

“PC 技術の近況と将来” について

本座談会は昭和 52 年 10 月 28 日 (16:00~18:00) 主婦会館
(四谷駅前) において行った際の採録によるものである。

出 席 者

- 座長 本岡順二郎氏 日本大学理工学部建築工学科教授
渡辺 明氏 九州工業大学工学部開発土木課教授
橋田 敏之氏 国鉄構造物設計事務所
宮本 潔氏 日本道路公団技術部構造技術課長
西山 啓伸氏 首都高速道路公団湾岸線建設局次長
松村 泰年氏 極東鋼弦コンクリート振興(株)技術本部長
山家 馨氏 ピー・エス・コンクリート(株)本社土木部長
佐藤 浩一氏 住友建設(株)土木部橋梁設計課長
(以上 8 名)

本岡 最近のプレストレスト コンクリートは、非常に広範囲というか、内容的にはいろんな構造手法が使われてまいりましたし、設計の面でも施工の面でも大へん変わってきております。外的には不景気、省資源という感じもありますし、曲がり角といいますか、過渡的な状態にあると思いますが、そういう問題も含めてお話を伺いたいわけです。

私ども、大体昭和 30 年前後に大学を卒業した年代でございまして、プレストレスト コンクリートの創生期、昭和 27~28 年ごろは大学の学生だったわけです。それからずいぶん時間がたち、いまや第一線にいるわけでございます。創生期のころの話は、技術協会誌の「プレストレスト コンクリートの歴史」で、いろんな話が出てまいりますので、古い話はおいて、まず現状、これからどうなるかという将来にわたる問題についてお話を伺いたいという趣旨でございます。

各方面の方がおいでですから、最初は御自分の職場あるいは御専門の範囲で、現状を簡単に話していただきまして、それから話を進めていくということにしたいと思います。

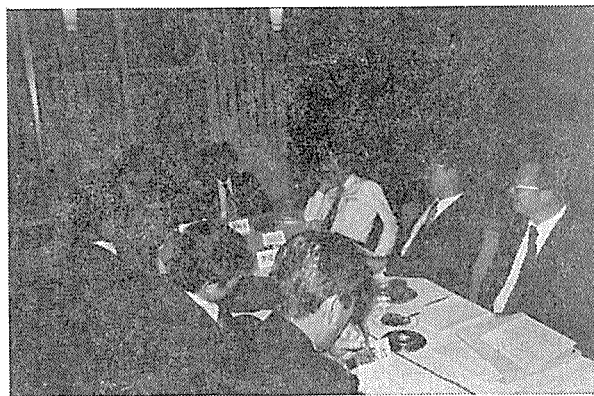
西山 私のところでは、実は最近 PC 構造物が少ないということで、業界の皆様がときどき私のところへもお

いでになって、PC 技術をもっと発展させろというような話を伺います。そのときいつも言っておるんですけども、要するにもう少し PC 技術の方も勉強していただきたい。特にわれわれ管理者のサイドで言いますと、PC 技術に対する恐怖心というものが一般的にある。それからメタルの構造物と比較して監督がめんどくさいということが 1 つあるんじゃないかと思うんです。したがって、もう少し幅広い PC 技術の教育宣伝活動をしていただいた方がいいんじゃないか、と私は思っております。

それと、最近の構造物というと、公団ではゲルストワーゲンを用いました、また現在は私どもではホロースラブ構造による連続ラーメン橋とか多径間連続桁などの設計をしております。特にホロースラブ構造による連続ラーメン橋の設計は非常にめんどくさいというのが実情でございます。

それともう一つは、PC ウェルという PC を使ったプレキャストのウェルを採用しています。

話が前後しますが、私ども湾岸線というのは埋め立て地盤上でございまして、いわゆる耐震設計上から非常に不利な地点であるわけです。したがって、一般には、なかなか PC 構造は採用できない実情ではあるんですが、その中で一部の人が勉強してそういう構造物をつ



座談会の模様

左側より 渡辺氏、松村氏、佐藤氏、本岡氏、山家氏、西山氏、宮本氏、橋田氏

くっていいこうということで、個人的な努力によってPC構造が採用されるケースが非常に多いのです。それも特殊な構造物で、長い将来にわたってはPC技術の発展になるのではないかと思います。私はむしろプレテンあるいはポステン単純な形式の橋梁がもっとふえることが必要なんではないかと、いつも思っておりまして、業者の方々にそちらの方をむしろ宣伝した方がよいと言っているのが実情でございます。そういうことによって、PC技術のすそ野が広がってくれば、拒否反応はなくなるしPC構造がもっと採用されるのではないかと、あるいは発注者側にも施工技術に対する信頼感を相当多く持たれるんじゃないかと、常々思っております。

宮本 私ども日本道路公団のPC技術の現況、という形になるかどうかわかりませんが、お話ししてみたいと思います。

いま首都公団の西山さんからPC技術に対する問題意識とか、PCの進歩が個人的努力にかかっているというようにお話がございましたが、私どものところもある意味では多少そういうところがあります。特に少ない人数で大きなプロジェクトをやっているという形になっておりますので、どうしても現場管理が大変だということに一つの問題点があると考えられます。たとえば、公団の職員4人ぐらいで5キロとか10キロとかを持っておりますと、最近の世の中の風潮である道路環境とかそういう問題にどうしても手がとられるうえ、周辺の住民の方とか、関係市町村とかのコミュニケーションの方が大事なような形になりまして、同じことならいわれる技術的な管理ができるだけ少ない方がいいという感覚が一つあると思うんです。

その一面、非常に鋼橋の管理に年々金がかかってくるという状態もございまして、できるだけ管理に手が要らないという意味の、ささやかな希望もあります。現在道路公団では管理する鋼橋が55万トンくらいありますので、そのペンキ塗りかえとかいう処理も大変だなという感覚は持っておるわけでございます。PCの現場管理システム化あるいはプレストレス導入後のチェックシステム、さらにはPC部材の鋼橋なみのプレキャスト化等が望まれるわけです。

毎年大体メタルが200億ちょっとくらい、PCが80億くらいというのが、現在私ども道路公団の橋梁の中のPCと鋼橋発注の金額ですけれども、これにもう一つRCホーラスラブがございまして、メタルとそのRCの間にはさまれているのがPCだという感じを持っております。平米当たりの単価が、RCがPCに比較して相対的に安いという場合が多くて、PCはRCとメタルの間にはさまれていると思っています。

道路公団の中で一つの特色となるのは、PC部門ではいわゆるオーバブリッジがほとんどPCで、部分的にはRCがございすけれども。オーバブリッジが出合丁場とか1橋の規模とかの点で土木業者、PC業者の方々の相方企業としての施工性にかなり問題があります。最近の傾向ではございますが、少しずつPCのオーバブリッジのプレキャスト化をやっている状態でございます。道路公団の標準設計等も7種類一応でき上がったという形で、オーバブリッジの数、立地条件もございすけれども、プレキャスト化を少しずつ図っていききたいという考えを持っております。

具体的プレキャスト化にあたりまして、現地でのプレキャスト部材のヤードシステムも経験があるわけですが、非常にやりにくいところもありますので現地で一つの工場をつくるというシステムはあまりやりたくない、PC工場でのプレキャスト部材製作を主眼に置きたい、と考えております。

また、いわゆる長大橋での分野ではいわゆる現場打ちのカンチレバー工法をできるだけ採用していきたいと考えております。道路公団でも本年度供用しますスパン240mの浜名大橋のような長大橋とか、スパン230mの浦戸大橋があり、スパン面ではこれほどでなくとも橋長の長い橋梁をプレストレストコンクリートの箱桁橋にてつくっていく計画を持っております。PC箱桁が景観的にも優れた構造物を形成するでしょうし、施工的にもわりと容易に可能ないわゆる現場打ちカンチレバー工法が主体になるだろうと考えております。

あと中小橋では、私どものPC桁はスパン34~35メートル以下がほとんどでございすけれども、これも床版の仕上げとか、架設上重量を軽減する意味で、合成桁が比較的多くなっております。高速道路の関係上、エクステンション・ジョイントをできるだけ少なくしたいということもございすので、単純桁の続く構造は原則として使いたくないということで、連続桁が多いわけですが、連続合成桁の中でもスパンの小さいもの、いわゆる2点支承のPCの連結桁が、27~28メートルくらいまではかなり施工実績がふえてきたというところでございます。

他の目新しい工法としまして、長大高架橋に先ほど西山さんがおっしゃいましたようなゲルストワーゲン、ストラバークのような架設機械は、ここにピーエスさんと住友さんがおいでなんですけれども、金沢でかなり盛大に使っておりまして、いろんな架設機械のオンパレードという形になっておりますので、その面のお話もあとで施工業者の方からあらうかと思いますが、そういう架設機械による長大なPC高架橋もぼつぼつ出始めている傾

座 談 会

向があります。

その他押し出し工法も、少しずつ道路公団でも実績を積みみたいと考えて2～3橋現在設計中のものがある、というような現状でございます。

橋田 私は国鉄と日本鉄道建設公団をひっくるめて、PC発展の過程もあわせて現況をお話しさせていただきたいと思います。

まず、PCによる鉄道橋梁が本格的に採用されましたのは昭和29年でございますが、皆様御存じのことと思いますが、信楽線の大戸川橋梁でございます。スパンが30メートルで桁高とスパン比が20だったと思いましたが、かなり飛び抜けておりまして、その後しばらく実施が少なかったんでございますが1957年になりまして、晴海橋梁で21メートル300の3径間連続の桁が2本、これは東京都の専用線でございますが採用されて、このときはノースランプのコンクリートを打ったわけでございます。

まあ、この辺からそろそろ本格的といいますか、現在から比べますとほんとに出だしてございますけれども、実用の第1歩が始まったわけでございますが、大阪環状線の高架化工事というのが昭和33年にございまして、これは90連ばかり16メートルから23メートルの桁が使われております。

それから6年ばかりたちまして、昭和39年開業いたしました東海道新幹線におきましては、延長にして10キロでございますが、複線の桁で401連ばかりかかったという実績がございます。このときは金属の橋梁とPC桁と比較しまして、まだ現在のような振動・騒音問題がはっきりわからない時代でございましたので、どちらかといいますと鉄桁が優勢でございました。当時は最大スパンが36メートル程度のI型桁でございます。平均スパン24メートル、まあ中小PC桁という感じでございますね。

それから次第に新幹線の計画が出てくるわけですが、新幹線の計画のたびに段階的に技術的な面、規模の面で発達してまいりました。山陽新幹線の新大阪一岡山間では、平均スパンが30メートルぐらいで、標準化された長いスパンが45メートルでございます。全橋梁金属とコンクリートでございますが、56%はPC桁になってまいりました。それから45年2月着工になりました岡山一博多間は全橋梁中67%で、延長17キロが15メートルから50メートルまでの間の桁でやられております。山陽新幹線におきましては、中小のI型桁のほかに、かなりの場所打ちカンチレバーによるPC連続桁、それからブロックカンチレバーによるPC桁が1連かけられて

おります。

それから現在の東北新幹線時代に入るわけですが、技術的にながめてみますと、前期東北新幹線時代といいますか、これは実はI桁と場所打ちの箱桁、従来からの場所打ちカンチレバー工法ですから、従来の延長のようなものが施工面、計画面であったわけでございます。その中には105メートル、5径間鉄道橋では現在でも最長スパンに属しているものはございます。

後期になりますか中期になりますか、大宮以南につきまして構造形態がまだはっきりしていないということがございまして、聞くところによりますと、それほど大きな桁はできないということで見ますと、後期になるんじゃないかと思いますが、特色といたしまして、移動支保工がかなり限定された地域でございますが、たとえば遊水地の中を3,300メートルばかり渡りました第1北上橋梁というのがございますし、それから盛岡近辺、岩手県下の都市部で現在移動支保工で計画され施工しているのはございます。都市部の移動支保工による桁は28メートルから35メートルがPCの範囲に属しておりまして、これが全部で3キロばかりございます。実はこのほかに、直接PCではないわけですが、移動支保工によりましてPC桁を5キロばかりことしの2月に発注して、現在施工中ということでございます。

それからまた特徴的に新しく出てまいりましたのが押し出し工法でございますが、猿ヶ石川橋梁というのが花巻市の地内にございまして、径間30メートルで試験的にやりまして、その実績をベースにして東北新幹線全体にわたりかなり計画されるようになってきております。その概要は、国鉄におきまして10数連の計画がございまして、鉄道建設公団におきましても10橋を多少超える程度ございまして、まだ新しい計画が2～3出るようでございます。

そういうことで、最近の計画の状況を見ますと、機械化施工を重点に置きまして、大工区を設定して一挙に処理するという計画がとられるようになってきたと言って間違いではないと思います。

あと特殊なものとしたしまして、現在鉄道建設公団でやっておりますものに小本川PC斜張橋がございまして、これは国鉄でももちろん最初のものでございます。そのほか、すでに竣工しておるもので岩鼻PCトラス、安家川のPCトラスがございまして。

それから試験的にやりましたものに、小さなスパン24メートルくらいのもので久慈線に太田名部架道橋があります。あと榎木沢橋梁が計画されておりまして、これは36メートル2径間連続トラスでございます。そのほかごく実験的にやられたもので、久慈線にオートクレーブ

を使ったIセクションの桁の架設も行われております。

そういうようなことで、いろいろ工法のところみもございませうけれども、大量に本格的にやろうということになっておりますものは、移動支保工と押出し工法、この辺にしぼれるのではないかと思います。このほか経済的な設計ということで、国鉄で盛んに使っておりますラーメン構造がございませうが、ラーメン構造の間を結ぶものとしてIセクションの桁は今後も続くのではないかと思います。それから、やはり場所打ちカンチレバーは今後も盛んに計画されることが考えられます。

本岡 あとは施工の会社のお三方いらっしゃるわけですが、特別な点があればそれぞれお話しただくとして、共通の問題があればとりまとめて代表でお話しただけだと思います。

山家 只今、首都高速、道路公団、国鉄さんのお立場から、いろいろPCの発展のプロセスや現在お考えになっておられることを伺いたしましたが、私ども施工業者として、施主側の皆さんのご意向に充分沿わない面があるかも知れませんが、今日まで、いろいろな周囲の難しい状況の中で、PCの採用に踏みきっていただき、かなりの水準のPC構造物が目の目を見たことにつきまして、この席をお借りしてお礼申し上げる次第でございませう。

いままでのお話の橋梁の分野では、われわれ施工業者も技術的な面でも向上すべく努力し、その成果も上っていると思っているのですが、先ほど来お話がありました中で、施工の管理の面でもまだまだ恐怖心といいますか、あるいは面倒くさい面が多々あるとお伺いしましたが、私どもはそのような面をなくすべく力を注がなければならぬと痛感します。

また一方、高度成長時代から急激に低成長時代に入りまして、工事の量が少なくなってきたということで、われわれはやはり企業でございませうので、その辺がまた一つ心配の種でもございませうが、その中でいろいろな工法、移動式の支保工であるとか、押出し式であるとか、あるいは斜張橋であるとか、積極的に施主さんが取り組んでいただくということで、われわれ喜んでいられるわけですが、一方プレキャスト化という問題が大分叫ばれているわりには、まだ全般的に使われていないんじゃないかという気がいたします。これはまず第1番目にコストの問題が皆さん大きな問題でしょうけれども、われわれ業界としましては、全国的にそういうプレキャストをつくる工場がございませうが、ある地方、たとえば大きなプロジェクトの東北新幹線があるような地方では、比較的量が多くございませうが、そうでない地方に関しましては、橋桁を中心としたプレキャストは比較的少ないとい

うのが現状でございませう。プレキャストはいろいろの意味でのメリットがあると思います。この機会にプレキャストの橋桁の方もどんどん企画していただけるよう、お願いしたいと思う次第でございませう。

佐藤 いま山家さんからお話ございましたけれども、それを補足する意味で申し上げます。

まず橋梁関係でございませうが、橋梁関係の中に一つはスパンの長大化に対する対応と、もう一つは省力化、急速施工という問題と、二つに分かれていると思います。

たとえばPC橋梁の長大化の面では、昭和33年に神奈川県の大井町橋に現場打ちカンチレバー工法を施工して以来、すでに20年近くなるわけですが、非常に施主の方々の御理解をいただきまして、急テンポに伸びてまいりました。先ほど宮本さんからもお話ありましたように、浜名大橋240メートル、桁橋としては世界最大のスパンが完成いたしました。

それから一方、桁橋とは別にアーチ橋、これはPC橋という意味ではちょっと違うかも知れませんが、PCを応用したという意味ではPCの部類に入るんじゃないかと思います。これは昭和49年に外津橋という我が国最大のコンクリートアーチ橋をつくり、それ以来アーチ橋をカンチレバーで架設しようという試みが各方面でなされております。一つは現在施工中の日本道路公団の帝釈橋、もう一つは日本鉄道建設公団の赤谷川橋梁でございませう。この3橋とも施工方法はそれぞれに異なりますが、それぞれ特異の形をとっているという意味では特筆すべきものじゃないかと思います。

それからPC斜張橋の分野でございませう。万博会場の中に、歩道橋でございませうがPC斜張橋を架設いたしました。大分年数がたつわけですが、先ほど橋田さんからお話ありました小本川橋梁が現在施工中で、日本道路公団においてもPC斜張橋の実現に鋭意努力中と聞いていますし、我々業者サイドでもそういう努力を続けております。

それから次に省力化、急速施工という意味では、首都高速道路公団の5号線において移動支保工が採用されて以来、道路公団では浜名高架や金沢高架において、国鉄では東北新幹線の第1北上川橋梁、その他で移動支保工が数多く採用されています。施工業者としては施工技術、施工管理体制とかを含めた研究を今後とも続けたいと考えています。

もう一つは押出し工法でございまして皆様からお話があったとおりです。われわれ業者として耳を傾けなければならないのは、やはり施主の御要望と社会の要請でございませう。社会の要請と申しますと、先ほど来話がありますように、一つは振動・騒音等公害に対する問題、そ

れから維持・補修の問題、すなわちメンテナンスの問題、それに省資源の問題でございます。そういう社会の要請に対して対応できる体制をつくりたい。それと同時に施工管理をいかに容易にしていくかという努力でございます。いろんな社会の要請だとか施主からの要望を満足していく形の中で、いかにPCを進めていくかという問題について力を入れていきたいと考えております。

松村 私ども、実際のところは施工してないんですが、きょうの趣旨の中に橋梁とか建築以外の応用分野も挙がっておりますので、その辺の近況を報告させていただきますと、まずPCバージに関しましては、国内でもいろいろ研究とか勉強が進んで、もう間もなく実現できる段階まで来てございます。外国ではもう実用化されまして、150メートルの40メートルというバージがプレストレストコンクリートでできまして、インドネシアの沖なんかには浮かんでございます。その後のフォローしている追跡データでも、非常に能率がよく異状がないんで、今後はどんどんふえていくんじゃないかなと思います。

それからPCCVに関しましては、原子力発電所がいままでは100万キロワット以下という単位で設けられておりまして、100万キロワット以下でございましたら、鉄でコンテインメントをつくって十分力学的に大丈夫だったわけです。それが100万キロワットを超しますと、鉄を溶接した後のテンパリングというのが必要になってまいりまして、それを避けようとしたら、鉄では非常に大きなものになっちゃう。鉄板を厚くしたら済むようなものでございますが、36ミリぐらいをこうした鉄の溶接をいたしましたら、ひずみの関係でどうしてもテンパーをしなきゃいけない。テンパーがむずかしいから、プレストレストコンクリートのPCCVをつくらうじゃないかということで、現在敦賀の第2号炉からPCを使ってつくることが決定してございます。どういう形でどうなるかわかりませんが、いま直径40メートルくらい、高さ60メートルくらいのPCCVをつくるということを前提にしまして、いろいろ研究を進めてございます。

それからLNGとかLPGの低温特性のタンクでございますけれども、これも鋼材の溶接部の脆性化の問題で、コンクリートは低温になりましたら非常に強度が出てまいりまして、将来のLNGとかLPGのタンクはプレストレストコンクリートが最適だということで、いろいろ低温特性の試験とかを進めてございます。日本にはまだございませんが、ヨーロッパではLNGのタンクはもうでき上がってございます。

それから、省力化で先ほどちょっとお話が出ていまし

たが、石油エネルギーが将来見通しが暗いという現状で考えますと、構造物をつくるときに最も熱エネルギーが少ない材料が将来一番得じやなかろうか。そういう意味から申し上げますと、鉄でつくるよりプレストレストコンクリートでやりますと、大体全熱エネルギー量でいたしますと、2分の1から4分の1くらいで構造物はできる。だから、将来はそういう意味から非常に有望じやなかろうか、というところが現状でございます。

本岡 渡辺先生に研究面で少し現状を話していただきたいと思いますが……。

渡辺 私、現場をよく知りませんし、研究面といっても目的がしぼれませんので、PCを勉強している一人として感じていることを申し上げたいと思います。

元来、コンクリートはコスト安、メンテナンスフリーの面で評価されてきたのは周知のとおりですが、特に最近では省資源の立場から見直されてきておりますし、さらに佐藤さん御指摘の騒音・振動特性、松村さん御指摘の超低温特性というような面でも高く評価されておりますだけに、自然の流れとしては、まさにPCの出番であると感じておるわけですが、例えばカナダで600メートルのPCタワーができたとか、アメリカでLPG用の世界最大のPC船が進水したとか、そしてフランスでスパン320メートルのPC斜張橋が施工中であるとか、世界各国で非常に嬉しいニュースが続いている中で、日本では、本四連絡橋というあれだけの大型プロジェクトが進行中というのに、メタル主導型が依然として続いているわけで、さびしい感じがいたします。

さて、その原因は何かということになりますが、実は私が1969～1970年にカリフォルニア大学にいました時分T.Y. Lin教授が「アメリカの場合、PCの普及率は西部が圧倒的に多くUSスチール社のある東部の方は非常に少ない。これはPolitical backing、すなわち政治的な力の差なんだが、日本の場合はもっときついんじゃないですか」と言われたことがありましたが、同教授が同大学をリタイアするに当たりPCIが出した特集号によりますと明らかに西高東低になっています。日本の場合、日本の骨組みを支えてきたという鉄鋼産業の誇りがありましょし、まして戦争を放棄した世界に燦たる鉄鋼本国なので、メタルがコンクリートの前に立ちはだかる傾向はより強いと思います。

つぎに内的要因として初期におけるPCの売り過ぎがたたったと私は思います。「PCはすばらしいものだ、だが非常に特殊なものだ、むずかしいものなのだ、われわれでなければとても扱えない代物なのだ」といった具合に、メーカー自身あまりにも高く売り過ぎてきたのではないのでしょうか。

先ほど西山さんは“PCに対する一般的恐怖心”という言葉で表現なさいましたが、やれ型枠検査だ、配筋検査だと検査の手間が多く、RC自身煙たがられているところへもってきて、さらに大変むずかしいものであるという売り方をされたものだからPCは一層敬遠される傾向を招いたのではないのでしょうか。もちろんそのためばかりではないでしょうが、とにかくここにおいで皆さんのようなPCのエキスパートが官庁やコンサルタントに少ないと思いますし、全体的にながめましてもPCのシンパがあまりにも少なすぎるように私は思います。

「PCというのはRCの延長にすぎず、力学的にはむしろ単純ですっきりした、やさしい学問なんだ」ということをもっとPRすべきではないかと考えます。

それからPCは非常に高くつくものだという誤解を持っておられる方も相当あるようですから、そういう誤解を解く努力も内部からもっとなされるべきではないでしょうか。

そういう意味で第Ⅲ種の登場というのは非常に好ましいことだと思います。

なお、過日土木学会の折の部門別研究討論会で、限界状態設計法への移行に対する意見を求められたのですが、私は「新設計法の登場というものがめんどくさい型枠検査や配筋検査の上にさらに拍車をかけることになっては困る。定性的にすっきりさせる点では新設計法への移行は好ましい方向だと思うけれど、やはり定量的なメリットも十分でる方向で進めてもらいたい」と述べておきました。

今後コンクリート技術者の質はどうなっていくのか、はっきりはわかりませんが少なくとも現場における技術レベルは高校を出た程度で十分こなせる程度のものであるべきで、是非そうすべきだと考えます。

PCは決してむずかしいものではなく、やさしいものであることを周知させ、さらにさらにやさしくしてPCをポピュラーにしていく不断の努力が必要だ と思います。

本岡 以上でお話が大体済んだんですが、建築の話が全く出ませんので、私、建築の代表としてお話しさせていただきます。51年度の受注実績を見ましても、全体1000億のうちの2%が建築という現状で、発言も2%程度にさせていただきますが(笑)、非常に古くからラーメンとか、いろいろな構造物に使われているんですけども、何か普及しない。先ほどお話がありましたけど、大変むずかしいんじゃないかという感じを最初に与えてしまったという点が、いまに至って影響していると思います。10月27日に建築学会、この技術協会の共催で、東京でようやく300人を集めてこれの構造設計の講習会

をやりました。非常に興味があるけれど実際自分でやると簡単にはとりつけない、というムードがございまして、これがなかなか建築に普及しない一番の原因だろうということで、私なんかは鉄筋コンクリートにプレストレストをちょっと与えると亀裂が減るという方向からプレストレスの方向へ進まなきゃいかぬのじゃないかと、ずっと前から考えているんですが、ともかく大変建築では使い方が少ないので残念でございます。

いまお聞きしたお話をキーワード的に言いますと、プレキャストの問題、長大橋、押出し工法、省力化に絡みますが機械化施工とか移動支保工とか、工法的には斜張橋の問題、あるいはPCトラス、オートクレーブの利用みたいな話が出ております。

これからフリートッキングでよろしいかと思いますが、そういう問題について御自由に発言いただいて、話を進めていきたいと思います。なるべく景気のいい話をお願いしたいんですが(笑)、道路橋、鉄道橋いろいろあると思いますが、大体橋梁が75%ぐらいで、この割合はずっと変わらないで来ていると思いますけれども…。

松村 一時ボーリング場の需要が多かった。これは建築のパーセンテージが大きくなったときがあって、7から8ぐらいまで行きましたね。

山家 ですが、うたかたの夢で消えてしまいました。

松村 建築の方はガタッと下火になった。

西山 あのときは、確定した技術というのは何かないんですか。

松村 技術もあるんでございますがね、どうも先生がいらっしゃるんであれですが(笑)、建築の場合ですと、不静定次数が高うございまして、構造計算はコンピューターで行っているようですが、構造計算するよりも早く皆さん絵の方を先行なさるわけです。絵をかきまして、鉄筋コンクリートとか鉄骨なんかでございましたら、あとで計算してもたなくなっちゃったらポンと鉄筋のダイヤとか板厚を一回り大きくすれば絵そのままです。それをプレストレストコンクリートにいたしますと、そうはいかないわけです。精算段階で持たないから7ミリを8ミリにしてやろうというくらいの器用なことが簡単にできるんですけれどもいいんですが、プレストレス力を変えると、プレストレスによる軸力のみならず、それに伴う弾塑性変形による二次応力のチェックまでやらなければならない。場合によっては定着具の配置の関係で断面を変えなければならない。そうすれば元から構造計算のやり直しになる。

一方、コンサルタント・フィーというのはでき上がった建物の何%という慣例があるんですね。だから、でき

るだけ煩わしいのは抜きにする。これがいまの日本で建築が伸びない一つの元凶じゃなかろうかと思うんですが、いかがなものでしょう。日本のようにPC建築のシェアがPC全体の2%とか1桁台なんというところはよそにはございませんよ。外国でも建築と土木の橋梁関係といいましたら、大体50%以上が橋梁以外ですよ。そういうような国ではどうなんですか渡辺先生、アメリカのは不静定次数が高い構造物をつくらないから、どんどんPCが使えるんですかね。

渡辺 確かに不静定次数の低いプレキャスト構造が多うございますね。日本においては当初PC建築の耐火性、耐震性を極度に疑問視した時代がありましたね。

松村 あれはポンポンと上にシンプルで乗っかっているんですね。日本のように地震を考えて構造物を設計しなきゃいけない、結合しなきゃいけないとかいっちゃったら、なかなか大変じゃないか。純技術的にどうこうするんでしたら、もう少し勉強していただいたらいいんですが、そうじゃなくて企業的になかなか受け入れられない要素というのがあるんじゃないかと思うんです。

本岡 それもあると思いますけれども、やはり設計事務所がプレストレストに対する理解がないということが先にあると思いますね。建築の場合でも、一時はやりましたボーリング場なんかの場合、明らかにプレストレストの方が安いということがありましたですね。安いということになると非常に普及しているわけです。自分のところで設計しないで、どこかへ出してもそれを使うということになる。ですから、明らかに安ければ使われるんですが、一般にボーリング場以外では安いというわけにいかないんで、そうするとめんどくささの方が先に出てくるということがあると思うんですね。

渡辺 テキサス大学のJ.E. Breen教授が、『もう不静定崇拜の時代じゃない。断面を節約するような時代じゃなくワーキングコストを下げる時代だ』と言って盛んにシンプルを勧めていましたね。そういう背景は考えられないですかね。

松村 あると思いますね。

山家 それともう一つは、建築構造物というのは、橋梁のように基準とか規格というものとは比較的少ない。ボーリング場のようなものと決まっていますね。そのつど設計しなきゃならないという煩わしさが一つあるんじゃないかということですね。それと、鉄骨がかなり安くなってきている。橋梁に使う鉄骨よりはものすごく安い。非常に軽いし、組み立てるのに便利だ、コストを計算してみたら安いということで、そっちへいってしまう。最近また見直さなきゃいかぬという議論があるやに見えていますけれども、その辺がかなり落ち込んできた原

因じゃないかなという気もするんです。

本岡 日本の場合ですと、プレキャストにすると大体高くなるんですね。1キログラムで計算すると、恐らく工場渡しで24~25円、それがRCの場所打ちですと10何円という値段でできるんですね。プレキャストにすることによってプラスがどれだけあってという計算をしても、なかなかプレキャストが現状では安くならない。特に先ほちょっとお話が出ましたけれども、基準化というのが建築の場合非常にむずかしゅうございまして、ボーリング場でも基準化が恐らくできなかったと思います。たとえば、最も基準化がしやすい学校でも、現在基準化されているのはほとんどございません。標準設計といいまして、同じ設計で同じ学校を建てるというのは、埼玉県あたりで始まった程度でございまして、それを見ると、設計事務所が一つ図面をかけばあとは設計料がいただけないみたいなことになりますんで、その辺にも問題があると思います。1校分を10倍の設計料でいただけるかという、そうはいかないということで……。

山家 個性がなくなるということもあるんでしょうけどね。

本岡 まあ、学校の場合個性がなくとも、現状やっているわけですね。

西山 関連して、道路橋の標準設計ってありますね、建設省に。あれは相当使われているんですか。

山家 一般的に建設省の仕事では標準設計というものを……

西山 相当使っているんですか。

山家 はい。

佐藤 各府県でも。

山家 そうですね。

西山 標準設計をどんどんお使いになっていくといいと思うんですけどね。私のところは申しわけないが使っておりませんけれども、そういうのがいかんのかもしれませんね(笑)。

佐藤 もう一つは、設計と施工というのが、わりと分離しているような感じがするんですね。たとえば、プレキャスト化することによって施工が非常に容易になるというメリットがあれば施工法から説得すべきだと思うのですが、それを設計からアプローチするからプレキャストのメリットがうすれてしまう。それは土木の分野でも言えるんですけども、常にフィードバックできるような形で一体になる、総合的にやるという形が必要だと思うんです。分離されると、どうしても設計の煩わしさということになってしまう。

西山 渡辺先生が言われた、要するに簡単なんだということをお知らせするような指導をしていただきまして、

担当者もこれだけ見ていれば大体のことはわかる。その担当者と業者側の設計者と話し合っ、それに矛盾のない議論の中で結論が出ていけばいいんですけども、ぼくも昔先生と同じ気持ちを持っていた。現場担当者が何か意見を言うと、業者の設計者はレベルが違う議論する。それでいやになっちゃう。

佐藤 それがまずいと思うんですよ。

西山 細かい何キロの議論はどうでもいいんですよ。現場担当者にすれば、あんまり勉強しなくて、そういうところは弱い。弱いところへ議論を持ってこられるもんで……。

佐藤 何か問題があると、すぐ設計屋が出ていってむずかしい話をする。そういうことがありますね。

西山 ぼくも前からそう思っていましたね。

佐藤 業者の中では、その辺が体質改善としては必要ですね。

渡辺 先程からPCのプレキャスト化がなかなか進まないというお話がでていますが、プレキャスト化のメリットが発揮されるためにはある程度のユニットの大きさが必要だと思うんです。中途半端なものではかえってプラスにならない。

日本のように道路事情の悪いところではプレキャストユニットの思い切った大型化が図れませんからジョイントの数がやたらにふえてメリットがでてこないことになりませんか。

一昨年、A.H. Mattock 教授来日の際の講演で、建築用のプレキャスト窓壁が4階建の高さでできていて、ユニットの重量が35tもあったというオリンピック市のオフィスビルの工事報告を聴き驚いたんですけども、やはりユニットの大型化を図らないといけないうわけで、日本みたいに道路のカーブがきつかったり狭かったり、長大スパンのものが運べないようでは、プレキャスト化の本当の真価は発揮できないのじゃないかと思ひます。

“PCは煩わしい”と一般に認識され、事実そうなっていると思われる原因の一つとして設計者本位の設計になっている点があると思ひます。例えばプレテンション桁の場合、現在は桁中央で各ケーブルの引張力をコンスタントにする方式ですから、桁端での各ケーブルの緊張力をいちいち変えねばなりませんが、反対に桁端の緊張力をコンスタントにし、中央点でヴァリアブルにする方式に変えたら、現場の能率は随分上ると思ひます。このようにしても桁中央の引張力はおそらく従来の場合と1割も違わないと思ひますし、全く大勢に影響はないと信じます。

設計者本位の設計じゃなく、施工主体、現場主体の設計を工夫するのも、PCを Common labor すなわち普

通の労務者でも施工できるレベルにもっていく一つの方法ではなかろうかと考えるんです。

山家 ワーキングコストっていうやつですね。

渡辺 細かにやってもあまり意味のないことを非常にむずかしくやっているような気がするんです。原点に戻って考え直すべき点が多々あると思ひます。

松村 おもしろい話なんです、東南アジアのある国には建築のコードがないわけ。その国でいまつくっている大きな建物というのは、ほとんどPCなんです。何でPCをそんなに普及するのかといたら、その国自身でもぼつぼつ自国生産できるようになりましたが、鉄筋そのものも輸入してございましたし、PC鋼材ももちろん輸入してました。したがってPC鋼材と鉄筋との価格差というやつがあまりないということにもよると思ひますが、もう一つは全然コードがない。しかも民需でございまして、民間の建物をつくってございしますから、国そのものにビルディング・コードがないとなったら、好きなことができます。極端なやつは、ケーブルを使ったら、これの緊張力はアルティメートの80%引張ったらいいんだと。たとえば一つのユニットを使ったら、そのエフェクティヴが20トンなら20トンと仮定したものは、どんな配置にしようかそのプレストレストを与えるんだという考え方なんです。だから端部をどんな配置にしようと、30トンなら30トンでどんどん引張っちゃって、フリクションなんていうのを無視して、20トンはプレストレストが入ってるんだっていうふうな設計をやっちゃうわけ。したがって、非常に長いものは全部真ん中付近でプレストレストが不足しまして、たるんじゃってすごいです。こんなものどうやって設計したんだろうと言ったら、あれは設計じゃなくてプレストレストが不足しているんだって。そういうものが非常に多いんです。これでは困りますが……。

山家 それじゃ困るんですね。

西山 先生がおっしゃっているのは、それでやって大丈夫なんだという勉強は先生方やっておいて、これならいいんだと……。

松村 ええ、だからおもしろい話ということで御紹介したんです。

宮本 プレストレストというのは、私はやはり土木が施工するという意味でむずかしい学問だと思ひます。いまやさしくされようというお考えがありましたけども、いま松村さん言われたように、変なことをやるとそうなっちゃうんですよ。現場管理と設計とはある程度わかれていいと思ひます。きちとしたもので、簡単な作業で管理できるというのが現場で素直にできればいい。設計の方は設計の方で、むずかしいことになっても

構わないと思うけれども、そういうシステムができて、現場は単純作業の繰り返しでできるということであればいいですね。いまは現場へ出ている人も、ある程度プレストレストのことを詳しく知らぬとおっかないという感じが一つございますんで、その辺がPC構造物の一つの問題だと思うんです。特にプレストレスト コンクリートの現場管理は、コンクリートとプレストレストの二つが問題ありますんでね。現場管理がもう少し楽になる方法といいますか、ある程度自動的にちゃんとやってたのがわかる、という形が欲しいような感じがしますね。ピアノ線の位置が自動的にきちんと入った、プレストレストがちゃんと入ったというのが、現場に一々立ち会わなくともわかれば、かなり違うと思うんです。

松村 先生御指摘のように、すごく煩わし過ぎるところはありますよね。もっとチェックポイントをはっきりさせて、それだけ管理したらいいようなシステムをつくらなければだめですね。

渡辺 土木の場合、スランプテストレベル程度のアプローチが是非必要だと思うのです。いつぞやスランプテストをやっておりましたら電子工学科の先生が通りかかれ笑われましてね、「月や星の世界にロケットが飛んでいく時代にそんな原始的なことをやっているのか」というわけです。

なるほど最近の電子技術を以てすればもっと近代的な測定器はできるのですが、あまり高価で敏感な器械は土木の現場には向きませんよ。スランプテスト法は実に簡単有用、まさに 21 世紀の世界でも通用するすばらしい方法なんだと私は思っています。

東大の樋口芳朗先生が「いままで何やっていた？ なに何もやったことない！ それならコンクリートでもやれ」という具合に人夫が配置される。それくらいコンクリートはなめられてきたという意味のことを何かにお書きになっていましたが、少々配合を間違えてもちゃんと固まってきたコンクリートのあの鈍感さ、フレキシビリティこそ、コンクリートをして建設材料のチャンピオンたらしめてきた理由だったのだと思うのです。

土木の学問自体はもっともっと進まねばならぬことは当然ですけど、それを現場におろす時には、かなり modify し simplify して、つまりスランプテストのレベル程度のものに模様替えしてやらないといけないのではないのでしょうか。例えばノモグラフにするなりテーブルにするなり図って、取りつき易くするという具合に。

佐藤 そういう意味で、設計する人が現場の経験をある程度踏むということも大事ですね。現場を知らなくて設計する、施工管理が容易になるかどうかかわからずにやっているというんでなく、常にフィードバックできるよ

うな体制を考えなくてはならないと思います。

渡辺 10年くらい前、コンクリートの若手研究者一同結集しようじゃないかというわけで、今日の若手コンクリート研究会および中古会発足の最初の会合をもった折、「コンクリート研究者とは誰がどのように認定するの？」ということが話題になったんです。そしたら、「実験室へ行ってセメントの粒子をどのくらい吸っているかで決めようじゃないか、材料を知らないでセメントコンクリート技術者とは言わせぬぞ」というような勇ましい議論がでたんですね。

「日本の構造技術者、設計技術者は、たとえばコンクリートとのスキンシップなしに、すなわちタワミとかヒズミとか、ストレスストレインとかヤング係数とか、そういう形でしかコンクリートに接していないで設計している。もう少しダイレクトタッチでコンクリートの勉強をする必要がある」と中央大西沢紀昭先生がセメント・コンクリート誌に書いておられましたね。

昔のエンジニアの方は「この橋では苦労したんだ」とか「この道路には思い出があってね」とかよく感慨深げに言われますね。要するに振返る過去が十分にあるんですね。いまと違って計画から設計施工全体にわたって関与し苦労してきておられるためでしょう。

私どもは大学で「土木屋はゼネラリストでなければいけない、単にスペシャリストではいけないんだ」という教育をやっているわけですが、どうも現実には設計屋、積算屋、施工屋と分化されてしまっていて、しかもそれらが有機的にうまくつながっていないように思うんです。

橋田 施工面でPC桁というのはものすごくめんどくさいものだということを、頭から決めつけて話が進んでいるように思うんですが、実は国鉄では大変な数量のまくら木を工場生産でやっております、このプレストレッシングはどうかということになるわけですね。そうなりますと、所定の伸びが出るように引っ張る。ディビダー工法の場合もプレストレッシングの管理はやはり伸びを重点において管理している。これらは部分的に言いますとPC鋼材が直線になっておりまして、摩擦の評価もあまり問題がないわけですけども、伸びで管理すればいいということで、ずいぶん簡単になっているわけです。それから、国鉄でずいぶんめんどくさいことをいっぱいやっているじゃないかということに、結論的にはいまのお話ではなるわけですけども、プレストレストを与えるということは、われわれ当初大変な問題だという問題意識を持っておりまして、作業をいかに簡単にするかということですね。あらかじめ伸びとか緊張力を予測しておきまして、そこまで行ったらとめるということをやらないと、1本1本引いて、何でこんなになった

んだ、計算と合わないなということでは具合が悪い。大分勉強という大げさになりますが、苦労いたしましたして、現状は、これは道路の方も皆さんおやりになっておりますけれども、あまり苦労しないで、ただ引っ張って所定の管理限界線——引きとめ線という言い方をしておりますけれども、そこでとめてしまうんですね。ほとんどがそういう処置で済んでいるわけです。そうなりますと、いまむずかしいのを何とかせいというお話であったんですが、われわれはプレストレストはもう現場管理に任せる、PCの国鉄専門家はそこにはノータッチでいいという段階になっていると理解しているんです。

渡辺 国鉄は日本におけるPCのパイオニアでしたから、かなり層が厚く質も高いと考えられないでしょうか。末端に行くと、一般にはやはりPCアレルギーというのが根強くありますね。

おもしろい話があります。ある会社で入社試験をやった際 CBR, ppm, PC など略語の説明問題を出したところ、CBR や ppm は知っていたんだがPCをピエール・カルダンと書いた学生がいたんだそうですよ（笑）。

ピエール・カルダンの方がまだ有名なんだという現状認識が要りますし、PCはとてもむずかしいものだと思います。込んでいる人がまだ相当いるのだと私は思っています。

西山 いま橘田さんがおっしゃったようなことがみんなに浸透すればいいんですよ。それが浸透してないのが現状じゃないかと思うんです。ですから、人によってはそれでいいのかと……。

橘田 そういう実態があるとすれば、これは何とかしないといかんですね。

西山 そういう議論がどうしてもあるし、担当者にすればできればやりたくない、メタルの方が気楽だ、ほったらかしておけばできちゃうという気がある。ですから、ほんとと同じなんだという教育がぼくは必要じゃないかと思うんです。もうそろそろ原点に返って、むずかしいんだという教育をもっと広くしていただきたい。おれはメタル屋だ、おれはPC屋だ、おれはRC屋だじゃなくて、普通の人はいずれもその程度まででいいんだということ。それは逆に言えば、そういう施工基準だとかいうものが必要だと思うんですけど、その施工基準をやっていれば、もうこれでいいんですよ、といえいいわけですからね。

橘田 構造物の規模になりますと、もう千差万別で、簡略化にも限度がございまして、摩擦にしても3倍ぐらい違うのがあるんですね。ケーブルが鉛直に曲がったり水平に曲がったり、これは施工の程度にもよるわけですが、その辺まで承知したうえでプレストレストを

やるということが必要なんで、やはり最小限のことはやっておかないと。それは中身を理解するのは複雑なんですけれども、実際の仕事の面では簡単にできているのが現状じゃないかと私は理解しているんです。

山家 仮に施工基準をつくって現場をみんな持たしてやると、監督者サイドとしては、なぜそういうふうに決めたのかという質問があれば、そのつどまたもとに戻って、最初からこうだあだという説明をやらなければならないということは確かにありますね。

橘田 それは最小限必要なことなのかもしれませんね。それはPRにもなりますし……。

山家 ええ。現場が変われば、そのつどまたやらなきゃいけないということで、やっぱり大変なことなんだなということを逆に植えつけてしまう。

橘田 われわれの方は、めんどくさいからPC桁はやめようとか、施工面で複雑だからやめてしまうということが許されない状況が出てきておりまして、そういうところも最近問題とされている原因であるわけですから。

本岡 個人的努力によるものが多いという話が、一番最初出しましたが、新しい工法なり新しい構造形式なりを採用する場合に、どういう形で決まっているのでしょうか。

橘田 鉄道の方から申し上げますと、やはり新しい構造あるいは施工法選択ということは、国鉄の場合もごく一部の人の部内、部外の努力によるわけですね。かなり創造的なものもございますけれども、たとえば移動支保工で言いますと、盛岡では桁高を大体そろえた構造物をつくりたいということが基本にございまして、桁高をそろえる方法として移動支保工がいいではないかという話に進んでいるわけです。やはり桁高を統一することが美観につながるんだという認識が基本にあるものですから、それが引き金になりまして、それを達する手法として移動支保工が適しているのであればそれを使うという発想から入って、経済比較等もやると安いということになりますと、そこで使うことが決まってくるわけです。それはまあ、ごく一部の方のその内容に対する理解ということになると思うんですね。

本岡 施工会社の方では、たとえば新しいことをやろうという場合に、受け取り方はめんどくさいという気分があるんでしょうか、それともひとつやってやろうということなんでしょうか。

山家 やっぱり、やってやろうという気持ちが先行いたしますね。

本岡 建築なんかですと、どうもめんどくさいという気分が強いようですね、専門者は違いますけど。

松村 やってやろうという気は常にあるんです。ただ企業採算が合うかということが問題になってくる。日本の場合、最近 1000 億の受注量があるんでございますが、何分にも PC おやりになっている方が 50 社ぐらいあって、1 社に割りましたら 20 億ぐらい。PC のプロジェクトそのものの発注単位というのが、中には宮本さんとこのように 10 億クラスのものもございますが、大体 2 億とか 1 億とか非常に小さい単位で発注されますんで、大型機械を導入するとか、新しいものをやるための企業投資がやりにくいのが現状じゃなかろうかと思うんです。

佐藤 新しいものをやろうというときに、業者サイドでいくら考えても、それだけに終わってしまう。やはり何としても施主側の御理解が必要なんですね。したがって、首都高速、道路公団、国鉄という内部でいかに対応していくか、ということだろうと思うんです。やりたいことは業者サイドでは常に持っているんですけども、そこら辺をいかに御採用の方向に持っていくか。両方の気持ちが一致して初めて実現するものでございますから。

宮本 そうだろうと思うんですけども、プレストレスト コンクリート構造物というのは、ある意味では非常におもしろい構造物なんですね。やはり橋梁エンジニアとしては、ひとつやってやりたいというタイプの一つであることは間違いない。しかしながら初期投資の面から、そういうものをやって次のステップがどうなるかということも、ある程度考えながらやっていかないと、お互いに迷惑するところもございますし、よく話し合いをして、その中で一つ一つやっていきたいと思っています。一つだけで、はいさよなら、ではお互いに困ると思いますんでね。

いずれにしても、私どものいま抱えている問題からいっても、たとえばコンクリートはある意味では景観にマッチするところがありますんで、国立公園の中ではぜひコンクリートでやってくれとか、そういうほかからの強い御意見もある。私ども、そういう景観のいいところでは、長大の PC をやってみたいという考え方もありますし、従来の実績、自信もあり最近では PC の長大橋がふえつつあるんじゃないかと思っているんです。いままではどちらかというと長大橋はできるだけ鉄でやっておくと安定なんだ、という感覚が一つあったんですけども、積極的な方向で PC 長大橋もかなり考えているんです。

どちらかというと、底辺を広げるという意味からいきましても、数の多いものがうまく採算に乗り、発注者側のニーズにもマッチする。それは大事なことだと思って

いるんですが、そのためにはプレキャスト化というのが一つの方法でもあり、施工機械、架設機械による繰返し作業というのも施工の採算面での合理化だと思っているんですけども、何分にも高いというところに一つ難点があるんですね。これらの工法がどうしてもっと安くならないか。逆にわれわれから言うと不思議だという感覚があるんです。プレキャストにすると高くなるということ自体が、ほんとはおかしいんじゃないかという感じがしておるんですね。

松村 急速施工をやりまして、おたくの場合なんて特にそうですが、使用開始時期が早くなったことを採算に入れていただいたら、決して高くないんです。1 年かかるのが 6 か月でできれば、6 か月はもうかるんだから、それを入れていただいたら……。

宮本 私の方から考えますと、一部橋梁とかそういうものが、工程のクリティカルになるのは工程管理としてもおかしいんでね、もっと全体道路工事の流れの中でクリティカルなのはたくさんあるわけです。だから、橋梁だけちょっと縮めたために安くなるということはまず少ないと思います。

松村 それはそうです。

宮本 現場でごちゃごちゃやってるより、工場ですつとつくられた方が、わりと工場の遊びもなくなりますし、現場での遊びがなくなると、安くなっていいんじゃないかという感じはかなりしているんですけどね。土木業者との出合丁場が少なくなる。全体工程管理がスムーズに行く大きなメリットは別にあります。

橋田 宮本さんおっしゃってるプレキャストが高いというのは、どういうタイプのものがございますか。

宮本 いわゆる長大橋という意味じゃなくて、中小橋でちょん切った場合とか……。

西山 工場管理費が高いんです。

本岡 工場の草むしりの値段が入っている（笑）。

宮本 現場周辺で大きなコンクリート・ヤードをこしらえてやりましても、やはり管理費というか、いろんな設備費に金がかかる。適正規模っていうのがあってどうしても適正規模をつくれないう問題もあるでしょうが。

西山 工場の稼働率がものすごく高ければ、ずっと安いはずなんですね。

佐藤 フランスなどの例では、プレキャストをやりますけれども、やっぱり発注規模が大きいですね。そのうえある程度規格化している。プレキャスト化するには、それ相応の設備を要するわけですから発注規模と規格化との関係は無視できないと思います。

西山 だからぼくは、もう少しポステンやプレテンの

単純な形式の橋梁をたくさんつくって、その中でまた特殊なむずかしい形式のものも行ったらいのではないかと言いたいわけですよ。

山家 宮本さんおっしゃった高くなるということは、もう少し最近のやつを見直していただけたらと思うんです。最近はどうじゃないと思います。もちろん量によりますけれども、ある量がまとまれば、なかなかいい線いくんじゃないかと思う、RCの高架なんかと比べると。

宮本 RCの高架は、まず勝負にならぬところがかなりある。

山家 一般的にぱたっとやれるような高さのところ、ということじゃなしに、もう少し高く、プレストレスト桁が運べてというような条件のところでしたらね。延長はたとえば150メートルとか200メートルとかいう単位ですと……。

宮本 まあ、その辺は議論してもあれだと思うんですけど、先ほど申し上げたようにメタルとRCの間にはさまっているということがありますんで、その辺が一義的にどうだと言えないところなんですけれども、ほんとに両方がメリットがあるかどうか、やってみなきゃわからぬところがかなりあるし、言葉だけじゃなくて実際に本当かなという感じがするところがある。

松村 プレキャスト化というのは、必ずしも量は小さくなくてもメリットがあるとおっしゃる方もいらっしゃるんですよ。と申しますのは、いまのプレキャストを使って、現場で組み立てる作業を場所打ちでやるような態勢を組むから高いんだというわけです。だから時間単位の工程表を組んで、場所打ちコンクリートの部分は竣工検査までに固まったらいいんだというプレキャスト化まで徹底させて、飯場も何も設けなくて組み立てられるようなプレキャスト化をやったら安いとおっしゃっている方もいらっしゃるまして、将来そちらの方向の勉強もどんどんやるべきだと思うんですね。ですから、一般的に申しまして、プレキャスト化はある程度量がまとまらないと不経済だという考え方は間違っているんじゃないかと思うんです。

橋田 宮本さんのおっしゃっているのは、プレキャストの桁とほかの構造、たとえばRCとかメタルに比べて高いというお話じゃないかと思うんですけども、そうでもありませんか。

松村 場所打ちと比べてプレキャストは高いと。

宮本 ええ。

松村 そうなんですよ。

橋田 そうなりますとね、われわれ国鉄に場所打ちで発注になったものを、どうしてもプレキャストにしたいという願い書が、ずいぶん業者の方から出ているんで

す。であつたらメリットがあるのかなということで気にしているわけですけども、その一つは、工場の稼働率が上げられるんだっていうことを言っておられるんですね。そういう意味では、場所打ちで出たものをプレキャストにするのではなくて、プレキャストを最初から考えて、稼働率を上げるということも考えなくちゃいけないことだと思うんですけども、中身を良く聞いてみますと、十分引き合うというお話もありまして、稼働率を上げる以外にあるいは上げることによって経済的にも引き合う。そうすると、今度プレキャストで発注すべきか場所打ちで発注すべきかという、発注者側の問題も出てくるんです。そういう動きがあるもので、私の方で聞きますと、ちょっと違ったような話だなとお伺いしたわけです。

宮本 同じようなことは私どもにもありまして、橋桁をすぐそばの現場で桁をつくってかけるというような工事を、業者さんによってはそれを工場でというようなお話があるわけです。ところが、オフィシャルな形でそのようなプレキャスト化をやりますと、やはり高いというのが出てくるわけです。プレキャスト化の方向に行けば、かなりいいメリットがお互いにあるんですが、いまプレキャストが一つの過渡期で、ある業者さんではそういう工場でおやりになった方が安いとか、ある業者さんはそうでない方がいいとか、それは工場の位置とかその他の事情もあるんでしょうけれども、プレキャストを高くせずに同じ価格ぐらいになりますと、鋼橋なみの省力化、工程管理等メリットが大きいと思います。

橋田 いま業界の方の統一された御意見は、できたらプレキャストにしたいということであると私聞いておりましたが、これは東北新幹線に限定しての話かもしれませんが、この辺はどうですか。それはちょっと違うんでしょうか。

山家 いや、違うっていうことはありません。考え方としては大体そういう方向で、先ほどの底辺を広げるという意味で進めております。

渡辺 私、以前「日本の建設産業の実態と生産性」というテーマで文部省の科学研究費を貰い、経済企画庁、建設省、生産性本部などを調べて回ったことがあります。土木工事費総額に対する機械経費率を河川・道路別、直営・請負別に調べた結果、なんと3～5倍にもなっているが、その年間稼働率が30%を割っていて建設業の機械化、近代化への道の険しさを痛感した記憶があるんです。その点アメリカの西部辺りでみた発注規模は、一業者当たり何10kmという膨大な区間で、機械化がし易く機械設備生産性が上るはずだと思いましたが、日本の場合、社会資本充足の担い手である建設業者

がもっと安心して機械化が図れるような発注規模と発注密度を確保してくれるような、政府の業者育成策はとれないものでしょうかね。熾烈な国際競争化時代を迎えて建設産業の前途極めて多難とされますだけに、特にそう思うのです。近年、国民のための橋・道路というよりなんだか政治のための橋・道路になっているような気さえしてなりません。大臣が変わるとプロジェクトが変わり、橋種まで一変したりするようでは建設業者は長期遠望型の足腰強化策の立てようがないことになりますね。

本岡 多少現実から離れて先の方を見ると、いいお話がございませんでしょうか。

西山 エネルギー2分の1というのを、ぜひPRしてくださいよ。

佐藤 この間「日本経済新聞」の9月19日だったですかね、科学と技術という欄に“鋼から鉄筋コンクリートへ”という見出しで出ていました。その中でも、省資源という問題は強調されていました。

西山 その辺が技術屋の自信のないところだったんじゃないかと思うんです。ぼく自身、30年代には日本には鉄資源が少ない、したがってコンクリートをたくさん使うべきだという哲学的自信があったんですよ。それがメタルがどんどん安くなってきて、日本が鉄の生産国で安いとなったら、コンクリートを使うのがいいのか鉄を使うのがいいのか悩んでくるわけですね。ですから、この際省資源時代にのっとって大いにPRしていただいたら、自信を持ってまたそういう方向に進めるんじゃないかと思うんですよ。

宮本 ただ、ここ2〜3年の動きから見れば、鉄鋼の稼働率を上げる方が大事だということで……（笑）。

松村 日本株式会社は沈没するんですからね。

佐藤 いま本岡先生がおっしゃった今後の問題ですね、橋梁関係はいろいろ話が出ましたように、現在、将来とも施主側も業界側も意欲的にある程度先を見通してやっている。PCを広げるには、やっぱり一般土木構造物の中にPCを入れるということになると思うんですが、いま海洋開発が盛んにとりざたされていますね。海洋構造物は陸上と違いまして、いろいろ潮流の問題だとか波の問題があって、稼働効率が悪いわけですね。したがって、海上作業をできるだけ少なくするという意味から、わりとプレキャストにして部材を持ち込んで組み立てるという方法が有効じゃないかと思うんです。そうしますと、要するに設計上応力的にPCでどうこうというよりも、施工上プレキャスト部材を組み立てるためにPCを応用していく。たとえば海底タンクや沈埋管等海中構造物の計画の際にそのような提案がされています。これらの場合プレキャストを組み立てるのにジョイントの

問題が非常にある、そのジョイントをPCでやっていくという方向の研究が、今後もっとされるべきじゃないかという気がしますね。

本岡 松村さんのところでは、PCバージの設計なんかもされておりますね。その辺の経済性は……。

松村 経済性と申しますと、バージってというのは、鉄でつくりましたら5年ぐらいたそうですね。ですから、耐久性から申しましてPCの方が絶対的に有利だっていう言われ方をしています。

本岡 日本では、いまバージもいくつかできておりますですね。それから造船の方もずいぶん計画があるようですけれども。

松村 造船メーカーさんも、多少苦しまぎれのところもあるんでしょうけれども、本気でお考えになっているようですね。せんだって、ほかのことがございまして、ちょっと造船会社へ参ったんですが、うちでも始めますよと言う。

山家 造船はタンカーでいっぱいだったわけですね。鉄板をただ張りつけて器をつくって売ってたみたいなんでもしょうが、最近急激にああいうのが少なくなったために、何か付加価値のあるものをもっとつくらなきゃいけない、ということは一つあると思いますし、バージの中でも、LNGとかを貯蔵するためのバージと、そのまま持っていけば工場になるプラントバージですね、その辺をひとつねらおうじゃないかという動きがあるようでございますし、場合によっては工事をやるためのバージですね、そこまで行ってパイルをつくって、それで港湾工事をやるとか、そういうところまでやろうかなとか、かなりいろいろ考えられていると思うんです。まあ、つくる場合にはやっぱりドックが必要なわけでございますけれども、ドックの使用料は非常に高いんですね。ですから、なるべく早く組み立てて出してしまおうということをやらないといけません。そういうことは考えなきゃいけないようですね。

本岡 鋼船自体がブロック造船やってたわけですからね。それと同じような考え方でしょうね。

山家 そうなりますと、PC一業者じゃなしに、もっと大きな物の考え方で、造船業界あるいはジェネラル・コントラクター、それからわれわれPC業者という形で取り組まなきゃいけないんじゃないかと思うんですね。

渡辺 いまのお話に関連しますけれど、たとえば投入機械の経費が非常に高くつくという場合に、各社がまとめて購入して実質的稼働率をあげるという策はとれないものでしょうか？“日本鉄鋼株式会社”みたいにどうしてPC業界はまとまらないのか、まとまればその足腰は随分強くなりますし、大きな仕事ができるようになる

と考えるのですが。

この前土木学会年次大会の折，“コンクリート船の将来”という東大造船の竹鼻三雄先生の特別講演を聴きました。その節、竹鼻先生が「コンクリート船というのはドロ船だと思っていたら実に強い。しかも水が漏らないんでびっくりした。改めて買い直した」というようなお話をされたんです。そしてかぶりの問題で一番頭を痛めているとおっしゃったのですが、そのかぶりの問題と関連しての話ですけれども、九州辺りでは近年海砂が非常に多用されてきており、したがって海砂の許容塩化物量の問題が常に論議的になるのです。

海砂中の含有塩化物だけを規制しても駄目で、施工の程度やかぶりの大きさなどとの関連で対処すべきで、良質のコンクリートが十分に施工され、かぶりがしっかりしておれば、つまり“息をしないコンクリート”を目指していけば、酸化の過程はかなり改善されるのではないかという考え方を、九州地方の古い海砂使用構造物を調査して回った経験から私自身はもっているのです。そしてPCみたいに非常に質の良いコンクリートの場合には、かぶりをもっと高く評価してもよいんじゃないかとも思ったりするのです。

4年前、海砂を使ったと思われるPC桁が、道路の拡幅に伴い不要になったのを機に、それを研究室に持込み破壊試験をし、耐力、中性化、発錆状況など調べたことがありましたが、フルプレストレスでかぶりが健全であったためでしょう、シースは10年経っていたのにピカピカ光っていて全然錆びていないんですね。

PCの場合には応力腐食という懸念と鋼線の痩せの影響が甚大であるという特別な事情がありますだけに軽々しくは扱えませんが、あの試験は随分勇気を与えてくれました。自然砂の払底に伴い必然的に海砂の使用を余儀なくされていく情勢の下で、海砂はPCには絶対に使ってはいけないものなのか、使うとすればどうすればよいのか、など早急に定める必要があると思います。いろいろの現場から問い合わせがあるんですが明確な答ができて弱っています。

佐藤 一応規定としては、建築学会の方では0.01だったですかね。

渡辺 旧JASS 5ですね。

佐藤 土木の方は0.1です。

渡辺 それは一般RCの場合ですね。「特に電食のおそれあるRC構造、特に指定する構造すなわちPCプレテン部材、ポステン部材のグラウトなどでは0.1%以下とせよ。責任技術者の判断で定めよ」となっています。

本岡 建築の場合にも、特記仕様書によって便法を図ってございます。たてまえとしては非常に厳しいんで

す。

橋田 それに関連しまして、私、九州の方のその辺のことはよく知らないんですが、長崎本線のある橋梁なんですけれども、桁が鉄筋に沿って大変ひびわれが出ています。桁そのものは当初はひびもなくて健全なものだったようなんですけれども、健全度がいま心配になっているんです。

渡辺 PCですか。

橋田 PCです。その辺分析をやる必要があるということで、準備をしているところなんですけれども、あの辺にはそのようなものがあるんでしょうか。

渡辺 それにはカブリが非常に……。

橋田 もう標準のカブリでございます。

山家 何年ごろつくったんですか。

橋田 38年です。

本岡 ちょっと別な話ですけれども、浜松町駅のPC今度壊しますですね。あれは27年ですか。25~26年たちますが、ぜひ国鉄でそういう耐久性の試験テストその他をおやりになっていただきたいと思います。

松村 浜松町の場合はもっと新しいでしょう。30年か31年です。それより古いのはお茶の水ですね。

山家 あれはマグネル方式でやったんですね。

西山 ちょっと関連しますけれども、海浜にある有名な橋梁ですが、そんなに大したことがないんですけれども、一部の鉄筋がガブリがなくて錆びているわけです。ところが、管理者側のメタル屋さんに言わせると、県のあるお偉い人ですが、PCは特に海に面しているとみんなボロボロになっちゃうという話をしていました。私も資料くださいといって、もらって持っていますけれども、ガブリは最小限守れるようにしていただかないと、そういうものが出るとすべてだめだという話になるわけです。彼は盛んに塗装したらいいじゃないかと言っていますが、ぼくも全部する必要はないけれども、塗装ということもひとつ考えたらいいんじゃないかと思っているんですよ。というのは、RCやPCの連続桁等でひびわれが出てきたときに、塗装をしたらいいんじゃないか。それからシューレグザイルの橋などの部材連結部などで微小なクラックが入るような場合に、塗装したらいいんじゃないかという気がしているんです。

本岡 先ほど来、皆さんおっしゃったが、PCの初期のころにあまりにもPRし過ぎて……。

佐藤 ひびが絶対入らないというセールスポイントが逆目に出た(笑)。

橋田 いまの長崎本線のひびが入った桁も、実はプレストレストの入ってるところではないんです。上下のコンプレッションを受ける部分に、コンプレッションの方

向に入っているんです。プレストレストの入っている主桁下縁とスラブ、これはまるっきりひびわれが入らないんですよ。

渡辺 コンクリートの中性化について調べるため九州各地を回りました時、例えば長崎県軍艦島の、グラバーが設計し大正5年竣工といわれる7階建アパートの、風雨にさらされないところの柱は中性化深さが7cmにも達していましたが、北九州バイパスのPC跨道橋では10年で3mmしか進んでいませんでした。

RC橋の場合、一般に風雨にさらされる耳桁はあまり中性化していなくて、むしろ中桁の方が中性化深さが大きいこともわかりました。

また、昭和13年完成の九州電力塚原ダムの調査結果は、越流部の中性化深さが1.6mm、非越流部では3.6mmで、この場合にもWater filmの働きみたいなのを教えられました。こんなことからコンクリートが“息をしない”という前提を達成すれば錆は防げるんじゃないかという考えを持つんですが、PCの場合には鋼線が細いだけに、もしもこれが錆びたらどうなるかという心配がつきまとうわけです。

たまたま先月東工大の近藤連一先生の環境研グループと九州コンクリート研グループで合同研究会を福岡市でもちましたので、「防水のためにはひびわれ幅は0.05mm以下でなければならないという説があるが水の分子径を0.3μ程度とみると、とうてい防水できる筈がないと思うのですがどのように考えたらいいのでしょうか？」とお尋ねしてみましたら「一口に孔といってもOpen poreとClosed poreの2種があり、Closed poreになっておれば水を通し難いし、しかも毛細管の大きさは非常に小さいので相当なヘッドをかけなければ透水しないのではないか」というような話をして下さいました。鋼線発錆の議論はこの問題抜きには進められないように思うのです。

本岡 そろそろ予定の時間が来たんですけども、いつも直接仕事に密着されてますんで、なかなか夢の方は出にくうございまして、ぬかみそ臭くなってくるんですけども、しかし年度別PC受注額を見ますと、年率10%ですか、GNPの伸びとどういった関係があるかわかりませんが……。

松村 そのところ全然だめなんです。74年ぐら

まではエキスポネンシャルの線にきれいに乗りまして、来年度はいくら伸びるだろうという計算に乗ったんですが、ここ3~4年は全然、どうなりますかということまで。

本岡 ひとつ、この勢いを伸ばしていただくようにお願いしまして……。

松村 ぜひそうしていただきたいんですが、そうするためには、いろいろアプリケーションを広げていきまして、いままであまり使われなかった分野とか、プレストレストコンクリートが適した分野はまだまだたくさんあると思うんで、そういう分野にぜひ広げていくほかないと思うんです。高度成長なんということは考えられない。

山家 全くそのとおりですね。いままではみんな、業者が高度成長の波に乗って、道路橋であれ鉄道橋であれいただいて、そのままやっていたといことでだんだん伸びているわけですけども、こういう時代になってきましたら、そのうちには頭打ちになるだろう。やはりほかの方で伸ばさなければいけないとなれば、いま松村さんのおっしゃったようにPCを使える分野をみんなで一生懸命やらなきゃいけないのは当然だと思います。

西山 PC業者がゼネコンの下請だったらいんじゃないかと極論したことがあったんだけど、佐藤さんあたりのところはゼネコンでもあるし、どんどん改善されて、新しい分野が何かあるんじゃないですかね。

佐藤 そのために、いままでのようにPC技術者だけがPCの分野を考えていく時代じゃないと思うんです。たとえばLNGのタンクを考えるには、LNGの特性とか総合的な知識を持っていかなければいけない。PCだけの知識では行き詰まってしまう。

渡辺 1にも2にも、PCシンパを養成することです。PCの講習会にPC業界からの参加は不要で、むしろ官庁、コンサルタントそして一般の人々にもっともっと参加してもらいべきです。そしてPCの平易さ、合理性、汎用性を積極的にPRしていく努力が要ると思います。

本岡 それでは努力目標が出たところで終わらせていただきますが、皆さん第一線に立っておられますので、今後とも御努力をお願いいたします。

本日はありがとうございました。

重要構造物にはマイテイ

日本は、現在コンクリートの高強度化で世界の最先端を行っています。すでに設計基準強度 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ という超高強度マイテイコンクリートを用いたPCトラス鉄道橋が施工されているのです。

マイテイを添加するとどうして高強度コンクリートが作れるのでしょうか!?

1919年D・A・Abramsにより提唱された水セメント比説(アブラムの理論)を思い出して下さい。「清浄で強硬な骨材を用いる場合、そのコンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比によって定まる」という理論です。つまり生コンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば混練水が少なければ少ない程そのコンクリートの強度は高くなるという訳です。マイテイは、この50年も前の夢を今実現し世界の最先端をゆく超高強度コンクリートを作り上げたのです。山陽新幹線岩鼻PCトラス橋のコンクリートは水セメント比=23%、スランプ=12cmという理論水和水量近傍の高強度マイテイコンクリートです。

高強度コンクリート用減水剤

マイテイ

説明書、技術資料をご請求ください。

花王石鹼株式会社 建設資材事業部

本社 東京都中央区日本橋茅場町1-1 ☎103 ☎東京(03)665-6322(代)

