

조건에 부응하는 궤도구조



이 기 승
((재) 한국철도기술공사
부설연구소장)

1. 서 론



〈그림1 과거의 철도〉

옆의 사진을 보고 무엇을 느낄 수 있나?

시속 30~40km/h의 열차가 레일이음매에서 발생하는 충격음을 내며 지나가고 있다. 여행 중 옆 사람과 정다운 대화를 하면서 여행 그 자체를 즐기고 있다. 때로는 차장과 대화를 하면서 기관사를 신뢰하고, 안전하다는 믿음으로 여행을 한다. 가끔은 큰소리로 기적

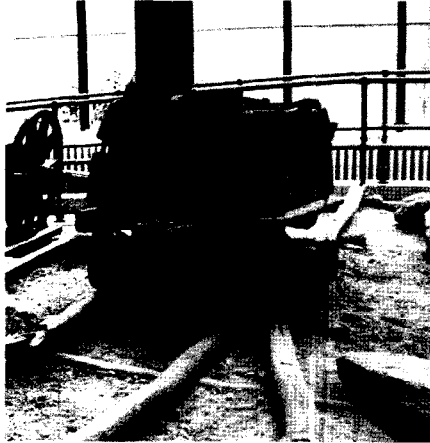
을 울려지지만 소음이라기 보다는 오히려 열차다운 면이기에 더욱 정이 간다. 느리다고 불평하는 사람도 없고, 궤도틀림으로 인한 진동이 심하다고 나무라는 사람도 없다.

이러한 철도가 과거에는 낭만이었다 할 지라도, 현대에 이런 철도가 운행된다면 불평과 민원으로 가득할 것이다. 시대는 새로운 것을 요구하기 때문이다. 그래서 시대에 어울리는 철도가 되어야 할 것이다.

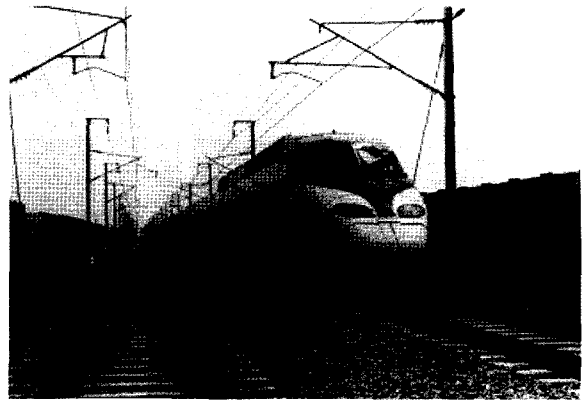
우리는 기능성 물품을 선호한다. 정력팬티, 무빙브라 등 기능성 속옷이 값이 비싸더라도 많은 사람들이 선호하게 된다. 핸드폰도 핸드폰의 기능만이 아니라 더 많은 기능을 갖출 수 있도록 개발하고 있다. 그러한 이유는 조건에 따라 많은 용도로 이용하려는 사람들의 요구에 따른 것이라 하겠다.

궤도도 발전을 거듭하고 있는데 그 발전하는 메체는 오직 필요에 따른 것이겠고, 필요하다는 것은 자연적, 지형적, 사회적인 조건에 부응하기 위한 것이라 생각할 수 있다.

이 글에서는 궤도에 요구하는 조건들이 어떠한 것들이 있었으며, 어떻게 해결하였나를 분석하여봄으로써 앞으로 기능있는 궤도발전 방향을 모색하여 보고자 한다.



〈그림2 초기철도1〉



〈그림4 현대 철도〉

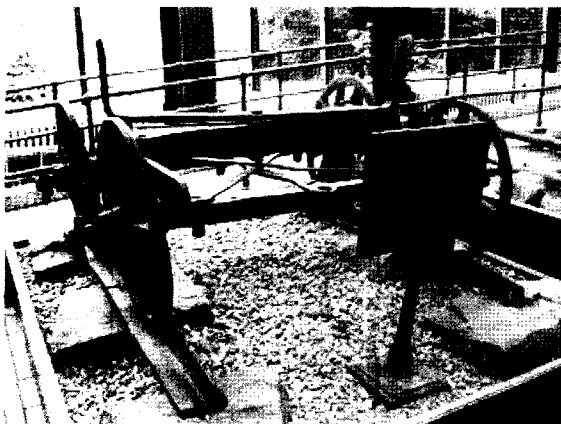


〈그림5 치차철도〉

2. 궤도의 발전배경

(초기의 궤도에서 일반 궤도에 이르기 까지)

초기의 궤도 목적은 차량의 바퀴가 흙에 박히지 않고, 마찰력을 줄이기 위한 것이었다. 따라서 통나무를 길이방향으로 깔아놓고 그 위를 바퀴가 굴러가도록 한 것이다. 또한 통나무가 흙속으로 들어가지 않도록 하기 위하여 통나무밑에 다른 통나무를 가로질러 놓았다.



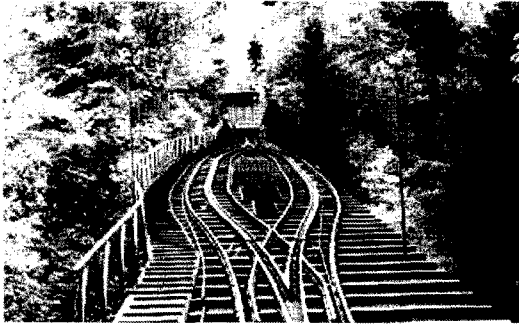
〈그림3 초기철도2〉



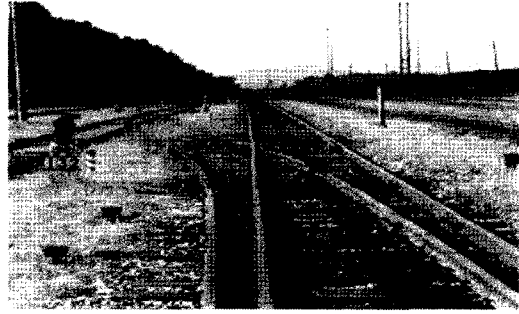
〈그림6 케이블 철도〉

가로지른 통나무가 움직이지 않도록 돌로 눌러놓던가 흙으로 다져놓아서 단단하게 만들었다.

통나무 위를 굴러가는 바퀴는 나무를 깎아서 만들었는데 이 바퀴가 흙으로 떨어지지 않도록 후랜지를 만들었다. 통나무는 못으로 이어놓아서 수레가 상당거



〈그림7 케이블철도의 교행설비〉



〈그림11 4레일궤도 분기기〉



〈그림8 3레일궤도〉



〈그림9 3레일궤도의 분기기〉



〈그림10 4레일궤도〉

리를 갈 수 있도록 하였다. 통나무가 레일이고, 받침통 나무는 침목이다.

금속이 발전하면서 철도 궤도는 새로운 방안을 모색하게 되었다.

궤도의 목적이 차량을 지지하고, 안내 유도하는 것이기에 그 목적을 달성하기 위하여 레일로 앵글을 사용하는 것이다. 앵글을 돌이나 나무 기초 위에 올려놓고 그 위를 수레가 지나가도록 한 것인데 이 때는 수레 바퀴에 후렌지를 붙일 필요가 없게 된 것이다.

이러한 궤도는 후일 레일과 침목, 도상으로 구성된 현대식 궤도로 발전하였다. 레일, 침목을 비롯한 모든 궤도재료는 해를 거듭할수록 그 재질이나 모양이 발전하여 최적의 상황에 이르게 되었고 시속 300km/h 이상의 속도로 과감히 달리는 열차를 안전하게 지지하고 유도하는 기능을 잘 발휘하게 된다.

3. 치차철도와 케이블 철도 궤도 (산을 미끄러지지 않고 올라갈 수는 없을까?)

레일과 차륜은 모두 철제로 되어있는 것이 철도의 일반적 특징이다. 철제의 마찰계수는 작으므로 에너지를 효과적으로 이용하는 장점이 있는 반면 기울기가 급하면 올라가거나 내려가는 데 어려움이 있다. 올라갈 때 미끄러짐으로 등관능력이 떨어지고, 하가울기에서는 제동이 어렵게 된다. 이 경우에는 미끄러짐을 방지하고 등관능력을 높인 것이 치차철도이다. 주로 스위스, 일본, 프랑스등 산악이 많은 지역에서 관광인력을 운송하는 데 이용되고 있다.

차차철도는 궤도의 중앙에 수평의 톱니를 설치하고 차량 하부에 톱니바퀴를 설치하여 동력을 톱니바퀴에 설치하여 톱니바퀴를 돌려줌으로 차량이 움직이게 된다. 따라서 톱니가 끊기게 되면 차량이 움직일 수 없게 된다. 그러므로 궤도에 설치된 수평 톱니는 분기부에서도 끊겨있지 않다.

그림6에서와 같이 분기부의 기본레일 위에 설치되어 선로가 열려 있는 쪽으로 톱니가 이어져 있고,

닫혀있는 방향으로 후렌지 웨이 확보를 위하여 톱니가 좌우로 비껴있도록 되어 있다. 물론 텅레일과 가동 톱니는 연동되어 있으므로 텅레일전환시 자동적으로 톱니도 움직인다.

산악지에서 이용되는 또다른 형식의 철도가 케이블철도이다. 케이블철도는 산의 정상쪽에 차량을 운전조작하는 운전실이 있어서 운전실에서 윈치에 의해 한쪽의 케이블을 당기며 한쪽의 케이블을 놓아주게 된다. 그러면 양 케이블의 끝에 달려있는 차량이 당겨 올라오거나 내려가게 된다. 이러한 운전방식이기 때문에 여러 차량이 움직일 수는 없고 단 2량만이 움직이면서 한 대가 올라올 때 한 대는 내려가는 형식이다.

정거장을 중간에 설치할 수는 있으나 그런 경우는 드물다. 또한 운반길이기도 한정 될 수 밖에 없다.

궤도를 양측에 설치할 필요는 없으며 중간에 교행이 불가피 하므로 교행에 필요한 설비가 있다.

그림 7에 보이는 것이 케이블 철도의 교행설비(분기장치)이다. 이 분기는 그 위치가 분기취급하기에는 상당히 어려운 곳에 있다. 따라서 분기취급하지 않고 교행이 가능한 구조일 필요가 있으므로 그 필요에 충족할 수 있는 분기기 구조로 되어 있다. 그 구조가 조작되지 않도록 되어 있어 정위와 반위도 없고, 분기측 본선측이 없다.

언제나 같은 모양을 하고 있다.

그러면 어떻게 교행이 가능한가? 어떻게 한쪽 궤도로 잘 분기되어 운행할 수 있겠는가? 그 열쇠는 바로

차륜의 형상이 있다.

차축의 한쪽 차륜은 양쪽으로 2개의 후렌지가 설치되어 있고, 다른 한 쪽차륜은 후렌지가 없다. 그래서 양쪽레일에 의하여 유도되는 일반철도궤도와는 달리 한쪽레일로 유도되므로 분기설비에선 외측레일에 의하여 유도된다.

4. 이중궤간궤도 (궤간이 다른 차량이 한 궤도를 통행 할 수는 없을까?)

철도는 표준궤간을 사용하는 것이 당연하다고 생각하므로 다른 궤간을 특별하게 고려하지 않는 것이 현실이다.

세계적으로 표준궤간(1435mm)의 궤도가 전영업키로의 약 59%를 차지하고 있다. 소련,핀란드, 몽골등의 1524mm가 5%, 일본, 남아프리카,인도네시아, 뉴질란드 등 1067mm가 9%, 태국, 말레이시아, 인도, 브라질 등 1000mm가 8%등이다. 가장 넓은 궤간은 스페인, 포르투갈등의 1668mm이다.

한 나라안에서도 서로 다른 궤간의 궤도가 있는데 호주(1600, 1435, 1067mm), 인도(1600, 1000mm), 브라질(1000, 1600mm), 아르헨티나(1676, 1435, 1000mm)등으로 궤간이 통일되지 않은 나라가 많다. 일본에서도 재래선에는 영국기술자의 조언에 따라 1067mm를 채택하였고, 사철 및 신간선을 비롯하여 근래에 부설하는 궤도는 표준궤간을 선택하고 있어 궤간이 일치되지 않고 있다.

이 경우 차량의 통일이 되지 않으므로 동일한 열차가 운행하지 못하게 된다. 따라서 국제열차는 국경선에서 갈아타던가, 대차를 교체하던가, 특수한 대차를 이용하는 방안이 모색되고 있다. 이 때 궤도를 이용하여 같은차량으로 여행이 가능할 것을 연구하게 된다. 그래서 건설된 것이 이중궤간 철도이다.

이 중 하나가 3레일 궤도로서 레일을 3개 설치하여

표 세계철도의 궤간별 연장(1992년)

궤간	아시아	아프리카	유럽	북미	남미	호주	계
950>	3,566	1,483	5,383	1,385	3,280		15,097
950			397				397
1000	38,298	13,976	2,113		35,107		89,494
1050	728						728
1055		157					157
1067	28,148	49,418		1,650	965	19,631	99,812
1435	88,683	12,289	200,391	355,330	7,203	15,249	679,145
1524	13,087		159,880	76			173,043
1600			2,301		1,739	6,486	10,526
1600<	45,179		15,310		25,852		86,341

2개의 레일을 궤간에 맞도록 골라서 사용하는 방식을 생각할 수 있다.

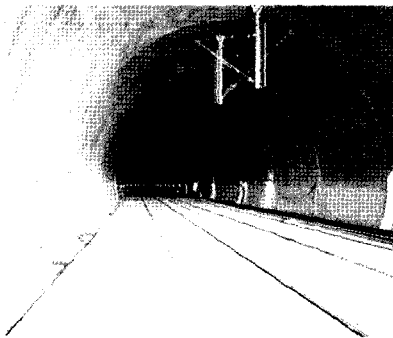
3레일 궤도에서 분기기의 구조는 그림9와 같이 상당히 복잡하게 된다.

궤간의 차이가 크지 않은 경우에는 3레일로 하지 못하게 된다. 이 경우에는 4레일을 이용하는데 그 모습은 그림 10 및 그림11과 같다.

5. 생력화궤도

(수시로 유지보수를 해야만 하나?)

궤도는 선모양의 레일을 침목이 지지하고, 침목을 도상자갈이 감싸고 있어 탄성과 저항성을 유지하고 있다. 그러나 도상자갈은 충격과 진동에 의하여 흐트러지고 마모되므로 수시로 보수를 하여야 한다. 그러나 그 보수하는 일이 중량물을 다루는 중노동이며, 위험한 일이다. 특히 열차회수가 많은 구간, 터널내등 공간



<그림12 터널내 콘크리트도상 궤도>

이 한정되어 열차접근 시 대피가 곤란한 지역에서는 위험도가 더 크게 된다. 그래서 보수가 필요없는 궤도는 없을까를 고민하게 되었고 구 결과 생력화궤도가 출현하게 된다.

생력화궤도는

- 우수의 유입을 막아 노반의 건조상태를 유지할 것
- 침목의 면적을 넓게 하여 도상반력을 적게할 것
- 도상자갈 입자 사이에 결합물질을 충전하여 자갈 상호간의 응집력을 향상시킬 것.

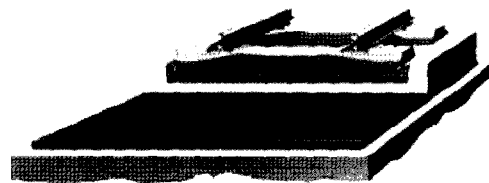
의 조건을 기본으로 개발되었으며, 포장궤도, 콘크리트 도상궤도, 스라브궤도등의 조건만 만족도록 설계하였으나 탄성이 부족하여 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 방진생력화 궤도가 출현되었다.

6. 환경친화적 궤도(소음의 궤도의 낭만인가?)

철도가 환경보전을 저해하는 요인은 무엇이 있는가? 소음, 진동, 미관, 일조, 사생활침해, 대기질, 수질오염 등을 들 수 있다. 그 중 궤도설계에 고려되는 사항은



<그림13 그린 궤도>



<그림14 전면지지 부유궤도>

소음과 진동문제이다.

어떻게 하면 보다 조용하고, 어떻게 하면 보다 흔들리지 않겠는가?

소음 진동의 발생을 줄이기 위한 방안으로 도입된 것이 장대레일, 이중탄성체결시스템, 중량레일 사용, 노스가동 및 탄성포인트 분기기 사용등의 방안이 채택되고 있다.

발생된 소음 진동을 전달과정에서 줄이기 위한 방안으로는 방진체결구 사용, 방진침목 사용, 바ラスト 매트 설치, 부유궤도 설치, 방음벽설치등이 있으며 발생된 소음을 줄이기 위한 방안이 흡음판, 흡음용 잔디, 흡음방음벽설치등이다.

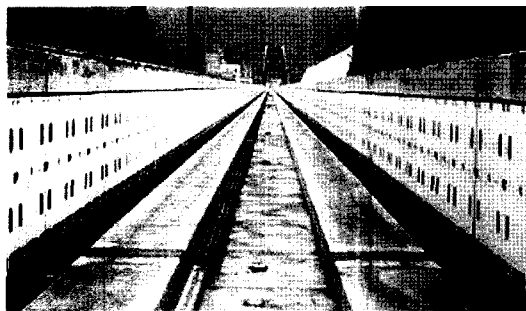
7. 제4 레일(Forth Rail)궤도

(레일이 전식으로부터 해방하는 방안을 찾아라)

레일은 무슨일을 하는가?

그 질문에 대한 답은 심중 팔구 철도차량의 하중을 안전하게 지지하고 그 하중을 침목 및 도상에 분포하여 전달하는 일이라고 대답할 것이다. 그 것 외에 차량을 안전하게 유도하는 일도 있다고 대답 할 수 있을 것이다. 그러나 최근의 철도는 신호를 전기화하면서 신호전류의 통로로 레일을 사용한다. 따라서 레일은 더욱 장대화를 요구하게 되었고, 장대화 되지 않은 경우에는 본드이음매를 사용하여 전기 흐름을 좋게 하였다.

전기철도에서 우리는 가공전차선이든 제3레일이든



<그림15 자기부상식철도용 궤도>

전차선이 1개밖에 없음을 보고 의아하게 생각하진 않았을까? 모든 전선은 2개가 있는데 어찌 전철용 전기의 전선은 한 선으로 이루어 졌는가? 그 해답은 레일에서 찾을 수 있다. 전철화사업이 이루어지면서 전기철도에서는 레일에 또 다른 전류가 흐르게 하는 데 전철전류이다. 따라서 레일에는 두 종류의 전기가 흐르게 된다. 이 두 전기는 구간이 다르고 특성도 다르다. 또 이 전기의 흐름은 궤도 및 구조물에 전식을 유발케하는 등 악영향도 있다. 그러므로 신호용 전류는 궤도회로의 구성으로 인하여 레일로 흐를 수 밖에 없다 하더라도 전철용 회귀전류는 별도로 설치하지는 것이 도시철도를 중심으로 발상되었는데 이것을 제4레일이라 한다.

8. 자기부상식 및 고무차륜철도의 궤도

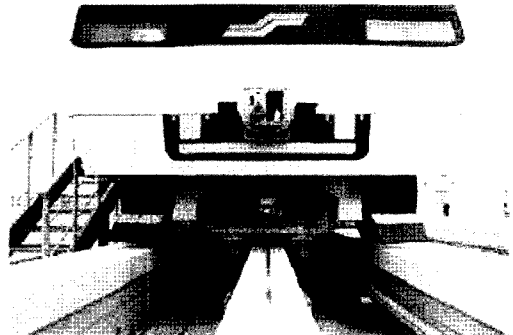
(차량이 접촉하지 않아도 궤도는 있어야 한다?)

자기부상식 철도는 초전도 자기부상식과 상전도 자기부상식철도가 있다.

초전도 자기부상식 철도는 지상의 코일과 차량에 탑재된 초전도자석과의 반발력으로 차량을 약 10cm정도 부상하여 시속 약 500km로 주행할 수 있는 철도이다.

부상의 원리가 자석에서 발생하는 반발력을 이용한 것이기 때문에 궤도에는 당연히 부상용 코일을 설치하여야 한다.

부상식 코일이 설치된 자기부상식 철도의 궤도가 그림과 같다.



<그림16 고무차륜식 철도 궤도>

또한 도로용 자동차와 같이 고무바퀴인 차량이 운행 되는 곳에서도 궤도는 있어야 한다.

궤도는 그 목적이 차량을 지지하며 차륜을 유도 안내하는 것이기 때문에 차량에 조향장치가 설치되어 있지 않다면 그 차량을 안내하는 설비는 궤도로 보아야 할 것이다.

9. 맺으면서

문화와 과학은 하루가 다르게 발전을 거듭하고 있다. 통신수단의 발달을 예로 들어본다면, 70년대 초반 하더라도 급한 일이 발생하면 인편을 보내어 그 사실을 전달하여야 했다. 그러나 70년대 중반에는 동네마

다 몇 대의 전화가 있어 필요한 경우에는 전화를 할 수 있었는데, 80년대에는 모든 집에 전화가 설치되고, 최근에는 전화는 물론 휴대전화, e 메일 등 문자가 아닌 영상매체가 실시간으로 전송되는 시대에 살고 있다.

과학화와 정보화의 발전은 생활과 문화를 바꾸었고, 사람들은 보다 여유를 찾으려 한다. 이에 맞도록 궤도도 바뀌어야 하며, 지금까지 필요에 따라 바뀌어진 궤도를 생각해 보았다.

앞으로도 점점 많은 사항을 요구할 것이고, 이를 충족할 수 있는 궤도로 발전 할 것이며, 그 분야를 우리 궤도기술자가 담당하여야 할 것이다. 이러한 사명을 인식하고 우리 모두 궤도기술자로서의 자긍심을 갖자.