

KDS 14 31 15 : 2017

강구조 골조의 안정성 설계기준 (하중저항계수설계법)

2017년 12월 20일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>





건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 강구조에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
하중저항계수설계법에 의한 강구조설계기준	<ul style="list-style-type: none"> • 하중저항계수설계법에 의한 기준 제정 	제정 (2009.12)
하중저항계수설계법에 의한 강구조설계기준	<ul style="list-style-type: none"> • 골조의 안정성, 플레이트 거더 및 곡선박스거더교의 휨설계, 피로 및 파단에 대해 개정 	개정 (2014.5)
KDS 14 31 15 : 2016	<ul style="list-style-type: none"> • 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비함. 	제정 (2016.6)
KDS 14 31 20 : 2017	<ul style="list-style-type: none"> • 철강재 KS 개정에 따른 주요 기계적 성질인 강도, 연신율 등의 조정 및 세부규정 개정 	개정 (2017.12)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 기술기준과
 관련단체 (작성기관) : 한국강구조학회

개 정 : 2017년 12월 20일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	1
4.1 일반적 안정 요구조건	1
4.2 직접해석법	2
4.3 유효좌굴길이법	4
4.4 1차 해석법	9
4.5 근사2차해석	10



강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

1. 일반사항

이 기준의 규정은 강구조 골조의 안정성 설계에 적용한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

KDS 14 31 05(3)에 따른다.

4. 설계

이 장에서는 안정성에 대한 구조물의 설계를 위해 직접해석법과 대체 설계법에 대한 안정 요구 조건, 소요강도 및 설계강도를 산정한다.

(1) 직접해석법

직접해석법에 의한 설계는 4.2에 따라 소요강도와 설계강도를 산정하며, 모든 구조물에 대하여 사용할 수 있다.

(2) 대체 해석법

4.3에서 설명한 유효좌굴길이법과 4.4에서 설명한 1차해석법은 각 절에서 규정한 제한조건을 만족하는 구조물에 대하여 소요강도와 설계강도를 산정할 수 있으며, 직접해석법의 대체 설계방법으로 사용할 수 있다.

4.1 일반적 안정 요구조건

안정성은 구조물의 전체 및 각 요소에 대하여 만족해야 하며, 구조물과 그 요소들의 안정성에 대해 다음 모든 사항들을 고려해야 한다.

(1) 휨, 전단 및 축부재의 변형과 전체구조물의 변위에 영향을 미치는 모든 다른 변형

(2) 2차효과 ($P-\Delta$ 와 $P-\delta$ 효과)

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

(3) 기하학적 불완전성

(4) 비탄성으로 인한 강성저하

(5) 강성과 강도의 불확실성

위의 항목에 기술된 효과를 모두 고려하는 안정성에 대한 합리적인 설계방법을 사용할 수 있다. 이러한 설계방법은 4.2, 4.3, 4.4에서 확인되는 설계방법을 포함한다.

4.2 직접해석법

직접해석법에 의한 설계는 4.2.1에 따라 소요강도를 산정하고 4.2.2에 따라 설계강도를 산정하며, 모든 구조물에 대하여 사용될 수 있다.

4.2.1 소요강도

직접해석법 설계에서 구조물을 구성하는 요소들의 소요강도는 4.2.1.1을 만족하는 해석으로부터 결정한다. 이 해석은 4.2.1.2에 따라 초기 불완전성을 고려하고 4.2.1.3에 따라 강성을 조정한다.

4.2.1.1 일반적 해석 요구조건

구조물의 해석은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

(1) 이 해석은 휨, 전단 및 축부재의 변형과 구조물의 변위에 영향을 유발하는 모든 구성요소 및 접합부의 변형을 고려한다. 4.2.1.3의 규정에 따라 구조물의 안정성에 영향을 미치는 모든 강성을 저감시킨다.

(2) 이 해석은 $P-\Delta$ 와 $P-\delta$ 모두 고려하는 2차해석이며, 다음 조건을 만족할 시 구조물의 응답에 $P-\delta$ 효과를 무시할 수 있다. 압축과 휨을 받는 개별부재의 평가 시 모든 경우에 대하여 $P-\delta$ 효과를 고려해야 한다.

① 중력하중들을 주로 수직기둥, 벽 또는 골조를 통해 지지하는 구조물

② 모든 층에서 최대 1차횡변위에 대한 최대 2차횡변위의 비율(4.2.1.3에 규정된대로 조정된 강성을 사용함)이 1.7 이하

③ 고려하는 변위의 방향으로의 모멘트저항골조의 기둥이 구조물에 작용하는 전체중력하중의 1/3이하를 받을 경우 4.5에 기술된 근사2차해석법은 엄격한 2차해석 대신 사용될 수 있다.

(3) 이 해석은 구조물의 안정성에 영향을 주는 모든 중력과 외력을 고려해야 한다.

(4) 2차해석은 하중조합을 사용하여 수행한다.

4.2.1.2 초기 불완전성

구조물의 안정성에 대한 초기 불완전성의 영향은 (1)에 따른 초기 불완전성 직접모델링 해석 또는 (2)에서 정의된 가상하중을 적용하여 고려한다.

(1) 불완전성 직접모델링

구조물은 절점의 공칭위치로부터 발생된 변위를 이용하여 해석된다. 초기변위는 설계에서 고려되는 최댓값이며, 초기변위의 경향은 가장 큰 불안정효과를 제공하는 것이다. 중력하중을 주로 수직기둥, 벽 또는 골조로 지지하고 최대 1차횡변위에 대한 최대 2차횡변위의 비율이 1.7이하인 구조물의 해석은 중력하중만 포함된 하중조합에 대한 해석에서만 초기 불완전성을 포함한다. 횡하중을 포함하는 하중조합에 대한 해석은 초기 불완전성을 포함하지 않는다.

(2) 불완전성의 효과를 나타내는 가상하중의 사용

중력하중을 주로 수직기둥, 벽 또는 골조로 지지하는 구조물에 대하여, 초기 불완전성의 효과를 나타내기 위해 이 기준의 요구사항을 만족하는 가상하중을 사용할 수 있다. 가상하중은 구조물의 공칭 기하학적 형상을 기초로 한 구조물의 모델에 적용한다.

① 가상하중은 모든 층에 횡하중처럼 작용한다. 아래 ④의 경우를 제외하고 가상하중은 다른 횡하중에 추가되어야 하고 모든 하중조합에 적용되어야 한다. 가상하중의 크기는 다음과 같다.

$$N_i = 0.002 Y_i \quad (4.2-1)$$

여기서, N_i : i 층에 적용되는 가상하중 (N)

Y_i : 하중조합에 의해 i 층에 적용되는 중력하중 (N)

② 임의의 층에서 가상하중 N_i 는 중력하중과 같은 방식으로 분포되어야 한다. 가상하중은 가장 큰 불안정화 효과를 주는 방향으로 적용되어야 한다.

③ 식 (4.2-1)에서 가상하중계수 0.002는 초기의 층수직도 오차 1/500에 근거한 값이다. 이와 다른 최대 층수직도 오차를 사용하는 것에 대한 타당성이 입증된다면, 가상하중계수는 비례적으로 조정할 수 있다.

④ 최대 2차횡변위에 대한 최대 1차횡변위의 비율(하중조합과 4.2.1.3에서 규정된 조정된 강성으로 결정되는)이 모든 층에 대하여 1.7 이하인 구조물에 대하여, 중력하중만 포함된 하중조합에 대한 해석에서만 초기 불완전성을 포함한다. 횡하중을 포함하는 하중조합에 대한 해석은 초기 불완전성을 포함하지 않는다.

4.2.1.3 강성 조정

구성요소의 소요강도를 산정하기 위한 구조물 해석은 다음과 같은 저감된 강성을 사용해야 한다.

(1) 계수 0.8은 구조물의 안정성에 영향을 미치는 모든 강성에 적용되어야 한다.

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

(2) 추가적인 계수 τ_b 는 구조물의 안정성에 영향을 미치는 모든 부재의 휨강성에 적용되어야 한다.

① $P_r/P_y \leq 0.5$ 인 경우

$$\tau_b = 1.0 \quad (4.2-2)$$

② $P_r/P_y > 0.5$ 인 경우

$$\tau_b = 4(P_r/P_y)[1 - (P_r/P_y)] \quad (4.2-3)$$

여기서, P_r : 하중조합으로 구해진 소요축압축강도 (N)

P_y : 축항복강도(= $F_y A_g$) (N)

강구조 부재 구조해석에서 EI 에 τ_b 배, EA 에 0.8배를 곱하여 계산한다.

(3) 4.2.1.2(2)가 적용되는 구조물에서 가상하중 $0.001 Y_i$ (Y_i 는 4.2.1.2(2)①에 정의됨)가 모든 하중조합에서 모든 층에 작용되면, $P_r/P_y > 0.5$ 인 경우에 $\tau_b < 1.0$ 을 사용하는 대신 $\tau_b = 1.0$ 을 사용할 수 있다. 이러한 가상하중은 4.2.1.2(2)④와 상관없이 불완정성을 고려하는 가상하중에 더해진다.

(4) 구조용강을 제외한 재료로 구성된 부재들이 구조물의 안정성에 기여한다고 고려되고, 그리고 다른 재료에 대한 규준과 설계기준들이 강성에 더 큰 감소를 요구한다면, 큰 강성감소를 이러한 부재들에 적용한다.

4.2.2 설계강도

(1) 직접해석법으로 설계할 경우, 부재와 연결재의 설계강도는 전체구조물의 안정성을 고려하지 않고, KDS 14 31 10(4)와 KDS 14 31 25(4)의 규정에 따라 계산한다. 모든 부재의 유효좌굴길이계수 K 는 1을 사용한다. 단, 합리적인 해석으로 1보다 작은 값을 사용할 수 있다.

(2) 개별부재의 비지지길이를 결정하는 가새는 가새절점에서의 부재이동을 제어할 수 있도록 충분한 강성과 강도를 가져야한다.

4.3 유효좌굴길이법

4.3.1 제한조건

유효좌굴길이법의 사용은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

(1) 중력하중을 주로 수직 기둥, 벽 또는 골조를 통해 지지하는 구조물

(2) 모든 층에서 최대 1차횡변위에 대한 최대 2차횡변위의 비율이 1.5 이하이고 임의의 층에서 1차횡변위에 대한 2차횡변위의 비율은 4.5.2.2에서 계산되는 B_2 를 취할 수 있다.

4.3.2 소요강도

- (1) 부재의 소요강도는 4.2.1.1 요구조건을 만족하는 해석으로부터 결정된다. 그러나 4.2.1.3에서 명시된 강성감소는 적용하여서는 안 되며 모든 구조용 강재의 공칭강성들을 사용한다. 해석할 때 가상하중은 4.2.1.2(2)에 따라 적용한다.
- (2) 유효좌굴길이법을 적용할 수 있는 모든 경우가 4.2.1.2(2)의 ④조건을 만족하기 때문에 가상하중은 중력하중만 포함된 하중조합에 대한 해석에서만 적용된다.

4.3.3 설계강도

부재와 연결재의 설계강도는 KDS 14 31 10 (4)와 KDS 14 31 25(4)의 규정 따라 계산한다. 압축을 받는 부재의 유효좌굴길이계수 K 는 다음과 같이 산정한다.

- (1) 가새골조시스템, 전단벽시스템 그리고 그 외 구조시스템(횡적안정성과 횡하중에 대한 저항이 기둥의 휨강성에 의존하지 않는)의 경우, 압축을 받는 부재의 유효좌굴길이계수 K 는 1.0을 취한다. 단, 합리적인 구조해석으로 확인하여 1보다 작은 값을 사용할 수 있다.
- (2) 모멘트골조시스템과 기둥의 휨강성이 횡적 안정성과 횡하중에 대한 저항에 기여한다고 여겨지는 시스템들의 경우, 횡적 안정성과 횡하중에 대한 저항에 기여한다고 여겨지는 휨강성을 갖는 기둥의 탄성 임계 좌굴응력 F_c 또는 유효좌굴길이계수 K 는 횡변위 좌굴해석으로부터 산정된다. 기둥의 휨강성이 횡적 안정성과 횡하중에 대한 저항에 기여하지 않는다고 고려되면 그 기둥의 K 는 1.0을 취한다.
- (3) 최대 1차횡변위에 대한 최대 2차횡변위의 비율이 1.1 이하이면 모든 기둥설계에서 $K=1.0$ 을 사용할 수 있다.

개별부재의 비지지길이를 결정하는 가새는 가새절점에서의 부재이동을 제어할 수 있도록 충분한 강성과 강도를 가져야 한다.

4.3.4 유효길이계수, K

- (1) 회전과 병진운동에 대한 기둥의 양단 지지조건을 적절히 고려하기 위하여 유효길이 계수 K 를 기둥의 실제 길이에 곱해야 한다. 이상화된 구속 조건이 실제 구속조건을 완전히 충족시킬 수 없기 때문에 표 4.3-1에서 주어진 바와 같이 이상화된 구속 조건에 대한 K 의 이론치보다 큰 값을 설계 시의 K 값으로 사용한다.

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

표 4.3-1 유효길이계수, K

유효 길이 계수, K														
점선은 좌굴 형상	(a) 	(b) 	(c) 	(d) 	(e) 	(f) 								
K 의 이론치	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0								
이상화된 지지조건이 근사적으로 성립할 경우 K 의 설계치	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0								
지지 조건	<table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>회전 변위 구속</td> <td>수평 이동 구속</td> </tr> <tr> <td>회전 변위 자유</td> <td>수평 이동 구속</td> </tr> <tr> <td>회전 변위 구속</td> <td>수평 이동 자유</td> </tr> <tr> <td>회전 변위 자유</td> <td>수평 이동 자유</td> </tr> </table>						회전 변위 구속	수평 이동 구속	회전 변위 자유	수평 이동 구속	회전 변위 구속	수평 이동 자유	회전 변위 자유	수평 이동 자유
회전 변위 구속	수평 이동 구속													
회전 변위 자유	수평 이동 구속													
회전 변위 구속	수평 이동 자유													
회전 변위 자유	수평 이동 자유													

(2) 모든 기둥이 탄성 거동을 하고, 동시에 좌굴한다고 가정하면, 유효길이계수를 다음과 같이 구할 수 있다.

① 브레이싱이 설치된 뼈대구조

$$\frac{G_a G_b \left(\frac{\pi}{K}\right)^2}{4} + \frac{G_a + G_b}{2} \left(1 - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)}\right) + \frac{2 \tan(0.5\pi/K)}{\pi/K} = 1 \quad (4.3-1)$$

② 브레이싱이 없는 뼈대구조

$$\frac{G_a G_b \left(\frac{\pi}{K}\right)^2 - 36}{6(G_a + G_b)} = \frac{\pi}{K \tan(\pi/K)} \quad (4.3-2)$$

여기서, 아래첨자 a 및 b 는 각각 기둥의 양단을 표시하며, 사용된 기호의 정의는 다음과 같다.

$$G = \frac{\sum (E_c I_c / L_c)}{\sum (E_g I_g / L_g)} \quad (4.3-3)$$

여기서, Σ = 휨이 발생하는 면내의 기둥 한쪽단에 강결된 부재의 물성치 합

I_c = 기둥의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

- L_c = 기둥의 브레이싱이 되지 않은 길이(mm)
- I_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 단면 2차 모멘트(mm⁴)
- L_g = 들보 혹은 다른 구속 부재의 지지점 간의 거리 (mm)
- K = 기둥의 유효길이계수

- (3) 식 (4.3-1)과 식 (4.3-2)에 대응하는 그림 4.3-1과 식 (4.3-2)는 K , G_a 그리고 G_b 의 관계를 나타내는 차트이며, 이 차트를 사용하여 K 의 값을 직접 구할 수 있다.
- (4) 식 (4.3-1)와 (4.3-2) 및 그림 4.3-1와 그림 4.3-2에 주어진 차트는 모두 이상화된 지지조건으로 유도된 것이다. 실제의 조건이 위에서 설명한 이상화된 조건과 현저하게 다를 경우, 그림 4.3-1과 그림 4.3-2의 차트를 사용하면 실제 상황과 맞지 않는 비현실적인 설계가 될 수 있다.
- (5) 다음 사항들을 그림 4.3-1, 그림 4.3-2과 함께 고려할 수 있다.
 - ① 기둥 지점이 기초나 지반에 의해 지지되고 있으나 완전히 강결되어 있지 않을 때, G 값은 이론적으로 무한히 큰 값을 가진다. 그러나 실제로는 마찰없는 활절로 설계된 경우를 제외하고는 실제 설계에서는 G 값을 10 으로 취할 수 있다. 만약 기둥의 끝이 적절히 설계된 기초에 완전히 강결되었다면 G 값을 1로 취할 수 있으며, 해석에 의해 검증된다면 이보다 더 작은 값을 사용할 수 있다.

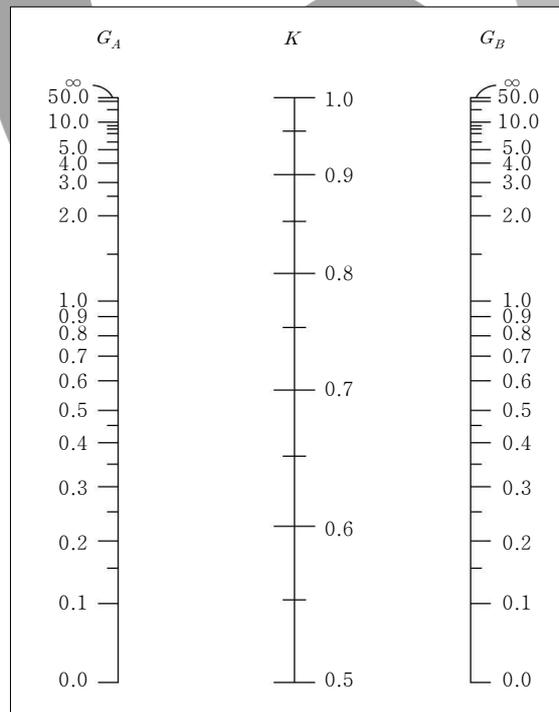


그림 4.3-1 브레이싱이 설치된 뼈대의 유효길이계수를 구하기 위한 차트

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

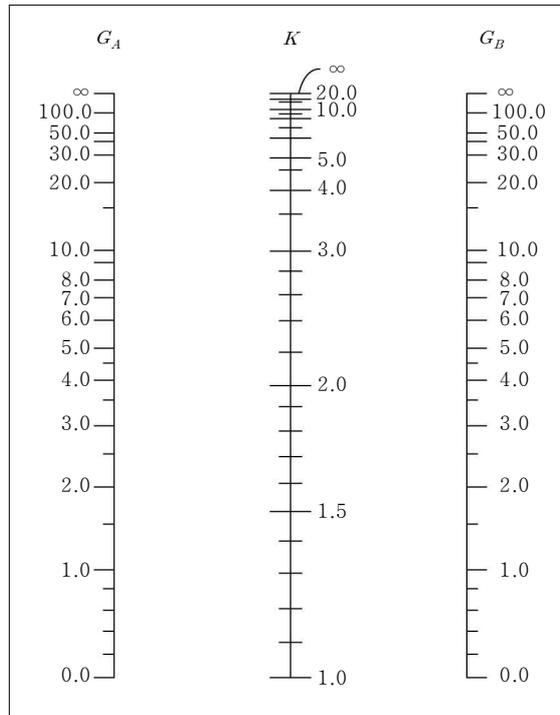


그림 4.3-2 브레이싱이 없는 뺨대의 유효길이계수를 구하기 위한 차트

② 그림 4.3-1 및 4.3-2를 이용하여 K를 구할 경우, 모든 절점들은 강결되어 있다는 가정을 전제로 한다. 만약 거더의 원단(far end)에서 가정과 다른 경계조건을 갖는다면 거더길이는 표 4.3.4-2와 같이 수정할 필요가 있다. 즉 상대 강성비인 G 값 산정 시, 실제 거더길이 L_g 대신에 수정 거더길이 L_g' 을 적용한다.

표 4.3-2 거더의 수정길이 L_g'

원단의 경계조건	브레이싱이 설치된 뺨대구조	브레이싱이 없는 뺨대구조
고정단	$0.5 L_g$	$1.5 L_g$
힌지단	$L_g/1.5$	$2.0 L_g$

(3) 기초와 일체로 시공된 기둥의 유효길이계수 계산 시에는 기초의 고정성(fixity)을 적절히 평가하여야 한다. 일반적으로 다음과 같은 값을 사용할 수 있다.

조건	G
암반에 정착된 기초	1.5
암반에 정착되지 않은 기초	3.0
토사에 지지된 기초	5.0
선단 지지 무리 말뚝위에 설치된 기초	1.0

(4) 대각 브레이싱이나 그 외의 적절한 방법으로 횡방향 안정성을 확보한 트러스 및 뼈대 구조물에서 정밀 해석을 하지 않을 경우, 압축 부재의 브레이싱 평면에서 유효길이 계수 K 는 다음과 같다.

- ① 양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우: $K = 0.750$
- ② 양단이 핀연결되어 있는 경우: $K = 0.875$

(5) 비렌달(vierendeel) 트러스는 브레이싱되지 않은 뼈대 구조물로 간주한다.

보다 정확한 유효길이계수가 요구되는 경우에는 시스템 탄성좌굴해석을 이용한 다음의 산정법을 적용할 수 있다.

- ① 계수하중에 대한 선형탄성해석으로부터 각 부재의 축력 P 를 산정한다.
- ② 탄성강도행렬과 축력에 대한 기하학적 강도행렬을 이용하여 좌굴고유치 λ_{cr} 를 산정한다.
- ③ 개별부재의 유효길이계수를 다음 식으로 구한다.

$$KL = \pi \sqrt{\frac{EI}{P\lambda_{cr}}} \tag{4.3-4}$$

여기서, P = 개별부재의 축방향력
 EI = 개별부재의 탄성 휨강성
 $KL(=L_E)$ = 개별부재의 유효좌굴길이

4.4 1차 해석법

4.4.1 제한조건

1차해석법을 사용하는 것은 다음과 같은 제한조건을 갖는다.

- (1) 중력하중을 주로 수직 기둥, 벽 또는 골조를 통해 지지하는 구조물
- (2) 모든 층에서 최대 1차 횡변위에 대한 최대 2차 횡변위의 비율이 1.5 이하
- (3) 휨강성이 구조물의 횡적안정에 기여하는 것으로 평가되는 모든 부재의 소요압축강도는 다음과 같은 제한조건은 만족해야 한다.

$$P_r \leq 0.5P_y \tag{4.4-1}$$

여기서, P_r : 하중조합으로 구해진 소요축강도 (N)

P_y : 축항복강도 (= $F_y A$) (N)

4.4.2 소요강도

부재의 소요강도는 아래의 추가적인 요구조건(1), (2)를 이용하여 1차해석으로 산정한다. 해석은 휨, 전단, 축부재의 변위와 이 외의 구조물의 변위에 기여하는 모든 변위를 고려한다.

- (1) 모든 하중조합은 각 층에서 다른 하중들과 함께 조합되는 추가적인 횡하중 N_i 를 포함한다.

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

$$N_i = 2.1(\Delta/L) Y_i \geq 0.0042 Y_i \quad (4.4-2)$$

여기서, Y_i : 하중조합에 의해 i 층에 적용되는 중력하중 (N)

Δ/L : 구조물의 모든 층에 대한 최대 L 에 대한 Δ 의 비

Δ : 하중조합으로 구해진 1차층간변위. Δ 값은 구조물의 평면상에서 변하는 경우 중력하중에 비례하는 평균변위로 하거나 최대변위로 한다. (mm)

L : 층고 (mm)

임의의 층에서 가상하중은 중력하중과 같은 방식으로 그 층에 분포해야 한다. 추가적인 가상하중은 가장 큰 불안정화 효과를 주는 방향으로 적용된다.

- (2) 횡방향으로 구속된 보-기둥모멘트의 증폭은 전체부재의 모멘트에 4.5.2.1에 규정한 증폭계수 B_1 을 적용하여 고려한다.

4.4.3 설계강도

부재와 연결재의 설계강도는 KDS 14 31 10(4)와 KDS 14 31 25(4)의 규정에 따라 계산한다. 모든 부재의 유효좌굴길이계수 K 는 1의 값을 사용한다. 개별부재의 비지지길이를 결정하는 가새는 가새절점에서의 부재이동을 제어할 수 있도록 충분한 강성과 강도를 가져야 한다.

4.5 근사2차해석

이 규정은 엄격한 2차해석을 대체하기 위해 1차해석으로 구한 소요강도를 증폭하여 구조물에 대한 2차효과를 산정하는 근사2차해석의 제한조건과 계산과정을 규정한다.

4.5.1 제한조건

이 방법을 사용하는 것은 중력하중을 주로 수직 기둥, 벽 또는 골조를 통해 지지하는 구조물에 제한된다.

4.5.2 근사2차해석 계산과정

모든 부재의 소요 2차휨강도 M_r 과 소요 2차축강도 P_r 은 다음과 같이 산정된다.

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (4.5-1)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (4.5-2)$$

여기서, B_1 : 압축과 휨을 받는 부재와 각 부재의 휨방향에 대한 $P-\delta$ 효과를 설명하기 위한 증폭계수이며, 압축을 받지 않는 부재에 대한 B_1 은 1이다.

- B_2 : 구조물의 각 층의 횡변위의 방향에 대한 $P-\Delta$ 효과를 설명하기 위한 증폭계수
- M_u : 골조의 횡변위가 발생할 때의 하중조합으로 구해진 1차모멘트 (N·mm)
- M_{nt} : 골조의 횡변위가 발생하지 않을 때의 하중조합으로 구해진 1차모멘트 (N·mm)
- M_r : 하중조합으로 구해진 소요 2차휨강도 (N·mm)
- P_u : 골조의 횡변위가 발생할 때의 하중조합으로 구해진 1차축강도 (N)
- P_{nt} : 골조의 횡변위가 발생하지 않을 때의 하중으로 구해진 1차축강도 (N)
- P_r : 하중조합으로 구해진 소요 2차축강도 (N)

4.5.2.1 $P-\delta$ 효과에 대한 증폭계수 B_1

압축을 받는 부재와 각 부재의 휨방향에 대한 증폭계수 B_1 은 다음과 같이 산정된다.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - P_r/P_{e1}} \geq 1 \tag{4.5-3}$$

여기서, C_m :골조의 횡변위가 발생하지 않는 것으로 가정할 때의 계수이며, 다음과 같이 산정한다.

- (1) 휨 평면상의 지지점 사이에 횡하중이 작용하지 않는 보-기둥

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2) \tag{4.5-4}$$

위 식에서 1차해석에서 계산된 M_1 과 M_2 는 1차해석에서 계산되며, 휨평면 상에서 비지지된 부분의 양끝에서 발생하는 모멘트로서 각각 절댓값이 작은 것과 큰 것이다. M_1/M_2 는 부재의 휨이 복곡률이면 양(+)의 값이며, 부재의 휨이 단곡률이면 음(-)의 값을 갖는다.

- (2) 지지점 사이에 횡하중이 작용하는 보-기둥부재의 C_m 은 해석에 의해 산정하거나 모든 경우에 있어 보수적으로 1.0으로 할 수 있다.

P_{e1} : 휨평면 상에서 횡방향으로 단부가 구속된 부재의 탄성좌굴강도

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \tag{4.5-5}$$

여기서, EI^* : 해석에서 사용되는 휨강성(직접해석법 : $0.8\pi_b EI$, 유효좌굴길이법과 1차해석법 : EI)

I : 휨평면에 대한 단면2차모멘트 (mm^4)

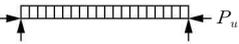
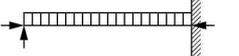
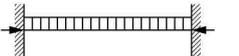
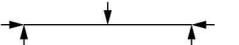
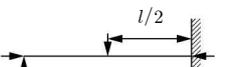
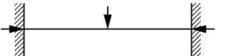
L : 층고 (mm)

K_1 : 횡방향으로 구속된 골조에 대해 산정한 휨평면에 대한 유효좌굴길이계수

식 (4.5-5)의 P_r 은 1차해석에 의한 $P_r = P_{nt} + P_u$ 으로 적용될 수 있다.

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

표 4.5-1 증폭계수 ψ 와 C_m

단부조건 및 하중상태	ψ	C_m
	0	1.0
	-0.4	$1 - 0.4 \frac{P_u}{P_{e1}}$
	-0.4	$1 - 0.4 \frac{P_u}{P_{e1}}$
	-0.2	$1 - 0.2 \frac{P_u}{P_{e1}}$
	-0.3	$1 - 0.3 \frac{P_u}{P_{e1}}$
	-0.2	$1 - 0.2 \frac{P_u}{P_{e1}}$

4.5.2.2 P-Δ에 대한 증폭계수 B_2

각 층에 대한 증폭계수 B_2 는 다음과 같이 산정된다.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1 \quad (4.5-6)$$

여기서, P_{story} : 층에 의해 지지되는 전체 수직하중. 이 하중은 횡하중 저항시스템이 아닌 기둥에 작용하는 하중도 포함한 하중조합이다. (N)

$P_{e story}$: 고려하는 변위의 방향으로의 층에 대한 탄성좌굴강도 횡변위 좌굴해석에 의해 산정되거나 다음과 같이 산정된다. (N)

$$P_{e story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (4.5-7)$$

여기서, $R_M = 1 - 0.15(P_{mf}/P_{story})$

L : 층고 (mm)

P_{mf} : 고려되는 변위의 방향으로의 모멘트골조가 있는 층에서 기둥에 작용하는 전체 수직하중 (가새골조시스템에 대해서는 0이다.) (N)

Δ_H : 횡하중에 의한 1차 층간변위 (mm), 해석에서 사용하기 위해 요구되는 강성을 이용하여 계산된다(직접해석법을 사용할 때 4.2.1.3에서 규정한 감소된 강성을 사용). 구조물의 평면상에서 Δ_H 가 변하는 경우에는 중력하중에 비례하는 균변위로 하거나 최대변위로 한다.

H : Δ_H 를 계산하기 위해 사용된 횡하중에 의하여 고려되는 변위의 방향으로 발생하는 층전단력 (N)

집필위원	분야	성명	소속	직급
		박영석	명지대학교	교수
		이명재	중앙대학교	교수
		황의승	경희대학교	교수
		성택룡	포스코	그룹장
		이승은	포스코	책임연구원
		이은택	중앙대학교	교수
		이재석	현대제철	교수
		한종욱	명지대학교	교수
		김철환	경북대학교	교수
		최동호	한양대학교	교수
		김상섭	한국기술교육대학교	교수
		양재근	인하대학교	교수
		박용명	부산대학교	교수
		신동구	명지대학교	교수
		이성철	동국대학교	교수
		유정환	서울과학기술대학교	교수
		김성곤	서울과학기술대학교	교수
		조재병	경기대학교	교수
		배두병	국민대학교	교수
		오창국	국민대학교	교수
		김주우	세명대학교	교수
		심창수	중앙대학교	교수
		이경구	단국대학교	교수
		엄태성	단국대학교	교수
		이철호	서울대학교	교수

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

자문위원	분야	성명	소속
	건축	김규석	동국대학교
	건축	김덕재	중앙대학교
	건축	김동규	서울시립대학교
	건축	김승원	뉴테크구조기술사사무소
	건축	김종락	숭실대학교
	건축	정재철	국민대학교
	건축	최문식	단국대학교
	토목	유철수	고려대학교
	토목	이우현	중앙대학교
	토목	장석윤	서울시립대학교
	토목	장승필	서울대학교
	토목	조효남	한양대학교
	토목	정경섭	충북대학교
	건축	오영석	대전대학교
	건축	김우범	공주대학교
	토목	최상현	한국교통대학교
	건축	신경재	경북대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	구조	황의승	경희대학교
		채규봉	(주)효광엔지니어링
		강철규	경기대학교
		하영철	금오공과대학교
		윤명호	공주대학교
		현인호	(주)인이엔씨

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	송종걸	강원대학교
	조미라	인덕대학교
	이상민	비엔티엔지니어링(주)
	주영해	한국종합기술
	김태진	창민우구조
	노영숙	서울과학기술대학교
	박의수	희림종합건축

국토교통부	성명	소속	직책
	안정훈	국토교통부 기술기준과	과장
	김광진	국토교통부 기술기준과	사무관
	김남철	국토교통부 기술기준과	사무관

설계기준
KDS 14 31 15 : 2017

강구조 골조의 안정성 설계기준(하중저항계수설계법)

2017년 12월 20일 발행

국토교통부

관련단체 한국강구조학회
05801 서울특별시 송파구 송이로 30길21
☎ 02-400-7104 E-mail : kssc@mail.kssc.or.kr, kssc1989@chol.com
<http://www.kssc.or.kr/>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>