

◆ 特 集 ◆

技術の最前線

プレストレスの威力とその展望

池田 尚治*

1. はじめに

チェコの Strasky 教授は「21 世紀のコンクリート構造」をテーマとする第 1 回 *fib* コンgressにおいて「プレストレスの威力」と題する主要な基調講演を行った。21 世紀の社会基盤構築にとってプレストレスが大きな役割を果たさなければならないことを同教授は示唆したのである。

プレストレストコンクリート（以下 PC とよぶ）が構造工学界で認知され、専門業種としての産業が隆盛してくるに及び技術的な競争のもとで新しい構造形式がつつぎと誕生し、その勢いは止まることなく続いている。

一方、プレストレス技術が実用化してから 70 年余を経過し、PC 建造物の耐久性の問題が顕在化した事例も見られるようになった。

著者は、本誌 41 巻 6 号（1999 年 11・12 月号）に次世代 PC について述べる機会を与えられたが、それから 4 年を経過して再び PC に関する今後の展望を述べる機会を得たので、ここにいささかの私見を取りまとめさせていただくこととした。

2. PC の再認識

チェコのブルノ工科大学のストラスキー教授（Prof. Jiri Strasky）は「21 世紀のコンクリート構造」をテーマとした第 1 回 *fib* コンgress 2002 大阪において「プレストレスの威力」（Power of Prestressing）と題する主要な基調講演を行い、プレストレス技術は 20 世紀に誕生し、構造工学の世界での過去最高の発明であると位置づけた。すなわち、積極的にプレストレスを用いることによって建造物に対して大きな創造性（Creativity）が生まれ、美しく合理的な建造物を構築することが可能となったとの認識が示された。同教授は創造性に関し、直感ではなく、科学が創造性のツールであるとし、プレストレス技術は科学的技術として創造的建造物構築のツールになっていることを強く指摘した。

プレストレスの効果は歴史時代から人類が知らず知らず

に活用してきたものであって、古代エジプトやギリシャ時代の柱列構造における重力による柱軸方向のプレストレス、ローマ時代のアーチ軸線のプレストレスなどの非認識の時代を経て、科学的思考に裏づけられたフレシネーのプレストレスの概念の誕生が構造工学に革命を引き起したのである。

このような「プレストレスの威力」という本質的に高い技術に裏づけられて世界各国において PC 産業が隆盛してきたといえよう。

現在、わが国では、公共事業バッシングを背景に PC に関する事業の落込みが予測されているが、長い眼で見れば PC 技術の発展普及は今後も大いに進むことが考えられよう。なぜなら PC 技術は構造工学において創造性に関する人類最大の発明と再認識されるべきだからである。

ただし、そのためには PC 技術として 70 余年の経験を得た現在、将来の一層の発展のためには乗り越えなければならない課題が存在し、これを着実に解決することが必要なのである。それは耐久性に関する説明責任（accountability）である。

今後 PC 技術がどのような分野で産業として発展するかはまさに業界の創造性に依存しているのである。この場合、直感ではなく科学的思考が必要であると思われる。

3. PC 技術の大きな役割

PC 建造物が所要の耐久性を有し、品質の信頼を得ているとの条件で、PC は今後とも社会基盤の構築と更新に大いに活用されて行くことは間違いないことである。人類は数千年前から社会基盤を整備しながら発展してきたが、社会基盤は時代の変化とともに機能が陳腐化するため、構造そのものの耐久性の限界を待たずに改築や更新が求められることが多い。わが国の都市は自然拡大型が多く、そのため今後の豊かな社会や環境を構築するためには単に新設を考えるだけでなく、都市全体を整備することを基本に、既存の建造物を改築、更新することが重要である。また、このような需要が増えてくるはずである。このような場合に性能や美観に優れた PC 建造物を積極的に提案することが必要である。

また、建造物には償却年数を規定し、突然の疲労破壊が生じないように更新をつねに心掛けることが肝要である。

建造物としての耐久性に問題が生じた場合には償却の概念に照らしながら補修や更新の判断をすることとなる。更新の場合にはより美観に優れた設計を心掛けたいものである。

PC 建造物は海外でも多く普及しているのでこれらの補修



* Shoji IKEDA
横浜国立大学 名誉教授

や更新に関してわが国で培われた技術を提供することも大切であろう。

4. Conflict (葛藤) と耐久性

社会の中で社会基盤を構築したり改築したりすることは社会生活に一時的に工事が直接影響することが多いために種々の反対が生ずる。また、現況を変更することが自然や環境を破壊すると解釈されることもある。社会基盤を構築することが社会の現在および未来のためであるにもかかわらず種々の苦情やきびしい要求のもとでの工事を余儀なくされることが多い。しかも構築した構造物には相当な年数を経過した後の性能、すなわち耐久性が求められる。また、社会は社会基盤の恩恵を大いに享受するのである。工事関係者にとってはまさにコンフリクト(葛藤)を感じるようになるがこれはどうやら公共事業の宿命のようなものといえよう。

しかし、これをコンフリクトとして受けとめることから発展させ、よりよい社会をつくるためのコンペティティブネス(競争)とアカウンタビリティ(説明性)および透明性の視点に立って受け身でなく能動的な態度でことにあたれば建設工学の職業が高く評価されることになると思われる。

この場合、コンペティティブな思考をするには構造工学上で最高の発明といえる「プレストレスの威力」を駆使するのがよいと思われる。

なお、既存のPC構造物に重大な欠陥が生じて大きな事故が発生すればPCに対する今まで培った信頼は一瞬にして消えるおそれもあるので既存のPC構造物に対してつねに眼を光らせておくことが必須である。このためにも最新技術を結集したPC診断技術の発展とそのシステム化は早急に対応されなければならない。

5. PC グラウト

1985年英国Wales地方でYnys-y-Gwas橋がPC鋼材の腐食破断によって落橋したことに端を発し、英国ではグラウトの必要な内ケーブルポストテンション橋の建設を1992年より一時禁止する措置がとられた。これを契機として世界的にPCグラウトについての技術的検討が進められPCグラウト技術は大幅に向上した。これを受けて英国では1996年に禁止令を解除した。

わが国でもだいたいの的な検討が行われ、日本道路公団ではPCグラウトの信頼性が解決されるまでは樹脂によるプレグラウト方式と外ケーブルのみが採用の対象となっていたが、最近では大規模な実証試験の実績を踏まえて一部で試行的にグラウトを用いた内ケーブルの採用も行われるようになってきた。

PCグラウトについてはグラウトの粘性評価、ブリーディングの問題の解決、真空ポンプの開発など、グラウトに関する本質的な検討が鋭意行われてきており、新設工事についてはグラウト問題の全面解決の日も遠くないものと思われる。

しかしながら既設構造物のグラウト不良については解決

がきわめて困難であるといわざるを得ない。「覆水盆に返らず」のたとえのごとく完全な修復は望むべくもないことである。状況によっては突然の重大事故を防ぐような対策を要することもあると思われる。この意味からもPC構造物に対する的確な診断技術のシステム化が求められるところである。

土木学会の「PC構造物の現状の問題点とその対策委員会」(睦好宏史委員長)のレポート(2003.6)でPCグラウトに関して多くの情報が整理されていることから見てもPCグラウトの問題がPC誕生70年を経てクローズアップされてきたことを物語っているのである。ようやく近年PCグラウトの技術が日の目を見ることとなったといえよう。

6. PC 診断技術

以上に述べてきたようにPC構造物を建設する技術は大いに発展してきたが、既存のPC構造物については耐用年数を経過した構造物も出現しはじめているためその補修や改築のために診断技術が必要となってきた。

とくにPCグラウト問題が内在するために対象となる既存構造物の数は相当に多いものと思われる。そこでこれらを的確に診断する技術者の育成とその資格制度の確立が求められている。

PC技術に関してはすでに当協会でPC技士の資格制度を平成5年より実施しておりPC構造物建設の信頼度の向上に大いに寄与している。しかし、この資格はどちらかというとな新設構造物の建設を対象とした資格として認識されているために現時点でこの資格の中に診断技術を加えることは問題があるものと思われる。そこで、この際新たにPC診断技術に関する資格制度を創設することが提案され始めたのである。

現在、日本コンクリート工学協会ではコンクリート診断士の資格制度を発足させ大きな関心を集めている。PC構造物の診断にはPC鋼材やグラウトあるいはプレキャストセグメント工法などの専門的技術を含んでいるために、このコンクリート診断士の資格では必ずしもカバーすることは容易でないものと思われる。このような諸般の状況を考えたとき、当協会としては次のような資格制度を創設するのがよいと思われる。

- a. 名称：上級PC診断技術者
- b. 資格の特徴：最新の診断技術に関する知識と経験とを有し、既設PC構造物の当該環境下での健全度の状態を的確に判断できる能力を有すること。また、補修や改築、取り替えなどに対して適切な方針を提案できること。
- c. 受験資格：PC技士の資格を有するか、それと同等の能力をもっていること。また、PC診断技術に関して所定の研修を受けていること。

なお、PC診断業務についての経験を有していなければならない。

- d. 試験：筆記，面接
- e. 登録：合格者で登録をした者は当協会の資格者名簿に載せるとともに登録証を交付する。

以上は私見による資格制度の骨子であり、今後当協会では十分に議論をかさね、真に社会が必要とする資格制度を確立することが重要である。一方、構造物の所有者はこの資格の意義を十分に評価し、維持管理の仕様の中でこの資格を位置づけることが望まれる。このような資格が誕生して初めて本来のPCの威力が発揮されるものと思われる。

7. 次世代 PC 技術

著者は前述のごとく、本誌 Vol.41, No.6 に次世代の PC 技術について述べたので、ここではそのポイントを紹介し、若干の加筆をして見たい。

「一般に次世代の技術を想定する場合、その技術の発展の方向がある程度見えていて、それに到達するために必要なブレークスルーとしての技術開発や発明などが待たれていることが多いものと思われる。現世代では到達することのできない基本的な問題の要素があって、これを解決することが未来に可能となることを期待してそれを組み込んだシステムを次世代の技術として位置づけているものと考えられる。すなわち、次世代の技術とは相当にはっきりと思い描かれたターゲットと考えるのが妥当であろう。

たとえば材料強度が現在の3倍程度になることが現世代で困難と思われるなら、これを達成した時点で次世代の技術が始まると考えることもできる。このように考えるならば PC 技術にとっての次世代とは現時点で解決が困難な点を克服することによって得られるブレークスルーを用いて求められる明確なターゲットとして想定される PC 技術であるものと思われる。

次世代 PC 技術を支える新しい技術開発として、要望される基礎技術を思い浮かべると次のようなものがある。

- ①形状記憶型補強材の開発
- ②超高性能コンクリートの開発
- ③超高強度緊張材の開発
- ④超耐久的緊張材の開発
- ⑤インテリジェント PC 技術および高性能 PC 技術の開発
- ⑥力学教育型 PC 技術の開発
- ⑦リサイクル PC 技術の開発
- ⑧環境低負荷型 PC 技術の開発

材料のじん性向上には適切に繊維を混入すればよい。コンクリートは厳重な品質管理のもとで製造され、品質の信頼性は鋼材に劣らないようになる。このようなコンクリートを用いることにより長大 PC 吊橋や大型浮体 PC 構造物も誕生すると思われる。

PC 水中トンネルや PC 浮橋の建設も容易になるものと思われる。免震装置との併用で PC 個人住宅や PC 高層建物も多く造られることが期待される。

また、大規模な多層人工大地を PC によって造り、環境問題を解決することが望まれる。

市民が PC 構造の力学を哲学として理解し、重力場での生活を体感しながら PC 技術に支えられた生活をエンジョイするようになることも次世代の PC に課せられた目標である。軽快な PC 構造物の景観はこのような背景のもとで一層好まれるものと思われる。

柱や橋脚にはプレストレスが全面的に導入されて耐震性や地震後の供用性能が確保され、大地震に対する恐怖も PC 技術によって大幅に解決されることを望みたい。

超高強度鉄筋とプレストレスの併用による合理的な構造もパーシャルプレストレスの延長として現世代中に受け入れられるものと思われるので、次世代には PC の主流として活躍することも考えられる。

鋼コンクリート複合構造や混合構造にも PC 技術が一層発展していくものと思われる。

次世代の社会ではおそらくほとんどの情報は「共有」のものとなり、国全体あるいは地球全体がコロニーのような状態になるものと思われる。その中で PC 技術に関する情報を積極的に社会に発信し、社会の中に地歩を築くことによって社会に貢献することが望まれる。トラブルが生じたときだけ情報が瞬時に流れて非難されるようなことがないよう、日頃から PC 技術の情報を発信しながら耐久的な PC 構造物を時代を超えて供用し、重い情報として伝えたいものである。」

4年前のこの記述の中で次世代は2010年頃から始まるとも述べたが、2002年にすでに4年前に次世代技術とした技術が登場し実際の構造物が完成した。それは、繊維を混入した超高強度コンクリート「ダクタル」による PC 橋酒田みらい橋の誕生である。(写真-1)

波形鋼板ウェブを用いたエクストラードゾド橋である栗東橋や大幅員一面吊り長大複合斜長橋である矢作川橋(い

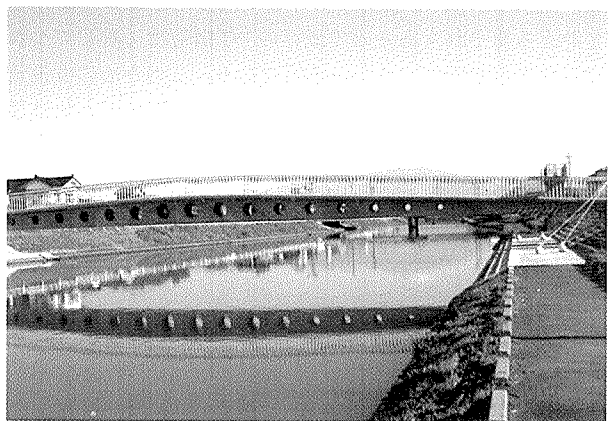


写真-1 完成した酒田みらい橋、背後に遠く鳥海山を望む (2002年10月撮影)

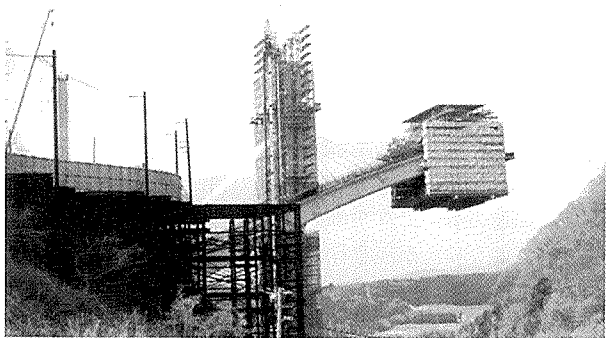


写真-2 建設中の第二東名富士川橋 (2001年3月撮影)

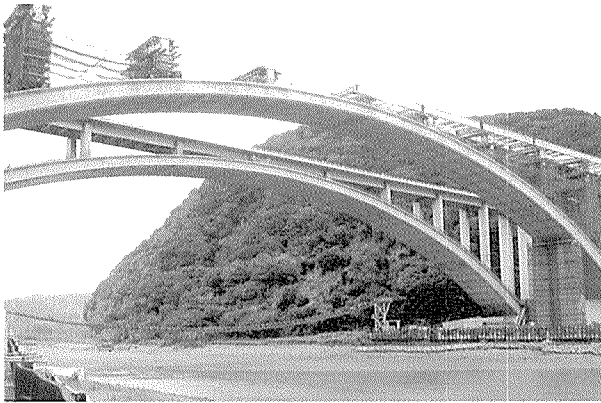


写真-3 上り線が完成し、下り線の上部げたを施工中の富士川橋（2003年11月15日撮影）

ずれも日本道路公団）などが近未来に完成する時点で改めて「PCの威力」を体感しながらPCの次世代を想像する日も近いのである。2001年には張出し施工中であった支間265mの第二東名富士川アーチ橋は2003年11月には渡りぞめを祝う運びとなったのであり、これらの実績を踏まえて、より魅力的なコンクリート構造物の造形が次世代に登場することを期待したい。（写真-2～4）

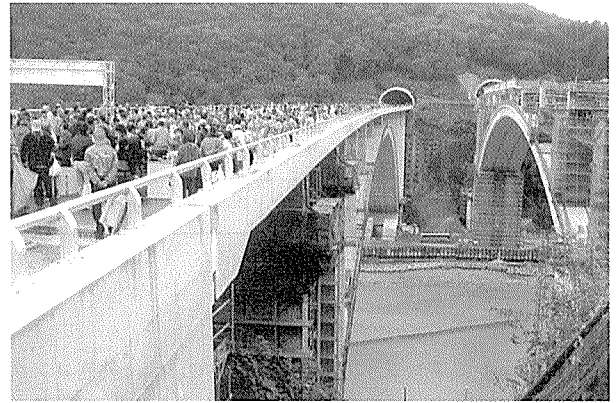
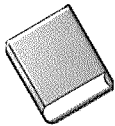


写真-4 11月13日の渡りぞめが終わって橋上でイベントが行われている富士川橋（2003年11月15日撮影）

8. おわりに

ストラスキー教授の講演テーマを題材としてPCに関する若干の展望を試みてみたが、社会基盤の建設にたずさわることによって感じるコンフリクト（葛藤）をコンペティティブ（競争）に発展させることが大切であると気がついた次第であり、この源泉は「PCの威力」なのだと思う。著者の拙文に対して大いに御批判を賜りたい。

【2003年10月27日受付】



刊行物案内

PC 定着工法

—2000年版—

2000年12月発行

頒布価格：会員特価 4 000 円（送料 400 円）
 非会員特価 4 800 円（送料 400 円）
 体 裁：B5判，220頁（無線綴じ製本）

発行・発売：社団法人 プレストレストコンクリート技術協会

最新の
「定着工法」を
掲載!!