

전단벽 구조시스템의 내진성능평가 지표 산정 Calculation of Seismic Capacity Evaluation Index of Shear Wall System

박 태원* 나 승 옥** 우 운택*** 정 란****
Park, Tae-Won Na, Seong-Uk Woo, Woon-Taek Chung, Lan

ABSTRACT

Earthquake resistance design has been developed many countries like Japan, USA, Mexico, New Zealand etc., which countries have experienced many earthquakes. Nowadays, earthquake resistance design has come into worldwide use. In Korea, the seismic design regulations have been established since 1988 in order to minimize the economic losses. Recently performance based design method has been adopted as a new Earthquake resistance design method. These regulations, however, are targeted for newly constructed buildings, In Korea, there are no regulations for existing buildings that built before 1988. On the other hand, in Japan and USA, the seismic performance evaluation is coded. In Japan, the evaluation index which can measure seismic performance has been made. So, we need to prepare the regulations that evaluate the seismic performance, furthermore proper retrofitting design guideline needs to be proposed when remodeling old buildings. In this research, various seismic performance evaluation methods which are being used in Japan and USA are reviewed in order to establish seismic performance evaluation index for those existing old structures in Korea.

Key Word : *Earthquake Resistance Design, Performance Based Design, Evaluation Index*

1. 서론

내진설계 기술은 지진이 많은 나라, 즉 일본, 미국, 멕시코, 뉴질랜드 등에서 주로 발달되어 전세계적으로 보급되어가고 있다. 우리 나라에서도 1988년 건축물에 대한 내진설계 규정이 마련되었으며 지진발생 후의 구조물의 복원, 보수, 가동상태 등을 복합적으로 판단하여 경제적 손실을 최소화하기 위하여 성능에 기초한 설계(Performance Based Design)방법을 시도하고 있다. 그러나 이 기준은 신축

* 정회원, 단국대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
** 학생회원, 단국대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
*** 정회원, 단국대학교 건축학부 건축공학전공, 초빙교수
**** 학생회원, 단국대학교 건축학부 건축공학전공, 정교수

건축물을 대상으로 한 설계규정으로, 우리나라의 경우 1988년 이전에 설계되어 내진설계가 되어 있지 않은 많은 기존구조물([표 1.1] 참조)에 대하여는 아직까지 지진에 대비한 방안이 마련되어 있지 않다. 특히, 건축물을 조기에 철거한 후 재건축하는데 따른 자원의 낭비와 폐기물의 발생으로 인한 자연환경의 피해를 방지할 수 있는 리모델링의 경우, 20년 이상 된 공동주택을 재건축하지 않고 선진국과 같이 리모델링할 때 [표 1.2]와 같이 구조물의 수명 증가와 재건축비용 절감 등 국가경쟁력을 높이는 데 일조를 할 수 있는 것으로 보고되고 있다(2002, 건설교통부 보도자료)

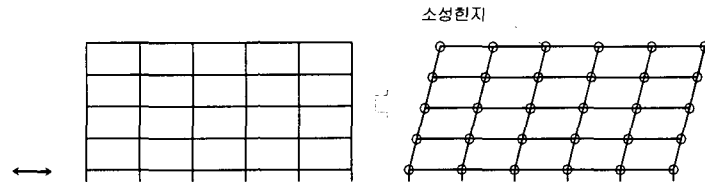
[표 1.1] 시기별 아파트 공급현황

| 시기 | ~ 1959 | 1960~1969 | 1970~1979 | 1980~1989 | 1990~1995 |
|----|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 호수 | 87 | 9,012 | 280,000 | 1,140,100 | 2,019,940 |

[표 1.2] 각국의 주택수명 비교

| 국가 | 한국 | 영국 | 미국 | 프랑스 | 독일 |
|----|-----|------|------|-----|-----|
| 수명 | 20년 | 140년 | 103년 | 85년 | 79년 |

그러나 이러한 제도적인 노력과 리모델링의 경제적, 환경적 장점에도 불구하고 리모델링이 가능한 기존구조물들이 내진설계가 되어 있지 않아 구조보강, 즉 내진보강 수행 시 큰 어려움에 봉착하고 있다. 이는 건축물 하중기준(2000, 건설교통부)에 따라 건축물의 내진성능 목표를 15층이상 아파트의 경우 내진 특등급 이상으로 설계하도록 규정하고 있으나, 이를 뒷받침 할 수 있는 경제성 있는 기술이 아직 충분히 개발되어 있지 않고 있기 때문이다. 또, 외국에서는 거의 찾아볼 수 없고, 우리나라만의 독특한 아파트구조방식인 철근콘크리트 벽식구조 중 1988년 이전에 건설된 아파트는 시공의 용이성을 위하여 대부분 터널폼으로 시공되어, 장변 방향으로 내력벽이 배치되어 있지 않다. 따라서 장변방향으로 작용하는 횡력에 대한 저항능력이 거의 없어, 지진발생 시 접합부에 [그림 1.1]과 같이 소성힌지가 형성되어 쉽게 붕괴될 가능성이 크다. 이러한 구조물들이 최근에 리모델링의 대상이 되고 있으므로 리모델링 설계 시 적절한 내진성능평가와 이에 대한 보강안이 제시될 필요가 있다.



[그림 1.1] 지진하중 작용시 벽과 슬래브 접합부에서의 소성힌지의 형성

일본의 경우 일본건설방재협회에서 발간한 기존철근콘크리트조 건축물의 내진진단기준에 건축구조물의 형식별로 내진진단의 개요와 진단방법에 의해 설명하고 있으며 미국의 경우 ATC(Applied Technology Council)와 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 내진성능 평가 및 내진설계에 대한 기준을 제시하고 있으나 아직 내진성능평가에 대해 규정이 없는 우리나라의 구조물을 선진국에서 제시하는 기준과 비교해 볼 필요성이 제기되고 있다.

이 연구는 내진설계 되어있지 않은 리모델링 대상 노후 전단벽 구조시스템 건축물의 내진성능에 대하여 일본의 내진성능 평가방법과 미국에서 사용되고 있는 능력스펙트럼법(Capacity Spectrum Method)에 의한 평가방법에 의해 평가하여 기존 노후 건축구조물의 내진성능을 평가하고 내진성능 판정지표 산정을 위한 방법 제시를 위하여 수행하였다.

2. 내진성능 평가 방법

2.1 일본의 내진성능평가법

일본의 철근콘크리트조 진단방법은 구조부분과 비구조부분 각각에 대해서 간단한 계산에 의해 보유하는 내진성능에 평점을 부여하는 방법으로 계산되며 정밀도에 따라 1차, 2차, 3차 진단법의 3종류로 구성되어 있다. 구조부분의 내진성능을 [식 2.1]과 같이 정의 되는 구조내진지표 I_s 로 나타내고 있다.

$$I_s = E_0 \times S_D \times T \quad \text{[식 2.1]}$$

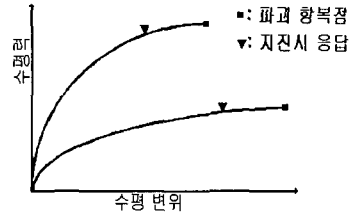
I_s : 구조내진성능지표 E_0 : 보유성능지표)

S_D : 형상지표 T : 경년지표

1) 보유성능지표 (E_0)

건물이 보유하는 성능을 나타내는 기본이 되는 값으로 건물이 보유하는 강도와 연성을 이용해서 건물이 보유하는 내진성능을 평가하는 척도이다. [그림 2.1]은 철근콘크리트조 건물에 수평력을 가했을 때 수평력과 변위와의 관계개념도이다. 건물

A, B의 경우 A는 벽이 많은 건물로 강도는 상당히 높지만 연성이 작으며 건물 B는 벽이 적은 라멘 구조로 강도는 높지 않지만 연성이 크다. 이와 같은 건물이 지진력을 받았을 때 만일 그 최대변위가 그림에 ▼표시한 것처럼 건물의 파괴 한계점 이내에 있으면 안전할 것이고 그렇지 않으면 커다란 피해를 입을 것이다. 이러한 개념에 의해 건물의 보유성능을 강도와 연성의 곱으로 나타낸 것이 보유성능지표(E_0)이다.



[그림 2.1] 구조물의 강도와 연성

2) 형상지표 (S_D)

일명 구조계획지표라고도 불리며 E_0 지표를 수정하는 지표로 1.0이 표준치이다. 건물을 입체적으로 보았을 때의 상하방향 강성의 균형, 평면적인 강성의 균형 등도 포함한 구조계획의 양부가 건물의 내진성능에 미치는 영향을 충분히 고려할 수 없다. S_D 지표는 형상 혹은 구조계획상의 양부를 고려해서 E_0 지표를 수정할 목적으로 도입된 것으로 체크리스트 방식으로 수치가 정해진다.

3) 경년지표 (T)

S_D 지표와 동일한 목적으로 지표를 수정하는 지표이지만 건물의 경년변화가 판단 기준이 된다. 경년변화에 의한 재료강도 열화·부동침하 등에 의한 구조손상 발생 정도 등에 의해 내진성능이 건설당시와 비교해서 어느 정도 저하해 있는가를 추정하는 것이다. 표준이 1.0으로 경년변화가 많을수록 값이 작게 된다. 실제 계산 시에는 체크리스트 형식의 채점표가 주어져 있다.

2.1.1 1차진단법

주로 기둥과 벽의 콘크리트 단면적의 크기만에 의해 내진성능을 평가하고 있으며, 건물의 내진평가로서 전단강도만을 약산적으로 고려하는 간략법이다. 따라서 벽구조에 가까운 건물의 경우, 제 1차 진단법에서는 비교적 높은 내진지표가 주어지나, 골조와 벽이 적은 구조형식의 건물에서는 내진성능치는 그다지 높게 나타나지 않는다. 또한 제1차 진단법에서는 보와 슬래브 등의 수평부재는 무한히 강한 것으로 가정하고, 기둥과 벽과 같은 수직부재만을 평가대상으로 하고 있다.

2.1.2 2차진단법

2차 진단법도 기둥과 벽과 같은 수직 부재만을 평가 대상으로 하고 있다는 관점에서는 1차 진단법과 같다. 이 진단법은 콘크리트의 단면적 뿐만 아니라 단면속에 배근된 철근의 단면적, 위치 등을 계

산에서 고려한다. 따라서 건물의 내력평가는 1차진단법이 전단강도만을 고려하고 있는 것에 반하여, 휨강도와 전단강도 양쪽을 고려하고 있다. 2차 진단법은 1차진단법에 비해서 안전성이 높은 골조 건물에서는 내진성능이 크게 되는 경향이 있다. 진단법 중에서 2차진단법이 가장 많이 사용되어 지고 있다.

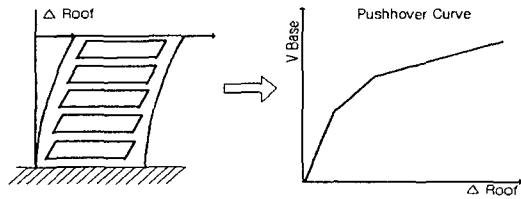
2.1.3 3차진단법

3차진단법에서는 1차 진단법과 2차진단법에서 무시되어진 보와 슬래브의 강도도 계산에 고려하도록 되어 있다. 그 산정방법은 내력평가에 수평부재를 고려하는 정도이며 2차진단법과 거의 같다고 할 수 있다. 진단결과, 건물의 붕괴층이 기둥붕괴형, 즉 보가 기둥보다 강하면 2차 진단법과 같은 내력 평가 결과를 갖게 되며 역으로 보가 기둥보다 약하게 되면 건물전체의 강도지표가 낮게 되나 변형능력이 큰 보 붕괴형이 파과 형식이 되므로 인성지표는 높게 되는 경향이 있다.

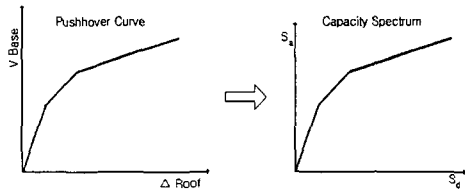
2.2 능력스펙트럼법(Capacity Spectrum Method)에 기초한 내진성능 평가법

내진성능평가에 있어 능력스펙트럼법이란 지진에 대한 요구성능과 구조물의 보유능력을 응답가속도(S_a) 및 응답변위(S_d)로 각각 표현하여 한 그래프에 나타내는 방법이다. 능력스펙트럼법은

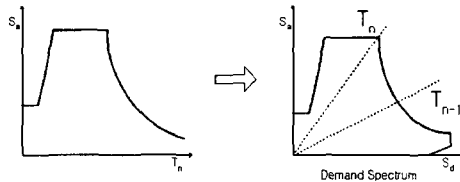
ATC-40과 FEMA-273에 도입되었으며 지진에 대한 요구성능과 구조물의 보유능력을 한 그래프에 표현하기 위하여 ADRS(Acceleration Displacement Response Spectrum)형식을 사용한다. 일반적으로 지진요구는 비탄성요구성능을 나타내며 구조물의 보유능력은 [그림 2.2]와 같이 비탄성 정적해석으로 산정되며, 국내에서는 김진구, 김상대 등에 의한 연구가 있다.



[그림 2.2] 구조물의 변형능력과 비선형정적해석



[그림 2.3] ADRS형식으로 표현된 성능곡선



[그림 2.4] ADRS 형식으로 표현된 요구곡선

2.2.1 비선형 정적 해석

구조물이 보유한 성능산정에 있어 선형해석은 구조물의 탄성능력과 처음으로 발생하는 항복을 예측할 수 있으나 항복이 진행되는 동안의 붕괴기구 예측이나 하중의 재분배 등을 고려할 수 없다. 따라서 비선형 해석 결과를 이용한 보유능력을 평가할 필요가 있다. 이에 따른 구조물의 능력은 정적해석에 의해 최상층의 횡변위(ΔR)와 밑면전단력으로 표현된다. 비선형 정적 해석을 수행하는 방법은 주로 Push-Over법이 많이 사용되는데 이는 교차모드의 동적특성이 크지 않은 구조물에 주로 사용된다.

2.2.2 요구스펙트럼 산정

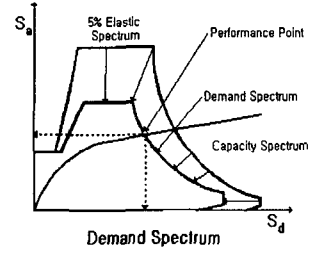
지진하중에 의해 구조물에 부가되는 요구 스펙트럼은 일반적으로 주기(T)에 대한 응답가속도(S_a)의 형태로 표현된다. 따라서 ADSR형식으로 (S_a , S_d)표현되는 요구스펙트럼(Demand Spectrum)을

산정하기 위해서는 [식 2.2]로 응답변위를 산정할 수 있다.

$$S_a = \frac{V}{M_1^*} \quad S_d = \frac{\Delta_R}{\Gamma_1 \varphi_{R1}} \quad [\text{식 2.2}]$$

Γ_1 : 모드참여계수 M_1^* : 유효모드질량 T_{eff} : 유효주기

$$\Gamma_1 = \frac{\sum_{j=1}^N m_j \phi_{1j}}{\sum_{j=1}^N m_j \phi_{1j}^2} \quad M_1^* = \frac{(\sum_{j=1}^N m_j \phi_{1j})^2}{\sum_{j=1}^N m_j \phi_{1j}^2} \quad T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_a g}}$$

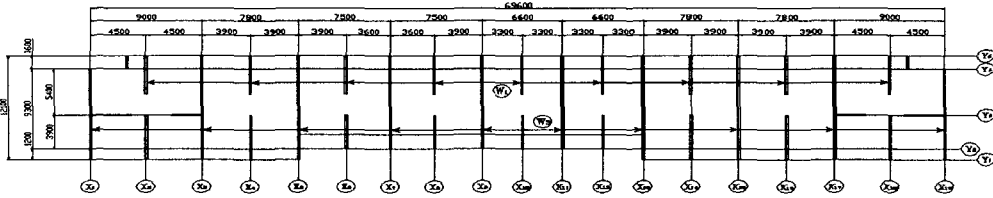


[그림 2.6] 성능점 산정

유효주기는 S_a 와 S_d 의 관계에서 구할 수 있으며 스펙트럼 상에서는 방사의 형태로 나타난다. 요구스펙트럼은 일반적으로 주기에 대한 응답변위, 응답속도, 응답가속도의 관계로서 표현되지만 능력스펙트럼과 하나의 관계로 나타내기 위해서는 다음의 관계식을 이용한다.

$$S_d = \left(\frac{T^2}{4\pi^2}\right) S_a \quad [\text{식 2.3}]$$

구조물의 선형탄성응답은 5% 감쇠비의 요구스펙트럼을 이용하여 나타낸다.



[그림 3.1] 모델구조물의 구조평면도

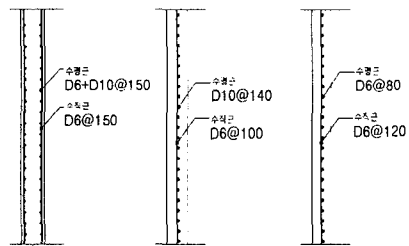
3. 노후 공동주택의 내진성능평가

3.1 Model 구조물

해석에 사용된 구조물은 서울시에 위치한 25년이 경과된 공동주택으로 [그림 3.1]과 같이 X방향의 벽량이 매우 부족한 구조물이다. 설계에 적용되는 사항은 [표 3.1]과 같으며 구조물은 고층에서는 축력의 감소로 [표 3.2]와 같이 벽두께를 조정하여 사용하였다. 또한 사용된 철근의 경우 원구조물에는 $\phi 6$, $\phi 9$ 의 원형철근이 사용되었으나 비선형 정적해석을 수행한 모델구조물에는 D6, D10철근을 사용하였다([표 3.3]참조). 구조물의 벽체 배근도는 [그림 3.2]와 같다.

[표 3.1] 모델구조물의 개요

| | | |
|------|-----------------------------|----------------------------|
| 건물위치 | 서울시 | |
| 구조형식 | 철근콘크리트 내력벽식 | |
| 용도 | 주거용 | |
| 건물규모 | 15층, 층고 2.6m | |
| 재료강도 | 콘크리트 210kgf/cm ² | 철근 2400kgf/cm ² |
| 작 | 침실 | 고정하중 580 kg |
| | | 활하중 200 kg |
| 용 | 발코니 | 고정하중 500 kg |
| | | 활하중 300 kg |
| 중 | 복도 | 고정하중 440 kg |
| | | 활하중 300 kg |



[그림 3.2] 벽 배근도

[표 3.2] 층별 벽체 조합

| 층 | 세대간벽 | 세대내벽 | 벽두께 |
|-------|------|------|------------|
| 10-15 | W4 | W4 | W1 : 200mm |
| 8-9 | W4 | W3 | W3 : 170mm |
| 5-7 | W3 | W3 | W4 : 140mm |
| 1-4 | W3 | W1 | |

[표 3.3] 구조물의 배근현황과 모델링한 배근 현황

| 벽 | 배근현황 | | | 모델배근 | | |
|-----|------------------|---------|---------|----------------|--------|--------|
| | W1 | W3 | W4 | W1 | W3 | W4 |
| 수직근 | φ 6@150 | φ 6@140 | φ 6@120 | D6@150 | D6@140 | D6@120 |
| 수평근 | φ 6+ φ 9 @150 | φ 6@100 | φ 6@80 | D6+D10 @150 | D6@100 | D6@80 |

3.2 일본의 내진성능평가법에 의한 성능평가

3.2.1 구조내진지표의 산정

1) 강도지표 산정

강도지표는 휨항복시 전단강도(V_{Mn})와 전단강도(V_{Sn})를 비교하여 산정한다. [식 3.1]은 휨항복시 전단강도, [식 3.2]는 전단강도를 산정하는 식이다. $V_{Mn} < V_{Sn}$ 인 경우 파괴형식은 휨벽의 형태를 취하며 $V_{Mn} > V_{Sn}$ 인 경우 파괴형식은 전단벽의 형태를 취한다. 두 식을 비교하여 작은 값에 의한 파괴모드를 구조물의 파괴모드로 결정하며 이에 의한 강도지표는 [식 3.3]을 통하여 정한다.

$$M_n = 0.5 A_s f_y d + 0.5 P_u d \qquad V_{Mn} = \frac{2M_n}{h_{wi}} \qquad \text{[식 3.1]}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_{ck}} h d \qquad V_s = \frac{A_v f_y d}{s_2} \qquad V_{sn} = V_c + V_s \qquad \text{[식 3.2]}$$

$$C_i = \frac{(i\text{층 연직부재보유전단력의총합})}{\sum W} \qquad \text{[식 3.3]}$$

2) 연성지표 산정

파괴모드가 휨 벽인 경우 [식 3.4]에 의해 연성지표 F를 산정한다.

$$\frac{V_{Sn}}{V_{Mn}} \leq 1.2 \text{의 경우는 } F = 1.0 \qquad \frac{V_{Sn}}{V_{Mn}} \geq 1.3 \text{의 경우는 } F = 2.0 \qquad \text{[식 3.4]}$$

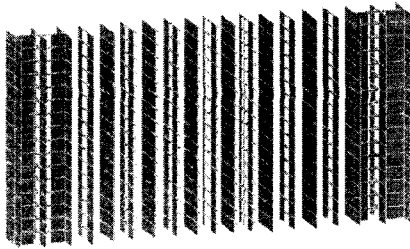
[표 3.4] 내진성능지표

| 층 | 파괴형상 | 강도지표 | 연성지표 | 보유성능지표 | 형상지표 | 경년지표 | 구조내진지표 |
|----|------|-------|------|--------|-------|-------|--------|
| 1 | 휨 | 0.027 | 2 | 0.054 | 0.975 | 0.954 | 0.05 |
| 2 | 휨 | 0.045 | 2 | 0.084 | 0.975 | 0.954 | 0.078 |
| 3 | 휨 | 0.048 | 2 | 0.086 | 0.975 | 0.954 | 0.08 |
| 4 | 휨 | 0.053 | 2 | 0.089 | 0.975 | 0.954 | 0.082 |
| 5 | 휨 | 0.048 | 2 | 0.076 | 0.975 | 0.954 | 0.071 |
| 6 | 휨 | 0.053 | 2 | 0.08 | 0.975 | 0.954 | 0.075 |
| 7 | 휨 | 0.059 | 2 | 0.086 | 0.975 | 0.954 | 0.08 |
| 8 | 휨 | 0.058 | 2 | 0.081 | 0.975 | 0.954 | 0.075 |
| 9 | 휨 | 0.067 | 2 | 0.089 | 0.975 | 0.954 | 0.083 |
| 10 | 휨 | 0.078 | 2 | 0.1 | 0.975 | 0.954 | 0.093 |
| 11 | 휨 | 0.092 | 2 | 0.113 | 0.975 | 0.954 | 0.106 |
| 12 | 휨 | 0.116 | 2 | 0.137 | 0.975 | 0.954 | 0.128 |
| 13 | 휨 | 0.156 | 2 | 0.178 | 0.975 | 0.954 | 0.166 |
| 14 | 휨 | 0.238 | 2 | 0.262 | 0.975 | 0.954 | 0.244 |
| 15 | 휨 | 0.250 | 2 | 0.267 | 0.975 | 0.954 | 0.248 |

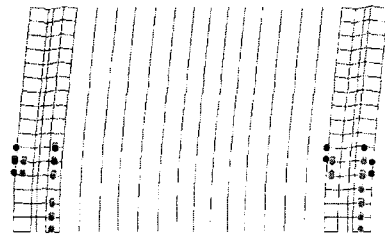
형상지표 및 경년지표는 제시된 체크리스트에 감점형식으로 산정하며 본 구조물의 각 지표를 산정하여 [표 3.4]에 나타내었다. 일본의 경우 계산된 구조내진지표가 어느 정도의 내진성능을 갖고 있는가를 판정할 수 있는 내진성능판정지표가 지진피해 사례를 근거로 제시되어 있으나, 국내에서는 아직 지진피해 사례가 미미한 관계로 내진성능판정지표가 제시되어 있지 않다. 따라서 내진성능판정지표가 필요하며, 본 연구에서는 CSM에 의한 내진성능평가를 실시하여 결과를 비교함으로써 내진성능판정지표 산정방법을 제시한다.

3.3 CSM에 기초한 성능평가

CSM에 의한 성능평가는 MIDAS를 이용하여 성능평가 곡선을 취득하였다. MIDAS에서는 ATC-40에 의한 비선형정적해석을 수행하여 성능점을 찾아내고 있다. 모델 구조물([그림3.2])은 서울시에 위치한 15층의 공동주택으로 지반계수는 1.2로 가정하여 계산하였으며, 그 외 설계반영계수는 대한건축학회간 건축물하중기준의 지진하중 산정에 의해 응답스펙트럼을 계산하였으며 기준에 따른 설계스펙트럼은 [그림 3.4]와 같다. 강도검증결과 현 기준으로 각 층별로 배근이 모자란 곳이 나타났으나 내진성능을 평가하는 것이 본 연구의 목적이므로 현재 배근된 상태로 비선형 정적해석을 수행하였다. 최대 목표 변위 0.05m까지 50Step으로 나누어 Push-Over를 수행 한 결과, [그림3.5]와 같이 소성힌지가 발생하였으며 27step에서 5, 6층 부위에서 소성힌지가 급격히 발생하여 구조물이 붕괴되는 것으로 나타났다. 이는 5층부위에서 철근량과 벽체 두께 감소로 연약층이 발생한 것으로 판단된다. 또한 내진설계기준에 의한 요구전단력이 307tf 이었으나 [그림3.6]과 같이 횡력에 대해 약26tf의

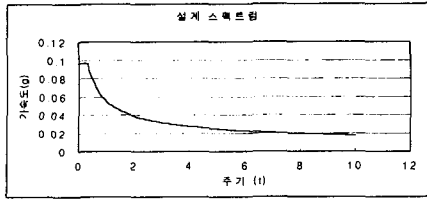


[그림 3.3] 모델 구조물의 모델링

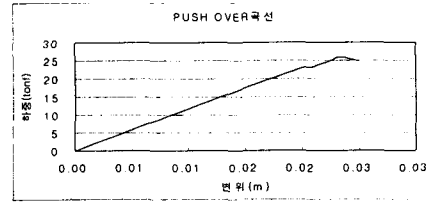


[그림 3.4] Push-Over결과

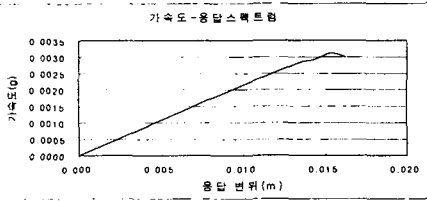
강도를 나타내었으며 최대 변위는 약 0.03m로 나타났다. 이때의 가속도응답을 구하게 되면 2.94cm/s^2 이다. 이것은 하중-변위 곡선([식 2.2]에 제시한 방법)으로 ADRS형식의 응답변위(S_a)-응답가속도(S_d)관계로 나타내면 [그림 3.7]과 같으며 이는 지배모드인 1차모드에 의한 응답변위-응답가속도 곡선이다. 이에 의해 성능점을 산정한 결과 [그림 3.8]과 같이 요구스펙트럼에 비해 성능스펙트럼이 너무 작아 성능점을 찾을 수 없는 것으로 나타났다. 이는 모델 구조물이 내진성능이 매우 낮은 것으로 나타나 추후 내진성능에 대한 보강이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 즉 일본의 내진성능평가 방법으로 구한 내진성능지표에 해당하는 Push-over 해석값이 요구내력의 85%임을 알 수 있고, 많은 case study를 통하여 건물의 종류, 지반의 종류별로 판정지표를 산정해 놓으면 간편하게 건물의 내진성능을 판정할 수 있다.



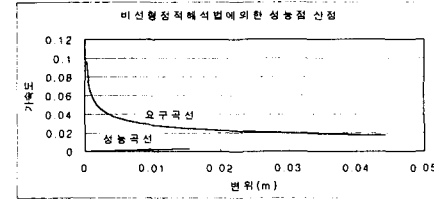
[그림 3.5] 구조물의 설계스펙트럼



[그림 3.6] 구조물의 Push-Over곡선



[그림 3.7] 구조물의 가속도-응답스펙트럼



[그림 3.8] 성능점 산정

4. 결론

- 1) 일본의 내진성능 평가 방법에서는 내진성능 평가를 위한 내진성능판정지표가 건물의 층수 및 지반종류 별로 피해사례를 검토하여 제시되어 있으나, 피해사례가 없는 국내에서는 Push-over 해석에 의한 성능점을 이용하여 내진성능판정지표를 제시함으로써 간편하게 내진성능을 평가할 수 있다.
- 2) 능력스펙트럼법에 의한 모델 구조물의 내진성능 평가 결과 구조물의 성능스펙트럼 곡선과 요구스펙트럼 곡선의 접점은 없는 것으로 나타났다. 이는 구조물의 내진성능이 매우 부족한 것으로 나타났기 때문이며 내진보강이 필요하다고 할 수 있다.
- 3) 모델 건물과 같이 터널 폼으로 건축된 공동주택의 경우 장변 방향으로 횡력을 지지하는 요소가 없으므로 지진에 대하여 매우 취약한 구조임을 알 수 있고, 리모델링 시에는 반듯이 내진보강이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- 1) ATC-40, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings"
- 2) FEMA-273, "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings"
- 3) 日本建築防災協會, "既存鐵筋콘크리트造構造物の耐震診斷基準同解説"
- 4) 건설교통부 2000년 건설기술개발연구 보고서 "기존시설물에 대한 내진성 평가기법 개발"
- 5) 김진구, 최현훈 "능력 스펙트럼법을 이용한 점성 감쇠기의 적정 감쇠비 산정" 한국지진공학회 제 5권 1호 pp45-52
- 6) 김상대, "기존 건축물의 내진 평가법 고찰 및 향후 과제" Proceeding of KOSHAM Seminar Seoul, Korea, July, 2002

6. 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 : M1-0203-00-0068)의 연구비 지원으로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다.