

2021. 12.

건축구조모니터링을 통해 살펴본
건축구조기준 적용 사례집



국토교통부

Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Contents

1. 개요

1.1 배경	4
1.2 목적 및 범위	4
1.3 수행방법	4
1.4 건축구조기준 미준수 사례 일람표	5

2. 도서 작성의 부적정

2.1 도서제출 적정성	6
2.2 도서 정합성	8

3. 하중 적용의 부적정

3.1 고정하중	11
3.2 활하중	14
3.3 적설하중	23
3.4 풍하중	26
3.5 지진하중	39
3.6 지하수압	64

4. 부재설계의 부적정

4.1 구조부재 설계	66
4.2 전이계획 설계	72

5. 비구조요소의 부적정

5.1 내진설계	79
----------	----

01

개요

1.1 배경



- 정부는 지속적으로 발생하는 건축물 안전사고에 대한 경각심 및 제도적 문제점에 대한 개선책을 마련하고, 부실설계를 예방하기 위하여 2014년부터 매년 건축물의 구조안전을 확인하는 건축안전모니터링을 시행하고 있음
- 세움터에서 무작위로 선정된 착공신고 현장에 대하여 전문기관에서 설계도서의 건축구조기준 준수여부를 확인하고, 사전검토에 따른 1차 부적합 대상 보완권고 후 보완결과를 반영하여 최종 적부 판정을 하여 통보함
- 2016년부터 2020년까지 한국토지주택공사(전문기관)에서 수행한 모니터링 분석결과 1차 부적합 비율 37.8%~55.8%, 최종 판정결과 부적합 비율 4.1~6.0%의 범위로 연차별로 크게 개선되는 흐름을 보이고 있지 않아 대책이 요구됨

1.2 목적 및 범위



- 모니터링 결과 지적되고 있는 핵심 오류사례에 대한 부적합 유형별 건축구조기준 적용 사례집을 작성하여, 건축구조기준 미준수 등으로 인한 모니터링 부적합 비율을 저감시키고 궁극적으로 건축물 안전사고를 사전에 예방하고자 함
- 건축구조기준 적용 사례집을 통해 구조안전확인서 및 설계도서 등 제출서류를 확인하는 지자체 인허가 담당자와 제출서류를 작성하는 실무 설계자들이 구조설계 오류를 사전에 검토하고 개선할 수 있도록 유도하고자 함

1.3 수행 방법



- 과거 5년(2016~2020년) 동안 한국토지주택공사에서 수행한 건축안전모니터링 결과보고서를 토대로 부적합 판정사례 분석을 통해 도서작성, 하중산정, 부재설계 등의 항목별 핵심 오류사례를 도출함
- 기준 미준수로 인한 해당 오류가 구조안전에 미치는 영향을 고려한 오류사례별 중요도(정성적 지표)와 2016~2021년간 발생한 부적합 오류사례 건수를 분석한 발생빈도(정량적 지표)를 일람표에 수록하여 사례집을 활용하는 실무자들이 유의해야할 오류를 쉽게 확인할 수 있도록 함
- 건축안전모니터링 수행 시 적정성 검토과정에서 도출된 문제점을 토대로 핵심 오류사례별로 적정 사례예시와 근거규정 및 관련해설을 추가하여, 실무에서 관계자들이 쉽게 오류를 발견하고 적정하게 수정할 수 있도록 구성함

1.4 건축구조기준 적용 사례 일람표



구분		연 번	항 목	중요도	발생빈도		
도서작성 적정성	도서제출 적정성	2-1-1	지반조사보고서 (제출대상인 경우)누락	★★★	4.34%		
	도서 정합성	2-2-1	구조계산서와 구조안전 확인서, 구조도면 부정합	★★★	11.99%		
하중 적정성	고정하중	3-1-1	고정하중 누락 및 산정 오류 (단위 중량 등)	★	1.93%		
	활하중	3-2-1	활하중 산정 오류	★	5.72%		
	적설하중	3-3-1	적설하중 산정 오류	★	6.30%		
	풍하중	3-4-1	3-4-1	풍하중 산정의 적정성 (기본풍속(V_0), 중요도계수(I_w), 강제-유연구조물 분류 오류)	★	1.30%	
				3-4-2	풍하중 조합의 적정성	★★	0.80%
				3-4-3	장식탑등 외장재 풍하중 검토를 위한 풍하중 산정 여부	★★	0.02%
	지진하중	3-5-1	3-5-1	지진력 저항 시스템 선택 오류	★★★★	2.49%	
			3-5-2	내진 해석 오류	★★★★	2.07%	
			3-5-3	특별지진하중, C_m 팩터 적용 오류	★★	20.54%	
			3-5-4	고유주기 산정식 오류	★★	1.22%	
			3-5-5	필로티기둥 고려사항	★★★★	7.91%	
지하수압	3-6-1	편토압에 대한 구조 안전성 누락 및 산정오류	★	0.38%			
부재설계 적정성	구조부재 설계	4-1-1	주요부재(슬래브, 보, 기둥, 벽체, 기초, 지하외벽) 설계, 해석 오류	★★★★	2.75%		
		4-1-2	철근 배근 정착길이, 배근 방향 오류	★★★★	8.01%		
	전이계획 설계	4-2-1	전이계획 적정성 오류	★★★★	18.35%		
비구조요소 적정성	내진설계	5-1-1	비구조요소 내진설계	★★	3.87% (7.23%) ¹⁾		

1) 2020년도부터 검토된 항목으로 2020~2021년 부적합 건수(2670건) 대비 7.23%

02 도서작성의 부적정

2.1 도서제출 적정성

[2-1-1] 지반조사보고서(제출대상인 경우) 누락

○ 지반조사 보고서 누락

부적정 사례

지반종류의 오류는 지반등급 S_1, S_2 등급 이상으로 설계할 경우 지질조사서 누락으로 인해 적합 여부를 확인할 수 없는 사례이다. <그림 3.2>에서 나타난 바와 같이 KBC 2009, KBC 2016, KDS 41에서는 지반 분류자료가 충분하지 않은 경우 S_2, S_3 일 가능성이 없는 경우에만 S_D, S_4 로 설계하도록 하고 있다. 따라서 지반 종류를 확인할 수 있는 지질조사서가 없는 상태에서 S_1, S_2 등급 이상으로 가정한 경우에는 부적합으로 판정하되 지질조사서를 일반적으로 건축허가 신청 시 제출하지 않으므로 지반등급을 확인할 수 없다.

또한, 지반종류를 산정할 때 KBC 2009에서는 탄성파속도 측정(다운홀 테스트, SPS검층 등)을 통해 지표면 기준 평균 30m 평균지반특성, KBC 2016, KDS 41에서는 기준면으로부터 보통암까지의 지반에 대한 평균지반특성으로 분류한다.

하지만 토사 지반에 대한 평균 지반의 특성에 대한 탄성파속도 값을 구하지 않고 지반조사 보고서(시추정보, 주상도)만 첨부하는 사례가 많았다. 이는 정황상 해당 지반등급을 유추할 수는 있지만, 정확한 지반분류 값을 결정짓는 데이터라고는 볼 수 없으므로 반드시 전단파속도 값을 확인하

* EQUIVALENT SEISMIC LOAD IN ACCORDANCE WITH KOREAN BUILDING CODE (KDS(41-17-00:2019)) [UNIT: kN, m]

지반조사 보고서 누락	
Seismic Zone	: 1
FPA (S)	: 0.22
Site Class	: S3
Acceleration-based Site Coefficient (Fa)	: 1.46000
Velocity-based Site Coefficient (Fv)	: 1.58000
Design Spectral Response Acc. at Short Periods (Sds)	: 0.53533
Design Spectral Response Acc. at 1 s Period (Sd1)	: 0.23173
Seismic Use Group	: II
Importance Factor (Ie)	: 1.00
Seismic Design Category from Sds	: D
Seismic Design Category from Sd1	: D
Seismic Design Category from both Sds and Sd1	: D
Period Coefficient for Upper Limit (Cu)	: 1.4683
Fundamental Period Associated with X-dir. (Tx)	: 0.3645
Fundamental Period Associated with Y-dir. (Ty)	: 0.3645
Response Modification Factor for X-dir. (Rx)	: 4.0000
Response Modification Factor for Y-dir. (Ry)	: 4.0000

적정 사례

(2) 지진하중 산정-KDS 41 17 00 건축물 내진설계기준

- 지역 계수 : 0.14
- 중요도 계수 : 1.0
- 지진 응답 계수 : $C_s = \frac{S_{DI}}{[R/I_E]T}$
- **지반 분류 : S5**
- 반응수정계수 : 4.0 (철근콘크리트 보통전단벽)
- 건물 중량 : 수직하중에 의한 1차 구조해석 결과의 고정하중값을 적용

●지층 구성 상태

< 표4-1-5> 지층 상태

구분	지층	심도(m)	구성성분	통일분류	N-치(회/cm)	비고
BH - 1	매립토층	0.0 - 5.2	실트질모래	SM	5/30 - 6/30	
	퇴적토층	5.2 - 10.4	모래	SW	6/30 - 10/30	
	풍화토층	10.4 - 27.0	실트질모래	SM	17/30 - 50/12	
	풍화암층	27.0 - 30.0	실트질모래	W.R	50/10 - 50/8	
	시료 샘플					
BH - 2	매립토층	0.0 - 5.3	실트질모래	SM	4/30 - 6/30	
	퇴적토층	5.3 - 10.8	모래	SW	9/30 - 15/30	
	풍화토층	10.8 - 26.0	실트질모래	SM	19/30 - 50/11	
	풍화암층	26.0 - 30.0	실트질모래	W.R	50/9 - 50/8	
	시료 샘플					

<참조> N치를 근거로한 허용지하력 (kN/m2)

N치	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
점성토	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312
사질토	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208
N치	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
점성토	336	360	384	400									
사질토	224	240	256	272	288	304	320	336	352	368	384	400	

(실무자를 위한 구조물 기초 설계실무 편람 P. 39)

·참조 : N치를 근거로 미끼다께오(일본)가 제안한 지내력 표임.

관련 설명

지반 등급은 S₅일 가능성이 없는 경우에만 S₄로 설계 할 수 있도록 하고 있고 근거가 명확치 않은 경우에는 S₃등급 이상으로 설계할 수 없으나, 지질조사서가 누락된 상태에서 S₃ 이상의 등급을 사용하는 경우가 빈번하므로 주의 필요함

지반종류를 산정할 때는 탄성파속도 측정을 통해 기준면으로부터 보통암까지의 지반에 대한 평균지반특성으로 분류해야 하지만 토사 지반에 대한 평균 지반의 특성에 대한 탄성파 속도 값을 구하지 않고 지반조사 보고서(시추정보, 주상도)만 첨부하여 명확한 근거를 제시하고 있지 않는 경우가 많으므로 주의 필요함

참고기준 및 해설

〈KDS 41 17 00〉

4.1.1 지반 종류

지반의 분류는 KDS 17 10 00의 4.2.1.2를 따른다. 단, 건축물의 특성을 반영하여 아래와 같이 수정하여 적용할 수 있다.

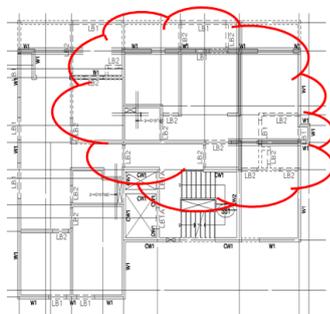
- (1) 기반암깊이가 3m 미만인 경우 S_7 지반으로 볼 수 있다.
- (2) 기반암의 위치가 기준면으로부터 30m를 초과하는 경우 상부 30m에 대한 평균 전단파속도를 토층의 평균전단파속도($V_{s, soil}$)로 볼 수 있다.
- (3) 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고, 지반의 종류가 S_5 일 가능성이 없는 경우에는 지반종류 S_4 를 적용할 수 있다.

2.2 도서 정합성

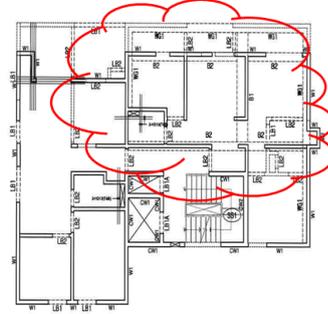
[2-2-1] 구조계산서와 구조안전 확인서, 구조도면 부정합 ①

○ 구조도면과 구조계산서 불일치

부적정 사례

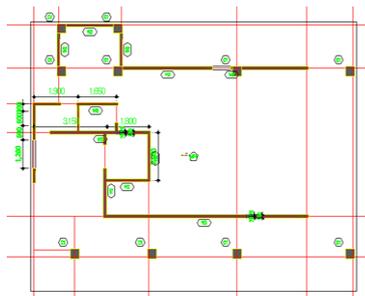


〈구조도면〉

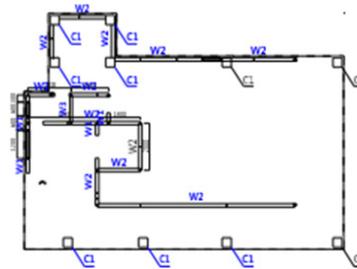


〈구조계산서〉

적정 사례



〈구조도면〉



〈구조계산서〉

관련 설명

구조도면과 구조계산서 상에 부재 번호가 누락 된다던지 서로 상이한 경우가 빈번함
 구조계산서와 구조도면 작성 이후 건축 및 구조계획 변경으로 구조계산서는 수정 하였으나 구조도면 및 구조안전확인서에 이를 반영하지 못하였거나, 변경된 건축계획을 구조계산서에 미반영한 경우가 빈번하므로 주의 필요함

2.2 도서 정합성

[2-2-1] 구조계산서와 구조안전 확인서, 구조도면 부정합 ②

○ 구조계산서와 구조안전확인서 간 지진응답계수 불일치

부적정 사례

Seismic Zone	: 2
EPA (S)	: 0.14
Site Class	: S5
Acceleration-based Site Coefficient (Fa)	: 1.62000
Velocity-based Site Coefficient (Fv)	: 2.82000
Design Spectral Response Acc. at Short Periods (Sds)	: 0.37333
Design Spectral Response Acc. at 1 s Period (Sd1)	: 0.26860
Seismic Use Group	: II
Importance Factor (Ie)	: 1.00
Seismic Design Category from Sds	: C
Seismic Design Category from Sd1	: D
Seismic Design Category from both Sds and Sd1	: D
Period Coefficient for Upper Limit (Uu)	: 1.4312
Fundamental Period Associated with X-dir. (Tx)	: 0.1044
Fundamental Period Associated with Y-dir. (Ty)	: 0.0751
Response Modification Factor for X-dir. (Rx)	: 4.0000
Response Modification Factor for Y-dir. (Ry)	: 4.0000
Exponent Related to the Period for X-direction (Rx)	: 1.0000
Exponent Related to the Period for Y-direction (Ry)	: 1.0000
Seismic Response Coefficient for X-direction (CSx)	: 0.0933
Seismic Response Coefficient for Y-direction (CSy)	: 0.0933
Total Effective Weight For Y-dir. Seismic Loads (W _y)	: 5695.06926
Total Effective Weight For X-dir. Seismic Loads (W _x)	: 5695.06926
Scale Factor For X-directional Seismic Loads	: 0.00
Scale Factor For Y-directional Seismic Loads	: 1.00
Accidental Eccentricity For X-direction (Ex)	: Positive
Accidental Eccentricity For Y-direction (Ey)	: Positive
Torsional Amplification for Accidental Eccentricity	: Do not Consider
Torsional Amplification for Inherent Eccentricity	: Do not Consider
Total Base Shear Cf Model For X-direction	: 0.00000
Total Base Shear Cf Model For Y-direction	: 522.206498
Summation Of W _i H _i ² /k Cf Model For X-direction	: 0.00000
Summation Of W _i H _i ² /k Cf Model For Y-direction	: 32950.576965

<구조계산서>

1)공사명				비고
2)내진위차	지배정수 0.14g			
3)방호도	다각구조체			
4)중요도	C2			
5)규모	연면적	338.78㎡	층수 (높이)	지상3층/지하수조(11.7m)
6)사용설계기준	건축구조기준(KDS 41 17)			
7)구조계획	철근콘크리트구조			
8)지반 및 기초	지반분류	S ₆	지반수위	G.L.
	지내역기준(MAT기준)			
9)내진설계 개요	지내역 기준	설계지내역 I _h =135kN/㎡	응답기준	직립단일직교=α sp = H _{sp} /g
	목적법	내진설계법(2)		
10)기타	중요도계수	IE=1.0	연립률 연립	W=5,595.07kN
	지진력	X 방향	Y 방향	구조 시스템에 따른 동등분

11)내진설계 결과	지진응답계수	CSx=0.0627	CSy=0.0474
	일면전단력	VSx=350.77kN	VSy=265.17kN
	근사교유주기	Tax=	Tay=
	최대층간변위	Δx,max =0.0002-hs	Δy,max =0.0001-hs

13)비구조요소	수직시스템	철근콘크리트	유
	연속구조요소	연속벽, 연립, 횡벽, 지반벽, 지반벽, 연립벽, 연립벽, 연립벽	유
	기둥·연기	내진설계 대상임	공식 단계에서 확인 필요함
	비구조요소	(FRP 보강 콘크리트)벽, 벽체(내진설계)벽, 소방설계벽	비구조요소 기준

<구조안전확인서>

적정 사례

Seismic Zone	:	
EPA (S)	:	0.22
Site Class	:	S
Acceleration-based Site Coefficient (Fa)	:	1.38000
Velocity-based Site Coefficient (Fv)	:	1.38000
Design Spectral Response Acc. at Short Periods (Sds)	:	0.50600
Design Spectral Response Acc. at 1 s Period (Sd1)	:	0.20240
Seismic Use Group	:	
Importance Factor (Ie)	:	1.00
Seismic Design Category from Sds	:	C
Seismic Design Category from Sd1	:	C
Seismic Design Category from both Sds and Sd1	:	D
Period Coefficient for Upper Limit (Cu)	:	1.4976
Fundamental Period Associated with X-dir. (Tx)	:	0.6147
Fundamental Period Associated with Y-dir. (Ty)	:	0.6147
Response Modification Factor for X-dir. (Rx)	:	4.0000
Response Modification Factor for Y-dir. (Ry)	:	4.0000
Exponent Related to the Period for X-direction (Kx)	:	1.0574
Exponent Related to the Period for Y-direction (Ky)	:	1.0574
Seismic Response Coefficient for X-direction (Csx)	:	0.0823
Seismic Response Coefficient for Y-direction (Csy)	:	0.0823
Total Effective Weight For X-dir. Seismic Loads (Wx)	:	6338.927712
Total Effective Weight For Y-dir. Seismic Loads (Wy)	:	6338.927712

〈구조계산서〉

1) 공사명			비고
2) 대지위치	/ 지역계수 0.22 (지진구역I)		
3) 용도	근린생활시설, 주택		
4) 중요도	중요도 (2) (내진등급 II)		
5) 규모	연면적	772.76 m ² (층수 (높이))	지상4층 (16m)
6) 사용설계기준	KDS 41 (KBC 16)		
7) 구조계획	철근콘크리트 전단벽식 구조		
8) 지반 및 기초	지반분류	S3	지하수위 해당없음
	기초 형식		
9) 내진설계 개요	해석법	설계지내력 fe= 15 t/m ²	과일기초 해당없음
	중요도계수	lc= 1.0	과잉하중계수(A,B,C) 동적해석법
10) 기본 지진력 저항시스템	X 방향	철근콘크리트 전단벽	철근콘크리트 전단벽
	Y 방향	철근콘크리트 전단벽	철근콘크리트 전단벽
반중수정계수	X 방향	4.0	4.0
	Y 방향	4.0	4.0

11) 내진설계 주요결과	지진응답계수	C _{Sx} = 0.0823	C _{Sy} = 0.0823
	필연지향력	V _{Sx} = 522 kN	V _{Sy} = 522 kN
	근사고유주기	T _{ax} = 0.615	T _{ay} = 0.615
	최대층간변위	Δ _{x,max} = 1.7mm	Δ _{y,max} = 0.3mm
내진설계 검토사항	적용 여부	횡력지향 수직요소의 불연속	Ⓜ 무
		수직시스템 불연속	Ⓜ 무
13) 특이사항			

〈구조안전확인서〉

관련 설명

지진응답계수가 구조계산서에는 C_{Sx} = C_{Sy} = 0.093으로 되어 있으나 구조안전 확인서에는 C_{Sx} = 0.0627, C_{Sy} = 0.0474로 기재하는 등의 불일치 사례가 발견됨

구조계산서와 구조도면 작성 이후 건축 및 구조계획 변경으로 구조계산서는 수정하였으나 구조도면 및 구조안전확인서에 이를 반영하지 못하였거나, 변경된 건축계획을 구조계산서에 미반영한 경우가 빈번하므로 주의 필요함

03 하중 적용의 부적정

3.1 고정하중

[3-1-1] 고정하중 누락 및 산정 오류(단위 중량 등)

부적정 사례

〈구조계산서〉				
용도	고정하중 (Dead Load)	적재하중 (Live Load)	사용하중 (1.0DL+1.0LL)	계수하중 (1.2DL+1.6LL)
지붕	무근콘크리트 (T100)	2.15	1.00	7.57
	단열재(T250)	0.19		
	슬래브(T180)	4.23		
	6.57			9.48
근생	마감	1.00	4.00	x
	슬래브(T180)	4.23		
		5.23		
				12.68
지상1층	슬래브(T300)	4.23	4.00	8.23
		4.23		
				11.48

〈건축실내재료마감표〉				
층별	실명	바닥		
		바탕	마감	두께
공동	ELEV.홀	T20 시멘트물탈 석흙손마감	T30 고흥석 고운다듬	50
	계단	T20 시멘트물탈 석흙손마감	T30 고흥석 고운다듬	50
	복도	T20 시멘트물탈 석흙손마감	T30 고흥석 고운다듬	50
1층	근생#1	T50 무근콘크리트(크랙방지망) 폴리싱	-	50
	화장실	시멘트액체방수(2차)/시멘트물탈(보호) T120 시멘트물탈(구배)	T7 자기질타일(불연재료)	70~100
2층	거실/주방	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	침실,서재	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	휴게실	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	화장실/목욕실	시멘트액체방수(2차)/시멘트물탈(보호) T120 시멘트물탈(구배)	T7 자기질타일(불연재료)	70~100
3층	거실/주방	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	침실,서재	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	휴게실	(A)	지정 온돌마루(난연재료)	120
	화장실/목욕실	시멘트액체방수(2차)/시멘트물탈(보호) T120 시멘트물탈(구배)	T7 자기질타일(불연재료)	70~100

관련 설명

건축실내재료 마감표의 마감하중이 반영되어 있지 않고, 2~4층 지정온돌마루(120mm)가 누락되어 있음. 층별 조적벽체 하중이 누락되어 있고, 마감하중은 1kN/m²으로 몰탈(50mm) 정도만 반영되어 있음

적정 사례

〈구조계산서〉

■ 지붕 (RF)

고정하중	마감 모르타르 (THK=100mm)	2.00 kN/m ²	6.20 kN/m ²
	반수	0.30 kN/m ²	
	콘크리트 슬래브 (THK=150mm)	3.60 kN/m ²	
	천정	0.30 kN/m ²	
활하중			3.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		9.20 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		12.24 kN/m ²

■ 연립주택 (3F)

고정하중	온돌	1.95 kN/m ²	7.29 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=210mm)	5.04 kN/m ²	
	천정	0.30 kN/m ²	
활하중			2.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		9.29 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		11.95 kN/m ²

■ 연립주택 (2F)

고정하중	온돌	1.95 kN/m ²	7.29 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=210mm)	5.04 kN/m ²	
	천정	0.30 kN/m ²	
활하중			2.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		9.29 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		11.95 kN/m ²

■ 연립주택 (1F)

고정하중	온돌	1.95 kN/m ²	5.55 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=150mm)	3.60 kN/m ²	
활하중			2.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		7.55 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		11.17 kN/m ²

관련 설명

건축 단면도에 표현되어있는 마감하중이 구조계산서에 적절히 반영되어 있음

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

2. 고정하중

2.1 일반사항

고정하중은 건축구조물 자체의 무게와 구조물의 생애주기 중 지속적으로 작용하는 수직하중을 말한다.

2.2 기본방침

건축구조물 각 부분의 고정하중은 각 부분의 실상에 따라 산정한다. 각 부분의 중량은 사용하는 재료의 밀도, 단위체적중량, 조합중량을 사용하여 산정한다.

해설

[표 1] 주요 건축재료의 단위 체적 중량

재 료 명	단위중량 (tf/m ³)	재 료 명	단위중량 (tf/m ³)
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)

건축구조기준(KBC 2016) 해설에서는 고정하중에 사용되는 마감재료의 중량은 건축물의 하중기준 및 해설(대한건축학회, 2000)을 참조할 수 있다고 되어 있으나 해당 책자가 발간된 지 20년이 지났고, SI 단위계가 사용되고 있지 않기 때문에 고정하중 산정 시 설계자가 참고할 수 있도록 SI 단위계가 반영된 마감재료 단위중량을 수록할 필요가 있음

또한 구조해석 프로그램에서 고정하중 입력 시 고정하중을 누락시킨 경우도 있어 설계자의 주의가 요구됨

3.2 활하중

[3-2-1] 활하중 산정 오류 ①

- 구조 계산서와 구조해석 모델링의 입력값 상이

부적정 사례

3.1 바닥하중 단위: kN/m²

용도	고정하중 (D.L.)	적재하중 (L.L.)
옥탑지	마감	1.00
	콘크리트 슬래브 (THK. 150mm)	3.60
	소계	4.60
지붕	누름 콘크리트 (THK. 80mm)	1.84
	보호 몰탈 (THK. 180mm)	3.60
	방수 및 단열	0.10
	콘크리트 슬래브 (THK. 210mm)	5.04
	Ceiling	0.10
소계	10.68	3.00
침실거방현관	모르타르 및 마감 (THK. 50mm)	1.00
	경량기포 콘크리트 (THK. 40mm)	0.28
	안충재 (THK. 30mm)	0.08
	콘크리트 슬래브 (THK. 210mm)	5.04
	Ceiling	0.10
소계	6.50	4.00

Floor Load Type

×

Floor Load Type Name & Description

Name :

주거

Description :

Floor Load & Load Case

Load Case	Floor Load	Sub Beam Weight
1. DL	-5.23	<input checked="" type="checkbox"/>
2. LL	-2	<input type="checkbox"/>
3. NONE	0	<input type="checkbox"/>
4. NONE	0	<input type="checkbox"/>
5. NONE	0	<input type="checkbox"/>
6. NONE	0	<input type="checkbox"/>
7. NONE	0	<input type="checkbox"/>
8. NONE	0	<input type="checkbox"/>

관련 설명

구조계산서의 활하중은 4kN/m²이나, 구조해석 모델링에서는 2kN/m²으로 입력하여 계산서와 상이함

적정 사례

단위:kN/m²

용도	고정하중 (D.L)	적재하중 (L.L)
옥탑지	마감	1.00
	콘크리트 슬래브 (THK.150mm)	3.60
	소계	4.60
지붕	누름 콘크리트 (THK. 80mm)	1.84
	보호 툴탈 (THK.180mm)	3.60
	방수 및 단열	0.10
	콘크리트 슬래브 (THK.210mm)	5.04
	Ceiling	0.10
	소계	10.68
침실거실주방현관	모르타르 및 마감 (THK. 50mm)	1.00
	경량기포 콘크리트 (THK. 40mm)	0.28
	완충재 (THK. 30mm)	0.08
	콘크리트 슬래브 (THK.210mm)	5.04
	Ceiling	0.10
	소계	6.50
		2.00

Floor Load Type ×

Floor Load Type Name & Description

Name : 주거

Description :

Floor Load & Load Case

Load Case	Floor Load	Sub Beam Weight
1. DL	-5.23	<input checked="" type="checkbox"/>
2. LL	-2	<input type="checkbox"/>
3. NONE	0	<input type="checkbox"/>
4. NONE	0	<input type="checkbox"/>
5. NONE	0	<input type="checkbox"/>
6. NONE	0	<input type="checkbox"/>
7. NONE	0	<input type="checkbox"/>
8. NONE	0	<input type="checkbox"/>

관련 설명

구조계산서의 활하중과 구조해석 모델링의 입력값이 2kN/m²로 동일함

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

〈표 3.2-1〉 기본등분포활하중(kN/m²)

용도		등분포활하중	
1	주택	주거용 건축물의 거실	2.0
		공동주택의 공용실	5.0
2	병원	병실	2.0
		수술실, 공용실, 실험실	3.0
		1층 외의 모든 층 복도	4.0
3	숙박시설	객실	2.0
		공용실	5.0
4	사무실	일반 사무실	2.5
		특수용도 사무실	5.0
		문서보관실	5.0
		1층 외의 모든 층 복도	4.0
5	학교	교실	3.0
		일반 실험실	3.0
		중량물 실험실	5.0
		1층 외의 모든 층 복도	4.0

해설

구조해석 프로그램에서 활하중을 입력 시 구조계산서에서 적용한 활하중을 입력하여야 하나 설계자의 실수로 잘못 입력한 경우가 있어 이에 대한 주의가 요구됨

[3-2-1] 활하중 산정 오류 ②

○ 접근 가능한 지붕층 활하중 적용 오류

부적정 사례

〈구조계산서〉

2. 옥탑

① 고정하중

		사용하중	계수하중
방수		0.10 kN / m ²	
무근 콘크리트	(t = 80)	1.84 kN / m ²	
SLAB	(t = 180)	4.32 kN / m ²	
천정		0.30 kN / m ²	
	D.L	6.56 kN / m ²	7.87 kN / m ²
② 활하중			
활하중		2.00 kN / m ²	3.20 kN / m ²
TOTAL LOAD	WS=	8.56 kN / m ²	Wu= 11.07 kN / m ²

관련 설명

옥탑 지붕층 활하중의 경우, 적재물이 거의 없는 지붕으로 보아 2.0kN/m²을 적용하였음

적정 사례

<구조계산서>

■ 지붕 (RF)

고정하중	마감 모르타르 (THK=100mm)	2.00 kN/m ²	6.20 kN/m ²
	방수	0.30 kN/m ²	
	콘크리트 슬래브 (THK=150mm)	3.60 kN/m ²	
	천정	0.30 kN/m ²	
활하중			3.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		9.20 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		12.24 kN/m ²

■ 연립주택 (3F)

고정하중	온돌	1.95 kN/m ²	7.29 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=210mm)	5.04 kN/m ²	
	천정	0.30 kN/m ²	
활하중			2.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		9.29 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		11.95 kN/m ²

관련 설명

옥탑 지붕층 활하중의 경우, 접근 가능한 지붕층은 산책로 용도로 보아 3.0kN/m²을 적용하여야 함

참고기준

〈KBC 2005〉

〈표 0303.2.1.〉 기본등분포활하중(kN/m²)

용도			등분포활하중
13	지붕	가. 접근이 곤란한 지붕	1.0
		나. 적재물이 거의 없는 지붕	2.0
		다. 정원 및 집회 용도	5.0
		라. 헬리콥터 이착륙장	5.0
14	기계실	공조실, 전기실, 기계실 등	5.0
15	광장	옥외 광장	12.0

〈KDS 41 10 15〉

〈표 3.2-1〉 기본등분포활하중(kN/m²)

용도			등분포활하중
13	지붕	점유, 사용하지 않는 지붕(지붕활하중)	1.0
		산책로 용도	3.0
		정원 또는 집회 용도	5.0
		출입이 제한된 조경 구역	1.0
		헬리콥터 이착륙장	5.0
14	기계실	공조실, 전기실, 기계실 등	5.0
15	광장	옥외광장	12.0

해설

옥탑 지붕층 활하중의 경우, KBC 2005에서는 적재물이 거의 없는 지붕으로 2.0kN/m²을 적용하도록 하였으나, KDS 41 10 15 건축구조기준에서는 접근 가능한 지붕층은 산책로 용도로 보아 3.0kN/m²을 적용하도록 개정되었으며, 이에 대한 설계자의 인식 부족으로 인해 과거 기준을 적용한 사례가 많아 해당 기준 적용 시 설계자의 주의가 요구됨

[3-2-1] 활하중 산정 오류 ③

○ 계단실 활하중 적용 오류

부적정 사례

<구조계산서>

■ 계단실 (계단)

고정하중	마감 모르타르 (THK=30mm)	0.60 kN/m ²	5.80 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=200mm)	4.80 kN/m ²	
	마감 모르타르 (THK=20mm)	0.40 kN/m ²	
활하중			3.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		8.80 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		11.76 kN/m ²

■ 계단참 (계단)

고정하중	마감 모르타르 (THK=30mm)	0.60 kN/m ²	4.60 kN/m ²
	콘크리트 슬래브 (THK=150mm)	3.60 kN/m ²	
	마감 모르타르 (THK=20mm)	0.40 kN/m ²	
활하중			3.00 kN/m ²
사용하중	DL + LL		7.60 kN/m ²
계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		10.32 kN/m ²

총 사용하중	DL + LL		70.73 kN/m ²
총 계수하중	1.2*DL + 1.6*LL		94.59 kN/m ²

관련 설명

계단실 활하중의 경우, 3.0kN/m²을 적용하였음

적정 사례

〈구조해석 모델링〉

Design Load

- D.L.(Star) 5.00 kN/m²
- D.L.(Landing) 4.60 kN/m²
- Live Load 5.00 kN/m²

	LANDING(LEFT)		STAIR		LANDING(RIGHT)	
Mu (kN.m/m)	23.40	OK(0.578)	7.920	OK(0.391)	23.40	OK(0.578)
Mu (kN.m)	-33.43	OK(0.465)	-13.61	OK(0.130)	33.43	OK(0.465)
Rebar (Space)		OK(0.635)		OK(0.635)		OK(0.635)
Rebar (Top)	D13	⊕ 200.00	D10	⊕ 200.00	D13	⊕ 200
Rebar (Bottom)	D13	⊕ 200.00	D10	⊕ 200.00	D13	⊕ 200
Rebar (Sub)	D13	⊕ 200.00	D13	⊕ 200.00	D13	⊕ 200
Rebar						<input checked="" type="checkbox"/> Use Left

관련 설명

계단실 활하중의 경우, 5.0kN/m²을 적용하여야 함

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

〈표 3.2-1〉 기본등분포활하중(kN/m²)

용도		등분포활하중	
13	지붕	점유, 사용하지 않는 지붕(지붕활하중)	1.0
		산책로 용도	3.0
		정원 또는 집회 용도	5.0
		출입이 제한된 조경 구역	1.0
		헬리콥터 이착륙장	5.0
14	기계실	공조실, 전기실, 기계실 등	5.0
15	광장	옥외광장	12.0
16	발코니	출입 바닥 활하중의 1.5배(최대 5.0kN/m ²)	
17	로비 및 복도	로비, 1층 복도	5.0
		1층 외의 모든 층 복도(병원, 사무실, 학교, 집회 및 유흥장, 도서관은 별도 규정)	출입 바닥 활하중
18	계단	단독주택 또는 2세대 거주 주택	2.0
		기타의 계단	5.0

해설

KDS 41 10 15 건축구조기준에서는 단독주택 또는 2세대 거주 주택에 대해서는 주거용 건축물의 거실과 동일하게 2.0kN/m²이나, 기타 용도에 대해서는 일시적으로 사람이 많이 모일 가능성을 고려하여 5.0kN/m²을 적용하도록 개정되었음

이에 대한 설계자의 인식 부족으로 인해 과거 기준을 적용한 사례가 많은 것으로 나타나 해당 기준 적용 시 설계자의 주의가 요구됨

3.3 적설하중

[3-3-1] 적설하중 산정 오류

○ 기본지상적설하중 미작성

부적정 사례

〈구조계산서〉

6. 주요설계하중

6.1 고정하중

- 골조의 자중 및 구조물에 영구히 부작되는 물품의 중량(마감재 등)
- 부세 지중은 구조해석시 자동 포함됨.

6.2 지진하중 (건축물 하중기준 및 해설)

구 분	적 용 기 준	비 고
지역 계수 (A)	0.22	평택 행정
중요도 계수 (Ie)	1.50 (특등급)	
지반 계수 (S)	S5	
반응수정 계수 (R)	5.0 (중간모멘트강조)	

6.3 풍하중 (건축물의 구조기준등에 관한 규칙 제13조)

구 분	적 용 기 준	비 고
지역	평택 행정	
설계기본풍속	28 m/sec	
노풍도	C	
중요도계수	1.05	

관련 설명

적설하중에 대해 검토한 결과가 누락

적정 사례

<구조계산서 #1>

4) 적설하중

구 분	적 용 값	비 고
지상적설하중 (S _g)	0.5 kN/m ²	평택시
지붕적설하중계수 (C _b)	0.7	
노출계수 (C _e)	1.0	
온도계수 (C _t)	1.0	난방구조물
중요도계수 (I _s)	1.0	중요도(2)
적설하중	$S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$ $= 0.7 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.5$ $= 0.35 \text{ kN/m}^2$	* 설계적설하중 : 0.35 kN/m ² (적설하중(0.35kN/m ²)는 지붕적설하중(1.0kN/m ²)보다 작으므로 지붕적설하중으로 대체함)

<구조계산서 #2>

3.2 적설하중

구 분	계 수 값	비 고
기본지붕적설하중계수(C _b)	C _b = 0.7	-
노출계수(C _e)	C _e = 1.0	"주변환경 C"에 해당
온도계수(C _t)	C _t = 1.2	비난방구조
중요도계수(I _s)	I _s = 1.0	"중요도 (2)"에 해당
지상적설하중(S _g)	S _g = 0.5kN/m ²	강원도 원주시
경사지붕적설하중(C _s)	-	지붕경사각도 = 0°
지붕의 불균형 적설하중		해당사항없음
지붕의 국부적인 적설하중		해당사항없음
비로 인한 추가하중		해당사항없음

- 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot S_g$ (kN/m²)
 $= 0.7 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 0.5$
 $= 0.42 \text{ kN/m}^2$

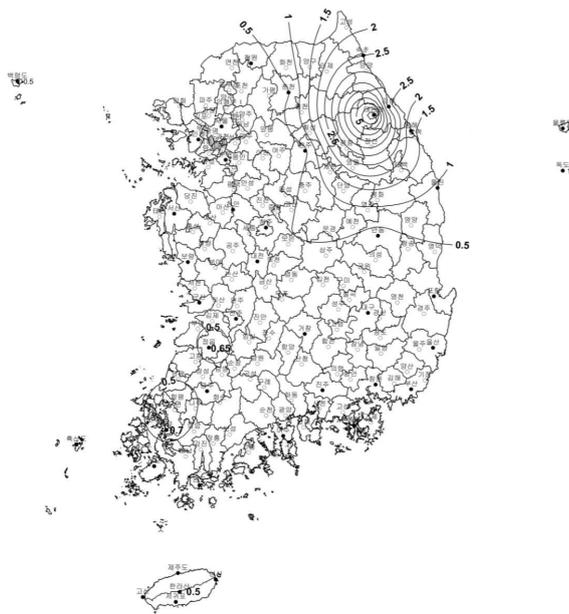
관련 설명

기본지상적설하중을 건설지역인 '평택' 또는 '원주'에 맞게 S_g = 0.50kN/m²을 적용함

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

그림 4.2-1 기본지상적설하중 $S_g(kN/m^2)$



4.3.1 기본지붕적설하중계수, C_b

기본지붕적설하중계수 C_b 는 일반적으로 0.7로 한다.

4.3.2 노출계수 C_e

노출계수 C_e 는 일반적으로 표 4.3-1에 따른다.

표 4.3-1 노출계수 C_e

주변 환경	C_e
A. 지형, 높은 구조물, 나무 등 주변환경에 의해 모든 면이 바람막이가 없이 노출된 지붕이 있는 거센바람 부는 지역	0.8
B. 약간의 바람막이가 있는 거센바람 부는 지역	0.9
C. 바람에 의한 눈의 제거가 지형, 높은 구조물 또는 근처의 몇몇 나무들 때문에 지붕 하중의 감소를 기대할 수 없는 위치	1.0
D. 바람의 영향이 많지 않은 지역 및 지형과 높은 구조물 또는 몇몇 나무들에 의하여 지붕에 바람막이가 있는 지역	1.1
E. 바람의 영향이 거의없는 조밀한 숲 지역으로서, 촘촘한 침엽수 사이에 위치한 지붕	1.2

해설

KDS 41 10 15의 경우, 지역별로 세분화된 그림을 제시하고 있어 건축 위치에 따라 정확한 적설하중을 산정할 수 있으므로, 설계적설하중이 지붕적재하중보다 작다고 하더라도 구조계산서에 적설하중을 검토한 내용을 표기하여야 함

3.4 풍하중

[3-4-1] 풍하중 산정의 적정성 ①

○ 접근 가능한 지붕층 활하중 적용 오류

부적정 사례

〈구조계산서〉

3.2 풍하중

- 풍하중

기본풍속 : 34m/sec(부산)
 중요도계수 : 1.0(중요도1)
 노풍도 : C

관련 설명

지역별 기본풍속 V_o (m/s)

부산 광역시	울릉(독도)	40
	부산	38
	포항, 경주, 기장, 통영, 거제	36
	양산, 김해, 남해, 울산, 울주	34
	영덕, 고성	32
	울진, 창원, 사천, 영천	30
	청송, 대구, 경산, 청도, 밀양, 하동	28
	영양, 군위, 칠곡, 성주, 달성, 함안, 고령, 창녕, 진주	26

중요도계수 I_w

중요도 분류	초고층건축물	특	1	2	3
중요도계수(I_w)	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85

해당 건물은 부산이므로 기본풍속 38m/sec를 적용해야 하고, 연면적 5,000m² 이상의 판매시설이 아니므로 중요도2에 해당하여 중요도계수 0.95를 적용해야 함

적정 사례

〈구조계산서〉	
건물의 용도 : 다가구조주택	구조 형식 : 철근콘크리트
건물의 형태 : 지상 3 층	
건물의 치수 : X축 - 41.70 m Y축 - 8.48 m 높이 - 12.60 m	
1. 기본 풍속 : 춘천, $V_b = 24 \text{ m/sec}$	
5. 중요도 (Ⅱ) : $I_s = 0.95$	

관련 설명

지역별 기본풍속 V_o (m/s)

강원도	속초, 양양, 강릉, 고성	34
	동해, 삼척, 홍천, 정선, 인제	30
	양구	26
	철원, 화천, 춘천, 횡성, 원주, 평창, 영월, 태백	24

중요도계수 I_w

중요도	건축물의 용도 및 규모	I_s
초고층	· 50층 이상인 건축물 또는 20m 이상인 건축물	1.05
특	· 연면적 1,000m ² 이상인 위험물 저장 및 처리시설, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 · 종합병원, 수술시설이나 응급시설이 있는 병원	1.00
1	· 연면적 1,000m ² 미만인 위험물 저장 및 처리시설, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 소방서, 발전소, 방송국, 전신전화국 · 연면적 5,000m ² 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매시설, 운수시설(화물터미널과 집배송시설은 제외함) · 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설, 근로복지시설, 학교 · 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사, 아파트 · 수술시설과 응급시설 모두 없는 병원, 기타 연면적 1,000m ² 이상인 의료시설로서 중요도(특)에 해당하지 않는 건축물	1.00
2	· 중요도(특),(1),(3)에 해당하지 않는 건축물	0.95
3	· 농업시설물, 소규모창고, 가설구조물	0.90

설계기본풍속 및 중요도계수가 건축구조기준에 따라 적절히 반영되어 있음

참고기준

〈KDS 41 10 15 : 2019〉

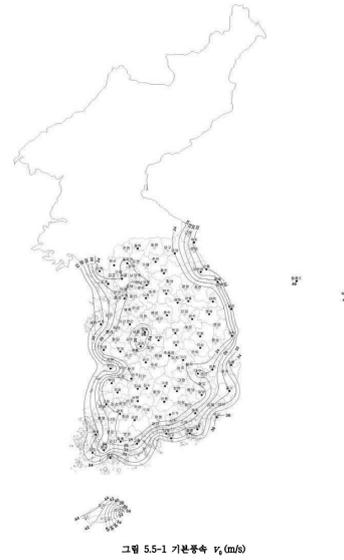
5.5.1 설계풍속

설계풍속 V_H 는 다음 식으로 산정한다.

$$V_H = V_o K_{zr} K_{zt} I_w \quad (5.5-2)$$

여기서,

V_o : 기본 풍속 (m / s) , K_{zr} : 풍속고도분포계수로 기준높이 H 에서의 값,
 K_{zt} : 지형계수, I_w : 건축물의 중요도계수



5.5.2 기본풍속

기본풍속 V_o 는 지표면상태가 5.5.3에서 정한 지표면조도구분 C 인 경우, 지상 10m 높이에서 10분간 평균풍속의 재현기간 100년에 대한 값이고, 건설지점이 위치한 지역에 따라 그림 5.5-1 또는 표 5.5-1에 의해 정한다.

5.5.5 중요도계수

중요도계수 I_w 는 KDS 41 10 05에서 정의한 건축물의 중요도 분류에 근거하여 표 5.5-6에 따라 정한다.

표 5.5-6 중요도계수

중요도분류	초고층건물	특	1	2	3
중요도계수	1.05	1.00		0.95	0.90

해설

풍하중 산정 시 KBC 2016, KDS 41 10 15에 맞는 기본풍속과 중요도계수를 적용하여야함

기본 풍속의 경우 지상 10m 높이에서 10분간 평균 풍속의 재현기간 100년에 대한 값으로, 건축 위치에 따라 구분되어 있음

중요도 계수(I_w)는 건축물의 중요도에 따라 구분되어 있음

설계자의 판단으로 기준보다 큰 풍속 및 중요도계수를 사용하는 것은 문제가 되지 않으나 낮은 풍속 및 중요도계수를 적용시 풍하중이 과소평가되므로 기준을 적용하는 것이 타당함

[3-4-1] 풍하중 산정의 적정성 ②

○ 강체-유연구조물에 대한 분류 오류

부적정 사례

〈구조해석 모델링〉

WIND LOADS BASED ON KBC(2016) (General Method/Middle Low Rise Building) [UNIT: kN, m]

Exposure Category	: B
Basic Wind Speed [m/sec]	: $V_0 = 26.00$
Importance Factor	: $I_w = 1.00$
Average Roof Height	: $H = 75.80$
Topographic Effects	: Not Included
Structural Rigidity	: Rigid Structure
Gust Factor of X-Direction	: $G_{DX} = 1.85$
Gust Factor of Y-Direction	: $G_{DY} = 1.82$
Damping Ratio	: $Z_f = 0.012$
X-Natural Frequency	: $N_{0x} = 0.76$
Y-Natural Frequency	: $N_{0y} = 0.59$
X-1st Vibration Generalized Mass	: $M_{x*} = 12671.64$
Y-1st Vibration Generalized Mass	: $M_{y*} = 12671.64$
Scaled Wind Force	: $F = \text{ScaleFactor} * WD$
Wind Force	: $WD = P_f * \text{Area}$
Pressure	: $P_f = qH * G_D * C_{pe1} - qH * G_D * C_{pe2}$
Across Wind Force	: $WLC = \gamma * WD$
	: $\gamma = 0.35 * (D/B) \geq 0.2$
	: $\gamma_{X} = 0.20$
	: $\gamma_{Y} = 1.06$
Max. Displacement	: $XD_{max} = \{ (C_D * qH + B * H) / ((2 * \phi * N_{0D})^2 * M_{D0}) \}$
	: $* \{ 1 / (2 * \alpha + 2) + (1.5 * G_D * I(z) * (BD + RD)^{1/2}) / (\alpha + 2) \}$

관련 설명

지붕면 평균 높이(H)가 75.80m로 유연구조물임에도 불구하고 강체구조물로 분류하여 풍하중을 산정하고 있음

적정 사례

<구조해석 모델링>

WIND LOADS BASED ON KDS(41-10-15:2019) (General Method/Middle Low Rise Building) [UNIT: kN, m]

Exposure Category	: C
Basic Wind Speed [m/sec]	: $V_o = 28.00$
Importance Factor	: $I_w = 0.95$
Average Roof Height	: $H = 17.75$
Topographic Effects	: Not Included
Structural Rigidity	: Rigid Structure
Gust Factor of X-Direction	: $G_{Dx} = 1.98$
Gust Factor of Y-Direction	: $G_{Dy} = 1.98$
Scaled Wind Force	: $F = \text{ScaleFactor} * WD$
Wind Force	: $WD = P_f * \text{Area}$
Pressure	: $P_f = q_H * G_D * C_{pe1} - q_H * G_D * C_{pe2}$
Across Wind Force	: $WLC = \gamma * WD$ $\gamma = 0.35 * (D/B) \geq 0.2$ $\gamma_{X} = 0.40$ $\gamma_{Y} = 0.31$
Max. Displacement	: Not Included
Max. Acceleration	: Not Included
Velocity Pressure at Design Height z [N/m ²]	: $q_z = 0.5 * 1.22 * V_z^2$
Velocity Pressure at Mean Roof Height [N/m ²]	: $q_H = 0.5 * 1.22 * V_H^2$
Calculated Value of qH [N/m ²]	: $q_H = 515.67$
Basic Wind Speed at Design Height z [m/sec]	: $V_z = V_o * K_zr * K_{zt} * I_w$

관련 설명

지붕면 평균 높이(H)가 17.75m이므로 강체구조물로 분류하여 풍하중을 산정하고 있음

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

5.6 풍방향가스트영향계수

5.6.1 강체구조물 등의 주골조설계용

건축물의 풍방향고유진동수 η_D 가 1Hz를 초과하는 경우 또는 바람에 의한 동적 효과를 무시할 수 있는 강체구조물 또는 기타 구조물인 경우의 주골조설계용 풍방향가스트영향계수 G_D 는 다음 식으로 산정한다.

$$G_D = 1 + 4\gamma_D \sqrt{B_D} \quad (5.6-1)$$

$$\text{단, } \gamma_D = \left(\frac{3+3\alpha}{2+\alpha} \right) I_H$$

$$B_D = 1 - \left[\frac{1}{\{1 + 5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}(B/H)^k\}^{1/3}} \right]$$

$$H \geq B \quad ; \quad H \geq B$$

$$k = -0.33 \quad ; \quad H < B$$

5.6.2 유연구조물 등의 주골조설계용

건축물의 풍방향고유진동수 η_D 가 1Hz이하인 경우 또는 바람에 의한 동적효과를 무시할 수 없는 세장한 구조물 또는 기타 구조물인 경우의 주골조설계용 풍방향가스트영향계수 G_D 는 다음 식으로 산정한다.

$$G_D = 1 + g_D \gamma_D \sqrt{B_D + R_D} \quad (5.6-2)$$

$$\text{단, } g_D = \sqrt{2 \ln(600\nu_D) + 1.2}$$

$$\gamma_D = \left(\frac{3+3\alpha}{2+\alpha} \right) I_H$$

$$B_D = 1 - \left[\frac{1}{\{1 + 5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}(B/H)^k\}^{1/3}} \right]$$

$$k = 0.33 \quad ; \quad H \geq B$$

$$k = -0.33 \quad ; \quad H < B$$

해설

KBC2016과 KDS 41 10 15에서는 건축물의 풍방향 고유진동수를 1Hz를 기준으로 강체구조물과 유연구조물로 분류하고 있음

풍하중에 대해서 건축물이 강체구조물로 분류될 경우, 풍하중이 과소평가되어 풍하중이 산정됨

저층건물은 풍하중에 대한 영향이 지배적이지 않지만, 고층건축물을 강체구조물로 분류하면 풍하중이 과소평가되어 건축물 안전성을 보장할 수 없음

[3-4-2] 풍하중 조합의 적정성

○ 저층, 중층건축물의 수평풍하중 조합

부적정 사례

<구조해석 모델링>

WIND LOADS BASED ON KDS(41-10-15:2019) (General Method/High Rise Building) [UNIT: kN, m]

Exposure Category	: B
Basic Wind Speed [m/sec]	: $V_o = 26.00$
Importance Factor	: $I_w = 1.00$
Average Roof Height	: $H = 15.90$
Topographic Effects	: Not Included
Structural Rigidity	: Rigid Structure
Gust Factor of X-Direction	: $G_{Dx} = 2.20$
Gust Factor of Y-Direction	: $G_{Dy} = 2.20$
Scaled Wind Force	: $F = \text{ScaleFactor} * WD$
Wind Force	: $WD = Pf * \text{Area}$
Pressure	: $Pf = qH * G_{Dx} * C_{pe1} - qH * G_{Dy} * C_{pe2}$
Across Wind Force	: Not Included
Torsional Wind Force	: Not Included
Max. Displacement	: Not Included
Max. Acceleration	: Not Included
Across Max. Displacement	: Not Included
Across Max. Acceleration	: Not Included
Torsional Max. Displacement	: Not Included
Torsional Max. Acceleration	: Not Included

*. DEFINITION OF LOAD COMBINATIONS WITH SCALING UP FACTORS.

LCB	C	Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor) + Loadcase Name(Factor)
3	1	D(1.400)
4	1	D(1.200) + L(1.600)
5	1	D(1.200) + WX(1.300) + L(1.000)
6	1	D(1.200) + WY(1.300) + L(1.000)
7	1	D(1.200) + WX(-1.300) + L(1.000)
8	1	D(1.200) + WY(-1.300) + L(1.000)
9	1	D(1.200) + RX(RS)(1.100) + RY(RS)(0.300)
	+	L(1.000)
10	1	D(1.200) + RX(RS)(1.100) + RY(RS)(-0.300)
	+	L(1.000)
11	1	D(1.200) + RY(RS)(1.000) + RX(RS)(0.330)
	+	L(1.000)
12	1	D(1.200) + RY(RS)(1.000) + RX(RS)(-0.330)
	+	L(1.000)
13	1	D(1.200) + RX(RS)(-1.100) + RY(RS)(-0.300)
	+	L(1.000)
14	1	D(1.200) + RX(RS)(-1.100) + RY(RS)(0.300)
	+	L(1.000)
15	1	D(1.200) + RY(RS)(-1.000) + RX(RS)(-0.330)
	+	L(1.000)
16	1	D(1.200) + RY(RS)(-1.000) + RX(RS)(0.330)
	+	L(1.000)
17	1	D(0.900) + WX(1.300)
18	1	D(0.900) + WY(1.300)

관련 설명

풍방향하중에 풍직각방향 하중을 동시에 작용시켜야 하나 누락됨

적정 사례

<구조해석 모델링>

WIND LOADS BASED ON KDS(41-10-15:2019) (General Method/Middle Low Rise Building) [UNIT: kN, m]

```

Exposure Category           : B
Basic Wind Speed [m/sec]   : Vo = 26.00
Importance Factor          : Iw = 1.00
Average Roof Height        : H = 15.90
Topographic Effects        : Included
Topographic Factor at Building Ground Level : Kzt= 1.00
Structural Rigidity        : Rigid Structure
Gust Factor of X-Direction : Gdx = 2.37
Gust Factor of Y-Direction : Gdy = 2.32

Scaled Wind Force          : F = ScaleFactor * WD
Wind Force                 : WD = Pf * Area
Pressure                   : Pf = qH+GD*Cpe1 - qH+GD*Cpe2

Across Wind Force          : WLC = gamma * WD
                           : gamma = 0.35*(D/B) >= 0.2
                           : gamma_X = 0.20
                           : gamma_Y = 0.80

Max. Displacement         : Not Included
Max. Acceleration         : Not Included

Velocity Pressure at Design Height z [N/m^2] : qz = 0.5 * 1.22 * Vz^2
Velocity Pressure at Mean Roof Height [N/m^2] : qH = 0.5 * 1.22 * VH^2
Calculated Value of qH [N/m^2]              : qH = 282.04
    
```

LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE LOADCASE(FACTOR) +	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	WINDCOMB1	Inactive WX(1.000) +	Add	WX(A)(1.000)	
2	WINDCOMB2	Inactive WX(1.000) +	Add	WX(A)(-1.000)	
3	WINDCOMB3	Inactive WY(1.000) +	Add	WY(A)(1.000)	
4	WINDCOMB4	Inactive WY(1.000) +	Add	WY(A)(-1.000)	
5	cLCB5	Strength/Stress D(1.400)	Add		
6	cLCB6	Strength/Stress D(1.200) +	Add	L(1.600)	

관련 설명

풍방향하중에 풍직각방향 하중을 동시에 작용시켜 고려하고 있음

참고기준

〈KDS 41 10 15 : 2019〉

5.12.1 저층 및 중층건축물의 수평풍하중 조합

식(5.1-2)의 조건을 만족하지 않는 저층 및 중층건축물의 경우에는 5.2에서 산정한 풍방향풍하중에 다음 식으로 구한 하중을 풍직각방향풍하중으로 동시에 작용시킨다.

$$W_{LC} = \gamma W_D \quad (\text{N}) \quad (5.12-1)$$

단, $\gamma = 0.35 \frac{D}{B}$ 또한 0.2 이상

여기서, W_{LC} : 풍직각방향조합하중(N)

W_D : 풍방향하중(N)

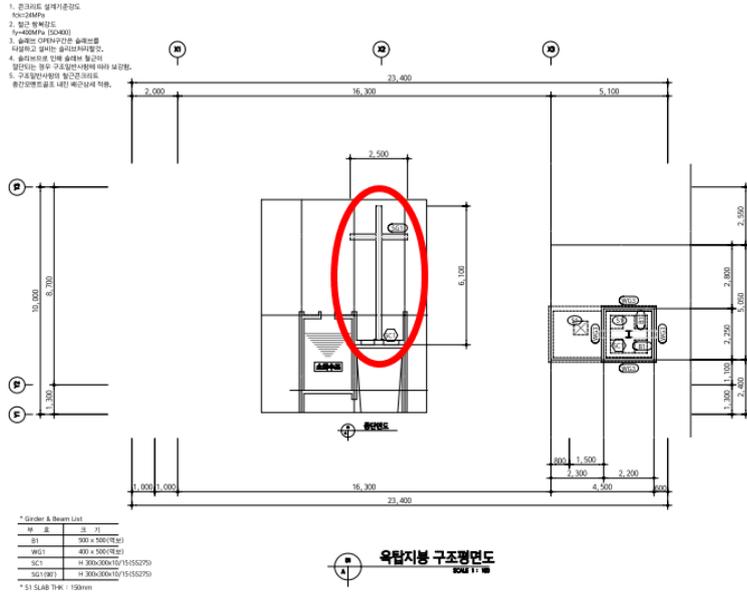
B : 건축물의 대표폭(m)

D : 건축물의 깊이(m)

해설

풍동실험을 해야하는 구조물 이외의 저층 및 중층건축물의 경우에는 산정된 풍방향 하중에 식 (5.12-1)에 의한 풍직각방향 풍하중을 동시에 작용시켜야 함.

적정 사례



Calculate Wind Pressure

- Basic Wind Speed V_b : 38 m/sec
- Ground Exposure Category : C
- Topographic Factor K_{zt} : 1.00
- Importance Factor I_w : 1.00

(1). Velocity Pressure at Mean Roof Height

- $H = 31.10 \text{ m} > Z_b = 10.00 \text{ m}$
- $K_{zt} = 0.71 \times H^{0.15} = 1.19$
- $V_h = V_b \times K_{zt} \times K_{at} \times I_w = 45.18 \text{ m/sec}$
- $q_h = 1/2 \times \rho \times V_h^2 = 1245 \text{ N/m}^2$

(2). Calculate Gust Factor

- $Z_0 = 350 \text{ m}$ $\alpha = 0.150$
- $I_H = 0.1(H/Z_0)^{-0.65} = 0.162$
- $\gamma_D = (3+3\alpha)/(2+\alpha) \times I_H = 0.260$
- $L_H = 100(H/30)^{0.5} = 102 \text{ m}$

- $k = 0.330$

- $B_D = 1 - \left[\frac{1}{(1+5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}(B/H)^{0.7})^{1/3}} \right] = 0.789$

- $G_{Dx} = 1 + 4\gamma_D \sqrt{B_D} = 1.925$

- $k = 0.330$

- $B_D = 1 - \left[\frac{1}{(1+5.1(L_H/\sqrt{HB})^{1.3}(B/H)^{0.7})^{1/3}} \right] = 0.789$

- $G_{Dy} = 1 + 4\gamma_D \sqrt{B_D} = 1.925$

(3). Design Wind Pressures

- $C_D = 2.000$ $k_z = 0.935$
- $P_f = k_z \times q_h \times \text{Max}[G_{Dx}, G_{Dy}] \times C_D = 4484 \text{ N/m}^2$

관련 설명

상부 조형물에 대해 풍하중 검토를 포함한 구조검토를 수행함

참고기준

〈KDS 41 10 15〉

5.11 건축물 부속물 및 기타 구조물의 풍하중

이 절은 밀폐형 독립벽체, 독립간판, 옥상구조물, 옥상설치물과 부착간판, 파라펫, 래티스탑상형구조물, 기타 구조물(개방형 간판, 래티스구조물, 굴뚝, 탱크)에 대한 풍하중을 산정할 때 적용하며, 다음의 모든 조건을 만족하여야 한다.

- (1) 건축물의 형상은 정형적이어야 한다.
- (2) 건축물은 풍직각방향풍하중, 와류방출, 공기력불안정진동 등을 유발하는 응답 특성을 나타내지 않아야 한다.
- (3) 건축물은 풍상측의 장애물에 의해 발생하는 골바람효과나 버피팅을 받는 곳에 위치하지 않아야 한다.

5.11.1 밀폐형독립벽체 및 밀폐형독립간판

밀폐형독립벽체, 밀폐형독립간판 및 밀폐형교통표지판에 대한 풍방향풍하중 w_D 는 다음 식으로 산정한다.

$$W_D = q_z G_D C_D A \quad (\text{N}) \quad (5.11-1)$$

여기서, q_z : 지표면으로부터 높이 z 에서의 속도압으로, 식(5.5-1)에서 H 를 z 로 교체한 값(N/m²)으로 합력점의 높이, 중요도계수 I_w 는 1.0을 사용한다.

G_D : 풍방향가스트영향계수 (5.6.1에 따른다)

C_D : 풍력계수(표 5.7-8에 따른다)

A : 독립벽체 또는 독립간판의 총면적(m²)

5.11.2 옥상구조물 및 옥상설치물

- (1) 지붕면 평균높이 20 m 이하인 건물의 옥상구조물 및 옥상설치물의 수평풍하중 W_H 는 다음 식으로 산정한다.

$$W_H = q_H (GC_r) A \quad (\text{N}) \quad (5.11-2)$$

여기서,

q_H : 옥상구조물 또는 설치물의 평균높이 H 에 대한 설계속도압(N/m²) (5.5에 따른다)

GC_r : A 가 0.1BH 이하인 옥상구조물과 설비에 대해서는 1.9이다. GC_r 은 A 값이 0.1BH에서 BH까지 증가하면 1.9에서 1.0까지 선형적으로 줄일 수 있다.

A : 옥상구조물과 설치물의 풍향에 대한 수직 수압면적(m²)

- (2) 지붕면 평균높이 20 m 이하인 건물의 옥상구조물 및 옥상설치물의 수직풍하중 W_V 는 다음 식으로 산정한다.

$$W_V = q_H(GC_r)A_H \quad (\text{N}) \quad (5.11-3)$$

여기서,

q_H : 옥상구조물 또는 설치물의 평균높이 h 에 대한 설계속도압(N/m²) (5.5에 따른다)

GC_r : A_H 가 0.1 BD 이하인 옥상구조물과 설치물에 대해서는 1.5이다. A_H 은 A_H 값이 0.1 BD 에서 BD 까지 증가하면 1.5에서 1.0까지 선형적으로 줄일 수 있다.

A_H : 옥상구조물과 설치물의 풍향에 대한 수평수압면적(m²)

해설

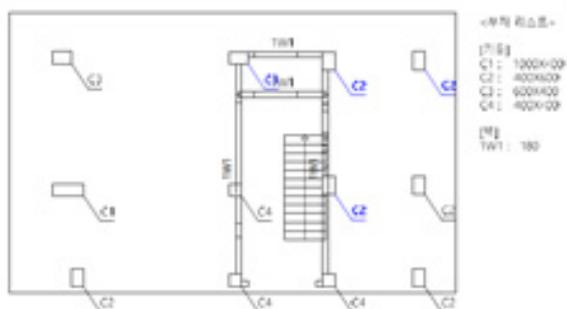
옥탑 상부조형물의 경우 일반적인 구조설계 범주가 아니다 보니 설계자의 검토대상에서 누락될 수 있으며, 특히 종교시설은 설계자가 주의하여 풍하중을 검토하여야 함

3.5 지진하중

[3-5-1] 지진력 저항 시스템 선택 오류

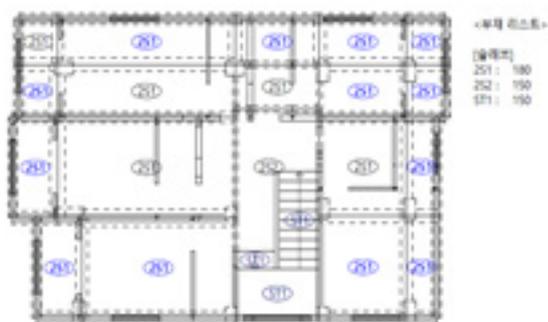
- 반응수정계수 적용의 오류(근거 제시 필요)

부적정 사례



[1F 바닥] 구조 평면도 (단위mm)

층고 = 3400(mm) 슬래브 두께 : 150
 콘크리트강도 : C24, 철근강도 : SD400



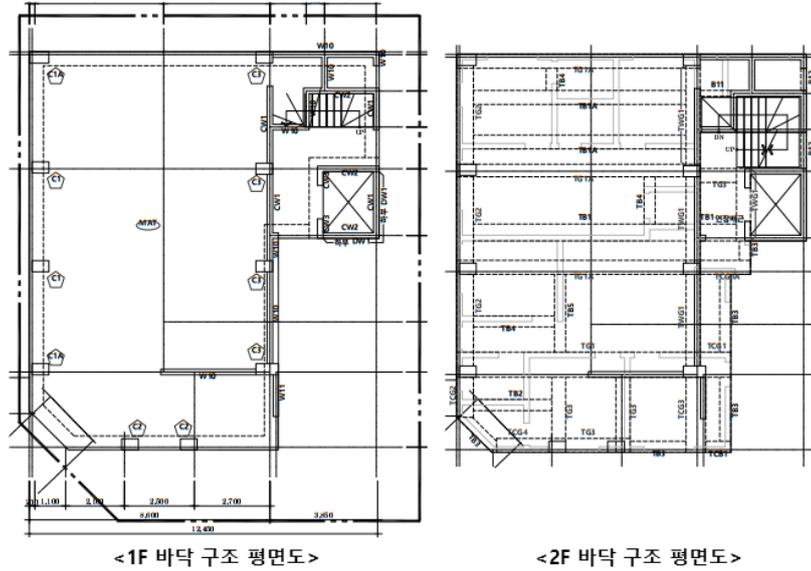
[2F 바닥] 구조 평면도 (단위mm)

층고 = 2700(mm) 슬래브 두께 : 150, 180

2.0 구조 개요

구조형식	철근콘크리트구조
바닥구조 시스템	이방향보시스템
횡력(지진력) 저항시스템	전단벽-골조 상호작용 시스템
기초형식	지내력 기초 : 설계지내력 $F_e=200 \text{ kN/m}^2$ - 가정치

적정 사례



3) 지진하중

구분	적용기준	비고
지역구역계수	$Z = 0.11$ (지진구역I 평대시)	· 밀면 전단력: $V = C_S \times W$
위험도계수	$I = 2.0$ (평균재현주기 2400년)	
유효지반가속도	$S = Z \times I = 0.22$ (설계유효지반가속도 0.176)	· 지진응답계수: $C_d = \frac{S_d}{[\frac{R}{I}]} \times T$
지반의 분류	S_1 (깊고 단단한 지반)	
중요도 계수	$I_e = 1.0$ (중요도 2)	h_n : 건물의 밀면으로부터 최상층까지의 전체 높이(m)
반응수정 계수	$R = 4.0$ (철근콘크리트 보통전단벽)	W : 유효 건물 중량 (kN)
근사고유주기	$T_s = 0.0488h_n^{0.75} = 0.4220 \text{ sec}$	Z : 지역구역계수
단주기 가속도	$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_D \times 2/3 = 0.42475$	F_D : 단주기 지반증폭계수
주기 1초 가속도	$S_{D1} = S \times F_V \times 2/3 = 0.24030$	F_V : 1초주기 지반증폭계수

관련 설명

일반 내력벽의 반응수정계수 $R=4$ 에 비해 전단벽-골조 상호작용 시스템은 $R=4.5$ 로 조금 더 합리적인 설계가 가능하나, 전단벽-골조 상호작용 시스템을 적용할 경우 각 층에서 전단벽의 전단강도는 최소한 설계층 전단력의 75% 이상이어야 하고, 골조는 각 층에서 최소한 설계층 전단력의 25%에 대하여 저항할 수 있어야 함

이 근거를 제시하지 않고 $R=4.5$ 를 적용한 사례가 많아 전단벽-골조 상호작용 시스템을 적용한 경우 그 근거가 필요함을 주의해야 함

참고기준 및 해설

〈KDS 41 17 00〉

6.2.4 특수모멘트골조 혹은 중간모멘트골조를 가진 이중골조시스템

이중골조시스템에서 모멘트골조는 적어도 설계지진력(밀면전단력)의 25%를 저항할 수 있어야 한다. 이중골조 전체의 횡력저항능력은 모멘트골조와 전단벽 또는 모멘트골조와 가새골조 각각의 횡력저항능력의 합으로 각각의 횡력저항능력은 그들의 횡강성에 비례하여 발휘된다.

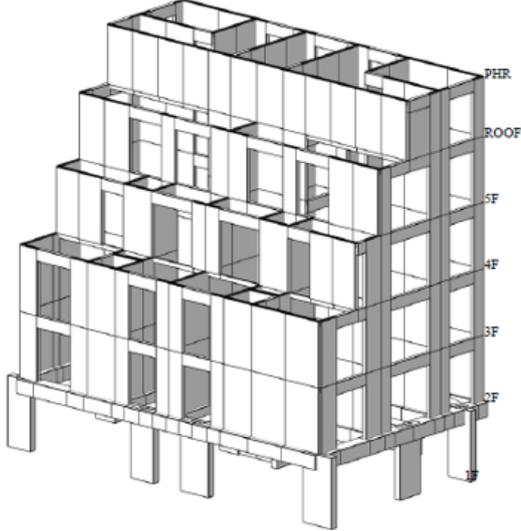
6.2.6 철근콘크리트 보통 전단벽-골조 상호작용 시스템

철근콘크리트 보통 전단벽-골조 상호작용 시스템은 보통전단벽과 보통모멘트골조가 같이 사용되는 구조이다. 철근콘크리트 보통 전단벽-골조 상호작용 시스템에서 전단벽의 전단강도는 각 층에서 최소한 설계층전단력의 75% 이상이어야 하고, 골조는 각 층에서 최소한 설계층전단력의 25%를 저항할 수 있어야 한다.

[3-5-2] 내진해석 오류 ①

○ 내진설계범주에 따른 동해석 수행 오류

부적정 사례



해석법	내진설계범주(D) 등가정적해석법		
중요도계수	$I_E=1.0$	건물유형 중량	$W= 30613.52 \text{ kN}$

9) 내진설계 개요	해석법	내진설계범주(A,B,C,D) 등가정적해석법, 동적해석법	
	중요도계수	$I_E=1.0$	건물유형 중량
10) 기본 지진력 저항시스템	철력저항시스템	X 방향 철근콘크리트 보통전단벽	Y 방향 철근콘크리트 보통전단벽
	반응수정계수	3	3
	허용응답변위	$\Delta_{ax} = (0.010 h_s, 0.015 h_s, 0.020 h_s)$	
11) 내진설계 주요 결과	지진응답계수	$C_{ax} = 0.1388$	
	밀면전단력	$V_{ax} = 1583.46 \text{ kN}$	$V_{ay} = 1583.46 \text{ kN}$
	큰사고유주기	$T_{ax} = 0.2927$	$T_{ay} = 0.2927$
	최대층간변위	$\Delta_{x,av} = 1.21 \text{ mm} (0.0004h_s)$	$\Delta_{y,av} = 2.32 \text{ mm} (0.0006h_s)$
12) 구조요소 내진 설계 검토사항	특별지진하중 적용 여부	피로티	유, 무
		면외어긋남	유, 무
		철력저항 수직요소의 불연속	유, 무
		수직시스템 불연속	유, 무

관련 설명

내진설계범주 D에 속하는 피로티 건물로 평면비정형이 있음에도 등가정적해석법으로 해석 수행함

적정 사례

2) 대지위치	(지역계수 : 0.22)			
3) 용도	다가구주택			
4) 중요도	II			
5) 규모	연면적	332.87 m ²	층수 (높이) / 지상 3층(13.60m)	
6) 사용설계기준	KDS41(2019)			
7) 구조계획	철근콘크리트 구조			
8) 지반 및 기초	지반분류	S4	지하수위	없음
	허용지내력	150KN/m ²	격용파일	
기초구조		해트기초		
9) 내진설계 개요	해석법	내진설계범주(A, B, C, D)		
		등가정적해석법, 동적해석법		
	중요도계수	$I_g=1.0$	건물연면적 / $W=8186.98KN$	
10) 기본 지진력 저항시스템		X 방향		Y 방향
	횡력저항시스템	철근콘크리트 보통 경단벽	철근콘크리트 보통 경단벽	
	반응수정계수	4.0	4.0	
	허용층간변위	$\Delta_{ax} = (0.010 h_x, 0.015 h_x, 0.020 h_x)$		
11) 내진설계 주요결과	지진응답계수	$C_{ax}=0.1247$	$C_{ay}=0.1247$	
	일면전단력	$V_{ax}=1017.40KN$	$V_{ay}=1017.40KN$	
	근사고유주기	$T_{ax}=0.3456$	$T_{ay}=0.3456$	
	최대층간변위	$\Delta_{x,max}=0.15cm$	$\Delta_{y,max}=0.08cm$	
12) 구조요소 내진설계 검토사항	특별지진하중 적용 여부	필로티 연외여극날	유	
		횡력저항 수직요소의 불연속	유	
		수직시스템 불연속	유	
13) 비구조요소	건축비구조요소	파라펫, 치장벽돌 및 석재마감		공사단계에서 확인이 필요한 비구조요소 기재
	기계·전기 비구조요소	소화배관 및 스프링클러		
14) 특이사항	내진능력 : VII-0.199g			
「건축법」 제48조 및 같은 법 시행령 제32조에 따라 대상 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출합니다.				

관련 설명

내진설계범주 D에 속하는 필로티 건물에 대하여 적절한 해석법인 동적해석법으로 해석 수행함

참고기준 및 해설

〈KDS 41 17 00〉

7.1.3 내진설계범주 'D'에 대한 해석법

내진설계범주 'D'에 해당하는 구조물의 해석에는 표 7.1-1에 지정한 해석방법 또는 그 보다 정밀한 해석방법을 사용하여야 한다. 이 경우에 구조물이 표 5.3-1의 H-1 혹은 H-4에 해당하는 평면비정형성이 없거나 표 5.3-2의 V-1, V-4 혹은 V-5에 해당하는 수직비정형성이 없는 경우에 정형으로 볼 수 있다.

표 7.1-1 내진설계범주 'D'에 대한 해석법

구조물 형태	내진설계를 위한 해석방법
1. 3층 이하인 경량골조구조와 각 층에서 유연한 격막을 갖는 2층 이하인 기타 구조로서 내진등급 II의 구조물	등가정적해석법 또는 동적해석법
2. 상기 1항 이외의 높이 70m 미만의 정형구조물	등가정적해석법 또는 동적해석법
3. 표 5.3-2에서 유형 1, 2, 3을 제외한 수직비정형성 또는 표 5.3-1의 유형 1을 제외한 평면비정형성을 가지면서 높이가 5층 또는 20m를 초과하지 않는 구조물.	등가정적해석법 또는 동적해석법
4. 평면 또는 수직 비정형성을 가지는 기타 구조물 또는 높이가 70m를 초과하는 정형구조물	동적해석법

[3-5-2] 내진해석 오류 ②

○ 내진해석 시 유효중량 산정 오류

부적정 사례

Structure Type

Structure Type

3-D X-Z Plane Y-Z Plane X-Y Plane Constraint RZ

Mass Control Parameter

Lumped Mass

Consider Off-diagonal Masses

Considering Rotational Rigid Body Mode for Modal Participation Factor

Consistent Mass

Convert Self-weight into Masses

Convert to X, Y, Z Convert to X, Y Convert to Z

Gravity Acceleration : m/sec²

Initial Temperature : [C]

Align Top of Beam Section with Floor (X-Y Plane) for Panel Zone Effect / Display

Align Top of Slab(Plate) Section with Floor (X-Y Plane) for Display

• EQUIVALENT SEISMIC LOAD IN ACCORDANCE WITH KOREAN BUILDING CODE (KDS(41-17-00:2019)) [UNIT: kN, m]

Seismic Zone	: 1
EPA (S)	: 0.22
Site Class	: S2
Acceleration-based Site Coefficient (Fa)	: 1.38000
Velocity-based Site Coefficient (Fv)	: 1.38000
Design Spectral Response Acc. at Short Periods (Sds)	: 0.50600
Design Spectral Response Acc. at 1 s Period (Sd1)	: 0.20240
Seismic Use Group	: II
Importance Factor (Ie)	: 1.00
Seismic Design Category from Sds	: 0
Seismic Design Category from Sd1	: 0
Seismic Design Category from both Sds and Sd1	: 0
Period Coefficient for Upper Limit (Cu)	: 1.4976
Fundamental Period Associated with X-dir. (Tx)	: 0.6147
Fundamental Period Associated with Y-dir. (Ty)	: 0.6147
Response Modification Factor for X-dir. (Rx)	: 4.0000
Response Modification Factor for Y-dir. (Ry)	: 4.0000
Exponent Related to the Period for X-direction (Kx)	: 1.0574
Exponent Related to the Period for Y-direction (Ky)	: 1.0574
Seismic Response Coefficient for X-direction (Csx)	: 0.0823
Seismic Response Coefficient for Y-direction (Csy)	: 0.0823
Total Effective Weight For X-dir. Seismic Loads (Wx)	: 11362.745626
Total Effective Weight For Y-dir. Seismic Loads (Wy)	: 11362.745626
Scale Factor For X-directional Seismic Loads	: 1.00
Scale Factor For Y-directional Seismic Loads	: 0.00

관련 설명

구조해석 시 자중을 질량으로 치환하는 옵션을 미적용하여, 유효질량이 적정하게 반영되어 있지 않음

적정 사례

* EQUIVALENT SEISMIC LOAD IN ACCORDANCE WITH KOREAN BUILDING CODE (KDS(41-17-00:2019)) [UNIT: kN, m]

Seismic Zone	: 1
EPA (S)	: 0.22
Site Class	: S2
Acceleration-based Site Coefficient (Fa)	: 1.38000
Velocity-based Site Coefficient (Fv)	: 1.38000
Design Spectral Response Acc. at Short Periods (Sds)	: 0.50600
Design Spectral Response Acc. at 1 s Period (Sd1)	: 0.20240
Seismic Use Group	: II
Importance Factor (Ie)	: 1.00
Seismic Design Category from Sds	: D
Seismic Design Category from Sd1	: D
Seismic Design Category from both Sds and Sd1	: D
Period Coefficient for Upper Limit (Cu)	: 1.4976
Fundamental Period Associated with X-dir. (Tx)	: 0.6147
Fundamental Period Associated with Y-dir. (Ty)	: 0.6147
Response Modification Factor for X-dir. (Rx)	: 4.0000
Response Modification Factor for Y-dir. (Ry)	: 4.0000
Exponent Related to the Period for X-direction (Kx)	: 1.0574
Exponent Related to the Period for Y-direction (Ky)	: 1.0574
Seismic Response Coefficient for X-direction (Csx)	: 0.0823
Seismic Response Coefficient for Y-direction (Csy)	: 0.0823
Total Effective Weight For X-dir. Seismic Loads (Wx)	5410.924852
Total Effective Weight For Y-dir. Seismic Loads (Wy)	5410.924852
Scale Factor For X-directional Seismic Loads	: 1.00
Scale Factor For Y-directional Seismic Loads	: 0.00
Accidental Eccentricity For X-direction (Ex)	: Positive
Accidental Eccentricity For Y-direction (Ey)	: Positive
Torsional Amplification for Accidental Eccentricity	: Do not Consider
Torsional Amplification for Inherent Eccentricity	: Do not Consider
Total Base Shear Of Model For X-direction	: 445.408813
Total Base Shear Of Model For Y-direction	: 0.000000
Summation Of $W_i \cdot H_i^2$ Of Model For X-direction	: 60977.512681
Summation Of $W_i \cdot H_i^2$ Of Model For Y-direction	: 0.000000

관련 설명

제출된 모델링의 유효질량은 5,410kN이지만 자중을 질량으로 치환하여 구하면 유효질량이 11,362kN으로 증가함

참고기준 및 해설

〈KDS 41 17 00〉

7.3.3.2 모드밀면전단력

m 차 모드에 의한 밀면전단력 v_m 은 다음 식으로 구한다.

$$V_m = C_{sm} \overline{W}_m \quad (7.3-1)$$

$$\overline{W}_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im} \right)^2}{\sum_{i=1}^n w_i \phi_{im}^2} \quad (7.3-2)$$

여기서,

C_{sm} : 식 (7.3-3)에 의하여 결정되는 m 차 모드 지진응답계수

\overline{W}_m : m 차 모드 유효중량

ϕ_{im} : m 차 모드벡터의 i 층 성분

w_i : 유효건물중량 W 중 i 층의 유효중량으로 W 는 모든 고정하중 및 다음의 하중을 포함한다.

- ① 창고로 쓰이는 공간에서는 활하중의 최소 25% (공용 차고와 개방된 주차장 건물의 경우에는 활하중은 포함시킬 필요가 없음)
- ② 바닥하중에 칸막이벽하중이 포함될 경우에는 칸막이의 실제중량과 0.5kN/m^2 중 큰 값
- ③ 영구설비의 총 하중
- ④ 적설하중이 1.5kN/m^2 이 넘는 평지붕의 경우에는, 평지붕적설하중의 20%
- ⑤ 옥상정원이나 이와 유사한 곳에서 조경과 이에 관련된 재료의 무게

[3-5-3] 특별지진하중 및 Cm팩터 적용 오류 ①

○ 특별지진하중 미적용

부적정 사례

[Selected Load Combinations]

L. COMB	TYPE	COMBINATION DETAIL		
cL.CB1	Conc. Comb	1.400 x DL		
cL.CB2	Conc. Comb	1.200 x DL	+ 1.600 x LL	
cL.CB3	Conc. Comb	1.200 x DL	+ 1.000 x EX	+ 1.000 x LL
cL.CB4	Conc. Comb	1.200 x DL	+ 1.000 x EY	+ 1.000 x LL
cL.CB5	Conc. Comb	1.200 x DL	+ -1.000 x EX	+ 1.000 x LL
cL.CB6	Conc. Comb	1.200 x DL	+ -1.000 x EY	+ 1.000 x LL
cL.CB7	Conc. Comb	0.900 x DL	+ 1.000 x EX	
cL.CB8	Conc. Comb	0.900 x DL	+ 1.000 x EY	
cL.CB9	Conc. Comb	0.900 x DL	+ -1.000 x EX	
cL.CB10	Conc. Comb	0.900 x DL	+ -1.000 x EY	
cL.CB11	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 1.000 x LL	
cL.CB12	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 1.000 x LL	+ 0.700 x EX
cL.CB13	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 1.000 x LL	+ 0.700 x EY
cL.CB14	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 1.000 x LL	+ -0.700 x EX
cL.CB15	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 1.000 x LL	+ -0.700 x EY
cL.CB16	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 0.700 x EX	
cL.CB17	Conc. Comb	1.000 x DL	+ 0.700 x EY	
cL.CB18	Conc. Comb	1.000 x DL	+ -0.700 x EX	
cL.CB19	Conc. Comb	1.000 x DL	+ -0.700 x EY	

< 잘못된 하중조합 >

관련 설명

지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요부재와 이를 지지하는 해당 위치의 수직부재 설계시에는 지진하중을 포함한 하중조합에 지진하중 대신 특별지진하중을 사용해야 하므로 주의가 필요함

적정 사례

283	cLCB283	Special DL(0.998) + RY(-0.900) +	Add	RX(-3.000) + RY(0.900)	RX(-3.000)
+					
284	cLCB284	Special DL(0.998) + RY(-0.900) +	Add	RX(-3.000) + RY(-0.900)	RX(3.000)
+					
285	cLCB285	Special DL(0.998) + RY(0.900) +	Add	RX(-3.000) + RY(-0.900)	RX(-3.000)
+					
286	cLCB286	Special DL(0.998) + RY(0.900) +	Add	RX(-3.000) + RY(0.900)	RX(3.000)
+					
287	cLCB287	Special DL(0.998) + RX(-0.900) +	Add	RY(-3.000) + RX(0.900)	RY(-3.000)
+					
288	cLCB288	Special DL(0.998) + RX(-0.900) +	Add	RY(-3.000) + RX(-0.900)	RY(3.000)
+					

< 특별지진하중과 직교효과가 반영된 하중조합 >

관련 설명

한 방향 지진하중 100%와 직각방향 지진하중 30%에 대한 하중효과의 절대값을 더하는 직교효과를 고려해야 하므로 주의해야함

참고기준

<KDS 41 17 00>

8.1.2.3 특별지진하중

필로티 등과 같이 전체 구조물의 불안정성으로 붕괴를 일으키거나 지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요부재와 이를 지지하는 해당 위치의 수직부재 설계에는 지진하중을 포함한 하중조합에 일반 지진하중(E) 대신 특별지진하중(E_m)을 사용하여야 한다.

$$E_m = \Omega_0 E \pm 0.2S_{DS} D \quad (8.1-1)$$

8.1.3.3 내진설계범주 'D'

구조물의 설계부재력은 다음의 두 가지 방법 중 한 가지 방법을 이용하여 결정한다.

- (1) 한 방향지진하중 100%와 그에 직교하는 방향의지진하중 30%에 대한 하중효과의 절대값을 더하되, 두 조합 중 큰 값을 택한다.
- (2) 직교하는 두 방향 하중효과의 100%를 제곱합제곱근(SRSS) 방법으로 조합한다.

해설

구조물이 해당하는 내진설계범주에 따라 지진하중의 방향(직교효과)을 고려해야함

[3-5-3] 특별지진하중 및 Cm팩터 적용 오류 ②

○ Cm 팩터 적용 오류

부적정 사례

midas Gen		LOAD COMBINATION	
Certified by :			
PROJECT TITLE :			
Company	Author	Client	File Name
MIDAS			중석(내진).lcp
47	cLOB47	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB1(1.300)
48	cLOB48	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB2(1.300)
49	cLOB49	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB3(1.300)
50	cLOB50	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB4(1.300)
51	cLOB51	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB1(-1.300)
52	cLOB52	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB2(-1.300)
53	cLOB53	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB3(-1.300)
54	cLOB54	Strength/Stress D(0.900) +	Add WINDCOMB4(-1.300)
55	cLOB55	Strength/Stress D(0.900) + + RY(0.300) +	Add RX(1.000) + RY(0.300)
56	cLOB56	Strength/Stress D(0.900) + + RY(0.300) +	Add RX(1.000) + RY(-0.300)
57	cLOB57	Strength/Stress D(0.900) + + RY(-0.300) +	Add RX(1.000) + RY(-0.300)
58	cLOB58	Strength/Stress D(0.900) + + RY(-0.300) +	Add RX(1.000) + RY(0.300)
59	cLOB59	Strength/Stress D(0.900) + + RX(0.300) +	Add RY(1.000) + RX(0.300)
60	cLOB60	Strength/Stress D(0.900) + + RX(0.300) +	Add RY(1.000) + RX(-0.300)
61	cLOB61	Strength/Stress D(0.900) + + RX(-0.300) +	Add RY(1.000) + RX(-0.300)
62	cLOB62	Strength/Stress D(0.900) + + RX(-0.300) +	Add RY(1.000) + RX(0.300)
63	cLOB63	Strength/Stress D(0.900) + + RY(0.300) +	Add RX(1.000) + RY(-0.300)
64	cLOB64	Strength/Stress D(0.900) + + RY(0.300) +	Add RX(1.000) + RY(0.300)

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
<http://www.MidasUser.com>
 Gen 2021

Print Date/Time : 03/26/2021 17:40

- 4 / 13 -

보정계수 C_m 산정 과정이 없고, 하중조합에 지진하중에 대한 보정계수 적용 안 됨

적정 사례

1) X방향 SCALE UP FACTOR(Cm)

정적 밀면전단력 (V) 1047.72 kN

동적 밀면전단력(Vt) 605.18 kN

$$\text{SCALE UP FACTOR}(C_m) = 0.85 \times \frac{V}{V_t} = 1.47 \quad \text{식}(0306.7.9)$$

(단, Cm ≥ 1.0)

2) Y방향 SCALE UP FACTOR(Cm)

정적 밀면전단력 (V) 1047.72 kN

동적 밀면전단력(Vt) 800.06 kN

$$\text{SCALE UP FACTOR}(C_m) = 0.85 \times \frac{V}{V_t} = 1.11 \quad \text{식}(0306.7.9)$$

(단, Cm ≥ 1.0)

< 밀면전단력을 이용한 Cm산정 >



midas Gen - RC-Beam Design		[KCI-US012]		Gen 2016
16	1	DL(1.200) +	RX(RS)(1.470) +	RX(ES)(-1.470)
	+	RY(RS)(0.333) +	RY(ES)(0.333) +	LL(1.000)
17	1	DL(1.200) +	RX(RS)(1.470) +	RX(ES)(1.470)
	+	RY(RS)(-0.333) +	RY(ES)(0.333) +	LL(1.000)
18	1	DL(1.200) +	RX(RS)(1.470) +	RX(ES)(-1.470)
	+	RY(RS)(-0.333) +	RY(ES)(-0.333) +	LL(1.000)
19	1	DL(1.200) +	RY(RS)(1.110) +	RY(ES)(1.110)
	+	RX(RS)(0.441) +	RX(ES)(-0.441) +	LL(1.000)
20	1	DL(1.200) +	RY(RS)(1.110) +	RY(ES)(-1.110)
	+	RX(RS)(0.441) +	RX(ES)(0.441) +	LL(1.000)
21	1	DL(1.200) +	RY(RS)(1.110) +	RY(ES)(1.110)
	+	RX(RS)(-0.441) +	RX(ES)(0.441) +	LL(1.000)
22	1	DL(1.200) +	RY(RS)(1.110) +	RY(ES)(-1.110)
	+	RX(RS)(-0.441) +	RX(ES)(-0.441) +	LL(1.000)
23	1	DL(1.200) +	RX(RS)(-1.470) +	RX(ES)(-1.470)
	+	RY(RS)(-0.333) +	RY(ES)(-0.333) +	LL(1.000)
24	1	DL(1.200) +	RX(RS)(-1.470) +	RX(ES)(1.470)
	+	RY(RS)(-0.333) +	RY(ES)(0.333) +	LL(1.000)
25	1	DL(1.200) +	RX(RS)(-1.470) +	RX(ES)(-1.470)
	+	RY(RS)(0.333) +	RY(ES)(0.333) +	LL(1.000)
26	1	DL(1.200) +	RX(RS)(-1.470) +	RX(ES)(1.470)
	+	RY(RS)(0.333) +	RY(ES)(-0.333) +	LL(1.000)
27	1	DL(1.200) +	RY(RS)(-1.110) +	RY(ES)(-1.110)
	+	RX(RS)(-0.441) +	RX(ES)(0.441) +	LL(1.000)
28	1	DL(1.200) +	RY(RS)(-1.110) +	RY(ES)(1.110)
	+	RX(RS)(-0.441) +	RX(ES)(0.441) +	LL(1.000)

< 하중조합에 보정계수 Cm 반영 >

관련 설명

보정계수 C_m 이 적용되어야 하는 경우인지 확인하고, C_m 이 적용되는 경우 적절한 값을 산정해 적용하였는지 확인이 필요함

참고기준

〈KDS 41 17 00〉

7.3.3.5 설계값의 산정

- (1) 밀면전단력 V_t , 총전단력, 총간변위, 총변위, 부재력 등의 설계값은 각 모드의 영향을 제곱합제곱근법(Square Root of Sum of Square : SRSS) 또는 완전2차조합법(Complete Quadratic Combination : CQC)으로 조합하여 구한다. 단, 일련된 각 모드의 주기 차이가 25퍼센트 이내일 때에는 CQC를 사용하여야 한다.
- (2) 응답스펙트럼해석에 의한 밀면전단력 V_t 가 7.2.3에 따라 구한 고유주기를 사용하여 등가정적해석법으로 산정한 밀면전단력 V 의 85%보다 작은 경우에는 7.3.3.5(1)에서 구한 설계값에 다음의 보정계수 C_m 을 곱하여 사용한다. 단, 총간변위에는 보정계수 C_m 을 곱하지 않는다.

$$C_m = 0.85 \frac{V}{V_t} \geq 1.0 \quad (7.3-9)$$

해설

응답스펙트럼해석에 의한 밀면전단력이 등가정적해석법으로 산정한 밀면전단력의 85% 보다 작은 경우에는 보정계수 C_m 을 곱하여 사용해야 하므로 적절히 적용되었는지 확인이 필요함

[3-5-3] 특별지진하중 및 Cm팩터 적용 오류 ②

○ Cm 팩터 적용 오류

부적정 사례

<KBC2009, KBC2016> 0306.5.4 고유주기의 약산법

근사고유주기 T_a (초)는 다음 식에 의해서 구한다.

$$T_a = C_T h_n^{3/4}$$

여기서, $C_T = 0.085$: 철골모멘트골조, 0.073 : 철근콘크리트모멘트골조, 철골연심가새골조

0.049 : 그 외 다른 모든 건축물

<표 3.4> 건축구조기준의 고유주기 약산법

일반적인 주택에 많이 사용되는 내력벽 구조는 그 외 다른 모든 건축물에 해당하므로 약산식 산정시에 0.049를 적용하여야 한다. 간혹 0.073의 철근콘크리트모멘트골조를 적용한 경우가 있었는데 T_a 값이 커지게 되고 식(0306.5.2)에 따라 C_s 값은 작아지게 되므로 지진하중이 감소되는 결과를 가지고 오게 된다. 특수한 경우를 제외하고 슬래브를 제외한 보, 기둥, 벽체 등의 수직부재들은 풍하중, 지진하중에 부재단면이 결정되므로 주기에 관련한 명확한 오류 발견 시 지자체에 소명자료를 요구하였다.

관련 설명

내력벽 구조에 약산식 산정시 $C_T=0.049$ 를 적용하여야 하나 철근콘크리트모멘트골조 값인 0.073을 적용하여 지진하중을 감소하여 평가하게 되므로 주의가 필요함

적정 사례

1. 기본사항

지역계수(S)	=	0.176	중요도계수(I _E)	=	1
지반종류	=	S4	반응수정계수(R)	=	5
보통암까지의 깊이	=	30.0 m	평균 전단파속도(V _{s,soil})	=	247.7 m/s
단주기 지반증폭계수(F _g)	=	1.448			
1초주기 지반증폭계수(F ₁)	=	2.048			
단주기 설계스펙트럼 가속도(S _{D3})	=		0.425		
주기 1초에서의 설계스펙트럼 가속도(S _{D1})	=		0.240		
설계스펙트럼 가속도에 따른 내진설계범주	=		D		
건물의 중량 (W)	=	90068 kN	건물의 높이 (h _n)	=	23.9 m

2. 등가정적해석법에 의한 밀면전단력 산정 및 보정계수

1) X 방향

고유치해석에 의한 주기 (T ₁)	=	0.3778 sec		
기본진동주기 (T ₂)	=	0.0488 × h _n ^(0.75)	=	0.527 sec
주기상한계수(C _u)를 적용한 설계진동주기			C _u =	1.460
T ₁	<	T ₂ × C _u	=	0.770 sec
설계진동주기 (T)	=	0.378 sec		
지진응답계수 (C _s)	=	SDS / [R/I _E]	=	0.085
0.044S _{D3} I _E	≤	C _s	≤	SD1 / [R/I _E]T = 0.127
0.044S _{D3} I _E	=	0.019	≥	0.010
∴		C _s	=	0.085
등가정적해석에 의한 밀면전단력 (V _{sx})	=			7651.2 kN
동적해석에 의한 밀면전단력 (V _{dx})	=			4843 kN
X방향 보정계수 (C _{mx})	=			1.343

관련 설명

내력벽 구조에 고유주기의 약산법 적용시 C_T=0.0488, x=0.75로 설정하여 <KDS 41 17 00>를 올바르게 적용함

참고기준

〈KBC2009, KBC2016〉

0306.5.4 고유주기의 약산법

근사고유주기 T_a (초)는 다음 식에 의해서 구한다.

$$T_a = C_T h_n^{3/4} \quad (0306.5.5)$$

여기서,

- $C_T = 0.085$: 철골모멘트골조
- $= 0.073$: 철근콘크리트모멘트골조, 철골편심가새골조
- $= 0.049$: 그외 다른 모든 건축물

h_n = 건축물의 밑면으로부터 최상층까지의 전체높이(m)

〈KDS 41 17 00〉

7.2.4 고유주기의 약산법

근사고유주기 T_a (초)는 식 (7.2-6)에 따라 구한다.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (7.2-6)$$

여기서,

- $C_t = 0.0466, x = 0.9$: 철근콘크리트모멘트골조
- $C_t = 0.0724, x = 0.8$: 철골모멘트 골조
- $C_t = 0.0731, x = 0.75$: 철골 편심가새골조 및 철골 좌굴방지가새골조
- $C_t = 0.0488, x = 0.75$: 철근콘크리트전단벽구조, 기타골조

h_n : 건축물의 밑면으로부터 최상층까지의 전체높이(m)

해설

고유주기 약산법 산정시 건축물의 구조형식에 따라 고유주기 산정식 적용값이 상이하므로 이를 유의해야함

[3-5-4] 고유주기 산정식 오류 ②

- 모드질량 참여율 오류

부적정 사례

The screenshot shows the 'MODE MASS PARTICIPATION ANALYSIS' table. The following table is a detailed view of the highlighted data:

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		M
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	
1	53.5268	53.5268	0.0044	0.0044	
2	16.0096	69.5364	0.1820	0.1864	
3	0.0001	69.5364	47.1927	47.3791	
4	0.0641	69.6006	18.1211	65.5002	
5	8.1836	77.7842	0.0707	65.5709	
6	0.4506	78.2348	10.1053	75.6762	74.0751

적정 사례

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z		
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	
1	43.0772	43.0772	5.9551	5.9551	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.4882	26.4882	
2	11.8390	54.9162	59.8431	65.7982	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.9983	32.4865	
3	17.9992	72.9155	6.7049	72.5031	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	53.1182	85.6047	
4	16.1670	89.0825	0.7731	73.2762	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0196	88.6243	
5	3.2183	92.3008	13.5997	86.8759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6470	89.2713	
6	1.7646	94.0654	6.6766	93.5525	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.2353	97.5066	
7	4.7129	98.7783	0.2066	93.7592	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2136	97.7202	
8	0.1410	98.9193	4.3111	98.0702	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1597	98.8799	
9	0.4361	99.3554	0.7154	98.7856	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5546	99.4346	
10	0.0010	99.3564	0.1550	98.9406	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0081	99.4427	
11	0.5191	99.8755	0.0312	98.9718	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0575	99.5002	
12	0.0006	99.8761	0.6273	99.5990	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3253	99.8255	
13	0.0456	99.9217	0.0107	99.6097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208	99.8463	
14	0.0431	99.9648	0.2180	99.8277	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0424	99.8886	
15	0.0222	99.9870	0.0199	99.8477	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0296	99.9182	
16	0.0022	99.9892	0.1327	99.9803	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0606	99.9788	
17	0.0094	99.9986	0.0183	99.9986	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0194	99.9982	
18	0.0014	100.0000	0.0014	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	100.0000	

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	43.0772	43.0772	5.9551	5.9551
2	11.8390	54.9162	59.8431	65.7982
3	17.9992	72.9155	6.7049	72.5031
4	16.1670	89.0825	0.7731	73.2762
5	3.2183	92.3008	13.5997	86.8759
6	1.7646	94.0654	6.6766	93.5525
7	4.7129	98.7783	0.2066	93.7592
8	0.1410	98.9193	4.3111	98.0702
9	0.4361	99.3554	0.7154	98.7856
10	0.0010	99.3564	0.1550	98.9406
11	0.5191	99.8755	0.0312	98.9718
12	0.0006	99.8761	0.6273	99.5990
13	0.0456	99.9217	0.0107	99.6097
14	0.0431	99.9648	0.2180	99.8277
15	0.0222	99.9870	0.0199	99.8477
16	0.0022	99.9892	0.1327	99.9803
17	0.0094	99.9986	0.0183	99.9986
18	0.0014	100.0000	0.0014	100.0000

관련 설명

모든 모드의 조합된 참여질량이 2개의 직교하는 수평방향에서 전체 유효질량의 90% 이상 되도록 하여 결정하여야 하나 상기 그림과 같이 90% 이내의 질량 참여율로 해석에 포함된 모드개수가 적합하게 되지 않는 경우가 있으니 주의가 필요함

참고기준

〈KBC2009, KBC2016〉, 〈KDS 41 17 00〉

7.3.3 응답스펙트럼해석법

7.3.3.1 모드특성

고유주기, 모드형상벡터, 질량참여계수, 모드질량 등과 같은 건축물의 진동모드특성은 횡력저항시스템의 질량 및 탄성강성에 의하여 밀면이 고정된 것으로 가정 하여 공인된 해석방법으로 구하여야 한다. 해석에 포함되는 모드개수는 직교하는 각 방향에 대하여 질량참여율이 90% 이상이 되도록 결정한다.

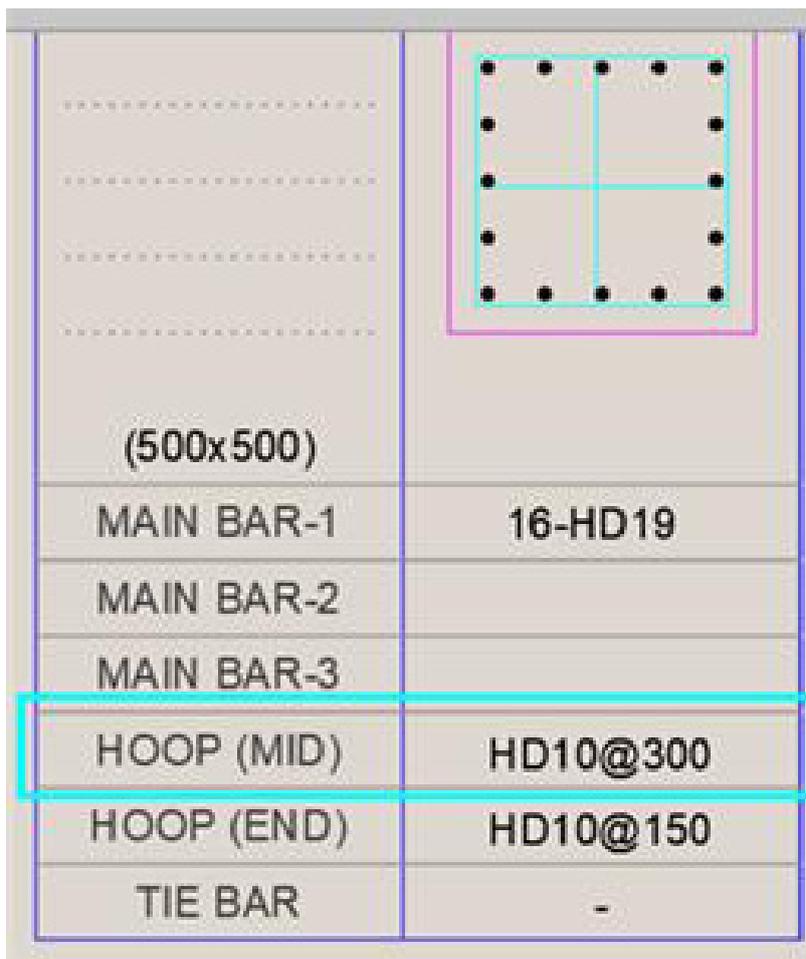
해설

질량참여율이 모두 90%가 넘어갈 수 있도록 모드개수가 포함되었는지 확인이 필요함

[3-5-5] 필로티기둥 고려사항 ①

- 기둥 후프간격 산정 오류

부적정 사례

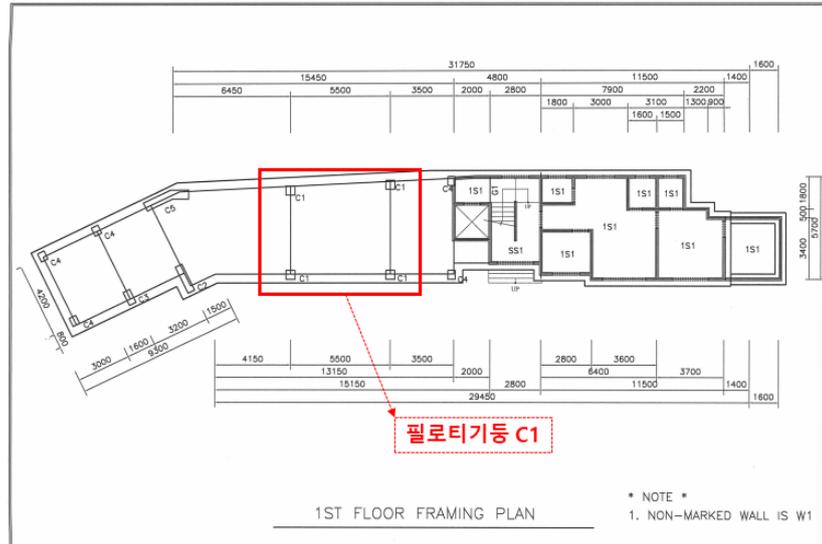


(500x500)	
MAIN BAR-1	16-HD19
MAIN BAR-2	
MAIN BAR-3	
HOOP (MID)	HD10@300
HOOP (END)	HD10@150
TIE BAR	-

관련 설명

1층 필로티 전이기둥에서 후프철근을 기둥의 전체길이에 걸쳐 연성상세를 적용하여야 하며, 기둥 중앙부 후프철근을 300mm로 잘못 배근함

적정 사례



명 칭	크 기	단 면	배 근 위 치	배 근 상 태
C1	500 X 500		주 근	12 - HD22
			HOOP	HD10 @ 150
			T.B.HOOP	HD10 @ 150
N=				
M=				
V=				

관련 설명

1층 필로티 전이기둥에 후프철근이 기둥의 상하 단부와 중앙부 모두 150mm 간격으로 배근되어 적절히 배근함

참고기준

9.8.4 필로티 기둥에 대한 고려사항

(6) 필로티 기둥에서는 전 길이에 걸쳐서 후프와 크로스타이로 구성되는 횡보강근의 수직 간격은 단면최소폭의 1/4 이하이어야 한다. 단 150mm 보다 작을 필요는 없다. 횡보강근에는 135도 갈고리정착을 사용하는 내진상세를 사용하여야 한다.

해설

KDS 41에서는 「필로티 기둥에서는 전 길이에 걸쳐서 후프와 크로스타이로 구성되는 횡보강근의 수직 간격은 단면최소폭의 1/4 이하이어야 한다. 단 150mm 보다 작을 필요는 없다.」고 명시하고 있음

[3-5-5] 필로티 기둥 고려사항 ②

- 기둥 횡보강근 135° 갈고리 철근사용

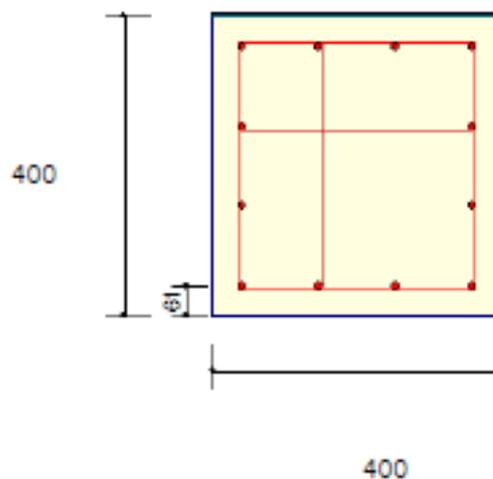
부적정 사례

3.5 RC 기둥 일람표

<RC1>

Main Bar : 12-HD22

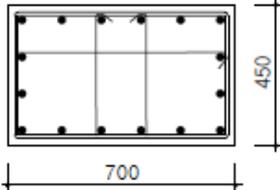
Hoop : HD10@150 (중양부)
HD10@150 (양 끝단 각 1/4지점까지)

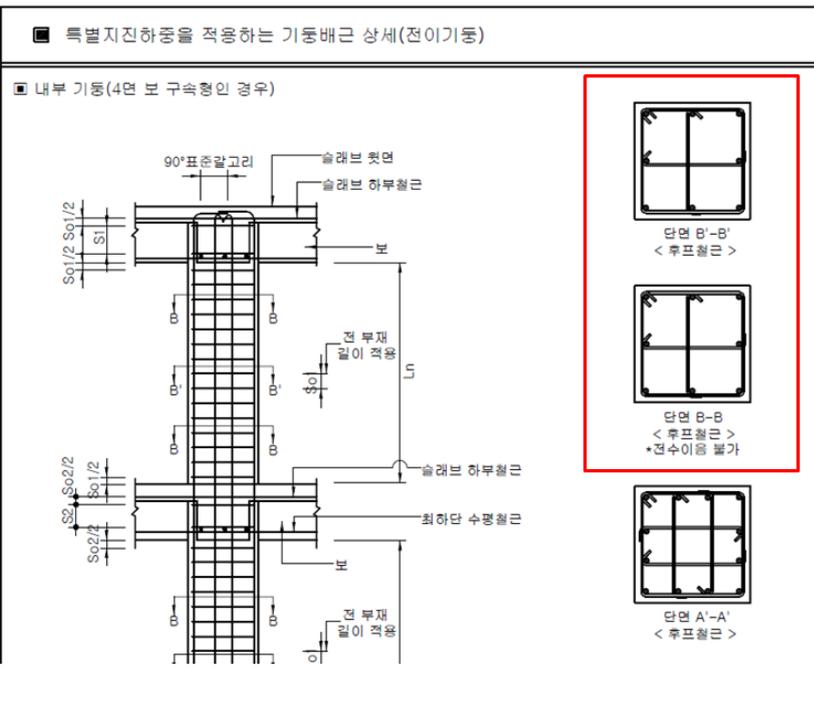


관련 설명

필로티 기둥의 횡보강근으로 사용되는 후프와 크로스타이에 대한 135° 갈고리 철근상세가 누락됨

적정 사례

C1, C1A	
층 수	지상1층
주 근	16 - HD 22
HOOP (중앙부)	HD10 @150
HOOP (단부)	HD10 @150



관련 설명

필로티 기둥의 횡보강근으로 사용되는 후프와 크로스타이에 대한 135° 갈고리 철근상세를 명기함

참고기준

〈KDS 41 17 00〉

9.8.4 필로티 기둥에 대한 고려사항

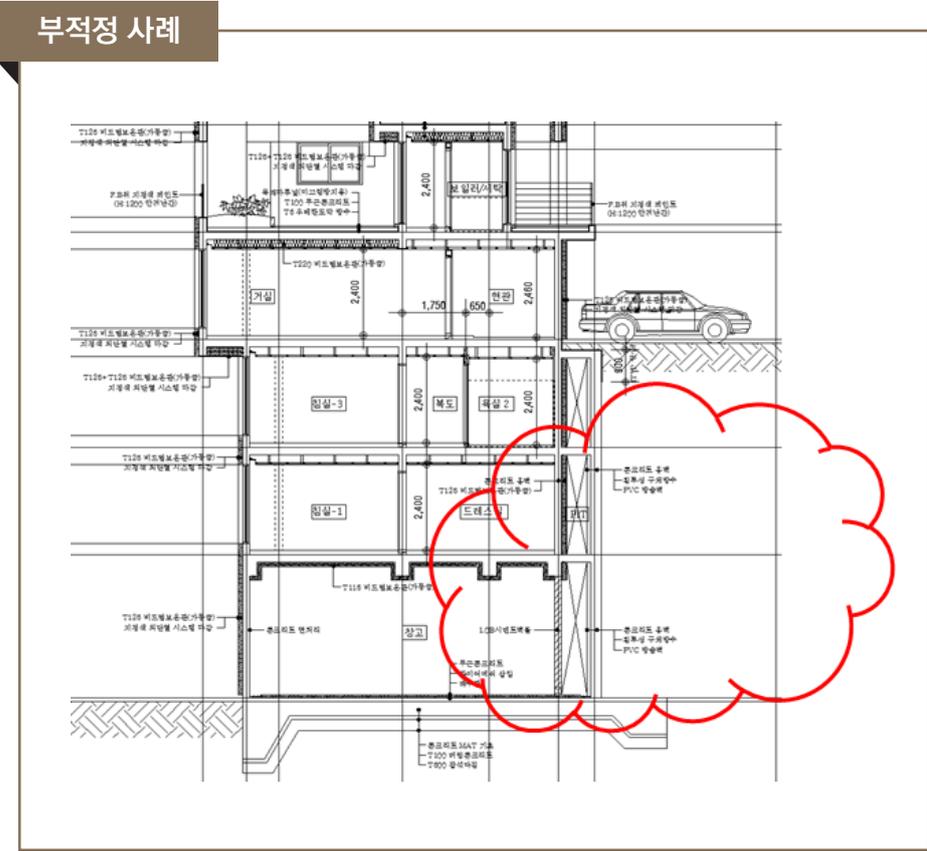
- (6) 필로티 기둥에서는 전 길이에 걸쳐서 후프와 크로스타이로 구성되는 횡보강근의 수직 간격은 단면최소폭의 1/4 이하이어야 한다. 단 150mm 보다 작을 필요는 없다. 횡보강근에는 135도 갈고리정착을 사용하는 내진상세를 사용하여야 한다.
- (7) 횡보강근으로 외부후프철근과 더불어 각 방향 최소 1개 이상의 단면내부 크로스타이를 설치하여야 한다. 크로스타이의 정착을 위하여 한쪽은 135도 갈고리정착을, 그리고 다른 쪽은 90도 갈고리 정착을 사용할 수 있으며, 이때 각 정착을 수직적으로 교차로 배치하여야 한다.
- (8) 필로티 기둥의 설계전단력은 특별지진하중에 대한 구조해석을 사용하여 계산하되 $2M_n/L_n$ 이상이어야 한다. 여기서 M_n 은 기둥의 해당방향 휨모멘트강도로서 압축력의 영향을 고려한 값이며 L_n 은 기둥의 순길이다.

해설

특별지진하중을 받는 필로티기둥의 후프와 크로스타이는 정착을 위하여 135° 갈고리 정착을 사용하여야 한다. 크로스타이는 한쪽은 90° 갈고리 정착을 사용할 수 있으며 정착을 수직적으로 교차로 배치하여야 한다

3.6 지하수압

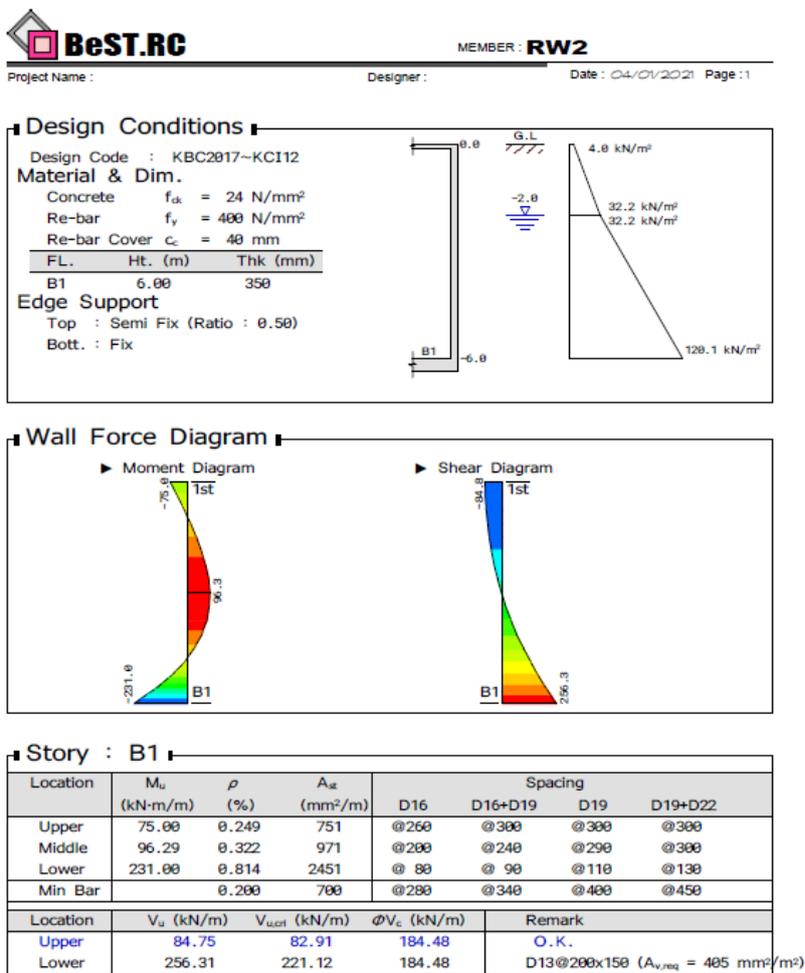
[3-6-1] 편토압에 대한 구조 안전성 누락 및 산정오류



관련 설명

지하구조부에서 흙과 접하는 벽에 대해서는 토압과 수압을 고려해야 하지만 이에 대한 근거가 누락됨

적정 사례



관련 설명

지하구조부에서 흙과 접하는 벽에 대해서는 토압과 수압을 고려하여 벽체 설계를 수행함

참고기준

〈KDS 41 20 00〉

4.2.2 토압·수압·접지압

지하구조부에서 흙과 접하는 벽에 대해서는 토압과 수압을, 기초판에 대해서는 상부에서 오는 하중에 대응하는 접지압을 고려하여야 한다.

해설

지하층이 존재하는 경우 토압과 수압에 대해 고려하였는지 확인하는 것이 필요함

04 부재설계의 부적정

4.1 구조부재 설계

[4-1-1] 주요부재 설계, 해석 오류

○ 응력한도 초과 오류

부적정 사례

midas Gen RC Column Checking Result

Certified by:

PROJECT TITLE:

Company	Client
Author	File Name

midas Gen - RC-Column Checking [KCI-USD12] Gen 2020

* PROJECT :
* UNIT SYSTEM : kN, mm

[KCI-USD12] RC-COLUMN DESIGN SUMMARY SHEET --- SELECTED MEMBERS IN ANALYSIS MODEL

MEMB	SECT	ion Name	fck	fy	OK	pPn-max	Pu	MF_y	Mcy	Mcz	LCB	Vu_end	Rat-V_end
SECT	Bo	Hc	Height	fys	LOB	V-Rebar	Rat-P	MF_z	Rat-My	Rat-Mz	LCB	Vu_mid	Rat-V_mid
0 C1	RT		0,02354	0,40000	OK	5998,91	3820,47	1,07	207836	-854354	245	955,530	0,928
101	1000,0	400,00	3900,00	0,40000	225	24- 4-022	1,02*	1,00	1,04*	1,01*	245	955,530	0,638
0 C2	RT		0,02354	0,40000	OK	4858,72	61,6998	1,00	43499,0	554010	209	281,908	0,426
102	800,00	400,00	3900,00	0,40000	245	20- 4-022	0,700	1,00	0,665	0,698	209	281,908	0,551
0 C3	RT		0,02354	0,40000	OK	3720,53	2382,07	1,08	84316,0	-270721	245	117,058	0,284
103	800,00	400,00	3900,00	0,40000	225	16- 4-022	0,847	1,00	0,849	0,863	245	117,058	0,384

- 과도한 응력비 적용

midas Gen RC Column Design Result

Certified by:

Company	Project Title
Author	File Name

1. Design Condition

Design Code : KCI-USD12 UNIT SYSTEM: kN, m

Member Number : 1524 (PM), 1524 (Shear)

Material Data : fck = 35000, fy = 500000, fys = 400000 KPa

Column Height : 5.4 m

Section Property : TC1A (No: 1002)

Rebar Pattern : 52 - 21 - D29 Ast = 0.0334048 m² (pst = 0.025)

2. Applied Loads

Load Combination : 239 AT (J) Point

Pu = 13696.9 kN Mcy = -8855.8 kN-m Mcz = -1813.8 kN-m

Mc = SQR(Mcy² + Mcz²) = 9039.67 kN-m

3. Axial Forces and Moments Capacity Check

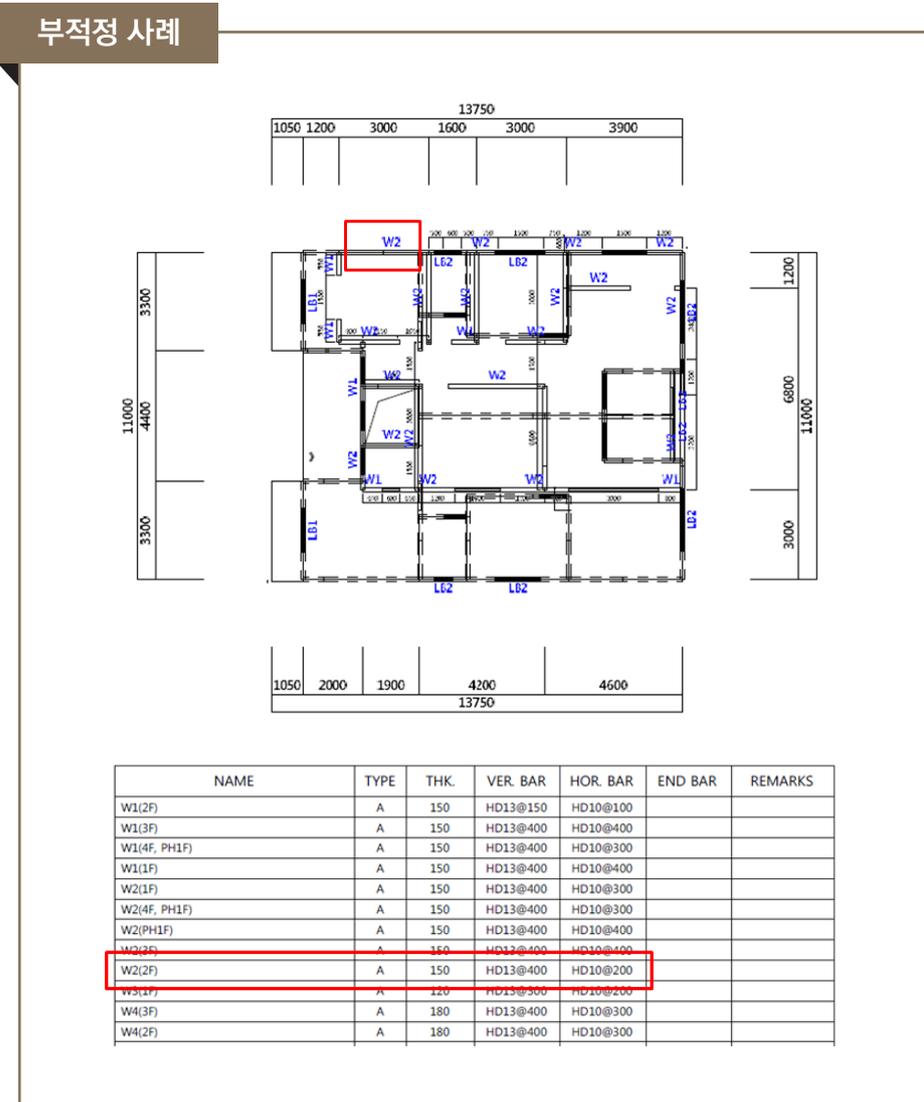
Concentric Max. Axial Load	qPn-max	= 28743.6 kN	
Axial Load Ratio	Pu/qPn	= 13696.9 / 12690.1	= 1.082 > 1.000 N.G
Moment Ratio	Mc/qMn	= 9039.67 / 8328.68	= 1.086 > 1.000 N.G
	Mcy/qMn	= -8855.8 / 8146.54	= 1.087 > 1.000 N.G
	Mcz/qMn	= -1813.8 / 1722.66	= 1.053 > 1.000 N.G

관련 설명

부재 응력비가 1을 초과하여 설계강도보다 부재응력이 큰 경우가 발생함

[4-1-2] 철근 배근 정착길이, 배근방향 오류 ①

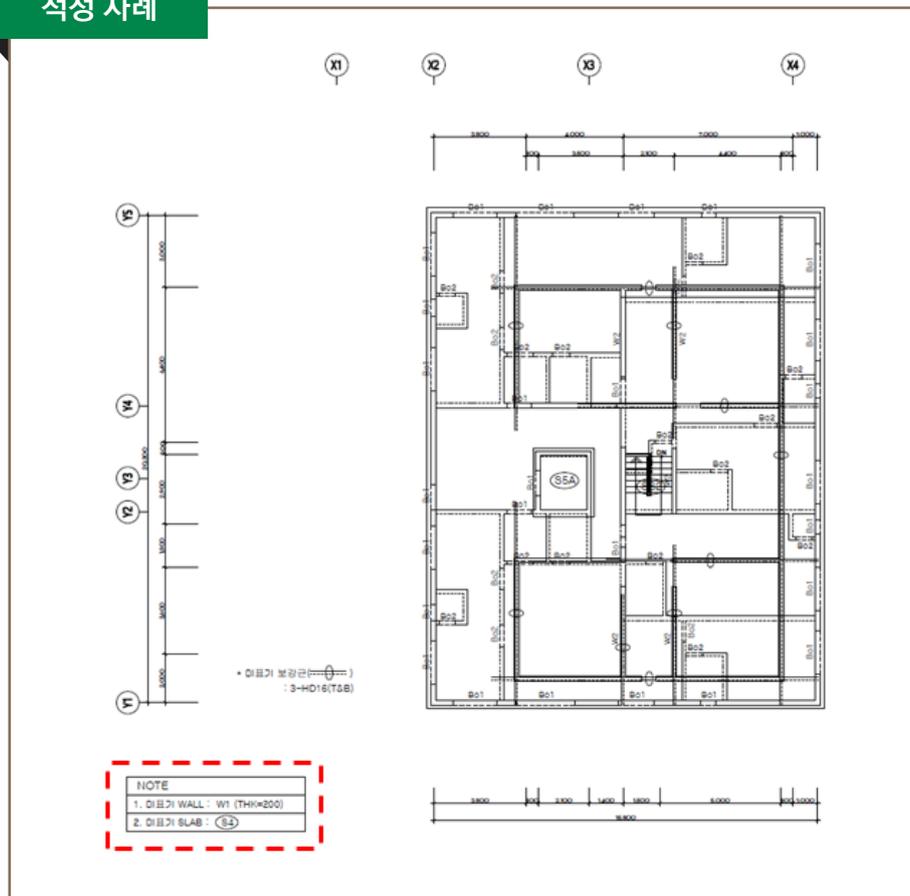
○ 슬래브 철근 정착길이 오류



관련 설명

단부에 표준갈고리가 있는 인장이형철근의 정착길이는 150mm 이상이어야 함
 외벽 두께가 150mm로 설계시 벽체의 피복두께를 감안하면 슬래브 철근의 정착길이가 미확보됨

적정 사례



관련 설명

외벽두께 200mm로 설계되어 슬래브 철근의 정착길이가 확보 가능함

참고기준 및 해설

〈KDS 41 20 52〉

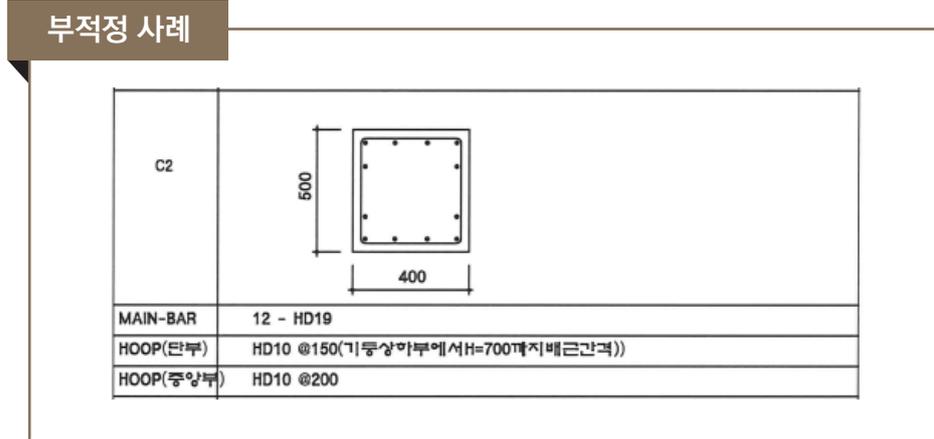
4.1.5 표준갈고리를 갖는 인장 이형철근의 정착

- (1) 단부에 표준갈고리가 있는 인장 이형철근의 정착길이 l_{dh} 는 다음 (2)의 기본정착길이 l_{hb} 에 다음 (3)의 적용 가능한 모든 보정계수를 곱하여 구하여야 한다. 다만, 이렇게 구한 정착길이 l_{dh} 는 항상 $8d_b$ 이상, 또한 150mm 이상이어야 한다.
- (2) 기본정착길이 l_{hb} 는 다음 식 (4.1-4)에 의해 구할 수 있다. β 는 에폭시 도막 혹은 아연-에폭시 이중 도막 철근의 경우 1.2, 아연도금 또는 도막되지 않은 철근의 경우 1.0이며, λ 는 KDS 14 20 10(4.4)에 따라 구한다.

$$l_{hb} = \frac{0.24\beta d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \quad (4.1-4)$$

[4-1-2] 철근 배근 정착길이, 배근방향 오류 ②

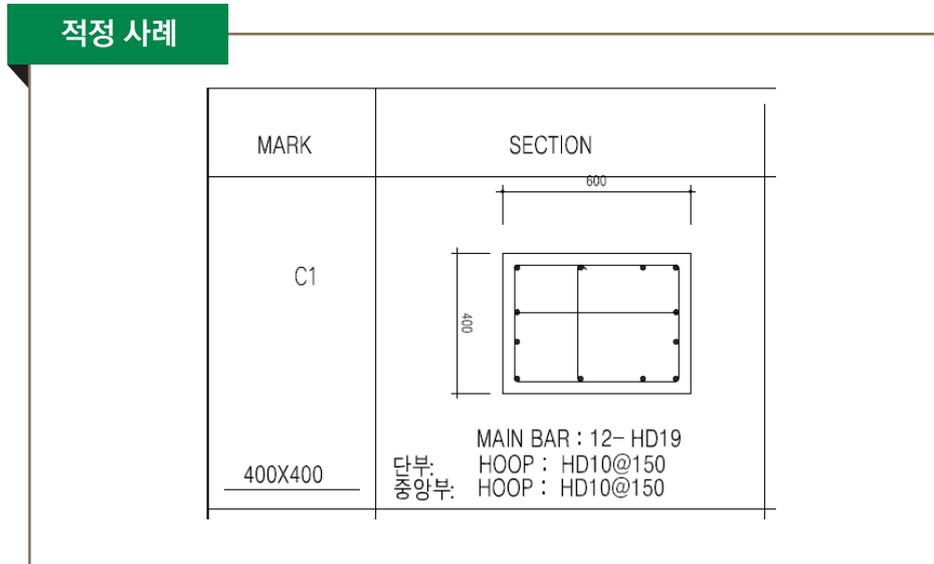
○ 기둥 크로스타이 배근 오류



관련 설명

기둥 단면에서 크로스타이가 누락됨

모서리에 있는 축방향 철근과 하나 건너있는 축방향 철근은 135° 이하로 구부린 철근의 모서리에 의해 횡지지되어야 함



관련 설명

모서리에 있는 축방향 철근과 하나 건너있는 축방향 철근은 135° 이하로 구부린 철근의 모서리에 의해 횡지지됨

참고기준 및 해설

〈KDS 14 20 52〉

4.4.2 압축부재의 횡철근

(3) 압축부재에 사용되는 띠철근은 다음 규정을 따라야 한다.

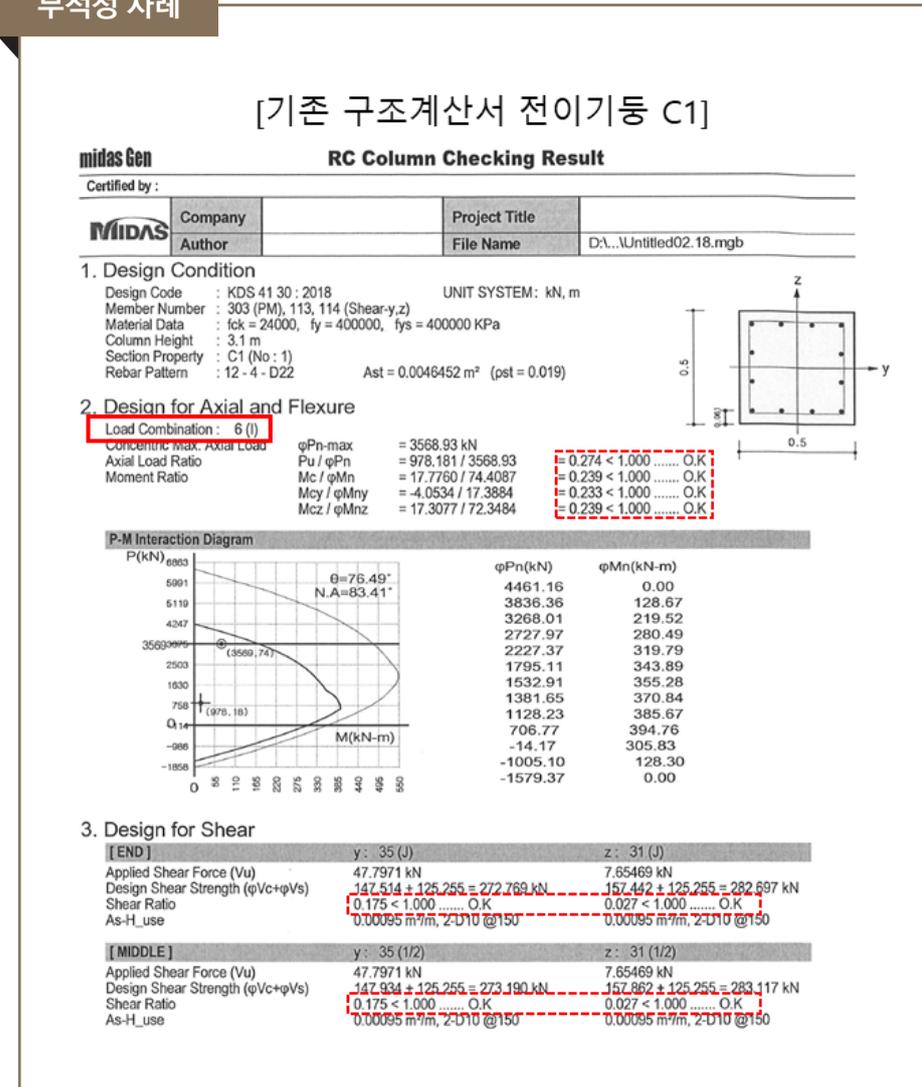
- ① D32 이하의 축방향 철근은 D10 이상의 띠철근으로, D35 이상의 축방향 철근과 다발철근은 D13 이상의 띠철근으로 둘러싸야 하며, 띠철근 대신 등가단면적의 이형철선 또는 용접철망을 사용할 수 있다.
- ② 띠철근의 수직간격은 축방향 철근지름의 16배 이하, 띠철근이나 철선지름의 48배 이하, 또한 기둥단면의 최소 치수 이하로 하여야 한다.
- ③ 모든 모서리 축방향 철근과 하나 건너 위치하고 있는 축방향 철근들은 135° 이하로 구부린 띠철근의 모서리에 의해 횡지지되어야 한다. 다만, 띠철근을 따라 횡지지된 인접한 축방향 철근의 순간격이 150mm 이상 떨어진 경우에는 추가 띠철근을 배치하여 축방향 철근을 횡지지하여야 한다. 또한 축방향 철근이 원형으로 배치된 경우에는 원형 띠철근을 사용할 수 있다. 이때 원형 띠철근을 150mm 이상 겹쳐서 표준갈고리로 기둥주근을 감싸야 한다.

4.2 전이계획 설계

[4-2-1] 전이계획 적정성 오류 ①

○ 전이부재에 특별지진하중 미반영

부적정 사례



관련 설명

구조계산서 상의 하중조합과 개별 부재 검토시 적용한 하중조합을 비교하였을 때, 전이부재(기둥)에 특별지진하중이 반영되지 않은 것처럼 표기되어 있고 전이보에 대한 계산 근거가 누락되어 있음

참고기준

〈KDS 41 17 00〉

8.1.2.3 특별지진하중

필로티 등과 같이 전체 구조물의 불안정성으로 붕괴를 일으키거나 지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요부재와 이를 지지하는 해당 위치의 수직부재 설계에는 지진하중을 포함한 하중조합에 일반 지진하중(E) 대신 특별지진하중(E_m)을 사용하여야 한다.

$$E_m = \Omega_0 E \pm 0.2S_{DS} D \quad (8.1-1)$$

여기서, Ω_0 는 표 6.2-1에서 정한 시스템초과강도계수, S_{DS} 는 4.2에서 정의한 단주기설계스펙트럼가속도, D 는 고정하중이다.

단, $\Omega_0 E$ 는 지진력저항 시스템에서 다른 부재의 내력에 의해 전달될 수 있는 최대하중을 초과할 필요는 없다.

해설

KBC 2016와 KDS 41에서는 「지진하중의 흐름을 급격히 변화시키는 주요부재와 이를 지지하는 해당 위치의 수직부재 설계에는 지진하중을 포함한 하중조합에 일반 지진하중(E) 대신 특별지진하중(E_m)을 사용하여야 한다.」고 명시하고 있음

[4-2-1] 전이계획 적정성 오류 ②

- 전이부재 과소배근

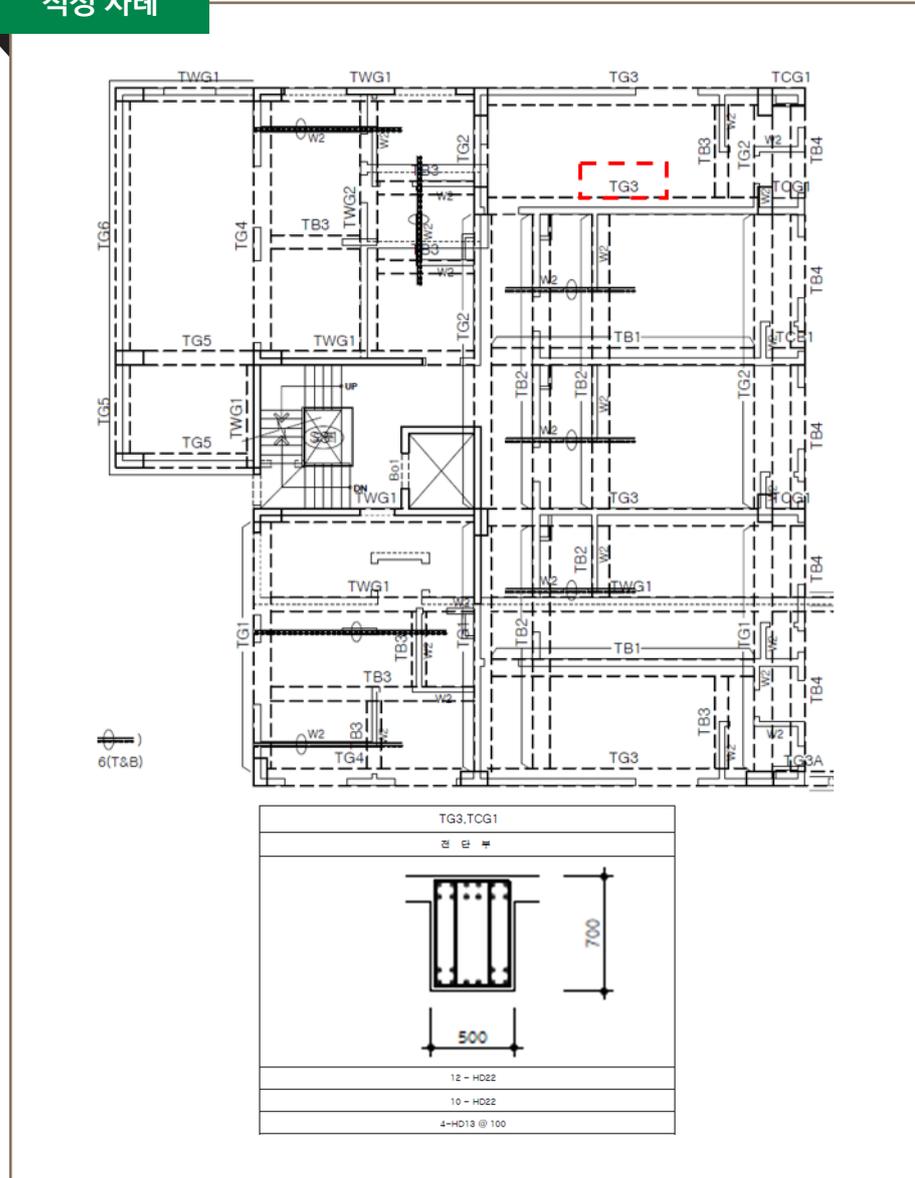
부적정 사례

TG1	
(2F)	
400x400	
TOP BAR	3-HD22
BOT BAR	3-HD22
STIRRUP	2-HD13@80.00

관련 설명

상부 전단벽의 휨강성이 크게 평가되어 거더는 작은 휨모멘트로 설계되는 오류가 발생함

적정 사례



관련 설명

상부 전단벽의 휨강성을 최소화하여 수직하중에 대해서는 거더가 지지하는 것으로 설계됨

참고기준 및 해설

수직하중에 대한 전이부재 설계(거더)시 상부 전단벽의 휨강성을 전부 고려할 경우 전단벽의 휨강성이 고려되어 거더에는 작은 크기의 휨모멘트가 분배되어 배근량이 작게 산정되는 결과가 도출됨

특히 상부전단벽을 스트럿-타이모델을 고려하여 설계한 경우가 아니라면 상부 전단벽이 하중으로만 작용하도록 휨강성을 최소화하여 거더를 설계해야함

[4-2-1] 전이계획 적정성 오류 ③

- 벽체 하부에 전이보 설치 또는 판해석 근거 누락

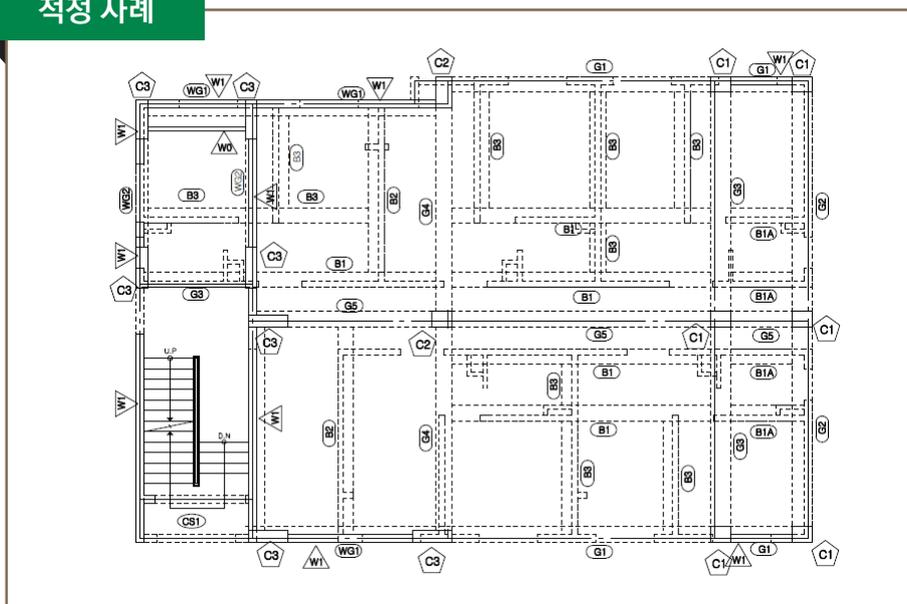
부적정 사례



관련 설명

벽체 하부에 전이보 설계가 누락되거나 전이슬래브의 판해석 근거가 누락됨

적정 사례



관련 설명

벽체 하부에 전이보 설계함

〈KDS 41 17 00〉

9.8.4 필로티 기둥에 대한 고려사항

- (1) 상부 콘크리트 내력벽구조와 하부 필로티 기둥으로 구성된 3층 이상의 수직비정형 골조의 경우 이 조항을 준수해야 한다.
- (2) 계단실 등에 설치되는 콘크리트 코어벽구조는 건물평면에서 1개소 이상 설치하여야 하며 전이층에서 기초까지 연속되도록 설계하여야 한다. 코어벽 구조의 위치는 가급적 평면의 중앙에 또는 대칭으로 배치되도록 계획한다. 코어벽이 없는 경우에는 평면상 두 직각방향의 각 방향에 두 개소 이상의 내력벽을 설치하여야 하며, 전이층에서 기초까지 연속되도록 설계하여야 한다. 내력벽은 평면상 각 방향으로 대칭으로 배치해야 한다.
- (3) 하부에 필로티기둥, 상부구조에 내력벽구조가 사용되는 경우, 필로티기둥과 내력벽이 연결되는 층바닥에서는 필로티기둥과 내력벽을 연결하는 전이슬래브 또는 전이보를 설치하여야 한다.

05 비구조요소의 부적정

5.1 내진설계

[5-1-1] 비구조요소 내진설계

- 내진설계확인서 내 비구조요소 미기재(KDS 41 17 00 18.1.1)

부적정 사례

■ 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 (별지 제2표서식) <개정 2018. 11. 9.>

구조안전 및 내진설계 확인서 (5층 이하의 건축물 등)

1) 공사명				비고	
2) 대지위치				/ 지역계수 = 0.22	
3) 용도	근린생활시설				
4) 중요도	중요도(1)				
5) 규모	연면적	1136.2㎡	층수(층이)	5층(23.8m)	
6) 사용설계기준	건축구조기준 (KDS 41 00 00 : 2019)				
7) 구조계책	RC 철근콘크리트 보충 전단벽-골조상호작용시스템				
8) 지반 및 기초	지반분류	S _a	지하수위	해당없음	
	기초 형식				
9) 내진설계 개요	해석법	내진설계법(A, B, C, D)			
	중요도 계수	I _e = 1.2	건물유요중량	W = 20981.5kN	
10) 기본 지진력 저항시스템	동력저항시스템	7. 전단벽-골조 상호작용 시스템	7. 전단벽-골조 상호작용 시스템	구조시스템에 대한 공중분류 체계마련	
	반응수정계수	R _u = 4.50	R _y = 4.50		
	허용층간변위	Δ _{max} = (0.010h _x - 0.015h _y) - 0.020h _z = 5.0mm			
	지진응답계수	C _u = 0.0990	C _y = 0.1119		
11) 내진설계 주요 결과	일련연단력	V _{ux} = 1764.81kN	V _{uy} = 1995.05kN		
	근시고유주기	T _{ux} = 0.58sec	T _{uy} = 0.58sec		
	최대층간변위	Δ _{u,max} = 16.9500mm (변위비=0.00400%)	Δ _{u,max} = 11.7117mm (변위비=0.00300%)		
	12) 구조요소 내진설계 검토사항	특별지진하중 적용여부	연·이·국·남	유·무	
13) 비구조요소	건축비구조요소			공사단계에서 확인이 필요한 비구조요소 기재	
	기계·전기 비구조요소				



<건축도면>



<기계소방도면>

「건축법」 제 48조 및 「건축법 시행령」 제 32 조에 따라 대상 건축물의 구조안전 및 내진설계 확인서를 제출합니다.

관련 설명

외부 마감재가 벽돌이나 석재이나, 구조안전 및 내진설계 확인서에 내진설계대상 비구조요소 항목을 미기재함

적정 사례

	항목	방향		비고
		X 방향	Y 방향	
10) 기본 지진력 저항시스템	횡력저항시스템	철근콘크리트 보통 전단벽	철근콘크리트 보통 전단벽	구조시스템에 대한 공통분류 체계 마련
	반응수정계수	4.0	4.0	
	허용층간변위	$\Delta_{ax} = (0.010 h_e, 0.015 h_e, 0.020 h_e)$		
11) 내진설계 주요결과	지진응답계수	$C_{dx}=0.1247$	$C_{dy}=0.1247$	
	밀면전단력	$V_{dx}=1017.40\text{KN}$	$V_{dy}=1017.40\text{KN}$	
	큰사고유주기	$T_{dx}=0.3456$	$T_{dy}=0.3456$	
	최대층간변위	$\Delta_{x,max}=0.15\text{cm}$	$\Delta_{y,max}=0.08\text{cm}$	
12) 구조요소 내진설계 검토사항	특별지진하중 적용 여부	피로티	유	
		면외어긋남	유	
	수직시스템 불연속	횡력저항 수직요소의 불연속	유	
		수직시스템 불연속	유	
13) 비구조요소	건축비구조요소	파라펫, 치장벽돌 및 석재마감		공사단계에서 확인이 필요한 비구조요소 기재
	기계·전기 비구조요소	소화배관 및 스프링클러		
14) 특이사항	내진능력 : VII-0.199g			

관련 설명

설계도면을 참고하여 마감재가 벽돌이나 석재, 중요도계수 I_p 가 1.5인 비구조요소 가 있는 경우 구조안전 및 내진설계 확인서에 내진설계대상 비구조요소 항목으로 기재함

참고기준

<KDS 41 17 00>

18.1.1 적용범위

다음의 비구조요소는 18장의 규정에 따라 내진설계가 수행되어야 한다.

- (1) 중요도계수 I_p 가 1.5인 비구조요소
- (2) 파라펫, 건물외부의 치장 벽돌 및 외부치장마감석재

위의 규정에 속하지 않는 비구조요소의 내진설계 여부는 건축주와의 협의에 따른다.

18.1.2 중요도계수

비구조요소의 중요도계수 I_p 는 1.0으로 한다. 단, 다음에 해당할 경우 I_p 를 1.5로 한다.

- (1) 소화배관과 스프링클러 시스템 등 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능하여야 하는 비구조요소. 또한 피난경로상의 계단, 캐노피, 비상유도등, 중량간막이벽 등 손상시 피난경로확보에 지장을 주는 비구조요소와 대형 창고형 매장 등에 설치되어 일반대중에게 개방된 적재장치

- (2) 규정된 저장용량 이상의 독성, 맹독성, 폭발위험 물질을 저장하거나 지지하는 비구조요소
- (3) 표 2.2-1의 내진특등급에 해당하는 구조물에서 시설물의 지속적인 기능수행을 위해 필요하거나 손상시 시설물의 지속적인 가동에 지장을 줄 수 있는 비구조요소

해설

포항지진의 피해사례 분석 결과 지진발생시 대피 도중에 외벽 치장벽돌의 붕괴 또는 외부마감 석재의 탈락 등으로 인한 피해 사례가 발생하였음

그러므로 비구조요소라 하더라도 피난경로상의 계단, 중량 칸막이벽, 외벽 치장벽돌 및 외부마감 석재, 중요도 계수 I_f 가 1.5인 비구조요소 등은 지진발생시 탈락이나 전도, 붕괴로 인하여 인명의 손상이 예상되므로 실제 시공시 상세확인 및 내진설계 여부에 대한 검토가 수행되도록 구조안전 및 내진설계확인서에 기재가 필요함