

IV-6 高校の土木応用力学をどのように教えるか

東京都立小石川工業高等学校 正会員 三浦 基弘

(a) はじめに

昨年8月、高等学校学習指導要領が、文部省より出された。戦後5回目の改訂である。今回の指導要領の特徴は、「ゆとりある、しかも充実した学校生活」とうたっており「つめ込み」や「高校教育の多様化政策」にも一定の軌道修正を行なっているように見えるが、基本的には、多様化の追認になっている。

義務制「ゆとりある」、「落ちこぼれのない」教育を行なうのが建前にしたのであるから、高校に入学してくる生徒は、かなり学力を身につけているはずである。ところが高校の指導要領は、現行よりはるかに多様化している。「多様化」という現実を先行させて、更に一層、多様化を推進しようとしている。つまり、「ゆとりある」、「落ちこぼれを作らない」というのは、まったくの修辞である。本心は、1963年の「経済審議会答申」にある。5%のハイタレントを確保すれば、あとは若年労働者として使うのだからどうでもよいのである。

教育内容では 卒業に必要な総単位数が、85単位から80単位に減少した。高校の第1学年には 専攻に無関係に、すべての生徒が共通必修科目が配置されることになった。専門学科でも専門教科目の最低履習単位数が35単位から30単位へと減少し、これより専門分化の著しかった工業関係の学科でも 第1学年には、共通科目（「工業基礎」、「工業教理」）がおかれるようになった。また 専門教科目は、全体として大教科に移行しつつあり、土木の科目に関しては、「土木応用力学」と「土木設計」（鉄筋コンクリート工学、橋梁工学）が組み合わされて「土木設計」になった。

毎年変りゆく生徒にたいして、教師の方も いままの授業実践通りでうまくいくことは少ない。毎年毎年、地味なことではあるが、教師が切磋琢磨して生徒に接していくことが大切である。私は いままこの土木学会関東支部年次研究会に 少なからぬ論文を発表してきたが、今年は生徒の状況はもうろんのこと、私が新しく知れたことも含めて紹介してみたい。

(b) 生徒に言語能力をつけることの大切さ と教師の力量

i) 単位と単位記号のちがひ

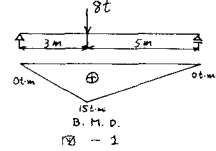
高校のある国語の先生から 生徒に「情は人の為ならず」の意味を聞いたら 多くの生徒は「人に情をかけると碌なことではないから あまり情をかけない方が本当は 人のためになる」と答えたのを聞いたことがある。

専門教科では こういうことはないだろうか？ 生徒がある問題の答を出し、無名数で答えると、教師は「単位をつけていない」と指摘することが少なくない。正確には、「単位記号をつけていない」というべきである。比較を基準として選んだ一定量を単位といい、比較の結果 得られた実数を測定値という。あるものの長さを測って $X = 3.247m$ を得たとする。3.247は測定値で、mは単位記号である。具体的に“単位”を表現するならば、「1mの長さ」そのもの、つまり「量そのもの」をいうのである。言葉の意味をはっきりさせることは、認識を高めていくものである。よくいわれるが、「重量」と「質量」の区別をはっきりさせることで、どれだけ力学の発展に貢献したかを思い起せば 十分である。

ii) $2tx0m$ の答は 0か $0tm$ か

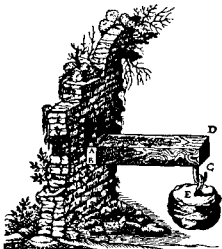
数学にゼロが導入されたことで 数学が飛躍的な発展を遂げたことに、多言を要さない。しかし、ゼロそのものは自然界に存在せず、観念としてとらえているため理解するのに難しい側面がある。私は新入生に、よく次のような問題を出すことがある。(1) $40 \div 0$, (2) $0 \div 40$, (3) $0 \div 0$, (4) 0° , (5) 0は偶数か奇数か この5問全正解できた生徒は いまだにいない。しかし、この問題の0を自然数にあきかえて出題すると「先生、おれたちを馬鹿にする気か」という生徒からの返答がほとんどである。言いかえれば、ゼロは歴史的にみても自然数よりも あとから導入されたことからわかるように、無であるゼロを観念的に生徒が理解することは、難しいことなのである。

単純ばりの両支点の曲げモーメントは「ゼロになることが知られている。生徒に「 M_0 の値はいくらか」と質問すると、多くは「0」と答える。しかし、よく考えてみると、ここでのゼロは、「抽象的なゼロ」ではなく、「具体的なゼロ」である。曲げモーメントに関しての「ゼロ」なのであるから $0 \text{ t} \cdot \text{m}$ とすべきである。つまり 1本-1本, 1円-1円, 1枚-1枚 のそれぞれの答のゼロとは違うわけである。



iii) 断面係数の意味とガリレオの業績

断面係数と線応力度との関係については 第1回目のこの会で発表したのと同割合する。はりの曲げ強さの問題を本格的に取りあげ、土木技術の進歩にとって非常に重要な意味をもつようになった強度学の創始者は、ガリレオ・ガリレイである。彼は一端が固定され、他端が自由である片持ばりを考察することからはじめている。



自由端に懸架された固定された梁。ガリレイの力学材料学から。

図-2

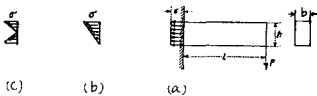


図-3

まず、そのはりに曲ったときの原理を応用したのである。つまり外力とはりの全断面上に均一に分布すると仮定された引張応力の合力と、固定端断面下の縁に仮定された回転軸に関してのモーメントを等しくおくことにしたのである。つまり $\sigma \times h \times b \times \frac{h}{2} = P \times L$ (ここでは、角柱の重さを無視している) $\sigma \times \frac{bh^2}{2} = PL$

$\therefore \sigma = \frac{PL}{\frac{bh^2}{2}}$ 彼は長方形はりの曲げ抵抗は、断面の幅に比例するが、高さの2乗とともに増加する。と適切な結論に達している。しかし、彼の考察方法は純粋な静力学的考察で、半世紀後に、ロバート・フックによってつくられた弾性概念が、ガリ

レオの考察にまだ入っていない。そのために、そのはりの引張強さに比較しての曲げ強さの大きさの評価において誤ったのである。つまり、現代的表現による長方形の断面係数は、後によると $\frac{bh^2}{6}$ (図-3 (a)) となるのだが、 $\frac{bh^2}{2}$ の正しい値にたいして3倍もの大きすぎる値を示して

いる。(しかし、実際の材料は破壊するまでフックの法則に従うということではなく、また応力分布も 図-3 (c) と異なり、ガリレオの理論による値と、実際の破壊荷重との相違を減少するように分布するといわれる) ここで、断面係数のことを彼は「切断に対する絶対抵抗力。(英語では absolute resistance to fracture) と呼んでいる。いままで、私の教え方にも問題があるのだが、生徒は「なかなかこの断面係数を理解しにくかった。最近わかったことであるが、断面係数のことを、独語では "Widerstandsmoment" 仏語では "moment de résistance" となっている。直訳すると「抵抗モーメント」という意味である。では、抵抗モーメントを何と呼ぶかという、それぞれ同じ呼び名をする。つまり、独語と仏語では、「断面係数」と「抵抗モーメント」は同一語で統一しているのである。

「断面係数」という語は、英語 (section modulus, modulus of section) の直訳であると思うが、本来は、「抗する能力」という意味である。生徒が、この新しく発見された事柄をどのように定義されて、どのように発展してきたかを知ることが、認識を深めるのに非常に役立つのである。

ガリレオが考察した $W = \frac{bh^2}{2}$ から ライプニッツとベリドールが考察した $W = \frac{bh^2}{6}$ (図-3 (b))、現在、適切といわれている W を導いたパラソンの理論発展史は、次回に述べたい。

(c) おわりに

教師がわからないことは、たくさんある。生徒に教えて、生徒が理解しないのは、教授のしかたに問題があることが少なくない。わからないことを放置しない。常に、研究することが大切である。生徒の勉学の姿勢は、教師のその姿勢の「反映」でもある。教師は「絶えず」主体的で創造的な授業実践を追求しなければならない。

最後に、関係諸氏の忌憚のないご批判をいただければ、幸甚である。

参考文献 (1) Timoshenko "History of Strength of Materials" McGRAW-HILL 1953
(2) Hans Straub "Die Geschichte der Bauingenieurkunst" Birkhäuser-Verlag 1964