

ASME Code Case N-806을 활용한 매설배관 사용적합성 평가 고찰

박 상 규^{1,†} · 이 요 섭¹ · 소 일 수² · 임 부 택²

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전시 유성구 유성대로 1312번 길 70
 한국전력기술(주) 전력기술연구소, 경기도 용인시 기흥구 용구대로 2354
 (2012년 10월 16일 접수, 2012년 12월 24일 수정, 2012년 12월 24일 채택)

Technical Review on Fitness-for-Service for Buried Pipe by ASME Code Case N-806

Sang Kyu Park^{1,†}, Yo Seop Lee¹, Il su So², and Bu Taek Lim²

¹KHNP Central Research Institute 1312 Gil 70 Yuseongdaero, Yuseong-gu, Daejeon

²KEPCO E&C Power Engineering Research Institute 2354 Yonggudaero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do
 (Received October 16, 2012; Revised December 24, 2012; Accepted December 24, 2012)

Fitness-for-Service is a useful technology to determine replacement timing, next inspection timing or in-service when nuclear power plant's buried pipes are damaged. If is possible for buried pipes to be aged by material loss, cracks and occlusion as operating time goes by. Therefore Fitness-for-Service technology for buried pipe is useful for plant industry to perform replacement and repair. Fitness-for-Service for buried pipe is studied in terms of existing code and standard for Fitness-for-Service and a current developing code case. Fitness-for-Service for buried pipe was performed according to Code Case N-806 developed by ASME (American Society of Mechanical Engineers)

Keywords : buried pipe, fitness for service, soil load, ASME code case N-806, inspection

1. 서 론

원자력 발전소의 운전년수가 증가함에 따라 경년열화에 의한 매설배관의 손상사례가 점차 증가하고 있으며, 이에 대한 관리가 필요하다. 매설배관 사용적합성 평가기술은 매설배관의 보수 및 교체여부를 결정하기 위한 주요한 기술이다. 본 연구에서는 기존에 사용되는 배관의 사용적합성 평가 기술기준을 조사하였으며 최근 개발 중인 사용적합성 평가 기술기준을 검토하였다. 또한 최근 개발 중인 사용적합성 평가 기술을 활용하여 시범적으로 적용하였다.

2. 사용적합성 평가 기술

2.1 일반 배관의 사용적합성 평가

배관에 대한 사용적합성 평가 기술기준에 대하여 조사하였다. 미국기계학회(ASME)의 관련규격은 SEC. XI, Code Case N-597, N-513 등이 있으며 석유학회에서는 사용적합성 평가기술로 API 579가 존재하며 이를 ASME에서 받아들여 FFS-1/API 579를 작성하였다. 배관 감육을 평가

Table 1. Fitness-for-service

Code & Standard	Safety Related	Pressure	Soil Load	Other Loads
ASME XI	Yes	Yes	No	Yes
ASME CC N-597	Yes	Yes	No	Yes
ASME CC N-513	Yes	Yes	No	Yes
ASME B31G	No	Yes	No	No
FFS-1/API 579	No	Yes	No	Yes

할 수 있는 ASME B31G 또한 있다. 상기 사용적합성 평가 방법은 Table 1에 제시하였으며 매설배관에 적용하기 위해서는 환경(Soil Load 등)을 별도로 고려해야 한다.¹⁾

2.2 매설배관 사용적합성 평가 [NEI 방법론]

미국 NEI(Nuclear Energy Institute)에서는 2011년 4월 매설배관 관리지침서²⁾를 발행하였으며 관리지침서에 매설배관의 사용적합성 평가방법을 제시하였다. 평가방법은 아래와 같으며 벽 두께 감소를 통하여 잔여수명을 결정하여 차기검사 주기를 결정한다. 본 방법은 매우 간단하여 현장에서 사용하기에 편리하다. 하지만 최소요구두께가 매설 환경을 고려한 설계두께로 제시되어야 정확하게 평가되어

[†] Corresponding author: ohi@khnp.co.kr

안전성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

○ 벽 두께 감소율(CR)

- 벽 두께 측정결과가 없는 경우, 벽 두께 감소율을 NACE 권고 값(=16mils/year)³⁾으로 적용 가능하다.
- 벽 두께 측정 결과가 있는 경우, 아래 식에 따라 벽 두께 감소율을 결정한다.

$$CR = (t_{meas1} - t_{meas2}) \times SF / \text{time} \quad (1)$$

여기서 t_{meas1} : 첫 번째 측정한 벽 두께
 t_{meas2} : 두 번째 측정한 벽 두께
 SF : 안전인자(=1.10)
 time : 첫 번째 두께 측정과 두 번째 두께 측정 사이의 기간

○ 잔여수명(RL)

- 잔여수명은 아래 식에 따라 결정한다.

$$RL = (t_{meas1} - t_{min}) / CR \quad (2)$$

여기서 t_{meas1} : 첫 번째 측정한 최소 벽 두께
 t_{min} : 현재 기술기준에서 요구하는 최소허용 벽 두께

○ 차기 검사주기(NSI)

$$- t_{meas} \leq t_{nom} : NSI = 0.5 \times RL \quad (3)$$

$$- t_{meas} > t_{nom} : NSI = 0.75 \times RL \quad (4)$$

2.3 ASME Code Case N-806 매설배관 사용적합성 평가 기술

ASME에서는 매설배관 사용적합성 평가 기술기준으로 Code Case N-806을 제정중이다.⁴⁾ 본 Code Case는 원자력 발전소의 Class 2,3의 매설배관을 위한 평가방법이며, 재료손실에 대한 평가방법으로서 균열 손상은 포함되지 않는다. 평가방법은 Fig. 1과 같이 재료손실 영역을 형상화하

여 예측되는 벽 두께가 Level 1 평가와 Level 2 평가에 만족하는지 여부를 판별한다.

○ 재료손실 영역 형상화

재료손실 영역 형상화는 아래 Fig. 2에 제시된 바와 같이 향후 재료 손실량을 고려하여 차기검사주기를 결정한다. 평가대상 종료시점에 재료손실로 예상되는 벽 두께 손실량, Δt_{ml} 은 다음 식에 따라 계산된다.

$$\Delta t_{ml} = (F_{ml,ID} R_{ml,ID} + F_{ml,OD} R_{ml,OD}) \tau_{ev} \quad (5)$$

여기서,

$F_{ml,ID}$ = 내부표면에서 발생하는 재료손실 예측율에 따른 불확실성 인자

$F_{ml,OD}$ = 외부표면에서 발생하는 재료손실 예측율에 따른 불확실성 인자

$R_{ml,ID}$ = 평가 대상기간 동안에 내부표면의 두께감소율, in. (mm)/year

$R_{ml,OD}$ = 평가 대상기간 동안에 외부표면의 두께감소율, in. (mm)/year

Δt_{ml} = 평가대상 종료시점까지 재료손실로 예상되는 벽 두께, in. (mm)

τ_{ev} = 평가대상 기간, years

○ Level 1 평가

재료손실 영역의 예상 최소 벽 두께, $t_{p,min}$ 이 같은 균일한

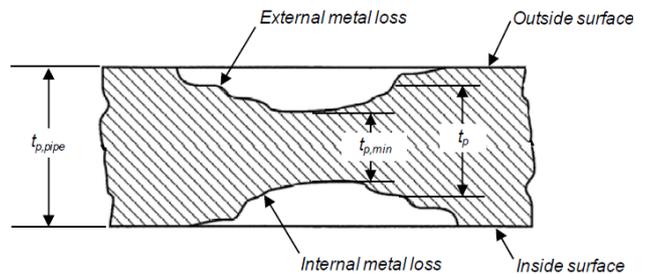


Fig. 2. Illustration of metal loss regions due to concurrent internal and external corrosion.

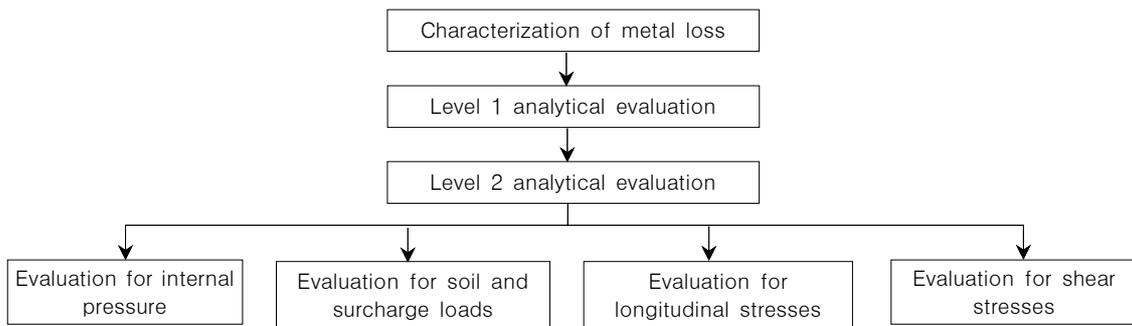


Fig. 1. ASME code case N-806 evaluation procedure.

벽 두께라고 가정할 때, 평가대상 배관은 건설 당시의 기술 기준에 제시된 설계요건을 만족하여야 한다.

○ Level 2 평가

재료손실 영역의 예상되는 벽 두께가 ‘내부압력’, ‘토양 및 중하중’, ‘축방향 응력’ 및 ‘전단응력’에 만족하는지 여부를 판별한다. 각 세부평가 내용을 아래에 제시하였다.

내부압력 평가

내부압력 평가에 사용되는 최소요구두께는 아래 식에 따르며, 허용두께는 재료손실의 형상에 따라 ‘일반 재료손실 영역’과 ‘국부 재료손실 영역’으로 구분된다.

$$t_{min} = \frac{P_D D_o}{2(SE + y P_D)} \quad (6)$$

여기서,

- D_o = 배관 공칭외경, in. (mm)
 - E = 3등급 배관들에 대한 수평방향 용접 접합부 영향 인자, 다른 배관들에 대해서는 1.0임, 무차원
 - P_D = 설계압력, psi (MPa)
 - S = 2, 3 등급 기기들의 설계 온도 허용 응력, psi (MPa)
 - t_{min} = 공차와 부식 허용 오차를 제외한 배관, 엘보우 및 밴드의 직선 구간의 설계압력 기준 최소 벽 두께, in. (mm)
 - y = 0.4
- 일반 재료손실의 경우의 허용기준은 아래와 같다.

$$t_{p,avg} \geq t_{min} \quad (7)$$

$$t_{p,min} \geq 0.5 t_{min} \quad (8)$$

여기서,

- $t_{p,avg}$ = 손상부위 예상되는 벽두께의 평균 값, in. (mm)
- $t_{p,min}$ = 손상부위 예상되는 벽두께의 최소 값, in. (mm)

국부 재료손실의 경우의 허용기준은 아래와 같다. Fig. 2와 같이 재료손실 부위를 형상화하여 판정기준에 따라 구분하여 평가한다. 허용기준인 t_{aloc} 는 재료의 손상영역에 따라 다르며 Table 2와 같이 구분된다. $L_m(t)$ 는 Fig. 3에 제시된 형상과 같이 t_{min} 미만이 되는 향후 예상되는 배관의 손상부의 원주방향 길이이며 L_m 은 손상부위의 최대길이이다.

$$t_{p,min} \geq t_{aloc} \quad (9)$$

여기서,

t_{aloc} = 국부 재료손실 영역의 압력기준 최소 허용국부 벽 두께, in. (mm)

○ 토양 및 중하중 평가

토양 및 중하중 평가의 세부평가 항목은 아래와 같다.

- 토양 및 중하중에 의한 배관 난형도
- 매설배관의 벽의 압축응력(원주 방향의 벽을 통한 난형 응력, 옆면 벽의 좌쇄 압축 응력, 외부압력으로 인한 좌

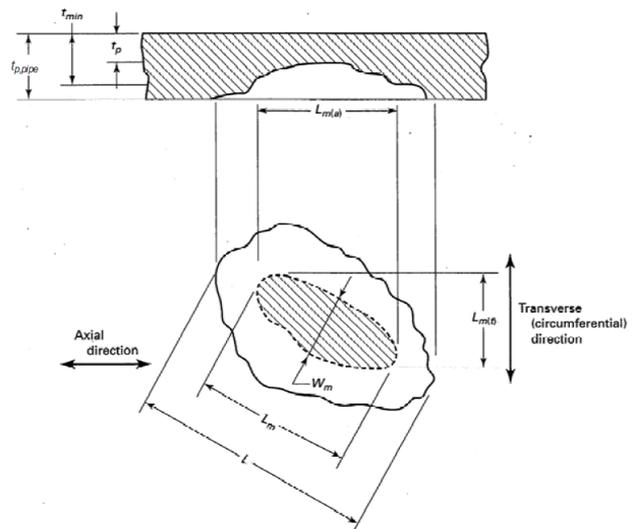


Fig. 3. Illustration of local metal loss region.

Table 2. Allowable local wall thickness by depending on metal loss region classes

Metal loss region classes	Application criteria	Allowable local wall thickness (t_{aloc})
Limited circumferential extent	$L_m(t) \leq (R_{mintmin})^{1/2}$	Determined by curve ① of Fig.4
Limited axial and circumferential extent	$L_m < 2.65(R_{mintmin})^{1/2}$, $t_{p,pipe} > 1.13t_{min}$	$t_{aloc} = 0.353 L_m \left(\frac{t_{min}}{R_{min}} \right)^{1/2}$
Unlimited circumferential extent	$L_m(t) > (R_{mintmin})^{1/2}$	Determined by curve ② of Fig.4
Local metal loss region on outer portion of elbow or bend	-	$t_{aloc} = t_{min} \left[0.5 + \frac{0.5}{1 + \frac{\cos \phi}{(R_b / R_{min})}} \right]$

$R_{min} = R_o - t_{min} / 2$

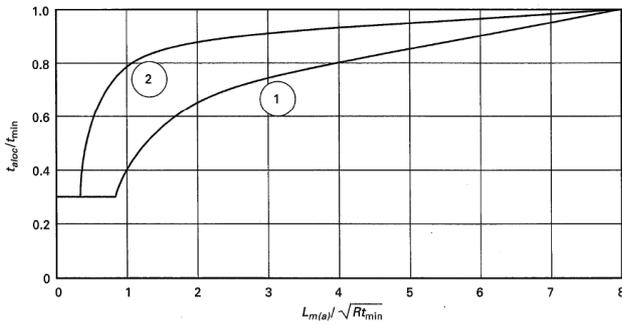


Fig. 4. Allowable wall thickness and length of local metal loss region.

굴, 부압의 영향)

- 부력 및 부양

각 세부적인 평가항목은 아래와 같다.

- 토양 및 중하중으로 인한 배관 난형도

'토양 및 중하중으로 인한 배관 난형도'에 대한 평가는 다음의 식을 만족해야 한다. Ω_{max} 값은 설계기준서에 제시되거나 만약에 제시되지 않으면 0.05값을 이용한다.

$$\Omega \leq \Omega_{max} \quad (10)$$

여기서,

Ω = 배관 단면의 찌그러짐, 무차원으로 식(11)에 따른다.

Ω_{max} = 배관 단면의 최대 허용 찌그러짐, 무차원

$$\Omega = \frac{KP_{SS}}{\frac{E_{pipe} I_{TWP}}{R^3} + 0.061E'} \quad (11)$$

여기서,

E' = AWWA M11에 의한 흙 반발 계수

E_{pipe} = 배관 탄성 계수

I_{TWP} = 평가대상 종료시점에 단위 길이 당 배관의 벽을 통한 굽힘 관성 모멘트

K = AWWA M11에 의한 물힘 상수

P_{SS} = 토양과 중하중으로 인한 배관 윗면의 압력

R = 평가대상 종료시점에 배관 평균 반지름

- 매설배관의 벽의 압축응력

원주 방향 벽을 통한 난형응력

배관의 옆면 벽들에 원주 방향 벽을 통한 난형 응력을 합한 내부압력으로 인한 막 응력, σ_{TW} 는 다음 식을 만족해야 한다.

$$\frac{P_D D_o}{2t_{ev}} + \sigma_{TW} \leq 1.5 S_h \quad (12)$$

여기서,

$$\sigma_{TW} = 3P_{SS} \frac{D_o}{t_{ev}} \left(\frac{D_o}{t_{ev}} - 1 \right) \left[K_b - \frac{K_x}{\frac{8E_{pipe}}{E' \left(\frac{D_o}{t_{ev}} - 1 \right)^3} + 0.732} \right] \quad (13)$$

D_o = 배관 공칭외경, in.(mm)

K_b = AWWA C 150에 의한 굽힘 모멘트 계수

K_x = AWWA C 150에 의한 처짐 계수

P_D = 설계 압력, psi(MPa)

S_h = 설계 온도 및 고려된 하중과 일치하는 온도에서 허용 응력, psi(MPa)

σ_{TW} = 배관의 타원화로 인한 벽을 통한 굽힘 응력, psi(MPa)

P_{SS} = 토양과 중하중으로 인한 배관 윗면의 압력

t_{ev} = 평가 종료시점에서 배관의 예상 벽두께

측면에 작용하는 파쇄 압축응력

토양과 표면 압력으로 인한 배관의 압축 응력, 그리고 부압은 다음 식을 만족해야 한다.

$$\frac{(P_{SS} - P_{neg}) D_o}{2t_{ev}} \leq S_h \quad (14)$$

여기서,

P_{neg} = 계산 값이 음수인 부압, psi(MPa)

외부압력으로 인한 좌굴

좌굴의 예방을 위해 토양과 중하중, 지하수로 인한 외부압력, P_{gw} , 부압을 합한 총 압력, P_{SS}' 등은 다음 식을 만족해야 한다. 식 (18)에 입력 값은 BTU 단위이고 식 (19)에 입력 값은 SI 단위이다.

$$P_{SS}' \leq \frac{P_{cr}}{2} \quad (15)$$

여기서,

$$P_{SS}' = P_{SS} + P_{gw} - P_{neg} \quad (16)$$

$$P_{cr} = \left[32 R_W B' E' \frac{E_{pipe} I_{TWP}}{D_o^3} \right]^{1/2} \quad (17)$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \exp \left[-0.065 \left(\frac{H_{BD}}{12} \right) \right]} \quad (18)$$

$$B = \frac{1}{1 + 4 \exp \left[-0.213 \left(\frac{H_{BD}}{1,000} \right) \right]} \quad (19)$$

- B' = AWWA M11에 의한 주변 토양에 의한 배관의 탄성지지 계수, 무차원
- P_{cr} = 배관의 임계 좌굴 압력, psi(MPa)
- P_{gw} = 지하수로 인한 배관 주변의 정수압, psi(MPa)
- $P_{SS'}$ = 부압을 합한 총 외부압력, psi(MPa)
- I_{TWP} = 평가대상 종료시점에 단위 길이 당 배관의 벽을 통한 굽힘 관성 모멘트
- R_W = 부력 인자, 무차원

부압영향

만약 배관이 부압을 받는다면, 건설 기준에 제시된 주변토양 여건을 만족하여야 한다.

- 부력 및 부양

배관은 충분히 덮거나 또는 지하수 부양을 예방하기 위해 지반에 고정하여야 한다. 배관 내부 유체의 선형 중량을 제외한 배관 변형에 의한 물의 선형 가중치는 다음 식을 만족해야 한다.

$$W_w \leq \frac{2}{3} (W_{pipe} + W_{CL} + P_{soil} D_o) \quad (20)$$

여기서,

- W_{CL} = 단위 길이 당 배관 코팅과 라이닝의 선형 중량, lb/in. (N/mm)
- W_{pipe} = 배관 내부 유체의 선형 중량을 제외한 단위 길이 당 배관의 선형 중량, lb/in. (N/mm)
- W_w = 배관 변형에 의한 물의 선형 가중치, lb/in. (N/mm)
- P_{soil} = 트렌치 매립의 중량으로 인한 배관 윗면의 압력

○ 축 방향 응력 평가

재료손실 영역 위치에서 배관의 축 방향 응력은 평가에

사용된 건설 기술기준의 식들에 따라서 평가한다. 축 방향 힘들로 인한 응력은 건설 기술기준에 포함된 내부압력과 굽힘 모멘트로 인한 응력에 더하여야 한다.

○ 전단응력 평가

재료손실 영역이 포함된 배관의 전단 하중들과 전단 응력은 배관-토양 및 매설 배관과 지면 상호작용에 대표할 수 있는 배관-토양 상호작용 모델을 사용하여 계산하여야 한다. 이 때, ASME B31.1의 부록 VII, *Procedures for the Design of Restrained Underground Piping*의 모델링 방법을 사용할 수 있다. 다음 식과 같이 운전 레벨에 따라 최대 전단 하중 요건을 만족하여야 한다.

$$\frac{V}{A_p} \leq 0.6 S_h \text{ for Service Level A, B and C} \quad (21)$$

$$\frac{V}{A_p} \leq 0.42 S_u \text{ for Service Level D} \quad (22)$$

여기서,

- A_p = 평가대상 종료시점의 국부 재료손실 영역을 포함한 배관 단면적, in.² (mm²)
- S_h = 설계 온도 및 고려된 하중과 일치하는 온도에서의 허용 응력, psi (MPa)
- S_u = 고려된 하중과 일치하는 온도에서의 재료의 최대인장강도, psi (MPa)
- V = 전단 하중, lb (N)

3. ASME Code Case N-806의 시범평가

본 연구에서는 Code Case N-806에 따라 시범평가를 수행하였다. 본 평가는 Level 2의 내부압력 평가와 토양 및 중하중 평가를 수행하였으며 평가내용은 아래와 같다.

○ 재료손실 영역 형상화

아래 그림 Fig. 5는 손상된 배관의 사진이다. 평가 대상은



Fig. 5. Picture of damaged pipe.

Table 3. Measured thickness

Division		Axial Grid (inch)			
		①	②	③	④
Circumferential Grid (inch)	①	12.70	13.97	12.60	12.83
	②	12.85	6.55	5.38	12.37
	③	4.32	3.63	3.66	12.85
	④	12.83	5.44	3.86	13.00
	⑤	12.90	13.64	13.21	13.00

Table 4. Projected wall thickness (t_p)

Division		Axial Grid (mm)			
		①	②	③	④
Circumferential Grid (mm)	①	10.30	11.57	10.20	10.43
	②	10.45	4.15	2.98	9.97
	③	1.92	1.23	1.26	10.45
	④	10.43	3.04	1.46	10.60
	⑤	10.50	11.24	10.81	10.60

KS D 4311에 따라 제작된 주철관이며, 배관의 공칭직경은 300 mm, 공칭두께는 8.8 mm이며 매설깊이는 2.6 m이다. 그림에서 보는바와 같이 외부피복이 벗겨져 금속이 외부로 노출되었다. 배관두께는 초음파 두께측정기를 통하여 측정하였으며 측정값은 표면이 불균일하여 측정값이 정확하지는 않으나 본 Code Case N-806을 시범적으로 적용하여 보기 위하여 두께측정 결과를 활용하였다. 각 두께측정 결과는 Table 3과 같다. 각 그리드의 간격은 12.7 mm이다.

상기 매설배관은 외부부식에 의한 손상이므로 향후 손상은 외부부식으로 인하여 감속이 계속 진행되는 것으로 가정하였으며 내부부식은 발생하지 않는 것으로 가정하였다. 불확실성 인자는 1.0으로 고려하였으며, 외부부식은 NACE의 권고 값인 0.4 mm/year(16 mils/year)을 적용하였다. 차기검사 주기를 6년으로 고려하였을 경우에는 향후 예측되는 감속량은 2.4 mm로 계산되었으며 이에 따라 예상되는 배관 두께 값(t_p)은 Table 4와 같다.

○ 내부 압력 평가

내부압력 평가는 식 (6)에 따르며 t_{min} 은 1.280 mm로 계산되었다. 손상된 부위의 형상에 따라 Table 2의 '제한된 원주 방향 손상영역'으로 구분하였으며 Table 4의 예상되는 배관 두께 값(t_p) 중 t_{min} 을 초과하지 않는 부위는 Table 4에 음영으로 표식하였다. R_O 는 163 mm로 R_{min} 은 162.36 mm로 계산되었다. $L_{m(t)}$ 은 평가대상 종로시점에 t_{min} 미만의 벽두께인 국부 재료손실 영역의 원주 방향 최대 크기로서 Table 4에 제시된 바와 같이 t_{min} 미만인 부위는 그리드 간격이 12.7 mm(0.5in)이므로 $L_{m(t)}$ 은 12.7 mm으로 고려하였

으며, L_m 은 28.40 mm로 고려하였다. 또한 $(R_{min}t_{min})^{1/2}$ 는 14.418 mm로 계산되어 $L_{m(t)}$ 가 $(R_{min}t_{min})^{1/2}$ 를 초과하지 않으므로 (1) 제한된 원주방향 크기로 계산하였다. 따라서 t_{aloc} 는 그림 4의 곡선의 1번을 따른다. $L_{m(a)}$ 는 그리드 간격이 12.7 mm(0.5inch)이므로 25.4 mm로 고려하였으며 $L_{m(a)}(Rt_{min})^{1/2}$ 는 0.879이므로 t_{aloc}/t_{min} 은 0.3이며 t_{aloc} 는 0.384 mm이다. 따라서 예상되는 최소 벽두께 값이 1.23 mm이므로 내부압력 평가는 만족하는 것으로 평가되었다.

○ 토양 및 중하중에 의한 배관 난형도

토양 및 중하중에 의한 배관 난형도'에 대한 평가는 식 (10)을 만족해야 한다. 난형도 Ω 는 식(11)을 통하여 계산하였으며 주요 입력 값은 아래와 같다. 계산결과 난형도 Ω 는 0.01로서 허용기준 값 Ω_{max} 0.05 보다 낮으므로 만족한다.

- E' = AWWA M11에 의한 흙 반발 계수로서 6.895 MPa 적용
- E_{pipe} = 배관 탄성 계수로서 167GPa 적용
- I_{TWP} = 평가대상 종로시점에 단위 길이 당 배관의 벽을 통한 굽힘 관성 모멘트로서 별도 계산 값이 0.16 mm³ 적용
- K = AWWA M11에 의한 물침 상수로서 0.1적용
- P_{SS} = 토양과 중하중으로 인한 배관 윗면의 압력으로서 5.2×10^{-2} MPa
- R = 평가대상 종로시점에 배관 평균 반지름으로 158.6 mm

○ 원주 방향 벽을 통한 난형 응력

원주 방향 벽을 통한 난형 응력에 대한 평가는 식(12)에 따르며, σ_{TW} 는 식(13)에 따른다. 계산결과 원주 방향 벽을 통한 난형 응력은 1156.290 MPa이며 1.5 S_h , 262.5 MPa를 초과하여 불만족이다.

- D_o = 배관 공칭외경으로 326 mm
- K_b = AWWA C 150에 의한 굽힘 모멘트 계수, 0.235
- K_x = AWWA C 150에 의한 처짐 계수, 0.108
- P_D = 설계 압력, 1.379MPa(200psi)
- S_h = 설계 온도 및 고려된 하중과 일치하는 온도에서 허용 응력, 175 MPa
- σ_{TW} = 배관의 타원화로 인한 벽을 통한 굽힘 응력으로 계산 값 973.870 MPa

○ 옆면 벽의 파쇄 압축 응력

옆면 벽의 파쇄 압축 응력에 대한 평가는 식(14)에 따르며 P_{neg} 는 평가대상의 배관이 내압배관이므로 0으로 고려하였으며, 계산결과 6.897 MPa로서 S_h (175 MPa)를 초과하지 않으므로 만족한다.

○ 외부압력으로 인한 좌굴

좌굴의 예방을 위한 하중, P_{SS} '는 식(15)에 만족하여야

한다. 여기서 P_{ss} '는 식 (16)에 따르며 평가대상의 매설배관은 지하수에 의한 영향을 받지 않으므로 P_{gw} 는 0, P_{neg} 는 압력배관으로 0으로 고려하였으며 식 (16)에 따라 P_{ss}' 는 5.2×10^{-2} MPa로 계산되었다. 또한 부력인자 R_H 는 1.0으로 고려하여 식 (17)에 따라 P_{cr} 은 0.224 MPa로 계산되었으며 허용기준($P_{cr}/2$)은 0.112 MPa로 허용기준에 만족한다.

4. 결 론

현재 일반적으로 사용되는 배관 사용적합성 평가 기술기준은 토양하중을 고려하지 않는 등 매설배관에 직접 적용하기에는 제한사항이 있다. 미국기계학회(ASME)에서는 이러한 문제점을 고려하여 매설배관에 적용할 수 있는 사용적합성 평가 기술기준, Code Case N-806을 제정하고 있다. 본 연구에서는 기존의 배관 사용적합성 평가 방법을 조사하

여 정리하고 Code Case N-806을 분석하였으며 시범적으로 사용적합성 평가를 수행하였다. 분석된 사용적합성 평가 기술기준을 매설배관 건전성평가에 활용하면 설비신뢰성 확보 및 경제성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Recommendations for an Effective Program to Control the Degradation of Buried and Underground Piping and Tanks, EPRI 1016456, Revision 1 (2010).
2. Industry Guidance for the Development of Inspection Plans for Buried Piping, NEI 09-14 (2011).
3. Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology, SP0501, NACE (2008).
4. ASME Code Case N-806 Evaluation of Metal Loss in Class 2 and 3 Metallic Piping Buried in a Back-filled Trench, Section XI, Division 1, draft 15 (2012).