

토양매설 스테인리스강 상수도 배관의 부식원인 규명

김영식[†] · 박수진 · 황보덕 · 신민철

국립안동대학교 신소재공학부 청정에너지소재기술연구센터
(2012년 1월 20일 접수, 2012년 2월 24일 수정, 2012년 2월 24일 채택)

Elucidation of Corrosion and Failure of Stainless Steel Tubing buried in Soil for Potable Water

Young Sik Kim[†], Soojin Park, Deok Hwangbo, and Mincheol Shin

Materials Research Center for Clean and Energy Technology, School of Advanced Materials, Andong National University

(Received January 20, 2012; Revised February 24, 2012; Accepted February 24, 2012)

Since buried pipes contact the soil directly, corrosion by the soil could be occurred. Recently, some stainless steel pipes after 8 years burial at G area were corroded and leaked. In order to elucidate highly corroded phenomena(its rate was about 0.175 mm/y) of these pipes, the investigation for corrosion environment, soil, stray current's effect, and chemical analysis on the pipes were performed. Most of investigated sites were close to traditional water-closet and showed high moisture and thus those areas could be highly corrosive. In the investigation by two kinds of soil evaluation methods, it was revealed that the soils at G areas were highly corrosive, and moreover the contents of sulfate reducing bacteria in the soils were high. Also, open circuit potentials of many pipes showed different values and its potentials were high positive. Therefore, it was considered that corrosion of buried pipes at G area could be affected by high corrosive soil's environment and stray current corrosion.

Keywords : stainless steel, soil, buried pipe, corrosion, potable water

1. 서 론

매설수도관의 경우 다양한 사용재료 및 환경의 영향으로 거의 모든 종류의 부식이 발생 한다. 수도관이 서로 다른 토양(dissimilar soil)을 가로질러서 매설되어 있는 경우에는 갈바닉쌍(galvanic couple)이 형성되어 부식이 발생할 수 있다.^{1),2),3)} 토양A와 토양B의 조성차이 및 이로 인해 전해질로서의 역할을 수행할 수 있는 능력이 차이가 나게 되면, 토양A에 매설된 배관과 토양 B에 매설된 배관은 관대지 전위의 차이가 발생한다. 이와 같이 토양조건이 다를 수 있는 요인은 다음과 같다.

- 1) 낮은 비저항(양극) - 높은 비저항
- 2) 함수량이 큰 토양(양극) - 함수량이 적은 토양
- 3) 점토질(clay) - 실트(silt)
- 4) 공극율(porosity) 의 차이
- 5) 알칼리성 토양 - 중성 또는 산성 토양

이렇게 토양 중에 매설된 금속의 부식을 예측할 수 있는 토양의 부식성 평가는 두 가지 방법이 많이 이용되고 있다.

평가법(1)은 ANSI/AWWA C105/A21.5 에 의거한 토양 평가항목의 평점 기준을 이용하는 방법이며,⁴⁾ 평가법(2)는 W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가 항목의 평점 기준을 이용하는 방법이다.⁵⁾ 각각의 평가법은 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

지하 매설배관은 토양과 직접적으로 접촉되어 있어서 매설된 배관은 접촉된 토양에 의해 부식이 발생할 수 있다. 현재 국내 G지역에서 약 8년간 매설된 스테인리스강 상수도 관에서 심한 부식이 발생하여 누수가 되는 사례가 보고되었다. Fig. 1은 국내 G지역에 매설된 스테인리스강 배관의 전 면과 부식이 발생된 부분을 확대한 사진이다. 육안으로 관찰한 결과, 부식된 정도가 크며 부식원인 규명 및 누수를 방지하기 위한 방식대책이 급한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 국내 G지역의 매설배관 주위 토양에 대한 토양분석을 통하여 매설상수도관의 부식원인을 규명하였다.

[†] Corresponding author: yikim@andong.ac.kr

Table 1. Soil evaluation method(1) by ANSI/AWWA C105/A21.5⁴⁾

Evaluation items	Points*	Evaluation items	Points*
Soil Resistivity		Oxidation reduction potential (mV)	
< 700	10	>100	0
700 - 1000	8	50 - 100	3.5
1000 - 1200	5	0 - 50	4
1200 - 1500	2	< 0	5
1500 - 2000	1	Sulfide	
> 2000	0	positive	3.5
		trace	2
		negative	0
pH		Moisture	
0 - 2	5	bad drainage, always wetted	2
2 - 4	3	fair drainage, generally wetted	1
4 -6.5	0	good drainage, generally dried	0
6.5 - 7.5	0**		
7.5-8.5	0		
> 8.5	3		

* If the summation of all point is over 10, the corrosivity of soil can be evaluated as severe condition. Cast iron pipes should be protected.

** If sulfide was present and redox potential was low and negative value, add 3 points.

Table 2. Soil evaluation methods(2) proposed by W. Baeckmann and W. Schwenk⁵⁾

		+2	+1	0	-1	-2	-3	-4
Soil		Calcareous Sand	-	roam sand clay sand	-	mud Soil humus	-	mud
Soil condition	Underground water			Nothing	present			
	Soil			natural soil		Substitution soil		
Soil Resistivity($\Omega \cdot \text{cm}$)				>10000	10000-5000	5000-2300	2300-1000	<1000
Water content (%)				<20	>20			
pH				>6	<6			
Oxidation reduction potential (mV)		>400		200-400		0-200		<0
H ₂ S or Sulfide (S ²⁻ , ppm)				negative		trace <0.5		positive >0.5
Calcareous/coaks				nil				Exist
Cl ⁻ content (ppm)				<100	>100			
SO ₄ ²⁻ content (ppm)				<200	200-500	500-1000	>1000	

Total points	Corrosivity
< 0	Negative
0 ~ -4	mild corrosive
-5 ~ -10	medium corrosive
> -10	strong corrosive

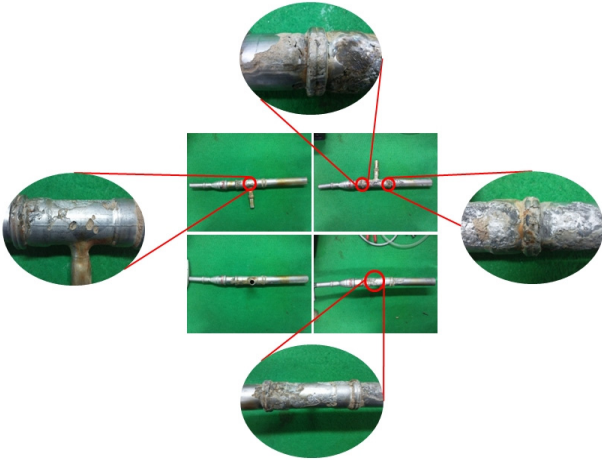


Fig. 1. Corroded and failed pipes of stainless steel buried in soil at G area.

2. 연구방법

2.1 토양 시료 분석

2.1.1 현장 분석

국내 G지역의 매설배관에 대한 토양 데이터 확보 및 부식성 파악을 위해 현장 조사 및 현장 주변 환경 조사를 수행하였다. 현장은 총 6곳으로 첫 번째 현장부터 #1, #2, #3, #4, #5, #6로 명명하였다. 각 현장의 주변 환경 조사는 토양상태, 주위 전봇대 유무 확인, 재래식 화장실 유무 확인, 지하수 확인, 매설배관의 전위 측정 등을 행하였다.

각 현장의 토양 pH 및 습도 측정은 TAKEMURA사 DM-5를 이용하였다. 토양 비저항 측정은 soil box와 비저항 측정기를 이용하여 값을 측정하였다.

산화환원전위 측정은 백금전극을 굴착된 부위의 토양에 매설하여 일정시간이 경과한 후 백금전극 주변의 토양환경이 토양을 굴착하기전의 환경과 같게 한 다음 황산동 기준전극을 사용하여 백금전극의 전위를 측정하였다. 황산동 기준전극으로 측정된 전위값은 표준수소전극 전위값으로 환산, 즉 측정값을 0.138 V로 빼준다.(측정값 - 0.318 V = 보정값) 또한 토양의 pH를 측정한다. 상기의 보정값 1을 pH가 1만큼 변화할 때마다 59 mV를 산성인 경우에는 더하고 알칼리성인 경우에는 빼준다.⁶⁾

배관전위 측정은 토양에 황산동 기준전극을 설치하고 전위차계를 이용하여 수도배관과 황산동 기준전극을 연결한 후 수도배관의 전위를 측정하였다.

2.1.2 이온 분석

국내 G지역의 매설배관에 대한 토양 데이터 확보 및 부식성 파악을 위해 각 현장의 토양시료를 채취한 후 수분함량(METTLER TOLEDO사 MJ33) 및 이온함량(SO₄²⁻, Cl⁻) (Dionex사 ICS-3000)을 분석하였다.

황화물에 대한 정성 분석은 각 현장에서 채취한 토양 시료에 35% 농도를 갖는 염산을 떨어뜨려 악취(계란 상한 냄새)의 유무를 확인 하였다.⁶⁾

2.1.3 박테리아 분석

국내 G지역의 매설배관에 대한 토양 데이터 확보 및 부식성 파악을 위해 각 현장의 토양시료를 채취한 후 산생성 박테리아(APB, Acid Producing Bacteria) 및 황산염 환원 박테리아(SRB, Sulfate Reducing Bacteria)의 존재 유무 파악 및 존재 정도를 평가하였다.

산생성 박테리아(APB) 분석은 각 현장에서 채취된 시료를 각각 5 g(토양)/5 ml(탈이온수) 1 : 1의 비율로 희석을 한다. 이때 탈이온수의 전도도는 35 μ S/cm 이다. 희석된 시료를 1분간 초음파 진동을 한다. 희석 및 진동이 완료된 시료에 패드를 5~10초간 침지한 후 비닐팩에 삽입을 한다. 시료의 분별을 위하여 동봉된 비닐팩에 마킹을 한 후 항온항습기에 장입 한다. 이때 항온항습기의 설정 온도는 25 $^{\circ}$ C로 실제 매설된 상수도관 주변의 온도와 유사하게 한다. 24시간 배양 뒤 산생성 박테리아(APB)의 유무 확인 및 존재 정도를 분석한다.⁷⁾

황산염 환원 박테리아(SRB) 분석은 산생성 박테리아(APB)의 분석과 동일하게 시료의 희석 및 진동 과정을 거친다. 이때 탈이온수의 Conductivity 는 35 μ S/cm 이다. 희석 및 진동이 완료된 시료에 어플리케이션을 이용하여 5~10초간 침지 한다. 침지 된 어플리케이션을 튜브에 삽입 한 후 미네랄 오일을 스포이드를 이용하여 3방울 떨어뜨린다. 튜브를 동봉 한 후 분별을 위한 마킹을 하며, 항온항습기에 장입 한다. 이때 항온항습기의 설정 온도는 25 $^{\circ}$ C로 실제 매설된 상수도관 주변의 온도와 유사하게 한다. 5일간 배양 뒤 황산염 환원 박테리아(SRB)의 유무 확인 및 존재 정도를 분석한다.⁸⁾

2.2 매설배관 분석

국내 G지역의 매설배관에 대하여 부식된 외관 관찰 및 성분 분석을 행하였다. 외관 관찰은 디지털 카메라를 이용하여 외관 촬영을 하였다. 매설 배관 중 부식이 되지 않은 부분을 채취하여 전처리를 행한 후 성분분석은 Cr, Mo, W, Si, Ni, Mn, C, S, P, Fe이며, 각 원소함량을 정량적으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

현장에서 채취한 매설배관 중 부식되지 않은 부분의 평균 두께를 측정하고 부식된 배관의 부식깊이를 측정하였다. 측정 결과, 매설배관의 평균 두께는 1.4 mm이었다. 또한 심하게 부식된 배관은 배관이 부식으로 인하여 관통된 상태이었다. 이렇게 관찰한 결과에 기초하여 국내 G지역에 매설된

Table 3. Total evaluation points for the soils of 6 sites at G area by method¹⁾

Sites	pH	Humidity, %	Resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Oxidation reduction potential (mV(SHE))	Sulfides	Total
#1	0	1	0	5	0	6
#2	0	1	0	5	0	6
#3	3	1	0	5	2	11
#4	0	1	0	5	0	6
#5	0	1	0	5	0	6
#6	0	1	0	5	2	8

Table 4. Total evaluation points for the soils of 6 sites at G area by method²⁾

Site	Soil	Around soil	pH	Resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Oxidation reduction potential (mV(SHE))	Water content, %	Cl ⁻ content, ppm	SO ₄ ²⁻ content, ppm	Sulfides	Total
#1	-2	-2	-1	0	-4	-1	0	0	0	-10
#2	0	-2	0	0	-4	0	0	0	0	-6
#3	-2	-2	-1	0	-4	0	0	0	-2	-11
#4	-2	-2	-1	0	-4	0	0	0	0	-9
#5	-2	-2	-1	0	-4	0	0	0	0	-9
#6	-2	-2	-1	0	-4	0	0	0	-2	-11

상수도 배관의 부식속도는 0.175 mm/y로 계산되었다. 이러한 부식속도는 토양부식의 관점에서 보면 매우 높은 속도이다. 따라서 부식원인 분석을 토양의 부식성 평가와 박테리아 분석, 재질분석 그리고 미주전류부식의 관점에서 행하였다.

3.1 현장 조사

토양의 부식성 평가는 ANSI/AWWA C105/A21.5 에 의거한 토양평가항목의 평점 기준을 이용하는 방법⁴⁾과 W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 이용하는 방법⁵⁾ 두 가지를 사용 하였다.

매설배관의 부식 상태 및 토질 평가 ; 국내 G지역의 #1 사이트의 부식 상태는 매설 수도관이 부식 되어있는 상태이며, 주위 환경은 재래식 화장실이 존재 하고 있었다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #1 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

국내 G지역의 #2 사이트의 부식 상태는 매설 수도관이 부식 되어있지 않은 상태이며, 주위 환경은 전봇대가 존재 하고 있으나 모래밭 지역이었다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #2 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

국내 G지역의 #3 사이트의 부식 상태는 매설 수도관이

심하게 부식 되어있는 상태이며, 주위 환경은 재래식 화장실이 존재 하고 있다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #3 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

국내 G지역의 #4 사이트의 부식 상태는 매설 수도관이 부식 되어있는 상태이며, 주위 환경은 재래식 화장실이 존재 하고 있다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #4 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

국내 G지역의 #5 사이트의 부식 상태는 매설 수도관의 부식이 진행 중인 상태이며, 주위 환경은 재래식 화장실과 정화조가 존재 하고 있다. 또한 지붕에서 배수가 되어 상수도관이 매설된 토양으로 스며드는 환경이다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #5 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

국내 G지역의 #6 사이트의 부식 상태는 매설 수도관이 부식 되어있는 상태이며, 주위 환경은 재래식 화장실이 존재 하고 있다. W. Baeckmann과 W. Schwenk에 의해서 제안된 토양평가항목의 평점 기준을 기준으로 #6 사이트의 토양상태를 평가 하여 Table 4에 평점으로 나타내었다.

토양의 pH 측정 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 토양의 pH를 측정 하여 Fig. 2에 나타내었다. 또한 상기에서 언급된

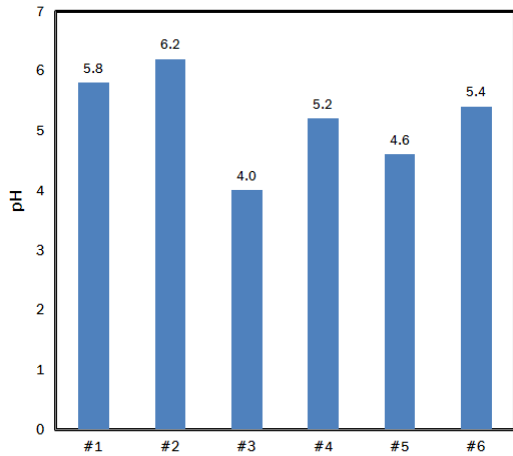


Fig. 2. pH of the soils in 6 sites at G area.

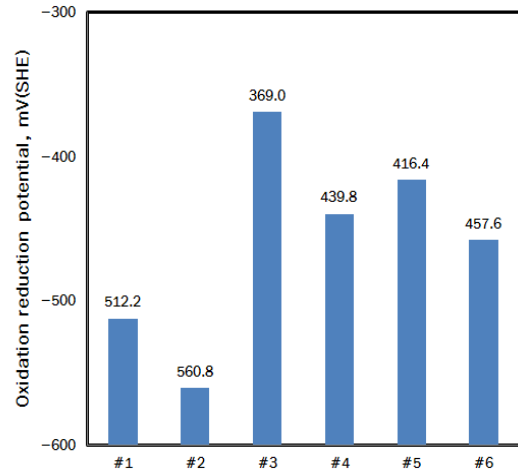


Fig. 5. Oxidation reduction potential of the soils in 6 sites at G area.

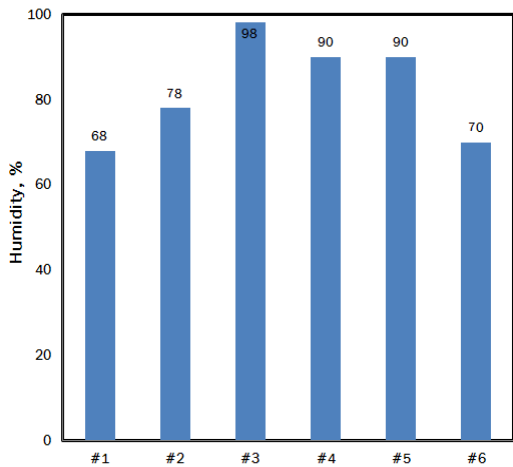


Fig. 3. Relative humidity of the soils in 6 sites at G area.

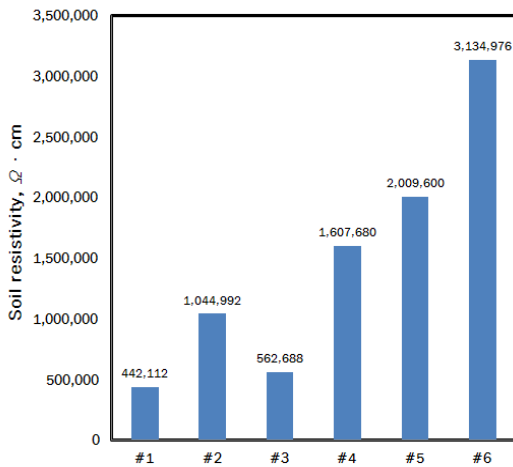


Fig. 4. Resistivity of the soils in 6 sites at G area.

두 가지 평점 기준으로 평가를 하여 각 현장의 토양에 대한 평점을 Table 3 및 Table 4에 나타내었다.

토양의 습도 측정 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 토양의 습도를 측정 하여 Fig. 3에 나타내었다. 또한 상기에서 언급된 두 가지 평점 기준 중 평점(1)로 평가를 하여 각 현장의 토양에 대한 평점을 Table 3에 나타내었다.

토양 비저항 측정 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 토양의 비저항을 측정 하여 Fig. 4에 나타내었다. 또한 상기에서 언급된 두 가지 평점 기준으로 평가를 하여 각 현장의 토양에 대한 평점을 Table 3 및 Table 4에 나타내었다.

산화환원 전위 측정 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장토양의 산화환원전위 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 이 결과에 대하여 두 가지 평점 기준으로 평가한 결과를 Table 3 및 Table 4에 정리하였다. 두 가지 평점 기준에서 볼 때 모두 부식성을 강화시키는 상태로 타나났다.

3.2 토양에 대한 실험실 분석

토양 중 수분함량 분석 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 토양의 수분함량을 측정 하여 Fig. 6에 나타내었다. 또한 상기에서 언급된 두 가지 평점 기준 중 평점(2)로 평가를 하여 각 현장의 토양에 대한 평점을 Table 4에 나타내었다.

SO₄²⁻ 이온 함량 분석 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장토양의 SO₄²⁻ 이온 함량 분석결과를 Fig. 7에 나타내었다. 이 결과에 대하여 평점 기준(2)에 의한 평가 결과를 Table 4에 나타내었다. 이온 함량이 많지 않아서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Cl⁻ 이온 함량 분석 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장토양의 Cl⁻ 이온 함량 분석결과를 Fig. 8에 나타내었다. 이 결과에 대하여 평점 기준(2)에 의한 평가 결과를 Table 4에

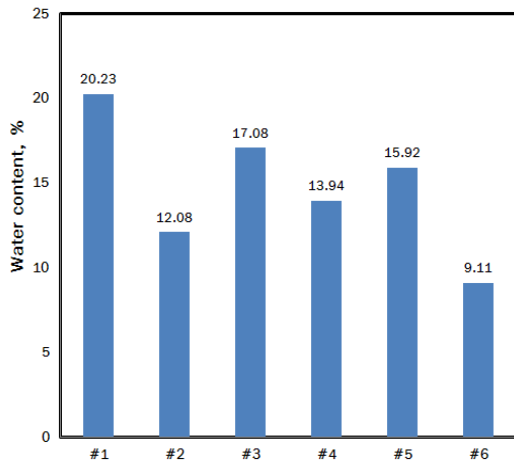


Fig. 6. Water contents of the soils in 6 sites at G area.

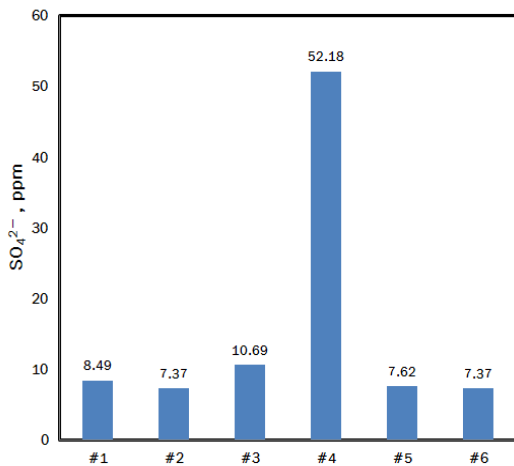


Fig. 7. SO₄²⁻ ion contents of the soils in 6 sites at G area.

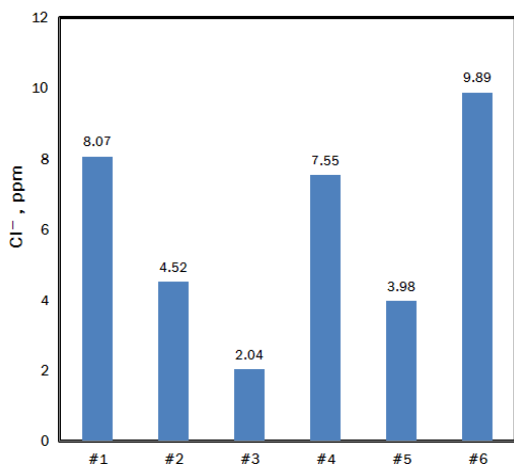


Fig. 8. Cl⁻ ion contents of the soils in 6 sites at G area.

Table 5. Total organic carbon contents of the soils in 6 sites at G area

	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Total Organic Carbon, %	1.09	0.68	0.96	0.88	0.84	0.55

나타내었다. 이온 함량이 많지 않아서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

총유기탄소량(TOC) 분석 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장토양의 총 유기탄소 함량 측정결과를 Table 5에 나타내었다. 전체적으로 약 1% 이하의 값을 보이고 있다.

황화물 정성 분석 ; 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장 토양의 황화물 존재 유무에 대한 정성분석 결과 및 평점을 Table 3, Table 4에 나타내었다. 평가법은 염산에 의한 정성분석법이었다. #3번 토양과 #6번 토양 중에서 일부 황화물에 의한 냄새변화가 나타나고 있어 황화물이 소량 있는 것으로 판단하였다.

3.3 평가 기준에 의한 토양의 부식성

Table 3은 국내 G지역의 토양에 대하여 평가법(1)에 의한 각 현장의 토양 평가 점수의 총점을 요약한 것이다. #3번 지역의 토양부식성이 10점을 초과하여 부식성이 매우 큰 토양으로 나타났으며, 다른 지역도 5 이상의 값을 보이고 있어 비교적 부식성이 있는 것으로 보인다.

Table 4는 국내 G지역의 토양에 대하여 평가법(2)에 의한 각 현장의 토양 평가 점수의 총점을 요약한 것이다. #1, #3, #6번 지역 토양의 부식성이 강한 부식성이 있는 것으로 나타났고, #2, #4, #5번 토양은 중간 정도의 부식성이 있는 것으로 나타났으나 거의 기준 상한에 근접하고 있어 대부분의 토양의 부식성이 크다고 볼 수 있다.

이상에서 검토한 바와 같이, 평가법(1)과 평가법(2)의 토양 부식성 평가 결과가 다소 상이하게 나타났는데, 이는 기준이 서로 다르고 정성적인 평가기준도 있기 때문에 나타난 것으로 보이며, 이 결과는 토양의 부식성의 정도를 판단하는 참고자료로 활용하여야 할 것이다.

한편 토양의 부식성이 비교적 큰 것으로 판명되었으나, 구담지역 매설상수도관의 매우 높은 부식속도(0.175 mm/y)를 설명하기에는 다소 불충분하다. 따라서 박테리아, 재질 및 미주전류부식 가능성을 조사하였다.

3.4 미생물유도부식 가능성 검토

3.4.1 산생성 박테리아 분석(APB)결과

산생성 박테리아 분석은 산생성 박테리아의 존재에 따른 패드의 색깔 변화를 통하여 그 함량을 결정하는 방법이다. Fig. 9는 토양 중 산생성 박테리아 함량에 의해 패드의 색깔

Table 6. Number value obtained to conversion table to determine the acid producing bacteria counts/square inch

Interpretation Chart Value	0	1	2	3	4	5
Bacterial Count/ml - Undiluted	Less than 100	100	1,000	10,000	100,000	1 million or more
Bacterial Count/ml - 1:10 Dilution	Less than 1,000	1,000	10,000	100,000	1 million	10 million or more
Bacterial Count/ml - 1:100 Dilution	Less than 10,000	10,000	100,000	1 million	10 million	100 million or more
Bacterial Count/ml - 1:1000 Dilution	Less than 100,000	100,000	1 million	10 million	100 million	1 billion or more

변화 판정 기준을 요약한 것이다. Table 6은 패드의 색깔변화 기준으로 토양 중 산생성 박테리아 함량 판정 기준 표이다.⁷⁾

Fig. 10은 국내 G지역의 매설배관에 대한 각 현장토양의 산생성 박테리아 함량 등급을 요약한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 모든 지역 토양의 등급이 2등급 이하로서 산생성 박테리아가 비교적 적게 서식하고 있는 것으로 나타났다.

3.4.2 황산염 환원박테리아 분석(SRB)결과

Table 7은 토양 중 황산염 환원박테리아 시험 결과에 따른 함량 결정 기준을 요약한 것이다.⁸⁾

Fig. 11은 #1 사이트의 토양 중 황산염 환원박테리아 시험 결과를 보여주고 있다. Fig. 12는 국내 G지역 토양 중 황산염 환원 박테리아 함량 분석 결과를 요약한 것이다. 황산염 환원박테리아 분석 결과, 4개 지역은 '많음'으로 평가되었으며, 1개의 지역은 '보통', 1개의 지역은 '매우 적음'으로 평가 되었다. 따라서 국내 G지역의 토양 중에는 황산염 환원 박테리아가 비교적 많이 존재하는 것으로 판단된다.



Fig. 9. Information summary to convert number values on chart to total acid producing bacteria counts of the soils.

Table 7. Calculation of sulfate reducers grade using anaerobic plate counts and a pure culture of Desulfovibrio desulfuricans by Biosan Laboratories [ATCC #7757]

Days of Incubation	Sulfate Reducers/ml				
	1	2	3	4	5
TUBE APPEARANCE					
completely black	$\geq 10^6$	$\geq 10^5$	$\geq 10^4$	$\geq 10^3$	$\geq 10^2$
narrow zone of black around applicator center	$\geq 10^5$	$\geq 10^4$	$\geq 10^3$	$\geq 10^2$	$\geq 10^1$
no reaction	$< 10^5$	$< 10^4$	$< 10^3$	$< 10^2$	$< 10^1$

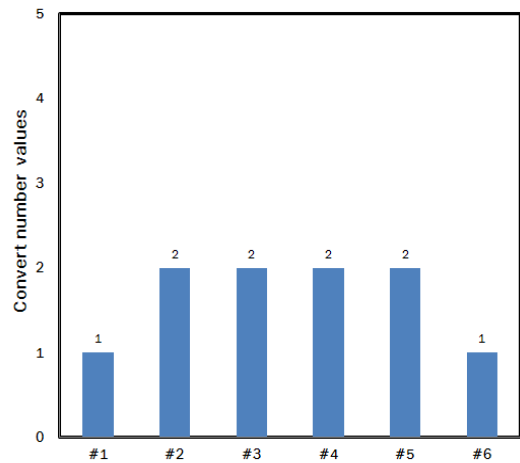


Fig. 10. APB convert numbers of the soils in 6 sites at G area.

3.5 미주전류에 의한 부식 가능성 조사

미주전류란 의도한 회로가 아닌 다른 곳으로 흐르는 전류를 말하며 토양에 존재하는 어떤 외부전류일 수도 있다. 만일 이러한 종류의 전류가 금속으로 들어가게 되면 이 전류가 다시 흠 또는 물로 나가게 되는 금속영역에 부식을 일으키게 된다.^{9),10),11),12)}

Fig. 13은 국내 G지역의 매설배관에 대한 전위 측정 결과이다. 매설배관의 전위를 측정된 결과, 측정부위마다 매우 다른 값을 보이고 있고, 도로상의 제수면에 대하여 측정된 값과도 서로 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 국내 G지역의 매설배관에는 외부로부터의 전류유입 가능성이 있는 것으로 추정된다.

3.6 재질불량에 의한 부식 가능성 조사

부식된 배관 1 및 배관 2에 대하여 성분분석을 행한 결과를 Table 6에 나타내었으며 두 배관 모두 304형 스테인리스강으로 판명되었다. 설계재질로 설치되어 있었으므로 재질과 관련된 문제점은 없는 것으로 보인다.

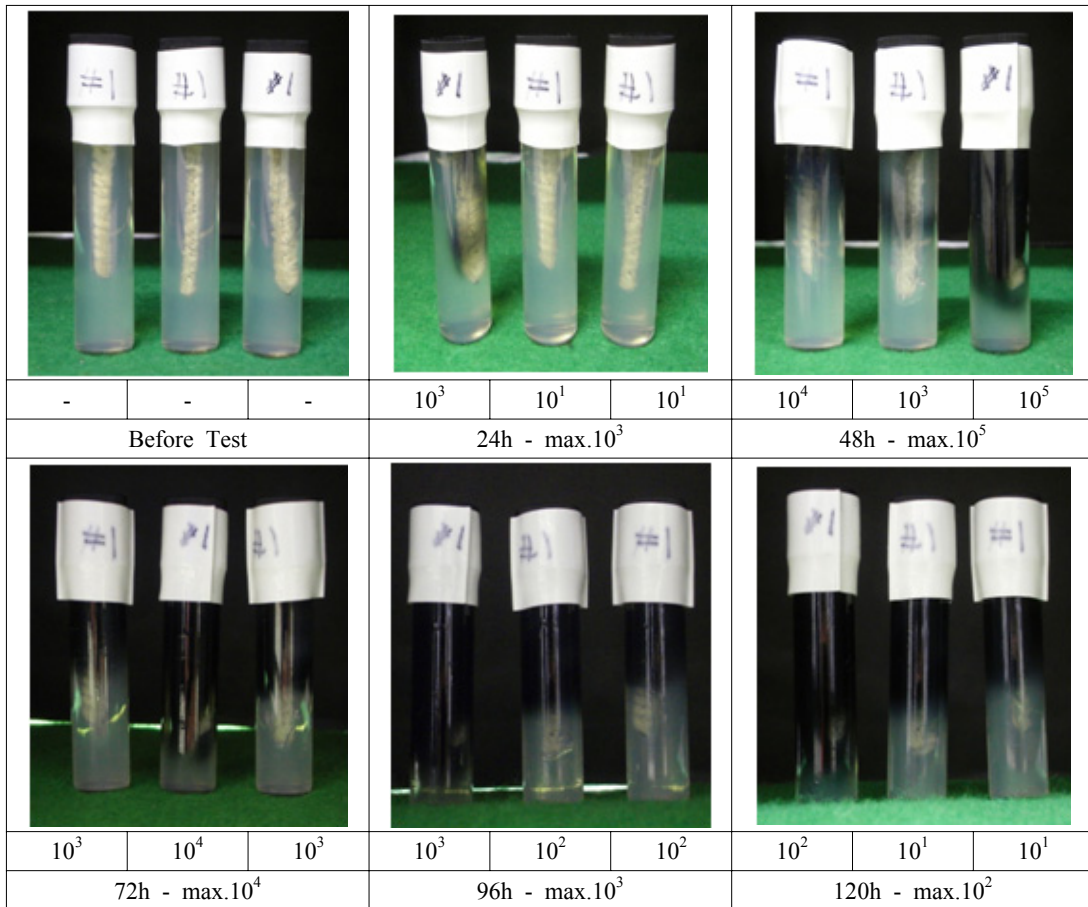


Fig. 11. Typical test result to determine SRB content of the soil in #1 sites at G area.

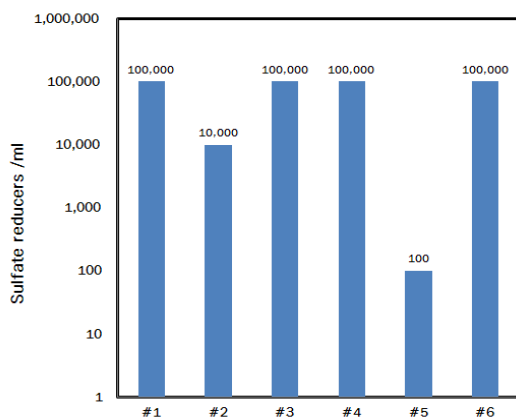


Fig. 12. SRB contents of the soils in 6 sites at G area.

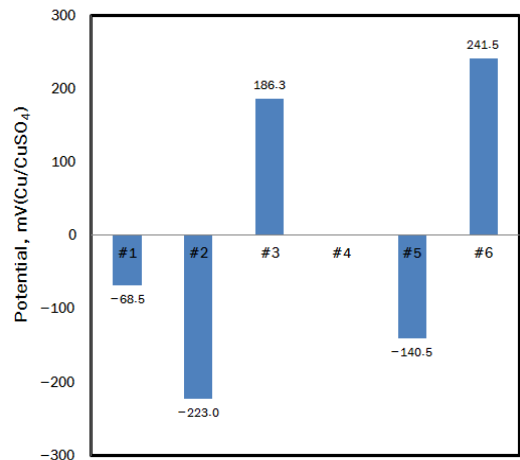


Fig. 13. Potentials of buried stainless steel pipes in soil at G area.

Table 8. Chemical composition analyzed for stainless steels buried in soils at G area

Component, wt%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Fe
Pipe 1	0.06	0.52	1.13	0.03	0.009	8.17	18.56	0.25	0.18	Bal.
Pipe 2	0.06	0.41	1.06	0.03	0.01	7.97	18.23	0.29	0.13	Bal.

4. 결 론

국내 G지역에 매설된 상수도관의 부식원인을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 국내 G지역 부식환경조사 결과, 조사지역 대부분 재래식 화장실이 설치되어 있으며 습기가 비교적 높은 상태로서 부식의 가능성이 높은 것으로 보인다. 한편 두 가지 토양조사법으로 평가한 결과, 국내 G지역 토양의 부식성이 전반적으로 높게 평가 되었다. 또한 토양 중에 서식하는 박테리아 조사 결과, 산생성 박테리아는 적은 것으로 나타났으나, 황산염 환원 박테리아는 거의 모든 지역에서 많은 것으로 평가 되었다.

2) 배관의 성분을 분석한 결과, 304형 스테인리스강으로 판명되었으며, 설계 사양대로 시공되어 문제가 없는 것으로 보이나, 미주전류 조사 결과, 조사지역의 전위가 매우 다르게 측정되었고, 그 값이 높게 나타나고 있어 외부로부터 전류 유입 가능성이 있는 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

1. Corrosion Science Society of Korea, "Standardization of Corrosion & Protection Techniques for Industrial Facilities", 3rd year Report, Ministry of Knowledge Economy, Korea (2009).
2. Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation, "Investigation of Corrosion Environment and Development of Analysis Methods for Buried Pipes(II)", Ministry of Construction and Transportation (1999).
3. B. J. Little, P. A. Wagner, and F. Mansfeld, "Microbiologically Influenced Corrosion", NACE, Houston, Texas (1997).
4. American Water Works Association, "Polyethylene Encasement for Ductile-Iron Piping for Water and Other Liquids," ANSI/AWWA C105/A21.5-88, American Water Works Association, Denver, CO (1988).
5. W. Baeckmann and W. Schwenk, "Handbuch des Kathodischer Korrosion Schutze," 55, Verlag Chemie GmbH (1971).
6. Corrosion Science Society of Korea, "Standardization of Corrosion & Protection Techniques for Industrial Facilities", 2nd year Report, Ministry of Knowledge Economy, Korea (2008)
7. Biosan laboratories, INC. "Sani check AB" (2011).
8. Biosan laboratories, INC. "Sani check SRB" (2011).
9. Lee Hakyool, Corrosion Engineering of Metals, p.177, Yeongyeong Publishing Co. (2004).
10. K. R. Trethewey and J. Chamberlain, Corrosion for Science and Engineering, p. 375, Longman Scientific & Technical (1995).
11. D. A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, p. 437, Macmillan Publishing Co. NY (1992).
12. M. G. Fontana, Corrosion Engineering, p. 294, 3rd ed. McGraw-Hill, NY (1987).