

日本の PC は世界で生き残れるか

春日 昭夫*

いま日本は国内の建設投資が盛んであり、建設業界の業績は近年になく好調である。また、わが国のインフラ技術は高い品質を誇っており、日本政府が「質の高いインフラ」としてこの技術を輸出していく方針を表明している。しかし、ポストオリンピックの国内市場がどうなるのかといった予測が難しく、建設に従事する労働力も 100 万人単位で減少していくと見られている。また、海外では日本の高品質が過剰だという声もあり、はたしてどのような戦略をもって海外進出を果たしていくのが現在の大きな課題であろう。本稿では、日本の PC の世界における位置づけを示すとともに、国外の市場で日本がどうすれば競争に勝ち残り、持続可能なビジネスができるのかを考える。そして、次世代のエンジニアのヒントとなるような提言を行う。

キーワード：国際市場、プレキャスト技術、ICT、維持管理

1. はじめに

日本は今 2020 年のオリンピック・パラリンピック効果による建設投資が盛んであり、建設業界の業績は好調である。しかし、ポスト 2020 は市場がどうなるのか予測が難しく、大方の見方は建設投資が減少し建設業界は国外に目を向けざるを得ない、というものである。はたしてそう簡単にシフトできるのであるか。海外市場は、日本がプレーヤーとして競争できる環境にあるのであるか。日本で通常いわれる海外市場は、日本政府による ODA を前提としている。しかしその約 7 割は自由競争の一般円借款であり、ここに日本の企業はほとんど参加していない。日本タイトの残りの市場、つまり無償案件や STEP³⁾ で、かざられた企業が錆を削っているのが現状である。

筆者はこれまで日本の建設業界が今何をすべきかを提案してきた¹⁾。今回のテーマは「PC 技術の海外展開」であるが、建設業界全体同様、状況は厳しい。大きなポイントは、日本の市場の将来予測と海外市場の現状把握である。国内は、新設の建設から維持管理へと大きくシフトし、海外は、熾烈な競争下で国際的に通用する技術をいかに保有するか、が鍵になる。今までどっぷり国内市場に浸ってきた日本の PC 業界の持続可能性は、これから本当の国際化

ができるかどうかにかかっている。

図 - 1 に過去の建設投資、公共投資²⁾と PC 工事量³⁾の推移、2030 年の予測⁴⁾を示す。PC 工事量予測は公共投資に対する過去の比率で推測した。国内の PC 工事は、2030 年も 2000～3000 億の市場が続くという予測になる。また、図 - 2 は海外建設の資金源別推移⁵⁾である。海外市場は全体の約 10%が道路なので、無償と STEP を合せても 100～150 億であり、市場としてはいささか小さい。競争の激

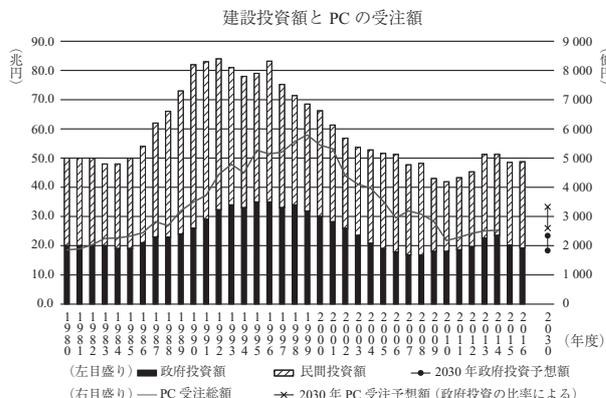


図 - 1 建設投資、公共投資と PC 工事量の推移

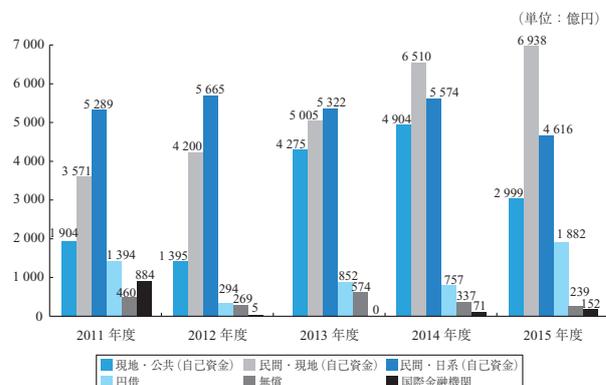


図 - 2 ODA 事業の推移



* Akio KASUGA

三井住友建設 (株)
技術本部長

しい通常の円借款案件にも取り組んでいくことになるだろうが、コストを切り詰めたとき、はたして「質の高いインフラ」を維持することができるのか、という懸念が残る。

海外市場では、PC業者は鋼橋業者と同じで、ゼネコンの下でビジネスをするサブコントラクターである。フレッシュナー、ディビダーク、VSLなどは、プレストレッシングシステムを売るサプライヤーであると同時に、架設機械を持ち込んで工事もおこなう。この点ではわれわれと同じ業態なのであるが、特化した作業員の教育システムを持っていて、世界中どこに行っても現地の人を教育して施工を行う一物件完結型といえる。一方、ゼネコンとしてビジネスを行う場合、国内と同様、多岐にわたる調達力が必要となるので、現地に根付いたそれなりの規模の拠点をもちなければならない。しかし、いずれのパターンでも競争に勝っていける、ほかにない技術をもつことが重要である。海外で工事をおこなうときにいずれの形で出て行くか、まずここから考えていくことになる。

お隣の韓国は、国内の建設工事が大きく減ったため果敢に海外のプロジェクトに挑戦している。かつて国を挙げて、建設を輸出産業として育てたという経緯もあるが、世界中の大きなプロジェクトでは必ずといっていいほど韓国の業者が参加している。斜張橋と吊橋のハイブリッド形式である第三ボスボラス橋(図-3)は現代建設の施工である。1000億のプロジェクトで非常に高度な技術が要求されるが、工期を前倒しして完成させた。韓国の事例がそのままわれわれに当てはまるわけではないが、やはりある程度の経済的、技術的リスクを取る覚悟がなければこのようなことはできない。

以下、日本のPCの国際展開を考えたときにどうすべきかを論じるが、あくまで筆者の経験を基にした一提案として捉えていただきたい。

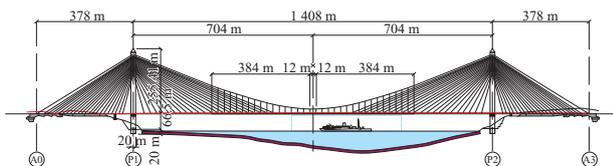


図-3 第三ボスボラス橋

2. 日本のPC技術に対する世界の評価

1937年にフランスとドイツで発明されたプレストレストコンクリート技術は、戦後本格的に日本に導入され、高度成長期のインフラ建設に大きな役割を果たした。そして、日本はつねに彼らの背中を見ながら、遅れをとらないように国際会議で情報を集め、先端技術の現場視察にも出かけた。筆者がPCの世界に足を踏み入れたのは、欧米に追いつこうと日本で本格的なPC斜張橋の建設が検討され始めた1980年のことであった。その後欧米に遅れること10年余り、日本でも本格的な張出し施工による斜張橋(新綾部大橋、写真-1)が1988年に建設された。

大きな転機となったのは、1992年に始まった小田原

ブルーウェイブリッジ(写真-2)である。それまでつねに欧米のあと追いついた日本が、初めて世界初の構造であるエクストラードロード橋に挑戦したのである。理論の提唱こそフランスであったが⁶⁾、斜材の安全率を通常のケーブルと同じ1.67とするには何を技術的に克服すればいいのか、など手探り状態ながら一つ一つ課題を潰していった。今や世界各国で多くのエクストラードロード橋が建設され、これが日本発であることは世界中が知っている。まさにイノベーションである。しかし、fib(国際コンクリート連合)は4年に一度のコンGRESSで選出されるOutstanding Structureの最優秀賞に、小田原ブルーウェイブリッジを選ばなかった。1998年のアムステルダムコンGRESSでのことであった。理由は、力学的には違うものの斜張橋の派生であり、斜張橋は欧州が起源であるので、オリジナリティーに欠ける、ということだとあとで知った。



写真-1 新綾部大橋



写真-2 小田原ブルーウェイブリッジ

欧米が初めて日本の技術を認め、fibが最優秀賞を与えたのが青雲橋(写真-3)である⁷⁾。2006年のナポリコンGRESSのときであった。吊構造を利用した架設方法のオリジナリティーを評価し、支保工や仮支柱を必要としないため周辺環境に与える影響を最小限にとどめた点が高く評価された。そして、このとき欧州が今まで生徒だった日本を初めて認めたのだ、と実感した。PCの技術導入から半世紀以上経って、やっと彼らと肩を並べることができたのである。

受賞こそ逃したがエクストラードロード橋に関する技術は

日本がリードしていることや、波形ウェブ橋も日本に多くのノウハウがあることを世界は知っている。また、PC工学会の斜張橋・エクストラードロード橋設計施工基準のようなスペック⁸⁾をもっているのは日本だけである。そして、2012年に英語版ができたので、徐々に世界中に広まりつつある。20年前に比べると日本のプレゼンスは格段に上がっているといえよう。



写真 - 3 青雲橋

3. 世界で勝負するところとは

エクストラードロード橋も波形ウェブ橋も、その多くは高速道路で建設されている。これは、日本における高速道路の橋梁が、施工会社が詳細設計を行う設計・施工一括発注であるため、新しい技術に挑戦しやすい環境にある。フランスやドイツもかつては設計・施工一括発注が多かった。フレシネーやフィンスタバルダーなどは筆者と同じような施工会社の技術者であった。施工を熟知したものが設計し、コストパフォーマンスを上げるために構造や施工技術を進化させる。そして、この過程でいくつもの革新的技術が生まれてきた。デザイン&ビルドのプロジェクトはあるものの、現在日本以外で定常的に設計・施工を行う国は少なくなってきており、コンサルタントと施工会社の分業が進んでいる。このなかで、スペインとチェコのコンサルタントは、その仕事の約8割が施工会社のための設計である。とくにスペインは、人と同じことをやらずに、いかに新しいことに挑戦するかということに誇りをもっている。デザイン&ビルドのプロジェクトやプロポーザル時の設計で、施工会社のパフォーマンスを上げるために、最適解を求めて彼らは知恵を絞っている。

以上のような世界の情勢を見たときに、今の日本の強みは設計・施工一括発注で培った技術革新にあるといっても過言ではない。そこで生まれた急速施工技術は世界で通用するものである。道路のPPP、BOTは、料金収入を得るために一日も早い開通が望まれる。このようなケースでは急速施工が威力を発揮する。

つぎに、PC橋の建設における生産性を調べるために、架設工法の違いによる生産性の比較をおこなう。指標とするパラメータは、技術者一人・一月あたり消化施工高（万円/人月）とコンクリートの一月あたり打設量（ m^3 /月）を

もちいる。前者はまさしく生産性、後者は施工スピードである。施工スピードにコンクリート打設量をもちいたのは、施工面積では橋梁の規模による差を考慮できないためである。またデータとしては、支保工施工、ポステン、張出し施工などの従来工法と、プレキャストセグメント工法、超大型架設作業車を用いた張出し施工などの合理化施工の実績を用いる。図 - 4⁹⁾に消化施工高と打設量の関係を示す。従来工法は施工スピードがあがっても生産性は一定であり、これは技術者の人数を増やさなければ同じ生産性を維持できないことを示している。一方、合理化施工は施工スピードを上げるにしたがって生産性も向上している。とくにスパンを一括して架設し、床版を後施工する工法は生産性がよく、これがプレキャスト工法の最大の特徴であるといえる。生産性の高い施工スピードの目標は1.2～1.5万円/人 m^3 であり、今後はこれを現場の管理指標として用いることも考えられる。

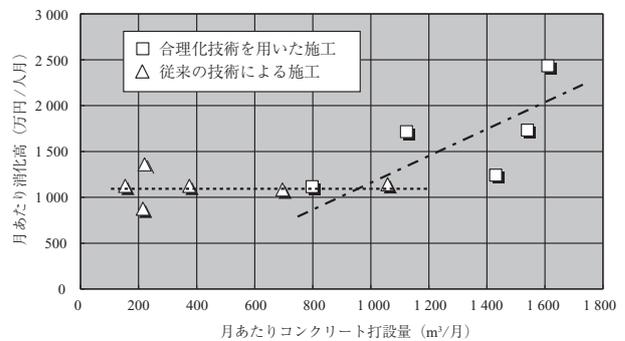


図 - 4 消化施工高とコンクリート打設量の関係

生産性を追及した事例として、バタフライウェブ橋を紹介する。写真 - 4に示す桶川高架橋¹⁰⁾はスパンバイスパン工法により施工されたが、工期は35000 m^2 の橋梁が設計込みで約1年半であった。バタフライウェブには80MPaの鋼繊維補強コンクリートが使用されている。開発時の理念は、この技術を海外でも展開できる材料を用いることであった。

80MPaのコンクリートは特殊なものではなく海外でも調達可能である。また、鋼繊維はラジアルタイヤに使用されるワイヤーで、タイヤ工場があるところであればどこでも調達できる。また、バタフライウェブの厚さは150mmで、鉄筋を配置していないために耐久性が向上している。このような欧米と一線を画した技術、それも過剰な高品質でない技術を海外に売り込んでいくことが重要であると考えられる。

世界が今悩んでいるものが、維持管理の合理化である。AEセンサーを仕込んでPC鋼材の破断を検知する技術や、常時微動計測で構造物の剛性の変化をとらえようとする技術はすでにあるが、これらはほんの一部で、すべてをカバーできるものではない。どの国もそのほかの維持管理は人力に頼っているのが現状であり、今騒がれているドローンでの橋の点検は、ICTの利用の入り口であると筆者は考えている。撮影した写真の位置情報、ひび割れの自動検知、

過去データや設計データの呼び込み、などすべてが BIM の三次元データを介して行われる、そういったシステムが本当の意味での維持管理の合理化につながる¹¹⁾。そして、このようなシステムは世界のどこにもなく、この分野で日本がリードすることは十分に可能であり、新興国ばかりでなく先進国にもニーズがある技術である。



写真 - 4 桶川高架橋

4. 世界で生き残るために

「世界で戦う」といふところよくいわれるが、現在日本の PC は本当の意味での海外市場にいない。日本の ODA は一般的な「海外市場」と少し違う。今や日本でやることはほとんど他国でもやれるし、新興国でもたいていのことは自国でやれる。STEP など日本企業が受注できる条件下でないと、一般円借款のような自由競争での日本のコストでは勝ち目はないし、参加すらしていない。今やわれわれの税金である日本政府の円借款は、その3割程度を日本企業が受注しているに過ぎないのである。そして、ODA は建設分野だけでないことを肝に銘じるべきである。建設が ODA の投資効果を十二分に発揮して、日本のプレゼンスを示せるように日本政府にとって魅力的で戦略的でないと、他分野にこの投資がシフトしていくという可能性を十分考えなければならないのである。

戦略は、以下に示すようなことに絞って立案されるべきであろう。

- 日本の PC の何を売るのか？
- ユーロコード、AASHTO の狭間にあるアジアで、日本は基準のどの部分に特化するのか？
- 欧米、中国・韓国との違いは何か？
- コスト競争に陥らないために何をすべきか？

日本は今までインフラ技術を海外で売る、という発想がなかった。したがって、日本のインフラは高品質で価格が高い日本仕様となっており、そのまま海外に適用することはできない。海外市場では日本の技術水準の高さを認めつつも、その必要性はまったく理解されておらず、過剰な水準によるコスト高は不要と判断されているのである。厳しい評価は品質だけではない。ODA に特化した日本の建設業の姿勢は、やる気のなさの顕れと低く評価されているのである¹²⁾。ここまで酷評されると、国税を使った国際貢

献のあり方を根本から問いなおさなければならないと思うのである。

日本政府は「質の高いインフラ輸出」を唱えているが、この「高い質」も「海外仕様」に基づいたものでなければならない。それには、初期コストは少し高いがライフサイクルコストは少なくなるような、耐久性の高い構造物を提示していかなければならない。そのときに、造るのを急ぎすぎたつけがこれからのコストのかかる更新事業である、という日本の経験を説くのである。「初期から考えないと、次世代に大きなつけを残しますよ」と。この戦略はコスト競争に陥ることがなく、本当の「質の高いインフラ」を輸出することにつながる。そして、少なくとも中国、韓国との差別化は現時点では可能である。「現時点」というのは、ぐずぐずしていると追いつかれる、という意味である。官学産が三位一体となって、世界が追従するような技術を売る。これこそが日本の生きる道だと考えるのである。

もうひとつ、日本が戦略的に弱いのが基準の海外輸出である。アジアでは日本の ODA であるにもかかわらず、ユーロコード（以下、EC）や AASHTO（米国道路橋基準）で設計されたプロジェクトが多い。日本の道路橋示方書は残念ながら影が薄いのである。EC は *fib* のモデルコードを参考に作られ、AASHTO は ACI（米国コンクリート協会）のビルディングコードが基礎になっている。日本の一番の課題は、これらのような土木・建築にまたがったビルディングコードをもっていないということである。これは歴史的に官学産が土木・建築という縦割りになっていることに起因しているため、簡単には改められない。したがって筆者が考える戦略は、日本が得意とする分野で、EC や AASHTO でカバーしきれない部分の基準を、国際学会の中で浸透させることである。耐震設計やエクストラドーズ橋など、日本が得意とする分野がそうである。このとき、PC 工学会が果たす役割は大きいといえよう。日本の考え方を部分的にでも世界に認識させることは、日本のプレゼンスを向上させ、顔の見える国際貢献につながるのである。

日本のプレゼンスといえば、国際会議の場での情報発信も重要である。図 - 5 に *fib* での日本の論文発表件数を示す。2002 年は大阪コンgresのため発表数が多いが、そのほかは全体の 1 割弱にとどまる。日本の技術の評価のところで述べたように、世界は日本の技術を認め、さらなる貢献を望んでいる。論文発表はもとより、日本の基準や独自技術を紹介するためにも、国際学会の委員会活動にももっと若い世代を送るべきであると考え。また、日本はこれから多大な時間と費用をかけて高速道路の大規模更新事業に取り組む。イニシャルコストは少々かかるが、維持管理にはほとんど費用がかからない高耐久な材料や、構造など、世界が欲する新技術がこれから出てくるであろう。大規模更新は世界でも類を見ないビッグプロジェクトである。持続可能な発展に寄与する新技術を是非世界にも展開したいものである。

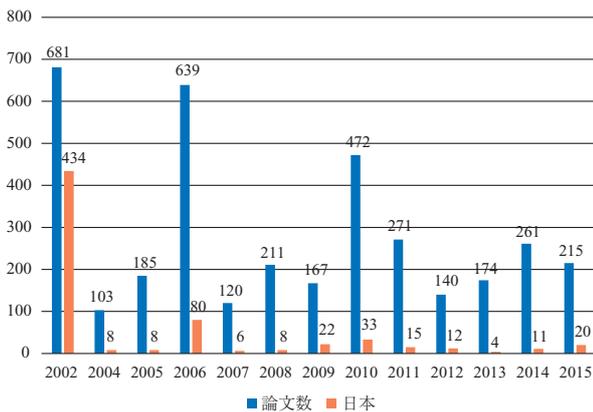


図 - 5 fib での日本の論文発表数の推移

5. おわりに

日本独自の波形ウェブ橋の研究¹³⁾から20年後、フランスで複合橋としての波形ウェブ橋が世界で始めて出現したが、フランス人は20年前の日本の研究を知らなかった。それは情報発信が日本語のみであったからである。結局、日本で波形ウェブ橋はフランスの発明まで橋として日の目を見なかった。そして、波形ウェブ橋は日本に「逆輸入」され、実績としては世界一となった。しかし、今では波形ウェブ橋の起源はフランスだと世界中の誰もが思っている。これほど残念なことがあるだろうか。テレビのアンテナでお馴染みの八木アンテナ^{b)}、竜巻の規模を示すFスケール^{c)}、グーグルが買った日本のロボットベンチャー¹⁴⁾など、世界的な革新技術である日本の発明・発見は、日本では誰も評価してこなかった。結局、それらの価値を見抜いた米国が取り入れたのであるが、日本人はイノベーションに鈍感な国民であるといわざるを得ない。これは国家的な損失である。イノベーションの芽を見出すには、経験と好奇心が必要である。そのためには、イノベーションが受け入れやすい社会制度や、学産での人材教育が要である。

これからは、国内はインフラの維持更新にエネルギーを注ぐことになり、それ自体重要プロジェクトである。しかし、次世代のエンジニアをそこだけにとどめておくのはもったいない話であるし、日本が世界で活躍できる場をもつと作ることが筆者の世代の責務のひとつだと考えている。

日本のサッカーが世界的レベルになったのは、選手が世界に出て自分のレベルを認識し、力量を再確認した結果だ

と思う。要するに自信をもったのである。日本のPCが今後世界で生き残る一番の鍵は、若い世代が海外に出て、自信をもち、世界レベルがどんなものかを認識することである。そして、今回述べたように、どこで勝負して、何を売っていくのかという戦略をしっかりと立てていくことと考えるのである。

参考文献

- 1) 春日昭夫：持続可能な日本の建設産業のために今考えること、コンクリート工学, vol. 53, No. 1, 2015年1月
 - 2) 財建設経済研究所：建設経済レポート, No. 62, 2014年4月
 - 3) PC建協：受注額の推移,
<http://www.pcken.or.jp/pubinfo/jisseki/jyuchu/>
 - 4) 日刊建設工業新聞：2030年度建設投資（財建設経済研究所）：2016年4月26日
 - 5) OCAJI：2015年度海外建設受注動向の概要, 2016年6-7月
 - 6) Mathivat, J., Recent Development in Prestressed Concrete Bridges, FIP notes, 1988/2
 - 7) 2006 fib Awards for Outstanding Concrete Structures, fib Bulletin 36
 - 8) PC斜張橋・エクストラードズド橋 設計施工規準, プレストレストコンクリート技術協会, 2009年
 - 9) 春日昭夫：“Accelerated Construction”のすすめ - PC橋の建設における生産性向上は可能か -, プレストレストコンクリート, Vol. 51, No. 2, Mar. 2009年
 - 10) 中村雅範, 他, 首都圏中央連絡自動車道 桶川第2高架橋の設計・施工, プレストレストコンクリート, Vol. 57, No. 1, Jan. 2015年
 - 11) 三井住友建設の挑戦, DCM マネジメント：建設通信新聞, 2015年9月14日
 - 12) 建設分野における競合国に関する調査研究：国土交通政策研究所, 2015年7月
 - 13) 島田静雄：リップルウェブ Girder による鋼板のせん断実験, 土木学会論文集, No. 124, pp.1-10, 1965年
 - 14) “一億総無責任社会 日本が危ない”, 日経ビジネス, pp.22-29, 2016年1月11日
- a) 本邦技術活用案件 (Special Terms for Economic Partnership) のことで、日本の優れた技術やノウハウを活用し、開発途上国への技術移転を意図する制度。
 - b) 正式には八木・宇田アンテナといい、宇田新太郎博士と八木秀次博士の共同で開発された指向性アンテナ。テレビ放送やアマチュア無線などに広く世界的に利用されている。
 - c) シカゴ大学の藤田哲也博士により提唱された、竜巻やダウンバーストなどの風速を推定する指標で、F0 から F5 が規定されている。

【2016年9月14日受付】