

安全工學을 爲한 接近方法論

- 安全技術에서 安全工學까지 -

Changes of approaches for the Safety
Engineering

慶熙大學校經營大學院

安全管理學科

康 宗 權

PM. ASSE.

머 리 말

첨단과학기술이란 말을 우리 주변에서도 흔히 듣게되며 하이테크시대란 용어도 심심치 않게 들을 수 있는 사회가 되었다. 그러나 그 첨단 과학기술시스템을 안전하게 확보해 나가는 인간과 기계와 환경을 포함하는 안전공학의 시스템을 말하는 사람은 거의 없다. 안전을 대기에 비유하는 이도 있다. 마치 사람이 대기 속에서 아무 부자유를 느끼지 못하고 지낼 때는 대기(산소)의 고마움을 자칫 잊어 버릴 수도 있는 것과 같이 안전이 잘 유지되고 있을 때는 그 가치를 자칫 과소평가할 수도 있기 때문이다. 날로 대형화·거대화 되어가는 고도기술 시스템 속에서 안전이 제구실을 못한다면 거대한 첨단 기술 시스템이 과연 그 진가를 발휘할 수 있을까? 시스템이나 네트워크가 제 기능을 발휘하게 하기 위하여는 안전공학적 방법을 개발, 유지하고 나아가 안전공학적 시스템을 개선하여야 한다. 이 시간에도 우리 주변에서는 수많은 사고가 일어나고 있으며, 그 사고로 빚어지는 재해 또한 나날이 증가되고 있는 것도 익히 알고 있

다. 재해를 가져오는 사고도 재해처럼 운명적인 문제일까?

재해가 감소되기를 한결같이 원하면서도 사고의 원인에 대하여는 책임문제 때문에 사실을 밝히기조차 꺼려하고 사고 발생의 사실마저 은폐하려는 폐습을 언제까지나 계속 버리지 못하고 지낼 것인가? 언제까지 사고의 발생을 수치로만 여기고 국가나 기업의 위신문제로 생각할 것인가? 사고의 진실을 외면하고, 사실에 입각하지 않은 걸치레 안전대책을 밀고나갈 때 그것이 사고의 감소에 기여할 것으로 여기는 사람이 있다면 천년하청(千年河清)을 기다리는 격이 아니겠는가?

미래의 기술 내일을 움직이는 크고 새로운 기술만이 중요한 것이 아니라 어떤 일이나 방법이나 기술에도 반드시 안전이 포함되어야 할 것으로 확신한다. 특히 재해가 뒤 따르지 않은 사고가 일어났을 때 아무 일도 없었던 것으로 묻어 버리지 말고 그 원인을 찾고 그 원인에 대응하는 안전기술을 축적시켜 마침내 안전공학적 시스템에서도 혁신을 가져와야 하지 않겠는

가?

1. 일반적개관

안전기술에서 시스템 안전까지를 개관해보자 “위험으로부터의 자유” 이것은 인간의 원초적인 욕구임에 틀림없다. 마슬로우나 알더퍼의 인간의 욕구설에도 잘 나타나 있듯이, 전 우주적인 공동의 목표로서 일찌기 원시시대로 부터 위험으로부터의 자유를 즐기치게 우리 인간이 추구해 온 것은 누구도 부인할 수 없는 명백한 사실로서 인류의 역사가 이를 잘 말해 주고 있다.

그러나, 인간의 안전하고 안락하여 걱정없이 지내려는 욕구는 인간의 본능이지만 그것을 언제나 그리 쉽게 충족되지는 못하였다. 그렇기 때문에 인간들은 생자로서의 위안(Creature Comfort)을 누리고 생활방식(Way of Life)의 향상을 도모하려고 쉬지 않고 노력해 왔으며 특히, 욕구충족에 걸맞은 환경의 개발에 온갖 정력을 다 쏟아 왔던 것이다. 인간이 연장을 만들어 썼을때 크게 나타났던 주위환경에 대한 개발능력의 향상과 거기서 얻어진 수확의 증대는 보다 나은 능률적인 수단의 개선과 이용을 위한 기술혁신의 형태로서 나타나게 되었던 것이다. 그것은 인간들이 생존하는데 필요한 여건을 제공하는 방편으로서의 안전기술의 발달이었으며, 인간을 둘러싸고 있던 외계의 영향과 인간과의 상호작용이 벌어졌던 환경에 대한 인간의 이해와 육체적 만족을 높여준 안전을 위한 기술의 축적이었다고 평가되고 있다.

안전기술의 역할은 그러한 인간의 발전에 있어서 빼 놓을수 없는 생명의 보존이란 중요한 부분(Vital part)을 도맡았던 것이다. 안전의 개념은 인류 역사의 여명기에서 부터 싹트기 시작하여 면면히 오늘날까지 이어져 내려왔다.

초기인류는 방호적인 주의심을 베푸는데 있어서도 그럴싸하게 좋은 본능적 기능을 발휘하

였으나 그들을 둘러싸고 있던 자연환경의 수많은 위험에 대하여 공포심을 지니고 있었고 그들에게 어떤 위해(harm)가 미칠지에 대하여는 너무나 모르고 지냈는데 그것은 그 위험의 속성을 잘 몰랐기 때문이었다.

그들은 인간에게 미칠 야수의 압박한 위해의 개연성(蓋然性) 곧 리스크(risk)에 대하여는 잘 인지하고 있어, 그들의 상대적인 힘을 항상 잘 비교평가하여 위협에 직면하면 이를감지 할수있는 예민한 본능을 잘 발달시킬 수 있었다. 이것은 원시인이었을 때부터 인간은 안전기술을 마련 할 수 있는 능력을 갖추기를 열망 하였던 것이라 하겠다.

원시적 수공업이나 가내공업 단계에 접어들어서도 장인은 도제(徒弟)나 그 밑에서 일을배우는 견습공들에게 능숙하게, 그리고 안전하게 일하도록 가르쳐 주었고, 그것은 높은 품질의 가치를 가릴수 있는 식견과 경험을 쌓게 하였다. 공을 들고 정성을 다하여 물건을 만들고 안전기술을 발휘하여 그속에 생존을 위한바 이 탈과아트가 담겨지도록 하였던 것이다. 점차 지혜가 발달함에 따라 안전기술을 구사하는데 있어서도 보다 집단적이고도 강력한 어떤 사회적 형태를 갖추는 방향으로 발전하였으며 그들은 안전욕구를 충족시키기 위하여, 주어진 상황에서 살아남기 위하여 더큰 힘으로 위협에 대응하고, 새로운 안전기술을 발견하고, 더 나아가서 능률적인 안전대책을 마련하게 되었던 것을 우리는 알 수 있다. 이런 일련의 끈질긴 노력으로 인간은 보다 안전한 사회로 진보 발전 할 수 있는 능력을 지니게 되었고, 욕망의 변화를 가속화하기에 이르러 보다 안전하고 풍요한 삶의 여건 조성으로 치달게 되었던 것이다.

산업안전의 철학은 막대한 생산력의 증가로 말미암은 자연발생적 생성물이었으며 인력의 낭비나 자원의 손실을 막지 않고서는(富)를

측적할 수 없다는 생각이 인간의 마음에 싹트기 시작하여 마침내 재해 사고를 방지하기 위하여 무엇을 하여야 할 것인지에 대하여 골똘히 생각하게 되었던 것이다.

일반기술의 혁신은 인간들의 욕구를 충족시키는 하였으나, 한편 그런 변혁은 가끔 사회를 위협하는 요인이 되기도 하였고, 예상할 수 없는 사회 불안요인을 안겨 주기도 하였다. (별첨# 1 참조) 즉, 새로운 기술적인 진보나 발달은 처음 의도 한 바와는 달리 위험과 불안감을 가져다 주었던 것도 특기할 만한 일이다.

인간은 부주위를 통하여 그들 새로운 위험에 직면 하였으며, 방호되지 않았거나 부적절하게 조립된 장치나 가공할 위험물의 사용으로 큰 위해를 받게도 되었다.

그러나, 대부분의 재해사고는 생산을 담당해 온 산업계의 엘리트에 의하여 어느정도 훌륭히 통제되어 왔으며 사고는 방지될 수 있다는 사실을 똑똑히 인지하게 되었다.

특히, 효율적인 생산과 안전은 밀접한 상관관계를 가지고 있음을 새로이 인식하게 되었고 위험을 감소 시키기 위하여 안전장치 (계기의 방호용 덮개등) 나 제어기가 발전되게 되었으며 환경의 침해가 일어 났을때 가끔 사회적 행위 (行爲)에도 적지않은 변화가 미치게 됨을 점차 인식하게 되었다.

이런 변화는 사회적 규제와 긴밀한 관련을 맺으면서 건설적 동화기능으로 새로운 사회발전의 계기를 낳게 되었고, 항공기의 안전이나 우주 계획은 그와 같은 사회의 흡수 동화작용의 복잡화된 한 표출이라고 말하는 사람도 있다. 우리들은 인간들이 발전시켜 놓은 시스템 위에서 최소의 손실 (loss) 만을 감내하며 제한된 자원을 선용하려는 안전의 논리적 각성과 규율적인 훈련 (discipline) 의 안전한 사회적 정립을 지향하면서 수세기 동안 인내의 생활을 해

오기도 하였다 사람이 원하지만 하면 세계의 어디에나 날아갈 수 있는 공수능력이나, 달에 인간을 착륙시키는데 큰 도움을 주었던 안전에 관한 연구와 규율적인 훈련이 바로 그런 피나는 인간 노력의 산 증거라 하겠다.

우리 인간은 그런 인내어린 훈련을 통하여 기술과 관리면에서 놀랄만한 지혜를 얻었으며, 이를 축적하여 새로운 도약의 기초를 다져 나가고 있다. 더욱 중요한 것은 인간의 취약점 (유혹, 함정) 을 보완하고 위험을 회피할 수 있는 방법을 찾아 내는데 거의 전력 투구를 하고 있다는 고무적인 사실이다.

2. 과학적 안전관리론과 시스템 안전론

인간이 오랜 세월동안 안전기술이라고 부르는 것이 주요한 사고의 방지수단으로 쓰여져 왔다는 것은 개론에서 살핀 바와같다. 과학적 안전판리는 산업혁명을 계기로 일어나기 시작하였으며 손실을 막을 수 있는 관례 (Practice) 에 근거를 두고 자연과학적 제법칙에 관한 지식을 활용하고 공학이 제공할 수 있는 중요한 수단을 모두 끌어 들여 주로 보전과 개량을 주안으로 삼고 가장 적합한 안전기술의 형태를 실현 시키려고 노력을 경주한데서 비롯되는데, 그 성과는 상당하였으나 만족한 편은 못되었다. 더욱이 진보 발달하는 산업기술이 새로운 프로세스와 에너지, 교통, 고압가스등의 거의 모든 영역에 도입됨에 따라, 특히 거대한 기술의 도입에 수반되어 들어오는 잠재적 위험은 결코 과소평가 할 수 없는 문제였다.

종래의 사고통제에 근거한 안전기술만으로서 는 감당할 수 없는 일대 기본적인 안전문제를 낳았던 것이다. 다시 말하면 고도기술사회에서는 종래의 안전기술만 가지고서는 지속적인 안전을 도모할 수 없게 되었다.

가. 하인리히의 과학적 안전관리모델

과학적 안전관리모형을 1920 년대에 처음으로 내놓은 하인리히는 안전관리 분야에서는 가히 창시자라 할만한 선각자였다.

그는 도미노 시퀀스(Domino Sequence) 로 더 널리 알려져 있다. 도미노의 골패 하나 하나를 사고의 요인으로 가정하여, 도미노 골패를 나란히 세워놓고 한끝을 넘어 쓰리면 차례로 넘어지듯 연쇄적으로 작용하여 사고란 골패가 넘어지듯 사고가 일어나고 그 결과로서 재해가 일어난다고 하였다. 특히 사고의 골패를 넘어지게 한, 사고 바로 앞에 놓인 인간의 불안정한 행동이나 불안정한 상태란 골패를 제거하면 사고의 골패가 넘어지지 않듯이 사고가 방지되고 재해는 자연일어나지 않게 된다고 주장하였다.

F.W. 하인리히는 과업을 수행하는 사람이 불안한 상태를 잘 분별하지 못하거나 불안정한 행동을 하면 사고가 일어나고 그 결과로서 재해가 일어난다고 하였다. 1920 년대의 이른바 과학적 관리가 주류를 형성하였던 미국에서 쉽게 통할 수 있는 방법론 이었다.

나. 버드의 안전관리모형

프랑크 버드는 1968 년 하인리히의 과학적 안전관리모형을 새로운 각도에서 재평가하여 하인리히가 주장하던 사람의 불안정한 행동과 상태가 사고의 직접원인이 됨과 동시에 그것은 관리의 부재를 나타 내는 징후(徵候)라고 주장하였다. 하인리히가 과업을 맡은 개인의 불안정한 상태나 행동에 대하여 위험을 분별하지 못한 책임을 그 개인에게 물을 것과는 다르게 버드는 관리를 책임 맡은 최고경영층과 중간관리 계층 또는 하부 관리 계층의 관리 소홀로 빚어 놓은 결과가 바로 사고의 직접원인이라고 간파하였던 것이다.

다. 휘렌츠의 시스템 안전모형

사고를 보는 눈이 새롭게 달라진 것을 알수

있다. 사고가 예외적인 기술상의 결함에 기인된다는 종래의 생각을 버리고, 또한 부분이 아니라 전체를 보는 입장에서 사고를 평가한 모델이다. 밥 휘렌츠(Bob Firenze)는 사고를 사람, 기계 및 환경(man, machine, environment) 이란 시스템속에서 일어난 현상으로 보았으며, 인간이 기계와 환경에 조화되어야 효율적이라고 보았다.

그는 사고의 원인도 사람의 의사결정의 부실에 있다고 보았던 것이다. 또한 건전한 의사결정이 이루어지려면 시의에 맞는 양질의 정보가 제공되어야 한다고 하였으며, 위험을 다루는 사람에게 계통적으로 그리고 원활하게 적시에 위험에 대한 정확한 정보가 제공되지 아니하면 리스크(risk ; 위험이 위해를 입힐 개연성)을 예측할 수가 없을 뿐더러, 기계 및 환경시스템속에서 사람은 제구실을 다하지 못할 것이며, 기계의 설계가 불량하거나 불안정한 때 사고의 요인이 될수있고, 환경은 인간과 기계에 영향을 입혀 사고를 조장하거나 유발한다고 보았다.

인간은 기계와 환경속에서 여러 상호작용의 영향을 받는 불안정한 존재이므로 인간의 의지가 기계나 물자등과 그 각 요소가 자리잡고 있는 환경에서 오는 스트레스의 방해를 받지않도록 방호되어야 하고, 이런 정보가 의사 결정에 충분히 반영되어야만 위험을 통제 할수도 있고 종합적으로 적절하게 대응해 나갈수도 있게 된다고 하였다.

라. 복합요인 모형

사고는 동일원인에 의하여 재발되는 일은 극히 드물다. 대단히 많은 요인이 복합되어 발생되는 경우가 대부분이므로 이에 근본적으로 대처할 수 있는 새로운 모델의 필요에서 이 모델이 나오게 되었다.

사람과 기계와 환경속에서 일어나는 사고를

평면적으로 보는 것이 아니라 입체적으로 보았던 것이다. 누구의 모델이건 간에 그 원인, 특히 직접적인 사고원인을 인간적 측면에서 그것도 개인, 또는 관리자적 입장에서 결합이 사전에 왜 발견되지 않았으며 왜 사전에 안전조치가 취해지지 않았는가? 왜 안전조치가 취해졌는데도 그 효력이 발휘될 수 없었는가? 관리자는 왜 종업원이 불안정한 행동을 하려할 때 그대로 내버려 두었는가? 안전점검시에 왜 위험은 못보고 무엇을 점검했으며, 안전교육을 할 때는 왜 그 위험을 깨우쳐 주지 못하였는가? 안전기준은 왜 지켜지지 않았는가? 안전규칙을 지키도록 왜 강조되지 않았는가? 기계는 설계가 불량한데도 어떻게 그대로 쓰여져 왔는가?

안전장치는 왜 없었는가? 있었는데 왜 떨어져 있었는가? 작업자는 왜 그 위험을 알지 못하였는가? 감독은 왜 운전하도록 방치하였는가? 기계의 정비는 왜 안했는가 등 복합적인 원인을 깊이 있게 알아 보아야 한다는 것이다. 환경이 나쁜데도 왜 그대로 두었는가? 환경이 불안정하다는 보고가 상부에 제출된 사실이 있는가? 최근 환경점검에서 누락된 이유가 무엇인가 등 대개의 경우 표면에 나타나 있지 않는 복합적인 원인은 얼마든지 있을 수 있다. 그러나 인간이나 기계나 환경이나 식으로 끊어서 그 결합을 찾아내기는 서로의 상호작용 때문에 참으로 가려내기가 어려운 문제임을 충분히 감안하여야 할 것이다.

안전기술의 시대는 점차 막이 내리고 인간과 기계와 환경의 상호작용 속에서 일어나는 사고 현상을 전체로서 보는 종합과학적 시대로 접어들므로써 사고의 현상은 인간측면에서만 보아도 안되고 하드웨어쪽만 보아서도 물론 안되는 시대가 되었다.

3. 우주왕복선 채린저호 폭발사고 조사보고의 의의

지난 1월 28일 오전 우리는 미국의 우주왕복선 채린저호의 역사적 발사관경을 텔레비전을 통하여 지켜 보던중 발사대를 떠난지 79초 만에 연료탱크의 폭발로 우주선이 공중폭발되는 처참하고도 애처로운 광경을 목격하였다.

최첨단 과학의 정수를 다루는 우수한 두뇌와 미국의 막대한 부를 총동원 하고 전문관리기술과 안전을 포함한 모든 공학적 기술을 구사하여 99.9%의 높은 신뢰도를 지닌 어떤 하드웨어도 능히 만들어 낼 수 있다는 가능성을 온 세계에 과시하려던 순간이었다. 그러나 10^{-6} 리스크로 평가되었던 연료탱크의 결합으로 큰 사고가 일어났던 것이다.

“나사” (NASA) 에서는 사고가 난지 1주가 되던날 170페이지에 달하는 사고조사 보고서를 내놓았던 것이다 “나사”의 사고 조사팀은 지난 11월 (1985) 브스터로켓 (booster rocket)의 조립과정에서 일어났던 파피사고를 조사한 요원으로 구성되어 있었으며 이들은 당시 로켓조립 요원들이 조립과정에서 로켓의 부품들을 화차에서 내릴때 부적절한 크레인을 사용하였던 일과 로켓에 흠이 생기지 않도록 보호할 수 있는 충분한 방호장치들을 구사하지 아니하였던 사례들을 들어 작업절차를 엄히 따라야 할 요원들의 기강의 해이와 품질관리자의 무관심을 지적함으로써 보다 조심할 것과 더욱 규율을 엄히하여 기강을 세울것과 더 많은 훈련을 역설하고 유사한 사고의 재발을 경고하는 내용으로 되어 있었다. 레이건 대통령이 위촉한 안전전문가 중심의 독립적인 사고조사 위원회는 시스템 안전 분석을 통하여 지난 1월 28일 폭발사고의 원인이 O 링 (O Ring)의 결합이었다고 분명히 밝혔던 것이다.

또한 안전관리자가 “나사” 국장이 참석하여 중요한 의사결정을 내리는 과정에도 참여하지 못하였으며 채린저호의 마지막 카운트다운을 하는 결정적인 순간에도 끼지 못함으로써 안전관리에 중대한 결함사항을 확인할 수가 없어 중대한 과오를 저지를 수 밖에 없었던 요인을 밝혔던 것이다.

지난 아폴로기획 (apollo program) 때도 그러하였거니와 루나기획 (Lunar program) 이래 안전성, 신뢰성 및 품질확인 기능이 유감없이 발휘되어 왔는데 채린저 기획에 이르러 그들 기능을 경시하여 그들 부서를 격하시켜 의사결정 과정에서 소외시켜 놓았던 결과가 일대참사를 빚은 요인으로 평가되어 마침내 “나사” 국장을 직접보필할 수 있도록 안전, 품질관리 및 신뢰성을 다루는 부서가 일대 격상이 되게 되었다고 한다. 이것은 미국뿐 아니라 안전에 관심을 가지고 있는 전세계인들에게 안전관리의 중요성을 일깨워준 세기적 사건이었다고 평가할 만하다.

맺 는 말

위험으로 부터 자유하려는 인간의 본능적 욕구가 충족되지 못한데서 비롯된 인간의 끈질긴 노력은 새로운 안전기술과 보다 나은 생존을 위한 지혜를 추구하고 하였고, 이것이 더욱 발전하여 하나의 독립된 기술 체계로서의 안전공학

으로 발전하여 인간과 기계와 환경의 시스템계(系)에서 이탈된 현상이 사고라는 새로운 사고의 개념을 낳아 일취월장하는 고도산업사회에서 안전공학이 제자리를 굳혀가고 있는 것은 아주 고무적이다.

하인리히의 구태 의연한 이론에만 집착하여 나약한 인간만 괴롭히지 말고 시각을 넓혀 인간이 기계와 환경의 안전한 시스템속에서 인간으로서의 창의력을 발휘할 수 있도록 모든 관

리계층이 안전한 방향으로 뒷받침을 해야 할 중요한 시점에 서게 되었다는 사실을 새롭게 인식하여야 할 것으로 믿는다. 운명론적인 생각이나 폐단이 하루 아침에 우리에게서 모두 불식될 수는 없으므로 최소한 앞으로 담당할 일속에서 위험을 사전에 발견하고 시스템의 신뢰성을 높힐 수 있는 안전공학적 대책을 강구해 나가야 할 것이다.

사실에 입각한 안전대책을 수립할수 있도록 관계되는 모든 기관이나 사람들이 반성하고 사고에 대한 책임만을 따지고 이를 회피하기 전에 진실을 발견하고 기록할 수 있는 정직한 사회가 되어야 세계 제일의 사고국이란 오명을 씻을수 있을 것으로 믿는다.

「수치를 깨닫는 일이 곧 용기」라고 한 중용(中庸)의 말씀이 우리에게 적절한 교훈을 주고 있다.

운명적 안전관리, 그것은 사후 재해관리이지 결코 사고방지에 보탬을 주지 못할 것으로 안다.

안전공학이 제구실을 할 수 있으려면 주먹구구식 결정론을 최고경영층의 엘리트가 먼저 버리고 청산할 수 있도록 과학적인 안전공학의 이론을 학교교육을 통하여 어릴 때부터 보다 적극적으로 가르치기 시작해야 할 것이다.

별첨# 1. 기술혁신이 낳은 부작용 예.

문명의 이기	부작용
불 :	대화제, 폭발
칼 :	우발적인 창상 (創傷)
석유 :	대기오염
고속운송 시스템	인명상해, 재산상 손해
살충제	먹이사슬 차단
식품보존제	암유발
핵 에너지	진리방사선