

思い出の橋の中から

小宮 正久*

はじめに

コンクリート構造物の最大の問題は、重いという点にあると考えています。コンクリート構造物、とくに橋の設計という仕事について以来、地震国であるわが国においては致命的ともいえるこの欠点をどのようにしたらうまく克服できるかに心を砕いてきました。構造的な工夫、部材や断面の軽量化、架設法の工夫等、さまざまな解決策を試みました。

たとえば、地震力を軽減する構造的解決策である連続ラーメン橋の実用化、アーチ橋における架設材量、全体数量の低減法、斜吊材の利用による主桁自重軽減策（エクストロード橋の開発）等です。

本稿においては、実際の橋の設計におけるこれらの試みを思い出深い橋と絡めて、報告したいと思います。

1. 連続ラーメン橋

私が設計の仕事をはじめた昭和42年（1967）当時のカンチレバー架設によるコンクリート橋の構造形式の多くは連続有鉸ラーメン橋（径間中央にせん断力のみを伝えるヒンジをもつ連続ラーメン橋）と桁反力を支承を介して橋脚に伝達する連続桁橋がもっともポピュラーな形式でした。

この2つの形式は表-1に示すような相反する欠点をもっているため、鋼橋に比肩する競争力がありませんでした。

連続ラーメン橋は、この2つの構造の利点を併せもつ非常に合理的な構造ですが、多次不静定構造であること、コンクリートのクリープ・乾燥収縮、温度変化、プレストレス力により不静定力の発生すること等、応力法と手動式タイガー計算機が主流であった当時の設計の水準では手に負えない面が多々あり実現困難な形式でありました。したがって、連続ラーメン橋は、当時の私にとって夢の構造形式でした。

昭和52年（1977）、東北自動車道の笹ノ渡橋で初めて連続ラーメン橋を鋼橋の代替案として提案しましたが、この

表-1 連続有鉸ラーメン橋と連続桁橋の特徴

	連続有鉸ラーメン橋	連続桁橋
支 承 ・伸縮継手	・径間中央にヒンジ沓と伸縮継手が必要である。	・大きな主桁反力を橋脚に伝えるための支承が必要である。
耐震装置	・不 要	・地震力を各橋脚に分担させるための装置（ストッパー、ダンパー等）が必要である。
橋面の 連続性	・クリープ変形によりヒンジ近傍に過度な変形が生じ、橋面の連続性が備わられる。	・原則として、不連続性は生じない。
施工性	・特別な工夫は不要	・カンチレバー施工のための仮支承工、仮固定工が必要である。

構造のフィーズビリティを十分に説明できず、残念ながら採用されるには至りませんでした。その後、懲りずに提案を続け、昭和53年（1978）、山陽自動車道八幡川橋（ $84.3 + 2 \times 135.0 + 84.3$, $H_1 = 50.0$, $H_2 = 63.5$, $H_3 = 45.0$ ）でようやく採用され、長年の夢が叶いました。この稿を記すにあたり、連続ラーメン橋を実現するための検討結果を私的にまとめた報告書「連続ラーメン構造に関する検討、June 1983」を改めて見返して当時を懐かしく思い出しました。

八幡川橋以降、多くのラーメン橋を設計しました。この形式の実用化に関しては、私なりの努力をしたこともあり、一橋一橋それぞれに思い入れ深いものがありますが、本稿においては、その中から中央自動車道長野線岡谷高架橋とケニア国キリフィ橋について触れたいと思います。

1.1 中央自動車道長野線岡谷高架橋（写真-1）

岡谷高架橋は、橋脚高さが50mを越え、最大支間長148mのわが国有数の大規模5径間連続ラーメン橋です。この

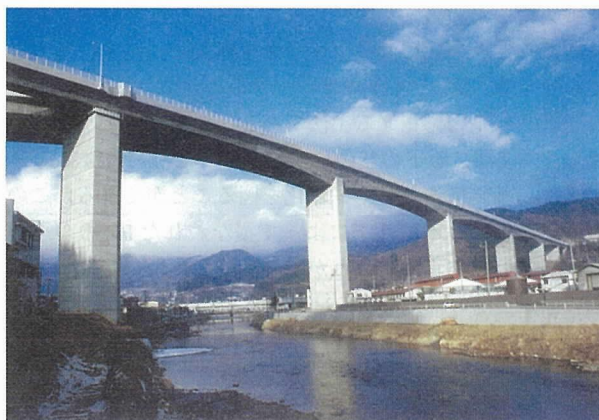


写真-1 岡谷高架橋（長野県）



* Masahisa KOMIYA
(株)日本構造橋梁研究所

規模の大きさに加え、この橋は、標準部の主桁断面が小さな片持ちスラブをもつ上下線一体の総幅 21.4 m の 3 室逆台形箱桁であること、天龍川を跨越する側径間部は、4 本のジャンクション橋に連結するため、まず上り線 (102.0 m) 下り線 (87.5 m) の長さの異なる 2 本の 2 室箱桁に分岐し、そのそれぞれの桁がさらに 2 本の 2 室箱桁に分岐するという特長をもっています。

このような複雑な構造の大規模橋梁ですから、今なら、検討委員会が設置され、担当技術者は委員会の運営にその精力の大半を費すことになるのではないかと思います。しかしながら、昭和 57 年当時は発注者 (JH 名古屋建設局の D 代理と M 技師) とわれわれ受注者が文字どおり一体となって、深夜におよぶ打合せを繰り返して設計を行いました。最終列車がなくなり、帰れなくなってしまい、何度も、JH の寮に宿を取っていただきました。

岡谷高架橋は、素晴らしい出来映えの橋ですが、設計という仕事を成しとげる過程も素晴らしい、技術者冥利に尽きるものでありました。この素晴らしい設計過程ゆえに、岡谷高架橋は、私にとって忘れられぬ橋となっております。私の青春時代を過ごした思い出の地 (塩尻) に近い、岡谷に、このような橋を残すことにいささか役に立てたことを有難く思っております。

1.2 ケニヤ国キリフィ橋 (写真 - 2)

キリフィ橋は、ケニヤで 2 番目に大きいモンバサ市の北 50 km に位置するキリフィクリークに架かる 3 径間の傾斜 2 枚壁橋脚をもつ中央径間長 185 m の 3 径間連続ラーメンです。

2 枚壁橋脚の間隔と 5 度の傾斜角は、2 枚壁橋脚の交点が杭群先端の図心に一致するように決めています。

この橋は、私にとって初めての本格的な海外プロジェクトであり、

- 外国コンサルタント (西独, HP.Gauf 社) との JV によるプロポーザルの作成とコンサルタント業務
- 英国基準による詳細設計, 工事積算, 入札図書の作成, 工事発注, 施工管理等, 一連の本格的なコンサルタント業務
- アフリカ, ケニヤにおけるドライバー, メイド等を雇った初の単身赴任
- 多くのケニヤ人や外国人との交流

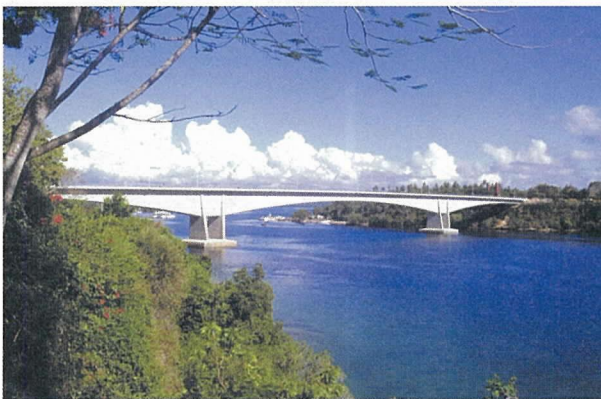


写真 - 2 キリフィ橋 (ケニヤ国)

— ゴルフ三昧の週末, サファリ (バルーンサファリ)
 — 子供達への初の海外旅行と海外生活体験のプレゼント
 — 妻の胃癌の手術
 等々, 初ものづくしの印象深い, 思い出深い, 忘れがたい橋です。故・猪股博士とは、営業、プロポーザルの作成、契約交渉等のために 1～2 週間の長期の出張を 3 回行いました。この間は、毎日、仕事に加え、3 度の食事を御一緒し、緊張を強いられました。大変、しんどい思いをしましたが、勉強にもなりました。

橋の架かるキリフィクリーク周辺はリゾートであり青い海と青い空に恵まれた素晴らしく美しい、静かな所です。とくに意匠を凝らしたわけではありませんが、出来上がった橋はよく周囲の景観に溶け込んでおり、スレンダーで優雅な外観を呈しています。

私としては自信をもって、美しいといえる数少ない橋の 1 つです。是非とも、もう 1 度訪れてみたい橋の 1 つでもあります。

2. アーチ橋

コンクリートアーチは、コンクリートの重いという欠点を、圧縮に強いという長所を使いじつに優雅な形態をもって克服したコンクリート構造の最高傑作であると思っています。

アーチの軸線を適切に決めれば、地震時においてもアーチリングはほとんど全圧縮状態に近い状態にあるので、耐震的にも問題ありません。

コンクリートアーチは、このように非常に素晴らしい構造ではありますが、アーチ未形成の施工中の段階は、その安定確保のために特別な工夫が必要となります。いかに安定を確保しつつ、アーチリングを構成するかの工夫がアーチ設計上の重要な課題となります。

以下、この施工上の工夫とアーチのもつ構造美の実現についての私なりの工夫の成果を別府明礬橋と阿嘉橋について述べたいと思います。

2.1 別府明礬橋 (写真 - 3)

別府明礬橋は九州横断自動車道が別府市明礬温泉を横越する谷間に掛るアーチ支間 240 m のアーチ橋です。写真は、橋下の温泉旅館の野天風呂からの景観です。アーチクラウ



写真 - 3 別府明礬橋 (大分県)

ンの下に霞んで高崎山が、アーチスプリング付近には、温泉の煙も見えています。なかなかの風情の橋ですが、この橋を設計した当時（39～40才でした）は、このような景観的な意識よりもアーチ橋としての構造の最適化とか施工法の合理化とかいう、むしろ殺風景な方面の興味のほうが勝っていたと思います。

この橋において実施した技術的工夫は次のとおりです。

- ・温泉腐蝕の進んだ地盤中に設置する起点側アーチアバットの合理的な構造を定め、強固な地盤が無くとも長大アーチ橋が可能なことを実証したこと
- ・アーチ橋の建設費に大きな割合を占めるアーチリングの架設費を低減するために、アーチリングの剛度を下げ、補剛桁の剛度を高めた従前のアーチとは異なる構造を採用したこと（アーチリング：2室箱桁 補剛桁：2主1室箱桁）
- ・アーチリングの架設法にトラス・メラン工法を初めて採用し、補強材としてまた架設材として転用を図ったこと

鉛直鋼材－SRC鉛直材の鋼材に転用

水平鋼材－補剛桁施工用支保梁として転用

斜PC鋼棒－取付け主桁のPC鋼材に転用

- ・メラン材の一括吊上げ架設に、カンチレバー架設用のトラベラーを利用したこと
- ・取付け橋主桁、補剛桁をPPC（PRC）部材としたこと

中秋の名月のもと、野天風呂に浸かりながらこの橋の景観を楽しみつつ、一杯やりたいものといつも考えています。出来得るならば、今は、コンサルタントの社長、当時、工事長だったS氏、コントラクターの主任だったW氏等、皆さんと御一緒できたらこれ以上の幸せはありません。

2.2 阿嘉橋（写真-4）

阿嘉橋は沖縄本島の南西40kmに位置する座間味村の慶留間島と阿嘉橋を結ぶ橋です。この2つの島を含む地域は、沖縄県海洋国定公園に指定されており、文字どおりの風光明媚なりゾートランドです。したがってこの橋には、観光資源たり得るすべてのポテンシャルをもたせることが要求されました。さらに、美しい周辺環境から突出することなく、橋としての存在感をすっきりとした形で示すこととい



写真-4 阿嘉橋（沖縄県）

う非常に難しい条件が景観委員会の特別委員のS先生から提示されました。その解答として提案したのが、バランスドアーチを景観中心とする阿嘉橋です。この橋には第1回土木学会景観・デザイン委員会デザイン賞において、優秀賞が与えられました。私どもが出した解答が相応に評価されたものと嬉しく受け止めております。架橋地点住民の島外者に対する排他性が非常に強くなかで、現場工期の短縮と経済化を図るために、上部工のすべてを1つの型枠設備を使ったプレキャストセグメント工法で施工しました。プレキャストセグメント工法の限界に挑んだ橋として、技術的にも価値ある橋であると自負しております。

是非とも見ていただきたい、私の大好きな橋の1つです。

3. 斜張橋

斜張橋は、高強度鋼材の引張力を利用して、コンクリートの重い、引張に弱いという弱点を合理的に打ち消すことのできる構造であり、構造的にも形態的にも、歴史的（traditionalとmodern）にもアーチ橋とともにコンクリート橋の2つの極を成す構造形式といえることができます。

その設計には多方面にわたる最新の技術、知見、ツールを十分に活用することが要求されます。さらに、限界に挑戦する勇気、最適解に対する閃き（鋭敏な感性）も要求されます。

技術者として、エクストラドーズド橋を含む斜張橋は、いくつか設計しましたが、Bai Chay橋に匹敵する仕事は、残念ながらありません。したがって、斜張橋の代表作として、Bai Chay橋を紹介したいと思います。

3.1 Bai Chay橋（写真-5）

Bai Chay橋建設プロジェクトは、現在のところコンクリート1面吊り斜張橋としては、世界第1位の中央支間長（435m）をもつ主橋、8橋の取付け橋（5橋の2主T形断面PPC連続ラーメン橋、2橋のRCアーチ橋、1橋の2室箱桁断面PPC3径間連続ラーメン橋）、延長約10kmの取付け道路と連絡道路から成る、わが国では決して経験できない規模のプロジェクトです。

このプロジェクトは国建協調査、フィーズィビリティスタディ（F/S）、詳細設計、工事発注と施工管理というわが国ODA案件の所要ステップのすべてを踏んで実施された



写真-5 Bai Chay橋（ベトナム国）

典型的なプロジェクトですが、このすべてに関与できたという意味で私にとっては、稀有のプロジェクトです。と同時に自分の管理者として、技術者としてまた1人の人間としての能力のすべてを傾注したプロジェクトであり、正しくライフワークといい得るプロジェクトでもあります。バイチャイ橋は、国建協調査の当初の調査案件が突然変更されたために浮上してきた案件であること、それがベトナムで実施する最初のプロジェクトであったことを考えますと運命的な出会いを感じます。プロジェクトの規模が大きということもありますが、F/S当時このベトナム北部地区には、キエン橋、ビン橋、本橋と3本の斜張橋が計画されていたこと、世界遺産に指定されているハロン湾のバッハゾーンに建設されるため環境問題の発生が懸念されたこと等、多くの問題があり、円借款を供与してもらうための努力も必要でした。建設地のカンニン省の知事さんと二人三脚で関係方面に陳情にまわる等の苦勞もありました。

バイチャイ橋は、国建協調査を実施して以来10年を経てようやく完成し、おそらく本年末あるいは、来年初頭、全線開通するものと思われます。

開通式では、本橋の建設に努力された多くの人々と多くの思い出について語り合えると思います。その時を楽しみに待っております。

本橋においては、設計、施工の問題は省略しました。詳しい情報については文献2)、3)を参考に願います。

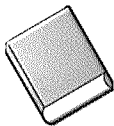
おわりに

コンクリート構造物の建設に、主として橋の設計という仕事を通じて関わり、40年になります。年齢でいえば、不惑ということになるのですが、とてものこと、そのような境地に達していないことは間違いありません。とまどいながら、多くの人のお陰をもって、今日までなんとかこの仕事を続けてこられたというのが正直なところであります。この場を借りて、お礼を申し上げます。

さらに、40年を振り返る機会を与えて下さいました編集委員の方々にも、心より感謝いたします。有り難う御座いました。今後とも、不惑の境地にいささかなりとも近づけるよう、精進に努める所存です。

参考文献

- 1) 小宮正久、前田晴人：ケニア国キリフィ橋の設計について、プレストレストコンクリート、Vol. 32, No.1, Jan 1990, pp. 43 ~ 57
- 2) 小宮正久：バイチャイ橋の設計、橋梁と基礎、Vol. 40, 2006 - 8, pp. 189 ~ 195
- 3) 柳川、吉田、白武、中村、土田：バイチャイ橋の施工—世界最長の1面吊PC斜張橋、橋梁と基礎、Vol. 40, 2006 - 10, 掲載予定
【2006年10月12日受付】



刊行物案内

プレストレストコンクリート技士試験 講習会資料

平成18年度 PC 技士試験講習会

資料のほか、過去3年間の試験問題、正解及び解説が掲載されています。

(平成18年6月)

頒布価格：3500円(送料を含む)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会