

KR C-08090

Rev.1, ? January 2014

# 교량단부 콘크리트궤도 사용성 검토

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 총칭한 것입니다.

## 목 차

1. 용어의 정의 .....	1
2. 목적 및 범위 .....	2
3. 콘크리트궤도 부설 교량의 사용성 확보를 위한 단부회전각 제한기준 .....	2
4. 콘크리트 궤도가 부설된 교량의 단부 변형 검토 .....	2
4.1. 주요 영향인자 .....	2
4.2. 작용력 .....	4
4.3. 검토기준 .....	12
4.4. 검토방법 .....	14
RECORD HISTORY .....	15

## 1. 용어의 정의

- (1) 경간(Span) : 교량에서 교대와 교각, 또는 교각과 교각사이 공간을 말함. 연속교인 경우 그 위치에 따라 측경간, 중앙경간 등으로 부르고, 경간 수에 따라 3경간, 5경간 연속교 등으로 부름
- (2) 계수하중(Factored Load) : 강도설계법으로 부재를 설계할 때 사용하는 하중으로서, 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
- (3) 기초 회전각변위 : 기초의 지반상태에 따라 교량 축 방향이나 교량 축 직각방향으로 확대기초 저부의 회전에 의해 발생하는 변위. 이 기초 회전각에 의한 변형은 상대적으로 높은 교각이 낮은 교각에 비해 교량 종방향 변형에 미치는 영향을 크게 함
- (3) 사용하중(Service Load) : 고정하중 및 표준열차하중으로서 하중계수를 곱하지 않은 것이며, 작용하중이라고도 함
- (4) 설계강도(Design Strength) : 공칭강도에 강도감소계수( $\phi$ )를 곱한 강도
- (5) 설계기준강도(Specific Compressive Strength) : 콘크리트부재의 설계에 있어 기준으로 한 압축강도. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 함
- (6) 설계사용기간 : 구조물 또는 부재가 그 사용에 있어서 목적하는 기능을 완수하도록 설계상에 고려하는 기간
- (7) 설계하중 : 부재를 설계할 때 사용되는 적용 가능한 모든 하중으로서, 강도설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이고 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱하지 않은 하중(사용하중)이 설계하중이 됨
- (8) 순경간(Clear Span) : 교대와 교각, 또는 교각과 교각사이 전면간의 거리
- (9) 슬랙(Slack) : 곡선선로에서 차량의 원활한 운행을 위하여 외측레일을 기준으로 내측레일을 넓혀준 것
- (10) 차축하중 : 차량의 좌우측 바퀴의 하중을 합한 하중
- (11) 충격계수 : 정적설계시 동적 충격효과를 고려할 수 있도록 표준열차하중에 곱해지는 계수. 열차 또는 차량의 주행에 의해 구조물에 발생하는 정적응답에 대한 동적응답의 증가비율을 나타냄
- (12) 캔트 : 곡선 선로에서 열차의 원심력에 대항하여 차량의 안전을 도모하기 위해 내측레일을 기준으로 외측레일을 높게 하는데 이 때의 고저 차
- (13) 하중계수(Load Factor) : 하중의 공칭값과 실제 하중 간의 불가피한 차이, 하중을 작용외력으로 변환시키는 해석상의 불확실성, 예기치 않은 초과하중, 환경작용 등의 변동을 고려하기 위하여 사용하중에 곱해주는 안전계수



## 2. 목적 및 범위

교량 단부 콘크리트 궤도 사용성 검토는 궤도 유지보수 요인을 줄이고 사용성을 향상시키기 위해 교량 상부구조 단부의 단차 및 회전에 대한 검토 기준을 제시하는 것을 목적으로 한다. 여기서 제시하고 있는 기준은 독일철도 교량설계 핸드북의 부록 (DS804 App. 29)에 수록된 계산 참고자료를 기초로 제시된 것으로 아직 국제적인 기준으로 정립되어 있지 않기 때문에 우리 철도에 적용하기 위해서는 실제 사용되는 체결구의 성능 특성과 교량 변형 등을 반영하여 검토가 필요가 있다.

여기에서 정하는 기준은 일반철도와 고속철도 구간의 콘크리트궤도가 부설된 교량에 대해 적용한다.

## 3. 콘크리트궤도 부설 교량의 사용성 확보를 위한 단부회전각 제한기준

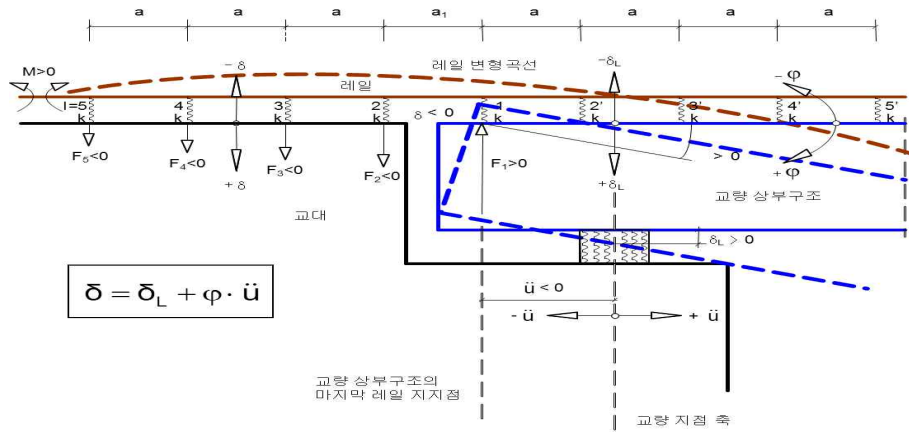
교량 상부구조 단부에서의 콘크리트궤도의 사용성을 보장하기 위해서는 교량 상부구조 단부의 회전 및 단차로 인해 레일 지지점의 체결장치에 발생하는 수직하중은 체결장치의 탄성지지체와 앵커시스템에서 공용기간 동안 아무런 손상없이 충분히 흡수할 수 있어야 하며, 레일에 부가적으로 발생하는 휨응력은 한계치를 초과해서는 안된다. 콘크리트궤도가 부설된 단부 변형과 이에 따른 체결장치 작용력에 대한 검증은 아래 「4항」에 기술된 바에 따라 실시한다.

## 4. 콘크리트 궤도가 부설된 교량의 단부 변형 검토

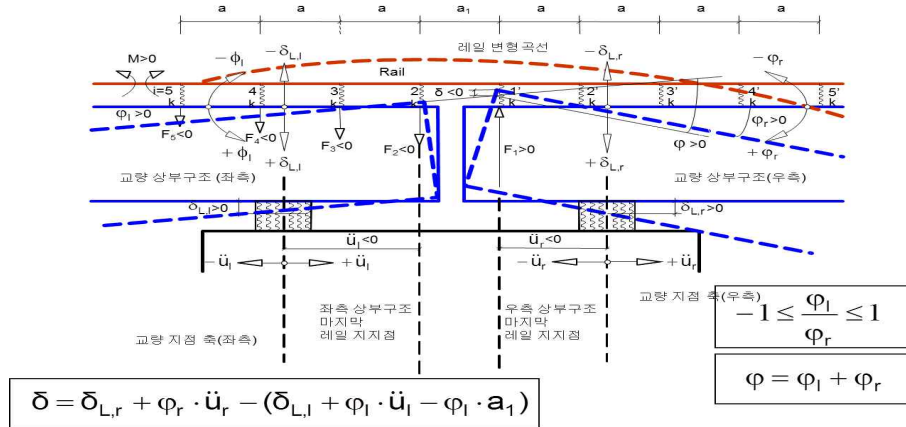
### 4.1. 주요 영향인자

#### 4.1.1 레일 지지간격과 교량 지점-레일 지지점 간 거리

<그림 1>은 교량 상부구조의 변형거동에 따른 레일 지지점 작용력 발생현상과 부호규약을 나타내고 있다. 단부 회전과 단차 등 교량 상부구조의 변형은 레일의 변형을 동반하게 되고, 레일이 상부구조 위에 고정된 슬래브에 직접 체결되는 콘크리트궤도의 특성 상 레일의 변형은 직접 체결장치에 전달된다. <그림 1>에서



(a) 교대부



(b) 교각부

그림 1. 교량 상부구조와 레일의 변형

알 수 있듯이 기하학적 구조와 관련하여 교량 지점과 교량 상부구조 단부의 마지막 레일 지지점 간의 거리( $\ddot{u}$ )와 교량 상부구조 연결부의 레일 지지간격( $a_1$ ) 등이 레일 지지점의 작용하는 힘에 대해 중요한 영향인자가 되므로 이를 고려해야 한다.

#### 4.1.2 레일 지지점의 특성

##### (1) 레일 지지점의 연직 스프링계수

레일 지지점(체결장치)의 정·동적 연직 스프링계수는 「레일체결장치 성능시방서」에서 정하는 시험방법에 따라 측정한 값으로 한다.(측정 온도는 상온 기준, 동적 스프링계수 측정 시 가진 주파수  $4 \pm 1\text{Hz}$ )

##### (2) 레일 지지점의 허용 부상력

부상력의 한계는 체결장치의 초기 체결력으로 「레일체결장치 성능시방서」에 규정된 시험방법을 적용하여 측정한다. 다만 활동체결구(Zero Longitudinal Resistance Fastener)와 같이 초기 체결력으로 한계상태를 규정할 수 없는 경우는 관련 시험자료 등 충분한 근거가 있다면 해당 체결장치 제조사에서 제시하는 값을 적용할 수 있다.



### (3) 탄성패드의 변형한계

압축력의 한계는 탄성패드의 피로수명을 보장할 수 있는 변형한계로 주어져야 한다. 변형한계는 패드 두께의 20%를 기준값으로 하되, 시험자료 등 충분한 근거가 있다면 제조사에서 제시하는 값을 적용할 수 있다.

#### 4.1.3 궤도-교량 상호작용에 관한 영향인자

이밖에 교량상 장대레일 축력과 관련된 궤도와 교량의 상호작용에 관한 영향인자를 고려해야 한다. (「KR C-08080」 참조)

## 4.2 작용력

### 4.2.1 개요

교량 상부구조의 변형을 일으키는 작용으로는 다음과 같은 요소를 고려해야 한다.

#### (1) 정적 작용

##### ① 단부회전

- 궤도 부설 후 크리프와 건조수축에 의해 발생하는 장기처짐
- 교량 상부구조의 상·하면 온도차
- 교각 기초의 잔류 부등침하

##### ② 단차

- 레일과 교량 상부구조의 온도차에 의한 교각 상부 회전
- 교각 전후면 온도차에 의한 교각 상부 회전

#### (2) 동적 작용

##### ① 단부회전

- 열차 수직하중

##### ② 단차

- 시·제동하중에 의한 교각 상부 회전
- 열차 수직하중에 의한 탄성반침에서의 연직 변형

##### ③ 축하중에 의한 직접 작용력

### 4.2.2 정적 작용

#### (1) 단부회전

##### ① 궤도 부설 후 크리프와 건조수축에 의해 발생하는 장기처짐

크리프와 건조수축에 의한 상부구조의 장기처짐은 <식 (1)>과 같이 산정할 수 있다. 단, 크리프와 건조수축은 궤도 부설 후 발생분만을 고려한다.

$$\varphi_{\infty} = \varphi_0 + \varphi_{C+S} \quad (1)$$

여기서,  $\varphi_{\infty}$  : 교량 장기처짐에 의한 회전각

$\varphi_0$  : 교량과 궤도 자중에 의한 탄성처짐에 의한 회전각



$\varphi_{C+S}$  : 크리프 건조수축에 영향에 의한 장기처짐에 의한 회전각

크리프와 건조수축에 의한 장기처짐은 엄밀한 계산을 통해 산정해야 한다(철도 설계기준 「8.2.2」 참조). 그러나 철근콘크리트 보에 있어서 편의상의 이유로 상세 계산을 하지 않는 경우에는 아래 식을 적용해도 좋다.

$$\varphi_{\infty} = \varphi_0 + \varphi_{C+S} = \lambda \varphi_0 \quad (2)$$

여기서,  $\lambda = \frac{\xi}{1+50\rho'}$  : 장기 처짐계수

$\xi$  : 지속하중의 재하기간에 따라 달라지는 시간경과계수 (<표 1> 참조)

$\rho'$  : 압축철근비

표 1. 시간경과계수(철도설계기준 「8.5.4」 참조)

시간(개월)	$\xi$
3	1.0
6	1.2
12	1.4
$\geq 60$	2.0

[참고]

<식 (1)>에 따라 장기 처짐을 산정할 경우 궤도 부설 이후의 장기 처짐은 아래와 같이 산정할 수 있다.

- 가정 : 교량 건설 후 1년 후 궤도를 부설

압축철근비( $\rho'$ ) = 0.002

- 총 장기처짐 계수 :

$$\lambda_{tot} = \frac{\xi}{1+50\rho'} = \frac{2.0}{1+50 \times 0.002} = 1.818$$

- 궤도 부설 시(1년)까지 장기처짐 계수 :

$$\lambda_{track} = \frac{\xi}{1+50\rho'} = \frac{1.4}{1+50 \times 0.002} = 1.273$$

$\therefore$  궤도 부설 이후 발생하는 장기 처짐 계수

$$\lambda_{net} = 1.818 - 1.273 = 0.545$$

따라서 이 경우 궤도+교량 자중에 의한 탄성처짐의 0.545배의 추가적인 처짐이 발생

② 교량 상부구조의 상·하면 온도차

교량 상부구조의 상·하면 온도차( $\Delta T$ )에 따른 단부의 회전각( $\phi$ )은 <식 (3)>과 같이 산정할 수 있다(<그림 2>). 온도차는 상부의 온도가 높은 경우를 (+)로 할 경우,



최대 3°C, 최소 -6°C의 값을 고려한다. 단, 아치교나 사장교 등 특수 교량의 경우에는 별도의 엄밀 계산을 통해 회전각을 산정할 수 있다.

$$\varphi = \frac{\alpha \Delta T L}{2h} \quad (3)$$

여기서,  $\alpha$  : 콘크리트 열팽창계수

$\Delta T$  : 교량 상부구조 상·하면의 온도차

$L$  : 지간

$h$  : 상부구조의 높이

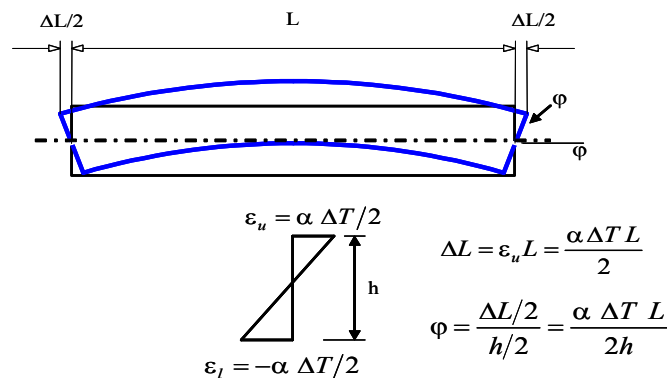


그림 2. 교량 상부구조 상·하면 온도차에 의한 단부 회전

### ③ 교각 기초의 잔류 부등침하

교각 기초의 침하로 인해 발생하는 상부구조의 단부 회전각은 <식 (4)>와 같이 산정할 수 있다(<그림 3>). 교각의 잔류 부등침하량은 최대 5mm로 한다.

$$\varphi = \frac{\Delta s}{L} \quad (4)$$

여기서,  $\Delta s$  : 교각의 잔류 부등침하량

### ④ 단차

가. 레일과 교량 상부구조의 온도차에 의한 교각 상부 회전

레일과 교량상부구조와 온도차이가 발생할 경우 레일과 교량사이의 상호작용에 의하여 교각상부에 수평하중이 작용하게 되며, 교각은 휨변형이 발생하게 된다. 이 경우 교각 상면의 경사에 의하여 일정 거리로 이격된 두 교좌장치 사이에는 단차가 발생하게 된다. 교각 상부 회전변위를 구하기 위한 교량과 궤도의 모 형 화, 레일과 교량의 온도변화, 해석방법은 「궤도-교량 종방향 상호작용 해석」에서 정하는 바에 따른다.

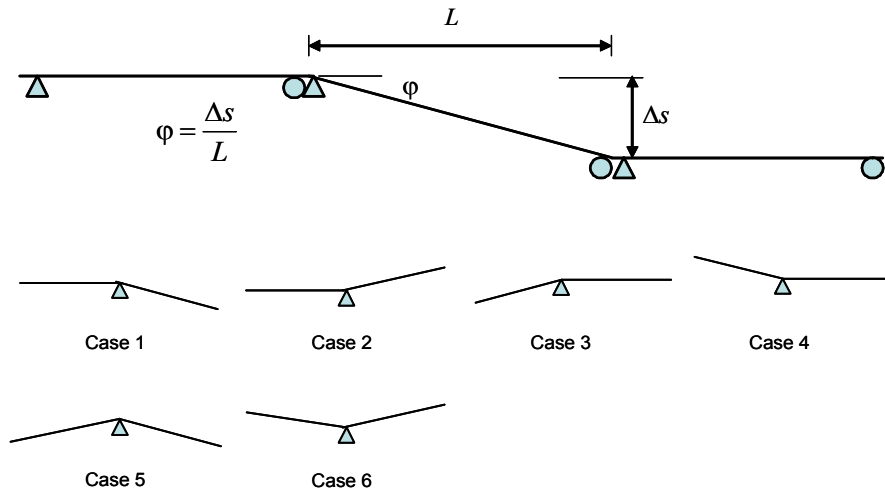


그림 3. 교각 기초의 침하에 의한 단부회전

나. 교각 전·후면 온도차에 의한 교각 상부 회전

교각의 전·후면 온도차에 의한 교각의 상부 회전각은 아래 <식 (5)>, <식 (6)>에 따라 결정할 수 있다(<그림 4>). 이 때, 교각 전·후면의 온도차는 최대 5°C로 한다.

$$\delta = \varphi_p d_{br} \quad (5)$$

$$\varphi_p = \alpha \Delta T_p \frac{H_p}{D_p} \quad (6)$$

여기서,  $\varphi_p$  : 교각 상부 회전각

$\Delta T_p$  : 교각 전·후면 온도차 (최대 5°C)

$H_p$  : 교각 높이

$d_{br}$  : 교량 지점 사이의 간격

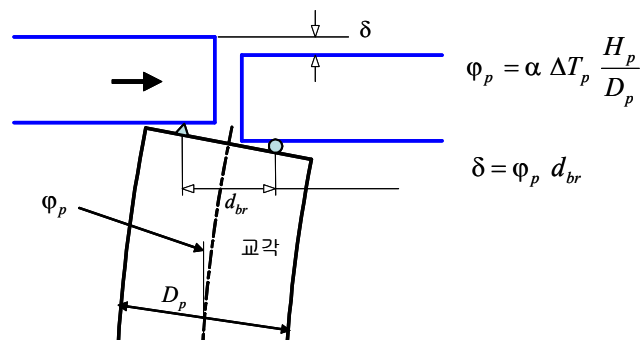


그림 4. 교각 전·후면 온도차에 의한 교각 상부 회전과 단차 발생기구



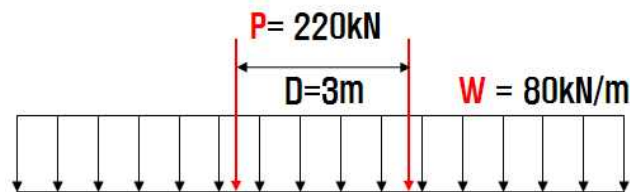
## 4.2.3 동적 작용

### (1) 단부회전

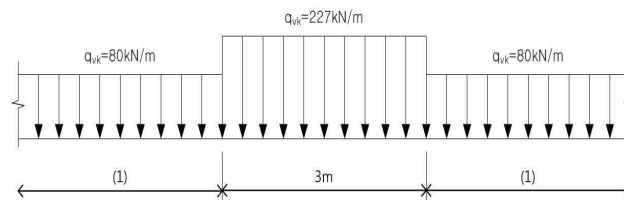
#### ① 열차 수직하중

아래 표준하중선도에 계수  $\lambda$ 와  $(1+\phi)$ 를 각각 곱한 등가 등분포하중을 적용한다 (<그림 5~7>).

- 여객화물혼용선의 경우



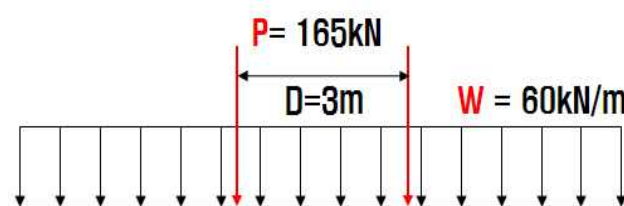
(a) KRL-2012 하중선도



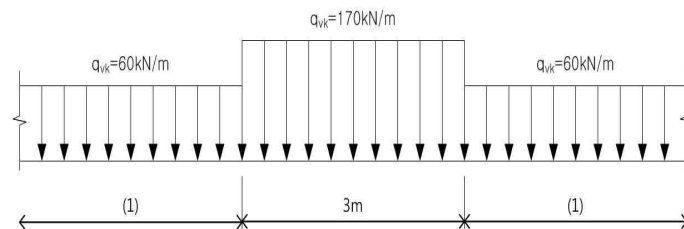
(b) KRL-2012 등가하중선도

그림 5. 여객화물혼용선의 표준하중(KRL2012하중)

- 여객전용선의 경우



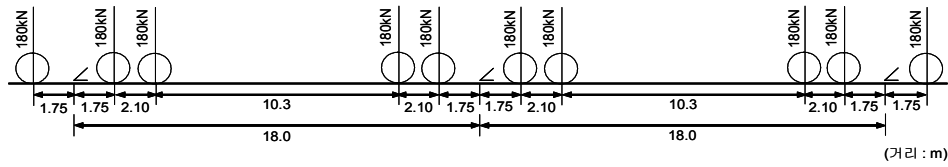
(a) 여객전용선 KRL-2012 하중선도



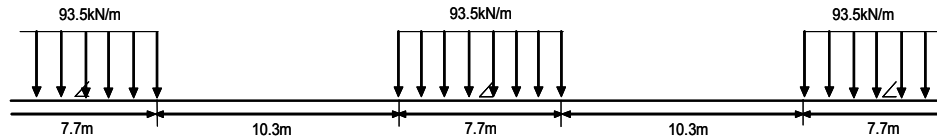
(b) 여객전용선 KRL-2012 등가하중선도

그림 6. 여객전용선의 표준하중 (0.75KRL-2012하중)

- 전동차 전용선의 경우



(a) EL-18 하중선도



(b) EL-18 등가 분포하중선도

그림 7. 시속 200km 미만 전동차 전용선의 표준하중(EL-18)

복선일 경우 단선 및 복선 재하하여 불리한 경우를 적용하고, 복선 이상의 궤도에 대해서는 단선, 복선 및 복선 이상까지 하중을 재하하여 불리한 경우를 적용하며, 재하 하중의 크기(하중계수)는 <표 2>에 따른다.

표 2. 열차 수직하중 재하방법

교량 상 궤도의 수			하중이 재하되는 궤도의 수	하중이 재하되는 궤도	하중계수
1	2	≥3			
			1	$T_1$	1
			2	$T_1$ $T_2$	1 1
			≥3	$T_i (i=1,2, \dots, n)$	0.75

※ 계수  $\lambda$  및  $(1+\phi)$ 의 산정

가. 실열차하중을 고려한 보정계수  $\lambda$

• 여객열차전용  $\lambda = 0.8 - 0.4 (L - 3)/7$  ( $0.4 \leq \lambda \leq 0.8$ )

• 화물열차  $\lambda = 1.0$

여기서,  $L$  : 교량의 경간 (m)

나. 실열차하중에 의한 충격계수  $(1+\phi)$

계수  $(1+\phi)$ 의 산정은 <그림 8>에 따르고, <그림 8>의 그래프 간 중간값은 선형 보간에 의하여 결정한다. 단, 경간과 속도가 <그림 8>의 범위를 벗어나는 경우에는 아래의 <식 (7)>~<식 (9)>로 산정할 수 있다.

$$1 + \phi = 1 + \phi' + 0.5\phi'' \quad (7)$$

$$\phi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad (K < 0.76 \text{ 일 때})$$

$$\phi' = 1.325 \quad (K \geq 0.76 \text{ 일 때})$$

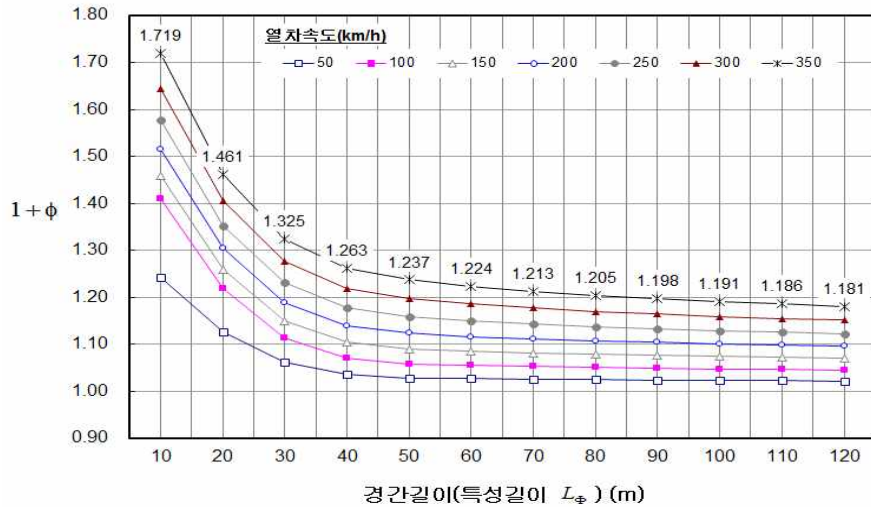


그림 8. 교량 경간과 속도에 따른 계수  $(1+\phi)$  값의 변화

$$K = \frac{v}{2L_{\phi} n_0} \quad (8)$$

$L_{\phi}$  : 거더의 특성길이 <표 3>

$n_0$  : 거더의 고유진동수(실제 고유진동수 대신 아래의 상한치를 적용해도 좋다)

고유진동수의 상한치  $n_0 = 94.76L_{\phi}^{-0.748}$

$$\phi'' = \frac{\alpha}{100} \left[ 56 e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{10}\right)^2} + 50 \left( \frac{L_{\phi} n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_{\phi}}{20}\right)} \right] (\phi'' \geq 0) \quad (9)$$

$\alpha = v/22$  ( $v \leq 22\text{m/s}$  일 때)

$\alpha = 1$  ( $v > 22\text{m/s}$  일 때)

$v$  : 열차 최고 주행속도

## (2) 단차

### ① 시·제동하중에 의한 교각 상부 회전

교량과 궤도의 모형화, 시·제동하중의 크기와 재하방법, 해석방법 등은 「궤도-교량 종방향 상호작용 해석」에서 정하는 바에 따른다.

### ② 열차 수직하중에 의한 탄성받침에서의 연직 변형

열차 수직하중은 「①의 가.」항에 준한다.

### (3) 축하중에 의한 직접 작용력

축하중에 의해 직접 레일 지지점에 가해지는 하중<그림 9>를 산정하기 위하여 단일 축하중은 충격과 곡선부에서의 증감을 고려하여 다음의 값으로 한다.

$$P = f_{dyn} f_c P_{stat} \quad (10)$$

여기서,  $P_{stat}$  : 정적윤중(kN)(표준하중선도의 축중의 1/2, <그림 5~7>)

표 3. 주거더의 특성길이( $L_\phi$ )의 산정방법

Case	구조 요소	특성길이 $L_{\phi}$										
1	단순 지지되는 거더와 슬래브 (콘크리트에 매립된 철골 포함)	주거더 방향의 경간										
2	다음의 길이를 갖는 n 경간의 연속 거더와 슬래브 $L_m = 1/n(L_1 + L_2 + .. + L_n)$	$L_{\phi} = k \times L_m$ 단, $L_{\phi}$ 는 $L_i$ 최대값 (i=1.....n) 보다는 작아야 함. <table><tr><td><math>n =</math></td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td><math>\geq 5</math></td></tr><tr><td><math>k =</math></td><td>1.2</td><td>1.3</td><td>1.4</td><td>1.5</td></tr></table>	$n =$	2	3	4	$\geq 5$	$k =$	1.2	1.3	1.4	1.5
$n =$	2	3	4	$\geq 5$								
$k =$	1.2	1.3	1.4	1.5								
3	Portal frame과 closed frame 또는 박스부재  - 단경간  - 다경간	3경간 연속보로 간주 (프레임이나 박스부재의 수직 및 수평 길이를 이용하여 2항에 따라 산정)  다경간 연속보로 간주 (단부 수직부재와 수평부재의 길이를 이용하여 2항에 따라 산정)										
4	Single Arch, Archrib, Bowstring의 보강된 거더	경간의 반(Half Span)										
5	Solid Spandrels Retaining Fill이 있는 일련의 아치	Clear Opening의 2배										
6	보강거더와 연결된 서스펜션 바 (Suspension Bars)	서스펜션 바 종방향 간격의 4배										

$f_{dyn} = 1 + 3\bar{s}$  : 동적충격계수

$\bar{s}$  : 윤중변동의 표준편차

$V > 60\text{km/h}$ ,  $\bar{s} = 0.167$      $f_{dyn} = 1.5$

$V \leq 60\text{km/h}$ ,  $\bar{s} = 0.0$      $f_{dyn} = 1.0$

$f_c = 1.1 \sim 1.2$  : 곡선부 원심력에 의한 윤중의 증감계수

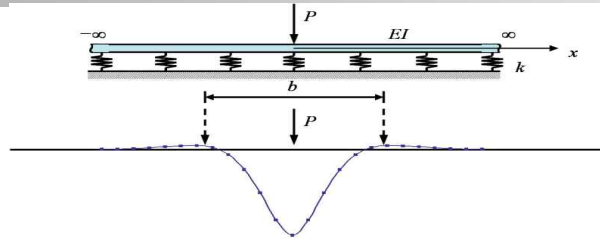


그림 9. 축하중에 의한 체결장치 연직반력의 영향선

### 4.3 검토기준

#### 4.3.1 체결장치 부상력(Uplift Force)

단일 체결장치에 작용하는 부상력은 아래의 기준을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \max |F_d| &\leq Z_u / \gamma_M \quad (11) \\ F_d &= \phi_{d,stat} F(LF1; k_{stat}, a, a_1) + \phi_{d,dyn} F(LF1; k_{dyn}, a, a_1) + \delta_{d,stat} F(LF2; k_{stat}, a, a_1) \\ &\quad + \delta_{d,dyn} F(LF2; k_{dyn}, a, a_1) + \frac{P_d}{100} \min F(LF3; k_{dyn}, a) \\ \phi_{d,stat} &= \sum \gamma_F \phi_{stat} \quad \phi_{d,dyn} = \sum \gamma_F \phi_{dyn} \\ \delta_{d,stat} &= \sum \gamma_F \delta_{stat} \quad \delta_{d,dyn} = \sum \gamma_F \delta_{dyn} \quad P_d = \gamma_F m P \end{aligned}$$

여기서,  $F_d$  : 체결장치 작용력 설계값

$Z_u$  : 레일 지지점 부상력 허용값 = 체결장치 초기 체결력

$F(LF1; k_{stat} \text{ or } k_{dyn}, a, a_1)$  : 단위 단부회전( $\phi=1\%$ )에 의한 체결장치 작용력

$F(LF2; k_{stat} \text{ or } k_{dyn}, a, a_1)$  : 단위 단차( $\delta=1\text{mm}$ )에 의한 체결장치 작용력

$F(LF3; k_{dyn}, a)$  : 단위 축하중(100kN)에 의한 체결장치 직접 작용력

$k_{stat}, k_{dyn}$  : 레일 지지점 정적 또는 동적 연직 스프링계수(<표 4> 참조)

$a$  : 일반 구간의 레일 지지간격 (등간격)

$a_1$  : 교량 상부구조 연결부의 레일 지지간격

$\gamma_F$  : 부분안전계수 (<표 4> 참조)

$\gamma_M$  : 레일 지지점 저항에 관한 안전계수, 일반적인 경우  $\gamma_M = 1.0$  적용

$\phi_{stat}$  : 정적 작용에 의한 단부 회전각의 계산값

$\phi_{dyn}$  : 동적 작용에 의한 단부 회전각의 계산값

$\delta_{stat}$  : 정적 작용에 의한 단차의 계산값

$\delta_{dyn}$  : 동적 작용에 의한 단차의 계산값

$P$  : 축하중

$m$  : 인접 축하중의 영향을 고려하기 위한 계수



$b \neq$  축간거리( $d$ )인 경우,  $m = 1$

$b \approx$  축간거리( $d$ )인 경우,  $m = 2$

$\phi_d, \delta_d, P_d$  : 단부회전, 단차 및 축하중의 계산값에 부분안전계수를 곱한 설계값

#### 4.3.2 체결장치 압축력(Compression)

단일 체결장치에 작용하는 압축력은 아래의 기준을 만족해야 한다.

$$\frac{\max|F_d|}{k_{stat}} \leq s_D \quad (12)$$

$$F_d = \phi_{d,dyn} F(LF1; k_{stat}, a, a_1) + \delta_{d,dyn} F(LF2; k_{stat}, a, a_1) + \frac{P_d}{100} \max F(LF3; k_{stat}, a)$$

$$\phi_{d,dyn} = \sum \gamma_F \phi_{dyn} \quad \delta_{d,dyn} = \sum \gamma_F \delta_{dyn} \quad P_d = \gamma_F \alpha P$$

여기서,  $s_D$  : 레일체결장치 탄성패드의 연직 변형한계

$\gamma_F$  : 부분안전계수 (<표 4> 참조)

$\alpha$  : 열차속도에 관한 계수

$V < 60\text{km/h}$ 인 경우,  $\alpha = 1.0$

$V \geq 60\text{km/h}$ 인 경우,  $\alpha = 0.8$

$k_{stat}$  : 정적 스프링계수(※ 압축력에 대한 검토에 있어서 동적 스프링계수는 안전측의 검토를 위해 정적 스프링계수를 적용함) (<표 4> 참조)

표 4. 부분안전계수와 체결장치 스프링계수의 적용방법

구분	작용력	부분안전 계수 $\gamma_F$	체결장치 스프링계수	
			부상력 검토	압축력 검토
정적	자중 + 잔류 크리프 및 건조수축 (궤도 부설 이후)	1.0	$k_{stat}$	$k_{stat}$
	교량 상부구조 상·하면 온도차	1.0		
	교각 잔류 부등침하	1.0		
	레일-교량 상부구조 온도차에 의한 교각 상부 회전	1.0		
	교각 전후면 온도차에 의한 교각 상부 회전	1.0		
동적	열차 수직하중	1.3	$k_{dyn}$	
	시 · 제동하중에 의한 교각 상부 회전	1.0		
	축하중에 의한 직접 작용력	1.3		



#### 4.3.3 부상력에 의한 슬래브의 들림(Lift-Off)

부상력에 의해 슬래브와 보호층 콘크리트 간의 분리가 발생할 가능성에 대하여 검토해야 한다(<그림 10>). 슬래브와 보호층 콘크리트 간 분리 방지를 위해 특정 하중조합에 의해 발생하는 부상력의 합력은 아래의 기준을 만족해야 한다.

$$e = \frac{\sum M}{\sum V} \leq \frac{L_s}{6} \quad (13)$$

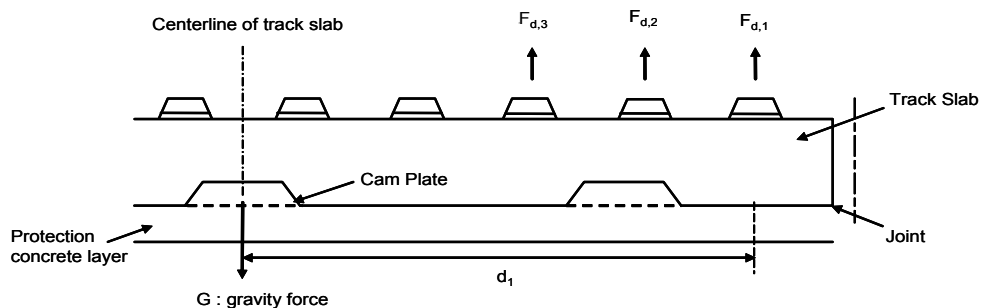
$$\sum M = 2 \sum F_{d,i} d_i \quad \sum V = w L_s - 2 \sum F_{d,i} \geq 0$$

여기서,  $w$  : 궤도 단위 길이당 자중

$L_s$  : 슬래브의 길이

$F_{d,i}$  : 각 레일 지지점에서의 부상력 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$d_i$  : 슬래브 중심선에서 각 레일 지지점까지의 거리



$$\left. \begin{aligned} \sum M &= (F_{d,1} \times d_1 + F_{d,2} \times (d_1 - a) + F_{d,3} \times (d_1 - 2a)) \times 2 \\ \sum V &= w \cdot L_s - (F_{d,1} + F_{d,2} + F_{d,3}) \times 2 \geq 0 \end{aligned} \right\} e = \frac{\sum M}{\sum V} \leq \frac{L_s}{6} ?$$

그림 10. 슬래브의 들림에 대한 안정성 검토

#### 4.4 검토방법

체결장치 작용력의 산정 및 검토 절차는 다음 <그림 11>과 같다.

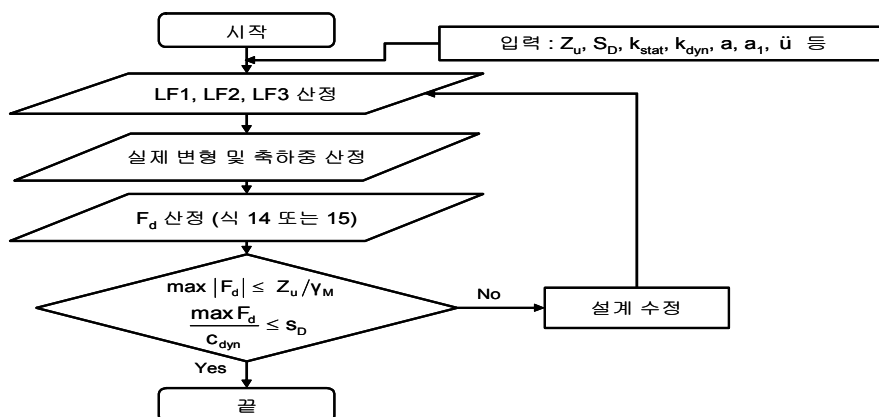


그림 11. 체결장치 작용력의 산정 및 검토 절차

## 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)이 개정 고시됨에 따라 개정내용을 반영