Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 28, No. 3 (2016), pp.123-130
http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2016.28.3.123

산업시설 배관의 섹션화에 의한 노후도 평가

Deterioration Evaluation for Industrial Pipeline by Sectionalizing

민혁기(Hyuk-Ki Min)[1†], **김상범**(Sang-Bum Kim)[2], **김병우**(Byung-Woo Kim)[2],
김형기(Hyoung-Ki Kim)[2], **박 률**(Yool Park)[3]
[1]인천국제공항공사, [2]효성엔지니어링(주), [3]동의대학교 건축설비공학과
[1]*Plant Maintenance of Airport Facilities Group, Incheon International Airport, Incheon, 22382, Korea*
[2]*Plant Maintenance of Incheon International Airoport Incinerator, Hyosung Engineering, Incheon, 22379, Korea*
[3]*Department of Building Systems Engineering, Dongeui University, Busan, 47340, Korea*

(Received January 7, 2016; revision received February 29, 2016; Accepted: March 3, 2016)

Abstract This study introduced deterioration evaluation item and criteria that could be applied to industrial facilities with the most widely used carbon steel pipe installed for ordinary piping (KSD 3507). Experimental industrial pipes were evaluated with pipe sectionalizing method combined with the established evaluation item and criteria to measure and manage semi-continuously for overall piping system. After applying outcomes from this study to a plant of incineration facility, a 42% saving in repairing and remodeling cost was achieved.

Key words Pipe sectionalizing(배관 섹션화), Industrial pipes(산업시설 배관), Pipe deterioration(배관 노후도), Residual life(잔존 수명)

† Corresponding author, E-mail: *hkkmin1234@daum.net*

1. 서 론

일반적으로 산업시설 배관의 설치길이는 건축물과는 달리 최소 수 킬로미터에서 많게는 수백 킬로미터에 이른다. 또한 설치지역이 중앙 집중적으로 설치된 건축설비분야와는 달리 배관은 복잡한 순환 구조로 산재되어 설치가 된다. 이러한 배관 설치의 특성은 배관의 유지관리 시 공간적, 시간적 제약을 주기에 배관 노후도 평가기법도 광범위한 지역의 배관 내부의 노후 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 첨단 장비와 기술을 이용한 연구가 진행되고 있다.

그러나 이러한 연구노력도 원전・발전 및 석유・화학플랜트 등의 고온・고압・위험 환경하의 배관 설비에 대해서 주로 이루어지고 있으며, 저위험군에 속하는 일반 배관용 탄소강관재를 이용하는 산업시설 배관 분야에는 특별히 확립된 노후도 평가기준이나 효율적인 배관 노후도 상태를 관리할 수 있는 체계가 수립되어 있지 못하여 이에 대한 개선이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 산업시설 배관 중에서 가장 널리 사용되고 있는 일반 배관용 탄소강관재(KSD 3507)를 이용하는 급배수관 등의 산업시설 배관에 적용할 수 있는 노후도 평가항목 및 판정기준을 설정하고, 수립된 노후도 평가모델을 별도의 배관 탐색장비 없이 배관 노후도를 준연속적으로 측정・관리할 수 있는 배관 섹션화 방법과 결합하여 실지 소각시설을 대상으로 배관 노후도를 평가해 봄으로써 산업시설 배관 노후도 평가를 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 산업시설 배관 노후도 평가기준 설정

탄소강관재(KSD 3507)의 산업시설 배관의 노후도를 평가하기 위해서 배관 재질, 매체, 운전조건이 유사한 건축물의 급수관 노후도 평가모델에 대한 기존연구결과[1-5]를 참고하여 각 진단 방법별 평가항목을 정리하고 배관의 노후도 평가기준을 설정하고자 한다.

2.1 진단방식별 평가항목 및 노후도 평가기준

배관 샘플과 초음파 두께 측정에 의한 평가는 잔존 두께 및 폐쇄율 측정에 기반한 추정 잔존 수명을 예측하여 노후도를 평가하는 것으로, 도출되는 평가항목을 정리하면 다음과 같다.

폐쇄율(*C*, %)이란 배관의 폐쇄정도를 나타내는 것으로 채취한 샘플배관내에 발생한 스케일에 의하여 단

면적의 축소 정도를 나타내는 것으로 산출식은 다음과 같다.

$$C = \frac{Vd - Vc}{Vd} \times 100 \quad (1)$$

Vd : 측정관과 같은 원관의 내용적(ℓ)
Vc : 측정관 내용적(ℓ)

최대침식율(Mm, %)은 채취한 샘플배관이 새 배관의 두께와 비교하여 부식에 의해 어느 정도 두께가 줄었는지를 나타내는 것으로 식(2)를 이용하며, 비파괴 시험방법에 의한 초음파 두께 측정 시 식(3)을 이용하여 평균 침식율(Ma, %)을 산출한다.

$$Mm = \frac{td - tc}{td} \times 100 \quad (2)$$

td : 측정관과 같은 동일규격 원관의 두께(mm)
tc : 측정관 최소잔존두께 측정치(mm)

$$Ma = \frac{td - tcm}{td} \times 100 \quad (3)$$

tcm : 측정관 평균 잔존두께 측정치(mm)

부식진행속도(Cr, mm/year)는 연평균 어느 정도 부식되는가를 나타내는 것으로 다음 식에 의하여 산출한다.

$$Cr = \frac{td - tc}{Y} \quad (4)$$

Y : 측정관 사용연수(year)

추정잔존 수명은(L, year)은 배관이 앞으로 어느 정도 사용할 수 있는가를 나타내는 것으로 식(5)에 의하여 산출한다.

Table 1 Evaluation items and calculation equations for pipe deterioration evaluation in industrial facilities

Diagnostic methods	Evaluation items	Calculation equation
Sampling	Closure rate	(1)
	Maximum erosion rate	(2)
	Estimated residual life	(5)
Ultrasonic	Average erosion rate	(3)
	Estimated residual life	(5)

$$L = \frac{tc - tn}{C_r} \quad (5)$$

tn : 측정관 최소요구두께(mm, 원관 두께의 60%)

이상의 선행연구 결과를 참고하여 산업시설 배관의 노후도 진단 시 적용할 평가항목과 그에 따른 산정식은 Table 1과 같다. 또한 평가항목과 산정식에 따라 산출결과가 도출되면 노후도를 평가할 수 있는 판정기준은 기존연구결과[1]를 참고하여 Table 2와 같이 설정하였다.

2.2 배관 섹션화 방법

산업시설 배관 섹션화에 의한 노후도 평가 방법의 개념은 전체 배관을 연속적으로 섹션화 분할하고, 섹션별로 초음파 검사 또는 샘플채취 검사 후 수립된 노후도 평가기준에 의하여 준연속적으로 정량적 평가를 하는 것이다. 배관 섹션화 방법에 대한 선행연구결과[6]를 참고하여 주요 내용을 정리하면 다음과 같다.

일반적으로 배관 진단 시 계통단위의 진단을 수행하고 있으며, 계통의 시점, 중점, 종점 기준을 원칙으로 측정점을 선정하여 전체 배관의 노후도를 판정하고 있다. Fig. 1은 계통단위와 섹션단위 진단의 개념을 비교한 것이다. 섹션단위 진단은 진단단위를 보다 작은 그룹으로 나눈다면 측정점은 증가되나 대신에 측정의 정밀성 향상과 세밀한 측정·분석으로부터 정

Table 2 Evaluation criteria for pipe deterioration in industrial facilities

Diagnostic methods	Evaluation items	I(Continued)	II(Regenerate)	III(Regenerate or replacement)	IV(Replacement)
Sampling	Closure rate	Less than 5%	5～less than 15%	15～less than 25%	More than 25%
	Maximum erosion rate	Less than 5%	5～less than 20%	20～ess than 40%	More than 40%
	Estimated residual life	More than 20 years	10～less than 20 years	1～less than 10 years	Less than 1 year
Ultrasonic	Average erosion rate	Less than 5%	5～less than 7%	7～less than 10%	More than 10%
	Estimated residual life	More than 20 years	10～less than 20 years	1～less than 10 years	Less than 1 year

ⓒ SAREK

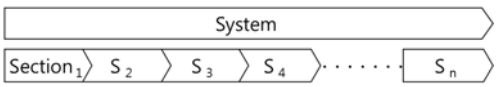


Fig. 1 Comparing with section unit concept and system unit diagnostic.

확한 보수범위를 도출하여 경제성이 향상될 것이라는 기본 개념에 두고 있다.

따라서 Fig. 1에서와 같이 계통을 n개의 분할 방식, 즉 섹션을 어떻게 나누어야 하는지 그 기준이 수립되어야만 한다.

계통을 섹션단위로 나누는 기본 전제조건은 운전 및 주변환경 여건에 따라 계통 전체의 부식 마모 등의 노후화는 구역 또는 섹션별로 차이를 두고 진행된다는 가정에서 출발한다. 계통 내에는 주배관이 있고 관경이 다른 가지배관이 존재하고 또한 높이, 압력, 유속 등 제반 운전조건의 상이함은 계통 내 구역별로 부식의 진행속도, 형태 등에 있어 서로 다르게 나타나게 될 것이다.

섹션화의 절차는 계통파악, 공급처별 섹션화, 층별·실별 섹션화 및 독립구간 섹션화 순으로 진행된다. 산업시설 공정 및 건축물 설치 특성 그리고, 측정 및 보수작업의 작업성, 시공성, 경제성을 고려하여 섹션화의 기준을 설정하였다.

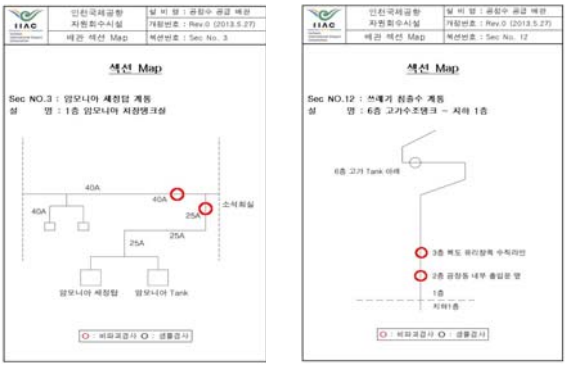
이렇게 n개의 섹션으로 분할된 섹션에 대하여 기존의 측정점 할당 기본 원칙인 시점, 중점, 종점을 적용한다면 측정점 수는 섹션 개수에 따라 배가 될 것이므로 효과적인 측정을 위해서는 섹션화에 따른 검사개소 선정기준이 마련되어야 할 것이다. 이에 따라 산업시설 배관 설치의 특성을 고려한 검사위치 선정 절차는 구경별, 취약부위별, 시점·중점·종점별, 유사섹션 측정 결과대체 적용 순으로 진행된다. 또한, 검사방법이 기존에는 초음파 검사 후 샘플채취를 단계별로 나누어서 진행했지만, 산업시설 노출배관의 접근성의 이점을 활용하여 초음파 진단과 샘플진단을 동시에 적용하여 진단작업의 효율성을 향상시킨다.

섹션화 방법의 마지막으로, 현장관리자가 섹션화된 배관을 직관적으로 파악하여 진단업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 배관 섹션맵을 작성하는데, 작성방법은 문헌자료와 현장조사를 병행하여 직관적 패턴으로 배관설치도, 길이, 섹션 분할점, 측정점 등을 표시한다.

3. 산업시설 배관 노후도 평가

3.1 평가 대상시설의 개요

본 연구의 대상시설은 인천시 중구 운서동에 위치한 인천공항 자원회수시설로서 2001년 4월에 준공된 70톤/일×2기 규모의 소각시설로서, 시험대상시설인 공정용수 배관이 설치되어 있는 공장동은 연면적 9,621 m^2의 지하 2층, 지상 6층 규모의 건물이다. 공정용수 배관은 상수를 매체로 하는 15 A~65 A 구경의 총연장길이 1,085 m, 급수용량 2.93 ton/hr, 최대 압력 392 kPa 의 일반배관용 탄소강관(KSD 3507)을 사용하고 있으며, 공장동 지하 2층에서 6층으로 양수펌프에 의해 가압되어 고가수조탱크에 저장되고 자연유하방식으로 각 수요처로 공급 되고 있으며, 다수의 국부적 부식마모로 교체 또는 보수가 필요한 상황이다.



(a) SN. 3 Ammonia washing tower (b) SN. 12 Refuse drainage area

Fig. 2 Example of the pipe section map.

3.1.1 측정대상 배관계통의 섹션화

배관 노후도 진단업무를 수행하기 위한 첫 번째 작업은 측정 시스템을 설정하는 것이며, 섹션화 기법을 적용하여 1개의 공정용수 배관계통을 21개의 섹션으로 분할 설정하였다. Fig. 2는 섹션맵의 예시이며, Table 3은 섹션화 설정 결과로서 Table 3과 Fig. 2를 바탕으로 샘플 채취 및 초음파 두께 측정을 시행하였다.

3.1.2 측정 현황

각 섹션별로 할당된 검사위치와 검사방법에 따라 샘플채취검사와 초음파검사를 시행하였다. 측정장비는 초음파 두께측정기로 SITESCAN 150 장비를 사용하였고, 샘플의 두께 측정장비는 버니어 캘리퍼스를 사용, 샘플 채취 후 절단된 내부상태를 검사하고 촬영하기 위하여 산업용 내시경카메라를 사용하였다.

초음파 두께측정기로 배관의 잔존두께를 측정하였고, 배관 샘플을 채취하여 내용적을 측정하였다. 그리고, 배관 샘플을 절반으로 절단 후 내부의 부식면을 제거한 후 취약지점 5개소씩 버니어 캘리퍼스로 측정하여 최소잔존두께를 측정 기록하였다.

Fig. 3은 샘플 채취와 배관의 잔존두께를 측정하는 장면이다.

Table 3 The result of the sectionalizing for pipe deterioration evaluation in experimental facilities

Pipe sectionalizing methods						Pipe section sampling measuring methods		
No. Section	By supplier line	By floor	By room	By isolated	L (m)	Dia. (A)	Inspection point	Inspect. method
SN. 1	Lift pp. of plant water	-	-	-	68	65	F5 corridor side	Sample
						65	B1 Elbow	Ultrasonic
						65	F3 corridor side	Ultrasonic
SN. 2	Refuge drainage storage tank	-	-	-	131	50	F5 solidification room	Sample
						50	F2 solid. rm. vert. ln.	Sample
						50	F5 #1 incinerator center	Ultrasonic
						50	F1 fly ash rm. front	Ultrasonic
						40	B1 blower room side	Ultrasonic
						20	B1 leachate tk. filter	Ultrasonic
SN. 3	Amm. washing twr.	-	-	-	52	40	F1 ammonia rm. side	Ultrasonic
						25	F1 ammonia rm. side	Ultrasonic
SN. 4	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·
SN. 19	·	·	·	·	·	·	·	·
SN. 20	Lime slurry flushing line	-	2 Rm. divided	-	37	40	F2 SDR side	Ultrasonic
SN. 21					42	15	F6 L.S. flush. line(#1)	Ultrasonic
						15	F6 L.S. flush. line(#2)	Ultrasonic

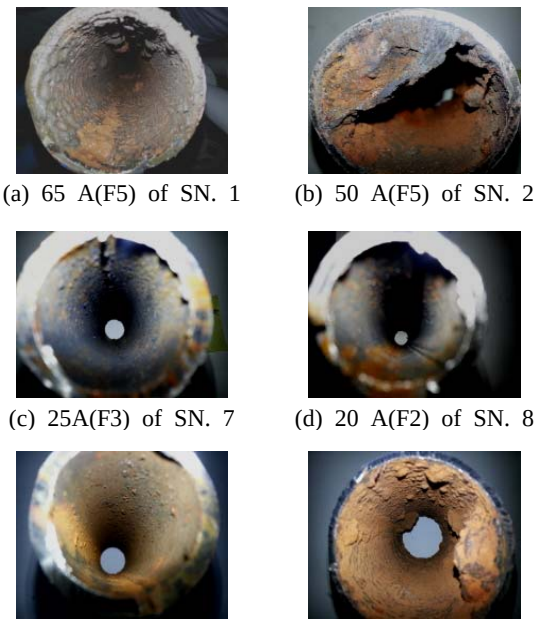
(a) Ultrasonic method (b) Sample method

Fig. 3 Thickness measurement by methods.

Fig. 4는 샘플 채취를 실시한 섹션의 샘플배관 사진이다. SN. 1, 2, 12 섹션은 50 A～65 A의 입상관으로 배관 내부에 부식과 점식현상이 심하게 발생되고 있었으며, 이것이 관외면의 국부적 파공홀과 누수 발생의 원인으로 확인되었다.

3.2 측정 결과 및 분석

Table 4는 평가대상 전 섹션에 대해 측정한 배관의 최소·평균 잔존두께 및 내용적이다. 샘플 채취 배관의 최소 잔존두께의 평균값은 2.3 mm였다. 초음파진단에 의한 평균 잔존두께의 평균값은 3.0 mm로 나타났다.



(a) 65 A(F5) of SN. 1 (b) 50 A(F5) of SN. 2

(c) 25A(F3) of SN. 7 (d) 20 A(F2) of SN. 8

(e) 25 A(F2) of SN. 11 (f) 50 A(F6) of SN. 12

Fig. 4 Internal state of the collected sample pipe.

Fig. 5는 샘플채취검사를 실시한 섹션의 잔존두께 최소치와 최대침식율, 폐쇄율을 나타낸 것이다. 육안점검시 부식마모가 심하였던 SN. 1(공정수 양수펌프 라

ⓒ SAREK

Table 4 Measurement thickness and used year of carbon steel pipe by sections

No.	Dia. (A)	Thickness (mm)			Volume(ℓ)		Used year (year)
		Normal(*td*)	Minimum(*tc*)	Average(*tcm*)	Normal(*Vd*)	Inside(*Vc*)	
SN. 1	65	3.65	1.5	2.98	0.995	0.945	12
SN. 2	50	3.65	2	2.9	0.589	0.306	12
	50	3.65	-	3.06	-	-	3
SN. 3	40	3.25	-	3	-	-	12
SN. 4	25	3.25	-	2.92	-	-	12
SN. 5	25	3.25	-	2.98	-	-	12
SN. 6	25	3.25	-	2.97	-	-	12
SN. 7	25	3.25	2.9	-	0.147	0.142	12
SN. 8	20	2.65	2.5	-	0.094	0.092	4
	25	3.25	-	2.96	-	-	4
SN. 9	25	3.25	-	3.01	-	-	4
SN. 10	15	2.65	-	2.65	-	-	12
SN. 11	25	3.25	2.7	3.14	0.147	0.141	12
SN. 12	50	3.65	2	3.04	0.589	0.487	12
SN. 13	25	3.25	-	2.98	-	-	12
SN. 14	25	3.25	-	2.98	-	-	12
SN. 15	25	3.25	-	2.98	-	-	12
SN. 16	25	3.25	-	2.98	-	-	12
SN. 17	25	3.25	-	3.01	-	-	12
SN. 18	25	3.25	-	2.96	-	-	12
SN. 19	50	3.65	-	3.2	-	-	12
SN. 20	40	3.25	-	2.99	-	-	12
SN. 21	15	2.65	-	2.65	-	-	12

Note) * List only representative of the total of 39 measurement points.

인)의 최소 잔존두께가 가장 얇았다. SN. 1의 65 A 배관은 최소 잔존두께가 1.5 mm로 최소소요두께인 2.19 mm 미만이고, 최대침식율은 59%로 허용침식율 40%을 초과한 상태이다. SN. 1은 압력 392 kPa에 유량 16 m^3/hr로 간헐적으로 가압 및 정지를 반복하는 계통으로 최대 부식속도가 0.179 mm/year로 가장 빨리 침식마모가 진행되는 것으로 나타났다. 6개소의 샘플 배관 측정결과를 보면 입상관의 침식율은 45%~59%이며, 횡주관의 침식율은 9%~17%로 입상관이 횡주관보다 침식율이 높았는데, 이는 입상관이 압력이 크게 걸리

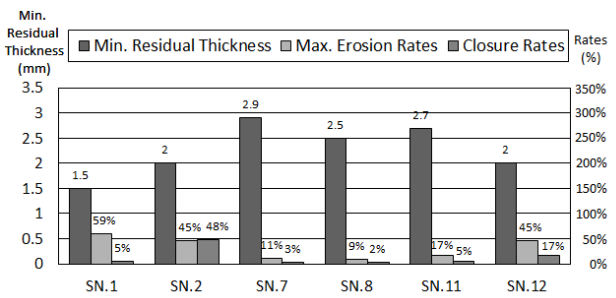


Fig. 5 Measurement results by the sampling diagnosis.

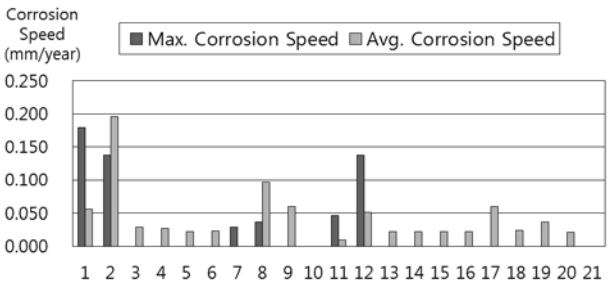


Fig. 6 The maximum and average corrosion speed of the entire section.

는 주 공급배관의 역할을 하며 가압 정지를 간헐적으로 반복하는 운전조건에 따라서 높게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 6은 섹션별 최대·평균 부식속도를 나타낸다. SN. 1의 최대부식속도가 0.179 mm/year로 가장 높게 나타났는데, 양수 펌프에 의하여 392 kPa의 압력으로 간헐적으로 고가수조로 시수가 공급되는 운전조건에 따라 높은 침식율(59%)과 부식속도를 나타내는 것으로 판단된다.

Fig. 7은 입상관과 횡주관의 노후도를 비교한 것이

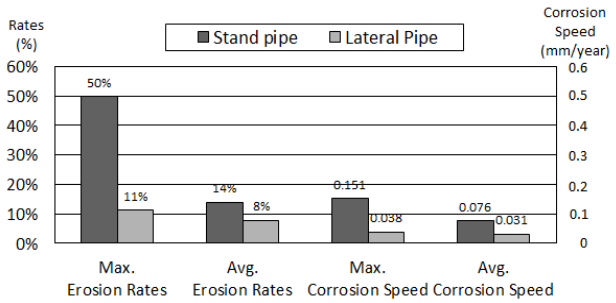


Fig. 7 Comparison of stand and lateral pipe.

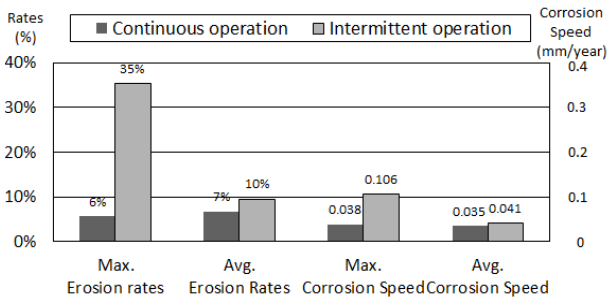


Fig. 8 Comparison of continuous and intermittent operation.

Table 5 The result of deterioration evaluation by section in the plant water system and comparison with existing system unit method

No. Sec.	Supplier line name	L (m)	Sampling diagnostic analysis			Ultrasonic diagnostic analysis		Sectionalizing method		Existing method
			Closure rate (%)	Max. erosion rate (%)	Estimated residual life (year)	Average erosion rate (%)	Estimated residual life (year)	Final determination rating	measures	Final determination rating
SN. 1	Lift pp. of plant wt.	68	5.0(II)	58.9(IV)	0(IV)	18.3(IV)	14(II)	IV	Replace	IV (Replace)
SN. 2	Refuge drainage tk.	131	48.1(IV)	45.2(IV)	0(IV)	20.5(IV)	4(III)	IV	Replace	
SN. 3	Amm. washing twr.	52	-	-	-	7.7(III)	50(I)	III	Replace	
SN. 4	LS. solution tank	21	-	-	-	7.4(III)	53(I)	III	Replace	
SN. 5	Incineration rm.(#1)	43	-	-	-	8.3(III)	45(I)	III	Regen.	
SN. 6		44	-	-	-	8.6(III)	43(I)	III	Regen.	
SN. 7		35	3.3(I)	10.7(II)	32(I)	-	-	II	Regen.	
SN. 8	Liquid deodorizer	14	2.2(I)	5.7(II)	24(I)	8.9(III)	10(II)	III	Replace	
SN. 9	Incineration rm.(#1)	20	-	-	-	7.3(III)	17(I)	III	Replace	
SN. 10		81	-	-	-	0(I)	20(I)	I	Continue	
SN. 11	Reception hall	222	4.5(I)	16.9(II)	16(II)	3.3(I)	129(I)	II	Regen.	
SN. 12	Refuse drainage	39	17.3(III)	45.2(IV)	0(IV)	16.7(IV)	16(II)	IV	Replace	
SN. 13	Incineration rm.(#2)	39	-	-	-	8.3(III)	45(I)	III	Regen.	
SN. 14		37	-	-	-	8.3(III)	45(I)	III	Regen.	
SN. 15		36	-	-	-	8.3(III)	45(I)	III	Regen.	
SN. 16		37	-	-	-	8.3(III)	45(I)	III	Regen.	
SN. 17		35	-	-	-	7.3(III)	50(I)	III	Replace	
SN. 18	W.W treatment	28	-	-	-	8.9(III)	41(I)	III	Regen.	
SN. 19	Living water line	24	-	-	-	12.3(IV)	26(I)	IV	Replace	
SN. 20	LS. flushing line	37	-	-	-	7.9(III)	48(I)	III	Regen.	
SN. 21		42	-	-	-	0(I)	20(I)	I	Continue	

ⓒ SAREK

다. 입상관의 최대 침식율은 50%, 평균 침식율은 14%였으며, 횡주관은 최대 침식율 11%, 평균 침식율 8%로서, 공정용수 배관 계통에서 입상관의 노후화가 빨리 진행되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 8을 통하여 연속운전 및 간헐운전의 운전조건에 따라서 배관 노후도의 차이를 살펴보면, 연속운전 섹션은 최대 침식율 6%, 평균 침식율 7%, 간헐운전 섹션의 최대 침식율은 35%, 평균 침식율은 10%로 나타나고 있어 간헐운전 배관이 노후화가 빨리 진행됨을 알 수 있다.

Table 5는 Table 2의 노후도 판정기준을 적용하여 최종적으로 도출된 섹션별 노후도 평가 결과를 나타낸다. 전체 섹션의 최대 침식율은 30%, 평균침식율은 9%로 나타났으며, IV(교체) 등급은 5개, III(갱생 또는 교체) 등급은 12개, II(갱생) 등급은 2개, I(계속사용) 등급은 2개 섹션으로 도출되었다. 최종적으로 노후도 등급 판정결과에 따라 교체는 465 m(43%), 갱생은 558 m (51%), 계속사용은 62 m(6%)의 보수대책을 도출할 수 있었다. 반면에 Table 5에서 기존 계통단위 진단방법에 의한 노후도 판정 등급은 21개 섹션을 3개 그룹으로 나누어서 시점, 중점, 종점의 결과를 취할 때 전체가 IV(교체) 등급이 나왔으며, 이는 본 연구가 진행되기 이전에 소각시설 전문진단 기관에서도 전체 1,085 m에 대하여 교체가 필요한 것으로 나타났다.

Table 6은 기존의 계통단위 진단방법과 섹션화 진단기법간의 경제적 효과를 비교한 것으로, 배관 섹션화 방법을 실제 인천공항 소각시설에 적용함에 따라 기존방식에 비해 42% 정도 비용절감이 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서 일반배관용 탄소강관재의 산업시설 배관에 적용할 수 있는 노후도 평가항목과 판정기준을 설정하고, 기존의 계통단위 진단방법 대신 섹션단위의 기법을 산업시설에 적용하여 노후도를 평가한 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 산업시설 배관 중 탄소강관(KSD 3507)을 사용하는 배관에 추정 잔존수명 예측 시 이용하는 진단방법으로 샘플 채취에 의한 진단방법과 초음파 두께 측정기에 의한 진단 방법을 적용하고, 유사한 재질 및 운전환경에 있는 공동주택 급수관 기존 연구결과를 참고하여 평가항목과 산출식 및 평가

Table 6 Example of economic effect by application of the deterioration evaluation model and pipe sectionalizing method

	Existing diagnostic technique	Deterioration evaluation by pipe sectionalizing and evaluation criteria in industrial facility	Cost-cutting effect
Outline	System unit method	Section unit method	
Character	Overall replacement	Selective replacement by exact quantitative determination	Repair parts : 1.5 km → 0.5 km
Repair cost	375 million won	219 million won	156 million won (42% reduction)

Note) a) Performance based on the method applied to real IIA Incinerator.
b) Refer to Table 7 for detailed economic analysis.

Table 7 Economic analysis of Incheon International Airport Incinerator in accordance with the method applied pipe sectionalizing method and existing diagnostic technique[a)]

	Existing diagnostic technique	Deterioration evaluation by pipe sectionalizing	Remark
Material cost	104,926,618	107,592,326[b)]	・Pipe : 1.5 → 0.5 km ・Pipe accessories (valve, fitting, flange, etc.) : 4,074 → 1,558 ea
Labor cost	172,272,938	63,361,154	63% reduction
Overhead cost	97,813,748	47,835,602	51% reduction
Total	375,013,304	218,789,082	42% reduction

Note) a) Source : Incheon International Airport Corporation(2013), Unit : won.
b) Expensive mechanical equipment replacement added than originally.

기준을 도출하였다. 그리고 배관 노후도 측정시 일반적으로 사용되는 시점, 중점, 종점의 계통단위 진단방법을 섹션단위의 진단방법으로 측정 시스템을 설정함으로써 측정의 정밀성, 보수방법의 경제성 향상 방안을 제시하였다.

(2) 수립된 노후도 평가모델과 배관 섹션화 방법을 인천공항 소각시설에 적용하여 배관의 노후도를 평가한 결과, 기존 노후도 진단방법인 계통단위 진단방법은 배관을 전체 교체하는 판정결과가 도출되었지만, 섹션화 방법의 경우 섹션별로 노후도 판정등급에 상이하게 나타났다. 즉, 교체는 465 m (43%), 갱생은 558 m(51%), 계속사용은 62 m(6%)로 도출되어 기존방식보다 42% 정도 경제적인 배관 교체가 가능함을 알 수 있었다.

References

1. Park, Y., 2011, A Study of the Evaluation for Pipe Deterioration in Apartment, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 13, No. 1, pp. 197-204.
2. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2002, Development of the integrated non-destructive diagnosis technique for the state diagnosis and evaluation of deteriorated service pipe in the building.
3. Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2001, A Study on the Diagnosis and Renovation of the Mechanical Facilities System.
4. Cho, J. S., Shin, H. J. and Kim, C. Y., 2001, A Study on the Diagnosis and Renovation of the Mechanical Facilities System, Journal of SAREK Magazine Winter Conference, pp. 519-524.
5. Korea Occupational Safety and Health Agency, 2008, Pipe Thickness Calculation and Evaluation Technical Guidance Technology.
6. Min, H. K., Kim, S. B., Kim, B. W., Kim, H. K., and Park, Y., 2015, Deterioration Evaluation for Industrial Pipeline by Sectionalizing, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, Vol. 27, No. 2, pp. 103-111.
7. Ministry of Environment, 2008, Water supply diagnostic manual regeneration specifications standard of estimate.

ⓒ SAREK