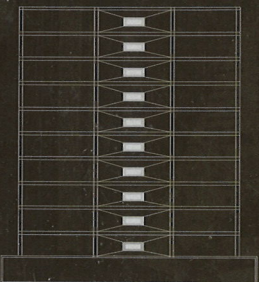
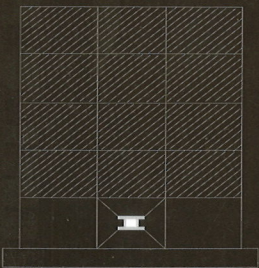
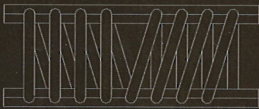
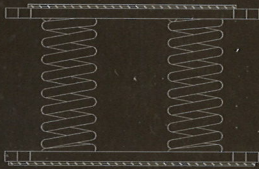
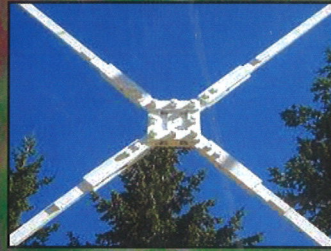


제진구조설계 기술검토 지침

PEER-REVIEW GUIDELINE FOR
DESIGN OF STRUCTURES WITH DAMPING SYSTEMS

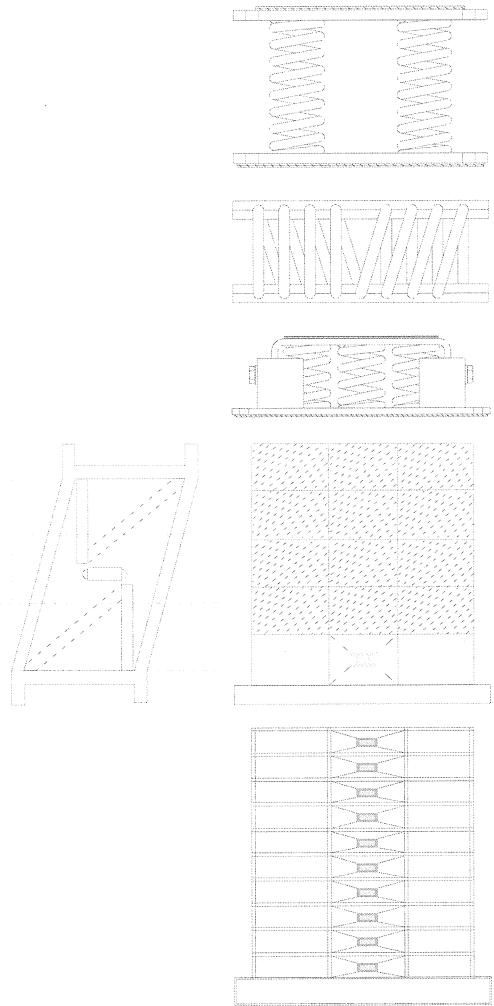




9 35 40
9 788962 253788
ISBN 978-89-6225-378-8

제진구조설계 기술검토 지침

PEER-REVIEW GUIDELINE FOR
DESIGN OF STRUCTURES WITH DAMPING SYSTEMS



머리말

최근 들어 국내에서도 건축물의 내진안전성의 향상뿐만 아니라 지진 발생 후 건축물 기능 확보의 중요성이 인식되면서 제진구조에 대한 설계 사례가 증가하고 있다. 그러나 현 시점에서 제진구조의 동적 응답특성 분석을 위한 해석모델링 기법의 신뢰성 문제, 제진장치의 실험적 검증 및 복원력 특성 모델에 대한 검증자료가 부족하여 제진구조의 설계프로세스가 제대로 제시되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 제진구조의 설계프로세스 및 기준이 정립되기까지는 앞으로 시간이 소요될 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 건축물의 지진에 대한 안전성 확보라는 사회적 기대에 따른 제진구조 설계에 대한 요구는 빠른 속도로 증가될 것으로 예상된다.

따라서 ‘제진구조설계 기술검토 지침’은 제진구조 설계기준 혹은 프로세스가 제시되지 않은 상태에서도 기술검토과정을 거쳐 제진구조의 설계과정에서 발생할 수 있는 오류를 최대한 억제시키고 신뢰성 높은 제진구조 실현을 목적으로 하고 있다.

기술검토 지침에서는 제진구조의 성능을 기술검토에 의해 검증하기 위한 일련의 검토과정과 검토내용을 제시하고, 그 과정을 예제를 통하여 알기 쉽게 기술한다. 그러나 기술검토 지침은 현 시점에서 성능이 입증된 제진구조를 중심으로 기술되고 있기 때문에 설계기술 및 해석기술의 발달, 연구 자료의 축적 등에 의해 향후에도 지속적으로 개정되어 나가야 할 것으로 판단된다.

기술검토 지침은 제진구조의 설계수준을 향상시키고 신뢰성이 높은 제진구조 설계를 위해 도움이 되고자 작성된 것으로, 특정 기관의 심의 혹은 심사의 기준으로 사용되는 것은 바람직하지 않다. 또한 기술검토 지침의 활용도는 기술검토자의 능력 및 공정성에 의해 크게 좌우됨을 강조하고자 한다.

제진구조설계 기술검토 지침 집필위원장 오상훈
사단법인 한국면진제진협회 회장 이원호

제진구조설계 기술검토 지침의 집필 및 자문위원

집필위원장 오상훈 | 부산대학교 교수

집필간사 김형준 | 서울시립대학교 교수

집필위원 김석구 | 3D구조 대표
김태진 | 창민우구조 본부장
김형근 | SH공사 건설기술연구팀장
윤병익 | 아이맥구조 대표
이기학 | 세종대학교 교수
이원호 | 광운대학교 교수
천영수 | LH공사 수석연구원

자문위원 홍성목 | 서울대학교 명예교수
이리형 | 한양대학교 명예교수
강신량 | 삼우구조 고문
김종호 | 창민우구조 대표
장극관 | 서울과학기술대학교 교수
정광량 | 동양구조안전기술 대표
곽한식 | 지에스건설 구조팀장
이현호 | 동양대학교 교수
장동운 | 쌍용건설 구조팀장

차례

제1장 서론	17
0101 기술검토 지침의 필요성 및 목적	17
0102 기술검토 지침의 범위 및 내용	19
0103 설계자와 검토자의 자격 및 책임	21
0103.1 프로젝트 책임자	21
0103.2 구조설계자	21
0103.3 기술검토자	22
0104 기술검토에 필요한 문서	23
제2장 제진구조설계의 일반사항	26
0201 제진구조물의 기본개념	26
0201.1 제진구조물의 지진응답	28
0201.2 에너지 평형방정식	30
0202 제진장치의 종류 및 특성	33
0202.1 변위의존형 제진장치	34
0202.1.1 강제이력형 제진장치	34
0202.1.2 마찰형 제진장치	37
0202.2 속도의존형 제진장치	38
0202.2.1 점성 제진장치	39
0202.2.2 점탄성 제진장치	41
0203 제진구조 설계법	43
0203.1 강도기반 설계법	49
0203.1.1 이론적 배경	49
0203.1.2 설계절차	54
0203.2 에너지 기반 설계법	56
0203.2.1 이론적 배경	58
0203.2.2 설계절차	60

제 3 장	제진구조설계 기술검토	62
0301	제진구조설계 기술검토를 위한 제출도서	63
0302	제진장치의 성능	66
0302.1	제진장치의 실험	66
0302.2	제진장치의 실험결과	66
0302.3	제진장치의 설계식	67
0302.4	제진장치의 학술적 검증	67
0303	제진구조물의 해석모델	67
0303.1	해석모델의 일반사항	67
0303.1.1	일반 요구사항	67
0303.1.2	지진력저항시스템	68
0303.1.3	제진시스템	68
0303.1.4	지반운동	69
0303.2	선형해석	69
0303.3	비선형해석	69
0303.3.1	비선형해석의 요구조건	70
0303.3.2	구조물의 해석모델	70
0303.3.3	제진장치의 해석모델	70
0303.3.4	응답 매개변수	71
0304	제진구조물의 해석결과	72
0304.1	일반사항	72
0304.2	비선형 해석절차	74
0304.2.1	지진력저항시스템	74
0304.2.2	제진시스템	75
0304.3	응답 스펙트럼 절차 및 등가횡력 절차	75
0304.3.1	지진력저항시스템	75
0304.3.2	제진시스템	76

제 4 장 제진구조설계 기술검토 예	83
0401 신축 제진구조물의 기술검토	83
0401.1 대상 구조물	83
0401.2 제진구조설계 1차 기술검토	85
0401.2.1 제진구조물 설계	85
0401.2.2 제진구조물 설계 기술검토 의견	85
0401.3 제진구조설계 2차 기술검토	96
0402 내진보강을 위해 제진장치를 사용한 기존 구조물의 기술검토	106
0402.1 대상 구조물	106
0402.2 기존 구조물 내진성능 향상을 위한 제진구조설계 1차 기술검토	108
0402.3 기존 구조물 내진성능 향상을 위한 제진구조설계 2차 기술검토	113
0402.4 기존 구조물 내진성능 향상을 위한 제진구조설계 3차 기술검토	119
참고문헌	123
부 록	125
I. 제진구조설계 기술검토를 위한 체크리스트	125
II. ASCE 7-10: 제진구조물의 내진설계 요구사항	137
III. 에너지 평형이론에 의한 제진구조 설계지침	213

그림 차례

〈그림 0102.1〉 제진구조설계 기술검토 절차	19
〈그림 0201.1〉 지반가속도 기록	29
〈그림 0201.2〉 가속도 및 변위응답 스펙트럼	29
〈그림 0202.1〉 강재의 응력-변형도 곡선	35
〈그림 0202.2〉 변위의존형 제진장치를 가진 제진구조물의 거동	36
〈그림 0202.3〉 변위의존형 제진장치의 에너지 소산능력	37
〈그림 0202.4〉 점성 제진장치	39
〈그림 0202.5〉 점성 제진장치의 하중-변위 관계 곡선	41
〈그림 0202.6〉 점탄성 제진장치의 해석모델과 이력거동	42
〈그림 0203.1〉 비선형 정적해석법	47
〈그림 0203.2〉 지진력저항시스템의 탄성거동과 비선형거동	50
〈그림 0203.3〉 제진구조물의 성능점과 가속도 응답감소계수	54
〈그림 0203.4〉 지진가속도, 가속도 스펙트럼과 속도 스펙트럼	57
〈그림 0304.1〉 시간이력에 따른 소산에너지 결과의 예	73
〈그림 0401.1〉 대상구조물의 기준층 구조평면도	84
〈그림 0401.2〉 대상구조물의 구조입면도 및 제진장치	84
〈그림 0401.3〉 지진력저항시스템의 부재 일람표	97
〈그림 0402.1〉 대상 구조물의 기준층 구조평면도	107
〈그림 0402.2〉 대상 구조물의 전체적인 설계 및 기술검토 절차	108
〈그림 0402.3〉 슬릿 강판을 이용한 창문 타입 강재이력형 제진장치와 제원	113
〈그림 0402.4〉 창문 타입 강재이력형 제진장치의 단계별 응력분포	119

표 차례

〈표 0202.1〉 수동형 제진장치의 분류	34
〈표 0203.1〉 지진력저항시스템의 해석방법 분류	44
〈표 0303.1〉 비선형해석에 대한 기술검토 사항	71
〈표 0304.2〉 허용층간변위	75
〈표 0304.3〉 변위에 대한 조합력 계수	79
〈표 0304.4〉 속도에 대한 조합력 계수	79
〈표 0304.5〉 지진력저항시스템에 대한 기술검토 사항	81
〈표 0304.6〉 제진시스템에 대한 기술검토 사항	82
〈표 0401.1〉 강재이력형 제진장치의 규격 및 성능	85
〈표 0401.2〉 지진력저항시스템의 부재 일람표	85
〈표 0401.3〉 제진구조물 일반사항 체크리스트	87
〈표 0401.4〉 제진구조물 설계하중 체크리스트	88
〈표 0401.5〉 지진력저항시스템의 동특성에 대한 체크리스트	89
〈표 0401.6〉 지진력저항시스템의 해석모델에 대한 체크리스트	90
〈표 0401.7〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 체크리스트	92
〈표 0401.8〉 기술검토 종합의견서	94
〈표 0401.9〉 1차 제진구조설계 기술검토 의견 반영사항	96
〈표 0401.10〉 사용된 강재이력형 제진장치의 규격 및 성능	97
〈표 0401.11〉 제진구조물 설계하중 2차 체크리스트	98
〈표 0401.12〉 지진력저항시스템의 동특성에 대한 2차 체크리스트	99
〈표 0401.13〉 지진력저항시스템의 해석모델에 대한 2차 체크리스트	99

〈표 0401.14〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 2차 체크리스트	102
〈표 0401.15〉 해석결과에 대한 2차 체크리스트	104
〈표 0401.16〉 기술검토 2차 종합의견서	105
〈표 0402.1〉 기존 구조물의 내진성능평가 결과	108
〈표 0402.2〉 제진구조물 일반사항 1차 체크리스트	109
〈표 0402.3〉 제진구조물 설계하중 1차 체크리스트	110
〈표 0402.4〉 지진력저항시스템의 동특성에 대한 1차 체크리스트	111
〈표 0402.5〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 1차 체크리스트	112
〈표 0402.6〉 제진구조물 일반사항 2차 체크리스트	115
〈표 0402.7〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 2차 체크리스트	116
〈표 0402.8〉 지진력저항시스템의 해석모델에 대한 2차 체크리스트	117
〈표 0402.9〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 3차 체크리스트	120
〈표 0402.10〉 해석결과에 대한 3차 체크리스트	121
〈표 0402.11〉 기술검토 종합의견서	122
〈표 A.1〉 제진구조물 일반사항 체크리스트	127
〈표 A.2〉 제진구조물 설계하중 체크리스트	128
〈표 A.3〉 제진장치의 해석모델 및 실험결과에 대한 체크리스트	129
〈표 A.4〉 지진력저항시스템의 동특성에 대한 체크리스트	131
〈표 A.5〉 지진력저항시스템의 해석모델에 대한 체크리스트	132
〈표 A.6〉 해석결과에 대한 체크리스트	134

기 호

- A_o : 오리피스의 단면적
 A_p : 피스톤 헤드의 단면적
 A_s : 점탄성 제진장치의 단면적
 B_m : m 차 모드의 가속도 응답감소계수
 C : 점성 제진장치의 감쇠정수(Damping Coefficient)
 C_d : 변위증폭계수(Deflection Amplification Factor)
 C_{dc} : 오리피스의 유량계수(Discharge Coefficient)
 C_{mFD} : 최대변위 시 조합력계수
 C_{mFV} : 최대속도 시 조합력계수
 C_{mS} : m 차 모드의 설계가속도 스펙트럼
 D_{el} : 설계지진하중 작용 시 지진력저항시스템의 지붕층 변위
 DI : 구조물의 손상지표(Damage Index)
 D_m : m 차 모드형상에 따른 강제변위 시 지붕층 변위
 D_s : 설계 밀면전단력 재하 시 탄성해석으로 구한 지붕층 변위
 E_{el}, W_{dei} : 탄성거동에 의한 탄성변형에너지
 E_f : 지반운동이 끝난 후 지진력저항시스템이 소산한 총에너지양
 E_h : 지반운동이 끝난 후 고유감쇠에 의해 소산된 총에너지양
 E_{hs}, W_{fi} : 소성거동에 의한 소산에너지
 E_{hd}, W_{dpi} : 변위의존형 제진장치에 의한 소산에너지
 E_{id} : 고유감쇠에 의한 소산에너지
 E_{IN}, E_I : 지반운동에 의한 구조물 입력에너지
 E_k : 질점의 운동에너지

E_P : 구조물 전체의 흡수에너지
 E_r : 구조물 이력곡선에 의한 소산에너지
 E_{st} : 지반진동 전 재하하중에 의한 일
 E_V : 지반운동이 끝난 후 제진장치가 소산한 총에너지양
 E_v : 등가 점성감쇠에 의한 소산에너지
 E_{vd} : 속도의존형 제진장치에 의한 소산에너지
 \bar{F} : 각 부재종류별 평균최대요구내력
 $F_{d,max}$: 점탄성 제진장치의 최대감쇠력
 F_{MAX} : 허용최대변위 시 내력비(최대내력/항복강도)
 F_r : 구조물 또는 제진장치의 비선형성을 고려한 복원력
 F_s : 지반진동 전 중력방향 외력
 \bar{F}_V : 제진장치의 평균최대요구내력
 $F_{V,MAX}$: 제진장치의 허용최대내력
 F_Y : 설계강도비(설계강도/항복강도)
 G_c : 점성요소의 전단탄성계수
 G_E : 탄성요소의 전단탄성계수
 Q_{DSD} : 변위의존형 제진장치 요소의 부재력
 Q_E : 수평지진력 효과
 Q_{mDSV} : m 차 모드에서 속도의존형 제진장치 요소의 힘
 Q_{mSFRS} : m 차 모드에서 제진시스템 요소의 부재력
 R : 반응수정계수(Response Modification Factor)
 $S_{A,m}$: m 차 모드의 가속도
 $S_{a,1}$: 지진력저항시스템의 기본고유주기 T_1 의 가속도 스펙트럼계수

$S_{D,m}$: m 차 모드의 변위응답 스펙트럼계수
 T_m : m 차 모드의 주기
 $T_{mD,D}$: 설계지진에 대한 지진력저항시스템의 m 차 모드의 유효주기
 T_S : 가속도 일정구간에서 속도 일정구간으로 전이하는 주기
 V : 등가정적법에 의한 밀면전단력
 V_D : 손상유발 에너지의 속도치환치
 V_E : 총입력에너지의 속도치환치
 V_{el} : 탄성거동 시 지진력저항시스템의 밀면전단력
 V_m : m 차 모드형상에 따른 강제변위 시 밀면전단력
 V_{min} : 지진력저항시스템의 최소밀면전단력
 V_{max} : 지진력저항시스템의 최대내력
 V_s : 지진력저항시스템의 설계 밀면전단력
 $V_{s,Exp}$: 지진력저항시스템의 예상설계 밀면전단력
 V_{yd} : 제진장치의 항복내력
 V_{yf} : 지진력저항시스템의 항복내력
 W_D : 구조물의 고유감쇠와 소성변형에 의한 소산에너지
 W_{Dm} : m 차 모드에서 제진장치의 총에너지 소산양
 W_e : 건축물이 손상한계에 도달할 때까지의 흡수에너지
 W_m : m 차 모드중량
 W_S : 탄성강성과 변위에 의한 구조물 변형에너지
 W_{Sm} : m 차 모드에서의 지진력저항시스템 최대변형에너지
 X_d : 점성 제진장치의 진폭

- b : 점성 제진장치의 압력상수
 c : 구조물의 감쇠정수
 f_d : 점탄성 제진장치의 감쇠력
 g : 중력가속도
 h : 점탄성 제진장치의 높이
 k_f : 지진력저항시스템의 탄성강성
 m : 구조물의 질량
 n : 오리피스스의 개수
 q_H : 지진력저항시스템의 이력곡선 특성값
 $\{u_m\}$: m 차 모드에서 각 층의 변위벡터
 u_{max} : 지진력저항시스템의 최대변위
 u_{ult} : 지진력저항시스템의 극한변위
 x : 지반에 대한 질점의 상대변위
 \ddot{x}_g : 지반가속도
 \dot{x}_p : 점성제진장치 피스톤 운동속도

 Δ_D : 설계지진하중 작용 시 층간변위
 Γ_m : m 차 모드참여계수
 Ω_o : 초과강도계수
 α : 점성제진장치의 속도 지수 또는 항복 후 강성비
 γ_E : 탄성요소의 변형도
 γ_c : 점성요소의 변형도
 γ_s : 점탄성 제진장치의 변형도
 ε : 해석에 사용된 값과 시제품 실험결과와의 오차
 $\bar{\mu}$: 각 부재종류별 평균최대요구 연성도

$\mu_{1,D}$: 설계지진하중 작용 시 지진력저항시스템의 연성도
 μ_{MAX} : 허용최대변위비(허용최대변위/항복변위)
 μ_T : 최대내력 시 연성비(최대내력 시 변위/항복변위)
 $\overline{\mu_V}$: 제진장치의 평균최대요구 연성도
 $\mu_{V,MAX}$: 제진장치의 허용최대 연성도
 ξ_{eq} : 등가 점성감쇠비
 ξ_{Hm} : 지진력저항시스템의 소성거동에 의한 감쇠비
 ξ_I : 고유감쇠비
 ξ_{Vm} : m 차 모드에서 속도의존형 제진장치에 의한 등가점성감쇠비
 ρ : 점성물질의 밀도, 건물 유형에 따른 보정계수 또는 잉여도계수
 τ_E : 탄성요소의 응력
 τ_c : 점성요소의 응력
 τ_s : 점탄성 제진장치의 응력
 $\{\phi\}_m$: m 차 모드 형상벡터
 ω : 회전 진동수

 $\overline{\nabla_V}$: 제진장치의 평균최대요구속도
 $\nabla_{V,MAX}$: 제진장치의 허용최대속도

서론

- 0101 기술검토 지침의 필요성 및 목적
- 0102 기술검토 지침의 범위 및 내용
- 0103 설계자와 검토자의 자격 및 책임
- 0104 기술검토에 필요한 문서

0101 기술검토 지침의 필요성 및 목적

내진설계에서는 건물의 사용연한 동안 발생할 우려가 있는 최대급의 지반운동에 대해 붕괴를 방지하는 범위에서 구조물의 손상을 허용하는 개념을 가지고 있으며, 이는 붕괴방지를 통한 경제성과 안전성을 동시에 만족시키기 위함이었다. 그러나 1994년 노스리지 지진과 1995년의 고베지진 등에 의한 지진피해를 경험한 후, 구조물에 요구되는 다양한 성능을 만족시키기 위해서는 붕괴방지에 의한 안전성 확보만으로는 충분하지 않다는 것을 깨닫게 되었다. 용도에 따라 지진 후에도 건물의 기능을 유지하는 것은 물론 자산 가치를 보전해야 하는 등 목표성능을 만족시키는 성능설계의 필요성이 제기되었다. 이에 따라 미국, 일본 등을 중심으로 외국에서는 성능설계를 목표로 하여 설계법이 개정되고 있으며, 건물에 성능표시를 요구하는 경우가 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 상황에서 국내에서도 건물의 내진성능을 향상시키면서 경제성을 확보하기 위해 제진구조

의 원리를 이용한 설계사례가 나타나기 시작하였다.

그러나 국내에서는 아직 제진구조 설계절차가 제대로 정립되어 있지 못한 상황이며, 설계자에 따라 제진구조 설계방법과 해석방법이 제각각이어서 목표로 하는 성능 및 그 성능을 보증하기 위한 검토방법에 대한 신뢰성을 확보하였다고 할 수 없는 실정이다. 이 시점에서는 제진구조의 설계절차 및 기준의 정립이 가장 중요하다고 할 수 있다. 그러나 아직 제진구조에 대한 기초연구 및 실험·해석적 검증이 충분하지 못한 상황에서 설계기준을 확립하기에는 시간이 필요할 것으로 판단된다. 하지만 제진구조설계기준이 정립되어 있지 않음에도 불구하고, 최근 들어 설계기술의 발전 및 기술변화가 빨라짐에 따라 우수한 내진성능을 보유하고 있는 제진구조에 대한 사회적 요구가 증대되고 있다.

제진구조 등과 같은 새로운 구조시스템의 설계를 위해서는 다양한 해석변수를 고려하여 수행한 정밀해석결과와 실험적 검증결과를 비교하여 해석모델의 적절성을 검증하고 적용성을 평가해야 한다. 실험과 해석을 통한 검증이 이루어진 새로운 구조시스템이나 구조부재를 실제 건물에 적용하기 위해서는, 실험에 관한 전반적인 흐름뿐만 아니라 실험에서 다루지 못한 현실적인 제한조건이 실험 결과에 미치는 영향에 대한 통찰력과 해석모델 수립 시 필요한 모든 정보에 대한 충분한 이해가 뒷받침되어야 한다. 그러나 구조설계 실무자가 이러한 요구조건을 모두 만족시킬 수 있는 능력을 보유한다는 것은 현실적으로 많은 어려움이 존재한다. 이런 어려움을 해소하고 우수한 성능이 검증된 구조시스템과 구조부재의 보다 적극적인 사용을 유도하기 위하여, 미국 등을 중심으로 “구조물 설계에 대한 기술검토(Peer-Review Procedure for Structural Design)”가 제안되고 있다. 구조물 설계에 대한 기술검토는 심의 혹은 승인기관에 의한 최종결과물 평가와 달리, 구조물 설계 초기단계에서부터 적극적으로 구조설계 업무에 동참하여 구조물 설계에 요구되는 다양한 요구조건을 구조설계 실무자와 협의해 가는 과정이라고 할 수 있다.

이러한 배경을 바탕으로 “제진구조설계 기술검토 지침(Peer-Review Guideline for Design of Structures with Damping Systems)”은 설계 초기단계부터 구조물의 실제 거동을 최대한 반영할 수 있는 해석모델 선정, 해석 방법, 부재설계 시 예상되는 다양한 요구사항의 반영 및 분석방법 등을 구조설

계 실무자와 협의하여, 경제적이고 신뢰도가 높은 구조설계 프로세스가 확보될 수 있는 기술검토 절차를 제시하는 것을 목적으로 한다.

0102 기술검토 지침의 범위 및 내용

구조설계 기술검토는 새로운 구조시스템에 대한 기존의 설계기준, 해석기법, 실험결과 및 연구논문 등을 분석하여 효율적인 구조설계가 이루어지도록 설계 전 과정에 걸쳐 이루어지게 된다. 그림 0102.1과 같은 제진구조설계 기술검토 절차는 설계 프로세스에 따라 다음과 같은 내용으로 구성된다.

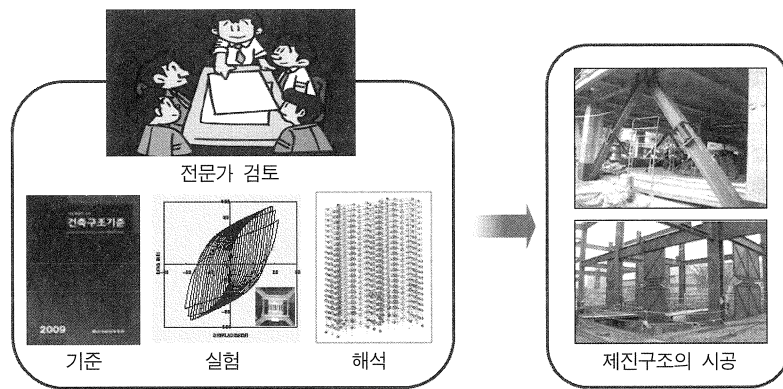


그림 0102.1 제진구조설계 기술검토 절차

(1) 설계에 적용된 기준 및 적용 타당성 분석

- 적용 설계기준의 적합성
- 목표 요구성능의 타당성 및 설계기준과의 부합성
- 설계프로세스의 적합성

(2) 제진장치의 성능 분석

- 제진장치의 종류
- 제진장치 종류에 따른 실험변수의 적합성

- 실험결과 분석 및 성능 분석의 적합성
- 제진장치의 한계성능 예측 및 검증
- 제진장치의 복원력 특성모델의 적합성

(3) 제진구조시스템 구성의 적합성

- 구조형식에 따른 제진장치 적용성 검토
- 적용 설계기준의 요구성능 검토
- 제진장치의 배치방법에 대한 적합성
- 제진장치와 구조부재의 연결 상세
- 제진장치의 효율성 분석
- 제진구조시스템의 시공성 분석

(4) 제진구조시스템 해석모델의 타당성 분석

- 해석모델 수립 절차의 타당성
- 구조부재 특성의 타당성
- 실험결과와 해석모델 복원력 특성의 허용오차 검토
- 해석 프로그램의 신뢰성 및 타당성 검토
- 해석절차의 타당성 검토
- 입력하중 및 입력지진파의 타당성 검토

(5) 해석결과 분석

- 제진구조 전체의 소성한지 및 손상분포 검토
- 구조부재별 안전성 검토
- 접합부의 안전성 검토
- 해석결과의 변수별 표현방법의 타당성 검토
- 해석결과의 설계기준 요구성능 만족여부 검토
- 제진장치의 효율성 및 안전율 검토

(6) 보고서 작성

- 검토의견 작성
- 권고사항 및 개선사항 의견 작성

0103 설계자와 검토자의 자격 및 책임

제진구조물에 대한 기술검토 시 요구되는 문서와 제진구조의 설계와 검토에 참여하는 개인이나 단체의 자격, 전문성과 책임에 대해 서술한다. 또한 제진구조물의 설계자가 기술검토를 위하여 보고서에 포함시켜야 할 내용들을 제시하고, 설계의 각 단계별 검토에서 필요로 하는 요구조건들에 대해서 설명한다.

0103.1 프로젝트 책임자

기술검토는 프로젝트 책임자의 주관 하에 수행되어야 한다. 여기서 프로젝트 책임자란 프로젝트의 발주자 또는 제진구조물의 설계 및 시공에 대하여 총괄 책임을 지닌 개인이나 단체를 의미한다. 프로젝트 책임자는 전문기관에 의뢰하여 구조설계자와는 별개로 독립적인 기술검토자를 구성해야 하며, 이와 관련하여 발생하는 비용을 지불해야 한다.

기술검토자는 제진구조물의 각 설계단계에서 구조설계자에게 조언할 수 있는 자로 구성되어야 한다. 기술검토자의 의견이 설계에 적절히 반영될 수 있도록 제진구조물의 건설과 관련된 관청 및 이해당사자의 조언을 바탕으로 기술검토자를 선발하는 것이 바람직하다.

0103.2 구조설계자

제진구조의 설계를 위해 필요한 정보를 수집하고 관련 기준 또는 절차에 따라 설계를 수행하기 위하여, 구조설계자는 제진구조의 설계와 관련된 자격, 경험 및 전문성이 요구되며, 다음과 같은 요건이 포함된다.

- ① 제진장치 및 구조재료·부재에 대한 실험결과를 이해할 수 있는 능력
- ② 제진장치의 동적 특성을 이해하고 제진구조시스템을 설계할 수 있는 능력
- ③ 제진구조시스템의 해석모델 수립 및 해석 수행능력

구조설계자는 제진구조를 설계함에 있어서 규범적인 절차를 따라 수행하고,

설계결과를 문서화하며, 기술검토자와 협의해야 할 책임이 있다.

제진구조에 대한 실험은 국내 또는 국외의 공인된 실험실에서 수행하는 것을 원칙으로 한다. 이들 실험실은 제진시스템의 재료실험, 구조부재실험, 접합부실험, 골조실험이 가능한 실험기자재를 구비하여 제진시스템의 거동을 평가할 수 있는 능력을 보유하고 있어야 한다. 다만, 기술검토자와의 협의 후 상기 조건을 충족하지 않은 곳에서도 제진구조의 설계와 관련된 실험을 진행할 수도 있다.

구조설계자는 제진구조물을 설계할 수 있는 충분한 전문성을 보유해야 한다. 구조설계자는 건축구조기준(KBC, Korean Building Code)에서 명시하고 있는 내진설계 요건과 제진구조물의 설계와 관련된 국내·외의 관련 기준 또는 지침 등에 대하여 충분한 지식을 보유해야 한다. 제진구조를 실현 가능하게 하기 위해서는 시공이 용이한 시스템으로 구성해야 하며, 제진구조물의 시공기술에 대한 사전지식이 필요하다.

구조설계자가 비선형 해석을 수행하는 경우에는 목표 성능레벨에 상응하는 지반운동에 대하여 설계대상 제진구조물의 비선형 거동을 예측할 수 있는 비선형 해석모델을 이해할 수 있어야 하며, 비선형 동적 해석이 가능한 소프트웨어에 대한 사용경험과 설계기준에서 명시하고 있는 해석절차에 대한 지식과 설계경험이 필요하다.

0103.3 기술검토자

기술검토자는 구조설계자와의 협의를 바탕으로 제진구조물의 성능 및 거동특성의 확인을 위하여 검토보고서에 포함될 내용 및 범위를 선택 또는 추가할 수 있다. 기술검토자는 제진구조물의 설계절차에 대하여 충분한 지식을 보유한 관련분야 전문가로 구성되어야 한다.

기술검토자는 관련 기준 또는 절차에 따라 제진구조시스템 기술검토를 수행하기 위해 제진구조의 설계와 관련된 자격, 경험 및 전문성이 요구되며, 다음과 같은 요건이 포함된다.

- ① 제진시스템의 재료실험, 구조부재실험, 접합부실험, 골조실험
- ② 설계와 시공에 대한 엔지니어링
- ③ 비선형 해석

기술검토자는 실험과 해석을 포함하여 제진구조물의 설계를 엄격하게 평가할 수 있는 자질을 보유해야 한다. 만약 해석 또는 설계에 사용된 프로그램이 구조설계자에 의하여 개발된 것이라면, 이와 다른 방법을 사용하여 이를 검증할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

기술검토자는 제진구조물과 관련된 모든 실험, 제진구조물의 설계요건, 비선형 해석절차와 해석결과에 대한 검토와 함께 모든 설계절차에 대해 검토 및 조언을 할 의무가 있으며, 검토 후 의견과 권고사항 그리고 결론에 대한 견해를 보고서로 작성해야 한다. 기술검토자가 작성한 모든 보고서는 제진구조물의 승인권을 가진 기관에서 검토가 가능하도록 해야 한다.

기술검토 지침은 구조설계자와의 효율적인 협의 절차를 제시한 것이므로, 기술검토자는 심의기능을 목적으로 하지 않음을 분명히 인식하여 권고 및 개선사항을 제시해야 하고 구조설계자와의 의견 불일치 항목을 정리하여 보고서에 포함시켜야 한다.

0104 기술검토에 필요한 문서내용

제진구조물의 설계 및 시공, 관할기관의 검토와 승인, 그리고 기술검토자의 검토와 확인을 위하여 구조설계자는 설계의 중요사항을 문서화해야 한다. 제진구조물의 설계와 관련된 문서에는 아래의 내용들이 포함되어야 한다.

(1) 제진구조물의 일반사항

- 제진구조물의 개요
- 구조재료
- 제진구조물의 수평적·수직적 형태를 나타내는 구조도면
- 제진장치의 설치위치
- 제진장치와 지진력저항시스템의 연결부 도면

(2) 제진구조물의 설계하중

- 고정하중과 활하중 등을 포함한 구조물의 동적 거동에 영향을 주는 모든 중력하중
- 지진하중을 제외한 구조물의 수평변위를 발생시키는 수평하중
- KBC에서 제시하고 있는 지진하중

(3) 제진구조물의 동적 특성

- 구조물의 동적 모드에 대한 주기와 모드형상
- 각 모드별 설계 스펙트럼
- 각 모드별 모드중량과 모드 참여계수
- 제진구조물의 동적 특성에 영향을 줄 수 있는 특이사항

(4) 지진력저항시스템의 해석모델

- 해석기법과 해석에 사용한 프로그램
- 감쇠모델과 질량모델 등을 포함한 구조해석 기본 가정사항
- 구조물 하중재하 조건
- 주요 구조부재 거동의 이력모델과 이력모델 특성치

(5) 제진장치의 해석모델

- 제진장치의 종류와 이를 구현할 수 있는 이력모델
- 탄성강성을 포함한 해석에 필요한 모든 강성과 내력 및 비선형 거동 특성
- 제진장치의 한계상태에 대한 기준

(6) 제진장치 실험결과

- 제진장치 관련 모든 실험내용과 결과
- 시험체와 사용 제진장치와의 유사성
- 탄성강성을 포함한 해석에 필요한 모든 강성과 내력 및 비선형 거동 특성
- 제진장치를 구현하기 위한 해석모델과 실험결과와의 오차
- 사용 제진장치에 대한 제품실험 여부와 제품실험 프로그램에 대한 모든 정보

(7) 제진장치 설치 및 유지보수

- 제품생산 시 품질관리계획 및 매뉴얼