

橋梁の健全度推移とこれからの 公共投資のあり方について

北海学園大学 工学部
社会環境工学科 杉本博之

11月7日(金)朝、洞爺湖町の「伏見橋」崩落

- 人や車両が転落するような被害はない。
- 伏見橋は1998年(平成10年)12月に完成, 供用年数は16年。
- 洞爺村(当時)が、農産物の輸送路整備を主な目的とした補助事業で整備した。全長49.5m。町内伏見と豊浦町大和を結ぶ。
- 鉄筋コンクリート製の橋台2基と,中央部にある橋脚1基が鋼製の道路部分を支え,沢地をまたいでいた。
- 今回の崩落では、南側にある高さ7メートルの橋台が,沢に向かって滑り落ちるように倒れ,道路部分が大きく落ち込んだ。
- 同橋の基礎工事では,地盤調査を踏まえ,杭の打ち込みは,北側の橋台と中央部の橋脚のみ。崩落側の橋台には杭なし。
- 町は昨年度, 橋梁長寿命化修繕計画を策定。町内にある全83橋を15,16年度の2力年で順次,修繕する予定。
- 崩落した伏見橋は同計画の策定に向け,2年前に目視による点検を実施していたが,目立った問題はなかったという。









K 大橋



橋台の漏水と補修



補修のあい方 景観的配慮





内 容

1. 市町村の財政状態と今後
2. 長寿命化計画の履行状態
3. 技術者の不足
4. PC橋の課題
5. 点検
6. 劣化曲線
7. 最適？
8. 今後の課題

1. 市町村の財政状態と今後

研究背景

＞ 近年，橋梁管理者の財政状況の逼迫，人口減，橋梁の老朽化が問題視され，橋梁管理者は効率的な橋梁維持管理を目的とした10年間の橋梁長寿命化修繕計画を策定している。

本研究

＞ 道内160(178中)市町村の財政状況，人口の推移，橋梁長寿命化修繕計画に着目し，各市町村の橋梁維持管理体制の課題について考察を行う。

健全度は各橋梁の点検部材の最悪値
(5段階評価で5が最良,1が最悪)

- ・健全度
- ・補修の有無
- ・総費用 : 補修費用 + 設計費用 + 点検費用

研究背景

財政状況に関するパラメータ

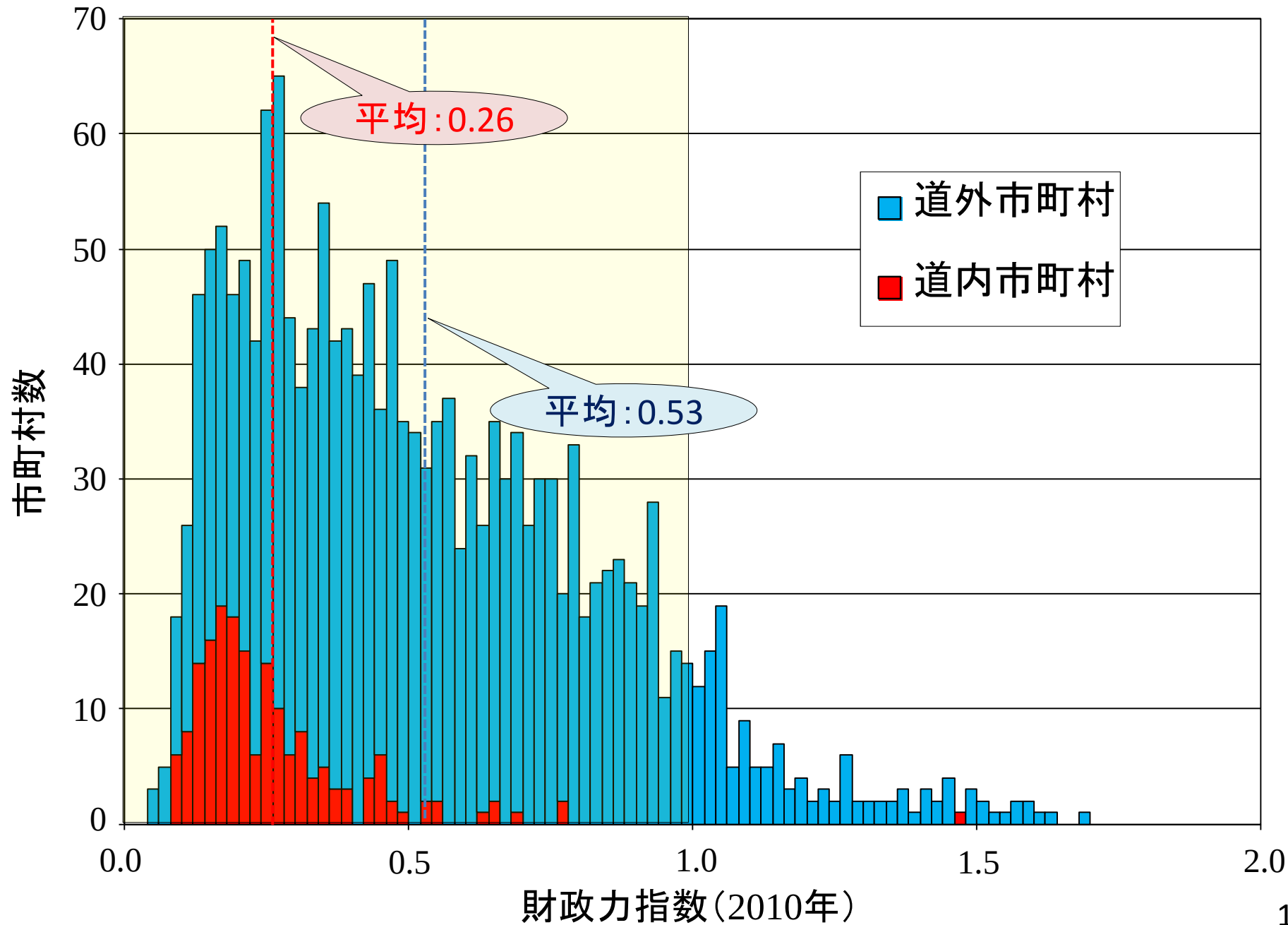
- 財政力指数 : 収入と支出を用いた指標
- 実質公債費比率 : 収入のうち債権の割合
- 経常収支比率 : 支出のうち固定費の割合

$$\text{財政力指数} = \frac{\text{基準財政収入額(収入)}}{\text{基準財政需要額(支出)}}$$

北海道庁の
ホームページ

	市町村数 (イ)	財政力指数 1以上市町村数 (ロ)	(ロ)/(イ)	財政力指数 平均値
道外	1538	140	9.1%	0.53
道内	179	1	0.6%	0.26

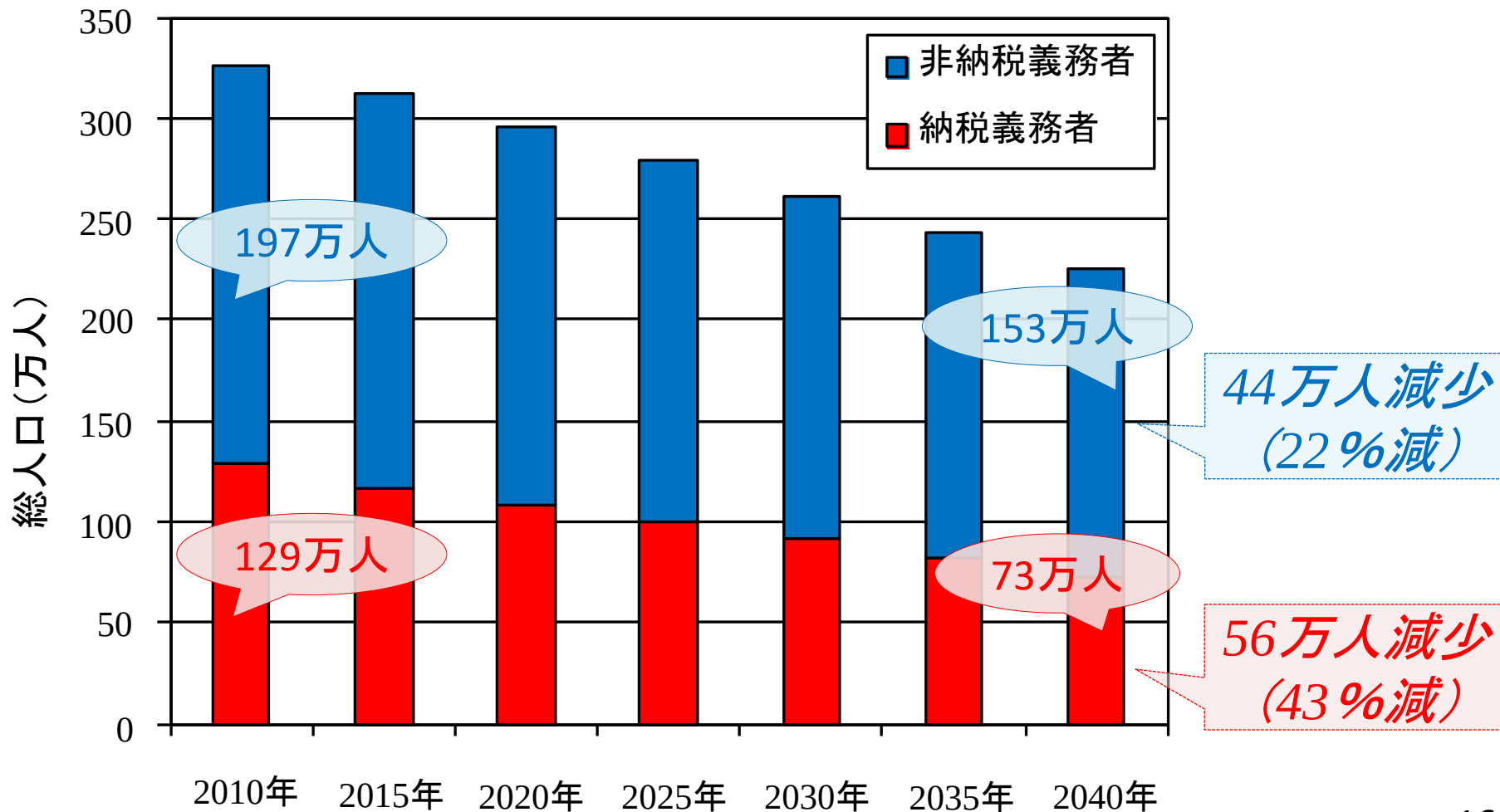
財政力指数の道外・道内市町村の比較



北海道の納税義務者数の2010年から30年間の推移

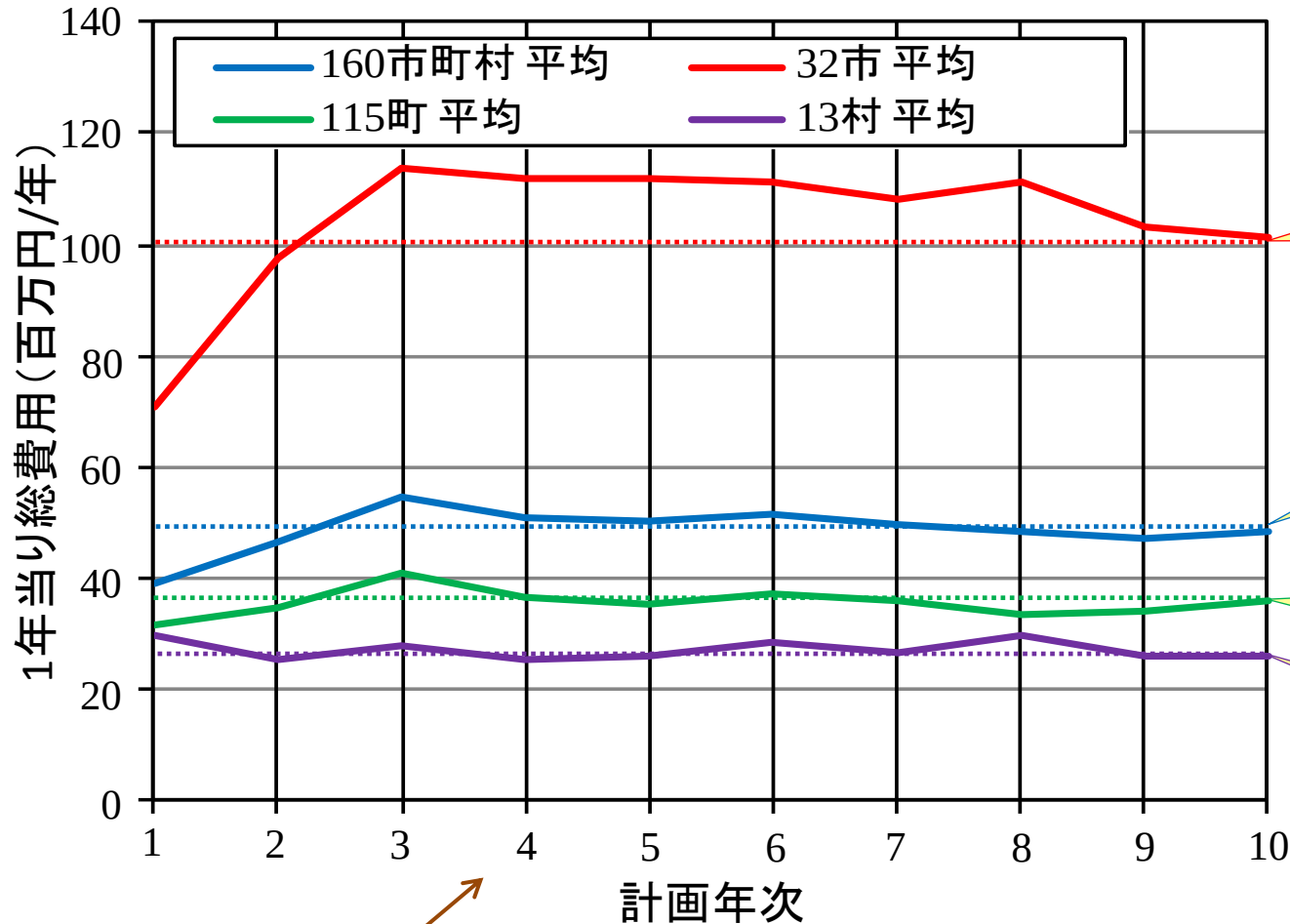
納税義務者※) : 租税法において本来的な納税の債務を負担する者

※出典: 総務省統計局・社会生活統計指標, 2014



長寿命化修繕計画(10年)

市町村別 総費用



市町村別
1年当り総費用

32市 平均:
10,400万円/年

160市町村 平均:
4,900万円/年

115町 平均:
3,600万円/年

13村 平均:
2,700万円/年

総費用の年推移を示す

全体的に平準化された傾向にあり
市の総費用は町村と比較して高い

市町村別1人1年当りの分担費用の30年間の推移(1)

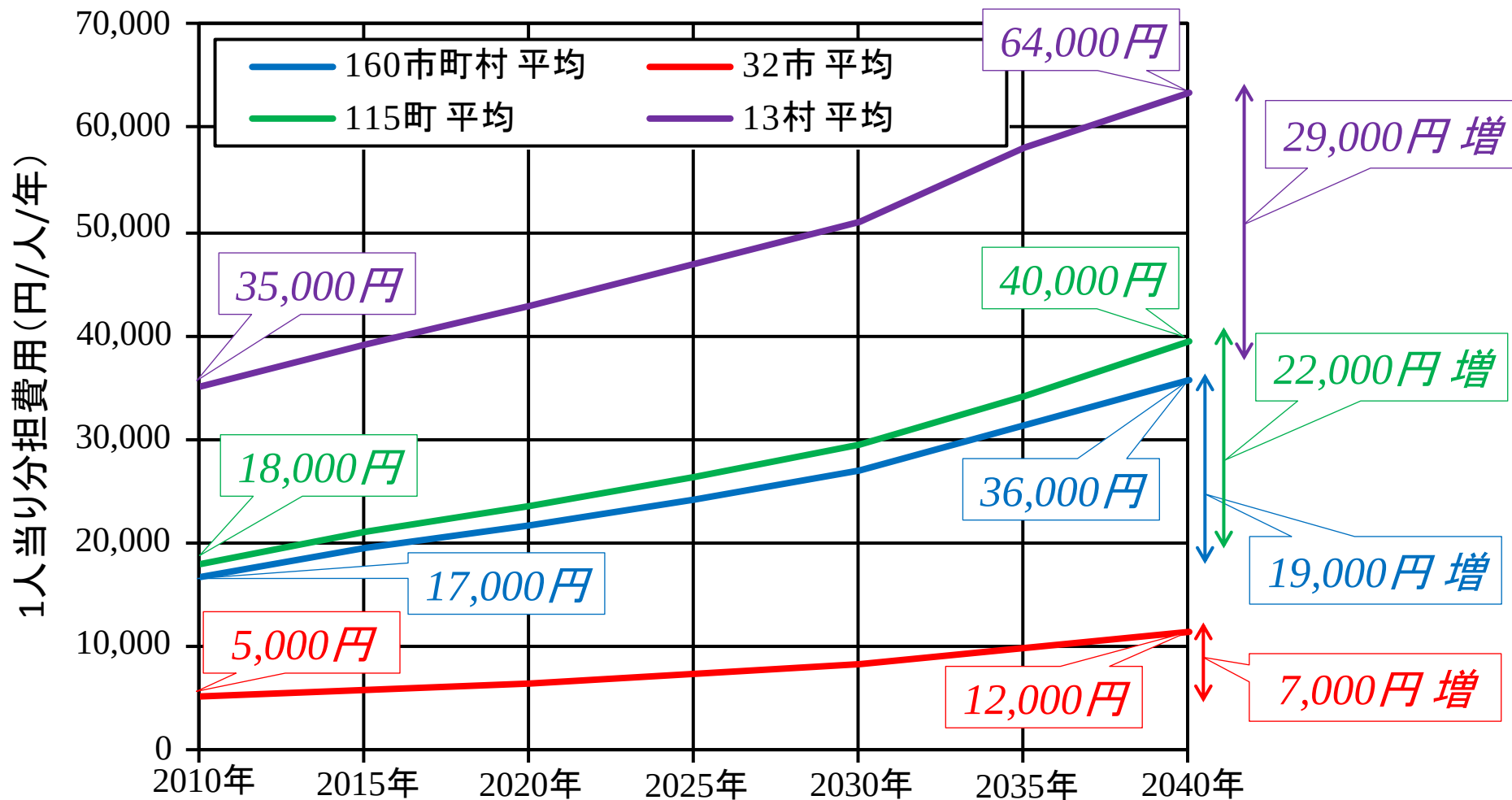
$$\text{各市町村の
分担費用(/人)} = \frac{\text{1年当り総費用}}{\text{納税義務者数}}$$

5年間隔の値, 人口問題研究所

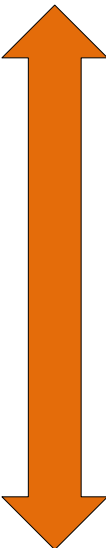
市町村	160 市町村	32 市	115 町	13 村
1年当り総費用 (万円/年)	4,900	10,400	3,600	2,700

これらの平均値が今後30年間固定として
人口減少による負担額を検討

市町村別1人1年当りの分担費用の30年間の推移(2)



橋梁の重要度(維持管理区分)とは



重要度	該当する橋梁条件
高 A	第三者被害を及ぼす可能性のある橋梁 緊急輸送路（歩道橋を除く） 人口集中地区（〃） 橋長100m以上（〃） 主要な市町村道（〃） 交通量1,000台/12h以上（〃） 塩害影響地域（〃）
B	重要度A以外で橋長15m以上
低 C	重要度A以外で橋長15m未満 第三者被害を及ぼす可能性の少ない歩道橋

重要度A及びBの橋梁健全度と補修の有無について

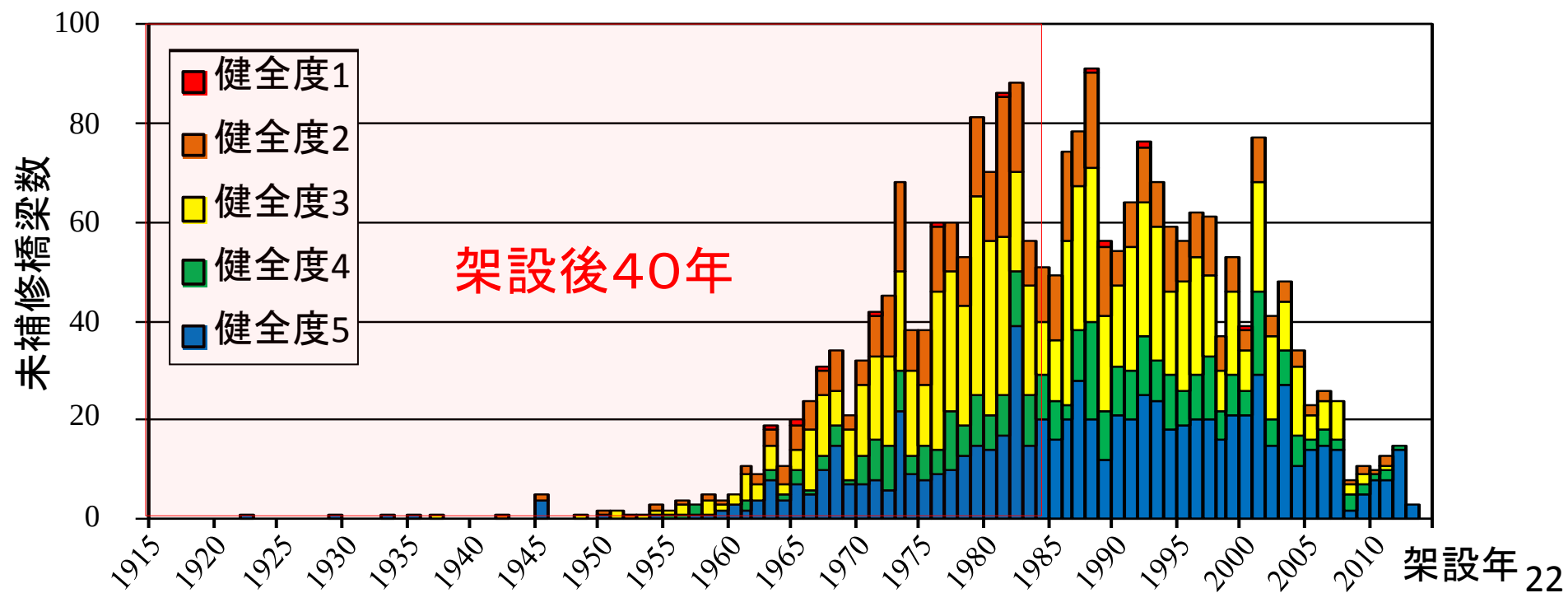
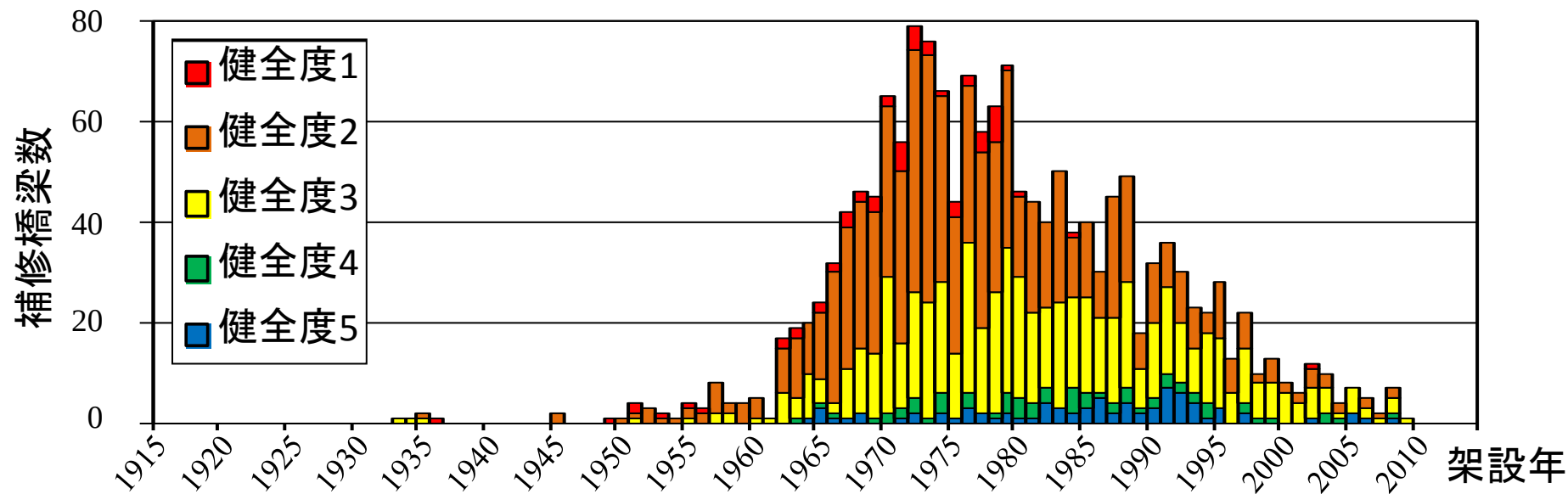
重要度A

橋梁健全度		5	4	3	2	1	総数
補修	橋梁数	81	70	615	807	60	1633
	平均架設年	1985.1	1983.5	1981.2	1976.6	1970.0	1979.0
未補修	橋梁数	779	342	837	440	11	2409
	平均架設年	1988.3	1987.0	1984.5	1983.0	1979.2	1985.9
計 (補修率)		860 (9.4%)	412 (17%)	1452 (42.4%)	1247 (64.7%)	71 (84.5%)	4042 (40.4%)

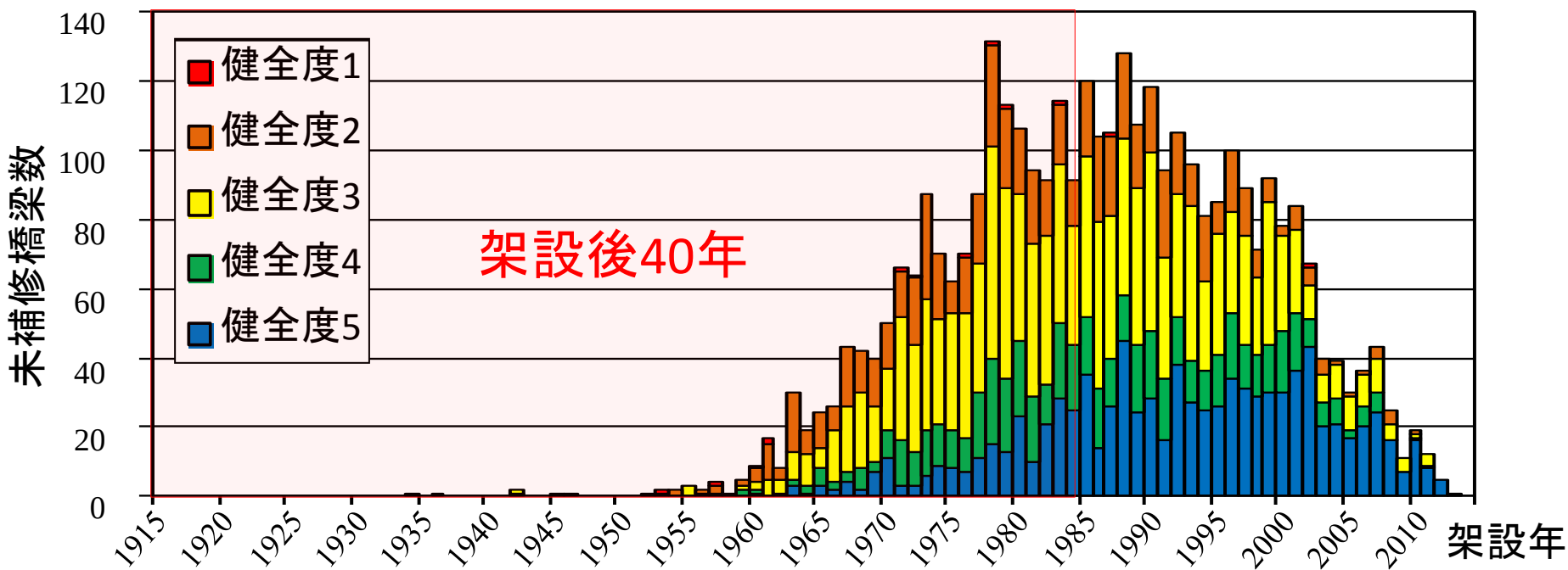
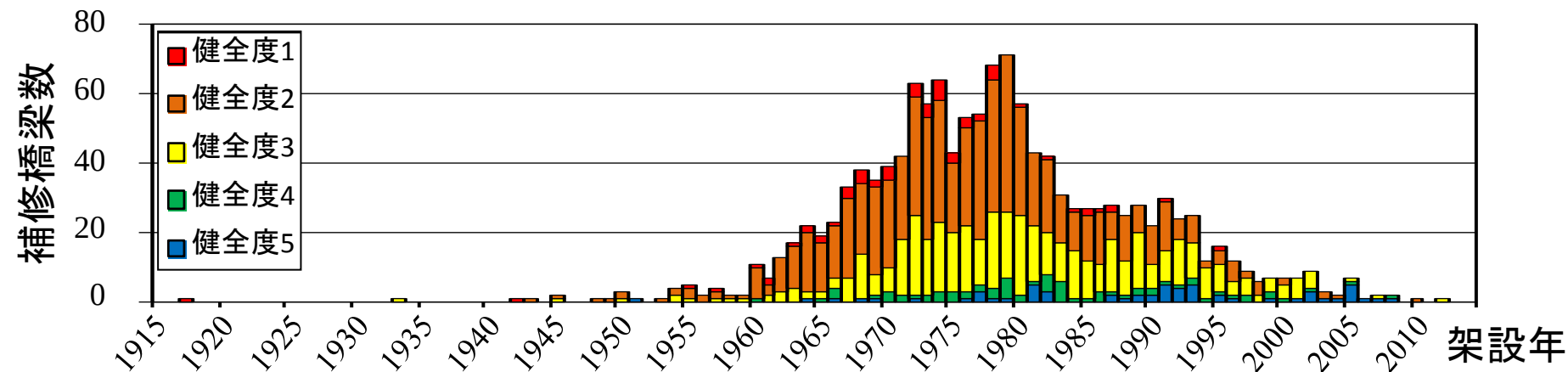
重要度B

橋梁健全度		5	4	3	2	1	総数
補修	橋梁数	59	73	448	703	62	1345
	平均架設年	1989.1	1982.1	1980.4	1976.0	1971.5	1978.2
未補修	橋梁数	911	564	1397	680	15	3567
	平均架設年	1992.1	1986.1	1984.5	1981.5	1968.8	1986.1
計 (補修率)		970 (6.1%)	637 (11.5%)	1845 (24.3%)	1383 (50.8%)	77 (80.5%)	4912 (27.4%)

補修橋梁数と未補修橋梁数【重要度A】



補修橋梁数と未補修橋梁数【重要度B】



まとめ

道内160市町村の財政状況,人口推移,橋梁の状態および補修状況を用いて橋梁維持管理体制の課題について考察した.

道内市町村の財政状況及び橋梁の状態は悪く,以下の事が推測される.

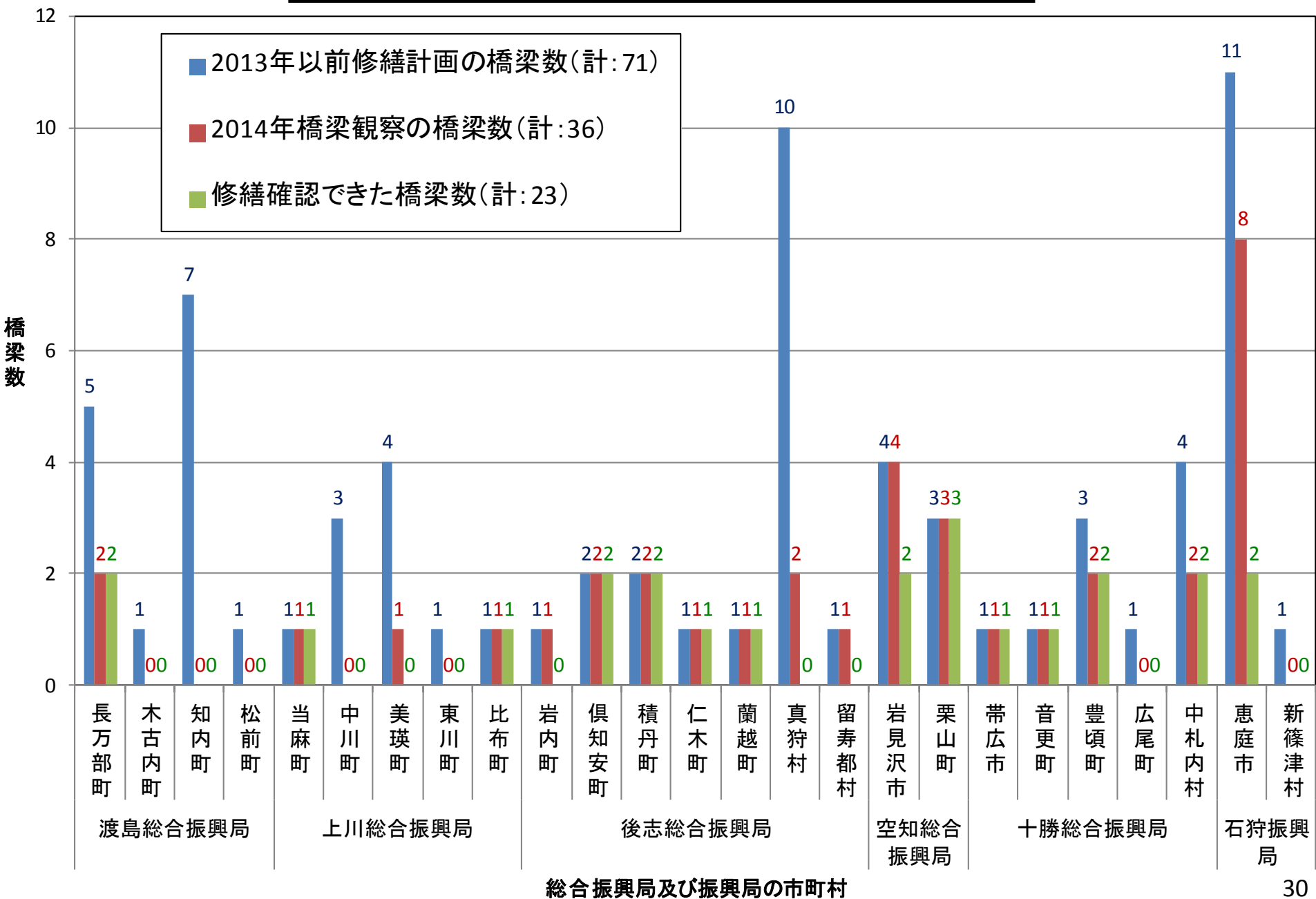
- ・納税義務者の減少による更なる財政悪化,格差の拡大
- ・老朽化した重要度が高い未補修橋梁への対策が必要
- ・上記による現状の維持管理体制の持続可能性への懸念

道内市町村が橋梁維持管理を行なうためには,人口減や財政の問題は深刻な課題である. その対策例として,管理橋梁数の減少および維持管理費用の低廉化の工夫が挙げられる.

2. 長寿命化計画の履行状態

総合振興局 及び振興局	市町村	2013年以前修繕 計画の橋梁数 (計:71)	2014年橋梁観察 の橋梁数(計:36)	修繕確認できた橋 梁数(計:23)
渡島総合振 興局	長万部町	5	2	2
	木古内町	1	0	0
	知内町	7	0	0
	松前町	1	0	0
上川総合振 興局	当麻町	1	1	1
	中川町	3	0	0
	美瑛町	4	1	0
	東川町	1	0	0
	比布町	1	1	1
後志総合振 興局	岩内町	1	1	0
	倶知安町	2	2	2
	積丹町	2	2	2
	仁木町	1	1	1
	蘭越町	1	1	1
	真狩村	10	2	0
	留寿都村	1	1	0
空知総合 振興局	岩見沢市	4	4	2
	栗山町	3	3	3
十勝総合振 興局	帯広市	1	1	1
	音更町	1	1	1
	豊頃町	3	2	2
	広尾町	1	0	0
	中札内村	4	2	2
石狩振興局	恵庭市	11	8	2
	新篠津村	1	0	0

修繕確認できた市町村の橋梁



W 橋 主桁

補修前



撮影:2011年9月13日
(長寿命化計画)

補修後



撮影:2014年11月1日
(卒業研究)

I市:13号橋 橋台

補修前



補修後



撮影:2012年11月10日
(過去卒業研究)

撮影:2014年8月13日
(卒業研究)

○ 町：S幹線橋 A2橋台

補修前



撮影：2012年10月20日
（過去卒業研究）

補修後



撮影：2014年8月25日
（卒業研究）

考 察

◆ 札幌近郊の25市町村の36橋を調査.

→ 23橋で補修の確認ができた.

$$23/36 \div 2/3$$

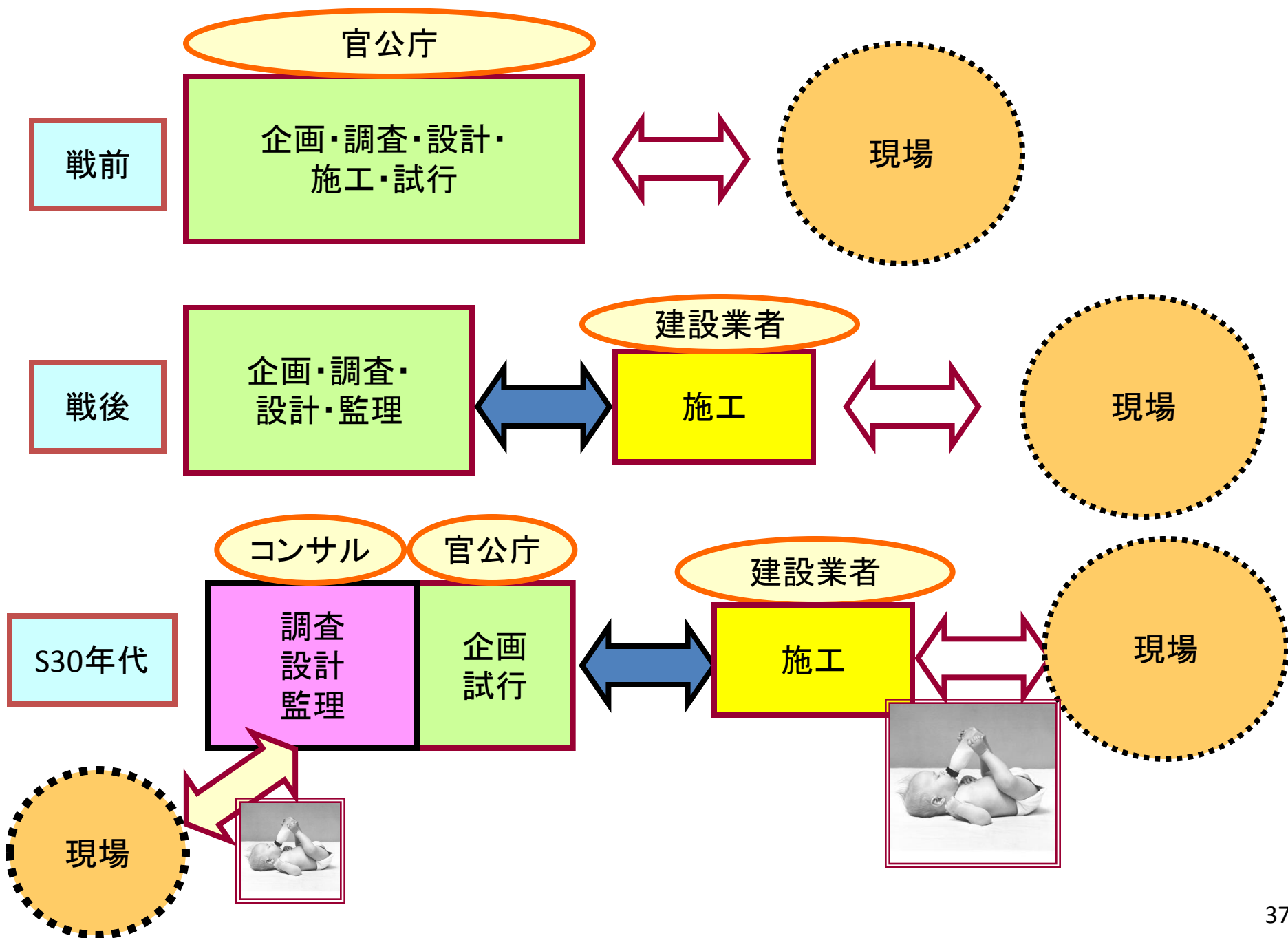
1/3 が計画通り補修されていない!

◆ 理由 :

- ① 点検時のコスト計算の精度が悪く, 補修のための実設計では, かなり高目に出る.
- ② 意見聴取の段階では, 示された予算の確実性を確認しているが, 必ずしも予算は保証されていないようだ.

3. 技術者の不足

- ＞ 北海道内市町村数 = 178+1 (札幌:政令指定都市)
- ＞ 総ての市町村が, 2014年3月31 日までに長寿命化修繕計画を提出.
- ＞ 意見聴取した160市町村においては, コンサルタントの技術者が計画書の作成補助, および説明を担当.
- ＞ コンサルタントと官庁の歴史的関係(次のスライド)を考慮すれば, ありうること ⇔ その意味で, 総合的に考えれば, 技術者不足とは言えない.
- ＞ しかし, 長寿命化修繕計画提出後の補修工事の履行状態を見れば, 監督官庁内の技術者不足は深刻な状態と考えざるを得ない.



4. PC橋の課題

PC橋の長所

PC桁橋は、コンクリート製の桁にPC鋼線を用いたプレストレス(圧縮力)を導入することにより、桁の長大化を可能とする構造物。

特徴：

- ・密実な高強度コンクリートを使用
- ・プレストレスによりひび割れを制御
- ・本来、優れた耐久性を発揮する
- ・塩分によるPC鋼材の腐食、破断

- * 北陸橋梁保全会議 PC橋の維持保全の在り方 2012年12月6日
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
- * PC橋の補修・補強技術 平成26年1月10日
(一般社団法人) P. C建設業協会中国支部

主桁のひび割れ



PC床版橋の縦ひび割れ



主桁の縦ひび割れ





＜2013.10.26 撮影＞

PC床版橋 間詰め部遊離石灰



PC橋と損傷

> プレストレスを与えてコンクリートが引張に弱いのを補う.

> 1952年 長生橋(七尾市)が最初.

> 横締め:

桁を一体化⇒間詰コンクリートの劣化は好ましくない.

> 桁中央部のひび割れ⇒水の浸入, (圧縮力の入れ過ぎ)

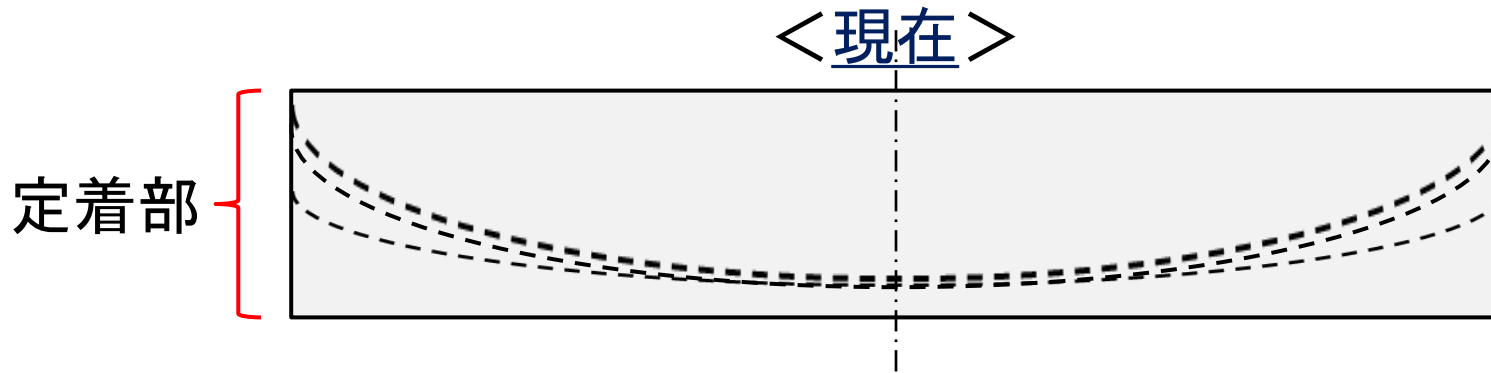
・水の浸入部 : PC鋼材定着部 ⇒

1993年以前は, 桁上面に定着部がある ← **要注意**

> 断面補修で, コンクリートをはつるとプレストレス力が抜ける可能性がある. (合成桁も同じ)

PC鋼材定着部

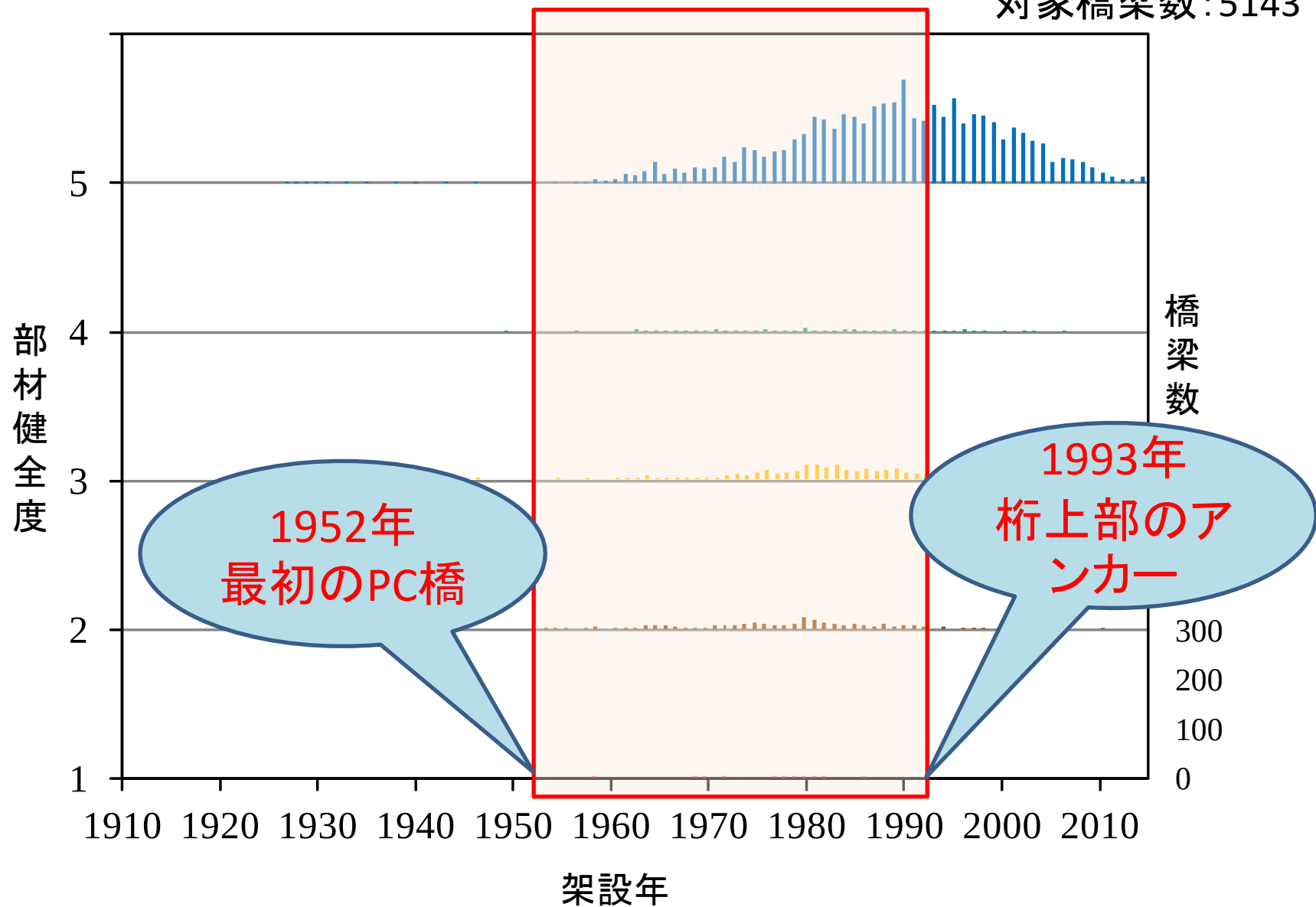
(確認できない)



水の浸入⇒凍結⇒ひび割れ

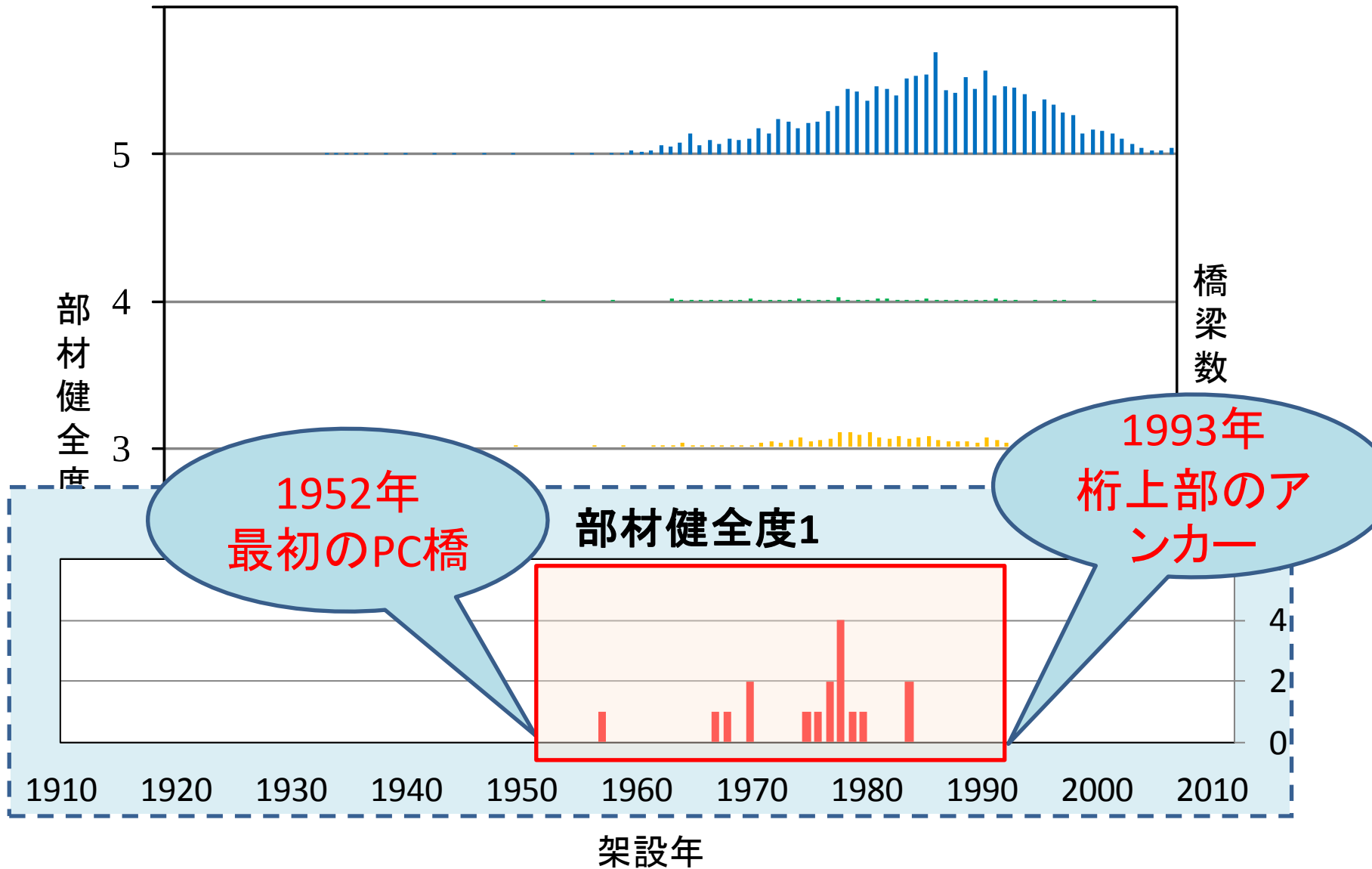
PC橋・主桁

対象橋梁数: 5143



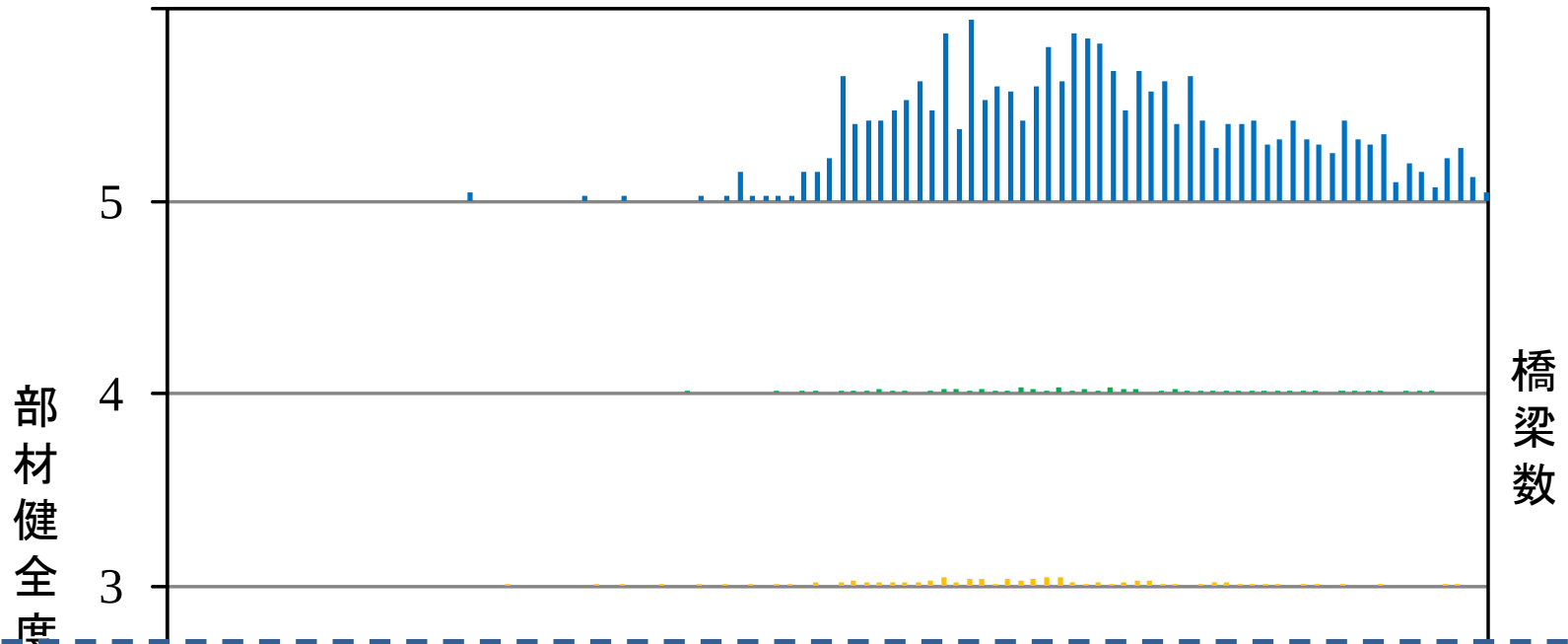
PC橋・主桁

対象橋梁数: 5143

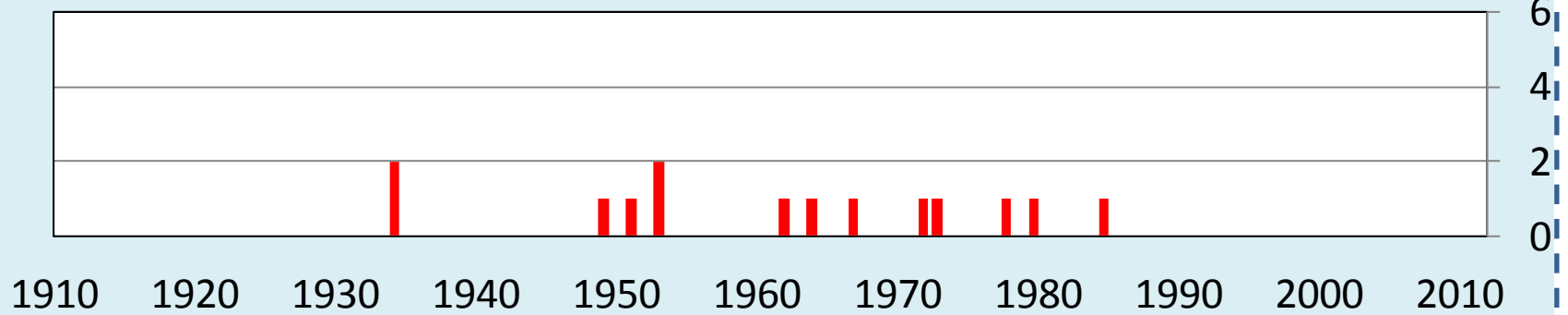


RC橋・主桁

対象橋梁数: 1818



部材健全度1



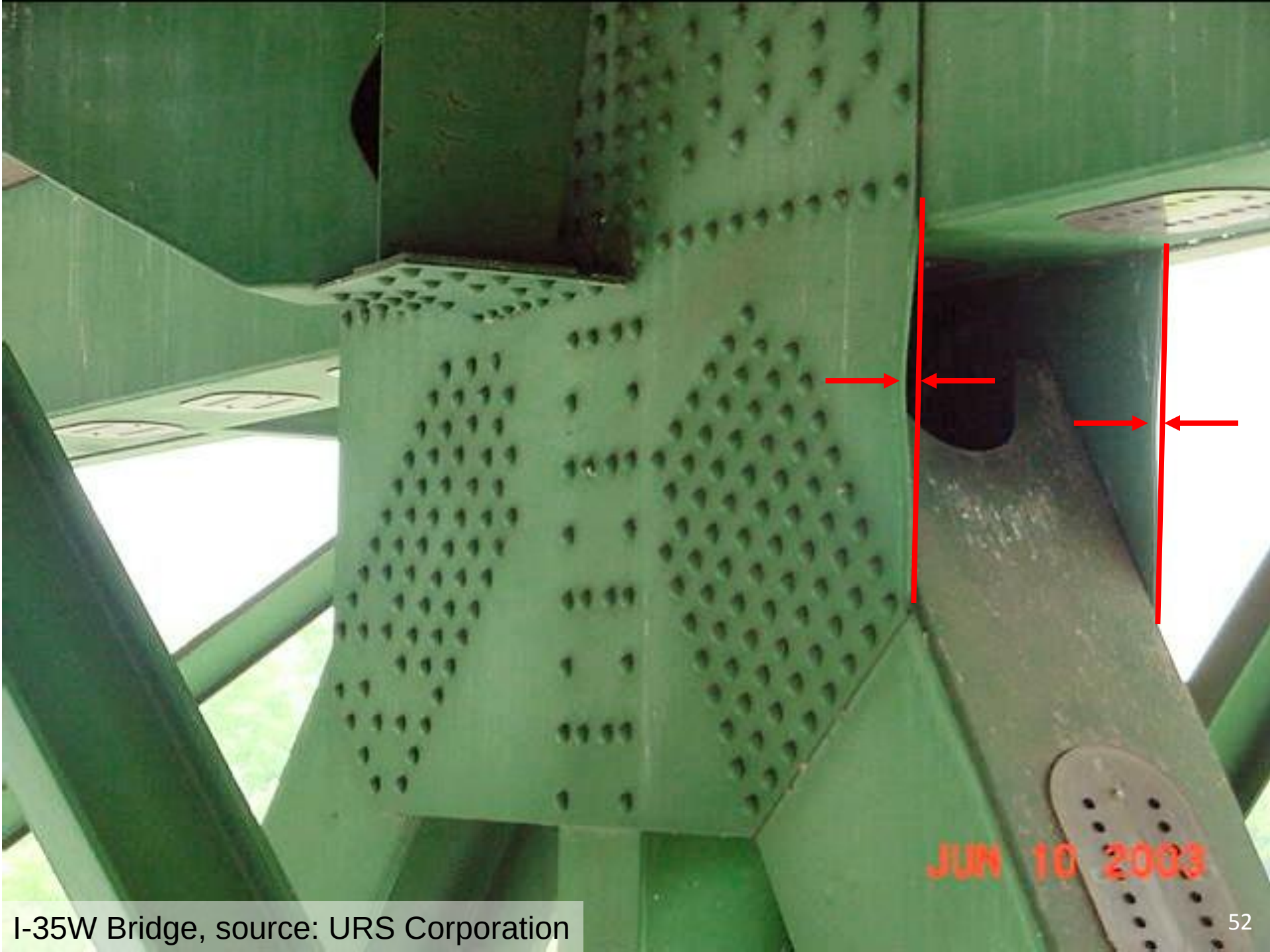
架設年

5. 点 検



2007.8.1





JUN 10 2003

Gusset Plate Distortion

(ガセットプレートの歪み)

- At least one Mn/DOT inspector had observed bowing

(少なくとも一人の点検員は歪みに気がついていた)

- He concluded bowing resulted from original construction

日本でも？

(彼はそれを初期の建設時に原因があると考えていた)

- Because of his training, he believed gusset plates were oversized

(彼の受けた教育から、ガセットプレートは応力的に余裕があるように設計されていると信じていた)

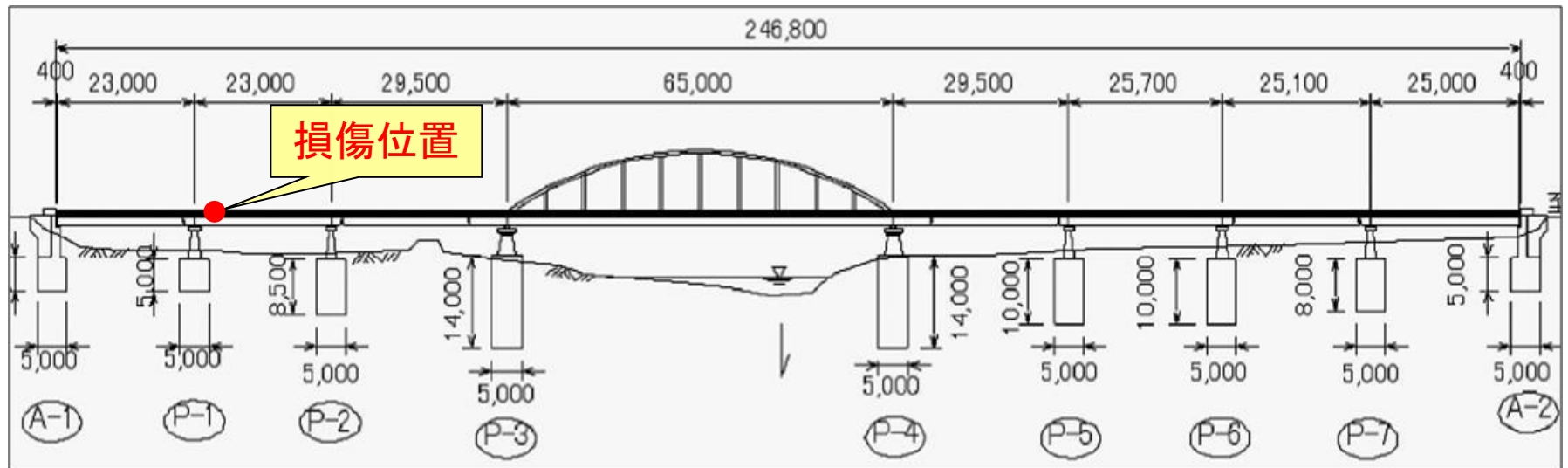
Highway Accident Report
Collapse of I-35W Highway Bridge
Minneapolis, Minnesota
August 1, 2007

The following safety issues were identified in this investigation:

- ・橋梁設計会社における不十分な品質管理手順と、連邦政府と州政府の設計計画と設計計算に対する不十分な検討と認証手順.
- ・橋梁の維持補修工事における、建設時荷重の配置に関する橋梁管理者への指針の欠如.
- ・橋梁の定格荷重指針における、ガセットプレートの検討の排除.
- ・ガセットプレートの歪みの状況に関する点検指針の欠如.
- ・上路トラス橋のガセットプレートの性能を厳密に評価する技術の不適切な適用.

橋梁諸元（沼田大橋）

- ・ 橋梁形式：ゲルバー式単純合成鋼鈹桁および下路式鋼ランガー桁
- ・ 供用年：昭和38年（鋼道路橋設計示方書S31） 上下線一体
- ・ 昭和60年に並列橋を新設し、上下線分離
- ・ 橋長：246.8m
- ・ 有効幅員：6.0m
- ・ 橋格：二等橋(TL-14)
- ・ 床版厚： $t=16\text{cm}$
- ・ 補修履歴：平成17年7月に高欄の塗装、地覆の打替え





全景

経緯

平成18年12月14日11:00に道路管理者が抜け落ちを発見

↓
" " 橋梁一般図、写真など資料をもらい、**社内会議**

↓
" 12月15日に緊急調査 (道路管理者、**当社**、維持管理者)

↓
" 12月16日に緊急補修工事

↓
定期的な道路パトロール

部分的な損傷発生には迅速に対応できるシステム

↓
平成19年 4月24日に部分的な交通規制

↓
(詳細調査、恒久対策設計)

↓
(恒久対策工事予定)

1) 平成18年12月14日発見時



床版の抜け落ち



床版下面の状況



敷き鉄板設置完了（床版下面より）

道路法施行規則（省令） H26.7.1 施行

（道路の維持又は修繕に関する技術的基準等）

第四条の五の二 **令第三十五条の二第二項**の国土交通省令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。

一 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（以下この条において「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、五年に一回の頻度**で行うことを基本とすること。

二 前号の点検を行つたときは、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。

三 第一号の点検及び前号の診断の結果並びにトンネル等について令第三十五条の第一項第三号の措置を講じたときは、その内容を記録し、当該トンネル等が利用されている期間中は、これを保存すること。

道路法施行令(政令) H25.9.2 施行

(道路の維持又は修繕に関する技術的基準等)

第三十五条の二 法第四十二条第二項の政令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、次のとおりとする。

- 一 道路の構造、交通状況又は維持若しくは修繕の状況、道路の存する地域の地形、地質又は気象の状況その他の状況(次号において「道路構造等」という。)を勘案して、適切な時期に、道路の巡視を行い、及び清掃、除草、除雪その他の道路の機能を維持するために必要な措置を講ずること。
 - 二 道路の点検は、トンネル、橋その他の道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物について、道路構造等を勘案して、適切な時期に、目視その他適切な方法により行うこと。
 - 三 前号の点検その他の方法により道路の損傷、腐食その他の劣化その他の異状があることを把握したときは、道路の効率的な維持及び修繕が図られるよう、必要な措置を講ずること。
- 2 前項に規定するもののほか、道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、国土交通省令で定める。

道路法(法令) H25.9.2 施行

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。

2 道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は、政令で定める。

3 前項の技術的基準は、道路の修繕を効率的に行うための点検に関する基準を含むものでなければならない。

道路法(法令)⇒道路法施行令(政令)⇒道路法施行規則(省令)

- 近接目視による5年に1回の点検(基本)
- 必要な知識及び技能を有する者⇒「資格」

遠望目視と近傍目視

近傍目視 ⇒ ヘリコプター, 点検車,
高所作業車

+

橋脚上の点検用施設
橋台下部へのアプローチ環境の整備

仁木町 月見橋 横の鉄道橋

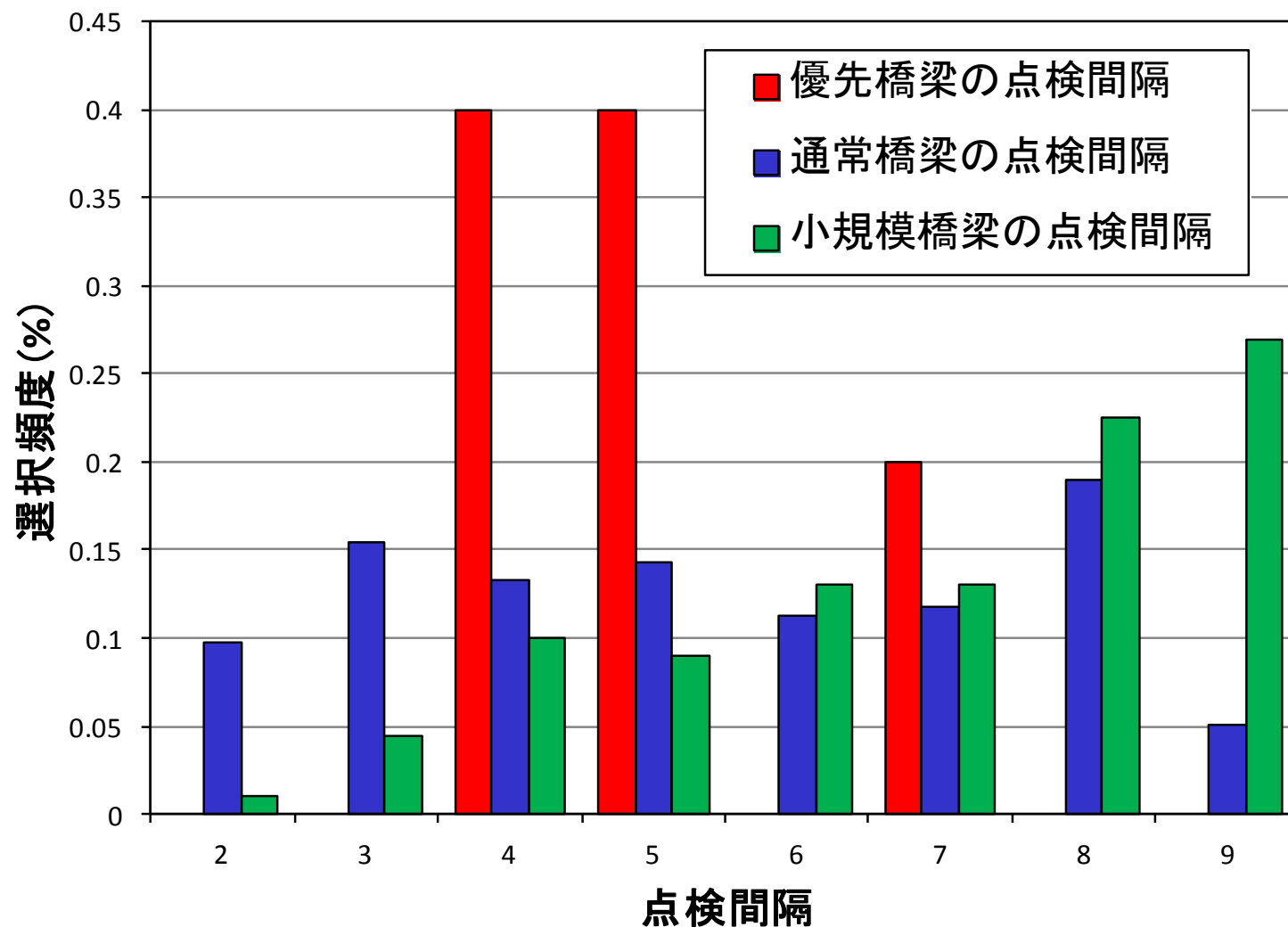


仁木町 月見橋 横の鉄道橋(ズーム)



点検間隔の選択頻度

(最適設計の結果)



6. 劣化曲線

床版と躯体[橋梁部材]の
部分補修後の劣化曲線について

研究背景

橋梁維持管理システム BMS

定期点検

点検データの蓄積

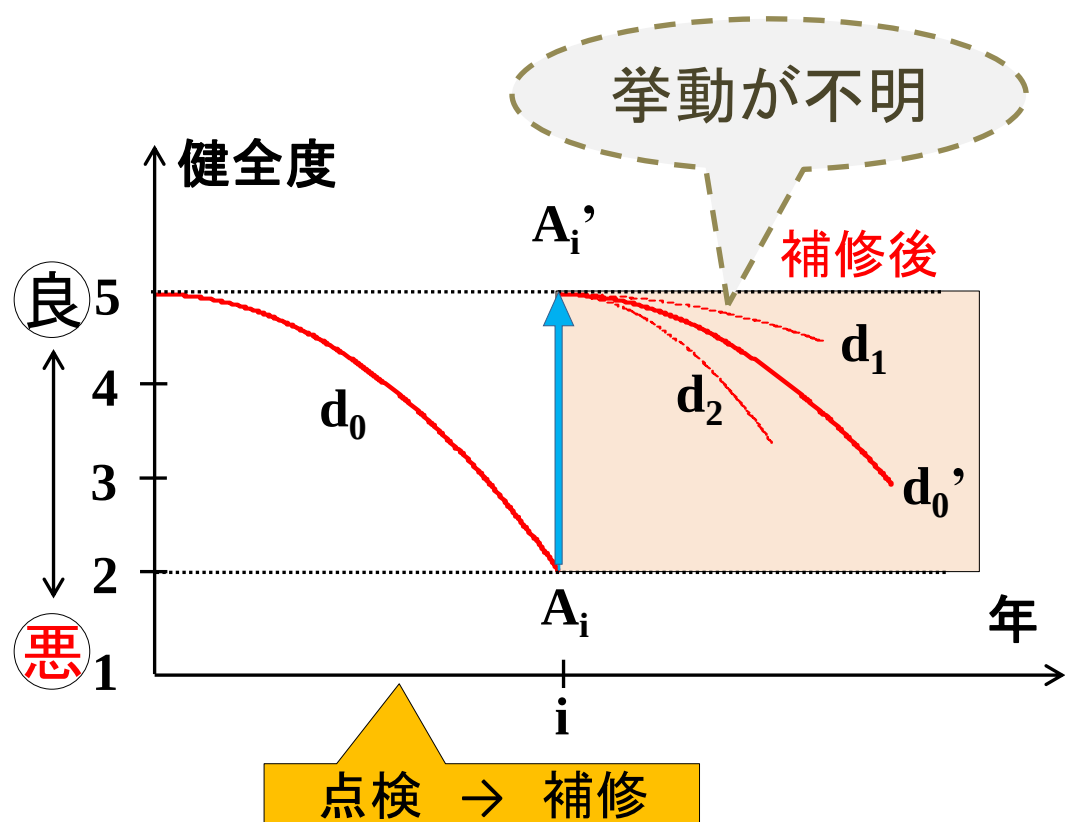
補修履歴の記録

データベースの作成

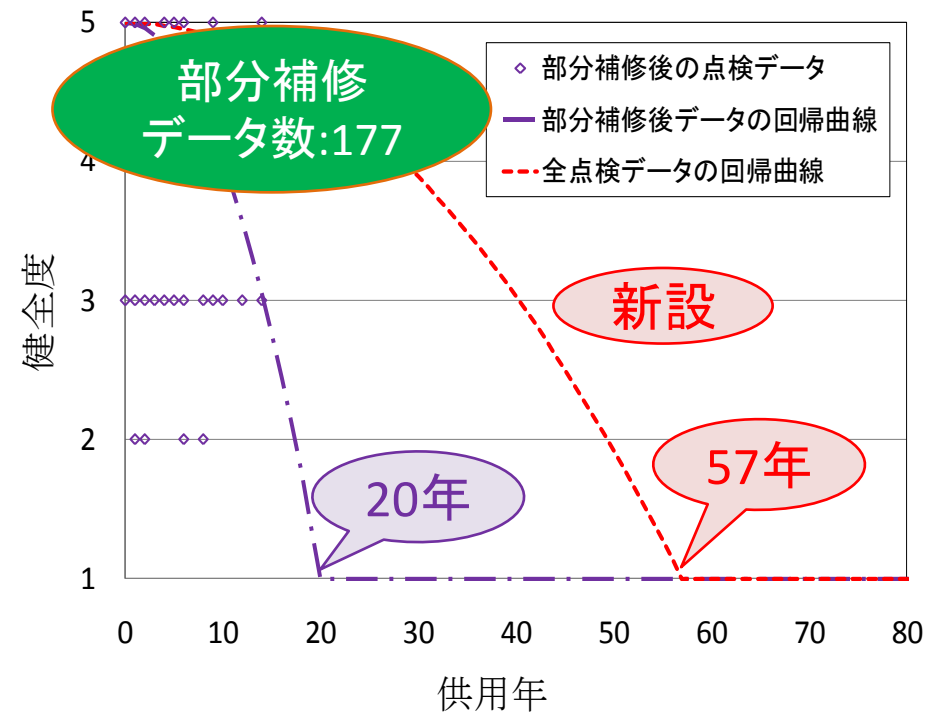
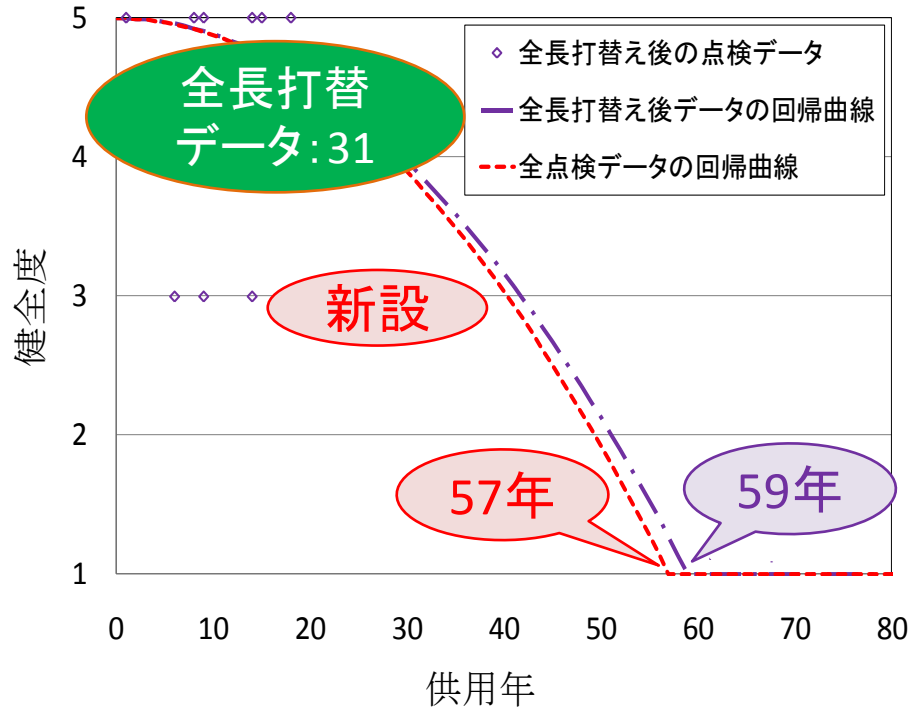
劣化予測

LCCの計算

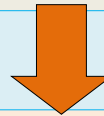
補修前・後の劣化曲線図



全長打替 & 部分補修後の床版の劣化曲線

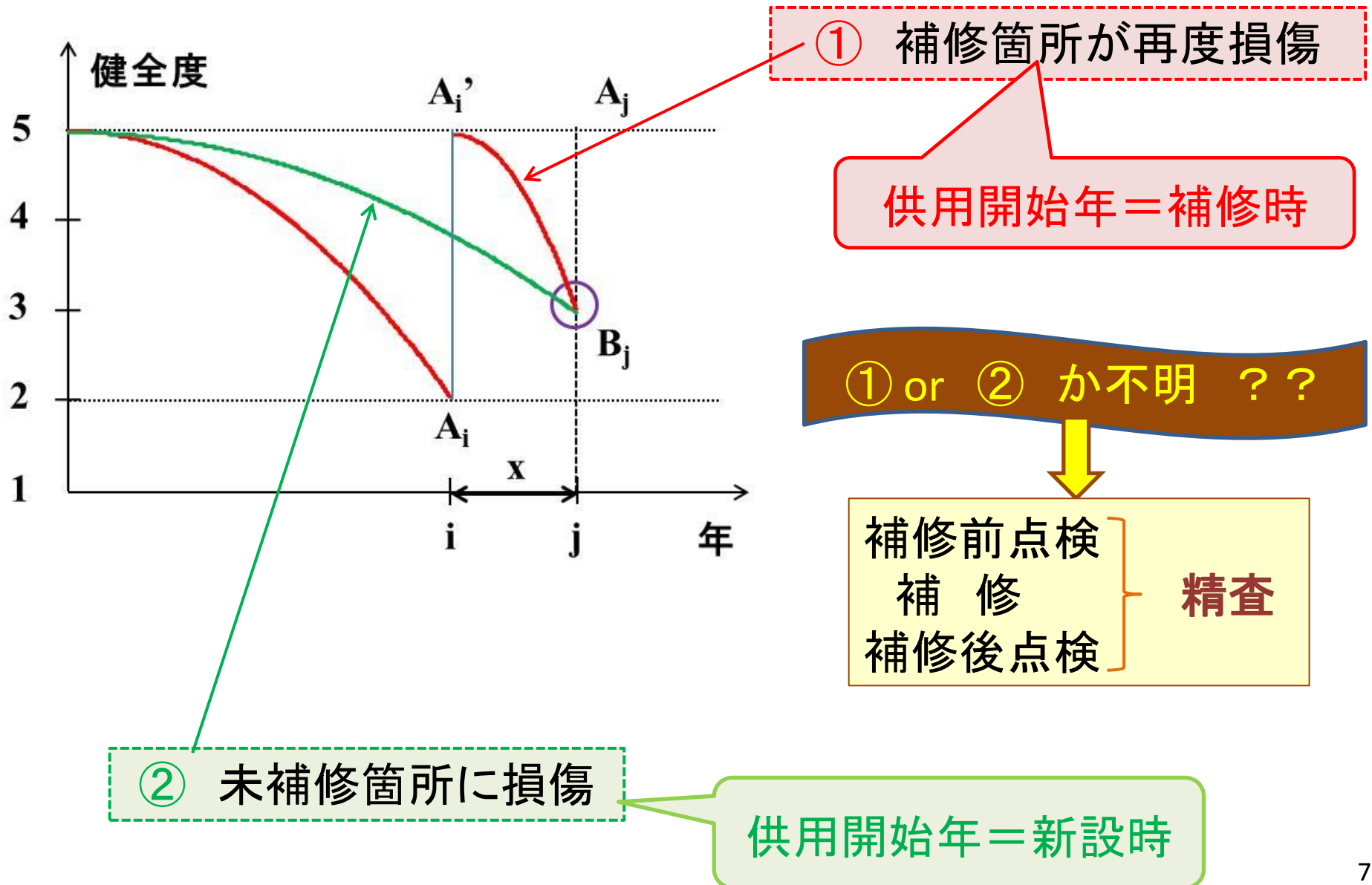


部分補修後の劣化が早い⇒補修工法に課題

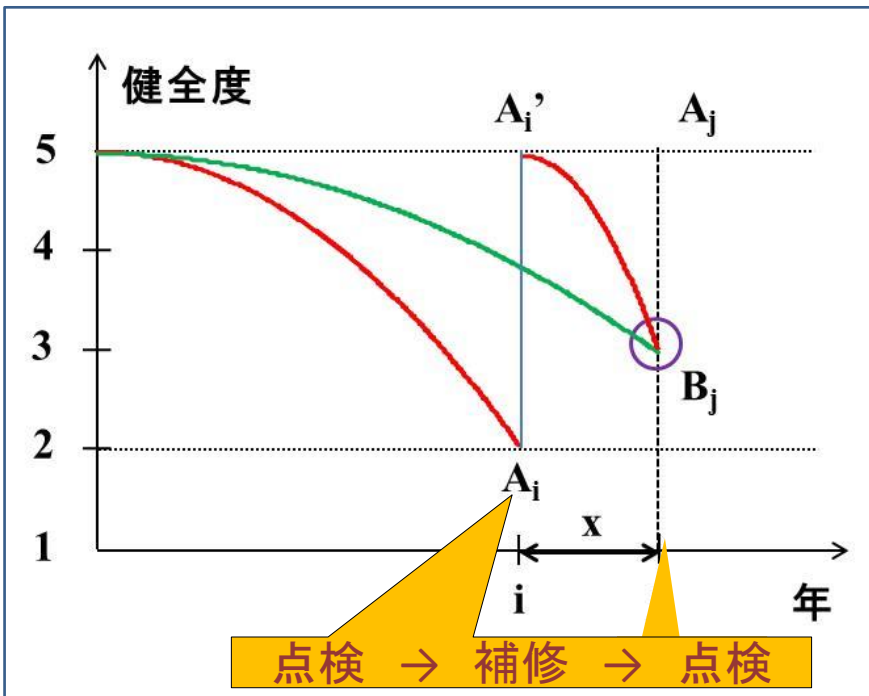


同一部材内に複数の損傷の可能性のある床版, 躯体
⇒ 損傷箇所以外に劣化進行の可能性

補修後，部材健全度が最悪の損傷は同じ補修箇所か？



②の概念

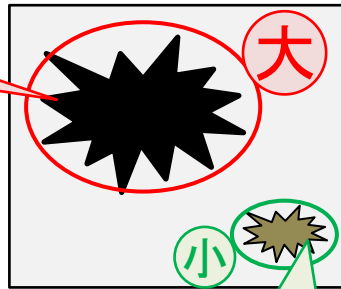


② 未補修箇所損傷の顕在化

供用開始年＝新設時

<補修前点検(健全度:2)>

A: 補修



B: 未補修

補修

<補修後点検健全度:3>

A: 改善

B: 顕在化

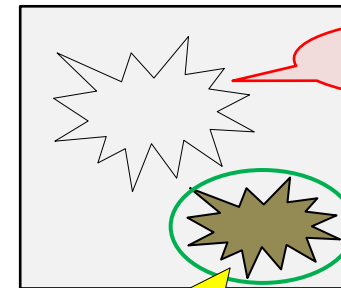


表-1 各部材の部分補修前後のデータの有無

	部分補修が行なわれた部材	補修前後のデータ	
		全数	有
径間数	床版のみ	403 ¹⁾	122
	躯体のみ	309 ²⁾	111
	床版および躯体	242 ³⁾	56
	合計	954	289

- 1) : 部分補修された床版数
 2) : 部分補修された躯体数
 3) : 同時に部分補修された床版・躯体数

289ケース総てにおいて、補修個所に再度損傷はない。
 つまり、総てケース②であった

LCC(ライフサイクルコスト)と劣化曲線とコスト計算

劣化曲線の精度を上げててもコスト
計算が伴わないと ⇒ LCC?



Hの建設部が行っている定期点検の結果と、2010年度に実際の積算で使用した108橋の補修工事資料(図面集, 数量計算書, 積算書)を用いて補修コストモデルの構築を行った.

- > 澁谷, 杉本: 地方公共団体のBMSの現実的問題設定とGAによる最適化に関する研究, 構造工学論文集, Vol.59A, 2013年3月.
- > 谷佑一郎: 平成22年度補修工事实績を参照する損傷要因の細分化による補修工事費の再構築と考察, 北海学園大学工学部社会環境工学科卒業論文.

7. 最適？

アセットマネジメント～インフラの管理と最適化

国土交通省⇒平成14年～

「道路構造物の今後の管理・更新

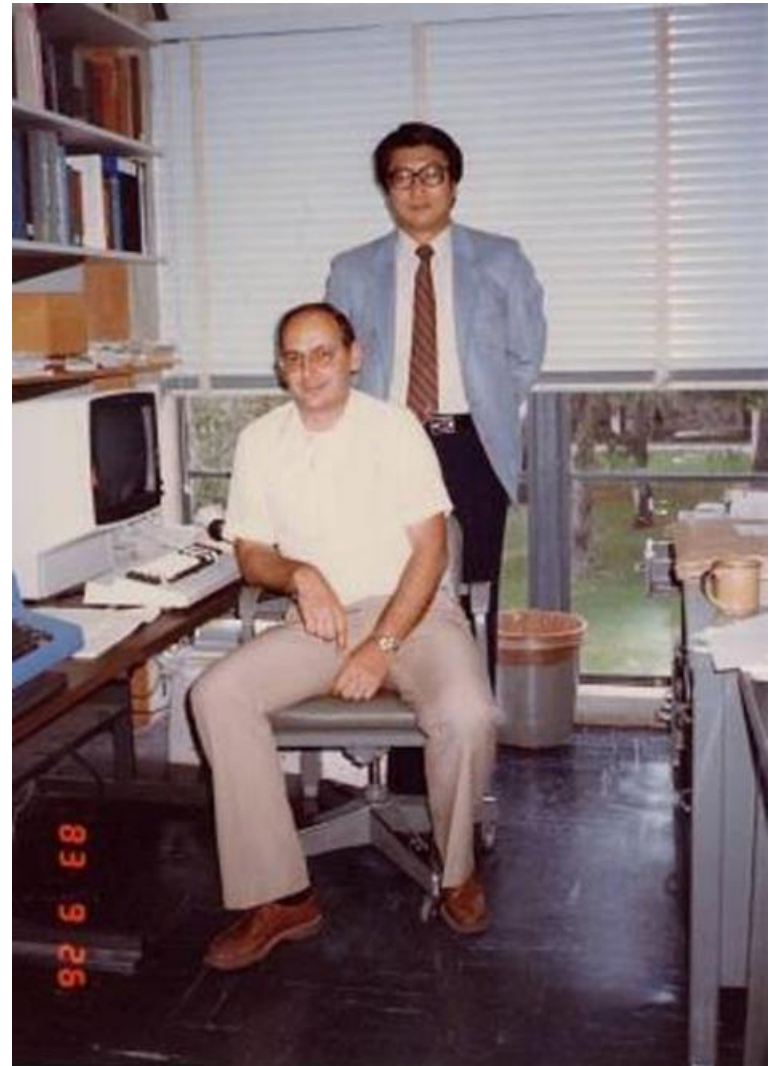
「道路構造物の今後の管理・更新

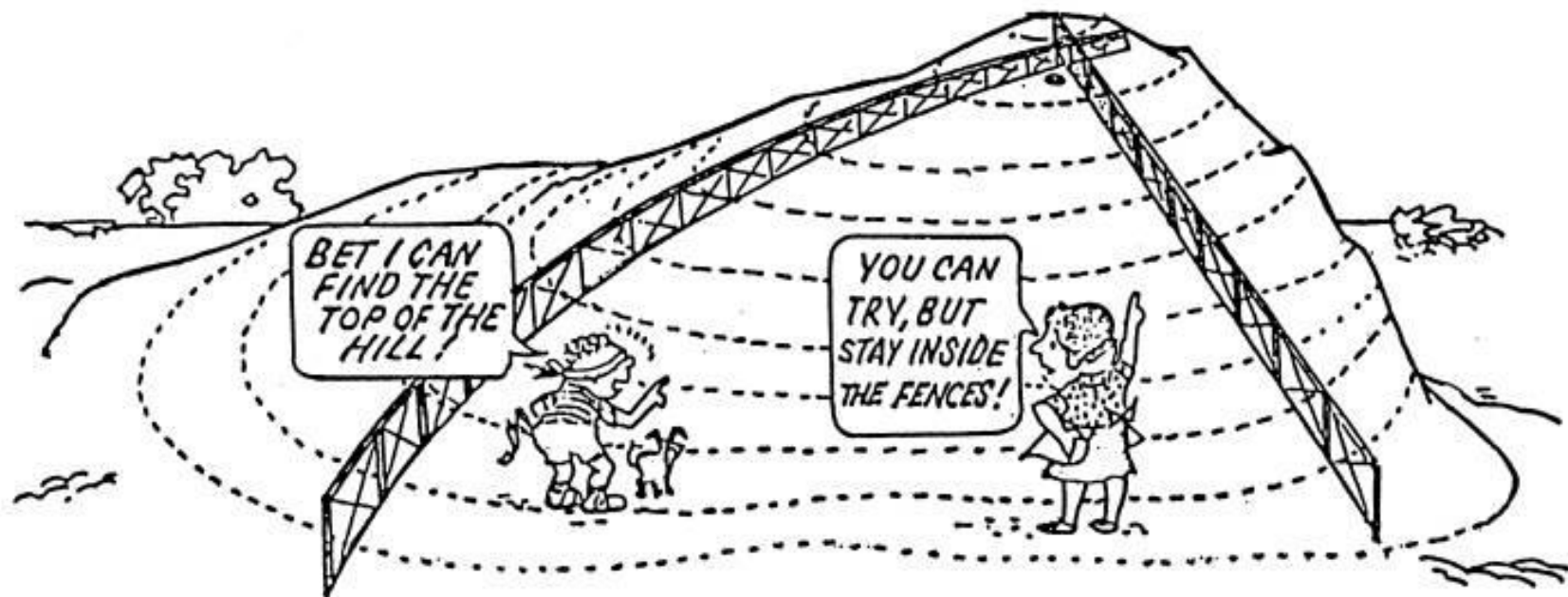
その中で、

- ① 道路を資産としてとらえ、
に把握・評価し、中長期的
制約の下で、いつどのような
最適であるかを決定できる総
の構築が必要である。
- ② 道路構造物の建設費、供用後の維持費と修繕費、更新費や、渋滞損失や環境影響などを費用化した外部費用をライフサイクルコストの対象とし、ある一定期間の評価期間を設定して、それらの合計費用を最小化することを目的とした設計・施工法の確立が重要である。

予算制約
最適
最小化

数理最適設計法 の 概念 と 応用





さて、フェンスがある山登りの問題を数式を用いて表現してみましょう。

女の子のいる場所は、 X_1 、 X_2 の2変数で決まります。 丘の高さを Y 、フェンスに関する関数をそれぞれ F_1 、 F_2 としますと、

$$\begin{array}{ll}
 \text{丘} & : Y = f(X_1, X_2) \\
 \text{フェンス1} & : F_1 = f_1(X_1, X_2) < 0 \quad ; \quad \text{内側} \\
 & > 0 \quad ; \quad \text{外側} \\
 \text{フェンス2} & : F_2 = f_2(X_1, X_2) < 0 \quad ; \quad \text{内側} \\
 & > 0 \quad ; \quad \text{外側}
 \end{array}$$

と表すことができます。 これらの関係式を用いると、「フェンスの中に必ずいて、丘の頂上を見つけなさ

と表すことができます。これらの関係式を用いると、「フェンスの内に必ずいて、丘の頂上を見つけなさい。」という問題は、次のように表現できます。

$$Y = F(X_1, X_2) \Rightarrow \max \quad (1)$$

ただし、

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = g_1(X_1, X_2) \leq 0 \\ F_2 = g_2(X_1, X_2) \leq 0 \end{array} \right\} \quad (2)$$

以上の条件を満足する、

$$X = \left\{ \begin{array}{l} X_1 \\ X_2 \end{array} \right\} \quad (3)$$

を決定しなさい。

目的関数

制約条件

設計変数

問題の定式化

A: 目的関数
B: 制約条件
C: 設計変数

Bの制約条件を満足する設計の中で、**A**を最小(最大)にする**C**の決定

実データに基づく地方公共団体の 橋梁長寿命化計画の最適化に関する研究

実橋梁を対象とした最適化の適用
維持管理計画の社会的合意を得るために高い現実性が必要

＞目的1: 実データに基づく現実的問題設定

(LCCの精度向上⇒コストモデルの構築, 劣化曲線の作成および補正)



多数の実橋梁を対象とすることにより
組み合わせ数が増加し問題の複雑化

＞目的2: GAの計算効率の向上

＞目的3: 実橋梁を対象とした計算とその検証

- ・維持管理区分を考慮した最適化
- ・小規模橋梁による総費用の平準化
- ・社会的割引率の反映とその効果

維持管理区分の設定

一般的に橋梁の重要度などにより維持管理区分を設定する。

＜本研究における維持管理区分＞

優先橋梁

災害時等のネットワーク確保のためや、第三者被害の危険性により、高い管理水準が要求される橋梁群。

通常橋梁

一定以上の規模の橋梁であり、実務では予防保全を原則とした維持管理計画が選択される橋梁群。

小規模橋梁

当面の維持管理計画に含まれず、計画初期の段階では一般的にはBMSが適用されない規模の橋梁群である。しかし、放置されるわけではなく、日常のパトロールにより安全が確保される。

問題の定式化(目的関数)

◎目的関数

ライフサイクル期間内の全橋梁のLCCの合計

$$OBJ = \sum_{i=1}^{NB} \sum_{y=1}^{NY} C_{iy} \rightarrow \min$$

OBJ : 目的関数

NB : 対象橋梁数

(300橋: 鋼橋150橋, コンクリート橋150橋)

NY : ライフサイクル期間(50年)

C_{iy} : 橋梁*i*において*y*年度に発生する総費用

問題の定式化(制約条件)

◎ 制約条件

・年度予算の制約

$$g(y) = \sum_{i=1}^{NB} C_{iy} - B_1 \leq 0 \quad (y = 1 \sim \text{NYE}) \quad \text{初期予算制約}$$

$$g(y) = \sum_{i=1}^{NB} C_{iy} - B_2 \leq 0 \quad (y = \text{NYE} + 1 \sim \text{NY}) \quad \text{後期予算制約}$$

・部材健全度の制約

$$g(\text{NY} + 1) = 2 - R_i^{\min} \leq 0 \quad (i = 1 \sim \text{NB} - \text{NBP}) \quad \text{通常橋梁の健全度制約}$$

$$g(\text{NY} + 1) = 3.5 - R_i^{\min} \leq 0 \quad (i = \text{NB} - \text{NBP} \sim \text{NB}) \quad \text{優先橋梁の健全度制約}$$

B_1 : 初期予算制約 B_2 : 後期予算制約

$R_i^{\min}$: 計画期間内における部材健全度の最悪値

問題の定式化(設計変数)

◎ 設計変数

・補修レベル(部材健全度:2.5, 3.0, 3.5, 4.0):

h_{1j} ($j=1\sim3$) 通常橋梁の設計変数

h_{2j} ($j=1\sim3$) 優先橋梁の設計変数

部材健全度と補修費用との関係から3グループに分けることができる

グループ1: 伸縮装置

部材健全度により補修費に変化のない部材

グループ2: 床版, 躯体, 橋面工, コンクリート主桁

部材健全度が下がるにつれ補修費が増加する部材

グループ3: 支承, 鋼主桁

ある部材健全度で急激に補修費が増加する部材

・各橋梁の点検間隔(年:2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9):

s_i ($i=1\sim NB$)

実橋梁を対象とした問題

対象橋梁: 300橋

(鋼橋150橋, コンクリート橋150橋)

優先橋梁: 10橋 (300橋に含まれる)

計画期間: 50年 初期年数: 10年

初期予算制約: 8億4000万円 (1橋当り: 280万円)

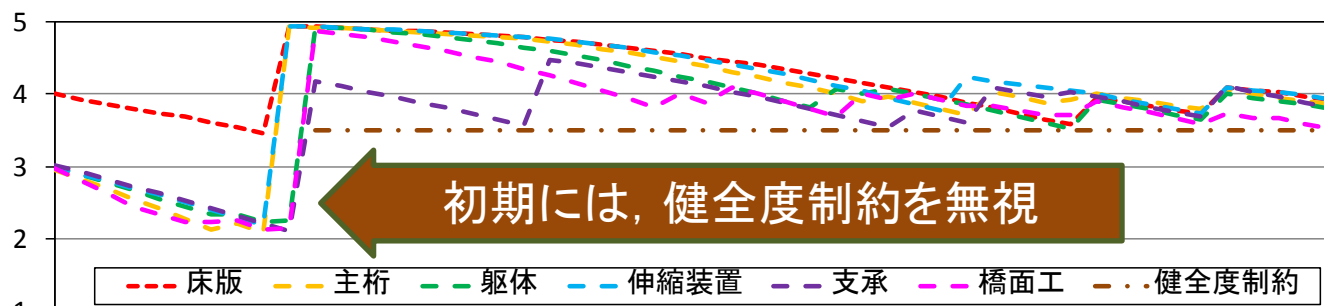
後期予算制約: 3億7600万円 (1橋当り: 125.3万円)

GAのパラメータ

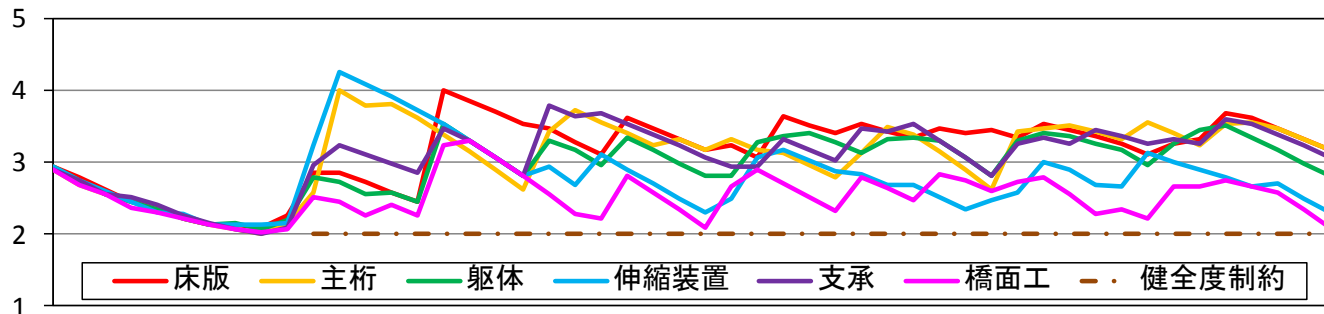
人口サイズ: 1000 交叉確率: 80%

突然変異確率: 5% 交叉時の切断個所数: 20

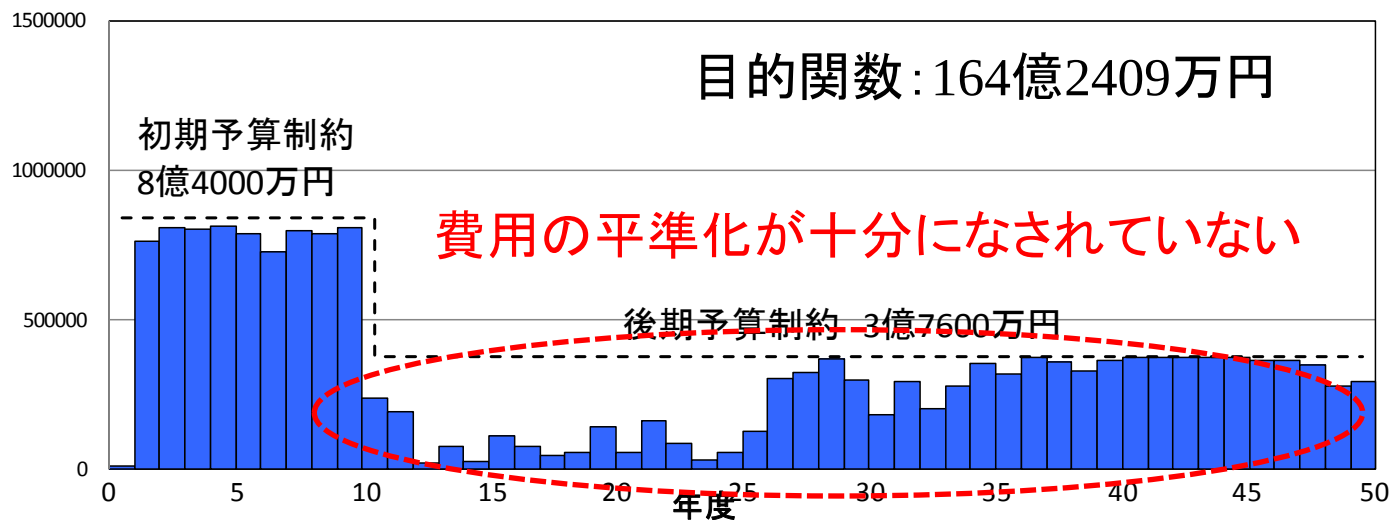
優先橋梁及び通常橋梁の最適化結果



優先橋梁の
部材健全度の
最悪値の推移



通常橋梁の
部材健全度の
最悪値の推移



計画期間内の
年度費用の推移

小規模橋梁の最適化

費用の凹凸を用いて小規模橋梁の最適化を行う

定式化

目的関数

$$OBJ = \sum_{i=1}^{NBS} \sum_{y=1}^{NY} CS_{iy} \rightarrow \min$$

設計変数

補修レベル h_j ($j=1\sim3$)

点検間隔 S_i ($i=1\sim NBS$)

初期点検年 SY_i ($i=1\sim NBS$)

制約条件

予算制約

$$g(y) = \sum_{i=1}^{NB} CS_{iy} - BS_y \leq 0$$

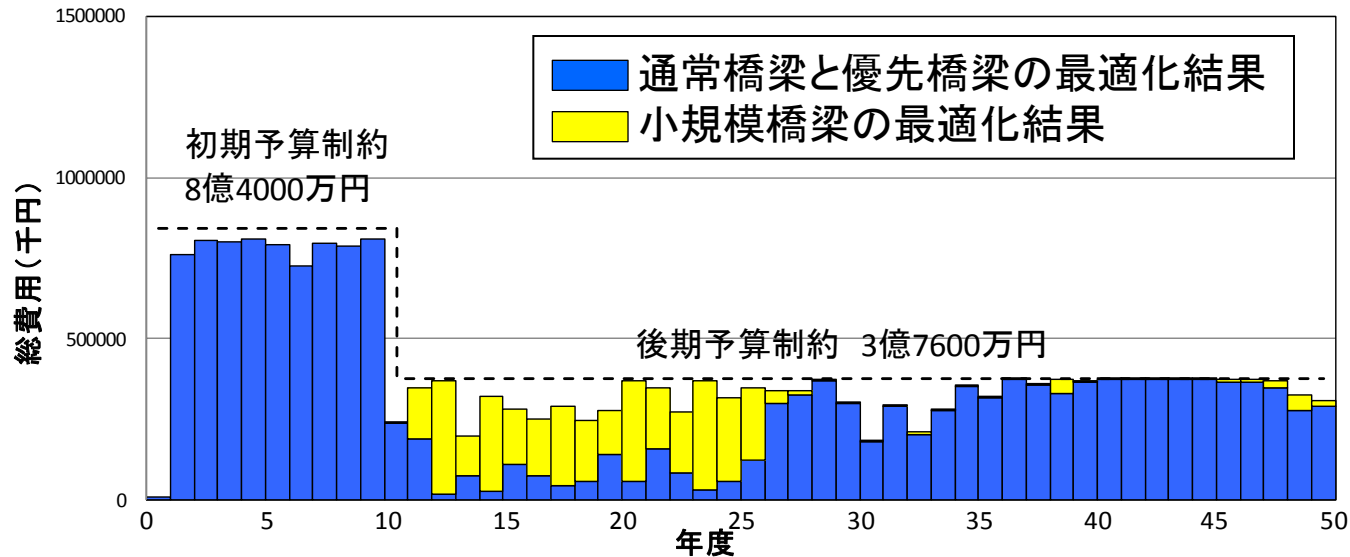
$$BS_y = B_2 - \sum_{i=1}^{NB} C_{iy}$$

健全度制約

$$g(NY+1) = 1.5 - R_i^{\min} \leq 0$$

100橋の小規模橋梁の最適化を追加的に行う

小規模橋梁を含めた最適化結果



小規模橋梁の最適化を追加的に行うことにより総費用の平準化が改善されている

設計変数		通常橋梁	優先橋梁	小規模橋梁
橋梁数		290	10	100
目的関数		164億2409万円		36億1778万円
補修レベル (健全度)	G1	3.5	4.0	2.5
	G2	4.0	4.0	3.0
	G3	4.0	4.0	2.5
点検間隔 (橋梁数)	2年	6	1	0
	3年	11	1	1
	4年	16	3	8
	5年	17	3	9
	6年	39	1	11
	7年	36	0	9
	8年	114	1	30
	9年	51	0	32

総費用: 200億4187万円

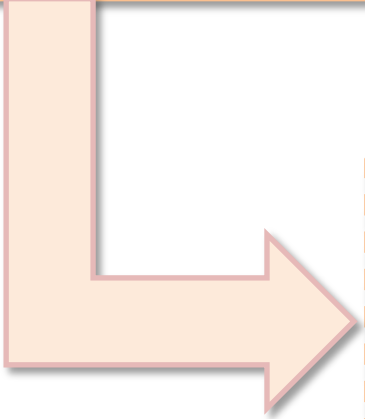
1橋当りの年度費用
約100万円

市町村の長寿命化計画の平均
(73市町村)

1橋当りの年度費用
約120万円

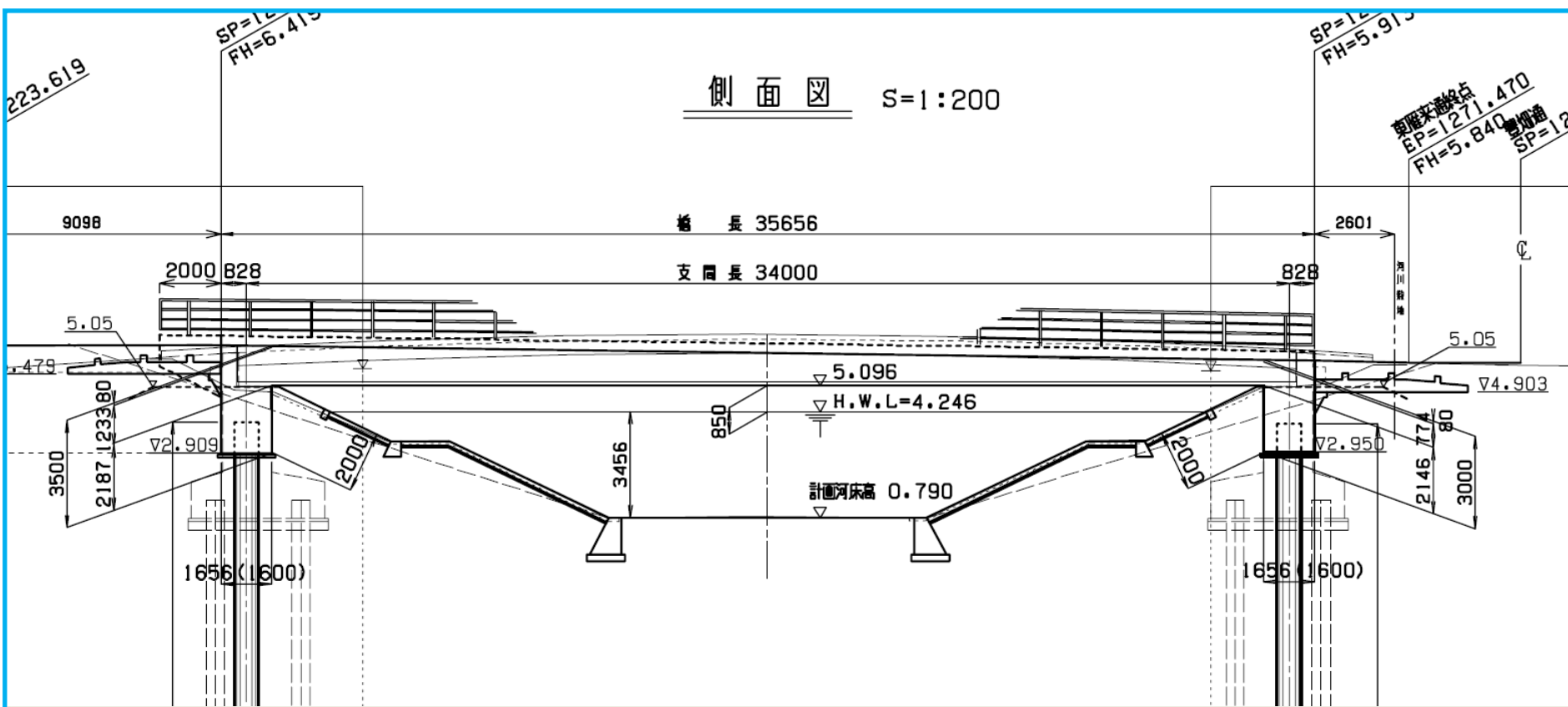
8. 今後の課題

桁端部を守る ＋ 費用削減のために

- 
- ・インテグラル橋梁
（複合ラーメン橋）
 - ・BOXカルバート橋

雁来5号橋(札幌市)

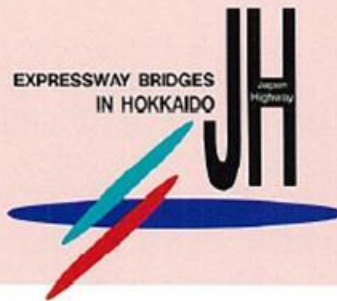
支間長 : 37m
SMA490W, SMA400W
2008年3月







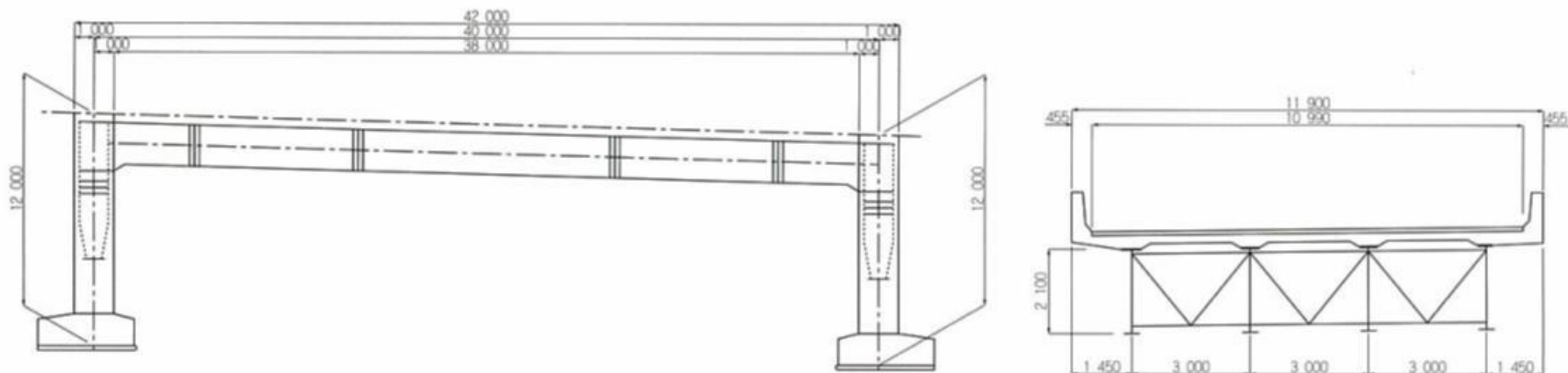




北海道縦貫自動車道
お ぶ き し が わ ば し
小鉾岸川橋



＜道路公団パンフレット＞



上下部工一体複合ラーメン橋

本橋は、単純鈑桁の桁端部を橋台沓座面に埋め込ませて上下部工を一体とさせた鋼・コンクリート複合ラーメン橋である。本構造により、支承や伸縮装置を無くすることができ、走行性の向上、耐震性の向上、交通振動の軽減、維持管理の軽減などのメリットがある。さらに、主桁には耐候性鋼材を使用することによって、維持管理、補修などのコスト削減を図っている。

■工事概要

工事箇所：北海道虻田郡豊浦町

構造型式：鋼コンクリート複合ラーメン橋

工 法：トラッククレーン・ベント工法

桁 長：42.00m

支 間：38.00m

有効幅員：10.00m

活 荷 重：B活荷重

完成年月：平成8年12月



<2013.9.21 撮影>



<2013.9.21 撮影>



<2013.9.21 撮影>



<2013.9.21 撮影>

更なる小規模橋梁への対策

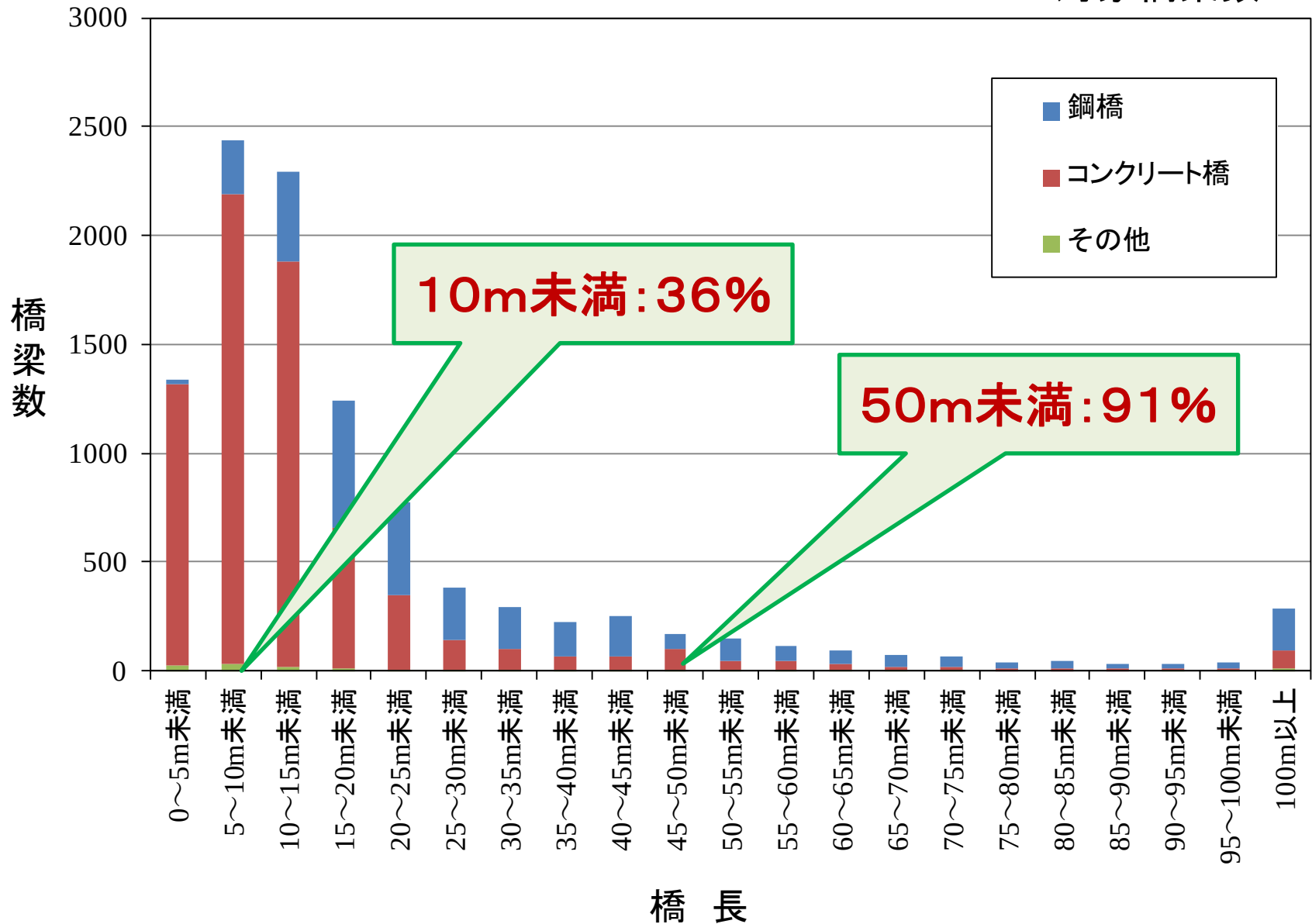
工場製品のため高品質, 工期短縮, 施工が容易



BOXカルバート橋 施工の様子

108市町村 橋長分布

対象橋梁数: 10365



まとめ

1. 点検者にどこまで求めるか.
明確に指示する必要あり.
2. 点検結果の目を通し, 適切な指示を出せる組織構築の必要性.
3. PC橋の補修に関しては, プレストレスの扱いを考慮する必要がある, 力学的な観点が是非必要.
4. 国土交通省の提言にもあるように, 最適化あるいは最小化を正面から考える必要がある.

ありがとうございます.

ご質問があれば, どうぞ



H.Sugimoto

時間的には急がれる課題だと思われます. !!!