

道路橋の予防保全に向けた有識者会議

(第1回)

資 料

道路橋の経緯とストック量の推移

- ・1950年の道路橋は0.5万橋
- ・1960年代の高度経済成長期から架設数が急増
- ・1960年代の経済性を追求する競争設計により剛性の小さい橋が増加
- ・1970年頃からPC橋が増加
- ・道路橋の技術体系は、災害や損傷機構の解明によって適宜、道路橋示方書や道路橋補修便覧等で拡充

時代ごとの特徴

[建設]

- ・1900年頃から鉄筋コンクリート橋が建設される
- ・近代的な橋(鋼橋、コンクリート橋)の出現
- ・鋼橋、RC橋の設計基準、標準設計の制定

[管理]

- ・1878年に東京に建設された弾上橋は、深川富岡八幡宮で歩道橋として使われている

1955年

- ・1955年頃から鋼橋・PC橋が建設される
- ・橋の設計、製作、架設技術が大きく進歩
- ・合成桁の登場
- ・構造計算法の発達
- ・高度経済成長期に橋梁整備が急増
- ・経済性を追求する競争設計による剛性の小さな橋梁の増加
- ・斜橋・曲線橋・箱桁の採用
- ・トラス橋、アーチ橋が長支間化
- ・標準設計の整備
- ・コンピュータを用いた構造計算法の発達

- ・競争設計、溶接による部材組立、高張力鋼の適用、たわみの緩和などにより鋼橋の剛性が減少
- ・RC床版の損傷が顕在化、合成桁は採用されなくなる
- ・PC鋼材の不適切な配置、定着、PCグラウト注入不足の問題に対し、PC道示の構造細目で規定
- ・コンクリート骨材不足が深刻化し、海砂による問題が顕在化

1975年

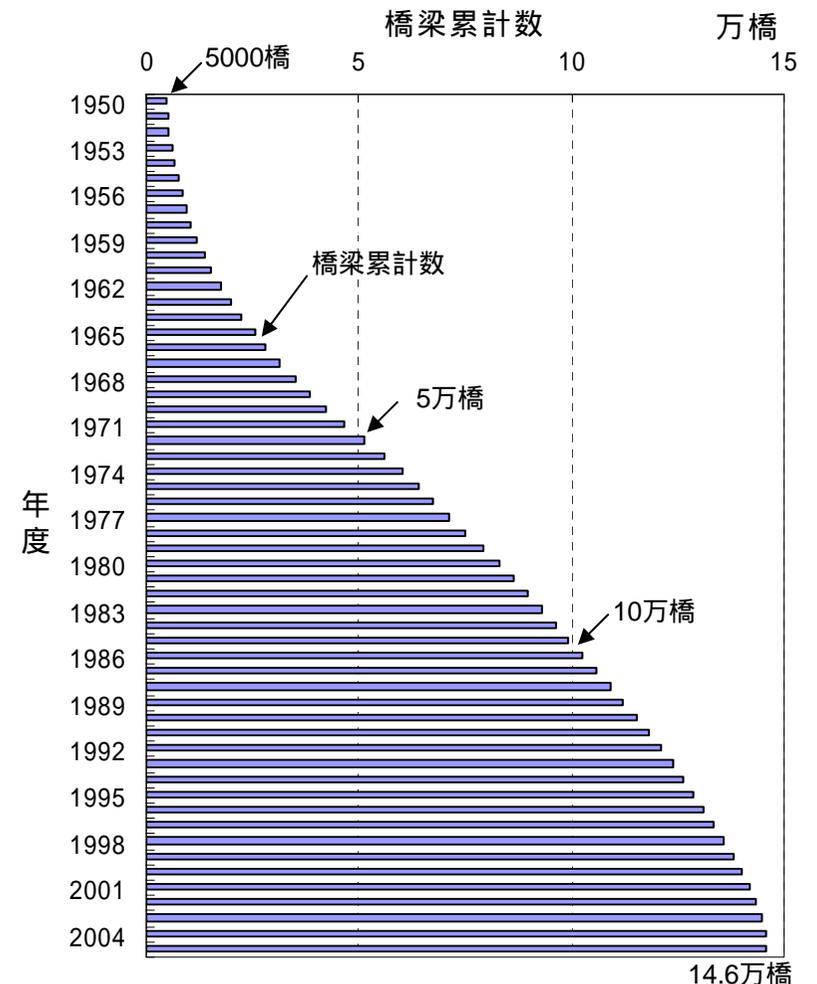
- ・架設機械の大型化に伴う架設工期の短縮
- ・道路橋の設計基準の整備促進(道路橋示方書改定等)
- ・道路橋示方書に耐震設計編を制定
- ・瀬戸大橋開通(1988)

- ・F11Tに遅れ破壊現象が見られる
- ・道路維持修繕要綱作成
- ・道路橋補修便覧作成
- ・大型車交通の多い橋梁で疲労損傷が発見される
- ・直轄国道の橋梁定期点検開始(15m以上、10年毎)(1988~)

1995年

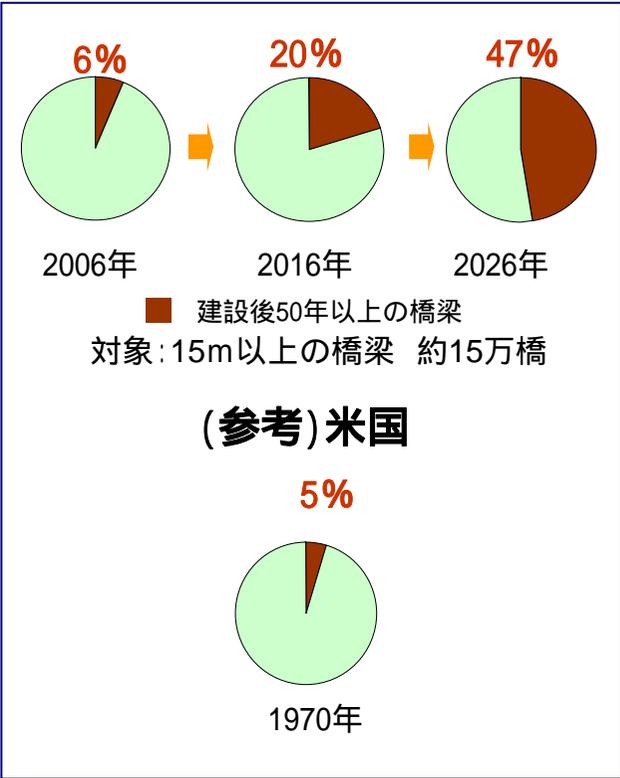
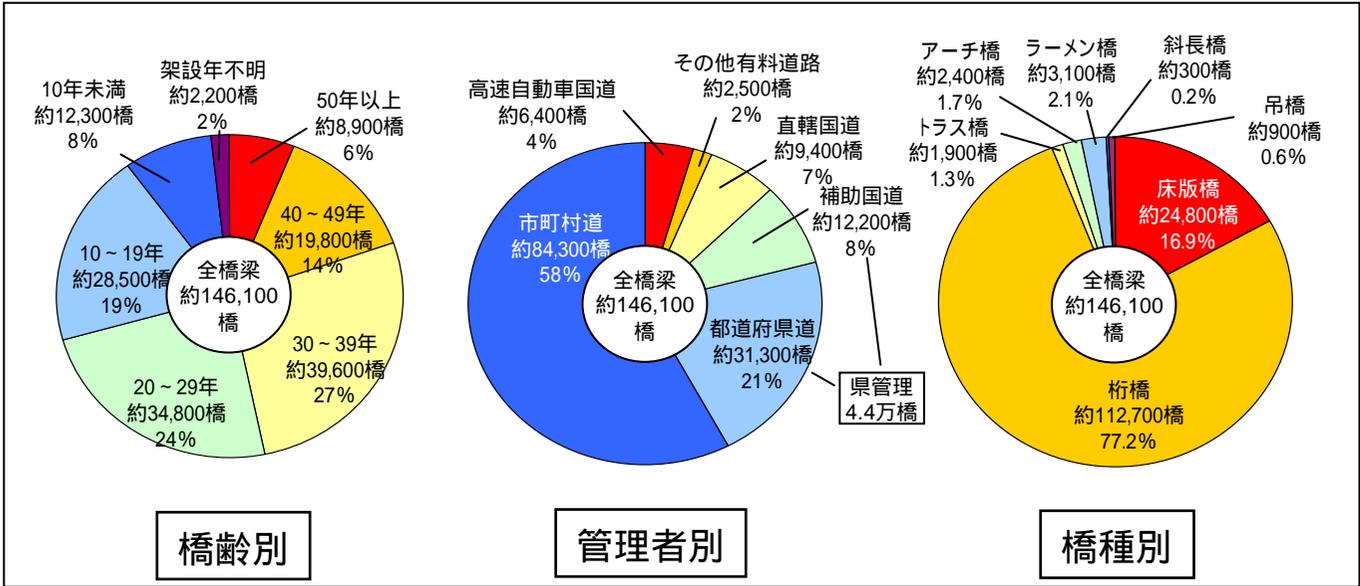
- ・明石海峡大橋開通(1998)
- ・耐震設計編の改訂
- ・道路橋示方書に性能規定を採用

- ・阪神・淡路大震災での道路橋崩壊(1995)、耐震補強の開始
- ・直轄国道の橋梁定期点検要領改定(2m以上、5年毎)(2003~)
- ・長寿命化修繕計画策定事業費補助制度の創設(2007~)



ストックの現状

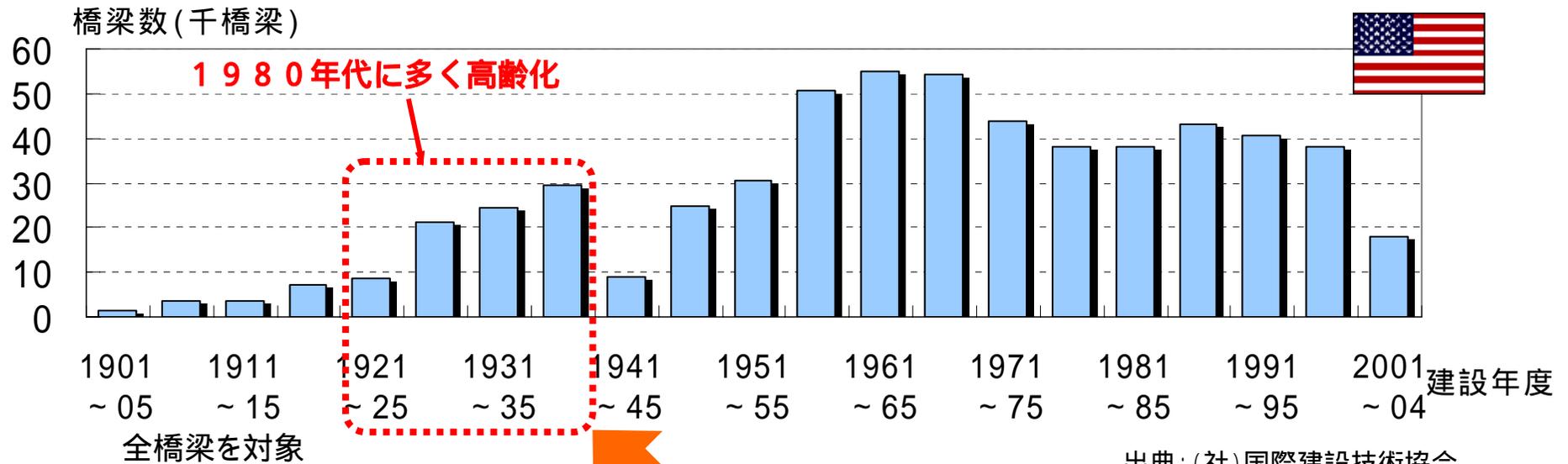
- ・我が国の橋梁(15m以上)は約15万橋(146,100橋)
- ・高速道路及び直轄国道で1.8万橋、県管理が4.4万橋、市町村管理が8.4万橋
- ・建設後50年以上の橋梁が6%存在。10年後には20%、20年後には47%
- ・現在は、米国の1970年頃の状況と類似



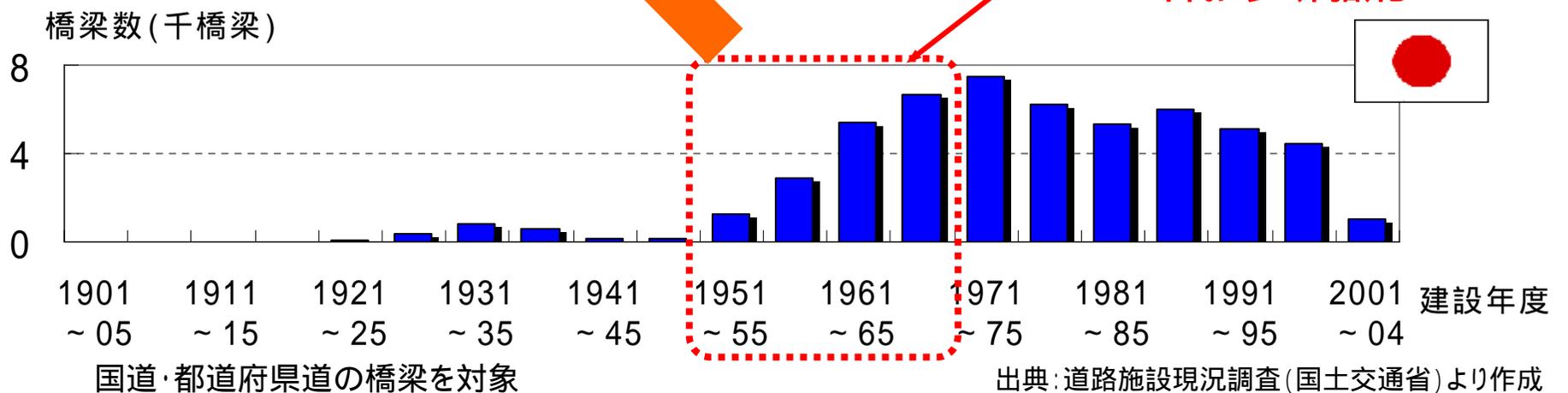
高齢化する橋梁

・米国では日本よりも30年早い1980年代に多くの道路施設が高齢化

【米国の橋梁の建設年】



【日本の橋梁の建設年】



劣化による損傷事例

・大事故につながりかねない損傷が発生



姫路バイパス高架橋：アルカリ骨材反応による橋脚梁のひび割れ



山添橋：主桁の横桁取り付け部付近の長さ $L = 1.1$ mの亀裂



木曽川大橋：トラス橋斜材の破断



本荘大橋：トラス橋斜材の破断

三大損傷の顕在化

- ・ 三大損傷（塩害、アルカリ骨材反応、疲労）が顕在化

三大損傷とは、疲労、塩害、アルカリ骨材反応を言い、放置することにより劣化が進行し、橋梁の安全性に影響を及ぼす可能性のある損傷である。

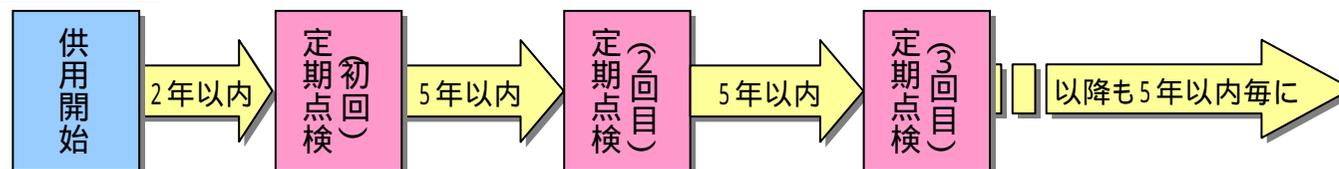
		損傷の概要
塩害		コンクリート中の鉄筋、PC鋼材が、塩化物イオンの侵入により腐食することで、コンクリートにひび割れや剥離が生じる損傷である。腐食が進行すると剥離・鉄筋露出などが生じ、さらに進行すると鉄筋、PC鋼材が破断に至る危険性がある。
アルカリ骨材反応		コンクリートの骨材に反応性の鉱物が含まれていた場合、コンクリート中のアルカリ性の水分と反応し、骨材が異常膨張して亀甲状のひび割れが生じる損傷である。コンクリートの膨張とそれに伴うひび割れが進展すると、鉄筋の降伏や破断に至る危険性がある。
疲労 (鋼製橋脚)		重交通による繰り返し荷重により疲労が累積され、亀裂が生じ、進展すると部材が破断に至る危険性がある。
疲労 (RC床版)		重交通による繰り返し荷重により疲労が累積され、ひび割れが生じ、進展すると抜け落ちに至る危険性がある。

橋梁の定期点検の概要（直轄国道）

- ・直轄国道の橋梁点検は、「橋梁定期点検要領(案)」(平成16年3月)に基づき実施
- ・供用後2年以内に初回点検を実施し、2回目以降は5年以内実施
- ・近接目視により、26種類の損傷種類に対して点検を実施
- ・対策の必要性について7段階で判定を行い、点検調書、橋梁管理カルテに記録

< 定期点検の概要 >

点検の頻度

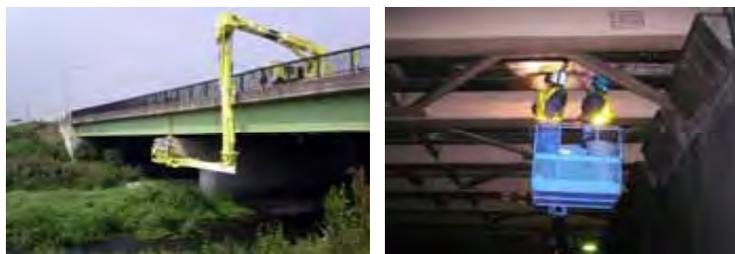


点検の方法

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。



橋梁点検車を使った橋梁点検

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。

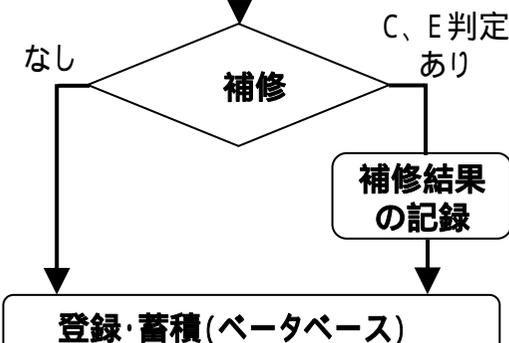
点検

近接目視による、
・損傷状況の把握
・損傷程度の評価

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

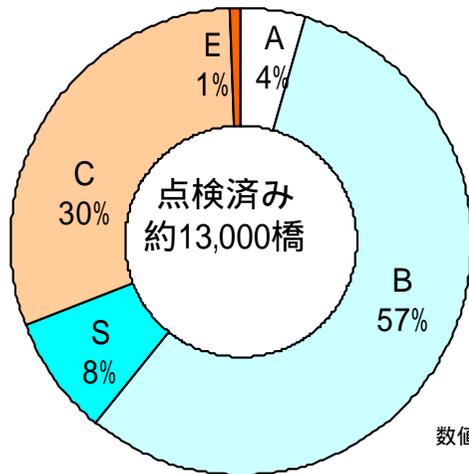
点検結果の記録



点検結果の分析（直轄国道）（1）

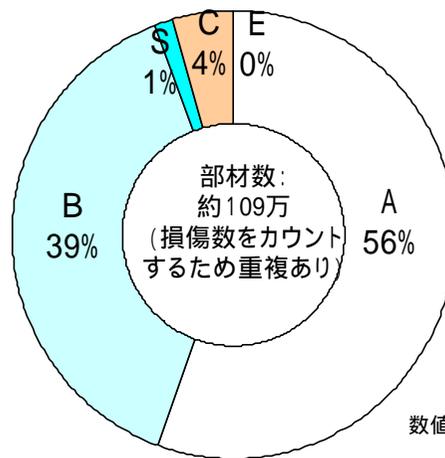
- ・直轄橋梁の39%に、「速やかな補修が必要な損傷等」(S+C+E)が発生
- ・部材数で見ると、「速やかな補修が必要な損傷等」を有する部材は、全体の5%
- ・橋梁数の6割、部材数の4割がB損傷であり、今後、C損傷が増加することが予想される

対策区分の判定
(橋梁数による集計) (直轄:内地)



数値% = 当該判定区分(主要部材)の橋梁数 ÷ 総橋梁数

対策区分の判定
(部材数による集計) (直轄:内地)



数値% = 当該判定区分(主要部材 + 主要以外)の損傷数 ÷ 総部材数(重複あり)

対策区分の判定区分

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
S	詳細調査の必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
E 1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E 2	その他、緊急対応の必要がある。



C判定の例:
鋼橋の腐食

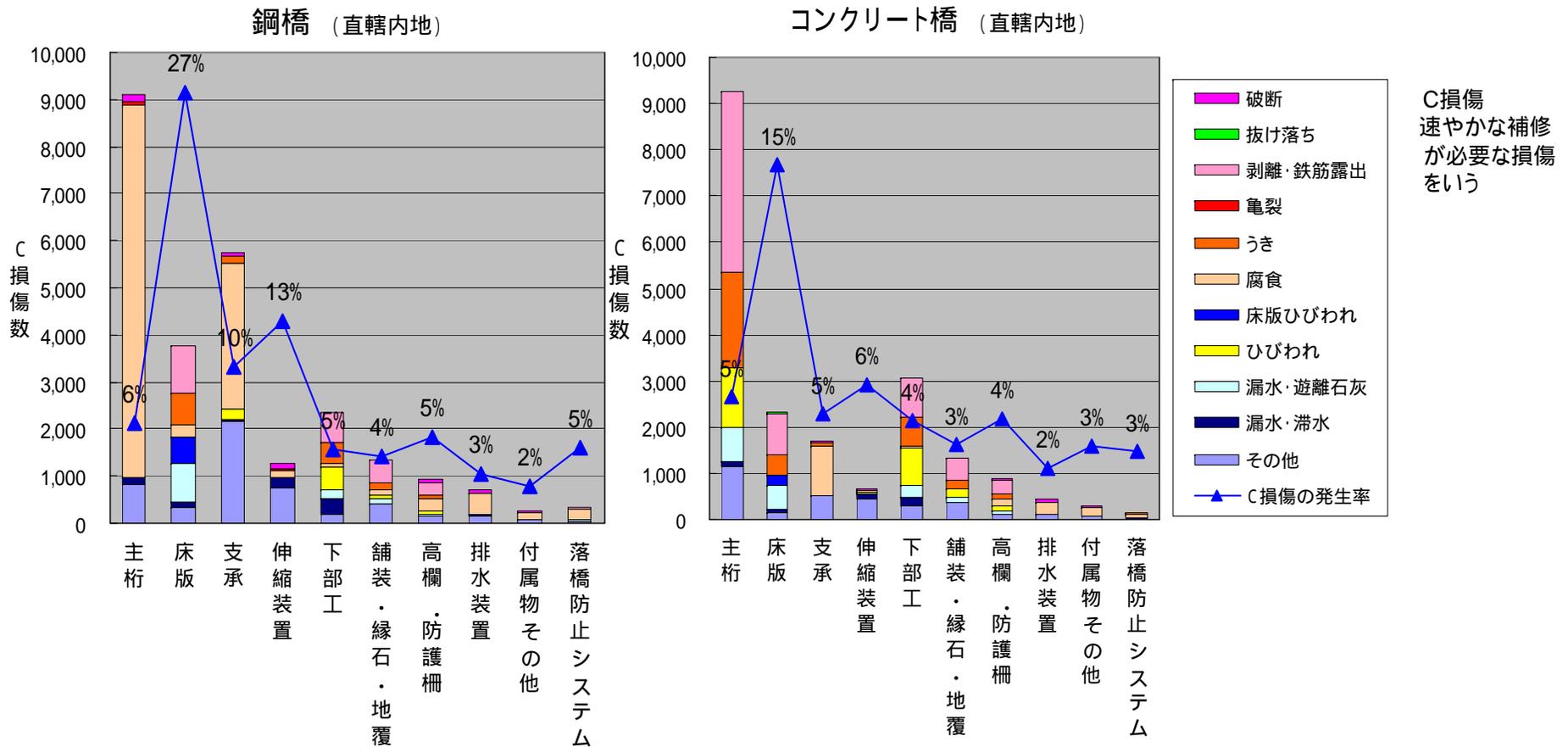


C判定の例:
コンクリート橋の
剥離・鉄筋露出

点検結果の分析（直轄国道）（2）

- ・ 鋼橋、コンクリート橋とも、「速やかな補修が必要な損傷」は、主桁が最も多い
- ・ 鋼橋、コンクリート橋とも、「速やかな補修が必要な損傷」の発生率は、床版が高い

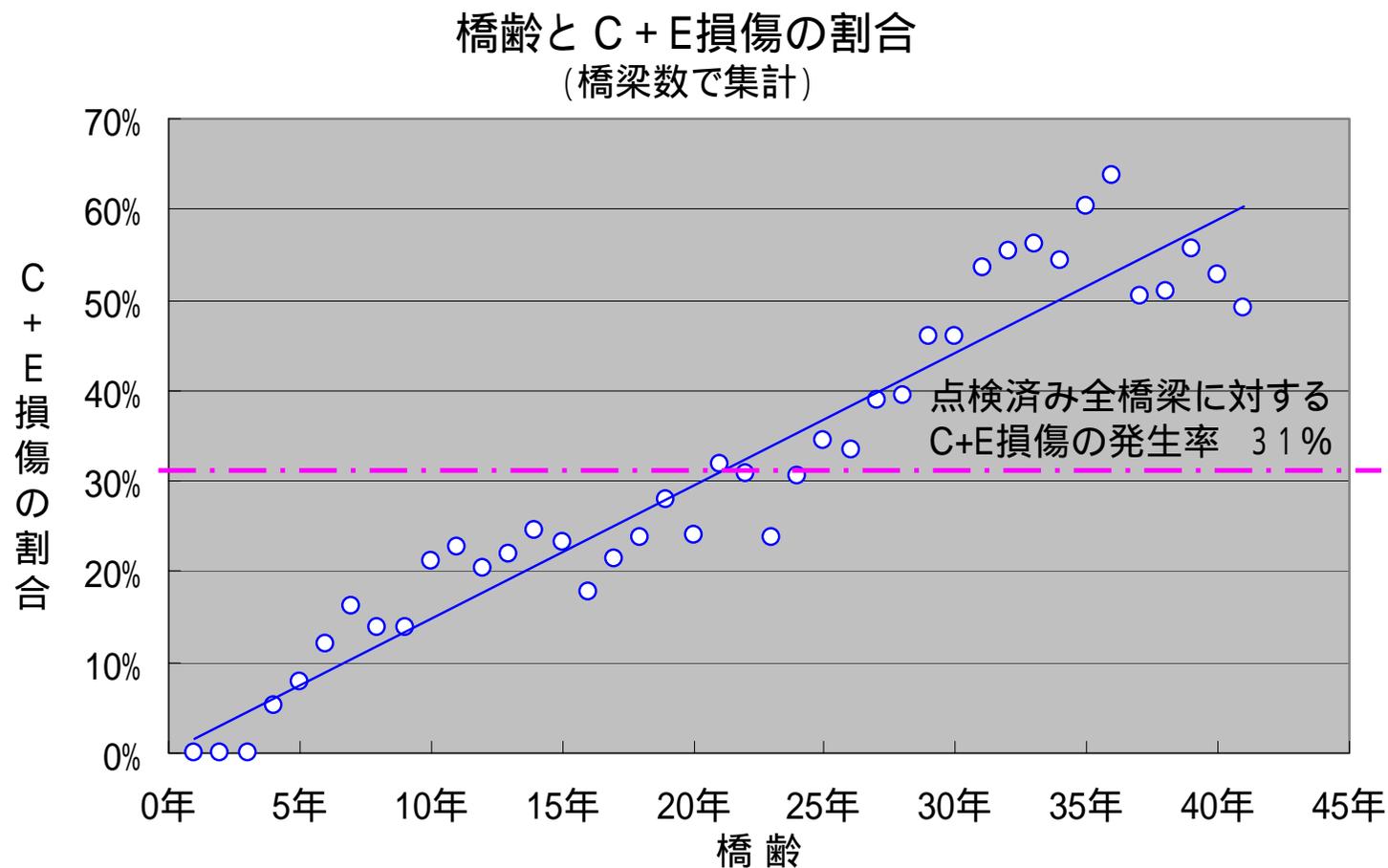
「速やかな補修が必要な損傷」の発生部位



発生率 = 対象部位のC損傷の数 ÷ 対象部位の総部材数(重複あり)

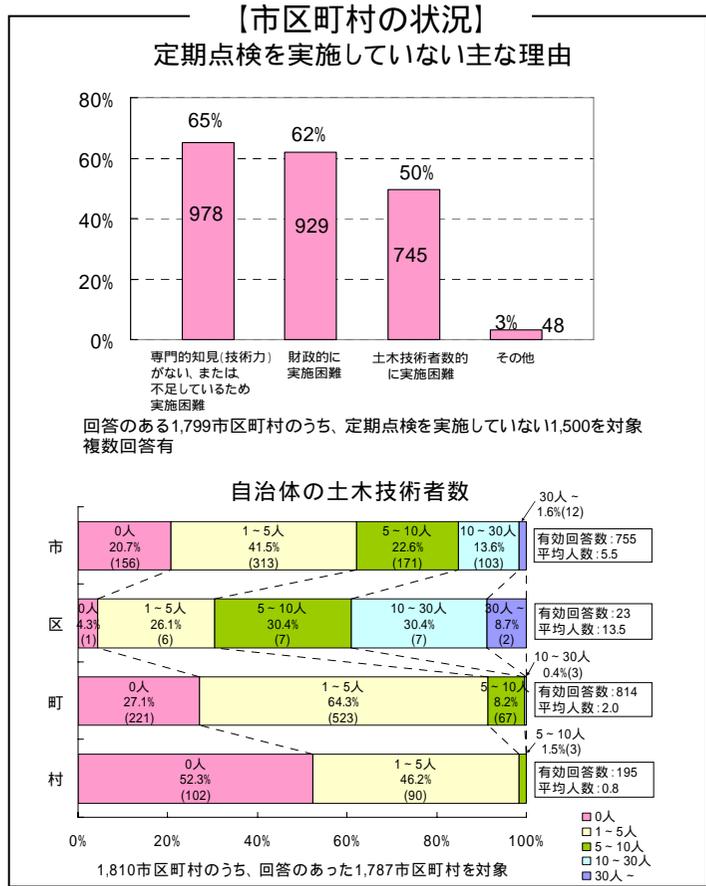
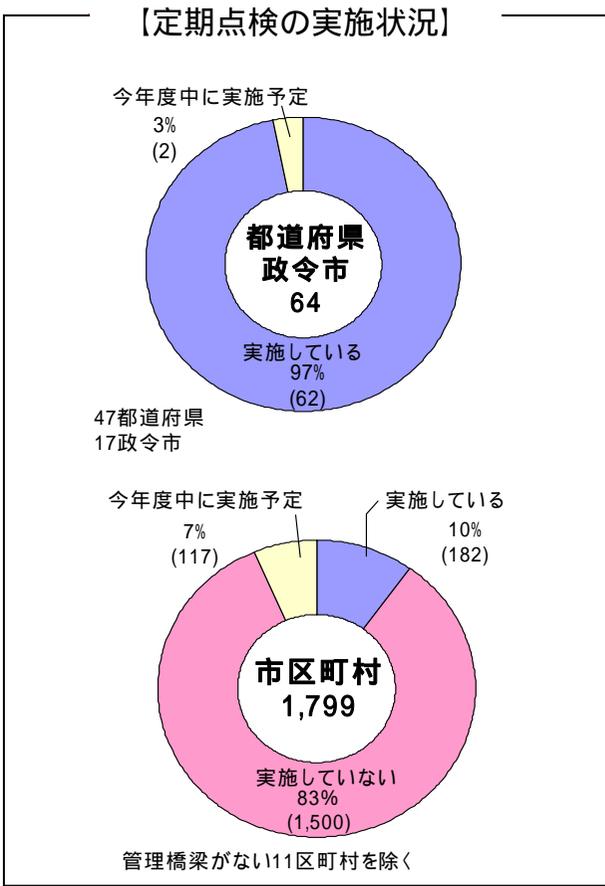
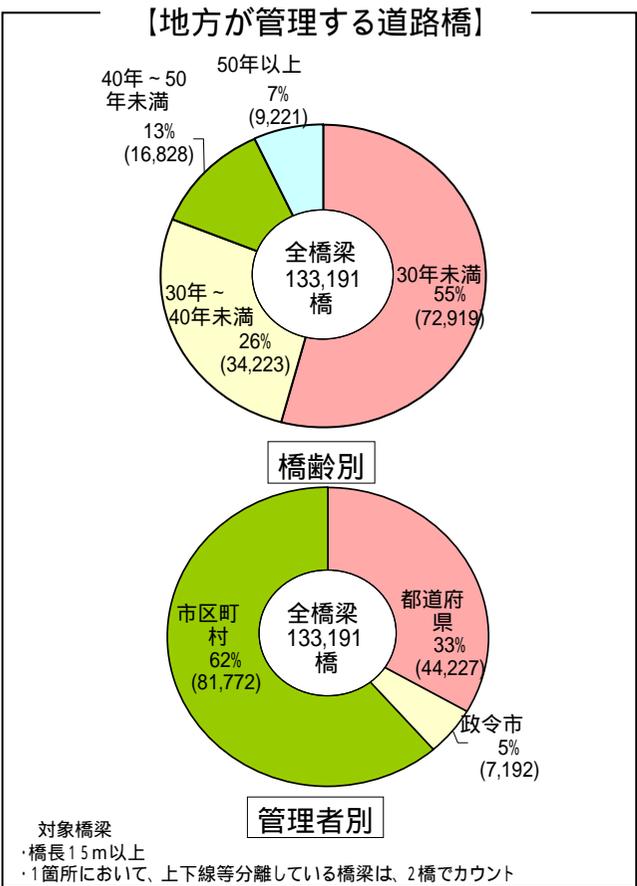
点検結果の分析（直轄国道）（3）

- ・橋齢の増加に伴い、損傷の発生率が高くなる
- ・35年を経過する桥梁の半数に「速やかな補修が必要な損傷」が発生



地方公共団体の定期点検に関する状況(1)

- 地方公共団体における道路橋の定期点検の実態については、都道府県及び政令市では、ほぼ実施しているが、市区町村では、約83%が実施していない状況
- 市区町村の実施していない主な理由については、約65%が技術力不足、約62%が財政的な問題、約50%が技術者の人材不足(複数回答集計結果)
- 橋梁の管理に携わる土木技術者の人数については、市区町村当り平均3.5人
特に町村については2人以下



地方公共団体の定期点検に関する状況(2)

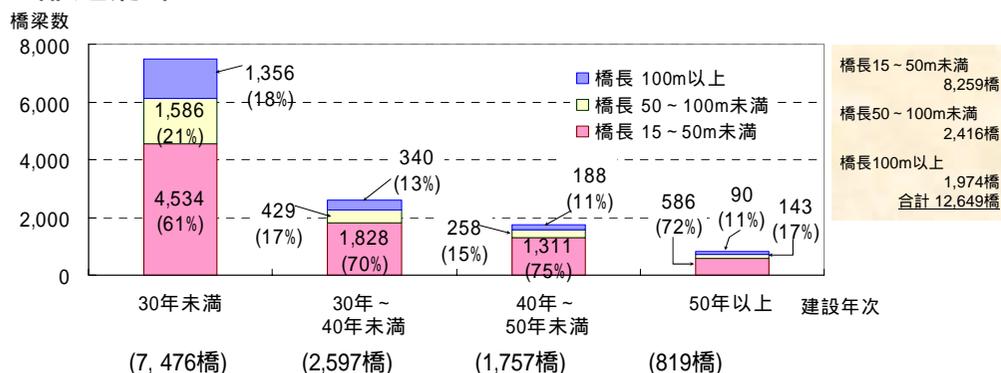
・ 地方が管理する道路橋(橋長15m以上) 133,191橋のうち、過去5年以内に点検(定期点検及び緊急点検を含む)が実施されていない橋梁は、88,134橋(66%)

都道府県管理： 44,227橋のうち、12,649橋 (29%)

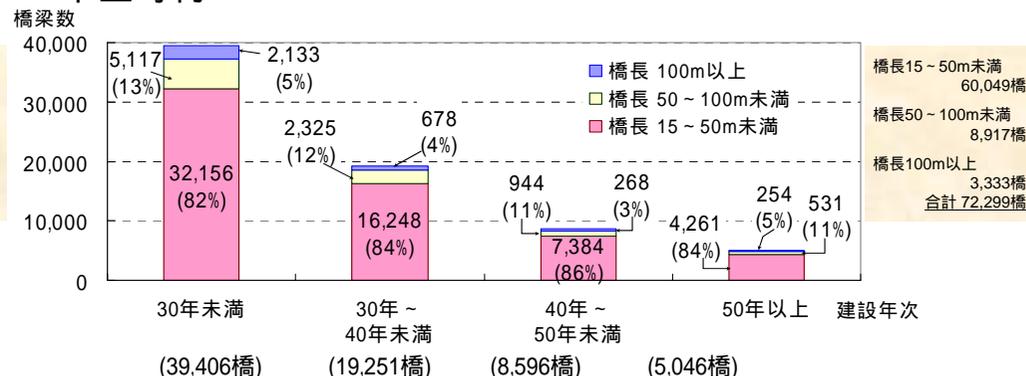
政令市管理： 7,192橋のうち、3,186橋 (44%)

市区町村管理： 81,772橋のうち、72,299橋 (88%)

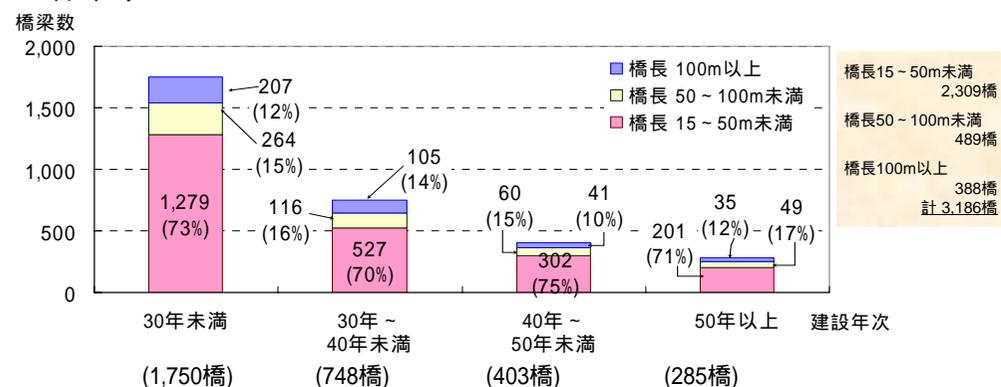
都道府県



市区町村



政令市



対象橋梁

・ 橋長15m以上

・ 1箇所において、上下線等分離している橋梁は、2橋でカウント

地方公共団体が管理する道路橋の通行止め・通行規制実態

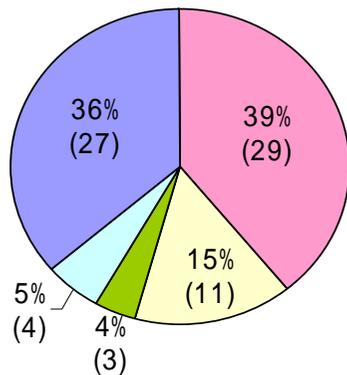
・ 全国の地方公共団体が管理する道路橋のうち、老朽化や劣化の損傷等により、通行止めや重量制限などの通行規制が講じられている橋梁数は、684橋

通行止め 85橋 (うち都道府県管理: 1橋 政令市管理: 1橋 市区町村管理: 83橋)

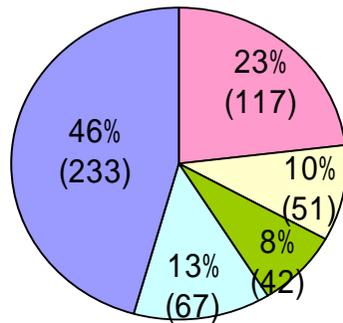
通行規制 599橋 (うち都道府県管理: 74橋 政令市管理: 15橋 市区町村管理: 510橋)

[通行止め・通行規制中の要因別橋梁数]

【都道府県】(74橋)

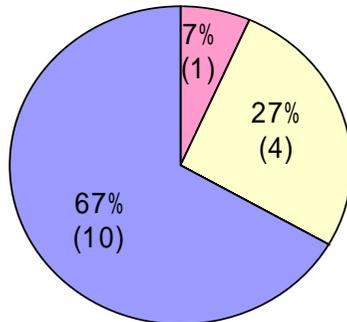


【市区町村(規制)】(510橋)



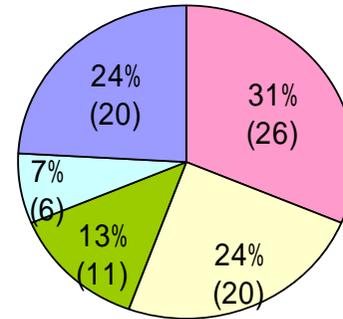
通行止め橋梁1橋有

【政令市】(15橋)



通行止め橋梁1橋有

【市区町村(通行止め)】(83橋)



■ 桁等の主部材
 ■ 床版
 ■ 橋台・橋脚
 ■ その他
 ■ 設計等の陳腐化

[通行止め中の道路橋事例]

(宮崎県 東郷橋 劣化損傷により通行止め中)



・劣化による橋脚部のコンクリート欠落のため、路面段差が発生し、全面規制実施中。



・支承部コンクリート劣化欠損の状況

アメリカにおける橋梁の損傷と点検の遷移

年	項目	内容
1967	シルバー橋の崩壊	46人の死者を出したオハイオ川の西ヴァージニアとオハイオ間に架かるシルバー橋の崩壊（1967年12月）が起こるまで、アメリカでは、橋梁点検プログラムに対するサポートがほとんどなかった。
1968	連邦議会のヒヤリングとNBIPの制定	連邦議会は1968年、運輸長官に、州道路局、民間組織や有識者との協議を通じて、連邦補助道路上の橋梁の点検のために、全国橋梁点検基準（NBIS）を作成するよう指導した。 連邦法US Code Title23 151のNational Bridge Inspection Program（1968）
1970	連邦法による連邦補助道路上の橋梁点検の義務付け	1970年のFederal-Aid Highway Act(US Code Title23 144)の中で、連邦議会は運輸長官が各州との協議を通じて連邦補助道路システムに属する全ての橋梁を点検するよう指示した。
1971	全国橋梁点検基準（NBIS）の作成（2年毎の点検）	1971年4月27日、全国橋梁点検基準が定められ、全米各州で点検の規定が標準化された。
1978	STAAによる公道上の橋梁点検の義務付け	1978年、the Surface Transportation Assistance Act(STAA)によって、運輸長官が、調査と点検プログラムに、全ての公共道路上の橋梁を含めるよう指示した。NBISは1979年12月13日に修正された。
1983	Mianus River橋の崩壊	ピン構造の破壊による橋梁の崩壊が起こった。この事故により、崩壊に対して余裕のない橋梁の崩壊が問題になった。（当時、29,000橋以上の橋梁があった。）
1987	Schoharie Creek橋の洗堀による崩壊	基礎の洗堀による崩壊が発生した。
1988	NBISの改訂	NBISの改訂では、定期点検頻度の多様化、特殊点検の必要性が規定された。

1967年シルバー橋の崩落

- ・シルバー橋の崩落后、1971年に全国橋梁点検規準(NBIS)が制定され、2年に1回の点検が法定化

[シルバー橋の諸元]

完成年 : 1928年

形式 : アイバーチェーン吊橋

[事故の概要]

発生日時 : 1967年12月15日

事故概要 : 橋の崩落と共に31台の車両がオハイオ川に落下し、46名が死亡



シルバーブリッジ
(オハイオ州:1928年完成)



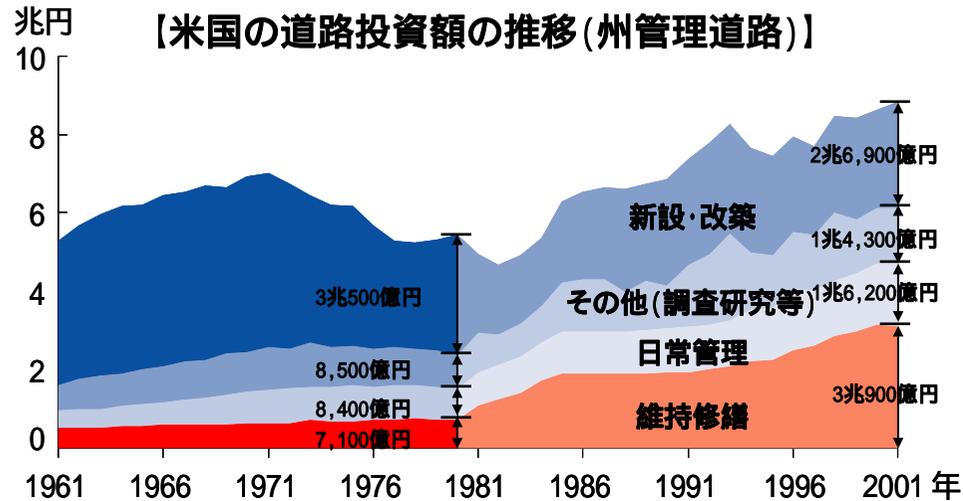
ケーブルの疲労(破壊)により落橋
(1967年12月)



シルバー橋がある
ウエスト・ヴァージ
ニア州

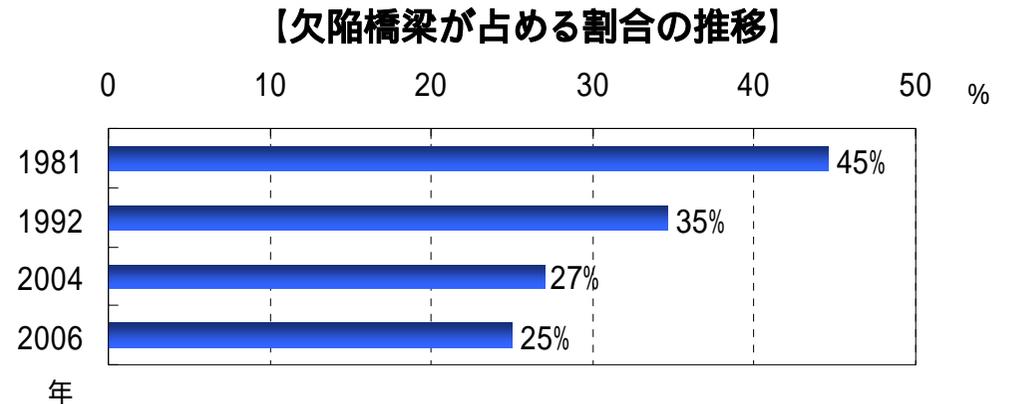
アメリカの状況

- ・アメリカでは70年～80年代で「荒廃するアメリカ」と言われ、落橋や橋の通行止めが頻発し、その教訓から予防的安全対策に投資
- ・維持補修に力を入れたことにより欠陥橋梁は減少したものの、2006年時点で未だ25%の欠陥橋梁が存在



出典：US DOT (米国交通省) Highway Statistics

1981年「荒廃するアメリカ」出版
1982年 交通支援法制定(道路財源の増額)



欠陥橋梁:劣化のため車両通行規制がかかる構造的に欠陥のある橋梁や幅員不足など機能的に基準を満たさない橋梁

【マイアナス橋の崩壊(1983年)】



【有料橋の床版補修】



【損傷が進んだ舗装】



出典：「欧米主要国道路の光と影」(1984年 日本道路協会)

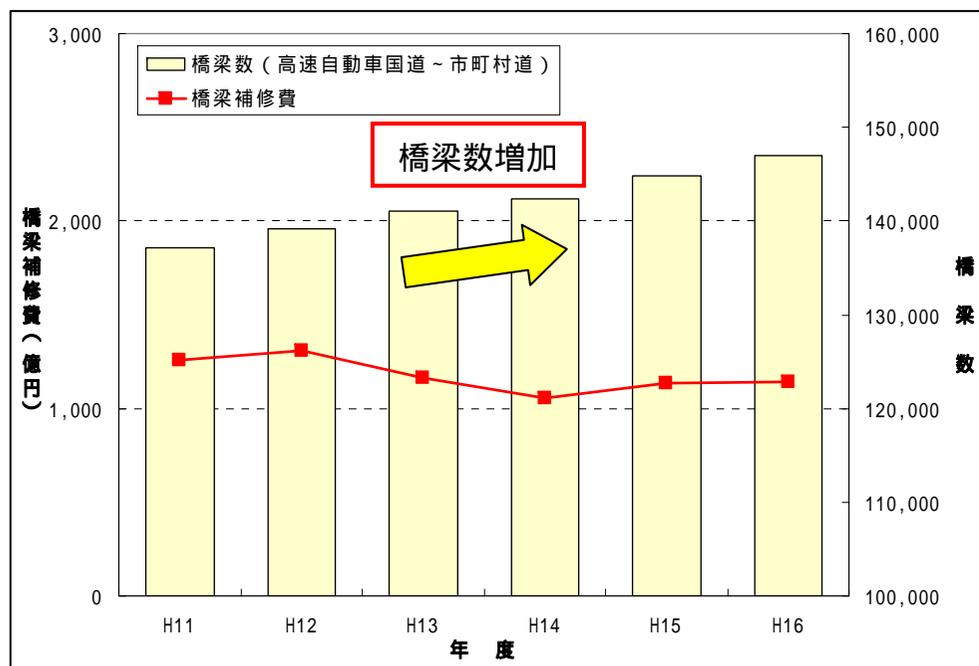
米国ミネアポリス橋梁崩壊事故に関する技術調査報告

調査報告を踏まえて、日本の維持管理上、考慮すべき点

- ・ **フラクチャークリティカル**部材 (FCM: この部材の破壊が橋梁全体の破壊に繋がる部材) の概念を用いれば、維持管理の合理化・適正化につながる可能性がある。
- ・ 構造物全体の崩壊の予測には、**部材レベルから構造物全体レベルまで**を点検し、評価できる技術を持つことが不可欠である。
- ・ 橋の性能を客観的に評価するため、**分かり易い工学指標を用いて定量化**する方法を構築すべきである。
- ・ 落橋事故を防止するためには、設計や維持管理において**リダンダンシーの確保**を図る対策の検討が必要である。
- ・ 定期点検とは別に、**専門性を有する技術者による点検やモニタリング**における橋梁の構造的特徴を反映した点検内容の重点化が必要である。
- ・ 事故などの際、当該橋梁に関する橋梁データの抽出、閲覧が容易にできる**データベース構築**の検討が必要である。

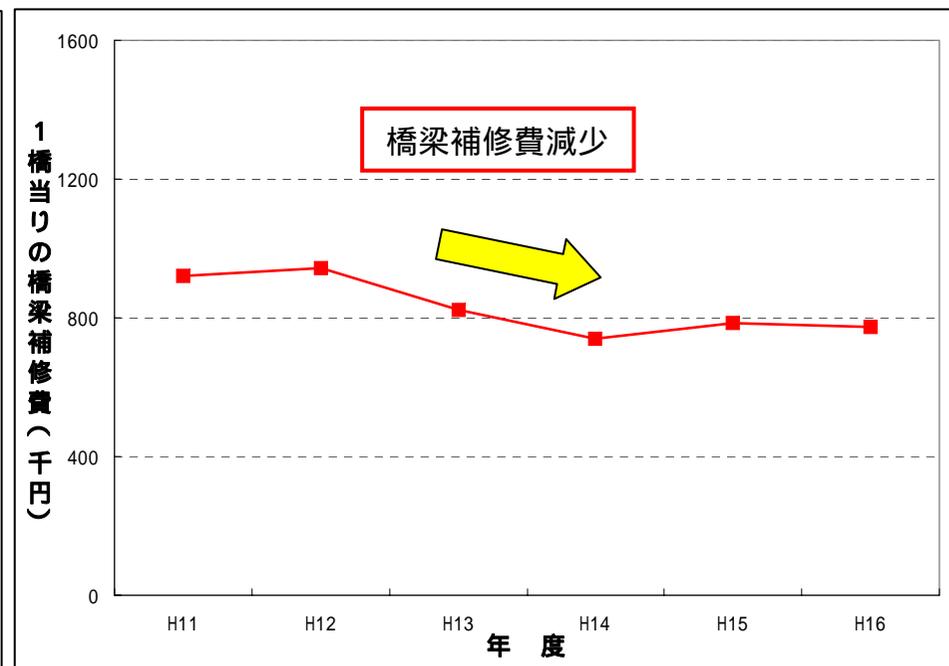
維持管理予算の減少

- ・ 橋梁数は経年的に増加しているが、橋梁補修費は横這い
- ・ 1橋当りの橋梁補修費は減少



出典:道路統計年報

橋梁補修費と橋梁数の推移

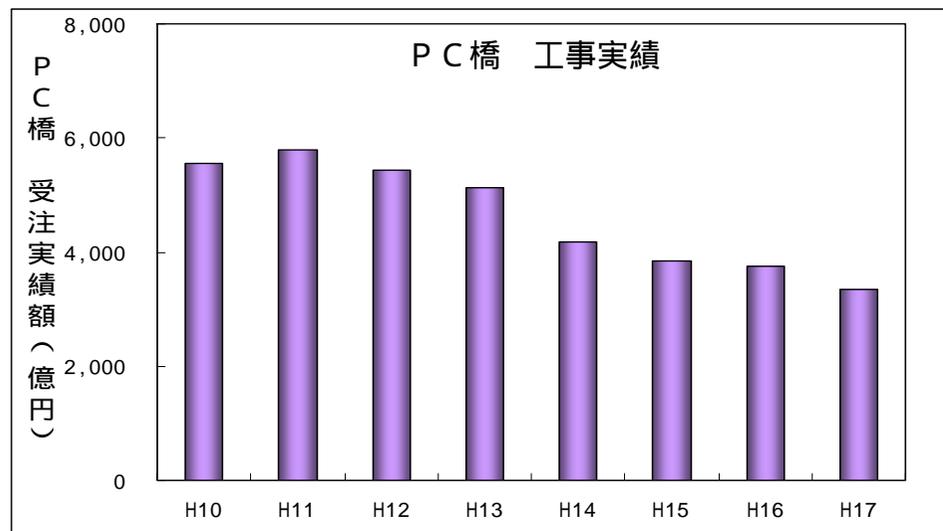


出典:道路統計年報

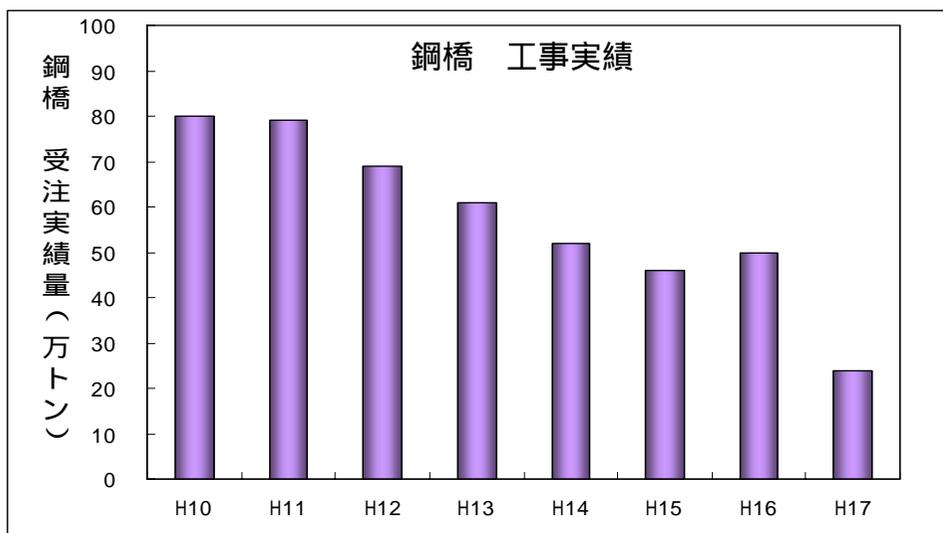
1橋当りの橋梁補修費の推移

橋梁市場縮小による橋梁技術者の減少

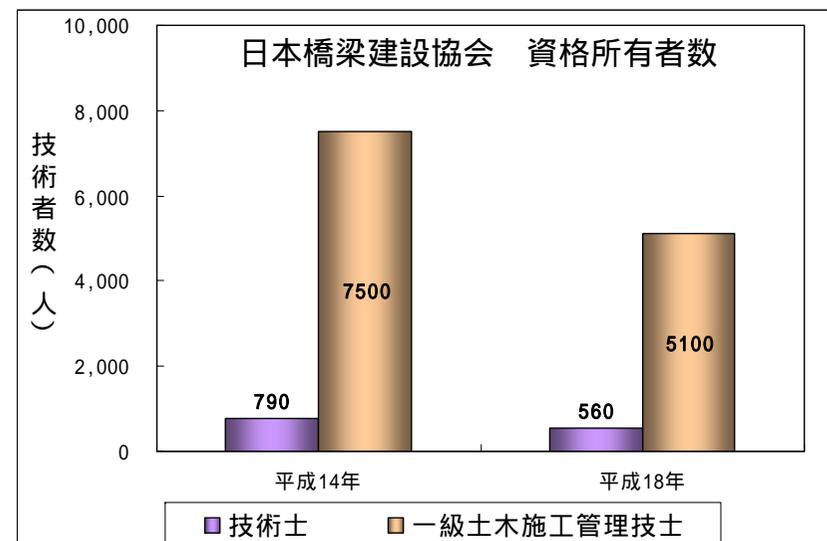
- ・近年、橋梁の工事实績は縮小傾向にあり、橋梁に従事する技術者数も減少傾向
- ・今後増加が予想される高齢化橋梁の維持管理に対して、橋梁技術者の確保が重要



出典：プレストレスト・コンクリート建設業協会資料より



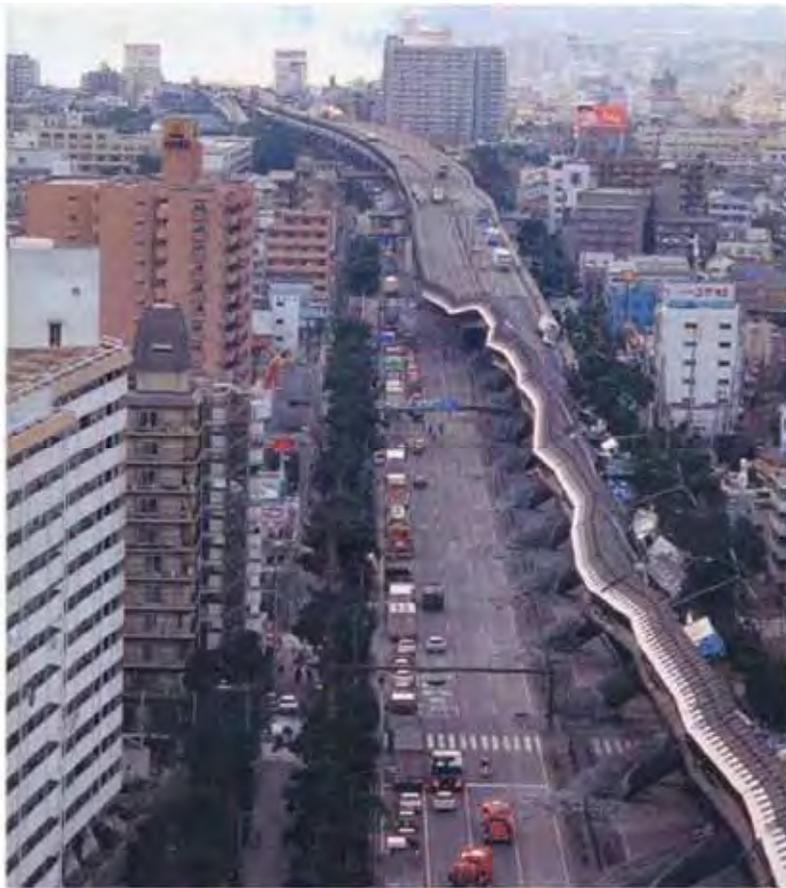
出典：日本橋梁建設協会資料より



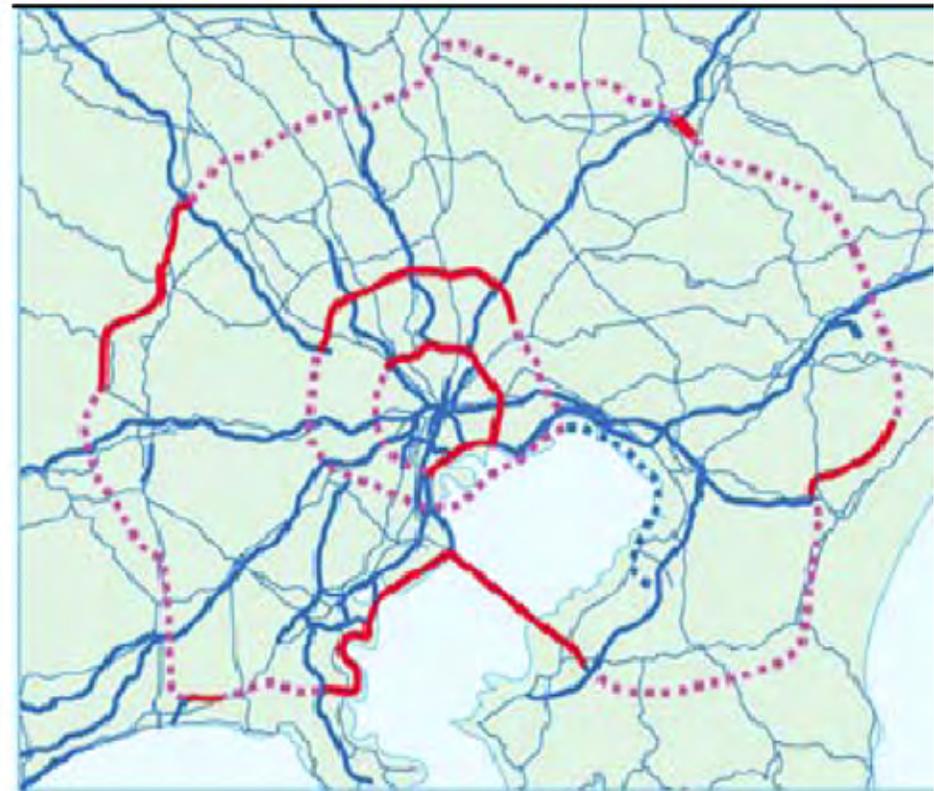
出典：日本橋梁建設協会資料より

厳しい条件下における日本の道路管理

- ・ 厳しい地形条件、台風や地震などが頻発する自然条件下に道路が存在
- ・ 都市内の環状道路ネットワークのリダンダンシーが十分確保されておらず、道路橋の損傷などによる交通規制がもたらす社会的影響は甚大



兵庫県南部地震の被害

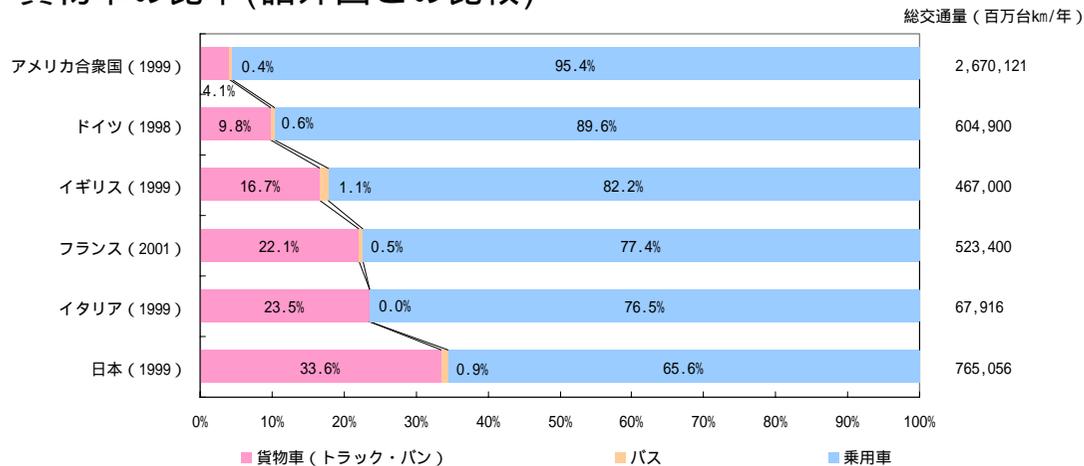


首都圏の環状道路の整備状況

大型車の増加

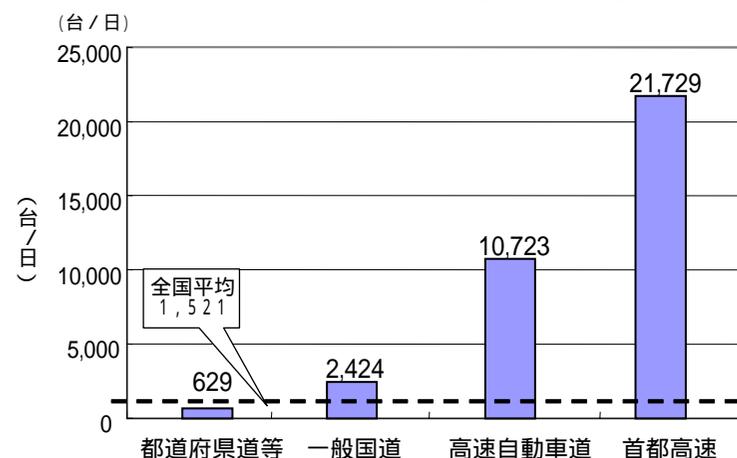
・日本は諸外国に比べて大型車が多い

貨物車の比率(諸外国との比較)



出典:国土交通省資料(ITSハンドブック2002-2003)

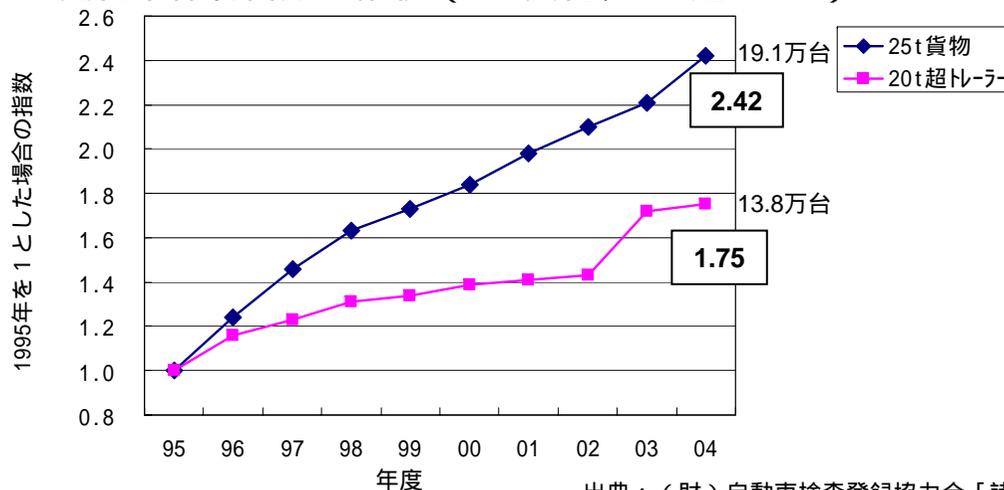
大型車の平均断面交通量(道路別)



出典:平成11年度 道路交通センサス

・車両総重量の規制緩和(H15)、重さ指定道路の拡大、及び物流の効率化の促進等を背景として、貨物車の大型化が進んでいる
 ・大型車の増加は、橋梁の損傷に大きく影響

貨物車保有台数の推移(25t貨物、20t超トレーラー)

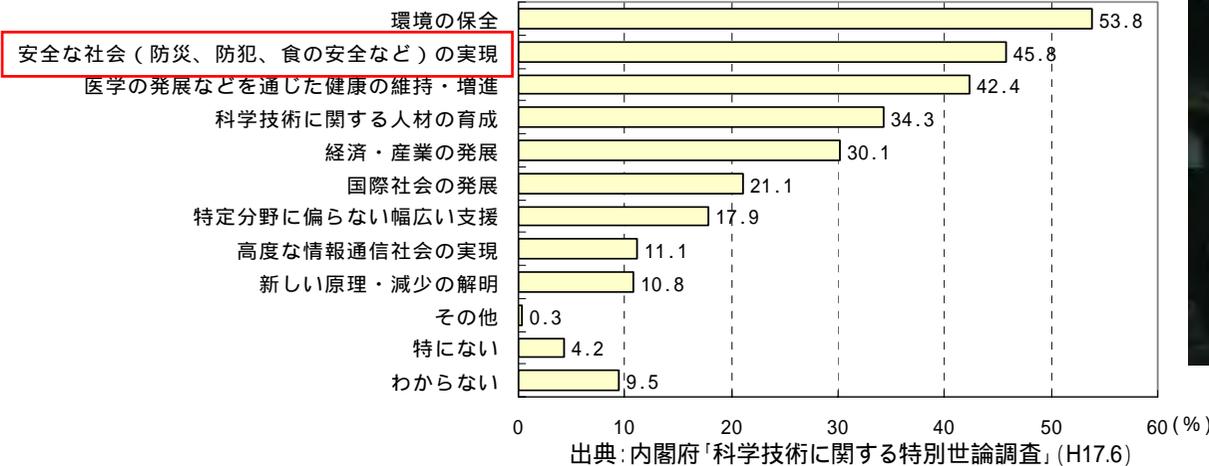


出典:(財)自動車検査登録協会「諸分類別自動車保有車両数」

国民の安全・安心への要請の高まり

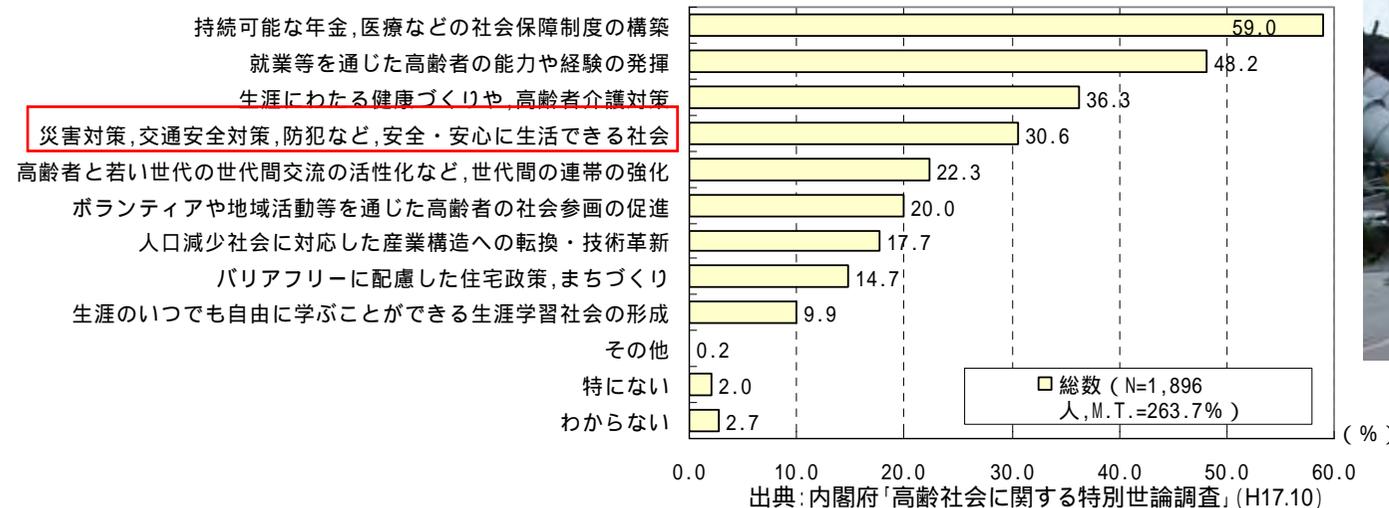
・地震などによる社会資本への被害が生じている中、安全・安心な社会の実現に対する国民の高い期待がある

科学技術への支援に当たり重視すべき点(複数回答)



【1995年兵庫県南部地震】高架橋の倒壊

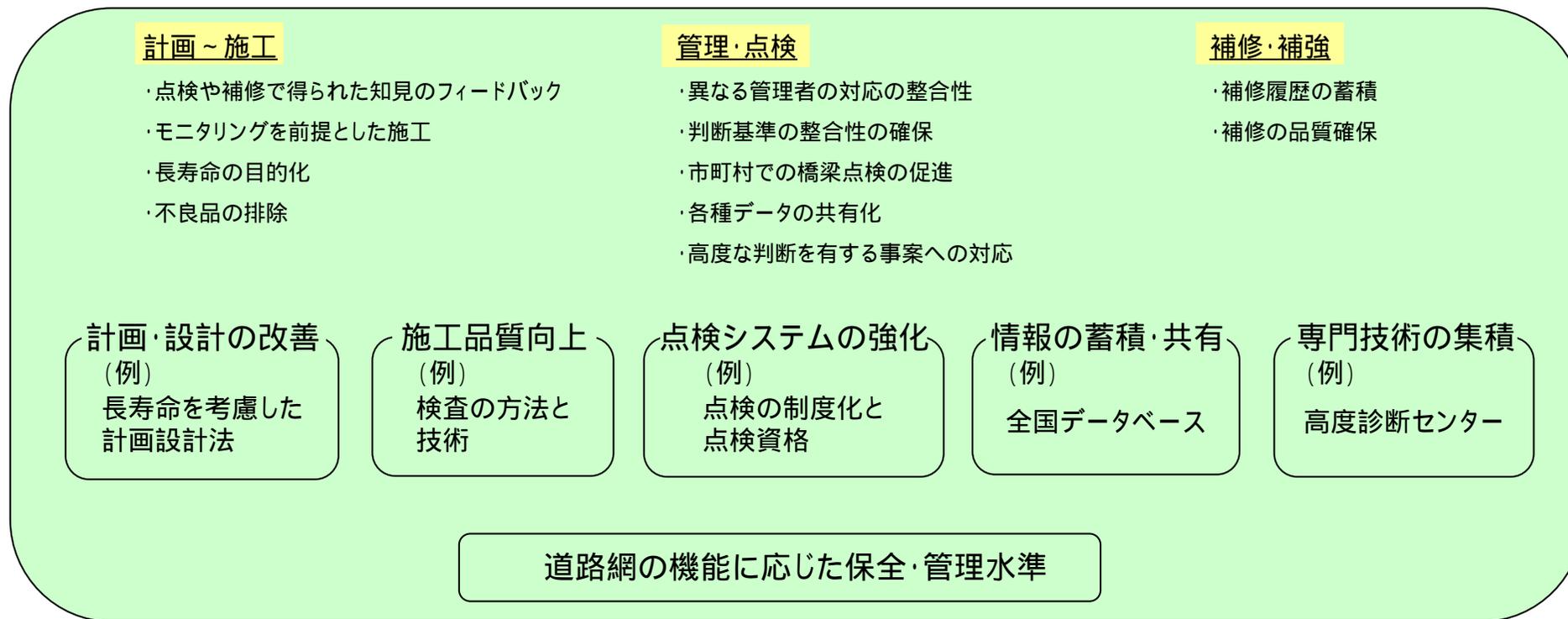
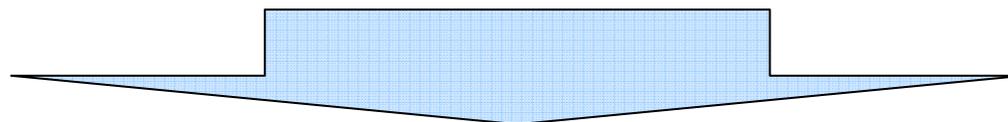
高齢化進展によって重要となる課題(3つまで複数回答)



【2004年新潟県中越地震】橋台背面の陥没

道路橋の予防保全について(まとめ)

米国の教訓	現 状	取り巻く社会情勢
<ul style="list-style-type: none"> ●1967年シルバー橋の崩壊 ●1971年2年毎の点検の法定化(全国橋梁点検基準)等点検システムの導入 ●アメリカの点検 ●「荒廃するアメリカ」の状況 <ul style="list-style-type: none"> ・1980年から維持管理予算の大幅増 ・1983年 マイアナス橋の崩壊 ・未だ25%の橋梁に欠陥が存在 ●2007年ミネアポリス(I - 35W)橋の崩壊 	<p>高齢化する橋梁が急増 (橋齢50年以上の橋梁 現在6% 20年後47%)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●重大な崩壊事故は少ないが、重大事故につながりかねない損傷が発生 ●三大損傷(疲労、塩害、アルカリ骨材反応)の顕在化 ●全橋梁の半数(約9割の市町村)で定期点検が未実施 	<ul style="list-style-type: none"> ●維持管理予算の減少 ●建設市場縮小による橋梁技術者の減少 ●厳しい条件下における日本の道路管理 ●大型車の増加 ●国民の安全・安心への要請の高まり



予防保全システムのイメージ

・計画から管理・補修の各段階において、「早期発見・早期補修」を実現するためのPDCAサイクル

