析とさび外観評価システムの提案」
「道路ネットワークの維持管理の必要性和鋼橋の更新時期について」 etc



■ 鋼橋技術者派遣による大学、高専などへの「出前講座」の実施

- ・平成25年度実績25校(約1,300名)



■ 橋めぐりクルーズ

鋼橋に対するPR活動として、東京(隅田川)、大阪において実施。



隅田川橋めぐりクルーズ

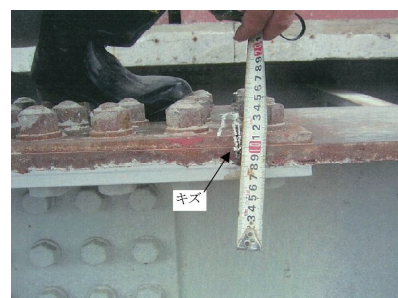


なにわ橋めぐりクルーズ

■ 小学生現場見学会

人材育成の一貫として、将来を担う子供達に橋について興味を抱いてもらうため、鋼橋の現場を間近に見て体感して学んで頂こうと考えています。

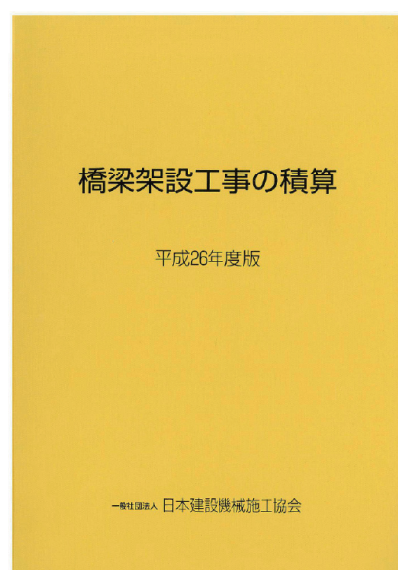




難易度が高い工種を含む橋梁保全工事は、
従来の「維持修繕」ではなく、
鋼橋の構造に詳しい業者の調達を念頭に、
「**鋼橋上部**」での発注を提案。

PC建協と合同で、
橋梁保全工事に関する
直接工事費の改善を提案。

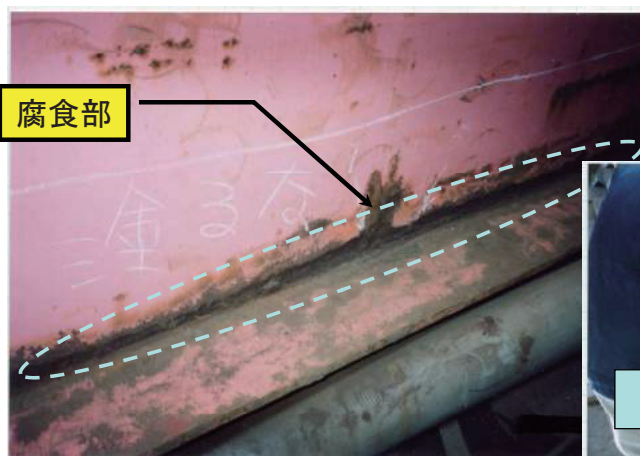
特に平成26年度版では、
総目次や写真を追加し、
非常に使い易くなりました。



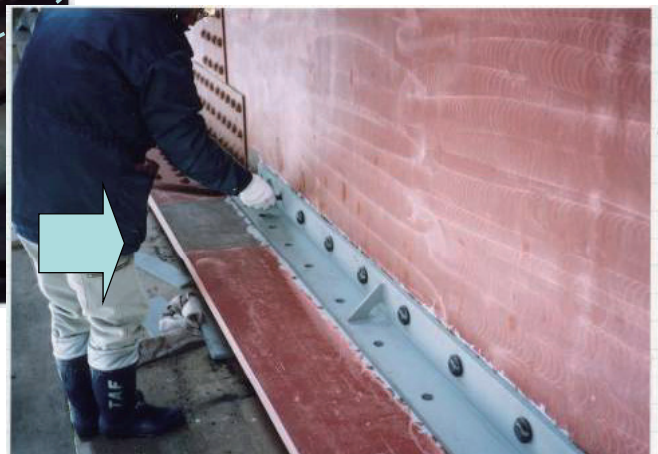
一般社団法人 日本建設機械施工協会
平成26年度版は平成26年5月20日に発行

2. 補修・補強工事の事例紹介

腐食部の当て板補強



すみ肉溶接部の減肉,
塗膜の劣化, はがれ



ゴム支承への取替えによる耐震性の向上



取替え前（鋼製支承）



取替え完了（ゴム支承）

沓座の損壊や、腐食による支承機能の劣化を取替により機能回復

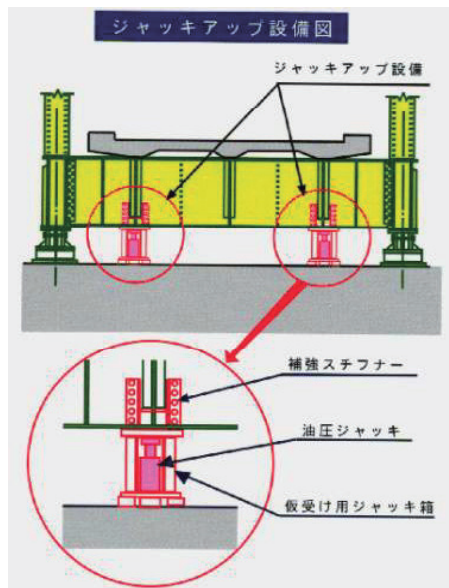


腐食が進行した線支承

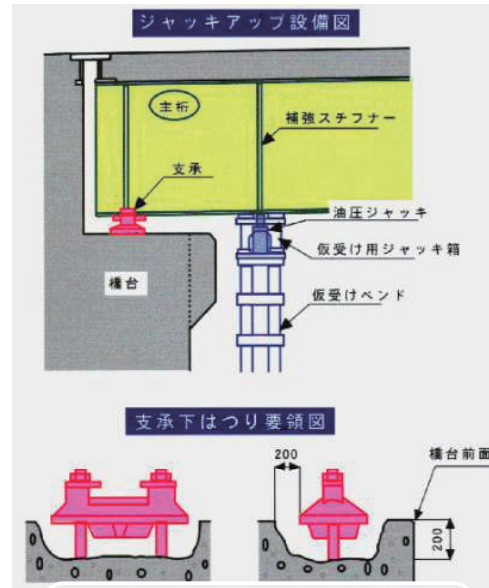


溶融亜鉛メッキ仕様の支承へ取替え

支承取替えのためのジャッキアップ



ジャッキ設置図
(端横桁仮受け工法)

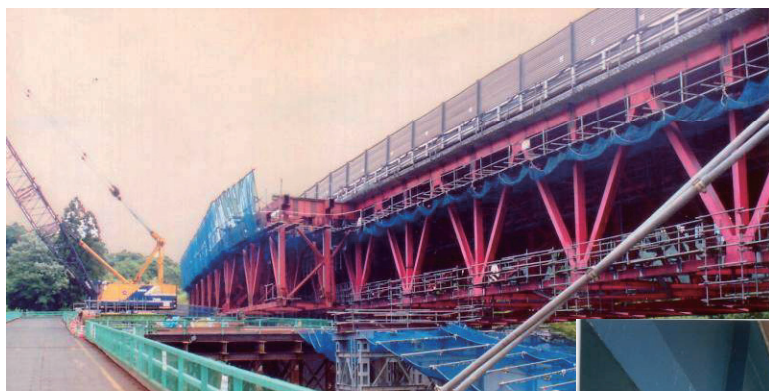


ジャッキ設置図
(ベントによる仮受け工法)

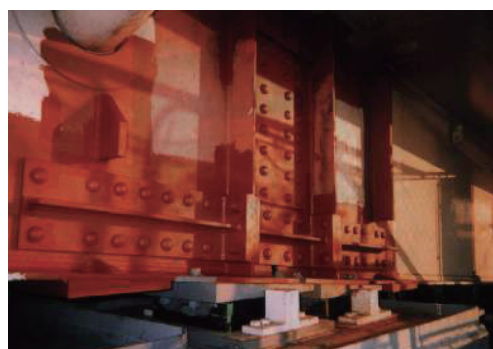
衝突による損傷と補修



道路幅員の拡幅



桁の連続化



落橋防止構造

変位制限装置

縁端拡幅



3. 設計に反映して欲しい留意点



現場孔明・取付け・HTB締付け



部材取付け・HTB締付け



沓座のはつり

図面で想像するより
実際はもっと狭い！

施工スペースを考慮した補強構造、 および計画が重要！

(例)

部材搬入・・・マンホールと部材の関係

アンカー削孔・・・コアドリルの高さ

高力ボルト・・・締付け機の高さ

等の事前チェック



箱内への部材搬入



チェンブロックによる搬入



箱桁内の部材人力運搬

重機も使えないことが
ほとんどで、
重量物も「人力」で運搬。

→部材は分割&小型化！

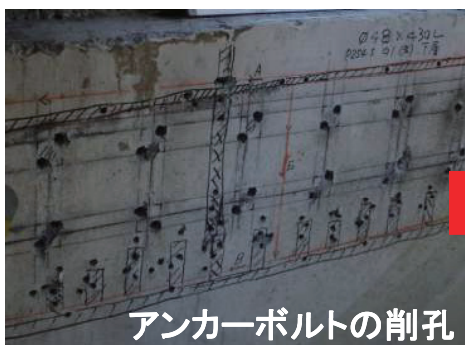
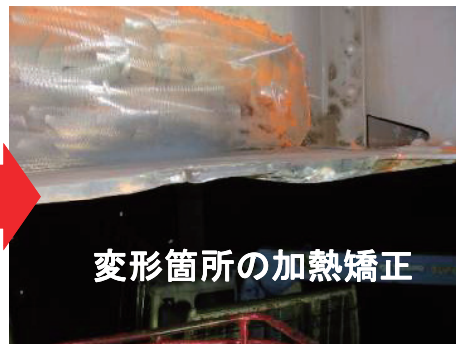


既設橋梁には図面と違う箇所が多い。

寸法が違う、添架物、etc

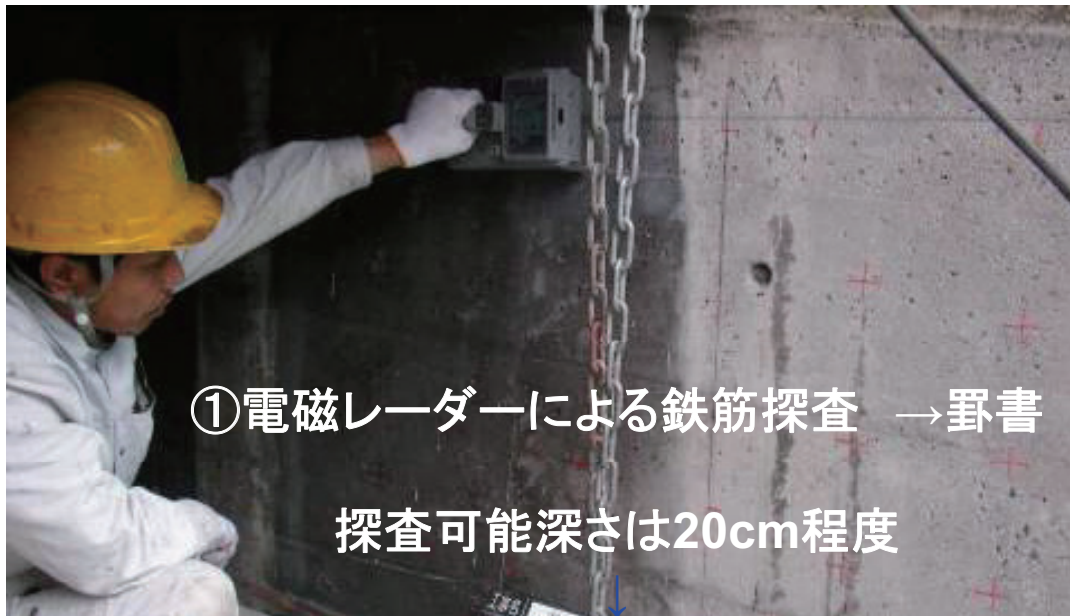
→まずは現場を見る！

→ビデオ撮影も有力！



やってみないと判らないのが、補修・補強工事！

アンカーボルトの削孔の場合、、、



①電磁レーダーによる鉄筋探査 → 罫書

探査可能深さは20cm程度

2段目以降の鉄筋は探査できない



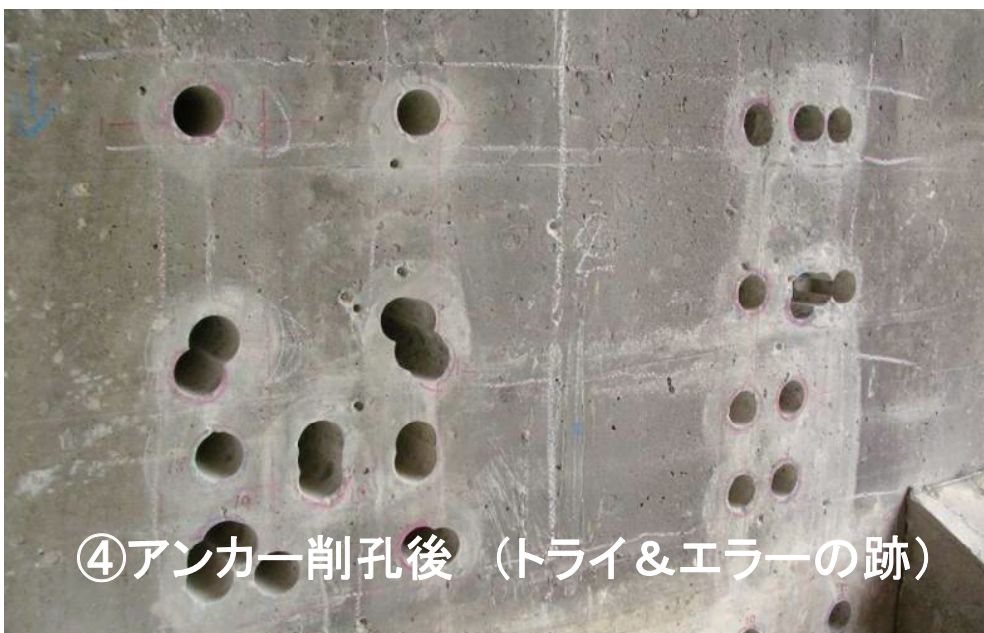
②パイロットホールによる鉄筋確認

2段目以降の鉄筋を探るため、鉄筋は切れない
小径ドリルによる確認の繰り返し



③ダイヤモンドコアドリルによる本削孔

鉄筋センサー付コードリールなども併用



④アンカー削孔後（トライ＆エラーの跡）

アンカー位置変更による再計算
不要孔の孔埋め作業も発生



⑤アンカー定着



⑥アンカー位置計測

➡ 製作に反映

やってみないと解らないことがあるからこそ
設計時の配慮、計画時の工夫が重要！

ーアンカーボルトの場合ー

- ・アンカー位置の移動に対応できるように
リブ間隔を広めに設定。
- ・補強部材のベースを若干大きめにしておく。
- ・アンカー孔はできるだけ細径 & 少本数に。

などの、設計時の配慮で「**すごく**」助かる。

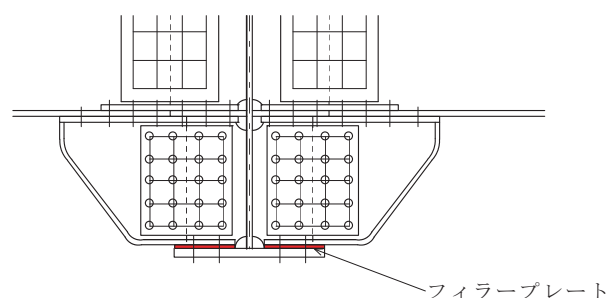
4. 現場施工における工夫

縦桁と横桁のウェブギャップ間に ブラケットを取り付ける補強

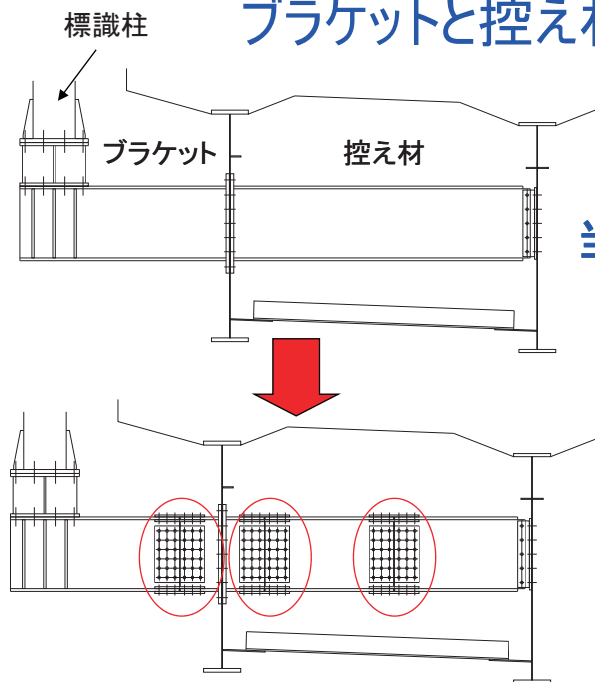


直接取り合う構造であるため、
実橋の誤差を吸収するところがない。

→フィラーを追加



ブラケットと控え材を設けて標識柱を設置

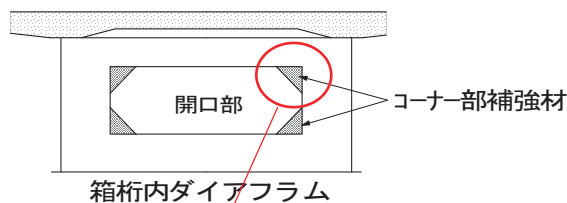


当初1本もので設計

- ・部材重量増
- ・主桁間隔の誤差吸収が困難

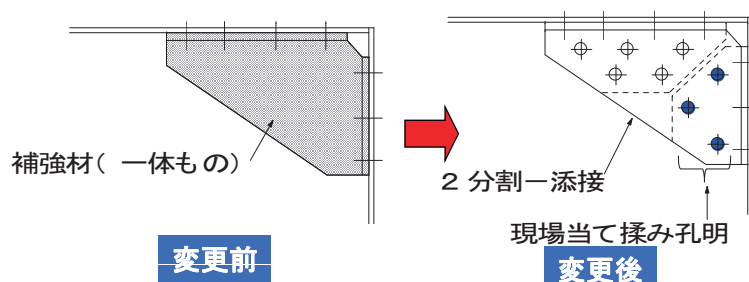
部材を分割(軽量化)
+
添接部による誤差吸収

箱桁内ダイヤフラムのコーナー部に補強材を取付け

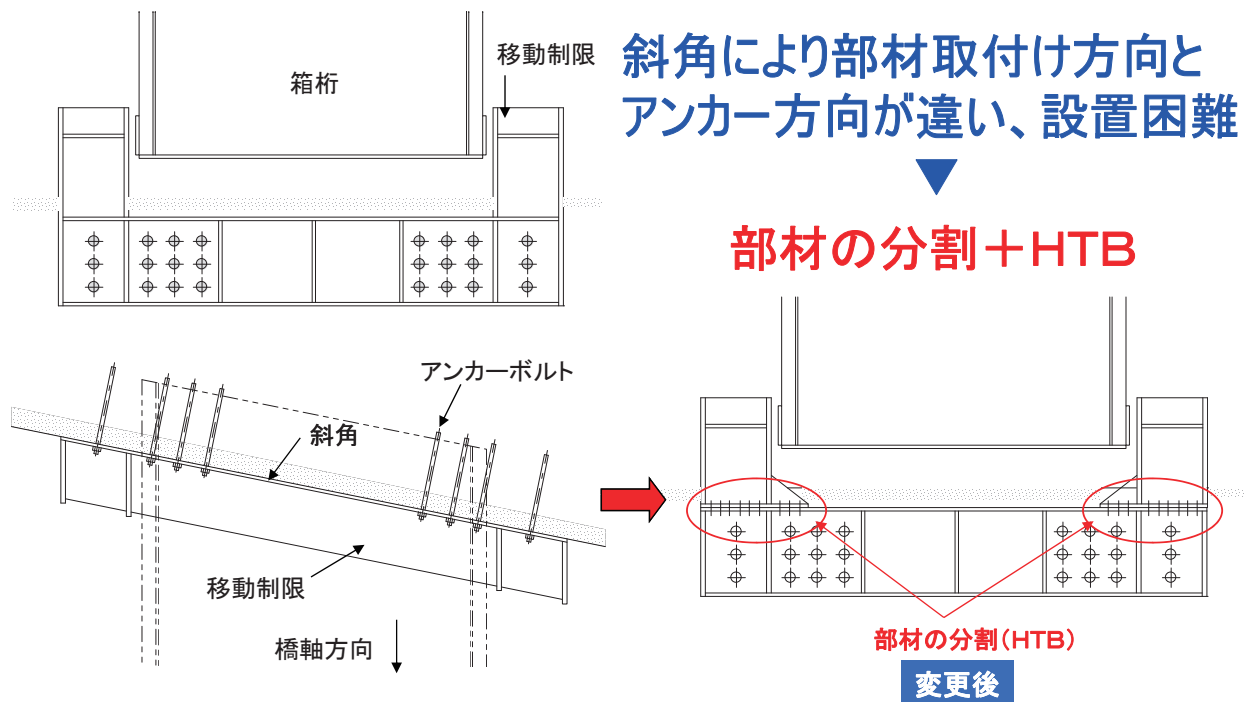


補強材が一体もののため
角度調整が出来ない。

部材の分割+現場孔明



移動制限をアンカーボルトで取付け

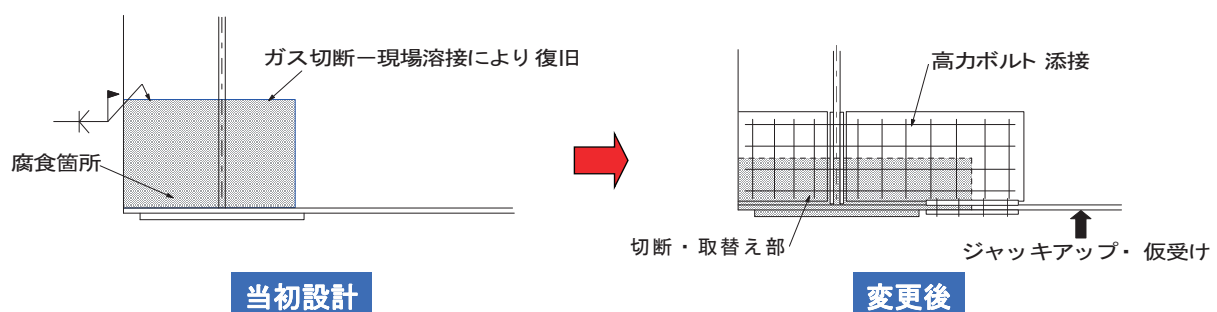


桁端部の腐食部補修工事

ガス切断+現場溶接で計画

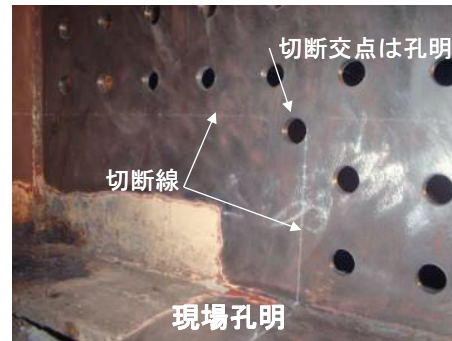
品質確保できる？
疲労的にも？？？

仮受け → 腐食部撤去
→ 新規部材をHTB添接





仮受け



切断交点は孔明

切断線

現場孔明



ケレン・野書き



ガス切断



切断部仕上げ



補強完了



部材取付け・HTB締付け



沓のセットボルトは、タップを切り直す

橋梁の保全「工事」はますます増加。

→保全工事独特の注意事項を考慮した
設計と計画がポイント。

→それでも何が起こるか解らない、
やってみないと解らないのが保全工事。

→慌てず騒がず、
設計者と施工者がタッグを組んで、
道路管理者とも、win-win-win になれる
ように、がんばって参りましょう！

ご清聴ありがとうございました。

PC橋の変状と点検・調査診断 における現状と課題



一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会
保全補修部会 副部会長 徳光 卓

1

プレストレスト・コンクリート建設業協会 (PC建協)とは

- 目 的

本会は、プレストレスト・コンクリート技術の向上及びプレストレスト・コンクリート建設業の健全な進歩発展を図り、持続型社会の基盤整備に貢献し、もって公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。

- 会 員

32社(賛助会員39社)

- 事 業

プレストレスト・コンクリート技術に関する、調査研究及びその促進、資料の収集・編集及び刊行、啓発宣伝及び技術者の育成、助言及び指導、政府機関・公共団体等に対する建議及び意見の具申等

2

1. PC橋の変状に関する最近の事例

1.1 はじめに

- PC建協では、土木研究所、国総研、NEXCO総研等と共に、PC橋の劣化等に対する、現状調査や劣化対策、点検・診断に関する研究を実施（共同研究や受託研究等）
- PC橋の代表的な劣化
 - ①塩害（飛来塩分・凍結防止剤）
 - ②ASR
 - ③グラウト充填不良(PC鋼材腐食)
 - ④凍害(過去のPCはNon-AE)
- 最近目立つPC橋の劣化箇所
 - ①床版(凍結防止剤由来の塩害, ASR)
 - ②桁端部(伸縮継手からの漏水に由来する塩害とASR)
 - ③水回り(排水や防水の不良に由来する塩害とASR)

2014.8.28 CAESAR講演会

3

1.2 塩害(飛来塩分による塩害)



- 橋梁の各所で塩害による鋼材腐食が発生
- 対策: 塩害対策区分の設定 【対応済み】
かぶりの確保, 塗装鋼材の使用等

2014.8.28 CAESAR講演会

4

1.2 塩害(凍結防止剤による塩害)



- 床版下面や桁端部などで局所的な塩害が発生

2014.8.28 CAESAR講演会

5

1.3 ASR (アルカリ骨材反応)



- ASRは昭和60年以前に施工された橋で多発
(それまでの日本ではASRは無いと考えられていた)
- PC橋の場合, プレストレス作用方向に並行なひび割れが発生

2014.8.28 CAESAR講演会

6

1.3 ASR (アルカリ骨材反応)



橋面コンクリートの
骨材化
(鉄筋の外側)

橋面での鉄筋破断
(段落し部)



2014.8.28 CAESAR講演会

7

1.4 グラウト充填不良



横締PC鋼棒の破断・突出



主ケーブルの破断

- グラウト充填不良は1990年中ば以前に施工された橋で多発
(グラウト材料・施工方法と施工管理の不備)
- 現在は大幅に改善されている

2014.8.28 CAESAR講演会

8

1.4 グラウト充填不良



- 主桁上縁にPC鋼材を定着した橋梁での事例
(橋面からの水の侵入, ブリーディングの発生)

2014.8.28 CAESAR講演会

9

1.4 グラウト充填不良

- グラウト充填度の検査方法は、種々の方法が開発されている
(超音波法・弾性波法・透過法等)

➡ 現状では手間が大きい

- グラウトが充填されていなくとも、必ずしもPC鋼材は腐食しない

➡ 水の存在により腐食
当面は防水工が重要



2014.8.28 CAESAR講演会

10

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.1 PC橋の診断における課題

- 残存プレストレスの把握(道路管理者等のご意見)
「PC橋は外観からだけではPC鋼材がどうなっているかわからない。グラウトが入っているかどうかわからない」
「プレストレスがどれだけ残っているのかわからない」
「耐荷性がどれだけ残っているのか？」
- PC橋に入ったひび割れの原因がわからない
「ひび割れが入らないはずのPC橋にひび割れが入っている」

PCの原理

将来発生する引張応力を打ち消すよう、あらかじめ圧縮応力を作用させておく

⇒力は見えない



RCの原理

引張応力に耐えるように、鋼材を配置する
⇒鉄筋の断面減少で評価できる

2014.8.28 CAESAR講演会

11

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.2 PC橋のひび割れ

- PC構造物におけるひび割れ

構造ひび割れ

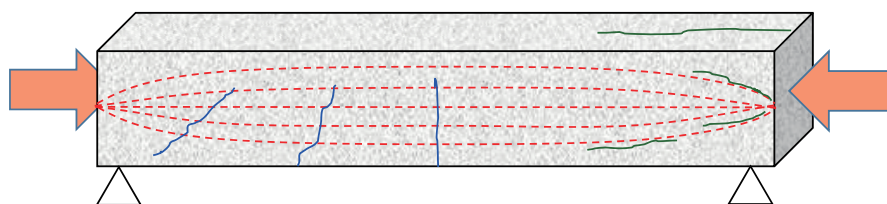
曲げ・せん断等の力学的作用によるひび割れ

➡ プレストレス不足の可能性

構造ひび割れでない

乾燥収縮・鉄筋の腐食膨張等によるひび割れ

非構造ひび割れ 乾燥収縮・ASR・鉄筋の腐食膨張に伴うひび割れ
(応力線と並行)



構造ひび割れの可能性
(応力線を横断)

ただし、応力線を横切るひび割れは全てが構造ひび割れとは限らない

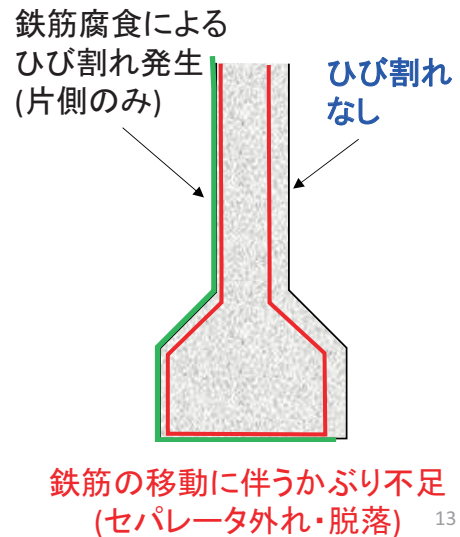
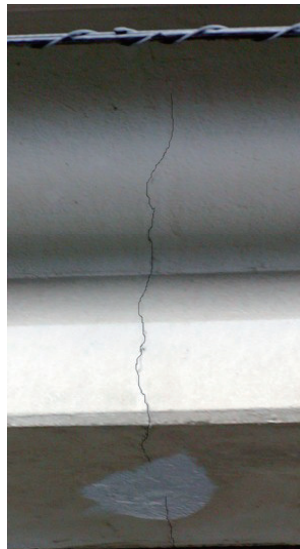
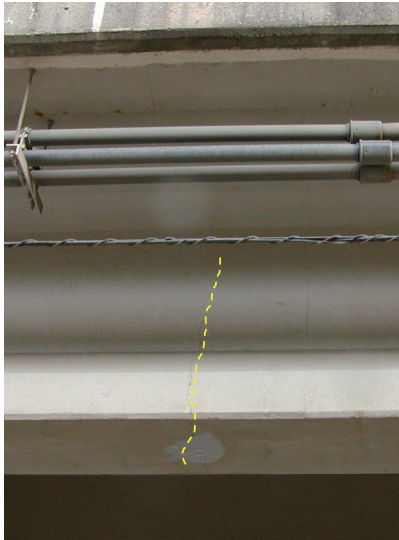
2014.8.28 CAESAR講演会

12

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.2 PC橋のひび割れ

- PC橋の下フランジからウェブにかけて鉛直ひび割れが発生した事例
⇒ひび割れ位置(鉄筋との関係)と桁の変形状態を確認



2014.8.28 CAESAR講演会

13

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.3 残存プレストレスの判断

- (死荷重状態で)曲げひび割れが入っている
⇒自重による応力以上のプレストレスが残っていない
 - (死荷重状態で)曲げひび割れが入っていない
⇒自重による応力以上のプレストレスは残っている※
⇒プレストレスが減少していないとは限らない
 - (荷重載荷状態で)曲げひび割れが入っていない
⇒載荷荷重による応力以上のプレストレスは残っている※
⇒プレストレスが減少していないとは限らない
- ※コンクリートの引張強度を無視した場合
- 残存プレストレスの判断には、**微破壊試験等**による詳細調査が必要
☞微破壊試験: 応力解放法など

2014.8.28 CAESAR講演会

14

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- 「撤去橋梁を用いた既設PC橋の診断技術高度化に関する共同研究」
- 撤去橋梁を用いて、実橋で実際に生じている劣化・損傷の原因や影響を調査研究し、今後の設計や維持管理に役立てる



土研で保管中の撤去桁

2014.8.28 CAESAR講演会



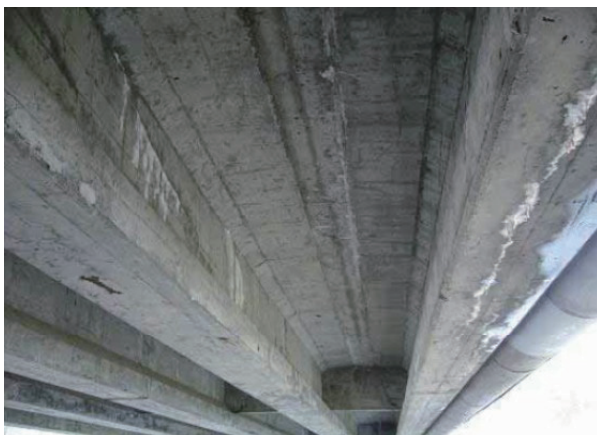
土研で保管中の撤去桁

15

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- シースに沿うひび割れの発生事例



北海道に架設されていたポストテンションT桁橋であり、ウェブ側面や下フランジに、PC鋼材に沿ったひび割れが発生

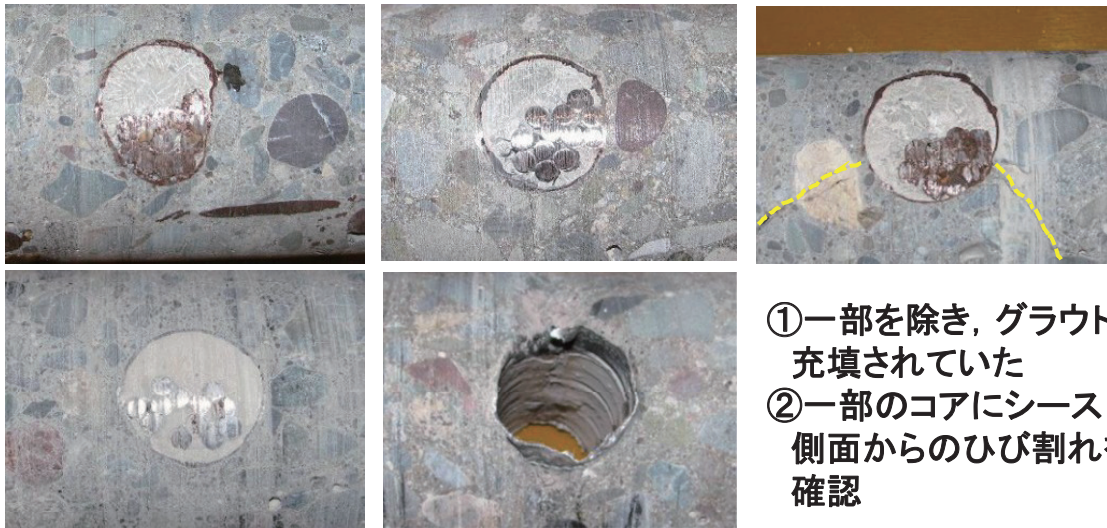
→ グラウト充填不良と推定していたが...

2014.8.28 CAESAR講演会

16

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究



- ①一部を除き、グラウトは充填されていた
- ②一部のコアにシース側面からのひび割れを確認

■推定される原因

- ①初期凍害(グラウト密度低下), ②膨張剤の過剰添加(アルミ粉末・グラウト密度低下), ③偏向部の応力(局部的な引張応力), など



現在、ひび割れの原因について調査中

17

2014.8.28 CAESAR講演会

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- これまでに9橋の実橋・撤去桁の個有振動数測定を実施
- 目的: 非破壊かつ簡易な方法で橋梁の劣化度を把握する手法として、振動測定による評価手法の可能性を確認

損傷レベルと維持管理レベルの対応のイメージ※

損傷のレベル		維持管理のレベル
1	鋼材腐食の始まり ひび割れの始まり	予防保全 補修の判断
2	鋼材腐食による断面減少 コンクリートの断面欠損	事後保全 補修・補強の判断
3	鋼材が降伏 剛性の大幅な低下	安全管理 通行止・架替判断

※振動測定により評価したいレベルを概念的に示したものであり、実橋の維持管理とは整合しない

2014.8.28 CAESAR講演会

18

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- 対象橋梁の例

津波により被災したPC橋, 塩害により劣化したPC橋, ASRにより劣化したPC橋, など



2014.8.28 CAESAR講演会

19

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- 現段階での主な知見

- ①重錘加振が簡便で比較的振動特性がよい(特に高次の振動特性)
- ②力学的損傷を受けたPC橋(損傷レベル3)では振動数の低下が明瞭に捉えられる。
- ③断面欠損などの損傷を生じたPC橋(損傷レベル1・2)では, 高次モードの振動特性で損傷程度を評価できる可能性がある



2014.8.28 CAESAR講演会

20

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.4 PC建協とCAESARとの共同研究

- 振動測定による判定の問題点
 - ①解析で個々の橋梁の固有振動数を割り出すのは非現実的
☞ 定期点検時に振動測定を実施。振動特性の推移を把握することで、耐荷特性の低下を把握。
 - ②測定に必要な機器の設置
☞ 現状では、動ひずみ計・加速度計などの多数の機器設置に時間とコストを要する
- 必要な機能
加速度計とA/D変換増幅器, FFT解析機能があればよい
 ひずみの絶対値の測定精度は高くなくてよい
- 加速度計とパソコンを一体化した計測器
地覆上に機械を置くだけで計測・解析可能な機器の開発を！

2014.8.28 CAESAR講演会

21

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.5 水回りの重要性和応急対応

- 排水管の脱落, 破れ, 継目のゆるみ
- 排水柵の詰まり
- 伸縮継手, 継目からの漏水



点検時に気がついても放置される事例が多い



排水管の脱落と水がかり



排水柵の清掃不良に伴う水しみ

22

2014.8.28 CAESAR講演会

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.5 水回りの重要性と応急対応



排水の変状を放置すると、
深刻な劣化につながる
(特に、凍結防止剤散布地域)

→ 塩害・ASR等の促進



23

2014.8.28 CAESAR講演会

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.5 水回りの重要性と応急対応

伸縮継手等の漏水を放置
すると、深刻な劣化につな
がる
(特に、凍結防止剤散布地域)



24

2014.8.28 CAESAR講演会

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.5 水回りの重要性と応急対応

- 点検のポイント
漏水や水しみ、水掛かりの存在



水の存在自体は劣化でないが深刻な劣化
(塩害・ASR・凍結融解等)の要因となる



箱桁内部に配置された排水管に不具合を生じた事例

2014.8.28 CAESAR講演会

25

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.5 水回りの重要性と応急対応

- 応急措置により当面の劣化進行を食い止める
(PC橋だけでなく鋼橋においても重要)



- ☞これらの材料は色々なものが市販されている
- ☞ホームセンター等に行けば、他にも使える材料がある

【応急補修の一例】

2014.8.28 CAESAR講演会

26

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.6 検査路の重要性と対応

- ・「定期点検は、近接目視により行うことを基本とする。」
(国交省 道路橋定期点検要領 H26.6)



近接目視には安全な足場の確保が重要

- ・検査路の設置と共に、検査路の維持管理も重要



検査路の損傷は人命に直結

2014.8.28 CAESAR講演会

27

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.6 検査路の重要性と対応

- ・欧州の事例
欧州(フランス・ドイツ等)では点検と補修が容易となる
よう、検査路に配慮されている



開口部段差の解消(ドイツ)



開口部段差の解消(フランス)

2014.8.28 CAESAR講演会

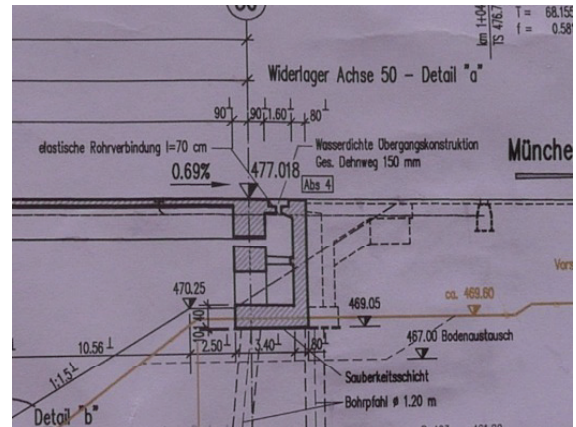
28

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.6 検査路の重要性と対応

・ドイツの事例

- ① アバット内に直接人が立ち入れる構造
- ② 階段を利用して主桁背面から支承や箱桁内部の点検と維持が可能な構造



2014.8.28 CAESAR講演会

29

2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.6 検査路の重要性と対応

- #### ・ドイツの事例(2)
- 小型トラックが進입可能な
橋台背面空間の設置



2014.8.28 CAESAR講演会

30

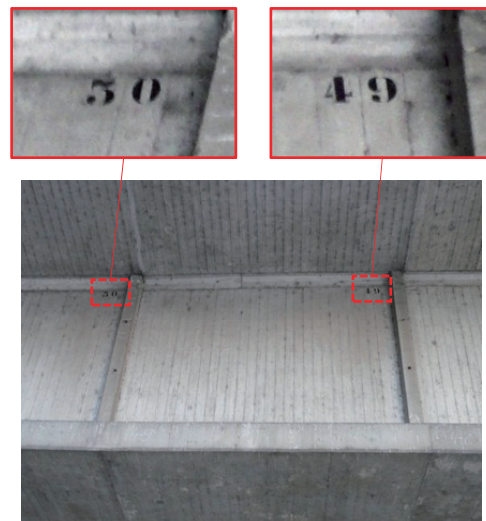
2. PC橋の点検・調査診断における課題と提案

2.7 検査と記録への配慮

- ドイツの事例(3)
ウェブに点検記録用の番号をマーキング
(気を付けて見ればわかる程度の大きさ)



2014.8.28 CAESAR講演会



3. まとめ

- 最近のPC橋の変状事例とPC建協の取組を紹介
- PC橋の長寿命化に向けて、国内外の事例を基に、いくつかの紹介と提案
 - ⇒ 低コストかつ簡便なものから適用を提案
 - ⇒ 同時に、研究や技術開発も必要
- 今後の橋梁の維持管理，維持管理が容易な新設構造物の建設に役立てば幸いである。

御清聴ありがとうございました

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

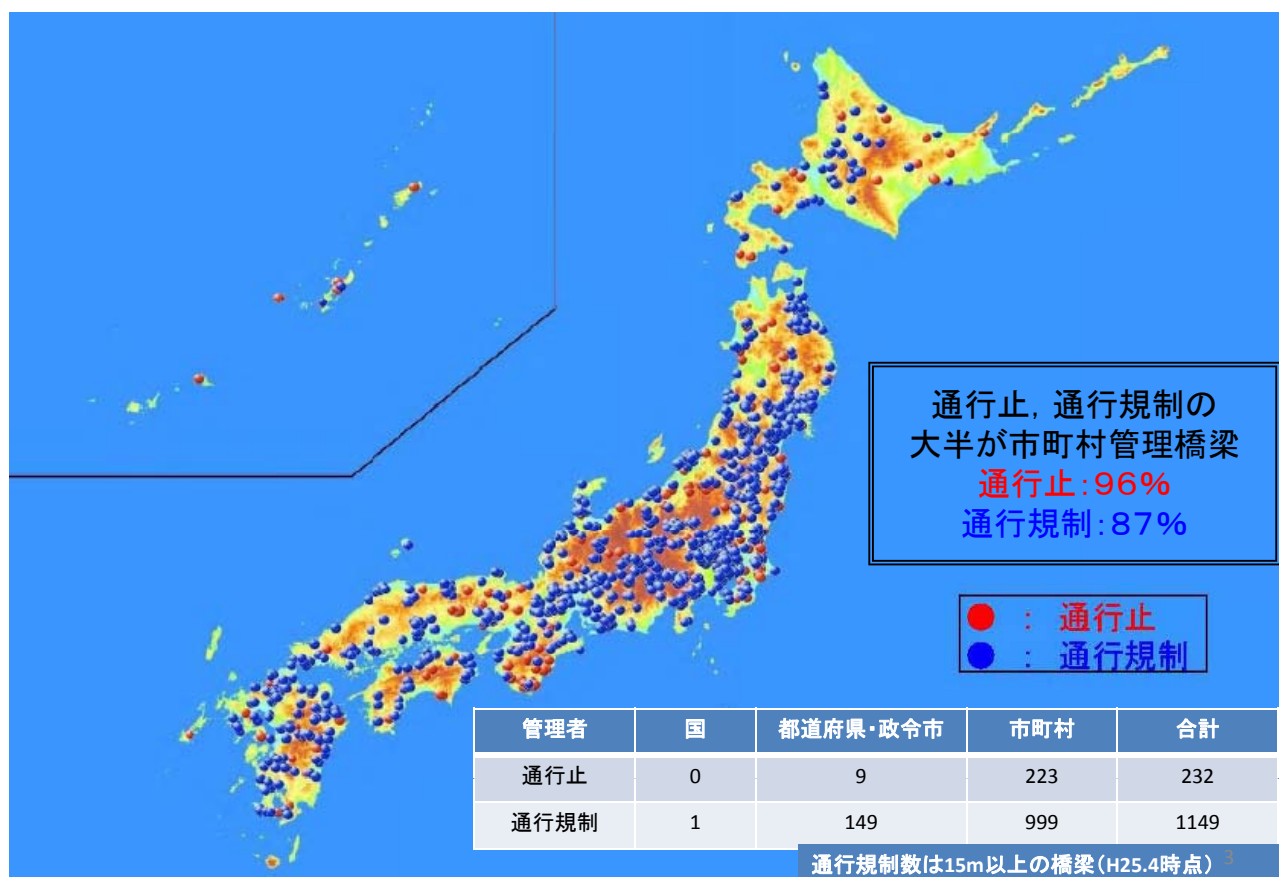


報告内容

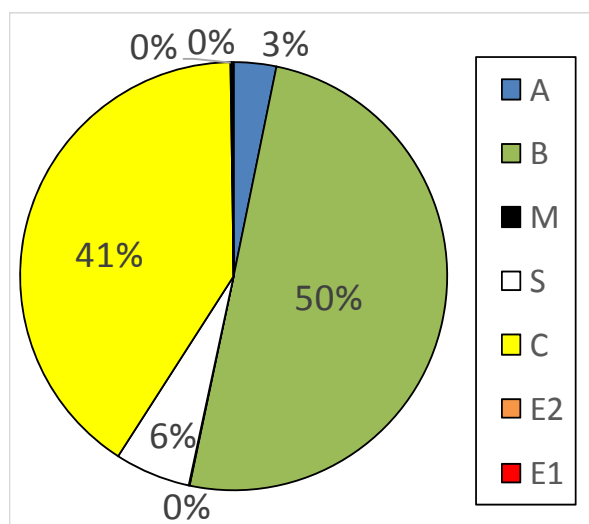
1. 損傷の状況
2. 最近の社会資本メンテナンス施策の動向
3. CAESARの取組



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)

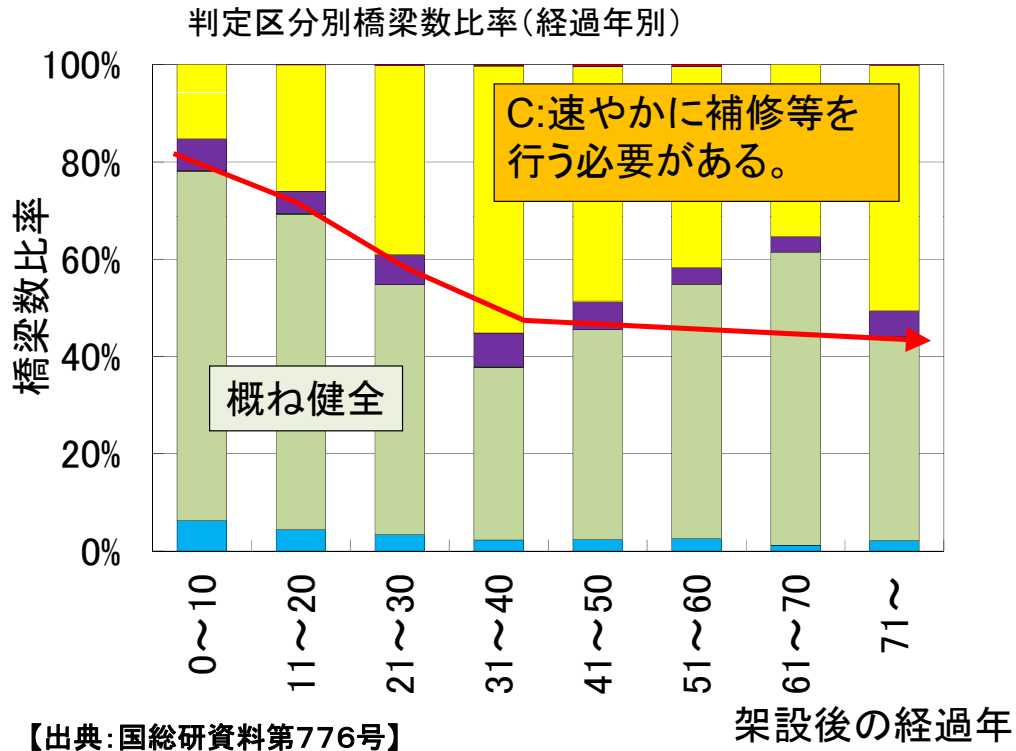


対策区分別橋梁数比率

出典: 国総研資料776号

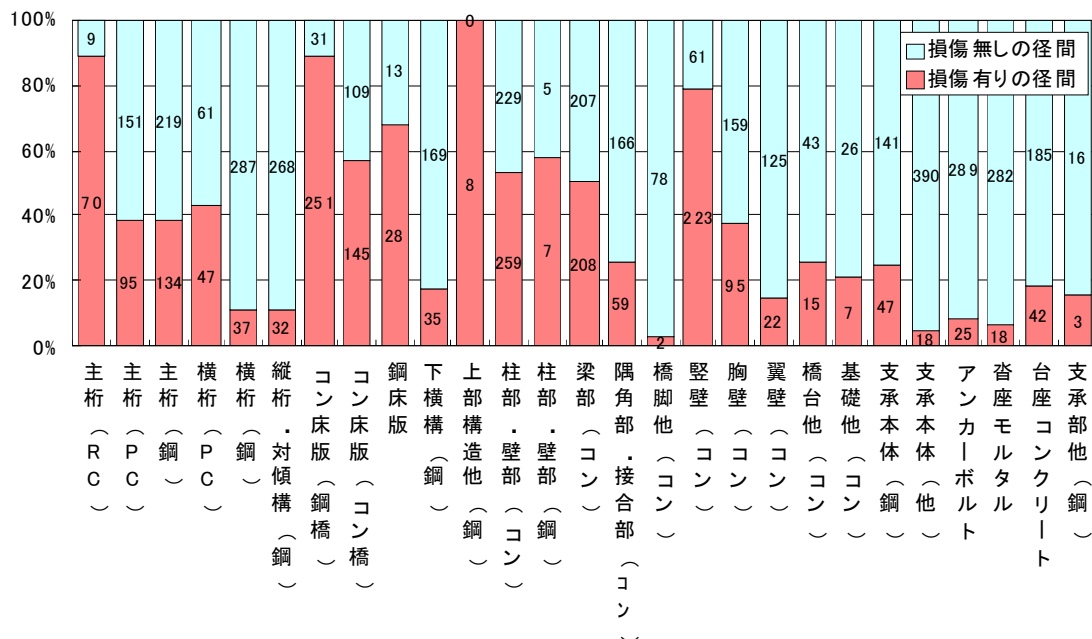
対策判定区分	判定の内容
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E2	その他、緊急対応の必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
S	詳細調査の必要がある。
M	維持工事で対応する必要がある。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
A	補修を行う必要がない。

直轄道路橋の実態(2)

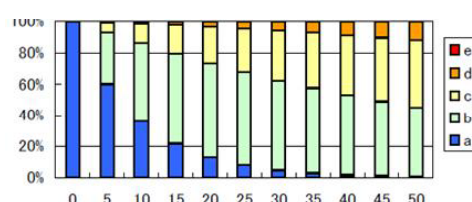
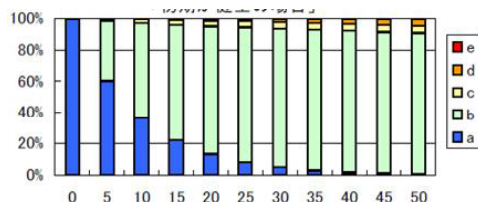
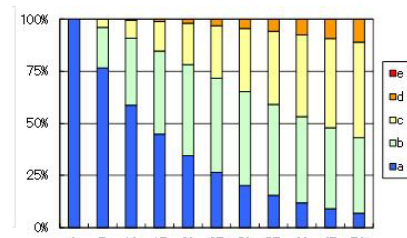
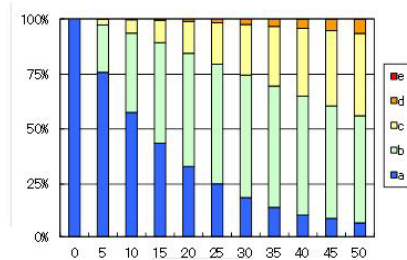
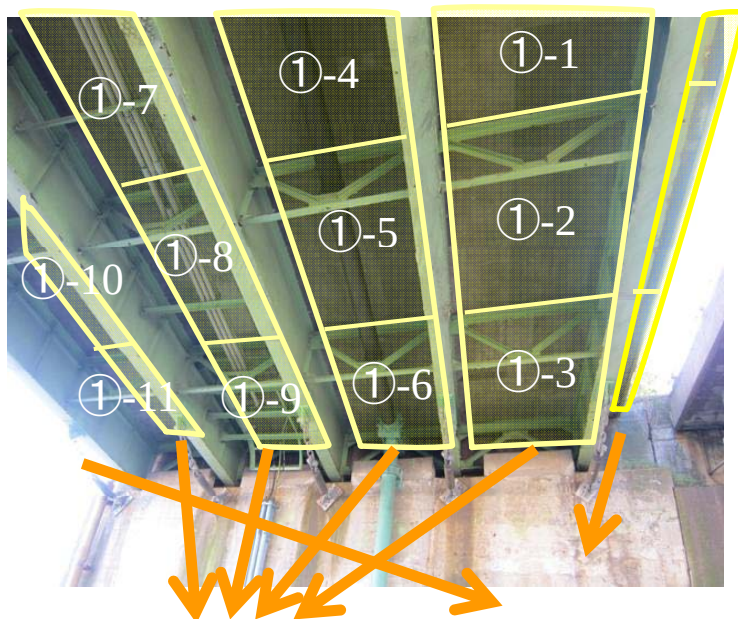


初回点検結果の例

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



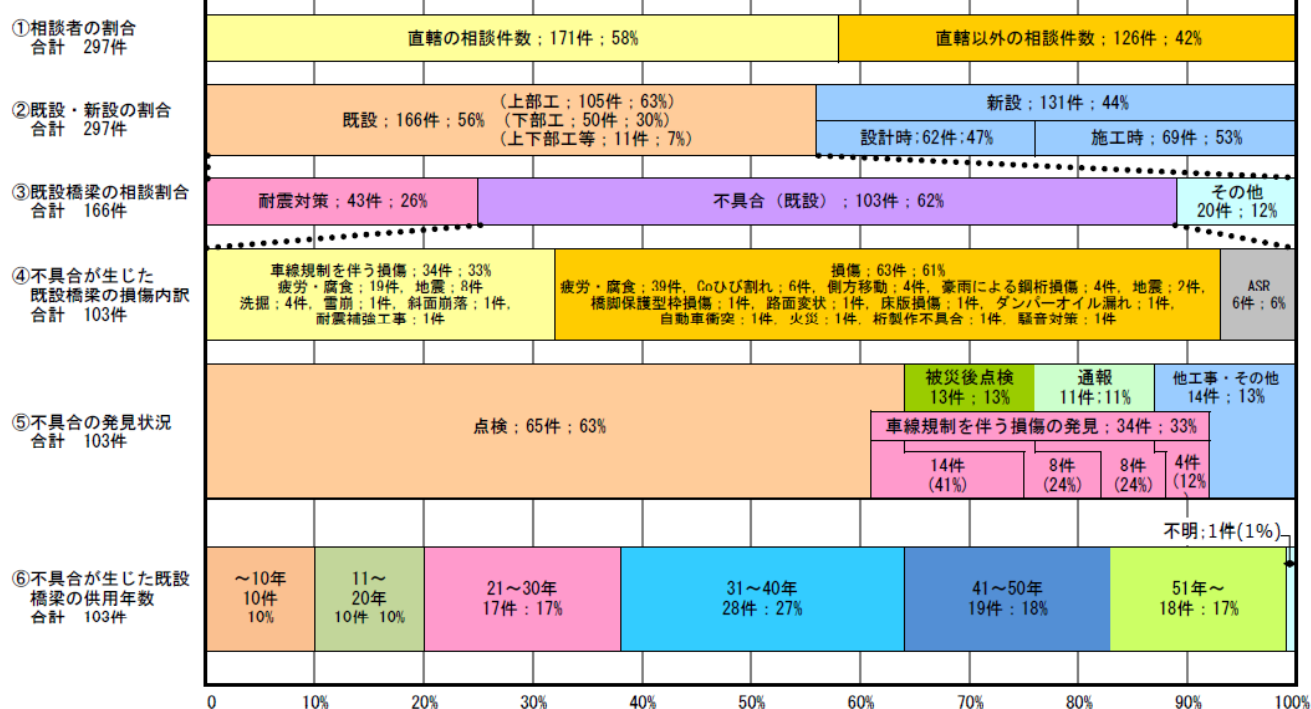
部位毎にも大きなばらつきがある劣化の実態



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



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. 国土交通省の取組みと目指すべき方向性】

(1) メンテナンス元年の取組み

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. 具体的な取組み】

(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

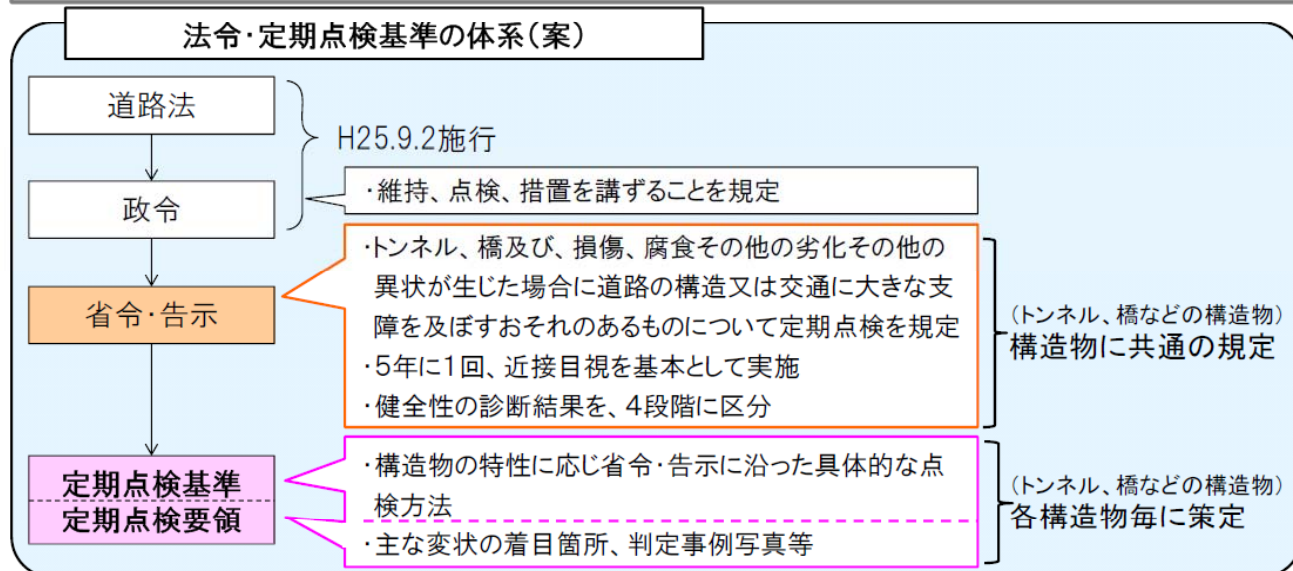
[国民の理解・協働]

- 老朽化の現状や対策について、国民の理解と協働の取組みを推進

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

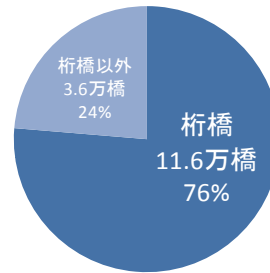
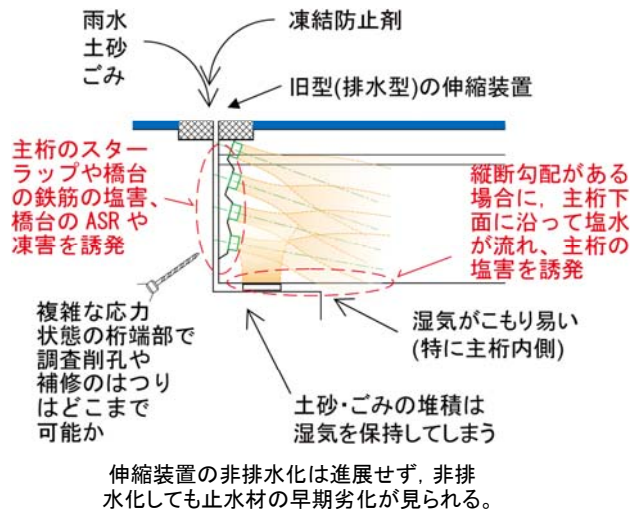


道路橋桁端部における腐食対策(1)

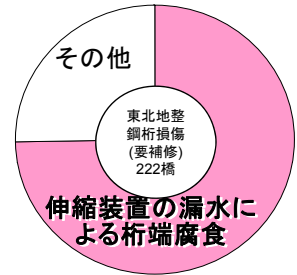
腐食した桁端部の例



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

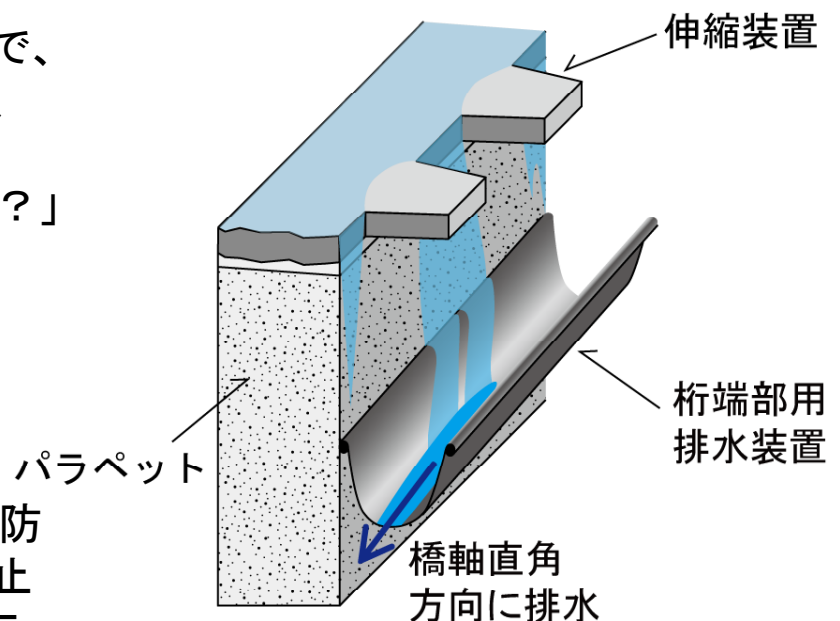


道路橋桁端部における腐食対策(3)

「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)

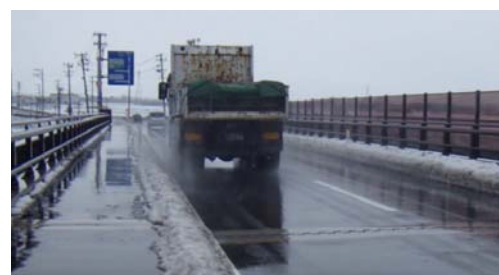
鋼橋桁端部の著しい腐食断面欠損に対して、
当て板補強方法をどうするか

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

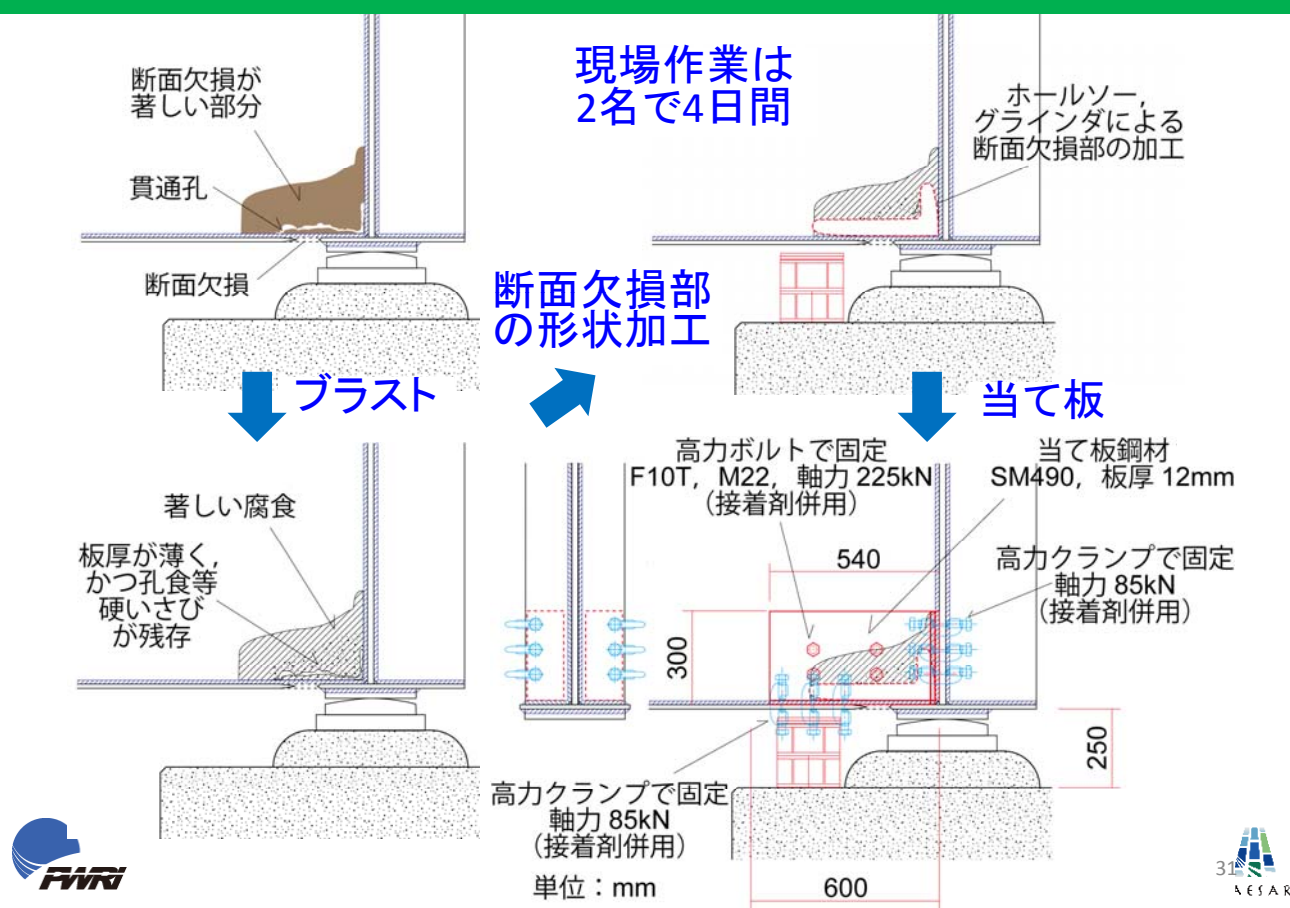


実橋で試験施工

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



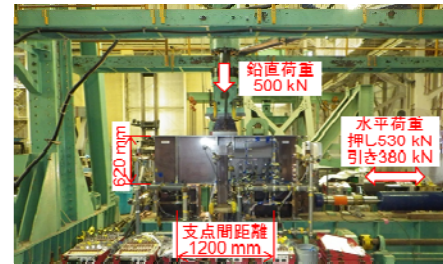
ひずみの状況

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($\mu\epsilon$)を示す。負号(-)は圧縮側を示す。

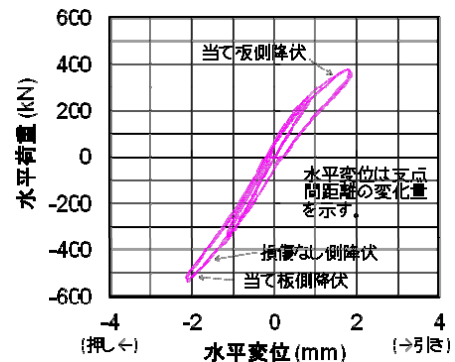
道路橋桁端部における腐食対策(10)

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



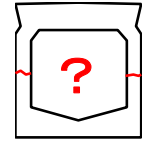
コンクリート部材のひび割れ損傷への対応



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）

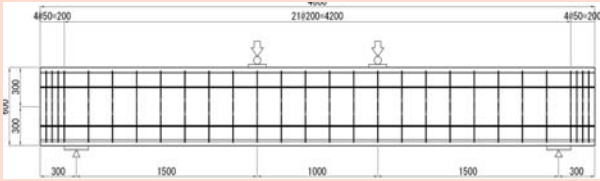
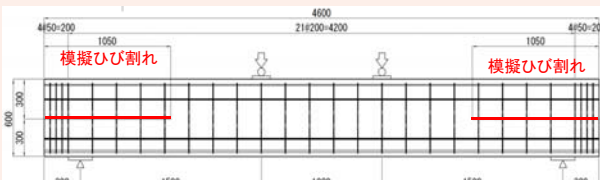
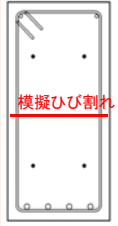
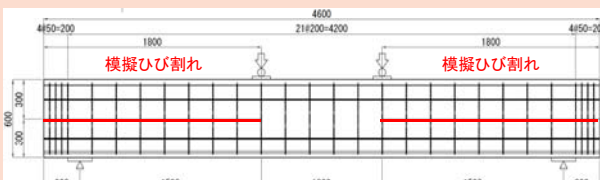
	竣工年	構造	主桁の主な損傷	管理者
ポストテンション方式	S57 (1982)	2 径間連続橋 中空床版橋	桁端部側面・桁下にひび割れ	市町村
	S57 (1982)	2 径間連続橋 中空床版橋	桁端部側面、橋面にひび割れ・ASR確認	市町村
	S57 (1982)	2 径間連続橋 中空床版橋	桁端部側面にひび割れ	市町村
	S55 (1980)	2 径間連続橋 中空床版橋	橋面のレンガ舗装に橋軸方向に多くのひびわれを確認。桁下・桁側面にひび割れあり	市町村
		2 径間連続橋 中空床版橋	橋面のレンガ舗装に橋軸方向に多くのひびわれを確認。桁側面に多くのひび割れを確認	市町村
	S57 (1982)	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 径間有ヒンジ橋 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
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
	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

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)

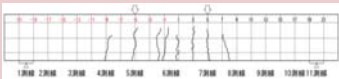
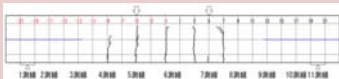
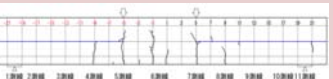
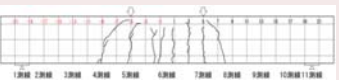
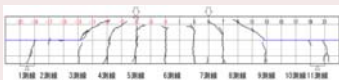
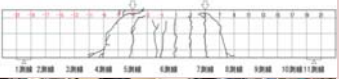
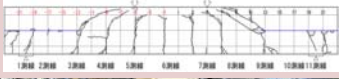
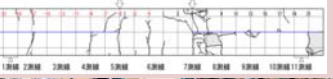
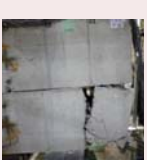
ウェブの水平ひび割れを模擬したPC桁供試体の載荷試験

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		
ひび割れ模擬供試体 No.2 載荷試験 平成25年1月22日		
ひび割れ模擬供試体 No.3 載荷試験 平成25年1月27日		

37

コンクリート主桁のひび割れ損傷(4)

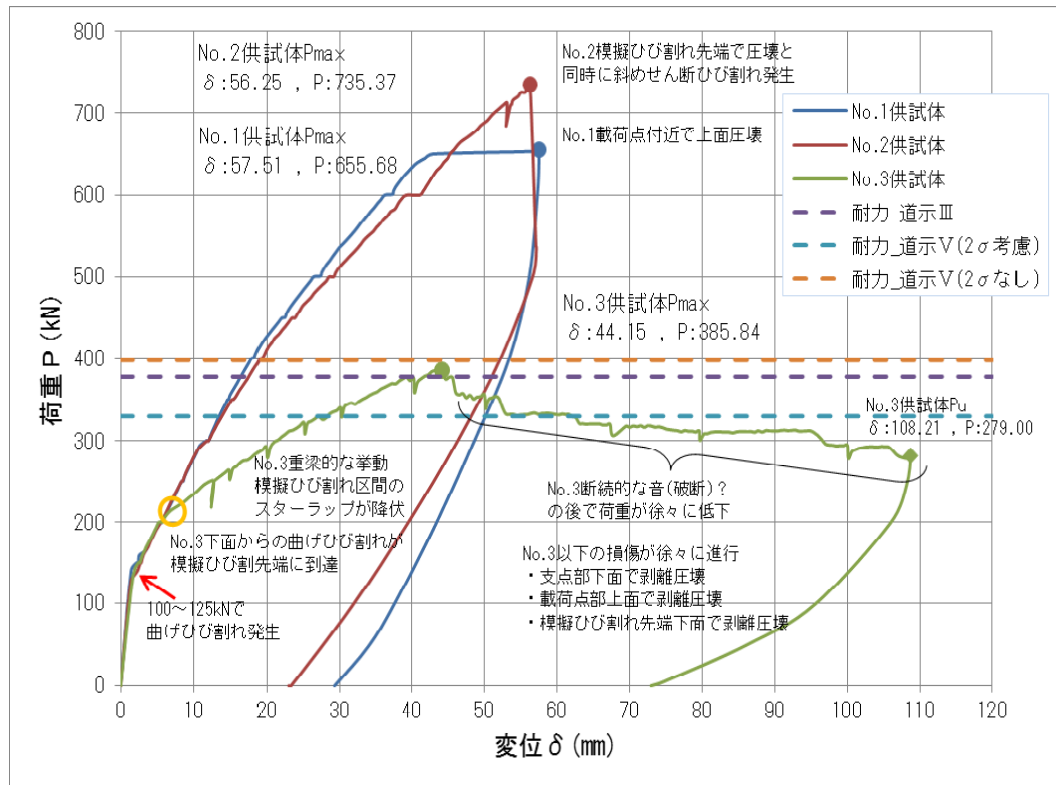
各供試体のひび割れ進展状況

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

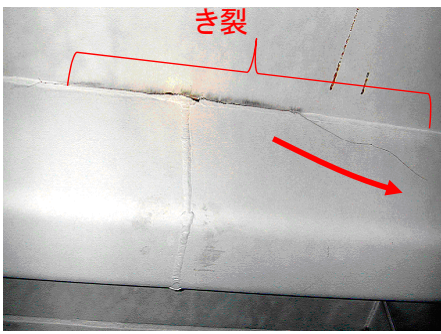
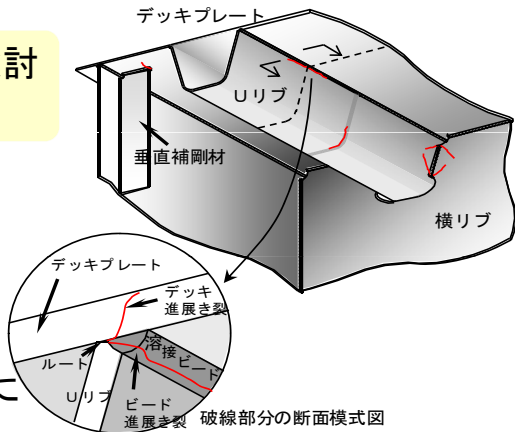
＜デッキ進展き裂の課題＞

- (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)

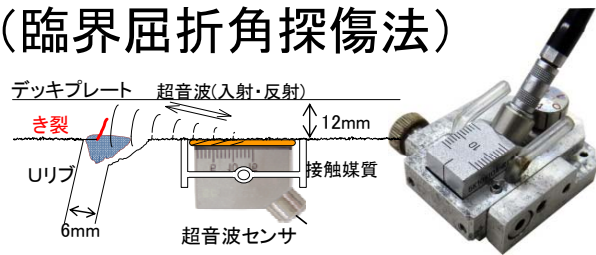


溶接に沿って長く進展したき裂(ビード進展き裂)

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＞

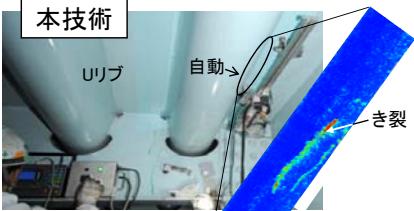
- ※浅いき裂の検出に適した屈折角が90度に近い探触子の超音波伝搬特性を活用した新たな感度補正法の開発
- ※超音波の反射波とき裂深さとの対応付けによるき裂の評価手法の開発

	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)



従来技術

上向き姿勢で手動



本技術

(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

センサからき裂までの距離

カラーは反射強度の意味
0 100 (%)

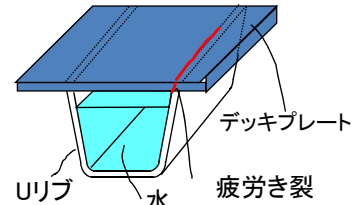
鋼床版の疲労への取組み(3)

Uリブ内の滞水状況から間接的にき裂を検知する技術

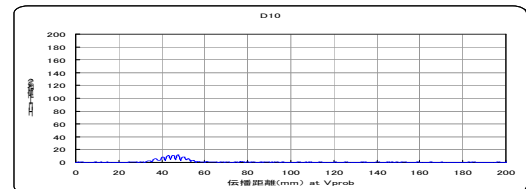
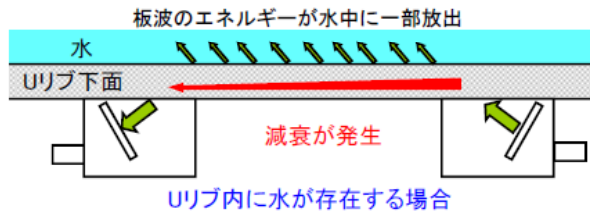
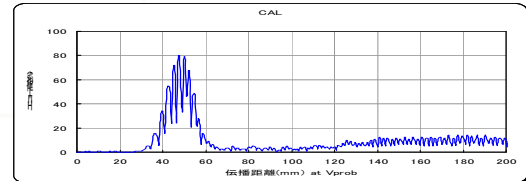
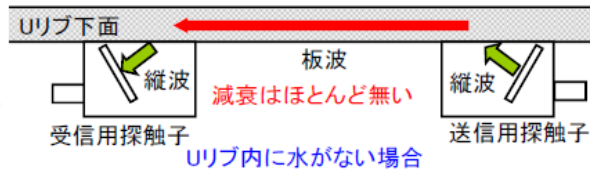
- 既にき裂が発生している場合の対策実施までの状況把握(安全性確保)
- 信頼性、作業性の面で、他の汎用手法では課題あり



- 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)

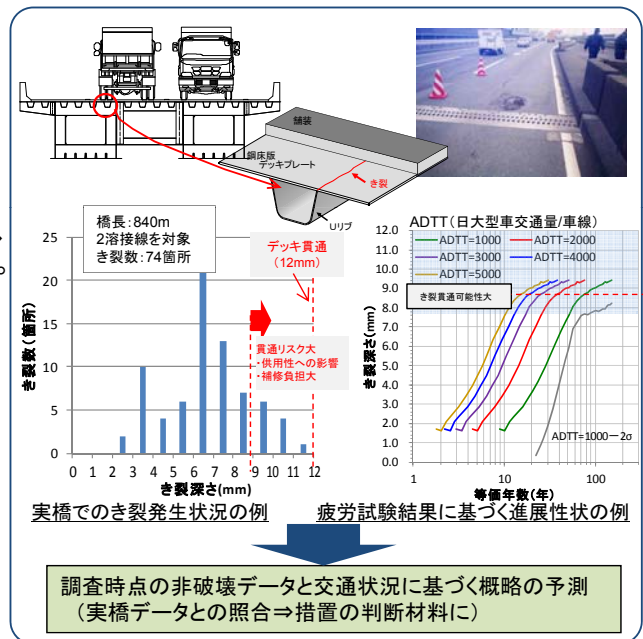
鋼非破壊調査技術の診断への活用

・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

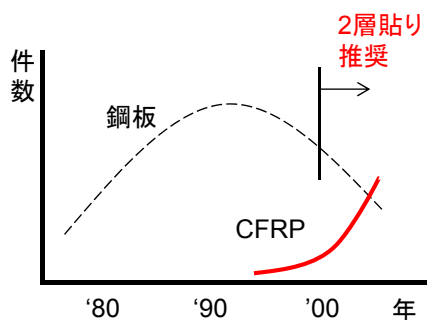


繊維シートによるRC床版の補強設計法に関する研究(1)

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

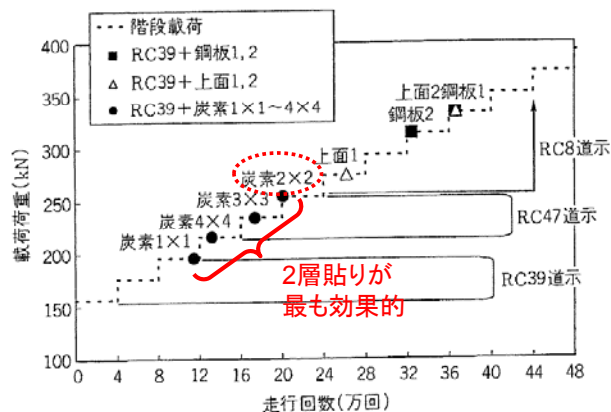
例: 繊維目付量300g/m²の1方向シート ($\sigma_t=3.4\text{kN/mm}^2$, $E=245\text{kN/mm}^2$) を主鉄筋・配筋方向に各2層貼り



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り組中
- ・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

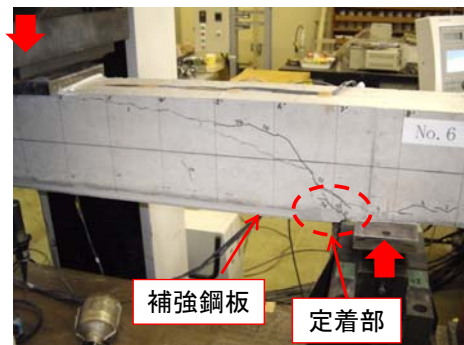


RC床版の輪荷重走行試験

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



- 

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

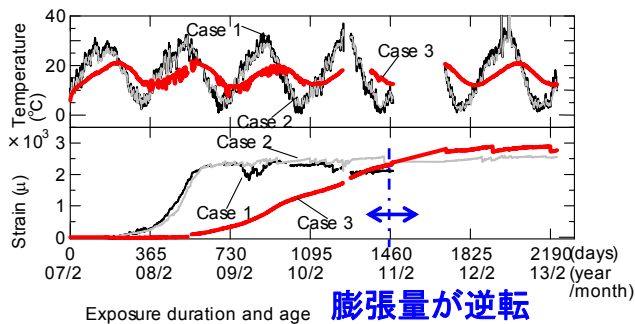
ASRによる損傷を模擬した供試体に対して、載荷実験により補強効果を確認。

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。

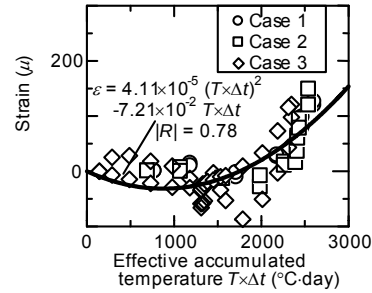


①環境条件によって、ASRの損傷はどのように異なるか？



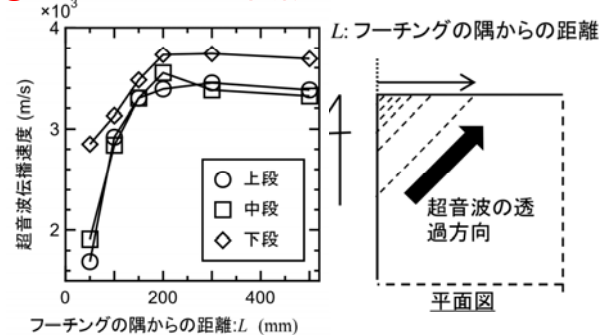
- ・低温環境では、ひずみが増加し始める時期は遅いが、最終的なひずみは大きい

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？

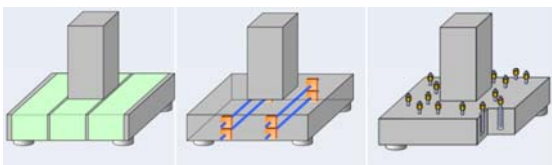


- ・超音波を斜めに入れることで、損傷程度の評価が可能

51

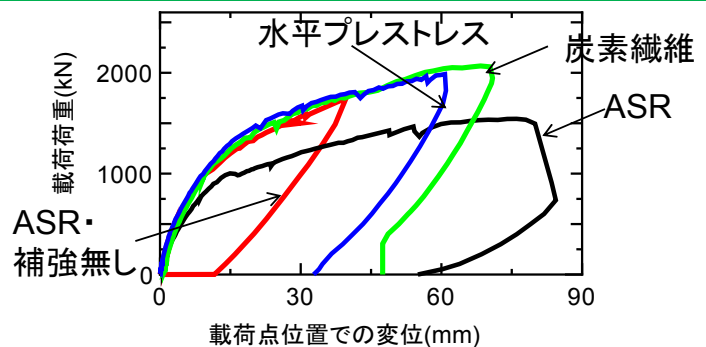
ASRにより損傷したフーチングに対する補強法の検討

- ・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。

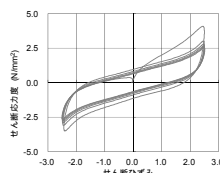
■土木研究所CAESARと民間会社・高速道路会社による共同研究の実施

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



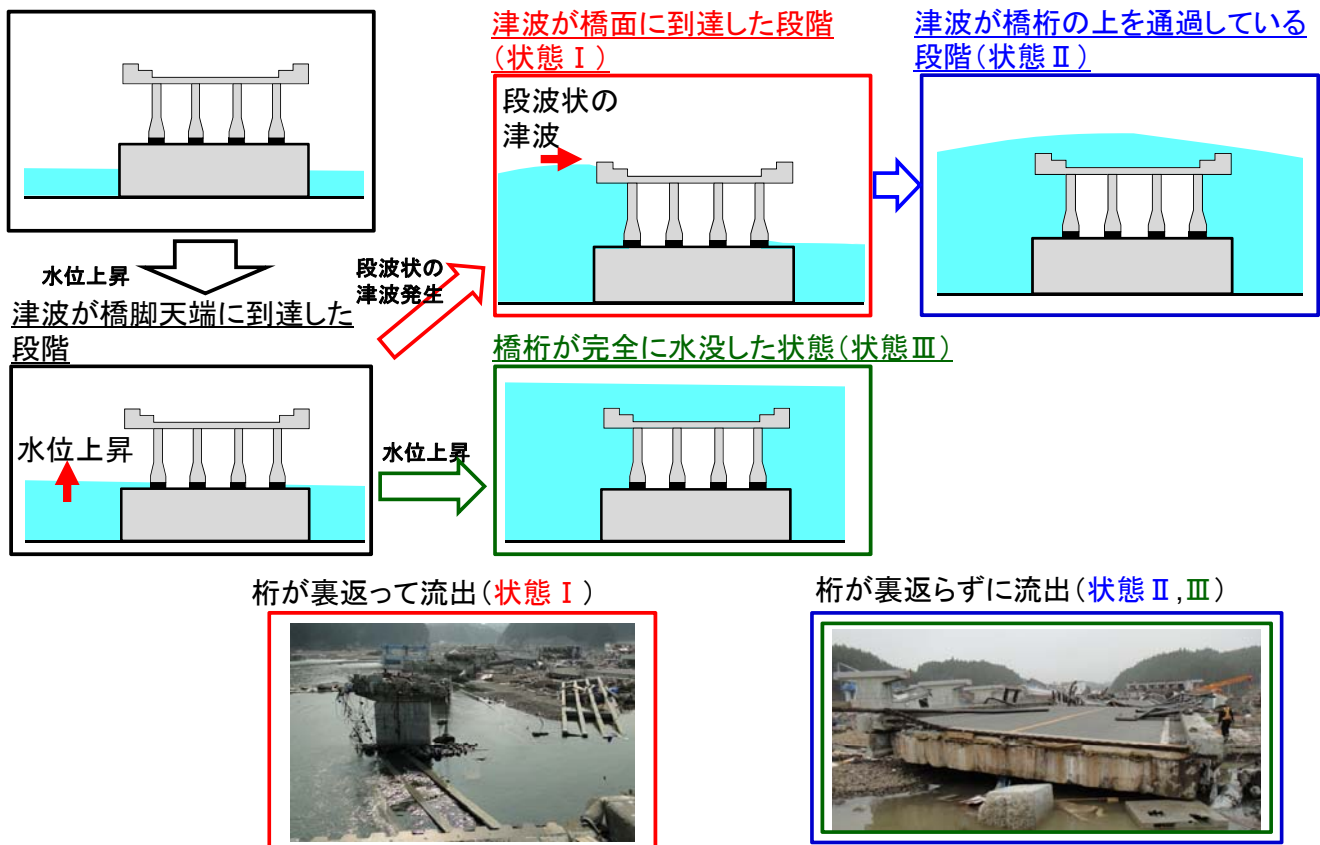
破断試験

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

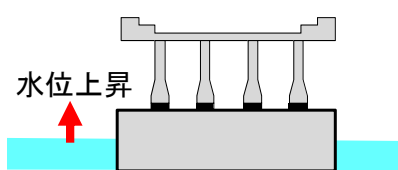


橋に影響を与える津波の作用状態



橋に影響を及ぼす津波と支承に生じる反力特性の関係

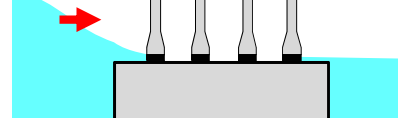
津波が橋桁に到達する
前の段階



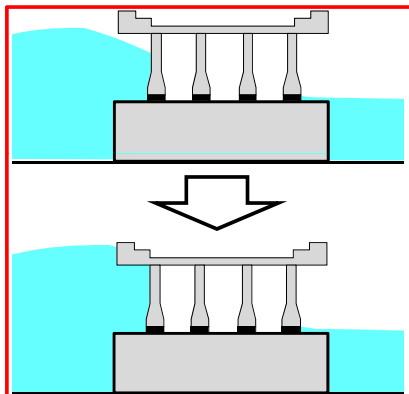
段波状の
津波



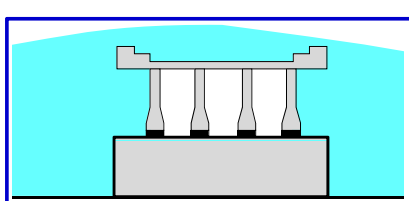
段波状の
津波



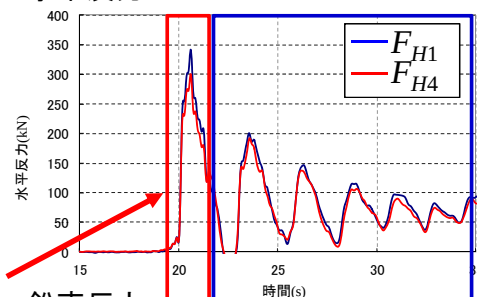
津波が橋桁に到達した
段階



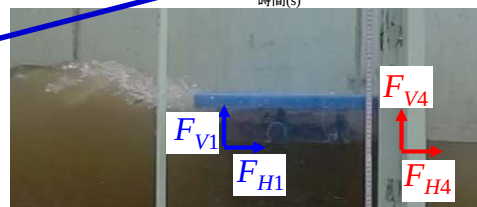
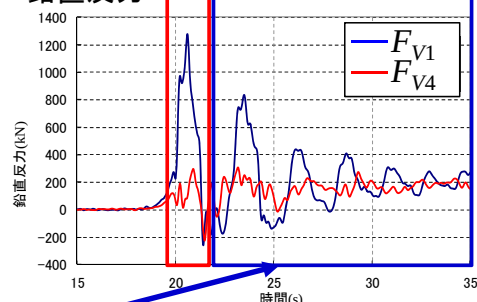
津波が橋桁の上を通過
している段階



水平反力

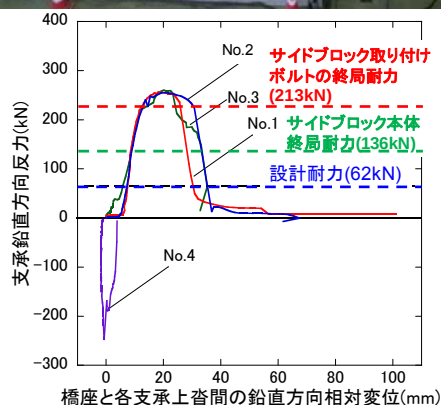
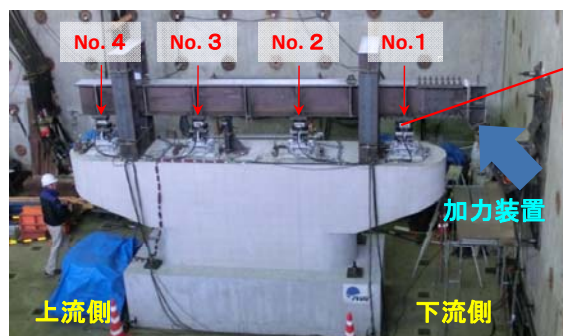


鉛直反力

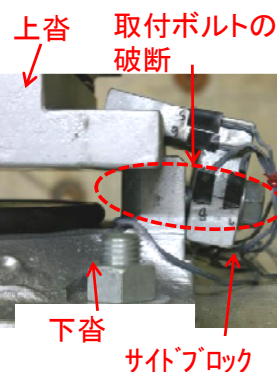


津波に対する1支承線全体としての抵抗特性の研究

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

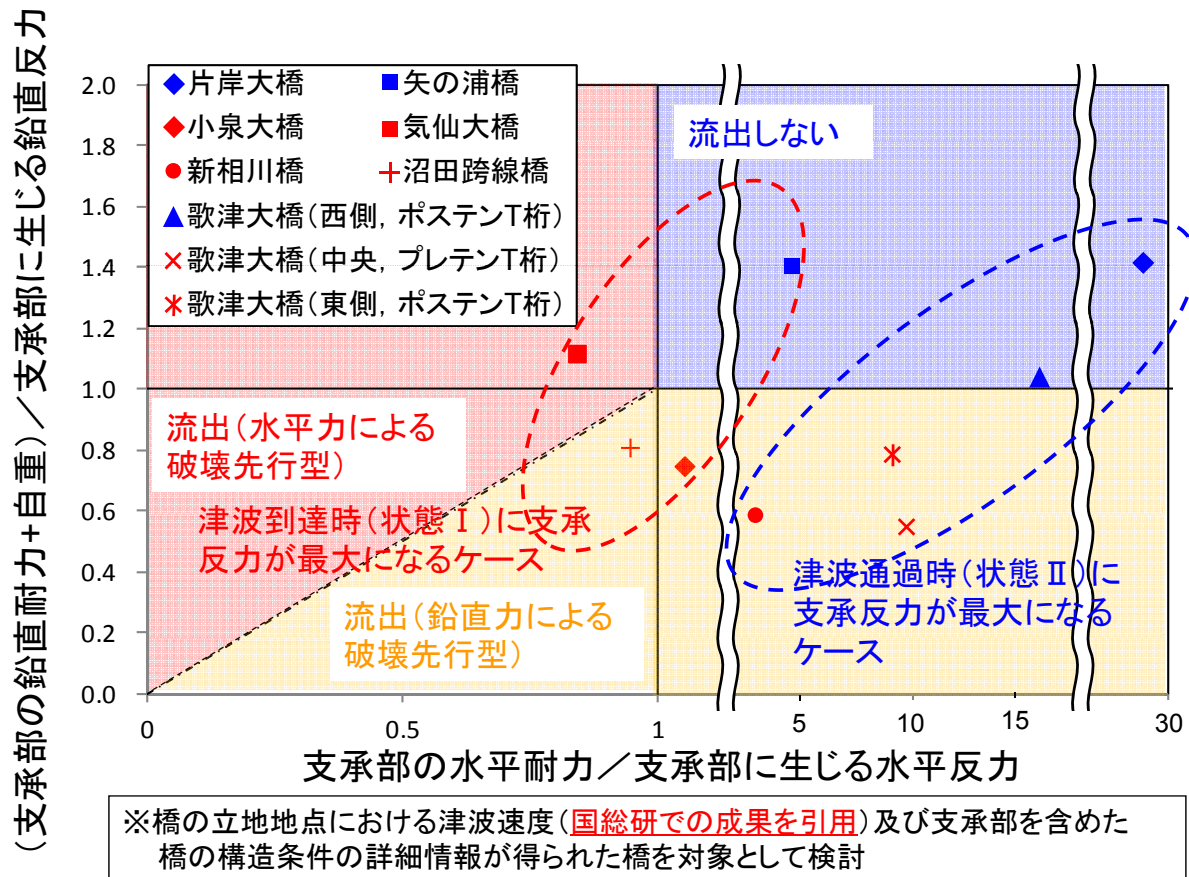


被災前



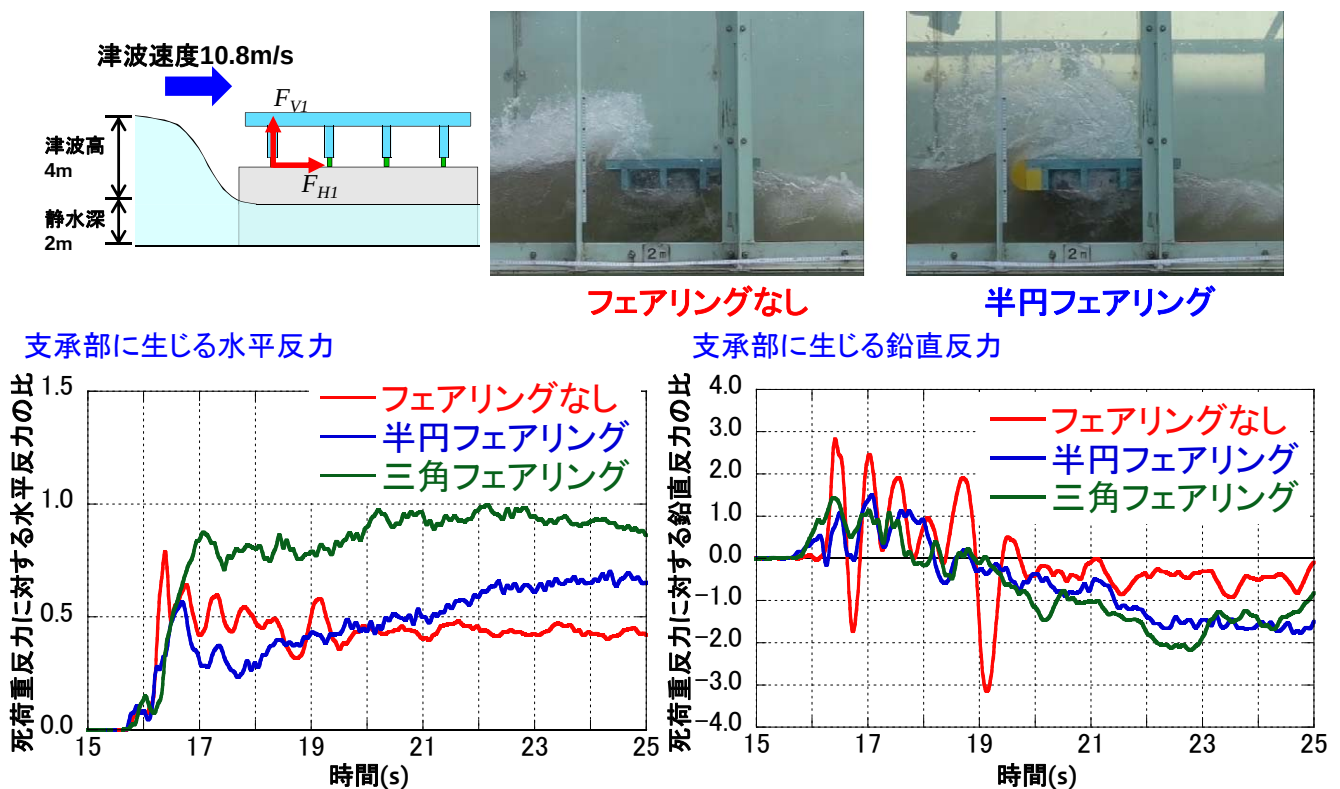
提供: 国土交通省東北地方整備局

支承部の耐力評価と実橋での被災状況との整合性



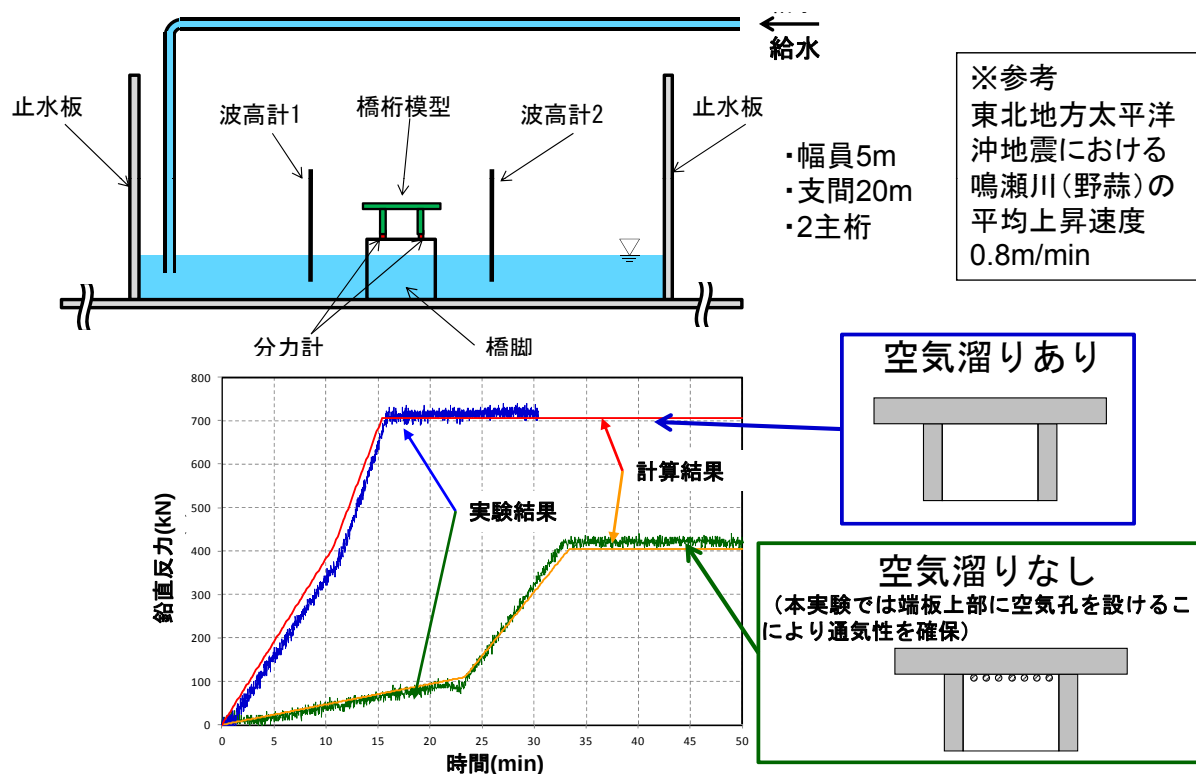
フェアリングの取り付けによる支承反力の軽減効果

(状態Ⅰにおける対策)



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)

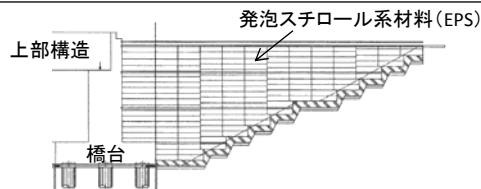


新形式構造の性能評価技術

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。

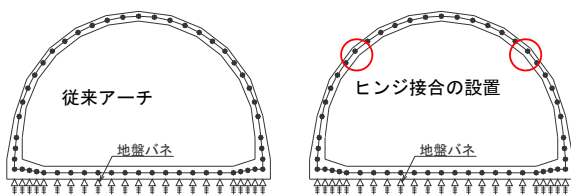
■研究目的

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

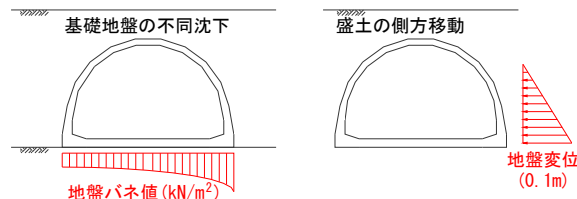
65

②アーチカルバートの挙動特性の検討(1)

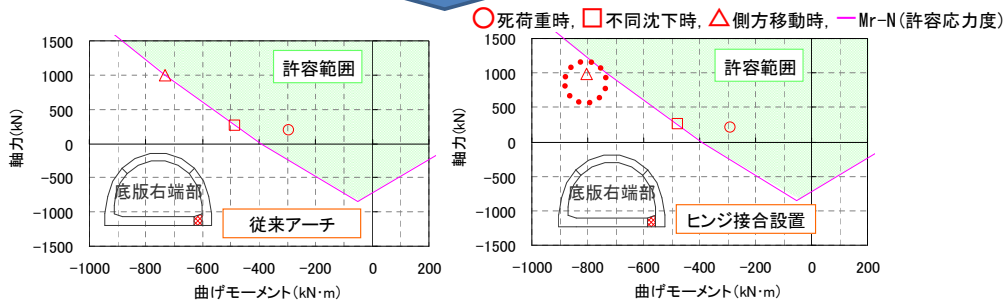
- ・アーチカルバートの構造形式の違い(ヒンジ接合の有無)及び周辺地盤拘束力の違い(水平バネの有無)による影響を比較検証
- ・地盤変状時(基礎地盤の不同沈下・盛土の側方移動)及び地震時におけるアーチカルバートの構造性能について解析的に検証



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



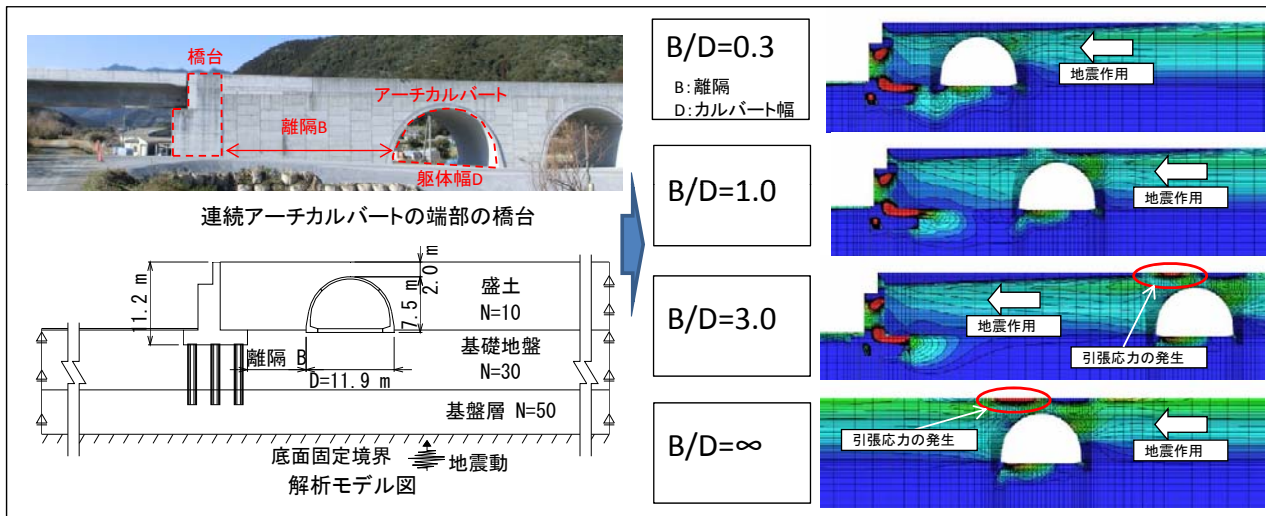
曲げモーメントと軸力の相関図(底版右端部)

- ・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=∞) 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

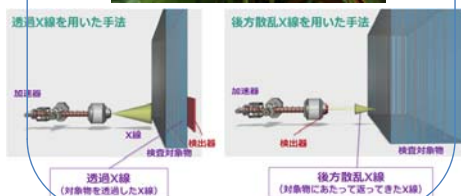
概要：・異分野の先進的な非破壊検査技術・微破壊検査技術導入のための撤去部材や現場での実証試験を実施、コンクリート構造物の健全性診断技術の確立
・コンクリート橋の塩害を対象とした、モニタリングに必要な計測項目の提示やモニタリング技術の開発・改良促進

土木研究所

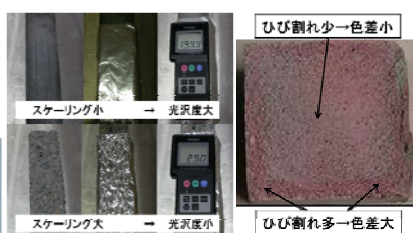
- 異分野非破壊検査技術の活用によるコンクリート橋の健全度診断
- 塩害・凍害複合劣化の非破壊検査技術の開発
- 橋梁モニタリング技術の開発



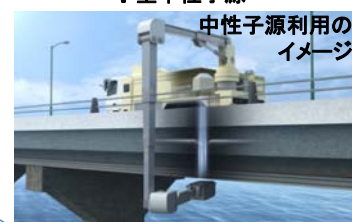
可搬型高出力X線



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

