

# 새로운 슬래브궤도 시스템

## A New Slab Track System

강 보 순\*

Kang Bo-Soon

---

### ABSTRACT

A new German high speed railway slab track was investigated. The construction objective was to provide a durable and maintenance free track system consisting of precast concretepanels of consistently high quality and highest achievable accuracy in track geometry. The System on the basis of precast panels similar to the slab track system constructed on the line Dachau- Karlsfeld in 1997.

---

#### 1. 서론

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

독일철도청과 지금 우리나라를 포함한 다른 나라 철도사업도 마찬가지로 고속철도를 위한 선로망을 건설하고 있다. 작년에는 독일에서는 ICE 3가 쾰른-프랑크푸르트 180 km이상의 연장거리를 고정선로의 건설되어 350km/h속력으로 차량이 운행되고 있다. 점점 고속으로 갈수록 기존자갈궤도는 더 이상 적합하지 않다. 침목 밑에 자갈의 반복되는 위치밀도는 궤도체의 상이한 지점탄성을 가져온다. 주기적으로 반복되는 동적하중은 자갈마모와 골재의 위치변경을 발생시킨다. 그것은 궤도위치의 악화와 함께 승차감을 감소시키므로 유지관리비용의 증대뿐만 아니라 철도교통의 신뢰성과 정확성을 떨어뜨려 운행에 방해되는 결과를 가져온다. 따라서 내구적이고 가능한 유지관리가 효과적인 선로를 건설하기 위한 대책이 필요하다. 미리 제작된 콘크리트요소제작은 현재 연속적인 높은 품질과 정확성을 가능하게 하고 나쁜 날씨에 영향을 받지 않아 시공 후 아주 우수한 궤도위치를 보장해 준다. 기존에 사용되는 방법으로 현장타설콘크리트의 긴 양생기간을 미리 제작하므로 제거하고 노선의 새로운건설 내지는 보수 및 보강시 공기지연을 막을 수 있다.

#### 2. Karlsfeld에서 첫시공과 슬래브 궤도의 발전

---

\* 경주대학교 건설환경시스템공학부 전임강사



그림 1 Karlsfeld 시험구간(1977)

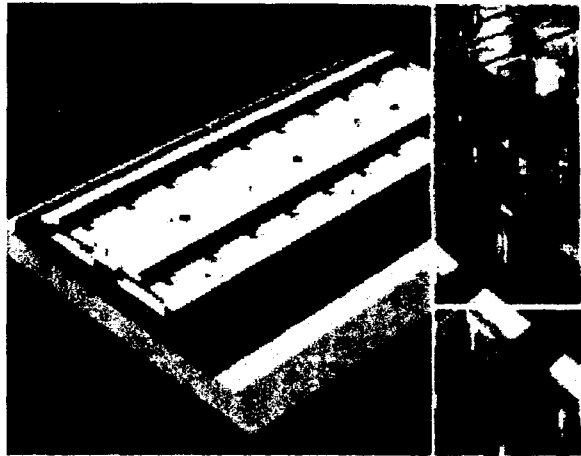


그림 2 Bögl 슬래브케도 시스템

1977년에 Karlsfeld에서 첫 슬래브 케도 시스템이 건설되었다(그림1). 종방향 4.76m 길이, 횡방향으로 프리스트레스트된 제작 슬래브의 종방향 연결은 당시 슬래브에 보강되어 나온 종방향철근의 용접함으로써 성공적으로 수행되었다. 공용하중에도 불구하고 현재상태 하루에 거의 100,000하중 ton 과 거의 160km/h 속도의 Dachau-Karlsfeld에서 슬래브케도 시스템은 기대에 부응하고 유지 관리 장점을 충분히 입증 해 주었다. 430m 길이의 시험구간에서 우수한 장기거동이 관찰되었다.

### 3. 슬래브케도 "Bögl"

위에서 언급한 공장제작의 장점과 수십년의 프리캐스트건설경험은 독일 건설회사 Max Bögl가 슬래브 케도 Bögl 개발하게 된 동기였다. 기본생각은 지금까지 발전된 기술력에 따라 Karlsfeld의 슬래브케도를 기술적으로, 경제적으로 향상된 슬래브케도로 개선하였다. 2001년 4월29일 독일 철도청에서는 이 케도에 대한 공식적인 건설허가를 내주었다.

#### 3.1 슬래브 케도 시스템

노반위에 Bögl 슬래브케도 시스템구성은 그림2와 3에 나타나 있다. 수경(콘크리트)지지층의 윗 끝부분으로부터 선로 끝부분까지 474mm의 작은 건설높이로 인해 진행되는 노선계획 내지는 최상의 노선에서도 시스템 수용이 항상 가능하다.

##### 3.1.1 수경연결지지층 내지는 아스팔트지지층

제작된슬래브밑에 30cm 두께 지지층은 수경지지층 내지는 아스팔트지지층으로서 시공될 수 있다. 골재구성과 시공은 도로건설에서 지지층을 위한 추가적인 기술적 제약조건 및 시방서와 유사하다.

##### 3.1.2 비트멘 시멘트몰탈

비트멘 시멘트몰탈의 아주 우수한 유동성에 의해 완전히 편편하게 밑으로 흐름과 함께 슬래브의 일정한 지점이 확실하게 된다. 또한 인정된 실험연구소에서 입증된 동해와 침식에 대한 저항성

즉 시스템의 내구성이 입증되었다.

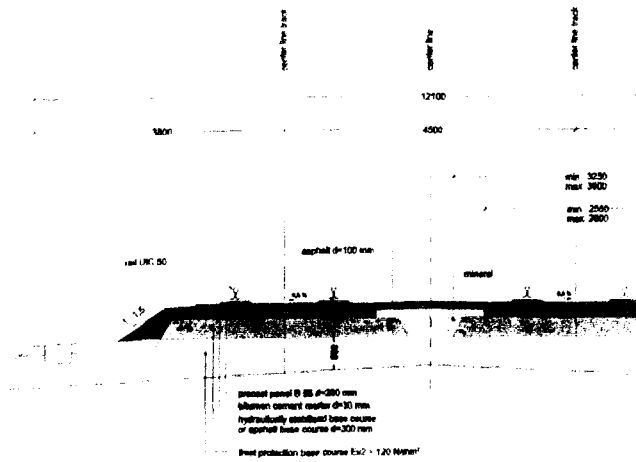
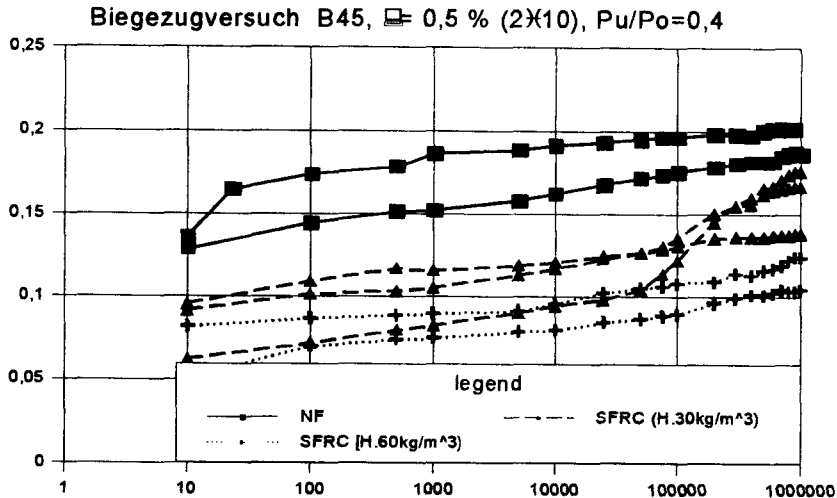


그림 3 Bøgl 슬래브케도의 단면

### 3.1.3 사용피로하중에 대한 강섬유 콘크리트의 균열거동

다음에는 강섬유콘크리트스래브케도를 위한 사용피로하중에 대한 강섬유철근콘크리트(SFRC) 보의 사용성에 관한 실험적 기본연구로 균열발전 및 강성변화를 다루었다. 사용된 실험변수로는 하중크기, 콘크리트강도 및 철근비 그리고 2가지 종류의 강섬유 및 혼입량을 선택하였다. 실험은 정적으로 최대사용하중까지 재하한 후 연속하여 각각 사용하중의 진폭에 따라 112개의 철근콘크리트 및 강섬유철근콘크리트의 보를 피로하중하에서의 수행되었다.

균열폭[mm]



반복횟수

그림 . 4 반복횟수-균열발전에 관한 강섬유의 영향

그림4에서는 사용피로하중에 대한 목표압축강도는  $450 \text{ kg/cm}^2$ 이고 철근비가 0.5%인 강섬유철근콘크리트보의 강섬유의 혼입량에 따른 균열폭성을 잘 보여주고 있다. 강섬유철근콘크리트보의 균열폭은 100만번의 반복하중이 재하된 후 일반 철근콘크리트보의 균열폭보다 평균적으로 강섬유  $30\text{kg/m}^3$ 를 혼입할 때는 35%,  $60\text{kg/m}^3$ 를 혼입할때는 45% 정도로 감소된다. 일반 콘크리트보의 경우 50만번 부터는 균열발전의 기울기가 작아지는데 이것은 단순히 콘크리트의 진동크리프에 의한 것으로만 볼 수 있다. 반면에 강섬유(Harex)  $30\text{kg/m}^3$ 를 혼입할 때는 50만번 부터는 균열발전의 기울기가 증가하는데 그이유는 강섬유와 콘크리트사이의 부착효과가 상실된 것으로 판단된다. 따라서 장기적인 균열제한에는 강섬유(Harex)  $60\text{kg/m}^3$ 를 혼입하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

### 3.1.4 제작 슬래브

20cm 두께와 6.45m 길이, 횡방향으로 긴장된 강섬유콘크리트 B55(그림4)로 제작된 슬래브가 공장에서 생산되어진다. 노선부류에 따라 슬래브폭이 2.55m 내지는 2.80m이다. 다양한 거푸집에 의해 모든 체결장치의 제작이 가능하다(그림5). 임의의 균열발생의 방지를 위해 특히 선로체결장치의 부분 제작 슬래브지점 사이에 균열 유도위치가 있다. 종방향에서 긴장너트와 슬래브 끝에 연결된 철근과 제작슬래브는 우수한 장기거동을 확실히 하고 횡 및 종방향에서 높은 외부 밀림방지에 도달 되므로써 연결되어 있다. 제작된 슬래브에서 수용되는 조절정돈은 높이와 방향지점의 간편하고 정확한 제작이 가능하다. 밀으로 유동성 구조물질을 붓기 위하여 슬래브의 축방향을 일정한 간격으로 구멍을 만든다.

### 3.2 시공기술

지지층의 경화후 제작된 슬래브는 위에 놓이는 선로를 위해 공장에서는 벌써 슬래브의 선로체결장치를 설치하고 긴장한다. 이어서 슬래브마다 6개 고정나사와 함께 길게보이는 설치시스템에 관하여 슬래브를 신중히 설치하고 고정시킨다. 나사 슬래브의 고정과 방향정확성의 제작을 위해 슬래브의 돌출부에 수평 나사가 설치된다. 그다음 측면으로 슬래브끝에 특수 몰탈로 막는다. 따라서 슬래브에 미리 제작된 구멍에 의해 슬래브 밀으로 몰탈이 흐르게 된다.

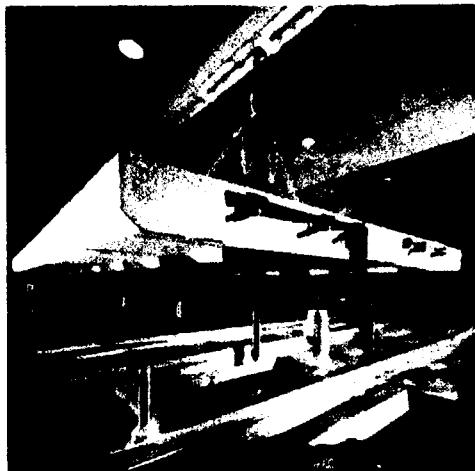


그림. 5 제작된 슬래브궤도와 거푸집

슬래브의 밑 몰탈의 경화 후 우수한 주조콘크리트로 슬래브를 서로 맞대어 있는 좁은 이음부를 채우게 된다. 제작된 슬래브의 나사는 긴장자물쇠로 연결되고 좁은 이음부의 경화 후 긴장된다. 정확하게 정의된 힘의 전달을 통해 맞이음의 부분긴장에 도달된다. 그와 연결 같은 넓은 이음부도 주조콘크리트로 동일하게 채워진다. 새노선 및 재건설 대안으로 하루에 650m 정도의 현실화가 가능하다. 콘크리트의 경화를 고려하지 않기 때문에 시공 후 48시간만 -밑에 주조를 위한 특수한 배합을 선별할 경우- 벌써 몇 시간만에 운행궤도를 갖출 수 있다.

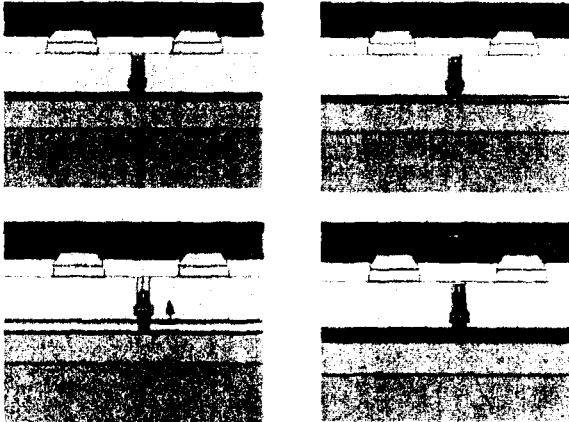


그림 6 시공 후 Boegl 슬래브궤도의 조정

### 3.3 슬래브궤도 Boegl에 대한 시공후 조정방법

지반에서 자중-과 경화침하로 인한 궤도위치의 변경은 26mm까지 선로체결장치에서 조정될 수 있다. 이 높이조정이 충분하지 않다면 제작슬래브를 또한 조정할 수 있다. 즉 주조된 몰탈의 줄뜬으로 분리 시킬 수 있어(그림6) 설치된 나사를 돌려 8cm 까지 들어 올려 시공 후 조정 할 수 있다. 생긴 구멍에 비튼 시멘트몰탈을 밑으로 주입시켜 채워 넣는다. 날씨에 영향을 받지 않는 이공법으로 예측 못한 큰 침하가 발생할 경우 궤도위치조정이 사시사철 가능하다.

### 4. 시험구간에서 슬래브궤도의 건설

Rot-Malsch 역에서 약 735m 슬래브궤도 완공후(그림7) 몇 개월 후 Uasum 부근 Hattstedt에 2



그림 7 Rot-Malsch 시험구간 시공



그림 8 Hattstedt 시험구간



그림 9 Rot-Malsch 역의 흡음판 설치

번개시험구간을 설치하였다(그림8). 여기서는 접속 및 곡선구간에서의 슬래브레도 시스템 설치가 현실화 되었다.

총 305m 길이구간으로 Elmshorn -Westerland 구간은 직선, 접속구간 145m 및 반경 920m를 갖는 37m의 곡선구간 재건설하였다. 슬래브레도 끝에서는 45m길이마다 슬래브레도의 접속부가 자갈레도까지 슬래브레도시공을 위한 요구사항에 의해 건설되었다. 그것은 슬래브레도와 자갈레도 사이에 강성차이 내지는 탄성차이의 적합이 자갈이 물리고 선로체결장치에서 비김에 의해 사라지는 것이다.

이 시험구간을 위해 강섬유보강 슬래브레도의 폭은 2.80에서 2.55m로 감소되었고 밑에는 수정지 지층(HGT)대신에 30cm 두께의 아스팔트층(ATS)이 포장되었다. 이시험구간으로 제작된 슬래브로 접속부와 곡선부에서도 정확한 레도위치를 건설할 수 있다는 것을 입증하였다.

자갈레도와 같은 소음평형을 보장하기위하여 이시험구간에 흡음판설치를 요구하였다. 소음측정은 재건설전 기존 자갈레도와 슬래브레도 건설후 흡음판 설치전후 측정되었다. 흡음판 설치를 통해 (그림9) 3dB(A)을 감소시켜 콘크리트침묵을 사용한 자갈레도와 유사한 53dB(A)을 나타냈다.

## 5.결론

제작슬래브를 기초로 한 슬래브레도 Bögl 은 현장타설 시스템에 비해 품질적 및 시간적 장점들을 충분히 갖고있다.

■연속적인 고품질과 제작정확성

■현장타설콘크리트의 경화에 의한 공사지연이 없어 레도위를 짧은 시간에 차량이 운행됨.

■콘크리트에서 건조수축과 크리프진행은 슬래브 제작기간동안에 점차 감소된다. 시공현장에서 복잡한 거푸집 및 콘크리트타설이 불필요함.

■사시사철 시공가능

■위로올리고 제작슬래브의 밑에 새로운 몰탈을 주입하므로 간편하고 날씨에 영향을 받지 않는 시공후 위치 조정가능.

■시험구간은 모든설계요소를 위한 정확한 궤도위치의 제작과 제작된 슬래브로 슬래브궤도가 가능한 것을 입증해 주었다.

■사용피로하중에 대한 강섬유콘크리트의 우수한 균열거동 및 단면감소의 현실화.

슬래브궤도 Bögl은 지반위에, 터널 및 토공위에는 물론 25m이하 또는 이상의 교량위에도 시공될 수 있다. 또한 적절한 보정을 통하여 슬래브궤도 Bögl은 근거리교통시스템에서 뿐만 아니라 지하철에서도 질량-탄성-시스템으로서 사용될 수 있다.

우리나라에서도 콘크리트도로 고속철도내지는 국철과 지하철에도 이러한 장점들을 충족시킬 뿐만 아니라 우리현실과 콘크리트기술에 적합한 좀 더 합리적인 슬래브궤도를 개발할 필요가 있다.

### 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