

KR C-09080

Rev.1, ?. January 2014

플레이트거더교

2014. 1. ?



한국철도시설공단

경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 충칭한 것입니다.

목 차

1. 용어의 정의	1
2. 일반사항	2
2.1 하이브리드 단면의 적용	2
2.2 비틀림모멘트를 고려하는 범위	3
2.3 2축응력 상태의 검토	3
3. 플랜지	3
3.1 플랜지	3
4. 하중집중점의 보강재	7
4.1 하중집중점의 보강재	7
4.2 유효지압면적	7
4.3 설계상세	8
5. 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지의 고정	8
6. 강바닥판으로서의 응력과 상부플랜지로서의 응력의 합성	9
해설 1. 플레이트거더교	10
1. 설계일반사항	10
1.1 설계일반	10
1.2 일반제원의 계획	13
1.3 주거더의 설계	16
1.4 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지 고정	26
1.5 중간수직브레이싱 및 다이아프램	26
1.6 지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램	28
1.7 수평브레이싱	30
1.8 제동 트러스	32
1.9 받침부의 설계	32
해설 2. 플레이트거더교 설계흐름도 구성	33
1. 주설계단계	33
2. [단계 1] 설계조건 및 표준단면 결정	34
3. [단계 2] 바닥판 설계	35
4. [단계 3] 주거더 설계	35
5. [단계 4] 가로보 설계	36



6. [단계 5] 스트링거 설계	36
7. [단계 6] 보강재 설계	36
8. [단계 7] 이음 설계	37
9. [단계 8] 브레이싱 설계	37
10. [단계 9] 전단연결재 설계	38
11. [단계 10] 피로 검토	38
12. [단계 11] 처짐검토 및 솟음	39
13. [단계 12] 동적검토	39
14. [단계 13] 신축량 산정	40
해설 3. 플레이트거더교 설계단계별 고려사항	41
1. 주설계단계	41
2. [단계 1] 설계조건 및 표준단면 결정	41
3. [단계 2] 바닥판의 설계	42
4. [단계 3] 주거더 설계	43
5. [단계 4] 가로보 설계	44
6. [단계 5] 스트링거 설계	44
7. [단계 6] 보강재 설계	45
8. [단계 7] 이음 설계	46
9. [단계 8] 브레이싱 설계	47
10. [단계 9] 전단연결재 설계	47
11. [단계 10] 피로 검토	47
12. [단계 11] 처짐 검토 및 솟음	48
13. [단계 12] 동적검토	48
14. [단계 13] 신축이음부 설계	49
RECORD HISTORY	50

1. 용어의 정의

- (1) 강축 : 부재의 단면상에서 힘에 대하여 강한 축
- (2) 고정하중 합성 : 현장타설 바닥판의 중량을 합성 작용의 상태에서 받도록 하는 방법
- (3) 교량거더 간격 : 주거더 중심 사이의 거리
- (4) 그루브용접 : 용접되는 모재사이에 용착금속을 채워 넣는 용접
- (5) 니브레이스 : 수평재와 수직재가 만드는 우각부를 보강하기 위해 설치하는 사재. 귀잡이라고도 함
- (6) 다이아프램 : 박스거더 단면 등의 폐단면 부재 형상을 유지하기 위하여 내부에 부재 축에 직각으로 배치하는 판. 힘을 받는 박스거더 부재의 좌굴현상을 방지하고, 비틀림에 대하여 단면형상을 유지하기 위하여 설치됨
- (7) 맞대기 이음 : 둘 이상의 모재의 단과 단을 거의 동일한 평면 내에서 맞붙여서 접합하는 이음
- (8) 모재 : 절단, 용접 등에 의해 가공되는 구조의 본체가 되는 재료
- (9) 목두께 : 필렛용접의 유효단면두께
- (10) 바닥판의 유효폭 : 합성단면으로서 계산할 수 있는 바닥판의 폭
- (11) 볼트의 선간거리 : 볼트 인접선간의 거리 또는 L형 등 형강의 배면으로부터 첫 번째 볼트 중심선까지의 거리
- (12) 볼트의 순간격 : 인접한 볼트구멍 가장자리 간의 거리
- (13) 볼트의 순연단거리 : 부재 끝에서 볼트구멍 가장자리까지의 거리
- (14) 볼트의 연단거리 : 볼트의 중심으로부터 부재의 연단까지의 거리
- (15) 볼트의 피치 : 힘의 작용선 방향으로 켜 볼트구멍 중심 간의 거리
- (16) 붕괴유발부재 : 해당부재의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하거나 교량의 설계기능을 발휘할 수 없도록 하는 인장부재, 인장압축 교번부재 또는 강교의 인장요소
- (17) 비드 : 1회의 패스에 의해 만들어진 용접금속
- (18) 상세범주 : 피로 분석 시 허용피로응력 범위 결정의 기준이 되는 연결부의 등급
- (19) 세장비 : 부재의 좌굴길이를 부재의 단면이차반경으로 나눈 값
- (20) 스켈럽 : 용접선의 교차를 피하기 위하여 한쪽의 부재에 설치한 홈
- (21) 스테드 : 강재 주거더와 콘크리트 슬래브와의 전단연결재로서 머리부와 줄기로 이루어짐
- (22) 스테드용접 : 볼트, 환봉 등의 선단과 모재사이에 아크를 발생시켜 용융풀에 눌러 붙이는 용접
- (23) 약축 : 부재의 단면상에서 힘에 대하여 약한 축.
- (24) 연속구조 : 인접한 최소 두 경간에서 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스구조.



- (25) 용접부 : 용착금속 및 열영향부를 포함한 부분의 총칭
- (26) 전단연결재 : 바닥판과 강거더가 합성 작용하도록 강거더에 붙인 것
- (27) 전단지연 : 큰 폭의 플랜지를 갖는 부재가 힘을 받을 때, 플랜지의 수직응력이 일정하게 분포되지 않고 복부판의 접합부에서 크게 되는 현상
- (28) 캔틸레버구조 : 한 경간 내에서만 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스로서 최소 한 지점을 통과하여 인접경간으로 내밀고 있어서 모멘트가 인접경간으로 자유롭게 전달되지 못하는 구조
- (29) 트러스 : 여러 개의 직선부재로 구성된 골조구조로서, 구조역학적 부재끼리 결합하는 점(격점)은 부재 양끝이 자유롭게 회전하도록 결합되어 있는 구조
- (30) 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
- (31) 필렛용접 : 겹친 이음, T 이음, +자이음, 각이음 등에 있어서 교차하는 두 모재의 우각부를 용접하는 삼각형상의 단면을 갖는 용접
- (32) 합성거더 : 철근 콘크리트 바닥판과 강거더가 일체로 되어 작용하도록 이들을 적절한 전단연결재에 의하여 합성한 구조를 가진 거더
- (33) 활하중 합성 : 강거더의 자중 및 바닥판의 중량은 강거더가 받고 활하중 및 일부의 고정하중을 합성작용의 상태에서 받도록 하는 방법

2. 일반사항

이 지침은 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.

2.1 하이브리드 단면의 적용

- (1) 플랜지의 항복강도가 복부판의 항복강도보다 높은 하이브리드 단면의 경우 복부판의 최대휨응력이 허용응력을 초과하는 것은 허용되지만, 복부판의 최대휨응력이 항복강도에 이르지 않도록 한다.
- (2) 사용하중하에서 복부판의 최대휨응력이 항복강도에 도달하지 않도록 하기 위해서는 <표 1>에 제시된 강종 조합을 사용해야 한다.
- (3) 하이브리드 단면의 경우 「KR C-09040 3.4항」의 <표 6>을 준수해야 하며, 「KR C-09040 2.5.1항」에 주어진 <식 (11)>을 별도로 검토하지 않는다.

표 1. 하이브리드 플레이트거더 단면의 강종조합

플랜지 강종	복부판에 적용 가능한 강종
HSB600, SM570, SMA570, SM570TMC	HSB500, SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC, SM490, SM490C-TMC,
HSB500, SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC	SM490, SM490C-TMC, SS400, SM400, SMA400
SM490, SM490C-TMC	SS400, SM400, SMA400

2.2 비틀림모멘트를 고려하는 범위

- (1) 설계에서 비틀림모멘트를 고려해야 할 경우에는 순수비틀림(St. Venant torsion)에 의한 전단응력과 뒤틀비틀림(warping torsion)에 의한 전단응력과 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.

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

여기서, l : 지점간의 부재길이(mm)

G : 전단탄성계수(MPa)

K : 순수비틀림상수(mm^4)

E : 탄성계수(MPa)

I_w : 뒤틀비틀림상수(mm^6)

2.3 2축응력 상태의 검토

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

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

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

v : 검토하는 곳에 작용하는 전단응력(MPa)

f_a, v_a : 「KR C-09030 4.1항」에 따른 허용인장응력과 허용전단응력(MPa)

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

3. 플랜지

3.1 플랜지

3.1.1 플랜지의 최소판두께

- (1) 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비 제한은 KR C-09040의 3.2.1항



에 따라야 한다.

- (2) 침목을 직접 지지하는 플랜지 강판의 자유돌출폭은 판두께의 10배 이하로 해야 한다. 다만, 그 최소폭은 200mm, 최소판두께는 <표 2>에 의해야 한다. 또 침목받침을 사용하는 박스거더의 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 2. 강종에 따른 플랜지의 최소판두께

강재의 종류	최소판두께(mm)
SS400, SM400, SMA400	16
SM490, SM490Y, SM520, SMA490, SM490-TMC, SM520-TMC, HSB500	13
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	12

3.1.2 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 필렛 용접간 거리는 얇은 쪽 판 두께의 12배 이하(단, 150mm이하)로 한다. 인장플랜지에 있어서는 30배 이하로 한다.
- (3) 덮개판의 길이는 거더높이의 2배에 1.0m를 더한 값보다 커야 한다. 덮개판의 양단에는 이론값보다 각각 300mm 이상, 또는 덮개판 폭의 1.5배 이상인 여유길이가 있어야 한다. 인장측에 사용되는 덮개판의 양단은, 덮개판을 제외하고 계산한 플랜지의 연단응력(extreme fiber stress)이 허용응력의 90%가 되는 곳까지 연장해야 한다.
- (4) 덮개판의 단부에 사용하는 필렛용접은 부등치수의 연속 필렛용접으로 하고 응력의 흐름이 원활하도록 마무리해야 한다.

3.1.3 플랜지의 유효폭

- (1) 플랜지의 한쪽 편 유효폭 b_e 는 <식 (3)>에 의해 계산한다.

① 단순보

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

여기서, λ_1 : 주거더 사이의 한쪽 편 유효폭

λ_2 : 내민부의 한쪽 편 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식으로 계산해야 한다.

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

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

여기서, l = 지간

b = 주거더사이에서는 주거더사이 거리의 1/2, 내민부에서는 플랜지 돌출폭

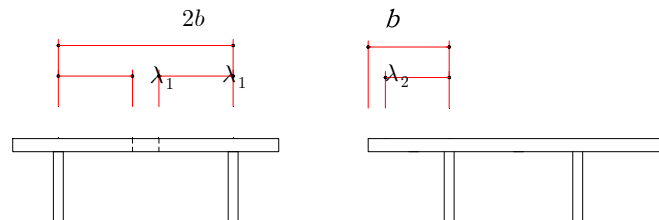


그림 1. 플랜지의 유효폭

② 연속거더

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2$$

가. 지간 중앙부

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

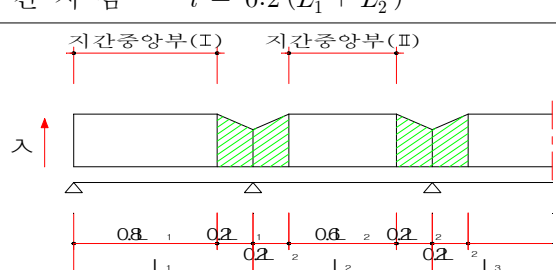
$b/l > 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\}b$

나. 중간 지점부

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

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

표 3. 등가 지간장과 적용식

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

다. 중간지점과 지간 중앙부의 사이

<표 3>에서 그림의 사선 부분처럼 직선적으로 변화하는 것으로 한다.



3.1.4 플랜지판과 복부판을 연결하는 용접

- (1) 플랜지판과 복부판의 연결부는 복부판 양측에서 필렛용접으로 접합하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 플랜지판과 복부판을 접합하는 필렛용접 목두께의 합이 복부판 두께 이상인 경우에는 필렛용접부의 전단응력에 대한 검산을 생략할 수 있으며, 복부판 두께 미만인 경우에는 <식 (4)>에 의해 검산해야 한다. 또한 휨응력과 합성응력에 대한 검산은 「KR C-09040 2.5 (1)항」에 따른다.

$$v_h = \frac{SQ}{I(\sum a)} \quad (4)$$

여기서, v_h : 필렛용접의 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 「(1)항」의 용접은 K형 용접으로 하는 것을 원칙으로 한다.

3.1.5 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.

3.1.6 바닥판 앵커

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

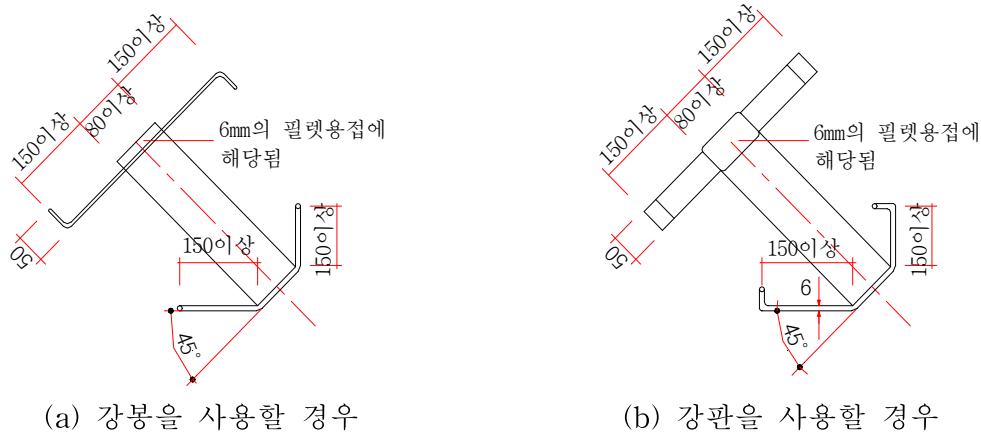


그림 2. 바닥판 앵커(단위: mm)

4. 하중집중점의 보강재

4.1 하중집중점의 보강재

- (1) 플레이트거더의 지점 및 가로보, 세로보, 수직브레이싱 등의 연결부와 같은 하중집중점에는 반드시 보강재를 설치해야 한다.
- (2) 하중집중점의 수직보강재는 기둥으로 보고 허용축방향압축응력에 따라 설계해야 한다. 이때 보강재 전단면과 복부판 가운데 보강재 부착부에서 양쪽으로 각각 복부판 두께의 12배까지를 유효단면이라고 생각할 수 있다(<그림 3> 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.

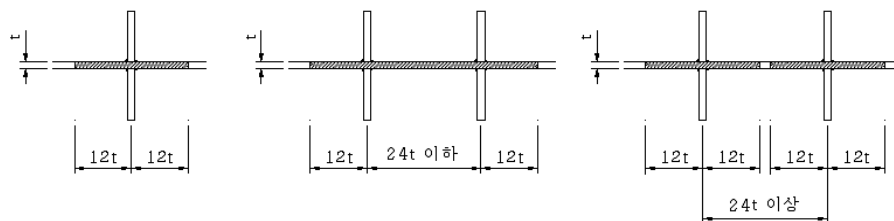


그림 3. 하중집중점 보강재의 유효단면적

4.2 유효지압면적

- (1) 하중집중점의 보강재 받침에 접하는 부분의 유효지압면적은 각각 다음과 같이 계산한다.
 - ① 선받침의 경우는 <그림 4>와 같이 단보강재의 하부플랜지에 접하는 부분의 외연간의 폭 b 와 그 두께(t_s)의 면적으로 한다.



② 강성이 큰 솔플레이트를 사용하는 경우

(보강재의 하부플랜지에 접하는 단면적) $+(24t_w$ 혹은 상부받침의 폭 중 작은 값) $\times t_w$

여기서, t_w : 복부판의 두께

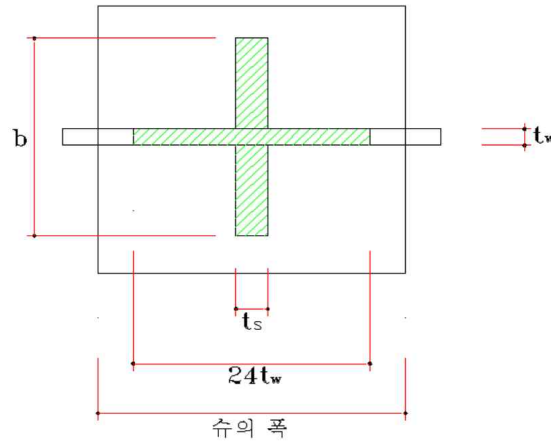


그림 4. 유효지압면적

4.3 설계상세

- (1) 보강재와 복부판과의 연결은 보강재가 집중하중 전부를 받은 것으로 보고 설계해야 한다.
- (2) 보강재의 판두께는 「KR C-09040 3항」의 규정을 만족해야 한다.
- (3) 지점상의 보강재는 양쪽에 대칭으로, 플랜지까지 연장시킨다.

5. 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 수직보강재로서 형성되는 U자형구조는 그 상단에 가해지는 수평항력에 대해서 <식 (5)>에 의해 그 강성을 검토해야 한다.

$$k \geq \frac{8 \cdot A f_{ca}}{l} \quad (5)$$

여기서, k : U자형구조의 강성(N/mm), 즉 <그림 5>에서

$\delta = 1$ 인 경우의 수평력($k = K/\delta$)

A : 상부플랜지의 단면적(mm^2), (「②항」의 경우도 같다)

f_{ca} : 주거더의 허용휨압축응력(MPa)

l : 주거더 플랜지의 가정한 좌굴길이(mm)

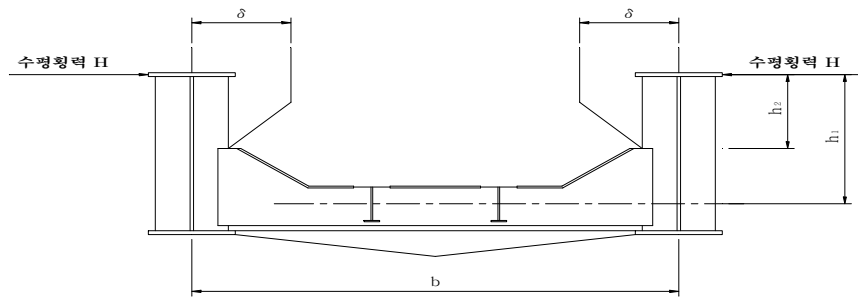


그림 5. 하로플레이트거더교

- ② 「①항」의 구조는 그 상단에 <식 (6)>의 크기로 수평횡력을 주었을 경우 충분한 강도가 있어야 한다.

$$H = A \cdot f_c / 100 \quad (6)$$

여기서, H : 강도를 검토하기 위한 수평력(N)

f_c : 상부플랜지에 작용하는 연단휨압축응력(MPa)

6. 강바닥판으로서의 응력과 상부플랜지로서의 응력의 합성

- (1) 강바닥판을 적용한 플레이트거더에서 강바닥판을 주거더구조의 일부로 설계하는 경우 주거더작용으로서의 응력에 「KR C-09050 4항」에서 규정하는 응력을 더해야 한다. 이 경우 합성응력에 대한 허용응력은 「KR C-09030 4.1항」에서 규정하는 기본허용응력으로 한다.



해설 1. 플레이트거더교

1. 설계일반사항

1.1 설계일반

- (1) 이 해설은 I형 단면, π 형 단면 및 박스형 단면의 주거더를 주구조로 하는 상부구조를 가진 교량(이하[플레이트거더교]라 한다.)의 설계에 적용하여야 한다. 여기에서는 주로 I형 단면으로 구성되는 플레이트거더교를 그 대상으로 하며, 포괄적인 부분에 있어서는 박스거더 등에도 준용할 수 있다.
- (2) 하이브리드 단면의 적용
 - ① 플랜지의 항복강도가 복부판의 항복강도보다 높은 하이브리드 단면의 경우 복부판의 최대 휨응력이 허용응력을 초과하는 것은 허용되지만, 복부판의 최대 휨응력이 항복강도에 이르지 않도록 한다.
 - ② 사용하중하에서 복부판의 최대 휨응력이 항복강도에 도달하지 않도록 하기 위해서는 <표 4>에 제시된 강종 조합을 사용해야 한다.
 - ③ 하이브리드 단면의 경우 KR C-09040의 3.4항 <표 6>의 복부판의 최대폭-두께비를 준수해야 하며, KR C-09040의 2.5항에 주어진 <식 (12)>을 별도로 검토하지 않아도 좋다.

표 4. 하이브리드 플레이트거더 단면의 강종조합

플랜지 강종	복부판에 적용 가능한 강종
HSB600, SM570, SMA570, SM570TMC	HSB500, SM490Y, SM520, SM520C-TMC, SMA490, SM490, SM490C-TMC,
HSB500, SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC	SM490, SM490C-TMC, SS400, SM400, SMA400
SM490, SM490C-TMC	SS400, SM400, SMA400

(3) 플레이트거더의 형식

① 플레이트거더교와 박스거더교의 장단점

가. 플레이트거더교

- (가) 중량이 가볍고 제작이 용이하며, 경제적이다.
- (나) 응력의 상태가 간단하다.
- (다) 현장이음 등의 시공이 용이하다.
- (라) 가설 중 횡전도를 일으키기 쉽다.

- (마) 비틀림에 대한 저항성이 약하다.
- (바) 단일 부재로는 강성이 작기 때문에 부재 길이가 길면 수송 중 및 가설 중 주의를 요한다.

나. 박스거더교

- (가) 완성상태의 안정감과 미관이 좋다.
- (나) 대형블럭의 가설 유니트화가 가능하다.
- (다) 거더 높이를 낮게 할 수 있어 장대지간의 경우에도 거더 하부공간의 확보가 가능하다.
- (라) 비틀림 강성이 크고, 편심하중에 대한 하중분배성이 좋으므로 특히 곡선교에 유리하다.
- (마) 지간이 짧은 경우 플레이트거더에 비해 강재 중량이 많이 나가므로 제작비가 비싸진다.
- (바) 단면변화의 자유도가 적다.
- (사) 플레이트거더에 비해 응력상태가 복잡하다.
- (아) 구속응력이나 잔류변형이 생기기 쉽고 제작시 주의를 요한다.

② 형식 결정시 유의사항

- 가. 평면선형 : 비틀림 강성이 작으므로 가급적 직선구간에 설치한다.
- 나. 종단선형 : 종단선형에는 제약이 거의 없기 때문에 종곡선 구간에도 적용 가능하다.
- 다. 사각 : 사각이 심하면 부반력 발생, 보의 부등휨에 의한 비틀림 발생으로 슬래브의 파손이 우려되므로 일반적 기준으로 50°이하로 계획한다.

라. 지간의 구성

비합성 연속보 : 20~30m

합성 연속보 : 30~40m

(4) 플레이트거더교의 종류

① 주거더 구성에 의한 분류

가. 플레이트거더 병렬교

- (가) 상로플레이트거더교 (다주거더교)
- (나) 하로플레이트거더교
- (다) 소수주형교

나. 박스거더교

- (가) 단실박스거더교
- (나) 다실박스거더교
- (다) 박스거더 병렬교

② 평면형상에 의한 분류

가. 직교



나. 사교

다. 곡선교

③ 바닥판에 의한 분류

가. RC 슬래브 바닥판 : 합성여부에 따라 합성, 비합성으로 분류 가능

나. 강바닥판교

④ 지지조건에 의한 분류

가. 단순형

나. 연속형

다. 캔틸레버형

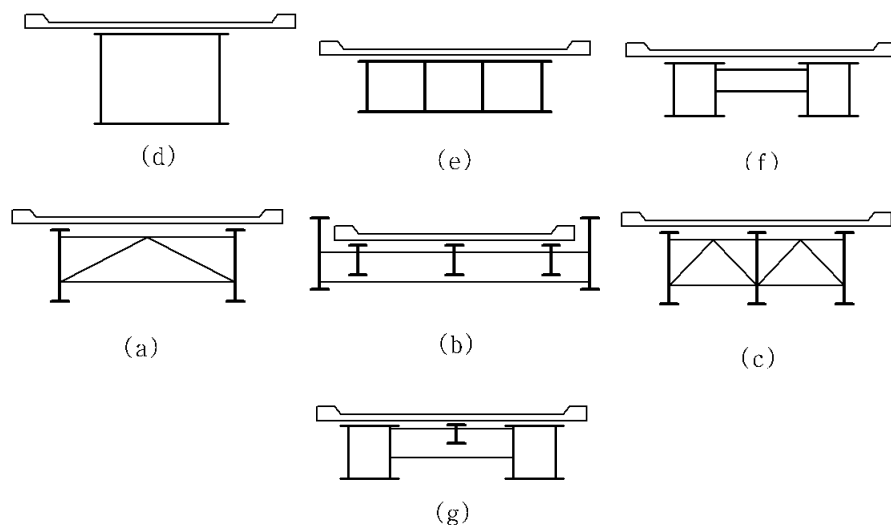


그림 6. 플레이트거더교의 종류

(5) 플레이트거더교의 구조형식

① 플레이트거더교의 구조

플레이트거더교는 얇은 강판을 조립·용접 등에 의하여 연결한 형식을 가진다. 지간이 10~25m 정도의 플레이트거더교에는 단일 성형된 압연 I형강을 주로 이용하지만, 지간이 커지면 단일부재로는 저항할 수 없게 되므로 적당한 치수의 강판을 조합한 플레이트거더가 이용되고 있다. 이러한 형태에는 I형 단면, II형 단면, 박스형 단면이 있으며, I형 단면이 기본적으로 단순플레이트거더에 사용된다.

② 주거더 간격

주거더 간격은 철근콘크리트 바닥판의 지간이 되는 경우가 많다. 주거더 간격을 크게 하면 철근콘크리트 바닥판이 두꺼워져 바닥판에 의해 자중이 커진다. 또 주거더 간격을 작게 해서 주거더의 개수를 늘리면 강재중량이 커져 비경제적이다. 따라서 주거더 간격과 바닥판의 관계에 대한 분석을 통해 경제적인 간격과 단면을 결정하여야 한다.

③ 합성작용

바닥판에서는 철근콘크리트 바닥판뿐만 아니라 I형강 격자 바닥판 등이 있는데 철근콘크리트 바닥판이 저렴하고 또 시공이 비교적 용이하므로 많이 사용된다. 철근콘크리트 바닥판과 강거더와의 연결상태에 따라 슬래브앵커를 사용한 연결강도가 작은 비합성거더와 전단연결재(shear connector)를 사용한 연결강도가 큰 합성거더로 분류된다.

(6) 플레이트거더교의 장·단점

① 장점

- 가. 단면을 구성하는 부재의 수가 적기 때문에 구조가 단순하다. 따라서 단면의 응력 상태를 명확하게 알 수 있다.
- 나. 구조가 단순하기 때문에 유지관리가 용이하다.
- 다. 외관이 좋다.
- 라. 부재의 수가 적으므로 제작이 쉽다.
- 마. 용접구조가 최적으로 쓰일 수 있다. 구조물의 중량에 비하여 용접량을 줄일 수 있고 또한 자동용접이 가능하여 제작을 자동화할 수 있다.
- 바. 구조계 전체의 붕괴를 제외하면 파괴가 단계적으로 진행되므로 순간적인 파괴가 일어나지 않아 높은 안전율을 확보할 수 있다.

② 단점

- 가. 복부판이 얇은 판으로 구성되어 있으므로 판의 변형, 특히 좌굴에 대한 주의가 필요하다. 따라서 복부판을 보강재로 보강하여야 한다.
- 나. 비교적 큰 블록으로 제작하기 때문에 운반과 가설상의 제약을 받는 경우가 있다.
- 다. 비틀림에 대한 저항성이 작으므로 주의하여야 한다.

1.2 일반제원의 계획

1.2.1 주거더의 개수 및 배치

일반적으로 복부의 높이를 높게 하여 주거더의 개수를 적게 하는 것이 강재의 중량을 줄일 수 있으므로 경제적이지만 주거더의 개수와 배치에 있어서는 다음의 사항을 유의하여야 한다.

- (1) 바닥판의 캔틸레버부와 중간부의 배근이 연속성을 유지할 수 있는 거더의 배치가 바람직하다.
- (2) 병렬거더의 경우 각 거더의 강성이 거의 같도록 하는 배치가 좋다. 즉 각 거더가 받는 휨모멘트가 비슷한 크기가 되어 같은 단면의 거더를 이용하는 것이 제작 상에도 유리하다.
- (3) 배수 시설이 주거더 위에 놓이지 않도록 한다.
- (4) 교량 부속물과의 배치를 미리 고려한다.



1.2.2 복부의 높이

I형단면과 박스형 단면의 플레이트거더교를 휨에 대해서 경제적으로 설계하기 위해서는 복부판을 될 수 있는 대로 얇게 하고 복부판의 높이를 크게 하는 것이 바람직하지만 복부판을 너무 얇게 하면 진동 영향에 의한 복부판 변형과 좌굴변형 또는 붕괴를 일으켜 플레이트거더 전체의 붕괴를 유발할 위험이 있다. 또한, 복부판의 높이는 교량의 교차 조건에 따라 다리밑 공간의 제약에 지배되는 경우가 많다. 한편, 설계상의 제약조건은 다음과 같은 사항에 영향을 받는다.

(1) KR C-09040의 3.4항의 규정

① 중간수직보강재가 있는 경우의 복부판

가. 복부판의 최대폭-두께비는 <표 5>의 값 이상이어야 한다.

나. 계산응력이 허용응력에 비해서 작은 부재에서는 <표 5>의 판의 최대 폭-두께비를 $\sqrt{f_{cao}/f}$ 배 증가시킬 수 있다. 다만 1.2배를 초과할 수 없다.

표 5. 중간수직보강재가 있는 경우의 복부판의 최대폭-두께비(D/t)

재 료	수평보강재가 없는 경우		수평보강재가 1단인 경우	
	동일강종 단면	하이브리드 단면	동일강종 단면	하이브리드 단면
SM400, SMA400	150	120	250	200
SM490, SM490C-TMC	130	100	250	170
SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC, HSB500	120	90	250	160
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	110	80	250	140

여기서, $(D/t)_o$: 최대폭-두께비

t : 복부판의 두께(mm)

D : 복부판의 높이(mm)

f : 최대작용압축응력

f_{cao} : 세장비가 $l/r \approx 0$ 일 때의 허용압축응력(MPa)

② 중간수직보강재가 없는 경우의 복부판

중간수직보강재를 설치할 필요가 없는 복부판의 최대폭-두께비는 열차하중의 재하 조건, 사용재료별로 <표 6>의 값으로 한다.

표 6. 중간수직보강재가 없는 경우의 복부판의 최대폭-두께비(D/t)

재 료	플랜지에 직접 재하하는 부재의 복부판	플랜지에 직접 재하지 않는 부재의 복부판
SM400, SMA400	70	630/ $\sqrt{\nu}$ 단, 110이하
SM490, SM490C-TMC	60	
SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC, HSB500	55	
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	50	630/ $\sqrt{\nu}$ 단, 100이하

여기서, ν : 전단응력(MPa). 다만 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중조합인 경우에는
는 허용응력 증가계수로 나눈 값을 취한다.

③ 수평보강재

수평보강재를 1단으로 사용하는 경우 그 위치는 압축플랜지로부터 $0.2D$ 부근에
배치하는 것으로 한다. 복부판의 두께가 충분히 두꺼워 수평좌굴에 문제가 없다는
것이 확인된 경우에는 제작 또는 향후 유지관리를 위해 다른 위치에 배치할 수 있
다. 수평보강재를 2단 이상 배치할 경우에는 KR C-09040의 3.4항 <표 6>의 값을
준용하지 않아도 된다.

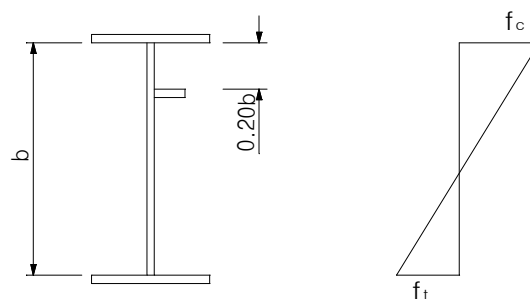


그림 7. 복부판의 응력과 수평보강재의 최적위치

- (2) 합성거더인 경우 중립축의 위치 및 바닥판 작용과 주거더 작용의 합성응력과의 관계
- (3) 거더 높이와 플랜지 폭, 플랜지 두께와의 관계
- (4) 처짐 제한과의 관계

1.2.3 강재의 중량

강교는 강재의 중량이 경제성과 직결되므로 제원의 계획시 고려 대상으로 삼아야 한다.

1.2.4 하중분배 작용

하중분배효과의 판정은 비틀림강성이 없는 주거더, 가로보로 구성된 병렬 I거더교
의 경우 격자강도 Z 가 다음의 <식 (7)>이 하나의 파라미터로 이용된다.



$$Z = \frac{I_a}{I} \left(\frac{l}{2a} \right)^3 \quad (7)$$

여기서, I_a : 가로보의 단면2차모멘트(mm⁴)

I : 주거더의 단면2차모멘트(mm⁴)

l : 지간장(연속거더에서는 등가지간장)(mm)

a : 주거더의 간격(mm)

Z가 작아짐과 동시에 주거더 상호간의 상대변위에 따라 바닥판에 부등침하가 생기고, 이에 따른 바닥판의 휨모멘트가 커진다. 이 휨모멘트가 바닥판 파손의 한 원인이라고 생각되기 때문에 Z=10 이상으로 하는 것이 좋다. 한편 Z=25 이상이 되어도 하중분배효과가 증가하지 않으므로 Z를 더 이상 크게 할 필요는 없다.

1.3 주거더의 설계

1.3.1 설계일반

(1) 비틀림모멘트를 고려하는 범위

설계에서 비틀림모멘트를 고려하여야 할 경우에는 순수비틀림(St.venant torsion)에 의한 전단응력과 뒤틀비틀림(warping torsion)에 의한 전단응력과의 합계 및 뒤틀비틀림에 의한 수직응력을 산출해야 한다.

그러나 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우에는 순수비틀림에 따른 응력계산을, 비틀림 상수비 $\alpha > 10$ 일 경우에는 뒤틀비틀림에 의한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

$$\alpha = l \sqrt{\frac{GK}{EI_w}} \quad (8)$$

여기서, l : 지점간의 부재길이(mm)

G : 전단탄성계수(MPa)

K : 순수비틀림상수(mm⁴)

E : 탄성계수(MPa)

I_w : 뒤틀비틀림상수(mm⁶)

1.3.2 복부판

복부판의 설계시에는 먼저 본 철도설계지침의 복부의 높이에 기술한 것을 참고로 하여 결정하는 것 외에 다음과 같은 사항을 고려한다.

(1) 복부판은 가능한 한 용접이음을 하지 않고 하나의 판으로 할 것.

(2) 철도교는 큰 하중과 진동의 영향에 의해 복부판의 변형이 발생되기 쉽고 복부판에 보강재 부착을 위한 용접량이 많을수록 용접변형을 일으킬 우려가 있으므로 수평보강재 설치는 가급적 1단으로 제한하며 복부판의 두께를 증가시켜 안정성을 확보하여야 한다. 부득이 수평보강재를 2단 이상 배치할 경우에는 <표 5>의 값을 따르지 않아도 좋다.

(3) KR C-09030의 4항 및 KR C-09040의 3.4항 규정에 따를 것.

1.3.3 플랜지

(1) 플랜지 단면

① KR C-09030의 4.1항 규정을 만족할 것

② 압축플랜지는 KR C-09040의 3.2항 규정을 만족할 것.

가. 판형에 있어서 판형 전체가 받을 수 있는 좌굴하중보다도 작은 하중에 의해, 압축 플랜지의 한쪽단지지부 및 박스형단면의 압축플랜지판이 국부적으로 좌굴되지 않도록 그 폭두께비에 대한 제한을 둔 것이다.

나. 플랜지 강판이 2개 겹쳐있는 경우에는 그로 인한 좌굴에 대한 저항이 증가할 수 있다고 생각되지만, 한 개로 된 구간에서는 상기의 제한에 의한 것이 되고 실제로도 상기의 제한을 적용해도 설계상의 문제가 적기 때문에 <그림 8>과 같이 생각하면 안전하다.

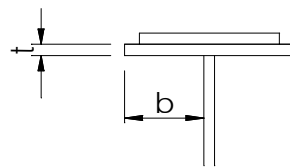


그림 8. 플랜지판의 최대폭

③ 플랜지의 최소판두께

가. 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비 제한은 KR C-09040의 3.2.1항에 준용하여야 한다.

나. 침목을 직접 지지하는 플랜지 강판의 자유돌출폭은 판두께의 10배 이하로 하여야 한다. 다만, 최소폭은 200mm, 최소판두께는 <표 7>에 의하여야 한다. 또 침목받침을 사용하는 박스거더의 경우에는 이런 제한이 없다.

표 7. 강종에 따른 플랜지의 최소판두께

강재의 종류	최소판두께(mm)
SS400, SM400, SMA400	16
SM490, SM490Y, SM520, SMA490, SM490-TMC, SM520-TMC, HSB500	13
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	12

다. 침목받침을 사용한 경우 박스형 들보의 경우에는 이런 제한이 없다. 침목을 직접 재하하는 경우 b/t 와 국부응력과의 관계를 생각하면 판폭은 작은 쪽이 유리하지만



침목의 플랜지면으로의 침하가 커져 바람직 하지 않다. 침목 보수 측면에서 상기의 이유에 의해 판폭은 클수록 좋고 최소 판폭을 200mm로 규정한 것이다.

- 라. 상부플랜지 윗면에 침목받침등을 설치하여 침목을 지지하는 경우 그 재하점 바로 아래의 상부플랜지는 보강된 것으로 본다.
- 마. 박스형 단면의 압축플랜지로 침목을 직접 지지하는 경우에는 당연히 I형단면 판형과 같이 국부응력에 대해 고려해야 한다. 그러나 박스형 단면의 상부플랜지는 양단지지된 판으로 보기 때문에 I형 단면의 상부플랜지의 b/t 및 최소 판두께를 그대로 적용할 필요는 없고, 국부응력은 I형단면의 경우보다 작기 때문에 규정치를 완화한 것이다.
- 바. 플랜지 단면을 구성하는 강판은 가능한 한 2개 이하로 하는 것이 좋다. 판형의 플랜지 단면을 구성하는데 있어서 두꺼운 판을 적게쓰는 것과 얇은 판을 많이 사용하는 것은 각각 그에 따른 장단점이 있기 때문에 한마디로 결론을 내기 어려우나, 부득이 강판을 겹쳐 사용하는 경우에는 2장 이내로 하는 것이 좋다. 압축플랜지에 있어서 2개이상의 강판을 겹쳐서 플랜지를 구성하는 경우, 그 플레이트를 서로 연결하는 측면 필렛 용접간 거리는 용접에 의한 변형등을 고려하여 강재의 종류에 관계없이 얇은 쪽 판 두께의 24배 이하로 한다. 인장플랜지에서는 인장응력은 변형을 감소하도록 작용하는 경향이 있는 것 등을 고려하여 30배 이하로 한다.
- 사. 플랜지의 종방향 보강재와 같이 외력에 균형 잡히도록 연속구조로 되어 있는 경우에는 보강재의 단면적을 유효단면적에 포함시킬 수 있다. 그러나 수평보강재와 같은 이음판 접합 (<그림 9> 참조) 및 수직보강재가 복합되어 있는 위치에서 연속구조로 되어 있지 않은 경우에는 유효단면적에 포함시켜서는 안 된다.

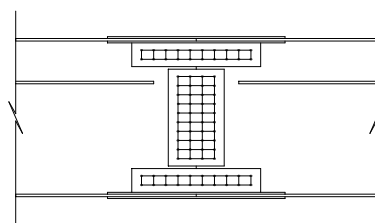


그림 9. 이음판 접합 위치의 수평보강재

- 아. 거더내에서 플랜지 단면변화의 개소수는 경제적인 설계 측면에서는 많을수록 유리하지만, 이음부 국부응력 및 피로응력의 집중을 고려할 경우 단면변화의 개소수는 적을수록 유리하다. 따라서, 한 거더내에서의 플랜지 단면변화 개소수는 운반 및 거더 조립형태를 고려하고, 이음부에 단면변화부가 가능한 위치하지 않도록 계획하여야 한다.
- 자. 합성거더의 경우 전단연결재가 설치되는 플랜지의 두께는 KR C-09080에서 규정

하는 것 외에 KR C-09040의 3항 및 KR C-09090의 8항 규정에 따라 플레이트거더의 경우는 15mm 이상, 박스거더의 경우는 13mm 이상으로 하여야 한다. 특히 어느 경우에도 전단연결재의 필렛용접의 크기 이상으로 하여야 한다.

(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 하여야 한다.
- ② 덮개판을 플랜지에 연결하는 측면 필렛 용접간 거리는 얇은 쪽 판 두께의 12배 이하(단, 150mm 이하)로 한다. 인장플랜지에 있어서는 30배 이하로 한다.
- ③ 덮개판의 길이는 거더높이의 2배에 1.0m를 더한 값보다 커야 한다. 덮개판의 양단에는 이론값보다 각각 300mm 이상, 또는 덮개판 폭의 1.5배 이상인 여유길이가 있어야 한다. 인장측에 사용되는 덮개판의 양단은, 덮개판을 제외하고 계산한 플랜지의 연단응력(extreme fiber stress)이 허용응력의 90%가 되는 곳까지 연장하여야 한다.
- ④ 덮개판의 단부에 사용하는 필렛용접은 부등치수의 연속 필렛용접으로 하고 응력의 흐름이 원활하도록 마무리하여야 한다.

(3) 플랜지판과 복부판을 연결하는 용접

- ① 플랜지판과 복부판의 연결부는 복부판 양측에서 필렛용접으로 접합하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 플랜지판과 복부판을 접합하는 필렛용접 목두께의 합이 복부판 두께 이상인 경우에는 필렛용접부의 전단응력에 대한 검산을 생략할 수 있으며, 복부판 두께 미만인 경우에는 다음 식에 의해 검산하여야 한다. 또한 휨응력과 합성응력에 대한 검산은 KR C-09040의 2.5의 (1)항에 따른다.

$$v_h = \frac{SQ}{I(\sum a)} \quad (9)$$

여기서, v_h : 필렛용접의 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 위 (가)항의 용접은 K형 용접으로 하는 것을 원칙으로 한다.

(4) 압축플랜지의 유효폭

- ① 압축플랜지의 유효폭은 KR C-09080의 3.1의 ③항 규정에 따라야 한다.
- ② 압축플랜지의 한쪽편 유효폭 b_e 는 다음과 같이 계산한다.



가. 단순보 : $b_e = \lambda_1 + \lambda_2$ (10)

여기서, λ_1 : 주거더 중심간 한쪽편 유효폭

λ_2 : 내민부의 한쪽편 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식으로 계산한다.

$b/l \leq 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭 유효)

$b/l > 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = [1.1 - 2(b/l)]b$

여기서, l = 지간

b = 주거더 중심간에서는 주거더 중심간의 1/2, 내민부에서는 플랜지 돌출폭

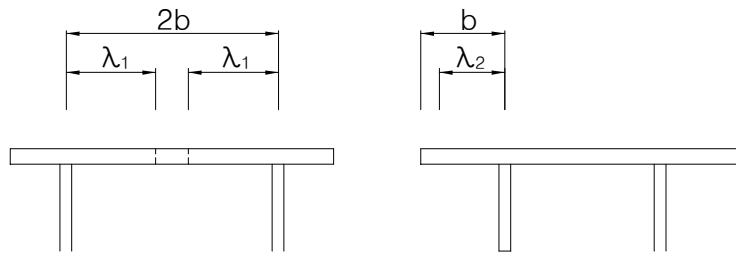


그림 10. 압축플랜지의 유효폭

나. 연속보 : $b_e = \lambda_1 + \lambda_2$ (11)

- 지간중앙부 : $b/l \leq 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭 유효)

$b/l > 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = [1.1 - 2(b/l)]b$

- 중간지점부 : $b/l \leq 0.02$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭 유효)

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

- 중간지점과 지간중앙부의 사이

<표 8>에서 그림의 사선 부분처럼 직선적으로 변화하는 것으로 한다.

표 8. 등가지간장과 적용식

등가지간장	지간중앙부(I) $l = 0.8L_1$ 지간중앙부(II) $l = 0.6L_2$ 중간지점 $l = 0.2(L_1 + L_2)$
유효폭의 변화상태	

- ③ 단순들보에 대해서는 b/I 가 1/20을 넘는 경우 이 규정에 의해 전폭이 유효하지 않게 된다. 연속들보에 대해서는 휨모멘트의 변화가 심한 중간지점 상에서는 지간중앙부보다 유효폭이 작게 된다. 또 지간중앙부와 중간지점사이에는 <표 8>의 그림처럼 직선적으로 변화하는 것으로 한다. 또한, 연속들보에서는 λ_1 또는 λ_2 를 구하는 식의 I 은 <표 8>의 등가지간이고 지간 그 자체는 아닌 것에 주의해야 한다.
- ④ 합성형인 경우 플랜지 폭은 바닥판의 지간장의 산출과 관계가 있으므로 주의해야 한다 (KR C-09050의 2.4.2항 참조).
- ⑤ 플랜지 폭은 복부판 높이의 1/3 정도를 최대로 함. 이는 플랜지 폭을 복부판 높이에 비해 매우 크게 할 경우 전단지연에 의해 플랜지 단면의 응력분포가 균일하지 않을 우려가 있기 때문이다.(<그림 11>참조)

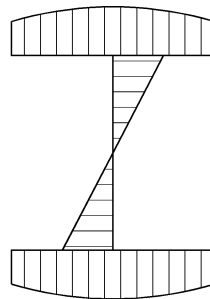


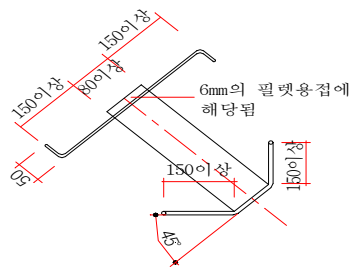
그림 11. I거더의 응력분포

- ⑥ 다주거더의 경우 각 거더의 플랜지는 가능한 한 두께를 통일하는 것이 바람직함. 주거더 플랜지는 그 저항모멘트가 작용휨모멘트를 포함하도록 단면변화를 시키는데, 이 경우 판두께를 동일하게 하고, 판의 폭을 변화시키는 것이 좋으며, 판두께와 판폭을 동시에 변화시키는 것은 휨모멘트가 급변하는 곳 등 부득이한 곳에 제한적으로 사용한다.

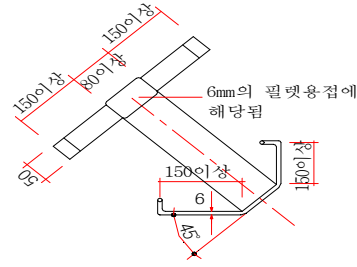
판두께는 가능한 얇게 하고 판폭을 충분히 크게 하여 단면을 선택하도록 한다. 또 단면변화점에서는 응력의 흐름을 원활하게 하기 위해 판폭, 판두께 모두 1/5 보다 완만하게 단면변화(taper)를 시킨다.

1.3.4 바닥판 앵커

- (1) 바닥판의 합성효과를 기대하지 않는 부분에서도 바닥판과 주거더 플랜지를 밀착시키기 위하여 바닥판 앵커를 붙여야 한다.



강봉을 사용할 경우



강판을 사용할 경우

그림 12. 바닥판 앵커 (단위:mm)

(2) 바닥판 앵커의 간격은 1m 이하를 원칙으로 하되, 강봉을 사용할 경우에는 지름 13mm 이상으로, 강판을 사용할 경우에는 폭 50mm, 두께 6mm 이상으로 하여야 한다.

어느 경우에 있어서도 한쪽 길이가 150mm 이상의 정착길이를 요하며 또, 선단에는 반원형이나 L형의 갈고리를 붙여야 한다.

1.3.5 보강재

(1) 하중집중점의 보강재

- ① 플레이트거더의 지점 및 가로보, 세로보, 수직브레이싱 등의 연결부와 같은 하중집중점에는 반드시 보강재를 설치하여야 한다.
- ② 하중집중점의 수직보강재는 기둥으로 간주하고[제2장]에서 규정한 허용축방향압축응력에 따라 설계하여야 한다. 이때 보강재 전단면과 복부판 가운데 보강재 부착부에서 양쪽으로 각각 복부판 두께의 12배까지를 유효단면이라고 생각할 수 있다(<그림 13> 참조). 그러나 전체 유효단면은 보강재 단면의 1.7배를 넘어서는 안된다.
- ③ 허용응력의 계산에 사용하는 단면 2차 반지름은 복부판의 중심선에 대하여 구하고 유효좌굴길이는 플레이트거더 높이의 1/2로 한다.

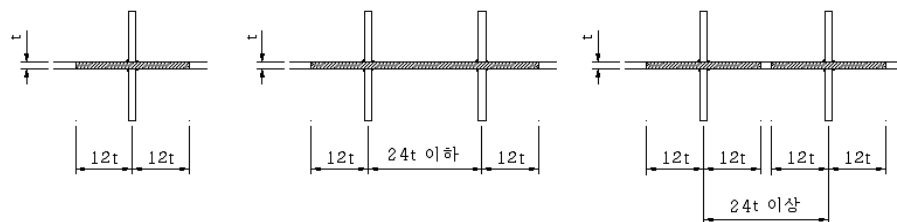


그림 13. 하중집중점 보강재의 유효단면적

- ④ 하중 집중점의 보강재 받침에 접하는 부분의 유효지압면적은 KR C-09080의 4.2항의 규정에 의하여 계산하여야 한다.(<그림 14> 참조)
- ⑤ 보강재와 복부판의 연결은 보강재가 집중하중 전부를 받는 것으로 보고 설계하여야 한다.

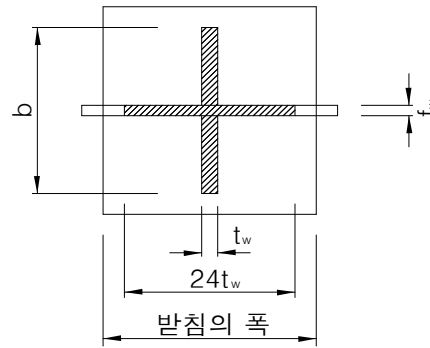


그림 14. 유효지압면적

- ⑥ 보강재의 돌출폭은 KR C-09040의 3.2항의 규정을 만족하여야 한다. 작용응력이 허용응력의 상한치까지 근접하면 다음 값을 표준으로 설계하면 안전하다.

SS400, SM400, SMA400 : $12.5 t_s$

SM490 : $11 t_s$

SM490Y, SM520, SMA490 : $10 t_s$

SM570, SMA570 : $9 t_s$

- ⑦ 지점상의 보강재는 양쪽에 대칭으로 설치하도록 하고 상·하연 플랜지까지 연장시키는 것을 원칙으로 한다.
- ⑧ 지점부 보강재 부근에서는 큰 압축력과 수평전단력이 발생하므로 스캘럽을 설치하는 것 보다 보강재 모서리를 치핑(chipping)하여 용접량을 줄이는 것이 효과적이며, 복부판의 용접도 완전혼용접으로 하는 구조가 바람직하다. 단, 지점부에서 완전혼용접을 실시하는 구간길이는 $l = a/2 + a$ 로 하고, 중간지점부에서는 $l = 2a$ 로 한다. 여기서 a 는 받침장치의 길이이다.

(2) 수직보강재

KR C-09040의 3.2의 (4)항 및 KR C-09040의 3.2의 (6)항의 규정을 만족하도록 설계한다. 통상적인 설계과정은 다음과 같다.

- ① 가로보, 수직브레이싱 사이를 가능한 등간격으로 하고 보강재 배치를 가정한다.
- ② 등간격으로 배치를 가정한 구간에서는 휨응력의 최대, 전단응력의 최대가 되는 판넬에 대해 KR C-09040의 3.2의 (4)항에 따라 조사한다. 이 조건을 만족하지 않는 경우에는 분할 수를 증가하여 재검토한다. 이 경우 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

가. 단부에 촘촘하게 배치하는 것은 피한다.

나. 거더의 이음위치와의 관계에 주의한다.

다. 복부판의 용접이음은 수직보강재로부터 100mm 이상 떨어진 위치로 한다.

라. 수평브레이싱의 설치위치에 가능한 수직보강재를 배치하고 복부판을 보강하여 국



부변형을 막는 것이 좋다. 이 경우 거세트의 절취는 <그림 15>의 구조로 하는 것이 좋다.

마. 보강재가 플랜지의 외측으로 돌출하지 않도록 한다. 부득이 돌출하는 경우에는 <그림 15>와 같이 한다.

바. 수직브레이싱, 이음 등과 위치관계로부터 KR C-09040의 3.2의 (4)항에서 규정하고 있는 계산상 필요한 간격보다 조밀하게 배치하는 경우에는 보강재의 강도는 계산상 필요로 하는 간격으로 조사하면 된다.

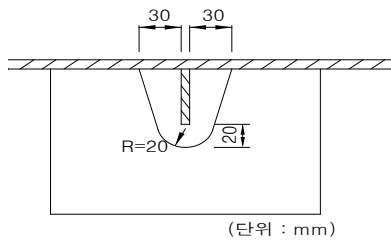


그림 15. 수평브레이싱의 거세트 절취

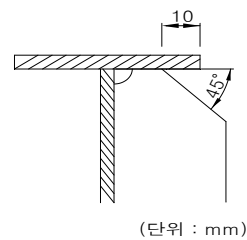


그림 16. 중간수직보강재

사. 상·하부플랜지와 수직보강재 사이의 연결은 <표 9>과 같은 방법으로 한다.

- 지지부와 같은 집중하중을 받는 위치에 설치되는 수직보강재는 완전용입홍용접으로 양쪽 플랜지에 접합시킨다. 교번응력을 받는 부분의 수직보강재와 상·하부플랜지의 접합부는 용접을 하는 것을 원칙으로 한다.
- 다이아프램이나 수직브레이싱 등의 연결판으로도 사용되는 중간수직보강재는 양쪽 플랜지에 볼트나 용접으로 접합시킨다.
- 연결판으로 사용되지 않는 중간수직보강재는 압축플랜지와 완전 밀착시켜야 하고, 인장플랜지와는 복부판 두께의 4배 이상 6배 이하의 간격을 띄워야 한다.
- 바닥판과 접하는 인장플랜지에는 수직보강재를 용접으로 접합시킨다.

표 9. 상·하부플랜지와 수직보강재 사이의 연결

위 치	지점부	수직 브레이싱 및 세로보가 설치되는 부분		기 타	
휨모멘트의 부호	부	정	부, 교번부	정	부, 교번부
개념도					

주) 곡선거더의 경우에는 metal touch부도 용접한다.

(3) 수평보강재

수평보강재는 KR C-09040의 3.4의 (5)항의 규정을 만족하도록 설계한다.

수평보강재는 복부판의 좌굴강도를 높이고 복부판두께가 비경제적으로 두꺼워지지 않도록 하는 역할을 하지만, 제작 측면에서는 수평보강재의 단수를 다단으로 하고 복부판 두께를 줄이는 것이 바람직하지 않다. 중간수직보강재가 있는 경우의 최대복부판 높이와 수평보강재의 사용 단수의 관계를 KR C-09040의 3.4의 (2)항에 따라 나타낸 것이 <표 10>이다.

표 10. 수평보강재와 최대복부판높이(mm)

수평보강재의 사 용 단 수		복부판 두께	최 대 복 부 판 높 이			
			SM400 SMA400	SM490 SM490-TMC	SM490Y SM520 SMA490 SM520-TMC HSB500	SM570 SMA570 SM570-TMC HSB600
수평보강재가 없을 때	동일 강종 단면	10	1,500	1,300	1,200	1,100
		12	1,800	1,560	1,440	1,320
		14	2,100	1,820	1,680	1,540
		16	2,400	2,080	1,920	1,760
	하이 브리드 단면	10	1,200	1,000	900	800
		12	1,440	1,200	1,080	960
		14	1,680	1,400	1,260	1,120
		16	1,920	1,600	1,440	1,280
수평보강재 1단을 사용할 때	동일 강종 단면	10	2,500	2,500	2,500	2,500
		12	3,000	3,000	3,000	3,000
		14	3,500	3,500	3,500	3,500
		16	4,000	4,000	4,000	4,000
	하이 브리드 단면	10	2,000	1,700	1,600	1,400
		12	2,400	2,040	1,920	1,680
		14	2,800	2,380	2,240	1,960
		16	3,200	2,720	2,560	2,240

① 보강재의 배치

수평보강재는 수직보강재와 같은 면에 부착해도 되고, 반대 면에 부착해도 상관없으나 외측거더에는 교량 중심방향으로 설치하는 것이 미관상 좋다. 특히 연속교의 중간지점부근에는 브레이싱의 연결판이 있으므로 주의하여 설치한다.

② 이음판과의 교차부

이음판과 수평보강재와의 순간격은 20mm를 표준으로 하며, 수평보강재 단부는 가설시 연결작업 중의 사고를 방지하기 위해 절단하는 것이 바람직하다(<그림 17>). 또한 복부판의 현장 이음부에서는 수평보강재를 생략하여도 좋다.

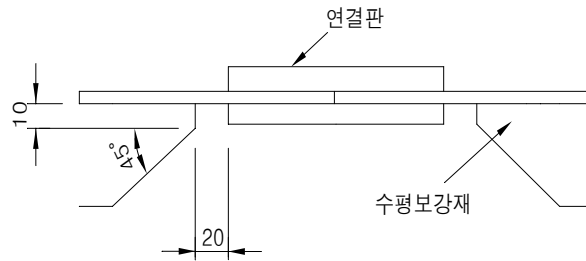


그림 17. 이음부의 수평보강재

1.4 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지 고정

1.4.1 니브레이스(knee brace)를 설치할 경우

하로플레이트거더교의 가로보는 주거더에 의해 지지되고 주거더의 횡방향 전도는 가로보에 의해 방지되고 있다. 특히, 상부플랜지는 압축을 받기 때문에 이를 지지하는 것의 강성도나 간격에 따라 주거더의 강도는 영향을 받는다. 하로판형에 있어서 상부플랜지는 하부플랜지처럼 직접 수평브레이싱을 구성할 수 없고 가로보를 포함한 U자형 라멘구조에 의해 플랜지를 억제하는 것으로 본다. 이 U자형 라멘의 강성도를 확실히 하기 위해서 가로보의 양단에는 원칙적으로 건축한계가 허용하는한 큰 니브레이스를 설치한다.

1.4.2 니브레이스(knee brace)를 설치하지 않는 경우

니브레이스는 건축한계의 장애물이 되기 쉽고 보선작업이나 현장작업면에서 지장을 초래하는 경향이 있기 때문에 이러한 경우 표준 니브레이스를 설치하지 못하는 경우가 있다. 이러한 경우 설치된 니브레이스에 대하여 [KR C-09080의 1.4의 ②항의 규정에 따라 강성 및 강도를 검산하여야 한다.

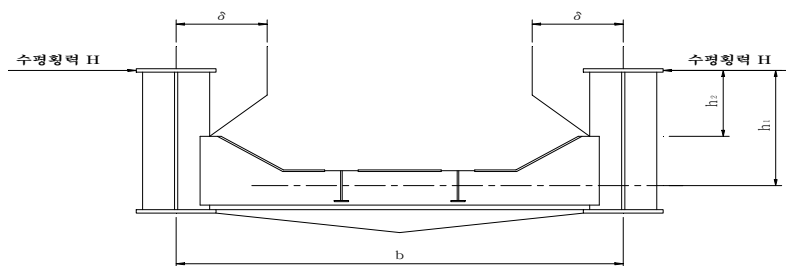


그림 18. 하로플레이트거더교

1.5 중간수직브레이싱 및 다이아프램

중간수직브레이싱 및 다이아프램은 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

- (1) 주거더의 전도를 방지하고 안정시키며, 주거더를 계산시의 모델대로 거더로서 거동하도록 하는 역할을 한다.
- (2) 주거더의 상대변위를 억제하고 바닥판을 보호함과 동시에 하중분배작용에 기여한다.

(3) 횡하중에 대해 주거더, 수평브레이싱 및 중간수직브레이싱에 의한 평면트러스계를 형성한다.

이상의 기능에 대해 엄밀한 응력해석을 하는 것은 설계를 매우 복잡하게 하지만 다음의 사항에 주의하여야 한다.

- ① 각 부재는 KR C-09070의 2.5항 및 다이아프램, KR C-09020의 3항 및 KR C-09020의 6항 규정을 만족할 것.
- ② 적어도 횡하중에 의한 힘에 대해 응력을 검토할 것

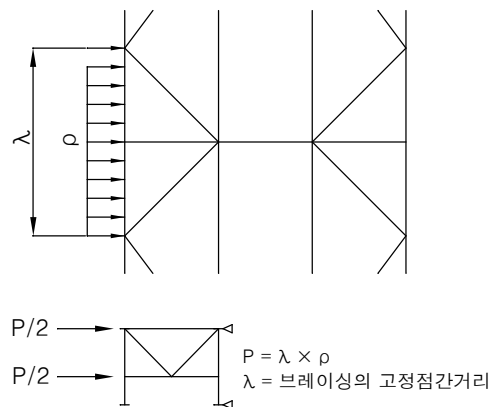


그림 19. 횡하중에 의한 응력 검토

- ③ 주거더가 I형단면의 상로플레이트거더인 경우에는 중간수직브레이싱 및 다이아프램 간격은 압축플랜지 폭의 20배 이하, 또는 박스거더단면의 상로플레이트거더인 경우에는 간격을 복부판 중심간격의 4배 이하로 하고 어느 경우에도 8m를 넘지 않도록 한다.
- ④ 상로플레이트거더에서 하부수평브레이싱을 생략한 경우, 중간수직브레이싱의 하부지지재와 주거더의 하부플랜지는 거세트를 이용하여 연결하고 불균형 하중에 의해 생긴 힘에 대하여 저항을 크게 하는 것이 좋다.
- ⑤ 지간이 큰 하로플레이트거더는 박스형단면의 거더를 이용하지만, 이 경우 하중재하 위치의 각 가로보의 연결부마다 다이아프램을 설치하는 것이 좋다.
구조상세에 대해서는 다음의 치수에 주의하여야 한다.

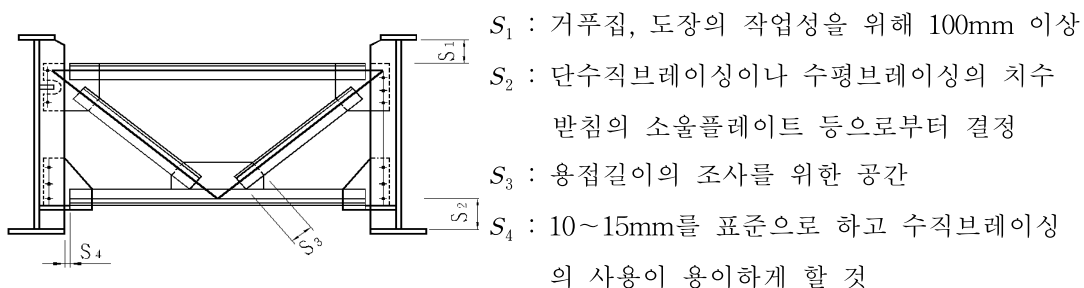
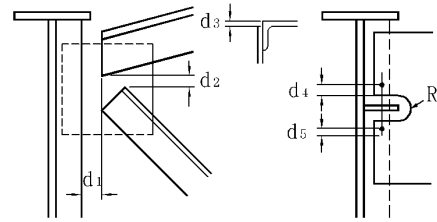
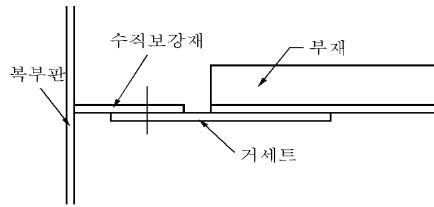


그림 20. 중간수직브레이싱의 구조상세



거세트와 수직보강재의 관계는 편심을 적게 하기 위해 가능한 한 <그림 7.6.16>과 같이 하는 것이 좋다. 그 외의 상세치수는 <그림 7.6.17>에 나타낸다.



R=15정도

d1, d2, d3=10, d4=40, d5=30 (단위:mm)

그림 21. 거세트와 수직보강재의 연결

그림 22. 기타의 구조상세

1.6 지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램

지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램은 KR C-09070의 2.6항의 규정을 만족하도록 설계하고, 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

- (1) 상로플레이트거더의 지점부에는 원칙적으로 상부수평브레이싱에 작용하는 전 횡하중을 지점에 전달할 수 있도록 단수직브레이싱 또는 다이아프램을 설치한다.
- (2) 주거더의 위치를 확보하고 비틀림변형을 구속한다. 즉, 연직하중, 수평하중 등에 의해 주거더에 가해지는 비틀림모멘트를 받침위치에서 연직력의 성분으로 변환한다.
- (3) 통상 교량 단부의 바닥판을 두껍게 증가시켜 단수직브레이싱의 상현재와 결합시키지만 이 상현재는 윤하중을 지지할 수 있도록 설계한다.
- (4) I형단면의 상로플레이트거더의 단수직브레이싱 및 다이아프램에는 상부수직브레이싱에 의해 형성된 수평면내 트러스의 지점반력으로서의 수평하중이 집중되고, 단수직브레이싱 및 다이아프램은 이 하중을 주거더의 지점에 전달하여야 한다.

이러한 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 충복(充腹)형식의 단부가로보가 강성이 큰 경우가 좋지만 경제성, 교대위치의 도장이 어렵기 때문에 작업 성을 고려하여 주거더의 높이나 형식에 의해 <그림 23>과 같이 일반적 으로 조합된다.

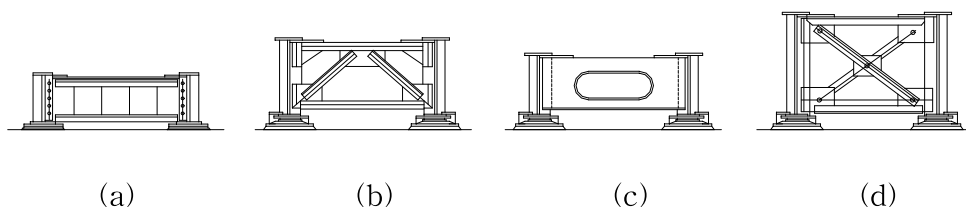
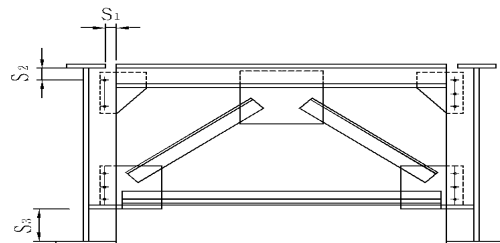


그림 23. 단부가로보의 형식

수직브레이싱의 형식으로는 V형과 역V형이 있으나 단수직브레이싱의 경우에는 윤하중을 부담하기 때문에 역V형의 방법이 효과적이다. 어떤 경우에도 상현재는 구형

강(溝形鋼) 등을 이용하고, 슬래브와 일치되도록 바닥판과 결합시킨다. 또 횡하중에 대해 단수직브레이싱을 설계하는 것 외에, 위에 기술한 단수직브레이싱의 상현재는 열차하중을 지지할 수 있는 단면을 선택한다.

구조치수 상 주의하여야 할 사항은 <그림 24>와 같다.



주 (1) : 주거더플랜지와 바닥틀 상부면은 일치시키는 것이 거푸집 시공상 좋다.

따라서 다주거더의 경우 교량 단부의 상부플랜지 두께를 어느 정도 맞추는것이 좋다.

S_1 : 10~15mm를 표준으로 한다. 사교나 폭이 넓은 바닥틀을 사용하는 경우에는가설이 곤란한 경우가 있다.

S_2 : 70~90mm를 표준으로 한다.

S_3 : 볼트 작업이 용이하도록 250~300mm를 표준으로 한다.

그림 24. 단수직브레이싱의 구조상세

박스형 플레이트거더는 비틀림 저항이 크게되고, 이러한 상황에서 지점의 고정이 잘못되면 좌우의 지점반력이 차가 크게된다. 또한, 단수직브레이싱 (다이아프램)의 전단력이 크게 되기 때문에 그 설계에 있어서는 단수직브레이싱(다이아프램)이 발생한 전단력 및 판의 좌굴에 충분히 저항할 수 있도록 주의해야 한다.

사교의 경우에는 지점 가까이 주거더에 직각인 방향으로 강한 수직브레이싱을 조합하면 좌우 양 거더의 휨의 차에 의해 연결부에 변형이 발생하기 쉽기 때문에 단수직브레이싱은 지점을 연결한 선과 평행하고 거더와 경사 지게 설치하는 것이 좋다. 경사각이 45°보다 크면 횡하중에 견딜 수 있도록 단수직브레이싱을 설계하는 것이 곤란하게 되기 때문에 이 경우에는 <그림 25>와 같이 라멘형의 단수직브레이싱을 직각으로 연결하는 등의 방법을 이용한다.

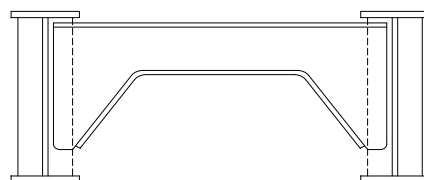


그림 25. 라멘형의 단수직브레이싱



1.7 수평브레이싱

수평브레이싱은 KR C-09070의 2.3항의 규정에 따라 설계하고 다음과 같은 기능을 갖는 것으로 고려한다.

- (1) 지진하중, 풍하중 등의 수평하중을 지점까지 전달한다.
- (2) 가설시의 위치 결정재 이다.
- (3) 하부플랜지의 횡방향 진동을 방지한다.
- (4) 주거더와 공동으로 일종의 준박스형거더를 형성한다.

통상적으로 ①의 기능에 대해 해석되어 설계되며 교량거더에는 상부수평브레이싱 및 하부수평브레이싱을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 하로플레이트거더의 경우에는 하부수평브레이싱만 설치하고 폐상식으로서 충분히 강한 바닥틀이 있는 경우에는 간략하게 할 수 있다.

또한, 적당한 수직브레이싱 또는 다이아프램이 있는 상로플레이트거더에서 궤도가 직선인 경우에는 지간 16m 이하, 곡선의 경우에는 지간 12m 이하의 것에 대해서는 하부수평브레이싱을 생략할 수 있다.

수평브레이싱의 형식 선정 상의 기본은 다음과 같다.

- ① 지간 전장에 걸쳐 적어도 1열의 수평브레이싱을 배치할 것. 단부 부근에만 설치하는 것은 바람직하지 않다.
- ② 주거더가 3개 이상인 경우 적어도 2열의 수평브레이싱을 배치해야 한다.
- ③ 지점부근은 수평하중을 모든 받침에 균등하게 분산시키는 것으로 한다.

수평브레이싱의 배치 예는 <그림 26>과 같다.

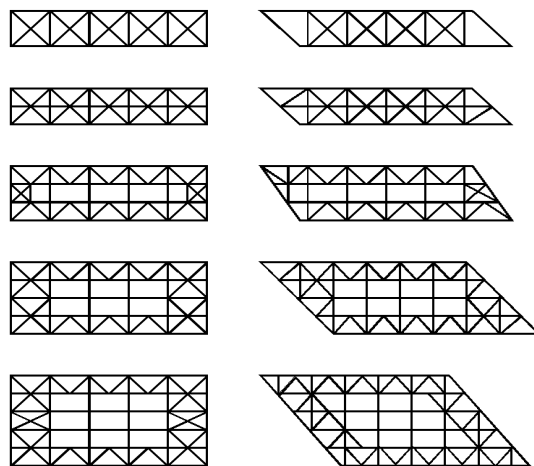


그림 26. 수평브레이싱의 배치

수평브레이싱에 가해지는 지진하중 및 풍하중은 등분포하중으로서 교축직각방향으로 작용하는 것으로 하며, 또한 풍하중은 수평브레이싱 부재력이 최대가 되는 위치에 임의의 길이에 걸쳐 작용하는 것으로 본다.

풍하중에 가해지는 하중은 풍상측의 1/2(KR C-08020의 5.1항 참조)이며, 철도설계 지침에 주어진 풍하중의 값은 풍상 및 풍하의 합계이지만 설계에서는 풍상측의 수평브레이싱이 그 전풍하중을 부담할 수 있도록 하는 것이 좋다.

또한 강바닥판교 혹은 지간에 비해 폭원이 넓고 주거더에 견고하게 결합된 철근콘크리트 바닥판을 갖는 교량에서는 바닥판이 풍하중의 1/2을 부담한다고 하여 하부수평브레이싱에는 전풍하중의 1/2을 부담시켜 설계해도 좋다.

지진하중은 전체 면적에 분포하여 가해진다고 생각할 수 있기 때문에 양측의 2열의 하부수평브레이싱이 각각 전하중의 1/2씩 부담하는 것으로 설계한다. 또 이 경우 상술한 조건을 갖는 바닥판에는 전하중의 1/2을 부담시키면 좋다.

플레이트거더에서 하부수평브레이싱은 일반적으로 <그림 27>와 같이 조립하지만 서로 교차하는 두 개의 부재중 한 개의 부재는 관통시키고, 다른 부재는 2개로 자른 교점에서 연결시킨다. 원심하중에 의해 주로 일방향의 횡력을 받는 경우에는 관통시킨 쪽의 부재가 그 방향에 대해 프래트(pratt) 트러스를 구성하도록 하부수평브레이싱을 짜는 것이 좋다.

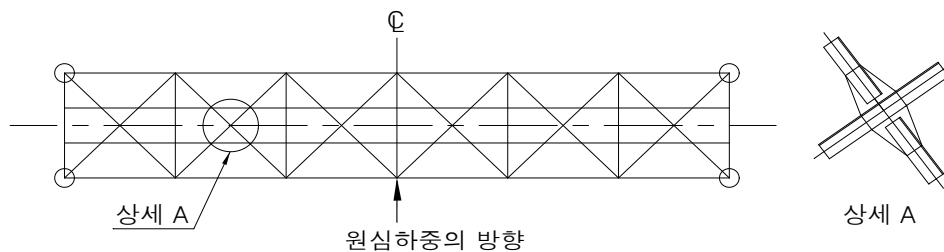


그림 27. 하부수평브레이싱

경사 플레이트거더의 경우 수평브레이싱에 작용하는 응력을 계산하기 위해 주거더와 수평브레이싱으로 구성된 지간을 알아내는 방법은 <그림 28>과 같다.

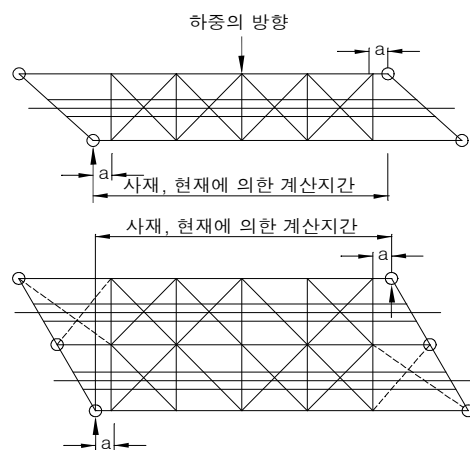


그림 28. 하부수평브레이싱의 지간



이 경우 a 부분에는 횡방향 하중에 의해 주거더에 수평면내의 휨모멘트가 발생하기 때문에 수평브레이싱과 주거더의 연결에서 지장이 없는 한 a 거리를 작게하는 것이 좋다. a 부분이 어느정도 크고 하부플랜지만으로는 수평면내의 휨모멘트에 의한 응력이 과도하게 되는 경우에는 <그림 29>와 같이 거세트를 지점 근처까지 연장하고 리브(rib)로써 보강하는 것이 좋다.

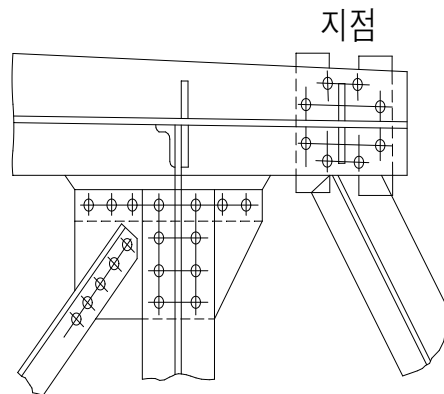


그림 29. 경사주거더의 단부 평면도

1.8 제동 트러스

교량 거더에는 필요에 의해 제동하중, 시동하중 또는 장대레일에 의한 종하중에 저항하는 제동 트러스를 KR C-09070의 2.4항의 규정에 의하여 설치한다.

폐상식 플레이트거더 바닥구조에 강상판, 철근콘크리트상판등을 사용한 경우에는 이것에 의해 종하중을 충분히 전달할 수 있기 때문에 특별히 제동 트러스를 설치할 필요는 없다.

1.9 받침부의 설계

받침부의 설계상 주의 사항은 다음과 같다.

- ① 소울판과 주거더 하부플랜지 및 단보강재와의 치수관계에 주의해야 한다.
- ② 하부플랜지와 가로보의 용접선이 소울판과 겹치지 않도록 주의해야 한다.
- ③ 주거더의 구배 및 처짐회전각과 받침의 허용회전량의 크기에 주의해야 한다.
- ④ 소울판의 용접비이드, 세트볼트 등이 받침에 닿지 않게 치수를 검토해야 한다.
- ⑤ 폭원이 큰 교량의 경우 교축직각방향의 온도변화의 영향에 대해서도 고려해야 한다.
- ⑥ 소울판의 두께는 22mm 이상으로 해야 한다.

해설 2. 플레이트거더교 설계흐름도의 구성

1. 주설계단계

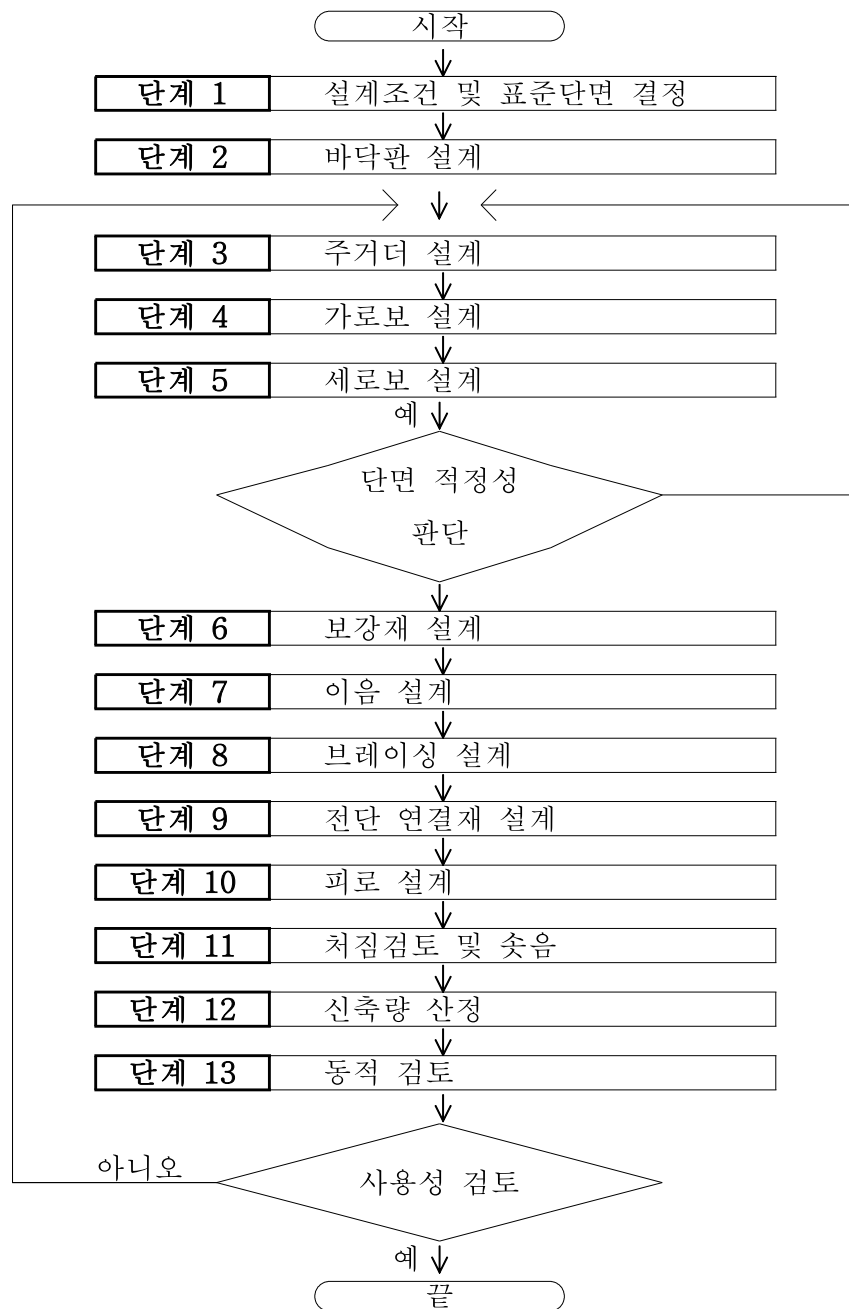


그림 30. 주설계 흐름도



2. [단계 1] 설계조건 및 표준단면 결정

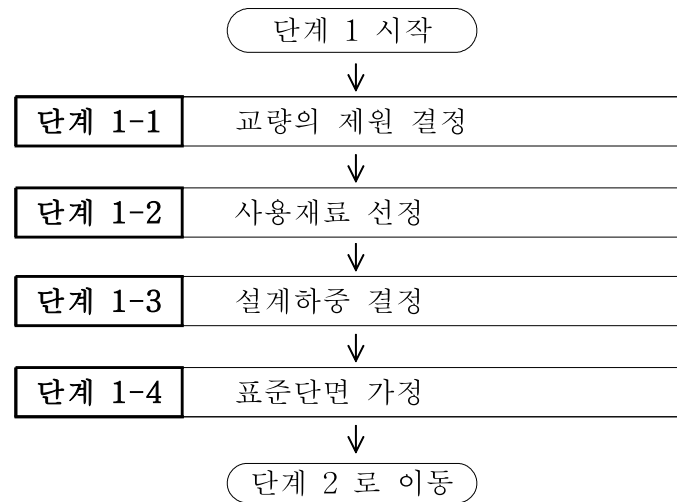


그림 31. 설계 조건 및 표준단면 결정

3. [단계 2] 바닥판 설계

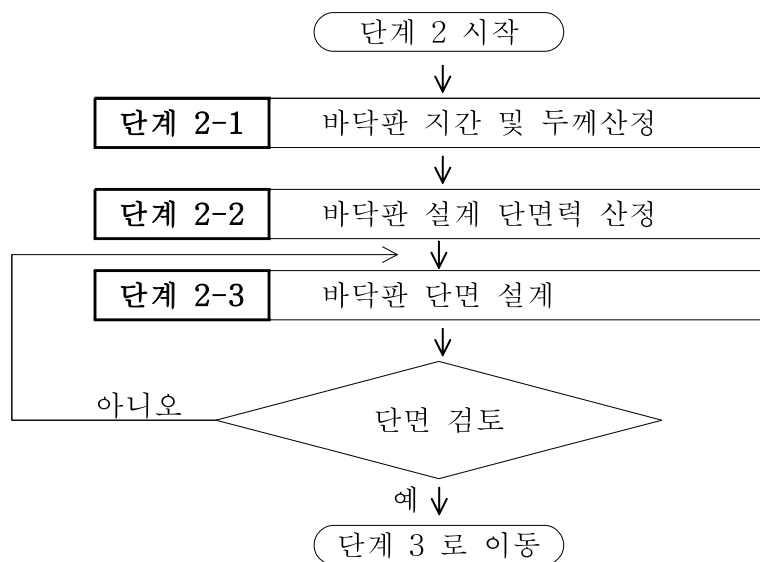


그림 32. 바닥판 설계

4. [단계 3] 주거터 설계

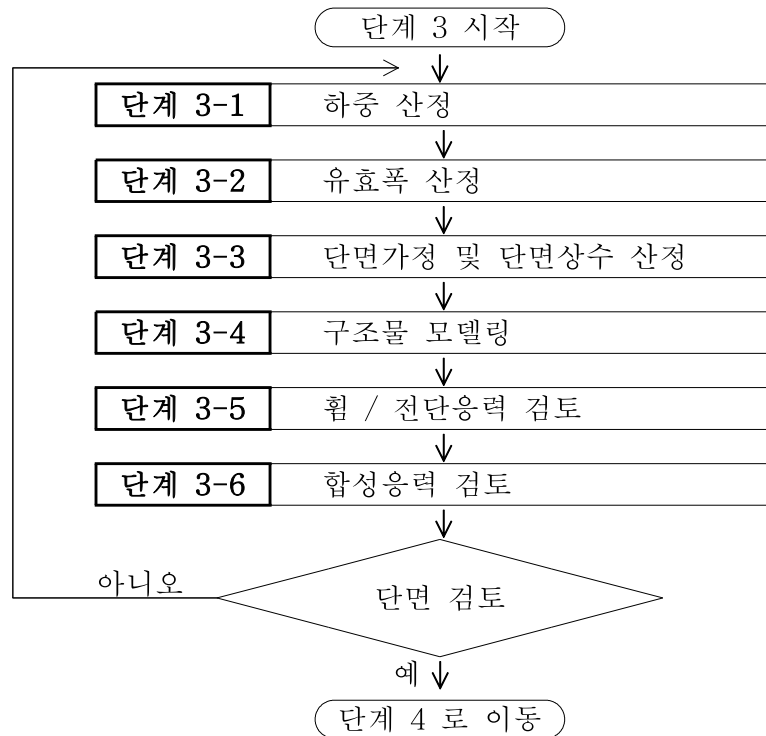


그림 33. 주거터 설계

5. [단계 4] 가로보 설계

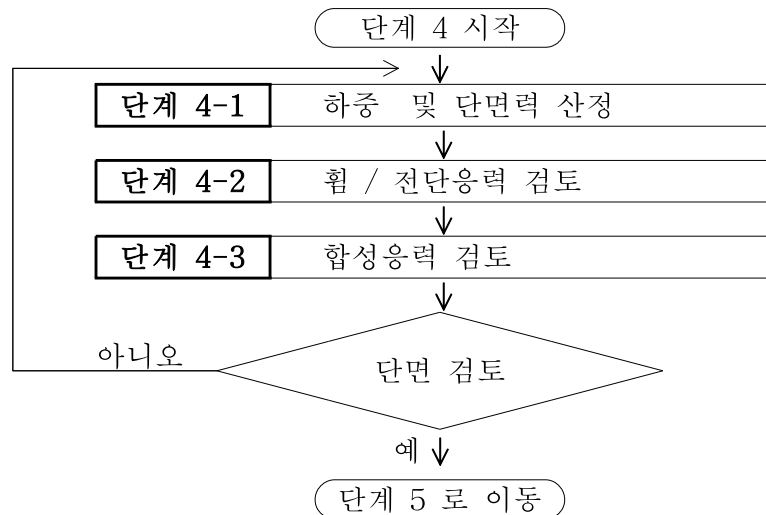


그림 34. 가로보 설계



6. [단계 5] 스트링거 설계

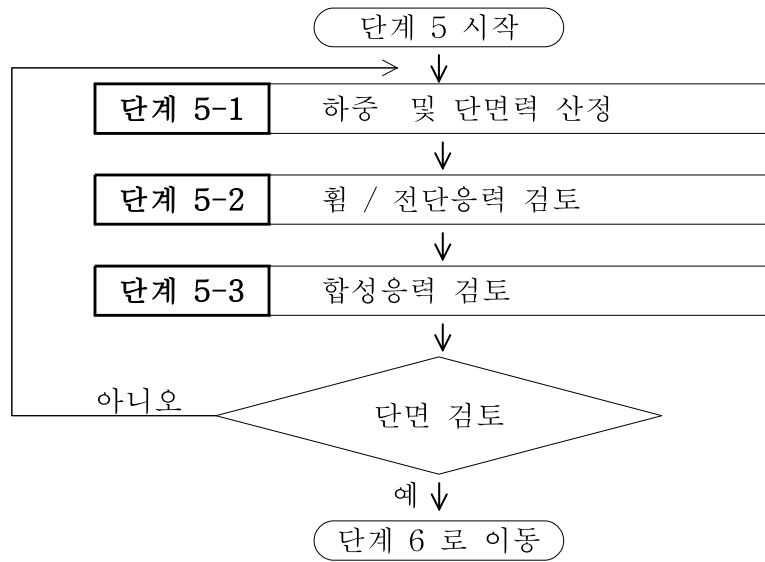


그림 35. 스트링거 설계

7. [단계 6] 보강재 설계

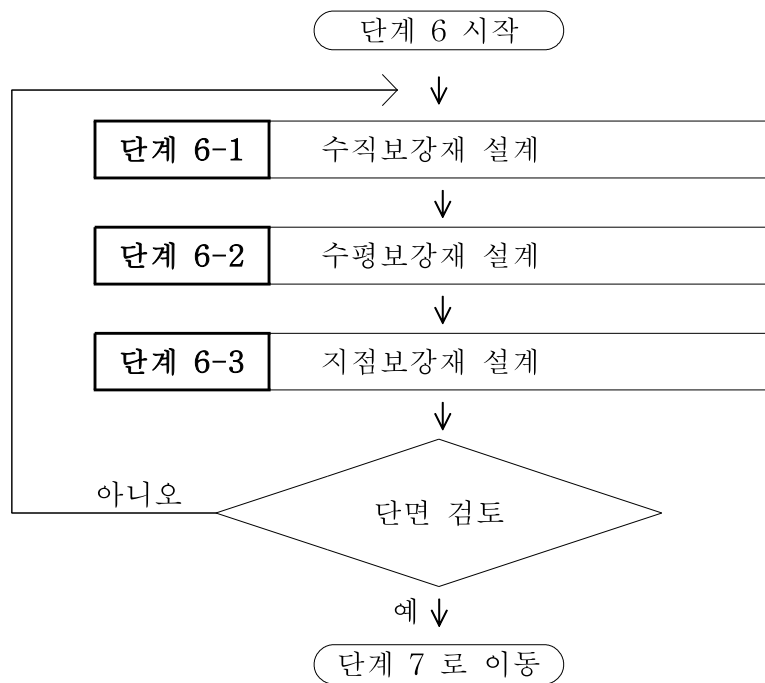


그림 36. 보강재 설계

8. [단계 7] 이음 설계

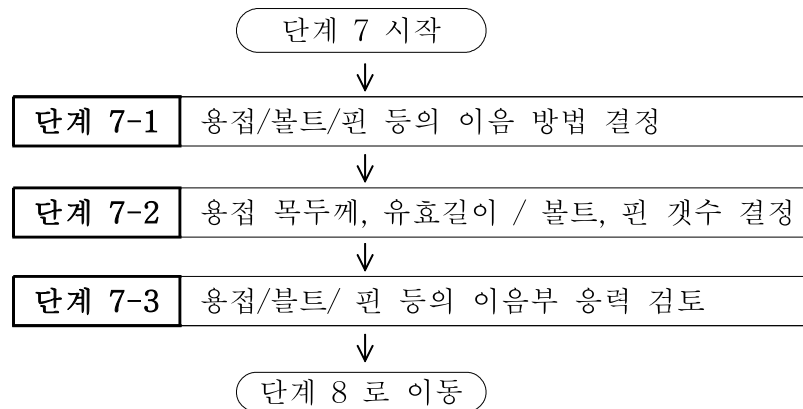


그림 37. 이음 설계

9. [단계 8] 브레이싱 설계

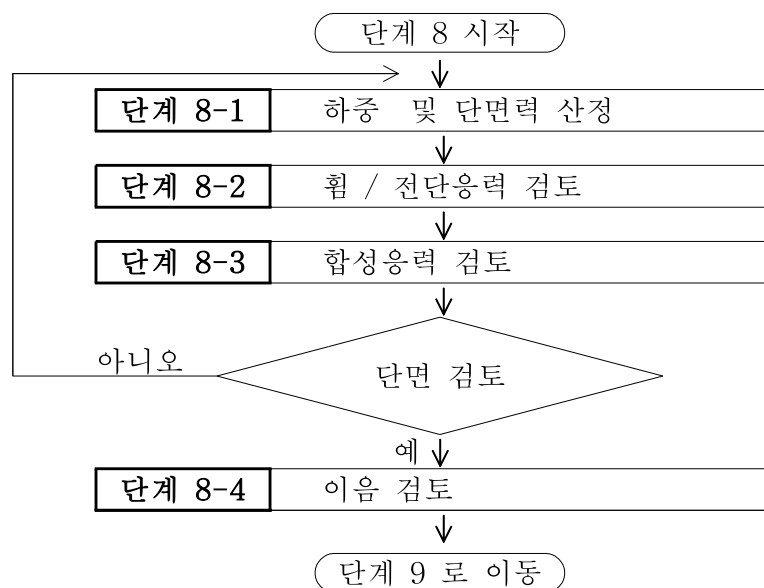


그림 38. 브레이싱 설계



10. [단계 9] 전단연결재 설계

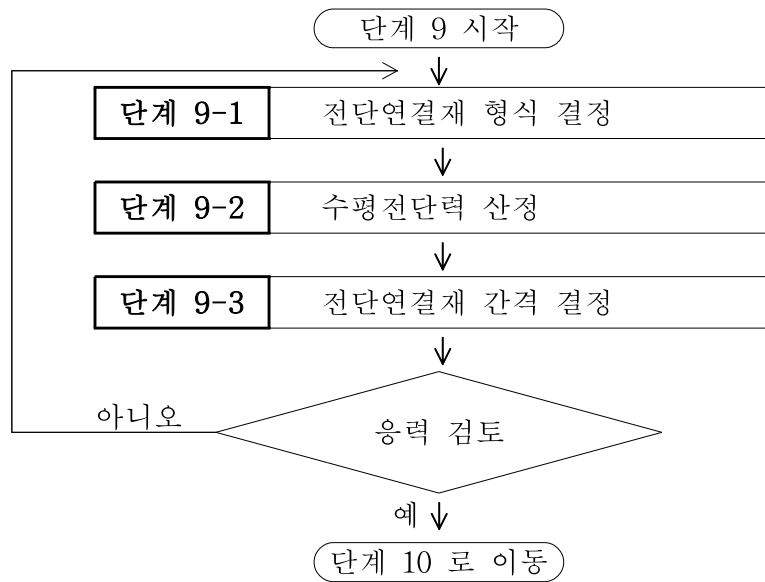


그림 39. 전단연결재 설계

11. [단계 10] 피로 검토

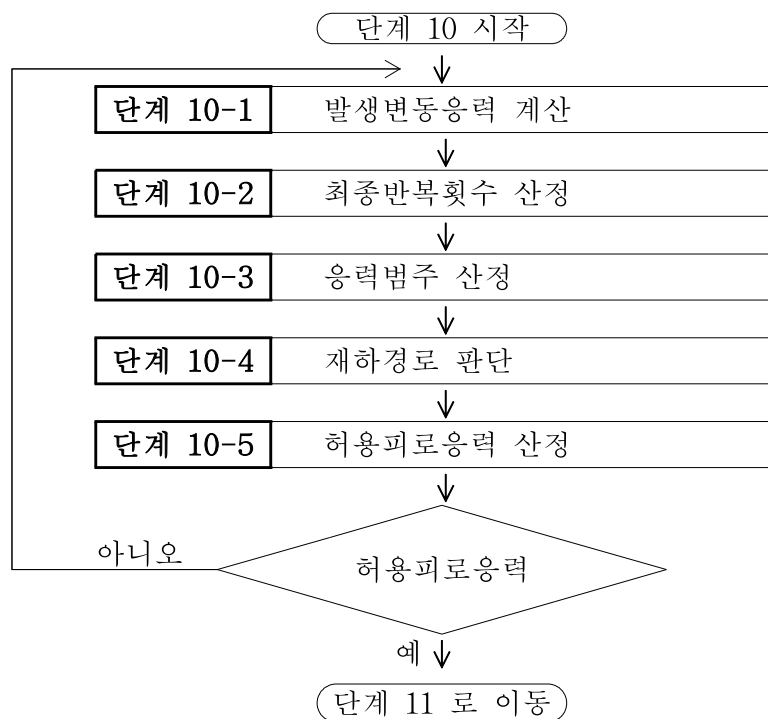


그림 40. 피로 검토

12. [단계 11] 처짐검토 및 솟음

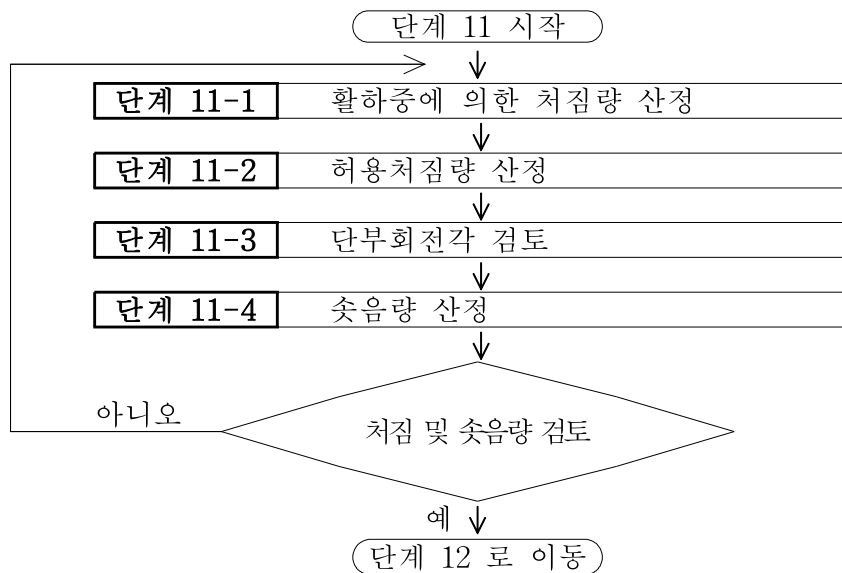


그림 41. 처짐검토 및 솟음

13. [단계 12] 동적검토

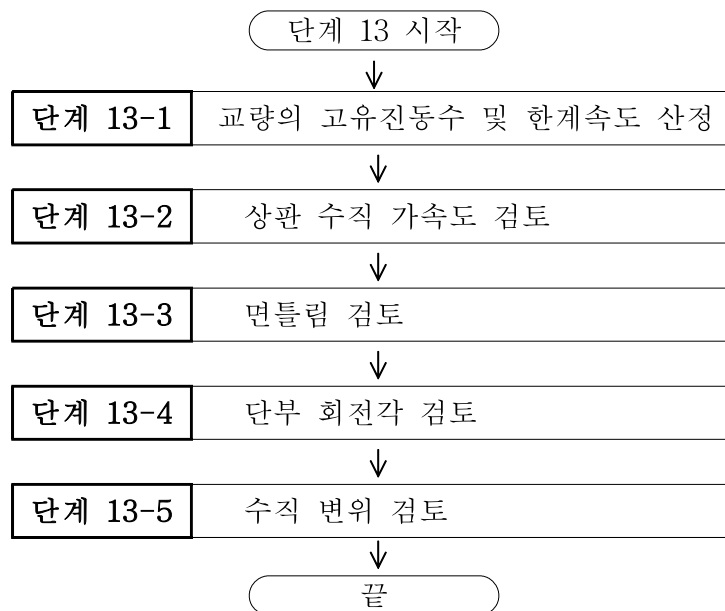


그림 42. 동적 검토



14. [단계 13] 신축량 산정

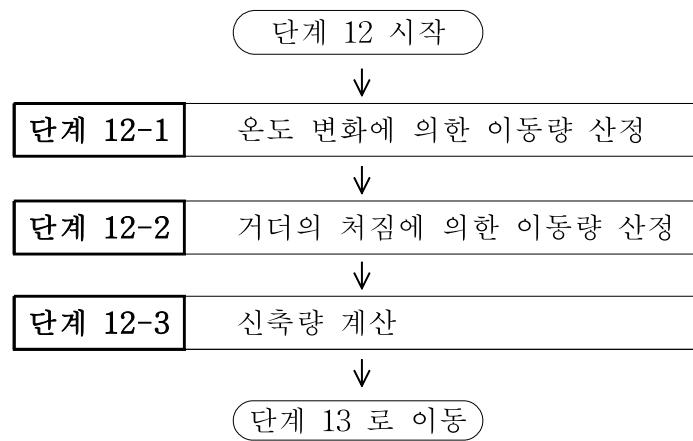


그림 43. 신축량 산정

해설 3. 플레이트거더교 설계단계별 고려사항

1. 주설계단계

- (1) 설계조건(교량 개요의 파악, 교량 연장 및 폭원 결정, 교량 설계방법 결정)
 - ① [철도건설규칙]의 규정에 따라 설계 활하중의 크기를 결정한다.
 - ② 교량의 폭은 [철도건설규정 제15조]을 고려하여 결정한다.
 - ③ 비합성거더 및 합성거더에서의 주거더 및 부부재의 설계방법은 KR C-08010의 4.2항을 적용하며, 바닥판 콘크리트의 설계방법은 KR C-08010의 4.2항에 따른다.
- (2) 사용재료(재료 일반, 재료의 허용응력, 재료특성 파악)
 - ① KR C-10010의 4항 규정에 따라 재료를 선택한다.
 - ② 재료의 허용응력은 KR C-09030의 4~7항의 규정을 따른다.
 - ③ 설계계산에 사용하는 재료의 물리상수는 KR C-09010의 6항에 따른다.
- (3) 설계계산

플레이트거더교 각 부재의 설계에 있어서 KR C-08020의 8항에 따른 하중조합에 규정된 하중조합에 의해 발생하는 응력이 구조형식에 따라 규정된 허용응력 이하인지를 검사하는 것으로 한다.

2. [단계 1] 설계조건 및 표준단면 결정

- (1) 교량 제원 결정

가설되는 교량의 제원을 파악하고 선로등급에 따라 표준활하중을 적용하여 교량을 설계한다. 도상의 유무 및 종류, 입지조건, 주변 환경과의 조화 등 여러 설계조건을 종합적으로 고려하여 교량의 제원, 형식 등을 적절히 선정하여 설계하여야 한다.
- (2) 사용재료 선정

KR C-10010의 4항에 따라 사용재료를 선택한다.
- (3) 설계하중 선정

플레이트거더교의 설계에는 KR C-08020에 규정된 주하중, 부하중, 주하중에 상당하는 특수하중, 부하중에 상당하는 특수하중에 대하여 고려하여야 한다.
- (4) 표준단면 가정
 - ① 교량의 용도(본선, 정거장등)에 따라 선로수 및 교량폭이 결정되면, 이에 적합한 주거더수를 결정한다. 또한 지간장별 작용하중에 저항하는 최적의 주거더 크기(폭, 높이)뿐만 아니라, 가설지의 지형을 고려하여 차량 운반이 가능한 주거더의 크기도 함께 검토한다.
 - ② 상·하부 플랜지 및 복부, 가로보 및 스트링거 단면의 결정은 KR C-09080의 3항 및 KR C-09040의 3.4항 규정에 따른다.



- ③ 보강재의 간격 및 단면의 결정은 [철·설 9.6.4항] 전단력과 휨모멘트를 받는 부재의 복부판에 따른다.
- ④ I형 단면 플레이트거더교의 경우 일반적으로 휨에 의한 플랜지의 응력이 지배적이고, 복부판의 단면적을 적게 하는 것이 효율적인 단면을 얻게 된다. 따라서 주거더의 개수는 적고 주거더 간격이 넓은 편이 경제적이라고 할 수 있다. 주거더의 간격은 철근콘크리트 바닥판의 지간 제한 때문에 4.0m까지만 할 수 있게 되어 현재 주거더 간격을 3.0m 내외로 배치하는 경우가 많으며, 기타 주거더를 배치할 때는 다음 사항에 대한 주의가 필요하다.
 - 가. 열차하중의 재하위치를 고려한다.
 - 나. 외측 주거더와 내측 주거더의 하중부담의 균형을 고려한다.
 - 다. 바닥판 중앙의 휨모멘트를 될 수 있는 대로 비슷하게 한다.
 - 라. 배수구, 부설재 등이 장애가 되면 안 된다.
- ⑤ 복부판의 경제적 높이는 주거더 간격, 사용강재의 종류에 따라서도 다르며, 일반적으로 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다.
 - 가. 소요 거더밀공간과 계획노면 높이의 관계
 - 나. 경제적 거더 높이
 - 다. 복부판 높이와 복부판 두께에 관한 설계기준 규정
 - 라. 플랜지 폭, 플랜지 단면적
 - 마. 수송상의 제한

3. [단계 2] 바닥판의 설계

(1) 바닥판 지간 및 두께 산정

- ① 적용범의는 변장비가 1:2 이상인 철근콘크리트 바닥판으로 한다.
- ② 바닥판의 지간은 KR C-09050의 2.4.2항에 따라 결정하며, 단면가정을 위한 철근콘크리트 바닥판의 최소두께는 KR C-09050의 2.4.3항에 따른다.

(2) 바닥판 설계휨모멘트 산정(고정하중·활하중 산정, 충격계수 산정)

- ① 바닥판 단면검토를 위한 고정하중 및 활하중의 적용은 [철·설 8.2.2항] 고정하중 및 KR C-08020의 4항, 그리고 KR C-10050의 6.5항에 따른다.
- ② 충격하중은 KR C-08020의 4.4항 및 KR C-08020의 4.5항 규정에 의해 산정된 충격계수를 활하중에 곱한 값으로 한다.

(3) 바닥판 단면 설계(주철근 및 배력철근량 산정)

- ① 주철근량 및 배력철근량의 산정은 KR C-09050의 2.4.5항에 따라 철근의 지름, 덮개, 주철근 및 배력철근의 간격 등의 규정을 만족하도록 설계한다
- ② 합성거더인 경우의 바닥판 설계는 「①항」에 제시된 것 외에 KR C-09090의 9항의

규정도 만족하도록 설계하여야 한다.

(4) 사용성 검토(철근 간격 검토)

- ① 인장철근의 간격제한으로 균열을 제한하기 위하여 다음 식을 사용한다([콘크리트 설계기준 6.3.3항, 6.3.4항] 참조).

$$s = 375 \times \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5c_c, \quad s = 300 \times \left(\frac{210}{f_s} \right)$$

4. [단계 3] 주거더 설계

(1) 하중산정

- ① 주거더 설계를 위한 고정하중은 KR C-08020의 3.2항 규정에 따라 합성전 고정하중과 합성후 고정하중을 구분하여 산정한다.
- ② 활하중은 KR C-08020의 4항에 따라 **KRL-2012하중(여객전용선인 경우 0.75KRL-2012하중) 또는 EL하중**을 재하하며, 충격하중은 KR C-08020의 4.4항 및 KR C-08020의 4.5항에 의해 충격계수를 산정하여 활하중의 충격효과를 고려한다.

(2) 구조물 모델링

- ① 교량의 상부는 각 주거더와 가로보, 스트링거를 격자형태로 모델링하며 평면 곡선 및 skew 효과를 고려한 3차원 모델링을 원칙으로 한다. 이때 플레이트거더교가 합성거더일 경우 주거더 및 가로보는 합성단계에 따라 상부 바닥판의 단면 강성도 고려한다.
- ② 고정하중은 주거더의 강재 자중 및 콘크리트 바닥판의 자중을 고려하며, 바닥판 자중은 주거더에 재하되는 값을 산정하고, 2차고정하중은 2차원 모델을 사용하여 거더에 반력으로 산정한 후 그 반력을 3차원 상부 모델에 재하한다.
- ③ 활하중은 각 거더에 선로위치에 따른 편심하중으로 재하하며 경간별 및 선로별로 가장 불리한 하중조합을 도출한다. 열차하중의 재하는 콘크리트 슬래브에 의한 하중의 횡분배 효과를 고려하여 최대로 불리한 경우의 주거더에 대하여 설계하여야 한다.

(3) 단면계수 산정

각 단면에 대하여 합성전, 합성후로 나누어 시공단계에 합당한 단면계수를 산정한다.

(4) 응력조합 및 합성응력 검토

- ① 휨 모멘트에 의한 판형단면의 휨응력은 탄성이론에 따라 평면상태를 유지하는 경우에 한하여 KR C-09040의 2.2항에 따라 산정한다.
- ② 주거더의 플랜지와 라멘 가로보의 플랜지가 직접 연결되는 경우와 같이 주거더의 2방향 응력이 작용하는 부분에 대해서는 KR C-09040의 2.3항 규정에 따라 검토가 이루어져야 한다.
- ③ 판형에서 휨에 의한 전단응력의 단면내 분포는 판형과 같은 얇은 단면의 경우, 전단



력이 각 부재의 중앙선에 대하여 흐른다는 전단류(剪斷流) 이론에 의한 것을 엄밀해로 본다. 그러나 판형의 경우는 전단력의 대부분을 복부판에서 받아 지지하고, 복부판 내에는 응력분포가 균일하게 분포되므로 KR C-09040의 2.4항에 따라 산정하도록 한다.

- ④ 휨모멘트에 의한 휨응력과 휨에 따르는 전단응력에 대하여 설계할 경우 각 응력이 각각의 허용응력 안에 들어오더라도 합성응력이 허용응력을 초과하여 위험하게 될 경우를 고려하여 KR C-09040의 2.5항에 따라 합성응력을 검토하여야 한다.
- ⑤ 설계에서 비틀림모멘트를 고려하여야 할 경우에는 [철·설 9.10.1항] 일반내용 규정에 따라 순수비틀림(St.venant torsion)에 따르는 전단응력과 뒤틀림(warping torsion)에 의한 전단응력과의 합계 및 뒤틀림에 의한 수직응력을 산출하여 검토 하여야 한다.

5. [단계 4] 가로보 설계

(1) 하중 산정

- ① 가로보 설계를 위한 고정하중은 KR C-08020의 3.2항 규정에 따라 산정한다.
- ② 활하중은 KR C-08020의 4항에 따라 [KRL-2012하중\(여객전용선인 경우 0.75KRL-2012하중\)](#) 또는 [EL하중](#)을 재하하며, 충격하중은 KR C-08020의 4.4항 및 KR C-08020의 4.5항 규정에 의해 충격계수를 산정하여 활하중의 충격효과 를 고려한다.
- ③ 기타 가로보에 작용하는 하중에 대해서는 KR C-08020 규정에 따라 산정한다.

(2) 휨/전단응력 검토

휨모멘트에 의한 판형단면의 휨응력은 KR C-09040의 2.2항에 따라 산정하며, 복부판의 휨에 따르는 복부판의 전단응력은 KR C-09040의 2.4항 규정에 따라 산정한다.

(3) 합성응력 검토

휨모멘트에 의한 휨응력과 휨에 따르는 전단응력에 대하여 설계할 경우 각 응력이 각각의 허용응력 안에 들어오더라도 합성응력이 허용응력을 초과하여 위험하게 될 경우를 고려하여 KR C-09040의 2.5항 규정에 따라 합성응력을 검토하여야 한다.

6. [단계 5] 스트링거 설계

(1) 하중 산정

- ① 스트링거 설계를 위한 고정하중은 KR C-08020의 3.2항 규정에 따라 산정한다.
- ② 활하중은 KR C-08020의 4항에 따라 [KRL-2012하중\(여객전용선인 경우 0.75KRL-2012하중\)](#) 또는 [EL하중](#)을 재하하며, 충격하중은 KR C-08020의 4.4항에 의해 충격계수를 산정하여 활하중의 충격효과를 고려한다.
- ③ 기타 스트링거에 작용하는 하중에 대해서는 KR C-08020 규정에 따라 산정한다.

(2) 휨/전단응력 검토

휨모멘트에 위한 관형단면의 휨응력은 KR C-09040의 2.2항에 따라 산정하며, 복부판의 휨에 따르는 복부판의 전단응력은 KR C-09040의 2.4항 규정에 따라 산정한다.

(3) 합성응력 검토

휨모멘트에 위한 휨응력과 휨에 따르는 전단응력에 대하여 설계할 경우 각 응력이 각각의 허용응력 안에 들어오더라도 합성응력이 허용응력을 초과하여 위험하게 될 경우를 고려하여 KR C-09040 규정에 따라 합성응력을 검토하여야 한다.

7. [단계 6] 보강재 설계

(1) 수직보강재 설계

- ① 복부판 높이와 복부판 두께가 KR C-09040의 3.4의 (3)항에서 규정된 값 이상의 경우에는 복부판에 필히 수직보강재를 설치하여야 한다. 수직보강재의 간격은 형고보다 좁게 택하는 것이 보통이고, 수직 브레이싱 간격은 등간격으로 배치하는 경우가 많다. 수직보강재의 간격을 조사하는 관계식은 KR C-09040의 3.4의 (4)항에 따라 정한다.
- ② 연속형의 지점상에 있어서 전단응력이 비교적 큰 부분에서는 수직보강재의 간격이 좁아질 가능성이 있다. 이 경우에는 복부판 두께를 증가시켜 전단응력을 작게 하거나, 플랜지 휨응력에 여유를 주어 보강재 간격이 극단적으로 좁게되는 것을 방지 하여야 한다.
- ③ 수직보강재의 강도는 KR C-09040의 3.4의 (6)항 규정에 따라 검토되어야 한다.

(2) 수평보강재 설계

- ① 복부판에는 복부판 두께와 복부판 높이의 관계로부터 계산에 따라 수평보강재를 KR C-09040의 3.4의 (5)항 규정에 따라 설치하여야 한다. 수평보강재는 복부판의 한쪽에만 배치하고 돌출길이가 수직보강재보다 짧도록 하는 것이 일반적이며, 복부판의 좌굴파형의 마디가 되고 반드시 주거더가 내하력 한계에 이를 때까지 좌굴되지 않을 정도의 강도를 지닐 필요가 있다. 그 필요강도는 KR C-09040의 3.4의 (5)항 규정에 따른다.
- ② 수평보강재의 강재종류는 그 설치 위치의 복부판에 발생하는 최대응력과 같은 응력을 받는 것으로 하여 정하여야 한다. 또한 복부판의 현장이음에서는 수평보강재를 생략할 수 있으며, 보강재의 돌출부와 두께의 관계는 압축력을 받는 자유돌출부의 규정에 따르며, 복부판 응력이 맞은 곳에 설치한 보강재는 복부판 응력과 같은 응력을 받고 있는 것으로 하여 두께를 줄여도 좋다.

(3) 단보강재 설계

지점 및 Jack-up 위치, 가로보 · 스트링거 · 수직브레이싱 등의 연결부와 같이 하중이 집중되는 점에서는 보강재를 KR C-09080의 4항 규정에 따라 설계하여야 한다.



8. [단계 7] 이음 설계

(1) 용접이음방법 결정

응력을 전달하는 용접이음은 홈용접 또는 연속 필렛용접을 쓰도록 하며, 용접이음 방법의 결정은 KR C-09060의 2.2.1항에 따르도록 한다.

(2) 용접 목두께 및 유효길이 결정

- ① 응력을 전달하는 용접부의 목두께는 KR C-09060의 2.2.2항 규정에 따라 산정한다.
- ② 용접부의 유효길이는 이론상의 목두께를 가지는 용접부의 길이로 하며, KR C-09060의 2.2.3항 규정에 따라 산정하도록 한다.
- ③ 홈용접을 사용한 맞대기 이음은 가능한 한 뒷면용접을 하여 전단면을 용접하도록 하여 KR C-09060의 2.2.4항 규정에 따르며, 홈용접의 개선허상은 용접에 앞서 결정되는 WPS(용접 절차 사양서)에 따르도록 조치한다.
- ④ 필렛용접의 경우 필렛용접 치수, 최소 유효길이, 끝돌림 용접 및 겹침이음은 각각 KR C-09060의 2.2.6항, KR C-09060 2.2.7항, KR C-09060의 2.2.8항 및 KR C-09060의 2.2.9항 규정에 따른다.
- ⑤ 필렛용접 또는 부분용입 홈용접을 사용한 T이음은 부재의 양쪽에 실시해야하며 KR C-09060의 2.2.10항 규정에 따른다.
- ⑥ 용접과 보통볼트를 병용한 이음에서는 볼트는 응력을 받지 않는 것으로 한다.

(3) 용접이음부 응력 검토

- ① 용접이음에 인장력, 압축력, 또는 전단력이 작용하는 경우 용접부에 발생하는 응력은 KR C-09060의 2.2.11항 규정에 따라 산정한다.
- ② 축방향력, 휨모멘트 및 전단력을 동시에 받는 용접이음에서는 KR C-09060의 2.2.12항 규정에 따라 합성응력에 대한 검토가 이루어져야 한다.

(4) 볼트 기본허용응력 산정

볼트의 기본허용응력은 KR C-09030의 6항 규정에 따라 산정한다.

(5) 볼트 및 이음판 설계

- ① 고장력볼트를 사용한 볼트의 설계는 KR C-09050의 2.3항에 따른다.
- ② 고장력볼트 이음에 있어서 이음판의 설계는 KR C-09060의 2.3.6항 규정에 따른다.

(6) 볼트설계시 검토사항

- ① 볼트설계시 인장재 순단면적의 계산은 KR C-09060의 2.3.8항 규정에 따른다.
- ② 볼트의 최소/최대 중심간격은 KR C-09060의 2.3.9항 및 KR C-09060의 2.3.10항 규정에 따르며, 연단거리는 KR C-09060의 2.3.11항 및 KR C-09060의 2.3.12항 규정에 따라 검토하여야 한다.

- ③ 연결하려는 부재 또는 재편 사이에 채움판을 넣을 경우 KR C-09060의 2.3.17항의 규정에 따라야 한다.

9. [단계 8] 브레이싱 설계

(1) 하중 산정

- ① 브레이싱 설계를 위한 고정하중은 KR C-08020의 3.2항 규정에 따라 산정한다.
- ② 활하중은 KR C-08020의 4항에 따라 **KRL-2012하중(여객전용선인 경우 0.75KRL-2012하중)** 또는 **EL하중**을 재하하며, 충격하중은 KR C-08020의 4.4항 및 KR C-08020의 4.5항 규정에 의해 충격계수를 산정하여 활하중의 충격효과를 고려한다.
- ③ 기타 브레이싱에 작용하는 하중에 대해서는 KR C-08020 규정에 따라 산정한다.

(2) 휨/전단응력 검토

휨모멘트에 의한 판형단면의 휨응력은 KR C-09040의 2.2항에 따라 산정하며, 복부판의 휨에 따르는 복부판의 전단응력은 KR C-09040의 2.4항 규정에 따라 산정한다.

(3) 합성응력 검토

휨모멘트에 의한 휨응력과 휨에 따르는 전단응력에 대하여 설계할 경우 각 응력이 각각의 허용응력 안에 들어오더라도 합성응력이 허용응력을 초과하여 위험하게 될 경우를 고려하여 KR C-09040의 2.5항 규정에 따라 합성응력을 검토하여야 한다.

10. [단계 9] 전단연결재 설계

(1) 전단연결재 형식 결정

전단연결재의 설계에 있어서 합성효과, 사용장소, 시공의 난이 등을 고려하여 KR C-09090의 10항 중에서 선택하도록 한다.

(2) 수평전단력 산정

- ① 전단연결재는 각종 하중의 조합에 의한 강거더와 바닥판 콘크리트 사이에 작용하는 교축방향의 전단력이 가장 크게 되는 경우에 대해서 설계한다 [철·설 9.11.9(2)항].
- ② 바닥판 콘크리트의 건조수축 및 바닥판 콘크리트와 강재들보의 온도차에 의해 전단연결재에 작용하는 전단력은 KR C-09090의 10의 (4)항 규정에 따라 산정한다.

(3) 전단연결재 허용내하력 및 간격결정

전단 연결재의 허용내하력 및 배치간격은 KR C-09090의 10의 (5)항 규정에 따른다.

11. [단계 10] 피로 검토

(1) 발생변동응력 계산

활하중에 의해 발생하는 최대응력과 최소응력의 대수차인 응력범위를 산출한다.

(2) 최종반복횟수 산정



최종반복횟수는 KR C-09030의 5항 규정에 따라 산정한다.

(3) 응력범주 산정

응력의 종류 및 범주는 KR C-09030의 5항 규정의 <표 9>에 따라 적용한다.

(4) 재하경로 판단

단재하 및 다재하 경로 구조물의 결정은 KR C-09030의 5항 규정에 따른다.

(5) 허용피로응력 산정

부재의 허용피로응력은 KR C-09030의 5항에 따라 산정한다.

12. [단계 11] 처짐 검토 및 솟음

(1) 활하중에 의한 처짐량 산정

활하중에 의한 연직처짐 검토는 충격계수가 고려된 표준열차하중이 가장 불리하게 재하된 상태(복선재하 포함)의 처짐량을 산정하도록 한다.

(2) 허용처짐량 산정

충격계수가 고려된 표준열차하중이 가장 불리하게 재하된 상태(복선재하 포함)의 활하중에 의한 교량거더의 최대처짐은 KR C-08070의 4.2항에서 규정한 값 이하라야 하며, 처짐은 부재의 총단면적으로 계산한다.

(3) 처짐량 산정

KR C-08070의 4항에서 규정한 하중에 의하여 주거더에 발생하는 처짐량을 산정한다.

(4) 솟음량 산정

시간 30m이상의 관형에서는 KR C-09020의 8항 규정에 따라 솟음량을 산정한다. 일반적으로 고정하중을 재하시켰을 때 발생하는 처짐만큼 미리 솟음을 주어 차후 고정하중이 실제로 재하되었을 때 처짐량이 발생하지 않도록 함을 원칙으로 한다.

13. [단계 12] 동적검토

(1) 교량의 고유진동수 및 한계속도 산정

주행열차하중에 대한 동적해석 전에 자유진동해석을 수행하여 KR C-08070의 3의 (2)항에 의해 공진을 일으킬 수 있는 임계속도를 미리 산정하고 이 속도에 대한 동적해석을 수행한다.

동적해석 시 하중 재하는 단선, 복선교량에 관계없이 <그림 1>과 같이 궤도 중심에 따른 단선재하를 원칙으로 하며, 동적해석은 KR C-08070의 3항에 따라 수행하도록 한다.

(2) 상판수직 가속도 검토

동적해석에 의한 상판의 연직 가속도는 KR C-08070의 4.1항 규정의 제한치 이내가 되는지 검토한다.

(3) 면틀림 검토

동적해석에 의한 면틀림은 KR C-08070의 4.3항 규정의 제한치 이내가 되는지 검토한다.

(4) 단부 회전각 검토

동적해석에 의한 단부 회전각은 교량 상판 단부 회전각 변화 제한 규정의 제한치 이내가 되는지 검토한다.

(5) 수직 변위 검토

동적해석에 연직처짐량 검토시에는 KR C-08070의 4.2항 규정에 의한 하중조합을 적용하며, <표 5>에 나타난 제한치 이내가 되는지 검토한다.

14. [단계 13] 신축이음부 설계

(1) 신축이음부 설계

KR C-08100의 3.5항 규정에 따라 신축이음장치를 결정한다.



RECORD HISTORY

Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.1('14.1.?) 철도의 건설기준에 관한 규정(국토교통부고시제2013-236호, '13.5.16) 및 철도설계기준(국토교통부고시제2013-757호, '13.12.5) 개정 고시됨에 따라 개정내용을 반영