



국내 조적조 건물의 내진성능평가 및 지진피해율 상정

강대연^{1)*} · 이원호²⁾

¹⁾광운대학교 에센스구조연구센터, ²⁾광운대학교 건축공학과

Evaluation of Seismic Capacity and Estimation of Earthquake Damage for Existing Unreinforced Masonry Building in Korea

Dae-Eon Kang^{1)*} and Waon-Ho Yi²⁾

¹⁾ESnS Structure Research Center, Dept. of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

²⁾Dept. of Architectural Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

ABSTRACT In Seoul, more than 80 percent of residential buildings are constructed with unreinforced masonry(URM) buildings in early 1970 to 1990. In general, URM buildings have the advantages of reducing the construction time and easy to construction. However, URM buildings do not have enough strength against the lateral force. Moreover, low rise buildings have not adopted seismic designs, and for that reason a critical damage is expected with an earthquake. And also, the necessity of the seismic performance evaluation of existing building structures is raised through the Taiwan earthquake in 1999. The purpose of this study is to provide basic information for unreinforced masonry building in Korea by application of the proposed seismic evaluation method. In this study, seismic capacities of 50 existing unreinforced masonry buildings are evaluated based on the proposed method. Also, relationships of seismic capacities between Korean earthquake damage ratios of Korean unreinforced masonry buildings are estimated. Results of this study were as follows; 1)Seismic retrofit was needed 8~48% in Korean unreinforced masonry buildings. 2)Korean unreinforced masonry buildings were expected to have severe damage under the earthquake intensity level experienced in Japan.

Keywords unreinforced masonry building, seismic performance evaluation, seismic index, structure earthquake damage ratios

1. 서 론

우리나라는 1978년부터 2004까지 총 641회의 지진이 발생하여 연평균 23회에 해당한다¹⁾. 이중 지진규모(M) 4 이상의 비교적 큰 규모의 지진발생이 34회이며 대부분은 남한지역에서 발생하고 있다. 또한 연구 결과에 의하면 각종 건축물에 상당한 피해를 줄 수 있는 정도의 지진이 발생할 가능성이 있다고 보고되고 있다. 특히 최근 들어 1995년의 일본 고베지진, 1999년의 대만 지진 및 2004년의 남아시아지진 등의 한반도 주변국가에서의 대규모 지진의 발생은 건축물의 지진에 대한 대책과 건축물의 내진성능향상의 중요성을 보다 크게 인식시키는 계기가 되고 있다.

이에 우리나라도 1988년부터 처음으로 6층 이상건축물 및 연면적 10,000 m²이상 건축물인 경우에 내진설계가 적용을 했으며, 1996년에는 5층 이상 건축물 및 연면적 5,000 m²이상 건축물로 변경되었다. 또한 2005년에는 3층 이상 건축물 및 연면적 1,000 m²이상의 건축물로 변경되

는 내용이 발표되는 등 내진설계 기준이 강화되는 추세에 있다. 그러나 1~2층의 건물은 내진설계기준에 포함되지 않고 있으며, 특히 대부분의 1~2층 건물은 횡력에 약한 조적조 건물이다.

본 연구에서는 향후 국내의 실정에 맞는 조적조 건물의 내진성능 평가방법의 개발에 기초적인 자료제공을 목적으로 지진에 무방비 상태로 노출된 조적조 건축물 특히 서울시내 50개동의 조적조 건물들을 대상으로 기존 건축물의 구조 내진 성능 평가에 관한 기술지침(안)²⁾에서 제안된 방법을 적용하여 내진성능을 파악함과 동시에 확률·통계론 입각하여 구조내진지표의 분포특성 및 지진피해율을 평가하여 지진대책의 활용자료를 작성하고자 한다.

2. 조적조 건물의 구조내진성능평가

2.1 구조내진지표

일본에서는 철근콘크리트 건축물에 막대한 피해가 발생한 1968년 十勝沖(토카치오끼)지진 이후 내진규정을 재평가하여 새로운 내진규정의 모색을 주목적으로 한 종합

*Corresponding author E-mail : kde0898@kw.ac.kr

Received November 21, 2005, Accepted June 30, 2006

©2006 by Korea Concrete Institute

연구 프로젝트가 발족됨과 동시에 내진성능 평가방법이 제안되었으며, 1977년에는 각종 연구 성과를 통일한 “내진진단규준”이 발표되었다. 이런 일본의 내진진단법은 기존 중·저층 건축물의 내진성능을 약산적으로 평가하는 수법으로서, 구조체의 안전성평가를 식(1)과 같이 판정하며, 구조내진지표(I_S)는 보유성능 기본지표(E_0), 형상지표(S_D) 및 경년지표(T)의 곱으로 산정되는 식(2)에 따라 평가한다. 본 연구에서는 식(1) 및 (2)를 바탕으로 조적조 건축물의 내진성능을 평가하고자 하며 조적조 건물은 취성 거동에 가까운 형상을 나타내므로 인성지표는 0.8로 가정하였다. 또한, 모든 조사건물의 현지조사를 하지 못한 점을 고려하여 경년지표를 1, 0.9, 0.8 및 0.7인 경우로 가정하여 내진성능을 검토하였다. 또한 국내 조적조 건물의 평균전단응력도는 기존의 연구 결과^{3,7,15)}를 참고하여 0.2 MPa로 하였다. 형상지표(S_D)는 형상의 복잡함 및 강성의 불균등한 분포 등의 내진성능에 미치는 영향을 공학적인 판단에 의해 정량화하고, E_0 지표를 보정하려는 것이다. 형상지표는 산출방법의 간편함과 산출되는 숫자에 의해 의미를 가지게 되는 영향도의 정도에 대응하여 산출한다. 평면의 형상, 단면 형상, 단면의 강성, 편심률 등 여러 변수들에 의한 산출과정을 거치게 되면 거의 1에 가까운 값을 얻게 된다. 따라서 본 연구에서는 형상지표(S_D)는 1.0으로 가정을 하였다.

$$I_S \geq I_{SO} \quad (1)$$

여기서, I_S : 구조내진지표, I_{SO} : 구조내진 판정지표

2.1.1 구조내진지표 산정방법

구조내진지표(I_S)는 건축물의 각 층의 단변방향 및 장변방향, 각각에 대해서 식(2)로 산정한다.

$$I_S = E_0 \times S_D \times T \quad (2)$$

여기서, E_0 : 보유성능 기본지표, S_D : 형상지표, T : 경년지표

보유성능 기본지표(E_0)는 건축물의 구조내진성능을 표현하는 지표로서, 강도지표(C)와 인성지표(F)의 곱으로 산정한다. 식(3)의 강도지표(C_w)는 조적벽체의 단면적만을 이용하여 다음과 같이 약산하며, 조적조 건축물 각층의 인성지표(F_w)는 0.8로 한다.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \times C_w \times F_w \quad (3)$$

여기서, n : 건물층수, i : 대상층수, C_w : 강도지표,

F_w : 인성지표

$$C_w = \frac{\tau_w}{W} \times a_w \quad (4)$$

여기서, τ_w : 조적벽체의 평균전단응력도(= 0.2 MPa)

a_w : 연 바닥면적 벽률 = $A_w / \sum Af$ (cm²/m²)

A_w : 층의 대상으로 하는 방향에 유효한 조적벽체 단면적의 총합

$\sum Af$: 그 층보다 위의 바닥 면적의 총합

$$W = \frac{\text{그보다위의건물전중량(건물자중+ 활하중)}}{\sum Af}$$

건물자중 + 활하중

건물자중과 활하중은 다음과 같이 계산하였으며 그에 따라 건물의 중량을 계산하였다.

· 지붕층

보호 모르타르 (THK 60) 1.2 kN/m²

방수 및 모르타르 (THK 20) 0.4 kN/m²

Con'c slab(THK 120) 2.9 kN/m²

천 정 0.2 kN/m²

마 감 2.2 kN/m²

D.L(고정하중) 6.9 kN/m²

L.L(적재하중) 1.5 kN/m²

· 기준층

마감 및 온돌 2.2 kN/m²

Con'c slab (THK 120) 2.9 kN/m²

천 정 0.2 kN/m²

D.L(고정하중) 5.3 kN/m²

L.L(적재하중) 2.0 kN/m²

· 벽체하중 (조적)

0.5B (마감포함) 2.1 kN/m²

1.0B (마감포함) 4.0 kN/m²

2.1.2 구조내진 판정지표 산정방법

내진성능이 평가되면 내진안전성을 판단하여 내진보강의 여부를 판정하는 것이 필요하다. 기존 연구 결과²⁾에서는 식(1)과 같이 구조물의 안정성을 판정하고 있으며, 구조내진판정지표(I_{SO})는 지진입력레벨에 기초하여 식(5)과 같이 설정하였다.

$$I_{SO} = \frac{\gamma}{\phi} \times A \times \frac{1}{R} \times I_E \times C \quad (5)$$

여기서, γ : 하중계수(일반적으로 1.4)

ϕ : 강도감소계수(수직부재를 고려한 값으로 일반적으로 $\phi=0.7$ (철근콘크리트조), 0.85(철골조), 0.6(조적조))

A : 지역계수(본 연구에서는 서울지역이므로 0.11)

R : 반응수정계수(본 연구에서는 2.0)

I_E : 중요도계수 (일반주택으로 간주해 본 연구에서는 1.0)

C : 동적계수 : $\frac{S}{1.2\sqrt{T}} \leq 1.75$

지반 1의 경우 $S=1.0$

지반 2의 경우 $S=1.2$

지반 3의 경우 $S=1.5$

지반 4의 경우 $S=2.0$

$T=0.0488(h_n)^{3/4}$ (h_n = 건물높이)

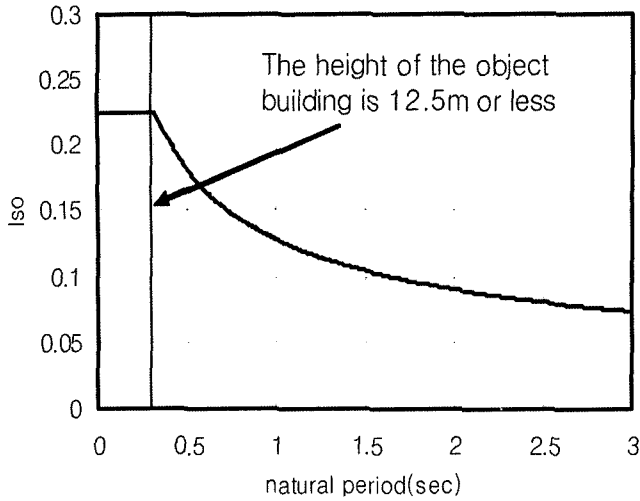


Fig. 1 The structure earthquake-proof decision index

본 논문에 사용한 지반계수는 가장 일반적이라고 판단되는 계수로서 2를 적용하였으며, 식 (5)에 따라 본 연구에서의 구조내진판정지표를 산정하였다.

$$I_{SO} = \frac{1.4}{1.6} \times 0.11 \times 1.0 \times C \times \frac{1}{2} = 0.128 \times C,$$

(C가 1.75보다 작을 때는 I_{SO} 는 0.225이다.)

$$C = 1.2 / 1.2 \sqrt{0.0488(h_n)^{3/4}} \leq 1.75$$

건물높이 h_n 가 12.5 m(주기 T 0.366sec)이하의 범위에 대해서는 아래 Fig. 1에서 보는 바와 같이 I_{SO} 가 0.225로 일정하게 나타나며 그 보다 건물높이가 높은 구간부터는 이차곡선으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 조사 대상 건축물이 2~3층 규모로서 최고높이 12 m를 넘지 않으므로 구조내진 판정지표 I_{SO} 는 0.225로 하였다.

3. 내진성능의 검토

3.1 조사 대상 건축물

조사지역은 인구밀도가 높아 지진발생 시 피해가 클 것으로 예상되는 서울시의 3개의 구에서 총 50개 동의 조적조 건물을 대상으로 하였으며 또한 대상건물은 Table 1에 나타난 것과 같이 90년대 준공된 건물 중에 각 연도별(Table 2)로 수개 동의 건물을 선정하여 구조내진지

Table 1 Regional distribution of the objective buildings

Region (gu)	Seongdong	Dongdaemun	Seongbuk	Total
Number of the building	23	14	13	50

Table 2 Aging distribution of the objective buildings

The completion fiscal year	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	Total
Number	3	7	6	7	7	6	5	6	2	1	50

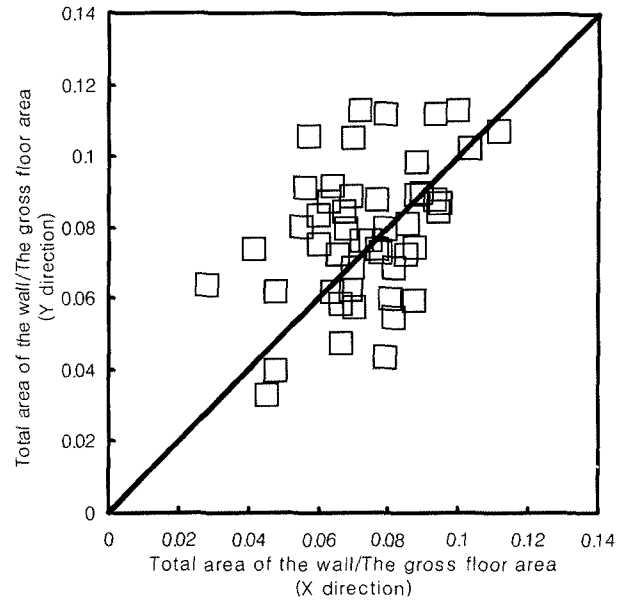


Fig. 2 Wall rate of X, Y direction

표(I_S)를 조사하였다. 또한 Fig. 2에는 1층의 벽체면적을 바닥면적을 나눈 값으로 X방향과 Y방향을 비교하여 나타내었다. 조사한 대상건물의 층고는 대부분 2.5 m~2.7 m 정도였다.

3.2 대상건물의 내진성능평가 및 검토

위에서 서술한 바와 같이 기존 건축물의 구조 내진 성능 평가에 관한 기술지침을 바탕으로 대상건물의 내진성능을 검토하여 Table 3에 나타내었다. 서울시내 조적조 건물의 내진성능을 조사한 결과 경년지표값을 1.0으로 판단했을 때는 2동의 건물만 제외하고는 50개동의 건물이 안정한 것으로 판정이 되었다(Table 3). 하지만 경년지표값을 0.7로 적용하였을 경우 27개동이 지진에 불안정한 것으로 판정되었다. 이는 구조내진 판정지표(I_{SO})값을 0.225, 즉 그 지역의 지역계수로 국내의 평균 지진도를 기준으로 평가한 수치이므로 고베지진의 절반 정도의 강도에 해당하는 지진이 발생했을 경우 더 많은 조적조 건축물들이 피해가 발생할 것으로 사료된다. 내진진단 결과에 의한 구조내진지표의 연도별 추이는 다음 Fig. 3과 같고 각 연도별 구조내진지표 값의 평균치는 연도가 바뀌에 따라 내진성능의 향상이 있을 것으로 예상했으나 10년 동안 조적조에 대한 설계기준의 개선이 없었던 것으로 인하여 연도별 구조내진지표의 평균값은 거의 비슷한 값의 분포를 보이고 있다.

또한, Fig. 4에는 조사한 조적조 건물의 내진성능을 경년지표(T)의 변화에 따라 1, 2층에서의 X방향에 대하여 Y방향의 구조내진지표값으로 나타내었다. 또한 2.1.2에서 산정한 구조내진판정지표($I_{SO}=0.225$)도 함께 나타내었다.

Fig. 4에 나타난 것과 같이 내진진단결과인 I_S 는 Y방향이 X방향보다 약간 높은 내진성능을 보이고 있으나 큰

Table 3 Seismic index of the objective buildings (A : Dongdaemun, B : Seonbuk, C : Seongdong)

	The completion fiscal year	Correspondence region	X direction			Y direction				The completion fiscal year	Correspondence region	X direction			Y direction		
			1F	2F	3F	1F	2F	3F				1F	2F	3F	1F	2F	3F
1	91	A	0.39	0.71		0.33	0.60		26	97	B	0.36	0.63		0.35	0.46	
2	91	A	0.34	0.56		0.31	0.50		27	98	B	0.43	0.67		0.23	0.41	
3	91	A	0.35	0.57		0.34	0.55		28	90	C	0.40	0.63		0.27	0.42	
4	92	A	0.32	0.51		0.32	0.50		29	90	C	0.34	0.56		0.33	0.54	
5	92	A	0.32	0.53		0.35	0.58		30	90	C	0.28	0.45		0.39	0.62	
6	93	A	0.26	0.41		0.42	0.57		31	91	C	0.39	0.62		0.26	0.41	
7	93	A	0.27	0.43		0.38	0.62		32	91	C	0.31	0.52		0.39	0.65	
8	94	A	0.33	0.54		0.29	0.47		33	91	C	0.33	0.55		0.39	0.64	
9	94	A	0.23	0.28	0.53	0.29	0.35	0.48	34	91	C	0.35	0.56		0.28	0.46	
10	94	A	0.39	0.63		0.35	0.56		35	92	C	0.29	0.46		0.32	0.50	
11	95	A	0.31	0.51		0.46	0.76		36	92	C	0.36	0.57		0.27	0.42	
12	96	A	0.40	0.64		0.38	0.60		37	93	C	0.42	0.68		0.41	0.67	
13	97	A	0.37	0.65		0.35	0.61		38	93	C	0.41	0.55		0.55	0.79	
14	97	A	0.35	0.56		0.30	0.47		39	93	C	0.48	0.75		0.46	0.72	
15	92	B	0.12	0.30	0.48	0.28	0.32	0.42	40	94	C	0.40	0.61		0.57	0.71	
16	92	B	0.31	0.43		0.36	0.50		41	94	C	0.33	0.52		0.47	0.74	
17	93	B	0.24	0.28	0.45	0.30	0.32	0.52	42	95	C	0.24	0.30	0.37	0.31	0.42	0.62
18	93	B	0.41	0.72		0.39	0.67		43	95	C	0.19	0.28	0.37	0.35	0.40	0.59
19	94	B	0.38			0.49			44	95	C	0.43	0.70		0.51	0.78	
20	94	B	0.40	0.72		0.36	0.55		45	96	C	0.46	0.76		0.47	0.72	
21	95	B	0.29	0.48		0.40	0.66		46	96	C	0.33	0.52		0.52	0.81	
22	95	B	0.46			0.33			47	97	C	0.43	0.66		0.48	0.73	
23	96	B	0.22	0.35		0.38	0.65		48	97	C	0.42	0.67		0.42	0.57	
24	96	B	0.45	0.54		0.32	0.49		49	98	C	0.26	0.31	0.50	0.32	0.38	0.62
25	97	B	0.39	0.60		0.35	0.60		50	99	C	0.23	0.45	0.73	0.26	0.29	0.47

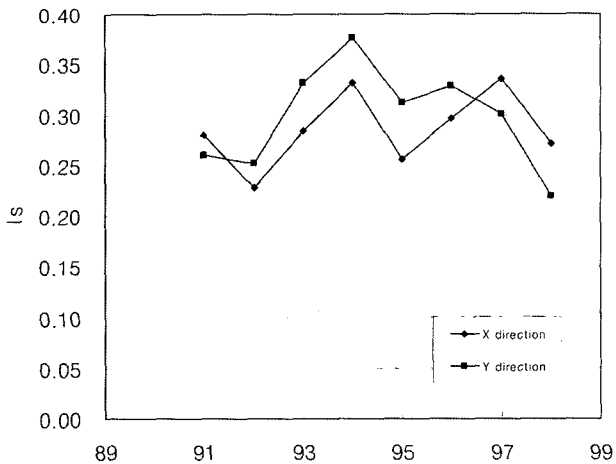


Fig. 3 Seismic index according to fiscal year

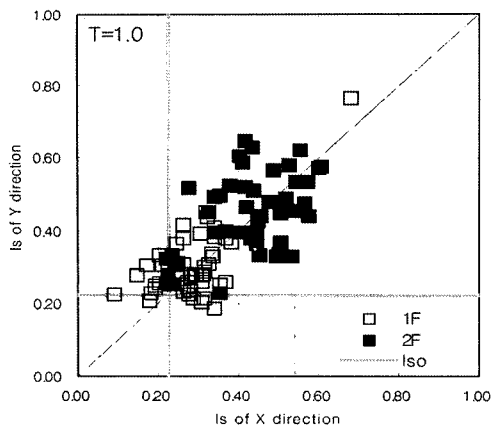
차이는 나타나지 않고 있음이 확인되었다. 이는 2장의 대상건물의 개요에서 알 수 있듯이 조사한 조적조 건물의 X방향과 Y방향의 벽량에 있어서 큰 차이가 없기 때문이라 사료된다. 따라서 후술하는 모든 경우에 있어 X

방향의 구조내진지표값을 기본으로 대상건물인 조적조 건물의 대표값으로 정하여 연구를 진행하였다. 또한 2층보다 1층의 구조내진지표값의 적게 나타남을 알 수 있다.

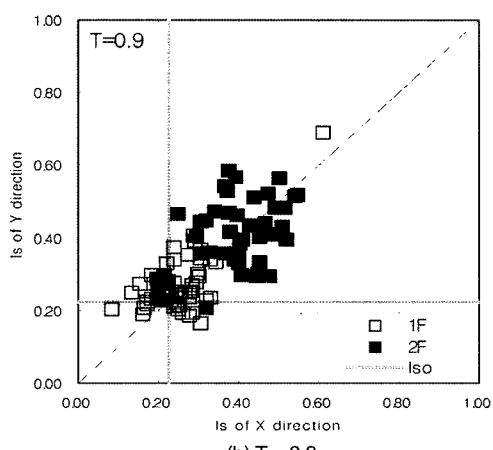
Fig. 5는 경년지표(T)를 각각 1, 0.9, 0.8 및 0.7로 가정하였을 경우의 조사대상건물의 1층, X방향의 내진성능의 분포를 나타낸 것으로서, 각각의 Fig. 5에 있어 곡선들은 빈도분포의 근사곡선 가운데 최적분포로 판단되어진 정규분포곡선으로 근사시킨 것이다. 각각의 경년지표에 따른 내진성능의 분포는 각 Fig. 5에 있는 평균값과 표준편차를 가지는 정규분포곡선으로 근사가 가능하며, 모든 경우에 있어 0.1~0.5사이에 분포하고 있다. 또한 Fig. 5에서도 알 수 있듯이 경년지표의 변화에 따라 내진보강을 필요로 하는 범위가 8%에서 48%의 범위로 확대됨을 알 수 있다.

4. 지진피해율의 상정

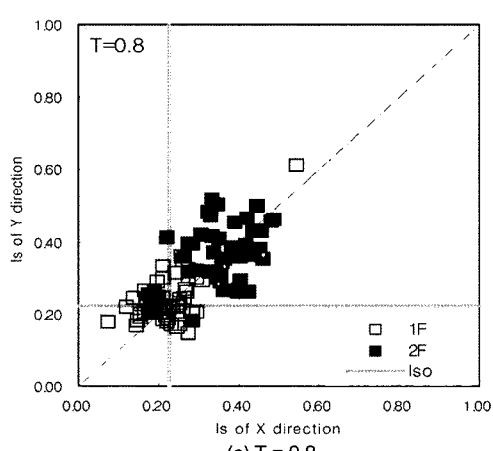
본 연구에서는 [참고문헌 5, 6]에서 사용한 방법을 적용하여, 대상 조적조 건물의 지진피해율을 상정하였다.



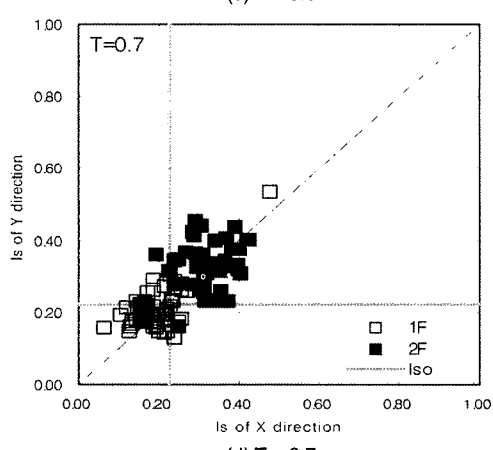
(a) T = 1.0



(b) T = 0.9

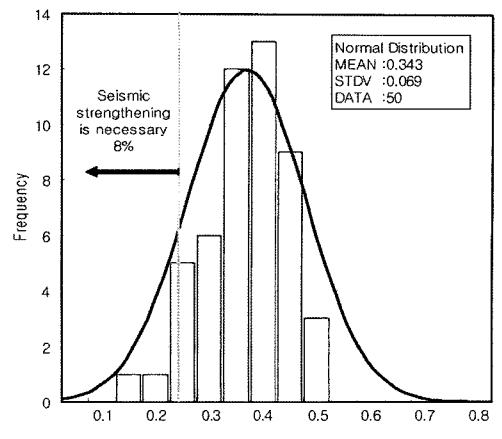


(c) T = 0.8

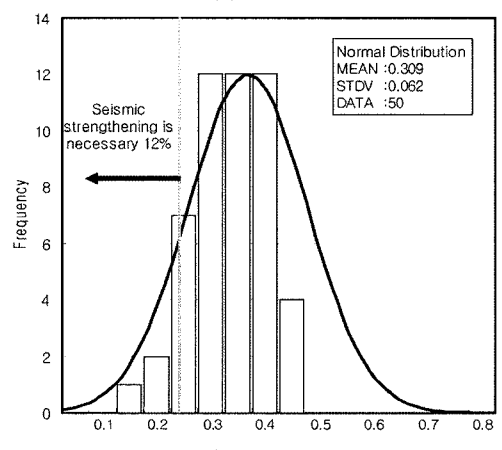


(d) T = 0.7

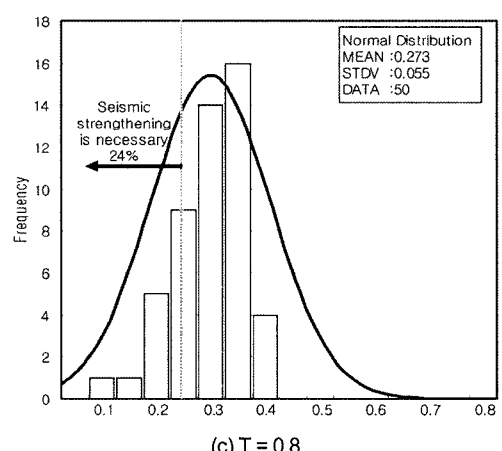
Fig. 4 The result of evaluation of seismic capacity



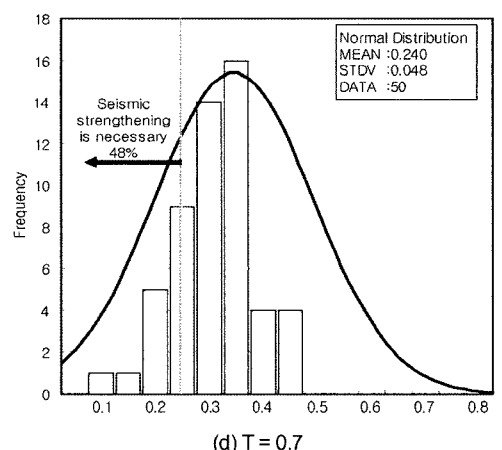
(a) T = 1.0



(b) T = 0.9



(c) T = 0.8



(d) T = 0.7

Fig. 5 The distribution of the earthquake performance

4.1 지진피해율 상정방법

조사대상 건물군의 I_S 의 확률밀도함수를 $P_{I_S}(x)$, 하중효과(E_T)의 확률밀도함수를 $P_{E_T}(x)$ 라고 가정한다. 위의 E_T 는 입력지진동의 레벨을 I_S 로 환산한 것으로서, 즉 입력지진동의 레벨에 대하여 안전하기 위해 필요한 I_S 값으로서, 입력지진동에 의하여 E_T 가 확률량이 되는 것으로 가정한다. 여기서, “전 건물에 대한 피해건물수의 비율”을 “피해율 V ”라고 정의하면, 그 피해율 V 는 식(6)과 같다.

식(4)의 []항은 $\text{Prob}[P_{E_T} > x]$, 즉 $I_S = x$ 의 건물의 피해확률을 나타내는 것이고, 또한 식(7)의 $v(x)$ [식(4)의 피적분항]는 피해건물의 I_S 분포를 나타낸다. 따라서 $P_{I_S}(x)$ 및 $P_{E_T}(x)$ 로부터 식(6) 및 (7)을 사용하여 피해율 V 및 피해건물의 I_S 분포 $v(x)$ 가 상정가능하다.

$$V = P_{I_S}(x) \left[1 - \int_0^x P_{E_T}(r) dr \right] dx \quad (6)$$

여기서, $x = I_S$ 또는 E_T

$$v(x) = P_{I_S}(x) \cdot \left[1 - \int_0^x P_{E_T}(r) dr \right] \quad (7)$$

본 연구에서는 조사대상건물인 조적조 건물의 I_S 의 확률밀도함수 $P_{I_S}(x)$ 는 Fig. 5에 나타난 정규분포곡선, 즉 식(8)을 사용하였고, E_T 의 확률밀도함수 $P_{E_T}(x)$ 는 靜岡縣의 피해 산정 시 사용한 분포를 사용하여 대상 조적조 건물의 지진피해율을 상정하였다. 한편 [참고문헌 6]의 E_T 는 1968년 十勝沖지진 및 1978년 宮城沖지진을 대상으로 한 피해정도는 중파이상이고 지진가속도레벨은 0.23 g인 하중효과이고, 또한 입력지진도의 지반에 의한 편중의 영향은 없는 것으로 가정하여 빈도분포를 식(9)에 나타내는 정규분포곡선으로 근사시킨 것이다.

$$P_{I_S}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (8)$$

여기서, $x = I_S$, $\mu = 0.4$, $\sigma = 0.135$

$$P_{E_T}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (9)$$

여기서, $x = E_T$, $\mu = 0.399$, $\sigma = 0.085$

4.2 지진피해율의 상정 결과

Fig. 6에 국내의 조적조 건물의 경년지표에 따른 I_S 와 지진피해율과의 관계를 나타내었다. 기존 연구 결과⁶⁾에서는 1968년 十勝沖지진 및 1978년 宮城懸沖지진에 의한 탁월주기 0.4초의 지반에 있는 건물에 입력되어지는 지진가속도레벨을 0.23 g로 설정하고 있지만 각각의 그림에는 입력지진가속도 레벨이 0.23 g, 0.15 g, 0.12 g, 0.08 g로 변화하는 경우에 있어서의 피해율 V 및 피해건물의 $v(x)$ 를 같이 나타내었다. 또한 Table 2에는 경년지표와 입

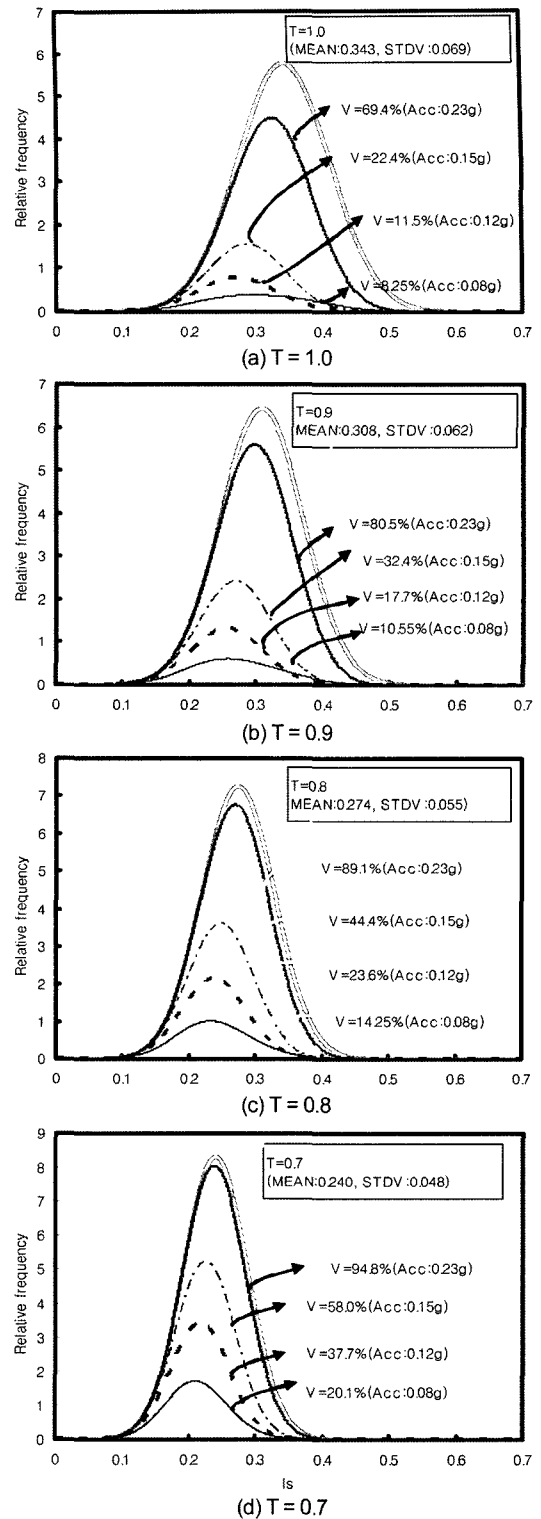


Fig. 6 The relationship between seismic index and seismic damage ratio of Korean URM by the aging index

Table 4 Estimation result of the seismic damage ratio

Aging index	Prediction seismic damage ratio by the input load			
	0.23 g	0.15 g	0.12 g	0.08 g
T = 1	69.4%	22.4%	11.5%	8.25%
T = 0.9	80.5%	32.4%	17.7%	10.5%
T = 0.8	89.1%	44.4%	23.6%	14.2%
T = 0.7	94.8%	58.0%	37.4%	20.1%

력지진가속도의 레벨의 변화에 따른 지진피해율(V)를 정

리하여 나타내었다.

이것은 허용소성률과 요구내력비(지진응답량과 허용소성률의 한계에서 받아들일 수 있기에 필요한 내력과 입력레벨의 비)를 결정하면, 필요한 I_S 가 입력지진가속도에 비례해서 결정된다는 관계가 성립하기 때문에 E_T 의 확률밀도함수 식(7)을 변동계수는 일정하게 하고, 평균치만 각각 0.08/0.23배, 0.12/0.23배, 0.15/0.23배로 하여 피해를 V 및 피해건물의 분포 $v(x)$ 를 상정하였다. 상정결과인 Table 4와 Fig. 6에 따르면 국내의 조적조 건물은 경년지표(T)가 1일 경우를 예를 들어 설명하면 입력지진가속도 0.08 g에서는 8.25%, 0.12 g에서는 11.5%, 0.15 g에서는 22.4%, 0.23 g에서는 69.4%의 지진피해율이 추정되었으며, 지진동이 약 1.5배(0.12 g) 증가하면 약 1.4배, 약 2배(0.15 g) 증가하면 2.7배, 약 3배(0.23 g) 증가하면 8.4배로 지진피해율이 증가함을 알 수가 있다.

5. 결 론

국내의 조적조 건물 50개 동을 대상으로 기존 건축물의 구조 내진 성능 평가에 관한 기술지침(안)의 방법에 따라 건물의 내진성능을 평가하고 구조내진지표의 분포 특성 및 지진피해율을 통계·확률론 입각하여 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 국내의 현존 조적조 건물의 경년지표(T)를 1에서 0.7 사이로 가정하고, 평균전단 응력도를 0.2 MPa으로 가정 시 표준정규분포로 근사가 가능하다는 것을 알았다.
- 2) 조사대상건물은 경년지표의 변화에 따라 국내 상정 입력지진가속도 레벨에서도 8~48%정도의 내진보강이 필요한 것으로 나타났다.
- 3) 국내 상정 입력지진가속도 레벨인 0.12 g에 대해서 11.5~37.4% 정도의 지진피해율이 상정되었으며, 일본의 대표적인 피해지진레벨(0.23 g) 뿐만 아니라 중규모의 지진에서도 큰 피해를 받을 것으로 사료된다. 따라서 국내실정에 적합한 내진진단법, 이를 근거로 한 보강건물의 합리적인 선정방법 및 효과적인 내진보강공법이 개발이 시급하다고 판단된다.

참고문헌

1. 기상청홈페이지, <http://www.kma.go.kr>.
2. 광운대학교외, 기존 건축물의 리모델링을 위한 내진성능 평가 기법 국제기술 강습회, 포항산업과학연구원, 2002. 3, pp.1~28(4장).
3. W. H. Yi, S. H. Oh, and J. H. Lee, "Shear Capacity Assessment of Unreinforced Masonry Wall", *13 WCEE, paper No.1698*, Aug., 2004.
4. 한국도시방재학회, 건축물 방재위원회, 건축물의 내진성능평가 및 보수·보강사례, 한국도시방재학회, 2002, pp.131~146.
5. 이강석, 최호, 이원호, "현준 철근 철근콘크리트건물의 내진성능 및 지진피해율의 상정", 대한건축학회논문집 구조계, 18권 1호(통권159호), pp.11~20, 2002.
6. 中 植 良 昭, "信頼性理論による鉄筋コンクリートと建築物の耐震安全性に関する研究", 東京大學建築科學位論文, 1988, pp.1~116.
7. 권기혁 외, "조적조 건축물에 대한 내진 보강 방안", 서울특별시, 2001. 6, pp.1~186.
8. 정병주, 김윤일, "조적벽의 전단내력과 보수효과에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 14권 1호, 1998, pp.307~320.
9. 김장훈, "비보강 시멘트벽돌 건물의 내진성능 실험연구", 한국지진공학회 춘계학술발표회 논문집, 2000, pp.298~307.
10. 김희철, 김관중, 박진호, 홍원기, "지진하중을 고려한 비보강 조적조의 재료특성 평가에 관한 실험연구", 한국지진공학회 논문집, 2001, pp.93~102.
11. FEMA 273, *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., October 1997, pp.1~35(in Chapter7).
12. FEMA 306, *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., May 1999, pp.137~165.
13. G. M. Calvi, G. R. Kingsley, and G. Magenes, "Testing of Masonry Structures for Seismic Assessment", *Earthquake Spectra*, Vol.12, No.1, February 1996, pp.145~162.
14. G. Aguilar, R. Meli, and R. Diaz, R. Vasquez-del-Mercado, "Influence of horizontal reinforcement on the behavior of confined masonry walls", *Proc. 11th World Conf. Earthquake Engrg*, Elsevier Science Ltd., Amsterdam, paper No.1380, 1996.
15. K. Yoshimura, K. Kikuchi, Z. Okamoto, and T. Sanchez, "Effect of vertical and horizontal wall reinforcement on seismic behavior of confined masonry walls", *Proc. 11th World Conf. Earthquake Engrg*, Elsevier Science Ltd., Amsterdam, paper No.191, 1996.

요 약 본 연구에서는 향후 국내의 실정에 맞는 조적조 건물의 내진성능 평가방법의 개발에 기초적인 자료제공을 목적으로 지진에 무방비 상태로 노출된 조적조 건축물 특히 서울시내 50개동의 조적조 건물들을 대상으로 기존 건축물의 구조 내진 성능 평가에 관한 기술지침(안)의 방법에 따라 건물의 내진성능을 평가하고 구조내진지표의 분포특성 및 지진피해율을 통계·확률론에 입각하여 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 그 결과, 국내의 현존 조적조 건물의 경년지표(T)를 1에서 0.7사이로 가정하고, 평균전단 응력도를 0.2MPa로 가정 시 표준정규분포로 근사가 가능하다는 것을 알았으며, 조사 대상건물은 경년지표의 변화에 따라 국내 상정 입력지진가속도 레벨에서도 8~48%정도의 내진보강이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 국내 상정 입력지진가속도 레벨인 0.12g에 대해서 11.5~37.4% 정도의 지진피해율이 상정되었으며, 일본의 대표적인 피해지진레벨(0.23g) 뿐만 아니라 중규모의 지진에서도 큰 피해를 받을 것으로 사료된다. 따라서 국내실정에 적합한 내진진단법, 이를 근거로 한 보강건물의 합리적인 선정방법 및 효과적인 내진보강공법이 개발이 시급하다고 판단된다.

핵심용어 비보강 조적조, 내진성능평가, 구조내진지표, 지진피해율