

철도시설공학

Introduction of Railway Engineering



학과명 : 토목공학과

담당교수명 : 최준혁 교수

연락처 : 공학관 203호 032-610-3311

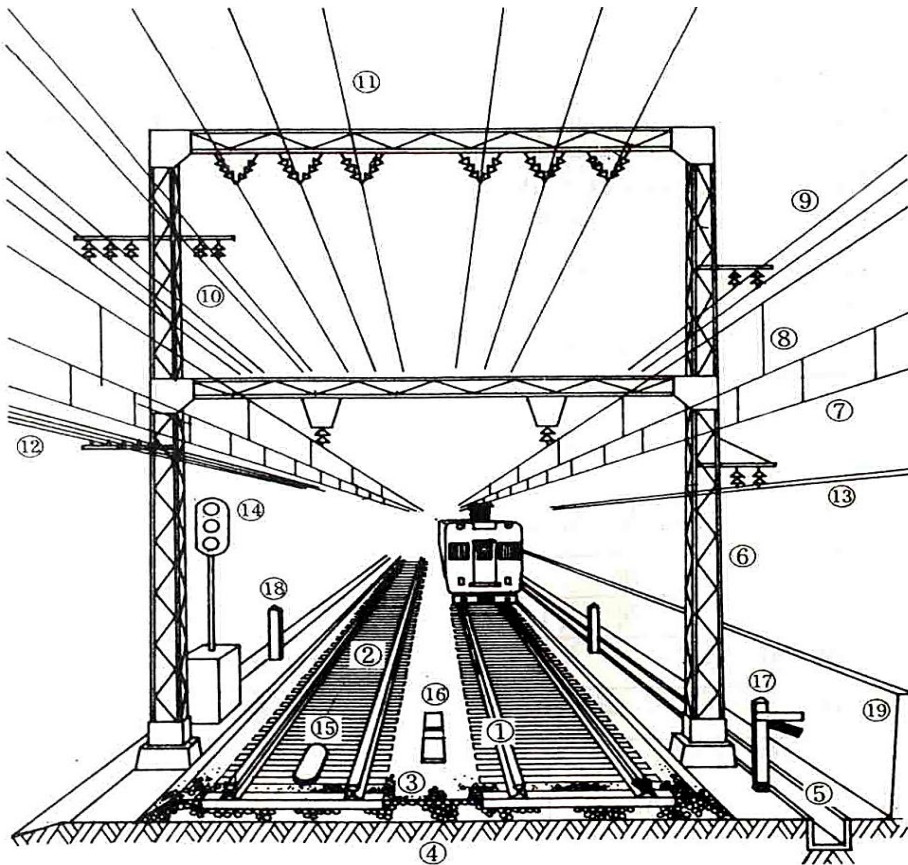
학과사무실 : 032-610-3310, 3319

이메일 : cjunh@bc.ac.kr

참고교재 : 자체 제작(제본)

철도 선로

1.선로 : 열차를 운행하기 위한 전용 도로

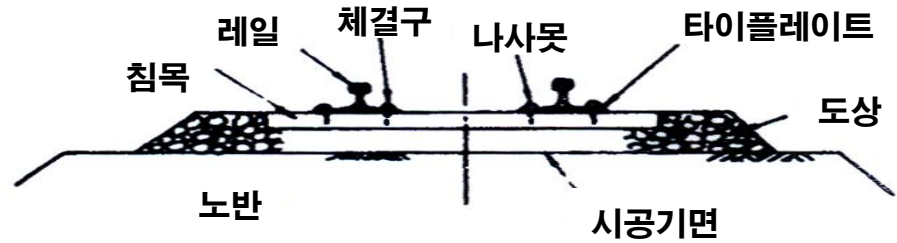


- ① 레일
- ② 침목
- ③ 도상
- ④ 노반
- ⑤ 측구
- ⑥ 철주
- ⑦ 전차선
- ⑧ 조가선
- ⑨ 급전선
- ⑩ 고압선
(동력, 신호)
- ⑪ 특별고압선
- ⑫ 통신선
- ⑬ 부급전선
- ⑭ 신호기
- ⑮ ATS지상자
- ⑯ 임피던스, 본드
- ⑰ 기울기표
- ⑱ km 정표
- ⑲ 방음벽

궤 도(Track)
노 반 (Roadbed)

선로구조물 :
노반과 교량,터널
정거장,
부속 시설물 등

궤도의 구성

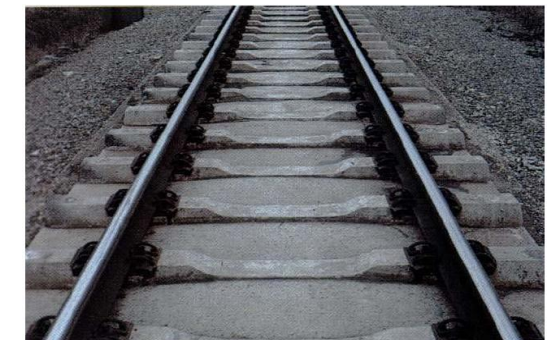


(1) 정의

- 레일과 그 부속품인 침목 및 도상으로 구성.

(2) 궤도의 주요한 구성요소 및 기능

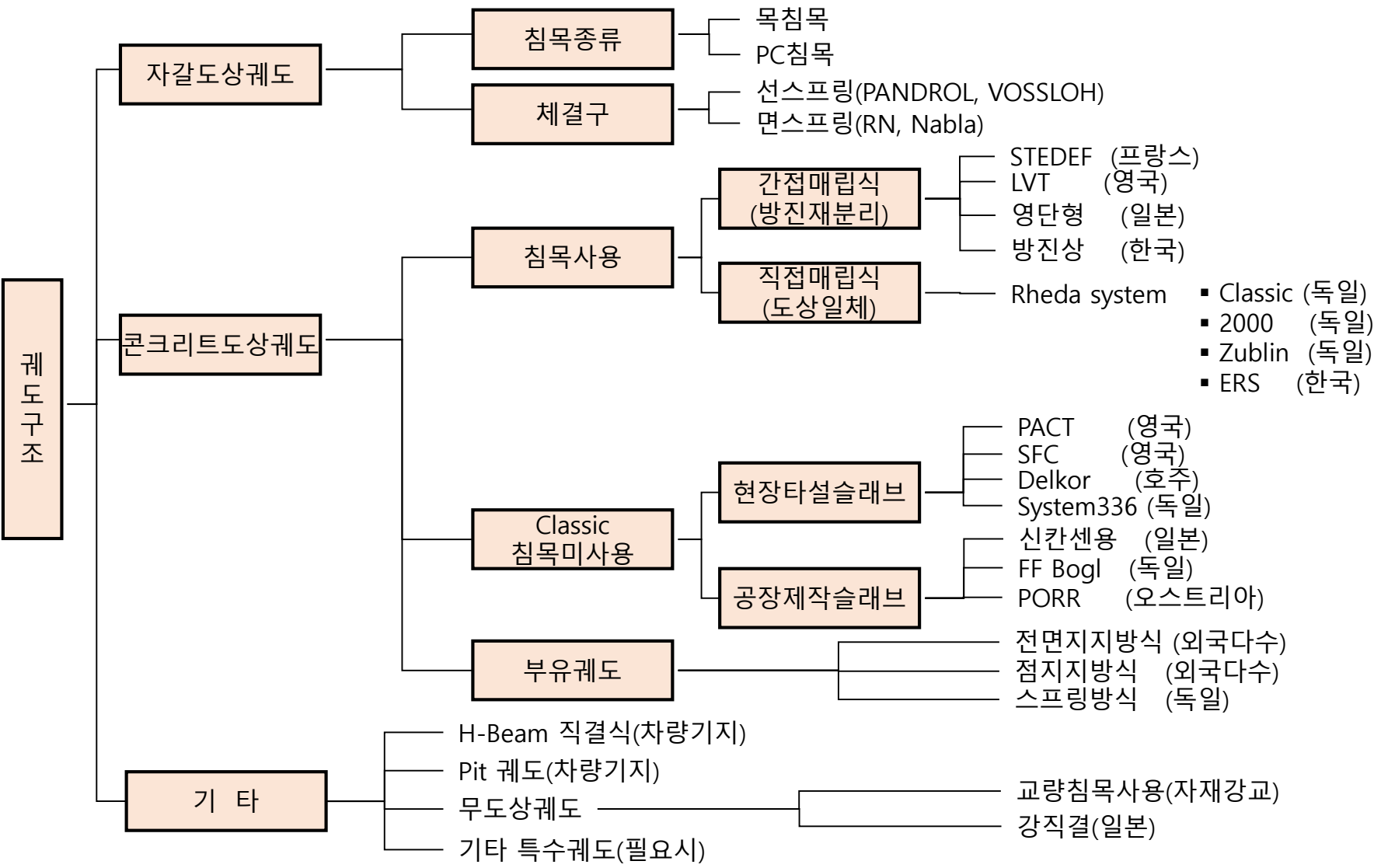
- 1) 레일 - 차량을 직접 지지
 - 차량의 주행을 유도
- 2) 침목 - 레일로부터 받은 하중을 도상에 전달
 - 레일의 위치를 유지
- 3) 도상 - 침목으로부터 받은 하중을 분포시켜 노반에 전달
 - 침목의 위치 유지
 - 탄성에 의한 충격력 완화



(3) 궤도의 구비조건

- 1) 열차의 충격하중을 견딜 수 있는 재료로 구성되어야 한다.
- 2) 열차하중을 시공기면 이하의 노반에 광범위하게 균등하게 전달할 것.
- 3) 차량의 동요와 진동이 적고 승차기분이 좋게 주행할 수 있을 것.
- 4) 유지보수가 용이하고 구성재료의 갱환이 간편할 것.
- 5) 궤도틀림이 적고 열화진행이 완만할 것.
- 6) 차량의 원활한 주행과 안전이 확보되고 경제적인 것.

궤도의 종류와 구성



평가하기

궤도의 구성 요소는 어떻게 되는가?

노반의 종류에 대해 설명하시오

궤도의 종류에 대해 설명하시오.

자갈도상 궤도구조

(1) 일반사항

- 자갈상이의 마찰력에 의해 궤도의 안전성을 유지
- 자갈의 탄성력으로 충격 및 진동을 흡수하는 구조
- 저렴한 투자비, 소음감소 효과
- 빈번한 궤도틀림 발생으로 인한 유지관리비용 많이 듦

(2) 자갈도상의 특성

- 1) 안정성: 탄성이 풍부하고 철도공사, 지하철 등에서 안전성 입증
- 2) 경제성: 초기 투자비용 저렴
- 3) 시공성: 시공 경험 풍부 및 기존 시공장비 이용 가능
- 4) 환경성: 레일의 장대화 시행시 소음 및 진동저감 효과 탁월
- 5) 유지보수성: 주기적인 유지보수 관리 필요



콘크리트도상 궤도구조

(1) 일반사항

- 높은 초기 투자비
- 유지보수비용이 적어 경제적

(2) 콘트리트도상 궤도의 대표적 형식

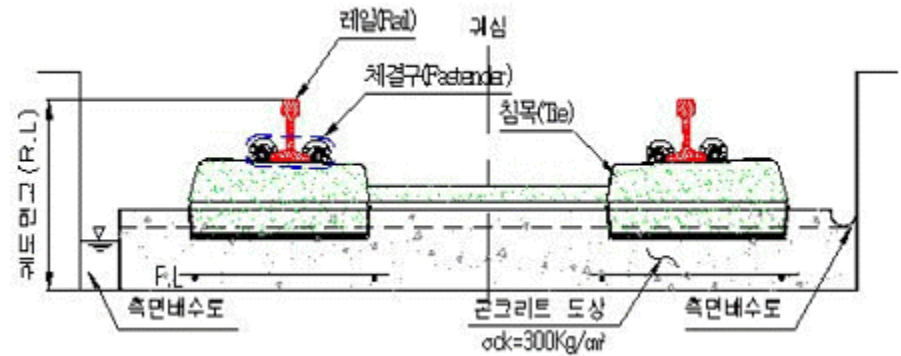


STEDEF 궤도(프랑스)

- RC Twin block 침목
- 침목을 상호 연결하는 Steel Tie Bar
- Nabla형(프랑스), Pandrol체결구(한국) 사용
- 침목하면에 고무상자(Rubber Boot), 침목과 고무상자 사이에 12mm 두께의 탄성패드 사용



(a) STEDEF 궤도



(b) STEDEF 궤도구조
(Tie Bar+RC침목+방진상자+탄성패드+conc 도상)

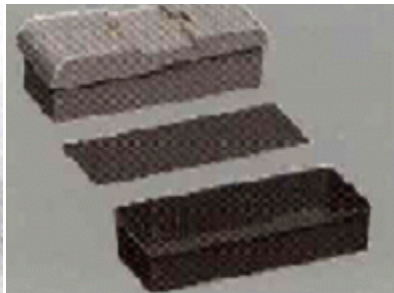
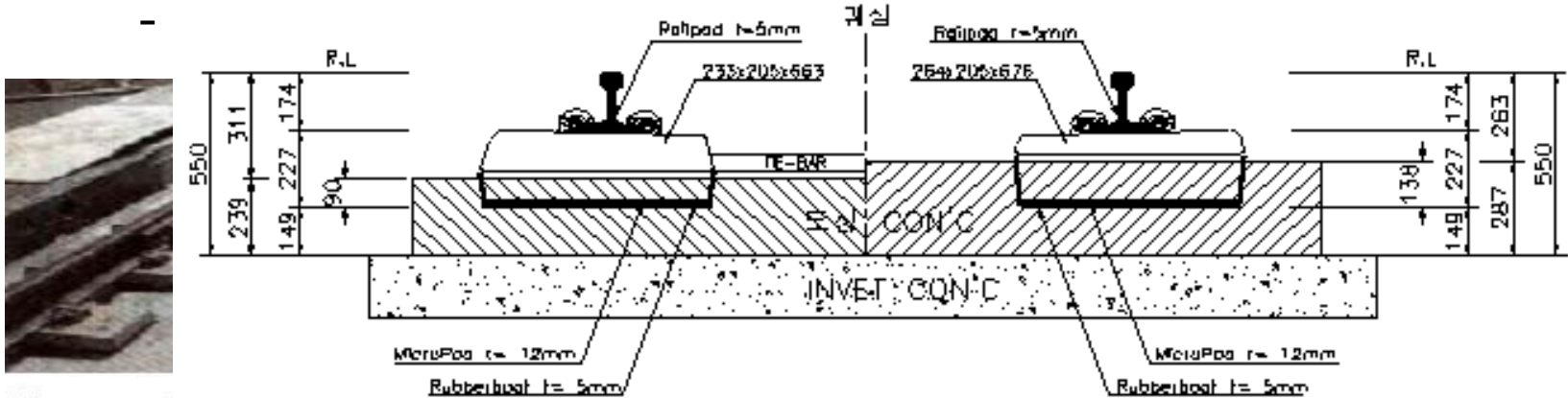
- Tie-Bar로 인한 미세 소음의 증가
- Tie-Bar로 순회 및 유지보수 요원의 통행 불편
- 정거장내 승객의 시각적 미관성 저해
- 물청소로 인한 Tie-Bar의 부식
- 방진재 저면 콘크리트 채움 정밀시공요구



STEDEF V.S.B(Voi Sans Ballastless) 개발

LVT 궤도(미국)

- 미국 궤도전문 설계회사 Sonneville사가 1966년에 개발
- Low Vibration Track
- Tie-Bar가 없음
- STEDEF궤도보다 더욱 깊게 침목을 매설
- 침목 손상시 STEDEF궤도보다 침목 교체가 용이함
- 레일의 안전성 향상, 전기절연 효과, 궤도오차의 영향이 적음, 부식문제가 없음, 궤도 청소가 용이 등
-

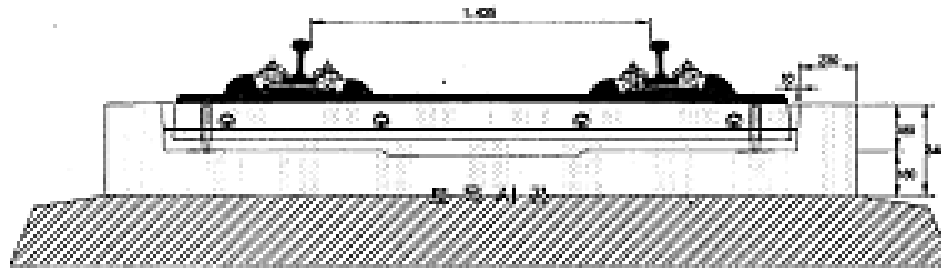


STEDEF-LVT system

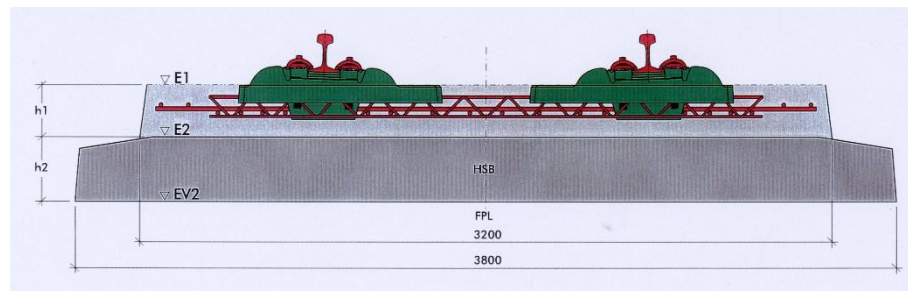
LVT system

Rheda-2000 궤도(독일)

- 궤도 슬래브 구조노반이 기초바닥 콘크리트 위에 직접 설치됨으로 구조시스템이 일원화됨
- 궤도의 일체화된 거동과 콘크리트 트러프를 생략함으로 채움 콘크리트와 트러프 사이에 종방향으로 생기는 분리현상을 제거함
- 구조단면 높이가 감소됨
- Two-Block 사이 트러스형 철근을 사용 횡방향 강성을 높이고 궤도 슬래브 철근과 침목철근을 일원화시킴
- 기하학적으로 정확한 레일 지지부와 운행 노선의 안전한 정착을 위한 횡침목 역할을 보장함
- 침목하부에 콘크리트 지지부를 두어 슬래브 궤도 콘크리트 타설전에도 시공장비 및 차량투입에 따른 높은 하중 적재가 가능함
- 단순하고 간단한 작업공정과 침목의 경량화로 설치 및 측량에 따른 교정이 용이함



Rheda-Classic



Rheda-2000



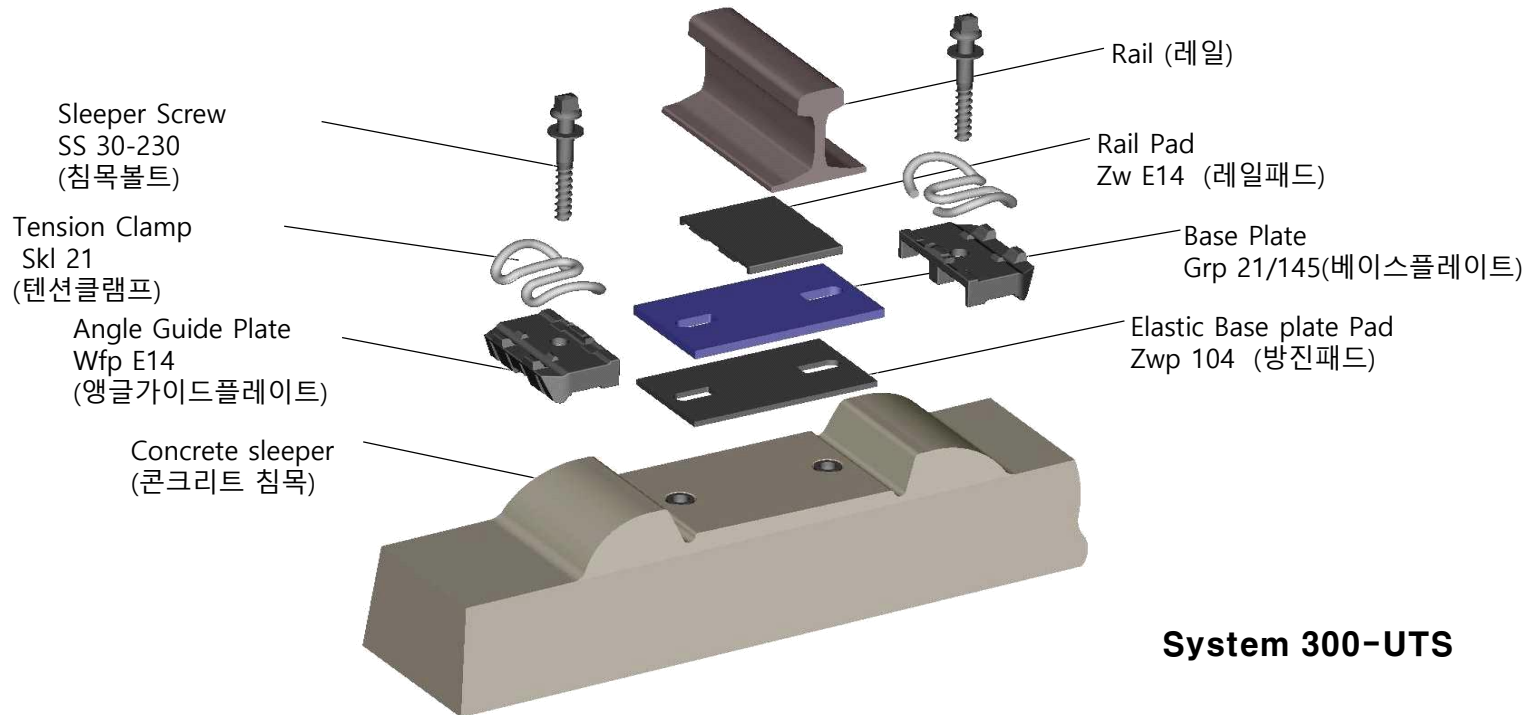
[그림] Rheda Classic 궤도

Rheda ERS궤도(독일)

- 일반적인 콘크리트 침목 또는 블록에 방진 체결장치를 체결하는 형식
- 1972년 독일의 Rheda역에 부설한 것이 최초
- Vossloh사의 System300을 공통적으로 사용
- ERS는 Rheda궤도에서 Vossloh System300-UTS체결구를 사용하고 Two Block을 사용하는 궤도구조

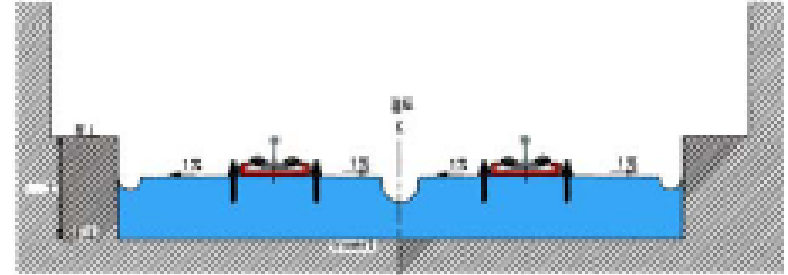
◆ System 300-UTS의 기본원리

- 레일 저면적보다 넓은 Steel Plate를 레일 저부에 삽입하여 레일 저면적을 인위적으로 넓히고 그에 따라 탄성재의 면적을 넓힘으로서 탄성재 단위 면적당 재하되는 하중을 경감시킴과 동시에 윤증분산율을 확대시킴으로 노반에 가해지는 부담력을 최소화 시킴
- 콘크리트 도상과 레일사이에 탄성체결장치를 사용한다는 점은 DELKOR System과 기본적으로 동일함

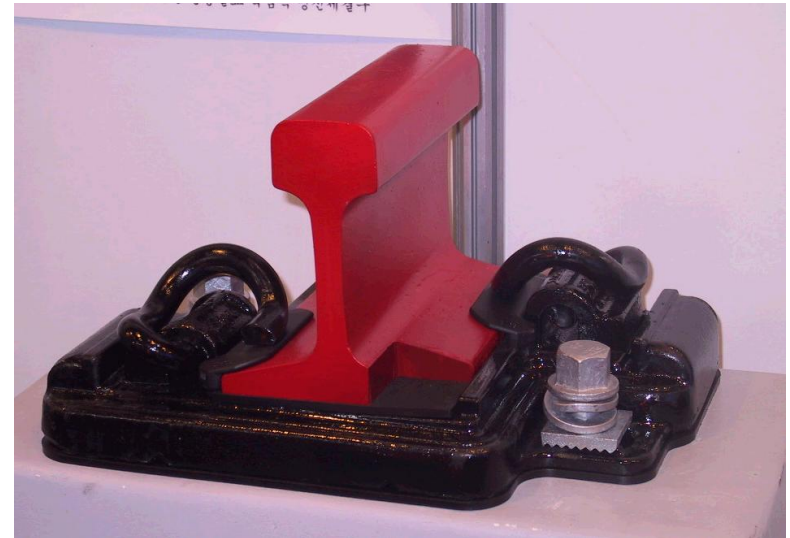
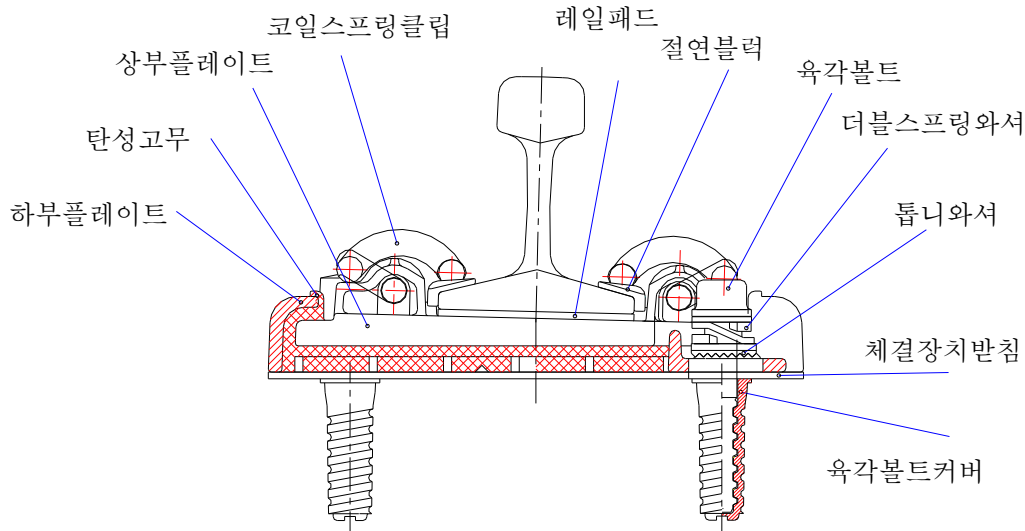


DELKOR(Alt-II) 궤도(오스트레일리아)

- ALT-System(Alternative System)은 독일의 Clouth사가 1980년대에 열차의 진동과 소음을 저감하기 위해 개발
- 궤도 소음, 진동 방진체결장치 시스템
- 우수한 시공성과 경제성 그리고 환경성을 가짐
- 구조적 특징으로 상판의 아래에 고무층이 존재함
- 보통 변위값은 1.6~2.2mm이고 최대 2.4mm



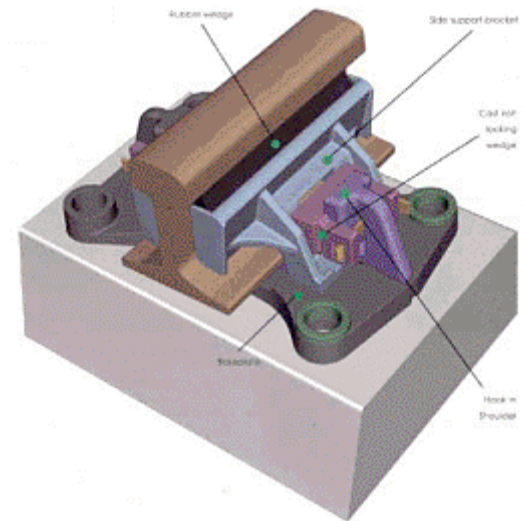
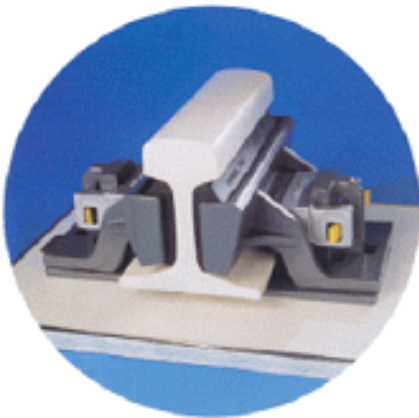
DELKOR(Alt-II) 궤도구조



Alternative-II 방진체결장치

Pandrol Vanguard 궤도(영국)

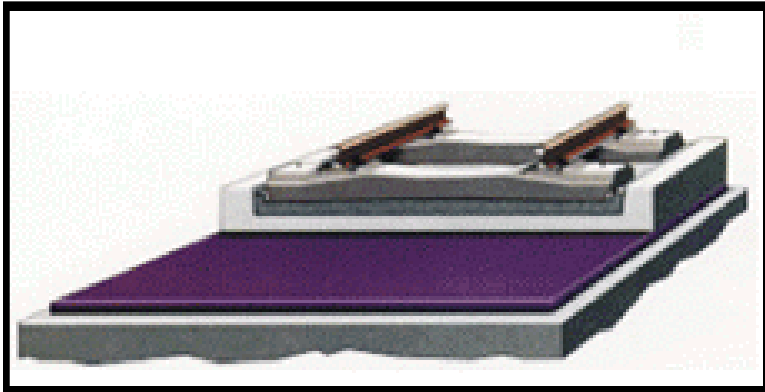
- 수직 스프링계수 낮추고 레일 두부의 횡변위를 최소화하여 진동 차단 성능을 floating slab보다 훨씬 저렴한 비용으로 제공하는 제품
- 레일 두부 아래 쪽과 측면에서 큰 고무판(rubber wedge)에 의해 떠 받쳐져 레일 하부는 공중에 뜨는 구조
- 7.5kN/mm의 매우 낮은 동적 강성
- 진동과 2차 소음을 크게 감소
- 레일 종방향 저항력이 커서 레일 사이에 하중이 전이되거나 교량이 열팽창하는 것을 방지
- 종방향 변형(longitudinal creep) 저항성은 요구조건에 맞추어 콘크리트에 고정된 후에도 조정가능
- 횡방향 바닥면의 locking wedge의 높이를 조정하여 궤간 및 슬랙의 조절이 간단($\pm 20\text{mm}$)
- 레일의 회전 최소화, 베이스 플레이트 방식보다 더 많은 수직방향 변위를 허용
- Floating Slab Track 사용에 제약이 있는 부위에 적합
- 터널의 높이를 최소화할 수 있어 건설비용 감소
- 모든 부속품이 쉽게 교환이 가능하여 유지보수가 용이



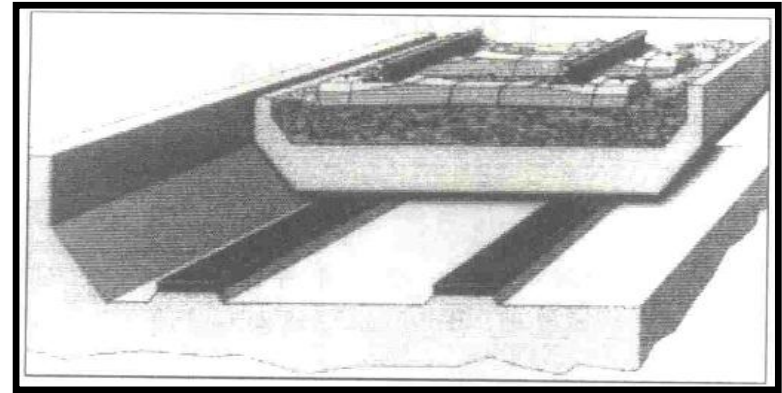
[그림] Vanguard 궤도

부유식 슬래브궤도(Floating Slab Track)

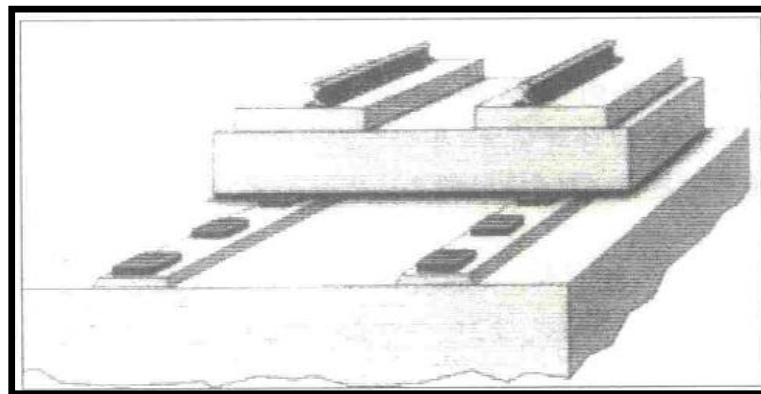
- 진동이나 고체음에 민감한 건물이 있는 경우에 주로 사용
- 궤도의 고유진동수를 7~15Hz 정도로 낮출 수 있어 진동 및 고체음차단에 매우 탁월한 효과
- 스프링 삽입시스템: 슬래브와 터널바닥 사이에 스프링이 들어가 열차로 인해 발생하는 진동의 전달을 감소
- 패드 삽입시스템: 슬래브와 도상 사이에 고무나 기타 탄성체 패드를 삽입하여 진동을 감소



[그림] Full Surface Supporting 도상



[그림] Linear Support 도상



[그림] Discrete Bearing System 도상

레일(Rail)

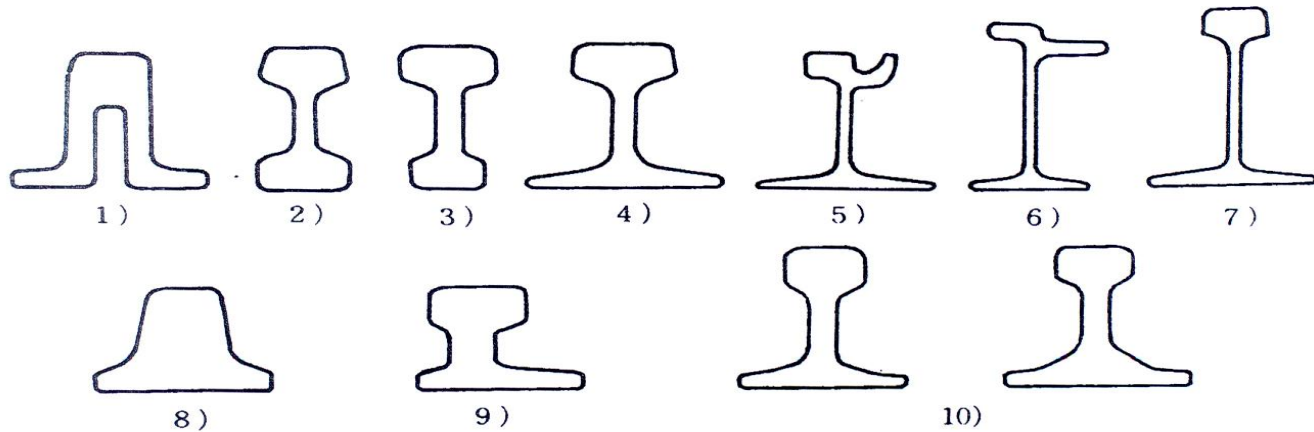
(1) 역할 및 작용

- 레일은 열차하중을 침목과 도상을 통하여 넓게 노반에 분포시키며, 평활한 주행면을 제공하여 주행저항을 작게 하고, 차량의 안전운행을 확보하여야 한다.
- 레일에는 수직력(垂直力: 輪重), 횡압력(橫壓力), 축방향력(軸方向力: 軸壓)이 작용하므로 이에 견딜 수 있어야 하며 전기 신호분야 전류흐름이 원활하여 상호기능을 유지하게 한다.
- 따라서 레일은 궤도의 구성재료 중 가장 중요한 역할

(2) 레일의 구비조건

- 두부의 형상은 차륜이 탈선하기 어려울 것
- 초기투자비와 유지보수비를 감안할 때 경제적인 것
- 진동 및 소음 감소에 유리하고 전기흐름에 저항이 적을 것
- 마모후의 형상과 차이가 적을 것
- 수직하중에 대하여 높이가 높을 것
- 저부형상은 설치에 안정하도록 폭이 넓을 것
- 철도의 특성(통과톤수, 보수 어려움, 부식증가)에 적합할 것

(3) 레일의 형상



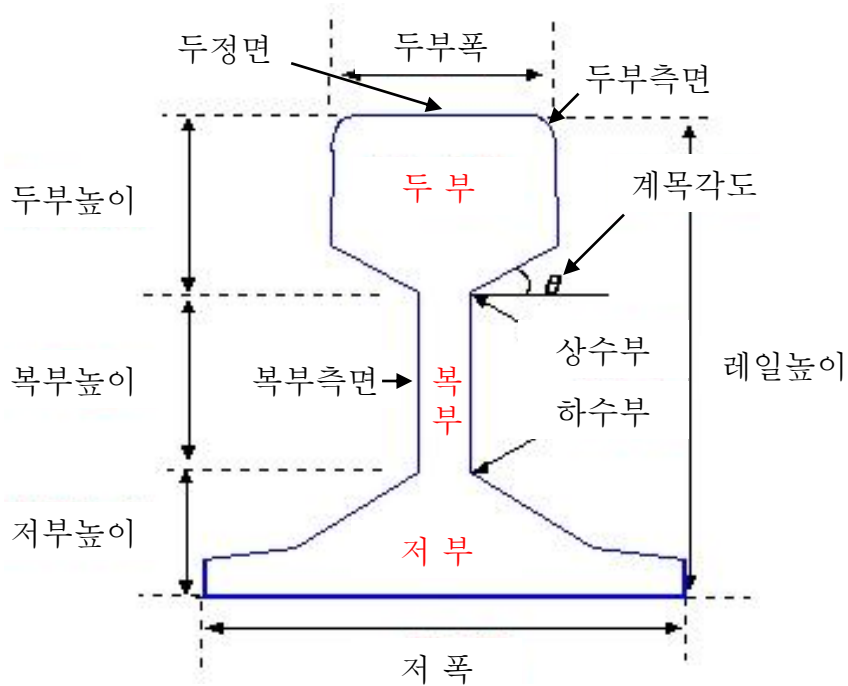
[그림] 각종 레일의 단면형상

1) 교형레일(bridge rail)	6) 층불이레일(step rail)
2) 쌍두레일(double-head rail)	7) 고T 레일 (high-tee rail)
3) 우두레일(bull-head rail)	8) 帽(모)자형 분기용레일(tongue rail)
4) 평저레일(flat-bottom rail)	9) N.S 분기용 레일(N.S tongue rail)
5) 홈불이레일(grooved rail)	10) 프랑스 분기용 레일(France tongue)

※ 평저레일(Flat-Bottom Rail or Track)

1831년 미국인 로버트 L 스티븐스(Robert, L, Stevens)이 고안하였다. 당시는 T 레일(tee rail)이라 불렸으며, 이 레일은 동일 단면적으로는 2차 모멘트가 크다. 또한 레일을 침목에 체결할 때 안전도가 크고 체결장치가 간단하여 경제적이며 세계적으로 보급되어 사용하고 있다.

(4) 평저레일의 단면결정 요소



레일의 각부 명칭

1) 레일 각부의 단면적비

- 두부, 복부, 저부의 단면적 비율, 형상 등을 고려

2) 레일의 높이

- 높이가 높을수록 수직력에 대한 강도 증가
- 저폭과의 비가 균형을 잃으면 횡압에 대해 불안정

3) 레일 두부

- 두부형상은 차륜형상과 관련하여 결정
- 차륜과의 접촉면적을 되도록 넓게
- 접촉압력, 마모를 적게하고 탈선위험이 적도록 설계

4) 레일 복부

- 두부에 작용하는 수직력과 횡압을 저부에 전달
- 두부에 작용하는 횡압에 의한 bending moment에 저항
- 복부의 두께는 레일의 높이로 결정

5) 레일의 저부

- 횡압에 대한 안전과 레일의 높이와 관련하여 결정

(5) 레일의 무게(weight of rail)

- 단위 m당 중량(kg/m)로 표시
- 레일 단면이 클수록 선로강도가 증대되어 열차안전운행의 확보와 선로보수비의 절감을 기할 수 있음

(6) 레일 길이(length of rail)

1) 레일의 이음매는 궤도구조상 가장 약점으로 보수노력을 증대시키고, 차량동요를 일으켜 승차감을 저해함.

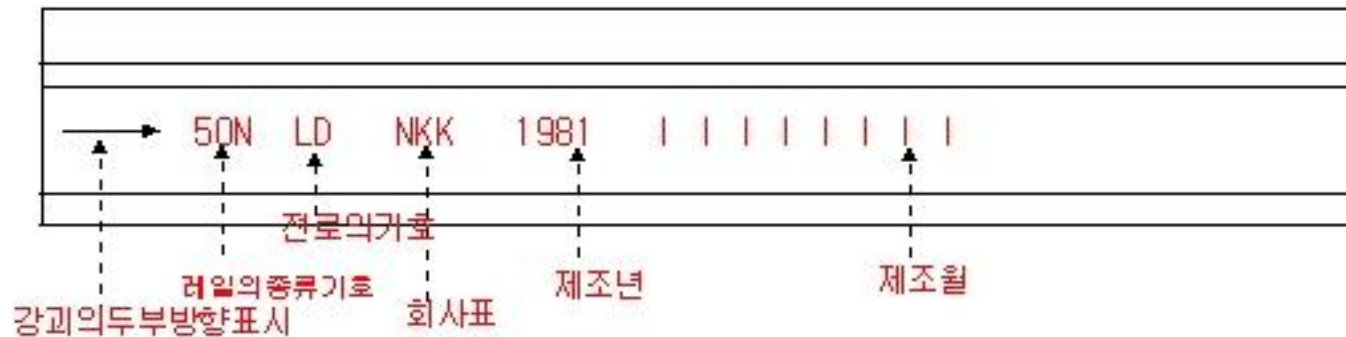
2) 레일 길이의 제한사유

- 온도 신축에 따른 이음매 유간의 제한
- 레일 구조상의 제한
- 운반 및 보수 작업상의 제한
- 레일 길이와 차량의 고유진동주기와의 관계

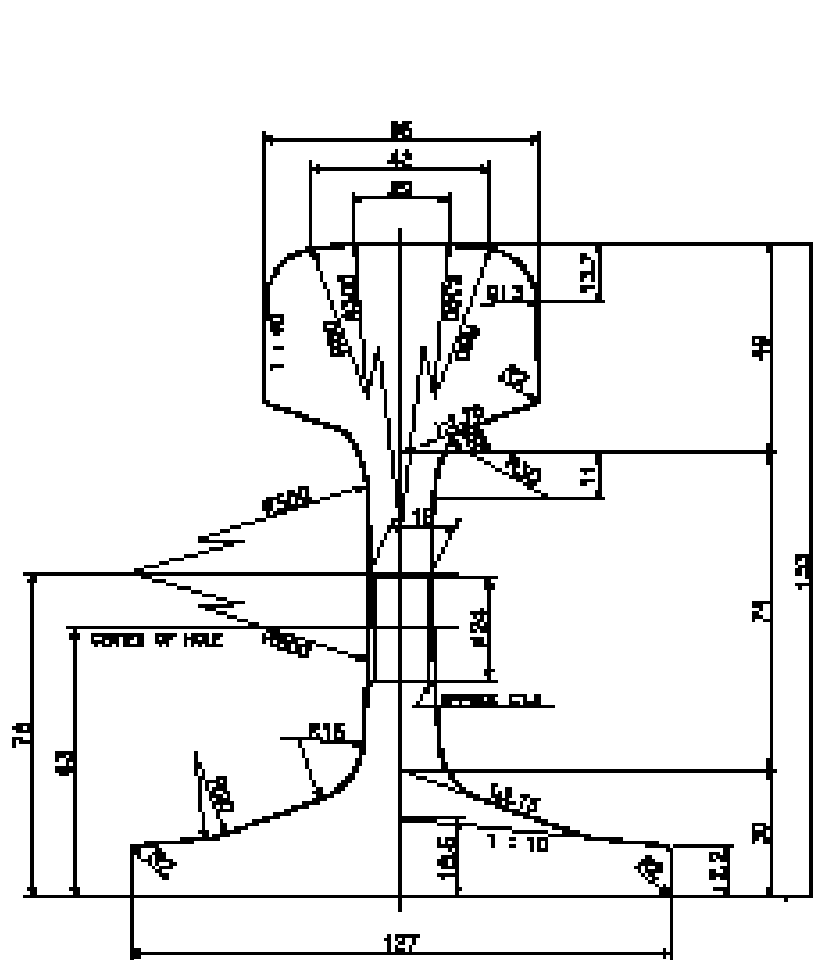
3) 레일의 길이에 의한 분류

- 장대레일(long rail) : 200m 이상(고속철도 300m 이상)
- 장척레일(longer rail) : 25~200m 미만
- 정척레일(standard rail) : 25m
- 단척레일(shorter rail) : 5~25m

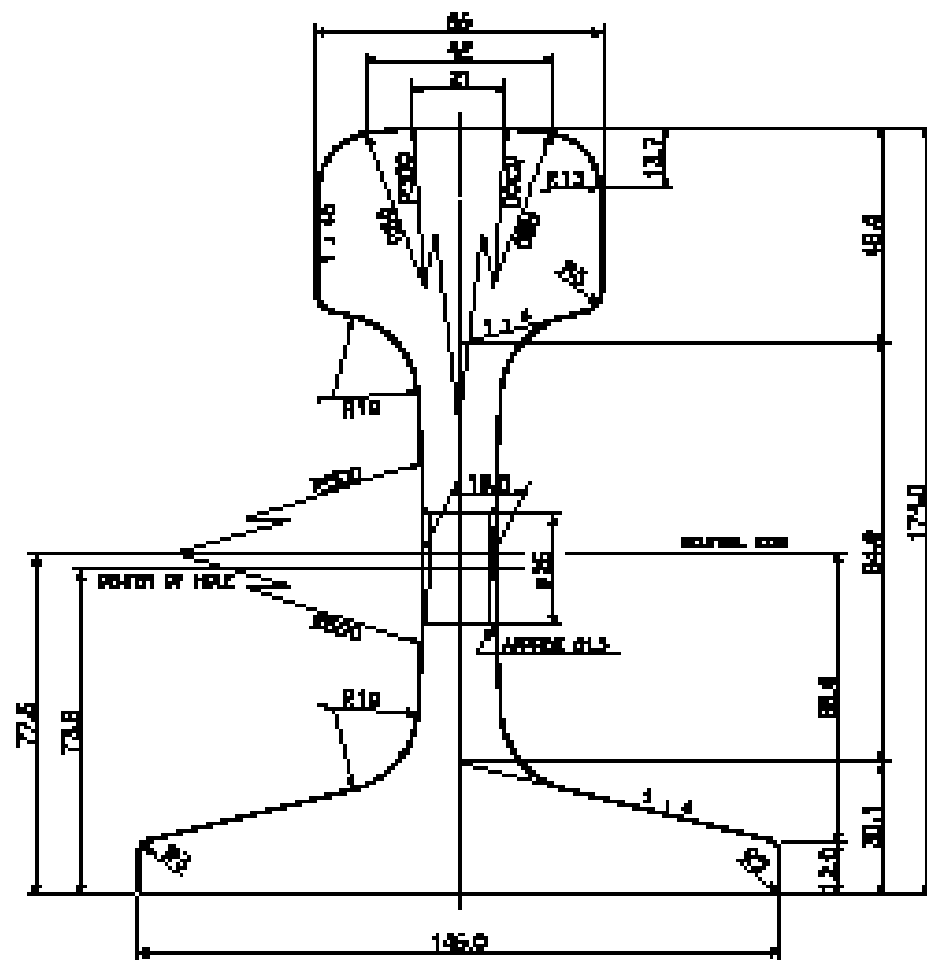
(7) 레일의 구조



[그림] 레일의 각인 예

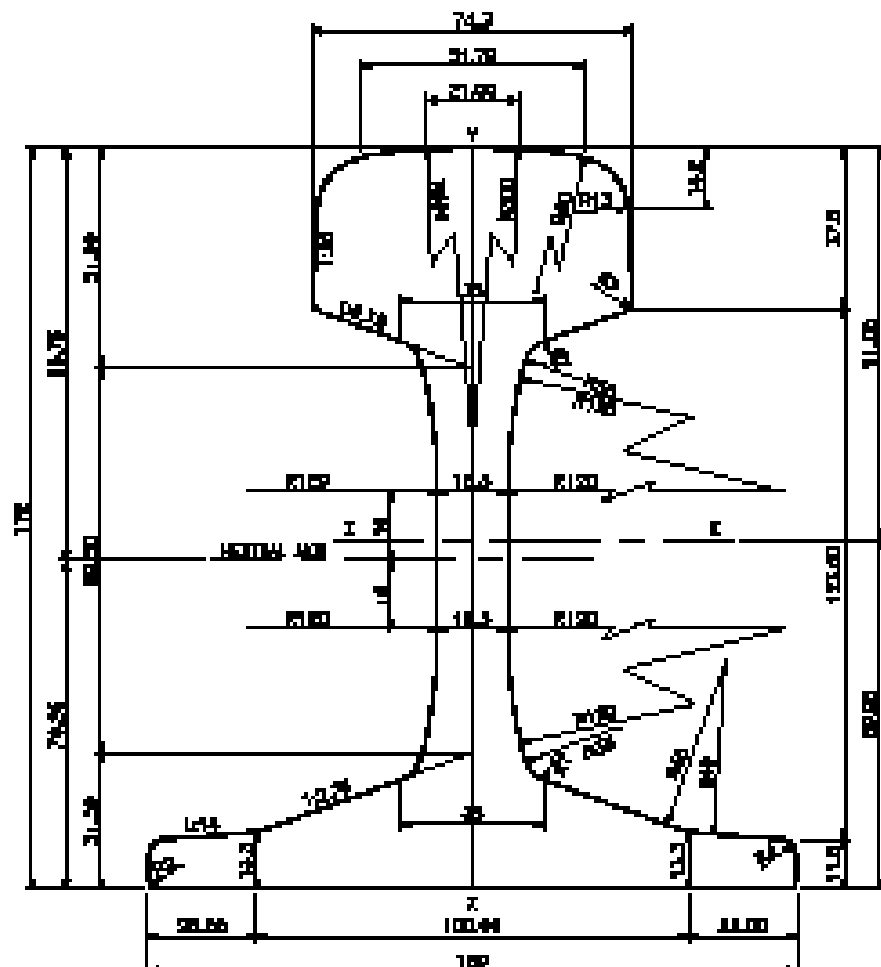


(a) 50N 레일

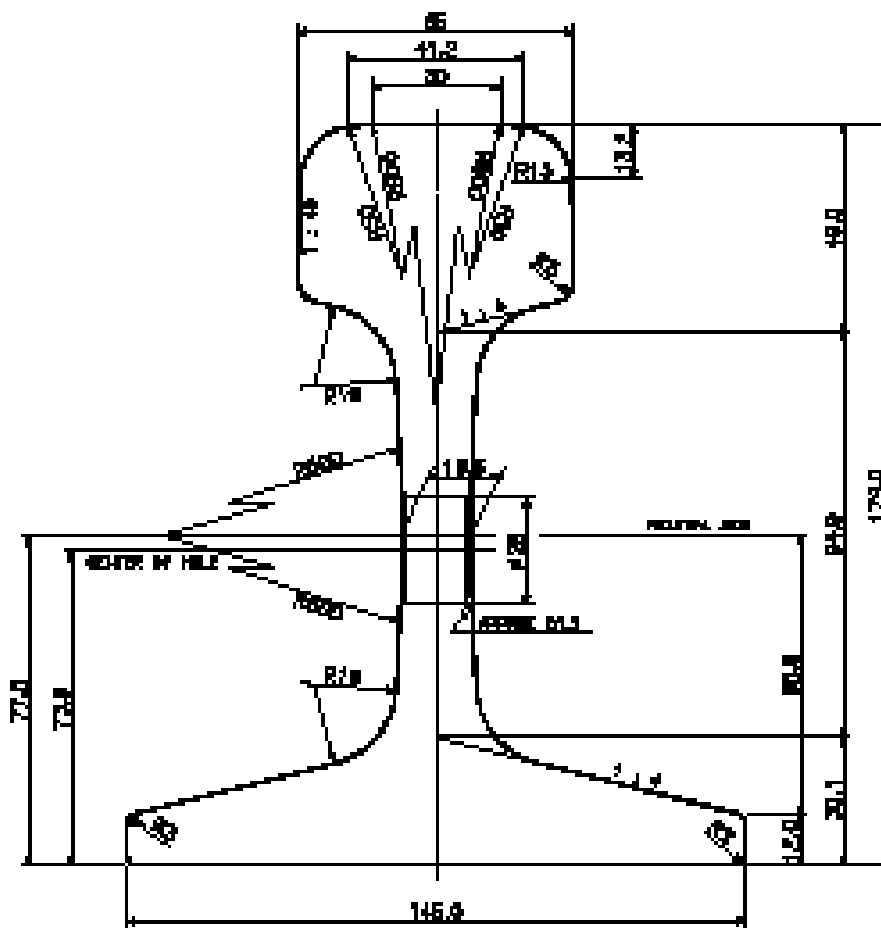


(b) KS60 레일

[그림] 레일의 표준단면



(c) UIC60 레일



(d) 60K 및 KR60 레일

[그림] 레일의 표준단면

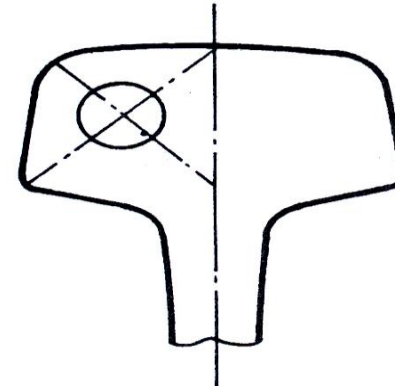
레일의 시험 및 검사

(1) 인장시험

- 시험편 채취위치는 레일두부임.
- KSB 0802 금속재료인장시험방법의 규정에 따름.

(2) 낙중시험

- 지간 0.914m의 2지점 위에 레일을 얹어 놓고 그 중앙에 907kg의 추를 아래 표에 규정된 높이에서 자유낙하시켜 부러짐, 터짐, 결손 등의 이상이 없어야 함.



[그림] 인장시험편 위치

[표] 낙중시험규격

종 류	시험편의 지지방법	낙하높이(m)	span(m)	타격회수
30kg 레일	머리부를 위로 하여 얹는다	4.0	0.914	1회
37kg 레일		5.0		
40kg N 레일	머리부를 아래로 하여 얹는다	5.1		
50kg 레일	머리부를 위로 하여 얹는다	5.8		
50kg N 레일	머리부를 아래로 하여 얹는다.	7.0		
60kg 레일		10.6		

(3) 휨 시험

- span 1m인 레일중앙에 소정의 하중을 재하시킬때의 처짐량과 하중을 제거한 후의 영구 처짐량을 조사한 후 파단될 때까지 재하시켜 파단하중을 조사.

(4) 경도시험

- 레일 살 붙이기 용접부 시험 이외에는 참고로 하는 것이며, 부리넬(brinell) 경도는 평균 HB 235정도이다.

(5) 파단시험

- 낙중시험에 합격한 시험편을 파단시켜 단면에 흠이 있는가를 조사

(6) 피로시험

- 피로시험기로 시험편 시험 및 원형레일의 피로 시험을 시행.
- 열차의 누적통과톤수로 레일종류에 따라 피로한도를 감안하여 레일갱환주기를 규정, 사용하고 있음.

[표] 외국철도의 레일피로 교환주기

국가별	레일종별	교환 누적통과 톤수(억톤)
일 본	60kg 레일	6
	50kg 레일	4
	40kg 레일	3
	37kg 레일	2
프랑스	UIC60 레일	5~6
독일 국철	S49 레일	1.5~2.0
	S54 레일	2.5~3.5
	UIC60 레일	4.5
러시아 국철	P50 레일	3.5
	P65 레일	5.5(8.3)
	P75 레일	6.0

평가하기

자갈도상의 특징과 콘크리트 도상의 특징에 대해 설명하시오