

Ⅳ－３ 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

教育課程審議会(文部大臣の諮問機関)が1976年10月6日、「教育課程の基準の改善について」という審議のまとめを発表した。諮問に際する文部大臣(奥野 誠亮)あいさつの中で、高等学校については「高等学校への進学率は、現在ほぼ90%に達し、高等学校は青少年のほとんどすべての者を教育する国民教育機関としての性格を一層強めてあります。このような高等学校教育の著しい普及や社会の高学歴化の進行に伴って、今日の高等学校教育については、普通教育と専門教育の在り方の問題、職業教育や定時制、通信制教育をめぐる問題など、検討を要する多くの課題が生じてきています。……高等学校教育が著しく普及した今日、新たな観点から、小学校、中学校及び高等学校の全課程を見通して、相互の関連を図りながら、それぞれの教育内容をより一層適切に定めるよう検討する必要があると考えます。」と、述べている。この背景には、ここ十数年、授業についていけない生徒が増加し、非行の低学年化が進行するなど、学校教育の基本的なあり方に対する、国民の批判の目が鋭くなっていることに原因がある。このため、教科書について言えば、今回の改定案で、全教科を25%の学習事項の削減がみられる。また、卒業単位を80単位、職業科専門教科の最低必修総単位数を30単位として、それぞれ5単位ずつ削減し、職業教科も現行のように、「過度に専門化」しないように改善しようとしている。この手直しされた多くの部分は、いまだで父母や教職員が、つめこみ教育による弊害をはやくから指摘してきたところである。

今回の改定案は、事実上、自民党政府の教育政策が誤っていたことを認めたものといえることができる。しかし改定案をきびしくみつめながら、生徒には基礎的な知識や技術の基本を系統的に学習できるようにしなければならないのは、教職員の任務である。このような立場から、昨年の土木学会関東支部年次研究会に発表したものを補足する意味で、授業実践を紹介したい。

(b) 教科書のどこが わかりにくいか

生徒が力学を学習するとき、教科書は大切な援助者にならなければならない。それゆえ、教科書の役割は、重要である。しかし、必ずしも生徒にわかりやすくなっているとは限らないのである。たとえば、B社の「モーメント」の定義のところでは、「力には、すでに学んだように、ある方向に移動させようとするもののほか、ある方向に回転させようとするものがある。この回転させようとする力の作用をモーメントという。」とある。これは定性的定義で非常にわかりにくい。この場合、つぎのように説明するとよいと思う。「力の作用のひとつに物体を回転させようとする作用がある。いま、この作用の大きさについて考えてみる。Oからの距離が r_0 の点Pに、OPに垂直な力 F_0 を作用させ、これとつりあうようにPOの延長上の点Qに、力 F を、OQに垂直になるように働かせると、 $OQ=r$ とするととき $F_0 \times r_0 = F \times r$ (この原理)の関係が見られる。 r, F がどのように変化しても、この $F \times r$ は一定で、 $F_0 \times r_0$ に等しい。この $F_0 \times r_0$ を力 F_0 の、Oのまわりのモーメントと名づける。 F をQを通る作用線上で、図-2のように動かした場合には $F_0 \times r_0 = F \times r \times \sin \theta$ という関係が成り立つ。このとき F_0, F は平行である必要はない。」このように、定量的定義をはっきり示しておく必要がある。

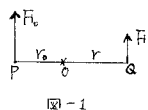


図-1

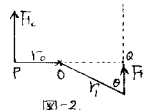


図-2

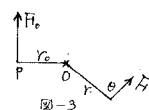


図-3

(c) 自然界から力学を学ぶこと

力学は、一般にむずかしいと言われている。たしかに、そういう側面はある。しかし、自然界に住む動植物は力学の理論的体系をもっていないにもかかわらず、人間はこれから学ぶことが多い。この第1回の発表に植物、動物の構造から人間が力学上、学べることを若干発表してから、とくに動植物に興味を抱き、調べることをつづけた。前に、なせ葉は空洞になっているかを述べたが、最近、蜘蛛の糸を調べた。ところが、糸は空洞

になっているのである。この空洞には獲物を捕えるための、あのネバネバした液体が入っている。しかも、この糸には縫りがかかっているのである。これは獲物が網にかかったとき、獲物は跳く。しかし糸が縫れていると、弾力性を増すので糸が切れにくいのである。また図-5のように糸が縫れていると、圧縮力と引張力が交互に働き、直線の糸よりも力学的負担が少ない。蜘蛛が力学を学んでいるわけではないのに、自然との厳しい闘争の中で、糸が合理的にできたとしても驚異である。普段、なにげないものでも、するとい観察力を養っていかなくてはならないとつくづく思ったのである。

前に「自然は力学の大家」であるといった。あらためて、この言葉の重みを感じるのである。

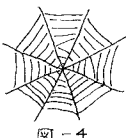


図-4

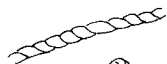


図-5

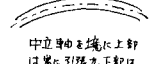


図-6

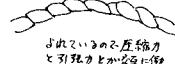


図-7

(d) 材料力学の発展と歴史的制約

一例をあげると1800年代、鉄道建設にともなう、材料力学の発展をうながした。たとえば、橋の材料といえば当時、石と鋳鉄であった。これらは、アーチ橋のように圧縮材には適しているが、鋳鉄桁橋は移動荷重によって変動する応力が働くと疲労で破壊するため、信頼性が低かった。鉄の引張材で補強した鋳鉄梁もあったが成功した例は少ない。当時、理論的には引張力に関する研究もあったが、1840年以降、鍛鉄を橋に使うようになってから、引張力の理論研究のみならず、薄肉管構造の理論研究など新しい力学の分野へ広がっていった。これは、鉄の製造研究（鋳鉄→鋳鉄→鋼）により、正確に言えば、当時の社会の生産力と生産関係が力学の発展に寄与してきたし、また一定の歴史的制約も受けてきた。

生徒に力学を教えるとき、歴史的な背景やその時代の人々のさまざまな努力、苦勞や失敗などをリアルに知らせていく必要がある。なんとなく力学の理論ができたのではなく、時代の要請にこたえて作り上げられてきたことも事実なのである。



図-8 世界最初の鋳鉄橋アイアン・ブリッジ（技術叢書、No.291より）



図-9 コンウェイ橋（"HISTORY OF STRENGTH OF MATERIALS"より）

(e) 他教科との関連を大切にし総合的に

先ほど蜘蛛のことを述べたが、実は測量担当の教師から、昔のトランシットの接眼または対物レンズの十字線に蜘蛛の糸を使用していたことを教えてもらったことがら端を発している。現在では、十字線に銅線も多く使用しているが、外国向けに、今でも女郎蜘蛛の糸を使用しているものもあるそうである。それで上記の調査が始まったのである。昔、蜘蛛から織物を作ろうと研究したことを聞いたことがある。現在では、絹から着物はできているが、蜘蛛の糸からはできない。しかし、「紡ぐ」ことを英語で“spin”といい、「蜘蛛」は“spider”という。これは、ギリシャ語の“spinnen”からきているといわれる。また「独身女性」のことを“spinster”というが、これも織物に関係している。このように言葉からもわかるように、はじめ、着物を作るときは、蜘蛛から学んだと言われる根拠でもある。

一例として蜘蛛のことを述べたが、この他に付け加えれば、フーブルの「昆虫記」の中で、なぜ蜘蛛の足は網につかないかとか網の張り方など書かれており、述べたいことは多くあるが、いずれにしても他の教科の教師と多く接することは、生徒に教える内容に幅ができていくことも事実である。

(f) おわりに

紙面の都合で、多く記述することはできなかったが、生徒には「身近なところから力学を」をモットーに、日常生活に接するところから多くの題材を選び、そして私たちの先祖が残してくれたすばらしい遺産を知らせていくことに心がけてきた。そして生徒に興味をもたせながら、生徒のわかりにくいところを系統的に教えることに努力をしてきた。関係諸氏のご批判をうけ、参考にし、すぐれたものを作り上げていきたい。