

「奈良県橋梁長寿命化修繕計画」

平成22年2月



奈良県 土木部 道路管理課

目次

1. 策定の趣旨	・・・ 1
2. 現状と課題	
(1) 奈良県内の管理橋梁	・・・ 2
(2) 橋梁管理の現状	・・・ 5
(3) 橋梁の点検結果	・・・ 7
3. 今後の橋梁の維持管理方針	・・・ 11
4. 橋梁長寿命化に向けて	
(1) 長寿命化の視点での巡視内容の充実	・・・ 12
(2) 今後の点検や修繕計画の実施について	・・・ 12
(3) 組織体制の強化・職員のスキルアップと技術の伝承	・・・ 22
(4) 予防保全の導入効果	・・・ 23
(5) 市町村管理橋梁の予防保全に対する支援内容 および支援体制の充実	・・・ 24
5. おわりに	・・・ 25

1. 策定の趣旨

奈良県内には、平成22年1月時点で10,526橋の道路橋^{*1}があり、これらの橋梁の多くは、高度経済成長期の1950年代後半から1970年代前半に建設され、本県の経済発展に多大な役割を果たしてきたが、建設後50年を経過することで想定していなかった劣化・損傷の危険性が高まっている。

橋梁の高齢化が進む中、平成19年8月に米国のミネソタ州で鋼トラス橋が、補修・補強の遅れから突然崩落し、多数の死傷者を出す惨事となった。また、国内の直轄国道でも、平成19年6月に国道23号（名四国道）の木曾川大橋^{きそがわおおほし}において、鋼トラス橋の斜材の腐食による破断事故が発生している。奈良県内の直轄国道においても、平成18年10月に国道25号（名阪国道）の山添橋^{やまぞえばし}において、大型車輛の交通量急増に伴う繰り返し荷重による疲労が原因で、疲労設計導入（2002年）以前に設計された橋梁の鋼材主桁部に亀裂が発生し、通行規制が行われたため道路利用者が広域迂回を強いられ、多大な経済損失が発生させた。県管理橋梁では、平成21年8月に宇陀市榛原区^{うだしはいばらく}の榛原大橋^{おおほし}の高欄が落下する事故が発生している。これらの事故については、橋梁の高齢化の過程で発生した想定外の劣化・損傷に対して適切な点検・補修・補強を行っていないことが原因の一つと考えられる。

現下の経済情勢による今後の税収動向の不透明さや少子高齢化の進展による社会保障費の増加により、今後、より一層厳しい財政運営を余儀なくされる中、道路特定財源が一般財源化されたことから、道路整備予算についても安定的な確保が困難となることが見込まれる。

さらに、平成19年4月に国土交通省が、橋梁の安全性及び信頼性の確保並びに財政負担の軽減を目的に予防保全への転換を促す計画策定支援制度を創設したことを受けて、地方公共団体は、管理橋梁について長寿命化修繕計画を策定するとともに、損傷発生した後に大規模な補修・補強を行う「事後保全」から、定期点検を行い、損傷発生前に計画的に補修を行う「予防保全」へ維持管理の方針転換を図っている。

このため、本県でも、橋長15m以上の県管理橋梁の点検・調査を行い、学識経験者の意見を踏まえて「奈良県橋梁長寿命化修繕計画」を策定し、「事後保全」から「予防保全」への方針転換に組織的に取り組み、道路橋の安全・安心な通行の確保や維持管理コストの削減を図ることとする。また、市町村への支援体制を充実させることで、県内橋梁全てについて適切な維持管理を目指す。

なお本計画については、今後の点検・調査の結果及び財政状況や社会状況の変化等により、適宜見直しを行う予定である。

*1 農道や林道に架設されている橋梁を含む

2. 現状と課題

(1) 奈良県内の管理橋梁

道路は、県民の日常生活や社会活動を支える根幹的社会資本であり、安全に通行できる道路ネットワークの確保が必要である。県内には、平成22年1月時点で、約12,190kmの道路があり、そのうち国管理道路延長が198km、県管理道路延長が約2,050km^{*2}、市町村管理道路延長が約9,942kmとなっている。

鉄道、道路及び溪谷等と交差し、円滑な交通流を確保するために重要な施設である橋梁（橋長2m以上）は、平成22年1月現在、県内に10,526橋が架かっており、その内訳は、国が管理するものが216橋

表1 奈良県内の管理橋梁

25.7km（うち橋長15m以上109橋25km）、県が管理するものが2,011橋 45.4km（うち橋長15m以上726橋 35.4km）、奈良県道路公社が管理するものが13橋 1.6km（全てが橋長15m以上）、市町村が管理するもの^{*3}が8,286橋 92.1km（うち橋

	橋梁数(橋)	橋梁総延長(km)
国道(直轄管理)の橋梁	216	25.7
国道(県管理等 [※])の橋梁	787	24.3
県道の橋梁	1,237	22.7
市町村道の橋梁	7,646	84.5
農道の橋梁	50	0.6
林道の橋梁	590	7.0
計	10,526	164.8

※ 奈良県道路公社管理の第二阪奈有料道路の橋梁を含む
 長15m以上1,529橋 56.7km)であり、その形式、橋長、材料及び建設年次等は多岐にわたっている。

県管理国道、県道及び市町村道に架かる橋梁は、一部戦前に建設されたものもあるが、高度成長期の1950年代後半から1970年代前半に建設されたものが多数を占め、本県の経済発展に多大な役割を果たしてきた。しかし、これらの橋梁は、既に建設後40年を経過しており、近々に、橋梁の更新時期の目安とされる建設後50年を経過することになる。また、現在約15%を占める架設後50年を経過した橋梁（以下、

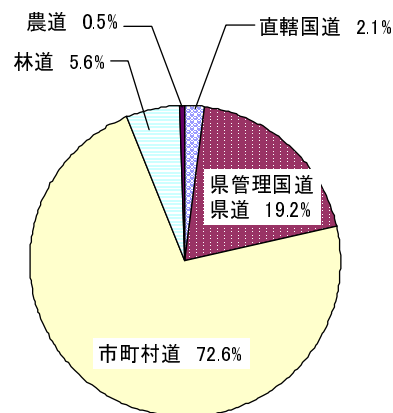


図1 奈良県の橋梁割合

「高齢化橋梁」という)の割合が、20年後の2030年には約60%に急増するが、全国の管理橋梁の高齢化割合が2006年の6%から2026年には約47%^{*4}になることと比較すれば、県内橋梁の高齢化の進展が早く、早期の補修・補強対策が求められていることを示しており、このまま放置すれば、道路橋の安全性が確保出来ないばかりか、試算では、架け替え等で、今後50年間に約1,320億円の投

*2 奈良県道路公社管理の第二阪奈有料道路の9.6kmを含む

*3 市町村が管理する農道・林道を含む

*4 平成19年3月、国土交通省「荒廃する日本」としないための道路管理より引用

資が必要となる。

さらに、本県には、平成7年兵庫県南部地震で倒壊及び重大な損傷が発生した橋梁と同形式の橋梁^{*5}が第1次・第2次緊急輸送道路^{*6}上に110橋架設されており、うち耐震補強の未対策な橋梁は、国道及び県道の計7路線上に35橋ある。

緊急輸送道路として指定されている県土を縦横断する広域幹線道路上にある橋梁が地震により倒壊や重大な損傷を受ければ、道路ネットワークが寸断されることになる。よって「安全で信頼性の高い道路サービスの確保」の観点からも、耐震補強対策を早期に行う必要がある。

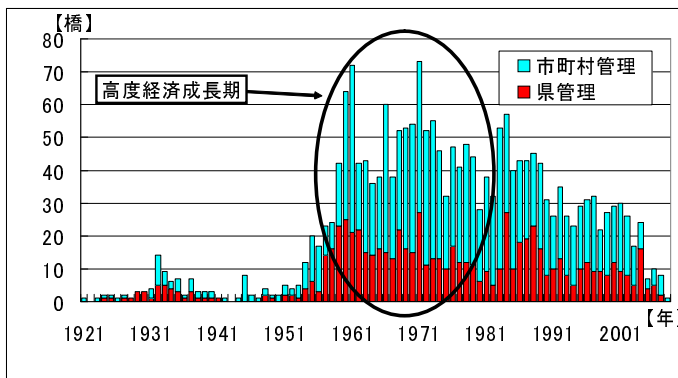


図2 奈良県内の年次別架設橋梁数

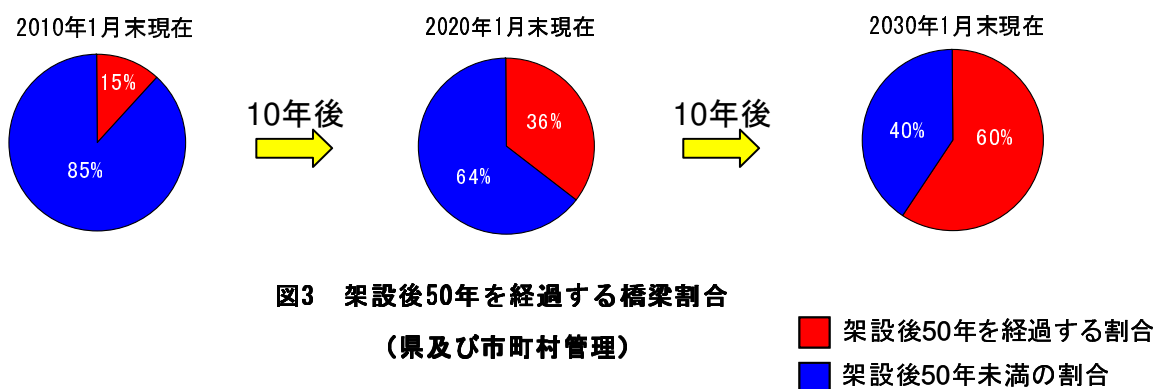


図3 架設後50年を経過する橋梁割合
(県及び市町村管理)

*5 昭和55年道路橋示方書よりも古い基準を適用した橋梁について、以下の①～⑥に該当する構造を有する橋梁を対象として選定する。

(1) 橋脚補強の対象構造

- ①段落とし部のある鉄筋コンクリート製単柱橋脚
- ②鋼製単柱橋脚
- ③連続橋の段落し部ある鉄筋コンクリート製固定橋脚

(2) 落橋防止システム設置の対象構造

- ④両端が橋台でない単純桁
- ⑤ゲルバー桁
- ⑥流動化の影響を受ける可能性のある連続桁

*6 震災時における、避難・救助をはじめ、物資の供給、諸施設の復旧等を広域的に実施するために対応した交通の確保を図ることを目的に、定めた重要な路線。

◎第1次緊急輸送道路

- ・ 県外からの支援を受けるための広域幹線道路（高規格幹線道路、一般国道）
- ・ 地震発生時、防災拠点を管理すべき県庁所在地、災害管理対策拠点を相互に連絡する道路

◎第2次緊急輸送道路

- ・ 第1次緊急輸送道路と地震発生時直後に必要とされる防災拠点を連絡する道路



図4 架設後50年を経過する橋梁数
(全国の橋梁)

■ 架設後50年を経過する割合
■ 架設後50年未満の割合

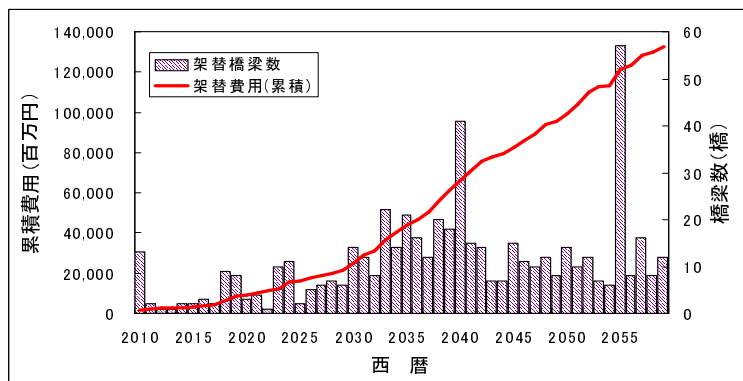


図5 架替累積費用と架替橋梁数

次に、県管理橋梁（橋長15m以上726橋）の現状を地域別に見てみる。

大和平野地域^{*7}には、橋梁が264橋あり、そのうち跨線・跨道橋または橋長100m以上の長大橋は45橋あり、点検結果から33橋において何らかの損傷が確認された。これらの橋梁の落橋や重大な損傷等により、関連する鉄道や道路が寸断されれば、地域住民の日常生活に支障をきたすだけでなく、経済活動に多大な社会的損失を発生させることとなる。

また、中山間地域である大和高原地域^{*8}及び五條吉野地域^{*9}には、橋梁が462橋あり、そのうち特殊橋梁^{*10}または橋長100m以上の長大橋は102橋である。これら山岳地域に架かる橋梁は、構造も複雑なため、一旦損傷が発生すれば、点検及び補修・補強などの適切な維持管理に長い期間と多大な費用が必要となる。

市町村管理橋梁については、維持管理に関して高度な専門知識を必要とする橋長100m

*7 県の中央部を東西に横断する中央構造線より北部の地域であり、概ね標高100m以下の平野で構成される地域（奈良盆地）

*8 県の中央部を東西に横断する中央構造線より北部の地域であり、東部の高原地域

*9 県の中央部を東西に横断する中央構造線より南部の地域であり、県土の60%を占める

*10 アーチ、トラス、ラーメン、斜張橋、吊橋など、一般的な桁形式ではなく特殊な主構造を有する橋梁

以上の長大橋が、21市町村に81^{*11} 橋ある。しかし、市町村には土木技術職員数が少なく、高度な専門知識を必要とする長大橋を適切に維持管理する体制が整備されていない。

表2 市町村管理橋長50m以上の橋梁

	(橋)		
	50m～100m	100m～	計
市	72	29	101
町	32	26	58
村	61	26	87
計	165	81	246

※農道・林道を含む

(2) 橋梁管理の現状

① 県管理橋梁

県管理橋梁（2,011橋）の維持管理は、これまでは土木事務所職員による橋面上からの点検と、損傷が顕在化した後に点検・補修・補強を実施する対症療法的なものであり、橋梁長寿命化の視点に立った日常点検及び維持管理を行う手法が未確立であった。しかし今後は、橋梁を長寿命化させる視点に立った維持管理が必要であることから、県では、国土技術政策総合研究所資料である「道路橋に関する基礎データ収集要領」に基づき、平成19年度から平成21年度にかけて橋長15m以上の県管理橋梁（726橋）について、本計画策定のための点検を実施した。すでに京都府など10府県^{*12}では、独自に点検要領を定めて、組織体制を整備し、土木技術職員自らが点検を実施している。しかし、本県の場合は、組織体制が整備されていないことから、橋梁点検を外部委託により実施したため、土木技術職員の橋梁点検能力の向上に結びついていない。

よって、本計画策定後、県土木技術職員が継続的に橋梁点検を実施するためには、組織体制の整備および職員の橋梁点検能力向上が必要である。

② 市町村管理橋梁

県は、市町村に対して橋梁の点検方法及び「橋梁長寿命化修繕計画」策定に関する講習会を行ってきた。しかし、県内各市町村の土木技術職員数は少なく、12町村では土木技術職員がいないという現状である。このため橋梁点検・計画策定のための組織体制が整っておらず、橋梁点検能力を有さないなど、道路橋を適切に保全する観点から多くの課題がある。

橋梁長寿命化修繕計画を策定するための市町村道上の橋梁（7,646橋）の定期点検完了率は、平成22年1月末時点で、橋長15m以上の橋梁については約36%、橋長15m

*11 林道に架かる2橋を含む

*12 平成21年10月に奈良県が各都道府県に実施した、アンケート結果による

未満の橋梁については未実施であり、全国の点検完了率38%と同様低い完了率となっている。よって、県による市町村への更なる技術支援が必要である。

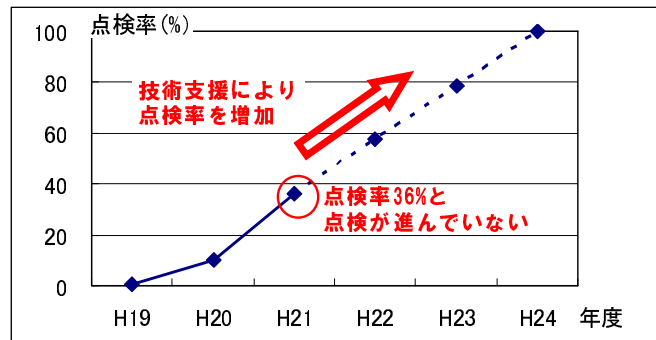


図6 市町村の橋梁点検率の推移

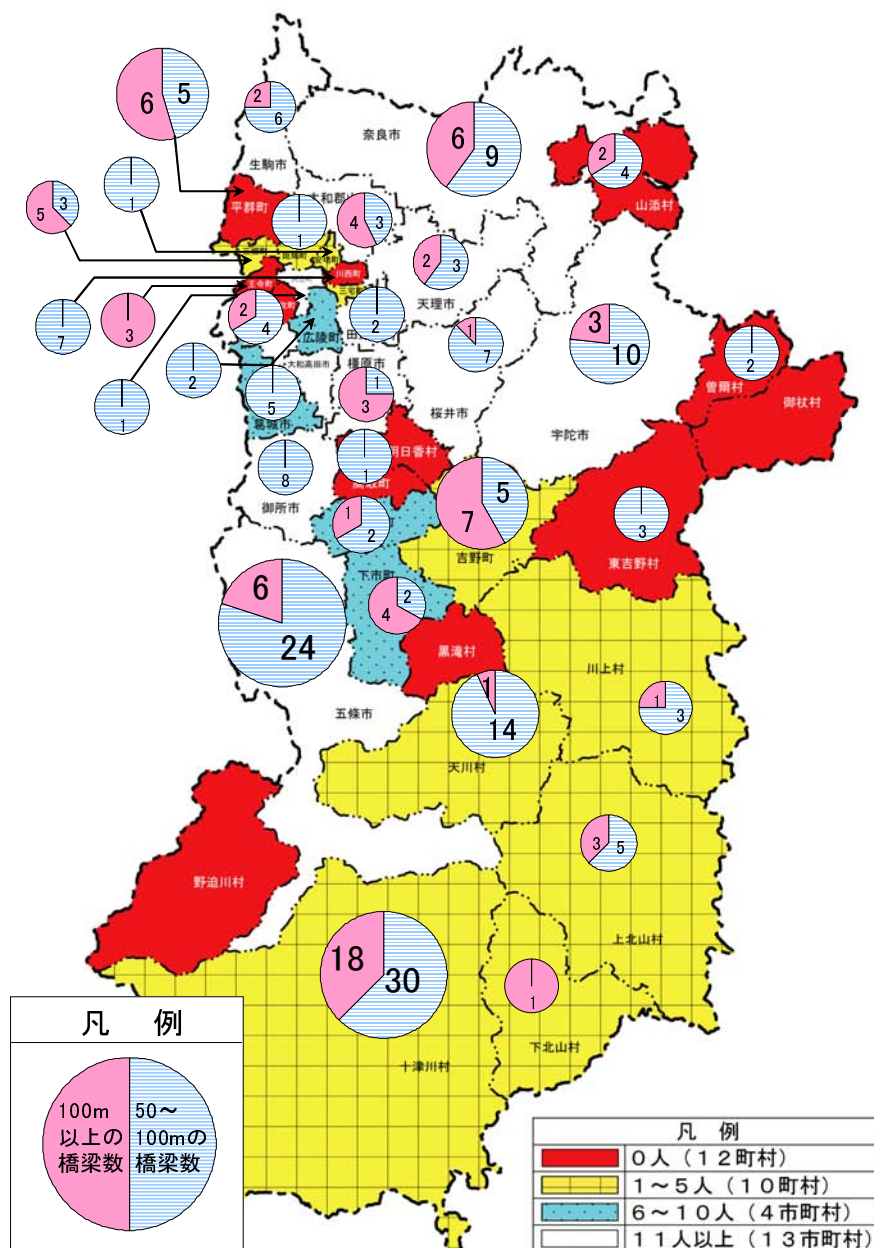


図7 市町村の土木技術職員数および長大橋梁数

③現状の維持管理の課題

県・市町村ともに橋梁長寿命化の視点での日常点検及び維持管理を実施しておらず、橋梁の損傷が顕著になった後に大規模な補修・補強工事を実施する「事後保全」型維持管理となっている。

この「事後保全」型維持管理については、以下のような課題がある。

- 1) 大規模補修や架替えにより、多額の補修・補強費用が必要となり膨大な財政負担が発生する。
- 2) 緊急工事にとまなう通行止により、地域住民の日常生活への支障及び経済活動に多大な損失を及ぼす。
- 3) 損傷した橋梁を点検せず放置することで、重大な損傷を惹起させ、安全性の確保に支障をきたし、ひいては落橋事故に至るような損傷に進行し、人命を危険にさらすこととなる。

これらの課題を解決するためにも、「事後保全」型維持管理から、損傷発生前に計画的に補修・補強を行う「予防保全」型維持管理への方針転換が必要である。

(3) 橋梁の点検結果

平成19年度から平成21年度にかけて、本計画策定のための点検を行った橋長15m以上の県管理橋梁（726橋）については、応急対策が必要な損傷は発見されなかったが、72%にあたる526橋に何らかの劣化・損傷が発見された。また、損傷箇所別では、約35%にあたる254橋の支承に劣化・損傷が発見され、約30%にあたる218橋においては、落橋等に直接影響を与える主桁に何らかの損傷が発見された。

橋梁構造、地域、部材、経過年数別の点検結果の考察は、以下のとおりである。

①橋梁構造別の損傷内容

点検の結果、比較的大きな損傷があり、早急に補修が必要な橋梁は76橋存在した。その劣化・損傷内容は多様であるが、鋼桁の腐食、PC桁のひび割れ及びアルカリ骨材反応^{*13}が約54%にあたる41橋において発見された（その他劣化・損傷には、鋼桁の亀裂、高耐力ボルト（F11T）の遅れ破壊^{*14}、RC桁の鉄筋露出、床版のひび割れ、支承の機能障害などが35橋）。次ページの写真は、その損傷の一例である。

*13 骨材中に含まれるシリカとセメントのアルカリ成分、水が反応することで生じたアルカリシリカゲルが膨張しコンクリートにひび割れを生じさせる現象

*14 ボルトの締付後、時間経過により、突然破壊が起こる現象。腐食反応で発生する水素が、鋼中に侵入して起こる水素脆性が原因。材料の強度が高くなるにつれ、発生する可能性は著しく増す



図8 鋼桁の腐食



図9 PC桁のひび割れ・遊離石灰



図10 アルカリ骨材反応



図11 支承の機能障害



図12 床版の鉄筋露出



図13 RC桁の鉄筋露出

1) 鋼桁の腐食

本県には海岸線が無く、また凍結防止剤散布地域も限定的であることから、他の都道府県と比較しても腐食進行速度は遅いと考えられ、点検結果においても塩害による劣化・損傷は発見されなかった。しかし、橋面からの漏水や桁端部における草木の繁茂による高湿度が原因と考えられる腐食が、13橋に発生しており、うち11橋が中山間地域の架設後30年を経過した橋梁に集中している。

2) PC桁のひび割れ

PC桁は、高強度コンクリートを使用し、工場で高い技術力により製作されることから、損傷に至るような劣化はないと言われてきた。しかし、現在、全国的に架設後の経過年数や地域に関係なく、PC桁の損傷が確認されている。本県においても、県内全域で16橋のPC桁にひび割れが発生し、そのうち15橋については、遊離石灰^{*15}やコンクリートの剥離を併発していた。

3) アルカリ骨材反応

今回の点検では、13橋にアルカリ骨材反応が発見され、うち11橋が大和平野地域に集中している。アルカリ骨材反応は、骨材中に含まれるシリカとセメントのアルカリ成分、水が反応することで生じたアルカリシリカゲルが膨張しコンクリートにひび割れを生じさせる現象である。これは、大和平野地域において反応性成分を含む骨材が多く採取された可能性が高いことと、骨材に許容される反応性成分量の基準が架設時期には明確でなかったことが原因であると考えられる。

別紙に、比較的大きな損傷がある76橋のリストを記す。

②地域別傾向

県管理橋梁を3地域（大和平野、大和高原、五條吉野）に分類し、地域別に橋梁の健全度^{*16}を分析した結果を以下に記す。

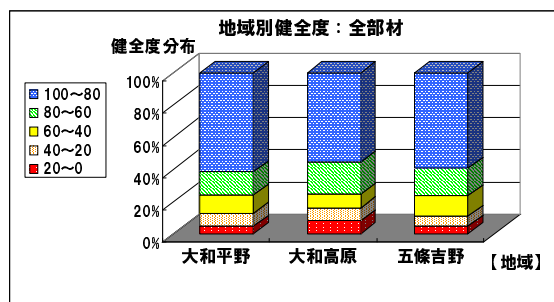


図14 地域別健全度

地域別にみると、大和平野が都市平野部、大和高原がなだらかな山地、五條吉野が急峻な山岳という地形的特色を示すが、各地域の個別橋梁の供用年月や形式が多岐に渡っているため、健全度の明確な地域別傾向はない。

③部材別傾向

県管理橋梁を、鋼桁、コンクリート桁、床版、支承について、架設時からの経過年数別に分類し、部材別に健全度を分析した結果を以下に記す。

部材別にみると、一般的に経過年数に応じて、健全度が低くなると予測されたが、コンクリート桁と支承については、経過年数と健全度の相関性はみられなかった。これは、経過年数よりも、大型車両の交通量や排水施設の保全状態が、損傷に大きな影響を与えることや、今までの補修履歴を把握出来ていないことなどが要因であ

*15 コンクリートの中のカルシウム分が溶け出し、炭酸ガスと反応し、炭酸カルシウムになったもの

*16 橋梁の損傷状況を100～0で定量的に評価する。全く損傷が無い状態を100とし、荷重制限や通行規制が必要な状態を0とする。

ると考えられる。このことから、今後は定期点検により損傷状況を把握するとともに補修履歴などをデータベース化する必要がある。

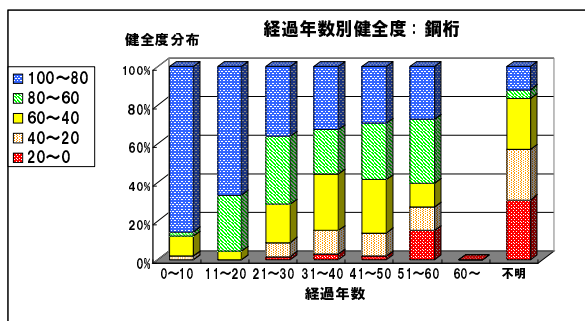


図15 鋼桁の経過年数別健全度

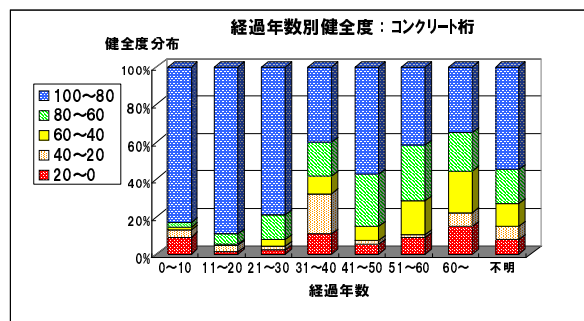


図16 コンクリート桁の経過年数別健全度

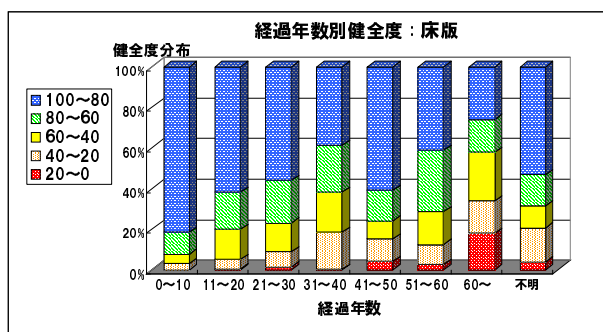


図17 床版の経過年数別健全度

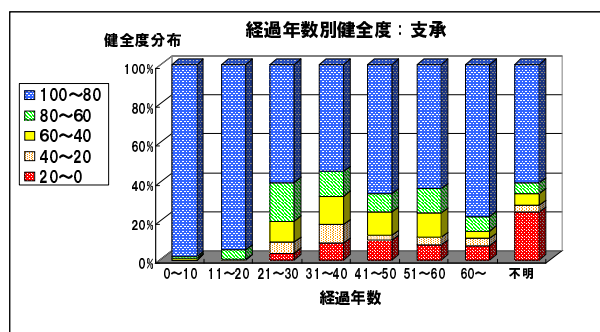


図18 支承の経過年数別健全度

鋼桁、床版については、経過年数に応じて、健全度が低くなる傾向がみられる。鋼桁については、架設後30年を境に健全度60以下のものが多く、錆、腐食等の損傷(健全度60~40程度)が見受けられる。今後、急速に橋梁が高齢化することから、多数の鋼桁の補修が必要になると想定されるため、補修を計画的に行う必要がある。床版についても、大きな損傷が発見された橋梁もあり、経過年数に応じて、健全度が低くなっていることから、鋼桁と同様に計画的に補修を実施する必要がある。

④経過年数別傾向

県管理橋梁を、架設後の経過年数別に分類し、健全度を分析した結果を記す。橋梁単位でみると、経過年数に応じて、健全度の低い橋梁が多くなっている。これは、橋梁全体が劣化しているのではなく、ある特定の部材や箇所劣化が進んでいることが原因である。

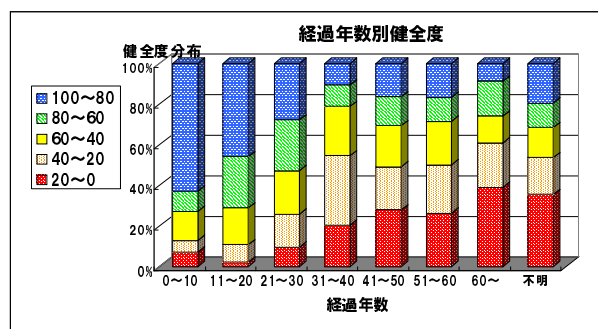


図19 橋梁単位の経過年数別健全度

3. 今後の橋梁の維持管理方針

安全・安心な道路ネットワークの確保と橋梁の維持管理コストの縮減を図るため、「事後保全」型維持管理から「予防保全」型維持管理への転換を図る。

そのため、県土木事務所の組織体制強化と土木技術職員の能力向上を図り、計画的・効率的に橋梁の維持管理を実施する。

併せて、市町村が実施すべき事務を県が担当する「垂直補完」により、市町村に対する技術的支援と橋梁長寿命化修繕計画策定に取り組む。

県管理橋梁の急速な高齢化に加え、橋梁点検の結果、損傷橋梁が多数存在していることを踏まえ、損傷が発生した後に補修・補強工事を行う「事後保全」型維持管理から、計画的かつ効率的な「予防保全」型維持管理への転換を図ることとする。

特に、損傷の予防や早期発見が出来るように、長寿命化の視点での日常点検及び維持管理に重点的に取り組むため、組織体制の強化を図り、県土木技術職員の橋梁に関する知識及び点検・補修能力の向上に努める。

加えて、土木技術職員において維持管理技術の伝承を行い、継続的な「予防保全」型維持管理が可能な体制を構築する。

各個別橋梁の補修・補強対策^{*17}については、早急に補修すべき損傷が発見された橋梁を優先するとともに、各橋梁のデータベースを構築し、損傷の劣化速度を予測することで、重大な損傷の発生による通行規制時に道路ネットワークが遮断されることのないよう計画的に補修工事を実施する。また、定期点検を実施することで、軽微な損傷であっても早期に発見することに重点的に取り組むこととする。

一方、市町村管理橋梁についても「予防保全」型維持管理を実施するため、県が市町村に対して「垂直補完」により、橋梁点検等の技術的支援や橋梁長寿命化修繕計画策定を行う。

*17 本計画は、点検の完了した726橋（橋長15m以上）の計画である。橋長15m未満については、平成21年度の橋梁点検が完了した時点で追加策定予定である。

4. 橋梁長寿命化に向けて

(1) 長寿命化の視点での巡視内容の充実

長寿命化の視点での日常点検及び維持管理を円滑に実施するため、組織的な点検体制を構築するとともに、定期点検の結果を基に、路面の異常や高欄の損傷の有無、鋼橋の錆、コンクリート橋のひび割れなど、点検時の着眼点や損傷事例の紹介等を内容とする「橋梁点検マニュアル」を作成のうえ、土木事務所に配布し技術職員の橋梁点検能力向上に活用する。

さらに、日常点検時には、橋梁本体に加えて排水柵の清掃や排水の適切な流末処理等の点検・清掃を徹底することで、橋梁の主構造部の劣化・損傷の発生防止に努める。

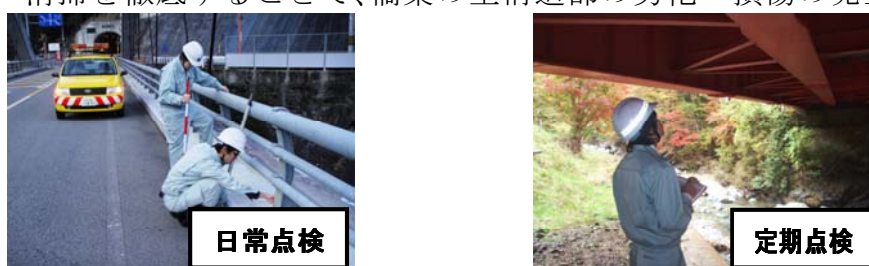


図20 職員による日常および定期点検



図21 職員による日常の維持管理

(2) 今後の点検や修繕計画の実施について

県が管理する道路は、全ての路線が県民にとって重要な社会資本であり、ネットワークを形成していることから、橋梁の架替や補修工事による交通規制が実施されれば社会生活に多大な影響をもたらす。このため県管理橋梁2,011橋全てを対象に、損傷が軽微な段階で維持・補修を行う、「予防保全」型維持管理を実施する。

具体的には、下記の点を踏まえた修繕計画とする。

- ①早急に補修が必要な損傷橋梁76橋については、補修が完了するまで、毎年点検を実施し、損傷進行の有無を確認しながら、今後5年で補修対策を完了させる。
- ②県管理橋梁（726橋）については、橋梁毎に社会条件・供用条件・環境条件を考

慮した重要度評価に基づき下記（A）から（C）の3段階の管理水準を設定し、重要度に応じた予防保全を実施する。（管理水準を満たしていない損傷橋梁178橋については、補修工事を優先的に行う）

（A）大規模補修や架替えが困難なため、損傷を発生させない

（主要幹線道路の跨線・跨道橋等 重要度評価点^{*18}90点以上 対象橋梁20橋）

（B）通行規制に結びつく重大な損傷を発生させない

（代替路がない中山間地域の橋梁等 重要度評価点50点以上90点未満 対象橋梁277橋）

（C）補修・補強により、通行者への危険や突発的な通行止を発生させない

（その他橋梁 重要度評価点 90点未満 対象橋梁429橋）

③耐震補強が未対策な橋梁については、「予防保全」型維持管理との整合性をとりながら、今後5年間で耐震補強を完了させる。

④点検及び修繕計画は、個別橋梁毎の補修計画や補修工事の優先順位等を考慮した今後10年間のものとする。



図22 予防保全の重要性（病気の症状との対比）^{*19}

別紙に、県管理橋梁 726 橋について、今後 10 年間の点検及び修繕計画を記す。

*18 重要度評価点については、P19 表-6 参照

*19 人の病気は、小まめに検診し、軽症時に治療することで、重症化を防ぐだけでなく治療費も安価となる。橋梁の維持管理も同様である。

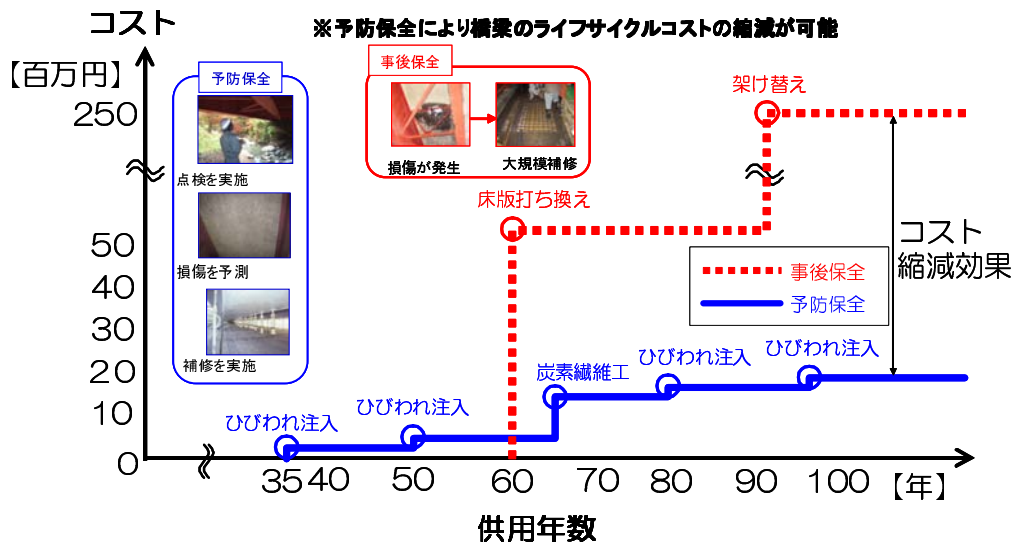


図23 予防保全と事後保全のライフサイクルコストの比較（イメージ）

なお、個別橋梁毎および管理橋梁全体の点検及び修繕の計画については、下記の手法により算出する。

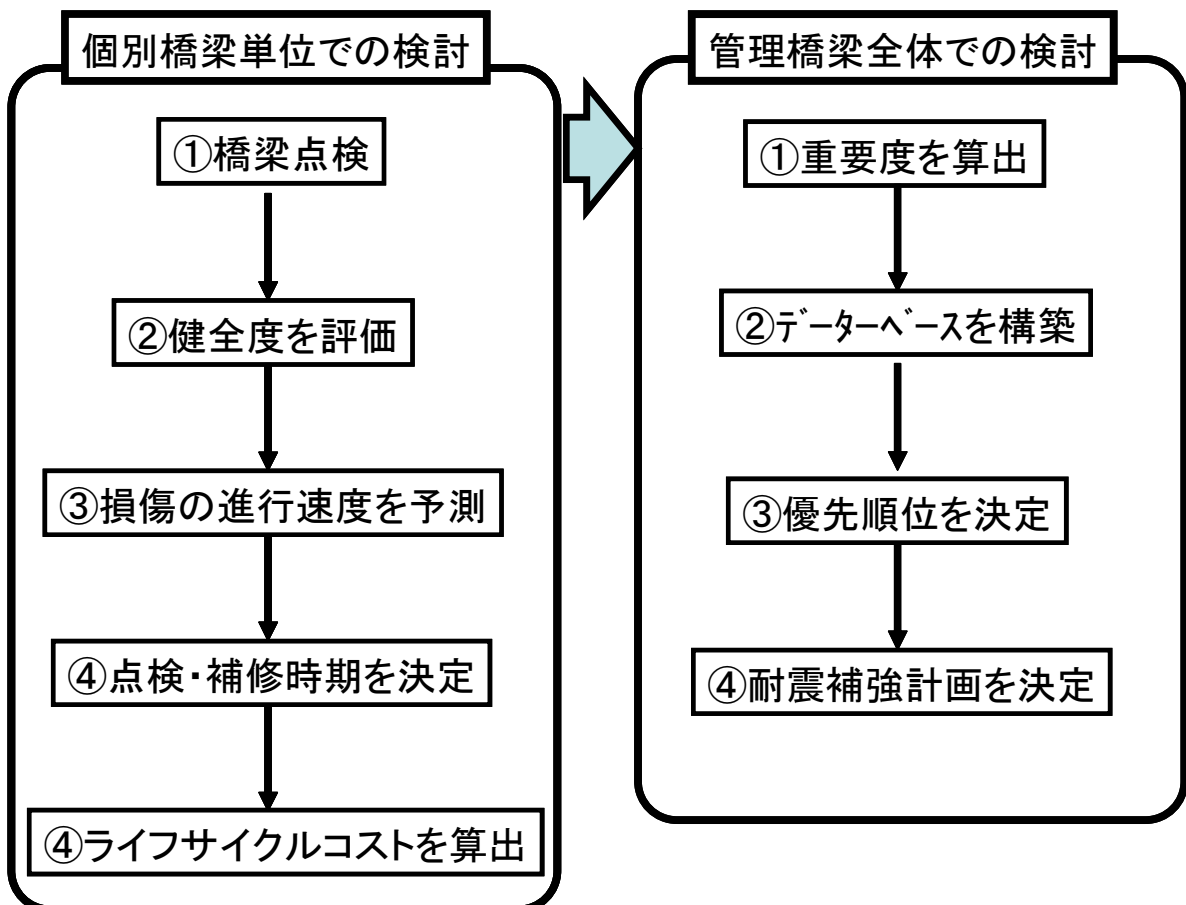


図24 点検・補修計画の策定フロー

具体的な算出方法については、主要地方道奈良精華線ならせいかせんにある山陵橋みささぎぼしの主桁・横桁を例として、次項より記す。

点検及び修繕計画の算出方法

I. 個別橋梁単位での検討

①橋梁点検

国土技術政策総合研究所資料である「道路橋に関する基礎データ収集要領」に基づく点検を実施する。また、点検により、通行に危険を伴う重大な損傷、早急に対策が必要な損傷及び現時点では有効な対策が確立されていない損傷などが発見された部材については、別途評価を行い、補修時期・補修方法等を検討する。

◎山陵橋の橋梁点検結果を表3に記す。

表3 山陵橋の橋梁点検結果

橋梁管理番号	橋梁名		調査年	上部工構造形式										
29201110090	山陵橋		2008	鋼溶接橋 I桁(合成)										
調査結果	径間番号	鋼部材の損傷				コンクリート部材の損傷				その他		備考		
	1	① 腐食	② 亀裂	③ ボルトの脱落	④ 破断	⑤ ひびわれ・漏水・遊離石灰 (番号)	⑥ 鉄筋露出	⑦ 抜け落ち	⑧ 床版ひびわれ	⑨ PC定着部の異常	⑩ 路面の凹凸		⑪ 支承の機能障害	⑫ 下部工の変状
主桁	01	d	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	02	d	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	03	d	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	04	d	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	05	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
横桁・対傾構	01	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	02	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	03	b	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
横構	01	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	02	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	03	a	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
床版	01	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
	02	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
	03	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
	04	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
	05	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
	06	—	—	—	—	—	無	無	c	無	—	—	—	—
下部工	01	—	—	—	—	b	—	—	—	無	—	—	無	—
	02	—	—	—	—	b	—	—	—	無	—	—	無	—
支承	101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—
	102	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	有	—	—
	103	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	有	—	—
	201	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—
	202	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	有	—	—
	203	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—
204	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—	
205	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—	
路面	—	—	—	—	—	—	—	—	—	無	—	—	—	—
その他	*A1上流側親柱部 欠損あり													

主桁・横桁の点検結果



図25 主桁01の損傷
腐食「d」



図26 主桁03の損傷
腐食「d」



図27 主桁04の損傷
腐食「d」



図28 横桁01の損傷
腐食「a」

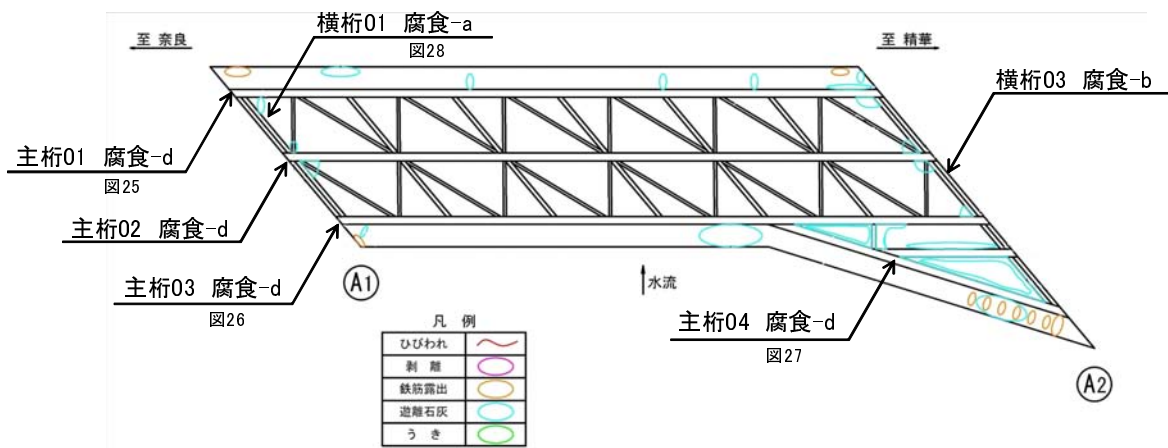


図29 主桁・横桁の損傷状況図面

②健全度（損傷状況）を評価

各橋梁の損傷状態により、全く損傷がない状態を100、損傷により荷重制限や通行規制が必要となるような損傷の状態を0とし、0から100までの値で定量的に評価を行う。

※健全度 = 100 - 「全体損傷度」

損傷点及び全体損傷度算出式は、次項のとおりである。

表4 損傷判定と損傷点

損傷評価区分	損傷点
a・無	0
b	20
c	50
d	70
e・有	90

$$D = 20 \times D_1 + 50 \times D_2 + 70 \times D_3 + 90 \times D_4$$

D : 全体損傷度
 D₁ : 判定区分 b の要素の割合
 D₂ : 判定区分 c の要素の割合
 D₃ : 判定区分 d の要素の割合
 D₄ : 判定区分 e・有の要素の割合

損傷評価区分は、点検により得られた部材毎の損傷度である。

◎山陵橋の主桁の健全度（損傷状況）評価を、下式より算出し、表5に記す。

※主桁の全体損傷度 $D = 20 \times 1/8 + 70 \times 4/8 = 37.5$

主桁の健全度 = $100 - 37.5 = 62.5$

表5 山陵橋の主桁の健全度

損傷度判定区分	損傷点	要素数	要素割合	全体要素数	全体損傷度	健全度
a	0	3	0.375	8	37.50	62.50
b	20	1	0.125			
c	50	0	0.000			
d	70	4	0.500			
e	90	0	0.000			

③損傷の進行速度を予測

架設時の橋梁には損傷がないことから健全度は100である。しかし、時間の経過にともない劣化が進むことから、点検時の損傷度と架設時からの経過年数より、現在までの劣化進行の速度を逆算して算出することが可能である。この結果を分析して、劣化予測式^{*20}を算出する。

*20 劣化予測式の算出には、

右図のマルコフ遷移確率行列を使用して、損傷度分布の推移を予測する。

$$\begin{pmatrix} 0.950 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.050 & 0.940 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.060 & 0.950 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.050 & 0.950 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.050 & 0.975 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.025 & 1.000 \end{pmatrix}^t \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ R \end{pmatrix}$$

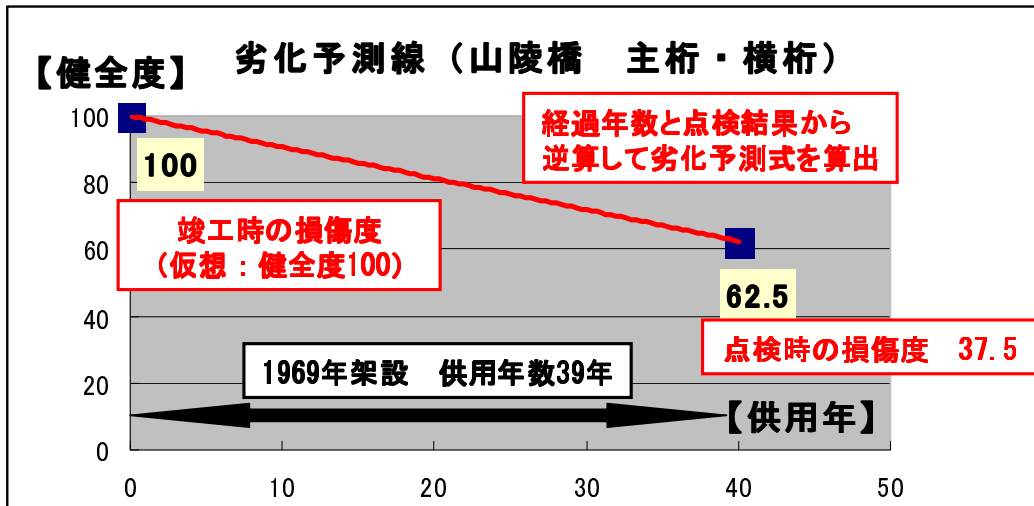


図30 劣化予測式の算出イメージ

◎劣化予測式による山陵橋の健全度推移を、図31に記す。

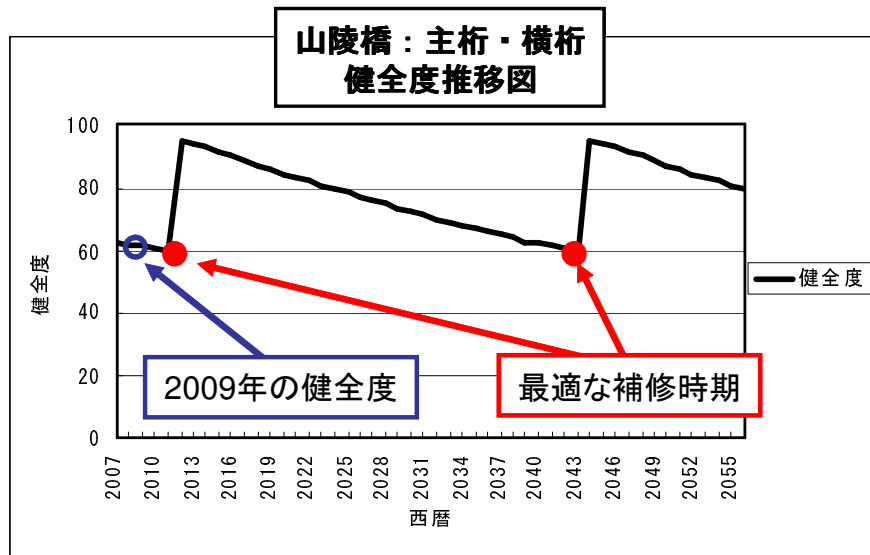


図31 山陵橋の主桁・横桁の健全度推移図

④最適な補修時期及びライフサイクルコストの算出

上記で算出した劣化予測式から最適な補修時期及び補修内容を決定し、今後50年の維持管理費を算出する。図31より、山陵橋の主桁・横桁の最適な補修時期^{*21}は、2011年と2045年となる。

*21 管理水準(A)は健全度が80、(B)は60、(C)は40を下回らない管理とする。

山陵橋については、管理水準を(B)とする。(別紙に管理橋梁の管理水準を記す)

II. 管理橋梁全体での検討

①管理橋梁毎の重要度の算出

重要度を表す重要度評価指標（表6）に基づいて、管理橋梁毎に社会条件、供用条件、環境条件を考慮して評価・算定した数値を「重要度評価点」とする。

「重要度評価点」は、各項目に設定された条件毎の配点に重要度係数を乗じ、その合計点により算出する。

そして、重要度評価点から、各橋梁の管理水準を(A)から(C)に分類する。

※重要度評価点 = Σ （重要度係数 × 配点） 【150点満点】

表6 重要度評価指標

項目	重要度係数	条件及び配点 (最高10点、最低0点とする)					
		1次緊急	2次緊急	なし			
緊急輸送道路	3	10	9	0			
交差状況	3	鉄道	高速、直轄、自専道	県・市町村道	ダム湖・湖沼・溪谷	その他河川等	
		10	10	6	4	0	
総交通量	3	≥20,000台	≥10,000台	≥3,000台	≥2,000台	≥500台	<500台
		10	8	6	4	2	0
代替路の有無	2	無	有				
		10	0				
大型車交通量	2	≥4,000台	≥2,000台	≥1,000台	<1,000台		
		10	7	3	0		
特殊橋梁	1	該当	なし				
		10	0				
橋長	1	≥400m	400m > L ≥ 15m	<15m			
		10	比例配分 (10~0)	0			

◎山陵橋の重要度を、下記の通り算出する。

※条件 ①第1次緊急輸送道路

②総交通量が10,000台以上

③大型車交通量が1,000台以上

④橋長24.5mを配点

※重要度評価点 $\Sigma = (10 \times 3) + (8 \times 3) + (3 \times 2) + 0.2 = 60.2$

◎表7に管理橋梁の重要度評価点一覧の抜粋を記す。

表7 重要度評価点一覧（抜粋・全橋梁の重要度評価点については、別紙に記載）

No	整理番号	事務所名	橋梁名	道路種別	路線名	重要度評価点							
						合計	緊急輸送道路	交差状況	総交通量	代替路の有無	大型車交通量	特殊橋梁	橋長
1	B025249000101	郡山	小林跨線橋（上り）	一般県道	大和郡山環状線	114.0	30	30	30	0	14	0	10.0
2	B025249000102	郡山	小林跨線橋（下り）	一般県道	大和郡山環状線	114.0	30	30	30	0	14	0	10.0
3	B014001000600	奈良	向谷橋	主要地方道	奈良生駒線	110.2	30	30	30	0	20	0	0.2
4	B014001000401	奈良	富雄小橋（上り）	主要地方道	奈良生駒線	108.0	30	18	30	0	20	10	0.0
5	B014001000402	奈良	富雄小橋（下り）	主要地方道	奈良生駒線	108.0	30	18	30	0	20	10	0.0
6	B043165000101	桜井	橿原跨線橋	一般国道	国道165号	107.6	30	30	30	0	14	0	3.6
7	B024005000200	郡山	法隆寺跨線橋（車道部）	主要地方道	大和高田斑鳩線	104.8	30	30	24	0	14	0	6.8
.
.
.
220	B063169003200	吉野	下田橋	一般国道	国道169号	60.3	27	0	12	20	0	0	1.3
221	B014052000101	奈良	山陵橋	主要地方道	奈良精華線	60.2	30	0	24	0	6	0	0.2
222	B034030000400	高田	南太田橋（伏見橋）	主要地方道	御所香芝線	60.2	27	0	24	0	6	0	3.2
.
.
.

②データベースを構築

管理橋梁のデータベースを構築し、橋梁諸元・点検履歴・補修履歴・補修計画の一元管理を行う。

・データベースのイメージ

橋梁を選択

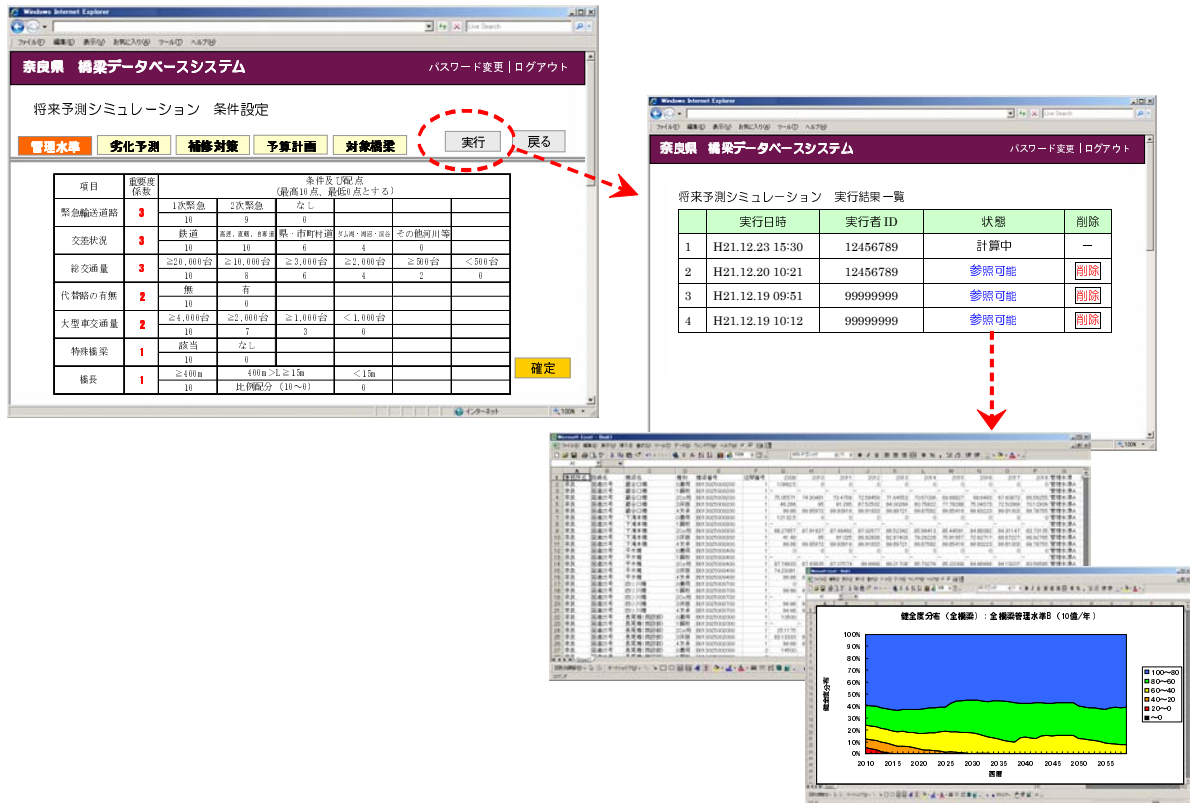
点検履歴を選択

補修履歴を選択

図32 データベースのイメージ

③補修工事の優先順位を決定

構築したデータベースを活用することで、現在の健全度と劣化予測式から算出した損傷の進行速度並びに橋梁毎に算定した重要度評価点及び管理水準を総合的に考慮し、今後10年の各橋梁の補修・点検時期を算出する。



④耐震補強計画を決定

耐震補強が未対策である35橋については、上記の修繕計画との整合をとりながら、最適な対策時期を算出する。

各個別橋梁について、上記の算定及び評価を行い、管理橋梁（726橋）の今後10年間の、点検・修繕計画を別紙に記す。

(3) 組織体制の強化・職員のスキルアップと技術の伝承

現在、本県では、橋梁の維持管理を土木事務所工務課および管理課が担当しているが、専任担当者は配置されてない。また、今後3年間に於いて団塊世代の職員が定年退職を迎え、土木技術職員が大幅に減少する。

このことから、橋梁の「予防保全」型維持管理についても、効率的かつ合理的に実施する必要があるため、各土木事務所に施設保全係または予防保全担当者を配置し、組織体制の強化を図る。

さらに、県土木技術職員の橋梁に関する知識、点検能力の向上を図ることで、日常点検だけでなく5年毎に行う定期点検も県土木技術職員が実施し、点検結果に基づいて計画を見直すなど効率的な「予防保全」に努める。

加えて、後継者育成のため、福岡市が作成したような土木技術職員教育用の冊子（道路橋教本）を作成・配布するとともに、橋梁に関する講習会等の開催を通じて、土木技術職員の橋梁の予防保全に関する知識の向上を図る。また、橋梁構造に精通しているNPO団体と協働して長寿命化の視点での日常点検及び維持管理を実施することで、橋梁の維持管理技術を伝承できる体制を構築する。

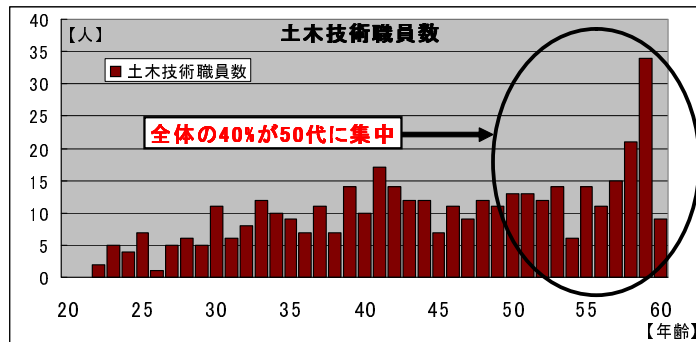


図34 奈良県土木技術職員の分布

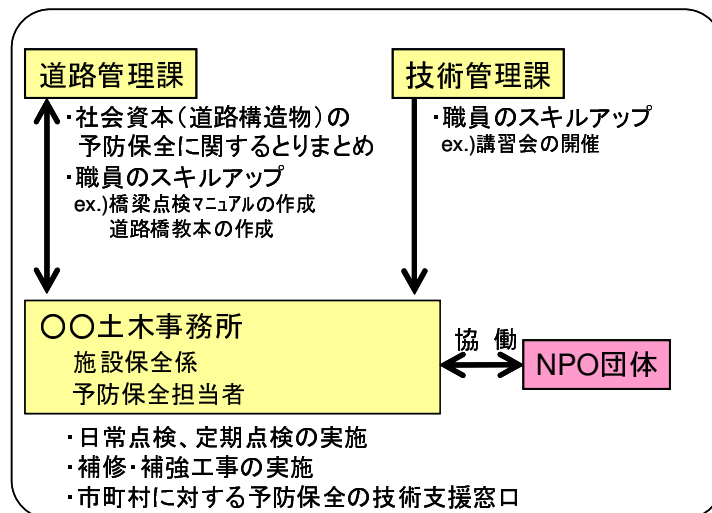


図35 今後の組織体制

(4) 予防保全の導入効果

「予防保全」型維持管理による計画的な点検及び補修工事を実施することで、各橋梁のライフサイクルコストを縮減し、毎年の維持管理コストの平準化及び効率的な予算執行により、次の効果を得る。

①耐用年数^{*22}まで橋梁を使用したうえで、架け替えを行う維持管理の場合は、今後50年間で1,320億円の予算が必要となるが、「予防保全」型維持管理では500億円と見込まれることから、820億円（16.4億円／年）の維持管理コスト縮減が図ることが出来る。

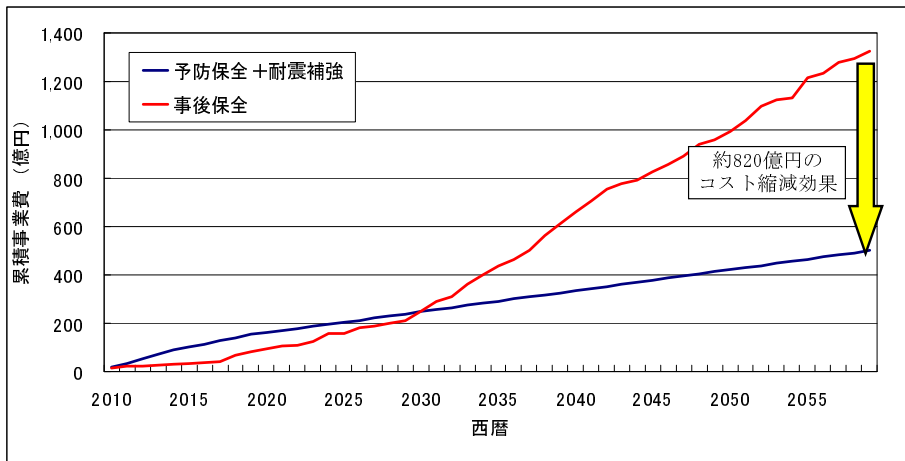


図36 予防保全による維持管理コストの縮減効果

②管理水準(A)を満たしていない橋梁が13橋、(B)については83橋、(C)については82橋の合計178橋があるが、10年後には、全ての管理橋梁を健全化することで、橋梁の安全性・信頼性の確保を図る。

③橋梁を長寿命化させ、耐用年数を概ね100年以上とすることで、高齢化橋梁の一時期に集中する架け替え時期の平均化を図る。

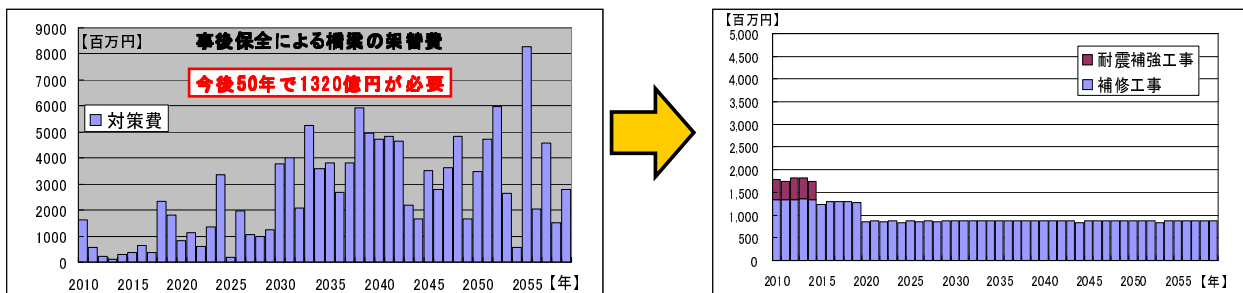


図37 維持管理予算の平準化

*22 「自治体管理・道路橋の長寿命化修繕計画策定マニュアル（案）」平成19年3月の対症療法型橋梁の更新までの期間を参考に、鋼橋は60年、コンクリート橋は75年とする。

(5) 市町村管理橋梁の予防保全に対する支援内容および支援体制の充実

本県では、市町村合併が進んでいないことから、小規模な市町村が多く、特に 12 町村においては、土木技術職員がいない状況である。市町村が管理する橋梁も高齢化している中、「予防保全」型維持管理の橋梁点検及び計画策定は進んでいない。よって、県は、市町村が「予防保全」型維持管理を実施するための支援として、道路管理課及び各土木事務所に配置した予防保全担当者が窓口になり、市町村からの橋梁に関する様々な問い合わせに対応するとともに、市町村土木技術職員を対象とした点検方法、計画策定方法及び補修工事に関する講習会を引き続き実施する。

また、市町村管理橋梁の安全確保及び維持管理費の効率的執行を図るため、市町村が実施すべき事務を県が担当する「垂直補完」により、橋梁点検や橋梁長寿命化修繕計画を策定する。

さらに、市町村が管理する農道・林道上の橋梁についても、台帳整備が不十分なことから、諸元の把握が出来ていない状況を踏まえ、市町村道上の橋梁と併せて橋梁台帳の整備・橋梁点検・長寿命化修繕計画策定及び「予防保全」型維持管理への転換に向けた支援を実施する。

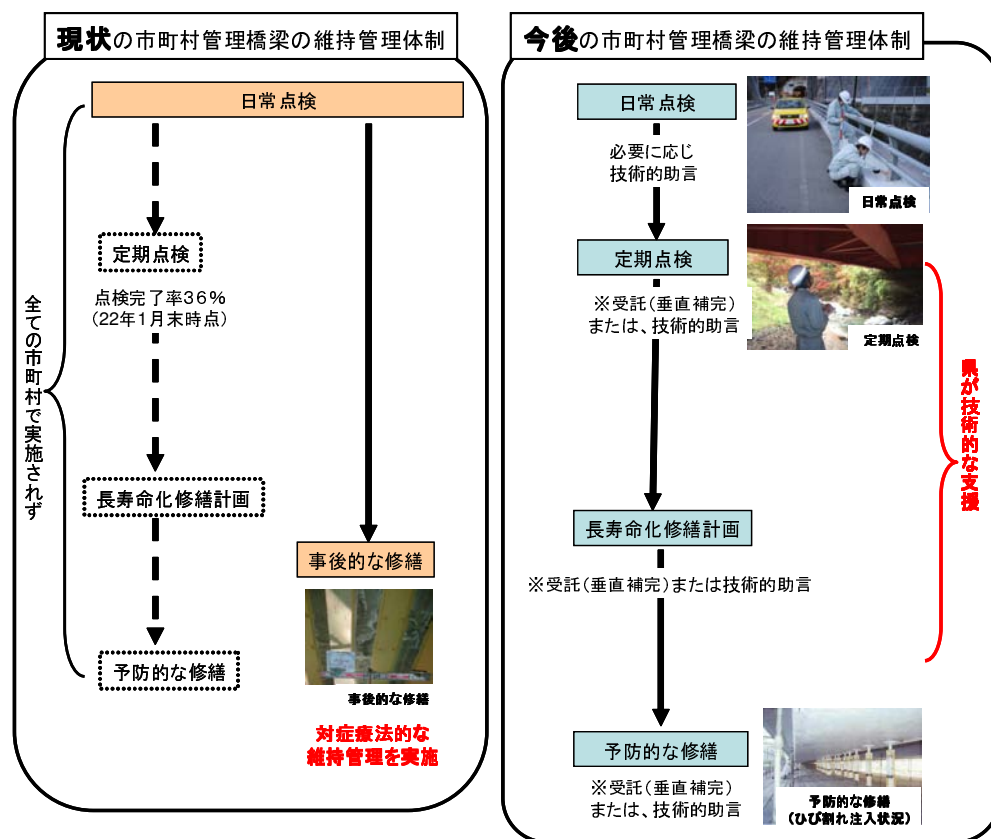


図38 市町村管理橋梁の維持管理体制（現状と今後）

5. おわりに

本県の橋梁が、近い将来に高齢化時代を迎えることから、安全性・信頼性の確保と維持管理の財政負担軽減のため、本計画を策定した。特に、昨今の極めて厳しい財政状況のもと、高齢化橋梁の維持管理を効率的・合理的に行うためには、「計画策定→補修対策→定期点検→計画の見直し」という橋梁の維持管理マネジメントサイクルを確立させ継続的に取り組む必要がある。

今後は、本計画に基づき、「予防保全」型維持管理を継続的に実施し、適宜見直しを行うことで、橋梁に重大な損傷を発生させることなく長寿命化を図るとともに、安心で安全に通行できる道路ネットワークの確保に努めていく。

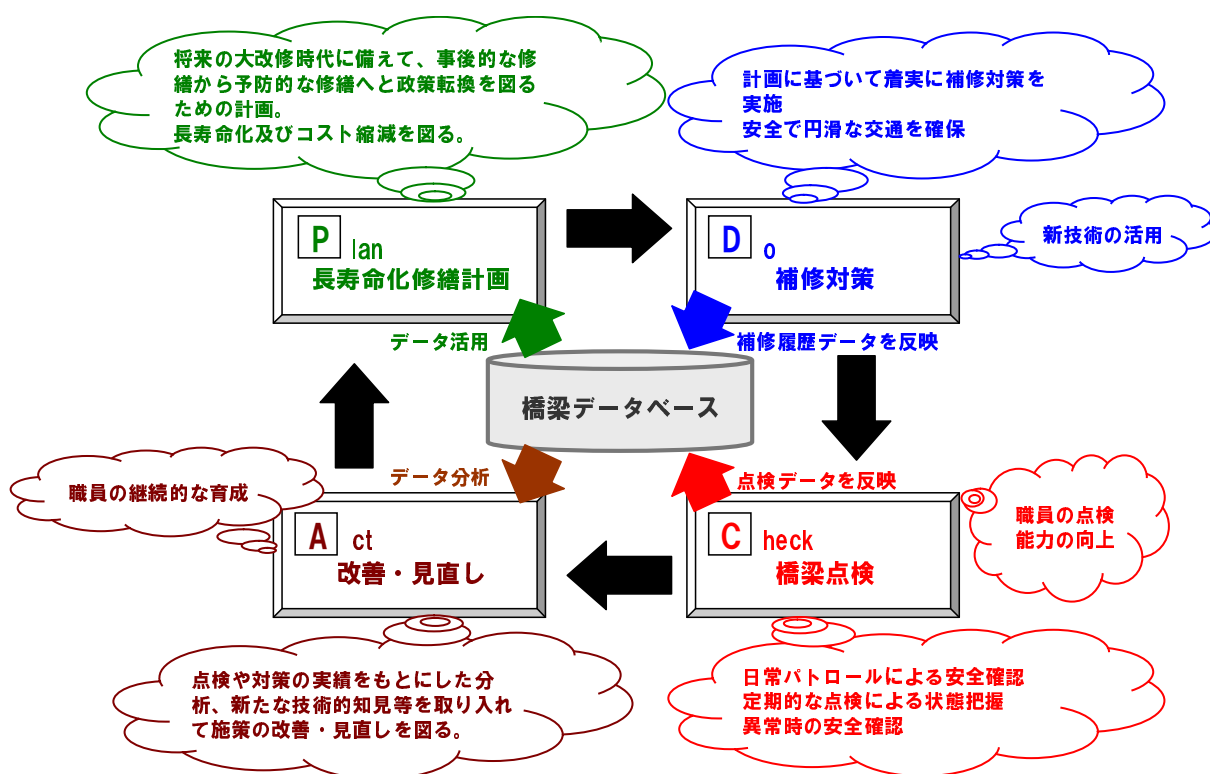


図39 今後の橋梁維持管理のマネジメントサイクル

奈良県橋梁長寿命化修繕計画策定委員会

本計画は、専門知識を有する学識経験者の意見を踏まえて策定した。

「奈良県橋梁長寿命化修繕計画策定委員会」委員

委員長	関西大学 総合情報学部	教授	古田 均
委員	京都大学大学院工学研究科社会基礎工学	教授	杉浦 邦征
委員	京都大学大学院工学研究科社会基礎工学	准教授	服部 篤史
事務局	奈良県土木部道路管理課		TEL0742-27-7502