

橋梁点検の合理化・高度化に向けた一考察

黒川直哉¹・浅井義弘¹・田中樹由¹

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒150-0036 東京都渋谷区南平台町16-28）

社会資本の維持管理の第一段階は、既存施設の状態を把握するための「点検」である。点検業務を「安全」「迅速」「経済的」に実施することは、今後、ますます重要になってくるものと思われる。

定期点検による道路橋の状態評価は、必要な道路機能を確保するうえで極めて重要である。構造物の点検は、損傷を軽微なうちに発見し、適時に必要な対策を実施するための最も基礎的かつ重要な維持管理行為である。しかしこのままでは将来、必要な安全性が保証されない事態が生じる危険性も懸念される。

本稿では、橋梁点検の合理化・高度化に資する知見を得る目的で、橋梁点検の特徴を社会的経済効果および点検の品質確保の観点から作業の効率化を図るための課題を抽出し、その方向性について考察を行う。

キーワード：橋梁点検, 老朽化, 道路橋, 維持管理, 点検手法

1. 背景

(1) 老朽化の進展

我が国の社会資本は、国民の豊かさを実現するという社会的ニーズに対応して着実に整備が進められてきた。その結果、なお整備をしなければならないものは依然として存在するものの、整備水準は相当程度向上し、生活・経済活動を支えるとともに、国民への豊かさや安全を提供する国土基盤として大きな役割を果たしている。橋梁を例に挙げると、そのほとんどが高度経済成長期(昭和30年代～40年代)に架設されている。このため、多くの橋梁が架設後40年程度を経過し、老朽化に伴う損傷が発生している。例えば、鋼構造物では部材の亀裂や腐食、コンクリート構造物では剥離・鉄筋露出やひびわれなどである(写真-1)。

将来の日本は、少子高齢化の進展による経済力の低下、労働力の減少、技術者の不足などが予想される。そのため、社会資本の整備や維持管理を行う各機関においては、安全・安心の危機に直面する前に、限られた財源で適切な維持管理を行うことが重要である。維持管理の第一段階は、施設の状態を把握するための「点検」である。現在、直轄国道では、道路橋の状態評価を行うために近接目視点検を行っている。しかし、構造物の老朽化、少子高齢化が進み、将来、十分な点検が実施できない状況となることも危惧される。管理者別の道路橋数と道路延長を図-1に示す。

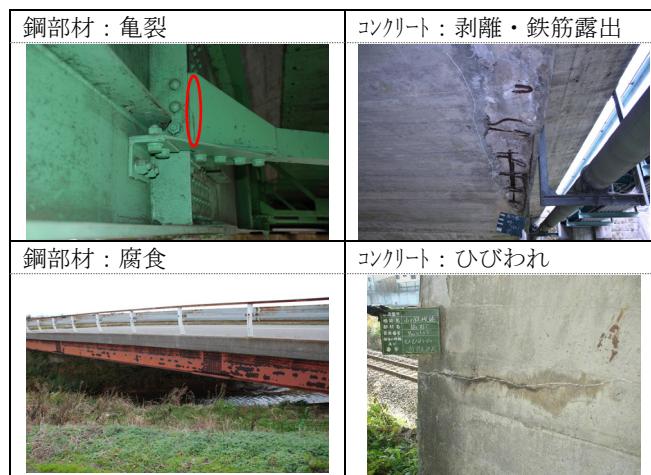


写真-1 代表的な損傷の種類

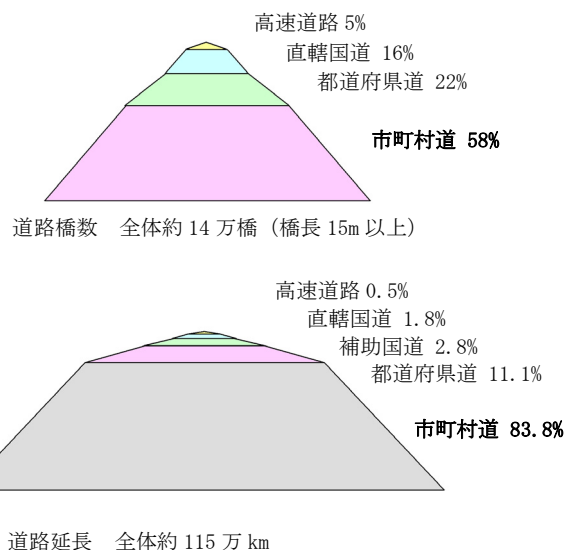


図-1 管理者別の道路橋数¹⁾と道路延長²⁾



写真-2 通行止めという管理手法

(2) 地方自治体の現状

平成10年に市町村合併の特例に関する法律が制定され多くの市町村が合併した。これにより、管理する自治体は減少し、1つの自治体が管理する橋梁数はさらに増え、橋梁の状態を把握することが困難な事態もみられる。また国土交通省の調べでは過去5年間、点検していない橋は都道府県で31%、市町村では88%と報告されており、そのほとんどの自治体が維持管理できていない事態にあると言える。そのため、危険度の高い橋梁が日本各地に点在していることが推測され、管理ができていない自治体でも、厳しい財政状況にあり点検はできても修復工事ができず、利用者の安全性が確保できないという理由から車両の通行を規制するに留まっているところもある（写真-2）。橋梁が崩壊する前に、管理橋梁の状態を把握し、限られた資財で適切な維持管理を行っていくことが重要である。

(3) 新たな損傷の発生

昨年、木曽川大橋等、全国各地でトラス橋のH形鋼の斜材の破断が見つかった。床版と斜材の間にすき間ができ雨水が浸透して腐食し、さらに、車の繰り返し荷重が加わって破断したとみられる。さらに同形式のディテール（鋼トラス橋の弦材が歩道に埋められた橋）で、斜材や垂直材が破断に至る劣化が数例報告されている。

(4) アメリカの橋梁老朽化問題

アメリカでは30年代のニューディール政策により大量に建設された社会資本の老朽化が進む中で適切な維持管理・更新投資がなされず、80年代には悪路や欠陥橋梁が全体の45%にも上り、経済的・社会的に大きな損失がもたらされた。その後、交通インフラへの投資の重要性が再認識され、ガソリン税の引き上げなどによる資金で着実に整備が進められてきた。しかし、現在でも依然として30%弱の欠陥橋梁が存在している。アメリカでは、70年代の消極的な投資のツケをいまだに支払っている状態であ

ると言える。わが国では、アメリカより30年遅れて建設がはじまった。今後、構造物の老朽化に対して対策を行わないとアメリカと同様にわが国でもインフラの崩壊が起きると危惧される。2007年8月にミネソタ州で鋼トラス橋が突然崩壊し、多くの死傷者が出た事故は記憶に新しい。崩壊した橋は1967年に完成した4径間連続の鋼トラス橋で、建設後40年が経過していた。崩壊前(2005年)に行った点検では、構造的欠陥が50点指摘され、架け替えが必要と判断されていたにもかかわらず、落橋するという事態が生じた。我が国もこれらのアメリカでの事象を教訓とし、安全・安心を確保する社会資本の維持管理を計画的に実行することが重要となる。

2. 点検手法の特徴

(1) 橋梁点検の目的

点検の目的には、以下の3点がある。

a) 利用者の安全・安心

利用者の安全な通行を確保するため、構造物の状況を確認する。

b) 利用者の快適

利用者が快適に通行するために、走行性・地域住民に対しての騒音、また地域環境に合った景観を確認する。

c) アセットマネジメント

資産管理を行うために、構造物の状況を客観的に把握・評価し、予算制約のある中で計画的に維持・管理・機能向上・更新するためのデータを収集する。

(2) 点検の種類と特徴

点検の種類とそれぞれの特徴を以下に示す。それぞれの点検における点検時期は、対象物の経過年次や異常気象によるものも含まれており、場面ごとに点検の種類や頻度・精度を変える必要がある（図-2）。

a) 初期点検：品質管理

構造物完成後または点検未実施の橋梁に対して初めて行う点検である。竣工検査的な意味合いもあり、構造物の品質を確認するとともに、今後の維持管理の初期値となる項目について点検を実施し、記録を残すことが今後の維持管理計画を立案する上で重要となる。

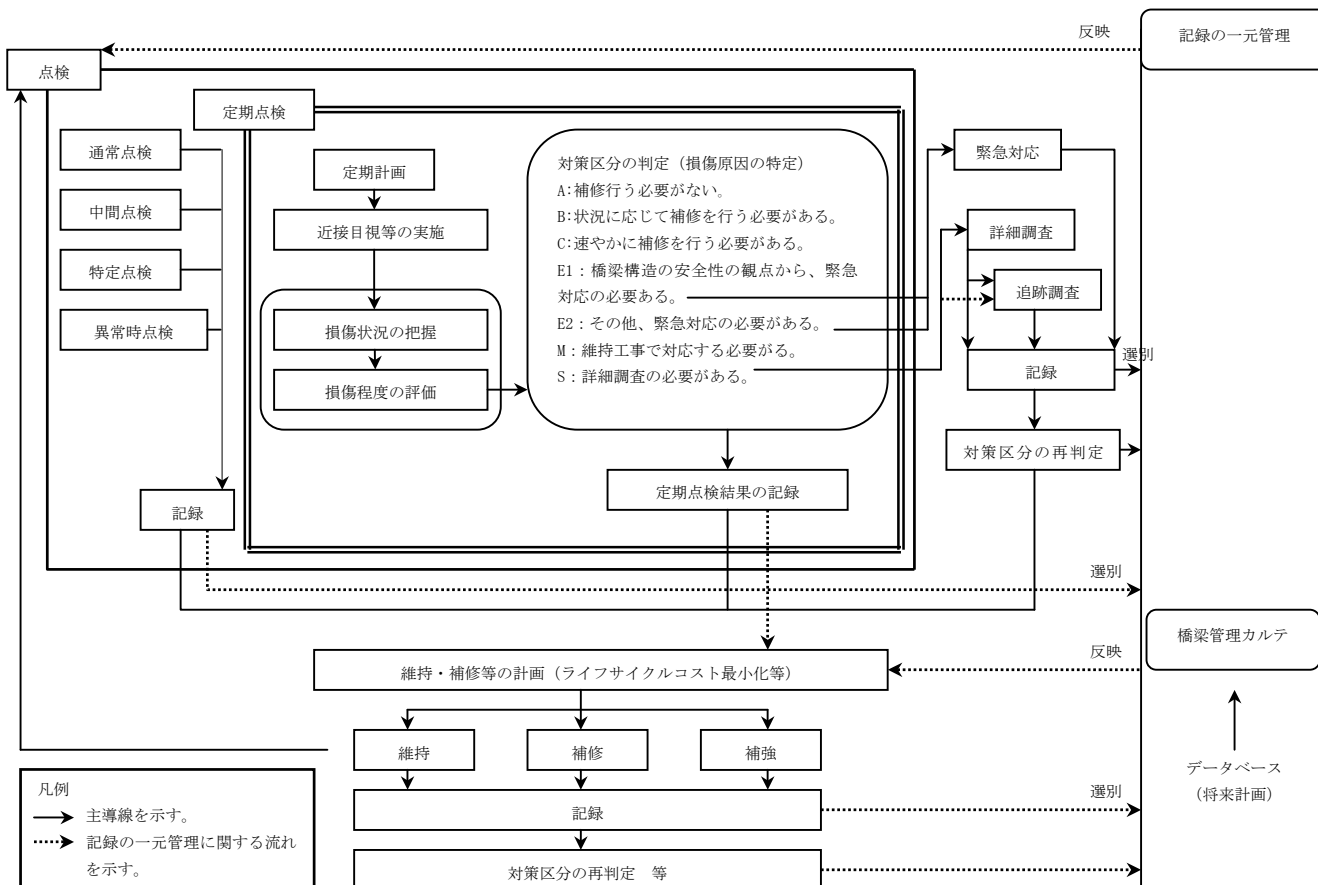


図-2 橋梁点検の流れ³⁾

b) 通常点検：損傷の早期発見

損傷の早期発見を図るために、道路の通常巡回として実施するもので道路パトロールカーから目視を主体とした点検である。路面状況や段差、大きな異常を発見することで、利用者サービスを確保するものである。パトロールカーで行うため、橋上の付属物や路面状況、トラス橋、アーチ橋、斜張橋の部材が対象となる。パトロールでは、路面状況から床版の異常、段差や騒音から支承の異常等、橋上から橋下の情報が得られる。

c) 定期点検：損傷の評価、対策の判定

橋梁の損傷状況を把握し判定を行い、安全性を確保するために、頻度を定めて定期的実施する点検である。国土交通省では、「橋梁定期点検要領（案）」に基づき5年毎に行うこととし、橋長2m以上の橋梁に対して適用している。架橋状況に応じて点検用足場を用いたり、橋梁点検車等を利用して、出来る限り部材に接近して点検する近接目視を基本としている。

d) 中間点検：定期点検の補間

定期点検を補うために、定期点検の中間年に実施するもので、既設の点検設備や路上・路下からの目視を基本とした点検である。定期点検の結果、損傷が進行する可能性があると考えられる場合や、

補修などの効果の確認が必要な場合など、継続的な観察が必要と判断された橋梁に対して実施する。

e) 特定点検：特定事象の評価・対策の判定

塩害等の特定の事象を対象に、予め頻度を定めて実施する点検である。塩害の他にアルカリ骨材反応、鋼部材の比較的小さな亀裂などは、損傷が発現した後にしばらく観察を継続することが多く、特定点検の対象となり得る。PCT桁橋の間詰めコンクリートの抜け落ちに対する点検や、鋼製橋脚隅角部の亀裂に対する点検などはこれに該当する。

f) 異常時点検：災害等異常時の状況把握

地震・大風・集中豪雨・豪雪等の被害の大きな事故が発生した場合、橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検である。

g) 詳細調査：対策の必要性判断、工法の選定

補修等の必要性の判定や補修等の方法を決定する際、損傷原因や損傷の程度を、より詳細に把握するために実施する調査である。

h) 追跡調査：進行状況の把握

詳細調査などにより把握した損傷に対して、その進行状況を把握するために損傷に応じて頻度を定めて継続的に実施する調査である。計測機器等を用いたモニタリング等も実施されている。

上記、a)～h)で抽出した各点検の特徴から、橋

梁点検の高度化，合理化が考えられる事項は以下の通りである。

①橋梁の規模に応じた定期点検手法の簡素化

今後高齢化する地方自治体の中小橋梁に対して，簡易に損傷状況を把握できる手法が必要である。

②点検に用いる機器の開発

近接目視に用いる機器の開発によって，点検作業の効率化を図る。

③モニタリング技術の開発

異常時点検，詳細調査，追跡調査の代替となる安価なモニタリング技術の開発が必要である。

(3) 定期点検手法の簡素化

地方自治体では限られた財源で，数多くの老朽化が進む橋梁の状態を把握していくことが必要となる。従来の橋梁点検は，損傷の評価や対策の必要性の判断を必要とするため，高い専門性が必要とされた。

そこで，国土交通省から，「橋梁定期点検要領（案）平成16年3月，国土交通省 道路局 国道・防災課」³⁾を地方自治体向けに，簡易に状態を把握する手法として「道路橋に関する基礎データ収集要領（案），平成19年4月，国土交通省国土技術政策総合研究所」⁴⁾（以下，基礎データ収集要領）が策定された。

その主旨は「著しい劣化の有無など道路橋の健全度に着目した調査時点の状況についての概略をできるだけ簡易に把握すること」である。

基礎データ収集要領では，将来の損傷事例や過去の点検結果の分析により，短時間かつ低コストで道路橋の健全度について概略的に把握する手法として，一般的な構造形式の道路橋の主要な部材のみに着目し，かつ損傷発生頻度が高い箇所や同じ部材でも劣化が先行的に進行する箇所のみに着目して策定されている。また点検項目の絞込みに加えて，点検方法（遠望目視）が追加されている。

これにより，今後高齢化が進む中小橋梁に対して，簡易に損傷状況を把握するものとして，先述した地方自治体の現状を解決できる一手法であると考えられる。

3. 点検手法の紹介

(1) 点検方法の特徴

点検の品質や作業時間は，その方法に左右される。以下に点検方法を紹介する。

表-1 点検方法毎の適用条件

点検方法	適用
高所作業車	桁下高さ4m超で，橋梁下からの点検
橋梁点検車（BT-400）	歩車道境界縁石から地覆外側端まで3.5m以下，高欄・遮音壁5.0m程度以下
梯子	桁下高さ2m～4 m程度以下
移動吊足場	鋼桁，コンクリート桁，らせん橋等

a) 吊足場・枠組み足場

吊足場や枠組み足場での点検は作業効率が高めにもよい。しかしコストの増加や足場の架設・撤去作業を含めた期間が長くなるなどマイナス面が多く，点検のためだけに足場を架設することは少なく，補修補強工事で架設した足場を一時的に使用して点検をしているのが現状である。

b) 高所作業車

高所作業車での点検は橋下から行うので作業効率は橋下の条件や使用する作業車の種類（能力）による。また点検範囲が広くなれば作業車の据え換え回数が増えるため作業効率は低下する。またオペレーターの技量にも左右される。

c) 橋梁点検車

橋梁点検車での点検は橋面上から行うため橋下条件には影響されないが，車線を規制して作業を行わなければならないため利用者に負担がかかる。また高所作業車に比べてコストが高くなり，作業効率は高所作業車と同様，オペレーターの技量に左右される。

d) 梯子

梯子での点検は時間もかかり，不安定であることから安全性も低い。また作業床がないため見落とし箇所が多くなることが懸念される。

e) 移動吊足場

移動吊足場による点検の一日当りの作業効率はよい（図-3）が欠点も多い。適用箇所は架橋環境や橋梁の構造形式により限定される。また，設置・解体作業は人による作業が多く，機械化，自動化，軽量化などの技術的な課題が存在する。

点検方法の選択は，調査箇所の立地条件により決まる。場所によっては船を使うこともあり，正確性や安全面に課題が残る。

点検方法毎の適用条件は表-1，点検方法別の作業効率は図-3のとおりである。

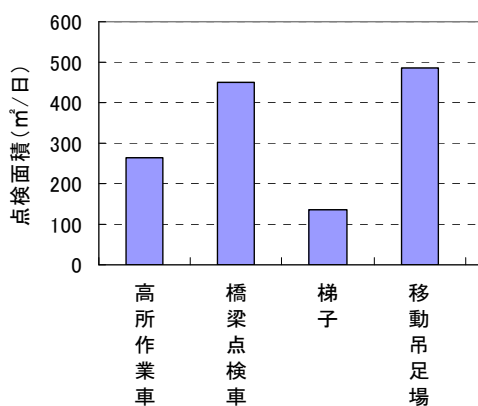


図-3 点検方法別一日当りの点検面積

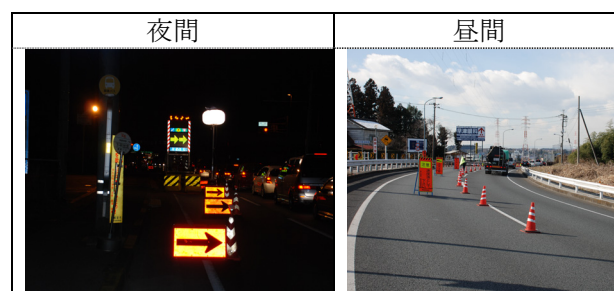


写真-4 交通規制

4. 定期点検の効率化に向けて

(1) 社会的経済効果（交通規制による利用者サービスの低下）

橋梁点検車や高所作業車を使用する場合は交通規制が必要となることがある。交通規制は車線減少規制、片側交互通行規制等があるが、後者は交通渋滞等で利用者の負担がある。また規制内での作業は、常に危険と隣り合わせであり、夜間はさらに危険度が増し、安全性の確保とコストがトレードオフの関係にあることが課題の一つである。将来、作業者と利用者の安全が共に確保できる点検方法である移動吊足場の改良などが望まれる。

(2) 工程管理

a) 協議

点検対象箇所が他機関の管理する構造物と交差する場合や上空占有している場合には協議が必要となる。協議に要する期間や協議内容は工程に大きく影響し、協議先によっては作業開始までに相当な時間がかかることもある。そのため、区間特性・交通量等を把握し協議先と綿密に打ち合わせることが重要である。

b) 跨線橋

跨線橋（鉄道と交差する道路橋）の点検作業はき電停止から始め、始発の1時間前程度までの時間制限があるため、1日の作業時間が短い。そのため、綿密な計画・準備を行い作業時間を有効に使うことが重要である。

(3) 点検・調査の品質確保

a) 夜間作業

夜間の点検は照度が問題である。点検時には投光器を使うが、昼間の点検と比較した場合照度が異なるため、損傷の見落としが生じないよう、いかに品質を確保するかが課題となる。



写真-3 各点検方法

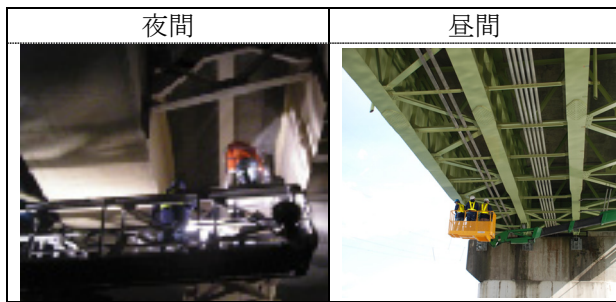


写真-5 昼夜別作業状況

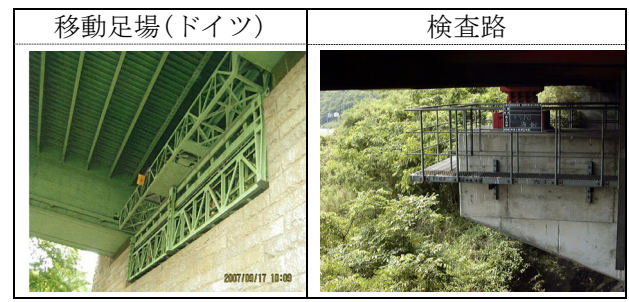


写真-6 点検施設

表-2 端支点部のみ点検を行った場合のリスク⁵⁾

	鋼橋 (I桁およびH形鋼) 単純桁 主桁-腐食		鋼橋 (I桁およびH形鋼) 単純桁 床版-ひびわれ	
	損傷程度 b~e	損傷程度 eのみ	損傷程度 b~e	損傷程度 eのみ
外桁	4.8%	0.0%	3.8%	1.7%
中桁	2.3%	0.0%	3.0%	0.0%
全体	7.1%	0.0%	5.5%	1.7%

b) 点検部位の限定

橋梁全体を近接目視点検するためにはコストがかかる。そこで近接目視点検と遠望目視点検を組み合わせることがコスト低減に有効である。「鋼橋の腐食とRC床版のひびわれについては、少なくとも端支点を点検することで全部材を点検する場合に比べて大幅な省力化が図られる。損傷発生を検出率の低下を抑えることができた」との研究⁵⁾が発表されている(表-2)。桁端部には下部構造(橋台・橋脚)があり大がかりな点検機械が必要ないため、その他の部位と比べると簡易に調査できる可能性は高い。

c) 点検結果の蓄積

現場では損傷部位や損傷状況を正確にトレースすることが重要である。また写真撮影についても、この箇所を撮影したかを明確にする工夫が必要であり、データの誤入力にも注意しなければならない。

(4) 点検方法の改善

適切な点検方法の選択は、コスト・安全・精度すべての面において重要である。海外では建設当初から移動足場(写真-6)を設置し、将来の維持管理を見据えた設計がなされている。移動足場の常設はコストやメンテナンスでは課題があるが、今後の点検や維持管理を考える上では有効な手段の一つである。また、高速道路等の橋梁には橋台や橋脚の周りに検査路(写真-6)が設置されている。しかし、地方自治体も含めた全橋梁を考えると検査路が設置されている橋梁は未だ少ないと推測される。

5. おわりに

老朽化する社会資本の増加により橋梁に限らず構造物の状態を把握できるツールの開発が必要となっている。現状では、高額な近接点検費用を地方自治体が捻出できないといった状況や、土木技術者の数が減少傾向にあり、経験豊富な団塊世代の退職や定期的な部署の移動により、専門性の高い技術者が減少していくことが課題として挙げられる。その結果、社会資本の大半が高齢化し、労働人口の減少等による限られた財政支出では安全・安心な生活に支障をきたすことが危惧される。そのため、「技術開発」と同時に安全・安心な生活を支える「制度」を構築していく必要があると考える。

具体的には、技術開発においては、廉価で高性能なデジタルカメラの開発、長期的なデータ蓄積が可能なデータセンターの設置、撮影した写真の品質が確保できる仕組みなどが考えられる。

一方、制度の構築では、施設管理者を超えた管理体制、情報提供者の身分・奨励、管理者からのタイムリーで適切な情報提供などが考えられる。

今後、産官学の各機関が担うべき役割を明らかにし、達成のために開発すべき技術や開発段階における到達イメージを共有することが重要である。

これにより向かうべき方向性が示され、多くの民間企業が参入でき、研究開発に対する競争原理が働くことで、これまで無関係と考えられていた多種多様な分野から土木分野への参入が促され、より多くの視点から維持管理技術の充実が図られると考える。

参考文献

- 1) 道路橋マネジメントの手引き：(財)海洋架橋・橋梁調査会，平成16年8月
- 2) 国土交通白書：国土交通省，平成11年
- 3) 国土交通省 道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領(案)，平成16年3月
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋に関する基礎データ収集要領(案)，平成19年4月，
- 5) 廣川誠一：点検結果を用いた損傷の発生傾向に関する分析