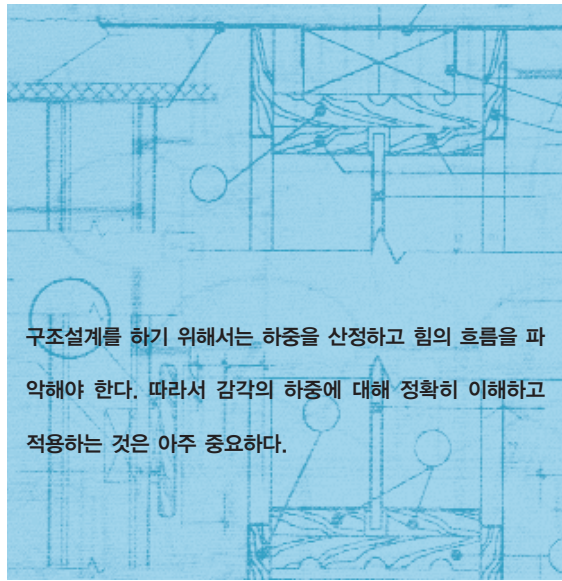


구조물에 작용하는 하중 (Load)



구조설계를 하기 위해서는 하중을 산정하고 힘의 흐름을 파악해야 한다. 따라서 각각의 하중에 대해 정확히 이해하고 적용하는 것은 아주 중요하다.

글 | 강지훈 기술개발부 과장 02-3433-7729 | E-mail : maisan77@ssyenc.com

일반적으로 현재 적용하고 있는 구조설계의 기본적인 개념은 작용하고 있는 외부의 힘에 대해 구조물을 구성하는 각 부재가 충분히 버티도록 하는데 있다.

즉, 외부에서 작용하는 하중(load)이 유발하는 작용력에 비해 각 구조부재가 보유하고 있는 내력이 큰 값을 가지도록 하는 것이다. 이 부분을 강도설계법의 개념식으로 표현한다면 다음과 같다.

$$(\text{강도감소계수}, \phi) \times (\text{공칭강도}) \geq (\text{하중계수}) \times (\text{사용하중})$$

이번에는 이와 같이 구조설계의 한 부분을 차지하는 하중의 종류와 하중의 조합에 대해 간단히 살펴보기로 한다.

용어는 현재 사용하고 있는 표준용어를 사용했으며 현장이나 사무실에서 보유하고 있는 구조계산서를 참고하면 이해에 도움이 될 것으로 본다. 다만, 풍하중과 지진하중은 그 자체로도 복잡하므로 개요적인 내용만 언급하였다.

1. 고정하중 (D, Dead Load)

고정하중은 구조체 자체의 무게나 구조물의 존재기간 중 지속적으로 구조물에 작용하는 수직방향의 중력하중을 말한다. 도면에 기록된 필수마감재, 영구부착된 설비, 장비 등이 포함

된다. 간과하기 쉽지만, 가장 중요한 것은 구조물 자체의 중량이다. 이 부분은 하중을 지지하는 역할을 하면서도 자체의 중량으로 인해 하중을 일으키는 부분이다. 예를 들어 슬래브의 경우, 내력이 부족하여 두께를 증가하더라도 자중의 증가 때문에 추가적으로 부담할 수 있는 하중이 증가한 두께에 비례해서 증가하지 않는다.

모든 재료는 밀도를 가지지만, 실제 건축에 사용되는 재료는 실측된 단위중량을 기준으로 해야 하므로 단위체적 중량을 하중으로 적용해야 한다. 주요 재료의 값을 살펴보면 다음과 같다.

[표 1] 주요 건축재료의 단위체적 중량

재료명	단위중량 (t/m³)	재료명	단위중량 (t/m³)
모래	1.70 (건조), 2.00 (포수)	철근콘크리트	2.40
자갈	1.70 (건조), 2.10 (포수)	철골철근콘크리트	2.50
잡석	1.50 (건조), 1.90 (포수)	경량기포콘크리트	0.50 ~ 0.60
모래혼합자갈	2.00 (건조), 2.30 (포수)	보통 모르터	2.00
무근콘크리트	2.30	보통벽돌	1.90
경량콘크리트	1.55 ~ 1.90	흙	1.60 (보통), 1.80 (포수)

2. 활하중 (L, Live Load)

구조물을 사용함에 따라 발생하는 수직방향의 중력하중을 의미한다. 사람이나 차량의 통행, 물건 및 장비의 적재 등에 따른 하

중이며 용어가 의미하는 바와 같이 이동 가능성을 전제로 한다. 활하중은 고정하중과 달리 모든 면적에 대해 유사하게 작용하지 않지만 설계의 편의성을 고려하여 등분포 활하중을 적용하도록 하고 있다. 집중 적재하중 수치를 산정하여 실제 거동에 가까운 설계를 할 수도 있으나 중요부위나 중요 구조물 설계에 적용하는 편이다.

[표 2] 주요 등분포 적재하중 최소값

용도	건축물의 부분	활하중 (kgf/m²)
주택	거실, 공용실, 복도	200
	공동주택 발코니	300
사무실	일반사무실, 복도	250
	로비	400
학교	교실, 복도	300
	로비	300
판매장	상점, 백화점 (1층)	500
	상점, 백화점 (2층 이상)	400
집회 및 유흥장	로비, 복도	500
	무대	700
	극장 및 집회장 (고정식)	400
도서관	집회장 (이동식)	500
	열람실, 복도	300
주차장	서고	750
	옥내, 승용차 전용	400
	경사로, 승용차 전용	600
	옥외, 승용차, 경량트럭	1,200
창고	옥외, 18톤 이하 트럭	1,600
	경량품 저장창고	600
공장	중량품 저장창고	1,200
	경공업 공장	600
지붕	중공업 공장	1,200
	접근이 곤란한 지붕	100
	적재물이 거의 없는 지붕	200
	정원 및 집회, 헬기용	500

[표 2]에서 제시한 값은 구조물의 안전도를 고려한 최소값이며 실제 구조물에 적용하는 활하중이 크다고 판단될 경우엔 그 값을 적용하여 설계한다.

3. 적설하중 (S, Snow Load)

적설하중은 국내의 경우 겨울철에 주로 지붕부분에 쌓이는 눈에 대해 고려하는 하중이다.

일반적으로 지붕의 등분포 활하중은 100 kgf/m² 이상이므로

[표 3] 눈의 평균단위중량

수직 적설 깊이 (cm)	평균단위중량 (kgf/m²)
50 이하	100
150	200 이상
1.0	1.5
2.0	3.0

다설 지역이 아닌 경우에는 검토 대상이 아닐 수 있다. 따라서, 대체로 적설하중의 영향이 지붕 활하중을 초과하는 경우에 검토한다.

$$\text{적설하중} = \text{눈의 평균단위중량} \times \text{수직 적설 깊이}$$

[표 4] 주요 지역별 수직 적설 깊이

지역	기록연수(년)	최고 눈깊이	100년 기대치
서울	30	30	31
수원	29	28	25
춘천	28	44	40
청주	27	39	46
대전	25	26	28
대구	30	25	28
전주	30	28	32
광주	30	25	34
부산	29	12	12
목포	30	50	41
제주	30	18	19
인천	30	103	70
속초	26	124	116
강릉	30	138	141
울릉도	30	177	218

눈은 적설과정에서 눈림이 발생하므로 눈의 단위중량은 적설 깊이에 따라 다르다.

따라서, 강릉의 경우를 예를 들면, 예상깊이가 141cm 이므로 평균단위중량은 1.9kgf/m² 정도이다.

이 경우 적설하중은 140 × 1.9 = 267.9 kgf/m² 가 되며 이 값은 일반적인 지붕의 활하중값보다 큰 값이므로 설계에서 고려해야 한다.

4. 풍하중 (W, Wind Load)

풍하중은 바람이 건물에 미치는 영향을 하중으로 표현한 것이다. 일반적으로 건물이 높을수록 입면이 넓을수록 풍하중이 증가하며 기본적으로 건물이 위치한 지역에서 부는 바람의 세기(기본 풍속)와 주변지형에 영향을 받는다.

[표 5] 주요 지역의 기본풍속

지진구역	지역	지역계수
I	시	0.11
	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주	
II	도	0.07
	강원도 북부, 전남 남서부, 제주도	

5. 지진하중 (E, Earthquake Load)

건축물은 한 번 설계되면 짧게는 30년 정도 길게는 70년 이상 동안 사용되도록 계획된다. 지진의 경우 활하중이나 풍하중처럼 일상적으로 작용하는 하중은 아니지만, 발생될 경우 많은 인명피해와 재산피해를 유발하게 되고 국내의 경우에도 지진에 대한 안전지대가 아닌 것으로 나타나고 있으므로 반드시 고려해야 하는 항목이다.

[표6] 지역계수

주요 하중조합	하중 종류
1.4D + 1.7L	D : 고정하중, L : 활하중
0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)	W : 풍하중
0.9D + 1.3W	W : 풍하중
0.75(1.4D + 1.7L + 1.8E)	E : 지진하중
0.9D + 1.4E	E : 지진하중
1.4D + 1.7L + 1.8H	H : 수압/토압
1.4D + 1.7L + 1.5F	F : 유체압

지진의 특성은 발생할 때마다 다르기 때문에 미리 예측하기 어려우므로 지진을 정적인 하중으로 환산한 방법을 적용하거나 유사한 모형을 하중으로 적용하는 방법을 주로 사용한다.

국내 기준에서는 지진구역을 2가지로 나누어 지진의 위험도를 구분하고 있다.

6. 토압 및 수압 (H, Soil and Hydraulic Pressure)

(1) 토압은 주로 지하구조물의 외부벽체에 작용하는데 이 경우 벽체의 수평이동과 회전은 없는 것으로 보는 정지토압이 된다. 토목옹벽과 같이 벽체를 전방으로 밀어내면서 배면토가 파괴되는 상태의 토압은 주동토압이라 한다.

(2) 수압은 지하구조물이 지하수위의 높이내에 존재할 때 발생하며 지하 외부벽체와 최종바닥판에 작용하게 된다. 그러나, 시공시에 경험하는 비와 같이 지하수위가 낮더라도 우수가 유입되고 적절히 배수되지 않으면 일시적으로 수위가 높아져 부력이 과다하게 발생하는 경우가 발생한다.

따라서, 지하수위는 구조물 완성후 사용시에 대한 설계도 필요하지만, 공시중 과도한 수위가 발생하지 않도록 관리하는 작업도 매우 중요하다.

7. 기타

이 외에도 온도변화에 따른 하중(구조물의 신축에 의해 발생함), 수조나 기름탱크와 같이 내부에 유체를 담을 경우에 작용하는 유체압 하중, 구조물에 설치된 기계나 장비에서 발생하는 진동, 충격과 같은 반복하중 등이 있다.

8. 하중의 조합

구조물에 작용하는 하중은 위에서 언급한 각각의 하중이 개별적으로 작용하는 것이 아니라 동시에 몇 가지가 복합되어 작용하게 된다. 예를 들어 고정하중과 활하중은 건물이 존재하면 반드시 존재하는 하중이며 이에 부가적으로 다른 하중들이 작용하게 된다. 따라서, 설계시에는 이러한 복합현상을 고려하여 설계하도록 규정하고 있다.

콘크리트의 강도설계법이나 철골의 한계상태설계법에서 제시하는 하중계수는 각 하중별로 서로 다른 하중계수(load factor)를 적용하고 있는데 이는 하중의 중요도와 발생확률을 근거로 하고 있다. 예를 들면, 고정하중은 변동성이 작으므로 1.4를 적용하고 활하중은 변동성이 크므로 1.7을 적용하여 구분하고 있다.

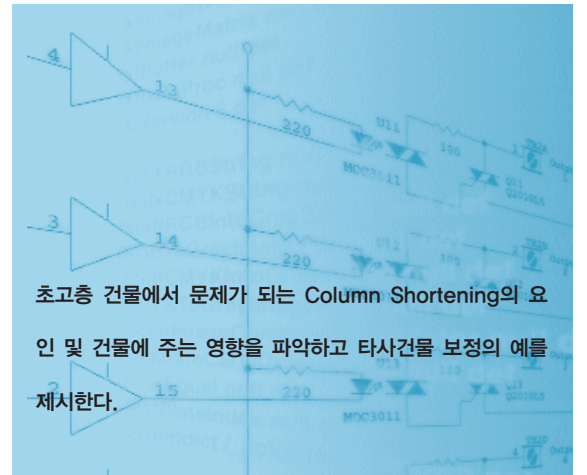
강도설계법에서 다루는 하중계수의 조합을 몇 가지 들면 다음과 같다.

구분	주요 지역	기본풍속
서울	서울, 인천, 부천, 오산, 송탄, 수원, 안성	30
경기	성남, 용인, 광주, 기흥, 포천, 의정부	25
강원도	속초, 강릉, 양양, 주문진	40
	거진, 간성, 동해, 삼척 원덕	35
	춘천, 화천, 양구, 철원, 인제, 태백	25
충청도	장항	40
	태안, 서산, 청주, 조치원, 천안, 아산	35
	대전, 당진, 진천, 증평, 온양	30
경상도	음성, 금산, 공주, 제천, 충주, 단양	25
	포항, 울릉도, 구룡포, 오천, 흥해	45
	부산, 기장, 장안, 연일, 외동, 가덕도	40
전라도	울산, 통영, 거제, 마산, 창원, 경주	35
	간천, 가야, 삼랑진, 영덕, 사천	30
	대구, 구미, 김천, 안동, 경산, 진주	25
제주도	군산, 마성	40
	목포, 여수, 진도, 해남, 대덕, 고흥	35
전주	광주, 나주, 순천, 광양, 무안, 영광	30
	전주, 진안, 무주, 남원, 순창, 고창	25
제주도	전지역	40

참고로, 구조물의 사용성에 관련된 수치의 경우(예를 들면, 처짐)에는 하중계수를 모두 1.0으로 적용하여 산정한다.

철근 콘크리트 구조물의 Column Shortening (기둥축소)

글 | 유창은 기술개발부 사원 02-3433-7728 | E-mail : ycu1213@ssyenc.com

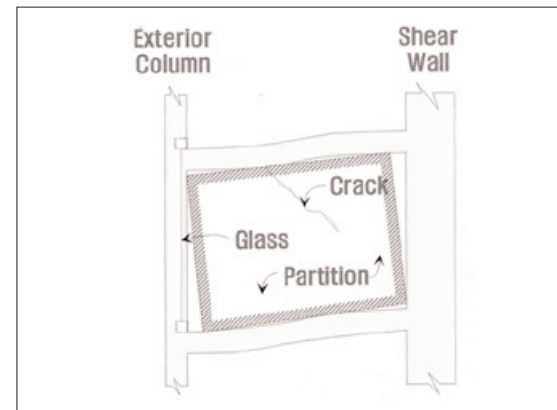


1. 개요

건물의 초고층화는 한정된 부재 내에 많은 인구를 수용할 수 있으며, 복합적이고 다양한 용도의 기능을 보유할 수 있는 이점을 지닌 반면, 구조적 측면에서 고려해야 할 많은 문제를 안고 있다. 건물이 초고층화 되어짐에 따라 기둥은 수직 및 횡하중의 증가로 인해 큰 압축력을 받게 되어 축소로 인한 기둥간의 변위차를 유발시킨다. 특히 철근콘크리트의 기둥의 경우에는, 내부기둥이 외부기둥보다 하중부담면적이 크므로 더 큰 축력을 받아 축소량이 크고 내부 전단벽과 외부기둥의 경우에는 외부기둥의 축소량이 더 커지게 되며 건물이 고층화 될수록 차이가 누적되어 구조적 안정성 및 사용성에 대한 영향이 커진다. 이러한 큰 축소현상의 잠재적인 유해효과는 초기의 슬래브의 위치를 변화시켜 칸막이, 기계적인 장비, 외장재 등에 영향을 미친다. 또한 수직요소에 의해 지탱된

슬래브가 원래 계획된 위치로부터 비틀어지게 되어 연결재인 보와 슬래브에 구조설계시에 고려되지 않는 전단력과 모멘트 등의 2차 응력을 발생시킬 뿐만 아니라 브레이스, 아웃리거, 벨트트러스 및 해트트러스 등의 횡력의 제어를 위해 사용되는 구조부재의 기능 저해를 초래할 우려가 크기 때문에 구조적으로 중대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 초고층 건물의 설계에서 기둥축소에 대한 효과는 필수적으로 반영되어야 한다. 일반적으로 철근콘크리트 수직요소의 축소현상은 탄성수축, 크리프, 건조수축등의 다양한 영향요소의 조합으로 구성되지만, 철골 수직요소는 탄성수축에 의해서만 영향을 받으므로 탄성 축소량만을 산정하여 그 축소량을 용이하게 계산할 수 있다. 본 자료에서는 초고층 건물중 철근콘크리트 구조물의 기둥축소현상에 대해 간단히 분석을 하고 이를 해결하는 몇가지 보정법에 대해 살펴보기로 한다.

[그림1] 경사진 슬래브의 영향



[그림2] 내부와 외부기둥의 축소량 차이

