

「コンクリート剥落とメンテナンス」

魚本 健人 (東京大学生産技術研究所 教授)

只今御紹介にあずかりました魚本でございます。現在、国際産学共同研究センターに所属しておりますが、御紹介にありましたように、今度、生産技術研究所において新しいセンターができるということで、来年度よりそちらのセンター長を務めさせていただくことになっております。今日はその話も含め、「コンクリート剥落とメンテナンス」についてお話をさせていただきたいと思っております。

(スライド)

朝の講演で岡田先生よりコンクリートおよび土木構造物、または建築物が丈夫なのか？というお話がございました。また、阪神大震災を機にそのような構造物が地震の際に丈夫なのかということが議論され、さらに最近では新幹線トンネルのコンクリートの剥落ということもございまして、新聞やその他多くのメディアの注目を集めました。米雑誌「Times」にもこの件に関して掲載がありまして、「The Sky is Falling」といったタイトルで、今にも日本の構造物は全部潰れるのではないかというような話でございました。

(スライド)

これらは平成 11 年度に報道されました、特にコンクリート構造物に関する事故の例でございますが、

(スライド)

ここに挙げられていますようにトンネルのコンクリート剥落事故、山陽新幹線の福岡トンネルおよび北九州トンネル、また北海道の室蘭線の札文浜トンネル、このようなものについて報道されました。またそれ以外に、特に山陽新幹線に限らないのですが、高架橋からコンクリートの破片が落ちたという事故の報道や、関西の方では生コンに不法加水しているというような写真まで掲載した新聞もありました。それから、コンクリートが壊れた構造物を見ましたら、コンクリート内部に木片が入っていたとか、布切れが入っていたという例がありまして、本当にこれでコンクリート構造物は丈夫なのかという話もございました。これら以外にも高速道路等で標識が落ちたという事故が報道されたのも皆さんよく御存じのことと思っております。

(スライド)

これらの一番大きな原因を簡単に申し上げますと、例えば福岡トンネルの場合には、我々も予想し得なかったところがございまして、写真を見ると分かりますように、この部分にコンクリートの打継ぎ目がございました。これは本来つくってはいけない、「コールドジョイント」と我々が言っているものでして、施工の際にコンクリートの供給が順調にいかなかった場合に生じるものです。このコールドジョイント面と下側で発生したクラックがつながって大きなコンクリートの塊が落ち、それが走行中の新幹線に直接当たってしまったというのがこの一番大きな事故でございます。

(スライド)

これが 6 月に起こったのですが、そのあと、北九州トンネルで剥落事故が起きました。実はこのトンネルの場合、トンネル上部のアーチ部分を先につくって、その後側溝を巻くという施工方法を取っていました。この場合ですと、上を先につくってから下を打つわけですから、上下のコンクリートが一体にならない為、それを補強するためあごを外に設けることとなります。このコンクリートの付け根にひび割れ、漏水などが生じ最終的に剥落したという事故でございます。

(スライド)

こちらの事故は幸いにして、特に剥落したコンクリートが列車に当たったというようなことはありませんでしたが、そのあとの札文浜トンネルの事故では、トンネルのちょうど天井部分から直径 3 m 程度の円形で厚さが約 50 cm のコンクリート塊が剥落してしまいました。その落ちたコンクリートに、走ってきた貨物列車が乗り上げて事故を起こしてしまったわけでございます。

(スライド)

このような一連のトンネルの事故から分かりましたことは、建設当初もしくは建設完了直後の初期の段階でひび割れや内部の欠陥などが生じていたのではないかと思います。

事故が起きたいづれのトンネルについてもJRさんによって必ず点検されており、目視検査等でひび割れが確認されていたものがほとんどでございます。しかしながら、特に大きな変状が確認されず事故に至ったケースがありました。よく分からなかったのは北九州トンネルなのですが、それ以外のものは検査の時に分かっておりました。いずれも振動や荷重、特に新幹線の場合には高速走行による負圧が発生いたします。その負圧の繰返しも原因の一つに挙げられると思われれます。いずれにしても剥落したのは全てトンネルライニングであり、全て無筋コンクリートだったわけでございます。

(スライド)

ですから総合的に原因を調べてみますと、最初に何らかの初期欠陥が生じていて、これを的確に検知することができていなかった。その後ひび割れが進展していったのですが、これもその進展をうまく検出することができなかつた。さらにコンクリートの剥落を予測することもうまくできなかった。というようなことがありまして、繰返しの振動や荷重が作用していることから徐々にひび割れが進展し、最終的にコンクリートが剥落したというようなことだと言えるかと思えます。

(スライド)

一方、高架橋でのコンクリート剥落問題に関してですが、この例を見ますと実は橋脚下側のコンクリートのかぶりか全部落ちてしまっており、内部の鉄筋が露出しております。また、細かいひび割れも入っている状況がうかがえます。

(スライド)

それから、補修を施した橋脚の例ですが、補修を行った後でもさらにこのようなひび割れが発生してしまう場合もありました。

(スライド)

その結果としてさらに表面に樹脂系の材料でコーティングを施したわけですが、その場合でも内部の鉄筋が錆びて、結果的にコーティングが浮いて剥落する、このような現象も起こってしまっているわけです。

(スライド)

通常ですとコンクリートは非常に高いアルカリ性を保っておりますので、内部の鋼材はほとんど錆びることはありません。錆びる唯一の可能性があるとすると、ひび割れが入ったりして、外部から入ってくる炭酸ガスと、実はコンクリートというのは非常にたくさんの炭酸ガスを吸収するのですが、それとコンクリートが反応してしまうことによるものが挙げられます。このようなことから最近では、結構いい環境保護材料になるのではないかという考え方もありますけれども、元々セメントを造るときにいっぱい炭酸ガスを出していますから、帳尻が合わないかもしれません。

このように炭酸ガスと反応してコンクリートの中性化が起こったりすると、内部の鋼材は腐食しやすくなります。またそれが起こらない場合でも、特に海岸構造物などの場合には、外部から塩分が供給されますと内部の鋼材の不動態皮膜が破壊され腐食が進行するということが起こります。

(スライド)

鉄筋が錆びるとどのようなことが起こるかといいますと、ほんのわずかですが体積が膨張します。実はコンクリートというのは200マイクロぐらいのひずみでひび割れが入ってしまっていて、落っこちるというようなことが起こります。場合によってはこれらのひび割れが連結しより大きなコンクリート塊が落ちてしまうこともあり得ます。

ですから、実は鉄筋が錆びるということだけでしたら大きな問題にはなりません。少なくとも鉄筋コンクリートとしての構造体としては急激に耐力が落ちるわけではないのですが、今言いましたようにコンクリートそのものが落ちるという現象から見ますと、内部の鉄筋が錆びるという現象は非常に大きな問題になります。

(スライド)

皆さんも御覧になったことがあるかもしれませんが、打音検査と称してハンマーでそこら中叩いてコンクリートの欠陥を探知する作業があります。あの作業は実は検査するのと同時にコンクリートの欠陥部分をたたき落とすという作業も含んでおります。その叩き落とすのを容易に行えた箇所というのは、ほとんどの場合鉄筋は錆びています。逆に言いますと、もともと鉄筋が腐食しコンクリート内部にクラックが入っていて、ハンマーで叩けば、それこそ全部落ちてしまう、こういう話になります。

実は、特に山陽新幹線などでは、コンクリートの中はかなり大量の塩分が入っていました。0.6~1.77 kg/m³というような数字がありますが、現在許されている規制値をはるかにオーバーしております。ということは、これらは海岸近くに建設されているわけではございませんので、コンクリートをつくったときにかかなり多くの塩分が混入されていたということになります。さらにこれらのコンクリートはかなりの深さまで中性化が進行していたということです。

(スライド)

これらはかぶり不足の問題もありますが、海砂等の使用による塩分混入、これがコンクリート中の塩分濃度を非常に高めたということが言えます。

しかしながら、これらの問題に対しての検査が必ずしも十分ではありませんでした。また、この原因によって腐食が生じたわけですが、先ほどの例と同じように検査その他でもうまく検出できなかったというようなことから、高架橋からコンクリートの破片が落ちたのだらうということが

言えます。

(スライド)

これらのことから明らかになったこととしては、確かにトンネルライニングの一部が剥落し、橋梁のかぶりコンクリートの一部が剥落したということですが、技術屋さんのほうからすれば、構造的に見た場合にはいずれの場合でも直ちに大きな問題になるわけではないということです。しかしながら、実は私の嫁さんにも言われたのですが、「新幹線でこんなこと起こったの?」ということや、「あれだけきちんとしてあるはずなのに」というような意識があったと思います。その為に社会に与えた不安は非常に大きかったということが言えるかと思えます。実際につくられた方々からすると、それが落ちたからといって何も大きな問題にはならないと思う技術屋さんも結構おられたわけですが、実は技術屋さんが思っている以上に皆さんが非常に心配されたというのは事実だと思えます。

(スライド)

なぜこのようなことが起こったかという、実は技術屋の特に土木、建築をやっている中のコンクリートをやっている人から見ると、「コンクリート構造物はメンテナンスフリーである。スチール構造物よりも、だからメンテナンスもかからないから良いよ。」というようなイメージがあったことが考えられます。「コンクリート神話」です。その為にコンクリート構造物をつくるときに、ある意味では耐久性についてあまり配慮をしてこなかったというのが、これまでの経過だろうと思えます。このようなことが実は背景にあったがために、このような問題が表面化したと言えるかと思えます。

(スライド)

それでは、現在までに建設された構造物がどのようなもの、またどのような状態であるかについて若干ご説明いたします。今朝お話いただきました岡田先生の話にも非常に似ているところがありました。そのような点で岡田先生のお話を伺うことができ、非常に為になったと思っております。

(スライド)

我が国の建設材料、これはずっと昔からあるわけですが、木材に関しましては火災時の延焼というような問題がありまして、どうしても最終的には危険であるというような意識があります。それと同時に、逆に言いますと木材を使うときには燃えることを前提として、例えば家を建てる場合でも昔の大金持ちの方が自分の家を建てるのと同時に、建てた木材と同じ量の木材を全てストックしていたというような話がございます。皆さんご存知の木場とかはそのような木材をたくさんストックしていたところで

ところがこの後、明治時代に非常に優秀な方が特にヨー

ロッパに留学されました。その時に向こうで見たレンガの建物のすばらしさ、これを是非日本でも使おうということで、その時代にはかなりたくさんのレンガの構造物がつけられました。

しかしながら、1923年関東大震災の時にこのようなレンガでつくられた構造物が非常に簡単に崩壊してしまったということがございまして、レンガは駄目だ木材も駄目だといって、残ったのものの一つが鋼材でした。しかしながら鋼材の場合には、どうしても腐食が起こる可能性があるということでメンテナンスが非常にかかります。結果的に塗り替え等をやってもコスト高になってしまうかもしれません。

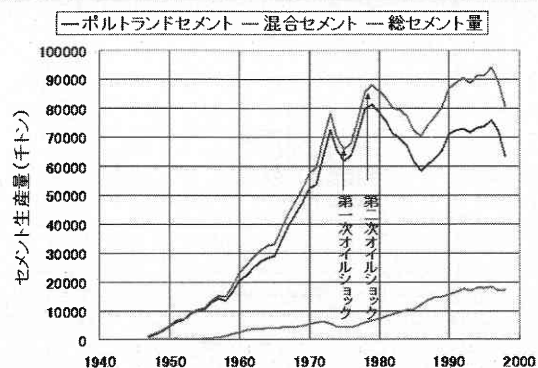
このようなことから、実はコンクリートというのが先ほど言いましたようにメンテナンスなしでも劣化しにくい（しないのではなくてしにくいだけです）ということで、これはいいということになって今日まで建設材料の中でもかなり重要な地位を占めているわけでございます。

これは我が国だけではなくて諸外国でも同様でありまして、特にコンクリートの場合には主原料であるセメントがわりとどこの国でも簡単に作れる材料であります。ですから、世界中の国でコンクリートが使われるようになったわけですが、今までの日本の動き方を見ますと、どこかで大きな失敗をすると、だいたいその材料は自ずと段々消えていくのが例でございまして、コンクリートは建設材料としてほんとに無くなってしまおうのかなというようなところもあります。

(スライド①)

セメントの生産量のグラフを見ていただくと、第一次オイルショック（1974年）くらいまではずっと伸びております。第二次オイルショックの時にはあまり影響はなく、その後は伸び悩んでいる状態です。一時はもっと増えるのではないかという予想もありましたが、それほど伸びませ

セメントの年度別生産量(1947-1998) セメント協会



スライド①

んでした。

(スライド②)

このようにセメントだけで見ていると、そんなものかなあという感じなのですが、大雑把に推定してコンクリート量に換算しますと、この曲線で表されます。これを見ていただくとわかりますが、現在100億 m^3 ぐらいのコンクリートがつくられていると推測されます。しかしながら1970年位までにつくられたのは約20%です。実はそれ以降に非常にたくさんのコンクリートがつくられました。これがバブルだとか何とかのおおもとになっているのかもしれない。

一方、コンクリート構造物の劣化原因について説明させていただきます。

(スライド)

私どもが学生の時習った劣化の原因は、疲労と凍結融解による劣化という程度でございまして、あとは摩耗とか化学薬品によるものなどがありましたけれども、この程度でした。中性化については岸谷先生がいろいろ出されておりましたけれども、そんなに大きな話としては出されておりましたけれども、ですから昔は確かにコンクリートの耐久性で考えなければいけないのは疲労荷重の問題と凍結融解に対する抵抗性であり、これを解決すればよいと言われてきました。ところが、その後、海砂の問題、それからアルカリ骨材反応、また中性化によるコンクリートの変質、昨今でいくと酸性雨などがあります。酸性雨がコンクリートとどういう関係があるのかと申しますと、酸性のものが接触しますとコンクリートは基本的には石灰系の材料ですから、溶けてしまうということが起こります。それから、今あまり皆様に注目されておませんが、スパイクタイヤが禁止になってから凍結防止剤や融氷剤による問題が非常に大きくなりつつあるというのが現状でございまして。

(スライド)

耐久性低下にはこのように色々な原因がございまして、先ほどいいましたように疲労だとか磨耗だとか凍結融解というのは東京オリンピックより前の段階でだいたい、「何とかこれでいけるでしょう」という話になっております。それ以降でまだ解決しておりませんが、例えばコンクリートの耐薬品性などはまだ十分に解決されておられませんし、中性化の問題、海砂の問題、塩分腐食、これもまだ完全に終わってはいないと思います。それからアルカリ骨材反応、融氷剤、このような劣化原因が次から次へと生じてきております。今現在でもまだ十分に完備されていないのがここで示しました耐薬品性と塩分による腐食の問題と融氷剤の問題です。

(スライド)

このような問題は、問題が提起されてからすぐに対策がとられるわけではありません。この事に関しましては今朝の岡田先生からお話がありましたけれども、問題があってこのようなことがあるよという話になったとき、必ず研究者に認知されます。ただしその時に必ず肯定論と否定論がでます。いやそんなことは起こり得ないとか、いやこれは本当に起こっているのだとか、必ずそういう議論が起こります。これが結構時間がかかります。本当にそうかどうか、これは結局実被害などの調査、こういうものをちゃんと調べないとでてこないものです。そのあと原因がどういふものか、機構はどのようであるかということが調べられて、ようやく各種の対策の提案がなされます。ところがこのときにも大抵の場合はいろいろな設計者、製造者、施工者等々が挙げられますが、これができるとかできないのではという議論が必ず起きます。そして実際によく実務的な対策案ができて、例えば指針だとか規準だとかいうものが出来上がって、ようやく対策実施ということになるものですから、何かの問題がわかってからできるまでには簡単に5年10年かかってしまうというのが問題でございまして。その影響が非常に大きいということもあります。

(スライド)

実は劣化の原因の大半は環境からくるものです。外部から供給されるもの、それと材料からくるものです。そのほかに施工の問題がありますが、それ以外はほとんど周りの環境からくるものが原因です。

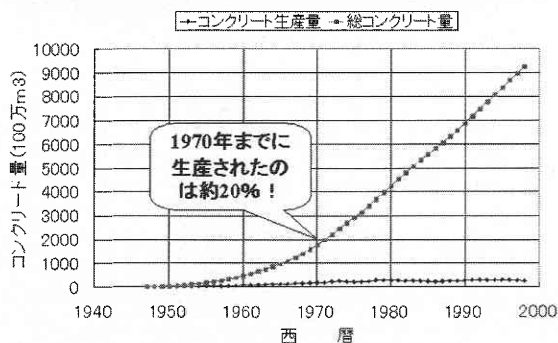
(スライド)

ですから、先ほどご説明しましたトンネルのコンクリート剥落というのもの、早期脱型だとか施工不良の問題がありまして、さらに材料不良とか、かぶりの不足等も原因として考えられました。実はこのような原因が重なりあって事故が起こってしまったということでございます。

(スライド)

一部の劣化問題については対策等がとられるようになり

コンクリートの総生産量(1947-1998) 推定値



スライド②

ましたが、まだ解決していない問題も残っているということと、今まで問題とされていなかった問題も新たに生じる可能性があります。先ほど申しましたように対策をとるまでに時間がかかるものですから、少なくとも可能性があるものについては早めに対策をとろうというようなことをしていかなないと先々大きな問題になりえます。

私のほうでわりと心配しているのが下水設備です。皆さん下水の完備というものが国会で言われておりますが、それができればできるほど劣化がどんどん進む構造物ができるという可能性があります。それはなぜかと申しますと、酸その他のたくさんのものが下水道施設では存在しておりますので、コンクリートだけでは対処できないという問題があります。

それから先ほどの話でもありましたが、今年は東京も結構雪が降ったりしましたが、六本木あたりを歩いていますとお客さんが危ないからといっておじさんが道路に塩を撒いていますね。皆さんは何かを撒いているな？と思うのですが、あれは塩です。日本で撒いている塩のほとんどが NaCl です。一番鋼材の腐食に悪いものを撒いています。アメリカ等は安い岩塩があるものですから岩塩を撒いていますが、欧米諸国でも融氷剤による劣化は大きな問題となっていますが、わが国はまったくその後を追っかけておりません。

それから今までにない劣化というのが生じる可能性が実はまだあります。まったくないといわれているものもいくらでも起こる可能性がありますので、そういうものに対してもいろいろなデータの保存というのが必要なのではないかと思えます。

(スライド③)

材料や配合の問題ですが、材料については世の中のニーズである早く固まるセメントが欲しいということで、セメントの比表面積はどんどん大きくなっております。1970年からこれだけ増えていっております。

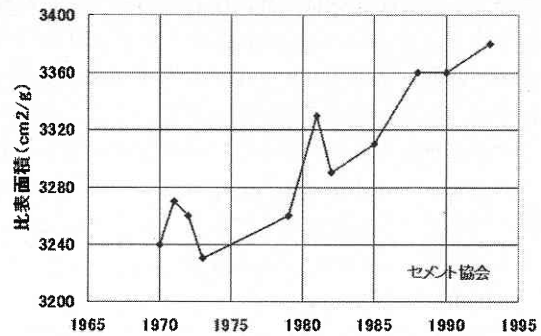
(スライド④)

それに伴ってセメントの固まる時間も最近ではどんどん短くなってきています。これは確かに早く施工をするという意味ではメリットですが、一方ではデメリットになっている部分もあるかもしれません。このようにセメントの性質としてもかなり要求事項が変わってきています。

(スライド⑤)

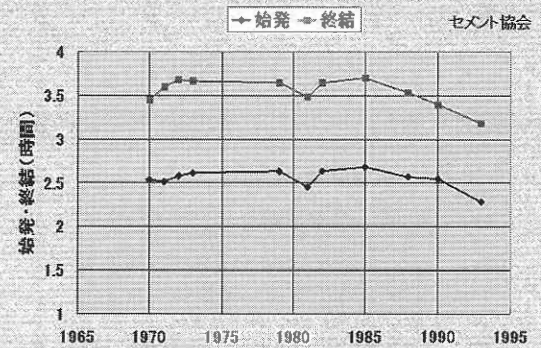
それから骨材の変遷については非常に大きな差が見られます。ちょうどオリンピックが1964年ですが、このあたりを境にして、この青で書いてあるのが河川でとれる骨材ですがそれまでは約80%使われていたものが現在では数%しかありません。それぐらい激減しました。その分逆に増えたのは何かというと、一つは碎石であり、それに山を崩して作っている砂とか砂利があります。それ以外にも

普通ポルトランドセメントの品質(1970-1993)



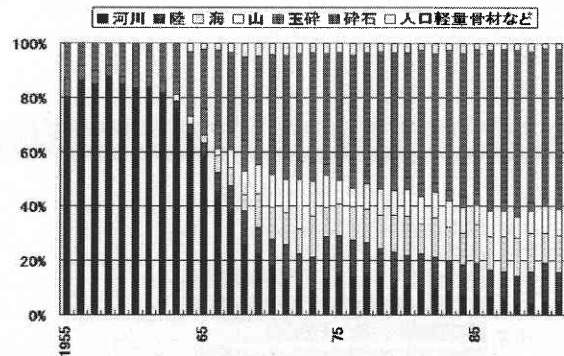
スライド③

普通ポルトランドセメントの品質(1970-1993)



スライド④

種類別骨材の供給比率 日本砂利協会資料



スライド⑤

海砂と陸砂等ありますが、こういうものにとって変わられています。これは環境保護ということで河川の砂利、砂は採ってはならないという話になったわけですが、実はこれは全国一律ではないです。

(スライド⑥)

このグラフは色々な種類の砂の使用割合を地区別に示したものでございます。青は山砂・陸砂で、赤で示したものが川砂です。このデータは1986年に土木学会で調べたものですが、これを見るとわかりますように東海から北は青と赤が多い。山とか河川の砂が使われていることがわかります。逆に近畿から九州のほうは、これがずっと少なくて緑色が多くなっています。これは全部海砂です。山陽新幹線が作られたところは中国地方ですが、最もここで海砂がたくさん使われていたわけでありまして。

(スライド⑦)

一方、粗骨材、これも同じなのですが、黄色で示してあるのが碎石、赤が河川の砂利です。東海より北は赤い河川の砂利が非常に多いのですが、同じようにこちら中国九州地方は碎石がほとんどです。中国、九州は碎石が85%を1986年の時点で占めています。こういうように採れる材料が地域によってもものすごく異なっていると同時に時代と

ともにどんどん変わってきています。ということはどういうことかと申しますと、従来非常にいい骨材であると言われていたのが河川の砂と河川の砂利だったのですが、それがどんどんなくなりまして良質な材料が不足しているという現状であります。実はこれから使われる骨材の中には、コンクリートというのがほとんどごみ箱に等しいところがございます。例えば製鉄業で作られているスラグを入れてあげるといったようなことがあります。また石炭灰、要するに火力発電所で作られているフライアッシュとかなんとかをコンクリートに入れるということもございます。当然セメントの中にも入れますし、いろいろなものを有効利用しているはずですが、このようなことから従来とは異なった劣化も起こってくる可能性もあります。これからいろいろな材料を使わざるを得ないということと、なるべく自然をうまく使ってあげようということが重要なポイントになってくると思います。

(スライド)

次に設計施工上の問題ですが、今日岡田先生からご説明がありましたので非常によくわかったのですが、実はこれは大きな地震の度にだいたい改訂されております。これは許容せん断応力度の変遷を示したグラフですが、土木学会によって出されているものです。

(スライド)

有効高さが3mで鉄筋比が0.5%の場合ですが、1940年頃で0.7MPa程度という値が1960年ぐらいに0.9以上に上がりました。そのあと、1981年には等々の地震によりこの値は半分には減らされて、今現在ですと0.2MPaぐらいしか許せないという話になっています。しかしながら、実は阪神大震災の時に、ピルス橋に代表されるようなコンクリートの橋脚はひっくり返り全て壊れましたけれども、ピルス橋はだいたいこの時点で作っておりますから、今と比べますと4倍の数値を使っていることとなります。すなわち、その当時としては良かれと思ったわけですが、実はそれはダメだということが分かっていて学会のほうは直していったのですが、周りは必ずしも直しきらないということだったのです。建物でいう既存不合格という構造物に相当するかと思います。こういうようなことが起こっています。

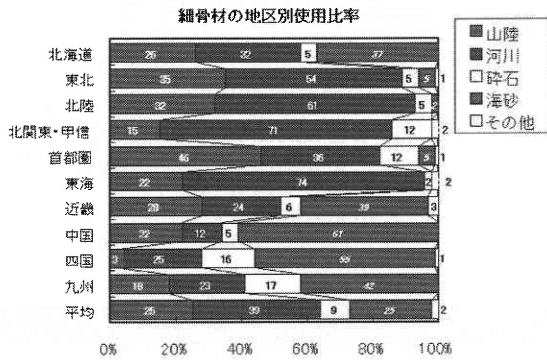
(スライド)

もう一つは、建設会社というのは昨今たかかっている業種の一つですが、このグラフで下のほうから個人業主、資本金が200万まで、500万まで、1000万まで、5000万まで、ここから上が一億以上ですが、一億以上ある企業は2%ぐらいしかありません。それ以外は非常に小さな企業がほとんどであります。

(スライド⑧)

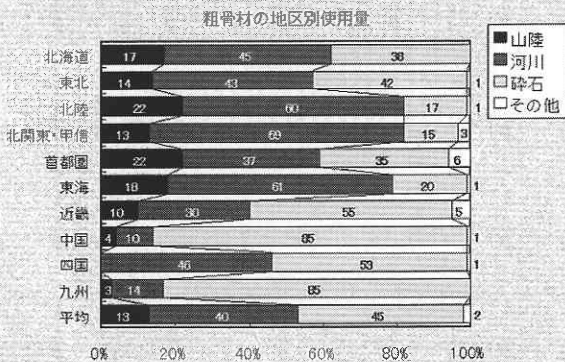
またこちらのグラフは横軸に都道府県を、北は北海道か

細骨材の地区別使用比率 土木学会1986



スライド⑥

粗骨材の地区別使用比率 土木学会1986



スライド⑦

ら南は沖縄まで並べてありますが、こちらの赤で描いてあるのが製造業です。これは当然地域によって就業者が多い県もあれば少ない県もあるわけですが、これは納得がいくのですが、建設業だけは全国ほとんど変わらないという状況です。10%ぐらいの値です。要するに北は北海道から南は沖縄まで、どこまで行っても建設業として10%程度の人が働いていることになるわけです。それはある意味では政治との問題、地方にも必ずそういう産業がほしいという問題があるかもしれませんが、そのためにどうしてもあまり高い技術を持っていない会社から、持っている会社まで全部同居しているという問題があります。

(スライド)

そこで、実際にこれからはこのようなシステムでいろいろな検査をしますが、システムの明確化ということをしなくてはならないわけです。また、それと同時に支払い方法というものも責任を明確化する必要があります、支払うということをもっと頻繁にやるような形に変えていかないと、実はこの分野はいつまでたってもうまく機能しないのではないかという部分があります。

(スライド)

そこで、少なくとも示方書等で今検討されておりますが、これから建築もそうなるのですが、性能照査型のやり方をするようになりましたので、それをうまく使うということと、維持管理までを考慮したライフサイクルコストの考え方をもっと導入していくこと、さらにそれぞれの担当者の責任を明確化することが必要だろうと思います。

(スライド)

これからのメンテナンスの話です。

(スライド⑨)

これは耐久性検討委員会の資料ですが、トンネルの劣化を調べたものです。左から1964年まで、1967年、1975年、1985年以降ですが、古いものほど劣化の程度が増え

ていることがわかります。

(スライド)

トンネル以外のものでも全く同じです。ですから古いものほど劣化の程度が大きいということが言えます。

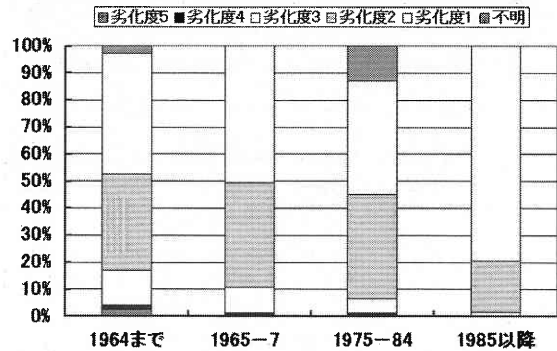
(スライド⑩)

また、青で示したひび割れなどが入っている場合ですと、赤い損傷のないものに比べ左側にシフトしております。ということは、コンクリート内部の中性化がより進んでいることを示しており、このような損傷のあるものは内部の劣化が速く進んでいる可能性があります。

(スライド⑪)

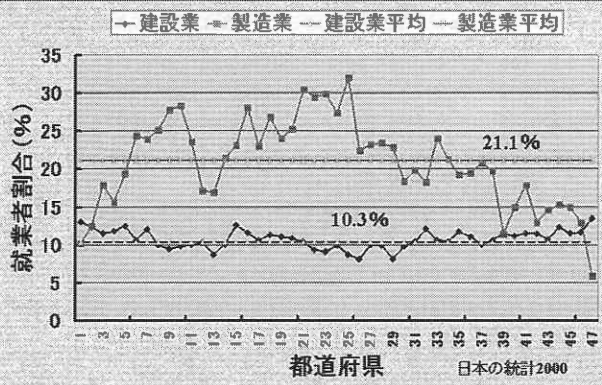
事実これは既存橋梁について供用年数を横軸にとり、縦軸に補修実施の有無の割合をとったグラフですが、これを見まして大雑把に申し上げますと、40年から50年使うとだいたい40%の構造物は補修しないといけ

トンネルの劣化度 (耐久性検討委員会)



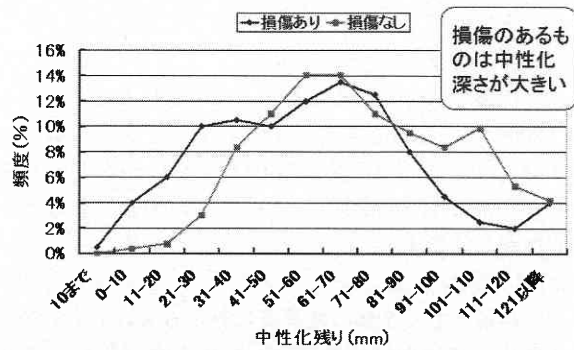
スライド⑨

建設業の就業者割合 (都道府県別) 1995



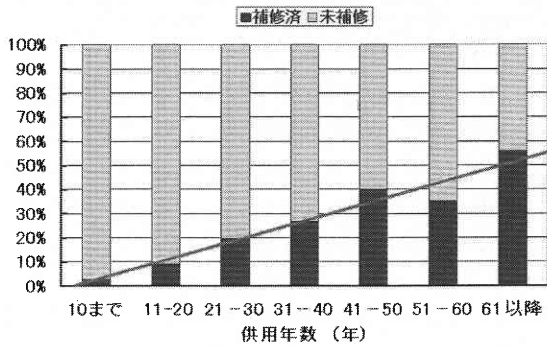
スライド⑧

損傷の有無と中性化残り (耐久性検討委員会)



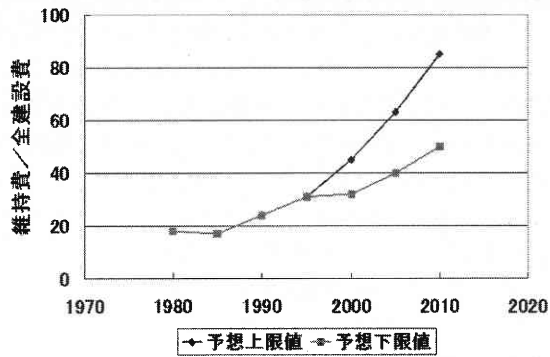
スライド⑩

供用年数と補修の実施の有無 (耐久性格討委員会)



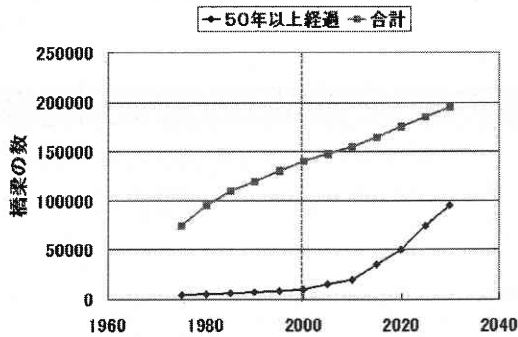
スライド⑪

全建設費と維持費の割合



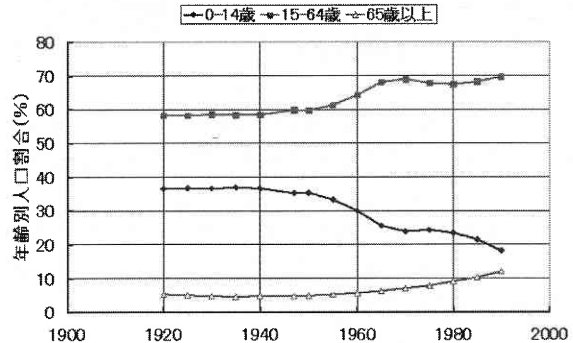
スライド⑬

全橋梁数と50年以上経過した橋梁数



スライド⑫

我が国の年齢別人口割合 日本の100年



スライド⑭

(スライド)

こちらは建物の場合ですが、この場合はもっと早くて10数年で一番多い。そのあとはだんだん取り壊しのほうが増えてきますので、見かけ上数は減ってきます。

(スライド⑫)

一方で、例えば今まで作ってきた橋梁の数を、このあと同じように伸びていくと考え推測しますと、このような数になっていきます。それと同時に、こちらは50年以上経過した橋梁の数を示しましたが、これを見るとわかりますが、2000年ぐらいですと、まだわずかし古いのはありませんでしたけれども、2010年ぐらいからどんどん増えてまいりまして、2030年になると約半分になるという可能性があります。

(スライド⑬)

その結果として全体の建設費に対するメンテナンスにかかる費用は色々な計算の仕方がありますが今のところ20~30%になっておりまして、この後どんどん増える可能

性が十分にあります。

(スライド⑭)

一方で、このグラフを見るとわかりますように我が国の人口はトータルとしてそんなに増えてないわけですが、こちらは若い人で14歳以下の人です。どんどん減ってきていまして、今は20%を切っています。こちらは65歳以上の方です。こちらはどんどん増えていっています。2000年でちょうど逆転しています。ということはどういうことかと申しますと、先々は若いエンジニアの方がどんどん減る可能性が高くなります。

(スライド)

ということは、少なくともこれからは維持管理・メンテナンスを考えますと、自分たちが作ったものではない古い構造物をより少ない数の人間で膨大な量のものを維持管理する必要がありますので、少なくともこれからつくるものについては耐久性を重視すると同時に、メンテナンスをうまく行うためのシステムを早くつくる必要があります。

(スライド)

一般には一次調査、二次調査までやられていますが、従来やっているやり方は目視検査が非常に多いのですが、こうすると調査員による違いが大きくなります。

(スライド)

それから十分な経験を必要とするということがありまして、このような問題を一つうまく解決できないだろうかということでやらせて頂いているのが、私が持っているようなパソコンにエキスパートシステムを乗っけてあげて、そしてそれを使ってどこでも判定ができるようにしてあげようなど、と考えております。

(スライド)

また移動車を使って客観的に色々なデータをとってあげようという考え方があります。

(スライド)

今までですと、データが多くなりすぎて困るという話がありましたが、これからはITの発達によってうまく使えることができるかもしれません。

(スライド)

それから、詳細調査の場合には色々な方法が使われていますが、本来ですと原因を把握して形式化し、進行予測を劣化の程度を判定するということが必要になります。

(スライド)

しかしながら、今まで行われている多くのものは、鉄筋の錆び汁が見られるとか、ひび割れが多いとか、かぶりの剥落の有無とか、こういうものであり構造物の劣化の程度がひどいとか、そうではないという判定をしてきました。これではどう見てもうまくはいかないので、このような判定方法をもっとうまく考えようということになり、例えばコンクリート工学協会でもコンクリート診断士という制度を作ったのですが、1日目でその申込がオーバーしてしまったという話がございますので、申し訳ないと思っております。

(スライド)

そして、できればこれから新しい検査方法としても、いくつかの検査を組み合わせる方法や、我々の特別研究委員

会でやらせてもらっていますが、デジタルカメラのデータやレーザーや赤外線などのデータを全部重ね合わせて見ますと、このようなところが危ないですよということがわかるような方法を検討しております。

(スライド)

それから、詳細な調査を行うために例えばCTスキャンその他をやることもできるということです。

(スライド)

実際にはいろいろな構造物の記録だとか検査結果、定期的な調査の結果を集めてデータベースを作ってあげなければいけないわけですが、コンピュータによる大量データをうまく利用するというものを図る必要があります。

(スライド)

これは山崎先生から教えていただいたものですが、都市ガスなどの緊急制御の方法ということで、各家庭に行くガスが例えば地震が起こったときに自動的に途中で止めていくというようなシステムです。

(スライド)

これと同様に、例えばいろいろな個別の構造物、道路網や鉄道網、このようなものについて、また特に重要なものについては常時モニタリングシステムを取り入れるような方法をとって中央で制御すると同時に、構造物の劣化程度を判定し、利用の制御と補修その他の判断をすることが必要であろうと思います。

(スライド)

4月から「都市基盤安全工学国際研究センター」というのができますが、目標としては既設の構造物を安心して利用できるシステムを作り上げることです。安全というだけではなくて安心ですよというようなものが提供できないかと考えると同時に、ここにあげましたサステイナブル・エンジニアリング分野、都市防災安全工学分野、都市基盤情報ダイナミクス分野、この3つの分野からなりますセンターがこの4月からできますので、是非ごひいきにさせていただけるとありがたいと思います。最後は完全なPRになってしまいました。どうもありがとうございました。