

## 鉄道 PC 構造物についてこの頃考えている事



仁 杉 巖\*

編集者から私に求められた表題は「鉄道 PC 構造物の展望」ということであったが、この特集では鉄道関係の現職の PC 専門家がそれぞれの立場から、現状や展望を発表されるので、現在の鉄道 PC 構造物に関する考察はその方々にお任せすることにして、戦前 1943 年頃から PC の実験を含めた勉強を始め、1953 年に日本で始めてポストテンション形式の大戸川橋梁（スパン 30 m）を造った経験をもつ老兵が、最近 45 年振りに PC 界の仕事に戻って、PC の現状を見て感じたことを書くことにした。この中から現在活躍している PC 関係者が何かを掴み、考えて頂くことができれば有難いことと思っている。したがって、ここに書くことは PC の明るい未来の展望というより、このままの状態だと PC の発展は難しくはないかといった心配を書いたと理解して欲しいと思っている。

私が若い頃発表した PC に関する論文が 2 つある。1 つは「鋼弦コンクリート桁の設計法に関する実験的研究」（以下論文 1 と書く）であり、もう 1 つは「支間 30 m 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」（以下論文 2 と書く）である。前者は私の学位論文であり、後者では 1955 年の土木学会賞を頂戴している。

私はもう 88 歳余りになって、こんな古い論文を誇らしげにここに書くのはちょっと恥ずかしい思いがするのだが、以下、私が PC に就いて書くことはいろいろな点でこの論文と絡みがあるのであえて書いた次第である。

日本で PC が技術雑誌等で取り上げられたのは 1942 年頃であったが、当時欧米とは戦争状態だったので、詳細なデータが入手できず PC の本質がまったくわからなかった。1943 年の正月に召集

解除になって鉄道省官房技術研究所に復帰してきた私は吉田徳次郎先生の指導の下で PC の研究をせよという研究所長からの直接の命令を受けて PC の研究が始まったのである。終戦時の 2 年ほどを除いて 1949 年頃まで、PC の本質をプレテンション型の桁の実験を通しての解明と、当時、実現のいそがれていたコンクリート枕木の研究が始まった頃に、その記録をまとめたものが論文 1 である。その後、私は研究生活から離れて鉄道の建設現場に出ていたが、1952 年にヨーロッパに 3 ヶ月留学の命令を受けて欧州各国の PC の現状と鉄道の実態の勉強をしてきた。

このとき、私が PC について強い印象を受けたのは、地震国である日本では PC でもプレテンション型のは枕木など特殊な用途にしか使えないので、なんとかポストテンション型の橋桁を造りたいと機会を狙っていた。1953 年に信楽線という支線の大戸川橋梁が水害で流失した復旧作業が始まることになった。この橋梁は私の勤務していた大坂工務局管内にあったので、本社の理解を受けて支間 30 m の本格的なポストテンション型の PC 橋梁を造ったのである。この研究報告が論文 2 である。この工事にあたって設計は単純桁だったので、さほど神経を使わなかったが、実際の施工にあたっては、入念な実験研究を行って、自信をもって施工にあたるように努力した。事前に実験研究した主なものをあげると

- 1) PC 鋼線とシースの摩擦をどのくらいに考えたらいいか
- 2) シース内に注入するグラウトの配合をどんなものにしたら良いか。
- 3) その他
  - (1) 鋼線に入力したとき、計算どおりのプレ

\* Iwao NISUGI : 極東鋼弦コンクリート振興株式会社 取締役 最高顧問

ストレスが入るか。

(2) ひび割れ荷重, 破壊荷重は予想どおりか。

(3) コンクリートに起こる乾燥, 収縮, クリープの量, およびこれによって生ずる PC 鋼線の応力低下の量

等についても実験してみた。

このうちとくに慎重に検討したのはグラウトであった。ある意味でこれが PC の耐久性を制する重要な要素であると考えたので, いろいろの実験を行って当時最適と思う配合を選んでいる。この配合は当時フランスで使われたグラウトの配合より, セメント量を多くしている。この論文の中でグラウトについてはまだまだ経験不足なので, 今後の研究と経験を積んで, より良いものを見出すよう期待しておいた。今, 考えてみるとこの橋が日本で初めてのポストテンション型の橋梁となつて, その直後に, 建設省でもこの種の橋梁が造られ, 東海道新幹線, 名神高速道などでは大量に採用されて, その後, 日本全国で PC 橋が架設されるようになった。

しかし, 私が知る範囲内では日本の最近の現場におけるコンクリートやグラウト(この点については後述する)の施工にはまだまだ改善の余地があるように思える。これに関連して, 1990年代に入ると, コンクリートの耐久性について, ある大学教授が強烈な批判をされる本が出版されたり, NHK でたびたび取り上げられたりされているなか, 山陽新幹線のトンネル内でコンクリートのブロックが落下して列車にあたり大事故が心配される事故や高架橋の鉄筋コンクリートを造るときの水に真水でなく海水を使ったために鉄筋が腐食してコンクリートが剥落してコンクリートの耐久性が問題にされるような事件が連続して起こり, 大きな社会問題となってきた。この問題については官学民の各方面でさまざまな研究がされている。

私ども(仁杉 巖, 廣田良輔, 鳥取誠一, 宮本征夫, 稲葉紀明, 朝倉俊弘)は断続的に5年にわたり鉄道構造物の耐久性について検討会を重ね, その結果をまとめて「鉄道土木構造物の耐久性」という本を出版した。このうち鉄道 PC 橋については宮本征夫博士によって PC 構造物のかなり正確な調査が行われている。その結果として所定の技術基準に従って, 技術力のある技術者によって設計施工され, 定期検査なされている PC 鉄道橋は多少の変状が認められても, 50年以上100年程度は供用可能と考えられるが, しかし, 計画, 設

計, 施工の段階で何らかのトラブルがあった鉄道橋で, とくに厳しい環境条件のもとでは変状が進行してゆく可能性が高い。なお, 現場維持管理者が, とくに注意を払うべき変状現象としては, グラウト不良による鋼材に破断, 進行性のひび割れ, アルカリ骨材反応, 塩害などがあげられる, と述べておられる。

最近, 私が PC 業界に関係するようになって, 驚いたことが2つある。

その1つはグラウトのことである。私は論文2で述べたように PC の構造にとってグラウトが大変重要で今後十分研究すべきことだと述べているし, 世界各国でも, さまざまな面から研究されている。しかし, 私は数年前, 国内のある現場で行われているグラウトの作業を見て愕然としたのである。それはグラウトに必要な諸材料を計量してミキサに投入して良くかくはんした液状のグラウト液をポンプで注入するのだが, このミキサから出して注入するまでの間に異物を除く目的でふるいを通してはいるが, そのふるいにいわゆる「ダマ」という粒状になった塊がたまるとその「ダマ」を取り除く作業が行われていた。私なんのためにこの作業をするのかと, その場の技術主任に聞くと, 「ダマ」のような塊があると注入作業が順調に行われないのであらかじめ「ダマ」を取り除いておくのだという返事であった。しかし, 良く考えてみるとグラウト液は示方書などで決められた材料をよく練り混ぜて, 注入するのが原則で, 「ダマ」を取り去った液を注入しては, 「ダマ」の中には指で潰してみるとセメントや各種の薬品が乾いたそのままの状態が残っているので, 設計者が意図したものとまったく違ったものが注入されることになり, しっかりした注入などは期待できないことになる。私はこんな仕事が行われるのは, 主として現在全国の PC の現場で使われているグラウト液を練り混ぜるミキサの中に適切でないものがあるためだと思っている。現場の当事者の話によると, このミキサはかなり広く使われているので, これを取り替えるのは容易ではないといていたが, この状態を放置しては良いグラウトを期待することができないので, 群馬大学の辻教授などと協力して, ミキサの改善に努力している。

もう1つ驚いたのは2001年8月に発表された日本橋梁建設協会の「フランス TGV 鉄道橋に関する調査報告書」に, 最近, TGV では1970年代には橋梁の中で鋼橋の占める割合がきわめて低かった

のに、2000年代の地中海線では約70%にまであがっていると報告されていることである。その理由の第一はコストの問題であり、第二は保守管理でも両者の間には従来考えられていたような差が無いということが分ってきたということである。さらに、環境上の見地から見ても鋼橋の方がすぐれていると認識されてきたようである。もう一つ鉄道の場合、騒音はコンクリート橋のほうが圧倒的に少ないといわれていたが、40 cm厚の床版の上に45 cm厚のバラストを載せる構造にしたために、騒音をコンクリート橋とほぼ同じ程度に抑えることに成功して、鉄道橋における騒音問題も解決しているといわれている。

PC橋梁でも単純桁から架設法の便利さを生かしてだんだんと斜張橋のような長大な橋が架設されるようになり、PC橋が橋梁の主流を占めるような時代があった。私のようにPCは鉄筋コンクリートの改善材料であると考えものにとっては、その構造物の保全保守や耐久性などを考えるとPC橋の適用範囲をあまり超えた構造物を造るのはいかなものかと思っている。わが国の新幹線で造られた斜張橋の保全に苦労しているといった話を聞くと、その経験を今後生かして欲しいと思っている。

もう一つ私が最近考えているのは鉄道ではトンネルと橋梁の価格差が逆転しているという例が多くなったという事実である。これはトンネル工法に画期的なナトム工法という安全で工費の安い施工工法が導入されたことが大きな原因であるが、コンクリート橋でももっと工費をカットできるような方策を実現しなくてはなるまい。

冒頭、私が述べたように、ここに私の書いたことはコンクリート、とくにPCの将来展望はかなり暗いものが見えるように思える。こうした事は実は今始まったことではなくて、1999年末にプレストレストコンクリート技術協会の理事会の名前で『コンクリート構造物への懸念に対する見解』という文章が発表されている。その内容はここに述べたほどポイントを絞って具体的に書いては無いが、コンクリートの現状での問題点を指摘して、それに対する対応策を述べておられて非常に示唆に富んだ見解を示されている。この中に、わが国のコンクリートの技術は、官学民の研究者や技術者が主として学会や協会を通して交流し向上を図っているが、全国的に野外で作業の行われるコンクリート、鉄筋コンクリート、PC、それに複合構造に関しては、これらに関する情報が行き渡り難いので、かつて国鉄の構造物設計事務所とコンクリート研究室が全国鉄の構造物の建設、保守などについて技術的指導や情報の提供を行っていたような組織を研究所というような形で設立したいという提言をしている。

私どももその必要性を深刻に感じているので、コンクリートの総合的な研究所のような形ものを設立して研究、技術開発、技術指導などを合理的に進め、時代の変化をリードするような仕組みが必要だと考え、これを実現するためPC界の何人かの有力者の方々と会合を始めているところである。

今後、なんらかの具体策ができたときには、PC関係者のご協力を期待している次第です。

【2003年12月25日受付】