

米国ミネアポリス橋梁崩壊事故に関する  
技術調査報告

平成 19 年 10 月

米国ミネアポリス橋梁崩壊事故に関する技術調査団

# 目次

1. はじめに
2. 調査概要
  - 2-1 調査目的
  - 2-2 調査団メンバー
  - 2-3 調査の行程
  - 2-4 調査地
3. 事故の概要
  - 3-1 事故の概要
4. 事故橋梁（#9340）の概要
  - 4-1 橋梁の概要
  - 4-2 点検・調査の履歴
    - 4-2-1 概要
    - 4-2-2 NBI点検
    - 4-2-3 詳細点検の結果 (Fracture Critical Bridge Inspection)
    - 4-2-4 その他の調査（疲労評価に関する報告書の分析）
    - 4-2-5 その他の調査（事故橋梁の復元解析による特性評価）
  - 4-3 その他
    - 4-3-1 構造的欠陥のある橋
    - 4-3-2 橋の情報の連邦報告 (NBIS database)
    - 4-3-3 I-35W 橋の事故前の工事等の状況
5. 事故原因等について
  - 5-1 事故調査の状況
  - 5-2 現地調査
  - 5-3 ミネソタ大学との意見交換
    - 5-3-1 意見交換の概要
    - 5-3-2 総括

## 6. 事故後の対応

### 6-1 概要

### 6-2 主な事故後の対応について

#### 6-2-1 NBI プログラムの調査について

#### 6-2-2 緊急点検の実施

#### 6-2-3 その他の事故に関連した注意喚起等の措置

#### 6-2-4 財政支援等の措置について

#### 6-2-5 復旧に関する動向について

#### 6-2-6 その他

### 6-3 まとめ

## 7. 米国の橋梁実態調査

### 7-1 概要

### 7-2 ミネソタ州における調査の概要

#### 7-2-1 調査橋梁 1 (#6748)

#### 7-2-2 調査橋梁 3 (#5947)

#### 7-2-3 調査橋梁 4 (#6557)

#### 7-2-4 調査橋梁 6 (#6515)

#### 7-2-5 調査橋梁 7 (#9800)

#### 7-2-6 調査橋梁 8 (#5718)

#### 7-2-7 調査橋梁 10 (#6347)

### 7-3 メリーランド州における調査の概要

#### 7-3-1 調査橋梁 12 (#100000210041010)

#### 7-3-2 調査橋梁 13 (#100000060049010)

### 7-4 米国の橋梁調査のまとめ

## 8. 日米の維持管理の比較

### 8-1 概要

### 8-2 日米の点検の比較

### 8-3 メリーランド州道路局との意見交換結果

### 8-4 まとめ

## 9. まとめ

## 参考資料

### ○事故調査の動向に関する公開資料

1. 行政機関等発表資料の整理
2. 報道記事等の整理

### ○事故原因に関係のある主な公開情報

1. I-35W 橋に関する資料の整理
2. 行政機関等発表資料の整理
3. 報道記事等の整理

### ○現地調査橋梁に関する資料

1. 調査橋梁 2 (# 7 3 5 1 4)
2. 調査橋梁 5 (# 7 1 0 1 2)
3. 調査橋梁 9 (# 6 5 6 6)
4. 調査橋梁 11 (# 4 6 5 4)
5. 調査橋梁 14 (# 3 0 0 0 0 0 BCZ 4 7 2 0 1 0)
6. 調査橋梁 15 (# 3 0 0 0 0 0 AAZ 0 5 0 0 1 3)

## 1章 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に至る事故となった。

事故原因については、事故後約2ヶ月経った現在まで、米国国家運輸安全委員会（NTSB）等の捜査や関係機関の調査が行われているものの詳細な情報は公開されておらず不明である。

一方、我が国では、膨大な道路橋資産の大量高齢化時代を迎えつつある中、道路ネットワークの健全性を維持していくために、これらの道路橋を効率的かつ適切に維持管理するための方策の確立が急務となっており、特に、近年、国土交通省管理の道路橋において主要部材に大きなき裂や破断を生じて、供用安全性が脅かされる重大事故も多発している現状にある。

このため、比較的充実した維持管理が行われていると考えられてきた米国における橋梁の突然の崩壊に対しては、原因については不明な段階とはいえ、事故の状況を直接確認し、原因の推定につながる情報や事故直後からの関係各機関の動向等に関する情報のみならず米国の道路橋の維持管理に関して調査することは、我が国の今後の道路橋の維持管理の参考となる知見が得られる上でも有意義なものと考えられた。

このため、国土交通省では道路橋の専門技術者からなる現地調査団を結成し、米国に派遣することを決定し、8月11日から現地調査を行ったものである。

調査では、事故橋梁について熟知している現地の学識経験者や道路管理者の保全担当部署との意見交換に加えて供用中の道路橋の維持管理状態に関する調査、各種資料の収集・分析を行った。

この報告書は、これらの成果をとりまとめたものである。

## 2章 調査概要

### 2 - 1 調査目的

調査の目的は、事故の状況を直接確認し、事故に関する情報に加えて、米国の橋梁維持管理の現状と課題および将来に向けた動向など我が国の道路橋維持管理施策を検討する上で参考になる情報を収集することである。

### 2 - 2 調査団メンバー

調査団のメンバーは次の通りである。

表-2.1 調査団メンバー

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	国土交通省 道路局国道・防災課 課長補佐
	玉越 隆史	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
	村越 潤	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)
	村上 謙三	財団法人 道路保全技術センター 主任研究員
	陵城 成樹	財団法人 海洋架橋・橋梁調査会 調査部 構造課長

### 2 - 3 調査の行程

調査行程の概略は次の通りである。

表-2.2 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

## 2 - 4 調査地

調査地はミネソタ州およびメリーランド州である。以下にアメリカ合衆国内のミネソタ州およびメリーランド州の位置を示す。

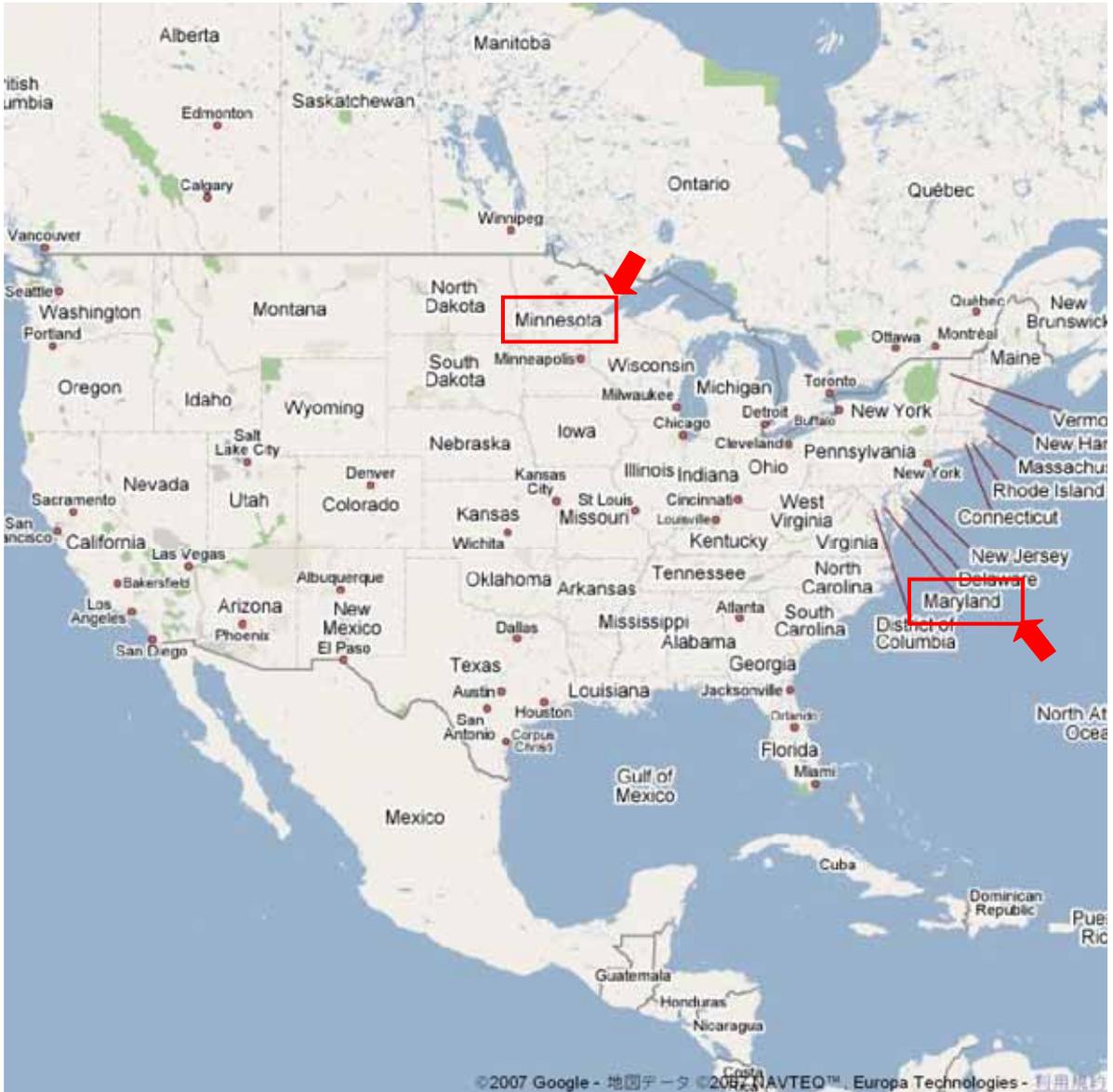


図-2.1 調査地

以下にミネソタ州内のミネアポリスの位置と崩落現場の航空写真を示す。

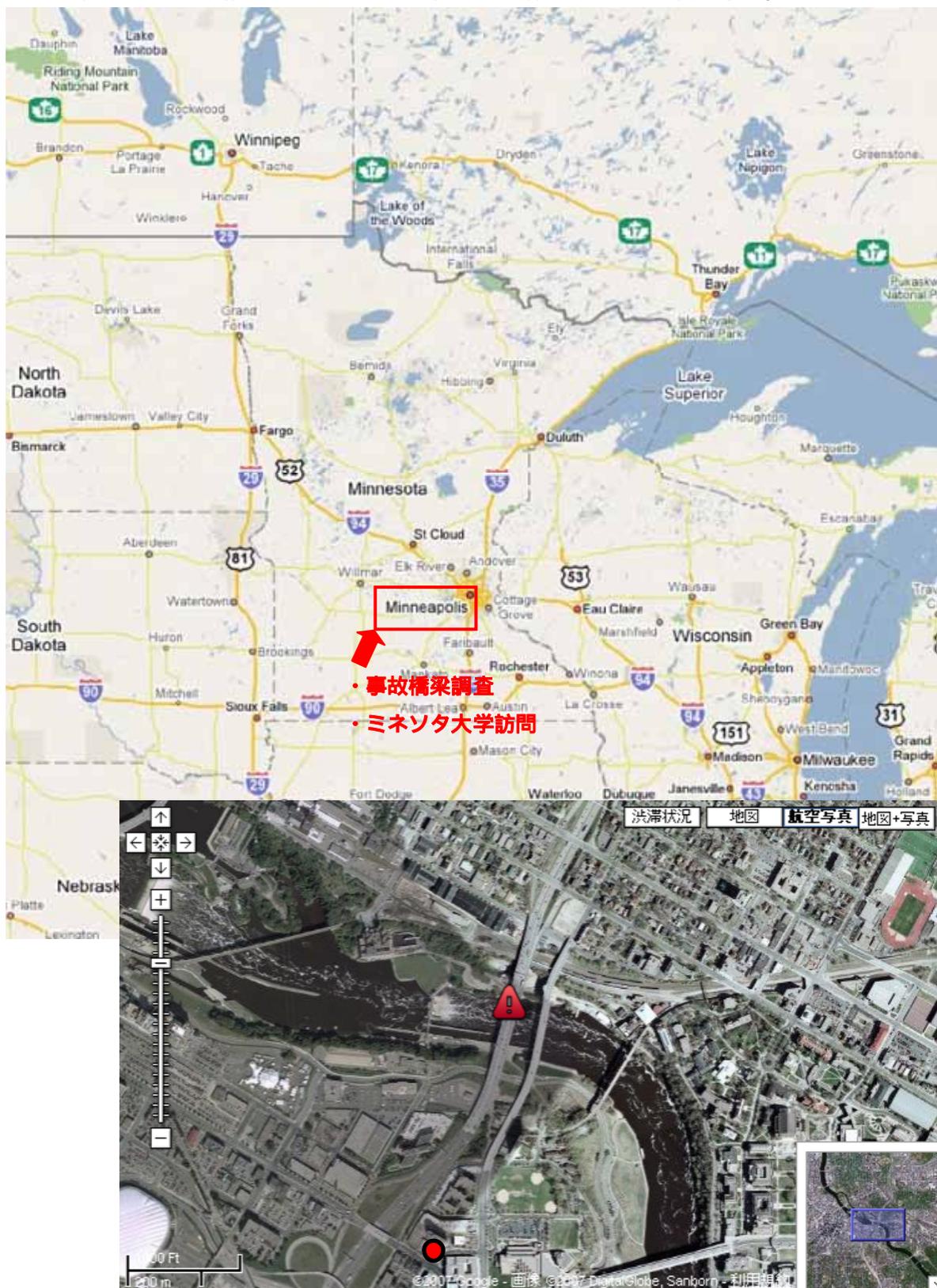


図-2.2 ミネソタ州位置図

以下にメリーランド州内のワシントンDCとバルティモアの位置を示す。

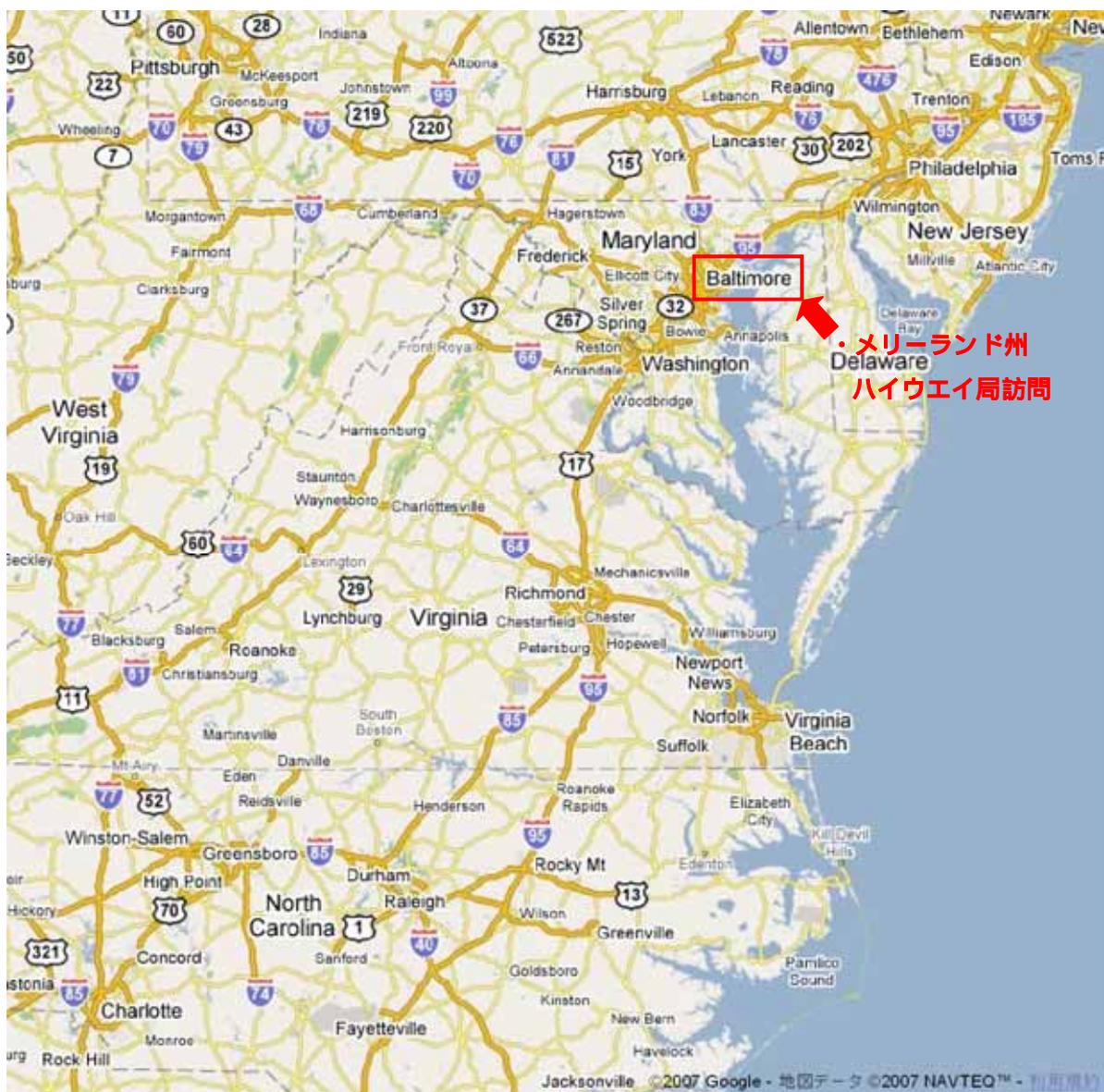


図-2.3 メリーランド州位置図

### 3章 事故の概要

#### 3-1 事故の概要

事故の概要については連邦政府やミネソタ州などの関係各機関から多くの資料が公開されている。また事故直後より数多くの報道がなされてきている。

なお、事故後の部材の状態については国家運輸安全委員会（NTSB）の捜査が行われている状況であり現時点（平成19年9月）まで詳細は公開されていない。

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となっており、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。

また、事故前に鋼部材に腐食や疲労き裂が存在していた可能性が高いこと。床版工事によって一部の床版は撤去やうち換え作業に関連して不完全な状態であったと考えられる。

事故の概要を表-3.1、橋梁の概要を表-3.2 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」などで公開された諸元等を整理したものである。

(URL : <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdfs/factsheet.pdf>)

なお、橋梁の詳細については4章にとりまとめている。

表-3.1 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	・崩落したトラス橋部分の長さ：324m ・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） ・崩壊前の状況：橋梁の補修作業中で車線規制あり
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 3.2 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：鋼連続鋼桁橋（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

報道等による各種情報のうち事故状況に関するものについて抽出して示す。詳細については参考資料として添付している。

(1) 事故時の補修工事の状況について

落橋当時の作業員もしくは資材運搬の運転手 25 人の証言によると、8 月 1 日の 11 時から 14 時 30 分にかけて現場に運び込まれた資機材は 383,000 ポンド (174 トン) と確認され、建設機械との合計は 575,000 ポンド (261 トン) となる。

< 出典 : <http://www.nts.gov/Pressrel/2007/082207.htm> >

事故当時、外側 2 車線は南北双方向ともオーバーレイを半分終えていた。

床版コンクリート上面を 2 インチ (床版厚 9 インチ (229mm)) 撤去して打換える工事を実施していた。なお、コンクリート除去作業には、45 ポンド (20.4kg) のジャックハンマーが用いられた。8 箇所、コンクリートは完全に取り替えられた。それらの箇所は伸縮装置の取り替え、およびいくつかは断面全体の打ち換えとなった。

全断面打ち換え箇所の平均的大きさは 26 フィート (7.9m) × 3.5 フィート (1.1m)。

< 出典 : <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdfs/factsheet.pdf> >

(2) 事故時の交通の状況について

事故当時は、8 車線のうち両側それぞれ 2 車線が補修工事のため封鎖されていた。

< 出典 : [http://news.yahoo.com/s/ap/20070802/ap\\_on\\_re\\_us/minnesota\\_bridge\\_collapse](http://news.yahoo.com/s/ap/20070802/ap_on_re_us/minnesota_bridge_collapse) >

生存者の証言では、「事故直前、橋上はバンパー同士が衝突するほど混み合っていた。」

< 出典 : <http://mainichi-msn.co.jp/today/news/20070802k0000e030036000c.html> >

(3) 事故時の状況 (橋の挙動) について

橋が崩落したとき、橋の南端が異なった動きをしたため、そこに焦点をあてて崩落の原因を調査していると、国家運輸安全委員長は述べた。

< 出典 : <http://edition.cnn.com/2007/US/08/03/bridge.structure/index.html> >

国家運輸安全委員長は、「橋は 3~4 秒で完全に崩壊した」と述べるとともに、橋の南端が東に向けて 15m ずれていることに注目していると明らかにした。

< 出典 : <http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000027-jij-int> >

#### (4) 事故時の橋の健全性について

全てのガセットプレートが回収されてはいないが、いくつかのガセットプレートに損傷があり、調査官はそれらにも着目している。

<出典：<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/090507a.html>>

本橋は、90年代の点検でジョイント周りに疲労き裂と腐食が顕著にみられていた。

<出典：[http://news.yahoo.com/s/ap/20070803/ap\\_on\\_re\\_us/bridge\\_collapse\\_59; ylt...](http://news.yahoo.com/s/ap/20070803/ap_on_re_us/bridge_collapse_59; ylt...)>

工事技術研究所副所長は、「2001年の調査で疲労き裂や腐食がみられたが、それらを実際に補修したかどうかは不明である。過去の調査結果からは少なくとも調査時点で倒壊を招くおそれがあるようなき裂は指摘されておらず、いずれも橋の強度に関係のない部分のき裂のようである。」と証言した。

<出典：<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000048-mai-int>>

国家運輸安全委員会は、凍結防止システムに用いられている化学薬品とその腐食性について調査している。(本橋の床版内に装備されている噴射装置から散布される) 酢酸カリウムが非腐食性でコンクリート内部の鋼材に対して安全であるとの理由から凍結防止剤として選択されているが、その流出により亜鉛メッキ部材が化学反応を起こしたことが点検記録に残っている。

<出典：<http://enr.construction.com/news/transportation/archives/070823.asp>>

橋桁の腐食は、凍結防止剤や鳩の糞による可能性がある。

<出典：<http://www.chunichi.co.jp/article/world/news/CK2007082302043293.html>>

注) このほか、本橋の健全性や状態についての情報は既往の点検結果等が公開されており、それらの詳細は4章に示した。

#### (5) 事故時の写真

MN/DOT のホームページでは、事故発生後の航空写真が公開されている。

(URL: <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/photos/>)

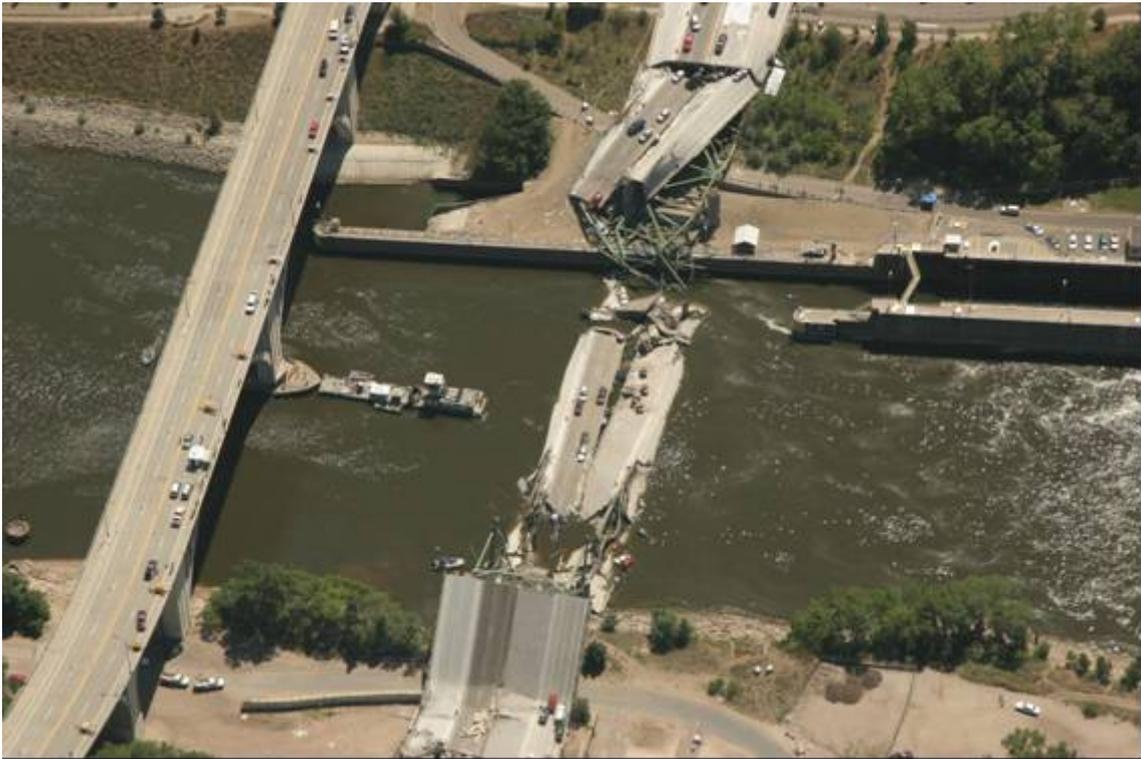


写真-3.1 事故現場の状況（8月2日）（出典：MN/DOT）



写真-3.2 事故現場の状況（8月2日）（出典：MN/DOT）



写真-3.3 事故現場の状況（8月2日）（出典：MN/DOT）



写真-3.4 事故現場の状況（8月17日）（出典：MN/DOT）



写真-3.5 事故現場の状況（9月1日）（出典：MN/DOT）

## 4章 事故橋梁（#9340）の概要

### 4-1 橋梁の概要

事故橋梁 I-35W( #9340)の概要は以下の通り。MN/DOT 公表の「Fact Sheet -Aug. 13.2007」( URL : <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdfs/factsheet.pdf> ) など公開資料の情報を中心に再整理したものである。

#### (1) 連邦識別番号

米国では、ほとんどすべての橋梁に連邦の識別番号が付与されており、NHI（国家道路資産）データベースに登録されている。

本橋の固有の連邦識別番号は「#9340」である。

#### (2) 設計者

Sverdrup & Parcel

#### (3) 架設経緯

- ・1964年架設開始（Hurcon Inc. and Industrial Construction Company）
- ・Industrial Construction Companyが鋼トラスとデッキを1965年の夏に施工。
- ・1967年供用開始。

#### (4) 工費

- ・橋脚建設費 440,740ドル
- ・橋梁建設費 4,828,262ドル

#### (5) 日交通量

- ・140,000台（うち商用車5,700台）

#### (6) 供用形態

- ・8車線（南北双方向それぞれ4車線、うち最右の一車線はそれぞれ加減速車線）
- ・なお、1967年の供用当時は6車線（双方向それぞれ加減速車線含む3車線づつ）であったが、1988年に双方向とも路肩部分を使って1車線追加された。

#### (7) 将来計画

- ・2020～2025年での架け替えが計画されていた。

#### (8) 構造的特徴など

- ・鋼上路トラスは「床版」、「上部工」、「下部工」の3つの要素から構成される。
- ・一般的な橋の寿命が75～100年であるのに比べ、鋼上路トラス橋の平均的な寿命は約50年となっている。
- ・橋長1,907フィート(581m)、14径間。
- ・床版は、橋軸方向に平行に分割されており幅は、113フィート4インチ(34.5m)
- ・取付け橋の上部構造は、桁高48インチ(1,219mm)の溶接プレートガーダー14主げたにより支えられている（南側取付け橋は5径間であり、北側取付け橋は6径間）。第6,7および8径間は川を渡るメインスパンである。

- ・鋼上路トラスは2主構で対称形。第6および第8径間の径間長は266フィート(81m)。
- ・渡河する中央の第7径間は長さが456フィート(139m)。
- ・トラスは溶接部材で構成されており、兩岸の橋脚(第6ピア、7ピア)位置では高さ約60フィート(18m)であった。2つのトラス(主構)は、橋軸直角方向の床ビームトラスにより、27インチ(686mm)の圧延鋼げたの縦桁と結合されている。橋軸方向に配置されている縦桁は床版と交通荷重を床ビームトラスに伝達している。床ビームトラスは高さが12フィート(3.66m)である。

#### (9) ミネソタ州における類似橋

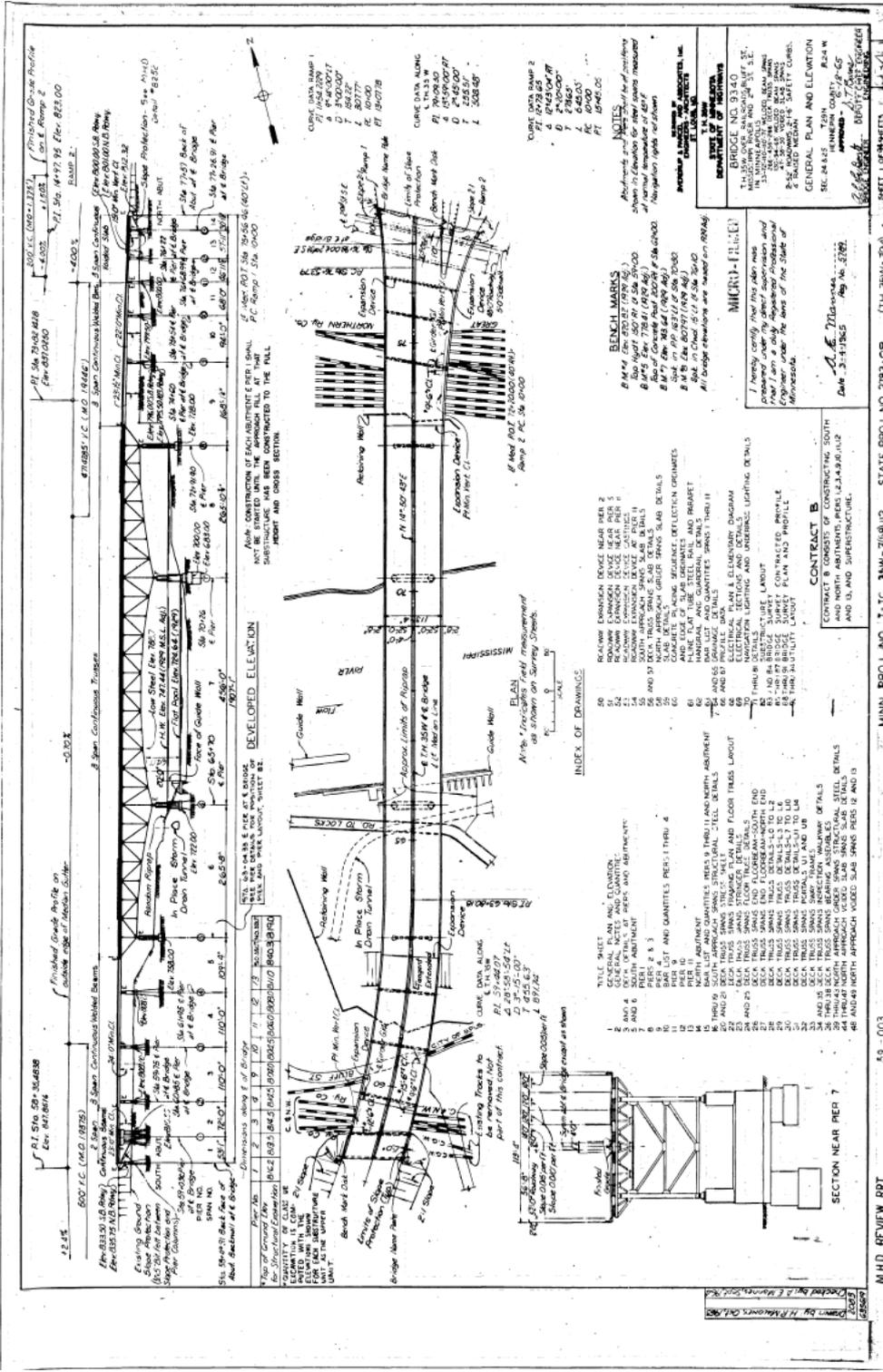
今回の事故直後に連邦政府より同形式橋梁に対する緊急点検が指示されているが、8月13日付けの前出連邦道路局発表のfact sheetによると以下の類似橋が例示されている。

1. セントクラウドのミシシッピ川上のハイウェイ 23 の橋  
(調査団現地調査実施橋梁(調査橋梁 1、#6748))
2. サンドストーンのカトル川上のハイウェイ 123 の橋  
(調査団現地調査実施橋梁(調査橋梁 8、#5718))
3. ウィスコンシン、オシオラへのセントクロイキシ川上のハイウェイ 243 の橋  
(調査団現地調査実施橋梁(調査橋梁 10、#6347))
4. サウク ラピッズのファースト ストリート サウス橋  
(調査団現地調査実施橋梁(調査橋梁 3、#5947))
5. ゲースベリーフォールズ州立公園近くのハイウェイ 61 の橋(やや類似設計の橋)

なお、その他に緊急点検に該当する橋梁のリスト、事故橋梁同様に「構造的欠陥」と評価されている橋梁のリスト等が道路管理者によってはインターネット等で公開されている。

#### (10) 橋の耐荷力

橋の耐荷力は、1台あたり80,000ポンド(36.3トン)までの適法なトラック荷重に対しては安全とされていた。この荷重は現在の橋の設計においては標準として用いられるものである。また159,000ポンド(72.2トン)までの許可された超重車両の通行には安全とされていた。

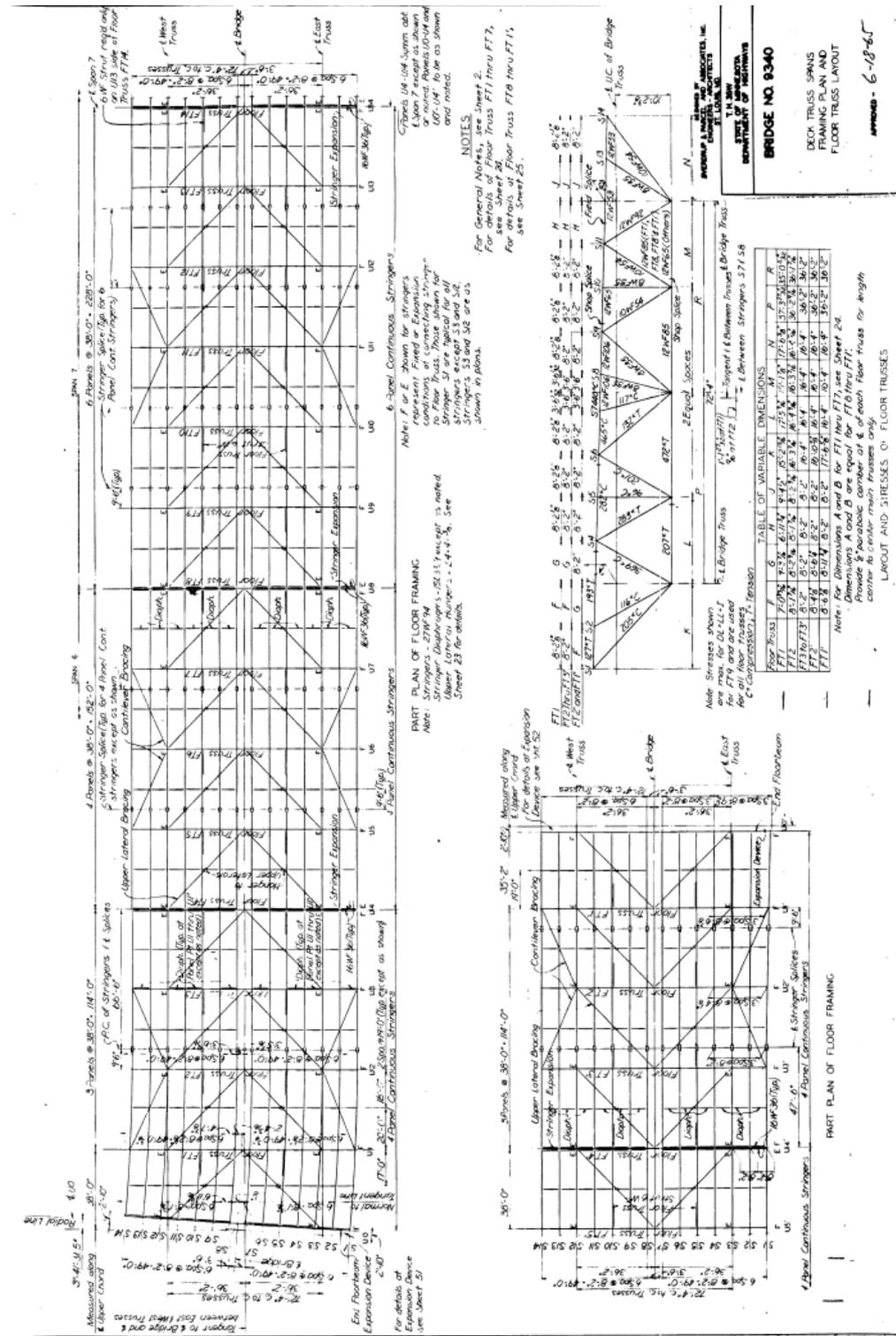


MINN. PROJ. NO. I-35W-3049 I/2 STATE PROJ. NO. 2783-08 (I-35W-304)

图-4.1(a) I-35W(#9340) 桥梁一般图

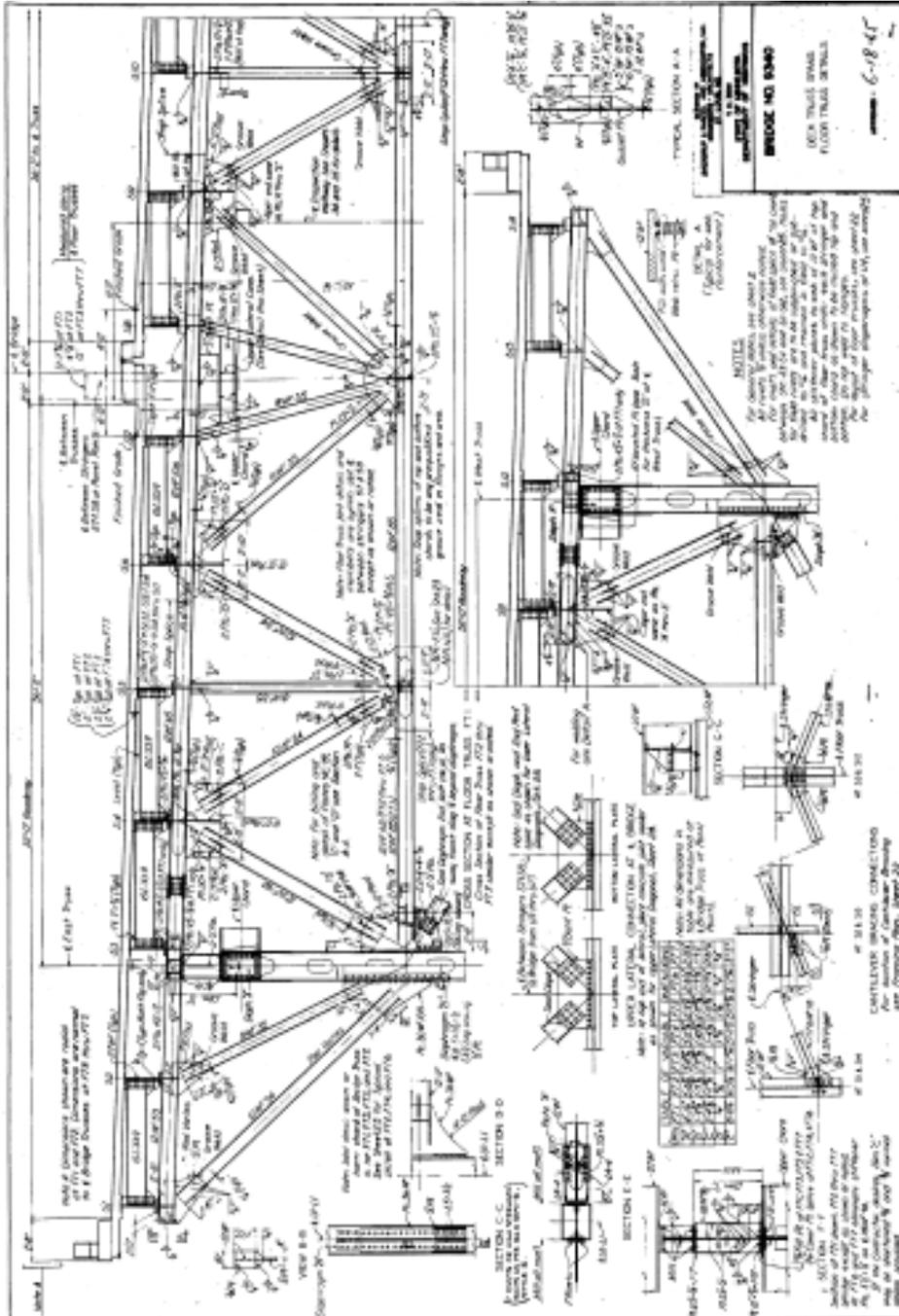
M.H.D. REVIEW RIT 59-003

出典： Minnesota Department of Highways



出典： Minnesota Department of Highways

図-4.1(b) I-35W(#9340)橋梁トラス一般図



出典： Minnesota Department of Highways

図-4.1(c) I-35W (#9340) 橋梁フロアトラス構造図

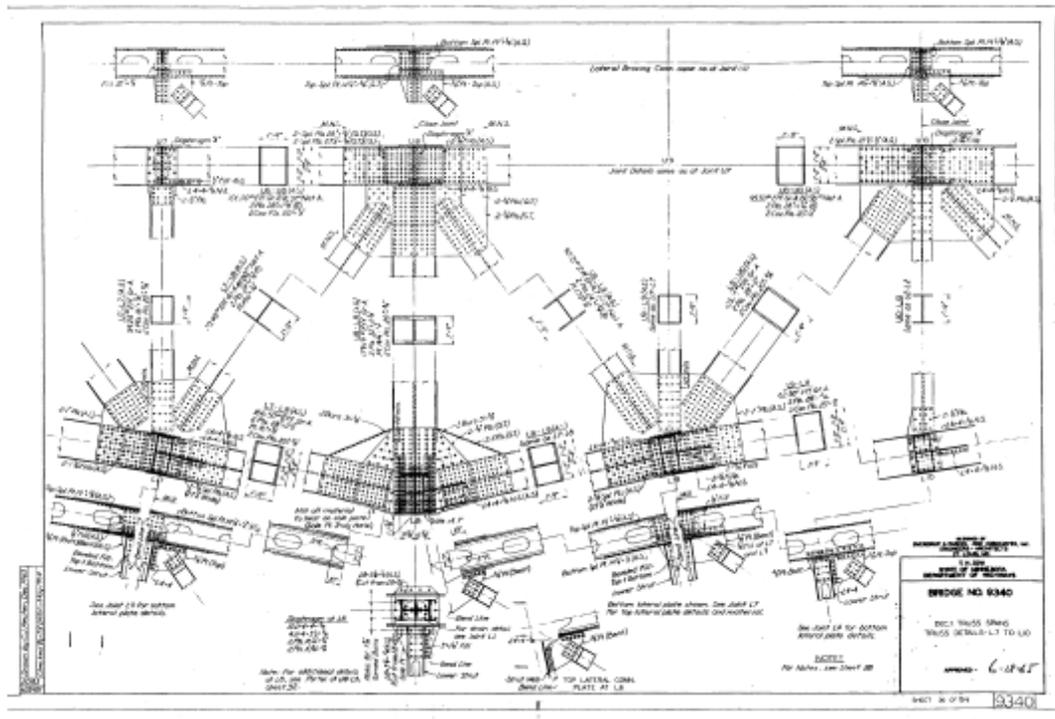


図-4.1(d) I-35W (#9340) 橋梁ガセットプレート構造図 (L7-L10)

出典： Minnesota Department of Highways

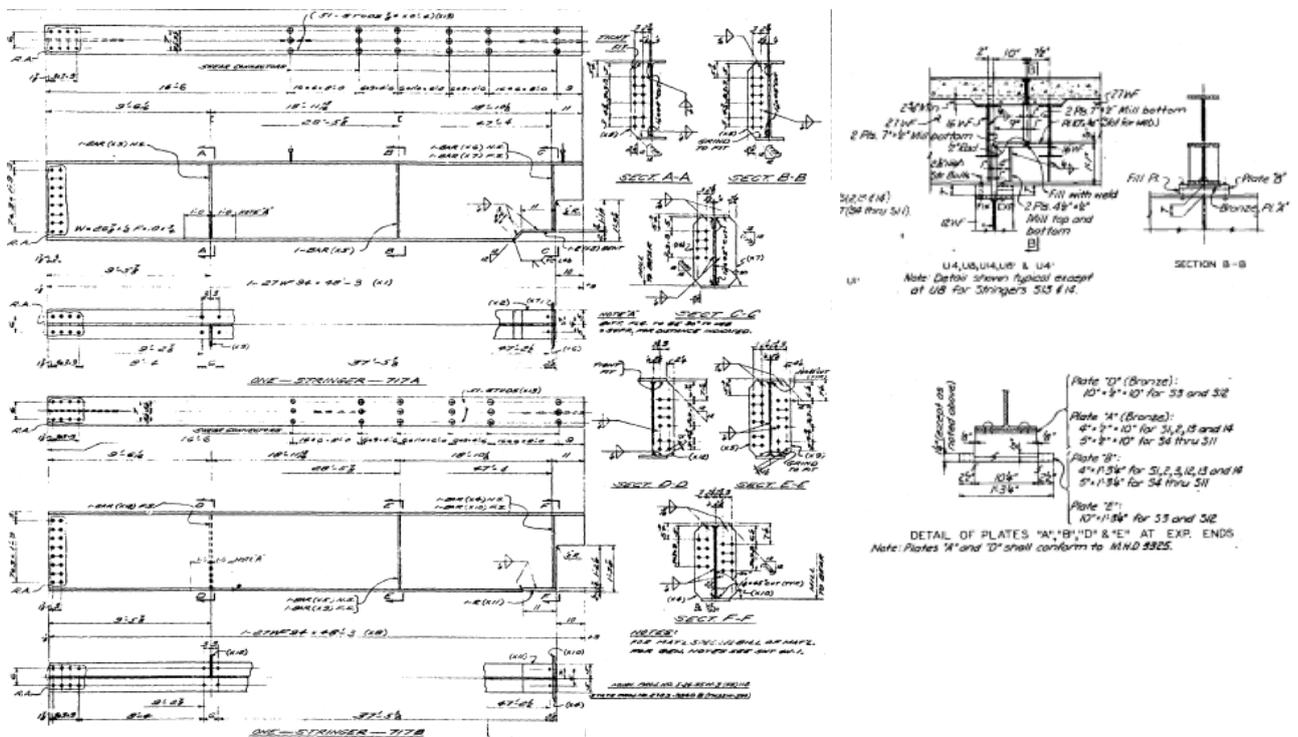


図-4.1(e) I-35W (#9340) 橋梁ストリンガー構造図 (U7-U8)

出典： Minnesota Department of Highways

## 4 - 2 点検・調査の履歴

### 4 - 2 - 1 概要

#### ( 1 ) 点検履歴

- ・ 1993 年以前は 2 年毎、1993 年より毎年点検。
- ・ 破壊クリティカル点検の最近のものは 2006 年。
- ・ 溶接細部の特別点検が 2007 年春に始められ、MN/DOT は 2007 年秋までに点検を完了する予定であった。( [www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html) )

#### ( 2 ) 橋の状態について

- ・ MN/DOT の橋梁点検チームにより作成された 2006 年の破壊クリティカル橋の点検報告書は、上部構造が低い評点を受ける原因となった特定の問題を示している。低い評点は、塗装系が劣化しているいくつかの箇所における腐食、鋼トラスや床組における溶接不良、設計されたようには可動しない支承、およびトラス横ばりや取付け橋に存置された疲労き裂補修に起因している。
- ・ 欠陥は 1997 年の点検報告書で認識されていた。MN/DOT はこれらの欠陥に対処するいくつかの措置を行っていた。取付け橋におけるいくつかのき裂は、補修されるか、モニターされていた。
- ・ 橋梁オフィスはトラスの疲労応力を評価するため、2001 年にミネソタ大学と契約し、現場計測が実施された。計測および解析結果では応力範囲は疲労限よりも小さく、上路トラスでの疲労き裂の発生は想定されないと結論づけられた。  
その一方で、次の対策が推奨されていた：
  - 最大応力範囲を生じる主構トラスの構造部材に対する 2 年毎の徹底点検の実施。
  - クリティカルな部位で大きな応力範囲を生じている床組トラスの 6 ヶ月毎の点検。
- ・ トラス部の溶接ディテールでは疲労き裂が問題になると想定されないと報告書では結論づけているが、個々のトラス部材全てについて、いずれか 1 本の破壊が橋全体の崩壊につながるか、それとも橋の他の部材によって交通荷重が安全に支持されるのかを結論づけるため、MN/DOT は 2006 年に URS ( コンサルタント ) と契約し、より詳細な疲労と破壊の解析が行われた。URS は 2007 年 1 月に 3 つの推奨案を示した。
  - 1) 最もクリティカルな 52 のトラス部材に耐力を増すあて板の設置。
  - 2) 疑わしい溶接ディテール全ての目視試験を行い、かつ 52 の破壊クリティカルなトラス部材全ての疑わしい溶接ディテールにおいて検知可能な欠陥を取り除く。
  - 3) 1) と 2) の組合せを行う。
- ・ この結果を受けて、MN/DOT は溶接ディテールの点検を開始したが、溶接部のき裂は発見されなかったため、MN/DOT はその時点でオプション 1) に進まなかった。MN/DOT では、床版補修・補強工事完了後に、残る全部材の溶接ディテールの点検を完了させる予定となっていた。

4 - 2 - 2 NBI点検

(1) 定期点検結果 (NBI 評価) の推移

本橋の NBI 評価は、上部構造について少なくとも 1997 年以降は同じ評価 (4 : POOR CONDITION) がなされており、全体的な評価も 1997 年時点ですでに構造的欠陥 (SD) であると評価されている。

また満足度指標 (SR) についても記載のある 2002 年以降一貫して更新検討が必要と考えられる閾値である 50 点のまま推移している。

表-4.1 MN/DOT BRIDGE INSPECTION REPORT (NBI 評価の推移)

調査年月日	構造的 欠陥状態	SR	NBI				
			床版	上部構造	下部構造	水路部	カルバート
06-15-2006	SD	50.0	5	4	6	7	N
06-10-2005	SD	50.0	5	4	6	7	N
06-16-2004	SD	50.0	5	4	6	8	N
06-13-2003	SD	50.0	5	4	6	8	N
05-17-2002	SD	50.0	5	4	6	8	N
09-26-2001	SD	-	5	4	6	8	N
04-03-2000	SD	-	5	4	6	8	N
04-15-1999	SD	-	5	4	6	8	N
09-11-1998	SD	-	5	4	6	8	N
08-04-1997	SD	-	6	4	6	8	N

表-4.2 NBI による状態ランク

N	NOT APPLICABLE	適合なし
9	EXCELLENT CONDITION	極めて良好
8	VERY GOOD CONDITION	非常に良好
7	GOOD CONDITION	良好
6	SATISFACTORY CONDITION	満足できる状態
5	FAIR CONDITION	普通
4	POOR CONDITION	欠陥のある状態
3	SERIOUS CONDITION	深刻な状態
2	CRITICAL CONDITION	危機的な状態
1	"IMMINENT" FAILURE CONDITION	落橋が差し迫った状態
0	FAILED CONDITION	崩壊した状態

以下に、2006 年に実施された定期点検結果報告書の抜粋を示すが、特に構造の安全性にかかわる可能性のある損傷として次のものが挙げられる。

- (#107) 塗装げたの状態：
- (#113) 塗装縦げたの状態：
- (#131) 塗装デッキトラスの状態：
- (#303) 床組の伸縮装置：
- (#152) 床梁の塗装：

これらの項目のいずれにおいても相当量が深刻な状態とされる「状態 1～3」に分類されており、主構部材の著しい腐食・断面欠損がかなりの範囲で存在していたことが推測される。

## 2006年の定期点検結果

### ミネソタ州橋梁点検報告書

橋梁としての査定 SD (Structural Deficient): 構造的欠陥 SR (Sufficiency Rating) = 50 (100点満点中)  
 NBI評価 橋床:5 上部構造:4 下部構造:6 水路部:7 カルバート:なし  
 評価レーティング アプローチ部:8 渡河部:9  
 評価の考え方

N	G	8	7	6	5	4	3	2	1	0
適用できない	優れた	非常に良い	良い	満足な	ふつう	ひどい	重態	重態(閉鎖を考える)	差し迫った危機	使用禁止

要素	要素名	ENV	点検実施日	数量						
				数量	(単位)	状態1	状態2	状態3	状態4	状態5
22	低スランブオーバーレイ(コンクリート橋床) LS O/L (CONC)	2	2006/6/15	201,853	平方	0	0	201,853	0	0
			2005/6/10	201,853	フィー	0	0	201,853	0	0
	[注釈] 3車線と双方向オン・オフランプ(2フィートの路肩)。[1978]低スランブのオーバーレイ(広範な全厚打ち換え)。[1993]フィンガージョイントに沿ったパッチングと表面損傷。[1998]中央分離壁の交換(定置鋼製型枠)。地覆は吹付コンクリートで補修。[1998]NBLの部分的な連鎖により、表面に1,665箇所のSF、損傷に伴う47箇所のSFが発見された。[1999]FWHAによるレーダー探査によって、床版の6%が不健全であることが判明。[2001]建設会社による床版のハツリとパッチングを実施。									
48	低スランブオーバーレイ(コンクリート床版) LS O/L (CONC)	2	2006/6/15	17,233	平方	0	0	17,233	0	0
			2005/6/10	17,233	フィー	0	0	17,233	0	0
	[注釈] 12~14支間に、2フィートのCIPコンクリート中空床版がある									
300	STRIP SEAL JOINT	2	2006/6/15	946	フィー	852	0	94	N/A	N/A
			2005/6/10	946	ト	852	0	94	N/A	N/A
	[注釈] 北側の第11橋台、南側の橋台のジョイントは、新品に交換した。鋼製のエクストリュージョンは、腐食がひどく、新しいglandに交換できなかった。[1995]第11橋脚のジョイントは漏れが多く、ストリンガージョイントのglandsはあちこちから抜けた。									
301	注入目地 POURED DECK	2	2006/6/15	1,017	フィー	1,000	0	17	N/A	N/A
			2005/6/10	1,017	ト	1,000	0	17	N/A	N/A
	[注釈] 床版は1,017LFの横断するジョイントを持っている。 [1997]床版ひび割れに伴い、雨水等が下面まで浸透している。									
303	床組 ASSEMBLY DECK JOINT	2	2006/6/15	326	フィー	191	110	25	N/A	N/A
			2005/6/10	326	ト	191	110	25	N/A	N/A
	[注釈] トラスの終点部 と スパン2ヒンジのOpen finger ジョイント [1998]ゴム“スカート”がトラス最終部fingerジョイントに取り付けられた。Open fingerジョイントへのさらされた表面は広範囲にわたり部分的な損失がある。									
412	APPR RELIEF JOINT	2	2006/6/15	226	フィー	0	226	0	N/A	N/A
			2005/6/10	226	ト	0	226	0	N/A	N/A
	[注釈] アプローチのreliefジョイント。52LF SBL4"wide; 52LF NBL 3 1/2"wide; 南アプローチ。26LF SBL ramp2"wide; 48LF SBL1"wide; 北アプローチ。reliefジョイントは再密封が必要である。									

321	アプローチ床版 CONC APPROACH SLAB	2	2006/6/15	4	フィー	0	4	0	0	N/A
			2005/6/10	4	ト	0	4	0	0	N/A
[注釈] [1991] 全ての4アプローチパネルは横断するひび割れがある。										
331	コンクリート製高欄 CONCRETE RAILING	2	2006/6/15	7,831	フィー	7,000	831	0	0	N/A
			2005/6/10	7,831	ト	7,000	831	0	0	N/A
[注釈] [1998] 4018LFレール(てすり)再建設。3813LF割れた中央J-レールは取り付けた。外部のレールは新品を追加導入した。 垂直亀裂。										
107	塗装桁 PAINTED STEEL GIRDER	2	2006/6/15	10,596	フィー	0	9,000	1,400	196	0
			2005/6/10	10,596	ト	0	9,000	1,400	110	86
[注釈] [1968] 鉛系塗装、アプローチ桁は溶接はりのリベット接合のスパン[1995]はりには塩分のフィルムが生成、全体にチョーキング、ファスシア(看板)はりには断面欠損、孔食、フレーキング、表面さびは下フランジに発生[1999]ヒンジ部、中央部のはりには再塗装、ジンクリッチを用いたスポット塗装はトラス部端、ヒンジ、中央部下面、塗装の15%は劣化していた。										
113	塗装縦桁 PAINT STEEL STRINGER	2	2006/6/15	14,896	フィー	0	14,000	700	196	0
			2005/6/10	14,896	ト	0	14,700	0	150	46
[注釈] 27インチ高さの縦桁トラススパン、[1995]縦桁は断面欠損、エキスパンションジョイントは孔食、フレーキング、表面さびがある、[1999]中央部縦桁は再塗装[2000]縦桁は床はりの多くのボルトは脱落。										
131	塗装デッキトラス PAINT STL DECK TRUSS	2	2006/6/15	2,127	フィー	0	1,000	880	247	0
			2005/6/10	2,127	ト	0	0	1,880	215	32
[注釈] 主トラス部材は多くの溶接欠陥(溶接われもある)[1995]トラス部材の内面は断面欠損、はとのふん[1999]はと防止へ部材開口部にスクリーンを配置。										
152	床はりの塗装 PAINT STL FLOORBEAM	2	2006/6/15	3,348	フィー	0	2,000	725	623	0
			2005/6/10	3,348	ト	0	2,000	725	600	23
[注釈] [1988]SEロッカーヒンジ(ロッカー支承は固着)でウェブのわれ、われは溶接で固定またはストップホールで処置[1992,1998]多くのわれがクロスはり(NEロッカーヒンジの床はり)で発見、プレースにて補強、われの大半はストップホールで処置[1998,1999]床はり、クロスはりを再塗装、床はりトラスは多くの溶接欠陥、断面欠損、孔まであいている[1995]スパン2:塩分の白いフィルム、全体にチョーキング、[1999]床はりトラス中央を再塗装。										
373	スチールヒンジ STEEL HINGE	2	2006/6/15	18	フィー	0	4	0	14	0
			2005/6/10	18	ト	0	4	0	0	14
[注釈] [1985]SEクロスはりのロッカーヒンジのピンを交換、ヒンジは腐食により断面欠損、孔食[1999]床はりのロッカーヒンジ支承は再塗装、[1996]スパン2:全ヒンジ支承は可動でなくなっている。[1999]スパン2:ヒンジ支承が再塗装された。										
380	二次部材 SECONDARY ELEMENTS	2	2006/6/15	1	フィー	0	0	1	0	N/A
			2005/6/10	1	ト	0	0	1	0	N/A
[注釈] [1955]前面梁のトラスと縦桁を繋ぐ骨組み構造は、機能している。										
311	可動支承 EXPANSION	2	2006/6/15	125	フィー	75	44	6	N/A	N/A
			2005/6/10	125	ト	75	44	6	N/A	N/A
[注釈] [1994/2000]支承取り付け部に錆が生じている。[1996]支承の取り付け部が収縮している。[1994]メイントラスのローラー支承が機能喪失(ボルトの抜け落ち、塗装劣化、腐食)が生じている。										

313	固定支承 FIXED BEARING	2	2006/6/15 2005/6/10	35 35	フィー ト	35 35	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] なし
205	コンクリート製支柱 CONCRETE COLUMN	2	2006/6/15 2005/6/10	52 52	フィー ト	49 49	3 3	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] [1969]No.9橋脚:東側の支柱は列車脱線による損傷を受けた [1993] No.7橋脚:西側の支柱は縦方向のひびわれがある [2000] No.11橋脚:西側の支柱は部分的欠け落ちの損傷がある [1996]No.1橋脚は北向きに少し傾いている。これは、No.2支間のヒンジ部の欠陥に起因している。
210	コンクリート橋壁 CONCRETE PIER WALL	2	2006/6/15 2005/6/10	168 168	フィー ト	168 168	0 0	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] なし
215	コンクリート橋台 CONCRETE ABUTMENT	2	2006/6/15 2005/6/10	255 255	フィー ト	230 230	25 25	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] [1991]両橋台ともひびわれと汚れが少々ある。
234	コンクリート製CAP CONCRETE CAP	2	2006/6/15 2005/6/10	819 819	フィー ト	669 669	150 150	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] [1998] No.11橋脚:CAPは広範囲に「gunnite」で補修している。
356	疲労亀裂 FATIGUE CRACKING	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	1 1	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] アプローチスパンに多数の疲労亀裂が見つかった。亀裂はネガチブモーメントのダイアフラム接合部に発生しており、その場所では補剛材は上フランジと十分に溶接されていない。スパンでは3番桁(東側より)はウェブに4フィートの長さの亀裂があった。この亀裂は高力ボルトで締められたあて板により補強されていた。多くの今ある亀裂は、ストップホールがあげられている。ダイアフラム接合はストレスレベルを下げるために位置を下に移動した。北側アプローチ横桁 桁GIC下フランジで2 1/2"東側"西側に亀裂が見つかった。
357	広範囲な腐食 PACK RUST	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	0 0	1 1	0 0	N/A N/A
										[注釈] [1995] トラス部材は、対傾構と前面梁との結合部において、剥離していたり表面部に腐食が見られる。
358	コンクリート製橋床の ひび割れ CONC DECK CRACKING	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	1 1	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] [1993] オーバーレイは3000LFの斜め方向のひびわれある [1998] ひびわれ注入された。
359	コンクリート製橋床の 下面 CONC DECK UNDERSIDE	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0
										[注釈] [1997/98]床版下部に、かなりの、横断するクラックが存在する。複数の、石灰が析出しているクラックや損傷がある(特に、北側のアプローチ径間)。[1998]隣接部の損傷した床版の中央分離壁を取り除いた(場所によってはパッチングを施した。)

360	沈下 SETTLEMENT	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] なし
361	洗掘 SCOUR	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] 水中点検によれば、洗掘や変形などの兆候は見られない。
363	連結部の機能低下 SECTION LOSS	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	1 1	0 0	0 0	N/A N/A
										[注釈] ボルトの抜け落ち、剥離、表面の錆
964	重要事項 CRITICAL FINDING	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] なし
966	FRACTURE	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] 詳細調査報告書を参照
981	標識 SIGNING	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0
										[注釈] 標識は、トラス橋北側の高欄の上に取り付けられている。高欄の支柱は、トラスの南側の標識に取り付けられている。
982	ガードレール GUARDRAIL	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] [1998]アプローチ部のガードレールが補修されている。
984	排水溝 DRAINAGE	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	0 0	1 1	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] 第6橋脚: 水平排水勾配が不足(頻繁に閉塞) [1998/99]フィンガージョイント端部にあるトラス下の通し配水管を撤去し、ゴム製のカバーと交換。[2000]横桁のカバーが閉塞した。
985	傾斜 SLOPES	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	1 1	0 0	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] [1994]北側の橋台の斜面部に20フィートの水平ひび割れが生じている。
986	縁石と歩道 CURB & SIDEWALK	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	1 1	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] [1993]縁石の外側の柵が剥離している。
988	その他 MISCELLANEOUS	2	2006/6/15 2005/6/10	1 1	フィー ト	0 0	1 1	0 0	N/A N/A	N/A N/A
										[注釈] ガードレールに取り付けられた照明器具、床版下の照明器具、河川航行用照明器具。 [1994]西側ガードレールに取り付けられた照明塔に、縦方向6インチの割れが発生(除雪 ブラウによる損傷)。[1999]床版の自動凍結防止装置が取り付けられた。(制御室は、北 西の橋詰め)

#### 4 - 2 - 3 詳細点検の結果 (Fracture Critical Bridge Inspection)

本橋は、2主構トラス橋という構造的特徴から一部の部材の損傷などの機能喪失が橋全体に致命的な影響を生じる橋である Fracture Critical Bridge (破壊クリティカル橋) に分類されており、毎年詳細点検が実施されてきている。

図 4.2(a) ~ (b)に公開された詳細点検結果から抽出した主な損傷状況と履歴を総括したものを示す。

これらの結果をみると、構造的に問題となる可能性のある損傷としては、貫通ひび割れを疑わせる床版の漏水、弦材への滞水、仮止め溶接の割れ、腐食による断面欠損が以前より検出されていることがわかる。

特に、崩壊した P6、P7 の支点付近では床版のジョイントからの漏水、床げたの断面欠損が報告されており支点近傍の部材では腐食が進行していた可能性がある。

FRACTURE CRITICAL BRIDGE INSPECTION In-Depth Report  
 BRIDGE # 9340 (SQUIRT BRIDGE) I-35W over the Mississippi River at Minneapolis, MN JUNE 2006  
 MAIN TRUSS (EAST TRUSS)

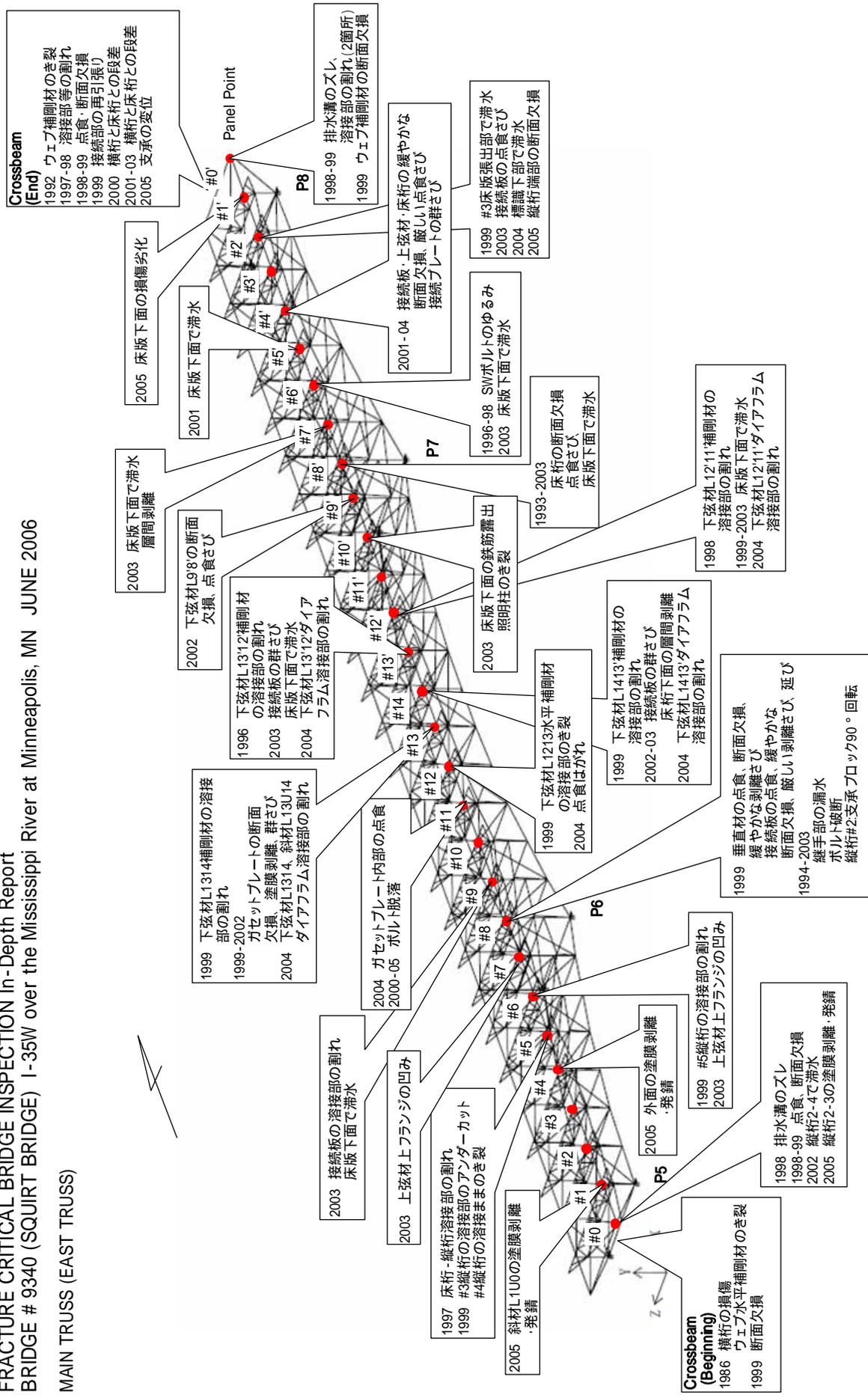


図-4.2(a) 主な損傷位置図(東側トラス)

FRACTURE CRITICAL BRIDGE INSPECTION In-Depth Report  
 BRIDGE # 9340 (SQUIRT BRIDGE) I-35W over the Mississippi River at Minneapolis, MN JUNE 2006  
 MAIN TRUSS (WEST TRUSS)

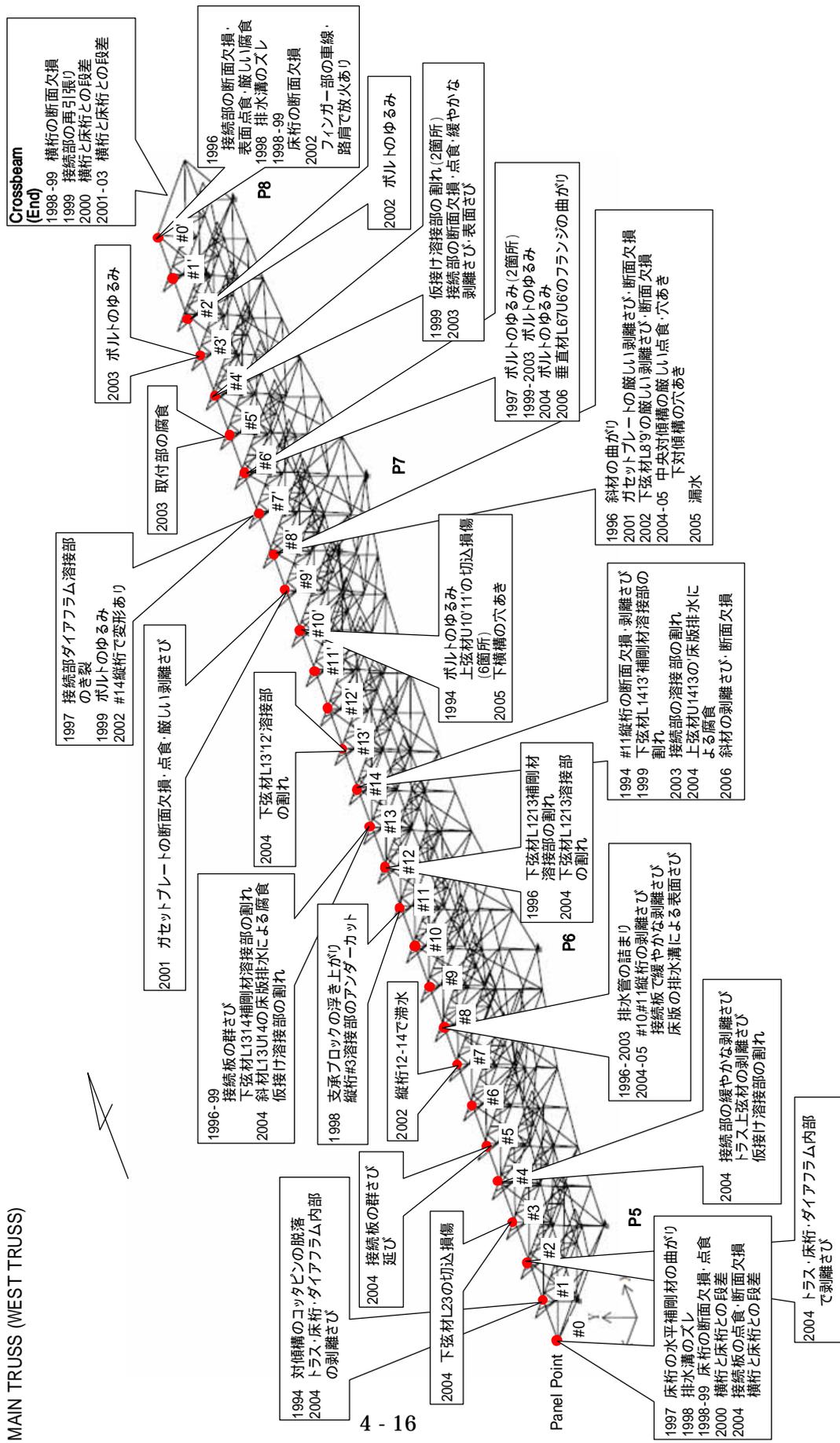


図-4.2(b) 主な損傷位置図 (西側トラス)

以下に、最も新しい2006年の「Fracture Critical Bridge Inspection In-Depth Report」の主な報告内容を示す。

#### (1) 本橋の概要

米国で1968年に制定された「連邦政府道路支援法」に基づいて確立された橋梁点検プログラムにしたがって、ミネソタ州道路局メトロ部点検ユニットが第9340番橋の点検を毎年行っている。この橋はいくつかの通りを超えミネソタ鉄道、駐車場を横断している。1967年架設した14径間で橋長1907フィートの橋である。北端ではオン・オフランプのための拡幅されており、南端では多少カーブしている。

渡河部のメインスパン(6~8径間部)は、各々溶接された部材で構成される988フィート長さの鋼デッキトラスであり、この部分がフラクチャア・クリティカル (Fracture Critical)の対象となる構造部材である。近くにある聖アンソニー滝から発生する霧、霧氷のため頻繁に床版に氷が張ることから、1999年に自動化された凍結防止装置が設置され、凍結防止剤散布用のスプレーノズルがデッキと手摺りに取り付けられた。

#### (2) 今後の維持管理について

- ・橋の架け替えがかなり遅れるならば、床版の打ち換えが行われなければならない。ただし、床版・床組の拡幅は許されない。
- ・床版打ち換え時には、完全な再塗装、第2スパンのヒンジ継手の除去、橋面排水システムの是正を行うべきである。
- ・トラスの箱断面部材内のダイヤフラムは2年ごとに調査し、発見された疑わしい溶接欠陥はすべて、磁粉探傷装置で試験を実施する。なお、調査にあたっては、プラスチックの鳥害対策スクリーンを必ず取り外して点検を行うものとする。
- ・ダイヤフラムなど疲労クラックに対してストップホールで修理されたことがある部材部位は毎年詳しく点検し、新たなき裂が見つかった場合にはそのき裂が小さくてもストップホールを施工する。
- ・桁番号3の第7縦桁では割れに対して2インチのストップホールがあげられた。反対側にも2インチのストップホールをあげることを推奨する。
- ・1998年の点検で、アプローチスパン(#3-5と#9-10)で多数の疲労き裂が見つかった。これらは負のモーメント領域にあるが、補剛材はフランジ上部とは溶接されておらず、広い範囲で同様のき裂が見られるためこの領域は毎年、詳細に調べなければならない。
- ・将来的には橋の更新、床組床版の全面取り換えが推奨される。
- ・部分的な舗装オーバーレイやジョイントの交換も行う。
- ・縦桁の連結ボルトは交換すること。
- ・支承部の固定がゆるんで支承部材自体が動きはじめている。変位が大きくなるようであれば上部工をジャッキアップして支承を交換すること。
- ・ジョイント部のシールが弱って水漏れを起こしている。GLAND(ジョイントの部品)を1998年に交換

しようとしたがこの鉄製部品が激しく腐食しており、交換できなかった。その代わりに南側橋脚に GLANDを設置した。これはメッシュを用いて強化した新しいタイプである。経過が良好であればこれをほかのジョイントにも用いるのが良い。

・ 1999年に設置したトラス上のゴム性スカートはゴミがたまりやすい。毎年水洗する。P6の水平排水管は勾配が足りないのを改善すること。

### (3) 重点的に点検すべき箇所について

・ 桁番号3縦桁#7

1 - 1/2インチの割れあり、直径2インチのストップホールあり。

・ 桁番号3 - 5、桁番号9 - 10

1998年の点検でたくさんの割れが見つかったことから毎年詳細調査をすること。

・ 全トラスとロッカー(ロッカーは支承の種類)

これらに、断面欠損、層状ひび割れ、疲労き裂があるので毎年その変位を測定する。

・ 桁番号2のヒンジジョイント部

ヒンジ支承はかたまっており、支承の働きをしていない、完全な検査が必要。

#### 4 - 2 - 4 その他の調査（疲労評価に関する報告書の分析）

##### （１）ミネソタ大学の研究レポート

###### １）概要

本研究は、事故橋梁を対象として疲労耐久性の評価を精度良く行う方法について研究したものである。

標 題：「Fatigue Evaluation of the Deck Truss of Bridge 9340 2001-10」  
（橋梁(9340)の上路トラスの疲労評価）

著 者：H.M.O'Connell、R.J.Dexter、P.M.Bergson

実施組織：ミネソタ大学土木工学科

委 託 者：ミネソタ州交通局

###### ２）主な結果

本研究では、主構トラスと床組トラスにかかる活荷重応力の範囲を測定する装置を設置し、軸重が既知であるトラック走行試験、および通常交通荷重におけるひずみ計測を実施し、応力振幅を計測した。その後、橋を２次元あるいは３次元の有限要素モデルに展開し、床組トラスにかかる応力振幅を計算するモデルを作成した。

実測の結果、床組トラスに疲労き裂が生じるレベルの応力振幅は観測されなかったが、主構トラスや床組トラスの構造詳細に疲労設計上、問題となる部分があることが明らかになった。本研究の結果、次のことが明らかになった。

対象橋梁の床トラスの応力振幅は小さく、通常の活荷重のもとでは疲労クラックが発生する可能性は低い。

ミネソタ州交通局は疲労き裂に起因して本橋を架け替えるというような高価なプロジェクトを行う必要はない。

（本調査研究のように）ひずみゲージによる実橋実測と詳細な数値解析の組み合わせによって実橋の挙動を予測することが可能であることが確認された。本研究の成果は他の橋梁にも応用できると考えられる。

また、研究結果を踏まえて、以下の対応を推奨している。

・最も大きな応力範囲を生じる主構トラス部材（U2L2,L3U4,U4U6）は、特に引張部材のダイヤフラムの溶接部及び断続的なすみ肉溶接部について、現在実施されているように2年ごとに徹底的に点検すべき。

・床組トラス部材の端部の溶接部（面外ガセット継手）については高い応力範囲が生じており、6ヶ月ごとに点検すべき。

## ( 2 ) URS 報告書

### 1 ) 概要

設計と実測の両面から本橋の疲労耐久性について評価がおこなわれた。また疲労損傷の発生が本橋の安全性に及ぼす影響について評価が行われたものである。

標 題：「Fatigue Evaluation and Redundancy Analysis,Draft Report, July 2006」

著 者：URS

実施組織：URS

委 託 者：ミネソタ州交通局

### 2 ) 主な結果

本調査報告書による主な結果は、概ね以下の通りと理解される。

本橋には FCM が 52 部材存在し、そのうち 24 部材は疲労ガイドラインのカテゴリ E に属する構造詳細を有し、疲労寿命評価を行った結果、疲労限の要求値を満足していない。

FCM には比較的疲労に敏感である部材グループがある。これらの部材は疲労ガイドラインにおけるカテゴリ E に属する構造詳細を有し、疲労ガイドラインにおける疲労限界を満足していない。また、これらの部材は急激な崩壊を誘発するような薄いウェブ板を有しているが比較的低い応力状態にある。

FCM には比較的破壊に敏感である部材グループがある。これらの部材は大きな断面を有しており、非常に低い応力状態にあり、全ての部材が ASSHOT の疲労限界の要求値を満足している。また、これらの部材は厚いウェブ板を有するため、崩壊の起点となる貫通クラックが生じる可能性は低い。

既存の欠陥や亀裂がなければ、繰り返し変動荷重下で疲労亀裂は進展せず、重荷重のもとでの急激な崩壊は発生しない。

また、調査結果を踏まえて、以下の案を推奨している。

- 1) 最もクリティカルな 52 のトラス部材に耐力を増すあて板の設置。
- 2) 疑わしい溶接ディテール全ての目視試験を行い、かつ 52 の破壊クリティカルなトラス部材全ての疑わしい溶接ディテールにおいて検知可能な欠陥を取り除く。
- 3) 1)と 2)の組合せを行う。

#### 4 - 2 - 5 その他の調査（事故橋梁の復元解析による特性評価）

##### （1）概要

本橋については、設計図面等の多くがインターネット上に公開された。そこでこれらの情報を利用して、本橋の崩壊メカニズムを推定するために骨組解析モデルによる試算・検討を実施した。

##### （2）試算条件

###### 1)単位の変換

公開されている図面等から、以下のようにSI単位に変換して解析を行った。

1ksi	$6.895 \times 10^6 \text{Pa}$
1kip	4.448 kN
1 フィート	30.479cm
1 インチ	2.54cm

###### 2)解析モデル

解析は、竣工当初の図面を参考に、断面積（A）・断面2次モーメント（I）およびねじり定数（J）を算出し、これを考慮した3次元骨組解析モデルを作成して行った。このとき格点部も実際の固定条件に近似するよう部材剛性が考慮された剛結合となっている。

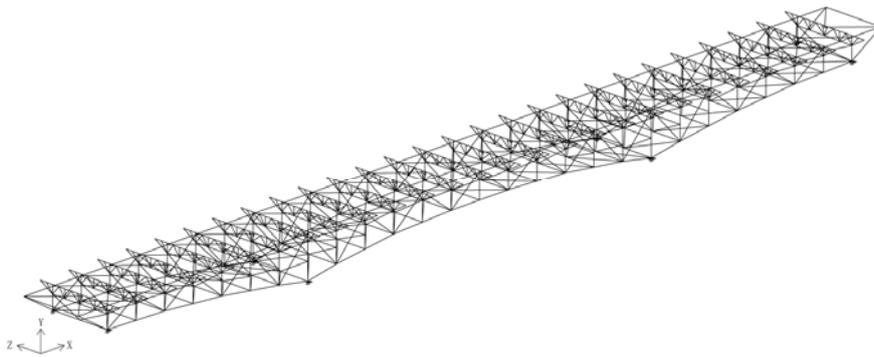


図-4.3 モデル図

(3) モデルの検証

作成したモデルの妥当性の検証は、「FATIGUE EVALUATION AND REDUNDANCY ANALYSIS」(DRAFT REPORT, July 2006)の数値および図面に標記されている変形量等との比較で行った。

1)死荷重反力による検証

報告書に示された死荷重反力は次の通り。

表-4.3 Summary of Total Dead Load Reaction

Summary of Total Dead Load Reactions							
Truss	Pier	Design Reactions	3D Model	Ratio:	3D Model	Ratio:	Ratio:
		From Plans	Reactions Based	3D Model /	Reactions Based	3D Model /	3D Model
		(kips)	On Plans	Plans	On Existing	Plans	Exist. / 3D
			(kips)		Conditions		Model Plans
					(kips)		
East	5	1098.00	1038.99	0.946	1298.12	1.182	1.249
	6	3660.00	3428.59	0.937	4181.54	1.142	1.220
	7	3589.00	3363.18	0.937	4104.05	1.144	1.220
	8	1446.00	1383.91	0.957	1706.79	1.180	1.233
West	5	1098.00	1038.78	0.946	1298.12	1.182	1.250
	6	3660.00	3427.60	0.937	4181.54	1.142	1.220
	7	3589.00	3362.42	0.937	4104.05	1.144	1.221
	8	1446.00	1383.68	0.957	1706.79	1.180	1.234
Total		19586.00	18427.16	0.941	22580.98	1.153	1.225

これらと解析モデルによる試算結果の比較は以下に示すとおりである。総重量（全反力の合計値）で 3.5%、各部反力でも 8%程度の乖離であり、概ね設計当初の重量条件が再現されているものと判断した。

表-4.4 反力の比

	kips	kN	解析値	比率
P1	1,098	4,884	4,498	0.921
P2	3,660	16,280	17,466	1.073
P3	3,589	15,964	17,171	1.076
P4	1,446	6,432	5,966	0.928
P1	1,098	4,884	4,498	0.921
P2	3,660	16,280	17,466	1.073
P3	3,589	15,964	17,171	1.076
P4	1,446	6,432	5,966	0.928
合計	19,586	87,119	90,202	1.035

2)部材断面力による検証

報告書に示された死荷重状態での主な部材（FCM 部材）の断面力は以下の通り。

表-4.5 Infinite Fatigue Life Check of Fracture Critical Members on One Half of Each Truss

Truss Member	Dead Load Axial Stress	Fatigue Guide Specs Fatigue Truck Method				LRFR Manual Fatigue Truck Method			
		LL+I Stress Range S <sub>r</sub>	Factored Stress Range R <sub>s</sub>	Limiting Stress Range S <sub>FL</sub>	Limiting Stress Range S <sub>FL</sub>	LL+I Stress Range Af	Max Stress Range Factored 2.0R <sub>Af</sub>	Fatigue Threshold (Af) <sub>D</sub>	Fatigue Threshold (Af) <sub>E</sub>
		I = 10%		Cat. D	Cat. E	I = 15%		Cat. D	Cat. E
	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)
L1-L2	1.50	1.53	2.58	2.60	1.60	1.63	3.10	7.00	4.50
L2-L3	1.50	1.42	2.38	2.60	1.60	1.51	2.86	7.00	4.50
U0-U1	9.76	1.19	2.00	2.60	1.60	1.30	2.48	7.00	4.50
U1-U2	8.54	0.68	1.15	2.60	1.60	0.74	1.41	7.00	4.50
U4-U5	11.61	1.17	1.97	2.60	1.60	1.25	2.37	7.00	4.50
U5-U6	10.95	1.16	1.95	2.60	1.60	1.24	2.35	7.00	4.50
L11-L12	15.73	0.71	1.20	2.60	1.60	0.75	1.42	7.00	4.50
L12-L13	15.73	0.71	1.19	2.60	1.60	0.75	1.42	7.00	4.50
L13-L14	17.54	0.58	0.97	2.60	1.60	0.61	1.16	7.00	4.50
U6-U7	18.06	0.38	0.65	2.60	1.60	0.41	0.78	7.00	4.50
U7-U8	18.58	0.43	0.73	2.60	1.60	0.46	0.88	7.00	4.50
U8-U9	17.45	0.36	0.61	2.60	1.60	0.39	0.74	7.00	4.50
U9-U10	17.33	0.34	0.58	2.60	1.60	0.36	0.69	7.00	4.50

これらと解析モデルによる断面力の比較を以下に示す。解析結果は報告書の数値に対して 80%から 93%程度の範囲に収まっており、概ね設計当初の断面力が再現できているものと判断した。

表-4.6 断面力の比較

		DRAFT REPORT				解析結果	
		ksi	MPa	面積	断面力	断面力	比率
402	L1-L2	1.50	10.3	254.8	263.5	209.11	0.79
403	L2-L3	1.50	10.3	254.8	263.5	215.88	0.82
101	U0-U1	9.76	67.3	354.8	2387.6	1905.44	0.80
102	U1-U2	8.54	58.9	354.8	2089.2	1901.91	0.91
105	U4-U5	11.61	80.1	354.8	2840.2	2464.45	0.87
106	U5-U6	10.95	75.5	354.8	2678.7	2473.34	0.92
412	L11-L12	15.73	108.5	648.4	7032.4	6235.63	0.89
413	L12-L13	15.73	108.5	648.4	7032.4	6243.04	0.89
414	L13-L14	17.54	120.9	896.7	10844.5	9431.59	0.87
107	U6-U7	18.06	124.5	716.1	8917.1	8352.90	0.94
108	U7-U8	18.58	128.1	716.1	9173.9	8362.46	0.91
109	U8-U9	17.45	120.3	648.4	7801.4	7212.28	0.92
110	U9-U10	17.33	119.5	648.4	7747.8	7202.29	0.93

(cm<sup>2</sup>) (kN) (kN)

### 3)変位による検証

報告書に示された死荷重状態の変位量は以下の通り。

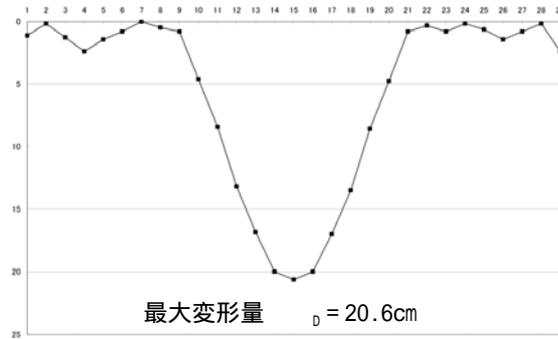


図-4.4 死荷重状態の比較

これらに対して骨組解析結果の死荷重の変形図を以下に示す。最大変形量は、22.5cmで図面から復元した変形量 20.6cm に対して約 9%程度の乖離であり、剛性は概ね同程度に再現されているものと判断した。

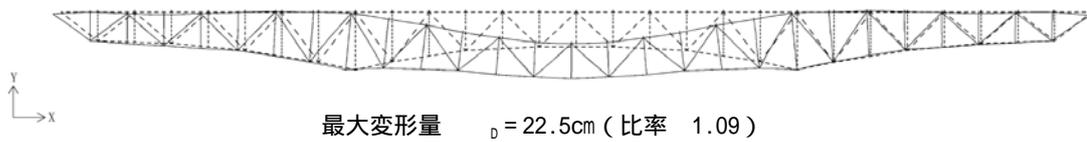


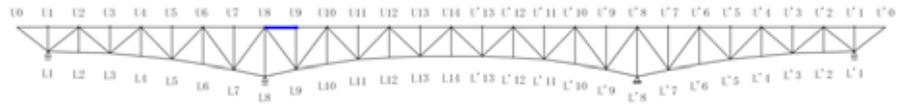
図-4.5 死荷重の変形図

(4) 試算

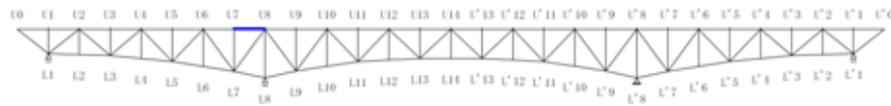
1) 試算ケース

試算は、上記疲労評価の報告書を参考に、FCM 部材と想定される部材の損傷（剛性を1/1000）を仮定した case1～case6 の6 ケース（死荷重状態）と、事故時の状況を模擬して活荷重を載荷（片側1車線に全載（便宜上、日本の道路橋示方書 p2 荷重（3.5kN/m<sup>2</sup>））した case7 の合計7 ケースを実施した。

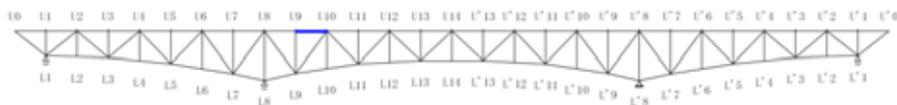
CASE 1 : 上弦材 (U8 - U9) が損傷



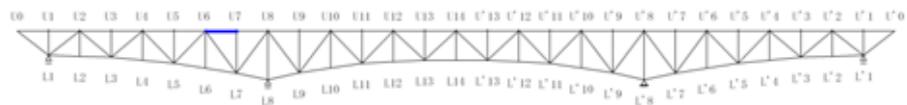
CASE2 : 上弦材 (U7 - U8) が損傷



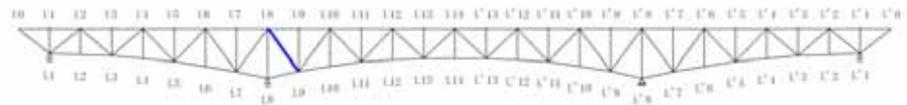
CASE3 : 上弦材 (U9 - U10) が損傷



CASE4 : 上弦材 (U9 - U10) が損傷



CASE5 : 斜材 (U8 - L9) が損傷



CASE6 : 斜材 (U8 - L7) が損傷

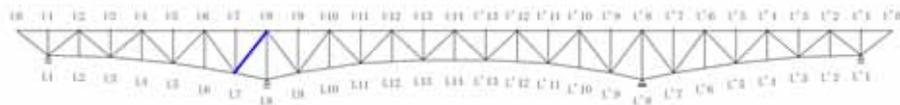


図-4.6 試算ケース

2) 試算結果と考察

以下に、代表断面の断面力と変位について解析結果と健全な状態に対するそれらの増加比率を示す。

表-4.7 断面力の比較

単位：kN

		CASE1		CASE2		CASE3		CASE4	
		断面力	比率	断面力	比率	断面力	比率	断面力	比率
402	L1-L2	657.18	3.14	825.34	3.95	664.07	3.18	973.27	4.65
403	L2-L3	268.32	1.24	394.51	1.83	285.77	1.32	499.11	2.31
101	U0-U1	1902.73	1.00	1901.36	1.00	1902.44	1.00	1902.20	1.00
102	U1-U2	1836.31	0.97	1776.00	0.93	1815.24	0.95	1865.28	0.98
105	U4-U5	-770.79	-0.31	-2289.92	-0.93	-831.31	-0.34	-2562.80	-1.04
106	U5-U6	-1107.20	-0.45	-3008.89	-1.22	-1163.65	-0.47	-3246.06	-1.31
412	L11-L12	7912.38	1.27	7486.27	1.20	8264.41	1.33	7499.43	1.20
413	L12-L13	7974.86	1.28	7709.53	1.23	8312.77	1.33	7700.84	1.23
414	L13-L14	10018.03	1.06	9741.07	1.03	10039.49	1.06	9843.60	1.04
107	U6-U7	3195.91	0.38	423.41	0.05	3200.21	0.38	112.84	0.01
108	U7-U8	2625.67	0.31	113.25	0.01	2626.17	0.31	470.91	0.06
109	U8-U9	76.82	0.01	-29.69	0.00	111.04	0.02	698.52	0.10
110	U9-U10	620.72	0.09	517.78	0.07	82.85	0.01	1198.46	0.17

		CASE5		CASE6		CASE7	
		断面力	比率	断面力	比率	断面力	比率
402	L1-L2	-419.08	-2.00	379.68	1.82	987.58	4.72
403	L2-L3	-416.11	-1.93	387.74	1.80	870.01	4.03
101	U0-U1	1906.80	1.00	1905.15	1.00	1905.15	1.00
102	U1-U2	1904.53	1.00	1901.36	1.00	2012.61	1.06
105	U4-U5	4440.25	1.80	1990.53	0.81	2738.52	1.11
106	U5-U6	4452.85	1.80	2023.27	0.82	2679.15	1.08
412	L11-L12	1381.17	0.22	6839.61	1.10	7692.79	1.23
413	L12-L13	1381.25	0.22	6846.07	1.10	7582.29	1.21
414	L13-L14	3915.99	0.42	9808.93	1.04	11745.53	1.25
107	U6-U7	10766.34	1.29	8897.97	1.07	10800.65	1.29
108	U7-U8	10818.81	1.29	9236.60	1.10	10777.59	1.29
109	U8-U9	11897.07	1.65	6689.37	0.93	9458.90	1.31
110	U9-U10	11517.89	1.60	6643.79	0.92	9574.96	1.33

表-4.8 変位の比較

	変位 (cm)	比率
元設計	20.6	0.92
解析値	22.5	1.00
CASE1	25.1	1.12
CASE2	27.1	1.20
CASE3	25.6	1.14
CASE4	26.9	1.20
CASE5	89.6	3.98
CASE6	72.2	3.21
CASE7	28.6	1.27

以上より、次のことがわかった。

1つの部材の損傷によって、他の部材の断面力が極端に大きくなるなど橋梁全体が連鎖的に崩壊する可能性が高いと考えられるケースがある。

斜材を損傷させたケースでは変形量が非常に大きくなる結果となり、この場合も橋全体の構造安全性は大きく損なわれることが想定できる。

部材の損傷部位によっては、橋の中で引張部材から圧縮部材へと移行するものが現れる可能性がある。

以上のように、復元解析の結果においても本橋が一部の部材の破壊によって全体が危険になる橋梁であった可能性が高いことは確認できたが、全橋が極めて短時間にかつ中央支間部がほぼ水平状態を保ったまま崩壊したとも考えられる現象の有力なシナリオを特定するには至らなかった。

#### (5) まとめ

考え得る事故原因や崩壊のシナリオの抽出を意図して事故橋梁の復元モデルを構築し、部材の破損を想定した試算を行った。

その結果、原因の推定に至る結果は得られなかったものの、構造系によっては一部の部材の損傷が全体系に大きな影響を及ぼしうることが示されるとともに、比較的容易な構造解析によっても橋梁を構成する部材の全体系の安全性に及ぼす影響についてある程度の評価ができることが可能であることがわかった。

### 4 - 3 その他

前述の FHWA 公開の fact sheet に記述のある関連の技術情報を以下に示す。

#### 4 - 3 - 1 構造的欠陥のある橋

- ・ 橋の部分が劣化状態にあることが判明したとき、橋は構造的欠陥があると評価される。劣化状態にあるとされた橋の多くは、使用上まだ安全である。劣化が続くと、橋の耐荷力安全性の再計算に工学的な検討が必要となる場合もある。もし耐荷力が現在の適法なトラック荷重（1台あたり 80,000 ポンド(36.3 トン)）よりも小さければ、橋は再計算された耐荷力上安全な荷重制限が課される。本橋は法定の荷重に対して安全とされ、許可された超重車両も許容されていた。
- ・ 橋の各部位は、1 から 9 のスケール（7~9 は優良、6 は良、5 は可、4 は不良、3 は深刻、2 は致命的、1 は閉鎖）で評価され、床版、上部構造、あるいは下部構造が状態 4 以下のものが構造的欠陥橋である。本橋は、上部構造が 4 と評価されていた。
- ・ ミネソタでは、構造的欠陥があると考えられ、評点が 80 以下の橋が 1,097 橋ある。これらのうち、106 橋が州の主要道、991 橋が地方道である。

#### 4 - 3 - 2 橋の情報の連邦報告（\*NBIS database）

- ・ 全国橋梁点検基準は、州にある全ての橋の状態評価を連邦道路局に毎年報告することを州に要求している。各州道路局は、橋の状態を点検し評価するよう訓練された点検員を擁している。
- ・ 評価結果は Mn/DOT の橋梁部門でまとめられ、連邦道路局に送付される。連邦道路局はそのデータを、どの橋に構造的欠陥があり、どの橋が機能不全かを決定するために用いる。

\*NBIS: National Bridge Inspection Standards

#### 4 - 3 - 3 I-35W 橋の事故前の工事等の状況

事故橋梁では、事故当時補修工事が行われており、報道等ではそれらが事故に何らかの関わりがある可能性についても言及されている。

ここでは前述 FHWA が公開した fact sheet から事故当時の工事の状況について示す。

##### (1) 工事の内容

床版コンクリートと伸縮装置の補修、照明とガードレールの取付けに係わる作業

##### (2) 工期

9月30日に作業が完了する予定であった。

##### (3) 工費

9百万ドル。

##### (4) 工事の進捗状況

- ・ 床版コンクリート上面を 2 インチ（床版厚 9 インチ(229mm)）撤去して打換えた。

- ・ 外側の 2 車線は南北行きともオーバーレイを半分終えていた。
- ・ 他のコンクリート除去作業には、45 ポンド (20.4kg) のジャックハンマーが用いられた。それより大きなものは、コンクリートの除去には用いられていない。
- ・ 8 箇所、コンクリートは完全に取り替えられた。それらの箇所は伸縮装置の取り替え、およびいくつかは断面全体の打ち換えとなった。
- ・ 全断面打ち換え箇所の平均的サイズは 26 フィート (7.9m) × 3.5 フィート (1.1m)。

(参考) FHWA 公表の MN35W のアセスメントシートを示す。

### MN 35W Structural Inventory and Assessment sheet

\*\*\*\*\*IDENTIFICATIO 識別\*\*\*\*\*

( 1) STATE NAME:州名	MINNESOTA	CODE:	27
( 8) STRUCTURE NUMBER:構造物ID			9340
( 5) INVENTORY ROUTE (ON/UNDER):台帳No			1110035W0
( 2) HIGHWAY AGENCY DISTRICT:道路管理事務所No.			5
( 3) COUNTY CODE: 郡コード	53	( 4) PLACE CODE:	43000
( 6) FEATURES INTERSECTED:	RR, MISS R, 2ND ST & Rd		
( 7) FACILITY CARRIED:	I 35W		
( 9) LOCATION:架設位置	1.0 MI NE OF JCT TH 94		
(11) KILOMETERPOINT:(Kmポイント)	0		
(12) BASE HIGHWAY NETWORK:		CODE	1
(13) LRS INVENTORY ROUTE & SUBROUTE:			
(16) LATITUDE:緯度	44 DEG	58 MIN	50.89 SEC
(17) LONGITUDE:経度	93 DEG	14 MIN	40.09 SEC
( 98) BORDER BRIDGE STATE CODE:		% SHARE:	
( 99) BORDER BRIDGE STRUCTURE NUMBER:			
*****STRUCTURE TYPE AND MATERIAL 構造 材料*****			
( 43) STRUCTURE TYPE MAIN - MATERIAL:主構造区間の材料	Steel Contin		
TYPE:Truss - Deck		CODE	409
( 44) STRUCTURE TYPE APPR - MATERIAL:取付け橋梁区間の材料	Steel Contin		
TYPE:Not Applicable		CODE	400
( 45) NUMBER OF SPANS IN MAIN UNIT:主構造区間の径間数	3		
( 46) NUMBER OF APPROACH SPANS:取付け区間の径間数	11		
(107) DECK STRUCTURE TYPE:床版構造	Concrete-C-I-P	CODE:	1
(108) WEARING SURFACE / PROTECTIVE SYSTEM: 舗装			
( A) TYPE OF WEARING SURFACE: 舗装タイプ	Low Slump Conc	CODE:	4
( B) TYPE OF MEMBRANE: 防水層	None	CODE:	0
( C) TYPE OF DECK PROTECTION: 舗装保護	Not Applicable	CODE:	N
*****AGE AND SERVICE 建設 交通状況*****			
( 27) YEAR BUILT:建設年	1967		
(106) YEAR RECONSTRUCTED:再建(補修年)	0		
( 42) TYPE OF SERVICE - ON: 道路(サービス)規格	Highway		
- UNDER: Highway - Waterway - Railroad		CODE:	18
( 28) LANES - ON STRUCTURE:車線数	8	UNDER STRUCTURE:	3
( 29) AVERAGE DAILY TRAFFIC:日平均交通量	141000		
( 30) YEAR OF ADT:日交通量計測年	2004	(109) TRUCK ADT %: 大型車混入率	4 %
( 19) BYPASS, DETOUR LENGTH:バイパスまでの迂回路	10 KM		

*****GEOMETRIC DATA 線形データ*****			
( 48) LENGTH OF MAXIMUM SPAN: 最大支間長			139.00 M
( 49) STRUCTURE LENGTH:橋梁区間長			581.30 M
( 50) CURB OR SIDEWALK - LEFT: 地覆もしくは歩道	0.50 M	RIGHT:	0.50 M
( 51) BRIDGE ROADWAY WIDTH CURB TO CURB:(地覆-地覆)幅員			31.70 M
( 52) DECK WIDTH OUT TO OUT:全幅員			34.50 M
( 32) APPROACH ROADWAY WIDTH (W/SHOULDERS):取付け道路幅			32.90 M
( 33) BRIDGE MEDIAN:中分構造	Closed With Barrier	CODE:	3
( 34) SKEW:斜角	0	( 35) STRUCTURE FLARED: 照明	Yes
( 10) INVENTORY ROUTE MIN VERT CLEAR:制限(垂直方向)			99.99 M
( 47) INVENTORY ROUTE TOTAL HORIZ CLEAR:制限(横方向)			15.80 M
( 53) MIN VERT CLEAROVER BRIDGE RDWY:垂直方向			99.99 M
( 54) MIN VER UNDERCLEAR REF:桁下空間		Highway	4.82 M
( 55) MIN LAT UNDERCLEAR RT REF:桁下空間		Highway	4.50 M
( 56) MIN LAT UNDERCLEAR LEFT:			M
*****NAVIGATION DATA (路下)運行データ*****			
( 38) NAVIGATION CONTROL:	Br Permit Req	CODE:	1
(111) PIER PROTECTION:	Not Required	CODE:	1
( 39) NAVIGATION VERTICAL CLEARANCE: 航路限界のクリアランス(垂直方向)			19.50 M
(116) VERT-LIFT BRIDGE NAV MIN VERT CLEARANCE:			M
( 40) NAVIGATION HORIZONTAL CLEARANCE:航路限界のクリアランス(幅)			121.90 M
*****			
SUFFICIENCY RATING: 評価		50	
STATUS:状態		Structurally Deficient	
*****CLASSIFICATION 分類*****			CODE
(112) NBIS BRIDGE LENGTH:	Yes		Y
(104) HIGHWAY SYSTEM:ハイウェイシステム	Route On Nhs		1
( 26) FUNCTIONAL CLASS:機能ランク	Urb Prin Art Interstate		11
(100) STRAHNET HIGHWAY:	Rte Is A Strahnet Hwy		1
(101) PARALLEL STRUCTURE:並行する構造物	None Exists		N
(102) DIRECTION OF TRAFFIC:車線方向	2-Way Traffic		2
(103) TEMPORARY STRUCTURE:仮設物	Not Temporary		
(105) FEDERAL LANDS HIGHWAYS:連邦政府ハイウェイ	Not Applicable		0
(110) DESIGNATED NATIONAL NETWORK:道路網	Part Of Net		1
( 20) TOLL:通行料	On Free Road		3
( 21) MAINTAIN:管理	State Highway Agency		01
( 22) OWNER:所有	State Highway Agency		01
( 37) HISTORICAL SIGNIFICANCE:歴史的資産価値	Not Eligible		5

*****CONDITION 状態 ***** (0~9段階 0:通行禁止~9New condition)		CODE
( 58) DECK:床版・舗装 Deck has moderate deterioration (repairs may be necessary). • <b>Concrete:</b> extensive cracking, leaching, scale, or wear(moderate delamination or spalling).	5: Fair Condition:デッキに中程度の劣化。(補修が必要となる可能性)。コンクリートが広範囲にひび割れる, スケーリング、摩耗(薄片が剥離)。	
( 59) SUPERSTRUCTURE:上部工 Superstructure has advanced deterioration. Members may be significantly bent or misaligned. Connection failure may be imminent. Bearings may be severely restricted. • <b>Steel:</b> significant section loss in critical stress areas. Un-arrested fatigue cracks exist that may likely	4: Poor Condition:上部構造は劣化が進行。部材の重大な変形。接続部での損傷が切迫 Bearing(沓)は機能に障害。応力集中部での鋼部材の重大な断面の損失。応力が集中する部分には疲労ひび割れ。	
( 60) SUBSTRUCTURE:下部工 Substructure has minor to moderate deterioration. Scour or erosion (if present) is minor and isolated. There may be slight movement or misalignment. • <b>Concrete:</b> moderate scaling, cracking, or leaching (minor delamination or spalling).	6:Satisfactory Condition わづかもしくは、中程度の劣化。わずかな移動、ズレの可能性。 コンクリート:中程度の浮き、ひび割れまたは漏水(わずかな剥離、欠け)。	
( 61) CHANNEL AND CHANNEL PROTECTION: 護岸 Channel has no notable aggradation, degradation, or lateral movement. There is no notable scour around the bridge substructure. The banks may have minor erosion - bank protection (if any) may have minor deterioration. Control structures and/or protection devices may have minor deterioration. There may be minor drift or debris in the channel. Culvert barrel may have minor sediment.	7:Good Condition 河道に目立つ、河床上昇、浸食、河道の移動なし。橋梁構造物の周辺にも、目立った洗掘なし。河床にわずかな浸食の可能性。防護物に僅かな劣化。制御設備または、防護設備にわずかな劣化。河川バンク内に、わずかな堆積物、破片。排水渠にわずかな沈殿物。	
( 62) CULVERTS:カルバート(暗渠) Structure is not a culvert.	N:該当しない。	
*****LOAD RATING AND POSTING *****		CODE
( 31) DESIGN LOAD:設計荷重	HS 20+Mod or MS 18+Mod	6
( 63) OPERATING RATING METHOD:	Load Factor	1
( 64) OPERATING RATING:	MS29.94	53.90
( 65) INVENTORY RATING METHOD:	Load Factor	1
( 66) INVENTORY RATING:	MS18.17	32.70
( 70) BRIDGE POSTING:	No Posting Required	5
( 41) STRUCTURE OPEN, POSTED OR CLOSED:		A
DESCRIPTION: Open, No Restriction		
*****APPRAISAL 評価*****		CODE
( 67) STRUCTURAL EVALUATION:構造評価		4
( 68) DECK GEOMETRY:床版形状		4
( 69) UNDERCLEARANCES, VERTICAL & HORIZONTAL:路下クリアランス		7
( 71) WATERWAY ADEQUACY:排水性		9
( 72) APPROACH ROADWAY ALIGNMENT:取付け道路との取合い		8
( 36) TRAFFIC SAFETY FEATURES:交通の安全性		1111
(113) SCOUR CRITICAL BRIDGES:洗掘影響		8

*****PROPOSED IMPROVEMENTS 補修*****		
( 75) TYPE OF WORK:補修内容	CODE:	381
( 76) LENGTH OF STRUCTURE IMPROVEMENT:橋長		581.00 M
( 94) BRIDGE IMPROVEMENT COST:橋梁補修費用		\$20596000
( 95) ROADWAY IMPROVEMENT COST:道路補修費		\$201000
( 96) TOTAL PROJECT COST:総費用		\$3019000
( 97) YEAR OF IMPROVEMENT COST ESTIMATE:費用算出年		2006
(114) FUTURE ADT:予想日平均交通量		
(115) YEAR OF FUTURE ADT:予想交通量該当年		
*****INSPECTIONS 点検 *****		
( 90) INSPECTION DATE: 0606	( 91) FREQUENCY:	12 MO
( 92) CRITICAL FEATURE INSPECTION(特別な点検):		( 93) CFI DATE
( A) FRACTURE CRITICAL DETAIL (重大な亀裂): Yes	48 MO	A) 06/06
( B) UNDERWATER INSP (水中点検): Yes	60 MO	B) 06/06
( C) OTHER SPECIAL INSP(特別点検): Yes	00 MO	C) /
*****WASHINGTON OFFICE FIELDS ワシントン整理CODE *****		
( DT) DEDUCT CODE:		A
( RC) SPECIAL CODE:		
(DLU) DATE LAST UPDATE (MM/DD/YYYY):		06/22/2007 8:41:16 AM
(TLU) TYPE LAST UPDATE:		B
PROGRAM CODE:		0440
PROJECT NUMBER:		0353182
PROJECT SUFFIX:		3
BRIDGE TYPE IMPROVEMENT:		12
DETAIL TYPE IMPROVEMENT:		12
( SC) STEP CODE:		

FHWA-37 PROJECTS ASSOCIATED WITH THIS BRIDGE

APPR/PROJECT FEDERAL FUNDS

STRUCTURE #	PROJ.	PROJ. SUFFIX	PROG. CODE	DATE LAST ACT.	FUNDS
9340			Total Funds		\$0.00
9340	0353182	3	0440	31-DEC-1981	\$163,288.77
9340	0353263	0	04M0	21-AUG-2002	\$693,000.00
9340	0353263	0	Q010	21-AUG-2002	\$1,041,825.56
9340	0353306	0	L010	12-JUN-2007	\$0.00
9340			Total Funds		\$1,898,114.33

## 5章 事故原因等について

### 5-1 事故調査の状況

事故直後より、NTSB（国家運輸安全委員会：National Transportation Safety Board）による調査が進行しており、現時点（平成19年9月末）まで部材の回収や解析等による検討が行われているものと考えられるがそれらの内容については詳細は公開されていない。NTSBは米国における運輸に関連する事故を調査し、原因の究明と対策を研究し、将来の事故を防止する目的で勧告等を行う独立国家機関である。

過去にも橋梁に関する事故等の調査等を行ってきており表に主なものを挙げる。

表-5.1 NTSBが関与した過去の主な橋梁関係の事故／衝突事故

NTSB 報告書番号	事故発生年	建設年次 (供用年数)	橋梁名;場所	死者数/ 負傷者数	概要	勧告等
HAR-71-01	1967/12/15	1927 (40)	Silver Bridge; Ohio River, Point Pleasant, WV	46/9	アイバーの腐食, 疲労	橋梁の定期点検の義務化 (連邦補助橋梁のみ)
HAR-76-03	1975/2/23	-	Yadkin River Bridge; Siloam, NC	4/16	木製ガードレールに車衝突, トラスの破壊, 橋崩壊	橋梁の定期点検の義務化 (公共の全道路橋を対象)
HAR-84-03	1983/6/28	1957 (26)	I-95 Highway Bridge; Mianus River, Greenwich, CT	3/3	ピンハンガーの腐食, 疲労, 桁落下	FCMの点検, リダンダンシー
HAR-88-02	1987/4/5	1954 (33)	New York Thruway Bridge; Schoharie Creek, near Amsterdam, NY	10/0	洪水による蛇かごの移動, フーチング下の洗掘	リダンダンシー
HAR-89-04	1988/8/17	-	S.R. 675 Bridge; Pocomoke River, Pocomoke City, MD	0/0	無載荷時, 木製パイルベント崩壊, 木材の劣化による	木製パイルの点検
HAR-90-01	1989/4/1	-	U.S. 51 Bridge; Hatchie River, Covington, TN	8/0	洗掘, セミトレ通過時にパイルベント崩壊	水面下の点検
HAR-90-03	1989/5/26	-	Harrison Road Bridge; Great Miami River, Miamitown, OH	2/0	洪水, パイルベント崩壊	洪水時の横荷重
HAR-94-02	1993/5/19	-	County Road 22 over I-65; Evergreen, AL	2/1	トレーラ衝突, 桁落下	大型車衝突を管理に考慮
HAR-94-03	1993/5/28	-	Judge Seeber Bridge; Industrial Canal, New Orleans, LA	1/2	船の衝突, ピア崩壊, 桁落下	船の衝突を管理に考慮
HAR-04-05	2002/5/26	1967 (35)	I-40 Highway Bridge; near Webbers Falls, OK	14/5	船の衝突, ピア崩壊, 桁落下	''

【出典: <http://ntsb.gov/>より, Highway Accidentsに関する資料を基に作成】

注) 表中、網掛けは疲労、腐食による崩壊事例

## 5-2 現地調査

現地では目視調査を行い、事故現場の状況や橋梁状態の把握を行った。



写真-5.1 事故橋梁の状況 (2007. 8. 11)

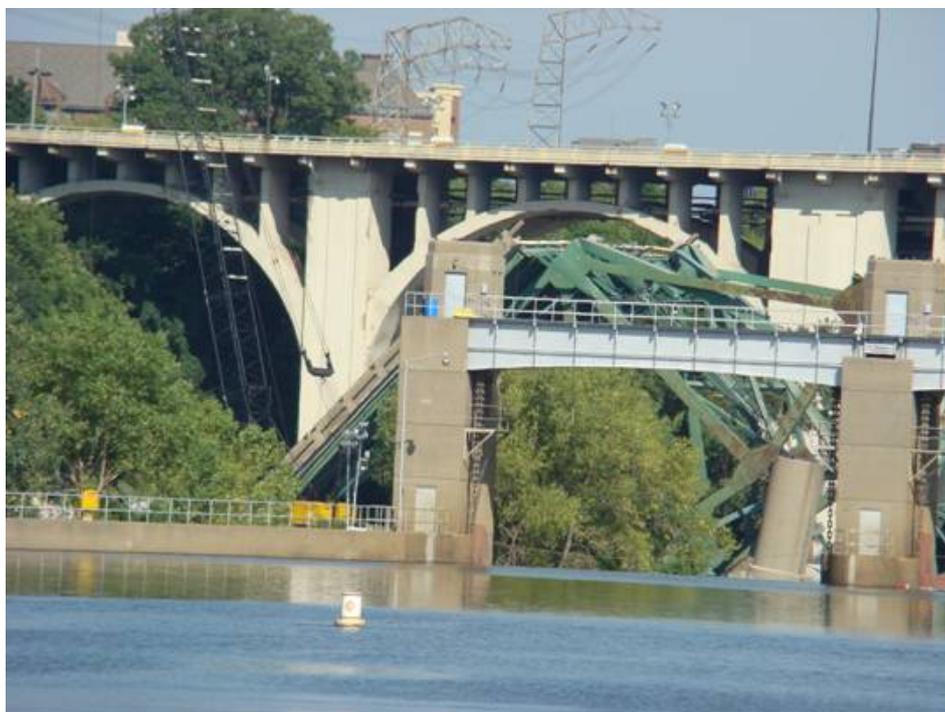


写真-5.2 事故現場の状況 (2007. 8. 11)



写真-5.3 事故現場の状況 (2007. 8. 11)



写真-5.4 事故現場の状況 (2007. 8. 13)



写真-5.5 事故橋梁の状況 (2007. 8. 13)



写真-5.6 事故橋梁の状況 (2007. 8. 13)

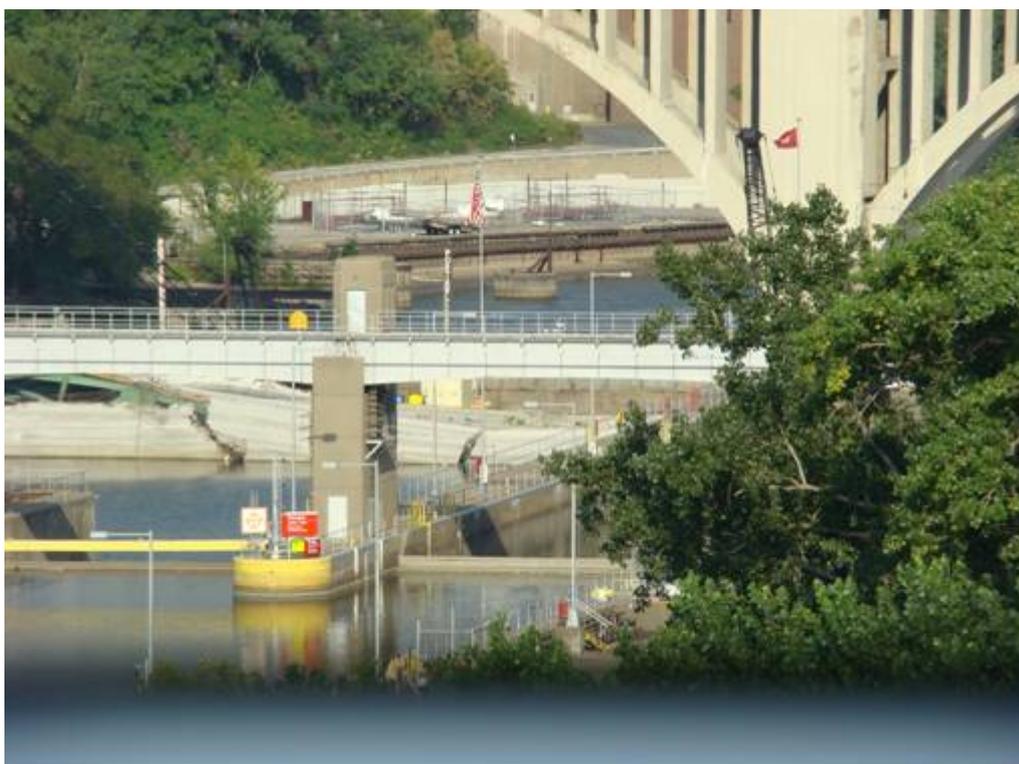


写真-5.7 事故橋梁の状況（2007.8.13）

現地調査では、ガセット位置での鋼材の破断が生じていること、格点部など一部の部材や部位において著しい腐食が生じていたことなどが確認できた。

なお、事故原因に関係のある報道等の情報については参考資料として別途示す。

### 5-3 ミネソタ大学との意見交換

#### 5-3-1 意見交換の概要

現地では、過去に I-35W 橋の疲労評価や各種計測等を実施したミネソタ大学の研究者や NSF（全米科学財団）から支援を受け、I-35W 橋事故の調査研究を実施予定の研究グループと意見交換を行った。

意見交換の議事要旨は以下の通り。

■日時 8月14日10時～14時（現地時間）

■場所 ミネソタ大学。

■参加者 ミネソタ大学土木工学科 Theodore V. Galambos 名誉教授  
Roberto Ballarini 教授、Arturo Shults 教授、  
Taichiro Okazaki 准教授、  
Paul Bergson 研究員（同氏は故 Roberto J. Dexter 教授  
とともに、過去に事故橋梁の疲労調査を実施してい  
る）、Carol Shields 研究員

#### ■要旨

##### ○現地の検証について

- ・現地は当初 FBI が犯罪現場としてコントロールしたが、その後 NTSB が管理している（8/3 付けで FBI より同趣旨のプレスリリース有り）。
- ・NTSB の原因究明が終わるまでは詳細な情報は得られないが、調査が終わるまでには相当長期間を要するだろう。
- ・MN/DOT も現地で調査を実施しているが、得られた情報はすべて NTSB に提出されることになる（その中には崩壊直後の状況を記録したデータを含む）。
- ・部材の標本についても、健全な状態で残った部分は入手できるかもしれないが、最初の破壊を生じた可能性がある部位については入手困難と考えている。
- ・大学では、現在、事故橋梁の構造解析のための 3 次元モデルを作成している。今後は、崩壊当時の荷重状態を知ることが第一に重要と考えている（3 時間前の航空写真は新聞に公表、それ以上正確なものは NTSB の今後の現場検証によるほかない）。

##### ○事故原因について

- ・NTSB は調査の初期の段階でガセットプレートに着目していると公表（8/8 付けプレスリリース）したが、後でこれは純粋に推測に基づくものと発言している（8/9 付けプレスリリースでは、ガセットプレートについて重要視しない姿勢を示している）。
- ・荷重状態は、一般車両については通常の半分（交通規制により 8 車線のうち 4 車線供用）であり、それに補修工事による資機材の重量があった。

- ・ 支承の機能保全や補修工事（特にジョイント）がある中で、当時高かった気温による鋼材の伸びが影響したことも考えられるのでは。
- ・ 点検調査においてトラス部には致命的な疲労も腐食も発見されていない。（局部的な荷重超過によるものと思えない。
- ・ トラス主構の疲労き裂が一瞬の崩壊の直接的な原因とは考えにくい。
- ・ いずれにしても、橋梁は一気には壊れないもの。部材に損傷が生じた時点で挙動が変化するなどの兆候が生じるものであり、一部が損傷してから交通を規制して補修することもあり得る。今回の事故は極めて例外的と考える。

#### ○FCM（Fracture Critical Member）の概念について

- ・ Silver Bridge の落橋事件の後、①鋼材の品質についての基準の改訂、②Redundancy の考え方、distortion-induced fatigue への着目、③load factor design, load resistance factor design の導入など、設計手法を進歩させてきた。
- ・ FCM 概念の導入は 80 年代。
- ・ 点検時に配慮すべき FCM は NBIS で定義されている。

#### ○設計手法について

- ・ 非線形構造解析を用いた設計は米国の民間コンサルタントでも可能だがあまり例はない
- ・ 橋梁では建築ほど高度な解析手法は使われていない。
- ・ Risk Analysis/ Management については米国で適用例が出てきている。

#### ○橋梁点検について

- ・ I-35W 橋梁（事故橋梁）ように、大学に技術的な調査を委託することはミネソタ州では珍しいことではない。
- ・ 今回の事故を受けての点検手法の見直しについては、様々に議論がある。十分な資質を持った技術者がしっかりと点検することが必要（特定橋梁の事故が起こるたびにシステム変更で対応すべきではないとの意見（システム変更の影響範囲の広さやシステムの頻繁な変更の妥当性について慎重に見極める必要があるとの意と理解））。
- ・ 地方自治体が保有する橋梁の点検については、比較的大きな自治体（County や City）では、独自に橋梁管理チームを保有し対応。小さな自治体の橋梁については州 DOT が支援することもあるが、予算的措置についての詳細はよくわからない。
- ・ ミネソタ州の道路管理費は年間 2 百万ドル。今回の件を受けた点検補修をすべてやれば 10 億ドル程度必要ではないか。

#### ○I-35W 橋梁の構造について

- ・ 主径間南側橋脚のみが杭基礎で、他の橋脚は直接基礎。

- ・冬期の風向きは西→東。
- ・1977年に床版打ち換えを行っており、今回の切削オーバーレイ（部位により2in～全厚に切削深さを変えていた）については、事故当時、多くの部分について終了していた
- ・ストリンガーと床版の接合は、スタッドによっている（モデル計算に際してはコンポジット的に取り扱っている）。
- ・モデルと実測の応力度に差が生じているが、主に支承の条件によるもの。
- ・2001年にミネソタ大学による疲労調査を行っているが、アプローチスパンの鋼 I 桁橋の横桁接合部に多くの疲労き裂を発見しており、それらについて、できるだけ補修は行われている。トラス主構には疲労き裂は見られなかった。
- ・ガセットプレートの板厚は3/4～1/2in。
- ・リベットの材質：把握していないが、資料を入手する必要があると考えている。
- ・毎年の点検は、すべて同じ手法で同じ技術者で行われており、技術力に関しても問題はなかったと考えられる。



写真-5.8 意見交換会の参加メンバー



写真-5.9 意見交換会の様子

### 5-3-2 総括

以上の意見交換の結果、得られた知見を総括すると以下の通り。

- ・ 現在判明している断片的な情報から妥当性の高い原因を推定することは困難と考えられ NTSB の調査結果を待つしかない。この点については、米側研究者も同様な認識であること。
- ・ 橋全体が一瞬にして崩壊に至る今回の事故は極めて希な事故と考えられ、米側研究者も同様な認識であること。

## 6章 事故後の対応

### 6-1 概要

大規模橋梁における原因不明の突然の落橋に対して、米国内では、被害者救出や遺体遺品等の捜索などの直接的な事故処理や原因究明などいわゆる事故調査以外にも、事故に関連して様々な対応がなされてきている。

ここでは、それらに関して情報収集したもののうち主なものを整理した。

### 6-2 主な事故後の対応について

#### 6-2-1 NBI プログラムの調査について

公開資料によると、「2007年8月2日（現地）に、ピーターズ運輸長官は、運輸省（US DOT）の点検担当責任者に、NBI（国家橋梁点検プログラム）の調査を命じ、現行のNBIプログラムが橋の安全を保証するものとして最高のものであるかどうかの見直しを行うとともに、必要があれば将来のプログラムの改善について勧告するよう指示した。」とされている。

<出典 <http://www.dot.gov/affairs/dot7507.htm>>

DOT 75-07

Contact: Brian Turmail, Phone: (202) 366-4570

Thursday, August 2, 2007

Secretary Peters Asks Inspector General to Review the National Bridge Inspection Program

In response to the tragic bridge collapse in Minneapolis, Minnesota last night, U.S. Transportation Secretary Mary E. Peters has requested the Department of Transportation's Inspector General to conduct a rigorous assessment of the National Bridge Inspection Program.

"What happened in Minnesota is simply unacceptable. We must have a top-to-bottom review of the bridge inspection program to make sure that everything is being done to keep this kind of tragedy from occurring again," Secretary Peters said.

The Secretary called for the Inspector General to determine if the current federal program delivers the highest level of bridge safety. And, if needed, the Inspector General will make recommendations for future changes to the program.

## 6-2-2 緊急点検の実施

### (1) 連邦政府による緊急点検の指示

2007年8月2日(現地)に、ピーターズ運輸長官は、I-35W橋に類似の全ての橋梁について緊急点検を行うことを指示した。

類似の定義は、「鋼上路トラス橋」。

FHWAのデータにおいて同じ特徴を有する該当橋梁は756橋である。

FHWAより、州当局他橋梁管理者に対して、鋼上路トラス橋の再点検を行うか、もしくは少なくとも詳細点検が必要か否かを判断するために点検結果報告書を再調査することを強く推奨する通達(Technical Advisory)が出された。

<出典 <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514027.cfm> 2007/08/06>

### **Federal Highway Administration <MEMORANDUM>**

Subject: Technical Advisory 5140.27 - Immediate Inspection of Deck Truss Bridges Containing Fracture Critical Members (FCM)

Date: August 2, 2007

From: Frederick G. Wright (Bud)

Executive Director (HOA-3)

To: Division Administrators

Directors of Field Services Federal Land Highway

Division Engineers

### **PURPOSE**

In light of the uncertainty surrounding the cause of the I-35 W Bridge collapse in Minneapolis, Minnesota, we strongly advise that all State Transportation Agencies and other bridge owners immediately re-inspect all steel deck truss bridges with fracture critical members. At a minimum, State Transportation Agencies and other bridge owners should review inspection reports, including those for routine, in-depth, fracture critical, and underwater, to determine whether more detailed inspections are warranted.

### **BACKGROUND**

At 6:05 P.M. EST on Wednesday, August 1, 2007, the bridge over the Mississippi River between University Avenue and Washington Avenue on highway I-35 W in Minneapolis, MN, collapsed.

Numerous vehicles were on the bridge at the time.

To assist with this undertaking we are attaching the Structural Inventory and Assessment. We will provide State Transportation Agencies with additional information as it becomes available.

## (2) 各州の緊急点検の実施

各州では上記連邦の指示をうけて該当橋梁の点検を実施するものと考えられ、ミネソタ州交通局では、州知事の指示により直ちに州内の全橋梁の点検が始められた。

例えば、ミネソタ州ではすべての FCB に該当する橋梁の詳細点検を 8 月に開始しており、その計画について次のように報告されている。

すなわち、

- ・実施に際して、州当局の点検機材と人員を総動員するとともに、PBAmericas,Inc.との緊急契約を結ぶことで体制を構築
- ・2007年12月1日までに構造的欠陥橋梁と分類される幹線道路(Trunk highway)のすべての橋を点検。
- ・道路によらずすべての FCB に該当する橋梁の点検。
- ・地方自治体に対しては構造的欠陥橋梁についても迅速に点検することを強く推奨。

< 出典 [http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/statewide\\_inspection.html](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/statewide_inspection.html) >



Minnesota Department of  
Transportation

Home | About Mn/DOT | Doing Business | Getting Around |



Mn/DOT A to Z | Contact | Simple Search | Advanced Search |

### Interstate 35W Bridge - Statewide Bridge Inspection Effort

Mississippi River Crossing in downtown Minneapolis



[I-35W Bridge Home](#)

[Rebuild](#)

[I-35 Bridge Inspection Reports and History](#)

[Other Bridges](#)

[Contact Us](#)

#### By order of Gov. Tim Pawlenty Mn/DOT is undertaking statewide bridge inspections

##### In-depth inspections of all fracture critical bridges begin in August 2007

- This will be completed by mobilizing Mn/DOT equipment and staff. We have supplemented our resources by entering into an emergency contract with PB Americas, Inc.
- PB Americas, Inc. is currently using Mn/DOT inspection equipment for bridge access and making arrangements for additional equipment beginning next week...
- We are inspecting all bridges on trunk highways that are classified as structurally deficient by Dec. 1, 2007.
- Mn/DOT will inspect all fracture critical bridges in the state no matter where they are located or on which road system.
- Local agency personnel have been strongly advised to also inspect structurally deficient bridges expeditiously.
- Mn/DOT has supplied all agencies with lists identifying structurally deficient bridges within their jurisdiction.
- [Terms and definitions used in these documents](#)

##### Quick Links

- [Alternate route improvements](#)
- [Environmental](#)
- [Background on the I-35W Bridge](#)
- [Legislative hearings](#)
- [News releases](#)

##### Bridge inspections

- [Definitions \(PDF\)](#)
- [I-35W Bridge inspection reports](#)
- [Statewide special bridge inspections](#)

### 6-2-3 その他の事故に関連した注意喚起等の措置

2007年8月8日（現地）に、ピーターズ運輸長官は、橋上工事による超過荷重に対して十分な配慮をとることを、各州に対して強く注意喚起した。NTSB がガセットプレートにかかった応力が要因だった可能性があるとしており、その応力の一つは橋梁上にあった建設機械と資材の重量によるかもしれないとコメントしたことを受けての発言。

また、FHWA に対して、現在及び将来の建設工事における建設機械と現場資材の重量について、橋梁の荷重制限を超えないように確認するガイドラインを出すよう命じた。

FHWA より、建設荷重と現場資材について、部材の荷重制限を超えないよう確認することを強く推奨する通達が出された。

<出典 <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514028.cfm>>

#### **Federal Highway Administration <MEMORANDUM>**

Subject: Technical Advisory 5140.28 - Construction

Loads on Bridges

Date: August 8, 2007

From: Frederick G. Wright (Bud)

Executive Director (HOA-3)

To: Division Administrators

Directors of Field Services

Federal Land Highway Division Engineers

#### **PURPOSE**

In the ongoing investigation of the collapse of the I-35W Bridge in Minneapolis, the National Transportation Safety Board has identified construction equipment and materials loading on the bridge as part of their review. While no conclusions have been reached, in an abundance of caution, we strongly advise the State Transportation Agencies and other bridge owners who are engaged in or contemplating any construction operation on their bridges to ensure that any construction loading and stockpiled raw materials placed on a structure do not overload its members.

For more discussion on this issue, please refer to the AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition, Division II, Section 8.15 or the AASHTO Load Resistance and Factor Design Bridge Design Specifications, 4th Edition, Section 3.

Please refer any questions to Benjamin Tang at 202-366-4592 or [benjamin.tang@dot.gov](mailto:benjamin.tang@dot.gov).

さらに、これを受けて道路局（DOT）からも NTSB がガセットプレートにかかった応力が要因だった可能性があり、その応力の一つは橋梁上にあった建設機械と資材の重量によるかもしれないとコメントしたことにも言及して、現在及び将来の建設工事における建設機械と現場資材の重量について、橋梁の荷重制限を超えないように注意喚起がなされた。

<出典 <http://www.dot.gov/affairs/dot7907.htm>>

DOT 79-07

Wednesday, August 8, 2007

Contact: Sarah Echols

Phone: (202) 366-4570

### **U.S. Secretary of Transportation Mary E. Peters Cautions States to Carefully Consider Extra Weight Caused by Construction Projects on Bridges**

WASHINGTON, D.C. - U.S. Secretary of Transportation Mary E. Peters today cautioned states to carefully consider the additional weight placed on bridges during construction or repair projects. Though it has not yet indicated any definitive cause of the Minneapolis I-35W collapse, the National Transportation Safety Board (NTSB) has indicated that the stress on the gusset plates may have been a factor, and that one possible stress may be the weight of construction equipment and materials on the bridge.

"Given the questions being raised by the NTSB, it is vital that states remain mindful of the extra weight construction projects place on bridges," Secretary Peters said.

The Secretary has pledged to quickly share with states any information learned from the NTSB investigation. Secretary Peters added that she has directed the Federal Highway Administration to continue to work closely with the NTSB investigators to identify any broader design issues that need to be addressed relating to gusset plates on the I-35W bridge.

The Secretary directed the Federal Highway Administration to issue guidance to all state transportation agencies and bridge owners strongly advising they ensure that the weight of construction equipment and stockpiled raw materials in place for current or future construction work not exceed the load limit for the bridge.

#### 6-2-4 財政支援等の措置について

2007年8月2日（現地）に、ピーターズ運輸長官より、ミネソタ州の要請に応じて500万ドルの融資を行う旨が表明された。

この資金の使途については、運輸長官の発言として、「交通機能の回復、残骸の処理、迂回路の設定、補修等の支援」とされた。

<出典 <http://www.fhwa.dot.gov/pressroom/dot0774.htm>>

FOR IMMEDIATE RELEASE

Thursday, August 2, 2007

DOT 74-07

#### **U.S. Secretary of Transportation Mary Peters Announces \$5 Million in Immediate Funding During Visit To Downed I-35 Bridge in Minneapolis**

MINNEAPOLIS - U.S. Secretary of Transportation Mary E. Peters today announced that, based on Minnesota's request, \$5 million in federal relief will be available to the state to repair the I-35 bridge that collapsed last night. The Secretary is in Minneapolis touring the bridge site, viewing the damage, and meeting with Minnesota Governor Tim Pawlenty, Senator Norm Coleman, Senator Amy Klobuchar, Congressman Keith Ellison, and Minneapolis Mayor R.T. Rybak.

"We are going to make sure that last night's damage and debris soon become a thing of the past. We will rebuild this bridge and repair this horrible hole in the heart of this community," Secretary Peters said.

The Secretary said the \$5 million "will give crews the support they need to begin restoring traffic flow, clearing debris, setting up detours, and making repairs." She pledged that the federal government will continue to be a close partner with the state to do everything possible to get the bridge up and running as soon as possible, and that any future requests for additional funds will be quickly evaluated and processed.

さらに、2007年8月3日（現地）に、米国上下両院本会議は、新橋建設のための建設費等2億5000万ドルを連邦政府が支出する法案が可決され、ブッシュ大統領の署名により成立した。

## 6-2-5 復旧に関する動向について

8月14日（事故後約2週間）で再建計画について一般市民等からの意見聴取が行われることが公表された。

Interstate 35W Bridge in Minneapolis, MN

1/2 ホーム



Minnesota Department of  
**Transportation**

[Home](#) | [About Mn/DOT](#) | [Doing Business | Getting Around](#)



[Mn/DOT A to Z](#) | [Contact](#) | [Simple Search](#) | [Advanced Search](#)

### Interstate 35W Bridge - Rebuild

Mississippi River Crossing in downtown Minneapolis



[I-35W Bridge Home](#)   [Rebuild](#)   [Documents, Inspection Reports and Background](#)   [Contact Us](#)

#### Information about rebuilding the I-35W Mississippi River Crossing

**Public Open House to discuss plans for rebuilding I-35W bridge over the Mississippi**  
The Roseville Area High School gymnasium  
Thursday, Aug. 16, 4:30 p.m. - 7:30 p.m.  
1240 West County Road B-2  
Roseville, Minnesota 55113  
Map will be posted here soon, free parking

#### [Online Comment Form](#)

#### Additional meetings

Mn/DOT will hold additional meetings with state and local officials the week of August 13. Additional details will be posted here as they become available.

**Hennepin County** - includes communities along the I-35W corridor  
5:30 pm on Wednesday, Aug. 15,  
Ridgedale Service Center, 12601 Ridgedale Drive, Minnetonka

**Metropolitan Council** - includes Transportation Advisory Board, Central Corridor Management Committee and representatives from the University of Minnesota  
Wednesday, Aug. 15, 11:30 a.m.  
Met Council Chambers.

**Minneapolis City Council -IGF Committee**  
Tuesday, Aug. 14 at 9:30 a.m.  
Location: Minneapolis City Hall

**Joint Committee: House and Senate Transportation Committees**  
Wednesday, Aug. 15, 2007; 2 p.m.  
Room: 200 State Office Building  
Chairs: Rep. Bernard Lieder, Sen. Steve Murphy  
Agenda: Overview of plan for reconstruction of the I-35W bridge

#### News

- The Federal Highway Administration issued a letter to the Minnesota Department of Transportation which delineates which costs for repair and restoration actions are eligible under the Emergency Relief program. [U.S. Department of Transportation letter](#)
- Lt. Gov./Commissioner Carol Molnau and Metropolitan Council Chair Peter Bell issued a letter to Gov. Tim Pawlenty outlining their reasons for concluding the inherent disadvantages of including a light rail line on the new bridge. [Letter to Gov. Pawlenty](#)

<http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/rebuild/index.html>

2007/08/14

## 6-2-6 その他

アラスカで「僅かな人口のための架橋事業に大きな資金を費やすより、毎日多くの人々が利用する橋梁の維持管理に使うべき、とのことから、新規橋梁の建設が廃止された」との報道がなされた。

<CNN>

updated 11:18 a.m. EDT, Sat September 22, 2007

'Bridge to nowhere' abandoned

### Story Highlights

- Bridge to small Alaska island had drawn criticism as "pork"
- Funds short for bridge, so money to be redirected, governor says
- Money could be used to upgrade ferries or roads, officials say

JUNEAU, Alaska (AP) -- Some called it a bridge to the future. Others called it the bridge to nowhere.

On Friday, Alaska decided the bridge really was going nowhere, officially abandoning the project in Ketchikan that became a national symbol of federal pork-barrel spending.

While the move closes a chapter that has brought the state reams of ridicule, it also leaves open wounds in a community that fought for decades to get federal help.

"We went through political hot water -- tons of it -- and not just nationally but internationally," Ketchikan-Gateway Borough Mayor Joe Williams said. "We have nothing to show for it."

The \$398 million bridge would have connected Ketchikan, on one island in southeastern Alaska, to its airport on another nearby island.

Gov. Sarah Palin said Friday the project was \$329 million short of full funding.

"We will continue to look for options for Ketchikan to allow better access to the island," the Republican governor said. "The concentration is not going to be on a \$400 million bridge."

Palin directed state transportation officials to find the most "fiscally responsible" alternative for access to the airport. She said the best option would be to upgrade the ferry system.

Ketchikan is Alaska's entry port for northbound cruise ships that bring more than 1 million visitors yearly. Every flight into Gravina Island requires a 15-minute ferry ride to reach the more densely

populated Revillagigedo Island.

The town -- seven blocks wide and eight miles long -- has little room to grow. Local officials have said access to Gravina Island, population 50, is needed for the town and its economy to grow.

They called the state's decision premature, saying it came without warning.

"For somebody who touts process and transparency in getting projects done, I'm disappointed and taken aback," said state Rep. Kyle Johansen, R-Ketchikan. "We worked 30 years to get funding for this priority project."

U.S. Sen. Ted Stevens and Rep. Don Young, both Republicans, championed the project through Congress two years ago, securing more than \$200 million for the bridge between Revillagigedo and Gravina islands.

Under mounting political pressure over pork projects, Congress stripped the earmark -- or stipulation -- that the money be used for the airport, but still sent the money to the state for any use it deemed appropriate.

Stevens spokesman Aaron Saunders said Friday the senator was interested in how the state ultimately used the money. A spokeswoman for Young said the congressman would have no comment.

Just last month, presidential candidate Sen. John McCain, R-Arizona, said pet projects could have played a role in a Minnesota bridge collapse that killed 13 people earlier this year.

"Maybe if we had done it right, maybe some of that money would have gone to inspect those bridges and other bridges around the country," McCain told a group of people in a town-hall style meeting in Ankeny, Iowa.

"Maybe the 200,000 people who cross that bridge every day would have been safer than spending \$233 million of your tax dollars on a bridge in Alaska to an island with 50 people on it."

On Friday, Leo von Scheben, commissioner of the state Department of Transportation, said the bridge money could be used to build roads in Alaska.

"There is no question we desperately need to construct new roads in this state, including in southeast Alaska, where skyrocketing costs for the Alaska Marine Highway System present an impediment to the state's budget and the region's economy," von Scheben said in a statement.

The governor urged Alaskans not to dwell on the bridge.

"Much of the public's attitude toward Alaska bridges is based on inaccurate portrayals of the projects here," Palin said. "But we need to focus on what we can do, rather than fight over what has happened."

### 6-3 まとめ

事故後には各方面で様々な対応がなされてきているが、原因が特定されないまま直ちに同種橋梁に対する緊急点検が指示されことは、不測の事態に対する対応として参考になる面がある。

また、直ちに NBI プログラムの見直しが検討されたことは、供用中の道路橋の安全確保策については、定量的あるいは明確な目標とすべき水準や規定があるわけではなく、時々々の最善策であると合意できるものとなっていることが求められるという維持管理のあり方について示唆しており、米国の NBI システムについても必ずしも万全であるにとらえられている訳ではないことを窺わせる。

我が国においても事故等の発生に対して内容によっては各機関で注意喚起や緊急点検がなされている。例えば、平成 18 年の山添橋（近畿地方整備局管理、国道 25 号）のき裂発生、平成 19 年の木曽川大橋（中部地方整備局管理、国道 23 号）のトラス部材の斜材破断の発生などに関しては直ちに地整等への情報提供がなされた。特に木曽川大橋のトラス斜材の破断に関する情報提供と注意喚起は、地整のみならず地方自治体にも積極的に情報提供がなされた結果、最上川橋（山形県管理、国道 345 号）で斜材がほぼ破断するような重大き裂を発見し直ちに通行止めの措置が行われるなど情報周知によって未然の事故防止につながった。

調査の過程において、このように情報周知や注意喚起、必要な勧告などによって維持管理情報が共有され、全国的な対応が適切に実施につながるような仕組みが機能することの重要性が改めて認識された。

<参考資料 山形県最上川橋の斜材損傷>



<写真：国土技術政策総合研究所>

**鋼材に亀裂 通行止め**  
国道345号最上川橋  
県は六日、酒田市白ヶ沢と庄内町狩川をつなぐ国道345号の最上川橋で、鋼材に亀裂が見つかったと発表した。老朽化が原因とみられるが、専門家による調査で原因が判明するまで全面通行止めの措置が取られる。  
先月二十日に三重県内でトラス構造の橋に破断が見つかったことを受け、県は県管理のトラス構造の四十一橋の点検を各総合支庁に指示していた。亀裂が見つかったのは最上川橋の右岸側から約百十地点。点検中の庄内総合支庁の職員が六日、斜材のボルト部分から数センチにわたって亀裂が生じているのを確認した。  
県は七日、原因究明のため、国土交通省国土技術政策総合研究所の専門家とともに現地調査を行う。通行規制の期間は調査結果を受けて決まるという。迂回(うかい)路は大沼新田清川停車場線の清川橋、余目松山線の庄内橋となる。

<出典：山形新聞 2007.7.7>

## 7章 米国の橋梁実態調査

### 7-1 概要

米国の橋梁管理の実態を調査するために、ミネソタ州、メリーランド州の道路橋について現地調査を行った。

調査では、I-35W 橋の事故を受けて緊急点検の指示がなされた鋼上路トラス橋、NBI データによって SD (構造的欠陥) とされている橋梁の中から、できるだけ近接目視による調査ができる条件の橋梁を中心に抽出したものを対象とした。

主な調査橋梁は以下のとおり。なお、ここでは、緊急点検の対象橋梁を中心に主な 9 橋について示す。その他の橋梁の調査結果については、別途、参考資料において示す。

表-7.1 調査橋梁リスト

番号	橋梁番号・名称	主な形式	掲載
1	# 6 7 4 8 TH23 OVER MISS R & RIVERSIDE DR	鋼上路トラス橋	
2	# 7 3 5 1 4 Veterans Memorial Bridge	鋼連続 桁橋	
3	# 5 9 4 7 SAUK RAPIDS BRIDGE	鋼上路トラス橋	
4	# 6 5 5 7	鋼連続 桁橋	
5	# 7 1 0 1 2	P C 橋	
6	# 6 5 1 5	鋼連続 桁橋	
7	# 9 8 0 0 Lafayette Bridge	鋼単純および連続 桁橋	
8	# 5 7 1 8 TH123 OVER KETTLE RIVER & ST	鋼上路トラス橋	
9	# 6 5 6 6	鋼連続多主 桁橋	
10	# 6 3 4 7	鋼上路トラス橋	
11	# 4 6 5 4 STILLWATER-HOUSTON INTERSTATE BRIDGE	鋼下路トラス橋	
12	# 1 0 0 0 0 0 2 1 0 0 4 1 0 1 0	鋼上路トラス橋	
13	# 1 0 0 0 0 0 0 6 0 0 4 9 0 1 0	鋼上路トラス橋	
14	# 3 0 0 0 0 0 B C Z 4 7 2 0 1 0	鋼下路トラス橋	
15	# 3 0 0 0 0 0 A A Z 0 5 0 0 1 3	鋼上路トラス橋	

網掛けは「Fracture Critical Members を含むデッキトラス橋の緊急点検」の実施橋梁を示す。

## 7 - 2 ミネソタ州における調査の概要

調査橋梁の位置図を以下に示す。

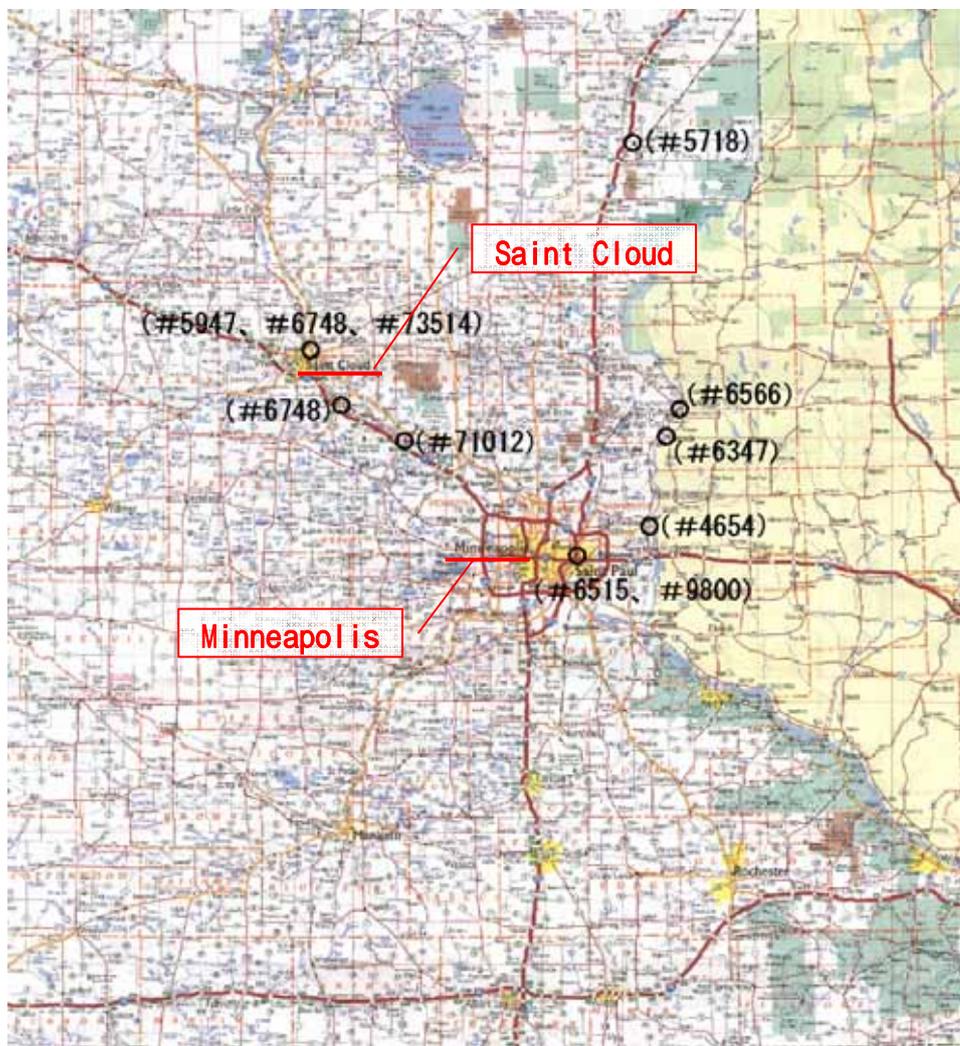
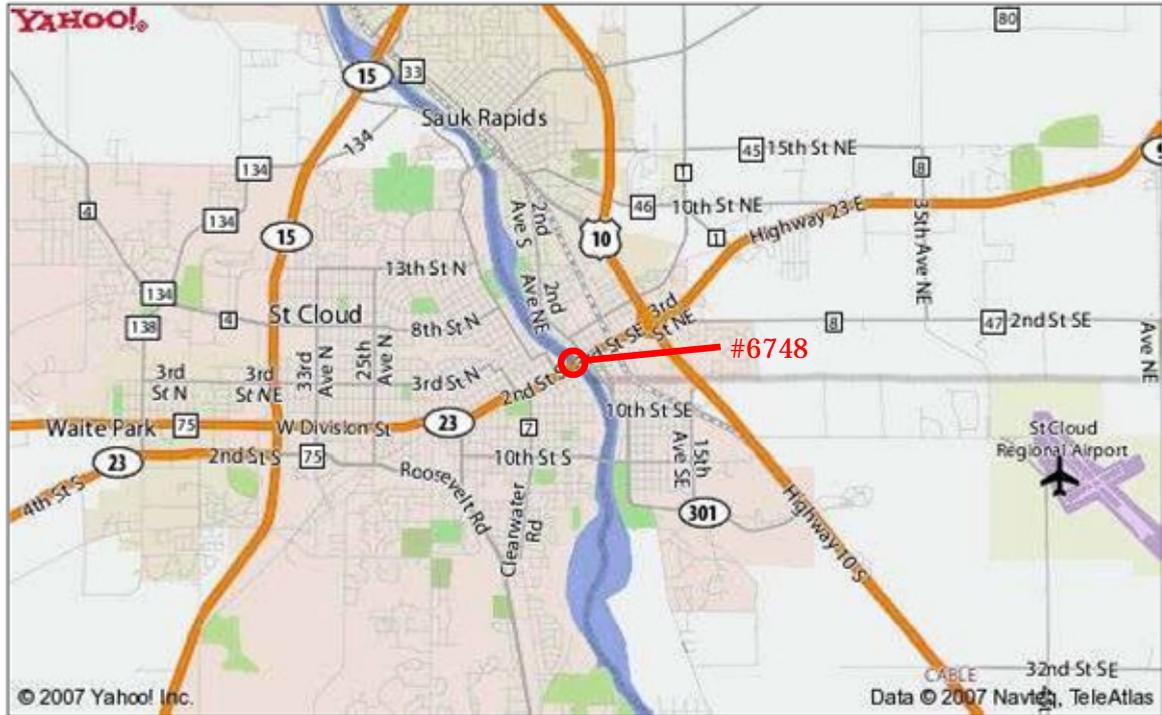


図-7.1 ミネソタ州 調査橋梁位置図

7 - 2 - 1 調査橋梁 1 ( # 6 7 4 8 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 6 7 4 8 TH23 OVER MISS R & RIVERSIDE DR
州・市・郡	MINNESOTA 州 ST CLOUD 市 STEARNS 郡
位置	0.7 MI W OF JCT TH 10
路線	MNTH 23
橋梁形式	鋼上路トラス ( 3 径間 ) 場所打コンクリート T 桁橋
床版	コンクリート ( CONC DECK GIRDS )
橋長	889.5ft (約 271m)
床版幅	70.5ft(約 21.5m)
架設年	1957 年
管理	MNDOT (DISTRICT D3-B)
鋼材	構造用炭素鋼 ( ASTM A7 ) と耐候性鋼 ( ASTM 242 高応力のトラス部材 )
その他	4 車線 ( 2 + 2 ) 両側歩道 ( 5ft )

### (3) 概要

本橋は、上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。  
MN/DOT の HP に公開された資産現況データは以下の通り。

Sufficiency Rating ( SR )	57.3 %
Deficient Status ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	31,000 台 ( 2004 年計測 )
HCADT (Heavy Commercial)	930
Load Rating Date	1995 年 10 月 1 日
最終塗装歴	1973 年 ( 注 1 )

注 1 ) 点検レポートによると、当初の鉛アルミ系塗装の全面撤去はせずに、現行 MN/DOT 仕様 ( #3526 ) が施工されている。

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 ( 1 % が不健全 ) (Satisfactory)	上部工評価 (Structure Evaluation)	5
上部工	5 (Fair)	床版幾何 (Deck Geometry)	4
下部工	6 (Satisfactory)	桁下空間 (Underclearances)	6
排水	6 (Satisfactory)	取付との調整 (Approach Alignment)	8

注 2 ) コンディション・コードおよび価値等級は以下のとおりである。

Special Bridge Inspection Report ( 特別橋梁点検報告 ) の概要の概要

- ・中央分離帯ジョイント下の縦桁やフロアビーム、デッキトラスのコネクションボックスやボトムコードにさびがあり、縦桁端部にはさびのかたまりがある。
- ・デッキトラスの仮止め溶接部にひび割れがある。
- ・極一部に進行性の疲労き裂がある。
- ・コンクリート床版にクラックがある。
- ・緊急点検では、上記の前回点検時以降の新たな欠陥や重大な欠陥は今回点検時に認められず、安全性を損なう状態にはない。

### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=6748](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=6748)

Special Bridge Inspection Report for Bridge#6748 : 下記アドレスより入手

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special\\_inspections/6748-Special-Inspection-2007.pdf](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special_inspections/6748-Special-Inspection-2007.pdf)

#### (4) 現地調査結果

調査は、桁下を通る歩道より近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景

主構のガセットなど部分的に塗装の劣化や鋼材の腐食がみられるものの、視認できた範囲では鋼部材に著しい損傷などの異常は確認できなかった。



主構部材の塗装劣化と発錆の例

本橋の接合は、主にリベットであり、板の合わせ目などで仮止め溶接と思われる溶接も一部で使用されているが、き裂の有無など詳細は確認できなかった。

遠望で状態を確認できた主径間の支承はピン構造の固定沓とみられるが著しい錆などの変状はみられず著しい機能障害はない程度の健全性が確保されていると思われる。



主径間の支承の例



主構上部格点の例



主構上部



主構下部



主径間下方

桁端部の下支材では一部に腐食が見られるが、断面欠損には至っていないものと考えられる。



トラス橋端部の例

主径間の支承と同様に著しいさびなどの変状は見られない。



端部の支承の例

歩道に係る部分であるが、コンクリート梁の一部に浮き・はく離・鉄筋の腐食が見られ、第3者被害を想定した対処が必要と思われる部位が見受けられた。



アプローチスパンのコンクリート桁を支える梁の例

#### ( 5 ) 総括

本橋の緊急点検の結果は既に公表されているが、そこでは致命的な異常は確認されず、最新の定期点検の結果以外に新たな損傷は見つからなかったとされている。なお、今回の調査では見るができなかったが、中央径間部はピン・ハンガーによる吊り構造となっており超音波探傷試験による調査では異常がなかったとされている。同部位はFCM(Fracture Critical Member)に相当するが、90年代初期に油供給装置を導入し2年に1回再充填しているとのことである。

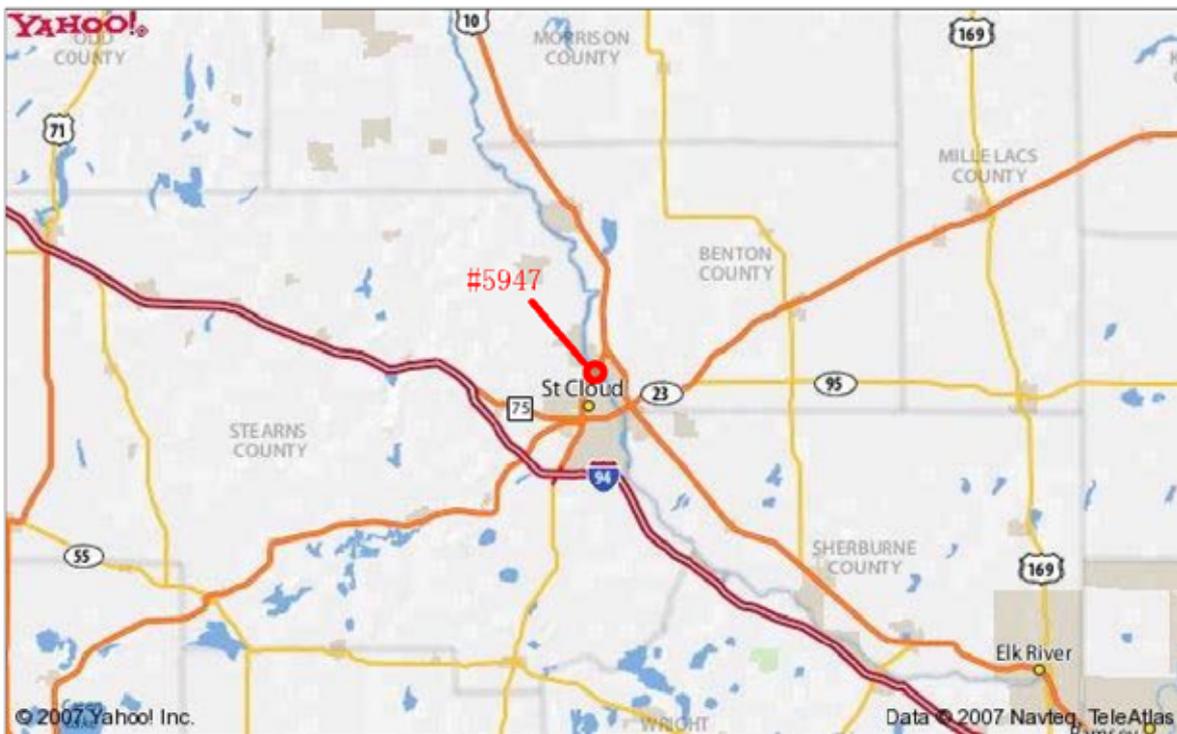
調査でも視認できた範囲では鋼部材の塗装の劣化と部分的な腐食以外に顕著な損傷はなく公表されている橋の状態や資産価値等級の評価に特段の違和感はない。

#### 主な参照資料、出典など

- 1) Special Bridge Inspection Report (August 3 , 2007) MNDOT
- 2) Mn/DOT BRIDGE INSPECTION REPORT (Sep13 , 2006)

7 - 2 - 2 調査橋梁3 ( # 5 9 4 7 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 5 9 4 7 SAUK RAPIDS BRIDGE
州・市・郡	MINNESOTA 州 SAUK RAPIDS 市 BENTON 郡
位置	IN SAUK RAPIDS
路線	MSAS 102 (1 <sup>st</sup> Street)
橋梁形式	鋼上路トラス ( 4 径間 )
床版	コンクリート
橋長	560.0ft (約 171m)
床版幅	38.2ft(約 11.6m)
架設年	1942 年 (1985 年 構造変更? ( remodeled ) )
管理	Sauk Rapids 市
鋼材	リベット
その他	2 車線 ( 1 + 1 ) 歩道あり

( 3 ) 概要

本橋は、上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。  
MN/DOT の HP に公開された資産現況データは以下の通り。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	28.8 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	Structurally Deficient
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	19,000 台 ( 2003 年計測 )
HCADT (Heavy Commercial)	380
Load Rating Date	1988 年 2 月 1 日
最終塗装歴	1992 年

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 (Satisfactory)	上部工評価 (Structure Evaluation)	4
上部工	4 (Poor)	床版幾何 (Deck Geometry)	4
下部工	7 (Good)	桁下空間 (Underclearances)	N
排水	7 (Good)	取付との調整 (Approach Alignment)	8

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

Special Bridge Inspection Report ( 特別橋梁点検報告 ) の概要の概要

- ・ 目視点検からは、特段の構造的問題は顕在化していない。
- ・ 前回点検時に比べて、床桁上フランジの腐食が若干進行している。
- ・ 以前にさび処理を施した部分で新たにさびはじめている箇所が散見された。
- ・ 塗装状態は良好で、主要部材に特段の問題は認められない。
- ・ これまでに判明している問題はそのまま残っており、構造的欠陥のある橋梁である。

なお、隣接して新橋が建設中であり、本橋は 2007 年後期に撤去される予定となっている。

参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=5947](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=5947)

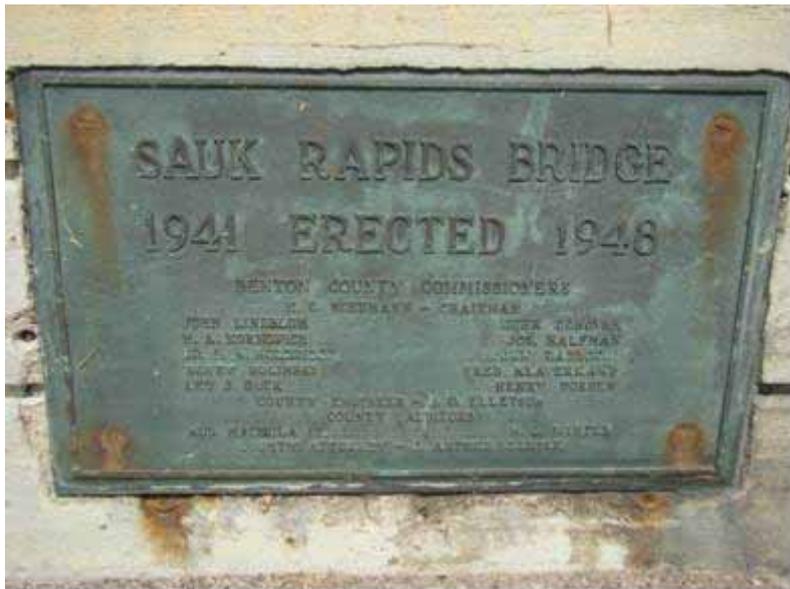
Special Bridge Inspection Report for Bridge#6748 : 下記アドレスより入手

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special\\_inspections/5947-Special-Inspection-2007.pdf](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special_inspections/5947-Special-Inspection-2007.pdf)

( 4 ) 現地調查結果



橋梁全景



橋歷板

桁端部ではロッカー支承が用いられているが、腐食も少なく機能は確保されているものと考えられた。耐震設計の要求はきわめて低いか行われていないものと思われ、支承部での水平移動を拘束するような構造はみあたらない。



桁端部のロッカー支承

接合部は確認できた範囲すべてでリベット接合であり、脱落、腐食などの顕著な異常は確認できなかった。塗装の状態も比較的良好である。



主構下部



主構上部の格点ガセット部



主構下部の格点ガセット部



格点の例

格点のガセット部ではフィラー材と主構部材の間などで仮止め溶接が用いられている。ただし確認できた範囲ではき裂等の変状は見受けられない。



格点ガセット部の仮止め溶接

中間橋脚部のピン支承は外観上顕著な変状はみられず、機能は確保されているものと考えられた。



中間橋脚部のピン支承部

コンクリート床版には、間隔は広いが橋軸直角方向の遊離石灰を伴う顕著なひび割れが多数生じている。本橋は古い H-15 規格の活荷重で設計されており、活荷重に対して床版では耐荷力が十分でない可能性があるものと考えられた。



床版下面の状況



床版上面の損傷

#### ( 5 ) 総括

本橋の緊急点検の結果では、構造的に深刻な損傷は視認されず、床げた上フランジ上面にやや顕著な腐食がみられる程度と報告されているが、現地調査の結果これらの報告に違和感のある特段の損傷等は確認できなかった。

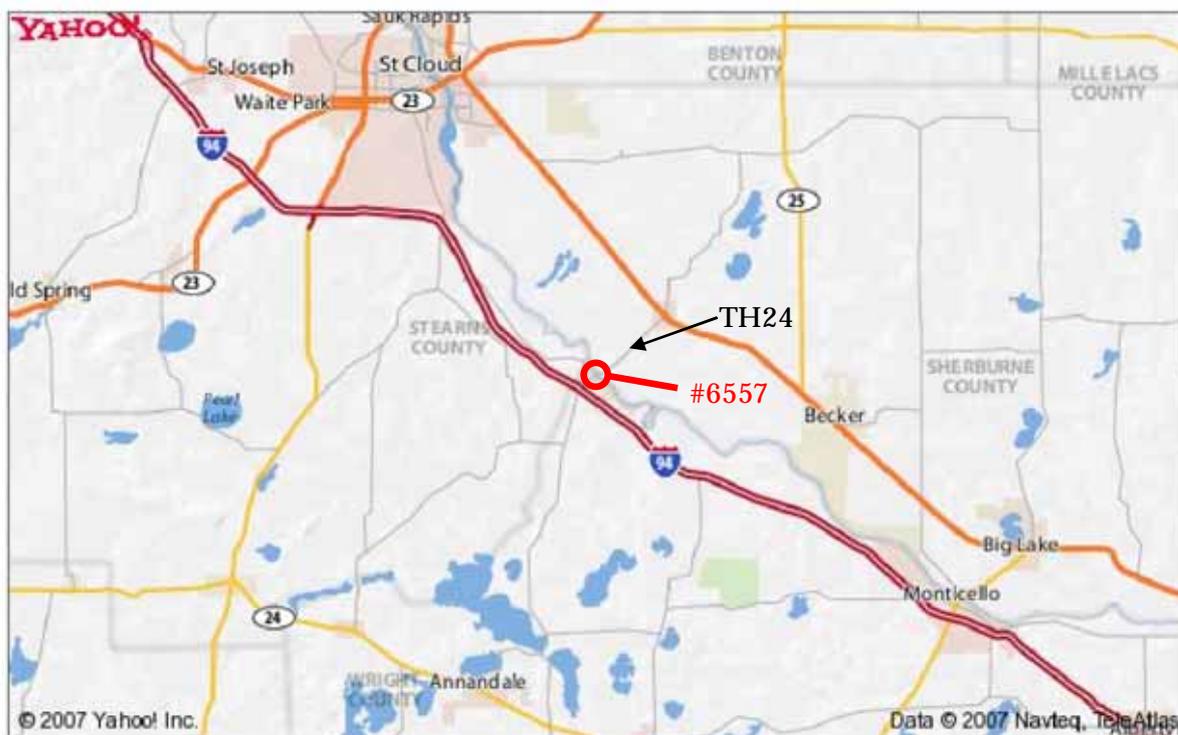
一方で、本橋は「構造的欠陥を有する橋梁」に分類され、かつ「満足度指標 ( SR ) = 28.8」と評価されており外観性状のみからはそれらが何に起因するものかを理解することは困難であった。指標の点数 ( 定量的な数値 ) によって、橋梁管理にかかわる関係者がそれぞれの立場において、必要な橋の状況などアクションに直接結びつくようなシステムとして機能しているのか疑問な点もある。維持管理におけるこの種の指標の導入にあたってはその使われ方やその適用限界について関係者間で共通認識が周知されることが必要であると考えられる。

#### 主な参照資料、出典など

- 1) Special Bridge Inspection Report (August 4 , 2007) MNDOT
- 2) Mn/DOT BRIDGE INSPECTION REPORT (Jan24 , 2003)

7 - 2 - 3 調査橋梁4 ( # 6 5 5 7 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 6 5 5 7 TH24 over MISS R&MAIN ST
州・市・郡	MINNESOTA 州 CLEAR LAKE 市
位置	3.2 MI SW OF JCT TH10
路線	MNTH24
橋梁形式	鋼連続 I 桁 ゲルバー形式
床版	コンクリート
橋長	348.5m
床版幅	9.1m ( 路面幅 )
架設年	1958 年
管理	MNDOT
鋼材	不明
その他	2 車線、歩道あり

( 3 ) 概要

本橋は、鋼 I げた形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	68 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	16300 ( 2004 年測定 )
HCADT (Heavy Commercial)	1,630
Load Rating Date	2003 年 2 月 13 日
最終塗装歴	1974 年

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 (Satisfactory)	上部工評価 (Structure Evaluation)	6
上部工	6 (Satisfactory)	床版幾何 (Deck Geometry)	4
下部工	6 (Satisfactory)	桁下空間 (Underclearances)	7
排水	6 (Satisfactory)	取付との調整 (Approach Alignment)	8

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

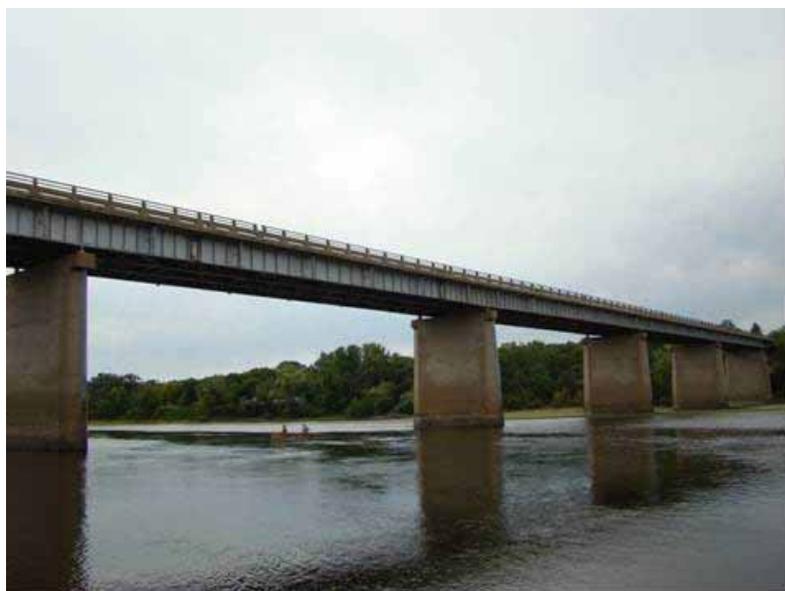
参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=6557](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=6557)

#### (4) 現地調査結果

調査は、片側の橋台部より桁端部に近接し、目視により行った



橋梁全景

本橋は、アイバー形式の吊り材（ハンガープレート）によって各支間の中央部が吊り桁形式で支持されている。

同種のハンガープレートによる吊り構造部を有する橋梁について、1978年に、米国イリノイ州 St Clair 郡の Route157 橋でハンガープレートにきれつ損傷が発見され、ハンガーの交換が行われるまで交通制限と仮支保工による桁の借り受けが行われたことが知られている。文献によるとこの例では腐食によるハンガーの機能障害に起因した繰り返し応力の発生がき裂の原因と推定された。（参考資料1参照）

また、1983年にも米国コネティカット州の Mianus 川に架かる I95 号線の橋梁（Mianus 橋）が落橋する事故が生じたが、同橋の場合もピンハンガーによる吊り桁の破壊が原因とみられている。NTSB（国家運輸安全委員会）の報告書では繰り返し荷重や腐食の影響が指摘され、路面排水の改善など同橋に対する措置と、連邦道路庁など各関係機関に点検手法の改善や充実など多岐にわたる注意喚起と勧告が行われている。（参考資料2参照）

その他の事例として、1988年には米国ペンシルバニア州において、I80号線の橋梁でピンハンガーの部分にき裂が発見され、直ちに交通止めされ、破損したロッドとピンキャップを交換するための緊急措置がとられている。同州では同時にこの種の橋梁に対しフェールセーフ機能を持たせる対応方法が検討され、以下の予防保全対応がなされている。

- ・ピンおよびハンガーの連結部を除去し、フランジおよびウェブを添接板で連結（3橋に実施）
- ・形状に変化が起らないように床桁の下に補助的な支承または片持ち梁を設置（7橋

に実施)

本橋の場合も、詳細構造は不明であるがピンハンガーによる吊りげた形式とみられ、ピンハンガーの損傷は落橋に直結する危険性のある構造と考えられるが、目視できた範囲では伸縮部からの漏水による腐食が進行している疑いがある状態であった。



ハンガーの例

床版は視認できる範囲の多くのパネルで橋軸直角方向に遊離石灰や漏水痕を伴う顕著なひび割れがみられた。



床版下面の損傷

また、床版コンクリートの下面にはコンクリートが大きく剥離した箇所が多く確認でき、いくつかでは内部鋼材の腐食も認められた。



床版下面の剥離・鉄筋露出

支承の状態は、腐食はみとめられるものの程度は比較的軽微であり、供用性や安全性に及ぼす影響は大きくないと判断できた。



支承の状況



桁端ジョイント周辺の例（上フランジ側）



桁端ジョイント周辺の例（下フランジ側）



中間橋脚部の支承部

前回の塗装から約20年経っているが、主桁の腐食は、軽微である。



鋼材の腐食

塗装履歴



また、大型車が通行すると振動および音が発生しているが、顕著な段差等は認められなかった。



路面状況

#### ( 5 ) 総括

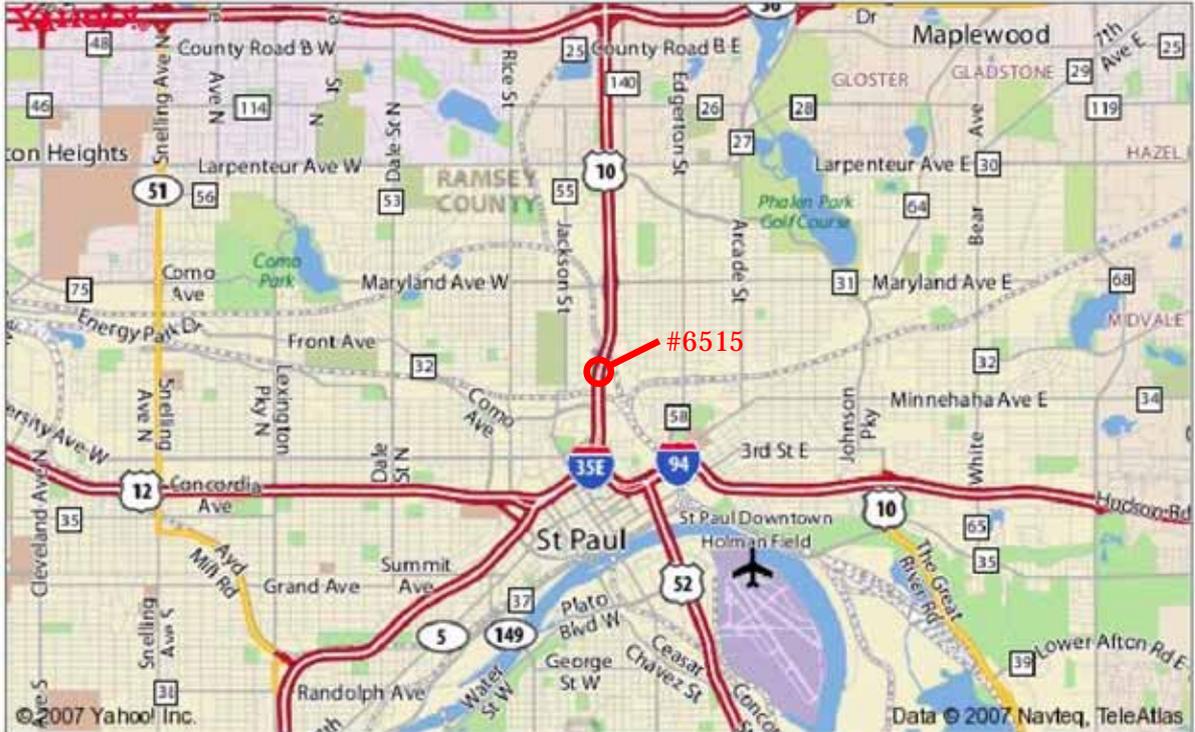
本橋は、調査で視認できた範囲では鋼部材の腐食が部分的にみられた程度で橋梁の状態は比較的良好である。しかし吊り桁のハンガープレートとピンには腐食がみられ、周辺の状態から路面排水の不適切な処理状態が影響しているものと推定される。過去には同種形式の橋梁で落橋事故もあり点検システムの見直しや排水是正の勧告なども行われた経緯があること、州によっては予防保全対応が講じられていることを考慮すると、本橋の状態がどのように評価され維持管理されているのかについては米国の維持管理の実態を知る上でも興味のあるところである。

#### 主な参照資料、出典など

- 1 ) 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
- 2 ) <http://www.nts.gov/publictn/1984/HAR8403.htm>
- 3 ) Gary L.Hoffman、ペンシルバニア州交通局( PennDOT )における橋梁点検と補修、橋梁と基礎、1992.11.

7 - 2 - 4 調査橋梁6 ( # 6 5 1 5 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 6 5 1 5 I35E over CAYUGA ST&BNSF RR
州・市・郡	MINNESOTA 州 ST.PAUL 市
位置	0.9 MI N OF E JCT TH 94
路線	I 35E
橋梁形式	鋼連続 I 桁 ゲルバー形式 ( 14 径間 )
床版	コンクリート
橋長	391.8m 主経間長 42m
床版幅	25.8m ( 路面幅 )
架設年	1965 年
管理	MINNESOTA DOT
鋼材	不明
その他	6 車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼 I げた形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。  
MN/DOT の HP に公開された資産現況データは以下の通り。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	40.8 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	STRUCTURALLY DEFICIENT
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	148,000 (2004 年)
HCADT (Heavy Commercial)	4,440
Load Rating Date	1991 年 3 月 1 日
最終塗装歴	1975 年

コンディション・コード		価値等級	
床版	5 ( 15%が不健全 ) (Fair)	上部工評価 (Structure Evaluation)	4
上部工	4 (Poor)	床版幾何 (Deck Geometry)	4
下部工	4 (Poor)	桁下空間 (Underclearances)	4
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	8

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

Special Bridge Inspection Report ( 特別橋梁点検報告 ) の概要の概要

- ・ 鋼桁ヒンジ部で桁上部の接触や、桁下部の曲がりやねじれが見られる。
- ・ 鋼桁端部に表面さび、二次部材は広範囲にさびが見られる。
- ・ コンクリート床版に多くのひび割れがある。
- ・ 可動橋台の支承部では腐食がはげしく、外側の支承は移動している。
- ・ 固定橋台の支承部の腐食もはげしく、南側橋台の支承アンカーボルトの多くはせん断による損傷を受けており、北側橋台の支承アンカーボルトは曲がっている。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=6515](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=6515)

Special Bridge Inspection Report for Bridge#6515 : 下記アドレスより入手

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special\\_inspections/6515-Special-Inspection-2007.pdf](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special_inspections/6515-Special-Inspection-2007.pdf)

#### (4) 現地調査結果

調査は、鉄道敷部など一部立ち入り禁止区域を除いて、路下の近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景

本橋にはきつい斜角がついており、ゲルバー形式の桁が連続している多主板桁橋である。ゲルバー部の多くで路面からの漏水の影響と思われる著しい腐食がみられる。ゲルバー部の桁は複雑な溶接補剛構造となっており交通量が極めて多いことを考慮すると、腐食の著しい溶接部ではき裂の発生の危険性が懸念されるが、腐食部等について劣化塗膜を除去するなどによるき裂調査が行われた形跡はみられない。本橋は落橋事故が発生した I-35W の事故橋梁 (#9340) に比較的近いインターステートハイウェイの橋であり凍結防止剤の散布も行われていると推定され、早急な腐食環境の改善や詳細なき裂調査なども検討すべきと考えられる。



腐食の著しいゲルバー部



腐食の著しいゲルバー部

本橋の床版はコンクリート製であるが、桁両側の張り出し部では端部で多数のうき・剥離および鉄筋の腐食がみられ、凍結防止剤の影響により劣化が促進しているものと考えられる。なお、路下の特に立ち入りを規制していない路面上に多数のコンクリート片が散乱しており、近年日本で実施しているような第三者被害予防の観点からの措置等を行われていないものと考えられた。



劣化が著しい床版張り出し部



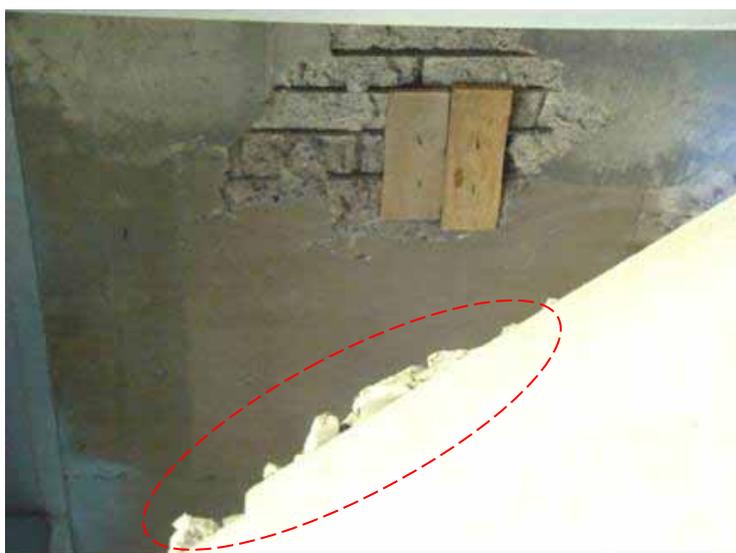
床版張り出し部と壁高欄の状況

また床版下面には格子状のひびわれが多数みられ、一部では遊離石灰の溶出しも著しい。さらに、まとまった面積でかぶりコンクリートが剥落している部分も数カ所確認できた。これらの性状は日本では自動車荷重による疲労による劣化の兆候として一般的であり、床版の設計や構造の詳細は不明であるが露出した鉄筋の状態等から 2 方向に鉄筋が配置されたいわゆる鉄筋コンクリート床版と考えられ、疲労劣化が進行しているものと考えられる。

本橋が、凍結防止剤の影響を強く受けている可能性が高いことを考慮すると、床版コンクリート内部に浸透している水分には塩分が多量に含まれているものと考えられ、防水や疲労耐久性の向上の措置が行われないと今後急速に床版の性能が低下していく可能性もあると考えられる。



床版の変状の例



床版の変状の例（写真下は、脚上に散乱したコンクリート破片）

ミネソタ州はほとんど地震の発生がなく、耐震設計の要求水準は日本に比べてかなり低いと考えられるが、支承部は本橋においても簡易なロッカー形式のものが用いられている。

これらのうち特に腐食環境にないものは健全な状態とみられ構造が単純であることから適切に機能しているものと考えられる。



ゲルバー部の例



中間支点の支承の例

なお、橋台の一部でたて壁の顕著なひびわれが生じており、地震の影響がないと考えると橋台部の不同沈下や移動が生じた可能性もある。



橋台および桁端床版の損傷

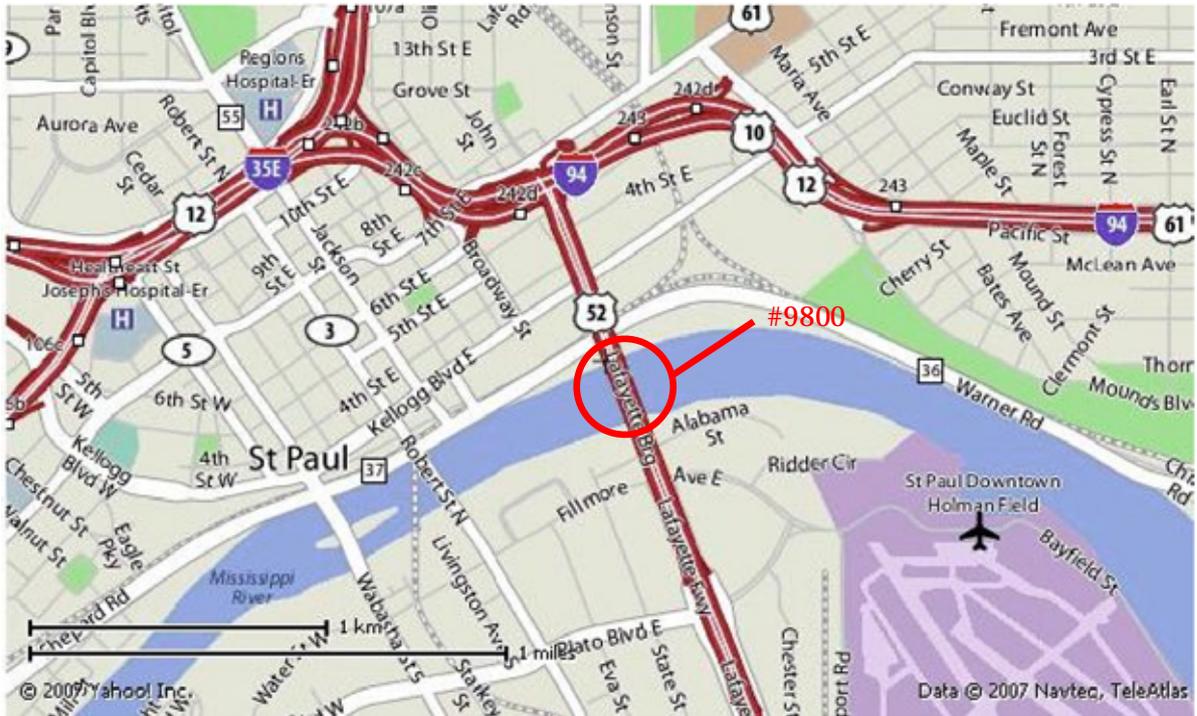
( 5 ) 総括

本橋の SR は 50%未満 ( 40.8%)であり、劣化状態を考慮するとそれなりの低い評価は違和感はない。

ただし、単に現時点の橋梁状態の評価ではなく、それに加えてたとえば凍結防止剤の影響により今後急速に耐荷力・耐久性を喪失する可能性があることなどがどのようにそれらの指標や点検結果の評価として考慮され認識されるのかについては情報が得られず明確でない。

7 - 2 - 5 調査橋梁7 (# 9 8 0 0)

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 9 8 0 0 (Lafayette Bridge)
州・市・郡	MINNESOTA 州 ST.PAUL 市
位置	0.2 MI SE OF JCT TH 94
路線	US 52
橋梁形式	鋼単純および連続 I 桁 (主橋区間 3 径間、アプローチ区間 26 径間)
床版	コンクリート
橋長	1026m
床版幅	18.7m (路面幅)
架設年	1968 年 、 1982 年(Reconstructed)
管理	Minnesota DOT
鋼材	不明
その他	4 車線

### (3) 概要

本橋は、鋼 I げた形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	49.5 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	Structurally Deficient
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	81,000 (2004 調査)
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	5 (Fair)	上部工評価 (Structure Evaluation)	4
上部工	4 (Poor)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	7 (Good)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

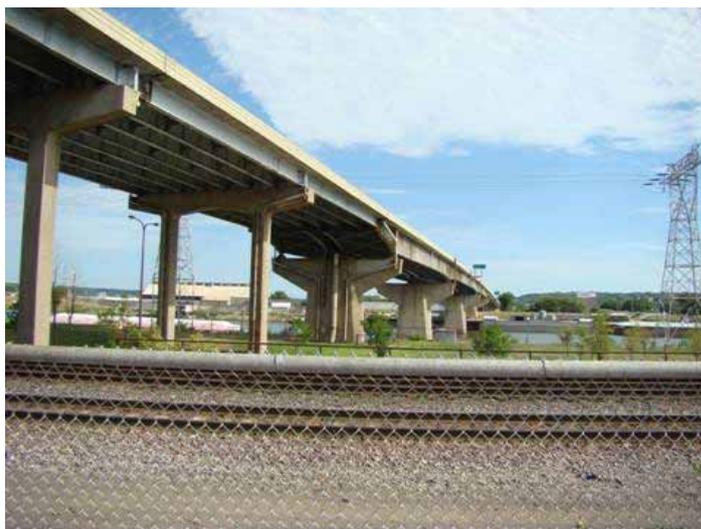
#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=9800](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=9800)

#### (4) 現地調査結果

本橋は高橋脚が連続する高架構造のアプローチ区間と水路部を越える主橋区間で構成されており、上部構造は路下からの遠望目視しかできなかった。なお、本橋の主橋部分(3径間連続2主桁橋)の中央径間部では、1974年に、溶接欠陥に起因して、約3.6mの桁の上フランジから19cmを残して疲労き裂が進展し、あて板補強等が行われているが遠望のため確認できなかった。



アプローチ区間～主橋 全景



アプローチ区間



主橋区間 全景

アプローチ区間はゲルバー構造の多主鉋げたの連続となっている。



ゲルバー部

ゲルバー部は主げたを切り欠いて桁高をそろえた形式であり、支承はピンロッカー形式となっている。また I 断面の主桁下フランジには橋軸および橋軸直角方向両方の移動制限のためと思われる構造が設けられている。

ゲルバー部は路上からの漏水に起因すると考えられる著しい腐食が多くみられた。



ゲルバー構造

コンクリート床版には橋軸直角方向のひびわれがほとんどの径間でみられる。ひびわれの多くでは遊離石灰の析出を伴っており床版コンクリートを貫通するひび割れが生じている可能性が高い。

桁端部の床版は、一般部に比べて損傷程度が悪く、大規模にかぶりコンクリートが剥落して内部鋼材まで腐食が進行しているところもある。凍結防止剤の散布の影響も疑われるためこのまま放置すると今後急速に床版の劣化が進行する可能性もあると考えられる。とくに鉄筋の腐食がすでに著しい桁端部の床版については早急に劣化進展の防止等の対策が望まれる程度であると判断できる。



床版下面の剥離・鉄筋露出



アプローチ区間の床版下面



主橋区間床版裏面（写真上方の木材は型枠と考えられる）

なお、桁間の漏水対策については下の写真に示すように排水型伸縮装置の下に排水設備を設置するなど改善策を実施した形跡があるが、遠望目視の範囲では環境の改善が図られているのか、依然として厳しい腐食環境が改善されず鋼部材の腐食などの劣化が進行しているのかどうかは判断できない。



主橋とアプローチ部の伸縮部



主橋とアプローチ部の伸縮部

#### ( 5 ) 総括

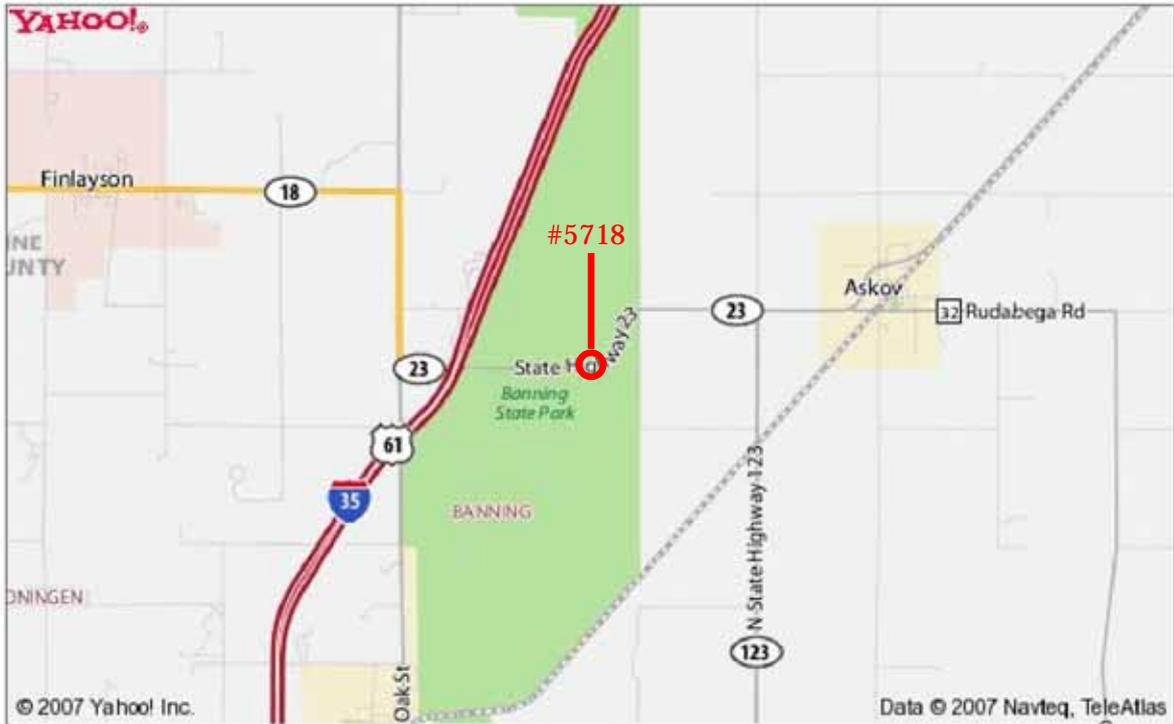
本橋は、主橋が水路上を越える長大橋であるが、コンクリート床版と主げた連結部に顕著な損傷がみられる。

特にゲルバー構造の桁連結部では主桁部材が著しく腐食している状態であり、複雑に補剛された溶接集成構造であることおよび切り欠き構造であることと支点部であることによる応力集中の影響を考慮すると、き裂や断面欠損の有無など鋼部材の健全性について把握し、腐食環境の改善や必要に応じて適切な補修補強が検討されるべき状況と考えられる。

なお、本橋では、上記のように点検による着目すべき箇所が多く日本に比べて高頻度の点検が行われているにもかかわらず点検検査路が設置されておらず、都度橋梁点検車による点検が行われているものと考えられるが、その場合、経済性や点検検査の品質確保の観点から疑問も残る。

7 - 2 - 6 調査橋梁 8 ( # 5 7 1 8 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 5 7 1 8 TH123 OVER KETTLE RIVER & ST
州・市・郡	MINNESOTA 州 SANDSTONE 市 PINE 郡
位置	1.5 MI NE OF S JCT 23
路線	MNTH 123
橋梁形式	鋼 3 径間連続上路トラス
床版	C-I-P コンクリート
橋長	402.8ft(約 122.8m)
床版幅	39.6ft(約 12.1m)
架設年	1948 年
管理	MNDOT DISTRICT (1A Duluth)
鋼材	不明
その他	2 車線 ( 1 + 1 ) 歩道あり

### (3) 概要

本橋は、上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象である。  
MN/DOT の HP に公開された資産現況データは以下の通り。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	78.6 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	2,050 台(2004 計測)
HCADT (Heavy Commercial)	164
Load Rating Date	1988
最終塗装歴	1984 年

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 (Satisfactory)	上部工評価(Structure Evaluation)	5
上部工	5 (Fair)	床版幾何(Deck Geometry)	4
下部工	7 (Good)	桁下空間(Underclearances)	4
排水	8 (Very Good)	取付との調整(Approach Alignment)	8

注1) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁1と同様である。

Special Bridge Inspection Report (特別橋梁点検報告)の概要の概要

- ・いくつかの縦桁で床版からの漏水による上フランジのさびが見られる。
- ・第二スパンのデッキトラス下弦材下側の当て板でさびがかなり進行している。これらの一部では弦材角部との接合部を通してさびが広がっている。
- ・床版ひび割れ部の floor beam に新たなさびが現れている。
- ・下フランジの 35%がさびている。
- ・コンクリート床版にはシールが必要なひび割れがある。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=5718](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=5718)

Special Bridge Inspection Report for Bridge#5718 : 下記アドレスより入手

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special\\_inspections/5718-Special-Inspection-2007.pdf](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special_inspections/5718-Special-Inspection-2007.pdf)

#### (4) 現地調査結果

調査は、桁下を通る歩道より近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景



橋歴板

本橋は、主鋼トラスの各部にあて板補強が行われており、中間橋脚部の可動沓はピン支承の下側にゴム沓が重ねられた状態となっており、かなり大規模な補強工事がおこなわれている。

またコンクリート床版は 1984 年に更新されているとの記録がある。



橋梁全景

全体的に、塗装の状態は良好である。



主構下部



主構上部

支承は、ゴム支承に取り替えられており、良好に機能していると思われる。



中間橋脚の支承部

床版下面には遊離石灰をともなう橋軸直角方向のひび割れが多数みられる。



床版下面

点検記録等によると現在の塗装は 1984 年に施工されたと考えられるが、その場合 20 年以上が経過していることとなるが比較的状态はよく顕著な腐食は確認できなかった。

一方、塗装された部材の表面には部材接合部（ガセット板など）近傍で激しい凹凸がみられたり、貫通穴があいた部分もあるなど塗装前に母材では腐食が相当深刻に進展していた可能性を示唆している。また断面欠損ままでの塗装では、下地処理品質や所要の塗膜厚の安定確保など施工品質上は課題が多いと考えられ、施工の適切性に疑問も残る。



主構下部の塗装状況



部材表面の凹凸・貫通穴



主構下部



支承部



支承部

#### ( 5 ) 総括

本橋の SR は 80%弱と高く評価されているが、調査の結果でも特に健全性に疑問があるような大きな変状もみられないことから状態は比較的良好であるといえる。

NBI のデータには記載がないが、ゴム支承や主構部材へのあて板の存在から大規模な補修・補強などの履歴があるものと考えられる。

更新されている鋼部材の塗装状態は良好であるが、塗り替え前の断面欠損や局部腐食あとかあて板部以外にも多くあり、そのまま塗装されている。これらの部位では塗装品質の面で他の部位に比べて劣化が先行すること、再腐食の際にはき裂の発生につながりやすいことが懸念される。

7 - 2 - 7 調査橋梁10 (#6347)

(1) 位置図



(2) 主要諸元等

橋梁名	# 6 3 4 7
州・市・郡	MINNESOTA 州 FRANCONIA 市 ST.CROIX RIVER
位置	Wisconsin 州との境界
路線	State Route 243
橋梁形式	鋼上路トラス (単純5径間)
床版	コンクリート
橋長	205.4m
床版幅	9.5m (路面幅)
架設年	1953年
管理	MINNESOTA DOT
鋼材	不明
その他	2車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。  
MNDOT の HP に公開された資産現況データは以下の通り。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	65.6 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	12 ヶ月
日平均交通量 ( ADT )	7,600 (2004 年)
HCADT (Heavy Commercial)	608
Load Rating Date	1978 年 11 月 1 日
最終塗装歴	1985 年

コンディション・コード		価値等級	
床版	7 (Good)	上部工評価 (Structure Evaluation)	5
上部工	7 (Good)	床版幾何 (Deck Geometry)	4
下部工	7 (Good)	桁下空間 (Underclearances)	N
排水	7 (Good)	取付との調整 (Approach Alignment)	8

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

Special Bridge Inspection Report ( 特別橋梁点検報告 ) の概要の概要

- ・ デッキトラスやフロアビームに塗膜のはがれや塩のフィルム、表面さびが見られる。
- ・ 弦材の下側の連結部にさびのかたまりがある。
- ・ 仮止め溶接に疲労き裂がある。
- ・ 緊急点検時に致命的な問題は発見されなかった。今回の緊急点検結果は、2006 年 4 月に Metro District 点検チームによって実施された点検結果と同様であった。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

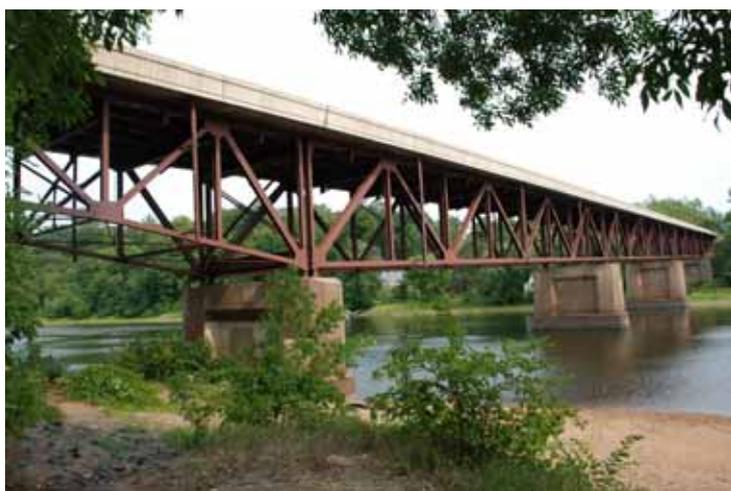
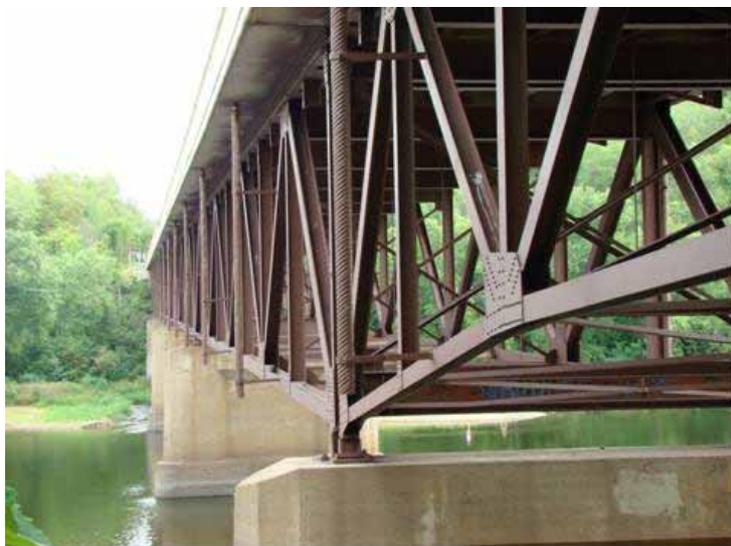
[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=6347](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=6347)

Special Bridge Inspection Report for Bridge#6347 : 下記アドレスより入手

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special\\_inspections/6347-Special-Inspection-2007.pdf](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/special_inspections/6347-Special-Inspection-2007.pdf)

#### (4) 現地調査結果

調査は、片側の橋台部および路下河川敷部などから近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景

本橋は、塗装状態もよく細部に至るまで著しい腐食など大きな変状はみられない。  
支承の状態もよく機能性は確保されているものと考えられた。



中間橋脚の支承部

本橋では、床組（縦げた）がトラス上弦材内部から突出した支柱状の部材に支持された  
横方向部材に連結された特異な構造が用いられている。  
構造上の役割については不明である。



主構上部

主構部材の数カ所に、溶接された部材の撤去後が残置されているのが確認できた。また配水管の支持ブラケットが主鋼部材の側面に形鋼の溶接で設置されている箇所が多くみられ、その一部は座屈したように屈曲変形を生じている。

これらの溶接継手は、疲労耐久性に劣る継手形式に分類されるものであり供用後の補修等工事で行われたものであるとすると疲労耐久性の面で不利な施工が行われた可能性がある。



配水管の取付状況



溶接部材の残置

本橋は、基本的にはリベット接合の橋梁であるが、ガセット板や継ぎ手部のフィラープレートに仮止め溶接と思われる溶接が施工されている箇所が多くみられた。

確認した範囲ではき裂を生じたものはみられなかったが、溶接長も短く今後疲労耐久性の観点からは点検において注視すべき箇所であると考えられる。



ガセット部の構造



ガセット部の仮止め溶接

#### ( 5 ) 総括

本橋は、比較的状态もよく SR ( 65.6% ) や上部構造や床版がコンディションレーティングにおいて「GOOD」に評価されていることに違和感を感じるような事象は見受けられなかった。

ただし、主構部材に重ね継手形式の小さな溶接部材撤去後が滑らかに仕上げられずに残置されている箇所がみられたこと、排水管の支持ブラケットが主構部材に形鋼で溶接されていることから今後疲労耐久性の観点からはこれらが弱点になる可能性もあるものと考えられた。

### 7 - 3 メリーランド州における調査の概要

調査橋梁の位置図を以下に示す。

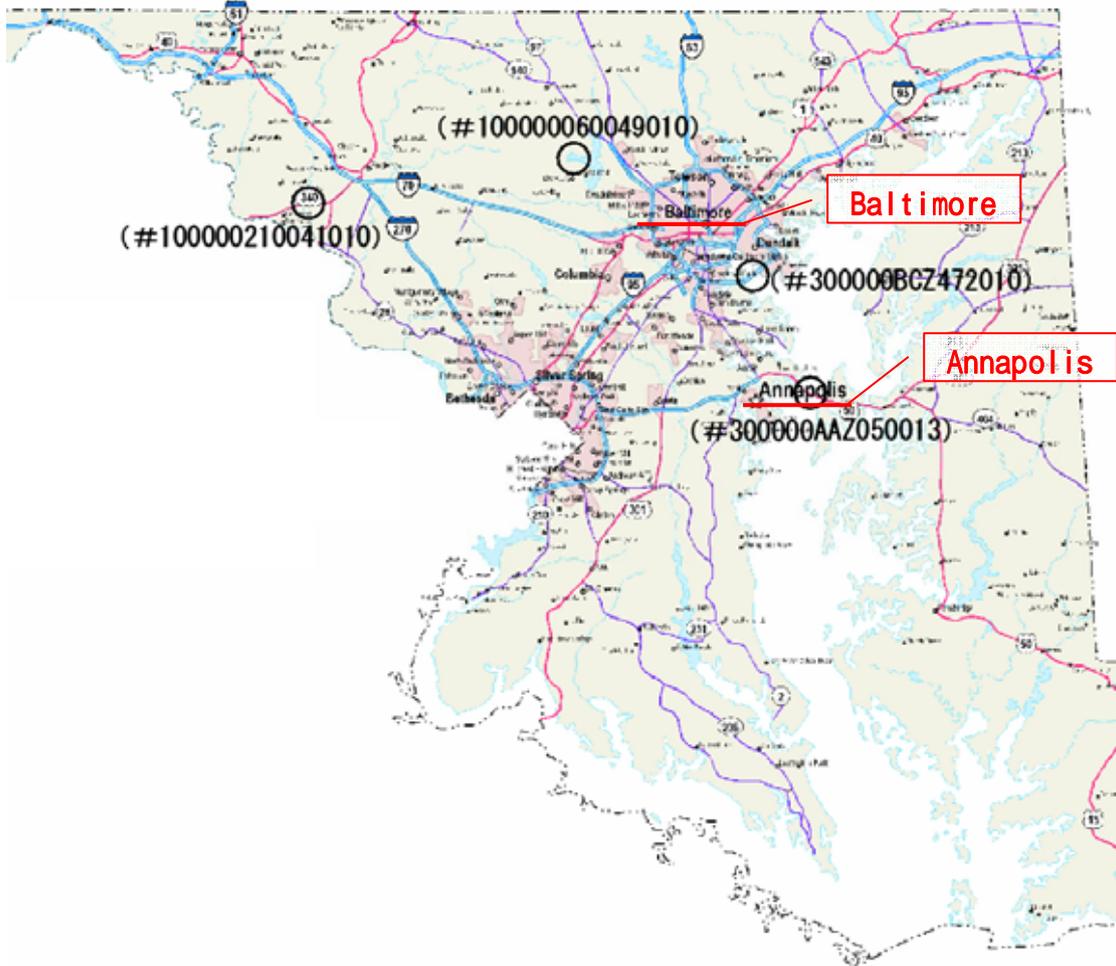
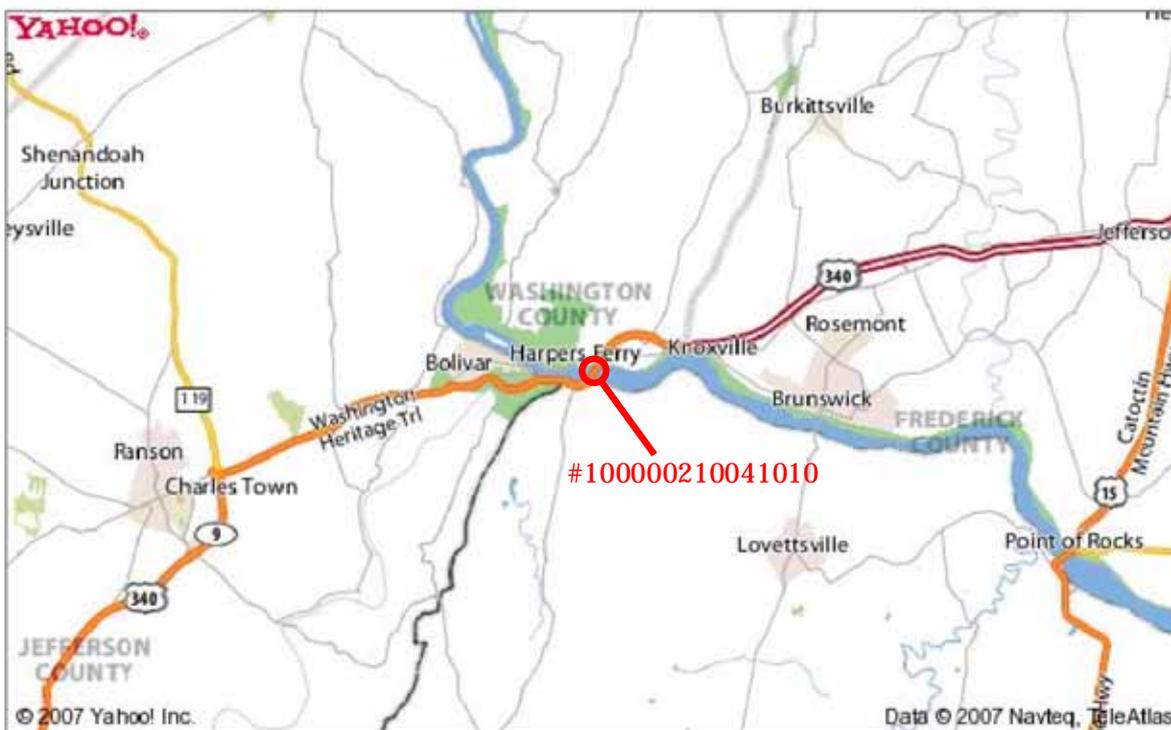


図-7.2 メリーランド州 調査橋梁位置図

7 - 3 - 1 調査橋梁 12 ( # 1 0 0 0 0 0 2 1 0 0 4 1 0 1 0 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 1 0 0 0 0 0 2 1 0 0 4 1 0 1 0
州・市・郡	MARYLAND 州 Washington 郡
位置	Virginia 州境 ( 交差 : POTOMAC 川、CSX TRANS )
路線	US 340
橋梁形式	鋼上路トラス ( 12 径間 )
床版	コンクリート
橋長	686.1m
床版幅	7.7m ( 路面幅 )
架設年	1946 年, 1978 年 (Reconstructed)
管理	MARYLAND DOT
鋼材	不明
その他	2 車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	66.8 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	FUNCTIONALLY OBSOLETE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	21,836 (2002 年測定)
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 (Satisfactory)	上部工評価 (Structure Evaluation)	6
上部工	5 (Fair)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	6 (Satisfactory)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=24&struct=100000210041010](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=24&struct=100000210041010)

#### (4) 現地調査結果

調査は、橋台近傍および河川敷より、近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景



橋台の支承部

本橋は、一部のガセット部や排水設備まわりで塗膜損傷と鋼材の腐食が見受けられる程度で全体に状態は良好である。

床版はコンクリート床版下面にコルゲート鋼板が張られた形式のものであるが、NBI データに記載のある補修補強工事で床版の更新が行われた可能性がある。

なお、鋼板下面からは床版コンクリートの変状を確認することができず、将来的には維

持管理上の課題となってくるものと考えられる。

鋼製波型の型枠（ Corrugated Metal Stay-in-place Forms ）と呼ばれるもので、省力化のために 1960 年代半ばより使用され始めており、各州に広く普及している。



ガセットの構造例



中間橋脚の支承部



鋼材の腐食



端部の支承部



床版下面

また、本橋は FHWA の指示を受けての緊急点検の最中であった。(点検車を使用)



連邦指示を受けた緊急点検

#### (5) 総括

本橋の SR は 70% 近くあり、調査においても特段の損傷は確認できなかった。

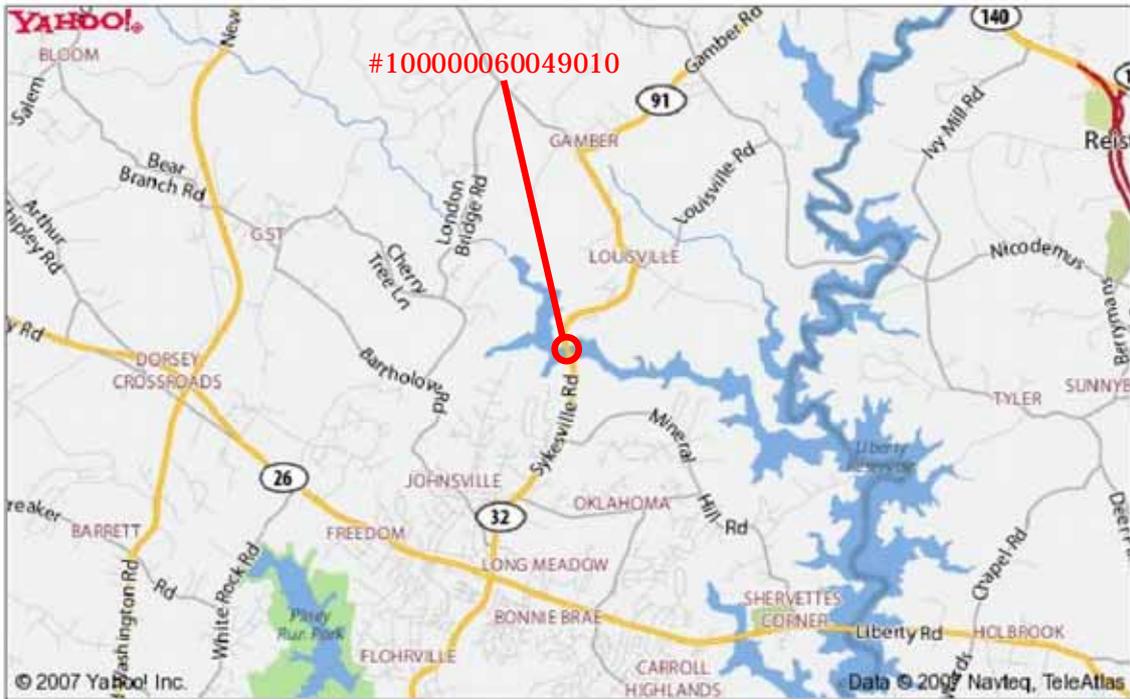
今回の調査においてもいくつかみられたが、下面に鋼板が一体化されたコンクリート床版が使われるケースがある。

日本においても鋼コンクリート合成床版など、床版コンクリートの劣化状態が下面から直接目視できない形式の床版やそのような床版補修工法の採用にあたっては将来の維持管理性について事前に検討が行われるようになりつつあるが、米国においてこのような部材の点検がどのように行われ、また結果がどのように評価されるのかについては、共通の課題への対応として今後注目すべき点であると考えられる。

本調査の一環で実施したメリーランド州道路局の点検担当者との意見交換の中では、米国内でもこのような形式の床版構造については維持管理性の面から是非について議論があるとのことであった。

7 - 3 - 2 調査橋梁13 (# 1 0 0 0 0 0 0 6 0 0 4 9 0 1 0 )

( 1 ) 位置図



( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 1 0 0 0 0 0 0 6 0 0 4 9 0 1 0
州・市・郡	MARYLAND 州 CARROLL 郡
位置	2.53 MILE SOUTH OF MD 91 ( 交差 : LIBERTY RESERVOIR )
路線	MD 32
橋梁形式	鋼上路トラス ( 2 径間 ) + 鋼多主 I げた橋 ( 1 + 1 )
床版	コンクリート
橋長	177.4m
床版幅	8.5m ( 路面幅 )
架設年	1952 年, 1994 年 (Reconstructed)
管理	MARYLAND DOT
鋼材	不明
その他	2 車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼上路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI データに記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	52.5 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	13,125 (2002 年測定)
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	7 (Good)	上部工評価 (Structure Evaluation)	5
上部工	6 (Satisfactory)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	6 (Satisfactory)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=24&struct=100000060049010](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=24&struct=100000060049010)

(4) 現地調査結果

調査は、橋台部および路下の近接できる範囲から目視により行った。



橋梁全景

本橋は、連続トラスの主橋部分の前後にそれぞれ単径間の鋼多主Iげたのアプローチ径間が設けられている。

橋梁の外観は塗り替えられた塗装が比較的健全な状態であり特段の異常はみられない。

ただし、主構部材には各所で断面欠損による貫通孔が確認できるなど塗り替え前に相当の腐食の進行があったものと考えられるが、それらはあて板等による補修補強が行われな  
いまま塗り替え塗装が施工されている。

塗装品質への悪影響や広範囲な断面減少と孔周りの応力集中などを考慮すると、長期耐久性の面からはあて板補強などを行うことも検討すべき状態であった可能性がある。



腐食による貫通孔

その他の部位の腐食状態は外観だけからは明確でないが支承周りや主構格点部の腐食環境は部位によっては必ずしも良好とはいえず、維持管理にあたっては補修前の断面減少や塗装時のそれらに対する措置状況などもふまえて点検を行うことが望ましいと考えられる。



中間橋脚の支承部



主構格点部の状況



支承部周りの腐食



主構上部の状況

本橋はほとんどの接合がリベットによっているが、主構トラス格点部に比較的長い仮止め溶接が施されている部位がある。施工上フィラープレートの固定のために実施されたものと思われるが、溶接延長が長くき裂を生じた場合に溶接ビードのみにとどまらず母材に進展するき裂を生じる可能性がある、さらに溶接部の状態はビード形状も滑らかでなく現在の塗装が行われる前に局部腐食を生じていた疑いもある。そのためこれらの箇所は将来的に点検で注視する必要があるものと考えられる。



仮止め溶接の状況

アプローチ径間の主げた下フランジには重ね継手形式の溶接でフランジが増設されているが、本溶接形式は疲労耐久性に劣り、例えば同橋と近い年代に架設された Connecticut 州 Bridgeport の鋼 I げた橋の Yellow Mill Pond 橋において 1970 年に主げた下フランジに溶接されたカバープレートからき裂が発生したことが報告されている。(参考資料 1 参照) 今後点検にあたっては注意すべき箇所と考えられる。



アプローチ径間の主げた下フランジ

#### (5) 総括

本橋は、全面的に補修塗装された塗膜の状態が良好であり、外観上特に著しい腐食やき裂などの深刻な損傷はみられない。

ただし、主構部材に腐食による貫通孔が多数みられるなど塗装前に著しく腐食していたものと考えられる。それらに対してあて板補強などの措置が行われていないこと、疲労耐久性に劣る溶接部が存在することなどから、維持管理にあたってはこれまでの損傷履歴、補修履歴を考慮してこれらの箇所に注意を払う必要があるものと考えられた。

#### 参考文献

- 1) 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

#### 7-4 米国の橋梁調査のまとめ

現地の橋梁実態調査の主な結果はつぎのとおり。

①NBI システムで管理されている橋梁のコンディションに関する評価は、おおむね現況の状況と整合しており特段の違和感を覚えることはなかった。このことから点検による橋梁状態の評価やシステムに対するデータ更新は適切に行われていることを伺わせる。

②米国の橋梁の管理状態を表す指標として運用されている「満足度指標 (SR)」の評価では、その定義から外観等の現地で確認できる橋梁のいわゆる劣化状態など健全度の状態と直接的に結びつかず、それらから構造体としての橋の状態を理解することは困難である。

③過去に同種形式の橋梁で落橋事故があり点検システムの見直しや排水是正の勧告などが行われた経緯のある構造形式の橋梁について特段、劣化や不測の損傷に対して同種の事故を防止できるような対策がとられることなく供用されているものが依然存在する。

また、幹線道路で劣化が著しく、SR も 50%に満たない橋梁で特段の荷重制限などが行われることなく供用されているものもみられた。

2年に1度の点検の実施と管理指標等の算出、結果の NBI システムへの登録が行われているものの早期に補修等の対策が必要な橋梁が依然多数存在していることが伺われた。

④日本に比べて高頻度の点検が行われているにもかかわらず点検検査路は設置されていないものも多く、事故を踏まえての緊急点検でも橋梁点検車による点検が行われており、各部材への近接による検査には相当の時間と労力が必要となるものと考えられた。

高齢化橋梁の増加に加えて我が国では地震による突然の損傷についても絶えず危険性があることを考慮すると維持管理設備の設置など将来の維持管理負担を総合的に判断して維持管理が経済的・合理的に行えるように備えておくことが重要と考えられた。

## 8章 日米の維持管理の比較

### 8-1 概要

日米では、道路橋の管理に関わる法律や行政制度・体制なども異なり、単純な橋梁点検の相対比較は困難である。しかし、我が国が、一体で機能している道路ネットワークに対して、それを構成する道路橋がそれぞれ管理者毎に定めた点検要領等によって個別に維持管理されているのに比べて、米国では原則 2 年に 1 度の点検が法律に基づいて義務化されていることは特筆すべき相違である。

また、基本となる定期点検の手法は、目視が主体であり日米で大きな差異はないものと考えられるが、詳細点検については日本の直轄国道で、塩害や ASR といった特定の損傷要因に対して要領化されて適用が始まっているのに対して、米国では破壊危険性のある部材を有する橋梁に対する詳細点検が行われているなど大きな相違がある。

表-8.1 日本の点検の現状

項目	都道府県等の例						米国(参考)		
	東京都	長野県	愛知県	札幌市	名古屋	北九州市			
点検の位置付け	高速自動車国道 保全点検要領(H13.4)による	直轄国道 国道・防災課長通達(H16.3.31)	東京都 橋梁点検要領(H14.3)による	長野県 橋梁の簡易点検マニュアル(長野県版)による	愛知県 愛知県橋梁点検(通常点検)マニュアル(案)(H14.12)による	札幌市 橋梁維持管理マニュアル(案)(H16.4)による	名古屋 橋梁点検マニュアル(案)(H15.6)による	北九州市 橋梁点検マニュアル(H14.12)による	米国(参考) 法律による(1971制定)
点検対象	全ての橋梁	2m以上の橋梁	2m以上の道路橋	2m以上の橋梁(マニュアルに記載なし)	管理する全ての橋梁	所管の全橋梁	管理する全ての橋梁	2m以上の橋梁	20ft(約6.1m)以上の橋梁
点検頻度	5年に1回を基本	供用後2年以内に初回、以降5年に1回	5年に1回	竣工後2年以内、以後、原則として5年に1回、損傷、重要度に応じて中間点検	必要に応じて実施	橋梁の管理水準を1種、2種、3種に分け水準別に頻度を設定 1種：1回/5年 2種：全部位は1回/5年、部分部位1回/10年 3種：1回/5年	橋梁の規模、道路の重要性、維持管理面等から判定した点検の優先順位から設定。 30点以上：1回/1年 30点未満：1回/3年	5年に1回	2年に1回
点検方法	近接目視・打音	近接目視	近接目視	遠望目視 近接目視 (マニュアルに記載なし)	徒歩を原則 遠望目視 近接目視	1種：近接目視 2種：遠望及び近接目視 3種：遠望目視	遠望目視 近接目視	可能な限り近接	近接目視
点検内容	上部工、下部工、支承等について、部位毎に鋼の腐食や亀裂、コンクリートのひび割れ等の損傷を33種類に分類。 ・6段階評価で判定。	・部材・部位において、鋼の腐食や亀裂、コンクリートのひび割れ等の損傷を26種類に分類。 ・5段階で損傷度の評価を行った上で7区分を判定。	・部材毎に、鋼の腐食や亀裂、コンクリートのひび割れ等の損傷を31種類に分類。 ・5段階で総合判定評価。	・バル1調査として、桁や床版等9箇所について、損傷の有無を判断。重要な部位に損傷がある場合、バル2調査として、桁や床版等6箇所について損傷の程度を点数化し3段階で評価。	・各部材の損傷に対し、機能面を行う。(5段階) ・特定の損傷に対しては第三者被害に対する判定も行う。	・対象は全部位とし、重要部位で9種類(上部工、下部工等)その他部位で10種類(橋面工等)に分類。 ・損傷度を5段階で評価。	・各部材の損傷を32種類に分類。 ・点検結果を5段階で評価。	・各部材の損傷を33種類に分類。 ・点検結果を5段階で評価。	・5種類の構造部位について、10段階で橋梁全体の状態評価。 ・FCM(破壊危険部材)を特定し別途詳細調査。

## 8-2 日米の点検の比較

### (1) 点検対象について

日本では直轄橋梁については、H16年度に点検要領が改訂されたのを期に、従来15m以上を定期点検の対象としていたものを、2m以上の橋とあらためているが、米国では20ft以上を橋梁点検の対象としている。なお、メリーランド州のDOTへのヒアリングでは、これに満たない小規模橋梁などは別の構造物管理部門等により点検等管理が行われているとのことであった。

5m未満のような小規模の橋梁では構造も簡素なものとなり、外観目視を主とする定期点検では考え方の相違等で点検内容や水準に大きな差が生じるとは考えにくく、点検対象の考え方については日米に特段の考え方の差があるとは考えられない。

米国の点検の種類には初期:Inventory、定期:Routine、損傷:Damage、詳細:In-depth、中間:Interimの5種類の点検がある。これに対して日本では通常、定期(初期含む)、異常時、中間、特定点検(塩害、ASRなど)、および異常時点検の6種類の点検が存在しており、これらを補完するように詳細調査や追跡調査が実施されることになっている。

内容を単純に比較することは困難であるが、In-depthとして行われている疲労点検・水中部点検、また破壊危険性のある部材を有する橋梁(FCB)に対する高頻度の点検は、日本でそれに該当するものが行われていないものと考えられる。

### (2) 破壊危険性のある部材を有する橋梁(FCB)の点検について

前述の全米橋梁点検基準(NBIS)は、シルバー橋の落橋に対応して1971年に制定された。その後、1983年のコネチカット州のI-95マイアナス橋の落橋によって、疲労と一部の部材の破壊が橋全体の安全性に大きな影響を及ぼす危険性のある橋梁について認識されるようになり、1988年にFCMの近接点検(hands-on inspection)の義務付け等の改訂が行われた。ちなみに、これら2橋は主要な橋の崩壊事故のうち腐食、疲労もしくは脆性破壊に起因して橋全体の崩壊に至った唯一の事例とのことである<sup>1),4)</sup>。

FCBの点検頻度は明確には規定されておらず、最長5年間まで州によって異なるが、標準的には2年に1回となっている。FCBの点検では、交通規制をしつつ点検車を使い、かつ狭隘な部分まで近接する必要があるとともに検査技術者の技能が要求されるため、その費用は通常の点検に対して一般に約2~5倍となっている。

FHWAでは州に対してFCBの点検計画を策定するよう提案しているが、州におけるFCBの点検・管理には差が見られ、FCBの定義・分類に関する統一した適用方法の整備の必要性も議論されている。

参考までに、表8.2に各種資料におけるFCBの定義例を示す。なお、これらの形式の橋梁が単純な仮定の下で崩壊に至るという点については種々の議論が行われている。実際、床版等多数の部材が組み合わされている橋梁では、一部の部材の損傷が損傷しても代替する部材による荷重分担も考えられる。例えば、米国では過去に2主桁橋の桁が全高に渡ってき裂が進展したが、崩壊に至っていない事例(少なくとも3事例)も存在する。

表-8.2 破壊危険性のある部材を有する橋梁上部工の定義の例<sup>4)</sup>

AASHTO Manual for Condition Evaluation of Bridges 1994	Inspection of Fracture-Critical Bridge, Members Report (FHWA-IP-86-26)	Bridge Inspectors's Training Manual 90
<ul style="list-style-type: none"> <li>溶接を有する1主箱桁を含む, 1主桁あるいは2主桁</li> <li>2主桁を有する吊径間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2主桁(単径間及び連続径間の端径間) <ul style="list-style-type: none"> <li>固定吊材のある吊径間</li> <li>吊径間</li> <li>溶接鉋桁</li> <li>リベットあるいはボルト結合された鉋桁</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2主桁を有する吊径間</li> <li>下フランジにおいて部分的にカバープレート溶接を有する単純2主桁橋</li> <li>張出し及び吊り構造部を有し部分的にカバープレートを有する連続2主桁橋</li> <li>ウェブに取付けられた水平ガセットプレートに結合された横構を有する単径間2主桁</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2主構トラス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トラス構造(単純/連続) <ul style="list-style-type: none"> <li>アイバーを使用したトラス</li> <li>溶接トラス</li> <li>吊径間を有するトラス</li> <li>リベット結合されたトラス</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>格点間に2つのアイバーあるいは単材を有する単純トラス</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2本のアイバー要素で構成された吊構造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吊橋 <ul style="list-style-type: none"> <li>アイバーチェーン</li> <li>ケーブル</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1パネル当り2本のアイバーを有する棒鋼をつないだ吊橋</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>溶接で組立てられたタイドアーチ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>タイドアーチ <ul style="list-style-type: none"> <li>溶接接合された2箱桁形状のタイ</li> <li>リベットで結合された2箱桁形状のタイ</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>箱桁形状のタイを有する溶接で組立てられたタイドアーチ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製橋脚横梁及び横桁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製橋脚横梁 <ul style="list-style-type: none"> <li>溶接箱桁あるいは鉋桁</li> <li>リベット結合された鉋桁</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶接接合された橋桁を有する、溶接単純I桁あるいは箱桁で構成させる橋脚横梁</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>溶接を有する1主箱桁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋軸方向箱桁 <ul style="list-style-type: none"> <li>溶接された単純箱桁</li> <li>リベットで結合された単純箱桁</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋軸方向の補剛材あるいはガセットプレートの端部のようなディテールを有する単純溶接箱桁</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>2, 3主桁でのピンハンガー連結部</li> </ul>		

※FCM (Fracture-Critical Members) と FCB (Fracture-Critical Bridge)

FCM (Fracture-Critical Members) とは、NBIS によれば橋の部分または全体の崩壊につながる可能性のある引張部材、引張を受ける部位のある部材と定義されている。また、FCM を含む橋のことを一般に FCBs (Fracture-Critical Bridges) と呼んでいる。

【参考文献】

- 1) Connor, R.J., R.J. Dexter, and H. Mahomoud. NCHRP Synthesis Project 35-08: Inspection and Management of Bridges with Fracture-Critical Members. Transportation Research Board of The National Academies, Washington, D.C, 2005
- 2) Bridge Inspector's Training Manual 1990, FHWA, U.S.DOT, 1991.7.
- 3) Manual for Condition Evaluation of Bridges, 1994 Second Edition, AASHTO, 1994.
- 4) Dexter, R.J., R.J. Connor, and H. Mahomoud. Review of Steel Bridges with Fracture-Critical Elements. Journal of the Transportation Research Board, No.1928, TRB of the National Academies, Washington, D.C., 2005, pp.75-82.

### (3) 点検頻度について

我が国では、直轄の場合、昭和 63 年に「橋梁点検要領(案) 土木研究所資料」が示され、それによる形で 10 年に 1 度の計画で統一的に定期点検が行われてきた。それ以前は特に統一的な要領等はなく各地方整備局等が独自に実施していたものと考えられる。

平成 16 年に定期点検要領が新たに定められて、その中で詳細な定期点検は 5 年に 1 度実施することとなったが、現時点 (H19) でまだ 5 年が経過しておらず、結局多くの直轄橋梁では、S63 要領による点検データと新要領による点検データがそれぞれ 1 つの計 2 回のデータがようやく蓄積されつつある状況である。

H16 年の要領制定では、点検頻度を疲労損傷の顕在化や進行の早い著しい局部腐食の検出なども考慮して、従来 of 頻度が倍増されたが、頻度の妥当性についてはデータが少なくその見直しや合理化が今後の課題となっている。

一方、米国では 2 年に一度が原則として法律で義務づけられているが、その根拠や妥当性については不明である。ただし点検の義務化から 20 年以上経過しており多くの橋梁について経年的なデータが多く蓄積されていることは我が国と大きく異なる点である。

### (4) 点検内容 (項目や着目部材)

日米の点検の比較として、比較的多くの種類と数の部材の組み合わせとなるトラス橋についてモデル橋梁を設定し、通常の定期点検の比較として点検項目と取得されるデータの内容についての比較を行う。検討に用いた点検要領はそれぞれ以下である。

●日本：「直轄橋梁定期点検要領 (案) H16.3」

●米国：Bridge Inspector's Training Manual/90

その結果、部材要素の毎の着目損傷種類、変状 (損傷) 程度の評価区分の多い日本の場合が米国に比較してデータ数は多くなる傾向があるようである。

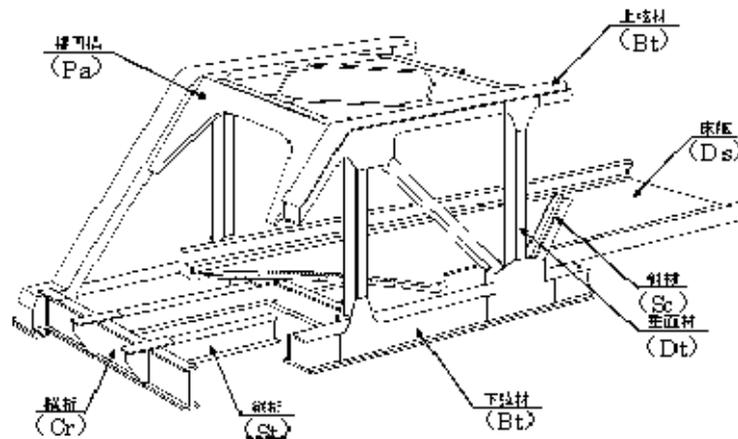
これは、すべての部材を細分化して識別番号 (部材番号) を付与し、損傷の有無にかかわらず、それらのすべての評価単位に対して、最大 26 ある損傷種類についての 5 段階の程度評価を行っているが、米国の要領では損傷種類毎の評価をすべて与えるのではなく、総合的な健全度として評価している点が大きく異なるようである。

#### 【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所資料 No.196「道路橋の定期点検に関する参考資料—橋梁損傷事例写真集—」、2004.12
- 2) Bridge Inspector's Training Manual 1990, FHWA, U.S.DOT, 1991.7.

トラス橋点検項目数の日米比較 (8桁桁の場合:下図参照)

		日本				米国			
		主桁車数(保通)		主桁車間	主桁車保通	主桁車数(保通)		主桁車間	主桁車保通
		1主桁車	2主桁車			1主桁車	2主桁車		
主桁 部材	上・トラス材	20	32	0	20	1	2	-	2
	斜材	0	12	0	10	1	2	-	2
	縦横材	7	14	0	10	1	2	-	2
	脚門脚	-	2	0	0	-	1	-	1
	鋼桁	-	0	0	0	-	1	-	1
	鋼桁	-	0	0	10	-	1	-	1
	鋼桁	-	0	0	0	-	1	-	1



○日本の場合

点検の単位：部材要素毎

点検・記録：鋼部材については定められた各検査項目(腐食・亀裂・破断等)ごとに検査ランクを記録

○米国の場合

点検の単位：部材毎

点検・記録：統合的に健全度を評価し、検査ランクの数量を記録する

図-8.1 トラス橋点検項目数の日米比較

表-8.3 日米点検項目と評価の比較

○モデル橋梁  
 上部工形式: 鋼単純桁橋  
 下部工形式: 橋台  
 基礎形式: 直接基礎

日本										
【主桁要素番号】										
0101	0102	0103	0104							
0201	0202	0203	0204							
0301	0302	0303	0304							
0401	0402	0403	0404							
主桁	損傷程度の評価						対策区分の判定			
	腐食	き裂	ゆるみ・脱落	破断	防食機能の劣化	...	腐食	き裂	...	
0101										
0102										
0103										
0104										
0201							A			
0202							B			
0203							C			
0204							E1			
0301							E2			
0302							S			
0303							M			
0304							の			
0401							7段階評価			
0402										
0403										
0404										
【横桁要素番号】										
0101	0102	0103	0104	0105						
0201	0202	0203	0204	0205						
0301	0302	0303	0304	0305						
横桁	損傷程度の評価						対策区分の判定			
	腐食	き裂	ゆるみ・脱落	破断	防食機能の劣化	...	腐食	き裂	...	
0101										
0201										
0301										
0102							A			
0202							B			
0302							C			
0103							E1			
0203							E2			
0303							S			
0104							M			
0204							の			
0304							7段階評価			
0105										
0205										
0305										
点検単位	損傷の種類	対策区分の単位								
横構	10	9	1							
点検単位	損傷の種類	対策区分の単位								
支承	8	10	1							
アンカーボルト	8	5	1							
沓座モルタル	8	3	1							
台座コンクリート	8	3	1							
落橋防止システム	6	8	1							
点検単位	損傷の種類	対策区分の単位								
橋台	2	7	2							
胸壁	2	7	2							
堅壁	2	7	2							
翼壁	2	7	2							
基礎	2	2	2							
【床版要素番号】										
0101										
0201	0202	0203	0204							
0301	0302	0303	0304							
0401	0402	0403	0404							
0501										
床版	損傷程度の評価						対策区分の判定			
	ひびわれ	剥離・鉄筋露出	漏水・遊離石灰	抜け落ち	床版ひびわれ	...	ひびわれ	剥離・鉄筋露出	...	
0101										
0201										
0202										
0203										
0204										
0301							A			
0302							B			
0303							C			
0304							E1			
0401							E2			
0402							S			
0403							M			
0404							の			
0501							7段階評価			
点検単位	損傷の種類	対策区分の単位								
高欄	2	6	1							
地覆	2	6	1							
中央分離帯	1	6	1							
伸縮装置	2	9	1							
縁石	2	6	1							
舗装	4	2	1							

構造物保全率  
 全橋梁に占めるA、Bのみの橋梁の割合  
 ↓  
 総合評価指標・耐荷性・災害抵抗性・走行安全性  
 損傷程度から、部材に重み付けをして計算

米国										
【主桁要素番号】										
1										
2										
3										
4										
主桁	condition 状態	Pontis Elemen Condition								
	1									
2	Good Fair Poor の 3段階評価	3~5段階評価								
3		各評価の延長(面積、個数)を求める								
4										
【横桁要素番号】										
1	2	3	4	5						
2										
3										
4										
5										
横桁	condition 状態	Pontis Elemen Condition								
	1									
2										
3	Good Fair Poor の 3段階評価	横桁が上記に含まれるかは不明								
4										
5										
点検単位										
横構	?									
点検単位										
支承	8									
アンカーボルト										
沓座モルタル										
台座コンクリート										
落橋防止システム										
点検単位										
橋台	2									
橋台	2									
基礎	2									
【床版要素番号】										
1										
床版	condition 状態	Pontis Elemen Condition								
	1									
	Good Fair Poor の 3段階評価	3~5段階評価								
		各評価の延長(面積、個数)を求める								
点検単位										
高欄	2									
地覆	—									
中央分離帯	—									
伸縮装置	2									
縁石	—									
舗装	1									

Superstructure Condition	Structural Evaluation	Sufficiency Rating	Bridge Deficiency Status
10段階評価 物理的状態の評価	10段階評価 機能を加味した評価	0~100点 構造の健全度、機能陳腐度、公共重要度より決定される、橋梁の更新の必要性を判定する指標	Structurally Deficient Functionally Obsolete
Substructure Condition	Deck Condition	Deck Geometry	
10段階評価	10段階評価	機能を加味した評価	

## (5) 点検制度と資格者

### ①米国の点検員の資格

米国の点検員の資格は NBIS に明記されており、法的な裏付けを有する。点検員の資格は 2 つに分類されており、それぞれの定義は以下の通りである。また、点検記録は ASSHTO の標準様式によって全国統一され、NBI に記録されている。点検費用については、80%が連邦政府補助、20%が州の自主財源にてまかなわれている。表 8.3 に日米の点検員の資格を比較して示している。前提としている実務経験の内容やレベルが必ずしも同じでないため日米の単純な比較は困難であるが、点検員の法的位置づけの有無は大きな相違である。また法に規定されている米国ではトレーニングマニュアルなど研修内容や水準もそれと連動して明確化されているものと考えられるが、我が国の場合は任意団体等による短期の研修が行われているだけである。

#### 1) 点検責任者

PE, あるいは 10 年以上の橋梁点検業務従事者であって、「橋梁点検員訓練マニュアル総合コース」を修了している者。

#### 2) 一般点検員

点検員責任者資格を有する者。5 年以上の橋梁点検業務従事者であって、「橋梁点検員訓練マニュアル総合コース」を修了している者。あるいは、「工学技術国家資格[National Certification in Engineering Technologies]」のレベルⅢまたはⅣを有する者。

#### 3) 日米の点検員の資格の比較

表-8.4 に日米の比較を示す。なお、表中、日本は標準的に直轄橋梁に対する現状を示している。

表-8.4 点検員の資格

	日本	米国
定期点検	5年毎	2年毎
法制化	未	済
点検員資格	実務:大卒後5年	PEまたは実務:10年(リーダー)
研修(義務)	(財)海洋架橋・橋梁調査会 3日間	NHIトレーニングコース3週間
備考	道路橋マネジメントの手引き	トレーニングマニュアル

## (6) 点検業務の品質管理と点検データの運用

### ①点検業務の品質管理

各州では、連邦政府の定めた全国橋梁検査基準に従って橋梁検査を実施している（根拠法令：連邦規則集（CFR）セクション 650.313（g）（2005年））。この中では「検査の高い正確さと一貫性を維持するため、品質管理および品質確保の対策を講じる。これには、定期的な検査チームの現場チェック、プログラム・マネージャーやチームリーダーのための定期的な橋梁検査訓練セミナー、独立した第三者による検査報告書や計算書のチェックなども含まれる。」と規定されている。

### ②FHWAによる調査と管理

FHWAは毎年、点検プログラムを調査するために3,4個所の地方技術事務所を視察する。この調査によってFHWAは点検員の質、手順、文書作成、報告、および荷重制限の実態を評価する。このうち破壊危険性のある部材を有する橋梁に対するクリティカル部材の点検と水中点検の報告書は特に重視される。

各技術事務所において品質管理保証プログラムは徹底的に調査され、州管理の橋が基準に準拠していることを確認するほか、地方自治体の関係局も視察し地方自治体が必要に応じて橋梁点検を実施していることを確認する。この視察は、地方自治体で生じた問題に対し、州が適切なフォローを行っているかどうかを確認するためのものである。

我が国では直轄国道における橋梁を対象とする橋梁点検は業務委託された民間コンサルタントが実施している。(財)海洋架橋・橋梁調査会(以下JBEC)が、その橋梁点検に対して、計画、文書作成、および報告等の教育指導や橋梁の損傷状況把握と対策区分の判定を実施しているが、それらの手続きや扱いは地方整備局毎にそれぞれ行われており、統一的な品質管理保証プログラムとして実施されてはいない。また各地方整備局の点検等の維持管理プログラムの品質や地方自治体等への支援の状況などを全国的な視点で調査したり監視していないのが実状である。

#### 【参考文献】

Gray L. Hoffman、訳：西川和廣、村越 潤、ペンシルベニア州交通局（Penn DOT）における橋梁点検と補修、橋梁と基礎、1992、p.p.19～p.p.22

### ③点検データの運用

米国では点検結果にもとづいて橋梁評価を共通様式に則した査定を行っている。SI & A (Structural Inventory and Appraisal Data) は NBI 記載の 116 項目の打ち Appraisal 項目について点検結果をもとに、床版、上部構造、下部構造、水路部、カルバートの健全度を評価するものであり、次の 11 段階がある。

- N NOT APPLICABLE : 適用外
- 9 EXCELLENT CONDITION : 新しい
- 8 VERY GOOD CONDITION : 非常に良好—全く問題なし
- 7 GOOD CONDITION : 良好—軽微な損傷がある
- 6 SATISFACTORY CONDITION : 満足できる状態—構造要素に多少劣化が見られる
- 5 FAIR CONDITION : 普通の状態
  - 主要な構造要素はすべて健全であるが、小さな断面欠損、劣化、ひび割れ、剥離、洗掘などの欠陥が存在する可能性がある
- 4 POOR CONDITION : 悪い状態
  - 断面欠損、劣化、ひび割れ、剥離、洗掘などの欠陥が進行している
- 3 SERIOUS CONITIONS : 深刻な状態
  - 主要な構造要素に重大な影響を与える断面欠損、劣化、剥離、洗掘などが存在する。局所的な破壊が起こっている可能性がある。鋼部材の疲労亀裂、コンクリートのせん断ひび割れが生じている可能性がある。
- 2 CRITICAL CONDITION : 危機的な状態
  - 主要な構造要素の劣化が進行している状態。鋼部材の疲労亀裂、コンクリートのせん断ひび割れが生じているか、洗掘により下部構造の支持地盤が失われている可能性がある。密な監視が行われなければ、対策が実施されるまで通行止めが必要が生じる可能性がある。
- 1 “IMMINENT”FAILURE.CONDITION : 落橋が差し迫った状態
  - 重要な構造要素に重度の劣化あるいは断面欠損が存在しているか、構造安定性に影響を及ぼす明らかな鉛直あるいは水平方向の移動が見られる。橋梁は通行止めになるが、対策を実施すれば軽度のサービスには再使用できる可能性がある。
- 0 FAILED CONDITION : 崩壊した状態
  - 使用中止。対策可能な状態を超えている。

これらの SI&A 評価結果をもとに SR:Sufficiency Rating を橋梁ごとに次式により算定し、FHWA が更新、改修対象橋梁を決定している。SR が 50 以下で架け替え対象となり、80 以下では補修補強対象となる。表 8.5 には SR の構成要素、評価項目とそれぞれの最大値をまとめて示している。また、橋梁の欠陥状況を示す指標として、Structurally Deficient (SD) : 構造的欠陥と Functionally Obsolete (FO) : 機能的陳腐化が定義されている。これらの欠陥状況と適用条件を表 8.4 にまとめて示す。

表-8.5 SRの評価方法

SRの計算式		$SR = S1 + S2 + S3 - S4$ <ul style="list-style-type: none"> <li>SR &lt; 50 の橋梁：更新あるいは補修の対象</li> <li>SR ≤ 80 の橋梁：補修の対象</li> </ul>	
SRの構成要素		評価項目	最大値
S1	構造的適正・安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>上部構造の NBI 点検ランク &lt;Item 059&gt;</li> <li>下部構造の NBI 点検ランク &lt;Item 060&gt;</li> <li>安全に使用可能な荷重レベル &lt;Item 066&gt;</li> </ul>	55%
S2	使用性・機能的陳腐化	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造的評価：日平均交通量と安全に使用可能な荷重レベルとの関係 &lt;Item 067&gt;</li> <li>道路幅の不十分度（車線当たりの日平均交通量、車線当たりの幅員） &lt;Item 068&gt;</li> <li>桁下クリアランス &lt;Item 069&gt;</li> <li>進入路の線形 &lt;Item 072&gt;</li> <li>水路の適正 &lt;Item 071&gt;</li> <li>床版の NBI 点検ランク &lt;Item 058&gt;</li> <li>進入路の幅 &lt;Item 032&gt;</li> <li>縁石から縁石までの幅 &lt;Item 051&gt;</li> <li>車線数 &lt;Item 028A&gt;</li> <li>日平均交通量 &lt;Item 029&gt;</li> <li>床版上の最小鉛直クリアランス &lt;Item 053&gt;</li> <li>STRAHNET：Strategic Highway Network かどうか &lt;Item 100&gt;</li> </ul>	30%
S3	公共的重要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>迂回路の延長 &lt;Item 019&gt;</li> <li>日平均交通量 &lt;Item 029&gt;</li> <li>STRAHNET かどうか &lt;Item 100&gt;</li> </ul>	15%
S4	特別減点	<ul style="list-style-type: none"> <li>迂回路の延長 &lt;Item 019&gt;</li> <li>主スパンの構造形式：ラーメン、トラス等 &lt;Item 043B&gt;</li> <li>交通安全性：ガードレール等 &lt;Item 036&gt;</li> </ul>	13%

※ 表中、Item は橋梁台帳である NBI（National Bridge Inventory）において付された番号を示す。

表-8.6 橋梁の欠陥状況と適用条件

欠陥状況	適用条件
Structurally Deficient (SD) : 構造的欠陥	1) 評価ランクが下記のいずれか項目に対して、4 以下 床版、上部構造、下部構造、カルバート、擁壁（構造形式がカルバートの場合適用） 2) 評価ランクが下記の項目に対して、2 以下 構造的評価、排水設備の適正
Functionally Obsolete (FO) : 機能的陳腐化	1) 評価ランクが下記のいずれかの項目に対して、3 以下 床版の形状、桁下クリアランス、進入路の線形 2) 評価ランクが下記のいずれかの項目に対して、3 以下 構造的評価、排水設備の適正

④橋梁更新・改修施策（HBRRP）

米国では橋梁更新・改修施策として HBRRP（Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program）は制定されている。（参考 URL: <http://www.fhwa.dot.gov/>）これは、新設の橋梁を適用対象外とする既存橋梁の更新・改修に関する施策で適格性を有する限り、連邦補助政策要領補助金を供出しようとする施策である。供出された補助金は州や地方道路局の主要な財源となっている。事業類型は「更新[Replacement]：構造的欠陥あるいは機能的陳腐化をきたしている橋梁について、同一路線上に新施設を建設し、完全な更新を行うこと」と「改修[Rehabilitation]：橋梁が構造的な完全性を回復し、安全上の欠陥を是正するために必要な重要工事を行うこと」の2段階があり、その事業申請には 点検の実施並びに SI & A シートの提出と橋梁台帳の提出が義務づけられている。

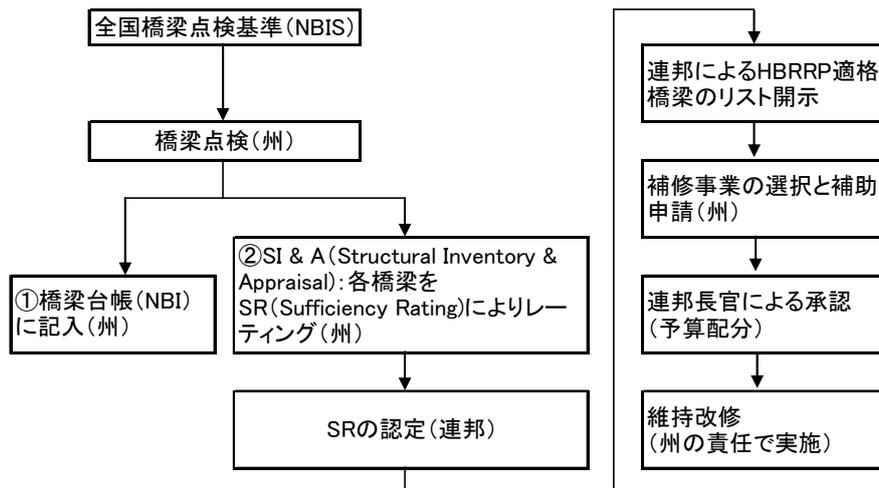


図-8.2 HBRRP 予算化フロー

対象橋梁採択は台帳の査定と SR 認定後、長官から州政府に対し、HBRRP 施策に適格性

を承認された橋梁の採択一覧が開示される。州政府は、それを基に、過去の採択リストと照合の上、自州の橋梁事業を選択する。このような手続きを経て、適格原価の 80%を連邦政府が補助することになっている（図-8.2）。

これに対して、日本では点検結果と補修補強あるいは架替えのための予算化の手続きの連動が体系化された制度システムとして構築されていないのが現状である。

### 8-3 メリーランド州道路局との意見交換結果

■実施日 2007年8月15日

■担当者 Ryan Hughes,

■所属と役職 State Highway Administration (MD-SHA), MD-DOT, Assistant Division Chief, @Baltimore, MD

#### ■議事

##### ①州内橋梁の現状と点検体制について

州管理道路では対象となる橋梁数が 2,584 橋、ほか自治体管理のものが 2,185 橋、有料道路公社管理のものが 253 橋存在している。このうち **Structurally Deficient** とされる橋梁は全州に 410 橋、州管理の橋梁では 170 橋存在している。

点検は州内を 7 地域に分け、それぞれ担当の橋梁点検チームを保有しており、点検チームの総人数は 18 名で、1 チーム 2~3 名で構成されている。彼らは点検作業に専従している。各チームには連邦法に基づき、チームリーダーが一人ずつ置かれているが、各チームリーダーは 10~20 年程度継続して従事している。

ひとつの橋梁を同じ技術者が継続的に点検することは、各橋梁における時期による河川水位の違いが理解されていることや、生じた変化を発見しやすくなる点で効果がある。(インハウスによる点検のメリットでもある)。

連邦法ではコンサルタント雇用による橋梁点検も認めているが、MD-SHA では必要に応じて補助人員として活用する程度で、(通常の点検は)基本的にインハウス・エンジニアが点検を実施している。ただし、水中点検や昇開橋の機械設備など特殊なものはコンサルタントに外注している。なお、コンサルタントによる点検では、(彼ら自身の責任を回避するため)些細な問題も報告に含めがちで、結果として州政府側の業務量が増加する傾向がある。なお、メリーランド州では橋梁点検に関して大学との連携はない(新設橋梁の設計に関してはある)。

橋梁以外の小規模構造物、照明灯などの点検管理は、それぞれ別の維持管理担当グループがありそこで実施している。

##### ②点検内容と頻度

点検頻度は連邦法により標準で 2 年に 1 度だが、特例的に 4 年とすることが許されており、小規模な橋梁については 4 年としている。2 年より短縮して実施している橋梁は 225 あり、その選別は、前回点検の評価結果、交通量 (15,000 台/日以上が目安)、点検技術者の意見により実施している。

各橋梁について近接点検(Hands-on)を実施し、連邦基準以上に綿密に点検している。一部に接近困難な部分があるが、その対策について FHWA の地方事務所と議論しているところである。破壊危険性のある部材を有する橋梁 (FCB)については、(連邦法が定める) FCM のみならず全部材について近接点検を行っている。また、必要な橋梁についてはき裂に対す

る磁粉探傷、ピンの超音波探傷を実施するが、これらの実施は5年に1回が基本となっている。

点検マニュアルは州により異なる。(これまで他州のマニュアルとの比較という観点はありませんでしたが、) 今回の事故も踏まえ他州のマニュアルについて知る必要があると感じている

#### ③点検技術者について

FHWA 認定の NHI のコースに技術者を派遣している。連邦法ではチームリーダーのみに研修の受講を要求しているが、MD-SHA は全ての点検技術者に2週間の研修を受講させている。大学新卒者向けに4年のコースも実施している(これは州独自の OJT インハウス研修制度と理解)。なお、民間のコンサルタント会社の方が処遇がよいため、(特に若い) 橋梁点検技術者の流出が生じている。

#### ④点検結果の記録と評価

点検結果の記録単位は、構造の構成要素単位(PONTISによる)であり、(日本のような部材の細分割は行わず)例えば桁では1本で1つの記録である。なお、問題点は記述によって示される。また、床版橋のような小規模橋梁では橋全体で1つの評価となるものもある。

#### ⑤点検費用について

橋梁点検の費用は、大部分を占める小規模橋梁では\$3,000程度である。

定期点検に要する所要時間は小規模橋梁では4~6時間程度であるが、大規模橋梁については1週間以上を要する場合もある。

#### ⑥点検結果の反映について

点検結果は橋梁補修に対する連邦の補助金に反映される。例えば、**Sufficiency Rating** が50以下であれば架け替えが前提となり、50~80では床版打ち換えが前提となる。点検結果で損傷が見つかった橋梁については、MD-SHA 本部の技術者によるフォローアップ点検を実施(技術者は3名保有)。フォローアップ技術者により補修・補強の **Work list** が作成され、州の基準による優先度順に補修・補強工事が実施される。

このとき、点検結果の評価について技術者による見解の相違が出る場合があるが、その場合関係者間の議論によって見解の調整を行う場合もある。

1ヶ月に20~30橋で損傷が発見され、フォローアップ技術者により補修の優先度が付けられている。

#### ⑦補修等工事について

補修工事は州がオープン契約を結んでいる業者に委託することで、即時に修繕が可能になる体制をとっている。

補修工事はカウンティでは毎年のプログラムを作成して実施するが、州の場合は対象橋梁が多く柔軟に対応している。

#### ⑧地方自治体の橋梁点検について

メリーランド州内の 20 あるカウンティのうち、2つのカウンティとボルティモア市は独自の橋梁点検チームを保有している。その他の自治体については、州 DOT が発注手続きを実施してコンサルタントによる外注調査を実施。その費用は自治体が負担している。受注業者は州内に 7～8 あり、それぞれが \$100 万程度の契約を請け負っている。

#### ⑨FCM について

FCM の定義については技術者（州）によっても違いがある。トラスの引張下弦材などは明らかであるが、トラス部材の全てを FCM とする州もある。多数の桁を有する桁橋でもピンハンガーを持っていけば FCM といえる。橋梁の冗長性（Redundancy）は内的不静定次数と関連している。

#### ⑩点検データのストック

点検データを保存する DB システムが複数あり相互にリンクしている。たとえば、橋梁構造の構成要素の一覧となる Structure Inventory、補修・修繕の記録を残している Work list DB、塗装構成や状態を記録している Paint DB などが存在している。また、メリーランドは小さい州であり、SHA の技術者が個別の橋梁を十分に理解しているため、PONTIS は予算要求用のシステムとして活用（個別の橋梁管理には必要性低い）。

#### ⑪今後の維持管理に関して

鋼橋の管理においては、塗装系の検討と管理が特に重要と考えている。また、コルゲート鋼板が床版下面に残る形式の床版については、橋梁下面からコンクリート状態の目視点検できなくなるため、維持管理の観点からその是非について技術者間でも議論がある。

橋梁の寿命を延ばす上で重要なのは、ジョイントと桁端部のディテールである。100 年あるいは 75 年の耐用期間を有する橋梁を造ろうとすれば、床版にはその半分の寿命を持たせることが必要と考えている。特別のプログラムを持っているわけではないが、新設時の設計や塗装系の工夫、計画的な維持管理により、LCC を抑制する発想は有用と思われる。

#### 8-4 まとめ

日米の点検制度を中心にした橋梁維持管理の比較によって以下のことがわかる。

- (1)定期点検の手法は、主として目視に頼っており、我が国の直轄等の定期点検と技術的水準に大きな差はないものと考えられる。
- (2)点検頻度が2年毎と多く、既設橋には過去からの多くの履歴データが蓄積されており経年劣化に関する情報が多く得られているものと思われる。
- (3)我が国では、すべての部材を細分化してそれらに該当しうるすべての損傷種類に対する程度の評価を行っているのに対して、NBISに基づく2年毎の点検結果は構造体単位で部材種類毎に定性的な健全度評価を行っており、個々の部材毎のデータの取得や評価はそれぞれの州の方法にゆだねられているようである。
- (4)米国の点検では最小評価単位が部材レベルであり、かつ定性的な健全度として評価されるため、点検データから個々の部材の状態を理解することは困難であると思われる。  
さらに、部材によっては劣化速度や現時点での進行程度が異なる複数の変状・損傷が該当する場合があるが、これらを総合的に評価して一つのランクで健全性を表しているため、このような複数要因が関連する部材に対してこれらのデータに基づく劣化予測では精度に限界がある可能性がある。
- (5)米国では橋梁点検に関する法整備が確立されており、橋梁点検結果が全国一律の様式で蓄積され統一評価基準で評価されており、橋梁更新・改修施策（HBRRP）に橋梁点検結果が反映されるシステムが構築されている。
- (6)米国では点検の品質管理保証プログラムが機能しており、DOT、また FHWA による監査等が行われている。また地方自治体に対して様々な技術的支援や資金的補助制度による財政面での支援が行われている。
- (7)メリーランド州では、州の技術職員が専門的に点検を実施しており、必要に応じて点検結果の評価について関係者間で合議が図られるなど品質確保を重視した体制がとられていることが意見聴取から伺われた。また点検や補修補強工事に関する契約については、それぞれの特性に応じた体系で実施されているようである。

#### 【参考文献】

(財)海洋架橋・橋梁調査会、海外の橋梁保全検討業務報告書 平成16年度 米国調査（平成17年3月）

## 9章 まとめ

### (1) はじめに

第1章の「はじめに」でも述べたように、ミネアポリスの橋梁崩壊事故の原因については、事故後約2ヶ月経過した現在でも、米国国家運輸安全委員会（NTSB）を中心に調査が行われており、崩壊原因については不明のままである。しかしながら、我が国に比べて米国では高い頻度で点検が行われており、我が国にはない「点検の制度化」や「資格制度」が導入されていたにもかかわらず、また、疲労・破壊に対して現地計測・構造解析による詳細調査及びそれに基づく状態評価が行われていたにもかかわらず今回の事故が防げなかったことについては、我が国の点検システムのあり方を考える上で慎重に議論する必要がある。日本の橋の平均橋齢が米国の橋よりも15年程度若いことが幸いしているかもしれないが、今回の米国の事故を他山の石として真摯に受け止め、我が国の橋梁の管理・点検、補修・補強対策に生かしていく必要性を強く感じている。我が国の点検システムを強化する上で、充実した点検システムを持つ米国に学ぶ点が多いことも今回の調査で確認できた。

さらに、緊急点検が実施されている、事故橋梁と同形式・同橋齢の橋梁を中心に、15橋をつぶさに視察し、経済設計されていた時代の米国の橋梁は材料・構造、設計法などにおいて我が国と大きな相違がないことを確認した。その結果、崩壊原因が不明である現段階においては、「同種の事故が日本では起こりえないとは断言できない」との見解を持つに至った。

### (2) 事故原因について

今回の崩壊事故は、「構造全体が一瞬にして崩壊して、非常にまれな事故である」といえる。通常、実験室で対称な構造物に対称な荷重を作用させて破壊実験を行っても、崩壊挙動は非対称となる。つまり、構造物の破壊は構造物中の最弱部の1箇所から発生するのが一般的であって、対称な2箇所で同時に破壊が生じることは一般的にはない。今回の事故橋梁の崩壊は、記録映像からも観察できるように、中央径間の鋼トラスはねじれることなくほぼ水平に近い形を保った状態で落下している。このような現象は、実験室でも再現が難しい崩壊現象である。したがって、工学的にはまれな事故の形態と考えられる。詳細な結果を導く際に、この特異な崩壊形態が重要な鍵になると推察している。

このような状況の下、米国の橋梁専門家の間から様々な推論が事故原因に対して出されている。しかしながら、現在得られている情報だけから説得力のある事故原因を特定することは難しいと考えられる。これまで収集した事故原因に対する指摘事項を大きく分類すると、設計法の問題、補修工事の影響、腐食・疲労など老朽化の影響、環境作用の影響などである。

米国における橋梁専門家からの聞き取り調査をもとに判断する限り、現在まで数多くのデータが収集され、整理されているとはいうものの、橋梁崩壊の原因解明には少なくとも数ヶ月から1年かかるものと思われる。その理由は、最新の有限要素解析を用いても、モ

デル化に必要な実材料の構成則、部材や支承部の腐食・疲労の状態、鋼とコンクリートとの接合部の状況、過去 40 年間の環境作用、補修履歴など、崩壊直前の橋梁全体の状況をコンピュータに入力し、信頼性の高い結果を得るためには、詳細なデータの収集とその分析が必要となるからである。また、崩壊現場の部材類は落下時の衝撃によって異常な変形状態・破壊状態にあるので、崩落寸前の橋梁の破壊状況と崩落後の破壊状況とはまったく異なると考えられる。この相違は有限要素解析を用いた繰り返し計算により評価するしかなく、この作業にも時間を要する。さらに、本橋の場合には、南側の側径間が東方向に 15m 以上飛び出して崩落していた事実が事故原因の解明に際して大きな拠り所になると思われる。

### (3) 橋梁の構造的特徴の考慮と維持管理の関係について

今回の崩壊事故は、米国で利用されているフラクチャークリテカル部材 (FCM : NBIS によれば橋の部分または全体の崩壊につながる可能性のある引張部材、引張を受ける部位のある部材と定義されている。) という概念が正しかったことを証明したことになる。その一方で、FCM の存在や FCM を有する橋梁 (FCB) を特定し、認識するだけでは、橋梁の崩壊事故の防止に直接結びつかないことも明らかにした。現行の目視点検システムの限界を示唆したものと理解している。それ故、構造物全体の崩壊の予想には、「部材レベルから構造物全体レベルまでを点検し、評価できる技術を持つこと」に加えて、「橋梁の構造的特徴を考慮して橋梁の状況と状態を適宜適切な形で判断できる橋梁技術者の存在」が不可欠であるといえる。

いずれにしても現在の日本の設計や維持管理においては、橋全体の性能と橋を構成する部材の状態との関わりについては耐震設計を除くとほとんど考慮されておらず、少なくとも FCM の概念などを用いて、橋全体の性能との関わりにおいて個々の部材の状態を評価する手法は維持管理の合理化・適正化につながる可能性があり、わが国でも検討する価値があると考えられる。なお、このとき、設計思想や想定される地震等の外力条件には日本固有の要素もあることから検討にあたってはこれらを考慮する必要がある。また、米国の状況から判断する限り、FCM の定義自体にも曖昧な点があり運用上の統一は図られていないようである。このことは橋の性能を客観的に評価する上からも問題であり、分かり易い工学指標を用いて定量化する方法を構築することを目指すべきである。

### (4) 橋梁崩壊回避の対策

橋梁崩壊から回避する最善策は、言うまでもなく、十分な予算措置のもと、適宜適切な点検を行い、時期を逸することなく、適切な補修・補強を実行し、できる限り予防保全に努めることである。予防保全をすべての橋梁について行うことが理想であるが、現実的には難しく、橋梁の重要度、年齢、交通量、供用環境、構造形式などを勘案して取り組むこととならざるを得ない。

加えて、今回の事故を含むこれまでの重大な事故や損傷事例を検討すると、予防保全が困難であってもリダンダンシーの向上に配慮することが落橋事故を防止するために有効であると考えられる。すなわち、新設既設を問わず、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が図られることで不測の事態に対しても橋梁全体の崩壊にはつながらにくくなるものと考えられ、設計や維持管理においてリダンダンシーの確保が図られるような対策の検討は有意義であると考えられる。

#### (5) 重点的な点検の重要性

米国では、「in-depth 点検の実施（疲労と水中に対する特定詳細点検）」「破壊危険性のある部材を有する橋梁（FCB）の特定とそれらに対する重点的な点検」が実施されており、これに該当する事故橋梁も、過去に点検が繰り返されてきている。

崩壊の原因と点検の関係については現時点で不明であるが、少なくともこれらの点検によって橋梁の状態については詳細に把握されていたことが資料からも窺え、このように橋梁の様々な特性や着目する内容に応じて維持管理内容を最適化・重点化する手法は、米国の落橋事故に関係なく重大な損傷の検出や様々な事故の防止に有効な面があると考えられる。また、幸いなことに、過去の橋梁事故を調べると、地震や衝撃力のように瞬時に構造物が破壊する現象を除けば、腐食や疲労を原因としてじわじわと迫る破壊現象は突然来ることは少なく、ほとんどの場合何らかの検知可能な予兆がある。

我が国ではこれまでに直轄橋梁に関しては ASR、鋼製橋脚隅角部き裂損傷、塩害などの事象に対して特定の点検を導入してきたが、近年直轄管理の橋梁で生じた重大な部材損傷の事例（山添橋・木曾川大橋・本荘大橋）や高齢化橋梁の増加等を考慮すると、我が国においても、「鋼橋溶接部の疲労」や「鋼部材の腐食」について全般的な定期点検とは別に、ある程度の専門性を有する技術者による詳細点検（特定点検）の実施や定期点検やモニタリングにおいて先に述べたような橋梁の構造的特徴を反映した部材の位置づけの理解に基づく点検内容の重点化や最適化の実施を検討する余地があるものと考えられる。

#### (6) 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、メリーランド州の技術者との意見交換では、保全に関わるインハウスエンジニアの研修も行われているなど、点検およびその結果評価の品質確保を重要視していることが窺える。

我が国においても、橋梁の状態を把握する基礎となる定期点検では、主として外観に頼らざるを得ない状況は同じであり、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の検出は、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。このため点検による維持管理の品質確保にあたっては、点検および結果評価の品質確保の向上について一層の充実が図られる必要がある。

### (7) 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書類、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、様々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。例えば、欠陥橋梁など状態評価毎の該当橋梁の抽出、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。

今回の事故の原因は現時点で不明であり、我が国において突然の橋梁崩壊が生じないとは言いきれない。現にトラス斜材の破断を生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を指示する必要がある。また、我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なものである。これらを踏まえると、我が国においても橋梁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、向上を図っていくべきと考えられる。

### (8) 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。

我が国においても、最近トラス斜材に破断が生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、我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極めて重要である。

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。

### (9) 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、点検が制度に則って着実に行われ、

かつ、その記録が活用可能な形のデータベースとして適正に保管されていることが確認された。

一方、事故橋梁を含むいくつかの橋では、補修・補強すべき状態にあるものと評価されていてもそのままの状態が供用がつづけられている実態があることも確認できた。

我が国においても、先に例示した木曾川大橋や本荘大橋などでは過去の点検記録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ながら、結果的には部材が破断するまで有効な対策が講じられなかった。

今後は、適当な頻度、手法で点検を行い橋の状態を把握することに加えて、その結果をいかに適切に評価して具体的な補修や補強などの対策行為に結びつけることができるかが重大事故を防止するためには重要かつ不可欠であり、維持管理の品質保証水準そのものに直結することを認識する必要がある。

このため我が国においても、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の意志決定までのプロセスにおける評価や判断の質の確保・向上が図られる必要があるものと考えられる。

## 参考資料

## 事故調査の動向に関する公開資料

### 1. 行政機関等発表資料の整理

NTSB Press Release (<http://www.nts.gov/>)

※事故調査に関わる部分の概要

■8月1日

「NTSB はミネソタでの落橋の調査のため調査団を派遣する」

(概要) Gary Van Etten を調査員として任命した。Mark V. Rosenker (国家運輸安全委員会 (NTSB) 委員長) を主席報道官とする。Terry Williams がプレス担当で木曜の朝にミネアポリスに到着後、携帯電話(202)314-6100 で連絡できる。

August 1, 2007

NTSB SENDING TEAM TO INVESTIGATE BRIDGE COLLAPSE IN MINNESOTA

-----  
Washington, DC -- The National Transportation Safety Board is sending a Go Team to Minneapolis, Minnesota to investigate the collapse of a highway bridge there this evening.

Gary Van Etten has been designated Investigator-in- Charge of the seven member team. NTSB Chairman Mark V. Rosenker will accompany the team and serve as principal spokesman for the on-scene investigation. Terry Williams is the press officer traveling with the team.

Once the team arrives in Minneapolis Thursday morning, Mr. Williams can be reached on his cell phone at (202) 557- 1350.

NTSB Public Affairs: (202) 314-6100

(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/080107.htm>)

■8月2日

「ミネソタの落橋に関する NTSB のマスコミ説明会を中部時間 3:30 に行う」

(概要) NTSB は記者説明会を 3:30 から行う。NTSB ローゼンカー委員長(Mark V. Rosenker) が説明する。場所はサウスイーストメインと 6 番通りの交差点。連絡先は Terry Williams(現場)、Ted Lopatkiewicz(DC)

August 2, 2007

NTSB MEDIA BRIEFING ON MINNESOTA BRIDGE COLLAPSE AT 3:30 CDT

-----  
Washington, DC -- The National Transportation Safety Board will hold a press briefing on its investigation into the collapse of the highway bridge in Minneapolis, Minnesota at 3:30 p.m. Central Daylight Time today. NTSB Chairman Mark V. Rosenker will conduct the briefing.

The briefing will be held at the intersection of Southeast Main and 6th Streets (the same location as the multi-party media briefing earlier today).

Media contacts:

Terry Williams (on scene) 202-557-1350

Ted Lopatkiewicz (DC) 202-314-6100

(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/080207.htm>)

■8月3日

「ミネソタの落橋に関する NTSB のマスコミ説明会を中部時間 3:30 に行う」

(概要) NTSB は記者説明会を 3:30 から行う。NTSB ローゼンカー委員長が説明する。場所は昨日と同じ。連絡先は Terry Williams(現場)、Ted Lopatkiewicz(DC)。

August 3, 2007

NTSB MEDIA BRIEFING ON MINNESOTA BRIDGE COLLAPSE AT 3:30 CDT

-----  
Washington, DC -- The National Transportation Safety Board will hold a press briefing on its investigation into the collapse of the highway bridge in Minneapolis, Minnesota at 3:30 p.m. Central Daylight Time today. NTSB Chairman Mark V. Rosenker will conduct the briefing.

The briefing will be held at the intersection of Southeast Main and 6th Streets (the same location as yesterday afternoon's briefing).

Media contacts:

Terry Williams (on scene) 202-557-1350

Ted Lopatkiewicz (DC) 202-314-6100

(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/080307.htm>)

■8月8日

「ミネアポリスの I-35W 橋の崩落に関する NTSB の調査の最新情報」

(概要) NTSB は 8 月 1 日にチームを派遣した。調査団は Gary Van Etten 以下 19 人。ローゼンカー委員長も加わった。調査団には FHWA、MN/DOT、Progressive Construction, Inc が参加している。

ローゼンカー委員長は「調査を進めており、どの調査分野も我々を最終的な原因特定に近づけている」と語った。

NTSB は FHWA とともに FEM 解析を行っている。設計図からのモデル作成が FHWA のターナーフェアバンク道路研究センターで開始された。事故現場からの 3D 計測情報がモデルの改良に用いられる。この作業には数ヶ月を要すると見られる。

月曜日にはヘリコプターからの高精度カメラ等により、上部工北側に着目した。いくつかの引張破断が見られたが、破壊開始点であるようには見えなかった。NTSB は近接可能になれば北側上部工端部を近接して調査する予定である。

ローゼンカー委員長は「NTSB は特定箇所のガセットの設計上の問題を検討している」と語った。安全委員会は、これらの箇所のガセットの荷重・応力と材質を照査中である。この情報は FHWA など他の団体とも共有されている。

安全委員会は目撃者、車の運転手および工事関係者、さらにはディナークルーズの乗組員等から聞き取りを行っている。また落橋時の建設機械・材料の配置、重量について検討している。橋のコンクリート重量を見積もるため、コアを採取した。

委員会は、保安カメラのオリジナルのビデオを陸軍工兵隊から提供された。また現場の調査員を助けるために、我々の研究所のシステムをレビューしている。

安全委員会の代表者は調査の進捗について毎晩（事故にあった）家族に説明している。

さらなる情報は、調査の進捗に伴い発表される。

NTSB メディア担当 Terry N. Williams

August 8, 2007

UPDATE ON NTSB INVESTIGATION OF COLLAPSE OF I-35W BRIDGE IN MINNEAPOLIS

-----  
Washington, DC -- The National Transportation Safety Board dispatched a Go Team on August 1 to investigate the collapse of the I-35W bridge over the Mississippi River in Minneapolis, Minnesota. The NTSB today provided the following update.

The Safety Board's investigative team of 19 was led by Investigator-in-Charge Gary Van Etten; NTSB Chairman Mark V. Rosenker accompanied the team. The team includes highway engineers, survival factors specialists and the Board's senior metallurgist. Parties to the Board's investigation are Federal Highway Administration, Minnesota Department of Transportation, and Progressive Construction, Inc.

"We are continuing to make progress on this investigation, and each area of inquiry gets us closer to ultimately determining the cause of this tragedy," Chairman Rosenker said.

Recovery divers are working 18 hour shifts from 4 a.m. to 10 p.m. to continue searching for victims. No additional victims have been recovered. They have identified four empty vehicles that can be removed to allow them better access to the wreckage. Those vehicles might be removed later today. NTSB is monitoring this effort so that removal of major pieces of wreckage can

commence, which will occur once the Hennepin County Sheriff's office has determined that it has searched all it can under current conditions.

The NTSB is working with the Federal Highway Administration to conduct a structural analysis of the bridge, using computational Finite Element Analysis methods. Within days of the collapse, development of the computer model based upon the original design drawings began at the FHWA's Turner Fairbank Highway Research Center in McLean, Virginia. Data collected at the accident scene, with the help of the Federal Bureau of Investigation's 3-D laser scanning device, will be used in the computer model to further refine the model. This work is expected to take several months.

Since the first day, the NTSB has been conducting inspections of areas of the bridge that are accessible. On Monday, using a gyro stabilizer, high resolution camera mounted on a state police helicopter, the Board looked at the superstructure on the north side of the bridge. Several tensile fractures were observed, but nothing that looked to be the initiating location. NTSB investigators will conduct a closer look at the superstructure on the north end when it becomes more accessible.

Chairman Rosenker said that NTSB investigators have observed a design issue with gusset plates at particular locations (gusset plates are steel plates that tie steel beams together). Safety Board investigators are in the process of verifying the loads and stresses on the gusset plates at these locations, as well as the materials used in constructing the gusset plates. This information has been shared with the other parties to the investigation, including the Federal Highway Administration.

The Safety Board has conducted interviews of eyewitnesses, vehicle occupants and construction employees, as well as with the crew of a dinner cruise ship that was in the lock near the bridge at the time of the collapse. It is reviewing construction records to determine the location of construction equipment and raw materials on the bridge at the time of the collapse, and to verify the weights of those vehicles and materials. The Board has obtained core samples of the bridge deck material to get a better picture of the deck thickness to help make an assessment about the amount of concrete on the bridge at the time of the accident.

The Board has obtained the original security camera video equipment and footage provided by the Army Corps of Engineers that shows a portion of the bridge collapsing. The Board is in the process of reviewing the entire contents of the system in our laboratory, and is providing detailed imagery back to the accident site to help guide investigators in their on-scene activity.

A Safety Board representative from the Office of Transportation Disaster Assistance has been briefing family members each evening about the progress of the NTSB's investigation.

Further information on the progress of the Safety Board's investigation will be released as it develops.

NTSB Media Contact: Terry N. Williams  
(202) 314-6100  
williat@ntsb.gov  
(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/080807.htm>)

■8月22日

「ミネアポリス I-35W 橋の崩壊に関する NTSB の調査についての情報（第二報）」  
（概要）残骸の撤去は続いている。NTSB の調査員も数名現地に残っており、11 月までミネソタに滞在する予定。

「安全委員会は迅速な撤去作業の調整を継続しているが、上部工の関連部材の全てについて、撤去中に壊さないこと、クリティカルな構造要素の配置案を作ることを確実にしようとしている。」とローゼンカー委員長は語った。「加えて、既に集められた物については、ワシントンで精密に調べている。」

NTSB は 1997 年に設置された凍結防止システムについて、使われた薬剤がどのような腐食特性を有したか調査している。

「有限要素モデルは、コア抜きで計測されたデッキ厚や、橋の構造特性の検討によって改良されつつある。全ての構造要素はモデルに考慮されている。ただし、要素間の剛性、重量、連結のいくつかについては、事故当日の橋の状況に一致するように変更されつつある。」とローゼンカー委員長は語った。

安全委員会は設計者から設計記録を入手し、設計計算を評価することになっている。さらに建設以後に行われた各種工事、補修のリストを作成する。

NTSB は 184 本の見撃情報電話を受け、計 314 人の目撃者とコンタクトやインタビューをした。

落橋当時の作業員もしくは資材運搬の運転手 25 人がインタビューを受けた。8 月 1 日の 11 時から 14 時 30 分にかけて現場に運び込まれた資機材は 383,000 ポンド（174 トン）と確認された。建設機械との合計は 575,000 ポンド（261 トン）。

「インタビューを通してこれら材料や建設機械の置かれた場所を特定し、事故前に飛行機から乗客によって撮影された当日午後の写真で確認した」とローゼンカー委員長は語った。

NTSB メディア担当 Terry N. Williams

August 22, 2007

## SECOND UPDATE ON NTSB'S INVESTIGATION OF THE COLLAPSE OF THE I-35W BRIDGE IN MINNEAPOLIS

Washington, DC -- The following is an update on the National Transportation Safety Board's investigation of the I-35W bridge collapse in Minneapolis, Minnesota on August 1, 2007.

A wreckage removal effort is still underway. Several NTSB investigators remain on-scene and the agency expects to remain in Minnesota until November.

"The Safety Board is continuing coordination of the removal process in an expeditious manner but still ensuring that all relevant components of the superstructure are not destroyed during the removal and are developing a layout plan for critical structural elements recovered from the river," said NTSB Chairman Mark V. Rosenker. "Additionally, investigators in Washington are sifting through materials that have already been gathered," he added.

The NTSB is also examining the de-icing system that was installed on the bridge in 1997 and the chemical used in this system and what type of corrosive properties it might have.

"The finite element model of the bridge is being revised based on the measured deck thickness

from core sections and physical examination of the bridge structure. All structural elements have been incorporated in the model; however, some aspects of stiffness, weight and connections between elements are being modified to match the condition of the bridge the day of the accident," Rosenker said.

Safety Board investigators have received records from the bridge designer and will assess the design calculations. Furthermore, investigators have begun developing a list of the various construction projects and modifications that were performed to the bridge after the original construction.

The NTSB has received 184 calls on the witness line. Two callers identified themselves as people who were on the bridge and escaped immediately prior to the collapse. In total, 314 witnesses have been contacted and or interviewed.

Currently, 25 construction workers and drivers who delivered construction materials to the bridge for the construction project that was underway when the bridge collapsed have been interviewed. The weights of the various construction materials that were delivered to the work site between 11:00 a.m. and 2:30 p.m. on August 1 have been verified at about 383,000 pounds. The combined weight of the loads and construction vehicles is about 575,000 pounds.

"Through interviews, we have refined the location of these materials and vehicles and have verified this information by means of a pre-collapse photograph taken by a passenger on an airplane that was departing from Minneapolis on the afternoon of the collapse," Rosenker said.

NTSB Media Contact: Terry N. Williams (202) 314-6100  
williat@ntsb.gov  
(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/082207.htm>)

■9月5日

「NTSB 委員長が構造的欠陥性の橋について議会で証言」

(概要) 国家運輸安全委員会のローゼンカー委員長は本日、米国内の構造的欠陥性の橋について、下院の運輸・社会資本委員会で証言した。証言では、橋の事故調査の歴史と、I-35W 橋の事故に関する安全委員会の調査について述べた。

「40年前、ウエストバージニアのポイントプレザントでの落橋の後、我々は連邦道路庁に対して、橋の欠陥を特定し、点検し、評価し、収集する国家的な橋梁調査基準を確立するよう、安全勧告を発した」とローゼンカー委員長は語った。「13人の死亡者と133人の負傷者を出した事故を、安全委員会のスタッフは現在もミネアポリスで調査している。」

事故から1ヶ月経っても、上部工の多くはまだ水中にあり、落橋原因の特定にはまだ多くの作業が残っている。

調査の初期段階で、安全委員会は以下の知見を得た。

- ・橋は建設後40年が経っており、上部構造のやや低い評価点から、構造的欠陥を有するとみなされていた。
- ・このデッキトラス橋の設計は、今や時代遅れであり、リダンダンシーの欠如のため、以降の新しい橋ではもはやこの設計を適用していない。
- ・橋は、ガセットプレートで連結された鋼製梁で構成されており、ひとつのガセットプレートの破壊が崩壊を引き起こす。安全委員会は、全てのガセットプレートを回収しているわけではないが、いくつかのガセットプレート箇所の損傷を調査している。
- ・事故当時は橋梁上で工事が行われており、建設資機材が287アメリカトン(=261トン)支間上に有った。安全委員会はこの付加荷重に着目しており、全ての要素の構造と荷重を含む詳細な有限要素解析を行うことにしている。一連の研究が完了すれば、最初の破壊箇所を特定できるようになるだろう。

「我々は落橋の原因として可能性の高いものを特定し、勧告を発し、またこの種の事故は二度と起きないという人々の信頼を回復させる---それがわれわれの使命である。」

昨年、議会は、ボストンのビッグディグトンネルの天井パネルの落下を安全委員会に調査させた。その結果、エポキシ樹脂の天井等への使用に関して、クリープの観点でエポキシ樹脂の長期耐久性についての道路建設業界の認識に大きな変革をもたらした。

ローゼンカー委員長のスピーチの全文はNTSBのウェブサイトにある。

(<http://www.nts.gov/speeches/rosenker/mvr070905.htm>)

FOR IMMEDIATE RELEASE: September 5, 2007 SB-07-43

NTSB CHAIRMAN TESTIFIES BEFORE THE HOUSE ON STRUCTURALLY DEFICIENT BRIDGES

Washington, DC -- National Transportation Safety Board Chairman Mark V. Rosenker testified today before the U.S. House of Representatives Committee on Transportation and Infrastructure on Structurally Deficient Bridges in the United States. During his testimony, he discussed the Safety Board's history of investigating bridge accidents and the Board's investigation into the August 1, 2007, I-35W bridge collapse over the Mississippi River in Minneapolis, Minnesota.

"Forty years ago, following the bridge collapse in Point Pleasant, West Virginia, we issued safety recommendations to the Federal Highway Administration to establish national bridge inspection standards for locating, inspecting, evaluating and correcting bridge deficiencies," Rosenker said. "Currently, Safety Board staff is still on-scene in Minnesota investigating the tragic accident that claimed 13 lives and involved 133 injuries."

A month after the bridge accident, much of the bridge superstructure is still underwater and there is still considerable work remaining to determine why the structure collapsed.

During this initial stage of the investigation, the Safety Board has learned the following: The bridge was 40 years old and that it was considered "structurally deficient" because of a relatively low rating of its superstructure.

The deck truss bridge design is now considered obsolete and newer bridges no longer use this design because of the inherent lack of redundancy in the structure.

The bridge is composed of steel beams held together by flat gusset plates and that a failure in one of the gusset plates could have catastrophic consequences. The Safety Board has not recovered all of the gusset plates yet, but investigators have observed damage in some gusset plate locations that warrants further investigation.

Bridge work was taking place at the time of the accident and 287 tons of construction materials and equipment were on the span. The Safety Board is interested in this additional loading and will conduct a very detailed finite element analysis of the structure and the loading of each component. Once a sequencing study is completed investigators will be able to determine the earliest identifiable fracture area or areas.

"We will determine the probable cause of the bridge collapse; make recommendations, and help restore public confidence that this kind of accident will not happen again-that is our mission," Rosenker said.

Last year, Congress turned to the Safety Board to investigate the collapse of ceiling panels in the Big Dig tunnel in Boston. As a result of the NTSB's investigation, there are radical changes in the thinking in the highway construction industry about the long-term structural properties of epoxy in the overhead applications as they relate to epoxy creep.

The full text of Chairman Rosenker's speech can be found on the NTSB's website at the following link: <http://www.nts.gov/speeches/rosenker/mvr070905.htm>.

■9月5日

「ミネソタの落橋についての情報（第三報）」

（概要）I-35W 橋は建設後 40 年が経っており、上部構造の低い評価点から、構造的欠陥を有するとみなされていた。

「安全委員会は、全ての原因候補を徹底的に調査する機会を得るまでは、いかなる原因の可能性を除外しない。」とローゼンカー委員長は語った。「上部工の多くはまだ水中にあり、落橋原因の特定にはまだ多くの作業が想定される」

この上路トラス橋の設計は、今や時代遅れであり、リダンダンシーの欠如のため、新しい橋ではもはやこの設計を適用しない。

橋は、ガセットプレートで連結された鋼製梁で構成されており、一つのガセットプレートの破壊が崩壊を引き起こす。安全委員会は、全てのガセットプレートを回収しているわけではないが、いくつかのガセットプレート箇所の損傷を観察している。

事故当時は橋梁上で工事が行われており、建設資機材が 287 アメリカトン（=261 トン）支間上に有った。安全委員会はこの付加荷重に着目しており、全ての要素の構造と荷重を含む詳細な有限要素解析を行うことにしている。

NTSB メディア担当 Terry N. Williams

September 5, 2007

### THIRD UPDATE ON THE MINNESOTA BRIDGE COLLAPSE

Washington, DC -- The following is an update on the National Transportation Safety Board's investigation of the I-35W bridge collapse in Minneapolis, Minnesota on August 1, 2007. The I-35W bridge was 40 years old and that it was considered "structurally deficient" because of a relatively low rating of its superstructure.

"The Safety Board seldom rules out any potential causes of an accident during the initial stages of an investigation until we have had the opportunity to thoroughly investigate all potential causes," Rosenker said. "Much of the bridge superstructure is still underwater and there is still considerable work remaining to determine why it collapsed."

The deck truss bridge design is now considered obsolete and newer bridges no longer use this design because of the inherent lack of redundancy in the structure.

The bridge is composed of steel beams held together by flat gusset plates and that a failure in one of the gusset plates could have catastrophic consequences. The Safety Board has not recovered all of the gusset plates yet, but investigators have observed damage in some gusset plate locations that warrants further investigation.

Bridge work was taking place at the time of the accident and 287 tons of construction materials and equipment were on the span. The Safety Board is interested in this additional loading and will conduct a very detailed finite element analysis of the structure and the loading of each component.

NTSB Media Contact: Terry N. Williams (202) 314-6100 [williat@ntsb.gov](mailto:williat@ntsb.gov)  
(<http://www.nts.gov/Pressrel/2007/090507a.html>)

## 2. 報道記事等の整理

8月2日 CNN

<http://edition.cnn.com/2007/US/08/01/bridge.collapse/index.html?eref=yahoo>

ミネソタ州ミネアポリスのミシシッピ川に架かる高速道路の橋が1日午後6時過ぎに崩落した。ラッシュアワー中に起こった事故で、少なくとも7人の死者が出た。

AP通信

[http://news.yahoo.com/s/ap/20070802/ap\\_on\\_re\\_us/minnesota\\_bridge\\_collapse](http://news.yahoo.com/s/ap/20070802/ap_on_re_us/minnesota_bridge_collapse)

I-35W橋は8車線あり、事故発生当時は、そのうち両側それぞれ2車線が補修工事の真っ最中で封鎖されていた。

ロイター

<http://jp.reuters.com/article/topNews/idJPJAPAN-27183220070802>

米国土安全保障省は、今回の崩落事故について、テロに関連があると考える理由はないとの認識を明らかにした。

毎日新聞

<http://www.mainichi-msn.co.jp/today/news/20070802k0000e030036000c.html>

崩落事故の生存者からは、「橋がホットケーキのようにぐにやりと崩れた。」との声もあった。崩落した橋は、ミネアポリス市内でも最も交通量が多いルートの一つで、日約20万台との情報もある。

読売新聞

生存者からの情報によると、「事故直前、橋の上はバンパー同士がくっつき合うほど混み合っており、数百人が巻き込まれた可能性がある」。

産経新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070802-00000113-san-int>

崩落の原因は明らかになっていないものの、1967年に建設された橋で改修工事が行われていた。

8月3日 NY times

<http://www.time.com/time/nation/article/0.8599.1649423.00.html>

国家運輸安全委員会(NTSB)のローゼンカー委員長は、特別なリスク分析ソフトウェアプログラムを使用する計画があることを告げた。

ローゼンカー委員長によれば、そのプログラムは橋が崩落するまでコンピューターモデル中の橋の要素を一つ一つ取り除いていくことができるという。

CNN

<http://edition.cnn.com/2007/US/08/03/bridge.structure/index.html>

「橋が崩落した際、橋の南端が異なった動きをしたため、そこに焦点を当てて崩落の原因を調査している」と運輸安全委員会は述べた。

<http://edition.cnn.com/2007/US/08/02/bridge.structure/index.html?eref=yahoo>

米運輸長官は、直ちにミネソタで崩落した橋と同様の構造をもつ橋を全て点検するよう、州の運輸関係部署に通告した。

AP通信

[http://news.yahoo.com/s/ap/20070803/ap\\_on\\_re\\_us/bridge\\_collapse\\_59;\\_ylt=Aghmuj1Y...](http://news.yahoo.com/s/ap/20070803/ap_on_re_us/bridge_collapse_59;_ylt=Aghmuj1Y...)

1990年に連邦政府はI-35W橋を「Structurally Deficient (構造的欠陥)」があるとして位置づけていた。

90年代の点検ではジョイント周りに疲労き裂と腐食が顕著に見られた。

「1993年以降は、従来の隔年点検に代わり毎年の点検が行われていた。」と連邦政府は述べた。

ロイター

[http://news.yahoo.com/s/nm/20070802/us\\_nm/bridge\\_collapse\\_dc](http://news.yahoo.com/s/nm/20070802/us_nm/bridge_collapse_dc)

米運輸長官は、「地震や衝突のような外的誘因なしに橋が崩落したのは、1983年以来だ」と述べた。

その年は、I-95上のコネチカット州の橋梁崩落により3人が死亡した。

時事通信

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070803-00000035-jiji-int>

全米では、今回と同じように危険な橋が全体の約4分の1にあたる15万カ所にも上る。

米運輸長官は2日、全米の州に対し崩落した橋と同様の構造をもつ橋梁756カ所の緊急点検を指示した。

今回の橋は、定期点検で120点満点中50点という評価であったが、これは「将来架け替えを検討すべきだ」ということを意味している。

毎日新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070803-00000030-mai-int>

ピッツバーグ大ハリーズ准教授(環境工学)は「交通量の多さが引き起こした老朽化」が崩落事故の大きな要因と分析。

橋脚の構造、安全性などを調査しているジョン・ウィークス氏は「50年代、60年代に建設された米国の橋は採算重視で構造上の問題が多い」と構造欠陥の可能性を指摘している。

読売新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070802-00000116-yom-int>

警察当局は2日、当初7人としていた死者を4人とした。

国家運輸安全委員会は調査チームを現地に派遣、事故原因の究明に乗り出した。

読売新聞（国内）

<http://www.yomiuri.co.jp/national/news/20070803it06.htm?from=top>

日本では、全国の道路を管理する自治体のうち約8割にあたる県・市町村が、予算不足などを理由に道路に架かる橋の腐食や劣化状況などをチェックする定期点検を実施していなかったことが、国土交通省の調査で分かった。

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070803-00000006-yom-soci>

国交省では、今後、国などと同レベルの点検を実施するよう各自治体に強く促す方針。

8月4日 時事通信

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000027-iji-int>

国家運輸安全委員会(NTSB)のローゼンカー委員長は3日、「橋は3～4秒で完全に崩壊した」と述べるとともに、橋の南端が東に向けて15メートルずれていることに注目していると明らかにした。

毎日新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000027-mai-int>

国家運輸安全委員会は今後、連邦道路管理局の専門家が作製したコンピュータープログラムに、崩落の様子を映したビデオや現地調査の結果を入力し、崩落の起点など詳しい状況を分析する。

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000048-mai-int>

米土木学会名誉会員、工事技術研究所副所長のジーン・コーリー氏へのインタビュー：

10年の委託調査によると、疲労き裂や腐食がみられたが、指摘を受けて実際に補修したかどうかは分かっていない。

過去の調査報告を見る限り、少なくとも当時の調査時点で倒壊を招く恐れのあるき裂は指摘されておらず、いずれも橋の強度には関係のない部分のき裂のようだ。だが、き裂は常に拡大したり、他の場所に広がる可能性がある。

「問題のある」橋がこれほど多いのは、補修する資金がないからだ。

予算で簡単に削られるのが、補修などメンテナンスの費用だ。

産経新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070804-00000096-san-int>

2日に記者会見した、ミネソタ州橋梁安全管理責任者ダン・ドーガン氏は、橋の「構造的欠陥」が放置されてきた理由について、「金属疲労という概念は橋梁設計の分野では1960年代後期までは問題として認識されていなかった」とも弁明した。

8月5日 MNDOTニュースリリース

<http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/>

連邦議会は、2億5千万ドルの緊急資金を調達する法案を通した。

CNN

<http://edition.cnn.com/2007/US/08/04/bridge.collapse/index.html>

ローゼンカー委員長は、「橋の南側では有意な点が見あらず、今は垂直に崩壊した北側に注意を向けている」と述べた。

「調査員によれば『南側がおそらく崩壊の一因とはならなかった』」とも付け加えた。

AP通信

[http://www.usatoday.com/news/topstories/2007-08-05-3681686295\\_x.htm](http://www.usatoday.com/news/topstories/2007-08-05-3681686295_x.htm)

橋崩落事故の追悼のため、1,400人が集まった。

8月6日 AP通信

<http://www.adn.com/24hour/nation/story/3673230p-13056243c.html>

運輸安全委員会は、「橋の崩落原因については調査完了と同じく18ヶ月はかかるだろう」と述べた。

時事通信

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070806-00000005-iji-int>

米運輸安全委員会は5日の記者会見で、崩落した橋の建造過程や建材、その後の修復工事の状況について、関係書類を精査するとともに、建設業者からの聞き取り調査を進めていることを明らかにした。

橋に掛かっていた荷重についても改めて計算し、発生原因を徹底的に追求する方針。

毎日新聞

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070806-0000021-maip-soci>

ミネソタ大土木工学部岡崎准教授らが、「全米科学財団（NSF）」の支援を受け、研究機関として全米初の本格的事故原因究明と対策研究に乗り出す。

ミネソタ大は01年の委託調査で「（現時点で）橋の崩落につながる危険性はないが、疲労によるき裂が見られる」と指摘した。05、06年の検査でもき裂は確認されたが、実際に補修などが行われたかどうかは不明。

8月8日 FHWAニュースリリース

<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514028.cfm>

工事中に橋上におかれる資材など全ての載荷重が部材に過負荷とならないようにすること。

<http://www.dot.gov/affairs/dot7907.htm>

NTSBは、ガセット応力が要因となりうることについて調査している。

これらについて架設資機材の重量による応力に着目している。

MN/DOTニュースリリース

[http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/statewide\\_inspection.html](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/statewide_inspection.html)

MN/DOTスタッフは、州・地方全てのデッキトラス構造型橋梁を点検した。全体で5橋あり、8月6日に完了した。（Bridge No. 5718、5947、6347、6748、38010）

NTSB報告

<http://www.nstb.gov/Pressrel/2007/080807.htm>

北側の上部構造に引張破壊がみられるが、破壊の起点はわからない。（空撮）

特定の部位のガセットへの負荷、発生応力、材質に着目して調査がすすめられている。

朝日新聞

<http://www.asahi.com/national/update/0808/TKY200708080341.html>

国土交通省は8日、ミネアポリスの橋崩落事故を受けて、現地に技術調査団を派遣することを決めた。

調査団は、依田照彦・早大教授（構造力学）を団長に同省道路局の技官や国土技術政策総合研究所の研究者ら計6名。

8月9日 NY times

[http://www.nytimes.com/2007/08/09/us/09bridge.html?\\_r=2&hp&oref=slogin&oref...](http://www.nytimes.com/2007/08/09/us/09bridge.html?_r=2&hp&oref=slogin&oref...)

連邦政府高官は8日、桁を連結させる鋼部材における設計上の欠陥のために橋が崩落したかもしれないと調査員が発見したことを述べ、周辺橋梁に対し安全上の配慮を促すと加えた。

Startribune

<http://www.startribune.com/10204/story/1350971.html>

連邦政府高官は、想定しうる設計上の欠陥に意識を集中させ、また、建設工事の荷重に配慮するよう全国の橋梁技術者に注意を促すとした。

USA TODAY

[http://www.usatoday.com/news/nation/2007-08-08-bridge-clearing\\_N.htm](http://www.usatoday.com/news/nation/2007-08-08-bridge-clearing_N.htm)

建設用機械をたくさん積んだ道路橋で過剰負担を強いられた鋼支持板は、橋崩壊の一因を担った可能性がある。

CNN

<http://edition.cnn.com/2007/US/08/08/bridge.collapse/index.html>

崩落した橋の付近に16人の人々が浸入し調査を妨げたとして、ミネアポリス警察は侵入者を逮捕した。

橋付近のセキュリティは今後強化されると述べた。

8月10日 FHWAニュースリリース

<http://www.dot.gov/affairs/dot8107.htm>

米運輸長官は、ミネアポリスに対する即座の緊急救済資金として5千万ドルを発表した。

ブッシュ大統領は月曜日に、2億5千万ドルの追加緊急資金を認可する法案に署名した。

産経新聞

<http://www.sankei.co.jp/kokusai/usa/070810/usa070810001.htm>

米運輸安全委員会は、橋げた同士を結合するために用いられる「ガセットプレート」と呼ばれる鋼鉄製の板の強度が不足していた可能性を指摘した。

日経新聞（国内）

国内でも道路にかかる橋や高架橋の老朽化が進んでおり、安全性の確保はもとより架け替え集中による財政負担を軽減するため、各自治体は計画的な補修や長寿命化に向けた取り組みを急いでいる。

国交省は、今後の公共事業の重点を道路や橋の維持管理に置く方針で、橋の修繕計画を策定する自治体には策定費の半分を補助する制度を導入し、自治体に計画的な補修を促す考え。

朝日新聞（国内）

国内の橋でも鋼材の破断など崩落につながりかねない問題が起きており、決して楽観はできない。

早稲田大依田照彦教授（構造工学）のコメント：

トラスだったから弱点があったとはいえ、個別の状況を考える必要がある。

中日新聞（国内）

愛知県春日井市の東谷橋が、崩落した橋と同構造であることが分かった。

6月の点検では「異常なし」だったが、今秋さらに詳しく調べることにしている。

8月12日 MN/DOTニュースリリース

<http://www.dot.state.mn.us/newsrels/07/08/12-i35bridgeupdates.html>

MN/DOTは、I-35W橋の再建について論じるため、翌週に公聴会を開催する予定。

DuluthのBlatnik橋での点検は、8月6日に始まった。少なくとも3週間はかかる予定。

The Wisconsin DOTは、DuluthでBong橋の点検を実施し、これには約3週間要するだろう。

MN/DOTは、Forest湖やミネソタ川を跨ぐI-35W上のHighway 8の点検を予定した。8月17日の週に完了する予定。

Hastings橋の点検は、8月20日の週に始める予定。これには約2週間は要するだろう。

MN/DOT職員は、金曜日にCayuga Streetを跨ぐI-35W上のCayuga橋の点検を開始した。

8月14日 毎日新聞（国内）

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070814-00000058-mai-pol>

国土交通省は、自治体が管理する約12万本の道路橋の管理態勢について全国調査を実施することを決めた。

8月21日 橋梁新聞（国内）

今後の課題として、構造物の接合部に限定して緊急的に点検頻度を狭めるなどの対応はあり得る。

8月22日 AP通信

[http://wcco.com/bridgecollapse/local\\_story\\_234164246.html](http://wcco.com/bridgecollapse/local_story_234164246.html)

崩落原因として、1999年に取り入れられた凍結防止装置について調査されている。

凍結防止装置は、下部の支持構造ではなく床版内部にあるため、構造上の問題は予期されていなかったらという。

朝日新聞

<http://www.asahi.com/international/update/0822/TKY200708220040.html>

8/21までに行方不明者の捜索終了。最終的な死者は13人にのぼった。

橋の架け替えを08年末までに実施し、開通する予定。

8月23日 ENR

<http://enr.construction.com/news/transportation/archives/070823.asp>

NTSBは、凍結防止システムに利用されている化学薬品とその腐食性を調査しているところである。管理者であるミネソタ運輸省が2001年7月に出版した費用便益報告書によれば、黒氷や霜、雪を防ぐために酢酸カリウムを車道に噴射するよう設計されていたという。

酢酸カリウムは非腐食性でコンクリートに埋め込まれた構造鋼や補強材に対して安全であるため、選択されていた。

酢酸カリウムの流出により、橋の亜鉛メッキ材と接触し化学反応をおこしたことが点検記録に残っている。

中日新聞

<http://www.chunichi.co.jp/article/world/news/CK2007082302043293.html>

橋げたの腐食が凍結防止剤やハトの糞による可能性がある。

公明新聞（国内）

東京オリンピック（'64）や大阪万博（'70）などにあわせて“突貫工事”よろしく矢継ぎ早に建てられた高度成長期の橋の厄介さはその圧倒的な量の故だけでなく、鋼材や溶接技術など質の問題や道路橋を取り巻く交通環境の変化も少なくない。

## 事故原因に関係のある主な公開情報

現地やインターネット等の報道のうち事故原因に関するもののうち代表的なものを以下に示す。

### 1. I-35W 橋に関する資料の整理

MN/DOT 「Fact Sheet -Aug. 13. 2007」

(URL : <http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdfs/factsheet.pdf>)

<b>ミネソタ州交通局</b> <b>州間道路 35W ミシシッピ川橋、ミネアポリス</b> <b>ファクトシート -2007年8月13日現在</b>
---

#### I-35W ミシシッピ川橋の背景

- ・ 連邦識別番号 9340
- ・ Sverdrup&Parcel により設計。
- ・ Hurcon Inc. and Industrial Consturction Company により 1964 に架設
- ・ Industrial Consturction Company が鋼トラスとデッキを 1965 年の夏に施工した。
- ・ 橋は 1967 年に供用開始。
- ・ 橋の初期費用は橋脚の建設に 440,740 ドル、橋の建設に 4,828,262 ドル。
- ・ 1 日に 5,700 台の商用車を含む 140,000 台が通行。
- ・ 2020～2025 年で架け替えが計画されていた。

#### 設計

- ・ デッキ鋼トラスは 3 つの部分よりなる：床版、上部工、下部工
- ・ 一般的な橋の寿命は 75～100 年であるのに比べ、デッキ鋼トラス橋の平均的な寿命は約 50 年である。
- ・ 橋長 1,907 フィート(581m)、14 径間。
- ・ 南北行きそれぞれ 4 車線ずつある。3 車線は一般車線であり、最も右の車線は加速あるいは減速車線である。
- ・ 1967 年では、2 車線と加速あるいは減速車線の車線構成で供用開始された。
- ・ 1988 年までに、南北行きとも、それまで左側路肩だった所に第 3 車線を追加した。これらの車線変更は、橋につながる道路の変更に適応するためになされた。
- ・ 橋は、橋軸方向に交通と平行に分割された、113 フィート 4 インチ(34.5m)幅の床版を有する。
- ・ 取付け橋の上部構造は、桁高 48 インチ(1,219mm)の溶接プレートガーダー14 主げたにより支えられている（南側取付け橋は 5 径間であり、北側取付け橋は 6 径間）。第 6,7 および 8 径間は川を渡るメインスパンであり、交通荷重は交通に平行な 2 つの鋼デッキトラスに支えられている。トラスは対称形であり、第 6 および第 8 径間は共に径間長 266 フィート(81m)である。
- ・ 渡河する中央の第 7 径間は長さが 456 フィート(139m)である。トラスは溶接部材で構成されており、両岸の橋脚（第 6 ピア、7 ピア）位置では高さ約 60 フィート(18m)であった。2 つのトラス（主構）は、橋軸直角方向の床ビームトラスにより、27 インチ(686mm)の圧延鋼げたの道路縦桁と結合されている。道路縦桁は交通と平行に配置され、床版と交通荷重を床ビームトラスに伝達している。床ビームトラスは高さが 12 フィート(3.66m)である。

- ・ ミネソタにおける類似した橋は以下のとおり。
  1. セントクラウドのミシシッピ川上のハイウェイ 23 の橋
  2. サンドストーンのカトル川上のハイウェイ 123 の橋
  3. ウィスコンシン、オシオラへのセントクロイキシ川上のハイウェイ 243 の橋
  4. およびサウク ラピッズのファースト ストリート サウス橋
  5. グースベリーフォールズ州立公園近くのハイウェイ 61 にも、やや類似する設計の橋

### 橋の耐荷力

- ・ 橋の耐荷力は、1 台あたり 80,000 ポンド(36.3 トン)までの適法なトラック荷重に対しては安全とされていた。この荷重は現在の橋の設計においては標準として用いられるものである。また 159,000 ポンド(72.2 トン)までの許可された過積載荷重を通行させても安全とされていた。

### 点検履歴

- ・ 1993 年より毎年点検されてきた。それより以前は 2 年ごとに点検されていた。
- ・ 最新の破壊クリティカル点検は2006年に行われた。溶接細部の特別点検が2007年春に始められた。MN/DOTは、溶接細部の全ておよび残る部材の全ての点検を2007年秋までに完了する予定であった ([www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html)にあるI-35W橋の点検報告書を参照)。
- ・ MN/DOT の橋梁点検チームにより作成された 2006 年の破壊クリティカル橋の点検報告書は、上部構造が低い評点を受ける原因となった特定の問題を示している。低い評点は、塗装系が劣化しているいくつかの箇所における腐食、鋼トラスや床組における溶接不良、設計されたようには可動しない支承、およびトラス横ばりや取付け橋に存置された疲労き裂補修に起因している。
- ・ 欠陥は 1997 年の点検報告書で認識されていた。MN/DOT はこれらの欠陥に対処するいくつかの措置を行っていた。取付け橋におけるいくつかのき裂は補修されるかモニターされていた。
- ・ 橋梁オフィスはトラス内での疲労応力を評価するため、2001 年にミネソタ大学と契約していた。現場計測が実施された。計測および解析による応力範囲は疲労限よりも小さいものであり、それゆえ、デッキトラスでの疲労き裂の発生は想定されないと結論づけられた。次の対策が推奨された：
  - －最も大きな応力範囲を生じる主構トラスの構造部材は 2 年ごとに徹底的に点検されるべきである。
  - －床組トラスのクリティカルな部位は高い応力範囲を生じており、6 ヶ月ごとに点検されるべきである。
- ・ トラスに用いられている溶接ディテイルにおいて疲労き裂が問題になるとは想定されないと報告書は結論づけているが、より詳細な疲労と破壊の解析をおこなうため、また個々のトラス部材全てについて、その 1 本の破壊が橋の崩壊につながるかどうか、あるいは橋の他の部材によって交通荷重が安全に支持されるかどうかを結論づけるため、MN/DOT は 2006 年に URS と契約した。URS は 2007 年 1 月に 3 つの推奨案を示した。
  - 1) 最もクリティカルな 52 のトラス部材に耐力を増す板を付け加える。
  - 2) 疑わしい溶接ディテイル全ての目視試験を行い、かつ 52 の破壊クリティカルなトラス部材全ての疑わしい溶接ディテイルにおいて検知可能な欠陥を取り除く。
  - 3) 1)と 2)の組合せを行う。

MN/DOT は溶接ディテールの点検を開始しており、溶接クラックは発見されなかった。それゆえ、MN/DOT はその時点でオプション 1)に進まなかった。MN/DOT としては、現在の建設プロジェクトの完了後に、残っている全ての部材の溶接ディテールの点検を完了させる予定であった。

### 構造的欠陥のある橋

- ・ 橋の部分が劣化した状態にあることが判明したとき、橋は構造的欠陥があると評価される。劣化した状況にある多くの橋は、使用上まだ安全である。劣化が続くと、橋の安全な荷重耐力を再計算するために、工学的検討が時には必要になる。もし耐荷力が現在の適法なトラック荷重（1台あたり 80,000 ポンド(36.3 トン)）よりも小さければ、橋は新たに計算された安全荷重耐力で posted される。本橋はいかなる制限のもとにもなかった。
- ・ 橋のそれぞれの部位の状態は、1 から 9 のスケールで評点付けされる（7,8,または 9 は良い状態、6 は並、5 は可、4 は不良、3 は深刻、2 はクリティカル、1 は閉鎖）。構造的欠陥のある橋は床版、上部構造、あるいは下部構造が状態 4 以下に評価された橋である。本橋については、上部構造が 4 と評価されていた。
- ・ ミネソタでは、構造的欠陥があると考えられ、評点が 80 以下の橋が 1,097 橋ある。これらのうち、106 が州の主要道、991 が地方道である。

### 橋の連邦報告(NBIS(National Bridge Inspections Standards) database)

- ・ 全国橋梁点検基準は、州にある全ての橋の状態評価を連邦道路局に毎年報告することを州に要求している。各州道路局は、橋の状態を点検し評価するよう訓練された点検員を擁している。その情報は MN/DOT の橋梁オフィスに送られてまとめられ、連邦道路局に転送される。連邦道路局はそのデータを、どの橋に構造的欠陥があり、どの橋が機能不全かを決定するために用いる。

### 本橋での最近の作業

- ・ コンクリートとジョイントの補修、照明とガードレールの取付けに係わる作業
- ・ 作業は 9 月 30 日に完了予定であった。
- ・ 作業のコストは 9 百万ドル。
- ・ 橋の道路床版は厚さが 9 インチ(229mm)だった。コンクリート作業の一部として、コンクリート上部の 2 インチを削り取り、新たなコンクリートで打ち換えた。
- ・ 外側の 2 車線は南北行きともそのようなオーバーレイを半分終えていた。
- ・ その他のコンクリートの除去作業は、45 ポンド(20.4kg)のジャックハンマーを用いて行われた。それより大きなものは、コンクリートの除去には用いられていない。
- ・ 8 箇所において、コンクリートは完全に置き換えられた。それらの箇所は伸縮装置の取り替え、およびいくつかは断面全体の打ち換えとなった。
- ・ 全断面打ち換えとなった箇所の平均的な大きさは 26 フィート(7.9m)×3.5 フィート(1.1m)であった。

### 現在の交通への影響

最新の交通情報については[www.511mn.org](http://www.511mn.org)および[www.mndot.gov](http://www.mndot.gov)を参照。

**Minnesota Department of Transportation**  
**Interstate 35W Mississippi River Bridge, Minneapolis**  
**Fact Sheet - Aug. 13, 2007**

**Background on the I-35W bridge over the Mississippi**

- Federal identification number 9340
- Designed by Sverdrup & Parcel
- Built in 1964 by Hurcon Inc. and Industrial Construction Company
- Industrial Construction Company constructed steel trusses and deck in the summer of 1965
- Bridge opened to traffic in 1967
- Original cost for the bridge was \$440,740 to construct the piers and \$4,828,262 to construct the bridge
- Carried about 140,000 vehicles daily, including 5,700 commercial vehicles
- Scheduled for reconstruction in 2020-25

**Design**

- Deck steel truss was made up of three parts: the deck, superstructure and substructure
- The average life span of a deck steel truss bridge is about 50 years, compared to a 75-100 year life span of a typical bridge.
- 1,907 feet long, 14 spans
- Carried four lanes of traffic in each direction north and south. Three of those lanes were general lanes. The far right lane on each side is an acceleration/deceleration lane.
- In 1967, the bridge opened with striping that provided for two lanes of traffic and the acceleration/deceleration lane.
- By 1988, the bridge had been striped to add a third lane of traffic that used the left shoulder in each direction. These striping changes were made to accommodate changes made in the roadways adjoining the bridge.
- The bridge had a split deck (longitudinally parallel to traffic) and was 113 feet, 4 inches wide.
- The approach span superstructures were supported by 14 continuous 48-inch deep welded plated girders (five approach spans were at the south and six approach spans were at the north). Spans 6, 7 and 8 were the main river spans and the traffic loads were supported by two steel deck trusses parallel with traffic. The truss was symmetrical with spans 6 and 8 each having a length of 266 feet.
- The center river span 7 was 456 feet in length. The truss was constructed of welded components and was approximately 60 feet deep at the landside river piers (piers 6 and 7). The two trusses were connected by welded floor beam trusses (running transverse to traffic) with 27-inch rolled steel beam roadway stringers running parallel carrying the deck and traffic loads to the floor beam trusses. The floor beam trusses were 12 feet in depth.

Similar bridges in Minnesota include:

1. Highway 23 bridge over the Mississippi River in St. Cloud
2. Highway 123 over the Kettle River in Sandstone
3. Highway 243 over the St. Croix River to Osceola, Wisconsin
4. and the First Street South bridge in Sauk Rapids.

5. There is also a bridge of somewhat similar design on Highway 61 near Gooseberry Falls State Park.

### **Bridge capacity**

- The capacity of the bridge was rated safe for legal truck loads (up to 80,000 pounds per truck), which is the standard use for bridge design today. The bridge was rated to be safe to carry permitted (overweight) loads of up to 159,000 pounds.

### **Inspection history**

- Had been inspected annually since 1993; before that, was inspected every two years.

- Last fracture critical inspection was in 2006. A special inspection of the weld details began in the spring of 2007. Mn/DOT intended to complete the inspection of all weld details and all remaining members in the fall of 2007.

(See inspection reports on I-35W Bridge online at [www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html](http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/history.html).)

- The 2006 Fracture Critical Bridge Inspection Report, prepared by a Mn/DOT bridge inspection team, describes specific problems that caused the superstructure to receive a poor rating. The poor rating can be attributed to corrosion at some areas where the paint system has deteriorated, poor weld details in the steel truss members and floor beams, bearings that are not moving as they were designed to move, and existing fatigue crack repairs to the truss cross beam and approach spans.

- Deficiencies were acknowledged in inspection reports dating back to 1997.

Mn/DOT had taken several steps to address these deficiencies. Some cracking in the approach spans was repaired or was being monitored.

- The Bridge Office had contracted with the University of Minnesota in 2001 to evaluate the fatigue stresses within the truss. Field tests were conducted.

Measured and calculated stress ranges were less than the fatigue threshold, therefore, it was concluded that fatigue cracking was not expected in the deck truss. The following actions were recommended:

- Structural components of the main truss with the highest stress ranges should be inspected thoroughly, every two years.

- Critical locations of the floor trusses had high stress ranges, and should be inspected every six months.

- Although the report concluded that fatigue cracking was not expected to be a problem for the weld details used on the truss, Mn/DOT contracted with URS in 2006 to do a more in-depth fatigue and fracture analysis, and to determine whether the fracture of any single truss member would result in collapse of the bridge or whether the traffic load would be safely carried by other members of the bridge. URS made three recommendations in January 2007:

- 1) Add redundant plating over the most critical 52 truss members

- 2) Conduct a visual examination of all suspected weld details and remove measurable defects at suspected weld details of all 52 fracture critical truss members, or

- 3) Do a combination of both 1) and 2).

Mn/DOT had begun inspection of the weld details and no weld cracks were

detected. Therefore, Mn/DOT did not proceed with option 1 at that time. Mn/DOT intended to complete the inspection of the weld details on all of the remaining members after the completion of the current construction project.

### **Structurally deficient bridges**

- A bridge is rated as “structurally deficient” when part of the bridge is found to be in poor condition. Many bridges in poor condition are still safe for use. As deterioration continues, engineering analysis is sometimes necessary to recompute the safe load capacity of the bridge. If the safe load capacity is less than today’s legal truck load (80,000 pounds per truck), the bridge is posted at the newly computed safe load capacity. The bridge was not under any restrictions.
- The condition of different parts of a bridge is rated on a scale of 1 to 9 (7, 8, or 9 are good condition ratings, 6 is satisfactory, 5 is fair, 4 is poor, 3 is serious, 2 is critical and 1 is closed). A structurally deficient bridge is one for which the deck, the superstructure or the substructures are rated in condition 4 or less. For this bridge, the superstructure was rated 4.
- In Minnesota, there are 1,097 bridges that are considered structurally deficient and that have a sufficiency rating less than or equal to 80. Of these bridges, 106 are on the state trunk highway system and 991 are on the local system.

### **Federal report on bridges (NBIS database)**

- The National Bridge Inspection Standards require states to annually report condition ratings for all bridges in their states to the Federal Highway Administration. Each Mn/DOT district has inspectors who are trained to inspect and rate bridge condition. That information is forwarded to Mn/DOT’s Bridge Office where it is compiled and forwarded to the FHWA. The FHWA uses that data to determine which bridges are structurally deficient and functionally obsolete.

### **Recent work on the bridge**

- Work involved concrete and joint repair, lighting and guardrail installation
- Work was scheduled to be complete Sept. 30
- Cost for the work is \$9 million
- The bridge roadway slab was nine inches thick. As part of the concrete work, the contractor milled (ground) off the top two inches of concrete and replaced it with new concrete.
- The outside two lanes in both directions had been completed so the overlay work was half done.
- Other concrete removal work was done using 45-pound jackhammers. Nothing larger was used to remove the concrete.
- In eight different spots, the concrete was completely replaced. Those spots were for expansion joint replacement and some full-depth repairs.
- The average size of a section that was entirely replaced was 26 feet by 3.5 feet

### **Current traffic impacts**

- Visit [www.511mn.org](http://www.511mn.org) and [www.mndot.gov](http://www.mndot.gov) for the latest traffic information

## 2. 行政機関等発表資料の整理

行政府等公的機関から発表された事故原因に関わる内容が含まれる情報のうち主なものは以下のとおり。

表-参 行政機関発表資料（事故原因等）

NO.	日付	出所	タイトル	URL
C-1	2007/8/6	NTSB	UPDATE ON NTSB INVESTIGATION OF COLLAPSE OF I-35W BRIDGE IN MINNEAPOLIS	
C-2	2007/8/8	DOT	U.S. Secretary of Transportation Mary E. Peters Cautions States to Carefully Consider Extra Weight Caused by Construction Projects on Bridges	<a href="http://www.dot.gov/affairs/dot7907.htm">http://www.dot.gov/affairs/dot7907.htm</a>
C-3	2007/8/8	FHWA	Technical Advisory 5140.28 - Construction Loads on Bridges	<a href="http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514028.cfm">http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514028.cfm</a>
C-4	2007/8/22	NTSB	SECOND UPDATE ON NTSB'S INVESTIGATION OF THE COLLAPSE OF THE I-35W BRIDGE IN	

### C-1 2007.08.03 NTSB

#### ミネアポリス I-35W 橋崩壊に関する調査最新情報

橋崩落を調査するための調査団の派遣について明記されている。また、原因は調査中であるとしながらも、FEM 解析等を用いてその原因を追究すること、ガセットプレートが問題であると述べている。さらに、工事関係者に聞き取り調査を行い、事故時の橋面上の状況を把握しようと考えている。

### C-2 2007.08.08 DOT 79-07

NTSB は、機材・資材重量によるガセットへの過度な応力が要因である可能性を認識している。これを受けて、Peters 運輸長官は全州に対してこのような施工時の荷重への配慮を注意喚起。また、長官は FHWA に対して同種の荷重に対して安全性を確認するためのガイドライン作成を指示した。<http://dot.gov/affairs/dot7907.htm>

### C-3 2007.08.08 DOT/FHWA

#### Technical Advisory 5140.28 – Construction Loads on Bridges

建設機械と資材による施工時の積載荷重を検討事項の1つとして特定。今後の工事にあたり、このような施工時の積載荷重について安全性を確認することを強く推奨する。<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/ta514028.cfm>

### C-4 2007.08.22 NTSB

#### ミネアポリス I-35W 橋の崩壊に関する NTSB の調査の第二回最新情報

NTSB は 1997 年に設置された凍結防止システムやそのシステム内で使われた化学物質、またどのようなタイプの腐食特性を備えていたかについても調査を行っている。

剛性や重量、各構造要素の連結部分の考え方を橋梁事故当時の状況に合致させるため、当該橋梁の有限要素モデルを修正中。

8 月 1 日の午前 11 時から午後 2 時 30 分の間に、工事現場に調達された工事用材料の重量は、約 383,000 ポンド。荷重と建設車両を合わせた重量は約 575,000 ポンド。

### 3. 報道記事等の整理

マスコミによる報道等のうち事故原因に関わる内容が含まれる情報のうち主なものは以下のとおり。

表-参 報道記事資料 (事故原因等)

N0.	日付	出所	タイトル	URL
D-1	2007/8/2	TIME	Why Did the Bridge Fall?	
D-2	2007/8/2	CNN	What went wrong? /NTSB begins probe of bridge collapse	
D-3	2007/8/2	CNN	States warned to inspect bridges	
D-4	2007/8/2	ABC	Fatigue, Lack of Backup Supports Eyed in Collapse	
D-5	2007/8/3	StarTribune	Delicate task of removing bridge debris to begin	
D-6	2007/8/3	TwinCities	Fatal collapse of I-35W span casts doubt on U.S. bridge ratings	<a href="http://www.twincities.com/allheadlines/ci_6531101">http://www.twincities.com/allheadlines/ci_6531101</a>
D-7	2007/8/3	CNN	Bridge collapse probe focuses on unexplained shift	
D-8	2007/8/6	StarTribune	Delicate task of removing bridge debris to begin	<a href="http://startribune.com/10204/story/1345092.html">http://startribune.com/10204/story/1345092.html</a>
D-9	2007/8/6	StarTribune	Reports about bridge wobble	<a href="http://startribune.com/10204/story/1345092.html">http://startribune.com/10204/story/1345092.html</a>
D-10	2007/8/8	StarTribune	I-35W inspectors flagged serious cracks, rusting	<a href="http://www.twincities.com/collapse/ci_6588078">http://www.twincities.com/collapse/ci_6588078</a>
D-11	2007/8/9	StarTribune	Possible flaw identified in I-35W bridge	
D-12	2007/8/9	StarTribune	Effects of bridge work weren't analyzed	
D-13	2007/8/9	TwinCities	Investigators scrutinize center connector plates	<a href="http://www.twincities.com/collapse/ci_6616331">http://www.twincities.com/collapse/ci_6616331</a>
D-14	2007/8/9	TwinCities	Bridge probe fixes on beam links	<a href="http://www.twincities.com/ci_6595736?source=most_email&amp;">http://www.twincities.com/ci_6595736?source=most_email&amp;</a>
D-15	2007/8/11	TwinCities	Answers to some questions surrounding bridge collapse	<a href="http://www.twincities.com/ci_6577877">http://www.twincities.com/ci_6577877</a>
D-16	2007/8/11	TwinCities	Basic bridge maintenance was spotty, records show Rust, corrosion noted on structure that was rarely washed or repainted	<a href="http://www.startribune.com/10204/story/1339411.html">http://www.startribune.com/10204/story/1339411.html</a>
D-17	2007/8/13	TwinCities	Bridge victim recovery slows Vehicles being steadily removed, but remains of four missing people not yet found	<a href="http://www.twincities.com/collapse/ci_6599630">http://www.twincities.com/collapse/ci_6599630</a>

#### D-1 2007.08.02 TIME

ミネアポリス I-35W 橋の崩壊事故の原因を調査するため、ミネソタ州によって抜擢された民間会社の科学捜査技術者や運輸安全委員会 (NTSB) から派遣された技術者から構成される調査員が派遣されたことが述べられている。また、過去の橋梁事故についてコメントされている。

#### D-2 2007.08.02 CNN

ミネソタ州知事が同州の同じ構造のすべての橋梁の緊急点検を実施するよう指示したことや 2005 年連邦データベースで供用後 40 年経過した橋梁は「構造的欠陥を有する橋梁」とランク付けされており架け替えが必要とされていたことなど関係者のコメントが記述されている。

#### D-3 2007.08.02 CNN

2001 年以来発表された 2 編のレポートが崩壊した I-35W 橋の構造上の問題点を示していたが、両レポートとも構造的欠陥を有するにも関わらず安全であると決定していたこと、2001 年にミネソタ運輸省によって纏められた報告書には、「橋梁のデッキト

ラスシステムは疲労亀裂はないが、メイントラスと床トラスシステムには多くの疲労を引き起こすであろう不十分な構造詳細が見受けられる」など、従前の点検結果、補修経歴が述べられている。

#### **D-4 2007.08.02 ABC**

破壊原因について専門家の意見として、疲労とバックアップシステムの欠陥、トラス部材の疲労亀裂と予期せぬ状況が発生した場合に交通荷重に耐えうる二次的システムがないこと、材料の劣化と過積載による崩壊などが原因に想定されると述べられている。

#### **D-5 2007.08.03 StarTribune**

NTSB 調査団はミネソタ大学のコンピュータ・プログラムを用いどの様に落橋したか解析を行う。

合衆国のハイウェイ橋が地震あるいは衝突以外の原因で落橋したのは4分の1世紀で2回だけである。何人かの作業員は落橋の数日前から橋梁が異常に揺れていてコンクリートを取り除く毎に、さらに揺れたと証言している。

#### **D-6 2007.08.03 TwinCities**

I-35W 橋の崩壊は目視による点検プログラムに疑問が持たれ、運輸長官からプログラムの査定を求められており、国家運輸安全委員会もプログラムの検査に入っている。

ミネアポリスが採用している国の点検プログラムに規定されている作業はすべて検査官によりおこなわれてきたが、この評価システムは補修のための金額について優先順位をつけるものであり、危機警告の目的で使用されるものではない。点検の結果はコンピューター・プログラムにより0から9までの評価を受け、4以下であれば構造上不十分とみなされる。

I-35W 橋は1990年から構造上不十分であるとみなされていたが、主要なハイウェイとして老朽化にもかかわらず一日に100,000台以上の自動車を通していた。

州の橋梁エンジニアは、I-35W 橋は橋梁端部の腐食と疲労クラックのため、構造上不十分と位置づけられていると報告した。

1960年代の鋼橋は、疲労クラックに影響する溶接詳細を行なうことが許されていたとセントポールの公共事業部門橋梁課担当者が報告した。

2001年の（点検）報告では、構造的な問題が指摘されているが、緊急な架け替えは必要なしと報告されている。

[http://www.twincities.com/allheadlines/ci\\_6531101](http://www.twincities.com/allheadlines/ci_6531101)

#### **D-7 2007.08.03 CNN**

NTSB（調査委員会）は、陸軍工兵隊より提供された新たなビデオを検証し原因を究明。

米国運輸長官は、I-35W 橋と同形式の橋梁全ての点検を指示、国内に750橋存在。

#### **D-8 2007.08.06 StarTribune**

NTSB は崩壊時点で橋上にあった資材・機材に関する情報のほか、約40年分の気象データなどを収集した。気象データは温度変化による橋の伸縮の影響解析に利用。また、落橋過程のシミュレーションを特定のプログラムを用いて行う予定。

<http://www.startribune.com/10204/story/1345092.html>

**D-9 2007.08.06 StarTribune**

補修工事作業員より、崩壊前の一定期間に橋が大きく振動していたとの報告あり。当局はこれのみに焦点を当てることはないものの、1つの情報として考慮する意向。

(<http://www.startribune.com/10204/story/1345092.html>)

**D-10 2007.08.08 StarTribune**

橋が崩落する10年前には、既に応力上の問題、広範囲な腐食、ボルトの欠落等が指摘されていた。しかし、専門化から緊急を要する対策が必要との言及がなく、大規模な補修工事は実施されていなかった。ミネソタ運輸省では2020年に架け替え予定であると述べている。

なお、1996年以降疲労亀裂が問題として取り上げられるが、点検の必要性に留めている。(6ヶ月に1度)

**D-11 2007.08.09 StarTribune**

全国の橋梁技術者に、建設工事時の荷重に注意することを喚起し、崩落の要因が工事中の上載荷重の可能性があると述べている。また、ガセットプレートの応力超過が崩壊の直接的な原因の可能性があるとし、さらに国家輸送機関当局者は、橋が冗長性(リダンダンシー)なしで架けられたことも原因であると述べている。

ミネソタ運輸省は、橋梁改良工事の影響について、重量の増加がないため解析を事前に実施していないと明言し、工事が崩落の一因であることを否定している。一方合衆国運輸長官は、工事中の付加重量を考慮するよう注意することを喚起している。

ピッツバーグ大学の構造工学助教授は、崩壊の原因がおそらく腐食、風化、老化、振動など、さまざまな要因の組み合わせによるものであると述べている。

**D-12 2007.08.09 StarTribune**

**橋梁改良工事の影響は分析されず Effects of bridge work weren't analyzed**

NTSBのhighway safety directorは過去に舗装工事が落橋につながった事例はないものの、その可能性を排除しない意向を示した。しかし、最終的には腐食、風化、振動および工事中の重量超過といった要因の組合せに帰着するだろうとの認識を示した。また、橋脚の洗掘や風といった要因は既に検討から排除されているとも述べた。

これに対して、当局と設計者は再舗装工事が落橋要因となった可能性を否定している。ミネソタ州運輸省(MN/DOT)は再舗装工事が長い目で見て橋に付加重量を与えないことから、工事中を含めた重量の変化について事前分析の必要性を認めず、これを行わなかった。

MN/DOTのエンジニアは、当初の設計荷重が軍の仕様に合うようなものであったと主張するが、専門家の中には、崩壊時に作用したと思われる荷重はそれよりかなり少なかった、との指摘もある。

(<http://www.startribune.com/10204/story/1354824.html>)

**D-13 2007.08.09 TwinCities**

橋の崩壊の原因として、支点上上弦材および中央下弦材の引張領域にあるガセットプレートおよび交通荷重・施工荷重について様々な専門家(大学教授・橋梁エンジニアなど)の賛否両論。

**D-14 2007.08.09 TwinCities**

崩落の原因を追究している調査者の注目点は、ガセットプレートの板厚、リベットと脆弱な溶接の複合構造による疲労および腐食であると示されている。また、崩落した時の橋面の状況が報告されている。さらに溶接の問題に触れ、貧弱な溶接に起因する崩落事故として、イスラエル（1997年）、南東の中国（1999年）を挙げている。

**D-15 2007.08.11 TwinCities**

ミネソタでの極端な気温が引き起こす凍結・融解が一つの理由か？

**D-16 2007.08.11 TwinCities**

I-35W 橋については橋梁維持管理記録が限定的であり、維持管理としての再塗装回数も少ないことが明らかになった。腐食の原因として鳩の糞が問題化している。再塗装や糞の水洗いなど、近年まで維持管理資金が少なかった。

**D-17 2007.08.13 TwinCities**

I-35W 橋の供用最後の1年間、MN/DOT はおよそ 72½トンの重量がある建設用クレーンを含め、48の超過荷重に対し許可を与えた。

MN/DOT の特大輸送認可部門は、当該橋梁が最大 79½トンまでの荷重に対しては安全であると考えた。

州法では 40 トンを超える荷重に対して許可が必要（軸重は 10 トン以下）

「通常、超過荷重に対して懸念されることは、橋の構造的な挙動についてではなくデッキ構造上の車軸荷重である」と、ピッツバーグ大学 Kent Harries は話す。

[http://www.twincities.com/collapse/ci\\_6599630](http://www.twincities.com/collapse/ci_6599630)

## 現地調査橋梁に関する資料

### 7章 米国の橋梁実態調査参考資料

#### 7-1 本文中に示した以外の現地 概要

米国の橋梁管理の実態を調査するために、ミネソタ州、メリーランド州の道路橋について現地調査を行った。

調査では、I-35W 橋の事故を受けて緊急点検の指示がなされた鋼上路トラス橋、NBI データによって SD (構造的欠陥) とされている橋梁の中から、できるだけ近接目視による調査ができる条件の橋梁を中心に抽出したものを対象とした。なお、緊急点検の結果の一部は訪米前よりミネソタ州道路局 (MN/DOT) の HP 上に公表されており、その結果を参照しながら調査を行った。

主な調査橋梁は以下のとおり。

表-参 調査橋梁リスト

番号	橋梁番号・名称	主な形式	掲載
1	# 6 7 4 8 TH23 OVER MISS R & RIVERSIDE DR	鋼上路トラス橋	
2	# 7 3 5 1 4 Veterans Memorial Bridge	鋼連続 桁橋	
3	# 5 9 4 7 SAUK RAPIDS BRIDGE	鋼上路トラス橋	
4	# 6 5 5 7	鋼連続 桁橋	
5	# 7 1 0 1 2	P C 橋	
6	# 6 5 1 5	鋼連続 桁橋	
7	# 9 8 0 0 Lafayette Bridge	鋼単純および連続 桁橋	
8	# 5 7 1 8 TH123 OVER KETTLE RIVER & ST	鋼上路トラス橋	
9	# 6 5 6 6	鋼連続多主 桁橋	
10	# 6 3 4 7	鋼上路トラス橋	
11	# 4 6 5 4 STILLWATER-HOUSTON INTERSTATE BRIDGE	鋼下路トラス橋	
12	# 1 0 0 0 0 0 2 1 0 0 4 1 0 1 0	鋼上路トラス橋	
13	# 1 0 0 0 0 0 0 6 0 0 4 9 0 1 0	鋼上路トラス橋	
14	# 3 0 0 0 0 0 B C Z 4 7 2 0 1 0	鋼下路トラス橋	
15	# 3 0 0 0 0 0 A A Z 0 5 0 0 1 3	鋼上路トラス橋	

網掛けは「Fracture Critical Members を含むデッキトラス橋の緊急点検」の実施橋梁を示す。

表-参 現地調査工程

日付	内容	調査橋梁	備考
8 / 12 (日)	現地状況視察 橋梁視察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁番号 6748 (緊急検査対象) Stearns 郡、St.Cloud、MNHwy23 号線とミシシッピ川</li> <li>・橋梁番号 73514</li> <li>・橋梁番号 5947 (SD、緊急検査対象) Benton 郡、Sauk Rapids、CSAH33 号線とミシシッピ川</li> <li>・橋梁番号 6557、Sherburne 郡、Clear Lake、MNHwy24 号線とミシシッピ川</li> <li>・橋梁番号 71012、Sherburne 郡、Monticello、MNHwy25 号線とミシシッピ川</li> <li>・橋梁番号 6515 (SD)、Ramsey 郡、St.Paul 市、I-35E と Cayuga 通 &amp; BNSF 鉄道</li> <li>・橋梁番号 9800 (SD) Ramsey 郡、St.Paul 市、US52 号線とミシシッピ川</li> </ul>	ミネアポリス泊
8 / 13 (月)	橋梁視察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁番号 5718 (緊急検査対象) Pine 郡、Sandstone、MNHwy123 号線と Kettle 川</li> <li>・橋梁番号 6566、Chisago 郡、Taylor Rapids、St.Croix 川</li> <li>・橋梁番号 6374 (緊急検査対象) Chisago 郡、Franconia、TH243 号線と St.Croix 川</li> <li>・橋梁番号 4654 (SD)、Washington 郡、Stillwater、TH36 号線と St.Croix 川</li> </ul>	ミネアポリス泊

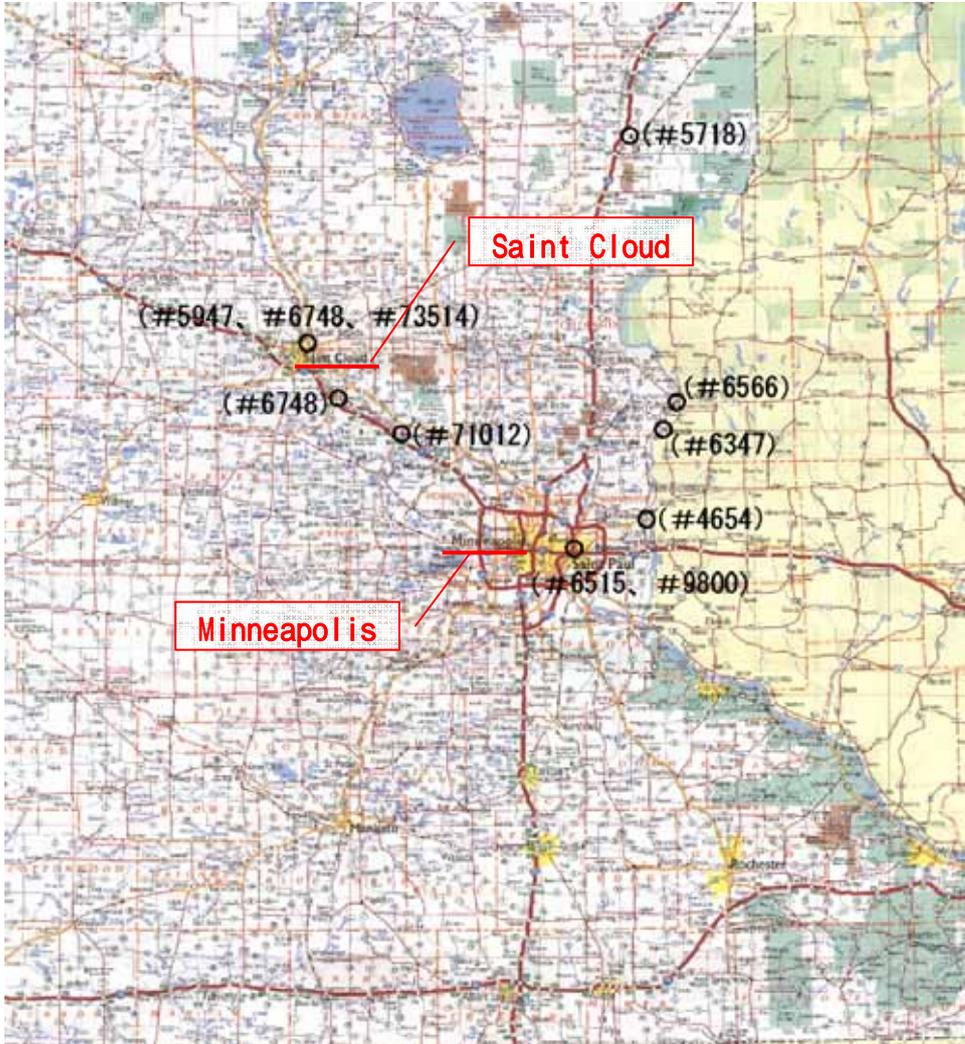


図-参 ミネソタ州 調査橋梁位置図

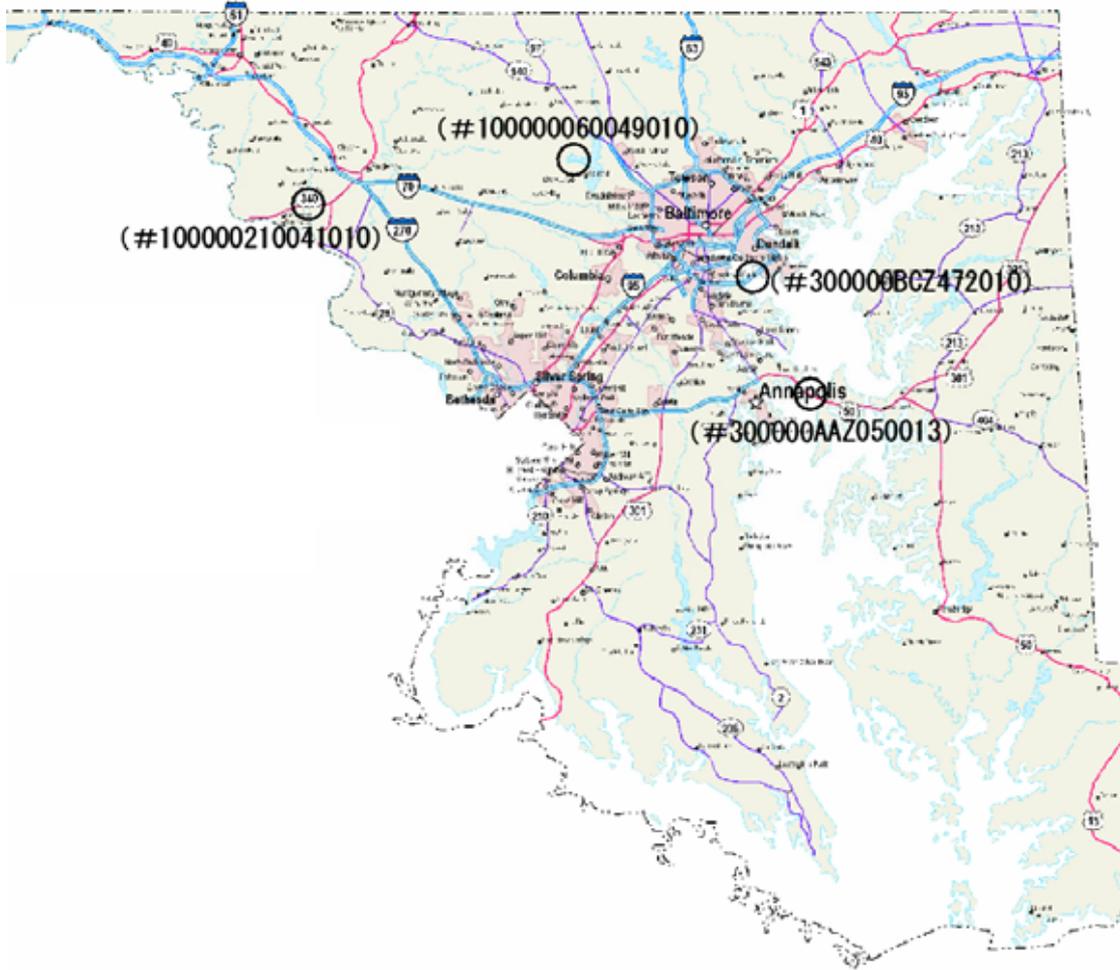
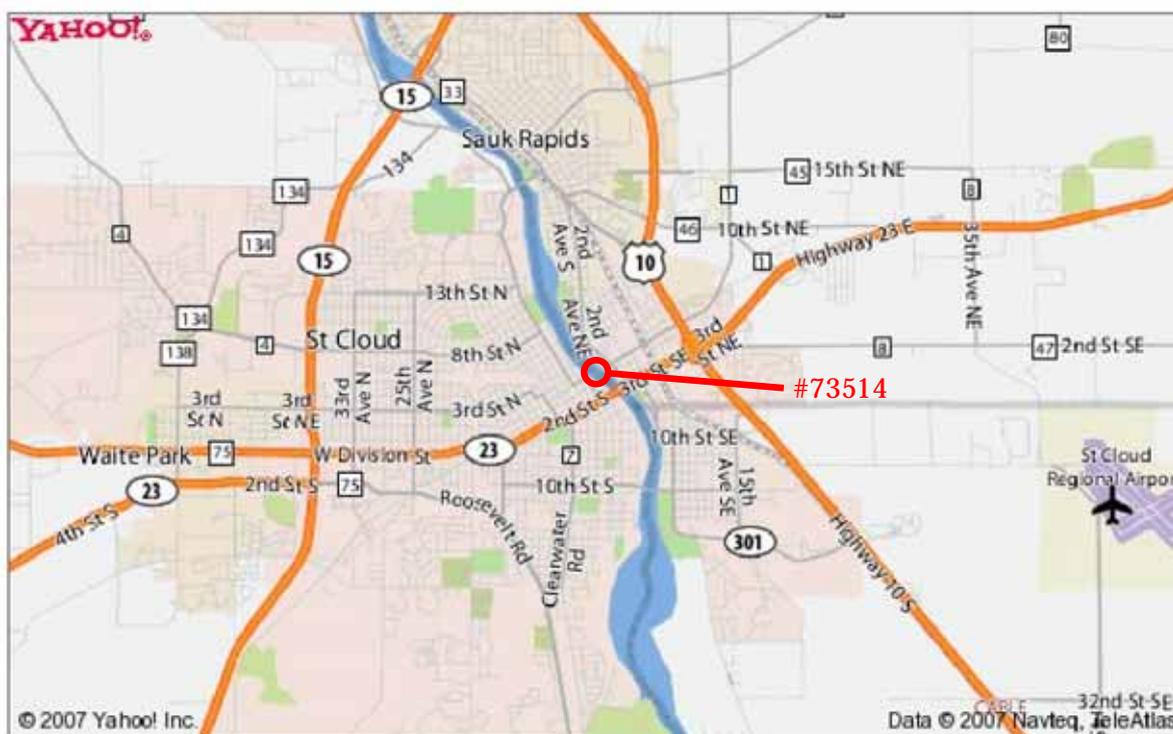


図-参 メリーランド州 調査橋梁位置図

## 1. 調査橋梁 2 ( # 7 3 5 1 4 )

### ( 1 ) 位置図



### ( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 7 3 5 1 4 ( Veterans Memorial Bridge )
州・市・郡	MINNESOTA 州 ST CLOUD 市 STEARNS 郡
位置	0.8 MI SW OF JCT TH 10
路線	MSAS 128 (St Germain street)
橋梁形式	鋼連続 I 桁
床版	コンクリート
橋長	233.8m
床版幅	16.5m (路面幅)
架設年	1971 年
管理	ST.CLOUD 市
鋼材	不明
その他	4 車線、歩道あり

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼 I げた形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	77.6 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	16,300 ( 2003 調査 )
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	8(Very Good)	上部工評価(Structure Evaluation)	7
上部工	7(Good)	床版幾何(Deck Geometry)	不明
下部工	7(Good)	桁下空間(Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整(Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=73514](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=73514)

(4) 現地調査結果

調査は、片側の橋台部より桁端部に近接し、目視により行った。



橋梁全景



橋歴板

桁内外で塗装が異なっており、外側と内側桁端の一部区間では艶のない暗色系の塗装、その他の内側は金属光沢色のある塗装である。

外側の塗装には顕著な劣化や錆の発生は認められないが、桁内側では層間剥離様の比較的まとまった面積で塗膜の外層がはがれ落ちている箇所が見受けられる。



桁内側



桁内側（桁端部）

コンクリート床版には、一部で橋軸直角方向（横方向）のひびわれやうき、剥離、鉄筋腐食がみられる部分があるが、ひびわれのない多くの部分ではひびわれも少なく良好な外観性状を示している。



桁端部分の桁内側

路面は、橋梁前後区間はアスファルト舗装が施されており、コンクリート橋面とは目地により連続しているが、取り付け側舗装面では轍ぼれ、ひびわれ、部分的な破損がみられる。



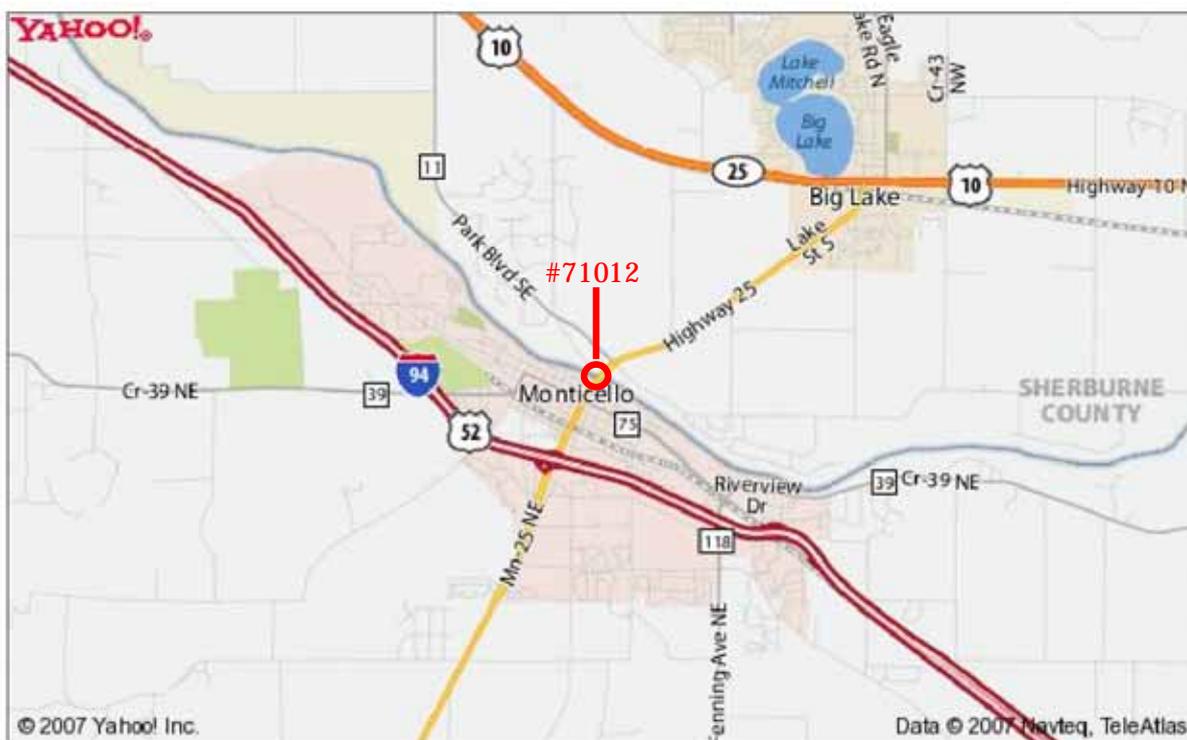
路面状況

( 5 ) 総括

本橋は、調査で視認できた範囲では鋼部材の塗装の部分的な剥離以外に顕著な損傷はみられなかった。

## 2. 調査橋梁 5 ( # 7 1 0 1 2 )

### ( 1 ) 位置図



### ( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 7 1 0 1 2
州・市・郡	MINNESOTA 州 MONTICELLO 市
位置	0.7 MI N OF JCT TH94
路線	MNTH25
橋梁形式	PC
床版	コンクリート
橋長	306.4m
床版幅	17.1m ( 路面幅 )
架設年	1987 年
管理	MNDOT
鋼材	不明
その他	4 車線

### (3) 概要

本橋は、PC 桁形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	78 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	32000 ( 2004 年測定 )
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	6 (Satisfactory)	上部工評価 (Structure Evaluation)	7
上部工	7 (Good)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	7 (Good)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=71012](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=71012)

( 4 ) 現地調査結果



橋梁全景



橋梁全景

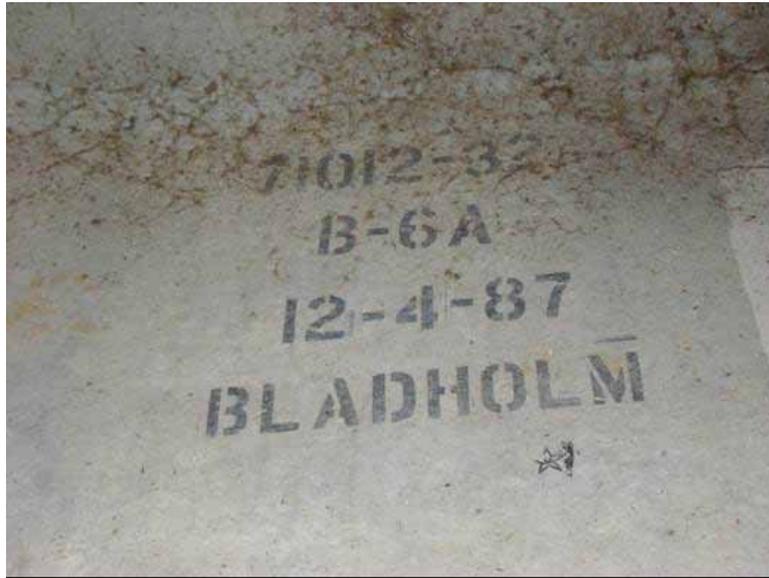
支承部は、漏水跡が認められず排水は良好だと思われる。



支承の状況（ゴム支承）



中間橋脚の支承部



橋歴情報

(5) 総括

本橋は、供用後約 20 年経った単純 P C I 桁橋である。端横桁を含め、横桁が配置されていない構造であり、地震等の水平力は、あまり考慮されていないと思われる。

本橋の SR は 78% であり、調査した範囲においても特段の変状はみられず健全な状態であると考えられる。

### 3. 調査橋梁9 (#6566)

#### (1) 位置図



#### (2) 主要諸元等

橋梁名	# 6 5 6 6
州・市・郡	MINNESOTA 州 TAYLORS FALLS 市 ST.CROIX RIVER
位置	Wisconsin 州との境界 Taylors Falls
路線	US ROUTE 8
橋梁形式	鋼連続多主 I げた橋 (3 径間)
床版	コンクリート
橋長	123.7m
床版幅	14.6m (路面幅)
架設年	1955 年、1985 年 (Reconstructed)
管理	MINNESOTA DOT
鋼材	不明
その他	2 車線、歩道あり

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼 I げた形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	84 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	144,000 (2004 年測定)
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	7 (Good)	上部工評価 (Structure Evaluation)	6
上部工	6 (Satisfactory)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	7 (Good)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=6566](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=6566)

(4) 現地調査結果

調査は、片側の橋台近傍より近接できる範囲で目視により行った。



橋梁全景



橋歴板

本橋は、変断面のIげた橋であり、接合はリベットである。

中間橋脚上の支承部では変断面主げたの凹部に位置するが塗装状態もよく腐食などの変状はみうけられない。



中間橋脚の支承部

端部支承はゴム支承となっており、NBI データに記載のある 1985 年の工事で当初の支承から変更されたものと思われる。



端部支承部

床版の裏面には部分的に剥離を生じている箇所があるが、床版全体としてはひびわれが多く発生しているわけではなく、剥離箇所からつながるひびわれもみられないので局部的な現象と考えられる。



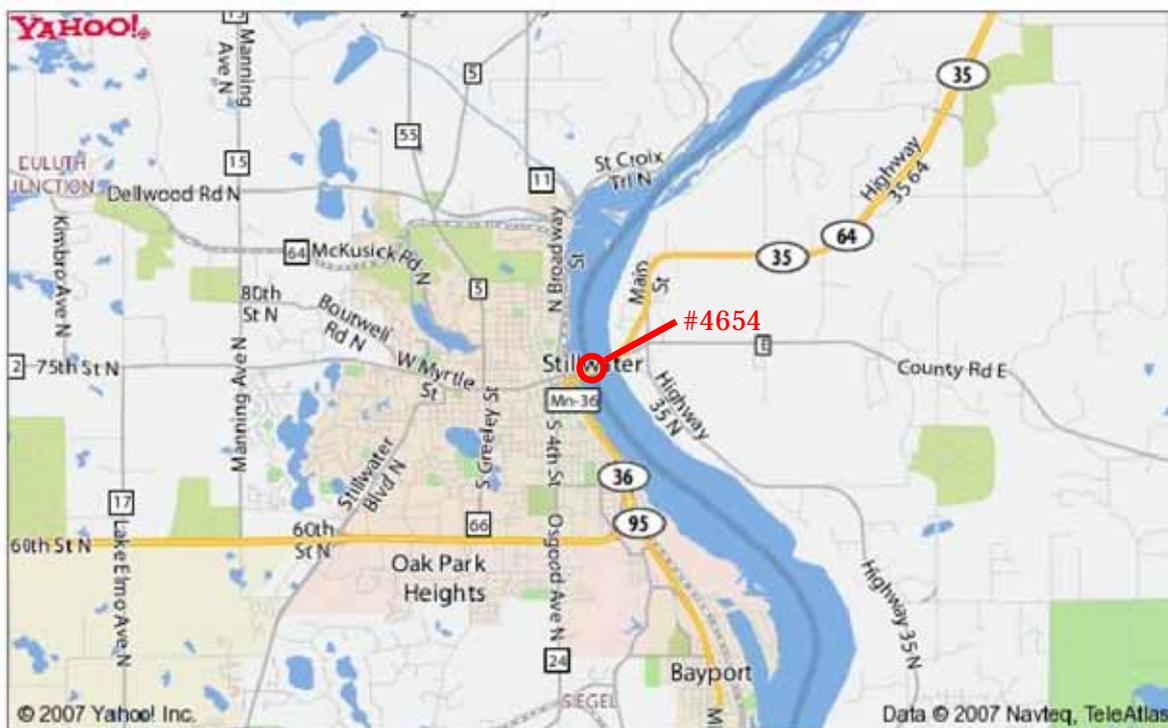
床版下面の剥離・鉄筋露出

#### (5) 総括

本橋のSRは84%であり、調査した範囲においても特段の変状はみられず健全な状態であると考えられる。

#### 4. 調査橋梁 11 (#4654)

##### (1) 位置図



##### (2) 主要諸元等

橋梁名	# 4 6 5 4 STILLWATER-HOUSTON INTERSTATE BRIDGE
州・市・郡	MINNESOTA 州 STILLWATER 市
位置	WISCONSIN 州との境界
路線	MNTH36
橋梁形式	鋼下路トラス橋、可動橋
床版	コンクリート
橋長	321m
床版幅	7m (路面幅)
架設年	1930 年
管理	MNDOT
鋼材	不明
その他	2 車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、トラス橋であるが下路形式であるため I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	2.8 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	Structurally Deficient
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	18,000 ( 2004 年測定 )
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	4 (Poor)	上部工評価 (Structure Evaluation)	3
上部工	3 (Serious)	床版幾何 (Deck Geometry)	不明
下部工	5 (Fair)	桁下空間 (Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整 (Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=27&struct=4654](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=27&struct=4654)

(4) 現地調査結果

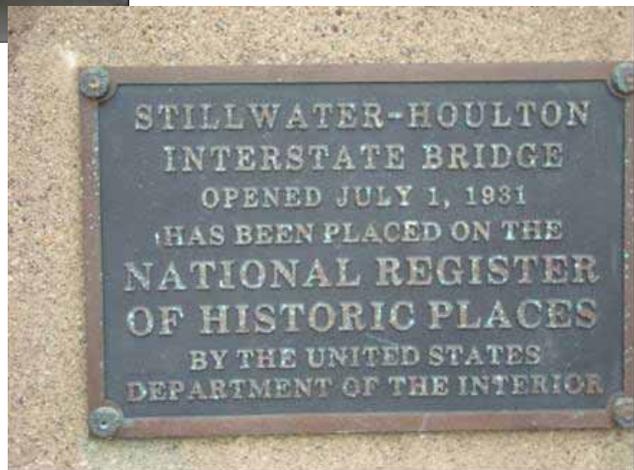
調査は、歩道部を踏査しての近接目視により行った。



橋梁全景



橋歴板

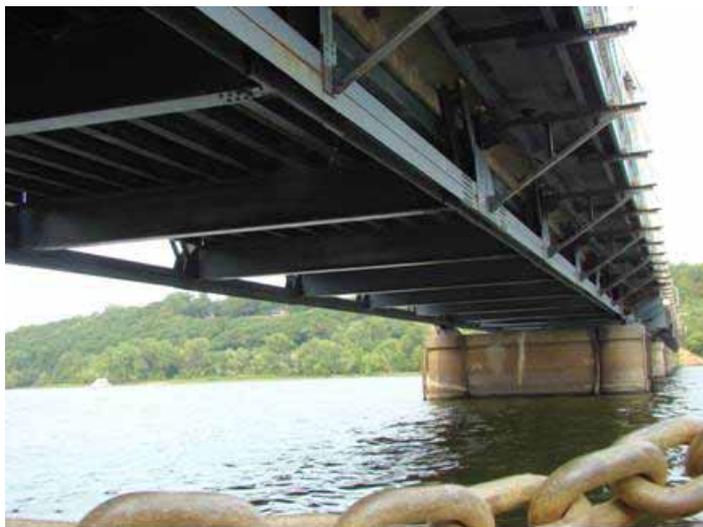




主構全景



主構上部



主構下部

本橋は、水路部にあり桁下空間も低く全体的に塗装の劣化と腐食が進行している。

特に、高欄などの付属物と近接した部位や、形鋼などが組み合わされた部材の合わせ目では局部的に腐食が著しく進行している箇所がみられた。

なお、本橋では過去にコンクリート床版に埋め込まれた部分や高欄などの付属物との干渉部分については離隔を確保して腐食環境を改善する是正措置が行われており、それらの箇所ではおおむね環境改善効果が発揮されているようであった。ただし床版の箱抜き形状が小さく点検や塗装工事などに対する配慮の点で疑問も残る。



鋼材と高欄との干渉対策



コンクリート床版切り欠き部



コンクリート床版切り欠き部



垂直材の変形

#### (5) 総括

本橋は、歴史的な橋梁として近代遺産的価値も評価されているようであるが、渡河箇所が限られる河川において交通の要所としても重要な位置を占めており、調査中もほとんど交通流がとぎれることのない厳しい条件で供用されている。

リベット主体の本橋では調査でも特に疲労耐久性の面で懸念を抱くような変状などはみつけられなかったが、架橋環境から塗装の劣化と腐食の進行は深刻な状態になりつつあるように感じられた。

日本では最近下路トラス橋で斜材がコンクリートに埋め込まれた箇所から破断する事故を生じ(参考資料)、部材のはつりだし等の調査とコンクリートとの離隔を確保する是正工事が行われた。本橋でも高欄などの付属物との近接干渉箇所や斜材等のコンクリート床版への埋め込み部に対する腐食対策が行われており、対策の効果がみられる。

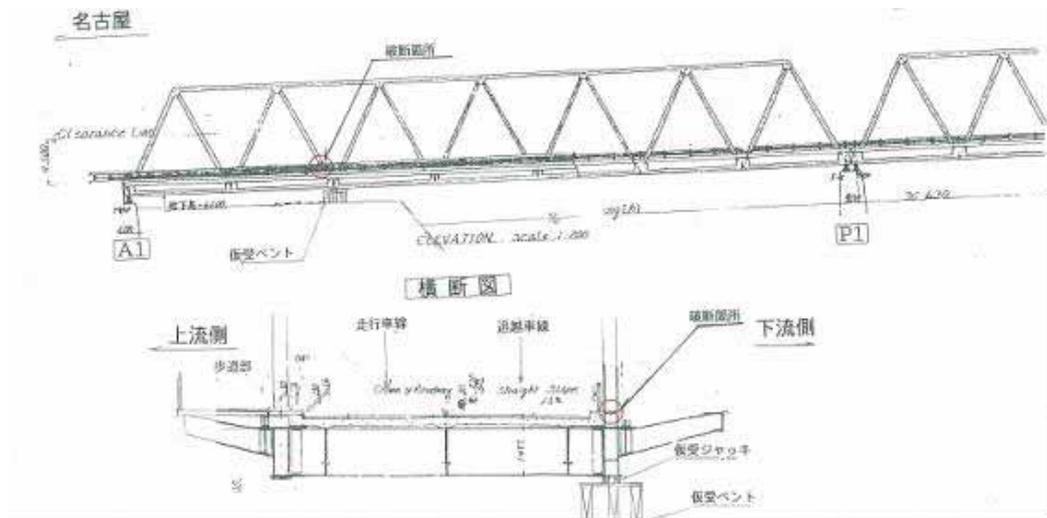
(参考資料)

### 木曽川大橋の事例

平成 19 年 6 月 20 日に、中部地整管内一般国道 23 号の鋼下路トラス橋（昭和 38 年供用）においてコンクリート床版に埋め込まれていた斜材が破断しているのが発見された。

破断箇所は、斜材のコンクリート内部に位置する部分で発生しており破断箇所では著しい腐食による断面欠損や板厚の減少がみられたことから、腐食の進展による断面の劣化が主たる原因と考えられる。

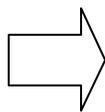
破断発見後、直ちにベントによる仮支持と荷重制限の措置がなされ、破断斜材および以外の斜材部についてコンクリートの部分撤去による腐食環境の改善と必要に応じて補強の措置が行われている。



木曽川大橋の概要と破断箇所



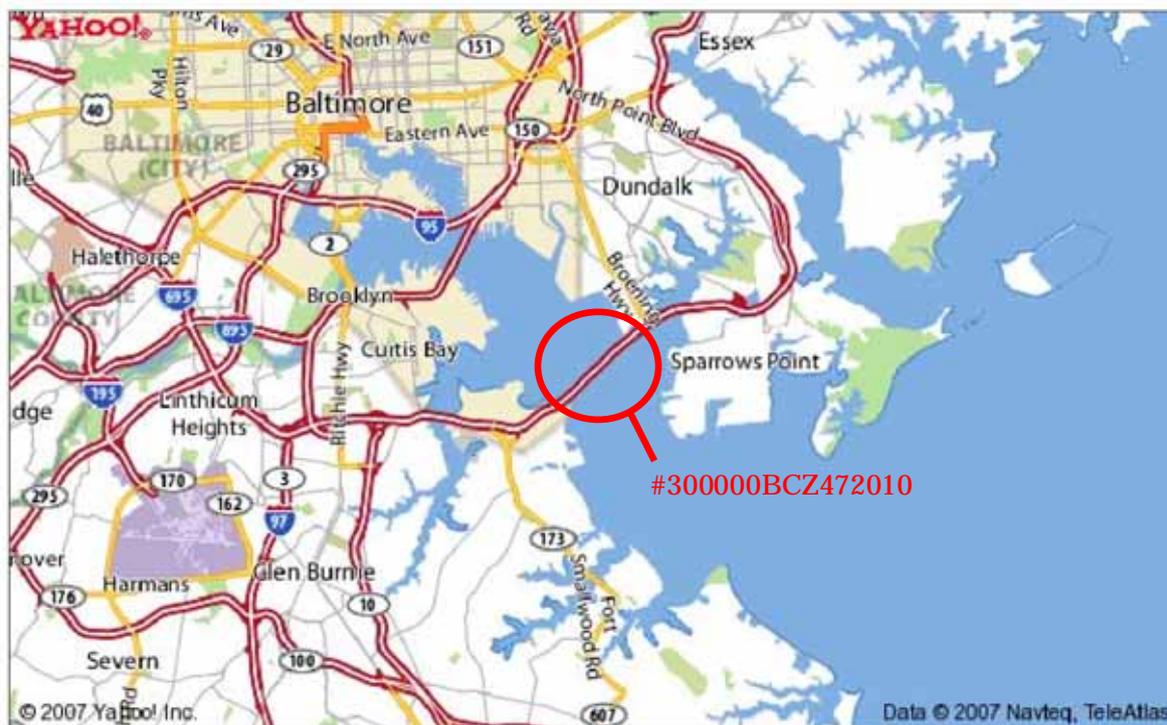
破断部の状況



補強工事の状況

## 5. 調査橋梁14 (#300000BCZ472010)

### (1) 位置図



### (2) 主要諸元等

橋梁名	#300000BCZ472010
州・市・郡	MARYLAND州 BALTIMORE市 BALTIMORE郡
位置	MILEPOST 47.2 (PATAPSCO RIVER)
路線	MD RTE695
橋梁形式	鋼下路トラス
床版	コンクリート
橋長	2769.4m
床版幅	17.7m (路面幅)
架設年	1976年
管理	STATE TOLL AUTHORITY
鋼材	不明
その他	4車線

### ( 3 ) 概要

本橋は、鋼下路トラス形式であり I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象外である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	73 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	ADEQUATE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	27,082 ( 1988 年測定 )
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	7 (Good)	上部工評価(Structure Evaluation)	7
上部工	7 (Good)	床版幾何(Deck Geometry)	不明
下部工	7 (Good)	桁下空間(Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整(Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=24&struct=300000BCZ472010](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=24&struct=300000BCZ472010)

( 4 ) 現地調査結果

調査は、車上からの目視とビデオカメラによる撮影のみである。



橋梁全景



橋梁全景

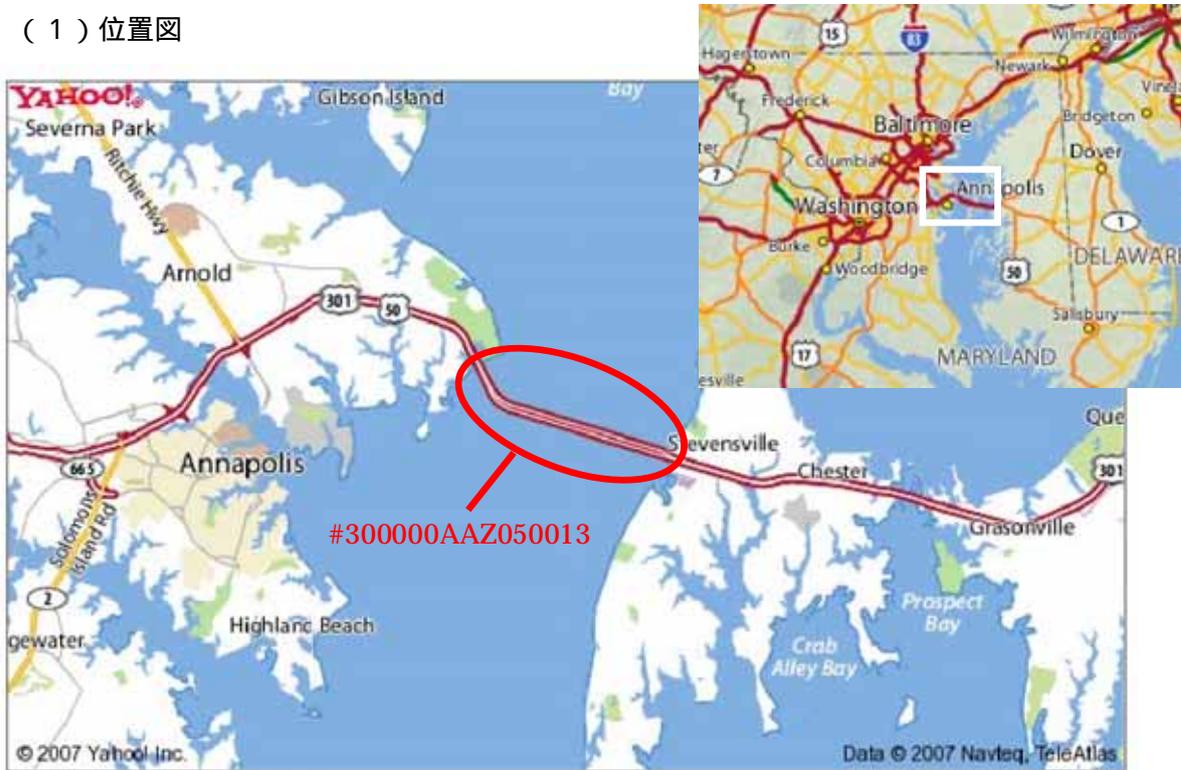
(5) 総括

本橋の SR は 73% であり、車上からの目視や画像から確認できた範囲においても特段の変状を特定するには至らなかった。

ただし、舗装面に大小の補修痕があり床版の劣化が進行している可能性も疑われる。

## 6 . 調査橋梁 15 ( # 3 0 0 0 0 0 A A Z 0 5 0 0 1 3 )

### ( 1 ) 位置図



### ( 2 ) 主要諸元等

橋梁名	# 3 0 0 0 0 0 A A Z 0 5 0 0 1 3
州・市・郡	MARYLAND 州 ANNE ARUNDEL 郡
位置	6.0MI E OF MD RTE2 (CHESAPEAKE BAY)
路線	US RTE 50 EB
橋梁形式	鋼吊橋、鋼上路トラス 他
床版	コンクリート
橋長	6488m
床版幅	8.5m ( 路面幅 )
架設年	1951 年、1988 年 (Reconstructed)
管理	STATE TOLL AUTHORITY
鋼材	不明
その他	3 車線

### ( 3 ) 概要

本橋の鋼上路トラス部分は I-35W 橋の事故を受けての緊急点検の対象橋梁である。

資産現況等は Nationalbridges.com の National Bridge Inventory Database から入手した NBI Record に記載されている情報による。

SUFFICIENCY RATING ( SR )	65.1 %
DEFICIENT STATUS ( DS )	FUNCTIONALLY OBSOLETE
点検頻度	不明
日平均交通量 ( ADT )	74,075 ( 2001 年測定 )
HCADT (Heavy Commercial)	不明
Load Rating Date	不明
最終塗装歴	不明

コンディション・コード		価値等級	
床版	7 (Good)	上部工評価(Structure Evaluation)	7
上部工	7 (Good)	床版幾何(Deck Geometry)	不明
下部工	7 (Good)	桁下空間(Underclearances)	不明
排水	不明	取付との調整(Approach Alignment)	不明

注 1 ) コンディション・コードおよび価値等級については調査橋梁 1 と同様である。

#### 参考文献

NBI Record : 下記アドレスより入手

[http://nationalbridges.com/nbi\\_record.php?StateCode=24&struct=300000AAZ050013](http://nationalbridges.com/nbi_record.php?StateCode=24&struct=300000AAZ050013)

(4) 現地調査結果

調査は、車上からの目視とビデオカメラによる撮影のみである。



橋梁全景



橋梁全景



吊り橋部



料金所



鋼多主桁橋



上路トラス部



トラス橋部



アプローチ部

#### ( 5 ) 総括

本橋の SR は 65% であり、車上からの目視や画像から確認できた範囲においても特段の変状を特定するには至らなかった。

ただし、主げたや脚の一部では著しい錆もみられ、架橋環境を考慮すると局部腐食の状況の確認を行うとともに、防食システムの補修・更新時期と内容の適切な設定が近く必要になると思われる。