KIGAS Vol. 22, No. 5, pp 100~106, 2018
(Journal of the Korean Institute of Gas)
https://doi.org/10.7842/kigas.2018.22.5.100

산업단지 고압매설배관 안전관리 향상방안 연구

최현웅*・이동민・†김진준*
호서대학교 안전환경기술융합학과, *호서대학교 수소에너지안전기술공학과
(2018년 10월 1일 접수, 2018년 10월 24일 수정, 2018년 10월 25일 채택)

A Study on the Safety Management of High Pressure Underground Pipeline in Industrial Estate

Hyun-Woog Choi・Dong-Min Lee・†jin-jun Kim
Dept. of Convergence Technology for Safety and Environment, Hoseo University
**Dept. of Hydrogen Energy and Safety Technology Engineering, Hoseo University*
(Received October 1, 2018; Revised October 24, 2018; Accepted October 25, 2018)

요 약

국내산업단지 내 고압 매설배관은 장기사용배관이 많고 독성・가연성・불활성 등 고압가스는 물론 다양한 유해화학물질이 한도로 내에 복잡하게 매설되어있어 다양한 타공사 등 사고 발생 시 인접하여 매설된 다른 배관에 손상을 미칠 수 있어 높은 수준의 안전관리가 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 고압가스매설배관과 도시가스매설배관 안전관리실태를 심층비교분석을 통하여 고압가스 매설배관의 효율적인 안전관리방식 도출에 활용하고자한다.

Abstract - pressure buried pipes in domestic industrial estate have many long-term use pipes, Toxic, flammable, Inflammable, etc. as well as a variety of toxic chemicals are embedded in a complex be buried, A high level of safety management is required as it can damage other pipes installed nearby in the event of accidents such as various external interference.

Therefore, in this study, the safety management practices of high-pressure gas distribution and urban gas distribution are utilized to derive efficient safety management methods for high-pressure gas installation piping through in-depth comparative analysis.

Key words : External Interference, High-Pressure Gas, Industrial Estate

I. 서 론

산업단지 고압매설배관은 독성・가연성・불활성 등 고압인 상태로 산업단지 내 다른 유해화학물질과 함께 같은 방향의 도로상에 그물망처럼 분포되어 매설배관관리가 어렵다.

실제로 지난 9월 13일 오후 11시45분 울산 산업단지 내 지하 스팀배관이 폭발하면서 도로가 파이고, 인접 암모니아 파이프가 휘인 사고가 발생하여 그 심각성을 일깨워 준 바 있다.

†Corresponding author:jjkim218@gmail.com
Copyright ⓒ 2018 by The Korean Institute of Gas

매설배관사고는 크게 타공사, 시공결함, 부식, 지반이동, 기타 등으로 구분되어지며, 시공결함은 상주시공감리제도 도입으로, 부식은 코팅배관사용 및 전기 방식으 로, 지반이동은 내진설계 등으로 안전관리가 되고 있다.

타공사 사고는 예측이 불가능한 우연적 사고가 많아 지속적인 관리가 필요하다.

한국가스안전공사 굴창정보지원센터의 타공사 시 배관정보지원으로 타공사 사고가 많이 감소하였으며 또한 이를 예방하기 위하여 산업단지내의 자사배관에 대해 사고발생 빈도를 낮추기 위해 자율적인 순찰점검이 이루어지고 있다.

따라서, 산업단지 고압매설배관의 안전성제고를

위하여 산업단지 고압매설배관과 도시가스 매설배관의 안전관리 방식을 심층비교분석 한다.

Ⅱ. 산업단지 매설배관 및 도시가스 매설배관 안전 관리 실태 비교

2.1 산업단지 고압매설배관 현황

2.1.1 고압가스 매설배관

한국가스안전공사 굴착정보지원센타의 자료에따르면 산업단지 고압매설배관길이는 2016년말 기준으로 약 916km이다 Fig 1. 에서 보는바와 같이 울산과 여수산업 단지의 배관길이 775km중 15년이상 된 배관은약524km로 약67%가 2001년 9월 법적 검사원이 전 구간 입회하는 엄격한 상주시공감리 제도 도입전에 시공된 장기사용 배관이다.

도시가스 매설배관의 노후정도를 비교하기 위하여 도시가스협회의 연도별 매설배관 분포 현황에 따라 살펴보면 2016년도 말 기준 42,712km 2001년도 말 기준 19,512km 임으로 산업단지 배관과 비교한 배관 노후도는 45%로 다소 낮게 나타났다. 그럼에도 불구하고 중압배관은 20년 이상배관을 대상으로 매 5년마다, 고압배관은 15년 이상배관을 대상으로 매 5년마다 정밀안전진단을 실시하고 있다.

2.1.2 도시가스 및 산업단지 매설배관 관경 비교

한국도시가스협회 "2016년 설비현황 데이터"에 따르면 도시가스 매설배관의 관경은 Fig.3와 같이 50A미만 ~ 500A이상으로 구분하여 배관연장길이를 나타내고 있다. 도시가스의 공급관에서 많이 사용하고 있는 배관의 관경은 50A이상, 100A이상이며, 연장길이는 각 7,239km, 11,822km, 로 나타났다.

산업단지 고압매설배관의 경우 KGS "산업단지 배관 현황 조사표"Fig.4와 같이 고압가스배관 관경은 100A미만 ~ 350A이상으로 구분하여 사용하고 있다.

100A이상, 150A이상배관이 가장 많이 사용하고 있으며, 각 배관 길이는 145km, 139km로 나타났다.

산업단지별 고압배관 분포길이[km], (2016.12.31 기준)					
	15년 미만	15년 이상 20년 미만	20년 이상 30년 미만	30년 이상	총 길이[km]
울산	230.491	62.699	296.798	70.090	660.078
여수	21.895	13.133	73.580	7.000	115.608
대산	22.183	-	1.485	-	23.668
기타	72.599	10.720	33.905	-	117.224
합 계	347.168	86.552	405.768	77.090	916.578

Fig. 1. Distribution of buried pipes by major industrial complexes in Korea.

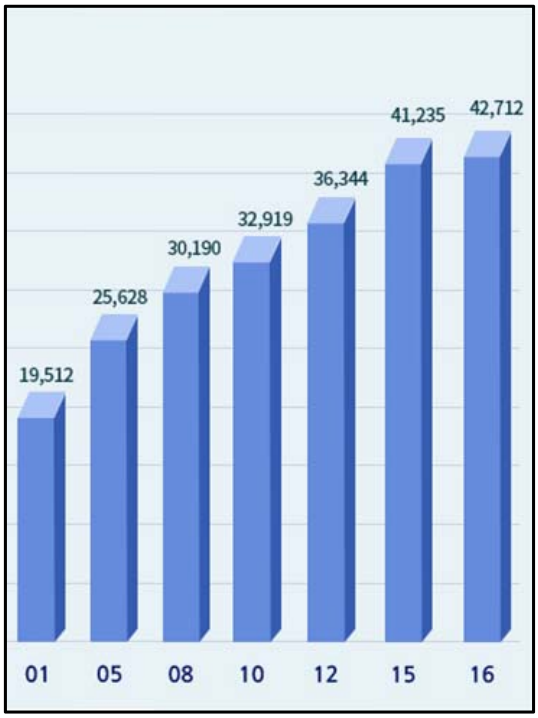

Fig. 2. City gas pipeline status.

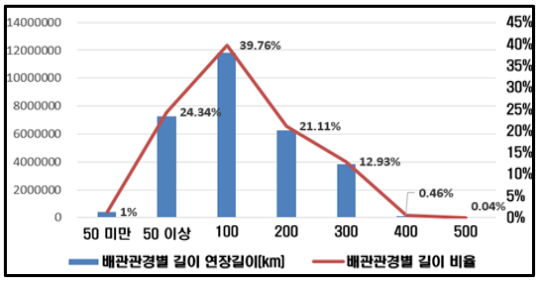

Fig. 3. Diameter of City gas pipe line.

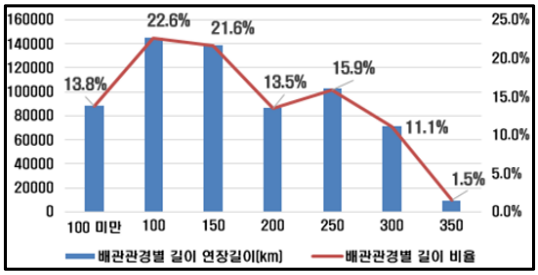

Fig. 4. Diameter of Industrial complex high pressure piping.

도시가스에서 가장 많이 사용하고 있는 배관 종류는 SPPG 210, 관경은 50A~100A, 두께는 4.5, 4.85mm였으며, 산업단지에서 가장 많이 사용하는 배관종류는 API 5L Grade.B, 관경 100A~150A, 두께 6.0, 7.1mm로 조사되었다. [7]

조사된바와 같이 가장 많이 사용하고 있는 배관 크기 및 두께를 적용해서 타공사 등으로 인한 타격 시 천공빈도를 KGS 천공빈도 프로그램을 사용하여 비교해보았다.

도시가스 매설배관에서 굴착 시 천공이 발생할 확률은 Table 1,2와 같이 각 0.4038, 0.3679로 나타났고, 산업단지 고압매설배관에서는 0.1255, 0.0735로 나타났다.

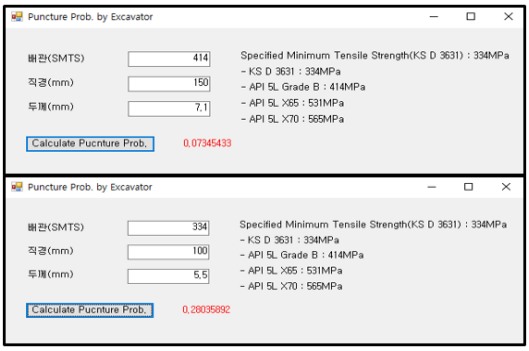

Fig. 5. Frequency of drilling.

Table 1. Frequency of boring high-pressure buried pipe in industrial complex during excavation

Type of piping	Diameter(A)/ Thickness(mm)	Probability value
API 5L Grade.B	100/6.0	0.1255
	150/7.1	0.0735

Table 2. Frequency of city gas buried piping drilling at excavation

Type of piping	Diameter(A)/ Thickness(mm)	Probability value
SPPG 210	50/4.5	0.4038
	100/4.85	0.3679

산업단지 고압매설배관은 도시가스 매설배관에 비해 대체로 크고 두꺼우며, 배관 타격 시 천공 확률은 도시가스 매설배관이 약 3~5배로 높게 나타났다.

2.2 배관 사고 현황

국내는 국외에 비해 산업화가 늦게 시작되어 가스배관의 운영기간이 전반적으로 길지 않아, 배관 사고 데이터가 부족하다. 이를 체계적으로 관리하여 신뢰할 만한 데이터를 확보하기 위해 국외 매설배관 현황(유럽)을 살펴보고, 국내 산업단지와 비교분석을 하였다.

2.2.1 유럽 배관 사고 현황

유럽은 EGIG(European Gas pipeline Incident data Group)라는 배관사고 데이터를 수집하는 기관으로 총16개 국가에서 17개 회사가 EGIG에도하지 않은 가스 누출에 관한 데이터를 제공하여 배관 관리를 수행하고 있다.

배관 사고 원인 상세기준으로는 의도하지 않은 가스 누출로 인한 배관 사고, 배관은 강관, 육상에서 사용하는 것, 최대운전압력 15bar 초과하는 경우로 분류하고 있다. Table 3과 같이 배관의 위험성 평가를 위해 고려된 EGIG 9차 보고서의 사고 빈도 데이터는 전체 기간의 사고 빈도에 대해서 자세한 데이터를 제공하고 있다.

EGIG보고서에는 약 50년간 배관 사고에 관한 데이터와 명확한 사고 빈도 값을 제시 · 기준하고 있다.

Table 3. Total accident frequency data by EGIG period

Period	Number of accidents	Frequency of accidents (1,000 km·yr)
1970 - 2007	1173	0.372
1970 - 2010	1249	0.351
1970 - 2013	1309	0.329
1974 - 2013	1179	0.307
1984 - 2013	805	0.249
1994 - 2013	426	0.177
2004 - 2013	209	0.157
2009 - 2013	110	0.158

반면에 국내 타공사 사고 등의 배관 사고 데이터가 유럽에 비해 부족한 실정이다.

EGIG보고서를 참고하여 유럽의 타공사 사고 데이터와 국내 도시・고압가스의 배관 사고 데이터를 비교하였고, 이를 통해 사고빈도를 분석해보았다.

EGIG보고서에는 직경이 큰 배관일수록 사고빈도가 낮고, 직경이 작은 배관에서는 rupture나 hole과 같은 사고가 발생하고 있다. rupture와 hole은 주로 타공사에 의해 발생하고 있으며, Table 4와 같이 기간별로 타공사 사고 발생 빈도를 조사하였다. [1]

2.2.2 국내 배관 타공사 사고 현황

국내 산업단지 및 도시가스의 타공사 사고현황을 조사하였다. Fig. 6과 같이 2005년부터 2016년까지 타공사 사고는 총 55건으로 도시가스 사고 50건, 산업단지 고압가스 사고는 5건으로 발생하였다. [6]

2016년 기준으로 도시가스의 총 배관길이는 42,11km, 산업단지 고압가스배관은 916km으로 아래수식.에 따라 사고빈도를 산출하였다.

$$\frac{\text{총사고건수(건)}}{\text{총배관길이}(km)} \times year = \text{사고빈도} \quad (1000km^{-1} \cdot year^{-1})$$

Table 4. Total third party damage frequency data by EGIG period

Period	Number of third party damage	Frequency of third party damage (1,000 km·yr)
1970 - 2010	603	0.1700
1981 - 2010	425	0.1411
1991 - 2010	216	0.958
2001 - 2010	88	0.0712

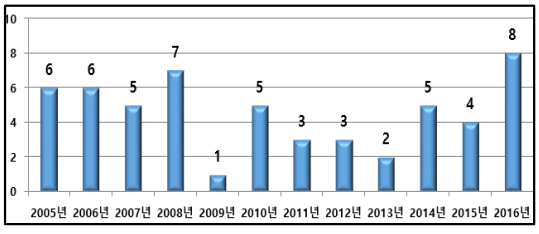

Fig. 6. Number of other construction accidents by year (city gas, high-pressure gas).

도시가스와 산업단지 고압가스 배관의 타공사 사고빈도는 아래와 같이 1000km/년 당 각 0.0975, 0.455로 산출하였다.

- $\frac{50}{42,711} \times year = 0.0975$ $(1000km^{-1} \cdot year^{-1})$
- $\frac{5}{916} \times year = 0.455$ $(1000km^{-1} \cdot year^{-1})$

도시가스 배관과 산업단지 고압가스배관 타공사 사고빈도를 비교해보았을 때, 산업단지 고압가스배관이 도시가스배관 사고빈도에 비해 약 5배정도 높게 나타났다.

이와 같은 이유는 산업단지 고압가스배관이 도시가스에 비해 짧은 관찰길이와 타공사 사고 횟수가 높기 때문에 사고빈도 값 역시 높게 나타났다. 산업단지 내에는 독성, 가연성 등의 위험한 가스를 다루고 있어 사고 발생 시 큰 위험사고를 야기 시키므로, 철저한 안전관리가 필요하다고 사료된다.

2.3 매설배관 기준 비교

2.3.1 시공 기준

(1) 배관 매설 깊이

고압가스 배관 매설깊이와 도시가스 배관 매설깊이는 아래와 같이 기준을 두고 있다.

도시가스 배관을 매몰 설치 할 때는 KGS Code "KGS FS551 2018"기준에 따라 폭8m이상 도로에서는 1.2m이상, 다만 최고사용압력이 저압인 배관에서 분기배관은 1m이상이다.

폭4m이상 8m미만도로에서는 1m이상. 다만 300A 미만 최고 압력이 저압인 배관은 0.8m이상으로 할 수 있다.

고압가스 배관 매설깊이는 KGS Code"KGS FP112 2017 기준"에 따라 지표면으로부터 배관의 외면까지 매설깊이는 산이나 들에서는 1m이상 그 밖의 지역에서는 1.2m이상으로 한다. [2, 5]

Table 5. Depth of buried piping buried depth

Division	Depth of industrial complex piping	City gas pipeline burial depth
Based on depth of burial	1.2m or more	0.8m ~ 1.0m
Actual depth of burial	1.2~2.0m	0.8~1.0m

Table 6. How to display buried piping

Indication of piping buried in industrial complex	Indication of piping buried in city gas
Installed one per 500m of pipe length	Installed one per 50m of pipe length
Installed on the edge of the road	Installed on the ground directly above the piping

상기기준으로 도시가스 배관은 주로 0.8~1.0m산업단지 배관은 1.2m이상 유지하도록 하고 있다.실제로"KGS 산업단지 배관 현황 조사표"에 따르면 울산 산업단지 배관 376개, 여수 산업단지 43개에 대해 매설깊이를 분석한 결과, 1.2m~2.0m까지 매설깊이 기준보다 더 깊고, 다양하게 매설되어 있었으며, 파악이 되지 않은 미상배관도 존재하고 있다.

(2) 매설배관 표시방법

매설된 배관의 표시는 설치되어 있는 경로에 따라 위치를 정확히 알 수 있도록 하여야 하고, 이를 통해 배관의 안전을 확보하기 위함에 있다.

KGS Code"KGS FP112 2017 기준"에 따르면 산업단지 고압매설배관의 표지판은 배관이 설치되어 있는 경로에 따라 배관의 위치를 정확히 알 수 있도록 하고, 지하에 설치된 배관은 500m 이하의 간격으로 설치하며, 배관의 위치를 알기 어려운 곳(굽어지는 곳, 분리되는 곳, 다른 가스배관과 교차되는 곳 등)에 대하여는 표지판을 추가로 설치한다.

Table 7과 같이 공동표지판은 고압가스의 종류, 설치 구역명, 배관설치(매설)위치, 신고처, 회사명 및 연락처 등을 명확하게 표기하여야 한다.[2, 5]

산업단지 내 매몰 위치를 알려주는 표지판의 경우 잦은 도로 및 부지 공사 등으로 인하여 쉽게 분실되고 있으며, 이에 매설배관에 대한 안전 점검원 제도가 도입되지 않고 있어, 표지판의 손 · 망실 여부확인이 어려운 것으로 여겨진다.

본 연구를 위하여 직접 표지사례점검결과 Fig. 7과 같이 매설배관에 대한 지상 표시가 미흡한 실정이다.

이에 반에 도시가스 매설배관은 "KGS FS551 2018"에 의하면 라인마크는 배관 길이 50m마다 1개 이상 설치하고, 주요 분기점 · 구부러진 지점 및 그 주위는 50m 이내에 설치한다.

도시가스 매설배관의 경우 안전점검원제도 도입으로 안전점검원이 유지관리를 주업무로 하고 있다.

Table 7. Examples of piping signs

Signs for high pressure gas piping in Area 00

High pressure gas piping is installed (buried) in this area as shown below. If you find gas leaks or other abnormalities, please notify us immediately or contact us.

Types of high-pressure gas	Location of piping viewed from the sign	Company name and contact information
00	0 Direction 0m Point	Company Name00 ☎00-0000
00	0 Direction 0m Point	Company Name00 ☎00-0000
00	0 Direction 0m Point	Company Name00 ☎00-0000

Fig. 7. Actual burial piping installation status.

(3) 보호판 및 보호포 설치기준

보호판 및 보호포 설치를 통하여 배관의 안전을 확보하고, 배관이 매설되어 있음을 명확하게 알 수 있도록 하며, 타공사 및 굴착공사로 인하여 배관에 손상이 가해지는 것을 막기 위함이다.

고압가스는 KGS Code "KGS FP112 2017"에 따라 보호판을 배관의 정상부로부터 30cm 이상 떨어진 배관 직상부에 설치하고 있으며, 도시가스는 KGS Code "KGS FP551 2018"에 따라 매설배관에 정상부 30cm에 보호판을 설치하고, 보호판 상부 30cm이상 떨어진 곳에 보호포를 설치하도록 하고 있다.

보호판의 경우 도시가스배관 매설 시 설치기준과 고압가스배관 매설 시 설치기준을 동일하게 규정하고 있으나, 보호포의 경우 도시가스배관 매설 시에만 기준을 규정하고 있다.

보호포는 배관 직상부에 설치하여 도시가스배관의 존재 유무를 알림으로써 굴착공사로 인한 사고를 방지할 수 있도록 하는 예방조치이다.

(4) 매설배관 점검 방법

도시가스 매설배관에서는'도법'에 따라 배관길이 15km마다 1명의 안전점검원을 선임하여 안전관리를 실시하고 있다. 안전점검원 업무로는 굴착공사 및 시설물 등을 관리・점검을 하고 있으며, 세부내용으로는 Table 8와 같다.

반면에, 산업단지 매설배관에서는 순찰 차량의 보유만 규정화 되어있고, 안전점검원 배치에 대하여 명확한 규정이 없어 각 사업체 별로 안전관리자를 선임하여 배관 관리를 하고 있다. 안전관리자는 배관 점검 업무 보다 일반적인 안전관리 업무를 수행하고 있어, 상대적으로 매설배관 관리가 소홀한 실정이다.

산업단지 매설배관의 경우 안전점검원제도 도입으로 도시가스 매설배관과 같은 체계적인 고압가스 매설배관 관리가 필요할 것으로 여겨진다.

2.5 산업단지 지역 굴착빈도 비교

주요 산업단지 지역인 울산과 여수의 도시가스 매설배관과 고압가스 매설배관의 굴착빈도를 비교분석을 하였고, 2009년부터 2017년까지 굴착공사 횟수와 총 관찰배관길이를 아래와 같은 수식을 통하여 굴착빈도를 도출하였고, Table 9,10과 같이 산출하였다.

$$\text{굴착빈도} = \frac{\text{총 굴착공사수}}{\text{총 관찰배관길이}} (\text{건}/km \cdot yr)$$

울산 지역에서 도시가스를 공급하는 공급배관2,024km에 대해 9년간 관찰한 총 관찰길이는 18,216km, 굴착공사 횟수는 65,287건, 굴착 빈도는 1Km・yr 당 3.5회로 나타났고, 울산 산업단지 고압가스배관의 길이는 약 653km 총 관찰 길이는 5,877km, 굴착공사 횟수는 10,629건, 굴착 빈도는 1Km・yr 당 1.8회로 조사되었다.

여수 도시가스배관의 총 관찰 길이는 2,385km, 굴착공사 횟수는 3,964건, 굴착 빈도는 1Km・yr 당 1.6회로 나타났고, 여수 산단 고압가스배관의 총 관찰 길이는 1,584km, 굴착공사 횟수는 290건, 굴착 빈도는 0.18회로 나타났다.

Table 11.과 같이 울산과 여수의 도시가스 및 고

Table 8. Detailed work of the safety inspector

Details work of the safety inspector
Excavation consultation and field visitation
1 time / day cycle inspection (Large / exposed piping site: 2 times / day)
Management of non agreemented construction site
Excavation one-call system management
Two-man patrol
Checking the location and status of the facilities attached to the pipeline
Confirm lost line mark
'Detection of third party damage signs

Table 9. Comparison of Excavation Frequency in Ulsan

Excavation Frequency in Ulsan (2009 ~ 2017Yr)				
Division	City gas		high-pressure	
	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)
Total	65,287	18,216	10,629	5,877
Excavation frequency	3.5840(No./km·yr)		1.8086(No./km·yr)	

Table 10. Comparison of Excavation Frequency in Yeosu

Excavation Frequency in Yeosu (2009 ~ 2017Yr)				
Division	City gas		high-pressure	
	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)
Total	3,964	2,385	290	1,584
Excavation frequency	1.6621(No./km·yr)		0.1831(No./km·yr)	

Table 11. Comparison of Excavation Frequency in Ulsan & Yeosu

Excavation Frequency in Ulsan & Yeosu(2009 ~ 2017Yr)				
Division	City gas		high-pressure	
	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)	Excavation work (No.)	Observation pipe length (km·year)
Total	69,251	20,601	10,919	7,461
Excavation frequency	3.3615 (No./km·year)		1.4634 (No./km·year)	

압가스 매설배관 전체 굴착빈도를 비교해보았을 때, 고압가스배관(1Km · yr 당 약 3.3회)이 도시가스배관(1Km · yr 당 1.4회)에 비해 약 2.3배 더 굴착빈도가 낮게 도출되었다. [4]

고압가스가 도시가스에 비해 굴착빈도가 낮은 이유는 도시가스는 인구밀집도가 높고 사용지역이 많아 총 관찰배관길이가 길며, 이에 따라 굴착공사 건수도 비례한다. 고압가스는 도시가스 사용지역에 비해 인구밀집도가 낮고 사용지역이 한정되어 있어 굴착빈도가 낮게 도출되었지만, 독성, 가연성 등 고압으로 사용하는 가스의 위험성이 존재하기에 주의를 기울어야 한다.

Ⅲ. 결 론

산업단지 고압매설 배관의 안전성 향상을 위하여 산업단지 고압매설배관과 도시가스 매설배관의 안전관리 실태를 심층 비교분석해 보았다.

산업단지 고압가스 매설배관과 도시가스 매설배관의 15년 이상 노후도를 비교해보면 산업단지 고압매설배관은 울산 · 여수지역 전체배관 775km의 524km로 67%이며 도시가스 매설배관은 42712km의 19512km이며 45%로 산업단지 매설배관이 노후도가 높다.

한국가스안전공사의 2005년부터 2016년까지 발생한 사고통계를 비교해보면 타공사 사고 빈도는 도시가스매설배관이 0.0975 (1000km^{-1}, year^{-1})로 Table 4.에 기재된 EGIG 빈도와 비슷하게 나타났지만, 산업단지 고압매설배관은 0.455 (1000km^{-1}, year^{-1})로 약 5배정도 높게 나타났다.

또한 산업단지 매설배관과 도시가스 매설배관으로 주로 많이 사용하는 재료 및 관경을 적용하여 타공사등으로 배관타격 시 천공이 발생할 확률을 비교하면 산업단지 배관이 도시가스 배관보다 관경이 크고 두꺼워 도시가스 배관이 3-5배로 높게 나타났다.

매설배관의 대한 지상표시방법으로 도시가스 매설배관은 매설배관 직상부에 50m마다 라인마크를 설치하는데 반해, 고압가스 매설배관은 500m마다 표지판을 배관설치도로변에 설치하고 있어 도시가스의 경우 안전점검원의 의무적인 점검관리와 비교하면 상대적으로 미흡하다.

매설배관의 굴착빈도는 울산지역의 산업단지와 경동도시가스 공급지역에서 굴착정보 지원센터의 굴착신고 건수로 비교결과 산업단지 매설배관 1.8건(km · year) 이고, 도시가스 매설배관 3.58건(km · year)로 산업단지 매설배관이 1/2정도 빈도가 낮다.

이상과 같이 타공사로 인한 배관손상 영향인자로 배관의 노후도 , 매설배관 지상 표시방법, 굴착빈도, 지하매설 배관에 대한 순찰방법 등의 자료를 활용하고, 타공사 위험 감소 전략에 따른 위험변화 비교분석을 통하여 산업단지 고압매설 배관 점검 모델을 마련하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2016년 에너지기술평가원 사업과제 “매설고압가스배관 신뢰도기반 설계 및 평가 시스템 개발; 과제번호20162220100030” 사업의 지원을 받아 수행하였음에 감사드립니다.

REFERENCES

[1] Europe, 9th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 - 2013)
[2] KGS code : 1)KGS FP111, 112, 511
[3] Ulsan Yeosu Industrial Complex Pipeline Status Index, Korea Gas Safety Corporation
[4] Ulsan, Yeosu pipe length and excavation frequency data, EOCS
[5] HIGH-PRESSURE GAS SAFETY CONTROL ACT, Reliable Ministry of Government legislation
[6] "Gas accident yearbook 2016", Korea Gas Safety Corporation, 2017
[7] "Annual City Gas Statistics", Korea City Gas Association, 2017
[8] "Energy Statistics Yearbook 2015", Energy Economics Institute, Ministry of Trade, Industry and Energy, 2016