

ベトナムに日本の技術を広める取組み

Action to spread a Japanese technique in Vietnam

横浜国立大学
工学博士
D.Eng.
Vice-President
YOKOHAMA National University

副学長
山田 均
Hitoshi YAMADA



横浜国大の土木工学では文部科学省奨学金を確保し応募者に直接与える留学生制度を東大に倣い始めここ20年間継続しており、東南アジアを中心として、多くの国から学生を迎え、帰国後活躍しています。東大との違いは、特に東南アジアに力を入れていることで、多くの卒業生が出ています。たとえば、第一期生のDr. Virote Boonyapinyoは、経済の卒業生でありタイ王国の財務大臣を経験されたタノンピタヤ氏とともに、横浜国大の同窓会を主宰しており、大学とのコンタクトが多い卒業生です。彼は工学部長を経て、タマサート大学の総長補佐で、バンコクでは洪水の被害に遭っていますが、将来を見据えた基盤整備をしているように聞いています。彼だけではなく、執行部として、あるいは起業し社長として活躍しているものも多く、現地と同窓会を開き、昔の学生と時間を忘れ昔に戻って飲み交わす際には大きな幸せを感じる場所があります。

さて、ベトナムですが、ご承知の通り、ホーチミンを中心とする南部と政府があるハノイを中心とする北部でそれぞれの特徴があります。我が研究分野の卒業生は10名を超えていますが、ハノイを中心とした北部とダナンを中心とする中部に固まっています。ホーチミンが少ないのは何の理由があるのか常々奇妙に感じているところです。実は、この関係で、最近ベトナムに出かける機会が実に多く、プロジェクトの相談を受けることや、大学間協定に始まり教育移転の議論をすることも多く、この中で感じる場所がありますので、そのあたりを紹介したいと考えております。

2011年は3月の大震災をはじめとして我が国にとっては特別な年でした。振り返れば、きわめて深刻な災害が生じた年です。一年前に発生したM7の地震に続き年初2月22日に発生したニュージーランド地震はM6クラスでしたが、建物の崩壊で留学生が失われた報道にはショックを受けました。それに続き、3月の東日本大震災と東電福島原子力発電所の事故がつづき、地震がきわめて希有とされた米国ワシントンでも8月23日

にM6弱の地震が起き被害が報告されております。トルコでは10月23日のM7.3の大きな地震に引き続き、11月10日にはM5.6とはいえ震源が浅い地震でNPO法人が被害にあっているところは記憶に新しいところです。災害は地震にとどまらず8月25日に発生した台風12号(タラス)は動きが遅く多量な降雨により大規模な洪水被害をもたらしました。その少し後、米国でもハリケーンアイリーン(発生9番目のハリケーンですので日本流に言えば9号)が再上陸したニュージャージーを始めとし、北部のバーモントまでも、深刻な洪水被害をもたらしました。最近ではタイの歴史的な降雨でバンコクが洪水で悩んでいることは周知の通りです。工学的に見れば、想定外と言われた被害は、記録的な自然現象の発生を除けば、津波の構造物への直接影響や設計強度を超えた場合の対応や周知の甘さあたりに集約されそうですが、工学から外に目を向ければ、日米欧の経済に、国のローンの問題や若年層の失業の問題に解決の出口は見えず、エネルギー開発、新エネルギーが脚光をあびつづけ社会資本への投資へ資金が向かう出番はまだ遠いといった印象が強いのは、橋を愛するものとしてはきわめて残念なところです。

長大橋については、中国の建設意欲が強いことはご承知の通りですが、我が国の海外援助を主体とした海外での物件も少なくないように見受けられます。しまなみ海道の多々羅大橋は建設時世界最長の斜張橋でしたが、中国の蘇通公路大橋に抜かれ、ロシアの斜張橋が世界最長になると聞いています。世界一と言えば、完成がわずかに先を越された生口橋や多々羅大橋と競ったノルマンディ橋、工事の遅れで世界一になり損ねたストーンカッター橋など、世界最長に名を連ね損ねたけれど、技術進歩に大きく寄与した橋も同時期に建設されております。技術的な見直しや、それぞれ達成した技術を元に次の世代を開くと言うこと自体はこれまで繰り返されてきた倣いですので、大いに喜ばしいことであろうと思います。

私としては1990年を前後して開発したいいわゆるディンプルケーブル（開発時にはインデントケーブルと呼んでいました）が、20年たった今でも、レインバイブレーション対策と抗力対策の同時実現に効果があり、多々羅大橋での実績とともに、多くの長大斜張橋で採用され続けていることは大きな喜びです。一方で、勇気ある使い方をされているなど感じる例も散見され始めました。開発時から報告しておりますが、開発趣旨は、多々羅大橋は長大橋であるが故の論点として、

- a) レインバイブレーション発生の危惧があるが、長大なケーブルのために減衰付与のしかけが大がかりになりすぎる。ダンパー維持作業が容易で実現可能な範囲に収めたい。
- b) 長大化により斜ケーブルの投影荷重面積が増大し、ケーブル起因の風荷重が大きくなる。この意味で、ケーブル表面を工作することによる、粗度の増加にともなう抗力増加は避けたい。

の2点に集約されます。結果として提案したディンプルケーブルは、基本的には通常のケーブルとほとんど変わりませんが、ディンプルをつけたことで①レイノルズ数臨界域での抗力特性変化が穏やか、かつ臨界レイノルズ数が下がることもあり、抗力は小さめの値で終始すること、②レインバイブレーションを抑制するために付加的な減衰が必要になりますが、その量は最小限かつ実現可能な範囲に収められること、が特徴でした。

最近の研究ではデンマークのグループが、斜位においた場合の抗力の实用レイノルズ数範囲での変化もきわめて穏やかであり、他の提案されている空力ケーブル案に比べ優れていることが報告されており、特性の優秀さが話題になっております。このような特性ですので、理解しておくべきこともないわけではなく、通常のケーブルに見られる渦励振や軽微な振動はします。また、減衰付与が十分でない場合には起きないはずのレインバイブレーションも当然のように発生が予測されます。ケーブルを架設した経験がある方々はすでにご承知と思いますが、この量は場合によっては少なく、その意味でディンプルケーブルは振動するものであって、どんな状態でも静止しているものではありません。

また、円柱状のケーブルの場合、レイノルズ数変化の特性が敏感であることは周知の通りであり、開発時に実験は実物と同寸法の範囲の模型で空力特性を調べております。後の研究で同様の表面加工ながら縮尺の小さい、つまり小ぶりの模型実験では、予想される性

能を得ることが出来ず、インデント加工の結果の微妙な凸凹の再現もある程度効果、つまり空力特性に違いが生じる、ことがあることも分かっており、私どもの研究室内でしばらく原因究明に頭を悩まし、課題の一つに残っていると認識しております。

海外を眺めるとディンプルケーブルの採用の事例はアジアで多く、事故を起こしたメコンデルタのカントー橋やハノイの多連の斜張橋であるニャットン橋の建設、その他ベトナムでも進んでいるプロジェクトでも見られます。現地で工事を拝見しますと、昔本州四国連絡橋のプロジェクトで一緒させていただいた先輩が働かれているのをよく見受け、ノウハウの伝承や、ご指導いただいている様子にプロジェクトの海外展開を感じます。また、韓国のサムスン建設には長大橋の技術に有力な方々が籍を移され働かれていることはご承知かと思いますが、例えば仁川第二航路橋ではディンプルケーブルが採用され、技術が生かされております。中国でも同済大学のグループで実験が繰り返され、蘇通公路橋をはじめとして、最近の多くの斜張橋プロジェクト事例で採用されていることは感動的です。

こういう状況を見るにつけ思うのは、一時話題になり、今でも課題になっているだろう技術の伝承です。技術の伝承は川田工業でも細心の注意で行われているとは思いますが、論点は新設のプロジェクトに携われなかった場合の対応でしょう。紙上の教育だけで十分かという議論は繰り返されているとは思いますが、さらに長大橋を議論する場合や、海外の技術者と議論する場合には、国内での国交省の指示の下の事業とは異なる、ある意味での覚悟が必要になるのではないかと考えております。

いくつか例を挙げさせていただきます。9月に上海でケーブルダイナミクスに関する国際会議がありまして出かけて参りました。同済大学の葛先生、曹先生にお願いし、杭州東の浙江省の舟山跨海大橋にある斜張橋の桃夭門大橋、金塘大橋、吊橋の西堍門大橋を見学しました。ディンプルケーブルが揺れていると報告があったのが金塘大橋で、渦励振が起きているというのが最新ツインボックスの補剛桁を誇る西堍門大橋です。現地拝見すると多々羅大橋に比べて小径ディンプルケーブルが使われており、ダンパーは幸魂大橋で開発された粘性剪断型のものがケーブル傾斜角度に応じて（寝かせて）配置されていました。渦励振はグレートベルト橋の検討と同様に、低風速で発生しますので、発散振動を気にした雑な風洞実験では見逃すことがあります。今回がどうかは分かりませんが、それなりの対策が取

られておりました。一方ケーブルには本当に本質を理解しながら対応しているのか疑義を感じるころがあります。たとえば、系の違いにより生じる空力効果を正確に把握したか、楕円軌道を示すケーブル振動に粘性剪断ダンパーは機能するのか等々です。桁の揺れは使用性に支障が出るので十分に対応処置すべきと考えますが、一方で、ケーブルはそもそも柔軟な揺れやすい構造特性があるわけで些細な風にも揺れます。渦励振の場合もありますし、ギャロッピングにつながるケーブル後流不安定性に起因するものもあります。揺れるものと考えれば、問題はその程度で、機能面だけではなくビジュアルにも悪影響がない範囲で振動が起きるのは問題とすべきではないと考えています。観測されたケーブルの揺れは大きくないので一安心しましたが、この判断無しで揺れるか揺れないか報告されてしまう状況を愁えます。中国にも、製作企業にもこの技術移転はしたつもりはありませんが、形だけの理解ではしっかりした判断には問題がありそうな気がしております。しっかりした技術理解と正確な把握がないと、揺れないケーブルも揺れるものとしてみられてしまう危惧が現実のものとなっています。

ケーブルとは別の例を紹介させていただきます。ベトナム中部のダナンには中規模の吊橋である Thuan Phuoc 橋があります。中国企業が施工した橋で一箱桁を補剛桁とする、標準的な橋です。ただ、振動は起きているようで、照明装置をつけたハンガーや桁の傷みなど、いろいろ問題があるように聞いています。もうひとつは橋の名前は分かりませんが、フィンランドのコンサルタントが提案している側径間がYに割れた主径間一面吊りの斜張橋もあるようです。ダナンに出かけると、これらの質問をよく受けます。ダナンだけに限らず、行く先々で捕まり聞かれるチャンスは少なくありません。そこで思うのは、私どもが送り出した留学生は数多くいる一方で、実際の業務に携わる、あるいは管理する現地の技術者レベルはいかほどなのかと云うことです。ハノイのUTC（交通運輸大学：University of Transport and Communications）の教員が関与し続けているハロン湾のバイチャイとかの例ではそうではないような気がします。同じ橋とはいえある意味特殊な長大橋には中小橋梁とは違う見方があります。吊橋の柔軟性を欠くような設計と見られる場合、動きに伴い桁のこすれ等々で橋から振動音が発生することはあるはずで、吊橋から音が出るという報告もこのあたりが原因であるように感じます。

さて、このような状況下で何をすべきかということ

ですが、最高の技術で作った長大橋は同じく最高な技術で維持管理して初めて機能を発揮するでしょう。我が国から出かけて行って、建設する。建設時に使いたい最新技術に理解のないワーカーを雇うと、教育時間を使うとしても、恐らく不十分で、事故につながるミスをするかもしれない。維持にしても経験ある我が国の技術者が滞在しマニュアルを書けば良いのかもしれませんが、いずれ現地に引き渡し、マニュアルにないものへの対応は問題になるでしょう。経験し理解するために時間が必要な問題があるにもかかわらず、限られた場での限られた対応では自ら限界があるのは明らかです。

現在現地の大学では国際レベルの教育を実現することを国策として動いており、彼らと教育力の議論をしていて感じるのはこの点です。まずは教育の質の保証をおこなうために対策を打ち、最新技術の実例を知るために我が国の実例を体験してもらう、さらに多くの設計維持のためのシミュレーションをしてもらう。多くの技術移転プログラムではここまでかなりの時間を費やす必要があり、だいたいここでプロジェクトの終期を迎えることとなりますが、特殊な長大橋では、これだけでは不十分で、さらに技術の背景や吊り形式の本質性能の議論やその歴史的経過についての教育を行う必要があります。

外形だけの技術コピーは簡単ですが、早晩かならず不具合が起きます。それに基づいて批判が行われますが、現象しか見えない多くの技術者には批判の理不尽さも見えません。ぜひ、自分で考え得られる技術者を育てたいと考えております。現在私どもの大学ではベトナムで現地の大学と協力を行っていますが、結局は現地の大学の教育の質の保証が出来る教育システムで底上げし、上位の研究者が日本の精密な技術を理解できるようになればと考えています。基準がよくできていてその範囲にとどまれば問題がありません。実は基準に守られているのは日本の国内市場でして、海外ではそうはいきません。時間はかかりますが、市場をきちっと責任を持って社会基盤の将来の安全安心を維持するに地道な教育と基盤的人的努力が必要なのかなと考える次第であり、開始から20年立ち多くの卒業生を送り出してきた我がプログラムも皆様の海外展開にお役に立てる陣容が整いつつあるのかなと思いつつ今日この頃でございます。