

목 차

1 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 기준의 효력	1
1.3 용어정의	1
1.4 기준의 준용(내용 없음)	3
1.5 경과 조치	3
2. 설계기준	3
2.1 적용대상	4
2.1.1 고법 적용대상시설 <개정 18.1.11>	4
2.1.2 액법 적용대상시설 <개정 18.1.11>	4
2.1.3 도법 적용대상시설 <개정 18.1.11>	4
2.2 내진등급분류 <개정 18.1.11>	5
2.2.1 중요도등급 <신설 18.1.11>	5
2.2.2 영향도등급 <신설 18.1.11>	9
2.2.3 내진등급 <신설 18.1.11>	9
2.3 내진성능수준 <개정 18.1.1.1>	9
2.4 내진성능목표 <신설 18.1.11>	10
2.5 설계지반운동 <개정 18.1.11>	10
2.5.3 지진구역 및 지진위험도 <신설 18.1.11>	11
2.5.4 유효수평지반가속도 <신설 18.1.11>	11
2.5.5 지반의 분류	12
2.6 설계거동한계 <개정 18.1.11>	15
2.6.1 기능수행수준	15
2.6.2 붕괴방지수준	16
2.7 설계 방법 및 절차 <개정 18.1.11>	16
2.8 지진해석 방법 <개정 18.1.11>	18
2.9 성능보증 <개정 18.1.11>	19
2.10 그 밖의 설계기준	20
부록 A 지반분류(S1, S2, S3, S4, S5, S6) (2.5.5 관련)	21

가스시설 및 지상 가스배관 내진설계 기준 (Code for Seismic Design of Gas Facilities and Aboveground Pipes)

1 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 「고압가스 안전관리법」(이하 “고법”이라 한다), 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」(이하 “액법”이라 한다) 및 「도시가스사업법」(이하 “도법”이라 한다)의 적용을 받는 가스시설 및 지상 가스배관의 내진설계에 대하여 적용한다. <개정 18.1.11>

1.2 기준의 효력

1.2.1 이 기준은 고법 제22조의2제2항, 액법 제45조제2항 및 도법 제17조의5제2항에 따라 고법 제33조의2에 따른 가스기술기준위원회의 심의·의결(안전번호 2018-7호, 2018년 9월 14일)을 거쳐 산업통상자원부장관의 승인(산업통상자원부 공고 제2018-512호, 2018년 10월 16일)을 받은 것으로 고법 제22조의2 제1항, 액법 제45조제1항 및 도법 제17조의5제1항에 따른 상세 기준으로서의 효력을 가진다.

1.2.2 이 기준을 지키고 있는 경우에는 고법 제22조의2제4항, 액법 제45조제4항, 도법 제17조의5제4항에 따라 고법령, 액법령 및 도법령의 기술기준에서 정하는 가스시설 및 지상 가스배관 내진설계 기준에 적합한 것으로 본다. <개정 15.8.7, 16.1.8, 18.1.11 18.8.10>

1.3 용어정의

이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1.3.1 "내진설계설비"란 내진 설계 적용대상인 저장탱크·가스홀더·응축기·수액기(이하 "저장탱크"라 한다), 탑류 및 그 지지구조물과 압축기·펌프·기화기·열교환기·냉동설비·가열설비·계량설비·정압설비(이하 "처리설비"라 한다)의 지지구조물을 말한다.

1.3.2 "내진설계구조물"이란 내진설계설비, 내진설계설비의 기초 또는 내진설계설비와 배관 등의 연결부를 말한다.

1.3.3 "설계지반운동"이란 내진설계를 위해 정의된 지반운동으로서 구조물이 건설되기 전에 부지 정지작업이 완료된 지면에서의 지반운동을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.4 "위험도 계수"란 평균재현주기 500년 지진지반운동수준에 대한 평균재현주기별 지반운동 수준의 비를 말한다.

1.3.5 "기능수행수준"이란 설계지진 하중 작용 시 내진설계구조물이 본래의 기능을 정상적으로 수행할 수 있는 수준을 말한다.

1.3.6 "붕괴방지수준"이란 설계지진 하중 작용 시 내진설계구조물의 구조부재에 취성과괴, 좌굴 및 구조적 손상이 발생하여 저장된 가스가 통제 불가능할 정도로 대량 유출되거나 가스유출로 인하여 대형폭발이나 화재와 같은 재해가 초래되지 않는 수준을 말한다.

1.3.7 "활성단층"이란 현재 활동 중이거나 과거 5만년 이내에 지표면 전단파괴를 일으킨 흔적이 있다고 입증된 단층을 말한다.

1.3.8 "내진 특등급"이란 그 설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계밖에 있는 공공의 생명과 재산에 막대한 피해를 초래할 수 있을 뿐만 아니라 사회의 정상적인 기능 유지에 심각한 지장을 가져올 수 있는 것을 말한다.

1.3.9 "내진 I등급"이란 그 설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계 밖에 있는 공공의 생명과 재산에 상당한 피해를 초래할 수 있는 것을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.10 "내진 II등급"이란 그 설비의 손상이나 기능상실이 사업소 경계 밖에 있는 공공의 생명과 재산에 경미한 피해를 초래할 수 있는 것을 말한다. <개정 18.1.11>

1.3.11 "독성가스"란 공기 중에 일정량 이상 존재하는 경우 인체에 유해한 독성을 가진 가스로서 허용농도(정상인이 1일 8시간 또는 1주 40시간 통상적인 작업을 수행함에 있어 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 정도의 공기 중의 가스의 농도)가 100만분의 200 이하인 것으로서 다음과 같이 분류한다. <신설 18.1.11>

(1) "제1종 독성가스"란 독성가스 중 염소, 시안화수소, 이산화질소, 불소 및 포스젠과 그 밖에 허용농도가 1 ppm 이하인 것을 말한다.

(2) "제2종 독성가스"란 독성가스 중 염화수소, 삼불화붕소, 이산화유황, 불화수소, 브롬화메틸 및 황화수소와 그 밖에 허용농도가 1 ppm 초과 10 ppm 이하인 것을 말한다.

(3) "제3종 독성가스"란 독성가스 중 (1) 및 (2)의 제1종 및 제2종 독성가스 이외의 것을 말한다.

1.3.12 "응답수정계수"란 탄성해석으로 구한 각 구조요소의 내력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수를 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.13 "핵심시설"이란 지진 피해시 수급차질이 심각하게 우려되는 시설, 대형사고 위험시설, 주거지에 인접한 대형시설 등으로서 재현주기 4,800년 지진에 대해 붕괴방지수준의 내진성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.14 “중요시설”이란 지진 피해시 국지적으로 수급차질이 우려되는 시설, 주거지에 인접한 소형시설, 배관 차단 가능시설 등으로서 재현주기 2,400년 지진에 대해 붕괴방지수준의 내진성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.15 “일반시설”이란 1.3.13 및 1.3.14의 핵심시설 및 중요시설 이외의 소규모시설, 안전 관련도가 비교적 낮은 시설, 기타 지진피해 우려가 상대적으로 적은 시설 등으로서 재현주기, 1,000년 지진에 대해 붕괴방지수준의 내진성능을 확보하도록 관리하는 시설을 말한다. <신설 18.1.11>

1.3.16 “내진성능확인”이란 지진으로부터 가스 시설물의 안전성을 확보하고 기능을 유지하기 위하여 시설물이 지진의 영향으로부터 안전한 구조인지를 확인하는 것을 말한다. <신설 18.1.11>

1.4 기준의 준용(내용 없음)

1.5 경과 조치

<삭 제> <18.1.11>

1.5.1 1999년 12월 31일 이전에 허가를 받은 고압시설 및 액법시설은 이 기준을 적용하지 아니한다. <신설 18.1.11>

1.5.2 1999년 12월 31일 이전에 허가를 받은 도법의 저장탱크, 가스홀더, 압력용기와 그 지지구조물 및 기초는 이 기준을 적용하지 아니한다. <신설 18.1.11>

1.5.3 2003년 12월 30일 이전에 설치된 도법의 정압기지 및 밸브기지는 이 기준을 적용하지 아니한다. <신설 18.1.11>

1.5.4 2018년 1월 11일 이전에 설치되거나 기술검토를 받은 가스시설 및 지상 가스배관은 종전의 기준을 따른다. <신설 18.1.11, 개정 18.6.15>

1.5.5 2018년 6월 15일 이전에 설치되거나 기술검토를 받은 도법의 정압기지 및 밸브기지는 종전의 기준을 따른다. <신설 18.6.15>

1.5.6 2.2.1.2.2의 개정기준은 2019년 4월 16일(승인일로부터 6개월 이후)부터 시행하며, 시행일 전에 설치되었거나 기술검토를 받은 액화천연가스 저장탱크는 종전의 기준을 따른다. <신설 18.10.16>

2. 설계기준

2.1 적용대상

지진으로부터 가스설비를 보호하기 위하여 다음에 해당하는 가스설비와 지상배관을 시공하는 때에는 내진설계를 한다. 다만, 내부에 가스설비 등이 있는 건축물의 경우에는 내부 가스설비 등의 내진등급이 요구하는 이상의 내진성능을 확보하도록 내진설계를 한다. <개정 18.1.11>

2.1.1 고압 적용대상시설 <개정 18.1.11>

2.1.1.1 5톤(비가연성가스나 비독성가스의 경우에는 10톤) 또는 500m³(비가연성가스나 비독성가스의 경우에는 1000m³) 이상의 지상 저장탱크

2.1.1.2 반응·분리·정제·증류 등을 행하는 탭류로서 동체부의 높이가 5m 이상인 압력용기(이하 “탭류” 라 한다)

2.1.1.3 세로방향으로 설치한 동체의 길이가 5m 이상인 원통형 응축기

2.1.1.4 내용적 5000L 이상인 수액기

2.1.1.5 지상에 설치되는 사업소 밖의 고압가스배관

2.1.1.6 2.1.1.1에서 2.1.1.5까지에 따른 시설의 지지구조물 및 기초와 이들의 연결부

2.1.2 액법 적용대상시설 <개정 18.1.11>

2.1.2.1 3톤 이상의 지상 저장탱크

2.1.2.2 2.1.2.1에 따른 시설의 지지구조물 및 기초와 이들의 연결부

2.1.3 도법 적용대상시설 <개정 18.1.11>

2.1.3.1 가스제조시설에서 저장능력이 3톤(압축가스의 경우에는 300m³) 이상인 지상 저장탱크(가스도매사업자가 소유하는 지중식 저장탱크를 포함한다)와 가스홀더

2.1.3.2 가스충전시설에서 저장능력이 5톤 또는 500m³ 이상인 지상 저장탱크와 가스홀더

2.1.3.3 가스충전시설에서 반응·분리·정제·증류 등을 행하는 탭류로서 동체부의 높이가 5m 이상인 압력용기(이하 “탭류” 라 한다)

2.1.3.4 지상에 설치되는 사업소 밖의 도시가스배관(사용자 공급관과 내관은 제외한다)

2.1.3.5 2.1.3.1에서 2.1.3.4까지에 따른 시설 및 압축기, 펌프, 기화기, 열교환기, 냉동설비, 정제

설비, 부취제주입설비의 지지구조물 및 기초와 이들의 연결부

2.1.3.6 가스도매사업자(도법 제39조의2에 따른 도시가스사업자 외의 가스공급시설 설치자를 포함한다. 이하 같다)의 적용대상 시설은 다음과 같다. <신설 18.6.15>

2.1.3.6.1 정압기지 및 밸브기지 내

- (1) 정압설비·계량설비·가열설비·배관의 지지구조물 및 기초
- (2) 방산탑
- (3) 건축물

2.1.3.6.2 사업소 밖의 배관에 긴급차단장치를 설치 또는 관리하는 건축물

2.1.3.7 일반도시가스사업자의 철근콘크리트 구조의 정압기실. 다만, 캐비닛 및 매몰형은 제외한다. <신설 18.6.15>

2.2 내진등급분류 <개정 18.1.11>

내진등급은 2.2.1에 따른 중요도등급과 2.2.2에 따른 영향도등급을 고려하여 내진 특A등급, 내진 특등급, 내진 I등급, 내진 II등급으로 분류하고, 세부적인 것은 2.2.3에 따른다.

2.2.1 중요도등급 <신설 18.1.11>

내진설계구조물의 중요도등급은 그 기능의 중요성과 지진에 따른 손상이 초래될 수 있는 재해의 규모와 범위를 고려하여 특등급, 1등급, 2등급으로 분류하고, 세부적인 것은 다음 기준에 따라 분류한다.

2.2.1.1 고법에 따른 중요도등급

2.2.1.1.1 고압가스시설에서 제1종 독성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류

표 2.2.1.1.1 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스 제1종 독성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)				
	5 이하	5 초과 20 이하	20 초과 100 이하	100 초과 500 이하	500 초과
100 이하	1	1	1	1	1
100 초과 200 이하	2	1	1	1	1
200 초과 500 이하	2	2	1	1	1
500 초과 1000 이하	2	2	2	1	1
1000 초과	2	2	2	2	1

[비 고]
위 표에서 X와 W는 각각 다음의 값을 표시한다. 이하 표 2.2.1.1.1부터 표 2.2.1.1.6까지와 같다. <개정 18.6.15>

W : 저장능력(처리설비는 처리설비 안에 있는 가스의 중량을 말한다. 단위는 표에서 나타난 값)
 X : 내진설계대상설비 외면에서 사업소경계선까지의 최단거리(단위 : m). 다만, 사업소에 인접하여 다음과 같은 시설이 있는 경우에는 그 바깥까지의 거리 중에서 가장 가까운 위치까지의 수평거리(m)를 x로 한다.

1. 바다, 호수, 하천 및 수로 그리고 「수도법」에 따른 공업용수도
2. 화물수송용 전용철도
3. 공업전용지역과 전용공업지역이 되는 것이 확실한 지역 안의 토지. 다만, 현재 보호시설이 있는 경우에는 당해 보호시설까지의 거리로 한다.
4. 제조업(물품의 가공수리업을 포함한다), 전기공급업, 창고업에 관한 사업소의 부지중 현재 그 사업 활동에 이용되는 것
5. 1부터 4까지에 기재된 시설과 해당 사업소에 인접하는 철도와 도로
6. 앞에서 기재하는 것 외에, 보호시설이 설치되어 있는 토지로서 지식경제부장관이 안전상 지장이 없다고 특별히 인정하는 것
7. 해당 사업소에서 고압가스를 제조하는 자가 소유나 지상권 그 밖의 토지사용을 목적으로 하는 권리가 설정되어 있는 토지

2.2.1.1.2 고압가스시설에서 제2종 독성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류

표 2.2.1.1.2 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스시설 제2종 독성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)				
	5 이하	5 초과 20 이하	20 초과 100 이하	100 초과 500 이하	500 초과
50 이하	1	1	1	1	1
50 초과 200 이하	2	1	1	1	1
200 초과 500 이하	2	2	1	1	1
500 초과 1000 이하	2	2	2	1	1
1000 초과	2	2	2	2	1

2.2.1.1.3 고압가스시설에서 제3종 독성가스 및 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류

표 2.2.1.1.3 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스시설 제3종 독성가스, 가연성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)				
	10 이하	10 초과 100 이하	100 초과 1000 이하	1000 초과 10000 이하	10000 초과
20 이하	1	1	1	1	1
20 초과 40 이하	2	1	1	1	1
40 초과 90 이하	2	2	1	1	1
90 초과 200 이하	2	2	2	1	1
200 초과 400 이하	2	2	2	2	1
400 초과	2	2	2	2	2

2.2.1.1.4 고압가스특정제조시설에서 제1종 독성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급

급 분류

표 2.2.1.1.4 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스 특정제조 제1종 독성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)					
	5 이하	5 초과 20 이하	20 초과 50 이하	50 초과 100 이하	100 초과 500 이하	500 초과
100 이하	1	1	1	특	특	특
100 초과 200 이하	2	1	1	특	특	특
200 초과 500 이하	2	2	1	특	특	특
500 초과 1000 이하	2	2	2	1	특	특
1000 초과	2	2	2	2	1	특

2.2.1.1.5 고압가스특정제조시설에서 제2종 독성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류

표 2.2.1.1.5 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스특정제조 제2종 독성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)					
	5 이하	5 초과 20 이하	20 초과 50 이하	50 초과 100 이하	100 초과 500 이하	500 초과
50 이하	1	1	1	특	특	특
50 초과 200 이하	2	1	1	특	특	특
200 초과 500 이하	2	2	1	특	특	특
500 초과 1000 이하	2	2	2	1	특	특
1000 초과	2	2	2	2	1	특

2.2.1.1.6 고압가스특정제조시설에서 제3종 독성가스 및 가연성 가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류

표 2.2.1.1.6 저장탱크 및 탭류의 중요도등급 분류
(고압가스특정제조 제3종 독성가스, 가연성가스)

X(m) \ W(톤)	W(톤)				
	10 이하	10 초과 100 이하	100 초과 1000 이하	1000 초과 10000 이하	10000 초과
20 이하	1	1	1	특	특
20 초과 40 이하	2	1	1	특	특
40 초과 90 이하	2	2	1	특	특
90 초과 200 이하	2	2	1	특	특
200 초과 400 이하	2	2	1	1	특
400 초과 900 이하	2	2	2	1	1
900 초과 2000 이하	2	2	2	2	1
2000 초과	2	2	2	2	2

2.2.1.1.7 독성가스나 가연성가스 이외의 비가연성인 고압가스 및 액화가스의 중요도등급은 2등급으로 분류한다.

2.2.1.2 액법 및 도법에 따른 중요도등급 분류

2.2.1.2.1 액화석유가스시설 및 도시가스시설에서 가연성가스를 저장 또는 처리하는 저장탱크 및 처리설비의 중요도등급 분류 <신설 18.6.15>

표 2.2.1.2.1 저장탱크 및 처리설비의 중요도등급 분류 <개정 18.6.15>

X(m) \ W(톤)	W(톤)				
	10 이하	10 초과 100 이하	100 초과 1000 이하	1000 초과 10000 이하	10000 초과
20 이하	1	1	1	1	1
20 초과 40 이하	2	1	1	1	1
40 초과 90 이하	2	2	1	1	1
90 초과 200 이하	2	2	2	1	1
200 초과 400 이하	2	2	2	2	1
400 초과	2	2	2	2	2

[비고]

위 표에서 X 및 W는 각각 다음의 값을 표시한다.

W : 저장능력(처리설비는 처리설비 안에 있는 가스의 중량을 말한다. 단위는 표에서 나타난 값)

X : 내진설계대상설비 외면에서 사업소경계선까지의 최단거리(m). 다만, 사업소에 인접하여 다음과 같은 시설이 있는 경우에는 그 바깥까지의 거리 중에서 가장 가까운 위치까지의 수평거리(m)를 x로 한다.

1. 바다, 호수, 하천 및 수로 그리고 「수도법」에 따른 공업용수도
2. 화물수송용 전용철도
3. 공업전용지역이나 전용공업지역이 되는 것이 확실한 지역 내의 토지. 다만, 현재 보호시설이 있는 경우에는 해당 보호시설까지의 거리로 한다.
4. 제조업(물품의 가공수리업을 포함한다), 전기공급업, 창고업에 관한 사업소의 부지중 현재 그 사업활동에 이용되는 것
5. 1부터 4까지의 시설과 해당 사업소에 인접하는 철도나 도로
6. 앞에서 기재하는 것 외에, 보호시설이 설치되어 있는 토지로서 산업통상자원부장관이 안전상 지장이 없다고 특별히 인정하는 것 <개정 17.9.29>
7. 해당 사업소에서 고압가스를 제조하는 자가 소유, 혹은 지상권 그 밖의 토지사용을 목적으로 하는 권리가 설정되어 있는 토지

2.2.1.2.2 2.2.1.2.1에도 불구하고 2.1.3.1에 따른 가스도매사업자의 액화천연가스 저장탱크는 중요도등급을 특등급으로 한다. <신설 18.10.16>

2.2.1.2.3 2.1.3.6에 따른 가스도매사업자 시설 및 2.1.3.7에 따른 일반도시가스사업자 시설의 중요도등급은 표2.2.1.2.3를 따른다. <신설 18.6.15><개정 18.10.16>

표2.2.1.2.3 가스도매사업자, 일반도시가스사업자 시설의 중요도등급 분류 <신설 18.6.15>
<개정 18.10.16>

대상	구분 기준	중요도등급
----	-------	-------

가스도매사업자 시설	1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제6조제1호에 따른 도시지역 내에 가스배관시설이 설치된 건축물	특
	2. 1을 제외한 시설	1
일반도시가스사업자 시설	3. 최고사용압력이 0.5MPa 이상인 가스배관이 설치된 철근콘크리트 구조의 정압기실	1
	4. 최고사용압력이 0.5MPa 미만인 가스배관이 설치된 철근콘크리트 구조의 정압기실	2

2.2.2 영향도등급 <신설 18.1.11>

2.2.2.1 내진설계구조물의 영향도등급은 구조물의 피해로 초래되는 사회경제적 영향도로서 시설물의 공공성, 시설물 인접 지역의 인구밀집도, 시설물 피해에 따른 복구기간 등을 고려하여 영향도가 큰 경우 A등급, 그렇지 않은 경우 B등급으로 구분한다.

2.2.2.2 2.2.2.1에 따라 가스도매사업자는 영향도등급 A를 적용하며, 가스도매사업자 외에는 영향도등급 B를 적용한다. 다만, 가스도매사업자 외에도 시설물 관리주체의 판단에 따라 영향도등급 A를 선택하여 적용할 수 있다.

2.2.3 내진등급 <신설 18.1.11>

2.2.3.1 중요도등급 및 영향도등급에 따른 내진등급은 표 2.2.3.1과 같이 분류하고, 영향도등급 A를 적용받는 가스도매사업자 시설은 내진등급별로 관리등급을 부여하여 중점 관리한다.

표2.2.3.1 내진등급 분류 <개정 18.6.15>

중요도등급	영향도등급	관리등급	내진등급
특	A	핵심시설	내진 특A
	B	-	내진 특
1	A	중요시설	
	B	-	
2	A	일반시설	내진 II
	B	-	

2.2.3.2 지상 가스배관의 내진등급은 KGS GC204(매설 가스배관 내진설계 기준)에 따른다.

2.2.3.3 <삭 제 18.6.15>

2.3 내진성능수준 <개정 18.1.1.1>

내진설계는 내진설계구조물의 지진하중 작용 시 기능수행수준 및 붕괴방지수준의 내진성능수준을 만족하

도록 설계하고, 내진 등급별 요구되는 내진성능수준은 다음과 같다.

2.3.1 내진 특A등급으로 분류된 내진설계구조물의 기능수행수준은 재현주기 200년 지진지반운동, 붕괴방지수준은 재현주기 4800년 지진지반운동의 내진성능수준을 각각 만족하도록 한다. <신설 18.1.11>

2.3.2 내진 특등급으로 분류된 내진설계구조물의 기능수행수준은 재현주기 200년 지진지반운동, 붕괴방지수준은 재현주기 2400년 지진지반운동의 내진성능수준을 각각 만족하도록 한다.

2.3.3 내진 I등급으로 분류된 내진설계구조물의 기능수행수준은 재현주기 100년 지진지반운동, 붕괴방지수준은 재현주기 1000년 지진지반운동의 내진성능수준을 각각 만족하도록 한다.

2.3.4 내진 II등급으로 분류된 내진설계구조물의 기능수행수준은 재현주기 50년 지진지반운동, 붕괴방지수준은 재현주기 500년 지진지반운동의 내진성능수준을 각각 만족하도록 한다.

2.4 내진성능목표 <신설 18.1.11>

가스시설의 내진성능목표는 내진등급별로 설계지반운동에 대한 내진성능수준으로 정의되며 표 2.4를 따른다.

표2.4 가스시설 내진성능목표

	재현주기 (년)	내진성능수준	
		기능수행	붕괴방지
설계지반운동	50	내진 II등급	
	100	내진 I등급	
	200	내진 특등급 내진 특A등급	
	500		내진 II등급
	1000		내진 I등급
	2400		내진 특등급
	4800		내진 특A등급

2.5 설계지반운동 <개정 18.1.11>

2.5.1 지반운동을 설계할 때에는 다음 사항을 고려한다.

2.5.1.1 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려한다.

2.5.1.2 설계지반운동의 특성은 흔들림의 세기, 진동수 성분 및 지속시간으로 정의한다.

2.5.1.3 설계지반운동은 통계학적으로 독립인 수평 2축운동과 수직운동으로 정의한다.

2.5.1.4 연약지반 상에 중요 구조물이 설치될 경우에는 현장특성을 반영한 부지 특성 평가기법을 적용하여 해당부지에 적합한 설계지반운동을 결정할 수 있다.

2.5.1.5 지반운동의 공간적 변화특성이 응답에 큰 영향을 주는 경우에는 이를 반영한다.

2.5.2 설계지반운동 수준은 다음과 같이 분류한다.

- (1) 평균재현주기 50년 지진지반운동(5년 내 초과확률 10%)
- (2) 평균재현주기 100년 지진지반운동(10년 내 초과확률 10%)
- (3) 평균재현주기 200년 지진지반운동(20년 내 초과확률 10%)
- (4) 평균재현주기 500년 지진지반운동(50년 내 초과확률 10%)
- (5) 평균재현주기 1000년 지진지반운동(100년 내 초과확률 10%)
- (6) 평균재현주기 2400년 지진지반운동(250년 내 초과확률 10%)
- (7) 평균재현주기 4800년 지진지반운동(500년 내 초과확률 10%)

2.5.3 지진구역 및 지진위험도 <신설 18.1.11>

2.5.3.1 지진구역은 표2.5.3.1과 같이 지진구역 I 및 지진구역 II의 두 개의 지진구역으로 구분한다. 재현주기가 500년인 지진의 암반지반(S₁지반)에서의 각 지진구역에서의 지진구역계수(Z)는 다음과 같다.

표2.5.3.1 지진구역 및 지진구역계수(Z)

지진 구역	행정구역		지진구역계수 (Z)
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종시	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			

2.5.3.2 재현주기가 500년인 지진을 기준으로 하여, 재현주기가 다른 지진의 최대지반가속도를 상대적 비율로 나타내는 계수인 위험도 계수(I)는 표2.5.3.2와 같다.

표2.5.3.2 위험도 계수(I)

재현주기(년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도계수	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.0	2.6

2.5.4 유효수평지반가속도 <신설 18.1.11>

2.5.4.1 지진하중을 산정하기 위한 지반운동수준인 유효수평지반가속도(S)는 국가지진위험지도

또는 행정구역에 따라 결정한다. 다만, 국가지진위험지도를 이용하여 결정하는 경우, 행정구역에 따라 결정한 값의 80%보다 작지 않아야 한다.

2.5.4.2 행정구역에 의한 방법으로 재현주기에 따른 유효수평지반가속도(S)를 결정할 때는 지진구역계수(Z)에 각 재현주기의 위험도계수(I)를 곱하여 다음 계산식으로 결정한다.

$$S = Z \times I$$

여기에서,

Z : 지진구역계수

I : 위험도계수

2.5.5 지반의 분류

지반은 기반암의 깊이(H)와 기반암 상부 토층의 평균 전단파속도($V_{S,Soil}$)에 근거하여 표 2.5.5와 같이 S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆의 6종류로 분류하며, 세부사항은 부록 A를 따른다.

표 2.5.5 지반의 분류

지반분류	지반분류의 호칭	분류기준	
		기반암 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. 기반암 : 전단파속도 760 m/s 이상을 나타내는 지층
 2. 기반암 깊이와 무관하게 토층 평균 전단파속도가 120 m/s 이하인 지반은 S₅지반으로 분류

2.5.6 설계지반운동의 특성 표현방법은 다음 기준에 따른다.

2.5.6.1 설계지반운동의 세기 및 진동수 성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다.

2.5.6.1.1 암반지반의 가속도 표준설계응답스펙트럼 <신설 18.1.11>

(1) 암반지반인 S₁ 지반의 5% 감쇠비에 대한 수평 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 그림 2.5.6.1.1(1) 및 표 2.5.6.1.1(1)로 정의한다.

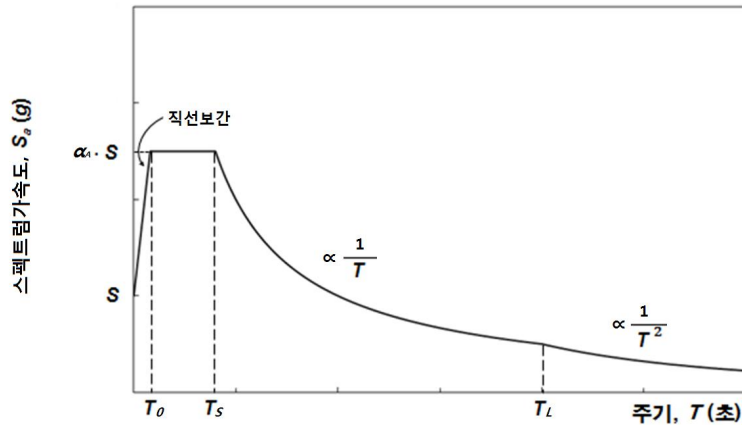


그림 2.5.6.1.1(1) 가속도 표준설계응답스펙트럼(암반지반)

표 2.5.6.1.1(1) 가속도 표준설계응답스펙트럼 전이주기

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

(2) 5% 감쇠비에 대한 수직설계지반운동의 가속도 표준응답스펙트럼은 수평설계지반운동의 가속도 표준응답스펙트럼과 동일한 형상을 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에 대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 0.77이다.

(3) 수평 및 수직 설계지반운동의 가속도 표준응답스펙트럼의 감쇠비(ξ , %단위)에 따른 스펙트럼 형상은 표 2.5.6.1.1(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 2.5.6.1.1(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	$\left(\frac{6.42}{1.42+\xi}\right)^{0.48}$

2.5.6.1.2 토사지반의 가속도 표준설계응답스펙트럼 <신설 18.1.11>

(1) 토사지반인 S_2, S_3, S_4, S_5 지반의 5% 감쇠비에 대한 수평지반운동의 가속도 표준설계응답 스펙트럼은 그림 2.5.6.1.2로 정의한다. 지반증폭계수는 표 2.5.6.1.2와 같으며 유효수평지반가속도 (S)의 값이 중간 값에 해당할 경우 직선보간하여 결정한다.

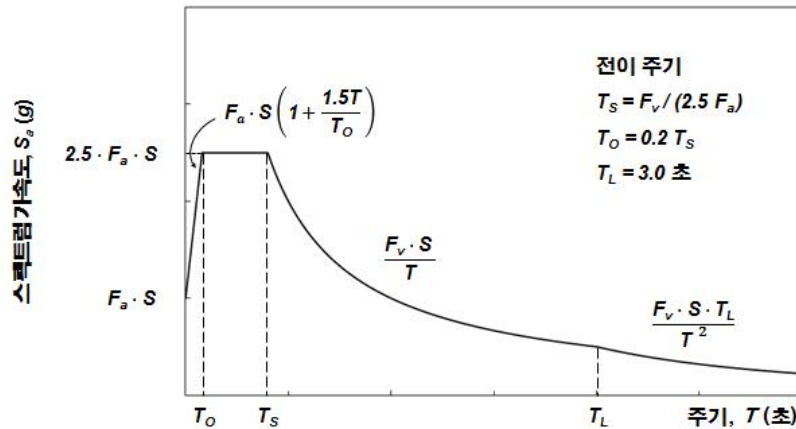


그림 2.5.6.1.2 토사지반 수평지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼

표 2.5.6.1.2 지반증폭계수

지반분류	단주기 증폭계수, F_a			장주기 증폭계수, F_v		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
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

(2) 5% 감쇠비에 대한 S_2, S_3, S_4, S_5 지반의 수직지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 2.5.6.1.2(1)에 있는 수평설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼과 같은 전이주기를 가지며, 최대 유효 수평지반가속도에 대한 최대 유효 수직지반가속도의 비는 공학적 판단에 의해 값을 결정할 수 있다. <개정 18.6.15>

(3) 토사지반의 감쇠비에 따른 감쇠보정계수는 해당 토사지반에 적합한 가속도시간이력으로부터 서로 다른 감쇠비에 대한 탄성응답스펙트럼을 작성하여 그 비를 적용하거나 공학적 판단에 의해 암반지반에 대해 적용할 수 있는 표2.5.6.1.1(3)의 감쇠보정계수를 적용할 수 있다. <개정 18.6.15>

(4) $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ 지반의 경우 표준설계응답스펙트럼 대신 부지고유의 지반응답해석을 이용하여 결정한 스펙트럼을 사용할 수 있다.

2.5.6.2 지표면의 한 점에서 지반운동은 파워스펙트럼으로 정의된 랜덤 프로세스(Random Process)로 표현할 수 있다. 파워스펙트럼은 2.5.6.1.1과 2.5.6.1.2에서 규정한 표준설계응답스펙트럼과 일관성을 유지한다.

2.5.6.3 설계지반운동 시간이력은 다음 기준에 따른다.

2.5.6.3.1 지반운동은 지반가속도 또는 속도나 변위의 시간이력으로 표현할 수 있다.

2.5.6.3.2 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 시간이력으로 구성한다.

2.5.6.3.3 설계지반운동 시간이력은 암반지반에 대해 작성된 시간이력을 사용하여 지반응답해석을 통해 결정한다.

2.5.6.3.4 시간이력은 부지에서 계측된 것을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 필요시에는 대상부지에서 예상되는 시간이력과 유사하다고 판단되는 다른 지역에서 계측된 지반운동 시간이력 또는 2.5.6.4에 따른 인공합성 지반운동 시간이력을 사용할 수 있다.

2.5.6.4 인공합성 지반운동 시간이력은 다음 기준에 따른다.

2.5.6.4.1 실제 기록된 지진 지반운동을 표준설계응답스펙트럼에 부합되도록 수정하거나 표준설계응답스펙트럼에 부합되도록 인공적으로 합성하여 생성한다.

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

2.4.6.4.3 인공합성 지반운동의 지속시간은 지진의 규모와 특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향 등을 고려한다.

2.6 설계거동한계 <개정 18.1.11>

가스시설이 보유해야 하는 내진성능은 피해 영향 등을 종합적으로 감안하여 결정되며, 성능수준에 따른 가스시설의 설계거동한계는 다음과 같다.

2.6.1 기능수행수준

2.6.1.1 저장탱크와 탭류의 구조부재 및 재료는 지진하중 작용 시 탄성한계 내에서 거동하는 것으로 한다.

2.6.1.2 지지구조물과 그 구조재료는 국부적으로 극히 경미한 구조적 손상 및 선형거동한계의 초과는 허용될 수 있으나 전체적으로 탄성거동에 준하고, 경미한 구조의 손상으로 인해 가스시설의 기본적인 기능이 저하되지 아니하는 것으로 한다.

2.6.1.3 저장탱크, 탭류 및 기초와 지지구조물의 연결부는 전체적으로 탄성거동에 준하며 보강이 필요할 정도의 구조적 손상이 발생되지 아니하는 것으로 한다.

2.6.1.4 저장탱크 및 탭류와 다른 시설과의 연결부에는 본래의 기능이 저하되거나 손실될 수 있을 정도의 응력이나 변형이 발생하지 아니하는 것으로 한다.

2.6.1.5 기초의 변형, 기초와 지지구조물과의 상대변위는 저장탱크, 탭류 및 처리설비의 정상적인 기능수행이 가능한 범위 내로 제한한다.

2.6.1.6 지반에는 과도한 변형이 발생하지 아니하도록 하고, 내진설계구조물의 정상적인 기능수행에 지장을 초래하지 아니하는 것으로 한다.

2.6.2 붕괴방지수준

2.6.2.1 저장탱크와 탭류의 구조부재와 재료는 지진하중 작용 시 탄성한계를 초과하는 소성거동을 허용할 수 있으나 이로 인하여 급작스런 취성파괴나 좌굴이 초래되지 아니하도록 하고, 저장되어 있는 액화가스나 압축가스에 대한 통제가 불가능할 정도로 대량 유출되지 아니하는 것으로 한다.

2.6.2.2 지지구조물은 소성영역 안에서 거동하는 것은 허용되나, 이로 인하여 저장탱크와 탭류의 연결부 및 연결시설이 내용물 유출방지기능을 유지할 수 없는 수준의 과도한 손상과 변형이 발생하지 아니하는 것으로 한다.

2.6.2.3 저장탱크, 탭류 및 기초와 지지구조물의 연결부 처리설비 및 기초와 지지구조물의 연결부는 탄성한계를 초과한 거동이 허용될 수 있으나, 이로 인하여 지지구조물의 연성능력이 발휘될 수 없는 취성 파괴가 유발되지 아니하는 것으로 한다.

2.6.2.4 저장탱크 및 다른 시설물과의 연결부는 그 내부에 저장되어 있는 가스가 통제 불가능할 정도로 대량 유출될 수 있는 정도의 구체적 손상이 발생되지 아니하는 것으로 한다.

2.6.2.5 기초의 변형 및 기초와 지지구조물과의 상대변위는 저장탱크, 탭류 및 처리설비의 내용물 유출방지 기능을 유지할 수 있는 범위 안에 있도록 한다.

2.6.2.6 지반에는 과도한 변형과 침하 또는 전단파괴가 발생하지 않도록 하고, 액상화로 인하여 내진설계구조물에서 저장물의 유출방지 기능수행에 지장을 초래하지 아니하도록 한다.

2.7 설계 방법 및 절차 <개정 18.1.11>

2.7.1 내진설계 시 입력지반운동은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 수평 2축 방향과, 수직방향 지반운동의 영향
- (2) 지반운동의 공간적 변화특성
- (3) 국지적인 토질조건과 지질, 지형조건이 지반운동에 미치는 영향

2.7.2 내진설계구조물의 내진설계와 안정성 평가에 필요한 지반물성을 파악하기 위하여 다음 기준에 따라 지반조사를 실시한다.

2.7.2.1 지반조사는 지층구성, 지하수위, 각 지층의 역학적 특성 파악 및 실내시험을 위한 시료의 채취 등을 위한 현장시험과 채취된 시료를 이용한 실내에서의 역학적 시험을 포함한다.

2.7.2.2 필요한 경우 전단파속도, 주상도 등을 얻을 수 있는 동적 현장시험을 실시하고, 지진에 취약한 지반의 경우 액상화 특성과 다양한 변형률 크기에 대한 변형계수와 감쇠비 특성을 얻을 수 있는 시험을 실시한다.

2.7.3 내진설계 시 다음의 입지조건에는 내진설계 설비를 설치하지 아니한다.

- (1) 내진설계구조물이 활성단층을 가로지르는 경우
- (2) 내진특등급구조물이 활성단층에 극히 인접한 경우(활성단층 반경 1 km 이내)
- (3) 사면의 붕괴로 인하여 내진설계 설비의 안정성이 위협받을 수 있는 지역

2.7.4 내진설계를 할 때에는 다음 기준에 따라 지진재해와 하중을 고려한다.

2.7.4.1 지반진동으로 인한 사면붕괴·액상화·지반침하 등의 가능성이 현저한 곳은 가급적 피하고 부득이한 경우에는 지반을 개량하여 액상화 및 침하 방지조치를 한다.

2.7.4.2 지진 시 내진설계구조물에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때에는 고정하중, 내압, 운전하중, 온도하중, 연결된 다른 시설물과의 상대적인 변위 등의 영향을 고려한다.

2.7.4.3 지진 시 유체의 동압력의 영향과 액체표면의 요동에 따른 충격의 영향을 고려한다.

2.7.5 내진성능수준을 만족하기 위한 설계방법은 다음과 같다.

2.7.5.1 계획된 순서에 따라 구조물의 구조부재가 항복하도록 내진역량설계(Capacity Design)를 한다.

2.7.5.2 내진 설계 구조물의 연성거동을 보장할 수 있도록 설계한다.

2.7.5.3 내진 설계 구조물의 연성거동을 보장할 수 없거나 소성거동을 수용할 수 있는 내진상세를 확보하고 있지 않은 경우에는 응답수정계수를 적용하지 아니한다. 다만, 구조물이 탄성거동 한계를 초과한다면 비선형 응답이력해석을 수행하여 구해진 지진응답을 사용할 수 있다.

2.7.5.4 기초는 어떠한 경우에도 지반의 변형과 침하에 그 지지 기능을 유지할 수 있도록 설계한다.

2.7.6 내진설계 검토항목은 다음과 같다.

- (1) 내진 설계 구조물에 발생한 응력과 변형상태
- (2) 내진 설계 구조물의 변위
- (3) 가스의 유출방지
- (4) 저장탱크·탑류 및 기초와 지지구조물의 연결부, 처리설비 및 기초와 지지구조물의 연결부에 대한 취성파괴 가능성
- (5) 액체표면의 요동

- (6) 사면의 안정성
- (7) 액상화 잠재성
- (8) 기초의 안정성

2.7.7 내진성능수준 만족 여부 평가방법은 다음과 같다.

2.7.7.1 내진설계 결과 설계모델이 제공하는 공급역량은 지진에 따라 발생하는 소요역량을 초과하게 한다.

2.7.7.2 공급역량과 소요역량 평가 시에는 시간과 사용에 따른 구조재료특성의 변화를 고려한다.

2.7.7.3 지진 시 내진설계구조물의 성능만족 여부는 지진응답해석, 축소모형시험(Scale Model Test) 또는 원형시험(Prototype Test) 방법에 따라 평가할 수 있다.

2.8 지진해석 방법 <개정 18.1.11>

2.8.1 지진해석을 위한 설계지반운동은 2.5를 따른다.

2.8.2 지반운동은 수평 2축방향 성분과 수직방향 성분의 지반운동에 따른 영향을 반영한다.

2.8.3 내진설계구조물의 유체-구조물-지반 상호작용을 해석할 때에는 구조물의 유연성과 지반의 변형성을 고려한다. 다만, 유체-구조물의 상호작용이 경미할 경우에는 그 구조물을 강체(剛體)로 모델링할 수 있다.

2.8.4 지반을 통한 파의 방사조건을 적절하게 반영한다.

2.8.5 지진 시 가스시설들이 액상화 피해를 입을 수 있으므로 지반의 액상화 가능성을 고려한다.

2.8.6 내진 설계에 필요한 지반 정수들은 동적 하중조건에 적합한 값들을 선정하고, 특히 지반변형계수와 감쇠비는 발생 변형률 크기에 적합한 것을 선택한다.

2.8.7 지반에서 지하수의 영향과 지반의 공간적 변화 특성도 고려한다.

2.8.8 기초와 지반사이의 미끄러짐, 들림 등과 같은 비선형성을 고려한다.

2.8.9 가스시설의 지진해석은 선형정적해석, 선형동적해석, 비선형정적해석, 비선형동적해석 등을 적용할 수 있으며 시설물의 형상 및 응답특성 등을 고려하여 적절한 해석방법을 선정한다.

2.9 성능보증 <개정 18.1.11>

2.9.1 내진 설계에 대한 적합 여부는 다음 기준에 따라 검토한다.

2.9.1.1 내진 설계된 내진설계구조물이 내진성능수준을 달성할 수 있는지 여부는 기술검토나 안전성향상계획서 심사결과에 따른다.

2.9.1.2 내진 설계 검토는 기본구조계획, 구조계산, 상세설계 등에 대하여 실시한다.

2.9.2 내진설계구조물을 시공할 때에는 다음 기준에 따른다.

2.9.2.1 시공 시 품질관리는 발주자 측의 감리, 독립적인 검사·시험과 시공자에 의하여 종합적으로 수행한다.

2.9.2.2 시공단계에서의 품질관리 과정과 결과는 추후 문제발생 시 책임소재가 명백하게 가려질 수 있도록 기록으로 보존한다.

2.9.2.3 내진설계구조물의 시공 전반에 대해서는 고법 제16조, 액법 제36조 또는 도법 제15조에 따른 중간검사·안전성확인 및 완성검사·시공감리를 받는다.

2.9.3 도법 시행규칙 별표 5 제2호에 따른 정압기지 및 밸브기지에 설치하는 가열설비·계량설비·정압설비에 연결된 노출배관은 지진에 대하여 안전한 구조의 지지구조물로 고정한다.

2.9.4 내진성능확인은 다음 기준에 따라 실시한다. <신설 18.1.11>

2.9.4.1 내진성능확인 1.5에 따른 경과조치에도 불구하고 2.1에 따른 대상시설에 대하여 적용한다.

2.9.4.2 내진성능확인 항목은 소요역량과 공급역량으로 다음과 같다.

(1) 소요역량은 지진구역, 위험도계수, 유효수평지반가속도, 지반분류, 응답스펙트럼 등으로 확인한다.

(2) 공급역량은 단면강도, 재료강도, 항복변형률, 극한한계변형률 등으로 확인한다.

2.9.4.3 내진성능확인 결과는 소요역량과 공급역량을 비교하여 소요역량에 비하여 공급역량이 큰 경우 내진성능을 확보하고 있는 것으로 판정한다.

2.9.4.4 내진성능확인 방법, 적용시기, 그 밖에 필요한 사항은 한국가스안전공사 사장이 정한 '가스시설 및 지상 가스배관 내진성능확인 세부기술기준' 을 적용한다.

2.10 그 밖의 설계기준

2.1부터 2.9까지에서 정한 것 이외의 세부적인 기술기준은 가스안전기술심의위원회의 심의를 거쳐 한국가스안전공사 사장이 정한다. <개정 18.1.11>

부록 A 지반분류(S1, S2, S3, S4, S5, S6) (2.5.5 관련)

A.1 지반분류 절차

A.1.1 범위

여기서는 표 2.5.5에 따라서 지반을 S₁부터 S₆까지 6종으로 분류하는 절차를 기술한다.

A.1.2 정의

지반의 종류는 다음과 같이 정의된다.

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

S₂ : $H \leq 20\text{m}$ 이고, $V_{S,Soil} \geq 260\text{m/s}$ 인, 기반암 깊이가 얇고 단단한 지반

S₃ : $H \leq 20\text{m}$ 이고, $V_{S,Soil} < 260\text{m/s}$ 인, 기반암 깊이가 얇고 연약한 지반

S₄ : $H > 20\text{m}$ 이고, $V_{S,Soil} \geq 180\text{m/s}$ 인, 기반암 깊이가 깊고 단단한 지반

S₅ : $H > 20\text{m}$ 이고, $V_{S,Soil} < 180\text{m/s}$ 인, 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 점토지반(지층의 두께 > 3m)
- ③ 매우 높은 소성을 띤 점토지반(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 기준이 고려되어야 한다. 만약 해당 부지가 이 기준과 일치하면 그 부지는 지반 종류 S₆으로 분류되어야 하며, 부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 이루어져야 한다.

A.2 기반암에 대한 정의

기반암은 전단파속도 760m/s 이상을 나타내는 지층이다.

A.3 토층 평균 전단파속도($V_{S,Soil}$)

$V_{S,Soil}$ 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 전단파속도, m/s

A.4 표준관입시험 관입저항치의 전단파속도로의 변환

표준관입시험 관입저항치(SPT-N치)를 전단파속도로 변환할 수 있다. 변환에는 국내 지반에 대해 제안된 상관관계식(Sun et al. 2013* 등)을 활용할 수 있다. 표준관입시험 시 단단한 암질에 도달하여 항타수가 50에 이르러도 30 cm 깊이를 관입하지 못할 경우 50타수 이상의 N값은 선형적인 비례관계를 토대로 30 cm 두께 관입 시 N값으로 환산한다. 이때 환산 N치의 최대값은 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.