

I-89

米国の橋梁メンテナンスシステム (BMS) について

○東 泰宏 正員 北海道開発コンサルタント 安江 哲 正員 北海道開発コンサルタント
杉本博之 正員 北海学園大学

1. まえがき

我が国の道路整備は着実に進められ多くの橋梁が建設されてきたが、老朽化し始めた橋梁の現状と公共事業の縮減などの社会背景のもと、維持管理への関心が高まりつつある。このような建設の時代から維持管理の時代を迎えようとしている今、長期にわたり橋梁の健全性を保つには維持管理システムを確立し、適切な橋梁点検により確実な補修・補強を行うことが重要となってきた。

一方、米国では維持管理不足により橋梁の老朽化が社会問題となり、その経験をもとに維持管理システムが構築されており、橋梁点検技術、健全度評価技術、補修・補強技術など学ぶ点が多いと考えられる。

このような背景のもと、北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会では、米国での橋梁点検と維持管理技術の実態、さらには寒冷地における維持管理の特殊性などを調査する目的で、北米に調査団 26 名を派遣した。調査は平成 10 年 10 月 14 日から 10 月 25 日の 12 日間にわたって行い、6 箇所の橋梁管理機関（ニューヨーク州交通局、ニューヨーク市交通局、NY&NJ 港湾公社、マキノ橋公社、カルフォルニア州交通局、ゴールデンゲート橋道路管轄局）を訪問しヒアリング、現地視察を行った。

本稿ではこれらのうちニューヨークでのヒアリング結果をもとに、維持管理について知り得た事項を報告する。なお、質問項目は訪問先に事前に送付しており、主な項目は①橋梁点検の要領、体制、頻度、判定方法、結果の整理・管理方法、補修・補強への活用方法、②橋梁の現況と補修・補強例、③凍結防止剤の種類と利用頻度および構造物への影響、④寒冷地特有の損傷、劣化とその対策である。

2. ニューヨーク州の維持管理体制

2. 1 橋梁の現況

ニューヨーク州は米国の中でも比較的早く道路網が形成され、また、工業地をかかえていることから重車両交通が多く橋梁の老朽化が進んでいるため、維持管理への取り組みが進んでいる。

ニューヨーク州では 20 フィート (6.2m) 以上の橋梁が 19,379 橋（そのうち 70%が鋼橋）あり、このうち今回訪問したニューヨーク州交通局は 7,529 橋を管理している。残りは地方（市、町、村）あるいは公団・公社が管理している。

完成年代別の橋梁数は表-1に示すように、完成後 30 年を超える橋梁が約 70%あり、地方が管理する橋梁ではさらに古い橋が多く存在する。

表-1 完成年代別橋梁数

完 成 年	橋 梁 数
<1929	586
1930~1949	1,373
1950~1969	3,213
1970~1989	1,794
1990~	626
	Σ 7,592

損傷原因の多くは、ニューヨーク州の橋梁の 75%が河川橋であることも関連し洪水・洗掘（約 60%）によるものであり、以下、荷重超過・疲労（約 20%）、衝突（約 10%）、鋼材の腐食・コンクリートの劣化（約 3%）と続く。これらの原因のうち橋脚の洗掘に対しては、5年に1回ダイバーによる潜水調査を実施し、状態が悪い場合には調査間隔を短くし3年に1回実施している。

2. 2 橋梁点検

ニューヨーク州は 11 区から成り、都会と地方では交通量・重要度が異なることから地区ごとに管理されている。点検基準は 1967 年にオハイオ州で発生した落橋事故を契機に制定された連邦政府基準（NBIS）を基本とし、「Graber Law」と呼ぶニューヨーク州独自の点検規則があり、橋梁点検士の資格基準、点検頻度、点検内容、点検機材の配置などが規定されている。点検は2年に1回を基本とし、点検者が問題提示した場合には点検頻度を多くし中間点検、特別点検を実施している。点検項目は 58 項目あり、そのうち 13 項目は最重要項目である。点検により橋梁の現状を評価し、補修・補強箇所とその要領、時期を計画する。

点検方法は、全部材を目視あるいは金づちなどの簡単な道具により点検し、また、アームの利用により床版下面を目視できる点検車も活用している。この点検車（写真-1）は 1985 年頃から使用され始め、オペレータ 1 名、点検員 2 名（バケット内）の作業体制がとられている。点検はニューヨーク州の管理橋の場合は州職員が行い、地方の管理橋はコンサルタントに外注し、公団・公社の場合には職員が行う場合もあるが、多くは外注している状況である。

2. 3 点検評価

点検結果の判定は各部位の劣化状況として表-2 に示す①～⑨の段階により評価される。現在のニューヨーク州管理橋の評価は⑤段階、地方管理橋では④段階が多い。

点検結果により、早急に補修工事が必要（Red Flag）、早急ではないが補修工事が必要（Yellow Flag）、安全（Safety Flag）に区別され補修計画が作成される。ニューヨーク州交通局は必要な補修が完了しているかを追跡調査し、補修されていない場合には通行止めにする権限を有している。

表-2 点検評価ランク

段 階	評 価
①	劣化が非常に大きく危険な状態
②	①と③の中間の状態
③	劣化が大きく本来の機能を損なった状態
④	③と⑤の中間の状態
⑤	劣化が小さく機能は果たしている状態
⑥	⑤と⑦の中間の状態
⑦	劣化がない状態
⑧	点検対象外
⑨	点検不可能

2. 4 点検記録の管理

点検報告書は所定の書式に従い記入し、部材状況、交通状況の記述の他、写真、スケッチも添付される。全ての橋梁には BIN（Bridge Identification Number）と呼ばれる識別番号が付けられており、点検報告書は各橋梁ごとに過去の点検報告書、周囲の道路状況、補修履歴、建設当初の設計図書などと一括管理されている。点検時には事前にこれらの資料を確認することが義務づけられており、また、点検評価はコンピュータ

一によりデータベース化されているため、点検後に過去の点検結果と照らし合わせることで劣化の進行状況の分析が可能となる。

2. 5 維持補修工事内容と頻度

維持補修の基本的思想は、冬期に融雪剤として塩を散布するため、その塩分が内部に浸透するのを防止することであり、水による橋体の洗浄は重要視されている。具体的補修工事の内容は表-3のとおりである。

表-3 補修工事とその頻度

補修工事内容	頻 度
高圧水による橋の洗浄	2年に1回
防水層の取り替え	4年に1回
下部工に防水剤の塗布、注入	6年に1回
アスファルト舗装のクラック補修	4年に1回
アスファルト舗装の舗設替え	12年に1回
支承のオイル注入、清掃	4年に1回
塗装の塗り替え	12年に1回

2. 6 維持管理費

ニューヨーク州全体の道路補修費用は14億ドル/年であり、そのうち橋梁の補修は年間約400件で費用の20～40%を占めている。架け換えの場合には鋼橋とコンクリート橋の比率が半々であり、最近ではコンクリート橋が経済的という考え方が主流となっている。維持管理費は州政府事業の場合に全額州政府が負担するが、連邦政府補助事業の場合にはTEA-21という法律により、連邦政府80%、州政府20%の割合で資金が負担されている。

3. ニューヨーク市の維持管理体制

ニューヨーク市DOTは、10月16日(金)に訪問した。説明は、DOTの職員であるB. S. Yanev博士から受けた。以下の内容は、その時の説明、いただいた資料^{*)}及び帰国後の問い合わせに対する博士からの回答を参考にして記述されている。

ニューヨーク市の橋梁を担当する組織の機構は、現在もほぼ当時のままである。現在では橋梁課と呼ばれ、建設、設計、維持、検査/マネジメントの各部から成る。橋梁建設部は主として契約業務を統括し、設計部はコンサルタントマネジメント担当、部内設計担当に分かれている。維持部は、部内業務と契約業務の両方を担当する。検査/マネジメント部は、部内業務も行うが、ニューヨーク州と契約し業務を行うコンサルタントから、市内のほぼ全ての橋に関する検査報告を受理する。

ニューヨーク市は現在、847橋を管理している。その内、イーストリバーに架けられたブルックリン橋(1884年、写真-2)、ウィリアムズバーグ橋(1903年、写真-3、4)、マンハッタン橋(1908年)、クウィーンズボロ橋(1912年)を含む約85%の橋が鋼鉄製である。第二次大戦後、市の橋梁局は次第に縮小され、運輸局の中の小さな課となり、イーストリバーに架けられた橋は、一時的に州の管轄になった。ニューヨーク州、港湾局等の管理する橋の使用年数は平均36～45年であるが、一方ニューヨーク市の管理する847橋の平均使用年数は約67年である。

構造状態は劣化し、1928年に建設されたウェストサイド・ハイウェイの1箇所は1973年に崩れた。1980年、ブルックリン橋の斜ステイが破断し、一人の通行人が犠牲となった。この事故は技術者に対し、ケーブ

ルシステム全体を交換する必要があるという警告を発した。1987 年、ウィリアムズバーグ橋は構造上の劣化のため閉鎖され、架け替えの検討が本格的に行われている。

橋の状態は、7：新設の構造物、5：良好な状態、3：設計通りに機能していない、1：使用不能、とし、偶数はその中間の状態を示すとして評価されているが、ニューヨーク市の1996年現在の橋の状況は表-4のように評価されている。なお、橋の全体的な状態は、全橋の部材の状況を評価して判断される。

表-4 1996年におけるニューヨーク市の橋梁の評価

分類	評価	橋梁数	%	径間数	%
劣悪	1.00-3.0	48	6	594	13
普通	3.01-4.99	524	62	3189	68
良好	5.00-6.0	148	17	658	14
非常に良好	6.01-7.0	59	7	155	3
その他	—	68	8	78	2
計		847	100	4674	100

道路および橋梁等の基幹施設用資金の財源は、基幹施設マネジメントの基本的な問題となっている。その中で特に、有料橋と一般橋との健全度状態の差が指摘された。つまり、有料橋など適切な資金源が存在する構造物の管理は、比較的良好に進められており、一般に見られるような欠陥は生じていない。具体的な例として、大きさと機能はほぼ同じだが資金調達源が異なる2つの橋梁の管理状態を比較すれば良く分かる。ニューヨーク市のジョージワシントン橋(写真-5、6)とウィリアムズバーグ橋(写真-3、4)の例である。前者は、NY&NJ港湾公社により管理されている有料橋であり、現在年間2億5千万ドルの収益がある。65年前に架設されたが、今でも良好な状態のまま維持されている。後者はニューヨーク市が管理するもので、現在架け替え工事が行われており、そのコストは国、州、地方からの資金を合わせると7億ドルに達する見込みである。ジョージワシントン橋の維持費用(現在年間約2千万ドル)は、この非常に収益性の高い施設を保護するのに必要なコストであると考えられている。ウィリアムズバーグ橋の架け替え工事、および今後の維持費は、納税者にとって負担となるため、予算の優先順位上ではあまり支持されていない。

その他、現在進行中の補修工事で、以前に使用した鉛を含む塗料の除去作業が、作業者の健康管理、周辺への公害問題となり、コスト的にも大きな問題になっている。また、氷結防止のための岩塩の使用を止めることが検討されており、維持管理の観点から、橋梁の清掃、洗浄およびオンラインのモニタリングの効果が大きいことが強調された。

4. ジョージ・ワシントン橋の維持管理体制

4.1 管理体制と管理内容

ジョージワシントン橋(186+1067+198=1451m)は1927～1931年に建設され、NY&NJ港湾公社により管理されている。この公社は長大橋をはじめ、トンネル、空港、港湾などを管理しており、30部局に7,000人の職員を有している。

本橋は1960年に改築によりダブルデッキとし、上下合わせて14車線と世界最大の車線数を誇っている。また、交通量は28万台/日あり、通行料はマンハッタン島へ向かう際に4\$徴収している。このような交通量の多さに加え、降雪時には400tf/回の岩塩を散布する(3～30回/年と幅がある)ことから、疲労、塩害に対し十分な点検と管理が必要となっている。日常点検は40人体制で目視により行っている。定期点検は連邦政府の基準に従い2年に1回実施し、この報告書より今後のプロジェクトを計画している。公社の橋梁維持管理課には15人の技術者がいるが外注もしており、点検者間での結果のばらつきに対して公社の



写真—1 点検車（ニューヨーク州）



写真—2 ブルックリン橋



写真—3 ウィリアムズバーグ橋



写真—4 ウィリアムズバーグ橋



写真—5 ジョージワシントン橋



写真—6 ジョージワシントン橋

専門技術者が現地と一緒に再度確認することにより整合を図っている。

管理面での基本目標は通行止めにせず交通を安全に通すことであり、ケーブルに付着した氷が落下する危険性がある時には、公社が判断して上側デッキのみ通行止め（年2回程度）にして、人為的に氷を取り除いている。

4. 2 点検、補修、補強履歴

1977～1978年に上部デッキの劣化したコンクリート床版を鋼床版に取り替え、5cm厚の舗装とし、鋼重の軽減を図った。（これによる耐風安定性の問題は生じていない。）

1992年にメインケーブルのラッピングを剥しケーブル内部を確認したが、亜鉛メッキされたワイヤーのため腐食は少なかった。1999年に再度ハンガーロープを取りはずし、薬品による化学反応や機器を用いた点検を行う予定である。

塗装の塗り替えは9年に1回実施してきたが、重ね塗りにより塗膜が厚くなり剥離してきたため、下地まで剥して20年かけて3層塗りによる補修をしている。

5. あとがき

1998年10月14日から25日まで行われた北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会による米国の橋梁維持管理に関する視察の結果を説明した。まえがきにも書いたように、視察そのものは、ニューヨーク周辺に限定されたわけではなく、マキノ橋、カリフォルニア州交通局、およびゴールデンゲート橋も訪問したが、ここでは紙面の都合もありニューヨーク周辺に限定して記述した。

まず第1に強い印象を受けたのは、有料橋の状態が非常に良好であったのに対し、その他の一般橋梁の状態が悪く、どの機関でも予算獲得の難しさを強調された点であった。有料橋の状態が一般に良いのは、日常の点検業務と状態保全業務（塗装等）への投資が少なからず行われているためと思われる。

本文中にも書いたように、ニューヨーク市の橋梁建設のピークは1930年代であり、ニューヨーク州は1960年代であった。日本はそれより10年くらい遅れてピークがある。まだ深刻な状況ではないが、深刻になってからでは遅すぎるのが、橋梁維持管理の特質と思われる。現在の橋梁の状態をできるだけ長く保たせるための対策、および近い将来必ず来るであろう、劣化の進行に伴う架け替えのための予算的な準備が必要であり、これらはまさに現在なさなければならない課題である。

特に寒冷地という事で注意を引いたのは、冬期の路面凍結対策である。全体的な方向としては、環境問題もあり塩の使用をできるだけ控える方向のようである。マキノ橋では砂だけしか撒かないと説明された。しかし、塩の使用を完全に止める事は難しいのが現状と思われる。単純な費用便益のレベルの話ではなく、橋の寿命と人の命を天秤にかけるという議論になりかねなく、凍結防止に有効な塩の散布は続くと思われる。いうまでもなく鋼はC1に弱い。冬期に塩を散布しそのまま何もせず放置しておいては劣化を促進することになりかねない。そのための対策として、春先に全橋の清掃と洗浄をしその有効性が強調された。これは寒冷地特有の問題と思われ、今後積極的に導入を検討すべき対策のように思われる。

また、今後とも、橋梁の維持管理には十分な予算がつく事は考えづらい。その中で、できるだけ有効な投資箇所、投資順位を決定する総合的な橋梁維持管理システム（BMS）の構築も重要な課題と考えられた。

末筆になるが、今回の視察旅行に対し多大なご支援をいただいた鋼道路橋研究委員会佐藤浩一委員長に謝意を表す。

参考文献

- 1) B.Y.Yanev: Infrastructure management systems applied to bridges, Proc. of the International Symposium on Advances in Operation and Maintenance of Large Infrastructure Projects, pp.11-22, May, 1998.