

상세재해지도를 고려한 경기지역 학교건축물의 내진성능평가

유한국 · 박태원[†] · 이상현 · 정 란 · 조승호

단국대학교 건축공학과

(2009. 2. 13. 접수 / 2009. 6. 30. 채택)

Seismic Performance Evaluation of School Buildings in Gyunggi Region Considering Seismic Hazard Map

Han-Gook Ryu · Tae-won Park[†] · Sang-Hyun Lee · Lan Chung · Seungho Cho

Department of Architectural Engineering, Dankook University

(Received February 13, 2009 / Accepted June 30, 2009)

Abstract : Since the school buildings are generally used as public shelters when the natural disasters such as flood and earthquake occur, it must be designed to show enough structural performance when subject to earthquake. Major failure mode of the school buildings observed in past earthquakes were shear failure of column of which length is shortened by infilled masonry blocks. In this study, the seismic risk of the reinforced concrete school building structure was evaluated by using the seismic performance evaluation methods of low-story RC structures developed in Japan and the required seismic performance index which is obtained according to the KBC2008 seismic hazard map and soil types. In this paper, the seismic performance of the school building is evaluated by considering this short-column effects, building shape and deterioration.

Key Words : seismic hazard map, school buildings, low-story RC structures, seismic performance index

1. 서론

1.1. 연구의 필요성

2008년 중국에서 발생한 쓰촨성 지진으로 크나큰 인명과 재산의 피해가 발생하였다. 이 중 학교 건물의 붕괴는 많은 어린 생명들의 피해로 이어져 이에대한 대책이 요구되고 있다. 학교건물의 경우 특정시간대에 많은 사람들이 이용하여 이 시간에 재해가 발생한다면 그 피해가 집중되는 특징이 있으며, 많은 국가에서 재난발생 시 피난시설로 이용되고 있어, 재난발생 시 사용성이 보장되어야 하는 구조물이다. 이번 쓰촨성 지진의 피해 특성을 살펴보면 지진으로 인해 6,898곳의 학교가 붕괴되었으며 1,900명 이상의 학생이 매몰된 것으로 보도되었다. 이에 비하여 1995년 일본 효고현에서 발생한 지진(고오베지진)의 조사^{1,2)}에 의하면 그 피해의 규모가 매우 미미하다고 할 수 있다. 우리나라가 중·약진지역으로 분류되나 2008년에 제주시 서쪽 78km

해역에서 규모 4.2의 지진이 발생하였으며³⁾, 주변 국에 강진이 발생한 경우 그 영향을 받을 수도 있다. 학교건축물은 교육시설뿐만 아니라 자연재해 발생 시 대피시설로 이용하기 때문에 특별한 내진 대책이 필요하다고 할 수 있다. 일본의 경우 2008년 4월 1일까지 공립 초·중학교의 62.3%를 내진성확인 및 내진보강을 완료하였고, 전체의 3.8%정도만이 내진진단이 되지 않았다⁴⁾. 하지만 우리나라의 학교의 상당수가 내진설계가 제정된 1988년 이전에 지어졌으며, 이후에 지어진 학교의 경우도 5층 이하의 건물이 대부분이기 때문에 내진설계의 적용을 받지 않았기 때문에 이에 대한 검토의 필요성이 제기되고 있다^{5,6)}.

1.2. 연구의 범위 및 방법

건축구조물의 평가 수행 시, 지반조건은 지진하중을 결정하는 매우 중요한 요소 중에 하나이고 지반의 종류에 따라 설계속도가 달라진다. 이에 국내 구조설계 기준에서는 지진에 대한 국내 상세재해지도를 제시하고 이에 따른 유효속도를 산정하도록 하고 있다. 이에 본 연구에서는 상세재해

[†] To whom correspondence should be addressed.
tw001@dankook.ac.kr

지도를 이용하여 4개의 학교구조물을 모델로 제시하여 구조내진판정지표(I_{SO})를 산정하고 이를 검토하여 상세재해지도를 이용한 경기도 지역 학교구조물의 내진위험도를 판정하였다.

본 연구에서는 우리나라 지반을 고려한 내진성능평가를 하고자, 내진판정지표(I_{SO})를 산정시 상세재해지도를 이용하였다. 이를 위해 상세재해지도에 제시한 유효지반가속도를 산정한 후, 4개의 대상학교를 선정하고 내진성능평가를 실시하였다. 선정된 학교건축물의 지반종류를 고려한 내진판정지표를 제시하고 이를 통한 성능평가를 수행하였다.

일본과 우리나라의 학교건축물은 대부분 RC모멘트 프레임 형식으로 간막이벽으로 조적벽이 사용되었으며, 교사동의 형태도 우리나라의 그것과 매우 유사하다. 이에 건물이 보유한 내진성능을 평가하기 위해 일본방재협회에서 제시한 “기존콘크리트 건축물의 내진진단기준·동해설⁷⁾”의 2차 내진성능 평가에 의하여 수행하였다. 평가대상은 지하층의 면적비와 건물의 층수, 경과년수를 기준으로 하여, 경기도 관내 4개 학교를 대상으로 선정하였다.

2. 내진성능평가 개요

내진성능의 평가는 미국과 일본 등의 지진의 경험이 많은 국가에서 지진의 피해사태 분석 후, 그 피해를 최소화하기 위하여 도입되었다. 이 중 일본의 내진성능평가법은 단계별 평가법을 시행하여 본 연구에서는 이 방법을 이용하여 평가를 수행하였다.

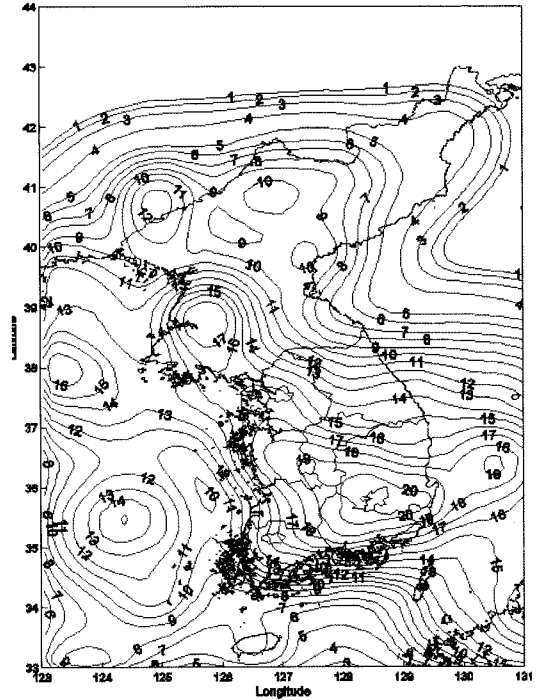


Fig. 1. KBC 2008 seismic hazard map.

2.1. 지반별 구조내진판정지표 산정

일본의 내진성능평가법을 이용하여 국내 학교건축물의 지진위험도를 평가하기 위해서는 우리나라의 지반조건과 설계가속도를 사용해야 정확한 평가가 가능하다. 이를 위해 Fig. 1과 같은 상세재해지도를 이용하여 유효지반가속도를 산정하고⁸⁾, 산

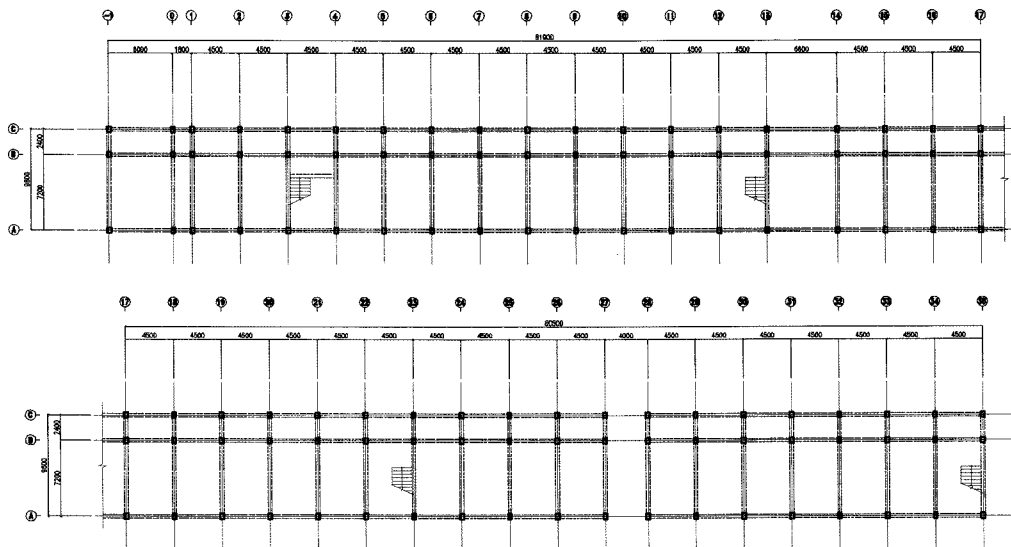


Fig. 2. Structural Framing Plan - Case I.

Table 1. Design spectrum acceleration (S_{DS})

	S_A	S_B	S_C	S_D	S_E
S_{DS}	0.2347	0.2933	0.3520	0.4247	0.5996

정한 유효지반가속도를 이용하여 내진성능을 판정할 수 있는 구조내진판정지표를 산정하였다.

상세지진재해도를 이용하여 결정한 S 는 KBC 2008에서 제시하는 지역계수를 이용하여 결정한 S 값의 80%보다 작아서는 안된다^{8,9)}.

이를 이용하여 식 (1)에 따라 단주기 설계스펙트럼가속도 S_{DS} 를 구한다.

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

이때 F_a 는 지반증폭계수이며, KBC2008에 따라 지반별로 적용한다.

경기도 지역의 유효지반가속도(S)는 약 0.12~0.18에 걸쳐 있으나, 0.176보다 작아서는 안되기 때문에 본 연구에서는 유효지반가속도(S)를 최소값인 0.176으로 설정하였다. 결정한 유효지반가속도와 지반증폭계수를 이용하여 설계스펙트럼가속도를 산정하였다.

산정한 설계스펙트럼가속도를 이용하여 구조내진판정지표를 산정하였다. 이때 $Z=1$, $G=1$, $U=1.2$ (학교건축물의 중요도 고려)를 고려하여 산정하며, 각 지반별로 구조내진성능판정지표는 Table 2와 같다.

3. 학교건축물의 내진성능평가

3.1. 평가대상 건축물 선정기준

Table 2. Seismic performance estimation index by KBC 2008 seismic hazard map

	S_A	S_B	S_C	S_D	S_E
I_{SO}	0.2816	0.3520	0.4224	0.5097	0.7195

Table 3. Plan category by layout

	Line type	Parallel type	Bending type	Overhang type
Layout				

학교의 분류는 평면형식과 층수에 따라 분류를 하였다. 학교구조물의 평면형식은 Table 3과 같으며 본 연구에서는 직렬형과 굴절형을 연구대상으로 선정하였다. 또한 층수는 밀면전단력의 분포에 따라 고층일수록 지진하중에 불리하므로 이에 대한 효과를 살펴 보기위하여 3층, 4층, 5층의 구조물을 선정하였다. 또한 건축면적에 대한 지하실 면적비와 경과년수에 따라 분류를 하였다.

Case I, II, III는 경기도 관내에 있는 학교이며, 건축면적에 대한 지하실 면적비와 층수, 경과년수를 기준으로 선정하였다. 또한 정밀안전진단^{10,11)}의 결과를 참고하여 학교별 형상지표 및 경년지표를 산정하였으며^{12,13)}, 대상학교별 조건은 Table 4와 같다.

3.1.1. Case I

대상으로 삼은 Case I은 Fig. 2와 같은 평면을 가진 지상 3층 건물로 지하실은 존재하지 않는다. 골조형식은 철근콘크리트 모멘트골조이며 1970년에 준공되어, 약 30년이 경과된 구조물이다. 평면형상은 바닥판면적에 대한 돌출부가 없으며, 장변과 단변의 변장비는 16.92가 나왔다. 정밀안전진단결과 C등급으로 구조물의 노후화 상태는 대체로 양호하나, 일부 부재들에 횡력저항이 필요할 것으로 나타났다.

3.1.2. Case II

Case II는 Fig. 3과 같은 평면을 가진, 지상 4층 지하 1층 구조물로 층면적의 약 58% 면적의 지하

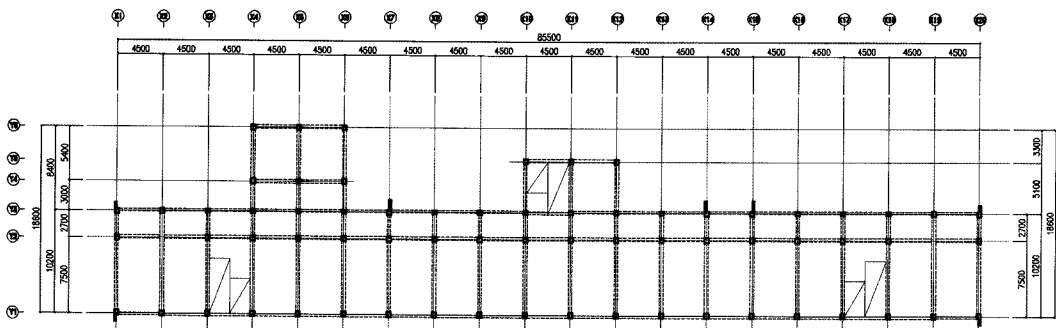


Fig. 3. structural Framing Plan - Case II.

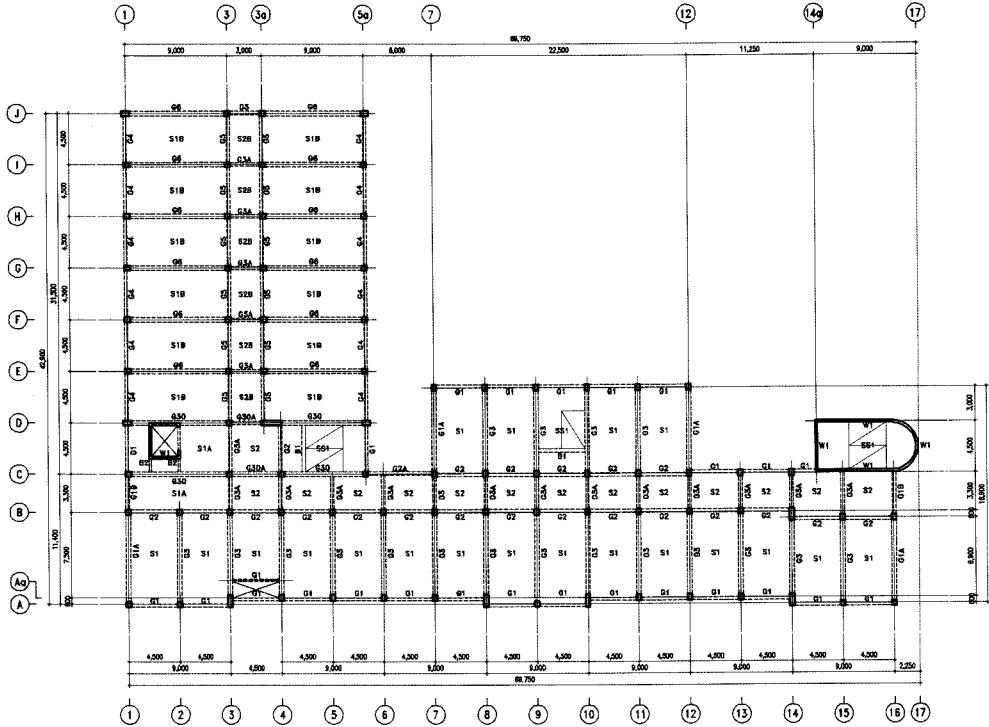


Fig. 4. Structural Framing Plan - Case III.

실이 존재한다. 골조형식은 철근콘크리트 모멘트골조이며 1980년에 준공되어, 약 20년이 경과 된 구조물이다. 평면형상은 바닥판면적에 대한 돌출부가 12.3%이며, 장변과 단변의 변장비가 9.19였다. 정밀안전진단결과 D등급으로 구조물의 노후화 상태는 대체로 양호하나, 지진하중에 대한 각 부재들의 전단력 부족으로 인하여 전면적인 내진성능보강이 필요할 것으로 나타났다.

3.1.3. Case III

Case III는 Fig. 4와 같은 평면을 가진, 지상 5층 지하1층 구조물로 총면적의 약 34% 면적의 지하실이 존재한다. 골조형식은 철근콘크리트 모멘트골조이며 1998년에 준공된 건물로 10년이 경과 된 구조물이다. 평면형상은 바닥판면적에 대한 돌출부는 10% 미만이나, 건물의 잘룩한 부분이 0.71이었다. 장변과 단변의 변장비는 1.6이었다. 정밀안전진단결과 D등급으로 구조물의 노후화 상태는 대체로 양호하나, 지진하중에 대한 각 부재들의 전단력 부족으로 전반적인 보강이 필요할 것으로 나타났다.

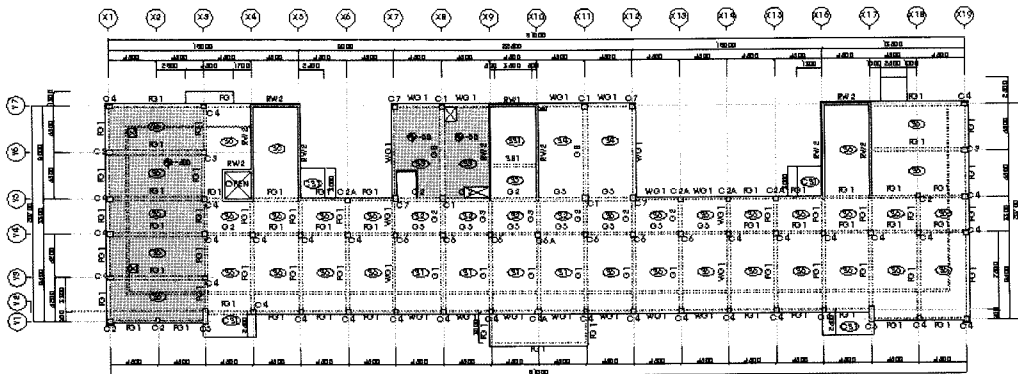


Fig. 5. Structural Framing Plan - Case IV.

Table 4. Condition of school building

	Case I	Case II	Case III	Case IV
Story	3	4	5	5
Layout	Line	Overhang	Bending	Overhang
Basement area / Building area(%)	0	58	34	50
Age of building(year)	30	20	10	10
Result of safety evaluation for building structure	C	D	D	C
Total self weight(ton)	7483.3	5723.1	9355.5	1652.4

3.1.4. Case IV

Case IV는 Fig. 5와 같은 돌출형 평면을 가진 지상 5층 지하1층 구조물로 층면적의 약 50% 면적의 지하실이 존재한다. 골조형식은 철근콘크리트 모멘트골조이며 1999년에 준공된 건물로 10년이 경과된 구조물이다. 평면형상은 바닥면적에 대한 돌출부가 30% 미만이고, 건물의 잘룩한 부분이 0.52였다. 변장비는 4.1이었다. 정밀안전진단결과 C등급으로 Case I과 같은평가가 나타났다.

3.2. 내진성능평가결과

KBC 2008 상세재해지도의 지반유효가속도 0.12~0.18에 속하는 지역이다¹⁰⁾. 따라서 구조내진판정지표는 Table 2의 값을 사용하며, 우리나라의 일반적인 지반에 해당하는 S_c 지반에 해당하는 값인 0.42를 구조내진판정지표(I_{SO})로 사용하였다. 내진성능은 구조내진지표(I_S)와 구조내진판정지표(I_{SO})의 비로 1에 가까울수록 지진에 대해 안전하다고 판정한다.

3.2.1. Case I의 내진성능평가결과

Case I은 대부분의 기둥이 전단파괴로 나타났으며 일부 기둥은 휨파괴로 나타났다. 강도지표(C)는 그룹별 기둥의 종국강도의 합으로 구하였고, 이때 전단파괴는 전단종국강도(Q_{SD})를, 휨파괴는 휨종국시의 전단강도(Q_{M})를 해당그룹의 종국강도로 산정하였다. 인성지표(F)는 Table 6에 따라 전단기둥과 휨기둥 모두 1로 산정하였다.

Case I은 30년이 경과한 건물임에도 건물의 노후도와 관계있는 경년지표 값은 0.93으로 평가되

Table 6. toughness index by type of rupture(F)

Type of rupture	Toughness index(F)	Note
Flexural column	1.27~3.2	By ductility factor
Shear column	1.0	Fixed

Table 7. Result of seismic performance estimation - Case I

Story	E_0	S_D	T	I_S	I_S/I_{SO}
1	0.467	0.95	0.93	0.41	0.97
2	0.560	0.95	0.93	0.49	1.16
3	0.934	0.95	0.93	0.83	1.97

었다. 또한 형상지표 값은 변장비에서 0.05가 감소되어 0.95로 평가되었다. 건물의 보유성능지표(E_0) 값은 형상지표와 경년지표에 의해 Fig. 6과 같이 약 13% 감소되었다. 구조내진지표(I_S)값은 1층이 0.41로 본 연구에서 S_C 지반을 기준으로 하여 Table 2에서 산정한 구조내진판정지표(I_{SO})값인 0.42에 근접한다.

3.2.2. Case II의 내진성능평가결과

Case II는 전체 기둥이 전단파괴 형태로 나타났으며, 이를 바탕으로 강도지표(C)는 전단종국강도를 이용하여 산정하였다. 인성지표(F)는 Table 6에 따라 전단기둥으로 나타났고, 1로 산정하였다.

Case II의 보유성능지표와 형상지표, 경년지표, 구조내진지표(I_S), 구조내진판정지표(I_{SO})는 Table 8과 같다. Case I과 준공년수가 약 10년 정도 차이가 있는 건물임에도 건물의 노후도와 관계있는 경년지표 값은 0.93으로 평가되었다. 또한 형상지표 값은 정형성에서 0.05가 감소되고, 변장비에서 0.05가 감소, 잘룩한 부분이 0.025가 감소되었으나 지하실의 면적이 바닥면적의 58%로 지하실 유무가 1.1로 증가하였다. 이를 토대로 전체적인 형상지표 값은 0.97로 평가되었다. 구조내진지표(I_S)값은 Fig. 6과 같이 보유성능지표에서 약 11% 정도 감소되었으며, 1층의 경우 0.34로 본 연구에서 S_C 지반을 기준으로 하여 Table 3에서 산정한 구조내진판정지표(I_{SO})값인 0.42에 약 81%수준이었다.

3.2.3. Case III의 내진성능평가결과

Case III는 전체 기둥이 전단파괴 형태로 나타났으며, 이를 바탕으로 강도지표(C)는 전단종국강도를 이용하여 산정하였다. 인성지표(F)는 전단기둥으로 나타나 Table 6에 의하여 1로 산정하였다.

Table 8. Result of seismic performance estimation - Case II

Story	E_0	S_D	T	I_S	I_S/I_{SO}
1	0.381	0.97	0.93	0.34	0.81
2	0.423	0.97	0.93	0.38	0.90
3	0.544	0.97	0.93	0.49	1.16
4	0.952	0.97	0.93	0.86	2.04

Table 9. Result of seismic performance estimation - Case III

Story	E_0	S_D	T	I_s	I_s/I_{SO}
1	0.288	0.98	0.93	0.26	0.62
2	0.309	0.98	0.93	0.28	0.67
3	0.360	0.98	0.93	0.33	0.79
4	0.480	0.98	0.93	0.44	1.05
5	0.864	0.98	0.93	0.78	1.45

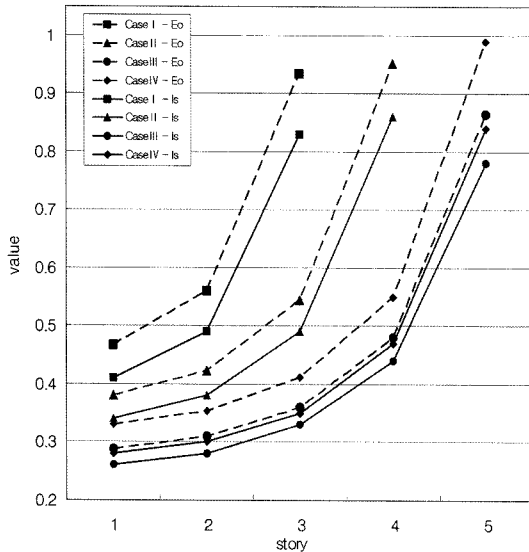


Fig. 6. Carrying capacity index(E_0) and structural seismic index(I_s).

Case III의 보유성능지표와 형상지표, 경년지표, 구조내진지표(I_s), 구조내진판정지표(I_{SO})는 Table 9와 같다. 경년지표 값은 Case I, Case II와 마찬가지로 0.93로 평가되었다. 형상지표 값은 잘룩한 부분으로 인해 0.025 감소되었다. Case III의 경우 지하층이 존재하지만 그 면적비가 34%로 크게 영향을 주지 못하여 지하실 유무의 값은 0.8로 평가되었다. 이를 토대로 전체적인 형상지표를 산정한 결과 0.98로 평가되었다. 구조내진지표는 Fig. 6과 같이 보유성능지표에서 약 9% 정도 감소되었으며, 1~3층의 경우 본 연구에서 S_C 지반을 기준으로 하여 Table 3에서 기준으로 산정한 구조내진판정지표(I_{SO}) 값에 62%, 67%, 0.79% 수준으로 내진성능이 부족하다고 판단되었다.

3.2.4. Case IV의 내진성능평가결과

Case IV는 대부분의 기둥이 전단파괴 형태로 나타났으며 일부 기둥은 휨파괴 형태로 나타났다. 강도지표(C)는 그룹별 기둥의 중국강도의 합으로 구

Table 10. Result of seismic performance estimation - Case IV

Story	E_0	S_D	T	I_s	I_s/I_{SO}
1	0.330	0.92	0.93	0.28	0.66
2	0.353	0.92	0.93	0.30	0.71
3	0.412	0.92	0.93	0.35	0.83
4	0.549	0.92	0.93	0.47	1.11
5	0.989	0.92	0.93	0.84	1.99

하였고, 이때 전단파괴는 전단중국강도(Q_{Su})를, 휨파괴는 휨중국시의 전단강도(Q_{Mu})를 해당그룹의 중국강도로 산정하였다. 인성지표(F)는 Table 6에 따라 전단기둥과 휨기둥 모두 1로 산정하였다.

Case IV의 보유성능지표와 형상지표, 경년지표, 구조내진지표(I_s), 구조내진판정지표(I_{SO})는 Table 10과 같다. 경년지표는 0.93으로 평가되었으며. 형상지표 값은 돌출부에서 0.1이 감소되었으며, 잘룩한 부분으로 인해 0.025 감소되었다. 또한 Case IV에는 필로터가 2개소 산재하고 있어 이로 인해 0.05가 감소되었다. 지하층의 면적비는 50.5%로 지하실 유무의 값이 1로 판정되었다. 이를 토대로 전체적인 형상지표를 산정한 결과 0.92로 평가되었다. 구조내진지표는 Fig. 6과 같이 보유성능지표에서 약 15% 정도 감소되었으며, 1~3층의 경우 본 연구에서 S_C 지반을 기준으로 하여 Table 3에서 기준으로 산정한 구조내진판정지표(I_{SO}) 값에 66%, 71%, 0.83% 수준으로 내진성능이 부족하다고 판단되었다.

4. 평가결과 분석

4.1. 층수의 영향

건물의 층수가 높아지면 자중의 증가로 인하여 밀면전단력이 증가하게 되며 저층에 분배되는 지진하중이 커져서 저층부가 취약해진다. 각층의 구조내진지표(I_s)/구조내진판정지표(I_{SO})로 층의 안전성을 파악할 수 있는데 이를 검토하여 보면 Fig. 7과 같다.

Case I의 경우, 전층이 안전층에 들어가며 내진성능이 충분하다고 판단되었다. 다만 1층의 경우, 내진성능이 본 연구에서 산정한 값보다 약간 작으므로 일부 개소에 내진보강을 하면 충분할 것으로 판단된다. Case II는 1층과 2층에서 안전층을 벗어나며, 저층부에 내진성능이 부족하다고 판단되었다. 1층은 기준에 비해 약 20% 부족하고, 2층의 경우도 기준에 비해 10% 정도 성능이 부족하므로 내진보강이 필요할 것으로 판단되었다. Case III의 경우, 1~3층에 내진성능이 크게 떨어지며, 4,5층은 안전

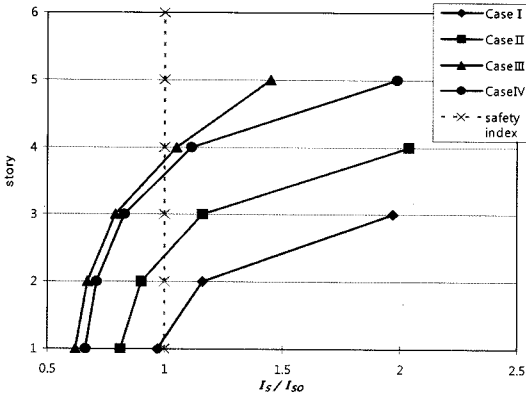


Fig. 7. Seismic performance (I_s/I_{s0}).

층에 들어간다. 특히 1층의 경우, 본 연구의 구조내진판정지표의 62% 수준으로, 전반적인 내진보강이 필요하다고 판단되었다. Case IV의 경우도 Case III와 같이 1~3층의 내진성능이 크게 떨어지며 4,5층은 안전층에 들어간다. 이로 미루어 보면 S_C 지반에서 본 연구의 대상 학교 중 3층 이하 학교건축물의 경우, 지진에 대해 안전하다고 볼 수 있으며, 4층 이상의 학교건축물에는 저층부에 내진성능이 부족하여 보강이 필요할 것으로 판단되었다.

4.2. 지반별 성능평가

본 연구에서는 상세해지도를 이용하여 지반종류에 따른 구조내진판정지표(I_{s0})를 산정하였다. 학교건물이 위치한 지반조건에 따라 구조내진판정지표(I_{s0})는 각각 다른값을 갖는다. 대상구조물의 경우 S_C 지반으로 가정하여 내진성능평가를 수행하여 3층 이하의 구조물은 지진에 대하여 안정적인 것으로 판단되었으나, 경암지반인 S_A 지반의 경우와 연약한 사질지반인 S_E 지반의 경우 산정되는 지진하중이 틀려지므로 이에 대한 내진성능평가는 달리 수행되어야 한다. Table 3의 지반종류별 구조내진판정지표(I_{s0})를 적용하여 취약층인 1층의 내진성능을 평가하여 보면 Fig. 8과 같다.

Case I의 경우, S_A , S_B , S_C 지반에서의 I_s/I_{s0} 값은 1.46, 1.17, 0.97로 내진성능을 만족하지만 S_D , S_E 지반의 경우에는 0.8, 0.6으로 내진성능이 부족하다고 평가되었다. Case II는 S_A , S_B 지반에서 I_s/I_{s0} 값이 1.21, 0.97로 내진성능을 만족하며, 나머지 지반에서는 0.81, 0.67, 0.47의 값을 나타내어 내진성능이 부족하다고 평가되었다. Case III의 경우, S_A 지반에서의 I_s/I_{s0} 값은 0.92로 내진성능이 약간 부족하였

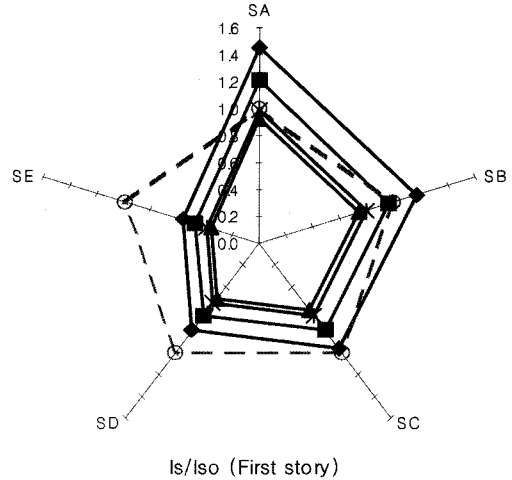


Fig. 8. Structural seismic index(I_s) divided by Seismic performance estimation index(I_{s0}).

으며, 나머지 지반에서는 0.36~0.74의 값을 나타내어 내진성능이 부족하다고 평가되었다. Case IV의 경우, S_A 지반에서의 I_s/I_{s0} 값은 0.99로 내진성능을 만족하지만, 나머지 지반에서는 0.39~0.80의 값을 나타내어 내진성능이 부족하다고 평가되었다.

우리나라의 일반적인 지반에 해당하는 S_A , S_B , S_C 지반에서 본 연구의 대상 학교 중 3층 이하 학교건축물은 내진성능이 충분하다고 판단된다. 그러나 5층 이상의 학교건축물은 모든 지반에서 내진성능이 현저히 부족하므로 내진성능평가를 통해 전면적인 보강이 필요할 것으로 판단된다.

4.3. 형상지표의 영향

형상지표는 여러 가지 요소들의 조합이지만 가장 크게 영향을 미치는 요소로는 지하층의 유무와 변장비, 잘룩한 부분, 필로티의 유무로 볼 수 있다.

Case III과 Case IV는 평면형식을 제외한 층수나 경과년수 등 유사한 조건을 갖는다. Fig. 6에서와 같이 Case III의 구조내진지표(I_s)값은 보유성능지표(E_0)값의 8%가 감소되었고 Case IV의 구조내진지표(I_s)값은 보유성능지표(E_0)값의 16%가 감소되어 Case IV가 약 2배의 감소율을 보였다.

형상지표의 값이 낮을수록 학교건축물이 보유하고 있는 내진성능을 감소시키기 때문에 내진성능평가 대상을 고려할 때 먼저 형상지표를 고려해야 한다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 학교건물의 내진성능을 파악하고자 구조물이 보유하고 있는 보유내진성능지표와 KBC 기준에 제시된 상세재해지도를 이용하여 구조내진판정지표(I_{SO})를 산정하여, 우리나라 저층 RC 모멘트 골조 학교 건축물의 내진성능 평가를 수행해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 연구대상 모델구조물 중 3층의 경우 $S_A \sim S_C$ 지반에 대해서는 구조내진판정지표를 만족하고 있으며, SD지반 이하에서는 내진성능이 부족한 것으로 나타났다.
- 2) 건물이 정형적이며, 지하층이 있는 구조물의 경우 형상지표가 높ی 평가되는 것으로 나타났다.
- 3) 학교건축물은 시간이 지남에 따라 경년지표 값이 감소하여 내진성능 평가시에 고려되어야 하지만, 표본으로 선정한 학교는 정밀안전진단의 결과를 참고하여 경년지표를 산정하였으나 노후화 정도에 차이가 없었다.

감사의 글 : 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0076668).

참고문헌

- 1) 日本建築學會, “1995年兵庫縣南部地震災害調査速報”, 1995.
- 2) 이상호, 정태권, “고베지진으로 피해를 입은 RC 학교건축물을 이용한 효율적인 내진성능 평가방법의 제안”, 대한건축학회논문집, 제22권, 제4호, pp. 84~90, 2006.
- 3) 통계청홈페이지 “지진현황”, http://www.kma.go.kr/neis/neis_01_02_01.jsp.
- 4) 新保幸一, “일본 학교시설의 내진기준 및 대책과 관리”, KEDI 교육시설 포럼, 2008년 6월.
- 5) 최호, “우리나라 학교건물의 내진성능 및 손상도 평가”, 대한건축학회학술발표대회논문집, 제27권, 제1호, p. 183, 2007.
- 6) 김현진, 박태원, 정 란, “국내 공동주택의 지진위험도 현황에 관한 연구”, 한국안전학회지, 제23권, 제6호, pp. 100~107, 2008.
- 7) “既存コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説”, 日本建築防災協會 1977(1900년 改訂).
- 8) 건축구조설계기준(KBC2008) 개정(안), 대한건축학회 2008.
- 9) 건설교통부고시, 건축구조설계기준2006, 대한건축학회, 2006.
- 10) 한국시설안전공단, “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”, 국토해양부고시 제2008-838호, 2008.
- 11) 한국시설안전공단, “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(건축물)”, 국토해양부고시 2009.03.
- 12) “學校施設の耐震補強マニュアル - RC造校舎編”, 文部科學省, 2003改訂版.
- 13) “既存コンクリート造建築物の耐震診断基準改修設計指針適用の手引”, 日本建築防災協會 1977(1900년 改訂).