

【巻頭言】

橋梁の設計について思うこと

Impression of Recent Bridge Design

川田建設株 取締役社長
President

木村 康宏
Yasuhiro KIMURA



外国の土木関係の雑誌を見ていて感心することは、公共の工事でありながら新しい工法が割合に大胆に採用されていることである。主として経済性を念頭において、後述の制度のもとに自由競争が行われていることが大きな柱となっているように思える。メッシナ海峡とか、明石海峡のような現代技術の挑戦となるようなものは除いて、新しい工法が生れる風土と制度、また新しい橋梁設計が目指している方向等について述べてみたい。

1. 橋梁技術発展の風土

アメリカは欧洲の伝統を受けついで、新大陸で新しい理想をかかげて発展してきた国であり、個人主義及び自由競争と、革新の気風のもとに建てられた国である。この意識のもとにアメリカのエンジニアが競争に挑戦する事こそ望ましい、フェアであるとする考えには根強いものがある。競争の結果こそ、より安全で美しい構造物、なかなか経済的なものができ上るとの考えが支配的と言えよう。

欧洲では、技術の先進国であり、特に土木技術、なかなか橋梁に関しては先進国であるとのプライドが高い。初めての本格的な斜張橋も、戦後いち早く航空機の機体の技術をとり入れて長スパンのボックス桁を架設したのもドイツであるし、PCは言わずもがなフランスである。また、最近欠陥を露呈しその補強に大わらわなセバーンの大吊橋では、シャローなボックス断面の極めて軽い補剛桁、ワーレントラス型の吊材の斜め吊り等、斬新な設計を行っている。挑戦的な態度はやはり学ばなければならぬ所である。特にドイツのプロテスタンチズムにその活力をおくと想像できる伝統的な合理的かつ革新的な精神は、技術の世界に脈々と流れていることを感ずるものである。

翻って我が国では、明治の初め以来すべての近代技術を西欧から学び、材料においても震災復興の隅田川の橋梁にもみられるように輸入品であった。橋梁の技術は公共事業であったことから殆どすべてが、官庁を通じてもたらされたものであった。従って設計は官庁の技術者によってなされた。このように戦前から戦後、30年頃までであろうか、技術の導入から実施まで技術革新の尖兵たる自負のもとに、公共部門の技術は官庁主導型でその発展がなされたと言える。30年代より高度経済成長が続き、道路事業も、高速道路事業を含めて事業量が継続的に増大した。その内容も大橋梁、立体交差構造物が多くなり、勢い官庁のみでは対応できなくなり、30年代半ばにはコンサルタントの多数の発生をみたのである。以来事業量の増大と共に、技術の蓄積も行われ、資金的にも豊かになり、欧米のコンサルタントに近づいてきたものもある。この間発注官庁もかなりの優秀な技術者を擁し、戦前のような官庁主導型の姿はないが、その伝統はなお息づいている。

2. 橋梁技術開発につながる諸制度

アメリカの大部分の州政府は、技術開発を促進するため、主要な橋の発注に際して、二つの異なった競合する設計を建設に当つて示すことを要求している。入札に当つては代替設計に基づいて応札することもできる。ウエストバージニヤ州のオハイオ河に架設されたEast Huntington橋の場合、上部構造として鋼橋に代つて、ケーブルが入る主構にはPC構造を用い、床組には鋼構造のI型断面を採用すると共に、床版コンクリート及び主構のコンクリート(矩形断面)には8,000psi (576kg/cm²)の高強度コンクリートを用いて、全体の軽量化をはかった斜張橋が提案された。この斜張橋が代替設計として認め

られた時は、既に鋼構造系に基づく原設計の橋脚は完成していたが、鋼・コンクリートの二種の構造系に対する競争入札において、このハイブリッド構造（複合構造）が1千万ドルの差をつけて入札を勝ちとった（落札値2千3百万ドル）。センタースパン270m、有効幅員9m、鋼I型横桁は2.75m間隔となっており、施工は長さ13.7m、250tonのブロック工法を用いている。コンクリートと鋼材を巧みに使った“ハイブリッド”構造である。この州の殆どの主要橋梁が鋼使用であったこともあるが、採用に際しては、コストのみならずハイブリッド構造の将来性も充分に考慮された模様である。竣工後の調査結果によれば、振動性状も非常によく、レオンハルト博士によって示唆されたシステムダンピング効果も充分に認められたと報告されている。

上記は橋梁の技術開発につながった、コントラクターによる代替設計提案の一例である。このような事があつて、アメリカでは最適設計を求める上で、設計と施工を分離してきた従来の伝統的手法に反省の色が現われているようである。次に示すValue Engineeringもこの主旨に沿うものと理解できる。V·Eとは極一般的に言えば、多くの場合橋梁の入札に成功したものが経済的にも技術的にもすぐれたものとして、提案した代替設計が認められれば、落札値との差額の20~50%を褒賞として与えられる制度である。選定が複雑となるため、すべての参加者が代替設計を提案することはできない欠点があるが、業者に技術開発の意欲とインセンティブを与えるものとして評価されている。固定した単一設計では、参加者に同一ベースで競争させる利点はあっても、最適な経済設計は得られないという技術的良心の働いた制度と言えるかも知れない。

先に示したEast Huntington橋も一例であるが、V·Eを更に一步進めて、最近では州が用意した二案（鋼とコンクリート）に業者は応札するが、各業者も代替設計を提案するという制度も動き出した。これに対しては、協力するコンサルタントが建設業者の商業ベースにまきこまれ、職業の尊厳が傷つけられるものとの批判もでているようである。

更に進んで欧州では、一括設計施工（design/build approach）の方式がとられるようになった。当局並びに当局に雇われているコンサルティングエンジニアが、プロジェクトについて、設計に必要な基本的要項並びに資料を与え、建設業者はそれに基づいて自社のエンジニア或いはコンサルタントを使って設計をととのえる。そして、最終的に充分な説明資料・技術的データ・使用材料・見積書をそえて入札するわけである。業者の選定は、発注者側の代表者、お抱えのエンジニア並びに独自に機能する“Check Engineer”的協議によって行われ

る。落札業者は必ずしも最低値提出者とは限らない。この事情はヨーロッパ、アメリカも同様であり、往々にして選定をめぐって裁判沙汰にもなる。裁判になると費用もかかるため、主として発注者が仲に立ち、受注成功者も一枚加わって言わば示談によって、最低者或いは非受注者全員と和解成立をはかったケースもある。公共サービスを考えて早く供用する、或いは早く供用して料金徵収を天秤にかける計算も働いているようである。

翻って我が国の場合を考えると事情は大部変わる。大部分の大きな発注は、官庁が独自の技術者を擁しているため官庁主導型は残っている。比較検討もそのようにして行われる。設計の良否、コストの比較検討は行われるが、コンサルタント間の競争は一般的に行われない。ただ発注者側が優秀で技術開発に積極的である場合には、斬新な設計が試みられる。しかし、発注者側もコンサルタントも架設を含めた積算には弱く、アメリカにおけるような経験豊かな発注当局の“Engineer's Estimate”的な確実さを持った積算は行われにくい。従って最適設計（設計もコストもバランスを取っているものと解釈する）は得られ難い環境にある。この点は先にも述べたように、アメリカにおける諸提案制度もこの間の事情を物語っている。一般的に言って、技術の進歩はコストを念頭においてこそあり得ると言うのは歴史的事実である。外圧の圈外にあった建設業も、関西空港の建設を契機として国際化の波に洗われはじめた。これらの影響は次第に橋梁業界にも及んでくるものと考えてよいであろう。

3. 新しき傾向

橋梁は昔から単なる交通の一施設でなく、環境にマッチした景観を要求されるものであった。社会生活が豊かになるに従ってこの要求は強くなっている。イギリスにおいては、前述のように提案設計にコストをそえて応札するのであるが、必ずしも最低者が落札するとは限らず、最近ではアメニティーの要素が強く取り上げられている。従って最低でも落札に合格しなかったものから当然苦情が出る。その場合の解決策として、発注者は落札者と最低者がJVで施工するよう求めるケースもしばしばであると聞く。またアメリカでは、ある州が独自の設計と、独立した機関からの設計の二つ、計三つの設計を入札にかけた際、一つの設計が美観的にすぐれたことから、その設計に30万ドルのプラスのハンディキャップをつけた例がある。結果は絶対値においても州が望んだ設計に最低の落札値がついた事が報告されている。

上記の例は設計を複数にして、最適設計を選ぼうとする発注当局の苦心の程が窺えて面白い。しかし単に設計が斬新、革新的と言う上に、手では具体的に掴み難い美

観とか、環境の調和と言う要素が重要視されると最適設計の選び方が難しくなって行く。このような事情になると、我が国では官庁主導型の色彩が強いだけに、このような事態には対処しやすい。戦災復興に際して、隅田川の多くの橋が全体として調和がはかられて、違ったタイプの橋が当時の復興局の自らの手によって設計が進められた事を思い出す。

これから都市の橋、特に都市高速道路の様式は高架橋において、これらの要素は強く要請されるようになるであろう。都市高速道路となると、道路の線形そのものが市街地の状況によって強い制約を受け、構造も勿論その影響下にある。架設の条件も強い制約となる。このような制約のもとに設計されるため、勢い官庁主導型とはなるものの、素晴らしい技術の成果が現れたものがしばしばある。最近首都公團において完成したS字型斜張橋は、数々の制約を乗り越えて最新技術の結集されたものと言ってよいであろう。造形美の点から言っても一級に価値するものである。競争と制約は、以上のように考えると同じような性質を持っているようにも感ぜられる。

4. むすび

色々述べてきたが、良い技術開発につながる設計は、やはりいずれかの段階で競争の原理が導入されることが必要である。また、発注者側にも強い技術開発の意欲が必要といえる。施主並びに施工者に意欲のない限り、設計も架設工法を含めて進歩はない。美観とか、環境との調和と言ったアメニティーの要素が入ってくると、設計に携わるもの、また発注する側も確たる技術に対する心構えと、広い余裕のある“あそび”的精神もまた必要になってくる。架設される環境をよく理解して、それぞれの要素、技術・美観・コストの調和が益々必要となってきたといえよう。