



문 · 고 · 답 · 하 · 기

Q 내진설계시 고려될 수 있는 지진력 저항시스템은 크게 내력벽, 건물골조, 이중골조, 모멘트저항골조로 구성되며, 구조재료적 측면으로 보면 주로 철근콘크리트구조와 철골구조로 나뉘고 있습니다. 현재 KBC 2005 <표 0306.6.1>에 설계계수를 제시하고 있는 지진력 시스템은 대부분 보통(ordinary)시스템에 한정되고 있습니다. 특히 철골모멘트골조는 구기준(2000)에서 철골연성모멘트골조와 철골보통모멘트골조로 구분되던 것이 현재 철골모멘트골조로만 제시되어 있습니다. 따라서 KBC 2005에 제시된 철골모멘트골조는 구기준(2000)의 어떤 모멘트골조에 해당되는지 궁금합니다. 또한 구기준(2000)에 제시된 철골보통모멘트골조를 적용하고자 하는 경우에는 어떤 시스템을 적용해야 하는지 궁금합니다. 조언 부탁드립니다.

A 현행 KBC 2005에서 내진설계기준에 명시된 철골모멘트골조의 종류를 판단하기 위해서 구기준과 UBC 97, IBC 2000, IBC 2003의 R값을 <표 1>과 같이 비교하였습니다. <표 1>과 같이 KBC 2005의 철골모멘트골조는 IBC 2000의 철골중간모멘트골조에 해당되는 설계계수를 갖고 있으므로 철골중간모멘트골조로 판단하는 것이 바람직하며, 철근콘크리트와 달리 우리나라 철골기준에는 내진특별상세가 없는 관계로 구기준의 철골연성골조의 내진상세를 따르거나, 미국 철골내진기준인 AISC Seismic Provisions을 참조하여야 합니다.

또한 구기준의 철골보통모멘트골조를 적용하고자 하는 경우에는 KBC 2005 <표 0306.6.1>의 기타골조를 사용하여 반응수정계수를 3(IBC 2003에서는 3.5)을 사용하는 것이 적절하다고 생각합니다.

현재 관련학회를 중심으로 이러한 철골내진설계에 대한 상세 및 요구조건을 마련하기 위한 기준 작업이 진행 중에 있습니다.

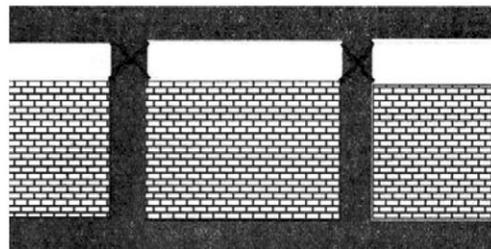
<표 1> 국내외 내진기준 철골모멘트골조 반응수정계수(R) 비교

	특수모멘트골조	중간모멘트골조	보통모멘트골조
AIK-2000	-	6	4.5
KBC-2005	-	6	-
UBC-97	8.5	-	4.5
IBC-2000	8	6	4
IBC-2003	8	4.5	3.5
ASCE7-02			

Q KBC 2005의 내진설계범주 D인 경우 상호작용효과를 고려하도록 하고 있으나, 그 의미가 모호합니다. 답변 부탁드립니다.

A 상호작용효과(Interaction Effect)는 지진력저항시스템의 구조요소와 지진력시스템에 참여하지 않는 요소에서 고려되어야 할 사항입니다. NEHRP 1997 해설편에서는 이러한 전형적인 예로 지진력저항시스템이 모멘트골조인 건물에 건축요소로 조적벽이 사용되는 경우를 들고 있습니다. 이러한 경우 비록 조적벽이 지진력저항요소로 고려되지 않았더라도, 작은 횡변형 하에서는 모멘트 저항골조보다 강성도이므로, 지진력저항시스템으로 사용될 수 있습니다. 따라서 이러한 조적벽에 의해서 기둥의 유효 휨높이가 벽의 개구부 높이로 저감되어 기둥이 전단파단될 수 있습니다. 이러한 현상을 구속된 기둥효과(Captive Column Effect)라 하며, <그림 1>과 같습니다. 따라서 이런 경우 조적벽과 구조체와의 적절한 분리 상세가 필요합니다. 만약 이러한 벽들이 지진력저항시스템에 참여를 하지 않도록 분리되어 있지 않다면 정형구조물에서도 비틀림비정형과 강성비정형이 발생하기도 합니다.

<그림 1> Captive Column Effect



(a)

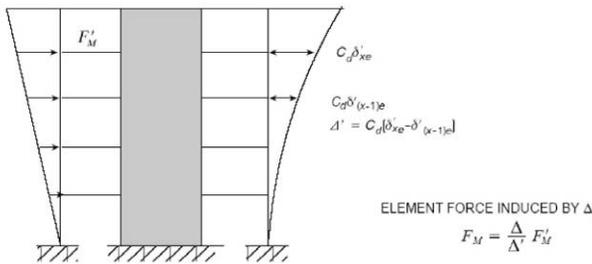


Q KBC 2005에 내진설계법주 D의 경우 변형적합성을 고려하도록 되어있으나, 그 정의 및 설계시 고려해야 하는 방법이 잘 나타나있지 않습니다. 변형적합성 고려방법 및 이에 대한 적절한 참고문헌이 있는지 알고 싶습니다. 답변 부탁드립니다.

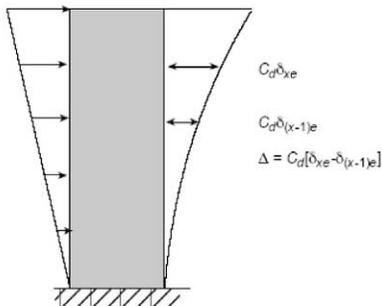
A 변형적합성(Deformational Compatibility)은, 건물골조와 같이 골조가 지진력저항시스템으로 작용하지 않는 경우, 고려하는 방향의 지진력저항시스템에 포함되지 않은 모든 구조요소가 지진시 발생하는 횡변위 하에서 중력하중을 저항할 수 있도록 설계하기 위한 조건입니다. 이러한 변형적합성은 주로 건물골조시스템에 적용되며, 2000 IBC Handbook에서는 Seismic Design Manual Vol.1(SEAOC, 1999)에서 제시하는 층간변위에 의해 발생하는 부재력을 산정하는 방법을 약산적이지만 효과적인 방법으로 평가하고 있습니다.

철근콘크리트 전단구조가 적용되는 건물골조시스템에서 골조는 지진력 저항시스템이 아니므로 ACI 318-02 21.9절을 따라야 합니다.

Seismic Design Manual Volume 1 (SEAOC,1999)에서 <그림 2>와 같은 모델링을 이용하여 변형적합성에 의해 요구되는 부재력을 산정할 수 있습니다.



(b) ANALYSIS OF LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM PLUS GRAVITY SYSTEM UNDER PRESCRIBED LATERAL FORCES

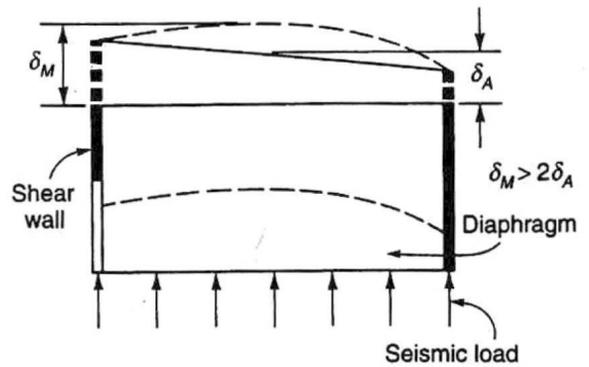


(a) ANALYSIS OF LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM UNDER PRESCRIBED LATERAL FORCES

<그림 2> 변형적합성 모델링 방법

Q KBC 2005에서 강한 격막과 유연한 격막으로 구분하고 있지만 이에 대한 정확한 분류방법은 제시되어 있지 않습니다. 이에 대하여 질문드립니다.

A 유연한 격막(Flexible Diaphragm)에 대한 규정은 KBC 2005에 처음 들어온 내용으로, IBC 2000에서는 유연한 격막을 다이어프램 중앙점 변위가 양단부 지점변위 평균의 2배 이상인 경우로 정의하고 있습니다. 하중의 분포는 지점의 상대강성과 무관하며, 하중분포 면적에 따라 하중을 지지한다고 가정합니다. 이러한 유연한 격막은 상대적으로 바닥 강성이 작은 나무판넬로 바닥이 구성된 경우에 고려될 수 있습니다. 반면 강한 격막(Rigid Diaphragm)은 다이어프램 중앙점 변위가 평균 층변위의 2배 이하인 경우로, 지점에서의 하중분포는 분포면적이 아닌 강성비에 비례한다고 가정합니다. 강한 격막으로는 철근콘크리트, 프리캐스트 콘크리트, 합성 데크 플레이트가 해당됩니다.



<그림 3> 유연한 격막의 정의

Q KBC 2005에서 층간변위 결정시 변위 해석만을 목적으로 할 경우, 건물의 고유주기 산정에 0306.5.4에 제시된 주기의 상한값을 적용할 필요는 없다 라는 말은 변위 해석용 T와 부재설계용 T가 다르다는 건지 구분하기 어렵습니다. 또한 이 때의 주기 상한값의 의미가 궁금합니다.

A 약산식에 의한 기본진동주기는 철근콘크리트 구조물의 경우는 균열단면에서, 철골 구조물의 경우 부분적인 항복이 발생한 시점에서 계측된 값보다 작았고, 그간의 경험과 안전을 위하여 보수적으로 작게 산정되었습니다. 반면 합리적인 해석법에 의해 주기가 산정된 경우는 자칫 설계밀면전단력이 과도하게 저감될 수 있습니다. 따라서 안전성과 합리적인 밀면전단력 산정을 위하여 주기상한값을 제한하고 있습니다. KBC 2005의 경우 주기 상한값은 약산식에 의한 기본진동주

기에 1.2배를 한 값이며, 이는 기준마다 차이가 있습니다.

층간변위 산정시 고유치 해석을 통해 얻은 주기를 사용한다면 크게 유리할 것으로 생각할 수 있습니다. 하지만 대부분 구조물 설계시 동적해석을 수행하고, 이 때 설계값 산정에 사용되는 등가정적해석의 설계밀면전단력은 하한값에 의하여 결정되므로, 현재 규정에서는 설계상 큰 장점이 없다고 판단됩니다.

최근 미국의 IBC 2003 & ASCE 7-02의 경우에는 층간변위산정시 설계밀면전단력의 하한값 제한을 두지 않고 있습니다.

다. 그러나 비틀림 모드를 고려할 수 있는 3차원모델링으로 동적해석법을 사용할 경우에는 0306.7.8에서 처럼 비틀림의 동적증폭은 적용하지 않아도 됩니다.

※ 이상의 Q&A는 우리 회 홈페이지 <http://www.ksea.or.kr> <온라인상담>으로 질의응답한 내용입니다. 질의사항이 있으시면 우리 회 홈페이지 <온라인상담>을 이용하시기 바랍니다.

김석구 부회장 / 정광량 위원장

Q KBC 2005 0306.3.3 설계스펙트럼 가속도에 의하면 $M=1.33$ 을 곱하게 되어 기존 기준에 비하여 설계지반가속도가 1.33배나 증가한 것으로 생각됩니다. 지진하중이 너무 급격하게 증가된 것은 아닌지요?

A 신내진기준의 스펙트럼가속도의 크기는 재현주기 2400년에 대한 2/3수준의 극한하중이며, 철골 및 콘크리트 등 부재설계시 하중계수를 1.0을 사용하므로 기존의 지진하중보다 기본 하중크기가 1.33배 커진 것은 아닙니다.

Q KBC 2005 0306.5.4에서 비틀림비점형이고 설계범주 C나 D에 속하는 구조물에 대해 동적증폭계수를 적용하는 것으로 되어 있습니다. 이를 정정해석시에만 적용되는 것인지, 아니면 동적해석시에도 적용을 해야되는지 궁금합니다. 그리고 0306.7.8에서 “비틀림의 동적증폭은 모드해석모델에 포함된 비틀림에 대해서는 적용하지 않아도 된다”라고 되어있는데 여기서 모드해석모델이란 말은 동적해석모델이란 말인지 아니면 다른 의미인지 확실히 이해가 되지 않아서요.

A 각종의 부재설계에 있어서 고려하는 비틀림모멘트(Torsional Moment)는 질량중심과 강심간의 편심에 의한 비틀림모멘트(M_t)와 지진력 작용방향의 직각인 평면치수의 5%에 해당하는 우발비틀림모멘트(M_{ta})로 고려됩니다. 우발비틀림은 기준에서 명확하게 고려되지 않은 여러 가지 요인들의 효과를 보완하기 위함입니다. 그러나 5%의 실제 편심은 비틀림에 의한 동적 불안전성을 일으킬 수 있으므로 일부 건축물에서는 아주 적은 값일 수도 있고, 거리 편심이 발생하지 않는 고층건물의 상층부와, 지진저항에 대해서 코아 요소들이 단독으로 사용되거나 탄성비선형 시스템과 같이 거동하는 일반적인 대칭 건축물에서는, 다양한 부재들의 상대강성계산이 불명확합니다. 이러한 문제들을 보완하기 위하여 비틀림의 동적증폭계수를 곱하도록 하고 있습니