

KDS 24 12 20 : 2016

교량 설계하중 (일반설계법)

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 도로교설계기준의 교량 설계하중에 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 배수시설, 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 철도관련 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 12 20 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 24 12 20 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 철도건설과

관련단체 (작성기관) : 한국철도시설공단(한국교량및구조공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어정의	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	1
4.1 하중	1

교량 설계하중(일반설계법)

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 철도교량의 설계하중을 결정하기 위하여 적용된다.

1.2 용어정의

KDS 24 10 10(1.2)의 관련 용어를 따른다.

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

내용 없음.

4. 설계

4.1 하중

4.1.1 하중의 종류

설계에 있어서는 다음 하중을 고려한다.

(1) 영구하중

- ① 고정하중(자중)
- ② 2차 고정하중(부가되는 고정하중)
- ③ 환경적인 작용하중
- ④ 간접적인 작용하중

(2) 운행하중

- ① 표준열차하중
- ② 충격
- ③ 수평하중: 차량횡하중, 캔트효과, 원심하중, 시동하중과 제동하중

교량 설계하중(일반설계법)

(3) 기타하중

① 풍하중

② 온도변화의 영향: 교량 설계시 온도변화, 단면에서의 온도변화율, 궤도-구조물간의 상호작용

③ 장대레일 종하중

④ 2차 구조부분, 장비, 설비 등에 작용하는 하중: 유지보수 통로하중, 군중하중, 승강장에 재하되는 하중, 난간하중, 방음벽, 지주 하단에 작용하는 하중, 마찰저항하중, 화물하중

⑤ 기타하중

(4) 특수하중

① 충돌하중

② 탈선하중

③ 가설시의 하중

④ 지진의 영향

교량을 설계할 때 고려해야 할 하중의 종류를 모두 열거한 것인데, 가교지점의 여러 조건과 구조에 따라 하중 및 하중의 조합을 선정해야 하며 모든 하중을 모두 고려할 필요는 없다.

4.1.2 영구하중

(1) 영구하중의 종류

① 고정하중(자중)

② 2차고정하중(부가되는 고정하중)

가. 고정된 시설과 상부구조의 설비, 장치 등

나. 제거 가능한 영구하중(자갈도상 등)

③ 환경적인 작용하중: 토압, 수압, 파압, 설하중

④ 간접적인 작용하중: 프리스트레스 힘, 콘크리트 크리프의 영향, 콘크리트 건조수축의 영향, 지점변위(받침의 변위, 지반변동의 영향, 지점이동의 영향, 구조물에 영향을 미치는 변형)의 영향

(2) 고정하중

① 고정하중은 전체구조물의 자중으로 인한 수직방향 하중과 모든 영구적으로 설치된 부재들, 예를 들어 벽체, 기둥, 칸막이, 마루, 지붕, 토공, 선로, 도상, 각종 관, 신호기, 강봉, 강선 등(강선에 관련된 인장으로 인한 하중, 전차선로(catenary) 지지 등은 제외)과 그 외 다른 고정된 시설장치를 말한다.

② 고정하중은 전체 구조물의 중량으로 다루어진다. 여러 가지 재료의 단위체적중량은 표 4.1-1의 값을 사용하는 것으로 한다.

표 4.1-1 재료 단위체적중량

재료	단위체적중량 (kN/m ³)	재료	단위체적중량 (kN/m ³)
강, 주강, 단강	77	프리스트레스트 콘크리트	24.5
연철	76.5	인공경량골재콘크리트	15~17
주철	71	모르타르	21
목재	8	방수용아스팔트	11
도상(자갈 또는 쇄석)	19	석재	26
무근콘크리트	23	모래, 자갈, 부순돌, 흙	16~20
철근콘크리트	24.5	석탄, 탄가루	10

- 주 1) 표에 제시된 값은 각종 측정치의 평균치보다 조금 큰 값을 취하였음.
 2) 목재의 중량은 수령과 함수비에 따라 다르고, 8 kN/m³는 흔히 사용되는 목재에 비해 좀 과대한 편이지만 못, 꺾쇠, 볼트 등의 쇄붙이를 포함하는 것으로 보고 표 4.1-1의 값으로 정하였음.
 3) 흙의 단위체적중량에 대해서는 표 4.1-2를 참조해야 함.

(3) 2차고정하중(부가되는 고정하중)

- ① 2차고정하중은 궤도, 방수, 방음벽, 신호기 기둥, 전차선 지주 등을 포함한다. 제거 가능한 2차고정하중은 자갈도상, 케이블 등이 있다.
- ② 자갈 및 콘크리트 도상 궤도의 2차고정하중은 정량적으로 계산하여 적용하는 것으로 하며, 단선 궤도에 대한 재료의 중량은 다음 값을 사용할 수 있다.
- | | |
|---------------|------------------------|
| 가. 레일(체결구 포함) | 1.5 kN/m |
| 나. 침목: 일반철도용 | 4.1 kN/m |
| 고속철도용 | 5.0 kN/m |
| 다. 자갈도상 | 19 kN/m ³ |
| 보조도상 | 16 kN/m ³ |
| 라. 콘크리트궤도 도상 | 24.5 kN/m ³ |
| 콘크리트궤도 보조도상 | 24.5 kN/m ³ |
- ③ 자갈도상의 중량은 보선작업과정을 고려하여 30% 할증된 값을 사용한다. 또 곡선부에서는 캔트부설에 따른 증가량을 추가하여 사용한다.
- ④ 무도상 판형교에서의 경우 교량침목 부설궤도는 7 kN/m(단선), 직결궤도는 3 kN/m(단선)으로 한다.
- ⑤ 전선 및 신호케이블 등의 2차고정하중은 1 kN/m로 하고 트러프하중은 별도로 계산한다.

(4) 토압

- ① 토압효과의 산정을 위해, 토질조사는 건조밀도, 습윤밀도, 점착력, 내부마찰계수에 대한 특성치를 제공해야 한다.
- ② 계산을 쉽게 하기 위해, 궤도에 수평한 교대와 옹벽의 배면의 연속 궤도에 의한 하중효과는 무한길이로 정의될 수 있는 해당 궤도 당 3.5 m 폭의 침목 하부에 30 kN/m²이 균등히 작용

교량 설계하중(일반설계법)

한다고 가정해야 한다. 이때 토압은 (1 ± 0.05) 배 증감치에 대해서도 불리한 경우를 고려하여 검토해야 한다.

③ 평상시 수평토압

가. 교대, 교각, 날개벽 및 옹벽 등에 작용하는 횡방향 토압의 크기는 구조물의 종류나 토질에 따라 다르다.

(가) 구조물이 강체로서 회전하거나 전면으로 밀려나오는 경우에는 횡방향 토압의 분포는 일반적으로 3각형 분포로 볼 수 있다. 이 경우의 토압을 구하는 공식에는 Coulomb토압공식, Rankine토압공식 등이 있지만 실내의 시험에서 Coulomb토압공식이 비교적 실험결과와 가까운 값을 보이므로 Coulomb토압공식을 사용하는 것으로 한다.

(나) 역T형 또는 부벽식 옹벽과 같이 뒷굽판이 비교적 긴 경우에는 뒷굽판에서 연직으로 세운 가상면에 토압이 작용하는 것으로 보고 이 면에 작용하는 횡방향 토압은 Rankine토압공식으로 구해야 한다.

(다) 강널말뚝 등과 같이 변형되기 쉬운 연성구조물에 작용하는 횡방향 토압은 복잡한 분포를 보이므로 이 경우에는 Coulomb토압을 사용해서는 안 되며, 벽체의 변형을 고려한 토압공식을 적용해야 한다.

나. 가동벽에 작용하는 횡방향 토압은 식 (4.1-1)~ 식 (4.1-4)로 구해야 한다. Coulomb토압을 구할 때의 토압계수는 식 (4.1-5)~ 식 (4.1-6)을 적용하며, 토압의 작용방향은 벽배면의 직각방향과 벽면마찰각만큼 기울어진 방향으로 본다. Rankine토압을 구할 때의 토압계수는 식 (4.1-7)~ 식 (4.1-8)을 적용하며, 토압의 작용방향은 뒤채움 지표면과 나란한 방향으로 본다.

(가) 사질토에서의 주동토압과 수동토압

$$p_a = K_a \gamma z + K_a q \quad (4.1-1)$$

$$p_p = K_p \gamma z + K_p q \quad (4.1-2)$$

(나) 점성토에서의 주동토압과 수동토압

$$p_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{K_a} + K_a q \text{ (다만, } p_a \geq 0 \text{)} \quad (4.1-3)$$

$$p_p = K_p \gamma z + 2c \sqrt{K_p} + K_p q \quad (4.1-4)$$

식 (4.1-1)~ 식 (4.1-4)에서, 토압계수는 다음과 같이 구해야 한다.

(다) Coulomb토압의 경우

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \quad (4.1-5)$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta \cos(\theta - \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\theta - \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \quad (4.1-6)$$

다만, $\phi \pm \alpha < 0$ 인 경우에는 $\sin(\phi \pm \alpha) = 0$ 으로 해야 한다.

(라) Rankine토압의 경우

$$K_a = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}} \quad (4.1-7)$$

$$K_p = \cos\alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}} \quad (4.1-8)$$

여기서, p_a : 깊이 z 에서의 주동토압 (kN/m^2)

p_p : 깊이 z 에서의 수동토압 (kN/m^2)

K_a : 주동토압계수

K_p : 수동토압계수

γ : 흙의 단위체적중량 (kN/m^3)

z : 횡방향 토압을 구하고자 하는 깊이(m)

c : 흙의 점착력 (kN/m^2)

q : 지표면 상재하중 (kN/m^2)

ϕ : 흙의 전단저항각(°)

α : 지표면과 수평면이 이루는 각(°)

θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각(°)

δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면마찰각(°)

다. 고정벽에 작용하는 횡방향 토압은 식 (4.1-9)로 구해야 한다.

$$p_0 = K_0 \gamma z + K_0 q \quad (4.1-9)$$

여기서, p_0 : 깊이 z 에서의 정지토압 (kN/m^2)

K_0 : 정지토압계수

정지토압계수는 $K_0 = 1 - \sin\phi$ 로 구하는 것으로 하며, 토질조건에 따라 보다 합리적인 공인된 경험공식 또는 경험치를 사용할 수 있다. (ϕ =흙의 배수내부마찰각)

라. 토압의 계산에 적용하는 흙의 단위체적중량은 시공장소에서 채취한 토질시료를 이용하여 구하며, 개략설계의 경우에는 표 4.1-2의 값을 이용할 수도 있다.

교량 설계하중(일반설계법)

표 4.1-2 흙의 단위체적중량(단위 : kN/m³)

지반	토질	느슨한 경우	빡빡한 경우
자연지반	모래 및 모래질 자갈	18	20
	사질토	17	19
	점성토	14	18
성토	모래 및 모래질 자갈	20	
	사질토	19	
	점성토	18	

- 주 1) 지하수위 아래에 있는 흙의 단위체적중량은 표의 값에서 9를 뺀 값으로 해야 한다.
 2) 부순돌의 단위체적중량은 자갈과 같은 값으로 해야 한다. 또 슬래그, 압괴 등의 경우에는 종류, 형상, 크기 및 간격 등을 고려하여 정해야 한다.
 3) 자갈 섞인 사질토 또는 자갈 섞인 점성토에 있어서는 혼합비율과 상태에 따라 합리적인 값으로 해야 한다.
 4) 지표면 재하하중은 교대와 같이 벽면 치수에 비해 재하면적이 큰 경우에는 일반적으로 교량의 등급에 관계없이 활하중 $q=35 \text{ kN/m}^2$ 로 볼 수 있다. 지진시 수평토압은 별도 내진설계 조항에 따른다

(5) 수압

① 정수압

가. 정수압은 식 (4.1-10)에 의해 산출해야 한다. 구조물의 지반 속에 있는 부분에 작용하는 수압이 이 이론수압의 값까지 작용하지 않는 것이 확실한 경우에는 그 확실한 값까지 감소시킬 수 있다.

$$P_h = \omega_0 \cdot h \quad (4.1-10)$$

여기서, P_h : 수면에서 h 만큼 깊은 곳의 정수압 (kN/m²)

h : 수면에서의 깊이 (m)

ω_0 : 물의 단위체적중량 (kN/m³)

나. 수위의 변동이 현저한 곳에 계획된 교대의 경우, 전면의 수위와 안쪽의 수위 사이에 수위차가 생기는 수가 있다. 이와 같은 경우에는 이 수위차에 따른 잔류수압을 고려해야 한다.

② 유수압

가. 유수압은 유수방향에 대한 교각의 연직투영면적에 작용하는 수평하중으로 하고 식 (4.1-11)에 의해 산출해야 한다. 작용위치는 하저(河底)에서 $0.6H$ 로 해야 한다.

$$P = K \cdot v^2 \cdot A \quad (4.1-11)$$

여기서, P : 유수압 (kN)

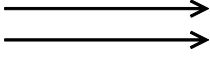
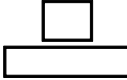
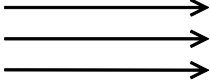
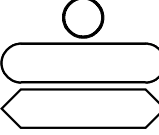
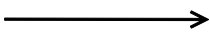
K : 표 4.1-3에 나타낸 교각의 형상에 따라 정해지는 계수

v : 최대유속 (m/s)

A : 교각의 연직투영면적 (m²)

H : 수심 (m)

표 4.1-3 교각형상에 따른 저항계수, K

교각의 유수방향	단부의 형상	계수
		0.7
		0.4
		0.2
	유송잡물이 집적되는 교각	0.7

주) 유송잡물이란 집중호우 시 우수의 흐름에 의해 나뭇가지, 토사, 자갈, 유목 등이 원 지반으로부터 분리되어 이송되는 것을 말한다.

나. 세굴의 영향이 있는 경우의 유수압을 산출할 때 사용하는 수심은 평상시에는 하부구조에 의한 세굴의 영향이 없을 때의 수심에 평상시 하부구조의 영향에 의해 발생하는 세굴의 깊이와 교량의 내용기간 중에 예상되는 전반적인 하상 저하량을 더한 깊이로 해야 한다. 홍수 시에는 평상시의 설계수심에 홍수 시 수위의 증가와 홍수 시 세굴깊이를 더한 깊이로 해야 한다. 곧, 교각부근의 수심은 세굴이 있는 경우 일반적으로 그림 4.1-1과 같은 양상을 보인다고 생각하면 된다. 이와 같은 경우의 전유수압은 식 (4.1-12) 혹은 식 (4.1-13)으로 산출하면 된다.

$$P = K \cdot v_n^2 \cdot A = K \cdot v_n^2 \cdot \left(\frac{B_a + B_b}{2} \cdot H_n \right) \text{ (평상시)} \quad (4.1-12)$$

$$\text{혹은, } P = K \cdot v_f^2 \cdot \left(\frac{B'_a + B'_b}{2} \cdot H_f \right) \text{ (홍수 시)} \quad (4.1-13)$$

여기서, K : 표 4.1-3에 주어진 교각의 저항계수

H_n : 평상시의 설계수심 (m)

H : 평상시 유수의 수심 (m)

ΔH_d : 예상 하상 저하량 (m)

ΔH_{sn} : 평상시의 세굴깊이 (m)

H_f : 홍수 시의 설계수심 (m)

ΔH_f : 홍수 시의 H 에 대한 증가 수심 (m)

ΔH_{sf} : 홍수 시 평상시 세굴선에서의 세굴깊이 (m)

(이 양은 홍수 후에는 없어진다.)

B_a, B'_a : a 또는 a' 에 있어서 구체의 폭 (m)

B_b, B'_b : b 또는 b' 에 있어서 구체의 폭 (m)

v_n : 평상시의 최대유속 (m/s)

v_f : 홍수시의 최대유속 (m/s)

교량 설계하중(일반설계법)

한편, 작용위치는 평상시는 b 에서 $0.6 H_n$ 까지, 홍수 시는 b' 에서 $0.6 H_f$ 의 높이가 된다.

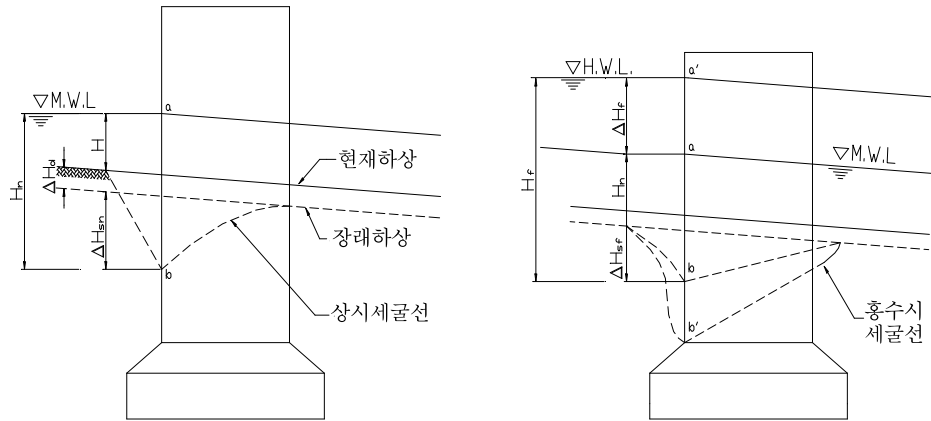
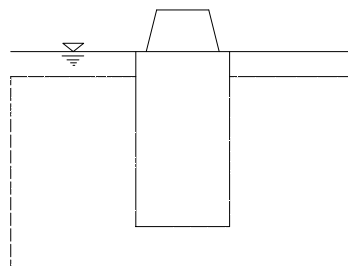


그림 4.1-1 교각부근에서 수심을 취하는 법

다. 부력 또는 양압력

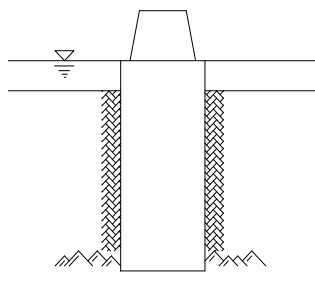
(가) 부력 또는 양압력은 연직방향으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 가장 불리하도록 재하 시킨다. 양압력이란 구조물의 전후의 수위차 또는 파랑 등에 의한 구조물 위치에서의 일시적인 수위의 상승에 의해 생기는 상향의 힘을 말한다.

(나) 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우의 예를 그림 4.1-2에 확실하지 않은 경우의 예를 그림 4.1-3에 나타내었다.

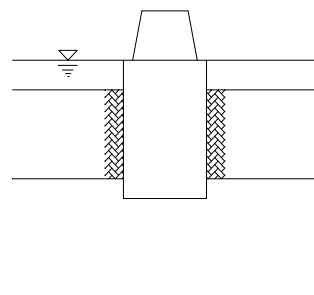


모래층, 또는 자갈층과 같은 투수성이 높은 저면에 있어서 수압이 수두와 같은 정도인 지반

그림 4.1-2 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우



점성토로 서불투수층
암반에 균열이 없는 불투수성층



점성토로 서불투수층
좁은자갈 모래층

그림 4.1-3 부력 또는 양압력의 작용이 확실하지 않은 경우

(다) 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우에는 이것을 고려해야 하며, 그 작용이 확실하지 않더라도 경년적(經年的)인 물의 침투 또는 구조물의 접지상태에 따라 이 힘들의 작용을 예측할 수 있다. 따라서 설계는 안전측이 되도록 그 작용을 고려한다. 즉, 안정 계산 가운데 전도나 활동 등의 경우에는 고려하고, 지지력의 경우에는 무시하여 계산할 수 있다. 부력 또는 양압력의 작용을 받는 구조물의 안정에 대한 안전율은 1.2 이상이 되어야 한다.

(6) 파압

- ① 연직벽에 작용하는 쇄파의 파력은 식 (4.1-14)에 의해 산출한다. 파력은 정수면상 $1.25H_0$ 의 높이에서 해저까지 균일하게 분포한다.

$$p = 1.5 w H_0 \quad (4.1-14)$$

여기서, p : 쇄파(碎波)의 압력(kN/m²)

w : 해수의 단위중량(kN/m³)

H_0 : 심해파(Deep Water Wave)의 파고(m)

식 (4.1-14)는 쇄파의 파력의 식이므로 수심이 파고의 2배 이하일 때에만 적용한다. 이 한계를 넘으면 작용하는 파는 중복파(重複波)로서 고려해야 한다.

- ② 하천이나 호수 등에 설치된 교각에 대해서는 일반적으로 수심이 얇고 파압의 영향이 작아서 무시하며, 근처를 통과하는 선박에 의한 파력을 받는 경우도 파압의 영향을 무시한다.

(7) 설하중

적설이 많은 지역에 설치하는 구조물에는 필요에 따라 설하중을 고려해야 한다. 일반적인 경우 1 kN/m^2 로 적용하며 상세한 산식은 식 (4.1-15)로 구할 수 있다.

$$SW = P \cdot Z_s \quad (4.1-15)$$

여기서, SW : 설하중 (kN/m²),

P : 눈의 평균단위중량 (kN/m³),

Z_s : 설계적설깊이 (m)

(8) 프리스트레스 힘

구조물에 프리스트레스 힘을 도입하는 경우에는 설계에 이를 고려해야 하며, 프리스트레스 트 콘크리트에 도입하는 프리스트레스 힘에 관해서는 다음과 같이 정하며 구체적인 사항은 별도 콘크리트교 설계조항에서 정하는 바에 따른다.

- ① 설계 시에 고려해야 할 프리스트레스 힘은 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘과 그 후 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 PS강재의 릴랙세이션 등이 끝났을 때의 유효프리스트레스 힘이다. 필요에 따라서는 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘과 유효프리스트레스 힘 사이의 중간의 프리스트레스 힘에 대해서도 고려해야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

또 부정정구조물에서 프리스트레스 힘에 의해 부정정력이 일어나는 경우에는 이들을 고려해야 한다.

- ② 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘의 감소는 프리텐션 방식에서는 콘크리트의 탄성변형만을 고려해야 하고, 포스트텐션 방식에서는 콘크리트의 탄성변형, PS강재와 쉬스의 마찰, 정착장치 및 긴장기구 내부의 마찰, 정착장치에서의 활동을 고려해야 한다.

가. 콘크리트의 탄성변형에 의한 PS강재의 인장력의 감소량은, 프리텐션 방식의 경우에는 배치된 PS강재 모두가 동시에 프리스트레싱되기 때문에 PS강재의 도심 위치에서의 콘크리트 응력에 탄성계수비(n)를 곱하여 산출하지만, 포스트텐션 방식의 경우에는 일반적으로 1케이블 또는 한 그룹마다 단계적으로 프리스트레싱되며 긴장단계마다 이미 정착된 PS강재의 인장력이 순차로 변해가므로 이들을 고려하여 감소량을 계산해야 한다.

나. 마찰에 의한 PS강재의 인장력의 감소는 주로 쉬스와 PS강재의 마찰손실에 의해서 생기지만 PSC공법에 따라서는 정착장치의 마찰과 긴장기구 내부의 마찰도 있기 때문에 이들에 의한 영향도 고려해야 한다. 쉬스 및 PS강재의 마찰 손실은 쉬스 및 PS강재의 종류나 각각의 녹슨 정도 및 배치상태에 따라 많은 차이가 있다. 일반적으로 마찰에 의한 PS강재의 인장력 감소는 PS강재의 각 변화와 길이의 영향으로 나누어 산출할 수 있다.

다. 정착장치의 활동에 의한 PS강재 인장력의 감소는 각종 PSC공법에 따라 다르다. 나사식 및 단추식의 정착방식에서는 활동이 근소하므로 무시할 수 있으나, 췌기식의 정착방식에서는 비교적 큰 활동이 일어나므로 정착시의 활동을 과거의 실적 등으로부터 미리 가정하여 PS강재 인장력의 감소량과 그 영향범위를 검토해두어야 한다.

- ③ 유효프리스트레스 힘은 (2)항의 규정으로 산출한 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘에 다음의 영향을 고려하여 산출한다.

가. 콘크리트의 크리프

이 경우에 고려하는 지속하중은 프리스트레스 힘과 고정하중이다.

나. 콘크리트의 건조수축

다. PS강재의 릴랙세이션(Relaxation)

- ④ 유효프리스트레스 힘에 의한 부정정력은 부재 전체에 걸쳐 평균한 PS강재 인장력의 유효계수값을 프리스트레싱 직후의 부정정력에 곱하여 산출할 수 있다. 프리스트레스 힘을 작용시킨 직후에 발생하는 부정정력은 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 PS강재의 릴랙세이션에 의한 PS강재의 인장력의 감소에 따라 변화한다. 이 변화량은 단면에 따라 다른데 최종의 부정정력을 엄밀하게 구하자면 대단히 번잡한 계산이 필요하게 되지만 그 결과는 일반적으로 작다. 콘크리트를 균일하다고 가정하고, PS강재의 인장력의 시간적 변화만을 고려하여 엄밀한 계산을 시행한 결과에서는 PS강재 인장력의 변화에 의한 부정정력은 프리스트레싱 직후의 부정정력의 10%정도이고 방향은 다르게 나타난다. 한편, PS강재의 유효인장력을 P_e , 프리스트레싱 직후의 인장력을 P_t 라 할 때, 각 단면의 유효계수 $\eta (= P_e / P_t)$ 의 값은 일반적으로 80%~85% 정도이지만, 부재 전체에 걸친 평균값은 이것보다 큰 값이 되

므로 일반적인 경우에는 위에서 기술한 부재 전체에 걸쳐 평균한 PS강재 인장력의 유효계수를 프리스트레싱 직후의 부정정력에 곱하여 유효 프리스트레스 힘에 의한 부정정력으로 본다. 또 근사적으로는 부재 전체에 걸쳐서 평균값을 0.9로 본다.

(9) 콘크리트의 크리프의 영향

콘크리트부재 외에 강합성거더교와 같이 강재 주거더와 콘크리트 바닥판이 합성된 경우에 대해서는 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향을 고려해야 한다.

- ① 콘크리트 크리프는 콘크리트 구조설계기준을 따른다.
- ② 크리프에 대한 실험은 KS F 2453(콘크리트의 압축 크리프 시험방법)에 따라야 한다.
- ③ 프리캐스트 콘크리트에서는 최종 크리프 변형과 즉시변형 사이의 최종 크리프 계수는 2로 가정할 수 있다.
- ④ 현장타설 공법을 적용한 교량 또는 타설한 직후 중량의 하중재하조건이 부여되는 시공 방법을 적용한 경우는 최종 크리프 계수는 3으로 가정될 수 있다. 예를 들면 FCM(Free Cantilever Method)공법이 적용되는 경우 이 계수를 3으로 적용할 수 있다.
- ⑤ 크리프 값은 노출되는 교량상부구조와 같은 조건의 경우 30% 증가된 값을 적용해야 한다.

(10) 콘크리트의 건조수축의 영향

- ① 프리스트레스 손실량 산정시 콘크리트의 건조수축 변형률은 표 4.1-4의 값을 사용하도록 한다. 콘크리트의 건조수축 변형률의 크기는 표 4.1-4의 값보다 실제 더 큰 값을 나타내지만 이 표의 값은 콘크리트 내에 배치되어 있는 축방향 강재량에 의한 영향을 어느 정도 고려하여 정한 것이다.

표 4.1-4 콘크리트의 건조수축 변형률(10^{-6})

프리스트레스를 도입할 때 콘크리트의 재령(일)	4-5	28	90	365
건조수축 변형률	270	200	140	70

표 4.1-4는 상대습도 70-75%, 증기양생, 등가 부재두께 130 mm 등의 표준조건에 해당하는 옥외의 경우에 대해 나타낸 값이다. 옥외의 경우라는 것은 부재가 외기에 접촉하는 상태이고, 옥내의 경우라는 것은 외기와 차단되는 상태를 의미한다.

- ② 콘크리트의 건조수축에 의한 부정정력을 계산할 때 콘크리트의 건조수축 변형률은 150×10^{-6} 으로 한다. 다만, 축방향 강재량이 부재의 콘크리트 단면적의 0.5% 미만인 경우에는 200×10^{-6} 으로 한다. 이때 구조물에 배치되어 있는 강재량, 콘크리트의 크리프 등을 고려하여 콘크리트의 건조수축 변형률을 적용하는 것이 바람직하므로 콘크리트 그 자체의 건조수축 변형률보다 작은 값을 사용한다.
- ③ 경량 콘크리트의 건조수축 변형률은 콘크리트에 배합된 경량골재의 건조수축 변형률을 고려하여 정해야 한다.
- ④ 건조수축 변형률은 다음 값을 따른다.

교량 설계하중(일반설계법)

가. 철근콘크리트 구조물	15×10^{-5}
나. 라멘구조물	15×10^{-5}
다. 아치구조물	20×10^{-5}

(11) 지점변위의 영향

- ① 지점변위는 받침의 변위, 지점이동의 영향, 지반침하와 기초회전 각변위, 수평변위 등으로 발생하는 변위이다.
- ② 지반침하는 토질조사로부터 토질 정수 등의 특성치 값과 지진으로 인한 액상화의 위험도로부터 추정할 수 있다.
- ③ 상부구조와 하부구조의 설계는 여러 변화하는 토질조건을 가지는 어느 구역의 정해진 시간 안에 어느 하나의 교각에 대한 지반침하들과 받침의 전위, 지점이동의 영향 등을 고려하여 수행해야 한다.
- ④ 균질의 흙의 경우 5 mm의 지반침하가 적용되어야 한다.
- ⑤ 지점변위의 영향에서는 변화된 콘크리트 탄성계수(장기탄성계수)가 고려되어야 한다.
- ⑥ 하부구조에 대한 지반변동의 영향

하부구조 완성 후 기초지반의 압밀침하 등에 의해 지반 변동이 예상되는 경우에는 그 영향을 고려한다. 지반변동의 예는 다음과 같다.

- 가. 기초주변지반의 압밀침하
- 나. 배면성토에 의한 연약지반의 측방유동
- 다. 하천의 흐름, 파랑에 의한 세굴, 하상저하

⑦ 상부구조에 대한 지점이동의 영향

가. 교각, 교대 등의 모든 하부구조는 인접 교각이나 교대간의 부등침하를 고려하여 상부구조 설계 시 고려해야 하며, 이때 하부구조가 콘크리트구조일 경우 크리프, 건조수축 등을 고려한 장기탄성계수를 적용해야 한다.

나. 연속보나 라멘구조, 교각과 같은 부정정 구조물에서는 지반의 부등침하 등으로 인하여 생기는 기초구조물의 침하, 수평이동, 회전 등에 따라 부재응력이 증가되는 곳이 생기므로 이들 영향을 고려해야 할 경우에는 최종 이동량을 추정하여 단면력을 산정해야 한다. 단면력의 산정은 탄성계산에 따르면 된다.

다. 콘크리트교에서는 콘크리트의 크리프 영향에 따라 그 응력은 상당히 작게 되어 크리프 계수 $\phi=2.0$ 의 경우 탄성계산에 의한 값의 50 % 정도로 된다. 따라서 크리프의 영향을 고려하지 않고 계산하는 경우에는 계산치의 50 %를 소요강도로 보면 된다. 그러나 처음부터 크리프의 영향을 고려하여 엄밀하게 계산할 경우에는 그렇지 않다.

라. 강교에서는 콘크리트교와 같은 크리프현상은 없으므로 탄성계산으로 구한 단면력을 그대로 소요강도로 해야 한다.

마. 교각의 길이가 보의 길이에 비하여 아주 짧은 라멘구조에서는 지점의 이동 및 회전에 따라 큰 응력이 생기는 곳도 있으므로 특히 유의해야 한다. 또 지점 이동의 영향에 대한

허용응력은 증가시키지 않는다.

4.1.3 운행하중

(1) 표준열차하중

교량구조는 해당 노선의 기능 별 표 4.1-5의 표준열차하중에 대하여 열차의 주행안전성을 확보할 수 있어야 한다.

표 4.1-5 표준열차하중

구분	표준열차하중	비고
여객화물혼용선	KRL-2012	여객전용선과 도시철도를 제외한 철도노선
여객전용선	0.75KRL-2012	관계장관이 지정, 고시한 여객전용선
전동차 전용선	EL-18	도시철도 운행이 주목적인 철도

특정 기능 목적의 선로에 대하여 새로운 표준열차하중 적용 시에는 실제 운행될 열차하중 및 향후 운행가능성이 있는 열차하중에 대하여 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

① KRL-2012 표준열차하중 재하도

가. 여객, 화물 혼용 구간의 철도 구조물은 다음 KRL-2012 표준열차하중 재하도에 나타난 하중을 견디도록 설계되어야 한다.

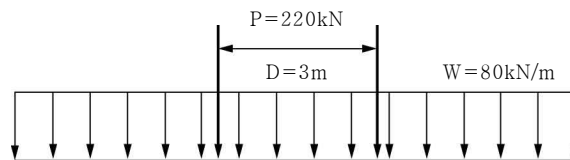


그림 4.1.4 KRL-2012 표준열차하중도 (여객, 화물 혼용선)

나. 단, 고속열차만 운행하는 여객전용선의 경우에는 KRL-2012 표준열차하중의 75 %를 적용한 KRL-2012 여객전용 표준열차하중 재하도에 나타난 하중을 견디도록 설계한다.

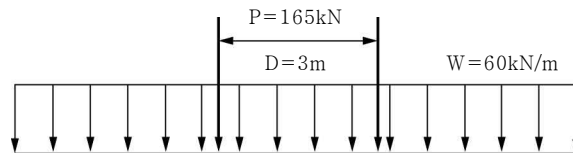


그림 4.1-5 KRL-2012 여객전용 표준열차하중도

교량 설계하중(일반설계법)

다. 하나 혹은 두개의 궤도를 가지는 구조물은 각각의 궤도에 KRL-2012 표준열차하중이 적용되어지며 두 개 이상의 궤도를 가지는 구조물은 다음 두 경우 중 불리한 조건을 적용하여 검토해야 한다.

(가) 두개의 궤도에는 KRL-2012 표준열차하중을 전부 재하하고 세 번째 궤도에는 KRL-2012 표준열차하중 50%, 나머지 궤도에는 비 재하

(나) 모든 궤도에 KRL-2012 표준열차하중의 75 %를 재하

② KRL-2012 표준열차하중 편심

수직하중의 편심은 고려되어야 한다.

③ 구조물에 대한 KRL-2012 표준열차하중의 전달

도상구조물이나 비 도상구조물 모두 침목과 레일로 인한 KRL-2012 표준열차하중의 분산이 고려되어야 한다.

④ 피로의 영향을 검토할 때의 KRL-2012 표준열차하중

피로의 영향을 검토할 때는 단선을 지지하는 부재는 단선재하의 응력으로, 복선의 경우에도 단선재하의 상태에서 검토한다. 다만 동시재하 가능성이 높은 경우에는 동시재하 확률을 고려하여 검토한다.

⑤ 바람의 영향을 검토할 때의 KRL-2012 표준열차하중

바람에 의한 교량의 전도에 대한 검토에서 공차하중을 사용할 때는 1궤도당 16 kN/m의 등분포하중으로 하고 충격은 가산하지 않는다.

$$P = \frac{250}{1.6 \times a_1} \text{ (kN)} \quad P = \frac{250}{1.6 \times 2 \times a_2} \text{ (kN)} \quad (4.1-16)$$

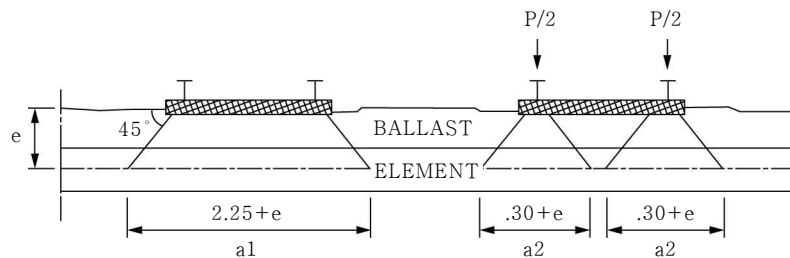


그림 4.1.6 횡방향하중분포도

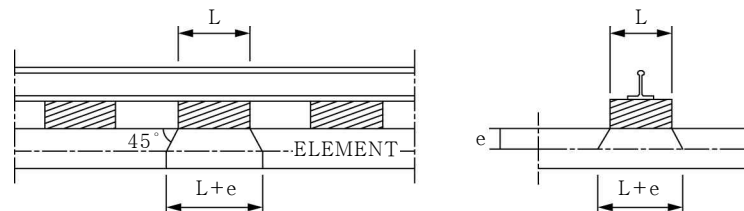


그림 4.1.7 콘크리트 도상 경우의 하중 분포도

(2) EL 표준열차하중 재하도

전동차 전용선인 경우에는 EL-18 표준열차하중을 적용한다. 그러나 특정차량만을 운전하는 선로에서는 그 차량의 중량 및 통과빈도 등을 고려하여 표준열차하중을 정할 수 있다.

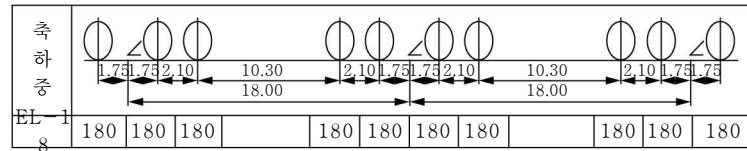


그림 4.1.8 EL표준열차하중(단위:kN/m)

① 하중의 재하방법

복선의 표준열차하중은 복선을 같은 방향으로 재하하고 3선의 경우 복선하중과 나머지 1선은 1/2하중을 재하한다. 4선의 경우에는 복선하중과 1선은 1/2하중으로 나머지 1선은 1/4하중을 재하한다.

② 피로의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

피로의 영향을 검토할 때는 단선을 지지하는 부재는 단선재하의 응력으로, 복선의 경우에도 단선재하의 상태에서 검토한다. 다만 동시재하 가능성이 높은 경우에는 동시재하 확률을 고려하여 검토한다.

③ 바람의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

바람에 의한 교량의 전도에 대한 검토에서 공차하중을 사용할 때는 1궤도당 16 kN/m의 등분포하중으로 하고 충격은 가산하지 않는다.

(3) 표준열차하중에 대한 동적 효과(충격계수)

① 충격계수

가. KRL 표준열차하중은 충격계수에 의한 하중이 곱해지는 동적 충격효과를 포함해야 한다.

나. 충격계수는 구조물의 진동효과와 응력의 동적확대로 산정되어진다. 그러나 공명효과와 상부구조에서 초과 진동은 이 값에서 고려되지 않으며 그 효과는 별도 해석으로 검토되어야 한다.

다. 충격계수는 철근콘크리트, 프리스트레스 콘크리트와 강구조 또는 합성구조물에서 동일한 값을 갖는다.

라. 충격계수의 값은 구조물의 길이 특성치 $L_c(m)$ 에 의존해야 한다. $L_c(m)$ 의 크기는 표 4.1-6을 따른다.

마. 선로의 유지상태가 매우 불량한 경우를 제외하고는 식 (4.1-17)로 충격계수를 계산하여 적용한다.

$$I_m = \frac{1.44}{\sqrt{L_c} - 0.2} - 0.18 \quad (4.1-17)$$

여기서, $0 < I_m \leq 0.67$

바. 충격계수가 적용된 하중은 다음과 같은 부분의 설계에 적용해야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

표 4.1-6 충격계수 산정을 위한 구조물 길이 특성치 L_c

번호	교량 부재, 교량 유형	L_c						
바닥 부재								
1	레일베어러(Rail Bearer)	가로거더 간격 + 3.0 m						
2	단순 지지된 레일베어러에 의해 재하된 가로거더	가로거더 간격의 2배 + 3.0 m						
3	연속 상판 부재에 의해 재하된 가로거더	주거더의 지간 또는 가로거더 지간의 2배 중 작은 값						
4	단부 가로거더	4.0 m						
5	상판 슬라브	각각의 주 지간 방향에 대하여 번호 1-4에 해당하는 값						
6	캔틸레버로 된 가로거더	가로거더에 해당하는 값 (번호 2-4)						
7	캔틸레버로 된 레일베어러	0.50m						
8	오직 가로거더에 의해서만 재하된 서스펜션 바(Suspension Bars) 또는 지지(Supports)	가로거더에 해당하는 값 (번호 2-4)						
9	박스거더 돌출(Box Girder Overhang)	2 × 돌출 폭						
10	박스거더 슬라브	복부 사이 거리						
주거더								
11	거더	2개 지지점 위에서	주거더의 지간					
12		$L_m = \frac{1}{n}(L_1 + L_2 \dots + L_n)$		2	3	4	5	지간
			L_c	1.2	1.3	1.4	1.5	× L_m (최소 L_{max})
13	캔틸레버/ 현수(Suspended) 지간 교량	캔틸레버 거더	거더의 지간					
14		현수 거더	현수 거더의 지간					
15	아치		지간 절반					
16	주거더 위에 침목을 바로 놓는 경우, 보와 이음매에 대하여		주거더의 L_c					
17	교량 부재의 L_c 는 강기둥, 지지 뼈대(Support Frame), 가로보, 연결 조인트, 받침, 앵커, 주춧돌(Bed Stone) 등과 같은 부재들과 주춧돌과 벽돌 사이 및 받침 아래의 압력의 지지에 적용된다.							
18	부재에서의 총 응력이 몇 몇 항들의 합인 경우, 각 상응하는 지지 함수, 즉, 상판 슬라브 또는 레일베어러 경우의 방정식은 만약, 그 단면이 주거더의 계산에 고려된다면, 총 응력의 각 항은 상응하는 특성치 지간 L_c 를 사용하여(4, 14번은 제외), 문제에 있어서의 운반 함수(Carrying Function)에 대한 동적 인자를 고려하여 계산되어야 한다.							

(가) 상부구조, 강재 또는 콘크리트로 지지하는 기둥, 라멘구조의 기둥, 그리고 일반적으로 일부 주 기초에 까지 이르는 구조부분도 확장 적용해야 할 필요가 있다.

(나) 콘크리트 또는 강과일의 지반선위의 부분으로서 상부구조와 직접 연결된 강결형식이나 연속형식의 구조

사. 충격하중은 다음의 구조물에는 적용하지 않는다.

(가) 교대, 옹벽, 벽식 기초, 그리고 말뚝기초나 가구

(나) 기초와 지반, 터널안의 기초 바닥 슬래브

(다) 보도부

- ② 라멘교 및 아치교 등에서 구조물의 상면에 흙이 1m 이상 덮여져 있는 경우의 값은 식 (4.1-18)에 따라 저감하여 적용한다.

$$i = i_0 - 0.1(H_c - 1.0) \geq 0 \quad (4.1-18)$$

여기서, i : 구조물의 충격계수

i_0 : 구조물에 복토가 없다고 보았을 때의 충격계수

H_c : 구조물 상면에서 침목상단까지의 복토 높이(m)

- ③ 하부구조의 설계에 사용하는 상부구조 반력에는 표준열차하중에 의한 충격을 고려하지 않아도 된다. 그러나 받침부나 콘크리트, 강재 그리고 강합성으로 된 기둥형의 교각 또는 이와 유사한 경량의 구체로 된 하부구조의 구체부분에는 충격을 고려해야 한다.

가. 식 (4.1-18)에 의해 실제 열차하중으로 계산된 구조물의 응력이나 변형량이 (1)의 방법으로 계산된 충격계수를 사용하여 KRL 표준열차하중에 의해 계산된 값들보다 크게 되는 경우에는 구조물의 응력이나 변형치를 식 (4.1-18)로 계산한 실제 열차하중에 의한 값으로 적용해야 한다.

나. 활모양으로 불룩한 단면의 상판 내민 슬래브에서는 고정하중에서 20 %의 동적충격을 적용하여 계산해야 한다.

(4) 차량횡하중

- ① KRL-2012 표준열차하중의 차량횡하중

가. 차량횡하중은 궤도중심선과 직각을 이룬 레일의 윗면에 수평하게 집중하중으로 작용하는 것으로 하며, 직선과 곡선 궤도 모두 적용한다.

나. KRL-2012 표준열차하중에 대한 차량횡하중의 크기는 $Q=100\text{kN}$ 으로 정하며, 충격계수 및 원심력 감소계수와 곱해서 적용하지 않는다. 복선 이상의 선로를 지지하는 구조물인 경우, 차량횡하중은 1궤도에 대한 것만을 고려하는 것으로 한다.

다. 차량횡하중은 레일 체결구와 직접적으로 접촉하는 구조 부재(자갈도상이 없는 궤도가 사용되어질 때)에 고려하며, 자갈도상을 가지는 교량상부의 설계에는 고려하지 않는다. 그러나 슬래브 궤도구조(콘크리트도상)인 경우에는 고려되어야 한다.

- ② EL 표준열차하중의 차량횡하중

가. EL 표준열차하중에 대한 차량횡하중은 그림 4.1-9와 같이 연행집중이동하중으로 하고, 레일면의 높이에서 교축에 직각이고 수평으로 작용하는 것으로 한다. 그 크기 Q 는 EL하중 축중의 20 %로 값으로 한다.

나. 복선 이상의 선로를 지지하는 구조물인 경우, 차량횡하중은 1궤도에 대한 것만을 고려하는 것으로 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

다. 차량횡하중은 레일 체결구와 직접적으로 접촉하는 구조 부재(자갈도상이 없는 궤도가 사용되어질 때)에 고려하며, 자갈도상을 가지는 교량상부의 설계에는 고려하지 않는다. 그러나 슬래브 궤도구조(콘크리트도상)인 경우에는 고려되어야 한다.

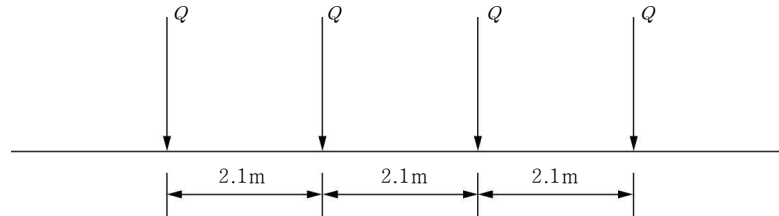


그림 4.1.9 EL 표준열차하중의 차량횡하중

(5) 캔트(cant) 효과

- ① 곡선궤도를 가지는 구조물에서는 캔트 효과를 고려해야 한다. 이 효과는 횡방향으로 열차의 중심을 이동시키는 것으로 고려해야 한다.
- ② 캔트 효과를 적용하는 데에 있어 다음의 두 가지 경우가 고려되어야 한다.
 - 가. 정지상태 열차
 - 나. 운행 중인 열차: 이 경우는 원심하중이 고려되어야 한다.

(6) 원심하중

- ① 교량상의 궤도가 일부 또는 전 구간에 걸쳐 곡선부를 갖는 경우에는 원심력을 고려한다.
- ② 원심력은 표준열차하중에 식 (4.1-19)에서 계산되는 계수 α 를 곱한 값을 수평하중으로 계산해야 한다.

$$\alpha = \frac{V^2 f}{127 R} \quad (4.1-19)$$

여기서, V : 설계속도

f : 곡선 궤도에서의 L 과 V 에 따라 고려되는 감소계수(식 (4.1-20))

R : 곡률반경 (m)

L : 지간 (m)

- ③ 표 4.1-7는 감소계수(f)를 계산한 결과를 표로 나타낸 값이다.

$$f = 1 - \left(\frac{V-120}{1000} \right) \times \left(\frac{814}{V} + 1.75 \right) \times \left(1 - \sqrt{\frac{2.88}{L}} \right) \quad (4.1-20)$$

- ④ 원심하중은 레일상면에서 KRL-2012 하중은 1.8 m, EL하중은 1.5 m 높이에 수평방향으로 곡선 바깥쪽으로 작용하도록 해야 한다.
- ⑤ 원심하중에는 충격계수를 고려하지 않는다.
- ⑥ 자갈도상이 없는 직결식 궤도 등에 있어서와 같은 레일 체결구와 직접적으로 접하는 구조 부재에서는 원심하중과 차량횡하중 100 kN이 동시에 작용한다고 본다.

표 4.1-7 설계속도에 따른 원심력 감소계수

L (m)	설계속도				
	≤120	160	200	250	≥300
≤2.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.0	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98
4.0	1.00	0.96	0.93	0.90	0.88
5.0	1.00	0.93	0.89	0.84	0.81
6.0	1.00	0.92	0.86	0.80	0.75
7.0	1.00	0.90	0.83	0.77	0.71
8.0	1.00	0.89	0.81	0.74	0.68
9.0	1.00	0.88	0.80	0.72	0.65
10	1.00	0.87	0.78	0.70	0.63
12	1.00	0.86	0.76	0.67	0.59
15	1.00	0.85	0.74	0.63	0.55
20	1.00	0.83	0.71	0.60	0.50
30	1.00	0.81	0.68	0.55	0.45
40	1.00	0.80	0.66	0.52	0.41
50	1.00	0.79	0.65	0.50	0.39
60	1.00	0.79	0.64	0.49	0.37
70	1.00	0.78	0.63	0.48	0.36
80	1.00	0.78	0.62	0.47	0.35
90	1.00	0.78	0.62	0.47	0.34
100	1.00	0.77	0.61	0.46	0.33
≥150	1.00	0.76	0.60	0.44	0.31

⑦ 원심하중과 횡하중이 동시에 작용하는 경우 큰 쪽의 하중이 작용하는 것으로 가정한다.

⑧ 원심하중으로 인해 발생된 하중은 연직하중과 하중조합을 한다. 이때 최고속도가 120 km/h 이상인 경우는 다음과 같은 2가지를 고려해야 한다.

가. 총 연직하중+원심하중($V=120$ km/h)

나. 감소 연직하중(f 와 동일비례 감소)+원심하중($V=$ 설계속도)

(7) 시동하중과 제동하중

① 작용

가. 시동 및 제동하중은 레일의 윗면에 레일방향인 교량 종방향 하중으로 작용해야 한다.

KRL-2012하중은 1.8 m, EL하중은 1.5 m 높이에서 교축방향으로 수평으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 고려되어진 하중의 작용 영향길이 L_f 위에 일정하게 분포되어야 한다. 복선 이상의 경우에는 복선재하 상태에서 검토하며, “시동+제동”의 경우로 적용한다. 여기에서 충격은 모두 고려하지 않는다.

나. 시동, 제동하중의 값은 연속궤도(장대레일)에 대하여 다음의 값을 취해야 한다.

(가) KRL-2012 표준열차하중에 대하여

여객화물혼용선의 경우 (KRL-2012를 적용하는 구간)

시동하중: $25 \text{ kN/m} \times L(\text{m}) \leq 1000 \text{ kN}$ ($L \leq 30 \text{ m}$)

제동하중: $15 \text{ kN/m} \times L(\text{m}) \leq 6000 \text{ kN}$ ($L \leq 400 \text{ m}$)

여객전용선의 경우 (0.75KRL-2012를 적용하는 구간)

교량 설계하중(일반설계법)

시동하중 : $0.75 \times 25 \text{ kN/m} \times L \text{ (m)} \leq 600 \text{ kN (} L \leq 30 \text{ m)}$

제동하중 : $0.75 \times 15 \text{ kN/m} \times L \text{ (m)} \leq 4800 \text{ kN (} L \leq 400 \text{ m)}$

여기서, $L \text{ (m)}$ 은 하중의 재하된 길이이며 다음과 같다.

상부구조, 받침 : 상부구조물의 길이

교각, 교대 : 상부구조의 길이로서 이들 교각, 교대 부분이 상부와 고정단으로 연결된 부분에 해당하는 부분으로서 그 상부구조의 수평하중이 전달되는 길이

이 때, 시동 및 제동하중은 최댓값 제한치 이내에서 해당 하중의 전체길이 L 에 적용되어 진다.(시동하중에 대해서는 시동 축하중이 재하된 길이만큼, 제동하중에 대해서는 전 열차 길이만큼 적용)

(나) EL 표준열차하중에 대하여

시동하중 : $(0.27 + 0.95 \times L/L_v) \times T$

제동하중 : $(0.27 + 1.00 \times L/L_v) \times T$

여기서, L_v 는 1차량길이, L 은 부재에 최대영향을 주는 하중재하 길이, T 는 EL 표준열차하중의 축중을 나타낸다.

다. 시동 및 제동하중은 표준열차하중과 조합하여 검토되어야 한다.

② 교량에 의한 시동/제동하중의 저항

가. 궤도가 교량 구조의 양쪽 또는 한쪽 끝에서 끊어지지 않고 연속으로 이어지는 장대레일이 적용되어 있을 때, 시동하중 또는 제동하중의 그 중 일부는 궤도를 통해 연속된 부분으로 전달되어지고 그 나머지가 상부구조를 통해 받침에 전달되어진다. 궤도를 통해 전달되어지는 그 일부 하중은 교대 뒤에서 저항되는 힘으로 고려해야 한다.

나. 상부구조를 통해 받침에 전달되어지는 하중의 비는 표 4.1-8에 주어진다. 단, 이 값은 궤도-구조물 상대변위 검토 시의 변위검토에만 적용한다.

표 4.1-8 상부구조를 통해 받침에 전달되어지는 하중의 비

단위교량의 연장	연속 장대레일	한쪽 끝이 REJ가 있는 장대레일
	단선 또는 복선의 경우	단선 또는 복선의 경우
30	0.50	/
60	0.50	0.60
90	0.60	0.65
120	0.70	0.70
150	0.75	0.75
180	/	0.80
210	/	0.85
≥ 240	/	0.90

주) 여기서 단위교량이란 독립적인 한 개의 교량상부구조 또는 연속된 다수의 독립적인 교량상부구조 형식에서 그것을 구성하는 각각의 독립적인 교량상부구조를 말한다.

4.1.4 기타하중

(1) 풍하중

- ① 풍하중은 교량에 대하여 1방향으로 수평 및 직각으로 작용하는 것으로 하고, 그 크기는 다음 각 항에 의한다.

가. 교량상에 열차가 없을 때

(가) 교량의 연직투사면: 3.0 kN/m^2

(나) 트러스의 바닥틀과 겹쳐지지 않는 바람맞이 반대편 주트러스의 연직투사면: 2.0 kN/m^2

나. 교량상에 열차가 있을 때

(가) 교량의 연직투사면: 1.5 kN/m^2

(나) 트러스의 바닥틀과 겹쳐지지 않는 바람맞이 반대편 주트러스의 연직투사면: 1.0 kN/m^2

(다) 통과열차에 대하여 연직투사면: 1.5 kN/m^2

다만, 열차의 연직투사면은 레일상면으로부터 4.0 m 높이의 폭으로 하고, 열차와 겹쳐지는 보의 바람맞이 쪽과 바람맞이 반대쪽의 부재에 대하여는 풍하중을 고려하지 않는다.

- ② 지간 80 m 까지의 하로트러스에 대하여는 전항의 규정에 관계없이 바람맞이 쪽과 바람맞이 반대쪽을 합계하여 표 4.1-9의 값을 사용하도록 한다.

표 4.1-9 지간 80 m 까지의 하로트러스의 풍하중 크기(단위: kN/m)

구분	상현재	하현재
교량상에 열차가 없는 경우	5.0	6.0
교량상에 열차가 있는 경우	3.0	8.0*

주 * : 열차에 대한 풍하중을 포함한 값이다.

- ③ 대상지역의 풍속기록과 구조물 주변의 지형 및 환경 등에 대한 특별한 조사연구에 따라 설계풍속을 결정하였을 때에는 ① 또는 ②에 제시된 풍하중 값을 결정된 설계풍속의 제곱과 기본설계풍속의 제곱의 비율에 따라 증가시킬 수 있는데, 이 경우 풍하중의 산정근거를 명시해야 한다. 다만, ①의 값은 최솟값이다.

- ④ 원형 또는 이에 준하는 단면을 갖는 부재에 고려하는 풍하중은 ①에 규정한 수치의 0.6배로 한다.

(2) 온도변화의 영향

① 강교 설계 시 온도변화의 범위

가. 강교에서 온도변화의 승강(昇降)은 가설 시 온도를 기준으로 하여 계산해야 한다. 온도변화의 범위는 -20°C 에서 $+50^\circ\text{C}$ 로 하되, 특히 추운 지방에서는 -30°C 에서 $+50^\circ\text{C}$ 까지로 해야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

나. 가설 시 온도의 예상이 어려운 경우 온도의 승강은 기후가 보통인 지방에서는 $\pm 35^{\circ}\text{C}$, 기후가 특히 한냉한 지방에서는 $\pm 45^{\circ}\text{C}$ 로 해야 한다.

다. 타이드 아치나 보강거더가 있는 아치 및 라멘, 강바닥판교 등에서는 아치부분이나 행거 등과 같이 태양광선의 직사를 받는 부분과 타이(Tie)나 보강거더와 같이 그늘 부분에 있는 것이 있다. 이러한 교량에서는 여름철에 두 부분의 온도차가 크므로 이로 인한 응력을 고려해야 할 경우도 있다. 이 경우의 온도차는 토지의 상황 및 도료의 색에 따라 일정하지 않으나 15°C 로 해야 한다.

- ② 합성보에서 콘크리트슬래브와 강재주거더와 온도차는 10°C 로 하고 슬래브쪽이 고온일 때와 강재주거더 쪽이 고온일 때의 각각에 대해 조사한다. 온도의 분포에 대해서는 그림 4.1-10에 보인 상태들 중에서 양자의 경계에서의 온도차가 다른 (a)의 상태를 고려한다.

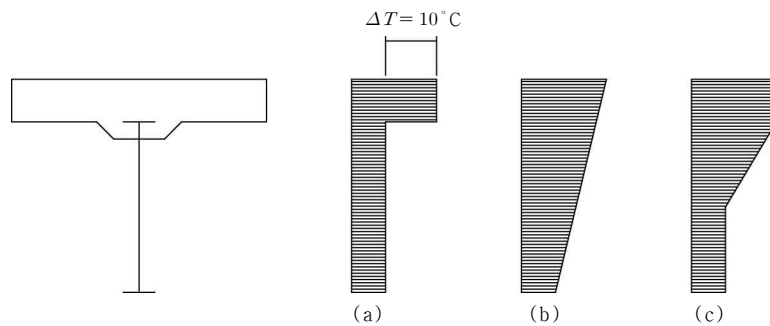


그림 4.1-10 온도차의 분포상태

- ③ 콘크리트교 설계 시 단면에서의 온도변화의 범위

콘크리트교의 온도변화 범위는 지역별 평균기온을 고려하여 정해야 한다. 보통의 경우 온도의 승강은 각각 15°C 로 하면 된다. 단면의 최소 치수가 700 mm 이상인 경우에는 10°C 로 하면 된다.

가. 바닥판과 기타 부분의 온도차에 의해 생기는 단면력을 산출하는 경우의 온도차는 5°C 로 하고 온도분포는 바닥판과 기타부분에 있어서 균일하다고 본다. 실측에 의하면 바닥판의 상면과 하면에서는 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 의 온도차가 그림 4.1-11 (a)에 보인 바와 같이 발생하고, 복부부의 온도분포는 거의 일정하다. 따라서 계산의 편의상 온도분포를 그림 4.1-11 (b)에 보인대로 온도차를 5°C 라고 가정한다. 이 값은 실측된 온도분포에서 산출된 응력과 큰 차이가 없는 응력이 발생하도록 환산한 것이다.

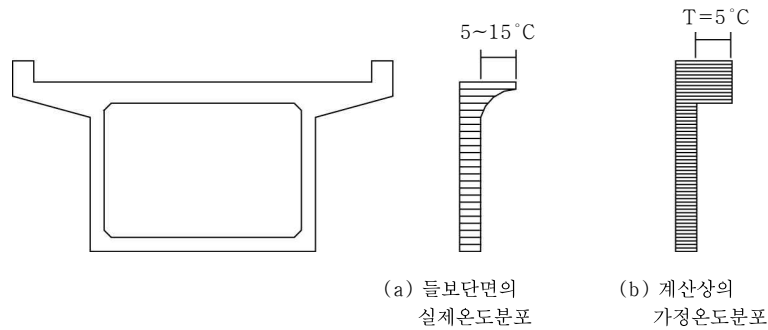


그림 4.1-11 바닥판과 보의 온도차

나. 부재 해석을 위한 수직방향의 거더의 온도변화에 대한 검토에는 거더의 가장 위쪽과 가장 아래쪽면 사이의 온도 변화를 적용하며 다음의 값을 적용할 수 있다.

(가) 무도상 교량: 10 °C

(나) 운행면을 보호하는 도상을 가지는 교량: 5 °C

다. 교량이 영구적으로 직사광선을 차단하는 구조물로 건설되어져 있을 경우에는 온도 변화율이 무시될 수 있다. 온도변화율은 상부구조의 상하면을 통해 선형으로 가정해야 한다.

④ 설계 시 선팽창계수

가. 강교에서 강재의 선팽창계수는 12×10^{-6} 으로 해야 한다.

나. 콘크리트교에서 철근 및 콘크리트의 선팽창계수는 10×10^{-6} 으로 해야 한다.

다. 강재와 콘크리트의 합성거더교에서 강재 및 콘크리트의 선팽창계수는 12×10^{-6} 으로 해야 한다.

(가) 수중 또는 토중에 있는 구조물에 대해서는 온도변화의 영향을 고려하지 않는다.

(나) 신축이음과 받침의 이동 크기를 정할 때, 반드시 현장에서 이들 장치의 설치 시 실제 온도가 고려되어 재산정 되어야 한다.

(3) 장대레일 종하중

① 교량상의 궤도에 장대레일을 적용하는 경우 궤도에 있어서 궤도와 슬래브 각각에서의 신축이음 적용여부에 따라 종방향 응력 결과가 다르다.

② 이러한 응력은 궤도에서부터 슬래브 위쪽 면으로 마찰 등에 의해 전달되거나 상호 작용하게 된다.

③ 식(4.1-21), 식 (4.1-22)는 한쪽 끝단에 고정받침을 가지는 자갈도상이 있는 상부구조에 사용될 수 있다.

가. 레일신축이음장치가 없을 경우

$$f_{v0} = \pm 3L \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (4.1-21)$$

여기서, L = 슬래브의 팽창이 고려될 수 있는 길이

교량 설계하중(일반설계법)

나. 구조물의 가동끝단에서 레일 신축이음이 있는 경우

$$f_{v0} = \pm 500 \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (4.1-22)$$

④ 식 (4.1-23), 식 (4.1-24)는 한쪽 끝단에 고정받침을 가지는 콘크리트도상이 있는 상부구조에 사용될 수 있다.

가. 레일 신축이음장치가 없을 경우

$$f_{v0} = \pm 6L \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (4.1-23)$$

여기서, L = 슬래브의 팽창이 고려될 수 있는 길이

나. 구조물의 가동끝단에서 레일 신축이음이 있는 경우

$$f_{v0} = \pm 1,000 \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (4.1-24)$$

⑤ 기타 다른 특별한 경우는, 그에 합리적으로 적용될 수 있는 특별한 해석을 수행 해야 한다.

(4) 2차 구조부분, 장비, 설비 등에 작용하는 하중

① 유지보수통로 하중

가. 교량의 주거더의 설계에 있어서, 유지보수 등을 위한 보행시설 상에 작용하는 해당 수직하중은 적용하지 않는다.

나. 유지보수 통로 등 보행시설을 지지하는 부재의 설계에는 5 kN/m^2 의 등분포 수직하중이 작용하는 것으로 본다. 단, 특별한 구성 부재의 설계에서 이 보다 더 불리한 값을 나타내는 경우에는 2 kN 의 집중하중을 가장 불리한 재하위치에 두고 계산할 수 있다.

다. 이때 집중하중은 $0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ 면적에 작용하는 것으로 가정하며 하중 경감효과는 고려하지 않는다.

② 균중하중, 승강장에 재하되는 하중

가. 교량의 주거더 설계에 있어서 만약 일반 보행자용 보도시설이 포함되어 있을 경우에는 보도 위에 2 kN/m^2 의 하중을 철도차량에 따른 하중에 추가하여 고려해야 한다.

나. 일반 보행자용 보도부를 직접 지지하는 구조에 적용되는 설계에서는 5 kN/m^2 이 적용되어야 한다.

다. 승강장에 공공 교통용 차량이 올라타지 않는 이상 승강장 면 위에는 5 kN/m^2 의 등분포 하중을 적용할 수 있다. 또한 이 등분포 하중 재하 상태에서 가장 불리한 구조 위치에 20 kN 의 집중하중을 추가로 올릴 수 있다.

라. 구조계산의 대상에 따라 표 4.1-10의 균중하중을 재하할 수 있다.

표 4.1-10 균중하중

구조계산의 대상	구조종별	상시(kN/m ²)
콘크리트 슬래브	승환과선교, 승강장	5.0
	역부고가교의 중간층 슬래브 등, 캔틸레버 슬래브, 교측보도(도상궤도의 교량거더)	
	캔틸레버 슬래브, 교측보도 (슬래브궤도 또는 무도상의 교형)	3.0
보, 기둥	승환과선교, 승강장	3.5
	역부고가교의 중간층 보 등	
교량점검 시설		4.0

③ 난간하중

가. 일반보도 위의 난간은 난간의 끝에서 800 N/m의 수평하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다. 특별한 경우에는 2.5 kN으로 하고, 보도면에서는 1.5 m의 높이에 또 난간의 상단에 직각과 수평으로 작용한다.

나. 일반보도 위에 핸드레일이 있는 난간은 핸드레일의 높이에 하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다. 또한, 보도 위 난간의 핸드레일의 끝에서 800 N/m의 수직하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다.

다. 난간의 높이는 소음을 경감시키는 형식으로 된 경우라면 난간 높이에 따른 소음 저감효과에 따라 그 높이를 결정해야 한다.

라. 이 하중은 풍하중과 조합해야 한다.

④ 방음벽

가. 구조물과 방음벽의 연결정착부 및 방음벽 자체는 KDS 47 10 25의 표 6.2-2 지역별 풍하중의 압력에 저항할 수 있어야 한다.

나. 열차 통과로 인한 후폭풍의 압력에도 저항할 수 있도록 비교 검토해야 하며 설계속도에 따라 식 (4.1-25)를 적용할 수 있다.

$$P_V = k_v \times \frac{4100}{d} \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.1-25)$$

여기서, P_V : 설계속도에 따른 후폭풍의 압력

k_v : 설계속도에 따른 계수 $((\frac{V}{350})^2)$

V : 설계속도(km/h)

d : 열차 중심에서부터 벽의 안쪽 면까지의 거리(m)

⑤ 지주 하단에 작용하는 하중

대부분 교량 상부 플랜지 상단에 설치되는 전차선주나 신호 지주 등의 지주 설계에 적용되는 하중은 일반적인 사용상태의 하중 이외에 지진, 태풍 등의 하중이 고려되어야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

⑥ 마찰저항하중

마찰저항하중은 마찰면에 수직한 하중에 가동받침 마찰계수를 곱하여 얻어진 값으로 한다.

⑦ 화물하중

화물하중은 표 4.1-11의 값으로 한다.

표 4.1-11 화물하중

화물의 종류	중량 (kN/m)
소화물	10
일반 화물	15
큰 화물	30

4.1.5 특수하중

(1) 충돌하중

① 자동차의 충돌

자동차가 충돌할 염려가 있는 교각 기둥 등에는 콘크리트벽 등으로 안전한 방호시설을 설치해야 한다. 이들 방호시설을 설치하지 않는 경우에는 다음 충돌하중이 노면 위 1.8 m에서 수평으로 작용하는 것으로 보고 각주를 설계해야 한다.

가. 차도방향에 대하여 1,000 kN

나. 차도직각방향에 대하여 500 kN

② 유목(流木) 등의 충돌

가. 유목 및 기타의 유송물(流送物)이 충돌할 우려가 있는 경우에는 식 (4.1-26)에 의해 충돌력을 산출한다. 그 작용높이는 수면으로 한다.

$$P = 0.1 W v \quad (4.1-26)$$

여기서 P : 충돌력(kN)

W : 유송물의 중량(kN)

v : 표면유속(m/s)

나. 유송물의 중량을 결정함에 있어서는 가교지점 부근의 주민의 경험담, 상류의 교량 하천구조물, 산지의 상황 등을 조사한 후 합리적인 값을 정한다.

③ 선박의 충돌

가. 항로상 또는 항로근처에 교각을 설치하여 선박과 충돌할 우려가 있는 경우에는 이것을 설계에 고려해야 한다. 즉, 하천의 하류부에서 항해가 행하여지는 경우에, 통상의 하부 구조에 대해 소형선박의 충돌은 거의 교량의 안정조건을 좌우하지 않는다. 그러나 하구(河口)에 가까운 항만구역의 일부든지 바다에 건설되는 교각의 경우에는 대형강철선의 충돌이 예상되기 때문에 이때는 선박의 영향을 설계에 고려해야 한다.

나. 그러나 일반적으로 선박이 충돌하는 데는 기상 악조건에서 방향타를 잘못 잡는 경우, 기관에 고장을 일으켜 표류하는 경우 등이며 순항속도(巡航速度)로 충돌하는 경우

는 거의 없기 때문에 이를 고려하여 충돌하중을 정해야 한다.

(2) 탈선하중

① KRL-2012 표준열차하중의 탈선하중

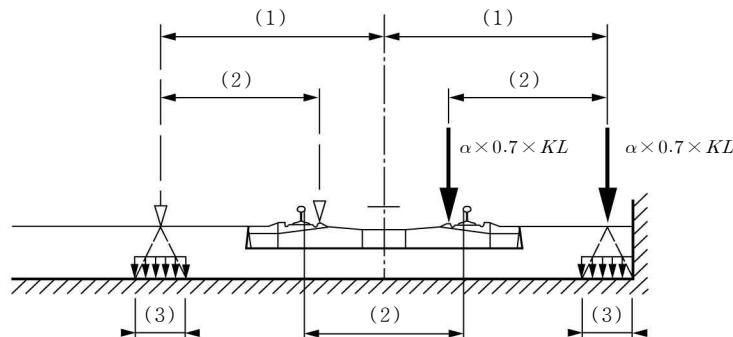
가. 교량은 탈선 사고로 인한 교량 손상이 최소가 되도록 설계해야 하고 특히 교량의 전복이나 구조물의 파괴가 방지되도록 설계해야 한다.

나. 다음과 같은 두 가지 탈선상태의 하중이 고려되어야 한다.

㉞ 탈선상황 I: 탈선된 열차가 교량 상 궤도구조 안에 존재할 때

㉟ 탈선상황 II: 탈선된 열차가 궤도구조를 벗어나 교량 상판 끝 부분에 걸쳐있을 때

다. 탈선상황 I에서는 그림 4.1-12와 같이 $1.4 \times \text{KRL-2012}$ (집중하중과 등분포하중 모두 재하, 여객전용선의 경우 0.75 KRL-2012)의 하중이 궤도중심으로부터 궤간의 1.5배 이 내에서 궤도와 평행하게 가장 불리한 위치에 재하되도록 한다.



주 1) 탈선 방호벽 안쪽으로 최대 궤간의 1.5배

2) 궤간

3) 자갈도상의 경우에는 교량상판으로부터 450 mm 까지 분포하중으로 재하할 수 있다.

그림 4.1-12 탈선상황 I (KRL-2012하중의 집중하중과 등분포하중 모두 재하)

라. 탈선상황 II에서는 그림 4.1-13과 같이 $1.4 \times \text{KRL-2012}$ (등분포하중만 재하, 여객전용선의 경우 0.75 KRL-2012)의 하중이 최대 20 m 길이로 보도와 같은 비구조부재를 제외한 교량 상판 끝에 재하되도록 한다.

마. 탈선상황 I과 II는 각각 따로 계산한다. 두 상황은 조합하지 않으며, 충격계수를 고려하지 않는다.

바. 교축직각방향 탈선 이동을 막아주는 장치적인 역할로서 케이블 홈통(Ditch) 등에 설치하게 되어있는 탈선 방호벽 등의 교량 상부면 돌출구조에는 150 kN의 교축직각방향 수평하중을 적용하여 탈선 시 열차의 수평 이탈을 제어할 수 있도록 해야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

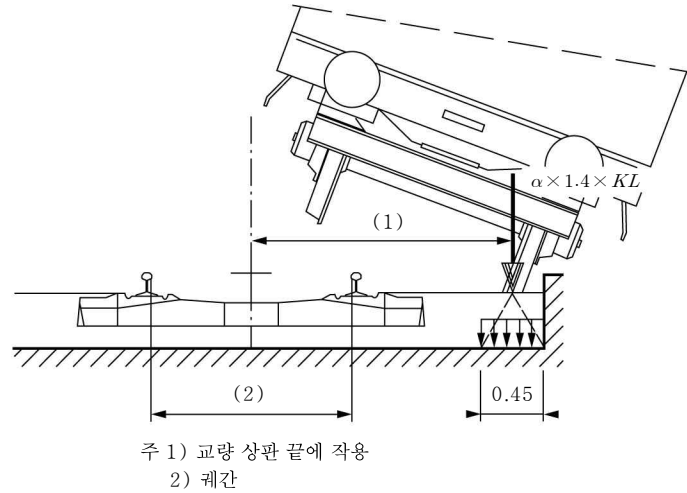


그림 4.1-13 탈선상황 II (KRL-2012하중의 등분포하중만 재하)

② EL 표준열차하중의 탈선하중

- 가. EL 표준열차하중의 집중하중을 선로중심에서 1.5 m씩 편기하여 작용시켜 단면 검토한다.
- 나. 상대편 선로에는 EL 표준열차하중의 등분포하중을 불리한 경우로 재하한다.

(3) 가설시 하중

- ① 교량 가설 시에는 가설단계별 가설방법과 가설중의 구조를 고려하여 자중, 가설장비, 기차재, 바람 지진의 영향 등 모든 재하조건에 대한 안전도 검토를 해야 한다.
- ② 가설 시 하중이란 교량가설 시 작용하는 하중이다. 가설 시 하중으로 인한 응력은 가설방법에 따라서는 가설 후의 응력보다 큰 값을 나타낼 경우가 있어 때로는 교량주거더의 좌굴, 낙교 등의 사고가 생긴다. 또, 하부구조에서는 케이슨기초 본체 외부에 돌출하여 가설중의 상부구조를 지지하고 있는 교각이나 두부 힌지고정의 유연한 교각 등에 대해서는 시공시의 안정이나 단면조사로부터 구체와 기초의 치수나 재원이 결정되는 경우가 많다. 따라서 교량의 설계시에는 시공방법과 시공 중의 구조를 고려하여 자중, 시공기재, 바람, 지진, 온도변화 등에 대해 검토해야 한다.

(4) 지진의 영향

- ① 지진의 영향은 교량 설계 시 필요에 따라 고려해야 한다. 내진 설계에 대한 구체적인 사항은 별도 내진 설계 조항에서 정하는 바에 따른다.
- ② 설계자는 단층이 횡단하는 선에서 고가교의 사용을 가능한 한 피해야 한다.
- ③ 단층이 횡단하는 선 지역에 고가교의 적용이 필요한 경우에는 설계자는 발주자에게 해석 결과를 제시해야 한다.
- ④ 고속철도의 설계에서는 고속도로 교량이나 일반 철도교량에 비해 지진발생 후 그리고 발생하는 동안 보다 주의 깊은 변위해석을 요구해야 한다.
- ⑤ 시속 200 km 이상 고속철도의 경우에는 요구하는 안전도를 제공하기 위하여, 다음 사항을 따른다.

- 가. 변위 억제장치가 상부구조와 하부구조사이의 연결을 유지하기 위해 각각의 교각위에 설치하는 것이 검토될 수 있다. 이러한 변위 억제장치는 크리프와 건조수축, 온도로 인한 구조물의 선형변화를 고려하여 설계되어야 한다.
- 나. 두 지지점에서의 변위 억제장치의 적용과 낙교방지를 위한 최소받침 지지길이의 적용에 있어서는 두개의 독립된 상·하부구조 사이의 예상 수평변위가 주의 깊게 검토되어야 한다.
- 다. 지진을 고려한 하중조합에서 PSC거더의 교량상판에서의 인장응력 발생이 제한되어야 한다.
- 라. 기초의 지질 상태로부터 얻어지는 지반구속조건은 변화하는 높이에서 다양한 자유장 굴곡에 대하여 조절된 수평 지반반력계수를 사용하여 깊은 기초 전체를 통하여 자유장 운동이 고려되는 방식으로 결정되어야 한다.

교량 설계하중(일반설계법)

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	엔비코건설턴트	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	정상섬	연세대학교

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이상민	비앤티엔지니어링(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 12 20 : 2016

교량 설계하중(일반설계법)

2016년 6월 30일 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>