

# 구미의 엔지니어링 발전에 대한 역사적 배경 및 고찰

이영석#

## Historical Background and Study of Advance in Engineering in Europe and USA

Y. Lee

### 1. 서론

엔지니어링(Engineering)이란 무엇인가? 라는 질문을 받으면 우리는 쉽게 대답하기 어렵다. 한자로 ‘工學’으로 표현 되는 엔지니어링은 일본의 메이지 유신(1868~1889) 무렵 일본에서 번역되어 사용되기 시작한 단어이다. 르네상스시대 이후 유럽에서 사용되기 시작한 ‘Engineering’과 일본이 번역한 단어인 ‘工學’의 의미를 우리가 선뜻 이해하기 쉽지는 않다. 그 이유는 엔지니어링이 유럽 르네상스시대 역사의 산물이며 세월이 흐르면서 의미가 바뀌게 되었고 또 일본이 번역한 단어를 우리가 그대로 사용하고 있기 때문이다.

엔지니어링 개념은 사실상 고대(Ancient times)부터 존재해 왔다고 볼 수 있다. 인간이 풀리(Pulley), 레버(Lever), 바퀴 등을 만들면서 생활에 유용한 도구와 장치를 만들기 위해 자연의 원리를 응용하는 기술은 오늘날의 엔지니어링과 크게 다르지 않다.

Fig. 1에 BC 17세기 무렵의 고대 이집트의 전투용 마차 사진이 있다. 이것은 고대 이집트 기술자들이 전장에서 군사를 빠르게 운반하는 장치를 만들기 위해 바퀴를 응용해서 만든 엔지니어링 결과물이라 볼 수 있다.

고대 그리스시대의 건축물에도 엔지니어링이 체계적으로 적용되었다. 아테네의 황금기라 불리는 페리클레스 시대(BC 495~429)에 건설된 아크로폴리스(Acropolis)가 대표적인 경우이다(Fig. 2). 아크로 폴리스는 높은 도시를 의미한다.



Fig. 1 A carriage in the ancient Egypt era(around BC1700) [Photo: <http://tire.egloos.com/7298138>]



Fig. 2 The Parthenon on a big hill in Athens is shown [Photo: [http://blog.yahoo.com/\\_DGXOJQDNHMX Y6KGIHN75X24YHI/articles/696](http://blog.yahoo.com/_DGXOJQDNHMX Y6KGIHN75X24YHI/articles/696)]

# 교신저자: 중앙대학교 기계공학부,  
E-mail: ysl@cau.ac.kr

고대 그리스 기술자는 적의 침공을 방어하기에 적합한 높은 언덕을 선정하였고 토목 기술을 적용하여 방어용 성벽을 쌓았다. 고대 그리스 기술자들은 예술적인 감각을 발휘하여 성벽을 포함한 전체 구조물의 미관을 아름답게 하였다. 아테네의 아크로 폴리스에 지어진 파르테논(Parthenon) 신전은 유럽의 중세, 근대 건축양식 발전에 많은 영향을 주었다.



**Fig. 3 The Pons Cestius bridge (BC62~BC27) in Rome, Italy[Photo:http://100.naver.com/100.nhn?docid=925898]**

고대 로마시대에 세워진 다리중의 하나가 Fig. 3에 있다. 약간의 손상이 있었지만 2000년 이상이 다리의 구조물이 지금까지 거의 그대로 보존되어 있다는 사실이 매우 놀랍다. 고대 로마의 토목 기술자들이 이렇게 튼튼한 다리를 설계한 이유는 다름 아닌 다리의 안전성 및 내구성이 토목 기술자의 생명과 직결되었기 때문이다. 다리가 완공된 후 사람 또는 마차가 다리를 지속적으로 지나가고 이때 고대 로마 시대 교량설계자는 그 다리 밑에서 대기하며 평가를 받았다(대기 기간은 알려지지 않음). 이처럼 로마시대에도 훌륭한 토목/건설 엔지니어링이 존재했다는 것을 알 수 있다.

이 논문에서 엔지니어링의 어원이 어떻게 나왔는지, 의미가 무엇인지 그리고 왜 유럽에서 엔지니어링이 태동되었고 발전했는지에 대해 유럽의 중세, 르네상스 및 근대까지의 역사적 사실분석을 통해 고찰하고자 한다. 또한 미국은 어떻게 해서 짧은 시간에 최고수준의 엔지니어링 능력을 확보했는지에 대해 분석 하고자 한다. 구미의 역사적 배경을 분석하는 이유는 어떤 국가의 엔지니어링 역량은 어느 한 순간에 확보되는 것이 아니고 특정시대, 특정 지역의 특이한 환경에서 기술자와 과학자의 노력이 누적되고 더불어 어느 정도의

시간(적어도 수 십 년에서 경우에 따라서 수백 년까지)이 흘러서 비로소 나타난 역사적 산물이기 때문이다.

최근 지식경제부와 국내 대기업에서 내실 있는 플랜트 수출을 위해서 구미 수준의 엔지니어링능력을 확보하려고 한다. 우리가 산업분야별로 구미의 엔지니어링 역량을 벤치마킹하고 그것을 확보하는 노력도 중요하다. 하지만 그보다 먼저 구미의 역사적 사실분석을 통해 구미 엔지니어링의 기원 및 발전의 역사적 배경 및 발전 과정을 먼저 이해하고 우리나라의 엔지니어링 산업발전 방안에 대해 고민하는 것도 중요하다고 판단된다.

## 2. 전쟁 그리고 문명의 전파

우리가 ‘엔지니어링(Engineering)’의 시작 및 발전과정을 알기 위해서 중세(Middle ages) 유럽의 역사를 먼저 이해할 필요가 있다. 엔지니어링의 어원, 기술태동 및 발전이 중세 유럽의 역사와 좀더 직접적으로 말하면 전쟁사(戰爭史)와 밀접한 관련이 있다.

2.1 중세(Middle ages) 그리고 십자군 전쟁  
 유럽의 중세는 서로마 제국이 멸망(476년) 부터 시작된다. 우여곡절 끝에 962년 서로마 제국이 신성로마제국(Holy Roman Empire: 제1 독일제국에 해당)이란 이름으로 명목상 부활 하게 된다. 11세기 말까지 교황의 절대적 권위가 확립되었고 폐쇄적인 중세봉건 사회가 성립 되었다. 봉건사회에서는 교황, 왕, 영주, 성직자, 기사 그리고 농노로 이루어지는 계급체계가 유지되었다. 교황 통치하에 중세는 고대에 비해서 식량생산량이 증대되었고 또 대규모 전쟁이 없었기에 각 지역의 정치적 안정을 가져 왔다. 하지만 11세기 말 이슬람 종교 지역에서 셀주크 투르크(Seljuk Turks) 제국(11~13세기까지 중앙 아시아와 중동 일대를 통치한 수니파 무슬림 왕조. 나중에 몽고 제국에 의해 세력을 잃음)이 세워지면서 상황이 급변 했다. 셀주크 투르크는 예루살렘을 장악 하고 동교회(그리스 정교) 세력권에 있는 동로마제국, 즉 비잔티움(Byzantine) 제국을 위협했다(Fig. 4).

로마 교황 우르반 2 세(Urban II)는 성지탈환 명분을 내세워 유럽의 왕들에게 출병을 요청하면서 십자군전쟁이 시작된다. 이 시기에 교황의 권위는 막강했다. 그 유명한 카노사의 굴욕사건(1077 년,



Fig. 4 State boundaries in Eastern Europe and Middle Eastern of the Middle Ages[Photo: [http://cafe.naver.com/historygall.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=2169&](http://cafe.naver.com/historygall.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=2169&)]

신성로마 제국의 황제 하인리히 4 세가 교황 그레고리오 7 세를 에게 파문 당하자 사면을 위해 이탈리아 의 카노사성(城) 앞에서 사흘 동안 무릎을 꿇고 교황에게 빌었던 사건)도 이 무렵에 발생 했다[1]. 이 십자군전쟁(Fig. 5)에 참여 하는 각 계층의 입장은 아래와 같이 모두 달랐다.

- 교황: 동, 서 교회를 모두 지배하기 위해
- 왕, 영주: 영토확장과 장원을 확대하기 위해
- 상인: 이슬람세력의 방해를 받지 않고 지중해에서 해상무역을 하기 위해
- 농민: 전리품을 얻기 위해



Fig. 5 European soldiers are charging toward the Muslim camp [Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Livonian\\_knights.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Livonian_knights.jpg)]

하지만 공통점은 전쟁을 통해서 각 계층의 목적을 달성할 수 있다는 것이었다. 그래서 약 200

년간(1095~1272)에 걸쳐서 육로 그리고 해로를 통해 많은 유럽인들이 이슬람지역으로 이동하여 전쟁을 하였다. 전쟁의 결과는 유럽의 패배였다. 하지만 유럽이 얻은 것도 있었다. 십자군 전쟁의 영향을 요약 하면 아래와 같다.

- 정치 및 종교분야: 교황권위 추락, 귀족세력 약화 → 왕권강화 및 종교개혁
- 경제분야: 동방무역촉진 및 상업발달 → 봉건체제해체 촉진
- 문화·과학·기술 분야: 이슬람국가의 선진 문명 접촉 → 유럽의 문화·과학·기술의 부흥

### 2.2 문명의 전파

십자군 전쟁(1095~1272)의 영향으로 이슬람 문화권의 발달된 문화, 과학 및 기술이 유럽지역으로 대거 전파되었다. 또한 십자군전쟁은 원래 의도와는 전혀 다르게 동방무역 발전과 대중의 자각을 촉진시켰다.

세계사(世界史) 측면에서 보면 중세유럽의 기술, 경제 수준은 변변치 않았다. 유럽의 중세시대는 중국의 수, 당, 송나라 시절에 대략 해당된다. 중국은 중세유럽과 달리 강력한 중앙집권 정치체제를 구축하였고 영토가 커서 대규모 경제체제를 운용할 수 있었다. 또한 이 시기에 화약, 나침반, 인쇄술이 발명되어 기술수준도 중세유럽보다 높았다.

중세시대의 이슬람문화권에도 상당한 수준의 문명이 이미 존재했다. 서로마 제국의 멸망(476년) 후 많은 고대 그리스·로마문명 유산은 이집트와 비잔티움(동로마) 제국으로 건너갔다. 640년 이집트가 이슬람 2 대 칼리파(Khaliifar) 오마르(586~644)에게 정복되면서 고대 그리스·로마문명은 이슬람 문화권으로 흘러 들어갔다. 아랍인들은 그리스 문명뿐만 아니라 인도문명(특히 수학) 받아 들이고 더욱 발전시켰다. 근대 유럽수학 발전에 지대한 영향을 준 대수(代數; Algebra)의 어원은 아랍어에서 유래 되었다[2]. 부연하면 대수(代數)의 개념은 3 세기경의 그리스 수학자 디오판토스(Diophantos) 의 아이디어인데 이것이 이슬람 지역으로 건너가서 더욱 발전되었고 십자군 전쟁 이후 유럽으로 다시 흘러가서 유럽수학의 부흥에 크게 기여하였다.

십자군 전쟁 이후 이슬람세계의 발전된 의학(醫學), 수학(數學), 광학(光學) 분야의 지식은 그 당시 문명 후진지역인 유럽으로 건너가 유럽문명



**Fig. 6 Al Khwarizmi(AD780~ 850). He was a Muslim mathematician and astronomer who introduced the concepts of algebra into European mathematicians[Photo:www.s9.com/.../Al-Khwarizmi-Muhammad-Ibn-Musa]**

발전의 기초가 되었다. 동방무역을 통해 유럽에 수입된 이슬람의 의학적서는 라틴어로 번역되어 근대 유럽의학 발전에 많은 영향을 주었다.

근대유럽수학 발전에 결정적인 영향을 끼친 사람은 이슬람 수학자 알 콰리즈미(Al Khwarizmi)를 꼽는다(Fig. 6). 그는 이슬람 문화권의 3대 수학자 중의 한 명이고 천문학자 이면서 지리학자이기도 했다. 인도에서 아랍을 거쳐 유럽에 보급된 필산(筆算; 문자나 식을 써서 실행하는 모든 계산)을 뜻하는 알고리즘(Algorism)은 그의 이름에서 유래된 것이다[3].

### 2.3 르네상스(Renaissance) 시대(14~16세기) - 빛과 그림자

유럽역사 관점에서 르네상스는 중세와 근대 사이에 일어난 고대 그리스·로마 문화예술의 부활을 의미한다. 이탈리아에서 시작된 르네상스는 프랑스, 신성로마제국(현 독일, 스위스, 헝가리, 오스트리아; Fig. 7), 영국 등 북유럽 지역에 전파되어 근대 유럽의 문화·예술 및 과학·기술 발전에 많은 영향을 주었다.

르네상스는 자발적으로 일어난 것이 아니고 외부의 요인에 의해 일어났다고 보고 있다. 외부 요인은 크게 두 가지 이다. 십자군전쟁의 영향 및 비잔티움(동로마) 제국의 멸망이다. 십자군전쟁 이후 이탈리아의 지역세력은 동방무역을 통해서 막대한 자본을 축적할 수 있었고 그 자본을 바탕으로 용병을 고용하여 몰락한 영주의 지역에 많은 도시국가를 세웠다. 그래서 그 당시 이탈리아는



**Fig. 7 The extend of Holy Roman Empire (962~1806) around 1600. Its territory crosses over today's state boundaries of European states[Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/Holy\\_Roman\\_Empire](http://en.wikipedia.org/wiki/Holy_Roman_Empire)]**



**Fig. 8 The city states and duchies in Italian peninsular of the Renaissance era [Photo: <http://ko.wikipedia.org/wiki>]**

제노바, 베네치아, 피레네 공화국을 비롯해 토스카나 공국, 플로렌스 공국, 나폴리 왕국, 시실리 왕국 등 많은 도시국가로 분화 되었다(Fig. 8).

한편 비잔티움(동로마) 제국은 오스만 투르크 제국에 의해 1453년에 멸망했다. 이슬람세력의 박해를 피해 천년 동안 걸쳐 쌓아 올려진 동로마제국 문명 및 관련서적이 비잔티움 학자들과 함께 이탈리아로 흘러가게 되었다. 이러한 자료와 학자들의 지식이 중세 유럽인 생각에 많은 변화를 주게 되었고 르네상스의 중심 역할을 하게 되었다.



하지만 이 시기에 지역세력과의 반목 및 이합집산에 따라 크고 작은 전쟁이 끊이지 않았다. 특히 르네상스 후반기인 1494년에서 1559년까지 나폴리 왕국과 밀라노 공국의 왕위 계승문제로 유럽의 주요 국가(프랑스, 스페인, 신성로마 제국) 그리고 오스만 투르크 제국까지 참전하여 이탈리아에서 4차에 걸쳐 국제적인 전쟁이 발생했다[4].

우리가 일반적으로 알고 있는 르네상스시대(14~16세기)는 그리스·로마 문화·예술의 부활과 더불어 근대 유럽문명의 융성을 이끌어 낸 밝은 면을 분명히 가지고 있다. 하지만 ‘전쟁으로 지낸 르네상스시대’라는 표현이 어색하지 않을 정도로 크고 작은 전쟁이 많았던 어두운 면도 있다.

#### 2.4 대포, 토목, 광산, 제철기술의 발전

화약이 처음 선보이게 된 것은 송나라 시대인 11세기 중반으로 보고 있다. 13세기 중엽 몽고제국 징기스칸의 손자(홀라구)의 중동정복 전쟁(1258년 바그다드 함락)으로 인해 화약이 이슬람 지역에 전파되었다고 한다. 위험한 화약이 근대산업발달에 큰 기여를 할 줄은 그 당시 아무도 몰랐다.

화약을 이용한 대포(大砲)는 14세기 중엽에 처음 중국(원나라)에서 사용되었다고 한다. 참고로 고려시대의 최무선 장군(1325~1395)이 원나라 기술자로부터 화약 및 대포 제조법을 배웠다. 1380년 왜구가 진포(현재 군산)에 침입했을 때 최무선 장군은 국내에서 처음으로 대포를 사용하여 왜구를 격퇴하였다.

거의 비슷한 시기인 14세기 중반 영국과 프랑스간 100년 전쟁도중 대포가 처음 사용되었다고 한다. 아랍국가는 13세기 후반에 이미 원시적인 형태의 대포를 리베리아 반도에서 스페인과 전쟁할 때 사용했다는 기록도 있다[5]. 이때부터 전쟁의 양상이 바뀌게 되었다. 돌로 쌓아 올린 성벽은 방어용으로 의미가 없어지게 되었다. 누가 더 강력한 대포를 보유하는가에 따라 전쟁의 승패가 결정되기 시작 했다. 대포의 성능개량은 거듭되어 15세기 중반 이후에는 파괴력있는 대포가 사용되기 시작했다. 1453년 오스만 투르크 제국이 동로마 제국의 수도 콘스탄티노폴(Constantinople)을 함락 할 때 대포는 큰 역할을 하게 된다(Fig. 9).

르네상스시대(14~16세기)의 유럽의 왕, 영주 및 신흥 도시 국가의 지도자들은 대포의 위력을 절감하고 계속되는 크고 작은 전쟁을 대비해서



**Fig. 9 A life-size siege artillery used by the Osman Turk Empire Army when the Constantinople was fell. Weight: 15ton. Caliber: 630mm [Photo: <http://lyuen.egloos.com/4702678>]**

토목기술자들을 동원하여 이전 보다 견고한 성곽과 요새를 건설하였다. 이러한 건설은 근대 정역학 이론발전에 바탕이 되었다.

화약성능이 발달하고 포격 사거리가 늘면서 그리고 금속활자의 보급으로 양질의 금속이 대량으로 필요하게 되었다. 14-15세기 무렵 유럽 독일지역에서 목탄을 원료로 하고 수차를 이용하여 강한 바람을 고로에 불어넣어 이전보다 더 높은 온도로 철광석을 가열할 수 있게 된다. 이전에는 낮은 가열온도 때문에 철광석을 반쯤 녹이고 두들겨서 철기무기를 만드는 수준에서 철광석을 완전히 용해해서 선철을 만들었고 주조를 하는 수준에 도달 하였다[6].



**Fig.10 An inside view of the mine Rammelsberg in Germany. A number of tourists in the tunnel pass by waterwheel installed around 1300 [Photo: <http://blog.daum.net/ysriver21/6044463>]**

급격히 늘어나는 금속수요 때문에 토목 기술자들이 광물 채굴증대를 위해 동원 되었다. 수차가

사용되고 채굴장치가 많이 고안되면서 광산기술이 발전하게 되었다. 중세유럽의 대표적인 광산중의 하나인 램멜스베르크(Rammelsberg) 광산(독일 함부르크 부근에 있음)은 968년에 채굴을 시작해서 세계에서 유일하게 1000년 이상 가동되어 온 광산이고 지금 세계문화유산에 등록되어 있다(Fig. 10). 수차의 사용은 수력학의 발전을 이끌었고 19세기 중반의 유체역학의 발전으로 연결되었다.

### 2.5 엔지니어링의 여명

중세(中世)의 기준에서 보면 대포는 현대의 탄도미사일에 비유될 수 있는 대량살상 무기였다. 15세기 중엽 대포에서 개량된 작은 크기의 대포 즉 화승총은 전쟁양상을 또 바꾸어 놓는다. 이 때부터 활과 같은 보조 무기로 전락하게 된다. 그래서 16세기에 들어 오면서 유럽의 지도자는 전쟁에서 결정적 우세를 확보하고자 대포와 화승총의 성능향상에 많은 투자를 하게 된다.

대포의 성능향상 투자는 광산기술, 야금 기술 그리고 주조기술의 발전을 가져왔다. 더불어 포탄의 탄착점을 계산하기 위해 탄도학(Ballistics)이 발달했다. 탄도학의 발달은 대포의 명중률을 높여 준 것뿐만 아니라 근대 동역학(Dynamics) 이론 정립에 많은 영향을 주게 된다. 역사적 관점에서 보면 르네상스 시대(14~16세기)에 본격적으로 사용된 대포만큼 근대의 전쟁무기(戰爭武器) 개발에 영향을 준 무기도 없다. 아이러니하게도 새로운 전쟁무기 개발 및 대포 성능향상 노력이 유럽 엔지니어링 태동의 시발점이었다.

## 3. 엔지니어링의 탄생

### 3.1 고전 기술자

중세시대에 농업생산량이 현저하게 증가하면서 인구가 급증하고 도시가 발달하기 시작한다. 도시가 성립, 발전되는 과정에서 길드(Guild, 동업자 조합)가 등장한다(Fig. 11). 길드는 막강한 조직력을 유지했던 일종의 동업자 조합이다. 상인길드는 특정마을 또는 도시에서 영업하는 상인의 조합이었고 수공업 길드는 특정산업의 기술자(장인)들의 조합이다. 길드는 사회적 윤리조항을 만들어 조합원의 행동을 통제하기도 하고 동업자들의 이익을 대변하고 서로 돕는 역할을 했다. 그러나 11세기 말이 되자 길드의 본질이 변화가 생겨난다.

수공업길드의 경우 장인(Master)-직인(Worker)



Fig.11 Zürich in Switzerland has some traces of the Guild of the Middle Ages[<http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2010&no=575840>]

-견습생(Apprentice)으로 이어지는 도제제도를 기초로 했다. 그런데 이 도제제도는 세월이 가면서 거의 세습화 되는 경향이 있었고 일반인의 신규진입 기준은 터무니 없이 높아만 갔다. 이처럼 길드의 보수주의적 운영형태와 배타적인 제도는 재능이 있는 젊은 기술자들이 길드에서 점점 멀어지게 만들었다. 그리고 13세기 이후부터 독점에 익숙한 길드 소속의 기술자들이 새로운 고안 또는 발명하는 것을 기피하게 되었고 이는 기술발전의 정체를 가져왔다[7].

### 3.2 새로운 유형의 기술자 출현

15세기의 유럽의 왕, 제후 및 신봉 도시국가의 지도자들은 전쟁에서 우위를 차지하기 위해 수공업길드 소속의 기술자를 동원하여 군사용 운하 건설, 새로운 군사무기 개발과 대포의 성능 향상에 전력을 기울인다. 하지만 길드의 사회적·윤리적 윤리조항(예를 들면 요즘 같으면 ‘대량살상무기제조 방지’ 정도라 보면 됨)이 혁신적인 군사무기 개발에 방해가 되었다. 그래서 왕, 제후 및 신봉 도시국가의 지도자들은 길드에 소속되지 않고 그리고 길드의 사회적 윤리조항에 구속되지 않는 자유로운 기술자를 찾게 되었다[8].

한편 능력이 뛰어났으나 길드의 도제제도에 참여하지 못한 자유로운 기술자들이 이런 시대적 변화에 적극 동참하게 된다. 즉 기술자는 길드가 설정한 사회적 윤리조항을 고민하지 않고 새로운 군사무기 개발 및 성능향상에만 전념할 수 있는 시기가 도래하였다. 이런 시기에 유능하고 새로운 유형의 기술자들이 많이 출현하였다. 대표적인 인

물이 바로 레오나르도 다빈치(Leonardo da Vinci)이다(Fig. 12).



**Fig.12 Leonardo da Vinci (1452~1519). Self portrait in red chalk**[Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo\\_da\\_Vinci](http://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci)]

그는 그림, 조각, 음악, 건축, 의학 등에 재능을 발휘한 천재로 알려져 있다. 하지만 그는 군사기술자이기도 했다. 그의 사회적 주요 경력을 보면 피렌체 공국의 군사고문/기술자에서 그리고 프랑스 왕의 군사고문/기술자가 포함되어 있다[8].

이런 시대적 환경에서 개발된 군사용 신기술 또는 장치를 라틴어로 <ingenium> 이라 불렀다. <Ingenium>은 ‘현명한 발명(Clever invention)’을 의미하기도 한다. 이것이 영어로 Engine의 어원(語源)이 된다. 이런 군사용 신기술을 개발한 자유로운 기술자를 라틴어로 <Ingeniator>라고 불렀다. 이는 영어로 발명에 재능이 있는(Ingenious) 사람이라는 뜻이다[9]. 이것이 요즘 우리가 사용하는 엔지니어(Engineer)의 의미이다. 따라서 역사적 관점에서 보면 엔지니어링(Engineering)은 군사용 신기술 또는 장치를 만드는 일체의 행위를 의미한다. 그 당시 기준으로 보면 엔지니어링을 군사기술이라 불려도 아무런 문제가 없었다.

### 3.3 토목공학(Civil Engineering)의 등장

대포 및 총의 성능개량과 더불어 건설(요새, 교량) 및 토목공사(제방, 운하, 도로, 광산)에 적용된 엔지니어링 용도는 거의 대부분 군사적 목적이었다. 따라서 17세기까지 엔지니어링의 명칭은 일반인에게 항상 군사(military)를 연상시켰다.

한편 건축 및 토목공사의 기술적 발전이 거듭되고 산업혁명 (18세기 중반~19세기 중반) 이후 자본을 축적한 민간기업이 제방, 운하, 도로, 광산, 교량 건설을 시도하였다. 이 무렵부터 군사적 목적으로만 적용되는 엔지니어링과 차별하기 위해 민간 엔지니어링(Civil Engineering)이라는 단어가



**Fig.13 The Institution of Civil Engineers headquarters in London** [Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/Civil\\_engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/Civil_engineering)]

사용되기 시작하였다.

1771년에 영국에서 엔지니어 단체인 Society of Civil Engineers가 결성되었다. 이때 토목기술자를 Civil Engineer라 부르고 군사용으로 사용되었던 엔지니어링, 엔지니어 단어가 이때부터 민간용으로 사용되기 시작 된다. 1818년에 토목공학협회(The Institution of Civil Engineers)가 세계 최초의 민간 엔지니어 단체로 영국에 설립되어 오늘에 이르게 된다(Fig. 13).

### 3.4 기계공학의 등장

18세기 중반~19세기 중반 동안에 동력장치와 기계장치(설비)가 대거 등장하면서 수공업체제에서 대량생산 체제로 전환된 산업상의 일대 변혁, 즉 산업혁명이 영국에서 일어났다. 1765년 영국의 제임스 와트(James Watt)가 증기기관을 만들어 증기기관 시대를 열었다(Fig. 14). 이때만 하더라도



**Fig.14 A Watt steam engine, the steam engine fuelled primarily by coal that propelled the Industrial Revolution in Great Britain and the world.** [Photo:[http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_revolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_revolution)]



토목공학자가 풍차뿐만 아니라 광산 배수용 펌프 및 기계장비를 설계하고 운용도 했다.

1830년에 증기기관차가 리버풀-맨체스터 구간을 상업운행 하면서 토목 공학자가 증기기관차 설계·제작·운전·보수를 계속 담당 하기 어려웠다. 그리고 산업혁명을 거치면서 계속 많은 기계장치들이 개발되면서 기계장치의 설계, 제작, 유지 및 보수를 담당할 새로운 기술자들이 필요하게 되었다.

1847년 철도관계 기술자들이 중심이 되어 기계 기술자 협회(The Institute of Mechanical Engineers)를 영국 버밍햄에서 창설하고 영국의 증기기관차 발명가인 조지 스티븐슨(George Stevens)이 회장으로 취임하였다. 유럽대륙 및 미국대륙의 철도의 부설 및 운용은 근대 교량구조, 진동, 금속피로(Metal fatigue) 이론 형성에 많은 자극을 주었다.

이 무렵부터 엔지니어는 군사용 무기 또는 장치를 만드는 사람이 아니라 산업전반에 걸쳐 유용한 신기술을 발명하고 장치를 만들고 운용하는 사람을 의미하게 된다. 자연스럽게 엔지니어링의 의미는 산업전반에 관련된 신기술을 개발하고 장치를 설계하고 만들고 또 운전·보수를 하는 일체의 행위로 바뀌게 된다.

#### 4. 엔지니어링의 급속한 발전

18세기~19세기 유럽은 산업혁명을 거치면서 강력한 중앙집권적인 근대국가체제가 자리를 잡았다. 유럽의 주요 열강은 군비경쟁 및 자국의 공업 발전에 광분하였다. 공업(산업) 기술이 취급하는 수준이 높아지게 된다.

19~20세기에 걸쳐서 유럽 엔지니어링이 급속하게 발전된다. 이에 대한 주요한 배경은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫 번째가 17~18세기의 자연과학의 혁명적 발전과 기술과 과학의 결합이다. 즉 기술과 과학이 일체가 되는 <과학기술>의 시대로 접어들게 된다. 두 번째가 유럽의 산업혁명 확산으로 인한 공산품 시장개척의 필요성과 더불어 등장한 유럽의 팽창주의 또는 식민주의 정책이다. 세 번째가 특허제도의 도입과 자본가가 아닌 엔지니어가 자신의 특허를 밀친 삼아 기업을 설립하고 운영하기 시작한 것이다.

##### 4.1 과학과 기술의 만남

카톨릭 용어 사전을 보면 신법(神法) 이 있다.

신법은 우주를 창조한 하느님의 계획이자 동시에 우주만물의 속성과 운동을 규정하는 질서를 의미한다. 신법이 물질계 에서 나타날 때 자연법칙(lex naturae)이 되고, 인간에게 나타날 때는 도덕률(lex moralis)이 된다[9].

종교개혁 이후 유럽의 과학자들은 하나님이 창조한 자연의 창조 질서 즉 자연법칙을 발견하고자 노력했다. 이렇게 노력하면 하느님의 계획에 좀더 가까이 다가 갈수 있다고 생각했다. 이런 사상적 토양에서 자연법칙의 보편적인 진리 발견을 목적으로 하는 학문인 자연과학이 유럽에서 크게 진보할 수 있었다.

그런 진보를 가능하게 한 가장 큰 이유 중에 하나가 17세기에 영국과 독일에서 창안되어 급격히 발전한 미적분학을 꼽을 수 있다. 미적분학은 르네상스시대까지의 수학수준을 초등수준에서 고등수준으로 단번에 올려놓았다. 그래서 미적분학이 근대과학의 진보를 견인했다고 해도 과언이 아니다. 그리고 이슬람 문화권에서 발달되고 르네상스시대에 유럽으로 전파된 대수학 역시 유럽의 수학발전을 많이 도왔다.



Fig.15 Christiaan Huygens (1629~1695)[Photo: <http://user.chollian.Net/~ahnsi/sci/huygens.htm>]

과학사(科學史) 측면에서 보면 17~18세기를 과학혁명의 시대라고 부른다. 과학사의 대표적인 거인들, 즉 갈릴레오(1564~1642, 이탈리아), 호이겐스(1626~1695, 네덜란드), 뉴턴(1643~1727, 영국)은 고전물리학의 기초를 완성하였다. 갈릴레오는 실험과 수학의 조합을 통해 물체의 운동에 대한 연구를 하고 Le Meccanich (Mechanics, 力學)을 저술했다. 빛의 파동설로 유명한 호이겐스(Fig. 15)는 진자(Pendulum)의 진동주기를 연구하고 진자시계를 설계했다. 뉴턴과 같은 시기에 미적분학을 창시한 라이프니츠의 스승이기도 한 호이겐스는 뉴턴과 쌍벽을 이루었던 네덜란드의 과학자로 수학·역학



· 광학·천문학 분야로 큰 업적을 남겼다. 뉴턴은 그 유명한 자연철학의 수학적 원리(Philosophia Naturalis Principia Mathematica)를 1687년에 발표했다. 과학사 관점에서 뉴턴의 최대업적은 물체의 거시적 움직임을 수식으로 표현하고 이를 풀어 그것을 예측하는 방법을 제시한 것으로 혁명적이라 말할 수 있다. 그래서 고전물리학을 뉴턴의 고전역학(Classical mechanics)이라고 부르기도 한다. 이는 19세기 중반 고전 전기역학(Electrodynamics) 탄생에 직접적인 영향을 미치게 된다.

고대부터 르네상스시대까지 기술(技術)은 장인(匠人; Craftsman, Artisan) 이 과학적 지식 없이 손재주를 부려서 기계장치, 도구 등을 만드는 천박한 것으로 인식되었다(Fig. 16). 그 이유는 기술자는 시행착오를 통해 축적된 경험적인 지식을 바탕으로 문제를 해결하는 발견적 방법(Heuristic approach) 을 사용했기 때문이다. 따라서 어떤 문제의 해(解)는 기술자 마다 다르고 다양했다.



**Fig.16 A craftsman making a crossbow (弩) in the Silla Dynasty, Korea [Photo: [http://naver.com/contents.nhn?contents\\_id=5643](http://naver.com/contents.nhn?contents_id=5643)]**

반면 과학자는 검증을 통해 사물의 원리를 알고자 했다. 수학자는 현상의 이해 및 분석을 통해 문제를 인식하고 해결하는 알고리즘(Algorithm)을 사용했기 때문에 문제의 해(solution)는 항상 유일했다. 그래서 기술은 본질적으로 과학 및 수학과 결합되기 어려운 면이 있었다.

경험축적으로 확보된 기술 또는 만들어진 기계장치에 자연과학과 수학을 적용하여 이론을 세우는 노력이 르네상스시대 후반부터 약간 있었다. 탄도학이 대표적 사례이다. 19세기 초부터 실험과 이론으로 무장된 근대과학 그리고 보다 정교해진 수학이 기술에 본격적으로 접목되기 시작하였다. 이렇게 기술과 자연과학(수학을 포함)이 결

합하면서 기술은 현대적 의미의 공학, 즉 공업(工業) 기술에 관한 것을 연구하는 학문 수준으로 발돋움 하였다. 공학은 이때부터 비약적으로 발전할 수 있는 전기를 마련하였다.

기술과 과학이 접목하여 나온 파급효과 예를 들어보겠다. BC 55년 그리스의 수학자 헤론(Heron)은 증기(Vapro)의 힘에 의해 회전하는 장치를 고안했다. 1700년이라는 긴 시간이 흘러서 이 기술(장치)은 영국의 산업혁명 시기에 광산 배수용 펌프기계에 적용되었다. 하지만 축적된 경험 즉 기술에 의해 만들어져서 펌프기계의 연료소비는 많았고 효율이 매우 낮은 기계장치였다. 프랑스의 과학자인 카르노가(Fig. 17) 과학을 기술에 결합하는 시도를 하였다. 지금 시각에서 그런 시도가 별 것 아니었지만 그 당시로서 학문간 융합에 가까운 엄청난 시도였다.



**Fig.17 Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796~1832). He was a military engineering officer of the French Army[Photo:[http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas\\_L%C3%A9onard\\_Sadi\\_Carnot](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas_L%C3%A9onard_Sadi_Carnot)]**

그는 열기관의 최대효율에 관해 이론적 해석을 하였다. 1824년 ‘불의 동력 및 그 힘의 발생에 적당한 기계에 관한 고찰’ 논문을 발표하여 현대 열역학 제 2 법칙의 기초를 세웠다[10]. 이를 통해 증기기관의 효율향상이 체계적으로 이루어지게 되었고 대형증기기관 설계가 가능해졌다. 열역학은 현대문명의 주축인 내연기관 개발과 발전플랜트 기술발전에 절대적인 영향을 주게 된다.

#### 4.2 제국주의

제국주의는 19세기 중엽부터 20세기 초에 걸쳐 나타난 유럽의 독점자본주의(獨占資本主義)에 대응하는 정치적·경제적 구조를 총칭하는 말로 쓰인다. 대개 이 용어는 침략에 의하여 영토를 확장한다는 점에서 팽창주의 또는 식민주의와 거의 동일한 의미로 사용된다.

유럽 제국주의의 역사는 15세기부터 진행된 유럽의 지리적 팽창(스페인, 포르투갈의 중남미 및 아프리카 진출)으로 거슬러 올라갈 수 있다. 18~19세기 중반 산업혁명의 확산으로 인한 공산품 시장개척의 필요성과 더불어 자본주의의 발달로 인해 유럽은 더 강력하게 아시아, 아프리카로 팽창하게 하였다.

이 과정에서 적은 숫자의 병력으로 대규모의 토착 저항세력을 제압하기 위해 새로운 군사무기 수요는 확대되어가고 있었기에 유럽의 엔지니어링은 더욱더 발전하게 된다. 예를 들면, 기구학(Kinematics) 및 기계자동화의 기술이 크게 발달하는 과정에서 자동기관총이 등장 하였다. 미국의 발명가 맥심(Maxim)이 1883년에 설계한 이 자동기관총은 현대 기관총 및 자동소총설계의 근원이 되고 지상전투의 양상을 완전히 바꾸게 되었다(Fig. 18). 맥심은 기관총 발명특허를 영국, 프랑스, 독일, 러시아, 스위스 등에 출원해서 엔지니어로서 큰돈을 벌었다.



**Fig.18 Hiram Stevens Maxim (1840~1916) [Photo: <http://blog.naver.com/dapapr?Redirect=Log&logNo=110114187620>]**

군용부문과 더불어 민간부문에서 엔지니어링 역량이 덩달아 빠르게 발전하였다. 조선공학의 발전이 눈부셨다. 영국은 식민지와 본국 사이로 많은 물자 및 인력을 수송할 수 있는 그레이트 브리튼(Great Britain) 선박을 1843년에 건조한다. 그레이트 브리튼(Fig. 19)은 프로펠러로 구동되는 세계 최초의 대양 항해용 증기 철선이었다. 승객 370~700여명 그리고 물자 1,200톤을 실을 수 있었다. 영국(Bristol)에서 출항해서 미국(New York)까지 14일만에 도착하였다. 당시 일반 범선으로는 50일이 넘게 걸리던 시절이었다[11].

증기선박의 성능은 계속 향상되고 크기는 대형

화 되었다. 그레이트 브리튼보다 약 10배 정도의 운송능력을 갖춘 4만 톤급 대형여객선 타이타닉(Titanic)호가 1911년에 건조되고 첫 운항에서 빙하에 부딪혀 북대서양에서 침몰하였다.



**Fig.19 A passenger liner, Great Britain leaving the port Bristol, England [Photo: <http://teh2.tistory.com/41>]**

1876년 독일의 니콜라스 오토의 4행정 엔진 특허출원 그리고 1886년 독일의 다임러 및 벤츠의 가솔린 엔진발명으로 실용적인 육상수송 차량이 대거 등장되었다. 1차 세계대전 전후 군사용 차량(장갑차, 탱크)이 대거 개발되면서 유럽의 엔지니어링은 유래를 찾을 수 없을 정도로 빠르게 발전하였다.

#### 4.3 특허제도와 엔지니어링 기업의 발전

17세기 초 당시 스위스의 시계공업이 매우 발달하였다. 영국은 이 기술을 도입하기를 원했으나 스위스 기술자들이 기술공개를 꺼렸다. 영국은 이러한 기술을 습득하기 위해 특허장(Letters Patent)을 부여하고 나중에 오늘날 특허법에 해당하는 전매조례(Statute of Monopolies)로 발전시켰다. 발명에 대한 독점권을 기대한 유럽대륙의 기술자들은 영국으로 몰려들었고 이를 바탕으로 영국의 기계산업이 비약적으로 발전하게 되었고 18세기 영국에서 산업혁명을 촉진하는 계기가 되었다.

후발산업국가인 독일은 국가의 기술력을 높이기 위해 기존의 기술을 간단하게 개량하는 경우에도 권리를 부여하는 실용신안제도를 처음으로 창안하여 오늘날 기술선진국을 위한 초석을 마련하였다. 실용신안 제도는 일본으로 건너가고 우리나라도 이 제도를 채택하고 있다[12].

발명을 통한 상품, 장치, 설비에 대한 독점권이 법적으로 확보되자 더 큰돈을 벌기 위해 엔지니어가 직접 제조업에 뛰어들게 되고 나중에 엔지

니어링 전문회사로 발전하게 된다. 에너지, 제조 공정, 바이오 분야에서 유럽최대의 엔지니어링 기업인 지멘스(SIEMENS)가 독일에서 1847 년에 창립되었다. 이때부터 지멘스는 플랜트의 기획/타당성 검토, 프로젝트 관리, 개념/기본설계, 구매조달 및 운전 전반에 걸친 많은 경험을 쌓았고 설비 운용데이터를 착실히 축적했기 때문에 지멘스의 엔지니어링 경쟁력이 뛰어나다(Fig. 20).



**Fig.20 Siemens is also famous for having industrial solutions of ironmaking and steelmaking process.**[Photo:[http://cafe.naver.com/love7290.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=392&](http://cafe.naver.com/love7290.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=392&)]

전기생산업체로 1887 년에 브라운 보베리(Brown Boveri)가 스위스에 설립되었다. 이 회사는 스웨덴 기업인 아세아(Asea) 그룹 (1883 년 설립)과 1988 년에 합병하여 ABB 로 회사명으로 바꾸었다. ABB 는 자동화 설비 분야뿐만 아니라 미국의 제너럴 일렉트릭, 독일의 지멘스와 함께 발전설비 부문의 세계 3 대 엔지니어링 업체이다. 엔지니어링, 획득, 건설, 운용, 유지까지 일괄처리 하는 최대의 엔지니어링 회사중의 하나인 FLUOR 는 스위스에서 이민 온 John Simon Fluor 에 의해 1890 년에 미국에 세워졌다. 예를 들어 언급한 상기의 유명 엔지니어링 업체의 이름은 모두 창업자 이자 발명가인 이름과 같다.

이외에도 많은 유럽의 엔지니어링 업체는 석유 화학산업 및 발전산업의 수요팽창과 더불어 성장을 거듭하게 된다. 또한 구미의 엔지니어링 기업이 두 차례의 세계대전 전후 복구사업에 참여하여 성장했고 기술축적을 지속적으로 하였다. 이렇게 축적된 경험과 운용 및 보수 데이터는 지금의 유럽 엔지니어링 업체의 경쟁력, 즉 플랜트성능 보증능력 제고에 많은 기여를 하고 있다(Fig. 21).



**Fig.21 Construction and operation experience in the oil refineries increases significantly the process design capability.**[Photo:<http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId>]

## 5. 미국 엔지니어링의 발전

### 5.1 신대륙의 발전 및 엔지니어링 전파

17 세기 초 영국은 스페인이 남미대륙에서 막대한 량의 은(silver)을 확보한 것에 대응 하기 위해 북미대륙에서 재화를 만들려고 했다. 그래서 북미해안을 식민지화 시키고 있었다. 북미의 대표적인 식민지 도시가 버이지니아주의 제임스타운(Jamestown; 1607 년) 이다. 미국은 독립전쟁(1775 ~1783)을 거치면서 계속 팽창하였다. 지리적으로 엄청나게 확장된 국가건설에 필요한 인적자원은 적극적인 이민정책으로 해외(특히 유럽)로부터 유입 되었고 1907 년 한 해에만 이민자 숫자가 130 만 명에 달했다(Fig. 22).



**Fig.22 European immigrants arriving at Ellis Island in New Jersey where the immigration station for immigrants is located (1902)**[Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ellis\\_Island](http://en.wikipedia.org/wiki/Ellis_Island)]



신대륙에서는 이론보다 실용성이 더 인정을 받았다. 유럽에서 고안된 각종 혁신적인 도구, 기술들이 미국에서 그 가치를 발휘했다. 그래서 초기 미국에서는 과학보다 공학이 더 발전할 수 있었다. 예를 들면 1903년 역사상 처음으로 동력비행기를 조종하여 비행에 성공한 라이트 형제(Wright brothers)는 자전거 판매 및 수리를 하는 기계기술자였다. 이후 유럽에서 항공이론이 급속히 발전하게 되었다.

공과대학의 발전은 신대륙에서 활발했다. 1882년 독일의 다름슈타트 대학에서 전기 공학학부가 개설되었는데 2년 뒤 전기 엔지니어 미국협회(AIEE)가 필라델피아에 설립되었다. 이 협회는 1912년 설립된 라디오 기술자 협회(Institute of Radio Engineer)와 합병되어 1963년 IEEE로 발전한다[13]. 1892년 미국 펜실베이니아 대학에 처음으로 화학공학 학부 과정이 개설되었다. 이로써 순수 과학분야인 화학(Chemistry)과 기계공학의 영향에서 벗어난 화학공학이 탄생하였다[14]. 이렇게 공학은 주요 4개 분야체제, 즉 토목공학, 기계공학, 전기공학, 화학공학으로 정립되었다.

## 5.2 이민 엔지니어의 활동

미국의 엔지니어링기술 발전 경로가 유럽과 다르다. 유럽의 경우 거의 300~400년의 긴 시간에 걸쳐서 엔지니어링이 발전해왔다. 하지만 미국의 경우 축적된 유럽의 엔지니어링 지식이 유능한 엔지니어의 이민에 의해 일거에 미국에 전파되었다. 예를 들어 1807년 풀턴(Fulton)이 증기기관 목선을 발명하고 뉴욕의 허드슨(Hudson)강을 항해하였다. 이는 유럽의 증기기관 지식이 엔지니어의 이민과 더불어 미국으로 건너온 결과인데 영국의 증기기관차 발명보다 빨랐다. 이런 사례에서 알 수 있는 것이 엔지니어링의 시작은 ‘사람’ 즉 엔지니어(Engineer)이지 자본이 또는 경영이 아니라는 것이다.

20세기에 들어오면서 미국의 엔지니어링 수준은 부분적으로 세계를 리드하기 시작한다. 이 역시 유럽의 유능한 엔지니어의 역량 때문이었다. 대표적인 예를 들어 보면 러시아 혁명의 와중에서 미국으로 이주해온 티모셴코(Timoshenko)이다.(Fig. 23) 그는 러시아(우크라이나)에서 교수로 재직하다가 1922년 미국으로 이민 와서 웨스팅하우스 연구소 연구원, 미시간 대학, 그리고 스탠포드 대학 교수로 재직하였다. 티모셴코는 Engineering Mechanics,

Elasticity, Strength of Materials 분야에서 탁월한 업적을 남긴 세계적인 과학자이자 공학자이다. 이런 업적은 미국이 응용역학 및 구조역학 분야에서 세계를 선도할 수 있도록 하였다. 그 뿐만 아니라 티모셴코는 기계공학 교육분야에도 많은 기여를 했다.



**Fig.23 Stephen P. Timoshenko (1878~1972)**[Photo: [http://en.wikipedia.org/wiki/Stephen\\_Timoshenko](http://en.wikipedia.org/wiki/Stephen_Timoshenko)]

2차 세계대전 이전 유럽의 유대인 과학자·엔지니어들이 신분상의 안전 때문에 미국으로 건너가서 미국의 과학·및 엔지니어링 수준향상에 크게 이바지 하였다. 미국의 우주로켓 엔지니어링 능력을 대폭 끌어 올린 브라운(Braun) 박사(Fig. 24)도 그 중 한 사람이다. 그는 2차 대전 당시 세계최초의 탄도미사일인 V-1 과 V-2 로켓 개발에 참여했다.



**Fig.24 Wernher von Braun (1912~1977)**[Photo: <http://blog.naver.com/ddody11/20067320751>]

1945년 4월 베를린이 함락될 무렵 브라운 박사는 동료 연구원들과 같이 미군에 항복하고 미



국으로 이주해 미국 항공우주국(NASA)에서 로켓 개발을 주도하였고, 대륙간 탄도미사일과 아폴로 프로그램에 지대한 공헌을 했다. 다르게 말하면 미국은 전략무기인 대륙간 탄도미사일의 원천기술을 나치독일로부터 거의 공짜로 가져왔다고 해도 과언이 아니다. 그래서 브라운(Braun) 박사가 미국으로 이주했다기 보다는 미국이 브라운(Braun) 박사와 관련연구원의 능력이 필요해서 공짜로(?) 스카우트 했다고 볼 수 있다. 당연히 종전(終戰) 후 독일의 과학기술계 입장에서는 엄청난 손실이었다.

## 6. 일본의 구미 문명흡수

일본은 미국의 페리(Perry) 제독이 이끄는 함대에 의해 1854년 강제로 개항을 하게 되었다. 이후 내전을 치르고 에도(江戸) 막부 통치체제에서 천황이 직접 통치하는 체제로 전환하였다. 1868년~1889년 사이에 일본의 정치, 경제, 사회구조를 크게 바꾼 메이지 유신(明治維新, Meiji Restoration)이 단행되었다. 여기서 한자와 영어의 차이점이 있음을 알 수 있다. 서구의 시각에서는 일본의 정치체제가 왕정복귀를 의미하고 일본의 시각에서는 정치뿐만 아니라 일본의 경제, 사회, 과학, 심지어 사상까지 모두 새롭게 바꾼다는 의미이다.

일본은 서구의 문명을 빨리 파악하고 받아들이기 위해 사절단(mission)을 조직했다(Fig. 25).



**Fig.25 The leading members of the Iwakura-mission. It was photographed 1872 in London. Iwakura Tomomi is sitting in the middle. Ito Hirobumi, assassinated at the Harbin station in 1905, is also in the photograph (second from right)**  
 [ Photo:[http://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:Iwakura\\_mission.jpg](http://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:Iwakura_mission.jpg) ]

오쿠보 도시미치, 기도 다카요시, 이토 히로부미 정부관료들과 학자 48명, 유학생 60명은 서구의 문명을 직접 관찰하고 유학생을 선진국에 공부시키기 위해 1871년 12월 요코하마를 떠나 세계일주를 하였다. 특명 전권대사 이와쿠라 토모미(Iwakura Tomomi)를 책임자로 했기에 이와쿠라 사절단이라고 불리기도 한다.

사절단은 먼저 미국으로 건너가서 샌프란시스코, 워싱턴 DC를 방문하고 다시 대서양을 건너 영국, 프랑스, 벨기에, 네덜란드, 러시아, 프로이센, 덴마크, 스웨덴, 오스트리아, 이탈리아, 스위스를 방문하였다. 다시 배를 타고 북아프리카로 가서 이집트 그리고 중동의 예멘을 방문하고 남아시아의 실론, 동아시아의 싱가포르 및 베트남 마지막으로 홍콩과 상하이로 거쳐 1873년 10월 요코하마로 귀국하였다. 약 2년간의 여행경비가 그 당시 일본정부예산의 3% 정도로 엄청났다. 그 정도로 일본은 서구문명 흡수에 갈증을 엄청나게 느끼고 있었다.

여기서 재미있는 사실이 있다. 유럽의 민간공학(Civil Engineering) 단어가 일본을 거쳐 우리나라에 도입될 때 ‘토목공학’이었다는 것이다. Civil Engineering을 ‘토목공학’으로 번역한 메이지 유신시절의 일본 선각자의 역사적 인식능력이 놀랍다. 이는 일본이 메이지 유신시절에 엔지니어링 관련해서 유럽의 중세, 르네상스 및 근대의 역사적 사실분석을 제대로 했다는 의미이다.

## 7. 고찰

### 7.1 엔지니어링(엔지니어) 의미의 변천과정은 어떻게 정리될 수 있는가?

**어원:** 르네상스 시대(14~16세기) 길드(Guild)에 소속되지 않고 왕, 제후의 지시에 의해 군사용 신기술 또는 무기를 개발하는 기술자 또는 장인(匠人)을 엔지니어라 부르게 되었고 이는 발명에 재능이 있는 사람이라는 뜻도 된다. 엔지니어링은 군사용 신기술 또는 장치를 만드는 일체의 행위를 말한다.

**1차 변천:** 산업혁명시대(18세기 중반~19세기 중반)에 엔지니어는 산업 전반에 걸쳐서 유용한 신기술을 발명하고 장치를 만들고 운용하는 기술자 또는 장인(匠人)을 의미하게 되었다. 엔지니어링도 산업 전반의 신기술 또는 장치를 개발하고 만드는 일체의 행위로 바뀌게 되었다.

**2차 변천:** 19세기 중반부터 자연과학이 기술에 본격적으로 결합하면서 장인(匠人) 또는 발명가의 경험에 의해 축적된 기술이 이론적(학문적) 체계를 갖추게 된다. 이로써 엔지니어링은 기술에 관해 연구(研究) 하는 학문(學問)이라는 의미가 된다. 이는 일본이 메이지 유신 시절에 번역된 ‘工學’의 의미이기도 하다. 이 때부터 기술자와 공학자(도)의 의미가 분리되기 시작한다.

## 7.2 엔지니어링이 왜 하필이면 유럽에서 태동되었는가?

이는 미래를 보는 지도자의 안목과 투자(投資) 관점에서 설명할 수 있다. 르네상스 시대(14~16세기) 유럽(특히 이탈리아)에서 크고 작은 전쟁이 빈번하였다. 대포성능이 전쟁의 승패에 결정적 요인임을 인식한 유럽의 지도자는 대포의 성능개량에 막대한 투자를 하였다. 투자의 핵심은 유능한 엔지니어의 발굴 및 유치였다. 과감한 투자는 마을의 일개 대장장이도 대포를 만들기 위해 혼신의 힘을 기울이도록 했다. 이는 또한 상호보전을 촉진하였다. 화약의 폭발력을 견딜 수 있는 양질의 금속이 필요하게 되면서 철광석 채굴기술 그리고 야금 기술이 발전되게 되었다. 포신 가공기술도 같이 발전하였다. 포격을 견디기 위해 견고한 성벽 구조물이 필요하게 되면서 토목기술이 발전하게 되었다. 한편 정확한 포격을 위한 탄도학이 또한 발전하게 되었다. 이러한 과정을 통해 유럽의 토목, 광산, 제철 기술, 동역학 등이 크게 진보하면서 되어 산업혁명에 필요한 기술 보급을 뒷받침하였다.

16세기까지만 하더라도 유럽보다 뛰어난 대포성능을 보유한 이슬람종교 국가(아랍)의 지도자도 대포성능개량 투자에 인색했다. 근본적인 문제는 정치체제였다. 유럽대륙은 여러 나라로 분화되어 발전하는 상황이었고 중국과 이슬람국가는 그렇지 않았다. 유럽의 경우 각국의 새로운 기술 및 과학의 진보내용은 엄중한 관리에도 불구하고 인접국으로 전파되었다. 그리고 국가간 경쟁으로 기술의 발전이 가속화되었다. 하지만 거대 제국체제인 중국과 이슬람국가 의 경우 군주가 새로운 기술의 전파를 통제하기 쉬워서 기술발전이 정체되었고 당연히 기술향상을 위한 경쟁은 없었다. 더군다나 중국과 이슬람 국가의 지도자는 지역의 반란을 우려해서 대포의 성능향상 투자에 소극적이었다.

이렇게 해서 중국(한자 문화권)과 이슬람 지역의 군사무기 기술이 거의 정체되게 되었다. 지도자의

문제 인식 차이로 인해 중국과 이슬람국가는 근대 산업국가가 필요한 기술을 확보 하지 못하게 되었다. 이런 점에서는 16세기 포르투갈에서 수입된 조총의 성능개선에 투자를 아끼지 않은 일본 지도자의 안목을 높이 평가할만하다. 어떻게 보면 그때에 일본은 오늘날 기술강국의 발판을 만들었다고 생각된다.

## 7.3 엔지니어링이 왜 유럽에서 계속 발전되었는가?

엔지니어링이 유럽에서 태동하고 유럽에서 급속히 발전한 이유의 핵심은 과학과 기술의 결합이다. 18세기 까지만 해도 자연과학(자연의 보편적인 진리와 자연법칙의 발견을 목적으로 하는 학문)은 생활에 여유가 있는 지식인들의 지적 탐구활동에 가까웠다. 즉 산업에 별로 도움이 안된 학문이었다. 산업혁명(18세기 중반~19세기 중반)도 엄격히 따지면 고대부터 근대까지 축적되어온 기술발전 때문에 가능한 것이 자연과학의 발전 때문이 아니었다.

19세기에 과학과 기술이 결합하면서 기술은 이론적 체계를 갖추게 되고 <과학기술>의 시대로 접어들게 되었다. 이때부터 유럽 엔지니어링은 빠르게 발전하게 되는데 특히 수학(그 당시 기준으로 자연과학)의 진보가 유럽 엔지니어링 발전에 매우 큰 역할을 했다고 볼 수 있다. 결론적으로 유럽 엔지니어링이 자연과학의 혁명적 진보 때문에 발전되었던 것이 아니라 자연과학(수학 포함)과 기술을 결합하는 시도와 체계화(이론화) 노력 때문이었다.

여기서 우리가 짚고 넘어가야 할 점이 있다. 근대유럽의 자연과학은 세계문명사 관점에서 대단한 업적임에 틀림없지만 엄밀히 따지면 유럽의 근대자연과학은 유럽인들의 창조물이 아니다. 다음과 같은 서양문명의 전파 또는 이동의 관점에서 보아야 한다. 인류문명 발상시기의 오리엔트(그리스의 동쪽, 즉 이집트와 이라크) 문명 → 고대 그리스·로마 문명 → 중세 아랍지역의 고대 그리스·로마 문명 보존 및 발전 → 14~16세기 이탈리아의 르네상스 → 근대 유럽에서의 자연과학 관련 지식의 체계화 및 발전. 즉 유럽의 자연과학혁명이 하느님이 창조한 자연법칙을 발견하고자 하는 유럽과학자의 종교관과 사명의식의 결과라고만 할 수는 없다.

하지만 유럽의 자연과학이 이전 다른 지역의 자연과학 수준보다 확실한 진보를 이룬 것은 틀림 없다. 특히 17세기 유럽에서 급격히 발전한 미적분학은 유럽의 수학뿐만 아니라 자연과학 발전에 거의

절대적인 영향을 주었다. 이점에서 보면 유럽에서의 미적분학을 포함한 근대 수학의 발전은 인류 문명사 관점에서 인정받아야 한다고 본다.

#### 7.4 유럽 엔지니어링 발전에 어떤 정책 또는 제도가 있었는가

19세기 중엽부터 20세기 초에 걸쳐 나타난 유럽의 독점자본주의(獨占資本主義)와 영토 팽창주의 즉 제국주의 정책과 함께 유럽의 엔지니어링 수준은 한층 더 발전하였다. 그 이유는 엔지니어링 산업 발전에 필요한 대규모 자본의 축적이 가능했고 또 식민지 시장이 존재했기 때문이다. 하지만 제국주의 정책 때문에 엔지니어링이 발전된 게 아니고 제국주의 정책 추진과정에서 유럽 엔지니어링 수준이 상승되었다. 즉 식민지와 유럽 사이를 빠르게 또 많은 물자와 원료를 운반할 수 있는 운송체제 필요성, 내연기관의 급속한 발달 및 확산으로 인해 석유정제를 위한 대규모 정유플랜트 건설 및 운용 필요성, 산업규모 팽창에 동반되는 원자재 및 석유를 확보하기 위한 대규모 채굴능력 필요성 그리고 유럽 열강의 무력 경쟁에 필요한 무기 개량 및 신 무기 개발 필요성 때문에 엔지니어링 수준은 급속히 상승하게 되었다.

1623년에 영국에서 세계최초로 성문법화된 특허제도는 인간의 지적인 노력과 탐욕에 대한 보상을 적절하게 합법적으로 잘 처리한 제도라 하겠다. 따라서 특허제도는 엔지니어링 발전에 큰 기여를 했다고 볼 수 있다. 새롭고 창의적인 기술만 있으면 누구나 부자가 될 수 있는 법적 요건은 근대 유럽의 수많은 엔지니어의 상상력을 북돋았고 그 결과 유럽에서 엔지니어링이 크게 발전하게 되었다고 볼 수 있다.

#### 7.5 미국의 엔지니어링은 어떻게 발전하였는가

미국의 엔지니어링 발전 상황은 의외로 간단하다. 요약하면 르네상스 이후 약 300년 이상 축적된 유럽의 과학기술이 이민에 의해 일거에 미국에 전파된 것이다. 현대사(現代史)를 보더라도 중공업과 깊은 관련이 있는 로켓 발사체, 제트엔진, 항공기, 잠수함 설계기술 등은 1945년 독일이 패망 하면서 많은 독일인 엔지니어가 미국 그리고 러시아로 건너가서 이 분야의 엔지니어링을 전수해주었다. 2차 세계대전 후 미국은 민수 및 군수 분야에서 세계최고의 엔지니어링 역량을 확보 하게 된다.

한편 미국은 국가의 성장동력으로서 발명과 특허를 무척 존중한 대표적인 나라이다. 미국에는 발명가로서 창업하여 성공을 이룬 기업가가 많다. 특히 발명가의 이름과 회사이름이 일치하는 경우가 많다. 엘리베이터의 오티스(Elisha Otis), 타이어의 주재인 가황고무를 발명한 찰스 굿이어(Charles Goodyear), 에어컨을 발명한 캐리어(Willis Carrier), T-자동차의 포드(Henry Ford), 롤 필름을 발명한 이스트만(George Eastman), 청바지의 스트라우스(Levi Strauss), 에어 브레이크를 발명한 웨스팅 하우스(George Westinghouse)는 지금도 그 이름으로 회사가 지금도 운영되고 있다[12].

지금의 미국은 자체적으로 엔지니어를 양성하고 있지만 여전히 효과적인 기술이민정책을 통해서 해외의 우수한 과학자 그리고 엔지니어를 공급받고 있다. 또 미국에 유학 와서 졸업한 뛰어난 외국인 엔지니어는 미국엔지니어링 회사에 취업하여 미국에서 영주권, 시민권을 받고 미국 엔지니어링 수준 향상에 많은 기여를 하고 있다. 이래 저래 우수한 엔지니어가 전 세계에서 미국으로 모여드니 미국의 엔지니어링산업은 계속 발전할 수 밖에 없는 상황이다.

## 8. 결론

유럽과 미국의 엔지니어링산업 발전의 역사적 사실 분석을 통해 도출된 결론은 아래와 같다.

### 1) 엔지니어링산업 발전에 절대적인 시간투입이 필요하다.

제조업은 후발주자라도 자본이 있으면 설비를 구매하고 양질의 노동력을 투입하고 품질관리를 하면 선발주자를 따라 갈 수 있다. 하지만 엔지니어링은 밀어 부친다고 단기간에 역량이 확보되지 않는다. 유럽의 엔지니어링은 300년 이상 동안 시행착오를 겪으면서 발전되어 왔다는 점을 명심해야 한다.

국내에서 1986년부터 정부, 대기업 및 국가연구기관에서 엔지니어링 관련해서 ‘자립화’, ‘국산화’, ‘원천기술 확보’, ‘핵심기술 확보’ 등의 단어를 사용하면서 7년 또는 10년 이내에 이런 목표를 달성하겠다고 공언했다. 그런데 지금도 이런 단어를 계속 사용하면서 목표를 세우는 것을 보면 시사하는 바가 크다. 그런 측면에서 목표달성 평가 기준 설정에 대해 다시 생각해야 한다.

## 2) 기본에 충실해야 엔지니어링산업 발전을 기대할 수 있다.

유럽의 엔지니어링산업이 고전역학(Classical Mechanics) 탄생과 함께 급속하게 발전해 왔다. 현재도 고전역학(古典力學)의 이해 및 응용능력이 엔지니어링의 기본이고 엔지니어에게 매우 중요하다. 경험적 기술 또는 기존에 사용한 데이터를 바탕으로만 문제를 해결하는 엔지니어에게 엔지니어링산업의 발전을 기대하기 힘들다.

일반적으로 엔지니어는 고전역학을 알고 있다고 생각한다. 하지만 고전역학 개념을 제대로 이해하고 응용할 줄 아는 엔지니어가 국내에 그렇게 많지 않다. 이유는 그게 어렵기 때문이다. 만약 고전역학을 제대로 이해하고 응용할 줄 엔지니어가 국내에 많다면 한국의 엔지니어링 수준이 구미 엔지니어링 수준을 따라잡는 것은 그렇게 어려운 문제가 아니다. 따라서 국내 엔지니어링 전문업체(연구소 포함)도 이런 점에 유의하여 엔지니어의 수준향상을 위한 교육부분 투자를 아끼지 말아야 한다.

## 3) 과학과 기술이 결합된 교육/연구가 중요하다.

19 세기 중반 이후 유럽에서 과학과 기술이 결합하면서 엔지니어링이 빠르게 성장을 했다는 사실을 상기해볼 필요가 있다. 하지만 국내 공과대학의 교육/연구는 과학과 이론에 약간 치우쳐 있다. 이는 교수가 SCI 논문게재에 부담을 많이 가지고 있기 때문인데 균형을 잡을 필요가 있다.

현장에서 발생하는 문제해결에 교수가 과학(수학 포함)을 현장기술에 좀더 적극적으로 결합하는 연구가 필요하다. 그리고 그 결과를 학생에게 강의하는 노력이 요구된다. 이를 위해 엔지니어링 지향적 산학협력이 필요하다.

## 4) 유능한 엔지니어를 발굴하고 투자하는 엔지니어링 리더십이 있어야 하다

르네상스 시대의 이탈리아(피렌체 공국) 출신의 천재 엔지니어인 레오나르도 다빈치는 말년에 프랑스 왕의 군사고문/기술자 이었다. 고전역학(Classical Mechanics)을 한층 더 체계화시킨 스위스 출신의 위대한 수학자 오일러(Leonard Euler, 1707~1783)는 러시아에서 7년, 독일에서 25년 동안 머물면서 연구하였다. 이는 후발 산업화 국가인 독일과 러시아의 엔지니어링 수준향상에 밑거름이 되었다.

따라서 국내의를 가리지 않고 그 분야에서 뛰

어난 엔지니어에 과감히 투자하는 지도자의 안목 그리고 결단력이 중요하다. 미국 엔지니어링산업 발전과정에서 보았듯이 우수한 엔지니어가 확보 되면 엔지니어링 산업수준이 빨리 향상된다. 제조업의 경쟁력은 좋은 설비와 양질의 노동력이지만 엔지니어링산업의 경쟁력은 우수한 엔지니어의 확보여부에 달려 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Dictionary of Scientific terms, Korea Science and Engineering Foundation, [http://www.kofac.re.kr/main/jsp/MainCtrl.jsp?ACT\\_CD=MVW](http://www.kofac.re.kr/main/jsp/MainCtrl.jsp?ACT_CD=MVW)
- [2] Humiliation at Canossa, <http://100.naver.com/100.nhn?docid=149817>
- [3] Calculation by writing, <http://100.naver.com/100.nhn?docid=716251>
- [4] Italian War, <http://100.naver.com/100.nhn?docid=128482>
- [5] History of cannon, [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_cannon](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_cannon)
- [6] Origin of steel, <http://www.Infosteel.net/iron&steel.htm>
- [7] NAVER Korean dictionary, <http://krdic.naver.com/search.nhn?query=%EB%AC%B4%EB%8C%80%EB%BD%80&autoConvert=false>
- [8] B. S. Yang, Y. W. Lee and S. J. Kim, 2000, Intervention Inc, Seoul, Korea, History of mechanical engineering (originally written by Miwashuzo).
- [9] Dictionary of Catholic, [http://www.Maria.sarang.net/book/bbs\\_view.asp?index=maria2000\\_dictionary&page=1&no=2252&curRef=2252&curStep=0&curLevel=0&col=3&sort=1](http://www.Maria.sarang.net/book/bbs_view.asp?index=maria2000_dictionary&page=1&no=2252&curRef=2252&curStep=0&curLevel=0&col=3&sort=1)
- [10] Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres développer cette puissance, [http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas\\_L%C3%A9onard\\_Sadi\\_Carnot](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas_L%C3%A9onard_Sadi_Carnot)
- [11] Steamship Great Britain, [http://en.wiki.pedia.org/wiki/SS\\_Great\\_Britain](http://en.wiki.pedia.org/wiki/SS_Great_Britain)
- [12] C. H. Lee, 2010, History of patent institution by countries, TTA Journal, no.128, pp.138~139.
- [13] History of Electrical Engineering, [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_electrical\\_engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_electrical_engineering)
- [14] History of Chemical Engineering, [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_chemical\\_engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_chemical_engineering)