

これからの PC 建造物の設計に望むこと

昭和 57 年 7 月 3 日 (土) 於 主婦会館

座 長

岡 村 甫 東京大学工学部土木工学科教授

出 席 者 (順不同)

石 橋 忠 良 日本国有鉄道構造設計事務所
 坂 手 道 明 日本道路公団東京第一建設局
 杉 浦 征 二 首都高速道路公団東京保全部設計課
 竹 本 靖* (株)大林組技術研究所
 檜 原 健 一 (株)鴻池組大阪本店設計部
 石 原 重 孝* 鹿島建設(株)土木設計本部
 柳 下 肇 ピー・エス・コンクリート(株)
 仙洞田 将 行** 興和コンクリート(株)
 板 井 栄 次** 住友建設(株)土木部橋梁設計課
 宮 田 宗 彦** パシフィックコンサルタンツ(株)

* 本協会編集委員

** 本誌編集幹事

られるか

- 3.1 運ぶ・乗(載)せる・囲う・貯める構造物
4. 10年レンジで考えたときのPC建造物の設計はいかにあるべきか
 - 4.1 設計に用いるハードの進歩に対処するためソフトの進歩はいかにあるべきか
 - (1) コンピュータの利用の面から
 - (2) 示方書の使用の面から
 - 4.2 技術者をどのように教育し、育てるか

座長(岡村) 「これからのPC建造物の設計に望むこと」というテーマで座談会を進めたいと思いますが、まずプレストレストコンクリート建造物の特徴というものを議論していただいて、そこから話を始めたいと思います。

1. 建造物を設計する場合、PC 建造物としての特徴はなにか

1.1 構造および材料面での特徴

仙洞田 私はPCをやり始めて実は20年近くなりますが、当時PCが使われ始めた時代でした。いま考えてみますと非常に新しい技術の業界に入っていたという印象ですね。私の担当は鉄道と道路の橋梁ですが、ほかに壁構造や床構造も手がけましてPC建造物は利点が多いと見ていました。しかし反省すべき点もあって、これからは鉄筋コンクリートの良さ、スチールの良さを取り入れた設計および施工をすべきだという実感も持っています。

内 容

1. 建造物を設計する場合、PC建造物としての特徴はなにか
 - 1.1 構造および材料面での特徴
 - 1.2 設計・施工面での特徴
2. プレストレストコンクリートの設計の現状と問題点
 - 2.1 現在のPCの設計および構造上の問題
 - 2.2 限界状態設計法について
 - 2.3 品質保障について
 - 2.4 景観設計について
3. これからのPC建造物としてどんなものが考え

す。

座長 PCがRCやスチール構造とも違うことができるとしたら何なんですか。

石原 スチールに対して、一般的な特徴だと思うんですけど、メンテナンスの問題ですね。PCはスチールに比較してメンテナンスが少なくすむ。それから騒音問題に対して有利です。またRCに対比してみますと、クラックに対して非常に有利だと思います。

それから、PCの良い面を考えてみますと、たとえば海洋構造物ではPCだから大型構造物を軽量化できる。これは一応陸地で作って海の所定のところまで運搬し、それから中を詰めるというように対応性が非常にあると思います。

それと原子力関係において規模の大きな構造物になってくるとPCというのはその優位性を非常に発揮できます。つまり原子力の施設を考慮すると、スチールでは非常に大きくなる。また溶接等の非常に複雑な問題も出てきます。PCの場合は、施工も非常に有利ですし、RCでは達成し得ない大型構造物もできます。

坂手 将来の問題にもなるんですが、PCの特徴の一つとして、ひび割れ制御があると思います。いま日本の現状では、RCとPCを完全に分けた形で設計体系を組んでいますが、両者とも一つの線上にあるんじゃないかと思っています。RCのひび割れを必要によって制御できる。そういう意味ではかなり重要な位置づけになってくるのではないかと思います。

竹本 建築の場合、特に私どもゼネコンはどういうプロジェクトに対しても、そのときの条件で常に最も適当なものを選ぶようにしています。構造方式また材料にしましてもそのとき最もふさわしいものを選ぶということが常々です。どういうときにPCが優位に立つかと考えると、まずRCとPCとの比較では、いまもお話に出たほかに形のうえで特殊なもので、とてもRCでは構造的に無理なものがPCなら可能になるというように、RCの構造力学的な限界を超えたものがPCでできます。

それからスチールとPCを比べますと、スチールというのは実に融通性があるって、どんな形にでもできます。そこで、PCとスチールの比較ということになりますと、これはもっぱら経済性の比較になります。要はどちらが安いかということですね。

建築物の場合は、先ほどお話に出ましたけれども、メンテナンスということが橋梁なんかと比べてそれほど重要ではない。むしろ耐火性という方が問題です。ちょっとした建物ですとみんな耐火被覆がいるようになる。また、鉄骨鉄筋という形にしますと値段も高いし工期も長くなる。そこで、PCの優位性というのがかなり出てきているということが言えるかと思っています。

また、PCはRCとは別の特別な構造物であるということとはなくなってきて、非常に使いやすくなってきつつある。

柳下 PC、RC、スチールというのは、ともに土木および建築の構造材料ですが、いまの世の中の流れは、高強度材料を有効に使うという方向にあると思うんです。これは昔は環境問題、最近ではエネルギー問題とかいう流れに沿ってきていると思うんです。

そこで、海洋関係に従事する者としての意見からPCの特徴を述べますと、確かにPCはひびの入るまでは弾性域ですが、ひび割れ発生後非常に大きな塑性変形をします。これはスチールと違うところです。特に軟鋼と違うところは復元力があるという面ですね。特に波の問題で一時的に大きな荷重が加わりましても、その後、穏やかにおさまってしまう。復元力のある材料であるという見方が一つあると思います。

それからRCと比べますと、港湾構造物は断面に急に引張りが発生する構造物が非常に多い。たとえば浮いた構造物を見ますと、上スラブ、下スラブがございまして、これに例の波により生じるホギング、サギングの引張力を消すことができる。PCは疲労に対する耐久性を上げることができる唯一の材料だと思います。

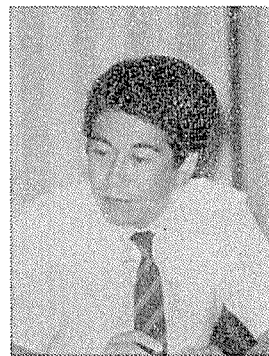
杉浦 私も坂手さん、竹本さんと同じ考えでして、P



岡村 甫 氏



石橋 忠良 氏



坂手 道明 氏



杉浦 征二 氏

C構造物の特徴は何かというと、設計上から考えたら特徴はない。やはりRCとの延長線上にあるという観念です。先ほど竹本さんはメタルも造形的な面が非常に強いということをおっしゃられましたけれど、コンクリートというのは現場で造形ができるという点で非常に優位性があります。ただ、RC構造物ですとそれが断面の大きさとかそういうものに非常に制約されてきてしまうので、美しい構造物とか景観を考えた構造物をつくるときに、どうしてもPCというものが一番最初に考えつきます。

それから、メンテナンスを考えますと、RC構造物より確かにクラックの発生は少ないわけですし、発生してしまった後の補修という点になると、メンテナンス不可能というんですか、壊れてしまったら直しようがないという点で弱点を持っていますね。

1.2 設計・施工面での特徴

座長 それでは、設計および施工について話をさせていただきたいと思います。

石橋 美観等を含めていろいろな問題がありますが、一番優先されているのはコストの問題ですね。大体、橋梁でいうと短いスパンは一般的にはRCが安い。スパン25mあるいは30mを超えたあたりから橋梁としてはPCが使われて、この辺からスチールとの競争になってきているわけです。スチールの値段は大体鋼材トン当たり40万とか50万ということで、桁だけとってみるとPCの方が一般には安くなっています。ただ、上部・下部構造を含めた場合に、重いということが下部構造とのトータルの経費でひっくり返ったりというような問題が出てきて、PCとスチールが使い分けられています。それと施工上スチールと比べて重いということですね。

それと、補修の問題が先ほど出てきましたが、PCの場合は、RCやスチールに比べて施工のウェイトが非常に高いということです。グラウト不良や緊張作業で緊張を忘れたりという事例がありますし、あるいはコンクリ

ートの締固め等が悪かった場合は、即PCの信頼性を失うことに結びつきます。ぜひとも施工のレベルアップをしていかなければいけない点ではないかと思います。

榎原 先ほども海洋構造物のところで話が出ましたが、実験の結果、PCの構造的な特徴としてはやはり復元力が大きいことではないかと思います。特にこれは地震のように繰返し応力がかかった場合を考えると、RCはつぶれながらエネルギーを吸収していき、非常にエネルギー吸収は大きいんですが、変形に対する復元分の点でPCの方が優れています。

一方、鉄骨構造物はどうかという、これはいろいろな構造形式、剛構造、あるいは柔構造などが考えられますが、いったん座屈などをしてしまうと、もう変形能力はなくなります。PCとRCと鉄骨の三者の構造的な弱点を考えてみると、RCは十勝沖地震以来言われているようにせん断が一番ウイークポイントになっている。設計上、鉄骨の場合は座屈の問題、PCは何かと考えますと定着の問題だと思うんですね。特に、アンボンドと定着の問題が大きいです。PCにとってオール・オア・ナッシングの状態、安全であればオールであるけれども、定着がいかなければナッシングになる。そこで、そういった面でPCをとらえて、構造的な問題点というのを把握していこうと思っています。

宮田 設計の方の立場からすると、基本設計でPC、RCとかスチールの検討をしてから、どれが良いかという方向づけをするわけなんです。そのとき考えるのは、先に石橋さんが言われたように基礎構造との関連、基礎が沈下するかしらないか、その周辺状況とか、環境の問題とか、そういう外的な要件から構造物が設計されることがあるわけなんです。

その点PC構造物というのはRCに比べて荷重的には少し楽になるし、橋梁の場合ですと、桁高に制限がある場合などは有利な構造物がつくれる。また環境的な問題として、スチールよりも騒音対策上有利なものをつくることができる。ということで、PCをうまく周囲の外的



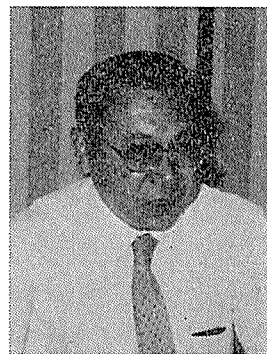
竹本 靖 氏



榎原 健一 氏



石原 重孝 氏



柳下 肇 氏

座 談 会

なものにマッチするように設計すれば、これからもPCの特徴を生かした構造物ができるのではないかと思います。

板井 メタルとコンクリートを比べた場合、最も大きな特徴は保守が少ないことだと思います。最近、海岸部でいろんな問題等が発生しまして、全然ないというわけじゃないですが、メタルと比較した場合にはかなり違うかな、という感覚はしています。

RCとPCを一般論として区別しますと、まずPCの場合はRCに比べて軽い、運搬しやすい。そういった特徴をとらえて、大型の海洋構造物をつくることができます。

座長 いままでお聞きしたことを一応まとめてみます。まず材料から。鋼材としてはPC鋼材というのは普通のストラクチャルスチールよりもはるかに高強度のものを使っているということが一つの特徴だと思います。それからコンクリートは、普通のRCに使っているコンクリートよりも高強度のものを使っている。材料ではこの二つの面が特徴だと思います。

したがって、普通のRCよりは軽いものが可能だと、しかし、しょせんコンクリートを使っているものですから、スチール構造よりは重いものになっている。スチール構造と鉄筋コンクリートとのいろんな意味で中間的な性格を持っているものがある、というのが御指摘だと思います。

そのほかに、施工が多分RCや鋼構造よりはめんどろであるということと、施工が設計に影響を与える程度がほかのものより大きい。あわせて設計が従来は鉄筋コンクリートよりめんどろで複雑な計算を要していたという特徴があるかと思います。

2. プレストレストコンクリートの設計の現状と問題点

座長 時間の関係もありますので次の話題、つまり従

来プレストレストコンクリートの設計がRCや鋼構造に比べて複雑でめんどろであったのは否めないと思いますし、それから最近、先ほど御指摘ありましたように、鉄筋コンクリートとPCは本質的には変わらないというものであるという考え方がかなり普及してきました。そこで現在のPCの設計の問題と、それが今後どういう方向に進むかという話に移りたいと思います。

2.1 現在のPCの設計および構造上の問題

坂手 設計上、PCやRCを完全に分けているわけではないのですが、体系として分けているというのは少し問題があるのではないかと思います。もちろんスパンとして長くなったときに、RCから自然にPCにかわっていくわけなんです、そこが一つの連続線上にあるのではないかと思います。

それからもう一つ問題として考えているのは、メンテナンスフリーですが、相対的にフリーなんであって、あまりメンテナンスフリーを過大視したという問題が最近少しあるのではないかと思います。私、昨年フランスから帰ってきたんですけど、フランスなんかの場合PC構造物が日本より20年から30年古いということで、ちょうど日本の将来を見ているような感じをしたんですけど、かなりメンテナンスフリーを過信したつけはきているな、というのを感じたんです。

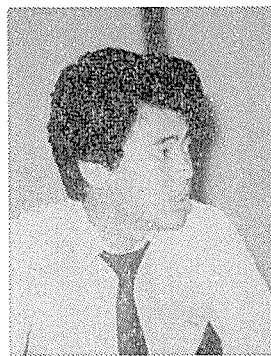
一つには、いまになってレントゲンなんかで調べてみるとかなりグラウト等で問題が出てきている。これは南仏にある橋なんですけれど、約3分の1の鋼線がさびて切れていたというのが発見されて、大あわてで交通どめして補修しています。日本もメンテナンスフリーは確かにメタルに比べてそうではあるけれど、あまりに過信すると問題になるのではないかと思います。

PCの利点として、RCで非常に困った点カバーできる。床版を例にとると、道路公団も東名、名神も床版で頭を痛めていて、それに少しひび割れ制御的な意味のPCを導入すれば様相が変わるのではないかと思います。

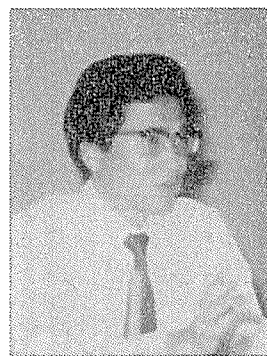
必ずしも床版破壊というのは自動車荷重が重くなっただけでどうも起きていない。といいますのは、公団の実験室で一生懸命荷重をかけても壊れないんですね。荷重は壊れないのに実際に壊れている。これは予想でしかないし、まだ完全に証明はされていないけれど、一つはひび割れが悪さ



仙洞田将行 氏



板井 栄次 氏



宮田 宗彦 氏

をしているのではないかと、それもひび割れイコール塩カル腐食というルートだけじゃなくて、塩化カルシウムを撒かない地区でも起きていますので、ひび割れだけで塩カルが作用しないでも問題があるんじゃないかと思えます。

座長 その点に関しては、先日、大阪市立大学の園田さんが、1か所で載荷をするのと動かしてやるのでは数十倍から数百倍の差があるということを発表されています。

つまり1か所では大丈夫だが動かしてやると数十倍から数百倍早く損害を床版に与えることがあるので、これは実際の状況に近い状態での疲労というか耐久性の問題ではないかと思えます。

坂手 再現性の問題ですね。

石橋 国鉄ではいま、つくったものが重大な損傷を受けているという実態はないんですが、先ほど言いましたようにグラウト不良とか施工時の不良というのがかなり悪さをしています。それが凍結融解が原因で、10年か20年たって表面にひびが出てくる。しかし中のPC鋼材を取り出してみても、それがさびたりということはない。何とか施工不良をつぶさなければならぬと考えています。幸いなことに施工不良があっても、いまのところ致命的な損傷になっていないということで、コンクリートの中は意外と鋼材がさびないものだと、別な面で感心しています。

現状の設計では、PCとRCに分けていますが、方向的には皆さんのおっしゃるとおり一連の流れの中に入るとかと思えます。基本的には、現行のPCの設計はひび割れのチェックというふうに考えてもいいんじゃないかと思えます。

あとⅡ種、Ⅲ種という問題は、一つはPCの方から攻めてきているわけです。しかし実質的にはどうもRCからPCの方へ攻めているというのが実態に近いんじゃないかと思えます。というのは、コスト的にはどうしてもRCが安いのが現状で、同じ25mで橋を比較するとPCは高いですね。たとえば30mの橋をRCで造れないかといったときに、先ほど問題となったひび割れの問題があるわけです。30mをRCでやれば当然安いんじゃないか。だけれどもひび割れが出るからひび割れを何とかしたらいいじゃないか、その方法には、たとえばPC工法を用いる方法もあるだろうし、それが一つはⅡ種、Ⅲ種の問題になるだろうし、あるいは膨張コンクリートを用いる方法もあるだろうと思えます。

仙洞田 ケミカルプレストレスですね。

石橋 だから、PCがⅡ種、Ⅲ種に攻めていってふえているんじゃないかと、逆にRCの方が攻めているという

ふうな考え方の方が実態に近いんじゃないかなと思えます。

仙洞田 先ほど坂手さん、杉浦さんからお話があったように、私ども施工に携わっている者にしますとポーラスなコンクリートの、しかも非常に高強度なものを要求されている中で、断面を削減することだけで単価が安くなるような傾向が最近多いんじゃないかと思えます。そうすると鋼材の配置とか施工性の問題、ひいては断面削減、鋼材あるいはコンクリート等を少なくするというような傾向になってきて、施工不良の要因は骨材の問題やかぶりの問題ばかりでなく、設計から出てくることでもあるのではないかと思えます。その辺を含めて再検討が必要ですね。

杉浦 かぶりの問題に関してですが、土木構造物ですと、コンクリートにコーティングするということがほとんど考えられてないわけですが、民間住宅やビルはすべて外装材を使っておりますね。それを使うことによってかぶりは相当少なくできるんです。都市の高速道路の例をとると排気ガスにさらされている橋脚と非常に空気のいいところでは表面のやられ方がすごく違うわけです。ですから、土木構造物は、何も打ち放しのコンクリートがよいとか、かぶりは5センチ、10センチとかいうことから脱却して、コーティングを考えていくべきじゃないかということ最近つくづく感じています。

仙洞田 結局、スチールと同じように何年かに1回はお化粧直しをすることですね。

杉浦 その方が意外ときれいなんですね。10年に1回塗り直すすと非常にきれいな構造物になると思えます。

石橋 それではメタルとかかわらない。とてもコストが合わないのではと思えます。結局、コンクリートだけが世の中に存在しているわけじゃなくて、必ずその競争相手はいます。コストで勝てなかったら、やっぱり残れないわけですね。

また、ひび割れの問題、耐久性の問題が出ましたが、ある面では設計の示方書がまだ不備なんだと思います。要するに、海岸部で塩害を受ける場所のかぶり、あるいは内陸部のかぶりとかその仕様が不備なんでそういう問題が出ているのだと思えます。

石原 全般的に言うとはやはり石橋さんが言われたように構造物の安全性のとらえ方ですね。特に寿命をどうとらえていくか。スペック等で具体的に示す。たとえば橋梁、海洋、タンク各々使用目的の違いで寿命の評価、いわゆる信頼性のとらえ方が違うと思うんですね。そういうところのスペックをもう少し整備していただきたいと思えます。

それから、PC構造物の設計というのは、施工とは全

座談会

く切り離して考えられるものではないのです。特に橋梁では、同じような条件を設定しましたらいろいろな架設工法が考えられる。それがコストに及び設計上、大きなシェアを占めてくる。

それと、低温タンクまた原子力の容器などを考えると、異常な低温とか異常な高温ということで材料特性等の問題が生じてきます。ですからその辺のスペック等もある程度研究が進んでくると整備が必要となる点だと思いますね。

2.2 限界状態設計法について

宮田 設計で寿命だとか信頼性というお話がありましたが、近年設計法に限界状態設計法、終局強度設計法が取り入れられてきています。そこで現状の設計思想とルールという中で、どのような問題点があって移行されるのか、これは岡村先生がご専門ですのでお話を伺いたいと思います。

座長 先ほど石橋さんから指摘された、PCで耐久性がよくないというのは現行の設計法にむしろ問題があるという点では私賛成なんです。従来、構造物の必要な機能というものは、必ずしも設計で十分対応しているか、設計ルールで対応していたかということが疑問であったわけです。

すなわち、ある手順によって設計されているが、その設計されるものが、その構造物が要求している機能を満足しているかどうかをチェックすることがルールでできているか、という確認がされていないんじゃないかと思っています。

実は限界状態設計法というのは、機能を設計のルールとしてチェックしていこうという思想だと私は考えています。

したがって、いまPC構造物を取り上げると、あるものは50年こういう環境状態でこういう性能を満足しなければいけない。それにあった設計ルール、たとえば海洋環境下で50年、こういう機能を満足しなければいけないとすると、まずそれが、たとえばそこに油をためておくという機能を発揮されなければいけない。これは当然なんですけれど、そのほかに50年間にメンテナンスをこの程度で止めたいとするにはどうしなければいけないか、ということが設計ルールに必要なんです。

たとえば、かぶりは何センチにこういう環境でしなければいかぬ、あるいは繰返しの波による疲労に対してこの程度の安全性を持たなければいけない。あるいは地震とか台風とかに対して安全でなければいけない。それにはどうやって安全性を確保しなければいけないかといったようなことがルールとしてあるのが望ましい。そうい

うことが限界状態設計法の思想だと思います。

ですから、安全係数がどうの何がどうのというのは大した問題ではなくて、構造物が要求される機能を直接チェックできる一番良い方法をとっていく。それは応力度だけではなくて、あるときは応力度であり、あるときはかぶりであり、あるときは疲労であり、というふうにそれぞれの対象とする機能に最も適したチェックの仕方をやっていこうというのが本来の限界状態設計法だと思います。必ずしもそういうとらえ方がいまのところされてないような印象を受けるわけです。

もちろんいまの設計ルールもそういうことを暗黙のうちに了解をして、そういうことが確保されるように努力して、結果的にはかなりそれが満足されているんですが、それをもっと真正面からとらえていくと、海洋構造物とたとえば先ほどの非常に環境の良いところにつくるものとは当然設計上違ったところが明確に出てくるわけです。いまの段階では、それが構造細目のほんのちょっとしたところにちょろっと出てきただけで済んでいる、というところではないかと思っています。

したがって、設計者がそれをあまり意識しないで設計してしまっている。設計者が意識できるような設計体系なり、ルールなりをつくっていくとPCの有効利用もしくは良い使い方がもっとできてくるのではないかと期待しているんです。

柳下 私もいまのお話の限界状態設計法を1日も早くオーソライズしていただくことを願っています。

その理由が、現在の設計手法でいきますとRCとPCの土俵が全く違います。たとえば港湾構造物を設計する場合、あるところではフルプレストレスで設計し、一方では、RCの設計でひび割れがどのくらいの幅で出るか検討し、それで全く同じ物を使っているわけですね。それで、その安全度がこれだけ違う状況で経済比較云々というのはどだいナンセンスです。設計の基本的なものは安全度と経済性のバランスだと思います。基本はそこにあると思います。

座長 国鉄の今度のルールは少し近づいているのではないですか。

石橋 かなり近づいたと思います。限界状態設計法が良いのかどうかという問題、もちろん観念として限界状態の方が良いのですが、結局いまわかってないところは限界状態にしてもわからないだろうし、いまわかってない問題点を解決しない限りは限界状態にしても経済性としては同じではないかという感じがするんですね。

たとえば、PCのせん断設計にしたって、RCはかなりわかってきてはいるけれど、まだ不明確だし、ましてPCの設計は各国の規準を見ても異なっているし、土木

学会の示方書の歴史を見てもずいぶんと変わってきているわけですね。個々の設計の細かいルールというか、基本的なところをかなり詰めていかなければならないでしょう。それからひび割れの問題が出ましたが、鉄筋コンクリートの鉄筋の腐食の問題と当然応力を受けているPC鋼材の腐食の問題というのは違うだろうし、このような基本的な点を解明し初めてルールを変えたメリットが生じると思います。しかし、まだまだかなりわかっていないことが多いのではないかという感じがしています。

座長 結局、我々が土木・建築で物をつくっていくというのは、わからなかったらできないというものではなくて、わからなくてもつくっていつているというのが本当です。したがって、わからないからルールを変えても意味がないというのではなくて、わからなくてもいまのルールで設計している以上、ルールを変えても設計できるはずですよ。そのときにどっちが設計しやすいか、あるいはどっちが適用範囲が広いか、あるいは設計する人がわかりやすいかというような観点で見ればよくて、わからないものはしょせんわからないし、わかるものしかわからない。だけど、わからないなりにそれをルール化してしまっている。それと同じものは別のルール、つまり少し違ったルール体系でもできる。

その辺がいま限界状態設計法に反対されている方、あるいはルールを変えることに反対されている方たちは、何かわかっていないと変えられないというふうなことをお考えのようなんですけれども、しょせんわからないものはどんなルールであってもわからないんで、ただ何がわからないかがだんだんわかるような体系の方が進歩があるし、わからないながらもこれで妥協して設計しているということがわかった方がよいのではないかと。いまのルールですと、あたかもわかっているかのごとく設計者に思い込ませるところ、それが現行の設計法の良い点であるし、問題点でもあるのではないかという気がします。

杉浦 10年ぐらい前から終局強度設計法とか限界状態設計法が取り入れられるという話で、いろいろ自分なりに勉強しました。結局よくわからなかったんですけども、いろいろ実験しまして、私が終局強度設計法、もしくは限界状態設計法というのは、これが妥当だというふうに確信し始めたのは、コンクリート構造物の挙動を的確に把握して、それを数値でフォローしているからです。

石橋 あくまでも限界状態というのは設計のフォーマットがはっきりわかって、どういう点に問題があり、ここを勉強すればよりいままでもより設計がクリアになる

という意味で良いと思っていますけれども、いま不経済であるものがフォーマットを変えたからといって、ものすごく経済的になるかということそれは全然違うんであって、やっぱりわかんないものはいままでも同じようなコストになると思います。

柳下 その点は全く同感ですね。

竹本 そのあたり建築も土木の方と似たような事情がありまして、建築学会のPC基準というのは20何年前にできて、そのとき限界状態設計法の意識はなかったんですが、終局強度設計法的方法を取り入れたわけですが、当時そういう考え方がまだPC技術そのものと同じようにごく初期だったと思うんです。しかし、いずれ変わるだろうとPC用の設計基準をつくるときに、いわば先取りしてきたわけです。鉄筋コンクリートも同じように変わってくるだろうと。

ところが、その後鉄筋コンクリートの設計基準というのが何回か改良されてきているんですが、限界状態ということをはっきり言い出したのはわりあい最近です。しかし終局強度設計法に変わるべきであるという議論がたにもかかわらず、実際にできてきたのを見ますと相変わらず許容応力度法になっているわけです。それはデータ不足で変えにくいこと、設計基準が設計の手引き的な形で使われておりごく一般の技術者の仕事を失うことなどへの配慮もあって変更が見送られているわけですね。

最近、建築学会でPRCの設計指針をつくって発表しましたが、そのときにもやはり相変わらず鉄筋コンクリートがついてこない。しかしPRCというのは、従来のPCと違ってずっとRCに近いものであって、その辺の設計方法の不連続性というのは非常に困るというようなことで、かなり議論があったわけです。しかし、いまさら後退はできないということで、やはり限界状態設計法、ずばり限界状態設計法というより限界状態設計法的設計法を取り入れているわけです。

ただ先ほど岡村先生がおっしゃいましたように、そういう方法をとることによって問題点の所在が明らかになる。耐用年数とか、環境条件を考慮するうえで意義があるかと思えます。

今回のPRC設計指針というのは、たとえば全設計荷重がかかったときにひび割れ幅は何ミリにするとか、引張りを出ないようにするとかを設計者が選ぶようにしています。そういう意味で設計者にとってはしんどいことにはなりますが、それだけにいずれはそれが技術の進歩という形で出てくるのではないかと期待しています。

樫原 建築のことですが、住宅公団——いまでは住宅・都市整備公団ですが、性能発注ということがよくあるわけですね。それは構造形式は何でもよろしい。とにか

座談会

く所定の性能を得るような建物を設計・施工しなさいという発注形態が出てきているわけです。機能的な面から言えば性能発注的なものが本来の建築あるいは土木の構造物のあり方ではないかと思えます。また PRC の設計のメリットについて話しますと、実は積載荷重というのがありまして、それはたとえばアパートでしたら平米 180 キロ、事務所だったら平米 300 キロというふうにあるんですけど、従来それをいっばいまで使ってしかもフルプレストレスにするというふうなことを条件づけられていたわけですね。ところが実際に事務所で平米 300 キロなんて荷重は載らないわけですね。あるいは集会室で 360 キロというのは、1 平米あたりに大人が 6 人ぐらいいざっしり詰まった状態ですね。それでフルプレストレスにするというのは、普通はだれも載っていない状態ですから逆に逆方向のそりなんかも出てきまして、クラックが出たり、ナンセンスな、そう言うては言い過ぎですが、弊害はあった。それで PRC というのが出てきまして、いくら荷重をキャンセルしたらいいかとかというように自由に選べるようになりましたので、非常に設計上、合理性が出てきました。そのかわり設計者が苦しまなければいけない。さらに設計の目標として性能とか機能を一応設定するということが品質保障ということが言われていますが、これはちょっと行き過ぎではないかと思っています。

2.3 品質保障について

座長 では品質保障についてどう考えているか話を伺いたいと思います。

石原 施工を踏まえた設計の中で、やはり日本の場合外国と比べてまして競争入札というのが少ないと思えます。やはりヨーロッパなんかでしたら全体的な経済成長そのものもあまり伸びていませんし、非常に厳しい状態で設計入札をやっている。また物をつくるときの施工業者、あるいはコンサルタントの設計による品質保障体制というものを整理しないとだめだと思います。それがいま残された問題点ではないかと思えます。

座長 その辺は建築の方はそう言っていますね。

竹本 特に PC ということに限らず建築業界全体としてそういう社会的な趨勢から品質保障とはいかないのですが、非常に品質管理体制というものを最近ほうざく言うようになってきています。

座長 まだ保障までとはいかないのですか。

竹本 品質保障というのはもちろん、どういう形で保障するかというのがまだイメージとしてはっきりしていないので、実際に品質保障体制というものを実施している会社はありません。いずれそういうことをやらなければ

ならないということで、むしろどのような形、つまり現実的に自分で自分の首を絞めることは避けて、社会的要請に十分こたえられるような品質保障体制を一生懸命勉強しているわけです。どこかの業者が一番乗りをするでしょう。それはそんなに速くないと思えます。

座長 そういう方向に動いていますね。日本全体が。つまり土木・建築だけではなくて。

榎原 具体的な数値で品質保障というのはやっぱり無理があるんで、機能的な面とかある程度抽象的な方面だと思うんです。

宮田 品質保障というのは、海外ではありますね。アフリカにおける工事契約書で見たのですが、ドイツとかヨーロッパ各国では受注したとき 10 年保障体制が確立しているようです。したがって大規模工事では保険が莫大になるので優秀な業者に限られていますね。ところが設計における品質保障となると設計に対するかし(暇疵)が大きな問題となってくるので、保険制度というのが整備されるまで設計保障は難しいと思えます。

2.4 景観設計について

座長 次の話題として、構造物の設計で景観にマッチするということが言われますが、これをどう考えるか伺いたいと思います。

仙洞田 その点を竹本さんに伺いたいのですが、建築の立場で土木の構造物をどんなふうに感じているのでしょうか。

竹本 きょうチャンスがあったら言わせていただこうと思ってきたことが一つあります。

外国に行きますと橋梁が非常に美しいんですね。もちろん美しいというのは周囲の状況との関係がありますから、橋だけをつかまえてどうだというのはなかなか言いにくいことですが、それにしましても日本の橋というのはあまりにも美しくなさ過ぎますね。

仙洞田 同感です。

竹本 これちょっと、差しさわりがあるかもしれませんが、特に街の中の高速道路、歩道橋等はおそらく、もともと都市計画上予定していなかったものですから、後から無理やりつくれるところにつくったというかこうで、あまりにも醜悪と言っているようなものが多いですね。

これは建築だってももちろん大きなことは言えないのですが、町の中のちょっとしたビルですと、一応の少なくとも自称建築家が一生懸命パースを、施主がそれならよからうと言うまで何度も何度も書き直してそれで建てているわけですね。そして建ててしばらくすると、その前にぎゅっと橋ができて、その建物を見ようとしてもどこ

からも見えない(笑)。そういう点が、都市の景観を多分考えている余裕はないということだと思っただけですが…。

その点外国のものを見ますと、大体建設するメンバーに必ずデザイナーが入っている。橋梁デザイナーというようなものが。その人たちは芸術家なわけです。その点日本はどうも、とにかく使えればいいんだというような感じで。何とかならないかというのは、これは本音ですね。

座長 その点について私もこういう感想を持っています。日本の住宅を考えますと、10年前につくられた住宅はいわゆるウサギ小屋ですね。いまつくられているのはそれに比べるとはるかに住みやすくして人間の住む状況になってきている。つまりこの10年間で日本の余裕が、要するに人間としてふさわしい状況になってきた。たとえばどこかの新しいタウンをつくるのにも最近是非常にきれいにできています。昔のところは、住宅地でもどうしようもない感じのところもあります。ところで、今度土木学会から景観について本が出ましたね。

坂手 景観設計マニュアルですね。

座長 土木構造物の景観設計というもののマニュアルが今日発行された。ですからそれがやっと、いま言われたのが動き始めた。

つまり国民全体の考え方なり何なりのレベルが土木技術にもあらわれている、という気がします。

竹本 納税者としてそれを許すようになるということですね。国民的合意のようなものが出てくるんですね。

座長 たとえば横浜、神奈川ですか、景観に対して全施工費の何%を払うとか、やっとならぬ時代には日本がなってきた。

要するに土木技術者というのは、本来、日本国民をリードする立場にあってもしかるべきだと思うんですけど、それが逆で日本全体の動きについていっている。もうちょっと技術者はほんとうは先に行くべきなんですけれどね。

板井 確かに景観というと、業者の立場からは、橋梁では施工性が一番問題となります。これは施主の方へのお願いですが、たとえばボックスの断面を考えた場合、ウェブにテーパや曲線がついてきますとコンクリート打ちのときパイプレータをかけるのが大変です。そこでディビダーク工法でウェブが直であれば非常に対応しやすくなります。また景観美を重視する方向であれば、業者サイドとしても施工機械等を見直して対応するように進まなければいけないのではないかと思います、型枠等にかかる費用をどう見るかが問題として残ります。

杉浦 首都高速から一言だけ弁解させていただきたい

のですが(笑)。

また確かに都心部につくったところは、ほとんど考えない状態でつくってしまったという一面はあるかと思えます。しかし東京オリンピック前後ですが1号線という羽田から来るPC構造物とかメタル構造物が多いところは非常に景観が考えられているわけですね。結構形状が斬新で美しいわけです。それが重交通で汚なくなっていますが、当時から考える人は考えていたし、最近では特に便覧等があるので考えつつあります。

それからもう一つ、批判をほかに移すというわけではありませんが、大学教育で、建築ではデザインがとり入れられていますが土木にはそれがまずないということで、出てくる若手エンジニアにはデザインが欠落している(笑)。それが土木と建築の大きな差になってくるのではないかと思います。また、私どもつくる側からは、よりよいもの、よりすばらしいものをつくってそれに見合ったお金は出したいという気持ちは決して失っていないと考えています。それが技術屋の基本的な思想だと感じています。しかし出せるかどうかは現実の問題として……(笑)。

座長 お役所の技術屋さんにごんばってもらいたいですね。

仙洞田 デザインを決めていくとき、それほど任されていないというのが現状ではないかと思うんです。

杉浦 それともう一つ、板井さんから景観上曲面にしたら施工機械が間に合わない、施工上の制約が多いという話がありましたが、そういうニーズがあったらそれに対応して技術を改良してもらいたいですね。それがうまくいくと私ども非常に簡単にデザインを選べる。

板井 業者としても、いままでも施工技術というか施工のテクニックだけに安閑としていたのではなく、いろいろ考えているのです。たとえばウェブを薄くしようと思えば流動化剤云々の話もあるかと思えます。我々もそういったことも考えて美観の問題や経済性に対処しなければいけないのではないかと最近よく思うんです。

竹本 その点ちょっと補足しますと、建築の方では設計事務所の大先生というのが何人かおられるわけです。業者から言えば神様みたいな大先生です。その先生の独自の発想でもって非常に施工しにくいものを要求されることがしばしばあるわけですね。それに対して業者というのは、泣き泣きおっつけているわけですね。これは業者の犠牲だということにはなりますが、それが意味では建築物の美しさを守る要素になっているわけです。そういう点で土木の方では、そういう無理をしないのではないかという気がしますね。業者から言えば非常に具合が良いのですが、それは日本全体として考えるとプラ

座談会

スになっていないと言えますね。

宮田 それに関してですが、ヨーロッパでは建設会社に設計やらすなり施工をやらす形をとっているわけです。日本では、デザインして金額まで入れて競争入札して決めるというものがないので、真の競争というものがあればもう少し改善されていくのではないのでしょうか。

坂手 こういう議論があるときいつも思うのですが、大事なことでよく忘れられるのは、トータルで都市全体の計画から考える場がなかなか与えられていないということですね。杉浦さんを弁護するわけではありませんが、首都公団にしてもしかり、道路公団にしてもしかりですね。建設省の方もそうかという建設省の方ではそうでもないようです。景観上、汚いものといいますか、そこに置いたら絶対にどうデザインしてもよくないものはある程度あるわけなんですね(笑)。都市計画の中でよくないのはたとえば遮音壁がそうです。

座長 そうですね。

坂手 確かに遮音壁はない方が良く決まっている。たとえば道路の横にマーケットゾーンが配置できれば遮音壁はいらないわけなんです。

座長 私は実は湾岸線がっかりしているんです。つまり、あれは100mの幅をとっているわけですね。その隣が第一種住宅地域なんです。あそこは全くの埋立地で行政としては自由度があるわけなんです。そのときにそういうことをやっておいて、首都高速、道路公団にくだらない防音壁を高い金をかけてつくらしているんですね。

坂手 道路公団の東関東自動車道に続くのですが、高さ8mの中折れと呼んでいるタイプですが、デザインすれば多少は良くなります。だからやっぱりトータルで考える場を……。また建築について言うと、ビル単体と都市景観として考えた場合、問題がある場合もあると思うんです。

櫻原 つまり、グローバルな立場で、政策上の問題も絡みますが、たとえば横浜市とか神戸市の北野町とか、京都とかそういったグローバルな目で景観をとらえていかなければならないかと思っています。建築ではデザインの部分が大学教育の半分以上を占めていますが、個々の価値感や美的感覚はまちまちです。ですからいかにヨーロッパのように周辺と調和させていくか、いまからの土木と建築に共通して言えることです。

座長 ただやはり、もう一つ行政に考えてほしいことは、たとえば私、浦安市に住んでいます。浦安の一画というのは私企業が全体を買い占めているんです。そこに住宅を建てたわけですね。あるいは公園とか。そうすると全体の環境がものすごく良いものをつくる。それはなぜ

か。いまは良くして高くした方が売れるんですね。昔と違って、つまり環境を買うという概念が国民に出てきたわけです。

一方、行政の方が所有しているところは、それが全くないんですね。いま民間の方が常に先に進んでいて、行政は遅れている。そういう時代になっているので、道路を通すのなら、その周りを買う費用がないとここには道路は通せません、道路はつくりませんといった方向に行かないと、なかなかこれから国民に満足していただける土木構造物はできない。

坂手 そういうことを先生から言っていただくと非常に……(笑)。

石橋 やっぱり社会的なコンセンサスが……。

座長 大分得られてきたんです。

石橋 得られてきたといいますけれど、住宅はやっぱり私的資本だし、公的資本に対する扱いがまだかなり差があるという感じがしているんですが。

座長 たとえば東北新幹線をつくるときに、これだけの幅を買収してくれなければ国鉄はやりません、ぐらいでないとだめなんですね。

杉浦 そうですね。

座長 そういう発想が技術者にほしいんですね。

3. これからのPC構造物としてどんなものが考えられるか

3.1 運ぶ・乗(載)せる・囲う・貯める構造物

座長 まだ設計の問題点があると思いますが、ここでもがらっと変わって、これから将来PC構造物としてどんなものが出てくるか、あるいはどういうものにPCの手法が適用されていくのかについて話を進めたいと思います。

いままでのお話は、現在多いのは橋梁ということで、鉄道とか車とかを渡すというか、その上をこちらから向こう側に渡すという機能を持った構造物が一つあります。それから建築物ですと、たとえば板のように人を乗せておくとか、物を載せておくという、要するに空間を確保する、その上の物を生かすという機能のものもあります。それからタンクのたぐい、あるいは倉庫のように物をためておく、しまっておくというものもあります。あるいはPCバージのように、それぞれのものが動いて物を運ぶ、載っけておいて運ぶというものもある。様々な構造物としての機能を持ったものがあると思うんです。

そういった中で、PC構造としてPCが得意な分野、あるいは発展しそうな分野、そういったことについての

御意見を伺いたいわけです。

まず海外の御経験のある方から最初に話していただけますか。

宮田 以前、フランスにいたときにノルウェーのスタバンゲルで海洋構造物を実習したことがあるんですが、彼らは100年というものではなくてピラミッドと同じに末代までという石構造物を考える一方で、海洋構造物にPC鋼材を使って非常に薄い部材を大胆に使用しています。

このように海では海洋構造物を、陸では斜張橋を建設するとか、彼らの発想は非常に豊かです。我々ももう少し発想を転換してPC構造物の使用について模索した方が良いのではないかと考えるんです。

座長 そういう点で何か構造物で、日本が最初というのはあるんですか。

仙洞田 そう言われるとないですね。みんな外国のまねという形で入ってくるケースが多いですね。

宮田 国鉄さんの高強度コンクリートのプレキャスト部材を使ったPCトラスはどうでしょうか。過去にソ連にトラス橋がありましたか。

仙洞田 実はPCトラスについては猪股先生が16、7年前に私どもの工場で実験をやったんですよ。我々もトラス橋はメタルという印象を持っていました。構造力学的には良いわけなんでしょうけど、その辺を考えると、発想の転換で日本人特有のものが出てくるように思います。メタルでつくっているものはPCでも全部できるという考え方も良いのではないかと思います。

座長 たとえばテレビ塔、高さ100メートルか200メートル、あるいはもっと高い300メートル。それは昔はメタルでしかなかったわけですね。それが最初につくられるとヨーロッパではあっという間に全部それになってしまうわけですね。本来はPCの方が向いていたわけですね。それに向いていたにもかかわらずメタルでつくっていたというのは、メタルに対して親しみを持っている人の数があるかにPCに親しみを持っている人より多いから当然だと思います。

そういう点でPCの特徴が生かせる構造物でありながら全くそれを発想していない、使っていないものがたくさんあるのではないかという気が私はしています。

宮田 このあいだヨットをつくりましたね。あれはやっぱり外国ではつくったけれども、あれだけ大型のヨットをつくったのは日本が初めてではないでしょうか。

竹本 船はしかし、それこそ戦前ですね。

坂手 タンカーはかなりつくってましたね。

石原 バージとか含めて、経済的には十分対抗できますよというところまではかなり商業的な検討を進めてお

りますね。

私もこのテーマについては先ほど先生がおっしゃったような構造物しか挙がらなく、発想の転換を図らなくてはだめだと思うんです。要するに鉄にかわるものをまず考えますと、やっぱり高強度コンクリートですね。

それともう一つPC鋼材ですが、ある文献で見たのがグラスファイバーかなんかで合成樹脂を巻いて普通のPC鋼材以上の緊張材をつくって、定着の問題は残されているとは書いてありましたが、もしそういうものができれば腐食の問題が完全にクリアーできる。またいままでの材料と違った特性のもので、メタルしか考えられなかったところへの使用が考えられます。しかし具体的に何かと言われましたら、せいぜい原子力の廃棄物を海に流すとき囲うところしか思い浮かばないんです。

石橋 鉄の方がやっぱり歴史が古いんだと思うんです。全く新しくコンクリートだけでやったのではなくて、いままで鉄でやったのを順次みんな置きかえてきているのではないかと思います。どうも鉄と競争しているというか、たとえばトラスもそうですけれども、最近だとパイプルーフがあります。パイプルーフのかわりに箱に穴をあけたPCの中空桁(PRC)を線路下の横断構造物の本体に利用しています。鉄でやっていて鉄でしかできないと思っていましたが、やってみると以外と簡単にできた。発想の転換というよりもただ考えつかないただけであって(笑)。

竹本 建築の話なんですけど、建築の分野でプレストレストコンクリートというのは、行く手が2方向あるんですね。一つは従来の延長で、いかにもプレストレストコンクリートらしい高強度の材料を使ってなるべく断面を小さく、あるいは非常に構造力学的に工夫する方向、もう一つは、RCの性能改善というようなことです。

榎原 私どもが大体PCを使うのはRCの改善という面にして、それがいま主流を占めているわけですね。

具体的な例で、たとえば建物の壁のクラックです。そのクレームが多い。それにPCを使えないかどうかということで最近よく試みているのは、乾燥収縮亀裂対策としてプレストレスを導入することです。といいますのは、柱からなるラーメンに囲まれた壁のクラックは壁そのものの自由収縮量とラーメンの拘束とのアンバランスにより生じるのですから、その差の分を外から締めてやったら拘束をやわらげることができます。それもアンボンドを使うんで、かなり成功をおさめています。このようにRC改良という面での使われ方は、建築ではこれからはますますふえてくると思います。

座長 土木の方はどうですか。

座談会

石橋 土木は基本的にメタルのやっている分野にどんどん食い込んでいくことが必要だと思います。実際にやってみると以外とコスト的にメタルに勝つことが多いんですよ。先ほど言った線路下のパイプルーフとか、それから水路管、メタルがもともと多かったものをいまPCにしようとしています。いまリニヤモーターによる浮上式鉄道の勉強をしているんですが、あれは磁気の問題があって、メタルではぐあいが悪く、分岐器は重くなるがPC構造にしようとしています。

石原 タンク関係ですと、ここ最近の低温タンクは直径が60mから70m、高さが40mから50mと大きく、メタルではとても対抗できない。

それからオランダのナショナルプロジェクトでウォースターシェルの防潮堤という非常に大きな工事をやっていますが、あれなんかは典型的にPCの大型構造物の良い面を最大限に利用した工事だと思います。そういう構造物がこれから伸びていくのではないかと思います。これはメタルもRCも追従できない分野だと思っています。

柳下 海洋関係では、港湾関係のどんなものが考えられるかと言いますと……。現在、我が国の海洋の有効スペースとして水深20mまで、これは浅海域と俗に言っていますが、これが大体300万ヘクタール、それから20mから50mが大体500万ヘクタールという状況になっているわけです。現在の浅海域、水深20mの300万ヘクタールのうち養殖海域、航路海域、港湾域とか廃棄物捨て場等ですでに150万ヘクタールが使われている。半分使っています。そうすると、国立公園とかまた使えないところ多々ありますからほとんどいっぱいです。したがって、どうしても50m海域まで伸ばさなくてはなりません。そこでこれからのPC構造物として人工島、大型浮遊構造物、大水深着定式構造物等が考えられます。いま技術協会の港湾委員会で検討した第一号として秋田港のPC曲面スリット式防波実験堤があります。

座長 FIPで運輸省の大槻さんが発表されましたね。

柳下 ちょっとイメージ的に考えていただきますと、通常の形状のケーソンの前面に曲面縦スリット壁を設けた構造で、消波部分をもっています。曲面で波がその消波部分から出るときに非常に大きな引張力が出るようです。RCで施工もできない、構造的に持たないというところにPCが活用されています。

仙洞田 ちょっと質問ですが、関西空港の計画は確かPCのシェル型のものを継ぎ合わせてやる方法もあったかと思うのですが、最近消えてしまいましたね。何かわけがあるのですか。

柳下 やはり問題は経済性ということですね。水深が

20m以下で、防波堤のような細長い構造物でなく、幅の広い海域スペースの利用には、埋立が安いようです。

仙洞田 50mのところへ飛行場をつくるとしたら違うでしょうね。

座長 それはメタルの方も案が出ていたでしょう。あれはどちらが安いんですか。

柳下 やっぱり埋め立てにはかからないですね。

座長 そうじゃなくてメタルとPCです。

柳下 五十歩百歩でそんなに変わらないと私は思います。ほんとのところまで私は追求されていないと思います。少なくとも水深20mとすると、ケイソンがすでに防波堤として使われているんですね。従来の実績で相当できるわけがありますから。まだ本当のところまでいっていないかとは思っています。

坂手 私さっきのメタルをPCに置きかえたというのに異論を持っているんですね。フランスにいまして、アメリカはそうでヨーロッパはそうではないんですね。ヨーロッパはむしろ石をコンクリートに置きかえたんです。ドイツはちょっと違うんですが、特にフランス、イタリアあたりは石の積み木をしていたのを石がなくなりました。ですから基本的に積み木の思想なんです。確かにブロック工法は多いですね。やはり石を積んでいたのをPC構造物で……。

杉浦 それとやはり地震の影響を考えないということが大きいのではないかと思いますね。

坂手 地震に対する考え方は軽い方がある意味では良いことは確かなんですが、逆にある程度マッシブであっても基礎を少しフレキシブルにして、橋梁全体の長周期化をはかったらどうかと、これは恐ろしいものですから、こういうことを言うと若過ぎるとしかられますが、その辺の勉強をしたらいわゆるPCの適用の仕方も変わってくると思うんですね。

4. 10年レンジで考えたときのPC構造物の設計はいかにあるべきか

座長 最近、設計がほとんどコンピュータでやれるようになってきていますし、場合によっては製図も自動製図で行っています。

一方、最近マイコンが発達してきているし、それからカラーグラフィックのディスプレイもできてくる。そういった設計で使えるようなハード面が進歩して今後も進歩していく。ソフト面では、先ほど限界状態設計法と言ったんですが、設計体系そのものがもう少し進歩していくと思います。そういったときに、これからの技術者そして設計をする人が、良い設計をするために、どんなこと

が必要になってくるのか。

つまり、いまの中堅の方は最初のころは手で設計しているいろんなことを知ってる。したがっていまコンピュータが使われていてもわかる。だけど最近入ってきた人は、いきなり最初からコンピュータで計算し、インプットデータを入れたらとにかく答は出てくる。そうすると、そういうことでは若い人たちが伸びないのではないかと心配をしている人がいる。

一方、設計は人手をかけてやるものではなくて、1人で10も20も1日にやっつけてしまえばいいというぐらいの、1日というのはちょっとオーバーですけど、短期間にやっつけてしまって、もっと先ほど言った芸術的な面だとかそういったものに技術屋の頭を使っていく、そういうこともあると思うんです。

要するに、これからの土木そして建築の設計技術者というのは、コンピュータの利用を含め、どういう点に力を入れなければならないのか、いかに企業内あるいは会社の中で仕事をしながら鍛えていけば良いのか最後にご意見をいただいてこの座談会を終わりたいと思います。

4.1 設計に用いるハードの進歩に対処するためソフトの進歩はいかにあるべきか

(1) コンピュータの利用の面から

榎原 私はコンピュータの使い方には2通りあると思うんですね。

一つは、料理でいえばフルコース的な使い方、それは一貫プログラムと称するものですね。ですから、最初入力データを入れれば答は一発ではないですが、結論がでてくる。そのプログラムを使うに当たっては途中のチェック機構は何もない。コンピュータ自体でやらなければいけない。人間の判断は入らないということがあるわけです。

もう一つは、アラカルトふうの使い方といいますか、単発の部材設計、応力設計、それからちょっとした設計ディテールのチェックとか、そこにおのおののステップで人間の判断を入れる。

コンピュータの使い方としてどちらが良いということはないと思いますが、いままではどちらかといえば一貫プログラムふうな使い方が多かった。

最近マイコンあるいはグラフィック・ディスプレイを伴ったマイコンというのが出てきましたので、それは常に人間の判断が途中の設計段階で入ってくる。煩わしい計算なんかはコンピュータにやらせればよろしい。そういった使い方をしますと、安いマイコンで容量もいらぬものが使える。ですから、現に設計事務所とか我々のところでもマイコンの導入というのを真剣に検討してい

るんですけれども、やはり途中で人間がチェックできるという機能をプログラムの運用に使っていくというのが、やはり技術者教育等含めて非常に大事なことはないか。そういった面でコンピュータを使っていくのが好ましいやり方ではないかと考えています。

宮田 そうですね、それと私どもの設計事務所ではどうしても時代の趨勢で大型のコンピュータを独自に入れています。プログラミングにかかる費用、電算化が進むことによるソフトの流通化、プログラムのメンテナンスが大きな問題となってきています。

それと電算化しハードが進歩したわりには、日本では図面等はまだまだ相当シビアなところを書かないとお役所で受けつけてくれません。この点、建築屋さんがうらやましい。そこで将来の設計を考えますと、コンピュータを使うと同時に設計の簡素化を発注者である道路公団さんとか国鉄さんが率先して言っていただけないかと……。またソフトサービスに対する対価をハードに対するものより、より以上認めていただくことが日本の技術者の資質の向上にうまくつながるか考えるのですが。

坂手 私はコンピュータは発達したが、手計算でやった時代に比べてセンスが落ちてきているのは確かだと思うんですね。

ある事例ですが、スパン40メートルのPCボックスの設計が、どうも私の勘より鋼線量が多い、どうもおかしいというので、公団の若い人にチェックしてもらったところ、やはりこれでいいんだと。コストを比較すると一番低いところをねらっているんですが、コンクリート断面平均のプレストレスが約55キロぐらい入っている。これ東名・名神時代は35キロぐらいなのです。やはりがんがん締めれば良いのではない。おそらく鋼線の単価が最近下がってコンクリート単価が上がっているの、桁高を抑えて鋼線を入れた方が良いというような経済性が出てきているのです。こういうセンスが最近落ちてきているのは否めない。

逆にコンピュータを利用して良い面は、原式に立ち返った難しい式でも解けるわけなので、示方書をコンピュータ的な示方書にすることが一つあると思うんです。そうしますと、解くのは連立方程式でややこしくても、いわゆる基本式で見た方がわかりやすい。それともう一つ。コンピュータの一番得意なデータ集積をもう少し本気で利用することが必要かと思えます。道路公団でも大容量の計算機をどんどんぶち込めば、過去のデータ分析はいくらでもできるし、先人の苦勞した跡が容易に見える。そうして違ったら何でかと問えばいいんです。

板井 うちでは、検索システムなるものをつくらうとして結構いま努力しているんです。でも、こういった話

座 談 会

がある一企業じゃなくて、企業全体の問題としてとらえられればもっと違った形でおもしろいものが出てくるのではないかなという気はしないでもないんですが。

宮田 コンピュータの利用上からすると、示方書が多いため国鉄用の電算プログラム、道路橋用のプログラムというようにいろいろ持たないとだめなんですね。先ほど限界状態設計法の活用のお話があったんですが、今後これが各示方書に取り入れられたときのコンピュータの利用ということでお話を伺えれば……。

座長 それにはコンピュータのプログラムの組み方だと思うんですよ。逆に言いますと、みんなが共通な部分とそれぞれによって違う部分があるはずなんですね。それを分けて対応しなくてはいけないと思うんです。共通の部分は共通で済むわけですから。それからどうしても違うものは当然あるわけですね。

実際、各示方書で違うというところがあっても、たとえばクリップがもし違っているとすれば、クリップのところだけは本来はサブルーチンでいいんですね。せん断に対する考えが違う場合もそうですね。

それからコンピュータと人との関係について考えてみたのですが、人間が判断するところとコンピュータにやらせるところと分けていかないと技術が進歩しないし、勘もできないという面があると思うんですね。ですから人間の判断を要するところと要しないところを、ルールもそうだしコンピュータも使い分ける、という方向で行かないと、いまのままで行っていると技術者のレベルがだんだんと下がっていく、という気がするんです。ちょうどいまがその境目というか、ここでもう少し怠慢していると取返しがつかなくなるのではないかと、という感じを持っています。

(2) 示方書の使用の面から

石橋 ソフトは非常に大事だという話ですが、たとえばPCのここ10年間を見て本当に発展があったのかというと、新しい構造形式もあまり最近出てないし、PCの技術がいま全般に停滞しているんじゃないかという気がしているんですね。架設工法にしても押出し工法が最近新しく出てきましたけれど、あれもヨーロッパのもんですし、50mくらいの径間の単純桁施工法なんていうのはほとんど適当なものがないということで、もう少しその辺を実際面で勉強していかなければならないかと思っています。それからハードの進歩で我々技術屋はどうなっていくかということを考えると、ある面では二極化していきんではないかと思っています。設計計算そのものはコンピュータに任せることにより、それに従事していく技術者は少なくなり、一方、計画の分野といいますか、いろいろな構造形式を考える分野の人が増えると思いま

す。それから、いまの示方書がハードの進歩に対応した示方書になっていないのです。だからいくらハードが進歩しても、もともと示方書とか計算の手法がそれに対応できるほどの精度となっていない。もともとかなり大ざっぱに求めた式を一生懸命計算ばかり細かくしてもしかたがない。

だから、計画の分野にうんと力を入れると同時に、いまの示方書を、少々計算式が難しくなっても構わないから、強度、ひび割れ、せん断などの計算式をコンピュータのハードに見合った精度のものにすることが必要です。ハードだけ進歩して、いくら細かい計算をしてもバランスがとれないので、これからはこれらの分野にもっと力を入れていかなければいけないのではないのでしょうか。

仙洞田 ちょっとそれに関連して施工側からの意見なんです。いまの示方書の改定、当然スペックをセーブしなければいけないという問題がありますが、土木と建築の大きな違いというのは、土木には大先生というのは意外といないんです。何かスペックで縛られて計算していけば物ができる、というのが土木ではないかと思いません。建築の場合にはデザインというのがあって、たとえばある先生のデザインは良いとなると、それはある程度高くても買っていくという思想があります。

これからは、鉄道や道路の設計、都市計画にしても、建築も同じだと思いますが、ある程度任されて、当然競争入札で設計から施工までを通じてデザインを決めていくところからスタートしないと、スペックだけで縛っていると旧態依然、技術の開発はできないし、日本独特の会計検査というのがあって、何か不義理をやっていないかというチェックだけにとどまってしまう。ですから施工技術の開発を逆に言いますと、設計から施工技術を開発するようにしなければならぬかと思えます。

杉浦 示方書がかなり整備されてくることの非常に逆説的な意味の不安がありますね。それは示方書が整備されて、それを勉強してそれを守っておればそれでいいというふうに、エンジニアのバイタリティーを奪う方向に示方書が利用されるからです。

ですから示方書というのはある程度基本的なところだけをきちんと押えておけばよいので、あとは設計要領とか設計指針程度で押さえておいて、できるだけ設計者の自由度、もちろんそれは十分な実験とかデータに裏づけられなければならないわけですが、そういう余地を残しておくことがベターだと思います。ちょっと土木業界というのはあまりにも示方書に偏り過ぎるところがありますね。

座長 逆に言えば、設計者が苦しみ、自由度があると

技術が進歩する。ですからそういう設計法でなければならぬと思います。限界状態設計法の体系にしても、ここは技術者が判断する、ここは判断しなくてもいいというふうに明確に分けていった方がいい。いまの示方書は土木の方はその辺があいまいで、そういう意味に今後の示方書をもっていくべきだと思います。それは必ずできると思うんです。

仙洞田 建築学会も同じでしょうが、土木学会編さんのプレストレストコンクリートの示方書があるわけですね。一方、国鉄、首都高、道路公団にもそれぞれあるわけですね。これは何とかまとめてサブルーチンのような形でまとめて土木学会の示方書をレベルアップすることはできないでしょうか。

座長 私は、限界状態設計法というのは、あらゆる構造物に対応できるものでなければいけないと思います。ここの部分はこういう配慮をしてそれぞれのところで違えるように決めてください……。

坂手 使用条件として違えるわけですね。

座長 そう。そういうものを明確に設計体系としてつくるとするのが限界状態設計法の本質だと思うんです。

仙洞田 大至急それを作っていたら設計の仕様にばらばらな問題が出てきてしまって、決してでき上がったものはそう違わないんですが、ルートが、歩く道が違うものですから、どうしても若い人たちは勘違いしがちです。

座長 そうですね。私がいま試みているのは、一つの計算ルーチンですべてのものを設計できる。それはサブルーチンは取りかえるだけです。たとえば、いまの道路協会の示方書あるいは国鉄のものというのは、その形にぴったり1対1に変換できるわけです。両方ともが変換できるわけです。そういうもので全体を表現している。そうするとプログラムを基本的には変えなくていいわけです。いまでもよく見ればそれができるんですよ。

4.2 技術者をどのように教育し、育てるか

座長 最後に技術者をどう教育し、育てるかお話を伺いたいと思います。

仙洞田 いわゆる土木技術者、あるいは建築技術者の教育の問題についてですが……。というのは我々が育ったころには、コンピュータという名前も知らなかった時代で、まさかこんなふうな時代になるとは思わなかった。IBMとかいわゆる外国の戦争を中心に開発されたものが、土木にこれまで利用できるかということは想像もしなかったんです。しかし、高度成長の時代を終えていまの日本の土木そして建築の技術の高度化が目ざまし

く、もう海外へ技術を学びに行く時代は過ぎたと思うんです。現代発想の転換じゃなくて、逆に日本がいかにか世界の土木技術をリードするかという時代にさしかかっているんで、日本独特のノウハウを持った技術者を育てなければならぬかと思っています。

宮田 海外の業務ではソフトの面にふれる機会が多く、日本の技術者も発展途上で信頼を得て仕事をしていますし、近頃、この種の仕事も増えています。でも我が国ではデザインのソフトの評価はまだ低いですね。

座長 その点について私は、うちの大学の学生には言っていることなんですけれども、ソフトというのは技術レベルの高い人でしか判断できないはずですね。つまり、物がある量がいくらで全体でいくらだからどうだというのはだれでもわかる。技術は知らない。要するに表を引けば出てくる。それに対して、こういうソフトはたとえばどのくらいのレベルの人がどのくらい考えなければできないものかということがわかるのはエンジニアなんですね。それが役所あるいは発注者側にもそういうエンジニアが本来たくさんいるはずなんです。その人たちがそういうことをそれ以外の、つまり事務系の人に対して主張して、会計検査その他でディフェンドできるようなことをやってほしいわけです。それは技術者でしかできないことです。それが役所やその他の技術者のレベルを、地位を高めることにもつながると思うんです。お互いさまだと思うんです。また逆に言えば、それがいい物ができ、そしてひいては日本の国民のためにもなる、というふうに思うんです。その辺について。

石原 ドイツの例ですが、ドイツは一般に技術者の社会的地位というのが非常に高い国です。去年、西ドイツのコンクリート学会に出たんですが、そのときの会長さんの談話が非常に印象的でした。

労働力が実際質、量ともに非常に低下してきている。これは施工機械とかいろいろ改良はやっているが、やはり会長さん自身の御意見としては、技術そのもののレベルが落ちてきている。おれたちはもっと高い地位にあるんじゃないか。若手の良い技術者を育てようじゃないかという呼びかけが多くあった。その一つの例としては、若い人にとにかく良いことをやった人には堂々と表彰しよう。たとえばルッシュ先生の何とか賞とかそういったものも一つの例だということをおっしゃっていました。日本の場合は技術者の地位というのは非常に低い。ここ最近国民の目も肥えてきましたが、たとえば橋についても、これは美観的に非常にきれいだというふうになってくれば、技術者の地位が少しずつ高くなっていくと思うんです。これが10年後になれば、日本だって西ド

座談会

イツと同じように問題が起こるかもしれないんです。

座長 ただ、いま官庁系の技術者ががんばり方で決まるというのがかなりありますね。

石原 そうだと思いますけれども、やはり、住民に訴える印象で技術者の地位というものは上がっていくのではないのでしょうか。それは確かに、技術者の内部では役所の方がんばってもらわないとだめですけども、全般的にはそのようなことになってくるのではないかと思います。

我々はよく生涯教育という言葉が社内的にも使われているんですけども、やはりハードの進歩というのは非常に早いのではないかと。やはり技術者たるものは、そのハードの進歩に対応できるような教育をやる。技術者というのは一生死ぬまで勉強していかなければならないと言われてるんです。ただ、具体的にどういう勉強をしろとかいうのは非常に難しいですね。

座長 それが大事なんですね。

石原 それで私どもの場合には OJT (On the Job Training) というものを中心にがんばってこうとしています。しかしなかなかまだ克服できない、ハードな面についていけないというような状況です。

杉浦 先ほど先生が言われたように、役所側の技術者ががんばらなければいけないというのは、やはり設計料の問題にもフィードバックしてくると思うんですね。エンジニアリング料を、たとえば図面一枚ですとこれがいくら、計算書一枚いくらという判断で、それに設計技術料というのを何%というような積算体系になってまして……。

座長 それを変えなければ……。

杉浦 それを変えたい。私どもも同じ技術者ですから、たとえばいま 100 円でやっていたものを 200 円払っていいものをもりたいという意識があるわけですけど、もう一ついまの現状は、意外と発注者、コンサルタント、ゼネコンというふうに分解しているために、コンサルタント側の方たちが細かいディテールとか施工まで知恵が及ばないとか、私どもは逆にそういうものをトータルしたエンジニアリングを買いたいという意識があるわけですね。だから、分解していくがためにそういうエンジニアリングが育たなくなっているという矛盾があるわけです。だから、いかに現場の職人的なノウハウを、コンサルタントとか設計エンジニアにフィードバックするかということが非常に大事だなと思うんです。

柳下 私、年だけはとっちゃったもので、若いときに、それこそ残業で計算の一つから紙に全部書きましてずっとやってきたわけですが、それでおかげさまで係長になったときは、50 ページぐらいの計算書をわずか 10

分くらいで 10 か所も 20 か所も問題点を見つけまして、ぼんぼんと若いのをやっつけたという経験があります。これは何ら技術じゃないんですね……(笑)。

それで私、ほんとうのプレストレストコンクリートというのを知ったのは、やはりクレームですね。クレームが起きたときの対処の問題にぶつかったときです。

それから、やはりこれからは取りかえる工事ということが相当出てくると思うんですね、いままでやったものを。それに向いた構造物というか新しい分野、新しい構造物が開発されていくと思いますので、これからの若い人に対してあまり心配することもないのではないだろうかとは私は思っております。

竹本 建築ですと、大学教育でプレストレストコンクリートという講座のある大学が非常に少ない現状です。特に関東地区では全くないといってもいい。それがよく問題になるわけです。

ですから建築学会で P C 関係の委員会またはワーキンググループを結成しようというようなときに、タレントが関東地区から得られないというようなことがあるわけです。

それはなぜかと、いろいろな説があるんですが、これは個人的な見解ですけども、工事量が少ない、つまり経済面への影響度が少ないので、わりと東京の人たちというのはそういうことにさといですから、そういうものに手を出さない。むしろ京都だとか大阪だとか、あんまりさといくない方がしがみついているようなところがある。それは仕方がないと思うんです。それをやれと言っても仕方がないと。結局そうすると、経済活動への影響度が大きくなってくればいやでも取り入れてくるだろうと思います。

初めに言っていましたように、建築の分野では特殊な P C 独特のものということではなくて、従来の建築物に P C の技術が応用され、これからどんどん広がっていくでしょうし、またそれを広げようとしているわけなんです。特に 10 年というレンジで考えてきますと、多分 10 年ぐらい先になるとその効果がでてきて、「技術者をどのように教育して育てるか」という風潮が一般化するのではないかと考えています。

座長 さて、ずいぶん時間も超過し、中途半端なところで終わるのも問題があると思いますが、こういう問題はきりがいいものですから、一応これでおしまいにさせていただきます。

すなわち、将来の人たちにどう望むかというのは、本日の座談会を読んでいただければ何となくわかるということで、締めくくりにしたいと思います。

どうもきょうはほんとうにありがとうございました。