

Fault Tree Analysis (FTA) 에 의한 Toluene 저장 Tank의 폭발해석

The Evaluation of Explosion For Toluene Storage
Tank by Computer-Aided Fault Tree Analysis.

정 재 회 * 이 영 섭 **
Chung Jae Hee, Yi Young Seop

Abstract

This study is conducted to evaluate the explosion of toluene storage tank in the petrochemical plant by Fault Tree Analysis. The conclusions are as follows:

1) Fault Tree diagram and the required computer program for evaluation of explosion accident is developed.

2) The probability of the top event, explosion accident, is 1.595×10^{-8} per year, so there is almost no possibility of explosion during the life cycle of tank. However, the probability of Gate 6 and Gate 7 is 8.8 per month, therefore, attention should be paid to them for accident prevention.

3) The number of minimal cut sets is 67 sets which are not calculated the probability of each set, because of the lack of computer capacity. All the minimal cut sets should be examined case by case. However, it is necessary to be paid attention to COM1, 126, 131, and COM4 in minimal cut sets, because the number of appearance is so high.

4) The number of minimal path sets is 70 sets which are not calculated the probability of each set, because of the lack of computer capacity. It is very useful to prepare safety checklist by using this minimal path sets. Also, the events which appear many times, 123, COM5, 139, 127 and 128, are very high in reliability.

I. 서 론

우리나라는 눈부신 경제발전과 새로운 기술의

* 정희원 : 서울산업대학 산업안전공학과 교수

** 정희원 : 국립노동과학연구소

도입에 따라서 생산시설과 공정이 대형화되고 복잡다양화 되었으며 또한 화학물질이 다량으로 사용됨으로써 잠재 위험성이 상대적으로 증대되었다. 이러한 배경으로 인하여 각종 사고 및 재해가 매년 급격히 증가하고 있으며 이에 따른

인적, 물적 손실이 막대하게 되었다.¹⁾

본래 사고는 인간이 피할 수 없는 사상(Uncontrolled event)²⁾이 아니고, 사고가 발생되기 전에 예방이 가능하다. 사전에 잠재 위험성을 파악하고, 이를 제거 시키기 위한 적극적인 노력이 있으면 사고가 발생되지 않도록 할 수 있다. 그래서 사고를 예방하기 위해서는 사전에 잠재 위험성을 예측하고 적출하는 작업이 선행되어야 한다. 이러한 방법이 선진 외국에서는 다양하게 개발되고 보편화되어 있으나 국내에서는 아직도 일반 산업안전 분야에 활용되지 않고 있는 실정이다. 선진 외국에서 주로 많이 사용되고 있는 방법이 Fault Tree Analysis(FTA)로서 본 연구에서 이를 활용하고자 한다.³⁾

FTA는 시스템 안전의 한 분야로서 연역적이고 정량적인 해석방법을 사용하여 사고의 발생 확률을 계산하여 수학적인 해석을 할 수 있으며 또한 사고 발생 메카니즘을 도식화하여 한눈에 알아볼 수 있다. FTA를 도식화하기 위해서는 시스템내의 인적, 물적, 환경상의 유해, 위험사항을 파악하고 이를 AND와 OR게이트로 연결하여 나무형식으로 그리면 된다. 사고와 재해의 발생확률은 FT도를 근거로 Minimal Cut Set(MCS)과 Minimal Path Set(MPS)을 구한 후 각 게이트별 사고확률을 입력시켜 계산하여 구한다.⁴⁾ 각 Set별로 확률이 가장 높은 순으로 나열하여 기여도가 높은 순으로 우선 순위(Priority)를 정하여 예방대책을 상구 하는데 기능, 시간 및 비용 등을 감안하여 최적정수준(Optimum Level)으로 인적, 물적 손실을 극소화시키면 된다.⁵⁾

본 연구에서는 시스템 안전의 한 분야인 FTA 기법을 석유화학 Plant의 Toluene 저장 Tank의 폭발 사고에 적용시켜 확률을 계산하여 정량적인 해석을 실시했다. 이와같은 작업을

사람의 손작업으로는 비능률적이므로 FT도는 사람이 최소 컷셋과 최소 패스셋을 구하는 작업과 사고 발생의 확률 계산은 컴퓨터에 의존하였다. 본 연구에서 개발된 컴퓨터 프로그램은 앞으로 다른분야에도 적용할 수 있으며 이를 근거로 사고예방 대책을 제시함으로써 인적, 물적 손실의 극소화를 위한 최적화를 도모하여 안전관리의 능률 극대화를 목표로 하고 있다. 또한 본 연구에서 얻어진 각종 기법이 국내 사업장에 보급되어 사고와 재해가 격감될 수 있도록 기여하고자 한다.

II. 컴퓨터 프로그램의 개발

FT도에 들어가는 기본사상과 게이트의 수가 많아지면 컷셋, 패스셋, 최소 컷셋 및 최소 패스셋을 구하고 정상사상에 대한 발생 확률을 구하는데는 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 능률적으로 FT도를 해석하기 위해서는 컴퓨터를 이용하여야 한다. 그래서 컴퓨터 프로그램을 개발하여 정상사상의 사고 발생 확률을 구했고, 최소 컷셋과 최소 패스셋을 구했다.

1. 정상사상의 사고 발생 확률

정상사상의 사고 발생 확률을 구하는 컴퓨터 프로그램은 여러 방법이 있을 수 있지만, 본 연구에서는 다음과 같은 과정을 거쳐서 작성하였다.

1) FT도의 각 게이트에 대하여 정상사상부터 단계적으로 좌에서 우로 일련 번호를 부여하고 기본사상을 코드화한다.

2) 각 게이트와 연결되는 바로 아랫단계의 게이트나 기본사상들을 데이터화 한다.

3) 데이터를 입력시킨다.

4) 최하단의 게이트로부터 AND 게이트는 $gf_1 \times gf_2 \times \dots \times gf_n$ 으로 계산하여 발생 확률을 구하고 OR GATE는 $1 - (1 - gf_1)$

$(1-gf_2) \cdots (1-gf_n)$ (단, gf_1, \cdots, gf_n 은 기본사상인 f_1, f_2, \cdots, f_n 의 발생 확률임)에 의하여 발생 확률을 계산하고 점차 상부로 차례차례 계산하여 올라가면서 정상사상의 발생 확률을 구한다.

5) 정상사상과 각 게이트의 발생확률을 프린트 시킨다.

위와 같은 순서를 Flow Chart로 나타내면 Fig.1과 같으며 이를 근거로 하여 컴퓨터 프로그램을 작성하였다.

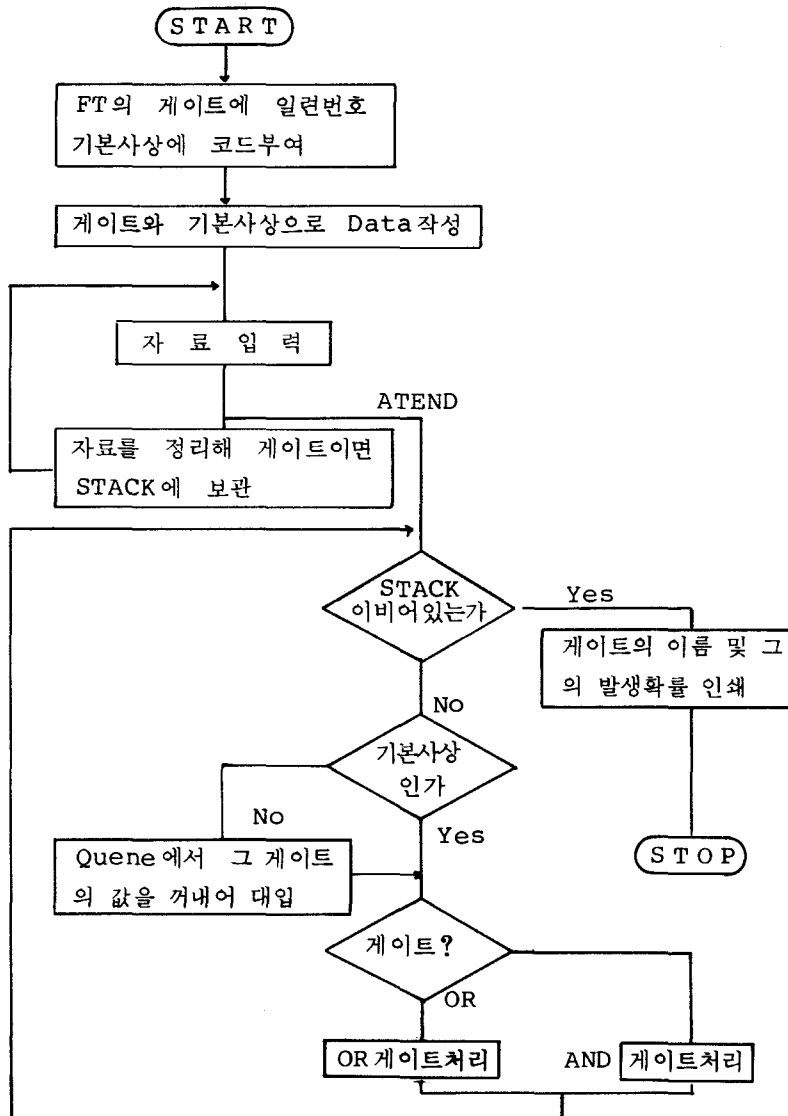


Fig.1. The Flowchart of Computer Program for the Calculation of Probability of Top Event.

2. 컷셋, 패스셋, 최소 컷셋, 최소 패스셋

컷셋과 최소 컷셋을 구하는 컴퓨터 프로그램은 Fussell의 알고리즘⁶⁾을 이용하여 작성하였고 패스셋과 최소 패스셋을 해석하고자 하는 FT도의 쌍대 FT도(Dual FT Diagram)의 원리를 이용하여 작성했다.

작성 순서는 다음과 같다.⁷⁾

1) FT도의 각 게이트에 대하여 정상사상부터 단계적으로 좌에서 우로 일련번호를 부여하고 기본사상을 코드화 한다.

2) 각 게이트와 연결되는 바로 아랫 단계의 게이트나 기본사상들로 셋을 형성하여 데이터화 한다.

3) 데이터를 입력시킨다.

4) AND 게이트와 OR 게이트로 기본사상을 구별한다.

5) OR 게이트를 처리한 후 AND 게이트를 처리한다.

6) 기본사상을 처리한다.

7) 컷셋과 패스셋을 구한다.

8) 최소 컷셋과 최소 패스셋을 구한다.

9) 컷셋, 최소 컷셋, 패스셋 및 최소 패스셋을 프린트한다.

위와 같은 순서를 Flow Chart로 나타내면 Fig. 2와 같으며 이를 근거로 하여 컴퓨터 프로그램을 작성하였다.

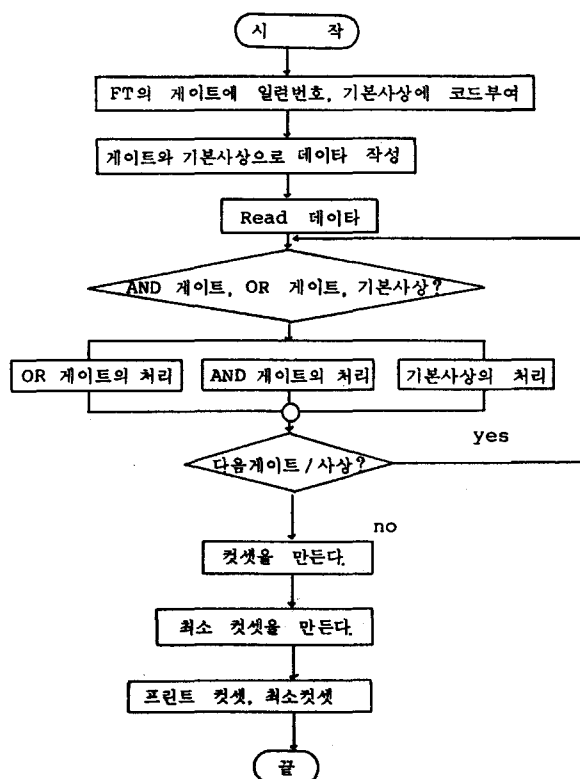


Fig2. The Flowchart of Computer Program for MCS and MPS

Ⅱ. 석유화학 플랜트의 탱크 폭발 사고해석

FTA를 이용하여 석유화학 플랜트의 탱크 폭발 사고를 정량적으로 해석하기 위해서는 먼저 FT도를 작성해야 한다. 폭발 사고가 발생할 수 있는 각종의 잠재 위험 요인을 찾아 내고 이를

연역적인 방법으로 FT도를 작성한다.

이를 위하여 울산 지역의 K 회사에 직접 현지 출장하여 설비도 검토 및 현장 조사를 통하여 위험 요인을 찾아 내었다. 예비위험해석(Preliminary Hazard Analysis)을 실시하고 Fig.3과 같은 FT도를 작성하였다.

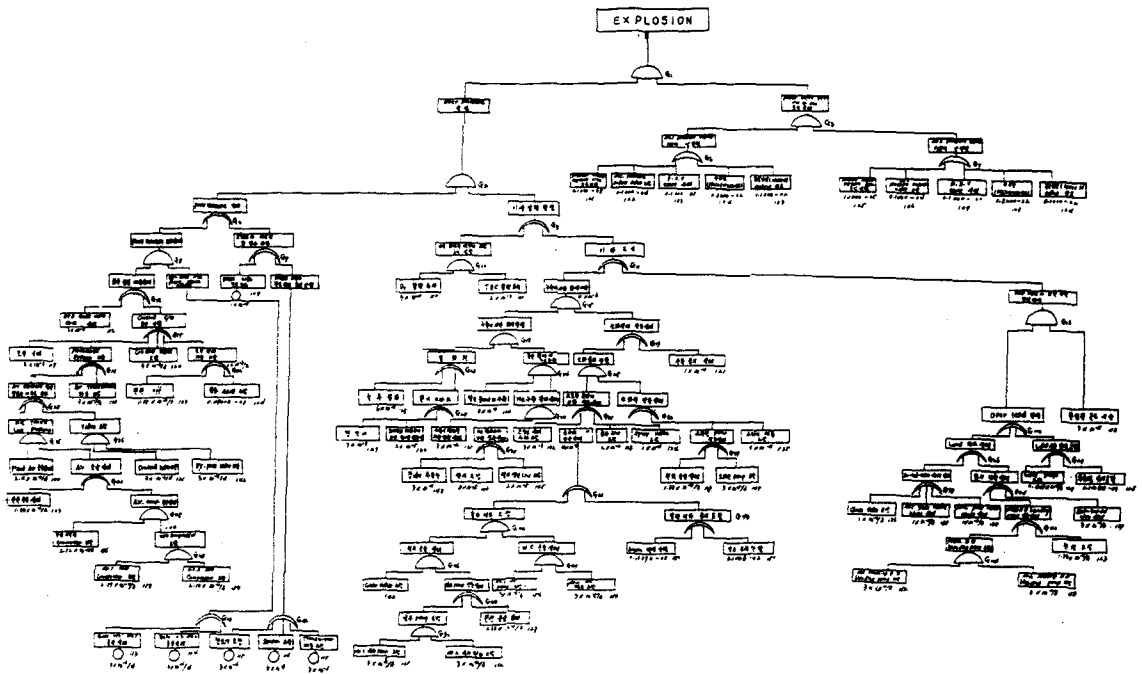


Fig 3.The Diagram of Fault Tree

석유화학 플랜트의 톨루엔 저장 탱크 폭발 사고에 대한 정량적인 해석을 위하여 정상사상을 폭발 사고로 하고 Over-Pressure 발생과 압력안전밸브 두개의 동작 실패를 AND 게이트로 연결하여 차례로 해석해 나갔다. 게이트 번호는 위로 부터 좌에서 우로 일련번호 (G에서 G 50) 를 부여했으며, 기본사상의 번호도 동일한 방법으로 일련번호 (101에서 164) 를 부여하여 코드화 했다. 여기에 작성된 3개의 컴퓨터 프로그램 즉, 1) 정상사상의 사고발생 확

률의 계산, 2) 컷셋과 최소 컷셋의 적출, 3) 패스셋과 최소 패스셋 및 최소 패스셋에 나타난 기본사상의 출현횟수 적출등을 이용하여 고장 데이터⁸⁾를 중심으로 사고율과 과거의 실제 사고 발생빈도율로부터 얻은 자료를 컴퓨터에 입력시켜, 위의 세가지를 계산, 적출하였다.

구체적인 출력 내용과 다음과 같다.

1. 폭발 사고의 발생 확률

톨루엔 저장 탱크의 각 게이트와 기본사상에 대한 사고율의 입력자료는 표 1과 같으며, 이를

표 1. The Input Data for Accident Occurrence Rate of Gates and Basic Events

001: 161									
002: 162	.00000000	163							
002: -164		-165							
002: -166		-167							
002: 168		-169							
002: 1610		-1611							
005: 0101	.00000500	0102	.00004000	0103	.00100000	0104	.00822000	0163	.00300000
005: 0105	.00000500	0106	.00004000	0107	.00100000	0108	.00822000	0164	.00300000
002: -1612		-1613							
002: 0109	.00010000	-1614							
002: 0110	.00030000	0111	.00200000						
002: 1615		1616							
002: 0112	.00003000	-1617							
002: 0113	.00001200	0114	.00001200						
003: 0115	.00001300	0116	.00000210	0117	.00003000				
002: -1618		-1619							
002: -1620		0118	.00030000						
004: 0119	.00300000	-1621	.00000000	0120	.00012000	-1622			
002: -1623		1624							
002: 1625		0121	.00010000						
002: -1626		-1627							
002: -1628		0122	.00003000						
002: 0123	.00013300	0124	.00049000						
002: 0125	.00004000	-1629							
002: 0126	.00050000	1630							
002: -1631		-1632							
002: -1633		-1634							
002: 0127	.00000168	0128	.00010000						
002: 1635		1636							
002: 0129	.00000030	0130	.00002000						
002: 0131	.03000000	-1637							
004: 0132	.00300000	-1638		0133	.00000200	0134	.00010000		
002: -1639		0135	.00040000						
003: 0136	.00010000	0137	.00010000	0138	.00010000				
002: -1640		0139	.00030000						
002: 0140	.00059000	-1641							
002: 0141	.00720000	0142	.00072000						
003: 0143	.00030000	0116	.00005000	0145	.00002000				
002: 1642		-1643							
002: 0146	.00001330	0147	.00003000						
002: 1644		0123	.00013300						
002: 0123	.00013300	1645							
002: 1646		1647							
002: 0150	.00000689	0151	.00010000						
002: 0152	.00030000	0153	.00030000						
002: 0154	.00002520	1648							
002: 0142	.00072000	-1649							
002: 0156	.00005000	0157	.00003000						
002: 0158	.00025700	0159	.00025700						
002: 1650		0123	.00013300						
002: 0161	.00030000	0162	.00030000						

입력시키고 계산된 폭발 사고의 발생 확률은 표 2와 같이 1시간당 $0.18461878 \times 10^{-13}$ 으로 1일에 $0.443085072 \times 10^{-12}$ 으로 1개월에는 $0.1329552 \times 10^{-10}$ 으로, 1년에는 $0.15951062 \times 10^{-9}$ 으로 나타났으므로 탱크가 폐기처분될 때까지 폭발 위험성은 거의 없는 것으로 판명되었다. 다만 각 게이트 중에서 게이트 6과 게이트 7이 가장 사고 발생 가능성이 높고 게이트 31, 게이트 17, 게이트 12의 순으로 나타났으므로 이에 대한 집중 관리를 해야 한다. G6와 G7의 경우는 사고 발생 확률이 시간당 0.0122286이며, 1일 0.2935, 1개월에 8.8이므로 결국 1개월에 8.8회 고장이 발생할 수 있는 것으로 평가되어 사고율이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 방법으로 계산하여 보면 G17, G12도 집중 관리해야 함을 알 수 있다.

2. 컷셋 및 최소 컷셋

컷셋, 최소 컷셋, 패스셋 및 최소 패스셋을 구하기 위한 입력 자료표는 표 3과 같다. 여기에서 컴퓨터의 용량 부족으로 인하여 유사한 기본사상을 묶었다. 즉, COM1은 (101,102,103, 104,163), COM2는 (105,106,107,108,164), COM3는 (119,120,123,124), COM4는(143, 144,145), COM5는 (138,136,137)으로 묶었다. 그러나 전체의 확률계산에는 영향을 미치지 않는다. 이와같은 입력자료표에 의거 입력시킨후 컷셋을 구한 결과 총 977개로 나타났으며 여기에서는 지면 관계로 생략하기로 하고, 최소 컷셋은 표 4와 같이 67개로 나타났다. 최소 컷셋의 67개를 사고 발생 확률을 계산하여 확률이 높은 순으로 집중 관리해야 한다. 그러나 본 연구에서는 컴퓨터의 용량 관계로 이를 실시하지 못했다.

또한 최소 컷셋 중에서 기본사상의 출현 횟수별 구한 결과, 표 5와 같이 나타났다. COM1이 67회, 기본사상 126,131, COM4가 66회

표 2. The Probability of Top Event and Gates

PROCESS	PROBABILITY
GATE 1	.18461878333E-13
GATE 2	.1234567798E-09
GATE 3	.14953856443E-03
GATE 4	.14518633152E-03
GATE 5	.85034849140E-06
GATE 6	.12228596176E-01
GATE 7	.12228596176E-01
GATE 8	.91335019182E-07
GATE 9	.14509500975E-03
GATE 10	.60000000000E-06
GATE 11	.25034864160E-06
GATE 12	.38056486331E-02
GATE 13	.23999856000E-04
GATE 14	.45099519701E-04
GATE 15	.45196867551E-16
GATE 16	.25034864156E-06
GATE 17	.37757619060E-02
GATE 18	.44563170085E-12
GATE 19	.10142201886E-03
GATE 20	.83449547186E-03
GATE 21	.35262311720E-04
GATE 22	.62293483000E-03
GATE 23	.80298776000E-04
GATE 24	.55496700045E-08
GATE 25	.14221610761E-05
GATE 26	.73289016001E-03
GATE 27	.10167983200E-03
GATE 28	.52624695942E-05
GATE 29	.20299994000E-04
GATE 30	.11099340009E-04
GATE 31	.32082515737E-02
GATE 32	.44328228116E-03
GATE 33	.29997000100E-03
GATE 34	.43308006103E-03
GATE 35	.78470000982E-07
GATE 36	.51840000000E-05
GATE 37	.36997800030E-03
GATE 38	.10688931100E-03
GATE 39	.43299601000E-04
GATE 40	.13308998803E-03
GATE 41	.13300000166E-03
GATE 42	.14373718707E-15
GATE 43	.10688931100E-03
GATE 44	.90000000000E-07
GATE 45	.16644340000E-11
GATE 46	.95824791382E-07
GATE 47	.15000000000E-08
GATE 48	.66049000000E-07
GATE 49	.13308998803E-03
GATE 50	.90000000000E-07

```
*****
*
* CALCULATION OF THE PROBABILITY
*
*****
```

FAULT-TREE ANALYSIS
THE PROBABILITY OF THE HEAD EVENT
.18429702209E-13

출현했으므로 이들을 집중 관리하여 우선적으로 대체을 수립해야 한다.

표3. The Input Data for Cut Set, MCS, Pass Set and MPS

```

001: 161
002: 162          OCOM1
002:-164         -165
002: 168          OCOM2
002: 1610         -1611
002:-1612        -1613
002: 0110 .00030000 0111 .00200000
002: 1615         1616
002: 0112 .00003000-1617
002: 0113 .00001200 0114 .00001200
002: 1618         -1619
002:-1620        0118 .00030000
002: OCOM3        -1621
002:-1623        1624
002: 1625         0121 .00010000
002:-1626        -1627
002:-1628        0122 .00003000
002: 0125 .00006000-1629
002: 0126 .00050000 1630
002:-1631        -1632
002: OCOM5        -1634
002: 0127 .00000168 0128 .00010000
002: 1635         1636
002: 0129 .00000030 0130 .00002000
002: 0131 .03000000 OCOM4
004: 0132 .00300000-1638          0133 .00000200 0134 .00010000
002:-1639        0135 .00040000
002:-1640        0139 .00030000
002: 0140 .00059000-1641
002: 0141 .00720000 0142 .00072000
002: 1642         -1643
002: 0146 .00001330 0147 .00003000
002: 1644         0123 .00013300
002: 0123 .00013300 1645
002: 1646         1647
002: 0150 .00000689 0151 .00010000
002: 0152 .00030000 0153 .00030000
002: 0154 .00002520 1648
002: 0142 .00072000-1649
002: 0156 .00005000 0157 .00003000
002: 0158 .00025700 0159 .00025700
002: 1650         0123 .00013300
002: 0161 .00030000 0162 .00030000
    
```

표4. The Number of Minimal Cut Set

```

NUMBER OF MINIMAL CUT SET ... 67
110 111 COM1

125 126 131 COM4 132 146 COM1
125 126 131 COM4 132 147 COM1
125 126 131 COM4 132 135 COM1

125 126 131 COM4 142 161 162 156 157 146 COM1
125 126 131 COM4 142 123 156 157 146 COM1
125 126 131 COM4 142 161 162 156 157 147 COM1
125 126 131 COM4 142 123 156 157 147 COM1
    
```


Fault Tree Analysis(FTA)에 의한 Toluene 저장 Tank의 폭발해석

125	126	131	COM4	150	146	COM1				
125	126	131	COM4	151	146	COM1				
125	126	131	COM4	150	147	COM1				
125	126	131	COM4	151	147	COM1				
125	126	131	COM4	142	161	162	156	157	135	COM1
125	126	131	COM4	142	123	156	157	135	COM1	
125	126	131	COM4	150	135	COM1				
125	126	131	COM4	151	135	COM1				
125	126	131	COM4	133	146	COM1				
125	126	131	COM4	133	147	COM1				
125	126	131	COM4	133	135	COM1				
125	126	131	COM4	134	146	COM1				
125	126	131	COM4	134	147	COM1				
125	126	131	COM4	134	135	COM1				
129	126	131	COM4	132	146	COM1				
129	126	131	COM4	132	147	COM1				
129	126	131	COM4	132	135	COM1				
129	126	131	COM4	142	161	162	156	157	146	COM1
129	126	131	COM4	142	123	156	157	146	COM1	
129	126	131	COM4	142	161	162	156	157	147	COM1
129	126	131	COM4	142	123	156	157	147	COM1	
129	126	131	COM4	150	146	COM1				
129	126	131	COM4	151	146	COM1				
129	126	131	COM4	150	147	COM1				
129	126	131	COM4	151	147	COM1				
129	126	131	COM4	142	161	162	156	157	135	COM1
129	126	131	COM4	142	123	156	157	135	COM1	
129	126	131	COM4	150	135	COM1				
129	126	131	COM4	151	135	COM1				
129	126	131	COM4	133	146	COM1				
129	126	131	COM4	133	147	COM1				
129	126	131	COM4	133	135	COM1				
129	126	131	COM4	134	146	COM1				
129	126	131	COM4	134	147	COM1				
129	126	131	COM4	134	135	COM1				
130	126	131	COM4	132	146	COM1				
130	126	131	COM4	132	147	COM1				
130	126	131	COM4	132	135	COM1				
130	126	131	COM4	142	161	162	156	157	146	COM1

130	126	131	COM4	142	123	156	157	146	COM1	
130	126	131	COM4	142	161	162	156	157	147	COM1
130	126	131	COM4	142	123	156	157	147	COM1	
130	126	131	COM4	150	146	COM1				
130	126	131	COM4	151	146	COM1				
130	126	131	COM4	150	147	COM1				
130	126	131	COM4	151	147	COM1				
130	126	131	COM4	142	161	162	156	157	135	COM1
130	126	131	COM4	142	123	156	157	135	COM1	
130	126	131	COM4	150	135	COM1				
130	126	131	COM4	151	135	COM1				
130	126	131	COM4	133	146	COM1				
130	126	131	COM4	133	147	COM1				
130	126	131	COM4	133	135	COM1				
130	126	131	COM4	134	146	COM1				
130	126	131	COM4	134	147	COM1				
130	126	131	COM4	134	135	COM1				
125	126	131	COM4	121	COM1					
129	126	131	COM4	121	COM1					
130	126	131	COM4	121	COM1					

3. 패스셋 및 최소 패스셋

표 3 과 같은 입력자료표에 의거 입력시켰을 때 패스셋 및 최소 패스셋이 각각 70 개로 나타났으며 여기에서는 지면 관계로 생략하기로 한다. 최소 컷셋과 마찮가지로 70 개의 최소 패스셋별 확률을 구해야 하지만 컴퓨터의 용량 부족으로 확률을 계산하지 못했다.

그러나 최소 패스셋을 활용하여 각 부문별로 안전 점검표를 작성하고 현장에서 안전작업으로 활용하면 해당 시스템의 신뢰성이 확보되기 때문에 유용한 자료가 된다. 또한 최소 패스셋 중에서 기본사상의 출현 횟수는 표 6 과 같다. 기본사상 42 개 중에서 123 이 50 회, COM5, 139, 127, 과 128 이 각각 40 회로 나타났으므로 이들이 신뢰성이 높은 것으로 보면 된다.

표 5. The Number of Occurrence for Events in MCS

NUMBER OF TERMINAL	COUNT	
110	1	24
111	1	
COM1	67	
125	22	
126	66	
131	66	
COM4	66	
132	9	
146	21	
147	21	
135	21	
142	18	
161	9	
162	9	
156	18	
157	18	
123	9	
150	9	
151	9	
133	9	
134	9	
129	22	
130	22	
121	3	

표 6. The Number of Occurrence for Events in MPS

NUMBER OF TERMINAL	COUNT	
TERMINAL : 112	COUNT :	42
TERMINAL : COM3	COUNT :	8
TERMINAL : 140	COUNT :	2
TERMINAL : 141	COUNT :	4
TERMINAL : 122	COUNT :	8
TERMINAL : COM2	COUNT :	9
TERMINAL : 142	COUNT :	10
TERMINAL : 123	COUNT :	50
TERMINAL : 154	COUNT :	2
TERMINAL : 158	COUNT :	2
TERMINAL : 159	COUNT :	2
TERMINAL : 113	COUNT :	1
TERMINAL : 114	COUNT :	1
TERMINAL : 110	COUNT :	30
TERMINAL : 125	COUNT :	6
TERMINAL : 129	COUNT :	6
TERMINAL : 130	COUNT :	6
TERMINAL : COM5	COUNT :	40
TERMINAL : 152	COUNT :	20
TERMINAL : 139	COUNT :	40
TERMINAL : 127	COUNT :	40
TERMINAL : 128	COUNT :	40
TERMINAL : 153	COUNT :	20
TERMINAL : 126	COUNT :	6
TERMINAL : 131	COUNT :	6
TERMINAL : COM4	COUNT :	6
TERMINAL : 118	COUNT :	20
TERMINAL : 132	COUNT :	30
TERMINAL : 150	COUNT :	30
TERMINAL : 151	COUNT :	30
TERMINAL : 133	COUNT :	30
TERMINAL : 134	COUNT :	30
TERMINAL : 121	COUNT :	36
TERMINAL : 161	COUNT :	6
TERMINAL : 162	COUNT :	6
TERMINAL : 156	COUNT :	6
TERMINAL : 157	COUNT :	6
TERMINAL : 146	COUNT :	6
TERMINAL : 147	COUNT :	6
TERMINAL : 135	COUNT :	6
TERMINAL : 111	COUNT :	30
TERMINAL : COM1	COUNT :	1

IV. 결 론

우리나라는 경제발전과 더불어 원하지 않는 사고에 의하여 인적, 물적 손실이 매년 증대되어 그 피해는 막대하였다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 정확한 원인 분석과 위험성의 사전 예측이 선행되어야 한다. 이러한 방법중에서 연역적이고 보편화된 FTA를 이용하여 석유화학 플랜트의 톨루엔 저장 탱크의 폭발 사고를 해석하고 대책을 제시함으로써 안전관리의 과학화를 도모하고자 한다.

본 연구에서 얻는 결론은 다음과 같다.

1) 정상사상의 폭발 사고 확률은 1년에 1.595×10^{-8} 으로 나타났으므로 탱크가 폐기 처분될 때 까지 폭발이 일어날 위험성은 거의 없는 것으로 판명되었다. 다만, 게이트 6과 게이트 7이 1개월에 8.8이므로 이에 대한 집중 관리가 요망된다.

2) 최소 컷셋은 67개로 나타났으며 각 셋 별로 사고 발생 확률을 계산하여 확률이 높은 순으로 집중 관리해야 하나 본 연구에서는 생략했다. 다만 COM 1이 67회, 기본사상 126, 131, COM 4가 66회 출현했으므로 이를 집중 관리해야 한다.

3) 최소 패스셋은 70개로 나타났으며, 각 셋 별로 확률을 계산해야 하나 본 연구에서는 생략하였다. 그러나 최소 패스셋을 활용하여 안전 점검표를 작성하면 매우 유용한 자료가 된다. 또한 기본사상의 출현 횟수는 123이 50회, COM 5, 139, 127과 128이 각각 40회로 가장 높게 나타났으므로 이들이 신뢰성이 높다.

참 고 문 헌

1. 노동부, '86 산업재해분석, 노동부, pp5-6 1987.
2. Heinrich, H.W and Grannis, E.R. Industrial Accident Prevention, McGraw-Hill, pp.16-17, 1959.
3. McElroy, Frank E., Ed., Accident Prevention Manual for Industrial Operation: Administration & Programs, 8th ed., National Safety Council, pp93-98, 1982
4. Malasky, Sol.W., System Safety; Technology and Application, Garland STPM Press, pp.197-211, 1982

5. Roland, H.E. and Moriarty, Brian, System Safety Engineering and Management, John Willey & Sons, pp. 9-15, 1983
6. 井上威恭, FTA 安全工學, 日刊工業新聞社, pp. 48-50, 1984.
7. 윤조덕, Fault Tree Analysis를 응용한 프레스 안전사고의 체계적 분석, 서울대 대학원 석사학위 논문, pp. 49-51, 1980
8. V.S. Nuclear Regulatory Commission, WASH-1400(NVREG-75/104)