

## 第36回原子力委員会定例会議議事録

1. 日 時 令和6年11月5日（火）14:00 ～ 15:06

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

山之内参事官、武藤参事官

NEXCO東日本

西川専任役

ネクスコ・エンジニアリング新潟

佐藤課長

4. 議 題

(1) 3.95MeV高出力X線源によるPC橋のグラウト充填調査について

(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36回原子力委員会定例会議を開催いたします。

本日の議題ですが、一つ目が3.95MeV高出力X線源によるPC橋のグラウト充填調査について、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。

(山之内参事官) 一つ目の議題、3.95MeV高出力X線源によるPC橋のグラウト充填調査についてということで、NEXCO東日本新潟支社専任役、西川孝一様、ネクスコ・エンジニアリング新潟課長、佐藤英頼様から御説明いただき、その後、質疑を行う予定でございます。

本件は原子力利用に関する基本的考え方の「3.8原子力利用に係るイノベーションの創

出に向けた取組」に主に関連するものとなります。

それでは、西川専任役、佐藤課長から御説明をよろしく願いいたします。

(西川専任役) それでは、東日本高速道路株式会社、西川の方から説明させていただきます。私がメインにしゃべらせていただきまして、ネクスコ・エンジニアリング新潟の佐藤の方からは補足とか、いろいろさせてもらえればというふうに思っていますので、よろしく願いいたします。

それでは、1ページ目でございます。

本日は放射線のインフラ点検への活用の一事例として、高速道路の橋梁における高出力X線によるPCグラウトの充填調査について御紹介させていただければと思います。

めくっていただきまして、2ページ目になります。

はじめにということで、PC橋と我々は呼んでいますけれども、正式に言うとプレストレストコンクリート橋ということで、このPCグラウト充填不良というのは、後ほどまた説明させていただきますが、基本的にPC鋼棒の腐食とか、鋼材の腐食、破断を招いて、橋梁全体の健全性に重大な影響を及ぼすことがあるということになります。

従前このPCグラウトが充填されているかということの確認方法は、主に非破壊検査によって確認するという手法が取られておりましたが、これらがコンクリートの厚みが40センチを超えると、その精度が低下して、よく判らなかつたということで、新たな検査手法の開発が求められておりました。

表1には従前の非破壊による検査方法の比較が載っているんですけども、非破壊と言いつながらも孔を開ける削孔調査とか、衝撃弾性波とか、広帯域の超音波とかを使った方法とか、低出力なX線による方法とかもあったんですけども、やはり探傷深さとか厚みが400ミリを超えると、やはりちょっと中が見えないというか、判断できないというのが従前の方法でございました。

次のページです。

まず、プレストレストコンクリート橋とはということで、鉄筋コンクリートはコンクリートの中に鉄筋と呼ばれる鉄の棒が入っているんですけども、コンクリートは引っ張り力に弱いものですから、その引っ張り力に抵抗するために鉄筋が入っていると。更に大きな力に抵抗させるためには、プレストレスと呼ばれる圧縮力を事前にコンクリートに掛けておくというような構造が取られております。

下の方に写真がありますけれども、このプレストレス、圧縮力をコンクリートに入れるた

めには、P C 鋼棒と呼ばれている鉄の棒ですね、太い棒とか、あとP C 鋼線、細い線を束ねたものとか、P C 鋼より線と言われている糸のように撚ってあるもので、緊張力を入れるというような種類のものなどで圧縮力をコンクリートに掛けているというようなものでございます。

次のページをお願いします。

4 ページ目で、P C グラウトというのは、その中で、左の上の方の写真にありますように、コンクリートの中にまずシースと呼ばれているダクト状のものを入れて、コンクリートの橋桁等を造った後に、その中にP C 鋼材を入れて、緊張力という圧縮力を掛けた後に、グラウトと呼ばれているモルタルをそのダクト、要はシースの中に入れて防錆とかを行うわけなんですけれども、西暦2000年より前の技術では、この辺の技術が、充填する技術がちょっと未熟であったという時代がありまして、その中に水が入っていたり、空洞ができていたりして、このグラウト充填が十分でなかったと。

左側の写真の下の方に、空洞のまま完成しているというようなものが散見されているということで、これらができる原因は、シースを橋桁の中で上に上げたり下に下げたりという構造上の有利な位置になるように配置しているんですけれども、そういう上下の関係でグラウトを端っこから充填していくんですけれども、その際に先流れとか、上側にブリージングと呼ばれる水が浮いてきたりして、そこに空洞ができるというようなものが原因になっております。

次をお願いします。

そういう事象があって、過去にこのP C 鋼棒と呼ばれている太い棒が破断した事象が発生していた北陸自動車道、万蔵川橋というところで今回、高出力X線3.95MeVと高感度な検出器を用いて、コンクリート厚さ1メートル、従前の判定できるものの倍以上の厚みなんですけれども、そういうところに位置するP C グラウトの充填の調査を実施しようとしたものでございます。

下の写真は万蔵川橋の外観と、右が新潟県の地図で、この万蔵川橋は、おおむね柏崎市と上越市の境目に位置する橋梁になっております。

次のページをお願いします。

橋梁の概要としましては、橋長が約200メートルで、真ん中に柱が2本ちょっと近寄って建っているという、普通の橋梁よりはちょっと形が変わっているんですけれども、パイ型のラーメン橋という橋梁形式でございまして、橋桁の断面が、右側にありますように、四角

い箱桁と呼ばれている構造になっております。供用開始が昭和58年ということで、おおむね40年経過しているというような橋梁になります。

次のページをお願いします。

右側の上側の図が上から見た断面図ということで、これが真ん中の柱の上の方の断面を描いております。真ん中に赤い点等があるんですけども、ここにこの壁厚が1メートルあるんですけども、その中の壁の面から375ミリの深さのところにはPC鋼材として径32ミリの鋼棒が1個の壁の中当たり12本ですね。柱が2本ありますので、合計で48本の鋼棒が入っているということです。

この断面図と書いてある下の方は、これは横から見た絵なんですけれども、この赤い線が鋼棒と呼ばれているもので、これが14メートルもあるということで、上側はもう路面、アスファルト舗装が乗って、すぐに高速道路の路面なんですけれども、こういうのがちょっと一部破断したことがあるということでございます。

これらについては、やっぱり1メートルの壁厚があったせいで、従前の方法では調査できなかったんですけども、当時、東京大学の教授だった上坂先生の方から、X線を用いたPC橋の内部の観察手法ということで御教授いただきまして、検討した結果、何とかできるかなということで、今回やったということでございます。

ちなみに、この破断した鋼棒については、その後、設計情報等を確認したところ、橋梁を造るときに必要な鋼材であるということで、通常の完成形の橋梁の形態では、必要ないというような鋼材だったということが確認できていますので、今は鋼材については突出対策として路面に飛び出ないように対策をした上で、日常点検、黄色いパトカーでの点検で観察しているというような状態でございます。

現状のところ、問題は発生はしていません。

次のページが、高出力X線調査の実施の概要ですけれども、目的としましては、PC鋼棒のグラウトの有無を確認するということになります。調査については昨年の9月から10月の中旬までの1.5か月間で合計56本の鋼材を調査いたしました。調査の実施会社としては、ネクスコエンジニアリング新潟で、協力を株式会社アトックスがやっております。

使用した機材については、1番目としては、X線源としまして3.95MeVのX線発生装置なんですけれども、これらについては、万蔵川橋のマンホールという小さな孔、桁の中に入るための孔を通さなきゃいけないということで、小型で可搬的なものを造っていただいております。

2番目としては、高感度のX線、検出器ですね、これはS I Dと呼んでいますけれども、スキャニング型イメージディテクターということで、これらを可搬的な小型のものを作っていたということです。

それ以外にもいろいろと位置調整用の治具とか、P C鋼棒を特定するための画像を予測するソフトを使いましてやりましたということでございます。

評価については、ここに書いてあります1番目として、X線の透過画像を直接評価するのと、コンクリートと、その空隙、隙間がある場合の輝度値と呼ばれているものの比較、あとは空隙の寸法等を確認して評価したということでございます。

調査箇所については、次のページ、9ページ目になります。

先ほどの側面図なんですけれども、橋桁の中で一番調べたいのが、この調査箇所CとDと書いてあるところが柱の上なんですけれども、それ以外にもW U Tと呼ばれている超音波等で、調査できないところの壁厚がちょっと厚いところについても数点確認しているというのと、従前W U Tで調査していました箇所のところについても、答え合わせ的な意味も含めて再確認のために重複して調査を実施しております。

次のページからがX線のシステムなんですけれども、10ページ目、大まかな概要として、真ん中が3.95のX線源のシステムということですね。ライナックとクーリングユニットとパワーですから電源装置があるということです。右側に被検体と書いてありますけれども、ここにコンクリートの壁があるというイメージで、その反対側にディテクターということで、S I Dと一部F P D、フラットパネルディスプレイというのも使われておりますけれども、そういうものが置かれていると。さらに、一番左側にコントロールということで、操作的なものが置かれているということになります。

次のページをお願いします。

11ページ目が、これがX線源の写真になりまして、ちょっと見にくいなんですけれども、白い文字で寸法がちょっとありまして、縦横450真角、奥行きが1メートルぐらいの装置が3分割になっております。これらで桁の中に搬入することができるようになったということです。それ以外にも冷却装置等があります。

次のページが、12ページ目です。

これがX線の検出器になりまして、左側がS I Dでスキャニング型イメージディテクターということで、こちらについては幅が690で奥行きが351、高さ829ということで、100キロぐらいの重さがあるんですけれども、こういうものも桁の中に運べる大きさにな

って作っております。

右側については、床版用ということで、薄いところに使っていますフラットパネルディテクターということで、これは従前からあるものになります。

次のページ、13ページになります。

次が機器の搬入状況です。左上の写真が、まず高速道路の路面上から足場の上に機材をつり下ろしております。その後、右上の写真、箱桁の下、底版のところに空いている孔から桁の中につり上げるようにして機材を持ち込んでいるということになります。

その次に左下になりますが、箱桁の中には一定間隔で隔壁と呼ばれるコンクリートの壁がありまして、そこにも写真に写っています奥の方の黒い孔、これが600真角ぐらいの孔なんですけれども、そこの中を機械を通して奥まで運んでいくというような手順でやっております。それ以外に電源車とか、本部車は高速道路の路面上に配置したというような状況でございます。

次、14ページ目になります。

上の方が、柱頭部と書いてありますけれども、箱桁の中での設置状況でして、写真の真ん中辺りにコンクリートの壁があると思っていただければいいんですけれども、左側にSIDを設置しまして、右側にX線を置いていると。X線装置も位置調整とか方向とかを調整するための架台の上に置きまして、さらに、X線発生装置は上側、高速道路の路面側にX線の漏えいが少なくなるように、鉛による遮蔽板を乗せて、放射線の漏えいを制限したということ、あとはX線の向きですね、発生装置を15度ぐらい角度を付けてやらないと、鋼材が重なった場合によく判らなくなるということで、そういうふうな工夫をさせていただいております。

下側が側壁部ということで、左側の写真はX線発生装置、これが箱桁の中になります。右側のSIDの方が箱桁の外になりまして、これを足場の上に置いているということで、側壁の場合はX線が下から上へ向いて放射できるように、これも15度ぐらいの角度を付けております。

次のページ、15ページが、ちょっと写真だと分かりにくいかと思ひまして、柱頭部の機器配置をイメージ図で説明しています。真ん中のコンクリート壁を挟みまして、X線の発生装置、ちょっとさっきの写真と場所が左右逆になっていますけれども、鉛の遮蔽を乗せたX線発生装置と対になるようにSIDを置いているということでございます。

下は俯瞰図ということで、X線発生装置の方だけの絵を載せてはいますが、移動式のレールとか、架台の上に乗せて配置しているというようなイメージになります。

次のページ、16ページ目なんですけれども、これは箱桁の中を上から見たイメージの図面なんですけれども、真ん中の対象としている壁、その中にPC鋼棒が12本入っているんですけれども、それぞれそのまま真っすぐ壁に垂直にX線を当てると、やっぱり重なってしまうということなので、15度ずつ角度を付けて、対象となる鋼棒をそれぞれ、12本あるんですけれども、計6回に分けて撮像しましたというようなイメージ図になります。

次が17ページ目になります。

今までは現場でのイメージだったんですけれども、この現場に行く前に模擬試験体というのを作りまして、写真にありますように、1メートルの壁厚の中のコンクリートを模擬して、現場の橋梁と同じように鉄筋、ここではD32、6本とか、D16、2本と書いてあるんですけれども、そういうものも配置した上で、PC鋼棒が真ん中に2本あるよという模擬をしております。このPC鋼棒については、右側の鋼棒は未充填ということで、グラウトを入れない状態、左側の鋼棒については、グラウトを入れたものと入れないものの2種類を作って、実験をしたということでございます。

これ、すみません、3分割にコンクリートがなっているのは、1メートル真角だと重過ぎてちょっと取り回しが悪いので分割しただけです。

次が18ページ目になります。

これがご模擬試験体での画像になりまして、左側の画像のPC鋼棒2と書いてある方が充填されているもので、右側の画像のPC鋼棒2と書いてあるのが充填されていない試験体の映像になります。見るからに右側、未充填の方がやっぱり鋼棒の周りに白い筋が見えていて、充填されていないのが分かるということです。

これらの画像から、この画面のグレースケールを32ビットで階調化して、これをグラフ化したのが下のグラフになりまして、左側のグラフは、鋼棒のところは黒く映っているんですけれども、この黒く映っているところはグラフの下の方にいくと。明るいところは上の方にいくというようなグラフになっています。

縦軸が明るさ、横軸が位置を表しているんですけれども、PC鋼棒の位置の左右で赤丸で示していますけれども、その位置において充填されている方とされていない方で、PC鋼棒の横に突出したひげみたいなのがあると。これのところだけ明るく見えているということになるんですけれども、そういうふうな状態が確認されたということでございます。

次のページです。これが19ページ目になります。

これを先ほどのところを更にちょっとアップにして撮っているんですけれども、模擬試験

体の中の鋼棒が径32ミリで、隙間が左右3ミリということで、合計38ミリの隙間がある、ダクトが入っているんですけれども、そこを画像処理で先ほどの輝度値というグラフの中で判定したところ、やはり38.26ミリぐらいの寸法ということで、ほぼ同じぐらいの寸法が確認できたということです。

これらの数値については、輝度グラフと書いてあるところの青い線が、先ほど言いました輝度値と呼ばれている値です。その下のオレンジ色が、この輝度値と呼ばれているグラフを一次微分していますので、一番勾配が立っているところということで、そこをダクトの幅だというふうな判定をして寸法を当たると、ほぼ実寸と同じだったということで、このやり方でほぼ間違いないかなということで、今回は輝度値が10%、コンクリートのところと10%以上差があったところについては、空洞じゃないかなという判定をすることとしましたということです。

次のページが、20ページ目になります。

次に、やっぱり多数の鋼棒とか鋼材が入っていますので、画像に映り込んだ鋼材が、果たして目的としているPC鋼棒なのか、鉄筋なのか、区分が付かなかったということもありまして、これはX線の発生源と検出器の位置関係、距離とX線の広がり方から鋼材の設計図から読み取った鋼材の位置を計算しまして、結局どのように見えるかというのを表現したのが下の絵になります。

一本一本色が違うのが鋼棒なんですけれども、ぐるぐると渦が巻いているように見えるのは、ちょっと作るときの加減で、余り意味がないです。ですから、この青色のところはPC鋼棒1の位置ですよということで、シミュレーションしたやつを実際の画像に当て込んでいくと、ほぼほぼ同じ位置に出てきたということで、これでこのPC鋼棒はここにあるのは間違いないですよというような確認をしているということです。

この中で赤く書いていますPC鋼棒2と書いてある方なんですけれども、こちらについては、ほかの鉄筋と重複して、真っ黒になっていて余りよく見えないというのが確認できたということでございます。

すみません、ここで先ほどの18ページ目と20ページ目、PC鋼棒の位置という意味ではちょっと逆転をしていますけれども、同じ画像を使っているということです。すみません。

次、21ページ目でございます。

ここからが得られた画像になるんですけれども、左側、これは一番薄いところ、コンクリート厚が20センチという薄いところを撮った写真でございます、これはSIDじゃなく

て、F P Dで撮影させてもらいましたが、こちらは充填されている状況だということで、P C鋼棒と書いてあるその横に余り白いところが見えていないということで、逆に薄いおかげで、このダクトの細かい線が逆に見えているぐらいの状態になっております。

その右が、今度はコンクリート厚が5 0 0ミリのところになりまして、ここはP C鋼棒が3列並んでいまして、ほぼ水平方向に2段と斜めに1本入っているということで、こちらは鋼棒の周りに白い筋が見えているということで、ほぼ充填されていないのかなというのが見て取れるということです。

続いて、2 2 ページ目になります。

こちらが今度、厚さが6 0 0ミリです。右側が7 5 0ミリということで、6 0 0ミリの方も白い線がよく見えているという状態です。次の7 5 0の方については、ちょっと写りが悪いんですけども、こちらは未充填が余り確認できないような状態の写真が得られたということでございます。

続いて、2 3 ページ目です。

これが今回一番厚いところで、左側が1メートル厚のコンクリートの厚みのところ、右側が1, 2 7 0ミリということで一番厚いところなんですけれども、右側の1, 2 7 0までいくと、P C鋼棒がうっすらとあるのは分かるんですけども、ちょっとグラウトが充填、未充填の判定をするまでには至らなかったと。

左側の1メートルについては、運よくというか、うまいこと想定どおり、P C鋼棒の周りがかまく見られて、鋼棒の周りに白い線が出るということで、ここはやはり充填されていないんじゃないかというのが確認できたということでございます。

次のページが2 4 ページ目になります。

こちらについては、ちょっと特徴的な画像が撮れたので、御紹介しているんですけども、P C鋼棒自体は先ほど1 4メートルもあるということで、1 4メートルもあると運べないということで、今回7メートルの位置ぐらいでカップリングということで接続がされています。その接続部がこういう太い形で写り込んでいましたので、ちょっと載せておるんですけども、このカップラーが太いもんですから、その部分だけカップラーシースという太いやっぱりダクトが埋め込まれていまして、その形もきれいに出てきていると、写り込んだということで、こちらも未充填ということで確認をされた画像になります。

次のページ、2 5 ページ目になります。

調査結果でございまして、全体で5 6本調べたんですけども、そのうちの1 7本でグラ

ウトが入っていないんじゃないかなというような結果になりました。それ以外にも7本ぐらいはやっぱり鋼材が重なっていたり、位置がずれていて写っていないとか、そういうような影響で判定できなかったというような結果になりました。

続きまして、26ページ目になります。

ここからは今回の調査に当たって、管理区域をどのように設定したかということでございまして、左側の写真が航空写真にその範囲を落とし込んだものになります。下に高速道路が写っているんですけども、それと並行するように126メートルの範囲、奥行きが、上側が海側と書いてあるんですけども、84メートルが事業所境界、赤い範囲は管理区域境界として41メートルを設定しております。

結果的にこれは電離放射線障害防止規則の第3条等に基づいて、X線の照射時間とかX線の漏えいをシミュレーションして設定しているということです。

右下の青いバックグラウンドの絵については、これは箱桁が白い線で書いてあるんですけども、箱桁の中でX線を照射した場合、どういうふうな範囲に事業所境界、管理区域境界がくるかということになっていまして、今回は橋梁が30メートルぐらい高いところにある関係で、事業所境界とか管理区域境界は空中で終わってしまうというようなことになっています。だけれども、それだと管理できないということで、今回は事業所境界の端っこの位置で地面まで下ろして、そこで管理するというような方法を取っております。

左上の航空写真の中の右上に測定点B、あと、その下の一番下の方に測定点Cというふうな点があるんですけども、ここの点を結ぶところに林道が1本走っていまして、その林道の端っこで一応監視員を置いて、立入り制限とか、そういうのをさせていただきました。それ以外のところは本当にやぶとか林ばかりで、人が入る道もないというような状況だったんですけども、一応橋の上からも人が入ってこないかという確認の人間は配置しておりました。

そういう状態で調査をやらせていただきまして、次のページ、27ページ目が、照射時間の計画と実績との比較になります。上段が計画でして、下段が実績で、一番下が実績と計画の比になっているんですけども、結果的には模擬試験体での実験結果から、やっぱり計画時よりも照射の時間を5分の1から10分の1に落としても、画像が得られるということが分かりましたので、実際の現場もそういうふうに5分の1から10分の1に短縮して実施しています。

ですから、シミュレーションしたときは、1回の照射時間が6分とか十何分とか、いろい

ろあったんですけれども、実際はそこまでいわずに、3分とか、1分とか、そういうふうな照射時間で済んでいるということで、この辺が次に説明します線量等に影響しているということになります。結果的にいいますと、現場においてうまく写っていないとかのロスのものも含めて、総照射時間は計画時の3分の1程度になっているということでございました。

次が28ページ目になります。

線量の予測と実績の比較ということで、これが積算線量の計画と実績の比較になりまして、これも上段が計画、中段が実績、下段がその比になっております。当初はやっぱり5倍から10倍ぐらいの照射時間等も設定していたということもありまして、この測定点A、B、C、Dなどは、先ほどの26ページ目の絵でいうと、測定点が高速道路の路面上になりますので、一番放射線の影響を受ける一番近い場所ということでございまして、そこでの数値で見比べますと、計画で238マイクロシーベルトとか、最大であるんですけれども、実績ではやっぱり最大でも1.7から1.8マイクロシーベルト程度しか出なかったということで、最大77分の1とか、そういうふうな状態になりましたということでございました。

次のページが29ページ目になります。これは関係機関との協議先についてなんですけれども、一番時間が掛ったのが原子力規制庁ということで、放射線発生装置の一時的な使用場所の変更届ということで、この辺がちょっと時間が掛かったかなというところがございます。それ以外は、高速道路上ですので、高速道路交通警察隊というのがありまして、そこへの工事の協議、あとは地元の警察署と地元の自治体等にも道路の使用許可とか占有許可とかがあったんですけれども、これは協議した結果、届出要件には該当しないということで、届出は不要でした。

あとは地元自治体も、結局周辺に人が住んでいませんでしたので、自治会には説明しなかったんですけれども、休耕田といえ、田んぼの跡がありましたので、その地権者、たまたま1名だったんですけれども、その方には説明させていただいたということです。あとは吊り足場等を設置していますので、労働基準監督署に届出を提出ということでございまして、特に問題になるようなお話はなかったということでございます。

最後30ページ目です。

主な成果と今後の課題ということで、一番大きな成果としては、やっぱり従前確認が今まで非破壊で確認できなかったコンクリート厚1メートル、かぶり300ミリ以上の部分に入っている鋼材が、ある程度の精度でもってグラウト充填の有無を確認できたというのが、一番大きな成果かなということでございます。それ以外には、それらを数値化、輝度値という

ものに基づいて数値化することで、ある程度定性的というか、ちゃんとした評価ができるようなものが、もともと提案されていたんですけれども、その適合性が高いということも確認できました。

鋼材が重複する箇所でも予測画像を作ることで、精度よく対象鋼材を特定することができるようになりましたということです。またWUTとの調査結果は同じ結果でした。整合しておりました。あとは細かい位置調整架台を今回作っていますので、それらによって非常に作業性も向上したということが成果になります。

今後の課題としては、やっぱり数値とか精度、画像の精緻化とか、精度の向上、あとは検出器とかX線発生源が、やっぱりまだまだ大きな重さとか大物なので、こういうのを小型化することで、現場の作業性が向上するというのと、さらに、広範囲をやっぱりもっと効率よく調査する面的な検査手法の検討というようなものが、やっぱり必要ではないかなということになっております。

以上、簡単でございますけれども、事例の紹介ということにさせていただければと思います。ありがとうございました。

(上坂委員長) 西川様、とても分かりやすく、ありがとうございました。

それでは、委員会から質問させていただきます。

それでは、直井委員からお願いします。

(直井委員) どうも西川様、ありがとうございました。昨年9月から10月にかけて、これまでできなかった分厚いプレストレストコンクリートが検査できるようになった画期的な方法で、数多くの知見、経験を出された御報告、大変興味深く伺いました。ありがとうございました。

何点か教えていただきたいのですが、まず、10ページから12ページにかけて、いわゆるこの検査で使っている様々な機器、システムについて御説明がございました。いわゆる箱桁の中に持ち込まなきゃいけない機材というのは、どれでしょうか。

(西川専任役) この写真、まず、11ページ目、この左側に写っているこの三つです。

(直井委員) これ三つとも。

(西川専任役) 三つとも。この冷却装置も持ち込まなきゃいけなかったです。それと次のページの12ページ目の左側のSIDと呼ばれているこいつも持ち込むことになります。

(直井委員) 分かりました。

それから、13ページに機器搬入等の状況というのがございまして、写真が4枚ございま

して、箱桁内搬入という、これはあらかじめつり上げている写真がございませけれども、あらかじめ点検口みたいな形で空いている孔ということですか。

(西川専任役) はい、そのとおりです。点検口、人が入るための孔ももともと空いているので、そこを通して入れています。ただ、ここに写っているチェーンとかはもともとないので、それも持ち込んでくみ上げてやっていると。

(直井委員) それから、左側の下の写真も、こういう移動するための隔壁通過の孔も、これもあらかじめ空いているということですか。

(西川専任役) そのとおりです。

(直井委員) 分かりました。ありがとうございます。

それから、今回未充填というふうに評価されたのは、模擬試験のときに判定基準として10%以上の差が見られた輝度で判定され、この25ページの未充填というふうに評価されているバツが付いている、これはいずれもその10%を超えているものでしょうか。(西川専任役) そのとおりです。

(直井委員) その表の中でその他と書いてあるのは、これは判定ができなかった数が書いてあるということでしょうか。

(西川専任役) そうですね。ちょっと重なっていてうまく解析ができなかったやつと、あと、ここにあるはずだと思って撮ったんですけども、そこになかったと。やっぱり鉄筋の配置が時々ずれているときがあるので、それで確認できなかったというやつも含めています。それが7本という、その他の部分です。

(直井委員) 実際の照射時間の実績比較というのが、表で27ページにございますが、これは従前使われておられた225 keVのX線発生装置と余り時間は変わらないという感じですか。

(西川専任役) 多分、昔の225ぐらいだと、20分とか30分とか平気で掛けていたと思うんですけども、今回はそれよりも全然短いです。やっぱり出力がでかいことが要因だと思います。

(直井委員) それと、29ページには、検査にあたっての協議先一覧がありますが、非常に参考になりますね。今回は規制庁と高速道路の交通警察隊と、それから労基署、地権者、この4か所に説明するだけでよかったという。

(西川専任役) そうですね。

(直井委員) それで、最後の質問なんですけれども、今回3.95 MeVでかなり広範囲な検

査ができるというふうになったと思うんですけども、今後のNEXCOさんとしての橋梁検査に、3.95MeVの装置を使っていくご計画でしょうか。225keVもありますし、いろんな検査方法があると思うのですが、今後の検査の進め方みたいなところを教えてくださいなだければと思います。

(西川専任役) NEXCOとしては、こういうやり方ができましたということは一つメリットなんですけれども、ほかにも先ほどありましたWUTとか、いろんな超音波を使ったりとかしていると、そちらもどんどん性能が上がってきているので、そういうのも含めて、今これも、こういうやり方もあるんですけども、それを含めてどこでどういうふうに適用していくかというのは、ちょっとNEXCO3社で今検討中でして、ちょっと私からはっきり今後こうしますとはちょっと言えない状況です。

(直井委員) ありがとうございます。

私からは以上です。

(上坂委員長) それでは、岡田委員、お願いいたします。

(岡田委員) 西川様、御説明ありがとうございます。

私の方は基本的なお話を聞こうと思っているのですが、2ページのところのそれまでに使われている検査方法、ありますよね、左側のところ。そのところで、衝撃弾性波というので、横締めPCというので、横締めというのはどういうものなのかをお聞きしたいです。

(西川専任役) 分かりました。すみません、私の説明が不足しまして。

6ページ目の断面図というのをちょっと見てもらうといいんですが、右上にあります。これで上のところに箱から飛び出ている部分があると思うんですけども、この絵の横が飛び出ているんですけども、これが張出床版と呼ばれていまして、路面の舗装の下に入っているところで、そこに横方向に入っているPC鋼材があるんです。それは表面に近いところに入っていて、この張り出ている部分とかを支えているんですけども、そういう鋼棒を調べる方法の一つであると、そういうものにしか適用できませんということです。

(岡田委員) できないということなんですね。分かりました。

それから、その下の4段目のかぶり25センチ、かぶりは何ですか。

(西川専任役) すみません、これも説明不足でした。コンクリートの厚さの中の表面から何センチのところかというのがあるんですけども、もともと鉄筋というのは、そのかぶり10センチとか7センチとか、それは鋼材からコンクリートの表面までの距離のことを、かぶりとか我々は呼んでいて、375ミリという相当奥に入っていると。

(岡田委員) 分かりました。どうもありがとうございます。

そうすると、18ページのところをお聞きしたいのですが、非常に丁寧に説明していただいたので、よく分かったんですが、これと次の19ページも同じものというような言い方をされていたような気がするのですが、同じところを見ているのですか。18ページと19ページは違うものですか。この模擬自体のこの検査片ですが。

(西川専任役) 模擬供試体自体は同じものですね。

(岡田委員) それで次の19ページというのは、これは拡大したものと考えるのですか。それとも画像処理がすごく進んで、こういうふうに見えると言っているのか、ちょっと分からなかったのですが。

(西川専任役) これは拡大、この18ページ目の写真の一番真ん中辺りを切り取って拡大したという。

(岡田委員) 拡大ですか。すると拡大で実は何を、輝度値というような値が19ページはすごく高いんですよ、18ページより。だから照射時間を長くしたのかなと私は思ったのですけれども、そうではないのですか。

(西川専任役) そうではないですね、たしか。単に多分画像を拡大したときに、もう一回数値を取り直した結果じゃないかと。

(岡田委員) 画像を処理みたいな感じですかね。

(西川専任役) そうですね。ちょっと明るくしたりとかで。

(岡田委員) 分かりました。ありがとうございます。

それと、私の方はもう一つ質問なのですが、28ページで最終的なお話しですけれども、各地点で線量が計画よりも77分の1、黄色で書いてありますよね。説明の中では、照射時間が5から10倍と短くなったから、線量が前より計画よりも低くなったというような感じでお話しされていたような気がするのですけれども、そうになると、最初のX線の装置のシミュレーションじゃない計算をしているということなのか、ちょっとその辺が分からなかったのですが。

(西川専任役) 飽くまでも計画時は照射時間とか、漏えい線の量とか、そういうのを想定して安全側、安全側に設定して計画しているということで、この実績というのは飽くまでも現場で路面上に監視員がいるんですけれども、そういう人が持っている積算線量計で取られた値をそのまま載せているので、本当の実績なので多分ちょっとそういう影響も、ただ、空間線量とか、いろんなものが影響するんだと思うんですけれども、実際これぐらい安全側に取り

過ぎたかなという気もちょっとありつつ、こういう結果になったということです。

(岡田委員) 分かりました。何か計画のときの数値の設定が違うのかなと私は思ったのですね。最初の設定がね。実際に山とか谷とか森とかあるし、測ってみるとこのぐらいの数値になったということですね。

非常に安全側で測定ができるということも分かったので、今後発展していくといいなと思います。ありがとうございました。

(上坂委員長) それでは、上坂から意見を述べさせていただきます。

まず、今の質疑の中で、岡田委員からの、放射線量評価のことなのですが。放射線の透過、散乱の計算はやられたと思うのです。その際にモンテカルロ法、粒子を仮定したモンテカルロ法をやったのか、あるいは減衰係数で、線源があって、距離があって、減衰係数だけで評価されたんですか。

(西川専任役) 私の認識ではモンテカルロ法と呼ばれる方法が使われたと思っただけですけども、ちょっと待ってください。

やっぱりそれを使ったという。

(上坂委員長) 分かりました。

それでは、今回の3.95 MeV X線源なのですけれども、ページで言えば、写真があります。11ページですかね。これで東大開発の1号機からこれは2号機でありまして、X線源の形は、1号機ではもっとさいころ型のように立方体型だったのです。今回はそれを直方体型にして、狭いところにもなるべく入るようにされたのだと思うのですね。

それで13ページや14ページに、その小さい孔を通してセッティングしていく様子の写真があります。15ページに、コンクリート壁の両側にX線源とを置いた検出器があります。そして全体は9ページのように、色々な部屋があり、部屋と部屋の間には小さい孔がある。そこを通しながら配置しながら、全部で56点測定ということで。かつ漏えい放射線も、モンテカルロ計算で想定したよりも低く、積算の放射線線量も、管理区域と敷地境界の設定値に至るまで測定した測定点も、PC鋼材の本数もとても多かったという理解でよろしいですね。

(西川専任役) はい。

(上坂委員長) ということで、これで装置の大きさ全体で変わらないかもしれないけれども、X線源機器箱内配置を変えて、PC橋に、大型橋に適用できる改善がされたということが証明されたのではないかと思います。

それで、本当の橋からの画像がありますが、例えば23ページの左の図。これは今まで見えなかった1,000ミリ、厚さ1メートルの画像かと思います。それで、この真ん中にPC鋼棒の、両側が白く見えるということで、PCがグラウト未充填という判定がされたのではないかと思うのです。あと、画像処理もされています。このグラウト充填、未充填の判定をするときの空間分解能といいますかね、このシステム全体の空間分解能というと、大体何ミリぐらいが要求されているのですかね。今この白く見える間隙は何ミリぐらいで、それがどうクリアに見えているかが重要だと思います。(西川専任役)今回はシースと呼ばれているダクトの径が38ミリで、その間に32ミリの鋼棒が入っていますので、ちょうど真ん中にいると3ミリ、3ミリなんですけど、多少偏っていたりすると、一、二ミリで片方にいっぱいあるとか、そういうふうな状態です。

(上坂委員長) そうすると、大体1ミリ程度が空間分解能ですかね。

(西川専任役) 最大というか1ミリ程度です。

(上坂委員長) ぐらいができると、グラウト充填、未充填の判定に使えらると思う。

(西川専任役) そうです。

(上坂委員長) 分かりました。

それから、56点なのですけれども、25ページにまとめがありました。この橋のグラウト未充填を検査した方がいいという対象の大体何%がこの56本なんですか。あるいは、今回の検査でその疑わしいのを全部測られたとお考えでしょうか。

(西川専任役) 今回は全てを測り切れておりませんので、全体で、すみません、何本鋼材があるかちょっと把握していないんですけれども、多分数千から1万とか2万とか、それぐらいの鋼材があるので、今回のやり方以外にも、先ほど言いましたWUTという方法でも相当調べてはいるんですけれども、それでも全ては調べ切れていません。今回この方法は、今回ちょっと部分的に測っていますけれども、これを使っても全てやっぱり測り切れない。どうしてもこの方法でもまだ測り切れない場所がやっぱりあるという状態です。なので、それは今後どうするかは、またちょっと課題の中に入ってくると思います。

(上坂委員長) 今、内閣府でやっているSIPプロジェクトで、例えば東大の社会基盤学専攻の石田先生のグループは、構造計算の3次元コードも開発されている。今後はこういう検査で欠陥が見えた。ある程度見えたとなればOKなのか。それとも、更に構造解析までして、強度の劣化まで評価して、補修に行くかどうか。どういう方向でしょうか。

(西川専任役) すみません、多分そこも含めて検討中なんですけれども、多分方向としては、

当然グラウトが入っていないだけで、全てアウトというわけではないので、当然構造的な解析、先ほど言いましたように、今回我々が調べたかったやつは、最終的には橋としてあんまり影響が少ない部分、部材だったんですけれども、ほかにはもっと危ない、これをやられたら絶対駄目よみたいなやつもあるはずなので、そういうところは当然組合せで、こいつは絶対駄目よ、こいつはちょっとぐらいオーケーよというような、そういう見切りは構造計算とか、そういうもので補填、補完されていって、検討されていくものだというふうに思います。(上坂委員長) その中で、特にやはりこのグラウト未充填が深刻であると判断された場合、グラウト未充填を補修するという場合、どういう補修の仕方があるのですか。

(西川専任役) 今現在ある程度、例えば事例的に先行しているのは、孔を空けて、空洞を見つけて、孔を空けてそこにやっぱり注入する。だから実際に注入をしてやっています。

(上坂委員長) 今回グラウト未充填をみた。またWUTでもグラウト未充填が見られたと思います。その他の劣化現象を見るべきと総合的に判断する。ほかの箇所の健全性を判断するときに、ほかの項目というのはどういう劣化現象がありますか。例えばコンクリートにひびがいっぱい入っているとか。

(西川専任役) コンクリートにひびがいっぱい入っていたりとか、本来、先ほど言いましたコンクリートの中に入っている鉄筋が、実はさびて、膨張することで、コンクリートの表面が剥離して、鉄筋が見えちゃったりとか、あとはやっぱりさっきのひび割れがいっぱい入っているとか、いろんな現象はあるんですけれども、桁がいっぱい揺れるようになったりとか、そういうものも健全性というか、構造のチェックの対象になるので、そういうものも当然含めて点検はずっとされていると。

(上坂委員長) そうすると、今後の検討で、NEXCO3社で検討するというふうにおっしゃられました。ですから、そういうこのグラウト未充填のみならず、他のコンクリート自身の亀裂とか劣化とか、その他の劣化検査し、構造解析する。総合的な保全といいますか、健全性確保のやり方が議論されていくのでしょうか。

それから、今SIPという内閣府のプロジェクトで社会インフラ検査の項目があります。そういう国家プロジェクトと各社との独自の研究とかと相まって、総合的な日本の保全計画というものができていくのでしょうか。

(西川専任役) 今回このグラウト調査は、近々やっと始まってきた内容で、先ほど言いました鉄筋がさびたりするのは、昔から判っている事象なので、そういうものに対する対策については、既にある程度マニュアル化されたり、現場で対策が進んでいて、対応されていたりと

かということは進んでいるということで、今回のX線なんかも、そういう中の一つとして組み入れられていくことにはなると思いますけれども、ただ、今のところ、全てが全部一から作るんじゃなくて、やっぱり先行しているところで、例えば道路が凍らないようにまいて、塩分で、そういうものが影響するとか、そういうふうな対策についてとか、あとは、ひび割れから水が入らないようにするとかという対策については、先に先行して進んでいますので、その中の一つになっていくのかなというふうに思います。

(上坂委員長) それから、30ページの今後の課題の三つ目、検出器の更なる小型化とあります。それで冒頭、私が申し上げたように、X線源に関しては、かなりサイズは小型化、ここまでされた感があります。ただ、いろいろ機器の配置等々で使い勝手の改良があったのだと思うのですね。

一方、12ページに検出器。右側に従来の医療用で使われているX線フラットパネルディテクターがあります。今回は測定結果も出ておりました。左側には今回初めて使われたSIDという、ちょっとやや大きいのですけれども、検出器があります。

これを両方使われたと思うのです。私の経験でいくと、医療用の右のものは、対象にするX線のエネルギーが人体対象なので、40 keVから70 keVという低エネルギーですよね。ですから、非常に薄い0.4ミリぐらいのGOSシンチレータを使ったフラットパネルカメラなのです。そうすると、どうしても3.95 MeV X線源から出てくる数百keVのX線は、シンチレータ中でなかなか止まらないうと。つまり感度がよくないと。

そういうことがずっと課題だったのです。今回この左のような、やや大きいんですけども、きっとそういう高エネルギーのX線をしっかりと検出できる検出器を作られたと思うのですね。こういうものがどんどん発展していくと、X線源もエネルギーも強度も少なくて済むのですよね。そうすると、更に漏えいX線も少なくなり、装置も小さくなるかもしれないし、もっと使い勝手もよくなるかなと思うのですよね。

したがって、こういう放射線発生器と、それから検出器は、両方とも最適化して行って、そしてともに目指して高感度化小型化と思うのです。こちらの左側の方のSIDの、今後の更なる改良というのは、どういう見通しでございましょうか。

(西川専任役) すみません、機器の性能アップについては、ちょっとNEXCOではタッチしないようにしておりますので、今回これとかをやられたアトックスさんとか、そういう会社がどれだけ頑張ってもらえるかに懸かってくると思いますので、ここではちょっとそれぐらいで終わらせて戴きたい。

(上坂委員長) さっき言いましたように、12ページの右側は医療用なのです。これはもう何十年前から世界中で普及しています。なかなかこういう非破壊検査。人間よりも重いものとか、大きいものを見る。しかも1ミリの空間分解能で1メートルの厚みを見るというのは、初めての試みと言ってよくて。それを測るこういうイメージングの検出器はないのですね。これは本当画期的なイメージング技術だと思うのですよ。是非この技術を発展させて、更に高感度を出していただけると、もっとトータルのシステムが小さくなると思います。

それから、今回、今日お話ししていただいた内容は、今年もう学会で発表された内容でございましょうか。

(西川専任役) はい。一応土木学会と、あとプレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウムというのがありまして、この二つで一応発表させていただきました。

(上坂委員長) それで、私が5年以上前に調査した限りでは、他国で、高エネルギー放射線による橋梁検査をやっているのはフランスのみで。それもコバルト60とか、イリジウム192のようなラジオアイソトープガンマ線源を使っているということですね。それで、たしかこういうグラウト未充填を何か数段階に分けて判定していました。5年前ですけれどもね。

それが唯一の例で。こういう小型加速器や新型の検出器で橋梁の検査をやって、しかも大きな橋を短期間で56か所測って、17か所未充填を検出し、空間分解能約1ミリというのは、初めてのケースでないかと。総合的に判断もされたと思います。是非今度は国際会議で発表していただきたいと思います。世界にPRしていただきたいと思いますが、いかがでございましょうか。

(西川専任役) 一応来年東京でやりますIABSEと呼ばれている国際構造委員会だったかな、協会か何かの大会が東京であるものですから、それについて一応何か出せというお達しがありまして、一応この件をちょっと出してみようかということで今、準備をしているところでございます。

(上坂委員長) 是非PRして、ほかにも世界でも同じ課題があると思いますので、是非世界にもこの技術をPRしていただきたいと思います。

私からは以上でございますが、ほかに委員の方々から御質問ございますか。

それでは、どうも西川さん、どうもありがとうございました。

(西川専任役) ありがとうございました。

(上坂委員長) 議題1は以上でございます。

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。

(山之内参事官) 今後の会議予定について御案内いたします。

次回の定例会議は、日時11月12日、14時、場所は中央合同庁舎8号館6階623会議室になります。議題については調整中でありまして、原子力委員会ホームページなどでお知らせさせていただければと思います。

以上でございます。

(上坂委員長) ありがとうございます。

その他、委員から何か御発言ございますでしょうか。

御発言がないようですので、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。

—了—