

## 土木技術に魅せられて

右城 猛

### 1. まえがき

私は、昭和45年に高知工業高校の土木科を卒業した。半年間は、建設会社の社員としてダム工事現場で施工管理の補助をし、3ヶ月間は本山町役場の建設課でアルバイトをした。

その後、徳島の建設コンサルタントで約15年間働き、昭和61年4月に第一コンサルタンツへ入社した。平成19年からは、社長を務めている。

立派な技術者になることを夢見てひたすら頑張ってきたが、今は日本一の社長になって社員を幸せにしたいと思っている。

人一倍頑張れたのは、仕事が面白いと思えたことに尽きる。「好きこそ物の上手なれ」という諺があるが、建設コンサルタントで設計を始めてから私は、「水を得た魚」のように変わった。

まだ「立派」と言われるほどの土木技術者にはなっていない。おこがましいが、これまでの仕事を振り返り、心掛けてきたことや最近思うことなどを述べることにする。

### 2. 高校卒業と同時にダム工事現場

昭和45年3月1日に高知工業高校の卒業式をすませた私は、地元の建設会社に就職した。指定された3月5日出社すると、作業服、ヘルメット、安全靴が支給され、入社式もすることなく工事現場へ連れて行かれた。ここで私は半年間、飯場生活を送った。

当時は、早明浦ダムの建設工事が最盛期を迎えていた。山崎ダムは、その放流水を調整するために電源開発公社が計画したダムである。ここで施工管理の補助をするのが私の役目であった。測量や労務者の出面表の作成などである。時にはショベルを運転して資材を運んだり、コンクリートの締固めやスライムの除去、鉄筋の組み立てといった土方作業を手伝ったりすることもあった。

現場には、電源開発から井利元氏と河野氏が監督としてこられていた。2人とも20代か30代前半と若かったが、施工と設計に関する知識は豊富であった。

コンクリート打設時の締固め用具に、「うなぎ」

と呼ばれる棒状バイブレータと大型のダム用バイブレータがあった。当時としては珍しかったと思う。誰ひとり使い方を知っているものはいなかった。河野氏は実に器用にバイブレータを操作し、コンクリートに材料分離を生じさせない使い方を人夫たちに指導していた。

山崎ダムは、重力式堰堤と管理橋から構成されていた。設計は河野氏がされていたのだろう。河原に座って設計の話をよく私にしてくれた。その話はとても新鮮で、橋の設計に興味を覚えるようになった。

当時、橋梁の設計ができる会社は全国的に見ても少なかった。四国では唯一徳島に四国建設コンサルタントという会社があることを知った。

建設省（現・国土交通省）に勤務していた叔父の口添えにより四国建設コンサルタント（株）へ入社させていただき、昭和46年2月から勤務することになった。

### 3. 徳島の建設コンサルタント会社

#### 3.1 野口秀美常務

四国建設コンサルタントに入社した私は、常務取締役をしていた野口秀美氏の下で橋梁設計の手伝いをするようになった。

野口常務は47歳であった。徳島工業高等専門学校（現・徳島大学工学部）の出身で、徳島県土木部で橋梁の仕事に携わった後に、45歳で四国建設コンサルタントに入社していた。

建設コンサルタントは戦後にできた業種である。歴史が浅いこともあり、技術力は官公庁の職員の方が勝っていた。コンサルタントとは名ばかりで、どこの会社も官公庁の指導を受けながら、測量や設計の手伝いをしていたように思えた。

徳島県には四国三郎と称される吉野川や那賀川といった大河がある。多くの長大橋を建設していたので、優秀な橋梁技術者が育っていた。中でも野口常務は特に秀でていたようだ。月刊誌「橋梁と基礎」の巻頭言の中で、ある橋梁の大家が「徳島県の建設課橋梁係には野口秀美という俊秀がいた」と述べられていた。

私に与えられた最初の仕事は、日和佐町と牟岐

町を結ぶ南阿波サンラインに建設する橋梁の設計であった。野口常務が赤・黒の鉛筆で下書きした計画図面を清書するものであった。

私には橋梁に関する知識がなく、いく種類もの下書きの線が残った複雑な図面を理解し、一般図に仕上げるのはパズルを解くようなものであった。

山岳部に建設する橋梁であったので、基礎には台コンクリートを計画していた。急傾斜した岩盤線に合わせて積み木を複雑に重ねたような形状をしており、側面図と平面図からその三次元的な形状をイメージするのは困難であった。

私は八百屋でジャガイモを買い込み、それを下宿に持ち帰ってナイフで刻み、台コンクリート基礎の模型を作った。それを上、横、前から眺めて図面に描くことで、立体的な形状をイメージできるように訓練した。

野口常務は自分の計画をしばしば二転三転させた。まだ自家用車は普及しておらず、自転車で通勤されており、帰宅途中の公衆電話から計画を変更する旨を知らせてきた。自宅に帰ってからもトイレの最中で良い案が浮かんだと言って電話をかけてきた。早朝に電話で起こされることもたびたびあった。仕事のことを四六時中考えておられた。私としては、図面をその都度修正しなければならず、たまらないと思うのが本音であった。

私の両親は日曜祝日関係なく、早朝から夜遅くまで農作業や炭焼きをして生計を立てていた。私の夢は、サラリーマンになって家族サービスができる家庭を築くことであった。仕事とプライベートは明確に区別し、家に帰ってまでも仕事のことを考えるべきでないと思っていた。しかし、それでは優れた仕事をするにはできないと思うようになった。常に思考していないと良いアイデアは浮かばない。ふとしたきっかけが問題解決の糸口になるのは思考を継続させているからである。

野口常務は、道路橋示方書など技術基準についても詳しかった。知識として記憶しているだけでなく、よく理解されていた。ときには微分積分を駆使して道路橋示方書の式を誘導したりもされていた。

構造物の形状や寸法を決めた根拠についても詳しく説明してくれた。私に話すことで計画の妥当性を再確認していたのではないかと思う。

上司や同僚たちは嫌っていたが、私は仕事に妥協しない野口常務を尊敬していた。私の技術屋精神は野口常務の影響を受けているのかもしれない。

### 3.2 タイガー計算器

橋を設計する作業を大まかに分類すれば計画、構造計算、製図、数量計算となる。

私が入社したころ、新人がまずやらされるのは製図であった。ドラフターを用いて図面を描くのである。次の段階が数量計算である。構造計算は3~4年の経験を経てやっと任されていた。計画は、すべてのことが分かっていないとできないので課長クラスが担当していた。

私は構造計算を早くできるようになりたかった。上司の指示にしたがって製図をするよりも、自分で構造物の寸法や鉄筋を決める方がはるかに楽しいと思えたからである。

休日には徳島駅前にあった森住書店によく行った。専門書がたくさん並んでいたもので、10冊くらいまとめて買って来た。しかし、専門書を見ただけでは構造計算を理解するのは難しい。先輩が作った計算書の青焼き(感光紙にアンモニア液で焼き付けたもの)をもらってアパートに持ち帰り、それを見ながら実際に数値計算をすることで設計手法を理解しようと考えた。そのためには計算機が必要であった。

入社当時は、タイガー計算機が使われていた。ハンドルが付いた手動式計算機である。かけ算、わり算はもちろんのこと平方根の計算もできた。大きな文具店に行けば電卓が売られていたが、四則計算の機能しか付いていないのに10万円もした。これに比べればタイガー計算機は3万円と安く、私の1ヶ月分の給料をはたけば買えた。

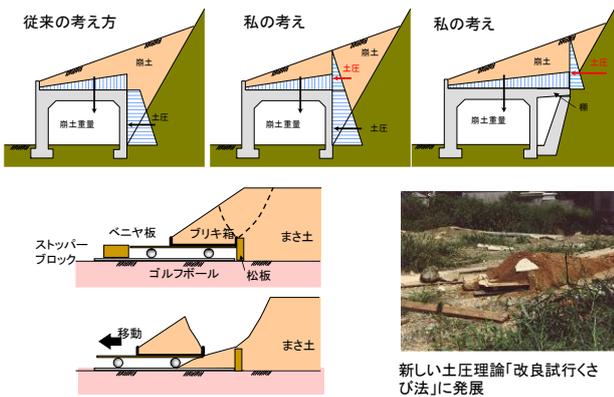
骨董品となった今でも当時を思い出す証拠品として大切に保存してある



### 4. 技術力を高めた柳谷洞門

28歳の時に洞門(ロックシェッド)の設計を担当した。場所は、国道33号の愛媛県と高知県の県境に位置する柳谷村であった。

松山側は落石と崩土の危険があるので洞門、高知側は落石だけなので落石防護柵で設計すること



になった。

従来の設計では、洞門と山側の擁壁の間に土を詰める方式が採られていた。しかし、このようにすると詰めた土によって大きな土圧が発生し、構造上好ましくない。洞門の山側に片持ち式の棚を付けることを提案した。そのとき、堆積する崩土によって洞門に水平土圧が作用するかどうか議論になった。

私は、水平土圧が発生すると主張したが、過去の設計例では崩土を鉛直荷重としてのみ取り扱っていたこともあり、松山工事事務所（現・松山河川国道事務所）の担当者には私の考えを理解してもらえなかった。

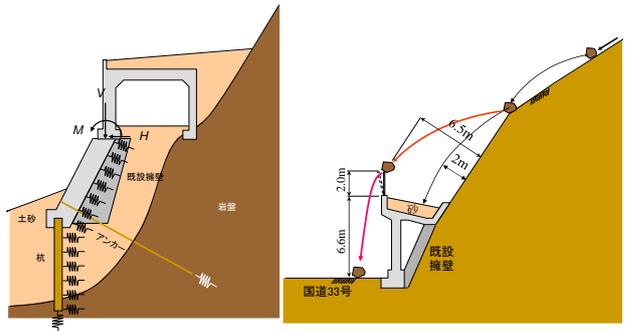
そこで、私の主張が正しいことを立証するため模型実験を行った。ガラス板の上にゴルフボールを並べ、その上にブリキの菓子箱を載せ、洞門に見立てた台車を作り、土を山の形に盛った。そして、台車の前のストッパーをはずすと台車は前方へ走り出した。水平土圧が洞門に作用した証拠である。

土を山形に盛ることができるのは、洞門の頂版と土の間に摩擦があるために他ならない。摩擦があれば、水平力(摩擦力)が洞門に伝達されるというのが私の主張であった。

台車が前方へ動くとき二種類のすべり面が形成された。この現象は、私の脳裏に深く刻み込まれており、後に改良試行くさび法という土圧計算法を考案する大きなヒントになった。

洞門の下部工の設計は、杭基礎とアンカーと壁背面地盤で支持させる複合構造とした。このような構造は、荷重の伝達機構が複雑になるので好ましくないとされていたが、他によい方法を思いつかなかったので、杭、アンカー、地盤をそれぞればねにモデル化して解析することを提案した。ばね定数は、道路橋下部構造設計指針・くい基礎の設計篇(1976年)に示されている実験式で推定することにしたが、実験データにはばらつきが大きい

く、



それが解析結果にどのような影響をおよぼすかが問題になった。この問題について研究したのが「kh、kvのばらつきがくい基礎の設計に与える影響について」と題する論文である。

現在、もたれ式擁壁やブロック積み擁壁の設計では、私の考案した地盤係数法が一般的に採用されている。このときの考え方を発展させたものである。

高知側に計画した落石防護棚の設計においては、落石が棚部のサンドクッションに当たってバウンドしても道路に飛び出さないようにする必要があった。落石の最大跳躍量は2メートルというのが定説になっていたが、余裕を見込んで5メートルまでならサンドクッションを敷いた棚部で受け止められる構造に設計した。ところが、完成から半年後に落石が棚部の先端に設置してあった防護柵を跳び越えて国道に落下する事故が発生した。跳躍量は6.5メートルであった。この事故は、私が落石の運動に興味を持つきっかけになった。

柳谷洞門の設計は、その後における私の研究の原点になっている。

## 5. 吉田博先生との出会い

柳谷村の落石防護棚の事故以来、落石の運動に関する研究の必要性を感じていた。家の中でテーブルを傾け、消しゴムを転がして実験をしていたのであるが、実際の斜面でやってみたくなった。

鳴門市郊外に落石実験に適した場所があるのを見つけた。砕石場内の切土のり面である。休日であれば貸して貰えることになったので、会社の同僚や部下、それに協力会社の人たちに手伝ってもらって、落石実験をすることにした。

砕石場内で切り出された岩塊をペンキで白く着色し、体重計に載せて重さを量ってから斜面の上まで運び、そこから転がして落石の運動を観察した。ビデオカメラはまだ高価なため一般の家庭には普及していなかったが、部下の一人が持ってい

たので、それで撮影してもらった。

この実験で、落石は回転しながら跳躍と衝突を繰り返して落下すること、斜面に衝突するとエネルギー損失が大きいこと、斜面のわずかな凹凸で飛び出しの方向が変わることなどがわかった。いろいろと思考しているうちに、反発係数などの運動パラメータを確率密度関数として与え、落石が斜面と衝突する毎に乱数を発生させてパラメータを変化させて計算すれば、落石の速度や跳躍量をうまく計算できることを思いついた。モンテカルロ法を用いた数値シミュレーションである。

ヒントになったのは、正月休みに故郷に帰っていたときに、飲み会の席で航空自衛隊に勤務していた幼なじみの先輩から聞いた話であった。

航空自衛隊では、日本の領空に侵入した敵機を撃墜するシミュレーションをコンピュータで行っている。それにはモンテカルロ法を用いているという話である。

昭和58年、金沢大学で「落石の衝撃力とロックシェッドに関するシンポジウム」が開催された。衝撃力や落石問題に関わる研究者や技術者が一同に会する研究発表会としては、わが国ではじめてであった。参加者は500名を超えていた。

シンポジウムは、昭和61年にも第2回目が金沢大学で開催された。

私は、第1回のシンポジウムで「落石の飛跳高の推定」、第2回のシンポジウムでは「実験データを用いた落石の運動軌跡のシミュレーション」と題する論文を発表した。このころ、ヨーロッパでも落石に関する研究が始められており、オーストリアで私と同じような落石シミュレーション解析が行われていたということを知った。

このシンポジウムは、多くの研究者と知り合う切っ掛けになった。中でも吉田博先生との出会いは、その後の私の人生に大きな影響を与えた。

吉田先生は、私より1回り年上の寅年生まれである。金沢大学を卒業後、アメリカのリーハイ大学に留学され、土圧や支持力の極限解析法で世界的に有名なチェン博士と机を並べ、塑性理論を学ばれている。

吉田先生は、金沢大学で構造力学講座の教授と電算センター長を併任されていた。落石の衝撃力に関する研究論文をたくさん発表される一方で、構造力学の教科書や有限要素法などの専門書を数多く出版されていた。私にとって憧れの存在であった。第1回のシンポジウムでお会いし、話をできたことは夢のようであった。

昭和63年には金沢大学で北陸道路研究会の35

周年記念シンポジウムが開催された。テーマは、「道路の景観と道路防護工の設計」であった。私にもパネリストの一人として発表するようにと吉田先生から電話の要請があった。「落石の衝撃力とロックシェッドに関するシンポジウム」に2回とも参加して研究発表したことが評価されたのだと思う。

電話をいただく数日前に、高知県で落石事故が立て続けに発生していた。北川村の県道で落石が軽トラックを直撃して助手席に乗っていた女性が死亡する事故と、大月町の国道321号で落石が乗用車を直撃して後部座席に乗っていた老女が死亡する事故である。

私は落石事故をテーマとした論文を書くため、社員に手伝ってもらって現地を調査した。斜面の上方に落石が抜け落ちた跡を確認でき、落石の発生位置を特定することができた。斜面の立木には擦痕、地面には窪みが残されており、落石が通過した経路と落石の運動形態を推定することができた。

この2つの落石斜面に加え、以前に防護柵の破損事故があった柳谷村の斜面で落石シミュレーション解析を行った。そして、私の提案するシミュレーション手法を用いれば、落石の軌跡を合理的に予測できるという研究論文「2・3の落石斜面でのシミュレーション解析の検証」を発表した。このシンポジウムは、私が落石運動の研究をライフワークとするきっかけになった。

## 6. 著書の執筆

### 6.1 中小橋梁の計画

私が最初に専門書を出版したのは昭和61年、36歳のときである。私は橋梁の設計を15年間経験し、建設省から高い評価をいただいていたので、第一コンサルタンツでも橋梁の設計をできるものと思っていた。

ところが第一コンサルタンツは、橋梁の実績があまりない上に、信用もされていなかった。技術力があることを発注者にアピールするには、専門書を出版するのが手っ取り早いと考えたのである。

以前に徳島で研修会の講師を頼まれたとき、テキストとして執筆した「中・小橋梁の計画」があったので、これを修正・加筆したものを印刷・製本し、第一コンサルタンツから出版した。

その1冊を母校の高知工業高校に持って行くと、恩師の北岡健一先生がとても喜ばれ、「右城君、相撲部の教え子が高知新聞社の社会部で部長をして

いる。紹介してあげる」と言っ、高知新聞社へ連れて行ってきて、私の本を記事にするように頼んでくれた。

記事を書いてくれたのは、私より2歳年上の森沢孝道氏であった。森沢氏にはその後ずっと親しくお付き合いさせていただいている。現在は、高知新聞社の論説委員長などを経て常任論説顧問をされている。

500部出版したこの本は、四国内にある官公庁や学校などの公的機関、あるいは知人に贈呈させていただいたところ、分かりやすいと評判になり、全国の書店から「入手するにはどうすればよいか」という問い合わせをいただくほどであった。

この出版が、橋梁設計業務の受注に少しは貢献したかも知れないが、大きな効果は得られなかった。しかし、それまで無名に等しかった私の知名度を少しアップさせた。また本を執筆する自信を付けることができた。

## 6.2 擁壁の設計法と計算例

2冊目の出版は、平成元年に理工図書から出した「新道路土工指針による擁壁の設計法と計算例」である。

昭和57年に多度津工業高校土木科長の渡辺淳先生から生徒に講義を頼まれたとき、テキスト用としてわかり易く執筆した「鈍才のための擁壁設計法」が元になっている。

渡辺淳先生は、私の上司と徳島大学の同級生であった。その縁で、多度津工業高校から渡辺俊雄先生が、橋梁設計を学ぶため四国建設コンサルタントに2週間内地留学に来ていた。年齢は私よりも4歳ほど上であったが、意気投合し、よく話した。私の家に泊まってワインを飲みながら議論したこともあった。

これが縁で多度津工業高校の渡辺淳先生とも親しくさせていただくようになっていたのである。

第一コンサルタツの社内勉強会でもこれをテキストにしたところ、土圧や支持力が分かりやすいと予想以上に評判がよかったため、出版することにした。

昭和62年に道路土工一擁壁・カルバート・仮設構造物指針が発刊されていた。出版するにはそれと整合させる必要があった。

この本の執筆に際しては、土佐国道工事事務所の係長をされていた藤川昌幸氏から聞いた話がとても役立った。昭和62年4月の高知県橋梁会の研修会で、「新しい土工指針に基づく擁壁設計法」と題する講演をしていただいていたのである。

藤川氏は、高知に来られる前は建設省土木研究所施工研究室で擁壁の土圧を研究しており、道路土工一擁壁・カルバート・仮設構造物指針の「擁壁」の執筆者の一人であった。

理工図書から出版できたのは、村山保先生の口添えのお陰である。先生は「測量」、「鉄筋コンクリート構造物設計例集」など6冊の本を理工図書から出版しており、理工図書に顔が利いたのである。

出版に当たり、編集担当であった木村博氏からいくつかの条件が付けられた。初版は500部とする。そのうちの200部を第一コンサルタツで購入すること。できるだけ多くの計算例を掲載すること。印刷したできあがりは200ページ程度にすること、などであった。

よく売れる条件は、値段が手頃で、具体的な計算例がたくさん書かれているということであった。本のカバーを赤色にしたのは、書店の棚に並べられたときに目に付きやすくする作戦であった。

藤川昌幸氏や木村博氏によるアドバイスのお陰で、私の本は予想以上に売れた。当初の危惧とは裏腹に1万部を突破した。それまで実務者向けに平易に書かれた擁壁設計法の解説書がなかったことが幸いした。

## 6.3 擁壁設計Q&A

「擁壁の設計法と計算例」が売れるのに伴い、土圧や擁壁の設計法に関する質問が全国の読者から寄せられるようになった。

それらの中には、実務に携わる技術者であれば誰もが疑問に感じると思われる内容がたくさんあった。質問の中から45題を選定し、「誰も教えてくれなかった疑問に答える擁壁設計Q&A」と題して平成7年に出版した。

土圧を算定するには、手計算では無理である。パソコンが必須になる。誰でも簡単に土圧を計算し擁壁の設計を行えるようにするため、この本には表計算ソフト「エクセル」で作成した8種類のプログラムを付けて出版した。

平成11年に帝国ホテルで開催された理工図書創立100周年の祝賀会で、記念誌「理工図書100年の歩み 温故知新」が参加者に配布された。その中で次のように紹介されている。

「1995年(平成7年)、右城猛著「擁壁設計Q&A」が、当社では初のフロッピー付の出版物として発刊され、期待以上の売れ行きとなった」

「擁壁設計Q&A」の出版以降、共著も含めると16冊の著書を執筆した。

## 7. 土圧に関する研究

最後の清流と呼ばれる四万十川に沿って国道381号が走る改良区間に、高さが10mを超える逆T型擁壁が計画されていた。建設省の標準設計図集に収録されているのは高さ9mまでであり、標準設計図集を適用できなかった。

平成3年に高知県窪川土木事務所より逆T型擁壁の標準設計図集を作成する業務をいただいた。高さが10mから15mまでの大規模逆T型擁壁が対象であった。

擁壁高さが同じなら、盛土を高くするほど擁壁の安定性は低下するはずなのに、部下がやった設計計算書では逆に安全率が大きくなっていった。計算は擁壁工指針に基づいて行っていた。

建設省土木研究所に質問したり、外国の文献を調べたりしたのであるが、問題は解決できなかった。いろいろ思考しているうちに、試行くさび法と呼ばれている擁壁工指針の土圧算定法に問題があることに気がついた。

かかと版の付いた擁壁では、かかと版の後端から鉛直の仮想壁面を立て、その面に作用する土圧をクーロンの土圧理論に基づいて算定しているのであるが、この問題を解くには、未知数に対して条件式が一個足りない。擁壁工指針では、問題を静定化させるため、土圧の傾斜角を経験的に定めていた。原因は、土圧の傾斜角にあることに気がついた。

擁壁が前方へ少し動くと、2本のすべり面が発生する。これを考慮して力のつり合い式を立てれば、未知数と条件式の数が一致するため、土圧や傾斜角を仮定することなく計算で求められることになる。この新しい土圧計算法は、「改良試行くさび法」と名付けた。

現在、擁壁などの設計では、ランキン式、クーロン式、試行くさび法が用いられているが、これらの式が適用できる条件は限られている。それに対して改良試行くさび法は、どのような擁壁の土圧でも理論的に求められるのである。

フランスのクーロンが土圧理論を発表してから240年が経つ。それにも関わらず今までこのような土圧理論が提案されていないということは、とんでもない間違いを犯しているかも知れないと思いつつ、「逆T型擁壁の合理的な土圧評価法」と題して地盤工学会四国支部の研究発表会で発表した。

当時、愛媛大学の八木則男教授の下で助教授をされていた榎明潔先生から、「あなたの考えは正しい。私たちの理論と基本的に同じだ」と言われた。

当時、八木研究室では斜面安定問題、土圧問題、支持力問題の全てに汎用的に適用できる「一般化された極限平衡法 GLEM」という解析法の研究が行われていた。

このことが、後に八木研究室と共同研究をするきっかけになった。愛媛大学では擁壁模型で実験をしていただき、実験結果が私の理論とよくあうことを証明していただいた。

改良試行くさび法については、高知大学農学部の小椋正澄先生の研究室でも実験をしていただいた。裏込め材にアルミ棒を用いた模型実験と遠心力載荷実験で私の理論の妥当性を証明していただいた。

## 8. 愛媛大学から論文博士を授与

46歳のときに八木則男教授から「愛媛大学のドクターコースに来ませんか」と勧められた。

私は、「短大しか出ていませんが大丈夫でしょうか」とたずねると、「君はこれまでに論文をたくさん発表しているし、専門書を何冊も出版している。実績が十分あるので問題ない」という返事をいただいた。

それで入学願書を提出したのだが、「学士の資格がない」という理由で事務局に断られた。そのとき八木先生からいただいた言葉は、「論文博士で行こう」というものであった。

愛媛大学との共同研究も終わりかけたその年の9月に、「来年の4月までに学位論文としてまとめて提出するように」と指示された。

それで、10月から論文の執筆に取りかかった。休日や正月休みは食事と睡眠の時間を除いて論文の執筆に当て、翌年の3月の初めには333ページの論文を完成させることができた。

ところが4月になって、「短大卒には資格審査規定がない。教授会で強引に押せば通すこともできるが初めてのケースであり今後のこともあるので規定を変更したい。それまで待ってもらえないか」という電話が入った。論文を書けば直ぐ学位をいただけるものとばかり思っていたので、この時ばかりは少しショックであった。

八木先生のお骨折りで愛媛大学の学位審査規定が改定された。

平成9年7月に資格審査をパスし、9月24日に公聴会と口頭試験が行われた。

待望の学位記は10月16日の教授会の審議を経て、10月31日に柿沼工学部長から直接手渡された。

私は、八木先生からお話をいただくまで博士の資格などまったく無縁と思っていた。愛媛大学卒でもない無学な私を引き立てていただいたことに深く感謝している。

博士(工学)の称号をいただいたお蔭で、平成9年には高知県建設職業能力開発短期大学校教授、平成20年からは岐阜大学非常勤講師、平成26年からは愛媛大学と岐阜大学の客員教授、平成27年からは高知大学からも客員教授という名誉ある称号をいただいている。

## 9. 落石防護柵基礎の設計法の研究

### 9.1 四国建設弘済会の助成金で研究

私は平成5年に、建設省から依頼されて落石防護柵の基礎を設計した。従来は経験的に断面が決められていたが、それでは会計検査で説明ができない。力学的な根拠を示す必要があったのである。

ところが、従来よりも2倍程度大きな断面にしないと安定性を確保できないという結果になった。落石荷重は瞬間的に作用する衝撃力であるにも関わらず、防護柵に使用する中間支柱の降伏力を静的に作用させて設計しているためである。

明らかに過大設計であるが、落石対策便覧に基づいて設計するという指示を受けていたので、この時点ではどうしようもなかった。技術者にとって納得できない仕事をさせられることほど嫌なことはない。

力学的に合理性のある設計手法について研究し提案したいと思い、社団法人四国建設弘済会(現・一般社団法人建設クリエイト四国)が募集していた平成11年度の研究助成金に応募し、幸いにも採択された。

四国建設弘済会では、平成9年から建設技術開発に関する研究テーマを公募し、毎年5件の研究に対してその費用を助成していたのである。

コンクリート製の擁壁模型を作り、これに鉛玉を衝突させて擁壁の応答を観察した。擁壁の応答は、大学の物理で習う剛体力学の運動で説明できることが分かった。鉛玉を当てる位置や衝突速度によって擁壁は異なった応答をするが、反発係数を適当に決めることで力学的に説明できることが確認できた。

この成果を「落石防護柵基礎の合理的な設計法に関する研究」と題する論文にまとめた。私の提案式を用いれば従来の方法で設計したよりもコストを2分の1から3分の1に低減できるという内容であった。

平成13年1月30日に高松メッセで開催された四国建設技術官民懇談会主催の新技术発表会で、私の研究成果を発表する機会が与えられた。この研究が国土交通省に認められ、四国技術事務所から、「右城さんの理論を実物大実験で検証するので実験計画書を提出して下さい」という要請をいただいた。

当時、日本道路協会の中に「落石シミュレーション手法に関するワーキンググループ」が組織され、土木研究所動土質研究室長の職にあった松尾修氏が座長を務められていた。私は松尾氏の指名でその会議のメンバーに加えさせていただいていた。

ある日の会議の後で、「四国地方整備局から落石防護擁壁の実験計画書が上がってきている。これは右城さんの提案でしょう」と言われ、全面的に協力してあげると約束してくれた。

私はこれまで技術マニュアルの問題点を指摘する論文をたびたび発表してきた。コンサルタントの技術者の中には、「学識経験者によって審議されているマニュアルをよく批判できますね。天につばするようなものじゃないですか」と言われる方もいた。

土木研究所には私を煙たがっている方も多い。そうした中で、松尾さんは、「問題点があればどんどん指摘して下さい。いろいろな意見を聞いて改善していかなければいけないと考えています」というアカデミックな考えの持ち主である。私の意見を聞いて理解してくれる数少ない研究者の一人である。

### 9.2 落石防護柵基礎の実物実験

提案していた落石防護柵の重錘衝突実験が予算化され、平成13年12月から約1年半かけて実験と解析が行われることに決まった。

高さ1m、幅0.6mで、長さは4.5m、7.5m、10.5mの3種類のコンクリート基礎に実物の落石防護柵を設置し、それに重さ0.5トンの重錘を衝突させ、基礎の応答を測定することにした。

実験をするには、事前に、衝突速度(重錘の落下高さ)を決める必要がある。私の考えた理論式を用いて基礎が転倒する限界速度を予測したが、実験前夜は本当に計算通り転倒してくれるのだろうかという不安でほとんど眠れなかった。

実験当日は国土交通省の職員をはじめ、多くの方が見に来られる。もしも予想通り転倒しなければ計測データを収集することができなくなる。再実験が必要になれば予算をオーバーするだけな

く、関係者に多大な迷惑をかけることになる。失敗は許されない。私の人生でこのときほどプレッシャーを感じたことはなかった。

結果は、私の計算通りで、無事に実験を終えることができた。しかし、計測された加速度から基礎の角速度や回転角を求めたところ、計算値とかなり開きがあることがわかった。

原因は容易には、わからなかった。計測データとにらめっこをしながら解析モデルを修正し、運動方程式を解くという日々を1ヶ月くらい続けた。

その結果、①基礎に伝達される衝撃力は、重錘衝撃力より小さい。②回転に伴って基礎のアームが減少し、自重によるモーメントが低下する。ということに気が付いた。

気が付けばコロンブスの卵と同じである。このことを考慮して当初の理論式を修正したところ、実験結果とピッタリ一致した。

落石の衝突後に、防護柵の基礎は予想通りに応答することが確認できた。しかしながら防護柵自体のエネルギー吸収性能は、これまでに想定されていた値よりもはるかに小さいことが明らかになった。

実験に使用した防護柵であれば、金網によって25キロジュール、ワイヤロープで7キロジュール、合計32キロジュールのエネルギーを吸収できる計算であった。ところが、実験では、わずか23キロジュールの運動エネルギーで重錘が防護柵を突き破った。

既存の落石防護柵は斜面からの落石を阻止し、期待通りの性能を発揮していることが経験的に確認されている。このことは、これまで落石の運動エネルギーも落石防護柵の性能も両方とも過大評価してきた可能性がある。ラッキーハーモニーを保っていたと考えられた。

私のこの仮説を証明するには、現場実験を行い、斜面を転がる落石の運動エネルギーが落石対策便覧の式で推定される値よりも小さいことを明らかにする必要があった。

### 9.3 実斜面で落石の落下実験

落石の運動エネルギーの推定には、等価摩擦係数法による経験的手法が一般的に用いられていた。この方法で計算すると実際よりも落石の速度を過大に評価すると考えられた。そこで、より正確な落石速度や運動エネルギーを把握するために、実際の斜面で落石実験を行うことになった。

四国技術事務所の技術課長と一緒に落石実験に適する斜面を探して四国内を回った結果、愛媛県

土居町にある碎石場の敷地内の斜面を借りることにした。

斜面の高さは40m以上、斜面上部の投石位置まで重機が進入可能、落石の観察が容易という私が求めていた条件をすべて満たしていた。基礎的な実験を行うための人工斜面を作るにも適していた。

トラッククレーンやダンプトラック、ショベルカー、フォークなど実験に必要な重機が現場に揃っていたのは好都合であった。何よりも良かったのは、碎石場の社長が物理に詳しく、落石実験にたいへん興味を持っておられ、全面的に協力してくれたことであった。

大がかりな現場実験には、大勢の優秀なスタッフが必要で、そのスタッフを集めるのがたいへんである。実験をすることが決まった直後、ラッキーなことに楠本雅博氏が第一コンサルタンツに入社し、実験を手伝ってくれることになった。

楠本氏は、四国建設コンサルタントの初代社長であった楠本博之氏のご長男で、最近までその会社の社長をされていたのであるが、事情があって退任していた。若くして技術士の資格も取得した優秀な技術者である。百万人の味方を得る思いがした。

実験は楠本氏に加え、情報処理に滅法詳しい社員の篠原昌二君、来春に入社が決まっていた徳島大学大学院生の大西一賢君と田中宏和君、落石の運動の研究をされておられる松江高専助教授の河原莊一郎先生と2人の学生、信州大学大学院の松岡みどりさん、日本興業(株)の渡辺君をはじめ多数の方々に手伝ってもらった。松岡さんは、卒論のテーマが落石の運動に関するものであったので、私の意見を求めて長野からはるばるたずねて来られたことがあり、その際に実験を手伝ってくれるという約束をもらっていたのである。

この実験も防護柵基礎の実験のときと同様に学識経験者による技術検討会が組織されることになったので、日頃懇意にさせていただいている愛媛大学教授の矢田部龍一先生、小野田ケミコ(株)の古賀泰之氏、土木研究所耐震研究グループ長の松尾修氏の各氏に委員になっていただき、実験方法や解析に関するアドバイスをいただいた。

古賀氏は土木研究所の動土質研究所長や部長を歴任された方で、日本道路協会の落石防護施設小委員会「落石シミュレーション手法検討ワーキンググループ」、地盤工学会の連載講座「落石対策」の執筆会議などでご一緒させていただいていた。

落石対策便覧の初版(昭和58年版)は古賀氏が、平成12年の改訂版は松尾氏がそれぞれワーキン

ググループの座長務められている。今回の実験には、日本における落石の権威のお2人に加わっていただいたことになる。

実験には碎石場から切り出した120~2060kgの砂岩、コンクリートで製造した立方体(520kg)と球(200kg)の模擬落石を用いた。模擬落石は日本興業に依頼して、衝撃で破壊することがないように60MPaの高強度コンクリートで製造してもらった。模擬落石には三軸方向の衝撃加速度を測定するため、加速度センサーとデータロガーを内蔵することにし、その設計と製造を曙ブレーキ工業に依頼した。模擬落石と加速度センサーの製作費だけで約7百万円を要した。

この落石実験に関する最後の技術検討会で、松尾氏より「この研究は世界的に見ても第一級のものだと思います。国土交通省でこのように費用をかけた大規模な落石実験は、二度とできないでしょう」というコメントをいただいた。

研究成果は四国地方整備局の木下賢司企画部長との連名で土木学会論文集に投稿する一方、日本道路会議、ネパールのカトマンズで開催された国際シンポジウムなどで発表した。また、落石防護柵基礎の重錘衝突実験を含めた一連の研究成果、測定データ、ビデオ画像はDVD二枚に収録して、落石対策の研究をしている国内の大学や研究所に配布させていただいた。

## 10. 落石対策の研究成果

私が落石対策の仕事に関わってから、40年近くになる。これまでの研究成果は2冊の共著書にして公表した。

1冊は地盤工学会四国支部より平成23年に出版した「落石対策Q&A」で、もう一冊は平成26年に地盤工学会から私が編集委員長として出版した「落石対策工の設計法と計算例」である。

これらの本は、国内の実務者のみならず中国からも高い評価をいただいた。

平成26年の秋には中国から落石防護対策に関わる中国中鉄関係者、大学、民間製品メーカーの技術者11名が日本の技術を視察に訪日された。

これが縁で、平成27年4月には四川省の成都で「2015年柔構造落石防護技術国際シンポジウム」が開催され、日本から大学、建設コンサルタント、製品メーカーの研究者や技術者10名が参加した。この国際シンポジウムは今後とも継続していくことになっている。

## 11. 昨日の常識は今日の非常識

技術は日々進歩している。過去を振り返ると、「昨日の常識は今日の非常識」であることな気付かされる。「今日の常識は、明日の非常識」ということにもなる。私がこの業界に足を踏み入れて教わったことで、現在は否定されている事例を3つだけ紹介しよう。

### 11.1 軟弱地盤の橋梁

軟弱地盤に橋梁を造ると不等沈下を生じる。この影響を避けるため、単純桁構造にしなければならないと教わった。最近では、単純桁は地震に弱い。落橋を防ぐため、連続桁にしなければならないというのが常識である。

### 11.2 山岳部の橋脚

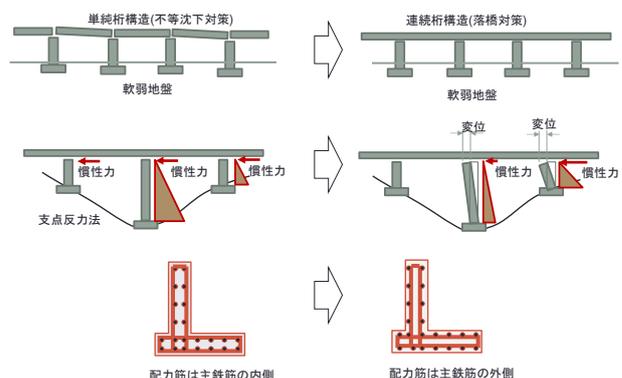
山岳橋梁は、地形の傾斜で橋脚の高さが大きく変化する。上部構造に作用する地震時の慣性力が、各橋脚に等分に伝達すると仮定すれば、背の高い橋脚ほど柱の根元に作用する曲げモーメントは大きくなる。最近では、各橋脚の天端の水平変位は同じとする考えが常識となっている。そう考えると、背の高い橋脚ほど曲げモーメントは逆に小さくなる。

### 11.3 主鉄筋と配力筋

徳島大学の工業短期大学部に通っていた頃、コンクリート工学の日本的権威であった荒木謙一教授に、「主鉄筋と配力筋のどちらを外側に配置するのが正しいでしょうか」と質問したことがある。教授は、「主鉄筋は外側に決まっている。有効高さを大きくすれば経済的な設計ができる」と明快におっしゃられた。

ところが最近では、構造的に大事な主鉄筋は内側が常識となっている。まったく逆である。

技術が進歩すれば、常識も変わる。技術基準書に書かれていることが絶対的に正しいと思っはならない。真実は、神様以外、誰にも永遠に分からないのである。



## 12. 心の財(たから)を蓄える

人生には波がある。幸運に恵まれるピークがあれば不運に襲われるボトムもある。

私もこれまでに何度か大きな波に遭遇した。「万事休す」と思ったときもあった。そのような時に助けてくれたのが日頃懇意にさせてもらっている友人や知人であった。

日蓮が弟子の四条金吾に宛てた手紙に、「蔵の財(たから)よりも身の財すぐれたり 身の財よりも心の財第一なり」という言葉がある。

世の中で成功している人は、間違いなく「心の財」をたくさん蓄えている。

若いときは、個人の能力が占めるウェイトが高い。このため人脈の大切さに気がつかないが、いざというときに助けてくれる友人をどれだけ多く持っているかで人の運は大きく変わる。

心の財を増やす上で大切なことは、「かけた情けは水に流せ、受けた恩は石に刻め」という心掛けである。

## 13. 運・鈍・根

私は納得できないと次のステップに進めない不器用な人間である。しかも頭の回転が遅い。一つのことを理解するのに他人の数倍の時間を費やす。

人並みより少し上を目指そうとすると、やることを絞り込む以外にない。気がついたら、擁壁と落石に取り組んで35年の歳月が経っていた。

私は、休日は、ほとんど自宅に閉じこもって文献を読んだり論文を書いたりしてきた。たまに家族と遊びに行っても頭の中は研究のことばかり考えていた。擁壁と落石の問題に愚直に取り組んできたことが今日の成果につながっているとしか思えない。

30年前に、今年96歳を迎えられる村山保先生から「運・鈍・根」という言葉を教わった。先生は、「うどんこ」と言っていた。一つのことを根気よく愚直に続けていけば、必ず運が巡ってきて成功するという意味である。

聡明で目先が利く人は、意外と成功していない。世の中に翻弄されて後手後手に回っているような気がする。

## 14. 夢を持つ

「風呂付きの家に住みたい」「論文を書いて発表したい」「技術士になりたい」「専門書を出版した

い」と思っていた。気がつくと、すべてが叶っていた。

平成19年に私が社長になったときは、公共事業費削減の影響で、会社の売上高は平成11年の13.4億円から7億円にまで落ち込んでいた。私は社長就任の挨拶で、5年後には2.5倍の17.5億円にしようと夢を語った。

平成13年に東日本大震災が起きたときは、社員13名と一緒に宮城県の津波被災状況を見に行き、本社を津波の影響を受けない場所に移転し防災拠点にすることを決心し、5年以内を実現すると発表した。移転のための資金も土地も見通しがまだ立っていないときである。

売上高に関しては2年遅れたが実現した。社屋移転は今年の秋には完成する見込みなので、半年早く実現することになる。

私は、平成18年の正月から毎年、夫婦で金比羅参りを続けている。神前で心を込めて祈願すれば夢が叶うと信じているからである。

平成21年の正月には、ホームセンターで買ってきたベニヤ板で巨大絵馬を作り社員一人ひとりに「夢」を書いてもらい、それを土佐神社に奉納した。翌年からは、絵馬作りは社員に任せているが、わが社の恒例行事となっている。

遺伝子工学の世界的権威である村上和雄・筑波大学名誉教授の説によれば、眠っている遺伝子のスイッチをオンにすれば、夢が叶うということである。

## 15. 心掛けてきたこと

### 15.1 誠実であること

私は、「あなたと付き合っていてよかった」「あなたに仕事を任せてよかった」と言われるようになりたいと思っている。

仕事には、時間的、金銭的制約がある。その中で、相手に信用され、信頼されるために大事なことは、「誠実」である。

誠実とは、「言ったことを成し、実らせる」こと、つまり「約束を必ず守る」ことである。簡単なようだが、これが出来ている人は意外と少ない。

約束の期日まで余裕があったとしても、頼まれたらすぐに仕事に取りかかり、とりあえず60点のところまで仕上げ、時間に余裕があれば完成度を高める。これが私の仕事の流儀である。このようにしておけば、例えアクシデントで予定が狂っても、約束の期日に遅れることはない。

## 15.2 頼まれた仕事は断らない

頼まれたことは、専門分野が多少異なっていたとしても、荷が重すぎると思われることでも、日程が被っているなどよほどの理由がない限り断らないことにしてきた。

難しい困難な仕事ほど、技術力を伸ばすことができる。そして、この経験を積み重ねることで次のステージに上がることができる。

失敗を恐れていては何も出来ない。勉強すれば何とかなる。人に聞けば何とかなるものである。何事もポジティブに、プラス思考でチャレンジしてきたことが、技術を磨き人脈を広げるうえで大きかったように思う。

## 15.3 情報を積極的に発信する

私は、擁壁設計や落石対策に関する技術情報や自身に関する個人情報、雑誌や単行本、インターネットなどを通じて積極的に発信してきた。このような私の行為に批判的な発言をされる方もいたが、結果的には良かったと思っている。

情報を発すれば、その数倍の情報が集まってくる。専門書を出版すると、全国から種々の質問や意見が寄せられてきた。それに回答することで、私自身が成長させていただいたように思う。

ブログで自分の行動をさらけ出すと、見ている人は親近感を持ってくれるようである。それによって交際の輪が広がった。また、常に見られていると思うと、誉められるような行動をしようと意識するものである。

わが社のホームページでは、社員一人ひとりの顔写真、資格、実績を公表している。家族や知人が見ている。誉められようと頑張るに違いないからである。

## 16. あとがき

私は昭和25年5月に高知県長岡郡本山町古田の農家の長男として生まれた。両親は農業と炭焼きに追われ、年中休む間もなく働いていた。

幼少期に親から家事を手伝えと言われたことはあっても、勉強しろと注意されたことは一度もなかった。野山を駆け巡って木の芽や山菜を採り、自分で料理をして食べていた。冬は山に「こぶて」を仕掛けてヒヨドリやツグミなどの小鳥を獲り、夏は川でウナギやアマゴを獲って食べるのが楽しみであった。

私の育った田舎では、よほど裕福で教育熱心な家庭以外、大学に進学する者はいなかった。中卒

で働く者も構った。高卒で働くことを当たり前と考えていた。

高校2年生の時に腎臓病と診断され、1年間の入院生活を送った。多感な思春期であったので、人生に絶望し荒れた時期もあった。

徳島で15年間勉強をさせていただいたが、尊敬していた楠本博之社長が他界したこと、第一コンサルタンツの創業者の矢野利男氏から再三にわたってオファーをもらっていたことから、昭和61年に高知へ帰って来た。36歳になる年である。

当時の第一コンサルタンツは、測量業界では県内一の売上高を誇っていたが、「技術力無し、金無し、信用無し、あるのは借金だけ」というひどい会社であった。銀行の金利が6~7%の時代に1年間の売上高に匹敵する借金を抱え、いつ倒産してもおかしくない状態にあった。

いま振り返ると、これらはすべてが一本の線で繋がっていた。私を成長させるためにいろいろな試練があり、その結果として今があるように感じる。

土木技術者としての45年間の体験と、65歳を目前に控えた今の思いを紹介した。皆さんの今後の仕事に些かなりともお役に立てば幸いである。

### 【著者紹介】

右城猛(うしろ たけし)

1950年5月22日高知県長岡郡本山町生まれ

1977年3月徳島大学工業短期大学部土木工学科卒

E-mail : t-ushiro@daiichi-c.co.jp

(株)第一コンサルタンツ代表取締役社長

愛媛大学・岐阜大学・高知大学客員教授

高知県橋梁会会長

高知県技術士会代表幹事

(公社)日本技術士会四国本部副本部長

(一社)高知県測量設計業協会理事・技術委員長

(一社)建設コンサルタンツ協会四国支部副支部長

国土交通省四国地方整備局新技術活用評価委員会委員

(一財)坂本龍馬財団理事

地盤工学会「落石対策工の設計法と計算例」編集委員長

(一社)日本道路協会落石対策検討WG委員

博士(工学) 論文博士

技術士

建設部門：土質及び基礎、鋼構造及びコンクリート

技術監理部門

一級土木施工管理技士