

IV-9 設計工学に関する一考察

群馬高専 土木工学科 正員 平田恭久

1. はじめに

橋梁工学を担当していて感じたことは、構造物設計について書かれた書物は数多くあるが、設計そのものを追求したものは少ないということであった。構造物設計に関係した書物から設計とは如何なるものであるかを読み取るのはむずかしいことなので、このような苦勞をしなくても設計が理解できるように設計をモット体系的に取り扱ったものはないかと探していた。また、どのようなものがあつたら望ましいかを考え、自分なりにその内容を埋めていけたらと以前から考えていた。この一文は、これまでに考えたことの一部をまとめてみたものである。設計について述べるのであるから、本来ならば構造関係の部門に属するものであるが、まだ具体的な内容に立ち入っていないし、そもそもの出発点が“どうやって学生に設計を教えていけたらよいか”ということであつたので、教育問題として扱つてみた。

2. 設計について見直してみる必要があるのではないのか

設計について見直してみる必要があるのではないのかという感じが最近強く持つようになったが、その根拠となるものを幾つかあげてみる。

1) 方法論が重要視されてきつつある事情

学校では学生に個々の知識を修得させるが、その知識を如何に使いこなすかを教えるのはなかなか困難なことである。従来に比べ、必要な知識の量は非常に増えてきており、また、工学で扱う対象が複雑になってきているので、“修得した知識の使い方”換言すれば“物事も処理していく方法”の持つ重みが工学教育の中で増えてきている。どちらかというとならば従来からの工学教育では、個々のハードウェアに直結した知識を教えるという感が強く、いわゆるハードな技術を中心に教科が編成される傾向にあつた。しかしながら、現在では技術者が広い領域にまたがった問題を手掛けねばならない事例が多くなってきているので、これらの技術をつないで問題を解決していく技術、いわゆるソフトな技術が重要視されるようになってきた。

2) 工学教育において設計の占める位置

工学の中で設計の占める位置は大きく、建築学、機械工学などでは、教科の殆どが設計に関連したものであるといつても差支ないほどである。土木工学ではその比率は小さくなっていくが、それでも教えている内容のかなりの部分が積極的に構造物の設計へと結び付く場合が多いと思われる。また、最近では工学において基礎工学的なものが重視され、それにつれて教科の内容が工学というよりは理学に近いものが多くなり、学生自身も実際の面よりも理論的にすつきりしたものに興味を引かれる傾向が強い、土木工学には理論として未だ整理されていない事項が多く含まれているので、学生を土木工学へ志向させ、かつ、工学的な考え方を身に付けさせるのに苦心することが多いが、設計について教えることは、学生に工学的なものを身に付けさせるのに有効な手段ではないかと考えられる。

3) 電子計算機の発達によって

電子計算機の利用が増えるにつれ、設計に関する業務のうちルーチン化されている部分が計算機により取って代えられるようになってきた。コストの面を別にすれば、将来は、計算機に適した部分は計算機に、人間に適した部分は人間が担当するという形になってくるであろう。設計計算、製図への計算機の利用方法は次々に開発されていくが、それに並行して、設計行為のうち人間に適した部分についての方法論の開発がなされていかねばな

らない。将来、設計への計算機の利用が極めて一般化しに段階においても、なおかつ有効であるものを見い出しておく必要がある。

4) 学校で教えている設計の現状

学校で設計製図といわれているものは、多くの場合、種々の構造物について設計例、示方書等に沿って設計計算と製図を行なうものである。この設計製図は、学生に設計行為とは何かを理解させるというには十分なものでないし、実社会で行なわれている設計のように実際の問題を扱つてはいないので、設計で大事なものは何かを実感として会得させることが困難であり、物を作り上げるのだという感銘を与えることはできない。また、学校で行なわれている設計製図の大部分は計算機によって処理しうる範囲のものであり、このため、計算機で処理しうるものについて何も苦勞して修練する必要はないのではないかという意見さえ出てくる。ここに述べたのは極端な場合であるが、設計製図が計算と図面書きの段階からなかなか抜け出せないという例が多いのではないだろうか。早急に改善の要があると痛感させられることが多い。

3. 工学の各分野での現状

2.で述べたようなことが出発点となつて、大切ではあるけれど本質を理解させにくい設計についてもう一度考え直してみようとした。その際どのようなアプローチをとったかについての検討の結果、工学の各分野で設計について考えられていることを調べてみることにした。以下に、設計について関心が深く、しかも内容に特色の多い建築学、機械工学、化学工学の三分野についてごく簡単に言及してみる。

建築学では、建築設計が学問体系の中心となっており、以前から設計方法論の研究が盛んで、具体的な課題をこなしていける方法についての探究が進み、かなりの技術的な蓄積を持っている。また、機械工学の領域を主な対象として、設計工学、設計論などの名称で設計についての研究が進められている。設計工学とは、「良い設計を能率よく行なう方法を見出すために工学的設計の本質について研究する学問である。」とされている。化学工学では、プロセス設計を扱っているが、複雑化、大型化した化学プラントを作り上げていくためには、各種の専門技術を含め、かつ、初期の計画の段階から設計、建設、試運転にわたる広い範囲の業務を処理していく技術が必要となつてくる。これらの技術には特色があり、研究が進められている。

上記いずれの場合も、システム工学との結び付きが強く、設計対象を一つのシステムとしてとらえ、これにシステム工学の考え方、手法を適用しようとしている。設計を概念的に大きく二つに分けると、決まりきった形の設計と創造性の高い設計とがあり、その両方面についてそれぞれの問題を解決しようとしているが、前者と後者とは研究の方向が異なるようである。また、設計という言葉が広い範囲を示し、土木工学での計画と設計とを合わせたものに相対している。もともと計画と設計との間に明確な線を引きことはむずかしい、プロセスとしてとらえた場合は両者とともんであらう。

従来から設計について関心の深かった分野では、いろいろと模索しながら、設計についての考え方、方法等をより体系的でかつ具体的なものへと持っていく努力が続けているようである。土木工学においても同様な努力をする必要があらう。各々の分野には特色があり、設計方法のうえで他よりも進んでいるものをそれぞれ持っている。これらの部分を土木工学に取り入れていつた方よいのではないかと、他分野の設計について観察することは、表面に現われにくい設計の本質をつかんでいくのに都合のよい場合が多い。工学の各分野で設計について種々の名称で研究が進められていることを述べてきたが、以降の議論ではこれらを設計工学という名前で代表しておく。

4. 土木工学においても設計についての体系化を進めていく必要があるのではないかと

1) 設計工学としての体系化が必要とされる理由

体系化が必要とされる理由を二三の点から考えてみる。一つは、設計の方法を教えるという観点から、設計を日常業務としている人達にとっては、設計行為の際に用いている考え方、手法が実際の個人の設計に対してあまりにも有効なもので、どうやって設計しているかなどと思索する必要は殆どないであらう。しかしながら、学

生のようにまだ設計についての実務経験のない者に設計を理解させ、かつ短期間に何か一般的な方法を会得させようとしたらどのようにすべきであろうか。このような要望に応じられるためには、設計に関するものを個々のばらばらな知識の状態ではなく一つのまとまったものにしておく必要があるのではないかと。体系化されていないものを教えるのは非常に効率が悪く、学生の興味を引きにくくしている。

次に、複雑な対象物を取り扱うという観点からみると、設計対象の規模が巨大化し、設計内容も複雑化、高度化してきたため、経験を積んだ一人の設計者が頭の中で解決策を見つけるというような従来からの設計方法では対応しにくい面が増えてきている。また、設計の能率を上げろという点から設計方法の改善が要求される場合も生じてくる。これらの問題を克服していくには、プロジェクト・チームにより組織的に設計を行なう方法、新しい手法を用いた設計手順などの開発が必要になってくる。これらの方法を開発していくには、個々の設計行為において問題が生じたときにケースバイケースで個別に解決していくよりも、設計そのものをテーマに選んで解明していく方がより効果的なのではないかと。

体系化の必要性は、設計の方法を教えるという面からも、実社会でより進んだ設計方法が必要になってきたという面からも生じてきていることを述べたが、教えるという観点から体系化に取り組んでいっても、その結果としては設計方法の進歩はつながらないうえ、設計方法を進歩させようとして出発したもので、まとまってくる学生に教えられる内容のものとなってくるであろう。

2) どのような形で体系化したらよいのか

設計工学の必要性は土木工学だけに限られたものではなく、むしろ建築学、機械工学などにおいては以前から必要性が叫ばれてきていた。各工学分野において、その分野での必要性により各々独自の設計工学が形成されてきつつあるが、これらのうちのある一つの設計工学が工学の全分野にわたって役立つものと成り得るであろうか。換言すれば、各工学分野に共通な設計工学が存在するかどうかである。このことは、設計工学としての体系化を進めていくときに考えておかねばならないことである。

設計工学に含まれる具体的内容になると、工学のどの分野から出発したかにより相当に異なり、ある分野から出発した設計工学は、他の分野の者にとって不必要な内容が多くなってくるので、設計工学の内容を工学のすべての分野に共通なものだけに限定してしまうと、今度は内容が貧困となり役に立つものとは成り得なくなってしまう。このため、工学全体にわたって共通な設計工学は存在しないという意見もきかれる。しかしながら、各々の工学分野から出発した設計工学の内容をもう一度横に並べて眺めてみると非常に参考になるのではないかと。多分中身は抽象的なものになるであろうが、そこから各工学共通な設計工学に近いもの、設計方法比較論とでもいえるべきものが生まれてくる可能性がある。これに各工学分野に必要な内容をそれぞれ盛り込んでいけばよいのではないかと。このような方法により土木工学の分野を対象とした設計工学が体系化されていくことが望ましい。

5. 設計工学としての体系化を進めていくために準備していかなければならないこと

土木工学においては、土木工学の分野を対象とした設計工学に含まれるべき具体的内容に関しての蓄積はかなりの数あると思われるが、体系化という点では殆ど白紙の状態に近いのではないかと。よって、体系化についての構想を考え、その中に盛り込まれるべき具体的内容の準備が急がねばならない。最初の段階としては、不十分ながらも入門書として使用できる程度のものが早急にできることが望まれる。

今後準備していかなければならないものといっても、直ちに具体的な内容はあげにくい、当面の目標となるものとしては、(1)“設計とは何か”を明らかにしていく。(2)“設計を行なうに当たって一般的に有用な方法”を見出ししていく。の二つがあげられる。

(1)は設計抽象論とでもいうべきものであつて、設計についての基本的な考え方、設計行為のシステム等を考えていくもので、システム論のようなものになるのではないと思われる。この研究がなされたとしても、実際の設計作業に直ちに役立つものとは成り得ないが、(2)についての研究を進めていくには不可欠なものではないかと

考えられるものである。設計とは何かを明らかにしていくための手掛かりとして、設計プロセスについて研究していくことがあげられる。

(12)は、(1)で考えられた設計プロセスに用いられる考え方、手法等で実際に役立つものを見い出していくことになる。(1)を骨組みとすれば、(12)は肉付けに相当するものであろう。設計を行なうに当って有用な方法の開発は、実際面からの要請によって出発することが多く、例えば、設計自体の生産性を高めようとする、自重設計とか設計情報についての処理方法などが問題になってくる。また、経済的な構造物を設計しようとするとか最適設計の問題が、構造、機能等の安全性について考えれば信頼性設計の問題がテーマになってくる。これらの問題を扱っていく際には、数値計画法、システム工学、その他の新しい理論、手法等が有効な手段として用いられるであらう。とくに逆意しておかぬならないことは、設計というもののについての把握がなされていない状態でこれらの問題を扱っても、ごく狭い範囲での改善に終わってしまう恐れがあることである。

6. おわりに

この一文は、筆者が日頃から感じていたこともまとめたものであるが、そもそもの主旨は、第一に設計工学といわれるものを学生に教えていくことの必要性について述べ、次にどのようにして設計方法論を展開していったらよいかについて考察を加えようとしたものであるが、力不足のため途中までしか述べることができなかった。その際に感じたことを付け加えておく。

設計は非常に多くのものに関連しているので、設計をテーマとして扱っていくには広範囲にわたった知識が必要になってくる。種々の文献を調べていくうちに大量の情報に取り囲まれ、その中で立ち往生してしまうのではないかという感があった。このような状態から抜け出して、設計方法論を展開していく方向をのぞくのは非常にむずかしいことである。しかしながら、設計が多くのものに関連していることにより多方面からのアプローチが可能になってくる。この一文では、設計を学生の教育という見地から眺めてみたものであるが、他の面から、例えば設計の効率化という面からのアプローチも可能である。各々のアプローチの場合、直接得られる成果は異なるものではあるが、これらの成果を集めて抽象化、体系化していったものが設計工学ではないかと思われる。

設計工学を追求していくに当たって、筆者が設計のベテランでないことは、日常の設計業務の中に埋没していない状態で設計を眺められるという点では幸いなことであった。実際に行なわれている設計に関し十分な知識もなく、実務にも従事していない者が設計工学を追求しようとするのはかなり無理なことであるが、その反面、固定した先入観なしに設計について考えてみることもできた。これは重要なことであって、設計とは何なるものが、どのような考え方で設計を行なうべきか”などを考えていくには必要な条件ではないかと思われる。

設計工学の必要性は十分に認められるが、設計工学を追求していても、果たして得られる成果があるものであろうか。あるいは、成果が得られたにしても実際面ではあまり役に立たないものではないかという疑問が常に頭にあった。しかしながら、設計工学には興味を引かれる点が多々あるのは確かである。当面は、このような点に着目して考察を進めていくしか方法がないのではないかという感じがした。

最後に、まだ研究が進んでいないので、問題提起の段階に留まってしまっているが、今後発展させてより具体的な形のものへ持っていきたいと考えている。この一文は、考え方や文章表現などに未熟な点が多いにそぐわらず、御批判を仰ぎたく文章にしたものである。参考文献にふねると、種々の文献に目を通してみたが、下記のものはその中の主要なものであって貴重な示唆を得た。

- 1) 渡辺茂, 岩波講座基礎工学 ⑩設計論Ⅰ 岩波書店
- 2) 北郷薫, 設計工学シリーズ ①設計工学基礎 丸善
- 3) 建築術編集委員会編, 建築術 ⑤設計方法を探る 彰国社
- 4) 彰国社編, 建築の設計 彰国社
- 5) 此木恵三, 現代化学工学②プロセスシステムの設計 丸善