

문 · 고 · 답 · 하 · 기

내진설계 특별고려사항 중 설계전단강도는?

Q KBC-2005 0521.3.1.3에 의하면 "지진에 저항하는 보, 기둥 및 2방향 슬래브의 설계전단강도는 (가) 순경간 고정단에서의 부재의 공칭모멘트값에 따라 계산된 전단력과 계수연직하중에 의한 전단력의 합이나, (나) 내진설계 규정에서 정하는 값의 2배로 계산된 지진력 E 를 포함하는 설계용 하중조합으로 계산한 최대 전단력 이상이어야 한다." 그리고 해설에 의하면 "단, 특별지진하중을 사용할 경우에는 (가)의 방법을 따른다." 이에 대하여 질문드립니다.

- 1) 해설의 내용대로라면 트랜스퍼 보 설계 시 (가)의 규정을 적용해야 하는 것 같은데 맞는지요?
- 2) 그렇다면, (가)항에 나오는 "순경간 고정단에서의 부재의 공칭모멘트값" 을 어떻게 구하나요? 예를 들어 $b \times D = 600 \times 1800$ 일 때 철근갯수에 따라 공칭모멘트값이 다 다른데 어떻게 적용하는지요? 그리고 순경간고정단에서의 부재의 공칭모멘트값에 따라 계산된 전단력은 또 어떻게 구합니까? 실무에 어떻게 적용해야 할지 자세한 설명 부탁드립니다.

A 지진발생시 구조물은 비탄성거동을 하게 되는데, 각 부재의 연성거동을 확보하기 위해서는 부재가 취성적 성능보다는 휨성능에 의하여 강도가 지배되도록 설계하여야 합니다.

KBC-2005의 0521.3.1.3 조항은 이러한 취지이며, (가)또는(나)를 만족시키면 됩니다. (가)의 규정만을 따라도 안될 것은 없지만 (나)의 규정을 따를 경우가 더 경제적이면 (나)를 따라도 됩니다.

설계된 단면과 배근된 철근상태의 공칭모멘트를 적용합니다. "순경간 고정단에서의 부재의 공칭모멘트값에 따라 계산된 전단력"이란, 일반 구조역학인 $V = (M_l - M_r) / L$, 양단 공칭모멘트값 차이를 순경간으로 나눈 값입니다.

변형적합성검토를 생략할 수 있는지?

Q KBC-2005 해설 0306.6.1 이중골조시스템의 해설에 "이중골조시스템의 요건에 적합하지 않은 경우, 즉 연성모멘트골조(중간모멘트골조)가 독립적으로 설계지진력의 25%를 받지 못하는 경우에는 건물골조시스템으로 설계할 수 있다. 건물골조시스템 설계시 연성모멘트골조(중간모멘트골조)를 적용할 경우 지진하중의 100%를 전단벽이나 가새골조 등의 횡력시스템이 모두 저항하도록 설계할 필요는 없으며 골조가 지진하중의 일부를 부담하도록 설계할 수 있다." 라고 되어 있습니다. 골조에 연성상세를 적용한다면 건물골조시스템이라도 전단벽+골조가 지진하중을 부담하도록 설계할 수 있다는 내용인데, 이러한 내용을 근거로 골조에 대한 변형적합성 검토를 생략할 수 있는지 여부를 알려주십시오.

2005년 12월 KBC2005 및 해설 교육강좌에 강의를 담당하신 모 설계사무소 소장님께서 이러한 내용을 언급하신 것으로 아는데 기준 및 해설서에는 변형적합성 검토를 생략하여도 되는지 여부가 명확히 표현되어 있지는 않은 것 같습니다. 감사합니다.

A 변형적합성 검토가 필요합니다.

KBC2005 내진설계에서 변형적합성을 규정한 목적은 지진력저항시스템이 지진력저항시스템의 일부만이 아닌 구조체를 보호하기 위해 적절히 변형제어할 것을 요구하는 것입니다.

지진력저항요소에 연성상세 요구사항을 적용한 경우, 비구조요소나 중력하중만 저항하도록 의도된 요소가 실제로 지진력저항에 참여하여 변형에 의한 손상이 발생하고 구조물의 붕괴까지 초래할 수 있기 때문입니다.

1994년 노스리지 지진시 지진저항력시스템이 인접한 비구조체의 강성 요소에 의해 거동의 영향을 받아 횡골조시스템이 손상된 경우 등도 관찰되어, 예상되는 지진변형을 수용하기 위하여 지진력저항시스템의 일부만이 아닌 요소에 대한 특수 설계와 상세에 대한 필요성을 강조하게 된 조항입니다.

참고로 변형적합성 설계방법은 크게 2가지로 분류되는데, 변형적합성



에 의한 요구강도를 만족하도록 설계하는 방법과, 요구강도를 만족하지 않을 경우 높은 연성과 변형을 보장할 수 있는 상세에 대한 요구조건을 만족시키는 방법이 있습니다.

높은 연성과 변형보장 조건은 ?

Q 1) 앞서 답변하신 내용중에 변형적합성을 검토하는 두 번째 방법인 '요구강도를 만족하는 대신 높은 연성과 변형을 보장할 수 있는 상세에 대한 요구 조건'에는 어떤 것이 있는지 알려주십시오. 감사합니다.

2) 비구조체에 대하여 높은 연성과 변형을 보장할 수 있는 상세라는 것이 비구조체에 대하여 ACI318 21.11장의 규정을 지키면 변형적합성을 피할 수 있을 런지요.

IBC2003 1617.6.2.4, 3장의 Exception의 조항을 보면 이러한 것도 가능할 것으로 생각되는데요.

A 에컨데 지진력저항시스템에서 횡력저항부재로 고려하지 않은 구조요소와 비구조요소들을 지진력저항부재에서 변형량 이상 분리(에컨데 외곽데드리보의 수벽 등을 기둥면에서 분리(split)시키고, 보와 기둥의 접합은 큰 변형의 연성을 갖도록 하는 방안 등을 예로 들 수 있습니다

2) 맞습니다.

합성보의 횡좌굴길이는?

Q 철골보에 스티드볼트로 시공하면 철골보 설계할때 횡좌굴 길이를 무시해도 되는건지 궁금하군요. 아니면 보의 스패 사이에 직교되는 보를 단순접합하여 횡좌굴길이를 산정해야 하나요? 그리고 장스패 보를 나누어서 횡좌굴을 지지할때 단순접합으로도 가능한지 궁금합니다. 답변부탁드립니다.

A 콘크리트 슬래브와 스티드(구조세척에 따른 규격,간격일 때)로 고정된 경우 슬래브면의 철골보 플랜지는 횡좌굴이 구속된 것으로 봅니다. 따라서 철골보면이 압축응력상태일 때는 횡좌굴이 구속된 것으로 봅니다. 철골보에 직교된 작은 보가 있어도 수평가새나 코아벽등에서 횡지지가 되어야 횡좌굴이 잡힌 것으로 봅니다.

고정단 기둥의 좌굴길이는?

Q 고정단일 때 0.5L이라고 배웠는데 일반층에서 기둥의 좌굴길이는 어떻게 봐야 하는지 궁금합니다.

A 일반층에서 기둥의 유효좌굴길이는 양단 절점의 회전과 이동에 대한 고정도에 따라 달라집니다. 양단고정도는 기둥과 거머더의 강성에 따라 달라지고 가새골조인지 비가새골조인지에 따라 달라집니다.

적설하중의 하중조합과 허용응력도는 ?

Q 강릉에 위치한 지붕철골(space frame)을 설계계획중에 구조검토중인데 고정하중과 설하중의 조합시 다음중 어떤 조합으로 해야되는지 궁금합니다.

1. DL + SL Sg = 400kgf/m² (건축주요구)

2. (DL + SL)/1.5

참고로 최근 발간된 하중기준에는 허용응력법에 의한 하중조합에 대하여는 언급이 없고 본인이 알기로는 이전에는 다설지역(적설깊이 2m 이상)에서는 상기 2항에 의한 하중조합이 적용된 걸로 알고 있습니다.

A "허용응력설계법에 의한 강구조설계기준"(강구조학회, 2003)에 의하면 적설시 하중조합(D+L+S)에 대해서 단기하중에 의한 허용응력도를 1.33배로 할 수 있다고 되어 있습니다.

외단부와 내단부 구분방법은?

Q 보 shopdrawing을 하다보니 외단부와 내단부 혹은 연결단 등에 따라 보 배근의 형태가 변화하는데 외단부와 내단부를 구분하는 방법에 대해 알려 주셨으면 합니다.

A 아주 중요한 질문을 해주셨습니다. 실무에서 착오가 많이 발생하는 부분입니다.

구조설계도면/구조계산서에서 '외단부'는 보가 더 이상 연속되지 않는 건물바깥쪽을 의미하고, '내단부'는 보가 연속되는 안쪽을 의미하며 표기한 것으로 사료됩니다. 일반적으로 내단부는 보의 고정도가 외단부보다 높아 상부근이 많지만 외곽기둥의 강성이 커서 보 외단부 고

정도가 크면 외단부 상부배근이 많을 수도 있습니다.
현장에서는 내외단을 혼돈하기 쉬우므로 Shop Dwg 작성시에는 기둥
옆을 같이 표현함이 현장시공시 착오를 줄일 수 있습니다.

연속단에서 단면이 엇갈린 경우 내단부? 외단부?

Q 개략적인 내용은 알고 있습니다. 제가 묻고 싶은 것은 연속단
에 있어서 서로 단면이 엇갈린 경우 내단부 혹은 연결단으로 볼
것인가와 거더로 진행 되던 구조에서 빔으로 전환되어 연속 될 경
우에 이 지점에 대해단부를 내단부로 보아야 하는가에 대한 질문입니다.

A 현장에서 착오가 많이 생기고 있는 아주 중대하고 의미있는 질
문을 해주셔서 고맙습니다.

연속된 보에서 서로 단면이 엇갈린 경우는 연속단으로 보아야 할 때와 끝
단으로 보아야 할 때, 그 중간으로 보아야 할 때 등 3가지가 있습니다.

- (1) 끝단으로 보아야 할 때 : 엇갈린 거리가 커서 형태만 연속되고 연결부
의 단부휨강성 발휘가 거의 없을 때
- (2) 연속단으로 보아야 할 때 : 엇갈린 거리가 적어서 연결부의 상호 휨강
성이 충분히 발휘될 때
- (3) 그 중간 : 연결부의 상호 휨강성이 일부만 발휘될 때
위와 같이 연결부 양쪽 보의 응력상태에 따라 배근이 달라지는 것은 구
조설계계산자가 구조해석/설계 결과에 따라 명확히 해 주어야 합니다.

철근의 정착길이 3가지방법?

Q 예전 철근상세집을 보면 철근의 정착길이를 3가지 방법으로 그
려져 있던데요. 1)직선으로 정착길이 Ld 이상 확보 2)표준갈
고리+Lhd 이상 3) 꺾인 총길이가 Ld 이상 확보하면 되게 되어있었
는데 최근 나온 콘크리트예제집에는 1)과 2)만 정의되어 있고 3)번은 없
어졌는데 그 이유가 무엇인가요. 반드시 꺾어서 정착시킬려면 Lhd를
지켜야만 하는 건가요

A 콘크리트구조의 설계가 강도설계법으로 바뀌면서 허용응력설계
법에 적용되던 상세들이 많이 변경되었습니다.

허용응력설계 때 특별지진하중조합의 하중계수는?

Q 안녕하세요. 오랜만에 들르네요. 구조설계기준의 깊은보 내용
중 2003년판 7.7.3p139, 2005년판 0507.7.3p246모
두 수직 Av 0.0015bwS, S는 d/5 또는 400mm 이하, 수평 Avh
0.0025 bwSh, Sh는 d/3 또는 400mm 이하인데요. ACI318-
05, 11.8.4, 11.8.5에 보면 수직과
수평이 반대이고 300mm 이하더군요. 설명에는 수직전단철근이
수평전단철근보다 더 효과적이다 라고 되어 있더군요. 이 부분을
작성하신 분께 질문을 해야겠는데, 어떤 분인지 몰라 이곳에 올
립니다. 매번 성실한 답변 감사드리고요. 모두 행복하시길 빌겠
습니다.

A ACI에서도 2002년 전까지 적용되던 기준입니다만, 수직전단철
근이 수평전단철근보다 더 효과적이라는 실험결과에 따라 수평
전단철근과 수직전단철근의 상대적인 철근량을 변경시켰다고 합니다.
또 철근이 균열의 폭을 제어할 수 있도록 전단철근의 간격도 400mm
에서 300mm로 감소시켰다고 합니다. 콘크리트학회 2007년 기준과
KBC 2008에서도 아래와 같이 변경될 예정입니다.

- 0507.7.3 최소철근량산정 및 배근
- (1) 휨인장철근과 수직인 수직전단철근의 단면적 Av는 0.0025bws 이
상으로 하여야 하며, s는 d/5 이하 또한 300mm 이하로 하여야 한다.
 - (2) 휨인장철근과 평행한 수평전단철근의 단면적 Avh는 0.0015bws 이
상으로 하여야 하며, sh는 d/5 이하 또한 300mm 이하로 하여야 한다.

줄기초에 상부근은 없어도 되는지?

Q 1. 어느분 처럼 외내단부의 구별법을 알고 싶어요?
2. 줄기초도 독립기초와 같이 상부배근이 없어도 되는지?

A 1.보의 내외단은 설계도면표기 편의상 붙인 것입니다. 엄밀히 말
하면 보 단부의 응력상태에 따라 표기해야 합니다.(앞 질문-답변
참조)

2. '줄기초 또는 연속기초'란 벽 또는 일련의 기둥으로부터의 응력을
띠모양으로 하여 지반 또는 지중에 전달하는 기초를 말합니다.
따라서 독립기초처럼 기초판이 지반/지정반력을 캔틸레버 작용으로 저
항을 하기 때문에 기초하부에 인장철근만을 배치합니다만, 지정위에 줄
기초가 있어 기초판의 자중에 의하여 기초판 상부에 인장이 생기는 특



수한 경우가 있을수는 있습니다. 복합기초 또는 온통기초인 경우에는 일반적으로 상,하부에 철근이 배근 됩니다.

기둥이음은 엇배근 해야 되나? 압축이음?

Q 기둥(하단부)이음시 엇배근을 반드시 해야 되는지, 압축이음을 해도 되는지?

A 휨과 축하중을 받는 기둥에서 인장응력은 어느 정도의 편심을 받 는 기둥의 한 쪽 면에서 발생할 수 있습니다. 이러한 인장이 발생 할 경우 KBC 0508.8에서는 인장이음을 하거나 충분한 인장저항을 할 수 있도록 요구하고 있습니다. 또한, 해석에 의해 단지 압축만이 생 긴다하더라도 모든 기둥의 각 면에서 최소인장저항능력이 요구됩니다. 설계기준에서 압축겸침이음은 최소한의 인장저항능력을 갖도록 하였 습니다.

기둥의 이음은 기둥에 대한 모든 하중조합의 요구조건을 만족하여야 합니다. 흔히, 기본적인 연직하중조합이 기둥을 설계할 때 지배하는 조 건이지만, 풍하중 또는 지진하중을 포함한 하중조합에서는 더 큰 인장 응력을 일으킬 수 있습니다.

따라서 기둥철근의 겸침이음은 이러한 인장에 대해서도 설계되어야만 합니다.

KBC 0508.8은 기둥에서 철근이음의 여러 형태들에 대한 요구조건을 보다 더 분명하게 하기 위해 규정된 것입니다. 압축 겸침이음은 특별한 요구조건이 없어도 충분히 제기능을 발휘한다는 데 근거하여 압축을 받는 기둥철근의 압축 겸침이음에 대한 규정은 단순화되어 있습니다. 자세한 것은 KBC 2005 0508.8을 참조바랍니다.

천정크레인 주행보끼리의 볼트?

Q 철골(H형) 단순보로 설계된 천정크레인 주행보가 인근 주행보 와 기둥에서 접하는 부분에 양쪽주행보의 끝 스티프너끼리 스프링와사 형의 인장볼트로 체결할 필요가 있는지 또는 체결 없이 그 냥두어도 되는지? 만약 볼트체결이 필요하다면 어떤 작용력에 저항 하도록 설치해야 하는지 알고 싶습니다. 내용의 볼트 체결은 통상적으 로 이렇게 설치되고 있습니까? 설치하지 않았을 경우는 잘 못 된 것 이라고 평가됩니까?

A 볼트는 일반적으로 기술적판단에 따라 크레인거더의 춤이 크 면 설치합니다. 크레인주행보 사이 볼트체결에서 볼트설계를 위 한 작용력은 없고 인접주행보 상호처짐에 의한 응력전달을 차단하면서 크레인주행보끼리의 횡변형량을 최소화하기 위함입니다.

156m 철골조 신축줄눈 필요성?

Q [철골조 물류센터] - 지상2개층 층고 1층 6m, 2층 9m 임

- 평면길이 156m x 53.1m 임
- 지붕층은 판넬 마감이고 2층 바닥은 데크슬래브임
- 횡력저항요소는 보기둥골조 및 외곽 입면에 브레이스임.
- 내부는 냉동창고 용도임

상기건물을 계획중인데 신축줄눈(JJ)을 안뒤도 되는지요? 횡력저항 요소로 외곽 입면에 브레이스를 두었는데, 대칭형태 브레이스가 신축 줄눈을 두면 비대칭형태가 되어 횡력저항에 불리해 질것으로 생각되 는데요.

A 시공중 및 건물사용중 건물 실내외 및 계절상의 온도변화에 대 한 건물의 변형량과 온도하중에 대한 해석으로 신축줄눈 설치여 부를 결정하시면 됩니다.

온도변화를 40도씨로 본다면 156m 정도의 길이는 수축팽창길이 = $156,000mm * 0.000012/도씨 * 40도씨 = 74.88mm$ 가 됩니다.

156m 철골조 신축줄눈 필요성?

Q 구조계산후 기둥단부절점모멘트가 클경우 배근이 잘되지 않아 기둥을 키워야 합니다. 이때 모멘트 재분배 효과도 고려할수 있 지만 모멘트 값을 보춤의 끝단 모멘트를 적용하면 안되는지 궁금합니 다. 안된다면 보의 경우는 기둥연단부분의 모멘트적용을 허용하면서 왜 기둥은 안되는지 설명을 부탁드립니다.

A 보에서도 항상 기둥면에서의 모멘트를 적용하는 것이 아닙니다. 보에 있어서는 일반적으로 기둥의 폭이 보의 폭보다 크고 강성 도 크므로 보단부의 모멘트는 기둥면에서 취해도 되나, 기둥에 있어서는 일반적으로 보의 폭이 기둥의 폭보다 좁고 강성이 작으므로 보춤내

일지라도 기둥의 최대모멘트에 저항하도록 설계해야겠지요.
 귀하가 생각하는 경제적인 정밀설계를 위해서는 보춤내의 기둥단면의 저항모멘트(콘크리트의 압축응력상태, 철근의 인장/압축상태)를 살펴보아야 결정해야 합니다.

인장력상태의 기둥에서 특별지진하중은?

Q KBC-2005 0306.2.3 특별지진하중에서는 “필로티 등과 같이 전제구조물의 불안정성이나 붕괴를 일으키거나 지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요 부재의 설계시에는 ... 지진하중(E) 대신 특별지진하중(E_m)을 사용하여야 한다.” 라고 되어 있습니다. KBC 2005 해설편에서는 “구조물의 초과강도가 구체적으로 고려되어야 하는 경우는 수직 비정형성을 발생시키는 불연속적인 가새골조나 전단벽 하부의 기둥요소 등이 있다. 가새골조와 전단벽의 초과강도는 이러한 기둥에 취성적인 좌굴파괴를 발생시킬 수 있고...”라고 나와 있습니다.

전이층 하부 기둥은 이러한 특별지진하중을 반드시 고려하여야 하는 대상부재인 것은 확실한데, 제가 궁금한 것은 이 기둥에 순수 인장력이 발생할 경우에도 마찬가지로 특별지진하중을 적용하여야 하는가 하는 점입니다. (특별지진하중 고려시 전이층 기둥의 주근은 대부분 인장력 크기에 따라 결정되며, 엄청난 배근량 및 단면이 요구됩니다.) 인장력에 의해 기둥이 취성파괴될 가능성이 있는 것인지, 그리고 상부부재인 전단벽이나 가새골조의 초과강도가 순수인장을 받는 경우에도 적용되어야 하는 것인지, 말하자면 하중의 흐름은 ‘전단벽에서 기둥으로’가 아닌, ‘기둥에서 전단벽으로’라고 생각할 수도 있는데 이런 경우에도 하중의 흐름이 급격히 변화된다고 보아야 하는 지 다소 의구심이 생깁니다.

개인적으로는 압축력과 전단력을 부담하는 전이층 기둥은 특별지진하중을 적용하여야 하나, 인장력에 대해서는 굳이 특별지진하중까지 적용할 필요는 없지 않을까 생각합니다. 답변 부탁드립니다. 감사합니다.

제 질문내용이 다소 명확하지 못한 부분이 있었던 것 같습니다. 모든

하중조합에 대해 인장력이 발생한다는 뜻이 아니라 하중조합에 따라 인장력 혹은 압축력이 발생할 수 있는데... 최대인장력에 대해 특별지진하중을 적용하지 않은 배근과 최대압축력에 대해 특별지진하중을 적용한 배근 중 많은쪽 배근을 적용하면 되는게 아닌가 하는 점입니다. 감사합니다.

A KBC 0306.2.3 특별지진하중은 어떤 격리된 개별 취성부재의 파괴가 전체 횡력저항시스템의 손실로 이어지거나 불안정성과 붕괴를 방지하기 위함입니다. 따라서 질의하신 경우와 같이 지진하중시 기둥에 인장력이 발생하여 기둥의 독립적 파괴가 전단벽의 손실로 이어지지 않고 지진에 의한 힘이 기둥에서 전단벽을 따라 기초로 흘러지진된다면 귀하의 의견대로 하셔도 되리라고 판단됩니다.

인장력을 받는 기둥의 주각설계는?

Q 철골고정주각 설계용 중립축위치를 구하는 일반책에 나오는 계산도표에서 기둥이 인장력을 받을때도 모멘트 나누기 인장력의 절대값을 도표그림상의 e 값 및 도표 그림과 같은 방향으로 보면 되는지 알고 싶습니다.

A 일반책의 계산도표는 압축력과 모멘트를 받을 때를 기본으로 하고 있습니다. 압축력이 아닌 인장력을 받는 기둥의 주각은 모멘트를 앵커볼트거리, 즉 모멘트암(moment arm = jd)으로 눈 짝함(+,-)에 기둥인장력을 앵커볼트근으로 나눈 값(-)을 더하여 최대값으로 앵커볼트와 베이스플레이트를 설계하시면 되겠습니다.

※ 이상의 Q&A는 우리회 홈페이지(www.ksea.or.kr) <온라인상담>으로 질의응답한 내용입니다. 질의사항이 있으시면 우리회 홈페이지(온라인상담)를 이용하시기 바랍니다.

김석규 / 우리회특별위원회 위원 (주)쓰리디구조 대표 skk@3ds.co.kr