



LP 가스 배관의 누출부로부터 점화가능 거리에 관한 연구

†류영돈 · 김영구 · 조영도

한국가스안전공사 가스안전연구원

(2017년 9월 13일 접수, 2017년 10월 18일 수정, 2017년 10월 19일 채택)

A Study on the Ignition Distance from a Leakage Point of the LP Gas Pipe

†Young-Don Ryou · Young-Gu Kim · Young-Do Jo

Korea Gas Safety Corporation

(Received September 13, 2017; Revised October 18, 2017; Accepted October 19, 2017)

요약

「도시가스사업법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 관련 기준(KGS Code)에서는 가스배관의 이음부(용접이음매 제외)와 전기설비(전기개폐기, 전기계량기, 전기접속기, 전기점멸기 등)와의 이격거리를 규정하고 있다. 「전기설비기술기준」에서도 가스관련 법령과 부합되게 전기설비와 가스배관의 이음부와의 이격거리를 규정하고 있다. 「도시가스사업법」 관련 기준의 경우 공급시설 기준과 사용시설 기준에서 규정하는 이격거리가 상이하다. 본 연구에서는 LP가스가 배관의 이음부에서 누출되는 경우 점화 가능 거리를 실증 실험하고, 현재 가스 관련 기준에서 규정하고 있는 전기설비와 가스설비와의 이격거리 기준의 적정성에 대해 검토하였다. 실험 결과 배관의 이음부에서 가스가 누출되는 경우 기준에서 규정하고 있는 30cm 이상의 거리에서도 점화가 가능함을 확인하였다. 따라서, 현재 「도시가스사업법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 관련 기준에서 규정하고 있는 가스배관과 전기설비와의 이격거리 기준이 적절한 것으로 판단되었다.

Abstract - The standards related to the 「Urban Gas Business Act」 and the 「Safety Control and Business Regulation of Liquefied Petroleum Gas Act」 prescribe the separation distance between gas piping joint excluding welded joints and electric equipments(electric switch, watt meter, breaker, connector, etc). The 「Korea Electro technical Regulation」 also prescribes the distance between gas piping joints and electric equipments in accordance with the gas related standards. In case of the standards related to the 「Urban Gas Business Act」, the distance criteria stipulated in the standard of supplying facilities are different from those stipulated in the standard of using facilities.

In this study, we have conducted pilot test on the possible ignition distance from the piping joint when LP gas is leaked from the point. We have also examined the adequacy of current standards on the separation distance between gas piping joint and electric equipments. As a result of the tests, we have found that ignition is able to occur at a distance of 30 cm as stipulated in the current standards or more when LP gas is leaked from the joint of the pipe. Therefore, we have made a decision that the criteria for separation distance between gas piping joint and electric equipment specified in the current standards related to the 「Urban Gas Business Act」 and the 「Safety Control and Business Regulation of Liquefied Petroleum Gas Act」 is appropriate.

Key words : pipe joint, separation distance, electric equipment, electric switch, electric meter

†Corresponding author:rydon@kgs.or.kr

Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

도시가스사업법 및 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 관련 KGS Code(상세기준)에서 용접이음매를 제외한 배관의 이음부와 전기계량기, 전기개폐기, 전기점멸기 및 전기접속기 등 전기설비와는 일정 거리를 유지하도록 규정하고 있다. 그런데, 도시가스사업법 관련 공급시설 기준(KGS FS551)과 사용시설 기준(KGS FU551)에서 규정하고 있는 배관 이음부와 전기점멸기 및 전기접속기와의 이격거리 기준은 Table 1과 같이 상이하다[1, 2]. 또한, 가스계량기와 전기설비와의 이격거리 기준과 배관이음부와 전기설비와의 이격거리 기준도 상이하다. LP 가스 사용시설기준에서 규정하고 있는 배관이음부와 전기설비와의 이격거리 기준은 Table 2와 같다[3,4,5]. 전기설비기술기준에서는 도시가스 사용시설기준에서 규정하고 있는 이격거리 기준과 부합되게 규정하고 있다[6].

본 연구에서는 배관의 이음부(나사연결부)에서 가스가 누출될 때 KGS Code에서 규정한 이격거리에 존재하는 점화원에 의해 점화(화재)가 발생할 수 있는지에 대하여 실증시험을 실시하였다. 실증시험 결과에 따라 현재 KGS Code에서 규정하고 있는 배관의 이음부와 전기설비와의 이격거리 기준 개정 여부를 검토하였다.

II. LPG의 물리 화학적 특성

LPG(액화석유가스)는 프로판이나 부탄을 주성분으로 한 가스를 액화한 것을 말하며, 청정연료로서 천연가스(메탄을 주성분으로 하는 가스)와 함께 가정용 연료 및 산업용 가스로 널리 사용되고 있다. 공기중에서 LPG의 최소점화에너지는 0.25 mJ이며,

프로판의 연소범위는 Table 3에서 보는 바와 같이 2.1~9.5 Vol%이다[7].

Table 2. Distance between gas facilities and electric facilities according to KGS FU431, FU432 and FU433

KGS FU431(Code for LP gas cylinders using facilities) KGS FU432(Code for small storage tank using facilities) KGS FU433(Code for storage tanks using facilities)	
Gas meter	(1) watt meter, electric switch : ≥ 60 cm (2) un-insulated stack, connector : ≥ 30 cm (3) un-insulated cable : ≥ 15 cm (4) insulated cable : not regulated
hose joint / piping joint	(1) watt meter, electric switch : ≥ 60 cm (2) electric on-off switch, connector : ≥ 15 cm (3) un-insulated cable and chimney : ≥ 15 cm (4) insulated cable : ≥ 10 cm

Table 3. Comparison of individual combustion characteristics for CH₄, C₃H₈ and C₄H₁₀[7]

Properties \ Compounds	CH ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Auto ignition temperature (°C)	537	450	287
Minimum energy for ignition in air (mJ)	0.29	0.25	0.25
Maximum burning velocity in NTP air (cm/s)	36.4	45	40.5
Flammable limits(Vol %)	5-15	2.1 ~ 9.5	1.8 ~ 8.4

Table 1. Distance between gas facilities and electric facilities according to KGS FU551 and FS551

	KGS FU551(Code for city gas using facilities)	KGS FS551(Code for city gas supply facilities)
Gas meter	(1) watt meter, electric switch : ≥ 60 cm (2) un-insulated stack, connector : ≥ 30 cm (3) un-insulated cable : ≥ 15 cm (4) insulated cable : not regulated	Not regulated
Piping joint	(1) watt meter, electric switch : ≥ 60 cm (2) electric on-off switch, connector : ≥ 15 cm (3) un-insulated cable and chimney : ≥ 15 cm (4) insulated cable : ≥ 10 cm	(1) watt meter, electric switch : ≥ 60 cm (2) electric on-off switch, connector : ≥ 30 cm (3) un-insulated cable and chimney : ≥ 15 cm (4) insulated cable : ≥ 10 cm

III. 실험 방법

3.1 실험설비 구성 및 설치

실험에 사용된 배관의 규격은 배관용 탄소강관 (KS D 3507)이며, 호칭지름은 15 mm이다. 배관의 길이 및 설치 위치는 Table 4와 같다. 배관은 실제 현장에 설치된 바와 같이 벽면에 수직 및 수평으로 설치하였고, 배관의 이음은 소켓을 이용한 나사접합으로 실시하였다(Fig. 1 참고).

LP가스의 누출량 및 압력을 측정하기 위하여 Fig. 2 및 Fig. 3과 같이 유량계와 압력계를 조정기 후단에 설치하였다. 또한, 누출속도, 압력, 풍향 및 풍속을 저장하기 위하여 데이터로거를 Fig. 4와 같이 설치

Table 4. Pipe specification and installation location

Material	KSD 3631
Diameter	15 mm
Type of joint	Socket joint (Screw fitting)
Pipe length	9.5 m(Hose length 3 m included)
Installation location	Exterior wall of building



Fig. 1. Pipe installation on outer wall.

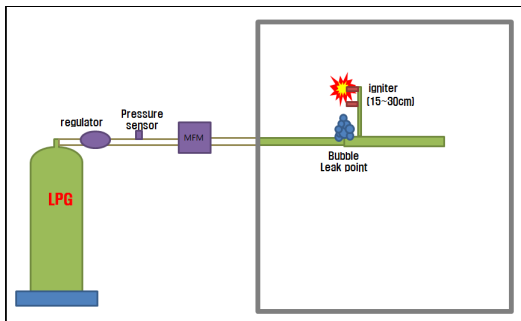


Fig. 2. LP gas container and pipe installation drawing.

하였다.

누출량 및 누출속도를 정확히 측정하기 위하여 설치된 배관설비에 대하여 누출검사를 실시하였다. 누출검사는 열화상카메라와 비누거품을 이용하여 실시하였다(Fig. 5 참고). 누출이 발생한 연결부는 분리하여 테프론 테이프를 다시 감고 파이프렌치를 이용하여 누출이 발생하지 않도록 다시 체결하였다.

메탄이 주성분인 천연가스는 공기보다 가벼워서 누출되는 경우 위로 올라가지만, LP가스는 공기보다 무거워 누출되는 경우 바닥에 가라앉을 것으로 판단하여 점화기(ignitor)의 위치는 Fig. 6 및 Fig. 7과 같이 배관이음부의 하부에 설치하였다.



Fig. 3. Installation of flowmeter and pressure gauge.



Fig. 4. Data logger for flow, pressure, wind direction and wind speed.



Fig. 5. Leak check with soap bubble.

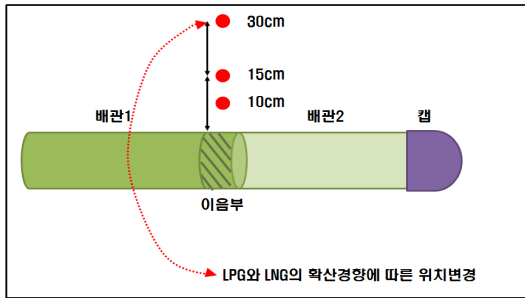


Fig. 6. Location of the ignition source.

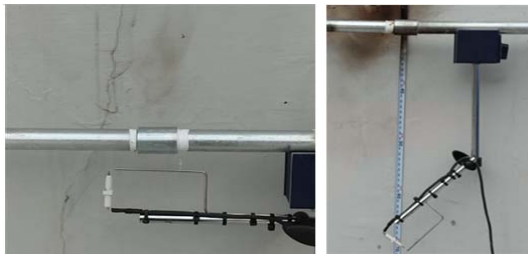


Fig. 7. Examples of igniters located 3 cm and 40 cm below, respectively.

3.2 누출 및 점화 실험

① 배관이음부 누출시험

누출시험은 연결된 소켓이음부의 한쪽은 조이고, 반대편 배관을 풀어가면서 누출되는 가스의 압력 및 누출속도를 측정하였다.

먼저, 가변압력조정기를 이용하여 누출압력 및 누출량을 변경하면서 점화시험을 실시하였다. 또한, 저압조정기와 준저압조정기를 이용하여 누출속도(누출량)를 변경해 가면서 점화시험을 실시하였다.

② 열화상 카메라 이용 가스 거동 관찰

열화상카메라(FLIR GF320)를 이용하여 배관의 이음부에서 누출되는 LP 가스가 어떻게 이동하는지를 관찰하였다.

③ 점화시험

점화기를 배관이음부 하부 2cm부터 40cm까지 변경하면서 점화 가능여부를 시험하였다. 최초 2cm 하부에 점화기를 위치하였을 때 즉시 점화가 발생하였으나, 이음부 하부로부터 10cm이상 이격한 경우 점화가 발생하지 않아 열화상 카메라를 이용하여 누출된 가스의 거동을 관찰한 후, 가스의 이동 방향을 따라 점화기의 위치를 누출부 상부 및 좌·



Fig. 8. Igniters located 30 cm right and left upper each.

우측으로 이동하면서 점화시험을 실시하였다(Fig. 8 참고)

IV. 실험결과 및 고찰

4.1 가스유동 분석 결과

LP가스는 공기보다 무거워서 누출되는 경우 즉시 바닥으로 가라앉을 것으로 예상하였다. 그러나 예상과 달리 건축물 외부에서 누출된 LP가스는 다음과 같은 유동현상을 나타내었다.

① 누출되는 LP가스는 1차적으로는 누출부의 방향으로 이동(누출)하였으며, 누출되는 가스의 압력에 비례하여 이동(누출)거리가 달라졌다.

② 누출된 가스는 2차적으로 풍속 및 풍향의 영향을 받아 상·하·좌·우로 유동하였다.

즉, 배관의 이음부에서 누출된 가스는 Fig. 9와 같이 1차적으로는 누출부의 방향 및 누출압력에 따라 유동하며, 2차적으로는 풍향 및 풍속에 따라 자유운동을 실시하였다. 또한, 누출된 가스는 풍속에 따라 누출지점의 하부보다는 상부 또는 좌·우측 방향으로 더 멀리까지 이동하였다.

4.2 가스 점화 시험 결과 분석

LP가스는 공기보다 무거워서 누출하는 경우 이음부의 아래쪽으로 가라앉을 것으로 예측하고 배관 이음부 하부에 점화기를 위치하고 1차 점화시험을

실시하였다. 시험결과, 가스가 누출되는 상태에서 점화기를 배관 직하부 1~2 cm에 위치한 경우에는 즉

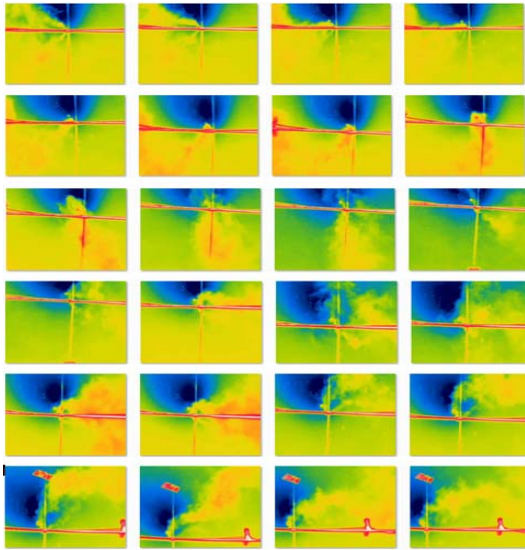


Fig. 9. Examples of leakage gas flow for 25 seconds.



Fig. 10. Torch for use as an ignition device.

시 점화가 발생하였다. 그러나 배관 하부 3 cm 이상 이격한 거리에서는 점화가 쉽게 발생하지 않았다. 그래서, 4.1과 같이 누출된 가스의 유동을 관찰한 후 2차 점화시험을 실시하였다.

누출된 가스는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 풍향 및 풍속에 따라 유동하므로 점화기가 가스가 유동하는 곳에 있지 않은 경우에는 점화가 발생하지 않았다. 따라서 점화기를 배관이음부(LP가스 누출부)의 상부, 좌·우측 및 누출된 가스가 유동하는 방향으로 옮기면서 점화시험을 실시하였다. 그러나 역시 점화가 쉽게 이뤄지지 않았다.

점화기(ignitor) 대신 Fig. 10의 점화봉(ignition torch)을 이용하여 점화를 시도하였으나, 역시 점화가 쉽게 이뤄지지 않았다. 심지어 Fig. 11과 같이 점화봉의 불꽃이 꺼지는 현상이 발생하였다.

가연범위를 넘어서는 UFL(upper flammable limit)에서는 점화가 되지 않을 뿐만 아니라 산소부족으로 인해 점화봉(torch)의 불꽃이 꺼지는 현상이 발생한 것으로 판단되었다.

누출된 가스에 점화가 발생할 수 있는 최대 이격



Fig. 11. Flame and fire extinguishing on torch.

Table 5. Ignition test results according to gas pressure and leakage velocity

Regulator specification	Leak velocity	Leak pressure	Ignitor location from the leak point	Ignition	Wind direction / wind velocity	Type of ignitor
Variable Regulator	7.3 L/min	23 kPa	2cm below	O	NNW, 2.2m/s	Electric ignitor
	7.15 L/min	23 kPa	4cm below	O	Unmeasured	Electric ignitor
	7.10 L/min	23 kPa	10cm left	O	Unmeasured	Electric ignitor
	7.2 L/min	23 kPa	20cm left upper	O	NNW, 2.2m/s	Electric ignitor
	7.43 L/min	90 kPa	30cm above	O	Unmeasured	Torch
	7.43 L/min	90 kPa	30cm above	X	Unmeasured	Electric ignitor
6KPa	2.5 L/min	6 kPa	4cm left	O	Unmeasured	Electric ignitor
2.5KPa	1.7 L/min	1.1 kPa	10 cm above	O	-	Electric ignitor
	1.7 L/min	1.1 kPa	20 cm above	O	-	Electric ignitor
	4.0 L/min	1.0 kPa	30 cm above	O	-	Electric ignitor
	5.2 L/min	0.9 kPa	40 cm left upper	O	-	Electric ignitor

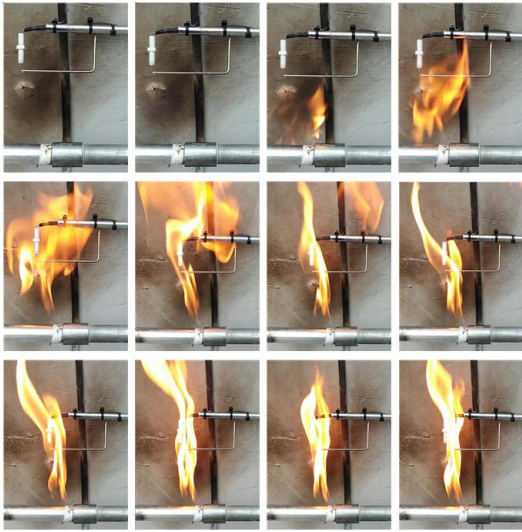


Fig. 12. Ignition occurred at 10 cm above the pipe joint.

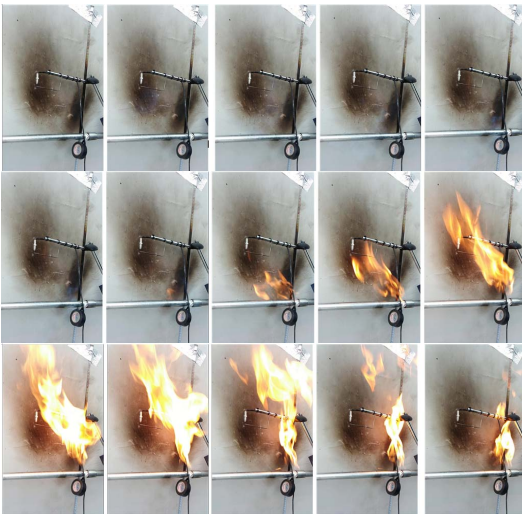


Fig. 13. Ignition occurred at 30 cm above the pipe joint.

거리를 측정하기 위해 가스압력 및 누출속도(누출량)를 변화시키면서 점화시험을 한 결과는 Table 5와 같았다.

Table 5에서 보는 바와 같이 바람의 영향이 적고, 누출압력이 낮은 경우가 누출압력이 높은 경우보다 점화가 잘 이뤄짐을 알 수 있었다. 또한, 가스압력이 낮고 누출량이 많을수록 누출부로부터 더 멀리 떨

어진 점화원에 의해 점화가 가능함을 확인하였다.

즉, 배관에 같은 크기의 홀이 발생한 경우 고압의 가변 압력조정기를 통해 가스가 누출될 때 보다 저압의 압력조정기를 통해 가스가 누출될 때 점화가 더 잘 일어남을 알 수 있었다.

Fig. 12는 점화기(ignitor)를 배관이음부 상부 10 cm 이격한 상태에서 점화시험을 한 결과, 점화가 발생하고 화염이 바람에 움직이는 모습이다. 점화기에서 청색 화염이 발생하여 적색 화재로 이어지는 순간까지 50 ms 동안 촬영한 사진의 일부이다.

Fig. 13은 점화기를 배관이음부로부터 30 cm 이격한 상태에서 가스가 유동하는 경로를 찾아서 점화기를 반시계방향으로 원을 그리며 이동할 때 점화가 된 모습이며, 점화 발생부터 510 ms 동안 화염의 변화를 촬영한 모습의 일부이다. Fig. 12와 마찬가지로 파란색 불꽃이 점화기에서 발생하여 가스누출부(배관이음부)로 이동하면서 화염이 적색으로 변화하였다. 적색불꽃의 크기는 50 cm 이상 커졌으며, 풍향 및 풍속에 따라 크기 및 형상이 변화하였다.

V. 결론

본 연구에서는 건축물 외벽에 설치된 배관의 이음부에서 LP가스가 누출될 때 누출 거동을 관찰하고, 누출압력 및 누출속도(누출량)의 변화에 따른 점화가능 거리를 실험하였다.

LP 가스의 누출거동을 관찰한 결과, 배관의 이음부에서 누출된 LP가스는 1차적으로 누출부의 방향에 따라 이동(분출)하고, 2차적으로 풍속 및 풍향의 영향을 받아 상·하·좌·우로 유동하였다. 누출된 가스는 압력이 클수록 멀리까지 분출되었고, 풍향 및 풍속에 따라 유동하였으며, 누출지점의 하부보다는 상부 또는 좌·우측 방향으로 더 멀리까지 이동하였다.

점화시험 결과, 누출된 가스는 연소하한(LFL)과 연소상한(UFL) 사이(가연범위)에서 점화가 발생하는 것을 알 수 있었으며, UFL 상한 범위에서는 점화가 발생하지 않을 뿐만 아니라 산소부족으로 인해 점화원으로 사용하기 위한 토치(torch)의 불꽃마저도 소화됨을 알 수 있었다.

누출된 LP 가스는 바람에 따라 이동하며, 건축물 외벽에 설치된 가스배관의 이음부에서 가스가 누출된 경우 누출부(배관이음부) 주변 40 cm 이상까지 연소범위가 형성되고 점화원이 존재시 화재가 발생 가능함을 확인할 수 있었다. 따라서 「도시가스사업법」 및 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 관련 기준(KGS 코드)에서 규정하고 있는 배관의 이음

부와 전기접속기 및 전기접멸기와의 이격거리 기준 (15 cm 또는 30 cm)은 적절한 것으로 판단되었다.

REFERENCES

- [1] KGS FS551, Facility/Technical/Inspection/Safety Diagnosis Code for Pipes Outside of Producing and Supplying Places of Urban Gas Business, KGS (2017)
- [2] KGS FU551, Facility/Technical/Inspection Code for Urban Gas Using Facilities, KGS (2017)
- [3] KGS FU431, Code for Facilities, Technology and Inspection for Installations Using LP Gas in Cylinders, KGS (2017)
- [4] KGS FU432, Facility/Technical/Inspection Code for Facilities Using LP Gas in Small Storage Tanks, KGS (2017)
- [5] KGS FU433, Facility/Technical/Inspection Code for Facilities Using LP Gas in Storage Tanks, KGS (2017)
- [6] KEA, The Guide to Korea Electro-technical Regulation, (2016)
- [7] Y.C. Choi, J.J. Ahn, S.J. Kim, D.M. Ha, T.H Kim, H.J. Oh, "A Study on Combustion Properties for Propane, Butane and LNG" KIFSE Conference(2012)