

차륜/레일 상호작용과 조직설계

Wheel/Rail Interaction and Organizational Design

방연근*, 이현석***

Bhang, Youn-keun, Lee, Heon-seok

Abstract

This study shows organizational designs to increase the coordination between infrastructure and rolling stock operation organizations after rail reform based on wheel/rail interface and train/track interaction. Information sharing, face-to-face meeting, liaison role, task force, manager responsible for coordination, and team organization could help to coordinate infrastructure construction plan and train operation plan. It is necessary for the organizations to begin to study the interaction between track and train in Korean environments to make the coordination more efficient.

1. 서론

한국에서의 철도구조개혁은 상하분리를 채택한 결과 철도인프라시설을 건설하고 관리하는 책임을 지는 한국철도시설공단과 열차운영과 인프라시설유지보수를 위탁받아 수행하는 한국철도공사로 조직이 2005년 분리되었다. 그러나 이러한 상하분리는 적자를 면하지 못하고 있는 철도경영을 개선하기 위하여 철도인프라시설의 건설과 유지보수는 국가가 담당한다는 취지를 살리는 것이었기 때문에 상하분리가 철도인프라와 철도열차운영이 유지하여야 하는 긴밀한 상호작용에 대해서는 부정적인 영향을 미칠 수도 있다는 것을 염두에 두고 이를 관리하여야 하는 숙제를 안게 되었다고 할 수 있다.

조직이 분리됨으로써 종전 통합되어 있을 때에는 간과되었던 문제들이 표면으로 표출될 수 있는데, 노선건설계획과 해당노선에서 이루어질 열차운영계획간의 정합성 또는 일관성이 그 하나라고 할 수 있다. 이제 노선건설계획은 다른 조직이 계획하게 될 열차운영계획을 고려하여야 하고, 마찬가지로 열차운영계획도 다른 조직이 건설하는 노선특성을 고려하여야 하기 때문에 양자간에 정합성 내지 일관성을 유지한다는 일이 간단하지 않을 수 있게 되었다. 이하에서 두 계획간에 정합성을 유지하여야 하는 기술적인 이유를 찾아보고 두 조직간의 협력증진을 위한 조직설계에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 건설계획과 차량운영계획간 정합의 필요성

2.1 차륜과 레일의 상호작용(Wheel and Rail Interface)

철도노선건설계획과 차량운영계획이 서로 정합성을 지녀야 하는 이유는 차륜과 레도가 언제나 상호접점(interface)하고 있어 서로에게 영향을 미칠 수 있다는 사실에서 찾아볼 수 있

* 한국철도기술연구원 책임연구원, 회원

** 서울산업대학교 철도전문대학원장, 회원

다. 더구나 시설관리자와 차량운영자가 서로 다른 조직이라면 노선건설계획과 차량운영계획은 서로에게 민감한 문제가 된다. 운행의 효율성과 안전 증대를 위해서는 차륜과 궤도의 상호작용을 살펴보아야 하고 이러한 상호작용이 최적화가 되도록 건설계획과 차량운영계획은 서로 정합성을 지녀야 한다. 예를 들면 차륜 프로파일의 변경, 제동 통제시스템의 개선, 차륜 재료의 변경 등이 레일과의 상호작용에 지대한 영향을 미친다. 또한 최근 연구에 의하면 차륜에 사용하는 윤활류 사용방식 차이에 따라 레일의 수명이 배까지 차이 나는 것으로 밝혀지고 있다(호주, Queensland Rail 사례). 차륜과 레일간 상호작용에서의 주요 이슈는 차륜/레일 프로파일 표준의 설계, 차륜 및 레일의 재료구성, 차량의 가감속, 운영속도 및 축중량, 선로 배치 및 선형, 차륜 및 레일의 검사절차, 차륜 및 레일의 유지보수 정책, 작업자의 질 및 훈련, 안전 표준 및 정책, 차륜 레일 이력 정보 공유 등이다.

2.2 선로와 차량의 상호작용(Track and Vehicle Interaction)

차륜과 레일의 상호작용을 이해하기 위해서는 차량과 선로의 상호작용에 대한 이해가 필수적이라고 할 수 있다. 왜냐하면 차륜에 영향을 미치는 것은 차량(vehicle)을 구성하고 있는 요소들이라고 할 수 있기 때문이다. 즉 차륜만을 보아서는 차륜의 동역학을 이해하거나 개선할 수 없다. 차량의 서스펜션 시스템(railcar suspension systems)을 이해하여야 한다. 차량의 서스펜션 시스템이 개선되면 레일 마모, 궤도 틀림이 줄어들 수도 있다는 점에서 차량의 목적, 차량 제작, 차량에 대한 자산관리 등등이 함께 고려되어야 한다. 마찬가지로 레일만을 보아서는 레일의 동역학을 이해하거나 개선할 수 없다고 할 수 있다. 궤도를 지지하고 있는 노반에 대한 이해가 필수적이라고 할 수 있다.

또한 철도서비스가 추구하는 소음감소, 비용절감, 운행중단의 감소, 승차감 향상, 안전성 증대, 차륜과 레일의 상호작용 표준화, 감시시스템의 개선, 유지보수 시스템의 개선, 노선망 개발의 효과적인 추진을 위해서는 궤도를 포함한 선로시스템과 차륜을 포함한 차량시스템간 상호작용이 통합적인 시스템 관점 하에서 고려되어야 한다. 예를 들면 선로의 조건(상태)과 차량의 특성 및 민감도를 고려하여 속도제한 등의 조치가 취해져야 하기 때문이다.

차량시스템과 선로시스템의 효율적인 통합을 위해서는 시스템 통합 자료 구축, 상호작용 설명 모형, 열차동역학 모형, 궤도훼손모형, 비용모형 등이 개발되어야 하고, 차량과 선로에 대한 효율적인 자산관리를 위해서는 지리 정보, 진단추론모형, 유지보수 및 소유 계획모형, 유지보수 의사결정지원 시스템이 구축되어야 한다.

수요 예측, 지역개발 등에 근거하여 선로의 개량, 신선 건설 등이 정해지면 이를 효과적으로 시행하기 위하여 인프라 계획, 차량 계획, 관제 계획 등이 통합 시스템적으로 고려되어야 한다. 이용자의 승차감, 안전, 정시성(신뢰성)에 대한 요구를 반영하는 새로운 차량의 개발에도 인프라 조건이 고려되지 않을 수 없으며, 또한 유지보수 차원에서 차량의 상태를 감지하는 시스템이 선로변에 구축되어야 하는 경우 인프라 관리자의 협력이 필요하며, 역으로 인프라의 상태를 감지하는 시스템이 검측차량 이외에 실시간으로 선로상태를 파악하기 위해 운행차량에 탑재될 경우 차량운영자의 협력이 필요하기도 하다. 차량에 탑재된 윤활류 주유기가 제대로 작동하는 지는 선로검사자가 선로변을 검사하면서 더 잘 알 수 있다는 점에서 양자의 협력과 통합은 어떠한 방식으로든 이루어져야 한다.

또한 안전의 관점에서 차량과 선로간의 상호작용은 초미의 관심사가 되고 있는데, 통상 사고는 차량과 선로 중 어느 한쪽의 결함으로 발생되기 보다는 양자의 상호작용 결함으로

발생되는 경우가 대부분이기 때문이다. 예를 들면 윤활류 부적절(너무 많거나 너무 적은 경우), 궤도선형훼손 등으로 차량과 선로의 상호작용에 결함이 발생하기도 하는데, 상호작용의 영역으로는 차량이 갖고 있는 동적 힘의 순간적인 선로에의 전달, 차륜·레일 마모, 레일 헤드 피로, 선로 선형훼손과 같은 선로훼손에 대한 누적적인 영향 등을 들 수 있다. 이러한 상호작용이 상세히 밝혀지면 안전성이 향상될 수 있는데 차륜/레일 유지보수·검사, 기존선에서의 속도향상 및 축중 증대, 선로선형훼손이 차량안전에 미치는 영향, 최소승차감, 승차 안전을 위한 차량운행한계, 선로-차량 상호작용에 대한 표준 개선, 선로·차량 유지보수 및 검사 지침개발 영역에서 개선이 이루어질 수 있다.

차량과 선로의 상호작용에 대한 연구를 통하여 차량/선로 상호작용의 결함으로 인한 열차 사고의 감소, 차륜/레일 동적 거동의 안전 한계(safety-critical limits)에 대한 이해 제고, 차륜플랜지 오름 및 기타 탈선의 예방을 위한 안전기준의 설정, 차륜/궤도 프로파일 및 접촉 상태에 대한 안전지침의 개발, 여객 승차 안전 및 승차감에 대한 최소한의 기준개발, 새로운 윤활류의 사용 및 윤활류 사용관행이 안전에 미치는 영향 규명, 열차 동역학 모형 (in-train dynamics)의 개선 및 열차구성(train make-up) 지침의 개선, 안전운행규정개선, 사고조사 개선 등이 이루어질 수 있을 것이다.

3. 영국사례

철도구조개혁을 통하여 민영화를 추진하였던 영국에서는 철도인프라시설을 건설하고 담당하는 관리자인 Railtrack(지금은 Network Rail)과 다수의 철도차량운영자들이 민영화된 기업이었기 때문에 인프라의 건설과 차량계획사이의 정합성 문제는 법적인 규제차원으로 다루어지지 않았다. Railtrack이 도산하여 정부가 지원하는 Network Rail로 계승된 지금에야 Network Rail은 정부의 인프라 건설 및 유지보수를 계획하고 실행하는 조직으로 바뀌었다고 할 수 있다.

철도망의 계획과 건설은 교통부의 지침을 받아 움직이는 SRA(Strategic Rail Authority)의 몫인데, SRA는 10년 계획인 국가철도망건설계획(Strategic Plan)을 매년 발표하고 있다. 이러한 장기 비전이외에 여객운송회사들의 운영계약(franchises)을 관리하고 인프라 건설계획의 입안 및 재원조달, 소비자보호 등의 책임을 지니고 있다.

2003년 SRA가 발표한 기술지침(Technical Directorate)은 영국철도가 당면하고 있는 기술적인 문제의 발전에 일대 전기를 마련한 것으로 평가되고 있다. 이 기술지침에서 차량(rolling stock), 표준(standards), 안전(safety), 인프라(Infrastructure), 유럽기술동향을 다루고 있다. 신호, 통신, 차량에 대한 장기적인 전략적 측면과 기술적 측면, 기술 및 안전 표준에 관한 검토 및 문제점 제기, 유럽기술법안제정의 기여, 안전관련 공적조직(예를 들면, HSE(Health & Safety Executive), ORR(Office of Rail Regulator), RSSB(Rail Safety and Standards Board))과의 파트너관계를 형성하여 전략적 안전개선에의 기여를 추진하고 있다.

SRA는 현존차량 및 신규차량 운영의 모든 측면에 대하여 조언을 제공하고, 차량제조업자와 공동으로 차량개발을 추진하고, 차량개발이 차량제조업자 및 여객의 요구를 반영하도록 하기 위해 이해관계자를 참여시키고 있다. 인프라 시설 조건에 최적인 차량, 여러 인프라에 운행될 수 있는 차량의 개발, 부품의 표준화(유럽표준의 준수) 등이 주요 관심사이기도 하다.

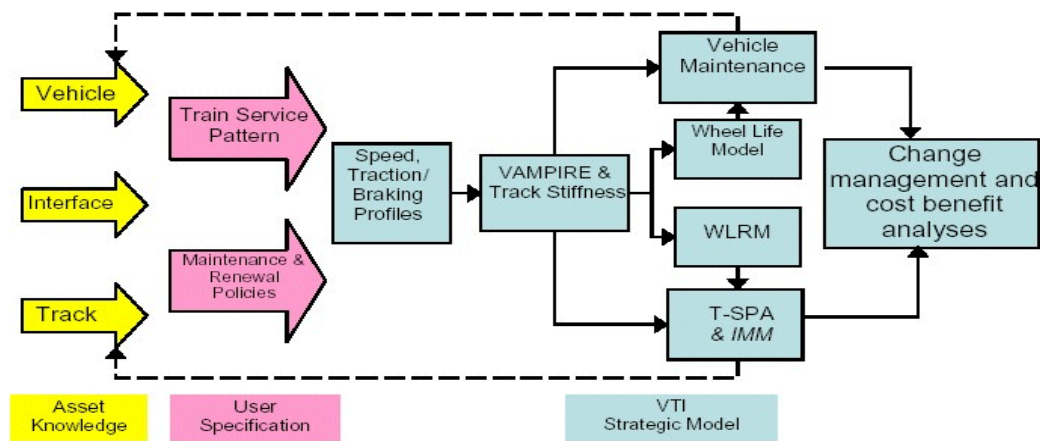
인프라 부분에 대하여는 Network Rail의 인프라 자산관리 실적을 평가하고, 기술전략을 마련하고, 인프라에 관련된 기술표준의 제공 및 공정의 개선, 기존 인프라 시설 특성을 반영하는 차량제작이 될 수 있도록 산업계간전략(Industry Gauging Strategy)를 만들고, 철도의 각기 다른 분야 사이의 인터페이스 부분에서의 성과를 개선하고 비용을 줄이기 위하여 시스템상호작용위원회(System Interface Committee(SIC))를 설립하는데 주력하였다. SRA는 인프라 건설의 재원을 조달하고 건설을 촉진하는 기능을 갖고 있다.

3.1 TRAINS 프로젝트

인프라 및 차량관리에 필요한 기술적 기반을 마련하기 위하여 영국은 Railway Vehicle & Track System Integration project(TRAINS)를 시행하고 있다. 이 프로젝트는 명칭에서 알 수 있듯이 차량과 선로간의 통합을 지향하는 3개년에 걸친 연구인데 이에 참여하고 있는 주체는 기반시설 관리자(건설 및 유지보수 담당자)뿐만 아니라 철도차량운영자, 차량제작자, 철도안전조사국, 궤도 이용자 및 제작자, 설비공급자, 철도정부당국, Wheel Rail Interface System Authority(이 조직은 VT-SIC(Vehicle Track System Interface Committee)에 흡수됨)이다. Wheel Rail Interface System Authority는 열차차륜과 궤도 사이의 상호작용 시스템의 중요성을 반영하여 정부가 조직한 기구이었다.

TRAINS에서 차륜/레일 상호작용에 관련한 주제들을 찾아내기 위해 이해당사자들과의 인터뷰 및 워크숍을 실시하였고, 이를 뒷받침하는 5개의 하위 시스템과제를 구성하였는데, 이를 보면 차륜과 레일의 상호작용을 최적화하기 위해 필요한 조치가 무엇인가를 알 수 있다. 정보의 저장과 관리, 구조 및 기계적인 평가, 의사결정지원, 유지보수 및 교체관리, 설계 및 안전영향평가가 그것이다.

또한 차량과 선로간의 상호작용 모형 개발은 영국의 철도안전표준위원회(RSSB. Rail Safety & Standard Board)에서도 시도하고 있는데 이들이 설정하고 있는 모형의 범위 및 개발은 다음과 같다.



WLRM=Whole Life Rail Model
T-SPA=Track Strategic Planning Application

[그림 1] RSSB의 차량 선로간 상호작용 모형

4. 조직설계에 대한 시사점

4.1 시스템적 접근

철도건설계획과 차량계획이 왜 상호 긴밀하게 연관되어야 하는가, 왜 시스템 어프로치(system approach)를 취하여야 하는가는 영국 SRA 논리에서 잘 살펴볼 수 있다. 차량측면에서는 인프라 시설 조건에 최적인 차량, 여러 인프라에 운행될 수 있는 차량의 개발, 부품의 표준화(국가표준의 준수)가 놓칠 수 없는 주요 관심사이며, 인프라 측면에서는 기존 인프라 시설의 특성을 반영하는 차량제작이 될 수 있기를 희망하고, 철도의 각기 다른 인프라 분야(전기, 신호, 궤도, 노반, 교량, 터널 등) 사이의 인터페이스 부분에서의 성과 개선 및 비용절감이 추구하여야 할 절실한 과제이다.

선로라고 하는 시스템은 좀 더 미세하게는 차륜과 레일간의 상호작용, 궤도, 패드, 침목, 체결구, 노반, 성토 등의 하부 시스템으로 이루어져 있으며, 달리는 열차의 차륜이 선로에 영향을 미치므로 차량과 선로의 상호작용도 고려의 대상이 된다. 선로라고 하는 인프라의 건설 및 개량 계획과 차량계획(차륜 프로파일의 변경, 제동 통제의 개선, 차륜 재료의 개발 등)은 시스템 어프로치를 통하여 통합적으로 다루어져야만 그 타당성을 인정받을 수 있을 것이다. 그렇지 않은 경우 종합적 계획이라는 성격을 갖기 어려울 것이다.

또한 유럽의 ERRVIN 프로젝트에서 알 수 있듯이 교통정책이 지향하는 바, 예를 들면 환경에 미치는 영향, 비용을 최소화 하고자 하는 정책목표를 달성하기 위해서는 차량, 선로 어느 한쪽의 연구만으로는 최적화를 이룰 수 없기 때문에 양자의 상호작용을 다루는 시스템적인 통합적 어프로치를 취하여야만 한다.

4.2 조직간 관계 설정

차륜과 레일의 인터페이스는 열차운영자와 시설관리자간의 상호작용을 요구한다. 차륜과 레일을 유지보수하는 각각의 조직은 현재 거의 서로 상호작용이 거의 없는 것으로 알려져 있는데, 두 조직의 상호작용 없이는 시스템적 관점에서 차륜과 레일 인터페이스 관리의 최적화를 이룰 수 없다. 두 담당 조직간의 커뮤니케이션 활성화, 책임과 관리전략의 규명, 조직문화의 변화가 주요 이슈로 논의되었다(Transport IQ, 3rd annual, Achieving Best Practices in Wheel/Rail Interface Management, Nov. 2003).

차량과 선로의 상호작용을 시스템적 접근 하에서 최적화하는 것을 조직차원에서 실현시키기 위해선 관련당사자들이 모여 함께 일할 수 있는 팀(team) 조직이 요구된다. 전통적인 조직분할접근법(traditional departmental approach)으로는 차량/선로 상호작용을 잘 이해할 수도 없고 대응할 수도 없는 것이 사실이다. 조직구성에 있어서도 관련 기능이 참여하는 시스템적 팀조직을 구성하여야 원인을 제대로 파악할 수 있고 부서간 갈등을 줄일 수 있다.

다음 이러한 조직이 차량과 선로간의 상호작용을 연구하여 이에 근거한 최적의 방안을 마련하여야 한다. 미국 NS(Norfolk Southern)사의 경우 일련의 열차전복 탈선사고를 당하고 나서, 선로담당부서, 차량담당부서, 열차운영담당부서들로 하여금 강제적으로 전통적 대차 및 조향 대차의 동적 영향력; 새 차륜, 닳은 차륜, 홈이 패인 차륜(hollow-tread wheels); 다양한 레일 프로파일; top-of-low-rail 윤활류 주유를 공동연구하게 하였다. 여기에서 NS는 레일과 차륜 프로파일 및 윤활주유 관행에서의 미묘한 변화가 횡력(lateral forces)에 평

장한 영향력을 줄 수 있다는 것을 알게 되었다. 이때부터 NS는 차량/선로 관련된 문제가 발생하면 무엇을 하여야 하는지 최고경영진에 조언하는 T/F(task force)를 설치 운영하여 오고 있다.

열차운영자, 규제를 담당하는 정부, 인프라 시설 소유자는 모두가 편익을 누릴 수 있는 균형경제방정식을 발견하여야 한다. 미국과 달리 인프라 소유 관리자와 열차운영자가 분리되어 있는 우리로서는 두 조직간의 협력을 활성화할 수 있는 방안을 모색하여야 하는 것이 시급한 과제라고 할 수 있다. 두 조직이 별도의 법인을 형성하고 있는 현실을 감안하면 서로 대등한 입장에서 협력을 촉진하는 메커니즘을 살펴보아야 하는데, 상호 정보시스템 개방(정보공유), 직접 접촉(대면 회합), 연계역할 설정(조정책임을 맡고 있는 관리자를 설정), TASK 포스 구성(비상근 위원회 등 비상근 조직), 전담 상근 담당 경영자 설정, 팀구축(상설 조직)과 같은 메커니즘이 수평적인 협력을 촉진하는 것으로 이야기되고 있다.

수평적인 조직간에 조정이 요구되는 정보가 높아질수록, 조정에 소요되는 비용도 증가하기 때문에 협력이 요구되는 빈도가 높을 때 상대적으로 비용이 많이 드는 팀조직을 구축하게 되고, 협력이 요구되는 정도가 낮으면 단지 상호 관련되는 정보시스템을 개방하여 정보를 공유하는 수준에서 협력을 이끌어 내게 된다. 또한 이러한 협력 메커니즘을 복수로 설정하거나 협력관계의 발전에 상응하여 메커니즘을 설정하는 것이 현실적일 수도 있을 것이다.

5. 결론

철도구조개혁의 결과 철도의 경영개선이 이루어질 수 있는 기반은 마련되었다고 할 수 있지만, 건설계획과 차량계획간의 정합성을 유지하는 일이 과제로 부상하게 되었다. 철저하게 조직 민영화하였던 영국이 두 계획간의 정합성을 유지하기 위하여 차륜과 레일간의 상호작용에 대하여 연구개발을 실시하고, 양자간의 조정을 용이하게 하는 조직을 설치하는 노력은 향후 철도의 효율성을 제고하기 위하여 우리가 어떤 노력을 하여야 하는지 시사하는 것이라고 할 수 있다. 관련 당사자들간의 협력을 용이하게 이끌어낼 수 있는 조직을 설계하고 한국의 환경하에서 무엇을 구체적으로 논의하여야 하는지 차량과 선로간의 상호작용 연구개발과제를 도출하는 일이 시급한 일이 되었다고 할 수 있다.

참고문헌

1. www.railway-technical.com/whlbog.html
2. www.railway-technical.com/whlbog.html
3. Transport IQ, 3rd annual, Achieving Best Practices in Wheel/Rail Interface Management, Nov. 2003).