

기계역학의 역사

양 보 석
부산수산대학 기계공학과 교수



● 1954년생
● 회전기계의 진동을 전공하였으며, 불안정유체력에 의한 자려진동문제, 최적설계 등에 관심이 있다.

1. 머리말

기계역학은 자연과학에 속하는 역학을 아버지로, 기계와 이를 탄생시킨 실제적기술(technical arts)을 어머니로 하는 두 가지의 계보를 갖는다. 극히 최근까지 과학과 기술은 전혀 별개로, 다른 계층에 의해 담당되어 왔다.

약 100수십년 전까지는 과학은 기술에 힘입은 부분이 많았다. 이들이 합쳐진 것은 겨우 19세기 초, 그리고 기계역학이 학문으로서 형태를 갖춘 것은 19세기 후반부터이다.

동역학을 포함한 기계역학의 형성과 발전의 흐름은 시대적으로 다음의 3단계로 크게 분류된다.

- (1) 제1기 : 자연학의 시대 (~15세기)
- (2) 제2기 : 역학=자연철학의 시대 (16~18세기)
역학의 탄생 (16세기) → 역학원리의 형성 (17세기) → 역학원리의 전개와 완성 (18세기)
- (3) 제3기 : 기계역학=공학의 시대 (19세기 ~)

공학의 탄생 (19세기 전반) → 체계화의 시대 (19세기 후반) → 방법의 시대 (20세기)

2. 중세의 운동학

중세는 결코 암흑시대는 아니고, 중세에 관한 지식이 암흑인 것이라 말한 것은 저명한 과학사가 G. 서튼이다. 고딕 건축으로 대표되는 12세기 르네상스와 이에 이은 13세기는 서구사회에서 학문이 번성하고, 한편으로는 수차동력의 이용에 의한 제철 combineate의 출현 등의 산업혁명이 일어났다. 신학을 비롯한 모든 학문은 수도원이나 막 창립된 중세대학에서 정교하게 숙련되고 있었다. 자연법칙 (lex naturae) 이라 하는 말을 처음 사용한 것은 13세기 성 토마스 아퀴나스이다. 자연계에는 하나님의 창조에 관계되는 법칙성이 있고, 이 법칙성은 규칙화되어 측정될 수 있다는 것을 그는 주장하였다. 理性에 의해 하나님의 법칙을 명확히 하는 것을 자신들의 임무라고 한 스콜라학자들은 자연학에 있어서는 아리스토텔레스의 운동이론에 비판을 가하고 새로운 학설을 세우게 되었다.

파리대학의 총장이 된 J. Buridan은 1325년경, 학예 대학에서 아리스토텔레스의 운동이론에 반대하고 공기는 운동에 있어서는 저항으로만 작용한다고 주장하고 투사체가 손으로부

역주 : 본 내용은 prof. Shuzo Miwa(靑山學院大學)가 일본기계학회지 1988년 7월 및 9월호에 게재한 「기계역학의 역사와 그 주변」의 내용을 일부 삭제 정리한 것이다.

터 멀어져도 운동을 지속하는 원인으로서 impetus(격렬, 세력, 약동)의 개념을 도입하였다. 이것은 일종의 힘으로, 그 강함은 빠르고 물질량의 곱으로 정해진다. 낙하의 각 순간마다 물체의 impetus가 증가하기 때문이라고 하고, 그는 이것으로부터 천체운동도 설명하였다. 후에 프랑스의 N. d'Oresme은 impetus이론을 이용하여 처음으로 현의 진동을 역학적으로 설명하였다.

한편 영국의 옥스포드대학 머튼 기숙사에서 후에 캔터베리 대주교가 된 신학자이며 수학자인 블라더워디언이 1328년 논문에서 운동의 수학적 정식화를 추구하여 운동법칙을 발표하였다. 그의 후계자 하이즈베리(후에 옥스포드대학 총장) 등은 운동의 시간적변화를 고찰하여 순간속도와 가속도의 개념을 바르게 정의하고, 일정가속운동으로 이동하는 거리는 그 중간의 평균속도를 가지고 일정하게 진행되는 거리와 같다는 것을 증명하였다. 이것은 머튼법칙(평균속도의 정리)이라 불리운다. 그들은 일정가속도 a 로서 낙하하는 물체가 t 초간에 통과하는 거리는 $1/2 \cdot at^2$ 인 것이나, 무게가 다른 동일한 재료의 물체는 같은 속도로 떨어지는 것도 알고 있었다.

파리학과의 d'Oresme은 후에 주교가 되었으나 1350년경의 논문 「성질과 운동의 도형화에 관한 논고」에서 머튼법칙을 기하학적으로 증명함과 함께 곡선하의 면적이 통과한 거리를 의미하는 것을 나타내었다. d'Oresme은 또 운동의 상대성으로부터 지구의 자전과 지동설의 가능성을 이해하고 있었다. 움직이고 있는 배에서는 선실내의 공기는 배와 함께 움직이는 것, 수직위로 던진 물체는 원래의 위치로 떨어지는 것 등을 그는 그 이유로서 들고 있다. 종래 G. Galilei의 업적으로 알려져 있던 이상의 것이 실은 그보다 3세기나 전에 알려져 있었지만, 당시는 수학이 발달되지 못했고, 파리학파나 옥스포드학파의 관심은 사변적(思辨的)인 논리의 적합성에 있어서 이론을 자연계의 현상에 적용할 의도를 갖고 있지 않았기 때문에 이들

의 성과는 직접 후세에 연결되지 않았다. 그러나 이러한 밑거름 위에서야말로 근대역학이 태어났다는 것을 우리는 잊어서는 안될 것이다.

3. 동역학의 서광

15세기는 대항해시대로 각 방면에서 현저한 기술혁신이 있어 새로운 형태의 기술자가 등장한다. 그들은 길드(guild)에 속하지 않고 patron에 직속되어 여러 종류의 기술(ingenium)을 개발하였다. 불어(ingénieur), 독어(ingenieur)나 영어(engineer)는 영어의 ingenious와 같은 단어인 ingeniös로부터 유래하고 있다. Patron의 대부분은 제후였으므로 그들의 일도 주로 군사기술이었다. 그들은 길드의 윤리강령에 속박되지 않았기 때문에 사회적 책임을 갖지 않고, 고용주에 대해서만 책임을 갖었다. 이러한 사회태도는 현대의 우리들에게까지도 연결된다. 하나님에의 신앙고백(profess)에 근거를 한 professor나 학자, 교양인은 하나님과 전 세계에 책임을 지고 있었기 때문에, 기술자들의 이 천하다는 감각은 참을 수 없는 것이었음에 틀림없다.

16세기에 들어오면 주철이나 실용화약이 발명되고 대포가 출현하여 군사기술은 급속히 향상되었다. 한편으로 광산기술도 발달하여 탄도학이나 기계학과 같은 실용의 학문도 요구되어, 학자도 기술의 성과에 관심을 갖기 시작한다. 이탈리아의 N. Tartaglia는 대학과는 무연의 측량기사이며 수학자로서 아르키메데스의 저서를 번역한 인물이다. 그는 투사체의 운동을 연구하여 1537년에 「신과학」을 저술하고, 수평면과 45도에서 최대사정을 얻는 것을 입증하였다. 그의 공적은 실천과 이론의 결합, 그리고 기계학과 수학의 결합을 도모했다는 것이다.

Tartaglia의 제자 Benedetti도 대학과는 무연의 기술자로서 자유낙하체의 운동에 관해서 수학적방법과 실험적방법의 결합을 시도하여 갈릴레오에 큰 영향을 주었다. 갈릴레오의 평

가는 이 당시 과학사자들 사이에서 큰 동요를 일으키고 우리들이 배웠던 E. Mach 이래 갈릴레오상을 새롭게 할 필요가 되었다. 그러나 그가 시대를 넘어선 제1급의 학자였음은 변함이 없고, 기계에 구체적인 관심을 갖고 운동의 제 개념을 체계화하여 현실의 운동에 적용한 것이 그의 공적이다. 또 운동에 형이상학적인 의미를 찾는 것을 포기하고, 오로지 현상을 묘사한다고 하는 방법론은 그에게서 시작된다. 이 방법론은 당시의 시대정신으로부터 말하면 그가 ethos로서도 pathos의 면에서도 학자적이지 못하고 職人的이었다는 것을 의미한다. 또한 피사 사담의 실험은 만들어진 이야기라는 것이 현재의 정설이다.

4. 동역학의 형성

갈릴레오 이후 동역학의 성립에는 그의 후계자 Torricelli를 잊을 수 없다. 또 천체의 운동에 관해서는 코페르니쿠스나 케플러가 중요하지만 여기에서는 현대의 기계역학과 관련하여 호이헨스(C. Huygens)와 뉴턴(I. Newton)을 열거한다.

네덜란드의 호이헨스는 1673년에 「진자시계」를 저술하였다. 이 책은 갈릴레오의 「신과학 대화」 이후 최대의 역작으로 물리진자의 연구성과가 포함되어 있고, 강체의 동역학은 이 책으로부터 제1보가 시작되었다. 물리진자의 진동 중심 문제(등가 단진자의 길이를 정하는 문제)는 학자들의 정열을 불러 일으킨 선단적 테마였고, 이로부터 관성모멘트의 개념이 태어났다. 단 관성모멘트의 명칭은 Euler에 의한다.

뉴턴의 저서 「자연철학의 수학적 원리(Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica), 1687」는 역학의 불후의 금자탑이다. 그가 운동의 원인으로서 힘의 개념을 도입함에 따라, 이전의 운동학이 역학으로 되었다. 그의 운동의 원인으로서 힘의 개념에 대해서는 이후 19세기의 Mach나 Hertz에 이르는 많은 물리학자의 비판의 표적이 되었다. 뉴턴에 의

한 운동 제2법칙을 현대풍으로 쓴다면 $I = \Delta mv$ (I 는 역적)이고, Δt 가 영으로 되는 극한에서만 $F = ma$ 로 된다. 그의 기술은 당시의 관습에 따라 전문적인 언어와 기하학적인 표현으로 되어 있기 때문에 「뉴턴의 운동방정식」은 이 책에는 존재하지 않는다. 방정식이란 용어는 데카르트, 운동의 과학에 미적분을 처음 사용한 것은 Lagrange에 의하면 L. Euler이고, 活力(현대용어로서는 운동에너지)의 개념위에 만들어진 역학에 동역학(Dynamik)이라 하는 용어를 만든 것은 라이프니쯔이다. 그것은 어쨌든 운동의 3법칙과 또는 그것 이상으로 「자연현상을 수학의 형태로 바꾸어, 이것을 풀고 현상을 해명한다」라 하는 획기적인 방법을 확립했다는 것에 뉴턴의 최대공적이 있다.

5. 동역학의 전개와 완성

강체의 동역학은 호이헨스에 의한 물리진자의 진동 중심 문제의 제기로 시작되었다. 18세기에 들어오면 운동을 취급하는 것이 가능한 수학 즉 미적분학이 나타나, 많은 학자가 이것에 의해 동역학을 전개했다. 당시의 유럽은 절대군주에 의한 근대국가의 형성기로서 제후는 국경을 초월하여 우수한 학자를 포용하고, 학예의 우위를 다투는 것이 유행이기도 했다. 오일러도 그 중 한 사람이다.

오일러(L. Euler)는 1707년 출생의 스위스인으로 목사가 되기 위해 바젤대학에서 신학, 오리엔트 언어, 생리학을 배웠지만 요한 베르누이(J. Bernoulli)로부터 수학을 배운 것이 인생의 전기가 되었다. 16세에 석사의 학위를 얻은 후, 요한의 아들 다니엘 베르누이(「유체역학」의 저자)의 후임으로 러시아의 페테르부르크 과학아카데미에 초청되어 「해석적으로 취급한 운동의 과학(1736)」을 저술하였다. 이는 운동의 과학을 대수적으로 취급한 최초의 서적으로 운동방정식을 세우는 방법과 푸는 방법을 나타내고 있다. 1741년 후리드리히 대왕의 초청으로 베를린 과학아카데미로 옮긴 그는 다니엘로

부터 자극을 받고, 탄성봉의 처짐곡선과 그 미분방정식을 연구하였다. 그 사이에 대수학이나 미적분 등의 교과서를 쓰고, 「강체 운동의 이론(1760)」을 저술하여 회전모멘트, 관성모멘트 등의 개념을 명확히 하였다. 1766년 에카데리나 2세의 초청으로 다시 페테르부르크로 옮겨 실명에도 불구하고 구술에 의해 연구를 지속하고 1783년 이 곳에서 사거하였다.

18세기는 Euler의 세기라 일컬어질 정도로 그는 각 방면에서 빛나는 업적을 남겼다. 우리가 매우 익숙한 수학상의 제 기호들, 예로 원주율 π , 대수 \log , 자연대수의 밑수 e (이는 Euler의 첫자), 허수 단위 i 는 그가 정한 것이다. 변분법이나 위상학도 그의 것이고, 봉의 탄성변형과 진동식, 그리고 유체역학도 많은 부분이 그에 의해 이루어졌다. 유체역학의 기초식인 「베르누이의 식」을 정식화한 것이 Euler인 것은 의외로 알려져 있지 않다.

Euler가 베테스부르크를 떠난 후 후리드리히 대왕은 후임의 추천을 파리학계의 거두인 다랑베르(d'Alembert)에 의뢰하였다. 그는 무명에 가까운 Lagrange의 재능을 읽고 베르린으로 보내어, 파리에 d'Alembert, 베테스부르크에 Euler, 베르린에 Lagrange라 하는 18세기의 세 거인을 세우는 구도를 이룩하였다.

현대의 기계역학에서 중요한 진동문제의 기원은 음악과 관계가 깊다. 17세기 프랑스 물리학자로 음악학자인 메르세느(M. Mersenne)신부가 제기한 현의 진동수 $v \propto (1/\ell)\sqrt{T/\rho}$ (여기서, T 는 장력, ℓ 과 ρ 는 현의 길이와 선밀도, v 는 진동수)의 비례정수를 구하는 문제는 학자의 의욕을 자극하여 제1급의 학자들이 이에 도전하였다. 진동의 역학에서는 호이헨스에 의한 진자의 자유도문제의 다음은 2자유도계나 다자유도계가 아니고 무한자유도계에 속하는 진동현이 연구된 것이다.

함수의 테일러전개로 알려진 수학자 Taylor는 음악을 좋아하고, 뉴턴과도 친하였으며 1712년에 진동현의 문제를 취급하여 다자유도계 역학에의 접근을 이루었다. 등시성(等時

性), 軸線同時通過(계의 모든 점은 같은 주기의 단진동을 한다)의 가정이라는 해석상의 기본적인 방법이 그에 의해 이루어졌다. 프랑스의 소블은 역시 음악에의 관심으로 진동현을 연구하고, 1713년의 논문에서 현의 진동수에 관한 메르세느의 비례정수를 결정하였다. 또 공명이나 맥놀이를 설명하고 진동수를 측정하여, 定在波의 節(node)이나 腹의 용어를 만들었다. 가상변위의 원리의 정식화에 공헌한 요한 베르누이도 현의 진동을 연구하고, 분포계와 집중계의 양면에서 해석을 하였다. 그의 아들 다니엘과 오일러는 1732년경 수직으로 매달린 체인의 진동을 해석하였다. 두 사람은 경쟁적으로 봉의 진동문제를 연구하고, 경계조건을 이용하여 고차미분방정식을 풀어 진동수 방정식과 고유모드의 개념을 확립하였다. 다니엘은 진동봉의 청각실험에서의 중점을 관측하고 그 이론적 가능성을 지적하였다. 그들은 이 외에도 연결된 강체진자나 부유물체의 요동 등 자유도가 적은 계를 취급하고 여기에서 mata-center의 개념이 태어났다. 당시는 학자도 기술문제에 관심을 나타내고 있었기 때문에 이것은 배의 설계상의 문제와 관계가 있었는지도 모른다.

앞에서 언급한 d'Alembert는 18세기 말 프랑스 과학아카데미의 중진으로 동역학의 완성에 공헌하였다. 그는 뉴턴을 평가하면서도 그의 힘 개념을 싫어하고 「역학론(Traité de dynamique, 1743)」을 저술하여 관성법칙, 합성운동, 평형의 세 원리 위에서 역학체계를 정리하였다. 역학의 체계는 뉴턴의 운동 3법칙으로부터가 아니더라도 구성할 수 있는 것이다. d'Alembert의 원리는 이 책의 가운데 있으며, 「힘의 작용하에 있는 질점계에서는 손실력의 계는 평형이 된다.」라 하는 것이 기본적인 표현이다. 여기서 손실력은 관성력이나 계의 구속력을 말한다. $F - m\ddot{x} = 0$ 를 d'Alembert의 원리라 부르는 것은 그의 참뜻과는 거리가 멀다.

Lagrange는 d'Alembert의 후계자로서 프랑

스혁명의 소용돌이에 휘말렸으나, 혁명 직전에 출판된 「해석역학(Mécanique Analytique, 1788)」은 Lagrange방정식의 유도로 유명하다. 표제를 dynamique가 아닌 mécanique로 표현하였듯이 본서에는 d'Alembert의 원리나 가상변위의 원리에 서서 운동을 정역학적으로 취급하고 있다. 그의 의식에는 역학은 단지 응용수학에 불과하였다. 이 책에서는 그림이나 표를 전혀 사용하지 않고, 역학적인 의미도 제공하지 않으며 순수한 대수 연산만으로 일반식을 유도한 것을 그 자신은 매우 자랑스럽게 생각했다고 한다.

뉴턴의 「자연철학의 수학적원리」로부터 꼭 100년 후 동력학은 일단 완성된다.

6. 산업혁명과 기술자들

베르누이 형제나 오일러가 활약한 18세기는 기술의 세계에서는 산업혁명의 시기에 해당한다. 동력기계에 대해 말하면 뉴코네티관은 1712년 이래 광산의 배수용으로 널리 이용되고 있었지만 1782년 Watt의 회전식 복동증기기관의 발명은 증기기관을 단순한 배수기관으로부터 범용의 동력기계로 비약시켰다. 여기서 이용된 조속기(ball governor)는 Watt의 발명으로 기재된 책이 많으나 이는 잘 못된 것으로 그 보다 약간 전에 영국의 토머스 미드가 풍차의 속도 제어용으로 사용하고 있었다. 또 Watt의 증기 응축기의 발명이 Balck의 잠열이론과 관계없는 것은 Watt자신이 언급하고 있다.

산업혁명의 진행으로부터 기술자는 사회적 지위의 향상을 요구하도록 하였다. 토목과 기계기술의 분야에서 공적을 쌓은 스미튼은 시민생활의 향상에 공헌한다는 강한 자각을 갖고 종래 군사기술자의 의미가 강했던 엔지니어라는 말을 전용하여 민간기술자(civil engineer)라 부르고, 기사들의 협회를 1771년 발족시켰다. 이것은 후에 1817년의 토목학회(바르게는 민간 기술자 협회 : Institution of Civil Engi-

neers, 약칭 ICE)로 발전하고, 여기서 현대적 의미의 엔지니어가 명실공히 성립한다. 또 Engineering이란 Engineer가 필요로 하는 기술(arts)로서, 공학의 의미를 포함하면서 그 위에 넓은 내용을 갖는다.

19세기에 들어와 기계기술상 특히 중요한 것은 철도와 근대 조선이다. 고압 증기기관은 트레비식을 시작으로(1796), G. 스티븐스 등에 의한 세계최초의 영업 철도개업(1825)과 레인힐 기관차 경쟁(1829)에서 그의 로켓호의 승리는 결정적인 철도시대로의 돌입을 의미하였다. 스티븐스는 이 성공을 바탕으로 당대 제일의 기술자 단체인 토목학회(ICE)에의 입회를 희망했으나 그는 논문이 없었기 때문에 학식이 부족하다하여 입회를 거절당하였다. 이와 같이 기술자 협회 조차도 중세 스콜라 학자의 혈통을 잇는 것을 스스로 증명한 것이다. 여기서 스티븐스는 새로운 mechanical engineer의 명칭으로 동지를 모아 1847년에 기계학회(정식으로는 기계기술자협회 : Institution of Mechanical Engineer, 약칭 IMechE)를 설립하고 초대 회장에 취임하였다. 그의 아들 로버트는 학식도 있고, 철도와 교량기술에서 공적이 있었으므로 기계학회 2대 회장에 추천되고 후에 토목학회의 회장에도 선발되었다. 이와 같이하여 19세기 중반이 되면서 종래의 職人的인 발명가는 신기술의 개발에는 대응할 수 없게 되고, 정규 학교교육을 받은 학문의 배경을 갖는 기술자가 제일선에 등장하게 된다.

7. 理工科學校와 공학의 탄생

18세기 영국의 산업혁명을 담당한 것은 영웅적 개인 발명가들이었는 것에 대해, 프랑스에서는 대규모의 토목공사와 관련하여 1716년에는 공병대(토목기사단)가, 1720년에는 공병학교, 그리고 1746년에는 토목학교가 창설되었다. 이들은 세계 최초의 근대적인 공과학교라 불리운다. 공병학교의 교관 베리드는 「기술자의 과학(1729)」을 저술하고 구조의 강도 등을

가르쳤다.

구 체제하의 프랑스에서 시작된 기술의 과학에 있어서 일대 전기가 된 것은 1789년의 프랑스 혁명이다. 대량의 기술관료를 긴급히 필요로 한 혁명정부는 파리에 중앙공무학교를 설립하고, 1795년에 이를 이공과학교(Ecole. Polytechnic)로 개칭하였다. 이 학교는 국방부에 소속하고, 수학과 당시 국가기밀이었던 G. Monge의 근대 제도법을 중심으로 한 기술학의 기초훈련을 목적으로 나라 안에서 영재들을 모집, 극단적인 엘리트주의와 주입식교육에 의해 눈부신 성과를 올렸다. 이 학교 관계자의 역학에의 공헌으로는 Poisson의 물체회전이론(1834)이 있다. 진동학에서 중요한 Fourier급수는 Fourier의 「열전도론(1822)」에 나온다. Coriolis는 Coriolis 가속도(1829)로 알려졌고, 폰스레는 $\text{kgf}\cdot\text{m}$ 단위에 의한 일의 개념(1867)을 정하였다. 그는 射影幾何學으로 알려져 있었으나 원래는 기술장교로 군수공장에서 일어난 많은 역학문제를 연구하고, 공병학교 교수였던 1825년에는 교과서 「기계 응용역학」을 저술하였다. 그는 당시의 현수교(suspension bridge)의 설계에 영향을 받고 하중의 동적효과를 연구하여, 주기적인 힘에 의한 강제진동과 공진에 의한 진폭의 확대를 나타내고 현수교 위의 군대행진이 위험한 이유를 설명하였다. Duhamel은 1843년 일반적인 외력에 대한 진동응답을 나타내었다. 여기에서 이용된 연산은 Duhamel적분이라 불리운다.

파리 이공학교는 유럽중의 선망의 대상으로 이것을 모방해서 각국에서 같은 학교가 국가에 의해 설립되었다. 특히 1815년 이후 독일어권에서 고등공과학교(TH: Technisch Hochschule)가 많이 설립되어, 공학은 급속한 형성을 보였다. 영국에서는 고등교육기관에서의 기술교육은 약간 늦어, 1840년이 되어 글래스고우 대학의 학예학부에 토목과 기계학의 欽定강좌가 설치되었다. 캠브리지의 철학자 휴엘이 scientist라는 말을 만들어 처음으로 사용한 것이 1833년의 일로서 이것은 과학을 직업으로

하는 계층이 사회적으로 성립했음을 반영한다. 그리고 미국의 MIT는 1865년, 일본의 工部大學校는 1871년에 창립되었다.

대학에 독립의 공과대학(공학부)를 설치한 것은 일본이 세계최초이고, 1888년에는 최초의 공학박사가 탄생하였다. 1897년 창립된 교토제국대학도 처음은 이학부와 공학부만이 이공과대학이었다. 교양주의가 긴 전통을 갖는 유럽에 있어서, 독일의 TH에서는 아무리 훌륭한 논문을 써도 학위를 제공하지 않고 TH에 학위수여권이 주어진 것은 일본보다 11년 늦은 1899년의 일이다. 영국에서도 공학의 학위수여에는 상당한 논의가 있었다.

8. 기계역학의 탄생

기계역학(machine dynamics)의 탄생시기는 19세기 중엽으로 보아도 좋을 것이다. 이 시기는 철도와 조선기술의 발전이 현저하여 1845년에는 영국에서 철도의 최고시속 160km/h가 실현되어 있었다. 초기의 증기기관차에서는 차륜계의 불평형 때문에 노선의 파손 등 중대사고가 속발하고, 영국기계학회(IMEchE)창립 1년인 1848년에는 동회의 부회장이던 매코엘이 특별강연을 하여 차륜의 평형잡이(balancing)의 중요성을 전회원에 향하여 통절히 호소하고 있다.

19세기 후반에는 기술은 과학과 불가분으로 되어 기계역학이 점차로 하나의 학문분야로서 형성되어 가는 과정을 볼 수 있다. 이 시기에는 신념과 정열을 가지고 기계의 운동과 역학을 체계화하고 또한 공학교육의 실천에 힘을 쏟은 인물로서 랭킨(Rankine)와 루로(Reuleaux)를 소개하고자 한다. Rankine은 스코틀랜드의 에딘버러에서 1820년 태어났다. 에딘버러 대학에서 토목공학과 물리학을 배운 후 철도공학의 실지 경험을 쌓고 1855년 글래스고우 대학 공학강좌의 교수가 되었다. 이 이후는 교육활동에 전념하여 많은 교과서나 편람을 저술하였다. 1857년 스코틀랜드 기술자 협

회의 초대회장이 되고, 1872년 글래스고우에서 세상을 떠났다. 생애 독신으로 음악을 사랑하여 직접 작곡도 즐겼다고 한다. 공학상의 공헌은 철도에 관한 것을 시작으로, 이윽고 1849년 열기관의 효율을 연구하여 이상기관으로서 Rankine cycle을 발견하였다. 배의 요동(rolling)에 관한 논문이나 공저의 「조선의 이론과 실제」가 있고, 1869년의 「회전축의 원심력에 대하여」는 위험속도를 취급한 최초의 논문이다. 1858년의 저서「증기 및 기타 원동기」, 편람 「응용 역학 필수」 등이 있다.

Rankine과 거의 동시기에 기계운동학의 성립에 위대한 공헌을 한 자는 Franz Reuleaux이다. 그는 1829년 독일의 아헨 근교에서 태어나 Karlsruhe TH에서 공부한 후 1856년 27세로 쾰히 TH에서 기계설계교수가 되어 혁신적인 구상에 의한 새로운 운동학의 강의를 시작하였다. 후에 베를린에 초청되어 1879년에는 왕립 TH(현 베를린 공과대학)의 설립에 관여하고 교수와 학장을 지냈다. 그는 또 처져있던 독일의 공업진흥에도 힘을 다하였다. 1876년 필라델피아 박람회의 위원이었을 때, 독일제품은 싸지만 품질이 열악하다고 고국을 통렬히 비판한 문장 「필라델피아로부터의 편지」는 그의 이름을 독일전체에 알리게 되고, 이를 계기로 기술향상에 노력을 지불하여 독일은 제1급의 공업국이 되었다고 한다. 그는 Diesel의 논문을 높게 평가하고 내연기관이 차세대를 담당할 것이라 예언하였다. 그는 또 기술과 문화의 문제에도 업적을 남기고 1905년 베를린에서 세상을 떠났다. 실용기술의 면에서는 증기기관의 밸브동작을 해석한 Reuleaux의 밸브 선도가 유명하지만, 시대의 영향으로 이것은 증기기관과 함께 잊혀져 버렸다. 기계공학에 관한 업적은 매우 커서, 프랑스 학파가 기술의 과학을 단지 수학의 응용에 불과한 것으로 생각한 반면, 이를 벗어나 수학을 기술학의 보조과학으로 보는 기계공학의 독자성을 세웠다. 그의 주 저서 「이론 운동학(1875)」의 서두에 쓰여진 기계의 정의는 특히 유명하여 대부분의 교과서나 사전

류에서 인용되고 있다. 이 책에 의해 기구와 그 운동은 학문의 영역까지 넓어졌다.

9. 기계역학의 발전

19세기 후반이 되면서 기계의 대형화와 고속화가 현저하여 새로운 역학문제가 현장으로부터 계속 제기되어 왔다. 증기기관의 속도제어에 대한 의논은 1862년 영국의 헤어베언에서 시작되어, 1877년 Maxwell이 제기한 안정판별문제는 수학회에 현상문제로까지 발전하고, 1877년 Routh가 해답을 제시하여 상을 획득하였다. 이것과는 별개로 스위스에서는 증기 터빈의 대가로 쾰히 TH 교수인 Stodola는 발전수차용 조속기의 안정문제를 동료수학자 Hurwitz에 의뢰하였다. Hurwitz는 Routh의 성과를 모르고 있었던 듯 1895년 독자적으로 발견한 것이 제어공학에서 유명한 그의 안정판별법이다.

19세기 말에 출현한 증기 터빈이나 디젤기관은 발전기나 함선의 동력원으로 많이 사용됨에 따라, 불평형진동, 추진축이나 크랭크축의 비틀림 진동, 회전축의 고유진동수나 안정성 등은 기계역학상의 중요한 문제로 되었다.

이상과 같이 이 시기에는 기계역학은, 즉 진동학의 양상을 보이고 있고 관계되는 연구논문이나 기술성과는 열거하기에 끝이 없을 정도로 많다. 교육적인 공학서의 출판도 계속 이어지고, 랭킨이나 루로의 저서외에 Rayleigh의 명저 「Theory of Sound(1876)」 등이 있다.

10. 20세기 ; 방법의 시대

20세기에 들어서 과학과 기술은 점점 구별을 할 수 없게 되고, 기업에서도 대학이나 관청의 연구소와 나란히 응용만이 아닌 기초적인 연구도 활발히 하도록 되었다. 이러한 경향은 1890년대의 화학공업에서 시작됐지만 기계관계에서는 미국 GE 사의 연구소 설립(1900)이 시대의 획을 긋는 것이다. 또 실제문제의 해결에 유용

한 측정기나 시험장치, 그것에 해석방법의 개발도 금세기의 특징이다.

기업기술자에 의한 초기의 연구에는 함부르크의 조선기사 Frahm의 박용 추진축의 비틀림 진동의 논문(1902)이 있고, 저서로는 AEG사 터빈기사장 Hort의 「공업 진동학(1910)」이나 Geiger 진동계로 유명한 조선기사 Geiger에 의한 「기계 진동과 그 측정(1927)」이 있다. Hort의 책은 Runge 법등 미분방정식의 수치해법을 상세히 설명하고 있다. 러시아 혁명을 피해 미국에 이주한 Timoshenko도 한 때는 Westinghouse사에 근무하면서 구조역학이나 진동 문제를 해결함과 함께 Soderberg, Den Hartog 등, 우수한 기술자를 양성하였다. 불후의 명저 「공업 진동학」의 초판이 나온 것은 1928년으로, 이 책이 내용구성은 이후의 진동학 체계의 모델이 되었다. 항공기나 자동차의 발달과 밀접한 관계를 갖는 자려진동이나 유체가 관계하는 진동의 연구와 기술의 발전도 이 시기에는 괄목할 만한 성과를 얻고 있다. 기계역학의 금세기의 특징은 각종 해석방법의 개발에 있다는 것을 앞에서 설명하였지만 그 진보

는 지금도 계속되고 있다. 특히 1970년대 이후는 전자계산기의 발전과 보급에 의존하는 바가 크고 계산역학이라 하는 하나의 영역이 생겨난 것은 특기할 만한 일이다. 전자계산기 이외에 계측기나 해석장치의 진보도 있어, 기계 구조물로부터 로봇이나 생체에 이르기까지 역학계의 동적인 해석과 총합은 금후 더욱 정밀화와 간편화의 양방향으로 발전해 갈 것이다.

11. 맺 음 말

21세기는 목전에 있다. 기술이 세계의 명운을 좌우할지도 모르는 이때 우리들 공학자 기술자의 책임은 무겁고, 직업인으로서의 자각, 존재확인이 특히 요구되어 진다. 역사를 돌아본다는 것은 자신을 보는 것일 따름이다.

자신은 어디에서 왔는가, 지금 어디에 서 있는가, 이제부터 어디로 가려고 하는가 등 인간에 있어서 기본적인 영속적인 물음에 각자가 대답할 수 있기 위해서 본 글이 조금이라도 도움이 된다면, 필자로서 큰 기쁨이 될 것이다.



■ 2상유동워크샵 참가 안내 ■

주관 : 포항공과대학 첨단유체공학연구센터, 2상유동연구회

후원 : 대한기계학회 열 및 유체공학부문

일시 : 1991년 9월 30일~10월 1일

장소 : 포항공과대학

주제 : Boiling, Condensation, Interfacial Transport Phenomena, Spray Technology

연락처 : 포항공과대학 첨단유체공학센터 김무환 교수

전화 : (0562) 79-5904, Fax : (0562) 79-3199