

가새 및 링크보요소 모델링 방법

Modeling Techniques for Braces

김대경¹, 김성용², 이철호³, 충남대⁴

2022/6/10

¹조교수, 울산대학교 건축학부

²조교수, 창원대학교 건축공학과

³교수, 서울대학교 건축학과

⁴교수, 충남대학교 건축학과

3.5 가새

3.6 좌굴방지가새

3.7 링크보요소

3.5 가새

3.5 가새

3.5.1 일반사항

이 절은 축력을 받는 가새부재에 적용한다.

3.5.2 가새의 강성

3.5.2.1 선형동적절차

가새부재의 탄성구간 강성은 3.2.2.1절의 선형동적절차에 대한 기둥의 강성에 따른다.

3.2.2 기둥의 강성

기둥 부재의 축력 P 가 예상축항복강도 P_{ye} 의 50%를 초과하는 경우, 탄성부재의 휨강성 EI_c 는 「강구조 골조의 안정성 설계기준 (KDS 14 31 15:2017)」에 따른 강성저감계수 τ_b 를 적용하여 수정한다.

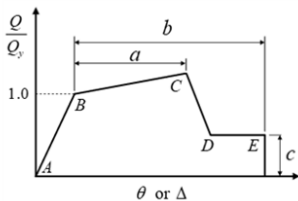
$$\tau_b = \begin{cases} 1.0 & |P| \leq 0.5P_{ye} \\ 4|P|/P_{ye}(1 - |P|/P_{ye}) & |P| > 0.5P_{ye} \end{cases}$$

여기서 P 는 하중조합으로 구해진 소요강도(압축 및 인장)이고, P_{ye} 는 축항복강도($= F_{ye}A_s$)이다.

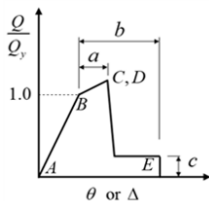
3.5.2 가새의 강성

3.5.2.2 비선형정적절차

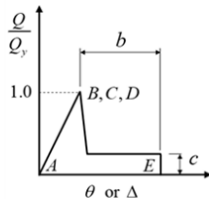
- (1) 가새 부재의 탄성구간 강성은 3.5.2.1에 따라 산정한다.
- (2) 가새 부재는 축력에 대한 효과와 힘에 대한 2차효과를 모두 고려하기 위하여 가새의 중앙에 소성한지가 형성되는 기둥으로 모델링하며 다음을 따른다.
 - ① 가새부재의 축력에 대한 비선형 부재력-변형 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용하거나 일반화된 부재력-변형곡선을 사용한다. 이 때 그림 1-2의 축변형 Δ 는 탄성 및 소성변형 전체를 반영하여야 한다.
 - ② 강접소성한지(rigid plastic hinges)를 사용하는 경우 가새의 축변형은 소성변형만을 고려할 수 있다.
 - ③ 압축을 받는 가새의 경우 표 3-7의 Δ_c 는 예상좌굴하중에서의 압축변형이며, 그림 1-2 B유형의 B' 점에서 발생하는 것으로 모델링한다.
 - ④ 인장을 받는 가새의 경우 표 3-7의 Δ_T 는 예상인장항복하중에서의 인장변형이며, 그림 1-2 B유형의 B 점에서 발생하는 것으로 모델링한다.



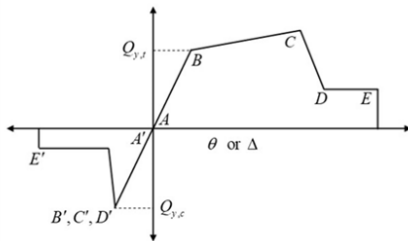
유형 A1



유형 A2



유형 A3



유형 B

그림 1-2 유형별 부재력과 비탄성변형 거동양상

표 3-7 가새부재의 비선형해석절차 모델링 주요변수 및 허용기준

부재 및 조건	모델링 변수			허용기준 (소성회전각, rad.)		
	소성변형		잔류 강도비	즉시 거주	인명 안전	붕괴 방지
	a	b				
압축을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
a. 세장 가새($Kl/r \geq 4.2\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$10\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$8\Delta_c$	$10\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
단일꺾형강	$0.5\Delta_c$	$12\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	$12\Delta_c$
b. 단주 가새($Kl/r \leq 2.1\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$8\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
c. 중간주 가새						
세장 가새와 단주 가새 값의 선형보간 값 사용						
인장을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
1. H형강	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$
2. 쌍꺾형강	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$
3. 각형강관	$9\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$11\Delta_T$
4. 원형강관	$8\Delta_T$	$9\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$7\Delta_T$	$9\Delta_T$
5. 단일꺾형강	$10\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$10\Delta_T$
인장을 받는 기둥 (편심가새골조 기둥 제외)	$5\Delta_T$	$7\Delta_T$	1.0	$0.5\Delta_T$	$6\Delta_T$	$7\Delta_T$
좌굴방지가새	$13.3\Delta_y$	$13.3\Delta_y$	1.0	$3.0\Delta_y$	$10\Delta_y$	$13.3\Delta_y$

3.5.2 가새의 강성

3.5.2.3 비선형동적절차

- (1) 비선형동적절차의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있다.
- (2) 가새 부재의 거동에 관한 실험자료가 없는 경우 3.5.2.2절에 제시된 부재의 일반화된 부재력-변형 모델을 가새의 역량경계(capacity boundary) 또는 포락곡선을 정의하는데 사용할 수 있다.
- (3) 반복하중에 대한 가새의 이력거동이 모델링에 포함되어야 하며, 다음의 사항을 따른다.
 - ① 반복이력하중과 변형경로는 역량경계 또는 포락곡선을 넘어서는 범위에서 교차하지 않아야 한다.
 - ② 서로 다른 요소의 명확한 반복저감 기울기가 상이할 경우, 반복재하 및 제하에 따른 강성저감, 강도저감이나 in-cycle strength degradation을 포함한 반복이력특성을 모델링해야 하며, 실제 거동에 근접하도록 모델링 하여야 한다.

3.5.3 가새의 강도

3.5.3.1 선형동적절차

(1) 변형지배거동인 가새 부재의 예상부재강도 Q_{CE} 는 다음과 같이 산정한다.

- ① 압축력을 받는 가새의 예상부재강도 Q_{CE} 는 가새의 전체좌굴 또는 국부좌굴 한계상태 강도 중 최솟값으로 한다.
- ② 압축력을 받는 가새의 예상압축강도 P_{CE} 는 「건축물 강구조 설계기준」에 따라 산정하며 항복강도는 예상재료강도 F_{ye} 를 사용한다.
대각가새가 중앙에서 교차하고 일반적인 거셋플레이트를 사용하는 일반 X형 가새의 경우, 각 가새의 유효길이는 양방향 좌굴축에 대한 거셋플레이트를 제외한 가새길이에 0.5배한 값을 사용한다.
- ③ V형, 역V형 및 단일가새의 경우, 거셋플레이트를 사용하지 않을 시 가새의 유효길이는 가새 양쪽 단부 사이의 거리를 사용하고, 가새를 강접합할 경우에는 작용점 사이 거리에 0.7배한 값을 사용한다.
- ④ 인장력을 받는 가새의 예상부재강도 Q_{CE} 는 3.2절 기둥의 기준을 따른다.

3.5 가새

3.5.3 가새의 강도

3.5.3.1 선형동적절차

- (2) 힘지배거동인 가새 부재의 하한부재강도 Q_{CL} 은 3.2절 기둥의 기준을 따른다.

ASCE 41-17 9.5.2.4 AC for CBF

Beams, their connections, and supporting members in V-type or inverted V-type braced frames shall be evaluated as force-controlled actions to resist the unbalanced load effects (...).

ASCE 41-17 9.5.3.4 AC for EBF

Shear and flexure in link beams shall be considered deformation-controlled actions. All other actions, and actions on other EBF components, shall be considered force controlled.

AISC 342-XX (Draft): STRUCTURAL STEEL BRACED BRAME

$m = 1$ when the beam is classified as a slender section (...) and the top flange is laterally braced at a spacing exceeding limiting laterally braced length for the limit state of inelastic LTB.

3.5.3 가새의 강도

3.5.3.2 비선형정적 및 동적절차

- (1) 비선형정적절차의 경우 표 3-7에 따라 그림 1-2과 같은 비선형 부재력-변형 관계를 결정한다. 가새의 예상부재강도 Q_{CE} 는 선형절차와 동일한 값을 사용한다.
- (2) 비선형동적절차의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있으며, 포락곡선으로는 표 3-7에 사용된 모델을 적용할 수 있다.

표 3-7 가새부재의 비선형해석절차 모델링 주요변수 및 허용기준

부재 및 조건	모델링 변수			허용기준 (소성회전각, rad.)		
	소성변형		잔류 강도비	즉시 거주	인명 안전	붕괴 방지
	a	b				
압축을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
a. 세장 가새($Kl/r \geq 4.2\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$10\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$8\Delta_c$	$10\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
단일꺾형강	$0.5\Delta_c$	$12\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	$12\Delta_c$
b. 단주 가새($Kl/r \leq 2.1\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$8\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
c. 중간주 가새						
세장 가새와 단주 가새 값의 선형보간 값 사용						
인장을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
1. H형강	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$
2. 쌍꺾형강	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$
3. 각형강관	$9\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$11\Delta_T$
4. 원형강관	$8\Delta_T$	$9\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$7\Delta_T$	$9\Delta_T$
5. 단일꺾형강	$10\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$10\Delta_T$
인장을 받는 기둥 (편심가새골조 기둥 제외)	$5\Delta_T$	$7\Delta_T$	1.0	$0.5\Delta_T$	$6\Delta_T$	$7\Delta_T$
좌굴방지가새	$13.3\Delta_y$	$13.3\Delta_y$	1.0	$3.0\Delta_y$	$10\Delta_y$	$13.3\Delta_y$

3.5.4 가새의 허용기준

3.2.4.1 일반사항

- (1) 중심가새골조의 가새 부재는 변형지배거동으로 분류한다.
- (2) 편심가새골조의 가새 부재는 힘지배거동으로 분류한다.
- (3) 거셋플레이트, 볼트, 용접 및 기타 접합요소를 포함한 가새접합부에 작용하는 압축, 인장, 전단 및 휨은 힘지배거동으로 분류한다.

3.2.4.2 선형동적절차

- (1) 중심가새의 m 계수는 표 3-8을 따른다.
- (2) V형 또는 역V형 가새골조 내 보와 보의 접합부 및 지지부재는 중력하중과 불균형하중 효과에 저항하기 위해 힘지배거동으로 평가하여야 한다.
- (3) 불균형하중 효과는 인장력을 받는 가새의 예상항복강도와 압축력을 받는 가새 예상압축강도의 30%를 사용하여 산정한다.

3.2.4.3 비선형 정적 및 동적절차: 가새 부재의 변형한계는 표 3-2, 3-6 및 3-7을 사용한다.

표 3-8 가새 부재의 선형해석절차 허용기준 (m 계수)

부재 및 조건	즉시 거주	1차부재		2차부재	
		인명 안전	붕괴 방지	인명 안전	붕괴 방지
압축을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)					
a. 세장 가새($Kl/r \geq 4.2\sqrt{E/F_y}$)					
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	6	8	7	9
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	5	7	6	8
각형강관, 원형강관, 단일꺾형강	1.25	5	7	6	8
b. 단주 가새($Kl/r \leq 2.1\sqrt{E/F_y}$)					
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	5	7	6	8
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	4	6	5	7
각형강관, 원형강관	1.25	4	6	5	7
c. 중간주 가새					
인장을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외) ¹⁾	1.25	5	7	8	10
좌굴방지가새 ²⁾	2.3	5.6	7.5	7.5	10

¹⁾ 인장만 받는 가새일 경우 m 계수 값을 2로 나누어 사용할 수 있으나 그 값이 1.25보다는 커야 함

²⁾ 좌굴방지가새 코어의 변형률 최대값이 2.5%를 초과할 수 없음

3.6 좌굴방지가새

3.6.1 일반사항

이 절은 강재코어와 강재코어의 좌굴을 구속하는 좌굴방지 시스템으로 구성되는 좌굴방지가새에 적용한다.

3.6.2 좌굴방지가새의 강성

3.6.2.1 선형동적절차

- (1) 좌굴방지가새 부재의 탄성구간 강성은 좌굴이 구속된 항복코어요소와 전이요소가 직렬로 연결된 것으로 산정하며, 이 때 전이요소는 구속된 항복코어요소의 단부와 거셋플레이트의 접합부의 역학적 특성이 포함되어야 한다.
- (2) 거셋플레이트와 보-기둥 접합부는 가새의 축강성에 대해 상대적으로 강점으로 가정할 수 있다.

3.6.2 좌굴방지가새의 강성

3.6.2.2 비선형정적절차

- (1) 좌굴방지가새 부재의 탄성구간 강성은 3.6.2.1에 따라 산정한다.
- (2) 좌굴방지가새 부재의 비선형 부재력-변형 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용하거나, 그림 1-1과 같은 일반화된 부재력-변형 관계로부터 다음을 따른다.
 - ① Δ_y 는 3.6.3.2절에 정의된 가새의 예상항복강도에 상응하는 축변형으로 그림 3-1 곡선 B점에서의 강도 및 변형이다.
 - ② 기타 모델링 변수는 표 3-7 및 3.5.3.3절을 따른다.
 - ③ 표 3-7의 모델링변수 b 이후의 최대강도 이후 기울기는 잔류강도가 거의 0에 가까울 때까지 음의 항복강성을 사용할 수 있다.

3.6.2 좌굴방지가새의 강성

3.6.2.3 비선형동적절차

좌굴방지가새 부재의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있으며, 포락곡선으로는 3.5.2.2절의 일반화된 하중-변형관계를 해석에 사용할 수 있다.

3.6 좌굴방지가새

3.6.3 좌굴방지가새의 강도

3.6.3.1 일반사항

강재코어로부터 발현될 수 있는 최대강도 산정 시 재료의 변형도경화 효과와 인장강도에 대한 압축 초과강도를 고려한 조정값을 포함시켜야 한다.

3.6.3.2 선형동적절차

- (1) 좌굴방지가새의 예상부재강도 Q_{CE} 는 코어의 순단면적과 예상재료강도 F_{ye} 의 곱으로 산정한다.
- (2) 강도산정 및 모델링을 위한 예상재료강도 F_{ye} 는 설계기준항복응력과 본 가이드의 2장에 정의된 R_y 의 곱으로 산정하며, 예상재료강도 F_{ye} 가 시험에 의해 결정된 경우에는 R_y 를 적용하지 않는다.
- (3) 강재코어로부터 압축에 의해 전달되는 최대 하중은 $\beta\omega Q_{CE}$ 식으로 산정하고, 인장에 의해 전달되는 최대 하중은 ωQ_{CE} 식으로 산정하며 아래의 사항을 따른다.
 - ① β 와 ω 는 각각 압축강도조정계수와 변형도경화조정계수로 「건축물 강구조 설계기준」의 4.19절에 정의된 품질보증 시험에 기초한다.
 - ② 선형동적절차에 대해 시험을 통한 규정이 되지 않은 경우 계수 β 와 ω 의 값을 각각 1.1과 1.3을 사용할 수 있다.

3.6.3 좌굴방지가새의 강도

3.6.3.2 선형동적절차

- (4) 항복강도가 일정한 범위로 규정된 경우, 최대가새강도를 결정하기 위한 예상재료강도 F_{ye} 는 범위 내 최대인장응력을 사용한다.
- (5) 가새 접합부의 하한부재강도 Q_{CL} 는 「건축물 강구조 설계기준」에 따라 산정하며, 재료강도는 하한항복강도 F_{yLB} 를 사용한다.

3.6.3 좌굴방지가새의 강도

3.6.3.6 비선형정적 및 동적절차

- (1) 비선형정적절차의 경우 표 3-1에 따라 그림 1-1과 같은 비선형 부재력-변형 관계를 결정한다. 좌굴방지가새의 예상부재강도 Q_{CE} 는 선형절차와 동일한 값을 사용한다.
- ① 그림 9-2의 C점은 인장에 대해서는 ωQ_{CE} 이고 압축에 대해서는 $\beta \omega Q_{CE}$ 이다.
 - ② 압축강도 산정을 위한 압축강도조정계수 β 및 변형도경화조정계수 ω 는 9.5.4.3.2절 및 「건축물 강구조 설계기준」을 따른다.
- (2) 비선형동적절차의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있으며, 포락곡선으로는 3.5.3.3절에 사용된 모델을 적용할 수 있다.

3.6 좌굴방지가새

3.6.4 좌굴방지가새의 허용기준

3.6.4.1 일반사항

- (1) 인장이나 압축을 받는 가새 부재는 변형지배거동으로 분류한다.
- (2) 거셋플레이트, 볼트, 용접 및 기타 접합요소를 포함한 가새접합부에 작용하는 압축, 인장, 전단 및 휨은 힘지배거동으로 분류한다.
- (3) 유사한 접합상세에 대하여 실험으로 거동이 규명된 경우 거셋플레이트는 변형이 지배하는 것으로 고려할 수 있다.

3.6.4.2 선형동적절차

- (1) 강재요소의 m 계수는 표 3-8을 따른다.
- (2) 표 3-1의 m 계수는 「건축물 강구조 설계기준」의 절차에 따른 실험결과가 제출된 경우에만 허용된다.
- (3) 「건축물 강구조 설계기준」의 변형항목 Δ_{bm} 은 BSE-1E 위험도에서 최대 100% 또는 BSE-2E나 BSE-2N 위험도에서 최대 65%까지 허용된다.

표 3-8 가새 부재의 선형해석절차 허용기준 (m 계수)

부재 및 조건	즉시 거주	1차부재		2차부재	
		인명 안전	붕괴 방지	인명 안전	붕괴 방지
압축을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)					
a. 세장 가새($Kl/r \geq 4.2\sqrt{E/F_y}$)					
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	6	8	7	9
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	5	7	6	8
각형강관, 원형강관, 단일꺾형강	1.25	5	7	6	8
b. 단주 가새($Kl/r \leq 2.1\sqrt{E/F_y}$)					
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	5	7	6	8
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	1.25	4	6	5	7
각형강관, 원형강관	1.25	4	6	5	7
c. 중간주 가새					
인장을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외) ¹⁾	1.25	5	7	8	10
좌굴방지가새 ²⁾	2.3	5.6	7.5	7.5	10

¹⁾ 인장만 받는 가새일 경우 m 계수 값을 2로 나누어 사용할 수 있으나 그 값이 1.25보다는 커야 함

²⁾ 좌굴방지가새 코어의 변형률 최대값이 2.5%를 초과할 수 없음

3.6.4 좌굴방지가새의 허용기준

3.6.4.3 비선형 정적 및 동적절차

- (1) 요소의 변형한계는 표 3-2, 3-6 및 3-7의 값을 사용한다.
- (2) 표 3-7의 허용기준 및 모델링 변수는 「건축물 강구조 설계기준」의 절차에 따른 실험결과가 제출된 경우에만 허용된다.
- (3) 「건축물 강구조 설계기준」의 변형항목 Δ_{bm} 은 BSE-1E 위험도에서 최대 100% 또는 BSE-2E나 BSE-2N 위험도에서 최대 65%까지 허용된다.

표 3-7 가새부재의 비선형해석절차 모델링 주요변수 및 허용기준

부재 및 조건	모델링 변수			허용기준 (소성회전각, rad.)		
	소성변형		잔류 강도비	즉시 거주	인명 안전	붕괴 방지
	a	b				
압축을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
a. 세장 가새($Kl/r \geq 4.2\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$10\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$8\Delta_c$	$10\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$9\Delta_c$
단일꺾형강	$0.5\Delta_c$	$12\Delta_c$	0.3	$0.5\Delta_c$	$9\Delta_c$	$12\Delta_c$
b. 단주 가새($Kl/r \leq 2.1\sqrt{E/F_y}$)						
H형강, 면내좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$8\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
면외좌굴 한계상태의 쌍꺾형강/쌍ㄷ형강	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
각형강관, 원형강관	$1\Delta_c$	$7\Delta_c$	0.5	$0.5\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
c. 중간주 가새						
세장 가새와 단주 가새 값의 선형보간 값 사용						
인장을 받는 가새(편심가새골조 가새 제외)						
1. H형강	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$10\Delta_T$	$13\Delta_T$
2. 쌍꺾형강	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$9\Delta_T$	$12\Delta_T$
3. 각형강관	$9\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$11\Delta_T$
4. 원형강관	$8\Delta_T$	$9\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$7\Delta_T$	$9\Delta_T$
5. 단일꺾형강	$10\Delta_T$	$11\Delta_T$	0.6	$0.5\Delta_T$	$8\Delta_T$	$10\Delta_T$
인장을 받는 기둥 (편심가새골조 기둥 제외)	$5\Delta_T$	$7\Delta_T$	1.0	$0.5\Delta_T$	$6\Delta_T$	$7\Delta_T$
좌굴방지가새	$13.3\Delta_y$	$13.3\Delta_y$	1.0	$3.0\Delta_y$	$10\Delta_y$	$13.3\Delta_y$

3.7 링크보요소

3.7 링크보

3.7.1 일반사항

- (1) 이 절은 편심가새골조의 구성요소인 링크보에 적용한다.
- (2) 링크보는 가새골조를 구성하는 여러 부재의 작용선이 단일 지점에서 교차하지 않고, 작용점 간의 거리(편심거리 e)가 접합부에 연결된 가장 작은 부재의 폭을 초과해야 한다.

링크보 거동의 분류

$l_b \geq 2.6M_{CE}/V_{CE}$: 링크보 부재는 휨지배거동 \rightarrow 3.7절 링크보

$l_b < 1.6M_{CE}/V_{CE}$: 링크보 부재는 전단지배거동 \rightarrow 3.7절 링크링크보요소

Otherwise: 링크보 부재는 휨-전단지배 \rightarrow 링크보의 길이에 따라 선형링크보간

3.7.2 링크보의 강성

3.7.2.1 선형동적절차

- (1) 링크보의 부재력-변형 모델은 전단변형과 휨변형을 포함하여야 한다.
- (2) 링크보의 탄성구간 강성 K_e 는 아래 식을 사용하여 산정할 수 있다.

$$K_e = \frac{12EI}{e^3(1 + \eta)}$$

2022년 한국강구조학회 학술발표대회, 제주

3.7 링크보

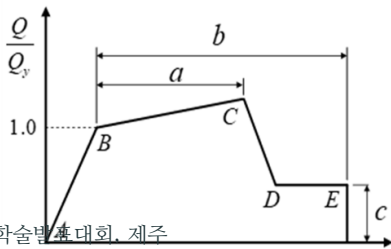
3.7.2 링크보의 강성

3.7.2.2 비선형정적절차

- (1) 링크보 부재의 탄성구간 강성은 3.7.2.1에 따라 산정한다.
- (2) 링크보 부재의 비선형 부재력-변형 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용하거나, 그림 1-1과 같은 일반화된 부재력-변형 관계로부터 3.1.2.2절을 다음을 따른다.
- (3) 링크보의 항복회전각은 아래 식을 사용하여 산정한다.

$$\theta_y \equiv \gamma_y = \frac{Q_{CE}}{K_e e}$$

여기서 Q_{CE} 는 3.7.3절에 따라 산정한 링크보요소의 예상부재강도이고, K_e 는 링크보요소의 탄성구간 강성이다.



3.7.2 링크보의 강성

3.7.2.3 비선형동적절차

링크보 부재의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있다.

표 3-1 보 부재의 비선형해석절차 모델링 변수 및 허용기준

부재 및 조건		모델링 변수			허용기준 (소성회전각, rad.)		
		소성회전각 (rad.)		잔류 강도비	즉시거주	인명안전	붕괴방지
		a	b	c			
보 - 휨	내진조밀단면 ¹⁾	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
	비조밀단면 ²⁾	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
	내진조밀단면과 비조밀단면 사이	플랜지 또는 웨브의 판폭두께비에 따라 선형보간 ³⁾					
보/링크보 - 전단 ($l_b \leq 1.6M_{CE}/V_{CE}$)		0.15	0.17	0.8	0.005	0.14	0.16
보/링크보 - 휨-전단 ($1.6M_{CE}/V_{CE} \leq l_b < 2.6M_{CE}/V_{CE}$)		보의 길이에 따라 보-휨과 보-전단에 대해 선형보간					

¹⁾ $b/t_f \leq 0.30\sqrt{E/F_{ye}}$ 이고 $h/t_w \leq 2.45\sqrt{E/F_{ye}}$

²⁾ $b/t_f > 0.38\sqrt{E/F_{ye}}$ 이거나 $h/t_w > 3.76\sqrt{E/F_{ye}}$

³⁾ 주어진 단면 플랜지와 웨브 각각의 판폭두께비에 대해 내진조밀단면과 비조밀단면 조건치로부터 선형보간한 모델링 변수와 허용기준값을 구하고, 이들 두 값 중 작은 값을 모델링 변수와 허용기준으로 택함

3.7.3 링크보의 강도

3.7.3.7 선형동적절차

- (1) 링크보의 예상부재강도 Q_{CE} 는 예상전단강도 V_{CE} 혹은 예상휨강도 M_{CE} 에 의해 지배된다.
- (2) 전단항복에 의해 지배될 경우, 링크보의 예상부재강도 $Q_{CE}(=Q_y = V_{CE})$ 는 아래 식을 통해 산정한다.

$$V_{CE} = V_y = \begin{cases} 0.6F_{ye}A_s & \frac{|P|}{P_{ye}} \leq 0.2 \\ 0.6F_{ye}A_s \sqrt{1 - \left(\frac{|P|}{P_{ye}}\right)^2} & \frac{|P|}{P_{ye}} > 0.2 \end{cases}$$

- (3) 휨항복의 경우 링크보의 예상부재강도 $Q_{CE}(=Q_y = V)$ 는 예상휨강도에서 소요전단강도로 변환하여 아래 식을 통해 산정한다.

$$V = 2M_{CE}/e$$

3.7.3 링크보의 강도

3.7.3.2 비선형정적 및 동적절차

- (1) 비선형정적절차의 경우 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있으며, 3.7.2.2절의 비선형 부재력-변형 관계를 결정한다.
- (2) 비선형동적절차의 이력거동 모델링은 실험이나 정밀해석을 통해 얻어진 관계를 사용할 수 있으며, 포락곡선으로는 표 3-1에 사용된 모델을 적용할 수 있다.

3.7.4 링크보의 허용기준

3.2.4.1 일반사항

링크보는 전단과 휨에 대해 변형지배거동으로 분류한다.

3.2.4.2 선형동적절차

- (1) 링크보의 휨 및 전단거동에 대한 m 계수는 표 3-2를 따른다.
- (2) 링크보의 상세는 「건축물 강구조 설계기준」의 요구사항을 만족하여야 한다.
- (3) 편심가새골조 내의 링크보에 연결된 가새, 기둥 및 기타 요소는 링크보의 예상휨강도 M_{CE} 와 예상전단강도 V_{CE} 중 작은 값의 1.25배가 되도록 설계한다.
- (4) 압축강도비 P_{UF}/P_{ye} 가 0.6을 초과하는 링크보는 모든 조건에서 탄성범위 이내에 있어야 하며 m 계수는 1.0을 적용한다.

3.2.4.2 비선형 정적 및 동적절차

- (1) 링크보의 변형한계는 표 3-2, 3-6과 3-7를 따른다.
- (2) 압축강도비 P_{UF}/P_{ye} 가 0.6을 초과하는 링크보는 모든 조건에서 탄성범위 이내에 있어야 하며 허용소성회전각은 0을 적용한다.

표 3-1 보 부재의 비선형해석절차 모델링 변수 및 허용기준

부재 및 조건		모델링 변수			허용기준 (소성회전각, rad.)		
		소성회전각 (rad.)		잔류 강도비	즉시거주	인명안전	붕괴방지
		a	b	c			
보 - 휨	내진조밀단면 ¹⁾	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
	비조밀단면 ²⁾	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
	내진조밀단면과 비조밀단면 사이	플랜지 또는 웨브의 판폭두께비에 따라 선형보간 ³⁾					
보/링크보 - 전단 ($l_b \leq 1.6M_{CE}/V_{CE}$)		0.15	0.17	0.8	0.005	0.14	0.16
보/링크보 - 휨-전단 ($1.6M_{CE}/V_{CE} \leq l_b < 2.6M_{CE}/V_{CE}$)		보의 길이에 따라 보-휨과 보-전단에 대해 선형보간					

¹⁾ $b/t_f \leq 0.30\sqrt{E/F_{ye}}$ 이고 $h/t_w \leq 2.45\sqrt{E/F_{ye}}$

²⁾ $b/t_f > 0.38\sqrt{E/F_{ye}}$ 이거나 $h/t_w > 3.76\sqrt{E/F_{ye}}$

³⁾ 주어진 단면 플랜지와 웨브 각각의 판폭두께비에 대해 내진조밀단면과 비조밀단면 조건치로부터 선형보간한 모델링 변수와 허용기준값을 구하고, 이들 두 값 중 작은 값을 모델링 변수와 허용기준으로 택함

표 3-2 보 부재의 선형해석절차 허용기준 (m 계수)

부재 및 조건		즉시거주	1차부재		2차부재	
			인명 안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지
보 - 휨	내진조밀단면 ¹⁾	2	6	8	10	12
	비조밀단면 ²⁾	1.25	2	3	3	4
	내진조밀단면과 비조밀단면 사이	플랜지 또는 웨브의 판폭두께비에 따라 선형보간 ³⁾				
보/링크보 - 전단 ($l_b \leq 1.6M_{CE}/V_{CE}$)		1.5	9	13	13	15
보/링크보 - 휨-전단 ($1.6M_{CE}/V_{CE} \leq l_b < 2.6M_{CE}/V_{CE}$)		보의 길이에 따라 보-휨과 보-전단에 대해 선형보간				

¹⁾ $b/t_f \leq 0.30\sqrt{E/F_{ye}}$ 이고 $h/t_w \leq 2.45\sqrt{E/F_{ye}}$

²⁾ $b/t_f > 0.38\sqrt{E/F_{ye}}$ 이거나 $h/t_w > 3.76\sqrt{E/F_{ye}}$

³⁾ 주어진 단면 플랜지와 웨브 각각의 판폭두께비에 대해 내진조밀단면과 비조밀단면 조건치로부터 선형보간한 모델링 변수와 허용기준값을 구하고, 이들 두 값 중 작은 값을 모델링 변수와 허용기준으로 택함

경청해 주셔서 감사합니다.