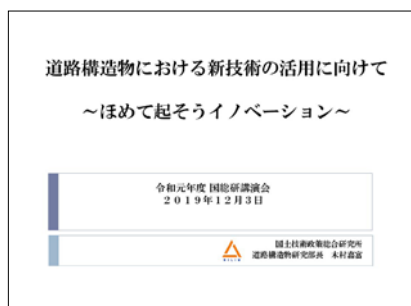


## 5.5 道路構造物における新技術活用に向けて～ほめて起こそうイノベーション～

(国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長 木村嘉富)



皆さん、こんにちは。ただいま紹介いただきました道路構造物研究部長の木村でございます。いよいよ最後の講演でございます。あと20分、実はもう15分しかありませんけど、おつき合いいただければと思います。

本日は、「道路構造物における新技術の活用に向けて」ということで、副題が「ほめて起こそうイノベーション」というタイトルをつけています。維持管理における新技術の活用の方向性を紹介できればと思っております。

高齢化するインフラ（建設後50年を経過する割合）

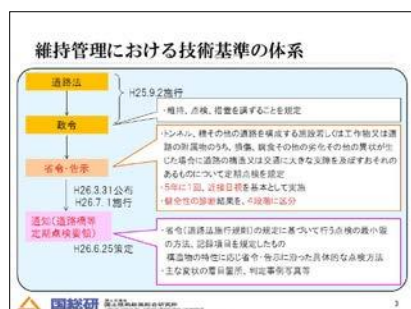
高度経済成長期以降に整備された道路橋、トンネル、河川、下水道、港湾等について、建設後50年以上経過する施設の新割合が加速度的に高くなる。

	2018年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋 (17077施設(橋梁)21121橋)	約25%	約39%	約63%
トンネル (171カ所)	約20%	約27%	約42%
河川管理施設(水門等) (171カ所(河川管理施設))	約32%	約42%	約62%
下水道管基 (171カ所(下水道管基))	約4%	約8%	約21%
港湾岸壁 (171カ所(港湾岸壁))	約17%	約32%	約58%

国総研 国土交通省総合研究所  
出典:国土交通白書2018

こちらは、先ほど福島さんが御紹介されておりましたのでスキップしますが、インフラの高齢化の状況です。

建設後50年を経過する構造物の割合として、現在4分の1が、今後4割、6割になってきます。まさにインフラメンテナンス対応待ったなしだという状況です。そう



いう中、丁度7年前の昨日生じた笹子トンネルの天井板崩落を受けまして、法律を改正し、5年に1回近接目視点検をし、結果を4段階に区分しようという形でスタートしています。26年の6月から橋、トンネル、シェット・カルバート、歩道橋、門型標識の5つについて始めるとともに、引き続き舗装、小規模附属物、照明とか標識ですね、そして土工と、一通り道路構造物については点検が行われています。昨年度で一巡目が終わりましたので、今年、二巡目の点検要領を定めています。国総研は、これらの点検要領の原案作成に寄与しています。

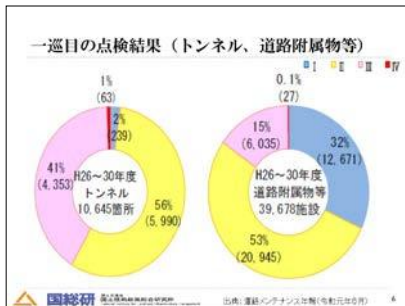
道路構造物の点検要領

橋	道路橋定期点検要領(平成26年6月策定)	改正(平成26年12月)
トンネル	道路トンネル定期点検要領(平成26年6月策定)	改正(平成26年12月)
舗装	舗装点検要領(平成26年6月策定)	
土工	シェッド、大型カルバート等定期点検要領(平成26年6月策定)	改正(平成26年12月)
	道路土工構造物修繕基準(平成26年6月策定)	
附属物等	横歩道橋定期点検要領(平成26年6月策定)	改正(平成26年12月)
	門型標識定期点検要領(平成26年6月策定)	改正(平成26年12月)
	小規模附属物点検要領(平成26年6月策定)	

国総研 国土交通省総合研究所



一巡目の点検結果を紹介します。こちらは橋で、72万橋の内訳です。I、II、III、IVと区分しています。Iが健全でIIが予防保全、軽微な損傷で、今直せば安くできますよというのがIIです。III、ピンクが早期措置ですね、次の点検までに直しましょうというもので、71万6,000橋のうち1割、6万8,000橋について、次の5年の間に直しましょうとなっています。右側が、10歳ごとの年齢刻みです。私、今57歳なんですけども、皆様方も50代がいらっしゃると思います。全体としてはIIIが1割ぐらいなんですけど、50代になりますと2割ぐらいになりまして、やはりお年をとると何らかの損傷がひどくなって、措置が必要なものがふえてくると。今後、50歳を超えた橋がふえると、こういうのがどんどんどんどん増えてくるとというのが課題といえます。



ちょっと時間がないので、トンネルや道路附属物についてはスキップさせていただきます。

実際に5年間、点検していると、いろいろなものがやっぱり明らかになっています。近接目視点検、近づいて見るというのは大変だと言われてはいますが、やっぱり近づかないと分からないものが多々ございます。これは鋼橋の例です。外側から見ると割ときれいなんですけど、桁の内側に入ると結構腐食が激しいという事例がございます。これは、外側については、雨も当たるんですけど、晴れて乾きます。あるいは塩も当たりますけど、雨で洗ってくれます。ただ内側は湿気がこもります。また、塩も雨で洗ってくれません。こういう状況で、やっぱり内



側に入ってみると損傷が激しいというのは多々ございます。点検における近接目視を簡単にしたい。例えば前回健全であったら、5年間ではなくて10年間に延ばしていいのではないか、という議論も当然あるかと思いますが。そういう観点でいきますと、前回健全だったものが、5年でどうだったのかといいますが、5年間でIの健全な状態から一気にIIIの早期措置段階にまで損傷が進んだという事例等もございます。コンクリートの事例ですが、なかなかコンクリートの場合は損傷が表面に出てこないとわかりにくいのです。水がどんどん入ってきて、腐食によって鉄筋が膨張して、表面にひび割れが生じて初めて

かなり重篤な損傷であることが分かることとなります。I だから10年後でいいかな、というわけにはいかないというところです。

また、先ほどご覧頂きましたように、50歳ではなくて、20歳にいかないうちに数%は何らかの措置が必要となっており、若いから点検間隔が10年でいいというわけにもいかない、というところがございます。



この5年間、幸いに、我が国では老朽化が原因で落橋という事例はなかったわけですが、PC橋の横締めが飛び出したり、これはPC桁間の間詰め部分が下のほうに抜け落ちてきたりという事例。こちらは、四国の四万十川の橋です。先ほどの白井先生の話にもありましたが、四万十川で、パイルベント橋脚に穴があいていたとか、あるいは水害により洗掘等が起きていた、こういう事例等がございます。



また、海外では、去年、イタリアの斜張橋が落橋したり、アメリカのシカゴ、これは落橋寸前だったんですけど、ゲルバー形式のヒンジ部が、腐食が原因なんですけど、

こういう大きな損傷があったり、あるいは台湾で、10月ですか、落橋があったり、10月10日には中国でも落橋しています。台湾については、動画が公開されております。皆さん方ご覧になった方々も多いかと思えます。港湾の上方にアーチ橋があります。ケーブルで桁を吊っています。タンクローリーが今走っていっていますね。1台だけなんですけど。これがちょうど橋の真ん中に……。落橋しました。この動画はネットに出ておりますので、また皆さん方ご覧いただければと思います。まだあまり情報が入ってこないのですが、最近すごいですね、グーグルアースのストリートビューで橋の状況がわかります。この吊り橋のこの部分が上で切れたのではないかなと思っています。これはケーブル



をさや管で囲った状況でございます。破綻時の動画を見ますと、この辺が起点になって切れておりますので、吊りケーブルを埋め込んだところでの何らかの腐食が原因だったのではないかなと思っています。先ほどの、タンクローリー1台で切れるという状況は普通考えられませんので、ある程度損傷が進行していた、

あるいは1本だけ切れたのが起点となって複数本切れておりますので、ほかのケーブルも何らかの損傷が生じたのではないかなと考えています。



こういう中で、点検を効率化するとともに、見つかったものの措置が必要となります。また、この5年間、内閣府を初め大学等でいろんなメンテナンス関係の技術開発が進んでおります。例えば、SIPにおきまして、藤野先生をリーダーにしまして、合計60の技術を開発されております。それらの成果については、またウェブの

ほうで、動画等でわかりやすく紹介されておりますのでご覧いただければと思います。

このような5年間の状況を見て、定期点検要領の見直しを幾つかの視点で行っています。



1つは、やはり近接目視点検は大変だね、地方自治体にとって点検コストが高いね、というところがありましたので、小規模なものについては点検すべき部材を絞り込めますので、積算資料とともにぐっと安くなる方法を示しています。また、トンネルにおきましても、大体トンネルでコンクリートに浮き等の変状があるところは、

分析しますと、集中していましたので、その部分だけしっかり見ればいいよねという形で示しています。ただ、その一方、先ほどのように水中の部材の腐食、あるいはつり材がある橋等で大きな損傷が生じていますので、これらの変状については、定期点検要領に加えて参考資料を示しています。

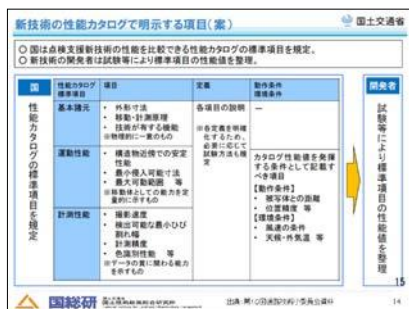
また、本日の講演のメインとなりますが、新技術の活用を示しています。定期点検では近接目視点検を基本としていますが、これは近接目視が目的ではなくて、措置のタイミングを判断する、健全性を診断するために近接目視を行うわけですので、近接目視で必要な



情報と同等の情報得られる場合には新技術を使って構わないと、当たり前のお話ではありますが、それを点検要領の中にしっかりと書いています。ただ新技術を使いたい使いたいと言っても、どうやって使っていいのかわからないという意見もあります。点検業務を受けた人、発注者がどういう形で新技術の活用を提案して、発注者側、

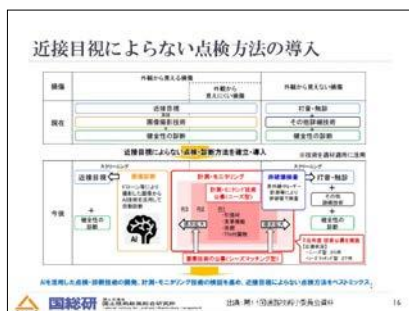
道路管理者がどうやって認めればいいのかという手順をガイドラインとして示しております。

そのときに、新しい技術は多くあります。どの技術を使えるか判断できませんので、カタログをつくっていきこうとしました。開発者ごとにばらばらのカタログですと判断でき



ませんので、国のほうで性能カタログ、カタログの統一項目、最低限こういう項目は統一的に書いてくださいという様式を決めまして、それぞれの項目に対して開発者が性能を記入していただいて、それを公開しています。基本性能、それから運動性能、そもそも計測の性能、それから風速等の環境条件、それらを定量的な数字として

カタログで示してくださいと。そのカタログを見て、点検をする人が何が使えるのか使えないのかを判断していきこうという形で取り組んでございます。現在、16の技術を公開しています。聞きますと、もう引っ張りだこで、なかなかその16の技術が空いていないという話も伺っています。今後もこういうのを増やしていかないとと思っています。これが、これまでの取り組みです。引き続き、今後の方向性を紹介します。



まずは近接目視をいかに効率化するかということで16の技術を示していますが、今後は、例えばAIですね、画像認識等でひび割れとかいろんな損傷を抽出したり、あるいは写真から診断したり、あるいはエキスパートシステムを使っているというAI技術もございませす。また、見えないところについては非破壊検査技術等もございませす。

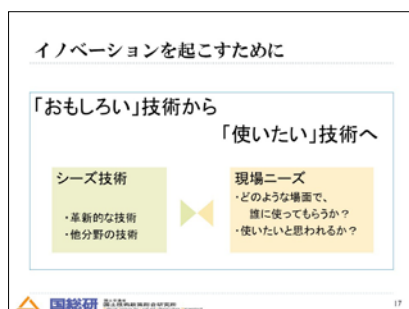
現在進めているのが、少し見えにくい場所、例えば引張材、あるいは支承周り、基礎の洗掘とか、その辺について、新しい技術をどんどん使ってチャレンジしていきこうというのを今年から始めています。



若干余談となります。今年の9月、日本機械学会に、呼ばれて行く機会がございました。そこでの特別講演、豊田の菊池さんという方の特別講演が非常に印象深く残っておりますので、紹介させていただきます。イノベーションについて講演されています。この方は秋田出身で、

東工大を出た後、アメリカで研究をされています。アメリカ人というのは非常に不器用で、私が言っているわけではないのですが、この菊池さんがおっしゃっていました。字が下手でとても読めないと。だから、タイプライターを使うんだと。一方、日本、私も字は汚い

ですけど、日本人は寺子屋で字がきれいに書けるようにするということだそうです。洗濯ですが、アメリカはもともと水が少ないんですけど、怠け者でも洗濯できるため洗濯機を開発したと。一方、日本は川で洗濯です。私が小さいころは母親が川で洗濯しておりましたけど、こういう状況でした。おじいさんが山でしば刈り、おばあさんは川で洗濯ということ。ただ最近、洗濯は家の洗濯機で行いますので、最近子供が「桃太郎」を聞いてもぴんとこないのではないかなと思っています。それはさておきまして、アメリカの場合、できないことがいっぱいあります。日本の場合はできないことをできるようにしてしまうということで、なかなか新しい技術に対するハードルが高くなっています。ロボット、おもしろいから使ってね、使いたいねということで、私たちのとこに来られても、いや、こういうとこは使えないではないかと、ついついだめ出しをしてしまいがちです。一方、アメリカはできないことが多くて困っているんで、少しでもできるとうれしと。だから、どんどん使っていて、どんどん褒めていって、市場にして儲かっていくという、正のスパイラルが回っているそうです。ネガティブな話をするのだけではなくて、少しでも使い道を考えてうまく使って、褒めて伸ばして、結果としてイノベーションを起こせばなど、9月に感じたところ。また、その際、機械学会の人たちとの話の中で、土木屋はニーズ側から取り組んでいるのに対して、機械屋さんはシーズ側ですがもうちょっと現場ニーズを理解してくださいねみたいな話をしました。でも、必ずしもそれは正解ではありません。例えば、これは2年前の講演会でも紹介しております、魔の川、死の谷、ダーウィンの海がある中で、幾ら技術開発をしても最後、ダーウィンの海で生き残れますかと、ニーズに合っていますかという話をしたのですが、それはちょっと間違い、必ずしも正解ではありません。別に海に限定する必要ないわけですし、陸上に上がればいい、場合によっては、空で生きていけばいいといえます。シーズから革新的な技術も十分あり得るのではないかなと感じたところ。そういう中で、今年、国交省で新しい技術を今検証中です。そこでは、従来型のニーズ型でケーブルの張力、それから支承周り、それから基礎の洗掘、あるいはトンネルの附属物、まさに困っている方に対して20の技術



前の講演会でも紹介しております、魔の川、死の谷、ダーウィンの海がある中で、幾ら技術開発をしても最後、ダーウィンの海で生き残れますかと、ニーズに合っていますかという話をしたのですが、それはちょっと間違い、必ずしも正解ではありません。別に海に限定する必要ないわけです、陸上に上がればいい、場合によっては、空で生きていけば



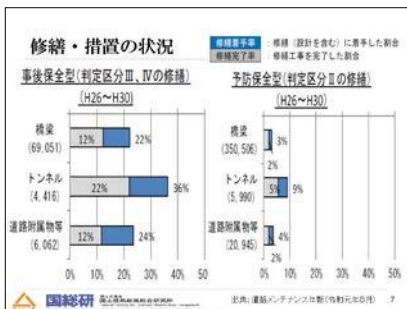
いいといえます。シーズから革新的な技術も十分あり得るのではないかなと感じたところ。そういう中で、今年、国交省で新しい技術を今検証中です。そこでは、従来型のニーズ型でケーブルの張力、それから支承周り、それから基礎の洗掘、あるいはトンネルの附属物、まさに困っている方に対して20の技術

そういう中で、今年、国交省で新しい技術を今検証中です。そこでは、従来型のニーズ型でケーブルの張力、それから支承周り、それから基礎の洗掘、あるいはトンネルの附属物、まさに困っている方に対して20の技術

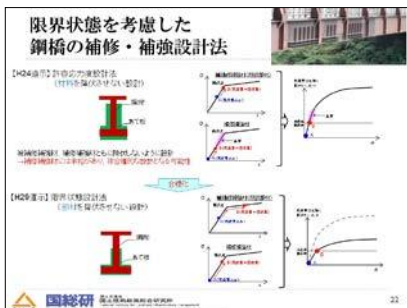


が提案され、その有効性を確認しています。一方、シーズマッチング型、ニーズに合っていないかもしれないけど、こんな新しいシー

ズがありますよという 27 技術が提案されて、これらについてどう使おうか今検討されているところです。こういうのも含めて、国交省の社整審の道路技術小委員会の中で年度内、3 月までには一応取りまとめて、カタログという形で公開していこうということで、今、進めています。これによって、点検の効率化が期待できます。



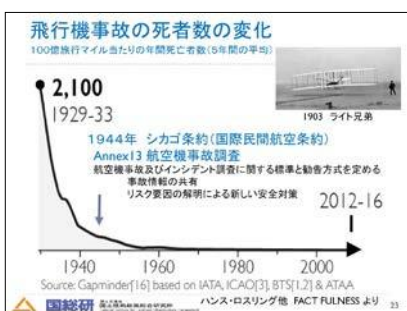
もう一つが、補修・補強です。点検で見つかった損傷に対して、どうやって直していくのかという補修・補強についての



技術基準はまだ策定されていません。新設の構造物用の技術基準、部分係数設計法を使って既設構造物に対しても合理的な補修補強のための設計基準を、今、精力的に取りまとめているところです。ちょっとこれも時間の関係でスキップさせていただきますけど、鋼橋においても塑性設計を考慮して、できるだけ合理的な構造ができる

のではないかとということ等も今チャレンジしています。

最後のスライドになりますけど、これは先日読んだ本で、「ファクトフルネス」という



本の中の 1 枚の図です。読まれ方もいらっしゃるかと思います。飛行機事故で死傷者がぐっと変化した、減少しているという部分です。飛行機、1903 年、初めてライト兄弟が飛行機を飛ばしていますが、その後、急速に進歩しています。その後すぐに旅客機等がどんどん飛んでいるんですけど、初期のころは危なくて乗れたもの

ではないという時代だったそうですが、急速に減少してございます。その理由として、1944年、シカゴ条約という中で、航空機事故調査のルールが決まりまして、航空機事故、あるいは重大インシデントとかについて、調査の共通ルールを設けまして、それを公開して、みんなで共有して技術開発を促していこうと、安全対策をやっていこうとされています。これによって、急激に技術が進歩して、死者数が減ったということが本で紹介されておりました。これは本当かなと思って、インターネットでいろいろ調べますと、違う資料がありました。これも同様でして、これは年間の飛行機の落下件数、減少の件数でございます。ミリオンですから100万かな、100万フライト中に何機落ちたかという部分が、急速に減少しています。これはエアバスさんのページです。何故減少したかといいますと、機械がどんどん進歩しているようでして、第一世代、第二世代、第三世代、第四世代、世



代がどんどんどんどん変わるに従いまして、これだけ技術開発とともに事故率が下がっているということだそうです。私たちインフラ関係でございますけど、ぜひ新しい技術を使いながら、あるいは、これは小学校の4年生がつくった橋でございますけど、新しい技術、若い発想もとり入れながら、ぜひインフラの維持管理に向けてイ

ノベーションを進めていきたいと思っております。

ぜひ御意見等がございましたら、私のほうのメールアドレス、お手元にも配ってございますけど、御意見をいただければと思います。予定の時間がまいりましたので、終わらせていただきます。どうもありがとうございました。