

土質工学の30年の歩み

最 上 武 雄*

1. はじめに

土質工学30年の歩みという題を与えられたのは数カ月前である。日本の土質工学会が生れて育ち今日の隆盛を招いたのはこの30年である。30年間に発表された土質工学の論文の数、土質基礎に関する工事量は膨大なものである。これら論文や工事誌と取り組み公正に30年の歩みをたどるのは人間わざでない。その上3ないし4年毎にそれぞれの部門で総括をすることは意義深いことだろうが、30年ともなると別で、観点を変えた方が有用で興味ある展望ができるだろうと思った。近代的土質力学は K. Terzaghi が1925年(大正14年)に Erdbaumechnik を出した時に始まるというのが定説である。最近30年の基底であるこの時代までさかのぼり、いかなる環境と意図の下に土質力学が生れたかを考察すると、この30年の動きを理解しやすいと思うのである。

2. 1920年代のアメリカの技術界

科学と技術とが助け合うに至ったのは18世紀の初めからと言われている。その初期最大の成果は James Watt の蒸気機関で、これは技術として画期的なばかりでなく社会全体に大影響を与えた。それにもかかわらず科学の技術への浸透は想像以上に緩慢だったようだ。William John Maquorn Rankine は1820年(文政3年)7月5日英国の Edinburgh で生れ1872年(明治5年)12月24日 Glasgow で死んだ初期の工学者である。数々の著しい業績をあげたが、我々には Rankine 土圧論が親しい。ある人が彼に“実際の技術者に科学は不要ではありませんか”と質問した時“貴方の言う実際の技術者が先輩の誤りや失策を繰り返すだけの人という意味ならそのとおりでしょう”と答えたという¹⁾。James Watt を生んだ英国でさえ Rankine 時代には工学は確立していなかったようだ。今日のアメリカからは想像しかねるが、1920年代初めのアメリカの技術界は欧州から見ると未開の地であった。S. Timoshenko は帝政ロシア時代の1878年(明治11年)に Kiyev の近くで生れ、ロシア国内で技術教育を、更に欧州特にドイツで工学を学んだ。自伝²⁾の中で彼は言う、“のちにアメリカの大学で私は教授として適切な数学教育に欠ける学生達に遭遇した。これが講義の水準にどんなに影響すること

が私には分かった。学生達の習得の程度迄水準を下げて合わせなければならなかった。工学に対する学生の態度は疑いなく不十分な数学習得のために大きな影響を受けていた。大抵の場合アメリカの学生はなんらかの種類の公式を推論すること、もしくはこのような推論の基礎をなす仮説に対しては興味を示さなかった。アメリカの学生の望むことといったら最終結果——実際問題解決のため、考えないで機械的に適用できる公式——だけである。私の考えだが、合衆国における工学の発達の高水準の主な理由の一つは、今世紀初頭のアメリカ中等教育における数学教育の不十分さにある³⁾ この批評も相当だが、1922年(大正11年)アメリカに移ろうとして New York に上陸した時の感想はもっと手厳しい。“この高架鉄道の金属構造物にはびっくりさせられた。外面的に醜悪で、その工学的デザインは驚くべき無智を現していた。私の考えでは、このような鉄道に乗るのは危険だった。電車が走るとき、とりわけ駅でとまるためブレーキをかける際、その構造物のゆれは全く許容限界を越えるものであった。私は Quebec における橋梁の崩壊事件について研究してから、アメリカの技師の無学についてある程度知っていた。それにしても New York 市の高架鉄道がこんな馬鹿げた構造をしていることは予想もしなかった⁴⁾” 一方彼がアメリカに移って間もなく“ロシアでウクライナ学士院の力学部門を組織する際はアメリカの工学における新傾向に通じるようになっていた。アメリカの大会社はその生産工程で経験する科学的問題の解決のための研究所を設立しはじめていた。

純粋科学とそのあらゆる工学的応用との結合こそ私がいとも興味を抱いていた事柄であった。そのような結合の努力に参加することができたらそれは魅力的であった⁵⁾” とし Westinghouse 社に入るのである。1924年(大正13年)4月17日に Engineering News Record 誌は創立50周年記念号を出している。この誌上元アメリカ土木学会長の Harvard 大学の Prof. George F. Swain は過去50年を回顧して“今日の技術と貴下が実務に初めてついた時の技術との間の貴下が目する本質的な違いは何か”との質問に対し、この国の事情を見るに私見として、最も著しい差異は大学教育においても実務においても現在抽象的理論、材料試験及び研究に払われる注意が増加したということである。私が初めて実務についた時、この国の技術は大部分実際的でほとんど理論的訓練を受けていない人々の手にあ

*工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

特別講演

った。しかし彼等は健全な判断や常識を持っており、そのゆえに彼等は大きい結果を得ていた。比較的少しか実務家で工科学の卒業生はなかった。実際工科学で混み入った数学的理論を教えていなかったし、多分知られてもいなかった。若い人達はそれらを学ぶには欧州に勉強に行くことを要した。これは私自身材料力学、構造力学及び水理学の最近の進歩に親しむために行わねばならぬことであった。欧州大陸特にドイツではアメリカと異なり、理論は大変発達しており諸学校で教えられていた……以来この国の技術は非常にドイツ化した。それは一つには外国で訓練された青年があふれたこと。一つにはわれわれの諸学校における抽象的で科学的な理論的分野が非常に発達したことによる”，そして土木学会誌でも長々しい式を供った討論であふれ、以前には技師達の判断や経験法則が使われたところで実際の仕事においても複雑な理論が使われるようになったことを言い、“また材料試験はこの間物すごく発展した。私が仕事についた頃には学校にも現場にも材料試験室はなかったが、今ではこれという対象、これという場合にほとんど試験が行われ、技術のほとんどの方面で試験の結果によって“研究”が行われる。私は抽象的理論の重要性を認めること人後におちぬが、このような変化がすべて良い方向に向いていたとは思わない。更に卒直に言って古き時代に行われていたよりも技術的な仕事が良くいっているとも信じられない……理論はすべて実際の場合を正しく示してもいないし、しばしばそれよりは遙かに異っているような仮定に基づいている。それにもかかわらず今迄に非常に発達して来た抽象的な精神の傾向はこのような理論にそれらが長い数学的手法で得られたがゆえに信頼を置きがちである。そして初めの仮定は数学的な仕事の間に忘れられてしまうのである。試験についても同様である。諸材料についての基本的事実が確認され、われわれの知識において大量の価値ある進歩が試験によって得られたこと及び他の方法では得られなかったことは当然のことで、すべての人が認めるに違いないにもかかわらず、現在ではしばしば考える代りに試験に頼っている……多くの理論、公式を詰め込む教育は自己に頼ることや独創を養うよりは書物や公式への依存心を養いがちである。問題を持った若い技師は図書室に突進して一抱えの書物を持って帰りその中に解法を探すのである……。”1904年(明治37年)に26歳の S. Timoshenko は München の工科大学を訪れる。この大学の実験所はドイツ及び他国においても模範とされていた。設備という点ではペテルブルグその他ロシアの大学の実験室に劣ったが、そこでの実験は陳腐な材料試験でなく科学実験であった。これで Timoshenko は開眼するのである。

Prof. George F. Swain の文や S. Timoshenko のやや辛辣な言葉から1920年代のアメリカの工学事情が推察される。若い人達の間に欧州風の工学を樹立しようとの努力はあったが、当時の“工学”は理学の応用であって基礎方程式は

すでにでき上っており、これを与えられた境界条件について解くか、この条件が難しいときには“自然の観察”によって、問題の本質を変えずにより易しい条件に変えて行くというようなものだったし、ドイツ以外では“実験”は材料試験の域を出ていなかったようだ。アメリカには欧州に学ぼうとの意識があり、アメリカが必要とする知識や才能を持つ外国人、特に欧州人を受け入れるにやぶさかではなかった。若い人達に“科学の応用”についての傾きがある一方、それを批判する保守精神つまり技術の本元に帰ろうとする精神があった。これが K. Terzaghi や S. Timoshenko を受け入れた1920年代のアメリカの工学事情で、更にその奥にはアメリカの豊かさとアメリカ的自由、時に苛烈な競争と同義語となる自由があったと思われる。

3. Karl Terzaghi, 近代的土質力学の誕生

Karl Terzaghi⁶⁾ は 1883年(明治16年)10月2日 Austria の Prague で生をうけた。父は軍に籍を置いていた。Graz の工科大学で機械工学を学び 1904年(明治37年)に卒業した。学生時代自分の専門とする学科よりは地質学、天文学また哲学などの講義を熱心に聞いた。

あまり専門外のことばかりやっていたので追放されそうになったこともあった。学生時代から機械工学には向いていないことに気が付いており、兵役を済まして後母校に帰って一年間集中して地質学を学んだ。その後 Austria の土木会社で3年働き、土木の実務面を学んだ。地盤調査、大建築の基礎工事などに従っており、基礎工学の現状がはなはだ不満足なのを知りこの方面の情報を精力的に集めた。これにより土質基礎の問題を体系化しようとする意欲を生じた。もともと科学とそのあらゆる工学的応用との結合に対し Timoshenko と同じく興味を持っていたからであろう。土質基礎についてはアメリカが最も進歩しており、開拓局がその中心であるとの印象を得ていたので、1912年(大正元年)自費渡米し Washington D. C. に留まり、基礎に難問を持つダム地点の地質報告書を十分学んだ後、それら地点を次々に訪れた。1913年(大正2年) Austria に帰ったが、得た所が期待に比して少なかったので心楽しなかった。そして1914年(大正3年)には第一次世界戦争が勃発する。Wien 近くの航空試験所で遙か後年やはりアメリカで働くこととなった Theodor von Kármán, Richard von Mises と同僚であった。Graz で Terzaghi の先生であった Prof. Philip Forchheimer がトルコ政府の依頼で準備した Constantinople (後の Istanbul) の Imperial School of Engineering の基礎工学の教授になったのが Terzaghi 33歳の時であった。これより10年の在職中に近代的土質力学が醸成されてくるのである。過去約60年間の土工や基礎工についての文献を系統的に抄録研究し、アメリカでの経験を加え考え、多種の土の工学的性質を明確に記述する方法とそれら工学的性質を定量的に測定する方法(つまり土

の工学的分類と土質試験)を確立しないと経験的知識を圧縮して体系化できないとの結論を得た。この発想すなわち Terzaghi の近代的土質力学の発想を得ると Terzaghi は利用できる限りの経験的知識を学ぶとともに、砂から始まり種々の土について系統的に実験を開始したのである。第1次世界戦争の終り近く彼は Istanbul の American Robert College で熱力学、機械工学を教えることになったが、土質実験室を作り実験に従事した。1923年(大正12年)粘土圧密過程の基礎方程式を発表、又圧密と熱伝導との相似性を確立した。この論文はほとんど注目されなかったが彼の生涯の一里塚である。“予想以上のできだった”といったと伝えられる。

Terzaghi 40歳の時のことである。1924年(大正13年)にオランダの Delft で開かれた第1回応用力学会議で粘土の圧密理論の論文を読んだ時は聴衆の熱狂的観迎に会った。会合の後 Forchheimer は Terzaghi に握手を求め“これは君の科学社会への誕生日だったね”といった。

次年すなわち1925年(大正14年)に記念すべき *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage* が出版された。この時を近代的土質力学誕生の日とするのが定説になっている。この本は大きい反響を呼んだが、特にアメリカでのそれは注目に値する。欧州風水理実験室の知識をアメリカに広めるに力あった著名な水理学者、Rhode Island の John R. Freeman はこの本に心引かれ、相当部数を購入し、人々に配布した程であった。当時 M. I. T. の新しい建物の沈下が大きくかつ止まらぬので問題となっていたこともあり、M. I. T. の土木科の主任の Prof. Chales M. Spofford に Terzaghi を招待講師として招くよう示唆したのである。かくて1925年(大正14年)の秋 Terzaghi はアメリカに來、1929年(昭和4年)秋まで留まるのである。到着して直ぐ M. I. T. で土質試験機を作り始めた。1926年(昭和元年)5月頃、初めて運良く A. Casagrande は Terzaghi に会うのだが、ちょうど機械屋が仕上げた小型圧密試験機を得意気に見せ“この小さい器械が1時間以内に粘土の圧密に関する全性質を示すのだ”と説明した。覇気に溢れた43歳の Terzaghi の爽やかな面目が感じられる。しかしこの器械は粘土の圧密よりはゲルの膨潤現象の解明に役立った。

4. S. T. と K. T.

Stephen P. Timoshenko と Karl Terzaghi はほぼ同じ頃欧州で生れ、共に第1次戦争の結果故国の大変動にあった。科学を技術に応用することを目指し、道は異ったが相次いでアメリカに移り、この地で生涯の大業を成就する。両者性格の差から科学の応用に近づく仕方が異って来たのは当然だが、大きい教育者の素質を持っていたことも共通している。両者を比較して考えることは大変興味あることである。S. Timoshenko も第1次世界戦争に遭遇、更に

1917年(大正6年)ロシア革命で故国を離れ、ユーゴを経て1922年(大正11年) New York に上陸した。Terzaghi が迎えられる3年前である。

Timoshenko や Terzaghi の青年時代に建設技術の中で“理論”と言われていたものは先にも述べたように、連続体力学の境界値問題または難しい境界条件を“自然観察”によって簡単化することであったようである。基本方程式は“自然科学においてすでに得られている”のだから、正に“科学の応用”であったと言える。弾性体の力学は未だ技術者のものでなかったから、これを技術者のものとするのも大事なことであった。Timoshenko は渡米前この種応用力学上の業績があったものの、彼がアメリカで認められたのは技術問題を処理する応用力学的力量を買われて Westinghouse 社に入ってからである。察するに彼は数学の応用について愛好心を持っていたゆえに次第に力学に入り、それがより役に立つ方面に傾いて行ったのであろう。Terzaghi も“科学の応用”についての意欲はあったようだが、数学の応用の方向には行かず地質学の応用の方向で彷徨する。そのあげく技術にそのまま応用できる程で上っていない“土の工学的分類と土質試験”にぶつかる。これは Hooke の法則や材料試験のようにお膳立ができていないので自から膳立てにかななければならなかった。だがいずれ力学との関連が必要なのであるが、普通の連続体力学のように一相系の力学ではなく三相系の力学が必要である。三相系は難し過ぎるので二相系の力学、この一例は飽和粘土の圧密であるが、を手がけるとともに伝統的な古典的限界平衡論を考え直した⁷⁾のではあるまいかというのが筆者の想像である。

Austria は第1次世界戦争に敗れ、Terzaghi の生地 Prague は Czechoslovakia に入れられるような変動があったが、トルコで書いた *Erdbaumechanik* が認められて M. I. T. に迎えられたのだから S. Timoshenko よりは恵まれたアメリカ入りだったろう。

Terzaghi も応用力学を範としたことは明らかだが、対象が土であったため、地質学的直感や自然観察結果を総合する力に大きく依存せざるを得なかったと思われる。

5. 世界最初の土質力学講義、書かれている土質力学と未だ書かれていない土質力学

招かれて1925年(大正14年)にアメリカに渡った K. Terzaghi は M. I. T. で世界最初の土質力学の講義をした。その内容を筆者は知らないが、*Engineering News Record* 誌に寄稿した *Principles of Soil Mechanics*⁸⁾ とあまり変わっていなかったと思われる。つまり *Erdbaumechanik* の抄録版である。この講義は土の力学の一つの型(pattern)を定め、この型が他の多くの学校で採用されるに至るのである。一つの体系にどのような内容をどんな順序に並べるか、それらの内容を結合する原理に何を持って来るか、こ

特別講演

れが型である。一つの対象に対する型は唯一つときまっていはいない。

1926年(昭和元年)に行った Terzaghi の土質力学の講義は学生間には好評だったにもかかわらず、彼がはじめた土質力学は“一般土木技術者”にはすぐには認められなかったという。そんなある日 A. Casagrande に向って Terzaghi は“土木技術者の新しい世代が全部育ち上った頃恐らく初めて土質力学は一般に受け入れられるかも知れない”⁹⁾と語ったと言われる。彼の予想に反して“土質力学の認知”の日は早く来たのだが、彼の“土質力学”を育て上げ整理補充して、その中核は不かく乱試料の認識と有効圧概念による二相系力学であろうとし1948年(昭和23年)に出版され、その後の標準となった数冊の教科書¹⁰⁾までにしたのは、彼の予想した通り、彼から直接間接に“土質力学”を教えられた人々であった。この意味では Terzaghi の視力は確かであったと言える。

土木技師達が彼の“土質力学”を有力であると認め、彼の助言を求めるに至ったのは、彼の中に存在する“大胆な見解、輝かしい解析的な精神、偉大な物理学者として必要な飽くなき好奇心、地質学者として成功するために必要な行き届いた忍耐深い自然観察に対する愛好心”¹¹⁾が膨大な過去の文献を渉猟した彼の努力に裏打ちされて、個々の場合に適切な判断を打ち出し得ることを土木技術者達が知ったからである。つまり土木技術者が“土質力学”の教科書には“未だ書かれていない土質力学”¹²⁾を Terzaghi が持っていることを見出したからだろうと思われる。なお、Terzaghi は1930年(昭和5年)から1938年(昭和13年)までWienの工科大学で働くが、1938年秋再びアメリカに帰り1963年(昭和38年)没するまでアメリカに居住した。

6. Terzaghi の土質力学に対する日本の反応

明治以前にも日本には土木の技術はあったが、西洋式の土木工学は明治以来である。西洋からいわゆるお傭い外国人を迎え、欧米に留学生を派し、また書物によるなどして西洋から学ぶことにはげんだ。土木学会60周年記念出版物の“日本の土木技術”にも、明治以来欧米特に欧州より土木工学を学んだとある。ついでながら実務、教育共できる限り自国民の手で行うことに努めているのは日本の特長であろう。筆者が東大を卒業したのは1934年(昭和9年)であるが、筆者が学生であった頃から比較的高級な理学書や工学書の出版が多くなったようである。これら書物のほとんどは著者が大学等で行った講義ノートに基づいており、内容のかなりは欧米書によったものであった。著者独自の研究や技術経験によって書かれた書物が発刊されるようになったのははるか後年、大まかに言えば第2次世界戦争後である。Terzaghi の“Principles of Soil Mechanics”が最新土質力学説とし和英対訳表を付録に池原英治、小宅習吉両氏の名で出版されたのは昭和4年(1929年)のことである¹³⁾。

池原氏は当時40歳を少し出た位の気鋭の士で頭脳明(晰)で有名であった。鉄道省で仕事をされていたから若い技術者との接触も多かったろう。自己の工事担当の経験から工学的見地で書かれている土質基礎の書物がほとんどなく、当時わずかに教えられていた古典的土圧論や支持力についての論議では工事に関連して経験した事実を理解し適切な対策を施し得ぬことを託つていたところに Terzaghi の記事あるを教えられたのであった。この書の序文は、当時の働き盛りの技術者が現状をどのように見ていたかを示すもので興味深い。前に紹介した Prof. Swain のアメリカ現在の技術界観すなわち理論実験の価値が過大視されているという議論は自己の経験より日本でも同様の状況が見られるといっている。また“従来の応用力学の見地から見る人達はあるいは同氏(注: Terzaghi のこと)の土質力学の価値を認むることに躊躇するかも知れぬ。なぜならば、未だその人達が望むような理論公式が得られていないからである。この土に関する問題は複雑極まるものでその解決には今後長き年月と努力とを要するものであって、Terzaghi が提出した事実をそのまま直ちに実地に応用し得るものは少いかもしれず、かつ同氏の講義はわれわれ土木技術者に難解のところもあり一般の技術者に皆これを理解し得るような物理学の教養が果たして必要であるや否やについても私には意見があるが、その研究方法、その現象の観察方法において教えられるところははなはだ多い”さすがに池原さんである。

池原・小宅両氏の訳書が出た直後鉄道省内に土質調査委員会ができて、研究活動、土質工学の普及活動を開始した。工事中経験した土に関する諸現象を理解するには当時の土木工学的なものでは足りず何物かを待ち望む気分が実務家の間に強かったことが想像できる。Terzaghi の新土質力学に対する実務家の期待は、池原氏のそのように明せき(晰)ではなく、もっと性急でもあったし、“西洋から来る船は素晴らしい宝物を積んで来る”という南蛮船以来の後進国性もあったことと思われる。1934年(昭和9年)にLondonで開かれた第4回応用力学会議に山口昇先生は出席され、Caquot の“土質力学”¹⁴⁾を買って来られ、抄訳紹介された。その時の反応として Caquot 力学に対する討論、評価でなく“新しく西洋から紹介されたものだから良いものだ”という声があったのを情ない思いで聞いたことを思い起こすのである。

それはそれとして鉄道省土質調査委員会及びその周辺で行われた研究には素晴らしいものが多い。安蔵善之輔先生の独特なすべり面の力学、石本巳四雄先生の粘土のレオロジー、飯田汲事さんの砂の弾性率の動的測定、鷹部屋福平先生の写真による砂中すべり面、箱中の砂による土圧、山口昇先生の素掘りトンネル、土のせん断の研究など新鮮でしっかりした、どこに出しても恥かしくないものがあつたのは後輩として誇って良いことと思う。諸先生も当時は働き

盛りであり、Terzaghi の新風を受け止めるとともに後輩に伝え、後年第2次世界戦争後の土質力学発展の基盤を作り上げたのであった。しかし、間もなく諸先生に故障が生じた。一方当時の土質力学は池原氏も指摘し、アメリカの実務家の受けとめ方もそうであったように、ただそれだけでは実務家の要望に応じ得る程にはなっていなかったし、“未だ書かれていない土質力学”を人々が知る由もなかったから、戦争時代に入るとともに日本の土質力学は冬眠状態になって行ったのである。

7. 第2次世界戦後30年の日本の土質力学

戦争中、日本の土質力学は眠っていたので戦後しばらくは戦前の状態とあまり変わっていなかった。一方欧米特にアメリカでは Terzaghi 及び彼を囲む一群の研究者達が土質力学を1930年代よりはよほど実用性あるものにきたえ上げていた。これが1948年版の教科書にまとめられているのである。これらは日本の技術者には宝物のように見えた。それこそ“西洋から来る船が宝物を積んで来た”のである。戦後の日本土質工学界はこの宝物を踏まえて発足した。日本は敗戦より立ち上がり戦前よりはるかに豊かにもなったが、明治以来約4分の3世紀にわたり育成に努めてきた技術の厚みと高水準とがようやく雌伏期から開花期に転じたことと無関係でない。この30年間は技術革新時代と言われかつての産業革命期と比すべき大変動時代であった。この動きをいち早く自家菜籠中のものとし得たのは長年に及ぶ蓄積と我が国技術界の若さであろうと思われる。ここでは必要最小限に土質工学会の誕生やその後のことに触れるが詳しくは、土と基礎——土質工学会創立30周年記念特別号、Vol. 27, No. 13 通巻 263 号の記事を参照されたい。

1948年（昭和23年）に第2回国際土質基礎工学会議がオランダの Rotterdam で開かれるとの話が伝えられて来たのは戦後間もなくのことであった。この国際会議の第1回はアメリカの Cambridge で開かれたのであるから戦争を間に挟んで12年ぶりであった。1948年には日本は未だ国際社会に復帰していなかったから参加はできなかった。Rotterdam 会議で土質基礎の国際学会設立が決まり、それを伝え聞き日本も国際学会参加を目標に昭和24年（1949年）10月1日土質基礎委員会を作って、全国の有志を結集外国と連絡を計り、また国内に向け土質力学の普及活動を始めた。今年（1979年）土質工学30周年といっているのは、この日から数えているからである。1930年代と異なり土質力学もいくらか実務家の要望にこたえられる程に成長していたし、戦争により多くのものが焼かれ破壊されていたので、ごくわずかのものでも人々に観迎されるというありさまであった。

日本は1950年（昭和25年）11月14日国際学会加入が認められた。国内でも次第に土質工学に興味を持つ人が増えてきたので普及活動の円滑化を計るため、昭和28年（1953年）

5月15日“土と基礎”が発刊され、翌29年（1954年）5月28日に土質工学が設立された。土質工学会は昭和33年（1958年）9月26日に社団法人土質工学会となる。昭和35年（1960年）4月には英文誌“*Soil and Foundation*”が発刊される。英文誌編集に当たった委員各位の献身的努力にかかわらず、初期には当然赤字で、その上ほとんど認められなかった。しかし次第に世界的声価が高まり、現在では *Géotechnique* などと並んで世界の有力誌になっている。

このように土質工学会は着実に伸びて来たのだが、土質工学そのものが若い上に学会の推進役も若かったし、土木、建築、農業土木、地質など従来の社会分業では別々の仕事をしている人が、このような専門色にとらわれず力を合わせたことの成果であろうと思われる。国際学会参加後最大の象徴的出来事は1977年（昭和52年）国際会議が東京で開かれ成功裡に終り、福岡正巳君が国際学会長に選ばれたことである。

さて、この30年に発生したいろいろの出来事が土質工学そのもの、またその発展に大きい関係を持つと思われる。

それらを逐次とり上げ考えてみよう。

7.1 土質力学講義開始

世界の趨勢に応じ、戦後各学校で土質力学の講義を始めた。内容は学校により多少の差はあったろうが、大綱は1948年出版の教科書の型によると思われる。Terzaghi が1925年に M. I. T. で行った講義がそうであったように、学生や若い人々は1948年教科書を抵抗なく受け入れ、これを彼らが土質基礎に関する事柄を考える場合の中心思想とした。それは更に彼らが卒業後働くこととなった職場の人々にも伝わって行ったのである。

7.2 学制改革

昭和28年（1953年）に新制度による第1回の卒業生を出した学制改革の結果、全国の大学数が一段と増加した。そして学部学生数、大学院生も当然その数を増す。この改革は初めの中混乱を招いたこともあったが、落ち付くに従い研究者特に若手研究者の層を厚くした。

7.3 コンサルタント業の発達

日本で戦後技術コンサルタント業が発達した。これは技術界に設計施工以外に企画その他の技術各方面で相談にあづかる業種が認められたことになる。この一種である職業つまり地盤調査や土質試験を引き受けたり、それらの結果に基づいて技術相談にあづかるコンサルタント業が生れ育った。地盤調査や土質試験が土質工学に欠かせぬものであるから、この業種が確立されて来たことはどれ程土質工学発達に力があつたか分らない。しかし、初期の頃は正當に評価されず当事者を落胆させることもあったが、次第に理解されるとともに実力も付け、国際的にも高い評価を受けるようになった。

7.4 建設工事に機械が導入されたこと

戦争中飛行場建設に苦い経験をしたので戦後建設工事へ

特別講演

の機械導入が推進された。初めの頃には機械使用と人口過剰とは矛盾すると考える人が多かった。機械を用いることにより、過去には不可能と考えられたような大規模工事を工期短く安全に施工でき、かつ品質も向上することが次第に明らかになった。土を材料として土構造物を造るとき機械使用によって得られる均一性は構造物についての力学的取扱い方の単純化を期待させ科学に対する設計施工の依存性の度を高めたと思われる。

7.5 電子工学の応用、特に電子計算機の発達

これの技術各方面への影響は大きい。土質工学とても例外ではない。測定機器は土質工学では実験室、現場とも離れ得ぬものであり、計算機と結合され自動化や施工管理について大変貢献する。まだ土質工学の研究手段にも電子計算機があって初めて適用できるものが数多く開発されている。

7.6 Engineering Sciences

技術の各方面で昔のように、科学者がすでに開拓したものをつたえただけに使えるよう改めて応用する“科学の応用”の時代は過ぎ、技術に出て来る現象を専門に研究する職種が出現したのは前世紀終り頃であるが、最近に至って科学者と技術実務家との中間にある工学者が定着して、彼等の中に科学寄りと技術寄りの二群が生まれた。前者は未だ開発されていない分野を科学者に代って研究するようになり、その成果はそのままでは科学者の仕事と大差ない。これは技術の対象が増えたことや、対象の分析が進んだことにもよるが、技術の学校教育が次第に徹底して来たことにも関係すると思われる。

7.7 高度成長政策、公害問題発生

工業が発展し規模が大きくなると結果が原因となり規模はいよいよ大きくなる。そのことから思いがけないことであった公害問題を生じ、ものによっては新しい土質工学の問題を発生した。

7.8 科学と技術

Timoshenko や Terzaghi が“科学を技術に導入しよう”と努力していた頃若い人達は抵抗なしに受け入れたし、技術者達も賛成してはいたものの、これを批判する保守精神つまり技術の本来に帰ろうとする精神があったことは前に述べた。しかし時代が進み行くに従って工学の考え方が技術者に浸透して行ったあげく、私見であるが、科学の形をとらぬと工学ではないと思われる程にもなったふしがあるのは注意を要すると思われる。科学と技術が助け合うの

は大変結構ではあるが、本来は両者相異なるものであるということはいふまでもない。

学会論文などに工学者の書いたものが増えるのは工学者が増加したのだからやむを得ない。工学者の立場はより科学寄りのことが多いから論理をとおさないと言説力が生じない。しかし技術的なものすべて論理がとおっているとはいえない。技術には現在未だ論理的には解明されていないが経験上正しいと思えるというような考え方があるはずである。したがって、このような場合を許さず、すべてのことに論理的筋立てを要求することは技術を殺すものと言わざるを得ないのである。

参考文献

- 1) 坂本 功(1974): クーロンとランキン, 土と基礎, Vol. 22, No. 9, pp. 70—76
- 2) 田中 勇(1978): チモシェンコ自伝(訳), 東京図書
- 3) 前出 19頁
- 4) 前出 173頁
- 5) 前出 183頁
- 6) Bjerrum, L. et al. (1960): From Theory to Practice in Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York
- Casagrande, A. (1964), Karl Terzaghi: 1883—1963, Géotechnique, Vol. 14, No. 1, pp. 1—12
- 吉見吉昭(1974): テルツァーギと土質力学, 土と基礎, Vol. 22, No. 11, pp. 79—83
- 7) Terzaghi, Ch. (1920): Old Earth-Pressure Theories and New Test Results, Engineering News Record, Vol. 85, No. 14, pp. 632—637
- 8) Terzaghi, K. (1925): Principles of Soil Mechanics, Engineering News Record, Nov. 5, 12, 19, 26, Dec. 3, 17, 24, 31
- 9) Casagrande, A. (1964): 前出
- 10) Taylor, D. W. (1948): Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York
- Terzaghi, K. and Peck, R. B. (1948): Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York
- 11) Casagrande, A. (1964): 前出
- 12) Casagrande, A. は Géotechnique, Vol. 14, No. 1 の記事の中で“*Soil Mechanics in action*”(生きた土質力学: 吉見)という言葉を使っている。Terzaghi が76歳からの最後の5年間に書いた論文, 討議を3つに分類し, その1つをこう呼んだのである。“*施工中に判明する地盤条件を直接観察して設計時の仮定を検討する機会が与えられぬこと*”及び“*十分な経験の裏付けなしに土質力学理論に依存する*”と言う二つの欠陥を指摘したものを“*生きた土質力学*”としたのである。筆者の言う“*未だ書かれていない土質力学*”はこの小文に書かれている意味に使っている。
- 13) 池原英治・小宅習吉(1929—昭和4年): 最新土質力学説, 鉄道技術社
- 14) Caquot, A. (1934): Équilibre des Massifs a Frottement Interne, Gauthier Villars

(原稿受理 1979. 4. 23)

※

※

※