

[Research Paper]

## 인위적으로 열화된 황색절연링형 금속플렉시블호스의 패턴 및 특성

이장우 · 최충석<sup>\*†</sup>

한국가스안전공사 사고조사팀 팀장, <sup>\*</sup>전주대학교 소방안전공학과 교수

## Patterns and Characteristics of Corrugated Stainless Steel Tubing for a Yellow Insulation Ring Type by Artificially Deteriorated

Jang-Woo Lee · Chung-Seog Choi<sup>\*†</sup>

Team Leader, Accident Investigation Team, Korea Gas Safety Corporation,

<sup>\*</sup>Professor, Dept. of Fire Safety Engineering, Jeonju University

(Received August 9, 2018; Revised October 10, 2018; Accepted October 29, 2018)

### 요 약

본 논문은 배관용으로 사용되고 있는 황색절연링형(yellow insulation ring type) 금속플렉시블호스(CSST)를 인위적으로 열화(deterioration)시켜 소손되었을 때의 특성을 분석하는데 있다. 배관용 CSST는 튜브, 보호피막, 너트, 황색절연링, 패킹(packaging), 이음쇠(socket)로 구성되어 있다. 그리고 튜브와 이음쇠 접속은 기밀성과 절연성능 향상을 위해 황색절연링과 고무 패킹을 사용한 것으로 판단된다. 실험에서 얻은 데이터를 95% 신뢰 구간에서 검증한 결과 AD (Anderson-Darling)는 0.945, P값은 0.015로 해석되었다. 배관용 CSST의 실험 데이터는 신뢰성이 있다는 것이 확인되었다. 가스 토치에 의해서 소손된 CSST의 산술적 평균 절연저항은 16.7 kΩ으로 가장 컸으며, 전기적인 소손을 입은 CSST는 상대적으로 가장 낮은 208 Ω, 정상 제품은 1.72 kΩ으로 분석되었다. 그러므로 화재 현장에서 수거한 CSST의 절연저항 값을 분석하면 소손 원인 판정에 활용할 수 있을 것이다. 또한, 대전류공급장치(PCITS)로 CSST에 최대 전류 97 A를 약 5 s 동안 흘린 결과 보호피막 및 절연링은 정상 제품과 차이가 없었으나 금속 튜브의 일부에서 용융이 형성된 것을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

This study is to analyze the characteristics of the yellow insulation ring type of the CSST used for tubing when it is artificially deteriorated and damaged by burning. The CSST for tubing consists of a tube, protective coating, nut, yellow insulation ring, packing, and socket. In addition, it is thought that a yellow insulation ring and rubber packing were used to connect the tube and socket in order to improve the airtightness and insulation performance. The result of the verification of the data acquired from the tests in the 95% confidence interval shows that the Anderson-Darling (AD) and P value were analyzed to be 0.945 and 0.015, respectively. This confirms that the test data of the CSST for tubing is reliable. The analysis of the arithmetic mean of the insulation resistance of a CSST showed that the CSST damaged by burning by a torch, and the one damaged by electrical burning, was 16.7 kΩ (the greatest relatively) and 208 Ω (the lowest), respectively, while it was 1.72 kΩ in the case of a normal product. Therefore, the analysis result of the insulation resistance of the CSST collected from the scene of a fire can be utilized to examine the cause of damage by burning. In addition, it was found that when the maximum current of 97 A was applied to the CSST for about 5 s using a Primary Current Injection Test System (PCITS) the protective film and insulation ring of the CSST has no difference from that of a normal product. However, a part of the metal tube was melted.

**Keywords :** Yellow insulation ring, CSST, Insulation resistance, Anderson-Darling (AD), P value, PCITS

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [enetek@naver.com](mailto:enetek@naver.com), TEL: +82-63-220-3119, FAX: +82-63-220-2056

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

## 1. 서론

가스 연소기는 가연성 가스와 공기를 혼합하여 관련 규정에 적합하도록 설치된 화구로 불꽃을 얻는 기구이다. 주로 취사, 난방 및 산업 설비에 사용되며, 가스 연소기가 설치된 곳은 적절한 배기 시설이 필요하다. 국내에서 발행되는 화재정보센터 통계에 의하면 가스 연소기의 연결부 손손에 의한 가스의 누출로 질식 및 중독 사고가 보고되고 있다. 또한, 부주의 또는 방화 등에 의한 폭발 및 화재로 인명 및 재산 피해는 증가하고 있다. 연소기에 공급하기 위한 가스 배관은 가스용 금속플렉시블호스, 가스용 염화비닐호스, 압출식 폴리에틸렌피복 강관, 연료가스 배관용 탄소 강관, 가스용 폴리에틸렌 배관 등이 있다<sup>(4)</sup>. 일반 연소기에 사용되는 금속플렉시블호스(Corrugated Stainless Steel Tubing, CSST)는 가스 사용 압력이 3.3 kPa 이하이다<sup>(5,6)</sup>. 주택 및 산업 설비에 설치되어 있는 가스 설비의 사고는 설비의 열화(劣化), 관리 부실, 방화 등이 있다. 그런데 가스 누출에 의한 화재는 폭발을 동반하므로 발생횟수에 비해 피해 규모가 상대적으로 크다는 특징이 있다. 또한, 화재가 발생한 장소의 현장 조사에서 원인 규명을 위한 객관적인 자료의 확보가 제한적이고, 해석기법 역시 부족한 것이 현실이다. 가스 화재 조사를 실시하는 전문가가 화재 및 폭발 현장에 잔존하는 가스 시설물의 원리, 연소 방식, 화염의 패턴, 폭발물의 비산방향 등을 종합하여 분석해야 한다<sup>(7)</sup>.

따라서 본 논문에서는 배관용으로 사용되고 있는 CSST를 인위적으로 열화시켜 손손되었을 때의 특성을 객관적으로 제시하고자 한다. 또한, 실험을 통해서 획득한 데이터의 신뢰성을 검증하고, 향후 가스 화재의 조사 및 원인 규명을 위한 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 배관용 CSST의 특성

Figure 1은 배관용 황색절연링형 CSST의 부품 및 명칭을 나타낸 것이다. CSST는 배관과 배관 연결부를 연결할 수 있고, 연소기에는 연결할 수가 없다. 구성 부품은 튜브와 보호피막, 너트, 황색절연링, 패킹, 이음쇠로 확인되었다. 튜브와 이음쇠가 접속하는 부분에는 기밀성능과 절연성능을 유지하기 위하여 황색절연링과 고무 패킹을 사용하였다. 절연링과 패킹의 재료는 폴리염화비닐, 고무, 화합물 등이다. CSST의 너트와 이음쇠 및 볼밸브는 황동이고 튜브는 스테인리스강이다. 절연링이 설치되는 지점의 보호피막은 10~15 mm가 제거된 것을 확인하였다. 절연링은 너트가 이음쇠와 체결될 경우 튜브가 이음쇠로부터 이탈되지 않도록 한다<sup>(8,9)</sup>.

Table 1은 배관용 황색절연링형 CSST 황동 재질의 너트와 이음쇠 성분을 나타낸 것이다. 구리(Copper, Cu)와 아연(Zinc, Zn)이 주성분이며, 납(Plumbum, Pb), 주석(Stannum, Sn), 니켈(Nickel, Ni) 등이 각각 소량 포함되어 있다<sup>(10)</sup>.

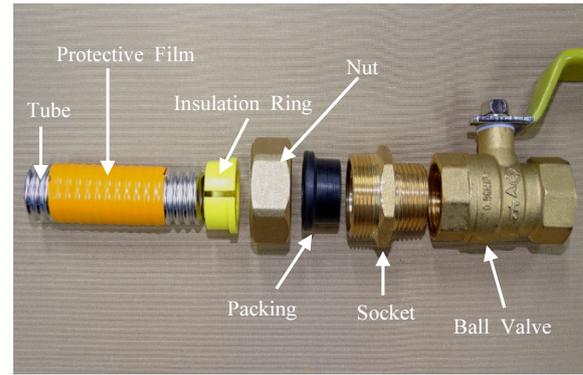


Figure 1. Parts and part names of the CSST with the yellow insulation ring for piping.

Table 1. Composition of Brass Nut and Fitting for the CSST

Classifications	Cu	Pb	Fe	Sn
Component, %	60.96	2.49	0.3535	0.311
Classifications	Zn	Ni	Al	-
Component, %	35.640	0.207	0.039	-

Table 2. Comparison of the Structure and Characteristics of the CSST by Type

CSST Classi.	Type A	Type B	Type C	Type D
Purpose	Combustion	Combustion	Plumbing	Plumbing
Standard	KS D 3625 KGS AA 535	KS D 3625 KGS AA 535	KGS AA 535	KGS AA 535
Base Length	KS 1.25 m KGS 3 m	KS 1.25 m KGS 3 m	KGS 50 m	KGS 50 m
How to Install	Standard Length	Standard Length	Field Processing	Field Processing
Tube Material	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel
Nut Material	Brass	Steel + Plating	Brass	Brass
Joint Materials	Brass	Steel + Plating	Brass	Brass
Clamping	○	○	×	×
Gasket	×	○	×	×
Insulating Ring	×	×	○	○
Packing	×	×	○	○

Table 2는 CSST의 종류별 구조 및 특성을 비교한 것이다. 용도는 연소기용과 배관용으로 구분한다. CSST의 표준 길이는 연소기용의 Type A와 Type B는 3 m 이하, 배관용의 Type C와 Type D는 50 m 이하로 규정하고 있다. 클램프 링은 튜브와 이음쇠를 연결할 경우 너트가 튜브로부터 이

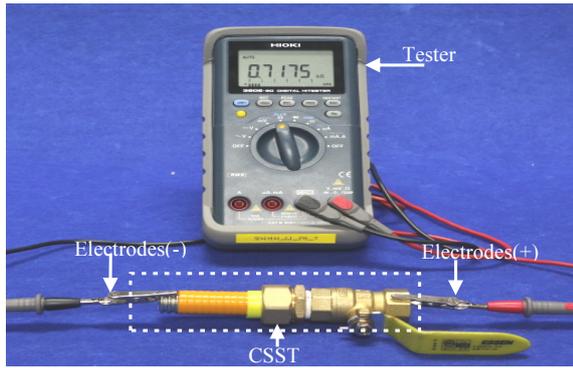


Figure 2. Photo for the measurement of the resistance of the CSST.

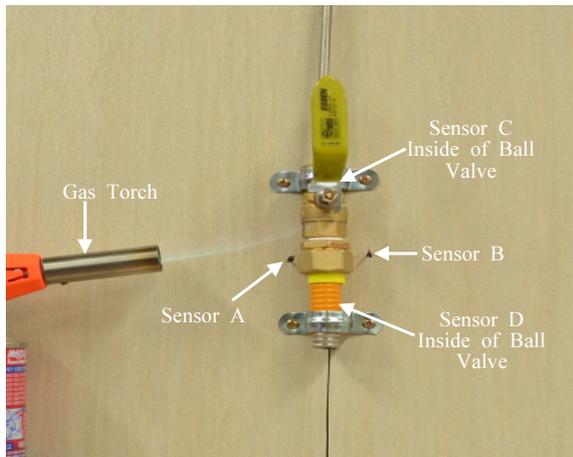


Figure 3. Photo of the CSST to which a flame has been supplied for 180 s.

탈하지 않도록 하는 것이다. 연소기용의 개스킷은 금속재질을 사용하여 전기가 잘 통하도록 하였고, 배관용의 절연링과 패킹은 각각 플라스틱과 고무를 사용하여 절연성능 역할을 하도록 하였다<sup>(5,6)</sup>.

### 3. 열화된 배관용 CSST의 특성

Figure 2는 배관용 황색 절연링형 CSST의 저항 측정을 위한 실체 사진이다. CSST는 볼밸브와 튜브 사이에 너트, 절연링, 패킹 및 이음쇠가 연결된다. 튜브 쪽의 너트와 이음쇠의 연결부는 절연 및 기밀성능을 유지하기 위하여 절연링과 패킹을 사용하였다. 연결부는 접착제나 테플론을 사용하지 않고 체결되며, 이음쇠와 볼밸브가 체결되는 부분에는 테플론을 사용하였다. 저항 측정은 저항측정기(3801-50, 0~1000 V, Hioki Co.)를 사용하였다. 실험실의 온도는 20~22 °C, 습도는 18 ± 2%를 유지하였다. 튜브의 보호피막은 저항측정기의 클램프를 연결하기 위해서 10 mm를 제거하였다. CSST의 이음쇠와 너트의 체결토크는 KGS AA 535 기준에 따라 28.25~57.75 N·m로 하였다<sup>(5,6)</sup>.

Figure 3은 화염에 의한 배관용 황색절연링형 CSST의 소

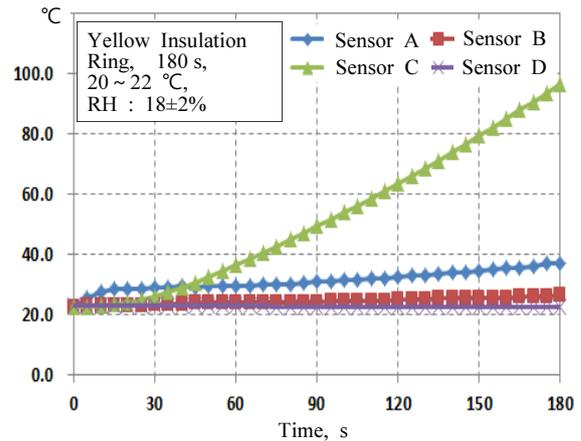
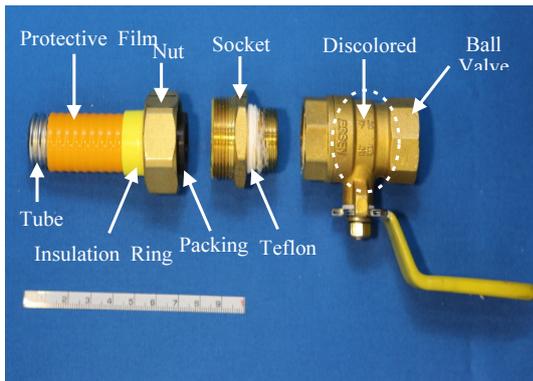


Figure 4. Temperature change of the CSST to which a flame has been supplied for 180 s.

손 실험을 위한 실체 사진이다. 화염은 가스 토치를 이용하여 180 s 동안 CSST의 표면에 인가하였으며, 온도 센서는 CSST의 좌측과 우측, 볼밸브 및 튜브의 내부에 설치하였다. 타일 벽에 설치된 CSST의 길이는 140 mm, 볼밸브는 길이가 50 mm, 이음쇠 및 튜브 90 mm로 연결된 형태로 타일 벽에 고정시켰다.

Figure 4는 배관용 황색절연링형 CSST에 화염을 180 s 동안 공급할 때의 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다. 볼 밸브 내부에 설치된 센서 C의 온도는 선형적으로 온도가 증가하는 패턴을 나타냈다. 열의 이동은 확산 패턴 및 등온 분포에서 알 수 있듯이 하부에서 상부로 이동하게 되고, 상부가 열의 누적이 쉽고 많이 된다는 특성과 밀접한 관계가 있음을 설명하고 있다. 온도는 볼밸브의 좌측에 위치한 센서 A 보다 볼밸브 내부의 센서 C의 온도는 일정하게 상승되는 것으로 나타났다. 최고 온도는 화염의 공격 방향과 같은 방향의 센서 A는 180 s에 37.2 °C로 분석되었고, 화염을 직접 받지 않은 센서 B는 상대적으로 낮은 26.5 °C이다. 그러나 볼밸브 내부의 센서 C의 온도는 180 s에 96.5 °C로 가장 높았으며, 튜브 내부의 센서 D의 온도는 22.8 °C로 나타났다. 화염 공격에 노출된 곳은 온도가 높게 상승하며, 간접 화염을 받은 곳은 열의 확산 역시 낮은 것을 알 수 있다. 즉, 인위적인 직사 화염을 인가하여 열의 공격을 확인하기 위한 것으로 온도 상승과 시간의 관계를 고려할 때 사고 현장에서 수거된 배관용 황색절연링형 CSST는 어느 쪽에서 열 및 화염의 공격이 있었으며, 어느 쪽이 출화 및 연소의 출발점인지를 추정할 수 있을 것이다.

Figure 5는 배관용 황색절연링형 CSST에 화염을 180 s 동안 공급하고 자연 냉각 후에 분해한 실체사진이다. 보호피막은 화염 공격으로 수축 및 일부 용융이 발생했으나 튜브의 색상이 변색되지 않았다. 화염의 공격을 받은 CSST는 전체적으로 볼밸브 몸체의 색상이 변화된 것으로 해석되었다. 너트와 이음쇠의 체결 상태는 토크렌치로 측정하였을



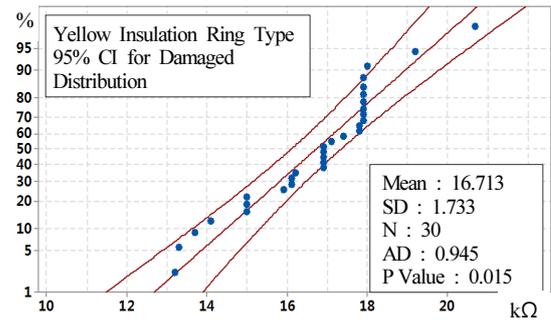
**Figure 5.** Damage pattern of the CSST to which a flame has been supplied for 180 s.

**Table 3.** Insulation Resistance of the CSST to which a Flame has been Supplied for 180 s

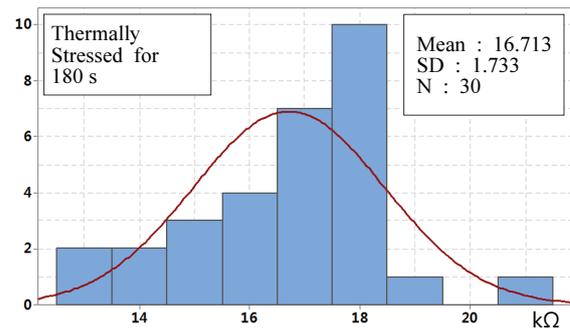
Number	Insulation Resistance kΩ	Number	Insulation Resistance kΩ
1	20.7	16	17.9
2	17.9	17	14.1
3	19.2	18	16.9
4	17.8	19	17.1
5	16.1	20	18.0
6	16.9	21	16.1
7	13.7	22	17.9
8	15.0	23	17.9
9	13.2	24	15.0
10	13.3	25	15.0
11	17.9	26	15.9
12	17.4	27	17.9
13	17.9	28	16.9
14	16.2	29	16.9
15	16.9	30	17.8
Average		16.7	

때 힘이 가해지지 않은 상태의 체결 상태로 변형되었다. 또한, 너트와 이음쇠 부분에서 색상이 변하였으며, 보호피막에서 용융되는 흔적이 나타났다. 화염이 직접 공격되는 금속 표면에서는 변색흔적이 나타났으며, 볼밸브 내부의 패킹은 손상되지 않았다. 너트와 이음쇠 및 볼밸브 연결부를 분리하였을 때 테플론은 화염의 공격으로 손상되었고, 너트는 보호피막과 용착되었다<sup>(11,12)</sup>.

Table 3은 배관용 황색절연링형 CSST에 화염을 180 s 동안 공급한 후 자연 냉각된 CSST의 절연저항을 측정하는 것이다. 가장 작은 절연저항은 13.2 kΩ이며, 가장 큰 절연저항은 20.7 kΩ으로 산술적 절연저항의 평균은 16.7 kΩ이다. 화염의 공격을 받으면 PVC 절연링과 고무 패킹 및 금속이



(a) Probability plot for the 95% confidence intervals



(b) Histogram plot for the 95% confidence intervals

**Figure 6.** Reliability analysis of the CSST to which a flame has been supplied for 180 s.

물리·화학적으로 변화되어 절연저항의 변화가 크게 변하는 것을 알 수 있다. 정상 제품의 절연저항 측정은 30회 실시하였으며, 가장 작은 절연저항은 1.71 kΩ, 가장 크게 측정된 절연저항은 1.73 kΩ, 산술평균 절연저항은 1.72 kΩ로 분석되었다. 즉, 화염의 공격을 받으면 절연저항이 증가하는 것을 알 수 있으며, 화재 현장에서 수거된 CSST의 절연저항을 측정하여 그 값을 비교하면 손상 원인의 규명에 활용할 수 있을 것이다<sup>(11,12)</sup>.

Figure 6은 배관용 황색절연링형 CSST에 화염을 180 s 동안 공급하여 손상된 후의 데이터에 대한 신뢰성 평가를 실시한 것으로 가로축은 절연저항이며, 세로축은 확률이다. 신뢰성 검증은 신뢰 구간(CI) 95%에서 미니탭 프로그램을 사용하였다. 실험은 30회를 반복 실시하였고, 중심극한정리(Central Limit Theorem, CLT)를 준용하여 해석을 실시한 것이다. 배관용 황색절연링형 CSST의 95% 신뢰 구간의 절연저항은 최대 17.360 kΩ, 최소 16.066 kΩ로 분석되었다. Figure 6(a)는 화염을 180 s 동안 공급한 CSST의 95% 신뢰 구간에 대한 확률도를 나타낸 것이다. 정규분포의 신뢰구간에서 확률도는 회귀선 범위 안에서 1개의 데이터가 벗어난 것으로 보아 CSST의 오차 및 측정 오차에 기인된 것으로 해석되었다. 그리고 Anderson-Darling (AD)는 0.945, P값은 0.015로 화염을 받은 황색절연링형 CSST의 해석은 적합한 것으로 판단된다. Figure 6(b)는 동일한 조건의 95% 신뢰 구간에 대한 히스토그램을 나타낸 것이다. 정규분포

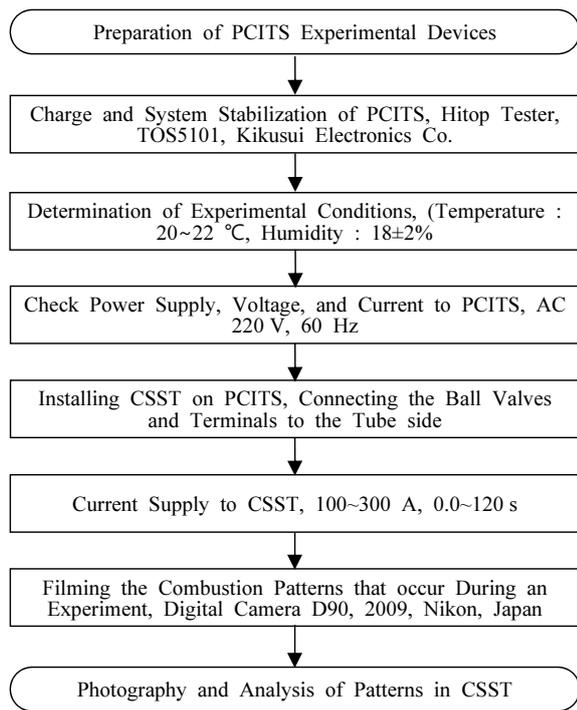


Figure 7. Flow chart of the test of supplying a high current to the CSST using the PCITS.

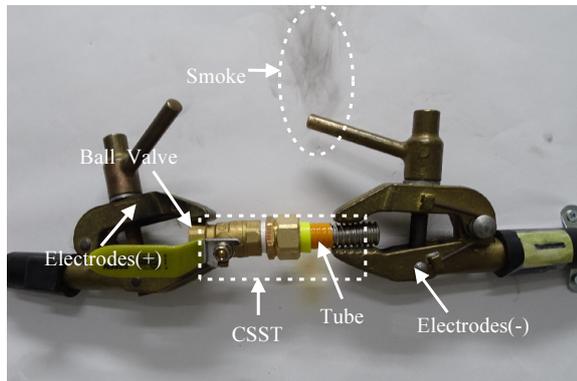


Figure 8. Process of the CSST damage by burning after applying maximum current 95 A for 5 s using the PCITS.

의 통계적 평균 절연저항은 16.713 kΩ로 확인되었고, 표준 편차는 1.733로 해석되었다. 대부분의 측정값은 곡선의 범위 안에 포함되어 있으나 평균값을 중심으로 분산되어 있으며, 일부 데이터가 이탈된 것이 확인된다. 즉, 미니텀 프로그램에 의한 신뢰성 평가는 95% 신뢰구간에서 대부분 양호한 특성을 보이는 것으로 보아 실험의 신뢰성이 검증되었고, 사고 현장 시료의 분석에 활용할 수 있을 것으로 판단된다<sup>(11,12)</sup>.

Figure 7은 대전류공급장치(Primary Current Injection Test System, PCITS)를 이용하여 배관용 황색절연링형 CSST에 전류를 공급하는 실험의 순서도를 나타낸 것이다. 실험을 실시하기 전 PCITS의 충분한 충전 및 시스템 안정화를 위

해 약 48 시간 동안 충전을 실시하였다. 그리고 PCITS에 공급되는 입력 전압은 AC 220 V이고, 가스호브 방향과 동일하게 볼밸브 측에 양극(+)을 연결하고, CSST의 튜브에 음극(-)을 연결하였다. 전원 공급 케이블은 한쪽은 금속플렉시블호스의 튜브측에 연결하고, 다른 한쪽은 볼밸브 측에 연결하였다. 그리고 시스템의 절연을 위해 새들(saddle)과 애자(insulator)를 이용하여 전원선을 고정시켰다. 튜브의 보호피막은 약 30 mm 제거하였고, CSST의 소손 패턴과 연소 현상은 디지털카메라(D90, Nikon, 2009, Japan)로 촬영하였다. 실험이 진행될 때의 전류의 크기는 클램프미터로 확인하였다. 실험이 완료되면 자연 냉각을 실시한 후 각각의 시료에 대한 저항 및 절연저항을 측정하였다. 실험이 진행된 연구실의 온도는 약 20~22 °C, 습도는 20 ± 2%이다<sup>(11-13)</sup>.

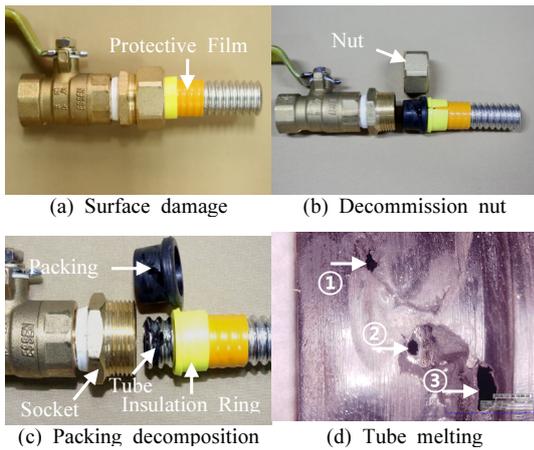
Figure 8은 배관용 황색절연링형 CSST에 PCITS로 전류를 공급한 실험의 실제 사진을 나타낸 것이다. PCITS로 CSST에 최대 전류 97 A를 약 5 s 동안 흘린 후의 소손 과정을 나타낸 것이다. CSST에 전류를 흘렸을 때 순간적으로 97 A로 상승되었고, 연기가 발생하며 시스템은 차단되었다. 그와 동시에 격렬한 불꽃 방전이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 실험이 완료되고 자연 냉각이 된 후에 절연저항을 측정한 결과 가장 작은 절연저항은 207 Ω, 가장 큰 절연저항은 210 Ω이었다. 오차는 약 3 Ω이었으며, 산술적 평균 절연저항은 208 Ω으로 분석되었다<sup>(11-13)</sup>.

Table 4는 열화 요인에 따른 저항의 차이를 나타낸 것이다. 가스토치에 의해서 소손된 CSST의 산술적 평균 절연저항은 16.7 kΩ으로 가장 컸으며, 전기적인 소손을 입은 CSST는 상대적으로 가장 낮은 208 Ω, 정상 제품은 1.72 kΩ으로 각각 분석되었다. 따라서 화재 현장에서 수거한 배관용 황색절연링형 CSST의 절연 저항을 측정하여 그 값을 비교하면 어떤 에너지원에 의해서 소손되었는지 객관적으로 판정할 수 있고, 화재 원인의 판정 및 규명에 활용할 수 있을 것으로 기대된다<sup>(11-13)</sup>.

Figure 9는 PCITS로 배관용 황색절연링형 CSST에 최대 전류 97 A를 약 5 s 동안 흘린 후의 소손 패턴의 실제 사진이다. Figure 9(a)는 실험에 의해 소손된 CSST를 나타낸 것이다. CSST의 보호피막 및 절연링에는 용융 및 소손 패턴이 나타나지 않았다. Figure 9(b)는 너트의 분해 실제 사진이다. 너트를 분해하였을 때 고무 패키지의 일부가 소손되어 구멍(hole)이 발생할 것으로 확인되었다. Figure 9(c)는 고무 패키지를 분해한 실제 사진으로 전류를 공급하였을 때 소손 패턴이 고무 패키지와 튜브에서 발생하였고, 절연링과 보호피막에서는 나타나지 않은 것으로 확인되었다. 그러나 CSST 내부에는 고무 패키지가 탄화되어 발생한 그을음이 확인되었다. Figure 9(d)는 튜브가 용융되어 구멍이 형성된 부분을 확대한 실제 사진이다. 튜브 표면의 변형 흔적과 3개(①, ②, ③)의 구멍이 형성된 것으로 보아 순간 전류가 흘러 줄열에 의해 용융된 것으로 판단된다<sup>(11-13)</sup>.

**Table 4.** Comparison of Insulation Resistance with Different Causes of Degradation

Classification	Maximum Resistance	Minimum Resistance	Average Resistance
Normal Product	1.73 k $\Omega$	1.71 k $\Omega$	1.72 k $\Omega$
A damage by a Gas Torch, 180 s	17.4 k $\Omega$	16.1 k $\Omega$	16.7 k $\Omega$
Electric Firearms, Imax 97 A	210 $\Omega$	207 $\Omega$	208 $\Omega$

**Figure 9.** The CSST damage pattern by burning after applying maximum current 95 A for 5 s using the PCITS.

#### 4. 결 론

배관용으로 사용되고 있는 황색절연링형 CSST를 인위적으로 열화시켜 손상되었을 때의 특성을 분석하였고, 신뢰성 검증을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 배관용 CSST는 튜브, 보호피막, 너트, 황색절연링, 패킹, 이음쇠로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 그리고 튜브와 이음쇠가 접속된 부분은 기밀성과 절연성능 향상을 위해 황색절연링과 고무 패킹을 사용한 것으로 판단된다.
2. 실험에서 획득한 데이터의 신뢰성을 95% 신뢰 구간에서 검증한 결과 AD는 0.945, P값은 0.015로 해석되었다. 즉, 가스 토치에 의해 화염을 공격 받은 배관용 황색절연링형 CSST는 95% 신뢰구간에서 양호한 신뢰성을 나타냈다.
3. 가스 토치에 의해서 손상된 CSST의 산술적 평균 절연저항은 16.7 k $\Omega$ 으로 가장 컸으며, 전기적인 손상을 입은 CSST는 상대적으로 가장 낮은 208  $\Omega$ , 정상 제품은 1.72 k $\Omega$ 으로 각각 분석되었다. 그러므로 화재 현장에서 수거한 배관용 황색절연링형 CSST의 절연저항 값을 비교하면 손상 원인 판정에 도움이 될 것으로 판단된다.
4. PCITS로 배관용 황색절연링형 CSST에 최대 전류 97

A를 5 s 동안 흘린 결과 보호피막 및 절연링은 정상 제품과 차이가 없었으나 내부의 금속 튜브 일부가 용융된 것을 확인할 수 있었다. 즉, 외부에서 발생된 화염에 의해 내부의 보호피막 및 절연링 등이 변형될 때 가스의 누출이 가능해짐에 따라 사고 역시 확산될 것으로 판단된다.

#### References

1. KS D 3589, “Extruded Polyethylene Coated Steel Pipes”, Korea Standard Association (2017).
2. KS D 3515, “Polyethylene Fittings for Use Polyethylene Pipes for the Supply of Gaseous Fuels”, Korea Standard Association (2016).
3. KS D 3631 “Carbon Steel Pipes for Fuel Gas Piping”, Korea Standard Association (2018).
4. KGS AA 534 “Facilities · Technology · Inspection Code for Manufacture of Polyvinyl Chloride Hoses for Gases”, Korea Gas Safety Corporation (2017).
5. KGS AA 535 “Facilities · Technology · Inspection Code for Manufacture of Corrugated Stainless Steel Tubing for Gases”, Korea Gas Safety Corporation (2017).
6. KS D 3625 “Metallic Flexible Hoses for Gas”, Korea Standard Association (2014).
7. NFPA 921 “Guide for Fire & Explosion Investigation”, pp. 313-340 (2009).
8. KGS AB 131 “Facilities · Technology · Inspection Code for Manufacture of FE (Forced exhaust) and FF (Forced flue or feed-exhaust) Type of Gas Boilers”, Korea Gas Safety Corporation, pp. 7-8 (2017).
9. KS B 8109 “Gas Burning Hot Water Boiler”, Korea Standard Association, p. 27 (2018).
10. KS D 5101 “Copper and Copper Alloy Rods Bars”, Korea Standard Association, pp. 1-18 (2015).
11. J. W. Lee and C. S. Choi, “A Study on the Properties Analysis of Iron Fittings Type CSST Damaged by PCITS”, Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 121-127 (2016).
12. J. W. Lee and C. S. Choi, “A Study on the Analysis of the Resistance Characteristics and Damage Patterns of Brass Fittings Type CSST”, Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 5, pp. 67-73 (2016).
13. J. W. Lee, J. S. Kim and C. S. Choi, “The Resistance Characteristics and Reliability Evaluation of an Insulation Ring Type of Corrugated Stainless Steel Tubing (CSST)”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 31, No. 6, pp. 25-31 (2016).