

# PC<sup>注1)</sup>との付き合い50年

西澤 紀昭\*

## 1. プレストレストコンクリートとの出会い

1952年(昭和27年)大学最終学年の夏休み、日本国有鉄道・技術研究所のコンクリート研究室で実験のお手伝いをしていました。

当時、研究所は、国電京浜・山の手線浜松町駅から海側に広がる国鉄用地の中にあった。歩いて4、5分、3階建て鉄筋コンクリート造りの古いビルであった。

所長の仁杉 巖博士に、国分正胤先生のご紹介とご命令で参りました、とご挨拶したのを覚えている。筆者達2人は、国分先生のもとで卒業論文を書いており、よそのコンクリート研究室で「実験の流儀」などを勉強して来い、とのご指示によるものであった。

フランスから輸入の超速硬セメント「シマン・フォンジュ」の実験で、練混ぜ後みるみるうちにコンクリート温度が上がるのに驚き、セメントの水和熱を体感したのを、今も忘れていない。この研究をやっておられた杉木六郎博士は、後に小野田セメント・研究所に移られて、コンクリート製品の研究で業績を上げられ、平成10年亡くなられた。

別棟の実験室では、猪股俊司さんがプレストレストコンクリート梁の曲げ疲労実験をやっておられた。2mほどの梁が「ゆっさゆっさ」と繰り返して、たわむのが印象的だった。後で知ったのだが、この研究は、猪股さんの博士論文作成のものだったとのことである。筆者が初めてプレストレストコンクリートに接したのは、このときであった。猪股博士もすでに故人となられてしまった。

同じ夏、樋口芳朗さんがアメリカ留学から、研究所に帰任された。お土産のおすそ分けに気づかり、われわれ手伝い学生も「アメモク」チェスターフィールド2本をいただいた。樋口さんは、コンクリートの非破壊・動弾性試験法の研究をしておられたようである。

## 2. 1950年代のコンクリート技術

大学の在学中、プレストレストコンクリートの講義は、まだなかった。その頃、東京駅のプラットホームを八重洲

口側に増設するため、駅前のヤードでプレテンションPC桁が作製されており、見学をした記憶がある。このヤード跡には、後に大丸デパートが建てられたが、その当時八重洲口には、ビルがまばらで、駅から海側を眺めると、東京湾の船のマストや煙突が見えた。

戦後の復興が本格化した時代であった。

コンクリート技術の進展も著しく、AEコンクリートの研究が盛んで、このコンクリートの実用が急速に進んだ。ポルトランドセメントのJIS制定(1950年、昭和25年)、七尾市長生橋(プレテンションPC道路橋、3.82m、1951年、昭和26年)、PC枕木の試作(1951年、昭和26年)、鉄筋のガス圧接の実用化(1951年、昭和26年)、レディーミクストコンクリートのJIS制定(1953年、昭和28年)、鋼製型枠の市販(1954年、昭和29年)、土木学会「プレストレストコンクリート設計施工指針」の制定(1955年、昭和30年)、などコンクリート技術も、社会の活性に合わせて、レベルアップしていった時代であった。

この勢いが、東京オリンピック(1964年、昭和39年)を目標とした各種の建設プロジェクトの成果に繋がったのである。たとえば、首都高速道路2号線、3号線のディビダーク工法による大スパンPC橋の建設である。

筆者にとっても1950年代は、プレストレストコンクリートとの関係が本格的に始まった点で、意義深い年代である。

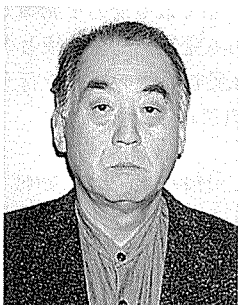
1957年(昭和32年)フランス政府技術留学生としてプレストレストコンクリート技術を6か月間研修する機会を得た。パリのSTUP<sup>注2)</sup>のスタッフによるPC設計の講義を受けたのが、プレストレストコンクリートの力学理論に接した最初であった。

在日フランス大使館で、面接を受けたとき、フランス人のフランス語による質問に、面接委員の一人藤田亀太郎さんが助け舟を出してくださった思い出は、感謝の念と冷や汗の混じり合ったものである。パリに來られた藤田さん運転のレンタカーでドライブのお供をし、ご馳走になったのも、PCの縁であると思っている。ワインとチーズが今も大好物であるのは、もちろんである。

フジカメさんがご健勝である、と聞き、筆者もPCのお陰をこうむって、PCの大先達にあやかり、100歳までは元気でいたい、願うところ切である。

## 3. 委員会の効用

日本工業標準調査会・土木部会・コンクリート専門委員会の臨時委員として、JISの制定・審議のお手伝いを始めたのが、1961年(昭和36年)であった。以来20年間余、コンクリートに関連する規格・基準・標準化について多くのこと



\* Noriaki NISHIZAWA

本協会名誉会員  
中央大学名誉教授

を学ぶ機会に恵まれた。これによって得られた経験と知識は、筆者30歳～40歳代の貴重な財産である。

1983年(昭和58年)以降は、日本工業標準調査会委員として、12年間土木関連のJISの制定・改正に関与することができた。この間、土木部会において、1987年(昭和62年)から8年間は土木部会長として、標準化の方向策定およびISO単位への移行の立案・審議にも立ち会うことができた。

多くの改正審議のうち、とくに印象が強かったものは、桁橋用プレストレストコンクリート橋桁のJISであった。この改正点は、PCテンドンの配置を、従来の放物線から折れ線の組合せ形状に改めたこと、および長方形だけの組合せによるT形断面形状を採用し、型枠の構成を簡略化し、その面積の減少化を実現したこと2点であった。この設計発想の転換は、工場製作の工程とコストを一層改善でき、プレテンションJIS桁の実用拡張が期待できるものであった。プレストレストコンクリート技術協会・改正原案作成委員会が、新しい設計思想を採用し、これらを盛り込んで作成したJIS改正案の審議を通じて、多くを教えられたのも、委員会の効用・収穫であった。

1983年(昭和58年)から1994年(平成6年)の10年間余、日本道路公団から受託した財団法人高速道路調査会および財団法人高速道路技術センターの「PRC道路橋の実用設計法」に関する数次の委員会において、委員および委員長として、PRCの設計・施工について大いに勉強をさせてもらった。

その経緯は、「PRC橋の設計」(技報堂出版、1993年6月)の序文に、執筆者の一人として、述べてある。鉄筋コンクリートRCにも、プレストレストコンクリートPCにもない優れた実用的特色をもつPRCを、高速道路橋の経済的建設に実用できる、との確信を得たのも、筆者にとり、これまた多大な委員会効果であった。

用語「PRC」を世に広めたのは、上記の委員会であったこと、さらに、このJapanese-English「PRC」が土木学会「コンクリート標準示方書」(平成8年制定)で採用されていること、「PRC」の造語に関与する者の一人として、望外の喜びとし、いささか誇りに思うことができるのも、上記の「PRC」委員会のお陰である。

プレストレストコンクリート技術協会の理事を、1977年(昭和52年)から6年間務めさせていただいた。機関誌「プレストレストコンクリート」の編集委員長も兼務した。

毎月1回の編集委員会を協会会議室で開催した。年3回程度は、特集号を組んでみようと、委員長として、編集委員にお願いしたことを覚えている。このやり方は、次の池田尚治委員長、現在の辻幸和委員長によって、引き継がれている。15年以上も昔の編集方針が踏襲されていることは、喜ばしいこととしてよいであろう。

編集委員が年1回程度ゴルフコンペをする伝統は、今どうなっているのかは、聞き及んでいない。ゴルフによって編集委員の親睦を図ることを、初めて提案・実行した編集委員長として、今気がかりな点である。

当時、協会は半蔵門・東條会館の裏手の小さなビルにあった。編集委員会の忘年会は、決まって東條会館の中

料理であり、席上、来年のゴルフコンペの時期とコースを決めるのが常例であったと記憶している。

1998年(平成10年)の5月、プレストレストコンクリート技術協会名誉会員に推挙していただいたときの総会パーティーで、池田尚治元編集委員長から、「編集委員長を長くやり過ぎてはいけない、6年で交代せよ、との引継ぎ事項を守って、山崎 淳前委員長にバトンタッチしました」と報告(?)を受けて、これまた嬉しいことであった。

#### 4. 第9回シンポジウム(長野)について

1999年(平成11年)10月、長野市で開催された「第9回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム」に出かけた。

学協会の年次学術発表大会などに参加するのは、10年ぶりである。学会シーズンになると、土木教室先生方の「学会出張のため休講」の掲示が軒並み貼られるのに、筆者の講義を、学生たちは「なんで休講じゃないの」と言わんばかりに、不審そうな顔つきで聴いていたものである。

還暦を過ぎると、若い人たちが次から次へと発表する10分間程度の話をついても辛抱強く聞くだけのこらえ性がなくなってしまい、60歳からは「学会出張」をやめてしまったのである。

長野は、親父の出身地であり、筆者も旧制長野中学を55年ほど昔に卒業しており、懐かしの長野ならばと、「シンポ出張」となった。

PCシンポの講演発表数が170の多数であるとか、同時進行の4つのセッション会場がどれもほぼ満員であるとか、懇親パーティーが400、500人出席の大盛況であるとか、10年以上も昔のPC技術協会のイメージしか知らない老人には信じられないほどの活況であった。

論文170編と聞いて、プレストレストコンクリートを対象としている研究者数は、大層なものだ、と感心してしまった。これは、早合点であった。

シンポの論文集の目次を眺めると、実際に架設したPC橋の設計・施工に関して、その特色・問題点・解決策・解析手法・模型実験・コンピュータシミュレーション・施工手順、など報文に類するものが9割以上を占めていた。これらざっと150編は、「現実」の「PC橋」に関する「体験」レポートと言えよう。

コンクリート工学は実学でなければならない、ことに固執している筆者にとって、「現実」に根ざした成果は、最大の関心事である。実橋架設の経験が、多くの貴重な資料を提供してくれることを、第10回以降のシンポにも期待したい。

ほとんどの報文が「PC橋」に限局されていることが、明らかに認められる。これは、プレストレストコンクリートの力学が、梁の力学や橋梁工学から派生・応用されてきた経緯を、そのまま反映しており、必然の傾向であろう。

プレストレストの技術が、半世紀の間、コンクリート橋梁のみに局限されてきた歴史を、そのまま継承するのではなく、21世紀は、コンクリートに限定せずに他の材料および橋梁以外の構造物にも適用を広げる時代であること

を望みたい。第10回シンポには、「プレストレスングの応用拡大」に関するパネルディスカッションの開催を切望したい。

懇親パーティーの途中、司会の山崎 淳実行委員長に促されて、筆者は、次のような雑談をしゃべらしていただいた。

「善光寺さんにぜひお参りしてください。善光寺は、真言宗と天台宗の両宗派に属しており、一つの宗派にこだわらない、心の広いお寺です。」

手短かに話せ、との指示もあり、がやがやと騒々しい広い会場では、「コンクリートと橋だけにこだわらず、広い心で、プレストレスングを考えましょう」とまでは、言及できなかった。

「最後に、長野の方言をご紹介します。ズクという便利な言葉です。あいつは、ズクなしだ、と言うと、その男は無精(ぶしょう)で、物臭なやつだ、元気がねーな、という意味になります。ズクがある、は、積極的で、まめで、活気がある、ことです。ズク男はほめ言葉です。ズクPC、ズクのあるPC業界でありたいものです。」

## 5. PC産業は元気か

PC産業の年商は、6000億円程度と聞いている。

わが国のセメントの生産量は年約8000万tだから、トン1万円として、セメント産業は、1兆円規模であろう。

全国のレディーミクストコンクリート工場では、セメント年産量の約65%を使用している。8000万t×0.65=5200万tである。生コンクリートの単位セメント量を平均300kg/m<sup>3</sup>とすると、5200万t÷300kg/m<sup>3</sup>=1億7000万m<sup>3</sup>が、年間生コンクリート出荷量であると推測できよう。生コン1m<sup>3</sup>9000円とすると、1億7000万m<sup>3</sup>×9000円/m<sup>3</sup>=1兆5000億円、これが生コンクリート産業の年商規模である、と見積もってよいであろう。

国内農産物年商の約1/3ずつを占めているのが、米と野菜であり、いずれも約2兆円である。常にトップであった米が、1998年度野菜と入れ代わって第2位になった、との統計記事を見た。

ごく身近な生産物や産業を眺めて、それらの年商規模は、1兆円のレベルか、それ以上のものが多いようである。PC産業は、残念ながら、まだこのレベルに達していない。

建設業界では、いわゆる「スーパーゼネコン」の年商は、バブル景気の頃一社で2兆円を誇っていたが、この数年の不景気で、半分程度にまで落ち込んでいるとのことである。まさに世紀末不景気である。

PC業界でも、厳しい経済環境に影響されて、売上げ伸び率にかなりの低下が認められるが、年商額そのものは減少していない。これは、マイナス成長の世の中で、PCは健闘している、元気である、と評価できる実績であろう。この背景とか、要因について分析するだけの知識と能力を持ち合わせていないので、ここでは当事者や専門家の検討成果を期待するに留めたい。

現在、PCが頑張っている状況の底流として、外ケーブルの利用・適用の進歩と拡大の歴史がある、と考えられる。

PC用外ケーブルは、吊り橋のケーブルから派生し、材料品質、断面構成および構造機能のすべてを受け継いでいるものと位置づけてよいであろう。

外ケーブルを引張り材として用いたPC構造の橋梁形式として、斜張橋およびエクストラロード橋、さらに箱桁橋がある。この3形式は、この順序で、吊り橋から繋がっている橋梁形式シリーズの流れとして捉えることができる。

これは、多様な構造形式のPC橋を創り出すのに、外ケーブルの利用が欠かせないことを示しており、その効用がPCのポテンシャルを高め、活力源となっていることを示唆しているのである。

わが国では、外ケーブルの使用は、1970年代、既設の橋を補修・補強するのに始まり、1985年、内・外のケーブルを併用した笹目川橋梁(東北新幹線)が新架設PC橋として最初であった<sup>注3)</sup>。

PC外ケーブルは、補強用や仮設用の補助的機能のみに留まらず、内・外ケーブル併用から、さらにPCテンドンすべて外ケーブルの方向に進みつつある。

外ケーブルを防錆・防食する方法・材料・加工に改良・進歩が重ねられ、耐久性が一層向上し、PCテンドンとしての信頼性が十分に確保されるようになった。外ケーブルの耐久性は、ポストテンション方式とシース内グラウトの組合せによるPC構造に比べて、格段に優れている、との評価が定着しつつある。

PCセグメントあるいはPCプレキャストブロックを外ケーブルで連結して、大スパンPC橋を架設する工法が、第二東名高速道路工事で、今盛んである。PCプレキャスト工法は、現場打ちコンクリートのポストテンション工法と比較して、施工管理が確実にできること、耐久性に優れた構造物が期待できること、さらに大型セグメントと大容量の外ケーブルの利用によって、工費縮減の可能性があること、などの利点がある。

このメリットゆえに、セグメントやプレキャスト部材を繋いで、所要の断面力を導入する機能を自在に発揮する大容量外ケーブルは、PCの活力となっているのである。

## 6. PC：21世紀のキーワード

70歳になって、大学を定年退職し、残りの人生で何をすべきか、いまだに思いつかないでいる。

やりたいことが山ほどあるとか、とくにし遂げたい仕事があるとか、であれば、この中から一つか二つ選ばばよい。

年をとると、ぜひ食べてみたい、どうしても行ってみたい、いかにしても手に入れたい、そんな欲望(?)は、トンとなくなるか、薄れてしまうものである。

やりたいものが見つからないのならば、身に染みついていて諸々を捨てるのがよい。整理整頓は、要らないものをまず切り捨てることだ。

大学を出て、45年以上も、コンクリートを飯の種としてきた。コンクリートを勉強し続けてきて、よかったとつくづく思っている。しかし、コンクリートこそが最大の整理対象ではないか。コンクリートとの縁を切ることから始め

てみよう。土木学会にも、日本コンクリート工学協会にも退会届を出した。やめる理由を聞かれたり、引き止められることもなく、さっぱりと退会することができた。

プレストレストコンクリート技術協会から、名誉会員に推挙する、との連絡があり、退会の手続きは急遽止めた。

「セメント・コンクリート」誌など、毎月「寄贈」いただいていた雑誌も、すべてお断りした。

大学の研究室の書架にあるファイル、書籍の9割は廃棄した。この本は、いつか読むかもしれない、役に立つことがあるかもしれない、などと言っていると、捨てる本がなくなってしまう。自宅に持ち帰っても、納めるスペースがないぞ、これが本を捨てる時のおまじないであった。

21世紀の大学教育は、こうあるべきである、視野の広い土木技術者を育てるために、基礎科目重点のカリキュラムを組むべきである、など、教室会議で、持論を開陳する老先生がおられる。21世紀には、定年退職しており、生きておられるか、どうかも分からんじやないか、と思いつつながら、その大先生の顔を見てしまう。

コンクリートと縁を切ろうとして、断ち切れない老生が、ここで、21世紀のPCは、どうあるべきか、こうなっているであろう、などと書き飛ばすのは、上記の大先生の二の舞ではないか、と自責の念に駆られること頻りである。

「21世紀のPCに関して望むことまたはあるべき方向などの将来的展望についても、ご意見をいただければ幸甚です」このように執筆内容を指定して、依頼された担当編集委員は、まことに罪深いと愚考している。

執筆を引き受けた以上、原稿を締めくくって、フロッピーディスクを今日中に、速達で送らねばならない。

外ケーブル、プレキャスト化、PC構造の多様化、大容量ケーブル、定着部：5つのキーワードが21世紀のプレストレストコンクリートを占う課題であろう。

20世紀は、プレテンションとポストテンションの2大方式だけで分類できた時代であった、と言えよう。

次の世紀には、5つのキーワードのいろいろな組合せによって、構造上も施工面でも多種多様な方策と成果が生まれることであろう。

外ケーブルの利用が、プレキャスト化を促進すること、PC構造の多様化を可能とすること、などについては、前節「5. PC産業は元気か」に述べた。

一方で、解決すべき問題点が複雑で、深刻であることも

予想しておかなければならない。

外ケーブル定着部の応力状態は、複雑であり、補強の設計、施工のいずれかに、いささかの欠陥があっても、これらの影響は重大な事故に繋がるものとなろう。

プレテンションやポストテンションのテンドンは、部材コンクリートとの付着が確保されていたのに対して、外ケーブルは「ボンドレス」であって、ケーブルの反力はすべて定着部に集中しているからである。

付着がないために、応力分散は期待できず、定着部とその近辺に応力が集中する、という外ケーブル適用時特有の影響は、大容量外ケーブルの場合、一段と由々しい問題である。

定着部の現場打ち施工に代わって、工場製作の定着部ブロックや定着部セグメントを使用して、プレキャスト化を図るなどの方法がある。

良質な骨材の入手は、今後ますます困難になることは確実である。よい骨材の生産地が限られてくると、「その土地の骨材を使用するのが経済的である」、すなわち「現地骨材使用の原則」に依存しているレディーミクストコンクリート工場から出荷されるコンクリートの品質に、優劣の格差が広がることとなろう。

硬化コンクリートの品質、とくに弾性的性質と耐久性は、コンクリートの7、8割を占めている骨材の品質に最も影響されるからである。

PC構造用の高強度コンクリートを生コンクリート工場から調達することが、地域によっては、不可能な時代、21世紀は、もうすぐ目の前である。

良質な骨材を使用し、優れた設備の工場で製作したプレキャストコンクリートブロックやセグメントのPC施工が、生コンクリートによる現場打ち施工に代わって、主流となるのが、21世紀であろう。

ブロック・セグメントの供給範囲は、現在およそ100kmに限られているが、200km程度まで拡大するシステムの検討が欠かせないのはもちろんである。

E.Freyssinetが、高強度のコンクリートと高張力の鋼テンションを組合せ使用して、プレストレストコンクリートを初めて実用化したのが、1928年(昭和3年)であった。ここに組合せの妙を見ることができる。

筆者は、1928年生まれである。

注1)：編集委員からコメントをいただいた。『「プレストレストコンクリート」と「PC」が随所に表れるが、一般名詞として使用する場合は最初に「(以下、PC)」と記して、PCに統一した方が分かりやすいのではないか。』『(以下、PC)』の表記は嫌いであること、プレストレストコンクリートとPCの使い分けは、その場、その箇所ですべきこと、など筆者固有のセンスによったので、せつかくのコメントを聞くことなく、原文のままとした。

注2)：編集委員から修正意見をいただいた。『STUPについて説明が必要ではないか。』昔話に免じて、知る人ぞ知る、説明抜きとしたい。

注3)：編集委員から修正意見をいただいた。『笹目川橋梁が最初の新架設PC橋かどうか確認してほしい(未確認だが1981年に根尾川橋梁が建設されたという話がある)。』筆者も再確認せず、このままとした。

その後、協会事務局から「安部工業所五十年史、平成11年1月」の抜粋コピーが送付されてきた。『三重県川越町、陸橋に外ケーブルを採用した(昭和37年2月)』とあり、「当社では、この工法で20橋ほどを架橋した」との記述があることを、追記しておきたい。

【1999年11月18日受付】