



김석구 기술중재위원장
쓰리디구조 소장
skk@3dgujo.co.kr

문 · 고 · 답 · 하 · 기

반응수정계수: R에 대하여

Q 구조해석시 반응수정계수를 먼저 알아야 해석을 진행할 수 있도록 기존의 구조 관련 Software가 지원하는 것으로 알고 있습니다. 그러나 실질적으로 적용할 R값 추정시 보다 더 명확하고 유용한 기준(기존의 서적이 있지만)이 없어 주로 구조설계경험에 의존하고 있는 것으로 보입니다. 예를 들어, RC구조물에 중앙 Core가 있는 경우에 A라는 사람은 모멘트골조로 판단(일부에 Core가 존재하기 때문에)하고, B라는 사람은 횡력은 Core가, 수직하중은 골조가 부담하는 것으로 판단(실제 해석치로보면 횡력을 Core가 거의 다 부담함)하는 등 구조설계자의 판단에 의존하고 있는 실정입니다.

좋은 판단근거를 제공하여 주시면 구조설계에 도움이 되겠습니다.

A 아시다시피 반응수정계수(R)는 구조시스템의 초기 항복을 넘어 극한하중과 변위에 도달하기에 충분한 큰 변형상태에서의 구조물의 연성과 감쇠능력을 반영하는 계수이지요. 즉, 정해진 설계내력에 대한 구조물전체가 특정한 지진에 대하여 선형 탄성적으로 거동한다고 가정할 때 발생하는 힘의 비라고 할 수 있지요. 특정한 지진에 대한 구조물의 탄성 요구강도를 R 계수로 감소시킬 수 있는 이유는 전체 구조물이 비선형 거동과 감쇠효과로 인하여 에너지 흡수와 에너지 소산능력을 가지고 있기 때문이지요.

질의하신 골조일 경우 실무에서는 지금까지의 실무적 경험과 어떤 구조방식으로 설계할 것인가를 결정하여 R계수를 가정하여 해석하고 해석결과로 횡력분담율을 확인하여 최종 해석하게 되지요.

그러나 반응수정계수(R)를 큰 값(예컨대 연성골조인 5.0~6.0)으로 적용하여 설계할 경우엔 지진하중이 줄어들지만 연성모멘트 골조에 해당하도록 특별히 만족시켜야 할 상세규정을 구조도면에 반영시켜

야 합니다.

그러나 이종골조로 설계할 경우엔 강한 지진에 의해 전단벽이나 가세골조의 피해가 발생했을 때 모멘트 연성골조가 전 지진하중의 25%의 연직하중을 저항할 능력이 있어야 합니다

SOFT STORY에 관하여

Q 안녕하십니까! 성실한 답변에 항상 감사하고있습니다. 요즘 주상복합건물들이 많이 들어서고 있습니다. 상,하부의 강성차이가 많이 나는데 혹시, 상,하부의 강성차이(Soft Story)에 관한 기준이나, 통상적인 설계매뉴얼,자료 등이 있으면 구조설계에 도움이 되겠습니다. 참고로, 국내기준을 아무리 찾아도 없어서 그러니 외국기준이나 자료도 좋으니 부탁드립니다.

A 저희회에서 작성한 아래 복합구조 건축물 최소기준안을 참조하시기 바랍니다.

《복합구조(라멘+벽식)건축물 최소구조기준(안)》02.05.13

① 구조해석은 구조물의 전체적인 거동과 전이층 부근의 국부적인 응력을 파악할 수 있도록 구조해석모델(필요시 전체입체모델,라멘부분모델,전이층 유한요소 상세모델 등 3가지 해석모델사용)을 사용하여 검토하도록 한다.

② 필요시 기둥의 불균등 축소량(Differential Column Shortening)을 검토하도록 한다.

③ Soft Story에 해당하는 경우 지지 기둥에 대해서는 국내 내진상세에 추가하여 UBC97(1921.4.4.5)의 불연속단면 기둥 특별상세를 준용한다.

④ Weak Story에 해당하는 경우엔 UBC97(1629.9.1)을 준용하여 전이층 기둥이 9m를 초과하는 경우에 대해서는 전이층 하부의 층강도

가 상부층 강도의 65% 이상이 확보되도록 한다. 단 해당규정을 만족하지 못할 경우는 지진하중 확대계수에 의한 설계지진력을 증가시켜 적용한다.

- ⑤ 전이보와 기둥 및 전이보와 벽체의 접합부는 유한요소해석을 하며, 접합상세(철근의 정착, Hoop, Stirrup 등)는 건축구조기술사의 책임하에 작성하도록 한다.
- ⑥ 전이층 골조공사시까지는 건축구조기술사등 구조감리가 상주토록 한다.
- ⑦ 처짐의 보정문제등은 구조감리의 계측관리로 보정보완하도록 한다.
- ⑧ 한국건축구조기술사회내에「복합구조평가위원회」를 운영하여 위원회의 검토를 받도록 한다.
- ⑨ 구조설계자는 구조설계요약표를「복합구조평가위원회」에 제출토록하고 복합구조평가위원회에서는 정해진 내부기준에 따라 평가한다.
- ⑩ 첨부된 UBC 관련부분은 내진구역 ZONE 3,4의 강진구역에 해당된 사항이므로 우리실정에 맞는 지침을 정하여 「복합구조평가위원회」에서 심의토록 한다.

Transfer girder에 관하여

Q 주상복합의 Transfer Girder설계에 대하여 질의하고자합니다. 현실적으로 주상복합은 해석을 2회에 걸쳐서 하고 있습니다. 즉, 1회- 벽설계용, 2회-Transfer Girder설계용으로 하고 있습니다. 단 한번으로 정확한 해석을 할수있는 이주 현실적인 방법을 가르쳐 주시면 감사하겠습니다.

A 실무에서는 3회에 걸쳐서 해석하기도 합니다. 즉 전체입체골조에 대하여 거시적 거동을 해석하고, 라멘부분을 해석하며, 전이층 유한요소 상세모델에 의한 해석 등을 수행하게 됩니다.

단 한번으로 해석하려면 해석모델의 방대함과 컴퓨터의 용량의 한계로 어려울 뿐 아니라, 설사 그러한 해석이 가능하다 하더라도 그 결과를 검증하기 위해서는 거시적, 미시적으로 분석해 보아야 하므로 위와 같은 몇 단계의 과정은 또다시 필요합니다.

복합구조의 설계에 대해서는 위 질의응답1번 에 대한 답변을 참조하시기 바랍니다.

Vierendeel Truss....

Q Vierendeel Truss에 대해 자세한 설명 부탁드립니다. 어느 경우에 쓰는지, 장단점은 무엇인지, 전반적인 설명 부탁드립니다.

A 트러스에서 웹재중 경사재가 없는 트러스를 Vierendeel Truss 라고 합니다. 트러스 상/하현재 사이에 덕트나 배관이 지나가든가 하여 웹재중 수직재만 보낼 수 있고 경사재는 보낼수 없을때 쓰입니다.

또한 트러스 높이를 1개층 높이로 하여 상/하현재를 위아래 바닥층 보 역할을 겸하게 하고 트러스 수직웹재로 셋기둥 역할을 하도록 하는 골조로 설계하기도 합니다. 원래 트러스 부재는 축방향력만이 발생되도록 설계되나, Vierendeel Truss는 경사재가 없어 상/하 현재와 수직재 단부에서 모멘트가 발생하므로 강접합으로 설계되어야 합니다.

장점으로는 트러스 웹재가 격자형상이 되므로 그 공간을 활용할 수 있으나, 단점은 트러스 절점에 모멘트가 발생하므로 부재가 커진다는 점입니다.

건물과 건물사이를 연결하는 지상 연결통로 등에도 많이 쓰입니다.

정착 및 이음의 보정계수

Q 「통합설계법에 의한 구조설계기준, 건축구조물 설계예제집」의 "제8장 정착 및 이음" page-299. 예제 8.5 90° 표준갈고리를 가지는 인장철근의 정착. 문제의 풀이를 참고하면 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$, 최외곽 슬래브 D10 철근을 벽체에 정착하려면 벽체의 두께가 최소 22cm이어야 한다고 되어있는데 현재 일반 벽체의 경우 두께가 15cm, 18cm, 20cm 정도로 알고 있습니다.

그럼 최소 두께보다 작으면 다른 보정계수를 적용하여 가능한 것 인지요?

A 일반 중앙부 벽체의 경우 두께가 15~20cm 정도로 설계하나, 슬래브가 벽체 양쪽으로 연속되지 않는 코어부분 벽체나 외곽 벽체는 갈고리를 넘어서 철근의 피복두께를 5cm로 하고 철근직경 D10 을 사용할 경우 최소 벽두께는 20cm가 됩니다.

그러나 외벽에 연결된 슬래브 단부에서 철근에 인장력이 없거나 적

게 발생하도록 설계하거나, 또는 테두리보를 설치할 수 있을 경우엔 외벽두께를 줄일 수 있습니다.

철근정착길이

Q 먼저 답변 감사드립니다. 추가로 질의드립니다. 90° 표준갈 고리를 가지는 인장철근의 정착에서 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$, 최외곽 슬래브 D10철근을 벽체에 정착하려면 답변하여 주신대로 피복두께 5cm를 사용한다면 벽체의 두께가 최소 20cm 입니다. 물론 내부벽체에서는 연속시키거나 이음을 고려하겠지요. 하지만 현재 아파트에서도 $f_{ck}=210\text{kgf/cm}^2$, 최외곽 슬래브의 D13 철근을 벽체에 정착하여 사용하고 있는 것으로 알고있습니다. 답변하여 주신대로 피복두께 5cm를 사용한다면 벽체의 두께가 최소 24.15cm이어야 하고 또한 아파트에서는 테두리 보를 사용하고 있지 않은 것으로 알고 있습니다. 저의 무지를 깨우쳐 주셨으면 합니다.

A 일반적으로 슬래브 외단은 내단보다 응력이 적지만 실무에서 는 동일한 배근으로 표기하는 경우가 많습니다. 따라서,외벽에 정착되는 슬래브에 배근된 철근량이 해석에 의해 요구되는 소요철근량을 초과하는 경우는 정착길이를 감소시킬 수 있음도 함께 고려해야 합니다.

태풍의 강도에 따른 유리문의 내압력 산정과 피난방법

Q 아래사항을 문의 합니다.
첫째 : 루사 태풍시 아파트 베란다 샷시가 바람에 날아가 버리고 일부는 깨지고 엉망진창 이었는데...
--. 태풍시 아파트 베란다 샷시문과 거실쪽문을 개방하고 또 뒷쪽 문도 열어 태풍이 거실을 관통하여 지나가도록 하는 것이 옳은 피난방법인지..?
--. 베란다 샷시문과 거실문을 닫아야 옳은 방법인지 알고 싶은것입니다..
둘째 : 태풍시 그 강풍의 강도에 따른 아파트 베란다 유리문의 강도는 어느정도의 범위에서 그 압력을 견딜수 있는지 그 풍압계산법

을 알고 싶고...?
셋째 : 아래 태풍의 분류에 따른 그 각각의 강도에 이겨낼수 있는 유리 창문의 두께의 규격은..?
* 참고로 태풍의 강도 (기상청에서 분류)
0. 약풍... 17m/s 이상 ~ 25m/s 미만
0. 중풍... 25m/s 이상 ~ 33m/s 미만
0. 강풍... 33m/s 이상 ~ 44m/s 미만
0. 매우강..44m/s 이상
끝으로 귀 협회의 무궁한 발전과 번영을 기원드립니다...

A 유리창 설계법에 대해서는 '건축공사표준시방서(건설교통부제 정1999)-'21000 유리공사' 편을 참조하시기 바랍니다.
유리창 개폐시의 밀폐형/개방형/일부개방형에 대한 풍상측/풍하측 외압계수는 '2000년 건설교통부제정 건축물하중기준에 따른 풍하중 해설 및 설계(대한건축학회)2001.6 을 참조하시기 바랍니다.

결속선의 역할 및 목적

Q 철근콘크리트 철근공사에서 결속선의 역할및 목적이 무엇인지 궁금해서요.호트럼방지의 목적인지.구조(휨,강도)적으로 꼭 필요한 것인지? 구조적으로 필요하다면 얼마이상의 결속율이 필요하고 어떤 역할(인장.전단보강인지)을 하는지요?

A 철근은 바른 위치에 배치하고, 콘크리트를 칠 때 움직이지 않도록 충분히 견고하게 조립해야 한다. 이를 위하여 필요에 따라서는 조립용 강재를 사용해야 한다. 또 철근의 교점은 지름 0.9mm 이상의 풀림(annealing) 철선 또는 적절한 클립(clip)으로 긴 결해야 한다.

결속선 설치에 대한 질문

Q 구조관련 서적을 아무리 뒤져 봐도 결속선 설치 기준이 없던데요. 그 근거가 어딘지 답변부탁드립니다. ACI기준인지,건축법인지,한계상태설계법인지,강구조기준인지요?

A '콘크리트표준시방서' -건설교통부 -3.2.1 철근의 조립
 '콘크리트표준시방서해설' -한국콘크리트학회
 '건축공사표준시방서' -건설교통부 -철근콘크리트공사
 '건축공사감리요람' -조준현편저-기문당
 등 시공과 감리관련 책을 참조하시기 바랍니다.

아파트를 개조

Q 우리 아파트에서는 부엌을 베란다로 빼는 공사를 합니다.우리집도 예외가 아니게 했는데요 5층아파트고요 2동 까지 있습니다. 1동B101호~2동 508호 까지 있는데요. 암튼 공사를 하는데 창문을 새로 한다고 창문 틀을 조금 올렸거든요?(약 벽돌 3개~많게는 5개 사이정도)근데 사람들이 와서 그렇게 하면 안된다고 해서 다시 다 부수고 돈만 억수로 더 들었습니다.왜 그게 안되는지 알려주세요.

A 실용도가 바뀌고 하중변경이 생기므로 반드시 구조검토를 받아야 합니다. 관련자료를 가지고 가까운 구조사무소에 가시면 건축구조기술사께서 성심껏 자문을 드릴 것입니다.

구조기술사 시험 관련 자격

Q 구조기술사 공부를 시작하고 싶은데 기술사시험을 볼 수 있는 건축인이면 누구나 공부해서 1차 시험에서 합격하고 2차 면접시험에서도 불리한 입장이 되지않고 능력을 인정 받으면 구조기술사 시험에 합격할수 있는지 정말 궁금하네요.남들이 항상 많이 질문을 하고있는 것에 대한 답은 자신속에 있는 것이 아닐런지요. 적어도 제가 생각하는 구조 기술사란 누군가 알아주지도 또한 돈벌이가 되지 않아도 건설인 누구보다도 보이지 않는 곳에서 최고로 노력하며 또한 자긍심을 낙으로 먹으며 인텔리 건축인으로서의 길을 걸을 수 있는 것이 아닐런지요. 만일 그것이 아니라면.그래도 저는 한번 도전해보렵니다.답좀 주세요.

A ①기술사응시자격(1)기사+실무4년,(2)대졸+실무7년,(3)전문대졸+실무9년,(4)기능사+실무8년
 ②건축구조에 관한 고도의 전문지식과 실무경험에 입각한 계획, 연구, 설계, 분석, 조사, 시험, 시공, 감리, 평가, 진단, 사업관리, 기술관

리 등의 기술업무를 수행할 수 있는 능력의 유무를 필기시험과 면접질의로 합격여부를 판정함.

이상은 국가기술자격법상의 규정이지만 실제적으로는 건축구조에 대한 전문지식과 실무경험에 입각한 능력이 중요합니다. 건축물에 구조적 문제가 있을 경우엔 많은 사람이 위험할 수 있기 때문이지요. 현행 건축법상으로는 구조기술사가 아니어도 16층이하 건축물을 건축사도 구조계산할 수 있으나,그러한 위험성을 알기때문에 경험있는 구조기술사에게 의뢰하고 있으며,구조는 구조전문가에게 맡겨야 안전하고 경제적인 설계가 된다는 사회적 인식과 공감대 때문입니다. 전문분야에 대하여 열심히 공부하시고 실무경험으로 전문지식에 대한 자신감을 갖도록 하시기 바랍니다. 구조기술사란 직업은 비록 그 자신이 수행한 업무에 대하여 책임이 무겁고 또한 어렵고 힘든 직업이라고 모두들 꺼린다고들 하지만 보람되게 일할 수도 있다고 생각됩니다.

구조계산에 대한 법규에 관하여

Q 건축법에 보면....

제91조의 3 [관계전문기술자와의 협력]

① 다음의 건축물에 대한 제32조의 규정에 의한 구조계산의 국가기술자격법에 의한 건축구조기술사 또는 이와 동등 이상의 기술능력이나 자격을 갖추었다고 건설교통부령이 정하는 자(이하 "구조기술사 등"이라 한다)가 하여야 한다.(1995.12.30 본조 신설)

1. 층수가 16층 이상인 건물
2. 기둥과 기둥사이의 거리가 30미터 이상인 건축물
3. 다중이용 건축물

이렇게 되어있더군요

특히 층수가 16층 이상인 건물...

그럼, 16층 미만에 기둥간 거리가 30미터가 안되는 건물은 구조기술사 자격 가지지 않은 사람도 할 수 있다는 건가요? 그리고 다중이용 건축물이라는게 구체적으로 어떤 용도인지 궁금하네요.

A 질의하신 규모의 건축물에 대한 구조설계는 실제적으로는 구조기술사가 대부분 수행하고 있습니다.그 이유는 법적인 강제성 때문이 아니고 자유경쟁상태에서 구조기술사가 수행했을때 용역

의 성과품이 우수하다고 인정되어 자연적으로 이루어진 현상입니다. 법규 입안당시엔 구조기술사의 숫자가 부족하였다는 점과 구조기술사 자격제도 시행이전에는 구조계산을 건축사가 수행해 왔다는 점을 고려하여 점진적으로 현실에 맞게 법령이 개정돼 왔음을 이해하시기 바랍니다.

이제는 많은 구조기술사가 배출되었으므로 우리회에서는 이러한 법령상의 문제점을 개선하고자 노력하고 있음을 양지바랍니다.

또한, 현행 건축법시행령 제32조(구조안전의 확인)①항에 의하면 건축물의 구조안전은 구조계산에 따라 확인하라고 되어 있으나, 실제공사는 구조계산서가 아닌 구조도면으로 시공하므로 구조도면이 잘 못 되었을 경우 많은 안전상의 문제가 발생되고 있습니다.

구조계산은 구조안전확인을 위한 유효한 방법중의 하나이지만 구조설계의 중간과정으로서, 구조계산서에는 모두 표현 할 수 없는 많은 구조안전관련상세는 구조도면과 구조관련시방서에 표현해야 하나, 현행규정은 구조기술자가 구조도면작성이 아닌 구조계산만을 하여도 구조안전이 확인되는 것으로 오도하고 있습니다.

더구나 수년전 행정관소화 조치의 일환으로 건축허가신청 제출도서에 구조계산서가 제외됨으로서 구조도면상의 구조안전확인이 더욱 중요시 되고 있습니다.

따라서, 구조계산이 아니라 구조설계도서에 대하여 구조안전을 확인해야 한다는 의견이 제시되고 있습니다.

법령상 구체적으로는 '현행규정'구조계산에 따라 그 구조의 안전을 확인하여야 한다'를 '구조설계(구조계획, 구조계산, 구조도면작성, 구조관련시방서작성을 포함한다 이하 "구조설계"라 한다)에 따라 그 구조의 안전을 확인하여야 한다'로 해야 한다.' 라고 우리회에서는 주장하고 있습니다.

질의하신 법령조항은 아래와 같이 개정되도록 노력하고 있음도 양지바랍니다.

**** 아 래 ****

① 다음의 건축물에 대한 제32조의 규정에 의한 구조설계(구조계획, 구조계산, 구조도면작성 등)는 국가기술자격법에 의한 건축구조기술사가 하여야 한다.

1. 층수가 16층 이상인 건축물
2. 기둥과 기둥 사이의 거리가 30m 이상인 건축물
3. 다중이용건축물
4. 내진설계 대상 건축물

위에서와 같이 구조기술사의 업무범위가 단순한 구조계산이 아니라

선진국등 다른나라에서처럼 구조설계로 바뀌어야 할 것입니다.

구조기술사가 수행하는 업무범위가 건축물 규모보다 우선적으로 결정되어야 할 것입니다. 내진설계 대상건축물에는 6층이상 건축물이 포함됩니다.

다중이용건축물은 불특정다수인이 사용하는 건축물을 말합니다.

이상의 [Q][A]는 우리회 홈페이지 <http://www.ksea.or.kr> <온라인상담>으로 질의응답한 내용입니다. 질의사항있으시면 우리회 홈페이지 <온라인상담>을 이용하시기 바랍니다.

건설교통부에 문의한 것에 대한 답변

Q 건축물의 구조계산으로 설계자에게 협력한 건축구조기술사가 구조설계도서에 설계자와 함께 당해 구조기술사등이 서명·날인 하는 것 이외에 감리중간보고서 및 감리완료보고서에도 구조기술사의 서명·날인을 받아야 하는지 여부

A 건축법시행령 제91조의3 제5항의 규정에 의하면 제1항 내지 제4항의 규정에 의하여 설계자 또는 공사감리자에게 협력한 관계전문기술자는 그가 작성한 설계도서 또는 감리중간보고서 및 감리완료보고서에 설계자 또는 공사감리자와 함께 서명·날인하여야 하며, 구조기술사등이 구조계산에 따라 구조안전을 확인한 건축물의 구조설계도서는 설계자와 함께 당해 구조기술사등이 서명·날인하도록 되어 있는바, 건축구조기술사가 구조안전을 확인한 건축물의 경우 구조기술사는 설계도서에 서명·날인하면 되는 것이니 이와 관련한 구체적인 사항은 당해 시장·군수·구청장에게 문의하시기 바랍니다.

건축법시행령 제91조의3 제5항

⑤ 제1항 내지 제4항의 규정에 의하여 설계자 또는 공사감리자에게 협력한 관계전문기술자는 그가 작성한 설계도서 또는 감리중간보고서 및 감리완료보고서에 설계자 또는 공사감리자와 함께 서명날인하여야 하며, 구조기술사 등이 구조계산에 따라 구조안전을 확인한 건축물의 구조설계도서는 설계자와 함께 당해 구조기술사 등이 서명날인하여야 한다. **KSEA**

(자료제공 : 김승철 소장/ 다원구조)