

기존 R/C 건축물의 내진진단기준

The Japanese Standard for Seismic Capacity Evaluation of Existing R/C Buildings



이 강 석^{1)*}

Lee, Kang Seok

본 학회지 2011년 5월호~2012년 6월호에는 “일본 기존 철근 콘크리트(RC) 건축물의 내진진단 기준”을 소개한다. 2011년 5월호에는 내진진단 기준의 제1장 총칙, 제2장 내진지표의 정의 및 제3장 구조내진지표(IS)의 산정의 3.1 일반사항, 3.2 보유성능 기본지표(EO)의 3.2.1 EO 지표산정의 방침을 소개하였으며, 7월호에는 3.2.2 강도지표를 소개하였으며, 9월호에는 3.2.3 연성지표를 소개하였다. 11월호에는 3.3 형상지표 및 3.4 경년지표에 대해서 기술하였다. 마지막으로 2012년 6월호에는 제4장 비구조부재의 내진지표의 산정 및 제5장 내진성능의 판정법을 기술할 예정이다. 본 내용은 재단법인 일본 건축방재협회 “기존 RC 건축물의 내진진단기준 및 해설(1992년 개정판)”을 참조로 원고를 작성하였다.

제4장 비구조부재 내진지표(I_N)의 산정

4.1 총칙

비구조부재 내진지표 I_N 은 비구조부재 가운데 특히 지진 시 동반되는 외벽의 낙하, 박락 등이 직접 인간을 다치게 하거나 피난을 방해하여, 인명에 해를 끼치는 것에 대해 안전성을 진단하기 위한 지표이다. 진단법에는, 제1차, 제2차, 및 제3차 진단법이 있고, 각 벽면 및 각 층마다 I_N 을 산정하는 것으로 한다.

[해설]

비구조부재의 내진지표는 본래 모든 비구조부재를 대상으로서 정의해야 하지만, 현실에는 그 다양성을 고려할 때 매우 어려운 작업이 되기 때문에 여기에서는 비구조부재로서는 외벽만을 대상으로 한다. 외벽의 파괴는 그 건물에 직접 관계없는 공공도로의 통행인과 그 건물 내부로부

1) 전남대학교 건축학부 부교수, 공학박사

* E-mail : kslnist@jnu.ac.kr

터 외부에 피난하려는 사람들에게 해를 끼칠 가능성이 높다는 것을 고려한다면, 비구조부재를 외벽에 국한하는 것은 부적절하지는 않다고 판단한다.

진단법을 제1차에서 3차로 나누는 것은 주체 구조에 준하기 위해서지만, 비구조부재에 관한 진단법의 중심은 제2차 진단법으로, 제1차 진단법은 그 간략판, 제3차 진단법은 모든 수치를 실제조사에 기초를 둔 것으로 바꾸어 놓은 형태로 되어 있다. 비구조부재의 내진성에 대해서는 본 지침의 초판발행 이후에는 비교적 많은 조사 연구가 수행되었으며, 그 성과는 신건축물의 경우에 대한 설계법과 기존 건축물의 경우의 진단법으로서 정리되어 있다.

4.2 제 1차 진단법

4.2.1 일반

비구조부재 내진지표 I_N 은 제1차 진단법에서는 건물의 각 벽면, 각 층마다 다음 식에 의해 산정한다.

$$I_N = 1 - B \cdot H \quad (4.1)$$

B : 구법지표

H : 영향도지표

단, 이 식 (4.1)의 적용에 있어서, B, H에 대해서는 해당벽면 중 가장 파괴되기 쉽다고 예상되는 구법(B가 최대)이 이용되고 있는 외벽부분에 관한 값을 채용한다.

4.2.2 구법지표 B의 산출방법

구법지표 B는, 변형추중지수 f와 실패지수 t로써 식 (4.2)에 의해 구할 수 있다.

$$B = f + (1 - f)t \quad (4.2)$$

(1) 변형추중지수 f

변형추중지수 f는 주체구조 연성능력 등급 g_s 와 비구조부재 변형능력 등급 g_n 으로부터 구할 수 있다. g_s 와 g_n 은 각각 Table 4.1 및 Table 4.2로부터 구할 수 있다.

(2) 실패 지수 t

실패 지수 t는 건물 트러블이력의 유무에 의해 Table 4.3에서 얻어진다.

4.2.3 영향도 지수 H의 산출 방법

영향도 지수 H는 벽면 바로 아래의 환경과 차양, 셋백 등의 억제물의 유무에 따라 Table 4.4에서 얻을 수 있다.

[해설]

제1차 진단법은 제2차 진단을 수행할 필요 없이 간단한 방법으로 비구조부재의 내진성이 높

Table 4.1 주체구조 연성능력 등급 g_s

g_s	주체 구조의 성상
강 ↓ 유	I 변형성능이 작은 것, 예를 들면 단주가 많은 건물
	II 변형성능이 큰 것, 예를 들면 벽이 적은 건물

Table 4.2 비구조부재 변형능력 등급 g_n

g_n	비구조부재의 구법
강 ↓ 유	I 변형 능력이 작은 것, 예를 들면 콘크리트 블록, 유리 블록, 미단이 창, 돌 붙임, 타일 붙임, 모르타르, ALC판 등
	II 변형 능력이 큰 것, 예를 들면 금속, PC 커텐월, 움적일 수 있는 사시, 뿔칠, 타일 등

Table 4.3 실패지수 t

트러블이력	t
있음 또는 불명	1.0
없음	0.5

Table 4.4 영향도 지수 H

환경	역재물	없음	있음
도로(사도로나 광장 등도 포함)		1.0	0.3
기타		0.5	0.1

은 것을 미리 분류하기 위해 사용하는 방법이다. 따라서 제1차 진단법에 의해 높은 IN을 얻은 것은 제2차 진단을 행하지 않아도 충분한 내진성능을 갖는 것으로 판단할 수 있다. 1차 진단법은 방법으로서의 다음에 기술할 제2차 진단법을 간략화한 것이기 때문에 수치적으로는 약간 보수적으로 (IN이 낮게 평가되는 경향) 진단되는 방법이다. 따라서, 대부분의 경우, 제1차 진단의 방법이 제2차 진단보다 낮은 IN이 된다. 제1차 진단법은 제2차 진단법을 적절히 간략화한 것이기 때문에 각각의 내용에 대해서는 해설을 생략한다.

4.3 제 2차 진단법

4.3.1 일반

비구조부재 내진지표 I_N 은 제2차 진단법에서 는 건물의 각 벽면, 각 층마다 식 (4.3)에 의해 산정한다.

$$I_N = 1 - \frac{\sum_j B_j \cdot W_j \cdot H_j \cdot L_j}{\sum_j L_j} \quad (4.3)$$

B_j : 구법지수

H_j : 영향도지수

W_j : 면적지수

L_j : 단위부분의 벽면의 길이

단, 식 (4.3)의 적용에 있어서는 해당 벽면을 수평방향에 단위 부분으로 분할하는 것으로 한다. 식 (4.3)의 \sum 는 이러한 단위부분(j)에 대해

총합하는 것을 의미한다. 또한 각 단위 부분에 대해서는 그 분할한 것이 복수의 구법에 의해 구성되어 있는 경우는 가장 파괴되기 쉽다고 예상되는 구법(B가 최대)에 의해서 그 단위 부분을 대표하는 것으로 한다.

[해설]

제1차 진단법에 의한 식 (4.1), 제2차 진단법에 의한 식 (4.3) 양쪽 모두 (1-)의 형태를 하고 있는 것은 다음과 같은 이유에 의해서이다. 비구조부재의 파괴는 단순히 설계 상태뿐 아니라 시공의 상태, 노후 정도 등 여러 가지 요소가 서로 얽혀서 생기는 것이어서, 그 내진성의 정도를 확실히 측정하는 것은 불가능하다. 따라서 비구조부재의 내진지표를 구하는데 있어서, 먼저 파괴가능성의 상한 한계의 추정치라 할 수 있는 것 ($\sum B \cdot W \cdot H \cdot L / \sum L$)을 구하는 것이 당연하다. 또한 그러한 가능성의 추정치를 기본으로 해서 주체 구조의 내진지표 I_S 와 같은 성격을 갖도록 하기 위해(1-)라는 형으로 하였다.

제2차 진단법에서는 해당 벽면을 단위 부분으로 분할하는 것으로 하고 있는데, 이것은 다음의 Fig. 4.1과 같다.

또한 각 단위 부분에 대해서는 가장 파괴가 쉬운 구법을 대표로써 하고 있으나 이것은 최초로 파괴가 생긴 구법의 피해가 가장 지배적이 될 것이라고 하는 추정에 의한 것이다. 이것은 그 벽면의 어느 구법으로 하는가를 판단하지 않으면 안 되지만, 각각의 구법지표 B를 계산하여 그 최대의 것을 채용하는 것이 바람직하다.

4.3.2 구법지수 B의 산출방법

구법지수 B는, 변형추종지수 f와 실패지수 t로부터 식 (4.4)에 의해 구한다.

$$B = f + (1 - f)t \quad (4.4)$$

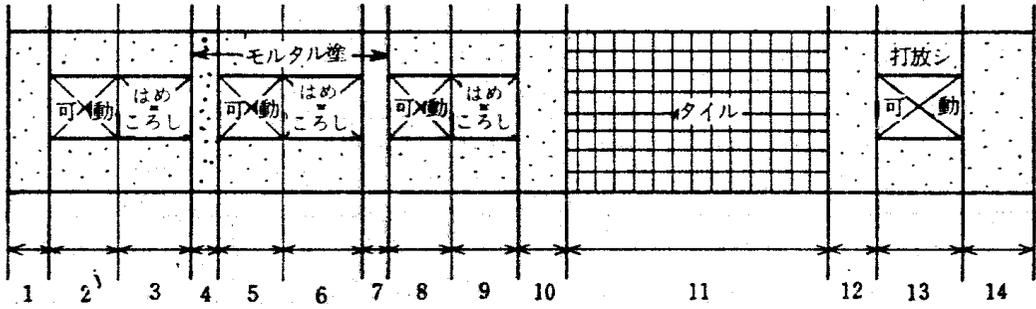


Fig. 4.1

(1) 변형추종지수 f

변형추종지수 f는 주체 구조연성능력 등급 g_s 와 비구조부재 변형능력 등급 g_N 으로부터 Table 4.5에 의해 구한다. g_s 와 g_N 은 각각 Table 4.6 및 Table 4.7에서 구한다.

Table 4.5 변형추종지수 f

주체구조 비구조부재		강 ← g_s → 유			
		1	2	3	4
강 ↑ g_N ↓ 유	1	0.3	0.8	0.9	1.0
	2	0	0.3	0.8	0.9
	3	0	0	0.3	0.8
	4	0	0	0	0.3

(2) 실패지수 t

실패지수 t는 건물 트러블이력벽의 등급 g_H ,

Table 4.6 주체 구조연성능력 등급 g_s

g_s	주체구조의 상태		F지표의 표준
강 ↑	1	연성능력이 부족한 것. 예를 들면 극취성 기둥이 지배적인 건물	0.8
	2	연성능력이 다소 있는 것. 예를 들면 전단기둥, 전단벽이 있는 건물	1.0
약 ↓	3	연성능력이 있는 것. 예를 들면 휨기둥, 휨벽이 지배적인 건물	1.3
	4	연성능력이 충분한 것. 예를 들면 휨기둥, 휨벽이 지배적으로 특히 연성이 풍부한 건물	3.0

Table 4.7 비구조부재 변형능력 등급 g_N

g_N	구법(벽체, 개구, 외장재의 예)		
강 ↑	1	변형능력이 부족한 것, 습식구법의 종류에 의한 것	
		콘크리트 블록 유리블록	미단이 창 스틸사시
약 ↓	2	변형능력이 다소 있는 것, 건식구법에 의한 종류	
		ALC판	미단이 창
3	변형능력이 상당히 있는 것, prefab적인 것, 현장 타설벽과 일체되는 것		
	metal · pc커튼월	가동사시	뿔칠 · 다져넣은(打込) 타일
4	낙하, 박락할 것이 없는 것, 내진상 특별배려가 된 것		
	현장 일체 타설벽	개구부 없음	打放

Table 4.8 실태지수 t

트러블벽과 그 등급 g_H		경과년수와 그 등급 g_Y		
		1	2	3
		-3년	3-10년	10년-
1	트러블이력 벽체가 있으며, 보수할 수 없는 것	1.0	1.0	1.0
2	트러블이력 벽체가 불명확한 것	0.2	0.3	0.5
3	트러블이력 벽체가 없는 것, 전면 보수한 것	0	0.2	0.3

경과년수의 등급 g_Y 의 조합에 의해 Table 4.8에서 구한다.

[해설]

구법지수를 구하기 위한 식 (4.4) (1차에서는 식 (4.2))은 f나 t가 대등한 형태를 한 식으로서, 어느 쪽이든지 조건이 나쁘면, 그 나쁜 쪽에서 파괴가 지배되고 있다고 전체를 세워도 된다. f, t의 값은 위험성이 높을수록 큰 값이 설정되어 있어서 B도 위험성의 크기를 나타내고 있다는 것을 고려하면, 반대로 내진성이라는 측면에서 고찰하기 위해서는 식 (4.4)을 다음과 같은 형태로 표시해보면 이해하기 쉬울 것이다.

$$1 - B = (1 - f) \times (1 - t)$$

(구법상의 내진성) = (변형추종성상의 내진성) × (실태에 관한 내진성)

Table 4.5의 변형추종지수 f는 주체구조의 응답이 비구조부재의 변형성능과 같은 정도라면 3.0, 주체의 응답이 작다면 0, 크다면 피해가 생길 가능성이 크다고 보아서 0.8-1.0의 값을 취한다. Table 4.6의 주체구조의 연성능력 등급 g_s 와 Table 4.7의 비구조부재의 변형성능 등급 g_N 는 원래 그 주체구조의 응답으로서 발생하는 층간변위에 대응하는 것이지만, 그 응답치 자체를 추정하는 것은 주체구조 그 자체에 대해서는 어려운 것이므로, 여기에서는 주체구조가 갖고 있는 연성능력으로 대신한다.

따라서 주체구조의 내진지표 I_s 를 구할 때에 계산하는 F지표를 표준으로 해서 g_s 을 결정하는 것도 가능하다. 비구조부재의 변형능력의 등급 g_N 은 이전의 지진피해 기록과 실험결과를 기본으로 해서 4개로 분류한 것이다. 등급 4는 파괴되지 않을 경우로서 특별히 분류한다. 1은 1/500, 2는 1/250, 3은 1/125, 4는 1/60정도가 될 것이다. 실태지수에 있어서 트러블이력이란 평상시에는 타일의 박락정도, 지진을 경험하기 전에 무엇인가 파괴를 일으킨 것이 있는 것을 가리키며, 이것은 변형성능의 저하와 같은 의미를 갖는다고 판단하여 구법지수에 반영시킨 것이다.

4.3.3 면적지수 W의 산출방법

면적지수 W는 식 (4.5)에 의해 구한다.

$$W = a + b \frac{h_j}{h_s} \tag{4.5}$$

여기서 a=0.5, b=0.5

h_i : 해당구법이 이용된 부분의 높이 방향의 길이(m)

h_s : 표준 층높이 = 3.5m

[해설]

면적지수 W는 파괴범위의 대소를 고려한 변수이다. 단 여기서는 파괴면적의 크고 작음보다도, 오히려 파괴가 생기는 그 자체 쪽이 보다 중

대한 의미를 갖는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 이 W는 단순히 면적에 비례하지 않고 기본값 (a)에 면적에 의한 할증률($b \cdot \frac{h_j}{h_s}$)을 가산하는 형태를 채용했다. 또한, 식의 h_s 는 층고의 차이에 의한 오차를 제외시키기 위해 일률적으로 3.5m로 결정한 것이다.

4.3.4 영향도 지수 H의 산출 방법

영향도 지수 H는 환경지수 e와 제어지수 c로부터 식 (4.6)에 의해 구한다.

$$H = \sum_k e_k \cdot C_k \quad (4.6)$$

식 (4.6)의 적용에 있어서는 영향각(해당 구법의 꼭대기에서 2:1의 구배를 그린 사선과 벽면이 이루는 각)의 내부에 있는 모든 수평면 (k)에 대해 $e_k \cdot C_k$ 을 구하고, 그 총합을 구하는 것으로 한다. 단, 하나의 수평면에 대해서는 e_k 또는 C_k 의 다른 것이 있는 경우에는 그 중에 $e_k \cdot C_k$ 가 최대인 것을 택한다.

(1) 환경지수 e

환경지수 e는 해당벽면 아래의 환경(인간의 모여 사는 가능성)에 의해 Table 4.9로부터 구한다.

(2) 제어지수 C

제어지수 c는 차양, 셋백 등 유효한 제어물의 유무 및 기타 조건에 의해 Table 4.10에서 구한다.

[해설]

영향도 지수 H는 비구조부재(외벽)의 파괴가 생긴 경우에 인간에게 피해를 미치지 아닌지에 관한 지수이다. 이 H는 인간의 모여 사는 가

Table 4.9 환경지수 e

환 경	e
공공도로	1.0
사도로, 구내도로, 복도, 광장, 베란다	0.7
사람이 있는 공지, 정원숲	0.2
사람이 없는 공지, 인접건물	0

Table 4.10 제어지수 c

제어 조건	c
차양, set back 등에 의해 영향각이 완전히 차단된 경우	0
차양에 의해 영향각이 부분적으로 차단된 경우의 차양 및 수평투영면	0
해당 벽면과 같은 층의 수평면	0.5
기타	1.0

능성만을 나타내는 환경지수 e와 그 위험성을 저감하는 제어물의 유무에 관한 지수 C에 의해 구성된다. Table 4.9, Table 4.10은 이러한 관점에서 설정한 것이다. e, C 및 H를 구하는 방법에 대해서는 본문만으로는 구체성이 부족하므로 몇 개의 구체적인 예를 들어 그림으로 설명하면 다음 Fig. 4.2와 같다.

4.4 제3차 진단법

구법지수의 산출에 있어서 구법의 실황(변형 능력에 영향을 주는 디테일 및 그 시공상황 노후 정도 등)의 실제조사를 행해서 그 결과에 기초를 둔 제2차 진단의 방법을 적용한다.

[해설]

제3차 진단법에 대해서는 제2차 진단의 방법에 준하여 실시하나, 이 경우의 모든 수치를 실제 조사에 의해 결정하는 것으로 하고 있다. 단, 현재로서는 그 구체적인 조사법에 대해서는 특별히 정해져 있지 않다.

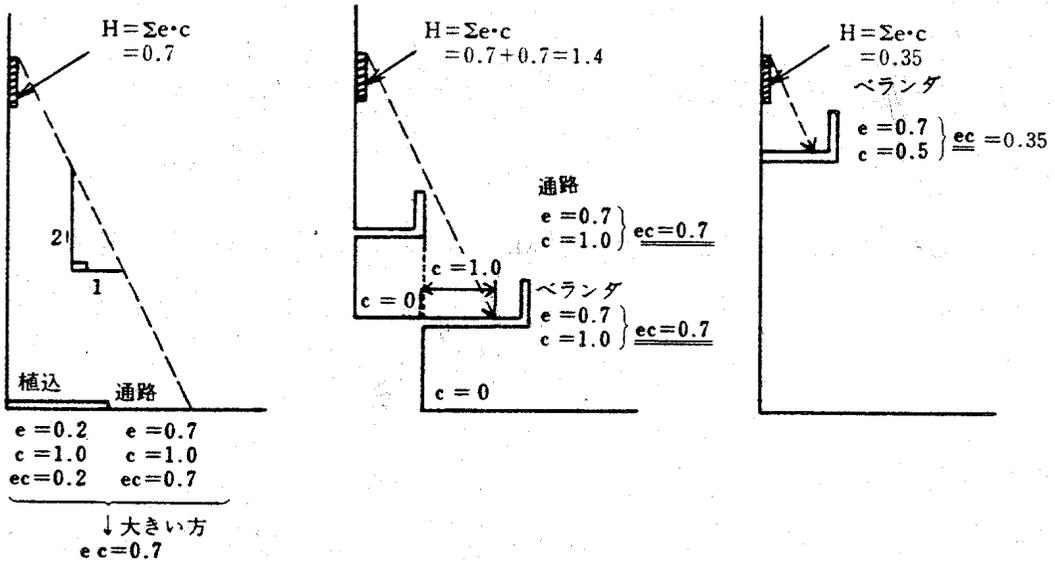


Fig. 4.2

제5장 내진성 판단법

에 대하여 소견 등을 기입한 진단표를 작성한다.

5.1 일반

- (1) 건물의 내진성의 판정은 구조체, 비구조 부재 각각에 대해서 실시하여, 이러한 값들을 총합적으로 고려하여 판정한다.
- (2) 구조체의 내진성의 판정은 구조내진지표 (I_s)와 이에 대응하는 구조내진판정지표 (I_{so})를 이용해서 한다.

$$I_s \geq I_{so} \quad (5.1)$$

$I_s \geq I_{so}$ 이면 「안전」(상정한 지진동에 대해서 내진성을 확보하고 있음)으로 평가하고, 그렇지 않으면 내진성에 「의문 있음」으로 한다.

- (3) 비구조부재의 내진성 판정은 별도로 정한 판정기준에 기초하여 실시한다.
- (4) 판정할 경우에는 진단결과의 각 지표와 그 계산처리 및 판정지표와 판정결과 등

[해설]

(1) 내진판정의 방침

건물의 내진성의 판정은 인명 및 재산의 보호하는 입장에서 건물을 구성하는 모든 요인을 고려하여 총합적으로 하는 것이 기본이다. 이때 고려해야만 하는 요인은 건물을 지지하고 있는 지반 및 기초구조, 건물의 구조체, 구조체 이외의 마감재, 설비배관 등의 비구조부재, 건물 내에 수납되어 있는 가구, 집기류 등이다. 이러한 것들 가운데, 건물을 지지하고 있는 지반의 지진시 안정성에 대해서는 특히, 물에 포화된 모래지반의 액상화와 지표의 미끄러짐, 산사태 등이 문제이지만, 본 기준에서는 이러한 것에 대한 판정법은 특별히 정하지 않고, 이러한 위험성이 있는 부지지반에 대해서는 별도로 검토할 필요가 있다. 또한 모래지반의 액상화에 대해서는 내진진단 기준 적용의 지침(I-2.E)에 사질지반의 액상

화에 대해서 기술되어 있다.

또한, 기초구조의 안정성에 대해서도 판정법을 별도로 정하지 않아, 상황에 따라 별도로 검토할 필요가 있다. 그 외 건물 내에 수납되어 있는 가구, 집기류가 지진 시에 전도, 이동해서 사람에게 해를 미치는 예는 과거에 실제로 일어났으며, 본 장에서 취급하는 구조체, 비구조부재의 안정성 뿐이 아니라, 이러한 점에 대해서도 별도로 검토할 필요가 있다.

(2) 구조체의 내진성의 판정

상정한 지진동에 대해서 구조체가 어떠한 상태에 이르는가는 구조체 자신이 보유하고 있는 내력, 변형능력 및 그 지진동에 대한 건물의 응답치와의 상대적인 관계에 의해 결정된다. 본 기준에서는 구조체가 보유하고 있는 내진성능을 구조내진지표 I_s , 대응하는 판정치를 구조내진판정지표 I_{so} 로서 표시하고, 이것을 이용한 본문식 (5.1)에서 구조체의 내진성을 판정하는 것으로 한다.

$I_s \geq I_{so}$ 라면, 구조체가 보유하는 내진성능이 응답치 이상이 되기 때문에 구조체는 「안전」, 즉 「상정한 지진동에 대해서 내진성능을 확보하고 있음」라고 판정된다. 다만, 구조내진지표 I_s 는 안전측으로 판정될 수 있다 해도 본래 일부의 부재의 파괴를 허용하고 건물이 허용할 수 있는 최종상태, 즉 극단적으로 말하면 붕괴하느냐 않느냐를 평가하는 값이며, 구조내진판정지표 I_{so} 도 후술하는 용도지표를 제외하면, 이에 대응하는 판정치이다. 따라서 「안전」이라고 판정된 경우라도 구조체가 손상을 입지 않는다는 판단이 아니라, 무언가의 손상을 입는 일도 있다.

결국 이 판정은 어디까지나 건물전체에 대해서 판정한다는 것을 염두 해 둘 필요가 있다. 또한, 건물 전체로서의 성능 및 응답치의 평가에는 어느 정도의 오차를 포함하고 있기 때문에, $I_s \geq$

I_{so} 라 해도 그 중에는 건물 전체로서 어느 정도의 피해를 받은 경우도 있고, 건물 전체로서의 피해정도가 분산된 것으로 생각할 수 있다. 반대로 $I_s < I_{so}$ 라면 구조체로서의 내진성은 「의문 있음」이지만, 이 판단 그 자체로 구조체가 붕괴, 파괴하는 것을 의미하는 것은 아니다.

구조체가 받는 피해정도는 I_s/I_{so} 의 비와 관련되며, I_s/I_{so} 의 비와 건물전체의 피해도가 정량적으로 관련되어 있다면, 더 구체적인 판단 제시가 가능하겠지만, 이점에 대해서는 지진동과 응답치와의 상관관계가 명확하지 않는 것이 현재의 상황이며, 금후의 연구과제라고 할수 있다. 또한, 용도지표를 도입한 경우에는 구조내진판정지표 I_{so} 는 건물의 부분 또는 전체의 피해를 저감하는 것으로서, 동일하게 「안전」이라고 판정하여도 그 의미는 다르다. 판정자가 피해의 저감을 고려하고, 건물이 고려한 성능을 확보하고 있다고 판정한다. 따라서 부분적인 피해를 막는다는 관점에서 본다면 후술한 용도지표를 기계적으로 사용하는 것이 아니라 대상건물의 성질을 고려해서 피해를 피한다고 하는 판정치를 만드는 것도 가능하다.

(3) 비구조부재의 내진성의 판정

비구조부재의 내진성의 판정은 비구조부재의 내진지표 I_N 을 사용하여 실시하지만, 이에 대해서는 내진진단 기준적용의 지침(I-5.A) 비구조부재 내진지표 I_N 의 계산 예를 참고해서 최종적으로 판정을 하는 것이 바람직하다. 또한 비구조부재의 내진진단에 대해서는 제4장 이외에 내진진단기준적용의 지침(I-5.B) 비구조부재 등의 내진진단판정 방법에서 기술한 내용을 참조 바람. 그 중에는 설비용 배관, 기구류, 실내가구류, 실외광고탑, 굴뚝, 파랏트 등의 내진성의 평가방법에 대해서도 설명되어 있다. 또한, 판정시에는 구조내진지표 I_s 와의 상관관계도 고려되어

야 한다.

(4) 진단결과의 소견

진단결과는 가능한 한 간략하게, 그리고 그 건물의 성질을 명확히 표시하고, 후에 내진판정에 유용하도록 함과 동시에 필요에 대응해서 보강계획을 세울 수 있는 참고자료로 쓸 수 있도록 한다. 그 표시방법의 일례를 구조내진지표의 판정을 포함해서 Table 5.1에 나타내며, 아래에는 판정을 할 즈음 필요로 하는 소견 사례를 나타낸다.

(i) Is 및 IN지표의 신뢰도

진단의 차수, 구조모델화의 정도 등.

(ii) 건물의 어느 위치가 약점인가?

예를 들면, 건물의 각층 Is 및 IN값의 분포가 극단적으로 작은 층은 없는가?

각층의 파괴형식은 일치하는가?

단변방향과 장변방향의 Is, IN값의 관계는?

이때, Is값이 가장 작은 층의 평면도, 단면도에도 각 부재의 C지표, I지표를 기술한 것을 자료로서 첨가하면 이해하기 쉽다. 특히 제2종 구조요소를 명시해야 하며, Is값이 작은 층에 대해서는 제3장 2절 1항의 해설에 표시한 바와 같이, 수평력과 수평변위 관계 (C-F관계)를 그래프화해서 자료로 첨부하는 것이 이해가 쉽다.

(iii) 건물부지조건

그 지역의 지진활동도는?

어떤 지반 위에 세워져 있는가? 예를 들면, 액상화는 없는가? 증폭이 쉬운 지반인가? 어떤 지형조건인가? 예를 들면, 낭떠러지에 세워져 있지 않는가?

이러한 조건은 구조내진판정지표의 결정에 관계하는 사항이므로 후술한다.

본 판정법은 지반의 액상화 등과는 관계없이 상부구조 판정을 하는 것이므로 액상화의 유무에 의해 판정값을 변화시키는 것은 아니지만, 진

단자는 액상화의 가능성을 검토해서, 그 가능성을 소견에 기술할 필요가 있다. 액상화의 가능성의 검토에 대해서는 내진진단 기준적용의 지침 (I-2.E) 사지반의 액상화를 참조바람.

(5) 내진판정 방법

내진판정의 진행방법으로서 제1차 진단법의 경우에는 Is값이 Iso값 이하의 건물에 대해서도 반드시 불안전하다고 할 수 없기 때문에, 그러한 건물에 대해서는 제1차 진단법에서 안전성이 판정불가능하고 제 2차 진단법을 실시하는 것이 좋다. 제2차 진단법에서는 건물의 내진선능이 대부분 판명되기 때문에 Is 값이 극단적으로 작은 것, 예를 들면 Iso의 1/2보다 작은 것에 대해서는 이 단계에서 내진선능에 의문이 있다면, 정밀 내진진단을 수행할 것인가 내지는 내진보강설계를 수행할 것인가도 고려해야만 한다. 그러나, Is 값이 중간층에 속하는 건물에 대해서는 제2차 진단법에서는 그 안정성이 확인 불가능한 경우도 있으므로, 제3차 진단법을 진행하든지 또는 별도의 상세한 검토를 하는 것이 좋다. 제3차 진단법에서도 판정이 어려운 경우에는 지진 응답해석을 실시하는 등 별도의 상세한 검토를 하도록 한다.

5.2 구조내진판정지표 Iso

(1) 구조내진판정지표 Iso는 층의 위치에 관계없이 식 (5.2)에 의해 구한다.

$$I_{s_o} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot V \quad (5.2)$$

여기서, E_s : 내진판정 기준지표로 방향에 관계없이 다음 값을 기준으로 한다.

제1차 진단용 $E_s = 0.8$

제2차 진단용 $E_s = 0.6$

Table 5.1 진단표 사례

建物名		建設年月日		診断年月日					
方向		用途		診断者					
診断次数		構造耐震判定指標 $I_{SO} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U =$				* * * =			
階	C	F	T _{TYPE}	E ₀	S _D	T	I _s	C _T ·S _D	判定
6									
5									
4									
3									
2									
1									
I _N									
総合所見									

제3차 진단용 $E_s = 0.6$

Z : 지역지표로 그 지역의 지진활동도와 상징할 지진동의 크기에 의한 보정계수

G : 기반지표로, 표층지반의 증폭특성, 지형효과, 지반과 건물의 상호작용에 의한 보정계수

V : 용도지표로, 건물의 용도 등에 의한 보정계수

(2) 제2차 및 제3차 진단에서 식 (5.2)를 적용하는 경우에는 식 (5.3)에 의한 누적강도지표 C_T 와 S_D 의 합이 식 (5.4)에 표시한 바와 같이 0.3 이상 1.25 이하의 조건으로 한다.

$$C_T = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + \alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3) \quad (5.3)$$

여기서 $\frac{n+1}{n+i}$ 은 제3장 2절 1항에 표시한 것처럼 변형 가능하다. 또한 C_T 의 산출에 있어서는 구조내진지표 I_s 의 산정에 이용한 부재의 내력을 이용한다.

$$1.25 \geq C_T \cdot S_D \geq 0.3 \quad (5.4)$$

특히, $C_T \cdot S_D > 1.25$ 인 경우에는 식 (5.1)을 만족하지 않는 경우도 「안전」으로 한다.

[해설]

(1) 구조내진판정지표 I_{so} 의 사고방식

구조내진판정지표 I_{so} 는 본래 지진동, 지반, 건물의 특성을 정확하게 알기 어려운 경우에는 결정하기 어려운 것이다. 관련성이 있는 요인으로서 진동을 일으키는 기구, 전달경로, 지형특성과 응답량 등이 있다. 또한 다른 관점에서는

지진의 발생 가능성의 크기에 의한 위험도의 고려, 건물이 허용하는 피해정도의 고려 등이 있다. 여기에서는 이러한 것을 단순화해서 구조내진판정지표 I_{so} 로서는 식 (5.2)와 같이 내진판정기본지표 E_s 를 결정해서 이것을 상기의 영향을 고려하여 Z, G, V로 보정하는 것으로 한다.

(2) 내진판정기본지표 E_s 의 레벨

내진판정기본지표 E_s 는 식 (5.2)에 있어서 보정계수 Z, G, V를 모두 1.0으로 한다면, 구조내진판정지표가 되기 때문에 다음과 같은 이유에 의해서 이 값을 만족하는 건물이 1981년 6월에 개정된 현행의 건축기준법 시행령에 의해 설계된 건물과 거의 같은 정도의 내진성능을 가진다는 판단에 근거하여 설정하였다.

- 구조내진판정지표, 제1차 진단 0.8 및 제2차 진단 0.6은 건축기준법 시행령의 개정의 계기가 되었던 1986년 토카치오키(十勝沖) 지진, 1978년 미야기켄오키(官城縣) 지진에 의해서 피해를 입은 건물의 구조내진지표 I_s 보다 큰 값이다(내진진단 기준 적용의 지침 I-2. B 구조내진지표 I_s 와 피해정도 참조).
- 제2차 진단 및 제3차 진단의 구조내진판정지표를 만족하는 건물의 내진성능 수준은 연성지표값이 별로 크지 않은 범위에서 현행의 건축기준법 시행령의 대지진시에 있어서의 내진성 수준과 거의 대응한다. D_s 로 환산하면 부재가 모두 제2종 구조요소라면 D_s 는 0.75, 전단부재라면 0.6이 된다(내진진단 기준적용의 지침 I-2. A 내진진단기준과 건축기준법 시행령의 비교 참조).
- 제2차 진단, 제3차 진단의 구조내진판정지표의 수준은 연성지표값이 큰 범위에서 현행의 건축기준법 시행령에서 전술한 수준

보다 적어질 가능성이 있지만, 이것을 방지하고, 또한 필요보유내력에 대응하는 구조 성능계수 D_s 의 최소값 0.3을 만족하기 위해서 $C_T \cdot S_D \geq 0.3$ 을 설정했다. 또한 $C_T \cdot S_D \leq 1.25$ 를 정한 이유는 건물의 보유강도가 충분히 높을 경우에는 건물이 파괴이전에 건물이 지반에 의해서 미끄러지거나, 말뚝이 파괴되는 것에 의해서 건물 파괴를 면할 가능성이 높고, Iso에 의한 판정에 별로 영향 받지 않기 때문이다. 따라서, $C_T \cdot S_D > 1.25$ 인 건물은 안전하다고 판정한다.

(3) 구조내진판정지표값의 보정계수

(a) 지역지표 Z

그 지역의 지진활동도와 상정할 지진동의 강도에 의한 보정계수로서, 건축기준법 시행령의 지역계수 Z 을 채택해서 $Z \geq 0.7$ 이 되도록 하는 것이 바람직하다. 지진동이 특별히 정해진 경우에는 내진진단기준적용의 지침 I-2 F 표층지반의 증폭효과 및 지반과 건물의 상호작용을 고려한 내진판정지표에 나타난 것처럼, 지진동의 강도에 의해 그 값을 결정하는 것도 가능하다.

(b) 지반지표 G

부지의 표층지반의 증폭특성, 지형효과, 지반과 건물의 상호작용에 의한 보정계수로 1.0보다 큰 경우와 작은 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다.

- 부지의 표층지반의 증폭특성에 대해서는 마이크로조닝(micro-joining)이 행해져 있는 지역에 대해서는 이 값을 참고로 할 수 있다. 또한 지진동의 특성에 의한 내진진단 기준적용의 지침 I-2. D 구조내진지표 Iso와 지진응답해석에서 기술한 응답배율 지표(건축법 시행령의 진동특성계수 R_t 와 대응)가 건물의 1차 주기에 의해 변화하는 경우에는 이 계수로 보정한다.
- 지형효과에 대해서는 지금까지는 다음과 같은 것이 있다(Table 5.2, 시즈오카(静岡)의 경우)

(C) 용도지표 U

건물의 용도 등에 의한 보정계수로 건물의 용도에 알맞은 내진성능의 요구수준의 상대적인 관계를 정하기 위한 것이다. 여기서 $U \geq 1$ 이다. 용도지표는 본래 소유자가 개인 및 사회에 기여하는 요소를 고려하여 결정해야 하고, 지금까지는 다음과 같은 분류가 있다.

(i) 관청시설의 내진점검/개수 요령의 경우

비구조부재에 대한 피해를 경감시키기 위해서는 구조특성계수 D_s 가 적은 것일수록 큰 값을 갖지만, 일반적으로 Table 5.3과 같다.

Table 5.2 지형지표(시즈오카(静岡)의 경우)

일반적인 경우	낭떠러지	지층의 부정합성	국부적인 고지대
1.0	1.25	1.25	1.25

Table 5.3 관청시설의 내진점검/개수 요령의 경우

구분	건축물의 용도	I	$1/\lambda$	$T \cdot I$
1종류	별도로 구조체의 내진성능 향상을 피해야 하는 시설	1.2	$1/0.72-1.0$	$1.67-1.20$
2종류	구조체의 내진성능의 향상을 피해야 하는 시설	1.1	$1/0.86-1.0$	$1.28-1.10$
3종류	건축기준법에 기초하여 내진성능을 확보하는 시설	1.0	1.0	1.0

I : 중요도 계수 $1/\lambda$: 변형제한 $T \cdot I$: 총합적인 중요도

(ii) 시즈오카 현의 경우
공공건물 중 중요한 건물 및 병원 등에 대해서는 1.25 이상으로 하고 있다.

(iii) 건축기준법·동시행령 개정안(1969년 7월 건설부 건축연구소)
용도계수에 관한 기술기준으로서 다음의 용도계수를 정해서 지진 및 풍하중에 이용하고 있다.

(iv) 미국 Uniform Building Code (1976)
지진하중 산정 시 다음의 중요도계수 I (Occupancy Important Factor)을 사용하고 있다.

(v) 캐나다 National Building Code of Canada (1975)
지진하중을 산정 할 경우, 다음의 중요도 계수

I를 사용한다.

- I=1.3 재해후의 서비스에 이용될 수 있는 건축물과 학교
- I=1.0 기타 건축물

(vi) 뉴질랜드
“Code of Practice for General Structural Design and Design Loading for Building”에서는 지진하중을 산정 할 경우 다음의 중요도계수 I를 사용한다.

(4) 구조내진지표 I_s 의 현 상황과 구조내진판정지표
내진진단의 기준적용의 지침(I -2. C)의 구조내진지표 I_s 의 현 상황에 나타난 I_s 값의 빈도

Table 5.4 용도계수

	건축물 또는 그 부분의 용도	용도계수
(1)	재해시 공공의 목적을 위해 기능을 유지할 필요가 있는 건축물, 많은 양의 위험물을 수납하고 있는 건축물, 기타 이러한 류의 건축물 및 건축물의 해당부분	1.25
(2)	(1) 및 (3)에서 언급한 이외의 건축물	1.0
(3)	재해시에 인명을 손상할 걱정이 없는 건축물 또는 가설 건축물	0.75

Table 5.5 중요도계수

용도	I
중요한 시설: 1실에 300인 이상이 집회하는 것이 주요한 용도인 건물	1.5 1.25
기타	1.0

* 단 중요한 시설이란 지진재해 후에 공공의 안전에 관한 긴급한 상황에 대처하기 위해 안전해야 하며, 또한 사용이 가능하지 않으면 안 되는 건물이다. 예를 들면 다음과 같은 건물 등이다.

- i) 재해시에 필요한 병원과 기타 의료시설
- ii) 소방서, 경찰서
- iii) 긴급시에 필요한 행정처, 커뮤니케이션 센터

Table 5.6 중요도계수

급	용도	I
I	지진재해후 곧바로 기능을 완전히 발휘하지 않으면 안되는 중요시설	1.6
II	I에 포함되지 않는 공공의 건축물	1.3
III	기타 건축물	1.0

분포를 보면, 보정계수를 모두 1.0으로 한 경우 (구조내진판정 지표값은 0.6), 이 값을 만족하는 건물은 절반도 되지 않는 것이 현상이다. 또한, 부록 I -2. B 구조내진지표 I_s 와 피해정도에 표시된 것처럼, 주로 구조내진지표 I_s 에 포함되는 안전율(연성이 낮은 부재에 대해서는 평균 1.5 정도)과 지진동의 특성에 기인한다고 판단할 수 있으나, 1968년 토카치오키(十勝沖)지진, 1978년 미야기켄오키(官城縣沖)지진에서는 I_s 가 0.6을 상회하는 건물은 피해를 받지 않았고, 또한 0.4를 상회하는 건물도 크게 파괴되거나 붕괴되는 큰 피해는 받지 않았다.

토카치오키(十勝沖)지진, 미야기켄오키(官城縣沖)지진의 피해지역에서 중규모 파괴 이상의 피해를 입은 건물은 약10% 정도, 붕괴한 건물은

몇동 있었으나 기존건물의 I_s 값의 분포를 보면, 피해가 적다고 생각할 수 있다. 따라서 절술한 정도의 지진을 상징하는 경우에는 보정계수를 모두 1.0으로 한 구조내진판정 지표값 0.6을 하회하는 건물을 바로 「위험」이라고 판정하기보다는 오히려 판정값을 상회하는 건물은 피해를 입기 어렵다고 할 수 있기 때문에, 이는 현행의 건축기준법 시행령에 의해 설계된 건물과 거의 유사한 수준의 내진성능을 보유하고 있는가 아닌가를 판정한다고 하는 것이 타당성이 있다.

담당 편집위원: 이강석
(전남대학교 건축학부 부교수)
kslnist@jnu.ac.kr