해사(海砂)의 사용으로 배관재 부식을 가속화

1. 하자 내용

준공후 1년이 채 경과 되지 않은 S아파트의 온돌 코일의 많은 부분에 구멍이 뚫려 누설된 사고가 발생하였다.

사용된 배관재는 아연도강관이며, 국내에서 일반적으로 적용되는 패널(구들)의 형태로 시공되었다.

2. 하자 발생 원인

⑴ 개 요

매설배관에 발생한 누설사고는 어떤 한가지의 요인에 의해서라기 보다 대부분 여러가지 요인이 복합적으로 작용한 경우이다.

그러나 본 사례 현장에서 채취된 관의 상태는 외면이 심하게 부식되어 있어서 육안으로도 외부로 부터 내부로 진행된 국부부식(局部腐蝕)의 일종임이 확인되었다.

따라서 배관 주위의 환경에 주 원인이 있을 것으로 보고, 사용된 골재, 특히 모래의 성분분석을 1차적인 검토 대상으로 하였다. 그러나 분석할 것도 없이 현장에 사용된 모래가 해사(海砂)였음이 확인 되었으므로, 일단은 해사에 포함된 염분과 습기의 작용에 의한 부식으로 결론을 짓고 어떤 경로로 부식이 진행되었는가를 위주로 분석하였다.

⑵ 부식 진행과정의 추정

부식환경 하에서 강(鋼, STEEL)에 도금된 아연층이 1차적으로 부식되고, 아연이 벗겨진 상태의 강관표면이 +극이 되고, 아연이 벗겨지지 않은 인접 표면은 −극이 형성되어 밧데리(BATTERY)가 구성되므로써 +극이 지속적으로 부식되는, 소위 점식(點蝕, PITTING CORROSION, IMPINGEMENT ATTACK)이 발생 되었다고 추정된다.

⑶ 부식속도의 추정

부식의 속도는 중량감소량(시편의 단위면적에 대한 일정기간 경과 후의 부식감량, mg/dm², day)으로 표시하거나, 두께감소량(시편의 단위두께가 일정기간 동안에 감소된 두께, MPY[1] 또는 mm/year)으로 표시하는 두가지 방법이 있다.

부식속도의 추정을 위하여 다음과 같은 자료를 기본으로 사용하였다.

① KSD 3507(배관용 탄소강관)규격 제품중 아연도강관(白管)의 아연부착량은 400g/m², 20A 강관의 외경은 27.2mm, 두께는 2.65mm, 1본의 길이는 6m이다.

② 아연의 비중량은 7.133g/cm³, 철의 비중량은 7.87g/cm³이다.

③ 부식속도는 두께감소량(mm/year)을 기준으로 한다.

이상의 자료를 토대로 한 1차적 계산결과는 〈표

주 1) MPY=Mils Per Year. 1 Mils=0.001inch. 즉, 1년에 0.001inch(0.0254mm)의 두께 감소가 있는 부식속도를 1MPY라 한다.

〈표 1〉

구분 \ 배관장	6m일때	1m일때
표면적(m^2)	0.512448	0.085408
아연부착량(g)	205	34
아연의 체적(cm^3)	28.74	4.77
아연도금두께(mm)	0.056	좌동

1〉과 같다.

다음으로, 강관의 아연층과 강층이 어느 기간동안에 부식되었는가를 계산하기 위한 기본자료로 다음의 실험결과를 이용하였다.

① 1년에 1암페어(AMPERE)의 전류가 흐를때 주요금속별 부식감량은 철 및 강이 9.07kg, 아연이 10.43kg이다.[2]

② 사고현장에서 누설이 최초로 발견된 것은 준공후 10개월 뒤이다.

③ 물 및 1% NaCl 수용액[3]중에서의 부식전위서열(腐蝕電位序列, GALVANIC SERIES)은 아연이 앞(활성이 큼, 부식이 잘됨)이고, 철 또는 강이 아연 다음이다.[3]

④ 표준전극전위(標準電極電位, STANDARD ELECTRODE POTENTIAL, E° VOLTS)는 아연이 0.763, 철이 0.440으로 아연이 철에 비하여 비(卑, IGNOBLE)하다(부식이 먼저 된다).

이와같은 자료를 토대로 아연도금층이 부식되어 뚫어지는데 걸리는 시간과, 아연도금층이 벗겨져(부식으로) 나관 상태로 부식분위기에 노출된 강 표면이 뚫어지는데 걸린 시간이 계산된다.

즉,동일조건 하에서 아연도금층과 강층의 부식비

〈표 2〉

부식속도 \ 금속층별		아연	강
뚫어지는데 걸린시간(일)		140	160
부식속도	mm/year	0.146	6.045
	MPY	5.75	238

율은 1대 1.14로 아연이 140일, 강이 160일 동안에 부식되었다고 추정될 수 있다. 이를 두께감소량 기준의 부식속도로 환산한 것이 〈표 2〉이다.

(4) 배관 주변의 부식 분위기

아연층의 부식속도를 기준하면 관주변의 환경이 pH7 이하의 산성분위기로 아연이 용해될 수 밖에 없었으며[4], 강을 기준하면 55℃의 3% NaCl 수용액을 1.2m/sec의 유속으로 계속 분사 시켰을 경우와 동일하다.[5]

해수(海水)의 염분농도는 대략 3%(30,000PPM) 정도라 하여, 물에 식염을 첨가하여 NaCl 수용액을 만들어 시험한 결과는, 염분의 농도가 1~5%에서 최대의 부식이 나타난다[6]는 보고서가 있어, 이와 비교하면 사고현장의 배관 주변 부식 분위기는 상당히 강했다고 볼 수 있다.

3. 대 책

(1) 해사 사용방법 준수

골재의 부족현상으로 해사의 사용이 불가피한 상황에서는 흔히 나올 수 있는 현상이므로, 해사를 사

주 2) 참고문헌 1. P18-6

주 3) 참고문헌 1. P18-6, 참고문헌 2. P7

주 4) 참고문헌 3. P.I.-503, 그림 6.6

5) 참고문헌 3. P.I.-505, 그림 6.14

6) 참고문헌 4. P.310, P.100

용할 때에는 규정에 의한 충분한 세척후 염분의 농도를 낮추어야 할 것이다.

⑵ 몰탈층의 습기를 완전히 제거한다.

금속재료에 부식이 발생하기 위해서는 4가지의 구성요소를 갖추어야 한다. 즉, 양극(ANODE), 음극(CATHODE), 전해질(電解質, ELECTROLYTE) 및 이들을 연결하는 회로(回路, RETURN CIRCUIT)이다.

이중 양극과 음극은 배관재 자체이므로 제거가 불가능하나, 전해질—여기서는 습기—은 쉽게 제거될 수 있다. 어떻게 해서 배관주변에 물이 생길 수 있었는가는 몰탈층에 포함된 수분때문이거나 제3의 장소에서 물이 흘러 들어왔거나의 두가지 중 한가지이다.

부식조절 방법의 근본은 위의 4가지 구성요소 중 한가지를 제거하여 부식발생 현상이 이루어지지 않도록 하는 것이다.

⑶ 온수용도에는 아연도금강관 사용을 제한한다.

아연의 부식과 온도와는 밀접한 관계가 있다. 이와같은 시험결과는 이미 배관분야에서 저온부식(低温腐蝕)이라는 말로써 잘 알려져 있다. 즉 아연은 온도가 60~80℃일때 최대의 부식속도를 갖는다.[7]. 따라서 급탕이나 난방배관으로의 아연도금강관 사용은 제한되는 것이 좋다[8](STEEL PIPE IS NOT USED FOR DOMESTIC POTABLE WATER).

⑷ 배관재료의 선택을 신중히 한다.

배관재의 부식에 대처하는 방법은 여러가지가 있다. 전면부식(全面腐蝕)에 대해서는 관의 두께를 두껍게 사용하는 방법이 이미 사용되고 있으며, 매설배관에 대해서는 내식성이 강한 재료를 사용하거나 코팅 또는 내식성 재료로 감싸준 관을 사용하는 방법 등이다. 그러나 방열(放熱)을 목적으로 하는 관에는 코팅이나 감싸주는 재료 자체가 단열재의 역할이 되므로 적용상의 문제가 된다.

이미 기술적으로 적용되고 있는 부식조절 방법들을 열거하면 다음과 같다.

① 사용하는 관의 두께를 두껍게 한다.

② 내식성이 강한 재료를 사용한다.

③ 코팅 또는 도복장된 관을 사용한다.

④ 음극보호장치(CATHODIC PROTECTION)를 설치한다.

⑤ 절연체를 사용한다.

⑸ 사고가 난 배관 계통은 전부 교체한다.

부식이란 현상이 매우 복잡한 형태로 나타난다는 것은 앞에서 설명한 바와 같다.

종류가 다른 배관재를 같이 사용함에 따른 접촉부식은 쉽게 이해되나, 같은 재질의 배관재라도 주위의 환경이 습하냐 건조하냐에 따라 +, —극이 형성되어 어떤부분이 단시간에 부식되는 사례는 얼마든지 있다.

"장기간 사용되던 상수도관의 누설부분을 잘라내고 신관(新管)으로 바꾸었더니 얼마후 그 신관이 심하게 부식되어 다시 교체하지 않으면 안되었다"는 등의 예는 동종의 관에서도 다른 종류의 관을 사용할 경우와 같은 접촉부식 현상의 한가지 예에 불과하다.

따라서 어떤부분에 부식이 발생하면 그 부위만 교체해서는 안되고 해당구간 또는 구획전부를 교체

주 7) 참고문헌 3. P.I.-503, 그림 6.6

8) 참고문헌 5. P.735.

하는 것이 좋다.

⑹ 아연도금은 희생성(犧生性) 코팅방법의 일종임.

철이나 강에 용융아연 도금하는 것은 철이나 강에 비하여 부식에 대한 활성이 강한 아연이 먼저 부식되므로써 철이나 강을 보호하려는 것이다.

따라서 부식이 발생할 수 있는 분위기에서는 언젠가는 아연이 부식된다. 또한 아연이 부식될 동안에는 철이나 강에 부식이 억제되지만 아연이 희생되고 난 후에는 철이나 강의 부식이 불가피한 것이다.

4. 교 훈

⑴ 부식현상

금속 대부분의 자연적인 형태는 산화물(금속과 산소의 결합), 황화물(금속과 S, SO_3, SO_4 등의 결합), 탄화물(금속과 CO_3의 결합), 염화물(금속과 Cl의 결합)과 같은 화합물이다.

따라서 금속은 가능한 형태로써의 화합물을 형성하기 위해 재반응 하려는 성질, 즉 정련(精練)된 금속이 광석으로 되돌아 가려는 성질을 가지고 있다. 또 금속은 용해(溶解)된 상태 즉 ION의 상태가 금속자체로써 보다 안정된 상태이므로

$Fe-2e^- \rightarrow Fe^{++}$

$Zn-2e^- \rightarrow Zn^{++}$과 같이 기회만 있으면 ION화 하려는 경향을 가진다.

부식이란 이와같이 금속이 화합물이 되거나 이온화 하는 과정이다.

이러한 원리에 의하여, 금속의 표준적극전위를 기준한 부식전위 서열이 정해져 있으며, 귀(貴)한 금속 일수록 부식이 안되고 비(卑)한 금속일수록 부식이 잘 된다는 것을 이해할 수 있는 것이다.

⑵ 부식의 종류

금속의 표면과 접하는 환경에 물기가 있는지의 여부에 따라 습식(濕蝕, ELECTROCHEMICAL CORROSION)과 건식(乾蝕, CHEMICAL CORROSION)으로, 부식의 형태가 전면에 고르게 발생되는지 아니면 일부분에만 집중적으로 발생하는지의 여부에 따라 전면부식(UNIFORM CORROSION)과 국부부식(LOCALIZATION CORROSION)으로 나눈다.

그러나 실무에서 부식에 대한 문제는 습식으로써 국부부식인 것이며, 그중 가장 많이 접하게 되는 접촉부식과 점식에 대해서는 배관분야 자체로서도 깊이 연구해야 할 과제이다.

참고 문헌

1. ASPE, DATA BOOK 1981~1982. Volume II, Chapter 18, Corrosion
2. R.W. STAEHLE, Galvanic and Stray Current Corrosion ; Causes and Prevention.
3. 사단법인 공기조화·냉동공학회, 공기조화·냉동·위생공학 편람. 제1권 기초편
4. 伊藤悟郎著, 改訂 腐食科學と防食技術. (株)コロナ社, 88.11.15版
5. ASM, METALS HANDBOOK, 9th Edition Volume 1. Properties and Selection ; Irons and Steels.