

SPSPSPSP
SPSPSPS
SPSPSP
SPSPS
SPSP
SPS

SPS-F KOCED 0030-일련번호

SPS

변위민감형 건축비구조요소 진동대 시험방법

SPS-F KOCED 0030-일련번호:2021

국토교통연구인프라운영원

2021년 XX월 XX일 제정

목 차

1	적용범위	1
2	인용기준	1
3	용어와 정의	1
4	시험설치와 결정사항.....	3
4.1	시험대상품.....	3
4.1.1	시험대상품의 설명	3
4.1.2	시험용 지그프레임	3
4.2	입력가속도 시간이력	4
4.2.1	요구응답스펙트럼	4
4.2.2	내진 매개변수	5
4.2.3	입력가속도 시간이력 생성.....	5
4.3	목표 층간변위	5
5	손상구분과 보고.....	6
5.1	손상구분	6
5.2	손상의 보고	6
6	시험방법	6
7	시험응답스펙트럼 만족여부 확인.....	7
8	시험결과의 보고.....	8
	부속서 A(참고) 제조사와 시험기관.....	9
	부속서 B(참고) 대표적인 변위민감형 건축비구조요소의 손상구분 예.....	10
	부속서 C(참고) 진동대 실험용 설계스펙트럼 가속도 계산방법	13
	부속서 D(참고) 손상검사결과 보고의 예	18
	참고문헌.....	19
	SPS-F KOCED 0030-xxxx:2021 해설	21

머 리 말

이 표준은 국토교통연구인프라운영원에서 원안을 갖추고 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진 운영 요령에 따라 국토교통연구인프라운영원 단체표준 심사위원회를 거쳐 제정된 단체 표준이다.

이 표준은 저작권법의 보호 대상이 되는 저작물이다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다. 국토교통연구인프라운영원 의장과 단체표준 심사위원회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

단체 표준

SPS-F KOCED 0030-일련번호:2021

변위민감형 건축비구조요소 진동대 시험방법

Shake-table testing method for displacement-sensitive architectural non-structural components

1 적용범위

이 표준은 국내 건축물 내진설계기준에서 정의하고 있는 건축비구조요소 중 가속도에 민감하게 반응하는 구성품을 포함하며, 건축물의 한 층 이상에 대하여 수직으로 배치되어 건축물의 층간변위에 의해 면내방향 또는 면외방향으로 지배적인 영향을 받는 건축비구조요소의 내진성능 검증을 위한 진동대 시험방법에 대해 규정한다.

비고 시험대상품의 범위는 건축비구조요소 중 외장재 시스템(유리커튼월, 하지재에 부착되는 금속 및 석재 패널, 타일형 외장재) 및 비내력 벽체(경량 스티드 석고보드, 경량벽체) 등 건축물 외피 또는 내부의 진 층고에 걸쳐 수직방향으로 배치되어 건축물에 작용하는 가속도뿐만 아니라 층간변위에 충분한 영향을 받는 비구조요소를 포함한다. 또한 ASCE/SEI 41-13에 제시된 건축비구조요소 분류항목 중 'cladding', 'glazing', 'partitions'를 포함한다.

2 인용기준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

ASCE/SEI 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings

ICC-ES AC 156, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components, 2010

3 용어와 정의

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

3.1

높이계수비(height factor ratio)

z/h

실제 비구조요소가 설치되는 높이와 비구조요소가 위치하는 구조물의 총 높이의 비

비고 예를 들어, 시험되는 비구조요소가 지면에 설치될 경우 “0”, 지붕층에 설치될 경우 “1”의 값을 취한다.

3.2

단주기 설계스펙트럼 가속도(design spectral acceleration at short period)

S_{DS}

설계지진에 대한 단주기의 응답스펙트럼 가속도

3.3

비구조요소(nonstructural component)

건축 비구조요소와 기계·전기 비구조요소를 총칭, 건축물 구성요소 중 외부하중을 지지하지 않지만 건물이 갖추어야 할 고유한 기능을 수행하며 건축 구조물에 설치되는 건축, 기계 및 전기 설비 등의 요소

비고 건축비구조요소는 칸막이벽, 커튼월, 천장재, 이중바닥, 계단 및 램프, 외장마감재, 외부 비구조 벽체 등이 해당되며, 기계 및 전기 비구조요소는 배관 시스템, 덕트, 케이블 트레이 및 전선로, 난방, 환기, 공기조화, 냉장기 설비, 보일러, 압력저장시설, 수도 및 가스 설비, 전기 설비 등이 해당된다.

3.4

시험대상품(component under test)

시험기관에 제출되어 내진성능검증이 실시되는 비구조요소

3.5

시험응답스펙트럼(test response spectrum)

TRS

진동대를 이용한 내진성능평가 시험 시 시험대상품에 실제로 가진된 지진가속도를 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼

3.6

영주기가속도(zero period acceleration)

ZPA

진동대 입력지진파(input motion)의 시간이력 상의 최대가속도

비고 본 표준에서는 요구응답스펙트럼에서 33.3 Hz, 혹은 그 이상의 주파수 대역에서의 가속도로 정의한다.

3.7

요구응답스펙트럼(required response spectrum)

RRS

내진설계의 검증을 위해 시험대상품에 가진하여야 하는 최소 지진가속도를 고유주기 또는 고유진동수의 함수로 표현한 스펙트럼

3.8

전달함수(transfer function)

상수 선형 계통의 동적 특성을 정의하는 진동수 응답함수. 진동수의 함수로 나타낸 출력함수와 입력함수의 비

3.9

중요도계수(importance factor)

I_p

비구조요소의 중요도에 따른 지진응답계수를 증감하는 계수

3.10

1축가진시험(uniaxial excitation test)

시험대상을 1방향에 대하여 가진하는 동적시험

4 시험설치와 결정사항

4.1 시험대상품

본 시험방법에 의해 내진성능을 검증할 수 있는 대상은 건축비구조요소 중 외장재 시스템(유리커튼 월, 하지재에 부착되는 금속 또는 석재 패널, 치장벽돌, 타일형 외장재)과 비내력 벽체(경량 스티드 석고보드 벽체, 경량벽체, 조적벽체) 등 건물 외피 또는 내부의 전 층고에 걸쳐 수직방향으로 설치되어 건축물에 작용하는 가속도뿐 만 아니라 층간변위에 영향을 받는 요소를 포함한다.

외장재는 패널, 경량철골부재, 파스너 등의 모든 접합요소를 시험대상품에 포함한다. 또한 비내력벽체는 패널, 조적, 경량철골부재, 건식 또는 습식방식의 모든 접합요소를 시험대상품에 포함한다.

시험대상품의 규모는 설치되는 건축물의 한 층의 층고에 해당하는 높이와 이와 동등 이상의 너비를 가져야 한다. 단, 비내력벽체의 경우 실제 설치되는 높이로 시공하여야 한다. 외장패널은 최소 2열 이상의 배치를 가져야 하며, 지지요소(support element)는 가로부재와 세로부재가 이루는 십자형 접합 부분이 최소 1개 이상 포함되어야 한다.

4.1.1 시험대상품의 설명

다음 항목을 포함하여 시험대상품에 대한 설명이 제공되어야 한다.

- a) 모델명
- b) 일련번호
- c) 무게
- d) 설치 규격과 면적
- e) 설치 방법과 구성
- f) 부품목록 또는 하위 구성요소
- g) 시험대상품의 구성에 대한 자세한 설명

4.1.2 시험용 지그프레임

진동대 시험을 위한 시험용 지그프레임은 시험 대상품을 설치할 수 있는 충분한 입면적을 보유하여야 하고, 목표 층간변위를 수용할 수 있어야 한다. 이를 위해 시험용 지그프레임이 갖추어야 할 성능은 다음과 같다.

(1) 규모

시험대상품의 진동대 설치를 위해 시험용 지그프레임의 규모는 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- a) 최소 1층 단위 경간 규모 이상의 3차원의 골조 시스템이어야 하며, 층고는 3 m에서 4 m로 구성하되, 실제 설치되는 건물의 층고 정보를 알고 있는 경우 이를 반영할 수 있다.
- b) 2열 이상의 패널이 설치된 시험대상품이 시험용 지그프레임의 면내방향 또는 면외방향 입면

에 설치될 수 있도록 충분한 면적이 확보되어야 한다.

(2) 동적특성

시험대상품이 설치된 시험용 지그프레임의 시험을 위한 동적특성은 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- a) 시험용 지그프레임은 상시하중에 대해서 구조적 건전성을 유지하여야 한다.
- b) 4.2절에 의해 산정된 시험 입력가속도 시간이력에 대하여 시험용 지그프레임의 가진방향의 최대응답충간변형각은 0.01 rad에서 0.02 rad 사이를 만족하여야 한다.
- c) a) 항의 조건을 만족하지 못하는 경우에도 4.2절에 의해 산정된 시험 입력가속도 시간이력의 100 %에서 200 % 까지의 범위에서 응답충간변형각에 대한 해석값이 목표충간변형각을 확보할 수 있는 경우 시험용 지그 프레임으로서 사용할 수 있다.

요구응답스펙트럼은 시험대상품이 설치되는 해당 층에 대한 ICC-ES AC 156에서 제시하는 층응답스펙트럼을 사용한다. 만약, 의뢰자 혹은 사용자의 요구에 의해 실측기록을 근거로 하는 별도의 응답스펙트럼을 적용하고자 하는 경우에는 적용범위를 명확하게 설정하고 적용의 타당성을 구체적으로 기술하여야 한다.

4.2 입력가속도 시간이력

4.2.1 요구응답스펙트럼

요구응답스펙트럼은 시험대상품이 설치되는 해당 층에 대한 ICC-ES AC 156에서 제시하는 층응답스펙트럼을 사용한다. 만약, 의뢰자 혹은 사용자의 요구에 의해 실측기록을 근거로 하는 별도의 응답스펙트럼을 적용하고자 하는 경우에는 적용범위를 명확하게 설정하고 적용의 타당성을 구체적으로 기술하여야 한다.

시험대상품에 적용되어야 하는 지진의 강도는 해당 설비가 설치되는 건물의 설계 기준에 의해 결정된다. 시험에 적용되는 요구응답스펙트럼은 그림 1과 같은 형태를 가져야 하며, 식 (1)과 식 (2)에 나타난 것과 같이 단주기 설계스펙트럼 가속도(S_{DS})와 높이계수비(z/h)의 함수에 의해 요구응답스펙트럼의 크기를 결정한다.

$$A_{FLX-H} = S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right), \quad (A_{FLX-H} \leq 1.6S_{DS}) \tag{1}$$

$$A_{RIG-H} = 0.4S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \tag{2}$$

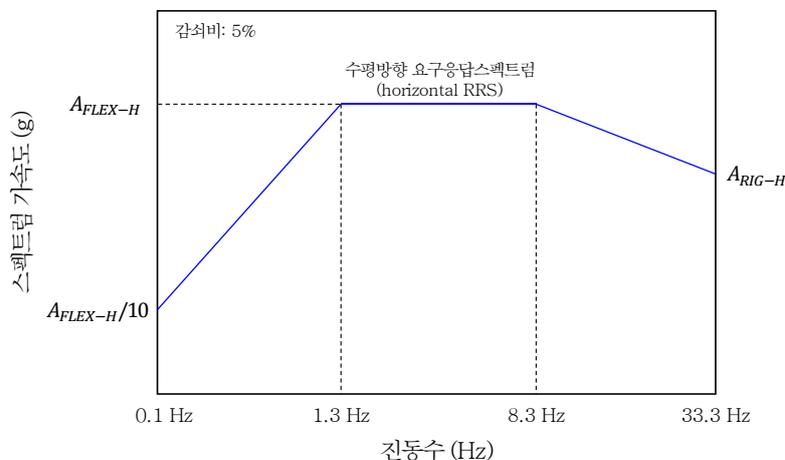


그림 1 — 진동대 시험을 위한 요구응답스펙트럼

여기서 A_{FLX-H} , A_{RIG-H} 는 각 연성요소(flexible component)와 강성요소(rigid component)의 수평방향 스펙트럼 가속도를 의미하고, A_{FLX-H} 는 $1.6 S_{DS}$ 이하로 제한된다. 단, 이 표준에서는 수직방향 지진에 대한 영향력은 고려하지 않는다.

4.2.2 내진 매개변수

입력가속도 시간이력 생성을 위해 사용되는 매개변수는 다음과 같다.

- 1) 설계스펙트럼 가속도(S_{DS})
- 2) 높이계수비(z/h)
- 3) 연성요소의 수평방향 스펙트럼 가속도(A_{FLX-H})
- 4) 강성요소의 수평방향 스펙트럼 가속도(A_{RIG-H})

이상의 매개변수는 시험결과 보고서에 제공되어야 하며, 예시는 표 1과 같다.

표 1 — 진동대 시험을 위한 내진 매개변수 작성 예시

설계기준	시험방법	설계스펙트럼 가속도 m/s^2	높이계수비	수평방향 스펙트럼 가속도 m/s^2	
		S_{DS}		z/h	A_{FLX-H}
KDS	ICC-ES AC 156	5.39	1.00	8.62	6.47

4.2.3 입력가속도 시간이력 생성

4.2.1에서 정의된 요구응답스펙트럼을 결정하고 1.3 Hz에서 33.3 Hz의 에너지 성분이 포함되도록 가속도 시간이력을 작성한다. 지진파는 1/6 옥타브, 또는 보다 좁은 주파수 간격을 사용하여야 한다. 지진파의 입력시간은 총 30 s 이상이어야 하며, 최소 20 s 이상의 강진지속구간을 포함하여야 한다.

4.3 목표 층간변위

목표 층간변위는 의뢰자의 요구에 따라 결정될 수 있으나, 구조물 해석결과 등과 같은 충분한 근거 자료가 제공되어야 한다. 그렇지 않을 경우, 시험대상품의 목표 층간변위는 국내 건축물 내진설계기준에서 제시하는 최대허용층간변형인 $0.02h_x$ 를 적용할 수 있다. 국내 건축물 내진설계기준에 따른 건물의 최대허용층간변위는 표 2와 같다.

표 2 — 건물의 허용층간변위

설계기준 (KDS 41 17 00)	내진등급		
	특	I	II
허용층간변위(d_a)	$0.010h_x^a$	$0.015h_x^a$	$0.020h_x^a$
^a h_x : x층의 층고			

5 손상구분과 보고

5.1 손상구분

본 표준에서는 시험대상품의 손상을 심각한 손상(major failure)과 경미한 손상(minor failure)으로 구분한다.

- 1) 심각한 손상 : 인명피해를 야기할 수 있는 물리적 손상, 물리적 기능회복을 위해 전체의 교체가 필요한 손상
- 2) 경미한 손상 : 일부의 보수와 교체를 통해 물리적 기능을 회복할 수 있는 손상

시험대상품에 따른 심각한 손상과 경미한 손상 항목의 분류는 시험 전 의뢰자와 시험기관의 합의 하에 결정되거나 또는 책임내진기술자에 의해 결정될 수 있다. 분류된 손상항목은 1), 2) 항의 내용과 부합하여야 한다. 또한 의뢰자의 요구에 따라 시험대상품의 손상을 비구조요소의 성능수준에 따라 구분할 수도 있다. 마찬가지로 세부적인 허용손상 분류는 시험 전 의뢰자와 시험기관의 합의 하에 결정하거나, 책임내진기술자에 의해 결정되어야 한다. 대표적인 변위민감형 건축비구조요소의 손상분류의 예는 부속서 B를 참고할 수 있다.

5.2 손상의 보고

시험대상품은 시험이 종료된 이후 관찰된 모든 물리적 손상이 보고되어야 하며, 이때 손상의 유형을 경미한 손상과 심각한 손상으로 구별하여 보고한다.

6 시험방법

시험방법은 다음과 같다.

- a) 시험 전 검사
 - 시험대상품은 육안검사를 통하여 제출된 도면과의 일치성을 확인하고, 시험 전의 손상유무를 확인하여야 한다.
- b) 입력지진동의 작성
 - 4.2절에 따라 입력지진하중을 작성한다.
- c) 중량의 측정
 - 시험대상품의 규격을 확인하기 위하여 교정된 장비를 이용하여 중량을 측정한다.
 - 시험대상품 전체의 하중 측정이 어려운 경우, 부품단위로 측정·합산하여 보고할 수 있다.
 - 시험용 지그프레임의 중량을 측정하여 보고하여야 한다.
- d) 시험대상품의 설치
 - 시험대상품을 지그프레임에 설치하고, 설치방법은 실제로 현장에서 설치 또는 사용되는 조건이 모사되어야 한다. 시험대상품의 설치방향은 면내 또는 면외방향 중 내진성능에 대해 불리한 조건으로 설치되어야 한다. 불리한 조건을 특정하기 어려운 경우 면내방향과 면외방향을 동시에 시공하여야 한다. 또는 면내방향과 면외방향의 설치조건에 대해 2회 시험을 수행하여야 한다.
- e) 센서의 설치
 - 진동대의 가진력과 시험체의 응답을 확인할 수 있도록 가속도계와 변위계를 설치한다.
 - 본 시험방법에서 센서 설치 목적은 시험용 지그프레임의 응답을 기록하고 시험응답스펙트럼의

적절성을 판단하기 위한 것이다.

- 이를 위하여 진동대 바닥과 시험용 지그프레임 상·하부 슬래브에 1축 방향으로 가속도계를 부착하여야 하고, 의뢰자와의 협의내용에 따라 시험대상품 주요지점에 추가적으로 1축 가속도계를 부착할 수 있다.
- 시험용 지그프레임의 층간변위를 확인할 수 있도록 변위계를 설치한다. 층간변위는 시험용 지그프레임의 상·하부 상대변위로서 측정하고, 비틀림의 영향이 고려되는 경우 시험용 지그프레임의 상·하부 좌·우측에 4개소의 변위계를 설치하여 좌측과 우측의 평균 상대변위를 시험용 지그프레임의 층간변위로서 도출한다.

f) 공진탐색시험

- 시험대상품의 동적 특성을 제공하기 위한 목적으로 수행한다.
- 공진탐색방법은 주파수 소인시험(sine sweep test) 또는 랜덤파(random wave)에 의해 수행한다.
- 가진되는 주파수는 1.3 Hz에서 33.3 Hz까지 포괄하여야 하며, 시험대상품에 손상을 발생시키지 않으며 공진점을 확인할 수 있는 크기의 가속도신호(약 $(1.0 \pm 0.5) \text{ m/s}^2$)를 입력한다.
- 공진검색의 결과는 진동대 바닥에서 출력된 가속도와 지그프레임, 시험대상품에서 측정된 응답 가속도의 전달함수를 이용하여 평가할 수 있다.

g) 1단계 내진시험(설계 가속도 시간이력의 100%)

- 내진시험은 4.2에서 작성된 지진파를 1회 가진한다.
- 가진 후 시험응답스펙트럼(TRS)의 요구응답스펙트럼(RRS) 만족여부를 7장에 기술된 내용에 따라 확인하여야 한다.
- 시험용 지그프레임의 응답층간변위를 도출하고 목표 층간변위와 비교한다. 만약 응답층간변위가 목표 층간변위를 상회하지 못한 경우 h)의 과정을 수행하고 상회한 경우 h)의 과정을 생략한다.

h) 2단계 내진시험(설계 가속도 시간이력의 150%)

- 4.2에서 작성된 지진파의 가속도 스케일을 1.5배 증가시켜 1회 가진한다.
- 시험용 지그프레임의 응답층간변위를 도출하고 목표 층간변위와 비교한다. 만약 응답층간변위가 목표 층간변위를 상회하지 못한 경우, 응답층간변위가 목표 층간변위를 상회할 때까지 4.2에서 작성된 지진파의 가속도 스케일을 20%씩 증가시켜가며 반복적으로 가진한다.

i) 시험 후 검사

- 시험 종료 후 육안검사를 통하여 5장의 손상 판정조건 만족여부를 기록하여야 한다.

7 시험응답스펙트럼 만족여부 확인

시험응답스펙트럼 만족여부 확인조건은 ICC-ES AC 156에 따른다. 시험응답스펙트럼은 진동대 바닥에 위치한 가속도계를 계측신호를 사용하여 분석되어야 한다. 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼의 감쇠 5%와 동일한 감쇠 값을 사용하여 계산되어야 한다. 시험응답스펙트럼은 1.3 Hz에서 33.3 Hz의 주파수 범위에서 최대 1/6 옥타브 대역폭 분해능을 기반으로 요구응답스펙트럼을 포락하여야 한다. 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼의 130% 이상을 초과하지 않는 것을 권장한다. 분석 범위내에서 수행되는 모든 가속도 신호의 필터링 범위를 정의하여야 한다.

진동대 시험을 수행함에 있어서 장비의 한계, 시험대상의 떨림에 의한 신호 왜곡 등으로 인하여 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼의 증폭된 영역(8.3 Hz 이하의 주파수)을 완전히 포락하지 않을 수 있다. 이러한 경우 다음의 기준을 충족하여야 한다.

- a) 공진 검색을 사용하여 5 Hz 이하에서 공진 응답 현상이 나타나지 않을 경우, 시험응답스펙트럼은 요구응답스펙트럼을 3.5 Hz에서 33.3 Hz 영역에서 포락하여야 한다. 그러나 진동대 가진은 진동대의 성능한계 안에서 1.3 Hz에서 3.5 Hz 범위에서 계속 유지되어야 한다.

- b) 5 Hz 이하에서 공진 현상이 발생하면 시험응답스펙트럼은 최저 공진 주파수의 75 %에서부터 요구 응답스펙트럼을 포락하여야 한다.
- c) 5 Hz 이하에서 공진현상이 없는 것으로 판정하기 어려운 경우, 시험응답스펙트럼은 1.3 Hz 이상의 영역에서 요구응답스펙트럼을 포락하여야 한다.
- d) 8.3 Hz 이하의 주파수의 영역에서 시험응답스펙트럼의 1개 지점이 요구응답스펙트럼 이하일 경우, 인접한 1/6 옥타브 점이 적어도 요구응답스펙트럼과 같다면, 요구응답스펙트럼보다 10 % 이하로 떨어지는 것이 허용된다.
- e) 8.3 Hz 이하의 주파수의 영역에서 d)항의 조건은 최대 두 점이 허용될 수 있다.

8.3 Hz 이상의 고주파수 영역에서 TRS가 RRS를 포락하지 않을 수 있다. 일반적으로 이러한 경우는 재시험이 요구되지만, 다음의 조건들을 만족하는 하는 경우에는 재시험을 하지 않을 수 있다.

- a) 8.3 Hz 이상의 주파수의 영역에서 인접한 1/6 옥타브 점이 적어도 요구응답스펙트럼과 같으면 시험응답스펙트럼의 단일 지점은 요구응답스펙트럼보다 10 % 이하로 떨어질 수 있다.
- b) 8.3 Hz 이상의 주파수 영역에서 1/6 옥타브 점 중 최대 두 개는 제약 조건에 따라 요구응답스펙트럼보다 낮을 수 있다.
- c) 진동대 바닥에서 측정된 최대 가속도값(peak acceleration)은 A_{RIG} (요구응답스펙트럼에서 33.3 Hz, 혹은 그 이상의 주파수에서의 가속도)의 90 % 이상을 만족하여야 한다.

8 시험결과의 보고

시험의 결과는 다음의 사항에 대하여 보고하여야 한다.

- a) 시험범위와 목적
- b) 시험대상품의 도면
- c) 시험대상품의 구성과 규격
- d) 고유번호, 제조번호 등 식별번호
- e) 중량
- f) 설치방법
- g) 중요도 계수
- h) 시험 입력지진동의 정의와 매개변수
- i) 판정 조건
- j) 제조자(의뢰인) 정보
- k) 시험기관과 시험 장비/기기의 정보
- l) 시험 가진의 적절성
- m) 시험용 지그프레임의 중량, 규격 등 동특성 정보(고유진동수)
- n) 시험결과(계측 가속도이력, 시험응답스펙트럼, 손상기록, 실험 전후 사진)

부속서 A (참고)

제조사와 시험기관

A.1 제조사와 시험기관의 정보

다음과 같이 제조사와 시험기관의 정보를 명시하여야 한다.

- a) 제조사 정보
- 제조사 : 업체명
 - 주소 : 제조사 주소
 - 책임자 : 책임자의 이름
 - 연락처 : 책임자의 전화번호
 - 이메일 : 책임자의 이메일주소
- b) 시험기관 정보
- 시험기관 : 기관명
 - 주소 : 시험기관 주소
 - 책임자 : 시험책임자의 이름
 - 연락처 : 시험책임자의 전화번호
 - 이메일 : 시험책임자의 이메일주소

A.2 시험기관의 자격

시험기관은 아래의 사항을 만족하여야 한다.

- a) 시험대상설비의 무게는 진동대 장비의 용량을 초과하지 않아한다.
- b) 진동대 장비는 시험대상품을 포함한 지그프레임의 최저 공진주파수의 0.70 배에 해당하는 주파수에서 최대 33 Hz까지의 모든 주파수에서 TRS가 RRS를 포괄할 수 있어야한다. 예를 들어 공진 검색시험으로 확인된 최저 공진주파수가 4 Hz일 경우, $4 \text{ Hz} \times 0.70 = 2.8 \text{ Hz}$ 이상의 주파수 영역에서 시험을 수행할 수 있어야 한다.
- c) 진동대 장비는 1 Hz 미만에서 시험을 수행할 수 있어야 한다.
- d) 시험기관의 장비는 시험대상품의 내진검증에 필요한 모든 시험을 수행할 수 있어야 한다.
- e) 시험기관의 직원은 시험 수행 경험이 있어야 하며 시험기관은 시험보고서를 완성하는 데 필요한 데이터를 생성할 수 있어야한다.
- f) 기능시험은 시험기관에서 수행하는 것이 권고되지만, 시험기관 장비성능의 한계와 안전 등의 이유로 시험이 불가능할 경우, 참관인의 참관 하에 타 시험기관 또는 제조사의 기능시험소에서 수행할 수 있다.
- g) 시험기관은 ISO 17025 (시험소 또는 교정기관의 능력에 관한 일반 요구사항) 또는 이에 준하는 품질 시스템을 확보한 기관이어야 한다.

부속서 B
(참고)

대표적인 변위민감형 건축비구조요소의 손상구분 예

변위민감형 건축비구조요소의 성능수준에 따른 손상항목은 ASCE/SEI 41-13에 제시된 내용(표 B.1)을 근간으로 결정될 수 있다.

표 B.1 — 변위민감형 건축비구조요소의 성능수준별 손상유형

Component Group 구성요소	Nonstructural Performance Levels 비구조요소 성능수준		
	Life Safety 인명안전	Position Retention 위치유지	Operational 기능수행
Cladding 외장재	Extensive distortion in connections and damage to cladding components, including loss of weather-tightness and security Overhead panels do not fall 내후성과 기밀성 손실을 포함한 광범위한 접합부 뒤틀림 및 구성요소 손상 머리 위의 패널이 낙하되지 않음	Connections yield; minor cracks or bending in cladding Limited loss of weather-tightness 접합부 항복, 경미한 균열 또는 외장재 휨 변형 내후성의 제한적 손실	Connections yield; negligible damage to panel No loss of function or weather-tightness 접합부 항복; 무시할 수 있는 패널부 손상 기능 또는 내후성 무손실
Glazing 유리커튼월	Extensively cracked glass with potential loss of weather-tightness and security Overhead panels do not shatter or fall 내후성과 기밀성 손실을 포함한 광범위한 상호균열 머리 위의 패널이 완전 파괴가 되거나 낙하되지 않음	Some cracked panels; none broken Limited loss of weather-tightness 일부 패널균열; 파손은 발생하지 않음 내후성의 제한적 손실	No cracked or broken panels 패널에 균열 또는 파손이 발생하지 않음
Partitions (masonry and hollow clay tile) 칸막이벽-조적벽체와 점토질 중공 타일	Distributed damage; some severe cracking, crushing and dislodging in some areas 손상확산; 심각한 균열, 크러싱 및 일부영역에서의 분리/이탈	Minor cracking at openings Minor crushing and cracking at corners Some minor dislodging, but no wall failure 개구부의 경미한 균열 경미한 크러싱과 모서리 균열 일부 경미한 이탈, 파손은 되지 않음	Minor cracking at openings Minor crushing and cracking at corners 개구부의 경미한 균열 경미한 크러싱과 모서리 균열
Partitions (plaster and gypsum) 칸막이벽-석고 플라스터	Distributed damage; some severe cracking and racking in some areas 손상확산; 일부영역에서의 심각한 균열 및 랙킹	Cracking at openings Minor cracking and racking throughout 개구부의 균열 전체적인 균열 및 랙킹	Minor cracking 경미한 균열

[출처: ASCE 41-13, Table C2-5]

단, 표 B.1의 내용은 이 표준에 따른 진동대 시험에서 활용하기에는 그 의미가 포괄적이며 인명보호(Life Safety) 수준을 초과하는 손상 유형에 대해 규정하지 않았으므로 대상 시험품목에 따라 보다 구체적인 손상항목 분류가 요구된다. 이에 따라, 시험 전 의뢰자와 시험기관 전문가 또는 책임내진기술자의 협의에 의한 명확한 손상항목 분류는 무엇보다 중요하다. 이 표준에서 대상으로 하는 시험대상품의 종류는 외장재, 유리커튼월, 비내력 벽체로 규정하였으나, 시스템과 재료별로 수많은 공법이 존재하므로 손상항목을 일반화시키기에는 어려움이 있다. 다만, 협의를 통한 손상항목 분류에서 다음의 조건은 반드시 부합하여야 할 것으로 판단된다.

- 1) 기능수행(OP) 수준의 손상 : 하위 어셈블리 부품의 교체가 필요없는 경미한 손상
- 2) 위치유지(PR) 수준의 손상 : 하위 어셈블리 부품의 교체가 필요하거나 육안으로 뚜렷이 확인되는 손상. 단, 간단한 보수를 통해 주요 기능을 회복할 수 있는 정도의 손상
- 3) 인명보호(LS) 수준의 손상 : 대변형, 과도한 소성변형 등 거주자의 즉각적인 대피가 필요하며, 보수를 위해 거의 전체요소를 교체해야 하는 손상
- 4) 심각한 손상(major failure) : 부품과 단위 요소의 낙하, 시스템 지지요소(앵커 등)의 파단 등 직접적으로 인명피해를 야기할 수 있는 손상

대표적인 변위민감형 건축비구조요소의 손상구분 예는 표 B.2와 표 B.3에 나타낸다.

표 B.2 — 석고보드 벽체의 손상구분 예

구성요소	경미한 손상 (허용되는 손상상태)			심각한 손상 (허용되지 않는 손상상태)
	기능수행	위치유지	인명보호	
석고보드	경미한 균열 보드의 들뜸	보드 가장자리 파손 가장자리와 개구부 에서의 크리칭 보드 접합부손상	광범위한 크리칭 일부 보드의 이탈/ 분리	보드의 낙하
스터드와 접합피스	접합피스의 풀림및 기울어짐	스터드의 경미한 소성변형 일부 접합피스 탈락	스터드의 휨변형 보드와 러너의 접합 분리	스터드 경계부 파손 및 소성흔지 발생
러너와 샷핀		샷핀의 기울어짐 러너의 경미한 소성 변형	샷핀의 탈락 러브 웹의 찢어짐 및 국부좌굴	전체적인 러너의 접 합부 파손
접합부 및 시스템	실란트의 균열		수평부재의 파손 수직부재의 접합부 손상	벽체전도 및 랙킹 코너비드이 분리

표 B.3 — 서포트 요소에 의해 지지되는 외장재 시스템의 손상구분 예

구성요소	경미한 손상 (허용되는 손상상태)			심각한 손상 (허용되지 않는 손상상태)
	기능수행	위치유지	인명보호	
패널	실란트 균열 접합피스의 풀림	금속패널의 경미 한 소성변형 접합피스의 일부 탈락	금속패널의 소성변형 일부 패널의 접합분리 석재패널의 부분파손 단위 패널의 절반 이상 의 접합피스 탈락	패널 탈락 및 낙하
지지요소	분진발생	파스너의 회전	용접 균열 발생 및 확장 파스너의 소성변형	트러스의 대변형 접합부 파손 파스너와 앵커의 파손

부속서 C (참고)

진동대 실험용 설계스펙트럼 가속도 계산방법

C.1 계산방법

천장재 내진성능평가를 위한 진동대 시험을 위한 요구응답스펙트럼과 가속도 시간이력은 국내의 건축물 내진설계기준과 내진설계기준 공통적용사항을 고려하고, ICC-ES AC 156의 요구사항을 반영하여 작성하였다.

건축물 내진설계기준에 따라 **그림 C.1**의 설계응답스펙트럼을 이용하여 단주기 설계스펙트럼 가속도 (S_{DS})를 계산하면 (C.1)의 식과 같다. 단, 연약지반의 경우 지반조사를 통하여 입력지반운동을 결정하여야 하므로 변수에서 제외하는 것이 바람직하다.

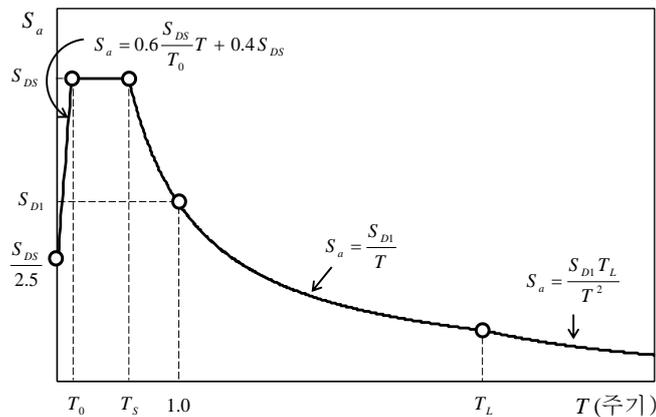


그림 C.1 — 설계응답가속도스펙트럼

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3 \quad (C.1)$$

$$S = Z \times I \quad (C.2)$$

식 (C.1)에서 S 는 유효지반가속도이며 F_a 는 단주기 지반증폭계수이다. 식 (C.2)의 S 는 표 C.1과 표 C.2에 따라 지진구역 I의 지진구역계수(Z)에 표 C.3에 따라 2 400년 재현주기에 해당하는 위험도계수 (I) 2.0 을 곱한 값인 0.22 를 적용한다

표 C.1 — 지진구역

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부 ^a
II	도	강원 북부 ^b , 제주

^a 강원 남부(군, 시): 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백
^b 강원 북부(군, 시): 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

표 C.2 — 지진구역계수 (평균재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
지진구역계수, Z	0.11	0.07

표 C.3 — 평균재현 주기별 위험도계수

평균재현주기 (년)	50	100	200	500	1 000	2 400	4 800
위험도계수, I	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.0	2.6

지반증폭계수 F_a 는 지반종류를 고려하여 1.5로 가정하였으며 계산된 S_{DS} 는 $0.55 \text{ g}(= 5.39 \text{ m/s}^2)$ 이다. 발전용 수력설비, 화력설비, 송전설비, 배전설비, 변전설비 등 관계 법령에 따라 내진설계가 의무사항인 대부분의 발전시설은 중요시설에 해당하는 것으로 간주할 수 있다. 따라서, 지진재현주기를 2 400 년으로 정하는 것이 타당하다.

표 C.4 — 지반증폭계수

지반종류	단주기지반증폭계수, F_a			장주기지반증폭계수, F_v		
	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$	$S \leq 0.1$	$S = 0.2$	$S = 0.3$
S_1	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S_2	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S_3	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S_4	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

건축구조물이 아닌 경우 2018년 제정된 내진설계 일반기준사항을 참조하여 결정할 수 있다. 내진설계기준 일반기준사항은 시설별 내진설계기준의 일관성 유지를 위하여 대부분의 국내 시설의 내진설계에 반영하는 것을 목적으로 제안된 것으로 ASCE 7, IBC와 건축물 내진설계기준과 연계 가능하다. 유효지반 가속도(S)의 계산은 식(C.2)와 동일하나 단주기 설계스펙트럼 가속도(S_{DS})는 식(C.1)과 차이가 있으며, 식(C.3)과 같다(단, 암반지반(S_1)를 제외한 토사지반($S_2 \sim S_5$)인 경우). 즉, 건축물 내진설계기준과 내진설계기준 공통적용사항의 S_{DS} 는 2/3배 차이가 난다. F_a 를 1.5로 가정하고 S 가 0.22일 경우, 내진설계기준 공통적용사항의 S_{DS} 는 0.825이다.

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \tag{C.3}$$

$$A_{FLX-H} = S_{DS} \left(1 + 2 \frac{Z}{h}\right) \tag{C.4}$$

$$A_{RIG-H} = 0.4 S_{DS} \left(1 + 2 \frac{Z}{h}\right) \tag{C.5}$$

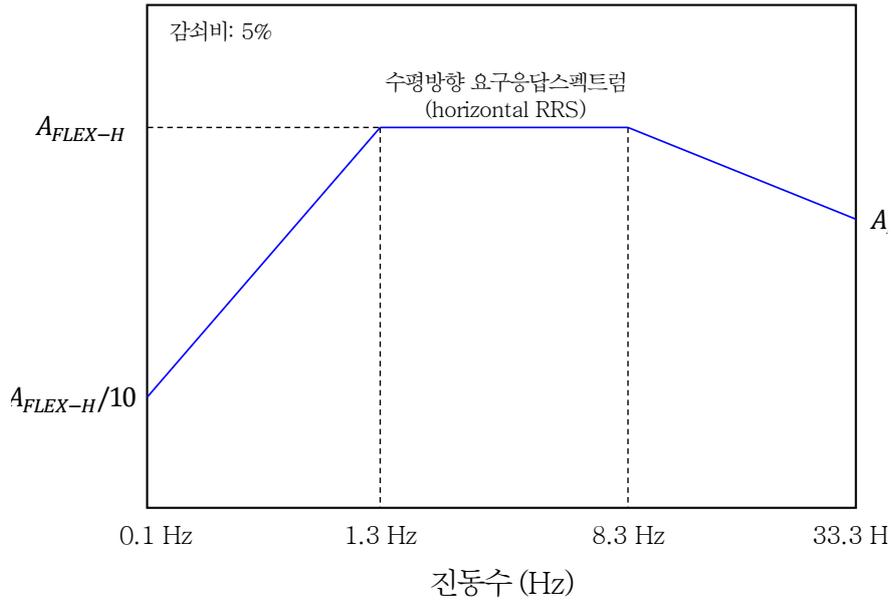


그림 C.2 — ICC-ES AC 156 요구응답스펙트럼

인공지진의 가속도 시간이력 생성을 위한 ICC-ES AC 156의 요구응답스펙트럼은 그림 C.2와 같으며 내진변수(Seismic parameter)는 표 C.5에 나타내었다. 정의되지 않은 임의의 구조물에 실험대상 기기가 설치된다고 가정하였을 경우, 모든 층에 설치될 수 있으므로 구조물의 최상층에 설치하는 것으로 가정하면 구조물과 설치 위치의 비(z/h)는 1이 된다. 요구응답스펙트럼은 ICC-ES AC 156의 요구사항에 따라 작성하였으며, 감쇠비는 5 %이다. 식 (C.4)와 식 (C.5)는 수평방향 스펙트럼가속도(spectral acceleration) 결정을 위한 식이다. 여기서, A_{FLX-H} 는 S_{DS} 의 1.6배를 초과할 수 없다. 시간이력은 ASCE 4-98을 참조하여 사다리꼴 포락함수를 범용프로그램 등을 적용하여 작성한다. 진동지속시간과 강진지속시간은 각각 30 s와 20 s로 작성하여 실험에 적용할 수 있다.

표 C.5 — 진동대 실험용 내진시험 매개변수 산정 예

구분	설계기준	시험기준	S_{DS} m/s ²	z/h	수평방향 스펙트럼 가속도	
					A_{FLX-H} m/s ²	A_{RIG-H} m/s ²
건축 구조물	KDS 17 10 00	ICC-ES AC 156 : 2010	5.39	1.00	8.62	6.47
비건축 구조물	KDS 17 10 00	ICC-ES AC 156 : 2010	8.09	1.00	12.94	9.70

C.2 비구조요소의 최대 등가정적 가속도값 산정

지진에 의한 등가정적 하중, F_p 는 아래 식 (C.6)과 건축물 내진설계기준 식 (18.2-1)에 의하여 산정한다. F_p 는 비구조요소에 작용하는 가동중량과 함께 고려하되 축방향 또는 축 직교방향에 대하여 각각 독립적으로 적용한다.

$$F_p = \frac{0.4a_p S_{DS} W_p}{(R_p/I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) \quad (C.6)$$

여기서,

- F_p : 비구조요소 질량 중심에 작용하는 설계지진력
- a_p : 1.0에서 2.5 사이의 값을 갖는 증폭계수
- l_p : 비구조요소의 중요도계수로서 1.0 또는 1.5
- h : 구조물의 밑면으로부터 지붕층까지의 평균높이
- R_p : 비구조요소의 반응수정계수로서 1.0에서 3.5 사이의 값
- S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼가속도
- W_p : 비구조요소의 가동중량
- z : 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이
- $z = 0$: 구조물의 밑면 이하에 비구조요소가 부착된 경우
- $z = 1$: 구조물의 지붕층 이상에 비구조요소가 부착된 경우

건축구조기준에 따라 비구조요소의 중요도 계수 l_p 는 1.0으로 한다. 단 인명안전과 관련된 비구조요소를 지진 후에도 작동하여야 하는 경우는 l_p 를 1.5로 한다. 또한 비구조요소는 구조물의 최상층까지 연결되므로 $z/h = 1$ 로 두는 것이 타당하다.

수식을 가속도에 대하여 재정리하기 위하여 W_p 는 자중 또는 운용하중이므로 제거하고, 건축구조기준에 따라 a_p 값이 연성은 2.5, 강성은 1이므로 $R_p/I_p = 1$, $a_p = 1$ 또는 $a_p = 2.5$ 라고 가정하면 a_p 의 값에 따라 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$A_{RIG-H} = 0.4 \times 1 \times S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = 0.4 \times 1 \times 5.39(1 + 2 \times 1) = 6.47 \text{ m/s}^2 \quad (C.7)$$

$$A_{FLX-H} = 0.4 \times 2.5 \times S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = 0.4 \times 2.5 \times 5.39(1 + 2 \times 1) = 16.17 \text{ m/s}^2 \quad (C.8)$$

건축구조기준에 따라 등가정적하중 F_p 는 $1.6S_{DS}l_pW_p$ 를 초과할 수 없으므로, 앞에서와 같이 W_p 를 제거하고 l_p 를 1로 가정하면, 비구조요소에 가해지는 횡방향 가속도는 $1.6S_{DS}$ 를 초과할 수 없다.

따라서,

$$1.6 \times 5.39 = 8.62 < 16.17 \quad (C.9)$$

이므로, 강성 비구조요소와 연성 비구조요소에 가해지는 가속도값은 다음과 같이 정리된다.

$$A_{RIG-H} = 6.47 \text{ m/s}^2 \quad (C.10)$$

$$A_{FLX-H} = 8.62 \text{ m/s}^2 \quad (C.11)$$

C.3 재현주기 2 400년 국가지진위험도의 유효지반가속도(S)에 따른 비구조요소의 최대 등가정적 가속도값 산정

KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준에서 제시하고 있는 2 400년 재현주기의 국가지진위험지도에서 유효지반가속도 최대값은 19 %이므로 계산하면 다음과 같다.

$$S_s = S \times 2.5 = 0.19 \times 2.5 = 0.475 \text{ g} = 4.66 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.12})$$

S_s 를 반올림하여 0.5로 가정하면 S_D 지반, 보통암까지의 깊이 20 m 미만의 $F_a = 1.5$

$$S_{DS} = S \times 2.5 F_a \times \left(\frac{2}{3}\right) = 0.19 \times 2.5 \times 1.5 \left(\frac{2}{3}\right) = 0.475 \text{ g} = 4.66 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.13})$$

따라서,

$$A_{RIG-H} = 0.4 \times 1 \times S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = 0.4 \times 1 \times 4.66(1 + 2 \times 1) = 5.59 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.14})$$

$$A_{FLX-H} = 0.4 \times 2.5 \times S_{DS} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right) = 0.4 \times 2.5 \times 4.66(1 + 2 \times 1) = 13.97 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.15})$$

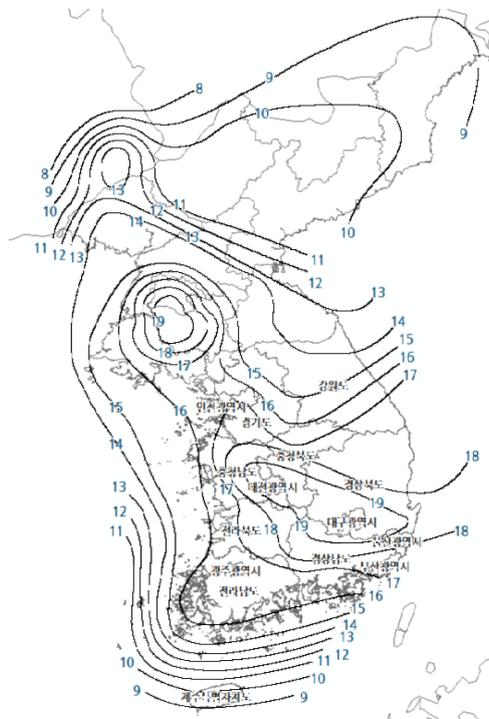
여기서,

$$1.6S_{DS}I_PW_P = 1.6 \times 4.66 = 7.45 < 13.97 \quad (\text{C.16})$$

이므로 비구조 강요소(A_{RIG-H})와 유요소(A_{FLX-H})에 적용할 수 있는 횡방향 최대 가속도 값은 다음과 같다.

$$A_{RIG-H} = 5.59 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.17})$$

$$A_{FLX-H} = 7.45 \text{ m/s}^2 \quad (\text{C.18})$$



[출처: KDS 41 17 00, 건축물 내진설계기준]

그림 C.3 — 국가지진위험지도, 재현주기 2 400년 최대고려지진의 유효지반가속도(S) %

부속서 D
(참고)

손상검사결과 보고의 예

시험 대상품	시험 횟수	최대 지반 가속도 (m/sec ²)	최대 층간 변형각 (radian)	손상발생 유무		세부내용
				경미한 손상	심각한 손상	
비내력 벽체	1	0.571	0.007	경미한 손상	■	- 접합피스 풀림 - 개구부 보의 균열
				심각한 손상	□	
	2	0.694	0.010	경미한 손상	■	- 접합피스 탈락 - 보드의 일부 파손 및 접합분리
				심각한 손상	□	
	3	0.828	0.014	경미한 손상	■	- 스테드의 소성변형 - 보드의 손상 확대
				심각한 손상	□	
	4	0.972	0.019	경미한 손상	■	- 러너의 슛핀 탈락 및 소성변형
				심각한 손상	□	
	5	1.121	0.021	경미한 손상	□	
				심각한 손상	■	- 전체적인 벽체 랙킹 발생

참고문헌

- [1] 건축물 내진설계기준 (KDS 41 17 00), 국가건설기준센터, 2019.
- [2] IBC, International Building Code, International Code Council, 2015.
- [3] ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016.
- [4] ASCE/SEI 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, 2017.
- [5] FEMA E-74, Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage, Federal Emergency Management Agency, 2012.
- [6] NZS 4203:1992, Code of Practice for General Structural Design and Design Loading for Buildings, Volume 1 Code of Practice, Standard Association of New Zealand, 1992.
- [7] NBCC, National Building Code of Canada, 2005.
- [8] FEMA 461, Interim Testing Protocols for Determining the Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components, Federal Emergency Management Agency, 2007.
- [9] International Code Council, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components (ICC-ES AC 156), Whittier, CA., 2019.
- [10] American Architectural Manufacturers Association, Recommended Static Test Method for Evaluating Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems Subjected to Seismic and Wind-Induced Inter-Story Drift, AAMA 501.4-18, 2018.
- [11] American Architectural Manufacturers Association, Recommended Dynamic Test Method for Determining the Seismic Drift Causing Glass Fallout from Window Wall, Curtain Wall and Storefront Systems, AAMA 501.6-18, 2018.
- [12] American Society for Testing Materials, Standard Test Methods for Cyclic (Reversed) Load Test for Shear Resistance of Vertical Elements of the Lateral Force Resisting Systems for Buildings, ASTM E2126-19, 2019.
- [13] ATC 3-06, Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings, Applied Technology Council, 1978.
- [14] Chang KK, Park NW, Development and performance evaluation of uncut anchor stone curtain wall construction method, J. Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 18(4):138-146, 2014.
- [15] Choi KS, Yi WH, Yang WJ, Kim HJ, A study on evaluation of floor response spectrum for seismic design of non-structural components, EESK J. Earthquake Eng., 17(6):279-291. 2013.
- [16] Chang KK, Lim YC, Seo DW, Comparison of building code for design of non-structural elements for building, AIK J. Architectural Institute of Korea, 29(1):23-30, 2013.
- [17] C. Bedon, C. Amadio, Enhancement of the seismic performance of multi-story buildings by means of dissipative glazing curtain walls, Engineering Structures 152:320-334, 2017.
- [18] C. Aiello, N. Caterino, G. Maddaloni, A. Bonati, A. Franco, Experimental and numerical investigation of cyclic response of a glass curtain wall for seismic performance assessment, Construction and Building Materials 187:596-609, 2018.
- [19] S. Mohebbi, S.R. Mirghaderi, F. Farahbod, A.B. Sabbagh, S. Torabian, Experiments on seismic behaviour of steel sheathed cold-formed steel shear walls clad by gypsum and fiber cement boards, Thin-Walled Structures 104:238-247, 2016.
- [20] E.T. Yalaz, A.U. Tavit, O.C. Celik, Lifetime performance evaluation of stick and panel curtain wall systems by full-scale testing, Construction and Building Material 170:254-271, 2018.

- [21] C. Bedon, C. Amadio, Numerical assessment of vibration control systems for multi-hazard design and mitigation of glass curtain walls, *Journal of Building Engineering* 15:1-13, 2018.
- [22] B. Huang, S. Chen, W. Lu, K.M. Mosalam, Seismic demand and experimental evaluation of the nonstructural building curtain wall: A review, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 100:16-33, 2017.
- [23] P. Negro, M.L. Tornaghi, Seismic response of precast structures with vertical cladding panels: The SAFECCLADDING experimental campaign, *Engineering Structures* 132:205-228, 2017.
- [24] B. Huang, W. Lu, K.M. Mosalam, Shaking table testing of granite cladding with undercut bolt anchorage, *Engineering Structures* 171:488-499, 2018.
- [25] 오상훈, 박종원, 박해용, 외부마감재가 부착된 볼트접합 방식 패널링 시스템의 내진성능평가를 위한 진동대 실험, *한국지진공학회 논문집* 22(1):23-32, 2018.
- [26] The British Standard Institution (BSI), *Bases for Design of Structures – Loads, Forces and Other Actions – Seismic Actions on Nonstructural Components for Building Applications*, BS ISO 13033:2013, Lodon: BSI standard publication, 2013.
- [27] J. Wilcoski, J.B. Gambill, S.J. Smith, *The CERL Equipment Fragility and Protection Procedure (CEFAPP)*, USACERL, Technical report No. 97/58, U.S. Army Corps of Engineering, Champaign, III, 1997.
- [28] China National Standard (CNS), *Shaking Table Test Method of Earthquake Resistant Performance for Building Curtain Wall*, GB/T 18575-2001 Beijing, China: Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China, 2001.

SPS-F KOCED 0030-xxxx:2021

해 설

이 해설은 이 표준과 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

1 개요

1.1 제정의 취지

일반적으로 구조적인 내진성능은 유한요소 해석기법의 발전으로 해석적인 방법으로도 충분히 건전성을 확인, 검증하는 것이 가능하다. 여기서 해석적인 방법이라 함은 시험대상품의 구조를 수치해석적인 방법으로 모델링하고 지진가속도를 부여하여, 외부 손상 여부와 변형 등의 판정조건을 확인하는 간접적인 방법을 말한다. 그러나 다양한 재료로 제작된 부품들이 복잡하게 조합되는 건축비구조요소는 해석적 검토는 신뢰성 확보에 있어서 아직까지 한계점이 있다고 할 수 있다. 이에 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00) 18.1.3.2항(실험적 절차)에서 시험을 통해 비구조요소 및 그 지지부의 내진성능을 확인할 수 있도록 하고 있다. 다만, 진동대 시험에 대한 상세 방법론은 제시하고 있지 않다.

기계와 전기설비에 대한 내진성능을 평가하기 위하여 해당 산업분야에 적용가능하도록 고안된 진동대 시험방법이 존재한다. 이러한 시험방법들에서는 진동대를 이용한 실증시험으로 설계지진하중에 대하여 해당 설비의 구조적, 기능적 안전성을 평가하고 있다. 그러나 건축비구조요소는 별도의 기능을 정의하기 어려우므로 시험 대상에 포함되지 않았다. 특히 건축물의 층간변위에 지대한 영향을 받는 변위민감형 건축비구조요소의 경우 층간변위를 모사할 수 있는 시험용 지그프레임이 필수적으로 요구되지만 현재까지 국내·외 진동대 시험방법에서는 해당내용이 반영된 바가 없었다.

2016년에 발생한 경주지진과 2017년에 발생한 포항지진으로 인하여 많은 건축비구조요소의 손상이 보고되었으며 관련 기준이 강화되었고, 건축비구조요소의 설계지진에 대한 안전성 평가가 요구되기 시작하였다. 본 표준에서는 진동대를 이용한 실증시험으로 가속도와 층간변위에 지배적인 영향을 받는 건축비구조요소의 내진성능을 평가할 수 있는 표준화된 방법을 제시하고자 하였다.

1.2 제정 경위

단체표준 개발을 위한 본 운영원은 시험기관협의체를 구성하고, 천장재의 내진성능평가를 위한 진동대 시험방법을 2021년 00월 00일에 작성하였으며, 이후 단체표준심사위원회를 구성하여 총 0회에 걸쳐 단체표준(안)을 심의하였다. 또한 여러 차례에 걸쳐 이해관계자들의 의견을 수렴하였고, 2021년 00월 00일부터 2021년 00월 00일까지 운영원 홈페이지에 제정 예고 및 안내를 거쳐 단체표준(안)에 대한 합의를 도출하였다. 그 결과, 2021년 00월 00일에 최종안을 의결하였고, 이를 표준으로 제정하였다.

2 규정항목의 내용과 근거

2.1 적용범위

이 표준은 국내 건축물 내진설계기준에서 정의하고 있는 건축비구조요소 중 건축물의 한 층 이상에 대하여 수직으로 배치되어 지진가속도뿐 만 아니라 건축물의 층간변위에 크게 영향을 받는 변위민감형 건축비구조요소의 내진성능 검증을 위한 진동대 시험방법에 대해 규정한다.

이 표준에서 제시하는 진동대 시험방법은 수평 1축 가진 시험을 기본으로 하고 있으며, 설정하는 목표 층간변위에 따라 수 회의 누적가진 시험이 될 수 있다. 내진성능을 확인하고자 하는 시험대상품 이외의 시험대상품의 진동대 설치를 위하여 3차원의 시험용 지그프레임을 필수적으로 요구하고 있고,

시험대상품의 설치방향에 따라 면내방향과 면외방향의 내진성능을 모두 고려할 수 있다. 다만, 수직방향 지진력은 고려하지 않는다.

시험대상품의 범위는 건축비구조요소 중 외장재 시스템(유리커튼월, 하지재에 부착되는 금속 및 석재 패널, 타일형 외장재) 및 비내력 벽체(경량 스티드 석고보드, 경량벽체) 등 건축물 외피 또는 내부에 진 층고에 걸쳐 수직방향으로 배치되어 건축물에 작용하는 가속도뿐 만 아니라 층간변위에 충분한 영향을 받는 비구조요소를 포함한다. 또한 ASCE/SEI 41-13에 제시된 건축비구조요소 분류항목 중 'cladding', 'glazing', 'partitions'를 포함한다.

2.2 용어와 정의

이 단체표준에서 언급하고 있는 용어 및 정의는 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)에 따랐으며, 그 외 부가적인 설명이 필요한 경우 비교에 서술하였다.

2.3 시험설치, 시험방법 및 결과보고

이 표준에서는 변위민감형 건축비구조요소의 내진성능에 관하여 설계기준(KDS 41 17 00)에 따른 설계 가속도와 층간변형각에 대한 요구사항 만족여부 확인을 위한 시험환경조건을 제공하였고, 시험수행 방법과 결과보고방법을 제시하였다. 시험방법에서 입력가속도 시간이력 생성방법, 공진탐색시험방법 및 시험응답스펙트럼 확인방법을 위해 일부 ICC-ES AC 156의 내용을 따르고 있으나, 다음과 같은 주요한 차이점이 있다.

- a) 건축물 설계기준으로 KDS 41 17 00을 적용하였다.
- b) 입면 배치형태를 가지는 변위민감형 건축비구조요소의 시험을 위한 지그프레임 사용을 요구하고 있으며, 지그프레임에 대한 동특성 요구조건을 제시하였다.
- c) 시험결과를 건축물 책임구조기술자가 명확하게 확인할 수 있도록 보고사항을 국내 실정에 맞게 명확히 하였다.

표 1 — 본 표준과 ICC-ES AC 156과 차이점

항목	ICC-ES AC156	단체표준
설계기준	ASCE 7, IBC	KDS 41 17 00
요구사항	시험대상품 제조사와 규격 확인을 위한 최소한의 정보 요구	시험대상품 제조사, 제품명 및 모델명, 규격, 도면, 제품구성요소에 대한 확인 등 상세 정보 요구
적용대상	설계기준에서 언급하는 비구조요소(주로 바닥에 정착되는 비구조요소에 적합함)	변위민감형 건축비구조요소로 한정
시험체 설치방법	실제 시공방식에 따라 진동대 바닥 표면에 직접적 또는 간접적 설치	입면 배치형 시험대상품 설치를 위한 지그프레임 사용요구 및 지그프레임의 동특성에 대한 요구조건 제시
시험방법	1회의 3축 방향 동시가진을 기본으로 하고 있으며, 각 1회씩의 2축 방향(X-Z, Y-Z) 동시가진 및 각 1회씩의 1축 방향 가진을 허용	관심 1축 수평방향에 대한 가진을 기본으로 하고 있으며, 목표 층간변형각 도달 여부에 따라 점증 반복 가진 수행
시험결과보고	시험대상품의 시험 전후 기능확인, 인명 손상을 유발할 수 있는 손상의 유무 확인 및 보고	시험 전 합의한 범위 내의 주요 구조적 손상 기록 및 경미한 손상과 심각한 손상을 구분하여 보고, 시험결과에 따른 지그프레임의 최대 응답층간변형각 보고

2.3 요구응답스펙트럼의 결정

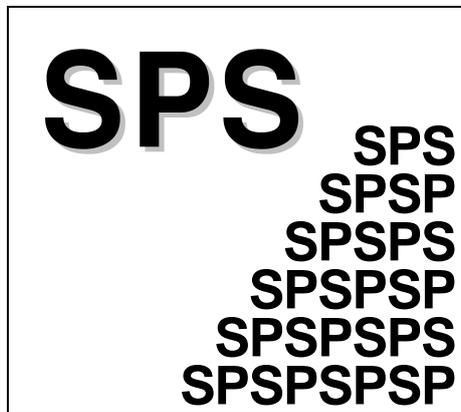
이 표준의 4.2.1절에서 명기한 요구응답스펙트럼을 사용하지 않는 경우에도 연구자와 사용자가 신뢰할 수 있는 진보된 시험방법이 있다면 이를 적용할 수 있다. 예를 들어, KDS 41 17 00 18.2.2항에 따라 별도의 요구응답스펙트럼을 산정할 수 있는 경우에는 이를 적용할 수 있다. 다만, 이 경우 작성된 요구응답스펙트럼은 KDS 41 17 00의 지반응답스펙트럼 또는 층응답스펙트럼 산정방법에 적합하여야 하며, 산정 결과에 대해서 내진설계 책임구조기술자의 확인을 득한 후 시험에 적용하여야 한다.

2.4 인용기준

이 표준에서 적용된 기준은 다음과 같다.

- 건축물 내진설계기준 (KDS 41 17 00), 국가건설기준센터.
- ICC-ES AC 156, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components, 2010
- : 미국, 국제기준관리기관(International Code Council)에서 인정하는 비구조요소의 내진성능검증을 위한 진동대 실험절차에 대한 문서

SPS-F KOCED 0030-일련번호:2021



**Shake-table testing method for displacement-sensitive
architectural non-structural components**

ICS 91.060