

## 論説；橋梁設計技術の進化と共に

八千代エンジニアリング株式会社

河瀬日吉

“We love Bridge!”を胸に橋梁設計に関する過去から現在に至る思いを述べます。

最近、創業時から平成7年に至る約30年のPC鉄道橋の実績を整理する機会を得て先輩達の足跡を辿った際に、東海道新幹線瀬田川橋梁、紀勢本線有田川橋梁、山陽本線吉井川橋梁、太田川橋梁、岩鼻トラス橋、東北新幹線鬼怒川橋梁等、歴史的橋梁に弊社が関係していたことを改めて確認しました。恥ずべきことですが、それら橋梁について専門誌等により確認する事も無く、先輩からレクチャーを受けたこともありませんでした。“技術を繋ぐ”という意味からは実に“もったいない”ことであり、そのことを反省材料にして、今こそが“骨太の技術”を継承し得る貴重な時であると捉えています。私は、国鉄がJRに分割された昭和62年までの約10年の間に、国鉄構造物設計事務所（通称、構設）の指導、審査業務であった常磐線大北川橋梁（3主PC曲線下路桁 写真-1）、日豊本線汐見川橋梁（軽量コンクリートによる押出し下路桁）、東北新幹線鴻沼川橋梁（R=600m曲線PC箱桁）、福知山線第三武庫川橋梁（2径間連続PC箱桁）等、多数の鉄道PC橋の設計を担当しました<sup>\*1</sup>。当時の計算書は、手書きにて随所に断面図、版上荷重図、断面力図等を挿入し、実にマニアックな内容で、如何にも作り込んだという体裁で設計者のみならず第三者にも“判り易さ”をといた配慮が感じられますが、その事が今日の礎になっていると考えられます。また、PC橋専門のトレーサーが机を隣にする等、恵まれた環境であったと思います。

当時のPC連続橋の設計は、弾性荷重 ( $M_0/E_0$ ) を用いた応力法によるプログラム等により行い、“全支保工施工による断面力 (Lehrgerüst)” “施工を追った断面力 (BAU)” “クリープによる変化 (ジステムクリーヘン System-Kriechen)” “デイッシンガーの式” “シンプソンの公式” 等、設計マニュアルを参考にそれぞれの検討を行った上で、三角スケール、分度器、円形定規を武器に主方向鋼材、横締め鋼材、せん断鋼材等の相互の関係を確認し作業台で描いた所謂“ふんどし”をベースに、試行錯誤した上で最終成果としました。デビダーク工法による桁ではゲーエー (GA)、ゲービー (GB) 等、緊張長さを考慮してPC鋼棒の継手を決定し、緊張による伸び量、グラウト長からカップラーシースの長さおよびタイプを決定する等、手作業そのものであったと思います。現在のディスプレイ上での設計とは、隔世の感があります。当時のPC鋼材量の最小化を目指した経済性を追求した設計では桁上縁定着も行われていました。その後、PCケーブルによる張出し架設、上縁定着の禁止、外ケーブル、プラスチックシースの使用等、作業性の改善、耐久性向上を目的に技術の改善、開発が行われ、前に述べたPCに関する用語の一部は死語になっています。しかし、補修・補強の問題が生じた際は、これらの死後が息を吹き返すかもしれません。過去の設計手法、施工法についても認識しておく必要があります。

また、時代の進歩に応じて必要不可欠な検討を行うことが、業務の付加価値並びに担当者の技術向上に繋がります。北陸新幹線姫川橋梁は、フィンバック構造のため主桁とフィンの二回に分けてンクリート打設が行われるものとして3次元温度応力解析を行い、計画の段階からフィン部材に補強鉄筋を配置しています。また、フィン部に定着するケーブルの緊張力分布を3次元FEMにより把握しPC鋼材配置を決定しています<sup>\*2</sup>。平成8年の九州新幹線川内川橋梁 (PC斜版橋) 以降、大野川橋梁 (PCエクストラドーズド橋)、吾妻線第二吾妻川橋梁※ (PC斜版橋) 等の特殊橋梁を担当する機会が増え、設計ではバックアップソフトが威力を発揮します。大野川

橋梁では斜角 30 度により桁と橋脚が剛結されるコーベル構造であったため、3次元 CAD により作図して施工順序、鉄筋配置の妥当性確認を行っています※3（写真-1、図-1）。CIM のスタートとも言える技術と言えます。

今後、リニア新幹線、北陸新幹線（金沢～敦賀間）等の鉄道新線計画が予定されていますが、環境影響評価等により従来以上に厳しい条件下での構造物の計画が求められ、ICT による設計の高度化、効率化はもとより、施工に対する十分な知識を有した上での計画、設計が必要となります。

一方で、設計ソフト、支援ソフト等の開発は、必ずしも設計者の実力向上に連動するとは限りません。単に条件を入力し、出力された結果を鵜呑みするのではなく、計算結果を水平展開して検証する目、システム開発を先導する技術力を有する技術者であることを期待します。



写真-1 大野川B

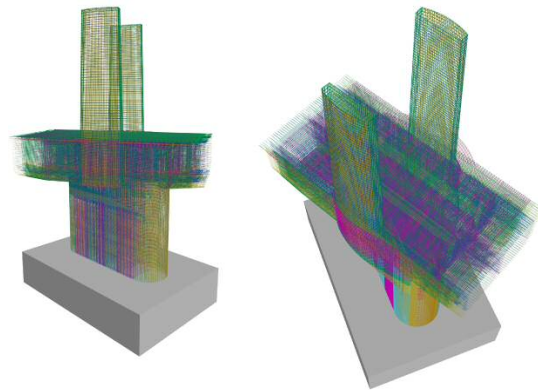


図-1 大野川B 3次元CG

また、社会の動向にも注意すべき点があります。民間企業では、業務量が大きく変動する状況にあって必要かつ十分な陣容を常時確保する事が困難となり、スペシャリストが育ち辛い環境にあると言えます。発注者側に於かれましては、かつての国鉄構設、道路公団構造技術課等の先輩技術者達の尽力により技術の高度化が図られてきた経緯を次世代技術者に伝え、更なる技術向上を目指し、時代をリードするという自負を持って積極、果敢に21世紀の社会基盤構築に挑戦して戴きたいものです。持続的成長が叫ばれる昨今、官・民双方の技術者にとって“夢を描ける”時代を共に歩むことが理想であり、それを現実化する事こそが日々の行動目標であると考えます。

鉄道橋では限界状態設計法が円滑に導入されてきた経緯がありますが、その裏には鉄道橋を専門とする限られた設計スタッフの努力が結実した結果と考えます。道路橋においても許容応力度法からの転換が叫ばれて久しいのですが現時点では採用に至っていません。全国津々浦々まで技術の転換を図るには、必然性の説明、設計思想の啓蒙、ソフト開発等入念な準備が必要であり、ミスを誘発することない環境を整備することが重要と考えます。

2011年3月の東日本大震災発生時に特に気になった設計に関わった橋と、海外を訪れた際の歴史的な橋について紹介します。平成3年に設計した千葉市の京葉線に近接して架橋された幕張モール間デッキ橋は橋長135mを越え計6連の桁から構成されるユニークな構造です（写真-2）。立体的に複雑に連続する橋を単純な構造系により構成し、ゴム支承および剛構造を適材適所に採用し耐震性を確保したことで、直上かつ隣接する鉄道橋への影響を及ぼすことも無く、液状化地盤にあっても健全な状態で供用されていました。他の1橋は前出の常磐線の茨城県南中郷・磯原間の大北川橋梁※4（写真2）です。河口から近く、線路高が低い事から津波被害を危惧しましたが幸い被害は無く列車運行の機能を確実に果たしています。今後、河口域における橋梁設計において、津浪の影響の有無を考えるに当たり、設計条件として評価する際の有益な情報となったと考えます。



写真-1 幕張モール間デッキ



写真2 常磐線大北川橋梁

さいごに、一昨年訪れたザンビア、ジンバブエ国境のヴィクトリアフォールズ橋を紹介します(写真-3)。1905年にイギリスによって架設された長さ250mの上路アーチトラス橋です。鉄道、道路、人道の機能を果たし、現在では111mの高さを利用してバンジージャンプが行われています。世界三大瀑布のヴィクトリアの滝近くにあり、必ずしも橋にとって環境条件は良くないと考えられますが、架橋後約110年経った今でも、健全な状態で供用されています。ザンビア側には、架橋に至った歴史を紹介するパネルと共に模型が展示されており技術者の興味を惹いています(写真-4)。イギリス本国の歴史的橋梁であるクリフトン橋、メナイ橋を始めとする橋梁技術の力強さに感服した次第です。また、我が国の技術によって2002年に同国境のチルド市ザンビア川に橋長400mのPC橋が建設されていることを紹介します<sup>※5</sup>。ヴィクトリアフォールズ橋同様、末永く地域に愛され、健全に供用されることを期待します。



写真-3 ヴィクトリアフォールズ橋



写真-4 ヴィクトリアフォールズ橋の模型

#### 参考文献

※1; 橋梁と基礎 2009年8月号 鉄道橋特集号

※2; 橋慮と基礎 2004年12月 PCフィンバック橋の計画・設計(北陸新幹線 姫川橋梁)

※3; 橋梁と基礎 2010年2月 九州新幹線 大野川橋梁の施工

建設の施工企画 2009年5月号 4径間連続エクストラロード橋の設計・施工(大野川橋梁)

※4; プレストレストコンクリート 1987年 Vo129 No2 複線3主PC下路桁の設計・施工(大北川橋梁)

※5; プレストレストコンクリート 2003年 Vo145 No3 アフリカにおける長大3径間連続PC箱桁橋の施工)