

KR C-14040

Rev.6, 15. November 2021

# 콘크리트궤도 구조

2021. 11. 15



국가철도공단

## 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. 적용범위 .....                     | 4      |
| 3. 궤도 설계의 기본방향 .....              | 6      |
| 4. 궤도 구조역학 검토 사항 .....            | 6      |
| 4.1 하중의 분류 및 적용 .....             | 6      |
| 4.2 작용하중 .....                    | 6      |
| 4.3 궤도자재의 허용응력 .....              | 7      |
| 4.4 궤도구조계산 .....                  | 7      |
| 5. 콘크리트궤도 구조 .....                | 8      |
| 5.1 콘크리트 궤도 구조 선정시 고려사항 .....     | 8      |
| 5.2 콘크리트 궤도 구조 형식 선정절차 .....      | 9      |
| 5.3 콘크리트 궤도 요구 조건 .....           | 9      |
| 5.4 콘크리트 도상 표준단면 .....            | 10     |
| 5.5 콘크리트 도상 배수 .....              | 10     |
| 5.6 흡노반상 콘크리트 궤도 .....            | 11     |
| 5.7 터널부의 콘크리트 궤도 .....            | 11     |
| 5.8 교량상 콘크리트 궤도 .....             | 12     |
| 5.9 레일체결장치 성능 요구 조건 .....         | 13     |
| 5.10 침목 선정시 고려사항 .....            | 13     |
| 5.11 기타 .....                     | 14     |
| <br>해설 1. 콘크리트 궤도 형식 .....        | <br>15 |
| 해설 2. 콘크리트궤도 요구조건 보완 .....        | 19     |
| 해설 3. 콘크리트궤도 구성품 요소 .....         | 21     |
| 1. 레일체결장치 성능 요구조건 .....           | 21     |
| 2. 도상 콘크리트층 요구조건 .....            | 21     |
| 3. 콘크리트기층 설계조건 .....              | 22     |
| 4. 교면 보호층 콘크리트 및 돌기 콘크리트 기준 ..... | 22     |
| 해설 4. 작용하중 .....                  | 23     |
| 1. 수직하중 .....                     | 23     |

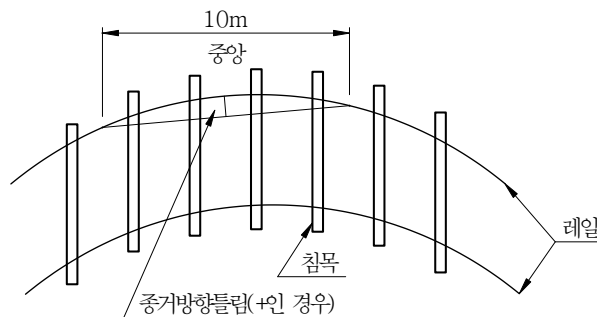
|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 2. 횡하중 .....                  | 23        |
| 3. 종방향 하중 .....               | 23        |
| <b>해설 5. 궤도자재의 허용응력 .....</b> | <b>25</b> |
| 1. 레일 .....                   | 25        |
| 2. 침목 .....                   | 25        |
| 3. 콘크리트 .....                 | 25        |
| 4. 노반 .....                   | 26        |
| <b>해설 6. 궤도구조 계산 .....</b>    | <b>27</b> |
| 1. 궤도합성 스프링정수의 계산 .....       | 27        |
| 2. 레일 처짐량 및 응력 .....          | 28        |
| 3. 수직력 .....                  | 28        |
| 4. 노반 압력 .....                | 28        |
| 5. 홑노반상 콘크리트궤도 설계 .....       | 28        |
| 6. 터널부의 콘크리트궤도 .....          | 34        |
| 7. 교량상 콘크리트 궤도 .....          | 35        |
| <b>RECORD HISTORY .....</b>   | <b>39</b> |

## 1. 용어의 정의

- (1) 강성(剛性) : 구조물의 단단한 정도를 말하며, 보통 단위 변형을 일으키는 힘의 크기로 나타냄
- (2) 강화노반(強化路盤) : 선정한 양질의 재료를 사용하여 노반의 여러 가지 변상을 방지하고, 안정된 궤도 상태를 확보하기 위하여 개발된 노반
- (3) 건조수축(乾燥收縮) : 콘크리트에서 시멘트의 수화에 관여하지 않은 잉여수분이 증발되면서 콘크리트의 체적이 감소하는 현상
- (4) 고속철도(高速鐵道) : 열차가 주요구간을 시속 200킬로미터 이상의 속도로 주행하는 열차
- (5) 고속철도 전용선(高速鐵道 專用線) : 철도건설법 제2조제2호에 따른 고속철도 구간의 선로
- (6) 궤간(軌間) : 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14밀리미터 아래지점을 기준으로 함
- (7) 궤광(軌框 : track panel) : 레일에 침목을 체결한 것으로 사다리 모양의 형상이 되어 있는 것
- (8) 궤도(軌道) : 레일 · 침목 및 도상과 이들의 부속품으로 구성된 시설
- (9) 궤도 스프링정수 : 레일의 강성, 침목간격, 궤도 합성 스프링정수를 모두 고려한 스프링정수를 말하며 레일을 수직방향으로 단위량만 침하시키는 데에 요하는 하중강도를 말함
- (10) 궤도틀림(irregularity of track) : 열차의 반복하중에 의해 궤도에 발생하는 궤간, 수평, 방향, 고저, 평면성 등의 틀어짐
- (11) 도상(道床) : 도상은 레일 및 침목으로부터 전달되는 열차하중을 노반에 넓게 분산시키고, 침목 또는 체결장치를 소정위치에 고정시키는 기능을 하며, 온도에 의한 레일의 좌굴을 방지하고 침목의 종방향력에 저항하는 궤도재료로서 일반적으로 깐자갈 또는 콘크리트가 사용
- (12) 도상 저항력(道床 抵抗力) : 자갈도상 내의 침목이 수평 이동할 때 생기는 저항력
- (13) 도상 종저항력(道床 從抵抗力) : 침목의 이동이 궤도의 길이 방향일 때의 도상 저항력
- (14) 도상 콘크리트층(Track Concrete Layer : TCL) : 레일 및 침목으로부터 전달되는 열차 하중을 넓게 분포시켜 노반에 전달하고 침목(또는 레일을 직접)을 고정시키는 역할을 하는 궤도구성 요소로서 콘크리트도상궤도에서 자갈궤도부 자갈도상의 역할을 콘크리트로 대신한 층
- (15) 동적하중(動的荷重) : 열차가 정적하중 외에 주행시 궤도틀림에 의한 하중 증가, 캔트부족 또는 초과에 기인하는 하중 증가, 레일절손, 용접부 불량, 차륜 플랫 등에

의한 하중 증가에 의한 추가 변동하중

- (16) 레일(Rail) : 레일은 열차하중을 직접 지지하며, 차륜이 탈선하지 않도록 유도하여 차량의 안전운행을 확보. 레일은 침목과 도상을 통하여 열차하중을 넓게 노반에 분포시키며, 원활한 주행면을 제공하여 주행저항을 적게 하고, 신호전류의 궤도회로, 동력전류의 통로도 형성하는 역할을 하여 열차를 안전하게 유도하는 궤도의 가장 중요한 재료
- (17) 레일응력 : 열차 하중에 의해서 레일에 발생하는 응력
- (18) 레일 체결장치(Rail fastening device) : 레일을 침목 또는 다른 레일 지지구조물에 결속시키는 장치를 레일 체결장치라 함. 레일 체결장치는 레일에 가해지는 각종 부하요소, 즉, 레일 상하방향, 레일 좌우방향, 레일 종방향의 하중 또는 작용력, 여기에 수반된 회전력, 충격력 및 진동에 저항할 수 있어야 함. 레일 체결장치는 좌우레일을 항상 바른 위치로 유지시켜야 하며, 이와같은 부하요소를 침목, 도상 등 하부구조에 전달 또는 차단하는 역할을 함
- (19) 방향(줄뜰림 : 方向) : 궤간 측정선에 있어서의 레일 길이 방향의 좌우 굴곡차



- (20) 보호콘크리트층(Protection Concrete Layer : PCL) : 교량 상판을 보호하기 위하여 도상콘크리트 하부측 교면 상부에 설치하는 콘크리트층
- (21) 부동구간(不動區間) : 장대레일 단부에서 일정거리 이상은 레일의 변위가 발생하지 않는 구간
- (22) 분기기(Turnout or Switch) : 분기기는 열차 또는 차량을 한 궤도에서 타궤도에 전이시키기 위하여 설치한 궤도상의 설비
- (23) 빈배합 콘크리트 기층 : 수경성의 빈배합 콘크리트를 사용하여 안정화된 기층
- (24) 사전제작 콘크리트 슬래브도상 궤도 : 사전에 공장에서 도상콘크리트층을 제작하여 현장에서 조립·시공하는 궤도도상
- (25) 선로(線路) : 차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 인공구조물로 구성된 시설
- (26) 소음(騒音) : 소음이란 듣는 사람이 원하지 않는 소리. 즉 소음은 일반적으로 기

계·기구·시설 등의 사용에 따라 발생하는 강한 음, 불쾌한 음, 충격성의 음, 음악 감상이나 대화를 하는 음, 주의집중이나 작업을 방해하는 음 등 “사람이 원하지 않는 모든 소리”라고 정의되며 소음 발생원에 따라 공장소음, 교통소음, 생활소음으로 구분

- (27) 스프링정수 : 스프링정수는 Spring Constant 또는 Stiffness 또는 Secant Modulus 로 표현되며 임의 재질의 작용하중과 변위량의 계수를 말함. 주로 스프링, 고무와 같이 비선형적인 변형그래프를 보이는 재질에 사용하며, 동일한 재질이라 하더라도 필요한 하중범위에 따라 값이 변함. 궤도자재 중에는 고무패드, 자갈에 대하여 스프링정수 사용을 원칙으로 함
- (28) 시공기면(Foundation Level) : 노반을 조성하는 기준이 되는 면을 말하며, 시공기면(F.L)의 기준점은 궤도중심에서 수평거리 750mm 되는 레일두부 정점에서 아랫방향으로 노반면까지의 최단거리점으로 함
- (29) 역(驛) : 열차를 착발하고 여객, 화물 등을 취급하기 위하여 설치한 장소를 말하며 보통역, 여객역, 화물역 등으로 구분
- (30) 열차(列車) : 동력차에 객차 또는 화차 등을 연결하여 본선을 운전할 목적으로 조성한 차량
- (31) 유효하중(有效荷重) : 동적하중 중에서 궤도틀림에 의한 하중 증가, 캔트부족 또는 초과에 기인하는 곡선에서의 하중 증가를 고려한 하중으로서 열차운행 중 통상적으로 발생하는 변동이 비교적 작은 하중
- (32) 윤중(輪重) : 차량의 1개 차륜으로부터 레일에 가해진 수직인 힘
- (33) 일반철도(一般鐵道) : 열차가 주요구간을 시속 200킬로미터 미만의 속도로 주행하는 열차
- (34) 장대레일(長大) : 레일을 연속으로 용접하여 한 개의 길이가 200m 이상으로 구성된 레일
- (35) 전동차 전용선(電動車 專用船) : 축중 180kN 이하의 전동차를 전용으로 운행하는 선로
- (36) 정적하중(靜的荷重) : 선로에 투입할 차량의 정적상태에서의 허용한계 축중으로서 해당 선로에 대한 적용하중의 기초가 됨
- (37) 좌굴(Buckling) : 레일의 온도상승에 의해 레일이 휘는 현상
- (38) 진동(振動) : 진동이란 질점 또는 물체가 외력을 받아 평형위치에서 반복 운동하는 현상. 진동에는 주기운동과 불규칙으로 운동하는 비주기 운동으로 나눌 수 있음. 일반적으로 기계나 구조물은 질량, 강성, 감쇠가 분포된 계로써, 질량과 강성은 물체가 정적인 평형위치를 중심으로 진동하는 원인이 되며, 감쇠는 시간이 경과함에 따라 진동이 소멸되는 원인이 됨



- (39) 차량(車輛) : 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차·객차·화차 및 특수차
- (40) 철도(鐵道) : 전용 용지에 토공, 교량, 터널, 배수시설 등 노반을 조성하여 그 위에 레일, 침목, 도상 및 그 부속품으로 구성된 궤도를 부설하고 그 위를 기계적, 전기적 또는 기타 동력으로 차량을 운행하여 일시에 대량의 여객과 화물을 수송하는 육상 교통기관
- (41) 축중(軸重) : 차량 1쌍의 축이 레일에 가해진 수직인 힘
- (42) 충격하중(衝擊荷重) : 동적하중 중에서 레일절손, 용접부 불량, 차륜 플랫 등과 같은 열차운행 중 예외적으로 발생하는 하중을 말하며 비교적 변동이 큰 하중
- (43) 충전재층(充填材層) : 도상콘크리트층의 궤도선형 유지 및 도상응력을 하부로 전달하는 역할을 하며, 유동상태에서 시공완료 후 경화되면서 수축이 발생하지 않는 층
- (44) 침목(Sleeper or Tie) : 침목은 레일을 소정위치에 고정시키고 지지하며, 궤간을 정확하게 유지하며, 레일을 통하여 전달되는 하중을 도상에 넓게 분포시키는 역할
- (45) 캔트(Cant) : 차량이 곡선구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것
- (46) 콘크리트궤도 : 도상구조에 콘크리트를 사용하는 방식의 궤도구조로서 ‘사전제작 콘크리트궤도’와 ‘현장타설 콘크리트궤도’ 등을 말함
- (47) 탄성계수(彈性係數) : Elastic Modulus 또는 Young's Modulus 로 표현되며 임의 재질의 탄성 특성을 나타내는 척도로서 재질내 임의의 공간 위치와 시간에 대하여 응력과 변형률 사이의 비례계수. 탄성계수는 선형적으로 변형하는 주로 탄성범위 안에서 사용되는 철, 콘크리트, 유리, 등에 사용. 궤도자재 중에는 레일, 침목, 노반에 대하여는 탄성계수 사용을 원칙
- (48) 통과하중(通過荷重) : 특정 선구에 열차가 일정기간 통과하여 궤도에 미치는 누적된 하중톤 수의 총합
- (49) PC침목 : Pre-stressed Concrete 침목
- (50) 하중(荷重) : 구조물 또는 부재에 응력이나 변형의 증감을 일으키는 전체의 작용력
- (51) 현장타설 콘크리트궤도 : 현장에서 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 직접 콘크리트 궤도를 시공하는 궤도

## 2. 적용범위

2.1 본 설계지침은 철도건설규칙에 근거하여 콘크리트궤도를 설계하는데 목적이 있다.

본 설계지침은 신형차량의 투입, 속도향상 및 수송력 증강 등에 따른 궤도구조의 적정성을 검토할 경우에도 적용할 수 있다.

2.2 콘크리트궤도 적용 대상

- (1) 노반구조물 형식, 열차 통과톤수, 설계속도에 따라 아래표와 같이 궤도구조를 적용한다.

(2) 터널구간은 콘크리트궤도 적용을 우선 계획한다.

단, 현장여건에 따라 콘크리트궤도 연장 200m 미만인 경우 궤도구조 연속성을 고려하여 자갈궤도로 적용할 수 있다.

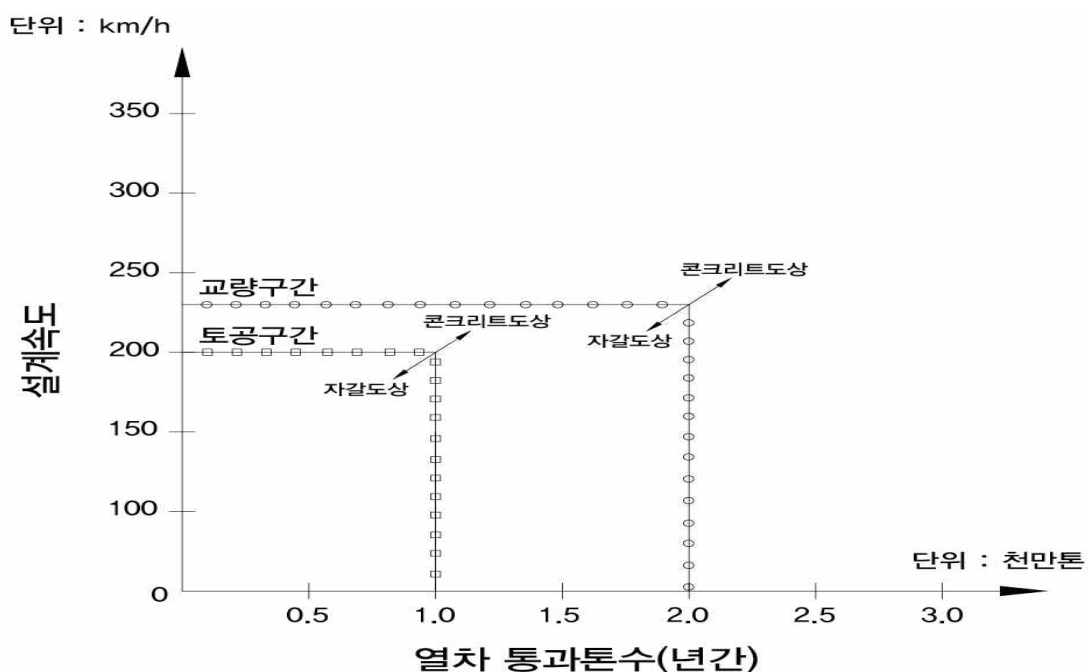
(3) 토공구간 중 향후 지속적으로 선로침하가 우려되는 고성토, 연약지반 등 구간은 노반과 협의하여 적정 궤도구조를 적용한다.

(4) 콘크리트궤도와 콘크리트궤도 사이 짧은 구간에 자갈궤도가 적용될 경우 궤도장비 운영 효율성 및 궤도구조 연속성 등을 감안하여 콘크리트궤도 적용을 검토하여야 한다.

(5) 낙빙 및 자갈비산으로 인한 안전사고 우려가 있는 정거장구간 열차통과선의 경우 콘크리트궤도 적용을 검토하여야 한다.

<표> 설계속도별 궤도구조 형식

| 구분 | 설계속도(km/h) 및 열차통과톤수(천만톤/년) |                                          |                                          |              |
|----|----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|    | $350 \geq V > 230$         | $230 \geq V > 200$                       | $200 \geq V > 150$                       | $150 \geq V$ |
| 토공 | 콘크리트<br>도상                 | 콘크리트<br>도상                               | (1천만톤 이상)<br>콘크리트도상<br>(1천만톤 미만)<br>자갈도상 | 자갈도상         |
| 교량 | 콘크리트<br>도상                 | (2천만톤 이상)<br>콘크리트도상<br>(2천만톤 미만)<br>자갈도상 | 자갈도상                                     | 자갈도상         |
| 터널 | 콘크리트도상                     | 콘크리트도상                                   | 콘크리트도상                                   | 콘크리트도상       |



### 3. 궤도 설계의 기본방향

콘크리트궤도구조의 설계방향은 열차를 운행하고자 하는 선로 및 운영조건에 가장 적합하고 안전성, 경제성, 유지관리성, 환경성, 시공성 등에서 가장 우수하고 효율적인 궤도구조를 설계하는 데 있다.

### 4. 궤도 구조역학 검토 사항

#### 4.1 하중의 분류 및 적용

- (1) 궤도에 작용하는 힘은 수직하중, 횡하중, 종방향하중으로 구분한다.
- (2) 수직하중은 주행 중인 열차의 차륜으로부터 궤도면에 직각인 상하방향으로 가해지는 차량, 운전조건, 선형 등으로부터 결정되는 하중이며 정적하중, 동적하중, 통과하중으로 분류한다.
- (3) 정적하중은 축중  $P$  또는 반분인  $1/2$ 을 윤중  $Q$ 로 표현하고, 궤도구조 계산에 사용하는 하중은 윤중 사용을 원칙으로 한다.
- (4) 동적하중은 궤도틀림에 의한 하중 증가, 캔트부족 또는 초과에 기인하는 곡선에서의 하중 증가를 고려한 유효하중과 레일절손, 용접부 불량, 차륜 플랫 등에 의한 예외적인 하중 증가를 고려한 충격하중으로 분류한다.
- (5) 레일처짐에 대한 검토는 유효하중을 사용하고, 궤도재료에 대한 안정성 검토는 충격하중을 적용한다.
- (6) 속도 향상시험 등에 의해 실측값이 얻어지는 경우에는 이것을 이용해도 좋다.

#### 4.2 작용하중

- (1) 정적하중의 기준은 여객화물혼용선, 여객전용선, 전동차전용선으로 구분하며, 선로에 투입할 차량의 정적상태에서의 허용한계 축중으로서 해당 선로에 대한 적용하중의 기초가 된다.
- (2) 구조계산에 사용되는 표준 정적하중은 다음을 표준으로 한다. 단, 레일처짐량이나 동적특성 등 궤도의 실제거동특성을 검토할 경우에는 실차 하중을 적용할 수 있다.
  - ① 여객화물혼용선의 경우  
여객화물혼용선의 경우에는 KRL-2012하중을 기준으로 정적축중  $P=220\text{kN}$ 과 정적윤중  $Q=110\text{kN}$ 을 표준으로 한다.
  - ② 여객전용선의 경우  
여객전용선의 경우에는 KRL2012하중의 75%를 적용한 0.75KRL2012하중을 기준으로 정적축중  $P=165\text{kN}$ 과 정적윤중  $Q=82.5\text{kN}$ 을 표준으로 한다.
  - ③ 전동차 전용선의 경우

전동차 전용선의 경우에는 EL-18하중을 기준으로 정적축중  $P=180\text{kN}$ 과 정적윤중  $Q=90\text{kN}$ 을 표준으로 한다.

- (3) 궤도틀림 및 캔트부족 또는 캔트초과에 기인하는 윤하중을 고려한 유효하중을 검토하여야 한다.
- (4) 차륜/레일 간 요철, 레일절손 등에 기인하는 차량 탄성하 부분의 상하 진동에 따른 예외적인 충격에 의한 동적하중을 검토하여야 한다.
- (5) 궤도피로의 검토시에는 통과하중(통과톤수)을 검토하여야 한다.
- (6) 차륜이 레일에 횡방향으로 작용하는 힘과 곡선상에서의 불평형 원심력 또는 궤도의 틀림 등으로 인한 횡하중을 검토하여야 한다.
- (7) 장대레일의 부동구간에 온도하중으로 인하여 레일에 작용하는 종방향하중과 열차시·제동하중을 검토하여야 한다.

#### 4.3 궤도자재의 허용응력

- (1) 레일의 휨에 의한 허용 응력은 반복하중의 피로에 의한 레일저면의 허용응력을 기준으로 한다.
- (2) 레일의 탄성계수는  $210,000\text{MPa}$ 를 기준으로 한다.
- (3) 레일의 선팽창계수는  $1.14 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한다.
- (4) 침목이 콘크리트층에 일체로 매립되는 경우는 별도의 침목구조계산을 하지 않으며, 분리매립되는 침목은 구조계산을 시행한다.
- (5) 콘크리트 도상 허용 휨응력은 다음의 값으로 한다.

① 콘크리트 도상  $\lambda f_r$

② 도상 안정층  $0.5f_r$

여기서,  $\lambda$  : 온도변화에 의한 초기응력을 고려한 허용응력/휨강도비

$f_r$  : 콘크리트 설계 휨강도(Mpa)

$$f_r = 2f_{ctm} = 2(0.3f_{ck}^{2/3})$$

여기서,  $f_{ctm}$  : 인장강도(직접인장)

- (6) 허용지압력 검토시 적용하는 허용압력은 「콘크리트 구조설계기준(국토해양부)」에 의거  $0.25f_{ck}$ 로 한다.
- (7) 도상콘크리트 하면의 노반에 작용하는 허용압력에 대하여 검토하여야 한다.

#### 4.4 궤도구조계산

- (1) 궤도의 구조계산에 사용하는 궤도의 합성스프링정수에 대하여 검토하여야 한다.
- (2) 레일의 처짐량은 정해진 레일의 강성, 체결장치 스프링정수, 침목 간격, 윤증을 고려한 차륜 직하의 레일에서의 처짐량에 대하여 계산한다.

- (3) 레일의 처짐량은 축간거리가 3m 이하인 경우 축간 영향에 대하여 반영한다.
- (4) 1개 지점의 수직방향에 대한 레일에 작용하는 최대 휨모멘트에 대하여 검토하여야 한다.
- (5) 1개 지점의 수직방향에 대한 레일의 저부 중앙에 작용하는 최대 휨응력에 대하여 검토하여야 한다.
- (6) 1개 지점의 수직방향에 대한 침묵에 작용하는 최대 휨응력에 대하여 검토하여야 한다. 단, 침묵과 도상콘크리트가 일체화된 경우에는 생략한다.
- (7) 1개 지점의 수직방향에 대한 도상콘크리트에 작용하는 최대 응력에 대하여 검토하여야 한다.
- (8) 1개 지점의 수직방향에 대한 노반에 작용하는 최대 압력에 대하여 검토하여야 한다.
- (9) 온도하중 또는 시. 제동 하중으로 인하여 레일에 작용하는 종방향하중에 의한 궤도의 안정성 검토는 장대레일 편을 참조한다.

## 5. 콘크리트궤도 구조

### 5.1 콘크리트 궤도 구조 선정시 고려사항

- (1) 안전성 확보 검토
  - ① 해당노선의 하중, 속도 및 노반조건에 대한 열차의 동적 안전성
  - ② 동등 조건 노선 이상에서의 사용성이 검증된 시스템
  - ③ 국내·외 운영실적 및 공단「철도시설성능검증지침」에 따라 성능이 검증된 시스템
- (2) 경제성 추구
  - ① 초기 투자인 건설비용
  - ② 유지보수를 고려한 LCC비용
  - ③ 건설 및 유지보수시 자재가격
- (3) 시공성의 검토
  - ① 철도 특성인 다분할 시공 및 특정 장소 작업중대 적정성
  - ② 건설장비의 소형화 시공가능 공법 적용성
  - ③ 국내 시공장비 확보 및 시공경험 유무
  - ④ 정밀 시공이 유리하고 시공오차 한계 초과시 조정이 용이한 공법
  - ⑤ 자재조달이 용이한 가급적 국산화자재 사용
- (4) 유지관리성 개선
  - ① 유지관리가 용이하고 비용이 절감되는 생력화궤도 구조
  - ② 자재 교환 및 조달의 용이성 검토
  - ③ 동일 사업구간에 일관성 및 유지보수 용이성 등을 고려하여 가급적 단일 궤도구조를 적용한다.

④ 외국기술 도입시 기술이전 방법, 비용 및 자재 국산화 가능성 검토

(5) 환경성 고려

- ① 소음·진동 감소에 유리한 궤도 구조
- ② 궤도배수시설 설치 용이한 구조
- ③ 분진발생 요인 제거
- ④ 미관상 유리한 궤도 구조

(6) 장래성 검토

- ① 장래 내구성 궤도재료 선정
- ② 장래 환경 변화에 대처 용이한 궤도 구조

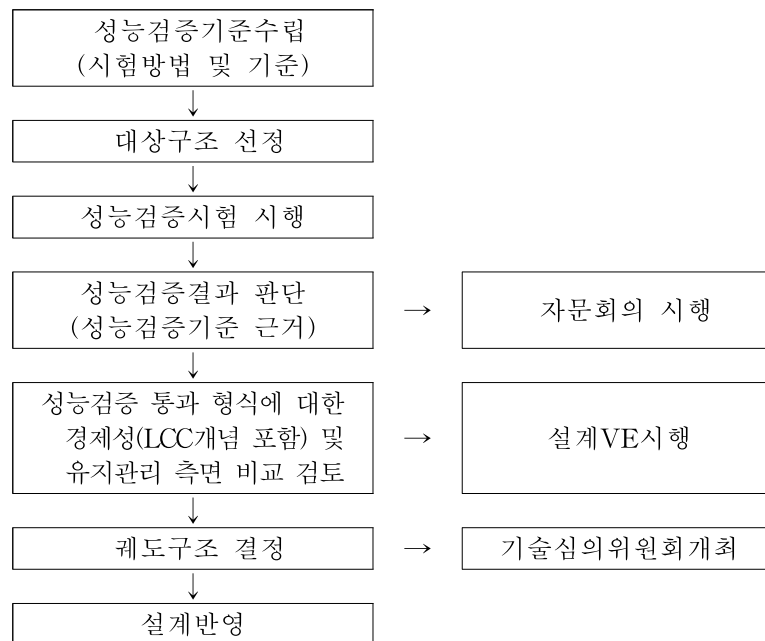
(7) 적용실적 검토

- ① 국내외 적용 실적 조사 검토
- ② 국내·외적으로 인정받는 궤도구조 검토

## 5.2 콘크리트 궤도 구조 형식 선정절차

(1) 일반적인 경우 선정절차는 「KR C-14010」에 따른다.

(2) 새로운 형식이거나 성능이 변경되어 검증이 필요한 경우는 아래 절차를 따른다.



## 5.3 콘크리트 궤도 요구 조건

- (1) 수직하중에 대한 안정성의 확보를 위해 콘크리트궤도의 단면 크기와 강도를 결정하여야 한다.
- (2) 궤도에 작용하는 수평방향의 하중으로는 선로 방향으로 작용하는 장대레일 종하중,

열차의 시·제동하중, 교량 상부구조의 온도신축에 의한 하중과 횡방향으로 작용하

는 원심하중, 풍하중 및 열차 횡하중 등이 있다. 이와 같은 수평하중에 대한 저항력에 대하여 검토하여야 한다.

- (3) 콘크리트 궤도의 지지강성은 부설 현장조건과 열차 및 궤도 구조조건 등을 고려하여 적정한 콘크리트 도상두께 및 압축강도 기준 등을 제시하여 요구되는 궤도강성을 확보하여야 한다.
- (4) 이산지지의 경우 레일의 지지점 간격은 650mm 이하를 원칙으로 한다. 다만, 콘크리트 도상궤도 구조형식에 따라 침목의 배치간격을 증감할 수 있다.
- (5) 지지점 간격을 650mm보다 크게 정하는 경우에는 레일 휨응력이 허용응력을 초과해서는 안 된다. 이 때, 지지점 사이에 재하 되는 경우에 발생하는 레일의 2차 처짐 (secondary deflection)의 영향을 고려할 수 있도록 이산지지모델을 적용하여 레일의 응력을 검토하여야 한다.

rail

rail support

그림 1. 레일의 2차 처짐

#### 5.4 콘크리트 도상 표준단면

- (1) 도상 두께는 레일상면에서 시공기면까지 500mm 표준으로 하며, 궤도구조형식의 특성에 따라 조정할 수 있다.
- (2) 콘크리트 압축강도는 30MPa을 표준으로 한다.
- (3) 표준 단면은 철도표준도(궤도편)에 따르되, 중앙채움은 시공방법, 공정속도, 경제성, 동결융해여부, 유지보수 등을 종합 검토하여 결정하여야 한다.

#### 5.5 콘크리트 도상 배수

- (1) 터널구간의 배수는 종단구배에 따라서 배수를 유도하여 횡배수로를 설치하며, 횡단 배수로는 다음과 같은 방안을 적용한다.
  - ① 터널 종단구배 최저점을 기준으로 하여 200m 마다 설치하되, 현장여건을 고려하여 조정할 수 있다.
  - ② 종단구배가 역구배인 경우 : 시, 종점부에 각 1개소 설치
  - ③ 선로중심을 기준으로 양측면으로 1% 구배를 두어 설치
- (2) 토공구간의 배수는 중앙채움여부, 강수량, 궤도구조, 강화노반의 품질 등을 고려하여 적절한 배수방법을 계획하여야 하고, 배수방법은 표준도를 참조한다.

## 5.6 흙노반상 콘크리트 궤도

### (1) 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트궤도(CRC 공법) 도상구조해석

- ① 흙노반에 부설되는 현장타설 콘크리트 궤도는 도상콘크리트층(TCL)과 도상안정층(HSB)의 2개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.
- ② 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트궤도의 설계는 Eisenmann의 설계법에 따라 결합 또는 비결합시스템에 대한 응력계산방식을 적용, 주어진 하중에 대해 콘크리트 궤도 슬래브와 기층의 응력이 허용응력을 초과하지 않도록 설계한다.
- ③ 흙노반 위에 부설되는 콘크리트궤도에서는 궤도 슬래브 하부에 콘크리트 기층을 설치할 수 있다. 콘크리트 기층은 사용재료에 따라 빈배합 콘크리트 기층과 일반 콘크리트 기층으로 나눌 수 있다.

### (2) 콘크리트 기층의 휨강도는 재령 28일 기준 1.6MPa 이상(KS F 2408 부속서 중앙점재하법에 의함)으로 하고, 기층의 치수는 구조계산 결과에 따라 정한다. 다만, 궤도 성능이 확보되는 범위 내에서 상부 궤도슬래브의 구조 조건을 고려하여 기층 설계 조건을 달리할 수 있다.

### (3) 사전제작식 콘크리트궤도(Precast Concrete 공법) 도상구조 해석

- ① 흙노반에 부설되는 사전제작 콘크리트 궤도는 사전제작 도상콘크리트층, 충전재층, 도상안정층의 3개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.
- ② 일본에서 주로 적용되고 있는 프리캐스트 콘크리트궤도는 일반적으로 슬래브와 하부 콘크리트노반(RC), 그리고 두 층 사이에 위치하는 충전층(시멘트 아스팔트 모르타 등)으로 구성되며, 슬래브와 콘크리트노반을 독립적으로 설계한다. 즉, 슬래브와 콘크리트노반은 비결합체로 거동하는 것으로 가정하고, 슬래브와 콘크리트노반을 각각 탄성지지되는 단일 플레이트로 모형화하여 설계할 수 있다. 단면설계는 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에 따라 강도설계법을 적용하는 것을 원칙으로 하고, 온도변화에 의한 모멘트와 수직하중에 의한 모멘트를 조합하여 설계모멘트를 산정한다. 또한 온도변화와 건조수축에 의한 균열을 제어할수 있는 최소한의 철근량을 확보하여야 한다.
- ③ 콘크리트노반 대신 철근보강하지 않은 콘크리트 기층을 적용하는 경우에는 비결합 조건에서 기층에 작용하는 응력은 허용응력을 초과하지 않도록 해야 한다. 특히 슬래브의 연결부 위치에서 발생하는 기층의 응력에 대해 검토해야 한다.

프리캐스트 콘크리트궤도라 하더라도 슬래브의 연속화를 통해 연속 철근보강 콘크리트궤도로 설계하는 경우에는 위 5.7.3(2)항의 규정에 따라 설계할 수 있다.

## 5.7 터널부의 콘크리트 궤도

### (1) 터널부에 부설되는 현장타설 콘크리트 궤도는 터널보조도상 상면에 도상콘크리트층



으로 구성되며, 사전제작 콘크리트 궤도는 터널내 보조도상 콘크리트층 상면에 사전 제작 도상콘크리트층과 충전재층으로 구성된다. 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.

- (2) 터널 내에 부설되는 콘크리트궤도는 흙노반 위에 부설되는 콘크리트궤도의 설계를 변경 없이 적용할 수 있다.
- (3) 슬래브 하부에서 터널바닥에 작용하는 힘이 허용지압력을 초과하지 않는 경우에 한하여 단면 두께의 축소를 허용하며, 연속 철근보강 콘크리트궤도 공법의 경우, 진출입부(터널 경계로부터 최소 100m)를 제외한 터널 내부에서는 온도응력 등의 감소를 고려하여 단면적의 0.4%까지 철근량을 줄일 수 있다. 프리캐스트 콘크리트궤도 공법에서도 지압력 및 휨모멘트 계산결과에 따라 단면설계를 수정할 수 있다.
- (4) 터널 내에서만 적용되는 콘크리트궤도의 경우 별도의 설계를 실시해야 한다. 일반적인 경우 수직하중에 대해 슬래브 하부에서 터널 바닥에 작용하는 힘이 허용지압력을 초과하지 않는지 검토하는 것으로 충분하지만, 슬래브 하부에 탄성받침을 적용하여 플로팅슬래브 구조로 하는 경우는 슬래브를 휨부재로 간주하여 「콘크리트 구조설계기준(국토해양부)」에서 정하는 바에 따라 단면설계를 실시해야 한다. 이 때 온도변화에 의한 하중은 고려하지 않는다.
- (5) 무근 콘크리트 슬래브를 적용하는 경우에도 수화열에 의한 온도변화 및 건조수축에 의한 균열을 제어하기 위해 최소한의 철근이 필요하며, 철근량의 산정은 「콘크리트 구조설계기준(국토해양부)」의 기준을 적용한다.

## 5.8 교량상 콘크리트 궤도

- (1) 교량상에 부설되는 현장타설 콘크리트 궤도는 도상콘크리트층과 보호콘크리트층의 2개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.
- (2) 교량 위에 부설되는 콘크리트궤도의 구조는 교량의 길이와 교량 위에서 콘크리트궤도의 지지방식에 따라 다르게 할 수 있다.
- (3) 콘크리트궤도 및 교면보호층 콘크리트 등의 강도, 치수 및 철근량 등은 구조계산 결과에 따라 정하고, 「콘크리트 구조설계기준(건설교통부)」의 기준을 준용하여야 한다.
- (4) 교량 위에 부설되는 콘크리트궤도의 설계에서는 다음의 작용력을 고려해야 한다.
  - ① 수직하중 및 온도변화에 의한 교량 상부구조의 휨(교축방향 및 교축직각방향)
  - ② 종방향 힘(온도변화 및 건조수축에 의한 구속력+외력)
  - ③ 횡방향 힘
  - ④ 열차수직하중에 의해 궤도에 직접 작용하는 힘
- (5) 궤도 슬래브, 교면 보호층 콘크리트 및 수평방향 지지구조(돌기 콘크리트) 등 각 부재의 단면설계는 「콘크리트 구조설계기준(국토해양부)」에 따라 실시한다.
- (6) 교량 위에서는 콘크리트궤도로부터 작용하는 수평력을 교량의 하부구조로 전달하기

위한 하중전달구조를 갖도록 설계해야 한다.

- (7) 본 지침의 궤도/교량 종방향 상호작용에 따라 평가된 상호작용력에 대하여 지지구조가 안전한지를 검토해야 하며, 교량 상부구조 단부의 회전 또는 단차에 의해 발생하는 상향력에 의해 슬래브의 부상이 발생하지 않도록 슬래브와 궤광의 자중이 상향력의 적어도 1.3배 이상임을 입증하여야 하며, 만약 이 값을 만족하지 못할 경우에는 슬래브와 교면 보호층을 앵커 등으로 연결시키는 등 슬래브의 부상을 방지하기 위한 조치를 취해야 한다.

- (8) 교량 상부구조 단부에서의 궤도 설계

- ① 토공부와 교대 사이에 조인트를 설치함으로써 여유를 두어야 하며, 토공부의 기층의 움직임으로 인해 교대부의 손상을 막기 위해 적절한 조치를 강구해야 한다.

- (9) 강교에서는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- ① 수평방향 힘의 전달구조
- ② 횡거더의 간격을 고려한 궤도 슬래브의 치수 결정
- ③ 탄성매트를 사용하는 경우, 부식방지 시스템과의 적합성 검증
- ④ 방음 및 방진

## 5.9 레일체결장치 기술기준 조건

레일체결장치는 다음의 기술기준을 만족해야 한다.

- (1) 레일체결장치의 선정방법, 선정절차, 성능검증은 본 설계지침 및 편람 “KR C-14060(궤도재료설계)”에 따른다.
- (2) 레일체결장치의 연직 지지강성은 본 장 “해설2. 콘크리트궤도 요구조건”에서 규정하고 있는 궤도지지강성을 확보하도록 설계해야 하며, 시공오차는 모든 지점에서 설계된 궤도지지강성을 확보할 수 있는 범위 내에 있어야 한다.
- (3) 분기기용은 지지점 간격 뿐 아니라 레일의 단면 2차 모멘트의 변화를 고려하여 분기기 전 길이에 걸쳐 균일한 지지강성을 확보할 수 있는 레일체결장치를 적용하여야 한다.
- (4) 일반구간 체결장치의 종방향 저항력은 250km/h 미만의 경우는 레일당 7kN/m, 250km/h 이상의 경우는 9kN/m 이상으로 한다. 다만, 교량상 저체결장치, 활동체결장치는 별도로 정한다.
- (5) 궤도와 교량구조물간 상호작용으로 발생하는 상향력은 그 최대값이 레일체결장치의 허용 상향력을 초과하지 않도록 제한하여야 한다.
- (6) 레일체결장치는 궤도선형을 쉽게 복구할 수 있는 구조로 설계되어야 하고, 부설 후에도 수평 및 수직 조정이 가능하도록 여유를 확보해야 한다.

## 5.10 침목 선정시 고려사항

침목은 콘크리트 침목을 기본으로 하고, 특수공법 및 이와 관련한 침목의 경우 에는 지

지체의 성능규격을 만족해야 한다. 만일, 콘크리트 이외의 재료를 사용한 침목을 적용하는 경우에는 별도의 기준에 따라 적합성과 안정성에 대한 검토가 이루어져야 한다.

#### 5.11 기타

그 밖에 사용되는 모든 궤도의 구성요소는 궤도시스템 공급자가 제시한 규격에 따라 성능이 입증된 재료를 적용해야 한다. 궤도시스템 공급자는 반드시 해당 성능시험성적서를 제출하여 사전에 공단의 승인을 득해야 한다.

## 해설 1. 콘크리트 궤도 형식

- (1) 궤도는 열차하중, 온도하중 등 작용하중에 대해 충분한 구조적 안정성을 가져야 하며, 열차 주행안전을 보장할 수 있어야 한다.
- (2) 자갈궤도, 아스팔트 슬래브궤도, 포장궤도, 플로팅궤도, 특수궤도 및 기타 신형식의 궤도 등의 경우에는 각 시스템에 맞는 별도의 성능요건이 적용되어야 한다.

콘크리트궤도의 형식은 하부구조에 따라 다음과 같이 분류된다.

- 흙 노반 위에 부설되는 콘크리트궤도
- 터널 내에 부설되는 콘크리트궤도
- 교량 위에 부설되는 콘크리트궤도

현재까지 전세계적으로 다양한 형식의 공법들이 개발되어 왔다. 그 지지방식과 층구조에 따라 분류하면 다음과 같이 세분할 수 있다.

표 1. 콘크리트궤도 구조 형식의 분류

| 구분                               | 궤도구조 형식                                             |                                      |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 침목매립식<br>(분리형)<br>현장타설<br>콘크리트궤도 | · 장침목(Mono Sleeper)                                 | · 영단형 방진직결 궤도구조<br>· KNR 궤도구조        |
|                                  | · Twin Block 침목                                     | · Stedef 궤도구조                        |
|                                  | · 단블럭(Mono Block) 침목                                | · LVT 궤도구조                           |
| 침목매립식<br>(직결식)<br>현장타설<br>콘크리트궤도 | · 장침목(Mono Sleeper)                                 | · Rheda Classic 궤도구조                 |
|                                  | · Twin Block 침목                                     | · Rheda 2000, 쥘블린                    |
|                                  | · 단블럭(Mono Block) 침목                                | · Rheda형 ERS 궤도구조<br>· ALT+RC블럭 궤도구조 |
| 직결식<br>현장타설<br>콘크리트궤도            | · PACT 궤도구조<br>· Plinth 궤도구조<br>· ALT 방진체결장치 직결궤도구조 |                                      |
| 직결식<br>공장제작<br>슬래브궤도             | · J-Slab 궤도구조<br>· PST-Frame(국내개발)<br>· 보겔 궤도구조     |                                      |
| 부유궤도<br>(Floating Slab)          | · 스프링 지지식<br>· 탄성재 지지식                              |                                      |

### ① 이산지지

- 침목을 사용하는 구조
  - 콘크리트 슬래브에 침목을 매입하는 일체화 구조
  - 콘크리트 슬래브에 침목을 올려놓는 구조
- 침목을 사용하지 않는 구조

- 콘크리트 슬래브(현장타설시 연속 철근보강 콘크리트 또는 프리캐스트 콘크리트)에 레일을 직접 체결하는 구조

## ② 연속지지

- 매립레일 구조

- 콘크리트 슬래브 또는 탄성재 안에 레일을 매입하는 구조

## ③ 클램프레일 구조

- 콘크리트 슬래브 위에서 레일을 연속 지지하는 구조

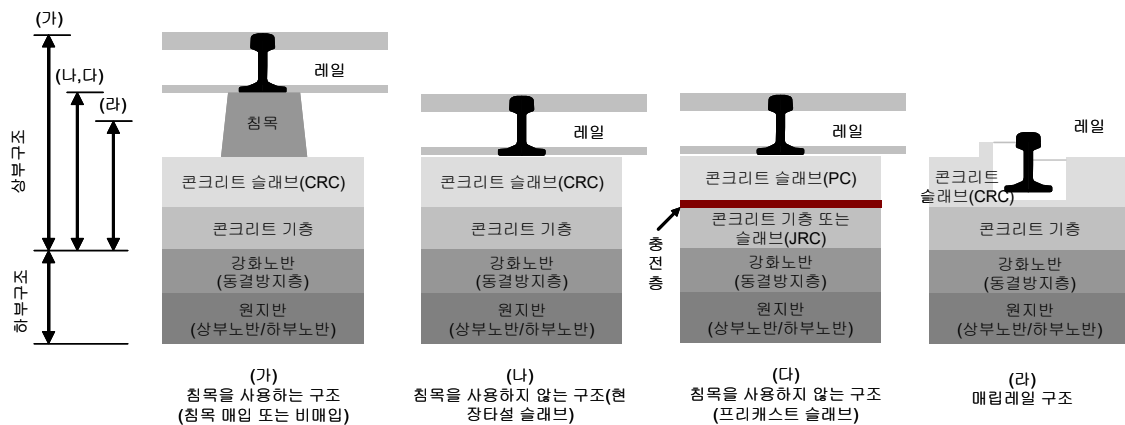


그림 2. 흙 노반 위에 부설되는 콘크리트케도의 구조

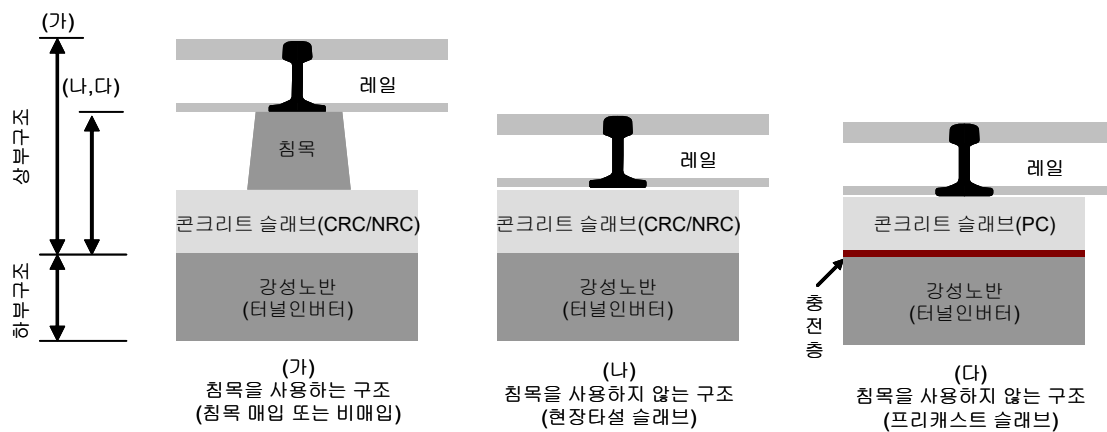


그림 3. 터널 내에 부설되는 콘크리트케도의 구조

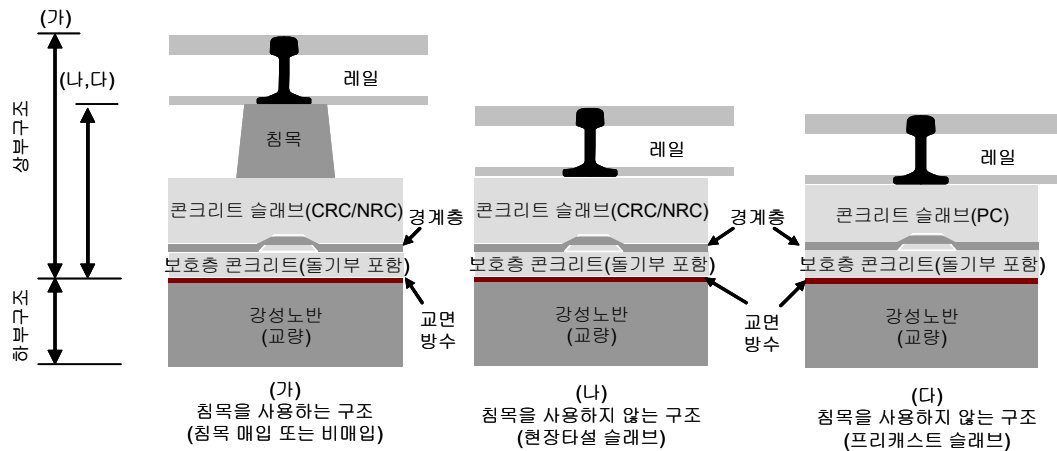


그림 4. 교량 위에 부설되는 콘크리트궤도의 구조

위의 분류에서 궤도 슬래브는 콘크리트 또는 아스팔트 슬래브가 된다. 콘크리트 슬래브를 사용하는 경우 슬래브의 제작방식에 따라 다시 현장타설식 콘크리트 슬래브 공법과 프리캐스트 콘크리트 슬래브 공법으로 나눌 수 있다.

주로 독일을 비롯한 유럽에서 많이 적용되고 있는 현장타설식 콘크리트 슬래브공법은 지반(subgrade) 위에 동결방지층(frost protection layer, FPL)과 콘크리트 기층(HSB 또는 HBL)을 설치하고 그 위에 연속 철근보강 콘크리트(continuously reinforced concrete, CRC) 슬래브를 부설하는 구조로 이루어진다.<그림 2>

반면, 일본에서 주로 적용되고 있는 프리캐스트 콘크리트(PC) 슬래브 공법은 지반과 강화노반 위에 콘크리트 기층 대신 이음매(줄눈)가 있는 철근보강 콘크리트 (jointed reinforced concrete, JRC) 슬래브를 설치하고, 그 위에 다시 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 올려놓는 구조를 갖는다.<그림 2>

이 두 궤도 공법은 슬래브의 제작방식 뿐만 아니라 연속 철근보강 슬래브의 여부, 슬래브와 하부지지층 간의 결합 고려여부 등 설계원리에서도 많은 차이를 가지고 있다.

현장타설 콘크리트 슬래브 공법은 전술한 바와 같이 일반적으로 도로포장에서 널리 사용되고 있는 연속 철근보강 콘크리트 슬래브의 형식을 채택하고 있어 슬래브에 시공이음을 두지 않고 선로방향으로 연속된 구조를 취하는 대신 상당량의 철근을 배치하여 슬래브의 온도신축에 따라 균열이 발생하더라도 폭이 작은 균열이 고르게 분포되도록 유도한다. 또, 슬래브 하부에 강성이 작은 콘크리트 기층을 설치하여 기층과 슬래브가 결합하여 거동하도록 한다.

반면 프리캐스트 콘크리트 슬래브공법은 공장에서 사전 제작된 콘크리트 슬래브를 현장에서 조립하여 설치하므로 일반적으로 연속화하지 않고, 슬래브의 종방향 및 횡방향 구속을 위한 별도의 돌기구조를 구성한다. 또한, 하부에 보강 슬래브의 개념으

로 철근보강 콘크리트 슬래브를 설치하여 프리캐스트 슬래브 하부는 무한강성의 지지체로 보고 프리캐스트 슬래브를 설계한다. 이때 슬래브와 하부구조와의 결합은 고려하지 않는 것이 일반적이다.

반면, 프리캐스트 콘크리트 슬래브공법은 콘크리트케도 중에서도 연속 철근보강 콘크리트케도의 개념을 적용하는 경우도 있다. 일본의 프리캐스트 콘크리트 슬래브케도와 달리 독일에서는 현장타설식 콘크리트케도와 같은 개념을 적용하여 HBL층 위에서 프리캐스트 슬래브 패널을 서로 연결하여 연속화시키는 공법을 적용하였다.

최근 국내에서도 이와 유사한 개념의 사전제작식 슬래브케도 공법을 개발한 바 있다. 요컨대 콘크리트케도의 설계는 매우 다양하게 변형될 수 있다.

흙노반 위에 부설되는 콘크리트케도와 달리, 터널 내에 부설되는 콘크리트케도는 터널 인버터 위에 바로 슬래브를 부설하는 단순한 층구조로 이루어진다<그림 3>. 콘크리트 슬래브는 흙노반 위에서와 마찬가지로 현장타설 콘크리트 또는 프리캐스트 콘크리트 등이 될 수 있으며, 고무부츠 방식의 침목을 사용하는 공법의 경우, 철근보강 없이 무근 콘크리트(non-reinforced concrete, NRC)를 적용하기도 한다.

교량 위에 부설되는 콘크리트케도 또한 흙노반 위에 부설되는 콘크리트케도에 비해서 단순한 층 구조로 이루어지지만, 터널에서와 달리 거더의 종방향 움직임에 의한 케도의 움직임을 제한하기 위해 일반적으로 보호층 콘크리트(PCL)와 돌기형 플레이트(cam plate) 케도 슬래브로 구성된다<그림 4>. 돌기형 플레이트는 보통 25m 이상의 긴 교량에서 주로 적용되는데, 이 경우 교면에서의 배수, 슬래브 휨응력의 완화 등을 위해 슬래브는 4.0~5.5m 정도의 짧은 길이로 분할된다. 반면, 짧은 교량에서는 교량 전체 길이에 걸쳐 슬래브를 연속으로 설치하고, 슬래브가 종방향으로 슬라이딩이 가능하도록 하고 돌기형 플레이트를 두지 않는 구조를 취한다.

참고로 독일에서는 수경성결합기층(hydraulically stabilized basecourse, HSB 또는 hydraulically bound layer, HBL)이라 한다. 이와 거의 동일한 개념으로 우리나라 도로 포장에서도 같은 종류의 기층을 적용하고 있는데 이를 린콘크리트기층 또는 빈배합 콘크리트기층이라 한다. 보통 콘크리트에 비해 시멘트 양이 적고 강도가 낮은 콘크리트(빈배합 콘크리트, lean concrete)를 적용하고 슬럼프는 5cm 이하로 하는 것이 일반적이다.

## 해설 2. 콘크리트궤도 요구조건

- (1) 궤도 슬래브의 위치 안정성에 대하여는 일반적으로 연속 철근보강 콘크리트궤도에서는 별도의 검토를 하지 않아도 무방하다. 다만 연속 슬래브가 아닌 교량 위의 콘크리트궤도나 프리캐스트 콘크리트궤도 공법 등에서 수평방향 지지구조의 설계를 위해서는 별도의 검토가 필요하다.
- (2) 자갈궤도의 경우 궤도 좌굴이나 과대 횡하중에 의한 갑작스런 줄뜸에 대한 검토가 필요하지만, 콘크리트궤도에서는 기본적으로 횡방향 저항력이 자갈궤도에 비해 훨씬 크기 때문에 여기서 규정한 저항력만 확보한다면 궤도 좌굴이나 갑작스런 줄뜸 발생 가능성은 거의 없다고 볼 수 있다. 다만, 체결장치에서의 궤간 확대나 파손 가능성이 관건이 되는데, 체결장치의 성능은 궤도 구성품의 승인 시에 충분한 검토를 거치기 때문에 궤도 설계시 체결장치에 대한 별도의 부담력 검토는 하지 않는 것으로 한다.
- (3) 궤도 지지강성

일반적으로 궤도강성(track stiffness)은 다음과 같이 등가정적 궤도강성(equivalent static track stiffness)으로 정의할 수 있다.

$$K_E = Q_0/y$$

여기서,  $Q_0$  : 정적 윤하중

$y$  : 하중  $Q_0$ 의 작용점에서 발생하는 레일의 처짐

이를 침목 위치의 궤도 지지점 강성(Track support stiffness)과 침목간격의 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$K_E = \sqrt[4]{64EI \left( \frac{k_s}{a} \right)^3}$$

여기서,  $EI$  : 레일의 휨강성

$k_s$  : 궤도 지지점 강성(Track support stiffness)

$a$  : 지지점 간격(체결구 종방향 간격)

콘크리트궤도의 경우 슬래브와 하부 지지층이 지지탄성에 미치는 영향은 매우 작기 때문에 궤도 지지점 강성은 레일체결장치의 스프링계수와 같다고 볼 수 있다.

궤도 지지점 강성의 최소값은 궤간이 허용값 이상으로 확대되는 것을 방지하는 측면에서 결정되며(보통 7kN/mm 이상), 최대값은 과대윤중 발생으로 인한 궤도 구성품의 손상을 방지하는 차원에서 결정된다. 따라서 궤도강성은 매우 넓은 범위에서 선택되어질 수 있지만 주행안전 및 승차감뿐 아니라 레일 마모, 궤도틀림과 소음·진동, 열차 주행저항에 따른 열차운행 에너지 등에 영향을 주므로 설계에 있어 심도



있는 검토가 요망된다.

콘크리트궤도 부설설적이 많은 독일, 일본 등의 경험 및 연구에 의하면 적정 궤도 지지점 강성을 20~50kN/mm 정도로 평가하고 있다.(시험하중의 범위에 따라 각 국가별로 다소 차이가 있음).

### 해설 3. 콘크리트궤도 구성품 요소

#### 1. 레일체결장치 성능 요구조건

- (1) 레일체결장치의 성능 및 규격은 본 설계지침 및 편람 “KR C-14060(궤도재료 설계)”에 따른다.
- (2) 일반구간 체결장치의 종방향 저항력은 250km/h 미만의 경우는 레일당 7kN/m, 250km/h 이상의 경우는 9kN/m 이상으로 한다. 다만, 교량상 저체결장치, 활동체결장치는 별도로 정한다.
- (3) 레일체결장치는 궤도 선형을 쉽게 복구할 수 있는 구조로 설계되어야 하고, 부설 후에도 수평 및 수직 조정이 가능하도록 아래 <표 2>에서 정하는 값 이상의 조정여유를 확보해야 한다.

표 2. 레일체결장치 조정여유 최소값

| 구 분                | 수 직                             | 수 평  |
|--------------------|---------------------------------|------|
| 토공구간 <sup>1)</sup> | +30mm, -4mm                     | ±4mm |
| 기타                 | 레일체결장치와 해당 구간의 특수성을 고려하여 별도로 정함 |      |

<sup>1)</sup> 체결장치 이외의 방법으로 선형조정이 가능한 경우, 별도의 협의를 통해 조정할 수 있다.

#### 2. 도상 콘크리트층 요구조건

- (1) 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트궤도 (CRC 공법)

현장타설식 연속 철근보강 콘크리트 슬래브의 강도와 치수는 구조계산 결과에 따라 정하되 다음의 조건을 고려해야 한다.

- ① 휨 강 도 : 5.5MPa 이상 (KS F 2408 부속서 중앙점 재하법 적용)
- ② 철 근 량 : 단면의 0.8~0.9%(흙노반 구간 및 터널 입.출구 구간), 0.4%(터널구간)(교량구간은 별도)
- ③ 균 열 폭 : 0.5mm 이하
- ④ 균열제어 : 침목을 사용하지 않는 공법에서는 레일체결 위치에서 균열이 발생하지 않도록 균열간격을 제어할 것.

다만, 위의 조건은 궤도구조, 지지조건 등 설계조건에 따라 조정할 수 있다. 기타 조건은 아래의 기준에 따른다.

‘철도공사 전문시방서’

‘콘크리트 표준시방서(국토해양부)’

- (2) 프리캐스트 콘크리트궤도 (PC 공법)

프리캐스트 콘크리트 슬래브의 강도, 치수 및 철근량 등은 구조계산 결과에 따라 정하되 “콘크리트구조 설계기준(국토교통부)”의 기준을 적용된다.

### 3. 콘크리트기층 설계조건

- (1) 흙노반 위에 부설되는 콘크리트궤도에서는 궤도 슬래브 하부에 콘크리트 기층을 설치할 수 있다. 콘크리트 기층은 사용재료에 따라 빈배합 콘크리트 기층과 일반 콘크리트 기층으로 나눌 수 있다.
- (2) 콘크리트 기층의 휨강도는 재령 28일 기준 1.6MPa 이상(KS F 2408 부속서 중앙점재하법에 의함)으로 하고, 기층의 치수는 구조계산 결과에 따라 정한다. 다만, 궤도 성능이 확보되는 범위 내에서 상부 궤도 슬래브의 구조조건을 고려하여 기층 설계조건을 달리할 수 있다.

### 4. 교면 보호층 콘크리트 및 돌기 콘크리트 기준

교면보호층 콘크리트와 돌기 콘크리트(캠플레이트)의 강도, 치수 및 철근량 등은 구조계산 결과에 따라 정하고, ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’의 기준이 적용된다.

## 해설 4. 작용하중

### 1. 수직하중

- (1) 토공과 터널구간의 콘크리트궤도에 작용하는 수직하중은 ‘자갈궤도구조’ 편 작용하중에 의거 산정한다.
- ① 검토 대상별 동적 충격률 적용시 확률의 신뢰구간에 좌우되는 표준편차의 가중치  $t$ 는 다음 <표 3>과 같이 적용한다.

표 3. 확률의 신뢰구간에 좌우되는 표준편차의 가중치 적용

| 구 분                     | 확률의 신뢰구간에 좌우되는<br>표준편차의 가중치 $t$ |
|-------------------------|---------------------------------|
| 레일응력/변위, 슬래브/기층 응력 검토 시 | 3                               |
| 흙노반 토압 검토               | 1                               |

- ② 검토 대상별 동적 충격률 적용시 궤도품질에 좌우되는 궤도품질지수는 “궤도재료 설계(KR C 14060) [별표2] 궤도구조 설계 요구조건”의 표 3.1 에 따른다.
- (2) 교량구간의 콘크리트궤도에 작용하는 수직하중은 사하중과 활하중으로 구분하며 다음과 같이 적용한다.
- ① 사하중  
궤도사하중은 궤도슬래브의 중량과 레일의 중량에 대하여 고려한다.
- ② 활하중  
수직활하중은 축하중과 등분포 하중에 대하여 고려한다.

### 2. 횡하중

- (1) 토공과 터널구간의 콘크리트궤도에 작용하는 횡하중은 「자갈궤도구조」 편 4.4장」에 의거 산정한다.
- (2) 교량구간의 콘크리트궤도에 작용하는 횡하중은 다음 항목을 고려하여 적용한다.
- ① 사행동 하중(Nosing force : NF)
- ② 원심력(CF)과 캔트효과(CE)
- ③ 풍하중(W)
- ④ 레일온도의 변화에 따른 온도하중(TR)

### 3. 종방향 하중

- (1) 토공과 터널구간의 콘크리트궤도에 작용하는 종방향하중은 「자갈궤도구조」 편 4.4장」에 의거 산정한다.

(2) 교량구간의 콘크리트궤도에 작용하는 종방향하중은 다음 항목을 고려하여 적용한다.

- ① 시·제동 하중(AF, BF)
- ② 궤도저항력(RF)
- ③ 슬래브의 확장에 의한 온도하중(TF)
- ④ 건조수축 하중(SH)
- ⑤ 기울기 하중(SL)

**[참고문헌]**

- 콘크리트궤도 인터페이스 성능향상 연구용역 p36~p39
- 궤도역학2 p127~160

## 해설 5. 궤도자재의 허용응력

### 1. 레일

콘크리트궤도의 구조계산에 사용하는 레일의 허용응력은 ‘자갈궤도구조’ 편에 의거 산정한다.

### 2. 침목

- (1) 침목이 콘크리트층에 일체로 매립되는 경우는 별도의 침목구조계산을 하지 않으며, 분리 매립되는 침목은 구조계산을 시행한다.
- (2) 콘크리트도상 안에 매립되어 일체화된 침목의 구조계산은 콘크리트도상과 일체로 가정하여 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에 따른다.

### 3. 콘크리트

- (1) 콘크리트의 탄성계수 및 열팽창계수는 <표 4>와 같이 산정한다.

표 4. 탄성계수 및 열팽창계수

| 구분       | 탄성계수 (MPa)                                                 | 열팽창계수 (1/℃)          |
|----------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| 콘크리트     | $E_c = 9,500 (f_{ck} + 8)^{1/3}$<br>( $f_{ck}$ : 설계기준압축강도) | $1.0 \times 10^{-5}$ |
| 빈배합 콘크리트 | 10,000                                                     | -                    |

- (2) 콘크리트의 허용 휨응력은 다음의 값으로 한다.

① 도상 콘크리트층 :  $\lambda f_r$

② 도상 안정층 :  $0.5f_r$

여기서,  $\lambda$  : 온도변화에 의한 초기응력을 고려한 허용응력/휨강도 비<그림 5>

$f_r$  : 콘크리트 설계 휨강도(MPa)

$$f_r = 2f_{ctm} = 2(0.3f_{ck}^{2/3}) \quad \text{여기서, } f_{ctm} : \text{인장강도(직접인장)}$$

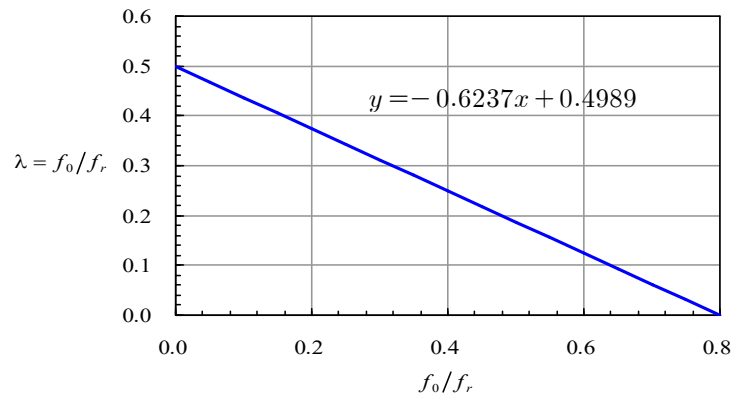


그림 5. 온도변화에 의한 초기응력( $f_0$ )을 고려한 허용응력( $f_a$ )/휨강도( $f_r$ ) 비

(3) 터널에서는 터널바닥에 작용하는 허용압력 검토시 적용하는 허용압력은 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에 의거  $0.25f_{ck}$ 로 한다.

**[참고]** 콘크리트 허용응력 계산예

- 슬래브 콘크리트
  - $f_{ck} = 30\text{MPa} \rightarrow E_c = 32,000\text{MPa}, f_r = 5.8\text{MPa}$  (<표 5.3> 참조)
  - 종방향 연속 철근보강, 슬래브 두께 = 240mm
- 온도조건
  - 종방향 : 슬래브-하부기층 최대 온도하강  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
  - 횡방향 : 슬래브 온도구배(+)  $\Delta T = 0.05 \times 240 = 12^\circ\text{C}$
- 온도응력(인장)
  - 종방향 :  $f_c = E_c \alpha \Delta T = 32,000 \times (1.0 \times 10^{-5}) \times 10 = 3.2\text{MPa}$
  - 횡방향 :  $f_c = E_c \alpha \Delta T/2 = 32,000 \times (1.0 \times 10^{-5}) \times 12/2 = 1.92\text{MPa}$
- 허용응력
  - 종방향 :  $f_0/f_r = 3.2/5.8 = 0.5517 \rightarrow f_a/f_r = 0.1548$  <그림 2.10>  
 $\therefore f_r = 0.1548 \times 5.8 = 0.898 \approx 0.90 \text{ MPa}$
  - 횡방향 :  $f_0/f_r = 1.92/5.8 = 0.3310 \rightarrow f_a/f_r = 0.2925$  <그림 2.10>  
 $\therefore f_r = 0.2925 \times 5.8 \approx 1.70 \text{ MPa}$

#### 4. 노반

콘크리트궤도의 구조계산에 사용하는 노반의 허용응력은 「자갈궤도구조」 편에 의거 산정한다.

## 해설 6. 궤도구조 계산

### 1. 궤도합성 스프링정수의 계산

- (1) 콘크리트궤도에서 궤도합성 스프링정수의 계산은 ‘자갈궤도구조’ 편에 의거 산정한다.
- (2) 레일처짐에 대한 검토는 공칭 정적 스프링정수값을 적용하지만, 궤도부재에 대한 안정성 검토는 안전측의 설계를 위해 구조설계 시에는 동적 스프링정수를 적용한다. 별도의 시험값이 없다면 동적 스프링정수는 설계 정적 스프링정수의 2배 이상으로 가정한다.
- (3) 흙노반의 스프링정수
  - ① 흙노반의 지지조건을 탄성스프링으로 치환하는 경우에는 스프링상수는 타당한 근거를 바탕으로 가정하여야 한다. 노반의 탄성계수가 주어진다면 Boussinesq 이론과 Odemark의 등가깊이 이론에 따라 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$K_s = \frac{E_u}{h_e}$$

$$h_e = \sum_{i=1}^n f_i h_i \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_u}}$$

여기서,  $K_s$  : 노반 스프링정수(MN/m)

$h_e$  : 가상 노반두께(m)

$h_i$  : i번째 층 두께(m)

$E_i$  : i번째 층의 탄성계수(MPa)

$E_u$  : 흙노반(강화노반)의 탄성계수(MPa),  $E_u = E_{v2}$  (DIN 18 134)

$f_i$  : 각 층의 결합특성에 관한 상수 (역청질 결합 또는 비결합 0.9, 수경성 결합 0.83)

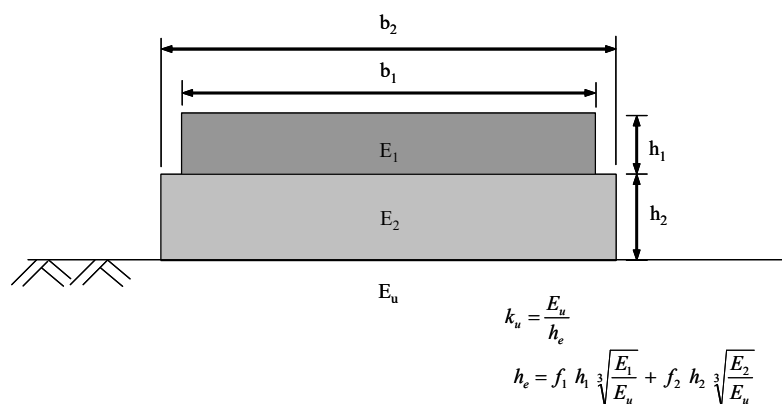


그림 6. Boussinesq 이론 및 Odemark 등가깊이 이론에 따른 노반 지지 스프링계수의 산정



- ② 흙노반의 노반 지지력계수가 알려진 경우, 흙노반의 스프링정수는 ‘자갈궤도구조’ 편에 의거 산정할 수 있다.

## 2. 레일 처짐량 및 응력

콘크리트궤도의 구조계산에 사용하는 레일처짐량 및 응력은 ‘자갈궤도구조’ 편에 의거 산정한다.

## 3. 수직력

콘크리트궤도의 구조계산에 사용하는 궤도의 수직력은 ‘자갈궤도구조’ 편에 의거 산정한다.

## 4. 노반 압력

흙노반의 상부에 작용하는 압력은 노반의 허용압력을 초과해서는 안 된다. 이때, 하중분배각은 최소 30°로 가정한다.

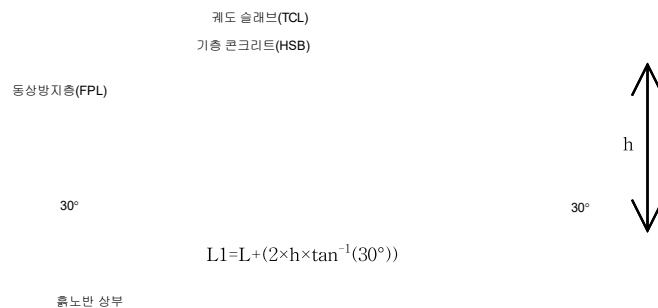


그림 7. 흙노반의 토압 검토

## 5. 흙노반상 콘크리트궤도 설계

(1) 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트궤도(CRC 공법) 도상 구조해석

- ① 흙노반에 부설되는 현장타설 콘크리트 궤도는 도상 콘크리트층과 도상 안정층의 2개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.

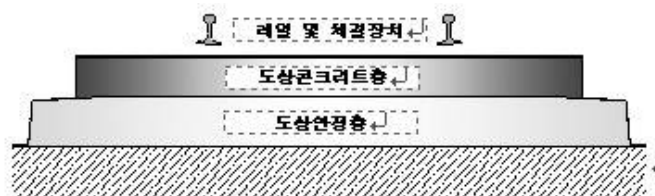


그림 8. 현장타설방식 콘크리트궤도 토공부 구성요소

- ② 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트케도의 설계는 Eisenmann의 설계법에 따라 결합 또는 비결합시스템에 대한 응력계산방식을 적용 주어진 하중에 대해 콘크리트 케도 슬래브와 기층의 응력이 허용응력을 초과하지 않도록 설계한다.

(2) 사전제작식 콘크리트케도(Precast Concrete 공법) 도상 구조해석

- ① 흙노반에 부설되는 사전제작 콘크리트케도는 사전제작 도상 콘크리트층, 충전재층, 도상 안정층의 3개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.

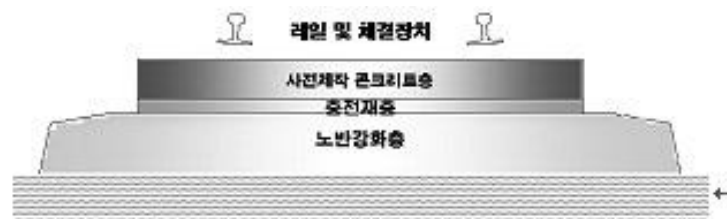


그림 9. 사전제작방식 콘크리트케도 토공부 구성요소

- ② 일본에서 주로 적용되고 있는 프리캐스트 콘크리트케도는 일반적으로 슬래브와 하부 콘크리트노반(RC), 그리고 두 층 사이에 위치하는 충전층(시멘트 아스팔트 모르타 등)으로 구성되며, 슬래브와 콘크리트노반을 독립적으로 설계한다. 즉, 슬래브와 콘크리트노반은 비결합체로 거동하는 것으로 가정하고, 슬래브와 콘크리트노반을 각각 탄성지지되는 단일 플레이트로 모형화하여 설계할 수 있다. 단면설계는 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에 따라 강도설계법을 적용하는 것을 원칙으로 하고, 온도변화에 의한 모멘트와 수직하중에 의한 모멘트를 조합하여 설계 모멘트를 산정한다. 또한 온도변화와 건조수축에 의한 균열을 제어할 수 있는 최소한의 철근량을 확보하여야 한다.

- ③ 콘크리트노반 대신 철근보강하지 않은 콘크리트 기층을 적용하는 경우에는 비결합 조건에서 기층에 작용하는 응력은 허용응력을 초과하지 않도록 해야 한다. 특히 슬래브의 연결부 위치에서 발생하는 기층의 응력에 대해 검토해야 한다. 프리캐스트 콘크리트케도라 하더라도 슬래브의 연속화를 통해 연속 철근보강 콘크리트케도로 설계하는 경우에는 5.6.3(2) 항의 규정에 따라 설계할 수 있다.

(3) 현장타설식 연속 철근보강 콘크리트케도 설계 상세

현장타설식 연속 철근보강 콘크리트케도의 설계는 Eisenmann의 설계법에 따라 주어진 하중에 대해 콘크리트 케도 슬래브와 기층의 응력이 허용응력을 초과하지 않도록 설계한다.

① 슬래브 및 기층의 응력 계산

Eisenmann의 설계법에 따르면 슬래브와 기층의 결합상태에 따라 다른 시스템이

적용된다. 결합 또는 비결합시스템에 대해 응력 계산과정을 요약하면 다음과 같다.  
가. 비결합시스템(System I)

(가) 시스템 등가두께 ( $E = E_1$ 인 대체시스템)

기층과 궤도 슬래브의 2개의 층을 Odemark의 등가깊이 이론을 이용하여 단일 층의 슬래브( $E = E_1$ )로 치환할 수 있다. 이 이론에 따르면 기층과 슬래브의 결합상태에 따라 비결합인 경우 아래와 같이 대체시스템의 두께가 산정된다 <그림 10>.

$$h_1 = \sqrt[3]{\frac{E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3}{E_1}}$$

여기서,  $h_1, h_2$  : 궤도 슬래브와 기층 두께

$E_1, E_2$  : 궤도 슬래브와 기층의 탄성계수

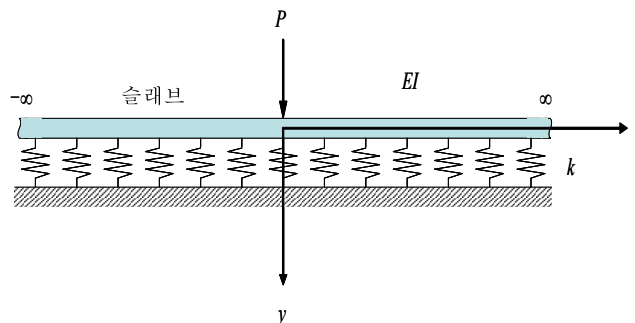
0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

-역청질(bitumen)  
-수경성(hydraulic)

-Boussinesq에 의한  
응력분포

그림 10. Odemark 등가깊이 이론

(a) 보이론



(b) 판모형

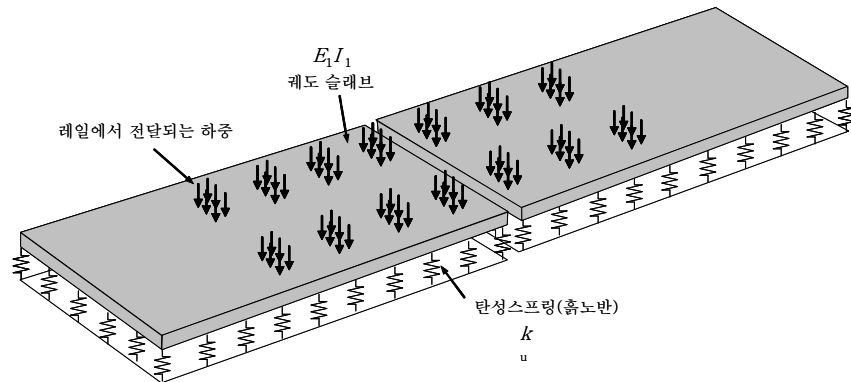


그림 11. 콘크리트궤도 해석을 위한 구조해석 모형

(나) 대체시스템의 모멘트 산정

모노블럭침목(장침목)을 사용하는 경우는 선로 직각방향에 대해서는 침목이 지지하므로 슬래브는 선로방향에 대해서만 고려하면 되므로 이 경우에는 Zimmermann의 탄성지지되는 보 이론 (theory for beam on elastic foundation)을 적용하여 설계할 수 있다(<그림 11>(a)).

반면 트윈블럭침목(단침목)을 사용하는 경우 또는 침목을 사용하지 않는 경우는 선로 직각방향에 대해서도 슬래브의 응력검토가 필요하므로 이 경우 판이론 (plate theory)을 적용해야 한다(<그림 11>(b)).

판이론을 적용하는 경우 Westergaard 이론이나 Pikett-Ray 영향도표 또는 유한요소해석 등의 방법을 적용하여 대체시스템( $k$ ,  $h_p$ ,  $E_1$ )에서의 모멘트  $M_I$ 을 계산한다. <참고 그림 12>는 Westergaard에 의한 휨모멘트의 영향선을 보여주고 있다.

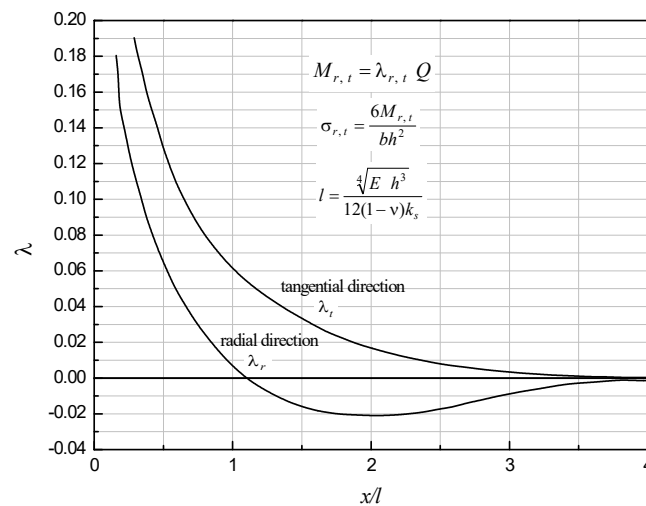


그림 12. Westergaard에 의한 휨모멘트 영향선

(다) 각 층에서의 휨모멘트 및 휨응력 산정

아래와 같이 각 층에서의 모멘트( $M_1$ ,  $M_2$ )와 응력( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ )을 계산한다(<그림 13(a)> 참조).

$$M_1 = M_I \cdot \frac{E_1 \cdot h_1^3}{E_1 \cdot h_1^3 + E_2 \cdot h_2^3} \quad (10a)$$

$$M_2 = M_I \cdot \frac{E_2 \cdot h_2^3}{E_1 \cdot h_1^3 + E_2 \cdot h_2^3} \quad (10b)$$

$$\sigma_1 = 6 \cdot \frac{M_1}{h_1^2} \quad (11a)$$

$$\sigma_2 = 6 \cdot \frac{M_2}{h_2^2} \quad (11b)$$

(a) 비결합 (System I)

(노반)

(b) 결합 (System II)

(노반)

그림 13. 시스템에서의 각 층의 응력분배

나. 결합시스템(System II)의 경우

(가) 시스템 등가두께

기층과 슬래브가 결합되어 있는 경우 아래와 같이 대체시스템의 두께가 산정된다. <그림 11>

$$h_{II} = h_1 + 0.9 h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} \quad (1)$$

(나) 대체시스템의 모멘트 산정

비결합의 경우와 마찬가지로 Westergaard 또는 Pikett-Ray 이론, 유한요소해석 등의 방법을 적용하여 대체시스템( $k, h_{II}, E_1$ )에서의 모멘트  $M_{II}$ 을 계산한다.

- 각 층에서의 휨응력 산정

아래와 같이 각 층에서의 상하부의 응력( $\sigma_{1t}, \sigma_{1b}, \sigma_{2t}, \sigma_{2b}$ )을 계산한다 (<그림 13(b)>, <그림 14>).

$$\sigma_{1t} = \frac{M_{II}}{I} e_0 \quad (13a)$$

$$\sigma_{1b} = \frac{M_{II}}{I} (h_1 - e_0) \quad (13b)$$

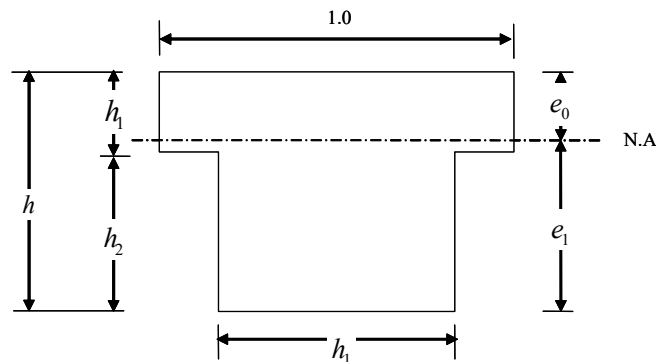
$$\sigma_{2t} = \chi \frac{M_{II}}{I} (h_1 - e_0) \quad (13c)$$

$$\sigma_{2b} = \chi \frac{M_{II}}{I} e_1 \quad (13d)$$

여기서,  $I$  = 슬래브 빔의 관성 모멘트[mm<sup>4</sup>/mm],  $I = \sum(I_i + A_i x_i^2)$

$$e_0 = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{h}{2} \frac{E_2 h_2}{E_1 h_1 + E_2 h_2} + \frac{h_1}{2}$$

$$e_1 = h - e_0$$



$$I = \sum(I_i + A_i x_i^2) \quad e_0 = \frac{\sum A_i x_i^2}{\sum A_i}$$

그림 14. 결합시스템(system II)에서 각 층의 응력산정을 위한 환산단면

다. 허용응력의 검토

위에서 서술한 바와 같이 계산된 슬래브와 기층의 응력(종방향 및 횡방향 각각)은 다음의 조건을 만족해야 한다.

표 5. 슬래브 및 기층의 허용응력 검토 기준

| 구분  | System I     |                 | System II    |                 | 비고                                                              |
|-----|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|
|     | $E_2=E_{cd}$ | $E_2=0.5E_{cd}$ | $E_2=E_{cd}$ | $E_2=0.5E_{cd}$ |                                                                 |
| 슬래브 | ×            | ×               | ×            | ×               | ○ : 허용응력 이내<br>(의무)<br>△ : 허용응력 이내<br>(권장)<br>× : 허용응력 초과<br>허용 |
| 기층  | ×            | ○               | ○            | ○               |                                                                 |

주)  $E_2$  : 기층의 탄성계수,  $E_{cd}$  : 탄성계수 설계값

<표 5>에서 알 수 있듯이 슬래브의 응력은 허용응력을 초과하더라도 보강철근에 의해 충분한 하중전달이 이루어지므로 문제가 되지 않는다. 독일의 예에 따르면 0.8~0.9%의 철근량을 적용하는 경우 균열폭은 0.5mm를 넘지 않는다. 다만 기층의 경우는 보강철근이 없기 때문에 기층에 발생하는 응력은 반드시 허용응력 이내에 있도록 해야 한다.

단, 허용응력의 검토시 하중은 수직하중만을 고려한다. 온도에 의해 발생하는 응력을 초기응력으로 두고 피로한계를 만족하는 응력의 변동폭으로부터 허용응력을 산정하기 때문에 별도로 온도하중을 고려할 필요가 없다(2.6.3 허용응력 참조).

[참고문헌] 콘크리트궤도 인터페이스 성능향상 연구용역 p44~p49

## 6. 터널부의 콘크리트궤도

- (1) 터널부에 부설되는 현장타설 콘크리트궤도는 터널보조도상 상면에 도상 콘크리트층으로 구성되며, 사전제작 콘크리트궤도는 터널내 보조도상 콘크리트층 상면에 사전제작 도상 콘크리트층과 충전재층으로 구성된다. 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.

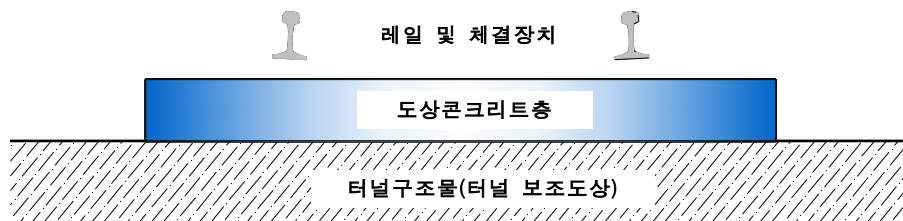


그림 15. 현장타설방식 콘크리트궤도 터널부 구성요소

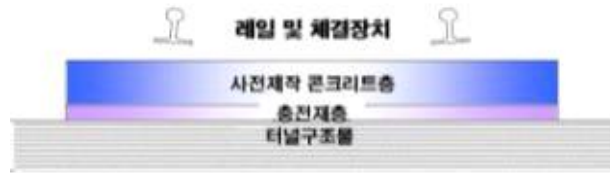


그림 16. 사전제작방식 콘크리트궤도 터널부 구성요소

- (2) 터널 내에 부설되는 콘크리트궤도는 흙노반 위에 부설되는 콘크리트궤도의 설계를 변경 없이 적용할 수 있다.
- (3) 슬래브 하부에서 터널바닥에 작용하는 힘이 허용지압력을 초과하지 않는 경우에 한하여 단면 두께의 축소를 허용하며, 연속 철근보강 콘크리트궤도 공법의 경우, 진출입부(터널 경계로부터 최소 100m)를 제외한 터널 내부에서는 온도응력 등의 감소를 고려하여 단면적의 0.4%까지 철근량을 줄일 수 있다. 프리캐스트 콘크리트궤도 공법에서도 지압력 및 휨모멘트 계산결과에 따라 단면설계를 수정할 수 있다.
- (4) 터널 내에서만 적용되는 콘크리트궤도의 경우 별도의 설계를 실시해야 한다. 일반적인 경우 수직하중에 대해 슬래브 하부에서 터널 바닥에 작용하는 힘이 허용지압력을 초과하지 않는지 검토하는 것으로 충분하지만, 슬래브 하부에 탄성받침을 적용하여 플로팅 슬래브 구조로 하는 경우는 슬래브를 휨부재로 간주하여 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에서 정하는 바에 따라 단면설계를 실시해야 한다. 이 때 온도변화에 의한 하중은 고려하지 않는다.
- (5) 무근 콘크리트 슬래브를 적용하는 경우에도 수화열에 의한 온도변화 및 건조수축에 의한 균열을 제어하기 위해 최소한의 철근이 필요하며, 철근량의 산정은 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’의 기준을 적용한다.

## 7. 교량상 콘크리트 궤도

- (1) 교량상에 부설되는 현장타설 콘크리트궤도는 도상 콘크리트층과 보호 콘크리트층의 2개의 층으로 구성되며, 이에 대한 하중 및 적용재료의 조건에 따른 구조적 안정성을 만족하여야 한다.



그림 17. 현장타설방식 콘크리트궤도 교량부 구성요소





그림 18. 사전제작방식 콘크리트케도 교량부 구성요소

(2) 교량 위에 부설되는 콘크리트케도의 구조는 교량의 길이와 교량 위에서 콘크리트케도의 지지방식에 따라 다르게 할 수 있다.

① 교량의 길이가 짧은 경우(라멘교량 또는 박스 컬버트 등, 일반적으로 교량 전장 25m 미만)

케도 슬래브는 교량 상부구조 전 길이에 대해 이음매 없이 연속될 수 있다. 지지 방식은 교축방향으로는 슬래브와 보호층 콘크리트의 경계면에서 슬라이딩을 허용하도록 하고, 교축 직각방향으로는 고정식 지지방식을 갖도록 해야 한다.

② 교량의 길이가 긴 경우(일반적으로 교량 전장 25m 이상)

교량 위에서 케도 슬래브와 교량의 상부구조는 보호층 콘크리트와 캠플레이트(cam plate)와 같은 구조에 의해 수평방향 하중이 전달될 수 있도록 수평방향의 지지구조(돌기형 구조 등)를 갖도록 설계해야 하며, 케도 슬래브는 짧은 길이(대략 4.0~8.0m)로 분할된다.

(3) 교량 위에 부설되는 콘크리트케도의 설계에서는 다음의 작용력을 고려해야 한다.

① 수직하중 및 온도변화에 의한 교량 상부구조의 휨(교축방향 및 교축직각방향)

② 종방향 힘(온도변화 및 건조수축에 의한 구속력+외력)

③ 횡방향 힘

④ 열차 수직하중에 의해 케도에 직접 작용하는 힘

(4) 케도 슬래브, 교면 보호층 콘크리트 및 수평방향 지지구조(돌기 콘크리트) 등 각 부재의 단면설계는 ‘콘크리트 구조설계기준(국토해양부)’에 따라 실시한다.

| 항 목         | 고려 하중조건                   | 비고      |
|-------------|---------------------------|---------|
| 케도 슬래브      | 5.5 의 하중조건에 의한 휨과 수평방향 전단 | <그림 19> |
| 교면 보호층 콘크리트 | 5.5 의 하중조건에 의한 교량 상부구조의 휨 | <그림 20> |
| 수평방향 지지구조   | 5.5 의 수평방향 하중조건에 의한 전단    | <그림 21> |

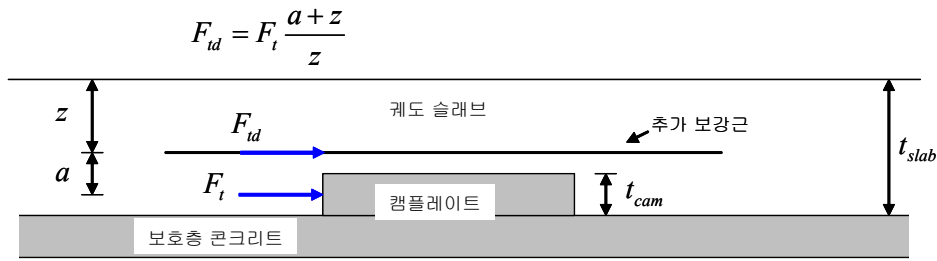


그림 19. 캠플레이트 위치에서의 전단보강 설계

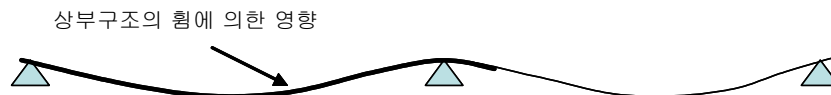


그림 20. 상부구조의 휨에 의한 영향

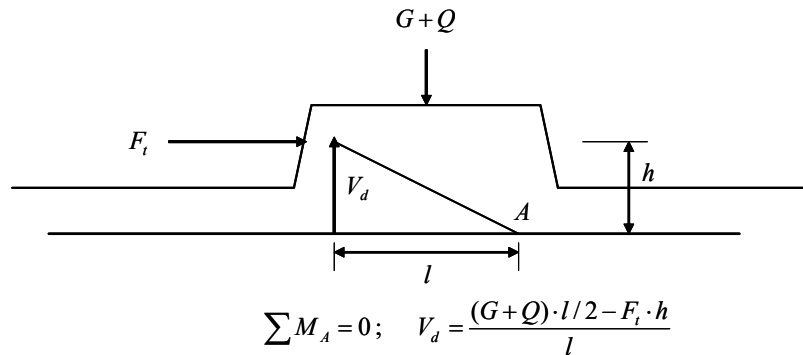


그림 21. 수평방향 지지구조(캠플레이트)의 설계개념

- (5) 교량 위에서는 콘크리트케도로부터 작용하는 수평력을 교량의 하부구조로 전달하기 위한 하중전달구조를 갖도록 설계해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 조치를 취해야 한다.
- ① 교량 바닥판과 케도 측면의 탈선방호벽을 충분한 보강재를 사용하여 연결한다.
  - ② 교면 보호층 콘크리트를 탈선방호벽과 마찬가지로 충분한 보강재를 사용하여 연결한다.
  - ③ 교량 상부구조의 단부와 같은 횡조인트부에서는 보강재의 양을 늘려야 한다.
- (6) 본 해설의 케도/교량 종방향 상호작용에 따라 평가된 상호작용력에 대하여 지지구조가 안전한지를 검토해야 하며, 교량 상부구조 단부의 회전 또는 단차에 의해 발생하는 상향력에 의해 슬래브의 부상이 발생하지 않도록 슬래브와 케도의 자중이 상향력의 적어도 1.3배 이상임을 입증하여야 하며, 만약 이 값을 만족하지 못할 경우에는 슬래브와 교면 보호층을 앵커 등으로 연결시키는 등 슬래브의 부상을 방지하기 위한 조치를 취해야 한다.

(7) 침목을 트러프 콘크리트 속에 매립한 후 콘크리트를 타설하는 공법의 경우에는 상향력과 동적하중 효과에 의해 트러프와 현장타설 콘크리트의 분리가 발생하지 않도록 교량 단부, 이음부, 그리고 교량의 시점 전 10m, 종점 이후 10m까지 트로프 내의 각 침목 위치와, 침목과 침목 사이에 각각 앵커를 설치해야 한다. 또한, 침목과 현장타설 콘크리트와의 결합을 보장하기 위한 조치도 아울러 취해져야 한다.

(8) 교량 상부구조 단부에서의 궤도 설계

토공부와 교대 사이에 조인트를 설치함으로써 여유를 두어야 하며, 토공부의 기층의 움직임으로 인해 교대부의 손상을 막기 위해 적절한 조치를 강구해야 한다.

(9) 강교에서는 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- ① 수평방향 힘의 전달구조
- ② 횡거더의 간격을 고려한 궤도 슬래브의 치수 결정
- ③ 탄성매트를 사용하는 경우, 부식방지 시스템과의 적합성 검증
- ④ 방음 및 방진

#### 【참고문헌】

- 콘크리트궤도 인터페이스 성능향상에 대한 연구, 한국철도시설공단, 한국철도기술연구원, (주)한국철도기술공사, 2008
- 경부고속철도2단계구간 궤도설계 구조계산서, 한국철도시설공단, 2005
- 궤도역학2(콘크리트궤도의 역학), 서사범, 2009

## RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.05) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.1('13.10.24) 궤도분야 업무효율화를 위한 협력사 합동 토론회결과(궤도처-426, '13. 2. 7) 반영 및 궤도처 “철도설계지침 및 편람(궤도편)개정 요청사항 반영(궤도처-975, '13. 3.27)
- Rev.2('14.01.10) 철도의 건설기준에 관한 규정(국토교통부고시제2013-236호, '13.5.16) 및 철도설계기준(국토교통부고시제2013-757호, '13.12.5)이 개정 고시됨에 따라 개정내용을 반영
- Rev.3('16.06.15) 콘크리트도상 중앙채움 및 토공구간 곡선부에 대한 표면수 배수방법 신설, 보조도상콘크리트 상면 횡방향 기울기 통일(설계기준처-1628, '16.6.15)  
\* 철도표준도 동시 개정(콘크리트도상 중앙채움 미적용의 경우 및 횡단배수 신설)
- Rev.4('16.12.20) 콘크리트궤도 품질계수기준 개선(설계기준처-3595, '16.12.20)
- Rev.5('19.03.29) 콘크리트궤도 적용 대상 개선(설계기준처- , '19.03.29)
- Rev.6('21.11.15) 콘크리트궤도 확대 적용(기준심사처-4491, '21.11.15)