한국철도학회논문집 제18권 제6호 ▌pp. 578-585 (2015년 12월)
JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY FOR RAILWAY VOL.18, NO.6 ▌pp. 578-585 (December 2015)
ISSN 1738-6225(Print)
ISSN 2288-2235(Online)

# 궤도의 성능향상을 위한 탄성구성요소로 통합된 상부구조 설계

# Integrated Superstructure Design of Elastic Components to Improve the Track Performance

강보순*
Bo Soon Kang

**Abstract** Track elastic components can be technically and economically efficient when integrated well into track superstructure of a railway network. In such cases, the elastic rail pad is larger than a 800m radius curve provides smooth rail branching and allows for high-speed operation (V≥160km/h). High track resistance causes the tamping intervals to stand out because the constantly increasing share of the sleeper pad further extends the increase of the tamping interval and the long grinding period; the engineering and construction of the small curve radius track provides some measures for reducing the solid sounds. Installation of elastic mats under the ballast can have a good effect, particularly in the context of protection against dust during construction or extensive renovation measures when laying new lines. However, such a process requires special attention and proper installation.

***Keywords*** : Ballast track, Rail pad, Sleeper pad, Ballast mat, Track component

**초 록** 궤도의 탄성 구성요소는 기술적 및 경제적으로 효율적인 철도 네트워크를 위해 궤도상부구조로 잘 통합될 수 있다. 탄성 레일패드는 곡선반경이 800m보다 큰 경우 부드러운 레일지점과 고속(160km/h 이상)을 제공한다. 높은 궤도저항성은 눈에 띄게 다짐주기를 연장시킨다. 침목패드의 꾸준히 증가된 점유율은 향상된 다짐주기와 연마주기를 제공하고, 좁은 곡선반경에서도 기술적인 철도구조물 그리고 고체음의 감소에 대한 대책을 제공하기 때문이다. 밸러스트 매트의 설치는 신설선 건설 또는 광범위한 혁신 조치의 차원에서 특히 방진 및 구조물 보호와 같은 좋은 효과를 준다. 다만, 적절한 설치에는 세심한 주의가 필요하다.

**주요어** : 자갈궤도, 레일패드, 침목패드, 자갈매트, 궤도상부구조

## 1. 서 론

철도교통은 안전과 정시성의 장점들과 함께 국내외적으로 점차 고속화되고 선로에 열차의 통과톤수 증가 따른 궤도의 유지보수 노력과 비용이 증가하므로 이에 따른 기술적으로 궤도의 효율적인 품질 향상과 LCC분석을 통한 경제적으로도 절감효과의 기대하고 있다. 궤도의 탄성 구성요소는 기술적 및 경제적으로 효율적인 철도 네트워크를 위해 궤도상부구조로 잘 통합될 수 있다. 탄성 레일 패드는 부드러운 레일지점과 높은 속도를 제공하여 궤도의 저항성을 증가시키고 다짐주기도 연장시킨다. 탄성적인 침목패드의 꾸준한 점유율증가는 향상된 다짐주기와 연마주기를 제공하고 작은 곡선반경에서도 기술적인 철도구조물을 그리고 고체음의 감소에 대한 만족 할 만 대책을 제공하기 때문이다. 밸러스트 매트의 설치는 신설선 부설 또는 광범위한 혁신 대책의 측면에서 부설되고, 특히 방진과 철도구조물 보호측면에서 좋은 효과를 기대할 수가 있다.

자갈궤도는 잘 관리할 경우, 수십 년간의 내구수명을 보장하고 또한 지금도 계속해 발전을 거듭 하고 있으며 특히 다음과 같은 궤도 및 분기기 요소에서는 더욱 더 발전하는 추세에 있다.

◦ 높은 하중이 재하 되는 궤도는 현재 독일에서는 레일 60E2 및 화차 R260로 부설된다. 곡선에서는 헤드강화레일(350HT)이 사용되고 있다.

◦ 1950년대에 연속적인 궤도 도입으로 철근 콘크리트 침목은 목침목과 철침목을 대신에 갱신의 일환으로 교체됐다.

◦ 일반적인 침목부설 형태는 오늘날 콘크리트침목 B70, B90 및 B07이고 대부분의 분기기도 PSC 침목으로 표준화되었다.

*Corresponding author. Tel.: +82-42-5172, E-mail : bskang@.ac.kr.
© 2015 The Korean Society for Railway. All rights reserved.
http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2015.18.6.578

**Fig. 1.** Damaged superstructure in ballast track.

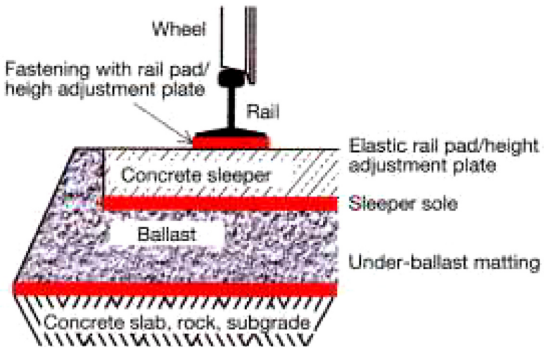


**Fig. 2.** Elastic elements in ballast track[8].

◦ 체결구 시스템은 지속적으로 발전되었고 지금도 발전 중에 있다. 탄성적인 레일패드는 레일에서부터 침목을 통한 지지층까지 하중전달에 아주 중요한 역할을 한다.
◦ 단단한 석재로부터 얻은 고품질 자갈은 궤도의 장기적인 내구연한에 필요한 중요한 충족조건이다.

교통발전 및 교통영향평가 발전은 궤도 상부구조의 다음과 같은 요구사항도 결정한다.
◦ 요구에 적절한 단면결정은 차량영향, 속도, 하중 및 선형을 제시한다.
◦ 건설 및 유지보수 시 고품질은 높은 가용성으로 자체 허용 운행에 대한 조건이다.
◦ 친환경적이고 진동저감의 선로는 해당되는 주민의 동의를 요구한다.
◦ 좀 더 높은 하중에도 불구하고도 LCC는 적게 유지해야만 한다.

속도향상으로 특히 레일과 자갈의 동적하중이 증가하므로 초기 규칙적인 자갈형태는 비등방성(예를 들면, 강성반복, 선로면의 평탄성 등)으로 자갈과 침목사이에 또는 자갈과 노반사이에 단시간에 경화된 접촉과 연관되어 마모 될 수 있다. 마모된 자갈은 다시 침목 밑 빈 공간으로 이동하여 'Fig. 1'과 같은 증가된 궤도열화는 이에 상당한 유지보수량으로 나타난다. 자갈궤도의 탄성요소에 대한 경제성을 고려한 단계적 설계는 먼저 레일과 침목사이에서 레일패드(체결구패드)가 가장 손쉽게 설치될 수 있고, 그 다음 침목과 자갈사이의 침목패드 마지막으로 하부구조 경우에 자갈과 구조물사이에 자갈매트가 설치될 수 있다('Fig. 2'). 이러한 궤도의 탄성 구성요소들은 동적하중을 상쇄시키고 궤도틀림 저감과 이와 관련하여 쾌적한 승차감을 가져오며 적절한 단면으로 소음 및 진동을 저감시킨다. 그리고 유지보수량 감소에도 중요한 역할을 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 레일패드

#### 2.1.1 일반

'Fig. 2' 및 'Table 1'에서와 같이 현재 독일철도에서는 레일과 침목사이의 탄성적 레일패드가 궤도상부구조에서 가장 쉽게 구현될 수 있고 800m이상 큰 곡선반경의 경우 높은 속도(HG VzG≥160km/h)에서 표준으로 사용되고 있다. 이 성능요구사항은 DB의 기술적인 납품조건인 DBS 918 235에 있다[2]. 1990년대에 DB는 독일 선로의 연장된 길이에 대한 윤하중 분배(연장된 길이의 휨곡선)와 지점력과 함께 자갈하중 감소 그리고 차륜과 레일사이의 접지력 감소와 같은 특성에 도달되어야 하였으므로 탄성적 레일패드 Zw 900 또는 Zw 700을 도입 했다.

단단한 레일패드 Zw 687로 된 기존 궤도형태를 탄성적 레일패드로 향상시킴으로써 그 결과는 예를 들면, 허용 속도영역 160km/h 이상과 1000m 길이 이상 복선에서 레일개량을 가져왔다. 'Table 2'는 Ril 820.2010으로 레일개량의 경우 요구되는 업그레드를 보여주고 있다.

2000년 중반부터는 DB는 자갈궤도 상부구조의 장기거동을 향상시키기 위해 계속 간편하고 현실화 시킬 수 있는 방법을 찾았다. 이러한 비교연구는 고탄성 레일패드로 확대된 침목지점단면과 관련해 탄성작용을 증가시킬 수 있도록 했으며 그 결과가 침목 B07

**Table 1.** With standardized components on the most economical and robust DB track[1].

| Velocity [km/h] | Load≤10,000Lt/d | Load>10,000Lt/d |
|---|---|---|
| V ≤ 120 | B70 u. a. stiff rail pad 49E5(S49) | B70 stiff rail pad 54E4/60E2 |
| 120 < V <160 | B70 stiff rail pad 54E4/60E2 | B70 stiff rail pad 60E2 |
| 160 ≤ V ≤ 230 | | B70 elastic rail pad 60E2 |
| V > 230 | | B07 high elastic rail pad 60E2 |

**Table 2.** Technical Data of rail pads[1]

| Rail pad | stat. stiffness of rail pad [kN/mm] | dyn. stiffness of rail pad [kN/mm] (low freq.) | Thickness [mm] |
|---|---|---|---|
| Zw 687a (stiff) | 600 | - | 6 |
| Zw 700 (elastic) | 60 | 90 | 7 |
| Zw 900 (elastic) | 60 | 90 | 9 |
| Zw 1000 (high elastic) | 40 | 60 | 10 |

과 연결된 패드 Zw 1000와 함께 W21 레일체결구의 도입이었다. 시험운행의 일환으로 단기간에 벌써 높은 궤도지점 내구성을 입증해 보일 수 있었고 이것은 계속해서 유지보수작업량을 감소시킬 수 있었다.

2011년부터는 속도 230km/h 이상에 대한 고속철도 궤도에서 패드 Zw 1000으로 된 침목 B07 그리고 속도 160km/h 이상에 대한 분기기영역에서도 부설되고 있다.

우리나라도 철도가 고속화되고 선로에 열차의 통과톤수 증가 따른 점차 기존자갈궤도의 유지보수노력과 비용이 점차 증가하므로 기존 딱딱한 패드 e-클립을 부드러운 패드의 Q-클립 체결장치로 간편하게 교환하여 경제적이고 효율적인 자갈궤도의 개량이 필요할 수 있다.

### 2.1.2 e-클립(stiff)과 Q-클립(soft)의 자갈열화율 비교방법

딱딱한 패드 e-클립과 부드러운 패드 Q-클립 체결장치의 뮌헨공대실험실 측정 데이터('Fig. 3')를 기반으로 각각 체결구 시스템의 탄성곡선을 근거로 유럽에서 자주 자갈궤도에 사용되는 자갈열화율의 비교평가에 대해 저자가 참여하여 수행한 연구결과이다.

본 연구는 개별 대차(bogie)의 차축완화(axle transition)에서 비롯된 응력을 누적 집계함으로써 간단히 요약되었다. 경계조건은 차량 전이부의 대차에 대한 상호 영향은 무시하였다. 다만 현재 경험에 따르면, 대차 하부의 자갈도상압력에 대한 상호 영향은 무시해도 좋을 만큼 미미하다. 또한 중점 높이와 설계 파라미터에 크게 좌우되는 곡선 상의 차륜 작용력 전이에서 비롯된 영향도 고려하지 않았다.

평가는 AASHO 도로 시험에서 파생된 제 2 내지 제 4 제곱승수 계산법을 준용하여 이루어졌다[9]. 이는 우선 일차원적 연구결과는, 예를 들어 대차의 축간 거리가 큰 차량의 직선경우 비교적 자갈열화가 적을 수 있지만 보통 곡선경우에는 큰 차이가 없다.

**Table 3.** Retrofitting of rail renewals.

| Old | New |
|---|---|
| W 14K/S 687a | W 14K/S 700 |
| W 3687a | W 14K 900 |
| W 3 700 with Sk I 1 | W 3 700 with Sk I 20 |

**Fig. 3.** Test set up of system.

고속화 궤도구간의 유지보수비용 관점에서는, 이러한 연구는 유지보수비용 산정에 유용한 방법이다. 이는 차량이동으로 자갈도상에 가해지는 압력에서 기인한 것으로 적용 하중조건은 다음과 같다:

**Table 4.** Used load cases.

| Load cases | Axis distance in the bogie [mm] | Axle load [kN] |
|---|---|---|
| A | 3,000 | 220 |
| B | 3,000 | 165 |

다음은 상부구조는 구성요소의 데이터이다:

**Table 5.** Modeling of the superstructure on the basis of information received.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rail | Rail 60kg | $I=3090\times10^4 mm^4$ | $E=2,1\times10^5 N/mm^2$ |
| Rail fastening | Rail 60kg | k=63.1kN/mm | Pads factor is derived from the technical university of munich transportation infrastructure testing laboratory measurements |
| Rail fastening | Rail 60kg | k=737kN/mm | |
| Sleeper | PCT | $l=2400mm^4$ | $Fw=232,275mm^2$ Tamping influenced area per rail seat |
| Ballast and subsoil | Good condition | k=150kN/mm | |

이들 파라미터를 적용함으로써 지점작용력, 레일 휨곡선 및 자갈도상 압력 추이곡선 등을 계산할 수 있고 계속해서 자갈도상압력분석을 통한 이론적 해석으로 자갈열화율이 도출된다[9]. 주목할 것은 상부구조 형태가 본질적으로 패드강성에 의해 구분된 다는 점이다. 이에 따라, 다음과 같은 특성화를 나타내는 수치가 주어진다.

**Table 6.** Characteristic quantities of e-clip and Q-clip according to loading conditions.

| Support point force [kN] | Q-clip(soft) | e-clip(stiff) |
|---|---|---|
| Load cases A | 41.7 | 55.3 |
| Load cases B | 31.2 | 41.4 |

| max. Rail deflection [mm] | Q-clip(soft) | e-clip(stiff) |
|---|---|---|
| Load cases A | 0.94 | 0.44 |
| Load cases B | 0.70 | 0.33 |

| | Q-clip(soft) | e-clip(stiff) |
|---|---|---|
| stat. stiffness of system[kN/mm] | $k_{sa}$=63.1 | $k_{sa}$=737.2 |

| Ballast bed pressure [$N/mm^2$] | | Q-clip(soft) | e-clip(stiff) |
|---|---|---|---|
| Load cases A | Under axel | 0.1794 | 0.238 |
| Load cases A | Between axel | 0.029 | -0.009 |
| Load cases B | Under axel | 0.135 | 0.178 |
| Load cases B | Between axel | 0.022 | -0.007 |

아래 그래프는 하중조건 A에 대한 자갈도상압력의 탄성곡선 추이를 나타낸 것이다(220kN-축하중). 순전히 e-클립에 대한 최대 자갈도상압력 수치만 해도 0.238N/mm²으로 이미 비교적 높은 자갈도상압력을 나타내고 있다. 이는 매우 높은 유지보수비용과 소위 백점(白點, “white spots”)영역 발생으로 나타난다. 제곱승수 평가 산정방식을 이용하여, 응력발생률을 정량화하여 산정할 수 있다.

다음 ‘Table 7’은 이러한 분석 결과를 나타낸 것이다. 수치 $\vartheta_{DG}$은 자갈도상압력 추이에서 도출된 하중조건 A 또는 B와 관련된 대차에 대한 자갈열화비율에 해당한다. 이 때 n은 평가산정을 위해 도입된 승수를 나타낸 것이다. 딱딱한 패드의 e-클립을 적용한 상부구조를 기준치로 도입할 경우, 이로써 하나의 대차는 100%의 열화비율을 갖게 된다. 반면에 부드러운 패드의 Q-클립을 적용한 상부구조에 대한 수치는 결과적으로 현저히 낮은 스프링 계수로 대비된다. 이에 따라 n=2 제곱 승수에 바탕을 둔 분석방법의 경

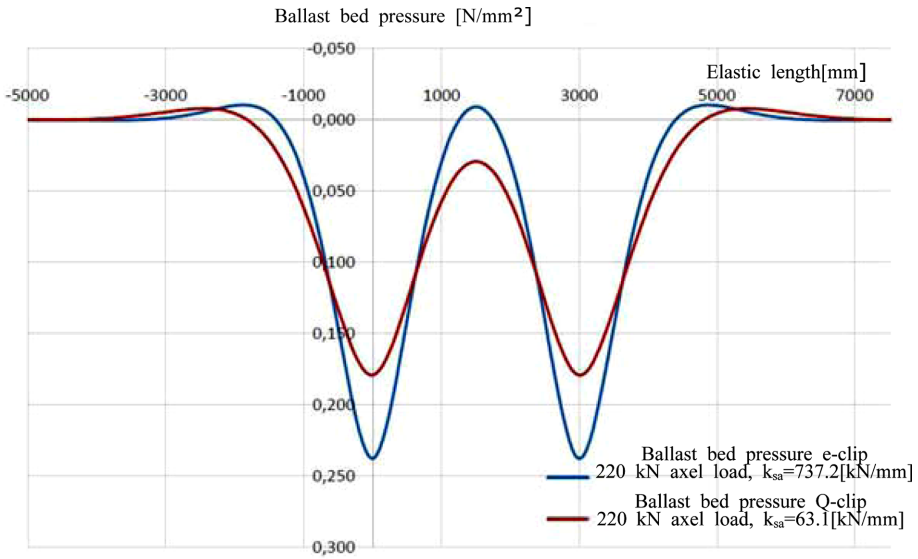


**Fig. 4.** Influence Line of the second axel in ballast bed pressure.

**Table 7.** Results of this analysis.

| | ϑ DG A (n=2) | ϑ DG A (n=3) | ϑ DG A (n=4) | ϑ DG B (n=2) | ϑ DG B (n=3) | ϑ DG B (n=4) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| e-clip | 0.1133 | 0.0270 | 0.0064 | 0.0634 | 0.0113 | 0.0020 |
| Q-clip | 0.0545 | 0.0091 | 0.0015 | 0.0310 | 0.0039 | 0.0005 |
| Deterioration behaviour for Q-clip[%] | 48% | 34% | 24% | 49% | 35% | 25% |

우 대차의 천이는 Q-클립을 적용한 자갈 비율이 약 50% 정도로 열화 되지만 n=4 제곱 승수에 바탕을 둔 분석의 경우 약 25%의 수준으로 안정적인 결과를 보여주고 있다. 따라서 차량 고속화 및 중량화의 경우 상부구조에서 탄성적인 구성요소의 교환함으로써 궤도는 안정성을 확보할 수 있는 양호한 결과를 얻게 된다.

## 2.2 자갈매트

자갈매트(USM)는 1970년부터 고체음과 이차 공기음 저감을 위한 방진의 목적으로 사용되었다. 그 후 터널과 교량위에 설치되었고 트로프 구조물에도 확장 설치되었다. 성능요구는 DIN 45673-3과 연결하여 DBS 918 071에 잘 나타나 있다[3]. 음향에 효과적인 자갈매트의 사용에 대한 처방은 'Fig. 5'에서와 같이 방진효과를 증가시키고 주파수 영역을 낮출 수 있어 계획승인으로 부터

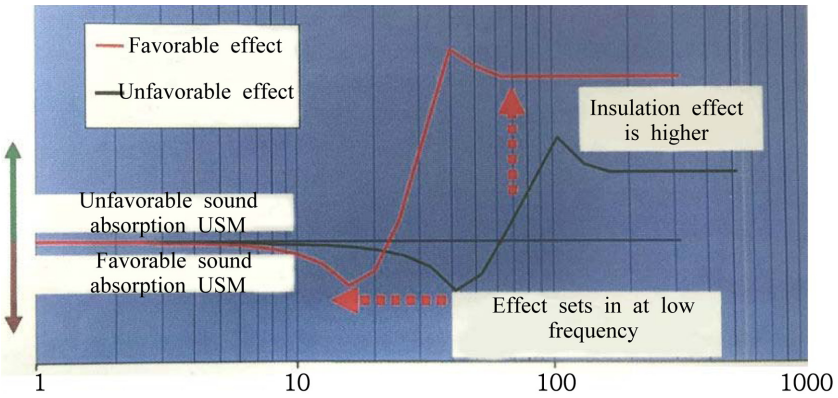


**Fig. 5.** Examples for sound absorption of USM [10].

진동 기술적 기준이고 확장기준이 될 수 있다.

1990년부터 자갈매트는 자갈하중의 감소를 위해 향상된 강한 자갈지점과 고속철도 경우에도 적용되었다[1]. 자갈매트는 보통 토목구조물 분야 예를 들면 교량, 터널, 트로프구조물, 통로등에서 신설- 또는 개량처방의 형태로 설치되었다(정적강성 C=0.12N/mm$^3$). 고비용으로 인해 지난해는 자갈매트를 대신할 수 있는 강화 침목패드가 설치되었다. 최근에는 토목구조물 보호에도 자갈매트가 사용되고 있다. 예를 들면 인공재료 층의 경우 적절한 계획과 자갈매트의 올바른 설치의 중요성을 경험할 수 있다[4]. 특히 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다.

◦ 프로젝트 관련 작업을 포함하여 설치설계(타입과 도상계수 설치방향, 매트충격에 대한 훈련등)을 준수한다.

◦ 매트생산자의 표시를 고려해 다음과 같은 사항(상부구조 천이구간, 상부구조 단부, 통로, 진입부의 훈련, 접착과 경화시간, 운송, 위치설정, 설치등)을 준수한다.

◦ 수평이 고정되고 청결하고 건조한 지점표면이 확보 되어야한다.

◦ 방재대책을 주의해 세워야하고, 건설기계를 포함한 차량운행금지와 좋지 않은 기후관계도 고려되어야한다.

건설감리의 감소와 함께 자갈매트는 정확히 설치되고 지속가능하게 사용될 수 있도록 확실하게 부설되어야 한다. 나중에 유지관리작업의 경우 예를 들면 도상청소 및 갱신의 경우에도 자갈매트가 고려될 수 있다.

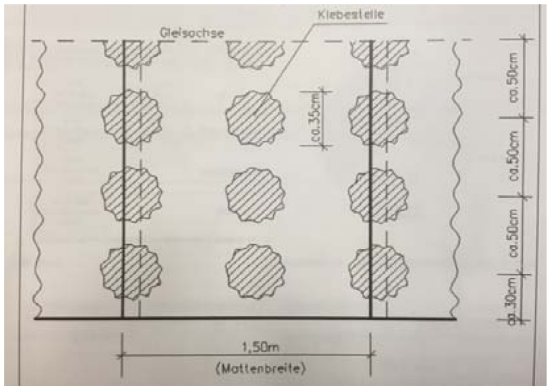


**Fig. 6.** Examples for bonding of ballast mat [10].

## 2.3 침목패드

### 2.3.1 일반

DB는 1990년도에 최초에 적용 후 2000년도에는 폭넓게 강화시켜 오랜 시간 경험을 축척하였다. 탄성 침목패드를 통해 특히 콘크리트침목과 자갈과 사이에 딱딱한 접촉이 제거된다. 침목은 더 이상 자갈위에서 거칠지 않고 상대적으로 부드럽게 반응한다. 침목과 자갈사이에 효과적인 지점 또는 접촉면이 점점 더 커지게 된다. 따라서 다양한 적용사례에 대한 특징들을 분석해 볼 수 있다.

◦ 자갈하중이 감소되고 균등하게 된다.

◦ 천이구간이 동질화된다.

◦ 자갈도상두께의 감소 가능하다.

◦ 차륜미끄럼파형성이 감소된다.

◦ 하부구조하중이 감소된다.

◦ 좁은 곡선반경의 경우 미끄럼이 방지된다.

◦ 진동이 목표한 만큼 작아진다.

침목패드의 특별한 장점은 기계화된 생산과정과 유지관리과정이다. DB가 공유하는 모든 침목이 패드로 구비될 수 있다. 성능요구는 패드에 대해서는 DSB918 145-1에서 침목패드에 대해서는 DSB918 145-2에 DIN 45673-6과 관련하여 얻을 수 있다[6,8]. 일반적으로 도면에서는 치수와 허용 오차가 주어진다. 음향 효과적 침목패드 사용에 대한 기준은 설계계획에서 진동 기술적 기준과 확장 기준이다.

#### 2.3.2 자갈하중 감소

고속 경우 불 균질성 노반조건 및 상부구조조건에는 특별히 높은 유지관리비용이 요구된다. 구조물과 천이구간의 분야에서는 침목패드가 특별한 효과를 나타낸다. 몇 년 전부터 160km/h 이상의 경우 벌써 교량, 터널, 트로프 구조물 및 배수로분야에서는 침목패드가 높은 동적하중을 완화시키기 위해 설치되었다[1]. 상부구조에서 특히 분기기와 레일신축이음매 경우 자주 불 균질한 조건들이 있다. 이러한 경우 혀 장치 및 개구리부분에서 레일 및 자갈은 정확히 동적하중으로 아주 크게 재하 된다. 따라서 침목패드의 추가도입은 분기기에서 더 많은 장점들을 기대한다. 먼저 침목 밑에 자갈 중공위치의 형성이 방해되고, 도입부 및 안전기술(분기작동, 검사봉, 폐쇄등)의 철도시설물에서 동적하중이 감소된다. 궤도틀림의 품질이 향상되고 궤도가 지속가능 하게 되며 궤적성도 향상된다.

레일이음매 부근에 침목패드는 속도 160km/h 이상의 경우 교량부근의 지점으로 인해 오랜 전부터 독일에서는 기준이 되었다. 단단한 지반에 종속된 토공의 부근에도 침목패드가 자갈중공 및 자갈마모를 상쇄하는데 적합하다.

#### 2.3.3 최소도상두께 감소

목침목에서 콘크리트침목으로 교체를 통한 궤도갱환은 이에 상응할 수 있는 구배의 양로를 통해 다시 조정할 수 있는 최소 자갈도상두께를 가져온다. 특히 구조물, 승강장 및 다른 강제 포인트는 구배의 양로가 한계점에 도달될 수 있다. 요구되는 자갈도상두께가 미달될 때 부족한 자갈도상두께는 침목패드로 보상될 수 있다.[1] 다만 사이에 폭넓은 콘크리트 침목패드로 설치하더라고 목침목과 같이 유사한 높이로 제공될 수 있으므로 무제한 다짐작업을 위해서는 20cm의 최소 자갈도상두께는 유지해야한다.

#### 2.3.4 활주흡집파 형성(Skld Mark)감소

짧은 곡선반경에서는 차륜과 레일사이 스틱슬립과정에 의해 레일표면위에서 활주흡집파 특성을 갖고 주기적인 범프가 발생한다. 활주흡집파로 인해 상부구조 구성품에는 동적으로 특히 높은 하중이 재하 된다. 콘크리트 침목 밑에 탄성패드의 설치로 궤도의 유연성 향상되고, 활주흡집파가 저감되며, 하중 또는 구성품의 마모가 감소된다. 500m보다 작은 곡선반경에서는 10,000t/day 이상일 경우 침목패드는 활주흡집파의 감소를 위해 설치된다[1].

짧은 곡선반경 300m와 큰 구배를 갖고 있는 DB시범구간에서는 침목패드도입으로 주목할 만한 좋은 결과들이 나오기 시작하였다. 활주흡집파발생(약 1:3 관계)이 저감되고 침목패드구간에 대한 연마주기의 연장되었으며 조용한 침목위치에서는 중공층 형성이 감소되었고 구성품의 내구수명도 점차 향상되었다.

#### 2.3.5 하부구조하중 감소

어려운 하부건설조건의 경우 고비용의 지반교체, 투수층향상 또는 투수층보호층의 건설이 요구될 수 있다. 이러한 비용은 침목패드를 통해 감소될 수 있다. 따라서 벌써 2002년에는 설치하기 민감한 모래교환은 침목패드설치로 감소될 수 있었다. 궤도틀림은 지금까지 아주 양호하다. 이와 유사한 침목패드 형태의 대책을 현실화시키기 위하여 모든 경우 하부구조는 배수기능이 잘되며 물과 동결에 민감하지 않고 지지성능이 양호한 조건들을 확보해야한다.

#### 2.3.6 고체음 감소

신설 및 갱환 시 법적의 요구사항의 존재 할 경우 또는 특히 적절한 보호대책에 관해 특수한 조건들을 있을 경우 방법을 결정해야한다. 침목패드의 설치는 먼저 상응하는 점검 후에 수행될 수 있다. 특별히 효과적인 보호대책에 대한 예로서는 구조물 바닥과 옆에 교량형고를 감소하기위해 강교량위에 부드러운 침목패드설치는 경우이다. 경계에 있는 표준궤도에서 문제가 될 구간까지 동질성 천이구간은 다음과 같이 방법으로 수행하는 것이 같이 바람직한 사례가 될 수 있다. 예를 들면, 견고한 궤도와 천이구간, 딱딱한 패드와 방진구간, 부드러운 또는 중간 부드러운 패드와 천이구간, 그리고 딱딱한 패드와 견고한 궤도 등이 천이구간의 설계방법이다. 다만 천이구간의 길이는 지역의 경계조건에 따라 다르게 설계된다.

## 3. 결　　론

궤도의 탄성 구성요소는 기술적 및 경제적으로 향상된 성능을 갖고 있는 철도 네트워크를 위해 양호한 상부구조로 잘 통합해 설계 할 수 있다:

1. 탄성 레일패드는 800m보다 큰 곡선반경의 경우 부드러운 레일지점과 높은 속도 (V≥160km/h)를 제공하고 높은 궤도저항성은 눈에 띄는 다짐주기를 연장시킨다.

2. 탄성 레일패드의 실험 및 해석결과에서 소프트한 패드의 Q-클립을 적용한 경우가 딱딱한 패드의 e-클립 적용한 경우보다 분석방법에 따라 자갈열화비율이 약 50%~25%까지 정도 범위에 있어 상당히 안정적인 결과를 보여주고 있으므로 경제적인 궤도개량

방법으로 제시할 수 있다.

3. 밸러스트 매트의 설치는 신설선 부설 또는 광범위한 혁신 조치의 맥락에서 특히 방진 및 구조물 보호에 양호한 효과를 준다. 적절한 설치에는 본문에서 언급한 환경에 최적화된 특별한 주의가 필요하다.

4. 침목패드의 꾸준히 증가된 점유율은 향상된 다짐주기와 연마주기를 제공하고 작은 곡선반경에서도 기술적으로 철도시설물과 고체음의 감소에 대한 만족 할 만 대책을 제공하기 때문이다.

5. 궤도성능을 향상시키기 위한 궤도의 상부구조의 탄성적인 설계는 구성품등의 특성을 파악하여 주변 환경과 구조물에 적절한 요구에 맞는 전체를 통합하고 또한 차량-궤도의 상호관계, 하부구조를 고려한 최종 레일처짐을 속도기준에 맞춰 쾌적하고 안정성에 부합하는 궤도의 상부구조 설계가 이뤄져야 한다.

## 후 기

본 연구는 배재대학교 2014연구 년에 지원된 연구업적결과물입니다.

## References

[1] Ril 820.2010 Ausruestungsstandard Schotter fuer Gleis und Weichen - gueltig ab 01.06.2013.
[2] DBS 918 235 Technische Lieferbedingungen; elastische Zwischenlagen und Zwischenplatten - gueltig ab 15.11.2006.
[3] DBS 918 071 Technische Lieferbedingungen; Unterschottermatten zur minderung der Schotterbeansprechung - agueltig ab 01.08.2009.
[4] Ril 824.1510 Bettungsarbeiten durchfuehren; Unterschottermatten(USM) einbauen - gueltig ab 01.08.2009.
[5] DBS 918 145-1 Technische Lieferbedingungen; Spannbetonschwellen mit elasticher Sohle/Elastische Schwellensohle - gueltig ab 01.018.2004.
[6] DBS 918 145-2 Technische Lieferbedingungen; Spannbetonschwellen mit elasticher Sohle/Verbundsystem Spannnetonschwelle - elasttische schwellensohle - gueltig ab 01.08.2004.
[7] B.S. Kang (2011) Systematic track maintenance methods, *Proceeding of 2011 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, Jeju, pp. 14-18.
[8] F.H. Mueller-Boruttau, (2001) Betonschwellen mit elastisch Sohle, in ETR- Eisenbahntechnische Rundschau 50 (2001), H. 3 –Maerz.
[9] Stephan Freudenstein, (2015) BetonKaender, Feste Fahrbahnren in Betonbauweise, Ernst&Sohn.
[10] DB Grarfik (2014) DB Netz, Fahrwegtechnik.

(Received 17 November 2015; Revised 25 November 2015; Accepted 27 November 2015)

**Bo-Soon Kang** : bskang@pcu.ac.kr
Department of Civil &Railroad Engineering, Pai Chai University, 14, Yeonja-1-Gil, Seo-Gu, Daejeon-si 302-735, Korea