

제4장

중세시대의 역학

로마 제국의 멸망과 함께 종종 암흑시대라고 불리는 약 천년간의 변환기가 시작되었다. 하지만 많은 역사가들은 이 시대를 서방 문명 성장의 발판으로 보고 있다. 아마도 수리학의 역사에 관한 한, 두 개념이 모두 적용될 수 있을 것이다. 어쨌든 과학의 단계는 쇠퇴되었다. 초기에 과학은 수학적 기능과 실험 방법의 부족으로 쇠퇴되었음에도 불구하고 수 세기에 걸친 전체적인 노력으로 실험방법은 문명화와 함께 서서히 발달되었다. 그러므로 이 장에서는 수리학 자체에 관해서는 실질적으로 인용하는 것이 없지만, 다음 장들의 내용을 확실하게 이해하기 위해서는 이 과도 기간에 일어났던, 관련된 지식의 발전 과정이 필요하므로 그 내용을 주로 다룬다.

중세 시대를 통해서는 서방 세계의 역사 발전의 세가지 추세를 알 수 있다. 첫 번째로 로마 제국의 완전한 통제하에 있던 상태가 스스로를 보호, 개발, 통제하는 방법을 아픈 경험을 통해서 점차 알게 되었다. 두 번째로 기독교 교회가 대체적으로 새로 설립된 많은 교파들로 구성되어 있다가 두 개의 주요 종파로 발전되었으며 그 중 한 종파는 나중에 서방 세계에서 주류를 이루었다. 끝으로 동부로부터 스며 들어온 옛 그리스의 철학들은 정신적 활동의 부족으로 생긴 공백을 서서히 채우기 시작했다. 그리하여 로마 교회의 지적 우월성에도 도전했다 ; 이것은 투쟁이라기 보다는 서방 세계의 과학에 첫 번째 불확실한 기반을 주었으며 마침내는 확고한 교회의 통제하에 들어가게 된 철학들의 로마 교회에 의한 흡수였다.

비대한 로마 제국은 3세기말에 이르러 동, 서부로 나뉘기 시작하였다. 그리고 A.D. 330년에 Constantine은 새 수도인 콘스탄티노플을 비잔티움이라는 도시에 세웠다. 서로마 제국은 쇠퇴하였으며, 동로마는 점점 강대해지기 시작했다. 그러므로 로마 제국은 5세기를 마치면서 서부에서는 종말을 고한 반면에, 새로운 비잔틴 제국은 다음 10세기동안 서부 문명의 교두보로서 자리를 잡게 되었다. 동부에서 오는 적을 대항하는 이 지역을 제외하고는, 이전에 로마의 통치하에 있던 유럽 여러 나라들은 로마의 통제나 제재를 받지 않았다.

이탈리아, 독일, 스위스, 베네룩스, 영국, 프랑스, 그리고 스페인은 지리학적, 인종별, 그리고 과거의 역사적 조건에 따라 각각 발달되어 갔다. 예를 들어 이탈리아는 현대에까지 작고 독립된 주들로 이루어져 있었다. 스위스는 아직도 변함이 없고 독립적인 주(canton)의 연합으로 구성되었다. 프랑스는 많은 내분이 있는 후, 19세기 초에 Charlemagne에 의해서 통일이 되고 영토 확장이 되어 제국이 되었으며, 그 영역은 이전에 로마의 지배하에 있던 많은 유럽 지역이 포함되었다. 약 200년 후에 Charlemagne 영역의 동부 지역은 신성로마제국이

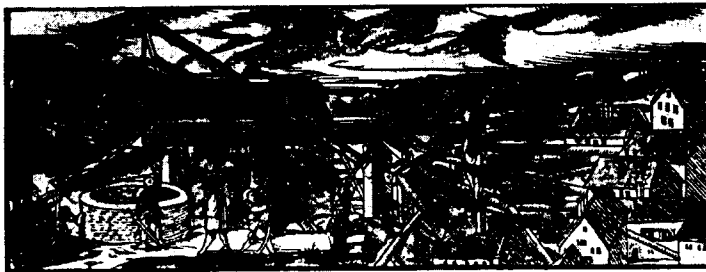
되었고 수세기 동안 적어도 그 이름은 지속되었다. 스페인은 8세기부터 11세기까지 북아프리카에서 온 이슬람인에 의해서 지배를 받았다. 영국은 색슨족, 덴마크족 그리고 노르만족들에 의해서 계속적인 침공을 받았으며 두 번째 천년기의 초까지는, 독립되고 통일된 나라로



초기 수력발전소의 모습

발전 할 수 있는 충분한 힘을 기르지 못했다.

Constantine이 기독교인이 된 것은, 그가 황제의 지위로서 기독교 교회의 수장이 된다는 신제하에 된 것이었다. 실제로, 로마의 무종교적인 특성은 그가 수도를 동쪽으로 옮기는데



물배급을 위한 계획도

큰 역할을 하였다. 콘스탄티노플의 설립으로, 기존 4개의 주교 즉 로마, 알렉산드리아, 예루살렘, 그리고 안티오치에 이어 다섯번째 주교가 추가되었다. 서부 주교들 중에서 가장 전통적이며 힘이 있던 로마는 이미 라틴 기독교의 중심으로 간주되었다. 그럼에도 불구하고 Constantine은 자신의 최대 권위를 사양했다. 그리고 계속적인 왕대에서도 최고 권위의 문제는 영구히 결정되지 않았다. 중국에는 Charlemagne의 정복으로 로마는 서구의 관할권 하에 놓이게 되었다. 그 이후로 교황권은 명목상의 것으로부터 전 서구를 통치하는 실제적인 교회의 지배를 의미하는 것으로 발전해 갔으며, 그 힘이 계속 증가하여 어떤 국가의 재흡수도 허용하지 않았다.

알렉산드리아는 616년 페르시아인과 640년 아랍인들에 의해 점령될 때까지 그리스인들의



중세시대의 수리관련 기계류

배움의 중심지로서 상당한 특권을 유지하였다. 사실 기독교 시대의 두 명의 알렉산드리아 철학자에 대해 언급할 가치가 있다. 이들 중 첫 번째 철학자 Claudius Ptolemaeus는 2세기에 살았으며 수학, 천문학, 그리고 지리학에 관해서 광범위한 저술을 남겼다. 그는 현재 Ptolemy라는 이름으로 알려져 있으며, 지구가 우주의 중심이라는 이론을 자신의 연구와 예전의 연구를 바탕으로 상당히 발달시켰다. 또 다른 철학자는 6세기 또는 7세기의 알렉산드리아 기독교인인 Joannes Philoponus(John the Grammarian)였다. 그는 아리스토텔레스의 인생과 그의 신학, 철학 및 수학에 관해서도 저술한 것으로 보이며, 최소한 두 가지 관점에서 Peripatic teachings와는 의견이 달랐다. 즉 무게가 하강 속도를 좌우한다는 것을 부정할 뿐 아니라 아리스토텔레스의 "medium"이라는 운동 이론 대신에 "impetus"라 불리는 이론을 제시하였다 [1].

물체를 던진 사람은 그 물체에 어떤 움직임, 혹은 움직일 수 있는 힘을 부여한 것이다. 그 힘이라는 것은 형체가 없는 것이다. 사람은 진공이나 혹은 어떤 매체가 없는 공간에도 돌이나 화살을 던질 수 있다. 매체는 투사체의 움직임을 방해할 수 있다. 투사체는 매체를 갈라 놓는다거나 혹은 적어도 접

촉하지 않고는 진행할 수 없다. 그러나 진공상태에서는 던져진 화살, 바위 또는 어떤 물체를 방해할 수 있는 것은 아무것도 없다; 사실상 원동력과 움직일 수 있는 물체와 그것을 받아 드릴 수 있는 공간이 존재한다고 해도.

Philoponus의 impetus 이론은 아랍인들의 주목을 받았으며, 그들을 통하여 서방 세계로 전달되었는 바, 여기에는 원동력에 의해 물체으로 분리된 특성들이 그 원동력으로부터 멀어짐에 따라 점차로 감소된다는 추가된 믿음도 함께 전달되었다.

아랍의 침공이 있기 전에도, Ptolemies가 알렉산드리아에 모아 놓았던 한때-최고의 원고들은 손상되기 시작하였다. 아랍인들은 때때로 나머지 원고들을 파괴했다는 원망을 받았음에도 불구하고, 원고의 상당분이 이들과 아프리카 해안가에 살고 있던 회교도에 의해서 유럽으로 전해졌다. 아랍인들은 물리철학 보다는 관측천문학에, 그리고 흐름 특성에 대한 Heronian 탐구(사실 당시의 특성은 유체 동역학과 유체 정역학의 구별이 없는 경향이였다) 보다는 Archimedian 수리정역학에 더 관심을 두었지만, 진정으로 과학자라고 할 수 있는 권리를 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 아랍인들은 그리스 기계기술자들의 숨씨를 상당히 동경하였다. 그리고 아라비아식의 물시계와 수력 자동장치는 무어인에 의해서 스페인으로 전달되었다. 시리아에서는 수차가 독창적으로 발달되었으며 페르시아에서는 연직축을 가진 풍차가 개발되었다. 사실 회교권의 지역에서는 비교적 발전을 한 그리스와 로마의 전통 문명은 종교적 기념비보다 공공 시설에 보다 더 중점을 두었다. 그리하여 급수시설, 대중목욕탕, 그리고 동력식 풍차들은 회교도들의 지배하에서 번창하였다 [2].

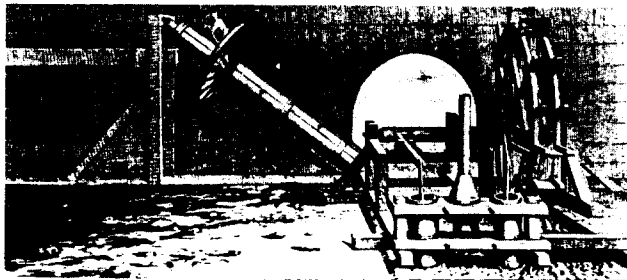
반대로 서방 국가들에서는, 현존하던 로마 구조물이 점차로 손상되었다. 이는 방어와 정복, 수도원적 체제의 발전, 그리고 십자군 지원 등, 여러 다양한 활동의 와중에서 로마의 시설물을 대체할 공공 시설물을 건설할 시간이나 관심이 없었기 때문이었다. 그럼에도 불구하고 십자군은 12, 13세기 동안 동방 지식의 점차적인 유입을 가능케 하였다. 이들 중에서 대표적인 것은 수차에 관한 지식으로 보인다 [3]. 수차는 원래 로마에 의해서 유럽으로 도입되었지만, 회교도 하에서 상당한 발전을 하였다. 곡식을 갈기 위한 수력 이용이 유럽에서 다시 나타났을 뿐만 아니라, 13세기 말에는 수력으로 가동되는 화덕용 풀무가 있었다(반면에 12세기의 수평축 풍차와 13세기의 헨지를 이용한 키 [4] 등의 관련된 개발품들은 동부 지역의 수입품은 아니었다). 마찬가지로 십자군을 통하여 그리스 철학자들의 원고는 서방의 수도원으로 전파되어, 보존되고, 복사되고, 라틴어로 번역되어 점차로 전파되었다. 물론 당시의 가장 깊은 인상은 형이상학적 철학에 관한 그리이스 저작품에 의한 것이었으며, 이 중에서도 아리스토텔레스 학파의 가르침이 가장 호평을 받았다.

유럽에서 Peripatetic 개념의 출현은 Scholasticism의 출현과 다소간 동시대적이다. 이전에는 경신과 세속의 학문은 다소간 양립할 수 없다고 생각하였다. 그러나 8세기 말이 되면서, Charemagne는 왕국의 모든 대수도원에 학교를 설립하였고, 7개의 교양과목(문법, 웅변,

논리, 수학, 음악, 기하학 그리고 천문학)은 가장 종교적인 사람의 교육에조차도 필수적인 것으로 받아들여졌다. 실제로 아리스토텔레스의 저서는 스콜라 교육의 기본이 되었고 스콜라 학자들 사이의 주요 활동은 기독교 신학 안으로 소요학과의 논리를 가미하는 것이었다. 이러한 실행은 스콜라 철학자들의 왕자라고 불리는 토마스 아퀴나스에 의해 절정에 달하였는데 그는 기독교를 성공적으로 아리스토텔레스화 하였기 때문에 기독교화된 아리스토텔레스라고 불린다. 그러나 아리스토텔레스 형이상학의 도입은 또한 그 당시 스콜라 학자들이 교육하던 그의 물리학의 도입을 의미하는데 그 둘 사이의 경계선은 없었다. 아퀴나스는 자연적으로 매체 이론의 제안자였으며 따라서 impetus 이론은 잘못되었다고 주장하였다. 왜냐하면, 그렇지 않다면 [1],

격렬한 움직임은, 그 격렬한 움직임의 개념과는 대조되는, 움직이는 물체의 내재적인 원리로부터 솟아날 것이다. 게다가 그것으로부터 그 돌맹이의 본질적인 형태가 변화하는 결과를 초래할 것인데 [impetus를 얻거나 잃어버릴 때] 이는 좋은 관념과는 대조가 된다.

아리스토텔레스와 기독교는 사실 형이상학과 물리학과 같이 공통점이 없다. 그러므로 곧 시작된 반사적인 움직임이 과학적인 스콜라 학자로부터 주요한 충격을 받는 것이라는 것은 놀랄만한 것이 아니다. 영국의 철학자이며 과학자인, Roger Bacon(1214-1292)은 - 그는 Thomas Aquinas와 동시대 사람이다 - Franciscan으로서 아리스토텔레스의 철학을 가르쳤다는 점에서 그의 시대를 대표한다. 그러나, 그는 자신이 동의하는 국면만을 제시하였고 실



초기 펌프장치의 모습

험이 과학의 주인이라고 주장함으로써 의견이 대립하기 시작하였다(그는 특출한 통찰력으로 비행기와 기관선의 가능성을 인식하였으나, 그 자신의 실험적인 노력은 그다지 중요하지 않았다).

Aquinas는 Dominican으로서 그의 고향인 이탈리아와 프랑스에서 7개의 교양 과목을 배웠음에도 불구하고, 그의 아리스토텔레스 교육은 결국 파리와 Canterbury의 교회적 권위에

의해, 그리고 더 나중에 가서는 -더욱 제한된 정도였으나 - 프란체스코 철학자인 John Duns Scot에 의해서 반대를 받았다. Duns Scot의 프란체스코 수도회의 학생인 Wilham of Occam은 아리스토텔레스의 물리학과 형이상학을 격렬하게 논박함으로써 신학적 회의론의 부흥에 더욱 도움을 주었다. 그는 다음과 같이 물었다; 만약, 화살을 추진하는 것이 공기라고 한다면, 서로 반대 방향으로 가는 두 개의 화살이 어떻게 아주 가까이 스쳐 지나갈 수 있겠는가?

파리 대학은 이 시기에(창립후 약 1 세기 후) Scholatism과 비슷한 동향을 발전시키기 시작하였다. 이와 관련하여 3인의 이름을 언급할만 하다 : Jean Buridan은 파리 대학에 있는 Occam 문하에서 공부하였고 1327년에 그 대학의 학장이 되었다. Oresme는 Buridan보다는 다소 젊었으며 Rouen에서 가르쳤으며 Lisieux에서 주교가 되었다 ; 그리고 Albert de Saxe는 Oresme와 동시대의 인물로서 Sorbonne에서 가르쳤다. 이들 3인은 Scholatism의 종교적인 국면의 붕괴에 기여하였을 뿐만 아니라 아리스토텔레스와는 아주 다른 역학 교육을 추진하였다.

Buridan은, 예를 들면, 깃털의 비행과 돌맹이의 비행은 처음에 같은 속도로 추진되었다고 하더라도 아주 다르다. 그리고 창은 공기를 가르기 위하여 끝을 뾰족하게 하였지만 뒤쪽을 뾰족하게 한다고 해서 그 속도를 감소시키는 것은 아니다(매체 이론에서는 공기는 추진력을 제공하는 것으로 가정됨)라는 것을 지적하여 매체 이론을 논박하였다 [I].

공기의 저항으로 인하여 그리고 돌맹이를 impetus가 움직이는 힘을 가진 방향과 반대의 방향으로 움직이게 하는 무게에 의하여 impetus는 연속적으로 감소된다. 결과적으로 돌맹이의 움직임은 끊임없이 감소된다.

Buridan은 별들을 다른 범주에서 다룰 이유를 찾지 못하였는데 그 이유는 별들이 창조되었을 때 현재의 impetus를 받았을 것이기 때문이었다.

신이 천체(天體)의 물체에 부여한 impetus는 시간이 흘러가면서 감소되거나 파괴되지 않았다. 왜냐하면 이러한 물체에는 다른 움직임으로 경도되는 경향이 없는 데다가 그 impetus를 손상시킬 수 있는 저항이 없기 때문이다.

그의 논법은 자유낙하의 문제에서는 명확성이 떨어진다. 그가 말하기를, impetus의 존재는,

무거운 물체의 자유 낙하에서 속도가 연속적으로 증가하는 사실의 원인인 것으로 보인다. 낙하 초기에는 중력만이 그 물체를 움직인다 ; 그래서 더욱 천천히 떨어진다 ; 그러나 곧 중력은 그 물체에 어떤 impetus를 부여하는데 이 impetus는 중력과 동일한 시간에 그 물체를 움직이게 하는 것이다 ; 그 움직임은 더욱 빨라진다 ; 그러나 속도가 빨라질수록 impetus는 강해진다 ; 따라서 물체의 속도는 연

속적으로 증가하는 것이다.

Oresme는 Buridan보다 많이 늦지는 않았는데, 등속, 등속 변형 (즉, 등가속) 그리고 시간이 나 거리에 대한 비-등속 변형 등에 관한 간단한 기하학적 구조에 대하여 조사함으로써, 주로 운동학의 원리에 대해서 연구하였다. 그리고 직사각형과 동일한 밑변과 두 배의 높이를 갖는 삼각형이 그 면적이 동일함에 의하여 다음과 같은 일반적인 원리에 도달하였다 [1] :

등속 변형된 모든 성질은 그 중간점에서 등속을 유지하여 얻는 값과 동일한 측정값을 얻을 것이다.

그는 또한 상대운동의 원리를 명쾌하게 인식하였는 바, 아리스토텔레스와 프톨레미가 지구가 우주의 중심에 고정되어 있다고 했으나 Oresme는 이를 혹은 그 반대를 지적할 어떤 경험도 없다고 하였다 :

만약 어떤 사람이 하늘에 있다면..... 그에게는 지구가 매일 매일의 움직임으로 밑에서 가는 것으로 보일 것이다. 마치 하늘이 지구에 있는 우리에게 그렇게 보이듯이 그리고 유사하게, 만약 하늘이 아니고 지구가 매일 매일의 움직임을 진행하는 것이라면, 그것 역시 지구는 고정되었고 하늘이 움직이는 것으로 보일 것이다.

Albert de Saxe는 중력의 중심과 자유낙하에 대해서 흥미를 가지고 있었다. 지구의 인력이 자력과 같은 것으로 생각하는 사람들이 있었지만 그는 낙하하는 물체에 작용하는 지구



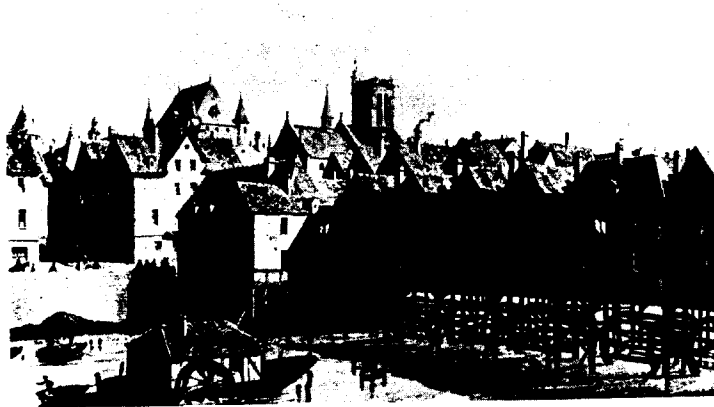
수력을 이용하여 곡식을 가는 모습

의 효과는 모든 높이에서 같은 것으로 믿고 있었다. 그는 자유낙하의 두 가지 가정 즉- 속도가 (1)거리에 비례한다는 것과 (2)낙하 시간에 비례한다는 것-을 논의하였으며 결국에는

이 두 가지를 모두 파기하였는데 왜냐하면 두 가지 가정 모두가 속도가 무한대가 되는 비현실적인 결과를 초래하기 때문이었다. 대신에 그는 운동에 대한 저항이 impetus보다 더욱 빠르게 증가하여 결국 유한한 속도에 이르게 되는 것이라고 하였다.

옥스포드 대학은 파리 대학보다는 다소 늦다고 할 수 있겠으나, 역시 스콜라 학문의 새로운 추세에 기여하였다. William Heytesbury는 2 개 단과 대학에서 40년간 근무한 후에 1371년에 옥스포드의 총장이 되었는데, 거리와 속도 그리고 속도와 가속도 사이의 관계의 유사성을 인식한 첫 번째의 인물이었다 [I] :

정지 상태를 떠난 물체에 대해서 무한히 증가하는 움직임의 범위를 상상할 수 있다 : 유사하게, 물체가 무한정으로 빠르거나 느리게 그 움직임을 증가시키거나 감소시키는, 움직임 변화의 범위를 생각할 수 있다. 후자의 범위가 움직임에 대해서 갖는 관계는 움직임의 범위가 거리에 대해서 갖는 관계와 동일하다.



파리에있는 Pont aux Meuniers(miller' bridge)의 모습

다음 세기에, 단지 Calculator로 알려진 옥스포드 사람이 결국 등가속도의 속도-시간 관계를 정립하였다 [I].

만약 물체가 그 운동을 일정하게 증가시키면 어떤 시간의 나중 반동안 진행한 거리는 처음 반동안 진행한 거리의 3 배 만큼 진행할 것이다.

이렇게 역학의 아주 기초적인 암중 모색은 15세기 동안 파리 대학과 옥스포드 대학에서 계속되었다. 그리고 동시에 그 결과는 사본의 형태로 혹은 구전으로 스페인과 이탈리아 그리고 독일로 전파되었다. 그러나 그들이 지니고 있던 진리의 편린들은 많이 그릇된 논리에 의해서 부분적으로 모호하게 되어 버리기도 하였다. 예를 들면, 낙하 속도는 물체의 무게에

따라 변한다고 하는 것이 여전히 믿어지고 있었다. 사실 등가속도의 분석에 있어서 상당한 발전이 있었으나 이를 자유낙하의 경우에 적용하는 마지막 결정적인 단계는 여전히 과제로 남겨져 있었다. 스콜라 학문의 후반기에는 저서-그리고 이론 그 자체-가 많았고 복잡하였으며, 진리로부터 오류를 구별할 기초적인 훈련이 되어 있는 학자가 별로 없었다. 따라서 발전은 아주 느렸으며 힘이 들었다. 그리고 몇 세기 동안 여러 다른 나라에서 많은 사람들의 축적된 노력도 수리학이 그 기본으로 삼아야 할 이 기초적인 운동의 원리를 명쾌하게 밝히지 못하였다.

참 고 문 헌

- [1] DUGAS, R., *Histoire de la Mécanique*, Paris, 1950.
- [2] SARTON, G., *Introduction to the History of Science*, Vol. II, Part II, Carnegie Institution of Washington, 1931.
- [3] SAGUI, C. L., "La meunerie de Barbegal et les roues hydrauliques chez les anciens et au moyen âge", *Isis*, Vol. 38, 1948.
- [4] GILFILLAN, S. C., *Inventing the Ship*, Chicago, 1935.
- [5] DUHEM, P., *Les Précurseurs parisiens de Galilée*, Part III, *Etudes sur Léonard de Vinci*. Paris, 1913.