

# 米国橋梁崩壊事故に関する 技術調査団の調査結果について

国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室

たまこし たかし  
室長 玉越 隆史



## はじめに

平成19年8月2日、米国中西部ミネソタ州ミネアポリス市において、ミシシッピ川にかかる高速道路（インターステートハイウェイ）上の橋梁（鋼上路トラス橋）が供用中に突然崩壊し、多数の死傷者が出るという事故が発生した。

事故の原因については、事故後4カ月以上経過した現在でも明らかになっていないが、事故直後より米国国家運輸安全委員会（NTSB）をはじめさまざまな機関が関係して捜査や調査が行われているようであり、詳細は明らかになった段階で公表されるものと考えられる。

米国では道路橋に対して20年以上も標準で2年に1度という高い頻度で法に基づく定期点検を資格を持つ専門技術者の手によって行っている。また、疲労や洗掘に対しては通常の見視点検では必ずしも十分でないとの認識から、それに特化した特定点検を設けて専門のチームによる点検が実施されている。さらに今回の事故橋梁のように一部の部材の機能の喪失が橋全体の安全性に致命的な影響を及ぼす橋梁については、それらの重要な部材を特定してより詳細な点検体制がとられており、事故橋梁についても以前より現地計測・構造解析による詳細調査およびそれに基づく状態評価が行われていた。

一方、わが国においては国が管理する橋梁を例にとると、目視を中心として定期的な点検が行われてきたが統一的な要領に基づいて体系的に実施されるようになったのは昭和63年頃からであり、点検頻度も当初は10年に1度を目安としていた<sup>1)</sup>。そして平成16年に劣化橋梁の増加の実態等も考慮して頻度を5年に1度と倍増するなど要領の改訂を行って、あと数年で全対象橋梁に対する新要領に基づく点検がようやく一巡する予定である。点検員等の技量については資格等は定められておらず管理者ごとに経験等の資質要件を規定して対応している。なお、自治体等の管理する道路橋については、点検等に関する法制度がないこともあり各管理者ごとで個別の対応がなされているが、国土交通省の調査によると点検が全く行われていない自治体があるなど、十分な点検が行われていないケースが多々ある実態がうかがわれる<sup>2)</sup>。

以上、単純な比較は難しいものの、米国ではわが国に比べて充実した点検体制がとられていたと考えられるが、その中で今回のような事故が生じてしまったことは原因が不明であるとはいえ、わが国の維持管理システム全般について今一度真摯に見直して改善すべき点などの議論を行うきっかけとなりうるものであり、国土交通省では事故直後の米国で事故後の対応の状況や維持管理の実態について広範な情報を入手すべく調査団を派遣し

た。本稿では、調査団の報告書<sup>3)</sup>の概要について紹介する。

## 2 調査の概要

調査団のメンバーおよび調査行程は表 1, 2 に示すとおりである。

現地では、事故橋梁の状態等について関連する情報の収集を行うとともに、事故橋梁の管理者であるミネソタ州およびメリーランド州の供用中の道路橋について事故橋梁と同形式である鋼上路トラス橋を中心に現地調査を行った。また、事故橋梁について過去より現地計測や疲労耐久性の評価等を行っていたミネソタ大学の橋梁関係の研究者や現地調査を行ったメリーランド州の道路管理者である道路局と道路橋の維持管理に関する意見交換を行った(写真 1, 2)。

## 3 事故の概要

事故は、去る2007年8月1日の現地時間午後6時頃、ミネソタ州が管理する幹線道路(インターステートハイウェイ)I 35Wのミシシッピ川渡河部の鋼道路橋が、通勤時間帯に突如渋滞で橋上にあつた多数の車両を載せたまま崩壊したものである。

崩壊した本橋の主径間部はコンクリート床版を有する上路形式の3径間連続の鋼トラス橋であるが、事故時は床版補修等の補修工事が行われており、8車線のうち4車線の通行規制が行われていた。また橋面上には多くの資機材が配置されていたようである。このため事故時には構造系が設計で考慮している通常供用状態ではない不完全な状態であった可能性がある。

表 2 調査行程

8月11日(土)	米国ミネソタ州ミネアポリス市到着 事故橋梁および近隣の橋梁の調査
8月12日(日)	ミネソタ州の橋梁実態調査
8月13日(月)	ミネソタ州の橋梁実態調査
8月14日(火)	ミネソタ大学との意見交換(於: ミネソタ大学)
8月15日(水)	メリーランド州交通局との意見交換(於: 同局) メリーランド州の橋梁実態調査
8月18日(土)	帰国



写真 1 事故橋梁の状況(2007.8.13撮影)



写真 2 意見交換会の様子

事故の概要を表 3, 事故橋梁の諸元を表 4 にそれぞれ示す。橋梁概要については、ミネソタ州道路局(MN/DOT)公表の「Fact Sheet Aug. 13. 2007」など公開資料から整理したものである(URL: <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdfs/factsheet.pdf>)。

表 1 調査団のメンバー

団 長	依田 照彦	早稲田大学理工学術院社会環境工学科教授
団 員	富山 英範 玉越 隆史 村越 潤 村上 謙三 陵城 成樹	国土交通省道路局国道・防災課課長補佐 国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路構造物管理研究室長 独立行政法人土木研究所構造物研究グループ上席研究員(橋梁) 財団法人道路保全技術センター主任研究員 財団法人海洋架橋・橋梁調査会調査部構造課長

表 3 事故の概要

場 所	米ミネソタ州ミネアポリス ミシシッピ川に架かる高速道路
日 時	2007年 8月 1日午後 6時 5分 (日本時間 2日午前 8時 5分)
橋梁崩壊時の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩落したトラス橋部分の長さ：324m</li> <li>・被害車両：転落した車 50台以上 橋の上に取り残された車 10台以上 (スクールバス含む)</li> <li>・崩壊前の状況：橋梁の補修作業中で車線規制あり</li> </ul>
死 傷 者 数 等	死者数13人 (8月23日確定) ( <a href="http://www.hennepinonline.info/">http://www.hennepinonline.info/</a> )

表 4 事故橋梁の諸元

供用年	1967年
橋 長	581.3m
支間長	中央部：トラス部 中央径間長139.0m, 側径間長81.0m アプローチ部：9.1~51.2m (11径間)
構 造	中央部：鋼上路トラス橋 (3径間) アプローチ部：鋼連続鈹桁橋 (8径間), RC 中空床版橋 (3径間)
桁下高	19.5m
幅 員	34.5m
車線数	8車線 (6車線 + 加減速車線)
交通量	約14万台/日

なども考慮して詳細な解析モデルによる再現計算を行うなどが不可欠であると考えられるが、現時点までそれらの情報については明らかにされておらず米国の関係機関等でさまざまな観点から調査が行われているものと考えられる。

調査時に現地で確認された残存部材の状況や公開されている既往の点検結果<sup>4</sup>等からは、事故橋梁でかなり以前より腐食が広範囲に発生していたこと (写真 3)、疲労耐久性についての懸念があったこともうかがわれ、それらが原因の一部となっている可能性もあるが現時点ではあらゆる可能性について憶測の域を出ず、調査団としても原因を特定するには至らなかった。

#### (2) 橋梁の構造的特徴の考慮と維持管理の関係について

米国では、道路橋の構造特性について、一部の部材の破壊が橋全体に致命的な影響を与えるような場合には、その部材をフラクチャークリティカル部材 (FCM)、そのような部材を有する橋梁をフラクチャークリティカル橋 (FCB) として特定し、一般の橋梁に対してより詳細な調査を行うなどの差別化が行われている<sup>5)</sup>。事故橋梁も FCB として詳細な点検が毎年のように行われていた。結果的には崩壊事故を防止することはできなかったが、このような構造的な特徴や条件に応じて維持管理の内容や対応に差をつけて対応の最適化を図ることは維持管理の合理化には有効な面もあると考えられ、このような評価手法のわが国への導入の可否や有効性についても検討する余地があると考えられた。

その一方で、事故橋梁の点検や調査のレポートからは、本橋が以前より深刻な劣化状態に陥りつ



## 4 主な調査結果

### (1) 事故原因について

今回の崩壊事故は、公開されたビデオ映像から明らかにされているように主たる構造系の全体が一瞬にして崩壊し、かつ落下した主径間部はほぼ平行を保ったまま崩落しているように見え、おそらく過去にあまり例のない崩壊形態であったと考えられる。すなわち、本橋のように多数の部材が複雑に組み合わされた大規模な鋼構造物であれば崩壊する場合にも、破壊の引き金となる部分が破損したのち順次他の部位にも破壊が広がっていき、その過程で大きな応力を生じた部材が変形したりねじれたり粘りのある挙動も現れつつ全体が崩壊していくと想定されるのが普通であり、その場合には構造のほとんどを含む大ブロックがねじれることもなくほぼ水平に近い形を保って一瞬に落下することにはならないと考えられる。

これらの崩壊メカニズムの解明には、事故橋梁に用いられていた材料の特性や劣化や損傷の状態



写真 3 事故橋梁の腐食状況

つあったことがわかるが、それらが認識されつつも結果的に崩壊事故に至った点については、原因は不明であるものの点検手法や維持管理システムに改善すべき点があったのかどうかという観点でも今後の調査結果の推移を見守っていく必要がある。

### (3) 橋梁崩壊回避の対策

今回の事故を含むこれまでの重大な事故や損傷事例からは、構造的なりダンダンシーが十分でないことも原因となって落橋等の致命的な事故を生じている場合が多いように思われる。

例えば、近年ではゲルバー構造の破壊によるカナダでの落橋事故<sup>6)</sup>、古くは米国の道路橋の点検システムの充実のきっかけともなった吊り材の破壊によるシルバー橋（1967年<sup>7)</sup>やマイアナス橋（1983年<sup>8)</sup>の落橋事故なども構造的に重要な部材の破壊によって利用者が事故を回避することができないような突然の崩壊に至っている。一方、わが国で最近発生したトラス橋の斜材の破断事故（木曽川大橋・本荘大橋<sup>9)</sup>では供用安全性は一時大きく損なわれたものの橋全体の崩壊を免れたために人身事故には至らず、かつ短期間で構造安全性を回復させることができた（写真 4、5）。

これらのことから、目視等による点検の限界などで仮に理想的な予防保全は困難であってもリダンダンシーの向上を図ることで落橋事故の危険性を低減できる可能性があることが考えられる。単に強度や耐久性を確保するだけでなく、リダンダンシーの向上による不測の事態に対する橋梁全体の崩壊に対する抵抗性を高めることを設計や維持管理に取り入れることも検討に値するもの



木曽川大橋全景

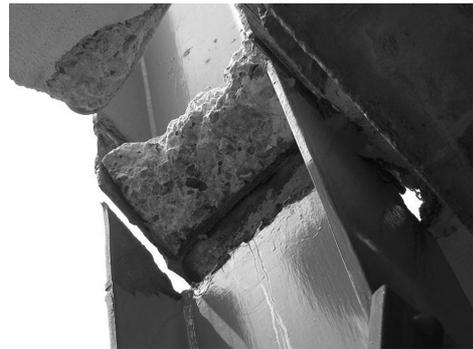


写真 4 斜材の破断状況（木曽川大橋）



本荘大橋全景



写真 5 破断部の補強状況（本荘大橋）

と考えられる。

### (4) 点検の品質確保

米国では、2年に1度の法定点検が義務づけられており、資格者による点検が実施されている。

また、現地の橋梁技術者との意見交換でも、米国では保全に関わるインハウスエンジニアの研修を行うなど点検内容や頻度といった手法的なものだけではなく点検結果の評価の質の確保・向上に配慮していることがうかがえた。

わが国においても、橋梁の状態を評価する場合に最も基礎的な情報となる定期点検のデータ取得についてはその品質確保が重要であると認識されていると考えられるが、データ取得やその評価に関わる技術者に対する法的な資格制度などはない。また多くの自治体では技術者不足から最終的に維持管理施策の意志決定を担うインハウスエンジニアの確保も困難となっている可能性が高いとの調査報告もある<sup>2)</sup>。

多岐にわたる橋の状態を主として外観目視に頼らざるを得ない点検結果をベースに適切に評価して、必要に応じて詳細調査を行わせることで鋼部材のき裂やコンクリート内部での変状など重大な損傷を適時に検出するためには点検者やその結果の評価に関わる技術者の能力に依存する部分が多い。過去に重大な損傷に至った橋梁についても全く劣化や損傷もない中で事故に至ったものではなく、何らかの劣化や損傷が生じておりその延長上で部材等の破壊が生じたものがほとんどであると考えられ、点検や結果の評価の品質をできるだけ向上し重大な兆候を見逃さずかつ的確に判断できるようなシステムの構築を目指すことも必要があると考えられる。

#### (5) データ管理の重要性

事故橋梁については、40年以上前の設計図面から過去に行われた補強等に関する図面類、過去の点検結果、大学等で行われた調査研究報告書などが事故後直ちに公開され、当該橋梁に関する膨大な情報を収集することができた。また米国ではNBIプログラムが稼働しており、さまざまな観点からの橋梁データの抽出、閲覧が容易にできる体制となっている<sup>10)</sup>。例えば、欠陥橋梁など状態評価ごとの該当橋梁の抽出、特定の条件に該当する橋梁の数や位置等の確認、任意の橋梁の状態に関する情報の抽出などはインターネットなどで速

やかに行え、今回の調査でもインターネットなどで公開された資料にその多くを依存しており、これによって多岐にわたる情報が収集分析できた。

わが国においてはさらに地震や台風など自然災害による被災を生じる可能性も高く、このような事態に対して橋梁諸元以外に過去の点検結果や設計図面、地質条件等の技術情報が直ちに参照できることや特定の条件に該当する橋梁の抽出ができることは維持管理上非常に有効と考えられる。したがってわが国においても橋梁の諸元や点検結果など維持管理上必要となる可能性のある各種の技術情報等の集積・活用環境の充実を図っていくべきと考えられる。

#### (6) 橋梁の点検性・維持管理性の確保と向上

米国では事故を踏まえて原因は特定されないまま、事故直後には同形式橋梁の緊急点検が指示されたが、き裂や腐食による断面欠損などの確認のためには現状では橋梁部材に近接することが不可欠であり、緊急点検でも橋梁点検車を用いて橋面を規制しながらの点検が実施されていた(写真6)。

わが国においても、最近トラス斜材に破断が生



橋梁全景(点検車)



写真 6 橋梁点検車を用いた緊急点検の状況

## 5 おわりに

じた木曾川大橋の事例では直ちに同種橋梁に対する緊急点検が指示された。また、わが国では地震や台風など自然災害による被災を生じる可能性も高く、このような事態に対しては状態を確認すべき部位を速やかに点検することが供用性確保の点できわめて重要である。

このことから、不測の事態に対しても橋梁の状態を速やかに確認できるための方策については検討の余地があるものと考えられる。

例えば、維持管理段階のライフサイクルコストを考慮して、必要な検査路の設置や橋梁点検車の配置など、構造計画・設計の段階で適切な維持管理計画を立案しておく必要性は大きい。

### (7) 維持管理品質の確保と技術者の関わりについて

事故橋梁や現地調査した橋梁のほとんどについては、制度に則って着実に点検が行われ、かつその記録はデータベースとして活用可能な状態で保管されていることが確認された。

一方、実際に現地で橋の状態を確認できたいくつかは、少なくとも早期に補修・補強あるいは第三者被害の防止の観点から劣化部の除去等の対策が実施されるべき状態にあると考えられた。わが国においても、先に例としてあげた斜材の破断を生じたトラス橋（木曾川大橋、本荘大橋）では過去の点検において破断に至った部材について少なくとも腐食の事実が記録されていたにもかかわらず結果的には部材破断を生じるまで有効な対策を講じることができなかった。

維持管理においては、適当な頻度、手法で点検を行い橋の状態を把握するにとどまらず、最終的に把握された情報から具体的な補修や補強などの対策を如何に適切な時期に適切な方法で行うかが重大事故を防止するために最も重要である。

このためわが国においても、点検頻度や項目など手法の適正化と確実な実施に加えて、その結果を踏まえて意志決定を行うまでのプロセスにおける各段階での評価や判断の質の確保について十分な配慮がなされる必要がある。

本稿をとりまとめている現時点において米国からの正式な事故調査結果は公表されていない。一方わが国では今後の道路橋の維持管理のあり方についての議論が各方面で行われ、これまで十分な点検が行われていなかった自治体においても点検要領を定めたり点検が始められるなど着実に高齢化しつつある膨大な道路橋の安全確保に向けた動きが活発になりつつある。

今後わが国の道路橋の維持管理の質の向上につながられるよう今回の事故に関連する各種の情報を注視していきたいと考えている。

なお本稿は、すでに公開されている調査団の報告書の記述を引きながらも現時点での筆者の見解を入れて内容を再構成したものである。そのため報告書とは内容が必ずしも一致しない点もあるが本稿の記述内容については調査団ではなく筆者に文責がある。

### 【参考文献】

- 1) 建設省土木研究所「橋梁点検要領(案), 土木研究所資料 No 2651」, 1988
- 2) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議(第1回)資料, 国土交通省道路局 (URL: [http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir\\_council/maintenance/1st.html](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir_council/maintenance/1st.html))
- 3) 米国ミネアポリス橋梁崩壊事故に関する技術調査団「米国ミネアポリス橋梁崩壊事故に関する技術調査報告」, 2007.10
- 4) ミネソタ州道路局ホームページ (<http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html>)
- 5) Connor, R.J., R.J. Dexter, and H. Mahomoud. NCHRP Synthesis 354: Inspection and Management of Bridges with Fracture Critical Details, Transportation Research Board, Washington, D.C, 2005
- 6) 日経コンストラクション, 2006.11.10号
- 7) J.W. Fisher, 阿部, 三木「鋼橋の疲労と破壊 ケーススタディ」建設図書
- 8) Highway Accident Report, NTSB, July 19, 1984 (URL: <http://www.ntsb.gov/publictn/1984/HAR8403.htm>)
- 9) 日経コンストラクション, 2007.7.27号・9.14号
- 10) National Bridge Inventory Database (<http://nationalbridges.com/>)