

10.5 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

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、七澤利明、加藤隆雄

【要旨】

我が国では昭和30年代の高度経済成長期を中心に大量に道路橋が建設され、今後寿命が50年を超える高齢橋の割合が急激に増加すると予測されており、こうした高齢橋の適切な維持管理が重要となる。また、2007年の米国ミネアポリス I-35W 橋梁の崩壊や同年の国道23号木曾川大橋及び国道7号本荘大橋のトラス斜材の破断事故など、国内外で橋の重篤な損傷や重大事故が生じており、橋の安全管理が社会的に大きな課題となっている。落橋等の重大事故の防止や維持管理費の抑制を目的として管理者が橋梁管理をより適切・合理的に行っていくため、管理支援体制の確立・運用が急務である。

こうした管理支援の一環として、高度な診断・補修・更新の判断に係る知見（ナレッジ）を体系化・普遍化し維持管理の実務に反映させていくことが不可欠であり、本研究では橋梁維持管理の合理化等に資するナレッジデータベースを開発・運用し、継続的に知見を体系化・普遍化・高度化する仕組みを構築した。また、平成20年度から22年度までの技術相談結果を統計的に分析し、その傾向を把握した。

キーワード：道路橋、維持管理、診断、補修、更新、ナレッジデータベース、橋梁マネジメントシステム

1. はじめに

図-1に示すように、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。近年までは劣化進行に関する知見が皆無であったこともあり、道路橋の維持管理は事後的な対応が中心で、高齢化橋梁

が急増する今後は急速に劣化損傷が供用上大きな課題となることが予測される。

既に、近年では鋼部材の腐食だけでなく、鋼部材や床版の疲労、コンクリートの塩害やアルカリ骨材反応（ASR）といったいわゆる三大損傷が顕在化し、これらへの対応が維持管理上の大きな課題となっている。

こうした不具合に対しては、個々の道路管理者が着実に対応していくことが求められるが、個々の管理者が事例やそれに基づく経験をナレッジとして蓄積できる量には限界がある。一方、全国の事例・経験を中央拠点に蓄積し、抽出されたナレッジを全道路管理者にフィードバックする仕組みを構築することで、個々の道路管理者単独よりも合理的に対処していくことが可能となる。

土木研究所構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）は、平成19年度から平成20年度にかけて国土交通省道路局に設置された「道路橋予防保全に関する有識者会議」の議論と独立行政法人土木研究所の中期計画を受けて、我が国の道路保全技術の中央拠点たるべく平成20年に設立された組織であり、こうした情報の集積やナレッジの提供も重要な役割として求められている。元々CAESARの母体となった研究チームでは、技術的に難易度が高い事案に対する技術指導を実施しナレッジを個々に蓄積していたが、これらを体系的に蓄積・反映させてい

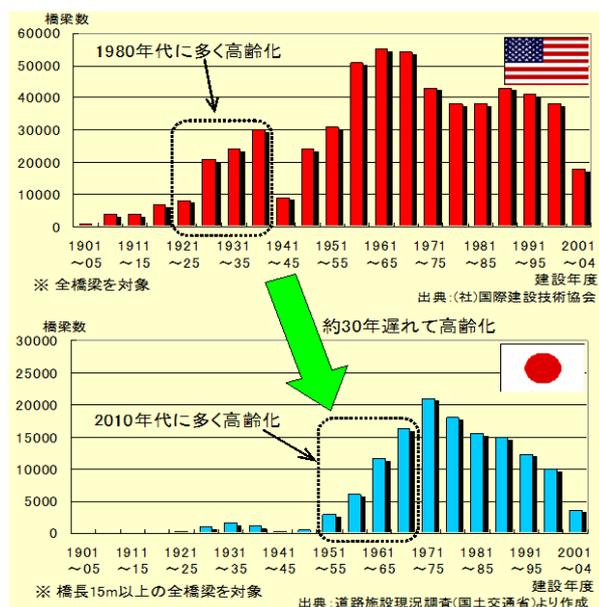


図-1 道路橋における建設後50年以上の橋数の推移

く仕組みは構築されていなかった。さらに、CAESARのミッションとして産学との情報交流があるが、ナレッジの分析を通じて産学に対して技術開発の方向性を示すことも求められる。

そこで、本研究では、既往の不具合事例の分析結果等から橋梁維持管理の合理化等に資するナレッジデータベースを開発・運用し、継続的に知見を体系化・普遍化する仕組みを構築した。

2. 対象とするナレッジの特定

道路橋の管理は、ア. 個別の橋の保全を対象にしたミクロ管理およびイ. 管理している橋を群として捉えたときの更新時期・大規模補修時期の平準化やトータルで必要となる予算等を把握するマクロ管理の2つに大別される。

ミクロ管理については、図-2に示すように、措置判断、詳細検査手法や検査部位、補修・補強方法の選定において参考となるように、過去に生じた重大損傷や落橋事例、並びにその原因や補修・補強工法の選定や効果などに関するナレッジが必要とされる。

マクロ管理については、図-3に示すように、緊急的な処置も包含しつつ、維持管理総費用の最小化・平準化など橋梁群としての合理的な管理が目的となる。その支援ツールとして、国土交通省では、経験に基づくだけでなく、点検結果を活用して科学的かつ効率的に管理を行う橋梁マネジメントシステム(BMS)が構築・運用されつつある。また、多くの自治体では、やはりそれぞれ仕様を定めたBMSを支援ツールとして活用し、橋梁の長寿命化修繕計画を立案し始めている。BMSは、一般に劣化予測に基づく評価、補修補強後による改善効果の評価、最適な補修補強工法の選択支援などが組み込まれている。その精度向上には、橋梁の劣化に関するデータ、補修補強工法の費用と効果に関する調査結果の蓄積等が必要とされる。

こうしたミクロ管理及びマクロ管理の双方で求められるナレッジをデータベースで扱うこととした。

3. ナレッジデータベースの構築

ナレッジデータベースは、次に示す手法により構築した。データベースの全体像を図-4に示す。

- 平成18～20年度までに実施された約180件の技術相談等から40橋を事例として損傷形態別に抽出・分析

し、データベースに入力すべき事項及び検索の容易さを考慮したインデックス・データベースフォーマットを提案(診断処方事例データベース)

- 橋梁の安全管理及び予防保全の観点からの分析を踏まえ、道路管理者が不具合を確認した直後の措置判断、補修・補強工法選定及び予防保全計画策定に資するデータベースを加えた全体枠組みを設計し、過去の象徴的な落橋事例等を収録(落橋事例データベース、重大損傷事例データベースの追加)
- 実際の長寿橋の特徴を把握し、橋梁の長寿命化に関する知見を抽出するため、土木学会等が調査した既存データ等を収録(長寿命橋梁データベースの追加)
- 診断処方事例データベースのうち、特定点検項目となっている3大損傷や相談件数の多い耐震補強及びB活荷重対応について、区分してリストアップできるようデータベースの構造を設計(損傷別データベース、耐震補強、B活荷重変更対応)

4. ナレッジデータベースの運用

診断処方事例データベースは、CAESARで実施される技術相談の結果を受けて継続的に蓄積を進めている。図-5に同データベースの構成と運用方法、図-6に様式(カルテ)の記入例を示す。具体的な流れとしては、まず、道路管理者等から技術相談の依頼を受けた際に、当該構造物に関する「基本情報」を管理者が作成し、CAESARに提出する。次に、技術相談の実施にあわせて「相談内容」及び「診断・処方」を議事録等に基づき作成する。これらの内容や出席者からの意見を踏まえて、技術相談実施後に担当者が「得られた知見(不具合の背景・要因等)」及び「不具合等を防ぐための対応策」に関する案を作成し、CAESAR内の会議で各専門家(上席研究員等)が担当分野を跨いで議論の後、①知見の周知、②基準への反映や③研究開発といった対処方針を組織として決定している。CAESAR設立後、橋梁関係で180件を超える技術相談を実施したが(図-7)、順次案件毎にカルテを作成して組織内で議論のうえ、対処事項を実施している。

具体的な対処の例として、①知見の周知として、国土交通省橋梁担当者の会議や雑誌(土木技術資料:現場に学ぶメンテナンスシリーズなど、図-8)を通じた知見の周知、②道路橋示方書等の基準類への反映、③土研で実施するプロジェクト研究テーマへの反映等を行っている。

一方で、本省や国土技術政策総合研究所と連携し、国

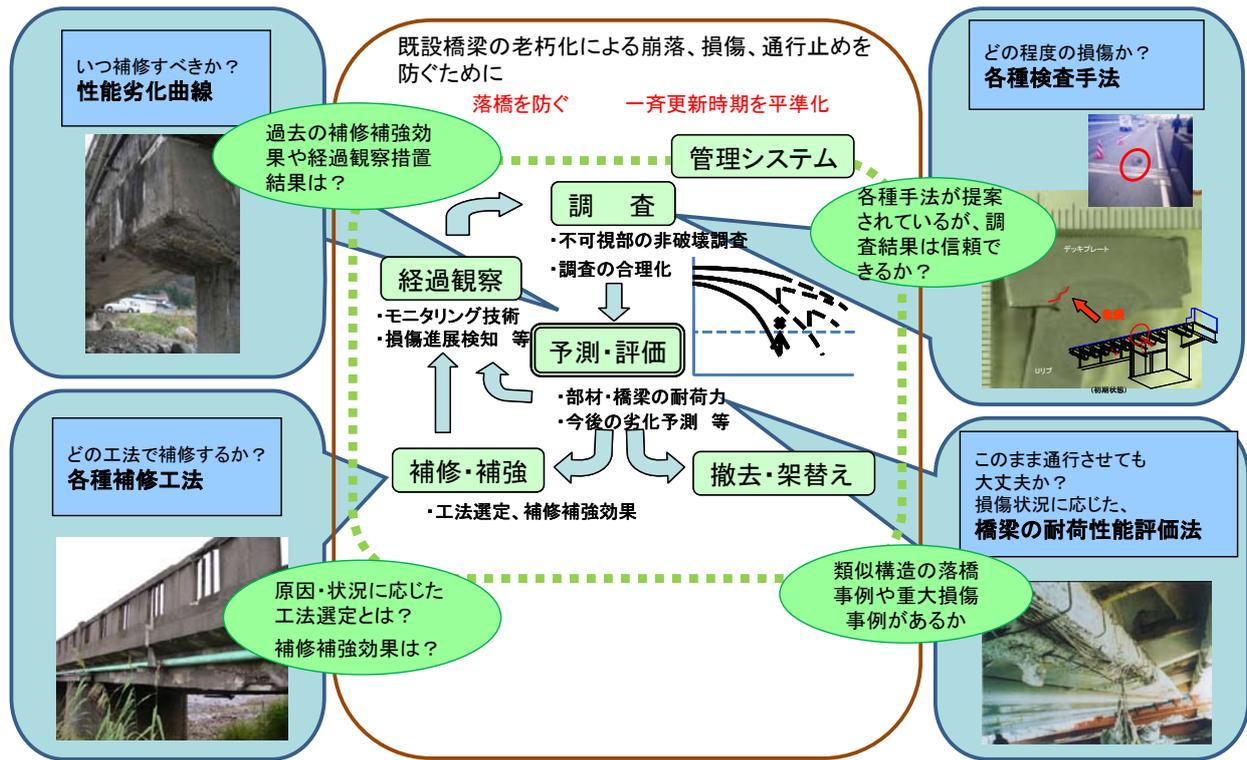


図-2 ミクロ管理

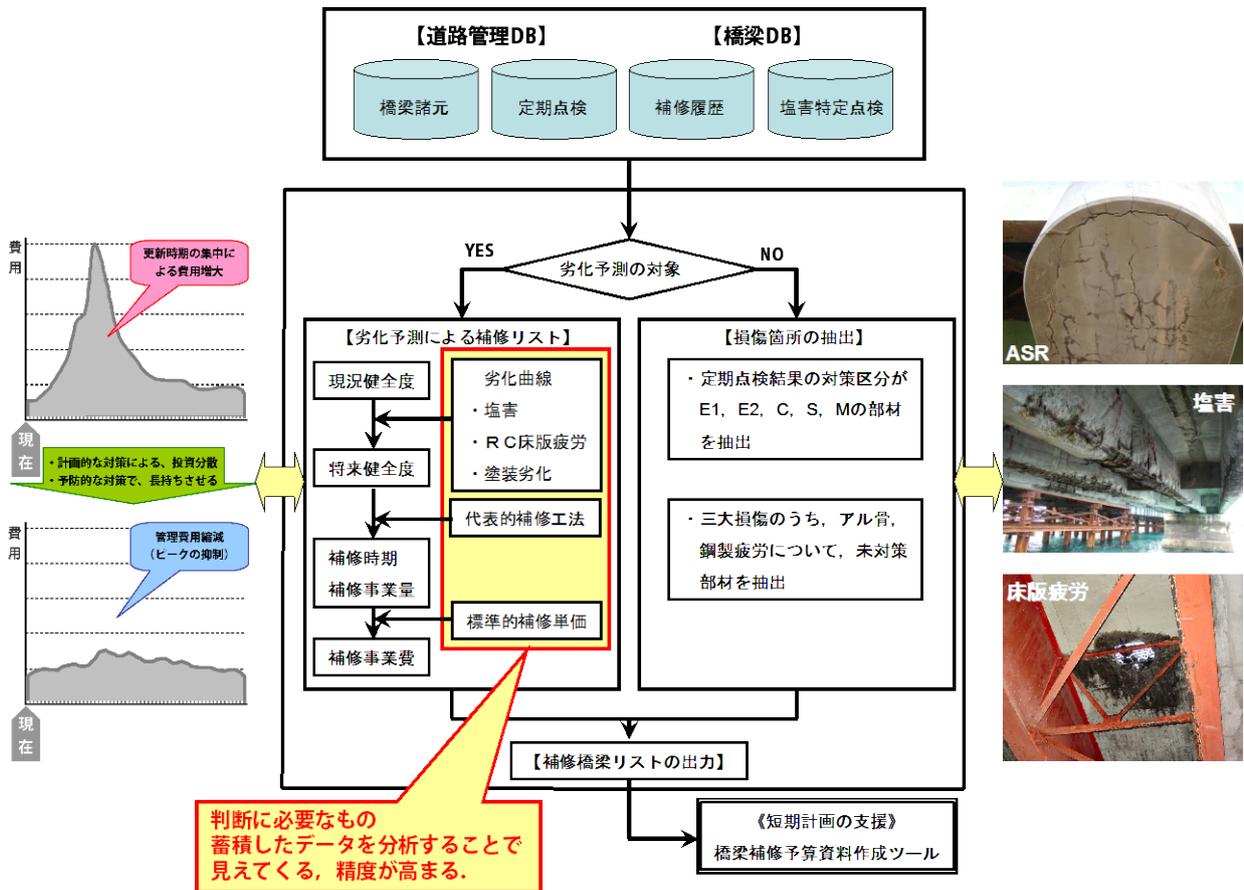


図-3 橋梁マネジメントシステム (BMS) を支援ツールに用いたマクロ管理

内で生じた不具合事例が土木研究所に報告されるシステムを構築することにより（図-9）、知見の収集や反映の実効性を担保する仕組みとしている。

こうした運用システムを構築したことにより、本省や

国土技術政策総合研究所と連携した総合的な取り組みや分野横断的な対応が可能になるとともに、データ作成・議論への参画を通じた若手技術者の育成という、副次的な効果にもつながっている。

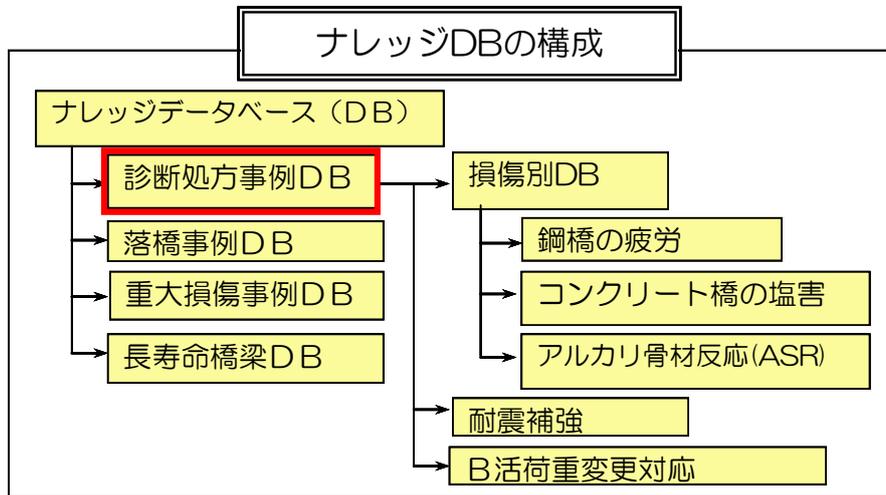


図-4 ナレッジデータベースの構成

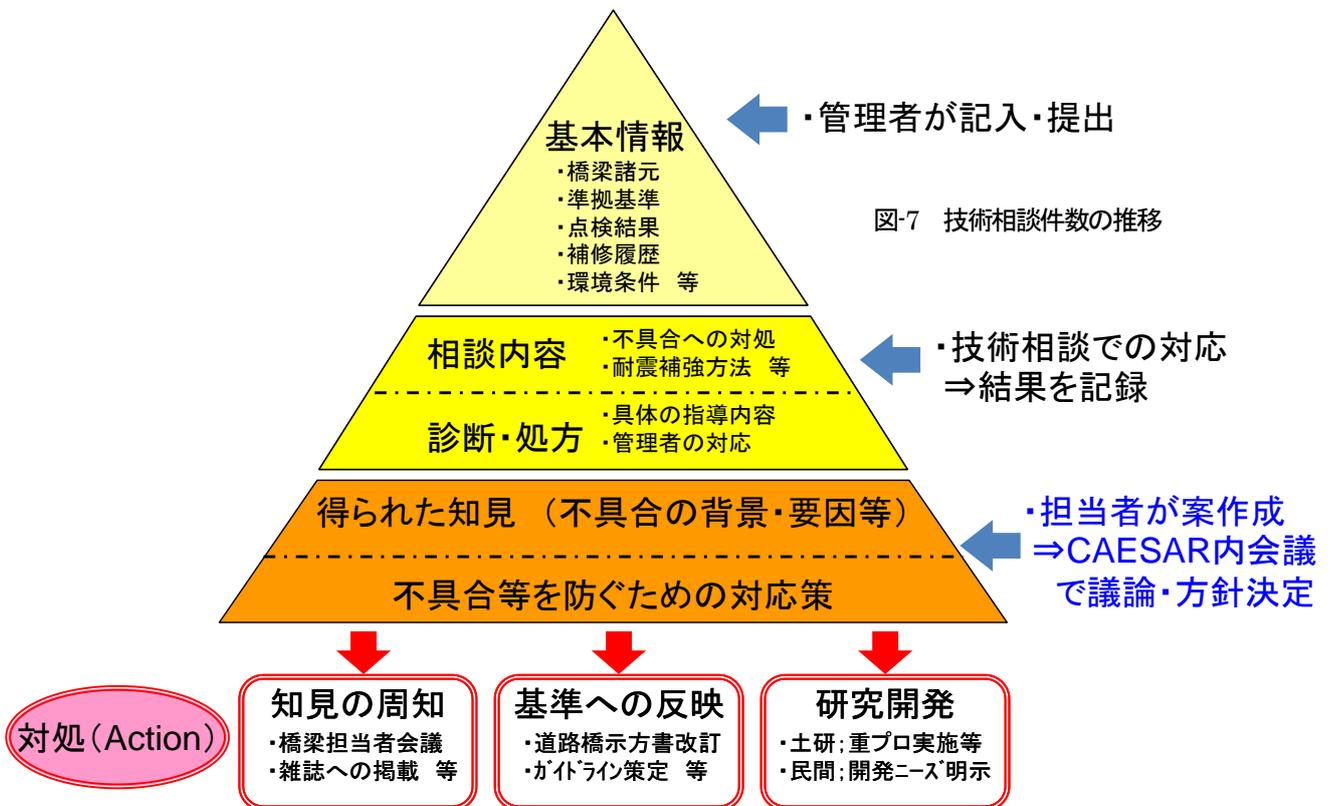


図-5 診断処方事例DBの構成と運用



図-6 診断処方事例DB様式(カルテ)の記入例

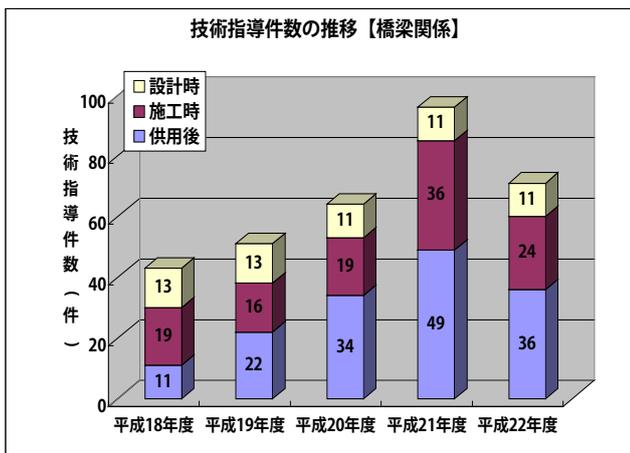


図-7 技術相談件数の推移

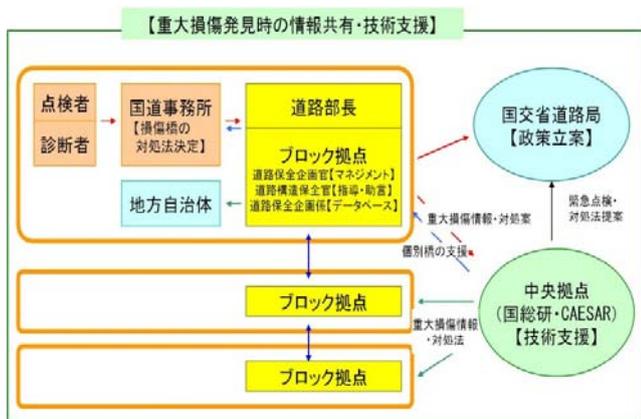


図-9 重大損傷発見時の情報共有・技術支援

図-8 雑誌による情報の発信

4. 技術相談結果の分析（平成20-22年度）

平成20年度から平成22年度に、CAESARに寄せられた道路橋に関する技術相談は187件で、のべ310回の対応を実施している。件数と回数が異なるのは、緊急処置と恒久的な対応を異なる時期に検討・相談する場合や指導に基づく調査結果を受けて再度相談を行う場合など、1件の相談案件で複数回の打合せが行われる場合があるためである。平成20年度から平成22年度までに寄せられた橋梁に関する技術相談について分析した結果を図-10に示す。

①相談者の割合

地方整備局（直轄）の相談件数が6割を占める一方、自治体等からの相談も4割を占めている。自治体からの相談は地方整備局を経由するケースが多く、地方整備局の自治体に対する技術支援に貢献する結果となっている。

②既設橋梁と新設橋梁の比率（52%：48%）

既設橋梁が半数以上を占め、このうち上部工に関する

相談が約7割、下部工が約3割であり、既設橋梁の上部工に関する相談が一番多い。ストックの増加・高齢化に伴い、今後ますます既設橋梁に関する相談が増加するものと予測される。

③既設橋梁の相談割合

不具合の発生による相談が約6割と最も多いが、耐震補強に関する相談も1/3と多い。

④、⑤ 不具合が生じた既設橋梁の損傷内訳・相談内容
3大損傷と言われている疲労に関する相談件数が12件、塩害に関する相談件数が1件、ASRに関する相談件数が5件あり、その他、腐食、老朽化、洗掘などの相談が寄せられた。通行規制や車線規制を伴う重篤な損傷も約3割（17件）を占めている。

⑥ 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年を超えるものが約7割であった。寄せられた技術相談の内訳を見ると、既設橋における不具合が生じた橋梁の供用年数が、31年から40年のものが一番多く20件あった。これは高

■平成20年度～平成22年度

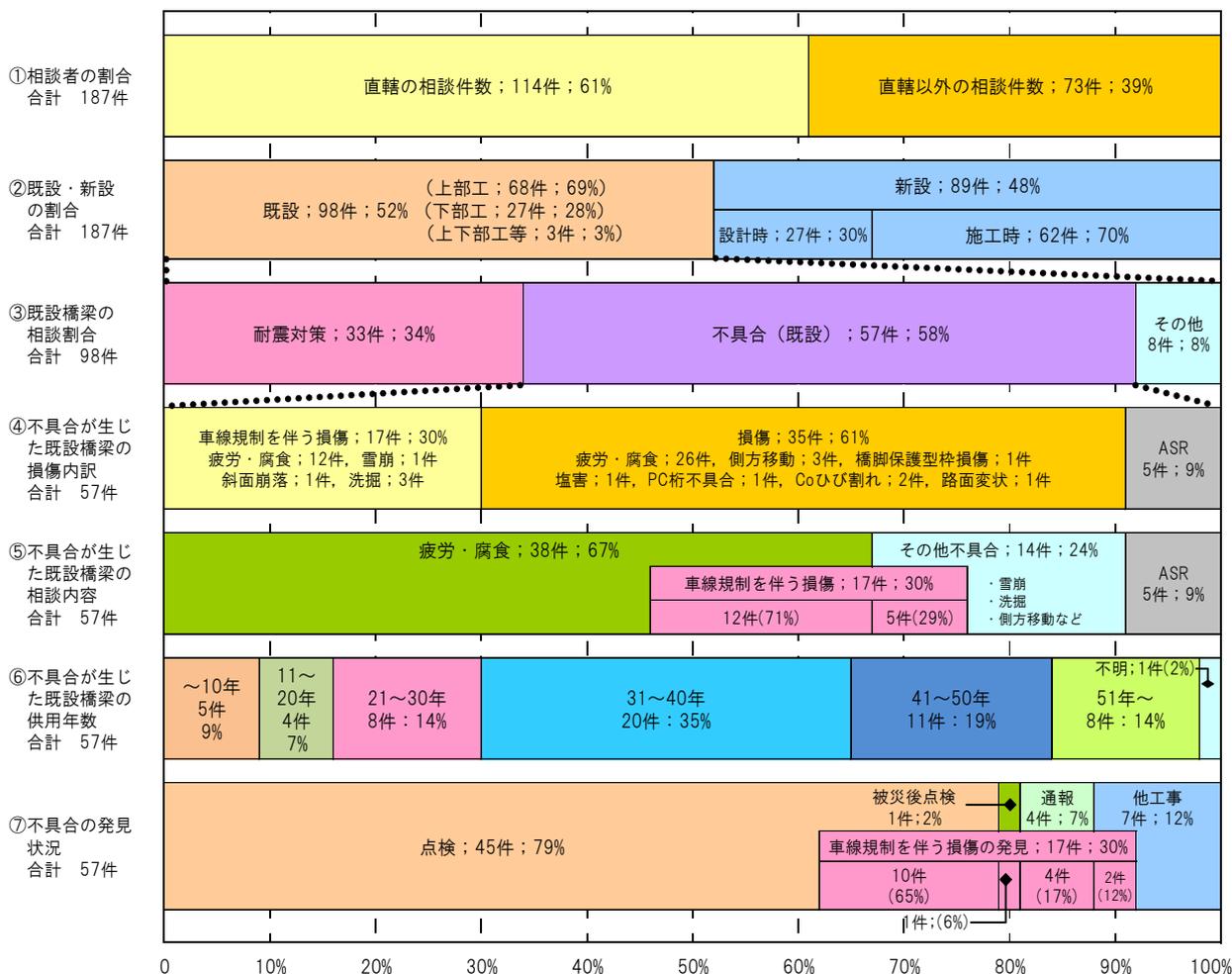


図-10 CAESAR 設立からの技術相談内容分析

度成長期と重なっており、この期間につくられた高齢橋梁の管理が今後大きな課題となるものと予測される。

⑦ 不具合の発見状況

不具合が発見されたときの状況では、橋梁点検時がもっとも多い。一方、数は少ないものの通報により発見されたものは全て通行/車線規制に至っている。具体的な損傷内容としてはコンクリートに埋め込まれた鋼材の腐食などであり、こうした重篤な損傷の現場での検知方法については、研究的な側面からも検討していく必要がある。

5. まとめ

本研究により、次の研究成果を得た。

① 症例・診断の知見の蓄積と体系化

- ・ 既往の技術相談事例での対応、国外の事例、研究開発や基準類への反映例等を分析・整理し、要求される事項を明らかにした上で、症例・診断に係る知見の蓄積・分析に基づくナレッジデータベースを開発した。
- ・ 開発したデータベースをCAESARで運用し、フォローアップ項目の追加など、実用的なシステムに改善した。
- ・ 本省・国総研と連携し、国内で生じた不具合事例が土研に報告されるシステムを構築した。

② 活用方法の高度化

- ・ 蓄積された知見のうち、速やかに道路管理者間で共有すべき情報について、橋梁担当者会議、雑誌「土木技術資料」などの媒体を通じて知見を周知する仕組みを構築した。
- ・ 基準の策定・改訂、研究開発への反映につなげる仕組みを構築した。
- ・ 過去の技術相談事例に対するフォローアップにより、処置の効果を検証し、今後の改善に反映できる仕組みを構築した。

今後も本研究により構築したナレッジデータベースの運用を継続し、成果を現場等に還元していく予定である。

参考文献

- 1) 原田吉信：橋梁のアセットマネジメントについて、建設マネジメント技術、2006.9、p14
- 2) 中谷昌一、白戸真大、玉越隆史：最近の技術支援事例から見た道路橋の損傷例、道路、2010.4.

公表論文

- 3) 玉越隆史、梁取直樹、高岡賢治：「現場に学ぶメンテナンス」鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食、土木技術資料、2009.8

- 4) 玉越隆史、三宅淳市、村越潤：「現場に学ぶメンテナンス」鋼部材の疲労亀裂（その1）主桁、土木技術資料、2009.10
- 5) 玉越隆史、奈良明彦、村越潤：「現場に学ぶメンテナンス」鋼部材の疲労亀裂（その2）鋼製橋脚、土木技術資料、2009.12
- 6) 中谷昌一、白戸真大、玉越隆史：最近の技術支援事例から見た道路橋の損傷例、道路、Vol.829、pp.17-21、2010.4
- 7) 玉越隆史、林俊弥、木村嘉富：「現場に学ぶメンテナンス」吊材破断時の安全対策～PCアーチ橋の事例～、土木技術資料、2010.7
- 8) 玉越隆史、中谷昌一、吉池正弘、石尾真理：「現場に学ぶメンテナンス」橋脚基礎の洗掘への対応事例、土木技術資料、2011.1
- 9) 玉越隆史、深谷良治、梁田尚美、林英樹、中谷昌一：「現場に学ぶメンテナンス」橋台基礎の洗掘への対応事例、土木技術資料、2011.3
- 10) 玉越隆史、星隈順一、佐藤孝一：「現場に学ぶメンテナンス」軸方向鉄筋にSD490を用いるRC中空断面橋脚の耐震性について、土木技術資料（投稿中）

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. The present study has been establishing a knowledge database on the remedial work on bridges with significant damage and analyzing the trend in the remedial work for noteworthy damage bridges.

Keywords: highway bridges, maintenance, diagnosis/prognosis, repair, rehabilitation, renewal, knowledge database, bridge management system