

— 参 考 資 料 —

1. 道路橋を取り巻く現況	1
1-1 進行する高齢化	1
1-2 要求性能の高度化	1
2. 道路橋保全の現状	2
2-1 見ない	2
2-2 見過ごし	2
2-3 先送り	2
3. 顕在化しつつある道路橋のリスク	3
3-1 社会的損失	3
3-2 膨大な費用	3
3-3 人命の危険	3
4. 予防保全の実現に向けて	4
(1) 点検の制度化	4
(2) -1 点検及び診断の信頼性確保	5
(2) -2 点検及び診断の品質確保 (資格制度)	6
(3) 技術開発の推進	6
(4) 技術拠点の整備	7
(5) データベースの構築と活用	7

1. 道路橋を取り巻く現況

1-1 進行する高齢化

約15万橋（橋長15m以上）の橋梁ストックは、戦後間もない1950年までに架設された道路橋は約5,000橋であり、大量に建設されるようになったのは、自動車の普及に伴って近代的な道路整備が本格化した高度経済成長期以降である（図1-1）。

このように集中的にストックを増加させてきたため、橋齢40年以上経過した道路橋は、2005年に2.5万橋であったが、2010年には4.2万橋、2015年には6.4万橋となり、道路橋の高齢化が急激に進行する事態が目前に迫っている（図1-2）。

また、直轄国道で定期点検を実施した橋梁のうち、橋齢40年以上の約5,000橋について分析した結果、早急な補修が必要となる橋梁が45%に上り、半数近い橋梁に早急な補修が必要な損傷が発生している結果（図1-3）となっている。

「高齢化」については、1つの橋梁で損傷が次々に発生する問題と、損傷を抱える橋が次々に出てくる問題の2つがある。すなわち橋の「高齢化」で懸念される問題は、損傷の補修を先送りしている間に、同じ橋に次々と新しい損傷が発生したり、深刻な損傷をもつ橋が加速度的に増加して対応が困難になることである。このような事態になると道路ネットワークの機能が低下することになる。これらを防止するために、必要な補修や補強を適時に完了させるとともに、疑わしいものについては監視をするなどの措置がなされる必要がある。

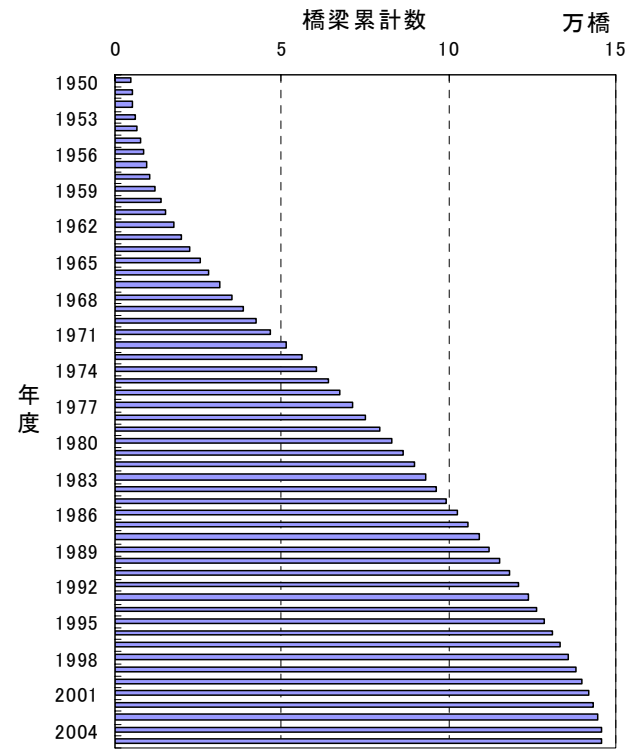


図1-1 国内の年度別橋梁累計数

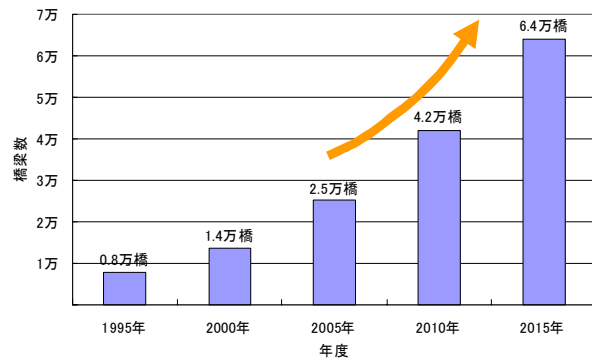


図1-2 橋齢40年以上の橋梁数の推移

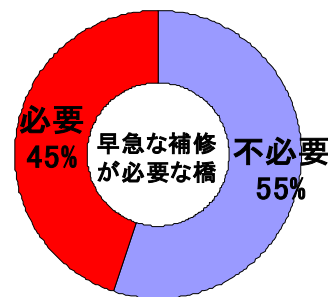


図1-3 橋齢40年以上の直轄国道橋梁(約5千橋)の点検結果
出典:平成19年9月 国土交通省調べ

1-2 要求性能の高度化

道路橋を設計するために用いられる技術基準は、社会経済の発展や科学技術の進展、時代の社会要求に応じて高度化してきている。

たとえば、地震については、関東地震（1923年）、十勝沖地震（1952年）、新潟地震（1964年）、宮城県沖地震（1978年）、兵庫県南部地震（1995年）の知見を基に耐震の規定を見直してきた（表1）。

また、設計自動車荷重については、1919年に初めて規定化されて以来、一貫して時代の要請に従って車両大型化へ対応している。例えば1956年に現行に近い20トンの車両荷重が規定されてから後も、1973年には43トントレーラに対応した規格が新設され、1993年には設計自動車荷重の25トンへの引き上げ対応がなされるなど数度の拡充を経て現在に至っている。

このほかにも、既設橋の損傷や劣化を踏まえた規定の見直しや構造の変更、交通量の増大に対する設計手法の変更、設計計算技術の発展に伴う変更など時代とともに種々の改良・改善が進められて新設橋の設計に反映されてきている。なかでも、疲労設計については2002年の改定までは一部を除いて義務化されておらず、既設橋のなかには疲労耐久性に懸念のある橋も含まれる。これらについては今後維持管理のなかで適切に保全していくことが必要であるが、特に重交通路線では疲労損傷の発生の危険性が相対的に高く確実な維持管理が求められている。しかし、既存の橋梁では最新の基準に不適合であっても、ただちに補強するまでには至っていない。

このため、通行車両の重量が大きく、繰り返し荷重が作用すると、疲労損傷が生じ、重大な事故につながる可能性がある。我が国では、諸外国に比べて貨物輸送に占める自動車の依存度が高く、さらに物流効率化の観点から平成15年に車両総重量の緩和措置がなされるなど車両の大型化が進んでいる。このように、社会情勢の変化によって橋が建設時点では想定していない厳しい条件下で供用されることもあり、維持管理にあたっては既設橋を取り巻く諸条件を適切に考慮して対応することが求められる。

表1 主な地震と道路橋技術基準の変遷

年代	主要な地震	道路橋技術基準	耐震設計
1923	関東地震	1926年(大正15年)道路構造に関する細則案	・最強地震力を考慮する(耐震規定の導入) ・震度法による耐震計算
1952	十勝沖地震	1956年(昭和31年)鋼道路橋設計示方書	・地域、地盤条件に応じた設計震度の導入
1964	新潟地震	1971年(昭和46年)道路橋耐震設計指針	・応答を考慮した修正震度法 ・落橋防止構造の導入 ・液状化の影響を考慮
1978	宮城県沖地震	1980年(昭和55年)道路橋示方書V耐震設計編	・地震時変形性能の照査法 ・主鉄筋段落し部規定の導入 ・動的解析の位置付けを行い設計地震入力規定
1995	兵庫県南部地震	1996年(平成8年)道路橋示方書V耐震設計編	・タイプII地震動の導入 ・免震設計の導入 ・落橋防止システムの充実 ・流動化を考慮した基礎設計法 ・地震時保有水平耐力法 ・変形性能の確保

2. 道路橋保全の現状

2-1 見ない

道路橋ストック全体を管理者別で分類すると、橋長約15m以上の道路橋約15万橋のうち、地方公共団体が管理する橋梁は約13万3千橋（都道府県管理橋4万4千橋、市区町村管理橋8万2千橋、政令市橋7千橋）で、大半（89%）を占めている（図2-1）。

直轄国道、高速道路、東京都など一部地方公共団体では、ほぼ全数の定期点検が実施されているが、地方公共団体が管理する道路橋（橋長15m以上）13万3千橋のうち、過去5年以内に未点検の橋梁の数は、8万8千橋（66%）にのぼる。その内訳は、都道府県管理の橋で1万2千橋（管理する4万4千橋の約29%）、政令市で3千橋（管理する7千橋の44%）、市区町村で7万2千橋（管理する8万2千橋の88%）である（図2-2）。

特に市区町村では、技術力不足、財政的な問題、技術者の人材不足の3つを主な理由として約83%（約1千5百の市区町村）が定期点検を実施していない。なお、市区町村が職員として抱える土木技術者は平均3.5人であるが、その中に橋梁や土木構造物の専門的知識を有する技術者は少なく、技術者が全くいない市区町村もある（27%）など道路橋保全の体制が十分に確保できているとは言えないのが現状である。

道路橋の保全は、対象とする橋の現況を把握する「点検」から始まるが、実際のところは多くの橋を「診ていない」のが現状である。

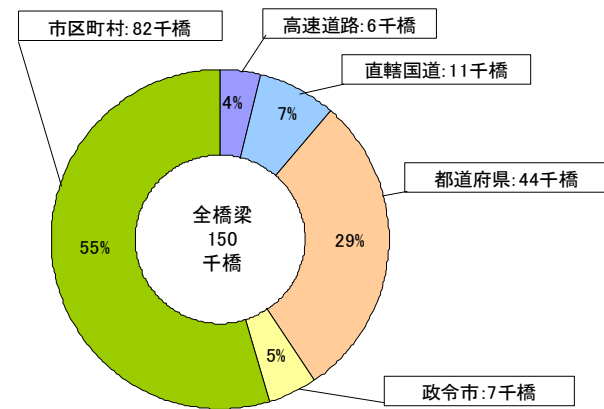


図 2-1 全橋梁の管理者別内訳
出典: 道路統計年報 2007

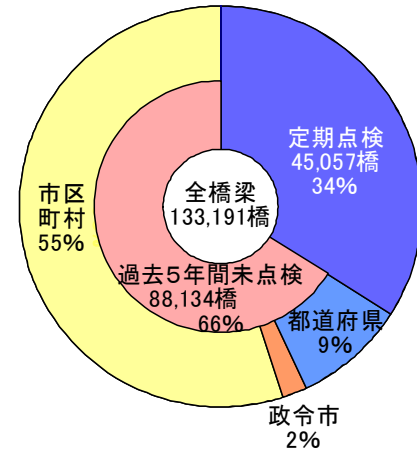


図 2-2 地方公共団体管理橋(L=15m以上)のうち点検していない橋の割合
出典: 平成19年9月 国土交通省調べ

2-2 見過ごし

直轄国道では、昭和63年（1988年）より10年に1度の頻度で定期点検を実施してきたが、点検後10年以内に補修等が必要な損傷を生じた事例が度々見られることや、鋼部材の疲労など劣化による損傷が増加しつつあることから、平成16年（2004年）から5年に1度の頻度で実施することとして損傷の早期発見に努めてきた。また、この改訂では、従来の事後保全から予防保全へと転換を図るべく、将来の維持管理の合理化にも不可欠な損傷状況についての基礎的な情報である「損傷程度の評価」と、適切な措置が為されるように、当該橋梁の構造的な特性や損傷原因、部材の重要度等も考慮したうえで点検後にどのような措置を行うべきかについての一次評価である「対策区分の判定」という二つの評価体系を軸にした点検内容として実施している。

その結果、損傷の早期発見や予防保全へ向けたデータ蓄積に効果をあげつつあるものの、目視では確認しにくい部位の損傷や経験の浅い点検員が発見しにくい疲労を原因とする損傷などが予想を上回る速度で進行することにより、結果的に点検員が見逃している状況が発生している。

日本では平成19年6月に、定期点検が行われていた木曾川大橋において点検では報告されていないトラス橋の斜材の破断事故が発生した（図2-3）。

このことは、既設橋の適切な保全に不可欠な情報が極めて多岐にわたっていること、およびそれらを維持管理において全て見落とさずにチェックし、評価することの困難さを示している。



図 2-3 木曾川大橋のトラス斜材の破断事故

2-3 先送り

平成19年8月1日、維持管理の先進国である米国において、それまで定期的な点検や各種の調査が行われていたミネアポリス I-35W 橋の崩壊により多数の死傷者を出すという衝撃的な事故が発生した。事故原因については未だ調査中であるが、崩壊に何らかの関係があることが疑われている接合部（ガセット板）に重大な設計ミスがあったことが明らかにされている。この事例は定期的な点検、診断に加え、その後速やかに適切な措置（通行規制、補修補強・更新、記録、計画策定など）を行うことの重要性を示すとともに、補修補強の遅れが致命的な事態を招くことを示唆している（図2-4）。

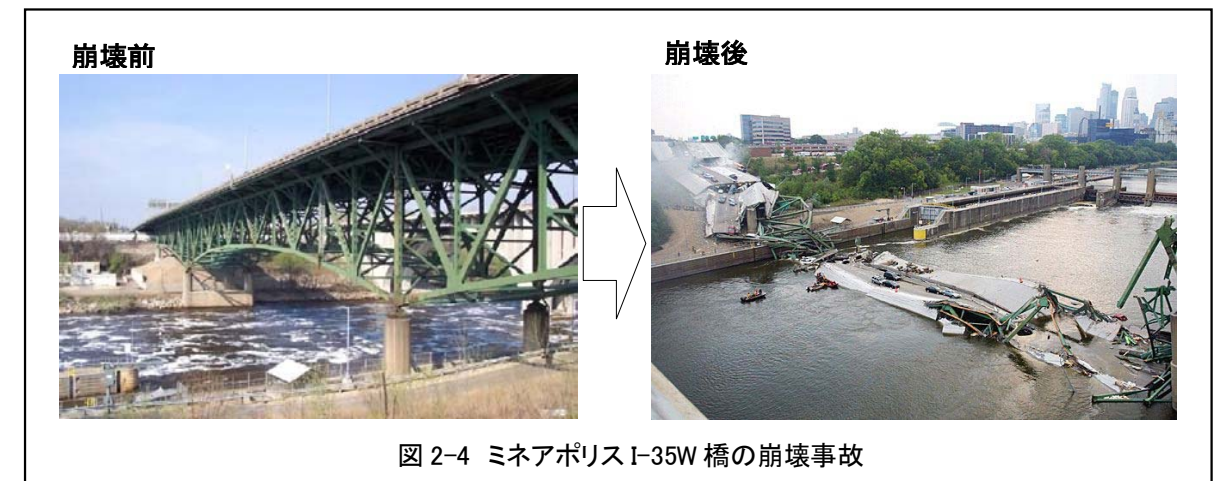


図 2-4 ミネアポリス I-35W 橋の崩壊事故

3. 顕在化しつつある道路橋のリスク

3-1 社会的損失

米国ミネアポリス I-35W 橋の崩壊による損失は、橋梁の架替費2億3,400万ドルだけにとどまらず、新橋供用まで16ヶ月間の通行止めによる社会的な損失も発生している。当該橋梁は平行する高速道路が代替路として機能するにも関わらず、その損失額は6,000万ドルに及ぶとされている。

国道23号の木曾川大橋で発生したトラス斜材の破断事故においては、19週間に及ぶ交通規制により、地域の社会経済活動に大きな悪影響を及ぼした(図3-1)。この橋の場合、約7km上流に東名阪自動車道、約5km上流に国道1号、約3km下流に伊勢湾岸自動車道という代替路線があったことで影響が軽減されたが、もし代替路がなかったとすれば、その損失は計り知れない。

今後も、維持補修のために交通規制を実施しなければならない橋梁が生じると考えざるを得ないものの、代替路線がない箇所においては交通規制を最小限にするなど、道路ネットワーク全体が持っている機能をできるだけ損なわないような維持管理手法を考えて行く必要がある。



図 3-1 木曾川大橋補強工事の新聞告知(抜粋)

3-2 膨大な費用

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実施されている橋梁数は約700橋(通行止め約100橋、通行規制約600橋)にも及ぶ。

橋梁のおかれている環境によって損傷の進む速度は異なるものの、放置すれば確実に劣化は進行して最後は崩壊に至ることは明らかである(図3-2)。

点検をしないまま損傷が進展し重大な事故につながる場合や、損傷の拡大により大規模な補修や架替えが必要となる場合など、総費用は膨大となる。



図 3-2 管理者不明橋梁の崩壊事故(平成19年)

3-3 人命の危険

人命の危険は、崩壊によるものだけではなく、コンクリート片の落下や路面の陥没などによっても生じ得るものである(図3-3)。

近年、人命に危険を及ぼしかねない損傷や事故が数多く報告され、緊急的な一斉点検などの対策が取られているが、応急的な措置に止まり、恒久的な対策を実施しないまま放置され、数年後に同じような問題が生じる事態も発生している。

		損傷の概要
塩害		コンクリート中に侵入した塩化物イオンや水分の影響で鉄筋やPC鋼材などの鋼材が腐食する現象。腐食した鋼材の膨張によりコンクリートがひび割れたり、鋼材が破断するなどにより構造物の安全性が損なわれる。
アルカリ骨材反応		コンクリートに有害鉱物を含む骨材が使われている場合に、コンクリート中のアルカリ性の水分と反応して膨張してコンクリートにひびわれが生じる現象。亀甲状のひび割れとなる場合が多く、劣化が著しいものでは鉄筋の破断を伴っている場合がある。
疲労(鋼製橋脚)		応力変動が繰り返される鋼材で亀裂を生じる損傷。道路橋では大型車による繰り返し荷重が載荷される重交通路線で多く発生している。亀裂が進展すると部材の破断につながるなど構造物が危険な状態となることがある。
疲労(RC床版)		自動車荷重の繰り返し荷重の影響によってコンクリートに徐々にひび割れが発生、進展する。劣化が進行すると部分的にコンクリートが抜け落ちたり路面陥没を生じて交通の安全性が損なわれることもある。

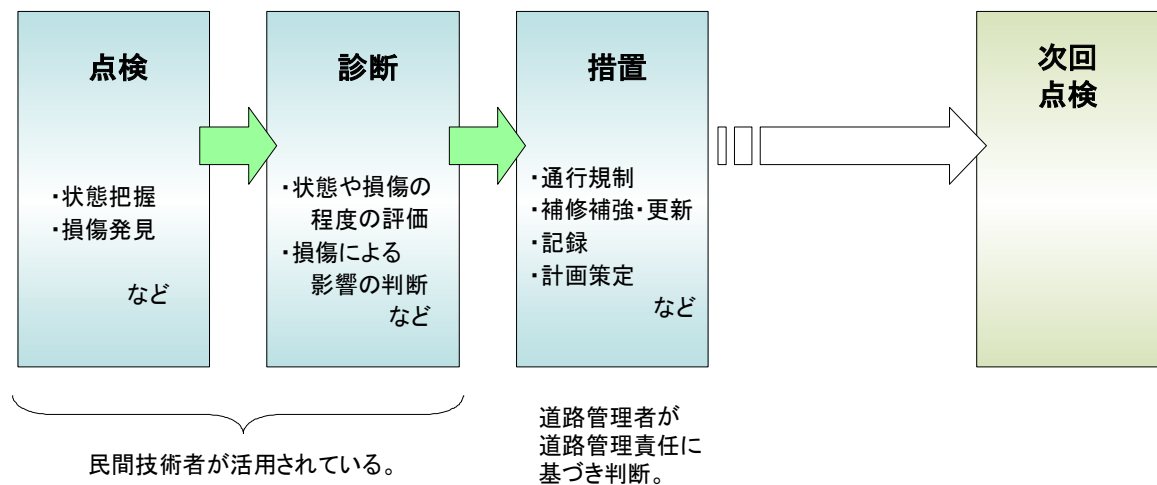
図 3-3 重大な損傷事例

4. 予防保全の実現に向けて

(1) 点検の制度化

～すべての道路橋で点検を実施～

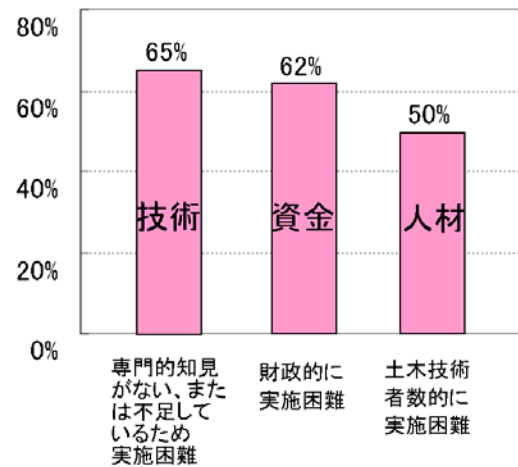
- ・国民の安全安心を確保するため、すべての道路橋で点検を制度化する。そのための仕組み（資金、人材、技術）を充実する。
- ・点検及び診断の結果に基づき、措置（通行規制、補修補強・更新、記録、計画策定など）が適切に行われるサイクルを確立する。
- ・重大損傷などが発見された場合に、全国の道路橋において緊急点検を実施するなど再発防止に取り組む仕組みを構築する。



市区町村では、資金、人材、技術の不足により点検が進んでいない。

<定期点検を実施していない主な理由>

平成19年9月国土交通省調べ



※ 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

<現行の補助制度>

基礎データ収集

- ・主要部材と劣化しやすい部位を中心に目視で点検
- ・橋梁の全体的な状態を把握
- ・数万円/橋程度の費用

長寿命化修繕計画策定

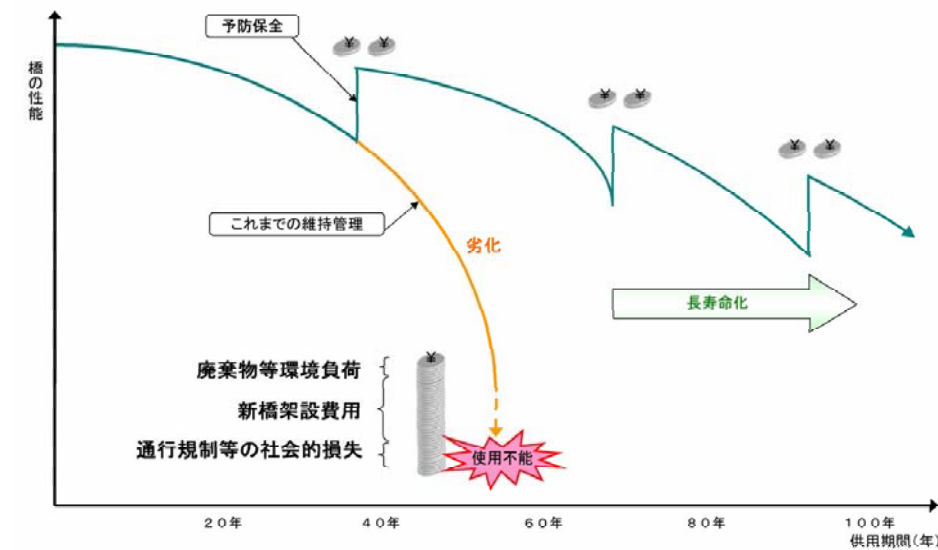
橋梁名	道路種別	路線名	橋長(m)	架設年度	供用年数	最新点検年次	対策の内容・時期										
							H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29		
〇〇橋	国*	〇〇号	30	1995	12	H17		次回点検									
〇〇橋	市*	〇〇号橋	80	1998	9	H19			次回点検								
〇〇橋	市*	〇〇号橋	35	2003	4	H20				次回点検							
〇〇橋	市*	〇〇号	100	1970	37	H19					次回点検						
〇〇橋	市*	〇〇号	50	1940	66	H18						次回点検					
〇〇橋	市*	〇〇号	18	1980	26	H20							次回点検				

定期点検

- ・橋の機能や規模、状態に応じた点検
- ・点検や補修を担う人材、技術

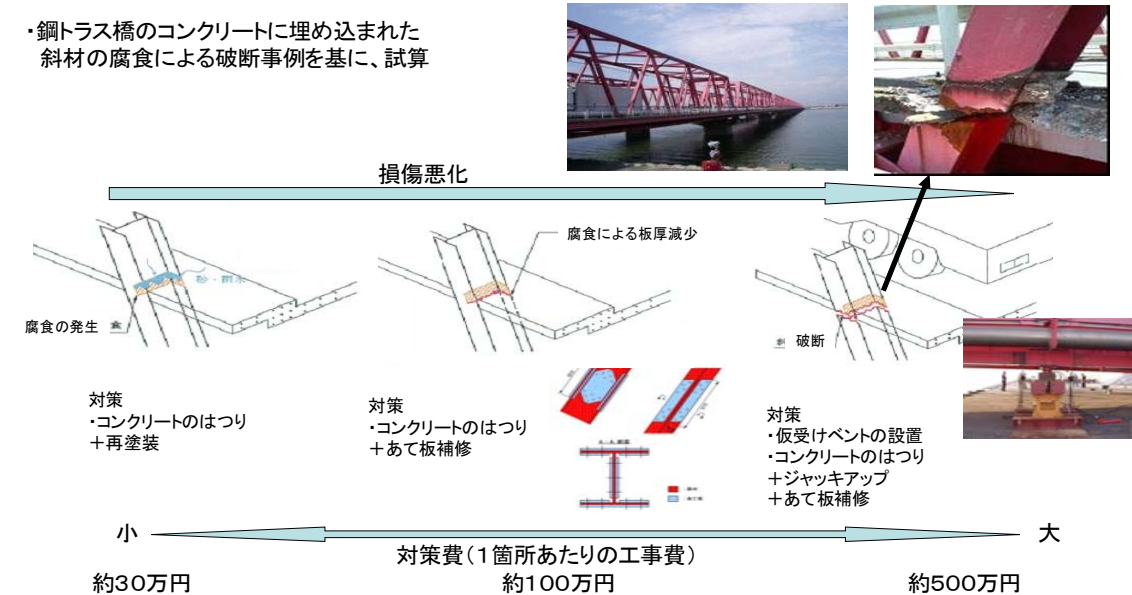
経費を国庫補助(平成25年度まで)

予防保全でライフサイクルコスト低減

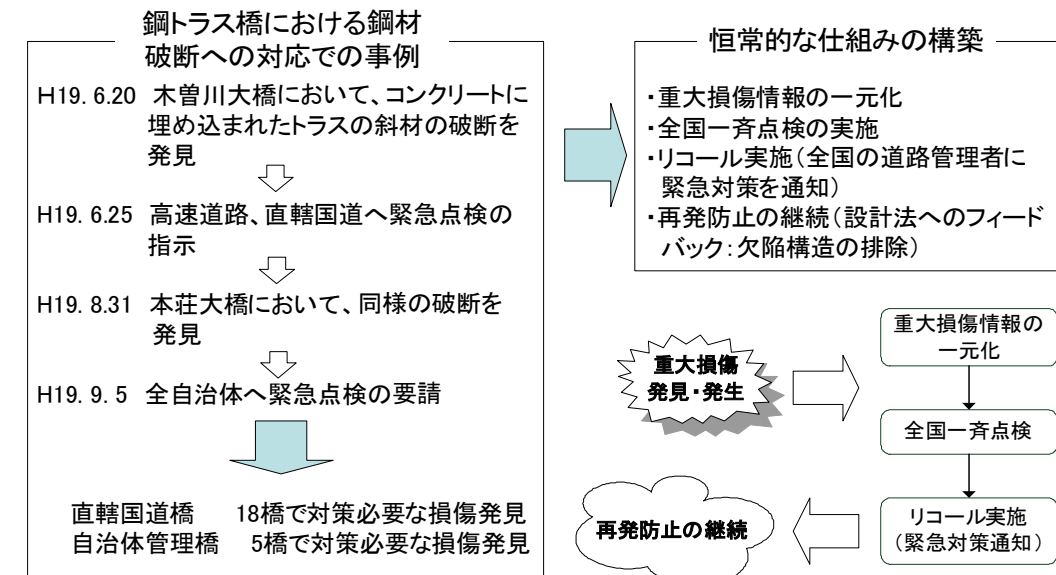


早期発見、早期対策がコスト低減に大きく寄与

・鋼トラス橋のコンクリートに埋め込まれた斜材の腐食による破断事例を基に、試算



緊急対策の仕組み(最新情報で点検・補修)



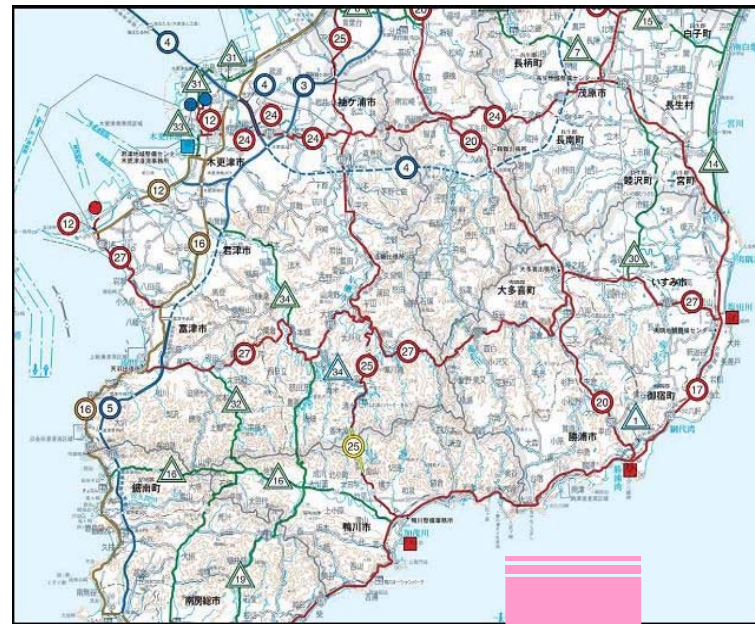
(2) - 1. 点検及び診断の信頼性確保
～技術基準、資格制度、人材育成を充実～

- ・路線が担っている機能、交通規制の難易、迂回路の有無などを勘案して路線の管理レベルを設定する。路線の管理レベルと道路橋の交通量や構造、橋長、周辺環境などの違いにきめ細かく対応した点検を可能とする基準を設定する。(例；交通量の少ない市町村道の中小橋梁は簡略に。)

路線機能に応じた管理レベルの設定(機能と管理水準の例)

ネットワークの持つ機能	求められる管理水準					
	耐震性	耐荷性	点検基準		維持管理 レベル	補修補強 レベル
			点検内容	点検頻度		
広域幹線ネットワーク 拠点連絡ネットワーク 生活・産業確保ネットワーク 日常生活基盤道路	検討の視点 <ul style="list-style-type: none"> ・ネットワークの機能に応じて適切な保全を実施。 ・道路管理者の連携を重視。 ・維持管理にかかるコスト効率の向上を目指す。 ・逐次PDCAサイクルによる見直し。 					

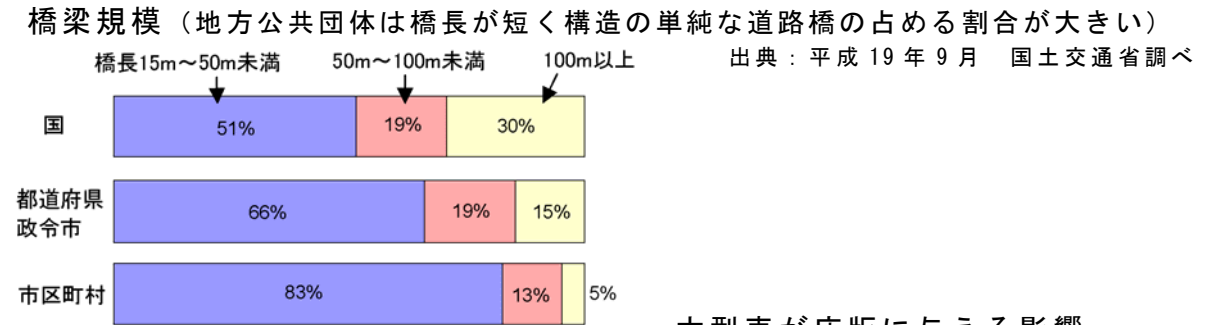
<緊急輸送道路網(千葉県南部の例)>



凡 例			
道路種別	ルート	ルート番号	
緊急輸送道路			
1次路線	高速道路(使用中)	—	○
	高速道路(建設中)	- - -	○
	直轄管理国道他	—	○
	県管理国道(使用中)	—	○
	県管理国道(建設中)	- - -	○
	有料道路	—	○
2次路線	直轄管理国道他	—	△
	有料道路	—	△
	港		●
	漁港		■
	空港		●
	自衛隊基地		●
	臨時ヘリポート		■
	卸売市場		■

各地方ブロック単位で、幹線道路協議会(管理部会)においてネットワーク機能別の道路網の検討作業を実施中。

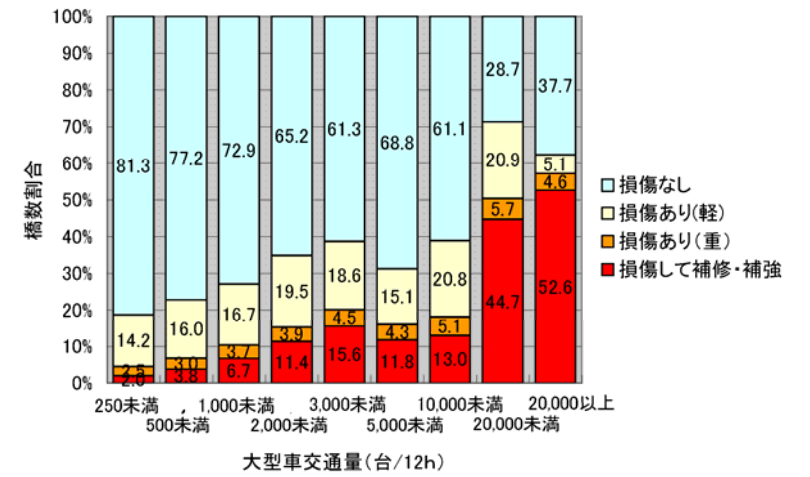
道路橋の交通量や構造などの違いにきめ細かく対応した点検を可能にする基準を設定



塩害により損傷しやすい地域
(海水飛沫や飛来塩分の強い地域)
出典:国土交通省



大型車が床版に与える影響
(鋼橋RC床版の損傷実態)
出典:土木技術資料1992



内容	(直轄国道)H16橋梁定期点検要領(案)	道路橋に関する基礎データ収集要領(案)(国土技術政策総合研究所資料)
点検部位	橋全体(全部材)	主要部材、かつ損傷発生頻度が高い箇所や同じ部材の中でも劣化が先行的に進行する箇所のみ
点検方法	近接目視	遠望目視+近接目視
点検の頻度	1回/5年	1回/5年
鋼部材	腐食、亀裂、ゆるみ・脱落、破断、防食機能の劣化	腐食、亀裂、ボルトの脱落、破断
コンクリート部材	ひび割れ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、抜け落ち、コンクリート補強材の損傷、床版ひび割れ、うき	ひび割れ・漏水・遊離石灰、鉄筋露出、抜け落ち、床版ひび割れ、PC定着部の異常
その他	遊間の異常、路面の凹凸、舗装の異常、支承の機能障害、その他	路面の凹凸、支承の機能障害
共通	定着部の異常、変色・劣化、漏水・滞水、異常な音・振動、異常なたわみ、変形・欠損、土砂詰り、沈下・移動・傾斜、洗掘	下部工の変状
		・少なくとも「基礎データ収集要領案」程度のレベルでは損傷状態を把握し、一定以上の知見を有する専門家による判定・診断を行うことは必要。 ・取得データは重大損傷や先行劣化部位のみによってもある程度安全側に把握できる。 ・橋全体を表わすような指標が作成できるような、点検、評価の基準とすべき。

諸外国の点検頻度

	米国	英国	フランス	ドイツ	日本(直轄)
点検名称	定期点検	主要点検	IQOA 橋梁状態評価点検	主要点検及び 中間点検	定期点検
点検頻度	1回/2年*	1回/6年*	1回/3年*	1回/3年*	1回/5年以内 (供用後2年以内に初回)

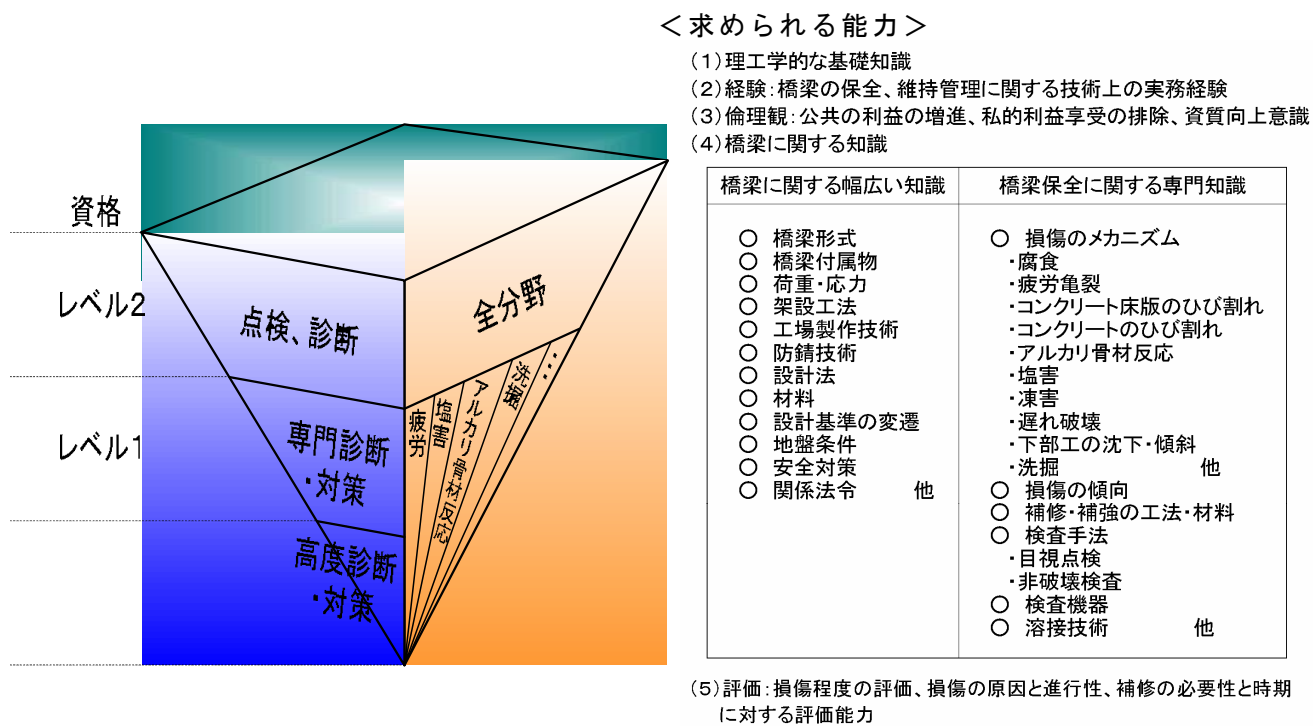
*:条件により、点検間隔を短く、または長くする場合がある。

(2) - 2. 点検及び診断の品質確保（資格制度）

～ 基準と資格で点検及び診断の品質を確保 ～

- ・ 点検者及び診断者の技術能力と責任を明確にする資格制度により、点検及び診断の信頼性を確保するとともに、最新の知見に基づく点検及び診断となるよう定期的な教育を実施し、資格を更新する。
- ・ 更に道路管理者については、診断結果に基づき的確な措置（通行規制、補修補強・更新、記録、計画策定など）を行うことが出来るよう教育・研修を充実する。
- ・ 道路橋の維持管理の分野に必要な技術力を確保・維持できるように、技術力を適正に評価するなど、優秀な技術者が育成される仕組みを構築する。

点検、診断に対する資格のイメージ



<点検の質の保証. 定期的な教育>

米国での資格制度

- 点検チームのリーダー資格(全国橋梁点検基準で規定)
実務経験 + 研修(連邦道路庁認定)
- 再教育などの品質確保方策については各州がマニュアル策定
<オクラホマ州の例>
 - ・ 2年に1度、州主催の訓練研修に参加すること。
 - ・ 訓練研修では、健全度評価の試験を実施。
 - ・ 健全度評価において同種の誤りが多い場合、資格取消し。

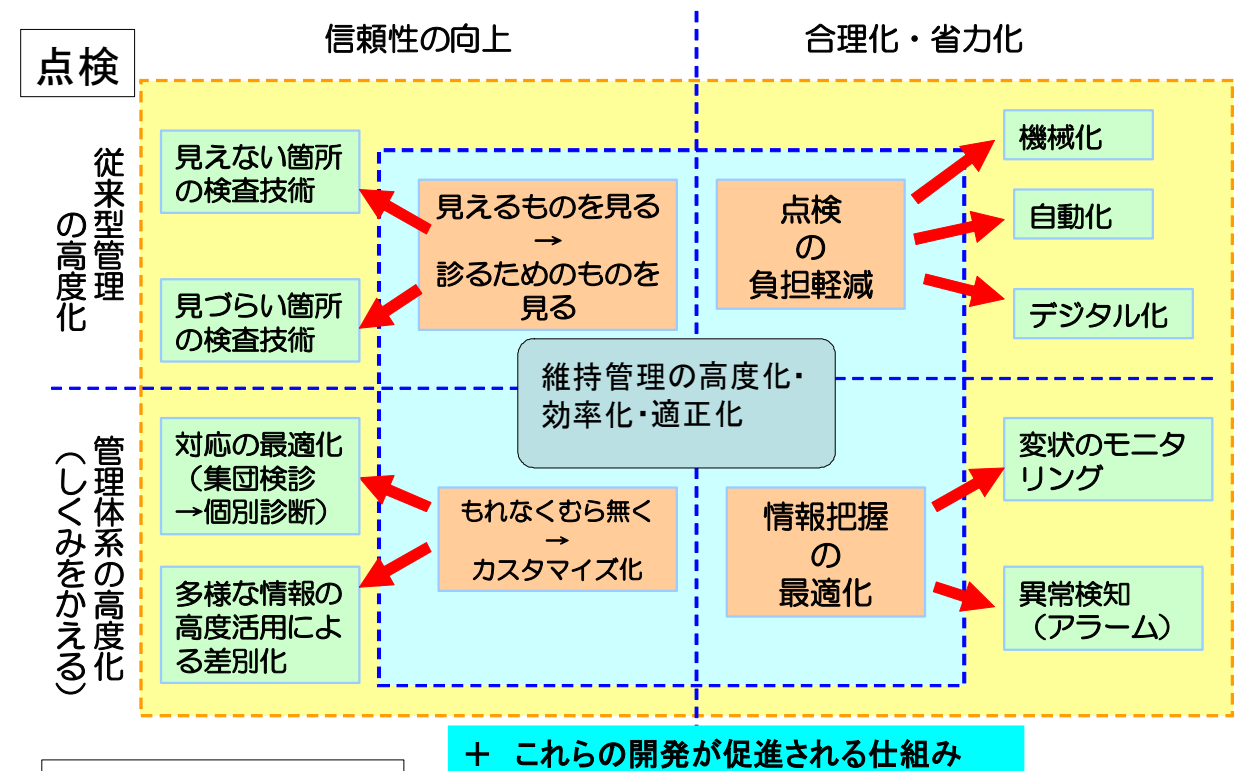
出典：FHWAホームページより

(3) 技術開発の推進

～ 信頼性を高め、負担（労力、コスト）を軽減する技術開発を推進 ～

- ・ 道路橋の点検、診断、補修補強の各分野について、より良質かつより少ない負担で維持管理の実施を可能とする技術開発を国が中心となって推進する。
- ・ 疲労や環境作用による劣化予測など、高度な技術力を要する分野の技術開発を特に推進するとともに、部材の性能が道路橋全体の健全性に与える影響を適切に評価できる手法に関する技術開発を推進する。
- ・ 点検、診断、補修補強・更新のコスト低減や耐久性向上を実現できるなどの視点で、既設道路橋において得られた知見を活用して設計法に関する改善や技術開発を推進する。

予防保全を実現するための技術開発

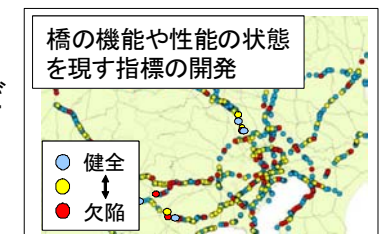


診断(評価、予測)

- ・ 健全度評価技術の開発
- ・ 疲労や環境作用による劣化予測技術の開発
- ・ 橋の機能や性能の状態を表す指標の開発 など

補修補強

- ・ 補修材料の開発
- ・ 補修補強技術の開発 など

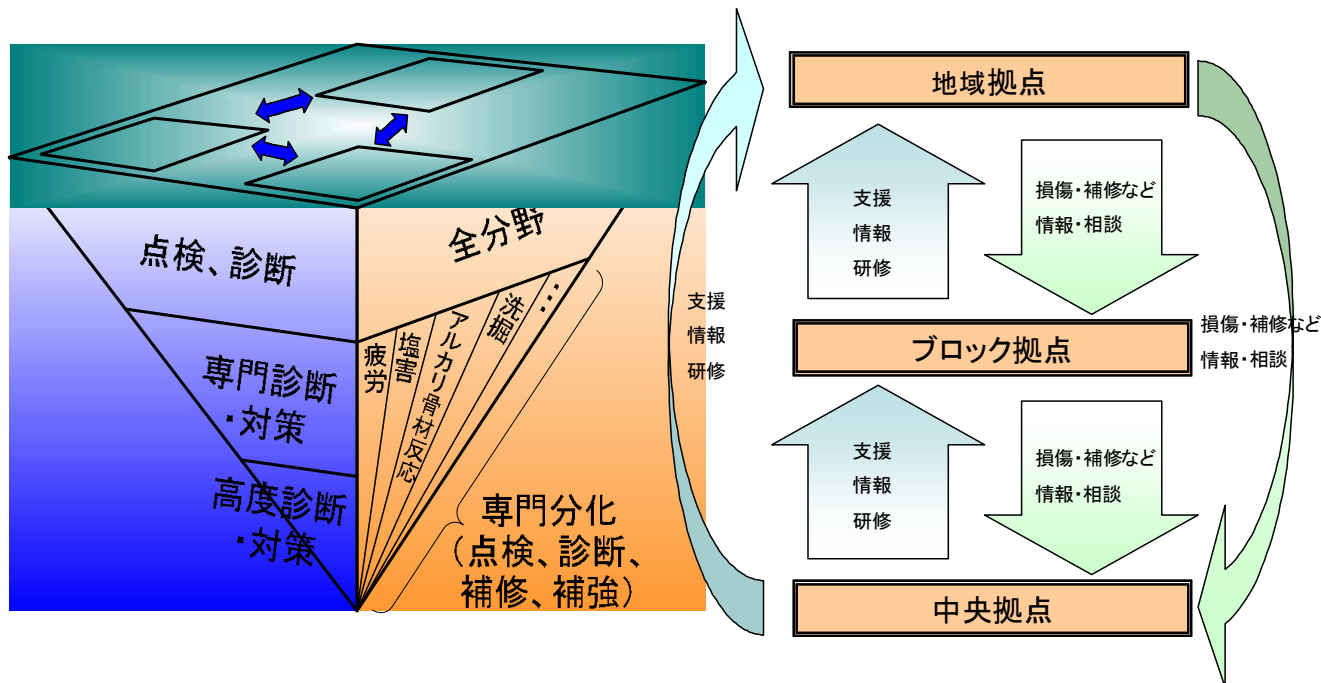


(4) 技術拠点の整備

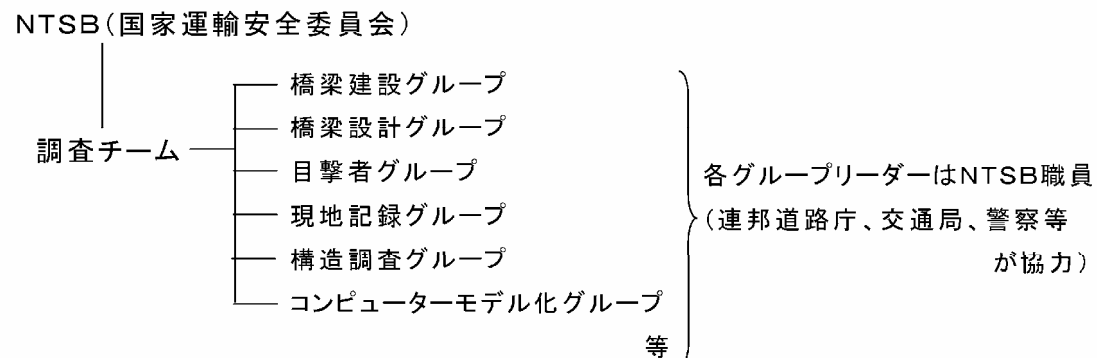
～ 損傷事例の集積と発信、専門技術者の育成 ～

- ・ 高度な専門性を要する疲労などによる損傷の点検、診断、補修補強について技術支援を行う拠点を中央及びブロック毎に整備する。技術支援におけるノウハウや対応事例などを集積し、全国の道路管理者等へ最新情報を提供する。
- ・ 中央の拠点は重大損傷の原因解明と再発防止策等の検討を専門的にを行い、全国の道路管理者等を支援する。
- ・ 維持管理に特有の知見と判断能力を有する高度な専門技術者の育成を技術拠点で支援する。

段階的な専門診断・高度診断のイメージ



事故の原因解明と再発防止 (米国ミネアポリスでの道路橋崩落)

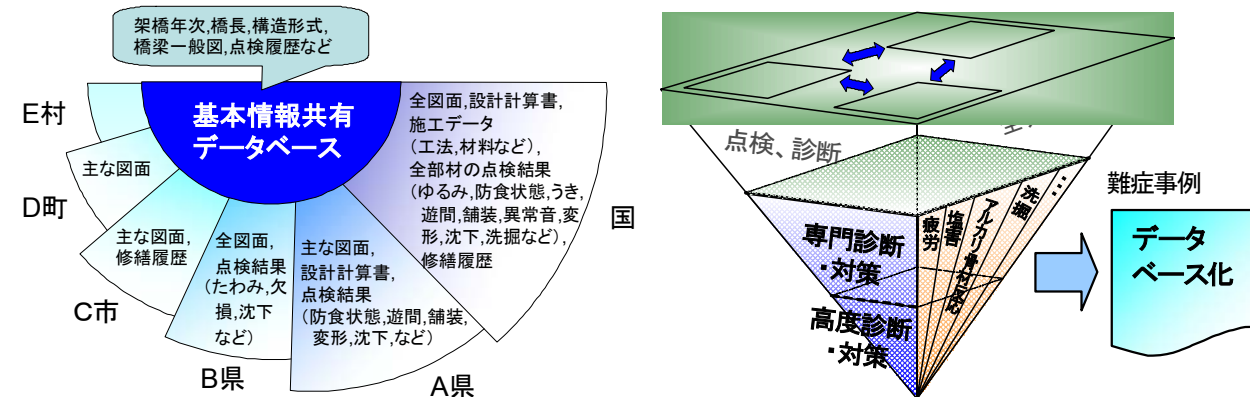


(5) データベースの構築と活用

～ 効率的な維持管理とマネジメントサイクルの確立～

- ・ 全国の道路橋に共通するデータベースを構築する。ここで集積された損傷事例や補修事例などを活用することにより、効率的で確実な維持管理を実行する。また、重大な損傷が発見された場合等に、緊急点検を行う対象道路橋を速やかに抽出する手段としても活用する。
- ・ 既設道路橋から得られる知見を新設橋の計画、設計、施工、維持管理に反映し、管理がしやすく適切に施工された道路橋を建設するマネジメントサイクルを確立する。
- ・ 道路橋の健全度などの状態に関する情報を国民と共有できるように、的確な指標を設定するとともに、わかりやすい情報として速やかに公表する。

データベースのイメージ



マネジメントサイクルとリコール (緊急対策)

