

寄稿論説

土木構造技術者と論理

Structural Engineer and Logic

横浜国立大学工学部建設学科教授
Prof. of Yokohama National Univ.

池田 尚治
Shoji IKEDA



標題の「土木構造技術者と論理」という命題は、現在の我々にとって非常に大事な検討課題であると考えられる。ここでこれから述べることは、この命題に対し少しでも筋道が付けられれば幸いであると思い、また、たとえ筋違いの論旨となっても、これをきっかけとして、この大事な命題が土木構造技術者によって常に顕在的に検討され推敲されてゆくこととなれば誠に有難いことだと思い、敢えてこの命題に挑戦してみることとしたのである。拙文ではあるが標題の重要性に免じて御一読御批判を賜りたい。

土木構造技術者は、対象とする構造物や施設が即社会の発展や安全を支える基盤となることから、仕事の進め方や日常業務に関して常に道理にかなう方向を目指して真摯に努力しているのが通例であると思われる。

「道理にかなう」ということは、その系が論理的に矛盾のないことと対応している。論理の範囲を単純ばかりの計算に限定すれば、論理は力学と材料力学とによって組立てられ、一方、経済性、安全性、耐久性および美観まで含めた橋梁の設計を対象とするならば、組立てられる論理の内容は相当に多岐にわたってくる筈である。土木技術者の待遇の問題や生涯教育の問題までも含めて論理を構成しようとすれば、更に多岐な思考が必要となることは当然である。ところが、ほとんどの土木構造技術者は、日常の生活の中でこれらに対して論理的な心構えを無意識に持っているものと考えられる。しかしながら、無意識な心構えは潜在的な性質のものであって論理として体系づけられていないものと思われる。そこで、これを顕在化して体系化できれば極めて大きな発展が期待できるものと考えられる。

このような思考の必要性は、土木構造物の存在が、地球規模の環境問題や人間のアメニティー等と大いに関連

する時代となっているからである。また、技術と政治の論理との関係も見逃せない。原子力発電所の大事故(Chernobyl)や大地震による都市の崩壊(アルメニア地震)は、国家による政策の規範が硬直化していたこと決して無縁ではない筈である。或る一つの理論を絶対視し、これを主義として推し進めようとすれば、世界全体をこの主義で強引に統一しない限り成立たなくなるのである。余談ながら、戦前の日本国憲法に統帥権という論理上のバグがあったがために日本が第二次世界大戦に突入していくことを考えてみても、規範の形成にはバグのない論理構成が必須である。

絶対的に正しいことは真理と称されるが、技術者にとっては、思考の原点を「法則」におくのがよいと思われる。これに「定義」を加えて論理体系を組立てたものが論理である。

「人の物を盗んではいけない」というのは法則や論理ではなく、規範である。規範はその背景には論理的な理屈が必要である。

さて、土木構造技術者の場合、法則や論理に基づいた規範として示方書やコードがある。大半の土木構造技術者は示方書すなわち規範に従う形で構造物の設計や施工に取り組んでいる。ところで、規範の中に一方的な主義や都合のよい主張を盛り込むと、結果的にこれを適用する系が不利益をこうむることになりやすい。そこで、示方書の場合には、技術者の所属機関にとらわれることなく、一土木技術者あるいは一社会人として個人の良心に基づいた思考によって論理を構成することが望ましく、その意味で学会や協会の場で示方書の標準的なものが作られることが重要である。

示方書の場合、材料の進歩や情報の増大などによってその内容がしばしば改められるのは当然である。限界状態設計法や耐久性設計といった新しい規範が登場し、こ

これらの論理体系を把握することが土木構造技術者に必要となってきたている。

これらの規範は、従来のものよりもより広い観点から構造設計を行おうとする姿勢を示すものであり時代に即したものと言えよう。この場合、ターゲットとしては、構造物の耐用年数を頭に入れて最も合理的な物を造ることであると思われる。しかしながら材料の限度や荷重作用は不確実で、かつばらつきを持ったものなので、最適な設計をしようとすれば確率論的な取扱いが必要とされるのである。材料の耐久性や維持管理も含めて考えれば更に複雑なこととなる。

なお、確率論的な設計規範を適用した場合には個々の構造物の最適化を主観的に意図したものではなく、同種の多数の構造物の総体としての最適化を客観的に図ろうとしていることに留意しなければならない。

確率論的な概念で規範を構成しようとすれば、そのデータは過去に経験したもの情報をとして採用することとなる。しかしながら、我々の取扱う対象には未知のこと未経験のことが含まれておらず、また、社会における種々の価値評価が変化するのが常である。したがって、技術の進歩や社会の発展が全く止まった状態とならない限り確率論を用いて最も合理的な構造物を造るという論理の組立ては不可能なものと思われる。

さて、技術者は常に方程式を解いて精解を求めるように訓練、教育されてきた。しかし、よく考えてみると、構造設計における問題は方程式で精解を得るのではなく、不等式で解を得ればよいのである。言い換えれば安全側に設計しておけばこれは常に正解なのである。

一方、設計という行為は、芸術家が作品を取り組むのと同様に主観的で創造的な仕事である。したがって示方書等の規範を受け身で適用するのではなく、もはや設計ではなく単なる作業を業務的に行っているに過ぎない。設計はあくまで主観的行為であって、その成果物が客観的にも評価に耐えればよいのである。それ故、土木構造技術者は高い能力と素養を持っていることが求められるのである。

今や土木構造技術者は、stress-strainの問題のみならず、dBやpHといった環境問題の単位とも取り組まなければならない時代である。コンピューターのお陰でstress-strainの問題や構造物の幾何学的な取扱いは大いに論理化され、相当な部分がルーチンワーク化している。そこで土木構造技術者が今までよりも広い範囲の問題に対して論理的に取り組む余力ができてきたものと思われる。その余力により、構造設計の意義、構造物の社会に与えるインパクト、構造物に関連する法律や経済の問題、等の重要な課題に取り組んで欲しいものである。限界状態設計法の論理を推し進めていくと結果的に

構造物をとりまく広い範囲を対象とした論理が必要となってくるのである。

社会全体の中で考えてみると、どの程度の精度と深度で土木構造物を取り扱えばよいかがわかるものと思われる。構造設計においてはあらゆることを考えて最も合理的なものを求めようとする姿勢があるが、一方、世の中では何ら設計的な対応をしていない対象に対して安全を保障する制度、即ち保険制度がある。安全性や耐久性あるいは機能的な耐久性に対する取り扱いに関し、保険制度をも含めて考えれば土木構造技術者のみが精度を高めようとして苦しまなくともよさそうである。

さて、現代は競争社会である。構造設計においても例えばメタルかPCか、あるいは複合構造か、といった競争がある。この場合には合理性、経済性、などが比較追及される。我々の世界は不等式の世界であると言っていたのでは競争に負けてしまうのである。しかし競争を熾烈に行えば、いわゆる漁夫の利として第三者が得をするだけとなる。また、経済的に無理な仕事をすれば結果として構造物の耐久性などに問題が生じ、社会に不利益を与えることにもなりかねない。

土木構造物の重要性やその寿命の長いことなどを考えると、現在の入札制度なども構造技術者としてしっかりと意見を持たなければならぬ筈である。医者や病院を選ぶのに入札を行わないように、一方的な買い手市場をベースとした建設市場の見直しも必要である。

以上のように土木構造技術者が対処すべき課題が極めて多岐にわたっていることから、これらへの取り組み方が何より大切である。即ち、「道理にかなった構造物を造る努力を最も合理的に行う」ことの戦略が求められるものと思われる。

通産省の産業構造審議会では、1990年代の政策として「国際社会への貢献」、「ゆとりと豊かさのある生活の実現」および「長期的経済発展基盤の確保」の三つの項目を示しており、過去の経済から考えても今後の方向がはっきりと示唆されていると考えられる。また、今後10年内に430兆円の公共投資が予定されている。このような状況のもとで、土木構造技術者の一層の貢献と発展のためには共通の論理的な認識を持つことが急務であると思われる。

筆を置くに当たり、この技報のVol. 10記念号がここに刊行されることに対し、心よりお祝いを申し上げ、今後ますますの御発展を祈念する次第である。また、ここで掲げた課題に関するフォーラムとしてこの技報で議論を続けていただきたいものである。