

한국철도표준규격

KOREAN **R**AILWAY **S**TANDARDS

KRS TR 0014 - 15R

레일체결장치

Rail Fastening System



Korean Railway Standards

철도기술심의위원회 심의
2009년 6월 30일 제정

레일체결장치

Rail Fastening System

1. 적용범위

- 1.1 이 규격은 일반구간 및 분기기용(미끄럼상판 및 가드레일에 한함)으로 사용되는 침목용, 콘크리트 침목용 및 슬래브궤도용 레일체결장치에 대하여 적용한다. 다만, 미끄럼상판 및 가드레일 이외의 분기구에 적용되는 레일체결장치는 일반구간용 레일체결장치로 간주한다.
- 1.2 국내에 적용되는 레일체결장치는 이 규격에서 규정하는 시험방법에 의해 시험하여 성능기준을 만족하여야 한다.
- 1.3 이 규격은 레일체결장치가 조립된 상태로 기능을 발휘하는 구조에 대한 형식승인을 위한 것이다.

2. 용어정의

2.1 레일체결장치의 적용 구분

일반적인 축중, 곡선반경, 설계속도, 레일 단면, 침목 또는 지지체 간격 등에 따라 체결장치 형식을 다음과 같이 구분하며, 요구 사항을 규정하는 것은 아니다.

2.1.1 A형식 체결장치

도시철도, 산업용 철도 등과 같이 일반적으로 축중 100 kN, 최소 곡선반경 80 m, 최고 속도 100 km/h, 40 kg/m 레일, 침목 또는 지지체 간격이 800 mm 내외인 선로에 적용되는 레일체결장치

2.1.2 B형식 체결장치

도시철도, 산업용 철도 등과 같이 일반적으로 축중 160 kN, 최소 곡선반경 100 m, 최고 속도 140 km/h, 50 kg/m 또는 60 kg/m 레일, 침목 또는 지지체 간격이 600 mm 내외인 선로에 적용되는 레일체결장치

2.1.3 C형식 체결장치

일반철도와 같이 일반적으로 축중 225 kN, 최소 곡선반경 400 m, 최고 속도 250 km/h, 60 kg/m 레일, 침목 또는 지지체 간격이 600 mm 내외인 선로에 적용되는 레일체결장치

2.1.4 D형식 체결장치

고속철도와 같이 일반적으로 축중 180 kN, 최소 곡선반경 800 m, 60 kg/m 레일, 침목 또는 지지체 간격이 600 mm 내외, 모든 최고 속도 대역에 적용되는 레일체결장치

2.1.5 E형식 체결장치

화물선 또는 객화차 혼용선과 같이 일반적으로 축중 300 kN, 최소 곡선반경 150 m, 최고 속도 200 km/h, 60 kg/m 레일, 침목 또는 지지체 간격이 600 mm 내외인 선로에 적용되는 레일체결장치

2.2 자갈궤도(Ballast track)

침목들이 자갈도상 내에서 지지되는 궤도

2.3 슬래브궤도(Slab track)

레일을 지지하고 궤도하중을 하부로 전달하는 구조가 탄성을 갖고 있는 자갈층 없이 노반에 직접적으로 지지되는 궤도구조로 아스팔트궤도, 현장타설 철근 콘크리트궤도, 프리캐스트 콘크리트궤도, 그리고 프리캐스트 콘크리트와 현장타설 콘크리트 또는 아스팔트 등이 결합된 궤도 등이 있다.

2.4 침목(Sleeper)

레일을 지지하고 레일을 보호하며, 레일을 올바른 위치에 고정시키는 보(Beam)로써 주행 레일과 가드 레일 등을 직각으로 지지하고 하나의 궤도를 형성하기 위해 두 개의 주행 레일을 지지한다.

2.5 지지체(Bearer)

구조가 복잡적이고, 주행레일과 가드레일 등을 지지하는 보이나 직각이 아닐 수도 있다. 이 빔은 하나의 궤도를 형성하기 위해 여섯 개의 주행 레일을 지지하기도하고 분기기에서 사용되는 다른 구성 요소들을 지지한다.

2.6 베이스플레이트(Baseplate)

레일을 지지하며 지지체를 보호하는 비탄성 구성품

2.7 베이스플레이트패드(Baseplate pad)

베이스플레이트와 침목사이 위치하는 비금속성 패드

2.8 레일패드(Rail pad)

레일과 베이스플레이트 또는 레일과 침목사이에 위치하는 비금속성 패드

2.9 주행 레일

궤도를 따라 차량의 주행 차륜을 직접 지지하는 레일

2.10 매립형 레일

패널 내에 설치되고, 레일 주위는 비활성 재료로 채워져 있으며, 주변의 지면과 거의 동일한 높이의 주행 표면으로 설치된 레일. 하나의 윤연로(flangeway)가 레일의 궤간 면과 나란히 유지되며, 레일은 주변 재료의 부착이나 기계식 체결에 의해 고정되어 있다.

2.11 가드레일

주행 레일의 궤간 면에 근접하게 놓여 있고, 바퀴의 횡 방향 유도를 담당하며, 급곡선 궤도 및 분기기, 건널목 등에서 탈선을 막아주는 레일

2.12 레일체결장치(Fastening system)

레일을 지지 구조물에 고정하고, 수직, 횡, 종방향으로 허용범위 안에서 요구되는 위치를 유지하는 구성품의 조합체로, 하중을 레일로부터 지지체에 분산시키며 접촉부의 마모 방지 및 레일과 지지체 사이를 전기적으로 절연시키는 구성품들을 포함한다.

2.13 직접 체결장치(Direct fastening system)

레일이 지지체에 직접적으로 고정되는 체결장치 형식(베이스플레이트가 있거나 없을 수 있음)

2.14 간접 체결장치(Indirect fastening system)

베이스플레이트가 지지체에 고정되는 체결장치와는 별도로 레일이 베이스플레이트에 체결장치로 고정되는 체결장치 형식

2.15 복부(web)지지 체결장치

레일저부가 아닌 레일복부를 지지하여 침목 또는 지지체에 고정시키는 체결장치 형식

2.16 강결 체결장치

레일을 침목에 단단히 체결되도록 설계된 체결장치로서 레일패드 이외의 어떠한 부품도 탄성을 가지고 있지 않음(완전히 압축된 스프링 와서는 탄성 부품이 아님)

2.17 체결력(Clamping force)

체결클립에 의하여 레일저부의 윗면에 작용하는 수직하중

2.18 정적 강성(Static stiffness)

일축의 정적하중작용을 받을 때 측정된 변위 당 힘

2.19 수직 강성(Vertical stiffness)

레일의 차륜 주행 면에서 측정된 수직 변위 당 힘으로써 최소 및 최대하중을 주고 지정된 하중 폭 사이의 변위를 측정한다.

2.20 동적 강성(Dynamic stiffness)

주기적인 일축방향 하중 하에 측정된 단위하중에 따른 변위

2.20.1 저주파 동적 강성

주파수 범위 (3 ~ 30) Hz 사이에서 측정된 강성

2.20.2 고주파 동적 강성

주파수 범위 (20 ~ 450) Hz 사이에서 측정된 강성

2.21 전이 강성(Transfer stiffness)

(25 ~ 400) Hz 범위 내에서 단순 조화 진동을 가하는 동안 출력부분의 힘과 입력부분의 변위에 대한 주파수 종속 비율

2.22 진동 감쇠(Vibration attenuation)

주행 레일 및 가드레일로 부터 지지 구조물에 전달되는 과정에서 생기는 진동의 감소

3. 적용문서 및 부호

3.1 적용문서

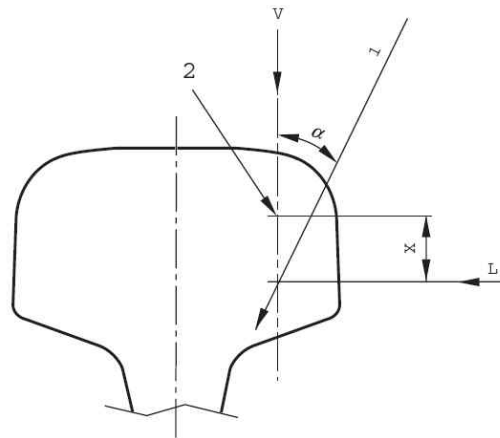
- EN 13146-1 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 1 : Determination of longitudinal rail restraint
- EN 13146-2 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 2 : Determination of torsional resistance
- EN 13146-3 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 3 : Determination of attenuation of impact loads
- EN 13146-4 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 4 : Effect of repeated loading
- EN 13146-5 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 5 : Determination of electrical resistance
- EN 13146-6 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 6 : Effect of severe environmental conditions
- EN 13146-7 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 7 : Determination of clamping force
- EN 13146-9 Railway applications-Track-Test methods for fastening systems Part 9 : Determination of stiffness
- EN 13481-1 Railway applications-Track-Performance requirements for fastening systems Part 1 : Definitions

- EN 13481-2 Railway applications-Track-Performance requirements for fastening systems Part 2 : Fastening systems for concrete sleeper
- EN 13481-3 Railway applications-Track-Performance requirements for fastening systems Part 3 : Fastening systems for wood sleeper
- EN 13481-5 Railway applications-Track-Performance requirements for fastening systems Part 5 : Fastening systems for slab track with rail on the surface of rail embedded in a channel
- EN 13481-7 Railway applications-Track-Performance requirements for fastening systems Part 7 : Special fastening systems for switches and crossings and check rails
- EN ISO 9227 Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests
- EN 27888 Water quality. Method for the determination of electrical conductivity

3.2 부호

- F_{SPmax} 패드의 정적 수직강성 측정 시 패드에 가해지는 최대 하중, kN (6.2.2, 별지 1)
- F_{SP1} 패드의 정적 수직강성 측정을 위해 가정된 초기 체결력, kN (6.2.2, 별지 1)
- F_{SP2} $0.8F_{SPmax}$, kN (6.2.2, 별지 1)
- k_{SP} 패드의 정적 수직강성, kN/mm (별지 1)
- d_{SP} 패드의 평균 수직 변위, mm (별지 1)
- F_{LFPmax} 패드의 저주파 동적 수직강성 측정을 위한 기준 하중, kN (6.2.2, 별지 2)
- F_{LFP1} 패드의 동적 수직강성 측정을 위해 가정된 초기 체결력, kN (6.2.2, 별지 2)
- F_{LFP2} $0.8F_{LFPmax}$, kN (6.2.2, 별지 2)
- d_{LFP} 패드의 저주파 동적 수직강성 측정 시 패드의 변위, mm (별지 2)
- k_{LFPf} 특정 주파수에서 패드의 저주파 동적 수직강성, kN/mm (별지 2)
- $k_{LFPmean}$ 5 Hz, 10 Hz 및 20 Hz에서 측정된 패드의 저주파 동적 수직강성 평균값, kN/mm (별지 2)
- F_{SAmax} 체결장치 조립체의 정적 수직강성 측정 시 조립체에 가해지는 최대 하중, kN (6.2.2, 별지 1)
- F_{SA1} 체결장치 조립체의 정적 수직강성 측정 시 조립체에 가해지는 최소 하중, kN (6.2.2, 별지 1)
- F_{SA2} $0.8F_{SAmax}$, kN (6.2.2, 별지 1)
- k_{SA} 체결장치 조립체의 정적 수직강성, kN/mm (별지 1)
- d_{SA} 체결장치 조립체의 평균 수직 변위, mm (별지 1)
- F_{LFAmax} 체결장치 조립체의 저주파 동적 수직강성 측정을 위한 기준 하중, kN (6.2.2, 별지 2)
- F_{LFA1} 체결장치 조립체의 동적 수직강성 측정 시 조립체에 가해지는 최소 하중, kN (6.2.2, 별지 2)
- F_{LFA2} $0.8F_{LFAmax}$, kN (6.2.2, 별지 2)
- k_{LFA} 체결장치 조립체의 동적 수직강성, kN/mm (별지 2)
- d_{LFA1} F_{LFA1} 재하 시 체결장치 조립체의 변위, mm (별지 2)
- d_{LFA2} F_{LFA2} 재하 시 체결장치 조립체의 변위, mm (별지 2)
- F_{HFAmax} 체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 가해지는 정적 선행하중, kN (별지 2)

F_{HFAD2}	직접법에 의한 전이 강성 측정 시 출력 하중, N (별지 2)
α_{HFAD1}	직접법에 의한 전이 강성 측정 시 작용 가속도, m/s^2 (별지 2)
α_{HFAD1}	직접법에 의한 전이 강성 측정 시 출력 가속도, m/s^2 (별지 2)
ω_{HFAD}	각 진동수 = $2\pi f_{HFAD}$, rad/s (별지 2)
k_{HFAD}	직접법에 의한 체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 전이 강성, N/m (별지 2)
m_{HFAD}	탄성체 아래에 위치하는 체결장치 조립체의 모든 구성품 및 정반의 질량, kg (별지 2)
k_{HFAD_c}	체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 수정 전이 강성, N/m (별지 2)
L_{HFAD_k}	체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 전이 강성 레벨, 1 N/m 당 dB (별지 2)
ν_{HFAD1}	반응속도 = $\frac{\alpha_{HFAD1}}{j\omega_{HFAD}}$ (여기서, $j = \sqrt{-1}$)
F_{HFAD2}	간접법에 의한 전이 강성 측정 시 출력 하중, N (별지 2)
α_{HFAD1}	간접법에 의한 전이 강성 측정 시 작용 가속도, m/s^2 (별지 2)
α_{HFAD2}	간접법에 의한 전이 강성 측정 시 출력 가속도, m/s^2 (별지 2)
ω_{HFAD}	각 진동수 = $2\pi f_{HFAD}$, rad/s (별지 2)
k_{HFAD}	간접법에 의한 체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 전이 강성, N/m (별지 2)
F_{HFAP1}	구동점법에 의한 체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 동적 입력하중, N (별지 2)
F_{HFAP_c}	구동점법에 의한 체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 측정 시 체결장치 조립체가 없을 때의 동적 입력하중, N (별지 2)
α_{HFAP1}	구동점법에 의한 전이 강성 측정 시 작용 가속도, m/s^2 (별지 2)
α_{HFAP_c}	구동점법에 의한 전이 강성 측정 시 수정 가속도, m/s^2 (별지 2)
L_{HFAP_k}	구동점 강성 레벨(point stiffness level), 1 N/m 당 dB (별지 2)
k_{HFAP_c}	수정 구동점 강성, N/m (별지 2)
P_V	그림 1에서 경사 하중에 대한 수직 분력(레일 주행면에 수직), kN (그림 1, 별지 6)
P_L	그림 1에서 경사 하중에 대한 수평 분력(레일 주행면에 평행), kN (그림 1)
X	그림 1에서 P_L 작용선과 레일 두부 코너 반경의 중심 사이의 거리, mm (그림 1, 별지 6)
α	그림 1에서 경사 하중과 레일 주행면에 수직인 선과의 각도, ° (그림 1, 별지 6)
D_1	종방향력 제하 시 레일에 발생하는 최대 종방향 변위, mm (별지 4)
D_2	종방향력 제거 후 레일에 발생한 잔류 종방향 변위, mm (별지 4)
D_3	슬립 발생하기 전 레일의 종방향 탄성 변위, mm (별지 4)
D_r	수지고정형 체결장치가 적용된 매립형 궤도의 최대 종방향 변위, mm (별지 4)
F	소성 변위가 발생하지 않은 범위에서 레일에 작용한 최대 종방향력, kN (별지 4)
F_{max}	슬립 발생 시의 종방향력, kN (별지 4)
k_L	수지고정형 체결장치가 적용된 매립형 궤도의 종방향 강성, kN/mm/m (별지 4)
L_T	매립형 궤도의 시험체 길이, mm (별지 4)



1. 하중재하 선 2. 두부 코너 반경 중심

[그림 1] 하중재하 위치

4. 레일체결장치 적용 구분

일반구간 및 분기구간에 사용되는 목침목용, 콘크리트 침목용 및 슬래브궤도용 레일체결장치 형식을 최대 설계 축중 및 최소 곡선반경을 기준으로 구분하면 [표 1]과 같다. 목침목용 레일체결장치는 A ~ C, E형식, 콘크리트 침목용 체결장치는 A ~ E형식, 슬래브궤도용 레일체결장치는 A ~ D형식 체결장치가 적용된다.

[표 1] 체결장치 적용 구분

적용 구분	최대 설계 축중(kN)	최소 곡선반경(m)
A형식	130	40
B형식	180	80
C형식	260	150
D형식	260	400
E형식	350	150

주: A와 B형식 구간에 적용되는 최대 축중은 유지보수용 차량에 적용되지 않음

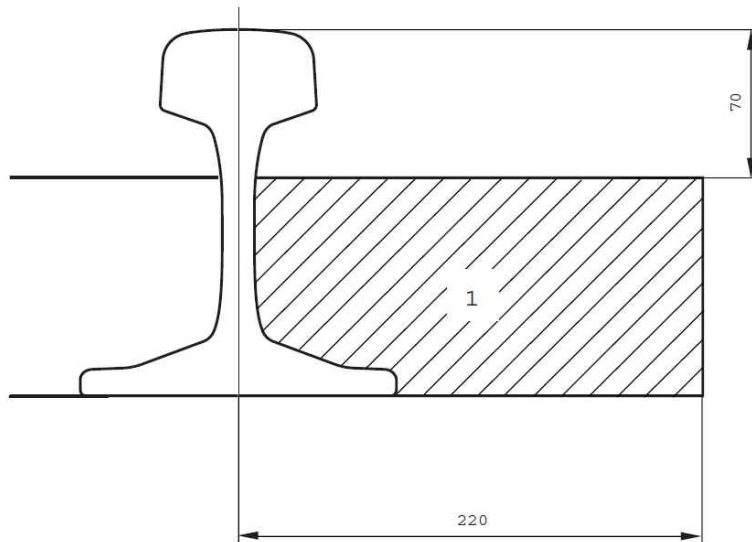
5. 필요조건

5.1 재료

레일체결장치를 구성하는 각 구성품은 각각의 제작사양서에 의한다.

5.2 형상 및 치수

레일체결장치를 구성하는 각 구성품의 형상 및 치수는 각각의 제작도면에 의한다. 단 차량과의 간섭을 피하기 위해 [그림 2]에 제시된 한계선 범위 내에 있어야 한다. 단 이 규정은 복부지지 체결장치의 경우 적용하지 않고, 이러한 체결장치의 경우 제작자는 차량과 간섭되지 않는 범위의 한계선 범위를 제공하여야 한다.



1. 조립된 레일체결장치의 한계선 범위(단위 : mm)

[주 1] 레일체결장치의 한계선 범위는 레일 중심선에 대해 대칭임

[주 2] 제3궤조가 적용되는 경우, 한계선 폭은 180 mm 임

[그림 2] 레일체결장치의 한계선

5.3 제조 및 가공

레일체결장치 제조에 소요되는 설비는 품질에 영향을 끼치는 공정을 자동화하여 소정의 정밀도로 제작할 수 있어야 한다.

6. 검사 및 시험

6.1 검사

각 구성품에 사용되는 소재들은 공인기관에서 시험한 재료 시험성적서가 첨부되어야 하며, 시험성적서 상의 세부 내용들은 제작사양서에서 규정하는 재료의 성질과 비교한다.

6.1.1 외관검사

각 구성품의 표면 상태와 비틀림, 요철, 균열 등의 여부를 확인하여야 한다.

6.1.2 치수검사

제작도면에 따라 각 구성품의 치수, 각도, 경사도 등에 대하여 시행한다.

6.2 시험

6.2.1 소재시험

소재시험은 각 재료에 해당하는 KS 규격에 제시된 시험방법에 따라 실시한다. (화학성분분석, 밀도, 용융점, 전기저항, 경도, 인장강도, 신율 등)

6.2.2 제품시험

가. 수직강성 시험

레일체결장치의 수직강성 시험은 정적 및 동적 수직강성 시험으로 구분된다.

1) 정적 수직강성 시험

패드 단품과 레일체결장치 조립체의 정적 수직강성을 확인하는 시험으로 반복하중 시험 전·후의 레일체결장치 정적 수직강성은 「별지 1 레일체결장치의 정적 수직강성 시험」에 따라 조립체로 시험한다. 구매자가 패드의 단품시험을 요구할 경우에도 「별지 1 레일체결장치의 정적 수직강성 시험」으로 시험한다. 선로 특성이 반영된 체결장치 적용 구분에 따라 다음 [표 2]의 시험하중을 적용한다.

2) 동적 수직강성 시험

패드 단품과 레일체결장치 조립체의 동적 수직강성을 확인하는 시험으로 반복하중 시험조건을 결정하기 위하여 조립체의 저주파 동적 수직강성을 시험하고, 구매자의 요구가 있을 때 패드 단품의 저주파 및 고주파 동적 수직강성 시험과 조립체의 고주파 동적 수직강성 시험을 수행한다. 시험은 「별지 2 레일체결장치의 동적 수직강성 시험」으로 시험하며, [표 2]의 시험하중을 적용한다.

[표 2] 수직강성 측정을 위한 하중

체결장치 적용구분	레일 패드			조립체		
	F_{SP1} , F_{LFA}	F_{SPmax} , F_{LFPmax}	F_{SP2} , F_{LFP2}	F_{SA1} , F_{LFA1}	F_{SAmax} , F_{LFAmax}	F_{SA2} , F_{LFA2}
A형식	16 kN	51 kN	40.8 kN	1 kN	32 kN	25.6 kN
B형식	18 kN	64 kN	51.2 kN	1 kN	43 kN	34.4 kN
C형식	18 kN	85 kN	68 kN	1 kN	64 kN	51.2 kN
D형식	18 kN	85 kN	68 kN	1 kN	64 kN	51.2 kN
E형식	20 kN	119 kN	95.2 kN	1 kN	95 kN	76 kN

주1 : E형식은 슬래브케도용에 적용되지 않는다.
 주2 : 레일을 연속지지하고 있는 경우, 구분 A는 800±10mm 길이의 시편으로 시험하고, B, C, D형식은 600±10mm 길이의 시편으로 시험한다.
 주3 : 매립케도에서 수직강성은 단위길이 당으로 표현한다.
 주4 : 체결력(F_{SP1})이 현저히 다른 체결장치는 조립체로 수직강성 시험을 실시한다.

나. 체결력 시험

레일체결장치의 체결력 시험은 레일 저부를 그의 지지점으로 부터 분리하기 위한 힘을 측정하는 시험으로 「별지 3 레일체결장치의 체결력 시험」으로 시험한다. 다만, 복부지지 체결장치 및 매립형 케도의 경우 이 시험은 적용되지 않는다.

다. 종방향 저항력 시험

종방향 저항력 시험은 체결장치의 종방향 저항력을 측정하는 시험으로 「별지 4 레일체결장치의 종방향 저항력 시험」에 의해 시험한다. 장대교량과 같은 구조물 상에서 케도와 구조물 간에 전달된

중방향 힘의 조정이 필요한 경우 설계 결과에 따라 중방향 저항력의 최소 요건은 감소하여 조정될 수 있다.

라. 비틀림 저항력 시험

비틀림 저항력 시험은 체결장치의 비틀림 저항력을 측정하는 시험으로 「별지 5 레일체결장치의 비틀림 저항력 시험」의 절차에 의해 시험하며, 체결장치가 레일을 기준으로 좌우 대칭이 아닐 경우에는 하중재하 위치를 바꾸어 반복하여 시험한다. 이 시험은 발주자의 요구가 있을 때 시험을 실시한다.

마. 반복하중 시험

레일체결장치의 반복하중 시험은 시험 전·후에 시행하는 체결장치의 정적 수직강성, 체결력, 중방향 저항력의 변화가 기준범위 내에 있는지를 확인하는 시험으로 [표 3] 또는 [표 4]의 시험 하중과 하중재하 위치를 고려하여 「별지 6 레일체결장치의 반복하중 시험」에 의해 시험하여야 한다.

[표 3] 시험 하중과 하중 재하 위치(목침목 및 콘크리트 침목용 레일체결장치)

체결장치 적용구분	$\alpha(^{\circ})$	$\chi(\text{mm})$	$P_V / \cos \alpha, \text{kN}$	
			$k_{LFA} < 200$ kN/mm	$k_{LFA} \geq 200$ kN/mm
A형식	38.6	25	55	55
B형식	38.6	25	62	65
C형식	33	15	75	83
D형식	26	15	70	76
E형식	40	75	100	108

주1 : 시험하중은 [그림 1]과 같이 하중작용선을 통과하도록 가공된 레일단면 적용
 주2 : 표의 k_{LFA} 는 5 Hz 에서 측정된 체결장치 조립체의 저주파 동적 강성
 주3 : 복부지지 체결장치의 경우, 레일 단면이 변경되어서는 안 된다(즉, $\chi = 0$)

바. 전기저항 시험

레일체결장치의 전기저항 시험은 전기저항이 낮아지는 극한 기후조건에 노출되었을 때 체결장치의 전기저항을 평가하는 시험으로 「별지 7 레일체결장치의 전기저항 시험」에 의해 시험한다. 단 목침목에는 적용되지 않는다.

사. 부식저항 시험

레일체결장치의 부식저항 시험은 체결장치가 극한 환경에 노출되어 있을 때 체결장치가 부식에 견디는 정도를 알아보는 시험으로 「별지 8 레일체결장치의 부식저항 시험」에 의해 시험한다.

[표 4] 시험 하중과 하중 재하 위치(슬래브궤도용 레일체결장치)

k_{LFA}	< 50 kN/mm			≥ 50, < 75 kN/mm			≥ 75, < 100 kN/mm			≥ 100 kN/mm		
	α (°)	χ (mm)	$P_v / \cos\alpha$ (kN)	α (°)	χ (mm)	$P_v / \cos\alpha$ (kN)	α (°)	χ (mm)	$P_v / \cos\alpha$ (kN)	α (°)	χ (mm)	$P_v / \cos\alpha$ (kN)
A형식	45	100	50	45	100	55	38.6	50	65	38.6	50	80
B형식	38.6	100	55	38.6	100	60	38.6	50	70	38.6	50	85
C형식	33	25	60	33	25	65	33	25	75	33	25	95
D형식	26	15	60	26	15	65	26	15	75	26	15	95

주1 : 시험하중은 [그림 1]과 같이 하중작용선을 통과하도록 가공된 레일단면 적용
 주2 : 표의 k_{LFA} 는 5Hz 에서 측정된 체결장치 조립체의 저주파 동적 강성
 주3 : 복부지지 체결장치 및 매립형궤도용 체결장치의 경우, 레일 단면이 변경되어서는 안 된다(즉, $\chi = 0$)

아. 충격감쇠 시험

레일체결장치의 충격감쇠 시험은 침목에 고정된 레일에 충격을 가하고 이 때 침목에서 발생하는 변형률을 측정하여 레일패드의 완충효과를 확인하는 시험으로 「별지 9 레일체결장치의 충격감쇠 시험」에 의해 시험한다.

자. 인발저항 시험

레일체결장치의 인발저항 시험은 콘크리트 침목이나 슬래브에 매립된 부분이 열차에 의한 하중을 견딜 수 있는가를 측정하는 시험으로 「별지 10 레일체결장치의 인발저항 시험」에 의해 시험한다. 단, 목침목에는 적용되지 않는다.

7. 합격품질수준

7.1 품질보증

제조자는 검사 및 시험 성적서를 작성하고 발주자 또는 구매자에게 보고하여야 하며, KS Q ISO 9001의 요구사항에 따라 품질보증 시스템의 인증을 받아야 한다. 또한 수요자가 필요하다고 판단 될 때에는 제조 공정 중에서 시험편 채취 및 시험 시 입회하여 검증할 수 있다.

7.2 합격기준

「6. 검사 및 시험」 결과가 [표 5]의 합격기준에 적합할 때 합격으로 한다.

[표 5] 레일체결장치 성능시험 합격기준

구분	시험항목	검토항목	표준화 기준				비고	
			목침목용 레일체결장치	콘크리트 침목용 레일체결장치	슬래브궤도용 레일체결장치			
검사	외관검사	표면상태 및 결함여부	결함이 없어야 함	결함이 없어야 함	결함이 없어야 함			
	치수검사	치수, 각도, 경사도	제작도면에 규정	제작도면에 규정	제작도면에 규정			
소재 시험	구성품의 소재시험	화학성분분석, 밀도, 용융점, 전기저항, 경도, 인장강도, 신율 등	제작도면에 규정	제작도면에 규정	제작도면에 규정			
제품 시험	정적 수직강성 시험	정적 수직강성	요청자 제시값	요청자 제시값	요청자 제시값		별지1	
	동적 수직강성 시험	동적 수직강성	요청자 제시값	요청자 제시값	요청자 제시값		별지2	
	체결력 시험	초기 체결력	요청자 제시값	요청자 제시값	요청자 제시값		별지3	
	중방향 저항력 시험	중방향 저항력 및 중방향 강성	7 kN 이상 (A, B, C, E 형식)	250 km/h 미만	7 kN 이상 (A, B, C, E 형식)	250 km/h 미만	7 kN 이상 (A, B, C 형식)	별지4
				250 km/h 이상	9 kN 이상 (D 형식)	250 km/h 이상	9 kN 이상 (D 형식)	
	비틀림 저항력 시험	비틀림 저항력	요청자 제시값(별도요구 시)	요청자 제시값(별도요구 시)			별지5	
	반복하중 시험	수직강성 변화범위	반복하중시험 전 결과의 25% 이하 (A, B, C, E 형식)	반복하중시험 전 결과의 25% 이하 (A, B, C, D, E 형식)	반복하중시험 전 결과의 25% 이하 (A, B, C, D 형식)		별지6	
중방향 저항력 및 중방향 강성 변화범위		반복하중시험 전 결과의 20% 이하 (A, B, C, E 형식)	반복하중시험 전 결과의 20% 이하 (A, B, C, D, E 형식)	반복하중시험 전 결과의 20% 이하 (A, B, C, D 형식)				
체결력 변화범위				반복하중시험 전 결과의 20% 이하 (A, B, C, D 형식)				

[표 5] 레일체결장치 성능시험 합격기준(계속)

구분	시험항목	검토항목	표준화 기준			비고
			목침목용 레일체결장치	콘크리트 침목용 레일체결장치	슬래브궤도용 레일체결장치	
제품 시험	전기저항시험	전기저항		· 일반구간용 : 5 kΩ 이상 · 분기기용 : 3 kΩ 이상 (A, B, C, D, E 형식)	· 일반구간용 : 5 kΩ 이상 · 분기기용 : 3 kΩ 이상 (A, B, C, D 형식)	별지7
	부식저항시험	체결, 해체 및 손상유무	체결이 용이 하고, 손상이 없어야 함	체결이 용이 하고, 손상이 없어야 함	체결이 용이 하고, 손상이 없어야 함	별지8
	충격감쇠시험	충격감쇠량		요청자 제시값		별지9
	인발저항시험	균열유무		균열 및 파손이 없어야 함	균열 및 파손이 없어야 함	별지10
주	1 : 수지고정형 체결장치가 적용되는 매립형 궤도에 대한 종방향 강성 시험의 경우 0 ~ 7 mm사이의 변위에서 [별지 4]의 시험방법으로 시험하며, 육안으로 식별할 수 있는 손상이 없어야 한다. 2 : 체결력 변화범위에 대한 요구사항은 복부지지 체결장치 및 매립형궤도의 수지고정형 체결장치에는 적용되지 않는다. 3 : 정적 수직강성 변화범위에 대한 요구사항은 정적 수직강성이 300 kN/mm 이상인 체결장치에는 적용되지 않는다. 4 : AF궤도회로가 적용되는 콘크리트 슬래브궤도용 레일체결장치의 경우, 전기저항은 13 kΩ 이상이어야 한다. 5 : 분기기용 레일체결장치(미끄럼상판 및 가드레일)에서 안티크리프 패드를 레일 좌면부에 사용하는 경우 종방향 저항력은 7 kN 이상이어야 하고, 패드가 사용되지 않는 경우 종방향 저항력은 5 kN 이상이어야 한다. 6 : 반복하중 시험 관련 요구 성능을 만족하는 것은 다음 사항을 의미한다. · E형식 체결장치의 반복하중 시험 요구 성능을 만족하는 레일체결장치 : A~E형식 모두에 적용 가능함 · C형식 체결장치의 반복하중 시험 요구 성능을 만족하는 레일체결장치 : C, D형식 모두에 적용 가능함 · B형식 체결장치의 반복하중 시험 요구 성능을 만족하는 레일체결장치 : A, B형식 모두에 적용 가능함 7 : ☒ 표시는 적용되지 않는 성능시험 항목을 나타낸다.					

별지 1. 레일체결장치의 정적 수직강성 시험

A1-1 범위

본 시험방법은 레일 패드, 베이스플레이트 패드 등의 단품과 조립된 상태의 레일체결장치에 대하여 정적 수직강성을 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정하고 있다.

A1-2 시험조건

(1) 시험실 온도

시험실의 온도는 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 로 유지되어야 한다. 이와 다른 온도에서 레일 패드 또는 체결장치 조립체가 사용될 수 있다면, 구매자의 요구에 따라 다음 중 하나 또는 그 이상의 온도에서 시험이 실시되어야 한다.

$(-20 \pm 3)^\circ\text{C}$, $(-10 \pm 3)^\circ\text{C}$, $(0 \pm 3)^\circ\text{C}$, $(50 \pm 3)^\circ\text{C}$

(2) 하중재하 장비

- ① 패드 시험 시 : $(F_{SPmax} + 10\%)$ kN의 하중을 가할 수 있는 장비
- ② 조립체 시험 시 : $(F_{SAMax} + 10\%)$ kN의 하중을 가할 수 있는 장비

(3) 금속판

금속판의 폭은 최소한 반복하중 시험에 사용되는 레일의 저부 폭과 같아야 하며, 길이는 210 mm 이상이어야 한다.

(4) 하중 분배 판

직사각형으로 가장자리가 둥글고 매끈하게 다듬어진 판으로 최소 10 mm의 두께를 가져야 하며, 상부의 하중을 고르게 분배하는 판. 하중 분배 판의 치수는 다음과 같이 시험 대상이 되는 패드에 따라 다르다.

- ① 레일 패드 : 반복하중 시험에 사용되는 레일의 저부 폭과 같아야 하며, 길이는 210 mm
- ② 베이스플레이트 패드 : 레일체결장치에서 베이스플레이트가 하중을 베이스플레이트 패드로 전달하므로 베이스플레이트와 동일한 폭과 길이여야 함

[주 3] 슬래브케도에서 사용되는 연속 패드에 대한 시험 시 길이가 150 mm인 패드를 사용한다.

(5) 연마용 천

시험 중 레일패드의 밀림을 억제하기 위해 사용되며 마모되지 않은 상태의 연마용 천(P180 ~ P400)을 시험 시 적용하고 천의 크기는 시험 대상이 되는 패드의 전체 면적 이상이어야 한다.

(6) 변위 측정 장치

접촉식 변위 측정 장치. 비접촉식 변위 측정 장치가 사용될 경우, 다음의 요구 사항을 만족하는 측정의 정확도를 보장할 수 있어야 한다.

- ① 정적 수직강성 ≤ 100 kN/mm인 패드 또는 체결장치 조립체 : ± 0.02 mm 정밀도로 변위 측정
- ② 정적 수직강성 > 100 kN/mm인 패드 또는 체결장치 조립체 : ± 0.01 mm 정밀도로 변위 측정

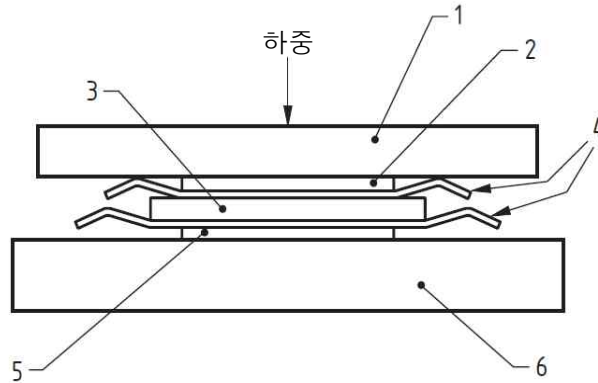
(7) 기록장치

작용 하중과 변위량을 디지털로 기록할 수 있는 장치

A1-3 패드 단품에 대한 정적 수직강성 시험방법

(1) 시험 준비

시험에 사용되는 모든 구성품 및 장비는 시험 시작 전 최소 16시간 동안 (23±5) °C 또는 구매자 요구 온도에서 보관되어야 한다. 패드 단품의 정적 수직강성 시험체 설치는 그림 A1-1과 같으며, 3개 이상의 변위 측정 장치를 금속판 위에 설치한다.



- | | |
|---------------|---------------------|
| 1. 금속판 | 4. 연마용 천 |
| 2. 상부 하중 분배 판 | 5. 하부 하중 분배 판(필요 시) |
| 3. 시험 대상 패드 | 6. 정반 |

그림 A1-1 패드의 정적 수직강성 시험체 설치

(2) 시험방법

액추에이터 내의 하중 전달 면을 통해 「6.2.2 가. 수직강성 시험, [표 2]」에 규정된 체결장치 형식별 시험하중(F_{SPmax})을 가한 후, 체결장치의 이론적인 체결력(F_{SP1})까지 힘을 감소시키고 이러한 하중재하 및 하중제거를 (120±10) kN/min의 속도로 2회 더 반복한다. 가해진 힘 F_{SP1} 을 유지하다가 하중을 F_{SP2} ($=0.8F_{SPmax}$)까지 증가시키는 동안의 변위를 기록한다.

만약 어느 한 변위 측정 장치에서 측정된 변위가 평균 변위와 최대 변위의 20% 이상 차이가 난다면, 하중이 패드의 중앙에 가해지도록 확인하면서 하중재하 주기를 반복한다.

(3) 결과 계산

패드 단품에 대한 정적 수직강성은 식(1)로부터 계산된다.

$$k_{SP} = \frac{F_{SP2} - F_{SP1}}{d_{SP}}, \text{ kN/mm} \tag{1}$$

A1-4 레일체결장치 조립체에 대한 정적 수직강성 시험방법

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면

② 침목 또는 다른 종류의 레일 지지체 : 시험을 위한 별도의 변경 없이 매립전 및 레일 좌면부가 갖
추어진 침목, 반침목, 콘크리트 블록 또는 다른 종류의 레일 지지체

③ 체결장치 : 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 시험 준비

시험에 사용되는 모든 구성품 및 장비는 시험 시작 전 최소 16시간 동안 (23±5)℃ 또는 구매자 요
구 온도에서 보관되어야 한다. 체결장치를 이용하여 레일을 침목에 설치하고, 조립체를 정반에 고정
한다. 그 후 레일 저부 4개의 지점에 변위 측정 장치를 설치한다.

(3) 시험방법

「6.2.2 가. 수직강성 시험, [표 2]」에 규정된 체결장치 형식별 시험하중(F_{SAmax})을 레일 두부 중심선에
(120±10)kN/min의 속도로 가한다. 하중은 총 3회 재하하며, 세 번째 하중재하 시 레일 저부 4개의 변
위 측정 장치를 이용하여 수직 변위를 기록한다.

만약 어느 한 변위 측정 장치에서 측정된 변위가 평균 변위와 최대 변위의 20% 이상 차이가 난다면,
하중이 지지체에 수직으로 가해지도록 확인하면서 하중재하 주기를 반복한다.

(4) 결과 계산

레일체결장치 조립체에 대한 정적 수직강성은 식(2)로부터 계산된다.

$$k_{SA} = \frac{F_{SA2} - F_{SA1}}{d_{SA}}, \text{ kN/mm (여기서, } F_{SA2} = 0.8F_{SAmax} \text{)} \tag{2}$$

A1-5 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품을 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 패드의 사용처
- (7) 시험에 적용된 레일 단면
- (8) 시험에 사용된 하중 분배 판의 형상
- (9) 시험실 온도 조건
- (10) 시험에 적용된 F_{SP1} 및 F_{SP2} 또는 F_{SAmax} 값
- (11) 하중-처짐 곡선
- (12) 패드 또는 체결장치 조립체의 정적 수직강성

별지 2. 레일체결장치의 동적 수직강성 시험

A2-1 범위

본 시험방법은 레일 패드, 베이스플레이트 패드 등의 단품과 조립된 상태의 레일체결장치에 대하여 동적 수직강성을 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정하고 있다. 동적 수직강성 시험 절차는 저주파 및 고주파 수직강성 시험을 포함한다.

A2-2 패드 단품 및 레일체결장치 조립체의 저주파 동적 수직강성 시험조건

(1) 시험실 온도

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-2 (1)」과 동일하다.

(2) 하중재하 장비

- ① 패드 시험 시 : 3 ~ 30 Hz 범위 내에서 규정된 주파수로 ($F_{LFPmax} + 10\%$) kN의 하중을 가할 수 있는 장비
- ② 조립체 시험 시 : 3 ~ 10 Hz 범위 내에서 규정된 주파수로 ($F_{LFAmax} + 10\%$) kN(최대 110 kN)의 하중을 가할 수 있는 장비

(3) 금속판

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-2 (3)」과 동일하다.

(4) 하중 분배 판

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-2 (4)」와 동일하다.

(5) 연마용 천

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-2 (5)」와 동일하다.

(6) 변위 측정 장치

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-2 (6)」과 동일하다.

(7) 하중 측정 장치

요구되는 하중 범위를 포함하며 하중재하 한 주기 당 최소 20개의 샘플을 측정할 수 있어야 한다.

(8) 기록장치

하중재하 주파수의 최소 20배에 해당하는 샘플링 주파수에서 작용 하중과 변위량을 디지털로 기록하고 출력할 수 있는 장치

A2-3 패드 단품에 대한 저주파 동적 수직강성 시험방법

(1) 시험 준비

시험에 사용되는 모든 구성품 및 장비는 시험 시작 전 최소 16시간 동안 (23 ± 5) °C 또는 구매자 요구 온도에서 보관되어야 한다. 패드 단품의 동적 수직강성 시험체 설치는 그림 A1-1과 같으며, 3개 이상의 변위 측정 장치를 금속판 위에 설치한다.

(2) 시험방법

「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」에 규정된 체결장치 형식별 시험하중(F_{LFPmax})을 결정한다. $F_{LFP1} \sim F_{LFP2}(=0.8F_{LFPmax})$ 범위의 반복하중을 (규정된 주파수 ± 1) Hz로 10초 동안 가한다. 만약 특정 주파수가 정의되지 않을 경우, 다음 주파수를 적용하여 시험을 실시하여야 한다.

(5 \pm 1) Hz, (10 \pm 1) Hz, (20 \pm 1) Hz

10초 후, 각각의 주파수에서 최소 10회의 주기에 대해 주기 당 최소 20개 샘플의 가해진 하중 및 변위를 기록하고, 각각의 주파수에 대한 평균 변위 d_{LFP} 를 계산한다. 만약 어느 한 변위 측정 장치에서 측정된 변위가 평균 변위와 최대 변위의 20% 이상 차이가 난다면, 하중이 지지체에 수직으로 가해지도록 확인하면서 하중재하 주기를 반복한다.

(3) 결과 계산

각 주파수에서 패드 단품의 저주파 동적 수직강성은 식(1)로부터 계산된다. 특정 주파수 ((3 ~ 30) Hz 범위 내)에서의 저주파 동적 수직강성의 값이 요구될 경우, k_{LFPf} 가 인용되어야 한다.

$$k_{LFPf} = \frac{F_{LFP2} - F_{LFP1}}{d_{LFP}}, \text{ kN/mm} \tag{1}$$

패드 단품에 대한 일반적인 저주파 동적 수직강성이 요구될 경우, 식(2)로부터 동적 수직강성이 계산될 수 있다.

$$k_{LFPmean} = \frac{k_{LFP5} + k_{LFP10} + k_{LFP20}}{3}, \text{ kN/mm} \tag{2}$$

여기서 k_{LFP5} , k_{LFP10} , k_{LFP20} 은 각각 (5 \pm 1) Hz, (10 \pm 1) Hz, (20 \pm 1) Hz에서 측정된 값이다.

A2-4 레일체결장치 조립체에 대한 저주파 동적 수직강성 시험방법

(1) 일반사항

본 시험방법은 레일체결장치 조립체의 동적 강성을 결정하기 위한 절차이며, 이 동적 강성을 통해서 반복하중 시험 시 해당 체결장치 형식별 적용 최대 하중을 결정할 수 있다.

(2) 시험체

「별지 1 레일체결장치 정적 수직강성 시험 A1-4 (1)」과 동일하다.

(3) 시험 준비

시험에 사용되는 모든 구성품 및 장비는 시험 시작 전 최소 16시간 동안 (23 \pm 5) °C 또는 구매자 요구 온도에서 보관되어야 한다. 체결장치를 이용하여 레일을 침목에 설치하고, 조립체를 정반에 고정한다. 그 후 레일 저부 4개의 지점에 변위 측정 장치를 설치한다.

(4) 시험방법

「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」에 규정된 체결장치 형식별 시험하중(F_{LFAmax} 및 F_{LFA1})을 결정한다. $F_{LFA1} \sim F_{LFA2}(=0.8F_{LFAmax})$ 범위의 반복하중을 (규정된 주파수 ± 1) Hz로 1000회 가하고, 마지막 100회 하중재하 주기 동안 10회에 걸친 작용 하중-수직변위를 기록한다. 그 후 최소 하중(F_{LFA1})에서의

평균 변위값(d_{LFA1}) 및 최대 하중(F_{LFA2})에서의 평균 변위값(d_{LFA2})을 계산한다.

만약 어느 한 변위 측정 장치에서 측정된 변위가 평균 변위와 최대 변위의 20% 이상 차이가 난다면, 하중이 지지체에 수직으로 가해지도록 확인하면서 하중재하 주기를 반복한다.

(5) 결과 계산

레일체결장치 조립체에 대한 저주파 동적 수직강성은 식(3)으로부터 계산된다.

$$k_{LFA} = \frac{F_{LFA2} - F_{LFA1}}{d_{LFA2} - d_{LFA1}}, \text{ kN/mm} \tag{3}$$

A2-5 패드 단품 및 레일체결장치 조립체의 저주파 동적 수직강성 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품을 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 패드의 사용처
- (7) 시험에 적용된 레일 단면
- (8) 시험에 사용된 하중 분배 판의 형상
- (9) 시험실 온도 조건
- (10) 시험에 적용된 F_{LFP1} 및 F_{LP2} 또는 F_{LFAmax} 값
- (11) 하중-처짐 곡선
- (12) 규정된 주파수 또는 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz에서 측정된 패드 단품의 동적 수직강성
- (13) 만약 일반적인 저주파 동적 수직강성이 요구될 경우, 패드 단품의 평균 동적 수직강성
- (14) 시험에 적용된 주파수 및 해당 주파수에서 레일체결장치 조립체의 동적 수직강성

A2-6 레일체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 시험조건

(1) 원리

시험실 시험에서는 크기가 알려진 받침대 임피던스, 일반적인 정적 하중, 그리고 소량의 동적 하중들이, 시험에 사용된 주파수 범위 내에서 선형 탄성체와 같이 움직인다는 전제 하에, 체결 장치의 전이 강성을 측정하기 위해 사용된다. 전이 강성은 다음의 방법 중 하나를 통해 1 kN/mm 부터 1000 kN/mm의 강성 범위 내에서 20 Hz 부터 450 Hz의 주파수 범위에 걸쳐 측정된다.

- 400Hz 까지 유효한 기준 시험법인 EN ISO 10846-2 직접법
- 대체 시험법인 EN ISO 10846-3 의 간접법
- 120Hz 까지 유효한 대체 시험법인 EN ISO 10846-5 의 수정 구동점법

[주] 20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위는 25 Hz 부터 400 Hz까지의 1/3 옥타브 대역폭을 포함한다.

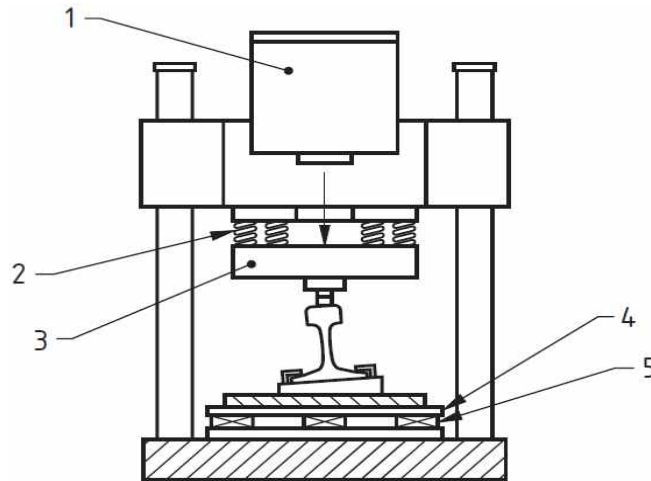
이 시험법들과 관련된 일반적인 원리들은 ISO 10846-1에 제시되어 있다. 이들은 체결 장치의 진동 형태가 선형인 경우에 유효하다. 선형에 대한 점검 항목은 A2-7 (2) 항에 포함되어 있다. 만약 거동이 비선형인 경우, EN ISO 10846-2 및 EN 10846-3의 시험 방법들과의 편차는 A2-7 (6)항에 규정된 대로일 필요가 있다.

(2) 시험장치

① 직접법

시험 장치의 구성은 그림 A2-1과 같으며 다음의 항목들을 포함한다.

- 20 Hz 부터 450 Hz까지의 범위에 걸쳐 작동하는 진동기
- 「6.2.2 가. 수직강성 시험, [표 2]」 규정과 같이 요구되는 선형하중을 가하기 위한 프레임
- 20 Hz부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 걸쳐 프레임으로부터 시험체의 동적 분리를 위한 진동 분리기
- 정적 하중과 동적 하중을 결합하고, 이들을 시험체에 분배하기 위한 하중 분배 판
- 두 개의 가속 측정 장치. 하나는 상부 하중 분배 판의 중심에 부착되어 있고, 다른 하나는 하중 측정 정반 상에 부착되어 20 Hz 부터 450 Hz까지의 범위에 걸쳐 가속도를 측정
- 0 kN 부터 70 kN까지의 범위에 걸쳐 작동하는 여러 개의 힘 측정기로 구성된 하중 측정 시스템



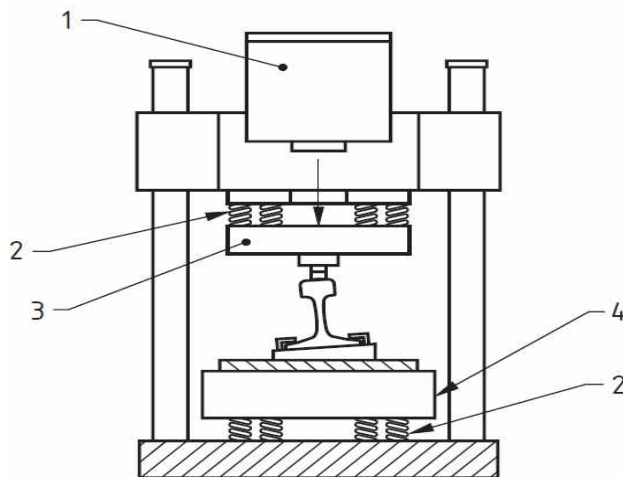
1. 하중재하 프레임으로부터 분리된 동적 하중을 위한 진동기
2. 탄성체를 경유하는 정적 선형하중 $F_{HFADmax}$
3. 하중 분배 판, 가속도 α_{HFAD1} 의 측정
4. 하중 측정 정반의 상단, 가속도 α_{HFAD2} 의 측정
5. 하중 F_{HFAD2} 의 측정

그림 A2-1 직접법에 의한 전이 강성의 측정

② 간접법

시험 장치의 구성은 그림 A2-2와 같으며 다음의 항목들을 포함한다.

- 20 Hz 부터 450 Hz까지의 범위에 걸쳐 작동하는 진동기
- 20 Hz부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 걸쳐 프레임으로부터 시험체의 동적 분리를 위한 진동 분리기
- 「6.2.2 가. 수직강성 시험, [표 2]」 규정과 같이 요구되는 선행하중을 가하기 위한 프레임
- 탄력적으로 지지되어 있고 시험체가 고정되는 출력 하중체
- 정적 하중과 동적 하중을 결합하고, 이들을 시험체에 분배하기 위한 하중 분배 판
- 하중 분배 판의 중심에 고정된 두 개의 가속 측정 장치와 20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 걸쳐 작용 및 출력 가속도를 측정하기 위한 출력 하중체



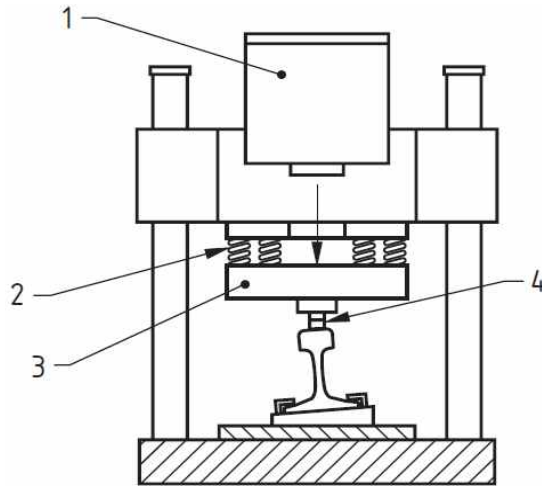
1. 동적 하중재하를 위한 진동기
2. 탄성체를 경유하는 정적 선행하중 F_{HFAmax}
3. 하중 분배판, 가속도 α_{HFAN} 의 측정
4. 출력 하중체, 가속도 α_{HFAB} 의 측정

그림 A2-2 간접법에 의한 전이 강성의 측정

③ 수정 구동점법

시험 장치의 구성은 그림 A2-3과 같으며 다음의 항목들을 포함한다.

- 20 Hz 부터 450 Hz까지의 범위에 걸쳐 작동하는 진동기
- 20 kN 부터 40 kN까지의 범위에서 선행하중을 가하기 위한 하중 프레임
- 20 Hz부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 걸쳐 프레임으로부터 시험체의 동적 분리를 위한 진동 분리기
- 정적 하중과 동적 하중을 결합하고, 이들을 시험체에 분배하기 위한 하중 분배 판
- 20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 걸쳐 가속을 측정하기 위해 상부 하중 분배 판의 중심에 부착된 가속 측정 장치
- 동적 범위 ± 10 kN 내에서 작동하는 힘 측정기로 구성된 하중 측정 장치
- 진동 분리기



1. 동적 하중재하를 위한 진동기
2. 탄성체를 경유하는 정적 선행하중 $F_{HFAPmax}$
3. 하중 분배 판, 가속도 α_{HFAP1} 의 측정
4. 하중 F_{HFAP1} 의 측정

그림 A2-3 수정 구동점법에 의한 전이 강성의 측정

(3) 시험체

시험체는 설계된 레일의 규격에 길이가 0.3m이며 완제품으로 체결장치가 체결된 상태로 구성되어야 한다. 레일은 직접법의 경우에는 단단한 금속판에, 간접법의 경우에는 하중체에 고정된 체결부에 조립되어 있다. 만약 장치가 베이스플레이트 아래에 탄성 패드를 포함하고 있다면, 하중이 가해지지 않은 상태의 패드 내 설계 압축은 금속판이나 하중체에 고정함으로써 얻어진다.

A2-7 레일체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 시험방법

(1) 시험 준비

사용되는 모든 시험체와 장비는 시험을 시작하기에 앞서 최소 16 시간 동안, $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 또는 기타 시험 온도(「별지 1 레일체결장치의 정적 수직강성 시험 A1-2 (1)」)로 유지되어야 한다.

[주] 훨씬 더 높거나 낮은 온도에서 사용될 체결장치들에 대해서는 사용 온도에서의 추가 시험에 대한 검토가 이루어져야 한다.

(2) 시험 진동속도

궤도 내에서 발생하는 실제 진동 속도는 시험 시 레일체결장치에 대해 추정되어야 한다.

[주] 만약 이용 가능한 데이터가 없다면, 90 dB 또는 $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 의 진동속도를 적용한다.

추정된 진동 속도와 20 dB 더 낮은 정도의 진동 속도를 이용하여 직접법, 간접법 또는 수정 구동점법에 규정된 바와 같이 전이 강성을 측정한다. 만약 각각의 진동 속도에서 측정된 전이 강성의 수준 차이가 1.5 dB 이하라면, 추정된 진동 속도는 유효한 것이다. 만약 수준 차이가 1.5 dB을 초과한다면, 궤

도상에서 추정된 진동 속도에 대해 더 높은 값을 이용하여 전이 강성의 측정을 반복한다. 만약 더 높은 추정 진동 속도와 20 dB에서의 진동 속도 측정치 간의 전이 강성 수준 차이가 1.5 dB이하라면, 더 높은 진동 속도에서 측정된 전이 강성이 유효하다. 만약 수준 차이가 1.5 dB을 초과한다면, 이 체결 장치는 비선형으로 거동하므로 비선형 체결장치의 절차를 따라야 한다.

(3) 직접법

그림 A2-1에 제시된 시험장비에 「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」에서 정한 하중으로 정적 선행하중 $F_{HFADmax}$ 를 가하고, EN ISO 10846-2에 규정된 시험 절차를 따른다. 요구되는 주파수 범위에 대해 작용 가속(α_{HFAD1}), 측정 정반의 가속도(α_{HFAD2}), 그리고 출력 힘(F_{HFAD2})을 측정한다. 각각의 1/3 옥타브 대역에 대한 평균 강성을 산출한다.

식 (4)로부터 전이 강성을 산출한다.

$$k_{HFAD} = -\omega_{HFAD}^2 \frac{F_{HFAD2}}{\alpha_{HFAD1}} \text{ N/m} \tag{4}$$

측정 결과들은 수준 차이가 다음과 같은 경우의 주파수 범위에서 유효하다.

$$10\lg \left| \frac{\alpha_{HFAD1}}{\alpha_{HFAD2}} \right| \geq 20\text{dB}$$

주파수 범위를 확장하기 위해, 수정 전이 강성을 식 (5)로부터 산출할 수 있다.

$$k_{HFADc} = -\omega_{HFAD}^2 \frac{F_{HFAD2} + \alpha_{HFAD2} m_{HFAD}}{\alpha_{HFAD1} - \alpha_{HFAD2}} \text{ N/m} \tag{5}$$

만약 전이 함수 $\frac{F_{HFAD}}{\nu_{HFAD1}}$ 와 $\frac{\alpha_{HFAD2}}{\nu_{HFAD1}}$ 가 측정된다면, 수정 전이 강성은 식 (6)으로부터 산출된다.

$$k_{HFADc} = \frac{\frac{F_{HFAD2}}{\nu_{HFAD1}} j\omega_{HFAD} + \frac{\alpha_{HFAD2}}{\nu_{HFAD1}} j\omega_{HFAD} m_{HFAD}}{1 - \frac{\alpha_{HFAD2}}{\nu_{HFAD1} j\omega_{HFAD}}} \text{ N/m} \tag{6}$$

등가의 전이 강성 레벨은 식 (7)에서 산출된다.

$$L_{HFADk} = 10\lg \left| \frac{k_{HFADc}}{k_0} \right|^2 \text{ dB} \tag{7}$$

여기서 $k_0 = 1\text{N/m}$ 이다.

수정된 결과값은 N/m 단위의 전이 강성(dB 단위의 등가의 전이 강성 레벨)을 곡선으로, 그리고 축으로서 Hz단위의 주파수를 이용하여 도표로 작성한다. 전이 강성 및 주파수의 축척은 대수(logarithmic)이어야 하며, 주파수의 제곱이 15 mm에 해당하고 20dB의 차이, 또는 전이 강성 상의 계수 10이 40mm에 해당되도록 선택되어야 한다.

[주 1] 위에 설명된 대로 수정된 시험 결과의 한 예로 그림 A2-4에 제시되어 있다.

[주 2] 이 시험 절차에 대해 18%에 해당하는 약 1.5 dB의 표준 편차를 가정할 수 있다.

(4) 간접법

그림 A2-2에 제시된 대로의 시험 배치에 대해 「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」에서 정한 하중으로 정적 선행하중을 가하고, EN ISO 10846-3에 규정된 시험 절차를 따른다. 공명 주파수는 8 Hz 미만

이어야 한다.

20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 대해 작용 가속도(α_{HFA1})과 출력 가속도(α_{HFA2})를 측정한다. 식 (8)을 이용하여 각각의 1/3 옥타브 대역에 대한 평균 전이 강성을 산출하고, N/m 단위의 전이 강성(dB 단위의 등가의 전이 강성 수준)을 곡선으로, 그리고 축으로서 Hz단위의 주파수를 이용하여 도표로 작성한다. 전이 강성 및 주파수의 축척은 대수이어야 하며, 주파수의 제곱이 15 mm에 해당하고 20 dB의 차이, 또는 전이 강성 상의 계수 10이 40 mm에 해당되도록 선택되어야 한다.

$$k_{HFA1} = -\omega_{HFA1}^2 \frac{F_{HFA2}}{\alpha_{HFA2}} \text{ N/m} \tag{8}$$

(5) 수정 구동점법

그림 A2-3에 제시된 시험장비에 「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」에서 정한 하중으로 정적 선행하중을 가하고, EN ISO 10846-5에 규정된 시험 절차를 따른다.

20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 대해 작용 가속도(α_{HFAP1})와 입력 하중(F_{HFAP1})을 측정한다. 레일체결장치를 제거하고, 이를 작용력 분배 판 아래에 달려 있거나, 하나 이상의 매우 부드러운 스프링(레일체결장치보다 최소 40 dB 더 낮은 결합 강성을 가진)에 달려 있는 레일 시편으로 이를 교체한다. 20 Hz 부터 450 Hz까지의 주파수 범위에 대해 수정 입력 가속도(α_{HFAPc})와 수정 입력 하중(F_{HFAPc})을 측정한다. 식 (9)를 이용하여 전체 장치의 복합점 강성으로부터 레일 표본의 복합점 강성을 추출함으로써 레일 체결 장치의 수정 점 강성을 산출한다.

$$k_{HFAC} = -\omega_{HFAP}^2 \left(\frac{F_{HFAP1}}{\alpha_{HFAP1}} - \frac{F_{HFAPc}}{\alpha_{HFAPc}} \right) \text{ N/m} \tag{9}$$

각각의 1/3 옥타브 대역에 대한 평균 강성을 산출한다.

등가의 전이 강성 레벨은 식 (12)로부터 산출된다.

$$L_{HFAPk} = 10 \lg \left| \frac{k_{HFAPc}}{k_0} \right| \text{ dB} \tag{10}$$

수정된 결과들은 N/m 단위의 전이 강성(dB 단위의 등가의 전이 강성 레벨)을 곡선으로, 그리고 축으로서 Hz단위의 주파수를 이용하여 도표로 작성한다. 전이 강성 및 주파수의 축척은 대수이어야 하며, 주파수의 제곱이 15 mm에 해당하고 20 dB의 차이, 혹은 전이 강성 상의 계수 10이 40 mm에 해당되도록 선택되어야 한다.

[주] 이 시험 절차에 대해 18%에 해당하는 약 1.5 dB의 표준 편차를 가정할 수 있다.

(6) 비선형 체결장치

측정은 20 Hz로부터 450 Hz에 이르는 범위의 1/3 옥타브 중심 주파수로부터 선택된 단일 주파수에서 작동하는 혼합기와 90 dB 또는 $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 의 진동속도를 이용하여 직접법, 간접법 또는 수정구동점법에 규정된 대로 수행된다. 가속 측정 장치는 선택된 주파수 이외의 주파수들을 배제하기 위한 필터를 포함해야 한다.

A2-8 패드 단품의 고주파 동적 수직강성 시험방법

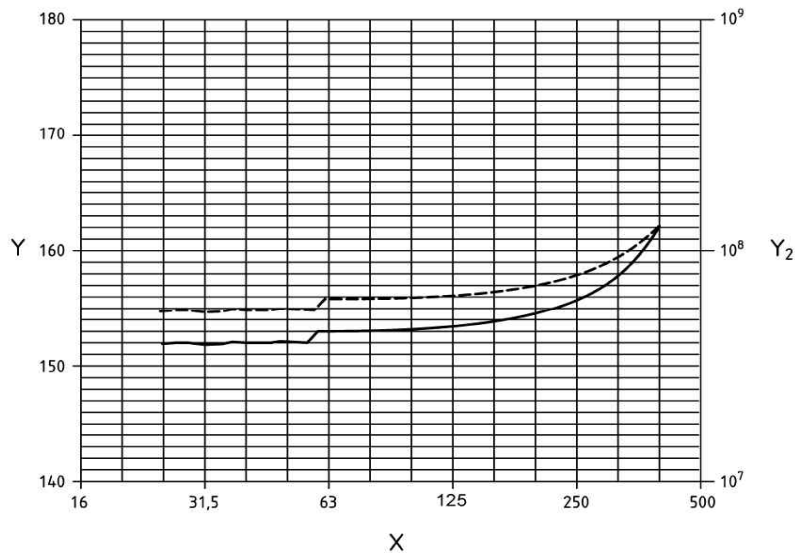
패드 단품(베이스플레이트 패드 포함)의 고주파 동적 수직강성은 「A2-7 레일체결장치 조립체의 고주파

동적 수직강성 시험방법」에 따라 측정될 수 있다. 시험체 설치는 그림 A1-1과 같으며, 하중 분배 판은 레일과 접촉하는 패드 단면에 위치하여야 한다. 그림 A2-1 및 그림 A2-2에서와 같이 선행하중(「6.2.2 가. 수직강성시험, [표 2]」의 체결장치 형식별 F_{SP1})을 재하하고, EN ISO 10846-2 및 EN ISO 10846-3의 절차에 따라 시험을 실시한다.

A2-9 레일체결장치 조립체의 고주파 동적 수직강성 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 적용된 시험방법
- (5) 개별 구성품을 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (6) 시험체 출처
- (7) 시험실 온도 조건
- (8) 시험에 적용된 F_{HFAmax}
- (9) 주파수 대비 전이강성 그래프



- X : 주파수, Hz
- Y : 전이 강성 레벨, dB 또는 1 N/m
- Y₂ : 전이 강성 N/m
- 선행재하 25kN
- 선행재하 40kN

그림 A2-4 직접법에 의해 측정되고 힘 측정 장치의 진동 속도에 의해 보정된 탄성 베이스플레이트 조립체 전이 강성

별지 3. 레일체결장치의 체결력 시험

A3-1 범위

본 시험방법은 침목으로부터 레일 저부를 그의 지지점으로 부터 분리하는데 필요한 힘을 측정함으로써, 체결 시스템의 체결력을 결정하기 위한 실내 시험 절차를 규정한다. 본 시험방법은 체결장치가 침목 또는 그의 지지점에 완전히 체결된 조립체에 적용되며, 복부지지 체결장치 및 매립형 궤도에는 적용되지 않는다.

A3-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면으로 길이는 약 0.5 m
- ② 침목, 지지체 또는 콘크리트 블록 : 침목, 지지체 또는 콘크리트 블록의 도심이 레일 좌면 또는 베이스플레이트의 중심선과 대략적으로 일치하는 단면
- ③ 체결 구성품 : 베이스플레이트를 포함한 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 하중재하 장비

약 10 kN/min 속도로 레일에 수직하중을 가할 수 있는 장비

(3) 측정 장비

레일과 침목의 상대변위를 ±0.1 mm의 정밀도로 측정이 가능한 장비

(4) 기록장치

작용 하중과 변위량을 디지털로 기록할 수 있는 장치

(5) 강재 shim

25 mm × 25 mm × 0.25 mm, 최대 두께는 0.30 mm

A3-3 시험방법

(1) 시험 준비

체결장치를 이용하여 레일을 침목에 고정시킨 후, 조립체를 정반에 고정하고 레일 좌면부의 직각 방향으로 하중(P)을 가할 수 있도록 그림 A3-1과 같이 체결력 시험체를 설치한다. 레일의 변위(d)를 측정할 수 있도록 레일 저부 가장자리 4곳에 변위계를 설치하고 0점을 설정한다. 만약 간접체결 시스템에 대해서 체결력 시험을 실시할 경우, 베이스플레이트에 대한 레일의 상대적인 움직임이 구속되지 않는다면 베이스플레이트를 전체적으로 고정할 수 있다.

[주 1] 「A3-3 (2) 레일 패드를 포함한 조립체에 대한 하중재하 및 측정」에 기술된 바와 같이 원활한 패드 제거를 위해서 패드 가장자리 부분을 절단할 수 있으나, 레일 저부와 접촉되는 패드 단면은 절단되어서는 안된다.

[주 2] 긴 베이스플레이트를 포함하는 분기기용 체결장치 조립체의 경우, 시험 중 베이스플레이트의 휨을 최소화하기 위해서 지지체 또는 슬래브를 추가적으로 고정할 수 있다.

(2) 레일 패드를 포함한 조립체에 대한 하중재하 및 측정

레일 저부가 기울어짐 없이 레일 좌면부와 평행을 유지하면서 레일 패드가 제거될 때까지 10 kN/min을 초과하지 않는 속도로 레일에 상향력을 가한다. 패드를 제거하고 변위계의 평균값이 0이 될 때까지 하중을 감소시킨다. 이때의 하중(P)을 기록한 후, $0.9P$ 까지 하중을 감소시키고 다시 $1.1P$ 가 될 때까지 하중을 증가시킨다. 그림 A3-2의 하중-변위 그래프에서 P_0 가 해당 체결 시스템의 체결력이 된다. 동일한 방법으로 2회에 걸쳐 추가 시험을 실시한 후, 체결력 평균값을 계산한다.

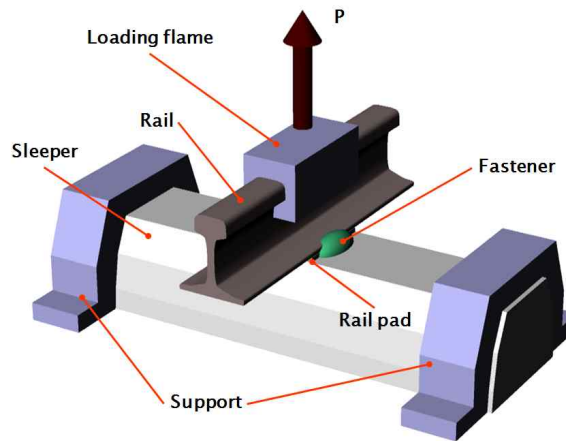


그림 A3-1 레일체결장치 체결력 시험체

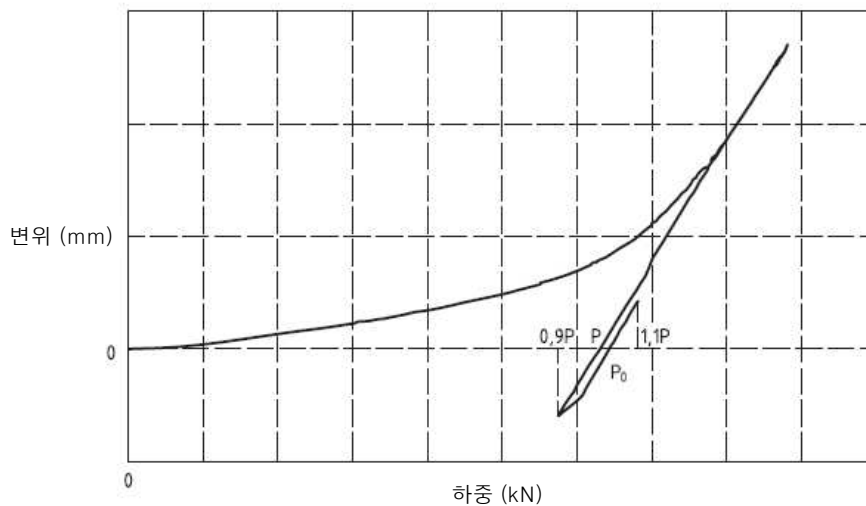


그림 A3-2 체결력 시험 시 하중-변위 그래프

(3) 레일 패드를 포함하지 않는 조립체에 대한 하중재하 및 측정

레일 좌면부 각 모서리 당 한 개씩 총 4개의 강제 shim을 레일 아래에 삽입할 수 있을 정도의 충분한 공간이 확보될 때까지 레일에 상향력(P)을 가한다. 하중을 0 kN까지 감소시킨 후 다시 하중을 증가

시켜 손으로 모든 shim을 움직일 수 있을 때까지 하중을 가한다. 이때의 하중(P_0)이 해당 체결 시스템의 체결력이 된다. 동일한 방법으로 2회에 걸쳐 추가 시험을 실시한 후, 체결력 평균값을 계산한다.

A3-4 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품을 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 레일 단면
- (7) 하중-변위 그래프
- (8) 체결력 평균값

별지 4. 레일체결장치의 종방향 저항력 시험

A4-1 범위

본 시험방법은 다음 사항을 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정한다.

- (1) 레일에 비탄성 변위가 발생하지 않는 범위에서, 침목, 지지체 또는 슬래브에 체결장치로 고정된 레일에 가해질 수 있는 최대 종방향력
- (2) 수지고정형 레일체결장치가 적용되는 매립형 궤도시스템 시험체에 대한 규정된 종방향 변위에서의 종방향 강성

A4-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면으로 길이는 약 0.5m이며, 매립형 레일은 시험체 일부로 포함된다.
- ② 레일 지지체 : 시험을 위한 별도의 변경 없이 매립전 및 레일 좌면부가 갖추어진 침목, 반침목, 매립형 궤도를 포함한 슬래브 궤도. 레일을 연속적으로 지지하는 체결장치의 경우, 시험은 체결장치의 설계 간격과 동일한 길이를 가진 패드를 이용하여 실시되어야 한다. 시험용 레일은 최소한 패드와 같은 길이여야 한다. 「별지 2 레일체결장치의 동적 수직강성 시험」에 따라 시험을 실시했을 때 저주파 대역의 동적 강성이 50 kN/mm 이하인 체결장치에 대해서, 종방향 저항력 시험은 궤도 시스템의 안정성을 부여하기 위해서 두 개의 레일 좌면을 이용하여 실시되어야 한다. 기계식 체결장치가 적용되는 매립형 궤도의 경우 시험체 길이는 전형적인 체결장치 간격과 같아야 하며, 수지고정형 체결장치가 적용되는 매립형 궤도의 경우 시험체의 길이는 (500 ~ 750) mm 이어야 한다.
- ③ 체결 구성품 : 베이스플레이트를 포함한 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 하중재하 장비

그림 A4-1과 같이 종방향으로 최소 40 kN의 하중을 가할 수 있는 장비

(3) 변위 측정 장치

침목에 대한 레일의 상대변위를 ± 0.02 mm의 정밀도로 측정이 가능한 장치

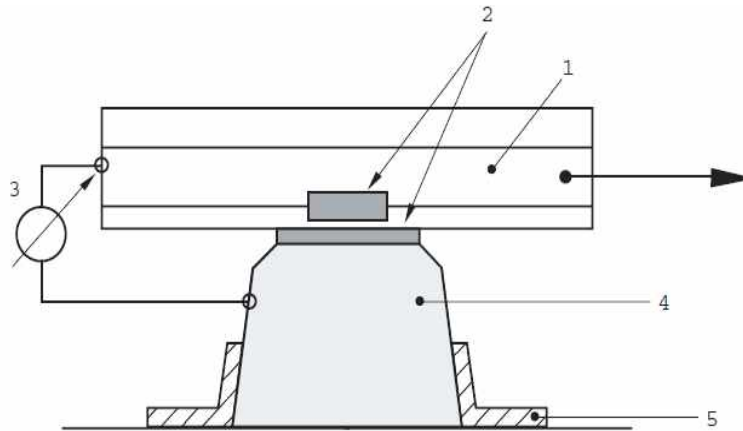
(4) 기록장치

작용 하중과 변위량을 디지털로 기록할 수 있는 장치

A4-3 시험방법

(1) 시험 준비

시험은 (23 ± 5)℃가 유지되는 실내에서 실시되어야 하며, 시험에 적용되는 모든 체결장치는 시험 시작 전 최소 4시간 동안 해당 온도에서 보관되어야 한다. 그림 A4-1과 같이 체결장치를 이용하여 레일을 침목에 고정시킨 후, 조립체를 정반에 고정한다.



1. 레일
2. 레일 패드를 포함한 체결장치
3. 하중-변위 측정 및 기록 장치
4. 레일 지지체
5. 레일 지지체의 움직임을 구속하기 위한 고정용 판

[주] 레일 저부를 고정하는 체결장치의 경우 레일 저부를 통해서 하중이 가해져야 하며, 레일 복부를 고정하는 체결장치의 경우 레일 도심을 통해서 하중이 가해져야 한다.

그림 A4-1 레일체결장치 종방향 저항력 시험체

(2) 종방향 저항력

레일 한 쪽 단부를 (10 ± 5) kN/min의 일정한 속도로 종방향력을 가한다. 시험 시작단계부터 하중 및 침목 대비 레일의 상대변위를 측정한다. 레일에 미끄러짐이 발생하거나 하중이 요구 성능 기준의 4배를 초과할 경우 하중을 신속하게 0 kN까지 감소시키고 2분 동안 레일의 변위를 지속적으로 측정한다. 체결장치를 해제하거나 조정하지 않은 상태에서 추가적으로 3회에 걸쳐 시험을 반복하되 각 시험 간에는 3분 동안 하중이 가해지지 않은 상태를 유지하여야 한다. 그림 A4-2와 같이 각 시험별 하중-변위 그래프를 작성한다. 만약 레일 변위에 떨림이 있을 경우 중간값의 매끄러운 곡선으로 그래프를 작성한다. 만약 $D_2 \leq 0.5$ mm이고 하중이 요구 성능의 4배를 초과하지 않을 경우, 해당 시험은 유효하지 않으며 재시험을 실시하여야 한다.

장경간 교량에서와 같이 궤도-구조 상호작용 계산을 위한 시험 결과가 필요할 경우, 5회에 걸쳐 하중이 재하되어야 한다. 그러나 이 경우 하중은 체결장치에 고정된 레일에 상당한 미끄러짐이 발생할 때까지 증가되어야 한다. 그 후 하중-변위 그래프를 작성하고 최대 하중(F_{max} , kN)을 기록한다. 이 절차는 매립형 궤도시스템에는 적용되지 않는다.

(3) 종방향 강성

수지고정형 체결장치가 적용된 매립형 궤도시스템은 종방향 저항력 시험방법을 따르되 D_3 가 요구되는 값에 도달할 때까지 하중을 가한다. 그 후 하중을 신속하게 0 kN까지 감소시키고 2분 동안 레일의 변위를 지속적으로 측정한다. 추가적으로 3회에 걸쳐 시험을 반복하되 각 시험 간에는 3분 동안 하중이 가해지지 않은 상태를 유지하여야 한다.

A4-4 종방향 저항력 또는 종방향 강성 계산

(1) 종방향 저항력

각 시험별 하중-변위 그래프로부터 D_1 과 D_2 를 결정한다. 그런 후 식(1)을 이용하여 D_3 를 계산한다.

$$D_3 = D_1 - D_2 \tag{1}$$

하중-변위 그래프에서 초기 탄성 변위인 D_3 가 발생하는데 요구되는 하중 값(F)을 결정한다. 첫 번째 하중 값은 버리고 나머지 세 개의 값들로부터 평균값을 계산하고 이를 종방향 저항력으로서 기록한다. 만약 $D_3 \leq 0.5 \text{ mm}$ 이면, 0.5 mm 변위값에 해당하는 하중값이 종방향 저항력이 된다. 만약 시험이 종방향 저항력 기준값의 4배 또는 그 이상에서 정지되었다면, 종방향 저항력은 시험에서 측정된 최대하중값이 된다.

(2) 종방향 강성

수지고정형 체결장치가 적용된 매립형 궤도시스템에 대해서, 식(2)를 이용하여 각 시험별 종방향 강성을 계산한다. 그 후 종방향 강성 평균값을 계산한다.

$$k_L = \frac{F \frac{1}{D_r}}{L_T} \text{ (kN/mm/m)} \tag{2}$$

F : 비탄성 변위가 발생하지 않는 범위에서 레일의 최대 하중

D_r : 수지고정형 체결장치가 적용되는 매립형 궤도에 대한 최대 종방향 변위

L_T : 시험체의 길이, m

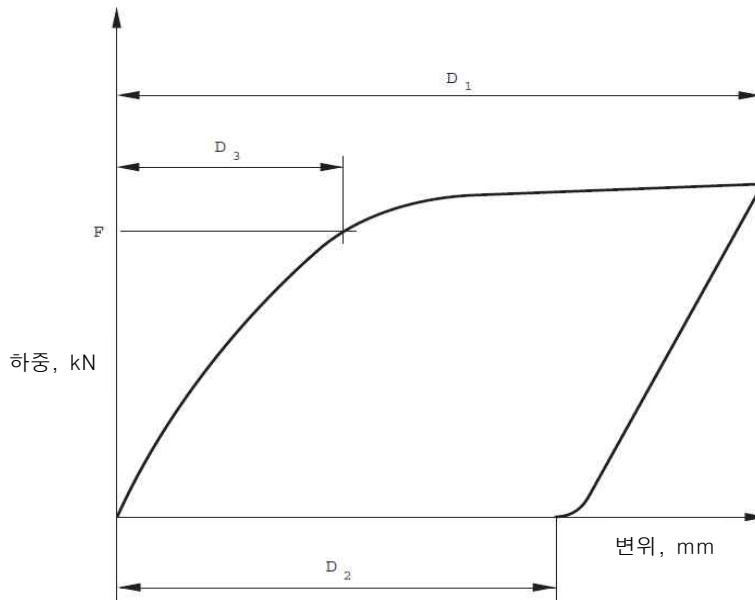


그림 A4-2. 1회 하중 재하 별 하중-변위 그래프

A4-5 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 레일 단면
- (7) 종방향 저항력 평균값 또는 종방향 강성 평균값
- (8) 레일에 미끄러짐이 발생할 때의 종방향 하중 평균값
- (9) 하중-변위 그래프
- (10) 육안검사를 통해 관찰된 시험 전·후 시험체의 변화 사항

별지 5. 레일체결장치의 비틀림 저항력 시험

A5-1 범위

본 시험방법은 레일체결장치에 의해 침목에 고정된 레일을 1° 회전시키는 데 필요한 모멘트를 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정한다. 측정값은 궤도 안정성 산출에 적용될 수 있다. 본 시험은 체결장치가 침목에 완전히 체결된 조립체에 적용되며, 매립형 레일에는 적용되지 않는다.

A5-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면
- ② 레일 지지체 : 시험을 위한 별도의 변경 없이 매립진 및 레일 좌면부가 갖추어진 침목, 반침목
- ③ 체결 구성품 : 베이스플레이트를 포함한 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 하중재하 장비

그림 A5-1과 같이 레일 저부 가장자리를 레일 직각 방향으로 (2 ± 1) kN/min의 속도로 최소 25 kN의 하중을 가할 수 있는 장비

(3) 변위 측정 장치

침목에 대한 레일의 상대변위를 $\pm 0.1^\circ$ 의 정밀도로 측정이 가능한 장치여야 하며, 만약 변위계가 사용될 경우 침목에 대한 레일의 상대변위를 ± 0.01 mm의 정밀도로 측정이 가능하여야 한다.

(4) 기록장치

작용 하중과 변위량을 디지털로 기록할 수 있는 장치

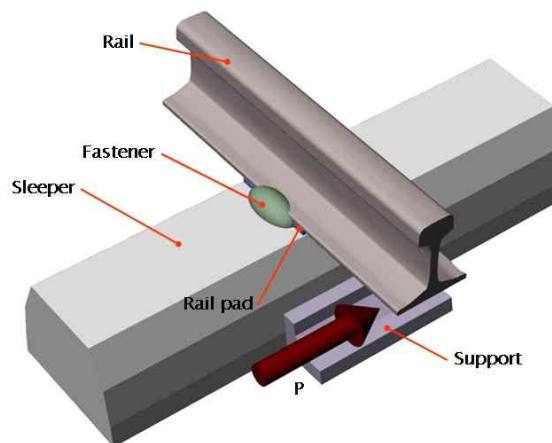


그림 A5-1 침목 중심선에 체결장치가 위치하는 조립체의 비틀림 저항력 시험

A5-3 시험방법

(1) 시험 준비

선로에서 조립된 것과 같이 체결장치를 이용하여 침목의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다. 수평방향 움직임이 발생하지 않도록 정반에 체결장치 조립체를 고정시킨다.

(2) 침목 중심선에 체결장치가 위치하는 조립체에 대한 하중재하 및 측정

그림 A5-1에서와 같이, 레일 좌면부의 레일 저부가 양 체결장치 매립전, 절연블록 또는 솔더와 대각선으로 접촉하는 위치까지 레일에 하중을 가한다. 그런 후 액츄에이터를 레일 반대편으로 이동시킨다. 하중을 증가시켜 레일이 최소 1.5°까지 이동하면 하중을 제거한다. 최소 3분 경과 후, 레일 반대편에 동일한 방법으로 하중을 가한다. 각각의 하중재하 주기별 레일의 각변위 대비 모멘트 그래프를 작성한다. 전형적인 모멘트-변위 그래프는 그림 A5-3과 같다. 이 그래프로부터 궤도 안정성에 대한 데이터를 추출할 수 있다.

[주] 체결장치 조립체가 손상되지 않도록 레일이 양 체결장치 매립전, 절연블록 또는 솔더에 닿는 순간 하중재하를 중단해야 한다.

(3) 침목 중심선에 비대칭으로 체결장치가 위치하는 조립체에 대한 하중재하 및 측정

만약 체결장치가 침목 중심선에 비대칭으로 위치할 경우, 그림 A5-2와 같이 각 배치별 동일한 조립체에 대해서 2회 시험을 실시한다. 각각의 하중재하 주기별 레일의 각변위 대비 모멘트 그래프를 작성한다.

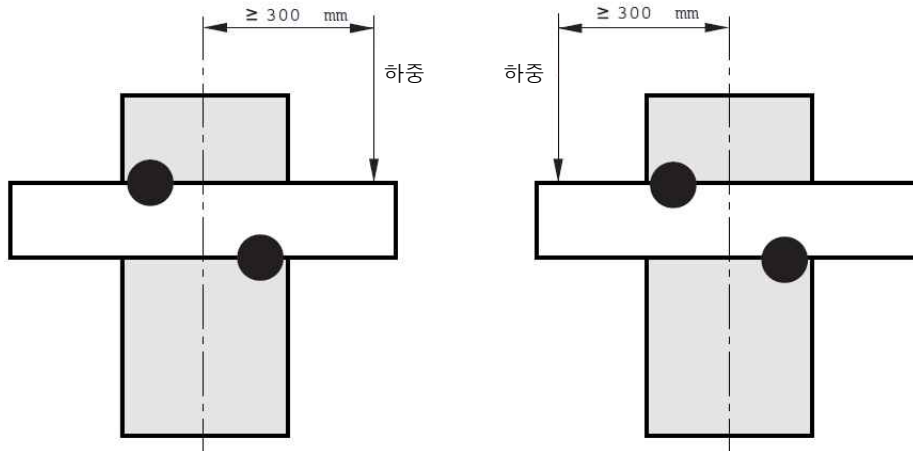


그림 A5-2 침목 중심선에 비대칭으로 체결장치가 위치하는 조립체의 비틀림 저항력 시험

A5-4 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처

- (6) 시험에 적용된 레일 단면
- (7) 시험체 설치
- (8) 각각의 하중 재하 방향별 모멘트-레일 각변위 그래프

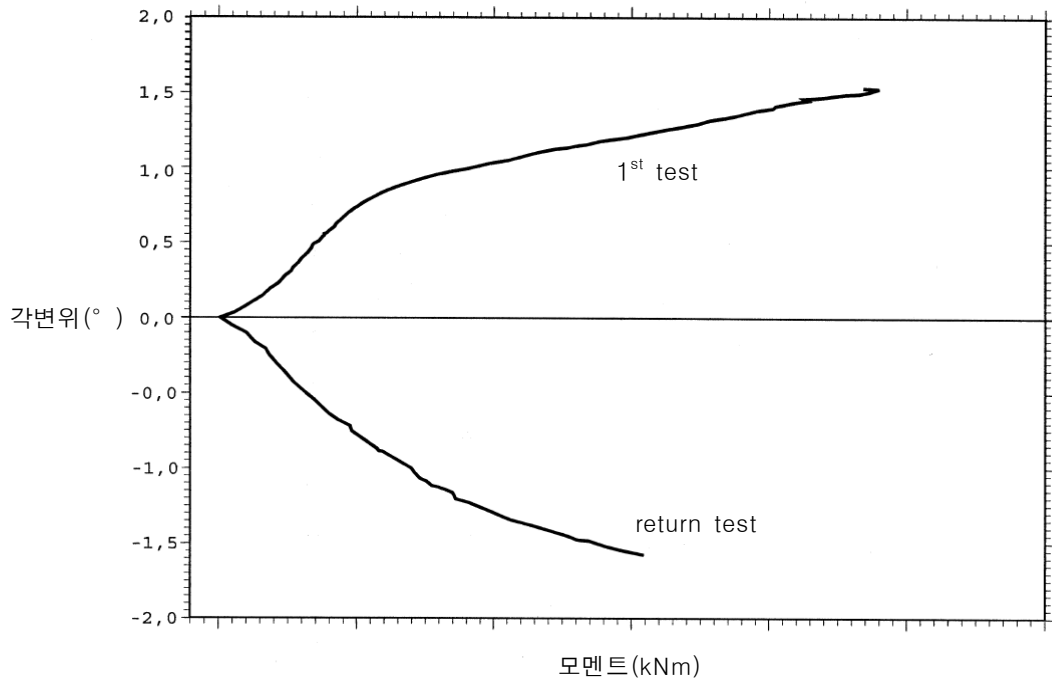


그림 A5-3 비틀림 저항력 시험 시 전형적인 모멘트-변위 그래프

별지 6. 레일체결장치의 반복하중 시험

A6-1 범위

본 시험방법은 철도궤도 상의 차량 운행으로 발생할 수 있는 변위를 나타낼 수 있는 주기적인 반복 변위를 가하는 실내 시험 절차를 규정한다. 이는 체결장치의 장기 성능을 평가하는데 적용된다. 본 시험 방법은 모든 체결장치에 적용될 수 있으며, 체결장치가 침목에 완전히 체결된 조립체에 적용된다.

A6-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면으로 길이는 레일 좌면 한 개당 약 0.5m이며 필요시 이보다 긴 레일을 사용할 수 있다. 레일 두부는 레일 복부를 지지하는 체결장치를 시험할 경우를 제외하고 원활한 하중 재하를 위해서 가공될 수 있다. 이러한 경우 하중재하 위치(X)는 레일 단면 설계사항을 참조한다. 매립형 궤도의 경우, 레일은 시험체의 한 부분이 된다.

- ② 침목 및 지지체 : 시험을 위한 별도의 변경 없이 매립전 및 레일 좌면부가 갖추어진 침목, 반침목, 콘크리트 블록 또는 기타 레일 지지체. 만약 침목 종방향 중심선에 대하여 매립되는 구성품들 간의 위치가 비대칭일 경우 두 개의 침목 또는 반침목이 사용되어야 한다.

슬래브 궤도의 경우, 체결장치는 RC 블록 상면의 중심선에 고정되어야 한다. 레일 직각 방향의 블록 길이는 500 mm 이상이어야 하고, 폭은 300 mm 이상이어야 한다. 궤도 안정성을 확보할 목적으로 레일 좌면부 2개에 대한 시험이 필요할 경우, 블록의 폭은 체결장치 설계 간격의 2배 이상이어야 한다. 블록의 깊이는 슬래브 깊이 또는 (200 ± 10) mm 중 작은 값을 적용해야 한다.

레일을 연속적으로 지지하는 슬래브 궤도의 경우, 시험은 체결장치의 설계 간격과 동일한 길이를 가진 패드를 이용하여 실시되어야 한다. 시험용 레일은 최소한 패드와 같은 길이여야 하고, 콘크리트 블록의 길이는 패드 전체 길이에 대해 지지할 수 있을 만큼 충분하여야 한다.

수지고정형 체결장치가 사용되는 매립형 궤도시스템의 경우, 시험체 길이는 $(500 \sim 750)$ mm이어야 하고, 레일을 포함할 수 있는 통로는 콘크리트 블록 내에 포함되어야 한다. 기계식 체결장치가 적용되는 매립형 궤도시스템의 경우, 시험체 길이는 체결장치 형식별 대표적인 침목 간격과 동일해야 하며 레일을 포함할 수 있는 통로는 콘크리트 블록 내에 포함되어야 한다.

- ③ 체결장치 : 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 하중재하 장비

(4 ± 1) Hz의 주파수에서 주기적으로 150 kN까지 하중을 재하할 수 있는 장비

[주] 두 개 및 네 개의 레일 좌면부에 동시에 하중을 재하할 경우, 하중 용량은 그에 상응하는 만큼 커져야 한다.

(3) 하중재하 지그 또는 하중 프레임

- ① 하중재하 지그 : 레일 두부의 지정된 위치로 작용 하중을 전달할 수 있는 레일과 접촉하는 지그

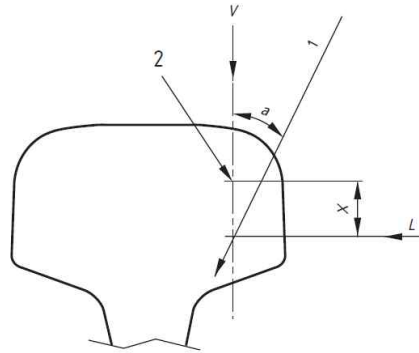
- ② 하중 프레임 : 지정된 하중재하 선을 따라 침목 각각의 레일 좌면부에 고정된 양 레일로 하중을 균등하게 분배할 수 있는 프레임으로 그림 A6-11과 같다.

(4) 변위 측정 장치

침목 또는 지지체 대비 레일의 상대변위를 ±0.01 mm의 정밀도로 측정이 가능한 장치

(5) 기록 장치

작용 하중과 변위량을 디지털로 기록할 수 있는 장치



1. 두부 코너 반경의 중심
2. 하중재하 선

그림 A6-1 하중재하 위치

A6-3 시험방법

(1) 일반사항

시험은 조립체에 대해서 체결력, 종방향 저항력, 수직강성, 반복하중, 수직강성, 종방향 저항력, 체결력 순으로 실시하여야 한다. 시험이 진행되는 동안 체결장치 조립체의 어떠한 부분도 조정되거나 추가로 조여지거나 변경되어서는 안된다.

(2) 시험 준비

- ① 대칭위치 체결장치 : 체결장치 중심선이 일직선상에 있을 경우, 선로에 조립된 것과 같은 체결장치를 이용하여 한 개의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다.
- ② 비대칭위치 체결장치 : 만약 체결장치가 비대칭일 경우, 시험 중 시험체가 불안정해 질 수 있다. 이러한 경우 그림 A6-2와 같이 두 개의 인접한 침목 또는 반침목 각각의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다. 비대칭 체결장치가 적용되는 슬래브 궤도의 경우, 슬래브 단면은 두 개의 레일 좌면부를 포함하여야 한다.

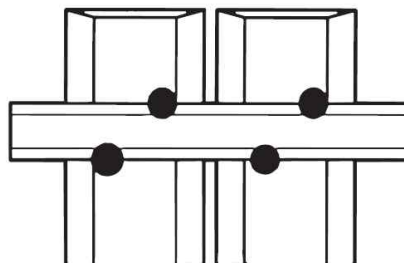


그림 A6-2 비대칭위치 체결장치에 대한 침목 배치

(3) 체결력

시험은 「별지 3 레일체결장치의 체결력 시험」을 따르며, 반복하중 시험 전·후에 실시되어야 한다. 만약 비대칭위치 체결장치에 대한 체결력 시험을 실시할 경우, 레일 좌면부 각각의 중심에 차례로 수직하중을 재하하여야 한다. 이때 하중이 재하되지 않는 레일 좌면부 베이스플레이트의 볼트류는 부분적으로 고정되지 않도록 한다. 두 레일 좌면부에 대해 측정된 값의 평균값이 비대칭위치 체결장치의 체결력이 된다.

(4) 종방향 저항력

시험은 「별지 4 레일체결장치의 종방향 저항력 시험」을 따르며, 반복하중 시험 전·후에 실시되어야 한다. 만약 비대칭위치 체결장치에 대한 종방향 저항력 시험을 실시할 경우, 시험 결과는 다음과 같이 기재되어야 한다.

$$\text{종방향 저항력}(F, \text{kN}) = \text{측정값} / 2$$

반복하중 시험 전·후 레일에 가해지는 종방향 하중은 동일한 방향이어야 한다.

(5) 조립체에 대한 정적 수직강성

시험은 「별지 1 레일체결장치의 정적 수직강성 시험」을 따르며, 반복하중 시험 전·후에 실시되어야 한다. 만약 비대칭위치 체결장치에 대한 정적 수직강성 시험을 실시할 경우, 시험 하중은 $2F_{SAmax}$ 이어야 하며 하중재하 속도는 $(240 \pm 20) \text{ kN/min}$ 이어야 한다. 두 레일 좌면부에 하중이 균등하게 재하될 수 있도록 하중 프레임을 사용하도록 한다. 수직스프링계수는 「별지 1 레일체결장치의 정적 수직강성 시험」식(2)를 따르되, $F_{SA2} = 1.6F_{SAmax}$, $F_{SA1} = 1 \text{ kN}$ 을 대입하여 계산하여야 한다.

(6) 반복 하중

체결장치 형식에 따른 하중재하 각도 및 하중재하 위치는 「6.2.2 마. 반복하중시험, [표 3] 또는 [표 4]」를 따른다. 그림 A6-3, 그림 A6-4, 그림 A6-5, 그림 A6-6, 그림 A6-7 및 그림 A6-8과 같이 체결장치 조립체를 설치한다. 이때 고정 장치를 사용하여 시험체가 종방향 및 횡방향으로 움직이지 않도록 한다. 하중재하 위치는 레일 저부 수정 없이 그림 A6-9에 제시된 경우 중 하나가 적용된다. 하중재하 스트럿은 어떠한 하중 조건하에서도 레일과 선 접촉을 유지할 수 있도록 하기 위해서 레일 접촉면의 곡선반경보다 크며 레일 길이방향과 평행하고 그 폭은 $(100 \pm 10) \text{ mm}$ 여야 한다. 매립형 궤도용 체결장치를 시험할 경우 레일 단면을 변경해서는 안된다. 비대칭위치 체결장치가 적용되는 시험체의 경우, 두 레일 좌면부에 하중이 균등하게 배분될 수 있는 하중 작용점을 선택하여야 한다.

「별지 2 레일체결장치의 동적 수직강성 시험」에 따라 조립체의 동적 수직강성을 측정한다. 체결장치 형식 및 동적 수직강성 값을 「6.2.2 마. 반복하중시험, [표 3] 또는 [표 4]」와 비교하여 해당되는 반복하중 시험용 최대 하중을 결정한 후, (최대 하중 ± 1) kN의 하중을 100 kN/min을 초과하지 않는 범위에서 시험체에 하중을 천천히 가한다. 분기기용 체결장치 중 미끄럼 상판 조립체의 경우 측정된 저주파 동적 강성을 이용하여 [표 3]에서 반복하중 시험을 위한 최대 하중($P_v/\cos\alpha$) 및 하중 재하 각도를 선택하고, 가드레일 조립체의 경우 최대 하중으로부터 P_v 를 계산한다. 비대칭위치 체결장치의 경우 최대 하중은 $(2 \times \text{최대 하중} \pm 2) \text{ kN}$ 이며, 하중재하 속도는 최대 200 kN/min이다. 하중 제거 및 재하를 10회 반복하고, 마지막 3회 하중 재하-제거가 진행되는 동안 합력은 최대 하중에서 $(\alpha \pm 0.5)^\circ$ 및 $(X \pm 1) \text{ mm}$ 의 공차 범위 내에서 재하될 수 있도록 해야 한다.

(4 ± 1) Hz의 주파수로 3×10^6 회 동안 최소 하중 (5 ± 1) kN(비대칭위치 체결장치의 경우 최소 하중은 (10 ± 1) kN임)에서 최대 하중까지 반복하중을 시험체에 가한다. 분기기용 체결장치 중 가드레일 조립체의 경우 수평하중이 수직하중과 같은 위상으로 작용되어야 하며, C, D 및 E형식 체결장치의 수평하중은 5 kN에서 50 kN까지, A와 B형식 체결장치의 수평하중은 5 kN에서 30 kN까지 재하되어야 한다. 최초 1000회 하중재하가 진행되는 동안 최소 한 번의 하중재하에 대해 그림 A6-10에서 제시된 측정 위치에서 침목 또는 지지체 대비 레일의 동적 상대변위를 측정한다. 3×10^6 회 하중재하가 종료되면 레일의 동적 변위를 동일한 방법으로 측정한다. 참고용으로 반복하중 시험 진행 중 레일의 변위를 측정할 수 있다.

시험이 진행되는 동안, 모든 체결장치 구성품들의 최대 온도는 50°C 를 초과해서는 안된다. 구성품 과열을 방지하기 위해서, 선풍기를 사용하거나 (4 ± 1) Hz 범위 내에서 적용 주파수를 감소시키거나 일시적으로 반복하중 재하를 중단할 수 있다.

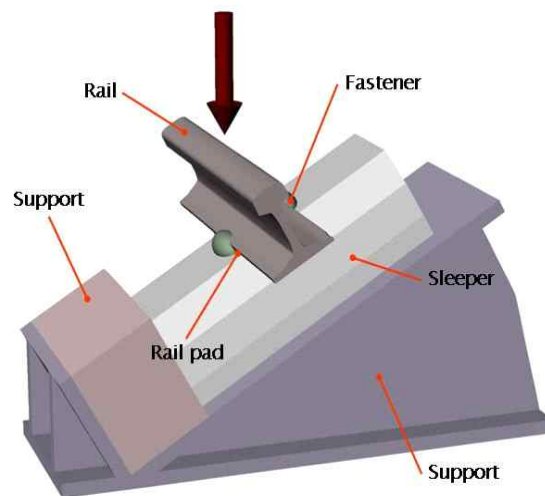


그림 A6-3 레일 체결장치 반복하중시험 시험체 설치

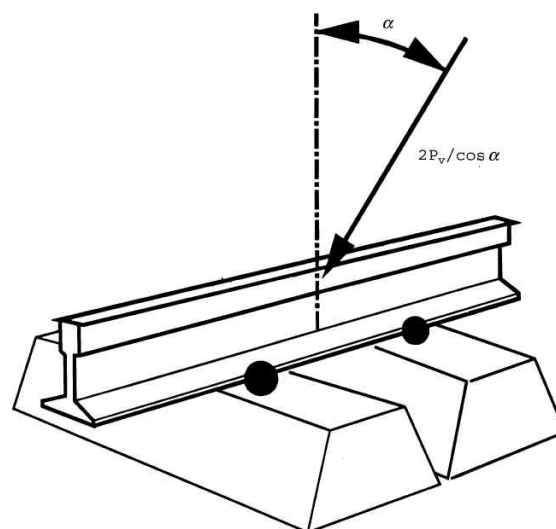
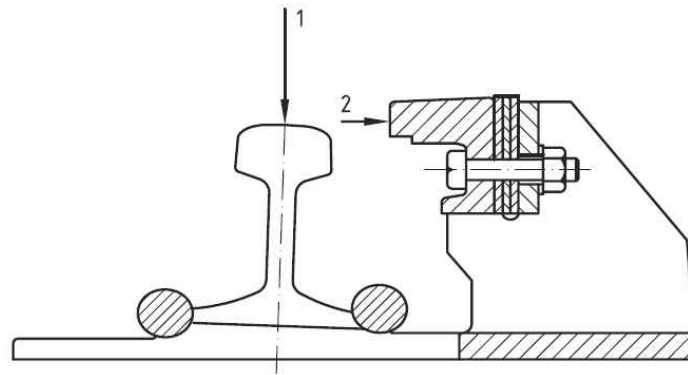
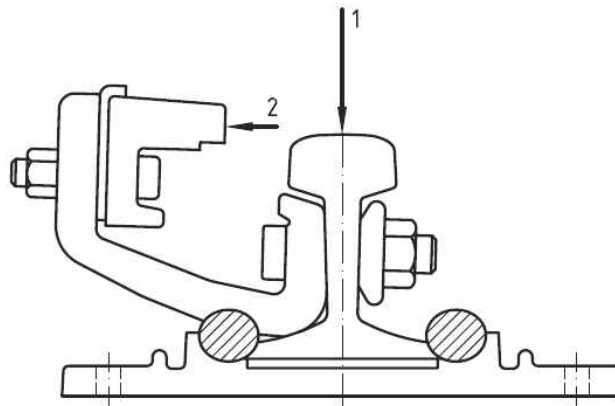


그림 A6-4 비대칭위치 체결장치의 반복하중시험 시험체 설치



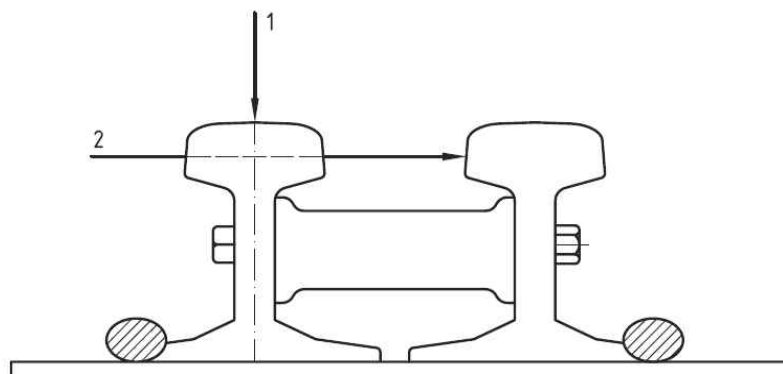
- 1. 수직하중 작용선
- 2. 수평하중 작용선

그림 A6-5 베이스플레이트에 고정된 가드레일에 대한 하중 재하 조건



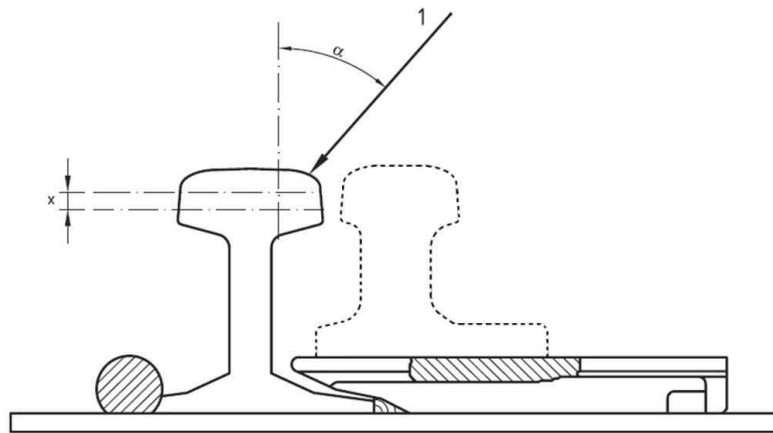
- 1. 수직하중 작용선
- 2. 수평하중 작용선

그림 A6-6 주행레일에 고정된 가드레일에 대한 하중 재하 조건



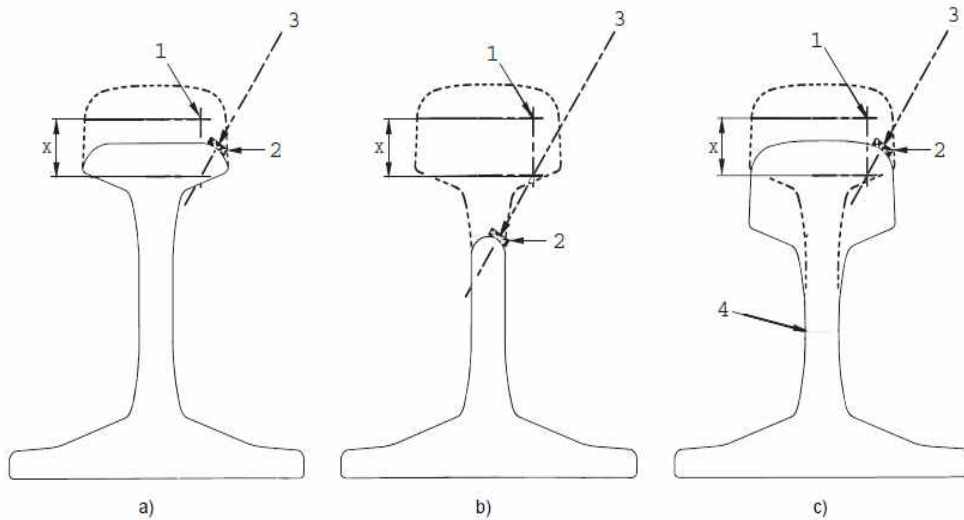
- 1. 수직하중 작용선
- 2. 수평하중 작용선

그림 A6-7 주행레일과 조합된 가드레일에 대한 하중 재하 조건



1. 하중 작용선

그림 A6-8 미끄럼 상판에 대한 하중 재하 조건



- 1. 두부 코너 반경의 중심
- 2. 하중 스트럿
- 3. 하중재하 선
- 4. 제거된 레일 복부 부분

[주 1] 최초 레일 단면은 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일 단면이다.

[주 2] X가 레일 두부 깊이의 50% 이상일 때 a) 경우는 적용될 수 없다.

[주 3] 그림 A6-6과 같이 변위 측정 위치를 유지할 수 있도록 감소된 레일 두부의 전체 깊이는 15mm 이상이어야 한다.

그림 A6-9 하중재하 시 레일 가공

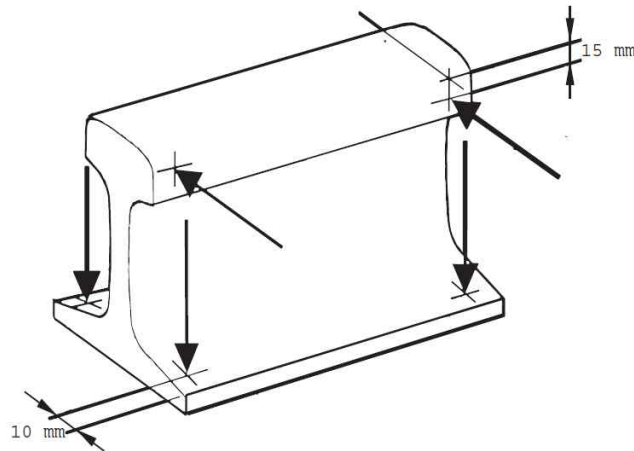


그림 A6-10 레일의 변위 측정 위치

(7) 최종 검사

체결장치를 해체하여 체결장치 구성품에 파손, 마모 및 영구변형이 발생했는지 여부를 육안으로 검사한다. 또한 콘크리트에 매립된 체결장치 구성품의 상태도 검사하여야 한다.

A6-4 대체 시험방법

(1) 일반사항

시험은 조립체에 대해서 체결력, 종방향 저항력, 수직강성, 반복하중, 수직강성, 종방향 저항력, 체결력 순으로 실시하여야 한다. 시험이 진행되는 동안 체결장치 조립체의 어떠한 부분도 조정되거나 추가로 조여지거나 변경되어서는 안된다.

(2) 시험 준비

- ① 대칭위치 체결장치 : 체결장치 중심선이 일직선상에 있을 경우, 선로에 조립된 것과 같은 체결장치를 이용하여 한 개 침목의 각 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다.
- ② 비대칭위치 체결장치 : 체결장치 중심선이 일직선상에 있지 않을 경우, 그림 A6-7과 같이 인접한 침목에 대한 각 한 쌍의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다.

(3) 체결력

「A6-3 시험방법 (3) 체결력」에 따라 시험을 실시하며, 시험 결과는 각각의 레일 좌면부 또는 한 쌍의 레일 좌면부에 대한 개별적 결과의 평균값이다.

(4) 종방향 저항력

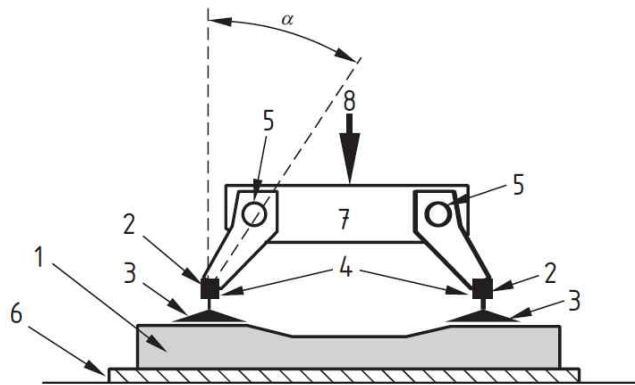
「A6-3 시험방법 (4) 종방향 저항력」에 따라 시험을 실시하며, 시험 결과는 각각의 레일 좌면부 또는 한 쌍의 레일 좌면부에 대한 개별적 결과의 평균값이다.

(5) 조립체에 대한 정적 수직강성

「A6-3 시험방법 (5) 조립체에 대한 정적 수직강성」에 따라 시험을 실시하며, 시험 결과는 각각의 레일 좌면부 또는 한 쌍의 레일 좌면부에 대한 개별적 결과의 평균값이다.

(6) 반복 하중

체결장치 형식에 따른 하중재하 각도 및 하중재하 위치는 「6.2.2 마. 반복하중시험, [표 3] 또는 [표 4]」를 따르며, 시험절차는 「A6-3 시험방법 (6) 반복 하중」에 따라 실시한다. 그림 A6-11과 같이 체결장치 조립체를 설치한다. 한 개의 침목이 사용될 경우 시험체에 적용되는 최대 하중은 $2P_V$ 이며, 비대칭위치 체결장치 적용에 따른 두 개의 침목이 사용될 경우 최대 하중은 $4P_V$ 가 된다. 이때 한 개 침목에 적용되는 하중재하 속도는 최대 200 kN/min, 두 개의 침목에 적용되는 하중재하 속도는 최대 400 kN/min이어야 한다.



1. 침목
2. 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 짧은 길이의 레일
3. 체결장치
4. 하중재하 상태에서 레일의 자유 회전을 가능하게 하는 하중 메커니즘
5. 액츄에이터 위 또는 아래에 위치하고 회전 중심으로부터 레일까지의 최소 길이가 0.4m인 자유 중심축
6. 고정 받침에 밀착시킬 수 있는 재질의 층
7. 궤간 맞춤을 위한 길이의 보
8. 작용 하중, $2P_V$

A6-11 두 개의 레일을 이용한 체결장치 시험체 설치

(7) 최종 검사

「A6-3 시험방법 (7) 최종 검사」에 따른다.

A6-5 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자

- (4) 개별 구성품, 칩목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 레일 단면
- (7) 시험체 설치, $P_V/\cos\alpha$, X 및 α
- (8) 시험종료 후 육안검사 결과
- (9) 반복하중 전·후 정적 수직강성
- (10) 반복하중 전·후 종방향 저항력
- (11) 반복하중 전·후 체결력
- (12) 반복하중 시험 시작 및 종료 시점의 동적 레일 변위
- (13) 반복하중 시험 종료 시 최대 하중에서의 잔류 변위

별지 7. 레일체결장치의 전기저항 시험

A7-1 범위

본 시험방법은 철침목, 콘크리트 침목, 지지체, 혹은 슬래브 궤도에 고정된 체결장치의 영향에 따른 양 레일 간의 습윤 상태에서 전기저항을 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정하고 있으며, 매립형 레일에도 적용될 수 있다. 본 시험방법은 체결장치가 완전히 체결된 조립체에 적용된다. 이 시험의 결과는 신호 전류와 관련이 있다.

A7-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면으로 길이는 약 0.5m이며, 매립형 레일은 시험체 일부로 포함된다.
- ② 레일 지지체 : 전기저항 시험을 위한 별도의 수정 없이 매립전 및 레일 좌면부가 갖추어진 철침목, 콘크리트 침목, 지지체 또는 슬래브궤도
- ③ 체결 구성품 : 베이스플레이트를 포함한 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 물

살수 시의 온도에서 EN 27888에 따라 측정되고 25 °C로 보정된 (50 ± 5) mS/m 범위의 물

[주 1] 온도에 대한 보정 계수는 표 A7-1에 제시된 값이 적용된다.

[주 2] 물 전도율(γ)은 염화나트륨 또는 증류수 첨가를 통해 규정된 값으로 조절될 수 있다.

(3) 분사장비

그림 A7-1과 같이 3.6 mm 지름의 분사구를 갖는 4개의 노즐(스프레이 콘은 100°~125°를 기준으로 한 형상)을 갖는 분사프레임으로 각 노즐로의 물의 흐름을 조절 및 측정할 수 있는 장비를 사용한다.

(4) 전기 공급

(30 ± 3) V RMS 및 (50 ± 15) Hz의 교류 전원

(5) 기록장치

가해진 전압과 레일 간의 합성전류를 1%의 차이로 측정할 수 있고 1×10² Ω부터 1×10⁶ Ω까지의 범위에 걸쳐 저항력을 계산할 수 있는 측정 기구로서, 시간 대비 계산된 저항력을 기록으로 출력할 수 있는 성능을 갖추어야 한다.

A7-3 시험방법

(1) 시험 준비

시험은 환기가 가능하며 온도가 (15 ~ 30) °C 범위 내에서 유지될 수 있는 실내에서 실시되어야 한다. 선로에서 조립된 것과 같이 체결장치를 이용하여 침목의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다. 그림 A7-1과 같이 두께가 50 mm 이상인 절연용 블록 위에 체결장치와 레일이 조립된 표면 건조된 침목을

설치한다. 만약 침목이 본 시험용으로 사용된 적이 없다면, 시험 실시 전에 살수 후 24시간 이상 또는 표면 건조 시까지 중 더 길게 소요되는 시간으로 침목을 건조시킨다.

[주] 적절한 받침은 절연 확보를 위해 절연 패드가 부착된 목재 블록이다.

(2) 기준 시험방법

그림 A7-2와 같이 측정기기를 설치하고, 전기 공급기에 연결한다. 살수 장비를 시험체 위로 이동시켜 장비를 고정된 후, 수온이 (10 ~ 25) °C인 물을 2분간 (7 ± 1) l/min의 속도로 살수한다. 살수가 진행되는 동안 및 살수를 중단한 후 10분 이상 동안 전압과 전류를 측정한다.

시험은 총 3개의 시험체에 대해서 실시되어야 한다.

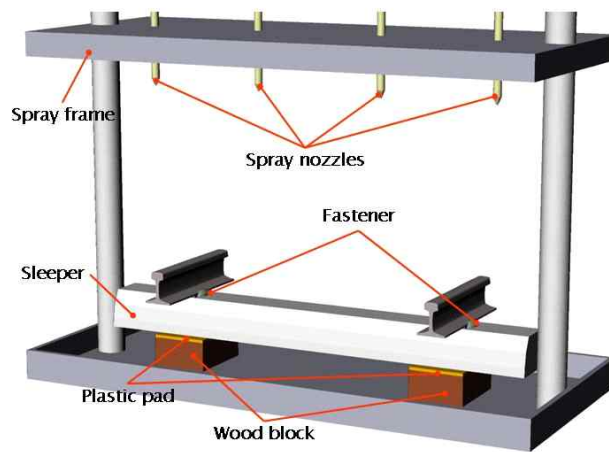


그림 A7-1 전기저항 시험장치

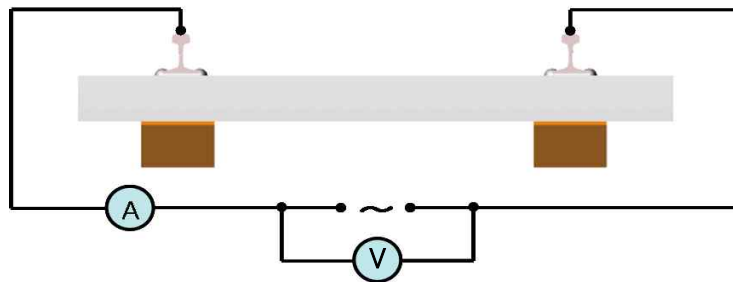


그림 A7-2 측정 회로 구성

(3) 대체 시험방법

본 시험은 1개의 시험체에 대해서 실시되며, 시험 절차는 기준 시험방법의 절차와 동일하다. 다만, 각 시험 간의 간격은 최소 120시간(침목 건조를 위해 방치하는 시간) 이어야 한다.

A7-4 결과 계산

각각의 시험에 대해서 전기저항-시간 그래프로부터 최소 R_{γ} 값을 찾는다. 전기저항 시험 결과(R)는 3회에 걸쳐 얻어진 R_{γ} 값의 평균값이다.

A7-5 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 시험방법(기준 시험방법 또는 대체 시험방법)
- (5) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (6) 시험체 출처
- (7) 시험에 적용된 레일 단면
- (8) 시험에 적용된 침목, 지지체 또는 슬래브 상세
- (9) 시험에 적용된 물의 전도율 및 측정 시 물의 온도
- (10) 각 시험별 전기저항(R_{γ} , Ω)-시간 그래프
- (11) 전기저항 시험 결과, $R(\Omega)$

표 A7-1 사용수의 전도율 보정을 위한 온도에 따른 보정 계수(EN 27888 표 3)

℃	f_{25}									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
10	1.428	1.424	1.420	1.416	1.413	1.409	1.405	1.401	1.398	1.394
11	1.390	1.387	1.383	1.379	1.376	1.372	1.369	1.365	1.362	1.358
12	1.354	1.351	1.347	1.344	1.341	1.337	1.334	1.330	1.327	1.323
13	1.320	1.317	1.313	1.310	1.307	1.303	1.300	1.297	1.294	1.290
14	1.287	1.284	1.281	1.278	1.274	1.271	1.268	1.265	1.262	1.259
15	1.256	1.253	1.249	1.246	1.243	1.240	1.237	1.234	1.231	1.228
16	1.225	1.222	1.219	1.216	1.214	1.211	1.208	1.205	1.202	1.199
17	1.196	1.193	1.191	1.188	1.185	1.182	1.179	1.177	1.174	1.171
18	1.168	1.166	1.163	1.160	1.157	1.155	1.152	1.149	1.147	1.144
19	1.141	1.139	1.136	1.134	1.131	1.128	1.126	1.123	1.121	1.118
20	1.116	1.113	1.111	1.108	1.105	1.103	1.101	1.098	1.096	1.093
21	1.091	1.088	1.086	1.083	1.081	1.079	1.076	1.074	1.071	1.069
22	1.067	1.064	1.062	1.060	1.057	1.055	1.053	1.051	1.048	1.046
23	1.044	1.041	1.039	1.037	1.035	1.032	1.030	1.028	1.026	1.024
24	1.021	1.019	1.017	1.015	1.013	1.011	1.008	1.006	1.004	1.002
25	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.987	0.985	0.983	0.981
26	0.979	0.977	0.975	0.973	0.971	0.969	0.967	0.965	0.963	0.961
27	0.959	0.957	0.955	0.953	0.952	0.950	0.948	0.946	0.944	0.942
28	0.940	0.938	0.936	0.934	0.933	0.931	0.929	0.927	0.925	0.923
29	0.921	0.920	0.918	0.916	0.914	0.912	0.911	0.909	0.907	0.905
30	0.903	0.902	0.900	0.898	0.896	0.895	0.893	0.891	0.889	0.888

별지 8. 레일체결장치의 부식저항 시험

A8-1 범위

본 시험방법은 레일체결장치가 가혹한 환경에 노출되었을 때의 영향을 파악하기 위한 실내 시험 절차를 규정하고 있다. 본 시험방법은 체결장치가 완전히 체결된 조립체에 적용되며, 수직고정형 레일체결장치가 적용되는 매립형 궤도시스템에는 해당되지 않는다.

A8-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면의 레일
- ② 시험체는 베이스플레이트를 포함한 조립체 또는 베이스플레이트가 사용되지 않을 경우 침목, 지지체 또는 슬래브 궤도의 한 단면에 완전히 체결된 조립체로 구성된다. 매립형 레일이 사용되는 체결장치 조립체의 경우, 시험체의 길이는 체결장치 형식별 공칭 침목 간격과 동일해야 한다.

(2) 염수분무장치

중성염과 분사장치는 NSS(neutral salt spray) 시험을 위한 EN ISO 9227에 적합해야 한다.

(3) 체결 공구

체결장치를 설치 및 해체하는데 사용되는 수동식 공구

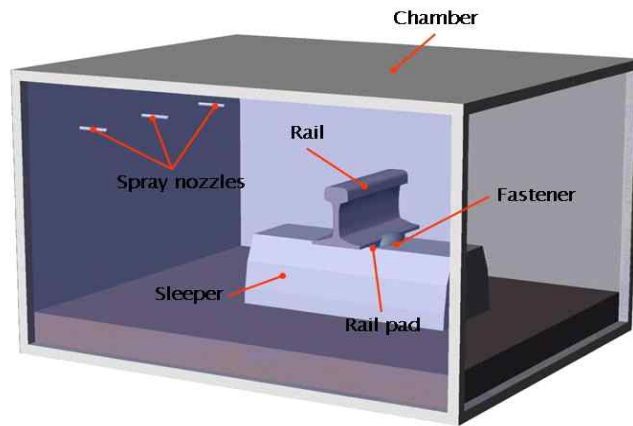


그림 A8-1. 부식저항 시험장치

A8-3 시험방법

시험체를 육안으로 검사하고 시험을 위해 조립하기 전에 각 구성품의 상태를 기록한 후, 선로에서 조립된 것과 같이 체결장치를 이용하여 침목의 레일 좌면부에 레일을 고정시킨다. EN ISO 9227에 따라 중성염을 300시간 동안 분무한다. 분사작업이 끝나면 체결공구를 사용하여 조립체를 해체하여 구성품들을 육안으로 검사하고 해당 상태를 기록한 후, 다시 체결장치를 재조립한다. 체결장치를 해체하거나 재조립하는데 있어 관찰된 모든 문제점을 기록한다.

A8-4 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 시험에 적용된 침목, 지지체 또는 슬래브 상세
- (7) 시험에 적용된 레일 단면
- (8) 체결장치 조립 및 해체용 체결공구
- (9) 시험 중 육안으로 관찰된 각 구성품의 변화
- (10) 체결공구를 사용하여 체결장치를 해체 및 재조립하는 과정에서 발생하는 모든 문제점

별지 9. 레일체결장치의 충격감쇠 시험

A9-1 범위

본 시험방법은 철도궤도 상의 차량 운행에 따른 충격 하중을 모사하기 위해 콘크리트 침목이나 지지체에 체결된 레일에 충격하중을 가한 후 침목에 발생된 변형률을 측정하기 위한 실내 시험 절차를 규정한다. 본 시험방법의 목적은 콘크리트 침목 및 지지체에 적용되는 다양한 레일패드의 충격감쇠를 비교하는 것이며, 자갈도상 궤도에만 적용될 수 있다. 본 시험방법은 완전히 체결된 조립체에 적용된다.

A9-2 시험조건

(1) 시험체

- ① 레일 : 해당 체결장치가 적용되는 구간에 설계된 레일과 동일한 단면으로 길이는 약 0.3 ~ 1.0 m
- ② 콘크리트 침목 또는 지지체 : 균열이 없어야 하며, 침목 또는 지지체의 레일 좌면부와 접촉하는 체결장치 구성품의 치수는 레일 좌면부 치수와 일치해야 한다.
- ③ 체결 구성품 : 베이스플레이트를 포함한 선로에서 사용되고 있는 모든 체결 구성품

(2) 받침

- ① 기준 시험방법 : 받침은 큰 틀 안에 공칭 입자 크기가 (5 ~ 15) mm의 범위인 쇄석으로 채워진 기 초여야 한다. 받침은 침목 레일 좌면부 1개소에 50 kN에서 60 kN까지 정하중이 가해질 때 ($0.1 \leq \delta \leq 0.5$) mm의 수직 변위를 허용할 수 있어야 한다.

[주] 쇄석층의 적절한 깊이는 침목 저부 기준으로 270 mm이며, 총 깊이는 370 mm이다.

- ② 대체 시험방법 : 받침은 단단한 좌면부 위의 고무매트로 구성되어야 한다. 받침은 침목 레일 좌면 부 1개소에 50 kN에서 60 kN까지 정하중이 가해질 때 ($0.1 \leq \delta \leq 0.5$) mm의 수직 변위를 허용할 수 있어야 한다.

(3) 변형률 측정 및 기록장치

변형률 게이지로부터 출력값을 처리하고 변형률-시간 기록을 0.1 ms 단위 이상으로 제공할 수 있는 장치여야 하며, 변형률 게이지로부터의 출력 결과는 ± 0.1 mV까지 측정 가능하여야 한다.

(4) 낙하체

각각의 게이지 위치에서 측정되는 변형률이 침목 균열 변형률의 80%를 초과하지 않는 범위에서 낙 하체 및 낙하 높이의 조합이 결정되어야 하며, 초기 충격하중의 시간 간격은 (1 ~ 5) ms이어야 한다.

(5) 예비 하중재하 장비

총 유효 강성이 2 kN/mm 미만이고 레일에 50 kN의 수직 예비 하중을 가할 수 있는 스프링 일식

A9-3 시험방법

(1) 시험 준비

침목 저부와 수직이며 레일 좌면부 중심을 통과하는 침목 측면 선상에 두 개의 변형률 게이지(길이 :

100 ~ 120 mm)를 대칭되도록 부착한다. 한 개의 변형률 게이지는 침목 저부와 평행하되 침목 상단에 근접한 곳(모따기 또는 곡선 부분에 변형률 게이지 부착은 피해야 함)에 부착되어야 하며, 나머지 한 개의 변형률 게이지는 침목 저부에서 위로 (10 ~ 25) mm 떨어진 곳에 부착되어야 한다.

시험은 (23 ± 5)℃가 유지되는 실내에서 실시되어야 하며, 시험에 적용되는 모든 체결장치는 시험 시작 전 최소 4시간 동안 해당 온도에서 보관되어야 한다.

(2) 기준 시험방법

「별지 1 정적 수직강성 시험」에 따라 측정된 500 kN/mm 이상의 정적 강성을 가진 HDPE 나 EVA 재질의 5 mm 두께 기준 패드를 체결 시스템에 설치한다. 체결장치가 더 두꺼운 두께의 패드(d_t)로 설계된 경우, 알루미늄 판($d_a = d_t - 5$)을 레일과 패드 사이에 삽입한다. 변형률 게이지 부착된 침목을 받침 위에 올려놓는다.

충격하중은 낙하체의 자유 낙하에 의해 레일에 가해지고, 변형은 충격이 가해지기 3 ms 이전에 기록을 시작하여, 충격이 가해진 후 5 ms 이상 동안 지속적으로 기록된다. 신규 시험 장치에서 시험할 경우 그리고 도상, 침목 또는 지지체가 변경될 경우, 최초 변형률의 최대값과 시간 간격을 10회 충격하중 시험 결과 평균값과 비교하여야 하며, 그 결과가 10% 이상 차이 나는 경우 시험 조건이 평균 조건에 도달되도록 조정되어야 한다. 시험 패드를 사용하여 5회 충격을 가한 후, 3회 연속 충격시험 동안의 변형률을 기록한다.

매 충격 시험마다 침목 상부 측정위치와 하부 측정위치에서의 변형률 비율을 산정한 후, 이를 정적하중에 대한 유사한 침목에서의 측정값과 비교 검토하여야 한다. 만약 충격 시험으로부터 얻어진 스트레인의 비율이 정적시험의 결과와 10% 이상 차이가 난다면, 새로운 침목을 사용하여 충격시험을 재수행하여야 한다.

(3) 대체 시험방법

그림 A9-1과 같이 시험체를 설치하고 레일에 50 kN의 예비하중을 가한 후, 예비하중 재하로 침목에 발생된 정적 변형률을 측정하여야 한다. 이후 시험 절차는 「(2) 기준 시험방법」과 동일하다.

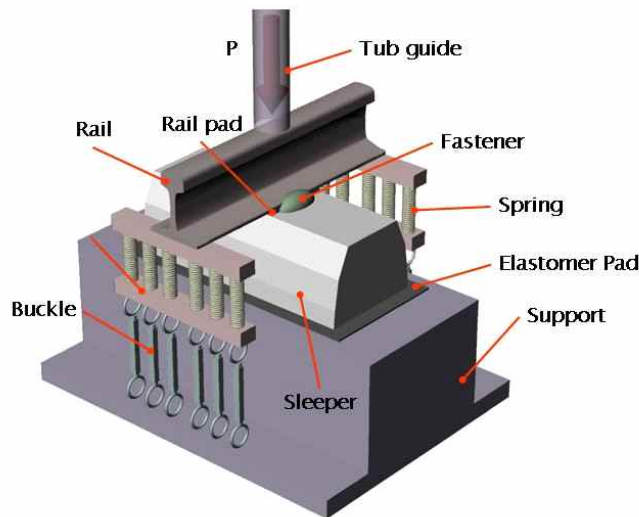


그림 A9-1 대체 시험방법의 충격하중 시험장치

A9-4 결과 계산

(1) 기준 시험방법

기준 패드와 시험 패드를 대상으로 각각 3회의 충격에 대해 침목 상부와 하부에서의 감쇠효과를 다음과 같이 계산한다.

$$a_t = 100\left(1 - \frac{\epsilon_{pct}}{\epsilon_{pct}}\right), \% \tag{1}$$

$$a_b = 100\left(1 - \frac{\epsilon_{pcb}}{\epsilon_{pcb}}\right), \% \tag{2}$$

충격감쇠율의 계산 : $a = \frac{(a_t + a_b)}{2}, \% \tag{3}$

a : 충격감쇠율(%)

a_t : 하부지지체 상면의 감쇠율(%)

a_b : 하부지지체 하면의 감쇠율(%)

ϵ_{pct} : 시험 패드의 충격시험 시 하부지지체 상면의 변형률 최대값

ϵ_{pcb} : 시험 패드의 충격시험 시 하부지지체 하면의 변형률 최대값

ϵ_{pct} : 기준 패드의 충격시험 시 하부지지체 상면의 변형률 최대값

ϵ_{pcb} : 기준 패드의 충격시험 시 하부지지체 상면의 변형률 최대값

시험 결과는 시험 패드를 사용하여 3회 측정된 충격감쇠율의 평균값으로 기록한다.

(2) 대체 시험방법

기준 패드와 시험 패드를 대상으로 각각 3회의 충격에 대해 침목 상부와 하부에서의 감쇠효과를 다음과 같이 계산한다.

$$a_t = 100\left(1 - \frac{(\epsilon_{pct} - \epsilon_{st})}{(\epsilon_{pct} - \epsilon_{st})}\right), \% \tag{4}$$

$$a_b = 100\left(1 - \frac{(\epsilon_{pcb} - \epsilon_{sb})}{(\epsilon_{pcb} - \epsilon_{sb})}\right), \% \tag{5}$$

충격감쇠율의 계산 : $a = \frac{(a_t + a_b)}{2}, \% \tag{6}$

ϵ_{st} : 예비하중재하 시 하부지지체 상면의 스트레인 값

ϵ_{sb} : 예비하중재하 시 하부지지체 하면의 스트레인 값

시험 결과는 시험 패드를 사용하여 3회 측정된 충격감쇠율의 평균값으로 기록한다.

A9-5 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험 대상 패드 및 기준 패드 상세
- (6) 침목 종류 및 질량을 포함한 콘크리트 침목 상세
- (7) 시험체 출처
- (8) 적용 시험방법
- (9) 기준 패드 대비 시험 패드의 평균 감쇠율

별지 10. 레일체결장치의 인발저항 시험

A10-1 범위

본 시험방법은 콘크리트 침목, 지지체 또는 슬래브 궤도 제작 시 콘크리트 내부에 매립되거나 콘크리트 경화 후 부착되는 체결장치 구성품이 인발력에 대한 저항 성능을 확보하고 있는지 여부를 결정하기 위한 실내 시험 절차를 규정한다.

A10-2 시험조건

(1) 시험체

솔더나 매립전 등이 매립 또는 부착되어 있는 콘크리트 침목, 지지체 또는 슬래브

(2) 하중재하 장비

침목 레일 좌면부에 수직방향으로 (50 ± 10) kN/min의 속도로 하중을 가할 수 있는 장비

(3) 기록장치

작용 하중을 디지털로 기록할 수 있는 장치

A10-3 시험방법

(1) 시험 준비

그림 A10-1과 같이 솔더 또는 매립전을 중심으로 좌우 100 mm씩 이격된 지점에 하중 프레임을 설치한다. 매립전 내부로 스크류 볼트가 설치되는 경우, 이 볼트를 설계 깊이까지 설치하고 볼트를 통해 매립전에 하중이 전달될 수 있도록 한다.

(2) 시험 실시

레일 좌면부에 수직방향으로 (50 ± 10) kN/min의 속도로 정하중을 재하하며, 하중은 60 kN 또는 제조자가 제시한 값 중 큰 값까지 재하한다. 하중이 요구 성능 값에 도달하면 이 하중을 3분 동안 유지한 후 충격이 가해지지 않도록 주의하면서 0 kN으로 감소시킨다. 시험 종료 후, 솔더 또는 매립전 주위 콘크리트에 균열이 발생하였는지를 육안으로 검사한다.

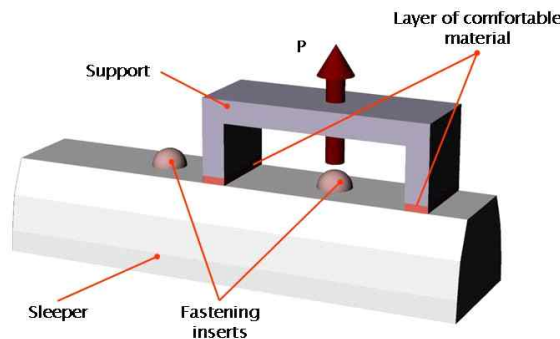


그림 A10-1 솔더 또는 매립전 인발저항 시험

A10-4 시험 보고서

시험 보고서에는 최소한 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- (1) 적용 규격 번호, 발간일자 및 명칭
- (2) 시험실 명칭 및 주소
- (3) 시험 실시 일자
- (4) 개별 구성품, 침목, 지지체 슬래브를 포함한 시험에 사용된 체결장치의 명칭 및 상세
- (5) 시험체 출처
- (6) 최대 작용 하중
- (7) 시험 종료 후 육안검사 결과