

## 10.9 道路橋の診断・対策事例ナレッジDBの構築に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 20～平 22

担当チーム：CAESAR 橋梁構造研究グループ

研究担当者：中谷昌一，白戸真大，飯田明弘

### 【要旨】

我が国における道路橋の多くは高度成長期に建設され、多くの橋梁が高齢化を迎えようとしている。橋梁は建設から 50 年以上を超えると劣化は急速に進行すると言われており、既設橋梁を的確に診断し予防保全の考え方を取り入れながら維持管理するための、点検、評価・診断、補修・補強技術の確立を急ぐ必要がある。

本研究は、CAESARが行ってきた道路橋の不具合の診断・対策例についての知見をナレッジDBとして蓄積し、全国の損傷・不具合発生状況、把握、診断・対策の有効性の分析、更には今後の技術開発に資する資料として活用することを目的として行うものである。平成 20 年度は、過去に実施した評価・診断や代表的な損傷例等を抽出し、データベースの基礎資料整理を実施することで、データベースへ入力すべき項目や検索しやすいシステムの構築に向けインデックス及びDBフォーマットについて検討を行った。

キーワード：道路橋，維持管理，診断，対策，データベース

### 1. はじめに

我が国の道路橋は、高度成長期と前後して 1950～70 年代に大量に建設されており、建設後 50 年以上を経過した橋梁が今後急激に増加することになる。更に、我が国の道路橋は、世界的に見ても非常に厳しいレベルの自動車交通や自然環境にさらされてきており、今後、急速に劣化損傷が増加する可能性がある。

道路橋の建設年度毎の推移を米国と比較して図-1 に示す。米国では 1930 年代に大量の道路橋が建設された。しかし、その後、道路の維持管理に十分な予算が投入されず、建設後 50 年を経た。1980 年代には多くの道路施設が老朽化し、「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど、劣悪な状態にまで陥った。一方で我が国は、米国と比較して全体に約 30 年遅れて高齢化が進んでいる。劣化進展に関する知見がほとんどなかったことから計画的・戦略的に維持管理がなされてきたとは言えず、建設後 50 年を経る 2010 年には、劣化損傷による不具合の生じた橋梁が激増する恐れがある。我が国の道路橋では、既に床版の疲労、鋼部材の疲労、コンクリート部材の塩害・アルカリ骨材反応による損傷といった橋の耐荷性能に重大な影響を与える損傷事例も多数報告されている。

厳しい財政事情の下で、その健全性を適切に評価し、予防保全の考え方を取り入れながら戦略的に維持管理するための、点検、評価・診断、補修・補強技術の確立を急ぐ必要がある。

土木研究所が過去に実施した技術相談による診断・対策事例の資料は、残されているものの、損傷原因などについて資料の分析がされていないのが現状である。このため本研究では、損傷原因や損傷傾向を科学的に分析し、長寿命化や改築判断のための新たな基準の策定、新設構造物設計基準へ反映させる事を目的に道路橋における診断・対策事例をDB化し、症例・診断の知見の蓄積と体系化と活用方策の高度化を目指すものである。

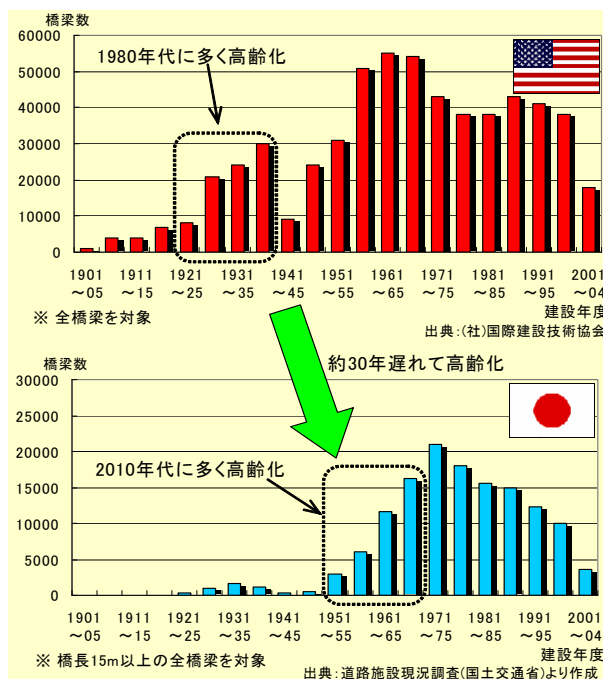


図-1 道路橋における建設年次毎の橋数の推移

## 2. DBの構成

CAESARに寄せられた橋梁に関する技術相談の症例・診断・対策事例を蓄積していくことで、戦略的に行うべき予防保全に向けて道路管理者等へ損傷を受けやすい部位や事象の傾向や注意点などのフィードバックを行うため、基準類への反映されることを目的に橋梁の損傷原因や損傷傾向等を科学的に分析するため、ナレッジDBには、①研究目的、統計調査用の詳細データを登録し

ておくべきである。また、良い事例・悪い事例の例題が容易に探し出せるように②橋梁毎の不具合状況や診断・対策事例の概要を容易に把握できるものである必要もあると考えた。

このため本研究では、研究目的の統計調査用データと各案件の概要を知るカルテデータの二つをLayerに分けて整理を行うこととした。(図-2)

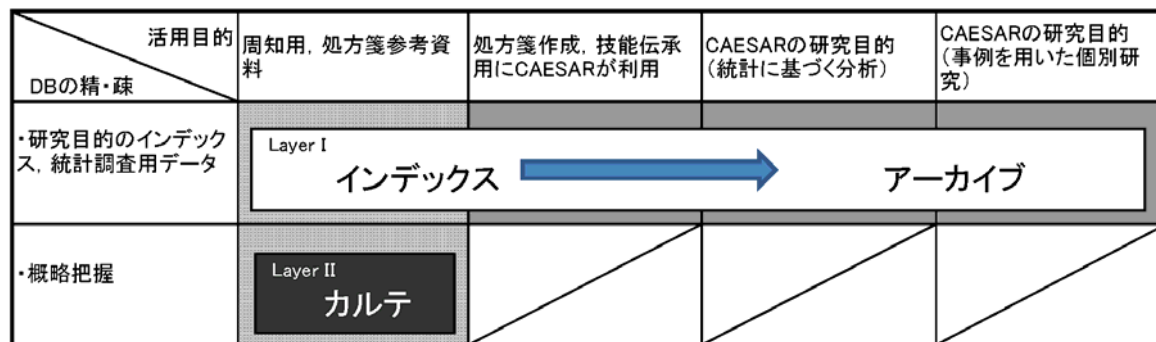


図-2 Layer構成

## 3. インデックス・フォーマット検討

DBを構築するうえで必要とされるのが、インデックス項目である。Layer Iの今後に活かすための情報などを漏れなく入力していくことと合わせてデータ検索が容易であることが重要であると考えた。

平成20年度はDBへ入力すべき項目や検索しやすいシステムの構築に向けインデックス及びDBフォーマットについて検討を実施しているので紹介する。

### 3.1 用語の定義

まず、DBにおいて用いる用語を以下のように定義し、統一した。

用語の定義は、下記に示すとおりである。

- ①診断とは、専門技術者が患者である橋梁を診察して、健全状態、損傷の種類や程度などを判断すること。
- ②対策とは、損傷状況に対応するための方法・手段。
- ③症例とは、損傷の症状の例。
- ④所見とは、専門技術者が診た結果の判断や意見。
- ⑤処方とは、専門技術者が患者である橋梁の症例に応じて、対策法を指示すること。
- ⑥処置とは、損傷に対して手当てをすること。
- ⑦カルテとは、橋梁の生い立ちから現在までの状態が解るもので、橋梁諸元はもとより補修・補強の履歴、不都合があればその内容について把握できる資料を意味する

### 3.2 インデックス検討

#### ①基本項目の整理

データベース案を作成するうえで、診断・処方を行うにあたり必要だった情報や項目を漏れなく把握することと、不具合の発生状況を統計的に分析し、傾向を把握することのために最低限必要と思われる基本項目について整理を行った。既往の事例1)西ドイツ交通省道路建設局「橋梁その他構造物の損傷事例集」を参考とするとともに、平成18年度から平成20年度までに実施された約180件の技術相談から40橋を損傷形態(塩害、アルカリ骨材反応、亀裂、腐食、洗掘、地震、火災など)別に抽出し、以下の観点からインデックスを検討した。

- ・どんな生い立ちで、
- ・どのような環境に置かれていた
- ・どんな橋梁だったのか。
- ・どんな措置をされ、
- ・どんな検査・診断・処置を行ったのか。

#### ②基本項目の精査と追跡調査用フォーマット検討

過去検討委員会等が設置された大規模な補修や掛け替えがなされた橋梁などについて追跡調査を行い、損傷橋梁に関する資料などを入手し損傷内容や措置内容を把握し、対策の立案や、原因の究明などのために、今後保存すべき項目についてDB基本入力項目との精査を実施した。また、対策後の状態を追跡調査する時に必要となるフォーマットについても検討を実施した。

- ・大規模な補修又は架け替えに至るまでの経緯
- ・検討資料
- ・現在の状況把握

追跡調査とは、診断・処方を行った後、適切な措置がされているのか現状を把握するためのものである。背景には、今まで技術相談で診断・処方した不具合に対し道路管理者が、どう処置しているのか把握出来ていないことがあったが、戦略的に行うべき予防保全に向けて、その処置は効果的だったのか把握、検証しておく必要があるからである。

過去に大規模な調査・診断・対策・処方を実施して検討に必要であろう項目について確認を行っている。追跡調査を行った橋梁の例を表-1に示す。基本項目である橋梁諸元、環境条件、図面、写真、橋梁点検などに対して、下記に示す幾つかの調査に注目して記録すべき項目をインデックスに加えるべきであることがわかった。

- i 橋梁の生い立ちを深く知るために使用材料(産地)や当初の施工状況。
- ii 過去の損傷や補修の履歴
- iii 追跡調査において過去経緯を知ることが出来るよう

に、不具合対応に関する対策工事の詳細データ、施工に関する注意点、工夫したことや不具合解消までの経過措置、対策工の効果など

表-1 試行的に追跡調査を実施した橋梁の例

形式	損傷形態	橋梁数
鋼橋	腐食	3橋
鋼橋	亀裂	2橋
鋼橋	震災	1橋
コンクリート橋	塩害	2橋
コンクリート橋	火災	1橋
コンクリート橋	空洞	1橋
下部工	ASR	1橋
下部工	洗掘	1橋

- ③インデックスの構成は、A, B, Cからなる。
- ・Aは、基礎的なデータを知るための基本項目
- ・Bは、生い立ちを深く知り、専門的な判断を行うためのデータ項目
- ・Cは、追跡調査用のデータ項目

インデックスA 基本項目		
大項目	小項目	分類
橋梁諸元	(フリガナ)橋梁名	
	橋梁所在地	
	路線名	
	橋梁区分	
	橋の等級	
	設計荷重	
	供用区分	
	管理者名	
	kp	
	橋梁種別	
	橋長	
	径間割	
	幅員	
	幅員構成	
	斜角	
	上部工形式	
	上部工材料	4項目
	下部工形式	
	下部工材料	3項目
	基礎形式	
	基礎工材料	3項目
	床版	3項目
	床版材料	2項目
	支承	
	舗装	
	床版防水層	
	スラブドレーン	
	塗装	
適用基準		
竣工年		
コンクリート強度		
鋼材強度		
環境条件	交通量 24h	
	大型車混入率	
	大型車交通量	
	凍結防止材の影響	
	海岸線からの距離	
	年間最高・最低温度	
	平均気温	
	年間降水量	
年間積雪量		
対象損傷に関する過去の履歴	直近の点検日	
	直近の点検データにおける損傷度	
	存在する点検対象損傷の過去の補修の有無	2項目
耐震補強	過去の補修補強	2項目
	緊急対応	5項目
	耐震補強の有無	
	実施年	
	補強工法	
		など

インデックスA (つづき)		
大項目	小項目	分類
図面	位置図の有無	
	一般図の有無	
	横断図の有無	
	上部工標準構造図の有無	
	下部工標準構造図の有無	
	基礎工標準構造図の有無	
写真	排水系統図の有無	
	全体写真の有無	
	上部工正面写真の有無	
橋梁点検	下部工側面写真の有無	
	点検結果の有無	
		など

インデックスB 生い立ちを深く知る		
大項目	小項目	分類
橋梁諸元	設計会社	
	上部工施工会社	
	上部工材料	コンクリート5項目 鉄筋3項目 PC鋼材 鋼材
	下部工施工会社	
	下部工材料	コンクリート5項目 鉄筋3項目 鋼材
	基礎工施工会社	
	基礎工材料	コンクリート5項目 鉄筋3項目 鋼材
	床版施工会社	
	床版材料	コンクリート5項目 鉄筋3項目
	その他	記者発表の有無 委員会報告書の有無
		など

インデックスC 追跡調査用		
大項目	小項目	分類
今回の損傷対応	補修補強方法	
	緊急対応(応急復旧)	有無 実施年 期間 工費 車線等の規制の有無
	本復旧の実施	有無 実施年 期間 工費 車線等の規制の有無
	追跡調査	直後の橋梁点検結果の有無
		など

図-3 インデックス・フォーマット検討

#### 4 追跡調査及びカルテの例

ここでは、現場における実際の処置についての追跡調査を行ったものを例に、Layer II のカルテに記載事項の抜粋を紹介する。

調査日：平成20年12月17日

上部工形式：鋼3径間連続下路式トラス橋

橋長：460.12m



写真-1 A橋全景



写真-2 床版埋め込み部材(減肉)に対するあて板補強

##### 1) 不具合の概要 (技術相談時)

A橋は、平成19年に破断が発見された木曾川大橋や本荘大橋と同じ、床版コンクリート部にトラス斜材が埋め込まれた形式であった。このことから埋め込まれていたトラス斜材の床版上面をハツリ、腐食調査を行ったところ、最大4mmの板厚減少が確認されたため、腐食に対し緊急的に補修工事を実施するものである。

##### 2) 診断結果

床版コンクリートとトラス斜材の接触部での滞水による腐食が原因と考えられる。

##### 3) 所見

###### ①補修設計に関して

「大型車を通行止めとする車線規制で応力が低減され

たこと」と「ハツリ後に大きな応力変化が無いこと」の裏付けとして、同一斜材において車線規制前・規制後・ハツリ後の応力頻度測定を実施するのがよい。

###### ②施工に関して

- ・あて板の取り付け施工手順で、著しい腐食(部材厚の1/2以上)の場合、通行止めをせず段階的な施工を予定しているが応力的に問題なく安全性が確保される裏付けを取っておく必要がある。埋込部全体に腐食が生じている場合も想定し、応力上問題となる腐食状況の目安を作成し、腐食が著しい場合は車線応力について規制時の応力に対し問題ないか確認すること。

- ・既設リベットの取り外し・復旧に関しては、応力状態に配慮して施工ステップを決定するのがよい。

###### 4) 処方

###### ①補修設計について

- ・応力上腐食状況の目安を作成し、腐食が著しい場合は規制時の応力に対し問題ないか確認することとし、施工上の安全性を確保する。

- ・斜材の箱抜き開口は全箇所で行う。

- ・引張部材は全部材を対象とし、設計値(100%)の軸力を用いて補強板、高力ボルトを決定する。

- ・圧縮部材は断面欠損率30%を超える部材を対象にあて板補修を行うこととし、活荷重の軸力を用いてあて板、高力ボルトを決定する。

- ・交番応力部材はあて板補修の要否と諸元決定は圧縮部材とし、引張力の断面照査により安全性を確認する。

###### ②施工について

- ・施工順は通行制限による軽減効果が大きい斜材から行う。

- ・同時施工する場合は、3格点以上離れた斜材に対して行う。

- ・「大型車を通行止めとする車線規制で応力が低減されたこと」と「ハツリ後に大きな応力変化が無いこと」の裏付けとして、同一斜材において車線規制前・規制後・ハツリ後の応力頻度測定を実施する。

###### 5) 追跡調査によるヒアリング

追跡調査時は補強工事施工中のため、対策後の効果について現時点で検証する資料の入手は出来なかったが、道路管理者と施工業者に工事中の注意事項や苦勞した点などのナレッジが得られた。

得られたナレッジの例を以下に示す。

###### ①橋梁の生い立ちを深く知るもの

- ・上部工に限らず過去の補修、補強履歴について
- ・橋梁の点検について

- ・安全性評価のための応力頻度測定について
- ・路面凍結防止や交通環境に関して

## ②対策工事に関するもの

- ・リベットの取り替え作業について苦労した点について
- ・施工上、安全面に配慮した点について
- ・工事の進め方について
- ・工事契約の内容について
- ・工事の苦労、工夫した点、施工ノウハウについて
- ・その他材料や材質について

## 5.技術相談の分析

現時点でナレッジDBに登録されている技術相談の診断・対策事例の件数は少ないが、現時点のデータから捉えることが出来る傾向について幾つか紹介する。

平成20年度に、CAESARに寄せられた道路橋に関する技術相談64件で計87回の対応を実施している。件数と回数が異なるのは、1橋の相談が複数回にわたるものがあるからである。複数回になる理由としては、既設橋における車線規制の伴うような重大損傷の場合、緊急的に実施する応急措置と恒久的な措置に対して相談が必要とされるものや、複合的な損傷の原因究明について、調査・報告のために複数の相談が必要とされる場合などがある。

技術相談が持ち込まれた段階を設計時、施工時、供用後に区分してみると、平成18年度には一番多くの割合を占めていた新設橋の「設計時」が減り、「供用後」に関する技術相談が倍増しており、構造物の老朽化に伴う腐食や亀裂、塩害などによる相談が多く寄せられている。

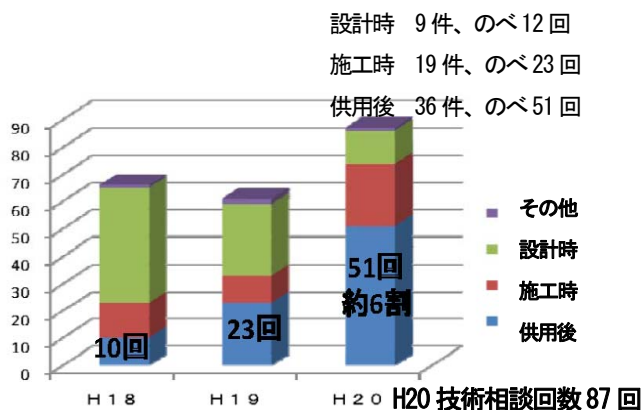


図4 CAESARに寄せられた技術相談対応回数の推移

平成20年度に寄せられた橋梁に関する技術相談について分析すると下記のような傾向があった。(図-5)

### ①新設橋と既設橋の比率(約4割:約6割)

既設橋が約6割を占め、このうち上部工に関する相談が約6割、下部工が約4割であり、既設橋の上部工に関

する相談が一番多い。

### ②既設橋における相談内容

耐震補強に関する相談、疲労・腐食に関する相談、ASRに関する相談、地震・雪崩・洗掘に関する相談、その他であり、このうち既設橋梁の不具合に関する相談は、既設橋に関する相談の64%を占め、一番多い。また、特筆すべき点としてASRに関しては、過去に実施した対策工の効果が低かったために再対策実施検討に関するものであった。

### ③不具合が生じた橋梁の供用年数

不具合が生じた既設橋梁は供用から30年を超えるものが多くみられた。件数は少ないが、驚くことに供用から僅かな年数しか経過していないにもかかわらず不具合が生じたものがあつた。これは、NETIS登録された新技術の採用に関連したものであつた。

### ④車線規制を伴う損傷

技術相談のうち車線規制を伴うような損傷が生じ、依頼を受けたものは12件あつた。これは既設橋梁における相談の33%を占めるもので、不具合橋梁の相談23件に絞ると12件52%にも及ぶ。

これらの損傷を発見されたときの状況をみると定期点検で発見したものよりも通報・緊急点検・他の工事に着手して発見されたもの多いことがわかるが、損傷部位に着目すると大半がコンクリートに埋め込まれた鋼材の腐食や水中部など、通常の見視点検では発見されにくい箇所の損傷部位であつた。

車線規制に至るような損傷の場合、最悪の場合は落橋に至る可能性の高い重大損傷が含まれていた。

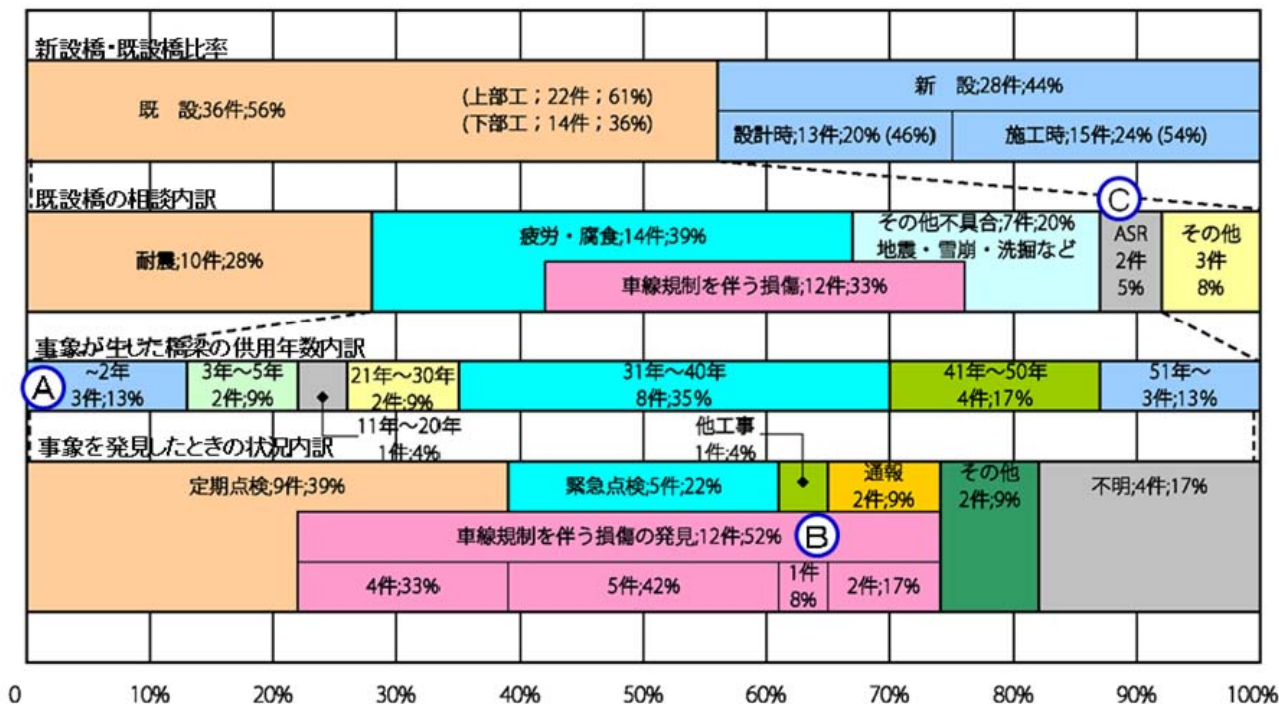
## 6.まとめと今後の課題

### 6.1 まとめ

平成20年度は、DBに登録すべきデータ項目について、過去に実施した技術相談事例を参考に必要項目の洗い出しを行った。損傷毎に着目点や必要とされるデータに違いもあるが、橋梁の場合おかれた環境により複合的な損傷が生じているケースも多いため登録すべきデータ項目はもれの無いようインデックスおよびフォーマットの検討を実施している。また、不具合橋梁の現状について、技術相談による診断後の処置方法や対策効果の把握のため追跡調査を実施している。

### 6.2 今後の課題

研究初年度である平成20年度には、主にインデックス及びDBフォーマットについて検討を行ったが、今後は下記に示すような取り組みを実施していく予定である。



- Ⓐ うち1件は、NETIS登録された新技術の採用に関連したものに不具合が生じている
- Ⓑ 車線規制を伴うような損傷発見者は、定期点検で発見されるものよりも緊急点検、通報などによるものが多い
- Ⓒ ASRは対策の処置効果が低い。長期にわたり経過をモニタリングし点検データを蓄積する

図-5 平成20年度に寄せられた技術相談のデータ分析

①既登録のデータに対する精度向上

既登録データについて空欄のインデックス項目を埋めていくため追跡調査によるデータ収集。

②橋梁数追加増量によるDB精度向上

ナレッジDBへ蓄積するデータ数を増やすことで登録データの精度向上を図る。精度向上のためには、今まで以上に道路管理者からCAESARへ不具合情報が集まる形を築くことも課題である。

③分析の充実

いろんな観点からデータ活用等の可能性につて分析方法などの検討を実施していく。

- ・症例・診断時の判断（症例別に着目すべき箇所）
- ・複合的現象要因を分解し、それぞれの原因傾向把握
- ・事象毎の原因を特定するための効果的調査方法
- ・道路管理者がとるべき措置、規制時の注意点
- ・損傷発見要因の分析、点検の資格制度や地方自治体向けの点検マニュアルに向けた基礎資料
- ・蓄積された補修事例について対策効果の検証（実施された対策工の費用対効果）とBMSへの反映
- ・損傷傾向を把握し、技術資料等にまとめる

・事例集のとりまとめ

・その他

④システムの更新

DBに登録件数を増やし、分析していきながら使い易いものへ改良・更新していく。

参考文献

- 1) 西ドイツ交通省道路建設局「橋梁その他構造物の損傷事例集」（1986.6 土木施工臨時増刊），山海堂

## DEVELOPING THE KNOWLEDGE DATABASE OF STRUCTURAL DIAGNOSIS, PROGNOSIS, AND REHABILITATION FOR DAMAGED HIGHWAY BRIDGES

**Abstract** : In Japan, the number of highway structures began increasing rapidly in the 1960s in response to the rapid economic growth of the time, and now a significant number of those structures are getting older. It is said that the deterioration of highway bridges accelerates after 50 years old and we need to improve our preservation activities such as structural diagnosis, prognosis, and rehabilitation with the preventive maintenance concept faster than the situation is getting serious. CAESAR has worked together with highway administrators to evaluate the structural condition and find a better remedial measure for seriously damaged bridges and we have to feedback such know-how based knowledge to technical guidance and analyze a tendency of what is happening to help highway administrators take better actions. In FY2008, we have analyzed CAESAR's earlier activities and other good examples and established the prototype of the knowledge database.

**Keywords** : highway bridges, preservation activities, maintenance, diagnosis, prognosis, rehabilitation, database