

KDS 14 31 25 : 2017

강구조 연결 설계기준 (하중저항계수설계법)

2017년 12월 20일 개정

<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부



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	• 하중저항계수설계법에 의한 기준 제정	제정 (2009.12)
하중저항계수설계법에 의한 강구조설계기준	• 골조의 안정성, 플레이트 거더 및 곡선박스거더교의 휨설계, 피로 및 파단에 대해 개정	개정 (2014.5)
KDS 14 31 25 : 2016	• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계”전환에 따른 건설기준을 코드로 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 14 31 25 : 2017	• 철강재 KS 개정에 따른 주요 기계적 성질인 강도, 연신율 등의 조정 및 세부규정 개정	개정 (2017.12)

제 정 : 2016 년 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 공통사항	1
4.2 거더이음	21
4.3 강관구조접합	24



강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

1. 일반사항

이 기준의 규정은 강구조물 연결부의 설계에 적용한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

KDS 14 31 05(3)에 따른다.

4. 설계

4.1 공통사항

4.1.1 일반사항

4.1.1.1 설계일반

- (1) 접합부의 설계강도 ϕR_n 은 이 기준과 KDS 14 31 05에 따라 산정한다.
- (2) 접합부의 소요강도는 명시된 설계하중에 대한 구조해석에 의해 결정되어야 한다.
- (3) 접합부 설계에 사용되는 힘과 변형은 구조해석 시 적용한 접합부의 의도된 성능 및 가정과 일치해야 한다.
- (4) 축력을 받는 부재의 축이 한 점에서 만나지 않을 경우에는 편심의 영향을 고려해야 한다.
- (5) 건축 구조물 접합부는 건축강구조 표준접합상세지침에 따르고 그렇지 않을 경우 구조상의 안전에 이상이 없도록 해야 한다.

4.1.1.2 단순접합

- (1) 단순접합부는 무시할 정도로 작은 모멘트를 전달한다. 단순접합부는 구조해석 시에 회전이 구속되지 않은 것으로 가정한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

- (2) 설계도서에서 별도 지정이 없는 한 작은 보, 큰 보 또는 트러스 부재의 단순접합은 회전에 대해 유연하게 설계해야 하며, 접합부에서 전달하는 축력 및 전단력에 대해서만 설계하는 것이 허용된다.
- (3) 단순접합부는 부재의 단부 회전을 수용할 수 있어야 한다. 구조해석에 의한 소요 회전을 흡수할 수 있는 충분한 회전용량을 갖고 있어야 한다. 보의 단부 회전을 수용하기 위한 접합부의 자체 제한적 비탄성 변형은 허용된다.

4.1.1.3 모멘트접합

- (1) 모멘트접합부는 모멘트를 전달한다. 접합부의 회전이 무시할 정도로 작은 완전 모멘트 접합부와 무시하지 못할 정도인 부분 모멘트접합부가 있다.
- (2) 완전 모멘트접합부는 구조해석 시 접합부에서 회전이 발생하지 않는 것으로 가정한다. 완전 모멘트접합부는 강도한계상태에서 접합되는 부재들 사이의 각도가 원상태로 유지될 수 있도록 충분한 강도와 강성을 갖고 있어야 한다.
- (3) 부분 모멘트접합부는 구조해석 시 접합부의 하중-회전각 관계를 포함시켜야 한다. 부분 모멘트접합부는 접합부 요소들이 강도한계상태에서 충분한 강도와 변형용량을 갖고 있어야 한다.
- (4) 작은 보, 큰 보 및 트러스 부재의 모멘트접합은 축력과 전단력뿐만 아니라 접합부의 휨 강성으로 인하여 유발되는 모멘트와의 조합력에 대해서 설계해야 한다.

4.1.1.4 편심접합

편심력이 작용하는 접합부에서는 편심의 영향을 고려해야 한다. 책임구조기술자가 확인한 경우에 소성회전중심법을 적용하여 접합부의 해석 및 설계를 할 수 있다.

4.1.1.5 기둥의 이음 및 선단밀착접합

- (1) 기둥이 지압판으로 지지되거나 또는 이음부에서 선단지지 되도록 가공된 경우에는 모든 부분들이 안전하게 제 위치를 유지할 수 있도록 충분한 연결재들이 있어야 한다.
- (2) 기둥 이외의 압축부재가 선단지지 되도록 가공된 경우에는 이음판과 연결재들이 모든 부분을 제 위치에 유지할 수 있도록 배치되어야 하며, 다음의 ① 또는 ②의 조건 중 하나에 따라 설계되어야 한다. 두 가지 조건 중 엄격하지 않은 조건의 적용도 허용된다.
 - ① 소요압축강도의 50%에 해당하는 축방향 인장력
 - ② 소요압축강도의 2%에 해당하는 횡방향 하중으로 인한 휨모멘트와 전단력. 횡방향 하중은, 부재에 작용하는 다른 하중을 제외하고, 이음부에 작용시켜야 한다. 부재는 편 연결된 것으로 가정하여 이음부의 전단과 휨모멘트를 정한다.

4.1.1.6 접합부의 최소강도

접합부의 설계강도는 45 kN 이상이어야 한다. 다만, 연결재, 새그로드 또는 띠장은 제외한다.

4.1.1.7 용접 또는 볼트의 배열

- (1) 편심에 대한 별도의 검토가 없는 경우, 축방향 힘을 전달하는 부재의 단부에서 용접이나 볼트의 군은 그 군의 중심이 부재의 중심과 일치하도록 배열해야 한다.
- (2) 정적하중을 받는 Γ 형강, 쌍 Γ 형강 부재 또는 이와 유사한 부재의 단부접합에서는 상기 (1)을 적용하지 않는다.

4.1.1.8 용접과 볼트의 병용

- (1) 볼트접합은 용접과 조합해서 하중을 부담시킬 수 없다. 이러한 경우 용접이 전체하중을 부담하는 것으로 한다.
- (2) 다만 전단접합에는 용접과 볼트의 병용이 허용된다. 표준구멍과 하중방향에 직각인 단슬롯의 경우 볼트접합과 하중방향에 평행한 필릿용접이 하중을 각각 분담할 수 있다. 이때 볼트의 설계강도는 지압볼트접합 설계강도의 50%를 넘지 않도록 한다.
- (3) 마찰볼트접합으로 이미 시공된 구조물을 개축할 경우 고장력볼트는 이미 시공된 하중을 받는 것으로 가정하고 병용되는 용접은 추가된 소요강도를 받는 것으로 용접설계를 병용할 수 있다.

4.1.1.9 볼트와 용접접합의 제한

다음의 접합부에 대해서는 용접 또는 마찰접합을 사용해야 한다.

- (1) 높이가 38 m 이상인 다층 구조물의 기둥이음부
- (2) 높이가 38 m 이상인 구조물의 기둥-보 연결부와 기둥가새가 연결된 모든 보의 접합부
- (3) 용량 50 kN 이상의 크레인을 설치한 구조물의 지붕트러스 이음부, 지붕트러스와 기둥 연결부, 기둥 이음부, 기둥가새, 크레인 지지부
- (4) 기둥-보 모멘트접합부에서 볼트가 용접과 병용될 경우에 마찰볼트접합을 사용
- (5) 기계받침과 교량 등과 같이 동적 하중을 받는 구조물의 접합부

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.1.10 이음부 설계세칙

- (1) 응력을 전달하는 필릿용접의 최소유효길이는 공칭용접치수의 10배 이상 또한 30 mm 이상을 원칙으로 한다.
- (2) 응력을 전달하는 겹침이음은 2열 이상의 필릿용접을 원칙으로 하고, 겹침길이는 얇은쪽 판 두께의 5배 이상 또한 20 mm 이상으로 한다.
- (3) 고장력볼트의 공칭구멍직경은 표 4.1-1에 따른다.
- (4) 고장력볼트의 구멍중심간의 거리는 공칭직경의 2.5배를 최소거리로 하고 3배를 표준거리로 한다.
- (5) 고장력볼트의 구멍중심에서 피접합재의 연단까지의 최소거리는 연단부 가공방법을 고려하여 표 4.1-2에 따른다.
- (6) 고장력볼트의 구멍중심에서 볼트머리 또는 너트가 접하는 부재의 연단까지의 최대거리는 판 두께의 12배 이하 또한 150 mm이하로 한다.

표 4.1-1 고장력볼트의 공칭구멍 치수 (mm)

고장력볼트의 직경	표준구멍의 직경	과대구멍의 직경	단슬롯	장슬롯
M16	18	20	18 × 22	18 × 40
M20	22	24	22 × 26	22 × 50
M22	24	28	24 × 30	24 × 55
M24	27	30	27 × 32	27 × 60
M27	30	35	30 × 37	30 × 67
M30	33	38	33 × 40	33 × 75

표 4.1-2 볼트중심에서 연단까지 최소거리 (mm)

볼트의 공칭 직경(mm)	연단부의 가공방법	
	전단절단, 수동가스절단	압연형강, 자동가스절단, 기계가공마감
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42	30
27	48	34
30	52	38
30 초과	1.75 d	1.25 d

4.1.2 용접

4.1.2.1 그루브용접

4.1.2.1.1 완전용입 그루브용접

- (1) 모재의 규정 항복강도와 인장강도 이상이 되도록 용접된 완전용입 그루브용접의 공칭강도는 접합되는 모재 중 공칭강도가 작은 쪽 값으로 한다.
- (2) 인장강도 600 MPa 이상의 강종에 대해 언더매칭 용접을 한 경우에는 용접금속의 인장강도를 기준으로 공칭강도를 정한다.

4.1.2.1.2 부분용입 그루브용접

- (1) 부분용입 그루브용접의 유효목두께는 $\sqrt{2t}$ (mm) 이상으로 한다. 여기서, t 는 접합부의 두꺼운 쪽 판의 두께이다. 단, 부분용입 그루브용접의 유효목두께는 얇은 쪽 판의 두께 이하이어야 한다.
- (2) 부분용입 그루브용접의 용접방법 및 그루브 형상에 따른 유효목두께는 표 4.1-3에 따른다.
- (3) 부분용입 그루브용접의 유효면적은 용접의 유효길이에 유효목두께를 곱한 것으로 한다.
- (4) 부분용입 그루브용접의 공칭강도는 용접축에 평행으로 작용하는 인장 또는 압축에 대해서는 고려할 필요가 없으며, 그 외의 경우에는 표 4.1-5에 따른다.

표 4.1-3 부분용입그루브용접의 유효목두께

용접방법	용접자세	그루브 형상	유효목두께
SMAW GMAW	모든 자세	J 또는 U 그루브, 60° V 그루브	그루브 깊이
SAW	아래보기 자세	J 또는 U 그루브, 60° 베벨 또는 V 그루브	
GMAW FCAW	아래보기 자세 수평 자세	45° 베벨	
SMAW	모든 자세	45° 베벨	그루브 깊이에서 3mm 공제
GMAW FCAW	수직 자세 위보기 자세		

4.1.2.2 필릿용접

4.1.2.2.1 유효면적

- (1) 필릿용접의 유효면적은 유효길이에 유효목두께를 곱한 것으로 한다.
- (2) 필릿용접의 유효길이는 필릿용접의 총길이에서 용접치수의 2배를 공제한 값으로 한다.
- (3) 필릿용접의 유효목두께는 용접치수의 0.7배로 한다. 접합하는 두 부재사이의 각도가 90°가 아닌 경우, 또는 용접 다리의 크기가 서로 다른 경우의 필릿용접 유효목두께는 용접루트를 꼭지점으로, 용접 외측면을 밑변으로 하는 용접단면 내접 삼각형의 높이로 한다.
- (4) 플러그용접과 슬롯용접의 유효길이는 목두께의 중심을 잇는 용접중심선의 길이로 한다.

4.1.2.2.2 제한사항

- (1) 필릿용접의 최소치수는 표 4.1-4에 따른다.

표 4.1-4 필릿용접의 최소치수 (mm)

접합부의 두꺼운 쪽 소재 두께 t	필릿용접의 최소치수
$t < 6$	3
$6 \leq t < 13$	5
$13 \leq t < 20$	6
$20 \leq t$	8

- (2) 겹침이음의 필릿용접 최대치수 s 는 연단이 용접되는 판의 두께 t 에 대해서,
 - ① $t < 6 \text{ mm}$ 일 때, $s = t$
 - ② $t \geq 6 \text{ mm}$ 일 때, $s = t - 2 \text{ mm}$
- (3) 강도를 기반으로 하여 설계되는 필릿용접의 최소길이는 공칭용접치수의 4배 이상으로 하여야 한다. 또는 유효용접치수는 그 유효길이의 1/4 이하로 하여야 한다.
- (4) 평판 인장재의 단부에 길이방향으로 필릿용접이 될 경우 각 필릿용접의 길이는 이들 용접의 직각방향 간격보다 길게 해야 한다. 이때 인장재의 유효 순단면적은 4.1.2.3에 따른다.
- (5) 부재 단부에 용접된 필릿용접의 길이가 용접치수의 100배 이내인 경우에는 실제 용접된 길이를 유효길리로 사용할 수 있다. 용접길이가 용접치수의 100배를 초과하고, 300배 이하인 경우에는 실제 용접된 길이에 다음의 감소계수, β 를 곱한 값을 필릿용접의 유효길리로 한다.

$$\beta = 1.2 - 0.002 \left(\frac{l}{z} \right) \leq 1.0 \quad (4.1-1)$$

여기서, l : 부재 단부 필릿용접의 실제 길이 (mm)

z : 필릿용접의 치수 (mm)

용접길이가 용접치수의 300배를 초과하는 경우에는 용접치수의 180배를 필릿용접의 유효길
이로 한다.

- (6) 단속 필릿용접은 연결부 또는 겹친 면사이의 힘을 전달하거나 조립부재의 요소를 서로 접합
하는데 사용할 수 있다. 단속 필릿용접의 한 세그먼트 길이는 용접치수의 4배 이상이며 최소
40 mm이어야 한다.
- (7) 겹침이음의 경우 최소 겹침길이는 연결부의 얇은 쪽 판 두께의 5배 또는 25 mm로 한다.
- (8) 축방향력을 받는 부재의 겹침이음이 횡방향 필릿용접만으로 된 경우 겹쳐진 부재의 양쪽 단
부는 필릿용접을 해야 한다. 그러나 최대하중 작용 시에 접합부가 벌어지지 않도록 겹친 부분
의 변형이 충분히 구속된 경우에는 예외로 한다.

4.1.2.3 플러그 및 슬롯용접

4.1.2.3.1 유효면적

플러그 및 슬롯용접의 유효전단면적은 접합면에서의 구멍 또는 슬롯의 공칭단면적으로 한다.

4.1.2.3.2 제한사항

- (1) 플러그 및 슬롯용접은 겹침이음부에서의 전단력 전달, 겹침이음한 요소들 사이의 벌어짐 또
는 좌굴을 방지, 조립단면의 요소들 사이의 접합 등을 위해 사용할 수 있다.
- (2) 플러그용접을 위한 구멍의 직경은 구멍이 있는 판의 두께에 8 mm를 더한 값 이상, 용접 두께
의 2.25배 또는 최소 직경에 3 mm를 더한 값 이하로 한다.
- (3) 플러그용접의 최소 중심간격은 공칭구멍직경의 4배로 한다.
- (4) 슬롯용접의 슬롯길이는 용접두께의 10배 이하로 한다. 슬롯의 폭은 슬롯이 있는 판의 두께에
8 mm를 더한 값 이상, 용접두께의 2.25배 이하로 한다. 슬롯의 끝부분은 반원형, 또는 귀통이
를 판두께 이상의 반지름으로 둥글게 해야 한다.
- (5) 슬롯용접 길이에 횡방향인 슬롯용접선의 최소간격은 슬롯 폭의 4배로 한다. 길이방향의 최
소 중심간격은 슬롯길이의 2배로 한다.
- (6) 슬롯용접선의 횡방향 최소간격은 슬롯 폭의 4배로 한다. 길이방향의 최소 중심간격은 슬롯
길이의 2배로 한다.
- (7) 플러그 및 슬롯용접의 두께는 판 두께 16 mm 이하의 경우 판 두께와 동일하게 하고, 16 mm
를 초과하는 경우에는 판 두께의 1/2 이상으로 하되 최소 16 mm로 한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.2.3 공칭강도

플러그 및 슬롯용접의 공칭강도는 표 4.1-5에 따른다.

4.1.2.4 설계강도

- (1) 용접의 단위길이당 설계강도, ϕR_n 은 식 (4.1-2)와 같이 구하며, 식 (4.1-3)에 따른 용접 단위 길이당 소요강도, P_u 이상이어야 한다.

$$\phi R_n = \phi F_{nw} A_w \quad (4.1-2)$$

단, ϕ 와 F_{nw} 의 값은 표 4.1-5에 따른다.

- (2) 필릿용접의 단위길이 당 소요강도, P_u 는 용접의 단위길이 당 작용하는 모든 방향의 힘들의 합력의 크기이다. 여기서 합력의 크기는 임의의 방향으로 작용하는 힘들의 벡터 합으로 구할 수 있으며, 작용하는 힘을 용접의 유효면에서 서로 직각인 3방향으로 구분한 경우에는 다음 식과 같이 계산할 수 있다.

$$P_u = \sqrt{P_{\perp}^2 + V_{\perp}^2 + V_{\parallel}^2} \quad (4.1-3)$$

여기서, $P_{\perp}$: 필릿용접의 유효면에 작용하는 수직력

$V_{\perp}$: 필릿용접의 유효면에서 용접축에 직각방향으로 작용하는 전단력

$V_{\parallel}$: 필릿용접의 유효면에서 용접축에 평행으로 작용하는 전단력

표 4.1-5 용접부 용력의 공칭강도 (MPa)

용접구분	용력구분	공칭강도 (F_{nw})	저항계수 (ϕ)
완전용입 그루브용접	용접축에 직각인 인장	모재와 동일 (9.1.2.1.1)	
	용접축에 직각인 압축	모재와 동일 (9.1.2.1.1)	
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음	
	전단	$0.6 F_u^{1)}$	0.8
부분용입 그루브용접	용접축에 직각인 인장	$0.6 F_u^{1), 2)}$	0.8
	9.1.1.4(1)에 따른 기둥의 선단밀착접합부 압축	별도 검토하지 않음	
	9.1.1.4(2)에 따른 기둥 외의 선단밀착접합부 압축	$0.6 F_u^{1)}$	0.8
	선단밀착접합부 외의 압축	$0.9 F_u^{1)}$	0.8
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음	
	전단	$0.6 F_u^{1), 2)}$	0.75

용접구분	용력구분	공칭강도 (F_{nw})	저항계수 (ϕ)
필릿용접	전단	$0.6 F_u^{1), 2)}$	0.75
	용접축에 평행한 인장, 압축	별도 검토하지 않음	
플러그, 슬롯용접	접합면에 평행한 전단	$0.6 F_u^{1), 2)}$	0.75

주 1) 용접부 모재의 인장강도이며, 언더매칭용접의 경우에는 용접재의 인장강도를 적용한다.

주 2) 인장강도 600MPa의 강종(HSB460)은 $0.56 F_u$, 800MPa의 강종(HSA650, HSB690)은 $0.45 F_u$ 를 적용하며, 인장강도가 이들 사이인 강종의 경우에는 보간법을 적용한다.

- (3) 책임구조기술자가 별도로 용접재의 강도 등급을 선택하여 용접부를 설계하는 경우에는 상기 (1) 대신에 용접재와 모재의 강도를 고려하여 용접부의 강도를 결정할 수 있다.
- (4) KCS 14 31 20에 따른 품질관리 구분 ‘나’의 구조물 중 용접검사 비파괴시험을 면제한 경우, 필릿용접부에 대해서는 식 (4.1-2)에 의해 계산한 값의 50%를 용접의 단위길이 당 설계강도 값으로 취한다.

4.1.2.5 용접의 병용

접합부에서 2가지 이상의 용접유형(그루브용접, 필릿용접, 플러그용접, 슬롯용접)을 병용할 경우, 용접군의 축에 대하여 각각 구분하여 계산해야 한다.

4.1.3 볼트

4.1.3.1 고장력볼트

- (1) 모든 고장력볼트는 너트회전법, 직접인장측정법, 토크관리법, T/S볼트 등을 사용하여 표 4.1-7에 주어진 설계볼트장력 이상으로 조여야 한다.
- (2) 마찰접합에서 하중이 접합부의 단부를 향할 때는 적절한 설계지압강도를 갖도록 4.1.3.5에 따라 검토해야 한다.
- (3) 다음의 경우에는 밀착조임을 사용할 수 있다. 여기서, 밀착조임이란 임팩트렌치로 수 회 또는 일반렌치로 최대로 조여서 접합되는 판들이 서로 충분히 밀착된 상태가 된 볼트 조임을 말한다. 밀착조임은 설계도면과 시공도면에 명확히 표기해야 한다.
- ① 지압접합
 - ② 진동이나 하중변화에 따른 고장력볼트의 풀림이나 피로를 설계에 고려할 필요가 없는 F8T의 경우

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.3.2 일반볼트

- (1) 일반볼트는 영구적인 구조물에 구조용으로는 사용할 수 없으며, 가체결용으로만 허용한다.
- (2) 일반볼트의 인장과 전단강도는 표 4.1-6에 따른다.
- (3) 일반볼트의 접합에서 인장과 전단의 조합의 경우에는 4.1.3.4에 따른다.
- (4) 일반볼트 구멍의 지압강도는 4.1.3.5에 따른다.

4.1.3.3 볼트의 인장 및 전단강도

- (1) 밀착조임 볼트, 장력도입 볼트, 또는 나사 강봉의 설계인장강도 또는 설계전단강도 ϕR_n ($\phi = 0.75$)은 인장과단과 전단과단의 한계상태에 대하여 다음과 같이 산정한다.

$$R_n = F_n A_b \quad (4.1-4)$$

여기서, F_n : 표 4.1-6에 따른 공칭인장강도 F_{nt} , 또는 공칭전단강도

F_{nv} (MPa)

A_b : 볼트, 또는 나사 강봉의 나사가 없는 부분의 공칭단면적 (mm²)

- (2) 소요인장강도는 접합부의 변형에 의한 지레작용을 고려한 인장력으로 한다.

표 4.1-6 볼트의 공칭강도 (MPa)

강도		고장력볼트			일반볼트
		F8T	F10T	F13T	4.6 ⁵⁾
공칭인장강도, F_{nt} ¹⁾		600	750	975	300
지압접합의 공칭 전단강도, F_{nv} ²⁾	나사부가 전단면에 포함될 경우 ³⁾	320	400	520	160
	나사부가 전단면에 포함되지 않을 경우 ⁴⁾	400	500	650	200

주 1) 인장강도의 0.75배

주 2) 힘 작용 방향으로 볼트접합부의 첫 번째 볼트와 맨 끝 볼트의 중심 거리가 800 mm 이하인 경우에 대한 것임. 이를 초과하는 경우에는 주어진 값의 85%를 적용함.

주 3) 인장강도의 0.4배

주 4) 인장강도의 0.5배

주 5) KS B 1002에 따른 강도 구분 4.6에 해당

4.1.3.4 지압접합에서 인장과 전단의 조합

- (1) 지압접합이 인장과 전단의 조합력을 받을 경우 볼트의 설계강도는 다음의 인장과 전단파괴의 한계상태에 따라서 산정한다. ($\phi = 0.75$)

$$R_n = F_{nt}' A_b \quad (4.1-5)$$

여기서, F_{nt}' : 전단응력의 효과를 고려한 공칭 인장강도 (MPa)

$$F_{nt}' = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_v \leq F_{nt} \quad (4.1-6)$$

F_{nt} : 표 4.1-6에 의한 공칭인장강도 (MPa)

F_{nv} : 표 4.1-6에 의한 공칭전단강도 (MPa)

f_v : 소요전단응력 (MPa)

- (2) 볼트의 설계전단응력이 단위면적 당 전단소요응력 f_v 이상이 되도록 설계한다.
- (3) 전단 또는 인장에 의한 소요응력 f 가 설계응력의 20% 이하이면 조합응력의 효과를 무시할 수 있다.

4.1.3.5 볼트구멍의 지압강도

- (1) 지압강도 한계상태에 대한 볼트구멍에서 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.75$)은 다음과 같이 산정한다.

- ① 표준구멍, 과대구멍, 단슬롯의 모든 방향에 대한 지압력 또는 장슬롯의 길이방향에 평행으로 작용하는 지압력의 경우
가. 사용하중상태에서 볼트구멍의 변형을 설계에 고려할 필요가 있는 경우

$$R_n = 1.2L_c t F_u \leq 2.4dt F_u \quad (4.1-7)$$

나. 사용하중상태에서 볼트구멍의 변형을 설계에 고려할 필요가 없는 경우

$$R_n = 1.5L_c t F_u \leq 3.0dt F_u \quad (4.1-8)$$

- ② 장슬롯의 길이방향에 직각으로 작용하는 지압력의 경우

$$R_n = 1.0L_c t F_u \leq 2.0dt F_u \quad (4.1-9)$$

여기서, d : 볼트 공칭직경 (mm)

F_u : 피접합재의 공칭인장강도 (MPa)

L_c : 하중방향 순간격, 구멍의 끝과 피접합재의 끝 또는 인접구멍의 끝까지의 거리 (mm)

t : 피접합재의 두께 (mm)

- (2) 접합부에 대하여 지압강도는 각각 볼트의 지압강도의 합으로 산정한다.
- (3) 지압접합과 마찰접합 모두에 대하여 볼트구멍의 지압강도를 검토해야 한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.3.6 마찰접합의 미끄럼강도

- (1) 마찰접합은 미끄럼을 방지하고 지압접합에 의한 한계상태에 대하여도 검토해야 한다.
- (2) 마찰볼트에 끼움재를 사용할 경우에는 미끄럼에 관련되는 모든 접촉면에서 미끄럼에 저항할 수 있도록 해야 한다.
- (3) 미끄럼 한계상태에 대한 마찰접합의 설계강도는 다음과 같이 산정한다.

$$R_n = \mu h_f T_o N_s \quad (4.1-10)$$

① 표준구멍 또는 하중방향에 수직인 단슬롯에 대하여, $\phi = 1.00$

② 과대구멍 또는 하중방향에 평행한 단슬롯에 대하여, $\phi = 0.85$

③ 장슬롯에 대하여, $\phi = 0.70$

여기서, μ : 미끄럼계수

= 0.5 (무도장 블라스트 처리한 마찰면)

= 0.45 (무기질 아연말 프라이머 도장한 표면)

h_f : 끼움재계수

= 1.0 : 끼움재를 사용하지 않는 경우와 끼움재 내 하중의 분산을 위하여 볼트를 추가한 경우 또는 끼움재 내 하중의 분산을 위해 볼트를 추가하지 않은 경우로서 접합되는 재료 사이에 1개의 끼움재가 있는 경우

= 0.85 : 끼움재 내 하중의 분산을 위해 볼트를 추가하지 않은 경우로서 접합되는 재료 사이에 2개 이상의 끼움재가 있는 경우

T_o : 표 4.1-7의 고장력볼트의 설계볼트장력 (kN)

N_s : 전단면의 수

표 4.1-7 고장력볼트의 설계볼트장력

볼트의 등급	볼트의 호칭	최소 인장하중 ¹⁾ (kN)	설계볼트장력 ²⁾ (T_o) kN
F8T	M16	125.4	84
	M20	195.8	131
	M22	242.7	163
	M24	282.0	189
F10T	M16	156.7	105
	M20	244.8	164
	M22	303.4	203
	M24	352.5	236
	M27	458.8	307
	M30	561.3	376

볼트의 등급	볼트의 호칭	최소 인장하중 ¹⁾ (kN)	설계볼트장력 ²⁾ (T_o) kN
F13T	M16	203.7	136
	M20	318.2	213
	M22	394.4	264
	M24	458.3	307

주 1) KS B 1010, 표 3에 규정된 볼트의 최소 인장하중

주 2) 설계볼트장력은 KS B 1010에 규정된 볼트의 최소 인장하중에 0.67을 곱한 값

4.1.3.7 마찰접합에서 인장과 전단의 조합

마찰접합이 인장하중을 받아 장력이 감소할 경우 4.1.3.6에서 산정된 설계미끄럼강도에 다음계수를 사용하여 감소한 후 산정한다.

$$k_s = 1 - \frac{T_u}{T_o N_b} \quad (4.1-11)$$

여기서, N_b : 인장력을 받는 볼트의 수

T_o : 표 4.1-7에 따른 설계볼트장력 (kN)

T_u : 소요인장력 (kN)

4.1.3.8 핀접합

(1) 휨모멘트를 받는 핀의 설계강도 ϕM_n 은 다음과 같이 산정한다. ($\phi = 0.90$)

$$M_n = 1.00 F_y Z \quad (4.1-12)$$

여기서, F_y : 핀의 항복강도 (MPa)

Z : 핀의 소성단면계수 (mm^3)

(2) 휨모멘트를 받는 핀의 설계전단강도 ϕV_n 은 다음과 같이 산정한다. ($\phi = 0.9$)

$$V_n = 0.6 F_y A_p \quad (4.1-13)$$

여기서, A_p : 핀의 단면적 (mm^2)

4.1.4 접합부재의 설계강도

4.1.4.1 설계인장강도

접합부재의 설계인장강도 ϕR_n 은 인장항복과 인장과단의 한계상태에 따라 다음 중 작은 값으로 산정한다.

(1) 접합부재의 인장항복에 대하여 ($\phi = 0.90$)

$$R_n = F_y A_g \quad (4.1-14)$$

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

(2) 접합부재의 인장과단에 대하여($\phi = 0.75$)

$$R_n = F_u A_e \quad (4.1-15)$$

여기서, A_e : 유효단면적 (mm^2), 볼트접합부의 경우에는 $A_e = A_n \leq 0.85A_g$

4.1.4.2 설계전단강도

접합부재의 설계전단강도 ϕR_n 은 전단항복과 전단파단의 한계상태에 따라 다음 중 작은 값으로 산정한다.

(1) 접합부재의 전단항복에 대하여($\phi = 1.00$)

$$R_n = 0.60 F_y A_{gv} \quad (4.1-16)$$

여기서, A_{gv} : 전단력을 받는 총단면적 (mm^2)

(2) 접합부재의 전단파단에 대하여($\phi = 0.75$)

$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} \quad (4.1-17)$$

여기서, A_{nv} : 유효전단단면적 (mm^2)

4.1.4.3 블록전단강도

전단 파괴선을 따라 발생하는 전단파단과 직각으로 발생하는 인장과단의 블록전단파단 한계상태에 대한 설계강도는 다음과 같이 산정한 공칭강도에 $\phi = 0.75$ 를 적용하여 구한다.

$$R_n = [0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \leq [0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}] \quad (4.1-18)$$

여기서, A_{gv} : 전단저항 총단면적 (mm^2)

A_{nv} : 전단저항 순단면적 (mm^2)

A_{nt} : 인장저항 순단면적 (mm^2)

U_{bs} : 인장응력이 균일할 경우 1.0, 불균일할 경우 0.5 적용

4.1.4.4 설계압축강도

접합부재의 압축강도는 다음과 같이 산정한다.

(1) $KL/r \leq 25$ 인 경우($\phi = 0.90$)

$$P_n = F_y A_g \quad (4.1-19)$$

(2) $KL/r > 25$ 인 경우, KDS 14 31 10(4.2)의 압축부재를 적용한다.

4.1.5 끼움재

- (1) 용접구조에서 두께 6 mm 이상의 끼움재는 이음판의 연단 밖으로 돌출해야 하며 끼움재의 표면에 작용하는 하중을 이음판에 전달하는데 충분하도록 용접해야 한다.
- (2) 두께가 6 mm 이하인 끼움재의 단부는 이음판의 단부와 일치되게 용접해야 한다. 이음두께에 끼움재 두께를 더한 크기의 하중을 전달할 수 있도록 용접해야 한다.
- (3) 볼트접합에서 끼움재의 두께가 6 mm 이하이면 전단강도는 감소하지 않는다고 가정한다.
- (4) 볼트접합에서 끼움재의 두께가 6 mm 초과하고 19 mm 이하일 때 감소계수 $[1 - 0.0154(t - 6)]$ 를 곱한다. 여기서 t 는 끼움재의 전체두께이다.

4.1.6 이음

- (1) 플레이트거더 또는 보의 그루브용접이음은 작은 쪽 이음 단면의 전강도로 설계해야 한다.
- (2) 플레이트거더 또는 보의 단면 내에서 다른 형태의 이음은 이음점에서의 소요강도에 충분하도록 설계해야 한다.

4.1.7 지압강도

설계지압강도 ϕR_n 은 국부압축항복의 한계상태를 가정하여 다음과 같이 산정한다. ($\phi = 0.75$)
공칭지압강도 R_n 은 지압형태에 따라 다음과 같이 산정한다.

4.1.7.1 공장가공면, 핀의 구멍, 지압보강재 등의 지압

$$R_n = 1.8 F_y A_{pb} \quad (4.1-20)$$

여기서, F_y : 항복강도 (MPa)

A_{pb} : 투영된 지압면적 (mm²)

4.1.7.2 확장롤러 및 확장록커

- (1) $d \leq 635$ mm 인 경우

$$R_n = 1.2(F_y - 90) l d / 20 \quad (4.1-21)$$

- (2) $d > 635$ mm 인 경우

$$R_n = 30.2(F_y - 90) l \sqrt{d} / 20 \quad (4.1-22)$$

여기서, d : 직경 (mm)

l : 지압길이 (mm)

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.8 주각부 및 콘크리트의 지압

주각부는 기둥의 하중과 모멘트를 기초에 전달할 수 있도록 설계되어야 한다. 콘크리트의 설계 지압강도 $\phi_c P_p$ ($\phi_c = 0.65$)는 콘크리트압괴의 한계상태에 대하여 다음과 같이 산정한다.

- (1) 콘크리트 총단면이 지압을 받는 경우

$$P_p = 0.85 f_{ck} A_1 \quad (4.1-23)$$

- (2) 콘크리트 단면의 일부분이 지압을 받는 경우

$$P_p = 0.85 f_{ck} A_1 \sqrt{A_2/A_1} \leq 1.7 f_{ck} A_1 \quad (4.1-24)$$

여기서, A_1 : 베이스플레이트의 면적 (mm^2)

A_2 : 베이스플레이트와 닮은꼴의 콘크리트 지지부분의 최대면적 (mm^2)

4.1.9 앵커볼트

- (1) 앵커볼트는 주각부의 베이스플레이트를 통해 전달되는 인장 및 전단하중에 대해 저항할 수 있도록 설계해야 한다.
- (2) 앵커볼트의 콘크리트 내 정착관련 규정은 KDS 14 20 52와 KDS 14 20 54를 참고한다.
- (3) 앵커볼트의 설계는 4.1.3.3에 따른다.

4.1.10 집중하중을 받는 플랜지와 웨브

H형단면 부재에서 플랜지에 수직이며 웨브에 대하여 대칭인 단일 또는 이중 집중하중을 받는 경우에 적용한다.

- (1) 한 쪽의 플랜지에 집중하중을 받는 경우에는 플랜지 국부휨, 웨브 국부항복, 웨브 크리플링 및 웨브 횡좌굴에 대하여 4.1.10.1, 4.1.10.2, 4.1.10.3 및 4.1.10.4에 의해 각각 설계한다.
- (2) 양측의 플랜지로부터 집중하중을 받는 경우에는 웨브 국부항복, 웨브 압축좌굴에 대하여 4.1.10.2, 4.1.10.5에 의해 각각 설계한다.
- (3) 큰 전단력을 받는 웨브 패널존은 4.1.10.6에 의해 설계한다.
- (4) 소요강도가 한계상태의 설계강도를 초과하는 경우에는 소요강도와 설계강도의 차이만큼 보강재 또는 2중플레이트를 설치해야 한다.
- (5) 추가되는 보강재와 2중플레이트에 대하여는 4.1.10.7 및 4.1.10.8에 의해 각각 설계한다.

4.1.10.1 플랜지 국부휨강도

플랜지에 수직으로 용접된 판에 작용된 인장력에 의해 국부휨을 받는 플랜지의 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.90$)은 다음과 같이 산정한다.

$$R_n = 6.25t_f^2 F_{yf} \quad (4.1-25)$$

여기서, F_{yf} : 플랜지의 항복강도 (MPa)

t_f : 하중을 받는 플랜지의 두께 (mm)

플랜지 부재에 걸쳐 작용하는 하중구간의 길이가 $0.15b_f$ 보다 작으면 (여기서, b_f 는 플랜지 부재의 폭), 식 (4.1-25)의 검토는 필요하지 않다. 다만, 부재 단부로부터 집중하중에 저항하는 거리가 $10t_f$ 보다 작은 경우 R_n 의 50%를 저감한다.

4.1.10.2 웹 국부항복강도

단일 집중하중과 2중 집중하중의 인장·압축 두 요소에 모두 적용된다. 집중하중이 작용하는 지점에서 웹 필릿선단부의 설계강도 ϕR_n ($\phi = 1.00$)은 다음에 의해 산정한다.

웹 국부공칭강도 R_n 은 다음에 의해서 산정한다.

(1) 인장 또는 압축 집중하중의 작용점에서 재단까지의 거리가 부재깊이 d 를 초과할 경우

$$R_n = (5k + N)F_{yw}t_w \quad (4.1-26)$$

(2) 상기의 집중하중의 작용점에서 재단까지의 거리가 부재깊이 d 이하일 경우

$$R_n = (2.5k + N)F_{yw}t_w \quad (4.1-27)$$

여기서, k : 플랜지의 바깥쪽 면으로부터 웹 필릿선단까지의 거리 (mm)

F_{yw} : 웹의 항복응력 (MPa)

N : 집중하중이 작용하는 폭 (다만 k 보다 작지 않을 것) (mm)

t_w : 웹두께 (mm)

d : 부재의 전체깊이 (mm)

필요한 경우 수직보강재 또는 2중 플레이트 한 쌍을 설치한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.1.10.3 웨브 크리플링강도

4.1.10.3은 압축 단일 집중하중과 2중 집중하중의 압축요소에 적용된다. 웨브 국부크리플링에 대한 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.75$)은 다음에 의해 산정한다.

웨브 크리플링 공칭강도 R_n 은 다음에 의해서 산정한다.

(1) 집중하중이 재단에서 $d/2$ 이상 떨어진 지점에 작용할 때

$$R_n = 0.80t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (4.1-28)$$

(2) 집중하중이 재단에서 $d/2$ 미만 떨어진 지점에 작용할 때

① $N/d \leq 0.2$ 인 경우

$$R_n = 0.40t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (4.1-29)$$

② $N/d > 0.2$ 인 경우

$$R_n = 0.40t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4N}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \quad (4.1-30)$$

여기서, t_f : 플랜지 두께 (mm)

강도가 부족할 경우, 1개의 수직보강재 또는 한 쌍의 수직보강재 또는 최소한 웨브깊이의 절반을 덮는 2중플레이트를 설치한다.

4.1.10.4 웨브 횡좌굴강도

집중 압축하중을 받는 휨부재의 하중작용점에서의 압축플랜지와 인장플랜지의 상대적 횡방향 이동이 구속되어 있지 않은 경우에 적용된다. 웨브의 횡좌굴에 대한 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.85$)은 다음에 의해 산정한다.

웨브 횡좌굴 공칭강도 R_n 은 다음에 의해 산정한다.

(1) 압축플랜지가 회전에 대해서 구속될 때,

① $(h/t_w)/(l/b_f) \leq 2.3$ 일 때,

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{l/b_f} \right)^3 \right] \quad (4.1-31)$$

② $(h/t_w)/(l/b_f) > 2.3$ 일 때, 웨브 횡좌굴의 한계상태에 대한 검토는 필요하지 않다.

웨브의 소요강도가 설계강도를 초과할 때, 국부 가로방향 가새를 인장플랜지에 설치하거나 또는 한 쌍의 수직보강재 또는 2중플레이트를 설치한다.

(2) 압축플랜지가 회전에 대해서 구속되지 않을 때,

① $(h/t_w)/(l/b_f) \leq 1.7$ 일 때,

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{l/b_f} \right)^3 \right] \quad (4.1-32)$$

② $(h/t_w)/(l/b_f) > 1.7$ 일 때, 웨브 횡좌굴의 한계상태에 대한 검토는 필요하지 않다.

웨브의 소요강도가 설계강도를 초과할 때, 국부횡가새를 집중하중이 작용하는 지점의 양측 플랜지에 설치한다.

식 (4.1-31)과 식 (4.1-32)은 다음의 정의를 따른다.

b_f : 플랜지폭 (mm)

C_r : 하중작용 지점에서 $M_u < M_y$ 일 때, 6.62×10^6 (MPa)

하중작용 지점에서 $M_u \geq M_y$ 일 때, 3.31×10^6 (MPa)

h : 플랜지 사이의 순거리 (mm)

(압연형강은 모살을 제외한 거리, 용접형강은 플랜지 안쪽 사이의 거리로 함.)

l : 하중점에서 각 플랜지의 횡방향 비지지길이 (mm)

t_f : 플랜지 두께 (mm)

t_w : 웨브 두께 (mm)

4.1.10.5 웨브 압축좌굴강도

양쪽 플랜지에 집중 압축력이 작용할 때 무보강 웨브의 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.90$)은 다음에 의해 산정한다.

$$R_n = \frac{24t_w^3 \sqrt{EF_{yw}}}{h} \quad (4.1-33)$$

부재 단부로부터 한 쌍의 집중하중에 저항하는 거리가 $d/2$ 보다 작을 경우, R_n 의 50%를 저감한다. 필요한 경우에 단일 수직보강재와 한 쌍의 수직보강재 또는 웨브의 전체깊이를 덮는 2중 플레이트를 설치한다.

4.1.10.6 웨브 패널존 전단강도

전단력과 압축력을 받는 패널존의 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.90$)은 다음에 의해 산정한다.

웨브 패널존 공칭강도 R_n 은 다음에 의해 산정한다.

(1) 골조 안정성에 대한 패널존 변형의 효과가 해석에서 고려되지 않을 때

① $P_r \leq 0.4P_c$ 일 때,

$$R_n = 0.60F_y d_c t_w \quad (4.1-34)$$

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

② $P_r > 0.4P_c$ 일 때,

$$R_n = 0.60F_y d_c t_w \left(1.4 - \frac{P_r}{P_c} \right) \quad (4.1-35)$$

(2) 골조 안정성에 대한 소성 패널존 변형을 포함하는 것이 해석에서 고려될 때

① $P_r \leq 0.75P_c$ 일 때,

$$R_n = 0.60F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad (4.1-36)$$

② $P_r > 0.75P_c$ 일 때,

$$R_n = 0.60F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left(1.9 - \frac{1.2P_r}{P_c} \right) \quad (4.1-37)$$

식 (4.1-34), 식 (4.1-35), 식 (4.1-36) 및 식 (4.1-37)은 다음의 정의를 따른다.

- A : 기둥 횡단면적 (mm^2)
- b_{cf} : 기둥 플랜지의 폭 (mm)
- d_b : 보 깊이 (mm)
- F_y : 기둥 웨브의 명시된 최소 항복강도 (MPa)
- $P_c : P_y$ (N)
- P_r : 소요강도 (N)
- $P_y : F_y A$, 기둥의 축방향 항복강도 (N)
- t_{cf} : 기둥 플랜지의 두께 (mm)
- t_w : 기둥 웨브의 두께 (mm)

필요한 경우 2중 플레이트 또는 한 쌍의 대각보강재를 강접합경계 내에 설치해야 한다.

4.1.10.7 집중하중에 대한 추가 보강재 요구사항

- (1) 인장 집중하중에 저항하기 위해 요구되는 부재는 KDS 14 31 10(4.1)에 따라 설계하고 보강재가 필요한 경우, 소요강도와 한계상태강도의 차이만큼 설계한다. 보강재를 웨브에 용접하는 경우, 보강재 단부에 작용하는 인장력의 차이 만큼을 웨브에 전달할 수 있도록 설계한다.
- (2) 압축 집중하중에 저항하기 위해 요구되는 보강재는 4.1.4.4와 KDS 14 31 10(4.2.6.2)에 의해 설계한다. 보강재를 플랜지에 용접하는 경우, 소요강도와 설계강도의 차이만큼 용접설계한다. 보강재를 웨브에 용접하는 경우, 보강재의 단부에 작용한 압축력의 차이만큼을 웨브에 전달할 수 있도록 설계한다.
- (3) 압축력에 저항하는 전체깊이에 걸친 수직보강재는 4.1.4.4와 KDS 14 31 10(4.2.6.2)에 따라 축방향 압축력을 받는 부재로 설계한다. 부재의 성능은 유효좌굴길이를 $0.75 h$ 로 하고 유효 단면은 2개의 보강재와 부재 안쪽으로 폭 $25t_w$, 부재 단부 쪽으로 폭 $12t_w$ 를 가지는 웨브의 스트립으로 구성되는 십자형 단면을 사용하여 결정한다.

(4) 수직 그리고 대각보강재는 다음의 추가적인 기준을 만족해야 한다.

- ① 집중하중을 받는 보강재 설계 시, 기둥 웹두께의 1/2에 보강재 한 쪽의 폭을 더한 길이는 플랜지 또는 모멘트 접합 플레이트 폭의 1/3보다 작아서는 안 된다.
- ② 집중하중을 받는 보강재 설계 시, 보강재의 두께는 t_f 의 1/2 그리고 b_f 의 1/15 이상으로 한다.
- ③ 수직보강재의 길이는 4.1.10.5에서 요구하는 사항을 제외하고 부재깊이의 최소 1/2 이상으로 한다.

4.1.10.8 집중하중에 대한 추가 2중플레이트 요구사항

2중플레이트는 압축강도에 대해서 KDS 14 31 10(4.2)의 요구사항을, 인장강도에 대해서 KDS 14 31 10(4.1)의 요구사항을 따른다. 전단강도(4.1.10.6 참고)에 대해서는 KDS 14 31 10(4.3)을 따른다.

4.2 거더이음

4.2.1 볼트이음

(1) 일반

- ① 연속경간에서 이음은 고정하중에 의한 휨모멘트 방향의 변환점 또는 변환점 가까이 있는 곳에 있도록 해야 한다.
- ② 응력 작용방향이 변하는 웹과 플랜지의 이음은 정과 부의 휨모멘트에 대해 모두 검토해야 한다. 웹과 플랜지의 이음에서 이음 한쪽 편에 볼트를 2줄 미만으로 해서는 안 된다.
- ③ 과대구멍과 슬롯은 볼트이음에서 부재나 이음판 어느 쪽에도 사용해서는 안 된다.
- ④ 휨부재의 볼트이음은 4.1.3.7의 규정에 따른 마찰접합으로 설계해야 한다. 강구조물의 가설과 바닥판의 콘크리트 타설 도중에 이음부에서 미끄러짐이 발생하지 않도록 설계해야 한다.
- ⑤ 이음점에서 강도한계상태에 대한 플랜지의 설계휨강도는 KDS 14 31 10(4.3.3.1.6)의 관련 조항을 만족시켜야 한다.
- ⑥ 이음점에서의 강도한계상태의 설계하중에 의한 휨응력과 볼트 이음의 미끄러짐에 대한 검토를 위한 휨응력은 전체단면을 사용하여 구한다.
- ⑦ 플랜지 L형강 볼트이음은 휨부재 각 면에 1개씩 있는 2개의 L형강을 포함해야 한다.

(2) 웹 이음

- ① 웹 이음판과 웹의 연결은 웹 이음점에서의 전단력과 이 전단력의 편심작용으로 인한 모멘트, 그리고 이음점에서 웹이 분담해야 하는 휨모멘트에 대해 설계해야 한다.
- ② 웹이 경사진 박스거더의 경우 웹의 이음은 수직전단력의 웹 면내 성분에 대해서 설계해야 한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

③ 강도한계상태에서 최솟값으로 설계전단력, V_{uw} 는 다음과 같다.

$$V_{uw} = 1.5 V_u \quad (V_u < 0.5\phi_v V_n \text{ 인 경우}) \quad (4.2-1)$$

$$V_{uw} = \frac{(V_u + \phi_v V_n)}{2} \quad (V_u \geq 0.5\phi_v V_n \text{ 인 경우}) \quad (4.2-2)$$

여기서, V_u : 이음점에서 설계하중에 의한 전단력

V_n : KDS 14 31 10(4.3.3.1.9.2) 또는 KDS 14 31 10(4.3.3.1.9.3)에 규정된 웨브의 공칭전단강도

- ④ 강도한계상태에서의 설계전단력은 4.1.4.3에 규정된 웨브 이음판의 설계강도와 4.1.4.2에 규정된 웨브 이음판의 설계강도 중 작은 값을 초과해서는 안 된다.
- ⑤ 전단력의 편심거리는 이음의 중심선으로부터 고려 중인 이음 한쪽 편에 있는 볼트들의 무게중심까지의 거리를 취해야 한다.
- ⑥ 강도한계상태에서 웨브 이음판의 휨응력은 이음판의 항복강도에 강도저항계수를 곱한 값을 초과해서는 안 된다.
- ⑦ 웨브 이음의 볼트는 최대 볼트설계력에 대해 마찰접합으로 설계해야 한다. 웨브 이음 볼트의 미끄러짐을 검토하기 위해서 최솟값으로 설계전단력은 KDS 14 31 05(1.5)에 규정된 사용하중 조합을 고려하여 이음점에서의 전단력을 취해야 한다.
- ⑧ 웨브는 웨브 양면에 이음판으로 대칭이 되도록 연결한다. 웨브 이음판은 가능한 한 플랜지 사이의 웨브 전 높이를 덮을 수 있도록 연장시켜야 한다.

(3) 플랜지 이음

강도한계상태에서 제어플랜지의 이음판과 볼트이음은 설계응력, F_{cf} 에 이음의 양측 유효 플랜지 면적, A_e 중 작은 값을 곱하여 구한 최소강도 이상의 강도를 갖도록 설계해야 한다. 여기서, F_{cf} 는 다음과 같다.

$$F_{cf} = \frac{\left(\frac{f_{cf}}{R_h} + \alpha\phi_f F_{yf} \right)}{2} \geq 0.75\alpha\phi_f F_{yf} \quad (4.2-3)$$

여기서, f_{cf} : 이음점에서 설계하중에 의한 제어 플랜지 두께 중심에서의 최대 휨응력

R_h : KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.10,(1))에 규정된 응력감소계수

F_{cf} : 값이 웨브의 항복강도를 초과하지 않는 서로 다른 종류의 강재로 구성된 단면의 경우 응력감소계수는 1.0을 사용한다.

α : 1.0 (단, F_n 이 F_{yf} 보다 작은 비조밀단면의 플랜지에 대해 1.0보다 작은 (F_n/F_{yf}) 의 값을 사용할 수 있다.)

ϕ_f : 휨에 대한 강도저항계수

F_n : 플랜지의 공칭휨강도 (MPa)

F_{yf} : 플랜지의 항복강도 (MPa)

A_e : 유효플랜지면적 (mm^2), 압축플랜지는 플랜지 총단면적이고, 인장플랜지의 경우 다음 식으로 산정한다.

$$A_e = \left(\frac{\phi_u F_u}{\phi_y F_y} \right) A_n \leq A_g \quad (4.2-4)$$

여기서, ϕ_u : 인장부재 파단에 대한 강도저항계수

ϕ_y : 인장부재 항복에 대한 강도저항계수

F_y : 인장플랜지의 최소인장강도 (MPa)

F_{yt} : 인장플랜지의 항복강도 (MPa)

A_n : 인장플랜지의 순단면적 (mm^2)

A_g : 인장플랜지의 전단면적 (mm^2)

강도한계상태에서 비제어 플랜지의 이음판과 볼트는 설계응력, F_{ncf} 에 이음의 양측 유효플랜지 면적, A_e 중 작은 값을 곱하여 구한 최소강도값 이상의 강도를 갖도록 설계해야 한다. 여기서, F_{ncf} 는 다음과 같다.

$$F_{ncf} = R_{cf} \left| \frac{f_{ncf}}{R_h} \right| \geq 0.75\alpha\phi_f F_{yt} \quad (4.2-5)$$

여기서, R_{cf} : 제어 플랜지의 f_{cf} 에 대한 F_{cf} 비의 절댓값

f_{ncf} : f_{nf} 와 동일한 이음점에서의 비제어 플랜지 두께 중앙점의 설계휨응력, 인장응력은 (+), 압축응력은 (-)

R_h : KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.10(1))에 규정된 플랜지 응력감소계수

강도한계상태에서 인장력을 받는 이음판의 설계단면력은 4.1.4.1에 규정된 설계인장강도를 초과하지 않도록 해야 한다. 압축력을 받은 이음판의 설계단면력은 다음의 설계압축강도, R_r 을 초과하지 않도록 해야 한다.

$$R_r = \phi_c F_y A_s \quad (4.2-6)$$

여기서, ϕ_c : 압축에 대한 강도저항계수

F_y : 이음판의 항복강도 (MPa)

A_s : 이음판의 전 단면적

플랜지의 볼트이음은 플랜지의 설계단면력에 대해 마찰연결로 설계해야 한다. 플랜지 볼트이음부의 미끄러짐에 대한 검토를 위한 플랜지의 설계단면력은 사용하중조합에 의한 설계응력, F_s 에 이음 양측의 플랜지 전 단면적 중 작은 값을 곱하여 구한 값 이상이어야 한다. 여기서, F_s 는 다음과 같다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

$$F_s = \frac{f_s}{R_h} \quad (4.2-7)$$

여기서, f_s : 사용하중조합에 의한 이음점에서 작은 쪽 단면의 검토대상 플랜지 두께에서의 휨응력
 R_h : KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.10(1))에 규정된 플랜지 응력감소계수

끼움재가 필요한 경우에는 4.1.5의 규정을 적용해야 한다.

4.2.2 용접이음

용접이음의 설계나 세부사항은 명시된 사항 또는 AWS D1.1과 KCS 24 00 00과 AWS D1.5의 규정을 따른다. 용접이음은 규정된 설계모멘트, 설계전단력 혹은 설계축방향력에 저항하도록 설계해야 한다. 인장과 압축부재는 완전용입 그루브용접으로 이어질 수 있는데, 이 때 이음판을 사용하지 않아도 된다. 현장 용접이음은 가능한 한 위보기 자세를 피하도록 설계해야 한다. 서로 다른 폭을 갖는 부재에 대한 그루브용접이음은 그림 4.2-1에서와 같은 대칭인 변화부를 가져야 한다. 계약서에는 서로 다른 두께의 그루브용접이음부의 오프셋 표면 기울기가 1/2.5 이하가 되도록 규정해야 한다.

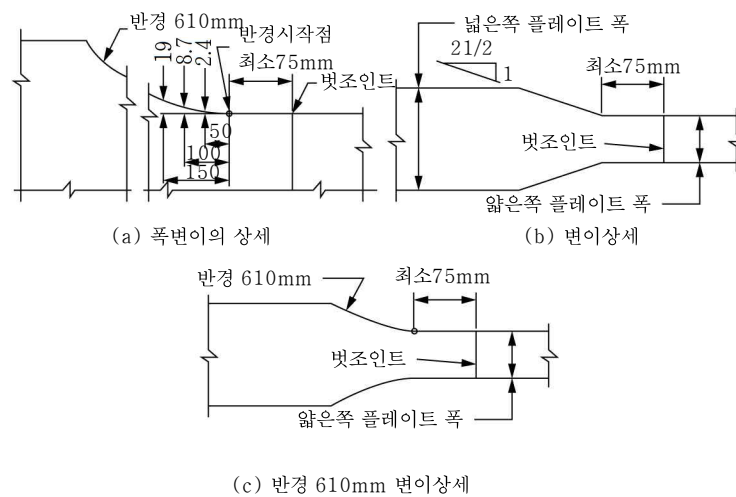


그림 4.2-1 이음부 상세

4.3 강관구조접합

이 기준은 균일두께의 강관 접합부설계에 적용한다. 강관구조 볼트접합의 부가적인 요구사항은 4.1을 참조한다.

4.3.1 강관구조의 집중하중

4.3.1.1 적용한계

4.3의 규정은 다음과 같은 제한 범위내의 접합부에만 적용할 수 있다.

4.3.1.1.1 강도

강관에 대하여 $F_y \leq 360 \text{ MPa}$

4.3.1.1.2 연성

강관에 대하여 $F_y / F_u \leq 0.8$

4.3.1.2 축직각방향 집중하중

4.3.1.2.1 원형강관

집중하중이 강관축에 직각으로 분포할 때, 국부항복 한계상태에 관한 설계강도 ϕR_n ($\phi = 0.90$)은 다음과 같이 산정한다.

$$\phi R_n = F_y t^2 [5.5 / (1 - 0.81 B_p / D)] Q_f \quad (4.3-1)$$

여기서, Q_f 는 식 (4.3-13)에 따른다.

추가적인 제한 요건은 다음과 같다.

(1) $0.2 < B_p / D \leq 1.0$

(2) T형 집합에 대하여 $D/t \leq 50$, X형 집합에 대하여 $D/t \leq 40$

4.3.1.2.2 각형강관

집중하중이 강관축에 직각으로 분포할 때, 설계강도 ϕR_n 은 비균일 하중분포로 인한 국부항복, 전단항복(뚫림), 측벽강도의 한계상태에 따라 구한 값 중에서 최솟값으로 한다.

추가적인 제한요건은 다음과 같다.

(1) $0.25 < B_p / B \leq 1.0$

(2) 하중을 받는 관벽의 두께에 대해 $B/t \leq 35$

① 하중이 전달된 판내의 비균일 하중분포에 의한 판재의 국부항복 한계상태($\phi = 0.95$)

$$R_n = [10 F_y t / (B/t)] B_p \leq F_{yp} t_p B_p \quad (4.3-2)$$

② 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$R_n = 0.6 F_y t [2 t_p + 2 B_{cp}] \quad (4.3-3)$$

여기서, $B_{cp} = 10 B_p / (B/t) \leq B_p$

$B_p > (B - 2t)$ 인 경우와 $B_p < 0.85 B$ 인 경우 한계상태는 검토할 필요가 없다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

- ③ 인장력을 받는 측벽의 한계상태의 경우, 설계강도는 측벽의 국부항복응력으로 한다. 압축력을 받는 측벽의 한계상태의 경우, 설계강도는 측벽의 국부항복응력, 측벽의 국부크리플링, 측벽의 국부좌굴 한계상태 일 때의 값 중에서 최솟값으로 한다.
주강관과 지강관의 폭이 동일($\beta = 1.0$)하지 않다면 이러한 한계상태는 검토할 필요가 없다.
가. 측벽 국부항복의 한계상태($\phi = 1.0$)

$$R_n = 2F_y t [5k + N] \quad (4.3-4)$$

여기서, k : 강관모서리의 외부반경, 명확하지 않을 경우에 $1.5t$ 로 한다.

- 나. T형 접합에서 측벽의 국부크리플링의 한계상태($\phi = 0.75$)

$$R_n = 1.6t^2 [1 + 3N/(H - 3t)] (EF_y)^{0.5} Q_f \quad (4.3-5)$$

여기서, Q_f 는 식 (4.3-22)에 따른다.

- 다. X형 접합에서 측벽의 국부좌굴의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$R_n = [48t^3/(H - 3t)] (EF_y)^{0.5} Q_f \quad (4.3-6)$$

여기서, Q_f 는 식 (4.3-22)에 따른다.

강관과 직교하는 판과의 접합에서 강관 벽의 연성으로 인하여 용접선에서 하중전달이 불균등해지는 현상을 용접설계에서 고려해야 한다. 이에 대한 방법은 각형강관에 대한 홈용접이나 필릿용접의 유효길이 L_e 를 다음과 같이 제한하여 충족시킬 수 있다.

$$L_e = 2[10/(B/t)] [(F_y t)/(E_{yp} t_p)] B_p \leq 2B_p \quad (4.3-7)$$

여기서, L_e : 직교하는 판 양측의 용접에 대한 총 용접유효길이 (mm) 식 (4.3-7) 대신 다른 합리적인 방법에 의하여 구할 수 있다.

4.3.1.3 중공단면 폭의 중심에 종방향으로 분포된 횡방향 집중하중

집중하중이 강관의 축에 직각방향으로 작용하고(또는 강관의 축방향에 직각인 분력을 가지거나), 강관의 축을 따라 강관의 지름 또는 폭의 중심에 종방향으로 분포되는 경우, 강관의 축에 직각방향의 설계강도 ϕR_n 은 주강관 소성화 한계상태에 대하여 다음과 같이 산정한다.

4.3.1.3.1 원형강관

추가적인 제한요건 : T형 접합에 대하여 $D/t \leq 50$, X형 접합에 대하여 $D/t \leq 40 (\phi = 0.90)$

$$R_n = 5.5 F_y t^2 (1 + 0.25 N/D) Q_f \quad (4.3-8)$$

여기서, Q_f 는 식 (4.3-13)에 따른다.

4.3.1.3.2 각형강관

추가적인 제한요건 : 하중을 받는 관 벽에 관한 $B/t \leq 40 (\phi = 1.00)$

$$R_n = [F_y t^2 / (1 - t_p/B)] [2N/B + 4(1 - t_p/B)^{0.5} Q_f] \quad (4.3-9)$$

여기서, $Q_f = (1 - U^2)^{0.5}$, U 는 식 (4.3-24)에 따른다.

4.3.1.4 강관폭의 중심에 종방향으로 분포된 종방향 집중하중

각형강관의 부재축선 상을 따라 분포되는 집중하중이 부재축에 대해 편심을 가지고 평행인 방향으로 작용할 때, 그 접합부는 다음 사항을 확인해야 한다.

$$F_{yp} t_p \leq F_u t \quad (4.3-10)$$

4.3.1.5 각형강관의 단부 마구리판에 작용하는 축방향 집중하중

강관의 단부가 마구리판으로 막힌 면에 부재축방향의 집중하중이 작용할 때, 설계강도 ϕR_n 은 전단됨을 고려하여, 벽체의 국부항복(인장력 또는 압축력으로 인한)과 벽체의 국부 크리플링(압축력만으로 인한)의 한계상태에 대하여 다음과 같이 산정해야 한다.

아래의 절차는, 집중하중이 마구리판(두께 t_p)을 통하여 2.5:1의 경사로 폭이 B인 강관의 두 벽체에 분포하여 전달된다고 가정한 것이다.

$5t_p + N \geq B$ 인 경우, 강관의 설계강도는 4개의 벽체가 부담하는 값으로 한다.

$5t_p + N < B$ 인 경우, 강관의 설계강도는 하중이 분포하는 2개의 벽체가 부담하는 값으로 한다.

4.3.1.5.1 1개의 벽체에 대한 국부항복 한계상태

$$R_n = F_y t [5t_p + N] \leq B F_y t \quad (4.3-11)$$

$$\phi = 1.00$$

4.3.1.5.2 한 개의 벽체에 대한 국부 크리플링 한계상태

$$R_n = 0.8 t^2 [1 + (6N/B)(t/t_p)^{1.5}] [E F_y t_p / t]^{0.5} \quad (4.3-12)$$

$$\phi = 0.75$$

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

표 4.3-1 각형강관과 강판접합부의 공칭강도

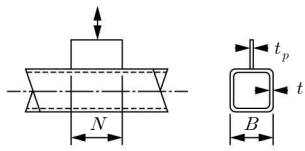
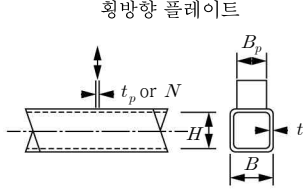
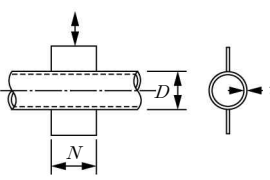
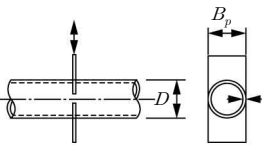
접합형태	접합부의 공칭강도
종방향 플레이트 	$\beta \leq 0.85$ 기본: 주강관의 소성화
	$R_n = \frac{F_y t^2}{1 - \frac{t_p}{B}} \left(\frac{2N}{B} + 4 \sqrt{1 - \frac{t_p}{B}} Q_f \right)$
횡방향 플레이트 	$\beta \approx 1.0$ 기본: 강관의 측벽강도
	인장과 압축: $R_n = 2F_y t [5k + N]$ T형 접합의 압축: $R_n = 1.6t^2 \left[1 + \frac{3N}{H - 3t} \right] \sqrt{EF_y} Q_f$ X형 접합의 압축: $R_n = \frac{48t^3}{H - 3t} \sqrt{EF_y} Q_f$
	$0.85 \leq \beta \leq 1 - 2t/B$ 기본: 뚫림전단 파괴
	$R_n = 0.6F_y t [2t_p + 2B_{ep}]$
	모든 β 기본: 비균일 하중분포
	$R_n = \frac{10}{B/t} F_y t B_p \leq F_{yp} t_p B_p$
수식과 사용범위	
$\frac{B}{t} \leq 35$: 횡방향 판의 경우 ≤ 40 : 종방향 판의 경우 $0.25 < \frac{B_p}{B} \leq 1.0$: 횡방향 판의 경우 $B_{ep} : \frac{10B_p}{B/t} \leq B_p$ k : 강관의 모서리 외부반경 $\geq 1.5t$ Q_f : 1.0 (주관이 인장을 받는 횡방향 판 접합) $Q_f : 1.3 - 0.4 \frac{U}{\beta} \leq 1.0$ (주관이 압축을 받는 횡방향 판 접합) $Q_f : \sqrt{1 - U^2}$ (종방향 판의 경우)	

표 4.3-2 강판과 강판접합부의 공칭강도

접합형태	접합부의 공칭강도		
	축력	면내 휨	면외 휨
종방향 플레이트 	주관의 소성화 $R_n = 5.5F_y t^2 \left(1 + 0.25 \frac{N}{D}\right) Q_f$	$M_n = 0.8NR_n$	—
횡방향 플레이트 	$R_n = F_y t^2 \left[\frac{5.5}{1 - 0.81 \frac{B_p}{D}} \right] Q_f$	—	$M_n = 0.5B_p R_n$
함수 및 타당성 범위			
$\frac{D}{t} \leq 50$: T형 접합인 경우, $\frac{D}{t} \leq 40$: X형 접합인 경우 $0.2 < \frac{B_p}{D} \leq 1.0$ (횡방향 판의 경우) Q_f : 1.0 (인장을 받는 주관) Q_f : $1.0 - 0.3U(1 + U) \leq 1.0$ (압축을 받는 주관)			

4.3.2 강판 간의 트러스접합

강판구조의 트러스접합은 하나 이상의 지강판으로 구성되고 접합부를 통과하는 연속적인 주강판에 직접 용접된 접합부로 정의하며 다음과 같이 분류한다.

- (1) 지강판의 뚫림하중($P_r \sin \theta$)이 주강판의 보 전단력과 평형을 이루며, 그 접합을 지강판이 주강판과 수직이면 T형 접합으로 분류하고, 다르면 Y형 접합으로 분류한다.
- (2) 지강판의 뚫림하중($P_r \sin \theta$)이 접합부의 같은 평면 상에서 다른 지강판의 하중과(20% 이내로) 평형을 이룬다면, 그 접합을 K형 접합으로 분류한다. 힘의 평형을 이루는 주요 지강판들 사이에 적절한 간격이 있어야 한다. N형 접합은 K형 접합의 한 형태로 고려할 수 있다. 하나의 지강판이 주강판에 수직인 K형 접합을 N형 접합으로 부른다.
- (3) 뚫림하중($P_r \sin \theta$)이 주강판을 관통하고 반대편 지강판에 의해 평형을 이룰 때, 그 접합을 X형 접합으로 분류한다.
- (4) 접합부가 2개 이상의 주요 지강판을 가지고 있거나 한 평면 이상의 평면에서 지강판을 갖는 경우, 그 접합은 일반이음 또는 다평면 이음으로 분류한다. 지강판이 일부하중은 K형 접합으로 일부하중은 T, Y 또는 X형 접합으로 전달할 때 공칭강도는 전체에서 각각의 비례에 따라 보간법에 의해 결정한다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

이 규정의 적용을 위해서는 주강관과 지강관의 중심선이 동일한 면 위에 있어야 하고, 각형 강관의 경우에는 벽체 면이 그 접합부 평면에 평행해야 한다. 주관에 지관을 용접하여 만든 강관 트러스인 경우, 적용범위 이내의 편심은 접합설계에 편심으로 인한 휨모멘트의 고려없이 허용할 수 있다.

4.3.2.1 원형강관

주강관 하중과 국부 지강관 이음하중에 의한 응력 상호작용은 주강관 응력상관계수 Q_f 를 통하여 구한다.

(1) 주강관이 인장인 경우

$$Q_f = 1.0$$

(2) 주강관이 압축인 경우

$$Q_f = 1.0 - 0.3U(1 + U) \quad (4.3-13)$$

여기서, $U = |P_u/A_g F_c + M_u/SF_c|$; 유용성비 (4.3-14)

P_u : 주강관의 소요압축강도(N); K-이음에서 P_u 은 더 작은 압축응력을 갖는 이음 부분에
서 결정한다.(작은 U 값)

M_u : 주강관의 소요휨강도 (N·mm)

A_g : 주강관의 총단면적 (mm²)

F_c : 설계응력 (MPa)

S : 주강관의 탄성단면계수 (mm³)

$F_c = F_y$ (MPa)

4.3.2.1.1 적용한계

접합 형상이 다음의 적용한계 내에 있을 때만 이 규정을 적용할 수 있다.

- (1) 접합부 편심: K형 접합에 대하여, $-0.55D \leq e \leq 0.25D$, 여기서 D 는 바깥지름, e 는 지강관에서 떨어진 거리로서 양의 수를 나타낸다.
- (2) 지강관 각도: $\theta \geq 30^\circ$
- (3) 주강관벽 세장비: 벽지름 두께비로 T, Y, K-형 이음에서 50이하; X형 접합에서 40 이하
- (4) 인장 지강관벽의 세장비: 벽지름 두께비로 50 이하
- (5) 압축 지강관벽의 세장비: 벽지름 두께비로 $0.05E/F_y$ 이하
- (6) 폭비: T, Y, X, 겹침 K형 접합은, $0.2 < D_b/D \leq 1.0$ 이고, 간격 K형 접합은 $0.4 \leq D_b/D \leq 1.0$
- (7) 간격 K접합인 경우: g 는 지강관 벽두께 총합 이상

(8) 겹침 K접합인 경우: $25\% \leq O_v \leq 100\%$

여기서, $O_v = (q/p) \times 100\%$; p 는 주강관에 대한 겹치는 지강관의 투영길이; q 는 (주강관의 접측면에서 측정한 겹친 길이) 겹침접합의 경우 더 큰 지강관(또는 직경이 같다면 더 두꺼운 지강관)이 주강관에 직접 연결되는 ‘관통부재’이다.

(9) 겹침접합의 지강관 두께비: 겹치는 지강관의 두께는 겹쳐지는 지강관 두께 이하로 한다.

(10) 강도: 주강관과 지강관에 대하여 $F_y \leq 360 \text{ MPa}$

(11) 연성: $F_y/F_u \leq 0.8$

4.3.2.1.2 T, Y, X형 접합의 압축력을 받는 지강관

T- 및 Y-형 접합에서 지강관의 설계강도 ϕP_n 은 주강관의 소성화, 전단항복(뚫림)의 한계상태에 따라 얻어진 값 중에서 작은 값으로 한다.

(1) T- 및 Y-형 접합에 주강관 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$P_n \sin \theta = F_y t^2 [3.1 + 15.6 \beta^2] \gamma^{0.2} Q_f \quad (4.3-15)$$

(2) 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n = 0.6 F_y t \pi D_b [(1 + \sin \theta) / 2 \sin^2 \theta] \quad (4.3-16)$$

$\beta > (1 - 1/\gamma)$ 일 때, 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

(3) X형 이음에서 주강관 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$P_n \sin \theta = F_y t^2 [5.7 / (1 - 0.81 \beta)] Q_f \quad (4.3-17)$$

4.3.2.1.3 K형 접합의 압축력을 받는 지강관

K형 접합에서 지강관의 설계강도 ϕP_n 은 간격접합과 겹침접합에 관한 주강관 소성화의 한계상태와 간격접합에 관한 전단항복(뚫림)의 한계상태에 따라 얻어진 값 중에서 작은 값으로 한다.

(1) 주강관 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

① 압축 지강관의 경우

$$P_n \sin \theta = F_y t^2 [2.0 + 11.33 D_b / D] Q_g Q_f \quad (4.3-18)$$

여기서, D_b 는 단지 압축 지강관에 대하여만 관련된다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

$$Q_g = \gamma^{0.2} \left[1 + \frac{0.024\gamma^{1.2}}{e^{\left(\frac{0.5g}{t} - 1.33\right)} + 1} \right] \quad (4.3-19)$$

간격접합에서 g (용접치수를 무시한 주강관 상단부를 따라 측정된)는 양수이다. 겹침접합에서 g 는 음수이고 q 와 같다.

② 인장 지강관의 경우

$$P_n \sin \theta = (P_n \sin \theta)_{\text{압축지관}} \quad (4.3-20)$$

(2) 간격 K형 접합에서 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n = 0.6 F_y t \pi D_b [(1 + \sin \theta) / 2 \sin^2 \theta] \quad (4.3-21)$$

4.3.2.2 각형강관

주강관 하중과 국부지강관 이음하중에 의한 응력 상호작용은 주강관 응력상관계수 Q_f 에 반영한다.

(1) 주강관이 인장인 경우

$$Q_f = 1$$

(2) T, Y, X형 접합에서 주강관이 압축인 경우

$$Q_f = 1.3 - 0.4 U / \beta \leq 1 \quad (4.3-22)$$

(3) 간격 K형 접합에서 주강관이 압축인 경우

$$Q_f = 1.3 - 0.4 U / \beta_{eff} \leq 1 \quad (4.3-23)$$

여기서, $U = |P_u / A_g F_c + M_u / S F_c|$; 유용성비 (4.3-24)

P_u : 주강관의 소요축강도(N); 간격 K형 접합에서 P_u 는 더 큰 압축응력을 갖는 접합부분에서 결정한다.(더 큰 U 값)

M_u : 주강관의 소요휨강도(N·mm)

A_g : 주강관의 총단면적(mm²)

F_c : 설계응력(MPa)

S : 주강관의 탄성단면계수(mm³)

$F_c = F_y$ (MPa)

4.3.2.2.1 적용한계

접합형상이 다음 한계 내에 있을 때에만 이 규정을 적용할 수 있다.

- (1) 접합부 편심 : K형 접합에 대하여, $-0.55H \leq e \leq 0.25H$. 여기서, H 는 주강관의 높이, e 는 지강관에서 떨어진 거리로 양의 수이다.
- (2) 지강관 각도 : $\theta \geq 30^\circ$
- (3) 주강관벽 세장비 : 벽의 폭두께비로 간격 K, T, Y, X형 접합에서 35 이하; 겹침 K형 접합에서 30 이하
- (4) 인장 지강관벽 세장비 : 벽의 폭두께비로 35 이하
- (5) 압축 지강관벽 세장비 : 벽의 폭두께비로 $1.25(E/F_{yb})^{0.5}$ 이하이며 간격 K형 접합과 T, Y, X형 접합에서 35 이하; 겹침 K형 접합에서 $1.1(E/F_{yb})^{0.5}$ 이하
- (6) 폭비 : 주강관의 벽폭에 대한 지강관의 벽폭의 비로 T, Y, X와 겹침 K형 접합에서 0.25 이상; 간격 K형 접합에서 0.35 이상
- (7) 형상비 : $0.5 \leq \text{높이와 폭의 비} \leq 2.0$
- (8) 겹침접합 : $25\% \leq O_v \leq 100\%$
여기서, $O_v = (q/p) \times 100\%$. p 는 주강관에 대한 겹쳐지는 지강관의 투영길이; 주강관의 접촉 면에서 측정한 겹친길이이다. 겹침접합에서 더 큰 지강관(또는 폭이 같다면 두께가 더 큰)이 주강관에 연결되는 “관통부재”이다.
- (9) 겹침 K접합에서 지강관의 폭비 : 겹쳐진 지강관의 폭에 대한 겹치는 지강관의 폭비로 0.75 이상
- (10) 겹침 K접합에서 지강관 두께비 : 겹치는 지강관의 두께는 겹쳐지는 지강관의 두께 이하로 한다.
- (11) 강도 : 주강관과 지강관에 대하여 $F_y \leq 360 \text{ MPa}$
- (12) 연성 : $F_y/F_u \leq 0.8$
- (13) 다른 제한들은 특별규정을 적용한다.

4.3.2.2.2 T, Y, X형 접합의 압축력을 받는 지강관

T, Y, X형 접합에서 지강관의 설계강도 ϕP_n 은 주강관 소성화, 전단항복(뚫림), 측벽강도, 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태들에 따라 얻어진 값들 중 최솟값으로 한다. 또한 4.3.2.2.1의 적용범위 β 는 0.25 이하로 할 수 없다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

(1) 주강관벽 소성화의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$P_n \sin \theta = F_y t^2 [2\eta / (1 - \beta) + 4 / (1 - \beta)^{0.5}] Q_f \quad (4.3-25)$$

$\beta > 0.85$ 일 때, 이 제한은 검토할 필요가 없다.

(2) 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n \sin \theta = 0.6 F_y t B [2\eta + 2\beta_{eop}] \quad (4.3-26)$$

식 (4.3-26)에서 유효외부뚫림변수 $\beta_{eop} = 5\beta/\gamma$ 는 β 를 초과하지 못한다. 이 한계상태는 $\beta > (1 - 1/\gamma)$ 일 때와 $\beta < 0.85$, $B/t \geq 10$ 일 때 검토할 필요가 없다.

(3) 측벽강도의 한계상태에 관하여 인장 지강관의 설계강도는 측벽 국부항복의 설계강도로 취급한다. 측벽강도의 한계상태에 관하여 압축 지강관의 설계강도는 측벽 국부항복응력과 측벽 국부크리플링강도 중에서 작은 값으로 한다. 90° 보다 작은 지강관을 갖는 X형 접합에 대하여는, 주강관 측벽의 전단파괴에 관하여 KDS 14 31 10(4.3.2.1.2.5)에 추가적으로 검토해야 한다.

주강관과 지강관이 같은 폭($\beta = 1.0$)이 아니라면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

① 국부항복의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$P_n \sin \theta = 2F_y t [5k + N] \quad (4.3-27)$$

여기서, k : 강관 모서리의 외부반경 (mm), 명확하지 않을 경우에 $1.5t$ 로 한다.

N : 주강관축에 평행한 하중지지길이 (mm), $H_b / \sin \theta$

② T, Y형 접합에서 측벽 국부크리플링의 한계상태($\phi = 0.75$)

$$P_n \sin \theta = 1.6t^2 [1 + 3N / (H - 3t)] (EF_y)^{0.5} Q_f \quad (4.3-28)$$

③ X형 접합에서 측벽 국부크리플링의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$P_n \sin \theta = [48t^3 / (H - 3t)] (EF_y)^{0.5} Q_f \quad (4.3-29)$$

(4) 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n = F_y t_b [2H_b + 2b_{eoi} - 4t_b] \quad (4.3-30)$$

여기서, $b_{eoi} = [10 / (B/t)] [F_y t / (F_y t_b)] B_b \leq B_b$ (4.3-31)

$\beta < 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

4.3.2.2.3 간격 K형 접합에서 압축력을 받는 지강관

간격 K형 접합의 경우, 지강관의 설계강도 ϕP_n 은 주강관벽 소성화, 전단항복(뚫림), 전단항복, 비균일 하중분포로 인한 전단항복과 국부항복의 한계상태들에 따라 구한 최솟값으로 한다. 4.3.2.2.1의 적용한계와 더불어 다음의 한계상태들을 적용해야 한다.

(1) $B_b/B \geq 0.1 + \gamma/50$

(2) $B_{eff} \geq 0.35$

(3) $\zeta = g/B \geq 0.5(1 - \beta_{eff})$

(4) 간격: g , 지강관 벽두께의 총합 이상

(5) (더 작은 B_b) > (더 큰 B_b)의 0.63배 값

① 주강관벽 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$P_n \sin \theta = F_y t^2 [9.8 \beta_{eff} \gamma^{0.5}] Q_f \quad (4.3-32)$$

② 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n \sin \theta = 0.6 F_y t B [2\eta + \beta + \beta_{cop}] \quad (4.3-33)$$

식 (4.3-33)에서 유효외부뚫림변수 $\beta_{cop} = 5\beta/\gamma$ 는 β 를 초과해서는 안 된다. 이 한계상태는 $B_b < (B - 2t)$ 또는 지강관이 정사각형이 아닌 경우에만 검토할 필요가 있다.

③ 간격에서 주강관의 전단항복의 한계상태에 관하여, 설계강도는 KDS 14 31 10(4.2)에 따라 검토한다. 이 한계상태는 주강관이 정사각형이 아닌 경우에만 검토할 필요가 있다.

④ 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$P_n = F_{yb} t_b [2H_b + B_b + b_{eoi} - 4t_b] \quad (4.3-34)$$

$$\text{여기서, } b_{eoi} = [10/(B/t)] [F_y t / (F_{yb} t_b)] B_b \leq B_b \quad (4.3-35)$$

이 한계상태는 지강관이 정사각형이 아니거나 $B/t < 15$ 인 경우에만 검토할 필요가 있다.

4.3.2.2.4 겹침 K형 접합에서 압축력을 받는 지강관

겹침 K형 접합에서 지강관의 설계강도 ϕP_n 은 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태로부터 결정한다. ($\phi = 0.95$)

(1) 겹치는 지강관에 대하여, 그리고 겹치는 지강관의 측정된 겹침이 $25\% \leq O_v < 50\%$ 인 경우

$$P_n = F_{ybi} t_{bi} [(O_v/50)(2H_{bi} - 4t_{bi}) + b_{eoi} + b_{eov}] \quad (4.3-36)$$

(2) 겹치는 지강관에 대하여, 그리고 겹치는 지강관의 측정된 겹침이 $50\% \leq O_v < 80\%$ 인 경우

$$P_n = F_{ybi} t_{bi} [2H_{bi} - 4t_{bi} + b_{eoi} + b_{eov}] \quad (4.3-37)$$

(3) 겹치는 지강관에 대하여, 그리고 겹치는 지강관의 측정된 겹침이 $80\% \leq O_v < 100\%$ 인 경우

$$P_n = F_{ybi} t_{bi} [2H_{bi} - 4t_{bi} + B_{bi} + b_{eov}] \quad (4.3-38)$$

여기서, b_{eoi} : 주강관에 용접된 지강관 면의 유효폭

$$= [10/(B/t)] [(F_y t)/(F_{ybi} t_{bi})] B_{bi} \leq B_{bi} \quad (4.3-39)$$

b_{eov} : 겹친 브레이스에 용접된 지강관 면의 유효폭

$$= [10/(B_{bj}/t_{bj})] [(F_{ybj} t_{bj})/(F_{ybi} t_{bi})] B_{bi} \leq B_{bi} \quad (4.3-40)$$

B_{bi} : 겹치는 지강관의 폭 (mm)

B_{bj} : 겹친 지강관의 폭 (mm)

f_{ybi} : 겹치는 지강관 재료의 항복응력 (MPa)

f_{ybj} : 겹친 지강관 재료의 항복응력 (MPa)

H_{bi} : 겹치는 지강관의 높이 (mm)

t_{bi} : 겹치는 지강관의 두께 (mm)

t_{bj} : 겹친 지강관의 두께 (mm)

겹쳐진 지강관의 강도 P_n 은 식 (4.3-36), 식 (4.3-37) 및 식 (4.3-38)에 의한 겹치는 지강관의 강도 P_n 에 계수 $A_{bj}F_{ybj}/A_{bi}F_{ybi}$ 를 곱한 값을 초과하지 않아야 한다.

여기서, A_{bi} : 겹치는 지강관의 단면적 (mm²)

A_{bj} : 겹친 지강관의 단면적 (mm²)

4.3.2.2.5 지강관의 용접

강관 이음부에서 강관 벽의 상대적 유연성의 차이로 인하여, 용접선을 따라 하중전달의 비균일성은 용접부에 비례하여 고려해야 한다. 각형강관에 홈용접과 필릿용접의 총 유효용접길이 L_e 는 다음과 같이 제한한다.

(1) T, Y, X형 접합에서

① $\theta \leq 50^\circ$ 인 경우

$$L_e = \frac{2(H_b - 1.2t_b)}{\sin\theta} + (B_b - 1.2t_b) \quad (4.3-41)$$

② $\theta \geq 60^\circ$ 인 경우

$$L_e = \frac{2(H_b - 1.2t_b)}{\sin\theta} \quad (4.3-42)$$

50° 와 60° 사이의 θ 값에 대한 L_e 를 구하기 위하여 직선보간법을 사용한다.

(2) 각 지강관 주위의 간격 K형 접합에서

① $\theta \leq 50^\circ$ 인 경우

$$L_e = \frac{2(H_b - 1.2t_b)}{\sin\theta} + 2(B_b - 1.2t_b) \quad (4.3-43)$$

② $\theta \geq 60^\circ$ 인 경우

$$L_e = \frac{2(H_b - 1.2t_b)}{\sin\theta} + (B_b - 1.2t_b) \quad (4.3-44)$$

50° 와 60° 사이의 θ 값에 대한 L_e 를 구하기 위하여 직선보간법을 사용한다.

식 (4.3-41)~식 (4.3-44)까지의 위의 규정 대신에 다른 합리적인 방법도 허용한다.

(3) 겹침 K형 접합에서

겹치는 지강관에 대한 총유효용접길이는

① $25\% \leq O_v \leq 50\%$ 인 경우

$$l_{e,i} = \frac{2O_v}{50} \left[\left(1 - \frac{O_v}{100} \right) \left(\frac{H_{bi}}{\sin\theta_i} \right) + \frac{O_v}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + b_{eoi} + b_{eov} \quad (4.3-45)$$

② $80\% \leq O_v \leq 100\%$ 인 경우

$$l_{e,i} = 2 \left[\left(1 - \frac{O_v}{100} \right) \left(\frac{H_{bi}}{\sin\theta_i} \right) + \frac{O_v}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + b_{eoi} + b_{eov} \quad (4.3-46)$$

③ $80\% \leq O_v \leq 100\%$ 인 경우

$$l_{e,i} = 2 \left[\left(1 - \frac{O_v}{100} \right) \left(\frac{H_{bi}}{\sin\theta_i} \right) + \frac{O_v}{100} \left(\frac{H_{bi}}{\sin(\theta_i + \theta_j)} \right) \right] + B_{bi} + b_{eov} \quad (4.3-47)$$

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

$B_{bi}/B_b > 0.85$ 또는 $\theta_i > 50^\circ$ 일 경우, $b_{eoi}/2$ 는 $2t$ 를 초과해서는 안 되며, $B_{bi}/B_{bj} > 0.85$
 $B_{bi}/B_b > 0.85$ 또는 $(190 - \theta_i - \theta_j) > 50^\circ$ 일 경우, $b_{eov}/2$ 는 $2t_{bj}$ 를 초과해서는 안 된다.

겹쳐진 지강관에 대한 총유효용접길이는

$$l_{e,j} = \frac{2H_{bj}}{\sin\theta_j} + 2b_{eoj} \quad (4.3-48)$$

$$b_{eoj} = \frac{10}{B/t} \left(\frac{F_y t}{F_{yb_j} t_{b_j}} \right) B_{bj} \leq B_{bj} \quad (4.3-49)$$

$B_{bj}/B > 0.85$ 또는 $\theta_j > 50^\circ$ 인 경우,

$$l_{e,j} = \frac{2(H_{bj} - 1.2t_{bj})}{\sin\theta_j} \quad (4.3-50)$$

4.3.3 강관 간의 모멘트접합

강관간의 모멘트접합은 접합부에서 연속인 주강관에 휨모멘트 하중을 받는 1개 이상의 지강관이 직접 용접접합된 것으로 다음과 같이 구분한다.

- (1) 지강관이 하나이며 주강관에 직각인 T형 접합과 지강관이 하나이고 주강관에 직각이 아닌 Y형 접합
- (2) 주강관의 서로 반대되는 양측에 지강관이 있는 접합을 X형 접합이라 한다.

지강관과 주강관의 중심선은 동일 평면에 위치해야 한다.

4.3.3.1 원형강관

주강관 하중과 국부 지강관 이음하중에 의한 응력상호작용은 주강관 응력상관계수 Q_f 를 통하여 반영된다.

- (1) 주강관이 인장인 경우

$$Q_f = 1.0$$

- (2) 주강관이 압축인 경우

$$Q_f = 1.0 - 0.3U(1 + U) \quad (4.3-51)$$

$$\text{여기서, } U = |P_u/A_g F_c + M_u/SF_c|; \text{ 유효성비} \quad (4.3-52)$$

P_u : 주강관의 소요축강도 (N)

M_u : 주강관의 소요휨강도 (N · mm)

A_g : 주강관의 총단면적 (mm²)

F_c : 설계응력 (MPa)

S : 주강관의 탄성단면계수 (mm³)

$F_c = F_y$ (MPa)

4.3.3.1.1 적용한계

이음 형상이 다음의 적용한계 내에 있을 때에만 이 규정을 적용할 수 있다.

- (1) 지강관 각도: $\theta \geq 30^\circ$
- (2) 주강관벽 세장비: 벽지름 두께비로 T, Y, K형 접합에서 50 이하, X형 접합에서 40 이하
- (3) 인장 지강관벽의 세장비: 벽지름 두께비로 50 이하
- (4) 압축 지강관벽의 세장비: 벽지름 두께비로 $0.05E/F_y$ 이하
- (5) 폭비: $0.2 < D_b/D \leq 1.0$
- (6) 강도: 주강관과 지강관에 대하여 $F_y \leq 360 \text{ MPa}$
- (7) 연성: $F_y/F_u \leq 0.8$

4.3.3.1.2 T, Y, X형 접합에서 지강관의 면내휨모멘트

설계강도 ϕM_n 은 주강관의 소성화, 전단항복(뚫림)의 한계상태에 따라 구해진 값 중에서 최솟값으로 한다.

- (1) 주강관 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$M_n \sin \theta = 5.39 F_y t^2 \gamma^{0.5} \beta D_b Q_f \quad (4.3-53)$$

- (2) 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$M_n = 0.6 F_y t D_b^2 [(1 + 3 \sin \theta) / 4 \sin^2 \theta] \quad (4.3-54)$$

$\beta > (1 - 1/\gamma)$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

4.3.3.1.3 T, Y, X형 접합에서 지강관의 면외 휨모멘트

설계강도 ϕM_n 은 주강관의 소성화, 전단항복(뚫림)의 한계상태에 따라 구해진 값 중에서 최솟값으로 한다.

- (1) 주강관 소성화의 한계상태($\phi = 0.90$)

$$M_n \sin \theta = F_y t^2 D_b [3.0 / (1 - 0.81\beta)] Q_f \quad (4.3-55)$$

- (2) 전단항복(뚫림)의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$M_n = 0.6 F_y t D_b^2 [(3 + \sin \theta) / 4 \sin^2 \theta] \quad (4.3-56)$$

$\beta > (1 - 1/\gamma)$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

4.3.3.1.4 T, Y, X형 접합에서 지강관의 휨모멘트와 압축력의 조합

지강관의 압축력, 면내 휨모멘트, 면외 휨모멘트 또는 이러한 하중효과들의 조합력을 받는 접합부는 다음을 만족해야 한다.

$$(P_u/\phi P_n) + (M_{u-ip}/\phi M_{n-ip})^2 + (M_{u-op}/\phi M_{n-op}) \leq 1.0 \quad (4.3-57)$$

여기서, P_u : 하중조합을 사용하는 지강관의 소요축강도 (N)

ϕP_n : 4.3.2.2.2로부터 구한 설계강도

M_{u-ip} : 지강관의 소요 면내 휨강도 (N · mm)

ϕM_{n-ip} : 4.3.3.2.2로부터 구한 설계휨강도

M_{u-op} : 지강관의 소요 면외 휨강도 (N · mm)

ϕM_{n-op} : 4.3.3.2.3으로부터 구한 설계휨강도

4.3.3.2 각형강관

주강관 하중과 국부 지강관 이음하중에 의한 응력상호작용은 주강관 응력상관계수 Q_f 를 반영한다.

(1) 주강관이 인장인 경우

$$Q_f = 1.0$$

(2) 주강관이 압축인 경우

$$Q_f = (1.3 - 0.4 U/\beta) \leq 1 \quad (4.3-58)$$

여기서, $U = |P_r/A_g F_c + M_r/SF_c|$; 유용성비 (4.3-59)

P_u : 주강관의 소요축강도 (N)

M_u : 주강관의 소요휨강도 (N · mm)

A_g : 주강관의 총단면적 (mm²)

F_c : 설계응력 (MPa)

S : 주강관의 탄성단면계수 (mm³)

$F_c = F_y$ (MPa)

4.3.3.2.1 적용한계

접합형상이 다음의 적용한계 내에 있을 때만 이 규정을 적용할 수 있다.

(1) 지강관 각도는 약 90°

(2) 주강관 벽세장비: 벽의 폭두께비로 35 이하

(3) 인장 지강관의 벽세장비: 벽의 폭두께비로 35 이하

(4) 압축 지강관의 벽세장비: 벽의 폭두께비로 $1.25 (E/F_{yb})^{0.5}$ 이하이며 또한 35 이하

(5) 폭비: 주강관의 폭에 대한 지강관의 폭비로 0.25 이상

- (6) 형상비: $0.5 \leq \text{높이와 폭의 비} \leq 2.0$
- (7) 강도: 주강관과 지강관에 대하여 $F_y \leq 360 \text{ MPa}$
- (8) 연성: $F_y/F_u \leq 0.8$
- (9) 다른 제한들은 특별규정을 적용한다.

4.3.3.2.2 T, X형 접합에서 지강관의 면내 휨모멘트

설계강도 ϕM_n 은 주강관 소성화, 측벽 국부항복, 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태들에 따라 구한 최솟값이다.

- (1) 주강관벽 소성화의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$M_n = F_y t^2 H_b \left[(1/2\eta) + 2/(1-\beta)^{0.5} + \eta/(1-\beta) \right] Q_f \quad (4.3-60)$$

$\beta > 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

- (2) 측벽 국부좌굴의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$M_n = 0.5 F_y^* t (H_b + 5t)^2 \quad (4.3-61)$$

여기서, F_y^* : T형 접합에 대하여 F_y

F_y^* : X형 접합에 대하여 $0.8F_y$

$\beta < 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

- (3) 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$M_n = F_{yb} \left[Z_b - (1 - b_{eoi}/B_b) B_b H_b t_b \right] \quad (4.3-62)$$

여기서, $b_{eoi} = [10/(B/t)] [F_y t / (F_{yb} t_b)] B_b \leq B_b$ (4.3-63)

Z_b : 휨축에 대한 지강관의 소성단면계수 (mm^2)

$\beta < 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

4.3.3.2.3 T, X형 접합에서 지강관의 면외 휨모멘트

설계강도 ϕM_n 은 주강관벽 소성화, 측벽 국부항복, 비균일 하중분포로 인한 국부항복, 주강관의 뒹과단의 한계상태들에 따라 구한 최솟값으로 한다.

- (1) 주강관벽 소성화의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$M_n = F_y t^2 \left[0.5 H_b (1 + \beta) / (1 - \beta) + [2 B B_b (1 + \beta) / (1 - \beta)]^{0.5} \right] Q_f \quad (4.3-64)$$

$\beta > 0.85$ 이상이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

강구조 연결 설계기준(하중저항계수설계법)

(2) 측벽 국부항복의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$M_n = F_y^* t (B - t)(H_b + 5t) \quad (4.3-65)$$

여기서, F_y^* : T형 접합에 대하여 F_y

F_y^* : X형 접합에 대하여 $0.8F_y$

$\beta < 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

(3) 비균일 하중분포로 인한 국부항복의 한계상태($\phi = 0.95$)

$$M_n = F_{yb} [Z_b - 0.5(1 - b_{eoi}/B_b)^2 B_b^2 t_b] \quad (4.3-66)$$

여기서, $b_{eoi} = [10/(B/t)] [F_y t / (F_{yb} t_b)] B_b \leq B_b$ (4.3-67)

Z_b : 휨축에 대한 지강관의 소성단면계수 (mm^2)

$\beta < 0.85$ 이면 이 한계상태는 검토할 필요가 없다.

(4) 주강관 뒤틀림의 한계상태($\phi = 1.00$)

$$M_n = 2F_y t [H_b t + [BHt(B+H)]^{0.5}] \quad (4.3-68)$$

주강관 뒤틀림이 다른 조치에 의하여 방지되어 있다면 X형 접합 또는 T형 접합에서 이 한계상태검토할 필요가 없다.

4.3.3.2.4 T, X형 접합에서 지강관의 휨모멘트와 압축력의 조합

지강관의 압축력, 면내 휨모멘트, 면외 휨모멘트 또는 이러한 하중효과들의 조합력을 받는 접합부는 다음을 만족해야 한다.

$$(P_u / \phi P_n) + (M_{u-ip} / \phi M_{n-ip})^2 + (M_{u-op} / \phi M_{n-op}) \leq 1.0 \quad (4.3-69)$$

여기서, P_u : 하중조합을 사용하는 지강관의 소요축강도 (N)

ϕP_n : 4.3.2.2.2로부터 구한 설계강도

M_{u-ip} : 지강관의 소요 면내 휨강도 (N · mm)

ϕM_{n-ip} : 4.3.3.2.2로부터 구한 면내 설계휨강도

M_{u-op} : 지강관의 소요 면외 휨강도 (N · mm)

ϕM_{n-op} : 4.3.3.2 참조

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 연결 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	장석운	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 25 : 2017

강구조 연결 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>