

KBC 2005 내진설계 주요 개정사항

Significant Changes in the Seismic Design Provisions of the 2005 KBC



글 / 鄭 光 良
(Chung, Kwang Ryang)
건축구조기술사, 공학박사,
고려대학교 건축공학과 겸임교수,
(주)동양구조안전기술 대표이사.
E-mail : krchung@dysec.co.kr



글 / 兪 炳 億
(Yoo, Byoung Eok)
건축구조기술사,
한국기술사회 이사/홍보위원,
강남대학교 도시건축공학부 교수.
E-mail : yoobe@kangnam.ac.kr

The seismic design provisions of the 2005 KBC has been based on the 2000 IBC and has considered the building code situations in Korea. There are site ground motion, soil class, seismic design category in the significant changes of the 2005 KBC. In the case of soft soil condition, the response spectrum acceleration of the 2005 KBC is larger than that of previous code. To reduce the seismic force of the 2005 KBC, it need to introduce the eqrthauke force resisting system with high ductility.

1. 머리말

1976년 홍성지진에도 불구하고 1985년 멕시코지진 이전까지만 해도 우리나라에서는 일반적으로 지진에 대한 위험도가 낮다고 생각하여 건축물 설계시 지진의 영향을 고려하지 않았다. 그러나 1985년 멕시코지진에서 나타난 막대한 인명과 재산피해에 자극을 받아 1988년 관계법령에 내진설계관련 조항이 처음으로 추가되고, "건축물의 구조기준 등에 관한 규칙"에 내진설계에 대한 사항이 포함되게 되었다. 대한건축학회(Architectural Institute of Korea)에서는 2000년에 다른 하중기준들과 함께 내진설계기준도 일부 개정하였으나 (AIK 2000), 1994년 미국 노스리지지진과 1995년 일본 고베지진 등의 대형지진을 겪으면서 획기적으로 발전한 선진외국의 내진공학과 최근 국내에서 시도되는 다양한 구조형식의 구조시스템을 수용하기에는 부족한 점이 많았다. 이러한 필요성에 의해 2002년부터 IBC 2000을 근간으로 대한건축학회에서 내진설계기준 개선을 위한 연구를 수행하였고, 2005년 4월 고시된 "건축구조설계기준 (Korean Building Code - Structural, 이하 KBC 2005)"은 이 연구결과에 따라 IBC 2000의 내진설계개념을 대폭 수용하되 우리나라의 현실적인 상황을 고려하여 일부 수정된 것이다. 본고에서는 이러한 KBC 2005 중 내진설계 기준의 주요 개정사항과 향후 전망을 제시하고자 한다.

2. KBC 2005 내진설계 주요개정사항

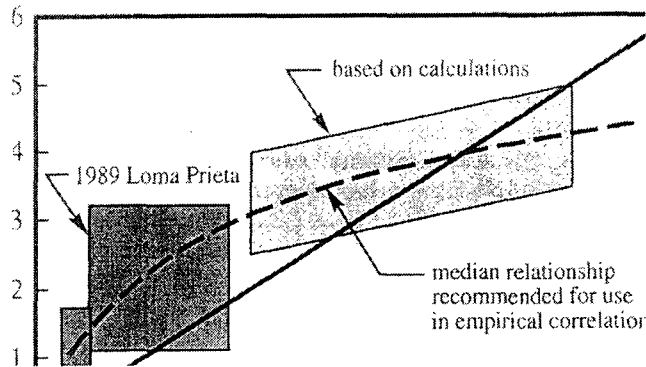
2.1 설계지진의 크기

KBC 2005 설계지진의 정의는 그 이전에 사용되던 정의와 큰 변화를 보여주고 있는데, 지반가속도가

아닌 건축물의 응답가속도를 직접 대상으로 하였다. KBC 2005 이전에 적용하던 설계지진은 재현주기 500년으로서 지반운동을 기준으로 표현하였지만 KBC 2005에는 재현주기 2400년 지진의 2/3을 설계지진으로 정하였다. 따라서 이전 기준에 비하여 설계지반가속도가 1.33배 증가하였다.

2.2 지반등급

1985년 멕시코시티와 1989년 Loma Prieta 지진의 지반 내부의 지진기록들을 분석한 결과 지반 가속도는 암반에서의 지진 가속도 크기와 그 상부 지반의 특성에 따라 <그림 1>과 같이 비선형적으로 변함이 밝혀졌다. 낮은 암반 최대 가속도에서는 그 상부의 부드러운 지반에서 몇 배로 증폭될 수 있지만, 높은 암반 최대 가속도수준에서는 보다 작게 증폭하거나, 오히려 감소할 수도 있음을 알 수 있다.



<그림 1> 암반과 연약지반에서 최대지반 가속도의 비교

KBC 2005에서 도입된 지반계수는 이와 같은 새로운 내용을 반영한 것으로서 지표 상부 30m에 대한 지반 특성에 따라 결정되며, 지반 특성은 전단파 속도, 표준관입시험, 비배수 강도 등에 따라 결정된다. <그림 2>와 같이 KBC 2005의 경우 단주기 영역에서 부드러운 지반의 경우 탄성스펙트럼 반응가속도는 최대 3.5배까지 증가할 수 있다. 이것은 저층 건축물의 리모델링시 연성증가보다 강도증가의 보강책을 사용할 경우 구 내진기준에 따를 때보다 강도를 3.5배 증가시켜야 함을 뜻한다.



(a) AIK 2000

(b) KBC 2005

<그림 2> 탄성스펙트럼 비교

2.3 성능기반 설계개념에 의한 내진설계 범주의 정의

KBC 2005의 가장 큰 변화는 바로 내진설계범주(Seismic Design Category)의 도입이다. 건물이 지진 시 받게 되는 최대가속도(설계스펙트럼 가속도) S_{DS} , S_{D1} 과 그 건물의 용도 혹은 중요성을 가늠하는 내진등급에 따라 설계와 해석시 다른 수준의 요구사항이 적용된다. 이를 위해 내진설계범주라는 개념을 도입하고, 모든 건물을 A에서 D에 이르기까지 분류하는데, D에 가까울수록 설계 시 높은 수준의 성능을 요구하게 된다. 건물이 받는 최대가속도 S_{DS} , S_{D1} 과 건물의 내진등급에 따라 형성된 매트릭스에서 건물에 요구되는 내진설계범주가 결정됨을 보여주고 있다. 이것은 현재 세계적인 추세인 성능에 기초한 내진설계 개념을 도입하였음을 의미한다.

<표 1>에서 지반조건, 지진지역과 내진등급에 따라 KBC 2005에서 정하는 내진설계범주를 정리하였다. 우리나라 공동주택은 15층 이상이 대부분이기 때문에 내진등급 “특”에 해당하고, 일부 15층 미만인 아파트는 내진등급 I에 해당한다. 15층 미만의 아파트의 경우 지진지역 1에서는 지반조건이 S_A, S_B 이면 내진설계범주 C이하, 지반조건이 $S_C \sim S_E$ 이면 내진설계범주 D에 속하고, 지진지역 2에서는 지반조건이 $S_A \sim S_C$ 이면 내진설계범주 C이하에 속한다. 따라서, 우리나라의 고층 공동주택의 대부분이 내진설계범주 D에 속하게 된다.

<표 1> 내진등급에 따른 내진설계범주

지반 조건	지진지역 1					지진지역 2				
	S_{DS}	S_{D1}	내진등급			S_{DS}	S_{D1}	내진등급		
			특	I	II			특	I	II
S_A	0.293	0.117	C	B	B	0.168	0.065	A	A	A
S_B	0.366	0.146	D	C	C	0.233	0.093	C	B	B
S_C	0.439	0.234	D	D	D	0.279	0.149	D	C	C
S_D	0.527	0.336	D	D	D	0.372	0.214	D	D	D
S_E	0.732	0.497	D	D	D	0.559	0.317	D	D	D

2.4 비구조요소 및 공작물의 내진설계 강화

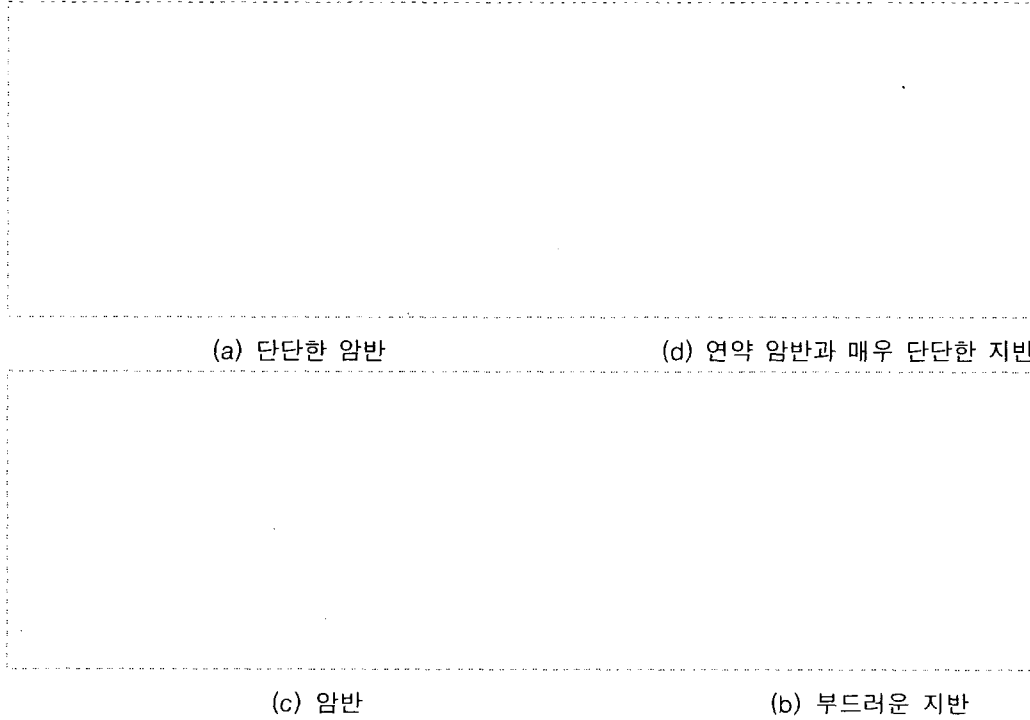
AIK 2000의 경우 비구조요소에 대한 설계요구사항은 단순하였다. 그러나, KBC 2005에서는 이러한 비구조요소에도 내진설계범주가 적용되고, 그의 하중, 상대변위, 그리고 정착에 대하여 매우 상세한 검토를 요구하고 있다. 뿐만 아니라 지금까지 건축물로 분류되지 않으면서 기타 토목구조물로도 정의되지 않은 많은 공작물, 예로서 창고내 물류저장탱크, 건물 옥상의 광고탑 등에 대한 내진설계 규정도 명확하게 제시하고 있다.

3. KBC 2005에 따른 건축구조물 내진설계 경향

3.1 연약지반 위의 건축물에 대한 설계지진력의 대폭적인 증가

보통 내력벽 구조시스템을 갖는 15층 이상 아파트($I_E = 1.5$)의 경우 <그림 3>과 같이 암반에서는

대부분의 주기영역에서 AIK 2000의 설계스펙트럼이 크지만, 연암반보다 부드러운 지반에서는 2초 이상의 주기를 제외하고는 KBC 2005가 큰 값을 보여주었다. 특히 부드러운 지반의 경우 가속도가 일정한 영역에서는 KBC 2005가 2배정도 크다. 또한 15층 미만의 중간 모멘트 골조의 경우 내력벽 구조와 같이 암반에서는 AIK 2000과 KBC 2005가 비슷한 값을 보여주었으나, 그 보다 부드러운 지반에서는 KBC 2005가 큰 값을 가지며, 다른 지진력 저항시스템에서도 이러한 경향이 나타난다. 연약지반에서의 설계스펙트럼의 증가는 곧바로 건축물 지진하중의 큰 폭의 증가로 이어진다.



〈그림 3〉 강도설계용 스펙트럼 비교 (내력벽 RC 구조)

(AIK 2000 : 1.4E, R=3.0, $I_E=1.5$, KBC 2005 : 1.0E, R=4.5, $I_E=1.5$)

3.2 구조시스템제한과 특수 내진상세 기준의 필요성

큰 지진 발생시 건물이 탄성거동을 하도록 설계하는 것은 비경제적이며, 건물이 어느 정도의 손상을 감수하더라도 붕괴는 방지하는 수준의 설계가 바람직하다. 건물은 이러한 요구사항에 맞게 적절한 상세로 설계되어 비탄성변형을 통해 많은 지진에너지를 흡수할 수 있어야 한다.

KBC 2005의 근간이 되는 IBC 2000에서는 구조시스템을 관련내진상세의 수준에 따라 특수, 중간, 보통 등으로 구분하고 있다. 특수내진상세를 적용하는 경우, 높은 연성을 갖고 있으므로 큰 비탄성 변형까지 붕괴되지 않고 지진하중에 저항할 수 있다. 따라서 큰 반응수정계수를 사용하여 설계지진력을 저감시킬 수 있다. 하지만 KBC 2005의 경우 모멘트 저항 골조 시스템만 철근 콘크리트 중간 모멘트 골조와 철근콘크리트 보통 모멘트 골조로 구분하고 있을 뿐, 기타 특수한 내진구조시스템이 정의되어 있

지 않다. 설계지진력의 성능을 기반으로 한 설계개념이 처음 도입된 IBC 2000을 참고로 작성된 KBC 2005 내진기준이, 의도한 소기의 목적을 달성하기 위해서는 내진상세 기준의 미비로 인해 삭제된 특수 전단벽 및 특수 모멘트 저항 골조가 도입되어야 한다. 또한 특수상세 도입은 KBC 2005에 의한 증가된 설계지진력을 높은 반응수정계수의 사용함으로써 저감시킬 수 있다.

4. 향후 전망

KBC 2005 내진기준은 설계지진의 새로운 정의 및 지반특성 영향의 새로운 평가로 인해 경우에 따라 2배 이상 지진하중을 증가시키게 되었을 뿐만 아니라 근래 많이 건설되고 있는 필로티식 아파트의 경우 이 필로티 기둥에 초과강도계수를 적용한 하중에 대해 설계해야 하므로 그의 경제적 부담은 상당히 클 것으로 예상된다. 이러한 현상은 IBC 2000의 도입에 따라 미국 중·동부 지역에 일어난 일과 유사하다고 할 수 있다. 이 지진하중의 증가가 우리나라 건설업계에 얼마만큼 경제적 부담을 증가시키는지 에 대한 정보는 아직 알려져 있지 않다. 그러나, 경제적 부담의 증가에도 불구하고 새 내진기준에서 성능기반 설계개념을 도입한 것은 진일보로 평가되어야 할 것이다. 다만, 이러한 개념을 보다 충실히 실현시키기 위해서는 현재 구조시스템과 관련하여 상세기준의 미비로 부득이 삭제된 보다 발전된 지진저항 구조시스템을 빠른 시간내에 우리나라 기준에도 도입하여 지진하중 자체의 저감에도 기여할 뿐만 아니라 구조설계자에게 선택의 폭을 넓혀주도록 하는 것이 요구된다.

<원고 접수일 2005년 9월 9일>