

平成25年9月11日

CAESAR講演会

道路橋の損傷と 現場への支援

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

上席研究員 石田雅博



落橋など、安全性や供用性に影響する損傷の発生

- 近年、国内外で落橋や通行止めを伴う重大な損傷などが発生
⇒ 道路利用者の安全を確保し、通行を妨げないため、適切な管理が必要

鋼トラス橋の崩落(2007年, 米国)



出典: CNNホームページ

コンクリートゲルバー橋の崩落(2006年, カナダ)



出典: デラコンコルド跨道橋事故調査委員会報告書

鋼トラス斜材の破断(2007年, 国道23号木曽川大橋)



鋼げた橋のき裂(2006年, 国道25号山添橋)



2006.10.3

落橋事例：米国ミネソタ州 I-35W橋



I-35W橋(アメリカ、ミネソタ州)
鋼上路トラス橋
L=581m
1967年供用
損傷:ガセットプレートが起点となり崩落

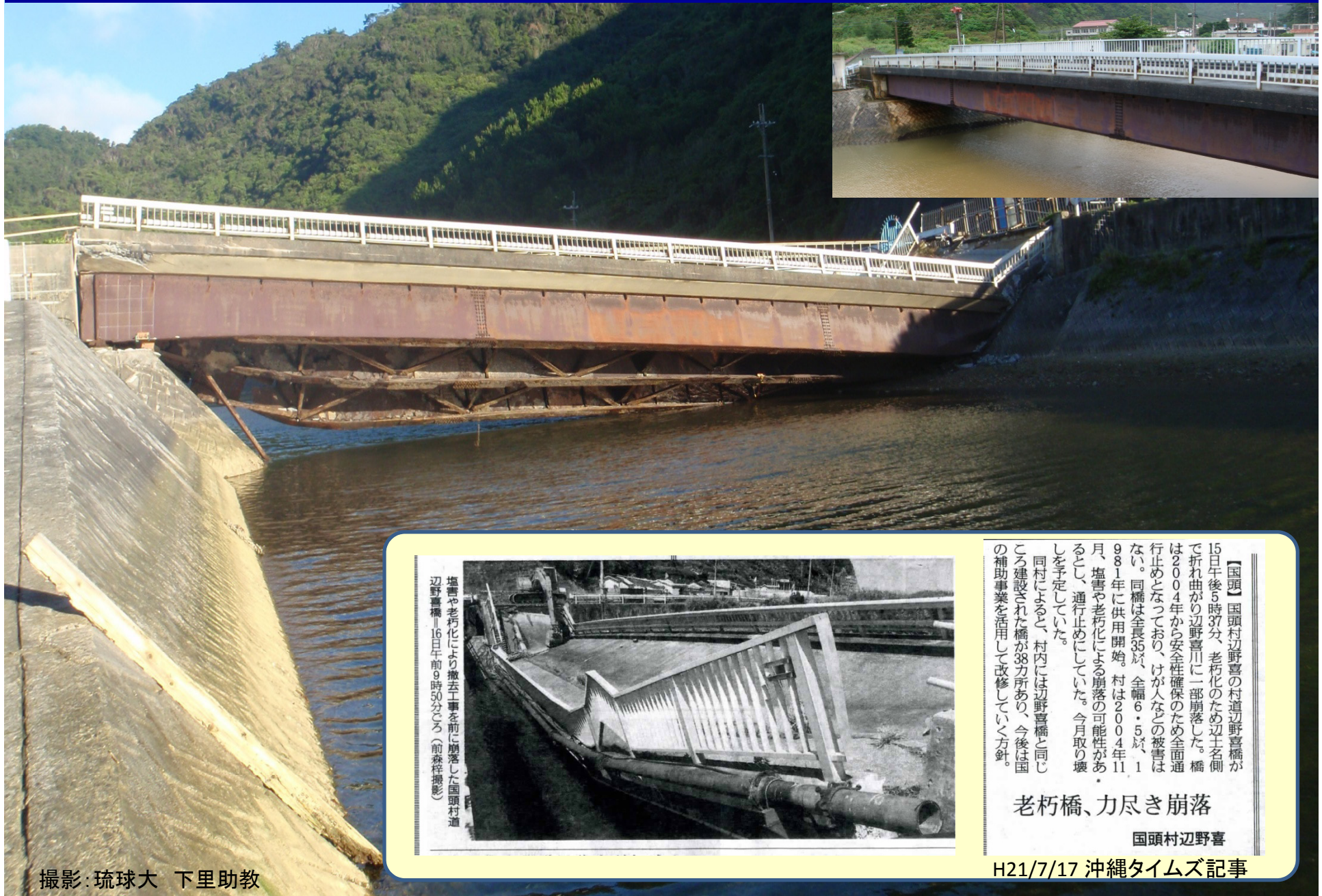
落橋事例:コンクリート橋



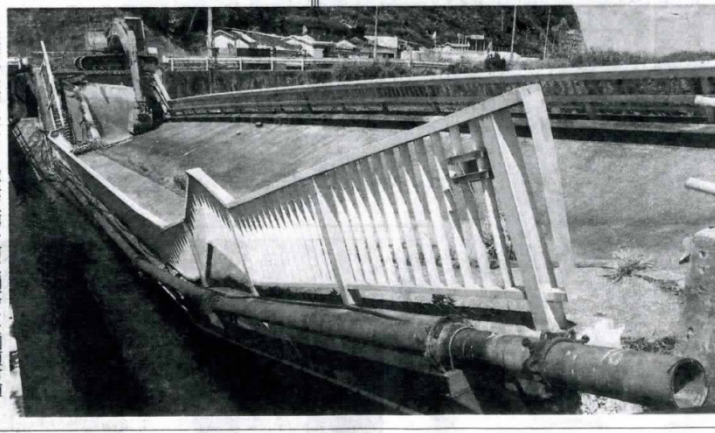
主桁1段目の鉄筋は腐食により消失。2段目鉄筋も露出し、腐食。



落橋事例：鋼橋



塩害や老朽化により撤去工事を前に崩落した国頭村道
辺野喜橋 16日午前9時50分ごろ（前森梓撮影）



【国頭】国頭村辺野喜の村道辺野喜橋が15日午後5時37分、老朽化のため辺土名側で折れ曲がり辺野喜川に一部崩落した。橋は2004年から安全性確保のため全面通行止めとなっており、けが人などの被害はない。同橋は全長35㍍、全幅6・5㍍、1981年に供用開始。村は2004年11月、塩害や老朽化による崩落の可能性があると、通行止めにしていった。今月取り壊しを予定していた。

老朽橋、力尽き崩落

国頭村辺野喜

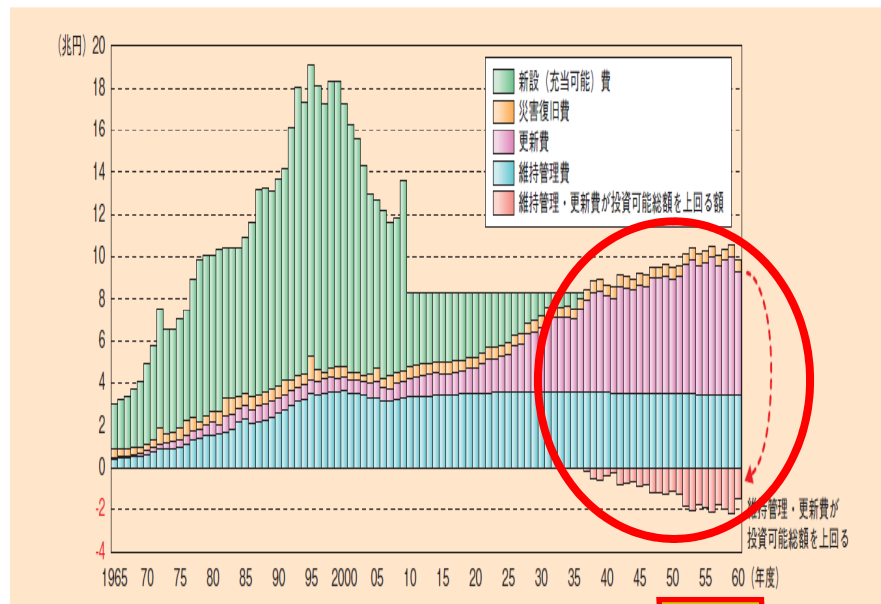
H21/7/17 沖縄タイムズ記事

維持管理コストの増大

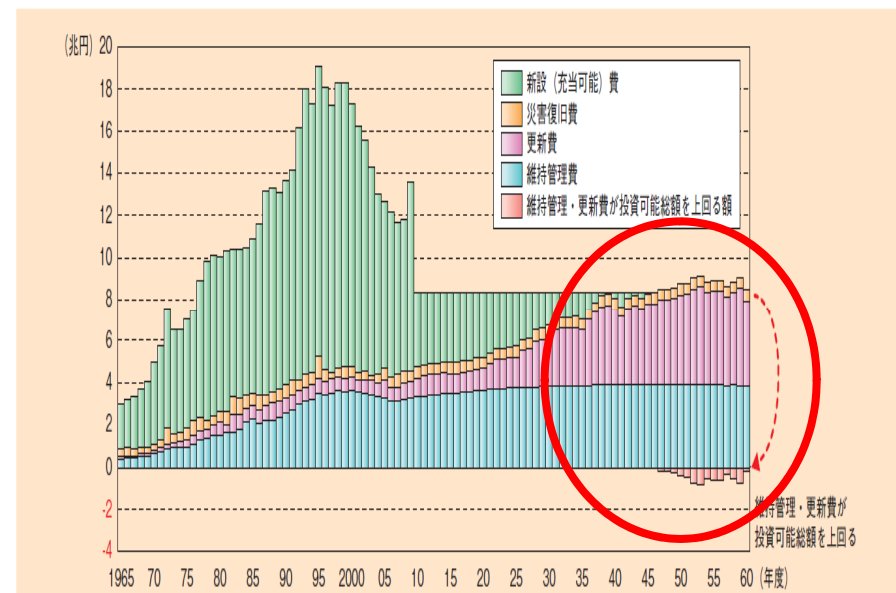
- 今後、維持管理・更新費が財政を圧迫
⇒ 予防保全型管理の導入などにより、管理コストの低減・平準化が必要

維持管理・更新費の推計 【従来型／予防保全型】 (国土交通白書)

図表66 維持管理・更新費の推計（従来通りの維持管理・更新をした場合）



図表67 維持管理・更新費の推計（予防保全の取組みを先進地方公共団体並みに全国に広めた場合）



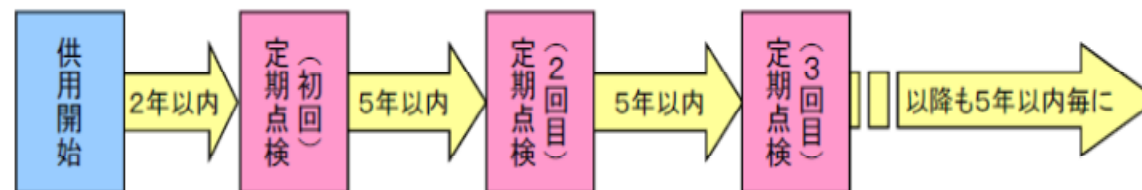
予防保全の導入などによる
管理費縮減が必要

直轄国道の橋梁点検

- 直轄国道では、供用後2年以内に初回点検を実施
- 2回目以降は、5年に1回の頻度で定期点検を実施

<定期点検の概要>

点検の頻度



点検の方法

近接目視を主に、必要に応じて簡易な点検機械・器具を用いることを基本とする。

損傷の種類

鋼の腐食や亀裂、コンクリートのひびわれ、路面の凸凹など、26種類に分類。

対策区分の判定

損傷状況を把握したうえで、構造上の部材区分毎、損傷種類毎の対策区分について判定を行う。(7段階評価)

A: 損傷なし B: 状況に応じて要補修 C: 速やかに補修

E1: 緊急対応(構造上) E2: 緊急対応(第三者等被害) M: 維持工事対応 S: 詳細調査

結果の記録

点検調書・橋梁管理カルテを作成し蓄積する。



橋梁点検車を使った橋梁点検

①点検

近接目視による、
・損傷状況の把握
・損傷程度の評価

②検査

点検結果及び現地検査による、
・損傷程度、対策区分の判定
・損傷原因の特定

③点検結果の記録



なし

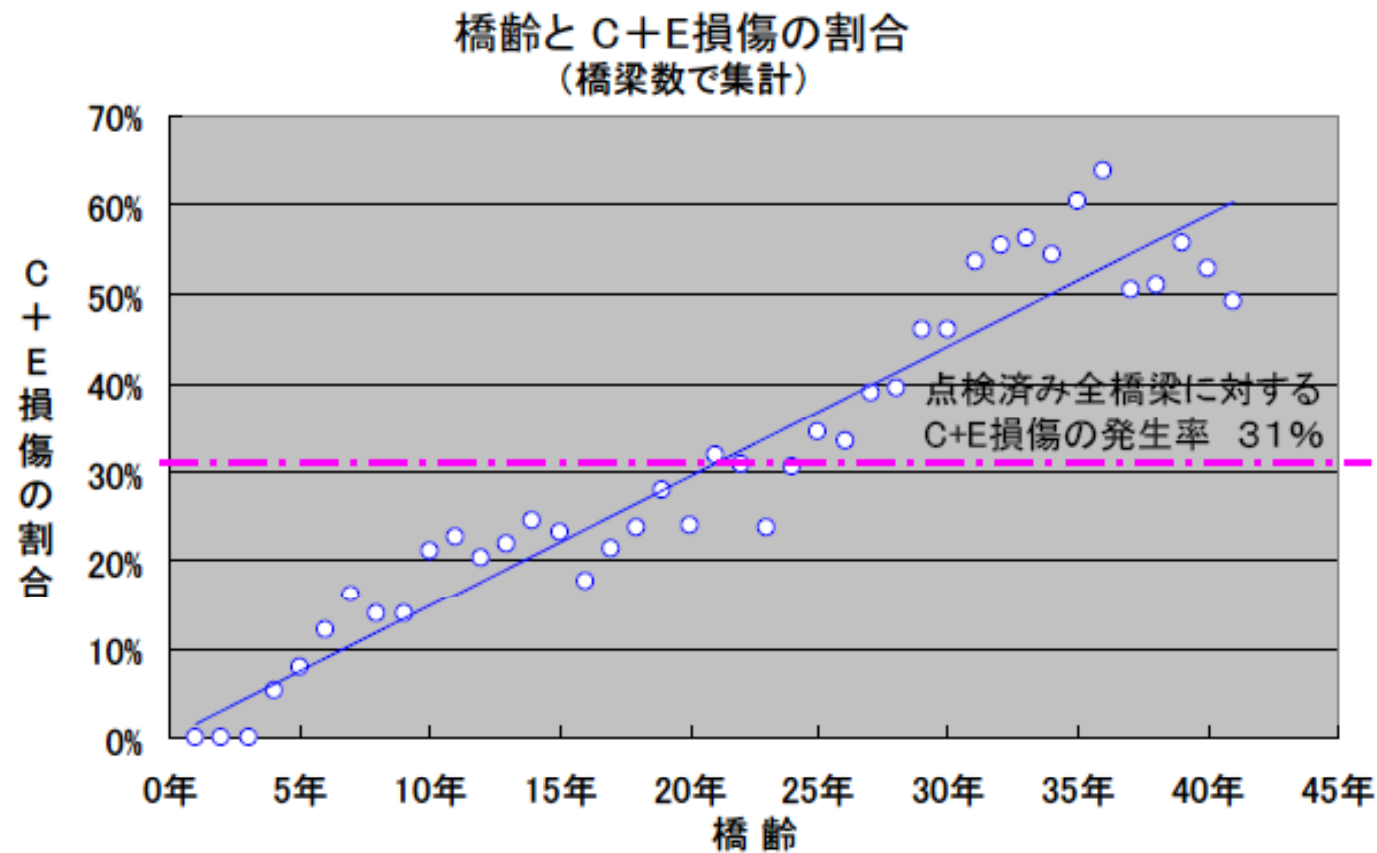
C、E判定あり

補修結果
の記録

⑤登録・蓄積(データベース)

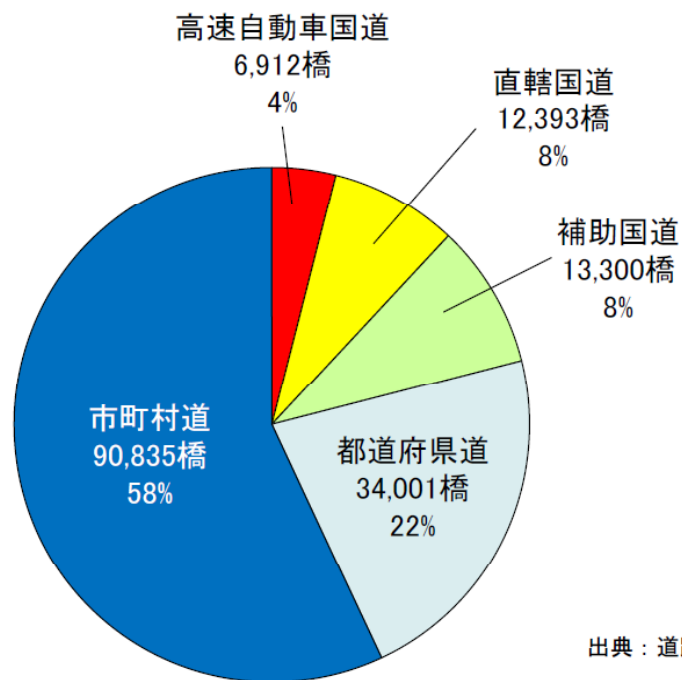
出典: 国土交通省

橋梁点検によるC+E損傷の割合



地方自治体管理橋梁

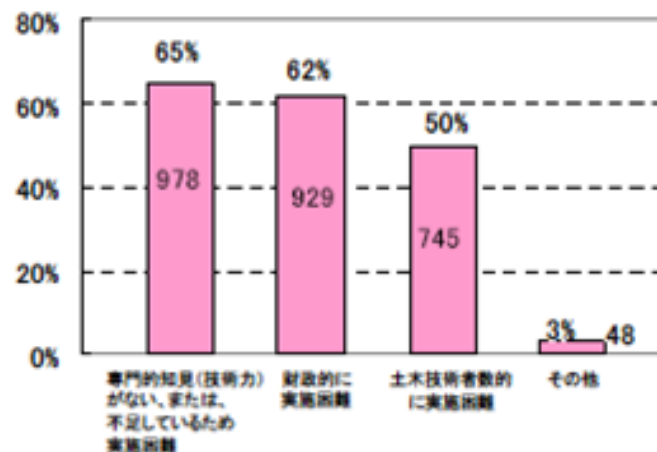
多くの橋梁が地方自治体、
とりわけ市町村で管理



出典：道路統計年報2011

【市区町村の状況】

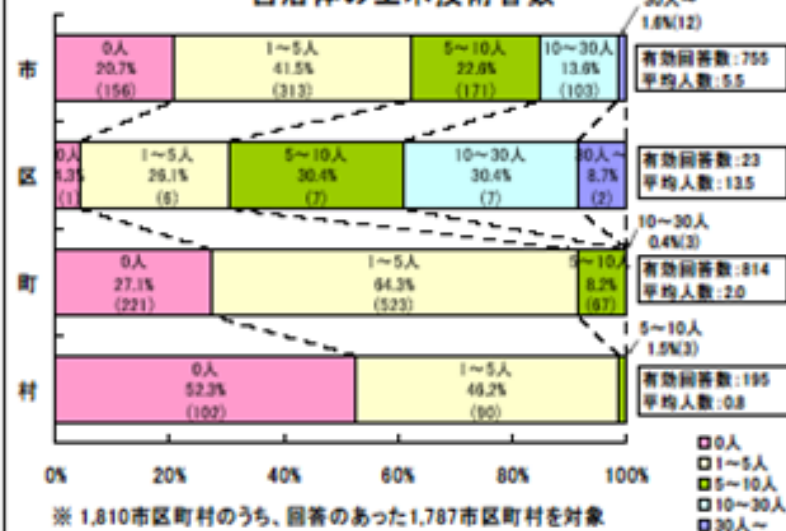
定期点検を実施していない主な理由



※ 回答のある1,799市区町村のうち、定期点検を実施していない1,500を対象

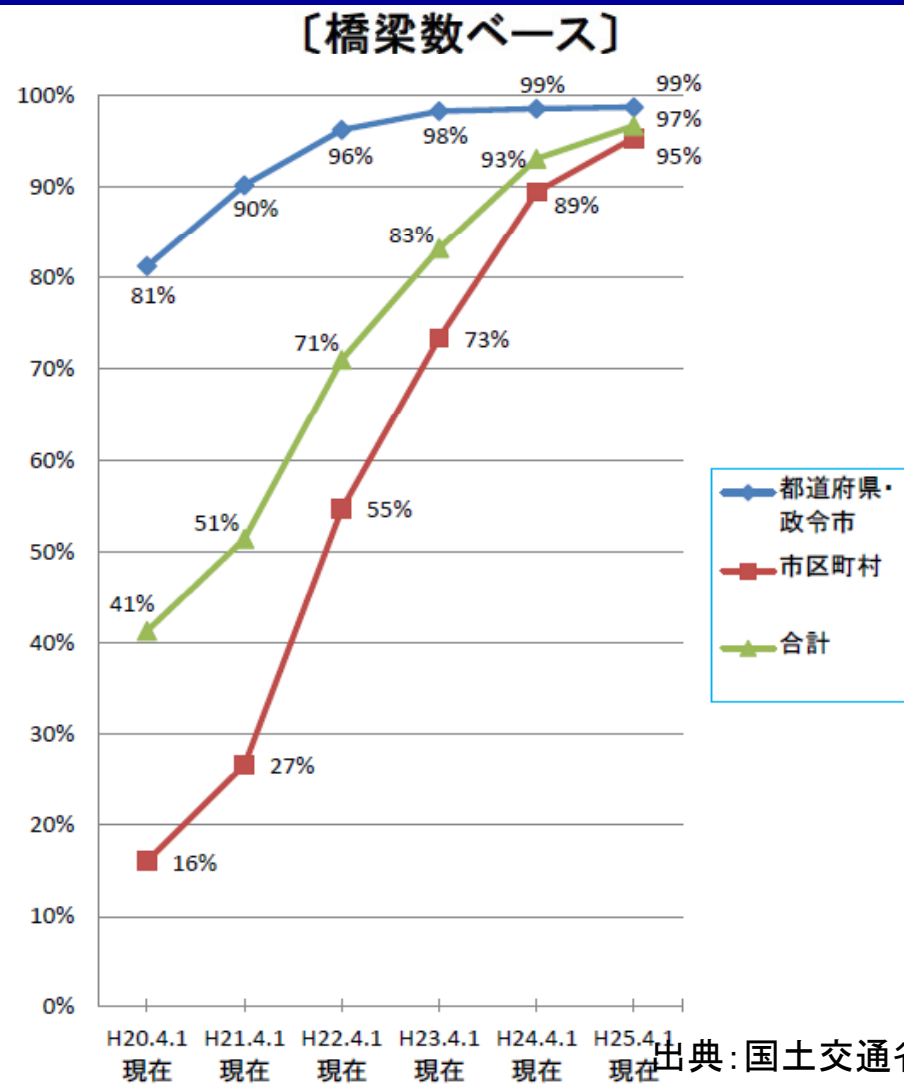
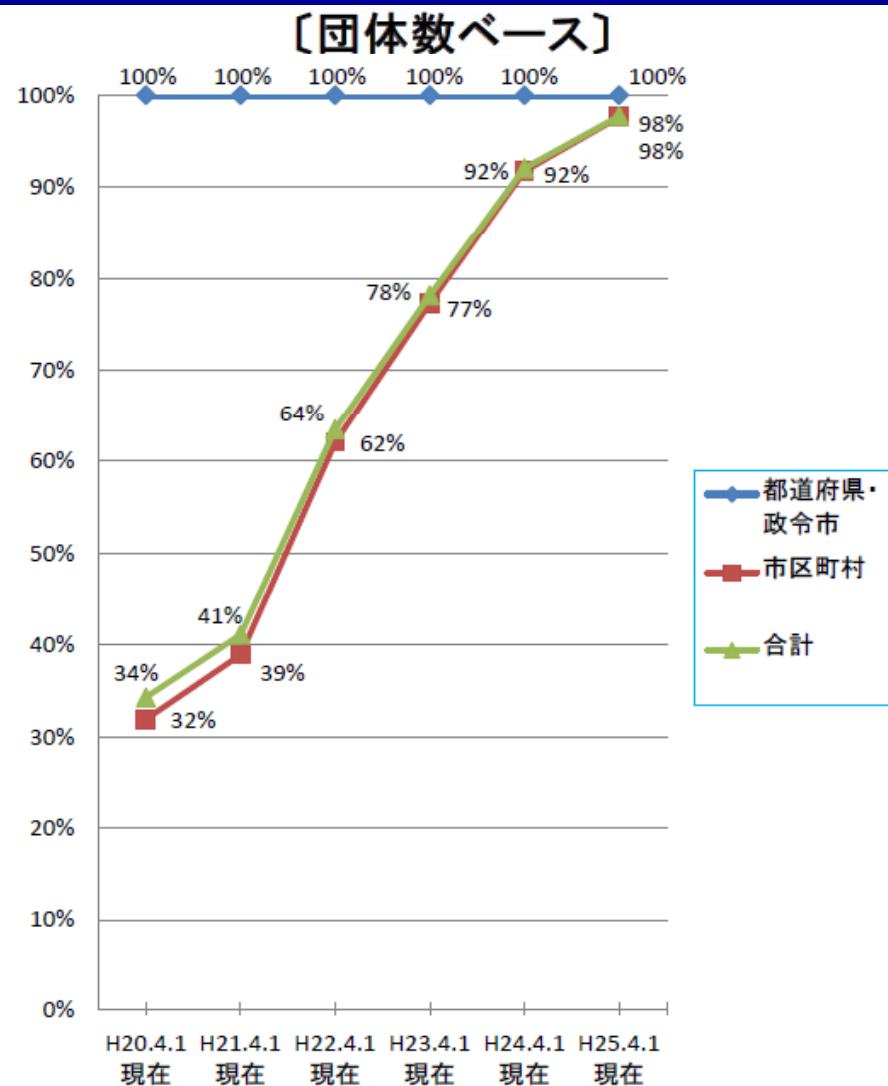
※ 複数回答有

自治体の土木技術者数



※ 1,810市区町村のうち、回答のあった1,787市区町村を対象

地方公共団体管理橋梁の点検状況の推移



出典:国土交通省

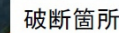
※橋梁点検:長寿命化修繕計画の策定に必要な基礎データを把握するため、橋梁定期点検要領等に基づく橋梁点検を実施したもの。

※団体数ベース:橋長15m以上の橋梁を管理する団体で、橋梁点検に着手している団体の割合。

※橋梁数ベース:橋長15m以上の橋梁で、点検が行われた橋梁の割合。

※H25.4調査では岩手県陸前高田市、福島県広野町、樺葉町、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯館村は調査実施困難なため、H22.4時点調査の数値。

➤ 劣化損傷により、通行止め等を必要とする深刻な状態の自治体管理橋梁も多い



予防保全実現の方策とCAESARの設立

道路橋の予防保全に向けた有識者会議提言，平成20年5月

《 道路橋保全の現状 》

見ない

見過ごし

先送り

《 予防保全を実現する5つの方策 》

1. 点検の制度化

2. 点検・診断の信頼性確保

3. 技術開発の推進

5. データベースの構築と活用

4. 技術拠点の整備

地域拠点

支援
情報
研修

損傷・補修等
情報・相談

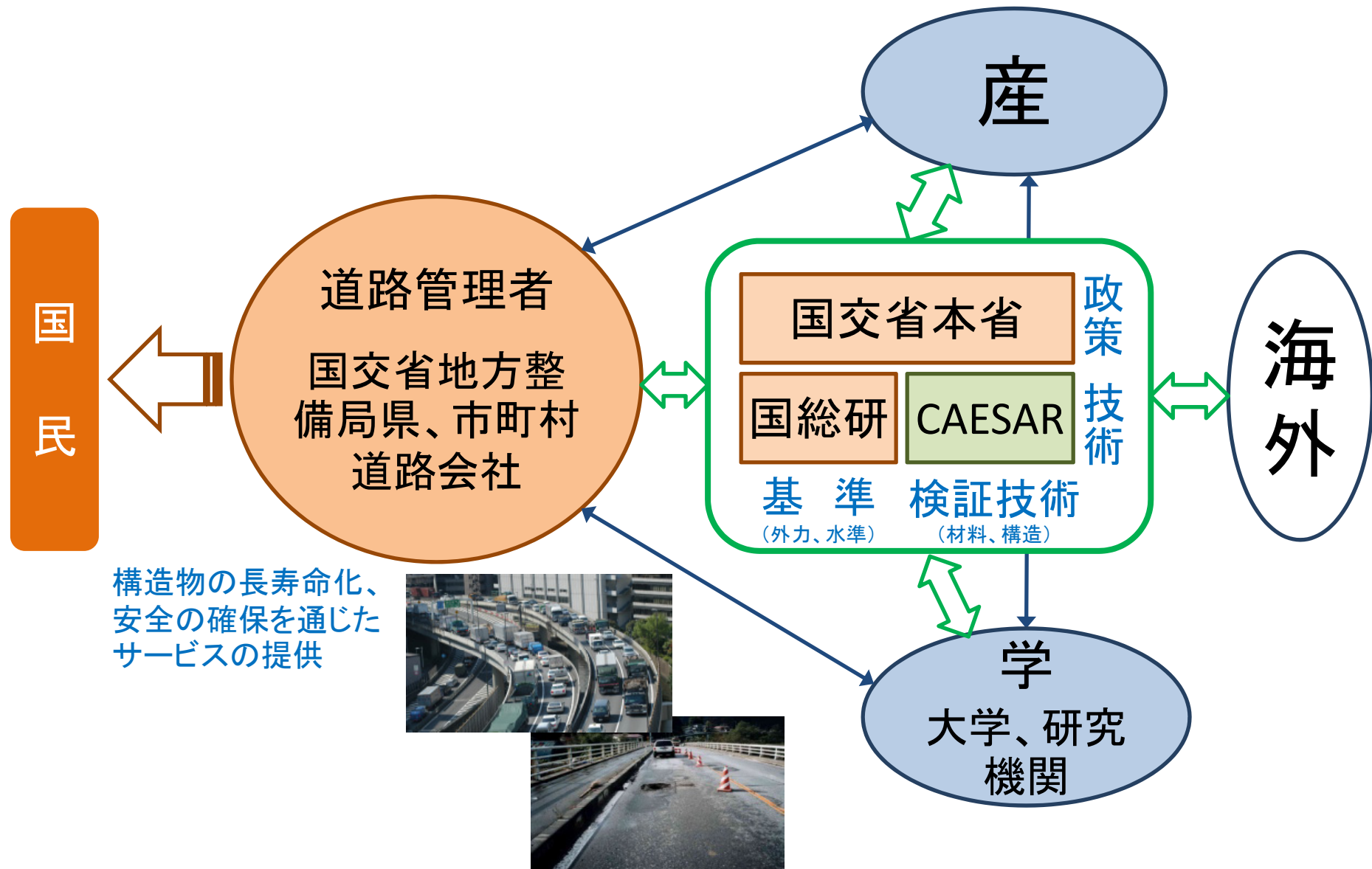
ブロック拠点

支援
情報
研修

損傷・補修等
情報・相談

全国拠点

CAESARの位置付け



CAESARの活動

1. 現場の支援

課題のある橋梁の診断・処方
蓄積された知見を提供
現場技術者への技術移転

CAESAR

構造物保全技術の中核的研究拠点

2. 研究開発

臨床研究に基づき
現場で活用できる技術を開発

3. 情報交流の場

最先端の技術情報が集まり
交流・発信できる場を設定

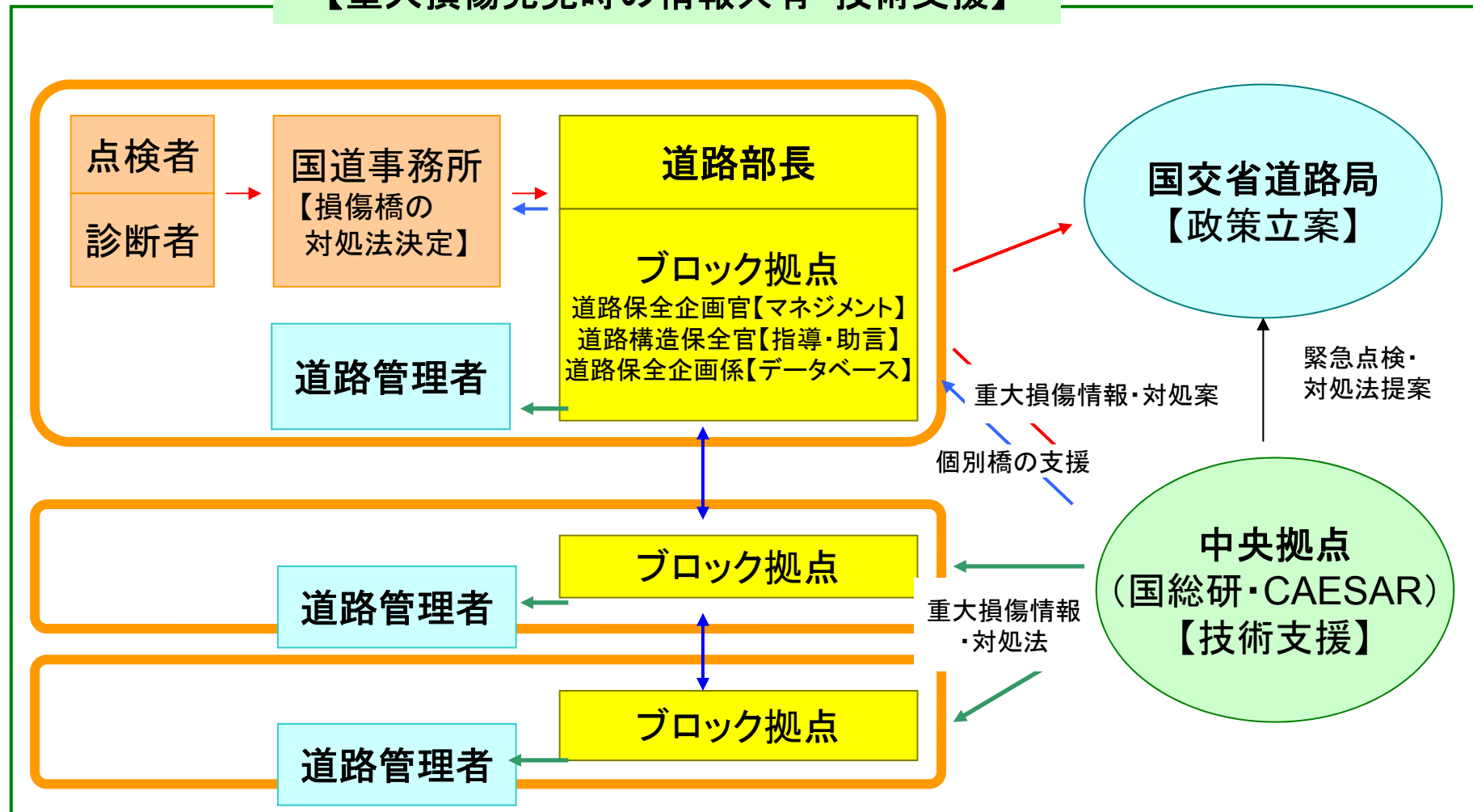
現場の支援

- 技術支援
- 技術者育成支援

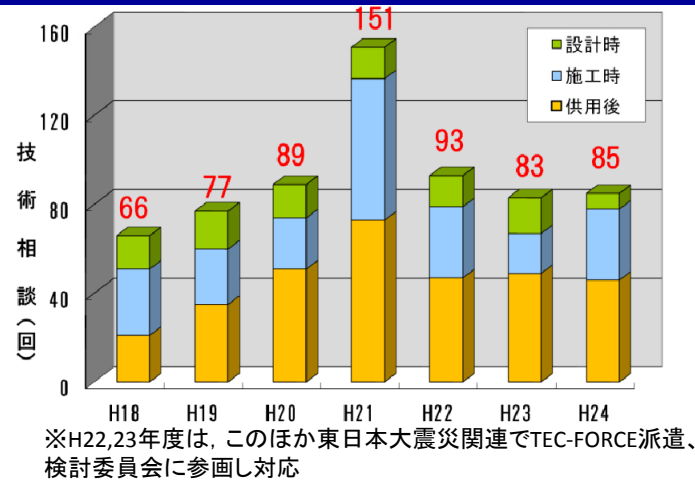


橋梁における重大損傷情報の共有

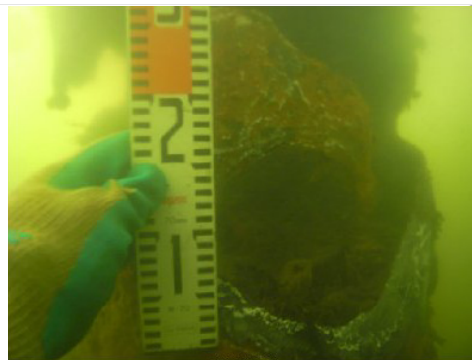
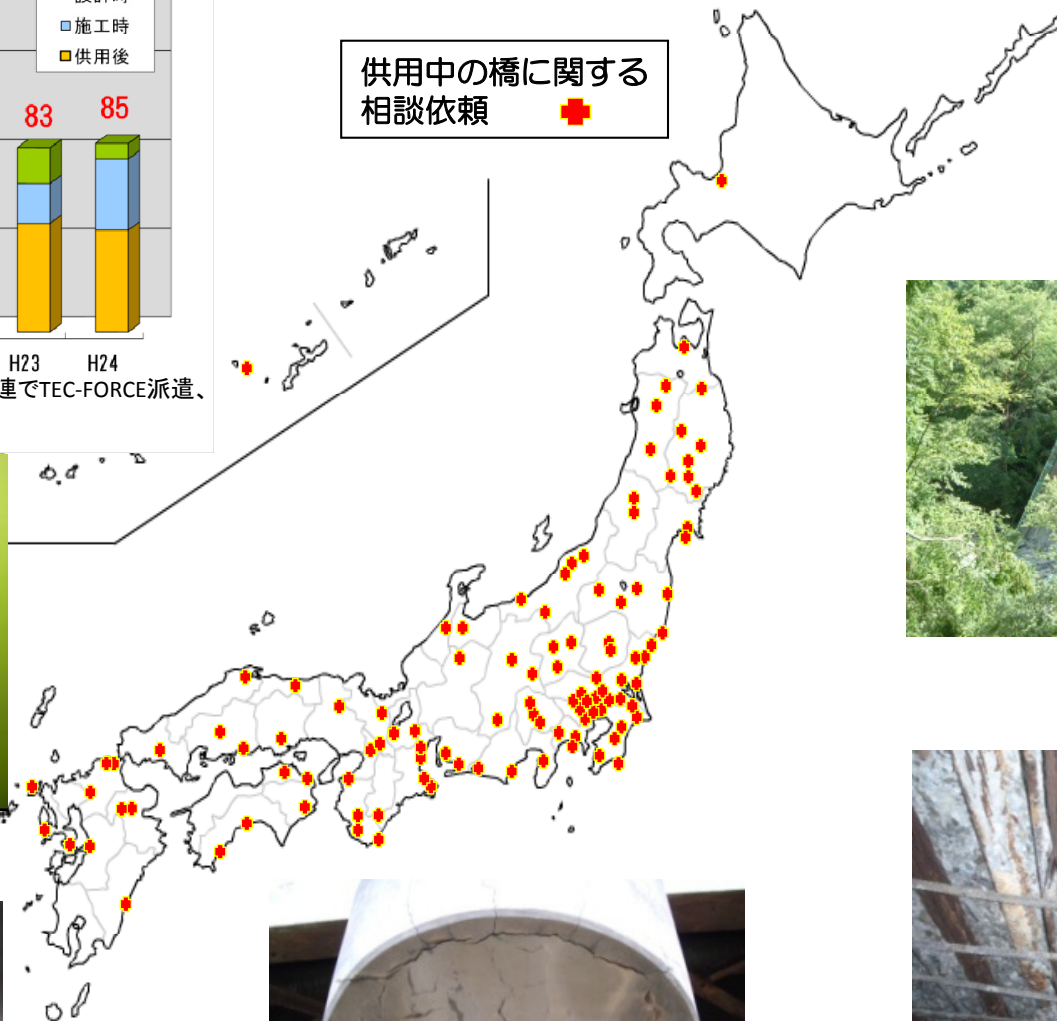
【重大損傷発見時の情報共有・技術支援】



現場の支援: 技術相談



供用中の橋に関する
相談依頼



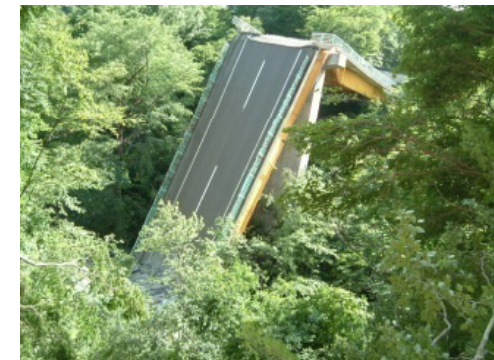
パイラントの腐食・断面欠損



鋼床版で発見された亀裂



ASRによる損傷



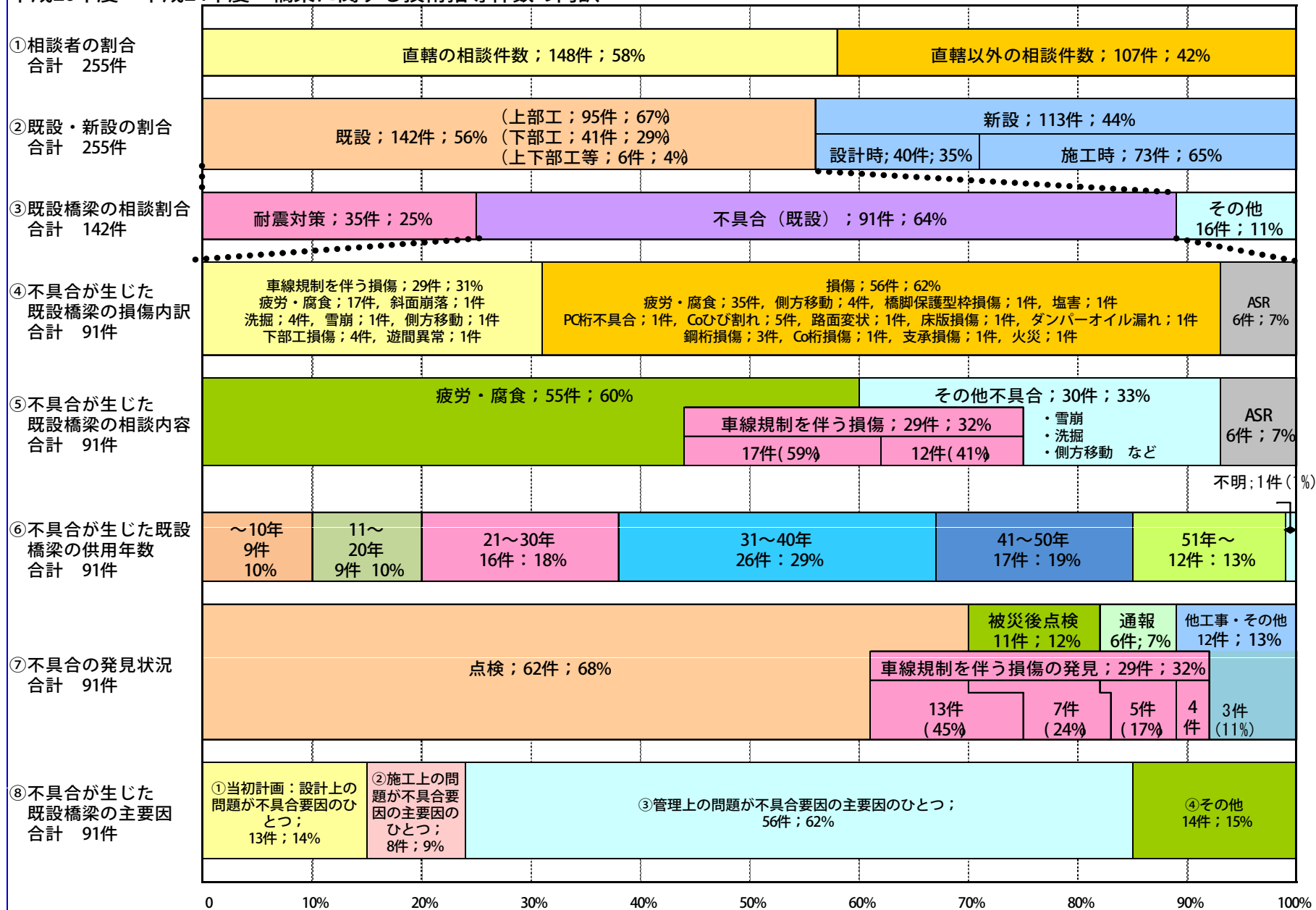
地震による落橋



コンクリート橋におけるPC鋼線の破断

CAESAR設立以降（H20～H24）の技術相談内容の割合

平成20年度～平成24年度 橋梁に関する技術指導件数の内訳

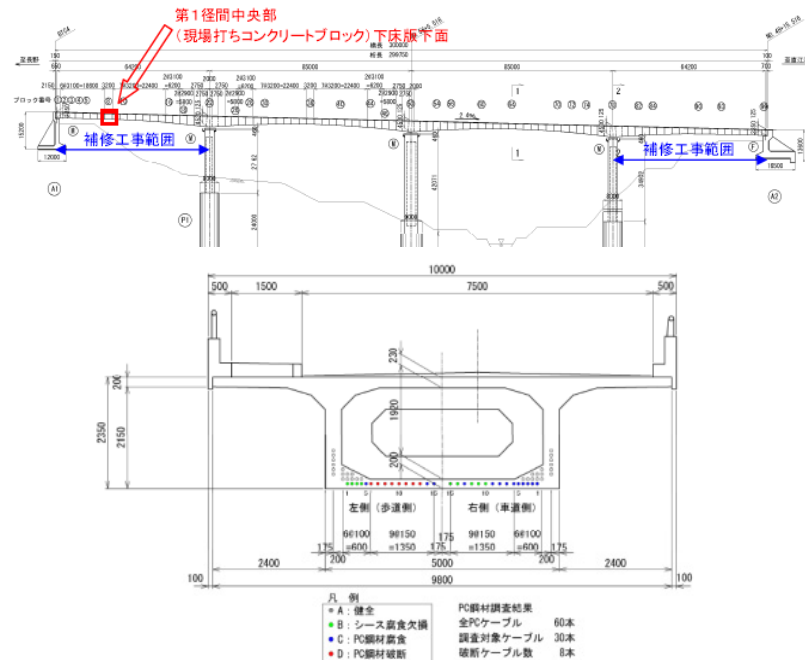


技術相談事例 PCケーブル破断【妙高大橋】



みょうこう
橋 梁 名: 妙高大橋(高田河川国道)
橋梁形式: 4径間連続PC箱桁橋(プレキャストブロック)
橋 長: $L=300.0\text{m}$
竣 工 年: 1972年
橋の等級: 1等橋(TL-20)

下床版下面・箱桁内定着部付近のPC鋼線の腐食・破断
 ・下床版下面コンクリート補修工事の際、発見
 ・グラウト充填不足、排水処理への配慮不足



技術相談事例 PC吊りケーブル【雪沢大橋】



橋 梁 名: 雪沢大橋(秋田県)

橋梁形式: 3径間連続エクストラードボードPC箱桁橋

橋 長: $L=177.1\text{m}$

竣 工 年: 2001年

橋の等級: B活荷重

桁側定着部近傍でPC鋼線の腐食による破断

- ・桁側定着部から水が内部に浸入
- ・熱収縮チューブに架設前からの傷を確認

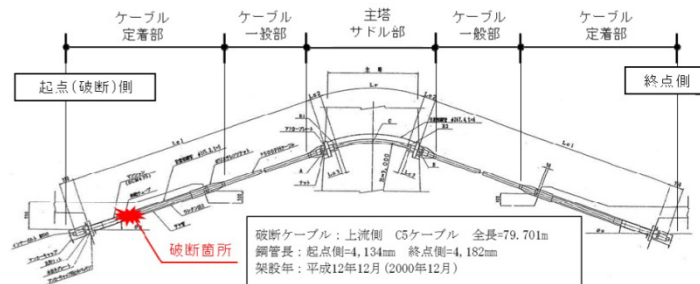


図-1-5-1 ケーブル全体図

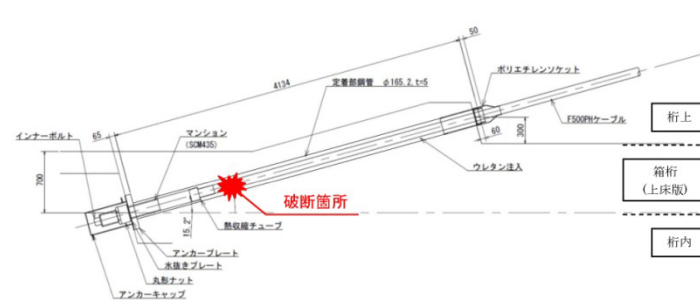
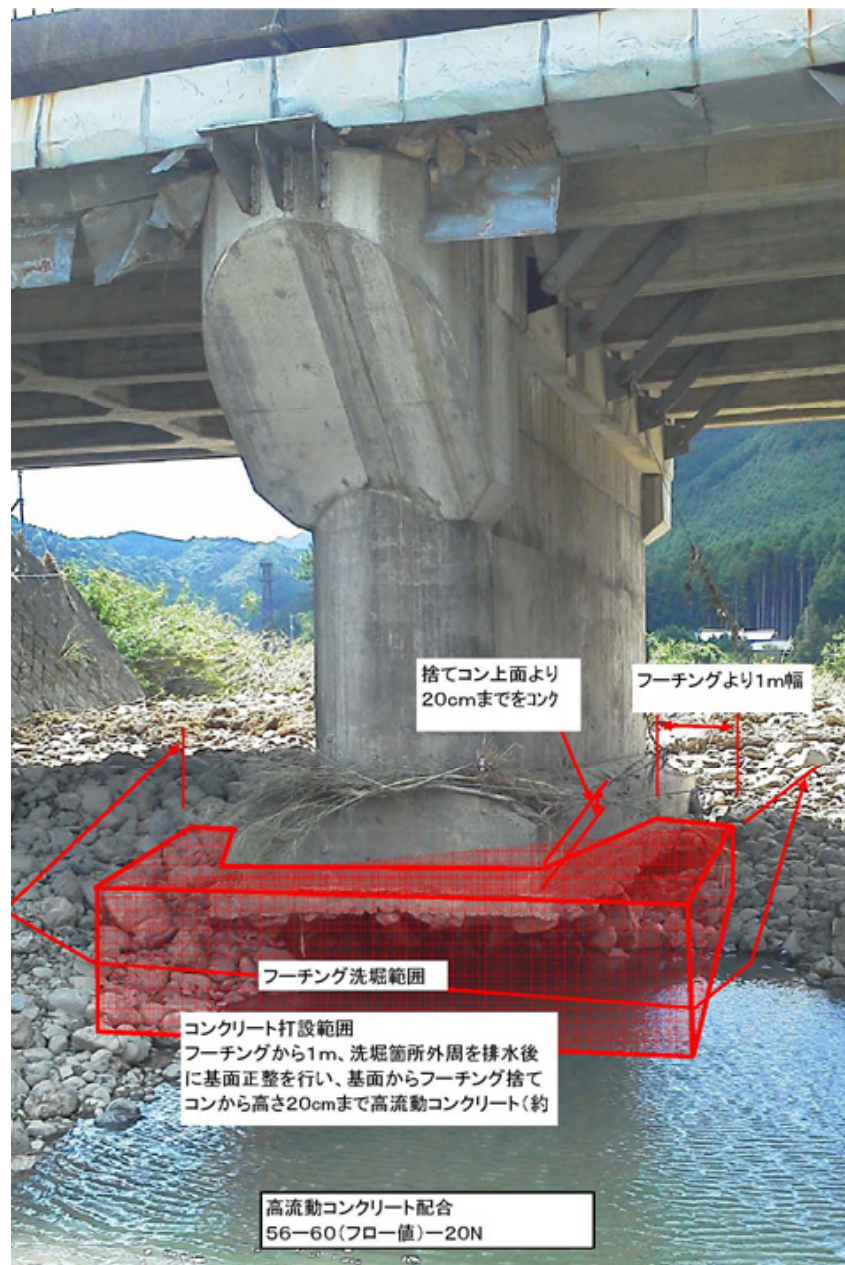


図-1-5-2 ケーブル定着部の寸法・形状(起点側)



技術相談事例 洗堀【大宮第二避溢橋】



おおみや だいに ひいつ

橋 梁 名:大宮第二避溢大橋(紀勢国道)

橋梁形式:4径間連続PC箱桁橋(プレキャストブロック)

橋 長:L=300.0m

竣 工 年:1962年

橋の等級:1等橋(TL-20)

台風による豪雨でP1橋脚洗堀

緊急の現地調査を行い、対策等をアドバイス



技術相談事例 アルカリ骨材反応【明橋】



あきら

橋 梁 名: 明橋(茨城県常総市)

橋梁形式: 2径間プレテンション方式単純中空床版橋

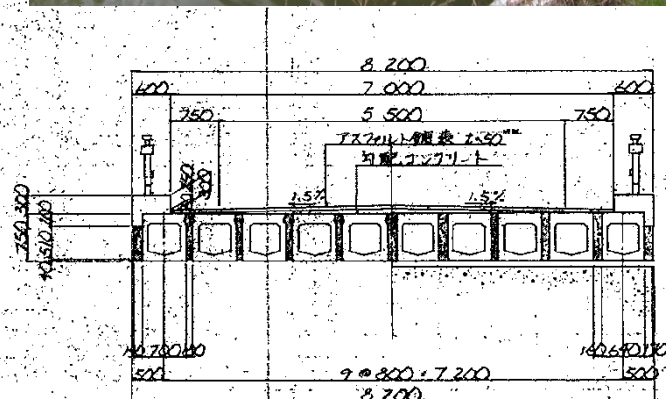
橋 長: $L=33\text{m}$ 幅 員: $W=8.2\text{m}$

竣 工 年: 1983年 県が施工し、市が管理

設計荷重: TL-20 当初から路線全体大型車通行禁止

主桁側面等にASRと思われるひび割れ

- ・供用後初の点検において確認
- ・漏水や遊離石灰もあり、中桁でも損傷。



桁間での漏水



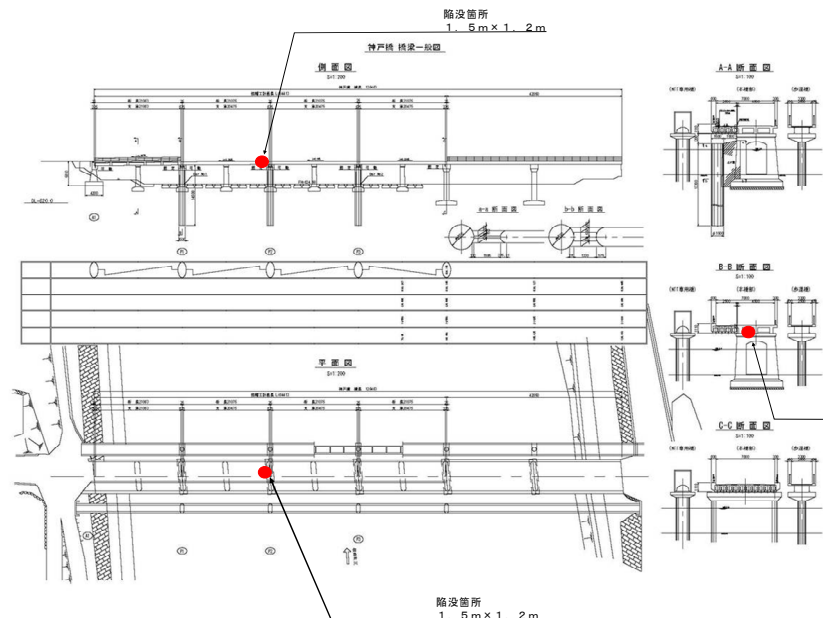
技術相談事例 RC床版疲労劣化【神戸橋】



橋梁名: ^{ごうど}神戸橋(長野県)
橋梁形式: 8径間RCT桁橋+2径間PC床版橋
橋長: $L=126.5\text{m}$
竣工年: 1935年、1985年拡幅

床版の抜け落ち

- ・雨水浸透による疲労劣化促進。
- ・下面鋼板接着補強のため、確認できず。



技術相談事例：吊り橋ケーブル破断



出典：国土交通省中部地方整備局資料

災害時の支援: 東日本大震災

CAESAR技術者が、被災した道路橋の調査を実施し、道路管理者へ技術的助言。

調査エリア



○調査対象橋梁(これまでに200橋以上)

- ・地震動の影響により被災した道路橋
- ・津波の影響を受けた道路橋
- ・液状化が生じた地盤周辺の道路橋

○調査体制

- ・国総研、土研CAESARで連係して実施



過去の災害調査結果を道路橋示方書へ反映

橋台背面アプローチ部(8.9)

- 地震時等で橋台背面に著しい段差が発生，通行ができず結果的に橋としての機能の回復に影響
- ⇒橋と背面側の盛土等との間を橋台背面アプローチ部と定義し，路面の連続性を確保できる構造とすることを規定



(左:国総研報告27号・土研報告第203号，右:国総研資料646号・土研資料第4202号より引用)

過去の災害調査結果を道路橋示方書へ反映

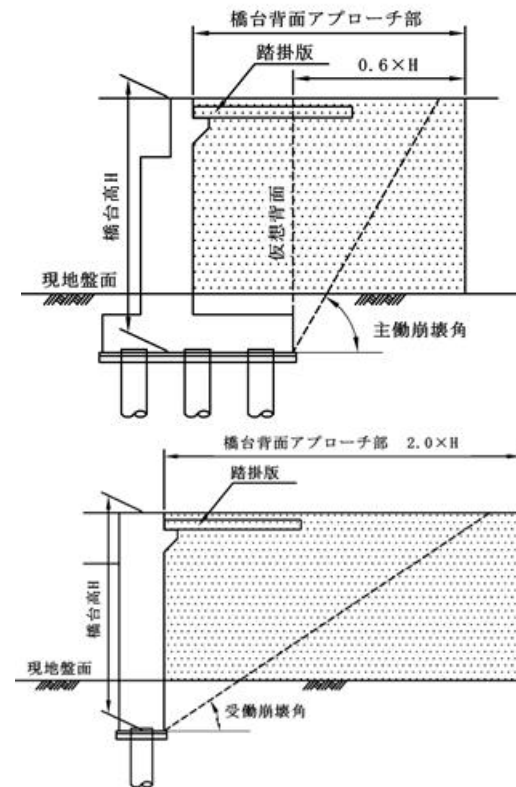
橋台背面アプローチ部(8.9)

- 良質な材料を用い、次を考慮して設計・施工を行う

- 1) 常時・地震時の基礎地盤の安定性
- 2) 常時・地震時のアプローチ部本体の安定性
- 3) 降雨時の排水性

→材料, 排水工の例は巻末
参考資料5。

- 震後の避難路・緊急輸送
路等通行機能の確保が必
要な橋は、踏掛版の設置
等適切な対策を講じること
が望ましい。



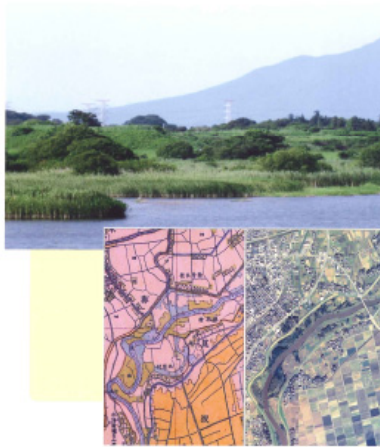
(a) 一般の橋
台の場合

(b) 背面地盤
抵抗を考慮
する橋台の
場合(インテ
グラルア
バット構造)

図-解8.9.1 橋台背面アプローチ部の範囲

土木技術資料を通じた損傷情報の発信

土木技術の 総合情報誌 **土木技術資料** *CIVIL ENGINEERING JOURNAL*



特集 水域生態系の保全・再生

土木技術講座 社会基盤経済論 第8回
マクロ経済上の特性と工学の役割(最終回)

編集協力 国土交通省土木技術政策総合研究所
独立行政法人 土木研究所
発行 財団法人 土木研究センター

現場に学ぶメンテナンス

鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食へ

現場に学ぶメンテナンス

1. はじめに

鋼部材をコンクリートや地中部に埋込んだ境界

【現場に学ぶメンテナンスの発刊実績】

- 21年 8月 現場からの警鐘 ～深刻化する劣化・損傷の実態と教訓～
鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食への対応事例
- 21年10月 鋼部材の疲労き裂について(その1)―道路橋の主桁―
- 21年12月 鋼部材の疲労き裂について(その2)―鋼製橋脚隅角部―
- 22年 7月 吊材破断時の安全対策―PCアーチ橋の事例―
- 23年 1月 橋脚基礎の洗掘への対応事例
- 23年 3月 橋台基礎の洗掘への対応事例
- 23年 5月 軸方向鉄筋にSD490を用いるRC中空断面橋脚の耐震性について
- 23年 8月 鋼材部の疲労き裂について(その3)―鋼床版―
- 23年11月 アルカリ骨材反応により劣化した橋台の補修事例
- 23年12月 橋台基礎の震災復旧対応事例
- 24年 2月 地震により変形したゴム支承の震災復旧対応事例
- 24年 5月 PC鋼材の腐食損傷への対応事例
―妙高大橋のグラウト未充填と鋼材腐食の調査―
- 24年 8月 橋脚基礎の洗掘への緊急復旧対応事例
- 25年 1月 ゲルバーヒンジ部補強吊り部材脱落の対応事例
- 25年 6月 アルカリ骨材反応が生じたPC橋の調査、診断と対応事例

土木技術資料「橋台基礎の洗掘への対応事例」

現場に学ぶメンテナンス

橋台基礎の洗掘への対応事例

1. はじめに

一般国道6号稲村橋A2橋台の背面において、平成20年6月12日の早朝に路面陥没が発生しました。その後、路面陥没の原因調査を行ったところ、A2橋台フーチング下面に洗掘による空洞が確認されたことから、緊急対策を実施したものであります。本文では、洗掘発生後の対応及び留意点について紹介します。

〔橋梁諸元〕

所在地：茨城県高萩市高浜町地先

橋梁形式：3径間RCゲルバーT桁（写真-1）

下部構造：逆T式橋台（松杭）、壁式橋脚（ケーソン）

架設年次：昭和25年

支間長：14.0m＋11.1m×2

幅員：車道9.0m

橋長：36.6m



写真-1 稲村橋全景

2. 洗掘調査

2.1 洗掘調査までの経緯

路面陥没の発生後、片側交互通行規制を行い、陥没原因の調査及び応急復旧作業を行いました。背面土の流失原因を特定するため空洞箇所下側を掘削、吸出し箇所は特定できなかったものの、深い位置まで空洞が生じていたことから洗掘による土砂の流失が疑われました。当日は、埋戻して路面仮復旧を行うとともに、パトロールによる継続監視を行い、橋台下側の洗掘状況調査を行うこととしました。

2.2 洗掘の状況

水中からの洗掘状況調査を行ったところ、橋台下面に深さで最大 1.3m、奥行きで最大 3.5m もの洗掘が生じ、杭頭が大きく露出している状況が確認されました（図-1、写真-2）。橋台背面土の流失はこの洗掘が原因で生じたこと、陥没前に急激な河川増水等が生じていないことから、今回の陥没は急激な砂の流失が原因ではなく、徐々に流失していったことが推定されました。なお、同橋では過去にも側道橋のA2橋台側背面の

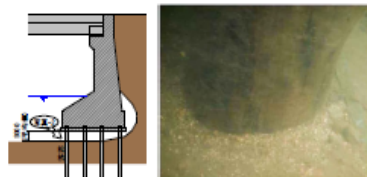


図-1 洗掘状況 写真-2 洗掘状況（松杭露出）

路面陥没が発生した経緯があります。本事例のように繰り返して背面土の流失が生じる場合には、河川による洗掘の影響も疑うべきと考えられます。他の橋台、橋脚についても状況を確認しましたが、A2橋台にのみ洗掘が生じていました。原因としては、A2橋台が河川堤防法線より突出していること、滞りがA2橋台側となっていること、及び橋台フーチングの根入れが浅いことが挙げられます。滞りにあたる位置の橋台など同条件の橋梁においては、背面土の沈下・流失やフーチング下面も含めた洗掘について、特に注意して点検等を行う必要があると思われます。

洗掘の状況から、鉛直荷重については支持を期待できるものの水平荷重に対しては問題を有する状態であると見られること、また、更なる洗掘による支持地盤の喪失を防ぐ必要があることから、急ぎ河川管理者との協議を行い、洗掘対策の検討を行いました。

3. 対策工

3.1 応急対策

本復旧が河川管理者協議及び材料手配上の理由から濁水期（11月）施工となったため、当面の洗掘の進行を防ぐ目的で、7月18日A2橋台前面及びP1橋脚に袋詰め玉石を設置しました。

3.2 洗掘対策工

河川堤防法線と滞りの状況から、洗掘が橋台よりも上流側の擁壁部から生じていることも考えられたことから、橋台から出来る限り上流側の擁壁部分から洗掘対策を計画しました。対策工として、橋台周辺部では空洞化しているフーチング下面と護岸の前面を鋼矢板で締切り、フーチング下

面と河床の間を充填しました。鋼矢板の外側及び橋台上流側については、応急対策でも用いた袋詰め玉石を設置し、今後の洗掘を防ぐこととしました（図-2）。

鋼矢板は松杭の支持層を乱さないよう十分な離隔（2.5m）を確保した上で、土質条件や施工条件（桁下施工）を勘案しバイプロ工法を用いることとしました。同橋は海岸から近く干満の影響があるため、耐久性等を考慮し現場塗装鋼矢板（水中硬化型エポキシ樹脂工法）を選定しました。

鋼矢板内橋台下面の充填材については、①狭小部への充填が可能なこと、②既設構造物と一体とならないこと、③水中施工が可能なおの3点を考慮し、流動化処理土（一軸圧縮強度560KN/m²）を選定しました（写真-3）。②に関しては、既設構造物と一体となることによって、当初想定しない部位への応力集中等が生じないよう配慮しました。また、橋台下面空洞部へ流動化処理土を充填し、流動化処理土が固化した後も、橋台下面に若干の空隙が残ることが想定されたため、更にセメント、水及び起泡剤から成る発泡ミルクを充填しました。

充填材の施工状況を確認した後、充填材の流失を防ぐため上面に計画河床高に合わせて保護コンクリートを打設しました。鋼矢板も計画河床高で切断し、防食処理を行いました。最後に、鋼矢板前面及び上流側に袋詰め玉石を設置しました（図-2）。

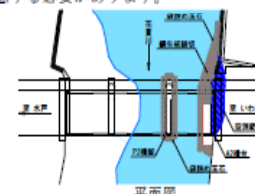
橋台背面の空洞について、流動化処理土は自然流下での打設のため、仕上り天端（フーチング下面）より上方には充填されません。そのため、橋台背面側を車道より削削し、橋台及び擁壁背面の空洞部に処理材（セメント・ペントナイト・水＋珪酸ソーダ）を充填する対策としました（図-3）。

3.3 事例からの教訓

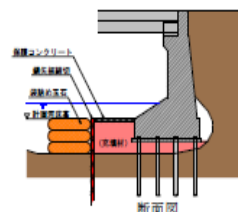
今回のように洗掘対策について検討する際には、既設基礎の支持地盤をみださないような構造・施工とすること、洗掘の範囲や流入路などを

現場に学ぶメンテナンス

できるだけ正確に推定して必要かつ確実に機能回復が図れるような対策範囲を設定すること（上流側からの対策、過去からの河川状況の変化の考慮など）、及び橋の供用期間や環境条件（干満域など）を考慮して適切な材料を選定することなどに留意する必要があります。



平面図



断面図

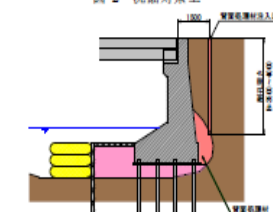


図-3 橋台背面空洞処理工

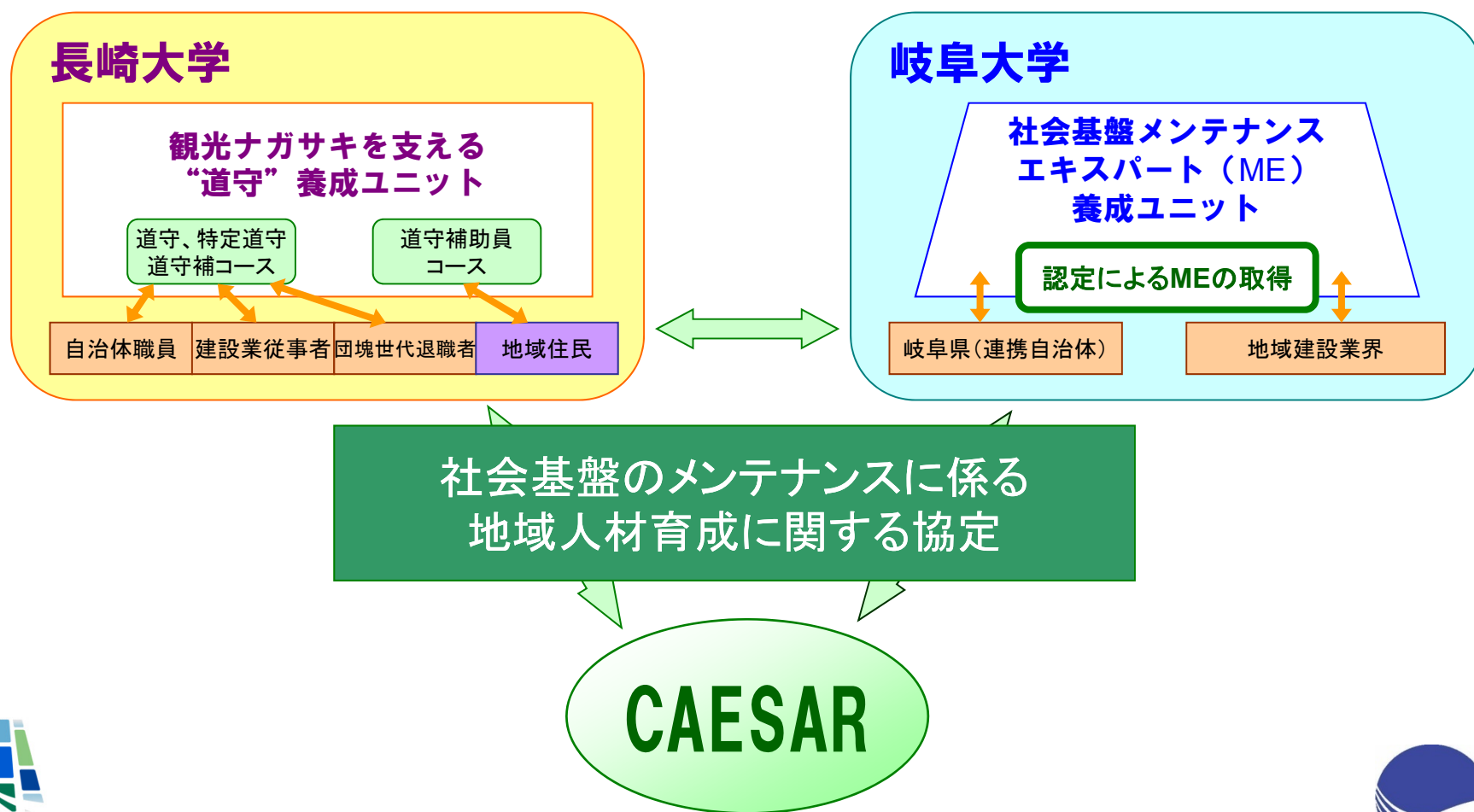
4. おわりに

ここでは、基礎の洗掘が発生した後の対応事例を報告しましたが、本来は計画時や設計時に於いて、河川の滞りを見極めるなど洗掘発生要因となりうる現場条件の有無を把握し、計画や設計に反映させることが重要であると思われます。

国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部 道路構造物質管理研究室長 王越隆史
国土交通省関東地方整備局常陸川河川国道事務所 所長 深谷良治
国土交通省関東地方整備局常陸川河川国道事務所 管理係長 梁田尚美
国土交通省関東地方整備局常陸川河川国道事務所 技術係長 林 英樹
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 上席研究員 中谷昌一

地方における技術者の育成

岐阜大・長崎大との連携による地方の技術者育成



地方における技術者の育成

国立高等専門学校機構との連携・協力の推進に関する協定を締結

平成23年12月7日、土木研究所は、国立高等専門学校機構と連携・協力に関する協定を締結。

協定締結により、両法人の協力可能な全ての分野における人材育成・産学共同教育の相互支援、研究開発などの具体的な連携・協力を効果的に推進することにより、我が国の学術及び産業技術の振興に寄与するとともに、社会基盤の整備と維持管理を通じて地域社会に貢献して参ります。



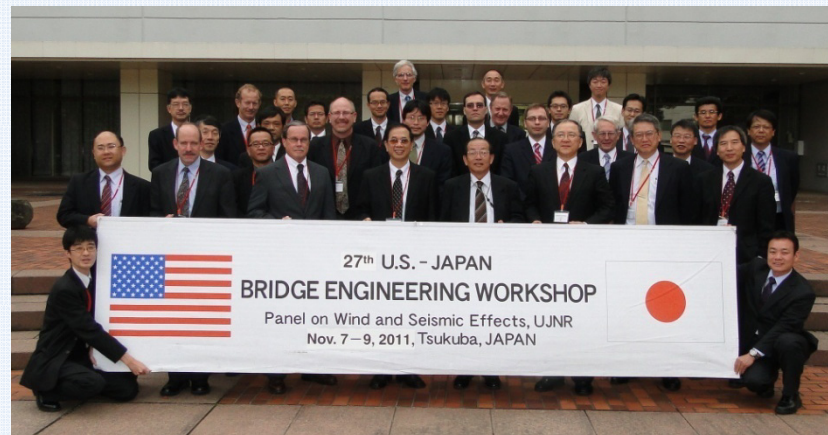
協定書に署名した両理事長（高専機構林理事長（右）、魚本理事長（左））



今年1月19日に舞鶴高専が主体で活動を行っている技術研修会において講義を実施

情報交流

- ・CAESAR講演会
- ・国際貢献
- ・CAESARメンテナンス技術交流会



国際協力活動

＜活動例＞

東北地方太平洋沖地震被災地の日米合同調査(平成23年6月)



・UJNRの作業部会Gの活動として実施。
米国より6名の専門家が参加。

※UJNR
(天然資源の開発利用に関する日米会議
U.S.-Japan Conference on Development and
Utilization of Natural Resources)



＜活動例＞

タイ運輸省地方道路局と技術協力協定を締結(平成23年6月)



・技術や研究に関する情報交換、
研究者の相互派遣、さらに将来に
おける共同研究の実施

※タイ運輸省地方道路局
タイの地方道に関する実務を所掌し、道路の建設
や維持管理に関する研究開発、技術基準の策定、
定期点検の実施、他機関への技術指導などを
行っている機関



CAESAR ～情報交流の場としての機能～

CAESARメンテナンス技術交流会

全体交流会

ニーズとシーズの出会いの場

参加者	提供情報例
道路管理者	損傷事例、技術的課題
民間・研究機関	開発技術（非破壊検査、耐荷力評価、補修・補強工法等）
CAESAR	橋梁の現状 研究情報（载荷試験予定等）

道路管理者

- ・技術ニーズ
- ・実構造物、撤去部材

民間・研究機関

- ・シーズ技術

実務で活用

技術開発

共同で研究

△△橋撤去部材活用WG

□□橋挙動計測WG

補修工法追跡調査WG

特定テーマWG

個別技術の議論

- ・土研で実施する载荷試験や実橋計測等の調査に合わせ、適宜設置。
- ・各参加者が自主的に調査し、議論。

CAESAR ～情報交流の場としての機能～

CAESARメンテナンス技術交流会

■全体交流会を開催

当日は道路管理者より、管理橋梁の概要、損傷事例、技術ニーズ等について紹介され、参加者間で議論を行いました。



全体交流会の様子



全体交流会終了後、CAESARが保有している撤去部材を用いた載荷試験を見学

技術フィールドの提供

会員が保有する各種技術の適用性検証の機会として、CAESARが実施する撤去部材の載荷試験、供用中の橋梁での計測機会を、技術フィールドとして提供。実施状況を、会員へ公開。

Field-1 塩害撤去PC桁の載荷試験

Field-2 軸方向ひび割れの生じたPC橋の調査

Field-3 津波により甚大な損傷を受けた橋梁の調査

