

독일 고속철도 슬래브궤도의 고찰

An Investigation on German High Speed Railway Slab Track

강 보 순*
Kang Bo-Soon

ABSTRACT

State of the German high speed railway slab track were investigated. The Permanent Way consisting of rails and sleepers laid on ballast is a technically and economically viable solution. After two decades of targeted research and development activities Slab Track turned out to be a reasonable option on special fields.

1. 서론

앞으로는 외국은 물론 국내의 교통 시스템은 200km/h를 넘는 고속철도가 수송에 큰 역할을 하게 될 것이다. 이와 같은 고속철도시스템은 구성된 선로구조물에 높은 요구가 대두된다. 고속열차의 주행시 안정성, 내구성 및 부설에 따른 경제성 그리고 향후 유지관리 등의 측면에서 효과적이고 경쟁력 있는 슬래브 궤도를 비판적인 자갈선로의 대안으로 제시할 수 있다.

2. 본론

수십 년간 효과적으로 사용된 자갈궤도는 오늘날 기술적이고 경제적인 한계에 도달하였다. 따라서 유럽에서는 벌써 1971년부터 “고속철도선로”란 테마로 연구가 고속 및 큰축하중에 관련해 계속되고 있다. 자갈자체는 -예측할 수 있는 품질화된 재료선택의 측면에서 볼 때 - 정량적으로 알 수 없는 향상에 기초를 두고 있으므로 자갈궤도층의 두께증가를 가져오고 선로아래 탄성중간층 건설 그리고 교량위 및 터널에 하부 자갈 받침대사용과 함께 고효율분야에 개발포화상태에 이르렀다. 뿐만 아니라 고속철도시스템에서는 벌써 속도가 200km/h를 넘는 고속분야에서 자갈궤도에 대한 유지관리의 어려움이 증가되고 있다. 따라서 독일에서는 ICE 3가 주행예정인 쾰른-프랑크푸르트 180 km이상의 연장거리를 고정선로의 건설이 마무리중이다. 또한 2000년 이후 건설되는

* 경주대학교 건설환경시스템공학부 전임강사

독일내의 새로운 고속선로는 슬래브케도만 건설하고 있다. 앞으로 고속선로의 향후 발전단계는 이제 자갈 없는 케도, 고정 슬래브 케도 건설뿐이다. 이 슬래브케도는 아래와 같은 측면에서 장점들을 가지고 있다.

- 장래의 요구는 고속, 조밀한 철도시스템, 승객의 안락한 승차감 기대.
- 시장성에 맞는 교통시스템 제공의 확신을 위한 새로운 기술도입의 필요.
- 유지관리의 경우 비용, 시간절감 및 사고발생 감소.
- 세균방지 및 청결함.

2.1 고정선로의 구조

고정 슬래브케도를 선택할 경우에는 다양한 선로의 장단점을 파악하고 지역의 특성과 현장조건들을 고려하여 비교·분석하여야 한다. 따라서 독일고속철도의 기존고정선로와 지금 개발되고 있는 선로를 살펴보고자 한다.

일반적으로 고정선로일 경우 시공기면 보호층과 고전적인 자갈선로의 자갈층은 수력식으로 연결된 지지층 그리고 그 위에 아스팔트 또는 콘크리트지지층에 의해 대체할 수 있다. 일반적으로 고정선로의 건설기술은 2가지 구조원리로 분류할 수 있다.

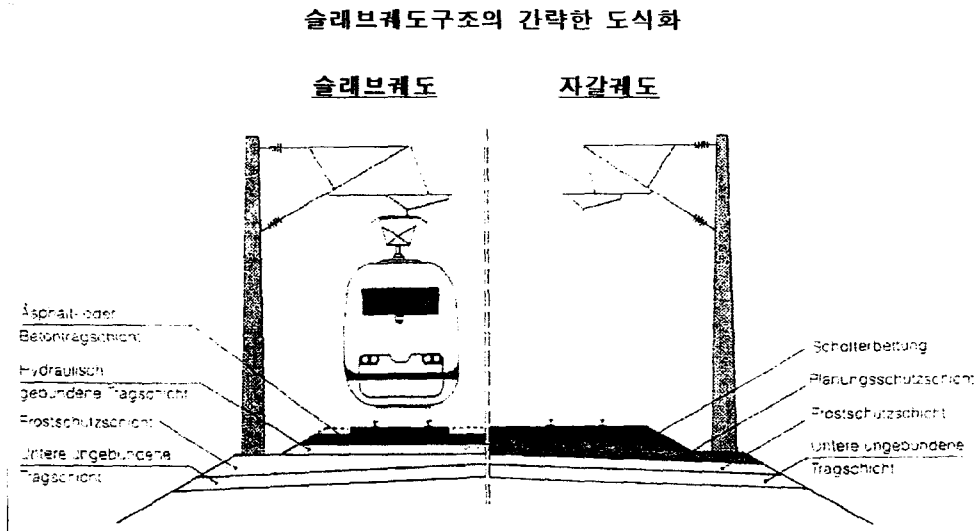


그림.1 고속철도를 위한 슬래브케도의 구조 형태

-PC 침목 과 트로프가 함께되는 일체형 시공법에는 놓이는 케도격자의 높이 및 방향이 정확하게 시공되고 조절되어진다. 이것은 Rheda 및 Zueblin 시스템의 그림2 에서 잘 보여주고 있다. 이 건설공법들의 주요차이점은 침목형태와 설치방법의 기술적인 완성에 있다.

2.2 다양한 고정선로시스템

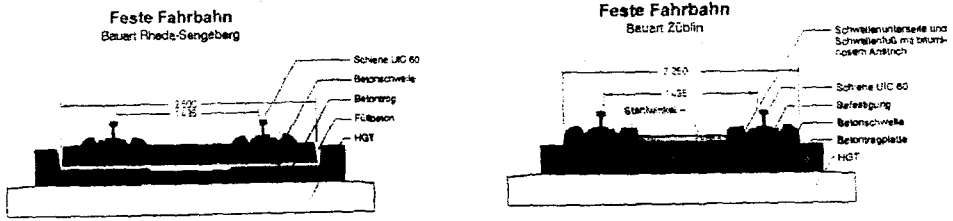


그림2. Rheda-Sengeberge(왼쪽)과 Züblin(오른쪽)의 일체형 시공법

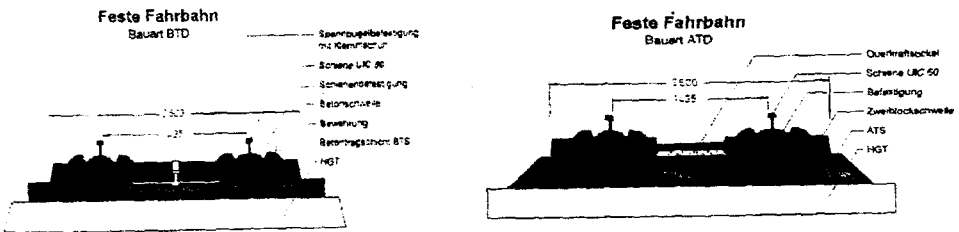


그림3. 콘크리트지지층(왼쪽)과 아스팔트지지층(오른쪽)의 해체된 시공법

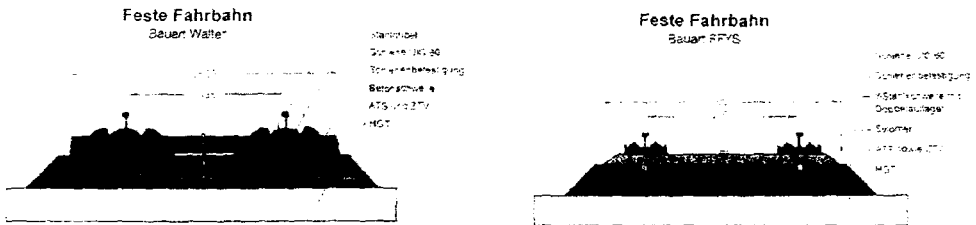


그림4. 해체식공법인 Walter 시스템

그림5. Y반사침목 시공법인 FFYS 시스템

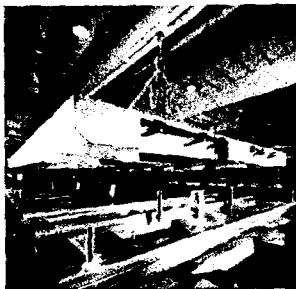


그림6. FF Bögl시스템

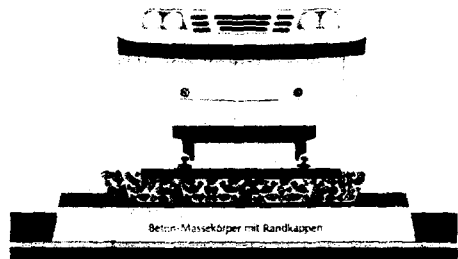


그림7. Grötz BSO/MK시스템

-해체된 시공법에서는 궤도격자가 미리미터의 정확히 제작된 콘크리트 또는 아스팔트 지지층에 바로 위에 위치해 있다(그림3,4 그리고 그림5). 이공법은 수평적 직각변위 및 길이변위 그리고 운행과 궤선용력에 의한 상승에 대하여 고정시키므로 비교적 용이하게 -기존 자갈궤도와 같이 유사한- 예상할 수 없는 변형이 발생했을 때 바로 각 침목을 교환할 수 있다.

-System Grötz BSO/MK은 고려하여 선로의 이용변수와 함께 각 위치적 상황에서 맞춘 철도선로에서 진동저감대책으로 질량-용수철-감쇠 시스템을 형성하게된다. 진동저감은 선로에서 탄성적인 용수철요소와 함께 적절한 질량의 조화와 선별을 통하여 진동시스템이 만들어지고 교체음에 대한 표준 진동수를 계속해 감소시키며 철도운행에서 방사되는 지역에 요구되는 방어효과 있어 특히 진동저감을 기존선로에서 보수·보강 내지는 새로운 고속선로에도 사용될 수 있다. 이 공법은 PC제작 뿐 만 아니라 현장 타설도 가능하다.

- 또 하나는 FF Bögl 선로로 이공법은 7m되는 프리스트레스된 PC슬래브를 제작하여 현장에서 바로 체결하여 수평 및 수직조정이 가능하게 하여 PC이음부를 몰탈을 타설한 후 5시간 후 바로 철도운행이 가능한 공법이어서 특히 교통차단이 제한된 지역에 더욱 효과적이고 20동안의 시험구간을 통해 품질의 우수성이 입증되었다.

2.3 동적궤도모델

동적 궤도모델에서는 시스템구성과 함께 다루기 힘든 전체연결에서의 질량 또는 용수철의 구성은 서로 어디에 위치하는가 정확하게 해야할 것이다. 자갈궤도와 슬래브궤도 사이에는 아래와 같은 특별한 의미의 차이점이 있다:

탄성궤도의 동적모델

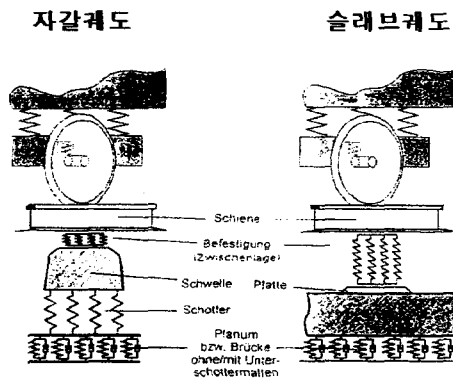


그림8. 자갈궤도와 고정선로의 시스템구성 및 탄성궤도

자갈선로경우에는 동적 축하중이 레일을 통해 체결장치 및 패드에 전달된다. 레일과 궤도기저의 중간층은 침목 밑에 놓이는 자갈도상과 노반을 차별된 용수철로 도입할 수 있게 한다. 따라서 자갈 궤도에는 3가지 아래와 같은 용수철 내지 감쇠요소로 나누어진다.

- 1) 레일 체결장치와 패드, 2) 자갈, 3) 노반

노반은 E_{v2} -치 120 MN/m^2 에서 45 MN/m^2 일 경우 감소하는 조밀정도 D_r 103%에서 97%까지에 대응하는 층 건설을 형성해야만 한다.

2.3 지반반력과 동적지반응답

고속철도의 높은 하중에도 불구하고 좋지 않은 지반상태일 경우는 자갈선로의 파괴확률이 큰 것에 비하면 고정선로에서 지반의 구조물의 내하력에 대한 요구는 자갈선로와 근본적인 차이가 없다. 자갈선로와 고정선로의 지반반력비교(그림9)와 동적지반응답(그림10)비교는 확실한 차이를 갖고 있다.

고정선로의 도입시는 노반층의 하중이 아주 적절하고 확실히 균등하게 나타난다. 이 효과는 특히 고속 주행시 더 돋보인다. 고정선로일 경우 준비에 기술적인 복잡함과 노반의 상부구조물이 요구되지 않는다.

장기적인 사용성으로 인해 고속철도를 위한 지반구조물이 형성되어서 지반구조물의 작은 자체 침하와 노반의 작은 고정침하만 나타난다. 나머지 침하는 고정선로일 경우 선로체결 내지는 침목 받침에 있어서 조정될 수 있다.

자갈선로의 전체탄성은 노반에서 선로까지 전체구조물의 수직탄성거동과 각 구성요소들이 함께 작용함으로 발생된다.

반면에 고정선로일 경우 요구되는 선로탄성은 선로체결시스템에서 탄성받침 내지는 보완한 탄성받침 침목으로 거의 종결한다. 따라서 고정선로는 시스템조건으로 자갈선로에 비해 간결하게 정의되고 작은 폭으로 분포된 수직 강성치와 함께 탄성체의 높은 균동성을 갖고있다.

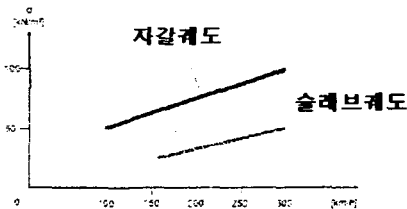


그림9. 200km/속 하중 시 속도에 따른 지반반력

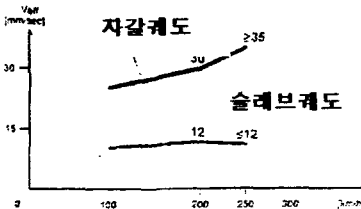


그림10. 진동속도에 따른 동적 지반응답

3. 결론

고속철도궤도를 위해 향후에는 고정 슬래브궤도로 갈 것이다. 새 요구는 관습적인 건설공법을 벗어나 새로운 것을 필요로 하고 있다. 독일 DB(철도청)은 유지관리의 측면과 최상의 승차감의 만족을 보장 할 수 있으므로 장래 고속교통시스템의 요구에 고정선로의 올바른 선택으로 판단하고 있으며 또한 오늘날의 연구자 및 기술자는 고정 슬래브궤도를 도입할 때 기술적이고 경제적인 기대를 충분히 충족시킬 수 있을 것으로 확신한다. 앞으로 고정 슬래브궤도를 선택할 경우에는 독

일고속철도의 기존 고정궤도와 지금 개발되고 있는 다양한 선로의 장단점을 파악하고 지역의 특성과 현장조건들을 고려 하에서 고속열차의 주행시 안정성, 내구성 및 부설에 따른 경제성 그리고 향후 유지관리 등의 측면에서 효과적이고 경쟁력 있는 슬래브 궤도를 분석하여 선별하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1]. Oberweiler, G. und Osswald, R : "Die Forschungsprojekte zur Entwicklung der Festen Fahrbahn" ETR 41 (1992), H. 11
- [2]. Leykauf, G und Mattner, L: "Prüfung von Festen Fahrbahnen im Labor" ETR 44 (1995), H. 9
- [3]. Fendrich, L. : "Feste Fahrbahn-Stadtbahn Berlin" ETR 44 (1995), H. 3
- [4]. Heineke, St und Katzenbach, R. : Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen zum Langzeitsetzungsverhalten der Festen fahrbahn im Modellversuch. Bauingenieur 6/2001