

# PC 技術の戦中戦後の状況と今後への期待

仁杉 巖\*

私は 1943 年兵役を招集解除になって、当時の鉄道省官房技術研究所コンクリート研究室に配属になった。この頃、コンクリートの権威者だった東京大学教授の吉田徳次郎先生が研究所の顧問をされていて、毎週月曜日の午前中に研究所のコンクリート研究室に来られて、われわれの仕事にアドバイスをされていた。コンクリート研究室には何人かの先輩方が居られたが、それぞれお忙しかったのか、いつの間にか毎週吉田先生（以下先生と書く）のお相手をするのは私一人の仕事ようになってしまった。先生のお相手をするには前からそれだけの勉強も必要なものでなかなか苦しかったが、私は先生から個人教師のような形でコンクリートのことはいうまでもなく、今でも先生の後輩に残された言葉がいろいろな資料に残されているが、その高い識見をもった先生のお話を直接伺い、その後の私の生涯に大きな成果をうることができたことを大変有難く思っている。コンクリートについていえば先生がアメリカのイリノイ大学に留学された当時、とくに机上での勉強だけでなく、徹底的に実験を行って確かめるということをしないと、本当に身に付いた知識にならないということを繰り返し教えられたとのことであった。私がはじめて、プレストレストコンクリート（以下 PC と書く）という言葉聞いたのは先生からであった。

昭和 18 年（1943）の初めに私が研究所に復員してきて初めて先生にお目にかかったとき、先生からコンクリート技術のなかで、最近 PC という技術が発展してきているが、この技術は必ず今後広く利用されるようになると思うので、君はこの PC の技術を勉強しなさいとご指示があった。なお、この点については当時の研究所長の吉田謙平さんにも了解してもらってあるよと言われて吃驚したが、先生のご指示なのでこの時から PC の勉強を始めることになったのである。

先生が戦争もかなり日本の敗色の濃くなっていたこの時期に、私に PC の勉強をせよと言われたのは、当時日本に鉄が無くなって、戦争の遂行に支障をきたしてきたので、

鉄筋コンクリートを活用して何とか鉄の使用量を少なくしたいという国策に沿ったものであったと思っている。

確かに PC ができれば今までは鉄でしかできなかった 14 m 以上の長い鉄道橋も当時の考え方でも 50 m ぐらいの長さの橋を、鋼を使わずにコンクリートで作ることができるし、そこで使う鉄の量も極端に減らすことができると考えられていた。こうした軍事的な要望が PC の研究を急いでやれという指令の出た背景があったように思っている。

私が PC に取り組むことになっても、PC の本質が何やらまったくわからないので、まず文献調べから始めた。当時戦時中なので、欧米からはほとんど新しい文献は入ってこないで、当時の最新情報は知ることができなかったが、1940 年頃までに入ってきた文献を調べた。その中で、比較的 PC の本質を理論と実験から解りよく説明しているのが、ドイツ人ホイヤー（Hoyer）氏の“Stahlsaitenbeton”という本であると思ったので、この本を基本にして考え実験を進めることにした。

ここで私がいう PC 桁は、桁の端部に特別な定着装置を置かない、いわゆる、プレテンション型の桁について議論しているのであって、今日一般に使われている端部に定着具を使うポストテンション方式の方を対象にしているのではない。したがって鉄道の枕木などには当てはまるが、大型の橋梁などには原理は同じであっても、現実の作業にそのまま当てはまるわけではない。

このときホイヤー氏が述べている結論は

- 1) ピアノ線をあらかじめ引っ張ったままコンクリートを打ち込み、コンクリートが硬化してからピアノ線の張力を緩めると、ピアノ線とコンクリートの付着力でピアノ線の縮んだ量だけコンクリートも縮むので、コンクリートに初応力を導入することができる。こうして出来上がった PC 桁ではコンクリートにひび割れができるまでは、導入された初応力、ひび割れ荷重、たわみ等はその桁がコンクリートにひびの出ていない均等質の材料の桁として計算してよい。
- 2) 桁に導入したためにコンクリートに起こるクリープや乾燥収縮はピアノ線のように強度の高い材料を鉄筋として使えば、そのマイナス効果を心配する必要は無い。
- 3) プレテンション型 PC の場合、比較的細いピアノ線を使うので、コンクリートとピアノ線との付着面積が緊張力に比較して大きいこと、桁端ではピアノ線の応力がゼロになるので、ピアノ線がウエッジ型になるので、特別な定着具を使わないでもピアノ線が滑って初応力を導入できないことを心配する必要はない。（この点について、私はホイヤーの説には賛成せず、ピアノ線



\* Iwao NISUGI

極東鋼弦コンクリート振興(株)  
取締役最高顧問 工学博士

を一寸錆びさせて使うのがよいと思っている。)

- 4) 桁に起こる斜張応力は初応力が入るため、初応力の無い桁より減少するので、設計時に  $\tau = 18 \text{ kgf/cm}^2$  以下に断面を決めればとくに計算して腹鉄筋を配置する必要は無い。
- 5) 桁の許容荷重としては、ピアノ線の位置のコンクリートの応力度がゼロになるくらいと考えるのがよい。
- 6) 実験をしてみると5)で決めた許容荷重はひび割れ荷重に対して1.5位、破壊荷重に対して3ぐらいの安全率がある。

以上がホイヤー氏の結論である。

私はこれを見てPCの本質が何かということの大略はつかめたが、この結論が正しいかどうかについて実際にやってみなくては確信がもてない。とくにPC桁の破壊の状況についてはあまり明確な記述がなく、自分で桁を造り、壊してみないと自信のある結論を出せないということになった。そこで、研究室の若手を集めて作業に取りかかった。しかし、1943年の中頃といえ、日本には物資が極端に欠乏していて実験に使う資材もなかなか集まらない。一番入手の難しかったピアノ線は吉田先生が昭和製綱所から寄贈された物を私どもが頂戴できたので苦勞しなかったが、型枠用の木材から、セメント、骨材に至るまで集めなくてはならない。幸い当時鉄道省では信濃川発電所の工事が行われていたので、信濃川建設事務所の阿部所長のご好意で何とか間に合わせる事ができた。ここまでは自分の力で何とか処理できたが、10本余りあるピアノ線を同じ強さで事前に引っ張る装置をどう造るかが大きな問題になった。吉田謹平所長の直々の指示もあったので、研究所の試作工場も全力をあげて協力してもらったが、コロンブスの卵ではないが、今では何でもない装置を造るのにかなりの時間と労力を使ったことを懐かしく思い出す。こうした皆さんの協力を得て1944年2月1日に高さ5cm、幅10cm、長さ1mの桁にピアノ線の引張力を緩めると桁が反り上がって桁のプレストレスが導入されたことがわかった瞬間には関係者一同万歳を叫び、吉田先生と吉田謹平所長に第一報をいれて、喜んでいただいたことを鮮明に記憶している。これが日本で始めて作られたPC桁であつたらうと思っている。これからPCの主としてプレテンションの桁について理論と並行して実験を行い、その成果を「鋼弦コンクリート桁の設計法に関する実験的研究」(土木学会論文集第7号1950.11)論文として発表した。この論文が契機となって鉄道の枕木の製作が始まり、全国に普及していった。

その後、私は鉄道の現場に出たので、PCの新しい研究から離れていた。しかし、その間にも何とかしてポストテンション型の本格的なPC橋梁を建設したいと念願していた。1952年に第二次世界戦争の平和条約が結ばれ、今まで日本人の入国できなかったヨーロッパへも留学できることになり、国鉄からその第1回留学生として、私がPCと軌道の勉強に派遣されることになった。まだパリやロンドンあたりに日本料理屋もないような時代だったので、現地での調査に大分苦勞したが、PCがヨーロッパでかなり広範囲で使われている実情を直接見聞することで、日本のように地震

の多い国では建築に活用されるにはまだ時間がかかりそうだが、鉄道橋では騒音や保守の問題を解決できるので、なるべく早く使うべきだと考えながら帰国した。その後ポストテンション型の鉄道橋を造るべく、いろいろと努力していたが、たまたま信楽線の大戸川橋梁に支間30mのPC橋を建設する機会を得た。この頃日本ではフランス人のフレッシュネーがPCの原理特許をもっていたが、日本の代理店として「極東鋼弦コンクリート振興株式会社」が設立されていたので、この会社と協力して計画から設計、施工に至るまで徹底的に勉強し、納得するまで実験を繰り返して完成させた。この時の記録は「支間30mのプレストレストコンクリート鉄道橋(信楽線第一大戸川橋梁)の設計、施工及びこれに関連して行った実験研究の報告」(土木学会論文集第27号1955.7)に細かく記載してある。国鉄ではこれを機会にPC橋梁を多く使い始め、東海道新幹線だけでも500橋くらいのPC橋が使われている。

その後、私はコンクリートとの仕事とは離れてしまい、その後のPCについてあまり勉強していないので、言うことが当を得ていないかもしれないが、最近PCについて考えていることを述べてみよう。近頃、建設されるPC橋にはいろいろ工夫を凝らして、斜張橋、外ケーブル方式、エクストラドーズド橋、波型鋼版ウェブ橋、など長い支間の橋も多く造られている。また桁の断面も橋梁内に空洞を作って軽量化しているものも造られている。

私は鉄筋コンクリートの鉄筋の代わりにピアノ線を入れてなんらかの工夫をしてピアノ線を引っ張ることによってコンクリート桁のテンションサイドに圧縮力を入れて常用荷重ではコンクリートに引張応力を起こさないようにするのがPC橋梁であると考えている者にとっては、設計でも施工でも奇をてらわずコンクリートの特質を生かした強い長持ちのする構造物を造ることに留意する必要があると思っている。また、現状のPCの現場作業を見ると、もっと質の良いコンクリートを作る工夫が必要だし、グラウトなども丁寧に施工すべきだと思っている。また、PCに直接関係する作業は一定のレベル以上の技能資格をもったグループにのみに作業させるようにしないと良いPC構造物を造ることができないのではないかと心配している。最近ヨーロッパなどの橋梁の状況を聞くと、新幹線などにかつてはコンクリート橋が多く作られていたのに、最近では圧倒的に鋼橋が増えたという情報がある。鉄橋の場合厚い板材ができるようになったこと、錆びに強い鋼板ができたこと、検査と修理が簡単にできること、鉄道の防音に対しては、厚い砂利層で対応できること等がその理由のようである。コンクリート屋も頑張らないと、自分の仕事を自分で無くしてしまう結果になりそうである。PCコンクリートの発展するためにさまざま工夫と経験を積んでより良いPCを造るように後輩の方々の奮起を期待しています。

#### 編集部注

本文中で紹介された論文は、土木学会ウェブページ内(<http://library.jsce.or.jp/Image/DB/mag/p/jsce/index.html>)にて閲覧することが可能です。

【2006年9月11日受付】