

배관설비의 손상경향에 대하여

이 재 의

한국비료공업(주)

Failure of Pipe Line

J. I. Lee

Korea Fertiligen Ind. LTD.

1. 머리말

석유정제, 석유화학공업 및 각종 화학공업에 있어서의 배관설비는 여러가지 종류의 재질과 형태로서 생산제품에 필요한 원료 및 각종 부원료 등 여러 종류의 유체(기체, 액체 및 고체)를 공급하고 수송하는 설비의 일환인 동시에 각종 단위 화학기계장치를 연결시키므로써 생산활동을 원활하게 하는 필요 불가결한 설비의 하나로, 사람 신체와 비교하면 혈관의 기능과 동일한 기능을 갖고 있는 중요한 설비라 할 수 있다.

배관설비의 건설공사 측면에서 볼 때 일반적으로 건설공사 총 건설공사비 중 배관설비 건설공사비가 10~20% 정도로서 다른 단위 화학기계장치 설비 설치공사비에 비하여 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 정기보수점검등과 같은 보수공사의 경우에도 총 공사금액의 20% 전후를 차지하고 있는 동시에 공사건수에 있어서도 총 공사의 50% 이상을 차지하고 있는 등 건설 및 보수공사등과 같은 경제적인 면에서 각종 화학단위기계장치설비보다 큰 비중을 차지하고 있음에도 불구하고 Tower, Vessel, Heat Exchanger, Compressor 등과 같은 단위기계장치설비에 비하여 오로지 기술적인 면에서 비교적 기술적으로 특수성이 희박하다고 잘못 인식되어 있기 때문에 다른 단위기계장치설비에 비하여 도외시되고 있는 실정이다.

그러나 실질적으로 모든 기계장치설비의 경우 정

도의 차이는 있을지언정 기술적으로나 경제적인 측면을 종합하여 보면 모든 단위화학기계장치설비는 각각 기술적으로 특수성을 지니고 있으며, 그러한 특수성이 연계되므로써 각종 공업에서의 생산활동이 원활하게 이루어지고 있다 하겠다.

배관설비의 경우에 있어서 배관내부로는 여러가지 종류(기체, 액체, 고체)의 유체가 흐르고 있는 동시에 유체의 조성, 운전압력, 운전온도 및 유속 등과 같은 배관내부의 각종 인자와 배관재질 및 배관외부의 여러가지 환경(지상, 지하매설, 도장방법과 재질, 보온여부와 보온재의 종류, 및 방식처리여부와 지하매설관일 경우 토질의 조성 등 조건)에 따라 여러가지 형태로 손상현상이 유발되고 있는 동시에 손상형태와 손상정도에 따라 생산 중단현상이 야기되며 극단적으로는 가연성유체 및 유독성유체의 누설(유출)로 인하여 화재, 폭발등과 같은 대형사고가 유발되는 동시에 환경적인 문제등이 야기되는 등 인적으로나 경제적 및 도의적으로 막대한 손실을 초래하게 된다.

따라서 본문에서는 여러 외국 문헌 및 자료를 인용하여

- * 단위기계장치설비의 손상경향
- * 배관설비의 손상원인과 손상현상
- * 현장에서의 배관손상사례
- * 외국에서의 사고사례와 방지대책

등에 대하여 간단히 서술하므로써 현장 기술자들에게 부식 및 방식관리면에서나 안전환경 등 재래방직 대책면에서 조금이나마 도움이 되고저 한다.

* 기술연구소 책임연구원

* '88부식 및 방식 seminar 강의내용(Pipe Line)

2. 단위기계장치설비의 손상경향

일반적으로 여러가지 단위화학기계장치설비는 운전온도, 압력및 유체의 종류와 조성등이 복잡다양하게 변동되는 가혹한 환경에서 사용되고 있는 실정이므로 공장을 오랫동안 운전하므로써 여러가지 단위화학기계장치설비가 노후화현상과 열화현상이 급격히 진전됨에 따라 여러가지 손상형태로 기능이 저하되는 동시에 각종 사고요인이 되고 있다.

각종 단위화학장치의 손상경향을 살펴보면 표-1과 표-2및 표-3에서 보는 바와 같이 조사자에 따라 다소 차이는 있을지언정 열교환기류의 화학장치설비가 모든 화학장치설비의 손상사례중 1/3인 약 30% 이상을 차지하고 있다는 것은 열교환기류의 화학장치설비중 제일 가혹한 환경에서 사용하고 있기

때문이라 할수있으나, 모든 기술자들이 도외시키고 있는 배관류의 손상경향이 전체손상사례중 1/4인 약 20~25% 이상을 차지하고 있음에도 불구하고 무시되고 있다는 것은 놀라운 일이라 할수있다.

한편 모든 단위화학기계장치의 손상형태별로 살펴보면 표-2및 표-4에서 보는 바와 같이 화학장치를 사용중에 일어나는 손상은 주로 부식(corrosion)으로 기인되고 있음을 알수 있으며, 부식으로 기인되는 손상일 경우에는 표-5및 표-6, 표-7등에서 보는바와 같이 환경 및재질에 따라 다소 차이는 있으나 응력부식균열(Stress Corrosion Cracking)에 기인되는 손상이 30%~60% 이상을 차지하고 있는 동시에 기계적인 요인으로 기인되는 파괴손상일 경우에는 표-9에서 보는 바와 같이 피로(Fatigue)에 기인되는 경우가 약 40% 이상으로 이는 배관류 다른장치들(Pump Compressor)의 진동, 맥동 등으로 기인되는것이라 생각된다.

표-1 장치 설비의 손상경향 (295건)

장치설비	손상비율(%)
가 열 로	16.6
탑 조	16.6
열교환기	34.2
배 관	24.4
회전기계	3.1
기 타	5.1
계	100

표-2 장치 설비의 손상경향

장치설비	부식손상	파괴손상
열교환기	30.9	9.4
배 관	20.8	15.4
반응분해	18.5	19.4
분리·흡수	6.3	6.3
건조·이송	11.5	37.9
저 장	7.7	0.2
기 타	4.3	11.4
계	100	100
비 고	742건	540건

표-3 장치 설비의 손상경향 (306건)

장치설비	손상비율(%)
열교환기	30.7
반응분해	19.9
배 관	25.2
흡수·분리	8.8
기 타	15.4
계	100

표-4 사용중 장치설비 손상

손상종류	비 율(%)
부식, 마모	35
균 열	35
진 동	5
변 형	5
소 음	5
파 손	10
기 타	5
계	100

표-5 부식현상별 손상 (742건)

현상별	발생비율(%)
응력 부식 균열	39.4
수소취화	2.8
전면부식	15.2
공식	27.0
마모	4.9
건식열화	7.1
열화	3.6
계	100

표-8 鋼種에 따른 부식손상

鋼種	건수	비율(%)
SUS 304	147	62.3
SUS304 L	18	7.6
SUS 316	30	12.7
SUS 316L	27	11.4
SUS 321	5	2.1
SUS 317	3	1.3
기타	6	2.5
계	236	100

표-6 스테인리스강 부식형태

형태	발생비율(%)
응력 부식 균열	41.6
전면부식	16.1
입계부식	17.6
공식	19.4
기타	4.8
계	100

표-9 현상별 손상경향 (파괴 손상 경우)

현상	발생비율(%)
피로	40.9
취성파괴	11.3
부식피로	6.3
연성파괴	8.5
고온파괴	21.3
용접결함	5.7
열화·기타	6.0
계	100

표-7 유체에 의한 손상내역 유체:공업용수

현상	건수	비율(%)
발청, 변색	2	2.5
응력 부식 균열	52	64.2
공식	18	22.2
격간부식	2	2.5
이상 선택부식	1	1.2
입계부식	5	6.2
기타	1	1.2
계	81	100

3. 배관설비의 손상원인과 손상경향

3.1 손상경향

배관설비의 손상경향을 살펴보면 표-1, 표-2 및

표-3에서 보는 바와 같이 열교환기류 장치설비 다음으로 많이 손상되고 있음을 알수 있다.

이러한 원인으로서는 각종 유체의 조성이라든가 제반 운전조건과 주위환경(지상:보온재 종류등, 지하:토질조성등)이 다른 단위화학장치설비에 비하여 가혹하기 때문이라 생각된다.

일반적으로 배관설비의 손상형태 및 합금별, 유체에 따른 손상현상은 다른 단위화학장치설비에서의 경우와 비슷하다고 할 수 있다.

즉 표-10 및 표-11에서 보는 바와 같이 배관설비의 손상형태의 경우 50% 이상이 응력부식균열(Stress Corrosion Cracking)으로 기인되고 있으며 이러한 손상형태는 합금별 및 매체별, 鋼種에 따른 손상경향을 살펴보면 80% 이상이 Austenite 계 Stainless Steel로서 일반 탄소강 및 저합금강보다도 응

력부식균열현상이 극심한 실정이며, 이는 주로 유체중에 극미량 함유되어 있는 (불순물로서) 염화물(chloride)로 기인되고 있음을 알 수 있다.

한편 배관설비의 부위별 손상경향 즉 누설(Leak) 경향을 살펴보면 표-12 및 표-13에서 보는 바와 같이 거의 대부분이 flange부위에서 Gasket, 재질불량, 시공 및 보수불량등의 원인으로 기인되고 있음을 알수 있는 반면 표-14에서 보는바와 같이 주로 수증기(steam) 계통의 배관설비의 손상경향이 전체의 60%이상으로 가장 극심한 손상유체임을 알수있다.

지하매설관에 있어서의 손상경향은 표-15에서 보는바와 같이 다른공사에 의한 손상경향과 배관외면

표-10 배관 손상형태

손상 형태	발생비율(%)
전면부식	13.9
국부부식(공식등)	18.1
응력부식균열 부식피로	50.0
Austenite계 stainless 강	(37.5)
일반탄소강	(12.5)
고온열화	9.7
용접 재료결함	5.5
열피로 균열 기타	2.8
계	100

표-11 합금별 매체별 S.C.C. 손상사례

합금	매체	발생비율(%)
Austenite 계 (80.6%)	염화물	54.8
	유화물	12.9
	고온고압증기 (CO ₂ 함유)	9.7
	알카리	3.2
탄소강 저합금강 등 (19.4)	유화물	6.5
	알카리	12.9
계		100

부식에 의한 손상경향이 주류를 이루고 있는 동시에 손상부위를 살펴보면 표-16 및 표-17에서 보는 바와 같이 급수관과 배수관의 경우 주로 Flange 부위와 Valve계통의 설비에서 손상현상이 많이 일어나고 있으며, 대부분이 crack등으로 기인되고 있음을 알 수 있다.

표-12 배관 누설부위 경향

누설 부위	발생비율(%)
steam flange	50
valve, gland	25
배관	15
기타 flange	10
계	100

표-13 배관외부면에서 누설부위

부위	사례비율(%)
Flange 부	39.3
valve, Gland 부	23.8
steam, union 부	21.6
배관 본체	15.3
계	100

표-14 배관설비 보수공사 경향

건수	사례비율(%)
steam 1grap 불량	33.7
steam line flange leak	14.0
valve, grand, bonnet 등	10.7
steam line union leak	9.7
배관 본체 leak	6.9
valve plate leak	6.8
flange (line 연결)	3.7
steam valve seat leak	4.1
valve 개폐 불량	2.2
기타	8.2
계	100

표-15 미국에서의 액체배관 누설 원인

	1971	1974
타 공사에 의한 손상	22	30
외면부식	33	20
오 조 작	7	11
관 seam 파손	10	8
내면부식	7	6
기 타	21	25
계	100%	100%

표-16 지하급, 배수관의 누설현황 - (1)

가) 배 수 관

원 인	발생비율 (%)
계 수 부	57
valve	25
소 화 전	6.5
균 열	9
부 식	2
기 타	0.5
계	100

나) 급 수 관

원 인	발생비율 (%)
균 열	58
valve	5
급수 valve	21
부 식	11
기 타	5
계	100

이와같이 지하매설관의 경우 crack, 파열등의 손상현상은 배관 외부조건 즉 토질조성및 주위 제반 여건등에 의해 일차적으로 부식현상이 유발되고, 배관 내부 유체의 압력등 유체의 제반조건등에 견디지 못하므로써 일어난 현상이라 추정된다.

3. 2 손상원인

배관설비에 있어서 일반적인 손상원인과 손상현

표-17 급, 배수관의 누수현황 - (2)

가) 배 수 관

원 인	발생비율 (%)
flange	55.3
valve	25.8
소 화 전	7.0
파 열	6.0
부 식	1.3
강관분체	0.9
석면관분체	3.4
기 타	0.3
계	100

원 인	발생비율 (%)
파 열	37.7
분 수 전	21.2
접합불량	12.2
부 식	10.8
외 상	7.6
남 잔존부위	3.3
기 타	6.4
계	100

상은 표-18과 같이 크게 분류할 수 있으며, 배관설바의 부위별 손상현상은 표-19에서보는 바와 같이 간단하게 요약할 수 있다.

따라서 본 항목에서는 배관설비의 손상원인으로 야기되고 있는 손상현상과 부위별 손상원인에 대하여 간단하게 요약하고자 한다.

1) 배관설비의 손상현상

가) 부식 및 마모

부식은 유체와 관 재료 및 환경조건등의 상호작용 산물로서 설비관리를 부식에 의한 사고를 방지시키기 위하여는 이와같은 3가지에 대한 상호작용을 상세히 파악하는 것이 제일 중요한 사항이다.

부식(Corrosion)에는 화학적부식(Corrosion) 과 물리적침식(Erosion)으로 크게 분류할 수 있으며, 화

표-18 배관설비의 손상원인과 현상

손상원인	손상형태
1) 설계, 계획 불비 ○ 열응력 열신축 불비 ○ 열처리 유무와 처리 불량 ○ 재질, 방식 불량 ○ 설치공사 점검 불량	1) 부식, 마모 2) 누설
2) 공사, 시공 불량 ○ 용접불량 ○ flange 등 작업불량 ○ 재질불량 ○ 관내세정등 불량	3) 진동피로등, 파괴
3) 운전, 보수점검 불량 압력, 온도, 재질 유체조성 등	4) 폐쇄
4) 기타(지진 등) 지반침하등	

표-19 배관설비 부위별 손상원인과 현상

부위	손상현상
Flange 부	○ 운전조건(압력·온도) ○ 유체 조성 ○ 재질 불량 맥동·진동 부식·마모
Valve	○ 재질 불량 ○ 외부 응력 ○ 부식·마모 ○ 열화
배관 본체	○ 용접 불량 ○ 재질 불량 ○ 외력(하중, 열 응력) ○ 외부조건 ○ 진동·충격 ○ 부식·마모 ○ 응력부식 균열

표-20 누설 압력 계수

유체	실추치	계산치
수소		0.46
암모니아		0.44
steam (발포유)	0.10	
	0.20	0.24
Freon 공기	0.75	
공기	1.00	1.00
Gasoline	2.0	2.1
등유		4.7
물	4.5	5.2
경유	6.0	8.2
motor 유	50	61
중유		70
steam (육안)		

*1. 누설압력계수 = $\frac{\text{유체 누설 최소압력}}{\text{공기 누설 최소압력}}$

표-21 배관 내부 유체에 따른 한정유속

유체	유속 (m/sec)	
steam 포화증기	3B까지	25
	4B~8B	30
	10B 이상	30
과열증기	3B까지	30
	4B~8B	40
	10B 이상	50
Vent 증기		25~50
물, 기타 점도가 낮은 액체		1.5~3
윤활유 등		0.5~3
Pump suction Discharge		1
		1.5~3
공기 저압·고압		10~15
		20~25

* 화학장치 편람에서

학적부식을 형태면에서 볼때 전면부식(General Corrosion)과 국부부식(Local Corrosion)으로 나눌 수 있다.

일반적으로 前者는 관재료가 내용물인 유체와 접촉하는 면에서 일정하게 침식되기 때문에 부식속도

가 워낙하므로 위험도는 극히 적고 외면에서의 두께검사등이 비교적 손쉽기 때문에 부식관리가 용이하나, 국부부식의 경우 공식(pitting), Grooving Corrosion 등과 같은 형태로 발생되기도 하고 금속재료의 결정입자사이에서 이물질이 생성됨으로써 발생하는 입간부식 또는 합금등의 조직중 침식되기 쉬운 성분만이 부식되는 선택부식등 여러가지 형태로 발생되므로 부식관리가 어려운 실정이며, 이러한 부식형태는 재료 내부로 급속히 진행되기 때문에 장치사용상 많은 위험성을 갖고 있다.

일반적으로 부식원인으로는

* 직접 접촉하는 유체가 관재료와 화학변화를 일으키는 경우

* Ion화 작용이라든가 전기분해작용과 같은 전기 화학적변화를 일으키는 경우로서 관에 전해질용액이 접촉되면 관재료가 Ion화되어 용해된다. 이러한 부식은 관 접촉부위등 금속 또는 합금 접촉부위등에서 많이 일어나므로 적절한 재료를 선정하는 동시에 방식처리를 실시하여 부식으로 인한 손상을 방지하여야 한다.

한편 물리적 침식은 slurry 또는 유체에 미립자의 이물(고형물등)이 혼재하였을 경우 관굴곡부(Elbow등)에 충돌하든가 cavitation이 발생하는 부위에서 흔히 일어나고 있는 형태이다.

나) 누설 (Leak)

배관설비의 보수는 대부분이 누설발견과 조치로 시종일관되어 있다고 하여도 지나친 말은 아니다.

만일 고압의 가연성 유체가 배관설비의 보수성검 및 기타 여러가지 요인으로 인하여 누설되었을 경우 대형 사고원인이 되고 있음을 주시하는 바이다.

즉 배관설비의 재반 결함으로 인하여 가연성유체가 유출되면 공기와 혼합하여 폭발한계내의 혼합기체로 되어 건물 또는 pit 등 밀폐된 장소에 정체됨으로써 착화원에 의해 폭발등 중대한 재해가 발생된다.

따라서 이와같은 대형사고를 미연에 방지하기 위하여 배관설비의 철저한 점검보수와 아울러 폭발적인

분위기를 제거하여야 한다.

일반적으로 배관설비의 누설원인으로는

① Flange부위 : Flange 및 Gasket 재질 및 취부불량, Flange Bolt 체결불량

② Crack으로기인 : 외부피로균열 Flange와 관연결부 용접불량등

③ 부식으로 기인 : 부식공 등 여러가지 원인으로 기인되고 있다.

다) 진동피로등에 의한 파괴

이러한 현상은 주로 고온 고압 배관설비에서 발생하고 있으며 고온 고압 배관설비의 손상중 80% 이상을 차지하고 있다.

뿐만 아니라 모든 배관설비는 여러가지 종류의 기계적 파괴현상이 유발되고 있다. 즉 이러한 현상으로 관의 折損, 裂損등의 현상이 유발되어 관의 기능을 상실시키는 동시에 돌발적으로 일어나는 현상이기 때문에 극히 주의하지 않으면 안된다.

① 배관진동 : 배관은 往復動壓縮機등과 같은 회전기계류와 접속되어 있으므로 기계적인 起振力을 손쉽게 받게되며, 流体圧의 脈動변화를 받는 경우가 많다 따라서 배관의 진동은 壓力波등과 같은 起振力이 일종의 관제의 고유진동수에 대응하여 共振을 일으킬때 最大로 되며 부식피로의 원인으로 되고 있다.

또한 관의 진동은 관과관 관과 기타 접촉기계와의 접촉 마찰로 인하여 파손의 원인이 되기도 한다.

② Creep에 의한 파괴 : 주로 350℃ 이상에서 사용하는 탄소강관 또는 Bolt 등에서 흔히 발생되고 있다.

③ 저온취화 : 극저온장치(-40℃이하)에서 사용되는 관재료및 용접부에서 발생되고 있다.

④ 잔류응력 : 냉간가공, 용접한 고압배관 부분에서 일어나고 있는 현상이며 응력제거및 열처리등으로 응력을 제거하여야 한다.

라) 관의 폐쇄

공장 정상가동중 관 내용물 즉 유체중에 혼입되어 있는 Dust, Scale 등과 같은 고형물은 Elbow부

분, Tee, Reducer 등 유속이 낮은 부위에 퇴적됨으로서 유로의 유효단면적을 감소시키는 동시에 궁극적으로는 완전히 폐쇄현상을 유발시키는 요인이 되고 있으며 관 내부의 유체저항을 증가시켜 유량을 감소시키는 등 관 본래의 기능을 마비시키는 원인이 되고 있는바, 적절한 유속을 선정함과 동시에 고형물의 침적, 퇴적현상을 방지토록 하여야 한다.

2) 배관설비의 부위별 Leak

가) Flange부 Leak

일반적으로 배관설비중에서 Flange부에서의 누설 사례는 약 40%로서 배관설비 누설사례중 대부분을 차지하고 있다.

운전중 flange부에서 누설(Leak)되는 원인을 열거하면

① 온도변화

운전조건의 격심한 변화, 유체의 온도상승 라든지 기후조건에 의한 급격한 온도상승.

② 압력상승

운전조건 변화에 따른 급격한 압력상승

③ 脈動 및 振動

Water-Hammering 및 배관진동에 의한 Bolt 풀림

④ 부식, 마모

Flange면 또는 Gasket의 부식, 마모

⑤ Flange재질결함

⑥ Gasket재질결함

나) Valve Leak

Valve에서 외부로 유체가 누설될 경우

○ Gland

○ Bonnet Cover

○ Valve 본체

○ 배관과의 접촉부위

등 여러부위에서 Leak되고 있으며 그 원인으로서는

① Gland의 경우

packing열화, valve step마모

② Bonnet cover의 경우

Flange부위와 대동소이함

③ Valve 본체의 경우

○ 부식 및 마모로 인한 pinhole

○ 재질결함(특히 주물조잡)

○ 외부응력에 의한 균열

④ 배관 본체의 경우

○ 용접불량 : pinhole 또는 균열,

○ 재질불량 : pinhole 또는 균열

○ 외력 : 열응력, 과대하중, 충격, 진동 맥동 등에 의한 균열

○ 부식 및 마식 : 유체의 운전조건 및 조성 외부 조건(토질조성 : * 지하매설관)

4. 현장에서의 배관설비 손상사례

현장에서의 배관설비 종류는 각 공장의 특수성에 따라 다양각색이며, 각 공장의 제반 운전조건등에 따라서 발생하는 손상현상도 다양각색으로 어느 특정한 공장에서만만의 배관설비 손상현상을 종합論한다는 것은 많은 문제점을 갖고 있다 따라서 부항목에서는 일반적으로 공통되는 부문인 급수계통에 있어서의 배관설비 손상현상에 대하여 간단하게 서술코저 한다.

표-20에서 보는바와 같이 배관내의 유체에 따른 배관설비의 손상경향을 살펴보면 응축수를 포함한 steam계통의 배관설비에서 pinhole, crack등과 같은 손상현상이 많이 일어나고 있음을 알수 있으며, 이는 외국에서의 통계 사례 비율과 거의 일치하고 있음을 알수 있다.

일반적으로 steam 및 응축수에 기인되는 손상현상은 온도 및 유속에 따라 다소 차이는 있으나 고온의

표-20 유체에 따른 손상사례 (지상사례)

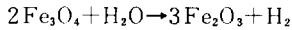
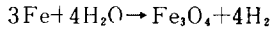
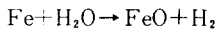
유 체	손상건수	비 율	비 고
steam	30	31.6	응축수 포함
관 수	14	14.7	급수포함
냉 각 수	10	10.5	보충수 포함
치 리 수	6	13.7	부식억제제 미처리수
음 료 수	6	6.3	
약 품	17	17.9	수처리제 각종 약품 배관
기 타	5	5.3	
타	95	100	

표-21 급수에 의한 배관 손상부위 (지하배관)

부 위	손상건수	비 율	비 고
배관본체	64	55.6	Flange 부등
Elbow	25	21.7	
계수불량	9	7.8	
valve	7	6.2	
기 타	10	8.7	
계	115	100	지상 누수 확인 보수 실시 건수

* 급수 : 소방수 배관 위주

증기에 의하여 배관설비재질인 금속이 일반적으로



과 같은 반응의 산화반응으로 금속표면에 상온에서 생성된 scale보다 산화, 환원성 Gas의 침입 확산이 손쉬운 다공성 scale을 생성시키므로써 각종 부식환경을 촉진시키기 때문이라 생각되며 steam 및 응축수계 배관에서의 손상현상은 주로 Elbow, Tee 및 배관 본체중 응축되어 계면(액체 접촉부위)에서 많이 발생되고 있다.

한편 소방수 및 급수계통에 있어서 배관설비의 부위별 손상현상은 매설방법, 토질조성등 여러가지 인자에 따라 다소 차이는 있으나 표-21에서 보는 바와 같이 배관본체의 손상경향이 표-16 및 표-17의 경우와 달리 전체의 50%을 차지하고 있다는 사실은 지하매설관에 대한 부식 및 방식관리가 소홀하였다고 생각될 따름이나, 물론 각 공장 및 지하매설관의 매설위치, 방법 및 주위 토질등에 따라 제반조건이 다르며, 지하는 수로 인한 토질 조성의 급격한 변화등을 생각한다면 설비관리측면에서 볼때 무리는 아니라고 생각된다.

5. 외국에서의 사고사례

외국에서의 통계자료인 표-1~표-3에서 보는 바와 같이 단위화학기계장치 설비의 손상경향을 살펴보면 배관설비의 손상경향이 전체의 1/4 이상을 차지하고 있다는 사실은 배관설비가 얼마만큼 중요한

설비라는것은 가히 짐작하고도 남음이 있다.

표-22에서 보는바와 같이 Yukio Hashiguchi 씨가 조사한 자료에 의하면 총 사고발생건수중 배관설비로 기인되는 것이 1/4인 24.3%를 차지하고 있다는것은 배관설비가 여러가지 요인으로 인하여 손상되었을 경우 이차적으로 대형사고가 유발되어 인적, 물적등 사회적인 측면에서 막대한 손실을 초래하고 있음을 알수있다.

따라서 본 항목에서는 일본에서 발생한 사고에 대하여 Yukio Hashiguchi 씨가 조사한 사고장소, 사고종류 및 사고원인을 인용하므로써 배관설비의 중요성을 강조하고자 한다.

표-22 및 표-23에서 보는 바와 같이 사고발생장소는 배관설비계통에서 발생한 경우가 전체 사고건수의 30%로서 합, 조류 다음으로 사고가 많이 발생되고 있으며, 배관설비중 배관본체가 42%로서 주류를 형성하고 있는 동시에 사고종류는 표-24에서 보는 바와 같이 누설로 기인되고 있음을 알수 있다.

표-22 장치설비 사고 사례

설 비 명	사고발생건수
탐 조 류	236
회전기계류	60
배 관 계	145
부 속 설 비	76
utility	52
하 역 설 비	16
수 송 설 비	4
기 타	5

표-23 배관설비 사고발생부위 (145건)

부 위	사고발생건수
배 관	61
계 수 부	29
valve	26
기 타	29
계	145

이러한 사고원인은 표-25에서 보는바와 같이 설비관계와 운전관계가 2:3의 비율로 운전관계로 기인되는 경우가 많고 운전관리측면에서는 S. O. P. 불비등에 기인되고 있음을 알 수 있다.

표-24 장치설비 사고 발생종류

종 류	사고발생건수
누 설	213
방 출	34
화 재	212
폭 발	70
중 독 등	32
파 손	115
정전등 전기사고	39
공장가동정지	104

표-25 장치 설비의 사고 원인

가. 설비관계 (317)

원 인	건 수
구조 설계 불량	106
재료 불량	38
공작 불량	52
계장제어계통결함	11
열 화	68
외부하중, 충격등	11
기 타	31

나. 운전관리 관계 (142)

원 인	건 수
작업정보제공 전달미비	14
인식불량, 확인잘못	26
오 판 단	39
오 조 작	48
기 능 미 숙	20
SOP 불비	112
지휘계통 불비	46
점 검 불 량	92
보 수 불 량	50
기술적 미흡	16
기 타	29

6. 끝맺음

모든 단위화학기계장치설비중 기술적인면에서 다른 장치설비에 비하여 도외시되고 있는 배관설비의 손상경향에 대하여 간단하게 서술한것은 현장 기술자에게 조금이나마 도움이 되었으면 감사하겠으며, 아울러 국내에 이와같은 통계자료가 있는지의 여부를 확인하지 않은채로 오로지 외국에서 통계 집계 조사된 자료와 외국 문헌만을 인용하였다는것을 부끄럽게 생각하며, 독자 여러분의 넓은 양해를 구하는 바이다.

7. 인용문헌

1. Keiji Tanaka : 배관기술 5 (89) 1982
2. Naohiko Kagawa : Chemical Eng. 3 (18) 1980
3. Yukio Hashiguchi : 화학공학 10 (612) 1981
4. Tetsuya Takegawa, 외 : 화학공학 3 (128) 1980
5. Takeharu Watanabe : 배관기술 6 (80) 1980
6. Mamoru Miura 외 : 화학공학 3 (136) 1980
7. Koi Shimada : 배관기술 5 (103) 1983
8. Isamu Obi 외 : 배관기술 8 (79) 1968
9. Michio Nishi : 배관기술 10 (101) 1982
10. Eiichi Nakai : 배관기술 11 (131) 1972
11. Hideo Morinaga : 배관기술 5 (129) 1973
12. Shigeyuki Kobayashi : 배관기술 8 (51) 1984
13. Yoshichika Sakanishi : 화학공학 2 (95) 1982
14. 이재익 : 한국부식학회지 No 4 (27) 1983
15. 이재익 : 한국부식학회지 No 1 (1) 1984
16. Ningo Yoshigawa : Plant Eng. 10 (57) 1959