

고속철도 슬래브궤도개발 Development of HSR slab track

강윤석*
Kang, Yun-Suk

노혁천**
Noh, Hyuk-Chun

양신추***
Yang, Sin-Chu

이진욱****
Lee, Jin-Wook

ABSTRACT

In this study the basic direction of conceptual design of new HSR(High Speed Railway) slab track was determined in the viewpoint of running safety, economic efficiency and maintenance costs. Based on the research results, a detailed conceptual design of HRS slab track is suggested. For the systematic development of slab track, a comparative study is carried out, comparing merits and demerits of each slab type, and used in the design process of slab track. To compensate the demerits of high cost in slab track construction, a program for determination of efficient slab section is coded and applied.

1. 서론

본 연구의 목적은 고속열차의 주행안전성 및 부설에 따른 경제성, 그리고 향후 유지관리성 등의 측면에서 경쟁력 있는 슬래브궤도의 기본적 설계방향을 도출한 후 그 결과를 바탕으로 기본 및 상세설계를 수행하는 데 있다.

고속철도 슬래브궤도의 체계적 개발을 위하여 세계적으로 사용하고 있는 고속철도 슬래브궤도에 대한 상세기술검토를 통하여 각 슬래브궤도의 장·단점을 분석한 후 각각의 궤도가 개선해나가고 있는 기술적 항목을 파악하여 개발궤도에 반영하고자 하였다. 특히 궤도개발에 있어서 중요한 항목인 열차주행안전성, 경제성, 시공성, 유지관리성 등에 대해서는 외국의 사례 또는 시뮬레이션을 통하여 상세하게 분석한 후 개발궤도의 기본설계에 반영하였다. 또한 궤도의 최적단면설계 프로그램 개발 후 구조안전성 대비 경제성 분석을 통하여 그 결과를 기본설계에 반영하였다.

고속철도 슬래브궤도의 상세설계과정 및 기법을 체계적으로 정립한 후 이를 바탕으로 상세설계 프로그램을 개발한 후 이를 이용하여 고속철도 설계하중을 대상으로 각 부재에 대한 단면치수를 결정하였다.

* 한국철도기술연구원 주임연구원
** 한국철도기술연구원 선임연구원
*** 한국철도기술연구원 책임연구원
**** 한국철도기술연구원 주임연구원

2. 기본형식결정

기본 형식결정을 위해 국내외 기술문헌과 구조검토서를 검토하여 고속운행 검증성 및 경제성, 구조적 단순성, 궤도선형 설정방법을 선정하고, 분석결과를 토대로 개발형 슬래브궤도의 기본설계의 방향을 제시하였다. 그 후 각 궤도구조별 기술분석을 거쳐 슬래브궤도의 형상을 결정하였다.

2.1 고속운행 검증성 및 경제성

표 1. 터널의 슬래브궤도 부설비용과 보수비용(백만원/km)

분 석 항 목	도상 궤도	일본형 슬래브	독일형 현장타설	IPA
주요궤도비용	481.4	617.4	576.6	650.1
일상보수/년	24.0	9.3	9.3	9.3
일상보수(20년간)	480.0	186.7	186.7	186.7

분석된 궤도형식은 시속 200km/h이상의 고속운행에서 사용성, 내구성, 주행안전성과 유지보수의 절감효과를 검증받은 독일형 현장타설 슬래브와 일본형 공장제작식, 이탈리아 IPA형 슬래브이다. 슬래브궤도 건설시 예상되는 부설비와 부설속도에 대한 고려는 타입결정을 위해서는 현실적이

고 실질적인 문제이다. 93년 한국고속철도건설공단의 “슬래브궤도구조 설계보고서”에 의하면 터널과 토공에서의 부설비용 및 보수비용이 비교되어 있는데 현장타설형 슬래브궤도는 타 궤도와 비교하여 최고 약 12.7%정도 비용이 절감된다. 향후 교량, 토공까지의 확장성이 고려해 비교한다면 각각 12.7%, 9.3%정도의 비용절감이 예상된다. 현 시점에서 고속운행의 경험과 경제성이 고려된다면 현장타설식 궤도가 적합할 것으로 판단되었다.

2.2 구조의 단순성을 고려한 경제성 고려

슬래브궤도의 단면형상결정은 구조성능 뿐만 아니라 경제성, 사용공법, 궤도선형품질의 결정에도 큰 영향을 미치게 된다. 최근의 설계경향은 고비용의 공법으로부터 탈피하여 더욱 경제적인 궤도구조를 만들고자 하는 노력에 따라 3개 설계요소에서 단일체 설계요소로 그 구조적인 단순성을 지향하는 것이 특징이다. 단일체 슬래브궤도 형태의 경우는 구체를 생략하여 재료비, 궤도 시공기면을 낮추면서도 공법단순화를 지향하여 비용절감효과를 거둘 수 있다. 구조요소의 생략으로 인한 불안정성은 고강도 콘크리트, 격자형 철근배치의 도입 및 침목의 성능향상으로 보완이 가능하다고 판단되어 단일체 형식의 슬래브궤도개발이 추진되었다.

2.3 궤도선형설정 방법고려

슬래브궤도의 경우는 일단 시공되면 궤도 두정면의 위치상실은 없지만 잘못된 시공오차는 그대로 유지되고 차후 수정이 거의 불가능하기 때문에 초기에 궤도의 선형유지를 위하여 시공오차가 발생되지 않도록 시공하는 것이 중요한 문제가 된다. 궤도선형설정방법의 선택에 따라 선형품질, 비용, 궤도단면 제원, 공법선택에 까지 영향을 미치게 된다. 현장타설궤도의 궤도선형을 설정하는 방법은 대략 3가지 방법으로 요약될 수 있으며, 실질적으로 선형조정을 위해서는 자동화 침목거치 방식과 조정틀에 의한 방식의 2가지 만이 적용 가능하다. 이 두 가지 방안에서 경제성, 공법에 따른 승차감분석, 캔트분석에 따라 조정틀 방식에 의해 조정틀에 의한 방식을 채택하기로 결정하였다. 자세한 분석내용은 ‘선형설정방법 결정’에 기술되어있다.

3. 개발형 슬래브 궤도구조의 사양결정

전절에서 제시된 개념설계 원칙에 따라 각 궤도구조 요소별로 기술분석을 통해 제한요건을 도

출하였다. 제2절 ‘슬래브케도의 설계기법’에서 기술된 현장타설 슬래브케도의 설계원리에 따라 기본 및 상세설계를 수행하였다. 개발된 슬래브 최적설계프로그램에 의해 최적단면을 결정하고 도면제시를 하였다. 개발과정에는 다음 3가지 사항이 주로 고려되었다.

- (1) 단일체 케도구조선정에 따라 구조안전성 및 주행안전성 확보에 필요한 기술요건 도출
- (2) 케도구조를 대체할 수 있는 케도구조의 상세설계요건 도출
- (3) 국내에서 적용가능한 현실적이고 경제적인 방법제시

3.1 레일패드

슬래브케도의 레일패드 선택시 발생될 수 있는 문제는 표 2와 같다. 슬래브 케도구조의 패드탄성 선택요건에 의하면 최적탄성을 고려하기 위해서 변위와 레일응력등이 검토되었다.

표 2. 슬래브케도 패드사용 선택요건

구분	저강성패드 사용시	고강성패드 사용시
케도 수직변위	승차감저하/주행안전성 문제초래가능성	-
레일응력	저강성패드사용시 변위발생으로 케도응력증대	-
소음, 진동문제	-	2000Hz이상의 진동에 불리(소음치기준 초과)
케도마모	-	하중이 케도에 집중하므로 케도마모를 촉진

현장타설식 슬래브케도는 레일의 처짐곡선식(1)을 통하여 처짐량을 검토하였다.

$$y = \eta \left[\frac{Q_0}{2 \times b \times K \times L_E} \right] \cdot \frac{\sin \xi + \cos \xi}{e^\xi} = \eta \quad (1)$$

여기서,

y =레일의 처짐[mm], Q_0 =축중[N]

b =유효폭[mm], k =지반탄성계수[N/mm²], L_E =신축길이[mm]

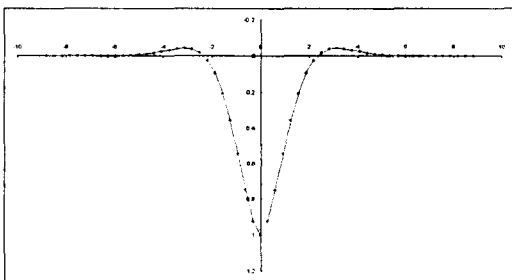


그림 3. 처짐곡선의 분포

C_{dyn} (동적스프링강성)에 $22.5 \pm 1.5\text{kN/mm}$ 에 20%증가치를 적용하여 계산한 결과 1.0mm를 초과하지 않았다(그림 3). 범용 해석프로그램을 통한 해석시에도 축중재하시 변위가 0.82mm로 제한치인 1.5mm를 초과하지 않아 안전한 것으로 검토되었다. 그러므로 계산식과 슬래브해석결과 개발형 슬래브케도의 패드탄성요건은 20 - 25 kN / mm 이 성립되어야 할 것으로 판단된다.

3.2 레일체결장치

레일체결장치에서의 수직틀림조정은 시공전 선형조정과는 별도문제이다. 시공 후 열차주행으로 인해 누적되는 수직케도틀림, 노반의 미세침강 등이 조절가능한 레일체결장치가 사용되어야 한다. 개발형 슬래브케도에서는 최소 $\pm 4\text{mm}$ 와 $+20\text{mm}$ 의 여유분이 확보되어야 할 것으로 판단된다. 일반적인 현장타설시 운하중으로 인한 케도위치 상실시에는 이를 교정하는데 충분하다. 틀림조정이 가능한 체결구가 선택되면 시공, 경제성을 고려하여 최적의 형식이 결정되어야 된다.

3.3 침목

단일체의 슬래브형식에서 단침목의 적용은 하중분배시 구조적인 중복, 비용증가요인을 감안하여 경량 트윈블럭침목의 사용이 고려될 수 있다. 이를 위한 전제조건으로 경량침목의 내력성능 검증과 구체생략시 격자형구조를 대치하면서 지지면적 확대를 통해 하중분배효과를 극대화 해야한다. 연구결과 그림 4와 같은 침목형상을 제시하였다.

표 3. 침목의 형상결정

구분	침목		
	높이(mm)	폭(mm)	BTS매입(mm)
구체형 I	190	2600	150
비구체형 I형	268	2278	135
비구체형 II형	224	2300	150
개발형	265	2400	130

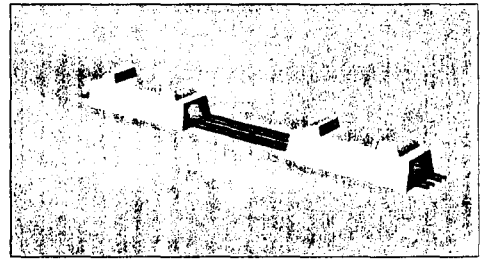


그림 4. 개발형 슬래브케도 침목의 초기형상

개발된 슬래브케도의 침목은 구체형 케도시스템의 침목보다는 폭이 좁지만 다른 비구체형 케도보다 광폭을 가지며 침목부 연결을 위해 4개 또는 6개의 지지강봉을 통해 연결 케간을 유지하고 있으며 침목내에 스펀들을 내장하고 있지 않다. 또한 BTS(콘크리트지지층)와의 부착이 잘 될 수 있도록 정착철근이 노출되어 있다. BTS의 매입깊이는 표 3과 같으며 BTS층의 응력은 허용응력을 초과하지 않았다.

결정된 제원에 대하여 BTS층과 HGT(불투수층)에 가해지는 최대 휨모멘트는 하중재하시 $0.7635 \times 10^8 N \cdot mm$ 가 발생되는데 BTS층의 상단면의 인장응력은 $0.622 N/mm^2$ ($\sigma_a = 0.85 N/mm^2$) 이므로 침목의 매입깊이는 적절한 것으로 판단된다. 또한 침목횡압의 전단력 평가에 있어서도 침목에 의하여 BTS층에 작용하는 전단응력 τ_{BTS} 도 적은 값을 보이고 있다.

$$\tau_{BTS} = \frac{Q_f}{A} = \frac{80}{(2 \times 130 + 270)(780 + 350)} = 0.134 N/mm^2 < \tau_a (= 0.3 N/mm^2)$$

3.4 구체(트로프)와 로드 에 대한 고려

콘크리트 구체(트로프)를 가진 케도는 3형식 슬래브케도로 고속철도노선에 가장 부설실적이 많으며 선형유지에서도 좋은 평가를 받고 있지만 개발형 슬래브에서는 구체를 생략하여 단면감소로 인한 시공비절감, 형태 단순화로 공기감소를 지향하는 점이 특징이다. 또한 침목 하부면의 불균일 시공으로 인한 균열발생 억제를 꾀하고 있다.

구체 및 로드생략을 위해서 BTS층내에 트로프의 로드의 구조성능을 대치할 수 있는 그리드(Grid)형의 배근구조를 채택하였다. 제시구조의 종방향 배근은 이음매가 없는 연속 콘크리트 층임을 감안하여 온도하중에 대한 상부균열을 최소화시키기 위해 BTS층의 횡단면을 기준으로 0.8~0.9%의 철근비를 만족하도록 하였다. 이는 온도영향에 의한 균열억제에 대한 ACI 318식의 제한기준을 따르고 있다. 종철근을 침목 하부면에 배치시켜 BTS상단의 축중에 의한 압축력을 최대한 분포시키고 있으며 인장균열폭을 0.5mm 미만으로 제한이 가능해졌다. 본 구조에서의 BTS층의 품질기준은 독일형 슬래브구조에서 제시한 것과 같이 비구체형으로 표면 공차는 $\pm 2mm$ 를 만족하면 되고 콘크리트 품질등급 B35 (28일 공칭강도가 $40 N/mm^2$ 이상)을 충족시켜야 하므로 차후 고강도 콘크리트를 이용한 시공이 요구된다.

3.5 슬래브케도구조의 BTS 단면결정

본 연구개발에서 목적으로 하는 슬래브케도는 주로 터널 내부에 사용될 케도로서 콘크리트지층(BTS)이 직접 터널내의 하부 콘크리트에 접촉하는 형식을 취한다. BTS층의 단면에 따른 응력검토 및 단면의 크기와 사용 철근량에 따른 경제성을 살펴보았다. 우선 단면결정을 위해 설계하중을 적용에 따라 레일의 변위량 결정, 변위에 따라 발생하는 예비시스템의 모멘트 산정을 기초로 발생응력을 산정하여 허용응력과 비교검토 하였다. 단면크기의 변화에 따른 설계값의 변화를 알아보기 위하여 BTS층의 높이와 폭에 대한 기준단면을 설정하고 각각 10mm씩의 증분을 두어 각 경우에 대하여 검토하였다. BTS층의 최대 높이는 330mm, 최대폭은 1700mm로 정하였으며 해석된 경우의 수는 높이에 대하여 8가지, 폭에 대하여 41가지로 총 328 종류이다.

일어난 변위와 단면크기의 변화에 따른 단면전단의 응력과 기타 설계량들의 변화는 그림 5~7에 나타내었다. 그림의 x축은 BTS층의 폭을 나타내며, BTS층의 높이변화는 기호를 사용하여 나타내었다.

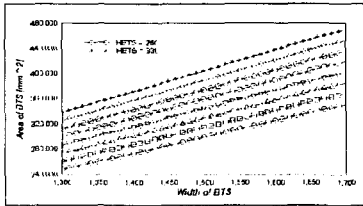


그림 5. 단면변화에 따른 콘크리트량의 변화

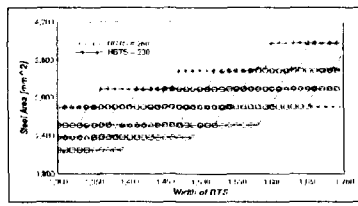


그림 6. 단면변화에 따른 철근량의 변화

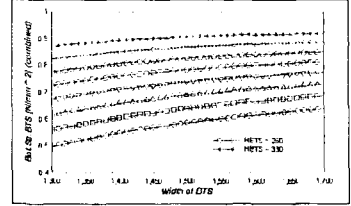


그림 7. 단면변화에 따른 BTS층의 응력변화

그림 5~7은 변화하는 단면(328종)에 대하여 계산된 결과치로서 콘크리트량, 철근량, 응력의 변화를 보여주고 있다. 철근비는 단면의 0.8~0.9%의 범위내로 강제 설정하였고 그에 따른 철근량 및 응력분포를 계산하였다. 계산을 통하여 나타난 주된 사용 철근은 10~12개의 D16(ϕ 15.9mm), D19(ϕ 19.1mm) D22(ϕ 22.2mm)등이다. 그림 7은 BTS층의 선단 인장응력을 나타내고 있다. 허용 인장응력은 각각 0.85 N/mm^2 으로 BTS층에서의 선단응력의 경우 높이 320mm, 폭 1400mm 이상의 단면에서 허용응력을 초과하고 있으며, 높이를 330mm로 설정했을 경우에는 폭으로 설정된 전범위에서 허용응력을 초과하였다.

개발된 슬래브 케도는 터널 내 사용을 위한 단면으로서 이 경우 HGT층은 고려에서 제외할 수 있다. 본 개발연구에서는 BTS층의 높이와 절반폭을 각각 285mm, 1500mm로 결정하였다. 그림 5~7에서 보듯이 최소단면의 경우도 안전한 설계에 속하지만, BTS층의 폭을 증가시킬 경우 횡방향력에 대한 케도저항력을 개선하는 효과가 있으며 노반과의 접촉면적 증가에 의한 안정성의 확보라는 효과도 있다. 그러므로 처음 개발되는 형태는 다소 보수적인 설계를 취하고 있다. 추후 연속되는 실대실험, 현장실험을 통해 더욱 경제적인 단면형태로 변모될 예정이다.

BTS층의 두께는 침목의 매입량과 BTS층 내부의 철근의 배치 그리고 설정된 폭과의 비례관계를 고려하여 결정되었다. 설정한 BTS층의 단면은, BTS층에 매입되는 침목의 영향을 배제한 상태에서 보면 그림 7의 중앙부 근처에 위치하게 되어 안전측의 설계임을 알 수 있다. 그러나 설정단면에 사용될 침목의 크기변경으로 설정된 단면의 안전성을 검토도 수행되었는데 매입깊이를 130mm, 침목자체의 폭을 780mm로 설정하였다. BTS층과 HGT층에 가해지는 최대휨모멘트는 $0.7635 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ 이다. 이 경우 각 층에 발생하는 응력을 살펴보면 아래와 같이 허용응력의 범위 내에 있음을 알 수 있다.

$$\text{BTS 층 선단부의 인장응력} = 0.622 \text{ N/mm}^2 (< \sigma_a = 0.85 \text{ N/mm}^2)$$

HGT 층 선단부의 인장응력 = 0.547 N/mm^2 ($< \sigma_a = 0.80 \text{ N/mm}^2$)

위의 계산 결과는 HGT층의 두께를 310mm, 폭을 3700mm으로 하였을 경우이다.

이후 추가적으로 횡압, 시동 및 제동하중에 대한 검토가 수행되었다.

- 설계횡압 Q_f $Q_f = P_0 \times \frac{1}{2} \times \text{최대탈선계수} = 20 \times \frac{1}{2} \times 0.8 = 8.0 \text{ t} (\approx 80 \text{ N})$
- 시동하중 B_s $B_s = \left(0.19 + \frac{0.76}{M} \times L\right) \cdot Q_0 = \left(0.19 + \frac{0.76}{14 + 0.629} \times 5.0\right) \cdot 20.0 = 7.55 \text{ t}$
- 제동하중 B_b $B_b = \left(0.2 + \frac{0.8}{M} \times L\right) \cdot Q_0 = \left(0.2 + \frac{0.8}{18.7} \times 5.0\right) \cdot 20.0 = 8.28 \text{ t}$

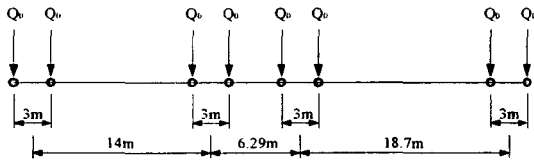


그림 8. KTX의 차륜배치도

시동 및 제동하중의 식에서 M 은 차량길이를 나타내며 그림 8에서 구할 수 있다. 표준궤도 슬래브의 경우 $L=5.0\text{m}$ 로 한다. 시동 및 제동하중은 불연속적으로 설치된 콘크리트 슬래브의 단부에 이들 하중에 의하여 발생할 수 있는 슬래브 파괴에 대한 안전성 검토에 사용되는 하중으로 본 연구의 대상으로 하는 슬래브

궤도의 경우 BTS층이 연속적으로 타설되므로 이들 하중에 대한 검토는 필요하지 않다. 레일에 작용하는 횡압은 BTS층에 매입된 침목을 통하여 BTS층의 콘크리트에 전달되어 전단응력을 발생시키며 BTS층과 노반 또는 BTS층과 HGT층사이의 접촉부에도 전단응력을 발생한다. 콘크리트의 허용 전단응력은 0.3 N/mm^2 이다.

BTS층과 밑면과의 전단응력은 $\tau_{btw} = \frac{Q_f}{A} = \frac{80}{1500 \times 650} = 0.08 \text{ N/mm}^2 < \tau_a (= 0.3 \text{ N/mm}^2)$ 으로 검토결과 가정한 단면은 허용응력 범위 내에서 구조적으로 안전한 단면으로 판단되었다.

3.6 선형조정 방법고려

기준점인 레일 두정면의 위치는 궤도위치를 조정하는 역할을 하게된다. 슬래브궤도의 경우 일단 시공되면 궤도 두정면의 위치상실은 없지만 잘못된 시공오차는 그대로 유지되고 차후 수정이 거의 불가능하기 때문에 궤도의 선형유지방안은 중요한 문제가 된다. 선형조정방법을 결정하기 위해 각 공법별로 슬래브궤도의 승차감지수(Q-number)의 특성분석과 선형조정방법 기술분석을 토대로 개발형 슬래브 궤도의 선형조정방법을 채택하였다.

먼저 선형조정방법에서 고려될 수 있는 방법은 표 4에 제시된 바와 같이 3가지 방법이 있는데

표 4. 선형조정방법 비교

구분	BTS층 형식	선형조정면	승차감지수	한계 Cant량	경제성
(1)	침목에 스펀들을 내장한 타입	구체형 레일두정면	10-15	고정선: 180mm 기존선: 250mm	중가
(2)	광화장비에 의한 자동화 침목거치	비구체형 침목부	30	고속선: 150mm	고가
(3)	조정틀에 의한 방법	구체형 레일하부면 비구체형 레일두정면	10-20	150-180mm가능	저가

전절에서 제안된 궤도구조는 비구체형 타입의 단일형 궤도로 침목내에 스펀들이 내장된 방식은 아니다. 따라서 방법(1)은 대상에서 제외된다. 방법(2)는 침목부에서 거치시키는 방식이며 방법(3)은 레일하부면 또는 궤도 상부면에서부터 선형을 맞출 수 있는 형식이다. 승차감지수 평가지수에 의하면 궤도 상부면에서부터 선형을

조정하는 타입이 침목부 고정으로 인한 방식보다 좀 더 바람직하다. 스펀들에 의한 완전한 탑-다운(top-down)형식은 궤도 두부면에서부터 시공오차를 맞추어 나가므로 시공오차 발생부위는 없게

된다. 그러나 침목의 위치를 맞추는 방법은 BTS상부면의 오차면 발생부위가 증대되기 때문에 침목, 레일패드, 체결구, 레일의 공차의 축적으로 승차감지수가 상승되는 것으로 분석된다.

반면 조정틀에 의한 선형조정방법은 궤도상부면에서 선형을 조정하는 방식으로 BTS상부면의 오차면 발생부위를 사전에 제거하는 장점이 있는 것으로 판단된다. 그러나 (2)의 작업방식 및 효율성에서는 침목진동 고정형이 다소 유리하므로 조정틀 방식을 선택할 경우 자동화를 통한 작업 효율성을 개선시킬 여지가 있다고 판단된다.

다음으로 고려된 사항은 곡선부의 캔트고려이다. 현재 경부고속철도에서 시속 350km/h에 대한 선형기준안에 의하면 곡선반경 6000m의 설정캔트는 180mm이다. 표 4에 의하면 한계 캔트량에 맞게 시공될 수 있는 궤도는 (1)과 (3)식밖에 없다. 개발형 슬래브궤도는 터널내의 부설을 주목적으로 하고 있어 곡선부에 대한 캔트고려는 지금 당장 크게 좌우되는 요소는 아니지만 토노반상까지의 확장성을 고려한다면 조정틀에 의한 방법 채택이 바람직하다고 판단된다.

경제성을 고려할 시에도 표 5의 (2)의 자동화 타입의 경우는 침목위치를 선정하기 위해서는 자동화 및 특수 진동기, 침목 유도프로그램이 개발되어야 한다. 슬래브궤도구조 제작에 요구되는 품질을 얻으려면 높은 계측기술(광학장비)에 비용을 투자한 정확한 작업프로세스 역시 병행하여 개발되어야 한다. 그러므로 침목위치의 자동화 선형유지타입은 개발초기에 국내에서 적용되기에는 비용이 많이 소요되며, 승차감 및 주행안전성에서도 유리하다고 볼 수는 없다. 결론적으로 전술된 슬래브형상, 선형유지의 품질, 검증도, 고속철도 선형기준만족성, 경제성을 종합적으로 판단한 결과 조정틀에 의한 선형조정방법을 채택하였다.

4. 개발형 슬래브궤도 형상제시

표 5. 형식에 따른 각 층 및 침목의 크기

구 분(단위mm)	BTS		침목			HGT폭
	높이	폭	높이	폭	BTS매입	
구체형 (Rheda)	340	3160 (2980)	190	2600	150	3580
비구체형 (Zublin)	280	2800	268	2278	135	3600
비구체형 (Rheda 2000)	240	3200	224	2300	150	3800
개발형	285	3000	260	2336	130	3700

전절에서 기술된 ‘개념설계 방향제시’편과 ‘개발형 슬래브궤도구조의 최적단면결정’에 따라 그림 9와 그림 10과 같이 개발형 슬래브궤도의 단면형상을 제시하였다. 표 5는 각 형식에 따른 콘크리트지층(BTS)과 침목(sleeper)의 재원을 비교해 나타내고 있다.

본 연구결과 개발된 슬래브궤도는 이전의 구체형궤도에 비해 BTS 높이와 폭이 좁거나 비슷하여 단면이 작아져 경제적인 특징을 가지고 있다. 침목은 다른 비구체형궤도와 비교하여 오히려 광폭의 특성을 가지고 있어 더욱 안정적인 구조를 취하고 있다. 침목 높이는 높지만 BTS매입깊이는 같아 인장용력 검토결과 외국의 타궤도와 비교해 손색이 없는 것으로 나타났다.

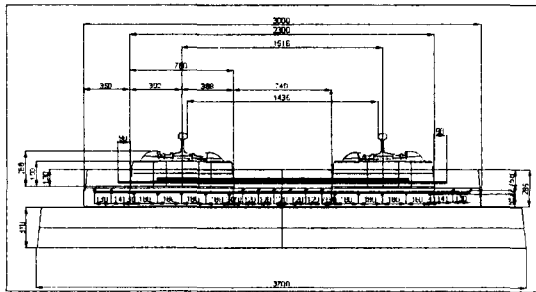


그림 9. 개발형 슬래브궤도 단면

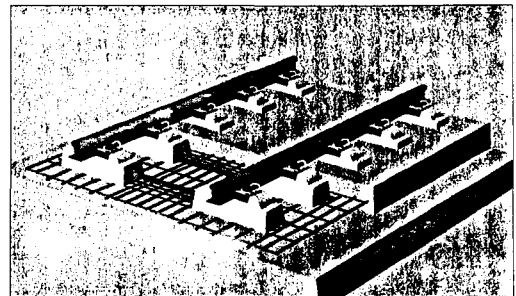


그림 10. 개발형 슬래브궤도 3차원 전경

5. 결론

최종연구결과 개발된 슬래브케도의 주요특징을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 부설속도가 빠르고 경제적인 현장타설식 공법채택
- (2) 최대로 구조를 단순화시켜 경제성을 갖춘 단일체 케도
- (3) 스펀들 비내강형의 트윈블럭침목 사용으로 경제성 극대화 및 하중분배효과 개선
- (4) 비구체형으로 침목을 뚫는 강봉이 생략이 되었으며, 그리드(Grid)타입의 배근
- (5) 타설콘크리트와 침목사이 균열발생가능성 저하
- (6) 강봉제거로 인해 콘크리트 타설시 골재 등에 의한 철근과 침목의 비일체 가능성 해소
- (7) 시공시 선형오차를 줄이기 위해 조정틀을 이용한 반자동방식 채택함. 완전한 탑-다운(Top-Down)방식으로 정밀도가 높으며 국내에서 실현가능한 경제적인 선형조정방법 채택
- (8) 시공후 발생하는 수직케도틀림의 시공오차의 조절이 가능한 체결구 채택

참고문헌

1. 韓國高速鐵道建設公團：슬래브 軌度構造 設計報告書, 1994. 12.
2. 강기동, 콘크리트 軌度 슬래브의 構造 解析에 關한 研究, 1980.
3. Edgar Darr, Werner Fiebig, "Feste Fahrbahn", Tetzlaff Verlag
4. Dr-Ing. Dieter Hilliges und Walter Bittner "Feste Fahrbahn" Sonderdruck aus Edition ETR, 1990.
5. Dr-Ing. Dieter Hilliges und Walter Bittner "Feste Fahrbahn" Sonderdruck aus Edition ETR, 1990.
6. 이상진, "새로운 콘크리트도상 케도의 유지관리(Ⅰ)" 鐵道施設 No. 66, 1997.
7. 양신추, 강윤석 "케도하부강성 변화에 따른 방진슬래브케도의 동적특성 연구", 한국철도학회 춘계학술발표회, 1998, 5., pp. 307~314
8. 이종득, 「철도공학」, 노해출판사, pp. 13~23, 1996
9. C. Esveld, "Moderr Railway Track", MRT-Production, 1989.
10. 日本國有鐵道鐵道技術研究所, "高速鐵道の研究", 日本國有鐵道鐵道技術研究所, 1967.