

KDS 24 14 32 : 2023

강교 설계기준 (한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

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

KC CODE



국토교통부



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

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

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편	• 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 한계상태설계법 기반 기준 추가	제정 (2015. 02.)
도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편	• 케이블교량 낙뢰관련 피뢰시설 설치기준 추가 • 초장대교량사업단 연구결과 반영한 개정	개정 (2016. 08.)
KDS 24 14 32 : 2023	• 건설기준 코드체계 전환에 따른 코드화 통합 정비 후 교량공사 안전강화를 위한 교량분야 건설기준 정비연구에 따라 정비하여 제정함	제정 (2023. 09.)

제 정 : 2023년 9월 12일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국도로협회, 한국교량및구조공학회 작성기관 : 한국교량및구조공학회

- 국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 참고 기준	1
1.4 용어의 정의	1
1.5 기호의 정의	4
2. 조사 및 계획	7
3. 재료	7
3.1 강재	7
3.2 철근 및 콘크리트	7
3.3 형상 및 치수	7
3.4 재료의 강도	7
3.5 물리 상수	8
3.6 기타강재	8
4. 설계	8
4.1 한계상태	8
4.2 피로 및 파단	10
4.3 부재에 관한 일반 사항	25
4.4 인장부재	26
4.5 압축부재	26
4.6 휨을 받는 I형 단면	29
4.7 휨을 받는 박스형 단면	34
4.8 연결	48
4.9 강바닥판	48
4.10 강제주탑	55

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 강재 케이블교량 구조물의 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위한 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준에서는 강재로 제작되어 장경간 케이블교량에 사용되는 보, 뼈대구조, 트러스, 아치, 케이블, 바닥판 및 연결부 등의 설계규정을 다룬다.

1.3 참고 기준

- KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)
- KDS 14 31 00 강구조설계(하중저항계수설계법)
- KDS 24 10 12 교량설계 일반사항(케이블교량)
- KDS 24 12 12 교량 설계하중조합(케이블교량)
- KDS 24 12 22 교량 설계하중(케이블교량)
- KDS 24 14 31 강교 설계기준(한계상태설계법)

1.4 용어의 정의

- 각장: 필릿용접이음의 루트에서 가장자리까지의 거리
- 그루브용접: 접합부재면에 홈을 만들어(개선하여) 이루어지는 용접
- 끼움재: 부재의 두께를 늘리기 위해 사용되는 판재
- 내후성강: 적절히 조치된 고강도, 저합금강으로써 부식방지를 위한 도막 없이 대기에 노출 되어 사용되는 강재
- 다이아프램: 전단강도나 전단강성을 확보하기 위하여 설치하는 박스단면내의 격벽
- 덮개판: 단면적, 단면계수, 단면2차모멘트를 증가시키기 위하여 부재의 플랜지에 용접이 나 볼트로 연결된 플레이트
- 뒀비틀림: 비틀림에 대한 전체 저항 중 단면의 뒀에 저항하는 부분
- 리밍: 볼트구멍을 드릴로 뚫거나, 펀칭한 후 뚫린 구멍을 잘 마무리하여 가공하는 행위
- 리브: 보강재의 다른 용어로서 직교이방성 강상판에 교축방향 또는 교축직각방향으로 접합되는 종방향 보강재 및 횡방향 보강재를 각각 종방향 리브 및 횡방향 리브라 칭함
- 바닥틀: 바닥판을 지지하여 차륜하중을 주부재에 전달하는 역할을 하는 상부구조
- 바닥판: 포장면이 있든 없든 차륜하중을 직접적으로 지지하고 다른 부재들에 의해 지지되는 구조
- 바닥판 이음부: 구조물의 구성요소들 간의 상대적인 운동을 조절하기 위한 바닥판의 완전한 또는 부분적인 불연속부
- 벌크헤드: 강상판에 교축방향으로 접합하는 페리브의 비틈에 대한 저항강도를 높이기 위하여 페리브 내부에 설치하는 칸막이 벽

- 보강재: 하중을 분배하거나, 전단력을 전달하거나, 좌굴을 방지하기 위해 부재에 부착하는 Γ 형강이나 판재 같은 구조요소
- 부분용입그루브용접: 연결부재의 전체 두께보다 적게 내부 용입된 그루브용접
- 분기형 좌굴이론: 이상적으로 직선인 부재에 작용하는 압축력이 특정 크기에 도달하면 이 부재는 갑작스런 좌굴현상으로 파괴에 이를 수도 있고, 동시에 이상적인 직선을 그대로 유지하면서 추가 하중을 더 받을 수도 있는 평형상태에 도달할 수 있다. 이와 같이 동시에 두 가지 평형상태를 가질 수 있는 분기점의 하중을 임계하중이라고 하고, 이 임계하중에 근거한 좌굴이론을 분기형 좌굴이론이라 함
- 붕괴유발부재: 파괴될 경우 교량의 붕괴 또는 그 기능 상실을 유발시키는 부재
- 블록전단파단: 접합부에서, 한쪽 방향으로는 인장파단, 다른 방향으로는 전단항복 혹은 전단파단이 발생하는 한계상태
- 비조밀단면: 국부좌굴이 발생하기 전에 압축요소에 항복응력이 발생할 수 있으나 소성힌지의 회전능력을 갖지 못하는 단면
- 비지지길이: 좌굴 또는 비틀림에 저항하도록 브레이싱 등으로 변위를 구속시킨 인접한 두 점 사이의 거리
- 비틀림좌굴: 압축부재가 전단중심축에 대해 비틀어지는 좌굴모드
- 사각: 교량의 종방향 축에 수직인 직선과 교좌부 축사이의 각, 즉 0도의 사각은 직각 교량을 의미함
- 세장비: 휨축과 동일한 축의 단면2차반경에 대한 유효좌굴길이의 비
- 세장판단면: 탄성범위 내에서 국부좌굴이 발생할 수 있는 세장판요소가 있는 단면
- 소성단면계수: 휨에 저항하는 완전항복단면의 단면계수로서, 소성중립축 상하의 단면적의 중립축에 대한 1차모멘트
- 소성모멘트: 완전히 항복한 단면의 저항모멘트
- 소성해석: 강재의 완전탄성-완전소성거동의 가정에 근거한 구조해석
- 소요강도: 한계상태설계 하중조합에 대한 구조해석에 의해 산정된 구조부재에 작용하는 힘, 응력, 또는 변형을 지칭
- 수직보강재: 웨브에 부착하는 플랜지와 직각을 이루는 웨브 보강재
- 스킨립: 용접선의 교차를 피하기 위해 한쪽의 모재를 절단하여 만든 부채모양의 조치
- 아이바: 균일한 두께를 가진 특수한 형태의 편접합 부재로서, 편구멍이 있는 머리와 구멍이 없는 몸체에 거의 동일한 강도를 부여하도록, 몸체의 폭보다 크게 단조되거나 산소절단된 머리 폭을 가진 인장부재
- 연결재: 볼트, 리벳 또는 다른 연결기구 등을 총괄해서 지칭하는 용어
- 완전용입그루브용접: 용접재가 조인트 두께를 넘어 완전히 용접되는 그루브용접(강관 구조 접합부에서는 예외)
- 용접지단: 모재의 면이 용접비드 표면과 교차하는 선
- 용접작업구: 뒷받침판 등의 설치를 위한 구멍, 일명 스킨립
- 유효순단면적: 전단지연의 영향을 고려하여 보정된 순단면적

- 유효좌굴길이: 압축재 좌굴공식에 사용되는 등가좌굴길이 K_L 로서 분기좌굴해석으로부터 결정
- 유효좌굴길이계수, K : 유효좌굴길이와 부재의 비지지길이의 비
- 응력범위: 활하중으로 발생하는 최대응력과 최소응력크기의 차이
- 이음부: 두 부재를 한 개의 긴 부재로 만들기 위하여 용접이나 볼트를 사용하여 연결되는 영역
- 인장항복: 인장에 의한 항복
- 일정진폭 피로한계: 부재가 피로파괴 없이 일정한 응력범위 내에서 무한대의 반복횟수에 견딜 수 있는 최대 응력범위
- 재하경로: 하중이 작용점에서부터 지점까지 전달되는 과정에 있는 부재와 연결부의 연속경로
- 전단좌굴: 면내에 순수 전단력에 의해 보의 웨브와 같은 판요소가 변형하는 좌굴모드, 웨브의 전단상수
- 전단지연: 접합부에서 응력이 집중되거나 응력이 전달되지 않는 현상
- 전단항복(뚫림): 강관접합에서, 지강관이 붙어있는 주강관의 면외전단강도에 기반한 한계상태
- 접지면적: 차륜과 도로표면 사이의 접촉 면적
- 접합부: 2개 이상의 부재 사이에 힘을 전달하는데 사용되는 구조요소 또는 조인트의 집합체
- 제어플랜지: 이음부에서 상하부 플랜지 중 단면이 작은 플랜지; 계수하중에 의해 플랜지 중간두께에 발생하는 탄성휨응력이 계수휨저항에 대비 최대인 플랜지
- 조밀단면: 휨을 받을 때 플랜지나 웨브에 국부좌굴이 일어나지 않고 완전소성상태에 도달하는 단면으로서 이 단면은 플랜지와 웨브의 세장비와 브레이싱에 관한 요구 조건들을 만족해야 함.
- 조인트: 2개 이상의 단부, 표면, 가장자리가 접합되는 영역. 사용되는 파스너 또는 용접의 형태와 하중전달 방법에 의해 분류됨.
- 존치거푸집: 건설이 끝난 후에도 현장에 남아있는 영구적인 강재 또는 프리캐스트 콘크리트 거푸집
- 주방향: 등방성 바닥의 경우는 짧은 경간 방향; 직교이방성 판의 경우는 주하중 전달 요소 방향
- 지강관: 강관접합에서, 주강관 또는 주요부재에 붙어있는 강관부재
- 지압보강재: 모든 지점부 위의 복부판에 국부좌굴을 방지하기 위하여 설치하는 보강재
- 직교이방성 강바닥판: 강교량의 상판에 교축방향 또는 교축직각방향으로 종방향 리브 또는 횡방향 리브를 접합하여 교축방향과 교축직각방향의 물리적 성질이 서로 다른 강교량의 상판구조
- 직교이방성 판: 두개의 주방향으로 서로 다른 구조적 성질을 가지는 판
- 콘크리트압괴: 콘크리트가 극한변형률에 도달함으로써 압축파괴를 일으키는 한계상태

- 탄성단면계수: 단면2차모멘트를 도심축에서 단면의 양 끝까지의 거리로 나눈값
- 파괴인성: 구조용 재료 또는 요소가 파괴되지 않고 흡수할 수 있는 에너지의 양. 일반적으로 사피 V-노치 시험에 의해 결정함
- 피로강도: 특정 반복횟수 동안 부재에 파괴가 일어나지 않고 저항할 수 있는 최대응력 범위
- 피로설계수명: 피로균열의 발생 없이 설계교통하중에 저항할 수 있는 기간으로서 설계 기준에서는 200년으로 하였음
- 필릿용접보강: 그루브용접을 보강하기 위해 추가된 필릿용접
- 하이브리드 단면: 상, 하부 플랜지에 사용한 강판과 다른(일반적으로 낮은) 최소항복강도를 갖는 강판을 웨브로 사용한 거더 단면
- 합성: 내부 힘의 분산에 있어 강재요소와 콘크리트요소가 일체로서 거동하는 조건
- 횡방향보강재: 웨브에 부착되고 플랜지와 수직을 이루는 웨브 보강재
- 횡비틀좌굴: 횡방향 변형과 비틀을 동반하는 좌굴
- 휨좌굴: 단면의 비틀이나 형상의 변화 없이 압축부재가 휨으로 휘는 좌굴모드

1.5 기호의 정의

- A = 피로상세범주; 부재 전단면적(mm^2) (4.6.1.2)
- $ADTT$ = 한 방향 일일트럭교통량의 설계수명기간 동안 평균값 (4.2.1.2)
- $ADTT_{SL}$ = 한 방향 한 차로의 일일트럭교통량의 설계수명기간 동안 평균값 (4.2.1.2)
- A_g = 압축 부재의 전단면적(mm^2) (4.6.1.2), (4.8)
- A_n = 인장 부재의 순단면적(mm^2) (4.8)
- A_o = 박스거더 단면의 내부단면적(mm^2) (4.7.8.2)
- A_s = 강재 단면적; 슬래브 단면적; 보강재의 전단면적(mm^2) (4.8)
- A_w = 웨브단면적(mm^2) (4.8)
- b = 아이바 몸체의 폭(mm) (4.6.1.2)
- b_l = 종방향보강재의 폭(mm) (4.7.11.2)
- C = 전단좌굴응력 대 전단항복강도의 비; 직교이방성에 있는 리브를 조절하기 위한 바닥흙의 두께(mm) 피로상세범주 C (4.2.1.2)
- C_w = 뒹상수 (4.6.1.2)
- D = 원형강관의 외경 (4.6.1.2); 웨브높이 (4.6.1.2)
- D_{cp} = 소성모멘트 상태에서의 압축력을 받는 웨브높이(mm) (4.6.6.2)
- d_o = 수직보강재의 간격(mm)
- E = 강재의 탄성계수(MPa) (4.5.3.1), (4.5.3.2), (4.7.8.2)
피로상세범주 E (4.2.1.2)
- F_n = 응력으로 표현된 공칭휨강도(MPa) (4.8)
- F_{nc} = 압축플랜지 공칭휨저항강도(MPa) (4.6.7.2), (4.7.8.1), (4.7.8.2)

- F_u = 강재의 최소인장강도; 전단연결재의 최소인장강도(MPa) (4.8)
- F_{uf} = 압축을 받는 보강판의 극한압축강도(MPa) (4.7.8.2), (4.7.11.2)
- F_{uf}' = 휨에 의하여 압축응력과 전단응력이 동시에 발생하는 보강판의 극한압축극한강도(MPa) (4.7.8.2)
- F_{us} = 종방향보강재의 극한강도(MPa) (4.7.11.2)
- F_y = 편 의 항복강도; 강재의 최소항복강도(MPa) (4.6.1.2), (4.7.8.2), (4.8)
- F_{yc} = 압축플랜지의 최소항복강도(MPa) (4.6.7.2)
- F_{yf} = 플랜지의 최소항복강도(MPa) (4.8)
- F_{yr} = 철근의 최소항복강도(MPa)) (4.7.8.2)
- F_{yt} = 인장플랜지의 최소항복강도(MPa) (4.8)
- f_v = 설계하중에 의한 플랜지의 순수비틀 전단응력 (4.6.7.2)
계수하중에 의해 강바닥판에 발생하는 전단응력 (4.7.8.2)
- G = 강재의 전단탄성계수(MPa) (4.6.1.2)
- I = 단면2차모멘트(mm⁴) (4.6.1.2)
- I_t = 수평보강재의 단면2차모멘트(mm⁴) (4.7.11.2)
- I_s = 단부를 기준으로 한 수평보강재의 단면2차모멘트(mm⁴);
아치리브보강재의 단면2차모멘트(mm⁴) (4.7.8.2)
- I_y = 단부를 기준으로 한 수직보강재의 단면2차모멘트(mm⁴);
약축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴) (4.6.1.2)
- J = 순수비틀상수(mm⁴) (4.6.1.2)
- K = 유효좌굴길이계수 (4.6.1.2)
- KL/r = 세장비 (4.6.1.2)
- k = 플랜지 하면에서 필릿용접 끝단까지의 거리; 판 좌굴계수;
리브를 따라 휨모멘트의 분포를 나타내는 계수 (4.6.1.2), (4.7.8.2)
- k_s = 전단응력 판 좌굴계수 (4.7.8.2)
- L_b = 비지지길이; 고정점간 거리; 부재단부에서 첫 브레이싱점까지의 거리(mm)
(4.6.1.2)
- l = 비지지길이(mm) (4.6.1.2)
- M_{rx}, M_{ry} = x-방향, y-방향의 저항계수가 고려된 설계휨강도(N · mm) (4.6.1.2)
- M_{ux}, M_{uy} = x-방향, y-방향에서의 설계하중에 의한 휨모멘트(N · mm) (4.6.1.2)
- N = 응력범위의 반복횟수 (4.2.1.2)
- N_{TH} = 일정진폭 피로한계값(ΔF)_{TH}에 해당하는 응력반복횟수 (4.2.1.2)
- N_{CL} = 무한수명 응력범위(cut-off Limit)에 해당하는 응력범위 반복횟수 (4.2.1.2)
- n = 트럭당 응력범위의 반복횟수; 강재에 대한 콘크리트의 탄성계수비; 전

- 단연결재의 수; 볼트의 수 (4.2.1.2)
- P_n = 공칭강도; 공칭지압강도; 공칭압축강도 (4.6.1.2)
- R_b = 웨브 국부좌굴에 의한 플랜지 하중저감계수 (4.6.7.2)
- R_h = 하이브리드 단면의 플랜지 응력감소계수 (4.6.7.2)
- r_s = 좌굴이 발생하는 축에 대한 단면회전반경(mm) (4.6.1.2)
- r_x, r_y = 고정점 사이에서 웨브 평면의 수직축에 대한 단면회전반경(mm) (4.6.1.2)
- t = 관두께(mm); 집중하중을 받는 플랜지의 두께(mm); 슬래브 또는 판의 두께(mm) (4.9.5.3)
- t_f = 플랜지의 두께(mm); ㄷ형 전단연결재 플랜지의 두께(mm) (4.6.7.2)
- t_p = 횡방향 하중을 받는 판의 두께(mm); 보강재의 두께(mm) (4.2.1.2)
- t_s = 콘크리트 바닥판의 두께(mm); 보강재의 두께(mm) (4.7.11.2)
- V_n = 공칭전단강도(N) (4.8)
- V_u = 설계하중에 의한 전단력(N) (4.8)
- V_{uw} = 이음점 웨브의 설계전단력(N) (4.8)
- w = 플랜지에 있는 수평보강재의 간격과 웨브에 가장 가까운 플랜지 수평보강재와 웨브간의 거리중 큰 값(mm); 박스거더 단면에서 플랜지의 중심간격(mm) (4.2.1.2)
- α = 플랜지 이음판 설계 시 적용되는 계수 (4.8)
- β = 플랜지 유효단면적 계산 시 플랜지 전단면적에 적용되는 계수 (4.8)
- γ = 하중계수 (4.2.1.2)
- (Δf) = 활하중의 응력범위(MPa) (4.2.1.2)
- $(\Delta F)_{CL}$ = 무한수명 공칭피로강도(MPa) (4.2.1.2)
- $(\Delta F)_n^c$ = 상세범주 C에 대한 공칭피로강도(MPa) (4.2.1.2)
- $(\Delta F)_n$ = 공칭피로강도(MPa) (4.2.1.2)
- $(\Delta F)_{TH}$ = 일정진폭 피로한계값(MPa) (4.2.1.2)
- λ_{col} = 보강된 플랜지에서 보강재와 판의 일부로 구성된 스트럿기둥의 세장비 (4.7.8.2)
- λ_{pl} = 보강된 플랜지에서 보강재 사이 판에 대한 세장비 (4.7.8.2)
- ϕ_b = 지압에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
- ϕ_{bb} = 지압볼트의 저항계수 (4.1.4.2)
- ϕ_{bc} = 블록전단에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
- ϕ_c = 압축에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
- ϕ_{e1} = 완전 그루브용접에 사용되는 용접재료의 전단 또는 인장에 대한 저항

- 계수 (4.1.4.2)
- ϕ_{e2} = 부분 그루브용접에 사용되는 용접재료의 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_f = 휨에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_s = 볼트의 전단에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_{sc} = 전단연결재의 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_t = 고장력볼트의 인장에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_u = 인장부재의 파단에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_v = 전단에 대한 저항계수 (4.1.4.2)
 - ϕ_w = 필릿용접의 전단에 대한 저항계수 (4.1.4.2)

2. 조사 및 계획

(1) 내용 없음

3. 재료

3.1 강재

3.1.1 사용강재

(1) 사용강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.1.1)을 따른다.

3.1.2 접합 재료

(1) 접합 재료와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.1.2)를 따른다.

3.2 철근 및 콘크리트

(1) 철근 및 콘크리트의 품질과 관련된 사항은 KDS 14 20 00을 따른다.

3.3 형상 및 치수

(1) 형상 및 치수와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.3)을 따른다.

3.4 재료의 강도

3.4.1 강재의 강도

(1) 강재의 강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.4.1)을 따른다.

3.4.2 접합재료의 강도

(1) 접합재료의 강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.4.2)를 따른다.

3.4.3 철근 및 콘크리트의 강도

(1) 철근 및 콘크리트의 강도는 KDS 14 20 00을 따른다.

3.5 물리 상수

(1) 물리 상수와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.5)를 따른다.

3.6 기타강재

3.6.1 핀, 롤러 및 록커

(1) 핀, 롤러 및 록커와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.6.1)을 따른다.

3.6.2 스티드 전단연결재

(1) 스티드 전단연결재와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.6.2)를 따른다.

3.6.3 스테인레스 강재

(1) 스테인레스 강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.6.3)을 따른다.

3.6.4 케이블

(1) 케이블과 관련된 사항은 KDS 14 31 05(3.6.4)를 따른다.

4. 설계

4.1 한계상태

4.1.1 일반사항

(1) 강재 또는 강재와 다른 재료를 결합시켜 만들어진 부재의 구조적 거동은, 건설 중, 이동 운반 중, 또는 가설 시뿐만 아니라 그 구조물의 공용 기간 동안 가장 큰 응력이 발생될 수 있는 모든 단계에 대해 검토해야 한다.

구조 부재는 극한한계상태, 극단상황한계상태, 사용한계상태 및 피로한계상태에서 요구되는 조건을 적절히 만족시켜야 한다.

4.1.2 사용한계상태

(1) KDS 24 10 12의 (4.1.5.1) 및 (4.1.7.1)의 규정을 적용한다. 강구조물은 KDS 24 12 12의 표 4.1-1에 있는 사용한계상태 하중조합 II의 조건을 만족시켜야 한다.

4.1.3 피로와 파단한계상태

(1) 각 구조부재 및 상세는 KDS 24 10 12(4.1.5.2) 및 이 기준 4.2에 규정된 피로에 대한 검토가 있어야 한다.

- (2) KDS 24 12 12의 표 4.1-1의 피로한계상태조합 및 KDS 24 12 22(4.3.3)에 규정된 피로 활하중을 적용한다.
- (3) 플레이트 거더의 웨브는 이 기준 4.6.5.3의 규정을 만족시켜야 한다.
- (4) 이 기준 4.6.10.2에 있는 전단연결재의 피로에 대한 적절한 규정을 적용한다. 인장피로를 받는 볼트는 이 기준 4.2.1의 규정을 만족시켜야 한다. 요구되는 파괴인성치는 이 기준 4.2.2에 따른다.

4.1.4 극한한계상태

4.1.4.1 일반사항

- (1) 강도 및 안정성 검토 시 KDS 24 12 12의 표 4.1-1에 규정된 적합한 극한한계상태 조합을 이용한다.

4.1.4.2 저항계수

- (1) 극한한계상태에 대한 저항계수는 다음 값을 취한다.

• 휨에 대해	ϕ_f	= 1.00
• 전단에 대해	ϕ_v	= 1.00
• 축방향 압축력에 대해(강재)	ϕ_c	= 0.90
• 축방향 압축력에 대해(합성부재)	ϕ_c	= 0.90
• 인장력에 대해(순단면 적용 시 파단)	ϕ_u	= 0.80
• 인장력에 대해(전단면 적용 시 항복)	ϕ_y	= 0.95
• 핀의 지압력에 대해	ϕ_b	= 1.00
• 볼트의 지압력에 대해	ϕ_{bb}	= 0.80
• 전단연결재에 대해	ϕ_{sc}	= 0.85
• 인장력을 받는 F8T, F10T, F13T볼트에 대해	ϕ_t	= 0.80
• 인장력을 받는 일반볼트에 대해	ϕ_t	= 0.80
• 전단력을 받는 F8T, F10T, F13T볼트에 대해	ϕ_s	= 0.80
• 전단력을 받는 일반볼트에 대해	ϕ_s	= 0.65
• 블록전단에 대해	ϕ_{bs}	= 0.80
• 기타 연결요소의 전단 파단	ϕ_{vu}	= 0.80
• 웨브의 국부좌굴에 대해	ϕ_w	= 0.80
• 완전용입 그루브용접 시의 용접 금속에 대해 :		
- 유효단면적에 대한 전단력	ϕ_{e1}	= 0.85
- 유효단면적에 수직한 인장 또는 압축력	ϕ	= 모재 ϕ
- 용접선에 평행한 인장 또는 압축력	ϕ	= 모재 ϕ

- 부분용입 그루브용접 시 용접금속에 대해 :
 - 용접선에 평행한 전단력 $\phi_{e2} = 0.80$
 - 용접선에 평행한 인장 또는 압축력 $\phi = \text{모재 } \phi$
 - 유효단면적에 수직한 압축력 $\phi = \text{모재 } \phi$
 - 유효단면적에 수직한 인장력 $\phi_{e1} = 0.80$
- 필릿용접 시의 용접금속에 대해 :
 - 용접선에 평행한 방향의 인장 또는 압축력 $\phi = \text{모재 } \phi$
 - 용접금속의 목에 작용하는 전단력 $\phi_{e2} = 0.80$
- 관입상태가 불량한 지반으로 인한 영향을 받고 압축력을 받는 말뚝의 축방향력에 대해 :
 - H형 말뚝 $\phi_c = 0.50$
 - 강관 말뚝 $\phi_c = 0.60$
- 관입상태가 양호한 지반에서 압축력을 받는 말뚝의 축방향력에 대해 :
 - H형 말뚝 $\phi_c = 0.60$
 - 강관 말뚝 $\phi_c = 0.70$
- 비항타말뚝의 축방향력과 휨의 조합에 대해 :
 - H형 말뚝의 축방향력에 대해 $\phi_c = 0.70$
 - 강관 파일의 축방향력에 대해 $\phi_c = 0.80$
 - 휨에 대해 $\phi_f = 1.00$
- 항타 시의 저항계수에 대해 $\phi = 1.00$

4.1.5 극단상황한계상태

- (1) KDS 24 12 12의 표 4.1-1의 모든 적용 가능한 극단상황한계상태조합에 대해 검토한다.
- (2) 극단상황한계상태에 대한 저항계수는 볼트의 경우를 제외하고는 모두 1.0을 취한다.
- (3) 내하력 설계에 의해 보호되지 않은 볼트 조인트는 극단상황한계상태에 대해 지압이음 형식으로 거동하는 것으로 가정하며, 저항계수는 이 기준 4.1.4.2에 주어진 볼트 지압력에 대한 값을 적용한다.

4.2 피로 및 파단

4.2.1 피로

4.2.1.1 일반사항

- (1) 피로는 하중유발피로와 변형유발피로로 분류된다.

4.2.1.2 하중유발피로

- (1) 적용

강교량 구조상세에 대한 피로설계 시 고려하여야 할 응력은 활하중에 의해 발생된 응력범위이다.

전 길이에 걸쳐 전단연결재가 설치되고 이 기준 4.6.1.7의 조항을 만족하는 바닥판 철근이 배근된 휨부재에 대하여, 정모멘트부와 부모멘트부의 콘크리트 바닥판 모두가 유효하다고 가정한 합성단면을 적용하여 활하중에 의한 응력범위를 계산한다. 잔류응력은 피로설계 시 고려하지 않는다.

이 규정은 순인장응력을 받는 상세에만 적용된다. 하중계수를 적용하지 않은 고정하중이 압축응력을 발생시키는 부분의 경우, 이 압축응력이 피로한계상태조합에 따른 최대 활하중 인장응력의 2배보다 작은 경우에만 피로 문제를 고려한다.

(2) 설계기준

하중유발피로를 고려하는 경우, 각 구조상세는 다음 조건을 만족시켜야 한다.

$$\gamma(\Delta f) \leq (\Delta F)_n \tag{4.2-1}$$

여기서,

γ = 피로한계상태 조합에 대한 하중계수

(Δf) = 하중효과, 즉 피로설계하중 통과 시 발생하는 활하중 응력범위(MPa)

$(\Delta F)_n$ = 4.2.1.2(5)에 규정된 공칭피로강도(MPa)

(3) 상세범주

부재와 이음부의 상세는 표 4.2-1에 요약되어 있는 각 상세범주의 요구조건을 만족하도록 설계하여야 한다. 표에 볼트 구멍으로 그려진 부분은 KCS 24 00 00에 따라 볼트 체결이 이루어진 것을 나타낸다.

붕괴유발부재와 같이 특별히 규정된 경우를 제외하고, 한 방향 한 차로의 일일트럭교통량의 설계수명기간 동안의 평균값 $ADTT_{SL}$ 이 표 4.2-2에 있는 통행량을 넘지 않는다면, 부재 및 상세는 유한수명을 고려해서 설계하고, 그렇지 않은 경우 무한수명을 고려하여 설계한다.

강바닥판 부재 및 상세 또한 표 4.2-1의 강바닥판 상세범주 요구조건을 만족하도록 설계한다.

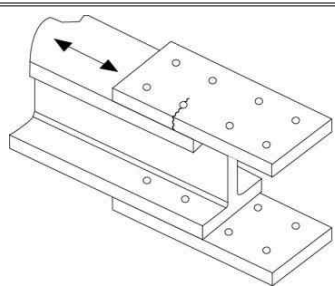
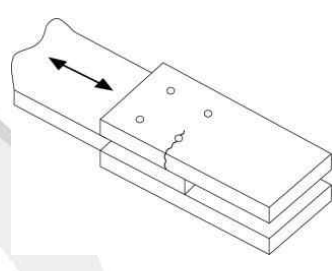
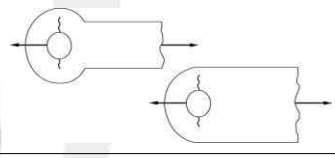
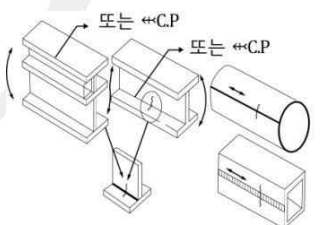
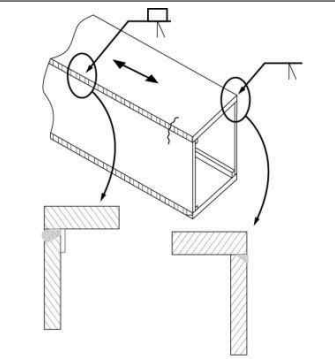
표 4.2-1 하중유발피로에 대한 상세범주

상세설명	범주	일정 진폭	무한수명	균열발생 가능위치	그림(예)
		피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)		
1절 - 용접의 영향을 받지 않는 부재					

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
1.1 압연면 또는 부착물이 없는 깨끗한 표면을 갖는 모재부(가스절단부의 경우 0.025 mm 이하의 평탄도를 가지며, 다른 부재와의 연결을 위한 가공된 모서리가 없어야 함.)	A	165.0	82.5	모든 용접부 및 연결부에서 떨어진 곳	
1.2 무도장 내후성 강재(가스절단부의 경우 0.025 mm 이하의 평탄도를 가지며, 다른 부재와의 연결을 위한 가공된 모서리가 없어야 함.)	B	110.0	55.0	모든 용접부 및 연결부에서 떨어진 곳	
1.3 다른 부재와의 연결을 위한 가공된 모서리가 있는 경우 또는 도로교표준시방서(2013)에 따라 제작된 기하학적 불연속부(용접작업구 제외)	C	69.0	34.5	모서리부 모든 곳	
1.4 용접작업구가 있는 압연단면	C	69.0	34.5	부재 조립을 위한 용접작업구의 모재부	
1.5 부재의 개구부	D	48.3	24.2	구멍주변의 순단면 (net section) 부위	

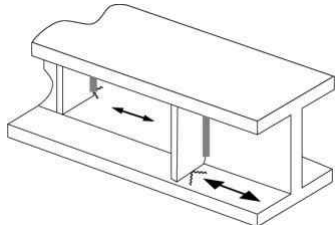
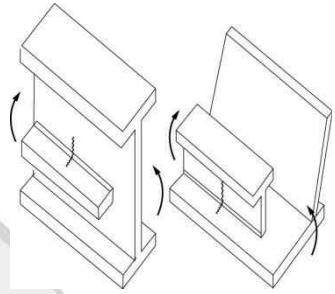
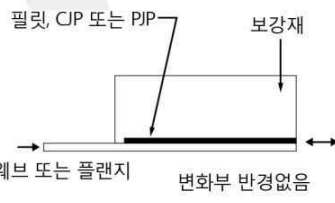
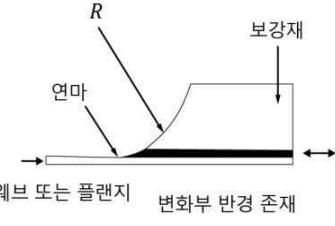
2절 - 볼트 연결부

2.1 고장력볼트를 적용한 마찰이음부전 단면(gross section) 적용 모재부(볼트구멍을 드릴로 뚫거나, 편칭 후 리밍하여 가공한 경우)	B	110.0	55.0	볼트구멍 주변	
---	---	-------	------	---------	--

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
2.2 마찰이음 요구조건에 맞춰 고장력볼트로 체결되 었으나 지압이음으로 설계된 순단면 적용 모재부(볼트구 멍을 드릴로 뚫거나, 펀칭 후 리밍하여 가공한 경우)	B	110.0	55.0	볼트구멍 주변	
2.3 • 용융아연도금한 모든 볼 트연결부의 순단면 적용 모 재부 • 2.1 및 2.2의 조건과 같 으나, 펀칭으로만 전체구멍을 뚫은 경우 • 볼트를 제외한 다른 연 결재를 적용한 순단면 적용 모재부(아이바와 핀연결판 제외)	D	48.3	24.2	볼트구멍 주변 또는 구멍과 가까운 모재부	
2.4 아이바의 머리부분과 핀연결판의 순단면 적용 모 재부	E	31.0	15.5	구멍 주변	
3절 - 조립부재의 용접연결부					
3.1 종방향으로 연속된 완 전용입 그루브용접 또는 응 력작용방향과 평행한 연속된 필릿용접에 의해 연결된 부 착물이 없는 형강 또는 조 립부재의 모재부와 용접금 속부	B	110.0	55.0	용접표면 또는 용접 내부의 결함 등 불연속부	
3.2 3.1의 상세에서 받침봉을 제거하지 않은 완전용입 그 루브용접이 적용된 곳과 응 력작용방향과 평행한 연속 부분용입 그루브용접이 적용된 경우	B	82.7	41.4	용접표면 또는 용접 내부의 불연속부 (받침봉을 붙이기 위한 용접부 포함)	

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
3.3 용접작업구의 종방향용접 끝나는 부분의 용접금속 및 모재부(플랜지의 맞대기이 음부는 포함하지 않음)	D	48.3	24.2	웹 또는 플랜지의 용접이 끝나는 부분	
3.4 응력작용방향과 평행 한 필릿용접에 의해 연결된 덮 개 판의 용접금속 및 모재부	B	110.0	55.0	용접단부에서 어느정도 떨어진 용접표면 또는 용접내부의 불연속부	
3.5 끝부분 돌림용접 적용 여부와 관계없고 사각형 또는 경사진 단면의 덮개 판 폭이 플랜지보다 좁은 경우 또는 끝부분 용접이 있는 덮개 판 폭이 플랜지보다 큰 경우 용접연결부의 용접금속부 또는 모재부				돌림용접 지단부의 플랜지, 종방향용접이 끝나는 부분의 플랜지, 덮개판 폭이 플랜지 보다 큰 경우 용접된 플랜지 모서리	
- 플랜지 두께 ≤ 20 mm	E	31.0	15.5		
- 플랜지 두께 ≥ 20 mm	E'	17.9	9.0		
3.6 플랜지와 접합된 끝부 분은 마찰이음 고정력볼트로 접합되고, 나머지 부분은 용접연결된 덮개 판의 용접 단부의 모재부	B	110.0	55.0	종방향용접이 끝나는 부분의 플랜지	
3.7 끝부분 용접이 없고 플 랜지보다 폭이 넓은 덮개 판의 종방향용접이 끝나는 부분의 모재부	E'	17.9	9.0	덮개 판용접 끝부분의 플랜지 모서리	

4절 - 보강재 용접연결부

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
4.1 수직보강재와 플랜지 및 수직보강재와 웨브의 필릿 용접 지단부의 모재부(주 : 지압보강재와 연결판 등의 유사 용접부 포함)	C'	82.7	41.4	필릿용 접지단의 기하학적 불연속부	
4.2 응력작용방향과 평행하게 연속적으로 웨브 또는 플랜지에 필릿용접된 수평보강재용접부의 용접금속 및 모재부	B	110.0	55.0	용접 단부 로부터 일정거리 떨어진 부분의 용접표면 및 내부의 불연 속부	
4.3 웨브 또는 플랜지에 부착된 수평보강재용접단부의 모재부. • 변화부 반경을 두지 않는 필릿용접 보강재의 경우				용접이 끝나는 부분 용접지 단에 접한 주부재(플랜지 또는 웨브)	
- 보강재두께 < 25 mm	E	31.0	15.5	변화부 반경 끝부분의 주 부재(플랜지 또는 웨브)	
- 보강재두께 ≥ 25 mm	E'	17.9	9.0		
• 변화부반경을 갖고 용접 끝부분을 매끈하게 연마한 경우					
- R ≥ 600 mm	B	110.0	55.0		
- 150 mm ≤ R < 600 mm	C	69.0	34.5		
- 50 mm ≤ R < 150 mm	D	48.3	24.2		
- 50 mm > R	E	31.0	15.5		

5절 - 응력작용방향에 수직인 방향으로 용접된 접합부

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
5.1 용접의 건정성이 비파괴시험을 통해 입증되고, 용접부가 응력작용방향으로 연마되어 있는 완전용입 그루브용접부의 용접금속 및 모재부(폭이나 두께방향 변화부기울기가 1:2.5 이하)	B	110.	55.0	용접내부 불연속부(결함부) 또는, 폭 또는 두께가 변화하는 시점	
5.2 다른 조건은 5.1의 경우와 같고, 그루브용접단부의 접선점에서 시작한 폭변화부 반경이 600mm 이상인 경우	B	110.0	55.0	용융부 주변의 불연속부 또는 용접내부의 불연속부	
5.3 완전용입그루브용접된 T형 또는 모서리접합부 주변 또는 용접된 부분의 용접금속 및 모재부 또는 두께변화가 없거나 1:2.5 이하의 두께변화가 있는 경우로 용접덧살이 제거되지 않은 완전용입 그루브용접 맞대기이음부의 용접금속 및 모재부	C	69.0	34.5	용융부 주변 또는 용접지단의 불연속부 표면	
5.4 하중전달형 불연속판 요소가 양면필릿용접에 의해 부착된 상세의 용접금속 또는 모재부, 또는 응력작용방향에 수직한 판의 양면에 부분용입 그루브용접접합된 상세의 용접금속 및 모재부 (식 4.6.5에 의해 조정된 C상세 적용)	C	69.0	34.5	모재에 접한 용접지단의 기하학적 불연속부 또는 인장을 받는 용접루트	

6절 - 횡방향으로 응력을 받는 용접부착물

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
6.1 주응력방향과 평행한 방향의 용접에 의해 부착되고 용접단을 매끈하게 연마하 였으며 변화부의 반경이 R인 횡방향으로 응력을 받는 상세 (예를 들어, 측면 연결판) 위치에서 종방향으로 응력을 받는 부재의 모재부					
R ≥ 600 mm	B	110	55.0	종 방향으로 응력을 받는 부재 모서리 또는 용접단이 매끈하게 연 마되지 않은 경우 용접지 단부와 변화부 반경과의 접 촉점 근처	
150 mm ≤ R < 600 mm	C	69.0	34.5		
50 mm ≤ R < 150 mm	D	48.3	24.2		
50 mm > R	E	31.0	15.5		
용접단을 매끈하게 연마하지 않은 모든 변화부반경에 대 해서	E	31.0	15.5		
(주의 : 적용가능하다면, 조건 6.2, 6.3 또는 6.4 또한 검토 해야 한다.)					
6.2 종방향으로 응력을 받는 동일한 두께의 부재에 주응 력과 평행한 방향으로 완전 용입 그루브용접으로 부착 되고 변화부반경 R을 포함 하는 횡방향으로 응력을 받는 상세(예를 들면, 측면연결 판)의 모재에서 용접건전도가 비파괴시험으로 입증되고 용접단이 매끈하게 연마된 경우:					
용접덧살이 제거되었을 때 :				변화부반경의 접촉점 근처나 용접내부 또는 종 방향으로 응력을 받는 부재나 횡방 향으로 응력을 받는 부착물의 융해 경계 종 방향으로 응력을 받는 부재나 횡방 향으로 응력을 받는 부착물의 모서리를 따라 생긴 용접지 단부	
R ≥ 600 mm	B	110.0	55.0		
150 mm ≤ R < 600 mm	C	69.0	34.5		
50 mm ≤ R < 150 mm	D	48.3	24.2		
50 mm > R	E	31.0	15.5		
용접덧살이 제거되지 않았					

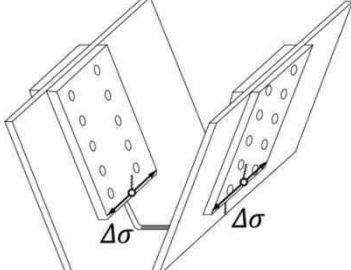
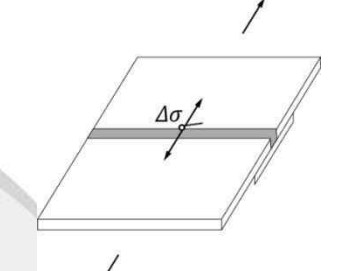
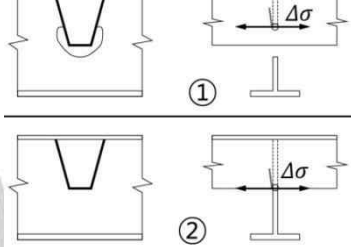
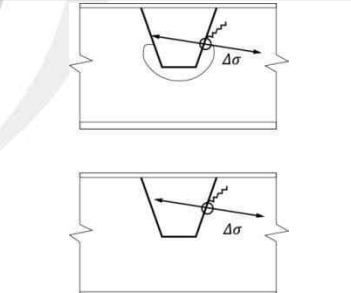
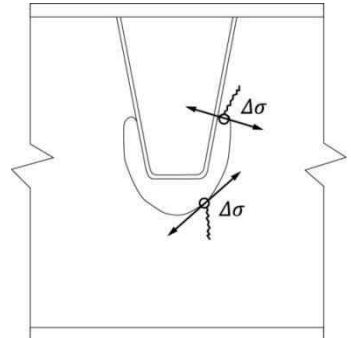
상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
<p>을 때 :</p> <p>$R \geq 600$ mm</p> <p>$150 \text{ mm} \leq R < 600$ mm</p> <p>$50 \text{ mm} \leq R < 150$ mm</p> <p>$50 \text{ mm} > R$</p> <p>(주의 : 조건 6.1 또한 검토 해야 한다.)</p>	C C D E	69.0 69.0 48.3 31.0	34.5 34.5 24.2 15.5		
<p>6.3 종방향으로 응력을 받는 두께가 다른 부재에 주응력과 평행한 방향으로 완전용입 그루브용접으로 부착되고 용접변화부반경 R을 포함 하는 횡방향으로 응력을 받는 상세(예를 들면, 측면연결판)의 모재에서 용접건전도가 비파 괴시험으로 입증되고 용접 단이 매끈하게 연마된 경우:</p> <p>용접덧살이 제거되었을 때 :</p> <p>$R \geq 50$ mm</p> <p>$R < 50$ mm</p> <p>용접덧살이 제거되지 않았을 때: (주의: 조건 6.1 또한 검토 해야 한다.)</p>	D E E	48.3 31.0 31.0	24.2 15.5 15.5	<p>두께가 더 얇은 판의 모서리를 따라 생긴 용접지단부</p> <p>용접 변화부 반경이 작은 용접단</p> <p>두께가 더 얇은 판의 모서리를 따라 생긴 용접지단부</p>	<p>용접덧살 제거</p> <p>용접덧살 비제거</p>
<p>6.4 종방향으로 응력을 받는 부재에 주응력과 평행한 방 향으로 필릿용접이나 부분 용입그루브용접으로 부착된 횡방향으로 응력을 받는 상 세(예를 들면, 측면연결판)의 모재부 (주의 : 조건 6.1 또한 검토 해야 한다.)</p>	조건 5.4 참조				

7절 - 종방향으로 응력을 받는 용접부착물

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
7.1 변화부반경을 포함하지 않는 이음부가 주응력방향과 평행 또는 수직인 방향으로 각각 길이가 L이고 두께가 t로 그루브용접 또는 필릿 용접으로 부착된 종방향으로 응력을 받는 부재의 모재부					
L < 50 mm	C	69.0	34.5	용접 지 단 부 에서의 주부재	
50 mm ≤ L ≤ 12t 또는 100 mm	D	48.3	24.2		
L > 12t 또는 100 mm					
t < 25 mm	E	31.0	15.5		
t ≥ 25 mm	E'	17.9	9.0		

8절 - 기타

8.1 리브와 바닥판간 용접 - 용접이전에 용접루트간격이 0.5mm 이하인 단일면 80% (최소 70% 이상) 용입용접부	C	69.0	34.5	그림 참조	
8.2 리브용접이음부 - 용접 간격이 리브의 두께보다 크고 영구받침봉이 그대로 남아 있는 맞대기 일면 그루브용접부	D	48.3	24.2	그림 참조	

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
8.3 볼트가 적용된 리브이음부 - 고장력마찰접합된 전단면 적용 모재부	B	110.0	55.0	그림 참조	
8.4 바닥판이음부 - 영구반 침봉이 그대로 남아있는 횡 방향 또는 종방향 맞대기 일면 그루브용접부	D	48.3	24.2	그림 참조	
8.5 리브의 횡리브 또는 가 로보 용접부 - 횡리브 또는 가로보에 필릿 또는 완전용입 용접된 리브용접부	C	69.0	34.5	그림 참조	
8.6 리브와 용접된 횡리브 또는 가로보의 웨브 - 리브와 필릿, 부분용입 또는 완전 용입 용접된 횡리브 또는 가로보의 웨브용접부	C	69.0	34.5	그림 참조	
8.7 횡리브 또는 가로보절 곡부 - 끝단이 도로교표준 시방서(2013)에 따라 “매끈 하게” 가스절단된 모재 (벌크헤드플레이트 절곡부)	B	110.0	55.0	그림 참조	

상세설명	범주	일정 진폭 피로한계 값 $((\Delta F)_{TH})$ (MPa)	무한수명 피로한계 값 $((\Delta F)_{CL})$ (MPa)	균열발생 가능위치	그림(예)
8.8 절곡부에서의 리브판 - 횡리브 또는 가로보와 필릿, 부분용입 또는 완전용입용 접된 지점의 리브판 (벌크헤드플레이트와 횡리브 또는 가로보와 필릿, 부분 용입 또는 완전용입용접된 지점의 벌크헤드플레이트)	C	69.0	34.5	그림 참조	
8.9 횡리브 또는 가로보, 바 닥판과 리브의 교차점	E	31.0	15.5	그림 참조	
주의 1 : 필릿이나 부분 용입용접부에서 응력이 면내성분에 의해 지배되는 경우에는 이 기준 식 (4.2-5)가 고려되어야 한다. 이러한 경우, $\Delta\sigma$ 는 두개의 중심에서 계산되어야 한다.					
8.10 필릿이나 자동스터드 용접에 의해 부착된 스테드 형태의 전단연결재부근의 모재부	C	69.0	34.5	모재의 용접단부	
8.11 축방향인장을 받는 F8T 볼트 축방향인장을 받는 F10T(S10T) 볼트 축방향인장을 받는 F13T(S13T) 볼트		100 110 80	50 55 40	그림 참조	

표 4.2-2 무한 수명과 동등한 200년 $ADTT_{SL}$

세부 범주	무한수명과 같은 200년 $ADTT_{SL}$ (트럭/일)
A	800
B	1,295
B'	1,550
C	1,920
C'	1,115
D	2,805
E	5,310
E'	9,785

(4) 구속을 줄이기 위한 상세

용접구조물은 구속-유발 파단을 일으킬 수 있는 심한구속에 의해 응력이 발생 될 수 있는 상세 및 균열과도 같은 기하학적 불연속부를 갖지 않도록 상세를 설계하여야 한다. 작용응력 방향과 평행한 수평보강재 용접부와 수직보강재 용접부 교차부에는 용접지단사이의 간격이 최소 25 mm 이상 되도록 설계한다.

(5) 피로강도

① 일정진폭 응력범위에 대한 각 상세별 공칭피로강도는 다음과 같다.

$$(\Delta F)_n = \left(\frac{N_{TH}}{N} \right)^{\frac{1}{3}} (\Delta F)_{TH}, N \leq N_{TH} \quad (4.2-2)$$

② 변동진폭 응력범위에 대한 각 상세별 공칭피로강도는 다음과 같다.

$$(\Delta F)_n = \left(\frac{N_{TH}}{N} \right)^{\frac{1}{3}} (\Delta F)_{TH}, N \leq N_{TH} \quad (4.2-3)$$

$$= \left(\frac{N_{TH}}{N} \right)^{\frac{1}{5}} (\Delta F)_{TH}, N_{TH} \leq N \leq N_{CL} \quad (4.2-4)$$

여기서,

N = $365(DL)nADTT_{SL}$

DL = 설계수명(Design Life),(년)

n = 표 4.2-3에서 선택한 트럭 한 대 통과 시 발생하는 응력범위의 반복횟수

$ADTT_{SL}$ = 한 방향 한 차로의 일일트럭교통량의 설계수명기간 동안 평균값($ADTT$: Average Daily Truck Traffic)

$(\Delta F)_{TH}$ = 표 4.2-4에 주어진 일정진폭 피로 한계값(MPa)

$(\Delta F)_{CL}$ = 표 4.2-5에 주어진 무한수명 공칭피로강도(MPa)

N_{TH} = 일정진폭 피로한계값($(\Delta F)_{TH}$)에 해당하는 응력범위 반복횟수(표 4.2-4)

N_{CL} = 무한수명공칭피로강도($(\Delta F)_{CL}$)에 해당하는 응력범위 반복횟수(표 4.2-5)

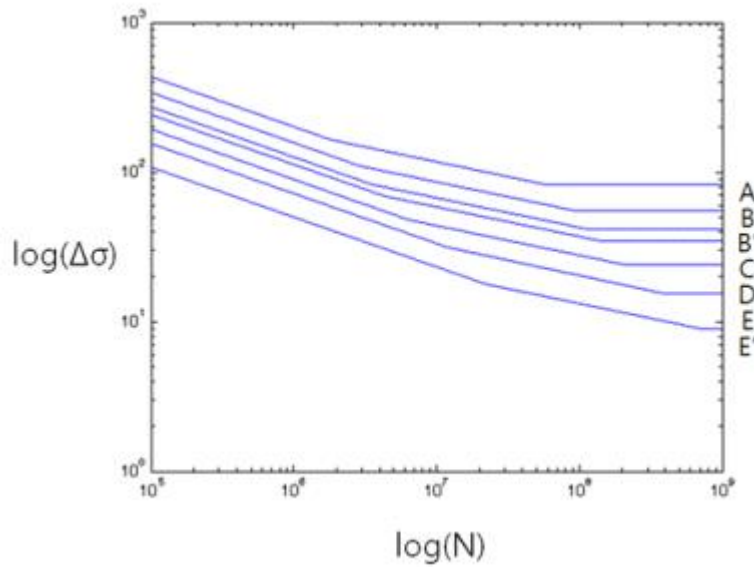


그림 4.2-1 피로강도곡선

- ③ N 이 N_{CL} 을 초과하거나 트럭교통량을 명확히 규정할 수 없는 경우는 표 4.2-5에 주어진 무한수명에 해당하는 공칭 피로강도 $(\Delta F)_{CL}$ 를 적용할 수 있다.
- ④ 불연속된 판에 의해 하중을 받고 응력 방향과 수직인 방향으로 필릿용접 또는 부분용입그루브용접 연결된 상세부 모재 및 용접금속에 대한 공칭피로강도는 다음과 같다.

$$(\Delta F)_n = (\Delta F)_n^c \left[\frac{1.12 - \left(\frac{2a}{t_p}\right) + 1.24\left(\frac{w}{t_p}\right)}{t_p^{0.167}} \right] \leq (\Delta F)_n^c \quad (4.2-5)$$

여기서,

$(\Delta F)_n^c$ = 상세범주 C에 대한 공칭피로강도(MPa)

$2a$ = 하중전달판의 두께방향으로의 용접루트 사이간격(mm)
(필릿용접의 경우 $(2a/t_p)$ 는 1.0 임.)

t_p = 하중을 받는 판의 두께(mm)

w = 하중전달판 두께 방향의 필릿용접의 각장(mm)

표 4.2-3 트럭 한대 통과 시 반복회수, n

중방향 부재	경간 길이	
	> 12,000 mm	≤ 12,000 mm
단순경간 거더	1.0	2.0
연속 거더		
1) 내측 지점 부근	1.5	2.0
2) 기타	1.0	2.0
캔틸레버 거더	5.0	
윤하중을 받는 직교이방성 강바닥판 연결부	5.0	
트러스	1.0	
횡방향 부재	간격	
	> 6,000 mm	≤ 6,000 mm
	1.0	2.0

여기서, 중방향 부재는 가로보 사이의 세로보(stringer) 또는 세로리브이다.

표 4.2-4 일정진폭 피로한계값 ($(\Delta F)_{TH}$) 및 반복회수 (N_{TH})

상세범주	$(\Delta F)_{TH}$ (MPa)	$N_{TH} (\times 10^6)$
A	165.0	1.83
B	110.0	2.95
B'	82.7	3.54
C	69.0	4.38
C'	82.7	2.55
D	48.3	6.40
E	31.0	12.12
E'	17.9	22.32
축방향 인장을 받는 F8T 볼트	100.0	0.84
축방향 인장을 받는 F10T(S10T) 볼트	110.0	0.77
축방향 인장을 받는 F13T(S13T) 볼트	80.0	0.84

표 4.2-5 무한수명 공칭피로강도 ($(\Delta F)_{CL}$) 및 반복횟수 (N_{CL})

상세범주	$(\Delta F)_{CL}$ (MPa)	$N_{CL}(\times 10^6)$
A	82.5	58.41
B	55.0	94.49
B'	41.4	113.11
C	34.5	140.27
C'	41.4	81.47
D	24.2	204.76
E	15.5	387.77
E'	9.0	714.17
축방향 인장을 받는 F8T 볼트	50.0	6.75
축방향 인장을 받는 F10T(S10T) 볼트	55.0	6.13
축방향 인장을 받는 F13T(S13T) 볼트	40.0	6.75

4.2.1.3 변형유발피로

(1) 변형유발피로와 관련된 사항은 KDS 14 31 20(4.1.3)을 따른다.

4.2.2 인성요구조건

(1) 인성요구조건과 관련된 사항은 KDS 14 31 20(4.2)를 따른다.

4.3 부재에 관한 일반 사항

4.3.1 유효지간

(1) 유효지간과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.1)을 따른다.

4.3.2 솟음

(1) 솟음과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.2)를 따른다.

4.3.3 강재의 최소두께

(1) 강재의 최소두께와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.3)을 따른다.

4.3.4 다이아프램 및 수직브레이싱

(1) 다이아프램 및 수직브레이싱과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.4)를 따른다.

4.3.5 수평브레이싱

(1) 수평브레이싱과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.5)를 따른다.

4.3.6 편

(1) 편과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.3.6)을 따른다.

4.4 인장부재

(1) 인장부재와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.4)를 따른다.

4.5 압축부재

4.5.1 압축부재의 설계

(1) 압축부재의 설계와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.2)를 따른다.

4.5.2 휨과 축력이 작용하는 부재의 설계

(1) 휨과 축력이 작용하는 부재의 설계와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.4)를 따른다.

4.5.3 유효좌굴길이

(1) 강구조물 부재의 유효좌굴길이는 이 기준 4.5.3.1 혹은 이 기준 4.5.3.2에 의하여 산정할 수 있다. 각 방법에 따라 계산된 부재의 유효좌굴길이가 비합리적으로 과도하게 산정되는 경우에는 이 기준 4.5.3.3 가상축력법을 적용한 해석법을 사용할 수 있다.

4.5.3.1 탄성좌굴 해석법

(1) 재료의 탄성 거동과 분기형 좌굴이론을 근간으로 한 탄성좌굴 해석은 식 (4.5-1)의 고유치 해석을 사용한다.

$$([K_E] + \kappa[K_G])\{\phi\} = 0 \tag{4.5-1}$$

여기서,

$[K_E]$ = 구조시스템의 탄성 강성행렬

$[K_G]$ = 구조시스템의 기하 강성행렬

κ = 구조시스템의 고유치

$\{\phi\}$ = 구조시스템의 고유벡터

개별 부재의 유효좌굴길이는 식 (4.5-2)을 적용하여 산정한다.

$$L_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{\kappa P}} \tag{4.5-2}$$

여기서,

P = 개별 부재의 축방향 압축력

E = 개별 부재의 탄성계수

I = 개별 부재의 약축에 대한 단면2차모멘트

식 (4.5-1)을 풀어서 구조 시스템의 고유치와 이에 대응되는 고유벡터를 얻는다. 이 때, 공학적으로 의미 있는 값은 최소 고유치이며 여기에 대응되는 고유벡터는 탄성좌굴 해석으로부터 얻어진 좌굴 모드이다.

4.5.3.2 비탄성좌굴 해석법

(1) 재료의 비탄성 거동과 분기형 좌굴이론을 근간으로 한 비탄성좌굴 해석은 식 (4.5-3)의 고유치 해석을 반복하여 사용한다.

$$([K_{E_t}] + \kappa[K_G])\{\phi\} = 0 \tag{4.5-3}$$

여기서,
 $[K_{E_t}]$ = 구조시스템의 비탄성 강성행렬
 $[K_G]$ = 구조시스템의 기하 강성행렬
 κ = 구조시스템의 고유치
 $\{\phi\}$ = 구조시스템의 고유벡터

개별 부재의 유효좌굴길이는 식 (4.5-4)을 적용하여 산정한다.

$$L_e = \sqrt{\frac{\pi^2 E_t I}{\kappa P}} \tag{4.5-4}$$

여기서,
 P = 개별 부재의 축방향 압축력
 E_t = 개별 부재의 접선탄성계수
 I = 개별 부재의 약축에 대한 단면2차모멘트

접선탄성계수는 식 (4.5-5)을 이용하여 산정한다.

$$E_t = \frac{P_{cr}}{P_{cr,e}} E \tag{4.5-5}$$

여기서,
 $P_{cr,e}$ = 개별 부재의 탄성좌굴하중
 P_{cr} = 개별 부재의 비탄성좌굴하중
 E = 개별 부재의 탄성계수

4.5.3.3 가상축력을 적용한 탄성 및 비탄성 좌굴해석법

(1) 이 기준 식 (4.5-2) 또는 이 기준 식 (4.5-4)에 의해 계산된 개별 부재의 유효좌굴길이가 비합리적으로 과도하게 산정되는 경우, 각각 다음 ① 또는 ②의 방법을 적용하여 구한 값을 사용할 수 있다.

① 가상축력을 적용한 탄성좌굴 해석법

$$([K_E] + \bar{K}[\bar{K}_G])\{\bar{\phi}\} = \{0\} \tag{4.5-6}$$

여기서,

$[K_E]$ = 구조시스템의 탄성 강성행렬

$[\bar{K}_G]$ = 가상축력이 반영된(즉, 개별 부재의 축방향 압축력 P 에 가상축력 ΔP 를 더한) 구조시스템의 기하 강성행렬

\bar{K} = 가상축력이 반영된 구조시스템의 고유치

$\{\bar{\phi}\}$ = 가상축력이 반영된 구조시스템의 고유벡터

개별 부재의 유효좌굴길이는 식 (4.5-7)을 적용하여 산정한다.

$$L_e = \pi \sqrt{\frac{EI}{\bar{K}(P + \Delta P)}} \tag{4.5-7}$$

여기서,

ΔP = 가상축력법에서 얻어진 개별 부재의 최종 가상축력

② 가상축력을 적용한 비탄성좌굴 해석법

$$\left([K_{E_t}^{conv}] + \bar{K}[\bar{K}_G] \right) \{\bar{\theta}\} = \{0\} \tag{4.5-8}$$

여기서,

$[K_{E_t}^{conv}]$ = 비탄성좌굴 해석에서 수립된 비탄성 강성행렬

$[\bar{K}_G]$ = 가상축력이 반영된(즉, 개별 부재의 축방향 압축력 P 에 가상축력 ΔP 를 더한) 구조시스템의 기하 강성행렬

\bar{K} = 가상축력이 반영된 구조시스템의 고유치

$\{\bar{\theta}\}$ = 가상축력이 반영된 구조시스템의 고유벡터

개별 부재의 유효좌굴길이는 식 (4.5-9)을 적용하여 산정한다.

$$L_e = \pi \sqrt{\frac{E_t I}{\bar{K}(P + \Delta P)}} \quad (4.5-9)$$

4.6 휨을 받는 I형 단면

4.6.1 일반사항

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1)을 따른다.

4.6.1.1 합성단면

(1) 합성단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.1)을 따른다.

4.6.1.2 비합성단면

(1) 비합성단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.2)를 따른다.

4.6.1.3 하이브리드 단면

(1) 하이브리드 단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.3)을 따른다.

4.6.1.4 웹 높이가 변하는 부재

(1) 웹 높이가 변하는 부재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.4)를 따른다.

4.6.1.5 강성

(1) 강성과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.5)를 따른다.

4.6.1.6 플랜지응력과 부재 휨모멘트

(1) 플랜지응력과 부재 휨모멘트와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.6)을 따른다.

4.6.1.7 부모멘트 구간의 최소 바닥판 철근

(1) 부모멘트 구간의 최소 바닥판 철근과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.7)을 따른다.

4.6.1.8 순단면파단

(1) 순단면파단과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.8)을 따른다.

4.6.1.9 웹 좌굴 강도

(1) 웹 좌굴 강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.9)를 따른다.

4.6.1.10 플랜지 응력감소계수

(1) 플랜지 응력감소계수와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.1.10)을 따른다.

4.6.2 단면비 제한

4.6.2.1 웹 단면비

(1) 웹 단면비와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.2.1)을 따른다.

4.6.2.2 플랜지 단면비

(1) 플랜지 단면비와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.2.2)을 따른다.

4.6.3 시공성 검토

4.6.3.1 일반사항

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.3.1)을 따른다.

4.6.3.2 휨

(1) 휨과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.3.2)를 따른다.

4.6.3.3 전단

(1) 전단과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.3.3)을 따른다.

4.6.3.4 바닥판 시공

(1) 바닥판 시공과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.3.4)를 따른다.

4.6.4 사용한계상태

4.6.4.1 탄성처짐

(1) 탄성처짐과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.4.1)을 따른다.

4.6.4.2 영구처짐

(1) 영구처짐과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.4.2)를 따른다.

4.6.5 피로와 파단한계상태

4.6.5.1 피로

(1) 피로와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.5.1)을 따른다.

4.6.5.2 파단

(1) 파단과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.5.2)를 따른다.

4.6.5.3 웨브의 피로 요구조건

(1) 웨브의 피로 요구조건과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.5.3)을 따른다.

4.6.6 극한한계상태**4.6.6.1 일반사항**

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 24 12 12(4.1.1.1)을 따른다.

4.6.6.2 휨

(1) 휨과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.6.2)를 따른다.

4.6.6.3 전단

(1) 전단과 관련된 사항은 이 기준 4.6.9를 따른다..

4.6.6.4 전단연결재

(1) 전단연결재와 관련된 사항은 이 기준 4.6.10.4를 따른다..

4.6.7 휨강도 - 정모멘트부 합성단면**4.6.7.1 조밀단면**

(1) 조밀단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.7.1)을 따른다.

4.6.7.2 비조밀단면

(1) 비조밀단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.7.2)를 따른다.

4.6.7.3 연성 요구조건

(1) 연성 요구조건과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.7.3)을 따른다.

4.6.8 휨강도 - 부모멘트부의 합성단면과 비합성단면**4.6.8.1 방법 1**

(1) 일반사항

① 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.8.1)을 따른다.

(2) 압축플랜지 휨저항강도

① 압축플랜지 휨저항강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.8.2)를 따른다.

(3) 인장플랜지 휨강도

- ① 인장플랜지 휨강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.8.3)을 따른다.

4.6.8.2 방법 2

(1) 일반사항

일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.1)을 따른다.

① 불연속적으로 횡지지된 압축플랜지

불연속적으로 횡지지된 압축플랜지와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.1.1)을 따른다.

② 불연속적으로 횡지지된 인장플랜지

불연속적으로 횡지지된 인장플랜지와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.1.2)를 따른다.

③ 연속적으로 횡지지된 압축플랜지

연속적으로 횡지지된 압축플랜지와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.1.3)을 따른다.

④ 연속적으로 횡지지된 인장플랜지

연속적으로 횡지지된 인장플랜지와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.1.4)를 따른다.

(2) 웨브 소성계수

① 조밀 웨브

조밀 웨브와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.2.1)을 따른다.

② 비조밀 웨브

비조밀 웨브와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.2.2)를 따른다.

(3) 압축플랜지의 휨저항강도

① 일반사항

일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.3.1)을 따른다.

② 국부좌굴강도

국부좌굴강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.3.2)를 따른다.

③ 횡-비틀좌굴강도

횡-비틀좌굴강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.3.3)을 따른다.

(4) 인장플랜지 휨저항강도

인장플랜지 휨저항강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(A.4)를 따른다.

4.6.9 전단 강도**4.6.9.1 일반사항**

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.9.1)을 따른다.

4.6.9.2 비보강 웨브의 공칭강도

(1) 비보강 웨브의 공칭강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.9.2)를 따른다.

4.6.9.3 보강 웹의 공칭강도

(1) 보강 웹의 공칭강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.9.3)을 따른다.

4.6.10 전단연결재

4.6.10.1 일반사항

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.10.1)을 따른다.

4.6.10.2 피로강도

(1) 피로강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.10.2)를 따른다.

4.6.10.3 영구하중에 의한 휨 변곡점 구간에 대한 특별 요구사항

(1) 영구하중에 의한 휨 변곡점 구간에 대한 특별 요구사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.10.3)을 따른다.

4.6.10.4 극한한계상태

(1) 극한한계상태와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.10.4)를 따른다.

4.6.11 보강재

4.6.11.1 중간수직보강재

(1) 중간수직보강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.11.1)을 따른다.

4.6.11.2 하중집중점 지압보강재

(1) 하중집중점 지압보강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.11.2)를 따른다.

4.6.11.3 수평보강재

(1) 수평보강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.11.3)을 따른다.

4.6.12 덮개판

4.6.12.1 일반사항

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.12.1)을 따른다.

4.6.12.2 단부 요구조건

(1) 단부 요구조건과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.1.12.2)를 따른다.

4.7 휨을 받는 박스형 단면

4.7.1 일반사항

(1) 이 조항의 규정들은 단일 또는 다중 박스 단면의 직선 또는 수평곡선거더를 갖는 교량에 적용한다. 이 규정들은 이 기준 4.6.1.1, 이 기준 4.6.1.3 ~ 4.6.1.8 및 이 기준 4.7.1.1 ~ 4.7.1.4의 요구조건에 의해 정의되는 합성부재, 복합 및 균질부재, 그리고 웨브의 높이가 일정하거나 변하는 부재의 설계를 포함한다. 이 기준 4.6.1.6의 규정들은 개단면의 상부플랜지에만 국한하여 적용한다.

단일 박스단면은 교량단면 중심에 위치시켜야 하며, 사하중의 휨은 가능한, 박스단면의 전단중심에 가깝게 작용하도록 설계해야 한다. 이 규정들은 하부플랜지를 콘크리트와 합성시킨 박스단면에는 적용할 수 없다.

휨을 받은 모든 형태의 박스단면은 최소한 다음 조건을 만족하도록 설계해야 한다.

- ① 단면비 검토 : 이 기준 4.7.2 조항
- ② 시공성 검토 : 이 기준 4.7.3 조항
- ③ 사용성한계상태 : 이 기준 4.7.4 조항
- ④ 피로와 파단한계상태 : 이 기준 4.7.5 조항
- ⑤ 강도한계상태 : 이 기준 4.7.6 조항

세장한 웨브 부재의 휨 좌굴강도는 이 기준 4.6.1.9 규정에 따라 결정해야 한다. 하이브리드 단면 또는 세장한 웨브를 갖는 부재의 플랜지 강도저감계수는 이 기준 4.6.1.10 규정에 따라 결정한다.

박스단면의 내측 및 외측 크로스프레임과 다이아프램은 이 기준 4.3.4 규정을 만족해야 한다. 개단면 박스거더의 상부플랜지 브레이싱은 이 기준 4.3.5 규정을 만족해야 한다.

4.7.1.1 응력결정

(1) 응력결정과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.1.1)을 따른다.

4.7.1.2 받침

(1) 받침과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.1.2)를 따른다.

4.7.1.3 플랜지와 웨브의 연결

(1) 플랜지와 웨브의 연결과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.1.3)을 따른다. 용접치수는 이 기준 4.8의 규정을 따른다.

4.7.1.4 접근 및 배수

(1) 접근 및 배수와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.1.4)를 따른다.

4.7.2 단면비 요구조건

4.7.2.1 웹 단면비

(1) 웹 단면비와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.2.1)을 따른다.

4.7.2.2 플랜지 단면비

(1) 플랜지 단면비와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.2.2)를 따른다.

4.7.2.3 다중박스단면의 활하중 분배계수 적용 특별제한

(1) 다중박스단면의 활하중 분배계수 적용 특별제한과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.2.3)을 따른다.

4.7.3 시공성

4.7.3.1 일반사항

(1) 여기서 규정된 사항 외에는 이 기준 4.6.3의 규정을 적용해야 한다.

4.7.3.2 휨

(1) 휨과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.3.2)를 따른다.

4.7.3.3 전단

(1) 전단과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.3.3)을 따른다.

4.7.4 사용성한계상태

(1) 사용성한계상태와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.4)를 따른다.

4.7.5 피로와 파단한계상태

(1) 피로와 파단한계상태와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.5)를 따른다.

4.7.6 극한한계상태

4.7.6.1 일반사항

(1) 이 4.7.6의 조항은 KDS 24 12 12의 표 4.1-1에 명시된 극한한계상태 하중조합에 대해 적용해야 한다.

4.7.6.2 휨

(1) 일반사항

고려 중인 단면에서 인장플랜지에 구멍이 있다면, 인장플랜지는 이 기준 4.6.1.8에 규

정된 요구조건을 만족해야 한다.

(2) 정모멘트부

수평 곡선거더 또는 다실 단박스거더(multiple-cell single box girder) 단면은 비조밀단면으로 고려해야 하며 이 기준 4.7.7.2의 요구조건을 만족해야 한다.

아래의 요구조건을 만족하는 직선교 단면은 조밀단면으로 설계해야 한다.

- ① 웨브는 이 기준 4.7.2.1의 요구조건을 만족한다.
- ② 단면이 이 기준 4.7.2.3의 요구조건을 만족하는 교량의 일부이다.
- ③ 이 기준 4.7.1.1에 규정에 따라 플랜지 전체가 유효하다.
- ④ 웨브는 식 (4.7-1)의 한계세장비 조건을 만족한다.

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \tag{4.7-1}$$

여기서,

D_{cp} = 소성모멘트 적용 시 압축력 측 웨브의 높이(mm)

조밀단면은 이 기준 4.7.7.1의 요구조건을 만족해야 한다. 그 밖의 경우의 단면은 비조밀단면으로 고려하며, 이 기준 4.7.7.2의 요구조건을 만족해야 한다.

조밀 및 비조밀 단면은 이 기준 4.6.7.3에 규정된 연성요구조건을 만족해야 한다.

(3) 부모멘트부

이 기준의 4.7.8을 적용해야 한다.

4.7.6.3 전단

- (1) 이 기준의 4.7.9의 규정을 적용한다.

4.7.6.4 전단연결재

- (1) 전단연결재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.6.4)를 따른다.

4.7.7 휨저항강도 - 정모멘트부

4.7.7.1 조밀단면

- (1) 조밀단면과 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.7.1)을 따른다.

4.7.7.2 비조밀단면

- (1) 일반사항

다실(multi-cell)이 아닌 U형박스 및 폐단면박스의 경우 압축플랜지는 극한한계상태에서

다음을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (4.7-2)$$

여기서,

ϕ_f = 이 기준 4.1.4.2에 규정된 휨에 대한 강도저항계수

f_{bu} = 플랜지 횡방향 휨이나 종방향 뒹을 고려하지 않은 플랜지 종방향 응력(MPa)

F_{nc} = 이 기준 4.7.7.2(2)에 규정된 압축플랜지의 공칭 휨저항강도(MPa)

종방향 리브로 보강된 다실 폐단면거더(multiple-cell closed box)의 압축플랜지는 강도 한계상태에서 다음을 만족해야 한다.

$$f_{cu} \leq \phi_f F_{nc} \quad (4.7-3)$$

여기서,

f_{cu} = 계수하중에 의한 압축력 및 휨에 의한 압축응력(MPa)

F_{nc} = 이 기준 4.7.7.2(2)에 규정된 압축을 받는 보강판의 공칭 휨저항 강도(MPa)

인장플랜지는 다음을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nt} \quad (4.7-4)$$

여기서,

F_{nt} = 이 기준 4.7.7.2(2)에 규정된 인장플랜지의 공칭 휨저항강도(MPa)

동바리공법을 사용한 경우, 강도한계상태에서의 콘크리트바닥판의 최대 종방향 압축 응력은 $0.6f_{ck}$ 을 초과해서는 안 된다.

(2) 공칭 휨저항강도

① 압축플랜지

U형박스의 압축플랜지 공칭 휨저항강도는 다음과 같이 구한다.

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \quad (4.7-5)$$

여기서,

R_b = 이 기준 4.6.1.10에 규정된 웨브 하중저감계수

R_h = 이 기준 4.6.1.10에 규정된 하이브리드 단면의 응력감소계수

F_{yc} = 압축플랜지의 공칭 항복강도(MPa)

다실(multi-cell)이 아닌 폐단면박스의 압축플랜지 공칭 휨저항강도는 다음과 같이 한다.

$$F_{nc} = R_b R_h F_{yc} \Delta \tag{4.7-6}$$

여기서,

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left(\frac{f_v}{F_{yc}} \right)^2} \tag{4.7-7}$$

f_v = 설계하중에 의한 플랜지의 순수비틀림 전단응력(MPa)

$$= \frac{T}{2A_0 t_f} \tag{4.7-8}$$

여기서,

A_0 = 박스거더단면의 폐합단면적(mm²)

T = 설계하중에 의한 내부 토크(N · mm)

t_f = 플랜지 두께(mm)

3개 이상 종방향 보강재로 보강된 다실 폐단면박스(multiple-cell closed box) 압축플랜지의 공칭 휨저항강도는 이 기준 4.7.8.2(4)의 규정을 적용한다.

② 인장플랜지

폐단면과 개단면 박스의 인장플랜지 공칭 휨저항강도는 다음과 같이 구한다.

$$F_{nt} = R_h F_{yt} \Delta \tag{4.7-9}$$

여기서,

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left(\frac{f_v}{F_{yt}} \right)^2} \tag{4.7-10}$$

f_v = 설계하중에 의한 플랜지의 St. Venant 전단응력(MPa)

$$= \frac{T}{2A_0 t_f} \tag{4.7-11}$$

4.7.8 휨저항강도 - 부모멘트부

4.7.8.1 일반사항

(1) 압축플랜지

무보강 또는 2개 이하 종방향보강재로 보강된 압축플랜지는 강도한계상태에서 다음을 만족해야 한다.

$$f_{bu} \leq \phi_f F_{nc} \tag{4.7-12}$$

여기서,

ϕ_f = 이 기준 4.1.4.2에 규정된 휨에 대한 강도저항계수

f_{bu} = 플랜지 횡방향 휨이나 종방향 뒹을 고려하지 않은 플랜지 종방향 응력(MPa)

F_{nc} = 이 기준 4.7.8.2(2) ~ (3)에 규정된 압축플랜지의 공칭 휨저항강도(MPa)

3개 이상 종방향보강재로 보강된 다실 폐단면박스의 압축플랜지는 강도한계상태에서 다음을 만족해야 한다.

$$f_{cu} \leq \phi_f F_{nc} \tag{4.7-13}$$

여기서,

ϕ_f = 이 기준 4.1.4.2에 규정된 휨에 대한 강도저항계수

f_{cu} = 계수하중에 의한 압축력 및 휨에 의한 압축응력(MPa)

F_{nc} = 이 기준 4.7.8.2(4)에 규정된 압축을 받는 보강판의 공칭 휨저항 강도(MPa)

(2) 연속적으로 횡지지된 인장플랜지

강도한계상태에서 다음의 규정을 만족해야 한다.

$$f_{cu} \leq \phi_f F_{nt} \tag{4.7-14}$$

여기서,

F_{nt} = 이 기준 4.7.8.3에 규정된 인장플랜지의 공칭 휨저항강도(MPa)

4.7.8.2 압축플랜지의 휨저항강도

(1) 일반사항

종방향보강재로 보강되지 않은 압축플랜지의 공칭 휨저항강도는 이 기준 4.7.8.2(2)의 규정으로 구한다. 2개 이하의 종방향보강재로 보강된 압축플랜지의 공칭 휨저항강도는 이 기준 4.7.8.2(3)으로, 3개 이상의 종방향보강재로 보강된 압축플랜지의 공칭 휨저항

강도는 이 기준 4.7.8.2(4)의 규정으로 구한다.

(2) 비보강 플랜지

압축플랜지의 공칭 휨저항강도는 다음과 같이 구한다.

$$F_{nc} = F_{cb} \sqrt{1 - \left(\frac{f_v}{\phi_v F_{cv}} \right)^2} \quad (4.7-15)$$

여기서, F_{cb} 는 플랜지의 공칭압축좌굴강도로 다음과 같이 구한다.

① $\lambda_f \leq \lambda_p$ 인 경우 :

$$F_{cb} = R_b R_h F_{yc} \Delta \quad (4.7-16a)$$

② $\lambda_p < \lambda_f < \lambda_r$ 인 경우 :

$$F_{cb} = R_b R_h F_{yc} \left[\Delta - \left(\Delta - \frac{\Delta - 0.3}{R_h} \right) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \quad (4.7-16b)$$

③ $\lambda_f > \lambda_r$ 인 경우 :

$$F_{cb} = \frac{0.9ER_b k}{\lambda_f^2} \quad (4.7-16c)$$

F_{cv} 는 전단만이 작용할 때 플랜지의 공칭전단좌굴강도로 다음과 같이 구한다.

④ $\lambda_f \leq 1.12 \sqrt{\frac{Ek_s}{F_{yc}}}$ 인 경우 :

$$F_{cv} = 0.58F_{yc} \quad (4.7-17a)$$

⑤ $1.12 \sqrt{\frac{Ek_s}{F_{yc}}} < \lambda_f \leq 1.40 \sqrt{\frac{Ek_s}{F_{yc}}}$ 인 경우 :

$$F_{cv} = \frac{0.65 \sqrt{F_{yc} Ek_s}}{\lambda_f} \quad (4.7-17b)$$

⑥ $\lambda_f > 1.40 \sqrt{\frac{Ek_s}{F_{yc}}}$ 인 경우 :

$$F_{cw} = \frac{0.9Ek_s}{\lambda_f^2} \tag{4.7-17c}$$

여기서,

λ_f = 압축플랜지의 세장비

$$= \frac{b_{fc}}{t_{fc}} \tag{4.7-18a}$$

$$\lambda_p = 0.57 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yc} \Delta}} \tag{4.7-18b}$$

$$\lambda_r = 0.95 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yr}}} \tag{4.7-18c}$$

$$\Delta = \sqrt{1 - 3 \left(\frac{f_v}{F_{yc}} \right)^2} \tag{4.7-19}$$

f_v = 설계하중에 의한 플랜지의 순수비틀 전단응력(MPa)

$$= \frac{T}{2A_0 t_f} \tag{4.7-20}$$

F_{yr} = 잔류응력을 고려한 상태에서, 플랜지에 공칭항복응력이 발생하는 순간의 플랜지 압축응력 또는 웨브의 최소항복강도 중 작은 값(MPa)

$$= (\Delta - 0.3)F_{yc} \leq F_{yw} \tag{4.7-21}$$

k = 균일분포 압축응력에 대한 판의 좌굴계수
= 4.0

k_s = 전단응력에 대한 판의 좌굴계수
= 5.34

여기서,

ϕ_f = 휨에 대한 강도저항계수

- ϕ_v = 전단에 대한 강도저항계수
- b_{fc} = 웨브 사이의 압축플랜지 폭(m)
- A_0 = 박스거더단면의 폐합단면적(mm²)
- R_b = 4.6.1.10에 규정된 웨브 하중저감계수
- R_h = 4.6.1.10에 규정된 하이브리드 단면의 응력감소계수
- T = 설계하중에 의한 내부토크(N · mm)

(3) 2개 이하 종방향보강재로 보강된 압축플랜지

압축플랜지의 공칭휨저항강도는 이 기준 4.7.8.2(2)에 규정된 종방향보강재가 없는 압축플랜지의 공칭 휨저항강도 산정식으로 구하며 식을 적용할 때, 다음으로 대체해야 한다.

- ① b_{fc} 를 w 로 대체한다.
- ② 등분포 수직응력의 판 좌굴계수는 k 는 아래와 같이 산정한다.
- ③ $n=1$ 인 경우 :

$$k = \left(\frac{8I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{4.7-22a}$$

- ④ $n=2$ 인 경우 :

$$k = \left(\frac{0.894I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{4.7-22b}$$

$1.0 \leq k \leq 4.0$

그리고,

- ⑤ 전단응력의 판 좌굴계수 k_s 는 다음과 같이 구한다.

$$k_s = \frac{5.34 + 2.84 \left(\frac{I_s}{wt_{fc}^3} \right)^{\frac{1}{3}}}{(n+1)^2} \leq 5.34 \tag{4.7-23}$$

여기서,

- I_s = 보강되는 판의 보강재쪽 표면을 기준으로 한 종방향보강재의 단면2차모멘트(mm⁴)
- n = 등간격인 종방향보강재의 수
- w = 압축플랜지의 종방향보강재 사이 폭 또는 웨브로부터 가장 가까운 종방향보강재 까지의 거리 중 큰 값(mm)

중방향보강재가 있는 압축플랜지는 이 기준 4.7.11.2(1)의 요구조건을 만족해야 한다.

(4) 3개 이상 중방향보강재로 보강된 압축플랜지

3개 이상 중방향보강재가 설치된 광폭 폐단면박스에서 압축플랜지의 압축극한강도는 유효폭 구간에 위치한 판폭과 한 개의 중방향보강재로 구성된 스트럿을 기둥부재로 간주하여 공칭휨저항강도를 구한다. 공칭휨저항강도는 다음 식으로 산정한다.

$$F_{nc} = R_b R_h F_{uf} \tag{4.7-24}$$

여기서,

F_{nc} = 압축을 받는 보강판의 공칭 휨저항강도(MPa)

F_{uf} = 압축을 받는 보강판의 극한압축강도(MPa)

이와 같은 보강판의 압축극한강도 F_{uf} 는 전체좌굴 및 국부좌굴에 대한 안정성 해석으로부터 유도된 식 (4.7-25)를 적용하여 구한다. 강박스거더가 휨에 의한 압축과 동시에 휨 또는 비틀림에 의한 전단응력의 작용을 받는 경우에는 식 (4.7-29a) 또는 식 (4.7-29b)에 따라 보정된 압축극한강도를 F_{uf} 를 보정하여 적용해야 한다.

$$F_{uf} = \lambda_{pc} F_y \tag{4.7-25}$$

식 (4.7-25)에서 λ_{pc} 는 보강재 스트럿에 대한 감소계수로 다음 식 또는 FHWA 설계규정의 Fig. 1.7.206(A)으로부터 산정한다.

$$\lambda_{pc} = \frac{1.0}{1.0 + 0.1\lambda_{col}} \quad (\lambda_{pl} < 0.3 \text{ 인 경우}) \tag{4.7-26a}$$

$$\lambda_{pc} = \frac{1.15 - 0.5\lambda_{pl}}{1.0 + 0.1\lambda_{col}} \quad (0.3 \leq \lambda_{pl} \leq 1.3 \text{ 인 경우}) \tag{4.7-26b}$$

식 (4.7-26a) 및 식 (4.7-26b)에서 λ_{pl} 와 λ_{col} 은 플랜지의 보강재사이 판에 대한 세장비와 스트럿 기둥의 세장비를 각각 나타내고 식 (4.7-27) 및 식 (4.7-28)으로 산정한다.

$$\lambda_{pl} = \frac{w/t}{1.9} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \tag{4.7-27}$$

$$\lambda_{col} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \frac{L}{r} \tag{4.7-28}$$

여기서,

- F_y = 강바닥판 항복강도(MPa)
- E = 강바닥판 강재의 탄성계수(MPa)
- t = 강바닥판 두께(mm)
- w = 보강재 사이의 바닥판 폭 또는 보강재 중심간 간격(mm)
- L = 횡방향보강재로 지지된 종방향 보강재의 비지지길이(mm)
- r = 스트럿 단면의 플랜지 저판에 평행한 축에 대한 단면2차반경(mm)

강박스거더가 휨에 의한 압축과 동시에 휨 또는 비틀림에 의한 전단응력이 발생하는 보강판의 압축극한강도 F_{uf}' 는 다음 식으로 산정한다.

$$F_{uf}' = F_{uf} \quad (f_v \leq 0.175F_y \text{인 경우}) \quad (4.7-29a)$$

$$F_{uf}' = 1.05F_{uf} \sqrt{1 - \frac{3f_v^2}{F_y^2}} \quad (f_v > 0.175F_y \text{인 경우}) \quad (4.7-29b)$$

여기서,

- F_{uf} = 식 (4.7-25)로 산정된 압축극한강도(MPa)
- f_v = 계수하중에 의해 저판에 발생하는 전단응력으로 다음 두 식으로 계산한 값 중에 큰 값이다(MPa).

$$f_v = \max \left[\frac{1}{3}f_{v.\max}, \left(1 - \frac{1}{n}\right)f_{v.\max} \right] \quad (4.7-30)$$

$$f_v = f_{v.\text{aver.}} \quad (4.7-31)$$

여기서,

- $f_{v.\max}$ = 웨브와 연결된 플랜지 저판의 최대 휨전단응력(MPa)
- n = 고려중인 박스의 압축플랜지 종방향보강재의 개수
- $f_{v.\text{aver.}}$ = 웨브와 연결된 플랜지 저판의 평균 비틀림전단응력(MPa)

압축 및 휨의 조합하중을 받는 보강재로 보강된 강박스거더는 이 기준 4.5에 의해 강도를 검토하며, 휨저항강도는 여기서 구한 F_{uf} 에 단면계수를 곱한 값을 적용한다.

압축플랜지의 종방향보강재는 이 기준 4.7.11.2의 요구조건을 만족해야 한다.

4.7.8.3 인장플랜지 휨저항강도

(1) 인장플랜지 휨저항강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.8.3)을 따른다.

4.7.9 전단 저항강도

(1) 전단 저항강도와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.9)를 따른다. 단, 플랜지와 웨브의 단면배분(section proportion) 검토 시 인장 및 압축플랜지에 대한 유효플랜지폭은 박스 단면 플랜지 전폭으로 산정하여도 된다.

4.7.10 전단연결재

(1) 전단연결재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.10)을 따른다.

4.7.11 보강재

4.7.11.1 웨브 보강재

(1) 웨브 보강재와 관련된 사항은 KDS 14 31 10(4.3.3.2.11.1)을 따른다.

4.7.11.2 압축플랜지 종방향보강재

압축플랜지 종방향보강재는 등간격으로 배치해야 한다. 보강재의 최소 항복강도는 부착된 박스플랜지의 최소 항복강도 보다 작아서는 한다.

(1) 2개 이하 종방향보강재로 보강된 압축플랜지 보강재의 폭 b_l 은 다음을 만족해야 한다.

$$b_l \leq 0.48t_s \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \tag{4.7-32}$$

여기서,
 t_s = 보강재의 두께(mm)

플랜지와 평행한 축에 관한 각 보강재 단면2차모멘트 I_l 은 다음을 만족해야 한다.

$$I_l \geq \psi w t_{fc}^3 \tag{4.7-33}$$

여기서,
 ψ = 0.125 k^3 ($n=1$ 인 경우)
 = 0.120 k^3 ($n=2$ 인 경우)
 k = 등분포 수직 응력의 판의 좌굴계수
 1.0 ≤ k ≤ 4.0
 n = 등간격인 종방향 보강재의 수
 w = 압축플랜지의 종방향 보강재 사이 폭과 웨브에서 가장 가까운 종방향 보강재까지의 거리 중 큰 값(mm)

(2) 3개 이상 종방향 보강재로 보강된 압축플랜지

① 폐단면 리브

강바닥판 폐단면 리브의 두께는 6 mm 이상이어야 한다.

② 개단면 리브

압축을 받는 개단면 리브의 유효세장비 계수 C_s 는 다음을 만족해야 한다.

$$C_s \leq \frac{0.40}{\sqrt{F_y/E}} \quad (f_{\max} > 0.5F_y \text{ 인 경우}) \quad (4.7-34a)$$

$$C_s \leq \frac{0.65}{\sqrt{F_y/E}} \quad (f_{\max} \leq 0.5F_y \text{ 인 경우}) \quad (4.7-34b)$$

여기서,

f_{\max} = 전단지연을 고려한 저판의 계수하중하 최대 압축응력(MPa)

$$C_s = \frac{h}{1.5t_r} + \frac{w}{12t_f} \quad (\text{관형 보강재}) \quad (4.7-35)$$

$$C_s = \frac{h}{1.35t_r + 0.56r_y} + \frac{w}{12t_f} \quad (\text{T형 또는 L형 보강재}) \quad (4.7-36)$$

여기서,

h = 보강재 높이(mm)

t_r = 보강재 두께(mm)

r_y = 저판에 수직을 이루는 축에 대한 저판을 제외한 보강재 단면의 단면2차반경(mm)

w = 보강재 사이에 위치한 저판의 폭(mm)

t_f = 저판 두께(mm)

보강재 자유돌출판 요소의 폭-두께비는 다음을 만족해야 한다.

$$\frac{b'}{t'} \leq \frac{0.48}{\sqrt{F_y/E}} \quad (4.7-37)$$

여기서,

b' = 자유돌출판 요소의 폭(mm)

t' = 자유돌출판 요소의 두께(mm)

③ 종방향보강재의 강도요구조건

보강판의 종방향보강재는 다음 강도요구조건을 만족해야 한다.

$$F_{us} > F_{uf} \quad (4.7-38)$$

여기서,

F_{us} = 종방향보강재의 극한강도(MPa)

F_{uf} = 이 기준 4.7.8.2.(4)를 적용하여 구한 보강판의 극한강도(MPa)

④ 종방향보강재의 극한강도

폐단면 종방향보강재의 극한강도 F_{us} 는 식 (4.7-39) ~ 식 (4.7-41)으로 구한 값 가운데 작은 값을 적용한다.

$$F_{us} = F_y \quad (\lambda_{pl} \leq 0.65 \text{ 인 경우}) \quad (4.7-39a)$$

$$F_{us} = F_y [0.5 + 0.43(\lambda_{pl} - 1.73)^2] \quad (0.65 < \lambda_{pl} \leq 1.5 \text{ 인 경우}) \quad (4.7-39b)$$

$$F_{us} = F_y (0.82 - 0.2\lambda_{pl})(\lambda_{pl} > 1.5) \quad (\lambda_{pl} > 1.5 \text{ 인 경우}) \quad (4.7-39c)$$

여기서,

$$\lambda_{pl} = \frac{b/t}{1.9} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

b = 폐단면 종방향보강재 판요소의 폭(mm)

개단면 및 폐단면 종방향보강재의 단면을 구성하는 모든 판요소의 탄성국부좌굴강도 F_i 를 식 (4.7-40)으로 검토해야 하며, 모든 판요소의 극한강도 가운데 가장 작은 값이 보강재의 극한강도 F_{us} 에 해당된다.

$$F_{us} = F_i = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{d}\right)^2 \quad (4.7-40)$$

여기서,

t = 보강재 판요소 또는 저판의 두께(mm)

d = 보강재 판요소 또는 저판의 폭(mm)

k = 좌굴계수 (그림 4.7-1 및 표 4.7-1 참조)

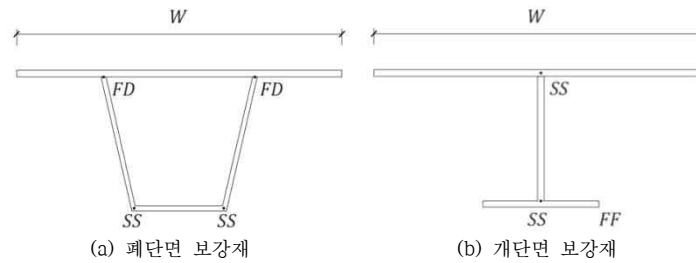


그림 4.7-1 종방향보강재의 경계조건

표 4.7-1 경계조건에 따른 판요소의 좌굴계수 k

경계조건	k
FD-FD	6.97
FD-SS	5.40
SS-SS	4.00
FD-FF	1.28
SS-FF	0.43

만일, $F_i > 0.75F_y$ 인 경우, 극한강도 F_{us} 는 비탄성좌굴(inelastic buckling)을 고려한 다음 식으로 구한다.

$$F_{us} = \frac{F_y}{1 + 0.1875(F_y/F_I)^2} \tag{4.7-41}$$

4.8 연결

(1) 연결과 관련된 사항은 KDS 14 31 25를 따른다.

4.9 강바닥판

4.9.1 적용 범위

(1) 적용 범위와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.1)을 따른다.

4.9.2 일반적인 설계규정

4.9.2.1 상호작용

(1) 상호작용과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.2.1)을 따른다.

4.9.2.2 바닥판 배수

(1) 바닥판 배수와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.2.2)를 따른다.

4.9.2.3 콘크리트 부대시설

(1) 콘크리트 부대시설과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.2.3)을 따른다.

4.9.2.4 단부지지

(1) 단부지지와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.2.4)를 따른다.

4.9.2.5 캔틸레버부를 위한 존치거푸집

(1) 캔틸레버부를 위한 존치거푸집과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.2.5)를 따른다.

4.9.3 한계상태**4.9.3.1 일반사항**

(1) 일반사항과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.3.1)을 따른다.

4.9.3.2 사용한계상태

(1) 사용한계상태와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.3.2)를 따른다.

4.9.3.3 피로와 파단한계상태

(1) 피로와 파단한계상태와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.3.3)을 따른다.

4.9.3.4 극한한계상태

(1) 극한한계상태와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.3.4)를 따른다.

4.9.3.5 극단상황한계상태

(1) 극단상황한계상태와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.3.5)를 따른다.

4.9.4 해석**4.9.4.1 해석방법**

(1) KDS 24 10 11(4.6.2)에 기술된 해석의 근사적 탄성방법이나, KDS 24 10 11(4.6.11.2)에 기술된 개선된 방법 또는 KDS 24 14 31(4.10.6)의 콘크리트 슬래브의 경험적 설계는 이 기준 4.9.3에 허용된 다양한 한계상태에 대하여 적용될 수 있다.

4.9.4.2 하중

(1) 하중과 관련된 사항은 KDS 24 12 12 및 KDS 24 12 22를 따른다.

4.9.5 강바닥판

4.9.5.1 일반사항

- (1) 강제 바닥판은 이 기준을 만족하도록 설계해야 하며, 차륜 접지면적은 KDS 24 12 12와 KDS 24 12 22의 규정에 따라 결정된다.

4.9.5.2 강제 격자형 바닥판

(1) 일반사항

일반사항과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.2(1))을 따른다.

(2) 개단면 격자형 바닥판

개단면 격자형 바닥판과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.2(2))를 따른다.

(3) 완전히 채워지거나 부분적으로 채워진 격자형 바닥판

완전히 채워지거나 부분적으로 채워진 격자형 바닥판과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.2(3))을 따른다.

(4) 철근콘크리트 슬래브와 합성된 채워지지 않은 격자형 바닥판

철근콘크리트 슬래브와 합성된 채워지지 않은 격자형 바닥판과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.2(4))를 따른다.

4.9.5.3 직교이방성 강바닥판

(1) 일반사항

일반사항과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(1))을 따른다.

(2) 차륜의 분포하중

차륜의 분포하중과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(2))를 따른다.

(3) 포장

포장과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(3))을 따른다.

(4) 세부해석

세부해석과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(4))를 따른다.

(5) 근사해석

근사해석과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(5))를 따른다.

(6) 설계

설계와 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(6))을 따른다.

(7) 세부 요구조건

① 판의 최소두께

바닥판의 최소두께 t 는 세로리브내에 설치하는 벌크헤드 플레이트의 유무에 따라 다음 값 이상이어야 한다.

가. 벌크헤드 플레이트를 설치하지 않고 연성포장을 사용하는 경우

연성포장 40 mm 두께 이하 사용 시 $t \geq 18 \text{ mm}$

나. 벌크헤드 플레이트를 설치한 경우

그림 4.9-1과 같은 표준 단면에 벌크헤드 플레이트를 설치한 경우에는 $t \geq 14\text{mm}$ 를 사용한다. 표준 단면이 아닌 단면에 벌크헤드 플레이트를 설치한 경우에는 4.9.5.3(8)②의 규정을 따라 피로취약부에 대한 합리적인 해석 또는 실험 검증을 한다.

② 폐단면 리브

폐단면 리브의 내부는 다음과 같이 밀봉해야 한다.

- 가. 리브와 바닥판 접촉부의 연속용접
- 나. 용접된 리브 덧판 부위의 용접
- 다. 다이어프램 부위에서 리브 끝단의 용접

폐단면 리브의 웨브와 바닥판 사이에서 80 % 부분관통용접이 허용된다.

③ 세로리브의 다이어프램(벌크헤드 플레이트)

바닥판 시스템의 피로 성능 향상 및 내하력 향상을 위해서 가로 리브와 교차하는 위치의 세로리브 내부에 아래 그림과 같이 다이어프램(벌크헤드 플레이트)를 설치한다. 다이어프램의 상부 형상은 직선으로 하여 용접 없이 바닥판과 접촉할 수 있도록 하고, 하부는 $R = 110$ 의 곡률을 준다.

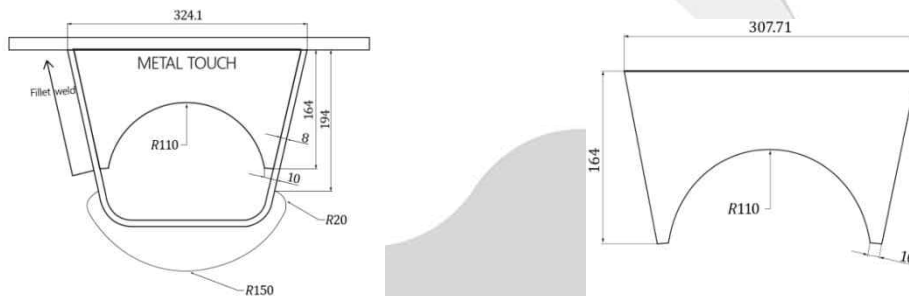


그림 4.9-1 세로리브 다이어프램(벌크헤드 플레이트) 사례

④ 가로리브

- 가. 가로리브는 일반적으로 강바닥판을 상부플랜지로 하여 웨브 및 하부플랜지로 구성된 I형 단면으로 한다.
- 나. 하부플랜지는 세로보에 완전용입그루브용접으로 접합하는 것으로 한다.
- 다. 가로리브는 강바닥판에 대해서 수직으로 연결하는 것을 원칙으로 한다(그림 4.9-2 참조).

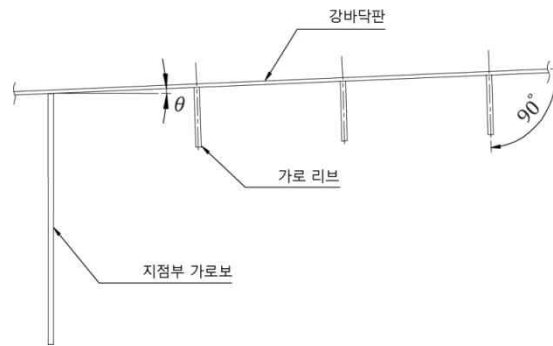
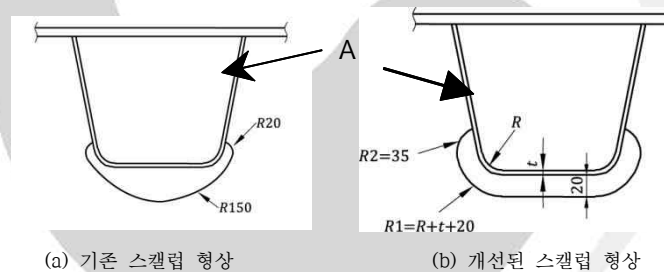


그림 4.9-2 가로리브의 설치각도

⑤ 스켈럽 형상

가로리브와 세로리브의 교차부에서는 슬롯(스켈럽)을 설치하도록 한다. 그림 4.9-3의 (a)과 (b)에 교차부에서의 슬롯 형상의 예를 나타내었다. 그림 4.9-3(a) 형상은 종래의 슬롯 형상 예를 보여주고, 그림 4.9-3(b)에는 피로에 대한 성능을 향상시키기 위해 개선된 슬롯 형상 예를 보여준다. 두 경우 모두 슬롯의 시작점(세로리브와 가로리브의 교차점, 그림에서 A)은 동일하게 한다.

직교 이방성 강바닥판의 표준 단면 상세 및 표준 단면을 사용하지 않는 경우의 단면상세를 결정하는 방법을 각각 4.9.5.3(8)①과 4.9.5.3(8)②에 수록하였다.



(a) 기존 스켈럽 형상

(b) 개선된 스켈럽 형상

그림 4.9-3 폐단면 세로리브의 슬롯 형상

⑥ 직교이방성 판에서 금지된 용접

직교이방성 판에서 금지된 용접과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(7)③)을 따른다.

⑦ 바닥판과 리브의 상세규정

바닥판과 리브의 상세규정과 관련된 사항은 KDS 24 14 31(4.10.5.3(7)④)를 따른다.

(8) 직교이방성 강바닥판 표준 단면

① 표준 단면상세

가. 인접한 가로 리브간의 간격은 3,000 mm를, 높이는 500 mm를, 두께는 14 mm를 갖는다. 단, 케이블이 연결되는 위치에는 높이가 500 mm 이상인 가로보를 설치한다.

나. 폐단면 세로리브는 두께 8 mm를 갖고 그 형상은 그림 4.9-4와 같다.

다. 바닥판은 두께 14 mm를 갖는다.

- 라. 폐단면 세로리브내에는 가로 리브와 같은 두께(표준단면의 경우 14 mm)를 갖는 벌크헤드 플레이트를 가로 리브 위치에 그림 4.9-1과 같이 용접한다. 단, 벌크헤드 플레이트와 바닥판 하부 사이에는 용접을 하지 않는다.
- 마. 슬롯(스캐럽)은 그림 4.9-1 또는 그림 4.9-3(b)의 형상을 사용한다. 스캐럽의 곡률은 $R = 20\text{ mm}$ 에서 시작하여 $R = 150\text{ mm}$ 의 곡률을 갖도록 한다.

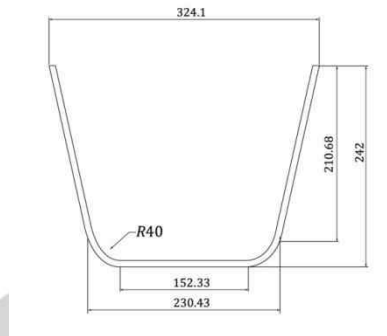


그림 4.9-4 폐단면 세로리브 형상

② 표준 단면을 사용하지 않는 경우

표준 단면 상세를 사용하지 않는 경우에는 다음과 같은 상세 해석이나 실험을 통해 단면 상세를 결정할 수 있다.

가. 피로트럭하중

피로트럭하중을 1개 차로에 재하한다. 전륜, 중륜, 후륜 하나당 적용하중과 접지면적은 표 4.9-1과 같다(충격 계수는 1.15를 사용하고 피로한계상태 하중계수는 0.75를 사용한다.). 전륜, 중륜, 후륜과 전체하중 각각에 대해 가장 불리한 경우만을 고려한다.

나. 피로 취약부 - 상세구조해석을 이용하는 경우

가장 불리한 하중을 적용하여 상세구조해석을 수행하고, 그림 4.9-5의 피로 취약부에 대해 검토한다. 피로 취약부는 $0.5t \times 0.5t$ 이하의 요소로 모델링 한다. 여기서, t 는 모델링하는 부재의 두께이다.

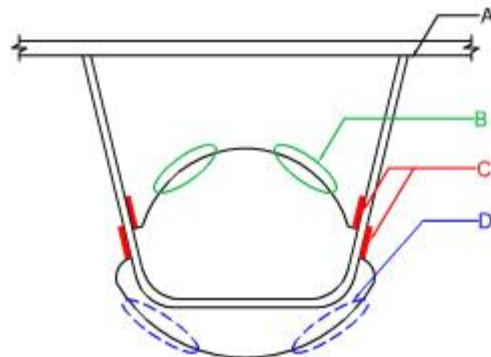


그림 4.9-5 피로취약부

- (가) 바닥판과 세로리브, 가로리브간의 용접부(그림 4.9-5의 A 부분)
 바닥판과 세로리브, 가로리브간의 용접부는 상세범주 E에 해당한다. 이 부분에서는 세로리브와 수직한 방향(횡방향)의 공칭응력값의 차이가 15.5 MPa 이하가 되어야 한다.
 - (나) 벌크헤드플레이트 하부 곡률부(그림 4.9-5의 B 부분)
 세로 중심선을 기준으로 벌크헤드 플레이트의 양쪽 곡률부 중의 한 군데에서 최대 주응력이 발생한다. 이 부분은 상세범주 A에 해당하며 이 때 공칭최대주응력의 차이값은 82.5 MPa 이하가 되어야 한다.
 - (다) 세로리브와 가로 리브간의 용접부와 세로리브와 벌크헤드플레이트간 용접부(그림 4.9-5의 C 부분)
 세로리브와 가로 리브간 용접부와 세로리브와 벌크헤드플레이트간 용접부는 상세범주 C에 해당한다. 이 부분에서는 세로리브와 수직한 방향의 공칭응력값의 차이가 34.5 MPa 이하가 되어야 한다.
 - (라) 스캘럽부(그림 4.9-5의 D 부분 - 점선으로 표시)
 세로 중심선을 기준으로 양쪽 곡률부 중의 한 군데에서 스캘럽부의 최대 주응력이 발생한다. 이 부분은 상세범주 B에 해당하며 이 때 공칭최대주응력의 차이값은 55.0 MPa 이하가 되어야 한다.
- 다. 균열 취약부 - 피로 실험을 이용하는 경우
 가장 불리한 적용 하중에 대해 다음과 같은 방법으로 피로 취약부에 대해 검토한다.
- (가) 하중폭(최대하중과 최소하중의 차이값) 결정
 피로 실험을 수행할 때 가해주는 하중폭은 4.9.5.3(8)②(나)에 표시된 각각의 피로 취약부에서 이 기준 표 4.2-5에 명기한 무한수명 공칭피로강도를 초과하는 응력범위가 발생하도록 적절하게 선정한다. 이 때 표 4.9-1에 기술한 하중 중에서 가장 불리한 하중을 찾아 해당하는 접지면적을 통해 구조물에 반복 재하한다.
 - (나) 피로성능 결정
 가해준 하중에 대하여 피로 균열이 발생하는 반복 횟수를 관찰하고, 그 결과를 이 기준 그림 4.2-1에 도시한 S-N 선도상에 그려 해당하는 상세의 곡선보다 위쪽에 있는 경우 소요 피로강도가 확보된 것으로 판단할 수 있다.
 - (다) 공칭응력 측정을 위한 게이지 부착위치
 피로강도 산정은 공칭응력값의 범위에 의존한다. 공칭응력값은 구조물의 단면이 급격하게 변화하거나(예, 스캘럽부) 용접으로 인해 구조 요소가 결합된 부분에서부터 일정 거리 떨어진 지점(주로 구조 요소의 두께)에서 측정된 값으로 한다.
- 라. 공칭응력 산정 방법의 예

(가) 용접부(그림 4.9-5의 C부분)

피로설계시 공칭피로저항과의 비교를 위해 국부응력을 사용한다. 용접접합부에서의 국부응력은 용접지단부에 대해 수직방향으로 측정되어야 하고, 그림 4.9-6에 도시된 것과 같이 유한요소모델에서의 기준점과 외삽법을 이용해 결정한다. 기준점은 용접지단부로부터 수직으로 각각 0.5t와 1.5t만큼 떨어진 표면에 위치하며, 이 때 국부응력 f_{lss} 는 다음의 식을 이용하여 결정된다.

$$f_{lss} = 1.5f_{0.5} - 0.50f_{1.5} \tag{4.9-1}$$

여기서,

$f_{0.5}$ = 용접지단부로부터 0.5t 만큼 떨어진 곳의 응력

$f_{1.5}$ = 용접지단부로부터 1.5t 만큼 떨어진 곳의 응력

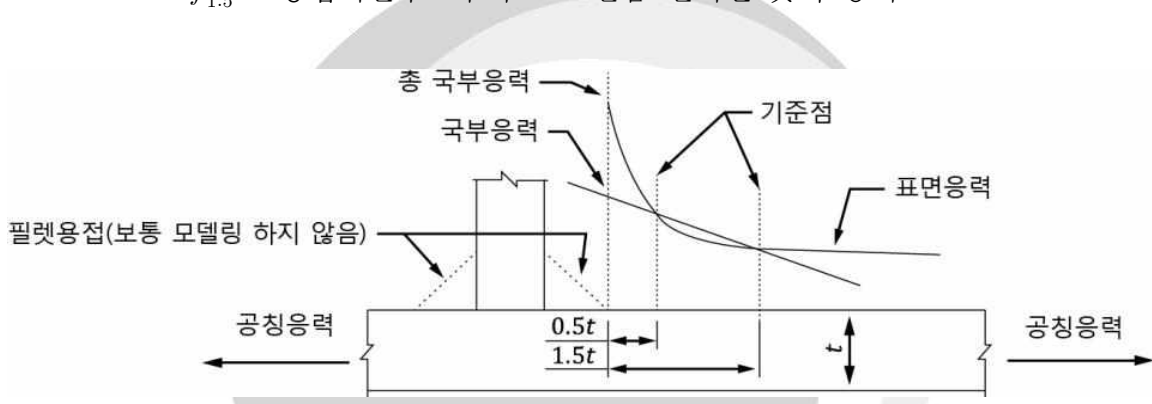


그림 4.9-6 국부응력

(나) 불연속부(그림 4.9-5의 B, D 부분)

불연속부에서의 공칭응력은 불연속부에서 부재의 두께만큼 들어온 내측지점에서 측정된 응력값 또는 해석값을 사용한다.

표 4.9-1 피로트럭하중의 크기와 접지면적

	전 른	중 른	후 른
적 용 하 중	19.2 kN	54 kN	76.8 kN
접 지 면 적	103 mm × 258 mm	173 mm × 433 mm	206 mm × 516 mm

4.10 강재주탑

4.10.1 일반사항

(1) 이 절에서 언급되지 않은 사항은, KDS 24 14 31(4.5)을 따른다. 주탑에 낙뢰의 피해가 우려되는 경우에는 피뢰대책을 수립하여야 하며, 이때 세부적인 사항은 KDS 24 14

42(4.5.1)을 따른다.

4.10.2 주탑의 좌굴검토

- (1) 주탑의 교축직각방향에 대한 세장비는 주탑의 교축방향에 대한 세장비보다 작도록 식 (4.10-1)을 만족하도록 한다. 이는 주탑의 교축직각방향에 대한 주탑 면내의 전체좌굴 하중은 주탑의 교축방향에 대한 주탑 면외의 전체좌굴하중보다 크도록 설계하기 위함이다. 단, 식 (4.10-1)을 활용하여 검토할 수 있으나, “주탑형상과 좌굴발생 모드를 고려하여 엄밀한 해석등으로 검증된 경우는 예외” 로 할 수 있다.

$$\frac{l_e}{r_x} < \frac{0.7h}{r_y} \quad (4.10-1)$$

여기서,

- l_e = 주탑의 교축직각방향에 대한 유효좌굴길이
- h = 주탑높이
- r_x = 주탑의 교축직각방향 평균단면2차반경
- r_y = 주탑의 교축방향 평균단면2차반경

집필위원

성명	소속	성명	소속
김경식	청주대학교	배두병	국민대학교
신동구	명지대학교	오창국	국민대학교
최동호	한양대학교		

자문위원

성명	소속	성명	소속
공정식	고려대학교	오명석	(주)서영엔지니어링
김선일	유신엔지니어링	장승필	서울대학교
김우종	(주)디엠엔지니어링	장학성	(주)유신
김병석	한국건설기술연구원	정철현	단국대학교
박광현	도화	조재병	경기대학교
박영석	명지대학교	조충영	반디컨설턴트
박종화	KR산업	변윤주	(주)수성엔지니어링
백종균	반디컨설턴트	변형균	시스트라코리아

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김호경	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김명철	동부엔지니어링
김기현	한국건설기술연구원	김충연	삼현피엔프
김나은	한국건설기술연구원	박찬희	포스코
김재훈	한국건설기술연구원	백인열	가천대학교
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코컨설턴트
김희석	한국건설기술연구원	송종걸	강원대학교
류상훈	한국건설기술연구원	오명석	(주)서영엔지니어링
안준혁	한국건설기술연구원	이태현	한국도로공사
원훈일	한국건설기술연구원	조경식	(주)디엠엔지니어링
이상규	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이여경	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
곽종원	한국건설기술연구원	이진선	원광대학교
문인기	엠플러스이엔씨(주)	정평기	(주)화인씨이엠테크
박영빈	우성디앤씨	최인준	산하종합기술
신명수	울산과학기술원		

국토교통부

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	김로타	국토교통부 도로건설과
최영록	국토교통부 도로건설과		



설계기준

KDS 24 14 32 : 2023

강교 설계기준(한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

한국교량및구조공학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

작성기관 한국교량및구조공학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

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