

(3) .「アメリカの橋梁点検の現状と課題」

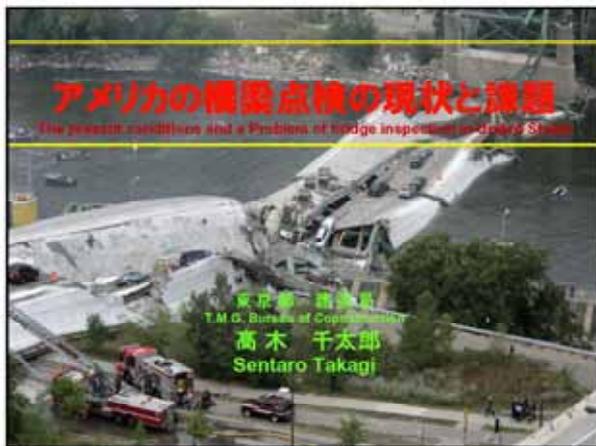
東京都建設局道路管理部専門副参事
高木 千太郎



(司会)

続きまして、ふた方目のご講演でございますが、東京都の専門副参事であられます、高木様より、「アメリカの橋梁点検の現状と課題」ということでご発表をお願いします。

(高木氏)



私は行政技術者なので、依田先生とか、私の後にお話する山田先生とは、かなり技術面の考え方が違います。ミネアポリスの調査に私も東京都として別途行ったのですが、調査の目的というのは、実際に原因を探るとか何かではなくて、将来東京都としてどうしたらいいのかということを考えて調査に行ったということです。現実的に今、どういうことになっているのかというと、現場では既に新たな橋梁の工事が始まっているのです。3週間くらい前から下

部工の杭打ち工事をやっているのです。それで先ほど、西川さんも一緒にいらっしゃった午前に行われた別の会議の話で、アメリカ人の話だと、20人くらいが今回の事故に関して訴訟のために訴えているといったことを話していましたが、後はなぜ事故の情報を公開しないのかというようなことを、かなり話題になっているということでした。

それで実はこの報告書をまとめあげる段階で、三木先生や依田先生にもご助言を受けたり、他に、私の前にドーコンの方とか、それから春日さんとかいらっしゃったので、その方々からもご協力いただいて本報告書を作成しています。

米国橋梁点検の起点
A starting point of bridge inspection in U.S.A.

- 1967年12月15日のシルバーブリッジ崩落事故
 - 死者44名、行方不明者2名、負傷者9名の大惨事
- 連邦議会により橋梁点検を義務化：1971～1978(20年以上)
 - 全米橋梁検査基準(NBIS)・トレーニングマニュアル70制定
 - 点検頻度1回/2年(頻度)
 - 公認橋梁点検士(資格)

今回の報告書は基本的に私が作りまして、説明させていただきます。まずは、実際に行われていた点検ですが、皆さんご存知だと思いますけど、1967年の12月15日のシルバーブリッジの崩壊からスタートしたということです。これがシルバーブリッジのありし日の姿で、1928年、真ん中が落ちた写真で、右側がよく見る写真ですよ。この事故を発端として

点検を義務化し、皆さんがご存知のようにその後種々のいろいろなことがあってですね、検査基準、NBIS トレーニングマニュアル 70 などを制定したと。今、90 になって、また改訂作業をやるなんていうことを去年とか話題にし、今年行ったときも話していましたが、点検の頻度、これは果たして多いのか少ないのかといいますと、私はアメリカの実情から判断するとこの程度の頻度で行ってもいいのかなと思っていますけど、他の規定は、公認橋梁点検士の資格を持った人がやってくださいということです。先ほども JR の人とお会いしたら、日本人で 2 人目の資格取得者が出た、要するに日本人にも資格を取った人がいるということで、いよいよ私も古い人間になったなと感じたのですけど。

米国橋梁点検プログラムの歴史

The history of a bridge inspection program in U.S.A.

■ 1970年代

- 1968年: Federal Highway act of 1968
- 1971年: 全米橋梁検査基準 (NBIS)
- 1978年: 陸上運輸援助法 (20ft以上の全て)

■ 1980年代

- 1983年: Mianus River Bridge・疲労破壊
- 1987年: Schoharie Creek Bridge・洗堀
- 1988年: 破壊の危険性ある橋梁特定 (FCMとRe.)

これが 1968 年の Federal Highway act が規定され、1971 年に NBIS・全米橋梁検査基準を規定し、1978 年には、20 フィートの全ての橋梁について点検を義務化したということで、順次このような規定を追加して現在至っている。今回調査したペンシルバニアとかですね、他の州でも規定の 20 フィートではなくて、それよりも小さい橋もかなり点検を行っているみたいなのですよ、その詳細を確認するとですね。このような事実を踏まえると米国は、本腰入れ

て種々の橋梁の点検してるというようなことなのです。私はですね、アメリカっていうのはすごいと思うのは、その後、要するにマイアナスリーバーが落ちたり、87 年にショウハリークリークブリッジが落ちたりですね。その都度米国政府は、点検や維持管理について種々の整備をしているのですよ。私いつも思うのは、なんかそういうイベントが起きないと、日本も含めてそうですけど、なかなかやらないのですよね。また、大きな事故が発生してもその後、すぐ忘れちゃうっていうのがね、やっぱりこれ一番大きな問題で、やっぱり継続的にいろいろな面での対応作業を行うことが必要だなと思っています。先ほど依田先生もご紹介ありましたが、破壊の危険性のある橋梁の特定ということで、米国の管理橋梁評価において、フラクチャークリティカルメンバーズとリダンダンシーというような、このようなことを行っています。

米国橋梁点検方法の概要

An outline of bridge inspection method in U.S.A.

- 資格を取得した公認点検士による点検を義務化
- 外観調査: 6ft (約1.8m) まで近接して、目視によって点検
必要があれば、指触によって (可能な限り近接)
- 非破壊試験: 超音波、磁粉探傷、浸透探傷などを使用
地表レーダ、インパクトエコー、チェーンドラッグなど
- 材料試験: 鋼材強度試験、シャルピー試験などを採用
- 点検データ処理: Pontisを使用、現地にハンディ端末を持参

じゃあ点検の概要ですけど、9月にペンシルバニアへ行っているときもいろんなことを聞いてきました。まず公認点検士による点検を義務化していますということで、すごいと思ったのは、アメリカの点検士というのはですね、内部でもかなりいろいろな要するにチェックを受けているのですよね。点検をした後に、必ずその結果が出るわけですよ。そうするとその州が保有している点検士チェック機関が働いて

いてですね、要するにその点検士の評価した内容を全部集めて、その適合率っていうのをチェックしているらしいのですよ。あまりにもその正解率っていうか、確率的に劣っていると警告をするということなのです、当事者である点検士に対してですね。そうするとやっぱり今後日本もですね、たとえば点検士による制度を作るのだとしたら、そういうような後でチェック機構というのがかなり重要だと思って感心しつつ聞いてきました。それから外観目視、6フィートまで近接してやるとしてしています。そのときもペンシルバニアの人に聞いたのですが、じゃあミネソタのあの橋はどうだったのかと状況を推測してくださいと聞いたら、そのことはよくわからないけれど、でも我がペンシルバニアの場合には、要はものすごく近くまで寄っているのだと。要するに指で触ってやるのだと言ったのでね、ああそうかそうか、そんなに近づいてやろうという意識と意欲があるのだなと思ったのです。それからご他聞にもれず、非破壊試験というのはね、当然のごとくやっているのだろうなと思って聞いたら、超音波、磁粉、浸透探傷、等々いろんなものをあげていました。それから地表レーダー、インパクトエコーなど、また、その他でチェーンラックっていうのは昔から使っている道具で、チェーンを引きずって行ってですね、床版もしくはコンクリートに空きがあると音が変わるからそれでチェックをしているとの説明がありました。これまでに紹介した道具や装置が主体で、それ以外のものとして今はレーダーも採用していますと言っていました。それから材料試験、それはですね、鋼材の強度試験も実施しているとの話がありました。では本当にどこを抜くのかと聞いたら、やっぱり構造的に問題があったり、昔からですね、材料がよくわからないところは、必ず材片を取って確認することを強く言っていました。他の試験としては、シャルピー試験とか、ブリネル試験とかですね、そういう名前も実際に挙げて、こういうふうになっているのだというような紹介をしてもらいました。それからもう1つ重要な事項として、点検データの処理、ポンティスを使用しています。私の以前の聞き取り調査では、ニューヨーク州とかですね、それからペンシルバニア州などは、元々ポンティス導入に積極的じゃなかったのですよね。今回行ってびっくりしたのは、もう今年の10月からすべてポンティスに切り替えたと紹介されたことです。他の州はどうだと言ったら、彼の知る限りでは、ほとんどもうすべてそうだと。また後ほど紹介しますが、なぜそのように変更したのかと確認すると、薄々は感じていましたが、補助金の率はかなり日本と違うのですよ。ですから、補助を受けるためにはこのポンティスで統一的な評価を受けなくちゃいけないというようなことなのです。

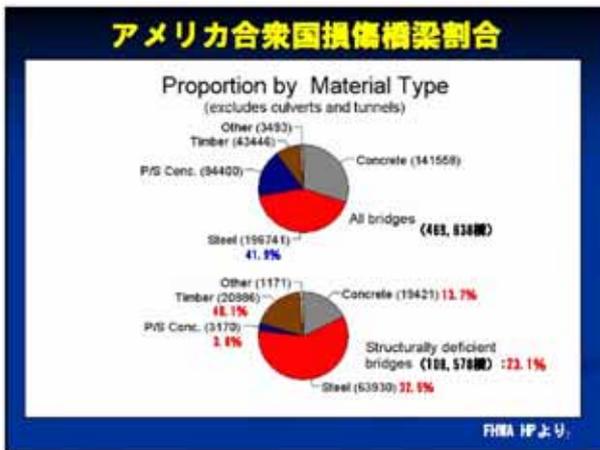
The image shows a scan of a bridge inspection report form. The form is titled "Minnesota Bridge Inspection Report" and includes fields for "Bridge ID", "Inspection Date", "Inspector", and "Inspection Type". There are several red circles drawn around specific data points in the form, likely indicating areas of interest or concern. The form is filled with text, including a table of inspection results.

これは点検表ですので、お手元に資料がありますから見ていただければわかるのですが、これはちょうどミネソタの今回の緊急点検を受託したPB社が緊急点検をやったのですよ。そのときに他の橋梁の点検結果を紹介して、いろいろ細かく説明を受けてきたのです。あわせてその時に公式的な見解として確認したミネソタの例のミネアポリスの9340橋梁については、一切しゃべってくれなかったのですよね。話は

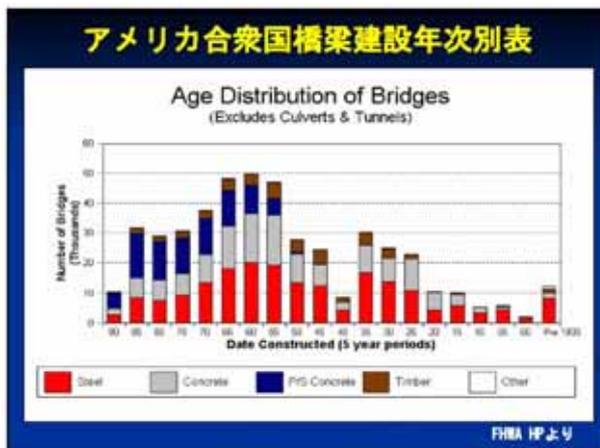
戻りますが、点検表の中を見ると、道路諸元から、要するに橋梁の諸元、塗装の履歴、健全度の診断結果等々全部きちっと把握されていると。

この表が、ポンティスのコメントを含めて要するに劣化が進んで、どの部材がですね、何が必要なのかというものを記入するということなのです。この記入については、私が平成8年に点検士を取ったときも同じでして、その記入に非常に苦労したことを覚えています。この数値を入れるのが非常に大変な仕事で、ポンティスの表に入力する際、この数値の内容とどの対策を選ぶかがとても大変な作業です。このような表形式になっていて、その中から具体的内容

を選んでいくのですよね。それをですね、全橋に対して実施するというようなことで、今回の緊急点検でも、P B社は同様なことをやったということでした。



これがですね、アメリカ合衆国の橋梁割合で、全体見ていただければわかるのですが、46万9638橋梁のうちに、41.9パーセントが鋼橋なのですね。じゃあ下の数字はその中の、要するに構造的に問題のある橋梁、10万8578、全体の23.1パーセントなのです。そのうちの32.5パーセントが鋼橋で、木橋が48.1パーセントあるという。私としては、特に木橋の部分がね、非常に興味深いということです。



架設年次についても、こういうようなことで、ピークが日本と同じような傾向をもっているということです。

これは先ほど紹介がありましたけど、付近の状況は、実はこういうような位置関係になっているということで、今新しく架けている橋はですね、向かって左側の上のセントアンソニーフォールズっていう滝の名前を取っているようです。昔から、ミネソタ、ミネアポリスの著名な滝として有名で、ミシシッピー川に滝がある中のそういうようなことで、昔から市民の方から愛されている。その橋の名前をとったというのが、何か非常に私個人としては印象深かったなと思っています。

これは、先ほど依田先生がご紹介した内容と同様です。

崩落した橋梁と事故の概要

Outline of This bridge and a summary of an accident

- ミネソタ州ミネアポリス I-35W #9340 橋梁
State of Minnesota Minneapolis I-35W #9340 bridge
- 橋梁崩落事故の概要
Outline of the bridge-collapse accident
- 事故前の調査概要と事故後の現地状況
Detailed outline before the accident and the field situation after the accident



I-35W #9340 橋梁の位置

Location of I-35W #9340 bridge

- ▶ I-35 は、米国を南北に縦断する
(ミネソタ州ーテキサス州) 州間連絡幹線道路



I-35W #9340 橋梁周辺状況

Surrounding situation of I-35W #9340 bridge



St. Anthony Falls

Stone Arch Bridge

10th Ave Bridge (Cedar Ave Bridge)

北側 (左岸側)

南側 (右岸側)

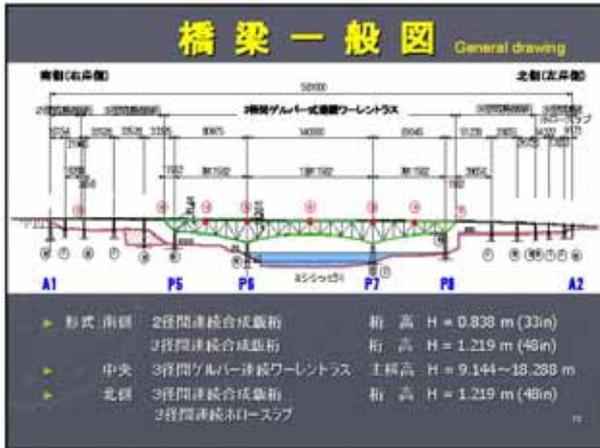
I-35W #9340 Bridge

I-35W #9340 橋梁の諸元

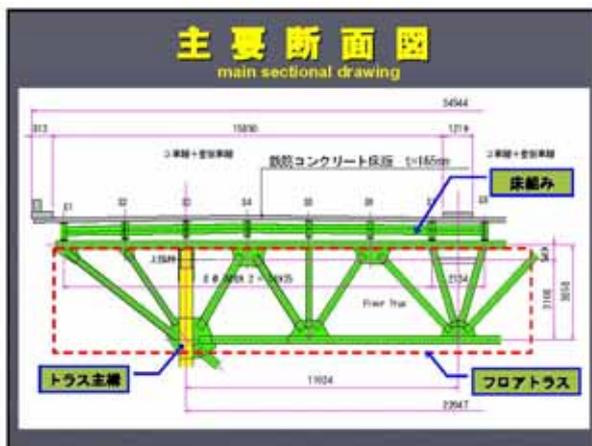
An outline of I-35W #9340 bridge

- ▶ 橋 長 : 1,907 ft (581m)
- ▶ 渡河支間 : 456 ft (139m)
- ▶ 幅 員 : 113.3 ft (34.5m) 8車線
- ▶ 上部形式 : ゲルバー式連続ワーレントラス橋(主径間)
連続合成鉄桁・ホロースラブ橋(取り付け部)
- ▶ 径間数 : 14径間
- ▶ 供用年 : 1967年11月
- ▶ 供用期間 : 約40年
- ▶ 管 理 者 : ミネソタ州運輸局
- ▶ 日交通量 : 約140,000台/日





これも構造的に表示した内容で、向かって南側から二径間の連続の合成桁の鈹桁、三径間の連続の鈹桁、センタースパンが三径間のゲルバー式の連続ワーレントラス橋、右側移って三径間の連続の鈹桁橋、合成桁ですね。最後は三径間のホロースラブというような構造になっています。



断面を切ってみますと、トラスの主構、黄色の所ですけど、このフロアトラスの上に、床組構造がこういうふうなことで乗っかっているというような構造になっています。



これが落ちた瞬間で、これ、いろんな皆さん、ご覧になっていると思いますけれど、私の個人的な感覚では、当初のアメリカの報道では、何か北側の方がですね、原因だということコメントなのですが、どう見ても北側とは思えなかったのですよね。



な分だけ影響を受けて、上流側だけ落下したのだろうと。それから要するに南側のほうは何故ここで止まったのかということ、ここからカーブが入ってきているのですよね、線形として。だからうまくそのところだけ不幸にして落ちたのだなという印象を受けています。

次が要するに上空から見たものです。ですから北側のところから見ると、上流側のところが一部落下をして、その下が下に落下。次の事例は、センタースパンが真下に落下して、次のP-6のところは25メートル下流方向にずれていると。その次のところは河川方向に落下をして、引きずられるように前へ出ているということです。左右の橋梁において何でこう違うのかということ、やはり北側の左岸の方は、パチ状に広がっているというようなことで、ストレート



これが実際に落ちたところのセンタースパンのところですよ。



先ほども依田先生が話されていますけど、真ん中がこんなふうに分離して要するにズレ落ちたということで、私はですね、はじめからこれはね、個人的な感覚ですが、要するに下流側のある部分の格点が抜けたのだろうなと思っていますのですよ、帰国後もずっと、今でもそう思っていますけど。それはその一因を起点として、この真ん中が裂けるように落ちたのだろうと。



それからもう1つは、300トン近い建設機械と材料が橋梁上に乗っていたということですが、私の見た限りではやはりこれは超速硬コンクリートを打ったのだろうと、そういうような準備をしているのだろうというようなことを見てとっているということです。

事故橋梁（#9340）の調査概要

Outline of field work (#9340 Bridge)

- ▶ 調査日時：2007年5月11日
- ▶ 隣接する18th Ave Bridge (8月31日通行再開) から、現地状況を調査

ミネソタ大学
I-35W #9340 Bridge
18th Ave Bridge (Cedar Ave Bridge)
ミネアポリス市街地
仮設歩行者道

次にこれが調査ですが、約1ヶ月ちょっと経った後に現地に行って見てきたということです。

取り付け部(合成桁) P2・P4付近

Side span section (composite beam) 合成桁ジベル設置状況

Installation situation of composite beam connector

これは要するに取り付けの部分、合成桁で、はっきりジベル構造が確認できます。

取り付け部～主トラス P4・P5付近



次にこれがその次で、河川を渡ったところのP-4, 5 付近です。ちょうど合成桁から主トラスのところ です。

主トラス側径間(南側) P5付近

Side span of main truss (the south side)

トラス桁端部ジベル設置状況



主トラスのところですけど、端部のところはジベルを打っているのですよ、やはり。ですから合成をきちんとこの部分はとっていたと。

主トラスヒンジ部付近 P5・P6

トラス桁ヒンジ部ジベル設置状況

Neighborhood of a hinge of main truss



それからその先越えたところ、やはり真ん中のところ抜いたところに、それまたヒンジのところ近づくにしながらまたジベルを打っているのですよね。ですからポイントとしてはやはり、トラスのサイドスパンもかなり合成効果を持った橋になっていたということです。

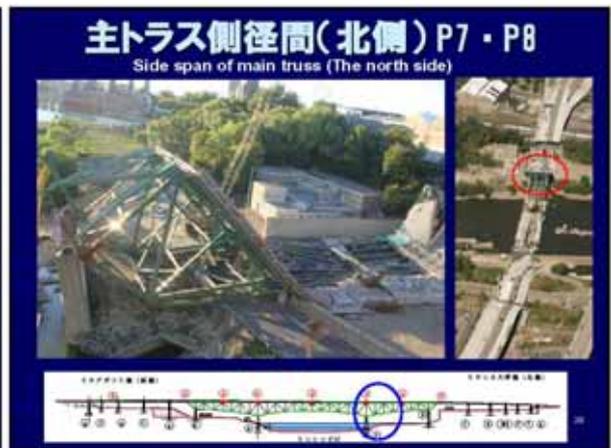


あとセンタースパンのところは見ていただければわかるように、可動支承はこういうふうにして飛んでしまって、実際には下のところにベアリングなんかは転がっているというような状況です。



センタースパンはこちらですね。これは主桁の断面なんかを見たのですけれど、やはりジベルは全く打ってなくて、上フランジの上は非常にきれいな状態だったということです。

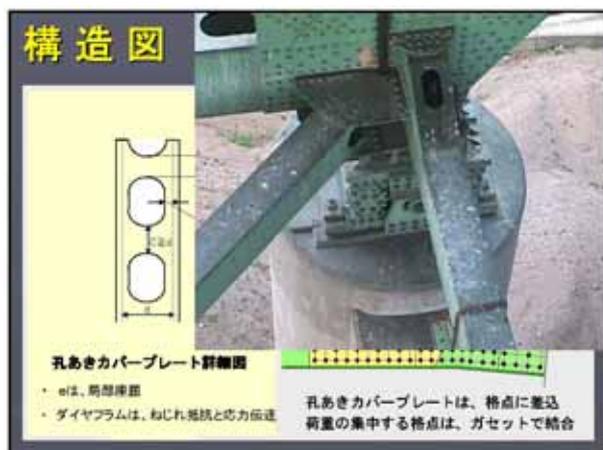
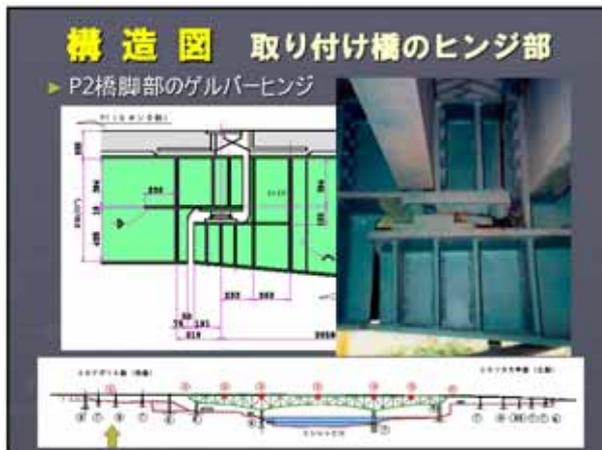
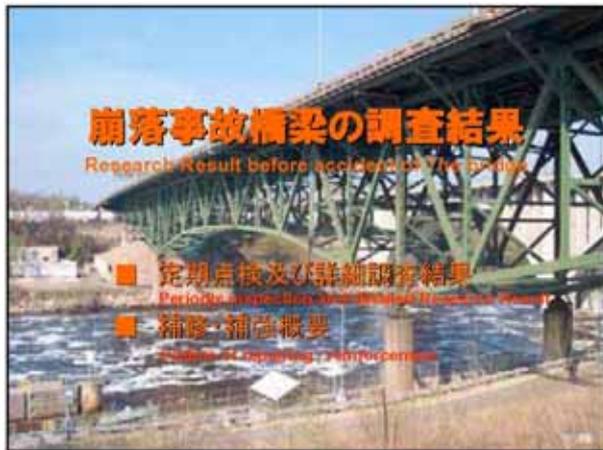
今度左岸側に移って、P-7 のところです。これも固定支承ですけど、固定の下が残っているということで、前の部分が落下したために、そのこの支点を中心に回転して、下へずり落ちたというような形になっています。



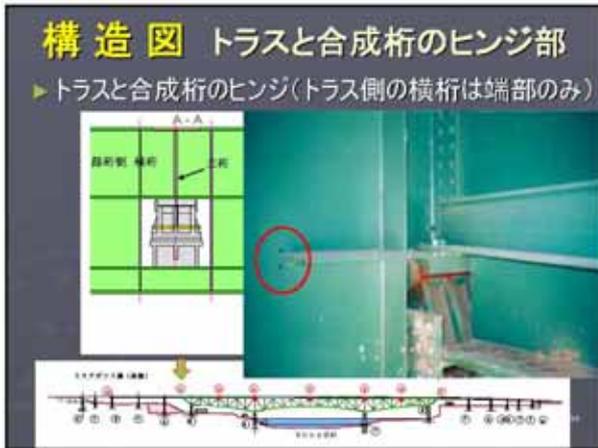


これがP-7から8に移ったところです。ここもですね、実はP-7, 8のところの上フランジのところにはジベルが打ってあります。ですからやはり左右共、要するにジベルを打ってあるということを確認をしてきたということです。

次に調査結果ですけど、これが二径間の橋脚のゲルバーヒンジです。ですから向かって左側、右岸側のところですけども、このようにヒンジは前面へ出てしまって、支承としての機能は果たしていないということです。



それからここが孔明きのカバープレートの部分で、私はですね、非常に見ていて不安だったというのは、ごらんいただければわかるように、差込の仕方、それから孔の開いているところがですね、通常我々が日本で設計をしているものと、かなり差異があるのですよね。ですから本当にこういうような構造で全てをカバープレートに持たせるような構造で、果たして何か要するに变形若しくは破断したときに、構造全体が崩壊を防ぐように機能を果たせるのかというような感じです。



それからこちら側がセンターに移った,要するに,トラスと合成桁のヒンジ部です.こちらもですね,前に紹介したようにストップホールを空けることで疲労の対策をしているというような状態です.



これが六径間のヒンジ部ですね.本箇所もかなり腐食がひどいということで,確かに支承機能としては成り立っていないのかもしれませんが.また,P-6 上の縦桁のヒンジ部についても固定用ボルトが脱落していたり,支承ブロックが回転をしているという状態があったとのことでした.



今度,トラスの断面ですけど,これが要するに事故前の状況です.特に,トラスの格点部分,この重なった部分ですが,リベットと,高力ボルト,溶接を,混合させた添接構造になっているということで,これもやはり問題があるなと思っています.

もう1つ,これは実際に竹の節のようにですね,ダイヤフラムという機能はそれを剛性保持すると同時に,応力流れをスムーズにさせるということからいうと,重要な部材だと思うので

すよね.ところが,この橋の場合は,このように仮止め構造を採用し,溶接をしたということで,現実的にはこういう部分にクラックが発生していること.また腐食もこのように進展しているということですから,あまりいい状況ではなかったということだと判断されます.

詳細調査結果で示唆した改善内容

The improvement content which it suggested by detailed research

▶直ぐに架け替えが出来ない場合の対策

Countermeasure when reconstruction is not made immediately

- 床版の打ち替え
- 塗装の塗り替え
- P-2のヒンジ除去
- 橋面排水の再構築

▶長期的には、架け替えを示唆

It suggests reconstruction in the long term

- 主径間トラス横梁の詳細構造に問題
- 取り付け橋の多数の疲労亀裂

先ほども先生が話されていましたが、すぐに架け替えができない場合の対策として、床版の打ち替えと塗装の塗り替え、ヒンジの除去を指示。橋面排水の再構築などの指示を行っている。また、最終的には長期的な考え方として架け替えを勧めていたのですよね。

崩落橋梁への対策は、行っていた！

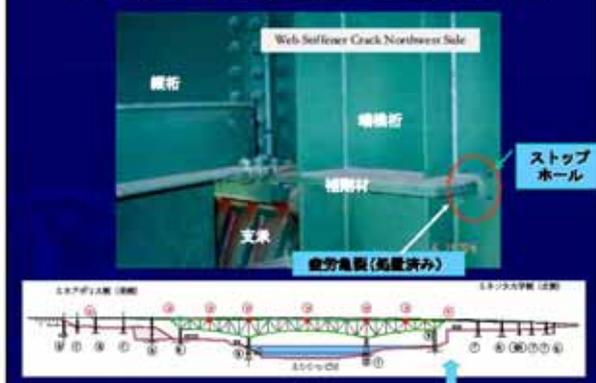
The Min. DOT did countermeasures to this bridge!

- ▶ 取り付け橋鋼桁の塗装は、断面欠損及び塗装劣化が2003年：長さ81m、2005年5月点検時は、重大な塗装劣化損傷の量は減少。
- ▶ しかし、未対策部分の軽微な劣化700m分は、悪化し、一部欠損を確認。
- ▶ トラス及び床組み部材の塗装は、トラス32m、床組み23m、縦桁48mの重大な損傷が改善され、特に、トラス部材は、1,000mが機能を回復。
- ▶ ヒンジ部分は、14箇所78%が重大な損傷であったが、2005年には、一部機能を回復。
- ▶ 疲労亀裂は、1995年に軽微もしくは対策済であったものが、1997年には、亀裂進展による供用性能への影響確認（破壊に至る可能性）を示唆。
- ▶ ミネソタ大学の2000年の詳細調査等で危険性は回避と判定、しかし、進行性疲労亀裂がまだ存在することを確認。

本橋の過去の種々の対策全体を見るとですね、後で詳細に読んでいただければいいと思うのですが、いろいろ種々の対策を行っていますが、確かに種々の改善はされていますが、しかしながら改善した他の箇所においては、悪い箇所がまた新たに出てきているのですよね。ですから一生懸命、一生懸命いろんな対策をやったけど、なかなか追いつかない。また全体的ないろんな種々の対策をしようと思ったのだけど、根本的な対策ができずにきてしまったという

ようなことだと私は感じています。

トラスと取り付け橋ヒンジ部(9径間)



これが先ほどご紹介した、端部のトラス部分です。そのための対策をしたものです。



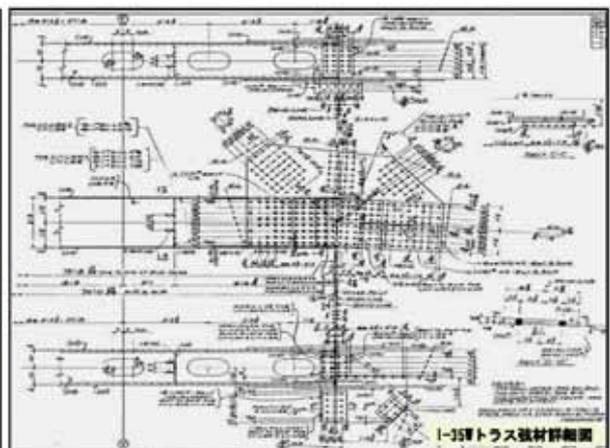
これはですね、実際にミネソタ大学が点検をしているときの写真です。ですが格点の部分について中を見たりですね。途中にゲージを貼ったりなんかして、種々の調査をしています。ただその結果がどのくらい反映されたかということ、疑問が残るところもあります。

それとこれは P-6 の橋脚の格点部の点検実施状況です。

それから次の写真もトラス部材の点検状況で、右側を見ていただければわかるように必要な箇所には点検施設を設置しています。ですからポイントなところは、毎年、かなりの頻度で事前に不安のあるような箇所は点検を行っていたということが言えると思います。

これは要するにトラスの下弦材、支点から1つ目の部分です。これが中央から2つ目の部分ですが、このような腐食状況であったということです。

それから P-7 から1つ目の格点、それからこちら側が床版のヒンジ部ということで、ヒンジのところから床版からコンクリートが落下し、桁の上に残っていたり、水の影響でかなり腐食が進んでいる。これも見ていただければわかるように、一部の構造及びその周辺が不安を覚えるような構造が確認できます。腐食と疲労とかの損傷以外にも、構造や詳細構造に問題の箇所があったと思われる。



荷重が集中する格点部の詳細構造



これがフロアトラスの最上部の箇所ですが、コンクリートが落下し、上フランジに残っている状況です。

トラス桁可動支承経年変化 (腐食)



これは支承構造、先ほど先生もおっしゃっていましたが、将来架け替えることも考えるとなかなかできなかった対処が不可能であったのかもしれませんが、ただ、以前国内の報道でハトの糞が原因だと報道されていましたが、孔明きカバープレートはほとんど全部をプラスチックのカバーで覆っています。ですから、州政府としても可能な限りそれなりの対策を実施してきていると私は思っています。

事故橋梁の点検結果 (#9340)

Inspection effect of an accident bridge

- 1990年 構造な欠陥 (Structurally Deficient) を指摘
 - General Condition Rating (0-9) で、4 以下判定の橋梁
 - 補修、補強・架替、交通止め等について、要詳細調査
- 1993年 点検の頻度を 1回/1年 に変更

構造的な評価ですが、構造的な欠陥としての評価ジェネラルコンディションレイティングでは4以下の判定となっています。それから当然のごとく、適応対策については、今後何を行う必要があるのかについて調査を指示しています。1993年以降は点検の頻度を1年に1回ということとなっていますが、要注意で、動態観測の状態に入っていたということだと思います。

“Structurally Deficient” とは?

- 構造的に欠陥のある橋梁
- General Condition Rating が 4 以下の橋梁
 - 例: 著しい部材断面欠損、下部工の移動など
- 補修、補強、架替、交通止めの詳細調査が必要
 - しかし、橋の危険性が高いことを示す指標ではない

また、ジェネラルコンディションレイティングが4以下の橋梁というのは、その評価項目として著しい部材の断面欠損とか、下部工の移動などというようなことです。しかしながら、橋の危険性が高いことを示すものではないとの表現となっています。

General Condition Rating とは

- NBIS (National Bridge Inspection Standards) で規定する部材の物理的な現状を示す指標
- 対象部材は、床版・上部工・下部工・カルバート
- ランク範囲は、0-9

	9	新設の状態
	8	状態は、良好(補修の必要なし)
	7	2次部材の補修が必要
	6	主要部材の補修が必要
	5	大規模の補修工事が必要
下部工	4	現行交通に対して耐力は最低限、通行確保のため早急な補強が必要
床版	3	現行の重交通に対して耐力は不十分、トラックの通行止めが必要
上部工	2	全ての荷重に対して耐力が不十分、通行止めが必要
	1	補修・補強実施によって、通行止め解除が可能
	0	対策は不可能、廃橋の危険性高い

それからこの件についても依田先生からもご紹介がありましたけど、

このような判断基準による米国政府の投資判断で、橋梁対策を許可する若しくは、橋梁の決定する判定基準は、このような判定の数値があり、その範囲は100から0(ゼロ)だということです。

“Sufficiency Rating” とは?

- 政府の投資判断で、対策を許可する橋梁の決定に使用する判断基準
 - “Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation’s Bridge” (December 1995.)
- 判定する数値の範囲は、100~0
 - 100 以下: 補強費用に対して、投資選定が許可される橋梁
 - 50 以下: 架替え費用に対して、投資選定が許可される橋梁
- 数値算定のための各種要因
 - 構造の損傷、劣化状況
 - 橋梁構造
 - 交通状況など

事故橋梁の点検結果 (#9340)

Inspection effect of an accident bridge

- 1998年 取り付け橋に疲労亀裂を多数発見
 - General Condition Rating
床版= 5 上部工= 4 下部工= 4

4	主要部材で維持工事による補修が必要
5	大規模補修工事が必要
4	現交通に対し耐力は最低限、交通機能確保には早急な補強が必要

- 2002年~ 完成率 (Sufficiency Rating) で評価50
*州は、対策投資対象橋梁として認定

崩落原因推定の主要項目

Main item of a collapse factor estimation

鋼橋の代表損傷(亀裂、腐食)の存在

- ・トラス弦材には、疲労亀裂が無い。
- ・トラス格点(ダイヤフラム)に、疲労亀裂発生。
- ・ダイヤフラム、床組みは、深刻な腐食に進展。
- ・トラスの可動支承は、機能不全?
- ・トラスと合成桁橋のヒンジ部は、機能不全?
- ・取り付け部の合成桁には、疲労亀裂多数発生。

以上のことから、私が現地で、また日本に戻ってきて、今回の事故の原因について、まず鋼橋の代表的な損傷、亀裂と腐食の存在について考えてみました。弦材には、疲労亀裂はなかった。しかしながら、格点の部分には、疲労亀裂が発生し、格点の部分の疲労亀裂はなんらかの原因もしくは振動等によって、進展したというようなことも考えられるということです。それから床組にも深刻な腐食が進展していた。可動支承は、先ほどご紹介したように、本当に機能

していたのか? それからヒンジ部も同様に腐食があれば進展していると、まずほとんど動かない状態だったのじゃないかなと、以前の状況から私は感じていますが、他の理由としては、合成桁には疲労亀裂が多数発生していた。

また、ゲルバー式の連続ワーレントラスの構造的な問題ですけど、トラスの耐久性、それから上側で補修工事を行っているときに、切削機とかですね、かなり大型のブレーカーを持ち込んで振動をさせるような工事をしていたように聞いていますが、果たしてそのような種々の状況下で対振動性が十分であったのかと、それから、ゲルバー式ワーレントラスの必要となる左右のバランスは、本橋梁の場合十分に配慮されていたのかなど、私は思っています。それから、今回の崩落事故で重要な最もガセットの安全率およびリダンダンシー機能はあったのかということです。

私が今回の事故を受けて着目しているのは、多分このあたりだろうと今でも思っています。

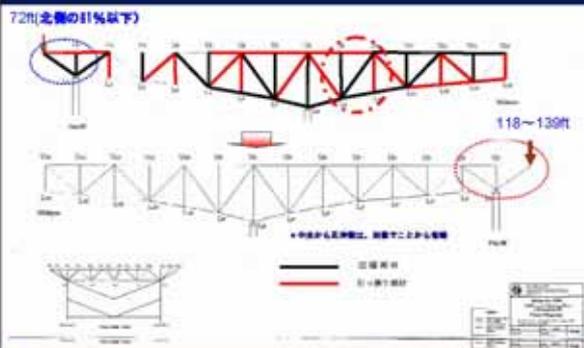
崩落原因推定の主要な項目

Main item of a collapse factor estimation

ゲルバー式連続ワーレントラスの構造的な問題

- ・トラスの耐久性、対振動性?
- ・リベット、高力ボルト、溶接継ぎ手の混合?
- ・ゲルバー式連続ワーレントラスの、バランスは?
- ・格点部ガセットの安全率は?
- ・リダンダンシー機能は、あったか?

ゲルバー式連続ワーレントラス引っ張り部材と荷重

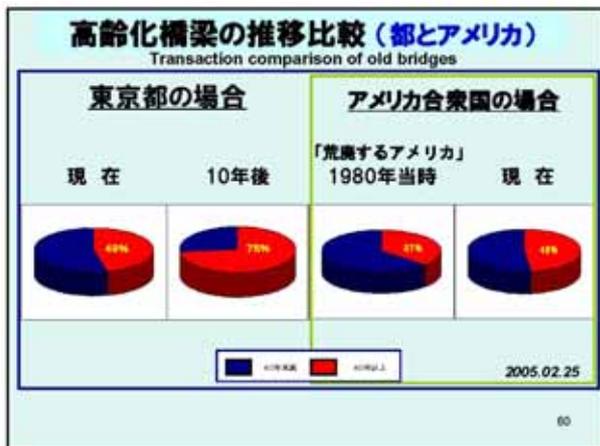


今回の橋梁事故は、防げたのか？

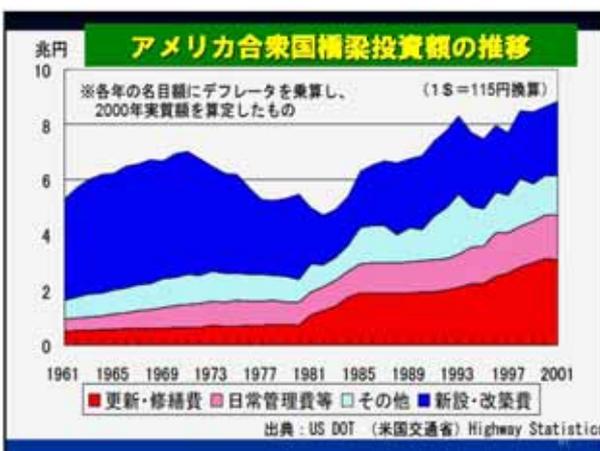
Was the bridge collapse accident able to prevent it?

- 異常音、異常振動があったのでは？
Abnormal sound, an abnormal vibration had?
- 点検結果への対応が適切であったか？
Was a countermeasure to an inspection outcome appropriate?
- 構造及び機能補強は出来なかったのか？
Were not there the structure and the function reinforcement?
- 適切な投資計画が策定されていたか？
Was appropriate investment plan devised?
- 予防保全型管理を実行していれば！
If it carries out preventive maintenance type administration!

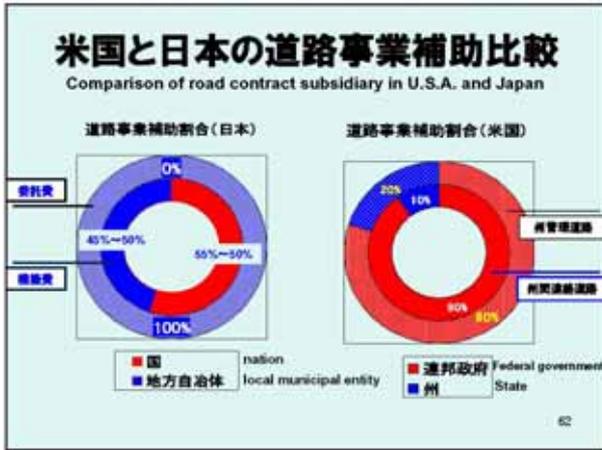
次にじゃあ本当に防げたのかということですが、今までの東京都の実例とか、いろんな事例を見ると、まず何か起こるときにはですね、異常音、異常振動が確認されます。実際に現地の人はそういうことを話している人もいると聞いています。それは後から追加されたものかもしれませんが、多分、誰かは聞いていたのだと思います。それからその点検結果への対応は適切だったのかというのは、点検をこれまで紹介したようにかなりの頻度で実施していい、これだけいろんな異常な問題を抱えていて、なぜ十分な対策ができなかったのかということですが、40年満たない橋において更新が必要となったとしても、東京都において同様な事例が発見されたとしても、直ぐに架け替えた方がいいとは、多分言えないと思われます。ですから、米国の場合も種々の公表できない理由があったと思われます。他の理由としては、本橋の場合に構造および機能補強はできなかったのか。先ほどもご紹介しましたけれど、あと適切な投資計画が策定されていたのか、予防保全型管理を実行していればというようなことです。



現在、東京都の橋の場合には、こういうような状況ですけど、日本もそろそろアメリカと同じような状態になってきたなと思っています。



これはもう1つ、先ほどご紹介した、ペンシルバニアにおいて確認してきたことですが、日本の場合と米国では、投資が違うのですよね。向かって右側だけ見ていただければいいのですが、州間連絡道路の場合には、補助金が90パーセントです。州の管理する道路の場合には、補助金が80パーセント。これはですね、測量試験費、点検、すべての事業費に投資対象としていると聞いていいいます。日本の場合には、点検とか測量試験費は、ほとんど単独費なので



す。そういうことから言うと、アメリカと日本とはかなり違う。もう1つは、これだけの補助金を受け、各州の投資について全米規模での判断が必要となると、やはり、ポンティスというマネジメントシステムに頼らざるをえないということは、現状から理解できると思います。

構造が不十分な橋梁数と割合

State	All Bridges		NHS Bridges	
	All Bridges	Structurally Deficient Bridges	NHS Bridges	Structurally Deficient Bridges
Alabama	11,271	2,181	2,715	514
Alabama	88,027	2,794	2,887	5,010
Arizona	10,762	2,987	3,027	1,017
Arkansas	11,081	1,018	1,484	47
California	10,000	1,000	1,000	1,000
Colorado	10,000	1,000	1,000	1,000
Connecticut	10,000	1,000	1,000	1,000
Delaware	10,000	1,000	1,000	1,000
Florida	10,000	1,000	1,000	1,000
Georgia	10,000	1,000	1,000	1,000
Idaho	10,000	1,000	1,000	1,000
Illinois	10,000	1,000	1,000	1,000
Indiana	10,000	1,000	1,000	1,000
Iowa	10,000	1,000	1,000	1,000
Kansas	10,000	1,000	1,000	1,000
Kentucky	10,000	1,000	1,000	1,000
Louisiana	10,000	1,000	1,000	1,000
Maine	10,000	1,000	1,000	1,000
Maryland	10,000	1,000	1,000	1,000
Massachusetts	10,000	1,000	1,000	1,000
Michigan	10,000	1,000	1,000	1,000
Minnesota	10,000	1,000	1,000	1,000
Mississippi	10,000	1,000	1,000	1,000
Missouri	10,000	1,000	1,000	1,000
Montana	10,000	1,000	1,000	1,000
Nebraska	10,000	1,000	1,000	1,000
Nevada	10,000	1,000	1,000	1,000
New Hampshire	10,000	1,000	1,000	1,000
New Jersey	10,000	1,000	1,000	1,000
New Mexico	10,000	1,000	1,000	1,000
New York	10,000	1,000	1,000	1,000
North Carolina	10,000	1,000	1,000	1,000
North Dakota	10,000	1,000	1,000	1,000
Ohio	10,000	1,000	1,000	1,000
Oklahoma	10,000	1,000	1,000	1,000
Oregon	10,000	1,000	1,000	1,000
Pennsylvania	10,000	1,000	1,000	1,000
Rhode Island	10,000	1,000	1,000	1,000
South Carolina	10,000	1,000	1,000	1,000
South Dakota	10,000	1,000	1,000	1,000
Tennessee	10,000	1,000	1,000	1,000
Texas	10,000	1,000	1,000	1,000
Utah	10,000	1,000	1,000	1,000
Vermont	10,000	1,000	1,000	1,000
Virginia	10,000	1,000	1,000	1,000
Washington	10,000	1,000	1,000	1,000
West Virginia	10,000	1,000	1,000	1,000
Wisconsin	10,000	1,000	1,000	1,000
Wyoming	10,000	1,000	1,000	1,000
U.S. TOTAL	897,388	73,784	214,473	64,175

○ 全米管理橋514,101橋のうち、25.7%が構造的に不十分か、機能的に時代遅れと成っている。
 ○ 「2007年全米道路橋の再構築・点検法 (HR399)」を10.31下院 交通・インフラ委員会の公聴会で承認

アメリカ議会下院交通・インフラ委員会資料

このように、全米の全州がこのように種々の資料が公開されているのですね。その資料を確認すると、ミネソタ州、8.7パーセント。それから私が行ったペンシルバニアが25パーセントです。ニューヨーク、12.2パーセント。このペンシルバニア25パーセントというのは、多分ペンシルバニアは、これだけ悪い橋梁というか、投資が遅れているとも判断できると思いますが、ペンシルバニア州としても、FHWAの補助金がかかなり必要になっていたのだろう

など私は思います。

現在、ミネソタ州出身の議員が発案して、2007年全米道路橋の再構築点検法 HR399を策定、下院の公聴会を通して、実際これから新たな投資案に向かって進んでいる状況のようです。これは、更新する新橋の建設を含むに全米種々の橋梁に対する対策を行い始めるということです。

崩落事故調査結果からの提言

Proposal from collapse accident investigation effect

- 予防保全型管理への転換と適切な投資
Changeover to preventive maintenance administration and appropriate investment
 - ・適切な点検と健全度診断
 - ・マネジメントを活用した適切な投資
- 橋梁点検の見直し
review of bridge inspection
 - ・点検士、点検内容、点検頻度の見直し
 - ・FCM(破壊に繋がる部材判定)の導入
 - ・非破壊試験等の導入

最後ですが、まず今回の崩落事故を受けての提言ですが、予防保全型管理への転換と適切な投資が必要であると判断しています。特に、適切な点検と健全度診断が必要だと思います。それからそれらを生かすマネジメントを活用した適切な投資が必要だと考えます。

橋梁点検の見直しについてですが、点検士、点検内容、点検頻度の見直しを行うことが必要であるとも考えています。先ほど依田先生も話されていましたが、日本においても、今回のように崩落事故につながる部材の判定、フラクチャルクリティカルメンバーの考え方を導入した方が

いいなとも思っています。それから非破壊試験の導入、やはりアメリカでもビジュアルインス

ペクシオンだけじゃ耐えられないということで、新たに種々の点検法、調査法を考えています。私としても種々のことを総合的に判断すると、有効な評価だと思います。

崩落事故調査結果からの提言
Proposal from collapse accident investigation effect

- **インハウスエンジニアの育成と技術の継承**
Upbringing of Engineer in house and the technical succession
 - ・ 優秀なインハウスエンジニアの育成
 - ・ 技術力の向上と技術の継承
- **アメリカ合衆国との技術交流**
Technical exchange with United States of America
 - ・ アメリカ技術者との定期的な情報交換
 - ・ 相互技術力のレベルアップ

それから技術というのは、やっぱり作ったものを継承していかないと駄目です。ですからインハウスエンジニアの育成と、技術力の向上と、技術の検証が必要と私は思っています。

今回不幸にして橋が落ちましたが、このことを教訓に、アメリカの技術者と定期的な情報交換をしなくてはいけない。その際に、日本が情報や技術を受けるだけでなく、日本の保有する貴重なデータ、貴重な考え方、種々なことを与えることが必要と思います。要するに、ギブ

アンドテイクでいくってことです。よく聞くのですが、日本人が海外の方に評判悪いのは、情報を受け取るだけの方が多い、これでは情報交換にならない。今後は、それらを解消する方向で直してもらいたいと思います。

予防保全型管理への転換
Changeover to preventive maintenance type administration

二度と同様な事故を起こさない！
Never develops an accident on a bridge!

これは最後ですけど、予防保全型管理への転換ということで、これは落橋事故を起こしたときに、ちょうど若い方がそれを見て落胆していた写真が、私手に入れることができました。私にとって、非常に衝撃的だった。まさに東京で同じ事故が起きてほしくないなと思って、これを一番最後の写真として掲載しておきました。



以上で私の紹介を終わらせていただきます。