

LP가스용 트윈호스의 스웨이징의 안전성 향상 연구

김영규 · 노오선 · 조지환 · 임지환 · 이일권*

한국가스안전공사 가스안전시험연구원

*대림대학

Safety Improvement of the Swaging of Twin Hose for LP Gas

Young Gyu Kim, Ou Sun Noh, Jee Hwan Cho, Ji Hwan Lim and Il Kwon Lee*

Institute of Gas Safety Technology, Korea Gas Safety Corporation

*Daelim College

1. 서론

액화석유가스(LPG : Liquefied Petroleum Gas)는 1960년대 초에 국내에서 처음으로 사용되기 시작한 이래로 그동안 지속적인 증가추세를 보여왔고, 가스사용의 증가추세와 더불어 가스사고 또한 다수 발생되었다[1,2]. 최근 3년간(1999년~2001년)의 가스사고는 총 570건(사망 81명)이며, 이 중에서 LP가스 사고건수는 464건(사망 51명)인 것으로 나타났다[2]. 이와 같은 높은 LP가스 사고의 주된 요인은 20kg, 50kg 용기공급에 의한 LP가스를 거래하는 유통과정과 취급과정에서의 공급자나 사용자의 취급부주의, 시설미비, 고의사고 등에 기인한다.

LP가스 사용시설에는 안정적인 가스공급을 위하여 트윈호스(twin hose)가 사용된다. 트윈호스의 고무호스와 니플의 접속부결합부는 스웨이징(swaging)으로 제작된다[3,4]. 스웨이징이란 고무호스 외경부에 끼워진 금속밴드와 고무호스 내부에 삽입된 니플을 기계적으로 견고하게 조임·결합하는 특수한 가공방법의 일종으로서 적정한 결합강도와 결합력을 가져야 한다. 스웨이징의 압착강도 저하는 고무호스와 니플과의 결합력 저하를 초래하게 되는데, 실제 고무호스와 접속부 밴드의 스웨이징 결합력이 취약하여 사용중에 고무호스가 빠지거나 또는 이완되어 가스가 누출되는 사고도 발생한 바 있으며, 표 1에 관련사고에 대한 분석현황을 제시하였다[2].

따라서 본 연구에서는 LP가스시설에 설치되는 트윈호스 제품에 대한 제품분석과 정하중 및 동하중 이탈력시험을 통하여 트윈호스의 스웨이징 결합부에 대한 안전성 향상방안을 제시하고자 한다.

표 1. 트윈호스 사고분석 현황

구 분	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	계	
사고원인	제품불량	1	4		3		1	2	11
	시설미비								
	취급부주의								
	기타								
	계	1	4		3		1	2	11
사고형태	폭발					1		1	
	화재				1			1	
	누출	1	4		2			2	9
	기타								
	계	1	4		3		1	2	11
사고장소	단독주택	1							1
	공동주택								
	요식업소		3		2		1	1	7
	기타		1		1			1	3
	계	1	4		3		1	2	11

2. LP가스용 트윈호스

2.1 트윈호스 제조 및 분석

LP가스 공급시설에 설치·사용되고 있는 트윈호스는 LP가스를 안정적으로 공급하기 위하여 LPG 용기 2개를 동시에 연결하여 사용할 수 있도록 개발된 가스기기이다. 현재 국내에서 출시되고 있는 트윈호스는 길이 900mm로서 고압고무호스, 금속밴드, 니플, 핸들부착 이음쇠 등의 부품으로 구성되어 있다[3,4]. 고압고무호스는 안층(inner layer), 보강층(reinforced layer), 바깥층(outer layer)으로 구성되며, 호스 바깥층에는 핀프릭킹(pin pricking)이 가공되어 있어 LP가스에 의한 박리현상을 방지토록 하였다[3,4,5]. 니플은 내식성과 가공성이 우수한 황동 재료를, 금속밴드는 내식성 재료이면서 연성이 우수한 SUS 304와 Copper 재료를 사용한다[3,4].

사진 1에는 트윈호스의 고압고무호스, 니플, 금속밴드 부품과 이를 이용하여 제작된 국산 및 일본 제품을 제시하였다. 황동재질의 니플은 결합부가 잘 빠지지 않도록 오목부를 가공하였고, 금속밴드에는 고무호스가 끝단까지 삽입되었는지를 확인할 수 있는 작은 구멍이 가공되어 있다.

표 2에는 트윈호스 제조사별로 제품을 확보하여 각 부품별 치수를 측정하여 제시하였다. 측정된 결과를 보면, 금속밴드의 내경, 외경은 제조사별로 큰 차이가 없었으나 고압고무호스 외경의 경우에는 13.9~14.50mm의 분포도를 보였고, 스웨이징

후의 금속밴드 외경에 대한 측정결과도 상이한 것으로 나타났다. 이와 같은 고압고무호스의 외경편차는 결국 금속밴드에 대한 스웨이징시 결합강도나 결합력의 저하를 초래하게 되어 기기사용중 호스이탈 등의 사고원인이 된다. 따라서 제조사에서는 외경이 균일한 고압고무호스를 사용하고, 호스외경 편차에 따른 스웨이징 장비의 조임부 치수에 대한 허용치의 적정조정 등 철저한 제품 생산공정과 품질관리가 요구된다.

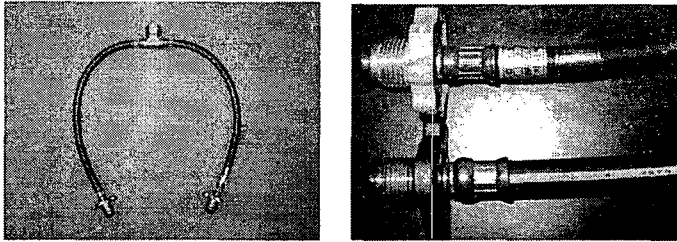


사진 1. 트윈호스 제품(좌) 및 국산·외산 제품비교(우)

표 2. 트윈호스 제조사별 스웨이징 치수측정 결과(단위:mm)

제조사	밴드			호스		니플			스웨이징길이	스웨이징 외경	
	외경	내경	길이	외경	내경	외경	길이	흡수		최소	최대
H사	16.54	14.94	22.90	13.90	6.10	6.82	21.58	6	10.86	14.298	14.331
I사	16.54	14.94	22.82	13.92	6.12	6.51	22.14	7	10.01	13.883	14.118
J사	16.54	14.93	22.81	14.01	6.17	6.46	16.86	4	7.80	12.973	13.580
O사	16.52	14.92	24.02	13.91	6.13	6.63	22.28	6	11.09	13.891	14.121
W사	16.56	14.94	22.81	14.04	6.16	6.70	20.01	7	9.30	13.284	13.425
D사	16.55	14.94	22.82	14.07	6.19	6.38	20.76	6	9.24	13.102	13.506
G사	16.54	14.94	23.01	14.05	6.15	6.48	19.52	5	9.74	13.355	13.735
Itokoki	18.80	16.76	25.56	15.64	6.08	7.66	20.60	6	9.10	15.619	15.696

2.2 스웨이징 장비

현재 국내 트윈호스 제조사의 경우, 스웨이징 장비는 제조사별로 자체적으로 개발·제작하여 사용하고 있어 외관 형상, 조임부 구조, 사용방법 등이 상이하며, 크게 수직형과 수평형으로 구분된다. 수직형이나 수평형 모두 스웨이징 조임부의 잇살(jaw)은 유압으로 구동되는데, 자료조사에 의하면 4개 제조사는 8개의 잇살, 1개 제조사는 6개의 잇살로 이루어진 장비를 사용하고 있었다. 일본의 스웨이징 장비도 8개의 잇살로 이루어졌다.

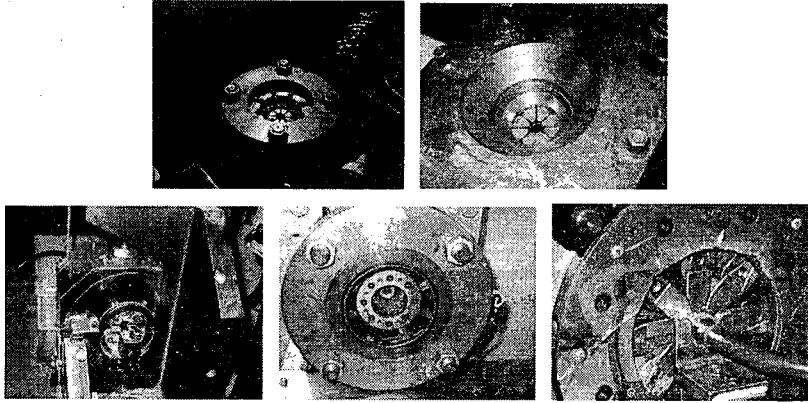


사진 2. 수평식·수직형 스웨이징 장비

3. LP가스용 트윈호스 시험 및 결과고찰

3.1 정하중 이탈력시험

트윈호스에 정하중(static load)이 작용하였을 때의 결합력을 알아보기 위하여 제조사별 시료에 인장힘을 가하여 트윈호스 접속부의 이탈, 파열 및 변형여부를 확인하였다. 시험방법은 트윈호스 정하중 이탈력시험장치의 상단부에 트윈호스 핸들 이음쇠를 고정하고, 하단부 하중추에 핸들이음쇠를 고정시킨후 시험장비의 하중추를 서서히 낙하시켜 5분이상 유지시킨다. 이 때 트윈호스 금속접속부의 호스빠짐이나 호스에서의 파열여부 등을 관찰하였으며[3], 결과를 표 3에 제시하였다.

표 3. 트윈호스 제조사별 정하중 이탈력시험 결과

제조사	정하중(100kgf, 5분)		
	시료1	시료2	시료3
H사	NF	NF	NF
J사	호스이탈(3'20")	호스이탈(4'50")	NF
W사	밴드호스이탈(40")	밴드호스이탈(2'2")	밴드호스이탈(2'10")
D사	호스이탈(4'30")	NF	호스이탈(3'10")
G사	NF	밴드호스이탈(3'15")	NF
Itokoki	NF	NF	NF

시험결과에 따르면, 국내 H사와 일본의 Itokoki사 트윈호스 제품의 경우 100kg의 정하중 상태하에서 5분이상 유지되었으나 고압고무호스의 파손이나 접속부에서의 빠짐 등의 현상이 전혀 나타나지 않아 스웨이징이 매우 우수하게 제작된 것으로 판단된다. 나머지 D사를 포함한 국내 4개사 제품의 경우, 사진 3에 제시한 바와 같이 고압고무호스가 빠지거나 또는 고압고무호스와 금속밴드가 결합된 상태로 함께 이탈되는 현상을 보여주었다.

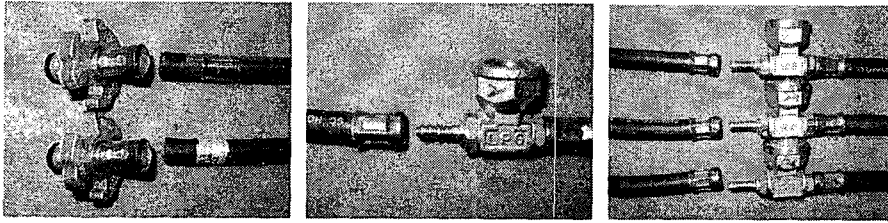


사진 3. 정하중 이탈력시험후의 이탈시료

3.2 동하중 이탈력시험

트윈호스에 동하중(dynamic load)이 작용할 때의 결합력을 알아보기 위하여 제조사별 트윈호스 시료에 인장힘을 가하면서 트윈호스 금속접속부의 이탈, 파열 및 변형여부를 확인하였다. 트윈호스 동하중 이탈력시험장치에 시료를 고정시킨 다음, 시험장비의 크로스 헤드(cross head)를 분당 500mm씩 작동시켜 최대 높이에 도달할 때까지 상승시킨다.

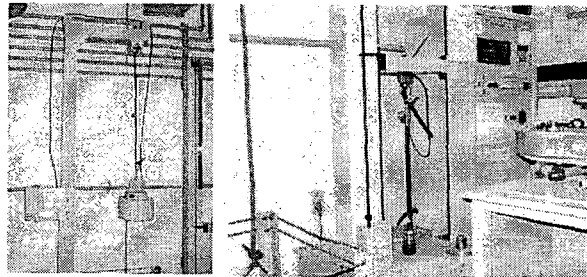


사진 4. 트윈호스 정하중(좌)·동하중(우) 이탈력 시험장치

표 4에 제시된 제조사별 동하중 이탈력시험 결과를 정리하여 그림 1에 도식적으로 나타내었다. 제시된 동하중 이탈력시험 결과에 따르면, 국내의 H사와 W사, 일본의 Itokoki사 트윈호스 제품의 동하중 작용에 따른 이탈력 평균이 200kgf을 넘는

것으로 나타났다. 특히 국내 H사와 일본의 Itokoki사 제품의 경우, 시료 3개 모두 이탈력이 200kgf를 초과하고 있어 양호하게 제조된 것으로 판단된다. W사와 G사 제품의 경우, 2개 시료에서 이탈력이 200kgf를 초과한 것으로 나타나 J사나 D사 제품에 비해서는 상대적으로 양호하게 제조된 것으로 보여진다.

표 4. 트윈호스 제조사별 동하중 이탈력시험 결과

제조사	이탈력(kgf)				비고
	시료1	시료2	시료3	평균	
H사	202.8	223.3	212.5	212.87	충전구 호스빠짐(3개 모두)
J사	176.2	173.6	170.8	173.53	충전구 호스빠짐(1개) 핸들이음쇠 호스빠짐(2개)
W사	205.3	176.5	245.8	209.20	충전구 밴드호스 빠짐(2개), 호스 파단(1개, 시료 3)
D사	119.4	174.5	154.5	149.47	충전구 밴드호스 빠짐(2개) 핸들이음쇠 호스빠짐(1개)
G사	207.3	185.7	205.6	199.53	충전구 밴드호스 빠짐(3개)
Itokoki	250.2	273.2	282.5	268.63	충전구 밴드호스 빠짐(3개)

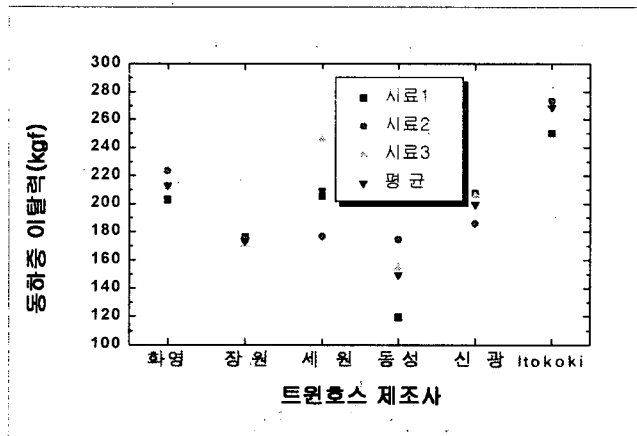


그림 1. 트윈호스 제조사별 동하중 이탈력 분포도

사진 5에는 동하중 작동에 따른 이탈력시험을 실시하여 스웨이징 부위가 이탈된 현상들을 제조사별로 제시하였다. H사, J사, Itokoki사 제품은 사진에서 볼 수 있듯이 시료 3개 모두에서 금속밴드는 충전구쪽 니플에 부착되어 있으나 나머지 3사 제품은 금속밴드와 호스가 결합된 상태로 빠지거나 또는 호스만 빠졌거나 또는 고압

호스가 파열된 경우도 나타났다.

이와 같이 금속밴드와 고압고무호스가 결합된 상태로 빠지는 것은 이들 접속부에 대한 스웨이징 결합력이 낮기 때문에 발생하는 것으로 주로 걸림턱(jaw)이 교차 되도록 설치되지 못해서 나타나는 현상이며, 주요 원인은 스웨이징 작업과정에서 틀어졌기 때문이다. 또한 호스가 파열된 경우는 호스의 인장력이 제조기준에는 적합하지만 상대적으로 취약한 결합을 갖고 제조된 것으로 생각된다.

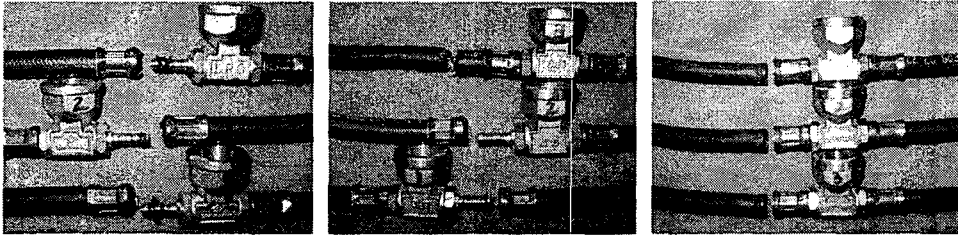


사진 5. 동하중 이탈력시험후의 이탈시료

한편, 사진 6에는 제품관련 현상들을 사진으로 제시하였다. 불균일하게 스웨이징된 형상은 스웨이징 장비의 결합이나 작업자의 숙련미달에 의한 결과로부터 나타나는 것으로 이것은 금속밴드 결합부의 취약으로 이어져 결국에는 호스가 빠지는 결과를 초래한다. 또한 국산 제품 및 일산 제품 트윈호스 제조에 사용된 고압고무호스의 절단면 형상과 수직도를 제시하였다. 일산 제품은 절단면이 매우 균일하면서 양호한 수직도를 가졌으나 국산 제품의 경우, 사진에서 보듯이 절단면 형상이나 수직도가 매우 미흡한 것으로 나타났다.

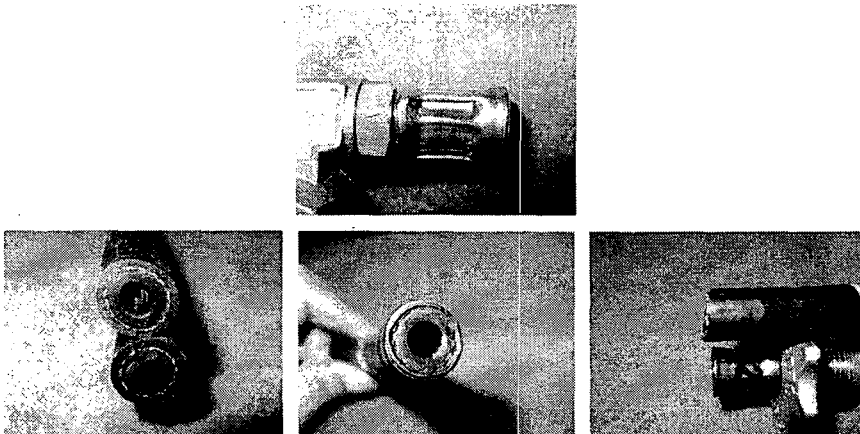


사진 6. 불균일 스웨이징 및 고무호스 절단면·수직도

4. 결론

본 연구에서는 LP가스용 트윈호스의 고압고무호스와 니플 접속부의 밴드 스웨이징 관련으로 트윈호스 제품분석과 국내 5개 제조사와 일본 1개 제조사의 트윈호스 제품에 대한 정하중 및 동하중 이탈력시험을 수행하였으며, 동하중 이탈력시험에 대한 검사기준의 추가필요성을 제안하였다.

제품분석 결과, 제조사별로 상이한 장비 및 부품을 사용하고 있어 이에 대한 표준화 작업이 필요한 것으로 판단된다. 또한 정하중 및 동하중 시험결과 스웨이징 결합력을 제고하기 위해서는 고압고무호스에 삽입되는 니플에 적절한 표면형상의 홈을 가공하고, 아울러 밴드에 대한 스웨이징 작업을 할 때 니플의 걸림턱에서 틀어지지 않도록 고정대의 개선, 밴드의 두께보완, 고무호스 절단면의 편평도와 수직도 유지가 필요하다. 향후 제조사별로 상이한 스웨이징 장비와 부품의 표준화, 그리고 스웨이징 최적화를 위한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 한국가스안전공사, "고압가스통계", 2002.
- [2] 한국가스안전공사, "가스사고연감", 2002.
- [3] 한국가스안전공사, "액화석유가스의 안전 및 사업관리법", 2001.
- [4] KS B 6234, "액화석유가스용 고무호스 어셈블리", 1991.
- [5] KS M 6518, "가황고무 물리시험방법", 1996.