

令和6年第7回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年3月5日（火）14:00～15:10

2. 場 所 中央合同庁舎第8号館6階623会議室

3. 出席者 原子力委員会

上坂委員長、直井委員、岡田委員

内閣府原子力政策担当室

徳増審議官、山田参事官、梅北参事官

中日本高速道路株式会社 技術本部環境・技術企画部

青木構造技術課長

株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部橋梁研究室

山下主任研究員

4. 議 題

(1) 原子力白書に関するヒアリング「放射線によるインフラ検査の利活用」（中日本高速道路株式会社 技術本部環境・技術企画部構造技術課長 青木圭一氏、株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部橋梁研究室主任研究員 山下恭敬氏）

(2) その他

5. 審議事項

(上坂委員長) 時間になりましたので、令和6年第7回原子力委員会定例会議を開催いたします。

今年も3月11日が近づいてまいりました。2011年に起こりました東京電力福島第一原子力発電所の事故について、原子力に携わる全ての方々が、その事故の重大性と地域住民に与えた影響の大きさを決して忘れてはならないと思います。

私たち原子力委員会は、「原子力利用に関する基本的考え方」に記載しています通り、全ての「原子力利用の基本目標」の筆頭として、東京電力福島第一原子力発電所事故の反省と教訓を真摯に学ぶ、を掲げています。

これからも、原子力委員会は、被災者に寄り添い、廃炉を進めることで、福島復興につながるような動きを指し示す羅針盤の役割を果たしてまいります。

それでは、本日の議題ですが、一つ目が原子力白書に関するヒアリング「放射線によるインフラ検査の利活用」、二つ目がその他であります。

それでは、事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局です。

一つ目の議題は、原子力白書に関するヒアリング「放射線によるインフラ検査の利活用」について、中日本高速道路株式会社 技術本部 環境・技術企画部 構造技術課長 青木圭一様、株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 橋梁研究室 主任研究員 山下恭敬様から御説明いただき、その後質疑を行う予定です。

原子力委員会では、昨年2月に決定しました「原子力利用に関する基本的考え方」を踏まえ、その実現に向け、注目すべき動向、重要な論点などについてヒアリングを行っています。本件は、「基本的考え方」の「3.7.放射線・ラジオアイソトープの利用の展開」におもに関連したものです。

それでは、青木様、山下様、御説明をよろしくお願いいたします。

(青木構造技術課長) 前半を私、青木の方から、それから後半を山下の方で説明をさせていただきます。

それでは、放射線利用によるインフラ検査の利活用について御説明を申し上げます。

ページを開いてもらって1ページ目ですけれども、まずコンテンツとして高速道路の現状を説明させていただきます。そして、放射線の利活用事例としてPC橋のPCグラウト充填検査、盛土の密度管理、生コンクリートの単位水量計測、鉛入りゴム支承の損傷調査、その他ということで説明をさせていただきます。

続いて2ページ目でございます。

まず高速道路の延長・利用台数でございますが、ここに書いているまず緑のところは東日本高速道路、それからオレンジ色が中日本高速道路、青色が西日本高速道路株式会社が管理している道路でございます。その総延長は約9,600キロメートル、利用台数にして1日728万9,000台が利用しているというような状況でございます。

続いて3ページ目を御覧ください。

供用後40年以上経過した延長の割合は昨年の12月末現在で約4割でございます。それが右図にありますとおり、10年後にはその割合が6割に達します。更に高速道路は重量違

反車両、それから降雪等、それから海岸の厳しい環境などに置かれておきまして、どんどん構造物が老朽化をたどっているという状況でございます。

このような状況下におきまして、4ページ目でございます。高速道路の更新計画というのを2015年に計画を立てまして、現在これを実行しております。その内容としては大規模更新ということで、例えば橋梁の床版の取替え、それから桁の取替え、それから構造物・トンネルなどの補修・補強、こういうものに3社合計で、一番右下ですけども、3兆円の事業規模を計画しまして、現在これを進めておきまして約9年ほど経過しております。これを15年で実施するというので現在実施をしております。

5ページ目を御覧ください。左上に現在実施している事例を紹介しております。北海道では床版の取替えの写真等がここに出ております。

このような状況の中で更に損傷が見つかってきておきまして、右下にありますような損傷状況ということで、海岸縁にありますプレストレストコンクリート、PC橋におきましてPC鋼材が著しく腐食しているというような事例も散見されています。ということで、更なる更新事業ということで左下に書いていますとおり、橋梁・桁の架替え、充填剤の再注入、これに事業費として2,515億円、こういうものを現在計画をしております、認められれば来年度からこういう新たな更新事業というものを実施していきたくというふうに考えてございます。

6ページ目でございます。ここでちょっとおさらいということでPC、プレストレストコンクリート橋というものについて御説明をさせていただきます。

もともと、コンクリートというのは引っ張りに弱いもの、圧縮には強く、引っ張りには弱いということで、まずは鉄筋コンクリートというのがありまして、引っ張りに鉄筋で抵抗すると。ただし、この構造物の場合はひび割れが出てまいりますので、なかなか大きな橋梁には適用ができない。一方、プレストレストコンクリートというのはあらかじめプレストレストを与えておくことで引っ張りを生じさせないということで、長大橋なんかにも適用できるというものでございます。

このPC、プレストレストを与えるのにPC鋼棒、PC鋼線、PC鋼より線、このようなものを使って圧縮力を与えているというものがPC橋でございます。

7ページ目を御覧ください。

PC橋の種類ですけども、一つは版桁橋、ここでは中空床版の絵を描いておりますけども、真ん中に円形のものがありますけども、ここがボイド、空隙になっておきまして、中空

の穴が空いた床版橋ということで、中空床版と呼んでおります。

真ん中が合成桁、ないしはT桁と呼ばれるもので、桁の形式、I桁だったり、T桁だったりというような形の橋梁でございます。

一番下は箱桁ということで、文字どおり箱の形状の橋でございます。だいたい一番上が非常に支間長が短く、一番下の箱桁になるにしたがってどんどん支間長が大きくなるといったような特徴がございます。

8ページ目でございます。

これらの橋梁の建設状況と健全度でございますけれども、左の図が建設された年にどのような形式が建設されたかというものでございます。初期の頃はやはりI桁、T桁というのが非常に多く造られまして、1990年からは緑色の版桁橋、それから箱桁橋というのが非常に多く造られているというような建設状況でございます。

右に現在の健全度を示しております。5が悪くて1が良いと。赤色が悪くて青色になるにしたがって健全度が良くなるというものでございまして、やはり古い構造物の方が健全度が非常に悪いと。例えば、青の割合でいいますと健全度が良いというものは1959年以前はだいたい16橋、比率にして25%くらいというものが、2010年以降に建設されたものは比率にして95%くらいは良い、だんだん古くなるに従って悪くなっているというのがこの図から見て取れるかと思えます。

9ページ目でございます。

T桁橋をもう少し細かく説明しますとだいたいT桁橋のスパンとしては20メートル程度、ここでは17メートルの支間長の橋梁でございます。

中段に断面図がございます。支間中央部ですとTの縦の部分がだいたい部材厚が180ぐらい、端部にいきますと400ミリぐらい部材があると。ここに下に書いていますとおりPC鋼材を赤い点線で書いていますけれども、このような形でPC鋼材が挿入されていて、これを緊張することによって圧縮力を与えているというのがT桁橋でございます。

10ページ目を御覧ください。

これが箱桁橋の概要です。左の写真が浜名大橋、右の写真が浦戸大橋ということで、当時日本道路公団が造り、今は地元の県等に移管がされている橋梁でございます。右の方に箱桁のところには赤く枠がありますけれども、ここを拡大したものがその下のCross section of box girder at top of pierということで、ここには浜名大橋の場合は458本ものPC鋼棒が入っておりますし、浦戸大橋の場合は420本、

ここにP C鋼棒が入っているということで、このような非常に過密なP C鋼材配置のところでの検査というのが非常に困難であるというのが分かるような図でございませう。

1 1 ページ目を御覧ください。

P C鋼材とコンクリートを一体化し、更にはP C鋼材をそこから守るということでP Cグラウトを充填します。このP Cグラウトというのは水とセメントと混和剤というものでございませう。

おもに2 0 0 0年以前は、この材料、それから注入技術、検査技術というものが未熟でありまして、残念ながら充填がされていないというのが確認されておりまして、左上の写真がグラウトが充填されている、左下の写真が残念ながらP Cグラウトが充填されていないという写真でございませう。その主なメカニズムとして右の方に枠囲みで図がありますけれども、一つは水分分離による事象ということで、ちゃんと充填したけれども、水とセメントが分離してしまい、水の方が上に浮いてきてしまった。水が蒸発してなくなることによって、結果としてそこが空洞として残る、ないしは先流れによる事象ということで、左側から充填剤を注入するのですけれども、下り勾配でグラウトが先に先流れをしてしまって上の方に空洞が残って、それが空気が抜けないうままここに空洞として残っていると。このような事例が確認されておりまして、こういうことが主な原因でグラウトの充填不足というのが起きているということでございませう。

続いて1 2 ページ目でございませう。

P C鋼材の腐食等の事例ということで、ここに出ています橋梁は1 9 8 6年、昭和6 1年に供用した長野道の岡谷高架橋というものでございませう。右上にあるようなP C桁のひび割れが発見されましたのでここを詳細調査してみますと、鉄筋は腐食しておらず、中に入っているP C鋼材が腐食、破断をしていたというものでございませう。

この原因として床版面にP C鋼材の定着部がありまして、そこから水が浸入し、グラウトが充填不足であったことから、その水がこのP C鋼材に到達し、結果的に腐食して破断をしてしまったということでございませう。

1 3 ページ目を御覧いただきたいと思ひませう。

これまでのP Cグラウトの技術基準なのですけれども、2 0 0 0年以前はブリーディングが発生する材料等を用ひていましたけれども、1 9 9 9年からブリーディングがない材料を用ひるとともに非破壊検査技術等々を用ひまして、現在に至りましては材料、それから注入技術、検査技術、こういうものが確立されて、現在のところはP Cグラウト充填不足という

ものはかなりリスクとしては小さくなっている。ただし、2000年以前についてはその率が高いということでございます。

14ページ目を御覧ください。

これまでPCグラウトの充填検査をNEXCO3社、旧日本道路公団も含めて実施しております。その結果が左のグラフでございます。結果的に調査したところで17%ほどがPCグラウトが充填されていないというものが確認されております。

更にその検査方法としてX線で実施をしておりますけれども、主桁に関しては全体で91連620か所、横桁に関しては89連381か所、検査をしております。結果、良好が85%、不良・不足が15%、横桁に関しましては69%良好、不良・不足が31%という結果が出てございます。

次、15ページ目でございます。

これらのPCグラウトの充填調査をするマニュアルとして、「PC鋼材損傷対応マニュアル」というものがプレストレストコンクリート建設業界から出てございます。このマニュアルによりますと部材厚400ミリ程度まではその判定が可能というふうに書かれておりました。25センチ程度までは工業用フィルムで撮影、それ以上の場合はイメージングプレートを使用するということが書かれております。

その概要が16ページに書かれております。16ページ目を御覧ください。

このような形でX線源を、この場合はT桁の横に配置しまして、その反対側にイメージングプレートを設置し、それで放射線の透過度合いからPCグラウトの充填・不充填を確認するという手法でございます。ここに出ています左側の下の写真です。未充填の場合はグラウト未充填でございまして、その部分がやや黒く写る。充填の場合はコンクリートと同様な濃さですのでグラウトが充填されているというふうに判断をするというものでございます。

17ページを御覧ください。

17ページ目は一番上がグラウト未充填の事例、真ん中が不完全ということで右に図が出ていまして、青色のところはグラウトがあると。それ以外がグラウトがない。一番下はグラウトが充填されているということで全てグラウトが入っている。このような形でコントラストでPCグラウトの充填を検査できますよという判定例がこのマニュアルに掲載がされております。

次、18ページ目を御覧いただきたいと思っております。

X線による作業手順でございます。まずは手順を打合せしまして、管理区域を設定、ここ

では半径5メートルと書いています。そして、フィルムマークをセットし、X線源をセットアップし、これで撮影をしまして、最終的に画像で判断をするというふうな作業手順を取ります。

19ページ目を御覧いただきたいと思います。

X線による作業時間なのですが、ここの右の方にコンクリート部材厚だと照査時間の関係というのがマニュアルに出ています。実際にNEXCOで実施した照査時間事例、225keVの場合ですけれども、だいたい部材厚が300ミリの場合はイメージングプレートを使いますと約5分、一方、どんどん厚くなりまして、例えば一番下の500ミリの場合ですと130分ほどかかっているというようなことで、適用事例としては300ミリ程度までが現実的などころではないかというふうに言われてございます。

次、20ページ目を御覧いただきたいと思います。

安全管理についてでございます。このマニュアルで、まず作業環境の設定をいたします。管理区域はこの場合、半径として約5メートル程度を取ります。それから個人被ばく作業環境の測定ということで、ガラスバッチ及びポケット線量計におきましてそれぞれの個人の被ばくの環境を測定します。

それから、全体の安全管理ですが、法令で定めている被ばく値を超えないということで、管理基準値に対して管理運用値というものを定めておりまして、1mSv、1週間当たりです。こういうのを管理運用値にして上の管理基準値、年40mSv、3か月で24mSv、これを超えないような形で管理運用値を定めていると。

21ページ目を御覧いただきたいと思います。

X線を使用する場合の周辺住民への対応ですけれども、当然のことながら一般の人が立入りができないようにバリケードを設置しますし、橋梁直下は立入禁止、それから線源から半径5メートルは立入禁止区域、それから放射線量が1.3mSv/3か月以下となるように更に管理区域を設定している。それから標識等を設置してX線を使用していますということを示すとともに、付近の住民等には説明会等を実施している場合もございます。

それから、通行車両の対応なのですが、基本的には床版といわれるコンクリートの部材の下に線源を置きます。ということで、床版が遮蔽物となりますので、なかなか上には非常に少ない、0～3μSv程度しか透過しないだろうということでございまして、仮に3μSvをずっと被ばくするということとなりますと、だいたい1日当たり5時間停止状態を90日間続けたこととなりますので、高速道路の場合は一般に通行がだいたい80キロ～1

00キロで走行しておりますので人体への影響は少ないというように考えて実施をしている
というような状況でございます。

(山下主任研究員) 続きまして22ページが実際の橋梁でX線を適用した事例の御紹介になります。

本橋梁は左上に書いていますとおり、昭和57年に竣工したPCの箱桁橋という形式の橋
梁でございます、この橋梁で一部PC鋼棒と書いていますが、右下の写真のとおり一部P
C鋼材の破断が見つかったのでその調査のためにX線を活用して調査を行ったという事例
でございます。

1枚めくっていただきまして23ページ目でございます。

ちょっと薄くて申し訳ないのですが、今回のこの事例の場合は箱状の桁となっております
ので、その中にX線源を持ち込みまして、その反対側、コンクリートの壁を挟んだ反対側に
イメージングプレートを置いて撮影・調査を行っていったといった手順で作業を進めました。

24ページ目でございます。

測定の状態を写真で示してございますが、まず左上はイメージングプレートの貼付けをし
ている状況です。写真に写っています黒の周りに赤いものが見えるかと思うのですが、これ
がイメージングプレートを貼り付けている状況となります。

今度は右側の上側は電磁波レーダというものをを用いて鉄筋ですとかPC鋼材の位置を墨出
しをいたしまして、それをもとに右下のとおりX線源を設置して撮影を行っていったという
流れで調査を行いました。

続きまして、25ページ目です。

この例で用いたX線源ですが、左上のとおり225keVの線源を用いましたということ
で、だいたい、これは状況によって多少上下はあるのですが、右下に書いていますとおり、
X線で調査費用の例ということで、だいたい300keVぐらいまでの線源を用いてイメー
ジングプレートを用いた場合ということで、だいたい撮影にかかる費用が1枚5万円～10
万円程度でございます。ただ、こちらの費用には、特殊な足場とか架台なんかの費用は含ま
れていませんので、そういった特殊な条件があれば多少プラスが発生するといったところ
です。

ちなみに撮影の可能枚数ですが、厚みの薄い、比較的薄い部材、20センチ程度の部材に
ついてはだいたい1日15枚～20枚程度は撮影ができる。

対しまして、厚みのある部材ということで、厚みがだいたい300ミリを超えてくると、

どうしても効率が落ちてくるということで、1日5枚～6枚程度しか撮影ができないといった状況でございます。

26ページ目が測定の実例ということで、PCグラウトの充填不測の箇所を写真で示しています。これでいうと、下の2枚の写真はPCグラウトが充填されている状況でして、上側がPCグラウトの充填の不足があったところ、コントラストがちょっと黒っぽくなっているところです。左上でいうと丸のターゲットマーク、Vを逆にしたようなマークがありますが、その下側がちょっと黒くなっているかと思いますが、その辺りが充填の不足が認められた箇所ということになります。

続きまして、27ページは我々がX線以外を用いてPC橋の非破壊検査を行う場合の手法の御紹介ということで、一つは広帯域超音波法ということで超音波を用いた調査を行う場合がございます。これも片側から超音波の発振子を当てて、ちょっと離れたところに受診子を置いてその反射で空隙があるかないかみたいなものを超音波を使って調査するというもので、ただ、こちらはどうしても適用できる厚みに限界がございまして、300ミリぐらいが限界かなというところでございます。

もう一つ書いていますのが漏洩磁束法ということで、こちらは磁石を使って鋼材が破断しているとその端部からまたN極・S極ができるという性質を使って、鋼材の破断を検知、調査をするといった技術になります。こちらも部材の厚みが厚い場合はなかなか調査が難しいといった課題がございまして。

それを受けまして28ページ、今後の展望ということで、先ほど来申しておりますとおり、部材厚300ミリ程度は既存の調査でも何とかできているのですが、部材厚が厚い場合、なかなか今のところ有効な検査方法がないということで、このため、高出力のX線ですとか、それから中性子等の非破壊検査手法も今後確立されることが望ましいということで、中段の写真は東大と土木研究所の方で試験をされた950keVと3.95MeVの高出力X線の検査状況の写真を載せてございます。

下段の絵に関しては調査困難箇所ということで、この例ですと例えばPCのT桁橋を示してございますが、PCのT桁橋の一番下の部分、Tの字の縦の一番下の部分、その厚みがこの橋の例ですと450ミリ程度あって、なかなか現状の調査手法では点検が困難な箇所ということでお示しをしております。

X線に関しては以上でして、ここからRI、ラジオアイソトープについての御紹介になります。29ページは我々NEXCOの方で高速道路は土を盛って道路を構築する、盛土と言

っていますけれども、その品質管理の手法にR Iを用いているといった例を御紹介いたします。

30ページ目を御覧ください。

今までこの盛土の管理というのを従来法ということで砂置換法と書いていますが、人が締め固められた土を一回手のスコップで掘り返して、それを砂と置き換えて体積を求めたりとかという手法が従来行われていた手法でございまして、どうしても人が行うものですから、人的誤差の要因があったりですとか、あとは大規模な現場ですと数を多くこなさないといけないので非常に労力がかかっていたといったものでございます。

そこで、31ページですが、ラジオアイソトープを使った盛土の締め固め、土の密度と水分量を計測するという機械がございまして、こちらを用いますと小さな穴を盛土にあけないといけないのですが、そこに線源棒を差し込んで、機械で測定することでだいたい1か所1分程度で密度、水分量等々の情報が正確に判明するといったことで、従来大変だった盛土の品質管理というものが非常に省力化されたという事例でございます。こちらのR Iで用いているのはγ線がコバルト60、中性子線がカリフォルニウム252というものを用いた計器になってございます。

32ページです。

R Iの事例ということでもう一事例御紹介しますと、R Iによる生コンクリートの単位水量測定ということで、こちらは構造物を構築する上で用いるコンクリートの品質管理において水分量をR I計器を用いて測定を行うといった事例の御紹介になります。

33ページです。

こちらの機械はコンクリートを打設するのに用いるコンクリートポンプ車という機械がございまして、こちらの配管、コンクリートが中を通る配管にこのR Iの機器を設置しまして、連続的というか断続的にコンクリート中の水分量を計測できると。こちらの機械のメリットとしてはなかなか全量的水分量を図るとというのが困難だったところをこの機械を用いることで連続的にデータが取れるといったのがメリットでございます。

34ページは実際にこの機械を用いて計測をしている例ということですが。

最後、35ページから支承のお話でございまして、支承は橋梁の上部工、お客様が走行される路面を支えている桁の部分と、その桁を支える柱の部分の間にある部材ですが、その支承といわれる部材の中に鉛プラグ入りのゴム支承というものがございます。

この鉛プラグ入りのゴム支承とは鉄板とゴムを相互に重ねて強い揺れに耐えるといったの

がゴム支承なんです、そこに更に右の図で赤く囲っていますが、鉛のプラグというものを
入れることで、強い地震に対して支承自身で減衰効果を生むといったそういう仕組みの支承
でございます。

この鉛のプラグは、どうしても支承というのは伸び縮みを、橋というのは温度で日常的な
温度変化でも動くものですから、その辺で鉛のプラグの変状が起こるとということが分かって
いまして、そこで次のページなのですが、左側の写真が正常なといいますか、鉛プラグ、真
ん中にあるのが鉛のプラグでして、右側の写真が繰り返しこのゴム支承を变形を繰り返すか、
試験を行ったものの写真なのですが、見てのとおり鉛が若干このゴムと鉄板の間に入り
込むようなそういう変状をきたす場合があるといった写真でございます。

37ページ目ですが、これを実橋でなかなか供用されている状況で支承を解体するわけに
もいきませんので、非破壊で検査をする必要があります、その非破壊手法としてX線源を
用いた撮影を行うことで中の変状が捕らえられるのではないかとということで、試したのがこ
の37ページの右側のX線写真でございます。右の下段の写真でこの鉛プラグが一部変状が
起きているのがとらえられているというのが分かるかと思えます。

こういった事例でX線を使用ができるといった確認をしたというところでございます。

最後、38ページです。

その他ということで、今後期待される技術ということで、我々が管理しています橋梁も含
めて橋梁の劣化の大部分の要因は水でございます、水と言いながら塩も含む水ということ
が一番の劣化の要因と考えていまして、この水というのがなかなかどうしても目に見えない
というのがありまして、この水を非破壊でできれば把握、どこら辺に水があるというのを把
握することで、劣化状態の把握なり対策を先んじて打てるのかなというところで、例えばこ
の水を検出する技術として中性子による非破壊検査が今後実装化されれば、予防保全をより
手前で行っていただけるのではないかなと期待しているところでございます。

説明は以上でございます。

(上坂委員長) ご説明ありがとうございました。橋梁の健全性確保のための非破壊検査に放射
線がどのように活用されているか、そして更に精度を上げるためにどういう放射線源が必要
かを本当に分かりやすく説明いただきましてありがとうございました。

それでは、原子力委員会の方から質疑させていただきます。

直井委員からお願いします。

(直井委員) ご説明どうもありがとうございます。放射線をどうやって非破壊検査に適用して

いるかというその実例を御紹介いただいて非常に分かりやすく理解することができました。更に高度化をされているところとか、適用範囲を拡大されているというところも非常にすばらしいなと思いました。

何点か教えていただきたいのですが、まず、14ページ目にPCグラウトの充填調査結果が棒グラフに出ていまして、これを総計すると1万6,400本余りのグラウト充填の状態を検査されて、これはX線、打音振動と削孔による調査結果というようなことで、1万6,000本やっていて、これは基本的には2000年以前のグラウト充填技術の未熟だった以前ものが検査対象になっているのでしょうか。

(青木構造技術課長) はい。そのとおりでございまして、2000年以前の古いPC橋について調査を1万6,000本余り実施した結果というものでございます。

(直井委員) ありがとうございます。それで、その下に今度X線調査の実施というところで、ここで見ると主桁と横桁で約1,000か所についてX線の検査をされていると。X線の場合の方が何か上の母集団が違って比較にならないのですけれども、特に横桁がグラウト充填の不良・不足が31%というのはどういうふうに考えたらいいかよく分からないので、教えていただければと思います。

(青木構造技術課長) 主桁の場合につきましてはPC鋼より線等の形式が非常に多いというものでございまして、そのPC鋼より線というのはかなり空隙率といましてシーブとPC鋼線の間隙が非常に大きいと。よってグラウトも入りやすい。一方、PC鋼棒というのはシーブとPC鋼棒が、例えばPC鋼棒の径がΦ32に対して、シーブが36、よって1ミリ、2ミリしか隙間が空いていない。そこにグラウトを注入するというのでPC鋼棒の場合はかなりその充填割合が少なくなっています。

この横桁というのはPC鋼棒が使われている率が高いものですから、結果的に横桁が充填率が悪い結果ですと。それが上のグラフでいきますとPC鋼棒の充填不良、悪いというのとリンクしているというふうに考えていただければと思います。

(直井委員) そうするとやはり充填すること自体が難しいというわけですね。

(青木構造技術課長) 現在はPC鋼棒を使う場合も空隙率、Φ32に対して45とかシーブ径も大きくなっています。当時は先ほども言いましたけれども、シーブもかなり小さかったということで、入れる技術が非常に難しかったということでございます。

(直井委員) ありがとうございます。それで、17.1%が不足していて、その不足している中にはそのPC鋼材そのものが破断しているようなケースがあるということで、だいたい

何パーセントぐらい破断が見つまっているのか、差し支えない範囲で教えてください。

(青木構造技術課長) 何パーセントまでは出していませんが、10橋、20橋程度で破断が見つっています。率は出していないので分からないのですが。

(直井委員) そうすると一回PC鋼材が破断しているというところはもう橋桁そのものを替えないと駄目だと。その追加充填みたいなことでは駄目だということですよ。

(青木構造技術課長) 架け替える必要もある場合もありますし、現在は外ケーブルといいまして、追加で外にケーブルを這わせるということもできますので、外ケーブルを這わせている事例もありますし、架け替えている事例もございます。

(直井委員) ありがとうございます。それから、18ページ目で、PC鋼材の損傷対応マニュアルから転載された表が出ていて、5番のところに管理区域半径5メートルとなっているのですが、これはやはりX線の発生装置の出力等にも依存すると思うのです。これは225keVのときという例なのでしょうか。

(青木構造技術課長) 当時はなかなか高出力のX線、これはマニュアルが作られたのがかなり古く、平成13年に作られておりまして、当時としては高出力のX線というのがございまして、ここで想定しているのは225keV程度のX線源なので、おおむね5メートルというふうに当時は定めたというか、決めていたというものでございます。

(直井委員) ありがとうございます。それから、こっちも似たような質問なのですが、RIを使った盛土の管理のところでカリフォルニウム252とコバルト60を使った検査装置を使われているのですが、それから33ページはカリフォルニウム252とこっち側もRIを使った水分測定だとか密度測定をやられているのですが、こういう装置を使う場合もやはり管理区域の設定というのは必要になるのでしょうか。

(山下主任研究員) こちらのRI計器は31ページのちょっと下に、小さい字で書いていますけれども、いわゆる表示付認証機器と言われる機器でございまして、発する放射線が非常に微弱ということで、管理区域等は特に設ける必要がないといった機器になってございます。

(直井委員) 分かりました。それから、27ページなのですが、この新しい広域の超音波法だとか漏洩磁束法というのを、これはいつ頃から適用されているのですか。

(青木構造技術課長) 広帯域超音波法というのは新設橋、実はシースというのは当時は鋼製でした。それが2000年以降はポリエチレン製に替わってございます。そのポリエチレン製での広帯域超音波法というのが2000年頃から使っておりますが、これを鋼製のシース、要は既設橋に適用するというのはここ5年程度前から用いていると。更に漏洩磁束法におき

ましても、これも約5年前程度から研究をしまして、現在やっと実用化に至っているということでもあります。

(直井委員) ありがとうございます。大変よく分かりました。以上です。

(上坂委員長) 岡田委員、お願いします。

(岡田委員) 御説明ありがとうございます。X線調査に関係ない質問を一つさせていただきます。高速道路で重量違反車両と書いてある、3ページ目ですね。この重量違反というのは最後のコンクリートの方にすごく影響するのだろうと思うのですが、この高速、NEXCOの方では重量違反しているというのはどういうふうにして判断するのですか。車両の方では重量とありますけれども、どうなのでしょう。

(青木構造技術課長) インターチェンジの付近に重量計というのが置いてございます。定期的に警察の方と協力いたしまして、違反車両をおいでおいでということで重量計の上に置いて違反車両の場合は高速道路から降りていただく、ないしは警察の方から処置がされるということもありますし、中日本高速道路の場合は本線に軸重計というものをつけてございます。

例えば伊勢湾岸道路、それから中央自動車道、それから新名神高速道路、こういうところに軸重計、重量計を本線に置いていまして、そこを車両が通過すると輪荷重何トンの車が通ったかと。一応、10トンまでと決まっておりますので、それより多ければ違反車両が走ったというのが記録はされる。取締りはできませんが、走ったという計測はできるので、どの程度橋梁に対してその影響があるかというのが分析ができる状態になってございます。

(岡田委員) 分かりました。非常に参考になりました。コンクリートというのがやはり本当に重量が大きいのだなと思いましたので、その質問をさせていただきました。

それで、20ページの作業のことでちょっとお聞きしたいと思います。個人被ばく線量、作業者の個人被ばく線量ですけど、ポケット線量計では被ばくはすぐ分かると思うのですが、どのぐらい作業することによって浴びるものなのなのでしょう。

(青木構造技術課長) 実際は箱桁、橋のところにX線源をセットしまして、リモートで、ですから作業員はそこにセットし、箱桁内から一旦退避します。ここでは5メートルというふうには設定していますが、実際は橋の部分から退避いたしまして、リモートでスイッチオン、スイッチオフということでまたX線源のところまで行って位置をずらすなり作業をするということなので、実際にはほとんど被ばくをするということはないというふうに考えています。

ただ、どうしても大きな橋とか完全に橋から退避するのに30分も1時間も歩かないといけない橋梁では難しいので、そういうときには多少浴びる可能性もあるかと思っておりますけども、

基本的にはもう橋から退避をして測定をしているということなので、被ばく量としてはここに書いているよりもかなり少ないというのが実態かと思います。

(岡田委員) 分かりました。退避するというのは、私もそういう作業をしたことがあるのでよく分かります。では、長い橋の場合は結構大変ですが、それでも被ばくするような作業をしているわけではないということですね。

(青木構造技術課長) そのとおりでございます。

(岡田委員) それから、管理区域についてです。次の21ページの、1.3mSvが3か月というのは一般の管理区域の設定だと思うのですが、それもかなり大きい範囲でされているのかなと思います。実際はどうなのでしょう。

(青木構造技術課長) 実際のところは一応、こういうふうなことで周辺住民の対応はしているのですが、そもそもNEXCOが管理している高速道路というのは、今、比較的地方の田舎、山だったり、特にNEXCOが管理している橋というのは、当然、川とかそういうところをまたぎますので、一般には橋の近傍には住民の方は住んでいないというふうな状況でございます。これも一応こういうことで管理はいたしますけれども、現実的には一般の方というのはもうほとんど住んでいない、入ってこられるような状況ではないような環境で使用をしているということでございます。

(岡田委員) よく分かりました。それと、24ページのところのRCレーダによる鉄筋のPC鋼材探索というのがありますけれども、これというのはこの探査をしてからX線調査をするのか、2つ利用しているのかと私は想像したのですが、どうなのでしょう。

(青木構造技術課長) まずはこのRCレーダ、これは電磁波だったり超音波だったりしますが、これでどこに鉄筋、それからPC鋼材があるかというのをここにちょっと薄くて分かりづらいたのですが、実際に構造物に書きます。というのは、一応設計図はあるのですが、実際は施工誤差等がありまして数センチずれている可能性もありますので、まずはRCレーダで鉄筋PC鋼材がどの位置にあるかを確認し、それに合わせてこのX線源とイメージングプレートを設定するというような作業順番になります。

(岡田委員) ありがとうございます。それで、イメージングプレートを貼り付けているのを見ると、ある程度の幅があつて何か所かになると思うのですが、これの予想、どこにやるということに関しては何か知見がもともとあるのか、それとも表面に何か先ほどのPCレーダ等で検査があるのかということをお聞きしたいのですが。

(青木構造技術課長) ある程度、想定をして測定をしております。その想定というのは11ペ

ージを御覧いただきたいのですが、充填不足の発生メカニズムということで右下の方にありますけれども、一つはグラウトの頂部のところで材料分離をして水が蒸発して空隙になってしまった、ないしは先流れということで先にグラウトが進行してしまってちょっと空隙が残ってしまったということが考えられますので、この斜めの部分だったり、頂部の部分を測りたいんですが、頂部ですとなかなか部材厚が300ミリということよりも厚いので、比較的測定しやすい厚みのところのなるべく上の方を測定をしている。まずはそこを測定し、必要があればどんどんほかのところも測定していくと。まずは頂部の辺りをまずは測定しているという順番で測定しています。

(岡田委員) 非常によく分かりました。ありがとうございました。以上です。

(上坂委員長) 上坂から質問させていただきます。まず先ほどの、車の重量です。だいたい何トンぐらいが違反になりますか。トラックでしょうけど、総重量で何トンぐらいが進入、遠慮ということになるのですか。

(青木構造技術課長) 一応、車両制限令では43トンまでのトレーラーは走行が可能です。過去に、最近ではないですけど、過去に計測された違反車両としては100トンというものもございました。現在も警察等の取締りをやっております、当然43トンよりも超過している車両が確認はされています。

(上坂委員長) ありがとうございます。それから、11ページ、12ページにPC橋のグラウト未充填のところに水分が入って左のような写真がありますが、そこに水が入って中のPC鋼を腐食させると。その例が12ページの真ん中の下にありますね。鋼材は縦の方向の鉄筋は健全ですけど、PCシースの中に水が入って腐食していると。

でも、こういうのはやはり古い、約50年以前製作のPC充填がうまくいっていない橋梁であります。最近製作のはかなり圧力をかけたり、グラウトの質も良くして入るようにしているということですか。何年前ぐらいのものに、こういう症状が出てしまっているのですか。

(青木構造技術課長) おもに2000年以前に建設されたものがこういう事例があるのであろうと我々は思っております。

(上坂委員長) なるほど。そうすると約25年前ぐらいですね。まだかなりあるのですね。

ということは、それ以前に造られた橋に関してはこういう可能性があるのですが、やはりグラウト未充填は診ておく必要があると、そういう理解でよろしいですか。

(青木構造技術課長) はい。そのとおりでございます。

(上坂委員長) それから、最後のページです。水分の検出が非常に重要でということで。まず

はグラウトの中にある未充填部にある水分だと思います。あとはこの左の方はかなりコンクリート材全体に水分が染み込んでいる状況をおっしゃっているかだと思います。これは橋のタイプが、図が7ページにありましたが、床版橋と、それからPC箱桁橋と。この7ページで今日教えていただいたT桁橋、真ん中のもの、それと箱桁橋ですね。これはPCが入っています。ですので、2000年以前に造られたものはグラウト未充填の可能性はある。これはグラウト未充填を診る必要があると。水分も測定できるかもしれません。

この上のこの床版橋。中空床版橋。これらは特にPCが入っていないのですか。

(青木構造技術課長) いや、一番上もこの丸の近傍でPC鋼材が入っているPC中空床版と。

(上坂委員長) なるほど。分かりました。でも、先ほどの最後のページのように、非常に肉厚で、コンクリートに水分が入っていくというようなケースは、この3つのタイプでどこの橋が典型的なのでしょうか。

(青木構造技術課長) 38ページ目の一番左のような状況というのは比較的どの橋梁にも見られて、この部位というのは床版と呼ばれる、要は車輪を支える床面でございます。実際はここには床版がありまして、アスファルト舗装があって車輪になる。そのアスファルト舗装の下でひび割れが出て水が入りますと、簡単にいうと水で擦り磨きみたいな形でどンドン、どンドンコンクリートが土砂化をしていきます。

土砂化をした状態がこの写真の状態ということで、これを防ぐためにはひび割れを発生させない、ないしは水を浸入させないという対策が必要で、現在は高速道路では床版に防水工というものを実施しますが、2000年以前はその防水工というものもなされていませんでしたので、当時のものとしてはこのような土砂化というものが発生しているというような写真でございます。

(上坂委員長) なるほど。そうするとこの38ページの左の図は、先ほど、7ページの一番上の中空床版橋のこの一番上のところ。アスファルトがあって、床版があって、それらの隙間に水が入っていくと土砂化しているということですね。

(青木構造技術課長) はい。

(上坂委員長) 分かりました。そうするとここを、中性子は水に散乱されるので中性子で診る場合だとすると、上から中性子源を置いて、透過ですかね、反射ですかね。その場合どう診るのでしょうかですか。表面だから反射を見るのですかね。

(青木構造技術課長) はい。反射で見られればという。

(上坂委員長) 分かりました。それから、7ページに3種類の橋梁がある。そして、19ペー

ジにX線管ですね、300keVぐらいのX線管による試験の様子がある。19ページでは、厚さが500ミリですと2時間ぐらいかかってしまうということで。一方、またもう一回7ページに戻って、このT桁橋の下の部分の厚いところは先ほどの別の図で50センチぐらいありました。それから箱桁もここにも図面がありますように700ミリがありますね。そうしますとこれらは1MeV以下のX線管だとなかなか測定に時間がかかる。そして、土木研と東大の開発した、28ページ、高エネルギーのX線源でこういうところは診ていくということだと思います。

しかしながら、その分、漏洩X線も強度も強い。放射線安全の観点から、紙の印刷では見にくくなっていますが、23ページのようにこの箱桁橋の中にX線源を入れて、X線をこの壁を透過させて外側に検出器を置くというのであれば、この箱がちょうど放射線遮蔽室になります。外側への漏洩放射線は減るということです。私も経験があるのでですけど、ここに作業員の方が入る穴が直径が1メートルぐらいで、そこへ入る装置はいいのですが、中型装置はなかなか入らないということがあった。最近聞きますと、装置の小型がうまく行って、もう入っているようです。そうしますとこのような形でX線管と同じように、内側に高エネルギーX線源を置いて検査ができますと、50センチ以上、場合によったら斜めで1メートル以上ですね。そこも計測ができるというように技術が進んでいると伺っております。そういう方向でよろしいでしょうか。

(青木構造技術課長) はい。当然、X線源のパワーが弱いとなかなか測れない、知りたいところが見えないということもありますので、どんどん高出力のやつも我々としても研究をし、採用もしていきたいというふうに考えてございます。

(上坂委員長) そうしますとX線の強度が上がってくるので、放射性安全をよりしっかりしなければいけないということがあります。ここにここまでのX線管の検査の方式が出ていますが、この真ん中にある $1.3\text{ mSv}/3\text{ months}$ というのが管理区域境界値でして、更に外側に敷地境界、 $0.25\text{ mSv}/3\text{ months}$ を設けると思います。そこで作業をする方々の被ばく線量の管理が20ページにあったとおりで。これも電離放射線障害防止規則に従ってやっつけらっしゃるということです。例えば、22ページで、ちょうど左側の道路で検査していて、全面通行止めはいけないのですよね。

(青木構造技術課長) そうです。なかなか厳しいです。

(上坂委員長) 片側通行しなければいけないのですよね。検査をやりながらですよね。それで、反対側の高速道路はこれはもう通常どおり走らせているみたいで。そうしますと、どうも右

側の上の辺りでX線の検査をしている。この管理区域と敷地境界は、どのぐらいのエリアを設定されたのでしょうか。

(青木構造技術課長) 当然、箱桁の中にX線源を置いてありますので、一応管理区域としてもこの箱桁の中をだいたい5メートルというのですが、実際には横桁というのがありますので、その横桁の区間をだいたい10～20メートルごとにコンクリートの壁が、ちょっと人が通れるように穴は空いているのですが、ありますので、その中は完全に管理区域として設定をし、更に人はこの箱桁の中から一旦退避し、リモートでスイッチを押すということを実際にはしていました。

(上坂委員長) なるほど。そうするとX線管の場合ですとこの箱桁の中が管理区域、敷地境界という形で線量管理ができたということですね。

(青木構造技術課長) そのとおりでございます。

(上坂委員長) 分かりました。だけど、先ほどのように今後、更に厚い壁を見るとすると、X線の強度が上がるので、もうちょっと境界を広げる必要があるかと思えますね。その場合、どうなのでしょう、放射線によるインフラ検査の活用に当たって、周辺住民とか作業員から何か不安の声とか。そこに対する説明とかはいかがなのでしょう。

(青木構造技術課長) 先ほども言いましたがなかなか人家が近いところで実施したという事例がかなり少ないです。というのは、橋がかなり山だったりそういうところにありますので、そういう事例は少ないのですが、実際に説明会等を行って地元住民の方々に説明しても特に反対というかそんなことはございませんで、しっかりやってくださいということぐらいでございます。

作業員の方もこれに専属と言ったらあれですけど、専門の作業員が当たりますので、初めての方が作業するわけではないので、特に不安等は基本的にはないということでございます。

(上坂委員長) なるほど。分かりました。それから、8ページの右側に建設した橋の年代と、その橋のタイプと、それから右側に補修率があります。やはり品質が悪いと補修率が高いですね。それから健全度比率が出ております。

そうすると、やはり古く造ったものが品質が劣るものがあり、補修しなければならないと。最近造ったものはかなり優秀であるという状況で。私も最近、数橋がもう廃止した、停止したというようなことも伺っています。今後の方針ですけど、やはりこの左側のようなかなり劣化が激しいものはある段階で寿命を判断して停止。新しいものを架けていく。最近の新しいものでも、いろいろな環境の影響で劣化もあると思うのです。特に雨と塩害の弊害とかで

す。しかしながら品質が良いものですから、しっかりと状態を管理していけば寿命が長いようにも感じます。劣化しているもの、非常に健全なもの。今後の御社の補修と架け替えですね。そういうものの方針はどうなっておりますでしょうか。

(青木構造技術課長) 一概には言えませんが、やはりちょこちょこ直していくのであれば、ライフサイクルコストとしてはかなり高くなるということが分かってきておまして、そういうこともありまして、2015年から大規模更新事業を3兆円、それから来年度以降更に1兆円で大規模更新事業というものをやっけていこうと。というのはちょこちょこ直すのではなくて、どかんと極端な場合は架け替えということも視野に入れてやっけていった方がトータルコストとしては安くなるということで進めておりますので、架け替えるかどうかはその橋の状態によるのですが、そういうものを無理して、非常に悪いものを無理をして補修をしていくのではなくて、場合によっては架替えということも視野に補修をしていきたいと思いますという方針になってございます。

(上坂委員長) それから、5ページ。ここで既に更新したいいくつかの橋の場所といいますか、橋を撮影されています。実は原子力発電所でも当然鉄筋コンクリートを使っていて、その劣化の評価、健全性維持というのはとても重要な課題であります。そこでお伺いすると、塩分を多く含んだ横からの雨が降る日本海側の沿岸の、かつ北西を向いた壁がコンクリートをしっかり検査しなければならないと。そういうことを伺っています。また、高地、高原とか、寒冷地の橋も凍結防止用に岩塩をまきますね。それで、塩水が染み込んでいくということ。つまり、日本海側の橋梁や高地、あるいは北の方の橋梁が劣化が進んでいるのかと私は素人考えで思ったのです。しかし、これを見てみると南の方が橋が劣化が進んでいる。既に更新しているというようなことなのですけど、そこはいかがでしょうか。現状はこれで今後はどうか。あとは、どうしてこの比較的南の方の橋の更新がされているということはいかなのでしょうか。

(青木構造技術課長) 高速道路の場合の劣化要因というのは、先ほどおっしゃられた日本海側におきましては日本海側の強烈な季節風による海からの潮の影響というのものも一つありますし、それから、高速道路の場合は凍結防止剤というものを比較的多くまきます。事故防止のためにまくのですが、これはほぼ日本国中でまいておりますので、特に多いのがやはり標高が高いところ、ないしは日本海側の雪が降るところ、そういうところが非常に多くなっていますね。

それ以外にも重交通路線と呼ばれております東名・名神高速道路というのは先ほども言い

ましたが、過積載車両も当然通りますけれども、設計荷重自体が昔は軸重8トンでございましたけれども、平成6年から10トンに引き上げられまして、要は古い基準で造られたものが当然対処をしないとやられます。それがどうしても東名・名神、いわゆる日本海側、太平洋側でも損傷が起きている要因でございまして、たまたまここでちょっとお示ししたのは太平洋側が多いのですが、太平洋側はどちらかというとそういう重交通による損傷、日本海側は日本海からの海の影響、それからその他の地域は凍結防止剤の影響で損傷していて、それについて更新を現在進めているというものでございます。

(上坂委員長) 最後ですが、これもR Iの非破壊検査運用で、33ページです。コンクリートポンプ車から出てくるポンプ圧送配管中のコンクリートの水分を見るということで、R Iの中性子源とγ線源を使われているということでもあります。これもとても重要な運用だと思いますが、今後はいかがでしょう。これは両方とも放射線が強い方が早く流しても見えるということがあるのですが、今の場合だとゆっくりやらなければならないということがあると思うのです。今後、どうでしょう。この中性子源、このγ線源ですけど、強度的にもうちょっと上げてほしいとか、そういう要望はございますか。

(青木構造技術課長) どうしてもポンプ圧送する速度が決まっております、あまり早くやってしまうと骨材とセメントが分離してしまう、それから当然打設ですので、現場で締め固めをしないとイケないのですが、それが間に合わないとかありますので、現在スピードはだいたい決まっております。現在のスピードにおいてこの程度であれば実際計測はできるのですが、できれば更に制度を上げるようなことが必要かなと思っております、実は現在なかなか測定誤差もありますしということで基準化はしていません、これに中性子でのコンクリートに関しては。当然、基準を設ければこれでアウトになったものは使えないということになるのですが、そこまでの測定精度がまだないということで試しにやってみているというか、プラスアルファで更にいいものを作りたいということで採用しているものであって、これでマルかバツかという判定基準まではまだ至っていないというものでございます。ですから、もうちょっといろいろ研究を重ねていただければなというふうに考えているものでございます。

(上坂委員長) ありがとうございます。私からは以上でございしますが、ほかに委員の方から御質問はないですね。

では、今日は本当に詳しい御説明ありがとうございます。とても勉強になりました。ありがとうございます。

それでは、議題1は以上でございますので、次に議題2について事務局から説明をお願いいたします。

(山田参事官) 事務局でございます。今後の会議予定について御案内いたします。次回の定例会議につきましては通常と異なり3月14日木曜日、11時から、場所は中央合同庁舎8号館、この建物の5階供用D会議室となります。これはアジア原子力協力フォーラム(FNCA)の会議が11日から13日まで開催されることを踏まえ、日程を調整した結果、14日に開催することになったものです。議題については調整中であり、原子力委員会ホームページなどによりお知らせいたします。以上です。

(上坂委員長) ありがとうございます。それでは、他の委員から何か御発言はございますでしょうか。

(岡田委員) 私の方から報告ですが、先週3月1日にOECD/NEAの原子力部門におけるジェンダーバランス改善に関するハイレベルグループの会合が開催されました。30人以上のハイレベルの人数のメンバーの会合でしたが、その中で5名のビューロー、日本でいう理事のようなものですが、その立場が選ばれましたが、その中で私が1名日本としてビューローに選ばれましたので報告させていただきます。

そして、OECD/NEAは原子力のジェンダーバランス改善に向けて加速をしようと動き出しています。私がビューローに選ばれたのは日本も同じ方向を向いていると認められたことだと思っております。世界を牽引するような日本の活動を今後していきたいと思っております。御支援のほどよろしく申し上げます。

(上坂委員長) ありがとうございます。それでは、その他の委員から何か御発言はございますでしょうか。

それでは、最後に私からコメントいたしますが、私はIAEAが3月7日・8日に開催する「For More Women in Nuclear」という会議に出席するためにオーストリア・ウィーンのIAEA本部に行つてまいります。これは国際女性デーが毎年3月8日であることから、このタイミングで開催することになったと伺っております。

日本の原子力分野における女性の活躍はまだ十分な状態ではないということは、昨年8月、岡田委員からの報告でも明らかになっているところであります。ジェンダーバランス改善に関する世界の状況、日本の状況、今後の方向性などについて幅広く議論してまいります。以上でございます。

その他、何か委員から御発言ございますでしょうか。

御発言ないようですので、これで本日の委員会を終了いたします。
お疲れさまでした。ありがとうございます。

—了—