

第 29 回 西海防セミナー

脱 インフラ 老朽化

～良いものを造り、みんなを守る～

開催日：令和 7 年 1 月 15 日

場 所：ホテルニューオータニ博多 3 階 芙蓉の間 華

講 師：日本大学 工学部 大学院担当

工学研究所長 兼 ロハス工学センター長

土木工学科教授

博士（工学） 岩城 一郎氏



講師略歴等

- ・ 1988 年 東北大学大学院修士課程修了
- 同 年 首都高速道路公団
- 1996 年 東北大学
- 2005 年 日本大学
- ・ 土木学会 元土木学会誌編集委員会委員長、
現インフラメンテナンス総合委員会アクティビティ部会部会長、
コンクリート委員会常任委員など
- ・ 専 門 コンクリート工学、インフラメンテナンス工学

○司会

皆様、予定の時刻となりましたので、これから、第 29 回西海防セミナーを開催させていただきますと思います。

本日はお忙しい中、第29回西海防セミナーにお越しいただきありがとうございます。開催に当たり、当協会会長、佐藤元洋よりご挨拶申し上げます。

○西部海難防止協会会長

皆様、こんにちは。会長の佐藤でございます。

高いところから失礼いたします。皆様方には、平素より当協会の事業に対し、ご支援、ご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。また、本日は、お忙しい中、しかも、寒い中、第29回西海防セミナーに多数の方々のご参加をいただき、感謝申し上げます。

さて、現在では、道路を含めた建造物にコンクリートが多く用いられていますけれども、歴史を遡ってみますと、イスラエルにおいて9,000年前のコンクリート版が、そして、中国では5,000年前の遺跡から劣化していないコンクリートの床が見つまっているなど、多くの遺跡から、それらしいものが見つまっているという記事を読んだことがあります。大昔からコンクリートが用いられていたということで、当時の文明が、人々の知恵と申しますか、すごいなと思って驚かされている次第です。

話は変わりますが、昨年のテレビ放送で、ローマ帝国の隆盛と崩壊といった内容の番組がありました。全ての道はローマに通ずるという言葉がありますが、街道や上水道の整備など、インフラ技術の高さが帝国の領土拡大に寄与していました。そこで、ローマのマッジョーレ門に着目してみますと、この施設は都市に水を供給する要所なのですが、維持管理が後回しにされて修復ができなくなったということで、人口減少や都市機能の低下を引き起こし、帝国崩壊の一因になったということでした。

さて、この度の講演は「脱インフラ老朽化 ～良いものを造り、みんなで守る～」と題しまして、我が国のインフラの現状や、新設コンクリート革命といった内容だと伺っております。

本日、講師としてお招きした岩城一郎様は、現在、日本大学の工学部工学研究所所長をお務めになり、土木工学科の教授でもいらっしゃいます。1988年に東北大学大学院を修了された後、1996年3月まで首都高速道路公団に勤務されておりました。そして、同年東北大学を経て2005年から土木学会紙編集委員会委員長やインフラメンテナンス総合委員会アクティビティ部会部会長などを歴任されています。

したがって、コンクリート建造物の耐久性向上といった分野における貴重なお話をいただけるものと思っている次第です。

ご拝聴のほどお願い申し上げます。甚だ簡単ではございますが、セミナー開催に当たっての私のご挨拶とさせていただきます。

○司会

ありがとうございました。

それでは、講演に移らせていただきます。

只今、会長からご紹介がありましたように、本日は、「脱インフラ老朽化 ～良いものを造り、みんなで守る～」と題しまして、日本大学工学部の工学研究所所長、また、土木工学科教授でいらっ



しやる岩城一郎様を講師としてお迎えいたしました。

ここで、岩城様の経歴をご紹介させていただきます。

岩城様は、1961年6月のお生まれで、東京のご出身でございます。会長の挨拶と重複する部分がありますけれども、お許しいただければと思います。1988年、東北大学大学院を修了され、1996年、東北大学を経て、2005年から日本大学に勤務されています。

主な研究テーマとしましては、コンクリート構造物の耐久性向上、橋をはじめとするインフラの長寿命化と伺っております。過疎化が進む地方の橋と都市部の橋を同じように維持管理することは効率的ではなく、地方における新たな橋梁の点検手法として、その一端を地域住民の方に担っていただき、市民との協働による、地方インフラの長寿命化に向けた取り組みを推進されているとお聞きしております。

それでは、岩城様、よろしくお願いいたします。

◎講師

只今ご紹介いただきました、日本大学の岩城でございます。よろしくお願いいたします。

西海防のセミナーと言うことで、コンクリートの話をしてくださいという話をいただきまして、「さて、西海防と言う組織と言うか、西海防の方々とコンクリートが、どこに接点があるのかな。」と不思議に思いながらも、先ほど少しお茶を飲みながら話をさせていただいたんですが、色々なテーマについて専門家の話を聞き、研鑽の機会にしたいというお話を伺いました。

それで少し気が楽になったわけですが、今日お越しの皆さんがコンクリート或いは土木の専門家ではないということも伺っておりますので、できるだけ分かりやすく、お話をさせていただきたいと思っております。

ただ、その中でもちょっと理解が難しそうだなというものについては、壇上から皆さんの表情を見ていると大体わかりますので、その時には、ちょっと難しそうな話はスキップしながら、楽しんでいただけるような内容を中心に、これから80分ぐらいでしょうか、大体、5時50分ぐらいまでですね、おつき合いいただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。


** 講演タイトル **

タイトルを「脱インフラ老朽化」というふうに付けさせていただきました。



岩城講師


西海防セミナー



脱インフラ老朽化
～良いものを造り、みんなで守る～

2025年1月15日

日本大学工学部工学研究所長
土木工学科教授
岩城一郎



ご承知のとおり、橋やトンネル、或いは、道路、それから、ダムとか、港湾施設とかですね、様々なインフラがございますが、その多くは高度経済成長期に造られておりまして、50年ぐらいして、だんだんと老朽化を迎えて来ています。

この問題をどうするかということで、この研究を数十年にわたり続けている中で、私が1つの答えとして行き着いたものが、ここに書いてありますように、「良いものを造り、みんなで守る」ということを、国民一人一人が当事者意識を持って、こういうことを国として進めているんだということをご理解いただくことが大事ではないか、或いは、「みんなで守る」という中には、先ほど司会の方からもご紹介いただきましたが、自分たちも、その担い手の1人となって「インフラを整備する」或いは「維持管理する」ということに携わっていただくことが、これからの時代は大事になってくるのではないかと思います、このようなタイトルをつけさせていただきました。

** 講演内容 **

本日の講演の内容ですが、最初に、我が国のインフラの現状について、今一度整理をしておきたいと思えます。

2つ目ですが、「新設コンクリート革命」と書いております。

これは、日経 BP から8年ほど前に出させていただいた書籍ですが、実は、東

日本大震災の後、復興を進めるに当たって大量のインフラを整備することになったんですが、その時、以前と同じように、例えば、高度経済成長期と同じような造り方をすると、また数十年で老朽化の問題を迎えてしまうので、どこかでこの状況を打開しなくてはならないということで、新しく造るコンクリートについては、長持ちするものを造ろうということを打ち出したというものです。

それを発端にして3つ目になりますけども、フライアッシュと呼ばれる産業副産物をうまく活用し、そこに膨張材と言う薬を入れることによって、長持ちできるということが分かったので、それをコンクリート構造物の色々なものに展開していこうという取り組みを進めています。

それが、最初はコンクリートの橋だったわけですがけれども、最近ではコンクリートの舗装にも適用している事例がございますので、その辺りのご紹介をさせていただきます。

ここまでの、「良いものを造る」というお話でございます。

4つ目のポツですがけれども、「ふくしま発 地域のインフラはみんなで守る！」ということで、本日、私、福島県の郡山市にキャンパスがございまして、そちらから来ているわけですが、福島の中で、先ほど司会の方からもご紹介がありましたように、地域のみみんなで地域のインフラを守って行こうという取り組みを、私も一緒になって進めておりますので、そのご紹介をさせていただこうと思えます。

次のポツは、これからのインフラメンテナンスです。今ある橋をどうやって長持ちさせるかということに関しては、単に地元の皆さんと一緒にやるということだけではなくて、最新のデジタル技

講演内容

- 我が国のインフラの現状
- 新設コンクリート革命（復興インフラの高耐久化と福島県内への展開）
- フライアッシュと膨張材を併用した連続鉄筋コンクリート舗装の開発と実装
- ふくしま発 地域のインフラはみんなで守る！
- インフラメンテナンス新技術の開発と実装（SIPの紹介）
- まとめ
- おわりに

術を駆使して、最先端の技術で進めていくべき問題でもあると思っております。

そのご紹介をさせていただいた後に「まとめ」と「おわりに」ということで締めさせていただきます。

**** 我が国のインフラの現状 ****

では、早速ですが、本題の方に移って参ります。

我が国のインフラの現状ということで、左の上の図ですね、こちら、よく紹介されているものですが、我が国のインフラは、こちらの棒グラフにありますように、1960年代、70年代に大量に整備されました。それが、今50年ぐらいいろってきているということになるわけです。

我が国のインフラの現状

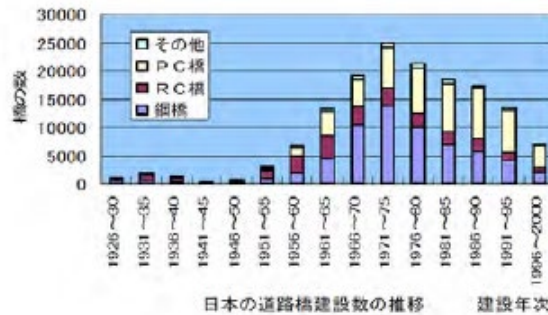


図 1.3.1 我が国の道路橋（橋長15m以上）の建設数の推移（国土交通白書）

- ・ 高度経済成長期に整備された橋の老朽化
- ・ 海外における相次ぐ落橋事故
- インフラの老朽化が社会問題



右の方に3枚、写真を並べておりますが、上から、一番上がモンテリオールでの落橋事故ですね、中段がアメリカのミネアポリスと言うところで起きた落橋事故で、一番下が5年ほど前に起こったイタリアのジェノヴァの落橋事故です。

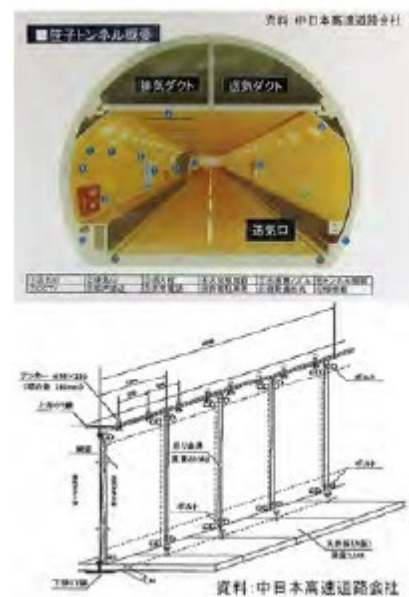
これらは、みんな先進国と呼ばれるところでの落橋事故なんですけれども、架けられた年代が大体50年前です。こういうふうに、欧米では、50年経った橋の落橋事故が相次ぎ、多くの方が亡くなっているという状況にあります。橋というものは、どうしても重力に逆らって成立している構造物ですから、我々も、いつか日本でも起きるのではないかとということで、その対策に力を入れていたわけです。

笹子トンネル天井板落下事故

**** 笹子トンネル天井板落下事故 ****

しかしながら、日本で起きたのは、橋ではなくて、トンネルだったわけです。これは2012年の12月に笹子トンネルで天井の落下事故が起きたというものです。

最初、私、左の新聞記事に、これ速報版なんですけれども、「中央道トンネル崩落」とありましたので、トンネルそのものが崩壊したの



かと思いました。

しかし、後から冷静になって見てみますと、そうではなくて、右の図面にあるように、笹子トンネルは非常に長いトンネルですので、下側が車道で、上側には車の排気ガスを吸い出してトンネルの外に送り出すための換気ダクトと言うのがあって、その車道と換気ダクトを間仕切りするための「天井板」と言うものが、トンネルの上側に吊り金具（アンカー）で止められています。その天井板が130メートルにわたりドミノ倒しのように落下して、多くの方が亡くなったという事故でございます。

このように、海外の橋梁の落橋事故を踏まえ、我々は橋梁に注視していたんですが、なかなか、技術者や研究者の力が及ばないところがあって、こういったところに、日本の問題というものが生じているということでございます。

** 東北地方の現状 **

私は、今日、東北から参りました。九州の方々が、そのような遠い所に頻繁に行くようなことはないと思いませんし、しかも、九州と東北では気候条件なども全く違います。せっかくの機会ですので、東北地方ではどんな問題が起きているのかということをご紹介したいと思います。

右側の鳥瞰図にお示しているように、東北地方というのは、このように非常

に緑が豊かな、自然に恵まれた地方ということが言えますが、逆に言いますと、非常に急峻な地形で平地がほとんどないということがお分かりいただけるかと思えます。東北地方全域が、ほぼ積雪寒冷地でございますし、南を除き、三方が海に囲まれております。

こういう気象条件で、コンクリートというものを対象にすると、どういう問題があるかということ、1つは、日本海沿岸の塩害橋、塩の害、塩害という問題です。

それから、凍害という問題ですね。コンクリート中の水分が凍ることによって劣化が生じる問題。最後が、凍結防止剤を路面に大量に撒くことによる劣化という問題です。

これらが非常に顕在化していて、おそらく、九州地方のコンクリート構造物に比べて東北地方の方が、劣化が進行しているというふうに考えられるかと思えます。

** 日本海沿岸の塩害橋 **

この辺りの話を少しご説明していきたいと思えます。

まず、「日本海沿岸の塩害橋」という問題です。これは地図をずっとフォーカスしているので分かりにくいと思いますが、山形に庄内地方と言う所があります。そこの鶴岡市の中に、この地図で

東北地方の現状

- 豊かな自然，急峻な地形，積雪寒冷地，太平洋&日本海
- 日本海沿岸の塩害
- 凍害によるスケーリング
- 凍結防止剤の作用による劣化



- 東北地方におけるコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会（委員長：三浦尚東北大学名誉教授）→東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)の策定（2009）

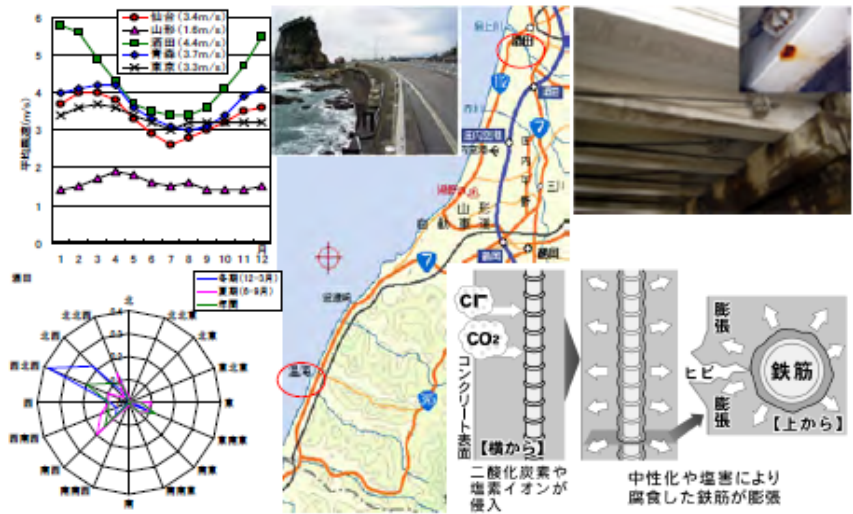
http://www.thr.mlit.go.jp/tougi/choshi/con_guide.html



見ていただくと下の方になるんですけども、温海（あつみ）地区と言うところがあります。

写真にもありますが、こ
こは、国道7号が、海沿い
に、本当にへばりつくよう
に道がございます。夏は非
常に快適なドライブができ
るんですけども、冬になり
ますと、過去に「酒田の大
火」（注：昭和51年10月
29日発生）と言う大きな災
害が起こったように、この
地域は、ものすごく風が強
い所ございまして、北西
からすごい風がひっきりな
しに吹きつけます。

日本海沿岸の塩害橋



そうすると、この地図上で北西という、海から陸に向かって風が吹いてきますので、海水が構造物に直接降り注ぐぐらいの勢いでバシャバシャと降り注いで来るといことです。そうすると、海水は塩水ですから、コンクリート内部に海水が入り込んでくると、内部の鋼材を錆びさせるという問題が生じます。それによって、この国道7号に架けられた15橋ぐらいが、わずか30年ぐらいでボロボロになってしまっていて、全て架け替えを余儀なくされてしまったという問題があります。

今ここに架かっている橋は2代目の橋なのですが、我々は、大学の研究として、その橋が健全に保たれているかどうかということ、ずっと検証しています。

** 凍害 **

次が「凍害」という問題です。凍害というのは、寒い所で氷点下以下になるとコンクリート中の水分が凍ることによって引き起こされるものです。

水分が凍ると、すなわち、水から氷に相変化すると、体積が約9%膨張します。凍害は、コンクリート中の水が氷になって膨張圧が発生し、それが何回も繰り返されることによって、コンクリートがボロボロになって行く現象です。

凍害



庄谷，月永：コンクリート工学，Vol.42，No.12，pp.3-8，2004.

では、凍害は何処で問題になるかというと、やはり北海道になるわけです。特に北海道の十勝地

方とか、大雪山系とか。あの辺りの内陸地方はものすごく気温が冷えます。この図は凍害危険度のマップを示しておりますけれども、凍害危険度5という、日本で一番厳しい凍害環境が北海道にあるということなんです。

右の上の図は、東北の盛岡の辺りを少しフォーカスしています。盛岡から宮古に繋がる地区で、区界（くざかい）と言う場所があるんですが、そこが、本州では唯一、凍害危険度5とされているところです。

今ちょうど、そこに自動車専用道路を架けたところなんですけど、そういった所は、本州の中でも凍害が非常に厳しい所だと考えられています。

** 凍結防止剤散布による劣化 **

我々が、インフラ或いはコンクリート構造物の劣化問題で一番重要視しているのが、この「凍結防止剤散布による劣化」というものでございます。

凍結防止剤は、昔からずっと撒き続けられているわけではなくて、1990年代の初頭にスパイクタイヤが禁止になって以降、大量に撒かれるようになったということです。

先ほど、構造物というの

は、高度経済成長期、1960年代、70年代に造られたものが多いという話をしましたが、当時、橋の上に、或いは、道路の上に塩を撒くなんてことは考えていなかったわけです。そこに、急に、1990年代になって、大量の塩が撒かれるようになったということです。

塩というのは、色々な形でコンクリートに悪さをしまして、1つは先ほどの凍害がより促進されるという問題があります。

それから、塩の成分は塩化ナトリウムですね。化学式で書くとNaClと言う物質なんですけれども、そのナトリウムがコンクリート中の骨材（注：コンクリートの主成分の一つで、砂や砂利、碎石などの粒状材料のことを指す。骨材はコンクリートの体積の60～80%を占める。）と反応して、アルカリシリカ反応と言う骨材がブクブク膨らんでしまう劣化を引き起こすということ、また、塩が入ることにより塩害（注：前述。コンクリート内部の鋼材を錆びさせる害）も促進されるという問題があります。

さらに、問題なのは、コンクリートの橋には「床版」と呼ばれる薄いコンクリートの板がありまして、その上に舗装をかけて車がバンバン走ることになるんですけども、車が何台も、何度も何度も通ることによって、その非常に薄い床版が、疲労という作用、繰り返し作用を受けるわけです。そうすると、「凍害」と「アルカリシリカ反応」と「塩害」と「疲労」という4つの劣化を複合して起こしてしまう。人間で言うところの、合併症のようなことを引き起こす。それによって、著しく

凍結防止剤散布による劣化



三浦尚：コンクリート工学, Vol.38, No.6, pp.3-8, 2000.

- 1991年スパイクタイヤの規制：凍結防止剤（主にNaCl）の散布量急増（規制前の約10倍）
- JCI「融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会（1999年）」（三浦尚委員長）
- 劣化の特徴
 - コンクリート表面の激しいスケールリングとして現れる**凍害**
 - **アルカリシリカ反応**の促進
 - コンクリート中の鋼材の急速な腐食（**塩害**）
 - **交通荷重による疲労**

↓
本格散布から30年しか経っておらず
今後急速に深刻化する恐れがある！

早期に劣化してしまうという問題があります。

** 凍結防止剤による劣化事例 **

凍結防止剤の散布は、本格的に散布されるようになってから、まだ30年ぐらしか経っておりませんので、これから、より深刻な問題になって行くだろうということが予想されます。

こちらは、実際に東北地方で凍結防止剤によって劣化した事例でございます。

左の写真を見ていただきますと、桁の端から橋台（注：橋梁の両端にあって



上部構造を支える台)のこの隙間、ジョイントと呼ばれているところから、塩水がどんどん降りてくると、見ていただくようにコンクリートが削られてしまいます。また、これは凍害によるスケーリング（注：コンクリートの表面が薄く剥がれ落ちたり、剥落したりする現象）です。あと、内部の鋼材が塩害によって錆びてしまっています。こういうボロボロなものが、東北地方の各地にあります。

それから、右上の写真は橋脚です。平面線形が曲線になっていますので、橋脚の天端（注：最頂部）がこう傾いています。そうすると、その桁と桁の間から塩水が降りてきて、それから低いところに流れていきますと、橋脚の左の端の所ですね、あそこに塩水がたまって、ボロボロになってしまいます。

右下の写真は、床版を下から写したものですけれども、この状態で、床版は完全に塩漬けになってしまっています。

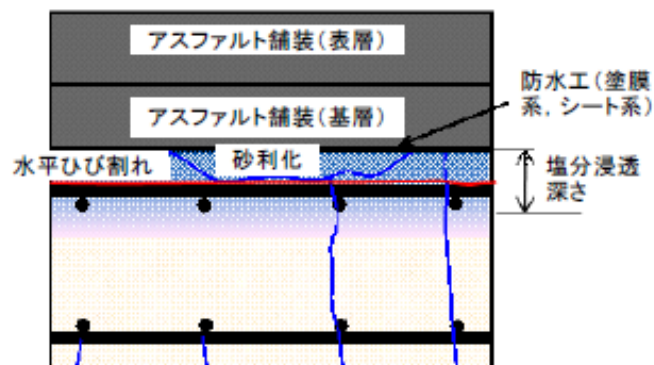
凍結防止剤によるRC床版の劣化機構



** 凍結防止剤による

RC床版の劣化機構 **

これを切り出してみると、床版を横から見たところですが、上側の鉄筋のところに水平にひび割れが入ってしまっています。その上がぐちゃぐちゃになっていますが、これを



「砂利化」と呼んでいて、このように、床版の上側の鉄筋から上の「かぶり」と呼ばれるところがグズグズになってしまう。

こういう状態になってしまうと、いくら舗装を打ち替えたとしても、全く床版として機能しないという問題になってしまいます。このようなことから、今、NEXCO、高速道路会社は、大規模更新と称して、床版の取替工事をひっきりなしに行っているという現状にあります。

このように、東北地方においてはコンクリート構造物が数十年で劣化してしまっています。中には、30年ぐらいで架け替えを余儀なくされているようなものが、大量に発生しているという状況にあります。

** 復興道路と復興支援道路の概要 **

そういう状況がわかっている最中、2011年の3月11日に東日本大震災が発生しました。当時、実は、地震による被害はそれほど大きくなかったんですが、ご承知のとおり、津波によって壊滅的な被害を受けたということと、原子力発電所の事故が発生したということになるわけです。

2011年に発災したわけですが、2013年ぐらいから、津波によって被災した地域に、新たに、しっかりと

した復興に資するような道路ネットワークを構築しようということになりました。

先にこちらの図をお示ししますが、三陸という、津波で一番被害を受けたところがありますが、震災当時、そこに三陸沿岸道路と言うものを少しずつ造っていました。

しかし、予算がしっかりとつかずに、10キロ高速道路を走っては10キロ下道（したみち）に下ろされ、また10キロ走ったら10キロ下道に下ろされというように、本当に歯が抜けたような状態で、何とか仙台から八戸まで繋がっているというような状況だったわけです。

そういったことと、この震災でも分かったんですけども、このエリアは、内陸から沿岸に抜ける、きちっとした道路がないということです。それが、今回、震災以降の物流などに対しても非常にネックになったということがありますので、例えば、盛岡と宮古、それから、花巻と釜石、そして、福島県の福島市と相馬という、内陸と海岸を結ぶ道路をしっかりと整備しようという事業を進めようということになったわけです。

その時に、私や、周りの仲間の研究者たちが思ったのは、このまま大規模な道路事業が進められる中で、また同じような作り方で同じものを作っていたら、結局、高度経済成長期に造られたものと同じように数十年でボロボロになる構造物ができてしまうので、それを避けなければいけないということです。



当時、今から 12 年前ですから、私も若い方だったと思いますが、このままではいけないということで、東北地方整備局の局長のところに直談判に行きました。

** 復興から始まる新しい日本の創造 **

その時に何を申し上げたかと言うと、「高度経済成長期よりも迅速に！ 阪神淡路大震災よりも広域に！ ひと・もの・かねの制約下での復興インフラの長寿命化」を何とか果たしませんかというお話をしたわけです。

すなわち、高度経済成長期は 1960 年代から 70 年代、20 年ぐらいにわたって急速にインフラが整備されたわけですが、この復興事業は 10 年と限定されてるわけですね。だから、より迅速に行わなくちゃいけないということを申し上げました。

また、阪神淡路大震災からちょうど 30 年を迎えますけれども、あの時、神戸市内では大きな被害が生じたものの、被害を受けたエリアとしては非常に限定的だったわけですね。それに対して、東日本大震災は、本当に青森から関東地方にかけて非常に広域に被害が生じたということです。そして、今、人も物も金も非常に制限されていますが、そういう中でも、やはり、これから造る復興インフラは長持ちさせないといけないのではないのでしょうかということを申し上げました。

とは言え、そういう絵だけを語っても、全然、信憑性がございません。そのために何をするかと言うと、我々の中では既存のシステムなんですけど、山口県で良いものを作るための施工システムと言うのがかなりキチッとでき上がってきて参りましたので、そういったものを導入しませんかということと、これまでの枠にとらわれていると良いものはできないので、新しい技術を導入して、その技術を更にパッケージとして使うことによって、長持ちするものを造りませんかということを提案させていただきました。

それを、この復興道路（三陸沿岸道路）と復興支援道路で展開しようというプロジェクトでございいます。

** 山口県の品質確保システムの復興道路への応用と波及効果 **

山口県でどんなことがなされているかということのご紹介をしたいと思いますけど、至ってシンプルなんです。ちょっと、図が小さくて申し訳ないんですが、インターネットで「山口県」、「ひび割れ」とか「品質確保システム」と言うキーワードを入れていただくと、このサイトにたどり着くことができますので、ご興味のある方は、是非、ご覧いただければと思います。

何をしているかと言うと、山口県では、1 枚の A 4 のチェックシート、これを活用しています。

復興から始まる新しい日本の創造
～復興インフラの長寿命化を目指して～

高度経済成長期よりも **迅速に**！ 阪神淡路大震災よりも **広域に**！ ひと・もの・かねの制約下での **復興インフラの長寿命化**

具体策

- 既存のシステム（山口県における **施工状況把握**） & **品質評価**システムの融合による **建造物の品質／性能確保**
- 既存の枠にとらわれない **新技術の導入**及び **技術の統合・総合化**（**パラダイムシフト**）

その1枚のA4のチェックシートがあるだけで、良いものができるんだという夢のような話をするわけですね。

それはどういうことかと言いますと、A4のチェックシートの中には、コンクリートを施工するときの重要な項目が27項目あります。その27項目、例えば、型枠を予め湿らせておくとか、或いは、コンクリートを打つときには、どのぐらいの間隔で、どのぐらいパイプレータを挿入して施工するとか、色々なものが27項目あるわけですが、これは全部、土木学会のコンクリート標準示方書の施工編から抜粋したような重要項目です。それをどうするかと言いますと、施工者と管理者が1枚ずつ、そのチェックシートを持って作業に当たるということです。

そうすると、例えば、管理者が、現場監督に行き来と言われても、「俺、コンクリートのことは知らないよ。」みたいな感じだと、何をどう管理したら良いか、監督したら良いか分からないんですね。だけど、このチェックシートがあれば、チェックシートに従って、それができているかどうかということをチェックしていける。つまり、コンクリートの施工上の肝みたいなことが、コンクリートの専門家でなくても分かって、それをチェックしていけるわけです。また、施工側は何を

チェックされているかということがあらかじめ分かりますので、それをしっかりと意識しながら施工を進めることができるということです。

大事なことは、仮に、施工者が工事の途中でチェックシートから外れるような行為を行ったとしても、工事を絶対に止めてはいけないということです。コンクリートというものは途中で工事を中断することによって不具合が生じますので、とにかく、その日1日の作業をしっかりと終わらせる。

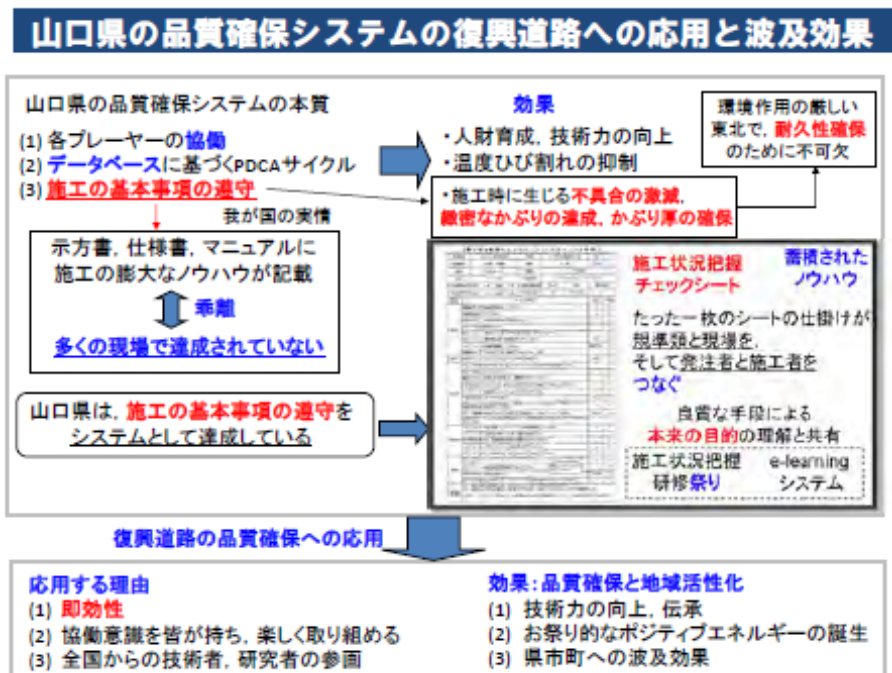
その後に、施工者と管理者の両方がチェックシートを突き合わせながら、「今日はここが良かったけど、ここは駄目だったよ。」と言うように振り返ることによって、「じゃあ、次はこうしよう。」という、正にPDCAのサイクルが回って行きます。だから、最初、ちょっと品質が悪くても、後から、どんどん、どんどん良くなっていくという、そういう仕組みなんですね。

これを、山口県ではずっと継続してやっていることによって、非常に出来栄の良い構造物がたくさん出来ているということです。これを、東北の復興にも取り入れましょうということを提案しました。

** 復興コンクリートの品質確保に向けたパラダイムシフト **

それから、もう1つは、もっと根本的な問題でございます。

復興を進めようと思ったときに、どういう問題が生じたかと言いますと、良質な骨材、特に砂が



圧倒的に足りないという問題に出くわしました。

コンクリートというのは、水とセメントと砂と砂利、あと、混和材料を使って作るわけですが、その肝となる砂が圧倒的に不足していたということです。ただ、復興はどんどん進めなくてはならないので、色々な所から砂をかき集めて施工に当たったわけです。場合によっては、海外から輸入して、砂を確保したこともあります。

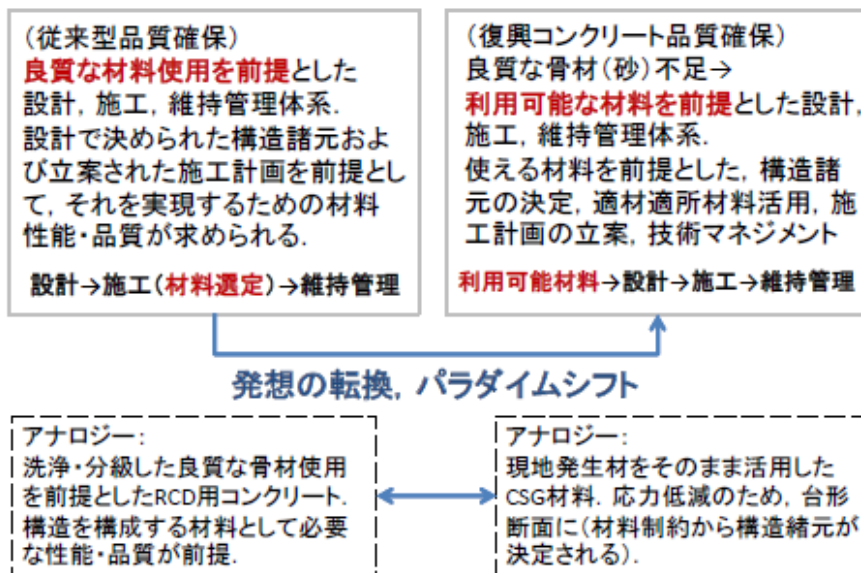
そうすると、生コンのプロの人達であれば、普段使い慣れている砂だったら、こういう配合でやれば良いコンクリートができるということが分かるんですけれど、

その日ごとに全然ロットの違う砂を使わなければならなくなり、非常に困ることになります。

そんな時、私どもの研究仲間でダムの研究をずっとしていた人がおりまして、その人の話では、ダムには、本来、洗浄・分級した良質な骨材を使うことを前提とした、RCD^{注1}用のコンクリートが使われてきたのですが、最近では、工事現場や予定地の近くに良質な骨材がなくなってきたということもあって、現地の発生材をそのまま活用した、CSG^{注2}材料というものを使うようになったということです。

しかし、材料が悪くても、形状を工夫したり、他の技術を使ったりして性能をきちんと確保しているということであり、それと同じように、本来であれば、材料全てが合格点のものを使って、でき上がったものも合格ということが理想的な姿なんですけど、仮に、砂が合格点に満たないようなものであっても、他の技術でカバーして、構造物全体の性能としてはOK というものを造ろうということになったわけです。

復興コンクリートの品質確保に向けたパラダイムシフト



注1) RCD 工法 (Roller Compacted Dam-concrete Method)

コンクリートダムの合理化施工法として我が国で開発されたもの。セメントの量を少なくした超硬練りのコンクリートをブルドーザーで敷均し、振動ローラーで締め固める。

注2) CSG (Cemented Sand and Gravel)

セメントで固めた砂礫 (砂と小石)。現地付近の山などで比較的容易に採取できる砂礫に水とセメントを混合した材料。

** パラダイムシフトを実現するための複眼的工夫（素案） **

その時に、新しい技術をどうやって導入するかというところで、ここに書いてあるように、当時、ほとんど使われていなかったフライアッシュ（注：微粉炭を燃焼した際に発生する石炭灰のうち、集塵器で採取された灰（球状の微粒子））と呼ばれている石炭火力発電所から排出される副産物を上手く使ってあげようとか、これもあまり使っていなかった膨張材と言う薬を使うことによって、ひび割れを制御

してあげようとか、凍結防止剤が散布されると鋼材がどうしても錆びやすいので、エポキシ樹脂塗装鉄筋と言う、鋼材の表面に樹脂塗装したような鉄筋を使ってあげようとか、コンクリート中の空気量を普通よりもちょっと高くして、凍害に対する抵抗性を高めてあげようとか、施工上も色々と工夫し、色々な技術を導入することによって、先ほどの、砂の品質があまり良くないというようなことをカバーしました。

そのようなことを行って、構造物としての性能を担保しましょうということをやったわけです。

** 日経コンストラクションの記事より **

このような取り組みについて取材を受け、2014年の日経コンストラクションに「新設コンクリート革命」という形で特集が組まれました。

下の方に顔写真が色々並んでいますが、国交省の役人の方であったり、山口県の方であったり、私をはじめとする大学の研究者が、みんな一丸となって、この復興インフラを長持ちさせるための取り組みを進めて行ったということです。

その中で、主役は、この写真の真ん中にいる人です。佐藤和徳さんという方で、国土交通省東北

パラダイムシフトを実現するための複眼的工夫（素案）

利用可能材料→設計→施工→維持管理という流れを前提とした各段階での工夫と、技術マネジメントが必要不可欠

- 材料上の工夫：**フライアッシュ**、膨張材、防錆鉄筋等の有効利用など
- 配合上の工夫：施工・耐久性能確保を狙った配合設計（**水結合材比の低減**、十分なエントレインドエア導入）など
- 設計上の工夫：構造部材の性能に応じた材料の適材適所活用、かぶりの十分な確保など
- 施工上の工夫：**十分な養生期間の確保**、品質向上をはかる**新しい養生技術の開発**など
- 技術マネジメント上の工夫：JIS外品を活用する戦略、NETIS登録、材料品質DB、構造物初期データ保存、追跡調査を含めた品質・性能保証、**性能評価型設計施工システムのフル活用**など。

日経コンストラクションの記事より



地方整備局の南三陸国道工事事務所の所長を務めた方なのですが、この方が復興道路工事の陣頭指揮をとったわけです。

彼と私は旧知の仲でして、私が今お話ししたようなことを説明したのですが、彼に「あなたの言うことは分からなくはないけれども、例えば、フライアッシュを使ったり、膨張材を使ったりしたコンクリートを使うことによって、本当に長持ちするかどうかを証明して下さい。」と言われました。

一般に、コンクリートの耐久性試験というと、普通は、だいたい直径 10 センチ、高さ 20 センチぐらいの供試体を作ったり、10 センチ×10 センチの正方形で長さが 40 センチぐらいの供試体を作ったりして、供試体レベルで色々な試験を行って、「こういう配合だったら、これだけ長持ちしますよ。」というようなことを証明するんですが、その時、「私はそれだけでは信じません。やるなら、ちゃんと実物大のものを作って、それで証明してください。」と言われました。

** ロハスの橋プロジェクト **

そこで、私どもが行ったのが、「ロハスの橋プロジェクト」です。大学の構内に実際の橋を造りまして、そこで、色々な種類の材料や配合を変えたもので比較試験を行いました。

その中で、我々が提案しているものは「従来の物に比べひび割れも出ないし、耐久性もいいですよ。」ということを証明しましょうということで、このプロジェクトが始まりました。

見ていただきますと、橋が右と左で2つあります。一般的な橋というのは、写真の緑色で示したような鋼製の桁の上に、コンクリートの床版が載っているという構造なんですね。

実際には、この鋼製の桁は5本ぐらいあります。5主桁と言う、5本の主桁があって、その上に、1枚の薄いコンクリート床版が載っているというのが一般的な橋の上部構造なのですが、研究目的であれば、別に、5本の主桁を並べてその上に床版を作る必要はありません。

2本の主桁の上に床版を載せれば、それが実物大の構造物とみなされます。つまり、構造物の一部を切り出したものということになります。実物大ということに関しては嘘ではありません。そこだけを切り出して実験をしたということです。

2つの主桁の上に、3種類ずつ合計6種類の色々な材料、配合を変えたコンクリートを施工し、そこでいろんな研究を行いました。

ロハスの橋プロジェクト



実物大モデルにより、ロハスの橋（丈夫で長持ちする橋）を実現するプロジェクト：タイプの異なる6種類のRC床版を作製
→1年間にわたる実測データを収集→各種耐久性試験を実施
→マルチスケール解析により100年先の耐久性を予測

** 実物モデルを用いた計測&実験 **

そのスキームですけれども、見ていただきますように、まず1年間、日本は春夏秋冬の四季がありますので、造った後の1年の間に、コンクリートがどんな挙動を示すかということをしつかりと研究し、1年経った後にコア（注：コンクリートコア。実際のコンクリート構造物から抜き取った供試体）をいっぱい取り出しまして、それを色々な耐久性試験にかけるということを行いました。

そうすると、「たった1年ですか。」というふうに言われるんですね。これには我々としてもロジックがありまして、どういうことをやったかといいますと、1年間、郡山のキャンパス内に置いた構造物から色々な情報を取り出します。それを、図の左側、私ども日大の学生が1年間しっかりと研究することなんです。

これは東京大学と日本大学の共同研究でやりました。図の右側は何かと言うと、コンピューター解析です。東京大学ではコンピューターシミュレーションによって長期耐久性の確保ができるかどうかというコンピューター解析ができるんですね。

そうすると、左の実験データを、右のコンピュータープログラムの中の入力値にして、このコンクリートだったらどのぐらい長持ちするか、このコンクリートではどうか、というようなことがシミュレーションできるので、その1年間の結果を入力値にして1年間でどうなるかということシミュレーション（再現解析）して、シミュレーションによる予測値（図の右側）と実測値（図の左側）とがピッタリと当てはまれば、それを100年間にわたって解析することによって、100年先の耐久性を評価することができるという研究手法なんです。

それが上手くいくと、別に郡山でなくても、ここ福岡でも、札幌でも、環境条件を変えるだけでシミュレーションができるので、このような手法を使って、各床版がどのぐらい長持ちするかということの評価しました。それを先ほどの佐藤さんにお見せしたということです。

実物モデルを用いた計測&実験



**** ラボ（病理）レベルから現場（臨床）レベルへ ****

その結果、分かったことは何かと言いますと、右の上はそのスキームを示していますが、先ほど申し上げたように、凍結防止剤散布下におけるコンクリートというのは、凍害があり、塩害があり、アルカリシリカ反応があり、さらに疲労があるという4つの複合劣化を受けるわけです。

それに対して、凍害はこの対策で対応します、塩害はこの対策で対応します、アルカリシリカ反応はこの

対策で対応します、疲労はこの対策で対応しますというように、一対一で対応したとしたら、ある対策が、もし上手くいかなくなると、そこから堰を切ったように劣化が進行してしまうんですね。



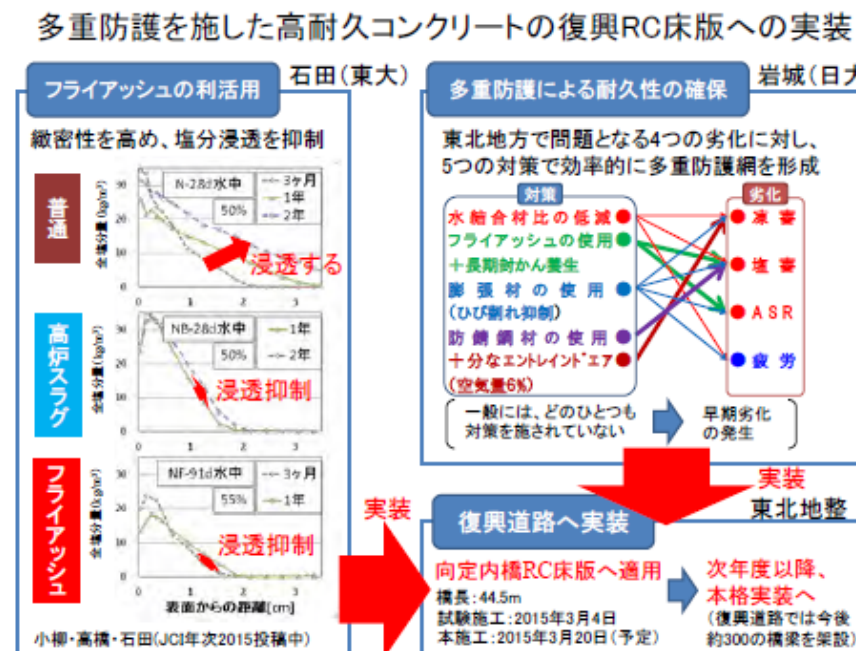
**** 多重防護を施した高耐久コンクリートの復興 RC 床版への実装 ****

私たちは、それはまずいということで、この図のように、1つの劣化に対して2つ以上の対策を網目状に施すことによって、このような複合劣化から構造物を守ろうという発想を行いました。

私たちは、これを「多重防護網」と呼んでいるんですが、こうすることによって複合劣化を抑えることができるのではないかということで、先ほどのシミュレーションで、100年間、しっかりと

とした耐久性を確保できるということを示し、それを佐藤所長のところに持って行ったところ、「よし分かった。やりましょう。」ということになったわけです。

今言ったような、フライアッシュを使ったり、膨張材と言う薬を使ったり、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使ったり、施工上も色々な工夫をすることによって、高耐久なコンクリート床版というものが、日本で初めて施工されました。



長さが 40 メートルの、コンクリートの床版の工事としてはどうと云うことのない大きさのものなんですけれども、ここに、日本で初めて、高耐久なコンクリート床版の施工が行われたということです。

**** 高耐久 RC 床版実現へのチャレンジ ****

見ていただきますと、この青く見えているものは、全部エポキシ樹脂塗装鉄筋と言う鉄筋に表面加工したものです。ここに、フライアッシュコンクリートを打ちました。

こういうことをすると、「そういうことをすると、建設費が高くなるんですよ。」と言われます。「いや、それは高くなりますよ。」と答えるしかないんですね。

高耐久RC床版実現へのチャレンジ

榑原、工藤、田中、子田、石田、岩城:フライアッシュコンクリートを用いた高耐久床版の施工、橋梁と基礎、9月号掲載予定
 釜石道路・向定内橋梁の施工、2015年3月





Outline	
Type	Steel girder bridge
Span	43.5m
Length	44.5m
Width	12.78m



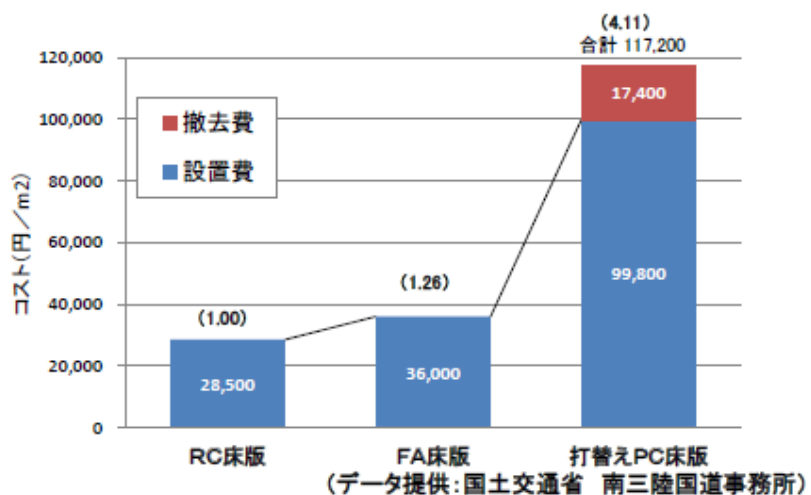
現場試験
(4th-March, 2015)

**** FA 床版のコスト (直接工事費比較) ****

それを東北地方整備局の方で試算していただいたんですけども、左側が普通に造った場合の RC 床版 (注: Reinforced Concrete (鉄筋コンクリート) 製の床版) です。これを、我々が提案したような多重防護網を機能させるような高耐久な床版、フライアッシュを使った FA 床版にすると、初期の建設コストは 26%ぐらい高くなります。

じゃあ、26%というのが良いのか悪いのかということになるわけなんですけれども、右側のグラフをご覧ください。これは、普通の RC 床版を造った結果、30 年経って、先ほどお話しした複合劣化により「抜け落ち」と言うコンクリート床版に穴が空く損傷が生じて、急いでその修復工事を行なうとき、交通規制をしながら工事を行うと、どのようなことが起きるかということを示したものです。

FA 床版のコスト (直接工事費比較)



注1) RC床版は通常仕様、FA床版とはエポキシ樹脂鉄筋、コンクリートはフライアッシュ、膨張剤入り。
 注2) 床版のコストは直接工事費である。
 注3) 設置費には、型枠、鉄筋、コンクリート、足場が含まれる。打替えPC床版の設置費は、PC床版、閉鎖めコン、鉄筋、型枠、足場が含まれる。
 注4) 撤去費には、既設床版撤去が含まれる。(舗装撤去や地盤・高欄、照明灯、伸縮装置等付属物の撤去費は含まれない。また、交通規制に伴う交通誘導員も含まれない。)

損傷部分の撤去だけで赤い部分ですね。それから、交通規制をしながら作業を行うので、プレキャスト床版（注：工場であらかじめ製造した床版）で新しく造り替えるのに青い棒ぐらいのお金がかかります。

つまり、1のお金で造ったものを、30年しか経たないのに4倍のお金をかけて更新しなくてはならないということになるわけです。

これに対して、26%の費用をかけながらも、FA床版が50年、100年確実に持つということになれば、ライフサイクルコストという話になるわけですが、明らかにこちらの方が合理的であろうということがきちっと説明できるということで、これで東北地方整備局の中でも説明をしても良かったということです。

** 高耐久床版の試行工事 **

ということで、この復興の現場で、様々な高耐久な構造物ができ上がりました。

高耐久床版の試行工事

フライアッシュコンクリートによる耐久性確保



不動沢橋 L=19 m
間詰コンへのフライアッシュ適用
(2015年8月)



大沢第3橋 L=71 m
プレキャスト部材との合成場所打ち
フライアッシュ床版 (2016年4月)



浪板橋 L=38 m
フライアッシュコン&平坦仕上げ
(2016年4月)



新気仙大橋 L=438 m
高炉スラグセメント (2016年5月)





向定内橋 L=45 m
日本初のフライアッシュRC床版
(2015年3月)



手引きの作成
SP前川PJ
として公表

- ・高炉スラグセメントによる耐久性確保技術の試験実装
- ・三陸国道事務所、福島河川国道事務所への展開

** 「新設コンクリート革命」の発刊 **

それを、先ほどお話しましたが、2017年、今から8年前に「新設コンクリート革命」という形で、日経BP社から書籍を出版させていただくに至ったということでございます。

「新設コンクリート革命」の発刊



- ・ 著：熱血トボ研2030
- ・ 編：岩城一郎・石田哲也・細田暁・日経コンストラクション真鍋政彦
- ・ 定価：3,400円（税抜き）
- ・ A5判、約300ページ
- ・ ISBN：978-4-8222-3526-0
- ・ 発行予定日：2017年3月20日
- ・ 著者：岩城一郎、石田哲也、細田暁、田村隆弘、二宮純、佐藤和徳、春日昭夫、土橋浩、須田久美子、田中泰司、後藤千恵、平原由三枝、中田絢子、中野朱美
- ・ 座談会ゲスト：阪田憲次、青山俊樹
- ・ CONTENTS
- 第1章 今こそ新設にこだわりを！
- 第2章 東北・山口から始まる革命ののろし
- 第3章 トップエンジニアが語るコンクリートの最先端
- 第4章 2030年に向けて革命の先は？

**** 三陸から福島県浜通りへ ****

私は、福島に職場がありますので、やはり、福島でも高耐久な構造物による復興をやりたいと思っていたわけですが、福島には、そうはさせない要因がありました。

それは何かと言いますと、三陸地方は津波の影響で甚大な被害を受けましたが、福島は、それに加えて原子力発電所の事故があって、しばらくの間、人が立ち入れなかったわけです。こ

のため、三陸の仕事はどんどん、どんどん進みながらも、福島の「浜通り」と呼ばれている海沿いの地方は、全然、工事が進まなかったのです。

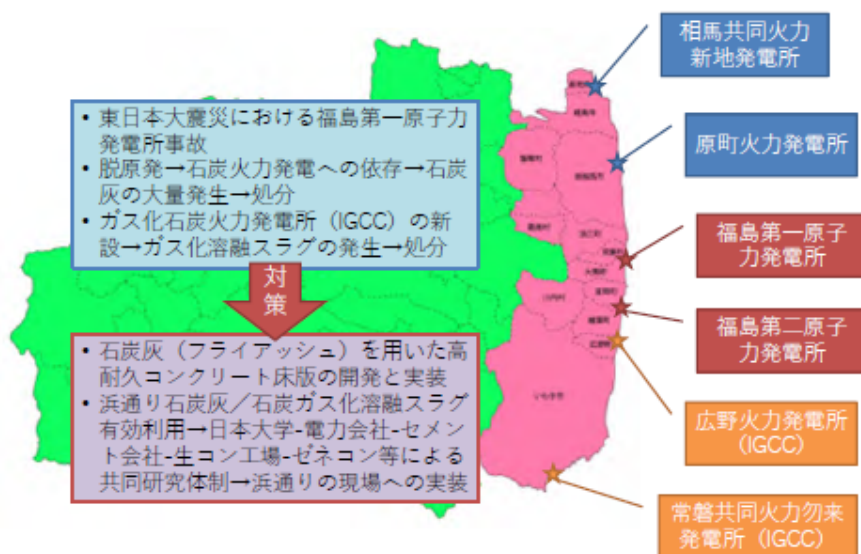
ただ、原子力発電所の事故の問題が少しずつ改善に向かっている中で、ようやく「浜通り」の復興も重要であることが認識され、ここでも長持ちする構造物を造るような取り組みを進めていきたいと思いますという機運がだんだん出て来ました。

この福島県の「浜通り」と言う地方は、ご覧いただきますように、爆発した福島第一原子力発電所があり、その直ぐ下に、同じく東京電力の福島第二原子力発電所があります。

それだけではなくて、青色で示しているところに石炭火力発電所が2つ。それから、下の方のオレンジで示しているところに広野火力と常磐共同火力と言う石炭火力発電所が2つございます。そこからフライアッシュが出てくるわけですね。

それで、原子力発電所が止まっている中でどうやって電力を賄っていたかと言うと、これらの石炭火力発電所がフル稼働して、何とか東北或いは関東地方に電力を供給していたという状況でした。ここから大量のフライアッシュが出てくるので、私は、福島県は、福島から出てくるフライアッシュを上手く使うことによって、地域の構造物を長持ちさせたら良いのではないかと提議しました。

三陸から福島県浜通りへ



**** 我が国初の FA 入り場所打ち PC 床版実装プロジェクト (大日川橋) ****

その結果、福島県内の自動車専用道路で、高耐久なものを造ろうということになりました。

常磐自動車道と言う東京から仙台まで海沿いを走る自動車専用道路があるんですが、実は、福島県内で片側1車線しかないところがあったんですね。

それを複線化、4車線化しましょうという事業が進みまして、その中の1つが大日川橋と言う南相馬市にある橋梁で、NEXCO としても、やはり高耐久なものを造ろうということになりました。NEXCO では PC^{注3}床版を標準化しているので、フライアッシュを入れた長持ちする PC 床版を、日本で初めて作ったということです。

注3) PC (Prestressed Concrete)

あらかじめ (Pre) 応力を与えられた (stressed) コンクリート (Concrete)。鉄筋コンクリートよりも引っ張りの力に強い。

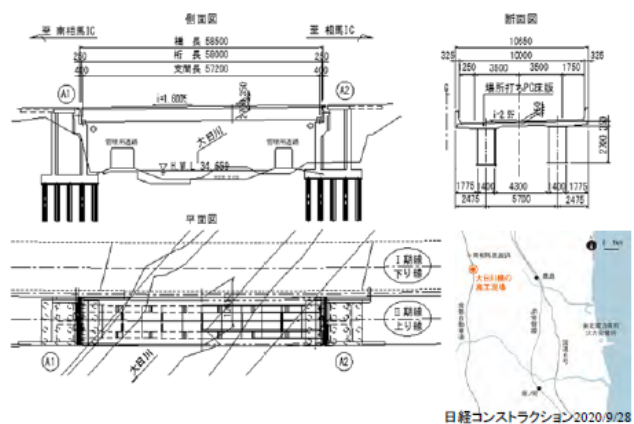
PCは、鉄筋コンクリートに用いられる通常の鉄筋の2倍以上の強度を持つ「PC鋼材」と呼ばれる材料を用い、PC鋼材を引っ張って張力を与えた後にコンクリートと固定することにより製作される。伸びたPC鋼材が縮もうとすることによりコンクリートに圧縮力が掛かっているため、その結果、PCは引っ張りの力に強くなる。

我が国初のFA入り場所打ちPC床版実装プロジェクト

2020年6月、浜通りの常磐道付加車線（4車線化）工事の一環として、大日川橋において、原町火力発電所産フライアッシュ（IV種管理）を用いたわが国初の場所打ちPC床版の施工を実施



大日川橋の概要



** 一ノ俣橋における高耐久FAコンクリート床版の施工 **

さらに、その後、今度は福島県庁の発注工事で、これは会津地方になるんですけど、やはり、福島県から出てくるフライアッシュを使った高耐久な床版を作ろうということで、県庁でも、こういう仕事が出て来ました。

それで、来年度ぐらいからは、福島県内でも、こういう仕事が当たり前のように、どんどん発注されるようになって来ているという状況にあります。

一ノ俣橋における高耐久FAコンクリート床版の施工

2021年10月31日福島県初の高耐久フライアッシュコンクリート床版を地元企業の施工により一ノ俣橋で実施

→2022年10月28日福島県内のフライアッシュをコンクリート用混和材として活用拡大を図る研究会を発足。



**** フライアッシュと膨張材を併用した高耐久連続鉄筋コンクリート舗装の研究開発と実装 ****

さらに申し上げますと、これはコンクリート舗装なんです、基本的に、舗装というのは、コンクリート舗装とアスファルト舗装の2種類があるんですけども、日本のコンクリート舗装とアスファルト舗装の割合はと言うと、実は95%がアスファルト舗装なんです。



コンクリート舗装は5%ぐらいしかなくて、その理由は色々あるわけですけども、アメリカなどはその逆の割合だったりするわけで、日本は、異常にアスファルト舗装が多い国なんです。

**** 研究概要と研究体制 ****

私はずっとコンクリートの仕事をしていますので、これからは、適正な割合で、アスファルトからコンクリートに変えていくことが大事ではないかと思えます。

その時に何が大事なと言うと、もともと、アスファルト舗装に比べると、コンクリート舗装は長持ちすると言われてはいるんですが、それをもっともって長持ちさせる必要があるのではないかと、その時に、コンクリート床版で培った技術を、今度は、舗装に上手く活かしてあげられないかということです。

そこで、フライアッシュと膨張材を使った「高耐久連続鉄筋コンクリート舗装」という特殊な舗装形式を開発しようというプロジェクトを進めました。

研究概要と研究体制

■ 本研究の概要
 本研究は、アスファルト舗装からの適切な転換が期待されるコンクリート舗装に対し、**設計供用期間100年の実現を目指し**、SIPで培った高度な実験と解析を駆使したデータ同化手法をベースに、**高耐久FAコンクリート舗装の開発と実装**を行うものである。

■ 本研究の体制(シニア研究者3名と若手研究者4名により構成)

実物大モデルを用いた計測・実験 (岩城, 前島) とマルチスケール解析 (前川, 高橋, 小松, 山野井) に大別

- 実験計画の立案・総括, 実装の調整: 岩城
- 実験の実施: 前島(+相内)
- マルチスケール解析の総括: 前川
- 耐久性評価: 高橋
- 耐疲労性評価: 小松, 山野井
- 全体への助言: 佐藤

**** 主な研究成果 (秋田県国道における現場実装) ****

これも東京大学と日大、
或いは横浜国立大学と共同
して研究を行ったもので
す。

ここは秋田県の能代市と
言う所ですが、そこにも火
力発電所がありまして、フ
ライアッシュが出てきます
ので、そのフライアッシュ
を使って、能代市の自動車
専用道路で、このコンクリ
ート舗装を作ろうというプロジェクトを行いました。

主な研究成果(秋田県国道における現場実装)

□ 国道7号-ニツ井今泉道路:総延長4.5km
(秋田県能代市ニツ井町小繋~北秋田市今泉) 大雪によるスタック発生状況

- ✓ 道路の安全性確保
カーブ連続区間の解消
冬期の交通環境改善
- ✓ 災害・防災時の代替路としての期待
広域な迂回を必要としない代替路
- ✓ 迅速な医療搬送
迅速な救急車搬送が可能に




トンネル明かり部より約270m

ニツ井今泉道路 区長4.5km

約40~60分

5 km

Googleより

秋田県能代市 車コンプラント 施工箇所

国道7号線

国土交通省東北地方整備局 能代河川国道事務所印記載資料より

国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所印記載資料より

**** 現場実装に至る手順 (秋田県国道) ****

この辺は少し飛ばします
けれども、プロジェクトを
進めた結果、昨年、250メ
ートルぐらいの、日本で初め
ての、フライアッシュを使
った高耐久のコンクリート
舗装ができました。

現場実装に至る手順(秋田県国道)

2023年8月秋田県自動車専用道路でのFAコンクリート舗装の現場実装に際し、

- I: 利用が決定している秋田県内のプラントの材料を用いた実機試験練
- II: 本施工箇所での施工確認試験, (夏期の施工を想定したフレッシュ性状の確認)
- III: 本施工と硬化後の表面品質評価(ひび割れ状況)

計測した各種ひずみのデータを基に解析モデルを作成, CRCP版のひび割れリスクについて解析的に



I 実機試験練り II 本施工箇所近傍試験施工 III 本施工

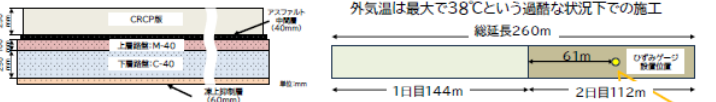
**** 本施工と硬化後の表面品質評価 (ひび割れ状況) ****

今、現場から得られたデータを使いながら、性能などについて、色々な解析や検証を行っているわけですが、非常に良い構造物ができたということで、国交省の方からも大変喜ばれている、或いは、褒められているプロジェクトでございます。こんなことをやって参りました。

Ⅲ:本施工(7月31日~8月1日)

コンクリートの配合・路盤構成は試験施工と同様

ID	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	W	C	単用量(kg/m ³)					混和剤(Cx%)		C.T. (°C)
						FA	Ex	S ₁	S ₂	G	AE減水剤	AE剤	
1日目	45.3	37.3	33.3	160	353	56	20	334	222	1170	1.3	0.052	29.0
2日目											1.3	0.048	30.0




外気温は最大で38℃という過酷な状況下での施工

総延長260m

1日目144m 2日目112m

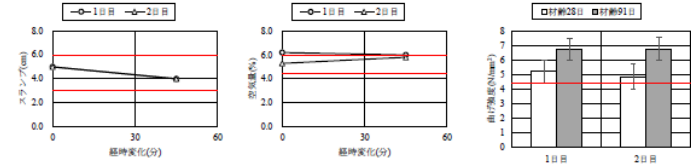
6.1m

ひび割れ調査箇所



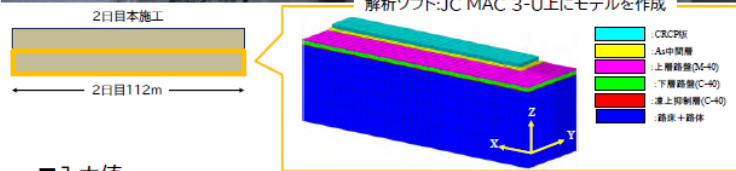
Ⅲ:フレッシュの経時変化・強度

ID	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤(C×%)		C.T. (°C)
				W	C	FA	Ex	S ₁	S ₂	G	AE減水剤	AE剤	
1日目	45.3	37.3	33.3	160	353	56	20	334	222	1170	1.3	0.052	29.0
2日目											1.3	0.048	30.0

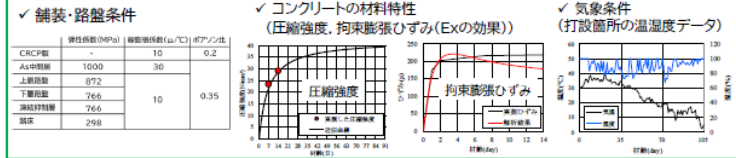


- ✓ スランプのロスは1cm程度、空気量に関してはほぼロスなしと試験施工同様のいずれも大きなロスがなく目標範囲内を満たす結果
- ✓ 1日目、2日目で曲げ強度にはばつきはなく、また、設計曲げ強度を満足する結果

Ⅲ:ひび割れリスク解析



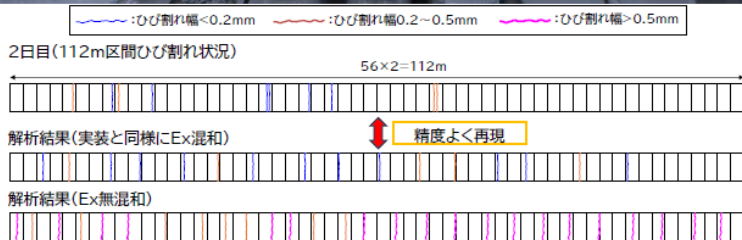
□入力値



Ⅲ:ひび割れリスク解析



Ⅲ:ひび割れリスク解析

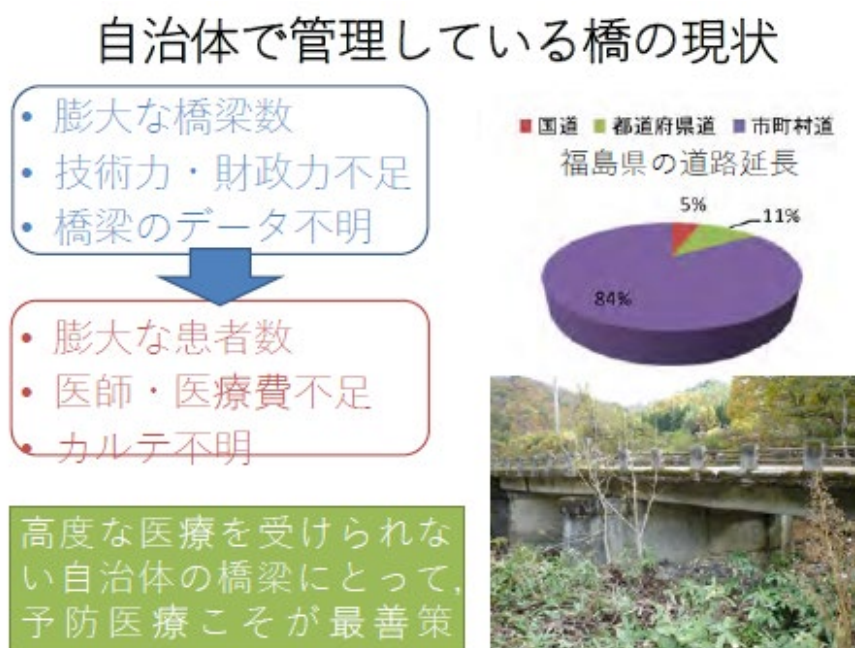


- ✓ 実装した舗装: 横断方向に概ね10~20m間隔でひび割れが発生、ひび割れ幅は目視で最大で0.3mm程度と構造上問題となる0.5mm以上のひび割れは確認されなかった。
- ✓ 解析結果: 精度よく再現、Exを併用することで、過度なひび割れの拡幅を抑制し得ることが示唆 ⇒ 猛暑の厳しい環境での施工であるものの、膨張材による収縮補償によってFAとExを併用したコンクリートは施工性に問題がなく、ひび割れ抑制にも有効な手段であることが確認された。

以上が、今日の主題の1つ目の「良い物を作る」という話でございます。

最初から長持ちするものを造れば、その時は多少コストがかかったとしても、将来の維持管理に関する負荷を軽減することができるということですね。そういうことをやってきました。

** 自治体で管理している橋の現状 **



ここからは「みんなで守る」という話、今あるインフラをどうしなくてはならないかという話をしたいと思います。

先ほどは、ずっと、国土交通省やNEXCO、或いは県といった比較的財政力があり、技術力もあるようなところでのプロジェクトのお話をしてきましたが、これからのお話は、例えば、福島県にある平田村とか南会津町といった小規模自治体と呼ばれるところ、これ

から過疎化や高齢化がどんどん進んでいくようなところのインフラをどうするかというお話です。

こういう小規模な自治体で管理している橋の現状は、膨大な数の橋がありながら、財政力も技術力も不足していて、そのデータすら残っていない橋がたくさんあるというものです。これを医療に例えると、膨大な数の患者さんがいながら、医師も医療費も不足し、カルテもないという、さながら野戦病院のような状況です。

こういう高度な医療を受けられない自治体の橋梁にとっては、予防医療、つまり、病気にならない体にするのが最善策であるということで、どうすれば、その予防医療をインフラに対して適用できるかということをやっと研究して参りました。

** 水の作用に着目した予防医療 **

その結果、最終的に行き着いたのは、基本的に、橋やコンクリートなどのインフラは、水の作用によって劣化するということが明確に分かって参りました。

橋の多くは水の作用によって劣化するので、お金をかけずに劣化を防ぐには、橋に直接水を作用させない工夫が必要です。そのためには、日々の歯磨きに相当する予防が重要だというのが私の行き着いた結論です。

ここに、たくさん写真を並べております。左上の写真が一番よく分かりますが、先ほど言ったように、桁の端と橋台から塩水がダーッと流れてきて、そこでコンクリートが剥げ落ちてしまい、内部の鋼材が錆びていることが分かります。

水の作用に着目した予防医療

見方を少し変えると、そのスケーリング(剥落)が非常に激しい状態のところから、ちょっと、数十センチ離れたところを見ていただきますと、全く劣化していないんですね。あそこは、橋の上からの水が、ただ漏れしていないところです。通常の雨水ぐらいは掛かるかもしれませんが、水の影響が卓越していないところでは、同じ橋台というコンクリート、同じ品質のコンクリートであっても、全然劣化しないわけです。



橋の多くは水の作用により劣化する。金をかけずに劣化を防ぐには、橋に直接水を作用させない工夫が必要である。そのためには、日々の歯磨きに相当する予防が重要である。



なので、水を逃がしてあげることが、いかに大事であるかということがお分かりいただけると思います。

** できる予防保全を確実に **

人で言う予防医療のことを、橋とかインフラの世界では「予防保全」と呼んでいるんですが、予防保全と言うのは、構造物の劣化が顕在化しない内に予防的な処置を施すことと定義されています。

「じゃあ、どうするの?」ということですが、ここは、我々学者の悪いところで、すぐに、ひび割れが出たらひび割れに樹脂を注入しましょうとか、或いは、コンクリートがスケーリングしてきたら表面を保護しましょうとか、鋼材が腐食しそうになったら電気化学的に防食しましょうということを言いがちです。これ、全部、技術力が必要で、お金も相当にかかる高度な医療なんですよね。

しかし、水の影響に着目すると、例えば「水切り」と言うものをしっかり付けて、張り出し床版から桁や下部構造に水が回り込まないように水を切ってあげたり、もっと簡単なことでいけば、排

できる予防保全を確実に

予防保全：構造物の劣化が顕在化しないうちに予防的な処置を施すこと

- レベル3：ひび割れ注入工法，表面保護工法，電気化学的工法等
- レベル2：水切りの設置・改良，ジョイントの簡易非排水化等
- レベル1：排水柵の清掃，堆積土砂の撤去，排水管の長さ・向きの見直し等



- レベル3→レベル2→レベル1の思考を
レベル1→レベル2→レベル3へ



水枘をいつも清掃して水が流れるようにしてあげましょうとか、橋の上に土砂がたまっていると、そこに水を含んでしまい、劣化の要因をそこに留めてしまうことになるんで、それをいつも撤去してあげましょうとか、配水管なども、変な方向についていると、配水管を通した水が構造物に直接当たったりすることがありますので、その長さとか向きを少し改善させるだけで、構造物に、直接、水が作用しないようにすることができます。

だから、こういう、簡単に出来て、お金もかからないことから、しっかりやっていきたいと思いますということを、今、提案しております。

**** “平田村発” 官学産民の協働によるみちづくり ****

ここから具体的な話になるわけですが、東日本大震災の後に、私が長崎で講演を依頼されまして、このような形でお話しているときに衝撃的な出会いがあったんです。

長野県に下條村と言う村がありまして、そこに、今はもう退任されましたが、伊藤喜平さんと言う名物村長がいらしたんですね。その人は、国からの補助金なん

て一切頼らなくて、自分たちの村は、全部、自分たちで何とかするんだということで、村の舗装についても、未舗装のところを、村民の方に労働力を提供していただき、村から生コンを支給して、コンクリート舗装するという事業を数千ヶ所にわたってやっていました。そういうことをやりつつ、他にもいろんな改革をすることによって、下條村の出生率は全国平均より圧倒的に高い、奇跡の村と呼ばれているような所だったんです。長崎の講演会で、その村長さんの話を聞いて、非常に感銘を受けまして、私も何とか同じような仕組みを福島県内でできないかなと思ったわけです。

色々調べていると、郡山市といわき市との間にある平田村と言う小さな村で、同じような生コン支給による現道（注：新道、旧道以外の道路。現に使われている道路。）舗装事業を、村民と役場でやっているということを知りました。郡山から 30 分ぐらいで行ける場所なので、村長さんの所に行って、是非、我々もその取り組みに参加させて下さいとお願いしました。

ただ、その時に、下條村と全く同じことをやっても面白くない、折角やるなら新しいスキームでやりたいということで、ここに示したようなことを提案しました。

長野県の下條村、或いは、平田村で、当時やっていたのは、官と民の間で、官が資材を提供し、民が労働力を提供し、生活道路を整備するというプロジェクトをやったわけですが、我々は、そこに学も入れて下さいとお願いしたわけです。

大学は何をやるかと言うことですが、学生を現場と一緒に出すんですね。住民の人たちと一緒に労働力を提供し、学ばせるということです。先ほど言ったように、学生というのは、座学でコンクリートの授業を受けたり、数十リットルのコンクリートを練って供試体を作って圧縮強度試

“平田村発”官学産民の協働によるみちづくり



験をやったりするぐらいしかやらないんですけども、実際に現場に出して、生コンに触らせると、生の肌感で、コンクリートの重さや軟らかさ、色々なことが分かるわけです。

これは恰好の OJT の場になりますし、何よりも、学生が、住民の人と一緒に作業をやりと、そこでコミュニケーションが生まれるんですね。そうすると、学生にとって、その地域の実情を知る恰好の場になるというメリットがあります。

そこに、更に、産にも、地元の企業さんにも参入してもらいまして、彼らには、裏方で技術的な指導をしてもらったり、交通誘導みたいなもののお手伝いをしてもらったりしました。そうすることによって、地元の企業さんなども、その地域にとってなくてはならない企業であることを、住民の方に認知していただけるわけです。

このように、産学官民、それぞれにメリットがあるということで、提案をさせていただいて、平田村から「是非やりましょう。」ということになったわけです。

** 住民説明会 (2012年6月8日) **

それが 2012 年の 6 月 8 日ですから、今から 13 年前に、そういう活動がスタートしたということでございます。

住民説明会(2012年6月8日)



** 現場研修会 (2012年6月9日) **

こんな感じですね、生コン車から降りてきたコンクリートを野球のトンボみたいなものとか、農作業で使う鍬みたいなもので敷き均して、あと専用の、タンピングと言ってコンクリート中の余計な気泡を追い出すための、穴の空いた鉄製のもの（注：タンパー）で締め固める、そういうことをやるわけです。

やはり、地域の住民の方は、高齢者の方が多いので、最初はやる気満々なんですけれど、すぐ疲れてしまうんですね。そこで、学生は体力に自信がありますので、後半戦になると、学生がすごく頑張っ、地域の人からすごく助かったという話を伺っています。

現場研修会(2012年6月9日)



**** NHK 暮らし☆解説 (後藤解説委員) で放映 ****

私は、こういう活動を必ずメディアに載せて発信するというをやっています。このときにも「住民の“みちづくり”助っ人現る!」ということで、高齢者の方々が細々とやっていたことに学生が参加し、コンクリート舗装をするというように、テレビで放映していただきました。



**** 第2回みちづくり事業 (2012年9月15日) …防災のためのコンクリート舗装 ****

第2回みちづくり事業(2012年9月15日)

防災のためのコンクリート舗装



平田村では、毎年、春と秋、ちょうど農作業の繁忙期が始まる前と終わった後に、こういう作業をしています。この道は、ご覧のとおり幅が3メートルほどの、何の変哲もないコンクリート舗装の道路なんですが、実は、集落から隣の町に抜ける一本道なんです。

御覧のように、ここは、左の方に崖があって、大雨が降ると、砂利が全て沢に流されてしまっていて通行止めになっていた所なんですけれども、このようにコンクリート舗装をすることによって、以来、大雨が降っても、この道が通れなくなるようなことはなくなったということで、地元の方にも大変喜ばれているところでございます。

出来上がり



お昼になると、こうやって地元のおばさんたちが炊き出しをしてくれて、そこで色々なコミュニケーションの花が咲くわけですね。そこで学生と住民の触れ合いみたいなものもできます。

ただ、こういうことを進めていると、或いは、先ほどのテレビ番組などが全国ネットで放映されると、アンチな人も必ずいるんですね。

例えば、「住民の人が税金を払っているのに、駆り出すとは何事だ。」とか、「まして、そこに学生なんかを使って、学生が怪我をしたらどうするんだ。」みたいなことが、私のところにも大分苦情が来たりしました。

昼食の様子



** 平田村担当係長からの1通のメール **

このような状況を平田村の係長さんにご相談したところ、一通のメールをいただきました。

これは原文のとおりなんですけれども、少しご紹介させていただくと、

- ・ 村には、住民が道路整備を自ら実施してきた地域の経過があります。

- ・ 古来、農村社会では、自分たちの公共財産を自分たちで管理してきた歴史があります。
- ・ それは、道路や水路などを公共財産として管理する法制度の整備以前からのもので、普請と呼ばれる形で、道普請とか堀普請、そういったものが行われてきました。
- ・ その延長線上に、今回の生コン支給による現道舗装もあります。
- ・ 日常使う生活道路を改修し、少しでも利便性を高めたいと考えています。

ということですね。そして、

- ・ 村民が工事を実施することについてのリスクは、当然、ありますが、少なくとも道普請は地域の自己責任の中で実施されるものと、住民も役場も理解しています。
- ・ 厳密に事の流れを分析すれば問題もあるけれども、リスクを超えた中に真の地域づくりがあると思っています。

というものでした。

私は、この係長さんからのメールをいただいて、心新たにと言うか、以降は一切ぶれずに、これは必要なものなんだということを認識して、こういうプロジェクトを続けています。

平田村担当係長からの1通のメール

村には住民が道路整備を自ら実施する地域の経過があります。古来から農村社会では自分たちの利用する公共財産を自らの手で管理してきた歴史があります。それは、現在の道路、水路が公共財産として管理する法的な整備以前からのものです。道普請、掘普請、水道普請、家や神社の普請等がその中に上げられます。その延長上に今回の生コン支給による現道舗装があります。日常使う生活道路を改修し少しでも利便性を高めたいとの基本的な考えであります。

村民が工事を実施することによる事故等のリスクはありますが、少なくとも道普請は地域の自己責任の中で実施されるものと、地域住民も役場も認識しております。厳密に事の流を分析すれば、問題もありますが、リスクを超えた中に真の地域作りがあると思っております。

** 橋の名付け親プロジェクト (目的) **

もう1つですね、そうは言っても、やはり、住民の方は、まだまだインフラに対する意識、或いは、関心とか、愛着が薄いなということ、どうも肌で感じざるを得ないところがございます、何とかならないかなあと思って、思い付いたのが「橋の名付け親プロジェクト」と言うものです。

これは何かと言いますと、平田村には、60 橋ぐらい、村で管理している橋があるんですが、そのうちの30 橋ぐらいが、名無し橋、何十何号橋と言う管理番号で呼ばれているような橋が多いんですね。

でも、それでは、橋に対する愛着もへったくれも、湧くわけがないなと思ひまして、村民の方に自分たちの地域の橋に名前を付けてもらおうということを考えて、

学生に、ちょっと「橋の名付け親プロジェクト」の企画書を作ってくれとお願いしました。

そうしたところ、学生が持ってきた企画書の案というのが、橋の名付け親は小学生の子供たちにやらせたいというものだったんですね。

私は、おじいちゃん、おばあちゃんが地域に所縁のある名前を付けるのかなと思っていたところ、小学生と言うので、「なぜ？」と聞いたら、「小学生が付けた名前だったら、その親御さんは勿論、おじいちゃん、おばあちゃんもみんな愛着を持ってくれる。何より、その小学生が大きくなったとき、「あの橋、自分が名前を付けたんだよ。」というふうに愛着を持ち続けてくれる。」と言うことでした。

「なるほど」と思っ村長さんに話したら、「是非やりましょう。」ということになりました。

** 市町村の橋の現状 **

この一連の流れの話も、NHK の解説番組で、当時 NHK 解説委員の後藤千恵さんと言う方が番組にして下さいました。そのフリップが非常によくできているので、拝借して、そのストーリーをお話したいと思

橋の名付け親プロジェクト(平田村)



- 管理橋数の約半分 (28橋)が名無し橋
- ↓
- 2橋を選定し、2013年5月に学区内の小学校に橋の名前を公募
- ↓
- 2013年6月7日ー8日にイベント開催: 橋守講習会, 銘板の設置

市町村の橋の現状



います。

番組のタイトルは「名なし橋の虫歯予防」というもので、

- ・ 今、左の写真のように、橋が虫歯で困っています。
- ・ 世の中では長寿命化だ、やれ修繕だ、点検だと言っているけれども、市町村の橋にはお金もなければ技術者もおりません。

** 市町村の橋の維持管理 **

- ・ そんな中で、みんなで道づくりをしようと提案している私が今度は「橋守」ですね、橋を長持ちさせる活動に着手し始めました。

という内容です。

先ほど説明したように、重要度の高い橋は高度な予防医療ですね、やれ、ひび割れ注入だとか、断面修復だということをやりますが、市町村の橋だと、橋の“虫歯”の原因、水を断つことが大事ですということを、地元の皆さんを集めて研修会を行いました。

市町村の橋の維持管理



** 橋の歯みがき **

実際によく見てみると、水がかりのないような橋は虫歯になっていませんが、下の写真のように水がかりがあるようなところには、虫歯が卓越しています。

橋の歯みがき



じゃあ、どうしたらいいかと言うと、これも先ほど申し上げたように、水を断つためのポイントとして、

- ・ 橋の上に溜まった土や葉っぱを取り除きましょう。
- ・ 排水枡は、いつも綺麗にしましょう。
- ・ 場合によっては、欄干の塗装をしましょう。

ということです。

こんなことを地元の方々に、この写真の方は区長さんですけれども、やってもらおうと、結構面白いなみたいな感じで喜んでやってくれるんですね。

** 橋の名付け親プロジェクト (成果) **

一方で、平田村には、左側の写真のように名前の付いていない橋があります。それを、小学校の子供たちに名前をつけてもらいました。左上が「きずな橋」、左下が「あゆみ橋」です。右上の写真の真ん中にある女の子に、後藤さんがインタビューしたんですね。

「どうして橋に名前を付けると思いますか。」と尋ねたら、この子が「自分の玩具とか、お人形に名前を付けると、すごく愛着が湧きます。橋に名前を付けるということも、そういうことなんじゃないでしょうか。」と、正に、このプロジェクトの狙いをまとめたコメントをして下さいました。

「やらせ」でも何でもなく、本当に小学生の素直な気持ちが出て、私はすごく嬉しかったのを覚えています。

橋の名付け親プロジェクト



** 道づくり第3弾&橋守講習会 in 平田村 **

こういう活動を、今、福島県内の平田村をはじめ、色々なところで展開しています。

道づくり第3弾&橋守講習会 in 平田村



6月7日夕方:研修会
6月8日A.M.:橋守講習会
6月8日P.M.:住民との協働による道づくり事業

** 橋守ワークショップ **

例えば、南会津町と言うところがあるんですが、そこでも同じような取り組みを始めました。

南会津町は、ちょっと郡山から遠くて、端の方だと車で3時間以上掛かってしまうので、夏休みに泊まり掛けで行っています。何をやっているかと言うと、南会津町には、阿賀川とか伊南川と言う大きな川が流れていまして、そこに、町で管理している100メートル以上の橋があるんですけれども、その橋の欄干がどんどん朽ち果てて行っています。

その欄干を、皆で紙やすりを使って錆落としをしまして、その後、ホームセンターで売っている水性ペンキを欄干に塗ります。「そんなので持つのか？」と思われるかもしれませんが、もう10年ぐらい活動してきて、10年前に塗装したものが今でもちゃんと残っています。と言うことは、耐用年数が10年ぐらいはあるということなんです。

こういう活動を、毎年ずっと、我々「夏合宿」と称して、南会津に行って、泊まり掛けで続けて参りました。

橋守ワークショップ in 南会津(技術者編)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part1)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part1)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part2)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part3)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part4)



橋守ワークショップ in 南会津(住民編Part5)



この写真は南会津町じゃなくて南三陸町です。宮城県などでも、こういうことをやっていたんですが、そういう活動が2019年の10月5日を最後に1回休止になるんですね。

なぜかと言うと、その1週間後に関東地方や福島県を襲った東日本台風によって阿武隈川が決壊し、私たちのキャンパスそのものが2メートル浸水してしましまして、それどころではなくなったということと、それから引き続いて、コロナ禍に入ってしまったということなんですね。

橋守ワークショップ in 南三陸 2019/10/5



橋守ワークショップ in 南会津 (住民編Part6) 2022/8/21

このため、数年、この活動が途絶えて、どうなるのかなと思っていたんですが、今から2年半ぐらい前の2022年、まだコロナ禍の最中だったんですが、南会津の役場ではなくて住民の方々から、「何とかして、橋の欄干塗装を復活させたい。」という声が上がって、ぜひ日大の学生さんにも参



- 橋守活動の秘訣
- ・住民の意識
 - ・役場の理解
 - ・地元企業の協力
 - ・地域の大学人

加してもらいたいということで、全員マスクですけれども、夏の一番暑いときに、こういう活動をやらせていただきました。

一昨年、コロナが5類に移行しましたので、そこからは、南会津での「橋守」の活動を、大手を振って再開し、昨年、今年と継続しています。

橋守ワークショップ in 南会津 (住民編Part7) 2023/8/26



橋守ワークショップ in 南会津 (住民編Part8) 2024/8/18



**** 笹子トンネル事故以降の対応 ****

そういう活動を行っている中で、2012年に笹子トンネルの事故が起きました。

このとき、大きなことが色々変わったんですが、一番大きく変わったのは何かと言うと、橋梁の定期点検要領が改定されて「5年に1回の頻度で近接目視点検を義務化しましょう。」ということが定められました。

また、定期点検に加えて「日常的な施設の状態を把握しなさい。」ということも記載されました。

笹子トンネル事故以降の対応

年月	内容
2012. 12	笹子トンネル天井板落下事故
2013. 2	道路に関する総点検実施
2013. 11	インフラ長寿命化計画の策定
2014. 6	道路橋定期点検要領



- ・5年に1回の頻度で近接目視点検を義務化。
- ・定期点検に加え、日常的な施設の状態の把握をする。

出典：大月市消防本部

高度経済成長期に建てられた社会インフラの老朽化が浮彫りに！



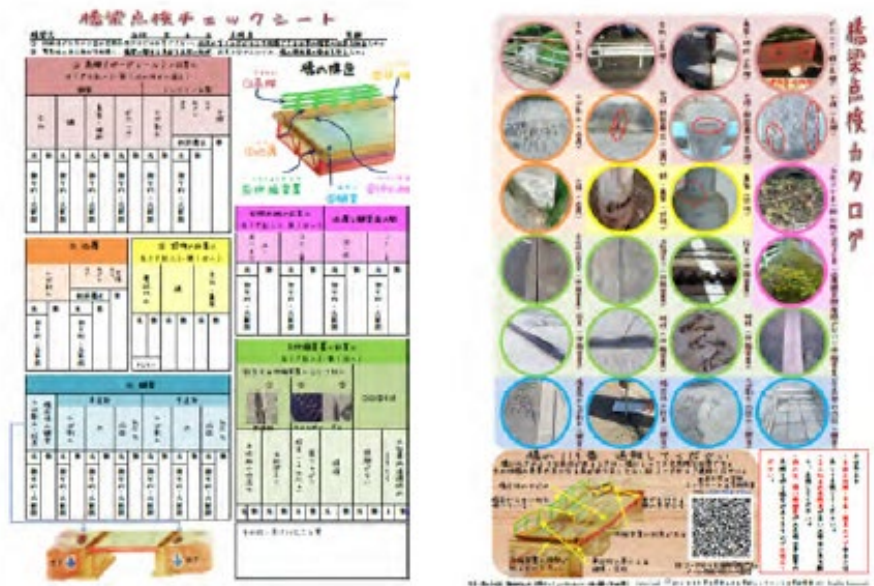
さらに道路橋管理者の約7割は各市町村。社会インフラの維持管理に投資できる予算の確保が課題

**** 住民のための橋梁点検チェックシート ****

例えば、「市区町村の橋の日常の状態を把握しなさい。」なんて言われて、そこにまた、点検のためのお金を出して、コンサルタントなどにそれを見させようと思ったら、お金が幾らあっても足りません。

そこで、我々が何を考えたかという、住民の方でも、日常の点検ぐらいはできるのではないかということとして、住民のための「橋梁点検チェックシート」というものを提案させていただきました。

住民のための橋梁点検チェックシート



これは、学生が卒業研究で作ったものですが、見ただけでお分かりいただけるように、非常にカラフルな色使いで、聞き取り項目もすごく簡単なんです。

高欄（注：欄干）に錆があるかないか、あるとしたら、それが部分的なのか全面的なのかという3段階評価です。これを女子学生が作ってくれました。

**** チェックシートの配布・回収 ****

これを平田村の住民の方にやってもらおうということで、プロジェクトをスタートさせたわけです。

このプロジェクトをどういうふうに展開したかといいますと、平田村には文化祭と言うものがありまして、村の文化祭ですね、例えば、農作物の品評会をやったり、地元の敬老会や小学生の作品を展示したりしています。

チェックシートの配布・回収

平田村文化祭におけるチェックシートの配布



チェックシートの回収状況とコメント



そこに1つ、ブースを出させてもらって、平田村の皆さんに、これからの日常点検を担っていただけませんかと呼びかけたところ、道づくりでよく知っている間柄なので、皆さん「お、いいよ、いいよ、やってあげるよ。」とチェックシートを持って行って、自分の地域の橋を見てくれて、それを、このように回収しました。自由記述欄にも、建設的な、良いことを、色々たくさん書い

ていただきました。

**** 橋マップの作成 ****

我々はそれをどうするかと言うと、回収したチェックシートを 10 段階で点数化します。その点数を「歯磨き指数」と呼んでいます。点数が高いものほど、歯磨きの必要性が高いものということです。点数の低いものは歯磨きの必要性が低いものということです。例えば、必要性が高いものは赤とかオレンジで、必要性が低いものは青とか緑で地図上にプロットすると、自分たちの住んでいる自治区のどこに、歯磨きの必要性が高い橋があるかということが一目でわかります。

橋マップの作成

Google mapを活用・橋マップ・大和
黒川高校の生徒による点検結果

- 「高欄の錆」 3
- 「排水樹の土泥のつまり」 3
- 「排水樹のコケ・草」 3
- 「地覆と舗装面の間の土泥のつまり」 3
- 「地覆と舗装面の間のコケ草」 3

を数値化

5橋梁ごとに各項目の平均値を足す 15

0 10点満点で換算するため5を引く 10

表に従い5段階評価し「橋長」「竣工年」「点検日」「点検結果」と共に地図上にプロットする

橋マップ・大和

七ツ森大橋

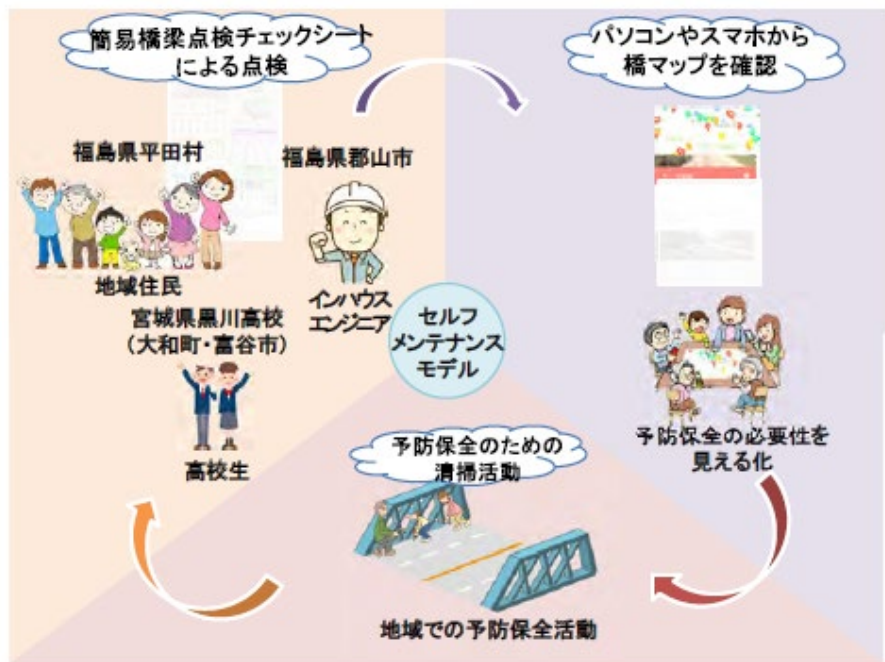
【橋長】 204.0m 【竣工年】 1999年 【点検日】 9月5日 【点検結果】 0.0

歯磨き指数 = X	橋の清掃の必要性	プロット色
$0 \leq X \leq 2$	低	青色
$2 < X \leq 4$		緑色
$4 < X \leq 6$	中	黄色
$6 < X \leq 8$		橙色
$8 < X \leq 10$	高	赤色

**** セルフメンテナンスモデル ****

そうすると、住民たちが点検したものを我々が回収して、その結果を電子地図上に落とし込むことによって、じゃあ、次の週末は、あそこの橋に行ってみんなで清掃活動しようということがグルグル回り始めたんですね。

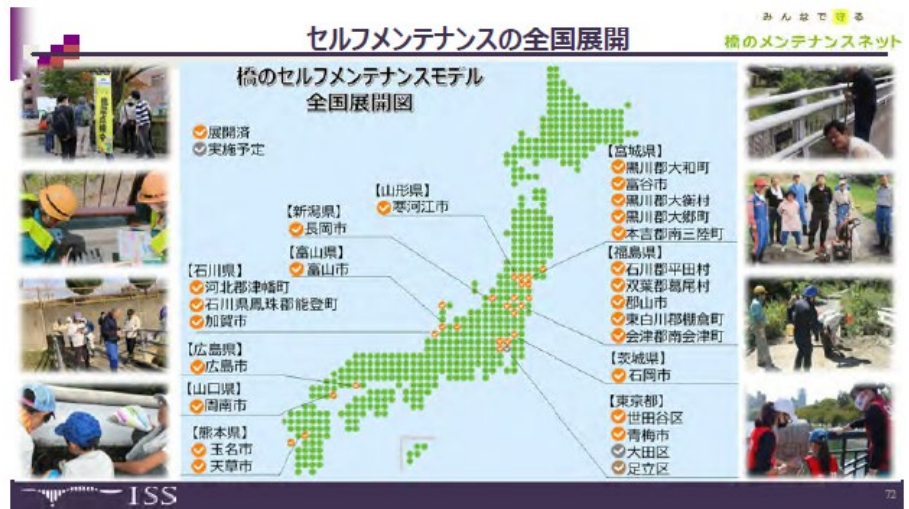
これを、我々は「セルフメンテナンスモデル」と呼んでいるんですけども、今、平田村では、この機能が発揮されて、60 橋ある橋のほとんどが青ばかりです。橋の上は、常に綺麗な状態に保たれるようになりました。



**** セルフメンテナランスの全国展開 ****

今、そういう活動が全国で大体 30 ヶ所ぐらいに広がっています。

最近よく、ウチでもやりたいから話をしてくれないかというご依頼がありまして、色々な地域に出かけて行って、こういうお話をさせていただいています。



**** 平田村での日大と他大学とのコラボ (東工大、鳥取大、早稲田など) ****

最近、他の大学の先生たちが、学生を連れて、こういう活動を「一緒にやりたい。」と言って来られるようになりました。

3年ほど前は東工大と鳥取大が参りましたし、2年前は早稲田や関東学院、愛知工大が、去年は東大や東北工業大学などが来て、学生さんが、こういうことを研修として取り組んでくれるようになりました。

我々の平田村や南会津町などでの活動が、このような動きに繋がって来ているということだと思います。

平田村での日大・東工大・鳥取大とのコラボ 2022.10.15



平田村での日大・東工大・鳥取大とのコラボ 2022.10.16



平田村での道づくり&橋守活動 2023.7.1-7.2



参加者
 ・平田村住民、役場
 ・日本大学工学部、早稲田大学、関東学院大学、愛知工業大学、東京工業大学
 ・株式会社アイ・エス・エス
 写真左上：コンクリート舗装、左下：橋守活動、右上：道路わきの草刈り活動

平田村での道づくり&橋守活動 2024.7.13-7.14



参加者
 ・平田村住民、役場
 ・日本大学工学部
 ・東京大学、東北工業大学他
 写真左上：道づくりの状況、右上：橋守活動の状況、左下：橋の簡易点検アプリの紹介 (福島中央テレビ)

**** 産官学民の連携による地域づくり ****

と言うことで、少しまともの方に入りたいと思いますが、我々は、これから産学官民で連携して地域を作っていく行かなくてはならないと思っていますところ。

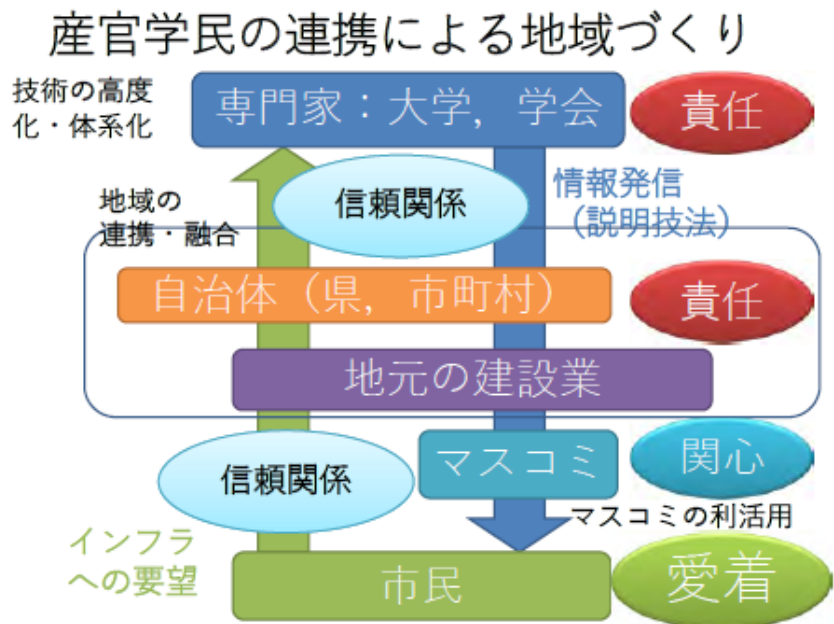
大学や学会は、待ちの姿勢ではなく、積極的に、自治体や地元の建設業も含め、市民の方々に対して、適切な情報発信を行い、丁寧に説明していく必要があると思っています。

インフラをメンテナンス

する上で重要なものは、発注者である自治体であり、受注者である地元の建設業なんですが、それだけではなく、やはり、市民の方にも、是非、インフラに対して関心を持ってもらいたい、そのために、インフラに対する無関心な感情を関心・愛着に変えていくような取り組みを進めていきたいと思っています。

その時に、マスコミの上手い利用方法というのは結構大事なんですね。彼らから適切な情報発信をしてもらうということを心がけています。

ただ、何よりも大事なものは、産学官民の信頼関係に尽きるのではないかと考えています。



**** 自立した地域づくりを目指して ****

最後になりますけれども、福島「自立した地域づくりを目指して」というスキームをご紹介します。

福島というのは、原子力発電所事故の後、脱原発とか、2040年再生可能エネルギー100%という話をしておりますけれども、なかなか進んでない状況にあります。かつ、他の都道府県に比べても、過疎化、高齢化の進む中での地域づくりを余儀なくされているわけですが、

こうやって十数年、福島で仕事をしておりますと、良いところもたくさんあるんですね。

自立した地域づくりを目指して



豊かな自然に恵まれ、天然資源も豊富ですし、何よりも、この「地域力」と書いていますけれども、私は、これが都会にはない魅力だと思っていますし、地域になくてはならないものだと思います。

この地域力を生かし、インフラの自立から始めて、エネルギーとか水とか、医療、介護、防災の自立を果たすことができれば、まだまだ地域というのは廃れることはないのではないかとというのが私の持論でございます。

**** インフラメンテナンスで目指す姿 ****

ちょっと話に夢中になってしまって、最新の技術のところをお話する時間が確保できなくなりましたので、こちらの方はゆっくり後から見ていただければと思うんですが、「今考えていることは、何か。」ということだけお話をさせていただきます。



インフラのメンテナンスというのは、一番地味な仕事なんです。しかも、3K、「きつい」「きたない」「危険」と呼ばれているような業界なんですけれども、私どもは、これを何とか「創造的」で「ワクワク」して「挑戦的」な分野に行きたい、「3K」から、我々「3C」と呼んでいます、「クリエイティブ」で「クール」で「チャレンジング」といった業界に行きたいと思っています。

その仕組みを、今、私は、東京大学の石田哲也先生とタッグを組んで、「SIP」（注：Strategic Innovation Promotion Program…戦略的イノベーション創造プログラム）という国家プロジェクトの中で進めているところでございます。

図「目標を実現するための2つの柱」から図「⑤「小規模自治体」ニーズへの対応」までについて

目標を実現するための2つの柱

箱庭ハイサイクル

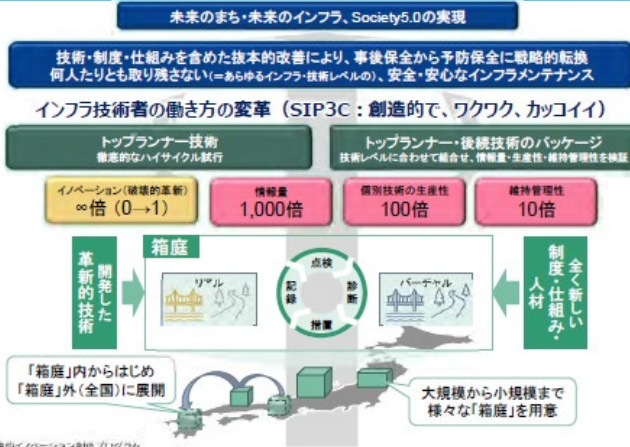
～時間的・空間的断絶、未来をゼロベースで考える～
～現実課題の縮図～
～徹底的な技術や制度の検証・改善、社会実装～

きめ細やかな技術パッケージの開発

～スーパー松・松・竹・梅～
～多様なインフラ、管理者レベルに対応～

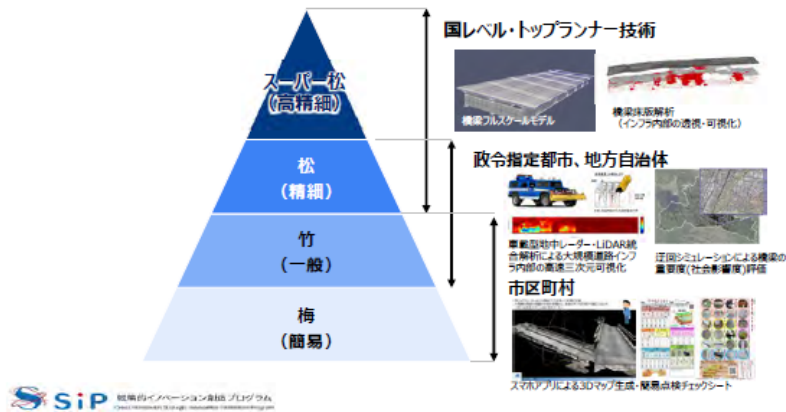
では、また別の機会にでもお話をさせていただきたいと思えます。

すいません、時間の関係でここは端折らせていただきます。



様々なレベルに合わせた技術パッケージの開発

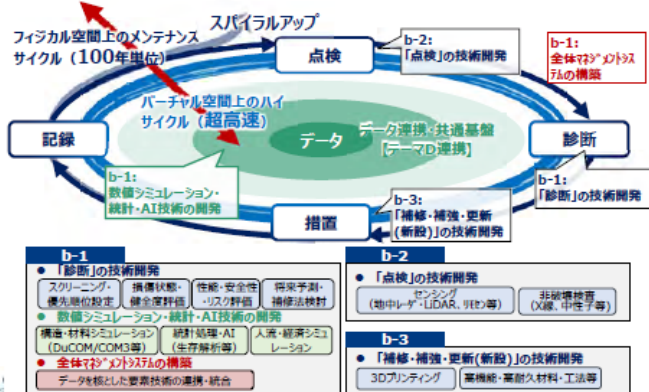
様々な分野の、様々なレベルのインフラ、インフラ管理者に合わせた技術パッケージを開発。



研究開発項目の全体像

異なる時定数を繋ぐサイバーフィジカル連携

バーチャル空間の高速かつアジャイルなデータ連携・シミュレーション
フィジカル空間の100年単位のインフラマネジメント



- サブ課題Bでは6/5のチーム内全体会議において、全共同研究開発機関に対し以下の内容を共有
- 具体的なユーザーのニーズベースでの取り組みにより社会実装を進めていく方針。

喫緊の課題（五大ニーズ）に応える箱庭での取り組み加速体制について

- SIPでは社会実装が求められており、箱庭を通じた試行・技術改良を通じて具体的なユーザーの理解を進め、必要に応じて事業や制度の提案を行っていく。
- その際、具体的なユーザーを明確にするため、ならびに技術/パッケージの有効性・優位性を具体例としてアピールするため、サブ課題Bでは、**五大ニーズ**の観点から技術アイテムを束ね、箱庭での取り組みを加速していく。
- 五大ニーズとして、**床版、塩害等、舗装、施工省人化・長寿命化（新工法・新材料）、小規模自治体**。
- オルガナイザーとして、**床版、舗装、小規模自治体は岩城先生、塩害等は中村先生、新材料・新工法は石田が務める。**
- オルガナイザーの役割としては、個別研究課題への目配りの他、ユーザーとの連携、SIP課題間の連携等、社会実装の推進役。具体的には、開発技術に対するニーズがありそうな管理者との意見交換を通じた試行機会の提供や開発目標への助言。
- **既存のb-1、b-2、b-3（研究開発の枠組み）は従来通り、TLを中心とした活動を引き続き活性化していただきたい。**

①「床版」ニーズへの対応（国道46号仙岩道路の例）

- 床版ニーズに対しては、電磁波レーダーによる不可視把握から、DuCOM&COM3による解析・評価等、メンテナンスサイクルの段階ごとに必要となる要素技術の高度化に取り組むとともに、それらをパッケージ化して提供することを想定。
- 仙岩道路、環状グリーンロードといった豊富な箱庭を有し、管理者と協議をしながら社会実装に向けた取り組みを推進中。



②「塩害等」ニーズへの対応

- 塩害ニーズに対しては、メンテナンスの各段階や様々な対象構造物に対して「アラカルト」で技術を提供する想定。
- 旧養坪陸橋、養坪橋を代表的な箱庭として技術開発を進めつつ、各研究の社会実装を進める。

塩害調査技術例：

コンクリート構造物の物理的・化学的劣化のデジタルデータ化及び劣化予測技術の開発（名大・建設技術-QST-ILT）



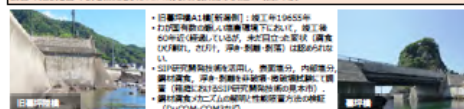
物理的劣化の計測 化学的劣化の計測

電磁的劣化による劣化状況の劣化画像抽出手法の開発（東大）

① インダクタンスコイル等に基づき劣化の検出による電磁的劣化手法で劣化の劣化部位を抽出できる手法
② AIを用いて劣化の劣化画像より劣化箇所を抽出する手法を開発・実装する。

劣化箇所抽出のイメージ

旧養坪陸橋と養坪橋を箱庭としたSIP研究開発技術の検証（日大橋）



旧養坪陸橋と養坪橋を箱庭としたSIP研究開発技術の検証（日大橋）

③「舗装」ニーズへの対応

- 国道4号を代表的な箱庭として、MWD等による詳細なデータ取得に関する研究と取得データを用いた舗装の状態評価に関する研究を連携させたパッケージによる研究開発を実施。
- 土木研究所、国総研、関東・東北地整等を巻き込み、技術・制度一体でのデータ駆動型の舗装メンテナンスサイクル構築に取り組んでいる。



④「施工省人化・長寿命化（新材料・新工法）」ニーズへの対応

- 施工省人化・長寿命化ニーズについては、3DCPやBFRP筋といった世界最先端の要素技術の開発を推進しつつ、それらをパッケージ化（データ連携）することで、次世代のインフラ強靱化技術の開発を実施中。



⑤「小規模自治体」ニーズへの対応

- 小規模自治体については、平田村、南会津町といった具体的箱庭に入り込み、簡易な技術を組み合わせることで、小規模自治体のインフラ管理者のニーズや実情に合わせた技術開発、社会実装を推進中。



** まとめ **

「まとめ」と「終わりに」だけをお話しさせていただきたいと思いますが、新しく作る構造物については、やはり、地産地消の材料、例えば、福島であれば、フライアッシュを上手く活用して、必要な技術で補いながら、構造物の高耐久化を目指して行くことが大事だと思っています。

それから、今、カーボンニュートラル、うるさく言われていますよね。電力や鉄道、鉄鋼、それからセメントやコンクリートの生産に伴うCO₂を、出すなとか、貯留しろとか、有効利用しようとか言われていますけれども、やはり、構造物を長持ちさせることによって、その廃棄のプロセス或いはサイクルを延ばして上げることが非常に重要だと思っていて、取り組んで行かなくてはならない大事なポイントだと思っています。

また、既設のコンクリート構造物については、インフラの多様性を理解して、それぞれの地域の実情に合ったメンテナンスのあり方を考えることが大事だと思っています。そこには、ハイテクとローテクを組み合わせる、医療行為と歯磨きを使い分ける、適材適所、身の丈に合ったメンテナンスが重要だと思っています。

やはり、大事なことは、インフラに対する市民の無関心を、関心から愛着へ変えることではないでしょうか。インフラのメンテナンスについて、当事者意識が芽生え、国民の関心事とすることが大事で、その結果、産学官民の協働によるインフラメンテナンスが実現できるのではないかと考えております。

** おわりに **

最後、「おわりに」と言うことですが、この話の冒頭で、私は東北地方整備局の局長に直談判しに行ったという話をしましたが、その方は、徳山日出男さんという方です。

この徳山日出男さんという方は、その後、事務次官にまでなりました。在職中は、一切の講演を断っていた

んですが、退職されたときに、改めて、ぜひ講演をお願いできませんかとお願いしたら、快く引き受けていただきまして、4年前に仙台で講演をしていただきました。

まとめ

新設コンクリート構造物

- 地産地消材料（例 フライアッシュ）を利活用し、必要な技術（例 膨張材）で補いながら、コンクリート構造物の高耐久化を目指す。
- 電力・鉄鋼・セメント・コンクリートの生産（動脈）に伴うカーボンニュートラルもさることながら、コンクリート構造物の高耐久化や廃棄問題（静脈）にも焦点を当てた対策の実施が不可欠

既設コンクリート構造物

- インフラの多様性（ダイバーシティ）を理解し、地域の実状に合ったメンテナンスのあり方を考える。
- ハイテクとローテク、医療行為と歯磨きの使い分け→適材適所、身の丈に合ったメンテナンス
- 市民の無関心を関心から愛着へ（当事者意識、国民の関心事へ）、産学官民の協働によるインフラメンテナンスの実現

おわりに

徳山日出男氏の講演から（2021.11.2, 仙台にて）

- 世界171か国を対象とした”World Risk Report 2016”より、日本の自然災害リスクランキングは全世界でワースト4位であり、対応能力により、総合リスクランキングはワースト17位まで向上している。ただし、G7（すべて100位以上）の中でダントツ最下位である。
- 「日本に生きるということ、それは災害列島に生きるということ。災害を克服し生きるということ。」

東日本大震災からの復興と今後のインフラ整備

- 我が国の特殊性に鑑み、インフラ整備の重要性を改めて自覚し、責任と誇りを持って建設産業をけん引してもらいたい！



その時に私が深く感銘を受けた話を、最後にご紹介したいと思います。

世界 171 か国を対象とした“World Risk Report 2016”と言うものがあるんですが、日本の自然災害のリスクランキングは全世界でワースト 4 位であり、それを、対応能力、国力によって何とか総合リスクランキング 17 位まで向上させてはいるけれども、G 7 の中でダントツの最下位なんです。

今、アメリカの山火事の問題が大きくなっていますが、アメリカを含む G 7 の日本以外の国は全部、災害のリスクに関しては 100 位以上。日本だけがあまりにも特殊な状況だということです。

つまり、「日本に生きるということ、それは、災害列島に生きるということ、災害を克服し生きるということなんだ。」ということを述べられていました。

東日本大震災からの復興と今後のインフラの整備について、「我が国の特殊性に鑑み、インフラ整備の重要性を改めて自覚し、責任と誇りを持って、産業を牽引してもらいたい。」という言葉を残しておられます。この言葉を最後に私の講演を終わらせていただきたいと思います。

どうも、ご清聴ありがとうございました。



○司会

岩城先生、本当にありがとうございました。本日ご参加の皆様から、何かご質問等がございましたら、お受けしたいと思います。どなたかいらっしゃいますでしょうか。はい。どうぞ。

●質問者

○○の□□と言います。

海の方が専門ですので、コンクリートは全くの素人ですけれども、質問をお願いします。

お聞きしてしまして、講演の最後の方でコンクリートと言う固いものから、人づくりの話になって行って、ちょっと質問が違うかなという感じもしたんですが、1つ、2つお願いします。

コンクリートなどの研究がご専門と思うのですが、最後の方で、いわゆるセルフメンテナンス活動といいますか、今は「地域づくり」や「人づくり」に関連することもやっておられるということですね。素晴らしいことだなと思ってお聞きしておりました。

それで、1 番目の質問は、それとは全然違うんですけれども、北海道に小樽港と言う港があります。ご存じだと思いますが、小樽港の北防波堤の話ですね。廣井先生が、小樽築港事務所の初代の

所長に就任されて、港を築造していったという歴史があるようです。

小樽港が面しているのは北海道の外洋ですから、大変、時化するわけですが、それに耐える防波堤を造らないといけないということで、実際に造った。廣井先生が所長に就任されたのが約 130 年前ですから、それが 130 年経っても、まだ現存しているわけです。

その防波堤は「びくともしない」という話を聞きます。この方がやったことは、本当に驚くことなんですけれども、6 万個の試験体を作って、経年劣化をずっと調べたということです。ネットで調べてみると、今もやっているとありましたので、本当に驚きです。2000 年には土木学会から土木遺産に選定されたとあり、本当にすばらしいことだと思います。

そのように水の中に四六時中浸かっているものが、今も持っているわけですね。コンクリートに火山灰を混入させて色々と工夫したのが良かったんだろうと思うんですけども、一方で、我々が住んでいるマンションなど、陸上の建物が、水に浸かっているわけでもないのに、色々なところでクラックが起きたりすることが、どうも結びつきません。

小樽港の北防波堤の試験というのは、どう生かされているんだろうかということをお尋ねしたいと思います。

もう一つは、2、3 か月前にネット・ニュースで見た記事についてです。ネットなので信憑性がどこまであるか分かりませんが、コンクリートのクラックを自己修復する技術が日本で開発されたという記事を見ました。本当だったら素晴らしいことだと思います。自己修復の程度は分かりませんが、この技術についてご存知であれば、この 2 点をお願いします。

◎講師

はい、ありがとうございます。

廣井勇先生の業績は、私も、講義で必ず、学生にお話をさせていただくんですが、やっぱり、いくつポイントがあると思っています。

長持ちするコンクリートを作るために大事なことは何かと言うと、緻密なコンクリートにすることだと思います。廣井先生は、それを、非常に丁寧に締め固めたり、火山灰を混ぜると化学的にも緻密な構造になるということが分かっていますので、火山灰を使ったりすることによって、それを具現化したのだと思います。

仰るとおり、寒冷地であり、海水に浸かっているような、しかも、常に波の影響を受けるようなところであっても、緻密であるが故に、普通であれば表面がどんどん削れていってしまうようなことが起きがちなものが、ほとんどそれもなく、現存していることの大きな理由だと思います。

一方で、陸上で、なぜそういうものできないかと言うと、1 つは、施工の合理化みたいなもので、今、廣井先生が作ったようなコンクリートとは全然違うコンクリートで建物ができているということです。

それから、やはり、コンクリートの中に鉄筋が入っているということなんです。コンクリートの中に鋼材が入っていると、その鋼材が錆びることで、ほとんどの構造物の寿命が決まって来てしまっているところがあります。

大きくはその 2 点が、廣井先生が造ったものと異なり、通常的一般構造物がもっと早く耐久性を失ってしまっている原因ではないかというのが私の感覚でございます。

あと、自己治癒コンクリートについては、私も本当に夢のある研究だと思っていますし、世界的にも、特にヨーロッパで、そういう研究開発が行われています。

ただ、そういう研究は、もう 30 年ぐらい行われているんですね。理屈上は、こうすれば、こうなって、こうなるというように上手く行くことが解明されてはいますが、実際の構造物でどんどん実用化されているかと言うと、未だそこには至ってないと言うのが正直なところだと思います。

それには幾つか理由があります。もちろん、コストの話もあると思いますし、また、ずーっと動かないものであればいいんですけども、動いているものであると、なかなかくつつかないという問題があったりします。例えば、先ほどお話しした橋の床版のように、常に自動車の荷重がかかって動いているようなところでは、せっかく、くつつこうとする新しい物質が出てきても、なかなか、くつつかないようです。

ただ、研究の方向性としては非常に重要だと思っていますし、それができれば、コンクリートの一番の問題が 1 つ解決されることになると思っていますので、私としては、そういう研究は、どんどん、特に若い先生にやってもらいたいと思っていますところです。

よろしいでしょうか。

●質問者

はい。ありがとうございました。

○司会

他に何かございますでしょうか。ないようですので、この辺で質疑応答の時間は終了とさせていただきます。

それでは、岩城先生、本日は誠にありがとうございました。どうぞ皆様、岩城先生にもう一度盛大な拍手をお送りください。

以上をもちまして、第 29 回西海防セミナーを終わらせていただきます。本日は、大変お忙しい中、お越しいただきまして誠にありがとうございました。