

**B-18**

## 도시가스 공급배관에서의 타공사에 의한 가스사고 위험성 평가

고재선, 김 효  
서울시립대학교 화학공학과

### Risk Analysis of Natural Gas Accidents on the Supplying Pipelines due to the 3rd party Constructions.

**Ko Jae-Sun, Kim Hyo**  
*Department of Chemical Engineering University of Seoul*

#### 1. 서론

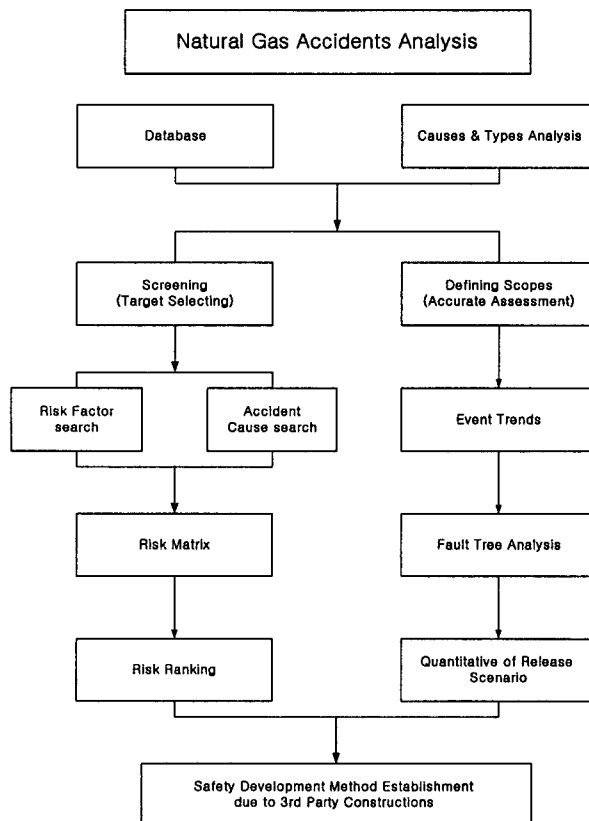


Fig 1. Safety Establishment Method Plot for the Natural Gas supplying pipes for the Third Party Constructions.

## 2. 본문

### 2-1 가스사고 발생현황

Table 1. Present Condition Comparative of City Gas vs Third Party Construction Accidents.

Classification	Year											
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	T
City GAS Accidents	27	22	23	41	264	184	137	84	26	21	18	829
Third Party Construction Accidents	9	6	8	13	57	20	30	18	4	6	6	177
Total	32	30	31	54	321	214	167	102	30	27	24	1006
Weighting Rate(%) of Third Party Construction Accidents	28.1	20.0	25.8	24.0 7	17.7	9.3	17.9	17.6	13.3	22.2	25.0	17.5

Table 2. Types of third party constructions and their accident frequency.

NO	Classification	Year											Total
		91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	
	Total Accidents	91	103	97	136	577	576	477	397	224	176	170	3,024
1	Electricity & Communication	-	-	-	3	4	2	2	3	-	-	-	14
	Feequency	-	-	-	2.20 E-2	6.93 E-3	3.47 E-3	4.19 E-3	7.55 E-3	-	-	-	4.62 E-3
2	Water Service	2	3	2	-	18	10	12	3	1	2	1	54
	Feequency	2.19 E-2	2.91 E-2	2.06 E-2	-	3.11 E-2	1.73 E-2	2.51 E-2	7.55 E-3	4.46 E-3	1.13 E-2	5.88 E-3	1.78 E-2
3	Subway & Subroad	3	2	4	6	24	1	8	8	2	1	-	59
	Feequency	3.29 E-2	1.94 E-2	4.12 E-2	4.41 E-2	4.15 E-2	1.73 E-3	1.67 E-2	2.01 E-2	8.92 E-3	5.68 E-3	-	1.95 E-2
4	New Build, Rebuild & Other	4	1	2	4	11	7	8	4	1	3	5	50
	Feequency	4.39 E-2	9.70 E-3	2.06 E-2	2.94 E-2	1.90 E-2	1.21 E-2	1.67 E-2	1.01 E-2	4.46 E-3	1.70 E-2	2.94 E-2	1.65 E-2
5	Total	9	6	8	13	57	20	30	18	4	6	6	177
	Feequency	9.89 E-2	5.82 E-2	8.24 E-2	9.55 E-2	9.87 E-2	3.47 E-2	6.28 E-2	4.53 E-2	1.78 E-2	3.40 E-2	3.52 E-2	5.85 E-2

2-2. 정성적 분석 (Qualitative Analysis)

Table 3. Summary of Preliminary Hazard Analysis

NO	Item	No. of scenarios to risk rank				
		1	2	3	4	Total
1	Subway & Subroad	-	5	7	47	59
2	Water Service	-	1	-	53	54
3	Electricity & Communication	-	2	-	12	14
4	New Build	-	2	8	40	50
	Total	-	10	15	152	177

Table 4. Scoring Metrix from Four Types of Third Party Construction Accidents.

Scoring Accident Type	Pi	SRi	SF&Ei	LF&Ei	LRi
Subway & Subroad(S)	4	4	3	2	1
Water Service(W)	3	4	2	3	1
New Build / Rebuild(B)	2	4	3	2	1
Electricity & Communication(E)	1	4	2	3	1

여기서

LR : Large Scale Release, SR : Small Scale Release,  
 LF&E : Large Fire & Explosion, SF&E : Small Fire & Explosion

◇ 사고발생의 잠재적 영향에 대한 Risk 산정식

$$RISK = \sum_{i=1}^4 P_i(SR_i + SFE_i + GR_i + GFE_i)$$

$$S(R) = [(S \times P_i)(S \times SR_i + S \times SFE_i + S \times GR_i + S \times GFE_i)]$$

$$W(R) = [(W \times P_i)(W \times SR_i + W \times SFE_i + W \times GR_i + W \times GFE_i)]$$

$$N(R) = [(B \times P_i)(B \times SR_i + B \times SFE_i + B \times GR_i + B \times GFE_i)]$$

$$E(R) = [(E \times P_i)(E \times SR_i + E \times SFE_i + E \times GR_i + E \times GFE_i)]$$

3. 타공사시 누설 사건수목의 정량화 및 사고결과 분석

◇ 누출원향(Release Source Term)

가스 누출 시나리오가 소규모, 대규모 누출사고 및 단기간, 장기간 누출사고로 구분하여 분석하였고, 소규모 가스의 누출은 지름 0.3cm, 대규모 누출은 직경 5cm의 원형구멍이

발생한 것으로, 장기간 가스의 누출은 60분간, 단기간 가스누출은 2분간 누출이 발생한 것에 근거하여 분류하였다. 누출시 압력은 각 시스템의 운전압력을 고려하여 1 kg/cm<sup>2</sup>G, 5 kg/cm<sup>2</sup>G, 10 kg/cm<sup>2</sup>G로 가정하였으며, 가스누출의 위치는 지형의 정도를 표현하는 Roughness 는 지상 1m로 가정하였다.

### 3-1. 누출사고 추이도 및 사건수목

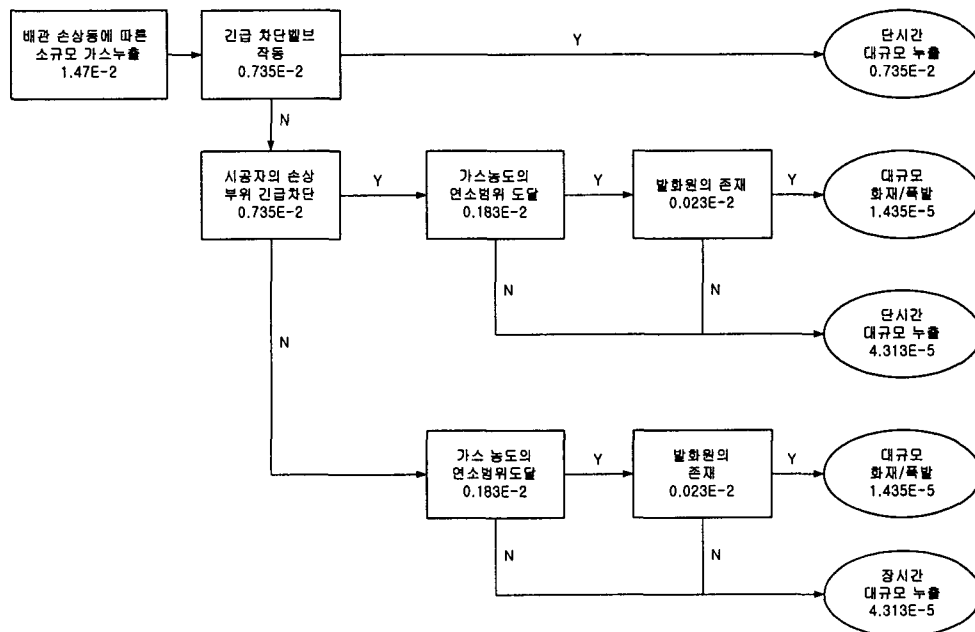


Fig 2. Release accident trend due to Third Party Constructions.

소규모누출 (배관손상)	긴급차단 밸브 작동	작업자의 손상부위 긴급차단	가스농도의 연소범위 미도달	발화원 없음	번호	최종상태	빈도
1.47×10 <sup>-2</sup>	0.735×10 <sup>-2</sup>	0.735×10 <sup>-2</sup>	0.183×10 <sup>-2</sup>				
					1	단시간 대규모 누출	0.735×10 <sup>-2</sup>
					2	대규모 화재폭발	1.435×10 <sup>-5</sup>
					3	단시간 대규모 누출	4.313×10 <sup>-5</sup>
					4	단시간 대규모 누출	4.313×10 <sup>-5</sup>
					5	대규모 화재폭발	1.435×10 <sup>-5</sup>
					6	장시간 대규모 누출	4.313×10 <sup>-5</sup>
					7	장시간 대규모 누출	4.313×10 <sup>-5</sup>

Fig 3. Release event trend due to Third Party Constructions.

3-2. 누설 사건수목의 정량화 결과

◇ Frequency Analysis

Table 5. Quantitative Consequence of Release Event.

Yr	Classified Items[Frequency(10-2)]																				T
	Subway & Subroad(59)				Water Service(54)				Electricity & Communication (14)				New Build & Rebuild(50)				Other(0)				
	LR	SR	L FE	S FE	LR	SR	L FE	S FE	LR	SR	L FE	S FE	LR	SR	L FE	S FE	LR	SR	L FE	S FE	
1991 (91)	-	2	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	9
F	-	2.19	1.09	-	-	1.09	1.09	-	-	-	-	-	-	3.29	1.09	-	-	-	-	-	9.89
1992 (103)	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	6
F	-	1.94	-	-	-	2.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.97	-	-	-	-	5.82
1993 (97)	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	8
F	-	2.06	-	2.06	-	2.06	-	-	-	-	-	-	-	2.06	-	-	-	-	-	-	8.24
1994 (136)	-	3	1	2	-	-	-	-	-	2	1	-	-	3	-	1	-	-	-	-	13
F	-	2.20	0.73	1.47	-	-	-	-	-	1.47	0.73	-	-	2.20	-	0.73	-	-	-	-	9.55
1995 (577)	-	22	1	1	-	18	-	-	-	4	-	-	-	6	-	5	-	-	-	-	57
F	-	3.81	0.73	0.17	-	3.11	-	-	-	0.69	-	-	-	1.03	-	0.86	-	-	-	-	9.87
1996 (576)	-	1	-	-	-	10	-	-	-	1	1	-	-	6	-	1	-	-	-	-	20
F	-	0.17	-	-	-	1.73	-	-	-	0.17	0.17	-	-	1.04	-	0.17	-	-	-	-	3.47
1997 (477)	-	4	2	2	-	12	-	-	-	2	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	30
F	-	0.8	0.42	0.42	-	2.51	-	-	-	0.42	-	-	-	1.67	-	-	-	-	-	-	6.28
1998 (397)	-	8	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	18
F	-	2.01	-	-	-	0.76	-	-	-	0.76	-	-	-	1.01	-	-	-	-	-	-	4.53
1999 (224)	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
F	-	0.89	-	-	-	0.45	-	-	-	-	-	-	-	0.45	-	-	-	-	-	-	1.78
2000 (176)	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	6
F	-	0.57	-	-	-	1.13	-	-	-	-	-	-	-	1.70	-	-	-	-	-	-	3.41
2001 (170)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	6
F	-	-	-	-	-	0.59	-	-	-	-	-	-	-	2.94	-	-	-	-	-	-	3.53
T 3024	-	47	5	7	-	53	1	-	-	12	2	-	-	40	2	8	-	-	-	-	177
F	-	1.55	0.17	0.23	-	1.75	0.03	-	-	0.39	0.06	-	-	1.32	0.06	0.26	-	-	-	-	5.85

◇ Consequence Analysis(Large Scale Short Term)

Table 6. Accident analysis consequences for release scenarios.(PHAST)

Operating Pressure	Accident Type	Release Temperature	Atmosphere Temperature	Ground Temperature	Release Time	Wind Speed	Release Rate	Atmosphere Stability
70 kg/cm <sup>2</sup> G	Hole 2.027 E-3 m <sup>2</sup>	0 °C	30 °C	25 °C	60min	0.9m/s	1.66E kg/s	F
Max(Min) Effect Diameter		Radiation Heat (KW/m <sup>2</sup> )		Fileball (m)		Over pressure (bar)		Effect Distance (m)
600m(25m))		4		418.80		0.0207		810.20
		14.5		243.40		0.1379		209.80
		37.5		137.10		0.2068		162.30

#### 4. 결론

현재까지 타공사 시행시 안전사고는 안전수칙 미준수, 사전 홍보미비, 취급부주의 및 가스의 물성등에 대한 무지에서 발생하였다. 또한 이러한 사고를 사전에 예방하기 위해 사고유형과 빈도를 예측하는데 필요한 정확한 데이터베이스 구축이 이루어지지 않고 있어 타공사에 의한 예상 사고시나리오 작성 및 사고결과분석에 어려움이 크다. 따라서 타공사 중 일반 배관손상 데이터 수집과 가스 배관 손상에 대한 경험데이터 수집의 결합에 의한 신뢰성 있는 데이터베이스 수립과 지속적인 관리가 절실하다.

- (1) 지하배관 상호간의 신뢰도(Reliability)분석 및 표준화
- (2) 시공자에 의한 인적오류분석(Human Error Analysis)
- (3) 타공사 관리에 대한 프로그램 개발 및 정보망 구축
- (4) 도시가스배관 TM(Trouble Memo)의 Code화
- (5) 천연가스 누출사고 결과 분석을 위한 타공사별 확산모델의 수립
- (6) 기타 도시가스 안전성 확보를 위한 체계적이고 지속적인 교육 및 홍보

#### 참고문헌

1. B.Cane, Risk Based Inspection of Process plant, private communication, 1996.
2. P. Hopkins, "Risk Management and Operation of a Gas Transportation Network", International Conference on Pressure System : Operation and Risk Management 1995.
3. 윤기봉 외, "노후 취약설비의 정밀진단 및 수명평가", 한국전력 기술연구원, 1993.
4. 김효 외, "인수기지 방재시스템 진단 및 평가에 관한 연구", 한국가스공사, 1995.