

TOPICS



JICE理事・元東京大学教授
福岡正巳

元東京大学教授の福岡正巳氏に土木技術の諸問題について、ご自身の経験をもとにトピックスとしてご執筆いただきました。

1. 堤防とダム

昭和20年代は災害が多く、災害復旧工事が重要な仕事でした。私が最初に経験したのは昭和22年のカスリーン台風で利根川の堤防が栗橋近くの東村で破堤した時でした。決壊口から流出した水は関東平野の中心を流れて遥か東京湾に達し、大災害となりました。なぜあの地点で破堤したのが問題になりました。降雨量が多かったことが原因であることは明らかですが、話によりますと堤防を越えた水深は1m近く、而も2時間も越水が続いたとのことでした。利根川の堤防は明治時代に造られたものですが、良質な土を選び層状にタコで丁寧に突き固めてありました。そのために長時間の越水に耐えられたのです。堤防の土を締め固めるべきかどうかという議論が昭和30年代に盛んになりました。締め固めるとそれだけよいに土が必要になるから経済的でないというのが反対の理由です。道路においても同様でした。

昭和30年頃に堤防断面について研究しておりました。法勾配は2割りと決まっており、高い場合には小段、重要な場合には馬踏みや犬走りなどが付け加えられ、断面を大きくしていました。しかしながら日本の堤防断面はアメリカなどと比較して小さいのではないかと思います、利根川とミシシッピ河の堤防断面を比較致しました。ところが両者は殆ど同じでした。ただ土質、締め固め、遮水、排水等の点で違いがあり大いに学ぶところがありました。

昭和24年頃斐伊川の堤防漏水排水にフィルター式コンクリートのパイプを使いましたが、これは後に国有特許にしました。今ポーラスコンクリートと呼ぶようになっていきます。

随想 土木技術の諸問題

昭和20～30年代に造られ、あるいは嵩上された堤防は締め固めがされていないので、堤体を通して漏水し、破堤するものがあり、雨水が浸透するだけで斜面崩壊が発生することもありました。

昭和33年の狩野川台風災害も思い出深いものです。上流の山腹が崩壊して大きな樹木が多数流下し、橋梁で塞き止められ、その上流の堤防から洪水が溢れだし、破堤しました。堤防裏の人家は流され死者がでました。一部の堤防天端に簡易舗装がしてありましたが、そこは溢水しても破堤を免れていました。このころは堤防の天端に道路を造り、舗装することは認められていませんでした。

私が土木研究所長になって間もなく、昭和42年9月に新潟県の加治川で災害があり、堤防が溢水のために破壊しました。私は長年堤防の研究をしてきたが、愚かにも溢水で簡単に壊れるような堤防を研究していたのかと情けなく思いました。総務部長は日曜大工を趣味にしている器用な人でしたが、堤防に芯を入れるようにしてはと提案しました。建設省では矢板は高いので、ビニールシートを入れてはと機械の試作をしたこともありました。私はシートを天端から裏法に張ると効果があるのではないかと考え実験をしました。当時の金で2兆円あれば全国の堤防にシートが張れるといった試算もしてみました。長良川や肝属川で現場実験もされましたが、今だに広く使われていません。シートは表面に張るのではなく、土羽の下に張るのです。

同じ土構造物でもダムには技術が入るが、土堤には技術は入らないと思われるかも知れませんがそれは全く間違いです。土木研究所で鹿島試験所ができたときに、堤防研究室を作りたかったのですが、反対されて実現しませんでした。

堤防と堰や樋管など河川構造物との取り付けは破堤の原因になります。堰の直下流の護岸は普通と同じように寝かせてはいけません。また水によって洗掘されないように少し後に下げなければなりません。

軟弱地盤のところの樋管に支持杭を打つと堤防とのなじみが悪くなります。樋管のコンクリートと土の接触面の漏水はよく知られています。樋管と隣接堤防の僅かな不同沈下のために堤防内に大小のキレツが多数発生し、そこから堤体漏水が始まります。

昭和30年頃堤防断面には定規というものがありました。土質や締め固め、地盤等の条件は考慮されていませんでした。そのために堤体や基礎からの漏水が破堤の原因となることがありました。

昭和34年には伊勢湾台風災害があり、海岸堤防が破壊しました。それより少し前に周防灘災害があり、そこで採用された直立堤防が愛知海岸でも採用されました。私はオランダの海岸堤防を見てきた経験から傾斜堤防を提案しましたが、採用されませんでした。

伊勢湾台風災害に関連して、土木研究所に鹿島試験所が造られることになりました。海岸堤防の研究に水路が計画されました。私は模型実験装置はできるだけ実物に近いものを造るべきであると考えていました。この考えは今でも変わりません。堤防の高さが5mとすると、水路の水深は少なくとも11mは必要です。ところが実際には浅いものになりました。科学技術庁のつくばの振動台は昭和42年頃に造られ、当時世界最大でしたがあれは私の発想です。提案では台の寸法が30m×30mでしたが、各省庁共用ということで委員会が設けられ、委員からいろいろと注文が付けられて小さくなり、結局16m×16mになってしまいました。頭のいい人は小さな模型と、スーパーコンピューターがあればよいのですが、そうでなければ実物に近い模型または実物で試験すべきです。中途半端な模型は研究者の頭の訓練にはなりますが、それ以外のことは望めません。

昭和39年に新潟地震がありました。液状化現象で多くの建物が壊れました。県営のアパートが倒れ、昭和大桥が落橋しましたが、水害があり、大きな被害があったことは余り知られていません。万代橋から下流の左岸は地盤が低く、信濃川の堤防を越えた水が住宅地に溢れだしたのです。また阿賀野川の堤防は液状化のために破壊や沈下が起こりました。また地震発生後約半月後洪水がありました。復旧に当たって地震余裕高を設けるよう提案しました。また、緊急時に備えて土を貯えておくか、土取り場を決めておくべきだと提案しました。河川堤防は延長が長いので、地震に耐えるような基礎や構造にすることはあまり実用的ではないのではないのでしょうか。災害復旧では原型復旧が原則になっています。昭和24年頃、長野県の茶臼山の地すべ

り対策として、排水トンネルを造るよう提案しましたが、採用されませんでした。当時は先端にダムを造るか、地すべり地の表面に排水溝を設けるかしか認められませんでした。

軟弱な地盤の上に造られた堤防は地震によって壊れるというのが常識ですが、実際はそんなに簡単ではないようです。八郎潟の干拓堤防は度々の地震で被害を受けています。最初の被害は昭和35～6年頃の男鹿半島沖の地震です。この地震は記録に残るような大きな地震ではなかったのですが、八郎潟の西部の堤防は破滅的な被害を受けました。幸い堤防の頭が水面下に沈まなかったため、干拓地内の水害は免れました。昭和39年の新潟地震では、大きな揺れを感じたようですが、被害はなかったようです。その後十勝沖か宮城県沖の地震で東部堤防が被害を受けました。震源地とは100km以上離れていたのです。最後に日本海地震では全面的に壊滅的な地震被害を受けたのです。

地震で土構造物や斜面がすべりを起こす現象の解析はいまだに未解決のままです。

フィルダムは土質工学的見地からは類似ですが、多少異なる点があります。ある電力会社が造っていたダムで意見を求められたことがありました。地元の大学の先生と二人で現場をたずねました。基礎地盤の中に粘土層があり、地震の際にすべる恐れがあるので、勾配を緩くしたということです。粘土層と言っても硬質粘土でとてもすべりを起こすとは考えられません。また堤体に含まれる水の地震時挙動の取り扱いについても疑問を感じました。設計は大ダム会議の設計基準に依ったとのことでした。

昭和40年代に東京都の防災会議の地震専門部会の委員を委嘱されていました。それより前に土木部に江東治水の委員会の委員をしていました。江東三角地帯を取り巻く堤防と水門を強化して、内部の水路の水面を低下し、水路から流れだした水の水深を被害の起きない程度に押さえようということにしました。地震専門部会では防災地点を造ることが提案されました。私は外郭堤防はパラペット式になっており、必ずしも絶対に安全と言えないので、小山のような土の堤防で三角地帯を取り囲むよう提案し、防災拠点をそのパイロット的なものにすることを勧めました。丁度都市防災研究所の所長が賛成してくれ、白鬚橋の袂に立派

な防災拠点ができました。残念ながらそれから先きの工事が行なわれないままになっています。内水を低下させたといっても、地震で堤防が切れると床上浸水になるかもしれません。当然地下鉄に水が入ってきます。やはり心配です。

河角東大名誉教授が南関東大地震の周期が69年±13年と言う有名な説を発表されましたが、2005年は69+13になります。今は直下型の地震の方が注目されているようです。

私は東京電力の技術委員会の委員をしていますが、建設省と色々な点で違っています。ダム設計段階から施工業者と共同で作業をしますので、談合問題は起こりません。この方法は昭和40年代から行なわれているそうです。山梨県のあるダムでは長年にわたって調査をし、約40億円の調査費をかけたのですが、結局水の処理に難点があるという事で、工事を中止されました。

新技術の採用にも積極的です。蛇尾川の上流にダムを造ったとき、ダムの底からの漏水があると分かりました。そこで底にビニールシートを張ることを決断され、私に指導を頼まれました。水深は40mで水面が毎日27m上下するというのです。東京理科大の庭に簡単な試験設備を設けて試験しました。シートの厚みは僅か1mmです。穴が開かないという保障はできません。そこで穴が開いた場合の漏水量を推定する試験をして、ゴーサインを出しました。その後何回か破れましたが、シートそのものが原因で漏水したことはありません。

2. 海外関係

海外との関係が始まったのは昭和28年です。科学技術庁の政府留学生としてスウェーデンに留学を命ぜられました。スイスの第3回国際土質基礎工学会議に出席しました。日本から初めて代表団が派遣されたのですが、私他4名でした。敗戦国というので白い目で見られました。帰路アメリカを旅行しましたが、Japanese Americanは貧乏で、大変苦勞していました。当時の日本人の所得はアメリカ人の十五分の一、ヨーロッパ人の四分の一でした。

二回目に海外出張をしたのは、昭和41年で、アメリカ

の国内道路会議出席のときでしたが、そこでカナダ、オーストラリアなどの道路研究所長と会議をしました。高度成長期で建設省でも道路の研究に力を入れるようになり、千葉支所が建設され多少研究らしいものができるようになっていましたが、アメリカとの差はまだ相当大きいと感じました。

軟弱地盤処理のためのペーパードレーン工法の技術をスウェーデンから日本に導入するお世話をしました。日本鋼管の福山製鉄所の敷地造成で大型の機械を製作使用しました。その機械をサンフランシスコの会社が購入したいというので、日本製の機械の説明に行きました。しかし先方はこの機械を購入しても果たしてどれだけ適用箇所があるか分からないと慎重で、遂に商談は成功しませんでした。競争の激しいアメリカではその後も同様な事例に出会いました。

昭和43年に日本とアメリカの間で締結された「天然資源の開発利用に関する日米会議」(UJNR)の総会に出席しました。アメリカ側から人工衛星の最新技術の発表がありましたが、日本からは魚の増養殖の話しかできず両国の技術格差が余にも大きく、日米で対等のお付き合いができるのかなと疑問に思いました。

これより少し前にアメリカのNational Bureau of StandardsのDr.Pfrangが日本に来て、UJNRの中に「耐風耐震の専門部会」を作りたいとの呼び掛けがありました。一応同意していましたが、UJNRの総会に出席した機会に具体的な運営方法についての打ち合せをしました。用語は日本語と英語にすること、会議は毎年一回、会場は交互とし、第一回は東京とすることとしました。すべて対等としたのです。東京会議は昭和45年東京で盛大に開催され、以後現在まで続いています。

昭和44年にPIARC(世界道路会議)の理事会がパリの本部で開かれて、出席しました。英語もフランス語も話せないのに、若い人に付いてきてもらいました。フランス人の会長は雲の上の偉い人のような気がしました。それから約30年後には日本の三谷浩氏が会長に選ばれたのです。

昭和46年にロスアンジェルスでサンフェルナンドで地震があり、高速道路のインターチェンジの橋梁が破壊され、マスコミなどに大きく取り上げられました。日本政府では

調査団を派遣することになり、各省庁から11名からなる調査団が結成されました。UJNRで日米は対等で、アメリカで災害が起こった場合に日本の調査団に対して、全面的に便宜を供与するという取り決めをしていましたので、アメリカ政府から全面的な協力を得て調査は成功しました。お見舞金はでなかったのですが、その代わりに新潟地震の昭和大橋の落橋を見て「落橋防止工法」を考案してましたので、その図面を持参しました。その後アメリカでも広く落橋防止が施工されています。

昭和48年にモスクワで第6回国際土質基礎工学会議が開催され、日本代表として代表者会議に出席しました。ここで日本が次期の第7回国際会議を東京で開催することが決まりました。それから2年後の昭和50年にイスタンブールで代表者会議が開催されましたが、そこで南ア連邦の代表から日本が会議参加のための入国を禁止する措置を取っているから、会長は東京大会はキャンセルすべきであるとの提案が出され、これが可決されました。オイルショックのために景気は悪く、大会のための寄付集めは困難を極めました。また中国は台湾の出席を認めないと抗議してきました。とにかくこれらの難問を何とか処理して、大会を無事終えることができました。大会前の代表者会議で第7代の国際学会会長に選出されました。アメリカが推薦し、日本が同調したのですが、8名もの候補者がありましたので、選挙は稀に見る激戦でした。会長の任期は4年でした。事務総長はロンドン大学の教授でしたが、会長の意志を尊重してよく補佐してくれました。ただ時々意見が対立して、激しく議論をいたしました。国際学会の指導方針として、もっと実際に役に立つような学問にするようにするため、国際会議でもこの点で議論を戦わせるべきだとしました。代表者会議は2年に一回開催されるだけで、学会の運営は事務総長に任されていたのでこれを改め、会長副会長等で構成されるSteerig Committeeで審議することにしました。この会の委員として更に4年間学会の運営に参加しました。

昭和57年にラスベガスで第2回の国際ジオテクスタイル会議が開催され出席しました。そこで国際ジオテクスタイル学会を創設するための準備をする理事会を結成するこ

とになり、参加を要請されました。翌年パリで開催された会合で学会設立を宣言し、国際ジオテクスタイル学会(IGS)が誕生しました。そこで理事に選ばれこの新しい学会の運営に当たることになりました。理事の任期は4年ですが、4期16年間勤めました。

昭和59年にサンフランシスコで世界地震会議があり、アメリカの科学技術アカデミーの会長フランク・プレス博士がInternational Decade for Natural Disaster Reductionという国際的なプロジェクトを提案されました。その準備会に出席するように要請されました。この会議には国連の事務次長、日本やモロッコの大使なども出席され、費用は日本が出すということでした。プレス博士は神戸では過去に台風で大災害を起こしたが、最近同程度の降雨があつたにもかかわらず、災害は少なかった。このよくなすくれた技術を途上国に移転すると世界中の自然災害が大幅に減るだろうと言われるのです。Decadeと言うのは1990~1999年でした。このプロジェクトの成果については聞いておりませんが、残念ながら1995年に阪神大地震が起こって大災害となりました。

1953年初めてスイスの国際会議に出席してから約50年の間に世界中を旅行し、色々な人と接触し、色々な経験をしました。貧乏のどん底からはい上がって、今日のような経済大国になりましたが、さてこれから先はどうなるのでしょうか。若い人たちの肩に将来を託すことになりますが、この繁栄が続くことを念じています。

3. 基準・規格化が開発促進か

技術の基準・規格化と開発促進は両方とも重要であります。両者の調和はなかなか難しい。戦後アメリカから建設機械が輸入され、間もなく国産の機械も製作されるようになりました。建設省では昭和23年の福井地震で被災した九頭竜川の堤防の復旧工事に最新式の土工機械が使われました。また道路工事にも機械化施工が使われるようになり、道路協会ではなにかマニュアルのようなものを作ろうではないかと言うことで「道路土工指針」を作りました。その中に土工機械のサイクルタイム、岩盤掘削の火薬量等を

載せました。これは利用されて技術の向上に役立ちました。

昭和30年代になると、河川局でも「河川・砂防技術基準」が制定しましたが、規準の本文の部分と、解説の部分とに分けて、なるべく分かりやすいように努めました。なかなか細かいところまで詳しく書けませんでした。

基準規格の制定には委員会で原案を作り、何回も委員会を開いて慎重に審議をするので、長い時間と費用が掛かります。

昭和40年頃に道路土工指針の改訂委員会が設置され、私は小委員長となりました。盛り土を締め固めるべきかどうか問題になりました。土木研究所で盛り土試験をし、締め固めても締め固めなくても、盛り土の圧縮沈下量は変わらないという結果を得ました。当時舗装が壊れて至る所で補修をしていました。舗装には道路協会の「舗装要綱」という規格がありまして、これによって工事が行なわれていました。舗装は傷むもので、傷んだらすぐにオーバーレイ(上にアスファルトを載せて補修すること)するものなのです。アメリカ出張の際に米国の舗装を見ると補修等していませんでした。そこで土工だけでもしっかりとやろうと、締め固めの基準を道路土工指針に入れました。その後舗装要綱も改訂されてあまり舗装が傷まなくなっています。

平成9年にロングビーチで国際ジオシンセティックス学会の北米支部の研究発表会がありました。その際Standardizationがよいか、Innovationがよいかという大変興味がある討論の会がありました。ジオシンセティックスというのは、土木工事に使う石油化学製品でして、所謂新材料です。新しい製品が製造販売され、適用範囲も広がっています。標準規格化を主張する側の意見では、専門家でなくても間違いなく使うことができるようにするためには標準や規格を作っておく必要がある、と主張しました。事実おびただしい量のアメリカの標準規格(ASTM)が作られています。ヨーロッパでも各国がそれぞれ基準を作っています。基準には製造工場用、設計者用、現場で受け取る際のもの、施工の際の品質管理用のものがあり、これらは少しずつ異なっています。日本ではJISがありますがとても欧米には追いつくことができません。Innovationを主張する側は、基準規格で縛られては、技術の進歩が止ま

ってしまう。だから基準化は新技術開発の妨げになる、というのです。長い討論の未結論はでませんでした。

1996年10月に「株式会社マネジメントシステム評価センター(MSA)」が設立され、会長に推されました。ISO9000による審査登録業務、続いて98年2月にISO14000による審査登録業務が開始されました。ISO規格の中、材料に関するものは早くからよく知られていましたが、物資及び行為に関連する基礎的事項(基本規格)に属するマネジメントシステムが我が土木建築関係に導入されたのは1990年以降でした。MSAの登録件数は品質2,344件、環境208件、労働安全衛生18件となっています。審査登録機関は公的資格をもった審査員を申請した企業等に派遣し、ISO規格に適合しているかどうかを審査し、適合していればその企業等を登録し、公表します。これからの建設業に携わる企業等は外部社会との調和を保つためにISO規格に適合するよう運営されなければならないのではないのでしょうか。

4. 都市防災

最近政府も都市問題に関心を寄せているようですが、最近までは東京都などのような大都市とはあまり関係がなかったような気がいたします。私は昭和40年代後半から最近まで東京都の防災会議の地震専門部会の委員をしていました。ロス地震の時は私が政府の調査団長で河角先生が東京都の調査団長でしたから、いろいろとお世話をいたしました。その後1977年のルーマニア地震の時は私は東京都の調査団長で地震災害の調査に参りました。首都のブカレスト被害が最も大きかったのです。地震マグニチュードは7.2で震源地はブカレストから約100km離れていました。同じような地震が1940年にありましたが、その時被害は全然ありませんでした。一番賑やかな中心街のコンクリートの建物が破壊されました。それもビルが全壊するのではなく、通りに面した部分だけが壊れているのです。その理由は通りに面した商店の部分の柱が少なかったためです。地震危険度マップが作られており、川沿いの地盤が軟らかいから危険度が高いとされていましたが、そこは全然被害

がありませんでした。液状化した地盤の上に民家が建っていましたが、一階建てのために大した被害はありませんでした。コンチネンタルホテルというホテルに泊っていましたが、壁に大きなクラックがはいっていました。倒壊は免れていました。基礎はベタ基礎です。チャウシェスク時代でしたが担当大臣や市長に会いました。この次の大地震はいつ頃くるのかというのが最も大きな関心事のようでした。この地震は震源地から150kmとか300km離れた都市ばかりが被害を受けるという特異な地震でした。潰れそうな家を丸太で支えているので不思議に思って聞きましたら、一度壊れた家は政府に取り上げられ、政府の集合住宅に住まわせられるからだとのことでした。このほか政治の処置の重要性を感じさせられることが度々ありました。

1981年にイタリア南部地震があり、東京都の調査団長として調査に参りました。最も大きな被害を受けたのは、ナポリの市街でした。数百年も経った石造りの建築の被害が目立ちました。建築の専門家が建物の危険度を調べて、危険と判定されると避難勧告がだされます。港に停泊している船に多くの人が避難していました。地震時に壊れなかっただけでなく、安全と判定された老人ホームの建物がその後突然壊れ、死傷者がでました。そのようなことがありますと、責任を問われるといけないので、危険度の判定に慎重になり、避難を勧告される人の数が増え、避難場所が無くなるのです。救援物資が配達されないまま山積みになっているところがありました。日本の大学教授が地震の権威であると自称し、日本では地震の予知ができると言ったのでイタリアの政府は無能を追求されていました。そのために我々の調査団は被害を受けた都市には立ち入り禁止になりました。当時イタリアは右、左、中立とわかれており、互いに相手を非難していました。マスコミも分かれており、それが地震対策にも影響を受けているように感じました。ナポリ市にはお土産にSMACという強震計を持参しました。

東京都地震部会では昭和50年頃から地震危険度予測の仕事をするようになりました。地震に火災は付き物ですが、火災を防ぐ方法として大切なことは、まず死傷者をなくすることです。そのために人家が潰れないようにしなければなりません。潰れる家を発見することは容易ではありません。

ません。手抜き工事は外見だけではわかりません。住宅がこわれることにより火災が発生する箇所が4,000と推定されましたので、なんとか危険な住宅を10万棟くらいは探せないかと思いました。

5. 天災、人災、不可抗力

災害等で警察の鑑定人、裁判の証人等の経験を致しましたが、国の主張を認めてもらうのは大変でした。また自分の判断が認められたときはよいのですが、そうでないときはじっと我慢するしかありませんでした。災害の場合もともと天災であったものが、今では人災になっている例がたくさんあります。また不可抗力の考え方も変わってきています。これからの技術者は少なくとも同じ過ちを二度と繰り返さないように心がけなければならないのではないのでしょうか。

6. 技術の研究

建設技術の研究は他の産業と比較して投資額が少ないと言われていています。バブル期は会社の研究所も相当活発でしたが、最近の不景気で勢いが鈍ってきたのではないかと心配です。以前に国連の専門家が土木研究所の千葉支所に視察に来られ、こんなことを言われました。この研究所は研究の他にコンサルタント的な業務を行なっている。途上国の研究機関ではコンサルタント的な業務が極端に多くなっている。土木研究所はどうだとは言われませんでした。大いに反省させられました。研究には研究課題の選定が大切だと思いますが、研究者には科学技術的な基礎が必要で、基礎のない研究者に重すぎる課題をあずけるのはよくないと思います。最近評価制度が設けられ、工事の工程管理のようなことを始めていますがあまり賛成できません。研究者の能力をよく見極め、実力をつける余裕を与えてほしい。既往の研究成果や実例を総合して当面の問題を解決することも必要ですが、それは厳密な意味では研究ではありません。土木の研究成果が100として、それを1だけ進めると言うのは容易ではありません。