

# 施工技術者教育について

横 山 義 雄\*

## 1. 序 論

土木技術は、自然の特性と社会の発展に応じ、国土を改造し各種社会設備の配置を考える計画の分野、各種社会設備の能力を考え、これの実現を計る設計の分野、これら社会設備を具体的に実現する施工の分野、の三大部門によって支えられている<sup>1)</sup>。明治以来、幾多の土木技術者が、これら各部門において活躍し、日本の近代化につくしてきた功績はまことに偉大であり、これら技術者を生み出した日本の土木教育の成果は、輝かしいものであるといわねばならない。

しかし、今これら三部門の教育について検討してみると、施工に関しては、他の二部門に比して学校教育で取扱われる範囲が狭く、主として社会に出てからの、現場経験の集積にゆだねる傾向が強かった。

しかし、最近の技術と経済の発展がもたらした、工事規模の拡大と工期の短縮、工事の技術内容高度化、新しい施工分野の発生等<sup>2)</sup>に対処するためには、従来の施工技術者養成の方法を、再検討してみる時期がきたといえよう。もちろん、それには工業高校、工業高専を含めたあらゆる学校・養成所、あるいは社会に出てからの教育等について、総合的に考えなければならないが、本論文では、特に問題を大学および大学院における教育にしばって論ずることとする。

## 2. 施工担当技術者の実務

土木学会の調査によれば、戦前の昭和 10 年には、大学・高専卒土木技術者の 9% が建設会社で働いているに過ぎなかったのが、昭和 37 年には、旧制大学・高専、および新制大卒土木技術者の 30% を建設会社が占め、これら技術者の職域としては最大のものとなった<sup>3)</sup>。またその中の約 80% は、直接現場で施工に携わっている

とみられるから<sup>4)</sup>、全体の約 1/4 は建設会社の現場で働いていると考えられる。

また中央・地方の各官庁や、公共企業体においては、近年建設工事量の増大に際し、施工部門を民間に移行しつつあるとはいえ、なおその 5~20% の大学卒技術者を現場に配属し、工事監理に当たらせている<sup>5)</sup>。これらのグループに、私鉄、電力関係を加えると、全大学卒の 50% を占めていることを考慮すれば<sup>6)</sup>、全体の 3~10% はこれら機関で、施工を担当していると推定できよう。

すなわち、少なくとも見ても、全大学卒土木技術者の 30% は、施工者側、あるいは施主側において、直接施工に関係しているものと考えられる。

このほか、現在は少ないが、将来コンサルタントによる工事監理が、欧米なみに一般化してくれば、そこにも施工担当エンジニアが増加してくるであろう。

このように大学卒の施工担当技術者が増加したことは、工事の量的増加がもちろん一つの理由ではあるが、その質的变化が、高級技術者による工事管理を要求してきたのが、もう一方の大きな原因と考えられる。

## 3. 施工技術者は、どのような教養・知識を必要とするか

### (1) 一般教養

土木技術者は、よりよい社会を実現するため、その設備を充実する事業に従事しているのであるから、自然と社会の双方に対する深い理解にもとづいた判断を必要とすることが多い。さらに公共事業のぼう大な予算を作成し、実施することをその主たる任務とする事実は、厳しい倫理感や、優れた美的感覚を要求する。

特に施工技術者は、あらゆる種類の構造物建設に従事する機会が多く、それぞれの企画者、設計者の意図することをよく理解し、それを実現するためには、世界状態から、原子核に至るまで広範な知識を必要とする。またその仕事の性格上、企業者、同僚、下請労働者等との折

\* 正会員 (株)大林組・スタンフォード大学留学中

衝、協力が日常不可欠であり、それを円滑に行なえるような、豊かな人間性が望まれるのである。建設業についていえば、土建屋の通称によって一般社会にいだかれているイメージは決して明かるいものとはいえないが、請負制度上の問題とともに、その内部の、現場中心的、経験本位的、独自の、事大的考え方をする、いわゆる土建屋タイプの技術者にその責任の一端がなかったとはいえない<sup>7)</sup>。今後建設業が、名実ともに近代産業として評価されるようになるためには、施工に当る技術者の人間としての向上が求められるのである。

幸い新制大学の理念の一つに、豊かな教養と広い識見を養うことが掲げられ、一般教養課目が大学における全履習単位の1/3以上を占めている。この制度の善用によって、大学在学中に上に述べたような人格形成を促進することは可能であろう。また、現在大学で与えられる教養科目の中には、このような根本理念のほかに、直接施工に関係を持っているものがある。すなわち、人文科学系では心理学、自然科学系では地学、気象学等がその例である<sup>8)</sup>。また最近土木施工の分野で、海外への進出や、外国との技術交流が、ますますさかんになる傾向が顕著であること<sup>9)</sup>は、外国語の修得の重要性を物語っている<sup>10)</sup>。

## (2) 土木専門課目

ここで論じている施工技術者が、主として土木構造物の建設に従事する以上、それらの目的とすることを理解するために、広い土木工学に対する素養が必要なのは、ちょうど3.(1)で述べた一般教養に対するものと同様である。

しかし、もちろん施工技術者にとっての本務である、見積り、工事計画、仮設設計、工事機械選択、工程作成、工事管理等の各作業で、応用力学、水理学、土質力学、施工法、土木材料学とくにコンクリート工学、測量学等の知識は直接駆使され、科学的な施工を行なう基礎となっている。最近の急激な技術革新にともなう施工法の進歩は、さらに、土木関係、電気・機械工学、電子計算機、基礎工学、トンネル工学、溶接工学等を修得する必要性を増している<sup>11)</sup>。

## (3) 管理関係

施工技術者にとって、土木の専門知識とならんで重要なものは、管理関係の知識である。すなわち、工事コストの分析、工費見積り、請負手続き、現場組織、工程管理、コスト管理、人事管理等についての理解なしには、日常業務の遂行が困難である。むしろこれらの問題の解決に頭を使う時間の方が、土木技術の問題に使うよりも多いくらいである。

建設工事は現場単位の生産の場であり、与えられた示方書や図面にしたがって、一定期限内に構造物を完成しなければならない。そこには、気象・地質等、予想困難な条件も多く、労務者、材料、機械等の有効で経済的な利用を考えながら工事を進めるには、常に多面的で、素早い判断を必要とする。そのためには、現場の技術者は、新入職員に至るまで、程度の差こそあれ、管理能力を必要とするのである。建設業の場合は大学卒後8~10年ぐらい、官庁の場合はそれより早く、現場の責任者として一つの工事全体の管理に当ることもまれではない。フランスの経営者 Henri Fayol の研究によれば、トップ マネージメントが要求される能力の比率は、企業規模により表-1のように分類される<sup>12)</sup>。

表-1

	トップ マネージメントが要求される能力						
	管 理	技 術	営 業	財 政	安 全	会 計	計
個人企業	15	40	20	10	5	10	100
小企業	25	30	15	10	10	10	100
中企業	30	25	15	10	10	10	100
大企業	40	15	15	10	10	10	100
巨大企業	50	10	10	10	10	10	100
政府企業	60	8	8	8	8	8	100

ここにいる企業規模の区分は明らかでないが、仮に年間売上げによって小企業1.5億円以下、中企業1.5~15億円、大企業15~70億円、巨大企業70億円以上とした場合<sup>13)</sup>、現場の年間工事金額と単純に比較してみると、小企業の上か、中企業にランクされる現場が多いであろう。そうすれば、その現場のトップが技術に割く能力は25~30%に過ぎず、残りの75~70%の能力は管理、営業等に配分されねばならないことになる。

従来これらの能力開発については、少なくとも工学部においては大学教育の対象からはずされ、各個人の常識と努力にもとづき、実際の経験を通じて涵養されるものと考えられてきた。しかし、戦後日本においても急激に発達、普及したIE(管理工学)や経営学の分野では、これらの問題も科学的に分析、研究されつつある。アメリカにおいては、IE学科、あるいは経営学科の卒業生が、現場監督として、土木工事の管理に従事する例が少ない(逆に彼等は土木技術について新たに学ばねばならない)が、わが国においては、土木技術者がこれらの仕事に携わっている以上、土木工学科における管理関係の教育について考える必要があることは明らかであり、多くの土木技術者がそれを要求している<sup>14)</sup>。

## 4. 大学教育は要求に応じているか

3.で、施工技術者が必要とする教養・知識について述べたが、現在の大学、あるいは大学院はこれに対しどの

ように応えているであろうか。

一般教養の内容については、問題が大きすぎるので、ここでは土木専門課目、および管理関係のみについて考えて見る。

### (1) 土木専門課目

大学の土木工学科における昭和 39 年度の専門科目の配当時間数を見ると、必修、選択合計で構造関係 21%、水工関係 16%、材料関係 11% 等が主な科目になっているが、これらはいずれも土木工学の基礎であるから当然であって、施工関係が 4% しかないといっても、他の科目との関係があるから一概に不均衡であるとはいえない<sup>19)</sup>。

しかし、この内容について考えてみると、同じ応用科目であっても、橋梁工学が必修選択合計で 7.4 時間平均(半学期毎週)教えられているのに対し、基礎工学は 1.7 時間、トンネル工学は 1.9 時間平均しか割当てられていない<sup>20)</sup>のは、実際の鉄道、あるいは道路建設における、橋梁(上部工)と、基礎工、トンネルの比重を対比してみると、少なくとも量の上からは不均合の感はまぬかれない。これは、対象が目に見えるものと見えないものという差もあろうが、前者の理論解析、設計が大学において力を注がれているのに対し、後者の開発、研究がもっぱら現場の経験にまかされていることを物語っている。さらに別の例を上げれば、コンクリート工学において、配合設計、鉄筋コンクリートの理論等については、かなり高度の教育を受けるが、現場に出た技術者がまず直面する、型わく設計プラント計画等については、教育・研究とも余り重点が置かれていないようであり、型わくに加わる荷重のとり方一つにしても、適当な知識や参考書がなくて当惑した経験のある技術者が少なくない。

大学を卒業して、トンネルの現場に配属された新入社員が発する質問の中で最も多いのが、「この現場のコンクリート配合を教えてください」というものであった。もちろん巻立コンクリートの配合がトンネル工事の一つの要素には違いないが、トンネル工事の見積りや、施工管理をする技術者が、最も注意を払わねばならない問題は他にあるはずであり、この辺にも現在の大学土木教育の重点の置き方と、現場が求めるものとのずれが感ぜられる。

### (2) 管理関係

3.(3) で述べたように、施工技術者の主要な任務である管理業務に関係ある講座としては、工業経営、土木法規等が見受けられるが、39 年度において、必修選択合計で全体の 2% に満たず、しかも 29 年にくらべ減少している状況である<sup>17)</sup>。大学院についてはデータを持たな

いが、大同小異と想像される。

その結果、土木工学科を卒業して施工に従事する技術者の中には、大学で学んできたことと、日常業務のギャップが余りにも大きいことに悩み、自己の職場に懐疑的になる者も少なくない。大学教育の目的の一つは、社会に出て、専門の知識や技術を駆使する潜在能力を養うことであり、必ずしもすぐ役立つ知識を詰込むことではないが、現状では、施工技術者に関する限り、社会に出てどのような問題に当面するか、またそれを、どのように解決するか基礎知識、あるいは心がまえさえ与えられていないといえよう。

## 5. 現在の学制下でいかに解決していくか

### (1) 大学における教育

新制大学の教育について議論される場合、常に問題にされるのが教育年数の不足である。すなわち、旧学制の 6・5・3・3 にくらべ 6・3・3・4 の新制は一年少なく、特に最後の大学教育で、半分を一般教養に割かれるため、進歩のはげしい工学関係では専門教育の不足が主張されてきた。

その結果 5 年以上の大学制度を実施すべしという意見もあり、かなりの支持を得ている<sup>18)</sup>。また新学制の原型であるアメリカにおいても、ASCE(アメリカ土木学会)が行なった調査で、同じ意見が土木技術者の半数以上を占めているのは興味ある事実である<sup>19)</sup>。しかしこれら学制再改革の議論は他に譲るとして、現行の大学について考えてみよう。

3.(1) で論じたように、新制大学教育の一方の柱である人格形成のための一般教養は、特に施工に従事しようとする学生に重要であると考えられるから、その内容の充実を求めこそすれ、専門課目の時間不足を理由に、これを減らそうとするような意見には賛成できない。

専門課目の時間不足については、解決困難な問題で、現在の応用科目を犠牲にして、基礎専門科目に重点をおくという動き<sup>20)</sup>も、一つの方法として是認するほかなかなかろう。

ただし、4.(1) で例示したような、応用科目間のアンバランスの問題は、選択制度の活用により、施工関連項目の研究・教育の問題や、施工常識の養成については、教育者の日頃の教育技術上の工夫によって克服不可能とは思われない。もちろん、教育を受ける側の学生にとっても、はっきりした目的意識と熱意が必要なことはいうまでもない。

3.(3) あるいは 4.(2) で論じた管理関係科目の教育については、さらに実施上の困難が想像されるが、最低限、

表-2

## (1) 土木専門科目

必修	選択
施工機械および施工法 (上級) 施工機械および施工法 コンクリート施工法 基礎設計 港湾構造物	原子力土木工学 産業気象学 土木地質学 永久凍土 さく孔および発破 その他 構造, 土質, 水理, 道路の上級コース

## (2) 管理関係

必修	選択
エンジニアリング エコノミー 電子計算機関係科目 示方書および請負 工事見積りおよびコスト 作業改善のための動作分析 現場運営 工程管理 (PERT/CPM) 会計学	土木工事見積り 建築工事見積り 施工機械使用方針 工事管理の人的要素 オペレーションズ・リサーチ 入門 土木工学における統計的手法 産業組織および運営等

建設工事のコスト分析および見積りに関する基礎知識, 建設工事の計画, 設計, 入札, 請負契約, 下請契約, 完成引渡し等の過程や, 実施組織等についての概念を与える講座の設置が望まれる。また, 事業の経済価値判断をする基礎となる, いわゆる エンジニアリング エコノミーの知識は, 単に施工技術者のみならず, 生産活動に関係する, すべての土木, 電気, 機械等の技術者が身につけねばならぬ常識といえるから, 工学部の共通科目として設置するよう働きかけるべきであろう。

これらの科目については, IE, 経営学, あるいは法律と密接な関係があるから, 総合大学においては, これらを取扱かう他学部, 学科との協力を検討するのも重要なことである<sup>21)</sup>。また, 土木工学が包含する分野の高度, 専門化に対処するため, 衛生・都市等の学科の分離, あるいは土木工学科内部でコース別に色分けする例もみられる<sup>22)</sup>が, 施工についても, 学科分離はともかく, 土木工学科内に施工専門コースを設けることも考えられる。

## (2) 大学院における教育

大学における専門教育時間の不足を補うため, 必然的に大学院教育が重視され, ことに専門知識を持った高級技術者としての修士が社会に歓迎されるようになってきた<sup>23)</sup>。アメリカでは, 有名校は在学生の半数を大学院学生が占めている。それもスタンフォード大学の例でみれば 1948 年には Undergraduate (大学生) と Graduate (大学院生) の比が 5:3 であったのが, 1965 年には 5:5 と急速に増えているが<sup>24)</sup>, このことはわが国においても, 大学院卒業生に対する需要がますます増大することを暗示している。新制度発足頭初は, 修士についての認識に欠けていたため, 採用に積極的でなかった建設会社も, 高級技術者としての修士の認識が高まり, また, 進歩する技術を駆使する人の必要が増大するにつれ, 昭和 35 年頃よりいちじるしく採用数を増した<sup>24)</sup>。

専門教育を受ける時間的余裕から見ても, 卒業生に対する需要の面からみても, 今まで論じてきた施工技術者教育の場として, 大学院が今後の鍵を握っているといつて過言ではなかろう。したがって, 大学院の課程に施工技術者向きの講座を設置することが早急に望まれるのである。

具体的な例として, アメリカ合衆国スタンフォード大学, 土木工学科大学院 Construction コースの講座を列記する (表-2)<sup>25)</sup>。

もちろん, わが国の実状に照らして必ずしも必要でないものもあり, 逆にわが国では特に加えたいもの (地震学, トンネル工学等) もあるが, 一つの目安にはなるであろう。

このような新しいコースで問題となるものの一つは,

教育者であるが, 特に現場と密接した講座等は, 学歴等にとらわれず, 広く人材を野に求めることが何にもまして重要である。また大学の項でも触れたように, 他の関連学部・学科と有機的連絡を保つことが望まれる。

施工技術者教育において, 実際の現場経験が, 問題点把握のために不可欠であるから学外実習を必修とし, またすでに現場で働いた大学卒業生を受入れる体勢を整えることも効果を上げるものと信じられる。

一方これらの大学院教育充実によって, 優秀な施工技術者の供給を受ける側の, 官公庁, 公共企業体, 建設会社, およびコンサルタント等は講師派遣, 奨学金提供, 実習生受入れ等で, 積極的に協力しなければならないのは当然である。

## 6. 結 論

今後ますます進歩するであろう土木技術に即応し, 品質的にも, 工期的にも, 経済的にも満足できる構造物を造り出せる施工技術者の養成は, 土木界のみならず, 日本の社会発展のために早急にとりかからねばならない問題である。教育者側, 受入れ側, 土木学会等が協力し, 幾多のあい路を開閉して具体化することが望まれる。

実際のな大学教育を行なう伝統を持つアメリカでも, Construction の教育が注目されるようになったのは比較的新しく, AGC (アメリカ コントラクター協会) と ASEE (アメリカ 技術教育協会) が 1955 年にそのための合同委員会を設立して以来, 技術とマネージメント両方の才能を兼ね備えた施工技術者をいかに育てるかが検

討されてきた<sup>26)</sup>。前記スタンフォード大学のコースも1960年の設立であり1965年には全米26大学のConstructionコースの代表によって、施工教育の目的や、内容等が討論され、協会が設置されたところである<sup>27)</sup>。今後これら、外国との連絡も保ちながら、わが国の実状に合った教育制度の開発を進めなければならない。

**参 考 文 献**

- 1) 土木学会大学土木教育委員会編：土木技術者の活躍と大学土木教育，土木学会，p. 55.
- 2) 古川 修：日本の建設業，岩波書店，1963年，pp. 23～27.
- 3) 土木技術者の活躍と大学土木教育，p. 5.
- 4) 同上，p. 11.
- 5) 土木技術者の活躍と大学土木教育，pp. 8～10.
- 6) 同上，p. 5.
- 7) 馬場敏三：建設業における技術向上，土木学会誌，Vol. 51，No. 1，1966，p. 65.
- 8) 沼田政矩：大学における土木教育のありかた，土木学会誌，Vol. 50，No. 6，1965，p. 43.
- 9) 会誌編集委員会：1965年の回顧と展望，土木学会誌，Vol. 50，No. 12，1965，p. 29.
- 10) 土木技術者の活躍と大学土木教育，資料 25.
- 11) 同上，資料 23.
- 12) Henri Fayol：General and Industrial Management，

Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd., London, 1949, pp. 10～11.

- 13) 中村孝俊：日本の大企業，岩波書店，1962，p. 41，第7表より試算.
- 14) 土木技術者の活躍と大学土木教育，p. 61，資料 23.
- 15) 同上，p. 38.
- 16) 同上，p. 35.
- 17) 同上，p. 36.
- 18) 沼田政矩：大学における土木教育のありかた，土木学会誌 Vol. 50，No. 6，1965，p. 43.
- 19) Civil Engineering Education, Civil Engineering, April, 1966, p. 54.
- 20) 土木技術者の活躍と大学土木教育，p. 38.
- 21) 同上，資料 26.
- 22) 同上，p. 62.
- 23) 同上，p. 44.
- 24) Stanford University Bulletin, 1966, p. 4. 土木技術者の活躍と大学土木教育，p. 47
- 25) Department of Civil Engineering Stanford University : Guide in Program Planning for Graduate Students in Civil Engineering-Construction, 1965, p. 3.
- 26) Harry Rubey and Walker W. Milner : Construction and Professional Management, The Macmillan Co., N.Y. 1966, p. 9.
- 27) Professors Group to Push Construction Education, Engineering News-Record, 9/16/65, p. 60.

**鹿島研究所出版会  
専門分野別在庫目録**

都市・土木・建設経営・施工管理

〈 図 書 目 録 呈 〉

**新 刊**

- トンネル施工の問題点と対策  
—地圧・湧水・坑口の施工実例—  
池原武一郎著/A5上製/224頁/¥1,300
- 都市の土地利用計画  
F. スチュアート・チェビン・ジュニア/佐々波・三輪共訳  
B5判/400頁/¥3,200

**海外の土木技術** 鹿島研究所出版会編

- ① 欧米の高速道路とケミカルグラウト……………¥ 600
- ② ハイアスワンダムと欧米の地下鉄……………¥ 600
- ③ 長大橋とシールド……………¥ 700

**土 木 一 般**

- 道路と景観—景観工学への序説— ¥ 760
- 土 地 造 成……………¥ 1000
- 軟弱粘土の圧密  
—新圧密理論とその応用— ¥ 750

- 鉄筋コンクリートの耐久性 ¥ 430
- アーチダム……………¥ 2000
- 基礎反力の解法……………¥ 300
- 山口昇博士論文選集……………¥ 1000
- 高速道路計画論……………¥ 2400
- 土木年鑑1967……………¥ 3500
- 都市住宅 (SD臨時増刊) …… ¥ 500
- 建設機械手帳1967年版…………… ¥ 300

**建設工学シリーズ**

- 軟弱地盤における建築の地下掘削工法…………… ¥ 590
- 井筒基礎…………… ¥ 450
- 簡易索道の計画と設計(重版出来)…………… ¥ 980
- 荷役・運搬の計画と設計…………… ¥ 1200
- アースドリル基礎工法(重版出来) ¥ 600
- 構造物基礎の応力調整工法 ¥ 580
- 道路土工の調査から設計施工まで ¥ 1300
- シールド工法…………… ¥ 1600
- 水底トンネル…………… ¥ 840
- 爆 破 一付ANFO爆薬…………… ¥ 900

**都市計画**

- 都市問題事典…………… ¥ 3500
- 新都市の計画…………… ¥ 2500
- 都市の自動車交通…………… ¥ 4800
- 新しい都市の未来像(重版出来) ¥ 920
- フランスの都市計画…………… ¥ 900

- 都市の新しい運輸計画…………… ¥ 750
- オランダの総合開発計画 …… ¥ 2000
- 敷地計画の技法…………… ¥ 1600
- 国土と都市の造形…………… ¥ 5600  
—MAN-MADE AMERICA—
- 東京2,000万都市の改造計画 …… ¥ 1500

**建設経営・施工管理**

- 新しい工程管理(重版出来)  
—PERT・CPMの理論と実際— ¥ 1300
- 建設業成功の秘訣…………… ¥ 680
- 工事原価管理(重版出来)…………… ¥ 650
- 新版ジョイント・ヴェンチュア ¥ 480
- 国際ジョイント・ヴェンチュア ¥ 1500
- 工事入手から未収金回収まで ¥ 480
- 工事管理(重版出来)…………… ¥ 800
- 創造工学による設計手順…………… ¥ 700
- 創造工学による技術予測…………… ¥ 700
- 建設経営入門…………… ¥ 750

**建設業経営選書〈全13巻〉**

- 建築の施工計画…………… ¥ 750
- 建設業経営における電子計算機の利用…………… ¥ 700
- 建設請負の法律実務(重版出来) ¥ 700
- 建設業の経理(重版出来)…………… ¥ 750
- 建築の施工管理…………… ¥ 750
- 建設業の原価管理…………… ¥ 750
- 建設業の企画と調査…………… ¥ 750

鹿島研究所出版会

■ 東京都港区赤坂六丁目5-13/電話(582)2251 振替東京180883