

KDS 24 14 30 : 2019

강교 설계기준 (허용응력설계법)

2019년 5월 7일 개정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE

건설기준 제·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 제·개정 연혁

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

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 도로교 표준시방서(1996)에서 설계기준을 분리하여 제정	제정 (2000.7)
도로교 설계기준	• SI단위계 적용 및 시공중 풍하중 검토, 지진격리교량설계법 추가	개정 (2005.2)
도로교 설계기준	• 인성요구조선 샤프피 흡수 에너지 관련 규정 신설 및 HSB, 볼트재원 추가 등	개정 (2008.9)
도로교 설계기준	• 철근콘크리트 기중의 연성도 내진설계법 추가	개정 (2010.9)
철도 설계기준(노반편)	• 철도노반공사의 시행기준, 조사 및 측량, 토공, 구교 및 배수 시설, 지하구조물, 터널, 정거장 등 6편으로 구성	제정 (2001.12)
철도 설계기준(노반편)	• 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2004.12)
철도 설계기준(노반편)	• 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도향상 시키는데 필요한 기준들을 중점적으로 검토	개정 (2011.5)
철도 설계기준(노반편)	• 철도건설 경쟁력 확보를 위한 제반 연구 결과 및 변경된 철도 관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2013.12)
철도 설계기준(노반편)	• 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영	개정 (2015.12)
KDS 24 14 30 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	개정 (2016.6)
KDS 24 14 30 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 24 14 30 : 2019	• KS 철강재 개정에 따른 건설기준 정비	수정 (2019.5)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 철도건설과

개 정 : 2019년 5월 7일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

관련단체 (작성기관) : 한국철도시설공단(한국교량및구조공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어의 정의	1
1.3 하중	2
1.4 참고기준	2
2. 조사 및 계획	4
3. 재료	4
3.1 일반내용	4
3.2 구조용 강재	5
3.3 연결용 재료	12
3.4 받침용 재료	14
3.5 재료의 특성치	14
4. 설계	15
4.1 설계일반	15
4.2 허용응력	19
4.3 부재에 관한 일반사항	40
4.4 판요소의 폭-두께비와 보강재	47
4.5 바닥틀과 바닥판	59
4.6 연결	65
4.7 브레이싱 및 다이아프램	77
4.8 플레이트거더	79
4.9 합성거더교	86
4.10 트러스	97
4.11 아치	102
4.12 라멘구조	107
4.13 인성요구조건	117

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 일반철도와 고속철도의 강교 및 강합성교 교량설계에 대한 일반적인 기준을 규정하는 것이다.

1.2 용어의 정의

- 강축: 부재의 단면상에서 휨에 대하여 강한 축
- 고정하중 합성: 현장타설 바닥판의 중량을 합성 작용의 상태에서 받도록 하는 방법
- 교량거더 간격: 주거더 중심 사이의 거리
- 그루브용접: 용접되는 모재사이에 용착금속을 채워 넣는 용접
- 니브레이스: 수평재와 수직재가 만드는 우각부를 보강하기 위해 설치하는 사재. 귀잡이라고도 함.
- 다이아프램: 박스거더 단면 등의 폐단면 부재 형상을 유지하기 위하여 내부에 부재축에 직각으로 배치하는 판. 휨을 받는 박스거더 부재의 좌굴현상을 방지하고, 비틀림에 대하여 단면형상을 유지하기 위하여 설치됨
- 맞대기 이음: 둘 이상의 모재의 단과 단을 거의 동일한 평면 내에서 맞붙여서 접합하는 이음
- 모재: 절단, 용접 등에 의해 가공되는 구조의 본체가 되는 재료
- 목두께: 필릿용접의 유효단면두께
- 바닥판의 유효폭: 합성단면으로서 계산할 수 있는 바닥판의 폭
- 볼트의 선간거리: 볼트 인접선간의 거리 또는 L형 등 형강의 배면으로부터 첫 번째 볼트 중심선까지의 거리
- 볼트의 순간격: 인접한 볼트구멍 가장자리 간의 거리
- 볼트의 순연단거리: 부재 끝에서 볼트구멍 가장자리까지의 거리
- 볼트의 연단거리: 볼트의 중심으로부터 부재의 연단까지의 거리
- 볼트의 피치: 힘의 작용선 방향으로 겹 볼트구멍 중심 간의 거리
- 붕괴유발부재: 해당부재의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하거나 교량의 설계기능을 발휘할 수 없도록 하는 인장부재, 인장압축 교번부재 또는 강교의 인장요소
- 비드: 1회의 패스에 의해 만들어진 용접금속
- 상세범주: 피로 분석 시 허용피로응력 범위 결정의 기준이 되는 연결부의 등급
- 세장비: 부재의 좌굴길이를 부재의 단면이차반경으로 나눈 값

- 스캘럽: 용접선의 교차를 피하기 위하여 한쪽의 부재에 설치한 홈
- 스티드: 강재 주거더와 콘크리트 슬래브와의 전단연결재로서 머리부와 줄기로 이루어짐
- 스티드용접: 볼트, 환봉 등의 선단과 모재사이에 아크를 발생시켜 용융풀에 눌러 붙이는 용접
- 약축: 부재의 단면상에서 휨에 대하여 약한 축.
- 연속구조: 인접한 최소 두 경간에서 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스 구조
- 용접부: 용착금속 및 열영향부를 포함한 부분의 총칭
- 전단연결재: 바닥판과 강거더가 합성 작용하도록 강거더에 붙인 것
- 전단지연: 큰 폭의 플랜지를 갖는 부재가 휨을 받을 때, 플랜지의 수직응력이 일정하게 분포되지 않고 복부판의 접합부에서 크게 되는 현상
- 캔틸레버구조: 한 경간 내에서만 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스로써 최소 한 지점을 통과하여 인접경간으로 내밀고 있어서 모멘트가 인접경간으로 자유롭게 전달되지 못하는 구조
- 트러스: 여러 개의 직선부재로 구성된 골조구조로서, 구조역학적 부재끼리 결합하는 점(격점)은 부재 양끝이 자유롭게 회전하도록 결합되어있는 구조
- 플레이트거더: 상·하부플랜지와 복부판으로 구성된 I-단면 형상의 거더로서 압연 I형강과 용접 I형 플레이트거더가 주로 사용되며, 박판으로 이루어진 π 형 단면 및 박스형 단면의 거더도 넓은 의미로 이에 포함됨.
- 필릿용접: 겹친 이음, T 이음, +자이음, 각이음 등에 있어서 교차하는 두 모재의 우각부를 용접하는 삼각형상의 단면을 갖는 용접
- 합성거더: 철근 콘크리트 바닥판과 강거더가 일체로 되어 작용하도록 이들을 적절한 전단연결재에 의하여 합성한 구조를 가진 거더
- 활하중 합성: 강거더의 자중 및 바닥판의 중량은 강거더가 받고 활하중 및 일부의 고정하중을 합성작용의 상태에서 받도록 하는 방법

1.3 하중

하중 및 하중조합은 KDS 24 12 10과 KDS 24 12 20을 따른다.

1.4 참고기준

- KDS 14 20 00 콘크리트 설계기준
- KDS 47 10 00 철도노반설계
- KS B 1002 6각볼트

- KS B 1010 마찰접합용 고장력 6각볼트 6각너트평와서의 세트
- KS B 1012 6각너트 및 6각 낮은너트
- KS B 2819 구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와서의 세트
- KS B 0810 금속재료 충격 시험 방법
- KS B 0845 강용접 이음부의 방사선 투과 시험방법
- KS B 0896 강 용접부의 초음파 탐상시험방법
- KS D 3503 일반구조용 압연강재
- KS D 3504 철근콘크리트용 봉강
- KS D 3505 PC강봉
- KS D 3509 피아노 선재
- KS D 3515 용접구조용 압연강재
- KS D 3529 용접구조용 내후성 열간 압연강재
- KS D 3559 경강선재
- KS D 3566 일반구조용 탄소강관
- KS D 3698 냉간압연 스테인리스 강관 및 강대
- KS D 3710 탄소강 단강품
- KS D 3752 기계구조용 탄소강재
- KS D 3858냉간성형 강널말뚝
- KS D 3868 교량구조용 압연강재
- KS D 4101 탄소강 주강품
- KS D 4102 구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품
- KS D 4106 용접구조용 주강품
- KS D 4301 회주철품
- KS D 4302 구상흑연 주철품
- KS D 7002 PC강선 및 PC강연선
- KS D 7004 연강용 피복 아크 용접봉
- KS D 7006 고장력강용 피복 아크 용접봉
- KS D 7101 내후성강용 피복 아크 용접봉
- KS D 7106 내후성강용 탄산가스 아크 용접 솔리드 와이어
- KS D 7109 내후성강용 탄산가스 아크 용접 플럭스 충전 와이어
- KS F 4420교량지지용 탄성받침
- KS F 4424 교량지지용 포트받침
- KS F 4602 기초용 강관말뚝
- KS F 4603 H 형강 말뚝
- KS F 4605 강관 시트파일

- KS M 6617 방진고무용 고무재료

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

3.1 일반내용

- (1) 강철도교에 일반적으로 사용되는 재료는 구조용 강재, 연결용 강재, 받침용 재료가 있으며 이들 재료는 특별한 것을 제외하고는 한국산업규격(KS)에 규정된 것을 사용한다.
- (2) 기술의 진보에 따라 새로운 재료를 적용할 때는 타당한 근거를 가지고 사용한다. KS 규격은 표 3.1-1과 같다.

표 3.1-1(a) 한국산업표준(KS)

규격번호	규격명	규격번호	규격명
KS B 1002	6각볼트	KS D 3868	교량구조용 압연강재
KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트	KS D 7002	PC강선 및 PC강연선
	6각너트평와셔의 세트	KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉
KS B 1012	6각너트 및 6각 낮은너트	KS D 7006	고장력강용 피복 아크 용접봉
KS B 2819	구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와셔의 세트	KS D 7101	내후성강용 피복 아크 용접봉
KS D 3503	일반구조용 압연강재	KS D 7102	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 플럭스
KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	KS D 7103	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 와이어
KS D 3505	PC강봉	KS D 7106	내후성강용 탄산가스 아크 용접 솔리드 와이어
KS D 3509	피아노 선재	KS D 7109	내후성강용 탄산가스 아크 용접 플럭스 충전 와이어
KS D 3515	용접구조용 압연강재		
KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재		
KS D 3559	경강선재		
KS D 3566	일반구조용 탄소강관	KS F 4420	교량지지용 탄성받침
KS D 3568	일반구조용 각형강관	KS F 4424	교량지지용 포트받침
KS D 3698	냉간압연 스테인리스 강판 및 강대	KS F 4602	기초용 강관말뚝
KS D 3710	탄소강 단강품	KS F 4603	H 형강 말뚝
KS D 3752	기계구조용 탄소강재	KS F 4605	강관 시트파일
KS D 3777	철탑용 고장력강 강관	KS M 6617	방진고무용 고무재료
KS D 3858	냉간성형 강널말뚝		

표 3.1-1(b) 주강품 강재 표준

표준번호	표준명
SPS-KFCA-D4101-5004 SPS-KFCA-D4102-5005 SPS-KFCA-D4106-5009 SPS-KFCA-D4301-5015 SPS-KFCA-D4302-5016	탄소강 주강품 구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품 용접 구조용 주강품 회 주철품 구상 흑연 주철품

3.2 구조용 강재

(1) 강재

이 설계기준을 이용하여 설계하는 강교 및 강합성교에 사용하는 강재는 표 3.2-2의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.

(2) 강관

현재 강관구조로서 많이 사용되고 있는 일반 구조용 탄소강관, 강관말뚝, 강관 시트파일과 철탑용 고장력강 강관의 기계적 성질은 표 3.2-3과 같다.

(3) 단조품 - 단강품, 주강품, 주철품 등의 주단조품은 받침, 배수장치 난간, 특수한 신축장치, 핀(pin) 등에 사용되며 단조품의 기계적 성질은 표 3.2-4와 같다.

표 3.2-1 구조용 강재의 기계적 성질

강종	인 장 시 험									충 격 시 험		
	항복점 응력(MPa)					인장강도 (MPa)	연신율			기 호	시 험 온 도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (J)
	강재의 두께(mm)						강재의 두께 (mm)	시 험 편	연신율 (%)			
	16 이하	16 초과 40 이하	40 초과 75 이하	75 초과 100 이하	100 초과							
SS235 ⁶⁾	235 이상	225 이상	205 이상	205 이상	195 이상	330 ~ 450	5이하 5초과16이하 16초과40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	26이상 21이상 26이상 25이상	—	—	—
SS275 ⁶⁾	275 이상	265 이상	245 이상	245 이상	235 이상	410 ~ 550	5이하 5초과16이하 16초과40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	21이상 18이상 21이상 23이상	—	—	—
SM275 ⁵⁾	275 이상	265 이상	255 이상	245 이상	235 이상	410 ~ 550	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	23이상 18이상 22이상 24이상	A B C D	20 0 -20 -40	27이상 27이상 27이상 27이상
SM275 -TMC	275 이상	275 이상	275 이상	275 이상	275 이상	410 ~ 550	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	23이상 18이상 22이상 24이상			

강종	인 장 시 험									충 격 시 험		
	항복점 응력(MPa)					인장강도 (MPa)	연신율			기 호	시 험 온 도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (J)
	강재의 두께(mm)						강재의 두께 (mm)	시 험 편	연신율 (%)			
	16 이하	16 초과 40 이하	40 초과 75 이하	75 초과 100 이하	100 초과							
SMA275 ¹⁾	275 이상	265 이상	255 이상	245 이상	235 이상	410 - 550	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	22이상 17이상 21이상 23이상	B C	0 -20	27이상 27이상
SS315 ⁶⁾	315 이상	305 이상	295 이상	295 이상	275 이상	490 - 630	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	19이상 16이상 19이상 21이상	-	-	-
SM355 ⁵⁾	355 이상	345 이상	335 이상	325 이상	305 이상	490 - 630	5이하 16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	22이상 17이상 19이상 23이상	A B C D	20 0 -20 -40	27이상 27이상 27이상 27이상
SM355 -TMC	355 이상	355 이상	355 이상	355 이상	-	490 - 630	16이하 16초과 40이하 40초과	1A호 1A호 4 호	17이상 21이상 23이상			
SMA355 ¹⁾	355 이상	345 이상	335 이상	325 이상	305 이상	490 - 630	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	19이상 15이상 19이상 21이상	B C	0 -20	27이상 27이상
SS410 ⁶⁾	410 이상	400 이상	-	-	-	540 이상	5이하 5초과16이하 16초과 40이하	5호 1A호 1A호	16이상 14이상 17이상	-	-	-
SM420 ⁵⁾	420 이상	410 이상	400 이상	390 이상	380 이상	520 - 700	5이하 5초과16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 1A호 4 호	19이상 15이상 19이상 21이상	A B C D	20 0 -20 -40	27이상 27이상 27이상 27이상
SM420 -TMC	420 이상	420 이상	420 이상	420 이상	-	520 - 680	16이하 16초과 40이하 40초과	1A호 1A호 4 호	15이상 19이상 21이상			
SS450 ⁶⁾	450 이상	440 이상	-	-	-	590 이상	5이하 5초과 16이하 16초과40이하	5호 1A호 1A호	16이상 14이상 17이상	-	-	-
SM460 ²⁾	460 이상	450 이상	430 이상	420 이상	-	570 - 720	16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 4호	19이상 17이상 20이상	B C	0 -20	47이상 27이상
SM460- TMC	460 이상	460 이상	460 이상	460 이상	-	570 - 720	16이하 16초과 40이하 40초과	5호 1A호 4호	19이상 17이상 20이상			
SMA460	460 이상	450 이상	430 이상	420 이상	-	570 - 720	16이하 16초과 20초과	5호 5호 4호	19이상 26이상 20이상	-	0	47이상
SS550 ⁶⁾	550 이상	540 이상	-	-	-	690 이상	5이하 5초과16이하 16초과40이하	5호 1A호 1A호	13이상 11이상 14이상	-	-	-

강종	인 장 시 험									충 격 시 험		
	항복점 응력(MPa)					인장강도 (MPa)	연신율			기 호	시 험 온 도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (J)
	강재의 두께(mm)						강재의 두께 (mm)	시 험 편	연신율 (%)			
	16 이하	16 초과 40 이하	40 초과 75 이하	75 초과 100 이하	100 초과							
HSB380	380 이상	380 이상	380 이상	380 이상	-	500 이상	16이하 16초과 40이하 40초과	1A호 1A호 4 호	15이상 19이상 21이상	- L W	-5 -20 -20	47이상 47이상 47이상
HSB460	460 이상	460 이상	460 이상	460 이상	-	600 이상	16이하 16초과 20이하 20초과 ⁴⁾	5호 5호 4/5호	19이상 26이상 20이상	- L W	-5 -20 -5	47이상 47이상 47이상
HSB690 ³⁾	690 이상	690 이상	690 이상	690 이상	-	800 이상	16이하 16초과 20이하 20초과 ⁴⁾	5호 5호 4/5호	15이상 22이상 16이상	- L W	-20 -40 -20	47이상 47이상 47이상

주) 1) SMA275CW, CP, SMA355CW, CP 적용두께 100mm 이하
 2) SM460B, C는 주문자 제조자 협정에 따라 150mm 이하 강판제조가능
 3) HSB690 적용두께 80mm 이하
 4) 20mm 초과시의 시험편은 4호 또는 5호 적용
 5) SM275, SM355, SM420의 적용두께 200mm 이하
 6) KS D 3503 강재(SS235, SS275, SS315, SS410, SS450, SS550) 적용은 비용접부재로 한정한다. 다만, 판 두께 22mm 이하의 가설자재로 사용하는 경우나, 2차부재로서 용접구조용 강재(예 : SM재)의 입수가 곤란한 경우에는 용접 시공시험을 통해 용접성에 문제가 없음을 확인한 후 SS275 강종에 한하여 사용 가능하다.

표 3.2-2 표준으로 하는 강재

강재의 종류	규격 및 표준		강재기호
1. 구조용 강재	KS D 3503	일반구조용 압연강재	SS235, SS275, SS315, SS410, SS450, SS550
	KS D 3515	용접구조용 압연강재	SM275, SM355, SM420, SM460
	KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	SMA275, SMA355, SMA460
	KS D 3868	교량구조용 압연강재	HSB380, HSB460, HSB690
2. 강관	KS D 3566 ³⁾	일반구조용 탄소 강관	SGT275, SGT335, SGT410, SGT450, SGT550
	KS D 3568 ³⁾	일반구조용 각종 강관	SRT275, SRT355, SRT410, SRT450, SRT550
	KS D 3777	철탑용 고장력강 강관	SHT410, SHT460
	KS F 4602	기초용 강관말뚝	STP275, STP355, STP380 STP450, STP550
	KS F 4605	강관시트파일	SKY400, SKY490
3. 접합용 강재	KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트	1종(F8T/F10/F35) ¹⁾ 2종(F10T/F10/F35) ¹⁾ 3종(F13T/F13/F35) ¹⁾
4. 용접재료	KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉	
	KS D 7006	고장력강용 피복 아크 용접봉	

강재의 종류	규격 및 표준		강재기호
	KS D 7101	내후성강용 피복 아크 용접봉	
	KS D 7102	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 플럭스	
	KS D 7103	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 와이어	
	KS D 7106	내후성강용 탄산가스 아크 용접 솔리드 와이어	
	KS D 7109	내후성강용 탄산가스 아크 용접 플럭스 충전 와이어	
5. 주단조품 ²⁾	KS D 3710	탄소강 단강품	SF-A, SF-B
	SPS-KFCA-D4101-5004	탄소강 주강품	SC
	SPS-KFCA-D4102-5005	구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	SCMn
	SPS-KFCA-D4106-5009	용접 구조용 주강품	SCW
	KS D 3752	기계구조용탄소강재	SM-C, SM-CK
	SPS-KFCA-D4301-5015	회 주철품	GC
	SPS-KFCA-D4302-5016	구상 흑연 주철품	GCD
6. 선재, 선재2차 제품 ²⁾	KS D 3509	피아노 선재	SWRS -A -B
	KS D 3559	경강 선재	HSWR -A -B
	KS D 7002	PC 강선 및 PC 강연선	SWPC, SWPD
7. 봉강	KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	SD, SD-W, SD-S
	KS D 3505	PC 강봉	SBPR, SBPD

주) 1) 각각 볼트/너트/와셔의 종류

2) 대표기호

3) KS D 3566 및 KS D 3568의 SGT, SRT 강관은 원칙적으로 주요 구조 부재로 사용하는 경우 용접하여 사용하지 않는다.

표 3.2-3 강관의 기계적 성질

종류의 기호	인 장 시 험				굽힘시험		편평시험
	항 복 점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율(%)		굽힘 각도	안쪽 반지름 (D 는 판의 바깥지름)	평판간의 거 리 (D 는 판의 바깥지름)
			11호시험편 12호시험편	5호시험편			
			세로방향	가로방향			
SGT275	275이상	410이상	23이상	18이상	90°	6D	2D/3
SGT355	355이상	500이상	20이상	16이상	90°	6D	7D/8
SGT410	410이상	540이상	20이상	16이상	90°	6D	7D/8
SGT450	450이상	590이상	20이상	16이상	90°	6D	7D/8
SGT550	550이상	690이상	20이상	16이상	90°	6D	7D/8
SRT275	275이상	410이상	-	23이상	-	-	-
SRT355	355이상	500이상	-	23이상	-	-	-
SRT410	410이상	540이상	-	20이상	-	-	-
SRT450	450이상	590이상	-	20이상	-	-	-
SRT550	550이상	690이상	-	20이상	-	-	-
STP275	275이상	410이상	-	18이상	-	-	2D/3
STP355	355이상	490이상	-	18이상	-	-	7D/8
STP380	380이상	500이상	-	16이상	-	-	7D/8
STP450	450이상	590이상	-	18이상	-	-	3D/4
STP550	550이상	690이상	-	18이상	-	-	3D/4
SKY400	235이상	400이상	-	18이상	-	-	2D/3
SKY490	315이상	490이상	-	18이상	-	-	7D/8
SHT410	410이상	550이상	20이상	16이상	-	-	7D/8
SHT460	460이상	590~740	20이상	16이상	-	-	3D/4

표 3.2-4 단조품의 기계적 성질

재료의 종류	기호	인장시험(4호,10호,14호 시험편)				충격시험 (4호시험편)		경도 (Hb) ³⁾	탄소 당량 (%)
		항복점 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	극한응력 상태에서의 신장율(%)	시험 온도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (N · m)		
탄소강 단강품	SF490A	245이상	490-590	22이상	40이상	-	-	134이상	-
	SF540A	275이상	540-640	20이상	35이상	-	-	152이상	-
탄소 주강품	SC450	225이상	450이상	19이상	30이상	-	-	-	-
용접 구조용 주강품	SCW410	235이상	410이상	21이상	-	0	27이상	-	0.40이하
	SCW480	275이상	480이상	20이상	-	0	27이상	-	0.45이하
구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	SCMn1A	275이상	540이상	17이상	35이상	-	-	143이상	
	SCMn2A	345이상	590이상	16이상	35이상	-	-	163이상	-
기계 구조용 탄소강재 ¹⁾	SM35C	304이상	510이상	23이상	-	-	-	149 ~ 207	-
	SM45C	343이상	569이상	20이상	-	-	-	167 ~ 229	
회 주철품 ²⁾	GC250	250이상	-	-	-	-	-	241이하	-
구상흑연 주철품	GCD400	250이상	400이상	15이상	-	-	-	130 ~ 180	-

주) 1) KS D 3752에서 참고값으로 제시한 값이다(노멀라이징 열처리를 한 경우).

2) 규격치는 주요두께 30~50mm인 것에 대한 것이다.

3) Hb는 브리넬경도이다.

4) 단조품을 용접하여 사용하고자 할 경우, 사전에 용접성검증이 필요하다.

(5) 선재, 선재2차 제품

- ① 피아노선재는 케이블 혹은 PS강선과 PS강연선 등의 선재2차제품 소재에 대한 규정이며, 기계적 성질을 표 3.2-5에 나타내었다.
- ② 이형 PS강선의 표면형상에 대해서는 KS D 7002에 규정되어 있지 않지만 표면형상에 따라서는 강선 자체의 피로강도가 저하되기도 하고, 프리텐션 방식을 사용한 경우에 부재 단부의 정착부에 큰 균열응력을 발생시키기도 하기 때문에 사용 시에 주의를 필요로 한다.

표 3.2-5 PS강선과 PS강연선의 기계적 성질, 공칭단면적 및 단위중량

기호	호칭명	인장시험			릴렉세이션 (%)	공 칭 단면적 (mm ²)	단위 중량 (N/m)
		0.2%영구연신율에 대한 하중(N)	인장 하중 (N)	연신율 (%)			
SWPC1 및 SWPD1	5mm	27,900이상 (1,420이상)	31,900이상 (1,630이상)	4.0이상	2.5이하	19.64	1.54
	7mm	51,000이상 (1,330이상)	58,300이상 (1,520이상)	4.5이상	2.5이하	38.48	3.02
	8mm	64,200이상 (1,280이상)	74,000이상 (1,480이상)	4.5이상	2.5이하	50.27	3.95
	9mm	78,000이상 (1,230이상)	90,200이상 (1,420이상)	4.5이상	2.5이하	63.62	4.99
SWPC2	2.9mm 2연선	22,600이상 (1,710이상)	25,500이상 (1,930이상)	3.5이상	2.5이하	13.21	1.04
SWPD3	2.9mm 3연선	33,800이상 (1,710이상)	38,200이상 (1,930이상)	3.5이상	2.5이하	19.82	1.56
SWPC 7A	9.3mm 7연선	75,500이상 (1,460이상)	88,800이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	51.61	4.05
	10.8mm 7연선	102,000이상 (1,460이상)	120,000이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	69.68	5.46
	12.4mm 7연선	136,000이상 (1,460이상)	160,000이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	92.90	7.29
	15.2mm 7연선	204,000이상 (1,470이상)	240,000이상 (1,730이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 7B	9.5mm 7연선	86,800이상 (1,580이상)	102,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	54.84	4.32
	11.1mm 7연선	118,000이상 (1,590이상)	138,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	74.19	5.80
	12.7mm 7연선	156,000이상 (1,580이상)	183,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	98.71	7.74
	15.2mm 7연선	222,000이상 (1,600이상)	261,000이상 (1,880이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 7C	12.7mm 7연선	182,000이상 (1,840이상)	214,000이상 (2,160이상)	3.5이상	2.5이하	98.71	7.74
	15.2mm 7연선	255,000이상 (1,840이상)	300,000이상 (2,160이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 7D	12.7mm 7연선	202,000이상 (2,040이상)	237,000이상 (2,400이상)	3.5이상	2.5이하	98.71	7.74
	15.2mm 7연선	283,000이상 (2,040이상)	333,000이상 (2,400이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 19	17.8mm 19연선	330,000이상 (1,580이상)	387,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	208.4	16.52
	19.3mm 19연선	387,000이상 (1,590이상)	451,000이상 (1,850이상)	3.5이상	2.5이하	243.7	19.31
	21.8mm 19연선	495,000이상 (1,580이상)	573,000이상 (1,830이상)	3.5이상	2.5이하	312.9	24.82

주) 괄호 속의 값은 규격치를 공칭단면적으로 나눈 값(단위: N/mm²)이다.

(6) 봉강

- ① 철근콘크리트용 봉강은 KS D 3504에 규정되어 있는 종류 중 교량에 가장 많이 사용되고 있는 것을 나타내었다.
- ② KS D 3504에 규정되어 있는 철근의 기계적 성질과 이형봉강의 단위중량, 표준치수는 표 3.2-6, 표 3.2-7과 같다.

표 3.2-6 철근콘크리트용 봉강의 기계적 성질

종류의 기호	인장시험				굽힘성	
	항복점 혹은 0.2% 내력(MPa)	인장 강도 (MPa)	인장시험편	연신율 (%)	굽힘 각도	안쪽 반지름
SD300	300이상	440이상	2호에 준한 것	16이상	180°	D16 이하: 공칭지름의 1.5배
			3호에 준한 것	18이상		D16을 넘는 것: 공칭지름의 2배
SD350	350이상	490이상	2호에 준한 것	18이상	180°	D16 이하: 공칭지름의 1.5배
			3호에 준한 것	20이상		D16이상 D41이하: 공칭지름의 2배 D51: 공칭지름의 2.5배
SD400	400이상	560이상	2호에 준한 것	16이상	180°	공칭지름의 2.5배
			3호에 준한 것	18이상		

표 3.2-7 이형 봉강의 단위중량과 표준치수

호칭명	단위중량 (N/m)	공칭지름(d) (mm)	공칭단면적(s) (mm ²)	공칭둘레(l) (mm)
D 6	2.49	6.35	31.67	20
D 10	5.60	9.53	71.33	30
D 13	9.95	12.7	126.7	40
D 16	15.6	15.9	198.6	50
D 19	22.5	19.1	286.5	60
D 22	30.4	22.2	387.1	70
D 25	39.8	25.4	506.7	80
D 29	50.4	28.6	642.4	90
D 32	62.3	31.8	794.2	100
D 35	75.1	34.9	956.6	110
D 38	89.5	38.1	1140	120
D 41	105.0	41.3	1340	130
D 51	159.0	50.8	2027	160

3.3 연결용 재료

(1) 용접재료

- ① 용접봉의 선택은 양호한 용접을 하기 위해 중요하며, 제작에 있어서는 작업성 및 제품의 성능 등에 대해 충분한 검토가 있어야만 한다. 수동 용접에 사용되는 용접봉은 각 강종에 대

해서 KS의 규격에 적합한 것을 사용하는 것이 원칙이지만 490 MPa급 강재 이상에서는 저수소계의 것을 사용한다. 또한 490 MPa급 강재와 400 MPa급 강재를 연결하는 경우에도 저수소계의 용접봉을 사용하고, 400 MPa급 강재에서도 후판이나 구속이 큰 부분을 용접하는 경우에는 저수소계의 용접봉을 사용한다. 용접봉의 규격은 표 3.3-1을 따른다.

표 3.3-1 용접재료

용접재료	강도(MPa)		적용 가능 강종
	F_y	F_u	
KS D 7004 연강용 피복아크 용접봉	345	420	인장강도 400MPa급 연강
KS D 7006 고장력 강용 피복아크 용접봉	390	490	인장강도 490MPa~780MPa 고장력강
	410	520	
	490	570	
	500	610	
	550	690	
	620	750	
KS D 7101 내후성강용 피복 아크용접봉	390	490	인장강도 400MPa~570MPa급 내후성 고장력강
	490	570	

② 서브머지드 아크용접에 있어서 목적에 따라 강선이나 용제의 적절한 조합을 택하는 것이 중요하다. 최근 탄산가스 아크용접이 많이 사용되고 있으며, 이 경우에도 용접하는 강재에 따라 알맞은 것을 선택할 필요가 있다.

가. 내후성강재의 용접에서는 내후성이 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다.

나. 한랭지용 강재의 용접부는 저온에서 인성이 저하되지 않아야 한다. 서브머지드아크 용접의 경우 인성저하의 우려가 있으므로 용접재료나 시공방법에 관해서 충분한 검토가 필요하다.

다. 자동용접으로는 서브머지드 아크용접 및 탄산가스 아크용접 외에 MAG용접, MIG용접, 엘렉트로슬래그용접 등 여러 가지 새로운 방법이 개발되어 있지만 목적에 따라 용접방법의 신뢰성 등을 충분히 검토할 필요가 있다.

(2) 볼트재료

① 고장력볼트 및 일반 볼트는 표 3.3-2의 것을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

표 3.3-2 볼트재료

종별	규격	볼트의 등급
마찰이음용 고장력볼트	KS B 1010(마찰접합용 고장력 6각볼트 6각너트, 평와셔 세트)	F8T, F10T, F13T
	KS B 2819(구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와셔의 세트)	F10T, F13T
일반 볼트	KS B 1002(육각볼트) 및 KS B 1012(육각너트 및 6각 낮은너트)	강도구분 4.6

3.4 받침용 재료

재료는 KDS 24 10 10(3.1(4))를 따른다.

3.5 재료의 특성치

(1) 강재

- ① 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수 값은 표 3.3-3의 값을 사용한다.

표 3.3-3 설계계산에 사용되는 강재의 물리상수

종류	물리상수의 값
강과 주강의 탄성계수 (MPa)	210,000
철근의 탄성계수 (MPa)	200,000
PS강선, PS강봉의 탄성계수 (MPa)	205,000
PS강연선의 탄성계수 (MPa)	195,000
주철의 탄성계수 (MPa)	100,000
강의 전단탄성계수 (MPa)	81,000
강과 주강의 포아송비	0.30
주철의 포아송비	0.25

- ② KS규격이 아닌 많은 개수의 PS강선을 묶거나, 혹은 연선으로 만든 케이블로 된 PS강재의 탄성계수는 2.0×10^5 MPa 이하로 되는 경우가 있기 때문에 시험에 의해 별도로 정해야 한다.
- ③ 프리스트레스의 감소량을 산출하는 경우에 PS강재의 길보기 릴렉сей션율은 표 3.3-4의 값을 표준으로 한다. 다만, PS강재가 고온의 영향을 받는 경우에는 PS강재의 길보기 릴렉сей션율은 표 3.3-4의 값에 2%를 가산하는 것을 원칙으로 한다.

표 3.3-4 PS강재의 길보기 릴렉сей션율(%)

PS강재의 종류	길보기 릴렉сей션율
PS강선, PS강연선	5
PS강봉	3

- ④ ③을 따르기 힘든 경우에는 PS강재의 인장응력에 따라 측정된 릴렉сей션율에서 콘크리트의 크리프, 건조수축 등의 영향을 고려하여 별도로 PS강재의 길보기 릴렉сей션율을 정

한다.

(2) 콘크리트

콘크리트의 탄성계수, 전단탄성계수, 크리프계수와 건조수축률 등은 KDS 24 14 20을 따른다.

4. 설계

4.1 설계일반

4.1.1 일반내용

(1) 이 기준은 강교 및 강합성교의 설계에 관한 설계제한사항을 규정한다.

(2) 기호

l : 부재의 좌굴길이(mm)

l/r : 부재의 세장비

r : 고려하는 축에 대한 단면2차반지름(mm)

4.1.2 부재의 세장비

(1) 부재의 세장비 l/r 은 원칙적으로 표 4.1-1에 제시한 값 이하로 한다. 다만, l, r 의 값은 4.2 따른다.

(2) 주압축부재는 열차하중에 의해 압축응력이 발생하는 부재를 말하며, 주요하중에 의해 힘을 받지 않는 그림 4.1-1에 표시된 것과 같은 부재들은 부압축재로 분류한다.

표 4.1-1 부재의 세장비

부재의 종류	세장비
주압축재	100
부압축재	120
인장재	200

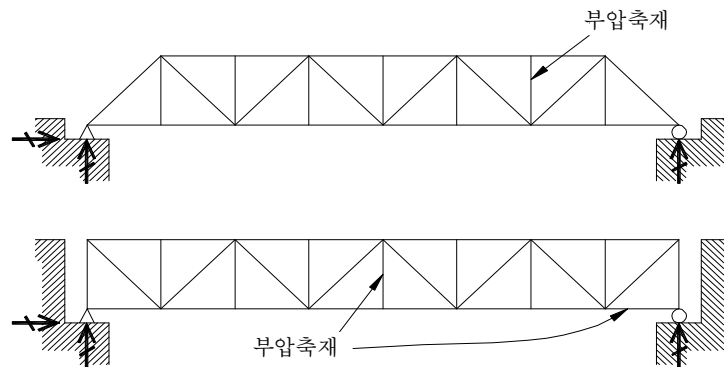


그림 4.1-1 부압축재

4.1.3 2차응력

(1) 구조물의 각 부분에 대하여 다음 각 항의 원인에 의한 2차응력에 주의하여 설계한다.

① 부재의 편심

가. 부재의 설계에 있어서 부재의 편심결합에 의해 생기는 휨응력 및 비틀림응력을 될 수 있으면 적게 되도록 주의한다.

나. 압축현재와 브레이싱의 연결은 다소의 편심은 피할 수 없지만, 이 영향이 될 수 있으면 작게 되도록 설계하는 것이 바람직하다.

② 격점의 강성

가. 일반 트러스에서는 격점을 회전이 자유로운 힌지로 생각해서 축방향 응력만으로 설계하는 것이 보통이다. 그러나 격점을 힌지로 본 결합 트러스도 핀 결합부분의 녹 등에 의해서 마찰이 증가하고 상당한 2차응력이 발생되며, 특히 격점이 리벳 또는 고장력볼트 결합의 경우는 거의 강결의 상태에 있어 큰 2차응력을 발생시킬 수 있으므로 이에 대한 검토를 해야 한다.

나. 주 트러스현재와 바닥틀을 합성시킨 트러스교 등 현재와 격점이 현저히 강성이 큰 경우에는 휨의 영향을 고려해서 부재를 설계한다.

③ 가로보의 처짐 - 가로보가 충분한 강성을 가진 경우는 그 처짐이 작고, 따라서 주거더의 변형도 적다. 그러나 가로보의 처짐이 큰 경우에는 그 양단의 각 변화에 의해 주거더가 변형하여 하로플레이트거더에서는 주거더의 비틀림, 또 트러스에서는 수직재의 휨과 사재의 비틀림에 의해 2차응력이 증가하므로 주의해야 한다. 특히 포니트러스와 하로플레이트거더의 경우에는 가로보의 처짐에 의한 변형이 발생하기 쉬우므로 가로보는 충분한 강성을 갖도록 설계한다.

④ 현재의 길이 변화에 의한 바닥틀의 변형

가. 트러스 또는 하로플레이트거더의 바닥틀은 일반적으로 세로보와 가로보에 의해 구성된 격자구조가 많다. 이 같은 바닥틀에 하중을 재하하면 각 부재는 수직면 내에 휨이 생기게 하지만 동시에 트러스의 현재가 힘을 받아 그 길이가 변화하고 그 영향이 바닥틀

에도 전달되어 수평면 내의 변형을 일으킨다. 거더 전체 길이가 길어지게 되면 가로보 플랜지에는 큰 응력이 발생할 가능성이 있기 때문에 4.5.2(1)에 규정한 바와 같이 세로 보에 신축장치를 두도록 하고 있다.

나. 상로트러스에서 가로보 위에 세로보를 놓는 경우에는 그 교차점 구성에 대하여 충분한 주의가 필요하다. 또, 현재의 길이가 변화하면 수평브레이싱에도 응력이 생겨 2차응력을 발생시키므로 수평브레이싱의 강성 등에 관해서도 고려해야 한다.(4.7.2 및 4.7.3 참조)

⑤ 자중에 의한 부재의 처짐

가. 부재의 세장비가 큰 경우에는 부재의 자중에 의한 2차응력이 커지고, 그 처짐 때문에 하중의 편심이 발생한다.

나. 인장재의 경우 인장력이 작용할 때의 편심은 작게 되는 경향이 있으므로 부재가 특별히 길지 않는 한 그다지 문제되지는 않지만, 압축재에서는 편심이 점점 증가하고 압축강도를 저하시키므로 바람직하지 못하다. 또, 열차통과에 의한 진동이 생기기 쉽고 피로의 측면에서 보아서도 바람직하지 못하다. 따라서 응력에 여유가 있는 경우라도 너무 세장비가 큰 부재를 사용해서는 안 된다.

⑥ 교량거더의 가동단받침의 마찰

교량거더의 가동단받침이 가동되지 않는 경우에는 구조물의 각 부분에 2차응력이 생기며, 교량거더뿐만 아니라 하부구조에도 예측하기 힘든 하중을 작용시키게 된다. 따라서 가동단은 마찰이 가능한 한 적게 되도록 하며, 보수도 용이한 구조로 설계해야 한다.

⑦ 부재의 진동

거더의 높이가 큰 박스거더의 복부판과 다이어프램이 열차주행에 의하여 가진되고 그로 인하여 보강재와 복부판의 용접부위가 파손되는 경우가 있다. 이들의 부재에 대해서는 공진을 피하기 위해 응력상 여유가 있어도 보강 등의 방법으로 고유진동수를 공진점에서 멀리 할 필요가 있다. 또, 연결판을 끼워서 부재를 연결하는 경우에 있어서는 부재단부를 깊숙이 밀어 넣도록 한다.

⑧ 지점침하와 온도변화의 영향에 의한 2차응력과 단면의 급격한 변화, 재료의 부식 등에 의한 응력집중에 대해서 고려하되, 이 값들은 될 수 있는 한 작게 되도록 하며 어쩔 수 없는 경우에는 그에 대응하는 설계를 해야 한다.

4.1.4 부재단면의 구성

- (1) 교량거더 및 용접조립 부재의 단면구성은 가능한 한 용접부가 상하 좌우에 대하여 대칭의 위치에 있도록 고려해야 한다.
- (2) 부재 및 그 이음은 조립작업, 용접, 검사 등이 용이하도록 하고 가능한 용접의 집중이나 응력의 집중이 일어나지 않도록 설계해야 한다. 또, 용접에 의한 수축응력 및 변형을 고려해야 한다.
- (3) 부재는 그 단면의 도심이 가능한 한 단면의 중심과 일치하고 골조선과 일치하도록 설계한다.

4.1.5 강재의 최소두께

- (1) 주부재에서는 원칙적으로 최소 9 mm로 한다. 다만, 강바닥판은 최소 12 mm로 한다.
- (2) 2차부재에서는 원칙적으로 8 mm 이상으로 한다. 다만, 채움재 깔판, 난간 등에 사용하는 경우는 이 제한을 적용하지 않는다.

4.1.6 최소 L형강

수평브레이싱, 제동트러스, 수직브레이싱 등에 사용하는 최소 L형강의 다리길이는 90 mm로 한다.

4.1.7 솟음

- (1) 지간 30 m 이상의 교량거더에 대해서는 주거더의 고정하중에 의한 처짐에 대하여 솟음을 두는 것을 원칙으로 한다. 다만 무도상의 개상식 교량거더의 경우는 다음의 열차하중도 고려한다.
 - ① KRL-2012 하중: 기관차 뒤에 따르는 등분포 활하중의 1/3 크기의 등 분포 하중
 - ② EL 하중: 전동차 하중의 1/4 크기의 하중
- (2) 트러스 및 아치교의 솟음량은 고정하중과 (1)의 열차하중도 고려한다. 단, 열차하중에 대한 솟음은 무도상 개상식일 경우만 고려한다.
- (3) 압연강재 거더에서의 솟음은 두지 않으며, 조립 및 시공 중 부득이하게 발생된 솟음은 상향이 되도록 한다.

4.1.8 연속구조 및 캔틸레버구조

- (1) 설계의 기본가정
 - ① 모멘트, 전단력, 그리고 반력은 일반적인 해석법에 따라 계산한다. 부재의 내력계산에서 정역학적 부정정구조물의 경우, 휨부재에 대해서는 전체 단면 2차모멘트, 트러스부재에 대해서는 전체 단면적을 원칙으로 하고, 유공 덮개판을 사용하는 부재에 대해서는 유효단면적을 사용한다.
 - ② 연속구조의 설계에서 받침구조 자체는 항복하지 않는 것으로 가정하며, 제8장에 규정된 지점침하를 고려해야 한다. 받침구조 자체는 항복하지 않는 것으로 가정하여 설계 및 시공되는 경우가 많으므로 실제 구조물에서의 조건이 가정과 다른 경우, 받침구조의 합리적인 침하량을 근거로 한 지점침하를 고려한 설계를 해야 한다.
 - ③ 활하중의 재하는 구조물에 최대부재력이 발생하도록 해야 한다. 다만 원칙적으로 하중을 끊어서 2개소 이상 재하하지 않는다.
- (2) 충격하중

충격하중은 KDS 24 12 20(4.1.3(3) 및 (4))에 규정한 충격계수를 적용하여 구한다.
- (3) 브레이싱

- ① 연속지간에서의 브레이싱은 4.7의 규정에 따라 설치한다.
- ② 부모멘트 구역뿐만 아니라 추가로 정모멘트 구역 플레이트거더의 상부 플랜지에 대해서도 4.7의 규정에 따라 브레이싱을 설치하고 길이에 관계없이 모든 하부플랜지에는 연속 횡방향 브레이싱을 설치한다.

(4) 수평보강재

- ① 복부좌굴을 방지하기 위해 부모멘트가 발생하는 연속 또는 캔틸레버구조로서 높이가 큰 거더(deep girder)의 지점 상부에 수평보강재를 설치해야 한다. 수직보강재와 서로 교차하는 곳에서의 수평보강재는 절단해도 무방하다. 수평보강재는 통상 복부판의 한쪽면에만 설치한다. 거더 응력의 일부분으로 고려되는 보강재의 응력값은 사용재료의 기본허용휨응력 이하로 한다.
- ② 수평보강재의 설치위치 및 설계는 4.4.4(5)를 따른다.

(5) 휨부재의 이음

- ① 연속 또는 캔틸레버 휨부재의 이음은 최대모멘트 상태에서의 전단력, 또는 최대전단력상태에서의 모멘트에 대하여 설계한다.
- ② 이음은 연속구조의 경우 가급적 고정하중에 의한 변곡점 위치에 오도록 한다.
- ③ 볼트를 이용한 플랜지 이음부 강도는 플랜지 모재 전 강도의 75% 이상 강도를 갖도록 한다.

4.2 허용응력

4.2.1 일반내용

- (1) 강교 및 강합성교에서 부재 각 부분은 이 장에 규정된 허용응력을 초과해서는 안 된다.
- (2) 피로의 영향에 관해서는 고정하중, 활하중, 충격 및 원심하중만을 고려해서 4.2.3에 의해 검토해야 한다.
- (3) 주하중, 부하중 및 그 밖의 하중의 조합은 이 설계기준 KDS 24 12 10(4.2.3)의 하중조합을 따른다. 이 경우의 허용응력은 4.2.2, 4.2.4 및 4.2.5에 KDS 24 12 10 표 4.2-1에서 제시하는 증가계수를 곱한수치를 적용한다.

(4) 기호

- b : 플랜지의 폭 (mm)
- b^* : 박스형단면 및 U형 단면의 경우 복부판 중심간격, 하로플레이트거더의 경우 주거더 중심간격 (mm)
- f_R : 응력범위 (MPa)
- f_R^c : 용접루트부에서 용입되지 않은 것을 가정할 때 표 4.2-9 허용피로응력범위의 상세범주 C에 해당하는 허용응력범위 (MPa)

- f_{Rfat} : 허용피로응력범위 (MPa)
 L : 부재 지간 (m)
 l : 부재의 좌굴길이, 플랜지의 고정점간 거리 (mm)
 $\left(\frac{l}{r}\right)$: 세장비
 $\left(\frac{l}{r}\right)_e$: 등가세장비
 N : 응력반복횟수
 R : 용접에서의 반경 (mm)
 r : 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차모멘트 (mm)
 α : 플랜지의 두께(t_f)와 복부판 두께(t_w)의 비
 β : 복부판 높이(h)와 플랜지폭(b)의 비
 η : 기둥의 유효좌굴길이 계산 시 곱하는 계수($\eta=l/H$)

4.2.2 구조용 강재 및 용접부의 허용응력

허용응력은 KS 개정 이전의 강종을 재사용할 경우 이전 강종기호 및 물성치를 사용하며, KS 개정에 따른 새로운 강종과 혼용할 경우 불리한 조건을 적용해야 한다.

(1) 기본허용응력

구조용 강재 및 용접부에 대한 기본허용응력은 표 4.2-1에 제시한 값으로 한다.

(2) 허용좌굴응력

허용좌굴응력은 표 4.2-2에 제시한 값으로 한다.

표 4.2-1 강재 및 용접부의 허용응력(단위:MPa)

응력의 종류, 판두께				강종		SS235	SS275	SM275 SMA275	SS315	SM355 SMA355	SS410	SM420	SS450	SM460 SMA460	SS550	비고
구조용 강재	인장응력 (순단면적 기준)	축방향응력	16이하	140	165	165	190	215	245	250	270	275	330	①		
			16초과 40이하	135	160	160	185	210	240	245	265	270	325			
			40초과 75이하	125	145	155	175	200		240		260				
			75초과 100이하	125	145	145	175	195		235		250				
			100초과	115	140	140	165	185		230						
		휨응력	16이하	140	165	165	190	215	245	250	270	275	330			
			16초과 40이하	135	160	160	185	210	240	245	265	270	325			
			40초과 75이하	125	145	155	175	200		240		260				
			75초과 100이하	125	145	145	175	195		235		250				
			100초과	115	140	140	165	185		230						
	압축응력 (충단면적 기준)	축방향응력	16이하	140	165	165	190	215	245	250	270	275	330			
			16초과 40이하	135	160	160	185	210	240	245	265	270	325			
			40초과 75이하	125	145	155	175	200		240		260				
			75초과 100이하	125	145	145	175	195		235		250				
			100초과	115	140	140	165	185		230						
		휨응력	16이하	140	165	165	190	215	245	250	270	275	330			
			16초과 40이하	135	160	160	185	210	240	245	265	270	325			
			40초과 75이하	125	145	155	175	200		240		260				
			75초과 100이하	125	145	145	175	195		235		250				
			100초과	115	140	140	165	185		230						
	전단응력	충단면적 기준	16이하	80	95	95	110	125	140	145	155	160	190			
			16초과 40이하	80	90	90	105	120	140	140	150	155	185			
			40초과 75이하	70	85	90	100	115		140		150				
			75초과 100이하	70	85	85	100	115		135		145				
			100초과	70	80	80	95	105								
	지압응력	강판과 강판	16이하	210	250	250	285	320	370	380	405	415	495			
			16초과 40이하	205	240	240	275	310	360	370	395	405	485			
			40초과 75이하	185	220	230	265	300		360		385				
			75초과 100이하	185	220	220	265	295		350		380				
			100초과	175	210	210	250	275								
용접부	공 장 용 접	그루 브 용 접	인장응력	16이하		165		215		250		275	④			
				16초과 40이하		160		210		245		270				
				40초과 75이하		155		200		240		260				
				75초과 100이하		145		195		235		250				
				100초과		140		185		230						
			압축응력	16이하		165		215		250		275				
				16초과 40이하		160		210		245		270				
				40초과 75이하		155		200		240		260				
				75초과 100이하		145		195		235		250				
				100초과		140		185		230						
		전단응력	16이하		95		125		145		160					
			16초과 40이하		90		120		140		155					
			40초과 75이하		90		115		140		150					
			75초과 100이하		85		115		135		145					
			100초과		80		105									
		필릿 용접	비드방향의 인장, 압축응력	16이하		165		215		250		275				
				16초과 40이하		160		210		245		270				
				40초과 75이하		155		200		240		260				
				75초과 100이하		145		195		235		250				
				100초과		140		185		230						
			목두께에 대한 인장, 압축, 전단응력	16이하		95		125		145		160				
				16초과 40이하		90		120		140		155				
				40초과 75이하		90		115		140		150				
				75초과 100이하		85		115		135		145				
				100초과		80		105								
현장용접		공장용접에 준하는 품질을 얻을 수 없는 경우에는 상기의 90%로 한다.														⑧

강종 응력의 종류, 판두께(mm)				SM 275 -TMC	SM 355 -TMC	SM 420 -TMC	SM 460 -TMC	HSB 380	HSB 460	HSB 690	비고	
구조용 강재	인장응력 (순단면적 기준)	축방향응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415	①	
		휨응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415		
	압축응력 (총단면적 기준)	축방향응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415		
		휨응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415		
	전단응력	총단면적 기준	100 이하	95	125	145	160	130	160	240	②	
	지압응력	강판과 강판	100 이하	250	320	380	415	340	415	620	③	
용접부	공 장 용 접	그루 브 용 접	인장응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415	④
			압축응력	100 이하	165	215	250	275	230	275	415	
			전단응력	100이하	95	125	145	160	130	160	240	⑤
	필릿 용접	비드방향의 인장, 압축응력	100이하	165	215	250	275	230	275	415	⑥	
		목두께에 대한 인장, 압축, 전단응력	100 이하	95	125	145	160	130	160	240	⑦	
	현장용접		공장용접에 준하는 품질을 얻을 수 없는 경우에는 상기의 90%로 한다.									⑧

- 주) ① 강도가 다른 강종을 연결하는 경우의 용접부의 허용응력은 강도가 낮은 강종에 대한 값을 취한다.
 ② 비고 ①에 있어서의 부재의 순단면적은 총단면적에서 볼트구멍에 의해서 손실된 단면적을 제외한 것을 말한다.
 ③ 비고 ④ 및 ⑧에 있어서 맞대기 용접의 경우 주요 부재에 관해서는 방사선 검사 또는 초음파 탐사검사를 행해야 한다.
 방사선 검사의 합격 기준은 KS B0845(강용접 이음부의 방사선 투과 시험방법)에 따라서 인장이음은 2류 이상, 압축이음은 3류 이상으로 하고 KS B0896(강 용접부의 초음파 탐상시험방법)에서는 2류 이상으로 해야 한다.
 ④ 비고 ⑧에 있어서 용접선 방향의 인장, 압축의 경우는 100%로 해야 한다.

표 4.2-2 강재의 허용좌굴응력 (단위: MPa)

(a) 축방향압축응력(충단면적 기준)

강종 판두께 (mm)	SS235	SS275	SM275 SMA275	SS315	SM355 SMA355
16 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 9.5:$ 140 $9.5 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $140 - 0.78 \left(\frac{l}{r} - 9.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $772,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5:$ 165 $8.5 < \frac{l}{r} \leq 120:$ $165 - 1.0 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 120:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5:$ 165 $8.5 < \frac{l}{r} \leq 120:$ $165 - 1.0 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 120:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 190 $8 < \frac{l}{r} \leq 115:$ $190 - 1.23 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 115:$ $781,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5:$ 215 $7.5 < \frac{l}{r} \leq 105:$ $215 - 1.47 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 105:$ $785,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
16 초과 40 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 9.5:$ 135 $9.5 < \frac{l}{r} \leq 135:$ $135 - 0.74 \left(\frac{l}{r} - 9.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 135:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 160 $9 < \frac{l}{r} \leq 125:$ $160 - 0.95 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 125:$ $780,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 160 $9 < \frac{l}{r} \leq 125:$ $160 - 0.95 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 125:$ $780,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 185 $8 < \frac{l}{r} \leq 115:$ $185 - 1.18 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 115:$ $786,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 210 $8 < \frac{l}{r} \leq 110:$ $210 - 1.42 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 110:$ $790,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
40 초과 75 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 10:$ 125 $10 < \frac{l}{r} \leq 140:$ $125 - 0.65 \left(\frac{l}{r} - 10 \right)$ $\frac{l}{r} > 140:$ $790,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 145 $9 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $145 - 0.83 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $765,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 155 $9 < \frac{l}{r} \leq 125:$ $155 - 0.90 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 125:$ $787,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5:$ 175 $8.5 < \frac{l}{r} \leq 115:$ $175 - 1.10 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 115:$ $768,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 200 $8 < \frac{l}{r} \leq 110:$ $200 - 1.33 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 110:$ $773,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
75 초과 100 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 10:$ 125 $10 < \frac{l}{r} \leq 140:$ $125 - 0.65 \left(\frac{l}{r} - 10 \right)$ $\frac{l}{r} > 140:$ $790,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 145 $9 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $145 - 0.83 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $765,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9:$ 145 $9 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $145 - 0.83 \left(\frac{l}{r} - 9 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $765,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5:$ 175 $8.5 < \frac{l}{r} \leq 115:$ $175 - 1.10 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 115:$ $768,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 195 $8 < \frac{l}{r} \leq 110:$ $195 - 1.28 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 110:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
100 초과	$0 < \frac{l}{r} \leq 10.5:$ 115 $10.5 < \frac{l}{r} \leq 145:$ $115 - 0.58 \left(\frac{l}{r} - 10.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 145:$ $764,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9.5:$ 140 $9.5 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $140 - 0.78 \left(\frac{l}{r} - 9.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $770,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 9.5:$ 140 $9.5 < \frac{l}{r} \leq 130:$ $140 - 0.78 \left(\frac{l}{r} - 9.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 130:$ $770,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5:$ 165 $8.5 < \frac{l}{r} \leq 120:$ $165 - 1.0 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 120:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 8:$ 185 $8 < \frac{l}{r} \leq 115:$ $185 - 1.18 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 115:$ $785,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$

판두께 (mm) \ 강종	SS410	SM420	SS450	SM460 SMA460	SS550
16 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 245 $7.0 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $245 - 1.81 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $774,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 250 $7.0 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $250 - 1.86 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $771,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 270 $7.0 < \frac{l}{r} \leq 95:$ $270 - 2.08 \left(\frac{l}{r} - 7.0 \right)$ $\frac{l}{r} > 95:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 6.5:$ 275 $6.5 < \frac{l}{r} \leq 95:$ $275 - 2.15 \left(\frac{l}{r} - 6.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 95:$ $774,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 6.0:$ 330 $6.0 < \frac{l}{r} \leq 85:$ $330 - 2.82 \left(\frac{l}{r} - 6.0 \right)$ $\frac{l}{r} > 85:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
16 초과 40 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 240 $7.0 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $240 - 1.75 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 245 $7 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $245 - 1.80 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $774,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.0:$ 265 $7.0 < \frac{l}{r} \leq 95:$ $265 - 2.02 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 95:$ $780,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7:$ 270 $7 < \frac{l}{r} \leq 95:$ $270 - 2.08 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 95:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 6.0:$ 325 $6.0 < \frac{l}{r} \leq 85:$ $325 - 2.75 \left(\frac{l}{r} - 6.0 \right)$ $\frac{l}{r} > 85:$ $780,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$
40 초과 75 이하		$0 < \frac{l}{r} \leq 7:$ 240 $7 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $240 - 1.75 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$		$0 < \frac{l}{r} \leq 7:$ 260 $7 < \frac{l}{r} \leq 95:$ $260 - 1.95 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 95:$ $783,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	
75 초과 100 이하		$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5:$ 235 $7.5 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $235 - 1.70 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $780,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$		$0 < \frac{l}{r} \leq 7:$ 250 $7 < \frac{l}{r} \leq 100:$ $250 - 1.85 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100:$ $771,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	
100 초과		$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5:$ 230 $7 < \frac{l}{r} \leq 105:$ $230 - 1.63 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 105:$ $784,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$			

강종 판두께 (mm)	SM275-TMC	SM355-TMC	SM420-TMC	SM460-TMC
100 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 8.5$: 165	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5$: 215	$0 < \frac{l}{r} \leq 7$: 250	$0 < \frac{l}{r} \leq 6.5$: 275
	$8.5 < \frac{l}{r} \leq 120$: $165 - 1.0 \left(\frac{l}{r} - 8.5 \right)$	$7.5 < \frac{l}{r} \leq 105$: $215 - 1.47 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$	$7 < \frac{l}{r} \leq 100$: $250 - 1.86 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$	$7 < \frac{l}{r} \leq 95$: $275 - 2.15 \left(\frac{l}{r} - 6.5 \right)$
	$\frac{l}{r} > 120$: $777,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$\frac{l}{r} > 105$: $785,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$\frac{l}{r} > 100$: $771,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$\frac{l}{r} > 95$: $774,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$

강종 판두께 (mm)	HSB380	HSB460	HSB690
100 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5$: 230	$0 < \frac{l}{r} \leq 6.5$: 275	$0 < \frac{l}{r} \leq 5.5$: 415
	$7.5 < \frac{l}{r} \leq 105$: $230 - 1.63 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$	$6.5 < \frac{l}{r} \leq 95$: $275 - 2.15 \left(\frac{l}{r} - 6.5 \right)$	$5.5 < \frac{l}{r} \leq 75$: $415 - 3.97 \left(\frac{l}{r} - 5.5 \right)$
	$\frac{l}{r} > 105$: $784,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$\frac{l}{r} > 95$: $774,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$\frac{l}{r} > 75$: $779,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$

(b) 휨압축응력(충단면적 기준)

강종 휨 축	SS235	SS275 SMA275 SM275- TMC	SS315	SM355 SM355- TMC	SS410	SM420 SMA420 SM420- TMC	SS450	SM460 SMA460 SM460- TMC	SS550	HSB380	HSB460	HSB690
강축에 대한 휨	표(a)의 세장비 (l/r) 대신에 다음 식으로 표시한 등가세장비 (l/r)_e를 사용. $\left(\frac{l}{r}\right)_e = F \frac{l}{b^*}$ 여기서, I형단면의 경우 $F = \sqrt{12 + 2\beta/\alpha}$ 박스거더단면의 경우 $\beta < \beta_0: F = 0$ $\beta_0 \leq \beta < 1: F = \frac{1.05(\beta - \beta_0)}{1 - \beta_0} \sqrt{3\alpha + 1} \sqrt{b/l}$ $1 \leq \beta < 2: F = 0.74 \sqrt{(3\alpha + \beta)(\beta + 1)} \sqrt{b/l}$ $2 \leq \beta: F = 1.28 \sqrt{3\alpha + \beta} \sqrt{b/l}$ $\beta_0 = \frac{14 + 12\alpha}{5 + 21\alpha}$ U형단면의 경우 $F = 1.1 \sqrt{12 + 2\beta/\alpha}$											
약축에 대한 휨	140	165	190	215	245	250	270	275	330	230	275	415

- 주) ① 표(a)의 l 은 부재의 좌굴길이(mm), r 은 고려하는 축에 대한 충단면의 단면 2차 반지름(mm)을 나타낸다. 또한 l 의 값은 표 4.2-3을 따른다.
 ② 표(b)의 l 은 플랜지의 고정점간거리(mm), b 는 플랜지의 폭(mm)을 나타낸다. 다만, *표시의 b 는 박스거더단면 및 U형단면의 경우 복부판 중심간격(mm)을, 하로 플레이트거더의 경우 주거더 중심간격(mm)을 나타낸다. α 는 플랜지의 두께(t_f)와 복부판 두께(t_w)의 비(t_f/t_w), β 는 복부판 높이(h)와 플랜지폭(b)의 비(h/b)이다.

표 4.2-3 부재의 좌굴길이

부재	l
트러스의 현재	골조길이
트러스의 복부재(면외)	골조길이
트러스의 복부재(면내)	골조길이의 0.9
수평브레이싱 및 수직브레이싱	골조길이

(3) 좌굴길이(l)의 산정방법

- ① 표 4.2-2의 축방향응력에 관한 식은 부재의 양단이 힌지인 압축재의 좌굴길이를 기초로 한 것이고, 또한 휨응력의 식에서는 등가세장비를 사용해야 한다. 다음에 실제로 자주 사용되는 구조물의 좌굴길이의 산정방법에 대해 예시하였다.

가. 상로 플레이트거더교 : 압축플랜지, 수평브레이싱, 버팀재 등에 대해서는 l 이 골조길이가 되는 것이 원칙이다. 수직브레이싱에 있어서는 2개의 부재가 교차하고 있는 경우면외좌굴길이(l)는 골조길이를, 면내 좌굴길이(l)는 교점이 용접 또는 고장력볼트로 견고하게 연결되어 있으면 골조길이의 반으로 해야 한다.

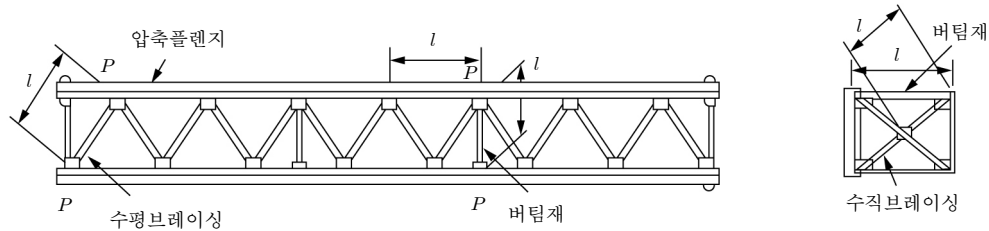


그림 4.2-1 상로 플레이트거더교

나. 상로 박스거더교: 1실박스거더의 경우에 좌굴길이(l)는 지간을 취하지만, 복선에서 좌우의 박스거더가 견고하게 연결되어 있을 때에는 그 간격을 l 로 본다.

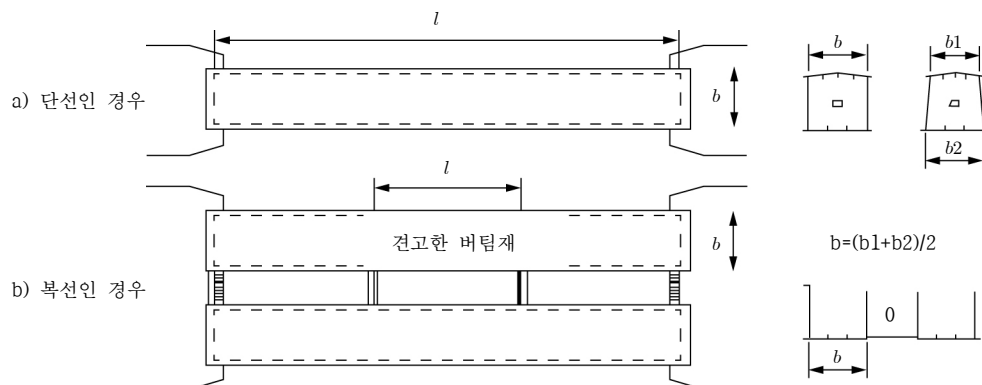


그림 4.2-2 상로 박스거더교

다. 하로 플레이트거더교 : 상부플랜지의 좌굴길이(l)는 가로보 및 니브레이스의 강도와 관계가 있는데 견고한 니브레이스가 있는 경우에는 가로보 간격으로 해야 한다. 또한 강바닥판식 하로 플레이트거더의 경우에는 보통 사용되는 가로보의 간격과 강도라면 세장비가 작은 경우의 허용압축응력을 사용한다. 하부수평브레이싱에 대해서는 X형으로 교차하는 2개 중에서 1개만이 인장에 저항한다고 보는 것이 원칙이므로, 압축재로서 좌굴길이를 고려할 필요는 없고 인장재로서 세장비의 제한이 있다. 이때의 세장비의 계산에 사용하는 부재의 길이는 세로보 등으로부터 견고한 부재로 수평브레이싱 부재를 지지하는 경우는 수평브레이싱 면외방향에 대해서는 bb 또는 bp 를, 면내방향에 대해서는 ab 또는 bp 를 부재길이를 볼 수 있다.(그림 4.2-3 참조) 세로보의 상부플랜지에 수평브레이싱이 붙어 있는 경우는 가의 상로 플레이트거더 규정을 따른다. 그림 4.2-4와 같이 중간에 버팀재와 보강재로 세로보의 전도에 저항하는 경우에는 l 은 버팀재에 의해 분할되는 것으로 한다.

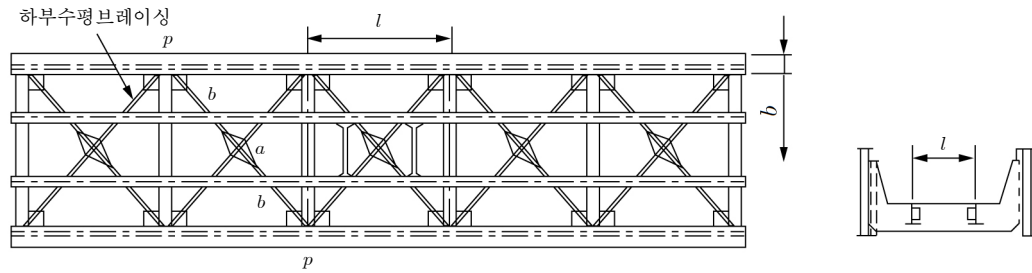


그림 4.2-3 하로 플레이트거더교

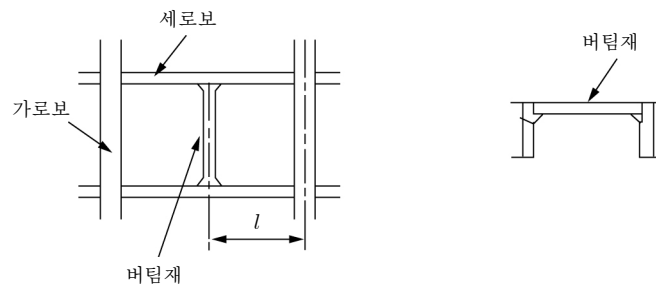


그림 4.2-4 세로보

라. 하로 박스거더교: 가로보와 니브레이스가 있는 경우에는 l 을 가로보의 간격으로 하는 것이 일반적이나, 가로보의 강도가 충분하지 않은 경우에는 가로보의 강도를 고려하여 l 을 실제보다 길게 택할 필요가 있다.(그림 4.2-5 참조)

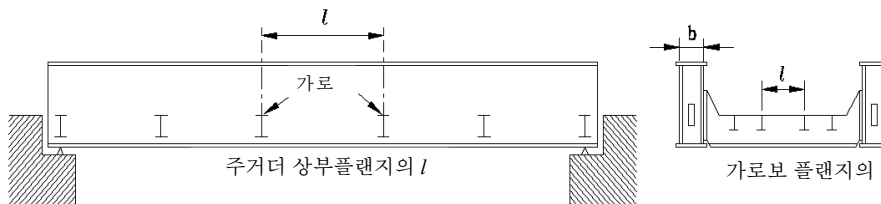


그림 4.2-5 하로 박스거더교

마. 상로 연속 박스거더교 : 박스거더 단면의 단선 상로 연속교의 경우는 그림 4.2-6을 따른다. 복선에서 단일박스거더를 병렬배치하고 양박스거더를 중간에서 견고하게 결합한 경우에는 나를 기준으로 해야 한다. 또한 하로 플레이트거더나 I형단면의 2개 주거더를 수평브레이싱으로 연결한 경우, 주거더의 좌굴길이(l)는 가 및 나를 따른다.

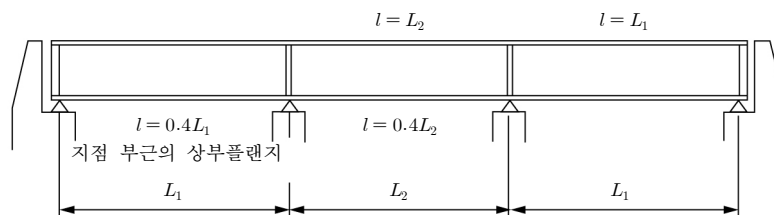


그림 4.2-6 상로 연속 박스거더교

바. 상로 게르버 박스거더교: 1실박스거더의 경우, l 은 그림 4.2-7을 따른다. 다만, 그림(b)에 있어서 돌출길이 L_2 가 철도교에서는 일반적으로 작기 때문에 중앙 경간의 l 에 대해서는 연속거더의 중앙 경간의 경우와 다른 $l=L_3$ 를 취하는 것으로 해야 한다. 병렬한 단선거더의 중간에서 서로 결합한 경우 및 하로 플레이트거더나 I형 단면 상로 플레이트거더의 경우 등에 대해서는 마에서 서술한 것과 동일하게 적용된다.

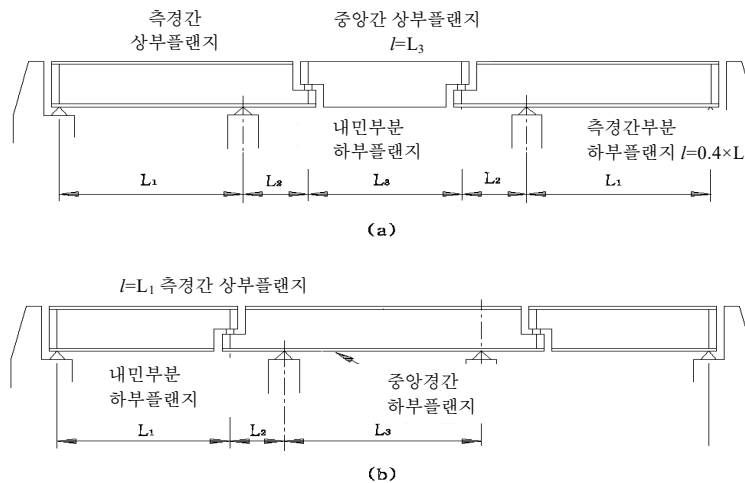


그림 4.2-7 상로 게르버 박스거더교

사. 드워프 거더교 : 드워프 거더의 경우는 우선 레일 지지부 간의 주거더의 좌굴에 관해서 검토하고(그림 4.2-8의 l_1 과 b_1 참조), 1선로분(2주거더)의 부재의 좌굴을 검토해야 한다.(그림 4.2-8의 l_2 와 b_2 참조)

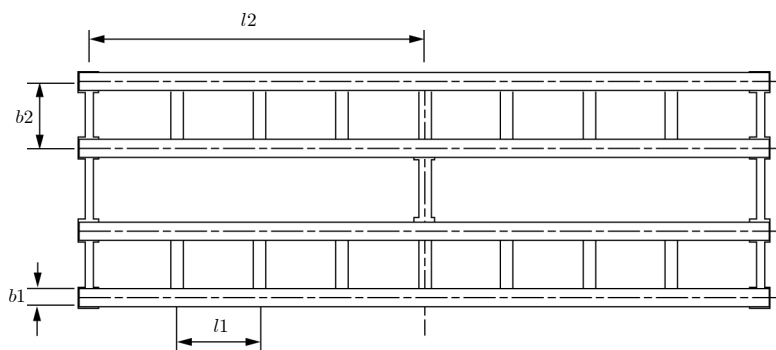


그림 4.2-8 드워프 거더교

아. 주트러스 부재 : 표 4.2-3을 따른다.(그림 4.2-9 참조)

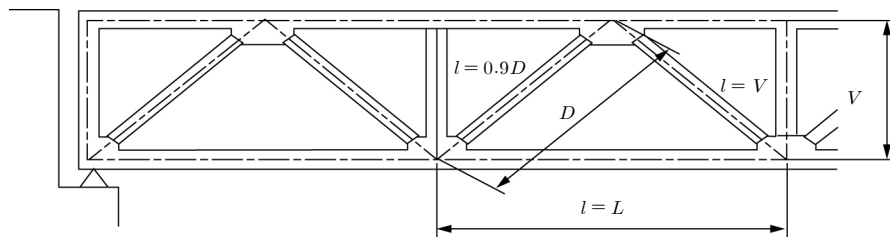


그림 4.2-9 트러스

자. 라멘 교각: 라멘 교각에 대해서는 거더와 기둥의 강성비, 지점 조건, 또는 라멘의 거더에 올려진 교량의 주거더가 라멘 구조를 어떻게 구속하고 있는가 등에 따라 압축부분을 검토하기 위한 l 의 산정방법이 달라진다. 라멘 구조 형식은 종류가 매우 많은데 그림4.2-10에 나타난 바와 같이 박스형 단면이며 1층 단경간 라멘의 거더 위에 교량의 주거더를 올려놓는 방식이 가장 많이 사용된다. 이러한 경우의 l 을 결정하는 방법을 표 4.2-4에 예시하였다. 기둥의 l 은 표 4.2-4의 값에 기둥의 길이 H 를 곱하여 구한다.

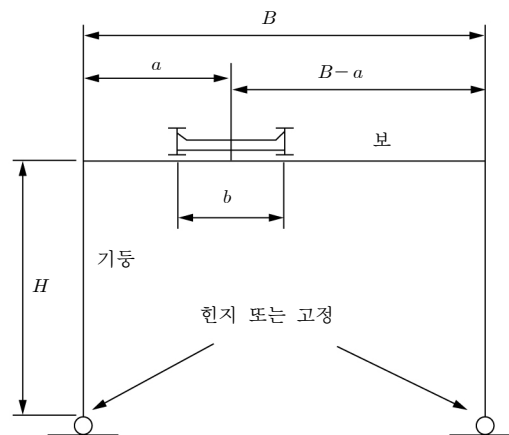


그림 4.2.10 라멘교각

표 4.2-4 라멘구조의 좌굴길이

기둥의 받침조건		힌지	고정
부재			
거더		$l = B$	$l = B$
기둥	라멘 면내	$\eta = 1.64 \sqrt{\frac{B}{B-a}}$ 단, $\eta \leq 2.32$	$\eta = 0.82 \sqrt{\frac{B}{B-a}}$ 단, $\eta \leq 1.16$
	라멘 면외	$\eta = \left(\frac{4a}{B} + 0.3 \right) \left(1 - \frac{b}{B} \right)^2 + 0.7$ 단, $\eta \geq 1$	$\eta = 2$

여기서, B, H, b, a : 그림 4.2-10 참조

η : 기둥의 좌굴 계산시 기둥길이에 곱하는 계수
즉, $\eta = l / H$

차. 아치교: 아치교의 경우는 4.11.3의 규정을 따른다.

4.2.3 허용피로응력

(1) 일반내용

- ① 반복적인 응력을 받는 부재 및 연결부는 이 장에 규정된 일반허용응력조건과 함께 피로조건을 만족시켜야 한다. 다만, 압축응력만을 받는 부재는 피로 검토를 하지 않는다.
- ② 피로강도를 지배하는 주된 요소는 사용기간 중 예상되는 응력반복횟수, 응력범위의 크기 및 피로상세범주의 형태와 위치이다.
- ③ 응력반복횟수(N)는 예상통행량을 이용한 적절한 분석을 통해 결정해야 하지만, 교통량조사나 다른 고려사항이 없는 경우에는 표 4.2-7로부터 구한다. N은 종방향 부재에 대하여는 경간의 길이에 의해 결정되며 가로보와 행어 그리고 일부 트러스부재에 있어서는 궤도수에 따라 결정된다.
- ④ 피로설계에 적용하는 충격하중은 KDS 24 12 20(4.1.3(3) 및 (4))에 규정된 충격하중을 표 4.2-5의 비율로 조정하여 구한다.

표 4.2-5 적용 비율

부재지간 L (m)	적용비율
$L \leq 9m$	100%
$L > 9m$	65%

- ⑤ 피로설계를 위한 활하중은 KDS 24 12 20(4.1.3)의 규정을 따른다.
- ⑥ 응력범위(f_R)은 활하중, 충격하중 그리고 원심하중에 의해서 계산된 최대응력값과 최소응력값의 차이로 규정한다.
- ⑦ 다양한 상세구조의 형식이나 위치는 그림 4.2-10과 표 4.2-9에 설명되어 있다.
- ⑧ 부재의 응력범위는 표 4.2-8에 기재된 허용응력범위를 넘어서는 안 된다.
- ⑨ 90 m가 넘는 경간에 대하여는 분석을 통해 적절한 반복횟수를 결정해야 한다.

표 4.2-6 인장볼트의 허용피로응력범위(MPa)

반복횟수	F8T	F10T(S10T)	F13T(S13T)
10만 회	200	210	160
50만 회	110	120	90
50만 회 이상	100	110	80

표 4.2-7 응력반복횟수(N)

부재설명	휨부재 및 트러스부재의 지간(L) 및 하중조건	일정응력범위의 반복횟수(N)
분류 1 - 종방향 휨부재와 그 연결부, 단주를 포함하는 트러스 현재와 그 연결부	$L > 30m$	2,000,000회 미만
	$L \leq 30m$	2,000,000회 이상
분류 2 - 가로보와 연결부, 가로보의 반력만을 전달하는 트러스 행어, 부사재와 그 연결부, 트러스 복부부재와 그 연결부	양궤도 하중	2,000,000회 미만
	단일궤도 하중	2,000,000회 이상

주) 표 4.2-7은 KDS 24 12 20(4.1.3)에 규정된 활하중에 의하여 설계된 교량에 적용한다.

표 4.2-8 허용피로응력범위(f_{Rfat}) (단위: MPa)

상세범주	응력반복횟수(N)	
	2,000,000회 미만	2,000,000회 이상
A	168	168
B	126	112
B'	101	84
C	91	70 또는 84 ¹⁾
D	70	49
E	56	31
E'	40	18
F	63	56

주 1) 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접부

표 4.2-9 피로상세범주

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 4.2.8, 4.2.9> 참조)	적용 예 (<그림 4.2.11> 참조)
단순부재	압연면 또는 매끈한 면을 가진 모재	인장 또는 교번	A	1,2
아이바와 핀판	아이바와 핀판	인장	E	
코프	반경이 19 mm보다 크거나 같은 표준코프	인장 또는 교번	C	23
조립부재	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 제 거)이나 연속필릿용접으로 접합되었으며 부착물이 없는 부재 의 모재와 용접부	인장 또는 교번	B	3, 4, 5, 7
	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 미제 거)이나 연속 부분용입 그루브용접으로 접합되었으며 부착물 이 없는 부재의 모재와 용접부	인장 또는 교번	B'	3, 4, 5, 7
	거더 복부판이나 플랜지에 설치된 수직보강재의 용접단부	인장 또는	C	6

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 4.2.8, 4.2.9> 참조)	적용 예 (<그림 4.2.11> 참조)
		교번		
	부분보강용 덮개판 끝의 모재(끝부분의 용접처리 유무와 관계 없이 끝이 직각이나 테이퍼 처리된 플랜지보다 좁은 덮개판, 또는 플랜지보다 넓고 끝부분이 용접처리 되어 있는 덮개판) (a) 플랜지 두께 ≤ 20 mm (b) 플랜지 두께 > 20 mm	인장 또는 교번	E E'	7
	끝부분이 용접처리 되어 있지 않은 플랜지보다 넓은 부분용접된 덮개판 끝에서의 모재	인장 또는 교번	E'	7
단순부재	압연면 또는 매끈한 면을 가진 모재	인장 또는 교번	A	1,2
아이바와 핀판	아이바와 핀판	인장	E	
코프	반경이 19 mm보다 크거나 같은 표준코프	인장 또는 교번	C	23
조립부재	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 제거)이나 연속필릿용접으로 접합되었으며 부착물이 없는 부재의 모재와 용접부	인장 또는 교번	B	3, 4, 5, 7
	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 미제거)이나 연속 부분용입 그루브용접으로 접합되었으며 부착물이 없는 부재의 모재와 용접부	인장 또는 교번	B'	3, 4, 5, 7
	거더 복부판이나 플랜지에 설치된 수직보강재의 용접단부	인장 또는 교번	C	6
	부분보강용 덮개판 끝의 모재(끝부분의 용접처리 유무와 관계 없이 끝이 직각이나 테이퍼 처리된 플랜지보다 좁은 덮개판, 또는 플랜지보다 넓고 끝부분이 용접처리 되어 있는 덮개판) (a) 플랜지 두께 ≤ 20 mm (b) 플랜지 두께 > 20 mm	인장 또는 교번	E E'	7
	끝부분이 용접처리 되어 있지 않은 플랜지보다 넓은 부분용접된 덮개판 끝에서의 모재	인장 또는 교번	E'	7
그루브 용접 연결부	비슷한 단면을 갖는 압연단면 또는 용접단면의 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교번	B	8, 10
	부재의 폭방향으로 600 mm의 변화부 반경을 갖는 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교번	B	13
	부재의 폭방향 또는 두께방향 변화부(용접부경사가 1:2.5 이하인 경우)에서의 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력의 방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교번	B'	11, 12

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 4.2.8, 4.2.9> 참조)	적용 예 (<그림 4.2.11> 참조)
	부재의 폭방향 또는 두께방향 변화부가 없거나 용접부경사가 1:2.5 이하인 변화부가 있는 완전용입 그루브용접된 이음부나 그 인접부의 모재 또는 용접부(용접덧살을 제거하지 않고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교번	C	8, 10, 11, 12
종방향으로 응력을 받는 그루브 용접부착 ²⁾	응력방향으로의 이음부 길이 L이 50 mm 이하인 경우, 완전 또는 부분용입 그루브용접된 부착물의 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교번	C	6, 15
	응력방향으로의 이음부의 길이 L이 50 mm 이상이며 판두께의 12배 이하인 경우(단, 100 mm 이하), 완전 또는 부분용입 그루브용접된 부착물의 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교번	D	15
종방향으로 응력을 받는 그루브용접부착물 ²⁾ (계속)	응력방향으로의 이음부의 길이 L이 판두께의 12배 이상이거나 100 mm 이상인 경우, 완전 또는 부분용입 그루브용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교번		15
	(a) 이음부 두께 < 25 mm (b) 이음부 두께 ≥ 25 mm		E E'	
	이음부의 길이와 상관없이 반경 R의 변화부를 갖는 완전 또는 부분용입 그루브용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재. 아래의 원형반경을 갖고 용접단부를 연마처리한 경우: (a) $R \geq 600 \text{ mm}$ (b) $600 \text{ mm} > R \geq 150 \text{ mm}$ (c) $150 \text{ mm} > R \geq 50 \text{ mm}$ (d) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$	인장 또는 교번	B C D E	16
	변화부의 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교번	E	16
횡방향으로 응력을 받는 그루브용접부착물 ²⁾ ³⁾	이음부의 길이와 무관하고 비파괴검사를 통해 응력의 수직방향에 대한 용접의 건전성이 확인된 반경 R의 변화부를 갖는 완전용입 그루브용접으로 모재에 붙인 부착물	인장 또는 교번		16
	판두께가 동일하며 용접덧살이 제거된 경우: (a) $R \geq 600 \text{ mm}$ (b) $600 \text{ mm} > R \geq 150 \text{ mm}$ (c) $150 \text{ mm} > R \geq 50 \text{ mm}$ (d) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$ - 판두께가 동일하나 용접덧살이 제거되지 않은 경우: (a) $R \geq 150 \text{ mm}$ (b) $150 \text{ mm} > R \geq 50 \text{ mm}$ (c) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$	,인장 또는 교번	B C D E C D E	16
횡방향으로 응력을 받는 그루브용접부착물 ²⁾ ³⁾ (계속)	- 판두께가 다르고 용접덧살이 제거된 경우: (a) $R \geq 50 \text{ mm}$ (b) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$	인장 또는 교번	D E	16
	- 판두께가 다르고 용접덧살이 제거되지 않은 변화부 반경	인장 또는 교번	E	16
필릿용접 연결부	횡방향의 하중을 받고 응력방향에 수직하게 용접된 연결부의 모재			

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 4.2.8, 4.2.9> 참조)	적용 예 (<그림 4.2.11> 참조)
	(a) 이음부의 두께 $\leq 12.5 \text{ mm}$	인장 또는 교변	C	14
	(b) 이음부의 두께 $> 12.5 \text{ mm}$	인장 또는 교변	그림참조	22
	불연속 필릿용접부의 모재	인장 또는 교변	E	
	필릿용접의 목부의 전단력	전단력	F(그림참조)	9
종방향으로 응력을 받는 필릿용접 부착물 ^{2) 3) 4)}	응력방향으로 용접길이 L이 50 mm보다 길지 않은 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재: 스티드형태의 전단연결재	인장 또는 교변	C	15, 17, 18, 19, 20
	응력방향으로 용접길이 L이 50 mm 이상 그리고 판두께의 12배 이하(단, 100 mm 이하)인 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교변	D	15, 17
	응력방향으로 용접길이 L이 판두께의 12배 이상 또는 100 mm 이상인 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재			
	(a) 이음부두께 $< 25 \text{ mm}$	인장 또는 교변	E	7, 9, 15, 17
	(b) 이음부두께 $\geq 25 \text{ mm}$	인장 또는 교변	E'	7, 9, 15
	이음부의 길이와 관계없이 반경 R의 변화부를 갖는 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재: - 용접단부를 연마처리한 경우 (a) $R \geq 50 \text{ mm}$ (b) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$	인장 또는 교변	D E	16
	- 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교변	E	16
주응력방향으로 용접된 횡방향으로 응력을 받는 필릿용접 부착물 ^{2) 4)}	이음부의 길이와 관계없이 반경 R의 변화부를 갖는 필릿용접으로 모재에 부착된 이음부(상세범주 F에 의해 결정되는 필릿용접 목부에 작용하는 전단응력) - 용접단부를 연마처리한 경우 (a) $R \geq 50 \text{ mm}$ (b) $50 \text{ mm} > R \geq 0 \text{ mm}$	인장 또는 교변	D E	16
	- 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교변	E	16
볼트 및 리벳 연결부	연결재에 면외 휨을 갖지 않는 고장력볼트 마찰이음부의 전단면에서의 모재	인장 또는 교변	B	21
	고장력볼트 지압이음의 순단면에서의 모재	인장 또는 교변	B	21
	리벳연결부의 순단면에서의 모재	인장 또는	D	21

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 4.2.8, 4.2.9> 참조)	적용 예 (<그림 4.2.11> 참조)
		교 변		

- 주) 1) 인장은 인장응력범위를 나타내고 교변은 반복응력 시 인장 및 압축이 모두 일어나는 응력범위를 나타낸다.
 2) “종방향으로 응력”은 용접선에 평행한 응력의 방향을 나타내고, “횡방향으로 응력”은 용접선에 수직인 응력의 방향을 나타낸다.
 3) 하중이 용접선에 수직으로 재하된 경우에는 부분용입 그루브용접을 피해야 한다.
 4) 거더플랜지의 바깥 면에 연결된 연결판은 횡방향 필릿용접만으로 부착해서는 안 된다.

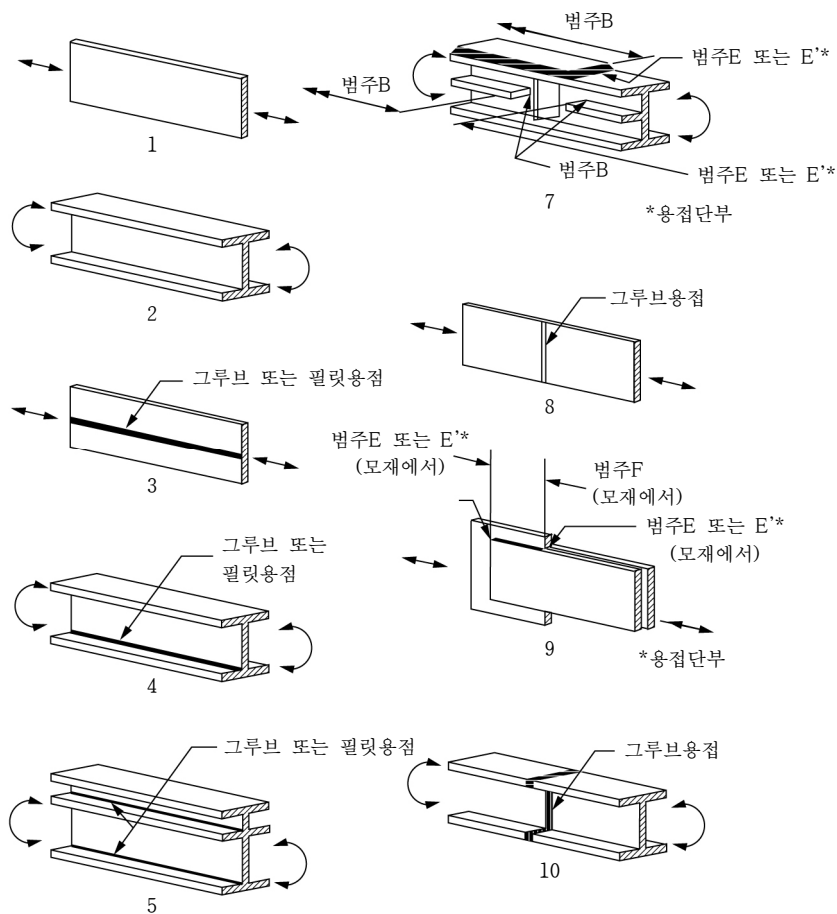


그림 4.2-11 피로상세범주

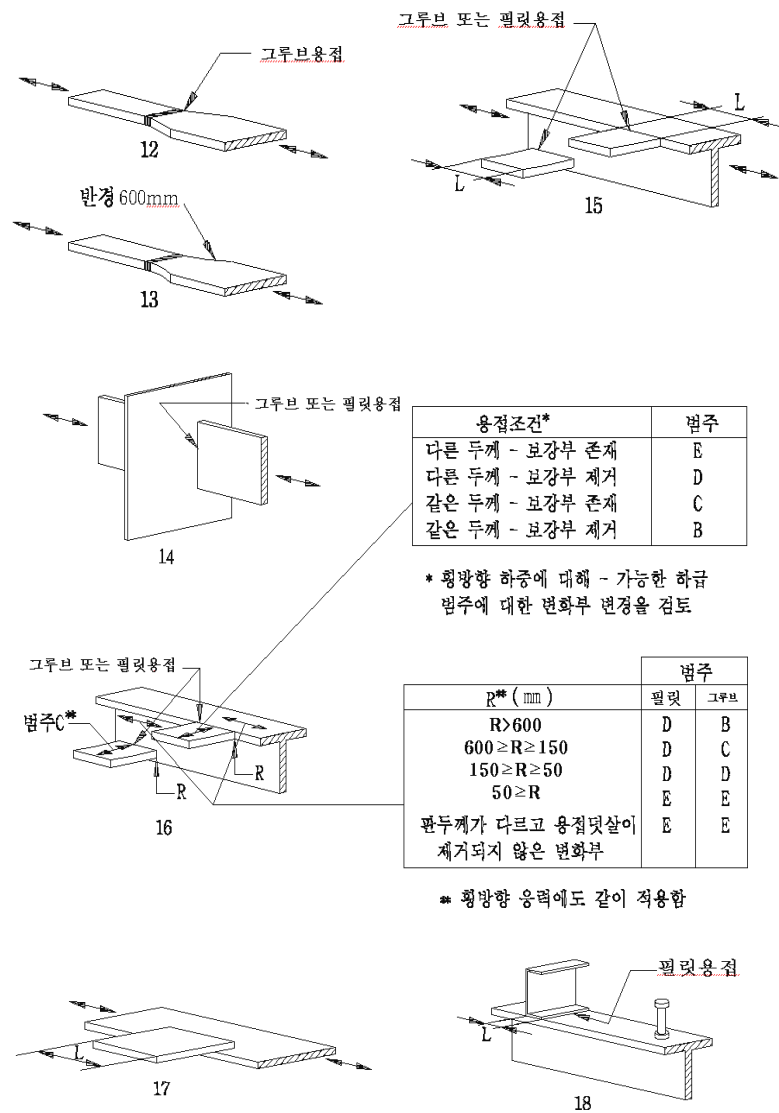


그림 4.2-11 피로상세범주(계속)

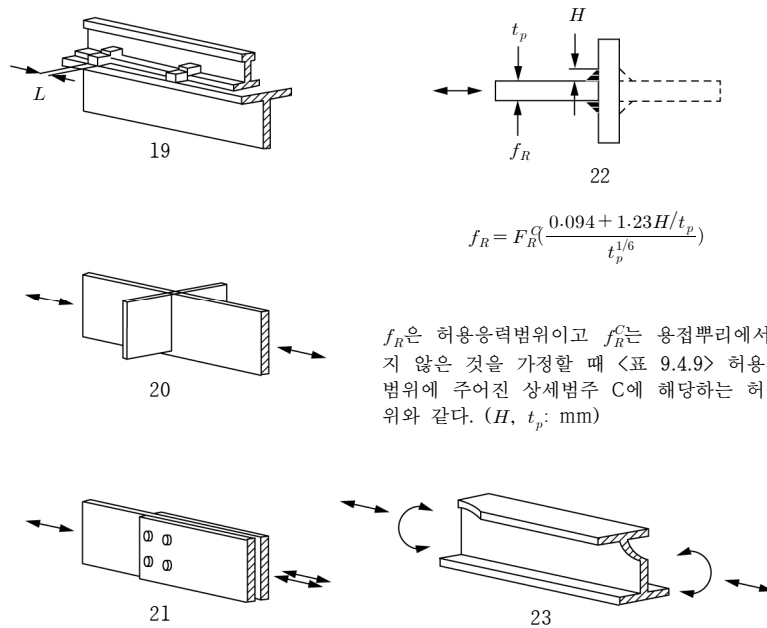


그림 4.2.11 피로상세범주(계속)

4.2.4 볼트 및 핀의 허용응력

(1) 볼트의 허용력 및 허용응력은 표 4.2-10, 표 4.2-11, 표 4.2-12 및 표 4.2-13에 표시한 값으로 한다.

표 4.2-10 마찰이음용 고장력볼트의 허용력 (kN)(1볼트 1마찰면마다)

나사호칭 \ 볼트의 등급	F8T	F10T	S10T1)	F13T	S13T ¹⁾
M20	31	39	39	50	50
M22	39	48	48	63	63
M24	45	56	56	73	73
M27	58	73	73	-2)	-2)
M30	71	89	89	-2)	-2)

- 주 1) S10T, S13T: T/S 볼트의 기계적 성질에 따른 등급을 나타내는 기호
 2) 볼트등급 F13T의 나사호칭 M27과 M30은 본 기준에 포함되지 않음.
 3) 모재의 허용지압응력으로 결정되는 허용력을 초과할 수 없음.

표 4.2-11 지압이음용 고장력볼트의 허용전단응력 (MPa)

볼트의 등급	B8T	B10T	B13T
허용전단응력	150	190	245

표 4.2-12 지압이음용 볼트를 적용한 모재의 허용지압응력 (MPa)

모재 및 연결판의 강종 강재판두께(mm)	SS235	SS275	SM275 SMA275	SS315	SM355 SMA355
16 이하	210	250	250	285	320
16 초과 40 이하	205	240	240	275	310
40 초과 75 이하	185	220	230	265	300
75 초과 100이하	185	220	220	265	295
100이상	175	210	210	250	275

모재 및 연결판의 강종 강재판두께(mm)	SS410	SS450	SM420	SM460 SMA460	SS550
16 이하	370	405	380	415	495
16 초과 40 이하	360	395	370	405	485
40 초과 75 이하			360	385	
75 초과 100이하			350	380	
100이상			340		

모재 및 연결판의 강종 강재판두께(mm)	SM275 -TMC	SM355 -TMC	SM420 -TMC	SM460 -TMC	HSB380	HSB460	HSB690
100 이하	250	320	380	415	340	415	620

표 4.2-13 일반볼트의 허용응력 (MPa)

볼트의 등급	일반볼트 강도구분 4.6 *
허용전단응력	90
허용지압응력	220

*일반볼트 강도구분 4.6 : KS B 1002 규격의 일반볼트 강도구분임

(2) 편에 대한 기본허용응력은 표 4.2-15에 표시한 값으로 한다.

표 4.2-14 편의 허용응력 (MPa)

응력의 종류		강종	SS275	SM35C	SM45C
휨응력			210	260	290
전단응력			110	140	150
지압응력	회전을 동반하지 않는 경우		230	280	310
	회전을 동반하는 경우		115	140	155

4.2.5 받침의 허용응력

KDS 24 10 10(3.1(4))의 규정을 따른다.

4.3 부재에 관한 일반사항

4.3.1 일반내용

(1) 4.3은 강교 및 강합성교의 설계에 적용하는 부재에 관한 일반사항을 규정하였다.

(2) 기호

- A : 복부판 및 플랜지의 중심선으로 둘러싸인 면적(mm²)
- A_{fg} : 강축에 대한 인장플랜지의 총단면적(mm²)
- A_{fg}' : 약축에 대한 인장플랜지의 총단면적(mm²)
- A_{fn} : 강축에 대한 인장플랜지의 순단면적(mm²)
- A_{fn}' : 약축에 대한 인장플랜지의 순단면적(mm²)
- A_g : 단면의 총단면적(mm²)
- A_n : 단면의 순단면적(mm²)
- A_w : 복부판의 총단면적(mm²)
- f : 4.3.2①의 규정에 의해 산출한 휨응력(MPa)
- f_a : 표 4.2-1의 ①, ④, ⑥, ⑧(MPa)
- f_c : 휨 압축연단 응력(MPa)
- f_{cwo} : 표 4.2-2에 나타낸 $l/r \approx 0$ 때의 허용압축응력(MPa)
- f_t : 휨 인장연단 응력(MPa)
- f_{ta} : 표 4.2-1에 규정한 기본 허용인장응력(MPa)
- I : 플레이트거더의 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴)
- I_x : 강축에 대한 총단면의 단면2차모멘트(mm⁴)
- I_y : 약축에 대한 총단면의 단면2차모멘트(mm⁴)
- l : 부재의 좌굴길이(mm)

- M : 휨모멘트(N · mm)
 M_{eq} : 휨모멘트가 직선적으로 변화하는 경우의 등가모멘트(N · mm)
 M_t : 전단 중심에서의 비틀림모멘트(N · mm)
 M_x : 강축에 작용하는 휨모멘트(N · mm)
 M_{xa} : 횡좌굴을 고려한 강축에 대한 허용휨모멘트(N · mm)
 M_y : 약축에 작용하는 휨모멘트(N · mm)
 M_{yo} : 약축에 대한 허용휨모멘트(N · mm)
 P : 부재에 작용하는 축방향력(N)
 P_{ca} : 강축 또는 약축에 관한 허용좌굴응력 가운데 작은 쪽의 값(N)
 r : 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차반지름(mm)
 S : 계산 단면에 작용하는 전단력(N)
 t : 복부판 또는 플랜지의 두께(mm)
 y : 플레이트거더 총단면의 중립축에서부터 응력을 계산하고자 하는 위치까지의 거리(mm)
 y_e : 플레이트거더 총단면의 중립축에서 압축연단까지의 거리 또는 강축에서부터 휨에 관한 압축연단까지의 거리(mm)
 y_e' : 약축에서부터 휨에 관한 압축연단까지의 거리(mm)
 y_t : 플레이트거더 총단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 또는 강축에서부터 휨에 관한 인장연단까지의 거리(mm)
 y_t' : 약축에서부터 휨에 관한 인장연단까지의 거리(mm)
 v : 4.3.4 또는 4.8.2(4)에 의해 산출한 전단응력(MPa)
 v_a : 표 4.2-1의 ②, ⑤, ⑦, ⑧(MPa)
 v_m : 복부판에 작용하는 평균 전단응력(MPa)
 v_t : 비틀림모멘트에 의한 전단응력(MPa)

4.3.2 부재의 휨응력

플레이트거더 및 이것과 유사한 구조물에 발생하는 휨모멘트에 의한 응력은 다음 각항에 따라 계산해야 한다.

(1) 휨모멘트에 의한 응력

$$f = \frac{M}{I} y \quad (4.3-1)$$

여기서, f : 휨응력(MPa)

M : 휨모멘트(N · mm)

I : 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴)(②에서도 동일)

y : 총단면의 중립축에서부터 응력을 계산하고자 하는 위치까지의 거리(mm)

(2) 휨모멘트에 의한 연단응력

$$f_c = \frac{M}{I} y_c, \quad f_t = \frac{M}{I} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} \quad (4.3-2)$$

여기서, f_c : 휨 압축연단 응력(MPa)

f_t : 휨 인장연단 응력(MPa)

y_c : 종단면의 중립축에서 압축연단까지의 거리(mm)

y_t : 종단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리(mm)

A_{fg} : 인장 플랜지의 종단면적(mm²)

A_{fn} : 인장 플랜지의 순단면적(mm²)

4.3.3 축방향력과 휨모멘트를 받는 부재의 검토

(1) 축방향력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재는 각각에 대해 4.2.1 및 4.2.2의 규정 이외에 다음의 조건도 만족시켜야 한다.

(2) 응력 검토

① 축방향력이 인장인 경우

가. 인장응력 검토

$$\frac{P}{A_n} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta} \quad (4.3-3)$$

나. 압축응력 검토

$$-\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao} \quad (4.3-4)$$

② 축방향력이 압축인 경우

가. 인장응력 검토

$$-\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta} \quad (4.3-5)$$

나. 압축응력 검토

$$\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao} \quad (4.3-6)$$

(3) 좌굴검토

$$\frac{P}{P_{ca}} + \frac{M_x}{M_{xa}} + \frac{M_y}{M_{ya0}} \leq 1.0 \quad (4.3-7)$$

다만, 축방향 인장력의 경우에는 $P = 0$ 으로 해야 한다.

여기서, P : 부재에 작용하는 축방향력(N), 다만, KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우에는 -, KDS 24 12 10 표 4.2-1에 표시한 계수로 나눈 값이다.

M_x, M_y : 각각 강축 및 약축에 작용하는 휨모멘트(N·mm). 다만, KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우는 KDS 24 12 10 표 4.2-1에 표시

한 계수로 나눈 값이다. 또한 식 4.3-3, 식 4.3-4, 식 4.3-5 및 식 4.3-6에서의 휨모멘트는 검토하려는 단면에 대한 값이고, 식 4.3-7에서의 휨모멘트는 한 끝의 모멘트 M_1 으로부터 다른 끝의 모멘트 M_2 까지 직선적으로 변화하는 경우 식 4.3-8로 계산되는 등가모멘트 M_{eq} 로 해야 한다.

$$M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2 \quad (4.3.8)$$

다만 $M_1 \geq M_2$ 이고 $M_{eq} \geq 0.4M_1$ 으로 해야 한다.

I_x, I_y : 각각 강축 및 약축에 대한 총단면의 단면 2차 모멘트(mm⁴)

A_n, A_g : 각각 검토하려는 단면의 순단면적 및 총단면적(mm²)

A_{fn}, A_{fg} : 각각 검토하려는 강축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm²)

A_{fn}', A_{fg}' : 각각 검토하려는 약축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm²)

y_t, y_c : 각각 강축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리(mm)

y_t', y_c' : 각각 약축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리(mm)

f_{ta} : 4.2.2에 규정한 기본 허용인장응력(MPa)

f_{cao} : 표 4.2-2에서 $l/r \approx 0$ 때의 허용 압축응력(MPa). 다만 최대폭-두께비를 완화한 경우에는 표 4.4-3에 나타난 거더의 압축 플랜지의 허용압축응력(MPa)(다만, 표 4.4-3의 단서는 고려하지 않는다.)

P_{ca} : 강축 또는 약축에 관한 허용좌굴응력(N) 가운데 작은 쪽의 값으로 $A_g f_{ca}$ 로 계산해야 한다. 이 경우의 f_{ca} 는 표 4.2-2에 나타난 l/r 에 따라 변화하는 허용축방향 압축응력(MPa)이다. 다만, 최대폭-두께비를 완화하는 경우에는 표 4.4-3에 나타난 거더의 허용압축응력(MPa)을 적용한다.

M_{xa} : 횡좌굴을 고려한 강축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_x / y_c$ 로 계산해야 한다. 이 경우 f_{ca} 는 표 4.2-2에 나타난 $(l/r)_c$ 에 따라 변화하는 허용압축응력(MPa)이다. 다만 최대폭-두께비를 완화하는 경우에는 표 4.4-3에 나타난 거더의 압축플랜지의 허용압축응력(MPa)을 적용한다.

M_{yao} : 약축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_y / y_c'$ 로 계산해야 한다. 이 경우 f_{ca} 는 표 4.2-2에 나타난 $(l/r)_c \approx 0$ 일 때의 허용휨압축응력(MPa)이다.

- (4) 피로에 대해서는 4.2.3의 규정에 따라 검토한다. 이 때 f_{max} 및 f_{min} 은 4.3.2에 의한 휨응력과 4.3.6(1) 또는 4.3.6(3)에 의한 축방향력이 동시에 작용하는 경우에 대해 합산한 계산작용응력의 대수적최대치 및 최소치를 적용해야 한다.

4.3.4 부재의 전단응력

- (1) 플레이트거더 및 이것과 유사한 구조물의 복부판의 평균 전단응력은 식 (4.3-9)에 의해 계산한다.

$$v_m = \frac{S}{A_w} \quad (4.3-9)$$

여기서, v_m : 복부판에 작용하는 평균 전단응력(MPa)

S : 계산 단면에 작용하는 전단력(N)

A_w : 복부판의 총단면적(mm²)

위에서, 복부판의 평균 전단응력은 전단력이 복부판에 균일하게 작용하는 것으로 가정한 약산식으로 복부판의 전단응력에 의한 좌굴 검토 또는 허용전단응력을 비교하는 경우에 사용해야 한다. 다만, 플랜지와 복부판을 연결하는 필릿용접부에 작용하는 전단응력을 계산하는 경우에는 4.8.2(4)를 적용한다.

(2) 비틀림에 의한 전단응력

① 박스거더의 비틀림모멘트에 의한 전단응력은 식 (4.3-10)에 의해 계산한다.

$$v_t = \frac{M_t}{2At} \quad (4.3-10)$$

여기서, v_t : 비틀림모멘트에 의한 전단응력(MPa)

M_t : 전단 중심에서의 비틀림모멘트(N · mm)

A : 복부판 및 플랜지의 중심선으로 둘러싸인 면적(mm²)

t : 복부판 또는 플랜지의 두께(mm)

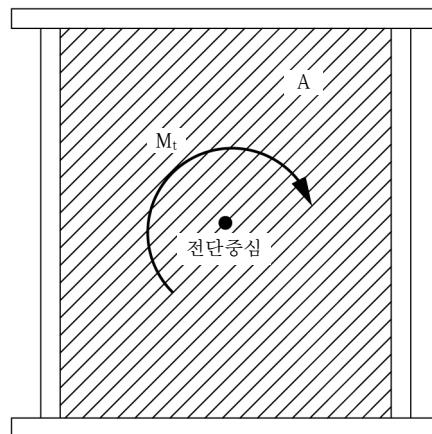


그림 4.3-1 전단중심 및 비틀림모멘트

② 일반적으로 철도교에 이용되는 박스거더의 경우 위에 나타난 식에 의해 전단력을 구해도 실용상 충분한 정밀도를 갖는다. 박스거더의 비틀림모멘트는 원심력, 차량횡하중 또는 차륜횡압하중, 곡선의 편심 및 열차재하시의 풍하중과 지진의 영향 등의 횡력에 의해 발생되므로, 비틀림모멘트에 의한 전단응력(v_t)을 4.3.4(1)에서의 전단응력에 가산해야 한다.

4.3.5 휨모멘트와 전단력과의 합성응력 검토

(1) 합성응력의 검토

① 플레이트거더 및 이와 유사한 구조물에 휨응력 및 전단응력이 동시에 작용하는 경우에는 식 (4.3-11)에 의해 검토해야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (4.3-11)$$

다만, f 및 v 는 각각 f_a 및 v_a 이하이어야 한다.

여기서, f : 식 4.3-1에 의해 산출한 휨응력(MPa)

v : 4.3.4또는 4.8.2(4)에 의해 산출한 전단응력(MPa)

f_a : 표 4.2-1에서의 ①, ④, ⑥, ⑧(KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 의해 증가된 경우를 포함해야 한다.)

v_a : 표 4.2-1에서의 ②, ⑤, ⑦, ⑧(KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 의해 증가된 경우를 포함해야 한다.)

- ② 플레이트거더의 복부판과 플랜지를 연결하는 필릿용접, I형강 또는 H형강의 목부분 등에서 전단력이 상대적으로 큰 경우에는 휨모멘트와 전단력에 의한 합성응력의 검토가 필요하다.(그림 4.3-2 참조) 다만, 복부판과 플랜지를 연결하는 필릿용접부의 목두께의 합계가 복부판 두께보다 크게 되어 복부판에 대한 검토가 된 경우에는 용접부를 특별히 검토할 필요는 없다. 그러나 두꺼운 복부판이 이용되거나 복부판에 작용하는 전단응력이 작을 경우 필릿용접치수가 상대적으로 작게 적용될 수 있는데, 이 경우에는 목두께면에 대하여 합성응력을 검토해야 한다.

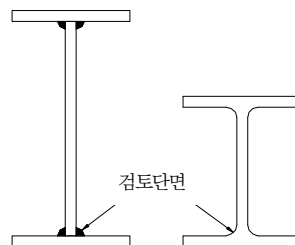


그림 4.3-2 검토단면

- ③ 연속 플레이트거더나 캔틸레버 거더의 중간지점 부근, 하로플레이트거더나 트러스의 가로보 및 라멘 모서리부 부근 등은 f , v 가 동시에 크게 되므로 주의를 요한다. 또, 단순거더에서도 거더 끝에 가깝고, 전단력이 큰 위치에서 작은 플랜지 단면을 사용한 경우에는, 합성응력이 크게 되는 경우가 있으므로 검토해야 한다.

(2) 피로 검토

- ① 피로 검토는 원칙적으로 4.2.3에 의한다. 즉, 수직응력과 전단응력의 각각에 대해 4.2.3에 따라서 피로 검토를 한 경우에는 원칙적으로 합성응력에 대한 피로 검토를 하지 않아도 된다. 다만, 받침보와 가로보 등, 수직응력과 전단응력이 동시에 최대가 될 수도 있는 부재에 대해서는 합성응력에 대한 피로 검토를 해야 한다. 그 경우 피로 검토는 식 (4.3-12)에 의해 산출한 합성응력의 범위와 4.2.3에 규정한 허용피로응력 범위를 이용해 검토하면 된다.

$$f_{pmax} = \frac{1}{2}(f_{max} + \sqrt{f_{max}^2 + 4v_{max}^2}) \quad (4.3-12)$$

$$f_{pmin} = \frac{1}{2}(f_{min} + \sqrt{f_{min}^2 + 4v_{min}^2}) \quad (4.3-13)$$

$$\Delta f_p = f_{pmax} - f_{pmin} \quad (4.3-14)$$

여기서, f_{max} : 최대휨응력(MPa)

f_{min} : 최소휨응력(MPa)

v_{max} : 최대전단응력(MPa)

v_{min} : 최소전단응력(MPa)

f_{pmax} : 최대주응력(MPa)

f_{pmin} : 최소주응력(MPa)

Δf_p : 응력범위(MPa)

4.3.6 부재의 유효단면적

(1) 인장부재의 유효단면적

- ① 인장부재의 유효단면적은 순단면적을 적용한다.
- ② 피로 검토를 하는 경우 인장부재의 유효단면적은 고장력볼트 마찰이음에 대해서는 총단면적을 적용한다.
- ③ 관련 세부사항은 4.6을 참조한다.

(2) 인장 L형강의 유효단면적

1개 또는 2개의 L형강으로 구성된 인장 부재가 연결판의 한쪽 면에만 연결되어 편심에 의한 휨모멘트가 발생하는 경우에는 그림 4.3-3(a), (b)와 같이 연결판에 연결시킨 다리의 순단면적과 연결되지 않은 다리의 1/2 높이까지의 단면적을 합한 면적을 유효단면적으로 한다. 그림 4.3-3(c)와 같이 전체 인장 부재의 중심축이 연결판 면내에 위치하는 편심 연결의 경우와 그림 4.3-3(d), (e)와 같이 전체 인장 부재의 중심축이 연결판의 중심축과 일치하여 연결부의 편심에 의한 휨모멘트가 발생하지 않는 경우에는 연결판에 연결되지 않은 다리의 전체 단면적을 포함한 인장 부재의 순단면적을 유효단면적으로 본다. 한편, 이 규정은 부재의 세장비를 계산할 경우에는 고려할 필요가 없다.

- (3) 압축부재의 유효단면적은 총단면적으로 해야 한다. 단지, 일반볼트의 구멍과 핀을 위한 구멍은 공제하는 것으로 한다.
- (4) 휨과 부정정력 등을 계산하는 경우의 유효단면적은 총단면적을 적용한다.

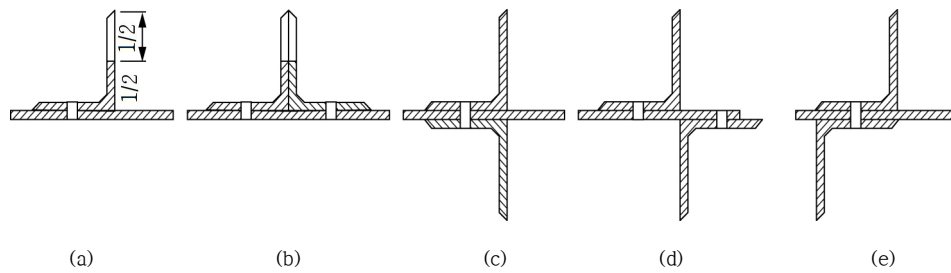


그림 4.3-3 편심의 영향을 고려한 인장 L형강의 유효단면적

4.4 판요소의 폭-두께비와 보강재

4.4.1 일반내용

- (1) 4.4는 강교 및 강합성교 판요소의 폭-두께비와 보강재에 관한 일반적인 사항을 규정한다.
- (2) 보강재의 강종은 보강되는 판의 강종과 동등 이상의 강도를 가지는 재료를 사용해야 한다.
- (3) 기호

- b : 판의 폭(mm)
- $(b/t)_o$: 판의 최대폭-두께비
- $(b/t)_s$: 실제 설계에 이용하는 폭-두께비
- D : 복부판의 높이(mm)
- d : 중간수직보강재의 간격(mm)
- d_s : 실제 설계에서 정한 보강재 간격(mm)
- f : 복부판의 연단압축응력(MPa)
- f_1, f_2 : 축방향 압축력과 휨모멘트에 의해 양단에서 발생하는 합응력(MPa)
- f_{avg} : l/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)
- f_{cwo} : $l/r = 0$ 의 경우의 허용압축응력(MPa)
- I : 수평보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm⁴)
- l : 부재의 좌굴길이(mm)
- n : 보강재에 의해 나뉘어지는 수
- r : 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차반지름(mm)
- t : 판의 두께(mm)
- α : 판의 길이(a)와 판의 폭(b)과의 비(a/b)
- γ : 강성비
- δ : 보강재 1개의 단면적(A_s)과 보강판의 단면적($b \cdot t$)과의 비
- Ψ : 판요소의 양단에서 발생하는 응력의 비($-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$)
- v : 전단응력(보강재 사이의 평균치)(MPa)

4.4.2 축방향 압축력을 받는 판요소

(1) 최대폭-두께비

- ① 이 항목은 부재를 구성하는 판이 전 폭에 걸쳐 등분포된 압축력을 받을 경우, 판의 좌굴에 대해서 안전을 확보하기 위해 규정한 것이다. 기둥처럼 축방향 압축력을 받는 부재의 각 판 요소뿐만 아니고, 휨을 받는 플레이트거더의 압축플랜지처럼 일정한 압축응력을 받는 판 요소에 대해서도 적용한다.(4.8 참조)
- ② 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비는, 판 끝의 지지조건에 따라서 표 4.4-1을 적용한다.
- ③ 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재 및 가설 시에 일시적인 압축응력을 받는 부재에 대해서 표 4.4-1의 판의 최대폭-두께비에 표 4.4-2의 계수를 곱해서 완화할 수 있다. 이 경우의 허용압축응력은 표 4.4-3에 의해 계산한다.

표 4.4-1 판의 최대폭-두께비($(b/t)_o$)

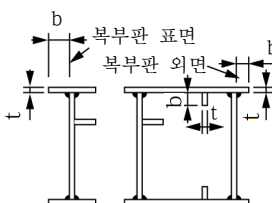
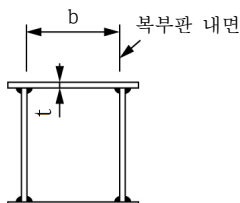
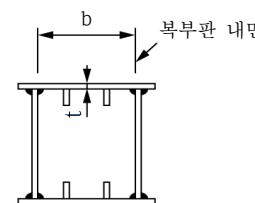
강종 \ 판 끝의 지지조건	자유 돌출판	양면 지지판	양면 지지되고 판 폭의 n 등분선 상에 각각 보강재가 있는 판 (보강된 판)
SS235	13	40	28n
SS275, SM275, SMA275, SM275-TMC	12	37	26n
SS315	11	34	24n
SM355, SMA355, SM355-TMC	10.5	32	23n
SS410, SM420, SM420-TMC	9.5	30	21n
SS450	9.5	29	20n
SM460, SMA460, SM460-TMC	9	28	20n
SS550	8.5	26	18n
HSB380	10	31	22n
HSB460	9	28	20n
HSB690	7.5	23	16n
적용예			
	①	②	③

표 4.4-2 판의 최대폭-두께비 완화계수 및 상한치

부재명	판의 종류	상시	가설 시	
		계수	계수	폭-두께비 상한치
기둥	자유 돌출판	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f}}$ 단, 1.2 이하	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f}}$	16
	양면 지지판			60
	보강판	$3 - \frac{2f}{f_{cag}}$ 단, 1.7 이하	$3 - \frac{2f}{f_{cag}}$	60n
거더의 압축플랜지	자유 돌출판	$\sqrt{\frac{f_{cao}}{f}}$ 단, 1.2 이하	$\sqrt{\frac{f_{cao}}{f}}$	16
	양면 지지판			60
	보강판	$3 - \frac{2f}{f_{cao}}$ 단, 1.7 이하	$3 - \frac{2f}{f_{cao}}$	60n

표 4.4-3 최대폭-두께비 완화에 따른 허용압축응력

부재명	판의 종류	허용압축응력
기둥	자유 돌출판	$f_{ca} = f_{cag} \cdot \frac{(b/t)_o^2}{(b/t)_s^2}$
	양면 지지판	
	보강판	$f_{ca} = f_{cag} \cdot \left\{ 1.5 - \frac{(b/t)_s}{2(b/t)_o} \right\}$
거더의 압축플랜지	자유 돌출판	$f_{ca} = f_{cao} \cdot \frac{(b/t)_o^2}{(b/t)_s^2}$, 단 f_{bag} 이하
	양면 지지판	
	보강판	$f_{ca} = f_{cao} \cdot \left\{ 1.5 - \frac{(b/t)_s}{2(b/t)_o} \right\}$, 단 f_{bag} 이하

여기서, $(b/t)_o$: 표 4.4-1에서 정하는 최대폭-두께비

$(b/t)_s$: 실제 설계에 이용하는 폭-두께비

n : 보강재에 의해 나누어지는 수(4.4.2와 동일)

b : 보강된 판의 폭(mm)(표 4.4-1의 적용예를 참조)

t : 보강된 판의 두께(mm)(표 4.4-1의 적용예를 참조)

f : 최대작용압축응력(MPa) 다만, 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의 조합이 되는 경우에는 KDS 24 12 10(표 4.2-1)의 계수로 나눈 값이다.

f_{cag} : 표 4.2-2(a)에서 l/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

f_{cao} : 표 4.2-2(a)에서 $l/r = 0$ 의 경우의 허용압축응력(MPa)

f_{bag} : 표 4.2-2(b)에서 $(l/r)_e = 0$ 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

(2) 보강재의 소요강도

- ① 양쪽에서 지지되고 있는 판에서, 판 폭의 좌등분선상에 각각 보강재가 있는 경우(표 4.4-1의 ③)의 종방향 보강재 하나의 소요단면2차모멘트(I)는 식 (4.4-1)에 의해서 산출한 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{1}{11}bt^3\gamma \quad (4.4-1)$$

여기서, b : 표 4.4-1의 ③에 보이는 판의 폭(mm)

γ : 식 4.4-2~식 4.4-5에 의해서 산출된 강성비

또한, 각 보강재의 최대폭-두께비는 표 4.4-1의 ①에 의한다. 다른 단면형태의 보강재를 이용하는 경우에는 이에 해당되지 않는다.

가. $\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > \sqrt{\frac{1+\alpha^2}{2n^2(1+n\delta)}}$ 의 경우

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq 1 : \gamma = 4\alpha^2n \left\{ \frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \right\}^2 (1+n\delta) - \frac{(1+\alpha^2)^2}{n} \quad (4.4-2)$$

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > 1 : \gamma = 4\alpha^2n(1+n\delta) - \frac{(1+\alpha^2)^2}{n} \quad (4.4-3)$$

나. $\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq \sqrt{\frac{1+\alpha^2}{2n^2(1+n\delta)}}$ 의 경우

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq 1 : \gamma = \frac{1}{n} \left\{ \left[2n^2 \left\{ \frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \right\}^2 (1+n\delta) - 1 \right]^2 - 1 \right\} \quad (4.4-4)$$

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > 1 : \gamma = \frac{1}{n} \left\{ \left[2n^2(1+n\delta) - 1 \right]^2 - 1 \right\} \quad (4.4-5)$$

여기서, $(b/t)_s$: 실제의 설계에 이용하는 폭-두께비

$(b/t)_o$: 표 4.4-1의 ③에서 정하는 최대폭-두께비

α : 그림 4.4-1에 보인 판의 길이(a)와 판의 폭(b)과의 비(a/b)

I : 보강재 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)로, 그림 4.4-2의 X 축에 관한 것

δ : 보강재 1개의 단면적(A_s)과 보강판의 단면적($b \cdot t$)과의 비 $\left(\frac{A_s}{b \cdot t} \right)$

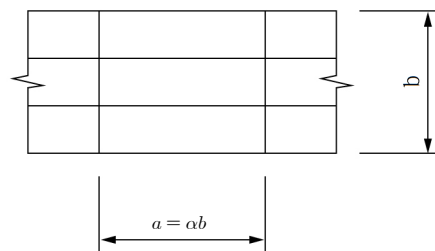


그림 4.4-1 판의 길이와 폭

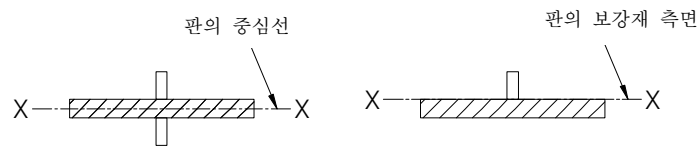


그림 4.4-2 판의 중심선 및 측면 보강재

4.4.3 축방향 압축력과 휨모멘트를 받는 판요소

- (1) 4.4.3에서는 축방향압축력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재의 판요소가 국부좌굴을 일으키지 않도록 판두께를 규정한다.
- (2) 부재 전체의 면외 및 면내좌굴에 대한 안정에 관해서는 4.3.3의 규정을 따른다.
- (3) 콘크리트 바닥판 등에 의해서 판의 국부좌굴이 충분히 방지된 경우에는 이 조항에 의하지 않는다.
- (4) 최대폭-두께비
 - ① 축방향의 압축력과 휨모멘트를 받는 판의 최대폭-두께비는 판의 양단이 지지되어 있는 경우, 판의 보강재 개수를 고려한 표 4.4-4의 값을 적용한다. 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재 및 가설시 일시적인 압축응력을 받는 부재에 대해서는 표 4.4-4의 판의 최대폭-두께비에 표 4.4-5의 계수를 곱하여 완화할 수 있다. 이 경우의 허용압축 응력은 표 4.4-3의 기둥에 대한 규정을 적용한다.

표 4.4-4 판의 최대폭-두께비

보강재 배치 및 수	Ψ 의 범위	판의 최대폭-두께비 $(b/t)_o$	적용
보강재가 없는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 0.25$	$\frac{710 - 1020\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$	
	$0.25 < \Psi \leq 1.0$	$\frac{455}{\sqrt{f_{cao}}}$	
판 폭의 중앙 부근에 1개의 보강재가 있는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 0$	$\frac{940 - 285\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$	
	$0 < \Psi \leq 1.0$	$\frac{940 - 285\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$	
2개 이상의 보강재가 같은 간격으로 있는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$	$\frac{325n + (1 - \Psi)(345 - 11n)}{\sqrt{f_{cao}}}$	

표 4.4-5 판의 최대폭-두께비 완화계수 및 상한치

판의 종류	상시	가철시	
	계수	계수	폭-두께비 상한치
양면 지지판	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f_1}}$ 단, 1.2 이하	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f_1}}$	60
보 강 판	$3 - \frac{2f_1}{f_{cag}}$ 단, 1.7 이하	$3 - \frac{2f_1}{f_{cag}}$	$60n$

여기서, $(b/t)_o$: 표 4.4-4에 규정된 최대폭-두께비(4.4.3(3)과 동일)

n : 보강재에 의한 분할수

t : 판의 두께(mm)

b : 판의 폭(mm)

$\Psi = f_2/f_1$: 판요소의 양단에서 발생하는 응력의 비. 다만, $-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$

f_1, f_2 : 축방향 압축력과 휨모멘트에 의해 양단에서 발생하는 합응력(MPa). 다만, 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중조합이 되는 경우에는 KDS 24 12 10(표 4.2-1)의 계수로 나눈 값이다.

f_{cao} : 표 4.2-2에서 $l/r \approx 0$ 인 경우의 허용압축응력(MPa)

f_{cag} : 표 4.2-2에서 l/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

(5)보강재의 소요강도

- ① 표 4.4-4의 ②에 표시한 판의 각 보강재의 소요 단면2차모멘트는 식 (4.4-6)에 의해서 산출한 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{1}{11}bt^3\gamma \quad (4.4-6)$$

여기서, b : 표 4.4-4의 ②에 표시된 판의 폭(mm)

t : 실제의 설계에 사용하는 판두께(mm)

γ : 식 (4.4-7)에 의해서 산출한 강성비

그리고 각 보강재의 최대폭-두께비는 표 4.4-1의 ①에 의해야 한다. 다만, 다른 단면형태의 보강재를 이용하는 경우에는 이에 해당되지 않는다.

$$\gamma = \frac{1}{k_{req} - k_o} \left\{ k_{req} \frac{(b/t)_s^2}{(b/t)_o^2} - k_o \right\} m \gamma^* \quad (4.4-7)$$

$$m = 1 - \frac{\alpha}{2(1+\alpha)}(1-\Psi) \quad (4.4-8)$$

γ^* : 식 4.4-9로 계산한다.

$\alpha \leq \sqrt{2n^2(1+n\delta)-1}$ 의 경우

$$\gamma^* = \frac{1}{n} \{ 4n^2(1+n\delta)\alpha^2 - (1+\alpha^2)^2 \} \quad (4.4-9)$$

$\alpha > \sqrt{2n^2(1+n\delta)-1}$ 의 경우

$$\gamma^* = 4n(1+n\delta) \{ (n-1)(n+1) + n^3\delta \} \quad (4.4-10)$$

k_o : 식 (4.4-11)~식 (4.4-12)로 계산해야 한다.

$$0 \leq \Psi \leq 1 \text{의 경우 } k_o = \frac{8.4}{\Psi + 1.1} \quad (4.4-11)$$

$-1 \leq \Psi \leq 0$ 의 경우

$$k_o = 10\Psi^2 - 6.27\Psi + 7.63 \quad (4.4-12)$$

k_{req} : 식(4.4-13)으로 계산한다.

$$k_{req} = \frac{8.4n^3}{2.1n - 1 + \Psi} \quad (4.4-13)$$

$(b/t)_o$: 표 4.4-4의 ②로 정해진 보강판의 전 폭에서의 최대폭-두께비

$(b/t)_s$: 실제의 설계에 사용하는 보강판의 전 폭에서의 폭-두께비 α , δ 및 I 의 계산에 있어서의 축

의 방향은 그림 4.4-1과 4.4.2(2)에 의한다.

4.4.4 전단력과 휨모멘트를 받는 부재의 복부판

(1) I형 단면과 박스형단면의 플레이트거더를 휨에 대해서 경제적으로 설계하기 위해서는 복부판을 될 수 있는 대로 얇게 하고 플랜지의 단면적을 크게 하는 것이 바람직하지만 복부판을 너무 얇게 하면 좌굴변형 또는 붕괴를 일으켜 플레이트거더 전체의 붕괴를 유발할 위험이 있으므로 이 조항으로 복부판의 최소두께를 규정하고 있다. 다만, 판의 국부좌굴이 충분히 방지되어 있는 경우에는 이 조항을 적용하지 않아도 된다.

(2) 중간수직보강재가 있는 복부판의 최대폭-두께비

- ① 중간수직보강재가 있는 경우의 복부판의 최대폭-두께비는 사용재료별로 표 4.4-6을 따른다. 수평보강재가 없는 경우에 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재에서는 표 4.4-6의 판의 최대폭-두께비를 $\sqrt{f_{cao}/f}$ 배 증가시킬 수 있다. 다만, 1.2배를 초과할 수 없다.

표 4.4-6 복부판의 최대폭-두께비 $((D/t)_0)$

재료	수평보강재가 없는 경우		수평보강재가 1단인 경우	
	동일강종 단면	하이브리드 단면	동일강종 단면	하이브리드 단면
SS235	145	135	250	250
SS275, SM275-TMC, SM275, SMA275	135	115	250	250
SS315	125	110	250	250
SM355, SMA355, SM355-TMC	120	110	250	250
HSB380	115	105	250	240
SS410	110	105	250	240
SM420, SM420-TMC,	110	105	250	240
SS450	105	95	240	220
SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB460	105	85	240	195
SS550	95	85	220	195
HSB690	85	-	195	-

여기서, $(D/t)_0$: 표 4.4-6에서 정한 최대폭-두께비

t : 복부판의 두께(mm)(4.4.4(3),(4),(5),(6)에서도 동일한 의미를 나타낸다.)

D : 복부판의 높이(mm)(4.4.4(3),(4),(5),(6)에서도 동일한 의미를 나타낸다.)

f : 최대작용압축응력. 다만, 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의 조합인 경우에는 KDS 24 12 10(표 4.2-1)에 주어진 허용응력증가계수로 나눈 값을 취한다.

f_{cao} : 표 4.2-2에서 세장비가 $l/r \approx 0$ 일 때의 허용압축응력(MPa)

(3) 중간수직보강재가 없는 복부판의 최대폭-두께비

- ① 중간수직보강재를 설치할 필요가 없는 복부판의 최대폭-두께비는 열차하중의 재하조건과

사용재료별로 표 4.4-7의 값을 적용한다.

표 4.4-7 중간수직보강재가 없는 복부판의 최대폭-두께비($(D/t)_0$)

재료	플랜지에 직접 재하하는 부재의 복부판	플랜지에 직접 재하하지 않는 부재의 복부판
SS235	70	630/ $\sqrt{v}$ 단, 110이하
SS275, SM275-TMC, SM275, SMA275	50	
SS315	45	
SM355, SMA355, SM355-TMC	45	
HSB380	45	
SS410	40	
SM420, SM420-TMC,	40	
SS450	40	630/ $\sqrt{v}$ 단, 100이하
SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB460	40	
SS550	35	
HSB690	30	

여기서, v 는 4.3.4에서 규정한 전단응력(MPa). 다만, 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중조합인 경우에는 KDS 24 12 10(표 4.2-1)에서의 허용응력증가계수로 나눈 값을 취한다.

(4) 중간수직보강재의 간격

- ① 중간수직보강재를 설치할 경우 중간수직보강재의 간격(d)는 수평보강재의 유무에 따라서 다음의 각 호의 식에 의해 산출한 값으로 해야 한다. 다만, $2D$ 를 넘어서는 안 된다.

가. 수평보강재가 없는 경우

$$d \leq 980 \frac{t}{\sqrt{v}} \quad (4.4-14)$$

다만, 복부판 연단의 휨압축응력(f)가 표 4.4-8의 값을 넘을 경우 식 (4.4-15)~식 (4.4-16)에 의해서 중간수직보강재의 간격을 검토해야 한다.

$d/D \leq 1$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t} \right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{325} \right)^2 + \left[\frac{v}{54 + 72 \left(\frac{D}{d} \right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (4.4-15)$$

$1 < d/D \leq 2$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t} \right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{325} \right)^2 + \left[\frac{v}{72 + 54 \left(\frac{D}{d} \right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (4.4-16)$$

표 4.4-8 복부판 연단의 휨압축응력(수평보강재가 없는 경우)

재료	$f(\text{MPa})$
SS235	80
SS275, SM275-TMC, SM275, SMA275	95
SS315	110
SM355, SM355-TMC, SMA355	120
HSB380	130
SS410	135
SM420, SM420-TMC	145
SS450	155
SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB460	155
SS550	185
HSB690	225

나. 수평보강재를 압축 플랜지로부터 $0.2D$ 부근에 1단으로 배치할 경우

$$d \leq 870 \frac{t}{\sqrt{v}} \quad (4.4-17)$$

다만, 복부판 연단의 휨압축응력(f)가 표 4.4-9의 값을 넘을 경우에는 식 (4.4-18)~식 (4.4-19)에 의해서 중간수직보강재의 간격을 검토해야 한다.

$d/D \leq 0.8$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t} \right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{1750} \right)^2 + \left[\frac{v}{85 + 72 \left(\frac{D}{d} \right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (4.4-18)$$

$0.8 < d/D \leq 2$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t} \right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{1750} \right)^2 + \left[\frac{v}{113 + 54 \left(\frac{D}{d} \right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (4.4-19)$$

표 4.4-9 복부판 연단의 휨압축응력(수평보강재가 있는 경우)

재료	$f(\text{MPa})$
SS235	155
SS275, SM275-TMC, SM275, SMA275	150
SS315	140
SM355, SM355-TMC, SMA355	135
HSB380	130
SS410	125
SM420, SM420-TMC	125
SS450	135
SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB460	140
SS550	165
HSB690	205

여기서, d : 중간수직보강재의 간격(mm)으로서, 그 값은 보강재가 용접되어 있는 경우에는 보강재 중심간격, 볼트로 연결되어 있는 경우에는 볼트선 간격으로 결정한다.(4.4.4(5),(6)에 있어서도 일한 의미를 나타낸다.)

v : 4.3.4에 규정한 전단응력(MPa)으로 보강재 사이의 평균값을 적용한다.

f : 복부판 연단의 휨압축응력(MPa)으로 보강재 사이의 평균값을 적용한다.

또한 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의 조합인 경우에는, v 및 f 는 KDS 24 12 10 (표 4.2-1)에서의 허용응력증가계수로 나눈 값을 취한다.

(5) 수평보강재

- ① 수평보강재를 1단으로 사용하는 경우 그 위치는 압축플랜지로부터 $0.2D$ 부근에 배치하는 것으로 하고 수평보강재의 소요단면2차모멘트(I) 는 식 (4.4-20)에 의해 산출한 값 이상이 되어야 한다.

$$I = 5dt^3 \quad \text{단, } d/D \leq 2 \quad (4.4-20)$$

- ② 또한 수평보강재의 최대폭-두께비는 표 4.4-1의 ①에 의하지만, 다른 단면형태의 수직보강재를 사용하는 경우에는 이를 적용하지 않아도 된다.
- ③ 여기서, I : 수평보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)로 I 값 계산시의 기준축은 그림 4.4-2를 따른다.
- ④ 수평보강재를 2단 이상 배치할 경우에는 표 4.4-6의 값을 따르지 않는다.

(6) 중간수직보강재

- ① 중간수직보강재의 소요단면2차모멘트(I) 는 식 (4.4-21)에 의해 산출된 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{5}{22} d_s t^3 \gamma \quad (4.4-21)$$

여기서, d_s : 실제 설계에서 정한 보강재 간격(mm)

I : 중간수직보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)로서, I 값 계산 시의 기준축은 그림 4.4-2를 따른다.

γ : 식 (4.4-22)에 의해서 산출한 강성비

- ② 또한, 중간수직보강재의 최대폭-두께비는 16 이하로 하지만 다른 단면 형태의 보강재를 사용할 경우에는 이를 따르지 않는다.

$$\gamma = 25 \left(\frac{D}{d} \right)^2 - 20 \quad (4.4-22)$$

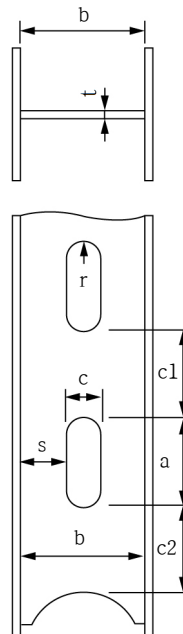
다만, $\gamma \geq 5$ 로 해야 한다.

(7) 구멍 뚫린 판을 가진 부재

- ① 이 규정은 힘을 받는 거더에 대한 것이 아니며, 구멍 뚫린 판의 최소 두께는 표 4.4-10의 값으로 한다.

구멍 뚫린 판의 치수간의 관계는 다음과 같다.

$$a \leq 2c, c_1 \geq b, c_2 \geq 1.25b, r \geq 40 \text{ mm}$$



여기서, b : 안쪽 용접선간의 거리(mm)

t : 구멍 뚫린 판의 두께(mm)

s : 안쪽 용접선으로부터 구멍까지의 최대폭(mm)

a : 응력방향에서 켜 구멍의 길이(mm)

c : 구멍의 폭(mm)

c_1 : 구멍과 구멍 사이의 판의 길이(mm)

c_2 : 단부 구멍의 끝과 구멍 뚫린 판 끝과의 응력방향에서 켄 최단거리(mm)

r : 구멍 끝의 곡률반경(mm)

구멍의 형상은 원, 타원 또는 원과 직선을 조합한 활과 같은 형상으로 구멍 끝의 곡률반경은 최소 40 mm 이상으로 한다.

- ② 구멍 뚫린 판을 가진 부재의 단면2차반경 및 유효단면적은 구멍의 폭이 최대인 단면에 대해서 계산하는 것으로 한다. 또한 2개 이상의 구멍이 뚫린 판을 사용하고 구멍의 위치가 상호 엇갈리는 경우에도 같은 단면에 구멍이 있는 것으로 고려하여 계산하는 것으로 한다.

표 4.4-10 구멍 뚫린 판

강종	최소 판두께(t)(mm)	안쪽 용접선으로부터 구멍까지의 최대폭(s)(mm)
SS235 SS275, SM275-TMC SM275 SMA275 SS315	b/50	13t
SM355 SM355-TMC SM420 SM420-TMC SMA460, HSB380 SS410 SS450	b/40	11t
SM460 SS550 SM460-TMC SMA460, HSB460	b/35	10t

4.5 바닥틀과 바닥판

4.5.1 일반내용

- (1) 4.5는 바닥판을 지지하고 있는 강바닥틀, 세로리브 및 가로리브로 보강된 강바닥판과 변장비가 2 이상의 철근콘크리트 바닥판의 설계에 적용한다.

- (2) 철근콘크리트 바닥판의 변장비가 2 미만인 경우 양방향 바닥판으로 고려해야 하며, 정밀한 구조해석을 통하여 설계해야 한다.

- (3) 기호

L : 4.5.4(4)에서 보여준 하중에 대한 바닥판의 지간(mm)

M_o : 세로보를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의(궤도-구조물간의 상호작용을 제외한) 주하중에 의한 휨모멘트.

세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의 휨모멘트
 S_o : 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지점상의 반력

4.5.2 바닥틀

(1) 세로보

- ① 세로보의 지간: 설계계산에 쓰이는 세로보의 지간은 가로보의 중심간 거리로 한 것을 원칙으로 한다.
- ② 세로보의 구조: 세로보는 될 수 있는 한 연속구조로 한다.
- ③ 연속세로보의 신축장치: 전장 75 m 이상의 연속 세로보에는 가능한 한 교량 중앙부근에 신축장치를 설치해야 한다.

(2) 연속 세로보의 휨모멘트 및 전단력

- ① 개상식 바닥틀에서 세로보를 연속보로 하여 계산할 때에 세로보의 지간 모멘트 및 지점모멘트는 표 4.5-1에 표시한 값을 표준으로 한다.
- ② 전단력은 단순보로 가정하여 계산한다.

표 4.5-1 연속세로보의 휨모멘트

위 치	휨모멘트
단부 세로보 및 그것에 준하는 세로보의 지간 중앙의 휨모멘트	$0.8 M_o$ ($0.95 M_o$)
중간 세로보의 지간 중앙의 휨모멘트	$0.7 M_o$ ($0.9 M_o$)
중간 지점상의 휨모멘트	$-0.7 M_o$ ($0.8 M_o$)

주) ① M_o 는 세로보를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의(궤도-구조물간의 상호작용을 제외한) 주하중에 의한 휨모멘트이다.
 ② () 안은 피로검산에 사용되는 값을 나타낸다.
 ③ 고정하중의 비율이 높은 도상식 등의 경우, 활하중에 대해서는 이 조항을 적용하고 고정하중에 대해서는 이 조항을 적용하지 않는다.

(3) 가로보

- ① 가로보의 배치: 가로보는 가능한 한 주거더에 직각으로 배치한다.
- ② 가로보의 지간: 설계계산에 쓰이는 가로보의 지간은 주거더의 중심간 거리로 하는 것을 원칙으로 한다.
- ③ 단부가로보: 하로플레이트거더의 단부에는 단부가로보를 두는 것을 원칙으로 한다. 단부가로보는 가능한 교량거더의 들어올림에 대해서도 견딜 수 있도록 설계한다.

(4) 세로보와 가로보의 연결

- ① 세로보와 가로보의 복부판을 연결할 때는 원칙적으로 전단력만을 고려하고, 그 값은 연속구조, 단순구조 중 어느 경우에도 세로보를 단순거더로 보고 계산한 반력의 1.2배로 한다.
- ② 세로보를 연속구조로 할 때에는 가로보와의 연결부분에서 세로보의 휨모멘트 및 전단력이 충분히 전달되는 구조로 한다.
- ③ 세로보는 원칙적으로 가로보의 복부판에 가로보의 보강재와 연결용 L형강을 이용해 연결

한다. 이 때 가로보의 보강재도 L형강으로 하고 연결용 L형강은 세로보 복부판의 높이가 허용되는 한 길게 하고 그 두께는 11 mm 이상으로 한다.

(5) 가로보와 주거더의 연결

- ① 가로보와 주거더를 연결할 때에는 주거더의 강성 및 연결부의 구조로 인하여 발생하는 휨 모멘트를 고려해야 한다.
- ② 하로플레이트거더에 있어서는 가로보의 복부판을 주거더의 복부판에 그 보강재 및 연결용 L형강을 통해서 고장력볼트로 연결하는 것을 원칙으로 한다.
- ③ 가로보의 하부플랜지와 주거더의 하부플랜지는 연결판을 통해 연결한다. 그리고, 연결용 L형강의 길이는 적어도 가로보 복부판의 높이 정도의 길이로 하고, 그 두께는 10 mm 이상으로 한다.

4.5.3 강바닥판

(1) 강바닥판의 구조

- ① 도상식인 경우 바닥강판의 최소두께는 12 mm로 하고, 세로리브의 간격은 바닥강판 두께의 30배 이하로 하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 세로리브의 높이는 직사각형 단면인 경우, 그 두께의 12배를 넘지 않는 것을 원칙으로 한다.
- ③ 세로리브와 가로리브의 교점에서는 세로리브를 관통시키고, 그 교점을 용접하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 강바닥판 세로리브의 설계

- ① 강바닥판 세로리브의 설계는 다음의 각 항을 적용한다.

가. 하중: 도상식인 경우의 열차하중은 표준활하중의 1축중이 침목의 길이에 걸쳐 등분포하는 선하중으로 재하한다.

나. 유효폭: 바닥강판의 유효폭은 세로리브의 간격으로 하는 것을 원칙으로 한다.

다. 모멘트 및 전단력: 지간모멘트, 지점모멘트 및 세로리브와 가로리브와의 연결부에서의 전단력은 표 4.5-2의 값을 표준으로 한다. 이 경우의 허용응력은 인장 및 전단에 관해서는 4.2.2(1)에서 규정한 허용응력, 또 압축에 관해서는 4.2.2(2)에서 규정한 허용좌굴 응력에서 $1/r=0$ 인 경우의 허용응력을 적용한다.

표 4.5-2 리브의 모멘트 및 전단력 산정

위치 \ 강종	SM275, SMA275	SM355, SMA355
단세로리브 및 이에 준하는 세로리브의 지간 중앙의 휨모멘트	$1.0 M_o$	$1.2 M_o$
중간 세로리브의 지간 중앙의 휨모멘트	$0.8 M_o$	$1.0 M_o$
중간 지점상의 휨모멘트	$0.75 M_o$	$0.9 M_o$
세로리브와 가로리브의 연결부에서의 전단력	$1.2 S_o$	$1.2 S_o$

주) M_o : 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의 휨모멘트

S_o : 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지점상의 반력

(3) 강바닥판 가로리브의 설계

① 강바닥판의 가로리브의 설계는 다음 각 항을 적용한다.

가. 하중: 도상식인 경우의 열차하중의 크기는 표준화하중의 4동륜축하중이(침목의 길이 $\times 4,800 \text{ mm}$)의 면적에 등분포된 것으로 한다.(그림 4.5-1 참조)

나. 유효폭: 바닥강판의 유효폭은 가로리브의 간격으로 하는 것을 원칙

다. 휨모멘트: 휨모멘트는 주거더 중심간 거리를 지간으로 하는 단순거더로 보고 계산하는 것을 원칙으로 한다.

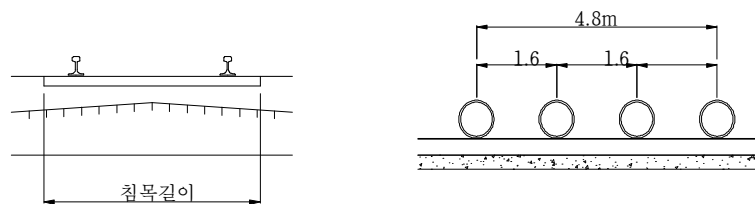


그림 4.5-1 열차하중의 분포

4.5.4 콘크리트 바닥판

(1) 4.5.4(5)의 바닥판 최소두께 규정을 만족하고, KDS 24 14 20(4.8.5)의 규정에 따라 바닥판을 설계한 경우 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있다.

(2) 바닥판의 지간

① 단순판 및 연속판의 열차하중 및 고정하중에 대한 지간은 주철근의 방향으로 켜 지지거더의 중심간격으로 해야 한다. 그러나 단순판에 대하여는 주철근의 방향으로 켜 순지간에 지간 중앙의 바닥판의 두께를 더한 길이가 위의 지간보다 작은 경우에는 이것을 지간으로 할 수 있다.

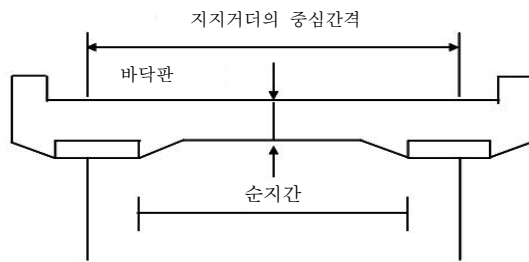


그림 4.5-2 단순판 및 연속판의 지간

② 사교의 지간은 주철근 방향으로 재는 것으로 한다.

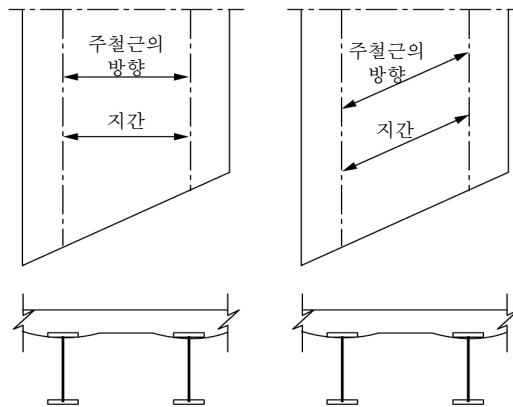


그림 4.5-3 사교의 바닥판의 지간

(3) 바닥판의 최소두께

① 궤도부분 바닥판의 최소두께는 표 4.5-3으로부터 얻어지는 값과 200 mm 중에서 큰 값으로 해야 한다. 그러나 바닥판에 손상이 생기면 보수작업이 곤란한 경우나 바닥판을 지지하는 거더의 강성이 현저히 차이가 나서 휨모멘트가 부가되는 경우 등 특수한 조건하에 있는 철도교의 바닥판 최소두께는 표 4.5-3에 있는 두께보다 크게 설계하는 것이 바람직하다.

표 4.5-3 바닥판의 최소두께(mm)

판의 구분	바닥판 지간의 방향	
	차량 진행방향에 직각	차량 진행방향에 평행
단 순 판	$0.040 L + 110$	$0.065 L + 130$
연 속 판	$0.030 L + 110$	$0.050 L + 130$
캔틸레버판	$0 < L \leq 250$ $0.280 L + 160$ $L > 250$ $0.080 L + 210$	$0.240 L + 130$

주) L : 4.5.4(2)에 규정된 하중에 대한 바닥판의 지간 (mm)

② 보도부분 바닥판의 최소두께는 140 mm로 한다.

(4) 바닥판의 현치

- ① 바닥판에는 강재주거더 위에 가급적 현치를 설치한다.
- ② 바닥판의 현치의 경사는 1:3보다 완만하게 한다. 바닥판 설계 시 기울기가 1:3보다 급한 경우에는 기울기 1:3까지의 두께를 설계상 유효한 바닥판 단면으로 본다.
- ③ 높이가 80 mm 이상의 현치에는 현치 아래면을 따라 주거더의 직각방향으로 가외철근을 배치한다. 이 경우 가외철근은 지름 13 mm 이상으로 하고, 그 간격은 현치 위치에 있어서 주거더에 직각방향으로 배치한 바닥판의 아래 측 철근 간격과 같은 것으로 한다.

(5) 구조상세

① 철근의 지름 및 배근

- 가. 철근은 이형철근을 사용하고, 그 지름은 13, 16, 19 mm를 표준으로 해야 한다. 다만 바닥판의 끝부분 등 철근을 많이 배치해야 하는 부분에는 22 mm의 철근을 사용할 수 있다.
- 나. 철근의 피복두께는 30 mm를 표준으로 한다.
- 다. 철근의 중심간격은 100 mm 이상으로 하고 주철근의 최대 중심간격은 바닥판의 두께 이하인 동시에 300 mm 이하로 하고, 배력철근의 중심간격도 300 mm 이하로 한다.
- 라. 철근은 단면의 압축측에 적어도 인장 측 소요 철근의 1/2 이상을 배치하는 것을 원칙으로 한다.

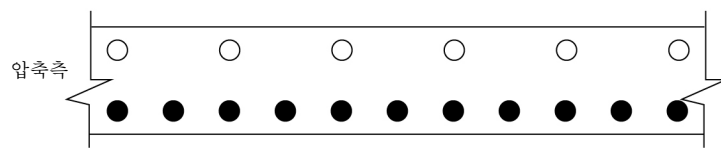


그림 4.5-4 바닥판의 배근 예

- 마. 연속판에 주철근을 구부리는 경우 그림 4.5-5에 표시한 것과 같이 지점으로부터 $L/6$ 되는 위치의 단면에서 구부리는 것으로 해야 한다.

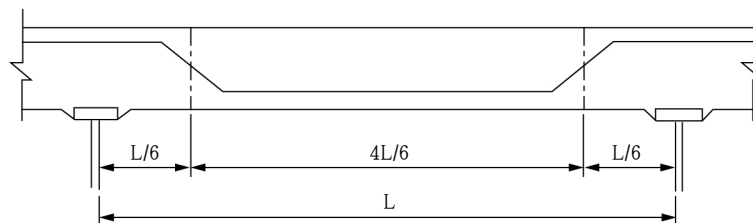


그림 4.5-5 연속판의 주철근을 구부리는 위치

② 배력철근

- 가. 단순지지된 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 다음 사항을 적용한다.
- (가) 등분포하중을 받는 경우, 슬래브 폭 1 m당의 인장철근 단면적의 1/6 이상으로 해야 한다.
 - (나) 부분분포하중을 받는 경우는 (가)의 배력철근에 부분분포하중에 대해 필요한 슬래브 폭 1 m당의 인장철근 단면적의 α 배를 더한 것으로 해야 한다. 이 α 는 다음 값

을 적용한다.

㉓ 슬래브 중앙부근 재하의 경우

$$\text{아래쪽 배력철근 } \alpha = \left(1 - 0.25 \frac{L}{b}\right) \left(1 - 0.8 \frac{v}{b}\right) \quad (4.5-1)$$

다만, $\frac{L}{b} > 2.5$ 의 경우에는 $\frac{L}{b} = 2.5$ 일 때 α 값을 사용한다.

㉔ 슬래브 연단부근 재하의 경우

$$\text{위쪽 배력철근 } \alpha = \frac{L}{8000} \left(1 - 2 \frac{v}{b}\right) \quad (4.5-2)$$

여기서, v, b 는 지간직각방향의 하중폭(mm) 및 유효폭(mm), L 은 지간(mm)이다.

나. 1방향 슬래브의 배근철근은 일반적으로 정철근의 바로 위, 부철근의 바로 밑에 배치한다.

다. 배력철근의 간격은 슬래브의 유효높이의 3배 이하로 한다.

라. 양단 고정 of 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 위의 가.항을 따른다.

③ 주거더 단부의 바닥판

가. 주거더 단부의 궤도부분의 바닥판은 단부 가로보 및 단부 브라킷 등으로 지지시킨다.

이 경우 단부 가로보가 단독으로 하중에 저항하도록 설계한다.

나. 주거더 단부의 중간지간의 바닥판을 단부 가로보 등으로 지지하지 않는 경우, 주거더 단부로부터 바닥판 지간의 1/2 사이에 있는 바닥판에 대해서는, 주거더 단부 이외의 중간지간에 있는 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

다. 주거더 단부의 캔틸레버부의 바닥판을 단브라킷 등으로 지지하지 않는 경우, 주거더단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다. 그러나, 이 부분에는 주거더 단부이외의 캔틸레버부 바닥판의 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배치한다.

라. 주거더 단부의 궤도부분 바닥판은 바닥판 두께를 현치높이 만큼 증가시켜야 한다.

4.6 연결

4.6.1 일반내용

(1) 부재의 연결

- ① 고장력볼트 또는 용접에 의한 부재의 연결은 설계단면력 또는 응력에 대해서 설계하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 그루브용접을 이용한 맞대기이음은 전단면이 용접되어야 한다.
- ② 주요부재의 연결은 전항에 의한 것 외에 인장부재의 경우 허용인장응력, 압축부재의 경우 허용좌굴응력에(부재가 인장 및 압축의 양쪽을 받는 경우에는 어느 것이든 큰 쪽의 부재응력과 같은 부호의 허용응력에) 의한 부재강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계한다.
- ③ 부재의 연결부는 구성하는 각 재편에 대해서 가능한 한 편심을 최소화하도록 설계하는 것을 원칙으로 한다.

④ 힘 작용방향의 볼트 개수는 가능한 한 적게 해야 한다.

(2) 기호

- A : 볼트 몸체부 공칭직경을 기준으로 계산한 볼트의 공칭단면적(mm^2)
 a : 용접의 목두께(mm)
 d : 볼트구멍의 지름(mm)
 e : 힘 작용방향으로의 볼트의 최소연단거리(mm)
 f : 축력 또는 휨에 의해 용접부나 강재에 발생하는 수직응력(MPa)
 f_a : 용접부나 강재의 허용인장응력 및 허용압축응력(MPa)
 g : 힘 작용방향에 직각인 방향의 볼트간 거리(mm)
 I : 필릿용접의 목 단면을 부재 단면에 평행한 면에 전개해서 얻어진 도형의 단면 2차모멘트 또는 부재의 중립축에 관한 이음판 총단면의 단면 2차모멘트(mm^4)
 l : 용접의 유효길이(mm)
 M : 이음 및 이음판에 작용하는 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 n : 이음에 사용한 볼트의 수 또는 이음선의 한쪽에 있는 고장력볼트의 총수
 P : 이음부에 작용하는 힘(kN)
 p : 힘 작용방향에 평행인 방향의 볼트간 거리(mm)
 Q : 이음선 외측의 총단면에 대한 단면 1차모멘트로 플레이트거더 전체 단면의 중립축을 기준으로 계산한 값(mm^3)
 S : 단면에 작용하는 전단력(kN)
 t : 판 또는 형강의 두께(mm)
 v : 용접부에 발생하는 전단응력(MPa)
 v_a : 용접부의 허용전단응력(MPa)
 y : 부재의 중립축으로부터 응력계산 위치까지의 거리(mm)
 α : 볼트와 모재의 허용전단응력비
 ρ : 볼트 한 개에 작용하는 힘(kN)
 ρ_h : 교축방향 이음의 고장력볼트 한 개에 작용하는 힘(kN)
 ρ_a : 고장력볼트 한 개의 허용력(kN)

4.6.2 용접이음

(1) 용접의 종류

- ① 힘을 전달하는 용접이음은 그루브용접 또는 연속 필릿용접으로 해야 한다.
 ② 용접선에 직각방향으로 인장응력을 받는 이음은 부분용입 그루브용접으로 접합해서는 안 된다.
 ③ 주요부재의 연결부는 단속용접, 플러그용접 및 슬롯용접으로 접합해서는 안 된다.

(2) 힘을 전달하는 용접의 목두께를 결정하는 방법은 다음 각 항에 의해야 한다.

- ① 그루브용접의 목두께는 그림 4.6-1에 나타난 바와 같이 연결되는 부재의 두께로 하고, 두께가 다를 경우에는 얇은 쪽 부재의 두께로 한다.
- ② 필릿용접의 목두께는 그림 4.6-2에 나타난 바와 같이 용접부 루트를 꼭지점으로 하는 내접이등변 삼각형의 높이로 한다.

(3) 용접의 유효길이

- ① 응력계산에 사용하는 용접의 유효길이는 설계상의 목두께를 확보할 수 있는 용접부의 길이로 해야 한다.
- ② 그루브용접에서 용접선이 힘 작용방향에 직각이 아닌 경우의 유효길이는 그림 4.6-3에 나타난 바와 같이 실제의 용접길이를 힘 작용방향에 직각인 면에 투영한 길이로 해야 한다.
- ③ 필릿용접에서 끝돌림용접을 한 경우에는 끝돌림용접 부분은 유효길이에 포함되지 않는 것으로 해야 한다.

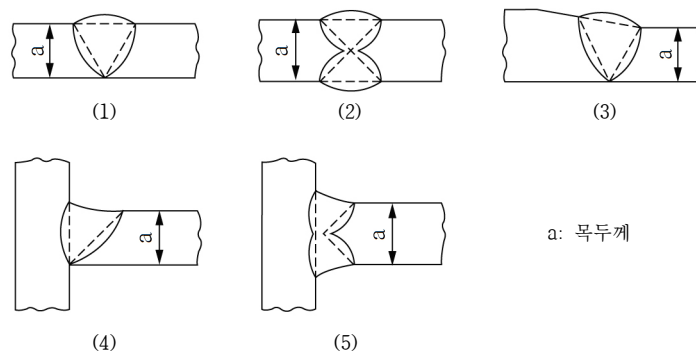


그림 4.6-1 그루브용접의 목두께

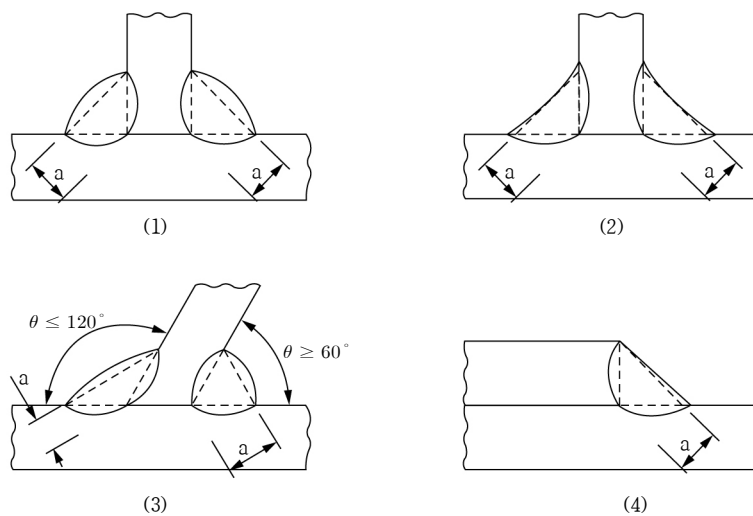


그림 4.6-2 필릿용접의 목두께

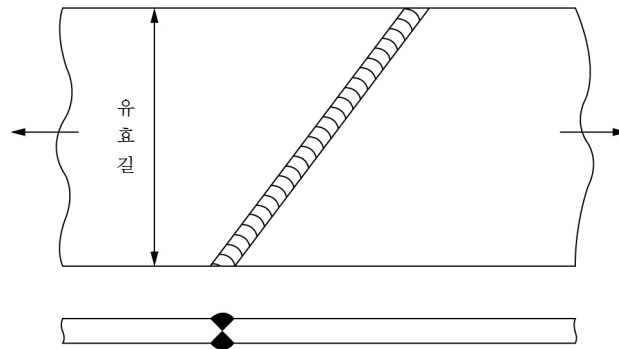


그림 4.6-3 경사진 용접그루브의 유효길이

(4) 그루브용접에 의한 맞대기이음

- ① 그루브용접에 의한 맞대기이음은 가능한 한 뒷면용접을 하여 전단면을 용접하도록 해야 한다. 다만, 구조상 뒷면용접이 불가능 할 경우에는 뒷담재를 사용하도록 해야 한다.
- ② 그루브용접으로 단면이 다른 주요부재를 맞대기이음 한 경우에는 크기가 서로 다른 두께 및 폭은 그림 4.6-4에 나타낸 바와 같이 길이 방향의 경사가 1/2.5 이하가 되도록 서서히 변해야 한다.
- ③ 두께가 다른 부재를 용접할 때 두꺼운 쪽 판의 두께가 얇은 쪽 판의 두께의 2배보다 커서는 안 된다.
- ④ 휨부재의 인장플랜지는 가용접을 사용해서는 안 된다.
- ⑤ 연결판 용접단부와 그루브용접한 판이음의 용접선 사이의 거리는 100 mm 이상으로 한다.

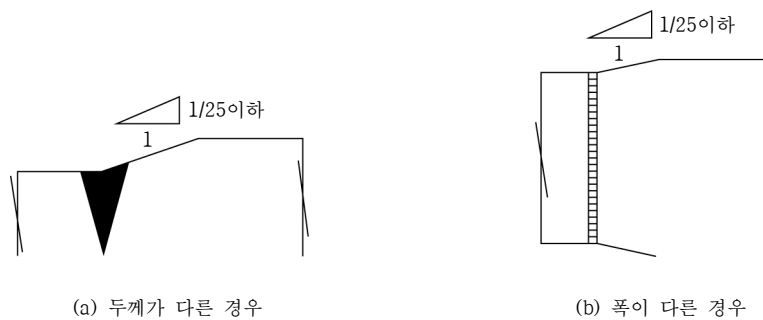


그림 4.6-4 단면이 다른 부재의 용접

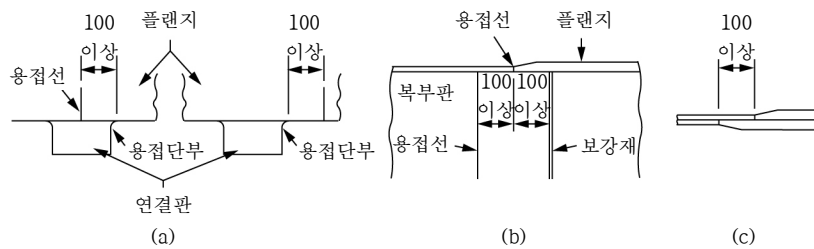


그림 4.6-5 연결판 용접 단부와 판이음 용접선 사이의 거리

(5) 필릿용접의 치수

- ① 필릿용접의 치수는 용접 단면의 형상이 이등변삼각형이 되는 등치수를 원칙으로 한다. 다만, 주요부재의 힘 작용 방향에 수직인 필릿용접은 응력방향으로 긴 치수를 갖는 부등치수로 하고 필요에 따라 다듬질해야 한다.
- ② 주요부재의 힘을 전달하는 필릿용접의 치수는 표 4.6-1의 최소치수 이상, 용접부의 얇은 쪽 모재 두께 미만의 범위로 한다.

표 4.6-1 필릿용접의 최소치수

두꺼운 쪽 모재 두께	최소 필릿용접 치수	비고
20 mm 이하	6 mm	1 패스 용접 적용
20 mm 초과	8 mm	

- (6) 주요부재에 대한 필릿용접의 최소 유효길이는 용접치수의 10배 이상 또는 80 mm 이상으로 한다.

- (7) 용접선과 평행하지 않은 인장력을 받거나 반복하여 작용하는 힘을 받는 경우에는 필릿용접을 부재의 모서리에서 끝내지 말고 반드시 끝돌림용접을 해야 한다. 다만, 끝돌림용접의 길이는 용접치수의 2배 이상으로 한다.

(8) 겹침이음

- ① 응력을 전달하는 겹침이음에는 2줄 이상의 필릿용접을 하도록 하고 부재가 겹치는 길이는 얇은 쪽 판두께의 5배 이상으로 한다.
- ② 축방향력을 받는 부재 끝의 겹침이음에서 모재의 측면에만 필릿용접을 할 경우 각 필릿용접의 길이는 용접선의 간격보다 크게 해야 한다. 이 경우 용접선의 간격은 얇은 쪽 판두께의 16배 이하로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 인장력을 받을 경우에는 얇은 쪽 판두께의 20배 이하로 할 수 있다.

(9) 필릿용접 또는 부분용입그루브용접을 사용한 T이음

- ① T이음에서 필릿용접 또는 부분용입그루브용접은 부재의 양쪽에 해야한다. 다만 횡방향으로 지지되는 구조의 경우에는 한쪽에서만 용접하는 것도 허용된다.
- ② 용접부에서 재편이 서로 만나는 각이 60° 미만 또는 120°를 넘는 T이음에는 완전용입그루브

브용접을 하는 것을 원칙으로 해야 한다. 이 경우 필릿용접 또는 부분용입그루브용접은 힘을 전달하지 못하는 것으로 본다.

(10) 용접과 지압이음 볼트를 병용한 이음에서는 볼트는 힘을 전달하지 못하는 것으로 본다.

(11) 인장력, 압축력 또는 전단력을 받는 용접이음의 응력

① 용접이음에 인장력, 압축력 또는 전단력이 작용하는 경우, 그루브용접 또는 필릿용접부에서 발생하는 응력은 식 (4.6-1)로 계산해야 한다.

$$f = \frac{P}{\sum a l} \quad , \quad v = \frac{P}{\sum a l} \quad (4.6-1)$$

여기서, f : 용접부에서 발생하는 인장응력 또는 압축응력(MPa)

v : 용접부에서 발생하는 전단응력(MPa)

P : 이음부에 작용하는 인장력, 압축력 또는 전단력(N)

a : 용접의 목두께(mm)(그림 4.6-2 참조)

l : 용접의 유효길이(mm)(그림 4.6-3 참조)

(12) T형이음의 필릿용접이 휨모멘트와 전단력을 받는 경우의 검토

① T형이음의 필릿용접이 휨모멘트 및 전단력을 받는 경우 필릿용접이음에 발생하는 응력의 계산은 다음의 항들에 따른다.

② 휨모멘트에 의한 응력은 식 (4.6-2)로 구한다.

$$f = \frac{M}{I} y \quad (4.6-2)$$

여기서, f : 필릿용접에 발생하는 휨응력(MPa)

M : 이음에 작용하는 휨모멘트(N · mm)

I : 필릿용접의 목 단면을 부재단면에 평행한 면에 전개해서 얻어진 도형의 단면2차모멘트(mm^4) (그림 4.6-7 참조)

y : 전개도형의 중립축에서 계산위치까지의 거리(mm)

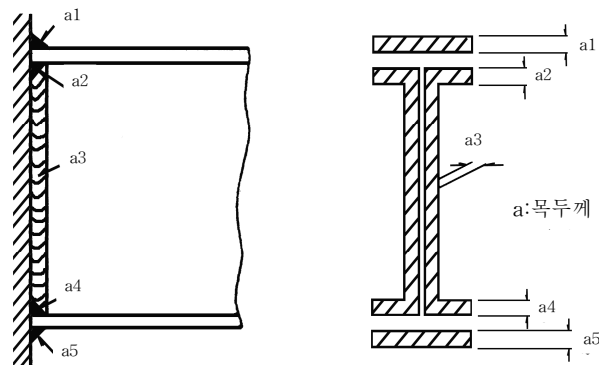


그림 4.6-7 필릿용접의 휨응력 계산을 위한 목 단면의 전개

- ③ 전단력에 의한 응력(v)은 (11)의 식 (4.6-1)에 의하여 구한다. 다만, L형강, H형강, ㄷ형강 및 이것과 유사한 단면에서의 전단력은 복부(또는 전단력을 주로 받는 부재요소)의 용접만으로 저항하는 것으로 가정한다.
- ④ 휨모멘트와 전단력을 동시에 받는 경우에는 식 (4.6-3)으로 검토한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (4.6-3)$$

여기서, f : ①에 따라 산출한 응력(MPa)

v : ②에 따라 산출한 응력(MPa)

f_a : 표 4.2-1과 표 4.2-2에 따른 허용응력(MPa)

v_a : 용접부의 허용전단응력(MPa)

다만, f 및 v 는 각각 f_a 및 v_a 를 넘어서는 안 된다.

4.6.3 고장력볼트 및 핀이음

(1) 볼트이음 일반

- ① 고장력볼트 이음은 마찰이음, 지압이음 및 인장이음 등으로 할 수 있다.
- ② 고장력볼트 지압이음을 하는 경우에는 그 적용위치, 적합성 등에 관해서 충분한 검토가 있어야 한다.
- ③ 고장력볼트 인장이음을 하는 경우에는 이음부의 강성, 볼트의 강도, 체결축력 등에 대해 충분한 검토가 있어야 한다.
- ④ 받침부속품, 보도, 깔판, 배수설비 등 고장력볼트를 사용할 필요가 없는 경우에는 일반 볼트를 사용한다.

(2) 볼트의 종류 및 규격

- ① 마찰이음용 고장력볼트, 너트 및 와셔는 특별히 정한 경우를 제외하고 KS B 1010에 규정하는 제 1종부터 제 2종까지의 M20, M22, M24, M27 및 M30, 제 4종의 M20, M22, M24를 사용하는 것을 표준으로 한다.
- ② 지압이음에는 마찰이음용 제 1종, 제 2종 및 제 4종의 고장력볼트 세트를 사용하거나, 다른 KS규격에 따르고 강도가 ①의 고장력볼트와 같은 볼트세트를 사용할 수 있다.
- ③ 일반볼트는 KS B 1002의 육각볼트, KS B 1012의 너트, KS B 1326의 평와셔 세트를 사용하는 것을 표준으로 한다.

- (3) 볼트의 길이는 부재를 충분히 체결할 수 있도록 선택해야 한다. 특히, 지압이음에 있어서는 나사부가 전단면(剪斷面)에 걸려서는 안 된다.

(4) 볼트 및 핀의 작용력 계산

- ① 볼트의 맞이음 또는 겹침이음에 인장력, 압축력 또는 전단력이 작용하는 경우 각 볼트에 작용하는 힘은 식 (4.6-4)에 의해 산출한다.

$$\rho = \frac{P}{n} \leq \rho_a \quad (4.6-4)$$

여기서, ρ : 볼트 및 핀 1개에 작용하는 힘(kN)

P : 이음부에 작용하는 힘(kN)

n : 이음에 사용한 볼트의 수(<그림 4.6.8> 참조)

ρ_a : 볼트 및 핀 1개의 허용력(kN)

- ② 고장력볼트를 이용한 마찰이음의 경우에는 볼트 1개의 허용력은 표 4.2-10에 규정한 값에 따라 계산한다.
- ③ 지압이음용 고장력볼트의 허용력은, 그 공칭지름에 따라 허용전단력과 허용지압력을 계산하고, 그 가운데 작은 쪽의 값을 적용한다.
- ④ 볼트의 유효지압면적은 공칭지름과 지압을 받는 강재의 두께와의 곱으로 해야 한다. 접시머리볼트의 유효지압면적을 계산할 때 접시머리부는 그 깊이의 1/2을 유효한 것으로 한다.(그림 4.6-9 참조)

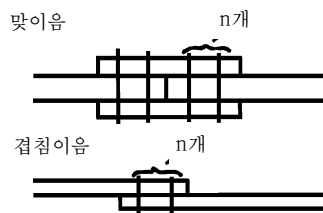


그림 4.6-8 용력계산에 사용되는 볼트의 수

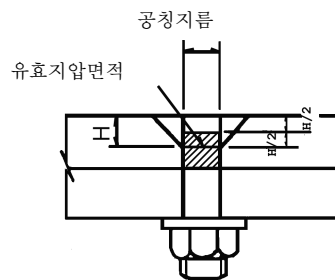


그림 4.6-9 접시머리볼트의 유효지압면적

- ⑤ 핀의 지압력을 계산하는 경우의 유효지압면적은 그 지름과 지압을 받는 강재의 두께와의 곱으로 한다.

(5) 플레이트거더 복부판의 이음

- ① 플레이트거더의 복부판 이음에는 이음판을 복부판의 양쪽에 대고, 이음선의 좌우 양쪽에 2열 이상으로 고장력볼트를 배열해야 한다.
- ② 복부판에 모멘트가 작용하는 경우의 볼트는 식 (4.6-5)를 만족하도록 설계한다.

$$\rho = \frac{M}{\sum y_i^2} y_i \leq \frac{y_i}{y_n} \rho_a \quad (4.6-5)$$

여기서, ρ : 볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

M : 휨모멘트(kN-mm)

y_i : 판의 중립축으로부터 볼트까지의 거리(mm)

Σ : 접합선의 한쪽 편에 있는 볼트군의 집합

y_n : 판의 중립축으로부터 가장자리 볼트까지의 거리. 다만, 같은 연결부의 플랜지를 볼트로

연결한 경우에는 중립축으로부터 플랜지의 압축연 또는 인장연까지의 거리(mm)

- ③ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 복부판을 연결할 경우의 볼트는 식 (4.6-6)을 만족하도록 설계한다.

$$\sqrt{(\rho_p + \rho_m)^2 + \rho_s^2} \leq \rho_a \quad (4.6-6)$$

여기서, ρ_p : 축방향력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_m : 휨모멘트에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_s : 전단력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

- ④ 플랜지 또는 복부판을 교축방향으로 따라가며 서로를 볼트이음하는 경우는 식 (4.6-7)을 만족하도록 설계한다.

$$\rho_h = \frac{S Q p}{I n} \leq \rho_a \quad (4.6-7)$$

여기서, ρ_h : 교축방향 이음의 고장력볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

S : 계산 단면에 작용하는 전단력(kN)

Q : 이음선 외측 총단면의 단면1차모멘트로 플레이트거더 총단면의 중립축에 대한 값 (mm^3)

I : 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm^4)

p : 고장력볼트의 피치(mm)

n : 집합선에 직각 방향의 볼트의 수

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

(6) 이음판의 설계

- ① 고장력 볼트이음에 있어서, 이음판의 설계는 다음 규정에 의한다.

가. 인장력이 작용하는 판의 이음판은 4.6.3(8)에 규정된 순단면에 생기는 응력이 허용인장 응력 이하가 되도록 설계한다.

나. 압축력이 작용하는 판의 이음판은 총단면에 생기는 응력이 4.2에 규정된 허용압축응력의 상한값 이하가 되도록 설계한다.

다. 휨모멘트가 작용하는 부재의 이음판은 식 (4.6-8)을 만족하도록 설계한다.

$$f = \frac{M}{I} y \leq f_a \quad (4.6-8)$$

여기서, f : 이음판의 연단에 생기는 응력(MPa)

M : 이음판 총단면에 작용하는 휨모멘트(N·mm)

I : 부재의 중립축에 관한 이음판 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)

y : 부재의 중립축으로부터 이음판 연단까지의 거리(mm)

f_a : <표 4.2.12>에 규정된 허용응력(MPa)의 상한값

라. 모재 한쪽의 이음판 소요 두께가 25 mm를 초과하는 경우에는 두께 10 mm 이상, 21 mm

이하의 2개 또는 3개의 판재를 사용한다.

(7) 볼트의 구멍

- ① 부재의 순단면적을 산정하는 경우 볼트구멍의 지름은, M20, M22, M24에 대해서는 볼트의 공칭 지름에 3 mm를 더한 값으로 하고, M27 및 M30의 경우에는 4 mm를 더한 값으로 한다.
- ② 접시머리볼트에 대해서는 그 단면형상을 고려해서 공제단면적을 정한다.

(8) 순단면적의 계산

- ① 인장재의 순단면적은 판의 순폭과 판두께의 곱으로 한다. 이 경우 재편의 순폭은 총폭에서 볼트구멍의 폭을 뺀 것으로 한다. 다만 접시머리볼트의 경우는 총단면적에서 볼트 줄기단면 및 접시머리부 공제면적을 뺀 것으로 한다.
- ② 볼트구멍을 지그재그로 연결한 임의의 단면에 있어서 재편의 순폭은 총폭에서 그 단면의 인접 볼트구멍에 대해 순차로 식 (4.6-9)에 의한 폭 w 를 뺀 것으로 한다.

$$w = d - \frac{p^2}{4g} \quad (4.6-9)$$

여기서, d : 볼트구멍의 지름(mm)

p : 볼트의 피치(mm)

g : 볼트의 선간거리(mm)

- ③ T형, +형, 박스형 등의 조합단면의 부재에 있어서는 단면을 구성하는 재편마다 ① 및 ②에 의한 방법으로 계산한다.
- ④ L형강의 전개 총폭은 그림 4.6-11에서와 같이 다리폭의 합에서 다리의 두께를 뺀 것으로 하고, 양다리의 볼트 선간거리(g)는 L형 배면에서 각 볼트 선까지의 거리의 합에서 다리의 두께를 뺀 것으로 한다.

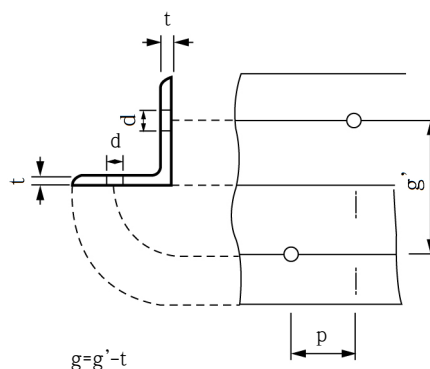


그림 4.6-11 L형강의 전개방법

- (9) 볼트의 최소중심간격은 표 4.6-2에 나타난 값을 표준으로 한다. 다만, 특별한 경우에는 볼트 지름의 3배까지 감소시킬 수 있다.

표 4.6-2 볼트의 최소중심간격

볼트의 호칭	최소중심간격(mm)
M30	105
M27	95
M24	85
M22	75
M20	65

(10) 볼트의 최대 중심간격은 다음의 각 항에 따른다.

- ① 이음 및 조립 압축부재에 있어서 볼트의 최대 중심간격은 표 4.6-3에 나타난 값 중 작은 쪽의 값으로 한다.

표 4.6-3 볼트의 최대 중심간격

볼트의 호칭	최대 중심간격(mm)		
	p		g
M30	210	$12t,$ 지그재그배치의 경우는 $15t - \frac{3}{8}g$ 다만, 12t 이하	$24t,$ 다만, 300mm이하
M27	190		
M24	170		
M22	150		
M20	130		

여기서, t : 외측 판 또는 형강의 두께(mm)

p : 피치, 힘 작용방향의 볼트간 거리(mm)

g : 게이지, 힘 작용직각방향의 볼트선간 거리(mm)

(g 및 p 는 그림 4.6-12 참조)

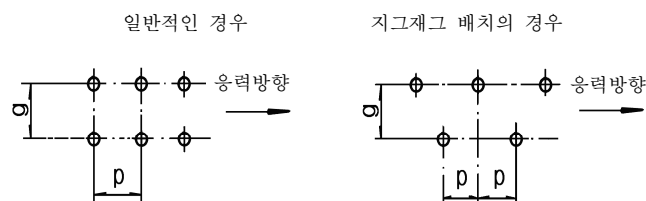


그림 4.6-12 볼트의 피치(p)와 선간거리(g)

- ② 인장재를 이음하는 볼트의 힘 작용방향 최대 중심간격은 $24t$ 로 한다. 또한, 300 mm를 초과해서는 안 된다.

- ③ 보도, 깔판, 배수설비 등에서는 위의 ①과 ②에 의하지 않는다.

(11) 최소연단거리

- ① 볼트의 중심에서 모재 또는 이음판의 가장자리에 이르는 최소연단거리는 표 4.6-4에 나타난 값으로 한다. 모재 두께가 50 mm 이상인 경우, 접합되는 모재의 단부가 서로 마주보는 쪽의 모재 최소연단거리는 인장의 경우 모재 두께, 압축의 경우 모재 두께의 0.75배로 한다.

표 4.6-4 볼트의 최소연단거리

볼트의 호칭	전단연단, 수동가스 절단연단(mm)	압연연단, 다듬질연단, 자동가스 절단연단(mm)
M30	55	50
M27	48	43
M24	42	37
M22	37	32
M20	32	28

- ② 지압이음에 있어서 응력방향의 볼트 수가 2개 이하의 경우, 힘 작용방향의 최소연단거리는 표 4.6-4에 의하되 식 (4.6-10)을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \text{1면 전단의 경우 } e &\geq \alpha \cdot \frac{A}{t} \\ \text{2면 전단의 경우 } e &\geq \alpha \cdot \frac{2A}{t} \end{aligned} \quad (4.6-10)$$

여기서, e : 응력방향으로 잰 최소연단거리(mm)

α : 볼트와 모재와의 허용전단응력의 비

A : 나사부 바깥지름을 기준으로 계산한 볼트의 공칭단면적(mm²)

t : 1면 전단의 경우에는 얇은 쪽 판의 두께(mm)

2면 전단의 경우에는, 모재의 두께와 연결판의 두께의 합계 중 얇은 쪽의 값(mm)

(12) 최대 연단거리

볼트의 중심으로부터 재편이 겹쳐지는 부분의 연단까지의 최대거리는 최외측의 판 또는 형강의 두께의 8배로 한다. 또한 150 mm를 초과해서는 안 된다.

- (13) L형강에 사용하는 볼트 - L형강에 사용하는 볼트의 지름은 L형강의 다리길이에 따라 표 4.6-5에 나타난 값을 초과해서는 안 된다.

표 4.6-5 L형강에 사용하는 볼트

L형강 다리길이(mm)	주부재	2차부재
100 이상	M24	M24
90	M22	M24
75	M20	M22

(14) 볼트의 최소개수

부재 연결부에서 한 무리를 이루는 고장력볼트의 개수는 2개 이상으로 해야 한다.

(15) 경사진 와셔 및 곡면와셔

- ① 볼트머리 또는 너트가 놓이는 부재의 외측 면이 볼트축에 직각인 면에 대해 1/20 이상의 경사를 이룬 경우에는, 경사진 채움재, 또는 경사진 와셔를 사용해야 한다. 단 축방향으로 반복 인장력이 작용하는 볼트의 경우는 위의 경사를 1/50으로 한다.
- ② 볼트머리 또는 너트가 놓이는 부재의 외측 면이 곡률 반지름 500 mm 이하의 곡면인 경우에는 곡면와셔를 사용한다.

(16) 채움판

- ① 연결하려는 부재 또는 재편 사이에 채움판을 넣을 경우, 지압이음 고장력볼트의 설계는 다음 규정에 따른다.
가. 채움판의 두께가 6 mm 이상인 경우에는, 채움판이 없는 경우에 필요한 볼트 수보다 30% 증가시키고, 그 두께가 6 mm 미만인 경우에는 증가시킬 필요는 없다.
나. 채움판의 두께가 9 mm 이상인 경우에는, 채움판을 밖으로 연장하고, 가의 규정에 의해 증가된 볼트는 될 수 있는 대로 채움판과 부재와의 연결에 사용하도록 해야 한다.
- ② 두 개 이상의 채움판을 겹쳐 사용하는 것은 피한다.

(17) 편연결

편으로 부재를 연결하는 경우에는 그 연결부에서 부재가 이동하지 못하도록 하고, 또한 적당한 방법으로 너트가 풀어지지 않도록 한다.

(18) 편의 설계

- ① 편의 지름은 75 mm 이상으로 한다.
- ② 편 몸통의 길이는 부재의 외측면간 거리보다 6 mm 이상 길게 하고, 편 양단에는 로마스 너트(Lomas Nut) 또는 와셔가 붙은 일반너트를 사용한다.
- ③ 편의 나사는 미터형나사를 이용하고 피치는 4 mm를 표준으로 한다.

(19) 편구멍 부재

- ① 편과 편구멍 지름의 차이는 편지름 130 mm 미만의 것에 대해서는 0.5 mm, 편지름 130 mm 이상 것에 대해서는 1 mm를 표준으로 한다.
- ② 인장재의 부재축에 직각인 방향으로 편구멍의 중심을 지나는 순단면적은 그 부재의 계산상 필요한 순단면적보다 40% 이상 크게 하고, 편구멍과 부재 끝 사이의 축방향으로 측정한 순단면적은 그 부재의 계산상 필요한 순단면적보다 크게 한다.
- ③ 편구멍이 있는 부분의 인장을 받는 복부판의 두께는 그 순폭의 1/8 이상으로 한다.

4.7 브레이싱 및 다이어프램

4.7.1 일반내용

4.7은 강교 및 강합성교의 브레이싱 및 다이아프램 설계에 관한 규준을 정한다.

4.7.2 브레이싱 부재

- (1) 수평브레이싱, 제동트러스 및 다이아프램에는 조합부재 또는 형강을 사용하고 부재가 교차할 경우에는 교점을 연결해야 한다.
- (2) 길이가 긴 브레이싱 부재에는 가능한 한 중복구조를 사용한다.

4.7.3 수평브레이싱

- (1) 교량거더에는 상부수평브레이싱 및 하부수평브레이싱을 설치하는 것을 원칙으로 해야 한다. 다만 하로플레이트거더의 경우에는 하부수평브레이싱만 설치하고 폐상식으로서 충분히 강한 바닥틀이 있는 경우에는 간략하게 할 수 있다.
- (2) 적당한 수직브레이싱 또는 다이아프램이 있는 상로플레이트거더에서 궤도가 직선인 경우에는 지간 16 m 이하, 곡선의 경우에는 지간 12 m 이하의 것에 대해 하부수평브레이싱을 생략할 수 있다.
- (3) 트러스 압축현재간의 수평브레이싱은 KDS 24 10 10(4.1)에서 규정한 하중 외에 해당 격간에 있는 좌우 현재에 작용하는 압축력 합계의 1 %에 상당하는 격간 전단력에 저항할 수 있도록 설계해야 한다. 또한 이 경우의 격간 전단력은 주하중으로 본다.

4.7.4 제동트러스

- (1) 무도상식인 경우 교량거더에는 필요에 의해 제동하중과 시동하중 또는 장대레일에 의한 종하중에 저항하는 제동트러스를 설치해야 한다.
- (2) 제동트러스는 신축장치가 없는 연속세로보의 경우에는 세로보 전장의 중앙부에 설치하고 신축장치가 있는 세로보의 경우에는 신축장치의 좌우측 구간의 중앙부에 각각 설치해야 한다.

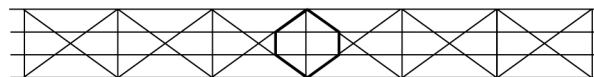


그림 4.7-1 보통의 제동트러스 위치

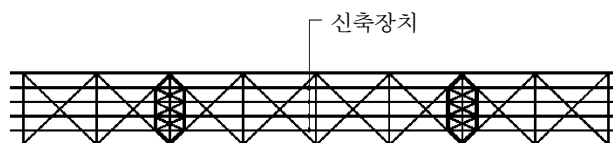


그림 4.7-2 신축장치가 있는 경우의 제동트러스 위치

4.7.5 중간수직브레이싱 및 다이아프램

- (1) 트러스에서는 가능한 한 각 격점에 수직브레이싱 또는 다이아프램을 설치한다.
- (2) 주거더가 I형단면의 상로플레이트거더인 경우에는 중간수직브레이싱 및 다이아프램의 간격은 압축플랜지 폭의 20배 이하, 또는 박스거더단면의 상로플레이트거더의 경우에는 간격을 복부판 중심간격의 4배 이하로 하고 어느 경우에도 8 m를 넘지 않도록 한다.
- (3) 무도상 바닥틀에는 중간 수직브레이싱 또는 다이아프램을 5.5 m 간격 이내로 설치한다.

4.7.6 지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램

상로플레이트거더 및 상로트러스의 지점부에는 원칙적으로 상부수평브레이싱에 작용하는 전 횡하중을 지점에 전달할 수 있도록 단수직브레이싱 또는 다이아프램을 설치한다.

4.7.7 교문브레이싱

하로트러스 또는 이것과 유사한 구조물에는 교문브레이싱을 설치하여 상현재에 작용하는 전 횡하중을 지점에 전달할 수 있는 구조로 하는 것을 원칙으로 해야 한다. 다만, 교문브레이싱에는 가급적 큰 니브레이스를 설치한다.

4.7.8 병렬거더의 연결

병렬거더를 연결하는 횡방향 연결구조는 휨이나 비틀림에 의해 과도한 응력이 발생되지 않도록 충분한 강성을 갖고, 휨이나 비틀림의 영향을 적게 받는 힌지 구조로 한다.

4.8 플레이트거더

4.8.1 일반내용

- (1) 이 절은 I형 단면, π 형 단면 및 박스형 단면의 주거더를 주구조로 하는 상부구조를 가진 교량(이하 “플레이트거더교”라 한다.)의 설계에 적용해야 한다. 여기에서는 주로 I형 단면으로 구성되는 플레이트거더교를 그 대상으로 하며, 포괄적인 부분에 있어서는 박스거더 등에도 따를 수 있다.
- (2) 하이브리드 단면의 적용
 - ① 플랜지의 항복강도가 복부판의 항복강도보다 높은 하이브리드 단면의 경우 복부판의 최대 휨응력이 허용응력을 초과하는 것은 허용되지만, 복부판의 최대휨응력이 항복강도에 이르지 않도록 한다.
 - ② 사용하중하에서 복부판의 최대휨응력이 항복강도에 도달하지 않도록 하기 위해서는 표 4.8-1에 제시된 강종 조합을 사용해야 한다.

- ③ 하이브리드 단면의 경우 표 4.4-6의 복부판의 최대폭-두께비를 준수해야 하며, 4.3.5의 합성응력의 검토에 주어진 식 (4.3-10)을 별도로 검토하지 않는다.

표 4.8-1 하이브리드 플레이트거더 단면의 강종조합

플랜지 강종	복부판에 적용 가능한 강종
HSB690	HSB460, SS450, SS550, SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB380
HSB460, SM460, SMA460, SM460-TMC	HSB380, SM420, SMA355, SM420-TMC, SM355, SM355-TMC, SS450
HSB380, SM420, SMA355, SM420-TMC	SM355, SM355-TMC, SS275, SM275, SMA275, SM275-TMC, SS315, SS410
SM355, SM355-TMC	SS275, SM275, SMA275, SM275-TMC, SS315

(3) 비틀림모멘트를 고려하는 범위

- ① 설계에서 비틀림모멘트를 고려해야 할 경우에는 순수비틀림(St. Venant torsion)에 의한 전단응력과 뒤틀비틀림(warping torsion)에 의한 전단응력과의 합계 및 뒤틀비틀림에 의한 수직응력을 산출해야 한다.
- ② 그러나 비틀림상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우에는 순수비틀림에 따른 응력계산을, 비틀림상수비 $\alpha > 10$ 일 경우에는 뒤틀비틀림에 의한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

$$\alpha = l \sqrt{\frac{GK}{EI_w}} \quad (4.8-1)$$

여기서, l : 지점간의 부재길이(mm)

G : 전단탄성계수(MPa)

K : 순수비틀림상수(mm^4)

E : 탄성계수(MPa)

I_w : 뒤틀비틀림상수(mm^6)

(4) 2축응력 상태의 검토

- ① 주거더의 플랜지와 라멘 가로보의 플랜지가 직접 연결되는 경우와 같이 주거더의 2방향 응력이 작용하는 부분은 식 (4.8-2)로 검토해야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f_x}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_x}{f_a}\right)\left(\frac{f_y}{f_a}\right) + \left(\frac{f_y}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (4.8-2)$$

여기서, f_x, f_y : 검토하는 곳에서 서로 직교하는 방향으로 작용하는 수직응력(MPa)

v : 검토하는 곳에 작용하는 전단응력(MPa)

f_a, v_a : 4.2.1에 따른 허용인장응력과 허용전단응력(MPa)

- ② 다만, f_x, f_y 는 인장응력을(+), 압축응력을(-)로 해야 한다.

4.8.2 플랜지

(1) 플랜지의 최소판두께

- ① 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비 제한은 4.4.2(1)에 따라야 한다.
- ② 침목을 직접 지지하는 플랜지 강판의 자유돌출폭은 판두께의 10배 이하로 해야 한다. 다만, 그 최소폭은 200 mm, 최소판두께는 표 4.8-2에 의해야 한다. 또 침목받침을 사용하는 박스 거더의 경우에는 이런 제한이 없다.
- ③ 플랜지 단면을 구성하는 강판은 가능한 한 2개 이하로 한다.
- ④ 종방향 보강재가 연속구조로 되어 있는 경우에는 보강재의 단면적을 유효단면적에 포함시킬 수 있다.

표 4.8-2 강종에 따른 플랜지의 최소판두께

강재의 종류	최소판두께(mm)
SS235, SS275, SM275, SMA275, SMA275-TMC, SS315	16
SM355, SMA355, SM355-TMC SS410, SM420, SM420-TMC, HSB380	13
SS450, SM460, SMA460, SM460-TMC, HSB460	12
SS550, HSB690	11

(2) 플랜지의 덮개판(Cover Plate)

- ① 플랜지에 덮개판을 겹쳐서 플랜지를 구성할 경우 덮개판의 두께는 플랜지판 두께의 1.5배 이하로 하고, 압축플랜지에서는 덮개판 폭의 1/24 이상, 인장플랜지에서는 덮개판 폭의 1/32 이상으로 해야 한다.
- ② 덮개판을 플랜지에 연결하는 측면 필릿 용접간 거리는 얇은 쪽 판 두께의 12배 이하(단, 150 mm 이하)로 한다. 인장플랜지에 있어서는 30배 이하로 한다.
- ③ 덮개판의 길이는 거더높이의 2배에 1.0 m를 더한 값보다 커야 한다. 덮개판의 양단에는 이 론값보다 각각 300 mm 이상, 또는 덮개판 폭의 1.5배 이상인 여유길이가 있어야 한다. 인 장측에 사용되는 덮개판의 양단은, 덮개판을 제외하고 계산한 플랜지의 연단응력(extreme fiberstress)이 허용응력의 90%가 되는 곳까지 연장해야 한다.
- ④ 덮개판의 단부에 사용하는 필릿용접은 부등치수의 연속 필릿용접으로하고 응력의 흐름이 원활하도록 마무리해야 한다.

(3) 플랜지의 유효폭

- ① 플랜지의 한쪽 편 유효폭 λ 는 식 (4.8-3)에 의해 계산한다.
가. 단순보

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (4.8-3)$$

여기서, λ_1 : 주거더 사이의 한쪽 편 유효폭

λ_2 : 내민부의 한쪽 편 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식으로 계산해야 한다.

$$b/l \leq 0.05 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = b \text{ (전폭유효)}$$

$$b/l > 0.05 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\}b$$

여기서, l = 지간

b = 주거더 사이에서는 주거더 사이 거리의 1/2, 내민부에서는 플랜지 돌출폭

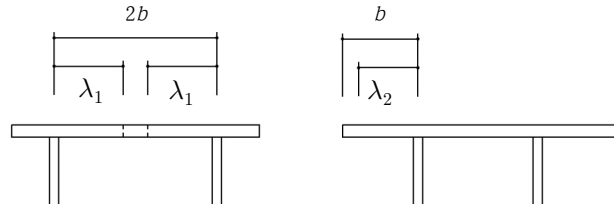


그림 4.8-1 플랜지의 유효폭

나. 연속거더

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (4.8-4)$$

(가) 지간 중앙부

$$b/l \leq 0.05 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = b \text{ (전폭유효)}$$

$$b/l > 0.05 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\}b$$

(나) 중간 지점부

$$b/l \leq 0.02 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = b \text{ (전폭유효)}$$

$$b/l > 0.02 \text{인 경우 } \lambda_1, \lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\}b$$

표 4.8-3 등가 지간장과 적용식

등가 지간장	지간 중앙부 (I) $l = 0.8L_1$ 지간 중앙부 (II) $l = 0.6L_2$ 중 간 지 점 $l = 0.2(L_1 + L_2)$
유효폭의 변화 상태	

(다) 중간지점과 지간 중앙부의 사이

표 4.8-3에서 그림의 사선 부분처럼 직선적으로 변화하는 것으로 한다.

(4) 플랜지판과 복부판을 연결하는 용접

- ① 플랜지판과 복부판의 연결부는 복부판 양측에서 필릿용접으로 접합하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 플랜지판과 복부판을 접합하는 필릿용접 목두께의 합이 복부판 두께 이상인 경우에는 필릿용접부의 전단응력에 대한 검산을 생략할 수 있으며, 복부판 두께 미만인 경우에는 식 (4.8-5)에 의해 검산해야 한다. 또한 휨응력과 합성응력에 대한 검산은 4.3.5(1)에 따른다.

$$v_h = \frac{SQ}{I(\sum a)} \quad (4.8-5)$$

여기서, v_h : 필릿용접의 목두께 단면에 작용하는 전단응력(MPa)

S : 계산하는 단면에 작용하는 전단력(N)

Q : 총단면의 중립축에 관한 플랜지판의 단면1차모멘트(mm³)

I : 플레이트거더의 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴)

$\sum a$: 목두께의 합계(mm)

- ③ 상로플레이트거더로 직접 침목을 지지하는 경우에는 ①의 용접은 K형 용접으로 하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 수직보강재의 부착방법

- ① 지점부와 같이 집중하중을 받는 위치에 설치되는 수직보강재는 완전용입그루브용접으로 양쪽 플랜지에 접합시킨다.
- ② 다이아프램이나 수직브레이싱 등의 연결판으로도 사용되는 중간수직보강재는 양쪽 플랜지에 볼트나 용접으로 접합시킨다.
- ③ 연결판으로 사용되지 않는 중간수직보강재는 압축플랜지와 완전 밀착시켜야 하고, 인장플랜지와는 복부판 두께의 4배 이상, 6배 이하의 간격을 띄워야 한다.
- ④ 바닥판과 접하는 인장플랜지에는 수직보강재를 용접으로 접합시킨다.

(6) 바닥판 앵커

- ① 바닥판의 합성효과를 기대하지 않는 부분에서도 주거더의 플랜지에 바닥판을 고정시키기 위하여 바닥판 앵커를 붙여야 한다.
- ② 바닥판 앵커의 간격은 1 m 이하를 원칙으로 하되, 강봉을 사용할 경우에는 지름 13 mm 이상으로, 강판을 사용할 경우에는 폭 50 mm, 두께 6 mm 이상으로 해야 한다. 어느 경우에 있어서도 한쪽 길이가 150 mm 이상의 정착길이를 요하며 또, 선단에는 반원형이나 L형의 갈고리를 붙여야 한다.

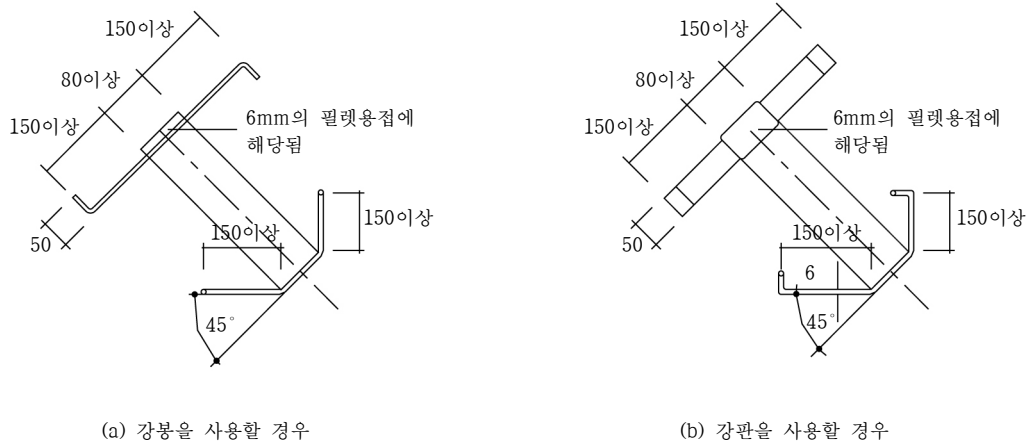


그림 4.8-4 바닥판 앵커(단위: mm)

4.8.3 하중집중점의 보강재

(1) 하중집중점의 보강재

- ① 플레이트거더의 지점 및 가로보, 세로보, 수직브레이싱 등의 연결부와 같은 하중집중점에는 반드시 보강재를 설치해야 한다.
- ② 하중집중점의 수직보강재는 기둥으로 보고 제2장 에서 규정한 허용축방향압축응력에 따라 설계해야 한다. 이때 보강재 전단면과 복부판 가운데 보강재 부착부에서 양쪽으로 각각 복부판 두께의 12배까지를 유효단면이라고 생각할 수 있다.(그림 4.8-5 참조) 그러나 전체 유효단면은 보강재 단면의 1.7배를 넘어서는 안 된다.
- ③ 허용응력의 계산에 사용하는 단면 2차 반지름은 복부판의 중심선에 대하여 구하고 유효좌굴길이는 플레이트거더 높이의 1/2로 한다.

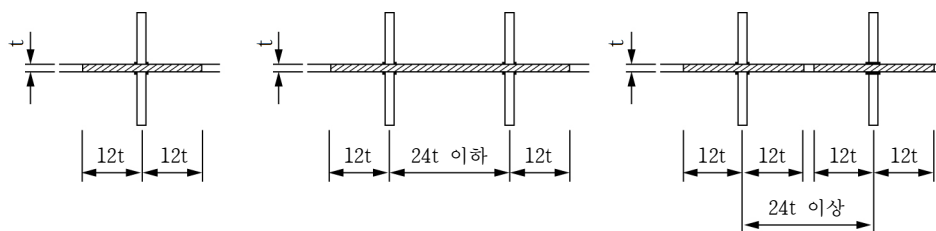


그림 4.8-5 하중집중점 보강재의 유효단면적

(2) 유효지압면적

- ① 하중집중점의 보강재 받침에 접하는 부분의 유효지압면적은 각각 다음과 같이 계산한다.
 - 가. 선받침의 경우는 그림 4.8-6과 같이 단보강재의 하부플랜지에 접하는 부분의 외연간의 폭 b 와 그 두께(t_s)의 면적으로 한다.
 - 나. 강성이 큰 솔플레이트를 사용하는 경우

$$(\text{보강재의 하부플랜지에 접하는 단면적}) + (24t_w \text{ 혹은 상부받침의 폭 중 작은 값}) \times t_w$$
 여기서, t_w : 복부판의 두께

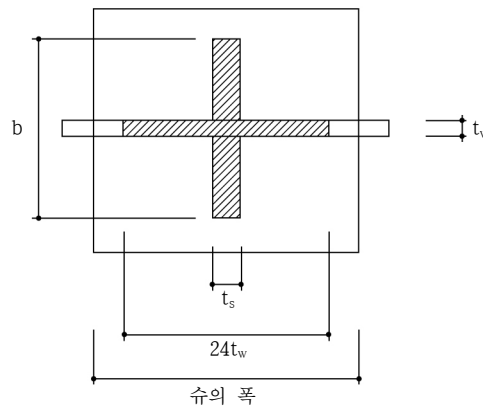


그림 4.8-6 유효지압면적

(3) 설계상세

- ① 보강재와 복부판과의 연결은 보강재가 집중하중 전부를 받은 것으로 보고 설계해야 한다.
- ② 보강재의 판두께는 4.3의 규정을 만족해야 한다.
- ③ 지점상의 보강재는 양쪽에 대칭으로, 플랜지까지 연장시킨다.

4.8.4 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지의 고정

- (1) 하로플레이트거더교에서는 가로보와의 연결부에서 니브레이스(knee brace)를 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 니브레이스를 설치하지 않는 경우에는 아래 각 항에 의한다.
 - ① 가로보와 수직보강재로써 형성되는 U자형구조는 그 상단에 가해지는 수평횡력에 대해서 식 (4.8-6)에 의해 그 강성을 검토해야 한다.

$$k \geq \frac{8 \cdot A f_{ca}}{l} \quad (4.8-6)$$

여기서, k : U자형구조의 강성(N/mm), 즉, 그림 4.8-7에서 $\delta = 1$ 인 경우의 수평력($k = K/\delta$)

A : 상부플랜지의 단면적(mm²), (②의 경우도 같다)

f_{ca} : 주거더의 허용휨압축응력(MPa)

l : 주거더 플랜지의 가정한 좌굴길이(mm)

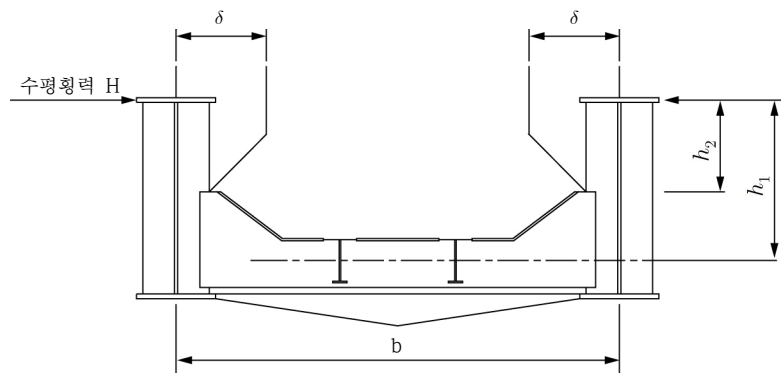


그림 4.8-7 하로플레이트거더교

②①의 구조는 그 상단에 식 (4.8-7)의 크기로 수평 횡력을 주었을 경우 충분한 강도가 있어야 한다.

$$H = A \cdot f_c / 100 \quad (4.8-7)$$

여기서, H : 강도를 검토하기 위한 수평력(N)

f_c : 상부플랜지에 작용하는 연단휨압축응력(MPa)

4.8.5 강바닥판으로서의 응력과 상부플랜지로서의 응력의 합성

강바닥판을 적용한 플레이트거더에서 강바닥판을 주거더구조의 일부로 설계하는 경우 주거더 작용으로서의 응력에 4.5.3에서 규정하는 응력을 더해야 한다. 이 경우 합성응력에 대한 허용응력은 4.2.2(1)에서 규정하는 기본허용응력으로 한다.

4.9 합성거더교

4.9.1 일반내용

(1) 4.9는 강거더와 철근콘크리트 바닥판을 전단연결재를 사용하여 합성(合成)한 철도교(이하 “합성거더”라 한다)의 설계에 적용한다.

(2) 4.9에서 정하지 않은 사항에 대하여는 KDS 24 14 30 및 KDS 24 14 20을 따른다.

(3) 기호

A_c	: 유효폭 내의 바닥판의 단면적(mm ²)
A_s	: 강거더의 단면적(mm ²)
b_e	: 바닥판의 유효폭(mm)
b_o	: 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 바닥판 현치하단의 폭(mm)
d	: 스티드 줄기의 지름(mm)
E_c	: 콘크리트의 탄성계수(MPa)
E_s	: 강재의 탄성계수(MPa)
f_{ck}	: 콘크리트의 설계기준강도(MPa)

f_d	: 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 콘크리트의 응력(MPa)
f_{cu}	: 바닥판의 상연에 있어서의 교축방향의 콘크리트 응력(MPa)
f_{sl}	: 강거더 하연의 응력(MPa)
f_{su}	: 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 강거더의 응력(MPa)
I_c	: 유효폭 내 바닥판의 중립축(C-C)에 관한 단면2차모멘트(mm ⁴)
I_s	: 강거더의 중립축(S-S)에 관한 단면2차모멘트(mm ⁴)
L	: 지간(mm)
$n = E_s/E_c$	: 강재와 콘크리트의 탄성계수비
Q_a	: 허용내하력 (N)
ϵ_s	: 콘크리트의 건조수축률
ϕ_1, ϕ_2	: 콘크리트의 크리프계수

4.9.2 합성거더의 단면

(1) 합성거더의 계산에는 그림 4.9-1에 표시된 기호를 사용한다.

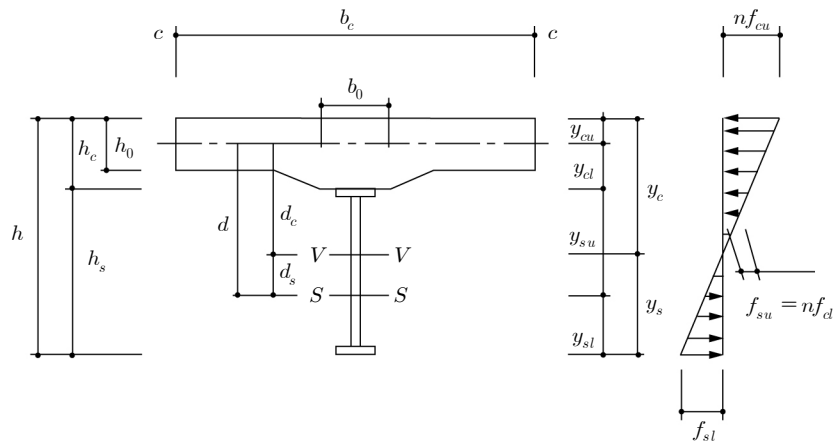


그림 4.9-1 합성거더의 기호

- 여기서, b_c : 바닥판의 유효폭(mm)
 b_o : 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 바닥판 현치하단의 폭(mm)
 h_o : 바닥판의 두께(mm)
 h_c : 강거더의 상부플랜지 상연에서 바닥판 상연까지의 거리(mm)
 h_s : 강거더의 높이(mm)
 $h = h_c + h_s$: 합성거더의 높이(mm)
C-C : 유효폭 내의 바닥판 단면의 중립축
S-S : 강거더 단면의 중립축
V-V : 강재로 환산한 합성단면의 중립축
 d : C-C와 S-S와의 거리(mm)
 d_c : V-V와 C-C와의 거리(mm)
 d_s : V-V와 S-S와의 거리(mm)
 y_c : V-V에서 바닥판 상연까지의 거리(mm)

y_s : V-V에서 강거더의 하연까지의 거리(mm)

4.9.3 설계도에 기재하는 사항

합성거더 설계도에는 일반적으로 기재하는 사항 이외에 설계기준강도, 조골재의 최대치수, 설계에 사용한 탄성계수비, 콘크리트 치기의 조건, 공사 중의 하중 및 합성후의 고정하중의 재하시기, 기타 특히 필요한 사항을 명기한다.

4.9.4 하중

- (1) 합성거더의 설계에는 KDS 24 10 10에서 정한 것 외에 바닥판 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 바닥판과 강거더와의 온도차 등의 영향을 고려한다.
- (2) 합성단면 하중
 - ① 콘크리트 바닥판 타설과 양생시 거더를 받칠 임시 중간 지점이 없는 경우는 강재와 콘크리트 고정하중은 강거더에만 작용한다고 가정하고, 모든 후속하중은 합성단면에 작용한다고 가정한다.
 - ② 콘크리트가 재령 28일 강도의 75%를 가질 때까지 거더에 유효 임시 중간지점이 주어진 경우, 콘크리트 고정하중과 모든 후속하중은 합성단면에 작용한다고 가정한다.
 - ③ 충격에 의한 응력은 활하중에 의한 응력에 충격계수를 곱한 것으로 하며, 충격계수는 KDS 24 12 20(4.1.3)의 규정을 따른다.

4.9.5 재료

- (1) 강재의 허용응력은 4.1.3의 규정에 의한다.
- (2) 바닥판 콘크리트의 기준허용응력은 표 4.9-1에 표시된 값으로 한다.

표 4.9-1 바닥판 콘크리트의 허용응력

	종별	허용응력(MPa)		
		$f_{ck} < 30$	$30 \leq f_{ck} < 40$	$40 \leq f_{ck} \leq 50$
휨압축응력	바닥판	$0.40 f_{ck}$		
	합성거더 플랜지			
전단응력	사인장철근을 두지 않는 경우	0.9	1.0	1.1
	사인장철근을 두는 경우	2.0	2.2	2.4

- (3) 바닥판에 사용되는 철근의 허용인장응력은 표 4.9-2에 표시된 값을 적용한다. 다만, 주거터 단면 일부로서의 작용과 바닥판으로서의 작용을 동시에 고려할 경우에는 허용응력의 20%를 증가시킬 수 있다.

표 4.9-2 철근의 허용인장응력

철근의 종류 허용응력	SD300	SD350	SD400
허용인장응력(MPa)	150	160	160
허용압축응력(MPa)	150	175	180

(4) 강거더에 대한 허용응력의 증가는 KDS 24 12 10(4.2.3)의 규정에 의해야 한다.

4.9.6 설계일반

(1) 탄성계수비

- ① 강재의 탄성계수는 2.10×10^5 MPa로 해야 한다.
- ② 합성단면으로서의 응력 및 처짐을 계산하는 경우에 강재와 콘크리트의 탄성계수비 n 은 8을 표준으로 한다.
- ③ 바닥판으로 단면계산을 하는 경우에 탄성계수비 n 은 10의 규정에 의한다.

(2) 활하중에 의한 교량거더의 처짐은 KDS 24 10 10(4.2.3)의 규정에 의한다.

(3) 사교

- ① 사교의 각도는 30° 이하를 원칙으로 한다.
- ② 사각을 갖는 교량거더의 경우에는 둔각 지점의 반력증가를 고려한다.

(4) 합성거더의 압축플랜지로서의 바닥판 유효폭 강도는 식 (4.9-1)에 의하여 계산한 값을 넘어서는 안 된다.

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 + 2b_s + b_o \quad (4.9-1)$$

여기서, b_s : 현치의 수평폭, 현치의 경사가 45° 보다 작은 경우에는 그림 4.9-2와 같이 취한다.

λ_1 : 주거더 내측의 한쪽 유효폭

λ_2 : 돌출부의 한쪽 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식에 의하여 계산한다.

$$b/L \leq 0.05 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = b$$

$$0.05 \leq b/L < 0.3 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/L)\}b$$

$$b/L \geq 0.3 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = 0.15L$$

여기서, b : 그림 4.9-2 참조

L : 지간

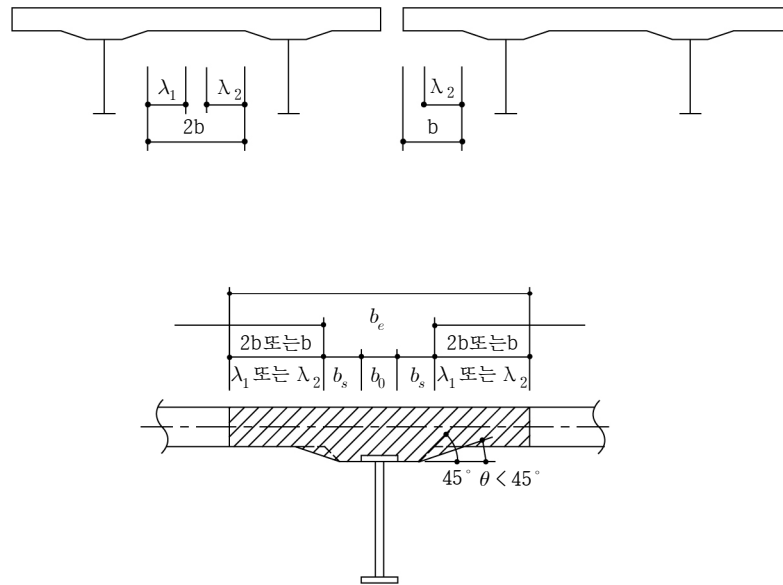


그림 4.9-2 바닥판의 유효폭

(5) 바닥판 콘크리트의 크리프

- ① 합성 후 고정하중에 의한 주거더 단면 응력을 계산하는 경우에 바닥판 콘크리트의 크리프 계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.
- ② 콘크리트의 응력계산은 크리프를 고려한 콘크리트의 탄성계수를 사용한다. 즉, 단면 환산을 하는 경우에는 n 대신에 $n(1 + \phi_1)$ 을 사용한다.

(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축

- ① 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 합성단면의 응력계산에 사용하는 최종 건조수축률 ϵ_s 는 27×10^{-5} 을 표준으로 하고, 사용하는 크리프계수 ϕ_2 는 $2.0\phi_1$ 을 표준으로 한다.
- ② 이 경우의 계산에는 식 (4.9-2)~식 (4.9-8)을 사용한다.

$$N_c = N_s = \frac{\epsilon_s E}{\frac{n_\phi}{A_c} + \frac{1}{A_s} + \frac{n_\phi d^2}{I_c + n_\phi I_s}} \quad (4.9-2)$$

$$M_c = \frac{I_c}{I_c + n_\phi I_s} N_c d \quad (4.9-3)$$

$$M_s = \frac{n_\phi I_s}{I_c + n_\phi I_s} N_c d \quad (4.9-4)$$

$$f_{cu} = \frac{N_c}{A_c} - \frac{M_c}{I_c} y_{cu} \quad (4.9-5)$$

$$f_d = \frac{N_c}{A_c} + \frac{M_c}{I_c} y_d \quad (4.9-6)$$

$$f_{su} = -\frac{N_s}{A_s} - \frac{M_s}{I_s} y_{su} \quad (4.9-7)$$

$$f_{sl} = -\frac{N_s}{A_s} + \frac{M_s}{I_s} y_{sl} \quad (4.9-8)$$

여기서, $n_\phi = n(1 + \phi_2/2)$: 콘크리트의 강재에 대한 탄성계수비

N_c, N_s, M_c, M_s : 시간 $T = 0$ 에서 $T = \infty$ 사이에 콘크리트의 건조수축에 의해 바닥판 단면의 중심 및 강거더단면의 중심에 발생하는 축력과 휨모멘트

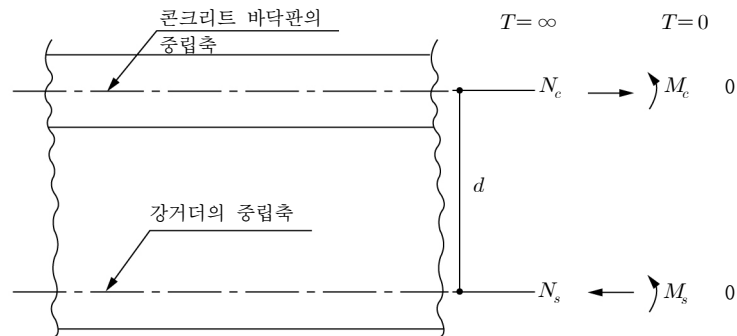


그림 4.9-3 건조수축에 의한 축력과 휨모멘트

(7) 바닥판 콘크리트와 강거더와의 온도차

- ① 바닥판 콘크리트와 강거더와의 온도차는 10 ℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려해야 한다.
- ② 온도분포는 강거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다.
- ③ 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수는 12×10^{-6} 을 적용한다.
- ④ 온도차에 의한 응력의 계산에는 크리프의 영향은 고려하지 않고 식 (4.9-9)~식 (4.9-15)로 계산한다.

$$N_c = N_s = \frac{\alpha (\pm t) E_s}{\frac{n}{A_c} + \frac{1}{A_s} + \frac{nd^2}{I_c + nI_s}} \quad (4.9-9)$$

$$M_c = \frac{I_c}{I_c + nI_s} N_c d \quad (4.9-10)$$

$$M_s = \frac{n I_s}{I_c + n I_s} N_c d \quad (4.9-11)$$

$$f_{cu} = \frac{N_c}{A_c} - \frac{M_c}{I_c} y_{cu} \quad (4.9-12)$$

$$f_d = \frac{N_c}{A_c} + \frac{M_c}{I_c} y_d \quad (4.9-13)$$

$$f_{su} = -\frac{N_s}{A_s} - \frac{M_s}{I_s} y_{su} \quad (4.9-14)$$

$$f_{sl} = -\frac{N_s}{A_s} + \frac{M_s}{I_s} y_{sl} \quad (4.9-15)$$

여기서, N_c, N_s, M_c, M_s : 바닥판과 강거더의 온도차에 의해 바닥판 단면의 중심 및 강거더 단면의 중심에 발생하는 축력과 휨모멘트

α : 계산에 사용하는 선팽창계수

t : 온도차, t 앞의 부호는 바닥판이 강거더보다 낮은 경우(+), 높은 경우는(-)로 취해야 한다.

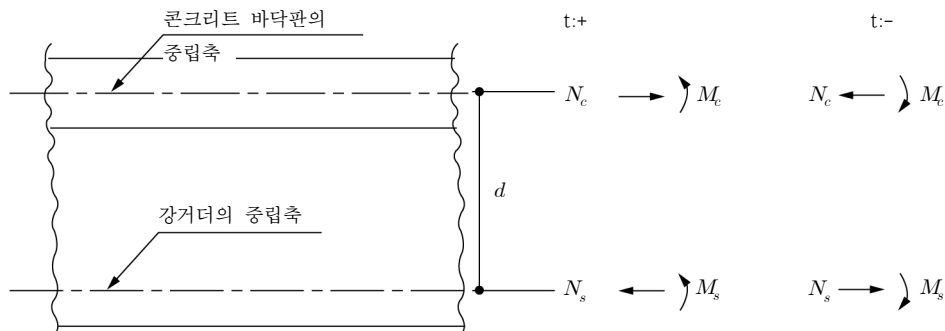


그림 4.9-5 온도차에 의해 발생하는 합성거더의 단면력

(8) 합성단면의 중립축은 강거더 내에 있는 것을 원칙으로 한다.

4.9.7 강거더

(1) 전단연결재를 설치하는 플랜지의 판두께는 4.4.2(1)의 규정을 만족해야 할 뿐 아니라, 플레이트거더의 경우는 15 mm 이상, 또 박스거더의 경우는 13 mm 이상으로 해야 한다. 특히 어느 경우에도 전단연결재의 필릿용접의 크기 이상으로 해야 한다.

(2) 수평브레이싱

- ① 하부 수평브레이싱은 플레이트거더교의 경우에는 설치하는 것을 원칙으로 해야 한다. 단, 지간이 16 m 이하의 거더에서 적당한 수직브레이싱이 있는 경우에는 하부 수평브레이싱을 생략할 수 있다.
- ② 상부 수평브레이싱은 필요에 따라 설치하는 것으로 한다.

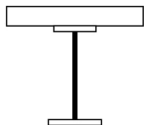
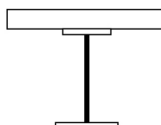
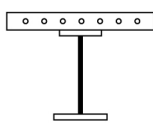
4.9.8 바닥판

(1) 바닥판의 설계는 이 절에서 규정하는 이외는 4.5.4의 규정에 의한다.

(2) 바닥판의 합성작용

- ① 주거더의 단면응력을 산출하는 경우 바닥판의 합성작용을 취급함에 있어서는 표 4.9-3과 같이 해야 한다. 전단연결재는 주거더의 전장에 걸쳐서 설치해야 한다. 또 연속합성거더에서 표 4.9-3에 따라 설계를 하는 경우는 내부지점 부근의 균열에 대해 방수층 등의 처리를 강구함과 동시에 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 부근에는 강한 하중분배 가로보를 설치하는 것으로 하고, 전단연결재의 배치 및 응력의 변동 상태 등을 충분히 검토해야 한다.
- ② 주거더의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 표 4.9-3 규정에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다.

표 4.9-3 합성작용의 취급

휨모멘트의 종류	합성작용의 취급	적용
정	바닥판 콘크리트를 주거더 단면의 일부로 본다.	
부	1. 인장응력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 유효로 하는 경우. 바닥판의 콘크리트를 주거더 단면의 일부로 본다.	
	2. 인장응력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하는 경우. 바닥판 내의 교축방향 철근만을 주거더 단면의 일부로 본다.	

주) 프리스트레스하지 않는 연속합성거더의 경우 한 단면에서 활하중의 재하 상태에 따라 정 및 부의 휨모멘트가 생길 수 있다.

(3) 인장력을 받는 바닥판의 배근

- ① 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 유효로 하는 설계를 하는 경우에는 바닥판

에 작용하는 전인장력을 철근이 받도록 한다.

- ② 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적의 2% 이상의 교축방향 철근을 배근해야 한다. 이 경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장은 0.0045 mm/mm^2 이상으로 한다. 또한 바닥판작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- ③ 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착시켜야 한다.

(4) 바닥판 콘크리트에는 구조이음을 설치해서는 안 된다.

(5) 바닥판 콘크리트의 합성작용을 줄 때에 바닥판 콘크리트 압축강도는 f_{ck} 의 80% 이상이 되어야 한다.

(6) 교량거더의 단부 부근의 바닥판

- ① 교량거더 단부의 바닥판은 그림 4.9-5와 같이 단부 버팀재로 지지하는 것으로 해야 한다. 이 경우 단부 버팀재는 그림 4.9-6에서 나타낸 범위의 고정하중과 1축의 열차하중에 대해서 설계한다.
- ② 교량거더 단부의 바닥판은 온도차에 의한 응력 및 건조수축에 의한 응력에 대하여 4.9.9(4)와 같이 설계한다.

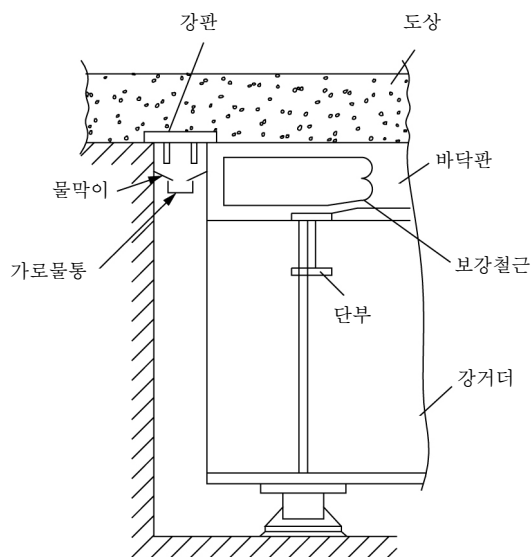


그림 4.9-5 교량거더 단부 바닥판 보강

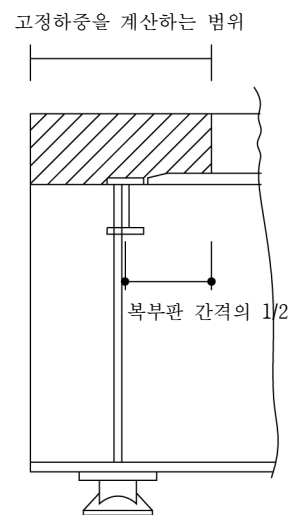


그림 4.9-6 단부 버팀재

(7) 사교의 바닥판

- ① 주철근 배치는 합성거더의 지간 중앙부에서는 복부판에 직각 방향으로하고 교량거더 단부에서는 그림 4.9-7에 표시된 범위에서 바닥판의 상측 및 하측에 사각 방향으로 배치하는 것을 표준으로 한다.

- ② 사교 바닥판의 둔각부 지점의 상측에는 보강철근을 그림 4.9-8에 표시된 범위로 배치하는 것을 표준으로 해야 한다. 이때 가외철근량은 바닥판 지간 중앙의 정(正)휨모멘트에 표 4.9-4에 표시된 계수를 곱한 값의 부(負)모멘트가 생기는 것으로 하여 구한다.

표 4.9-4 휨모멘트의 계수

사각	휨모멘트의 계수
$\theta \leq 15^\circ$	0.6
$15^\circ < \theta \leq 30^\circ$	0.8

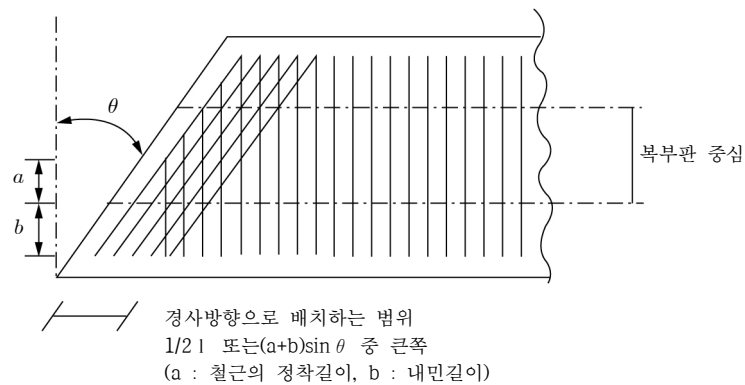


그림 4.9-7 사교바닥판의 주철근배치

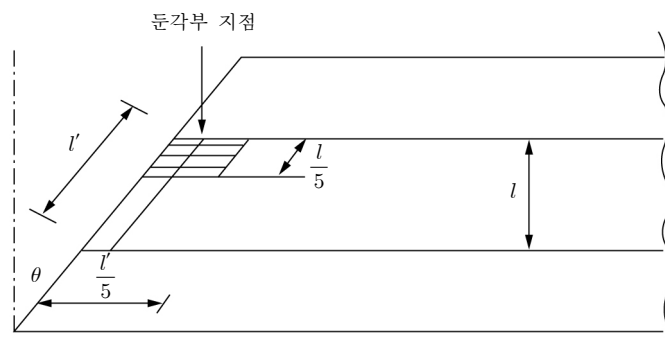


그림 4.9-8 사교바닥판의 보강철근 배치

(8) 방수공

- ① 바닥판 상면에는 방수공을 설치해야 하며 적절한 보호공을 해야 한다.
- ② 바닥판 상면에는 원칙적으로 2% 이상의 횡방향 경사를 설치하는 것으로 한다.

4.9.9 전단연결재

(1) 전단연결재 일반

- ① 전단연결재에는 그림 4.9-9에 표시한 것과 같은 스티드(stud)를 표준으로 한다.
- ② 스티드는 머리붙임 스티드를 사용하며 스티드 접합면 전체가 용합되는 스티드 용접을 하는 것을 원칙으로 하고, 스티드의 지름은 19 mm 이상으로 한다.
- ③ 스티드의 형상, 치수 및 그의 허용차 등은 표 4.9-5를 표준으로 해야 한다.

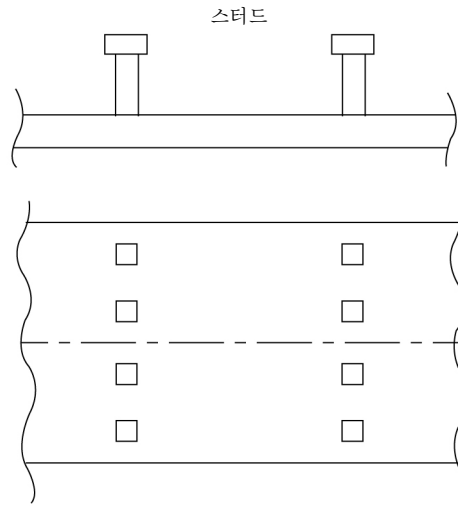
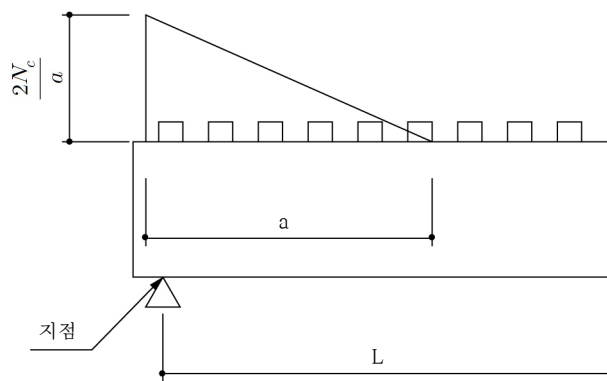


그림 4.9-9 전단연결재(스티드)

표 4.9-5 스티드의 형상, 치수 및 허용차(mm)

호칭	줄기지름(d)		머리지름(D)		머리두께 (T) 최소	현치부 반지름(r)	표준형상 및 치수표시 기호
	기준치수	허용차	기준치수	허용차			
19	19.0	±0.4	32.0	±0.4	10	2~3	
22	22.0		35.0				
25	25.0		38.0				

- (2) 전단연결재는 바닥판과 강거더와의 사이에 작용하는 교축방향의 가장 큰 전단력에 대하여 설계한다.
- (3) 바닥판 콘크리트와 강거더 사이의 부착응력은 무시한다.
- (4) 콘크리트의 건조수축 및 바닥판과 강거더와의 온도차에 의하여 생기는 전단력 값은 교량거더 단부에서 저변 a(a는 주거더 간격 또는 지간의 1/10 중 작은 값)에 삼각형 분포를 하는 것으로 하고 그 범위에 있는 전단연결재가 부담하도록 한다.(그림 4.9-10 참조)



L을 취하는 법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간
(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

그림 4.9-10 전단력 분포

(5) 스테드의 허용내하력 및 배치

① 허용내하력

가. 스테드의 허용내하력(Q_a)는 식 (4.9-16)~식 (4.9-17)로 계산한다.

$$H/d \geq 5.5 \text{의 경우 } Q_a = 9.5d^2 \sqrt{f_{ck}} \text{ (N)} \quad (4.9-16)$$

$$H/d < 5.5 \text{의 경우 } Q_a = 1.74dH \sqrt{f_{ck}} \text{ (N)} \quad (4.9-17)$$

여기서, $v_{\min}$: 스테드에 작용하는 최소전단응력(MPa)

$v_{\max}$: 스테드에 작용하는 최대전단응력(MPa)

H : 스테드의 전 높이(mm)

d : 스테드의 줄기지름(mm)

② 전단연결재의 배치

가. 스테드의 머리는 현치 부분에서 그치지 않고 바닥판 속에 있는 것을 원칙으로 한다.

나. 스테드는 교축직각방향으로는 2개 이상을 배치한다.

다. 스테드의 최소 중심간격은 교축방향에 있어서 $\geq d$ (단, 100mm 이상)로 하고 교축직각 방향에 있어서는 $d + 30 \text{ mm}$ 로 한다. 여기서, d 는 스테드 줄기의 지름이다.

라. 스테드와 강거더 플랜지 연단과의 최소 순간격은 25 mm로 한다.

4.10 트러스

4.10.1 일반내용

(1) 4.10은 주구조가 트러스인 상부구조의 설계에 적용해야 한다.

(2) 스펠드럴 브레이스드 아치(spandrel braced arch) 또는 트러스 보강형 아치의 트러스 부재 등

의 설계에 이 절을 따를 수 있다.

- (3) 트러스를 구성하는 부재의 일반사항에 관한 것은 4.1 및 4.3의 규정을 따라야 한다.
- (4) 트러스에 설치되는 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱의 일반사항은 4.7의 규정을 따라야 한다.
- (5) 트러스의 격점은 힘의 전달이 합리적이면서 확실하게 이루어지도록 설계해야 할 뿐만 아니라, 가능하면 단순한 구조로 설계하여 각 부재의 연결이 쉽고 검사나 배수, 청소 등의 유지관리 작업이 지장없이 시행될 수 있도록 배려되어야 한다.

(6) 기호

- b : 연결판 부재가 연결판에 접하는 부재폭(mm)
- l : 트러스 부재의 유효좌굴길이(mm)
- t : 연결판의 두께(mm)
- P : 연결판에 연결된 한 부재의 최대작용력(kN)

4.10.2 부재

(1) 부재의 구성

- ① 단면의 구성에 있어서는 단면의 도심이 가능한 한 단면의 중심과 일치하도록 하고, 또한 골조선에 일치하도록 배려하는 등, 2차응력이 가능한 한 작게 되도록 한다.
- ② 부재의 조합에 있어서는 용접부가 좌우는 물론 상하로도 가급적 대칭인 위치에 오도록 고려하여 설계한다.
- ③ 트러스의 현재, 단주 및 연속트러스의 중간지점에 설치한 사재 등은 박스거더 단면 부재로 설계한다. 이 경우 트러스면에 평행한 판의 단면적은 부재 총단면적의 40% 이상으로 한다.
- ④ ③에서 부재의 수직축 둘레의 단면2차반지름에 대한 세장비는 수평축에 대한 것보다 작게 한다. 또 포니트러스에서는 수직과 수평세장비의 비를 1:1.5로 한다.
- ⑤ 단주 등에 있어서 휨모멘트가 가해지는 경우에 강도의 검산은 4.3.3의 규정을 따른다.

(2) 부재의 길이

- ① 트러스 부재의 길이는 골조의 길이로 한다.
- ② 압축부재의 유효좌굴길이는 다음의 (3) 규정에 의한다.
- ③ 인장력을 받는 복부재의 트러스면 내의 세장비를 구할 때의 부재의 길이는 골조 길이의 0.9 배로 한다. 또한 그림 4.10-1과 같은 수평브레이싱의 경우에는 수평브레이싱면에 수직한 면 내에서는 $\overline{pp}$, 그 이외의면 내에서는 $\overline{pa}$ 를 부재의 길이로 본다. 이 경우 세로보 등으로부터 견고한 행어로 수평브레이싱 부재를 지지하는 경우에는 수평브레이싱면에 수직한 면 내에서는 $\overline{bb}$ 또는 $\overline{pb}$ 를, 기타의 면 내에서는 $\overline{ab}$ 또는 $\overline{pb}$ 를 부재의 길이로 취할 수 있다.

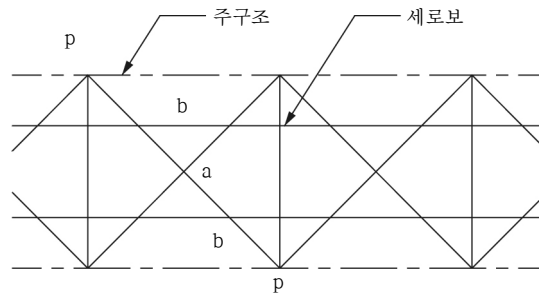


그림 4.10-1 수평 브레이싱에서 부재의 길이

(3) 트러스 부재의 유효좌굴길이

① 트러스면 내

가. 현재의 유효좌굴길이는 부재의 골조길이를 한다.

나. 연결판에 의해 현재에 연결된 복부재의 유효좌굴길이는 연결고장력 볼트군의 중심간 거리를 취하여도 무방하다.

다만, 골조 길이의 0.8배 이하가 되어서는 안 된다. 또한 수평브레이싱이나 수직브레이싱 등의 부재에서 부재의 양면에 연결판을 대지 않은 구조에서는 골조 길이의 0.9배를 취한다.

다. 부재의 중간점을 다른 부재가 유효하게 지지하는 경우에는 그 지지점간을 유효좌굴길이를 한다. 여기에서 유효하게 지지한다는 뜻은 예를 들면, 그림 4.10-2와 같이 사재 D와 버팀부재 T와의 연결이 충분하고, 또한 버팀부재가 4.1.5에 규정된 부압축재로 설계되어 있는 경우를 말한다. 이때, 사재 D와 버팀부재 T와의 연결부의 강도는 적어도 사재 D와 현재와의 연결부의 강도의 1/4 이상으로 한다.

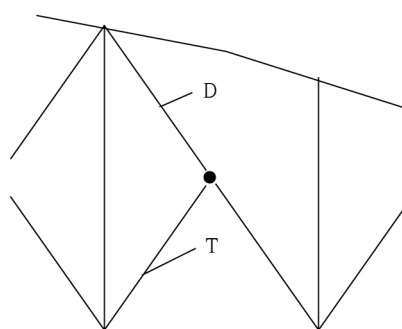


그림 4.10-2 버팀부재가 있는 사재

② 트러스면 외의 유효좌굴길이는 부재의 골조길이를 함을 원칙으로 해야 한다. 다만, 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱에 의해 지지된 주트러스 현재 및 복부재는 그 지지점간을 유효좌굴길이를 한다.

③ 그림 4.10-3(a)에 표시된 $\overline{aa}$ 부재와 같이 $\overline{ab}$, $\overline{ba}$ 에 크기가 다른 압축력이 작용하고 트러스

면 외에 버팀부재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스면 외에 대한 유효좌굴길이(l)는 식 (4.10-1)에 의해 구할 수 있다.

$$l = \left(0.75 + 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L \quad (4.10-1)$$

여기서, P_1, P_2 는 부재 $\overline{aa}$ 의 각 격간장 $\overline{ab}, \overline{ba}$ 에 작용하는 압축력이며 $P_1 \geq P_2$ 이다. 또한 그림 4.10-3(b)에 표시된 K트러스의 수직재 $\overline{aa}$ 와 같이 $\overline{ab}, \overline{ba}$ 에 부호가 반대인 축력이 작용하고 트러스면 외에 버팀부재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스면 외에 대한 유효좌굴길이(l)는 식 (4.10-1)에 의해 구할 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} l &= \left(0.75 - 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L & (P_1 \geq P_2) \\ l &= 0.5 L & (P_1 < P_2) \end{aligned} \right\} \quad (4.10-2)$$

다만, P_1 은 압축력의 절대치, P_2 는 인장력의 절대치이다. 또한 이들 식은 부재 $\overline{aa}$ 의 단면이 일정한 경우에 적용할 수 있다.

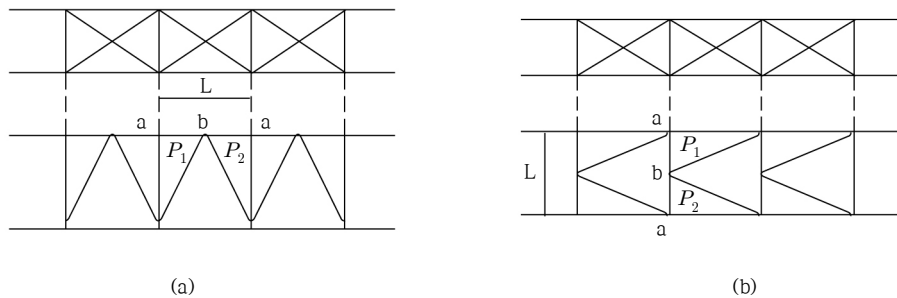


그림 4.10-3 축력이 다른 트러스 부재의 면외 유효좌굴길이

4.10.3 격점

(1) 연결판(gusset plate)

- ① 부재를 연결하는 연결판에 고장력볼트를 사용하는 경우에는 가급적 부재축에 대칭이 되게 배치해야 하며, 또한 부재와 연결판의 접촉면 전체에 걸쳐 배치한다.
- ② 트러스 및 이와 유사한 구조물의 주트러스에 대하여 두 장의 연결판을 사용하는 경우에는 그 각각의 연결판의 두께는 식 (4.10-3)에 의해 산출한 값 이상, 또는 11 mm 이상으로 한다.

$$t = \frac{2.2 \cdot P}{b} \quad (4.10-3)$$

여기서, t : 연결판의 두께(mm)

P : 연결판에 연결된 한 부재의 최대작용력(kN)

b : 연결된 부재가 연결판에 접하는 부재의 폭(mm)

- ③ 연결판과 현재 또는 단주의 복부판을 일체로 하는 구조에서는 연결판의 두께는 복부판보다 얇게 해서는 안 된다.
- (2) 격점에서 현재의 단면변화는 부재력이 작은 쪽에서 판두께를 변화시켜 여유길이를 충분히 확보해야 한다.

4.10.4 다이아프램 및 브레이싱

(1) 다이아프램

- ① 트러스의 격점, 트러스 부재의 중간부에서 수평브레이싱 등을 연결하는 곳과 현장이음부의 양쪽에는 다이아프램을 설치한다. 또한, 현장 이음부의 양쪽의 다이아프램은 밀폐형으로 한다.
- ② 트러스의 받침부, 가로보의 연결점과 같이 집중력이 작용하는 부분의 현재와 연결판에는 다이아프램을 설치하여 힘의 전달이 확실히 이루어질 수 있도록 한다.

(2) 브레이싱

- ① 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱은 주트러스와 함께 교량이 입체적인 기능을 유지할 수 있도록 충분한 강성을 확보해야 하며, 또한 그 배치가 적정해야 한다.
- ② 수평브레이싱이나 수직브레이싱에서 부재를 서로 교차시킬 경우에는 부재의 교점은 연결되어야 한다.
- ③ 수평브레이싱은 주트러스 현재의 응력 일부를 분담할 뿐만 아니라 중간 수직브레이싱의 영향에 의한 부가응력을 받는 경우가 있기 때문에 여유 있는 설계를 한다.
- ④ 하로 트러스교의 스트럿의 높이는 적어도 부착할 현재의 높이와 같게 한다. 또한 비재하현에 설치하는 수평브레이싱 부재를 현재에 연결하는 부분에서 수평브레이싱 높이가 현재 높이보다 낮고 스트럿이 그 부분에 없다면 수평브레이싱 부재의 연결부 부근을 현재 높이와 같게 확대해서 현재의 전 높이에 걸쳐 설치한다.

4.10.5 트러스의 2차응력

- (1) 트러스의 설계에 있어서, 격점의 강결의 영향으로 인한 2차응력이 가능한 한 작게 되도록 설계한다. 주트러스 부재의 부재높이는 부재길이의 1/10보다 작게 하는 것이 바람직하다.
- (2) 격점의 강결에 의한 2차응력이 무시할 수 없는 범위에 있는 경우에는 2차응력을 고려한 부재의 응력검토를 시행해야 한다.

4.10.6 포니트러스(pony truss)

가로보와 수직보강재로 형성되는 U형구조는 4.8.4에 규정하는 강성과 강도를 확보해야 한다. 단 이 경우에는 상부플랜지 대신에 현재의 값을 사용한다.

4.11 아치

4.11.1 일반내용

- (1) 4.11은 강아치교의 설계에 적용한다.
- (2) 아치교의 하중집중점에서는 응력집중현상이나 복잡한 응력의 흐름이 생기므로 제작상의 작업성을 고려하면서 안전성 또한 합리적인 설계를 해야 한다.
- (3) 아치축선의 계획
 - ① 아치축선은 하중에 의한 압력선과 일치시키는 것을 원칙으로 한다.
 - ② 아치축선은 하중에 의한 압력선과 일치시키는 것이 바람직하지만, 활하중 등의 변동하중이 있기 때문에 가능한 전체적인 응력의 균형을 고려하여 결정한다. 일반적으로 아치축선을 정하는 압력선을 구하는 하중은, 고정하중 또는 고정하중에 등분포 활하중의 1/2을 만재한 상태의 하중을 적용한다.
- (4) 구조해석
 - ① 아치리브에 발생하는 단면력은 축선이동의 영향을 받지만 일반적인 경우, 이 영향이 작아서 무시할 수 있으므로 미소변형이론에 기초하여 단면력을 계산한다.
 - ② 단, 활하중에 의해 생기는 골조선의 모양의 변화가 4.11.2의 규정에 의해 검사하여 무시할 수 없는 경우에는 그 영향을 고려해야 한다.
 - ③ 부정정력을 계산함에 있어서는, 아치리브 단면변화의 영향을 고려해야 한다.
- (5) 단면 검토 및 좌굴에 대한 안정 검사
 - ① 아치의 모양과 부재단면의 모양을 선정할 때에는 면내·외의 전체 좌굴이 생기지 않도록 배려함과 동시에 부재는 휨모멘트와 축방향력을 받는 부재로서도 안전하도록 설계한다.
 - ② 아치리브는 열차의 편재하 및 부분재하의 모든 경우에 대해 해석하고 해당되는 단면을 검사한다.

4.11.2 변위의 영향

- (1) 1개 아치구조당의 고정하중 강도가 식 (4.11-1)로 산출되는 w보다 큰 아치교에서는 고정하중과 활하중을 재하함에 따라 생기는 골조선의변위의 영향을 고려하여 주구조를 설계해야 한다. 그러나 보강거더에 축방향력이 생기는 아치교에서는 이것을 무시한다.

$$w = \frac{8\alpha}{\gamma} \cdot \frac{EI}{L^3} \cdot \frac{f}{L} \quad (4.11-1)$$

여기서, E : 종탄성계수(MPa)

I : 아치면 내의 휨에 대한 편축 아치 부재의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴), 보강아치의 경우에는 아치와 보강거더의 합을 취한다.

L : 아치의 지간(mm)

f : 아치의 높이(mm)

α : 표 4.11-1에 표시한 아치의 면내좌굴계수

γ : 표 4.11-1에 표시한 보정계수

표 4.11-1 면내좌굴계수(α) 및 보정계수(γ)

구조형식				α					γ
				0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	
무보강 아치	2힌지 아치			39.5	36.0	32.0	28.0	20.0	9
	고정 아치			81.0	76.0	69.5	63.0	48.0	
보강거더에 측방향력이 생기지 않는 2힌지 보강아치	측경간이 없는 경우			39.5	36.0	32.0	28.0	20.0	12
	측경간이 있는 경우	λ	0.00	81.0	76.0	69.5	63.0	48.0	
			0.25	63.0	58.5	52.5	47.0	34.5	
			0.50	55.5	51.5	46.5	41.5	30.5	
			0.75	51.5	48.0	43.0	38.5	28.5	
			1.00	49.0	45.5	41.0	36.5	27.0	
			2.00	45.0	41.0	36.5	32.0	22.5	

$$\text{여기서, (a) } \lambda = \frac{a}{L} (1 + I_A / I_G) \quad (4.11-2)$$

a : 보강거더의 측경간의 지간(mm)

L : 아치의 지간(mm)

I_A : 면 내의 휨에 대한 편축 아치부재의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴)

I_G : 편축보강거더의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴)

(b) f/L 및 λ 가 표 4.11-1에 표시한 값의 중간 값으로 될 경우에는 α 를 선형적으로 보간하여 산출한다.

(c) 2힌지 보강아치로서 $\lambda > 2$ 인 경우 α 는 2힌지 무보강아치의 값을 사용한다. 다만, γ 는 12를 사용하는 것으로 해야 한다.

4.11.3 아치의 좌굴

(1) 면내 좌굴

① 면내 좌굴에 대한 안정검토

가. 아치교에 작용하는 수평력(H)은 식 (4.11-3)을 만족해야 한다.

$$\nu H \leq H_{cr} \quad (4.11-3)$$

여기서, H : 아치교에 작용하는 교축방향 수평반력(N)

ν : 안전률(S.F.=1.7)

H_{cr} : ②항의 한계수평력(N)

② 한계수평력

가. 2힌지 아치교 이외의 경우에 대해서도 한계수평력(H_{cr})은 식 (4.11-4)와 같이 쓸 수 있다.

$$H_{cr} = \alpha \frac{E \cdot I_y}{L^2} \quad (4.11-4)$$

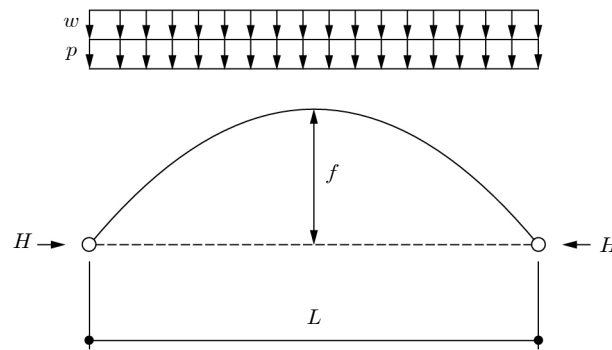
여기서, α : 표 4.11-2의 면외좌굴계수로서 양단편의 2힌지 아치의 경우 식 (4.11-5)와 같다.

$$\alpha = 4\pi^2 \left\{ 1 - 8 \left(\frac{f}{L} \right)^2 \right\} \quad (4.11-5)$$

(2) 면외좌굴

① 적용범위

- 가. 아치의 간격이 지간에 비하여 작은 아치교에서는 면외좌굴에 대한 안전성을 검토해야 한다.
- 나. 지간과 아치의 간격의 비가 20 이하이고, f/L 이 1/6 이하이며 충분한 브레이싱이 설치된 아치교에서는 일반적으로 면외좌굴에 대한 검토가 필요치 않다.
- 다. 아치교의 면외좌굴은 그림 4.11-1에 표시한 재하상태에 대하여 검토하는 것을 원칙으로 한다.



여기서, w, p : 주구조에 작용하는 등분포 고정하중 및 활하중

그림 4.11-1 면외좌굴의 검토에 사용하는 재하 상태

② 면외좌굴에 대한 안정검토

- 가. 아치축선이 연직면 내에 있고 대칭 포물선을 이루며, 부재가 대체적으로 같은 높이의 아치에서 브레이싱이 4.7의 규정에 준하여 설치되어 있을 경우에는 아치의 면외좌굴의 검토는 식 (4.11-6)을 따른다.

$$\frac{H}{A_g} \leq 0.85 f_{ca} \quad (4.11-6)$$

여기서, H : <그림 4.11.1>에 나타난 재하에 의하여 편측 아치부재에 작용하는 축방향력의 수평성분(N)

A_g : 편측 아치부재의 종단면적의 평균치(mm²)

f_{ca} : 편측 아치부재의 $L/4$ 점의 허용축방향 압축응력(MPa)

단, 유효좌굴길이(mm) 및 단면2차반지름(mm)은 ③항을 따른다.

- ③ ②의 검토에 있어서 유효좌굴길이(l) 및 단면2차반지름(r)은 각각 식 (4.11-7)을 따른다.

$$\left. \begin{aligned} l &= \phi \beta L \\ r &= \sqrt{\{I_z + A_g (b/2)^2\} / A_g} \end{aligned} \right\} \quad (4.11-7)$$

여기서, I_z : 편축 아치부재의 연직축 주위에 대한 단면2차모멘트의 평균치(mm^4)

A_g : 편축 아치부재의 총단면적의 평균치(mm^2)

b : 아치축선의 간격(mm)

β : 표 4.11-2에 표시한 값, 여기서 f/L 의 중간값에 대해서는 선형보간해야 한다.

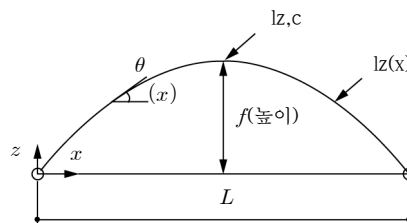
ϕ : 식 (4.11-8)에 규정하는 값

$$\left. \begin{aligned} \text{(i) 하로보강아치} \\ \phi &= 1 - 0.35k \\ \text{(ii) 상로보강아치} \\ \phi &= 1 + 0.45k \\ \text{(iii) 중로보강아치} \\ \phi &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (4.11-8)$$

k : 그림 4.11-1의 재하상태에 있어서 행어 또는 지주가 분담하는 하중을 $(p+w)k$ 로 보고 구해지는 k 의 값. 다만, 상로 보강 아치에서 아치와 보강 거더를 아치 크라운부위에서 강결하지 않았을 때는 $k=1$ 로 한다.

표 4.11-2 면외좌굴에 대한 β 의 값

단면	아치높이의 비 f/L				
	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
$I_z = \text{일정}$	0.50	0.54	0.65	0.82	1.07
$I_z(x) = I_{z_0} / \cos \theta(x)$	0.50	0.52	0.59	0.71	0.86



4.11.4 부재의 설계

(1) 아치리브

- ① 아치리브는 축방향 압축력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재로서 설계함을 원칙으로 한다.
- ② 좌굴의 검토에 사용할 환산 휨모멘트의 산출에 있어서는 부재단면의도심의 골조선에 대한 편심량 및 부재축선이 곡선을 이루는 경우 서로 인접하는 격점을 잇는 직선과 부재축선과의 간격을 고려해야 한다. 이 경우 격점의 휨모멘트보다 격간 중앙점의 휨모멘트가 크다면 큰 것을 환산 휨모멘트로 하여도 무방하다. 또한, 아치 곡선이 연속 곡선인 경우에 서로 인

접하는 격점을 잇는 직선과 아치축선과의 격간 중앙점에 있어서의 간격은 식 (4.11-9)로 구한다.

$$e = \frac{f}{n^2} \quad (4.11-9)$$

여기서, e : 아치축선과 서로 인접한 격점을 잇는 직선과의 간격(mm)
 f : 아치의 높이(mm)
 n : 격점수

③ 4.11.2에 규정된 변위의 영향을 고려할 필요가 없이 아치축선이 각 격점 간에서 직선을 이루며, 부재단면에 편심이 없고 부재높이가 격간의 1/10 이하이면서 아래의 조건을 충족시키는 경우에는 아치부재를 축방향력만을 받는 부재로 설계한다. 또한, 이 경우의 유효좌굴 길이는 격간 길이를 적용한다.

$$\beta \frac{f_{ca}^A}{f_{ta}} \times \frac{h^G}{h^A} > 1 \quad (4.11-10)$$

여기서, h^A : 아치부재의 부재높이의 전길이에 걸친 평균값(mm)
 h^G : 보강거더의 부재높이의 전길이에 걸친 평균값(mm)
 f_{ca}^A : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 의한 아치부재의 허용축방향 압축응력의 평균값(MPa)
 f_{ta} : 보강거더의 하부플랜지의 허용인장응력의 평균값(MPa)
 β : $1.75 (0.04 + 0.004 \frac{l}{r})$ (보강 거더에 축력이 생기는 경우)
 $0.04 + 0.004 \frac{l}{r}$ (보강 거더에 축력이 생기지 않는 경우)
 $\frac{l}{r}$: 아치부재의 세장비

(2) 보강아치교의 보강형은 축방향 인장력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재로 설계한다.

(3) 행어 또는 지주

- ① 행어 또는 지주의 단면력을 산출할 때는 이들 양단에서 아치면 내의 변형에 대해서는 편이라고 가정한다.
- ② 행어 또는 지주를 보강거더 또는 아치리브에 연결시키는 세부구조의 설계에 있어서는, 연결부에 응력집중이나 2차응력의 발생으로 인한 결함이 생기지 않도록 주의해야 한다.
- ③ 행어의 경우, 풍하중에 의한 진동과 사용성, 안정성을 검토해야 한다.
- ④ 행어의 허용응력은 강선 또는 강봉의 인장강도의 33%를 취하는 것을 원칙으로 하나, 하로아치교의 아치부재에 정착구를 핀으로 연결하는 형식의 평행강선 케이블을 사용하는 경우에는 그 시공실적과 정착구조에 대한 상세검토에 근거하여 허용응력을 별도로 정할 수 있다.

(4) 브레이싱

- ① 아치교에는 충분한 강도의 수평 및 수직브레이싱을 설치해야 한다. 이중 수평브레이싱은 풍하중과 같은 횡하중에 저항하는 구조이므로 소요강도를 갖고 있어야 할 뿐 아니라, 두 개의 아치리브를 일체로 만들어 아치교의 면외좌굴에 대한 저항을 높이기 위해 필요한 강도 부재이므로 이에 따른 충분한 강도를 갖도록 설계해야 한다.
- ② 브레이싱을 생략하는 경우에는 아치리브 자체는 물론 전체 구조의 안정성 확보에 충분한 안전율을 확보해야 한다.
- ③ 다이아프램 - 아치리브와 보강형의 행어 연결부, 주요부재의 브레이싱연결부, 받침부, 가로보의 연결부와 같이 집중력이 작용하는 지점부에는 다이아프램을 설치하여 힘의 전달이 확실히 되도록 한다.

4.11.5 극한강도의 검사

- (1) 4.11.2의 규정에 의하여 변위의 영향을 고려할 경우에는, 고정하중의 1.7배 및 충격에 포함된 활하중의 1.7배에 의하여 생기는 응력은 식 (4.11-11)에 표시한 응력 f_u 를 넘어서는 안 된다.

$$f_u = 1.7f_{ta} \quad (\text{인장응력의 경우})$$

$$1.7f_{cal} \quad (\text{압축응력의 경우}) \quad (4.11-11)$$

여기서, f_{ta} : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 표시한 허용축방향 인장응력(MPa)

f_{cal} : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 표시한 국부좌굴에 대한 허용축방향 압축응력(MPa)

- (2) 그러나 4.4의 규정에 따라 부재의 폭-두께비를 완화한 경우는 본 설계기준에 의한 최대폭-두께비 완화에 따른 허용압축응력을 적용한다.

4.12 라멘구조

4.12.1 일반내용

- (1) 4.12는 라멘구조를 사용하는 교량의 상부구조 및 강교각의 설계에 적용한다.
- (2) 구조해석에 이용하는 골조선은 부재중심선으로 하며, 라멘의 계산에 있어서는 각 부재마다 강도를 가정하여 단면력을 산출한다.
- (3) 라멘교각을 설계할 때의 활하중은 상부구조의 반력이 라멘의 고려하는 점에 대해서 가장 불리하게 되도록 상부구조에 재하해야 하며, T형교각의 경우에는 상부구조의 활하중에 의한 최대 반력을 사용한다. 이때 상부구조가 라멘교각상에서 연속구조가 아닌 경우 인접하는 두 개의 상부구조에 작용하는 활하중에 의한 지점반력 가운데 고려하는 점에 큰 영향을 주는 쪽을 사용한다.
- (4) 라멘구조의 설계에서는 활하중에 의한 충격을 고려해야 한다. 또한 라멘구조를 지지하는 기

초구조의 회전이나 상대적 이동이 예상되는 경우 그 영향을 고려해야 한다.

(5) 기호

- f : 전단지연을 고려한 수직응력(MPa)
- f_a : 허용인장응력(MPa)
- v : 작용전단응력(MPa)
- v_a : 허용전단응력(MPa)
- t_f : 거더의 플랜지 두께(mm)
- t_{dw} : 다이아프램의 복부판 두께(mm)
- t_{df} : 다이아프램의 플랜지 두께(mm)
- t_b : 베이스 플레이트의 판두께(mm)
- A_1, A_2 : 거더 및 기둥의 단면적(mm²)
- W_1, W_2 : 거더 및 기둥의 단면계수(mm³)

4.12.2 설계일반

(1) 모서리부의 설계

① 설계휨모멘트

가. 모서리부에 작용하는 휨모멘트는 그림 4.12-1의 A-A 단면에 대해 M_1 , B-B 단면에 대해 M_2 를 사용하여 단면을 결정해야 한다.

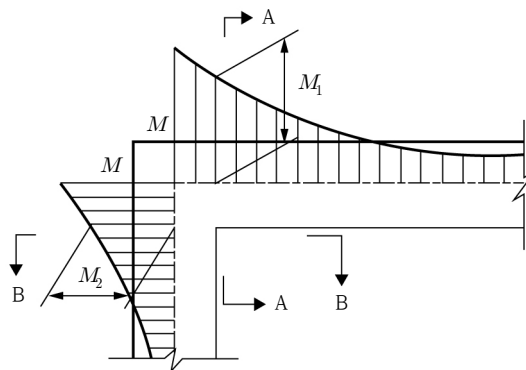


그림 4.12-1 모서리부의 설계휨모멘트

② 모서리부 응력의 검토

가. 플랜지 단면은 전단지연을 고려한 수직응력에 대하여 설계해야 한다. 또한 수직응력은 플랜지와 복부판이 분담하는 것으로 해야 한다. 다만, 원형 단면의 기둥과 박스형 단면의 거더 모서리부는 복부판을 끼워 넣지 않는 것으로 하고 수직응력은 플랜지 단면만으로 부담하도록 설계한다.

나. 거더 또는 기둥 플랜지의 수직응력은 그림 4.12-2의 AD 또는 AB부분에서 전단응력의 부호가 바뀌기 때문에 집중하중을 받는 것과 동일한 조건이 되고 전단지연에 의한 응

력의 증가를 고려하여 결정한다.

다. 플랜지의 최대수직응력은 휨모멘트와 축력에 의한 수직응력과 전단지연에 의한 수직응력을 합한 값이며 다음의 방법에 의해 구한다.

(가) 휨모멘트와 축력에 의한 수직응력

$$\left. \begin{aligned} f_{o1} &= \frac{M_1}{W_1} - \frac{N_1}{A_1}, \quad f_{i1} = -\frac{M_1}{W_1} - \frac{N_1}{A_1} \\ f_{o2} &= \frac{M_2}{W_2} - \frac{N_2}{A_2}, \quad f_{i2} = -\frac{M_2}{W_2} - \frac{N_2}{A_2} \end{aligned} \right\} \quad (4.12-1)$$

(나) 전단지연에 의한 수직응력

$$\left. \begin{aligned} f_{sl} &= \frac{b}{d} \cdot \frac{F}{A_w} \cdot S_I \\ S &= \frac{A_w}{A_f} \\ S_I &= 7.805 \times \frac{S}{(S+3)^2} \sqrt{\frac{10S+30}{10S+3}} \end{aligned} \right\} \quad (4.12-2)$$

(다) 플랜지의 최대수직응력

$$f_{fmax} = f_{bc} + f_{sl} \quad (4.12-3)$$

여기서, M_1, M_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 휨모멘트(N·mm)

N_1, N_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 축방향력(N)

V_1, V_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 전단력(N)

f_{bc} : $f_{o1}, f_{o2}, f_{i1}, f_{i2}$ 의 응력. 즉, 거더와 기둥의 외측 및 내측 플랜지의 휨모멘트 및 축방향력에 의한 응력(MPa)

f_{sl} : AD 및 AB 단면의 전단지연에 의한 플랜지 응력(MPa)

f_{fmax} : 거더 및 기둥의 플랜지 최대응력(MPa)

A_f : 거더 및 기둥의 플랜지 단면적(상·하 동일 플랜지의 전체면적)(mm²)

A_w : 거더 및 기둥의 복부판 단면적(좌·우 복부판의 전체면적)(mm²)

S_I : S 에 대한 값으로 식 (4.12-2) 또는 그림 4.12-3으로 부터 구해야 한다.

b : 복부판 중심간격(mm)

d : 거더 및 기둥의 플랜지 중심간격(mm)

F : 플랜지의 집중력. 그림 4.12-2로 거더의 전단지연응력은 기둥의 것을, 기둥의 전단지연응력은 거더의 것을 사용해야 한다.

$$\left. \begin{aligned} F_{o1} &= \frac{M_1}{d_1} - \frac{N_1}{2}, \quad F_{i1} = \frac{M_1}{d_1} + \frac{N_1}{2} \\ F_{o2} &= \frac{M_2}{d_2} - \frac{N_2}{2}, \quad F_{i2} = \frac{M_2}{d_2} + \frac{N_2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (4.12-4)$$

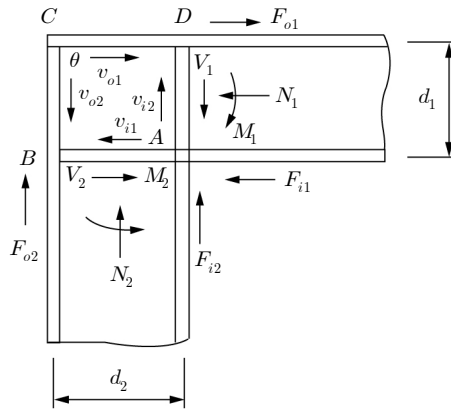


그림 4.12-2 모서리부에 작용하는 외력

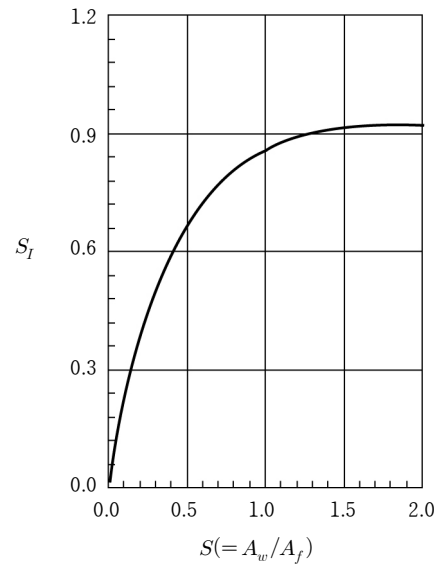
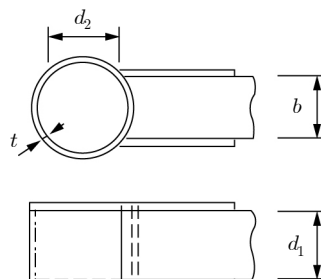
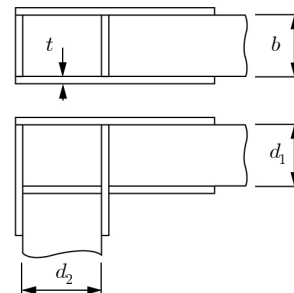


그림 4.12-3 전단지연의 추정도

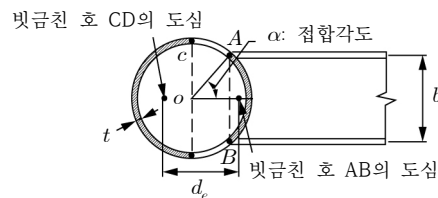
라. 그림 4.12-4(a)과 같은 원형 단면의 기둥과 박스형 단면의 거더로 구성된 모서리부에서 거더 플랜지의 전단지연에 의한 응력은 원형기둥을 그림 4.12-4(c)의 개념을 이용, 그림 4.12-4(b)에 나타난 것과 같은 박스형 단면으로 환산하여 식 (4.12-2)에 의해 계산한다.



(a) 실제 단면



(b) 환산 단면



(c) d_e 의 산정방법
 $(d_e = 2R/\pi + R \sin(\alpha)/\alpha)$

그림 4.12-4 원형 기둥의 모서리부

마. 복부판의 판두께는 전단응력에 의해 결정한다. 다만, L. S. Beedle의 방법으로 전단응력으로 검토시 허용전단응력 v_a 을 $0.45f_{ta}$ 이하로 할 수 있다. 복부판의 최대전단응력을 상세해석에 의해 산출한 경우는 허용전단응력 4.2.1에 규정된 v_a 이하가 되도록 한다. 복부판의 전단응력은 식 (4.12-5)에 따라 구한다.(그림 4.12-2 참조)

$$\begin{aligned}
 v_{o1} &= \frac{F_{o1}}{2d_2t} \\
 v_{i1} &= \frac{F_{i1} - V_2}{2d_2t} = v_{o1} \\
 v_{o2} &= \frac{F_{o2}}{2d_1t} \\
 v_{i2} &= \frac{F_{i2} - V_1}{2d_1t} = v_{o2} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} v_{o1} \\ v_{i1} \\ v_{o2} \\ v_{i2} \end{aligned}} \right\}
 \end{aligned} \tag{4.12-5}$$

여기서, F_{o1}, F_{i1} : 기둥에 작용하는 보의 플랜지로부터의 집중력(N)

F_{o2}, F_{i2} : 보에 작용하는 기둥의 플랜지로부터의 집중력(N)

$v_{o1}, v_{i1}, v_{o2}, v_{i2}$: 모서리부의 전단응력(MPa)

t : 모서리부의 복부판 두께(mm)

바. 플랜지 및 복부판 단면은 식 (4.12-6)에 따라 합성응력을 검토해야한다.

$$\left(\frac{f}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2 \leq 1.0 \tag{4.12-6}$$

여기서, f : 전단지연을 고려한 수직응력(MPa)

v : 플랜지 단면에 대해서는 전단류이론에 의해 구한 전단응력, 복부판에 대해서는 L. S. Beedle의 방법에 의해 구한 전단응력(MPa)

f_a : 4.2.2에 규정된 허용인장응력

v_a : 4.2.2에 규정된 허용전단응력 또는 $0.45f_{ta}$

③ 다이아프램

가. 다이아프램의 최소판두께 t_{dw} 는 박스형보 하부플랜지 판두께 t_f 이상으로 하고, 재질은 거더 플랜지의 재질과 동일한 것으로 할 때, 다이아프램의 두께는 식 (4.12-7)로 구할 수 있다. 원형 단면 기둥 모서리부의 다이아프램 규격은 응력검토 결과에 따라 정하는 것을 원칙으로 하나, 식 (4.12-7)을 적용하거나, 다.항의 조건을 만족할 경우에는 다이아프램의 응력계산을 생략할 수 있다.

$$t_{dw} = t_f \cdot \left[1.8 \cdot \left(\frac{R-r}{R} - 1 \right)^4 + 1 \right] \quad (4.12-7)$$

$$\text{단, } \frac{R-r}{R} \geq 0.25$$

나. 박스형 단면 모서리부의 다이아프램에는 모서리부의 플랜지와 동일두께 이상의 판을 사용해야 한다. 또한 모서리부의 다이아프램에 맨홀을 설치할 경우, 단면의 중앙 부근에 설치하고 단면손실분을 다이아프램의 두께를 증가시키거나 리브를 설치하여 보강하며, 이 리브와 다이아프램의 필릿용접은 응력을 전달할 수 있을 만큼 충분한 크기를 확보해야 한다.

다. 원형 단면 모서리부의 다이아프램 규격에 대한 경험적인 방법으로 다음 조건을 만족할 경우 응력검토를 생략할 수 있다. 이때 재질은 거더 플랜지의 재질과 동일 이상의 것으로 한다.

(가) $R \leq 1,500\text{mm}$

(나) $t_f \leq 25\text{mm}$

(다) $r \leq R/2$ □□

(라) $t_{dw} \geq t_f$ 및 $t_{dw} \geq b_{dw}/17$

(마) $t_{df}b_d \geq 250t_f$

여기서, R : 원형 기둥의 반경(mm)

r : 맨홀의 반경(mm)

t_f : 거더의 플랜지 두께(mm)

t_{dw} : 다이아프램의 복부판 두께(mm)

t_{df} : 다이아프램의 플랜지 두께(mm)

b_d : 다이아프램의 플랜지 폭(mm)

b_{dw} : 다이아프램의 복부판 높이(mm)

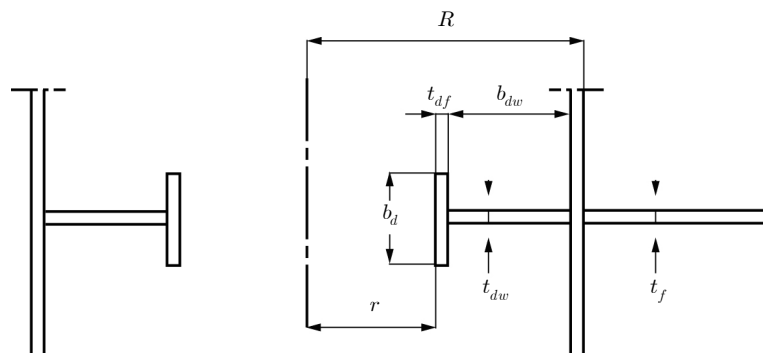


그림 4.12-5 원형 기둥의 다이아프램

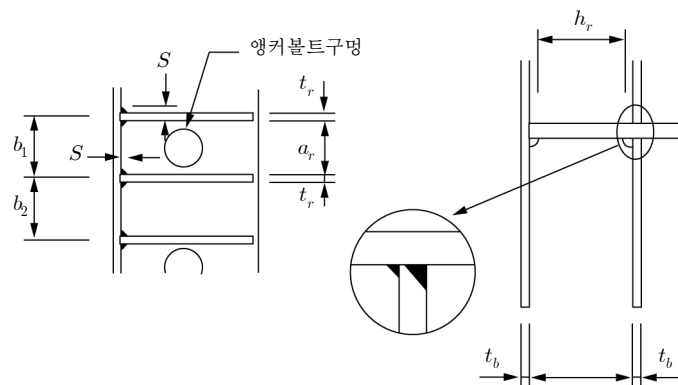


그림 4.12-6 리브의 설치

(2) 기둥 기초부의 설계

① 교각 기둥 기초부의 설계에 있어서 베이스 플레이트 하면의 콘크리트는 압축력에 저항하고, 인장력에 대해서는 앵커볼트 및 앵커프레임으로 저항하도록 설계한다.

② 베이스부의 설계

가. 앵커볼트의 인장응력 및 콘크리트의 압축응력은 합성단면의 중립축 위치를 고려하여 계산하며, 원형단면의 경우는 속빈 원형단면의 콘크리트 부재의 설계계산식을 이용하여 구한다.

나. 기둥 기초부에 작용하는 수평력은 앵커볼트로 저항하는 것으로 하며, 그 전단력은 모든 앵커볼트에 균등하게 분포하는 것으로 한다.

다. 베이스 플레이트의 두께 결정 - 베이스 플레이트의 설계는 특별히 엄밀한 해석을 행하지 않을 경우에는 식 (4.12-8)에 의해 구한다.

$$m = k \beta p a_r^2 \quad (4.12-8)$$

여기서, m : 베이스 플레이트가 받는 휨모멘트($N \cdot mm/mm$)

k : 계수, 앵커볼트 구멍이 있는 구획에 대해 $k=1.7$, 앵커볼트 구멍이 없는 구획 $k=1.0$

p : 베이스 플레이트에 작용하는 최대등분포압축력(MPa)

a_r : 리브의 내측간격(mm)

β : 계수. 표 4.12-1

$$t_b > \sqrt{\frac{6m}{f_{sa}}} \quad (4.12-9)$$

여기서, t_b : 베이스 플레이트의 판두께(mm) $\geq 25mm$

또한, 앞 식에 의해 결정되는 판두께에 대해서는 전단응력에 대한 검토를 해야 한다. 베이스 플레이트에 작용하는 전단력(q)은

$$q = k \alpha p a_r \quad (4.12-10)$$

여기서, α : 계수 표 4.12-2

표 4.12-1 휨에 대한 계수(β)

b/a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.25	1.5이상
β	0.0728	0.0764	0.0793	0.0817	0.0834	0.0847	0.0823

표 4.12-2 전단력에 대한 계수(α)

b/a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.25	1.5이상
α	0.750	0.717	0.685	0.656	0.628	0.570	0.527

라. 상하 베이스 플레이트 사이에는 리브를 설치하며, 리브의 판두께는 앵커볼트로 부터의 압축력, 전단력, 그리고 편심에 의한 휨모멘트를 검토하여 결정한다.

③ 앵커프레임의 설계

가. 앵커프레임은 베이스부로부터 작용하는 힘을 확실하게 기초 콘크리트에 전달할 수 있도록 설계한다.

나. 앵커프레임에는 앵커볼트 위치를 지점으로 한 연속 거더로서의 응력이 작용하고 앵커프레임의 상부 플랜지에는 콘크리트의 지압에 의한 판으로서의 응력이 작용하는 것으로 가정한다.

다. 앵커프레임에 작용하는 볼트축력은 복부판과 다이아프램의 지압에 의해 받는 것으로 해야 한다. 이 때 다이아프램의 간격은 너트의 마주보는 면사이의 거리 중에서 작은 것으로 한다.

라. 플랜지 판두께

(가) 판구조에 대한 계산 - 그림 4.12-7(a)에 있어서 콘크리트의 지압을 검토할 경우, ㉠ 부분은 4변-고정으로 ㉡부분은 3변-고정, 1변-자유인 판으로 보고 응력검토를 한다.

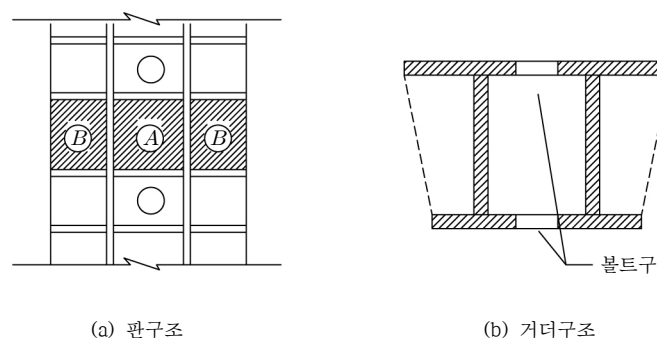


그림 4.12-7 앵커프레임의 구조

(나) 거더구조에 대한 계산 - 콘크리트의 지압에 대해서 볼트위치를 지점으로 고려하여 거더의 휨모멘트를 계산하고, 그에 따른 앵커빔 단면의 휨에 대하여 응력을 검토해야 한다. 이때 그림 4.12-7(b)에서와 같이 볼트구멍을 공제한 사선부분의 단면만을 고려한다.

- (다) 합응력 - 콘크리트의 지압을 받는 플랜지의 판두께는 ㉔와 ㉕에서 계산한 응력의 합으로 검토하여 판두께를 결정한다.
- (라) 전단저항면 - 인장력을 받는 앵커볼트군의 인발력에 대해서는 콘크리트의 전단저항면을 고려해야 한다. 이때 콘크리트의 허용전단응력은 주하중에 대해서 $v_a = 0.5$ MPa로 해야 한다.

4.12.3 구조상세

(1) 부재

① 거더 및 기둥

가. 부재의 판두께 변화는 그림 4.12-8에서 보는 바와 같이 화살표(↗) 방향으로 변화를 주는 것을 표준으로 하며, 거더 및 기둥의 단면변화수는 설계조건과 경제성을 고려하여 적정하게 산정해야 한다. 또한 단면이 변할 때 인접하는 단면의 판두께 차이는 최대 12 mm를 기준으로 하고 모서리부로부터 일반 단면으로 이동하는 곳은 부득이한 경우 최대 20 mm까지 허용한다.

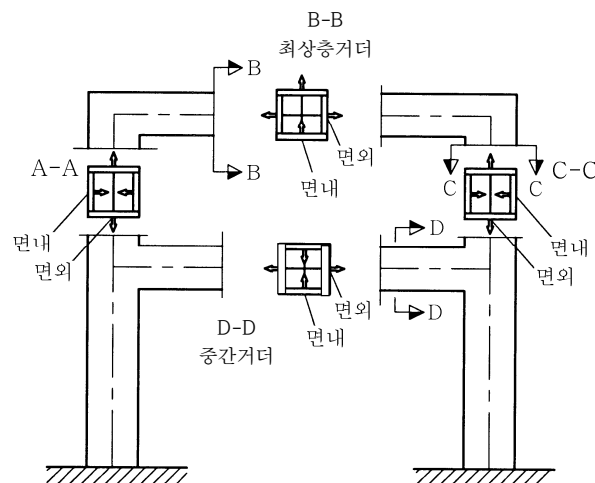


그림 4.12-8 판두께 변화의 방향

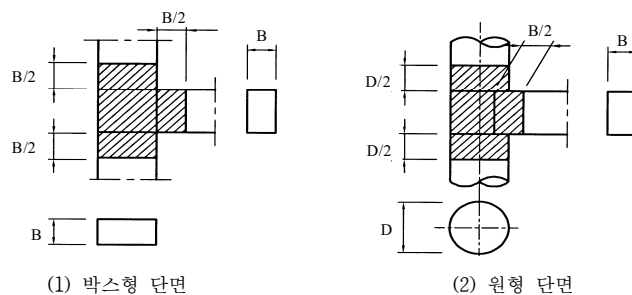


그림 4.12-9 모서리부의 범위

나. 모서리부 단면으로부터 일반부 단면으로 이동하는 위치는 박스형 단면의 경우 모서리부로부터 거더의 복부판 간격의 1/2 이상, 원형 단면의 경우 외경의 1/2 이상 떨어진 지점으로 한다.(그림 4.12-9 참조)

다. 기둥부재로 원형 단면을 사용하는 경우 기둥의 외경은 1 m 이상으로 한다.

② 베이스부

가. 베이스 플레이트의 두께는 25 mm 이상이어야 한다.

나. 와서의 두께는 22 mm를 표준으로 한다.

다. 앵커볼트의 지름은 50 mm 이상이어야 한다.

라. 와서의 지름은 앵커볼트 지름의 2배 정도로 한다.

마. 기둥의 외측 연단과 앵커볼트 중심까지의 거리는 200 mm 이상이어야 한다.

③ 앵커프레임 - 앵커프레임과 베이스부 사이에는 설치 시 높이조정이 가능하도록 최소로 필요한 범위 내로 적절한 높이조절용 장치를 설치하는 것을 고려한다.

④ 다이아프램

가. 상부구조 교량받침부에는 상부반력을 전달하기에 충분한 강성을 갖는 다이아프램을 설치한다.

나. 교량받침부 이외의 일반부에 있어서는 5 m 이내의 간격으로 중간다이아프램을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 원형 단면 기둥의 경우 외경의 3배 이내로 설치해야 한다.

다. 원형 단면 모서리부의 다이아프램은 그림 4.12-5와 같이 하는 것을 표준으로 한다.

⑤ 종리브

가. 박스형 단면의 플랜지 또는 복부판에는 좌굴방지를 위한 종리브를 설치한다.

나. 기둥단면에 사용하는 종리브의 재질은 플랜지 또는 복부판과 동일한 것으로 한다.

다. 박스형 단면의 폭 또는 높이가 1.5 m 이하인 경우 종리브는 단면 산정 시 고려하지 않는다. 또한 이 경우 종리브는 연결하지 않는다. 다만, 이음부에 있어서는 판의 국부좌굴에 대해 특별히 주의를 해야 한다.

(2) 맨홀

① 맨홀은 내부에 우수가 침투되지 않는 구조로 하고 강도 및 외관상 큰 지장이 없는 곳에 설치한다.

② 맨홀의 위치는 기둥의 경우 지상으로부터 2 m 이상인 위치에, 거더의 경우는 거더의 선단 혹은 상부 플랜지의 단면이 여유가 있는 위치에 설치한다.

맨홀의 최소치수는 400 mm×600 mm로 한다.

(3) 교량받침

① 강재교각상에 설치하는 교량받침은 용접에 의해 연결하는 것을 표준으로 한다.

② 교량받침의 용접은 거더의 상부 플랜지와 교량 받침사이의 높이에 따라 다음과 같이 적용해야 한다. 여기서 H 는 네모서리 중에 제일 낮은 높이로 취한다.

가. $H < 130$ mm인 경우 판 받침 사용

나. $H \geq 130$ mm인 경우 박스형 받침 사용

다만, 용접목두께가 12 mm를 초과하는 등 부득이한 경우에는 볼트로 연결해야 한다.

- ③ ㉠, ㉡, ㉢의 판에 설치하는 세트볼트 구멍은 트랙형으로 하여 교축방향 및 교축직각방향의 가설오차를 흡수할 수 있는 구조로 해야 한다. 또한 ㉠의 판에 설치하는 세트볼트구멍에는 세트볼트 설치 후 방수제를 충전하는 것으로 한다. t_1 및 t_2 는 최소 22 mm 이상으로 한다. 용접은 박스거더 받침의 조립용접 및 박스거더 받침의 보 플랜지로의 연결용접을 제외하곤 공장 또는 현장 중 어느 곳에서 시공한다.

- ④ 상향력이 작용하는 교량받침부의 용접은 안전성이 확보되도록 충분히 검토해야 한다.

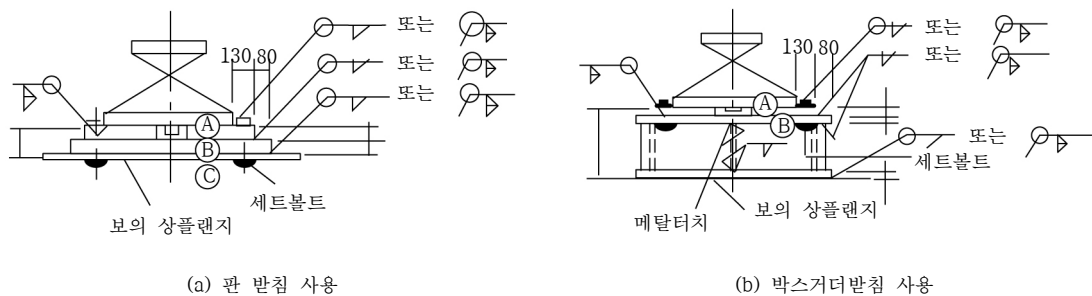


그림 4.12-10 교량받침의 연결방법

4.12.4 라멘의 전체좌굴

- (1) 라멘기둥의 유효좌굴길이(l)는 특별히 엄밀한 계산을 하지 않을 때는 표 4.2-4를 따른다.
- (2) 축방향 압축력과 휨모멘트가 함께 작용하는 라멘부재의 좌굴에 대한 검토는 4.3.3의 규정을 따른다. 이 경우 허용압축응력(f_{ca})은 표 4.2-4에 표시한 유효좌굴길이(l)를 사용하여 4.2.2의 규정에 따라 구한다. 그러나 특수한 구조형식의 라멘이나 단면이 현저하게 변화하는 경우에 대해서는 별도로 엄밀한 검토를 해야 한다.

4.12.5 방식

흙 속 또는 수중에 있는 라멘구조의 기둥 부분은 피복콘크리트, 방식판, 방식도장 등으로 보호해야 한다. 또한 폐합단면인 경우에는 내부에 물이 고이지 않도록 물빠기 등의 구조상세에 주의해야 한다.

4.13 인성요구조건

4.13.1 일반내용

4.13은 강교 및 강합성교에 적용되는 강재에 적용한다.

4.13.2 인성요구조건

- (1) 국내의 지역별 온도구역은 표 4.13-1에 따르며, 인장 또는 교번응력을 받는 주부재의 사용 강재는 표 4.13-2에 따라서 샤르피 흡수에너지로 나타내는 저온인성 규격을 만족해야 한다.
- (2) 인장 또는 교번응력을 받는 주부재의 최대 허용 관두께는 교량이 건설되는 지역의 온도구역에 따라 표 4.13-2에 규정한 값으로 한다.
- (3) 인장 또는 교번응력을 받는 주부재는 도면과 공사시방서 등에 명시해야 한다.

표 4.13-1 국내 지역별 최저 공용온도에 따른 온도구역 구분

구분	최저 공용온도 ²⁾ (T)	대상지역 ¹⁾
온도구역 I	$-15^{\circ}\text{C} \leq T$	부산, 울산, 광주 전체 지역 전라남도 전체 지역 경상남도 전체 지역 경상북도 해안 지역 제주도 전체 지역
온도구역 II	$-25^{\circ}\text{C} \leq T < -15^{\circ}\text{C}$	서울, 인천, 대구, 대전 전체 지역 경기도 동부를 제외한 지역 충청남도 전체 지역 전라북도 전체 지역 경상북도 내륙 지역 강원도 해안 지역
온도구역 III	$-35^{\circ}\text{C} \leq T < -25^{\circ}\text{C}$	경기도 동부지역(동두천, 이천, 양평 등) 강원도 내륙 지역 충청북도 전체 지역

주 1) 교량이 건설되는 지역의 온도구역 구분이 명확하지 않은 경우에는, 대상 지역의 기상청 관측자료를 기준으로 최근 30년 내 최저온도에 따라 온도구역을 구분한다.

2) 최저 공용온도(T)는 교량이 건설되는 지역의 최근 30년 내 최저기온(100년 재현주기 최저기온과 유사)을 말한다.

표 4.13-2 인장 또는 교번응력을 받는 주부재의 강종별 인성규격과 온도구역별 최대 허용 판두께

온도구역 및 강종				온도구역 I (-15℃) ¹⁾	온도구역 II (-25℃) ¹⁾	온도구역 III (-35℃) ¹⁾
구분	기호	충격시험 ³⁾		최대 허용 판두께 ²⁾ (mm)		
		시험 온도	샤르피 흡수에너지			
용접 구조용 압연 강재	SM275B	0℃	27J 이상	40	40	40
	SM275C	-20℃	27J 이상	100	100	90
	SM275D	-40℃	27J 이상	100	100	100
	SM355B	0℃	27J 이상	40	40	40
	SM355C	-20℃	27J 이상	100	80	70
	SM355D	-40℃	27J 이상	100	100	100
	SM420B	0℃	27J 이상	40	40	40
	SM420C	-20℃	27J 이상	80	65	55
	SM420D	-40℃	27J 이상	100	100	80
	SM460B	0℃	47J 이상	65	55	45
	SM460C	-20℃	27J 이상	75	60	50
용접 구조용 내후성 열간 압연 강재	SMA275B	0℃	27J 이상	40	40	40
	SMA275C	-20℃	27J 이상	100	100	90
	SMA355B	0℃	27J 이상	40	40	40
	SMA355C	-20℃	27J 이상	100	80	70
	SMA460	0℃	47J 이상	65	55	45
교량 구조용 압연 강재	HSB380	-5℃	47J 이상	85	70	60
	HSB380L	-20℃	47J 이상	100	95	80
	HSB380W	-5℃	47J 이상	85	70	60
	HSB460	-5℃	47J 이상	70	60	50
	HSB460L	-20℃	47J 이상	95	80	65
	HSB460W	-5℃	47J 이상	70	60	50
	HSB690	-20℃	47J 이상	55	45	40
	HSB690L	-40℃	47J 이상	80	70	60
	HSB690W	-20℃	47J 이상	55	45	40

주1) 선형보간법에 따라 최대 허용판두께를 산정할 때 사용되는 각 구역별 기준 공용온도.

주2) 교량이 건설되는 지역의 최근 30년 내 최저기온(T)를 알고 있는 경우, 주 1의 기준 공용온도에 따른 선형보간법을 적용하여 최대 허용판두께를 산정해도 좋다. 예를 들어 SM355C의 경우, 어느 지역의 최저기온(T)이 -20℃라면 구역 I의 -15℃와 구역 II의 -25℃를 기준으로 하여 최대 허용판두께는 90mm로 된다. 단, 최저기온의 범위가 -35℃ ≤ T ≤ -15℃ 일 때만 선형 보간을 적용할 수 있다.

주3) KS B 0810 “금속 재료 충격 시험 방법”에 따라 측정하며 강재의 인성을 충격에 대한 에너지흡수능력으로 표현하는 값임.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	총괄	길홍배	한국도로공사	수석연구원
	기타시설	김영진	한국건설기술연구원	선임연구원
	내진설계	김태훈	삼성물산	부장
	총괄	김호경	서울대학교	교수
	하중	박원석	목포대학교	교수
	하부구조	박재현	한국건설기술연구원	연구원
	총괄	백인열	가천대학교	교수
	총괄	손윤기	엔비코컨설팅트	전무
	강교	신동구	명지대학교	교수
	총괄	이지훈	서영엔지니어링	전무
	총괄	조경식	디엠엔지니어링	부사장
	콘크리트교	조재열	서울대학교	교수
	총괄	하동호	건국대학교	교수
	하중	황의승	경희대학교	교수

자문위원	분야	성명	소속
	총괄	고현무	서울대학교
	하중	권순덕	전남대학교
	콘크리트교	김병석	한국건설기술연구원
	하중	김우중	디엠엔지니어링
	총괄	박찬민	코비코리아
	총괄	서석구	서영엔지니어링
	총괄	이상호	연세대학교
	내진설계	이재훈	영남대학교
	하중	이해성	서울대학교
	강교	최동호	한양대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	교량	김성일	한국철도기술연구원
	교량	김지상	서경대학교
	교량	홍현석	평화엔지니어링
	교량	최석환	국민대학교
	교량	배두병	국민대학교
	교량	정상삼	연세대학교

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이상민	비엔티엔지니어링(주)
	이희엽	한국철도기술연구원
	이상희	(주)이디시엠
	박성윤	대림산업
	노성열	동부엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단
	김태진	창민우구조건설턴트

국토교통부	성명	소속	직책
	김인	국토교통부 간선도로과	과장
	고용석	국토교통부 철도건설과	과장
	최규용	국토교통부 간선도로과	사무관
	임승규	국토교통부 철도건설과	사무관

설계기준

KDS 24 14 30 : 2019

강교 설계기준(허용응력설계법)

2019년 5월 7일 발행

국토교통부

관련단체 한국철도시설공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 한국철도시설공단
☎ 1588-7270
<http://www.kr.or.kr>

(작성기관) 한국교량및구조공학회
08826 서울시 관악구 관악로1 서울대학교 316동 410호 한국교량및구조공학회
☎ 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

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