

( 6 ). 「橋を守る人と技術」

国土交通省国土技術政策総合研究所  
研究総務官 兼総合技術政策研究センター長 西川 和廣

( 司会 )

続きまして、国土交通省国土技術政策総合研究所研究総務官、兼総合技術政策研究センター長の西川様より、『橋を守る人と技術』と題しましてご講演願います。それでは西川様、よろしくお願いたします。



( 西川氏 )



西川でございます。今までお話になった方々は、それぞれ今回のテーマについて、何がしか材料をお持ちの方ばかりです。私も何か話せということだったんですが、今日出てくる写真、全部借り物でして、今、具体的な橋の仕事をしているわけではありません。ただ元々橋の仕事していましたし、いろんな問題があるたびに、実際にハードな仕事をされてる方とは別な観点から、国総研だからというわけじゃないですけども、物を見る癖が段々ついてきましたので、

今回は少し違う観点からのお話をさせていただこうと思います。

とりあえず題名を決めろと言われて、なかなか思いつかなかったのですが、実は藤野先生が、橋梁と基礎の編集委員長をされてたときに、私もちょっと手伝っていたんですが、『橋を守る技術と人』という特集を組んだのを思い出して、とりあえず『人と技術』ということで返事をしました。これも実は全然根拠がないわけではなくて、このたびの橋の事故をずっと見てきますと、どうも技術開発だけすれば回避できた問題ではないだろうと。日本でもいろいろ問題になっていますが、維持管理については、「点検しない問題」と、「点検したのに事故を起こしちゃった問題」の2つがありますね。今回は後の方の問題、点検をしてるのになぜ、あるいはいろんなことがわかってたはずなのになぜ事故を防げなかったんだろう。この話をしたいと思います。

ということで、まずは3橋のトラスの事故からの教訓ということで、いろいろ試行錯誤で、まだ自分の頭の中で考えている途中なので、尻切れトンボの話になるかもしれません。その辺はご容赦いただきたいんですが、たとえば上半分の、点検していたのにどうしてだろう。このあたりの話はですね、維持管理の段階を点検、診断、判断、決断と4つの段階に分けて、それぞれの段階でどのようなことが必要かということをお自分なりに考察したことを書きました。

## 橋を守る「人」と技術

- 3橋のトラスの事故からの教訓
  - 点検……想定外の異常に気がつくこと
  - 診断……患者＝管理者を説得する診断を
  - 判断……管理者としてどうするか
  - 決断、実行……決断を鈍らせるもの
- 「人」の観点から鋼橋の品質、耐久性を考えてみる
  - 設計……想像力Imaginationが第一
  - 施工……手順の意味に対するImaginationを
  - 供用、維持管理……何をどのように維持するのか

それからですね、これの下半分、これは事故と関係ありません。鋼橋技術研究会っていうのはそもそも、とりあえず鋼橋が好きな人の集まりだと私思ってるんですが、鋼橋の発展のためにこれからどんなことが大事なんだろうか。私は今、どちらかという、橋そのものの仕事よりは、私の兼職の方のタイトルが示すように、総合評価型落札方式とかですね、今国交省全体でやっている「建設生産システムにおける発注者責任懇談会」の事務局とか、だいぶ毛色の違ったことを今やらされています。そういうところから考えて、人の観点から橋の品質とか耐久性というのを考えたら、どんな差別化ができるんだろうかとかですね、多少、今日、民間の会社から来られてる方々の参考になることが引き出せないだろうかということで書いてみました。

## ミネアポリスI-35W Bridgeの崩壊

日時：平成19年8月1日(木)午後8時5分頃(日本時間 2日午前8時5分)  
場所：米国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



構造種別：Orthogonal  
橋長：1.75km Minnesota River Bridge  
形：2x6-lane truss bridge  
架設年：1967年  
橋高：50m (中央部約40m)  
幅員：32m (中央部約24m)  
交通量：約4万台/日



93年以前は2年に一回  
93年以降は毎年点検

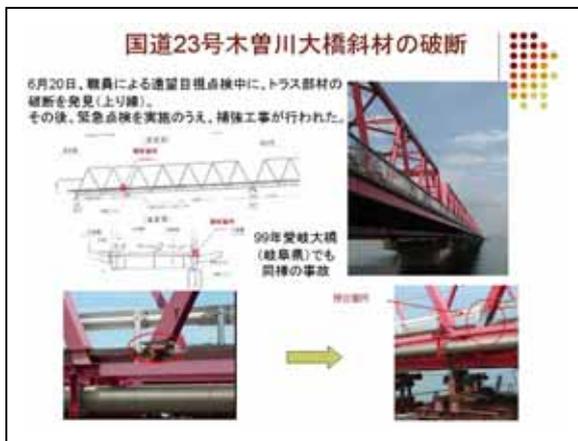


ということで次に行くんですが、3橋について、もし誰からも触れられなかったことが残っていたら、ちょっと触れようかなと思っていたので、その辺から最初始めたいと思います。ミネソタの事故があって、いろいろな情報がオープンになったので、過去の点検結果をみたんですが、私の見方っていうのはまず、引き金はどこだろうなんです。何故かという職業柄もあるんですが、もし自分が管理の責任者だったら、もう駄目だ車を止めるとかですね、言えたかどうかという目で点検の報告書を見たのですが、私には止められなかったなと思いました。という意味では、アメリカの事故は私にとってショックだし、悩みを大きくした事故でありました。

いろいろな方がいろいろな解析をしたり、検討された結果が、今日もたくさん出てきました。私も1つだけ付け加えようと思います。これは私がということではないんですが、図面を見てもなかなか目がなれてないせいで、すぐおかしいとかいいとかわからないんですが、ある鉄道関係の古い方が、ガセットプレート（Gusset Plate）の設計がおかしいと言われていることが聞こえてきました。私は先ほどもあったように、多分ボルトやリベットと溶接の併用とか、仮付け溶接があったんじゃないか。すぐそちらに走っちゃうんですが、

それからですね、これの下半分、これは事故と関係ありません。鋼橋技術研究会っていうのはそもそも、とりあえず鋼橋が好きな人の集まりだと私思ってるんですが、鋼橋の発展のためにこれからどんなことが大事なんだろうか。私は今、どちらかという、橋そのものの仕事よりは、私の兼職の方のタイトルが示すように、総合評価型落札方式とかですね、今国交省全体でやっている「建設生産システムにおける発注者責任懇談会」の事務局とか、だいぶ毛色の違ったことを今やらされています。そういうところから考えて、人の観点から橋の品質とか耐久性というのを考えたら、どんな差別化ができるんだろうかとかですね、多少、今日、民間の会社から来られてる方々の参考になることが引き出せないだろうかということで書いてみました。

先ほどの構造の絵を思い浮かべていただくと、トラスの上弦材が支点付近は引張り部材になっていて、次が圧縮部材になってますよね。その境目のところのガセットプレートものすごく薄いんですね。図面見ると2分の1インチですから、12ミリくらいしかないんです。何でだろうと思ったら、応力小さいんですね。応力の絶対値は確かに小さくなる。それからその鉄道関係の方がおっしゃったのは、斜材とか垂直材がそこに取り付いているのはわかるが、上弦材のスプライスにもなってるんですね。それは聞くまでは全然気がつかなくて、よく見たら確かに圧縮部材と引張り部材で、断面の大きさが違うんですね。それがそこでついでであるんです。変曲点というか、符号が変わるところだから応力の絶対値は小さいから薄くなってる。ただ疲労の観点から見たら、車がこっちからあっちまで行ったときの応力振幅は、必ずしもそこは小さい場所ではないかなと、ふと感じて。もしかしたらもう1つの可能性のある、破壊のきっかけだったんじゃないかなと思っております。それが1点です。



これはもう、山田先生がお話していただいたんで、特に残っておりません。



もう1つはこれなんです。ミネソタの1ヶ月前が木曾川で、1ヶ月後が本荘大橋。木曾川の後にはやはり、同じような橋はないかと、毎回やることですが全国調査をした。直轄で25橋あって、11橋がどうも錆びてるようだと。この件はですね、実はこれはちゃんと下から見てくれて、錆汁が出るからこれは掘りますという報告が聞こえてきて、ああよかった、やってくれるんだなと思った。掘る前に右にありますような、補強部材まで準備して、それで取り掛かった。

そしていざ掘ってみると半分くらいウェブがなくなっていて、それでびっくりして、もう車止めなきゃということで、警察に飛んでいって交通止めの段取りをしていた。その間に運悪くですね、大型クレーン車が通ったときに、見る前で切れてしまったということだそうです。



もう2, 3時間, 時間の猶予があれば, こんな大変な補修をしないで済んだ. ここは先ほどの木曾川と違って, 一番水深の深いところで切れちゃったもんですから, 大変でした. それも沖縄のあたりまで台風が来て大変なときに. この橋は, 河川管理者, 道路管理者同一だったからよかったですけれども, ここに築島までして下から突き上げて, 何とか斜材を仮につなげて, また急いで島を撤去したりして, 何とか河積を確保してということで, 冷や汗ものだったわけです.

3橋のトラス事故からの教訓

### 点検

- 想定内・想定外の異常の発見が点検の目的
  - 電子機器は選択した物理量の計測はするが, 想定外の異常に気がつくのは「人」の仕事
  - 橋の病気を知らなければ, 意味のある点検はできない
- 診断者は何を必要としているか
  - 診断は診断を任せられたものの責任, 能力を超えた無責任な診断行為は危険
- 管理者は何を求めているか
  - 見逃し, 見落とし, 未報告, 点検結果の偽装, いずれも責任を追及される可能性があることを銘記すべし
  - 点検結果を狂げるとは粉飾決算を助ける監査法人

先ほど申し上げましたけれども, 点検, 診断の次に判断を入れたんですけれども, 決断・実行というふうに4つに分けました. それぞれの段階で人がどうしていることを考えるだろうということで, 考えてみました. 点検は想定内変状もありますし, つまりマニュアルに載ってるようなことですよ. それから想定外, やっぱり未だに想像を絶するようなことが現場で起こるわけで, それに気がつくことが大事. これが点検だと思っています.

そうするとやはり当然電子機器類, いろんな計測器やら, いろんな方法も大事なんですけど, そういった点検手法っていうのは, 物理量の計測をしたり, 見えにくいものを見せてくれたりするのは, でも気がつくのはあくまでも人の仕事なので, このあたりでも三木先生のお話の中にもいろいろありましたが, 点検する人間, 点検者の網膜に写ってるだけじゃ駄目で, やっぱり脳の中で認識されて, 抽象化され, もう一回整理されて出てこないという意味が無いんじゃないか. それには先ほどから, よく人の病気との対比で話しますが, 橋がどういう病気を起こすのかということをとくさん知らなきゃいけない. こういう問題があります. それから時には点検と診断の両方をやらなきゃいけないという場合もあるかもしれませんが, 診断をする人間が何を必要としているかっていうことをしっかり考えなきゃいけない. 診断っていうのは割りとその軽く考えられてるようなところがあって, マニュアルがあればできるようなイメージがどうもあるんで心配なんですけど, 診断といって今やってるものの, かなりの多くはですね, 先ほどの三木先生がいろいろ言われてたようなことが出てくるのは, マニュアルかどこかに書いてあると, これはこれに近いとか似ているということで, それで安心して終わりになる. その状況が人にたとえた方がわかりやすいんですが, その人の体質, 生活習慣, それからいろいろな熱を測ったりすることなどの所見から, こういう病気であって, このくらい深刻である可能性が高いってことをいうのが診断なんですけれども, どうもそこまで行ってないで, 単純に出てきた資料で仕分けをしてる.

私はそれが診断ではなくて、仕分けだと言ってるんですが、このレベルのことが多い。逆に、何を必要としてるののかって書いたのは、やっぱり診断は責任もって、後で責任とられるような緊張感を持った人がすべきで、逆に点検だけを任された人間が予断を持って、診断しながら見てしまうと、大事なものをですね、せっかく見えてたものを報告しない。そういった問題もありますので、そういったところの線引きっていうのもきっちりやらなきゃいけないだろうと思います。点検を依頼するのは道路管理者なんですけれども、これは責任の話をしているんですが、いろんな問題が今ありまして、見逃し、見落とし、未報告、点検結果の偽装と、段々言葉が厳しくなってくるんですが、それぞれやっぱり責任を追及されるんだと。困るのはですね、悪い点検結果をもっていくと、嫌な顔する管理者がいる。これは我々の問題なんですけど、最近機会があるとなしゃべるんですが、点検結果とか、診断もそうですけど、曲げて報告すると、管理者が喜ぶかもしれません。これはだけど、粉飾決算を助ける監査法人そのものだよと。監査法人どうなったか知ってるかという話をすることにしています。もうそういう時代になってきているんだと思います。

3橋のトラス事故からの教訓



### 診断

- 診断は仕分けCategorizeとは違う
  - 診断は患者に処方を示し実行を求めるものである
  - 患者は橋ではなく、橋の管理者
    - 適切な診断と説得力のある説明が必要
    - 患者が手術に踏み切るにはどんな説明が必要か
- ここまでが医師である診断者の仕事

今度は診断ですけども、診断は仕分けではない。なんか測ってきた結果で分けるだけではない。診断はですね、患者がその診断に対して、診断者が出した処方の実行を求めるもの。言い方を変えますと、あなたが今熱が出てるのは、風邪ひいたからではありません。こういう重大な疾患があります。1ヶ月以内に手術受けないと大変なことになりますよ。具体的にはレントゲンの結果がこうで、他をいろいろ調べたらこうこうですということ、十分説得力のある説明

をしなくちゃいけない。そこまでやって初めて診断だと思ってるんです。それでこれに対する患者っていうのは、漠然と橋だと思っておられないでしょうか。私も最近までそう思ってたんですが、そうじゃなくて、患者は管理者じゃないかと。その疾患を抱えた橋を持っている管理者自身。いくら橋に病気が重いよって脅かしたって、自分で病院行くわけじゃないんですから、やっぱり実行する判断ができる管理者にきちっと説明しなくちゃいけない。そういうことであります。

3橋のトラス事故からの教訓



### 判断

- 医師の診断に基づき、損傷の程度、予算、要員、交通への影響等を助案して**管理者が判断する**
  - 何時、どんな方法で対処するか、しないのか
- 管理者は患者の立場でもある
  - 短期間に異動することが患者であることを忘れさせる
  - 管理者は判断の訓練をされているか
- 希望的観測、予算の制約は逃げるための口実

実はここまでが医師である診断者の仕事で、この次に判断っていうのをあえて入れました。なぜかという、医師の診断をもらい、これに基づいて予算がどうだろうか、対応するにしても、自分のところで持ってる戦力はどれくらいで、もしそれで交通ストップした場合に影響はどれくらいだろうか。そういったことを一所懸命考えながら、管理者が判断することになります。これは他の誰にもできないことなんです。

お医者さんが全部判断してくれると思ったら大間違いで、やっぱり最後は患者である管理者が判断しなくちゃいけない。今回のチャンスがあったことで、考えて出てきた1つのポイントだと思います。そういうことから考えると、これは役所側の問題、すなわち人事異動ですけど、病人であれば自分が疾患を背負っている訳ですが、この場合判断する人だけが2年ごとに変わってしまうために、次の人が痛みを感じるまでに時間がかかってしまうというのが1つ問題だろうと。それから自分たちの職場を考えてみて、そういった意味での判断をする訓練されているかっていうと、なかなか厳しいと思います。私も一度、事務所長の経験をさせていただきましたけど、事務所長が様々な判断をしなきゃならない立場にいて、こういった構造物について判断ができるだろうか。その辺の仕組みっていうのも考えなきゃいけないと考えています。希望的観測とか、予算が無いとかいうことも危険で、「予算はない」は呪文、あるいは麻薬であるといえます。深刻にどうしようって悩んでたのが、予算が無いというと、ああそうか、自分のせいじゃないと思って安心するところがあるらしくて、これは極めて危険です。

3橋のトラス事故からの教訓

### 決断、実行

- 管理者の最も重要な責任
  - しかし、決断を避ける理由をいつも探している
  - 予算がないは呪文であり麻薬

それから次は決断、実行。でも実は本当に動きだしたところを見極めるまで、責任もってやらないといけません。しかし、(予算がないという言い訳や希望的観測に飛びつくという)そういう人の心理の動きがあるというのがわかって考えた上で、個人に責任を押し付けるだけじゃない、スムーズに判断が流れていく仕組みっていうのも用意してやる必要があるというふうに考えています。

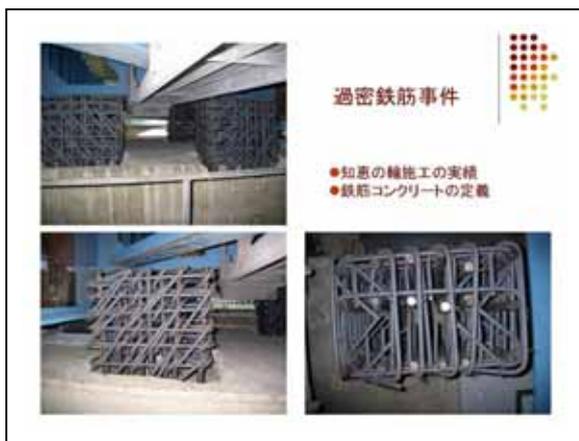
「人」の観点から鋼橋の品質、耐久性を考えてみる

### 設計

- 設計は創造力Creativityよりも想像力Imagination
- 施工をイメージできていない設計溶接のできない構造、入らない鉄筋
- 維持管理をイメージしていない設計
  - 耐候性橋梁の桁端の塗装、水の処理が設計者の腕
- 以上は、解決すれば差別化に
- リダンダンシーの罫あるいはDilemma
  - 日本のトラスが落ちなかった理由
  - 不静定→2次応力→疲労(主構と床組接合部の疲労多し)
  - 斜材のコンクリート床版貫通→リダンダンシー→腐食という伏兵(塗料はアルカリに弱い！)

ということまでが、トラスの教訓ですが、あと7分で終わりたいと思います。もう1つは、これから鋼橋をどうしていこうかと。ちょっと後での議論につながらないかなと思って1つ入れてみたんですが、設計と施工と、これもまた橋梁と基礎の話になっちゃうんですが、一昨年の特集号に100年もつ橋を保証するにはどうしたらいいのか書いてくれて言われて書いたんですね。そのときに私、書いたのは、「施工と維持管理を設計せよ」。いろんなところでいつも言

うのは、設計に必要なのはCreativityの創造力ではなくて、Imaginationの想像力であると。要するに施工の段階で何が起こるのだろうか、どんなとんでもないことが起こり得るんだろうかですね。三木先生のお顔を見ると思い出しますが、明らかに施工できない鋼製橋脚の構造設計がよくあります。



どうやってこれ、鉄筋組むんだと。図面は線で引きますから、鉄筋が入ることになってます。これ過密鉄筋事件と書いてありますが、これは落橋防止のブロックです。どこにコンクリート入るんだらうということですね。

それから維持管理をイメージしていない設計ってのがありますよね。しばらく橋の仕事から離れていたら、最近急に耐候性鋼の橋が増えている。それはそれとして、よく見ると、やっぱり桁端が錆びてるのがまだあるんです。そ

の昔、耐候性鋼材と言えども水の処理に自信がないところは、ちゃんとペンキ塗れと要領に書いたはずなんですけども、こんなことが起こってる。



先ほどちょっと言いかけたんですが、これは今回の事故で私も勉強しなきゃいけないと思ったのがこれ。私も気がつかなかったんですが、コンクリートの中に入っている鋼材っていうのは、鉄筋の類推で錆びないだろうと思っちゃうんですね。裸に入っていると確かにアルカリ性であれば錆びないんです。今回気がついたのは、フタル酸系の塗料はアルカリに弱いということ。どう変わるかということ、ふやけたみたいになるんですね。それで水が入っちゃうんですね。これ

なんかすごくよくわかりやすいんですが、水が逆に吸いあがってきてる。アルカリによってここが痛んできて、そこに水が入ってきて、最初アルカリが強いうちはまだ錆びないけども、酸性雨だとか、アルカリが減ってきた段階で錆びだすと。だから塗装したまま埋め込んじゃうとこういうことが起こる。また橋梁と基礎なんですけど、今塗装の講座をさる人に書いてもらってるんですけど、12月号が最後なんで、塗装がアルカリに弱いってことを書いてもらいました。もうじき出ますけれども、最終回にこれ書いてもらった。これはいろんな形で知ってもらわないといけないな。よく検討している橋はちゃんと考えてやってるんです。やっぱりなんとなく塗装してコンクリートに埋まってるんだから平気だろうと思っちゃう。これは大間違いだということです。

ちょっと余計なことを書きました。後でリダンダンシーの話するのにこんなこと言って、腰を折りそうなんですけど、リダンダンシーの畷とジレンマ。依田先生がお話されたリダンダンシーのどれに当てはまるかわからないんですが、日本の橋が落ちなくてアメリカの橋が落ちた1つの理由としては、アメリカは床構造システムと主構造システムが支承で切り離されていた。片っ方でこけたら片っ方が知らん顔してるから落っこっちゃった。日本の場合はすべて横桁を介して、床構造と主構造が剛結されていた。だからリダンダンシーがあった。これは1つの真実なんですけど、じゃあこれは全部つなげばいいかっていったら、絶対失敗するんですね。むしろこの例よりも、

主構と横桁を不用意につなげたがためにそこに疲労クラックが出たという事例のほうが、たくさんあります。だから1つだけ見て、リダンダンシー増えたって喜んでちゃいけない。今度は別なことのマイナスになるかもしれない。コンクリートに埋めれば、座屈長が小さくなるなどがですね。いざというときに働いてくれると思うんですけども、今回のような腐食という伏兵がいる、というようなことも考えながらやらないといけない。これもイマジネーションの世界かなと思います。

「人」の観点から鋼橋の品質、耐久性を考えてみる

### 施工

- ひとつひとつの手順が品質、耐久性にどのように影響するかというImagination
  - 材料、材質の選択
  - 溶接条件(溶接法、開先形状、予熱、電流etc.)
  - 部材精度、組立精度
- 条件が守れないと何が起こるのか
  - ここでImaginationが必要
- **どんなことを考慮して施工(工場を含む)を行うかが、総合評価において差別化のポイントとなる**

施工についてはですね、施工の手順の1つ1つが何のためにやってるのか。これが少し程度が悪くなったり、水の量が増えたり、若干だけでもその基準が守れなかったら、何が起こるんだろう。これを考えてやれるような、知識だけ入れても駄目で、やってる最中にちゃんと考えられるような人を育てないといけないのかなという気がします。土木学会の鋼構造委員会で、施工段階に人がどんなことを考えて、どんなことが起こるだろうかっていう、そのすべてのいろ

いろな基準であるとか、そういったものを全部チェックして、もう一度品質を見直してみようという小委員会を、うまくいくかどうかかわからないんですが、やろうとしています。

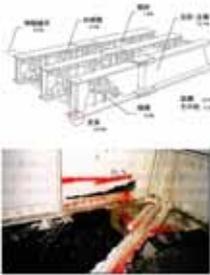
「人」の観点から鋼橋の品質、耐久性を考えてみる

### 供用、維持管理

- 何をどのように維持するのか
  - これもImaginationの世界
- 維持するもの
  - 橋の機能か、サービスレベルか、景観か？
    - 維持管理レベルの設定に不可欠
  - いつもの習慣、慣習か？
    - 最も頭を使わない業務の進め方
- **維持管理の目標レベルと工法選択の関係を明らかにする必要あり**

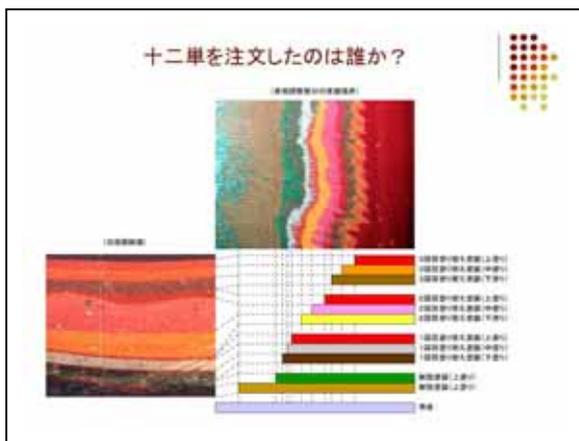
もう時間がなくなっただんで、最後にしますけど、後は維持管理っていう段階がありますよね。これはまだ未完成だから説明しなくてもいいんですけど、ただよく現場見てて気づくのは、一体何をどのレベルに維持管理しようかっていうのが全然わからずに、何も考えずにやってる例が非常に多いです。

悪徳リフォーム業者にだまされるおばあさんにならないために  
—塗装の塗り替えを教材として—



- 横桁の全体が一様に腐食するなどということはありません
- 塗装全体の劣化度が進むまで待っていると、局部的には危険な状況に達し、橋全体の致命傷になりうる
- 局部的な腐食には、それなりの「訳」がある
- 大半は伸縮装置やRC床版クラックからの漏水が原因である
- 塗り替える前に原因を取り除くのが先決である
- 局部的な腐食に合わせて全体を同じ仕様で塗り替えるのは大きな無駄である

もう時間ないので最後にすこし色のついた絵を2つ見てもらって終わりにしたいと思います。これはですね、よくあるケースですけども、鋼橋の桁端が水が入ってくるんで、錆びてしまって孔が開いたり、断面欠損して、結局これは架けかえになった例なんです。ところが、この橋の桁端でなく中間部分がどうであったか。



すごく美しい絵が出てきました。ここに十二単を注文したのは誰かと書いてありますが、これですね、塗装が4回分あるんですよ。地肌、下塗り、上塗り、下塗り、中塗り、上塗りってちょうど12層あって、きれいなんですよ。だから中間部は全部活膜、へたすると上塗りまで活膜。ただ桁端を見るとずいぶん痛んでる。ただ真ん中なんとも無いからって放っておいたら、あんなボロボロにして、結果として橋を駄目にしちゃった。ということで国総研でも部分塗装

の検討してますけど、維持管理でいったい自分は何をしようとしているのかっていうことを、よく現場に知ってもらわなきゃいけない。

スライドにこういうタイトルをつけました。悪徳リフォーム業者にだまされるおばあさんにならないために、と書いてある。一時よくありましたよね。お宅は耐震強度足りないから大変なことだと言って、とんでもない金取られて、いい加減な工事をされた。でもおばあさんはね、みんながかわいそうだねって言いますけど、皆さん方、誰も同情してくれませんよ。実はこれ、関東地整の技術者集めて話すときに使ったスライドであります。



とりとめないことになりましたけど、少し普段と違った観点からお話させていただきました。どうもありがとうございました。