

미국 서부 지역의 기존 건물 내진 성능 평가

Practice of Seismic Risk Assessment of Existing Buildings in the West Coast in US



김 대 환^{1)*}

Kim, Dae Hwan S.E.

1. 서 론

미국 서부는 지구상에서 일본과 더불어 가장 활발한 지진 활동이 계속적으로 일어나는 지역이다. 미 서부 지역 중에서도 알래스카 주에서 가장 빈번한 지진이 발생하지만, 인구 밀집도와 광범위한 사회기반 시스템을 고려해 볼 때 캘리포니아 주에서 가장 큰 피해를 주는 지진이 발생해왔다. 따라서 이로 인한 피해를 막거나 혹은 줄이고자 하는 노력은 정부와 학계, 캘리포니아의 구조 엔지니어(SEAOC ; Structural Engineers Association of California)를 중심으로 이미 오래전부터 이루어져 왔다.

캘리포니아 주에서는 1971년 San Fernando 지진에 의해 야기된 여러 병원의 심각한 훼손 또는 붕괴를 계기로, 병원 건물은 지진 후에도 그

기능을 유지해야 한다는 것을 골자로 하는 법안¹⁾을 마련하였다. 하지만 그럼에도 불구하고 1994년 Northridge 지진으로 이전에 지어진 시설물의 심각한 피해뿐만 아니라 법안이 정한 설계 기준으로 신축된 병원에 대해서도 내외부의 건축 마감재 등 비구조물 파손이 발생하였고 이에 따른 병원 기능의 부분적 제한 또는 일시적 장애가 일어났다.

이에 1994년 후속 법안인 'SB 1953²⁾'으로 캘리포니아 주에 있는 모든 2차 의료기관 이상의 병원에 대한 성능평가와 이에 따른 보장을 집행하게 된다. 이 법안에 의해 만들어진 기준은 구조 시스템을 이루는 부재에 대한 내진 성능뿐만 아니라 천장, 조명 등을 위시한 건축적 비구조물에 대한 성능 기준까지 내진 평가에 포함하고 있다.

1) Nabih Youssef Associates, 미 캘리포니아 구조기술사, 성능 기반 설계 그룹 책임

* E-mail : dkim@nyase.com

1) Alfred E. Alquist Hospital Facilities Seismic Safety Act, 1983

2) SB 1953: Hospital Seismic Upgrade Program, 1994

한편, 이렇게 핵심 사회 시설에 대한 보강 방안이 마련되어 집행되는 동안, 일반 건물에 대한 내진 보강에도 많은 발전이 이루어졌다.

FEMA 273³⁾로부터 시작된 기존 건물의 내진 보강 지침과 성능기반설계 개념을 정립한 Vision 2000⁴⁾을 토대로 FEMA 356⁵⁾을 거쳐서, 현재는 광범위하게 사용되는 내진 보강 기준인 ASCE 41-06⁶⁾에 이르게 되었다.

내진 보강은 우선 잠재적인 지진에 대한 구조물의 성능을 평가하고 구조물이 결과적으로 입을 피해 가능성에 대한 시나리오를 찾는 데서 출발한다. 구조물이 필요로 하는 최소한의 성능 기준 또는 최소한의 경제적 투자로 최대한의 성능 향상을 위한 내진 보강은 구조물에 대한 정확한 진단에서 출발하며, 이를 위한 내진 성능 평가는 매우 중요하다.

여기에서는 미 서부 지역의 실제 보강에 들어가기 전에 이루어지는 내진 평가 과정과 구조 엔지니어가 사용하는 기법에 대해서 살펴봄으로써, 향후 한국에서 내진 평가 및 보강 프로젝트 수행에 유용한 정보로 활용되기를 기대한다.

2. 내진 평가의 요구

내진 평가는 보통 ‘Seismic Risk Assessment’ 또는 간단히 Seismic Evaluation이라고 불리는 데, 정부에 의해 강제적으로 요구되는 경우와 건물주가 소유 건물에 대해 자발적인 보강을 할 경우뿐만 아니라 보험에 관련되어 필요한 경우 등 다양하다.

2.1 정부 주도의 내진 평가

2.1.1 병원

앞서 서론에서 밝힌 바와 같이 주정부나 지방 정부의 의해 시설물 보강이 강제적으로 이루어지는 경우는 우선 병원과 학교를 중심으로 한 사회 핵심 시설물을 들 수 있다.

SB 1953에 의해 캘리포니아 주 내의 모든 2차 의료기관 이상의 시설물은 2008년 1월 1일 까지 ‘SPC 2’⁷⁾의 성능기준을 충족시켜야 하며, 이를 위해 법안에 상응하는 전반적인 구조 보강이 행해질 경우에 대해서만 2030년 이후까지 운용이 가능하도록 되어 있다. 단, 부분적인 보강의 경우 최대 2013년까지 사용을 연장하거나 2차 진료를 중단 또는 폐쇄하도록 규정하고 있다.

이러한 성능 평가를 위해 캘리포니아 주 보건 조달청(OSHPD)⁸⁾은 병원 건물에 대한 내진 평가 절차⁹⁾를 마련하고 이를 바탕으로 2차 의료 시설에 대한 성능 평가와 보강 계획을 수립·시행해오고 있다.

또한, 이를 바탕으로 법안에서 정해진 기일에 맞추어 모든 2차 의료기관 이상의 시설 구조물과 내외부 비구조재의 성능 향상을 위한 보강이 이루어졌으며 현재도 진행 중이다.

Table 1 병원 건물 내진 평가 절차

1. 현장 답사 및 자료수집
2. 구조 시스템 분류
3. 평가 항목 양식 기입 [부록]
4. 추후 현장 조사
5. 평가 항목에서 발견된 잠재 결함 분석
6. 최종 평가
7. 내진 평가 보고서 준비
8. 평가 보고서 제출

출처 : OSHPD

3) FEMA, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 273), 1997
 4) SEAOC, Vision 2000, 1998
 5) FEMA, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356), 2000
 6) ASCE, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, ASCE Standard (ASCE/SEI 41-06), 2006

7) Seismic Performance Category Level 2: Life Safety
 8) Office of Statewide Health Planning and Development
 9) SB 1953, 2007 Title 26, Part 1, Chapter 6

2.1.2 연성층 (Soft-Story) 구조물

소규모 건물에 대한 내진 평가가 요구되는 경우로 가장 최근에 샌프란시스코 시에서 통과된 내진 보강 법안¹⁰⁾이 있다.

법안의 핵심은 1978년 이전에 지어진 2층 이상 또는 5세대 이상 규모의 연성층(Soft-Story) 목구조물 중에서 자발적 보강¹¹⁾이 이루어지지 않은 모든 건물에 대한 내진 평가와 의무적 보강이다. 이에 따라 2020년까지는 모든 대상 건물은 보강 공사를 완료해야 하며, 건물주는 2014년 9월까지 건축사 또는 구조 기술사의 날인과 서명이 포함된 내진 평가서를 제출해야 한다.

2.1.3 정부 기관의 임대 건물

미국에서는 연방정부 또는 주정부 산하 기관이 시설물을 직접소유하지 않거나 소유건물의 신축 또는 보수 등에 의한 이유로 임시로 일정기간 일반 상업 건물을 임대하는 경우가 흔히 있다.

정부 주도의 내진 평가와는 달리 법안에 의해 강제되는 경우는 아니지만, 이런 경우에 연방정부 조달청 또는 주정부의 조달청은 각 산하 기관의 사용하는 시설물에 대한 성능 기준을 마련해 놓고 임대할 건물의 내진 평가 확인서를 요구한다.

따라서 일반 상업 건물이 정부 기관의 임대를 유치하려고 하는 경우에는 내진 평가를 통해서 건물의 성능이 조달청의 기준에 부합함을 확인해야 하며 이런 이유로 상업 건물의 자발적 내진 보강이 이루어지기도 한다.

2.2 일반 상업 건물의 내진 평가

2.2.1 건물의 재해 보험 및 부동산의 매매

일반적으로 미국 서부지역의 구조 엔지니어가

가장 많이 접하게 되는 내진 평가 프로젝트는 재해 보험회사의 요구에 의해 피보험자인 건물주가 의뢰해 오는 경우가 대부분을 차지한다.

미국 서부 지역의 지진을 대상으로 하는 재해 보험에서 내진 평가 보고서는 잠재적인 지진에 대한 시설물의 성능을 확인하는 정부 주도의 평가와는 달리, 지진으로 인해 대상 건물에서 발생 가능한 손실액에 초점이 맞추어져 있으며 이는 보험료를 결정하는데 있어 중요한 역할을 한다. 이러한 이유로 내진 평가 보고서를 ‘Probable Maximum Loss (PML) Report’라고 부르는 경우가 많다. 또한 이 보고서 내용의 중요성 때문에 보통 건물주는 두 곳 이상의 구조 엔지니어링 회사에 내진 평가를 복수 의뢰하게 된다.

이러한 내진 평가에서는 일반적으로 향후 50년에 대한 예상 시나리오 손실과 최대 시나리오 손실에 대한 보수비용을 건물 전체 가치에 대한 비율로 산정한다. 내진 평가 결과 시나리오 손실이 20%가 넘게 되는 경우 보험회사에 따라 가입이 불가능한 경우가 흔히 있다. 따라서 이 평가에 기초해 건물주는 자발적 내진 보강을 하게 되므로 향후 지진에 대한 건물의 성능을 향상시키기 위한 전문 소견이 포함된다.

그리고 상업 부동산에 대한 매매에 앞서 이루어지는 자산 실사 보고서¹²⁾ 또한 이러한 방향에서 접근한다. 이러한 측면에서 내진 평가 보고서를 ‘Due Diligence Report’라고 부르기도 한다. 상업 부동산의 양도 및 취득에 있어 자산에 대한 평가는 내진 보강이 필요한 경우에 비용에 대한 가감이 포함되기 때문에 매매 양당사자가 각각 내진 평가를 의뢰하게 된다.

드문 경우이지만 보험회사가 피보험자가 제공한 내진 평가 보고서를 신뢰하지 못할 경우 보험

10) Mandatory Soft Story Retrofit Ordinance

11) AB-094: Definition and Design Criteria of Voluntary Seismic Upgrade of Soft-Story, Type V (wood-frame) Buildings, 2010

12) 실무에 있어서는 Seismic Evaluation Report, PML Report, Due Diligence 등을 원래의 목적에 상관없이 혼용해 사용하기도 한다.

회사가 직접 구조 엔지니어에게 의뢰하거나 자체적으로 혹은 자회사의 위험도 분석 부서가 평가를 수행하는 경우도 있다.

2.2.2 건물 설계 기준 요구 사항

정부의 법안이나 보험 및 자산 평가 등의 사례를 제외하고도 기존 건축물에 대한 내진 평가와 잠재적 보강이 설계 기준에 의해 요구되는 경우도 흔히 있다.

구조 시스템 부재의 변경 외에도 건물의 용도 변경에 따른 중요도나 위험요소의 증가가 있을 경우, 기존 구조 시스템은 변경 또는 증가된 지진 하중을 지탱할 수 있어야 한다.

건축물의 리모델링 시 개구부의 변경에 따른 연면적의 증가나 축소, 기존 벽체의 개구부의 위치 또는 크기의 변경 등으로 인해 기존 각 구조 부재에 미치는 하중이 설계 기준이 정한 일정 범위를 넘어서거나 부재 내력의 손실이 있을 경우¹³⁾에도 내진 평가를 시행하게 된다. 실제로 내진 평가에 드는 비용은 건물주가 이미 리모델링에 투자한 비용에 비해 상대적으로 매우 작으며, 자산 실사 때 행해지는 평가와 마찬가지로 건물 자산의 감가 상각된 가치를 회복하는데 도움이 된다. 이러한 평가가 리모델링 전에 이행되는 경우 투자 대비 가치 상승 가능성 측면에서 사전 타당성 조사의 한 방편으로도 이용되기도 한다.

또한, 최근에 들어 캘리포니아의 건물 밀집 지역에서 이루어진 몇몇 건물 확장 및 증축 프로젝

Table 2 설계 기준에 의해 내진 평가

<ul style="list-style-type: none"> · 건축물의 용도 변경 · 건축 리모델링에 따른 내부의 상당 부분 변경 · 내진 구조 시스템의 축소 또는 변경 · 건축물의 수평 확장 또는 수직 증축
--

13) IEBC (International Existing Building Code) 2006: 고정하중과 활하중을 포함한 정하중의 5% 이상 증가나 지진하중의 10% 이상 증가 또는 전단내력의 10% 이상 손실의 경우

트 또한 이러한 기존 건물에 대한 내진 평가를 바탕으로 한 타당성 조사에서 시작된다.

2.2.3 포트폴리오 평가

건물주(일반적으로 법인)가 부동산을 여러 곳에 걸쳐 수십 개를 소유하고 있을 때 잠재된 재해로부터 위기관리 및 분산을 하기 위한 내진 평가를 하는 경우가 있다. 이러한 경우에 건물주는 구조 엔지니어링 회사와 계약을 맺고 포트폴리오에 대한 내진 평가를 의뢰할 뿐만 아니라 장기적으로 빌딩의 유지 보수 관리에 대한 자문을 받게 되며, 각 건물에 대한 전담 엔지니어를 배정 받아 재해 발생 후 초기진단 등의 후속 조치를 신속히 취할 수 있는 장점이 있다.

이외에도 자산 운용회사 혹은 여러 애셋 클래스에 투자하는 투자회사 혹은 투자은행의 경우 대규모 부동산 포트폴리오에 대한 재해보험 계약 시 담보물건의 일정부분을 시중 보험 혹은 재보험 회사가 아닌 캐피탈 마켓에서 직접적으로 의뢰하는 경우다. 단, 이와 같이 대규모 포트폴리오의 위험분석은 개별 건물의 평가와는 다른 방법으로 수행되며 일반적인 구조 설계 엔지니어가 접할 경우는 거의 없으므로 여기에서는 고려하지 않는다.

3. 내진 평가의 기준 및 단계

지난 10여 년에 걸쳐 내진 평가 기준에도 성능 기반 설계 개념과 기준의 발전에 따라 많은 변화가 있어 왔다. FEMA 273의 내진 보강 지침 이후 평가 기준인 FEMA 310¹⁴⁾이 마련됐고, 현재는 내진 평가 기준인 ASCE 31-03¹⁵⁾

14) FEMA, Handbook for the Seismic Evaluation for Buildings - a Prestandard (FEMA 310), 1998

15) ASCE, Seismic Evaluation of Existing Buildings, ASCE Standard (ASCE/SEI 31-03), 2003

Table 3 ASCE 31 평가 단계

Tier 1	Screening Phase
Tier 2	Evaluation Phase
Tier 3	Detailed Evaluation Phase

에 따라 기존 건물에 대한 내진 평가를 수행하고 있다. ASCE 31은 보강기준인 FEMA 356에 맞추어 개발되었기 때문에 최근에 사용되는 보강 기준인 ASCE 41-06과는 서로 맞지 않는 점이 있다. 이를 통합하기 위해 ASCE 41-13이 평가와 보강을 통합해서 최근에 나왔으며, 내년부터는 이 기준에 맞추어 평가와 보강을 하게 될 예정이다. 여기서는 아직까지 평가 기준으로 광범위하게 사용되어 온 ASCE 31-03을 기준으로 평가 단계를 소개하고자 한다.

ASCE 31은 모두 세 개의 Tier로 이루어져 있다. 각 Tier 별로 FEMA 310과 SB 1953에 첨부된 것과 같은 형식의 평가 항목 양식을 제공하고 있으며 다음 Tier에 대한 필요성을 제공한다.

3.1 Tier 1: Screening Phase

Tier 1 단계는 구조물의 잠재적 취약부분을 신속하게 파악하기 위한 절차로 구성되어 있으며, 이를 위해 시설물에 대한 자료 수집과 현장 조건에 대한 검토위주로 이루어져 있다. 따라서 실무 엔지니어의 구조해석을 최소화시키며 건물의 성능 수준과 지진활동도에 그 중점을 두고 있다. 또한 기초검사를 통해 밝혀진 잠재 취약부분에 대한 다음 단계의 평가가 필요한 항목을 확인한다.

3.2 Tier 2: Evaluation Phase

Tier 2 단계에서는 Tier 1에서 찾은 결함에 대한 평가만을 선택적으로 수행하거나 전체 구

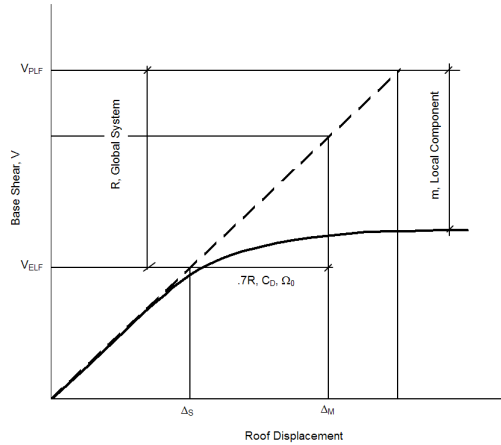


Fig. 1 기존 설계 기준과 ASCE 31-03 해석 방법 비교

조물에 대한 포괄적 평가를 수행할 수 있다. 선형 해석을 위주로 하는 기존 설계 기준에 사용되는 지진하중 수정 계수인 ‘R-factor’ 대신 ASCE 41에서 사용되는 ‘m-factor’를 이용한 부재 레벨의 해석이 이루어진다.

따라서 기존 설계 방식의 단순화된 지진하중의 분산을 계산하는 것과는 달리 각 부재별 성능 기반별 기대 내력 강도를 계산한다. 이때 각 부재는 변형과 응력 중 부재의 거동을 결정하는 요인에 따라 그 기대 성능이 완전히 달라지게 된다.

3.3 Tier 3: Detailed Evaluation Phase

Tier 3 단계는 앞선 단계에서 이루어진 평가 결과로부터 얻어진 잠재 취약점을 FEMA 356에서 사용하는 보다 심화된 해석방법을 이용하여 평가를 수행하며, 보통 이 단계에서 비선형 해석이 이루어진다.

Tier 1과 2 단계의 평가는 상당히 보수적이며 따라서 그 결과로 내진 기준 성능에 부합하지 않는 구조물이 Tier 3 단계의 해석을 통해서 필요 성능 기준에 도달함을 보여주는 경우가 많이 있다.

하지만 Tier 3 평가는 복잡할 뿐만 아니라 선

형해석에 비해 비용면에서의 증가를 가져온다. 보통 Tier 3을 하게 되는 경우는 구조물의 보다 효율적 보강까지를 그 목적에 두고 수행하는 경우가 많다.

4. 내진 평가 해석 방법

ASCE 31은 Tier 1, 2와 3 단계를 통해 성능 기반 설계에 사용되는 해석 방법뿐만 아니라 기존 설계기준에서 사용되는 방법을 포함하고 있다. 하지만 기존 건물에 대한 평가를 목적으로 만들어 졌기 때문에 신축 건물에 사용되는 설계 기준 지진은 적합하지 않으므로 0.75 계수¹⁶⁾가 직간접적으로 지진 하중에 고려되어 있다는 것은 해석을 수행하기 전에 미리 살펴봐야 할 유의 사항이다.

4.1 선형 해석

선형 해석에서는 앞서 내진 평가 단계 Tier 2에서 언급한대로 각 부재별 거동방식에 따른 ‘m-factor’를 구하기 위해 Pseudo 지진 하중을 이용하며, 따라서 구조물의 수평 변위를 계산하기 위해서 기존 설계 기준에서 사용되는 증폭 지수를 필요로 하지 않는다. 선형 해석에는 지진 하중의 적용 방식에 따라 정적 해석과 동적 해석으로 나누어지며, 일반적으로 평가는 선형 동적 해석을 통해서 이루어진다.

이러한 선형 해석은 상대적으로 대칭인 평면을 갖는 구조물이나 설계 지진 하중에 대해 탄성 범위내의 거동이 예상되는 건물의 해석에 유용하지만, 실제로 캘리포니아내의 대부분의 평가 대상 프로젝트는 설계 지진 하중에 대한 변형이

항복한계점을 넘는 것이 일반적이다. 결국 선형 해석은 결국 부재 응력에 대한 평가이므로 동적 해석을 수행했다고 하더라도 구조 엔지니어는 그 한계를 잘 인지하고 있어야 한다.

하지만 선형 해석은 기존 설계 방식과 같이 지진 하중 대비 부재강도에 대한 평가를 수행하기 때문에 엔지니어에게 익숙하며 쉽게 접근할 수 있다. 또한 평가에서 확인된 구조물의 잠재 취약 부분에 대한 여러 가지 보강계획안에 대한 예비 해석을 상대적으로 쉽게 할 수 있기 때문에 제한된 예산안에 빠른 자문과 제안을 가능하게 해주는 장점이 있다.

4.2 비선형 해석

비선형 해석은 난이도가 높으며 따라서 평가 결과를 얻기 위한 비용 및 시간이 상대적으로 많이 소모된다. 선형 해석이 구조물의 연성에 대한 비선형성을 ‘m-factor’를 이용한 부재 내력의 강도를 변환시켜 사용하는 반면, 비선형 해석에서는 실제 구조물의 항복점 이후의 기대되는 변형을 직접 해석에 고려한다.

정적 해석과 동적 해석에 따라 부재의 변형에 대한 모델링의 접근 방법 또한 선형 해석과 달리 상당 부분 달라지며 이에 따른 건물의 성능 결과도 상당히 민감하다. 일반적으로 선형 해석보다는 비선형 해석을, 정적 해석보다는 동적 해석을 통해 기존 건물의 성능이 향상되는 결과를 가져온다.

이것은 선형 해석이 실제 구조물의 비선형 거동에 대한 대략적인 추정을 바탕으로 이루어지며, 부재의 변형 및 항복점 도달 이후에 일어나는 지진하중의 재분배와 다른 비선형 효과를 간과하는데서 발생한다.

16) IEBC에서 기존 건물에 사용하는 계수와 같으며, 이것은 실제 기존 설계 기준에서 사용되는 지진 하중이 상당히 크게 설정되어 있으며 기존 건물에 더 실제적인 레벨로 낮추기 위한 보정 값이다.

5. 내진 평가 보고서

내진 평가 보고서는 대상 프로젝트의 건물주의 요구사항과 시설물의 규모 및 평가 범위에 따라 약간의 차이가 있지만 대부분의 보고서는 다음과 같은 내용을 포함하는 것이 일반적이다.

5.1 평가 개요

평가 보고서의 서론 부분에 해당하는 부분으로 대상 구조물에 대한 위치, 예상 성능을 평가하기 위한 접근 방법, 수집된 자료 및 평가 과정에서 사용된 도면에 대한 정보와 구조 엔지니어가 수행하는 평가 범위를 정한다. 또한, 평가 보고서의 한계에 대해서 명시하여 추후 보고서의 사용에 대한 제약을 언급한다.

5.2 평가 대상 건물

대상물의 구체적인 설명과 평가 수행 시 고려 사항, 잠재적 결함 가능성이 있는 구조 부재와 각 상세의 특징 및 수직·수평하중 시스템을 명시한다.

5.3 현장 조사

현장 조사에 대한 구체적인 일시와 Tier 1 단계의 시각적 조사 결과, 건축적 내외장재와 설비 등을 포함한 비구조물의 현재 상태 등에 대한 확인이 포함되며, 이를 위해 엔지니어는 현장조사 전에 가능한 많은 자료를 수집해야 하며 평가 대상 건물의 도면에 익숙해져 있어야 한다.

5.4 지반 조건 및 지진

지반 조건에 대한 조사로 지진에 의한 성토의

파괴나 침하, 토사붕괴 가능성, 지반의 액상화 위험 등을 명시한다. 평가 대상물의 지반에 대한 보고서가 없거나 건물주가 토질 엔지니어를 고용하기 힘든 경우, 구조 엔지니어는 정부에서 이루어진 대규모 지질 조사 보고서¹⁷⁾를 이용해 현 토질 조건에 대한 의견을 포함시킨다.

또한, 대지에 영향을 줄 수 있는 발생 가능한 지진 위험을 밝히고 예상 지진의 활동도와 규모 및 발생 빈도를 추정하여 건물에 손상을 입힐 수 있는 최대 지진 하중을 설명한다.

5.5 구조물의 내진 성능

설계 기준이 요구하는 인명 피해 방지의 내진 성능을 구조물이 갖추고 있는지를 구체적으로 보고한다. 이러한 보고를 위해 Table 4에서와 같은 세분화된 항목을 평가에 포함하며, ASCE 31 또는 ASCE 41을 이용한 성능평가를 종합한다.

5.6 손실 산정

앞서 내진 평가의 요구에서 소개한 것과 같이 재해 보험이나 자산 평가 시에 사용되는 예상 손실을 수치적으로 계산한다. 먼저 단계별 손실 시나리오를 정하며 각 단계에 따른 손실을 건물 가치에 대한 복구비용의 비율을 나타낸다.

마지막으로 평가에 대한 최종 요약과 부록으

Table 4 지진에 대한 건물의 성능 평가 항목

-
- Strength
 - Ductility
 - Regularity of Structural System
 - Redundancy
 - Continuity of Load Path
 - Building Separation
-

17) 캘리포니아 샌프란시스코 인근 지역에 있는 건물 평가에서는 보통 'San Francisco Bay Region Geology and Geologic Hazard Map'(USGS)을 이용한다.

로써 현장 조사와 중요 구조 시스템 부재 및 발견된 결함에 대한 사진 자료 및 참고문헌을 추가하여 내진 평가 보고서가 완성된다.

6. 맺음말

기존 건물의 재료, 구조 시스템 및 상세도 등은 여러 면에서 새 건물을 지을 때 사용되는 설계 기준에 부합하지 않으며 결국 이를 통해 내진 성능을 평가하기는 어렵다. 반면 내진 평가와 보강에 사용하는 ASCE 31과 ASCE 41은 이러한 면에서 구조물의 성능 목표에 대한 기준을 제공해 준다. 하지만 ASCE 31과 41을 이용한 평가와 보강 기준은 아직도 많은 구조 엔지니어에게 익숙하지 않거나 어느 정도 알려진 수준에 불과하다. ASCE 41-06만 보더라도 분량이 400여 페이지에 달하며 사용된 용어, 개념, 해석 절차는 기존 설계 기준에서 사용되지 않는 방법을 사용한다. 또한, 많은 수의 구조 엔지니어는 이 기준을 실제로 사용하고 있으면서도 한편으로는 이 기준이 기존 설계 기준에 비해 모호한 점이 전반적으로 많다고 생각한다. 그러나 지진과 같은 재해에 대한 구조 설계 시 이미 성능 기반 설계가 사용되고 있으며¹⁸⁾, 기존 건물의 내진 성

능 향상 프로젝트 또한 기존 설계 기준을 적용할 수 없으므로 성능에 기반을 둔 보강이 이루어지고 있다.

한국의 경우에도 일반 시설물의 고령화 및 유지 관리에 중점을 두어야 하는 시기에 이미 들어섰다. 기존 건물에 대한 내진 성능 평가와 향상을 위한 보강의 중요성은 더 이상 간과 할 수 없으며 이에 따른 최근 일련의 정부 주도 기본 계획 등이 이 맥락에서 추진되고 있다.

따라서 이와 더불어 응급처치 및 진료가 가능한 일정 규모 이상의 병원과 재난 시 공공 대피소로 사용할 수 있는 공립학교 등을 포함한 핵심 시설물에 대한 성능 목표를 우선적으로 설정해야 하며, 각 시설물 평가와 그에 따른 보강 기준 및 방안에 대한 장·단기적 계획을 수립해야 한다. 이를 바탕으로 일반 건물에 대해서도 공공의 안녕이라는 측면에서 보다 효율적이며 안전한 유지 관리를 유도하는 정책 방향 또한 제시할 수 있으리라 기대한다.

담당 편집위원: 김태진
(㈜창민우구조컨설팅 사장)
taejin@minwoo21.com

18) 미국 서부 지역의 대도시들은 기존 설계 기준을 포함한 초고층 건물에 대해서 성능 기반 설계 기준을 제정하여 이를 시행하고 있다.