

KR C-08080

Rev.3, 12. December 2022

궤도-교량 종방향 상호작용 해석

2022. 12. 12.

REVIEW CHART

[illegible]

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. 궤도-구조물 상호작용에 미치는 영향요소	2
3.1 궤도	2
3.2 교량	3
4. 설계하중	7
4.1 온도하중	7
4.2 시 · 제동하중	7
4.3 열차 수직하중	8
4.4 하중조합	9
5. 설계기준	9
5.1 자갈궤도	9
5.2 콘크리트 궤도	13
6. 궤도-교량 상호작용 해석방법	14
6.1 모형화(Modelling) 시 고려사항	14
6.2 궤도-교량 상호작용 평가절차	16
RECORD HISTORY	17

1. 용어의 정의

이 장에서 쓰이는 용어의 의미는 다음과 같다.

- (1) 강도감소계수(Strength Reduction Factor) : 재료의 공칭강도와 실제강도 간의 불가피한 차이, 제작 또는 시공, 저항의 추정 및 해석 모형 등에 관련된 불확실성 등을 고려하기 위한 안전계수
- (2) 공칭강도(Nominal Strength) : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며 강도감소계수를 적용하기 이전의 강도
- (3) 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
- (4) 계수하중(Factored Load) : 강도설계법으로 부재를 설계할 때 사용하는 하중으로서, 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
- (5) 교량 종방향 상대변위 : 장대레일 축력 제한을 위한 검토에서 판단기준의 한 항목. 단위교량이 연속되었을 때 단위교량의 바닥판과 바닥판 사이, 혹은 교대로 연결되는 부위의 교대 전면과 교량의 바닥판의 사이에 발생하는 각각에 대한 상대변위
- (6) 구조물 온도 신축길이 : 구조물의 온도 고정점 간의 길이. 여기서 온도 고정점이란 온도 변화에도 구조물의 종방향 변위가 생기지 않는 점을 말하며, 양쪽 교대 사이에 설치되는 구조물의 경우에는 교대의 받침 중심점으로부터 온도 고정점까지의 거리
- (7) 궤도-구조물간 종방향 상호작용 : 장대레일과 교량 구조물과의 결합과 그 상호작용에 의한 장대레일의 파단, 좌굴과 관련된 궤도 종방향력 문제와 변형문제를 야기시키는 작용
- (8) 기초 수평변위 : 기초의 지반상태에 따라 교량 축 방향이나 교량 축 직각방향으로 확대기초 저부의 수평이동에 의해 발생하는 변위. 이 이동변위에 의한 상부구조의 종방향 변위량은 높은 교각과 낮은 교각이 같은 양으로 계산됨
- (9) 부가 궤도 종방향응력 : 교량의 존재에 의해 부가적으로 발생하는 온도, 시동, 제동하중, 교량 바닥판의 휨 등에 의한 부가적인 응력
- (10) 사용하중(Service Load) : 고정하중 및 표준열차하중으로서 하중계수를 곱하지 않은 것이며, 작용하중이라고도 함
- (11) 설계강도(Design Strength) : 공칭강도에 강도감소계수(ϕ)를 곱한 강도
- (12) 설계기준강도(Specific Compressive Strength) : 콘크리트부재의 설계에 있어 기준으로 한 압축강도. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 함
- (13) 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



- (14) 순경간(Clear Span) : 교대와 교각, 또는 교각과 교각사이 전면간의 거리
- (15) 슬랙(Slack) : 곡선선로에서 차량의 원활한 운행을 위하여 외측레일을 기준으로 내측 레일을 넓혀준 것
- (16) 주하중 : 교량의 주요 구조부를 설계하는 경우에 항상 또는 자주 작용하여 내하력에 결정적인 영향을 미치는 하중의 총칭
- (17) 주행안전성 검토 : 고속열차의 동적 안정성 등을 포함하는 열차의 안전확보를 위한 최소 요구조건에 대한 검토
- (18) 캔트 : 곡선 선로에서 열차의 원심력에 대항하여 차량의 안전을 도모하기 위해 내측 레일을 기준으로 외측레일을 높게 하는데 이 때의 고저 차
- (19) 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
- (20) 허용응력(Allowable Stress) : 탄성설계에서 재료의 기준강도를 안전율로 나눈 것
- (21) 유효강성 : 지진격리시스템이 최대수평변위를 일으키는 순간의 수평력을 최대수평변위로 나눈 값

2. 목적 및 범위

궤도-교량 종방향 상호작용 검토는 철도 구조물 상에 장대레일을 부설할 경우 레일의 장출 및 파단을 방지하고 궤도의 유지관리를 용이하게 하기 위하여 궤도 및 구조물 설계시 고려해야 할 궤도의 극한 한계상태와 교량의 사용성 한계상태를 정하는 것을 기본 목적으로 한다. 또한 장대레일 축력 안정성 평가시 궤도-구조물 상호작용 해석방법에 대한 기본 기술요건을 제시하여 해석결과의 정확성을 높이고 해석과정을 정형화함으로써 평가방법의 통일성을 기하도록 하고자 한다.

여기에서 정하는 기준은 일반철도와 고속철도에서 자갈궤도와 콘크리트궤도를 적용한 구간에 모두 적용한다.

3. 궤도-구조물 상호작용에 미치는 영향요소

3.1 궤도

3.1.1 궤도 종저항력

- (1) 궤도-교량 상호작용해석에 있어서 궤도 종방향 하중-변위선도는 <그림 1>과 같이 쌍일차 모형(Bilinear Model)으로 모형화할 수 있다.
- ① 쌍일차 모형에서 한계변위 궤도 종저항력의 특성을 결정짓는 중요한 변수는 한계변위 u_o 와 궤도 종저항력 F_0 는 <표 1> 및 <그림 1>의 값을 사용하되 궤도 및 하중

조건이 특별히 다르다고 판단되는 경우 공단의 승인을 얻어 별도의 값을 사용할 수 있다.

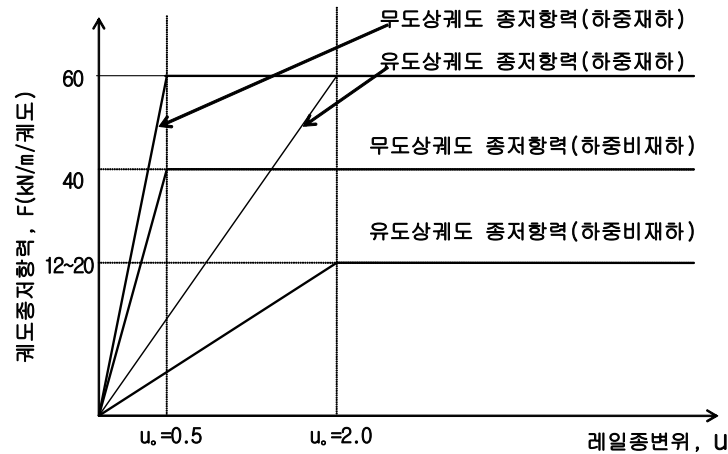


그림 1. 궤도유형 및 열차하중 재하상태별 하중-변위선도

표 1. 궤도유형 및 하중재하상태별 궤도 종저항력

궤도유형	구분	한계변위 u_o (mm)	종저항력(궤도당) q (kN/m)	비고
자갈궤도	하중비재하 시 (Unloaded Case)	2.0	12.0~20.0	※ 참조 1
	하중재하 시 (Loaded Case)	2.0	60.0	
콘크리트궤도또는 결빙된 자갈궤도	하중비재하시 (Unloaded Case)	0.5	40.0	※ 참조 2
	하중재하 시 (Loaded Case)	0.5	60.0	

※ 참조1 : 레일응력을 검토하고자 할 경우 20.0kN/m를 적용하고 구조물 변위를 검토하고자 할 경우 12.0kN/m를 적용한다.

※ 참조2 : 체결구 종저항력 시험을 거쳐 별도의 특정한 종저항력 값을 갖는 것이 입증된 경우에는 시험결과로부터 정한 값을 사용할 수 있다.

(2) 레일제원 및 물성

부설하고자 하는 레일 종류에 맞는 단면을 적용하고 탄성계수는 $2.1 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$, 열팽창계수는 1.2×10^{-5} , 포아송비는 0.3을 기본적으로 적용하되, 레일물성이 UIC 및 KS에서 정한 규정과 다른 경우에는 별도의 값을 적용할 수 있다.

3.2 교량

3.2.1 교량의 정적 배열



- (1) 교량의 정적 배열은 교량을 구성하는 경간 수, 경간당 교량받침 수, 고정 및 이동단의 위치, 경간길이, 고정지점간 거리, 레일신축이음매 위치 등으로 구성되며, 상기 각 요소는 궤도-교량상호작용에 영향을 미치는 중요요소로서 궤도-교량 상호작용해석에 있어서 반드시 고려해야 한다.
- (2) 고정지점간 거리는 구조물의 열팽창 중심점(열팽창 시 움직이지 않은 지점)간 거리로서 고정지점간 거리 L 은 <그림 2>와 같이 나타낼 수 있다.

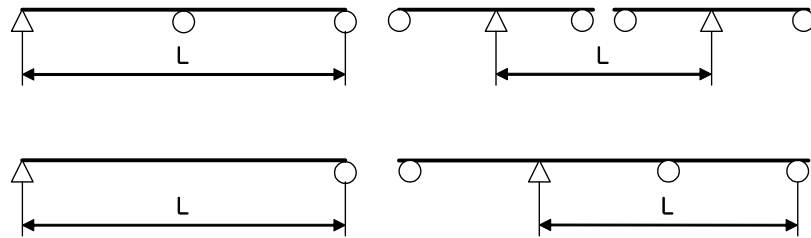


그림 2. 교량받침 배치별 고정지점간 거리

② 수평 지지스프링계수

- 가. 교량받침 상부에서 단위 종방향 변위에 대한 반작용력을 수평지지계수라 정의할 때 교량받침 종방향 스프링계수, 교각의 휨강성, 기초의 수평 및 회전강성 등이 수평지지계수 중요 기여 요소로서 궤도-교량 상호작용 해석 시 이들 영향을 고려하여야 하며, <그림 3>과 같이 모형화할 수 있다.
- 나. 다만 하부구조의 영향을 직접 상부구조에 적용할 경우 등가스프링 강성은 다음 식을 적용할 수 있다.

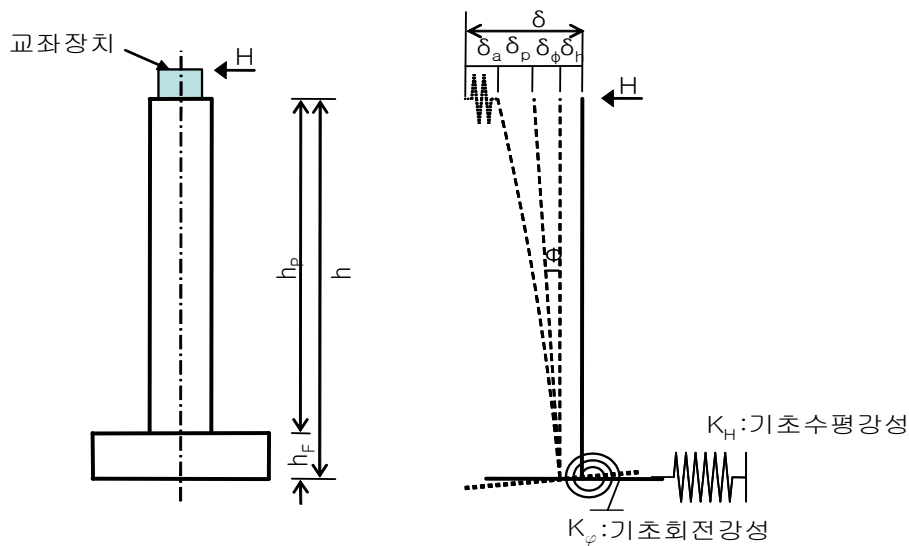


그림 3. 교량받침 지점에서의 종방향 저항력의 모형화

$$K = \frac{H}{\sum \delta}$$

여기서, H = 종방향 작용력

$$\delta = \delta_p + \delta_\phi + \delta_h + \delta_a$$

단, δ_a : 교량 탄성받침 수평변위

δ_p : 교각의 휨에 의한 교각상단의 수평변위

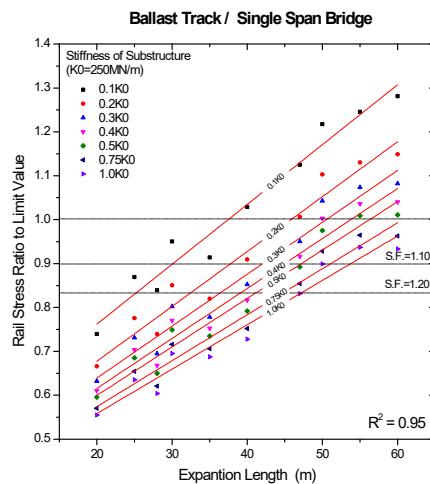
δ_ϕ : 기초의 회전에 의한 교각상단의 수평변위

δ_h : 기초의 수평변위

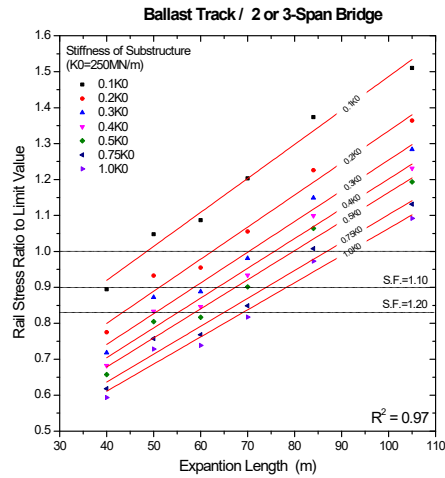
다. 기초의 강성을 구할 때 온도하중에 대해서는 정적탄성계수를 시·제동하중에 대해서는 동적 탄성계수를 적용한다.

라. 이동단의 수평저항은 기본적으로 무시하되 교량받침 제작사의 성능입증이 있는 경우는 0~5% 내에서 마찰력으로 고려할 수 있다.

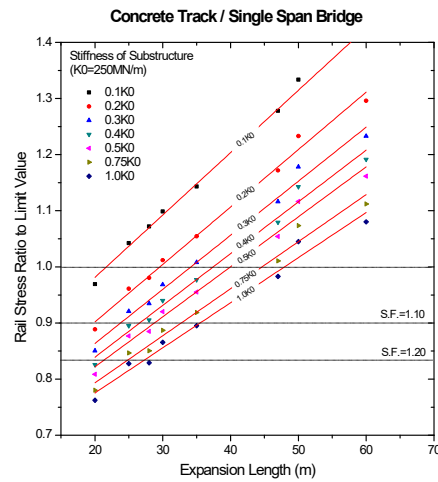
마. 교량의 정적배열을 검토하는 단계에서 궤도유형과 교량 상부구조의 고정점간 거리가 결정된 경우, 부가 레일응력이 허용치를 만족하기 위해 요구되는 최소 하부구조 강성은 다음의 <그림 4>를 이용하여 예측할 수 있다.



(a) 자갈궤도의 경우 (단경간)



(b) 자갈궤도의 경우 (2 또는 3경간 연속)



(c) 콘크리트궤도의 경우 (단경간)

그림 4. 교량 하부구조강성 범위 설정을 위한 설계도표

③ 상부구조의 휨거동

<그림 5>와 같이 열차수직하중에 의한 궤도-교량 상호작용은 주로 상부구조의 휨강성과 중립축의 위치, 그리고 고정단의 수평지스프링강성 및 상부구조의 높이에 영향을 받으므로 궤도-교량 상호작용 해석 시 이들의 영향을 고려할 수 있어야 한다.

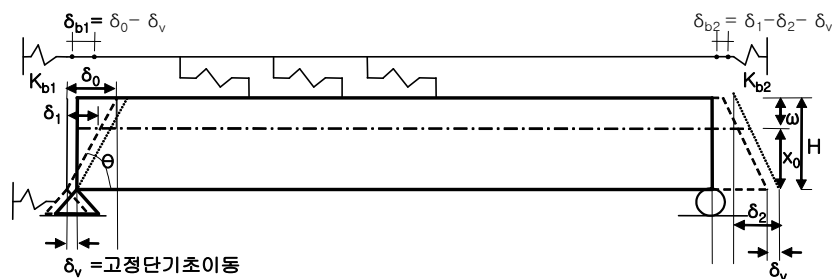


그림 5. 열차 수직하중에 의한 상부구조 휨에 따른 수평변위 발생 개념

4. 설계하중

4.1 온도하중

(1) 온도하중은 다음의 경우를 고려한다.

- ① 전 구간 장대레일인 경우 구조물의 길이변화를 유발하는 구조물의 온도변화(전 구간 장대화된 경우는 레일온도가 변하더라도 종방향 변위가 발생하지 않으며 따라서 궤도-교량 상호작용이 발생하지 않으므로 구조물의 온도변화만 고려한다)
- ② 레일신축이음매가 있는 경우 레일과 교량의 온도차이(레일과 구조물의 온도변화를 동시에 고려한다)

(2) 레일 및 교량의 기준온도는 레일이 부설될 때의 온도로 한다.

(3) 궤도-교량 상호작용 해석 시 온도변화는 다음을 기준으로 한다.

- ① 레일은 부설시의 온도 또는 재설정온도를 기준으로 온도변화는 $+40^{\circ}\text{C}$, -50°C 를 기준으로 한다.
 - ② 콘크리트구조물은 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한다. 단, **혹한지방(자강도, 양강도 및 함경남도 내륙)에서는 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한다.**
 - ③ 강구조물의 온도변화는 기후가 보통인 지방에서는 $\pm 35^{\circ}\text{C}$ 를, 기후가 한랭한 지방에서는 $\pm 45^{\circ}\text{C}$ 기준으로 한다.
- (4) 구조물의 선팽창계수는 다음을 기준으로 한다.
- ① 강교에서 선팽창계수는 1.2×10^{-5} 으로 한다.
 - ② 콘크리트교에서 선팽창계수는 1.0×10^{-5} 으로 한다.
 - ③ 강합성교에서 선팽창계수는 1.2×10^{-5} 으로 한다.

4.2 시·제동하중

시·제동하중은 철도설계기준(노반편) 제8장(교량일반사항)을 따른다.

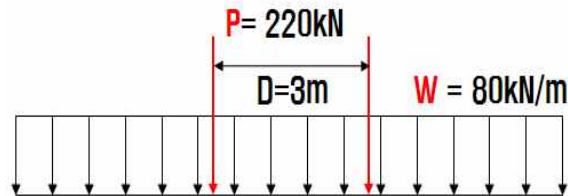
- (1) 전동차 전용선, 경량전철 등과 같이 설계하중이 다른 경우는 시·제동하중의 크기는 차량 수직하중의 1/4에 해당하는 등분포하중으로 환산하여 적용한다. 이때 재하길이는 최대차량 1편성 길이로 한다.
- (2) 2복선 이상의 교량인 경우 선로중 하나의 선로에는 시동하중이 다른 하나의 선로에는 제동하중이 작용하는 것으로 한다(단지 2개선로만이 시동 및 제동하중이 작용하는 것으로 한다).
- (3) 시·제동 하중은 검토하고자하는 대상(레일응력 또는 교량변위)에 대하여 가장 불리한 위치에 작용하는 것으로 한다.



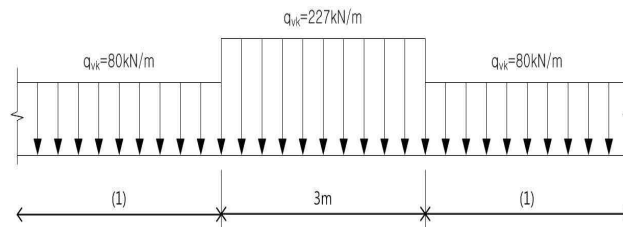
4.3 열차 수직하중

(1) 열차 수직하중은 설계 속도에 따라 각각 다음의 크기를 적용한다.

- ① 열차 수직하중은 <그림 6(a)>의 KRL-2012 하중모델 또는 <그림 6(b)>와 같은 등가하중이 교량 상부구조에 작용하는 것으로 하며, 충격계수는 고려하지 않는다. 여객 전용인 경우 그림 3.7과 같이 KRL-2012 하중의 0.75배인 하중을 적용한다.

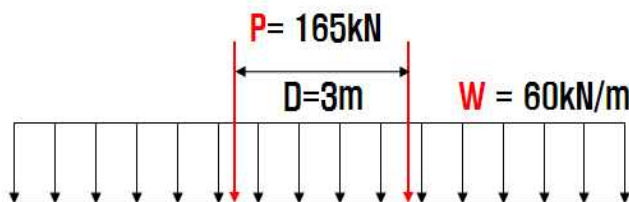


(a) KRL-2012 하중선도

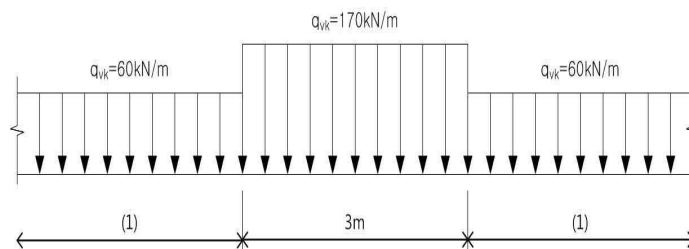


(b) KRL-2012 등가하중선도

그림 6. 여객화물혼용선의 열차 수직하중(KRL-2012하중)



(a) 여객전용선 KRL-2012 하중선도



(b) 여객전용선 KRL-2012 등가하중선도

그림 7. 여객전용선의 열차 수직하중(0.75KRL-2012하중)

- ② 전동차 전용선은 EL-18하중 또는 등분포화된 등가하중을 적용한다.
- (2) 2복선 이상의 교량인 경우는 단지 2개 선로에만 열차 수직하중이 작용하는 것으로 한다.
- (3) 열차 수직하중은 검토하고자 하는 대상(레일응력 또는 교량변위)에 대하여 가장 불리한 위치에 작용하는 것으로 한다.
- (4) 다경간(Multi-Span) 연속교인 경우 열차 수직하중은 <그림 8>과 같이 검토지점(고정지점)과 인접한 경간에만 작용하는 것으로 한다(복선인 경우 2개 선로에 재하).

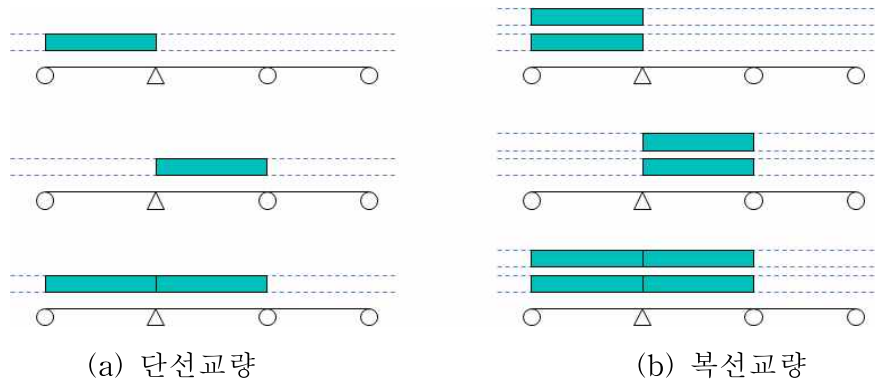


그림 8. 열차 수직하중의 재하위치

4.4 하중조합

- (1) 레일응력 및 교량받침에 작용하는 종하중을 평가하는 경우는 온도하중, 시·제동하중, 열차 수직하중의 영향이 다음 식과 같이 조합되어야 한다.

$$\sum R = \alpha R(\text{온도하중}) + \beta R(\text{시·제동하중}) + \gamma R(\text{열차수직하중})$$

- (2) 레일응력 및 변위를 구하고자할 경우 연속 또는 단순지지 경간의 경우 α , β , γ 는 각각 1의 값을 갖는 것으로 한다.

5. 설계기준

5.1 자갈케도

5.1.1 허용 부가 레일응력 한계

- (1) 하부에 구조물이 존재함으로써 토공구간의 부동구간 레일응력보다 증가 또는 감소하는 레일응력을 부가응력으로 정의할 때 곡선반경 $R=1500\text{m}$ 이상, 60kg 레일, 도상깊이 30cm 이상, 유지보수상태가 양호한 궤도에서 최대 허용 부가 압축응력은 72N/mm^2 이고 최대 허용 부가 인장응력은 92N/mm^2 으로 한다.
- (2) 「(1)」항과 동일한 조건의 궤도에서 곡선반경이 다른 경우 최대 허용부가 압축 응력 및 최대 허용 부가 인장응력은 <표 2>의 값을 적용한다. 단, 표에서 제시하지 않은 곡선반경을 갖는 경우 최대 부가 응력은 표에 제시된 값으로부터 선형 보간으로 산정할 수 있다.



표 2. 곡선반경별 레일의 허용 부가 응력

하중	최소 곡선반경 (m)	최대 부가 압축응력 (N/mm ²)	최대 부가 인장응력 (N/mm ²)
온도하중, 시·제동하중, 열차 수직하중	1500	72	92
	700	58	92
	600	54	92
	300	27	92

- (3) 「(1)」항에서 제시한 궤도조건과 다른 궤도에서는 좌굴해석을 통하여 충분히 안전한 최대 허용 부가 압축응력을 정해야 하여, 좌굴해석시에는 차량 수직하중에 따른 도상저항력의 변화, 궤도틀림, 곡선반경, 체결구 회전강성 등이 고려되어야 한다.

5.1.2 레일-교량 상대변위 한계

시·제동하중 작용시 교량 상부구조와 레일 사이의 수평방향 상대변위는 4mm 이내 여야 한다.

5.1.3 교량 상부구조 종방향 상대변위 한계

- ① 교량 및 궤도의 변위에 따른 자갈도상의 불안정화를 방지하고 상기 레일응력기준을 정한 궤도조건을 유지하기 위하여 다음의 변위조건을 만족해야 한다.

- (1) 교량 상에 레일신축이음매가 없는 경우 시·제동하중 작용시 교량 상부구조와 교대 또는 상부구조 경간과 경간 사이의 종방향 상대변위, δ_{ah} 는 $\pm 5\text{mm}$ 이내여야 한다.
- (2) 레일신축이음매가 있는 경우 시·제동하중 작용시 신축이음매부가 있는 교량 상부구조 경간과 인접 경간에서는 교량 상부구조와 교대 또는 상부구조 경간과 경간 사이의 종방향 상대변위, δ_{ah} 는 $\pm 30\text{mm}$ 까지 허용할 수 있다(<그림 9>와 같이 자갈이 연속적으로 부설되어 있는 경우).

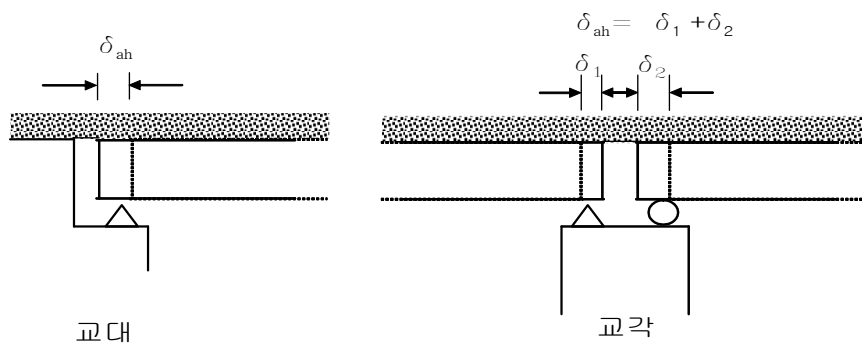


그림 9. 교량 상부구조 종방향 상대변위 정의
(자갈이 연속적으로 부설되어 있는 경우)

- (3) 교량 상부구조 양끝단에 신축이음매가 있고 교량 상부구조에서 자갈도상이 자갈막이 판으로 분리되어 있어 자갈의 이완이 방지될 수 있는 경우에는 레일신축이음매가

있는 교량 상부구조 경간 및 경간에서의 종방향 상대변위, δ_{ah} 는 30mm 이상을 허용할 수 있다(<그림 10> 참조).

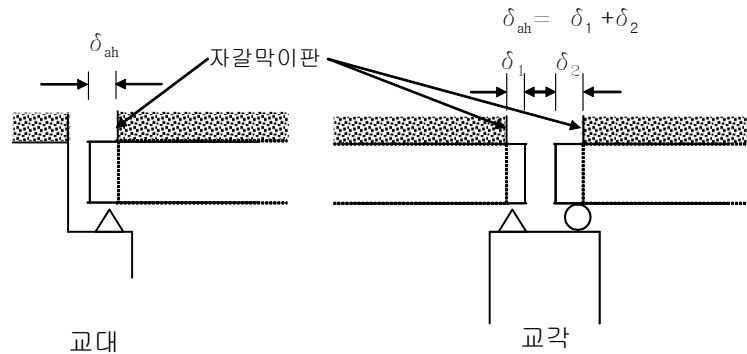


그림 10. 교량 상부구조 종방향 상대변위
(자갈막이판으로 자갈이 분리되어 있는 경우)

5.1.4 교량 상부구조의 단부꺾임각에 의한 끝단상부면 종방향 변위 한계

(1) 교량 상부구조의 단부꺾임각에 의하여 자갈도상의 불안정성을 방지하기 위하여 열차 수직하중이 작용할 때 교대끝단상면과 상부구조의 끝단상부면, 또는 연속하는 상부구조 사이의 끝단상부면 사이의 종방향 변위(<그림 11> 참조)는 다음 조건을 만족하여야 한다.

- ① 궤도-교량 상호작용을 고려한 경우 끝단 상부면 종방향 변위 δ_{vh} 는 8mm 이내로 제한되어야 한다.
- ② 궤도-교량 상호작용을 고려하지 않은 경우(교량만 해석한 경우) 끝단 상부면 종방향 변위 δ_{vh} 는 10mm 이내로 제한되어야 한다.

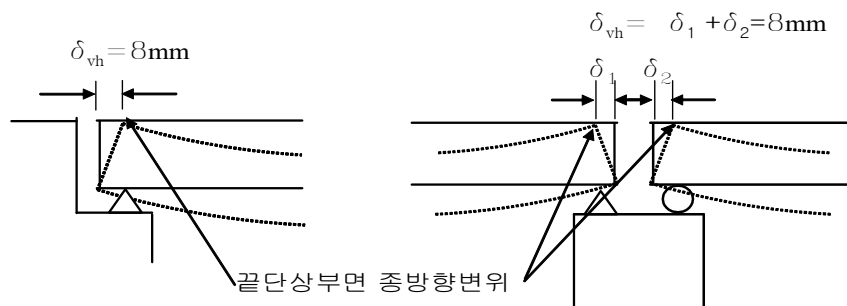


그림 11. 단부 꺾임에 의한 상부구조 끝단 상부면 종방향 변위

(2) 2복선 이상의 구조물인 경우라도 열차 수직하중은 최대 2개 선로에만 재하하는 것으로 한다.

5.1.5 열차 수직하중 작용 시 교량 상부구조의 단부 단차한계

(1) 열차 수직하중 작용 시 인접 경간 사이 또는 상부구조와 교대 사이의 단차(<그림 12>



참조)는 다음을 만족해야 한다.

- ① 열차속도 160km/h 미만에서는 3mm 이내로 제한되어야 한다.
- ② 열차속도 160km/h 이상에서는 2mm 이내로 제한되어야 한다.

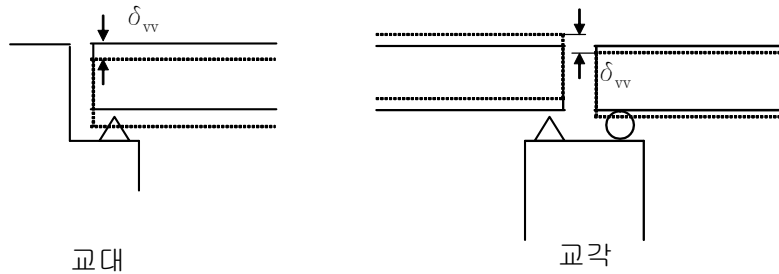


그림 12. 열차수직하중 작용 시 교량 상부구조 단부의 단차

- (2) 2복선 이상의 구조물인 경우라도 열차수직하중은 최대 2개 선로에만 재하하는 것으로 한다.

5.1.6 교량받침에 작용하는 종하중

- (1) 교량받침에 작용하는 종하중은 온도하중과 시·제동하중의 조합으로 계산하되 온도의 상승 및 하강과 시·제동 방향에 대한 경우의 수를 고려하여 최대종하중이 산정되도록 한다. 이때 하중조합의 기여계수 α , β 는 각각 1로 간주한다.
- (2) 교량받침은 작용하는 종하중을 충분히 저항할 수 있는 성능을 가져야하며, 교각 및 기초설계도 작용하는 종하중의 크기를 고려하여 설계해야 한다.

5.1.7 레일신축이음매 사용

레일신축이음매의 사용은 가급적 피하도록 한다. 다만 교량설계 시 현장여건 등 부득이한 사유로 상기 응력 및 변위기준을 만족할 수 없는 경우는 공단의 승인을 얻어 이를 사용할 수 있다.

5.1.8 레일 파단 시 개구량 한도

- (1) 케이블 신호방식(궤도회로방식이 아닌 경우)인 경우 온도하중에 의한 레일파단 시 개구량 d 는 다음 식에서 정한 값을 넘지 않아야 한다.

$$d = \sqrt{R^2 - (R - \delta)^2}$$

여기서, R : 차륜반경

δ : 레일 파단부의 레일 수직처짐

다음 식으로 계산된다(<그림 13> 참조).

$$\delta = \frac{P}{2EI\beta^3} e^{-\beta x} \cos \beta x$$

여기서, EI : 레일의 휨강성

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$$

k : 단위길이당 레일지지계수(1/2 궤도)

P : 윤중

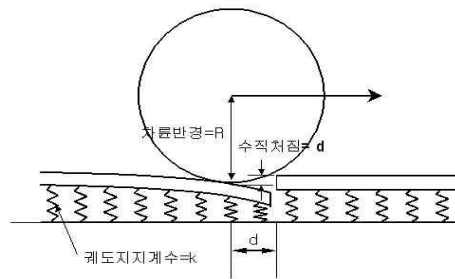


그림 13. 레일 파단 시 개구량 한도

(2) 활동체결구를 부설하는 경우 「가」항에서 정한 개구량 한도를 초과할 수 없다.

5.2 콘크리트궤도

5.2.1 허용 부가 레일응력

좌굴해석을 통하여 그 안정성이 입증된 탄성체결구를 사용하는 콘크리트궤도에 대해서는 곡선반경 150m 이상에 대해서 최대 허용부가 압축 응력 및 최대 허용 부가 인장응력은 92N/mm^2 으로 한다.

5.1.2 교량의 변위기준

콘크리트궤도에서는 궤도의 안정성을 위한 별도의 변위제한조건을 부가하지 않는다. 다만 레일체결장치의 특성을 고려하여 레일-교량 상대변위가 레일체결장치의 사용성과 내구성에 미치는 영향을 검토해야 하며, 「KR C-08090 교량 단부 콘크리트궤도 사용성 검토」에서 정하는 기준에 따라 교량의 변위 발생에 따른 레일 체결 지점에서의 레일의 부상(Uplift) 및 압축에 대한 궤도의 사용성을 검토해야 한다.

5.1.3 레일신축이음매 사용

부득이 레일신축이음매를 사용할 경우에는 레일 신축부에서 레일패드의 과도한 전단변형 등과 같이 레일과 도상과의 상대변위가 레일체결장치의 사용성 및 내구성에 미치는 영향을 검토해야 한다.

5.1.4 레일 파단 시 개구량 한도

「5.1」항에서 정한 자갈궤도 기준을 준용한다.

6. 궤도-교량 상호작용 해석방법

6.1 모형화(Modelling) 시 고려사항

(1) 교량받침 배열, 상부구조 및 교각의 제원 및 물성치, 상부구조의 휨강성 및 높이, 상부구조의 중립축위치, 기초의 수평 및 휨강성 등의 구조물 파라메타를 고려해야 한다(<그림 14> 참조).



- (2) 레일 단면적, 궤도의 종저항력 등 궤도의 파라메타를 고려하여야 한다(<그림 13> 참조).
- (3) 레일 및 교량 상부구조의 온도하중, 시·제동하중, 열차의 수직하중에 대해서 개별적 해석을 수행하여 이들을 조합한다.

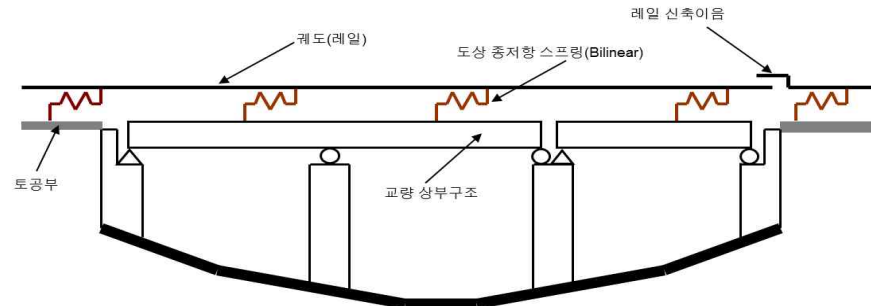


그림 14. 궤도-교량 상호작용 모델의 구성

- (4) 궤도, 교량 상부구조 및 교량받침의 실제 높이에 대한 영향을 고려할 수 있도록 레일과 교량 상부구조, 상부구조와 교량받침의 연결은 높이를 고려한 강체요소(Rigid Link)로 모형화 한다(<그림 15>). 이때 단순화를 위하여 레일의 높이는 교량 상부구조 상부면과 일치하는 것으로 간주할 수 있다.

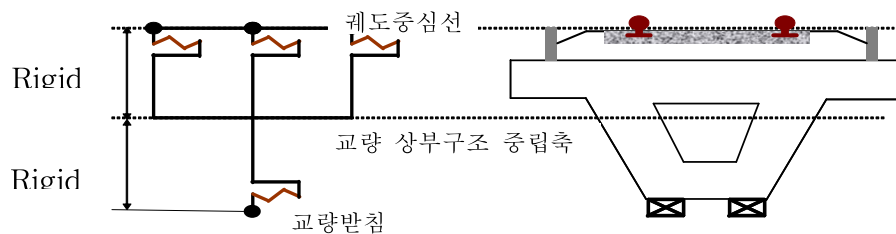


그림 15. 레일과 교량 상부구조, 상부구조와 교량받침의 연결

- (5) 온도하중 및 시·제동하중 해석 시에는 궤도-교량 상부구조-교량받침 사이에 높이차가 없는 것으로 모형화할 수 있다.
- (6) 표준교량인 경우 기초-교각-교량받침 시스템의 수평강성은 별도로 평가하여 교량받침의 등가스프링강성으로 모형화할 수 있다.
- (7) 교량 상부구조, 교각, 교대, 교량받침은 선형요소로 모형화할 수 있다. 그러나 궤도와 교량 상부구조를 연결하는 요소는 <그림 1>과 같은 비선형 특성이 고려될 수 있도록 한다.(쌍일차 모형도 가능)
- (8) 레일응력을 평가하고자 하는 경우는 교량받침 하부의 강성이 없는 것으로 가정하여 고정경계로 처리할 수 있다.
- (9) 해석의 정확성을 높이기 위하여 레일과 교량 상부구조를 모델링하는 요소의 최대길이는 2m 이내로 하고, 인접 토공구간을 최소 100m 이상까지 모형화하여 임의의 경계 설정에 따른 오차를 최소화 한다.

- (10) 시·제동하중, 차량수직하중이 작용하는 개소에서의 궤도 종저항력은 반드시 <그림 1>에 제시한 바와 같이 크기 증가를 고려한다.
- (11) 시·제동하중 및 차량수직하중은 평가하고자하는 항목에 대하여 가장 불리한 결과가 얻어지는 위치를 찾아 재하 한다.
- (12) 납면진(LRB) 교량받침을 사용할 경우 온도하중에 대해서는 <그림 16>에 나타낸 바와 같이 장기하중-변위곡선을 적용하고 시·제동하중에 대해서는 단기하중-변위곡선을 적용한다.

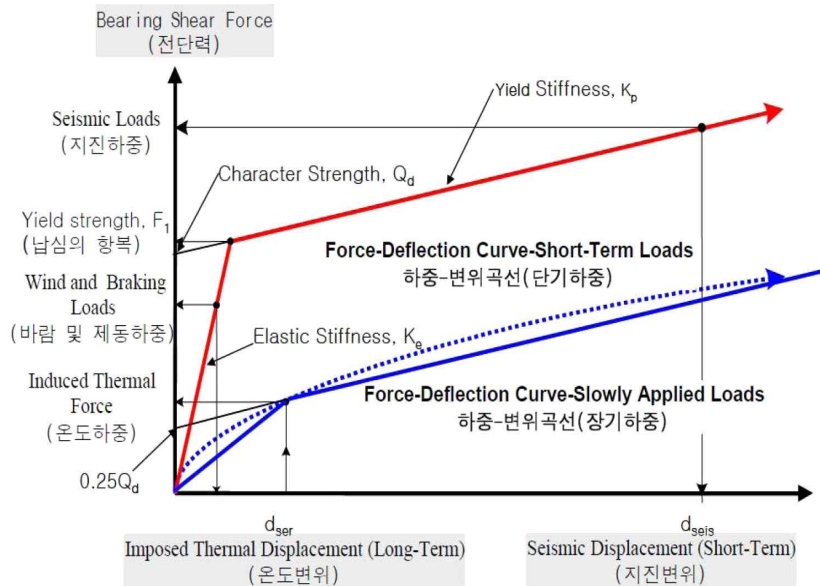


그림 16. 납면진(LRB) 교량받침을 사용하는 경우 하중-변위곡선

- (13) 해석결과의 검토를 용이하게 하기 위하여 해석상에 사용한 파라메타들은 다음의 제 원 및 물성치를 포함하여 상세히 제시한다.
- ① 교량 : 상부구조 및 교각길이, 상부구조 높이, 상부구조의 중립축위치, 단면 2차모멘트, 단면적, 탄 성계수, 열팽창계수, 기초의 수평, 회전강성, 교량받침 형식 및 배치, 교량받침 수평 및 수직강성
 - ② 궤도 : 레일단면적, 하중재하 및 비재하시 도상 종저항력, 도상 종저항력 탄성한계변위, 곡선반경
- (14) 출력은 가급적 그래픽으로 나타내어 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 한다.

6.2 궤도-교량 상호작용 평가절차

- (1) 궤도-교량 상호작용과 관련한 기준항목의 체계적인 검토를 위하여 다음 절차에 따라 평가를 수행한다.
- ① 상부구조의 온도하중(레일신축이음매가 있는 경우는 레일과 교량 상부구조의 온도하중), 시·제동하중, 열차 수직하중 조합에 의한 허용 부가 압축응력(온도하중, 시·제동하중, 열차 수직하중에 대하여 동일지점의 응력을 조합하는 것으로 한다)



- ② 교량 상부구조의 온도하중(레일신축이음매가 있는 경우는 레일과 교량 상부구조의 온도하중), 시·제동하중, 열차 수직하중 조합에 의한 허용 부가 인장응력(온도하중, 시·제동하중, 열차 수직하중에 대하여 동일지점의 응력을 조합하는 것으로 한다)
- ③ 시·제동하중에 의한 레일-교량 상대변위(가장 불리한 위치에 하중을 재하)
- ④ 시·제동하중에 의한 교량 절대변위(가장 불리한 위치에 하중을 재하)
- ⑤ 열차 수직하중에 의한 인접한 상부구조 상부 끝단변위 또는 상부구조 상부 끝단과 교대변위(가장 불리한 위치에 하중을 재하)
- ⑥ 온도하중 및 시·제동하중 조합에 의한 교량반침에 작용하는 종하중(온도상승 및 하강, 제동방향 등을 고려하여 가장 큰 종하중을 산정)

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

Rev.2('17.7.25) 철도설계기준(노반편)내용 반영(시·제동감소계수)

Rev.3('22.12.12) 북한지역의 기온 특성을 반영할 수 있도록 혹한지방을 추가하고, 해당지역 및 온도변화 범위 명시 (기준심사처-4755호, '22.12.12)