

# 東京都における新たな道路橋管理への取組み — 戦略的な道路橋予防保全型管理への転換 —

高木 千太郎\*

## 1. はじめに

昨年の8月、世界に、そして私の心に大きな衝撃が走った。それは、アメリカミネソタ州ミネアポリスのミシシッピ川を渡るトラス橋の大崩落事故である。信頼していた重要な社会基盤施設、それも自分の専門である橋梁が一瞬のうちに崩れ落ちる姿は、自己の技術が否定される感と高度な文明社会が音を立てて崩れ落ちるようなインパクトがあったからである。崩落する映像を見て、誰もがあの9.11ワールドトレードセンター崩壊事故と映像をダブらせたのではないだろうか？ 同様な事故は、一昨年の9月にもカナダケベック州の高架橋で発生しているが、放映される動画がなかったことからか世を変える事態とはならなかった。

今回の事故原因は、アメリカ政府としてまだ公式な発表はないが、NTSB (National Transportation Safety Board) 中間報告ではガセットに重大な欠陥があったとしている。

世界的に橋梁の重要性が叫ばれている今日、日本の首都東京の道路施設はどのような現況で、現在何に取り組んでいて、今後どのようにするのか一部を紹介したいと思う。東京都の道路施設の現状は、2 251 km の道路と 1 248 橋の一般道路橋、112 箇所のトンネル、3 515 斜面施設など数多くのそして多種類の道路施設を管理している。これら道路施設は、首都東京としての重要な機能や都民生活を支え、一時も欠くことのできない社会基盤施設である。これらの管理している道路施設のなかで環境の影響を受けやすく、更新に多額の費用がかかる橋梁の建設年の推移を調べると、図-1に示すように二つの大きなピークがあることが分かる。

その一つは、関東大震災の震災復興、二つ目は、東京オリンピックを契機として高度成長期にかけて集中的に整備した大きなピークである。第一ピークの特徴は、東京都の著名な橋梁が多く、たとえば、本年6月に国の重要文化財に指定された清洲橋、永代橋や勝鬃橋などの長大橋梁である。次に、第二のピークは、大量生産時代の経済設計がも

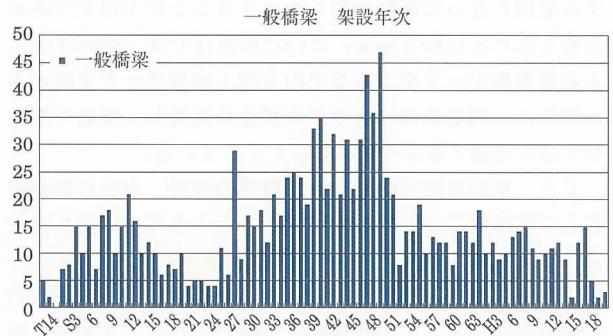


図-1 道路橋の経年別建設推移

てはやされた時代で、全体としてゆとりがなく、たわみも大きい橋梁が多いことなどから、耐久性に不安を感じる橋梁も数多くある。写真-1は、架替えに至った都の管理橋の事例である。道路橋の耐用年数を仮に50年とすると、東京都の場合、現在、図-2のように32.5%が建設後50年以上経過、10年後には53.8%、20年後には74.7%と急速に高齢化が進むことになる。これまで行ってきたように、毎年、2から3橋程度高齢化橋梁の架替えを行ったとしても、



写真-1 道路橋の損傷事例



\* Sentaro TAKAGI

東京都 建設局 道路管理部 専門副参事 (橋梁構造)

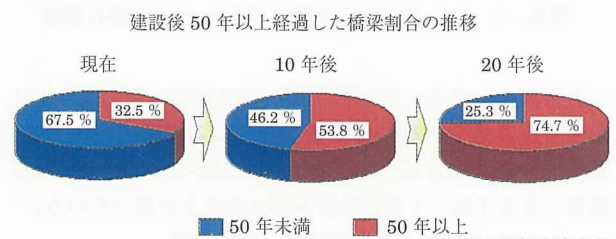


図-2 東京都の橋梁高齢化割合

H19.4.1 現況調査より

解消率は2.4%しかなく、迫りくる更新ピークをスムーズに平準化して如何に乗り切るかが、緊急の課題である。

全国の橋梁高齢化進行度と比較しても10年程度早い東京都は、首都機能を保全し更新経費を平準化するため、戦略的な予防保全型管理への転換を目指して全国に先駆けて道路アセットマネジメントを導入したが、その概要について紹介することとする。

## 2. 何故アセットマネジメントを導入するのか？

東京都の道路施設管理規模は、東京オリンピック招致における交通問題を解決する三環状道路を始めとして、臨海開発、多摩南北道路などの幹線道路網整備を積極的に行っていることから、図-3に示すように右肩上がりで増加している。しかし、道路管理関係の予算は、平成9年をピークに減少に転じ、ここ数年0シーリングとはなったものの多摩モノレールや新交通日暮里・舎人ライナーなど新たな道路施設の管理規模増に対応する維持管理費ではない。新たに管理することとなった種々の道路施設に対し、初期のもっとも重要なときに維持管理を適切に行えないことは、成長する子供に対し正しく養育しないことで、その結果、将来、種々の箇所致命的な欠陥が発生し、寿命を全うできない「負の遺産」を将来に残す結果につながる。

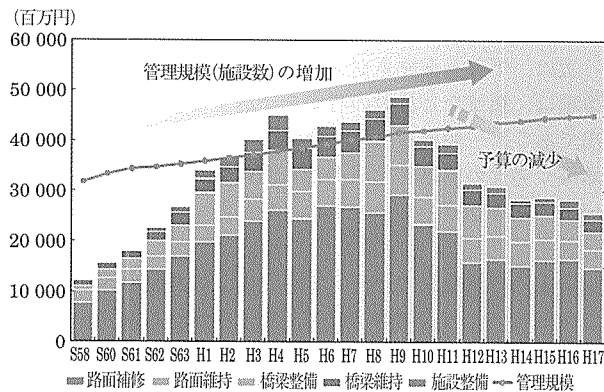


図-3 道路の管理規模と予算の推移

東京都が昭和62年から5年に1度の頻度で行っている管理するすべての橋梁を対象に行っている20年間の定期点検結果を分析すると、健全であるAランクの橋梁は減少し、やや注意、注意の要対策評価C、Dランクの橋梁は、確実に増加している。東京都は、他の地方自治体と比較してかなり多額の維持管理費（道路管理関係総予算は、568.2億円）を投じてはいるが、それでも橋梁の劣化は、確実に進行していることを示している。図-4は、平成4年以降に実施した橋梁の定期点検結果をグラフ化したものである。

とくに、判定レベルがDランクとなった橋梁に対しては、当然、その都度適切に対策は行っているものの、このままの状態推移することは、長期的な判断として道路管理上不安を感じる状況になると思われる。

また、都におけるこれまでの実績を調べると、管理橋を

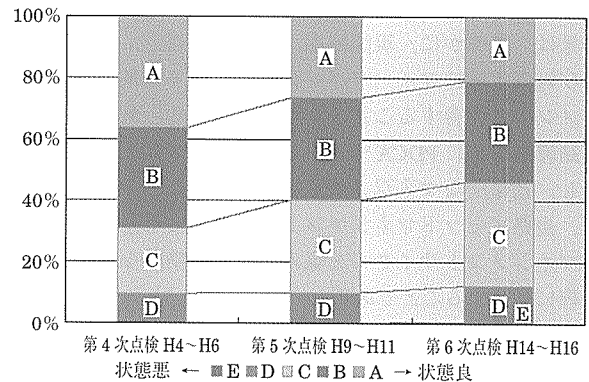


図-4 管理橋梁の健全度推移

架替える事業費は、建設した当時を1.0とすると、幹線道路で交通を止めることができないので迂回のための仮橋設置などから約2.7倍となる。近い将来、大きな課題となるのは橋梁の架替えが必要な高齢化の進む橋梁に関して、これから必要となる莫大な更新経費をどのように準備するかである。今、東京都の財政状況は、右肩上がりに税収が転じ、バブル期を越える状況となっているがそれも一時的であり、今後予測される少子高齢化社会の到来から税収も減少することが確実視される状況下において、新たな施策による行政運営が求められている。このような背景において、これまでになかった新たな行政手法として民間型マネジメントであるファイナンスエンジニアリングを基にしたアセットマネジメントの導入を決定した。

次に、東京都の導入したアセットマネジメント、橋梁を中心に進めている戦略的な道路アセットマネジメントについて紹介する。

## 3. 道路アセットマネジメントと投資判断

アセットマネジメントとは、資産を、効率よく適切に管理・運用し、最大の利潤を生む投資マネジメントである。この考え方を道路施設に適用したマネジメントが道路アセットマネジメントであり、道路資産を、効率的、効果的な対策を戦略的に実施し、国民や利用者へ最大の道路サービスを提供するインフラマネジメントである。道路アセットマネジメントの導入効果は、マネジメント支援によって策定された投資的な中・長期計画を着実に実施することによって予防保全型管理へ転換し、更新ピークの平準化、更新経費等の縮減およびアカウントビリティの向上など、アセットマネジメントに期待する効果は大きい。効果の高い道路アセットマネジメントを導入するためには、効率的ポートフォリオ理論によってすべての道路施設を体系化し、今までの縦割りの投資から分散効果を考慮した種々の施設にリスクを分散し、最小化する効果的な投資を行い、資産から生み出される社会的な費用（道路サービス）を最大化することである。

次に、今回発生したミネアポリス橋梁崩落と同様な突発的な事故を未然に防ぐため、橋梁の劣化や損傷を的確に予測できる科学的な劣化推定と将来予測、精度の高い予測に基づく計画策定と策定された計画の着実な実行とその効果

を確認することである。実行された対策の効果を確認した結果は、速やかに、現況把握、劣化速度判定、計画策定および対策実施にフィードバックされ、より効果の高いマネジメントに改善することとなる。いわゆる、東京都の行う道路管理業務にPDCAサイクル（デミングサイクル）を導入し、効果的なマネジメントを確立することである。今後は、道路アセットマネジメントを活用して早期に道路事業のマネジメントサイクルを組み込み、戦略的な予防保全型管理に転換することである。

次に、今回道路アセットマネジメントを導入する過程で重要となる投資判断手法と関連システムについて述べる。

### 3.1 正味現在価値法による投資判断

道路アセットマネジメントによる道路施設への投資判断法は、民間大企業の事業投資判断に多く使われている正味現在価値法（Net Present Value：以後NPV）を採用した。NPVは、橋梁に対して補修、補強、長寿命化、更新などを行うことで発生する投資的費用を各年の仮想収益（社会的便益）等のネット・キャッシュフロー割引現在価値から差し引いた額を算出し、NPVの値が大きければ大きいほどそのプロジェクトの収益力も高いと判断した。他の判断法には、直接還元法、IRR（Internal Rate of Return）、PI（Profitability Index）などがあるが、それらと比較するとNPV法は一定期間のキャッシュ・フローの差引き金銭額の総額表示法であることから、直接還元法の単年度比較や指数による判断となるIRR、PIよりも理解しやすい点が長所である。

今回採用した投資判断式は、以下である。

$$NPV = \sum_{t=1}^{30} PV_t - Rh \quad (1)$$

$$PV_t = Be - M$$

Be：便益、M：維持管理費

Rh：補修・補強費、長寿命化対策費

道路事業への投資判断は、NPVがプラスとなった場合は投資可とし、マイナスの場合は不可とする。投資可のなかでの優先順位は、NPV額の高い順とし、関連するすべての対策工事を組合わせて最適値を算出することとした。このように、道路アセットマネジメントは、これまで行われてきた定期点検結果から科学的な分析によって各種劣化式を決定し、その結果を基にライフサイクルコストを算出、同一年で数多く計画される対策のうち、PI値の高い対策で優先順位を決定、投資可能額（財政状況など）の範囲で最適シミュレーション計算を実施、NPVのもっとも高い事業組合せを最適とする考えである。具体的には、管理している道路施設のすべてについて初期投資額と原価償却額を算出、長寿命化などの対策工実施や新設道路の供用開始などで変化する交通量によって社会的便益を路線ごとに算出した後、資産価値が最大となる最適な組合せとなるNPVを算出し、30年間のもっとも費用対効果の高い施設対策組合せを基本とした投資的中・長期計画を策定する。以上が今回採用した道路アセットマネジメントで使っている投資判断法である。

次に、管理する橋梁など道路施設を一体管理する統合データベースシステムと劣化速度算定について述べる。

### 3.2 統合データベースの構築と劣化速度の算出

アセットマネジメントは、管理している多くの施設情報を科学的に分析し、損傷の推移から施設の劣化速度を算出し、施設の周辺情報など加えて道路施設を定量的に管理・運営することである。ところが、これまでの投資判断は、予算編成を行う担当者の考えで作業を進め、その分析するデータ量は、年々膨大となるだけでなく、複雑化することから、個人の資質に左右される定性的な判断とならざるをえなかった。そこで、道路アセットマネジメントにおいては、投資判断の基盤となる、正確な道路施設の現況把握と各種道路施設の体系的な管理に結びつく統合データベースシステムを構築し、活用することとした。新たに構築する統合データベースシステムは、これまでに蓄積された点検結果と散在していた個別のデータベースシステム（Windows Accessなどで構築済）を分析、将来の増加するデータ量などから新たにOSとしてオラクル10gを採用、3台のサーバーで構成するシステムとした。今回のデータベース構築にあたっては、道路施設の資産情報が正しく蓄積されるように初期投資額、原価償却額、残存価格情報の把握だけでなく、建設中の支払い情報（建設仮勘定など）や施設の移動、除却などの会計情報も管理可能のように「道路資産管理システム」を組み込み、各建設事務所で契約、執行される工事情報の入出力を義務付ける組織改正もあわせて行っている。

次に、アセットマネジメントを進めるうえで重要となる事項は、橋梁など施設の将来を予測する個別劣化速度の算出である。一般的な劣化速度算出は、材料の劣化促進試験結果や過去の施設劣化状況から回帰分析等によって求めている。東京都は、これまでの一般的な分析法では正しい劣化予測ができないことから、これまで行ってきた20年間の橋梁定期点検結果のデータを材料別、構造別、環境別などに分類し、それぞれの劣化速度を2段階分析法によって算出し、施設の寿命とした。具体的には、昭和62年から実施している定期点検結果から、分析データとして信頼できる21352データを材料、部材、損傷別の約20に分類し、最尤法と寿命関数等によって劣化曲線を一次仮定、その後非線形回帰分析によって最終劣化予測式を算出する方法を採用した。図-5は、管理する道路橋の鋼主桁の腐食損傷に

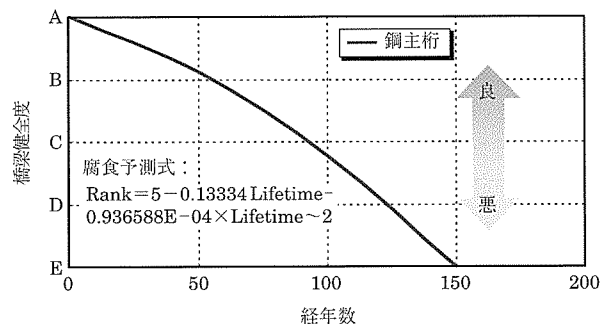


図-5 橋梁（鋼主桁）腐食劣化速度

関する劣化予測事例である。これによって、これまで学会などの予測式を使って判断していた劣化予測が、東京都の点検データを基に算出する方法となり、これによって都の現状にあったより精度の高い寿命予測が可能となったと期待している。今後は、今回算出した個別劣化予測式を基本として種々のシミュレーションを行い、より精度の高い劣化式に改善することを考えている。

#### 4. 道路アセットマネジメント導入による効果

アセットマネジメント導入の効果として、もっとも期待されているのは、十数年後に来る更新ピークの平準化、コスト縮減ともっとも重要な予防保全型管理への転換である。

アメリカミネアポリスの橋梁崩落事故現場調査を自らが行って感じたことは、アメリカのように2年に1度の公認橋梁点検士による点検の実施、公認点検士制度を確立するための多くの研修プログラム、そして、NPMを実行するアセットマネジメントの推進などを行ってきても今回のような大惨事が発生した現実を再度見直す必要性である。最先端の維持管理を行ってきたアメリカの事例を分析し、その問題点を解消した新たな考え方によって橋梁などの大型道路施設を管理しなければこの東京において、同様な事故が起こる可能性はきわめて高いものとなる。大惨事は忘れたころにやってくるし、そのような事故を起こさないためには、科学的な点検と健全度評価を適切に反映した効果的で実態を反映した投資決定である。道路アセットマネジメントは、過去の点検結果を基に算定した劣化速度などを将来予測として使用していることから今までとは異なって、より精度の高い予測が可能となるはずである。また、個別施設への投資決定には、施設の劣化予測だけでなく、それぞれの道路施設から生み出される社会的費用（社会的便益）の算出と施設の劣化や対策工事による便益変化を費用便益分析によって算出し、最新の計算理論とコンピュータによって最適化シミュレーション計算を行うなど、現在もっとも優れた手法を組み合わせた考えである。東京都の導入した道路アセットマネジメントは、統合データベースシステムや道路資産管理システムによって道路の情報が一元管理されると同時に職員の意識改革につながり、民間型の資産保有状況や投資判断基準、投資計画などが公表されることから、行政側の失敗は許されないと同時に都民へのアカウントビリティを適切に果たすことも可能となる。あわせて、個別施設のライフサイクルコストの最小化やNPVの最小化など、正確なコスト分析による事業評価が行われ、マネジメントに基づく事業経営に転換する結果となる。もう一つの大きな効果として、橋梁更新経費等の平準化がある。財政状況の変化を予測するだけでなく、将来の需要額を算定し、各年の総事業費をコントロールしつつ、可能な範囲で平準化することが可能となる。図-6は、一時期に集中している橋梁の更新経費をアセットマネジメント導入によって平準化したイメージ図である。

以上が、現在勧めている東京都道路アセットマネジメント導入の具体的な効果である。

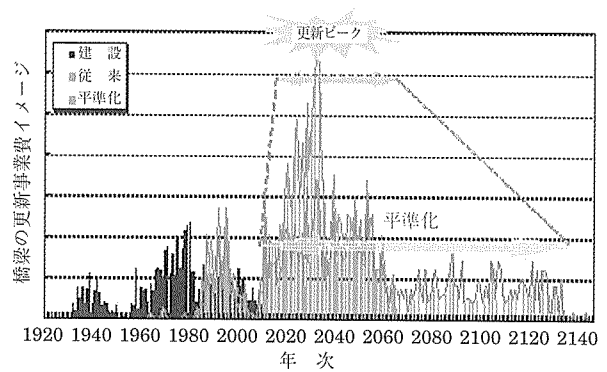


図-6 管理橋梁平準化イメージ図

#### 5. さいごに

東京都は、現在、対症療法型管理から予防保全型管理へのスムーズな転換を図っているがその柱となっているのが道路アセットマネジメントである。道路アセットマネジメントを導入するのはこれまで述べた種々の取組み以外に、橋梁の材料別に学識経験者を入れた具体的な委員会を組織し、個別の耐久性向上策を検討してきている。たとえば、プレストレストコンクリート橋を対象とした「プレストレストコンクリート橋耐久性向上検討委員会：池田尚治委員長」、鋼橋を対象とした「鋼橋耐久性向上検討委員会：三木千寿および野村卓史委員長」、コンクリート橋を対象とした「コンクリート橋耐久性向上検討委員会：池田尚治委員長」を組織し、橋梁タイプ別の耐久性向上策を審議、提言を受けている。また、アセットマネジメントについては、「アセットマネジメントアドバイザー会議：小澤一雅および上田孝行教授などが構成委員」においてアセットマネジメントの考え方と具体の進め方などを審議している。いずれの委員会も東京都において将来の多くの課題を解決するための重要な委員会であり、今回それらを取りまとめた形で全体を総括し、道路橋管理の有り方や橋梁長寿命化計画などを取りまとめ、審議する「東京都橋梁長寿命化検討委員会：三木千寿委員長」を設置し、検討を始めている。

東京都は、道路、トンネルなど膨大な道路施設のストックが「負のインフラ遺産」として将来に残すことがないように、また、貴重な文化遺産である重要文化財が長期保全・活用できるように、これまでの対症療法型からコスト意識のある戦略的な予防保全型管理へ転換し、望ましい投資的中・長期計画を策定することを重要課題としている。

橋梁をはじめとした大規模道路施設の更新ピークの平準化や都民へのアカウントビリティを適切に果たすためには、道路アセットマネジメントによって計画的に効果的・効率的な道路投資を組織として確実にしかも継続的に実行することで、NPM型道路管理に積極的に転換することが必要である。

現在、東京都道路アセットマネジメントシステムについては、構築をほぼ完了し、実稼動における種々の課題を整理しているが、あわせて最適化シミュレーションプログラム、便益算定プログラムとリスクマネジメント等の検証作



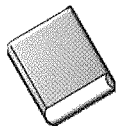
業を行っている。今後は、東京都橋梁事業を計画的に進めるための重要な計画となる橋梁中・長期計画を本システムによって策定して委員会で審議中であるが、今年度末には公表したいと考えている。また、私個人の考えとしては、その計画に基づいて実行された種々の対策が早期に効果を発揮し、アメリカで発生したような大惨事が東京では起きないことを都民に対し確約したいと思っている。

道路アセットマネジメントを道路行政に導入することは、これまであげた多くの事象などから必要不可欠なことである。しかし、すべてを道路アセットマネジメントによってシステムチックに行うことは不可能であり、あくまで最終判断は、まだまだ技術者の判断に頼らざるを得ない。そこで、東京都としては、優秀なインハウスエンジニアの養成と技術の継承にも取り組み、より確実な予防保全型管理へ転換を図ることが必要不可欠である。

本報告は、全国に先駆けて導入したNPM型道路アセットマネジメントについて、その概要とその効果について一部を紹介した。今後は、アセットマネジメントを先駆的に導入する技術者として、他の地方自治体等に参考となるよう都民や利用者の要求に応え、後世へ良質のインフラを引き継いでいくため、効率的で効果的かつ地震などのリスクをも考慮した、より高度なアセットマネジメントに発展させ、実務に組み込む予定である。

最後に、東京都の道路アセットマネジメント導入と種々の橋梁耐久性向上においてご協力いただいた横浜国立大学池田尚治名誉教授、山田均教授、東京工業大学三木教授、日本大学山崎淳教授、野村卓史教授、東京大学前川宏一教授、小澤一雅教授、上田孝行教授ほか多くの方々に紙面を借りて謝意を表すものである。

【2008年1月21日受付】



図書案内

PC技術規準シリーズ

## 複合橋設計施工規準

頒布価格：会員特価 6,000 円（送料 500 円）

：非会員価格 6,825 円（送料 500 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会 編  
技報堂出版