



매설 가스배관 내진설계 기준

Code for Seismic Design of Underground Gas Pipes

가스기술기준위원회 심의·의결 : 2022년 4월 15일

산업통상자원부 승인 : 2022년 5월 17일

가 스 기 술 기 준 위 원 회

위 원 장 최 병 학 : 강릉원주대학교 교수

부위원장 장 기 현 : 인하대학교 교수

당 연 직 황 윤 길 : 산업통상자원부 에너지안전과장
 광 채 식 : 한국가스안전공사 안전관리이사

고압가스분야 최 병 학 : 강릉원주대학교 교수
 송 성 진 : 성균관대학교 부총장
 이 범 석 : 경희대학교 교수
 윤 춘 석 : (주)한울이엔알 대표이사
 안 영 훈 : (주)한양 부사장

액화석유가스분야 안 형 환 : 한국교통대학교 교수
 권 혁 면 : 연세대학교 연구교수
 천 정 식 : (주)E1 전무
 강 경 수 : 한국에너지기술연구원 책임
 이 용 권 : (주)대연 부사장

도시가스분야 신 동 일 : 명지대학교 교수
 김 정 훈 : 한국기계전기전자시험연구원 수석
 정 인 철 : (주)에스코 이사
 장 기 현 : 인하대학교 교수

수소분야 이 광 원 : 호서대학교 교수
 정 호 영 : 전남대학교 교수
 강 인 용 : 에이치엔파워(주) 대표
 백 운 봉 : 한국표준과학연구원 책임

이 기준은 「고압가스 안전관리법」 제22조의2, 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 제45조, 「도시가스사업법」 제17조의5 및 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 제48조에 따라 가스기술기준위원회에서 정한 상세기준으로, 이 기준에 적합하면 동 법령의 해당 기준에 적합한 것으로 보도록 하고 있으므로 이 기준은 반드시 지켜야 합니다.

KGS Code 제·개정 이력	
종목코드번호	KGS GC204 ²⁰²²
코 드 명	매설 가스배관 내진 설계 기준

제·개정 일자	내 용
2008. 12. 30.	제 정 (지식경제부 공고 제2008-379호)
2015. 8. 7.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2015-436호)
2017. 9. 29.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2017-475호)
2018. 1. 11.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2018-013호)
2018. 6. 15.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2018-326호)
2018. 8. 10.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2018-419호)
2019. 1. 16.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2019-026호)
2022. 5. 17.	개 정 (산업통상자원부 공고 제2022-421호)
	- 이 하 여 백 -

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용 범위	1
1.2 기준의 효력	1
1.3 용어 정의	1
1.4 기준의 준용	2
1.5 경과조치	2
2. 설계 기준	2
2.1 내진등급 분류	2
2.2 내진성능 수준	3
2.3 내진성능 목표	4
2.4 설계지반운동	4
2.4.3 지진 구역 및 지진 위험도	5
2.4.4 유효수평지반 가속도	5
2.4.5 지반의 분류	6
2.5 설계거동 한계	9
2.5.1 기능 수행 수준	9
2.5.2 누출 방지 수준	9
2.6 설계 방법 및 절차	9
2.7 지진해석 방법	12
2.8 성능 보증	13
2.8 지진기록 계측	14
2.9 그 밖의 설계 기준	14
부록 A 지반 분류(S1, S2, S3, S4, S5, S6) (2.4.5 관련)	15

매설 가스배관 내진 설계 기준 (Code for Seismic Design of Underground Gas Pipes)

1. 일반사항

1.1 적용 범위

이 기준은 「고압가스 안전관리법」(이하 “고법”이라 한다) 및 「도시가스사업법」(이하 “도법”이라 한다)의 적용을 받는 매설 가스배관 내진 설계에 적용한다.

1.2 기준의 효력

1.2.1 이 기준은 고법 제22조의2제2항 및 도법 제17조의5제2항에 따라 고법 제33조의2에 따른 가스기술기준위원회의 심의·의결(안전번호 2022-3호, 2022년 4월 15일)을 거쳐 산업통상자원부장관의 승인(산업통상자원부 공고 제2022-421호, 2022년 5월 17일)을 받은 것으로, 고법 제22조의2 제1항 및 도법 제17조의5제1항에 따른 상세 기준으로서의 효력을 가진다.

1.2.2 이 기준을 지키고 있는 경우에는 고법 제22조의2제4항 및 도법 제17조의5제4항에 따라 고법령 및 도법령의 기술 기준에서 정하는 매설 가스배관 내진 설계 기준에 적합한 것으로 본다. <개정 15.8.7 18.8.10>

1.3 용어 정의

이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1.3.1 “내진 특등급”이란 배관의 손상이나 기능 상실로 인해 공공의 생명과 재산에 막대한 피해를 초래할 뿐만 아니라 사회의 정상적인 기능 유지에 심각한 지장을 가져올 수 있는 것을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.2 “내진 I등급”이란 배관의 손상이나 기능 상실이 공공의 생명과 재산에 상당한 피해를 초래할 수 있는 것을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.3 “내진 II등급”이란 배관의 손상이나 기능 상실이 공공의 생명과 재산에 경미한 피해를 초래할 수 있다고 판단되는 배관으로서, 내진 특등급 및 내진 I등급 이외의 배관을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.4 “핵심 시설”이란 지진 피해 시 수급 차질이 심각하게 우려되는 시설, 대형사고 위험시설, 주거지에

인접한 대형 시설 등으로서, 내진 특등급, 재현 주기 4800년 지진에 대해 붕괴 방지 수준의 내진 성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.5 “중요 시설”이란 지진 피해 시 국지적으로 수급 차질이 우려되는 시설, 주거지에 인접한 소형 시설, 배관 차단 가능 시설 등으로서, 내진 특등급, 재현 주기 2400년 지진에 대해 누출 방지 수준의 내진성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.6 “일반 시설”이란 1.3.5의 중요 시설 이외의 소규모 시설, 안전 관련도가 비교적 낮은 시설, 기타 지진 피해 우려가 상대적으로 적은 시설 등으로, 내진 I등급, 재현 주기 1000년 지진에 대해 누출 방지 수준의 내진성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.4 ~ 1.3.5 <삭 제 18.1.11>

1.3.7 “설계지반운동”이란 내진 설계를 위해 정의된 지반운동으로서, 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 지반운동을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.8 “위험도 계수”란 평균 재현 주기 500년 지진지반운동 수준에 대한 평균 재현 주기별 지반운동 수준의 비를 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.9 “내진성능 확인”이란 가스 시설물의 안전성을 확보하고 기능을 유지하기 위하여 시설물이 지진의 영향으로부터 안전한 구조인지를 확인하는 것을 말한다. <신설 19.1.16>

1.4 기준의 준용 <개정 18.1.11>

고법에 따른 배관 중 내진 설계 적용 대상에 해당되는 고압가스 배관은 이 기준의 도시가스 배관을 고압가스 배관으로 본다.

1.5 경과조치

2018년 1월 11일 이전에 설치되거나 기술 검토를 받은 고압가스 배관 및 도시가스 배관은 종전의 기준을 따른다. <신설 18.1.11, 개정 18.6.15>

2. 설계 기준

2.1 내진등급 분류 <개정 18.1.11>

2.1.1 도시가스 배관은 시설물의 공공성, 시설물 피해에 따른 복구 기간, 수급 차질 우려 등을 고려하여

내진 특등급, 내진 I등급, 내진 II등급으로 분류하며, 가스 도매 사업자의 경우에는 배관의 피해로 초래되는 영향도를 고려하여 내진등급별 관리 등급을 부여하여 중점 관리한다.

표 2.1.1 도시가스 배관의 내진등급

내진등급	사업자 구분		관리등급
	가스도매사업자	일반도시가스사업자	
내진 특등급	모든 배관	-	중요시설
내진 I 등급	-	0.5 MPa 이상 배관	-
내진 II 등급	-	0.5 MPa 미만 배관	-

2.1.1.1 가스 도매 사업자가 소유하는 배관은 내진 특등급으로 적용하며, 관리 등급은 중요 시설로 적용한다. <신설 18.1.11>

2.1.1.2 일반 도시가스 사업자가 소유하는 최고사용압력 0.5 MPa 이상인 배관은 내진 I등급을 적용한다. <신설 18.1.11>

2.1.1.3 일반 도시가스 사업자가 소유하는 최고사용압력 0.5 MPa 미만인 배관은 내진 II등급을 적용한다. <신설 18.1.11>

2.1.2 고압가스 배관의 중요도는 그 기능의 중요성과 지진으로 손상이 초래될 수 있는 재해의 규모와 범위를 고려하여 내진 특등급, 내진 I 등급, 내진 II등급으로 분류되며, 그 분류 기준은 다음과 같다.

2.1.2.1 독성가스를 수송하는 고압가스 배관의 중요도는 내진 특등급으로 분류한다.

2.1.2.2 가연성가스를 수송하는 고압가스 배관의 중요도는 내진 I 등급으로 분류한다.

2.1.2.3 독성가스나 가연성가스 이외의 가스를 수송하는 고압가스 배관의 중요도는 내진 II등급으로 분류한다.

2.2 내진성능 수준 <개정 18.1.11>

2.2.1 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 내진성능은 기능 수행 수준과 누출 방지 수준으로 구분한다. <개정 18.1.11>

2.2.2 기능 수행 수준은 설계 지진 하중 작용 시 배관에 발생한 손상이 경미하여 그 배관의 기능이 유지될 수 있는 성능 수준이다. <개정 18.1.11>

2.2.3 누출 방지 수준은 설계 지진 하중 작용 시 배관의 손상은 허용하나, 누출로 인한 대규모 폭발

및 화재와 같은 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능 수준이다. <개정 18.1.11>

2.3 내진성능 목표 <신설 18.1.11>

가스배관의 내진성능 목표는 내진등급별로 설계지반운동에 대한 내진성능 수준으로 정의되며, 표 2.3.1을 따른다.

표 2.3.1 가스시설 내진성능 목표

	재현주기(년)	내진성능수준	
		기능수행	누출방지
설 계 지 진	50	내진 II등급	
	100	내진 I등급	
	200	내진 특등급	
	500		내진 II등급
	1000		내진 I등급
	2400		내진 특등급

2.4 설계지반운동 <개정 18.1.11>

2.4.1 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 지반운동을 설계할 때에는 다음 사항을 고려한다.

2.4.1.1 국지적인 토질 조건, 지질 조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려한다.

2.4.1.2 설계지반운동의 특성은 흔들림의 세기, 진동수 성분 및 지속 시간으로 정의한다.

2.4.1.3 설계지반운동은 통계학적으로 독립된 수평 2축 운동과 수직운동으로 정의한다.

2.4.1.4 연약지반에 중요 구조물을 설치할 경우에는 적절한 부지 특성 평가 기법을 적용하여 해당 부지에 적합한 설계지반운동을 결정할 수 있다.

2.4.1.5 지반운동의 공간적 변화 특성이 응답에 큰 영향을 주는 경우에는 이를 반영하여야 한다.

2.4.2 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 설계지반운동 수준은 다음과 같이 분류한다.

- (1) 평균 재현 주기 50년 지진지반운동(5년 내 초과 확률 10%)
- (2) 평균 재현 주기 100년 지진지반운동(10년 내 초과 확률 10%)
- (3) 평균 재현 주기 200년 지진지반운동(20년 내 초과 확률 10%)
- (4) 평균 재현 주기 500년 지진지반운동(50년 내 초과 확률 10%)
- (5) 평균 재현 주기 1000년 지진지반운동(100년 내 초과 확률 10%)
- (6) 평균 재현 주기 2400년 지진지반운동(250년 내 초과 확률 10%)

2.4.3 지진 구역 및 지진 위험도 <신설 18.1.11>

2.4.3.1 지진 구역은 표 2.3.3과 같이 지진 구역 I 및 지진 구역 II의 두 지진 구역으로 구분한다. 재현 주기가 500년인 지진의 암반지반(S1지반)에서 각 지진 구역에서의 지진구역계수(Z)는 다음과 같다.

표 2.3.3 지진구역 구분

지진 구역	행 정 구 역		지진구역계수 (Z)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종	0.11 g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
II	도	강원도 북부, 제주도	0.07 g
강원도 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시 강원도 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시			

2.4.3.2 재현 주기가 500년인 지진을 기준으로, 재현 주기가 다른 지진의 최대 지반 가속도를 상대적 비율로 나타내는 계수인 위험도 계수(I)는 표 2.3.4와 같다.

표 2.3.4 위험도 계수

재현주기(년)	50	100	200	500	1 000	2 400
위험도 계수(I)	0.4	0.57	0.73	1	1.4	2.0

2.4.4 유효수평지반 가속도 <신설 18.1.11>

2.4.4.1 지진 하중을 산정하기 위한 지반운동 수준인 유효수평지반 가속도(S)는 국가지진위험지도 또는 행정구역에 따라 결정한다. 다만, 국가지진위험지도를 이용하여 결정하는 경우, 행정구역에 따라 결정된 값의 80%보다 작지 않아야 한다.

2.4.4.2 행정구역을 바탕으로 재현 주기에 따른 유효수평지반 가속도(S)를 결정할 때는 지진 구역 계수(Z)에 각 재현 주기의 위험도 계수(I)를 곱하여 다음 계산식으로 결정한다.

$$S = Z \times I$$

여기에서,

Z : 지진 구역 계수

I : 위험도 계수

2.4.5 지반의 분류

지반은 기반암의 깊이(H)와 기반암 상부 토층의 평균 전단파 속도($V_{S,Soil}$)에 근거하여 표 2.4.5와 같이

S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆ 의 6종류로 분류하며, 세부사항은 부록 A를 따른다.

표 2.4.5 지반의 분류

지반분류	지반분류의 호칭	분류기준	
		기반압 깊이, H (m)	토층 평균 전단파속도, $V_{S,Soil}$ (m/s)
S ₁	암반 지반	1 미만	-
S ₂	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S ₃	얕고 연약한 지반		260 미만
S ₄	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S ₅	깊고 연약한 지반		180 미만
S ₆	부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반		

[비고] 1. 기반압 : 전단파 속도 760m/s 이상을 나타내는 지층
 2. 기반압 깊이와 무관하게 토층 평균 전단파 속도가 120m/s 이하인 지반은 S₆지반으로 분류

2.4.6 설계지반운동의 특성 표현 방법은 다음 기준에 따른다.

2.4.6.1 설계지반운동의 세기 및 진동수 성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다.

2.4.6.1.1 암반지반의 표준설계응답스펙트럼 <신설 18.1.11>

(1) 암반지반인 S₁ 지반의 5% 감쇠비에 대한 수평 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 그림 2.4.6.1.1(1)과 표 2.4.6.1.1(1)로 정의한다.

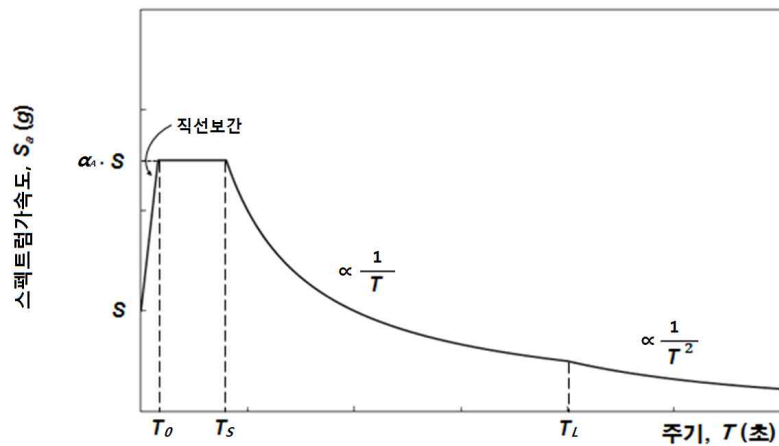


그림 2.4.6.1.1(1) 가속도 표준설계응답스펙트럼(암반지반)

표 2.4.6.1.1(1) 가속도 표준설계응답스펙트럼 전이 주기

구분	α_A (단주기스펙트럼증폭계수)	전이주기(sec)		
		T_0	T_S	T_L
수평	2.8	0.06	0.3	3

(2) 5% 감쇠비의 수직설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효수평지반 가속도에 대한 최대 수직지반 가속도의 비는 0.77이다.

(3) 수평 및 수직 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 수평 속도 표준설계응답스펙트럼의 감쇠비(ξ , % 단위)에 따른 스펙트럼 형상은 표 2.4.6.1.1(3)에 제시한 감쇠보정계수 C_D 를 표준응답스펙트럼에 곱해서 구할 수 있다. 단, 감쇠비가 0.5%보다 작은 경우에는 적용하지 않으며 해당 구조물의 경우 응답(시간) 이력 해석을 권장한다.

표 2.4.6.1.1(3) 감쇠보정계수(C_D)

주기(T , sec)	$T=0$	$0 \leq T \leq 0.06$	$0.06 \leq T$
C_D	모든 감쇠비에 대해서 1.0	$T=0$ 일 때, 1.0 $T=0.06$ 일 때, $\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$ 그 사이는 직선보간	$\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$

2.4.6.1.2 토사지반의 표준설계응답스펙트럼 <신설 18.1.11>

(1) 토사지반인 S_2, S_3, S_4, S_5 지반의 5% 감쇠비에 대한 수평지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 속도 표준설계응답스펙트럼은 각각 기반암의 스펙트럼 가속도와 지표면의 스펙트럼 가속도의 증폭 비율을 의미하는 '지반증폭계수(F_a, F_v)'로부터 그림 2.4.6.1.2①과 그림 2.4.6.1.2②와 같이 구할 수 있다.

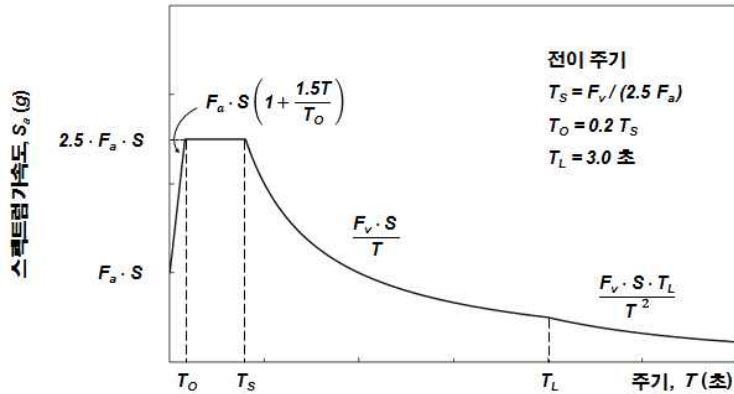


그림 2.4.6.1.2① 토사지반 수평지반운동의 가속도 표준응답스펙트럼

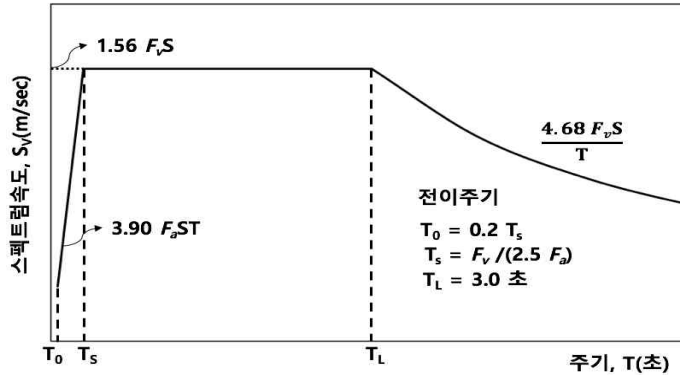


그림 2.4.6.1.2② 토사지반 수평지반운동의 속도 표준응답스펙트럼

(2) 지반증폭계수는 표 2.4.6.1.2(2)와 같으며 유효수평지반 가속도(S)의 값이 중간값에 해당할 경우 직선 보간하여 결정한다.

표 2.4.6.1.2(2) 지반증폭계수

지반분류	단주기 증폭계수, Fa			장주기 증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S ₂	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S ₃	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S ₄	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S ₅	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

(3) 토사지반의 감쇠비에 따른 감쇠보정계수는 해당 토사지반에 적합한 가속도 시간 이력에서 서로 다른 감쇠비의 탄성응답스펙트럼을 작성하여 그 비를 적용하거나 공학적 판단으로 암반지반에 적용될 수 있는 표 2.4.6.1.1(3)의 감쇠보정계수를 적용할 수 있다.

(4) S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆ 지반의 경우 표준설계응답스펙트럼 대신 부지 고유의 지반응답해석을 이용하여 결정한 스펙트럼을 사용할 수 있다.

2.4.6.2 지표면의 한 점에서 지반운동은 파워스펙트럼으로 정의한 랜덤 프로세스(random process)로 표현할 수 있다. 파워스펙트럼은 2.4.6.1.1과 2.4.6.1.2에서 규정한 표준설계응답스펙트럼과 일관성을 유지한다.

2.4.6.3 설계지반운동 시간 이력은 다음 기준에 따른다.

2.4.6.3.1 지반운동은 지반 가속도 또는 속도나 변위의 시간 이력으로 표현할 수 있다.

2.4.6.3.2 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 시간 이력으로 구성한다.

2.4.6.3.3 설계지반운동 시간 이력은 암반지반의 시간 이력을 사용하여 지반응답해석을 통해 결정한다.

2.4.6.3.4 시간 이력은 부지에서 계측된 것을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 필요시에는 대상 부지에서 예상되는 시간 이력과 유사하다고 판단되는 다른 지역에서 계측된 지반운동 시간 이력 또는 2.4.6.4에

따른 인공 합성 지반운동 시간 이력을 사용할 수 있다.

2.3.6.4 인공 합성 지반운동 시간 이력은 다음 기준에 따른다.

2.4.6.4.1 실제 기록된 지진 지반운동을 표준설계응답스펙트럼에 부합하도록 수정하거나 표준설계응답스펙트럼에 부합하도록 인공적으로 합성하여 생성한다.

2.4.6.4.2 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간 이력을 생성한다.

2.4.6.4.3 인공 합성 지반운동의 지속 시간은 지진의 규모와 특성, 전파 경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향 등을 고려한다.

2.5 설계거동 한계 <개정 18.1.11>

지중에 매설된 가스배관이 보유해야 하는 내진성능은 피해 영향 등을 종합적으로 감안하여 결정되며, 성능 수준에 따른 설계거동 한계는 다음과 같다.

2.5.1 기능 수행 수준

2.5.1.1 배관은 지반운동으로 국부적으로 선형거동 한계가 초과될 수 있으나, 전체적으로는 탄성에 준하는 거동을 하고, 정상적인 기능 수행이 가능한 것으로 한다.

2.5.1.2 지반의 영구 변형은 도시가스 배관의 정상적인 기능 수행에 지장을 주지 않는 범위 안에서 허용한다.

2.5.2 누출 방지 수준

2.5.2.1 배관은 지반운동으로 소성 영역 안에서 거동하는 것은 허용되나, 가스가 누출될 수 있을 정도의 구조적 손상이 발생하지 않는 것으로 한다.

2.5.2.2 지반의 영구 변형은 가스가 누출될 수 있을 정도의 손상을 유발하지 않도록 허용 한도를 초과하지 않는 것으로 한다.

2.4.2.3 배관이 설치된 지반은 지진 시 액상화, 단층작용, 사면활동 등이 발생하지 않도록 하고, 이들이 발생하더라도 가스 누출이 발생하지 않도록 설치한다.

2.6 설계 방법 및 절차 <개정 18.1.11>

2.6.1 내진 설계 시 설계지반운동은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 수평 2축 방향과, 수직 방향 지반운동의 영향
- (2) 지반운동의 공간적 변화 특성
- (3) 국지적인 토질 조건과 지질, 지형 조건이 지반운동에 미치는 영향

2.6.2 고압가스 배관과 도시가스 배관의 내진 설계 시 지반 조사는 다음 기준에 따른다.

2.6.2.1 지진 시 배관의 안정성 평가에 필요한 지반 물성을 파악하기 위하여 부설 노선을 따라 지반 조사를 실시한다.

2.6.2.2 지반 조사는 기존 자료의 수집 및 현지 답사로 지반의 성질을 파악하는 기본조사와 현장 및 실내 실험을 실시하여 지반의 성질을 세밀히 평가하는 상세조사로 나누어 실시한다. 다만, 상세조사의 실시 여부는 배관시설의 중요도와 지반의 안정성을 고려하여 결정한다.

2.6.2.3 지반 조사는 표층 지반의 층상 구조, 지하수위, 각 지층의 역학적 특성, 탄성과 속도 등을 파악한다.

2.6.2.4 배관이 부설되는 노선상의 지반에 액상화 현상, 사면활동 등의 발생 우려가 있는 경우 지반 안정성 조사를 실시한다.

2.6.3 고압가스 배관과 도시가스 배관의 내진 설계 시 입지 조건은 다음 기준에 따른다.

2.6.3.1 활성단층 지역이나 사면활동 가능성이 있는 지역은 가급적 통과하지 않도록 한다.

2.6.3.2 연약지반이나 액상화 잠재성이 현저한 곳은 가급적 피하고 불가피한 경우에는 지반을 개량하여 지진에 대한 저항능력을 증가시킨다.

2.6.3.3 유지관리와 손상된 부분의 보수 및 교체 작업이 용이한 지역에 설치한다.

2.6.4 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 내진 설계를 할 때에는 지진 재해에 피해가 없도록 다음 사항을 고려한다.

2.6.4.1 배관은 지진파에 따라 발생하는 지반 진동에 내진성능 요구 조건을 만족하도록 설계한다.

2.6.4.2 지진으로 인한 사면 붕괴, 액상화 등의 지반 파괴에 따른 영구 변형은 내진성능 요구 조건에 만족하도록 설계한다.

2.6.4.3 지진 시 배관에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때는 내압, 자중, 상재 하중, 온도 하중, 지반침하 등의 영향을 적절하게 고려한다.

2.6.4.4 지진 시 지형지질의 급변부 및 이형관과 같은 관로의 구조 급변부에 대한 영향을 적절하게 고려한다.

2.6.4.5 지진 시 지반 진동으로 배관에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때에는 지진파의 종류, 지반 진동의 크기, 입사각, 주기, 파장의 길이와 지반과 배관 사이의 마찰 특성 등을 적절하게 고려한다.

2.6.4.6 지진 시 지반의 영구 변형으로 배관에 전달되는 하중을 적절하게 고려한다.

2.6.5 내진 설계 시 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 재료와 이음매는 다음 기준에 따른다.

2.6.5.1 가스 압력과 설치 장소, 지중 매설 조건에 따라 충분한 기계적 강도와 변형 성능을 갖는 배관 및 이음매의 재료를 선정한다.

2.6.5.2 배관 재료는 고법 및 도법에 따라 정해진 규격에 적합하거나 동등 이상의 기계적 성질을 갖는 것으로 한다.

2.6.5.3 배관 재료는 배관의 기준 변형률을 만족하고, 설계 변형률(혹은 사용 변형률)은 재료의 허용 변형률보다 작으며, 배관의 사용압력은 내압시험 최소 압력보다 작은 것으로 한다.

2.6.5.4 배관에 사용하는 접합 재료와 이음매는 고법 및 도법에 따라 정해진 규격에 적합하거나 동등 이상의 기계적 성질을 가진 것으로 한다.

2.6.5.5 이음매의 설계 변위(혹은 사용 변위)는 기준 변위를 만족하고 허용 변위보다 작은 것으로 한다.

2.6.5.6 지반의 하중, 가스 압력 및 온도의 변화는 배관계에 강제 변위나 하중을 주므로 재료의 허용 응력과 허용 변형률에 따라 배관과 이음매를 설계한다.

2.6.5.7 지반의 진동 하중, 가스 압력 및 온도의 변동은 배관계에 강제 변위나 강제 하중을 주므로 배관과 이음매의 설계에는 재료의 피로 변형, 피로 강도 및 수명을 고려한다.

2.6.5.8 배관 이음매의 내진성능은 재료 자체의 항복강도(내력)와 연신율, 좌굴 및 굽힘성능, 피로성능과 함께 배관 및 이음매의 기하학적 형상과 치수(권의 외경, 평균 지름, 두께, 곡관의 곡률 반경, 이형관과 이음매의 형상) 및 하중 형식에 따라 결정한다.

2.6.5.9 배관과 이음매의 부식 및 기계적 손상에 따른 가스 누출을 방지하기 위해 지중 매설 강관과 이음매의 표면을 피복으로 처리하고, 전기방식조치를 한다.

2.6.6 고압가스 배관과 도시가스 배관은 다음의 내진성능 기준을 만족하도록 설계한다.

2.6.6.1 배관 전체가 연성거동을 보장할 수 있도록 설계하는 것을 원칙으로 한다.

2.6.6.2 연결부는 배관 본체가 상당한 연성거동을 하더라도 그 강도와 강성 및 일체성을 상실하지 않도록 설계한다.

2.6.6.3 배관이 매설되는 기초 지반은 설계 지진동하의 어떠한 경우에도 그 지지 기능을 유지할 수 있도록 설계하고, 지반의 영구 변형을 제한할 수 있도록 한다.

2.6.7 매설 가스배관의 내진 설계 검토 항목은 다음과 같다.

- (1) 지진과에 따라 발생하는 지반 진동
- (2) 지반의 영구 변형
- (3) 배관에 발생한 응력과 변형
- (4) 가스 누출 방지 기능
- (5) 연결부의 취성과피 가능성
- (6) 배관과 지반 사이의 미끄러짐을 고려한 상호작용
- (7) 사면 안전성
- (8) 액상화 잠재성

2.6.8 내진성능 기준 만족 평가 방법은 다음과 같다.

2.6.8.1 설계가 성능 기준을 만족시키기 위해서는 설계 모델이 제공하는 공급 내진 역량이 지진에 따라 발생하는 소요 내진 역량을 충분한 안전 여유를 가지고 초과하도록 한다.

2.6.8.2 안전 여유는 설계지진동에 따라 배관에 발생하는 응력과 변위를 구하고 허용치와 비교하여 제공될 수 있고, 하중계수 및 강도감소계수가 도입된 설계법에 따라 결정될 수도 있다.

2.6.8.3 공급 역량과 소요 역량 평가 시에는 시간과 사용에 따른 구조 재료 특성의 변화를 고려한다.

2.6.8.4 지진 시 배관의 성능 만족 여부는 지진응답해석, 소 모형시험(scale model test) 또는 원형시험(prototype test) 방법에 따라 평가할 수 있다.

2.7 지진해석 방법 <개정 18.1.11>

2.7.1 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 지진해석을 위한 설계지반운동은 2.4를 따른다.

2.7.2 지반운동의 수평 2축 방향과 수직 방향의 지반운동 영향을 반영한다.

2.7.3 배관-지반의 상호작용 해석 시 배관의 유연성과 지반의 변형성을 고려한다.

2.7.4 지반을 통한 파의 방사 조건을 적절하게 반영한다.

2.7.5 내진 설계에 필요한 지반 정수들은 동적 하중 조건에 적합한 값들을 선정하고, 특히 지반 변형계수와 감쇠비는 발생 변형률 크기에 알맞게 선택한다.

2.7.6 내진 설계에 필요한 지반 정수들은 동적 하중 조건에 적합한 값들을 선정하고, 특히 지반변형계수와 감쇠비는 발생 변형률 크기에 적합한 것을 선택한다.

2.7.7 가스배관의 지진해석은 선형 정적해석, 선형 동적해석, 비선형 정적해석, 비선형 동적해석 등을 적용할 수 있으며, 시설물의 형상 및 응답 특성 등을 고려하여 적절한 해석 방법을 선정한다.

2.8 성능 보증

2.8.1 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 내진 설계 적합 여부는 다음 기준에 따라 검토한다.

2.8.1.1 내진 설계된 내진 설계 구조물이 내진성능 수준을 달성할 수 있는지는 기술 검토 또는 안전성 향상 계획서 심사 결과에 따른다.

2.8.1.2 내진 설계 검토는 개념 설계, 기본 설계, 실시 설계 등 각 단계에 실시한다.

2.8.2 고압가스 배관 및 도시가스 배관의 내진 설계 구조물을 시공할 때에는 다음 기준에 따른다.

2.8.2.1 시공 시 품질관리는 발주자 측의 감리, 독립적인 검사시험과 시공자가 종합적으로 수행한다.

2.8.2.2 시공 단계에서의 품질관리 과정과 결과는 추후 문제 발생 시 책임 소재가 명백하게 가려질 수 있도록 기록으로 보존한다.

2.8.2.3 내진 설계 구조물의 시공 전반에 대해서는 도법 제15조에 따라 시공감리를 받는다.

2.8.3 내진성능 확인은 다음 기준을 따른다. <신설 19.1.16>

2.8.3.1 내진성능 확인은 1.5에 따른 경과조치에도 불구하고 1.1에 따른 대상 시설에 적용한다.

2.8.3.2 내진성능 확인 항목은 소요 역량과 공급 역량으로, 다음과 같다.

(1) 소요 역량은 지진 구역, 위험도 계수, 유효수평지반 가속도, 지반 분류, 응답스펙트럼 등으로 확인한다.

(2) 공급 역량은 단면 강도, 재료 강도, 항복 변형률, 극한 한계 변형률 등으로 확인한다.

2.8.3.3 내진성능 확인 결과는 소요 역량에 비하여 공급 역량이 큰 경우 내진성능을 확보하고 있는 것으로 판정한다.

2.8.3.4 내진성능 확인 방법, 적용 시기, 그 밖에 필요한 사항은 한국가스안전공사 사장이 정한 '매설 가스배관 내진성능 확인 세부 기술 기준' 을 적용한다.

2.8 지진기록 계측

<삭 제> <개정 18.1.11>

2.9 그 밖의 설계 기준

2.1부터 2.8.까지 이외의 세부적인 기술 기준은 고법 시행규칙 제56조제2항제4호에 따른 심의를 거쳐 산업통상자원부장관이 승인한 가스안전에 관한 규격(부록 “도시가스 배관 내진설계 기준”)을 적용한다.
<개정 17.9.29>

부록 A 지반 분류(S1, S2, S3, S4, S5, S6) (2.4.5 관련)

A.1 지반 분류 절차

A.1.1 범위

여기서는 표 2.4.5에 따라 지반을 S₁부터 S₆까지 6종으로 분류하는 절차를 기술한다.

A.1.2 정의

지반의 종류는 다음과 같이 정의된다.

S₁ : 전단파 속도가 760m/s 이상인 기반암의 깊이(H)가 1m 미만인 지반

S₂ : H ≤ 20m이고, V_{S,Soil} ≥ 260m/s인, 기반암 깊이가 얇고 단단한 지반

S₃ : H ≤ 20m이고, V_{S,Soil} < 260m/s인, 기반암 깊이가 얇고 연약한 지반

S₄ : H > 20m이고, V_{S,Soil} ≥ 180m/s인, 기반암 깊이가 깊고 단단한 지반

S₅ : H > 20m이고, V_{S,Soil} < 180m/s인, 기반암 깊이가 깊고 연약한 지반

S₆ : 부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 요구되는 다음 경우에 속하는 지반

- ① 액상화가 일어날 수 있는 흙, 예민비가 8 이상인 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 붕괴성 흙과 같이 지진하중 작용 시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
 - ② 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토 지반(지층의 두께 > 3m)
 - ③ 매우 높은 소성을 띤 점토 지반(지층의 두께 > 7m이고, 소성지수(PI; Plasticity Index) > 75)
 - ④ 층이 매우 두껍고 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토(지층의 두께 > 36m)
 - ⑤ 기반암이 깊이 50m를 초과하여 존재하는 지반
- ※ 예외: V_{S,Soil}이 120m/s 이하인 지반은 기반암 깊이에 관계없이 S₅ 지반으로 분류한다.

부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반, 즉 S₆로 분류할 때는 S₆에 대한 정의에서 제시한 기준을 고려하여야 한다. 만약 해당 부지가 이 기준과 일치하면 그 부지를 지반 종류 S₆으로 분류하여야 하며, 부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 이루어져야 한다.

A.2 기반암의 정의

기반암은 전단파 속도 760m/s 이상을 나타내는 지층이다.

A.3 토층 평균 전단파 속도(V_{S,Soil})

$V_{S,Soil}$ 은 다음 공식에 따라 결정된다.

$$V_{S,Soil} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{Si}}}$$

여기에서, d_i = 기반암 깊이까지의 i 번째 토층의 두께, m

V_{Si} = 기반암 깊이까지의 i 번째 토층의 전단파 속도, m/s

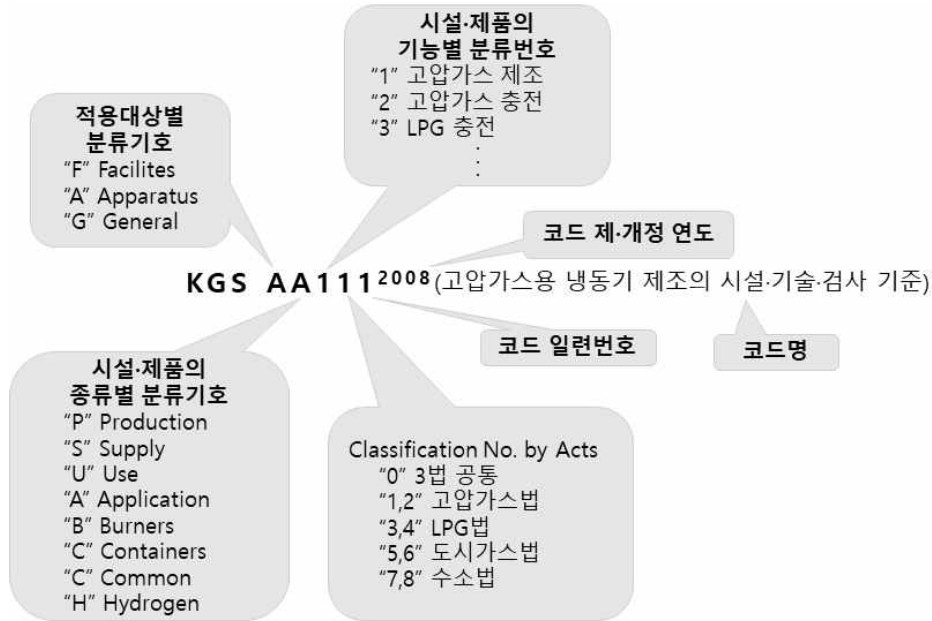
A.4 표준관입시험 관입저항치의 전단파 속도로의 변환

표준관입시험 관입저항치(SPT-N치)를 전단파 속도로 변환할 수 있다. 변환에는 국내 지반에 제안된 상관관계식(Sun et al. 2013* 등)을 활용할 수 있다. 표준관입시험 시 단단한 암질에 도달하여 항타 수가 50에 이르러도 30 cm 깊이를 관입하지 못할 경우 50타 수 이상의 N값은 선형적인 비례 관계를 토대로 30 cm 두께 관입 시 N값으로 환산한다. 이때 환산 N치의 최댓값은 300이다.

* Sun, C. G., Cho, C. S., Son, M., & Shin, J. S. (2013). Correlations between shear wave velocity and in-situ penetration test results for Korean soil deposits. *Pure and Applied Geophysics*, 170(3), 271–281.

KGS Code 기호 및 일련번호 체계

KGS(Korea Gas Safety) Code는 가스관계법령에서 정한 시설·기술·검사 등의 기술적인 사항을 상세기준으로 정하여 코드화한 것으로 가스기술기준위원회에서 심의·의결하고 산업통상자원부에서 승인한 가스안전 분야의 기술기준입니다.



분야 및 기호		종류 및 첫째 자리 번호		분야 및 기호		종류 및 첫째 자리 번호	
제품 (A) (Apparatus)	기구(A) (Appliances)	냉동장치류	1	시설 (F) (Facilities)	제조·충전 (P) (Production)	고압가스 제조시설	1
		배관장치류	2			고압가스 충전시설	2
		밸브류	3			LP가스 충전시설	3
		압력조정장치류	4			도시가스 도매 제조시설	4
		호스류	5			도시가스 일반 제조시설	5
		경보차단장치류	6			도시가스 충전시설	6
		기타 기구류	9		고압가스 판매시설	1	
		연소기 (B) (Burners)	보일러류		1	판매·공급 (S) (Supply)	LP가스 판매시설
	히터류		2		LP가스 집단공급시설		3
	레인지류		3		도시가스 도매 공급시설		4
	기타 연소기류		9	도시가스 일반 공급시설	5		
	용기(C) (Containers)	탱크류	1	저장·사용 (U) (Use)	고압가스 저장시설	1	
		실린더류	2		고압가스 사용시설	2	
		캔류	3		LP가스 저장시설	3	
		복합재료 용기류	4		LP가스 사용시설	4	
		기타 용기류	9		도시가스 사용시설	5	
	수소 (H) (Hydrogen)	수소추출기류	1		일반 (G) (General)	공통 (C) (Common)	수소 연료 사용시설
		수전해장치류	2	기본사항			1
		연료전지	3	공통사항		2	

