

セミ特集

コンクリート構造物の
点検と維持・補修

維持管理からみたコンクリート構造物の課題

昭和 60 年 6 月 25 日 (火) 於 東條会館

司 会

津野 和男 住友建設株式会社顧問
 出席者 (五十音順)
 阿保 進 首都高速道路公団東京保全部設計課長
 太田 稔 ピー・エス・コンクリート株式会社東京支店
 工務部長
 河村 忠孝 日本道路公団維持施設部維持企画課長
 小林 明夫 日本国有鉄道構造物設計事務所コンクリート
 構造主任技師
 小林 茂敏 建設省土木研究所地質化学部コンクリート研
 究室長
 吉川 実 阪神高速道路公団保全施設部保全技術課調査
 役

担当幹事 (本誌編集委員)
 古賀尚宏・佐藤勉・鈴木裕二・丸山眞佐雄

司会(津野) 本日は、御多忙のところを御出席いただきましてありがとうございます。我が国の社会資本の充実も本格化してきました、技術者は今までのように建設のみでなく維持に着目せざるをえぬようになってきております。これは、アメリカの“光と影”というような言葉で代表されておりますように、各国共通の問題として最近では国際会議の話題に取り上げられているというのが現状かと思えます。今日は PC 構造物を主体にしまして、その維持管理の現状を御説明いただいて建設部門に従事している技術者に何を考え、何をどうあるべきかについてお話をいただきたいと思えます

§ 1. コンクリート構造物の現状

司会 最初のテーマですが、コンクリート構造物の現状について全国的な規模で調査されている建設省と国鉄の方からお話を伺いたいと思えます。

小林(建設省) 建設省が、コンクリート構造物の耐久性ということに特に強く関心を持つようになってきましたのは、昭和 56~57 年ごろから東北、北陸の日本海側沿岸の PC コンクリート構造物に塩害のようなものが発生してきたということからです。57 年には海岸近くのコンクリート、特に橋梁中心ですが、構造物の調査を始めております。その後、昭和 58 年から 59 年ころにかけてましてアルカリ骨材問題という、コンクリートにとって今まであまり問題にされていなかった新しい劣化事例が近畿地方を中心に発生しているという報道などもありましたし、我々の方にも情報が入ってきましたので、そのような構造物があるのかないのかというような調査もしております。

そういう調査とは別に、構造物が、たくさん蓄積してまいりますと、維持管理費の増大ということが重要な課題となるということや、新設構造物の耐久性技術の向上ということに関しての技術の開発が大事であるということに着目しまして、これをテーマに昭和 60 年度から総合技術プロジェクトを作り、耐久性改善のための研究を始めております。これは当初、土木研究所、建築研究所などが中心になって出発する予定でしたが、現在は 3 年ぐらいの短期間にできるだけ大きな成果を得たいということから官、民間、あるいは学界などの各分野の方の協力を得てスタートしたところです。

小林(国鉄) 鉄道の歴史というのは 110 年以上になりまして、この間非常に多くの財産といえますか、構造物が造られているわけです。だいぶ昔にはれんが積みだとか石積みのものがかなり多くて、まだ耐久性を損なわずに現役として働いているわけですけども、その後いろいろな外国の技術が入ってきてまして、無筋コンクリート、鉄筋コンクリート構造物というのが非常に多く造られております。正確な数字は押さえていませんけれども、橋脚ではまだれんが石積みが今のところ 3 万 2 千基

ぐらい残っていて、無筋コンクリートが7万8千基、鉄筋コンクリートの橋脚で大体2万1000基ぐらいあります。桁としてはRCの桁が約2万7000連ぐらい、PC桁は非常に歴史が浅いんですけども約8000連ぐらいかけられております。

現在はそういうことでありまして、特に東海道新幹線以降大きなプロジェクトがありましたが、東海道新幹線のところはまだコンクリートの桁というのはそれほど多くはありません。特にPCに限っていいますと、せいぜい30メートル前後の桁が造られている程度です。その後、環境問題がとりあげられて、鉄桁よりコンクリートの桁が多くなり、それが、東北、上越新幹線になりますと、ほとんどがコンクリートということになってきました。

実は、PC桁につきましては、道路の方で日本海沿岸の塩害の問題がありまして、国鉄も、目視調査をしましたが、今大体8000連のPC桁の中で程度の軽いものを含めて何がしか異常が見られるものは2%ぐらいという状態でした。その2%の中身というのは見る人の個人差にもよりますし、いろいろな尺度がありますから内容は若干違うと思いますが、特に海岸近くに限って申しますと、ほぼ全体の1%ぐらいと推定しております。

健全度の判断というのは後で点検体制の中で出てくるかもしれませんが、保守の人がやっております、ある一定の目安を与えてその中で決めるわけです。いずれ直接列車の運転とか旅客の安全にかかわるような問題になることが推測されるようなものと、建設年代によって違いますが、先ほどお話ししたRCの桁でも大体1%から2%ぐらいの範囲、PC桁では2%ぐらい、下部ではそれより若干多いというのが現状です。

司会 道路構造物の総合プロジェクトについてもう少し説明していただけますか。

小林(建設省) まず目的からお話しますと、先ほど申し上げましたように資本が蓄積してきますと、将来は維持管理が大変になる。そのために、今から耐久性の大きな構造物を造る方法を研究しましょう、あるいは、保守

方法を考えよう、ということが目的です。

中身ですが、大きく分けて4つの項目からなっております。第1はコンクリートの劣化に関する実態を調査すること、2番目は、コンクリートの劣化度の診断、および反応性骨材の判定技術の開発をすること、3番目は、既に造った構造物で劣化したものを補修、あるいは補強する技術を開発すること、そして4番目は、これから新しく造る構造物の耐久性を従来にも増して長くする技術の研究、この4つになっております。

司会 具体的に動き出しているわけですね。

小林(建設省) 昭和60年度から着手しております。実態調査は、現在、回収データの分析・整理をしているというところです。

劣化の診断および反応性骨材の判定技術に関しましては、アルカリ骨材反応を起こす骨材の判定基準、あるいは防止対策が日本には今までなかったものですから、これらを開発しようということで、これも着々と研究が進んでおります。

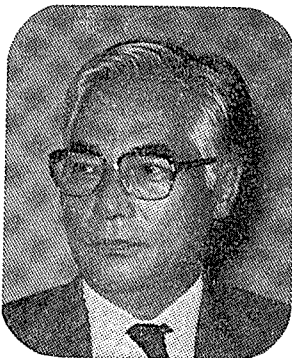
次に、劣化度の診断技術、非破壊検査方法の開発などについては1年遅れて来年度ぐらいから着手する予定です。

それから、かなり劣化した構造物で現場ですぐに対応しなければいけないというのは実際に補修もどんどんやっておりますので、補修方法を技術的な体系にまとめようとする作業も一般の研究の中で進めております。

また、アルカリ骨材反応を生じた構造物の補修技術のように、解明にはまだまだ時間がかかるものも残っております。

それから、新設コンクリート構造物の耐久性向上の対策として、塩害を受けるような海域の近くにある道路橋については昭和59年にもう暫定的な対策指針が出来ておりますので、あとはその指針を更により完全なものにするための研究を進めております。

アルカリ骨材反応防止のための対策というのは大へんな難問ですので、これから1~2年掛けてよく検討して



津野 和男 氏



阿保 進 氏



太田 稔 氏



河村 忠孝 氏

いこうというところです。

§ 2. 構造物の点検管理

司会 では、実際に各企業体の点検体制について、その方法、手段についてお伺いしたいと思います。特に最近では、いろいろなシステム化を図ったりされていると思いますが。

河村 道路公団では、東名、名神とか中央道など旧設計指針に基づいて設計、施工がなされた橋梁床版のコンクリートのひび割れとか剝離、あるいは抜け落ちというふうな損傷が昭和 46 年ごろから目立ち始めました。処置としては、他の機関と同様、床版の補強対策、いわゆる縦桁補強や鋼板接着というような工法が進められ、重交通路線でのこれらの損傷のある橋梁につきましてもの手当ては、ほぼ終わっております。

これが契機になりまして、私ども公団内部でいろいろな委員会とか、あるいは検討会を持ちまして、一つには床版の点検をどうするかということ、それからもう一つは、床版の健全度判定、判定の指標が非常に難しいわけですが、これらの成果を次の補修工法にいかにつなげるか、こういうふうなことがずっと取り組まれておるわけです。

ただ、道路構造の全体の点検ということになりますと、橋梁だけでなく、土構造物等も含めて実際には総合的に効率のよい点検をしております。通常は日常点検として全線にわたって点検管理員 2 名が車上から毎日行っています。

次に、定期点検として、詳細な点検を行っております。構造物では高架の下に降りて桁、床版、ジョイント、支承などを点検する。これはほぼ年に 1 回、目視を主体にして行います。この定期点検の結果、問題点が出てきましたら、臨時点検として専門技術者を加えて更に調査をやりまします。特に床版関係ではいろいろな損傷度についての判定をいたしますが、ひび割れの密度とか、あるいは

損傷の程度とか劣化の状況というふうなものを再度調査して損傷の判定を行い、必要な補修に結び付ける。一般的にはこういうふうな体制をもって点検等の業務をやっております。

司会 点検体制は首都公団も阪神公団も同じだと思うんですけども、何か付け加えてお話ししていただくようなところはありますか。

阿保 大体同じような、日常点検、定期点検、臨時点検をやっておりまして、大まかには同じだと思います。

吉川 私どもの方の点検体制も基本的には同じですが、全線高架橋ということもあり、かなり密度の高い点検を行っています。構造物を対象にいたしますと、桁、橋脚につきましても日常点検と称しまして、月 1 回の密度で路下より目視点検をしています。それと構造物の健康診断に当たる定期点検を 5 年に 1 度の頻度で構造物に接近して詳細に行います。

各構造の中でも床版、梁上構造物の桁端部、支承、ジョイントなどにつきましても、2 年ないし 3 年に 1 回の頻度で行っています。

それと、先ほど小林室長からも話がありましたように、最近アルカリ骨材反応が実構造物に出たりしまして、このような新たな損傷に対しては臨時点検を行います。この臨時点検には詳細および追跡調査、原因調査なども含み、最初に述べた日常点検と合わせますと、最近、点検費が著しく増大しています。

初期の昭和 45 年前後ぐらいの時代では、メタルの方は塗装劣化、腐蝕等の関係から点検費を計上していたわけですが、コンクリートは大体メンテナンスフリーだということで、実は予算上も点検費の計上はしていませんでした。しかし、50 年代に入りまして、耐久性の問題も含めまして、コンクリートのメンテナンスフリーの神話は崩れ、きめ細かく対応しなければならない現実に直面しました。

特に、私どもは都市内に立地していますので、耐久性もさることながら、交通の安全と高架下の第三者事故、環境保全に係わる損傷を防ぐ必要があります。例えば床版の剝落とか、ジョイントの破損、上下部構造物からのコンクリートの落下、PC 鋼材の飛び出しなどがあります。そのためこれらの損傷を未然に防ぐといえますか、予防保全的な対応が求められます。このために、点検を非常に重視して



小林 明夫 氏



小林 茂敏 氏



吉川 実 氏

いるわけです。

司会 今、目視点検主体の話でしたが、実際にひび割れが増して来て耐力をどう確保していくかというのが非常に難しい問題になると思いますが、それについて何か。

阿保 床版の場合ですと、首都公団では桁と横桁の間に囲まれた格間ごとに下から写真を撮っています。全線分を、年1回撮れませんので適当なブロックに分けて、大体5～7年に1回ぐらいで全線が撮れるぐらいのピッチで写真を撮ります。年間にしますと、2万コマ近い写真をカードに貼って、写真がついたアパッチュアカードを作成しています。これを机上で拡大してみても判定基準にのっとってランクづけを行っています。構造物はPC桁とかRC桁、橋脚も多いんですけども、そういうものは大体5年に1回ぐらいのピッチで現場で調査点検を行っています。それもやはり目視でクラックなどのスケッチをするということが多い。それと、あとは現場でシュミットハンマーでたたいたり、ゲージで測ったりとか、あまりメカニックが駆使されていないですね。要するに目視が頼りだというような点検が今一番有効であるというか、それしかないというのが現状のようです。

吉川 それと関連いたしまして、実は私どもの方も床版につきましては5年に1回の目視点検と、その中間年度に行う写真点検を実施していましたが、ここ10年間悪い床版につきましてはかなり補修が進んできたこともあり、損傷の極端なものが少なくなったため、写真で撮影いたしましても、その判読判定が容易でないことより、今年から写真点検を目視点検に切り替えました。目視といいましても経験のある方がそれなりの見方をもって点検すれば、かなり信頼のある損傷判定が可能ではないかと思えます。

それと鉄筋の腐蝕問題。試験的ですが、自然電位法、分極抵抗法の手法について2年前からいろいろと検討を行っています。これはコンクリートの補修効果の長期の追跡という点でこういう手法も必要になってくると考えています。

司会 今出たのは、大体ここ20～30年の経歴の構造物なんですけれども、国鉄の場合は経歴100年の構造物がありますね。この場合の劣化度の判定はどういうふうに考えておられるんですか。

小林(国鉄) 国鉄では、全国に管理局という営業とか保守を担当する組織がありまして、その局の中に保線区という現場の機関があります。その保線区に担当の職員がおりまして、まず構造物を目視で大体見てやる。一次検査と称して検査のピッチは構造物の対象によって違い

ますが、大体2年に1回ぐらいは基本的には見て回れるということなんです。それで、何かとつひなものが出てきたら、今度は同じ管理局の中に構造物検査センターという組織が別にあります。そこにその構造物の精密検査を委託します。そこではかなりの機動力と、測定機具などを用意してありますので、それを使いましてシュミットハンマーであるとかパンジットのような超音波の関係、それからひずみの測定とか、たわみだとかいうふうなことも含めて一次検査を更に深度化して検査する方法をとっています。

その結果でその管理局の補修の工事の順序とか予算とか、検討して保守工事をやっています。その判定ですが、構造物によりましてコンクリート、土構造、トンネルと種々あって一概には決められませんが、簡単な方法として、構造物ごとにAランク、Bランク、Cランク、Sランクを付けて、Sというのはセーフですから全然異常がない。Aというのは非常にきつい方。Aも、AA、A1、A2というのがあります。AAというのは非常に厳しい状態ですね。A2というのはいずれ変状が問題となるだろうというふうなことで機会をみてなるべく早く処置なさいというニュアンスなんです。A1というのはその中間。そういったランクを決めまして、それを年に1回、あるいは一次検査の場合は2年に1回ですけれども精密検査の必要な場合にはそれに応じてピッチを細かくしたりして見えています。

例えばPC桁では、主桁の中央断面の曲げによるひび割れがあって、列車が走ると進行するケースでは原因を考えまして、例えばプレストレスが足りないんじゃないかとか、あるいはPC鋼材が切れているかとかいうふうな話で、それは一番きつい方のランクに上げようというふうなことですぐ処置をするという体制になっています。

§ 3. 補修、補強の実際

司会 それでは、具体的な補修、補強の話に移りたいと思います。今までお話いただいた中に健全度という言葉が出てきましたけれども、何といたってもまず原因は何かがあり、それによって補強の手段をどうするか、ということになります。耐久性をどう考えていくか。最近の補修、補強方法、それからどんなものがあるかというふうな事例を挙げてひとつお話をいただけますか。

河村 道路公団の場合、一番問題になりますのは、やはり床版の損傷でありまして、実は私ども床版の修繕要領を53年に制定して適用しております。この中では床版の損傷度合いの判定を、ひび割れ率というのを主体に

いたしまして5段階に分けて判定しておりました。ところが、ひび割れ率だけでその耐久性が損なわれるというものでもないだろうと、最近こうした観点にたって調査、研究が道路公団の試験所で進められました。「漏水ひび割れ」といっていますが、そこに出ている遊離石灰の色とか浸透度合いを加味した検討を室内実験、実橋実験でやりまして、水の影響というのが非常に大きく耐久性に影響するという成果を得まして、損傷度の判定にはひび割れ率のほか漏水の評価を加えた指標を提案するに至っております。これを受けて今後の補強対策を考えますと、水を切るということが基本的な対策であり、そのためには、路面から水呼び込まないような排水処理をやるとか、あるいは床版に防水工をやるとか、あるいは床版の上にコンクリートを増し打ちしてそれによって補強する増厚工法が有効であると考えております。私どものある路線で何か所か試験的な工事をやっておりますが、なかなか良い評価を受けております。現在、これらの成果をもとに53年に制定した床版修繕要領の改訂をしたいと思っております。

そのほか縦桁の補強や、抜け落ち防止のための鋼板接着工法は他公団と同様です。

司会 吉川さん、どうですか。

吉川 損傷の程度と補修、補強の関連ということですが一般に損傷のひどいものを除きましては、客観的な定量化が難しく主観的な判断によらざるを得ない面があります。コンクリート橋につきましては、床版を除きますと疲労現象をあまり考える必要がありませんので、安全性にかかわる耐荷力の判断は、土研提案の「道路橋の耐荷力算定方式」などにより構造力学的に照査ができるかと思っております。

私どものケースでは、路下の条件から第三者事故を起こさぬこと、また、構造物の長期耐用を考えて、損傷が発生してからでは遅いということで、予防保全的に補修、補強の対応もしています。

例えばPC鋼材の破断による飛び出し防止、それから定着部跡埋めコンクリートの落下防止のため当該部所には鋼版で防護をするというようなことを行っております。それから、現在問題になっておりますのは高欄水切りのコンクリート片の落下がありまして、これには全線的にFRPのライニング工法で補修を進めています。

それと、先ほどアルカリ骨材の問題が出ましたが、現在アルカリ骨材反応につきましてはいろいろと調査、研究を進めていますが現在のところ安全性には問題がありませんので補修方法としましては、一応鉄筋の防錆と反応抑制のためにひび割れ部に樹脂注入、表面には防水コーティングを行う工法をとっております。

それと、ちょっと目新しい工法ですが、ジョイントは非常に損傷頻度が高いため抜本的にジョイントをなくしてみたらどうかという考え方で3年前から検討をしまして、昨年度から試験施工をしています。この方法は、橋桁の上フランジをヒンジ結合し、弾性床版で連結してその上に舗装をかけるということで、ノージョイント化工法と呼んでいます。

司会 その部分の舗装にクラックが入りませんか。

吉川 今のところ問題ないようです。

太田 フランスでは既設の単純桁区間を桁端横桁を相互に連結して目地を無くし走行性をよくしているようです。桁のクリープ、乾燥収縮がほとんど終わった段階での連続化は悪影響は少ないと思います。

吉川 私どもの方は、設計の理屈が成り立つようになっていて、一部疲労実験を行って確認もしています。現在、夏冬一応経過いたしまして、今のところ応力的にも大体計算値に近い応力発生範囲でして、万々クラックが発生しても、構造系としては基本系に戻るわけですし、また弾性床版の部分につきましては、一応コーティング鉄筋等を使いまして腐蝕防止も図っています。なお、舗装が悪くなればまた打ち変えればよいという弾力的な対応を考えています。

司会 首都公団では、補強方法などでいろいろ技術開発を行って来ていると思いますが、具体的にどこでどのような補強方法を使っているか、少しお話いただけますか。

阿保 PC桁やRC桁の補強、補修の例についてお話ししたいと思います。

PC桁をアウトケーブルとか鋼板を張り付けて補強、補修をしているわけです。この原因と申しますと、その一つは私が個人的に考えますには、首都高速道路の構造物は立地的な条件から複雑なものとならざるを得なかったわけですが、今から20年以上も前ですと、大型の計算機はなく、手回しの計算機ぐらいしかなかった時代ですので、その構造解析は簡単にわり切らざるを得ない。そうすると、きめの細かいプレストレスの入れ方ができなかった。とすると、プレストレス量が不足するような断面があるわけで、その位置にクラックが発生しているという例がございます。また、平面的に見て、バチ型の橋なども簡単に解析するために、1本の梁と考えて設計している。この場合、どうしても横方向の解析が粗くなってしまふという例もあります。そういうことで、プレストレス量が不足している部分が出てくるのが多いわけです。この場合、計算をやり直してプレストレスを追加してやるわけですが、その追加の仕方が非常に難しく、PC桁のウェブなり横桁なりにアウトケーブル

のアンカーを取らなきゃならない。そのアンカーのために何かを取り付けると、その付加分のモーメントがまた増えるというイタチごっこみたいな状態になるんですけども軽くするために鋼構造のアンカーを使いまして、PC 鋼材を定着しましてアウトケーブルを設置したというような例は、二つ三つございます。

それから、下の街路の関係で、橋脚も部材断面にかなり制限を受けていて PC 構造の場合が多くあります。それもやはり断面計算の点数が少なかったということになるのでしょうか。そういうことでプレストレスの不足しているようなところがあります。それもやはり橋脚の外側ですね、脚の横梁の外側面にケーブルを張りまして、プレストレスを追加している例が二、三あります。

司会 当時施工した杭基礎の工法は今のよう技術が進んでいなかったから不等沈下を起こして上部構造に負担を掛けたりしていると思うんですけども、実際に施工をされている側から言って、どんなことが実際に起こっていてどんなふうに苦勞をされたかというふうなことを太田さん、ちょっとお話いただけますか。

太田 PC 桁の補修、補強は、過去 10 年ぐらい行われてきております。阿保さんのお話のような構造的原因によるものは、比較的に対応しやすいと思いますし、的確な処理がなされていると思いますが、塩害やアルカリ骨材反応に起因する劣化については、最近 2～3 年は、それぞれの確な対応が行われるようになりましたが、それ以前においては手さぐりの補修が多く行われていたように思います。海洋構造物の補修に鉄板をまきつけ、中に樹脂を注入する工法などが、その例です。

コンクリートの補修に安易に有機材料が使われ過ぎているようですが、セメント系材料をもっと研究する必要があると思います。今度、建設省の総プロでも無機系材料も取りあげていただきました。

小林(建設省) 今実際の現場でのお話が出ましたが、我が方ではいろいろな試験工事をするをお願いしていることもありますので、その考え方を話しさせて頂きます。

塩害を受けた構造物を補修するのはよくみると、非常に難しいことなのです。塩害はコンクリート構造物に塩が入って鉄筋、あるいは鋼線が腐触したものですから、原因となる塩を除かないと腐触が進行するんじゃないかという考え方が常にあるわけです。しかし、一たん入った塩はもう抜くわけにいきませんので、これを何とかして塩を抜かないでカバーすることを考えないといけません。鋼材はコンクリートのアルカリの中では不動態被膜が生じてさびない状態になっていますが、塩が入るとその不動態被膜が破られて酸素があれば錆びる状態になり

ます。したがって、塩が入ってしまっても酸素を止めれば腐触は進行しなくなるという考えに立ちまして、劣化した構造物をそれ以上劣化を進ませないためには、コンクリートの表面を水も空気も通さないような保護層で塗ってしまえばよいという考え方で、今は樹脂塗料で塗り固めるということをしております。

それから、補修をする前にも鉄筋が錆びて断面積が減少しているということは当然あるわけですが、そういうのに対しては補強をしなくてもいいのかという意見も当然出てくるわけです。当初は試験的にアウトケーブルを張って補強したというふうな事例もありますが、設計時における活荷重のとり方、横桁による荷重分配、安全率および載荷実験の結果等を総合してみますと、また耐力に余裕がありますので、補強をして重さを増したりするよりは、むしろ現在よりも進行速度をできるだけ遅くするというで食い止めようという考えが今は主流です。ただ、一時的に進行を食い止めておいてもいずれはまたゆっくり進行するかもしれないので、将来のことも考えて、補強をする場合にはどのような工法が合理的かということも研究はしております。

例えば、コンクリートをはつって樹脂で固めてその上を塗装するんですけども、樹脂で固めるときに錆びた鉄筋にもう一つ添え筋をしまして、補強材の面積が増えたことにならないのかどうかとか、あるいはアウトケーブルもアンカーの取り方が非常に困難なのですが、もう一度見直して、どこをどういうふうに改善すればそれなりの効果が期待できるのかというふうな検討も始めているところで、新しく造る構造物につきましては、かぶりを厚くする以外に塗装で防食をするということもありますが、その塗装材料の調査で新しい材料の耐久性も検討しています。方法は、駿河湾上に大きな暴露ステーションを造りまして、PC 建協等の民間の団体と共同研究方式をとって新しい防食材料の耐久性を調査しています。その中に、含浸剤をコンクリートの中に染み込ませて被膜を作って、入ってくる塩分を止めようとする試みも行っております。

小林(国鉄) 先ほどちょっと塩害の話が出ましたけれども、例えば PC 桁の下縁のように自由面が多いといいですか、桁の下縁にひび割れが入るといった独特の損傷を受けている桁はそんなに多くないんです。先ほど 2% といいましたのは、ごく普通の表面にかぶり不足のためにスターラップが出ていたとか、ひび割れが入ったとか、支承が若干破損しているとか鉄のスペーサーのあとが錆びている、そのたぐいのものが非常に多くて、いわゆる浸透してくる塩分による損傷というのは今のところ国鉄ではほんのわずかしかなかったりありません。

それからひび割れの原因と関係付けられるかどうか分かりませんが、グラウトがかなり不良なんです。主として施工的な問題じゃないかと思うんですが、グラウトについては土木学会の PC の示方書に基づいて行われるはずですが、実際にそれを施工する段階でそういうものを満足しない要因がいつの間にか入っているというふうなことが一つはあると思うんです。それからもう一つは、グラウトが全く入っていないものもありますし、それから入っていても両サイドの定着付近にはないというのが見つかっています。例えば、注入をして入口と出口を閉じるわけです。入口から入って出口に出て、同じような濃度のものであればいいだろうという判断で閉じるわけです。ところが、閉じてしまうとブリージング水その他が出るところがなくなってしまふわけです。ひび割れなどを検査しまして、ついでに見つかりまして、今その補修を進めているところなんです。PC につきましてはそういう問題が比較的現在多いですね。

司会 その場合の補修方法というのは。

小林(国鉄) まず検査は、ああいう非常にスレンダーなものですからむやみやたらにはつって穴を開けてみるわけにいきませんので、ファイバースコープを使いまして、設計図を見てケーブルが当たると思われるところに小さな穴を開けて、そこから6m ぐらいの先端にランプのついたファイバーの頭を入れまして、かなり奥まで入るとことはかなり空隙があるということなんですけれども、それを使いまして目視できますし写真も撮れます。そういうもので確認をしまして、それから補修はやはり今の開けた穴からグラウトを入れるわけですね。それで上の方に空気抜き穴を作っておくわけです。それは、より線のようにシースの径に対して実際の径がかなり余裕のあるものはよろしいんですけれども、鋼棒のようなもの場合はそれができないんです。ですから、それはちょっと今のところ研究課題です。ただ、ときたま鋼棒が切れまして桁の外へ飛び出すということも一時はありました。そういうところでは、ところどころはつりまして、チェックしていますが、たまたま国鉄の場合は橋側歩道というのがありまして列車の通らない部分がありますからそこでチェックはできるんです。

太田 御指摘のグラウトの問題は、我々業界も深刻にうけとめております。グラウトの標準施工の末端までの徹底をはかっていく必要があります。

また、最近、混和剤も新しく開発されて来ていますし材料や施工機械の改良を進めていく必要があると思います。

小林(建設省) PC のシースの問題は、昔は寒いところで中に入っている水が凍って凍結で膨張して割れると

いう話をよく聞きましたけれども、PC グラウトに欠陥があって PC 鋼線が錆びるということがあった場合に、今おっしゃっていたような欠陥は外見的にも異常が出てまいりますか。

小林(国鉄) それはよくわからないんですが、たまたまひび割れがありまして、グラウトの関連を調べてみたわけですね。それから疑いを持ち始めて、大分そのチェックはやっておるんですが、かなりの連数があるんですね。

ただ、実験してみましても軸力を加えてシースの中の水圧を上げててもなかなかひび割れは入らないんです。ところが、実際はわりかし入るんです。それがどうもよくわからないんです。

§ 4. 補強の考え方

太田 アウトケーブルによる補強は、首都公団において積極的に取り入れておられますが、まだ一般的には施工されていません。コンクリートの補強がまだ可能な段階においては、早めにケーブル補強を行い、耐力アップを行ってはどうかと思えます。その標準的な工法については我々も勉強して行きたいと思えます。

小林(建設省) PC 構造物をアウトケーブルでみんな造ったらどうかなどという考え方をおっしゃる方もあります。アウトケーブルだったら取り替えられるというんです。我々は海洋環境の厳しいところでアウトケーブルなんてとんでもないと思ったんですけれども、今考えてみますと完全に防食をしたアウトケーブルを使って、だめになったらまた取り替えるということも一考の余地はありますね。例えば、RC のまきたてにするにしても何にしても、補強しますと重さが非常に増すんですね。重さを増しているんだか補強したんだかわからなくなってしまう。そういう点で、アウトケーブルだけで補強できれば非常に有利になってきます。しかし、既設の桁にアウトケーブルを取り付ける場合、アンカーを桁端にとれないので、ウェブに取り付けることになる。このへんに設計、施工の両面から解明すべき問題が残っていると考えています。

阿保 採用する側にしましても、最後の手段だという気持ちはあるんですね。ですから、樹脂注入ですむうちはそれですませておいて、最終的にアウトケーブルによるプレストレスの追加の補強法を行っていつているんですけれども。

司会 最近、外国ではアウトサイドケーブルの橋というのが大分増えてきましたね。構造物の終局耐力を考えて、それに対して韌性を増すという意味からだとアウト

サイドケーブルというのは不利になりませんか。

それから、やむなく補強するためアウトサイドケーブルを考えるのか、耐久性を構造物の寿命に照らして補強を考えるのかというところに分かれ目があるような気がします。

太田 韌性を必要とするほどの荷重をかけるかどうかの問題ですけれども、そこまでの限界の使用はあまりされていないわけですから、そうなればアウトケーブルというのも有利さが出てくるでしょう。

司会 国鉄の場合ですと、昔の設計荷重よりも今の方がむしろ軽くなっているわけですね。

小林(国鉄) そうです。

司会 ところが、道路の場合はだんだん重くなっている。フランスなんかの場合ですと、今 NATO の戦車の 120 トン戦車荷重をチェックロードにして使っているんです。それが、日本では特定路線で 43 トンの荷重が使われているんです。ですから、床組なんかヨーロッパに比べると日本の場合はきゃしゃにできている傾向にあります。ですから、これから我々が補強をしていくとしたらどこをねらっていくのか。その本体の構造物が 50 年もてばいいから、それに対して見合った補強をするのか。それとも、もっと耐荷力をアップしていく方向で考えるのか、行政的な考え方が必要じゃないかという気がします。それが、今の鋼版補強とか樹脂だとかアウトサイドケーブルだとかいうのに結び付いてくるのじゃないかと思いますが。

小林(建設省) 新設の橋が、せいぜい TT-43 であるのに、補修橋をそれよりも大きな耐力を目ざすというのは、行政的には理解されにくいでしょう。しかし、同じ 50 年の寿命を持たせるにしても、今の耐力を低下させないようにして持たせるか、補強することにより多少の劣化は続いても寿命を全うするようにするかは、技術的可能性と経済性を考えて、技術サイドで決めなければならないと思います。今は容易に補強できるという話がないため補修重点になっているのが現状です。

§ 5. これから考えねばならぬこと

司会 今後の話題といたしますか、むしろ現在設計している人たちにどんなことを考えてほしいのか、それから施工をしている方々に、だいたい施工には先ほど手厳しい話も出ていましたけれども、施工者にはどういうことを望むか、各企業体でお気づきになっていることがありましたらお話しいただきたいと思います。

小林(建設省) 従来 PC 橋の場合、今から 20 年ぐらい前は新しい技術として最先端の技術を活用して鋼構造物

に負けないように造ろうということで、むしろ強度的なもの、耐力的なものに重点を置いていたと思います。しかし、今こうして被害が出てきたりしますと、これから造る構造物というのは、やはり耐久性に視点を置いて造っていただきたいと思います。道路協会の道路橋塩害対策指針は非常にいい指針ですが、この指針をきちっと守るよう、設計・施工をお願いしたいと思います。我々の方としても今一番考えているのは、品質管理、チェックシステムをこれからどうしようかということです。

小林(国鉄) 国鉄の場合、経済設計を主眼に耐久性を考えた設計手法が採用されてきています。かぶりの問題とか、 m^3 当り鉄筋が何キロぐらい入っているんだろうかといった大まかな目安というところからも判断がある程度できますが、非常に鉄筋量が多くなるということは施工不良を誘発しかねない問題がありますし、施工のことをよく考えた設計が必要じゃないか。

私は、つい最近昔の構造物を見るチャンスがありまして、これは昭和 6 年ぐらいの高架橋で、もう五十数年たっていますけれども非常にいいんですね。はつってみましてもかぶりは 5 cm きちっと取れていますし、それから中性化はフェノールでやってみたんですけども 1~2 mm 程度ですね。それから、シュミットで表面コンクリートを測ってみても 400 kg/cm^2 から 500 kg/cm^2 ぐらい。昔のは容積配合ですが、コンクリートを練るときには非常に神経を使っていたわけですね。もちろん今のようにバイブレーターだとかポンプなどありませんので手押し車でやって、当時の設計心得に、設計の条件から施工の方法までみんな詳しく書いてあるんです。多分、それを厳密に守ったんでしょうね。最近のものは、ポンプを使うせいかモルタルが多いですね。そういうことで、最近のコンクリートと五十数年前のコンクリートを比較しまして、いろいろ考えるところがかかりましたね。

昔の構造物というのは、やはり施工の不備をほかのもので補っていた。例えば、スラブでしたら棒づきですと十分に締め固められないから必ず防水工をやる。その防水膜をはがしますと、やはり雨が漏るんですね。それがあるから、やはり高架下も使うため、未熟さをほかのもので補ってやはり耐久性を考える施工をしていたんだろうと思うんです。最近のものは技術はものすごく進歩しているんですけども、その辺のフィードバックがあまりないというのをつくづく感じます。

河村 補修関係を担当している立場から、いろいろな補強、補修などの対策をやっておるわけですけれども、それぞれ現場で行われている補修工法が適切であったかどうかという点についての追求なり成果の集積が十分に

なされていないくて、結果的にそれぞれの補修技術を確立するには至っていないことが多いように思います。先ほど総プロの話が出ましたが、構造物の安全をはかり、また、寿命を延ばすという観点から一連の調査、あるいは健全度の判定を通して補修対策に至る指針的なものを集大成してほしいと望んでおります。

各機関でいろいろな研究がなされておりますが、これらの成果を現場が情報として入手できればずいぶん助かるはずで。例えば、私どもの北陸道ですけれども、沿岸部の PC 橋 8 橋が塩害による損傷がありまして、対策工法が問題になりましたが、技術的判断要素に乏しく、各メーカーの推奨品をいろいろ試行的に採用しているのが実状です。これらの対策についての基礎研究や実績から経済性や施工性、その効果についての情報交換なり、技術の確立なりに向かっていただきたいと思います。

司会 設計をやっている段階ではこういうことを考えてほしい、施工者にはこういうことを考えてほしいというようなポイントはありますか。

阿保 かぶりを確保するというのがまず大事ではないか。プレストレスが不足してひび割れが入っているという話はまた別なテーブルなんですね。私たちが今苦勞していますのは、かぶり不足による鉄筋の腐食膨張でコンクリートが下に向け落ちることです。高欄とか本体でもあるんですけれども、かぶりを設計図どおり確保することがなかなか守られないんじゃないか。施工的な誤差も考慮してかぶり量を決める必要がありますね。

それから、最近構造物の景観設計が話題になりますが、本体だけの景観を追及して、あとから付ける付属物をおろそかにしてしまうのがある。せつかく本体はいいのに、付属物の取付け方法を検討する時間も構造的な余裕もない。そうすると、本体で考えたことが何もなくなってしまいます。それと、情報量が多くなってあとから通信幹線用のケーブルなどを追加する場合、PC 構造物が一番困るわけです。最近ではインサートみたいなものを新設段階から埋め込んで付けられるように配慮しているようなんですけれども、電気、通信関係のものをどこに収めるかということも設計段階から土木屋と電気関係の人間が一緒になってやらないとだめですね。土木は土木で断面を決めて、勝手にどこかに入れなさいというんですと彼らも困る。PC 構造物の場合は特に配慮していくべきじゃないかと思っています。

吉川 私は、コンクリートはそんなに弱いものではないだろうと思うんです。ただ、材料、それから設計、施工に弱点があれば、その程度に応じた損傷が正直に発現することを、管理をやっておりまして痛切に感じさせら

れます。一般に損傷要因は、施工 5 割、構造細目的な問題が 2～3 割といわれていますが、我々の実態からも同様ですね。

そういう点から維持管理を考慮したコンクリート構造物の計画、設計施工の在り方を今年度検討する予定にしています。また、PC 構造物の標準設計改正にあたり、昨年度 PC 業界の方々と一緒に、損傷実態を踏まえ検討を行ったりしています。

計画面では維持管理空間が必要であり、排水施設、点検設備等、付属構造物は管理する立場では大事な要素で、これにより構造形式の選定にも関係してきます。特に最近は景観問題がクローズアップされてきて、この両立のための配慮からも必要ですね。

次に設計上の配慮としては、今までの損傷実態から、①桁端部、定着部、跡埋剝離防止の補強、②支承、ジョイント、排水施設は取替えが必要で、これが可能な構造上の配慮。支承には桁ジャッキアップ空間の確保、③コンクリート打設時の充填性を考えた配筋設計、④端横桁と梁との間は、発泡ウレタン等の埋殺し型枠方式でなく、ジョイント補修工事のはつり残材撤去また、梁防水工事ができる維持管理空間の確保、⑤ケーブル桁上縁定着はできるだけ避け、定着する場合は舟座の形状化、⑥金属支承の腐食対策、⑦橋面、箱桁、中空スラブの水抜き処理などがあります。

次に施工の問題ですが、なぜいいコンクリートが打てないのかということに話が尽きるのではないかと思います。最近、品質管理が強度だけで管理されている面があり、セメント量が非常に多いということから果たして現在の 28 日強度でいいのかという問題があります。ちょっと試験的ですが 91 日を管理強度としてできるだけセメント量を少なくするようなことも行っていますが、もっと多面的に検討する必要があると思います。

かぶりでは、やはり何らかの検査手法的なものを取り入れる必要があると思います。例えば、建築では最近トータル QC でこのチェックを始めていますが、今までは配筋が、実際図面どおり施工されたかどうかわかりませんし、データ蓄積を含めまして、確認していく必要があると思います。あとは、現在の生コン、ポンプ打設、締固めの施工ですが、それぞれ分業化しておりますので、どこで調整すべきかなかなか難しいようです。省力化ということで、技術者がコンクリートに対する経験を持つことも非常に少なくなっており、その辺をどうするかというのも大きな課題かと思っています。

太田 維持管理の問題として指摘されたことは、新設橋梁の設計、施工全般の問題としてフィードバックされると思います。

かぶりを大きく取ることだけに目が行きすぎますと、鉄筋、PC 鋼線を断面の中の方へ追い込んでしまいコンクリートの締固めなど施工面に問題が出てきます。例えば、PC 単純桁として一般的なウェブを極端にうすくするような経済断面優先の考え方を変える必要があるのではないかと思います。

施工にあたって、教育も大きな要素であると思えます。最近施工しております例ですが、塩害対策Ⅰの地域の工事におきまして、施工技術の改良はもとより、現場職員から末端の作業員まで、塩害の原因や現状についての教育を行うことにより、相当の成果をあげています。

それと、最近では、省力化のためのアクセサリー、例えばインサート、フォームタイ、スパーサー等が、基本的検討がなされないまま使われていることも問題だと思います。

コンクリート中への埋込み金具の規制も必要ではないでしょうか。

司会 今日、維持・管理から御苦労なさっている方に御出席いただきましてコンクリート構造物を補修・管理の面からどう考えるか、それからそれをどう設計者の方にフィードバックさせていくかというようなことについていろいろお話しをいただいたわけですが、要は設計者、施工者、それから維持・管理を担当している方々、この三者が同じ場で議論する必要がありそうですね。

これからは、設計手法も限界状態設計法に切り替わろうとしております。いわゆる断面耐力と断面力のバランスというものも考え直さなきゃならない時期に来ております。

このためにも、今後とも維持・管理の面から大いに声を大にして、いろいろ御意見を出して頂きたいと存じます。

長時間御討議いただきまして、ありがとうございました。

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート技術の現況

本書は全国七都市で行った第 10 回 PC 技術講習会のテキストとして編纂したもので、PC 技術の現況と題し、下記に示すとおり内容も豊富なものとなりました。地区によってはテキストの不足を生じた会場もあり、大変な盛況でした。その内容は大きく 4 項目からなっており、すなわち PC の設計に関する各国の規定、PC 鋼材について、建築に関する PC 部材の接合法、さらに今度の編纂に最も力点を置いた PC 橋の架設工法総覧であります。

特に最後の項は、PC 橋梁関係者にとっては、最近の新しい工法も採りいれられていることにもより、大変よくまとまった格好の資料になることと思えます。掲載資料を欲ばり、頁数が多くなり過ぎた嫌いがありましたが、ご自身の勉強のためもさることながら社員教育用にも最適かと存じます。ご希望の方は代金を添えて（社）プレストレストコンクリート技術協会（電 03-261-9151）宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 216 頁

定 価：5,000 円 送 料：800 円

内 容：(A) プレストレストコンクリートの設計に関する各国の規定（主としてひびわれ発生許容プレストレストコンクリートについて）。(B) PC 鋼材について。(C) PC 部材の接合法（その力学的基本特性）。(D) プレストレストコンクリート橋の架設工法総覧、1) 概説、2) PC 桁の移動架設工法、3) 場所打ち工法（支保工）、4) プレキャストブロック工法、5) カンチレバー工法、6) 移動支保工、7) 押出し工法、8) PC 鉄道橋の架設。