

委員提出資料

○健全性の維持方法について

- ・橋梁の健全性の維持に必要な対策は、国と市町村で予算も技術者数も異なるため、それぞれの実態を把握し、実情に合った検討が必要。
- ・全国に存在する橋梁等の点検データを集め、同じフォーマットで整理し、統一データベースを作成する。特に、劣化が激しく、補修補強に至った事例集も作成する。これらを基に、市町村などでも活用できる、簡便な点検と診断マニュアルが作成できるとよい。長野県にその例があると聞いている。
- ・橋梁の点検頻度などの維持管理水準は、環境条件が過酷な場合は厳しくする必要がある。
- ・PC橋の落橋の事例については、きちんと点検されていれば事前に防ぐことが出来たはずである。PC鋼線 1 本だけで支えているわけではないので、モニタリングを行えば桁の変位やひび割れの発生などにより、PC鋼線の異常が、橋が崩落に至る前に外から推定可能である。

○代表的な損傷と劣化

- ・コンクリートの塩害は、日本が海に囲まれているという環境条件や、凍結防止剤の散布などにより発生するため、ごく一般的な「コンクリートの病気」と言える。
- ・コンクリートの凍害は、降雪があり、昼間暖かく、夜間寒いという条件が最も発生しやすい。九州でも発生しうる。また、塩害と凍害の複合劣化で損傷が加速化するという問題もある。
- ・コンクリートのアルカリ骨材反応は、それ自体の問題だけでなく、発生したひび割れによる凍害や塩害の影響が複合された場合の問題もある。既設の場合は、劣化が顕在化してから対策を取るしかないが、新設については、材料の段階から防止すべき。
- ・コンクリートの中性化は、塩害ほど進行が早くないが、内部の鋼材の腐食を起こす要因となる。
- ・施工時の初期欠陥、例えば、予期していない温度応力、収縮によるひび割れは、種々の劣化（塩害、凍害、アルカリ骨材反応など）を加速する。
- ・PC橋梁の損傷は、PC鋼線の腐食が特徴的であり、施工時の問題に起因するシースのグラウト不足により水や空気に触れた鋼線が腐食することが多い。この場合も、腐食して直ちに落橋することは無いがある程度進行すると危険な状態となる。
- ・橋梁の代表的な損傷として、コンクリート床版の疲労がある。移動輪荷重による押抜きせん断破壊が典型的な疲労破壊現象で、床版上面が湿潤状態に保たれていると疲労強度はさらに低下する。
- ・鋼橋とコンクリート橋ごとの損傷の発生部位別の統計データだけでなく、損傷原因別の統計データがあるとよい。

○技術者の育成

- ・コンクリート橋の損傷原因は、種々の損傷があり、それらが複合するなど原因も多く複雑であるため、専門家の必要性は高い。
- ・橋梁点検と診断は、同じ人間が継続して実施し、時系列の損傷の変化を見ることが大切。

○確実な実施のための予算化

- ・今まで点検を実施していない市町村などは、はじめは簡単で安価な点検方法で実施するだけでも効果が期待できる。
- ・橋梁点検や診断は、単年度契約では異なる業者が点検を行う可能性が高いため、長期間（例えば、20年間位）の契約で同じ人間もしくは専門業者が面倒を見ることが出来る契約の仕組みが望ましい。
- ・土木学会のコンクリート標準示方書など、最新の構造物の設計法の中では、要求性能として、美観の確保、コンクリート片の剥落等による第三者影響度の低減が謳われ、また、維持管理の方法として、劣化により要求性能が満足されない状況を防ぐ「予防維持管理」という方法が明示されている。つまり、構造物を作られた状態のまま維持していく、あるいは、損傷が見た目でも明らかになった時点で直すという考え方が示されているので、これを社会に説明すれば、予算化する根拠になるのではないか。

○積算手法について

- ・補修補強作業に対する工事費が必ずしも適切な額になっていない場合があるとも聞く。補修補強が多様であることもその要因であろう。一般的な補修補強法が確立され、積算手法が整備されることによって、補修補強がサステイナブルな産業となる必要がある。

○将来像のシミュレーション

- ・橋梁の健全度については、現状の状態に加え、何もしない場合の将来の健全度低下予測や、回復するために必要な費用などのシミュレーションが必要である。個々の橋梁の詳細な条件設定やデータに基づいた費用の総額を出すというよりは、現時点での橋梁全体の統計的な情報に基づいた概算値で十分である。国民に理解を得るためにはインデックスよりリスクの方がわかり易い。

平成 19 年 12 月 12 日

「道路橋の予防保全に向けた有識者会議」メモ：特に疲労と破壊の制御に関して

東京工業大学 三木千壽

1. まずは「疲労と破壊制御の重要性と難しさ」に対する認識の共有から

- ・ 疲労は微小な亀裂での進展期間が寿命の大部分を占めるため発見が難しく、また、ある長さまで進展後に不安定亀裂に変わり、構造物あるいは部材破壊につながる。しかもサービス中に突然起こるため発生した場合の社会的な損失が大きい。
- ・ 疲労と破壊の制御には、材料、設計、製作、品質管理、架設、メンテナンスのすべてに関わる現象であり、その対応には高度の専門知識が必要とされる。
- ・ わが国の橋梁の世界では疲労は鉄道橋のみの問題とされてきた。
- ・ 2002 年に疲労設計指針の導入。ただし本文ではなく指針。「道路橋には疲労の可能性は低い」、「製作コストアップにつながる」、「疲労設計に対応できる技術者が不足」を理由として、時期尚早により中止との動き。実際は多くの発生事例——> 鋼橋の疲労、道路協会 H9.5
- ・ 導入はされたが Poor といわざるを得ない疲労設計。これは上記の指摘が当たっていた。技術者の教育が問題。
- ・ 既設橋梁の疲労照査。まずはすでに点検が実施されている橋のうちから疲労が疑われる橋を抽出して再評価と診断を行う必要がある。疲労から見るととんでもないディテールが使われている。また、道路橋に発生した疲労亀裂の多くが施工の不具合を原因としている。実際に橋を検査することが重要。
- ・ 実施されている構造物診断業務のお粗末さ。現在の点検・診断のやり方を全面的に見直す必要がある。亀裂等の損傷を見たことのない人間による点検と、レポートのみによる診断。塗膜われ、疲労亀裂、溶接われなどプロが見れば識別可能。事故が起きても当然。
- ・

2. 疲労と破壊制御技術の最強チームを編成しよう

- ・ 既設構造物の診断は成人病と同じ。設計、材料、溶接、品質管理、架設、維持管理の結果としての損傷の出現であり、専門家集団による共同作業が必須。点検の計画から共同で行うことが必須。
- ・ チームの構成は 10 名程度で十分。ただしみんなが認めるプロであること。訴訟などにも対応できることが重要。長期的な展開、全国展開も視野に入れる。当面、1 チームでスタート。
- ・ 難病治療と同様、事例数、経験が技術をアップしていく。点検結果の評価と診断はここで集中的に実施。原因を特性しないでの補修補強と亀裂の再発生、判断できないがための過剰な対策。蓄積ができたところでランチを作る。
- ・ 事例の共有化を図るためのシステム、全国対応するための拠点機能を構築する。
- ・ 首都高速緊急疲労対策室での実績はモデルとなる。

- ・ メンテナンスマニュアル、点検員の教育と認定のためのテキストなどもここで作成する。
- ・ ここでの技術の蓄積を設計や製作に反映するように整備していく。
- ・

3. ビジネスモデルを構築しよう

- ・ 落橋、通行止めなどによる被害は社会的損失を入れると 1000 億円オーダー①、補修・補強工事は 1 億円オーダー②、調査検討費は 100 万円オーダー③
- ・ 受益者が社会全体となるようなビジネスのあり方。MOT 的にも関心が高い。
- ・ ③により①および②は大幅に縮減できる(現状は???)。点検、診断の技術(コンテンツ、ソフト技術)に対価を払うモデルこそ重要。現状では亀裂をそのまま放置あるいは削っておしまいとの診断では金にならない。
- ・ 民間や大学から広く技術を集めるためにはビジネスとして成り立つことが必須。ボランティア、サービス業務との扱いではでは技術者も育たない。学生から見ても魅力的な分野にすること。
- ・ フィービジネス化と成功報酬？

4. 要素技術は OK, それらをいかに統合していくかが課題

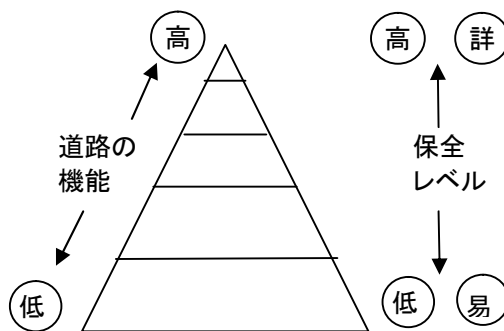
- ・ 疲労の事例とその対策数は欧米をはるかに上回っている。
- ・ 点検技術、補修技術、材料開発などについても日本がリード。人材、組織、制度は??。
- ・ 重点的な点検橋梁の絞込みや点検周期なども合理的に設定可能。

①国民へのPR

- ・事故があって、はじめてその重要性が一般市民に実感されることが多い。
- ・橋はそもそも国民のものであることのアピールを一層行う必要がある。

②道路網の機能に応じた保全・管理水準

- ・損傷が発生してからの早期発見早期補修は「予防保全」ではあるが、さらに損傷を発生させないような「予防」が必要である。
- ・技術には 100%というものはない。万が一という事象に対してどう担保するのかというところを補完するのがモニタリングであり、本来の予防保全が必要。
- ・橋梁全体の中でも、モニタリングをやるべき事と、そうではないことがある。
- ・点検・診断などにおいては、「予防保全」の程度を分類する必要がある。その判定においては、「ネットワークでの評価」が必要になってくるし、その明確化が重要である。
- ・コンクリート構造物は、ひび割れを破壊の前兆としての的確に捉える点検が必要。当初想定されてはいなかった構造物の経時的な性能変化については、まだまだ研究しなければならない。



③点検手法の確立

- ・「評価」と「判定」を分けて考えなければならない。学生のテストでも、平均80点の中で60点の人、平均30点の中で60点の人とで、どう判定するかである。評価は点数付け。ネットワークも含めた価値基準が判定。今の点検は評価だけ。
- ・客観的に評価できる部分「客観的判断」と、価値も含めて判定する部分「価値判断」がある。大切なのは後者の判定。その判定においては、「ネットワークでの評価」が必要になってくるし、その明確化が重要である。
- ・大事なのは判定であるが、その前提として適切な評価がなされることが必要である。

④点検システムの制度化

- ・点検システムは非常に重要である。点検システムを支えている点検員の水準をそろえないと、予防保全に必要な正確な統計データは手に入らない。
- ・点検システムの制度化には、高度な専門技術者が必要である。国土交通省だけではなく地方自治体等も含めた形で指導を推進できる高度診断センターのようなものが必要。
- ・上級技術者が配置された診断に関するセンターは是非必要である。もともと、これによってただでさえロードの大きい土木研究所を弱体化させることとなってはならない。

⑤材料・施工品質の向上

- ・ASRは、上部工だけでなく下部工でも起き、見えないところでも進むため、点検についても、橋梁によってやり方を変える必要がある。
- ・竣工検査時に既にクラックは発生していたと考えられる。それをチェックしておくだけでも、後々役立つはずである。

⑥橋梁の補修補強費の適正な評価

- ・「知恵」に対する成果に対して、対価がないといけなさと考えている。「補修」には知恵が要求される。それらを積算に反映することが必要である。

■技術者の育成

- ・ 橋梁の維持管理には、定期的な点検を実施する「良質な点検エンジニアグループの維持」と、その上に立つ別組織の「高度診断センターの設置」が必要で、2つの組織のバランス確保が重要。
- ・ 橋梁の点検については、高度な技術力が必要であり、同じ橋梁を一貫して同じグループが点検することが重要。

■「点検内容と手法」について

- ・ 橋梁の点検には2つの観点がある。第1は消耗部材の日常メンテナンスを目的とした長寿命化のための健全性評価であり、第2は落橋を防止するためのクリティカルな部材の耐力、変形性能の評価と、クリティカル部材の破壊が橋全体の崩壊に与える安全性評価である。目的に応じて点検の内容や着目点の相違などの整理が必要。
- ・ 橋梁のパーツをきちんと点検しても、橋梁全体で崩落する事態を見落とす危険性がある。沢山のデータを蓄積した結果、細かすぎて全体が見えない場合がある。
- ・ 点検目的を、「崩壊防止」、「長寿命化」など幾つかに分けて、それぞれに必要なデータと判定手法を検討しておく必要がある。

■「点検カルテ」の整備と管理について

- ・ 医者はカルテを見れば、たとえ担当医が変わっても、ある程度一貫した患者対応が可能。高度技術を有する医者どうしの中で、問題点と対応がある程度決まっているからであろう。橋梁点検カルテも高度な専門家が記入、利用しないと、膨大なデータを前に、何も見えない状態に立ち至る危険性がある。
- ・ 点検者と利用者に対する組織的な講義・講習会の受講が必要。現状では、個人差がありすぎる。上質で均質な点検データが得られる仕組み（技術者の育成、維持、講習会等を含めて）を作り上げる必要がある。
- ・ ミネソタ州での崩落事故では、橋梁図面を含む情報が短時間のうちに開示された。情報の中央集中管理がよいのか、CD-ROM ベースも含めて PC で簡単に誰もが取り出せる分散管理方式、あるいは中央＋分散管理方式がよいかをよく調査する必要がある。日本ではすぐ大きなシステムを作りたがるが、誰もが普段からタッチできるシステムが緊急時には有効である。

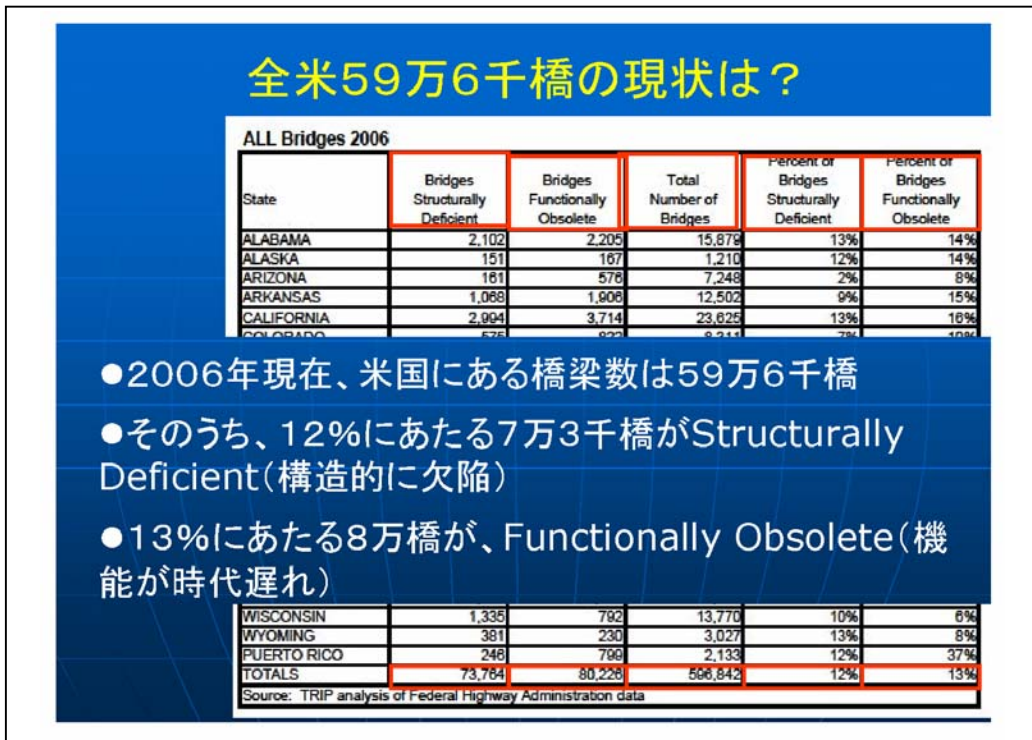
■情報公開の必要性について

- ・ 情報公開は、「正しい情報」、「迅速な公開」、「広く知れ渡る方法」、「わかり易い内容」、「実情を訴える表現」など、国民に対するさまざまな工夫が必要（資料-1 参照）。
- ・ アメリカの土木学会 A S C E は、インフラの健全度レベルを5段階に分けて評価し、各州別のレポートを作成し公表している。このレポートは、州政府の公開した情報に基づいており、データベースの情報公開が徹底している（資料-2 参照）。
- ・ 橋梁の補修補強では、大変な作業であることを国民にきちんとアピールし、さらに危険橋梁の存在のその場所も隠さず伝えることが重要。国民が知らないうちに対応するという従来方式では、国民に必要性が伝わらないし、こそこそ直しているといった非難さえ出かねない。情報の出し方が重要。国民からどう見えるか、どう報道すべきかという情報伝達のプロを国土交通省は雇うべきではないか。

■ 国民への説明性の向上

- ・ 橋梁の損傷状況を計量化し、たとえば、60点以下は落第、40点以下は危険、70点以上はまあまあ、80点以上は現状レベル、90点以上は良好といったようにわかりやすく分類する技術を開発し、これを用いて、現状の損傷状況はたとえば60点であるが、今後、10年でこれを70点まで高めるといったように、現状と対策の必要性、目標、効果を具体的に国民に説明することが重要。
- ・ アメリカにおいては、50点以下の橋梁をある目標年代までにこれだけ減らす（改善する）ことを掲げ、現在実際に50点以下の橋梁が減少していることを数値として示し、国民に分りやすく説明している。

資料-1



資料-2



意見

藤野

基本的姿勢

国土交通省では、平成14年に「道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会（委員長 岡村甫）」を設け、15年4月に提言をまとめている。その要旨は

1. アセットマネジメント導入による総合的なマネジメントシステムの構築
2. ライフサイクルコストを考慮する設計・施工法の確立
3. 構造物の総合的なマネジメントに寄与する点検システムの構築
4. 新たな管理体制の構築
5. 技術開発と専門技術者の養成
6. 支援策と制度の整備
7. 情報提供と住民参加

となっており、今後の方針の大枠はそこで提示されていると考えられる。本会議では、

- 1) 上記提言で見直すべき点があるか否か？
 - 1) 今回のミネソタや国内での橋梁事故を踏まえ、新たに追加すべき事項があるか否か？
 - 2) 上記提言でその実現に向けて進んでいるものがあるが、進捗が見られない事項もあり、進んでいない事項については、その原因を考究し、実現に向けての具体的な検討
- 2) 上記検討委員会では示されていない時間軸空間軸（いつまでに、どの範囲を）に関する提案

を中心に検討するのが適切と思われる。

各論

- インフラ保全の振興と徹底に向けて
 - ・ ミネソタや国内の橋梁事故が意味していることは、点検を実施したからと言って、見えない部位も多く、事故を防げないということである。点検ですべての問題が解決できるわけではない。
 - ・ 木曾川橋の破断箇所はいまでは絶対に行ってはいけないディーテールであり（当時はそういう認識がなかったので、設計ミスとはいえないものである）、いわば既存不適格な橋梁といえる。ミネソタの橋で注視されているガセットプレートは、かなり薄いもので設計時点でのミスの可能性がある（正式報告を待つ必要があるが）。点検は一般に劣化の進

展をおもに調べるもので、既存不適格や設計ミスを検出しようとするものではなく、これらを見落とす可能性がある。

- 地震荷重や活荷重などの設計荷重が変更（増加）した場合については、基準に足りないと「既存不適格」ということで補強の予算措置がなされ、実際にこれまでも実施されてきている。今の時点から見て「好ましくない構造」「おかしな構造」は、木曾川橋や本荘大橋のが氷山の一角であり、かなり存在すると想像される。これらは既存不適格といえるもので、いま、「国内の橋梁インフラに存在する既存不適格を徹底的に調査し、その結果に基づき補強、アップグレードが必要な箇所を明らかにし、それへの対応をこの20年の間に行う」ことが、安全安心な社会を形成するためには必要であることを社会に強く訴え、国家プロジェクトとして認知されるように努力する必要があると思う。そのためにはまず、定期点検のフレームではなく、緊急徹底点検を行うことが必要ではないか？
- 地方公共団体の保有する橋梁は数の上では圧倒的に多く、9割を占めている。ルーティーンの点検を導入したとしても、予算上の制約からかなりの期間が必要と想像される。上に述べた国家プロジェクトを興し、強力な体制で臨まないと、既存橋梁の今後50年にわたる実質的な安全を保障できないのではないかと？もし、国家プロジェクトが進むのであれば、いろいろな状況が明らかにされたあとに、地方公共団体を含むすべての橋梁の点検の義務化を導入するのでもよいのではないかと？

○点検システムの強化

- インフラの定期点検を多くの地方公共団体で実施してこなかったことが国土交通省の調査で明らかになっているが、人命に関わるインフラの点検を実施してこなかったことを我々は反省すべきである。
- 今回の一連の事故からしても、長期的には点検の実施は必要不可欠であり、点検の実行を約束すること無くしては国民へ説明出来ない。上に述べた緊急インフラ調査・補強補修プロジェクトが展開されるのが望ましいが、それが進まないのであれば、定期点検を導入することになる。外国では点検の実施をルール化しているところが多い。現状実施できていない市区町村に対しては、点検の必要性を説明すべきある。国がそれにどれだけ援助できるかは、事務局に検討をお願いしたい
- 点検のインターバルは、アメリカでは2年、欧州では5年となっているようであるが、わが国では経験が浅く、今の段階では暫定的にたとえば5年とし、何年か実施した上で

考える必要があるのではないか？なお、全ての橋梁を同じインターバルで、同じ点検グレードで実施することは適当ではない。点検インターバルを短くすると、年あたりの対象件数が増え、必然的に点検内容が薄くなる。一率に決めるのではなく、点検の結果、要注意の損傷が出たものや、架設後30年以上経過した橋梁などについては、短いインターバルにするというような弾力的な制度がよいと思われる。

- ・ 実行可能でかつ、実効性のある点検のやり方についてのガイドラインを国が中心となって作成することが必要。
- ・ 点検診断を行う人の資格制度をどのような形で行うかも課題。当面の措置と長期的な体制の双方を議論すべき。

○国民へのPR・情報公開

- ・ 点検結果の公開が欠かせない。これは技術の「見える化」=ビジビリティでもあり、いろいろな分野で非常に大事なことになりつつある。
- ・ 「保全」はその効果が見えない面が多く、地味な分野である。それだけに橋の健全性（脆弱性）を数値として表現できれば、保全担当者の目標も明確になり、また国民の理解も得やすい。（藤野の記事を添付しておきます）
- ・ ただ「悪い悪い」と大きな声で言っている、土木事業に対する信頼が失墜している今、理解が得られないことに心すべきである
- ・ 開示する情報は極力、客観的なデータにすべき。
- ・

○橋梁の補修補強事業に対する適正な評価、実行体制

- ・ 田崎座長が前回の会議で発言されたように、補修補強工事についての現状は、「物にはお金を払うが、手間にはお金が払われない習慣がある」と言える。新設の片手間で補修補強をやる時代は終わったのであり、維持管理・補修補強に対する積算体系の見直しが必要。
- ・ 新設の設計は設計基準に則っていけば必要な水準が確保されるシステムができている。工事にしてもそれに近い状態であろう。一方、補修補強工事は、小規模であるが、個々の事例が千差万別なところがあり、設計や解析にしる、工事にしる、高い技術力が必要。出来栄は技術力に大きく依存する。かかる費用は技術力に反比例するようなケースもある。技術=人に対価を払う姿勢が欠かせない。

○専門技術の集積・地方自治体への支援

- ・ インハウスの技術者が補修補強工事の設計・工事のチェック全てに対応することは現状では困難と思われる。国の役割として、専門技術者などの人材についてある程度集中させ、地方自治体の相談にのれる体制づくりが必要。ただ、それを本当に出来るのか、回答を聞きたい。
- ・ 診断でもそうであるが、補修補強工事に関して専門的な判断やチェックが必要な場合、外部の専門家に監視エンジニアとして依頼するシステムを導入すべきである。(ミネソタの事故の原因の一つに工事手順の不適切さが言われている。監視が行き届かなかつたものと思われる。)大学の先生などをお願いするのではなく、これを本職とするプロに正当な対価で仕事を依頼することが重要。これが一種の職能となり、プロ集団として成立することが必要。
- ・ 話はそれるが、土木界に優秀な若い人が入ってこない現状がある。本四プロジェクトのような見える「もの」が当面無い以上、見える「ひと」が魅力の回復には欠かせない。

○集中的・持続的な技術開発

- ・ 橋梁の点検はいかにあるべきか というようなことをまともに研究してこなかった。補修補強のやり方についても個別的には行われてきたかと思うが、体系的な研究開発が行われてきたとは言いがたい。この分野の研究開発の成果は点検の効率化、補修補強設計・工事の合理化に大きく貢献できる。費用面でも大幅な減少につながる可能性が高い。そのメリットを受けるのは橋梁管理母体であり、つまるところは国民である。数兆円かかるとして、それが2,3割減らせればすごいことではないか？
- ・ 研究戦略を考えた上で、集中した技術開発が今後、数年間にわたって行うことが必要。細かいことが多いだけに、ばらばらとやるよりも組織的にやることで相乗効果も生まれる分野と思われる。国交省が研究開発の方向性を提示し、率先して実施する姿勢を示す事が必要。この問題が国家プロジェクトとして価値のあるものであることを、社会に、他省庁にも説得する姿勢を我々全体が持つ必要がある。

○「保全」に代わる新しい言葉がないか？

- ・ 保全ということばには、現状維持というイメージが強い。今後、既存インフラの有効運

用がますます重要になる中で、劣化の防止は勿論大きな課題であるが、機能向上も大きな課題となる。社会のニーズに合わせてアップグレードしていくことが文明の進展とともに欠かせないということを本会議の答申に入れていただきたい。ややもすると暗いイメージをもちがちな「保全」に変わる新しいより魅力的な言葉がないものだろうかと個人的には思っている。

読み直すとまとまらないところもありますが、とりあえず。

学会でヨーロッパに行っており、欠席いたします。実り多い、議論が展開されますことを期待しております

藤野陽三

ウィーンにて 2007/12/11

防災・保全投資の効果を計測する

東京大学工学系研究科
社会基盤学専攻教授

藤野 陽 三

わが国の高速道路の建設も成熟期を迎えつつあり、既存ネットワークにおける安全の確保・向上が今後の大きな方向になると思われる。

道路の安全は、施設系に対するハードウェア対策と運用の改善によるソフトウェア対策からなる。ソフト面の改善については、負傷者の増加という問題があるものの、交通事故死亡者は減少しており進展が認められる。ソフト面の対策は、一般に交通事故の抑止など直接的なリスク回避を含んでいるため、効果を対策投資と結びつけて評価することが比較的容易なためと思われる。

防災・保全などの施設系ハードウェアの改善は、法的な後ろ押しもあり耐震補強では着実な進展があるものの、老朽構造物の増加を背景とした新たな課題が発生しつつある。高度成長期につくられた施設系の劣化は広く指摘されているところであるが、交通事故などに直接、関係する例はまだ稀であり、補修の必要性・効果が理解されにくい面がある。また、施設系に起因する災害・事故は一度発生すれば、その被害・社会的影響は甚大なものの、発生頻度も極めて低い。さらに、施設の劣化速度は一般に遅く、保全投資と老朽化による事故や大規模補修との間にはかなりの時間遅れがある。

それだけに長期的視点からの継続的投資がきわめて重要なのであるが、上記の、効果計測の難しさ、時間遅れ、低い発生頻度から、空間的・時間的に均衡の取れた対策計画および資源配分が難しいのが現状である。結果的には、防災・事故対策は、大事故・大災害を受けて社会的に関心が高まった際に、一斉に資源が投入されて実施されることが多い。しかし、これでは災害の後追いとな

らざるを得ず、未だに、長期的かつ継続的に対策を実施した方がハードウェア対策としても効果は高いことが観念的にはわかっていても、実行されていない面がある。

この問題を解決するひとつの方法は、ハードウェア対策投資に伴う効果を計測する技術を開発することと思われる。現状は、防災においては既往最大規模の災害対策を念頭に、保全においては劣化予測に基づき、その時々々の制約の下で投資がなされていると理解されるが、これらは確率的なリスク認知や予測の不確実性が極めて大きく、補修・補強の効果を客観的に評価しているとは言い難い。より直接的で、計測可能で、誰でも理解できる、効果を表す指標が必要だと思う。

問題の難しさは、災害・事故事例が極めて僅少であることである。しかしながら、ハインリッヒの法則ではないが、災害・事故に至らない軽微な事象は、比較的小さい時間遅れでかつ高い頻度で発生していると思われる。これらをうまくセンシングし、それをベースに定量的かつ客観的な評価指標を導入することができれば、「社会基盤の安全」の変化を社会からも客観的に評価することが可能となり、また効果的にマネジメントにつながる。

安全、とくにハードウェア系の安全の問題は、技術的に専門性が高いことから、専門家と市民の間に「情報の非対称性」が存在しており、社会的に最適な対策をとるためには、合理的な判断を支援するような情報の基盤が求められている。社会基盤施設の何をセンシングして情報基盤を構築するかは、難しい問題と認識しているが、研究者と実務者が協働して挑戦すれば、解はきっとあるに違いない。

1. 新設の時代から管理の時代へ

- ・ これまで道路整備は新設に重点が置かれ、業務フローも「調査→計画→設計→施工→管理」と新設は4ステップ有るのに対し、管理は1ステップで一括りだった。今後は、「管理計画→維持→点検→補修」と管理にこそ計画が必要。
- ・ 管理計画を基本として、新設の計画を考えていくという逆転の発想が必要である。

2. 損傷の早期発見・早期補修のシステム確立

- ・ 橋梁も舗装のように「早期発見、早期補修」によるトータルコスト削減を目指すことが必要であり、そのためにはノウハウの蓄積が重要となる。
- ・ 安価で多くの情報が得られるような、簡易的な点検手法の開発が必要である。

3. 橋梁の予防保全に対する国民へのPR

- ・ 橋の管理は、保険、医療、介護など、国民にとって身近な「医療」に例えて理解を求めるのが良い。
- ・ 橋の管理を人間に例えて、病気と上手に付合う選択肢や、完治は難しいが病状の進行を抑える選択肢など、治療費とのバランスも考えながら橋梁の一生を説明するのが良い。

4. 市町村における橋梁の維持管理

- ・ 市町村にとっての、橋梁維持管理に対するあり方の概念を提言することが必要。
- ・ 点検の義務化については、定期点検発注に係る費用の問題は大きいですが、点検をせずに損傷を放置し発生する危険や、事後的な対策による費用増大の方が管理者としては見逃せない問題。
- ・ 地方交付税の中や道路特定財源地方分など、財源としてある程度は確保されていると言えるので、維持管理の必要性を説明し実施することは道路利用者に対する義務である。
- ・

5. 市町村における専門技術者の役割

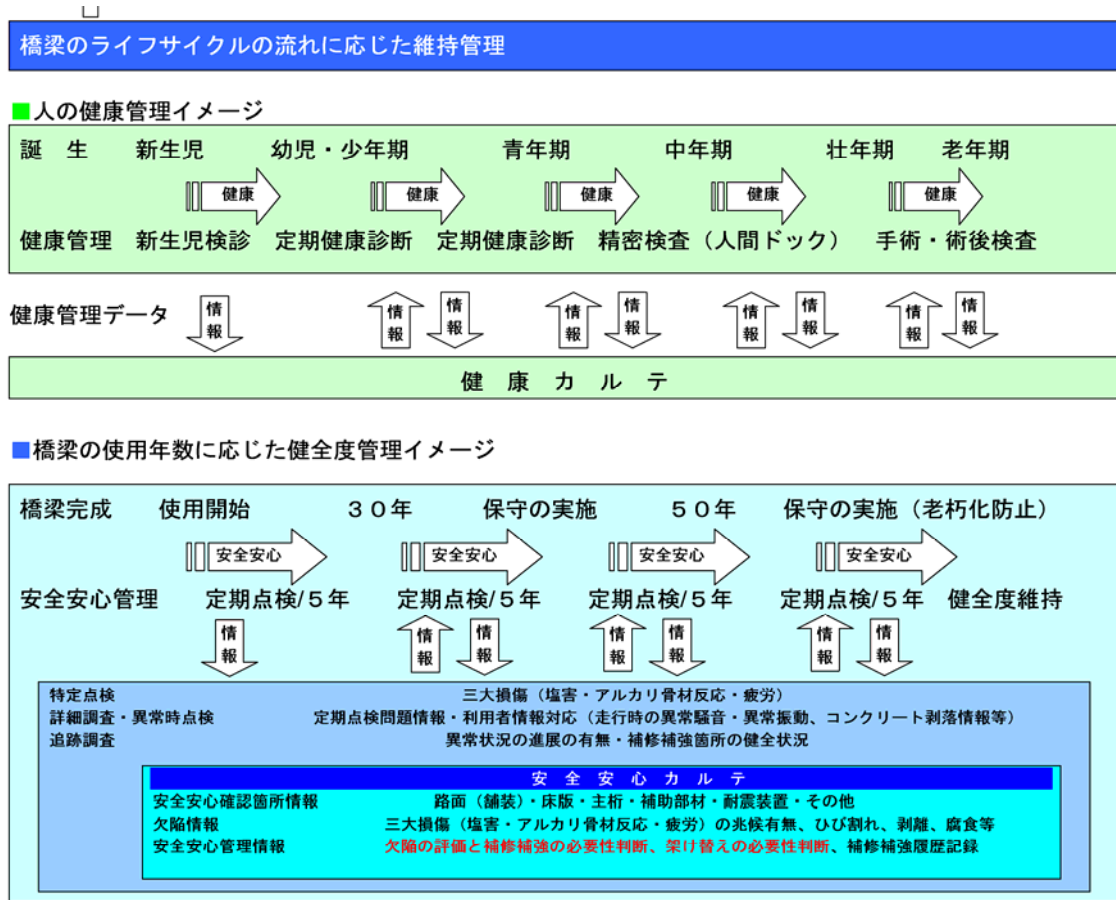
- ・ 市内の広範囲に住む市職員を現場モニターとして活用し「自分の体はある程度自分で診る」ために、一般人でも橋梁の損傷の兆候が分かるような損傷の分析が必要。
- ・ 市町村の橋梁点検は、外部に依頼する場合であれ、分担金を支払い県が実施する橋梁点検などに追加してもらった場合であれ、市町村の管理者が「当事者意識」を持つことが必要。
- ・ 市役所の専門技術者においては、実際の橋梁診断などは外部に頼るとしても、管理全体の流れを把握し、得られた情報を使って組み立てることの出来る人間が必要。

6. 工事品質管理のための事後評価の導入

- ・ ライフサイクルが長い公物は、問題が生じても安易に交換できないため別途維持補修が必要となることから、事後評価の概念を導入する必要があり、更に事後評価を管理するシステムを作れば、改築業者などは良いものをつくるため、たとえ施工時のコストが高くなってもトータルコスト低減が可能となる。

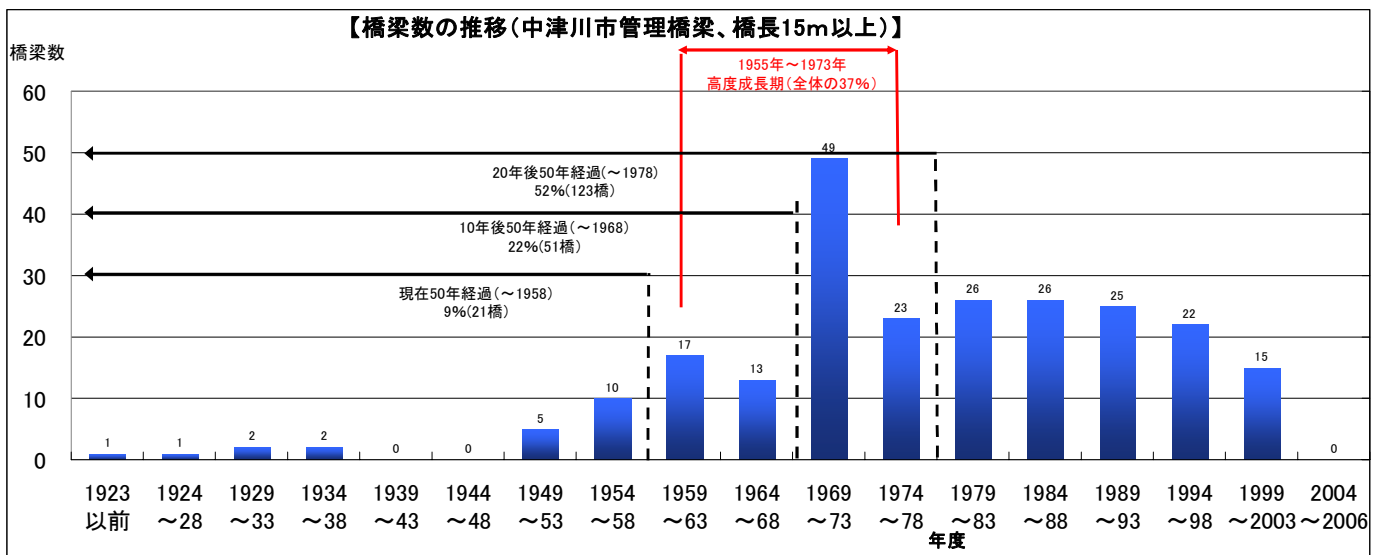
○参考資料

1. 人間の健康管理と橋梁のライフサイクルの流れに応じた維持管理



2. 中津川市が管理する橋梁の建設経過年

- ・対象橋梁数：237 橋 (橋長 15m以上)
- ・現在、建設後 50 年経過した橋梁数：21 橋
- ・10 年後に 50 年経過する橋梁数：51 橋
- ・20 年後に 50 年経過する橋梁数：123 橋



出典：H18.4.1現在「道路施設現況調査(国土交通省)」より作成

3. 中津川市の体制について

○ 道路・橋梁管理の現状

- ・ H17.2 の合併により、15m 以上の橋梁が 120 橋から 237 橋に増加
- ・ 実態調査未実施（カルテ未作成）
- ・ 事後保全が主体

○ 平成 20 年度からの取り組み（橋梁定期点検～長寿命化修繕計画）

- ・ 新年度予算に 5,000 千円を計上し、対象橋梁の選定と 30 橋の定期点検実施
- ・ H20～H24：定期点検の実施予定
- ・ H25 で長寿命化修繕計画を策定予定

<中津川市の道路管理に関する基本情報(H18.4.1 現在)>

項目	内容	備考
道路管理延長	1,379km	
管理全橋梁数	920 橋	
・うち、橋長 15m 以上の橋梁数	237 橋	
橋齢 50 年以上の橋梁数 (橋長 15m 以上)	21 橋	
道路管理担当職員数	16 人	
・うち、橋梁管理担当者数	12 人	
橋梁点検要領の有無、準拠	無	
橋梁点検頻度	未実施	
橋梁点検者	コンサルタント委託	
橋梁データベースの有無	無	
年間橋梁維持費	約 2,000 万円	※) H20 年度より 橋梁定期点検を実施
・上記内訳	橋梁点検※: 約 600 万円 (約 14 万円/橋)	
・橋梁維持費の主な内容	橋梁維持費: 約 1,400 万円 主要幹線に架かる橋梁の耐震化	

「道路橋の予防保全に向けた有識者会議」第二回に向けた提案

平成 19 年 12 月 12 日

東京都建設局長 道家孝行

第一回の有識者会議及びその後国内外の動向等から、第二回の会議に向け以下について提案します。

1. 国、都道府県、区市町村連携した橋梁点検・診断体系の構築

国内の点検体制は、前回の会議で個別に実施、若しくは未だその体制になっていないことが明らかとなった。特に、区市町村の点検体制に不安を感じる状況などから地域の実情にあった点検・診断体制の確立が不可欠である。

- ・国と都道府県が連携して区市町村の技術指導にあたり、安全性、使用性を十分に確保する橋梁点検体制を確立する。
- ・特に、地域の環境や状況を詳細に把握している都道府県が技術力、技術職員の不足する区市町村の橋梁点検・診断等の技術指導を行い、取り纏める。
- ・都の提案としては、都の先行している点検技術、点検結果、診断技術、データ処理方法等について各地方自治体に技術提供する。
- ・点検・診断費用については、新たに国の補助制度を構築する。

2. 橋梁の点検体制（点検・診断士、点検方法等）について法制度化

現行の制度化では、曖昧であった橋梁点検・診断についてアメリカ合衆国等の事例を参考に法制度化を行う。

国内で行われている点検関係の資格制度を取り纏める、若しくは、取り込む。

具体的には、コンクリート診断士、土木鋼構造診断士、コンクリート構造診断士、構造物診断士などがあり、それらの資格内容、適用、診断士数などを調査し、法制度化に取り込む。

都としては、これまでの 4 回の定期点検結果及び点検担当者分析資料等を提供し、点検・診断等の制度化の参考資料とする。

3. 橋梁関連技術者の育成及び技術の継承

橋梁技術特に既設橋梁の点検、診断、補修、補強、長寿命化等の技術は、これまでの設計、施工技術に比較して新たな部分、未知の部分、開発中の技術などが多く、それらを既設橋梁に誤り無く正しく行うには、高度な技術力を保持した有能な技術者が必要不可欠である。

また、それら技術を後継者に確実に継承することが求められる。

そこで、国を中心として、新たな橋梁維持管理関係の技術保持及び指導機関等の設置、組織化が必要である。

4. 橋梁マネジメント技術の開発及び周知

アメリカ合衆国で発生した橋梁崩落事故原因の公式の公表は未だされていないが、東京都の調査結果等から判断すると、より積極的な予防保全型管理を実施することが必要であると思われる。以上のことから、東京都が導入している道路アセットマネジメント等を参考に、定量的な判断で効率的、効果的な投資判断を行うことができるマネジメント手法を導入し、予防保全型管理を積極的に進めることが必要である。

そのためには、アメリカ合衆国で導入した PONTIS 等データベース・橋梁マネジメントシステム等を調査し、あわせて、東京都、大阪府、青森県などで導入している事例を調査、検証し、国内の実態に適合したマネジメントを構築、導入することが必要である。

現在、実稼働している国土交通省のデータベースシステム等についても資料提供し、今後の進め方等の参考とすべきである。

5. 海外の橋梁維持管理技術及び事例の調査及び技術提携

欧米諸国は、これまで、多くの橋梁を維持管理し、適切に保全・活用している事例が多い。具体的には、アメリカ合衆国、イギリス、フランスなど欧米諸国の場合、100 年を超えた橋梁の維持管理を行っており、その点検・診断技術、維持管理方法などを国内の今後の橋梁維持管理に役立てることが必要である。今回のアメリカの事故は、極めて稀な事例であり、諸外国と技術提携などによって、これまでの経験、新たな技術等を早期に調査し、今後に役立てることが必要である。

6. 民間及び各高速道路株式会社が保有する技術力の活かし方

民間（橋梁メーカー、関連会社等）及び各高速道路株式会社は、これまで、国内外に誇る多くの先端技術を開発し、維持管理業務に採用し、実績をあげている。このように優れた多くの技術を調査、分析し、有識者会議の資料として公開し、提言に生かすことが必要である。

なお、参考までに、都の建設局が所管する土木技術センターにおいては、輪荷重載荷試験機等を保有し、コンクリート床版等の疲労試験などを行った多くの関連するデータを保有しているので必要があれば、参考資料として提出する。

○現場主義の点検システム

- ・鋼橋は塗装塗り替えの際に、その足場を利用した点検を義務化するなど、点検をしっかり位置づける必要がある。
- ・点検は1回やったら終わりではない。現場の人間が使い易くシンプルでわかり易い、現場主義の点検要領とすることが重要。それにより裾野の広い取り組みが可能となる。

○国民の理解促進

- ・橋の維持管理の様子や点検・補修の実態は、なかなか見えにくい。国民も道路管理者も、今何が起きているかを理解できるような仕組みにしないと長続きしない。
- ・予防保全に対する投資を理解してもらうためには、マス・メディアの協力を得て分かりやすく訴えかけることが必要。米国のように、橋梁の健全性のデータとして全国一覧できるものを整備すべき。
- ・人間の健康診断では主な病気に対して「A～D」といった診断結果が出てくるように、橋梁にも分かりやすい指標が必要。
- ・橋梁の維持管理には、「この橋を普段から利用している」という地元の方々の協力を頂くのも良い。

○データベースの整備

- ・道路管理者間で情報を共有できるようなデータベースを目指し、毎年定期的に公表する必要がある。道路の渋滞情報も毎日リアルタイムに公表することで、地震など緊急災害発生時の訓練のような効果があり、突発の事態に真価を発揮する。
- ・技術的知見の向上に役立てるため、データベースは様々な研究機関が活用できるように整備するのが良い。

○技術開発

- ・人間のDNA診断のように、橋梁も個々の特徴を考慮した診断ができる仕組みができな
いか。設計、環境、交通量などの情報と、点検データを組み合わせ、悪い病気を早く発見
して、早期の対策が取れるようにする。
- ・合成構造の橋梁は比較的新しいため、損傷や補修・補強などの知見の集積を行い、今後
の維持管理に備えることが必要。100年以上長期に使う場合、維持管理、補修補強等の
費用が大きくなるので、トータルコストの十分な検討が必要。

○計画・設計の改善

- ・現状は一般的に供用後に管理を考えるが、設計に立ち戻り点検・管理し易いことにプライオリティを置くことが必要。例えば、点検足場が必要な橋梁等は直轄国道では避け、不可避の場合は本州四国連絡橋のような点検計画や検査路等の設置を含む設計が必要。
- ・「合成桁、PC床版（2主桁）、波型ウェブ」などの合成構造が多く開発されているが、補修するのが困難な構造や、損傷が発見し難いものが多い。維持管理の前例の少ない構造形式の導入にあたっては、具体的な点検方法や維持管理のやりやすさも含めて総合的に評価すべき。
- ・経済設計により鋼板の厚さや断面を細かく変化させる構造は、多少の費用差であれば同じ板厚の鋼材を用いて、施工性向上や、ミス防止を目指すことが重要。
- ・これからも新規の架け換えや新設する橋梁も多くある。点検しやすい橋、点検しにくい橋、補修・補強しにくい橋などを公表して、これからの橋梁の設計に反映すべき。

○道路網の機能に応じた保全・管理水準について

- ・道路の機能や使われ方に応じた点検・診断が必要。何か問題が生じた場合に、通行止めにして対応できる道路と、通行止めがなかなか難しい直轄国道のように、求められる機能が異なることを念頭に置くことが重要。

○過積載への対策

- ・道路橋へ及ぼす負荷の影響は重量車両に累乗で比例するので、「損傷の早期発見・早期補修」とともに「重量超過車両によるダメージ軽減」が、道路橋の保全には不可欠である。

○保全計画の導入、点検・補修の価値の向上

- ・現状は、橋梁の調査・設計、施工計画などはあるが、「保全計画」が無いのが問題。
- ・ビル、エレベーターの維持管理にはコストがかかるが、長く使うためには必要不可欠であることが認知されているため立派なビジネスになっている。橋梁の維持管理についても、代価を高くすれば解決するのではなく、価値を高めて国民に認知されることにより適正な代価となることが重要。
- ・現代は「リフォーム」の時代であるため、維持管理をより面白くして、興味をそそるような打ち出しが必要。

道路橋の品質確保及び点検・診断のあり方について

独立行政法人土木研究所

理事 池田 道政

1. 予防保全とは

何でも早ければ早いほどよいということとは異なる。大切なのは構造体に隠されている将来の重大な病巣、欠陥の兆候をいち早く見つけること。そして、手遅れにならないよう早期にその芽をつみとることであるというのが真の予防保全の意味。

2. 品質レベルと寿命、コストとの関係

- ・設計水準、施工管理水準を高くすれば、初期建設コストはかかるが、寿命も長く、維持管理にさほど手間やコストをかける必要もなく、トータルコストとして有利になるはず。
- ・例えば、隅田川にかかる清洲橋、永代橋は設計強度を高くしており、80年以上経った現在も健全である。この間、定期的に塗装塗り替えを行うなど、適切な維持が行われていたこともあり、構造的に大きな問題が生じたという話は聞かない。
- ・しかし、現実には、計画段階では維持管理コストは構造物の品質レベルに関係なく、一定なものとして仮定して比較検討されるので、初期コストの優劣だけで判断される傾向がある。ここにあとで維持管理問題が生じる一因がある。
- ・補修の際には、問題があったから補修を必要とすることを考えると、将来同じことを繰り返さないよう、本当の原因を見つけ出して根本的な対策を取り、従前より品質を引き上げるよう努力をすることが大切。
- ・社会資本の品質確保策として、「品質コンクール」というコンペ方式を提案。トータルコストを考慮した当世最高品質のものを競い合わせ、優秀な技術、技能水準の維持、継承に役立てる。

3. 点検システムの改善

- ・現在の点検システムで行っている目視点検の目的、限界をきちんと認識することがまず大切。
- ・損傷は、目視では症状がつかみにくいものも多く、こうした目視では見逃しがちな症状の点検、検査方法の開発が急務。
- ・点検システムの中に、第一段階としての目視点検のあと、第二段階として、こうした問題を内在させているものとそうでないものとを仕分けするプロセスを追加することが重要。

4. 高度な専門技術の集積

- ・点検システムが改善されてくると、次には、いつ補修すべきか、どの橋梁から手をつけるべきか、適切な対処方法はどうあるべきかという問題解決が迫られてくるが、このあたりの検討、研究はこれまでのところ十分でなく、早急に対応が必要。
- ・損傷の原因やメカニズムの推定、損傷の進行予測、合理的な対策の選定法の開発、実際の高度な診断、処方箋を作成する公的な高度専門組織の早期立ち上げが必要。
- ・今後、地整等で抱える技術者の人員等を考えると、国総研、土研等技术支援セクターと地整等管理主体との役割、責任分担の見直し、お互いの連携強化により、限られた人材で、より効果的な公物管理を果たしていけるようにする必要がある。

5. 過去の経験知、データの集積

- ・現在の点検システムが必ずしもうまく運用されていない一因として、施工時の品質管理データ、過去の補修履歴等、点検結果を検討する際のデータが十分用意できていないことがあげられる。
- ・現在の点検制度は 2004 年からであり、点検データを時系列に使えるようになるまでには時間が必要であり、当面個別橋梁について分散しているデータの収集に努めることが大切。
- ・変状事例、事故等の事例を経験知として集積、データ化し、その分析と新たな研究を通じて持続的なイノベーションが図れる体制の確立が必要。記録の集積を義務化するには、法制化も必要。

■ 問題意識

1. ミネソタ

- ・ システムティックで手本とみなしていた米国方式の欠陥は何か？
- ・ 先送りは大事故のリスクを増大するという事実

2. 木曾川大橋、本荘大橋

- ・ 定期点検、緊急点検等を実施していたにもかかわらず事故が発生
- ・ 点検、診断、管理者の判断、対策実施に至るすべてのプロセスに問題

3. 地方自治体における維持管理の実態

- ・ 大半の自治体において維持管理が行われていないという実態
- ・ 法整備、予算、技術者不足 and/or 不在

■ 今後想定し、備えておくべきこと

- ・ 道路橋ストックの高齢化は損傷橋梁の顕在化が年々加速すること。先送りはパニックにつながる。
- ・ 未知の損傷の発生に対する体制を整えておくこと。

■ 具体的な提案

1. 主として直轄を対象とした維持管理体制について

- 点検に当たっての問題意識の欠如 → カルテとしてのデータベースのあり方 → 別紙
- 診断における論理性の欠如（設計＝仮定と診断＝結果は違う）
→ 高度診断技術者の育成 → 別紙
- 管理者の判断（診断は医者、判断は患者、患者は橋でなく管理者）
→ インハウスエンジニアの教育 → 別紙
- 判断から対策実施のプロセス → 個人に押しつけない仕組み（診断との連動）

2. 地方自治体に対する支援について

- 点検義務、点検者資格、予算の裏付け → 法整備
- 技術支援 → 地方版維持管理とは？
 - ① いざとなったら交通止め → 多少ラフな点検も可
 - ② 市民、地元企業の協力、自治体の工夫が期待できる
 - ③ 地元に金が落ちる仕組みが有効
 - ④ 簡易で理解しやすい点検・記録・指標の仕組み → 別紙

■ 実務上の橋梁技術の拠点設置

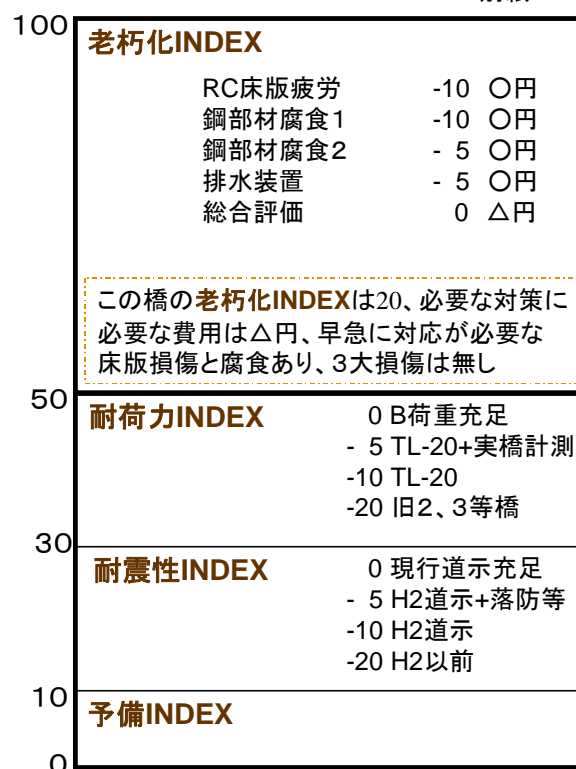
1. 高度な診断
2. 技術情報の集中・蓄積・発信
3. 高度診断技術者の育成（民間の技術者から選抜）
 - 論理的診断プロセスのトレーニング
 - 信頼できる技術者集団の形成
 - 情報更新の仕組み
4. インハウス・エンジニアの教育
 - OJTによるトレーニング
 - 管理者としての判断のあり方を修得
 - 技術集団の一部として期待

■ 地方自治体の使用も考慮した健全度指標（Rating）のイメージ

健全度指標のイメージ

- 積み上げでなく減点方式
 - 要対策をマイナス点で表現
- 老朽化INDEX
 - 経年劣化の指標
 - 損傷原因毎の指標の合計
 - 概算で対策費用を併記
- 機能INDEX
 - 基準充足度の指標
- 直轄・先行自治体
 - 詳細データから抽出
- 後発自治体、市町村等
 - 直接点検データから記入
- 老朽化INDEXイメージ
 - 腐食、疲労、塩害、床版etc.
 - 2 損傷要因(塩分等)あり
 - 5 軽度損傷、工法選択可
 - 10 重度損傷、時間的余裕無し
 - 20 危険、交通規制必要
 - 疲労、塩害、ASRは付加指標を

別紙



- 管理事務所が必要とする詳細なカルテとしてのデータ、指標（マイクロマネジメント、損傷度）に対し、全体を俯瞰（マクロマネジメント、健全度）することを意図。

マクロとミクロのマネジメント

- マクロ・マネジメント〈国土交通本省〉
 - 総予算を抑制したい
 - 国全体の将来についてのアカウントビリティ
 - ・ 適切なマネジメントが行われているか？
 - ・ どのような施策、政策が必要か？
 - ・ 期待した効果は現れているか？
 - ・ 健全度の経年的推移、地域格差、施策効果
- ミクロ・マネジメント〈現場事務所〉
 - 予算は多い程良いが常に限られている
 - 所管の橋の安全、供用へのアカウントビリティ
 - ・ どの部位にどんな不都合が生じているか？
 - ・ 損傷の性質、深刻度、補修・補強の可能性
 - ・ 補修の時期、交通規制の可否、LCCetc.
 - ・ 部材、損傷の種類ごとの損傷度、動態

健全度と損傷度

- 橋の健全度
 - 橋としての機能保持レベル、統計量をマクロ・マネジメントで活用
- 部材の損傷度
 - 具体的な補修・補強工法、及びその時期を判断する上で、ミクロ・マネジメントにおいて活用

計画・設計の改善 施工品質の向上

- 損傷発生を予防する設計
- 点検・管理のしやすさを含めた設計の総合的な評価
- 竣工検査での初期欠陥の発見・防止
- 事後評価によるトータルコストの低減
- 点検しにくい橋、補修補強しにくい橋のタイプ公表
- 既設橋梁の疲労照査

点検・診断システムの強化

- 全橋梁での点検実施
 - 点検の実施は必要不可欠
 - 塗装と同時に行う点検の義務化
 - 国・県による市町村への技術指導
 - はじめは簡便で安価な点検から
 - 点検・診断費用への補助制度の構築
- 点検・診断の基準策定
 - 環境条件に対応した点検水準の設定
 - 消耗部材点検、落橋防止点検の仕分け
 - 橋の特徴を考慮した診断技術
 - 目視点検の限界の認識
 - 未知の損傷の発生への対応
 - モニタリングによる異常進行の推定
- 点検技術の資格化
 - 点検員の水準をそろえることが必要
 - 組織的な講義・講習会による育成(官民)
 - 点検員と高度診断センターの組み合わせ
 - 同一人物・グループによる一貫した点検

専門技術の集積

- 高度な点検診断組織の構築
- 道路管理者と研究機関の連携
- 民間の先端技術の調査分析
- 合成構造の損傷・補修・補強のデータ集積
- 諸外国との技術提携による技術の調査、今後への活用

情報(データ)の蓄積・共有・提供

- 国民への情報提供
 - 国民への迅速、正確、分かり易い説明(必要性、目標、評価)
 - 「医療」に例えて理解促進
 - 危険橋梁の存在も情報開示
 - マスメディアの協力による幅広い公開
 - 米国での情報提供を参考に
- 技術者の情報共有
 - データ共有による技術開発
 - 同一書式による統一データベースの作成
 - 損傷原因別の統計分析
 - 施工時の品質、補修履歴データの蓄積
 - 参考事例の蓄積(変状、事故、点検し易さ、補修し易さ)
 - 情報蓄積の義務化
 - 米国・欧州の実情の調査(データベース・橋梁マネジメントシステム)
 - 緊急時に迅速に対応できるデータ管理

道路網の機能に応じた保全・管理水準

- ネットワーク機能による評価(橋梁の絞り込み、優先順位、維持管理水準)
- 道路の使われ方として通行止めの可否を考慮した保全・管理水準
- 重量超過車両によるダメージの防止

橋梁マネジメントの確立

- 維持管理にも計画が必要
- 管理全体を把握し組立てる管理者の育成
- マクロとミクロのマネジメントの使い分け
- 積算手法等の整備による維持管理業務(点検・補修・補強)の評価