

# PC今昔



株式会社ドユー大地 顧問  
御子柴 光春

最初から当時としては大規模なPC橋を担当されたんですね

この橋は、中央ヒンジ付3径間連続箱桁橋でした。施工は側径間と橋脚上桁は支保工上で一括施工をした後、箱桁内に配置した仮設用PCケーブルを緊張して自重を持たせ、型枠と支保工を解体する。次に中央径間は、1ブロックずつ張出していくという指定架設でした。

現場では支保工上で側径間と橋脚上桁を完成させ、仮設用のPCケーブルの緊張作業も終えました。型枠の撤去は、翌朝から始めました。

型枠を撤去してから一時間後のたわみ量は4mm、まあ誤差のうちか。二時間後のたわみ量は8mm、これは何処かおかしいぞ…。作業員を全員集めて元の0mmまで戻しました。

事務所に戻り、指定架設のチェックをしましたが、原因の究明にはかなりの時間がかかりました。仮ケーブルの横桁反力を、外力として扱っていることに気が付きました。支保工まで撤去して帰っていたら、と思うとぞつとしました。

その後、中央径間の施工では、コンクリートのクリープを含めた、桁の上げ越し値をどうするかが問題でした。中央ヒンジ部での上げ越し値は

13cmでしたが、この値を持って専門家に伺ったところ、計算値の1/2にするという人が殆どで、計算値とおりに上げ越せという人は一人もいませんでした。

施工では、一抹の不安を抱きながらも1/2の値を用いて橋を完成させました。(写真1)

その後、三十数年が過ぎ、中央ヒンジ部のたわみ量が大きくなったので改良工事が行われました。

当時のPC橋は、いろいろな失敗があったと聞いていますが

名神道の一期区間は約80km、そのなかに橋などが約8km含まれていました。

これを建設するのに、技術者を全国から集めました。技術力も経験も未知数の人がほとんどでした。また、コンサルタント業界も同じようでした。

そのような集団で新しいことに挑戦するしかなく、挑戦した結果が現実となつて現われました。

設計計算の間違い、PC鋼線が頭部加工時に割れる、桁下面の定着具付近のコンクリートにひびわれが出るなどでした。開通に先立って、その調査と補修を私も担当しましたが、初めてのことがばかりでずいぶん苦労しました。

今回は、PC橋の長大化へ果敢にチャレンジされ、日本道路公団が建設した有料道路や高速道路のPC技術をリードされた御子柴さんのお話しを紹介します。

当初にPC橋へ係わられたのはどんな経緯からですか？

私は、昭和三四年に日本道路公団へ入社しました。最初に配属された名神道の工事事務所では、桂川橋(鋼橋)、鴨川橋(鋼橋)が担当でした。忙しさが一段落した半年後に、建設局の構造技術課へ移動となりました。そこでは、地質調査は外部でしたが、基礎杭などの施工試験とその解析は直営であり、その合間に形式協議の資料を作成するのに明け暮れていました。

ところがある日、PC橋の担当者が家庭の事情により辞められたのでPC橋の担当者がいなくなりました。

課長に呼ばれ、急きよPC橋を担当するように命じられたのです。

私は卒論に鋼構造をやってきたこともあり、鋼橋の担当を強く希望しましたが、『学校出たてで、頭の柔らかい若いのにさせるのがよい』との意向から、課の末席にいた私にお鉢が回ってきたというわけです。

そして、PC橋の勉強を始めた数ヶ月後に、名神道のPC橋では支間が60mと一番長く、しかも下から支えて片持ち架設をする釈迦池橋の現場を担当することになりました。「お前が一人前だから出すんじゃない、これが終わったら一人前になってくれるだろう。また、施工中に問題が起きてもきつと解決してくれることを期待して現場に出すんだ」というはなむけの言葉をいただいてPC屋の道を歩くことになりました。

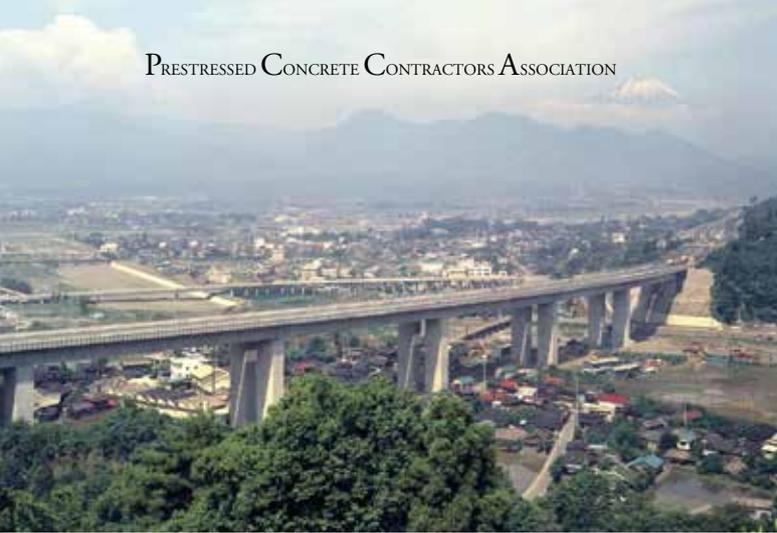


写真-2 東名高速道路 川音川橋



写真-1 釈迦池橋

しかし、悪い評価ばかりではありませんでした。高速道路を跨ぐ跨道橋（オーバークリッジ）に採用した斜π型式のPC橋は、視距空間が広いし、スマートだし、なかなかの評判となりました。

振り返ってみれば、跨道橋をPC橋で造ったことが、「PC橋はもう駄目だ」と全面否定されることから救ってくれたと思っています。

### その後本社構造技術課へ転動し全 国のPC橋を指導

構造技術課の主な仕事は、橋梁の形式協議と指定橋梁への対応でした。

一方、PC橋の更なる勉強のために、教えをこたうたのは国鉄の構造物設計事務所であり、当時のPC担当の皆様でした。今でも感謝しています。

仕事では、直面している定着具の課題を解決するために、名神道で採用した全てを対象に同一基準で試験を行い、多くのことが明らかになりました。

基本的な原因で不合格になった工法は、以後採用しない。基本的な原因でなく、技術が未熟なために強度不足となる定着具（国内でのライセンス生産品）は、使用規格値を低減して使用することになりました。

更に、新たに開発された定着具も、

同様の試験を行い、合格した工法は実績が無くても採用しました。

次に解決を迫られた課題が、PC T桁橋が時間の経過とともに変形（道路面が反り上がる）することへの対応でした。

この現象によって、『車の安全走行が確保できないのでは…』という懸念にまで発展していたからです。

要因を辿っているうちに、PC構造の原則まで行きつきました。

コンクリート断面にプレストレスを導入しても、断面内の応力分布が一樣になるように設計すればよい。ということであり、種々の計算をした結果、桁に同量の重り（コンクリート床板相当）を乗せれば、反り上がりが生じないPC T桁橋ができるとの結論です。

つまり、PC T桁にRC床板を乗せたPC T合成桁橋とすることです。この形式は、外国でも、国内でも実績はありましたが、自ら基本事項は試験をして確かめることにしました。

その結果を用いて示方書を作り、最初に完成させたPC T合成桁橋が東名道の金目川高架橋梁です。

### その頃、PC橋の長大化が 進んで行ったと思えます

昔は、長大橋といえばほとんどが

鋼橋でしたが、ドイツからデビダーク工法が導入され、PC橋に張出架設を用いた嵐山橋（支間51.2m、神奈川県）が完成してから様子が変わりました。このデビダーク工法の特徴は、支間に関係なく架設ができることです。

日本道路公団でも、第三京浜道路の鶴見川橋（支間70m）に採用しました。

この橋は、中央ヒンジ付ですから、ヒンジ部のクリープの考え方とそれらを含めた上げ越し値の取り扱いは、他人に頼らず、自分で決めました。

クリープ値は計算値 $\alpha$ 、更に路面温度上昇に伴う桁のたわみ値、活荷重による桁のたわみ値を全て加えた値としました。

また、橋脚に生じるアンバランスモーメントの対処には、箱桁上の水荷重と桁変位を組合せて施工しました。

更に、野川橋は吊り桁のあるゲルバー構造のため、受け桁付け根部に生じるひび割れ防止のためにPC鋼棒を配置して、吊り桁の反力相当の力を導入しました。

一方、東名道では中央ヒンジ付形式でなく、中央ヒンジの下に橋脚を設けたT型構造を新たに採用し、川音川橋（支間90m）で実施しました。（写真1・2）

ここまでくると100mを超す  
長大橋の実現は目前となった

この時期、一般道では天草架橋が本格的になりました。形式選定の結果3号橋(支間160m)、4号橋(支間146m)がPC橋に決まりました。形式は、一般道に架けるPC橋であることから中央ヒンジ付の構造としました。

現地に事務所を開設し、PC橋の担当に建設省から出向した技術者と、二人三脚で建設をはじめました。

この橋では、主な課題が三つありました。

一つ目は、PC長大橋に必要な径33mmの転造ねじPC鋼棒を国内で生産することでしたといっても、自前で開発できないので、進捗状況を見届けるために、試作品の試験には毎回立ち会いでしたが、径33mmの転造ねじPC鋼棒はなかなかできませんでした。試験ではねじ山付け根部がせん断で切れることが多く、結果を報告するのが辛かったことを覚えています。

採用に当たっての議論は、試験結果をみれば、母材の引張りとねじ部のせん断との両方で切れている。しかし、何れも規格値は超えているので、100%満足の製品ではないが不合格品でもないとの結論になり、新規に

開発したPC鋼棒を採用することになりました。

天草架橋には、PC鋼棒を560t程使いましたが、終わるころにはねじ部で切れる製品はなくなりました。

二つ目は、橋脚と橋桁を結合させる柱頭部の構造でした。

参考は、四国の名田橋です。この橋の設計にも、施工にもドイツの技術者が関与していたと聞いています。同橋の柱頭部の構造は、2種類の構造系が使われています。最初の設計は、ラーメン構造でしたが、日本の技術者から力の流れがスムーズでない指摘され、途中から日本人好みのトラス構造に変更したと聞いています。天草架橋でも検討しましたが、力の流れがスムーズなトラス構造とし、実物大の施工試験を行うつてから実施しました。

三つ目は、支間割りがよくない橋の橋脚に生じるアンバランスモーメントによる変形への対応でした。

4号橋の設計では、側径間の桁高を必要以上に大きくしました。施工では、クリップの進行度に合わせて箱桁内へ、重りコンクリートを順次打ち増す方法を採用しました。

これらの成果がコンクリート橋で  
当時世界一の支間長(230m)の  
浦戸大橋の計画につながったと思  
いますが、計画から施工まで現地  
で陣頭指揮をされたとか

天草架橋の工事が終盤を迎えたころ、浦戸大橋の話が飛び込んできました。県が計画していたが、途中から日本道路公団がその計画を引き継ぐことになったのです。

計画は、浦戸湾へ入る航路(幅170m×高さ40m)を跨ぐ橋を造ることでした。

鋼橋とPC橋の3案を、台風銀座に架ける橋という観点から検討した結果、PC橋に決まりました。

なお、中央支間は、航路を少し斜めに横切るが200mは超えないだろうと考えて計画をし、認可を取りました。

現地に事務所を開設するまでに、半年ほど時間があったので、基本設計のあらましと施工計画の全体像をまとめてから現地へ赴任しました。そして、初仕事は、架橋地点の詳細な地形調査と地質調査でした。結果は、岩盤までの深さが予想以上に深く、橋脚位置を変更せざるをえなくなり、中央支間が230mとなりました。

このため、道路橋示方書の適用範囲を超えるので、浦戸大橋に適用する設

計・施工示方書を作り、委員会で審査をしていただくことになりました。その資料作りと説明は、大変でした。大きな課題は、二つでした。

一つ目は、橋脚が長く、しかも道路面が高いことを考慮した地震時の設計でした。

計画段階では、当時中央道で用いていた修正震度法を採用しました。

しかし、建築の業界では超高層の時代になり、剛構造から柔構造へ、その解析は、構造物の基盤に地震波を入れた耐震設計法が採用される時代になっていました。

二つ目は、PC橋を現場施工することから、安定した品質の良いコンクリートを、長期間にわたって確保することでした。

耐震設計は建築並みに、最先端の耐震設計が出来ないものかと考え、受注した建設会社の土木設計部に三拝九拝して、当橋に最先端の耐震設計法で計算していただくことにしました。

しかし、現実には一足飛びとはいかないので、耐震設計の基本は、中央道で用いていた修正震度法とする。が修正震度法の検証も兼ねて、支持地盤でなく基盤に地震波を入れた地震時動的応答解析も行うことにしました。

そして断面計算には、それぞれの大きい値を採用する。という異例の決定



写真-3 浦戸大橋

となりましたが、設計思想の移行期でもあり、過大設計は承知の上で実施しました。

なお、コンクリート長大橋としては、動的応答解析を最初に行った橋でもあることから、橋脚完成時と橋桁完成時の、二回の振動試験を実施し、貴重な資料を得ることができました。

一方、施工では、コンクリートが生命の現場ですから、まず材料の選定に力を入れました。県内で一番品質の良いN川の地区を指定して砂利と砂半分を採取させていただきました。残りの砂半分は河口から採取し、現場内の水槽で水洗いし、塩分を除去してから使用しました。

更に、コンクリート製造では、W/Cを厳守すると共に、一年を通して変動の少ない安定した生コンを得るために、自前のプラント(横型強制攪拌式)を設けていただき、練り混ぜ水を夏は冷やし、冬は温めて、同じ温度の生コンが供給できるように計画し、実施しました。

また、各ブロックへの応力導入は、その断面に導入する導入力が、全導入量に占める比率によつて、導入時のコンクリート材齢をずらして行いました。

上げ越し値は、過去に造られたこのタイプの橋の実績に基づいた、 $\alpha$ の値を加算して完成させました。

(写真-3)

橋が完成してから20年が過ぎた記念の日に関係者が集まり、日の出前に縦断測量をしましたが、 $\alpha$ の上げ越し値は残ったままでした。

つまり、PC橋のコンクリートは、計画と管理次第で、計算どおりにできることも知ることになりました。完成してから、42年になります。

### 今後の老朽化等による更新の橋に 関してのご意見は

PC橋が、どのような道を辿るか予測するのは難しいですが、問題が生じたから、元どおりに直すのでは進歩がない。要因を調査し、確かめながら、少しでも長く生きられるように対応することが肝心です。

課題は、二つあります。

一つ目は、PC橋は、部材に内力が入っているのに、鋼橋やRC橋のように、部材を無応力状態にして補修や改良が出来ないことが課題です。

手間も、難しさも数倍です。状態をみて個別に対応するしかありません。二つ目は、耐久性のように、解明するのに長い年月を要する課題です。

如何に短い時間で解決して、次世代の橋に生かすかです。

私が選んだ方法は、先人が造った物から学ぶことです。

25年間補修をしながら使用してきたPC桁橋を、架け替え時に譲り受けて、実物桁で曲げおよびせん断疲労試験を行い、多くの資料を得ましたし、発表もしました。予側した値をプラス側に超えた項目があった半面、マイナス側にかなり低い項目もありました。

この値を、どう読み、どう取込むかを考える時期にきていると思います。

### 次世代の技術者へメッセージを

現在の社会は、組織化され、分業化が進んでいます。つまり、自分一人で一から十までを順序とおりに経験することが難しくなっています。

自分の担当している仕事で、全体のどの何処に位置するかを見極めることが第一です。

また、新しいことをする、補修や改良を担当すれば、分からないことは多いし、新たな条件も付くなど、一筋縄ではいかないことが多いと思います。それらを承知の上で挑戦するには、それなりの覚悟が必要です。人に押し付けるのではなく、覚悟が出来た人だけが挑戦して、必ず成功させて下さい。この積み重ねが、PC業界の更なる発展に繋がると私は確信しています。