

合理的な 橋梁維持管理の仕組みと その実現に向けて

(社)九州橋梁・構造工学研究会：KABSE
～合理的な橋梁維持管理の仕組みに関する研究分科会～
幹事 中野 将 (福岡北九州高速道路公社)

平成24年9月5日

平成24年度第2回技術研修会
(財)佐賀県土木建築技術協会

委員構成(産学官 合計35名)

H23.11.30
設立時点

平成23年～24年

合理的な橋梁維持管理の「仕組み」に関する研究分科会

主査 貝沼 重信 (九州大学)
副査 片山 英資 (福岡北九州高速道路公社)
幹事 中野 将 (国土交通省鹿児島国道事務所)
江口 智裕 (西日本高速道路エンジニアリング九州(株))
辛嶋 景二郎(川田工業(株))
田中 大気 (大日本コンサルタント(株))

合田 寛基	九州工業大学	佐川 康貴	九州大学
渡辺 浩	福岡大学	前田 隆志	(株)山九ロードエンジニアリング
二村 大輔	福岡北九州高速道路公社	宮城 正	(株)ホ-プ設計
右田 隆雄	福岡県	内野 雅彦	西日本高速道路(株)
日高 裕一	福岡県	今村 壮宏	西日本高速道路(株)
溝尻 吉充	福岡市	田原 和久	パシフィックコンサルタンツ(株)
重松 隆信	福岡市	一ノ瀬寛幸	オリエンタル白石(株)
永野 賢司	北九州市	寺井 一堅	(株)オリエンタルコンサルタンツ
朝倉 浩二	北九州市	山口 順一郎	(株)長大
久保田 展隆	中央コンサルタンツ(株)	古川 雅邦	計測検査(株)
藤本 圭太郎	(株)建設技術研究所	加賀山 泰一	阪神高速道路(株)
山本 正和	(株)特殊高所技術	橋爪 大輔	阪神高速道路(株)
白水 祐一	(株)ピーエス三菱	田畑 晶子	阪神高速道路(株)
吉田 浩之	西日本コントラクト(株)	松尾 栄治	山口大学
		長 悟史	大日本コンサルタント(株)

紹介内容

合理的な維持管理とは何か？今我々が取り組むべき方向性は？について、分科会で議論した内容を紹介

背景 分科会の設立趣旨

目標 維持管理のあるべき姿

提案1) 事例集の活用方法

// 2) 維持管理の改善に向けて



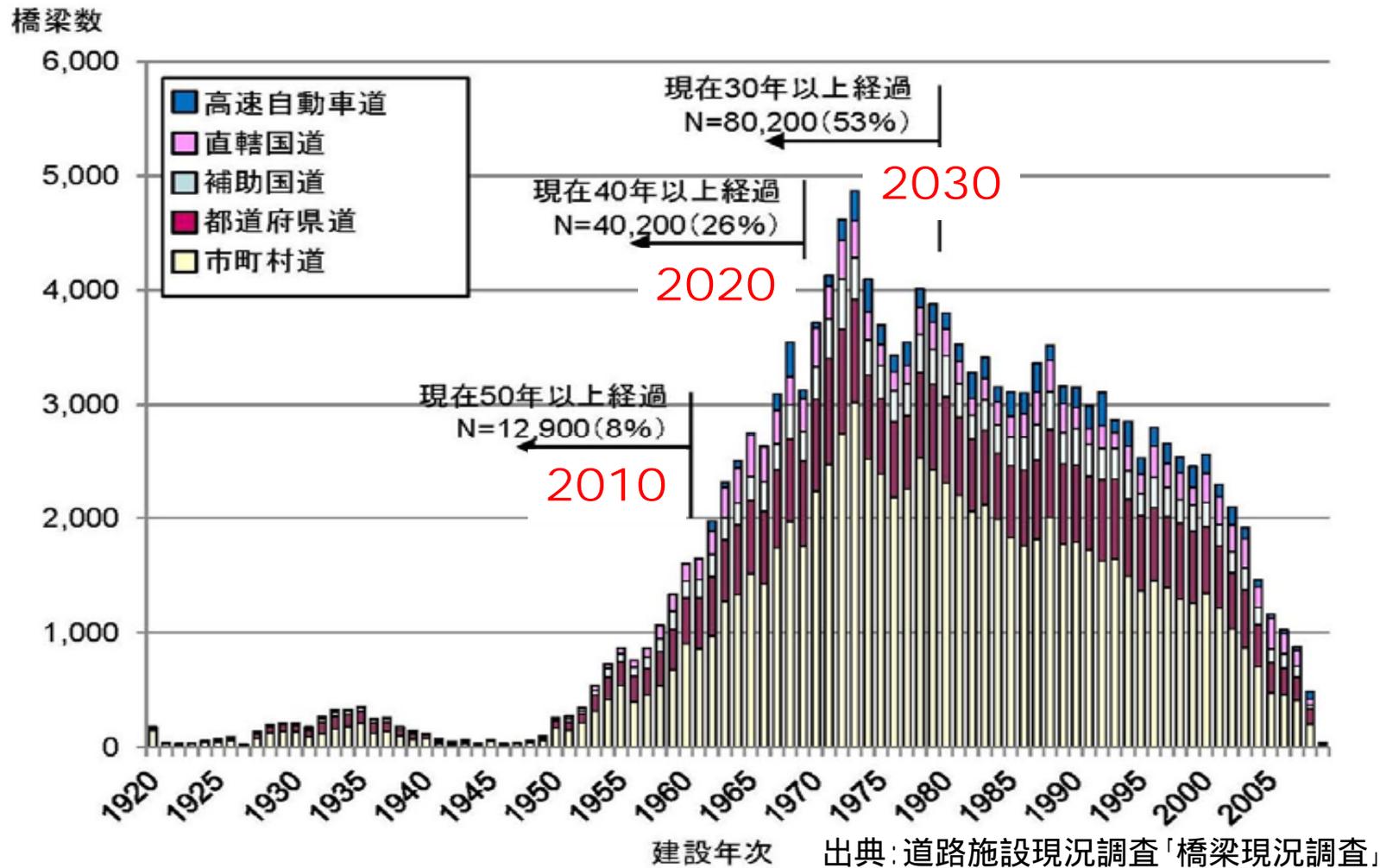
発展 引継がれた課題と現在の取組み

背景

分科会の設立趣旨

建設橋梁数と老朽化橋梁数

橋梁総数（橋長15m以上） 約15万橋



致命的損傷の見落とし



致命的損傷の見落とし



分科会の設立背景

維持管理の主な課題

構造上重要な部位・部材を軽視した平均的点検
致命的損傷の見落とし

➡ 危険性 高, コスト 高

損傷の橋梁全体系への影響に配慮不十分な点検
結果の評価

各部材の損傷点数化や総合点化
損傷度と健全度の取違い

➡ 危機管理を軽視した維持管理

LCC型のAMSの構築

維持管理のあるべき姿と乖離した予算措置計画

➡ 現状では維持管理の実質的合理化は困難

マニュアル, データベース, システムの重視

管理者の当事者意識不足

維持管理手法のブラックボックス化

➡ 管理者の技術力・判断力の育成の障害

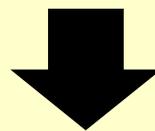
維持管理(点検, 対策)技術の開発の遅れ

損傷の要因, 経時性, 対策の効果が不明瞭

➡ 場当たりので, 過不及な維持管理

分科会の設立趣旨

構造上重要な部位・部材の
損傷の経時性と致命的損傷に主眼をおいた
維持管理の実質的合理化のための
「維持管理のあり方」



- 維持管理のあるべき姿
- 合理的な維持管理に向けた提案
- 維持管理の課題点を例示
- 維持管理の理想と現実のギャップの抽出
- 維持管理体制づくりの方向性

損傷の経時性と致命的損傷に着目した 橋梁維持管理に関する研究分科会

【活動期間】

期間：平成21年8月～平成23年5月(約2年間)

【委員構成】

20名(産：11名, 管：6名, 学：3名)

委員構成

主査 貝沼重信 九州大学
副査 片山英資 福岡北九州高速道路公社
幹事 中野 将 国土交通省 田中大気 大日本コンサルタント(株)
辛嶋景二郎 川田工業(株)

委員(順不同)

香川紳一郎 応用地質(株) 親泊 宏 (株)ホープ設計
久保田展隆 中央コンサルタンツ(株) 河津英幸 三井造船(株)
二村大輔 福岡北九州高速道路公社 渡辺 浩 福岡大学
朝隈竜也 (株)オリエンタルコンサルタンツ 合田寛基 九州工業大学
烏山郁男 (株)山九ロードエンジニアリング 鐘 廣喜 日進コンサルタント(株)
福永靖雄 西日本高速道路(株) 平安山良和 (株)ピーエス三菱
右田隆雄 福岡県 藤本圭太郎 (株)建設技術研究所
溝尻吉充(旧 荒巻成己, 久良木一矢) 福岡市

活動内容

研究分科会：11回

シンポジウム：2回(那覇, 石垣)

橋梁調査：4回(沖縄県：2回, 福岡県：2回)

報告書の作成

本講習会の開催



報告書

橋梁維持管理のあり方

- 損傷の経時性と致命的損傷に着目した
維持管理実現に向けた提言 -

目次

- 第1章 用語の定義
- 第2章 維持管理のあるべき姿
- 第3章 事例集の活用方法
- 第4章 みるシチュエーション別の損傷事例集
- 第5章 致命的損傷を早期予見できる損傷事例集
- 第6章 損傷の経時性と致命的損傷に関する事例集
- 第7章 橋梁の点検環境とアクセス労力
- 第8章 維持管理の改善に向けて
- 付録



目標

維持管理の
あるべき姿

検討の構成フロー

維持管理の背景

維持管理の目的

維持管理のプロセス

< 第1構成 >

広い分野・長い期間
日々の成果見えにくい
目的の再認識

維持管理における
現状の課題

< 第2構成 >

目標とのギャップは？
日常業務見つめ直し
改善点の抽出

維持管理のあるべき姿

< 第3構成 >

あるべき姿 = 目標
目標に向かって

第1構成「目的の再認識」

維持管理の背景

維持管理の目的

維持管理のプロセス

Q) 今何をすべきか？これまで通りでOK??

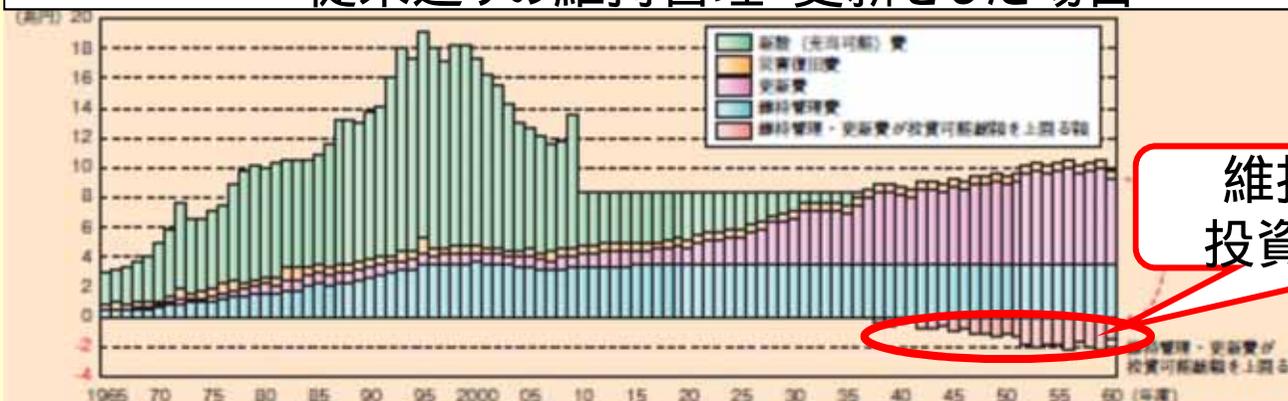
Q) 何のため？誰のため？

Q) 肝要な点とは？

維持管理の背景

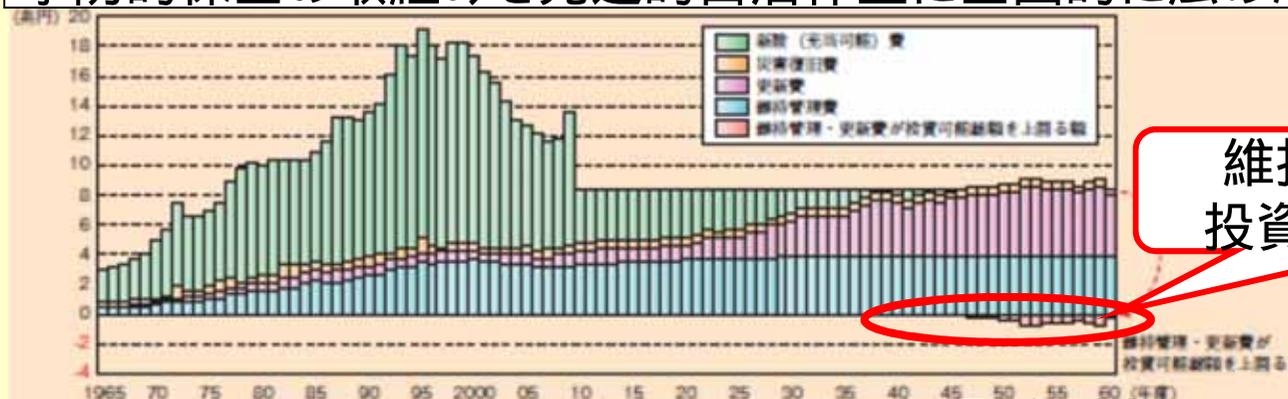
Q) 今何をすべき？これまで通りでOK？

従来通りの維持管理・更新をした場合



維持管理更新費が
投資可能額を上回る

予防的保全の取組みを先進的自治体並に全国的に広めた場合



維持管理更新費が
投資可能額を上回る

国土交通省白書2010より

コスト縮減や計画的・効率化な維持管理

維持管理の背景

Q) 今何をすべき？これまで通りでOK？

現場で気になること「再劣化」

補修や補強後に、**比較的短期間**で再び損傷が発生する。補修前より悪化する事例や再補修が必要にも？

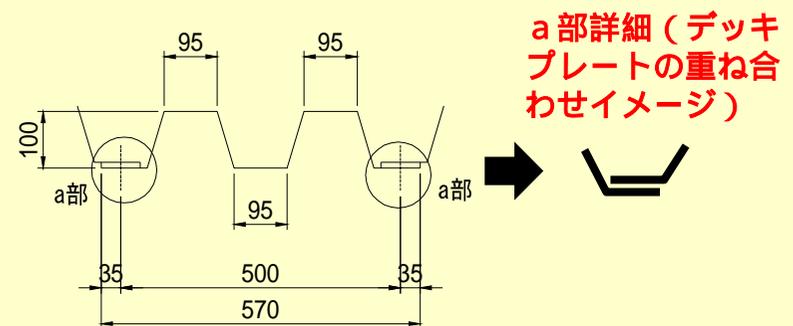
日経コンストラクション(忍び寄る土木構造物の再劣化、今こそ補修を学び直す20100607)にも掲載

維持管理の背景

例1) 耐用年数30年以上の塗装が施工後6年で損傷

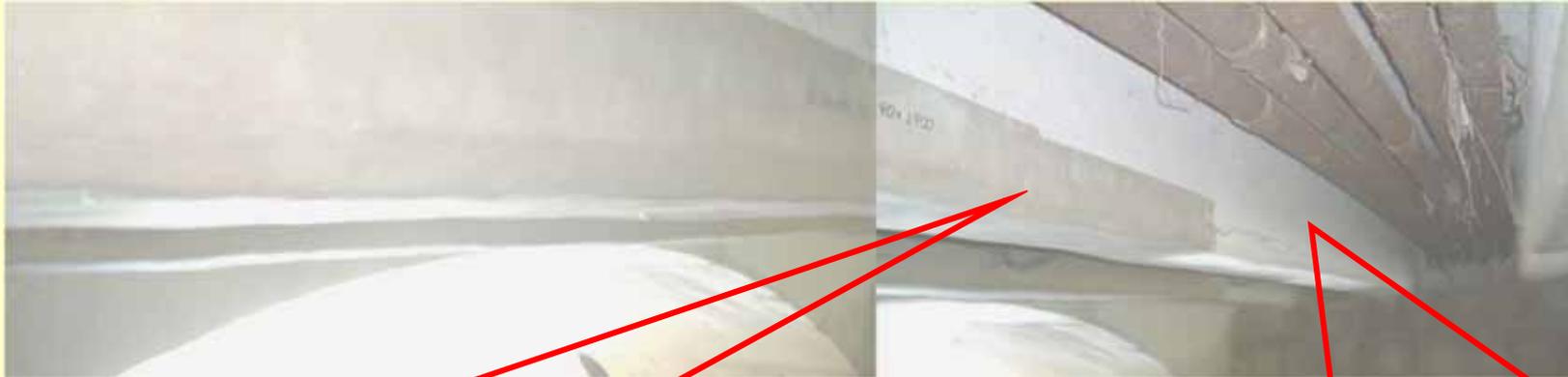


一山間隔の腐食の原因



維持管理の背景

例2) コンクリート断面補修後、同一箇所でも損傷発生



維持管理の背景

例3) 水分供給防止の目的が補水環境を形成



維持管理の背景

Q) 今何をすべき？これまで通りでOK？

現場で気になること「再劣化」

補修や補強後に、**比較的短期間**で再び損傷が発生する。補修前より悪化する事例や再補修が必要にも？

日経コンストラクション(忍び寄る土木構造物の再劣化、今こそ補修を学び直す20100607)にも掲載

これまで通りでは不具合もあるのでは？

維持管理の目的

Q) 何のため？ 誰のため？ ？

道路法 第三章「道路の管理」第四節「道路の保全等」
(道路の維持又は修繕)

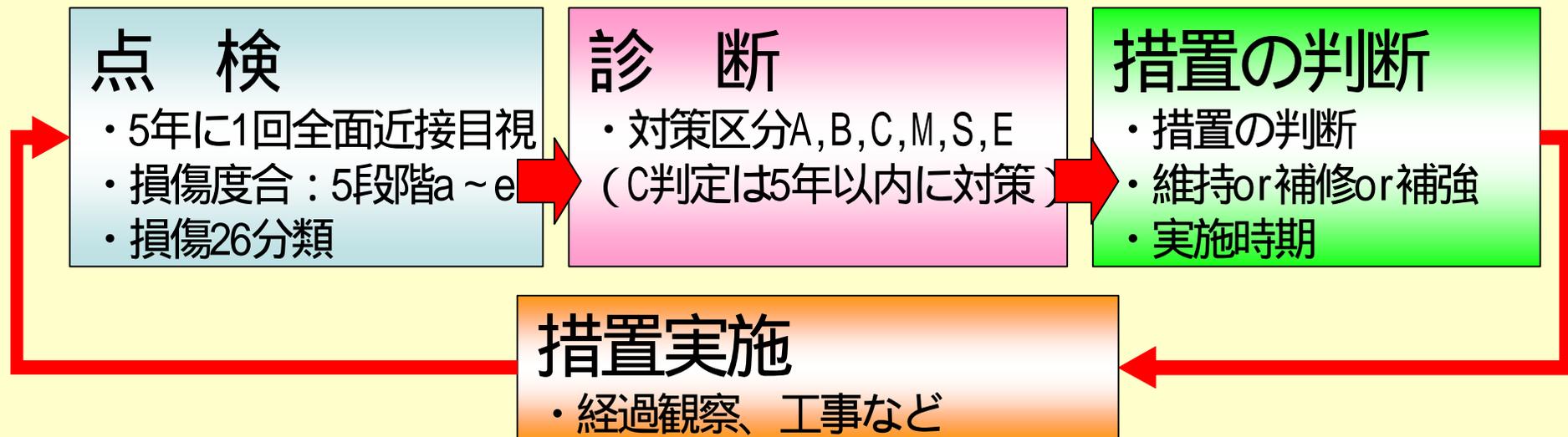
第四十二条

道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。

損傷を補修することが目的ではなく、
永続的に安全な通行を確保すること！！

維持管理のプロセス

Q) 肝要な点とは？



維持管理は各々の要素があるが、初動は点検による正確な現状把握が不可欠
点検で得られる情報は、
維持管理のプロセスの根源

第1構成「目的の再認識」のまとめ

目的：永続的に安全な通行を確保

維持管理の背景

今のままではダメ
予算減 = 維持管理出来ず

維持管理の目的

目的未達成

維持管理のプロセス

点検で得られる情報は
維持管理のプロセスの根源

維持管理における
現状の課題

維持管理のあるべき姿

維持管理のプロセス全てを
効率的・合理的に実施！！

第2構成「改善点の抽出」

維持管理における現状の課題

構造上の重要部位および損傷の発生要因に配慮
不十分な点検・記録
橋梁や部位・部材の重要度に配慮不十分な画一
的な点検手法
未熟な損傷進行予測による信頼性の低いLCC(ラ
イフサイクルコスト)評価
維持管理プロセス間における情報の未共有
社会的認知が低い維持管理事業

維持管理のプロセスの根源である点検を
例として実務上で直面している改善点を抽出

第2構成「改善点の抽出」

例) コンクリート部材のひび割れ

ひびわれの幅だけで評価すると・・・。



要因や損傷の発生位置等を加味すると・・・

要 因: 鋼材の腐食膨張
経 時 性: 水等の進入にて加速も
発生位置: 主桁(の鉄筋)

要 因: 経年劣化
経 時 性: 緩やか
発生位置: 主桁(の表面)

第2構成「改善点の抽出」

例) 鋼材の腐食

腐食面積だけで評価すると・・・



要因や損傷の発生位置等を加味すると・・・

要因: 漏水
経時性: 局部腐食
発生位置: 支点部付近

要因: 空気中の水分
経時性: 全面腐食
発生位置: 添架物支持材

第2構成「改善点の抽出」のまとめ

構造上の重要部位及び損傷の
発生要因に配慮不十分な点検記録

橋梁や部位・部材の重要度に
配慮不十分な画一的な点検手法

例) コンクリートのひびわれ
貫通ひび割れ
= 表面ひび割れ？
・要領やマニュアルの記載ル
ールでは、**ひび割れ幅**で評価

例) 鋼材の腐食
全面腐食 = 局部腐食？
・要領やマニュアルの評価ルー
ールでは**腐食の面積**で評価

第2構成「改善点の抽出」のまとめ

要領どおり点検し評価するだけでは“点検のための点検”
点検要領やマニュアルに基づいた点検調書だけに頼りすぎ
ていては、橋梁の損傷状態を確実に100%把握できるとも
限らない。

< 改善点 >

要因の見落とし = そのような視点で見えていない。

要因に気付かない = 調書等机上の結果のみで確認

要因に配慮してないと発生する可能性のある事象

再劣化？ 設計ミス？ 施工ミス？ 追加投資…。

第3構成「目標に向かって」

維持管理のあるべき姿 = 目標 (理想像)

構造上重要な部位・部材と損傷の発生要因に着目
した維持管理
画一的な点検手法の見直し
定量的評価が困難な現状で実施すべき維持管理
プロセス間の情報の共有
維持管理の社会的認知度の向上策

一足飛びには到達しないけど、
今、我々は何をすべきか？

第3構成「目標に向かって」のまとめ

あるべき姿という目標に向かって第1歩を踏み出す

1つのツールとして、損傷を状態のみではなく「要因」「経時性」「構造上の重要度」等に配慮できる“見極め力”を養う

“見極め力”アウトプット 補修方法の選択

- ・手厚く補修 or 簡易な補修 or 補修しない
費用対効果 (B/C) の向上につながる！

“見極め力”アウトプット 補修時期の選択

- ・すぐ実施 or 他とのタイミング調整 or 補修しない
足場の共有など作業性向上や仮設費縮減で効率化！

維持管理の手段にバリエーションが増え
個々の損傷に配慮した対応が実現可能に！

目標「維持管理あるべき姿」のまとめ

我々は、今、目標に向かって
第1歩を踏み出す時期を迎えている！

実践に向けて

< 踏み出すためのお役立ちツール >

提案 事例集の活用方法
// 維持管理の改善に向けて

< 橋梁定期点検要領(適用の範囲より) >

1. 適用の範囲【解 説】

本要領(案)は、国土交通省、内閣府沖縄総合事務局が管理する一般国道の橋梁の定期点検業務に適用する。なお、本要領(案)は、定期点検業務に関して標準的な内容や現時点の知見で予見できる注意事項等について規定したものである。

一方、橋梁損傷の状況は、橋梁の構造形式、交通量及び供用年数、周辺環境等によって千差万別である。このため、実際の点検にあたっては、本要領(案)に基づき、個々の橋梁の状況に応じて定期点検の目的が達成されるよう、十分な検討を行う必要がある。

提案1)

事例集の活用方法

維持管理上の果たすべき責任

異なる実態

国・県



市町村



都市高速



画一的手法は非合理的 身の丈にあった維持管理

維持管理は難しい 求められる高度技術力

損傷発見

損傷のほとんどは複合劣化

新設施工時からの不具合:乾燥ひびわれ,ディテール等

気象因子:日照,風雨,気温,湿度等

環境因子:付着塩分量,凍結防止剤の散布量,植生等

力学因子:大型車の累積交通量等

100%の要因特定はほぼ不可能

損傷発見

老朽化橋梁に良くある情報不足

建設時の設計図書や竣工図書なし

点検・補修履歴等のデータが欠落

判断には設計基準の歴史や構造の基礎知識が必要

理由・状況はどうあれ

「果たすべき責任 = 安全の確保」

致命的損傷を回避(最小限に止める)

管理者の責任, 全技術者の使命

合理的に維持管理

画一的手法ではなく身の丈にあった維持管理

合理的: コスト小・同成果 or コスト同・高成果



【実現の鍵】

ほとんどの致命的損傷が経時的に進行

経時的な進行を理解すれば

劣化初期 損傷要因の除去（清掃，D I Y）

理想的予防保全の実現



劣化進行 緊急性判断 + 補修時期，優先順位

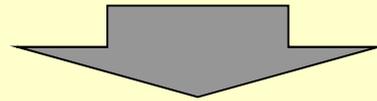


【責任を果たすための行動】

「把握する」 「考える」 「試みる」 「改善する」

現場至上主義のすすめ

身の丈に合ったやり方で、
難しい維持管理を賄っていくためには…。



< まず、現場で損傷を自らの目で見よう >

< 現場でしか得られない情報 >

周辺状況(要因), スケール感
危険を察知
経験値の向上

新たなる疑問
向学心の芽生え
斬新なアイデア

< **現場至上主義**実践の参考資料 >

みるシチュエーション別の損傷事例集

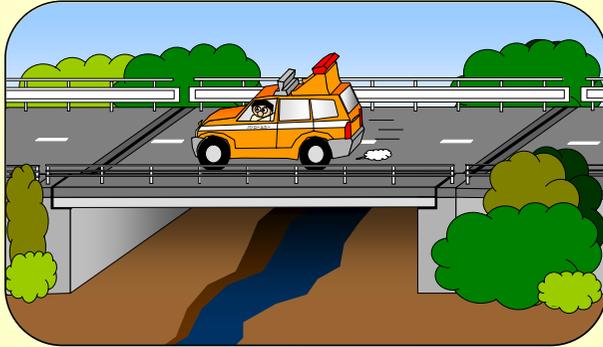
致命的損傷を早期予見できる損傷事例集

損傷の経時性と致命的損傷

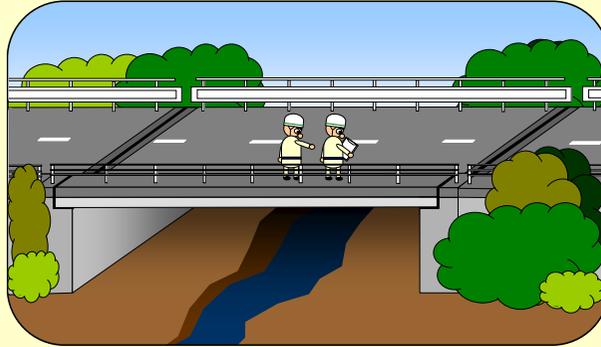
みるシチュエーション別の損傷事例集

足場や特殊な機材を用いず、誰でも実践可能な「みる」
日常点検や巡回等を想定

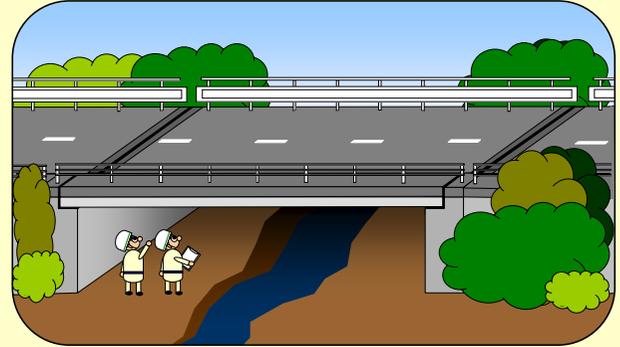
みるシチュエーションのイメージ



点検手法A:
路面(車上)



点検手法B:
路面・周辺(徒歩)



点検手法C:
橋下(徒歩)

情報量と精度に差 出来るだけ徒歩で、そして橋下へ

路面(車上)



点検手法A: 路面(車上)



付属物・変形・欠損



付属物・腐食

路面・周辺(徒歩)



点検手法B: 路面・周辺(徒歩)



コンクリート・剥離・鉄筋露出



付属物・防食機能の劣化・腐食



地覆・ひび割れ

路下(徒歩)



点検手法C: 橋下(徒歩)



排水管・破損



排水管・変形・欠損・漏水



添架物(支持材)・腐食



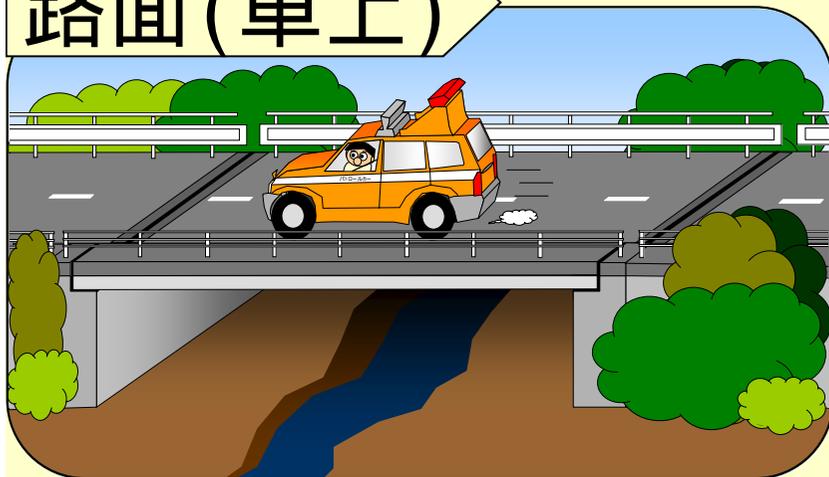
添架物(支持材)・腐食



検査路・腐食

路面 伸縮装置

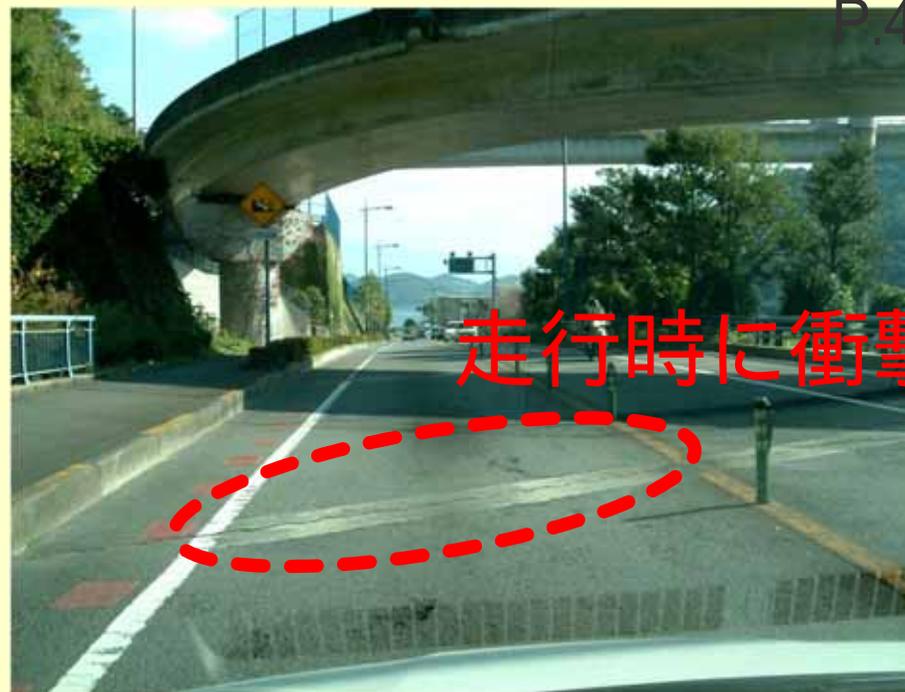
路面(車上)



車上より路面状況や
走行性を確認

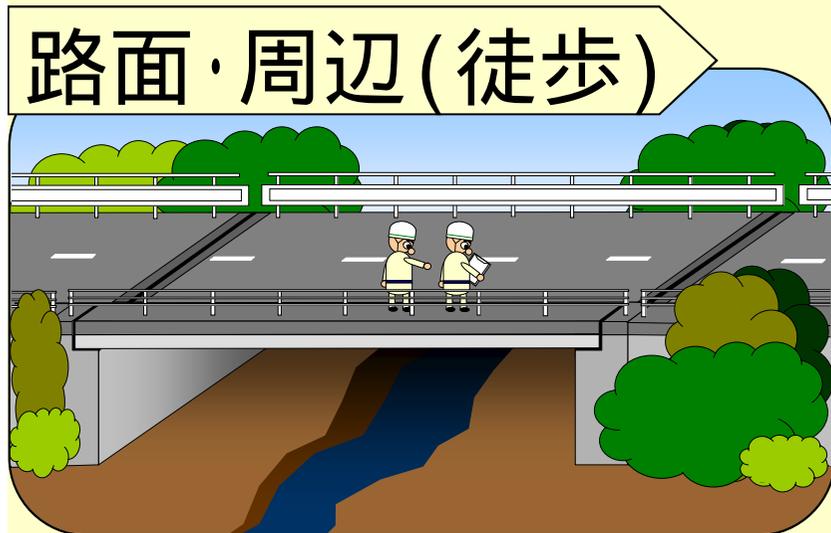
確認可能な損傷例

- ・路面の凹凸
- ・伸縮装置の変形
欠損 等



路面 伸縮装置

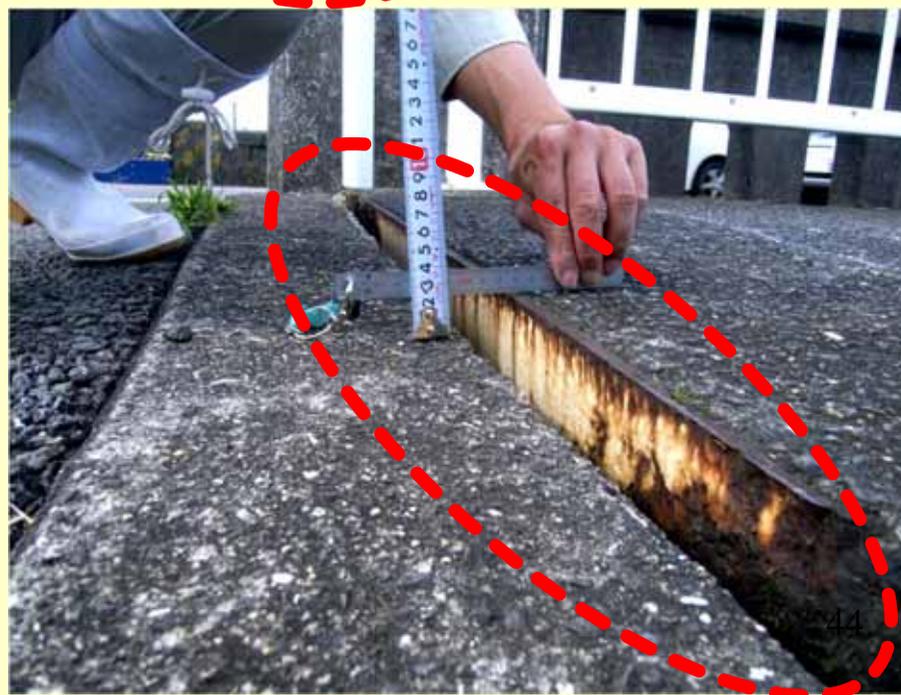
路面・周辺(徒歩)



降車し路面を確認

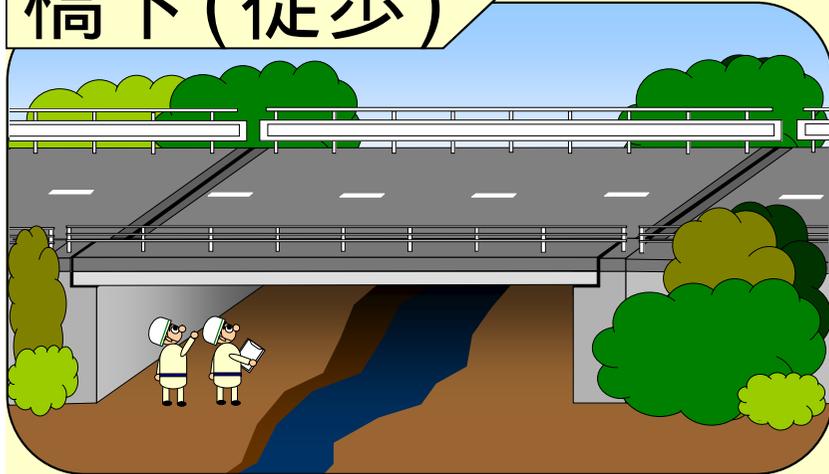
確認可能な損傷例

- ・変形欠損
- ・路面の凹凸
- ・土砂詰まり 等



上部構造 桁(鋼橋)

橋下(徒歩)



桁下より桁下面や脊座を確認

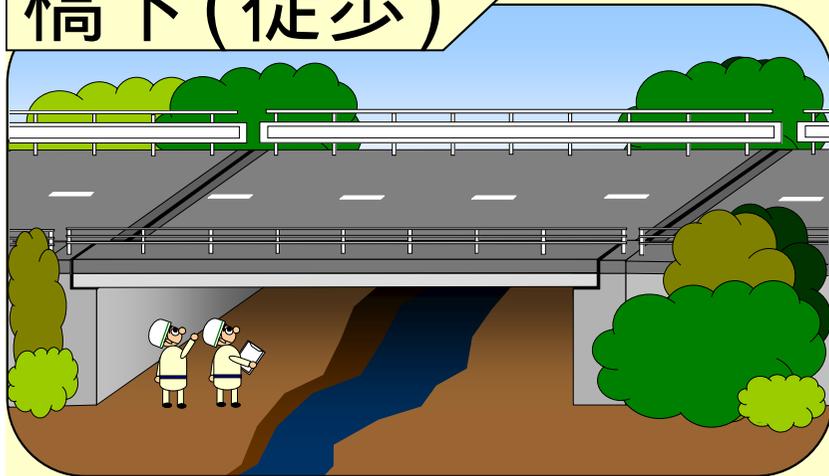
確認可能な損傷例

- ・腐食
- ・防食機能の劣化
- ・破断 等



上部構造 コンクリート床版

橋下(徒歩)



桁下より床板下面を
確認

確認可能な損傷例

- ・ひびわれ
- ・鉄筋露出
- ・遊離石灰 等



致命的損傷を早期予見できる

損傷事例集

損傷は繋がっている(ストーリー)

(1) ある損傷が致命的損傷の要因となっているケース



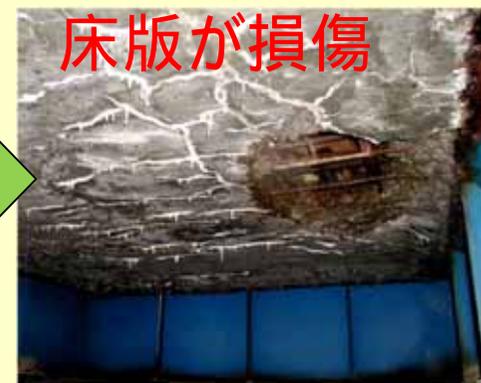
もしかしたら



(2) 致命的損傷が別の損傷として現れるケース



もしかしたら



致命的損傷を早期予見できる損傷(ヒント)

5.2.1

視点場	路面 植生		
路面(車上)			
	□伸縮装置から漏水の可能性有		
路面・周辺(徒歩)	伸縮装置 段差	路面 土砂堆積・植生	
		□伸縮装置から漏水の可能性有	
橋下(徒歩)	下部工 漏水	沓座 土砂堆積	桁端部 植生
	□伸縮装置からの漏水により桁端部の腐食環境悪化	□支点部周辺の土砂堆積により腐食環境悪化	□伸縮装置からの漏水により桁端部の腐食環境悪化

路面(車上)

路面・周辺(徒歩)

橋下(徒歩)

致命的損傷

経時的な進行 6.2.1

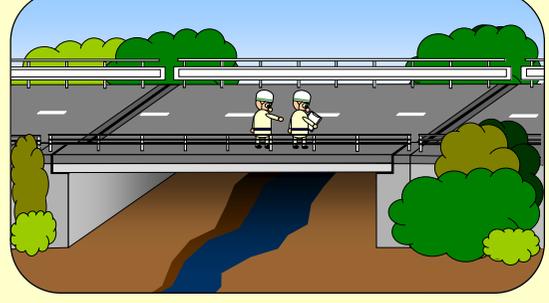
第6章とのリンクを表示
致命的損傷が引き起こす状態
落橋, 通行止め, 第三者被害



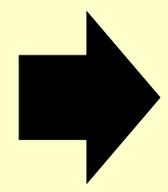
落橋, 通行止め

鋼橋上部構造 主桁端部の腐食

路面・周辺(徒歩)

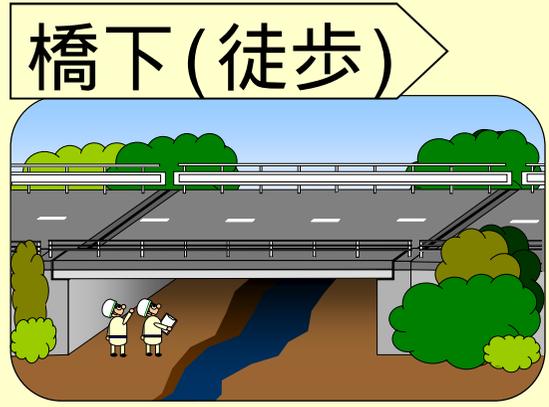


ヒント
伸縮装置
段差



橋梁側の路面が低い場合，桁端部，支承部に損傷の可能性有り

鋼橋上部構造 主桁端部の腐食



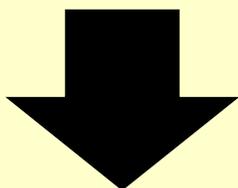
ヒント
下部工
漏水

➡ 伸縮装置からの漏水により桁端部の腐食環境悪化

鋼橋上部構造 主桁端部の腐食

損傷の進行

大きな断面欠損や
板厚減少により、
耐荷力が低下



致命的損傷



損傷の経時性と致命的損傷に 関する損傷事例集

損傷は経時的に進行し、致命的損傷に至る

「致命的損傷の回避」と「合理的な維持管理」の実現ツール

5
段
階
で
表
現

劣化過程	状態
健全期 	部位・部材は健全であり、性能上の問題が無い状態
損傷進展期	損傷が発生しているが、性能上の問題が無い状態
損傷加速期	損傷が進行し、性能が低下している状態
機能劣化期	著しい損傷により、性能低下が大きく、安全性が低下している状態
機能不全 交換期 	損傷が著しく、使用限界を超え、安全性も消失しているため、最優先対策 or 使用制限する必要がある状態

致命的損傷

経時性の把握なし 突然、致命的損傷に至る(ように感じる)

損傷の経時的変化を5段階で表現

劣化過程

事例写真

点検の目安

対策例

健全期	<p style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">初期欠陥</p> <p style="text-align: center;">予防 保全</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■防錆処理（塗装など）の初期欠陥（あて傷、気泡、だれ等）がない ■塗膜劣化（光沢低下や色落ち）がない ■伸縮装置からの漏水がない ■橋座面に漏水がない ■施工不良や初期欠陥は改善・記録されている <p>桁の防錆上の問題はない（施工不良・初期欠陥が発生している可能性はあるので注意）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■桁及び橋座部をこまめに清掃し、腐食環境となる要因を除去する ■橋座面に漏水が発生しないよう配慮する ■伸縮装置の漏水防止に努める ■定期的な点検や点検結果の記録、日常管理作業による清掃等が、維持管理計画に定められていることを確認する
損傷進展期	<p style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">損傷発生</p> <p style="text-align: center;">早期 対策</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■塗膜劣化（光沢低下や色落ち）が認められる ■部材角部に腐食が進行し、点さびやさび汁の発生が一部に認められる ■土砂や汚れの堆積や橋座面に漏水があり、湿潤状態となっている ■伸縮装置や橋面排水装置から漏水が発生している（凍結防止剤を散布する場合は要注意） <p>桁の腐食は少ないが、環境悪化を放置することにより今後の劣化の進展を助長することが懸念される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■現場での部分補修等の応急処置を施す ■腐食環境の原因を特定し、原因を除去するための必要な対策工を実施する ■日常管理作業で伸縮装置および排水装置の清掃を実施する <p style="font-size: small; text-align: center;">土砂やごみの堆積⇒漏水や湿気の原因</p>
損傷加速期	<p style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">損傷の加速</p> <p style="text-align: center;">事後 保全</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■広範囲に塗膜劣化（光沢低下や色落ち）が進行し、一部塗膜のはがれや剥離が認められる ■さびやすい部材角部やボルト部分で、局所的にさびのふくれが発生し、板厚減少が生じている ■土砂や汚れの堆積や橋座面の漏水が放置しており、腐食環境の悪化が進行している ■伸縮装置や橋面排水からの漏水を放置している（凍結防止剤を散布する場合は要注意） <p>経年劣化に加え、土砂等の堆積、漏水等により腐食環境が著しく悪化し、桁の鋼材で腐食が進行している</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■再塗装などを施す場合は、さびの除去や素地調整を入念に行い塗装の耐久性の向上に努める ■腐食要因（汚れ、橋座部の土砂堆積・漏水等）を特定し、原因を除去するための必要な対策工を徹底する ■適宜維持管理計画を見直し、必要に応じて新たな維持管理計画を策定する
機能劣化期	<p style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">要求性能限界</p> <p style="text-align: center;">部材 交換</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■桁端部の全体的な腐食が認められる ■局所的に腐食により腐蝕や目状さびが認められる⇒板厚減少が著しい ■荷重集中点となる支点直上付近（支点上補剛材など）で局部腐食が著しい ■腐食環境の悪化が著しい <p>腐食が広範囲に広がり、局部腐食が進行して板厚が著しく減少している【専門家に緊急性の判断を依頼する必要がある】</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■橋梁の健全性回復のためには、完全なるさびの除去と残存耐力を力学的に把握した上での対策が必要となり、架け替えの可能性も発生する ■伸縮装置や支承など、橋梁全体の健全性回復を視野に入れた対策の実施が必要 ■前回点検時から新たに認められた劣化・損傷について、その原因・対策工・対策実施時期等を検討し対策工を実施する
機能不全交換	<p style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">使用限界</p> <p style="text-align: center;">臨時 通行止め 第三者検査</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■桁自体またはその一部に、腐食による大きな断面欠損や板厚減少等が生じている ■桁自体またはその一部に、断裂した部材が確認される ■桁に変形が発生している ■車両が通行する時に異音が発生する <p>さび除去</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■臨時点検やパトロール等により点検頻度を上げ、急激な変状の発生を監視する ■必要に応じて、通行止めや通行規制等を実施する ■必要に応じて、橋下から板支持するベントの設置などの応急処置を実施する ■架け替えを視野に入れた有効な対策工の検討を実施する

致命的損傷

各劣化過程に対する維持管理シナリオ

劣化過程	想定する維持管理シナリオ
健全期	特にシナリオではなく、 <u>日常的に心がけるべき事項や、建設時のわずかな配慮で長寿命化可能となる事項</u> を記載。
損傷進展期	健全期～損傷進展期で <u>予防保全的に維持・補修対策</u> を行なう <u>予防保全型シナリオ</u> に準じる場合を想定して対策例を記載。
損傷加速期	損傷により機能低下した段階で <u>事後保全的に維持・補修対策</u> を行なう、 <u>事後保全型シナリオ</u> に準じる場合を想定して対策例を記載。
機能劣化期	健全性を回復するには取替え等の <u>大規模な維持・補修対策</u> が必要があるため、 <u>更新型シナリオ</u> に準じる場合を想定して対策例を記載。
機能不全交換期	使用限界を超えるだけでなく、安全性も失われているため、 <u>最優先対策</u> 、 <u>使用制限</u> する必要がある状態の対策例を記載。

提案1)「事例集の活用方法」まとめ

< 実務者の工夫次第で自由に活用 >

【活用法1】構造上重要な部位・部材の致命的損傷を見極める目安

管理者自らで日々点検

発見した損傷と事例集を照合

4段階目(機能劣化期)に近い

現場至上主義の参考書

緊急性(優先順位)の目安

専門家へ相談!

【活用法2】致命的損傷の経時性を示した事例集

点検技術者の判定統一

社内講習会・独学

判定における参考書

技術者の教育訓練

【活用法3】橋梁に発生する代表的損傷の事例集

一般的橋梁の損傷事例

実務的な損傷事例集



あるべき姿という目標に向かって第1歩を踏み出す

1つのツールとして、損傷を状態のみではなく「要因」「経時性」「構造上の重要度」等に配慮できる“見極め力”を養う

提案2)

維持管理の改善に
向けて

改善の対象とは。

維持管理の現状：

維持管理に携わる我々は、現状に大きな危惧や不安を漠然とは感じているが、その要因は未だ明確に示されていない。

維持管理の抱える課題

技術的に難しい(特に原因特定)維持管理
点検から補修, マネジメントに至るまで, 維持管理が範疇とする事業は広範囲

課題を解決するために・・・

全員参加: 管理者・設計者・施工者・点検者・・・利用者？

我々は、維持管理の現状と課題を認識し、その上で出来るところから改善に向けた取組みをスタートしなければならない

課題の解決に向けたメニューアップ

- メニュー 点検環境の改善
- メニュー 点検と損傷要因の特定
- メニュー 損傷の定量評価
- メニュー 維持管理に配慮した新設
- メニュー 情報の共有と広報



メニュー 点検環境の改善

目視点検の実施

近接目視と遠望目視

点検精度と点検コストはトレード・オフ

近接しないと見えない損傷が・・・
特に、桁端部・桁下・・・

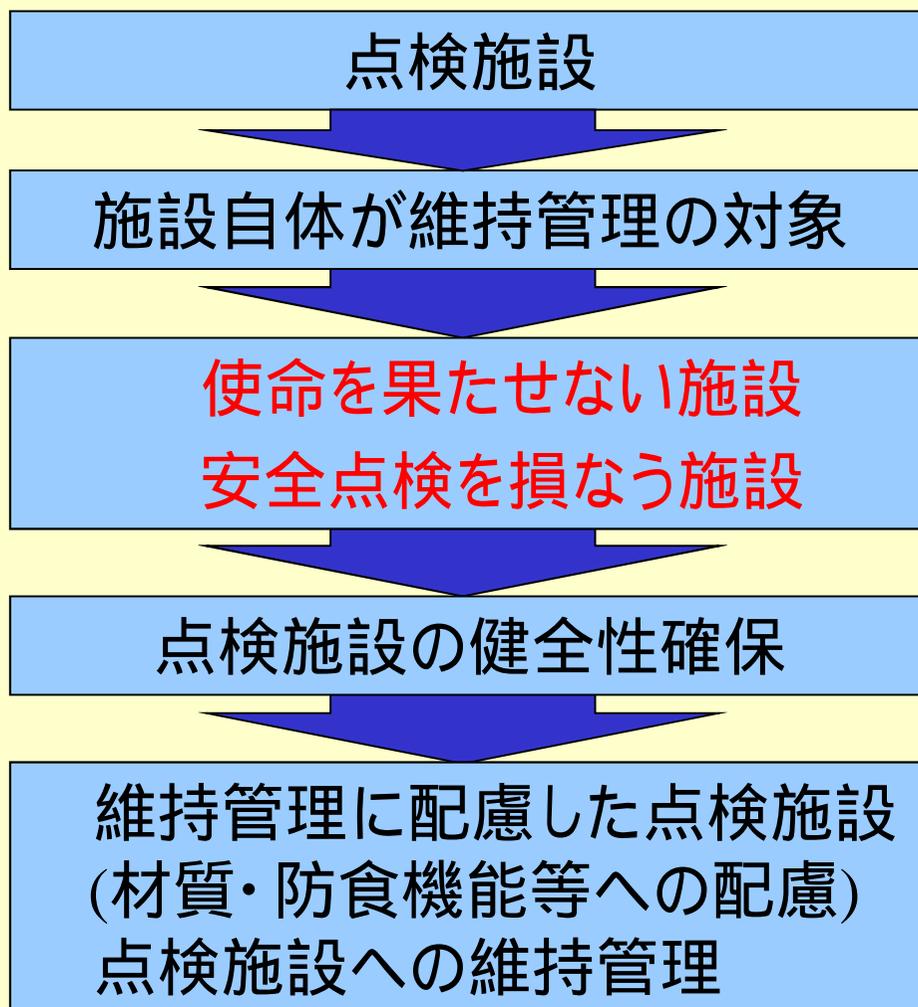
管理者が**容易・安全**に桁下ア
プローチ可能か(地震・大雨時等)?

桁下アプローチのための簡易施設
設置→**点検環境の改善**



桁下へのアプローチが困難な橋梁

メニュー 点検環境の改善



腐食損傷を受けた危険な検査路

メニュー

点検と損傷要因の特定

多くの橋梁点検要領：
損傷状態を、損傷の種類・程度・広がり等
で5ランク程度(a~e)に区分

点検結果に基づき補修工法を選定：
損傷状態【例：ひびわれ】に基づく補修工法
注入工や断面修復工などを選定！？

損傷要因が進行した塩害だとしたら・・・対策工は？

損傷要因の多様化【例：ひびわれ】：
初期ひびわれ(乾燥収縮・温度応力)，材料劣化(中性化、塩害、アルカリ骨
材反応等)，交通荷重による疲労・・・



メニュー 点検と損傷要因の特定

↓

損傷要因を除去せず**対症療法**として対策工を実施すると

↓

比較的早期に同様の損傷が再発する【**再劣化**】

↓

費用対効果の低い健全度向上策

↓

損傷要因**除去可能**:**補修工**を選定
or 損傷要因**除去困難**:**補強工**を選定

↓

費用対効果の高い(= **LCC** の低い)
対策工選定が重要!

LCC:ライフサイクルコスト

メニュー 損傷の定量評価

2007年(H19年)8月: **落橋事故**
米国ミネソタ州ミネアポリスミシシッピー川
インターステート・ハイウェイ(I-35W)



本事故で米国は,
定性的手法である目視点検(Visual
Inspection)の**限界**を知る

目視点検の限界

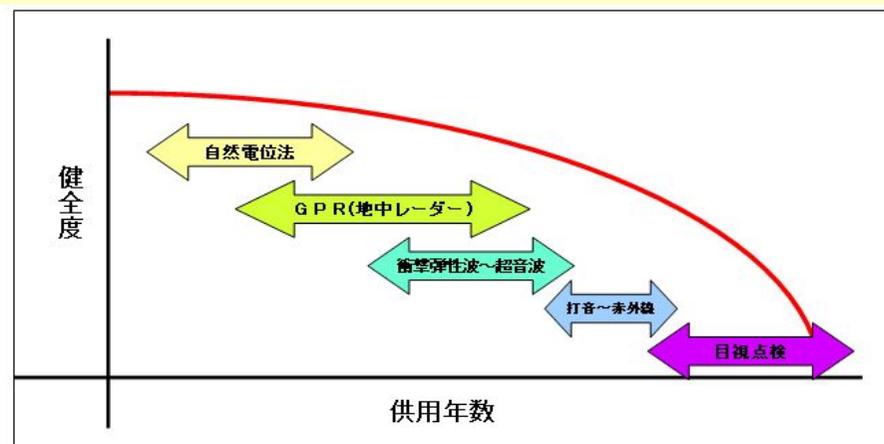
- ✓点検者による**判定のバラツキ**
- ✓**見落とし**や**見えない**部位が残る
- ✓コンクリートの**潜在した材料劣化**は確認不可能
- ✓**微細な損傷**(鋼部材疲労きれつ)確認には熟練技術が必要

メニュー 損傷の定量評価

米国では健全度評価技術を、定性的手法から定量的手法へ

例えば、床版コンクリートの損傷評価技術として…

- Hammer Sounding / Chain Drag (ハンマーによる打音, チェーンドラッグ法)
- (2) GPR: Ground Penetrating Radar (地中レーダーによるコンクリート探査)
- (3) Impact Echo (衝撃弾性波による方法)
- (4) Ultra Sonic (超音波による方法)
- (5) Infrared Thermography (近赤外映像による方法)
- (6) Half - Cell Potential (自然電位法)



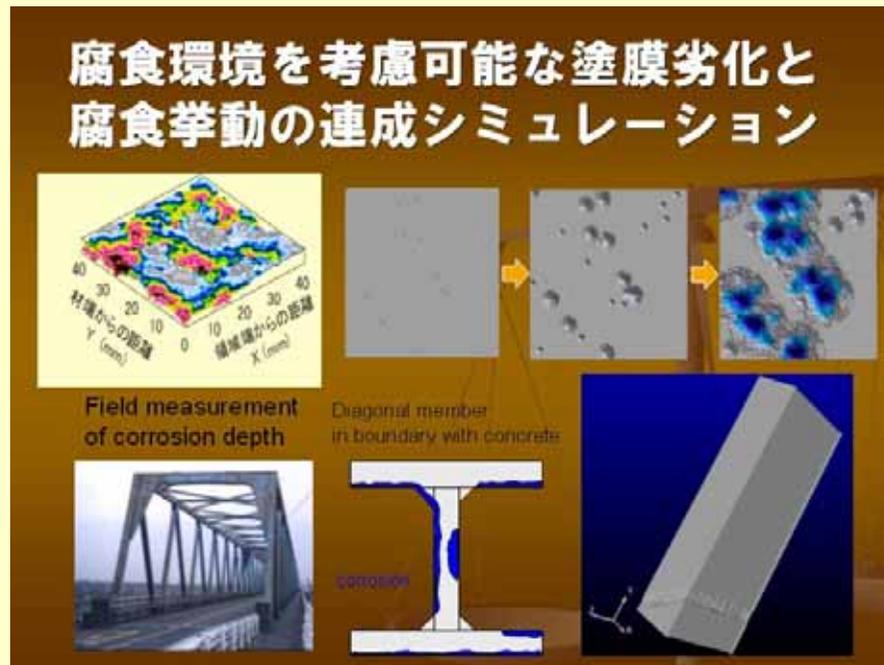
米国での健全度過程に応じた非破壊調査の選定案



メニュー 損傷の定量評価

わが国でも、定量的手法への挑戦が続いています！

例えば、腐食環境評価技術や腐食の経時性予測



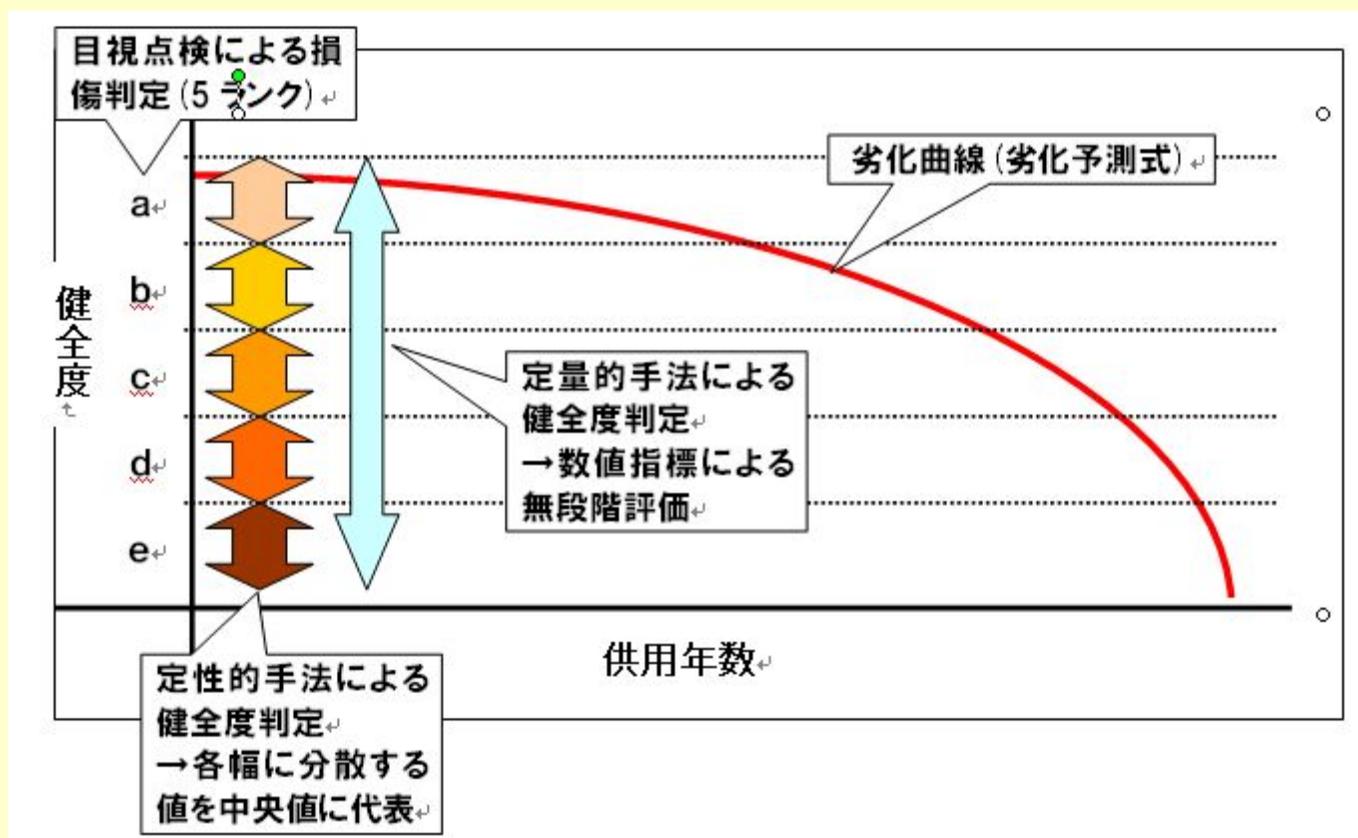
部位による差異大
腐食環境評価



九州大学大学院 貝沼先生による技術開発

メニュー 損傷の定量評価

定量的手法への変換により、劣化予測技術の精度向上へ



メニュー 維持管理に配慮した新設事業

維持管理に配慮した**形状, 材料, 施設, 環境**を,
与えられた社会環境の中で可能な限り採用

我々が, 現在まで至らなかった多くの点を修正可能

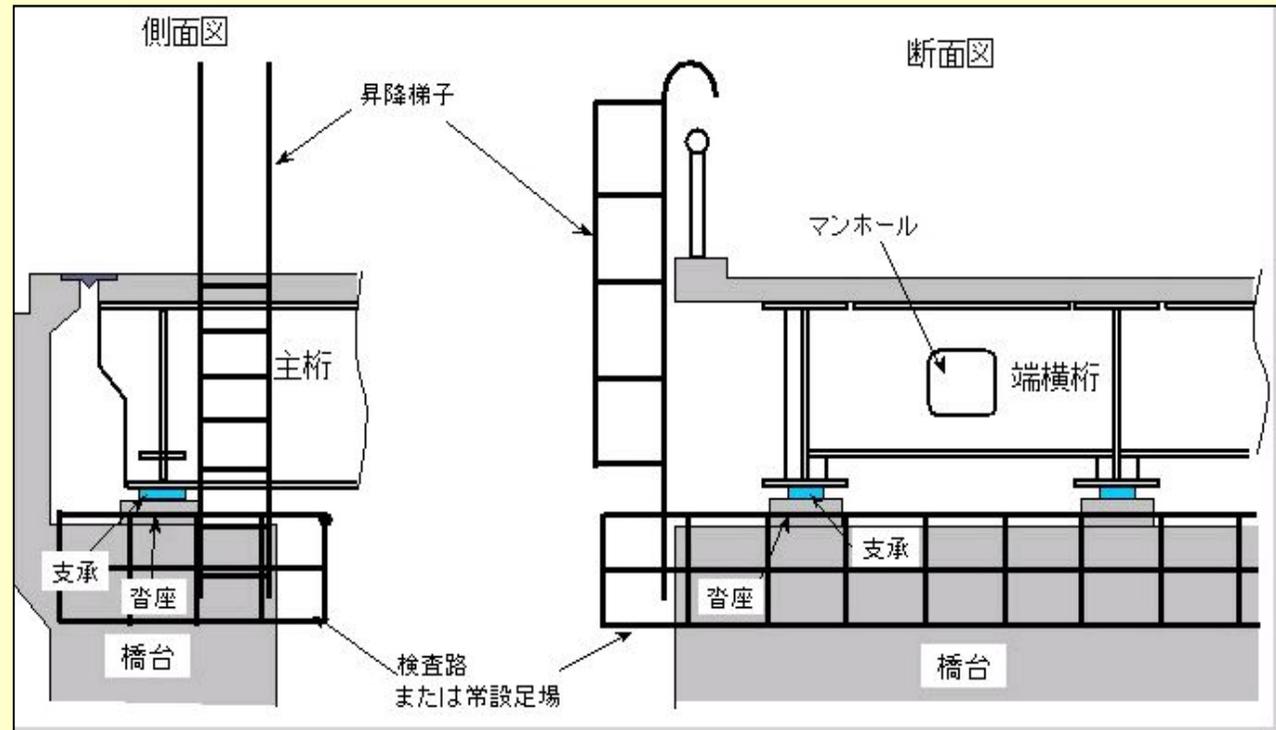
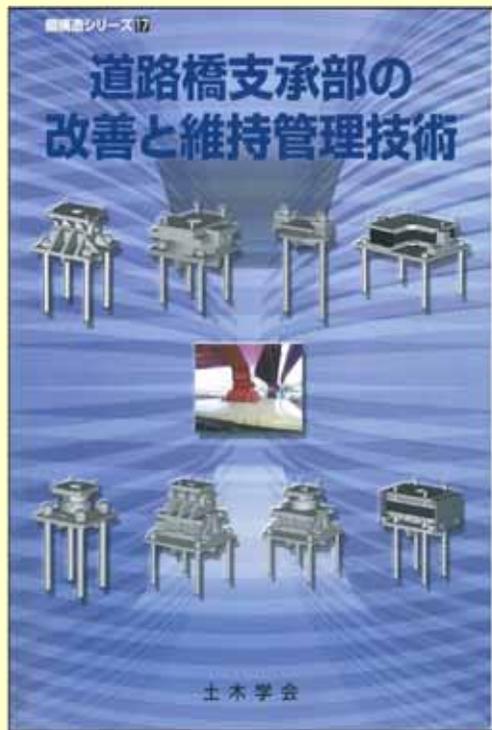
維持管理に配慮した新規事業こそが,
➤我々の描く**究極の維持管理**
➤最も効果的な**予防保全**



桁端部に空間を確保した事例

メニュー 維持管理に配慮した新設事業

土木学会「鋼構造シリーズ17」



桁端部の点検に配慮した事例

メニュー

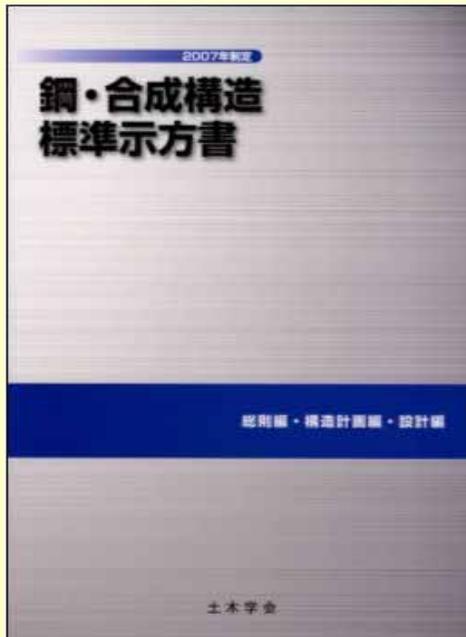
維持管理に配慮した新設事業

設計とは別に扱われる傾向にあった維持管理

構造物の設計時から更新時に至る、ライフ・サイクル中に考慮をすることで耐久性能を保持

維持管理を容易にするため、点検用足場や塗装用吊金具等の必要な設備を設置する

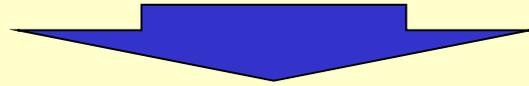
設計時の維持管理配慮を、耐久性能を保持する上で重要と位置づける



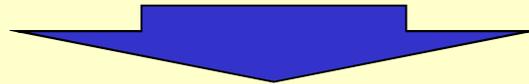
鋼・合成構造標準示方書
土木学会

メニュー 情報の共有と広報

効果的な維持管理を進めるためには、**適正な予算**が必要



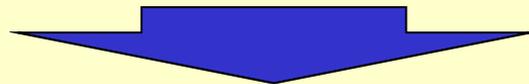
社会資本整備に対する一般利用者や納税者の目は厳しい



その要因の一つ：維持管理の必要性や重要性が、**土木技術者や橋梁技術者の中だけで議論**



一般利用者や納税者と**情報の共有**されず
我々も情報を積極的に**広報**しなかった



維持管理の**認知度が低い**ことが予算獲得を困難に？

提案2)「維持管理の改善に向けて」まとめ

合理的な維持管理の実現の キーワード

致命的損傷
経時的に進行
合理化
現場至上主義
点検環境改善
損傷評価の定量化
メリハリ

【継続課題】
致命的損傷を回避
合理的に維持管理

出来ることから
知恵を使って
橋梁を守ろう

発展

引き継がれた課題と
現在の取組み

管理者の状況・理由はどうか**果たすべき責任**

致命的損傷を回避（最小限に止める）

管理者の責任，全技術者の使命

合理的に維持管理

画一的手法ではなく身の丈にあった維持管理

合理的：コスト小・同成果 or コスト同・高成果

【実現の鍵】ほとんどの**致命的損傷**が**経時的に進行**

ツール（事例集）の提供 今出来る**最善の方法を！**

引き継がれた課題

点検～適正な診断は重要

情報の共有と広報

要因特定

定量評価

点検環境

プロセス

一般市民

本日の総まとめ

目標「維持管理あるべき姿」

- ・我々は、今、目標に向かって**第1歩**を踏み出す時期を迎えている！

提案1)「事例集の活用方法」

- ・第1歩を踏み出す1つのツールとして、**損傷を状態のみではなく、「要因」「経時性」「構造上の重要度」等に配慮できる“見極め力”を養う**

< 実務的な事例集『損傷の経時性と致命的損傷に関する事例集』 >
【活用法】現場至上主義の参考書、緊急性(優先順位)の目安
判定における参考書、技術者の教育訓練

提案2)「維持管理の改善に向けて」

- ・**出来ることから**知恵を使って橋梁を守ろう

< 合理的な維持管理の実現へのキーワード >
致命的損傷、経時的に進行、合理化、現場至上主義、
点検環境改善、損傷評価の定量化、メリハリ

発展「引継がれた課題と現在の取組み」

- ・橋梁維持管理の重要性の社会的認知度を、**双方向コミュニケーション**によって「ニーズを把握し」「自己改善」しながら**継続**していこう！