

한국 고유형 고속전철 디자인 방법론

Design Methodology of the Korean High Speed Train

이병종¹, 정경렬²

Byeong-Jong Lee, Kyungryul Chung

Keywords : 한국의 철도 시스템 환경(Korean Railway System Environment),
고속전철 디자인 결정요소(Design determinating Factors of the High Speed Train)
한국형 고속전철 디자인 기본준선(Basic Guide Line of Korean High Speed Train Design)

Abstract

This paper proposes the Systematic Design Methodology of the Korean High Speed Train. High Speed Train does not operate in isolation and is a part of a rail system which is influenced through input and output effects from the environment and from the neighbouring system. To fulfill its overall desired function, such input and output relationships between the systems must be considered in the system boundary conditions. Therefore, the overall interrelationship of all these effects has to be carefully considered during the design process. Here proposed methodology may provide a guide line and criteria for the systematic problem solving method of that highly complex High Speed Train System.

1. 서론

고속전철은 하나의 철도교통수단으로서 철도시스템을 구성하는 한 부분이다. 철도교통수단은 산업사회의 필요에 의해 도입되고 서로 연계되어 망 구조를 갖는 철도시스템을 이룬다. 철도시스템의 이러한 연결 망 구조는 철도교통수단에 요구되는 고유한 기능작용을 결정짓는다. 즉, 철도교통수단은 철도시스템 내의 기능에 따라 순서가 정해지고 상호 연계된 수많은 요소들로 구성되는 특성을 갖는 구체적이고 동적

인 기술시스템이라 할 수 있다. 따라서 철도교통수단의 디자인 개발에 있어 시스템적 접근법은 필수적이라 하겠다.

고속전철은 철도시스템 안의 교통수단, 제어장치 및 설비, 철도시설물 등 주변 환경과의 연결고리를 가로지르는 경계를 갖고, 철도시스템은 사회의 자연적, 문화적, 기술적, 경제적 조건 내에 형성된 환경들과 경계를 이룬다. 여기에서 우리는 한국사회에 적합한 철도시스템 경계 내에 존재하는 고속전철을 생각해 볼 수 있는데, 이것을 바로 한국 고유형 고속전철이라고 정의한다. 따라서 한국 고유형 고속전철 디자인을 위한 방법론이란 한국의 사회적 시스템과 그 경계 내에 존재하는 철도 시스템에 최적화시키는 과정에 대한 것이다. 이와 같이 특정 사회적 시스템에 최

¹ 이병종, 한국과학기술원 산업디자인학과, 조교수

² 정경렬, 한국생산기술연구원, 수석연구원

적화를 위한 디자인 방법론은 - 오늘날의 세계가 80년대 이후 다원주의를 기반으로 하는 후기 산업사회로 이행되어왔음에도 불구하고 - 아직까지 그 어느 곳에서도 시도된 바 없다.

한국 고유형 고속전철 디자인의 시스템적 접근은 한국의 철도시스템 환경과 그 안에 놓이는 고속전철 시스템의 경계를 규명하는 것에서 시작된다. 그리고 규명된 경계조건에 따라 한국 고유형 고속전철이 갖추어야 할 요구사항 결정의 기본준선(Guide Line)을 정립하는 것이 필요하다. 이로부터 한국 고유형 고속전철의 개념화를 어떻게 이루고, 그 구체적 디자인은 어떤 방식으로 전개되어 디자인을 실현시켜나가는 것이 가장 합리적인 방법인가를 논하고자 한다.

2. 한국 고유형 고속전철 시스템

2.1 한국의 철도시스템 환경

철도시스템은 우리의 현대 산업사회가 이룩한 기술 시스템 내에서 형성되고 주변의 자연환경 및 인공 환경과의 긴밀한 상호작용관계를 갖으며 사회적 맥락에 따라 사용되어진다. 이때 사용자는 사용자의 주변을 이루는 사람들의 소그룹 사회와 긴밀한 연결 관계를 갖게 된다. 이러한 철도시스템의 일반적 사용과정은 주로 철도교통수단과 그 수단의 사용을 매개하는 철도역에 집중되어 있다.

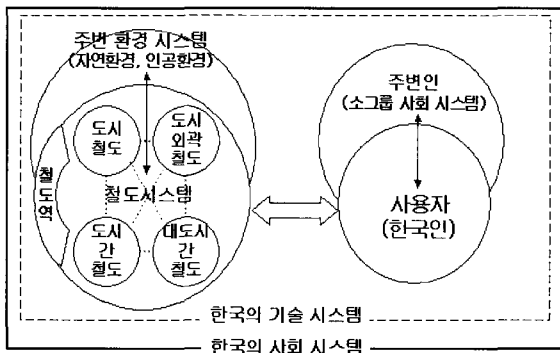


Fig 1. 한국의 철도시스템 환경 개념도

바로 이러한 연유에서 철도시스템은 교통수단에 따라 크게 3가지 시스템을 중심으로 이루어져 있다:

도시 교통수단으로서 지하철과 경전철 차량(최고운행속도 약 60km/h), 도시와 주변지역간의 교통수단으로서 통일호 급 철도차량(최고운행속도 약 90km/h), 도시와 도시 간 교통수단으로서 무궁화호 및 새마을호 급 철도차량(최고운행속도 약 120km/h).

여기에 대도시와 대도시간 교통수단으로서 최고운행속도 300km/h를 목표로 하는 정부고속전철 시스템의 도입이 진행되고 있기에, 우리는 곧 4가지 교통수단 시스템을 축으로 하는 철도시스템을 갖게 될 것이다.

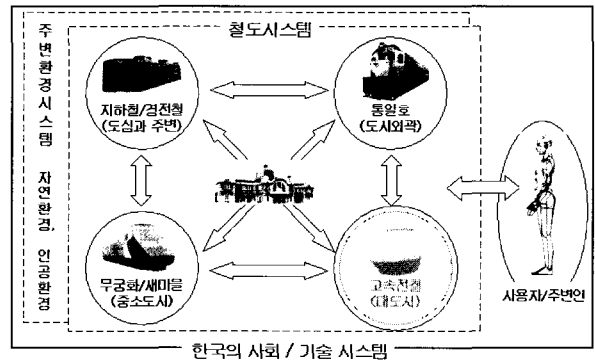


Fig 2. 한국의 철도차량 시스템 환경 개념도

2.2 한국 고유형 고속전철 시스템 경계조건과 개발 직무분야

고속전철 시스템은 단독으로 떨어져 독립된 상태로 기능 작용을 하는 것이 아니라, 주변 철도차량 시스템과의 직접적인 입출력 관계를 갖는 철도시스템의 일부분으로 존재한다. 그리고 고속전철 시스템이 전체기능을 발휘하기 위해서는 그 경계를 가로지르는 주변 환경 시스템과의 연결고리 및 입출력효과에 영향을 미치는 사용자와 그 주변인과의 상호작용을 갖는다. 즉, 한국 고유형 고속전철 시스템을 결정짓는 경계조건은 한국 사회의 기술시스템 틀 내에서 형성되는 주변 철도차량 시스템과 주변 환경 시스템 그리고 철도여행자와 그 주변인으로 정의된다. 이 경계조건은 바로 한국 고유형 고속전철의 개발을 결정짓는 것으로, 아놀트 슈러 (Arnold Schuerer)의 "제품결정요소(Productbestimmende Faktoren)" 이론에 따르면 이를 기술에 관계된 요소, 경제에 관계된 요소, 인

간에 관계된 요소, 3가지의 추상적 요소로 분류할 수 있다. 여기에서 고속전철의 기술에 관계된 요소란 기술 시스템 내에서 철도와 철도차량 기술시스템에 의한 경제조건으로 결정되는 기술적 측면의 요소이다. 경제에 관계된 요소는 기술 시스템 내에서 철도 및 철도차량 시스템과 경계를 이루는 고속전철 생산의 경제성과 운행 및 유지·관리의 경제성에 관련된 요소이다. 그리고 인간에 관계된 요소는 기술 시스템 내에서 철도 및 철도차량 시스템의 사용과 경계를 이루는 고속전철 승객의 사용에 관련된 요소이다. 따라서 시스템의 전체 기능을 최적으로 충족시키는 고속전철을 개발하기 위해서는 각각의 요소를 담당하는 엔지니어링 디자인, 인터스트리얼 디자인, 경제/경영, 3분야 전문가들의 긴밀한 협동작업이 필수적이다.

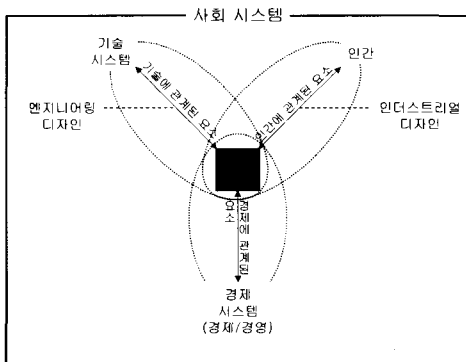


Fig 3. 고속전철 결정요소와 전문분야 개념도

경제/경영의 전문가들은 고속전철의 생산과 운행 및 유지·관리에 대한 경제적 실현을 위하여 기획과 관리적 차원에서 참여한다. 반면에, 엔지니어링 디자인과 인터스트리얼 디자인은 고속전철 개발에 직접 관련된 생산기술이다. 엔지니어링 디자인은 고속전철을 이루는 기술적 시스템 요소와 그 구성의 개발을 담당하는 전문기술이고, 인터스트리얼 디자인은 고속전철을 사용하기 위한 인간과 고속전철 간의 인터페이스 개발에 주력하는 전문기술이다. 인터스트리얼 디자인의 대상인 인간-고속전철 인터페이스는 실제적, 미적, 상징적 기능의 작용을 갖는다. 실제적 기능은

인간이 고속전철을 사용함에 있어 나타나는 물리적, 생리적 작용이다. 따라서 실제적 기능 작용은 주로 고속전철이 갖는 물리적 형태에 의해 매개된다. 이 물리적 형태가 인간의 감각기관을 통해 인식되면 미적 기능 작용을 일으키고, 이는 다시 사회적 조건에 따라 해석되어져 상징적 기능 작용을 낳는다. 따라서 인터스트리얼 디자인은 요구되는 기능 작용을 실현시키기 위해 고속전철의 물리적 형태를 주요 대상으로 다루는 것이다. 그러나 이 물리적 형태는 엔지니어링 디자인의 결과로 형성되는 것으로, 요구되는 기술적 시스템의 기능을 수행하는 틀이다. 따라서 형태는 인터스트리얼 디자인과 엔지니어링 디자인의 접점이고, 요구되는 개발과제의 성공적인 해결을 위해서는 어느 한쪽에 편중되지 않은 조율이 필수적이다.

과거에는 생산기술이 하나의 통합된 형태였기에 이러한 조율의 문제가 나타나지 않았다. 그러나 생산기술의 전문화와 함께 메카니컬 아트(mechanical art)와 인터스트리얼 아트(industrial art)로 분리되기 시작하여 오늘날에는 엔지니어링 디자인과 인터스트리얼 디자인으로 전문적 세분화가 고착되었다. 그 결과, 두 전문분야간의 조율과 통합의 문제가 생산기술을 좌우하게 되었다.

3. 한국 고유형 고속전철 기본준선

한국 고유형 고속전철 개발을 시작하기 위해서는 개발과제를 상세히 규명하여 실현시켜야 할 요구조건과 현존하는 제한조건 등을 밝혀야 하는데, 이는 한국의 철도시스템 개념의 틀을 토대로 수행되어야 하는 것이다.

3.1 요구조건의 기본준선

한국 고유형 고속전철의 개발을 위한 요구조건은 무엇보다 한국사회의 기술시스템 내에서 규명된 고속전철 사용자들을 기준으로 이루어져야 한다. 우선, 고속전철 사용자는 누구이고 몇 명으로 예상되며, 다른 철도차량 사용자와 차이는 무엇이고 사용목적과 기대하는 바는 무엇인가 등을 해명해야 한다. 고속전철 사용자가 특정 노선에서 일정 유형의 그룹으로 명확

히 규명되고 사용자의 수가 항상 일정하다면 고속전철의 객실 수준과 승차감 및 시설, 승객 수송능력, 운행속도, 운행방식 등을 단일 차량편성으로 설정할 수 있다.

반면에 여러 노선에 투입이 예상되거나 사용자 층과 사용자 수 및 사용 목적 등이 매우 유동적일 경우에는, 예상되는 각각의 경우에 유연하게 대처할 수 있는 모듈 식 차량편성이 유리하다. 이와 같은 사용에 관련된 요구조건이 확정되면, 이를 실현시키기 위해 알려진 기술적 조건들을 밝혀야 한다. 이와 반대로 사용에 대한 조건을 간과하고 기술적 조건들에 우선할 경우, 고속의 승객운송을 위한 개발목적을 상실하고 엔지니어링 디자인에만 편중된 고속 주행 장치 제작시험으로 귀결될 위험이 있다.

3.2 제한조건 기본준선

제한조건은 고속전철 시스템 전체가 요구조건을 수행하기 위해 충족시켜야 하는 주변 자연환경과 인공환경과의 시스템 입출력 관계로 이루어진다. 자연환경은 주로 지형조건과 기후조건을 이룬다. 이로부터 궤도, 구배, 터널 등 노선조건과 전차후 운영을 위한 기술조건 등이 발생한다. 역사와 승강장에 따라 차량 치수한계조건과 운행 및 승하차조건 등이 결정되고 철도시스템에 의해 전기, 제어, 신호, 통신 및 다양한 기술적 조건들이 주어진다. 또한 사용자의 행동방식과 문화유형에 의해 승강구와 실내에 대한 형태와 치수조건들이 나타난다. 이 모든 조건들은 한국의 사회시스템이 갖는 경제성에 직접적인 영향을 받는다. 그러나 오늘날 그 무엇보다 간과되어서는 안 될 중요한 것은 소유과 진동을 비롯한 생태환경적 조건들로서, 이는 모든 개념디자인 결과의 평가기준이 되어야 하는 것이다.

4. 한국 고유형 고속전철 디자인 개발과정

4.1 개념디자인

고속전철 사용자의 규명에서 요구조건 설정이 출발하였듯이 개념디자인 또한 사용자에게 관한 사항에서 시작된다. 사용자를 기준으로 설정된 요구조건을 충

족시키기에 가장 까다롭고 결격적인 일반 객실의 단면개념이 우선 개발되어야 한다.

여기에서는 사용자의 행동양식과 생활문화에 대한 고려 하에 요구조건 문제를 해결할 수 있는 좌석과 통로 및 짐간의 치수와 배열을 모색하고, 이를 기준으로 공기역학적으로 유리한 단면 외형 형상을 개발한다. 이 단면 형상을 운행조건에 맞게 공기역학적으로 최적의 단면변화를 갖도록 확장시켜나 가면 고속전철 전체 외형 형상 개념을 얻을 수 있다. 따라서 인더스트리얼 디자인과 공력설계의 협동작업이 이 과정의 중심축을 이룬다.

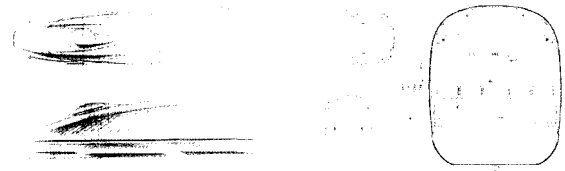


Fig 4. 고속전철 객실 단면 형상 개념과 외형 형상 개념 개발의 예

인더스트리얼 디자인과 공력설계 개념개발과 병행하여 엔지니어링 디자인은 제한된 조건 하에서 요구사항들의 기술적 해결방안들을 모색해나가는데, 이는 앞서 제시된 형상개념으로 수렴될 수 있도록 진행되어야 한다. 바로 이 과정에서 고속전철 차량시스템 편성방식과 구동방식, 대차의 유형과 방식, 시스템 제어와 신호처리 방식, 차량제작방식과 재료 등이 결정되는데, 이 또한 고속전철에 관련된 전체 시스템적 측면에서 이루어져야 한다. 예를 들어 복합소재를 사용한 전두부와 그 제작방식, 알루미늄 차체와 그 제작방식 등의 결정은 고속전철 전체 시스템의 기능과 인간과 주변 환경 및 사회의 경제 시스템 등과의 상호 입출력 작용에 대한 총체적인 긍정적 평가를 바탕으로 해야 한다. 이러한 과정이 간과된다면 고속전철 개발의 목표와 방향이 흐려질 수 있다.

4.2 구체·상세디자인

구체디자인은 개념디자인의 결과로부터 고속전철

시스템의 구성 및 구조를 사용적, 기술적, 경제적, 환경생태학적 기준을 고려하여 결정해나가는 과정으로, 이를 통해 시스템의 배치의 명세가 이루어진다. 여러 가지의 척도에 맞는 배치방안들을 동시에 혹은 순차적으로 충분히 검토하고, 위의 기준에 따라 평가를 내리게 된다. 이로부터 상세디자인 단계에서는 모든 시스템 구성품들의 배열, 형상, 치수 및 표면특성 등이 확정되고 재료가 선정되며 생산을 위한 도면과 관련문서가 작성된다. 따라서 이 단계에서는 엔지니어링 디자인 활동을 중심으로 협동작업이 진행된다.

여기에서 인터스트리얼 디자인은 사용에 대한 개념 디자인을 구체적으로 실현화시키기 위해 엔지니어링 디자인과 밀접하게 연계된 협동작업을 통하여 인터페이스의 게슈탈트(Gestalt)를 확정한다.

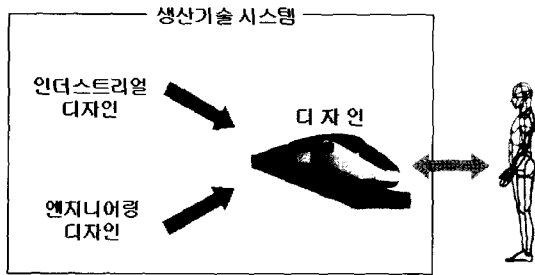


Fig 5. 고속전철 사용자가 고속전철과 접하는 경계, 즉 고속전철 인터페이스의 디자인이 갖는 생산기술 시스템 환경

또한 이 단계에서는 사용적, 기술적, 경제적, 환경생태학적 기준에 따라 고속전철 전체 시스템에 요구되는 사항들의 충족 정도를 시험장치와 모델시험을 통해 평가하게 되고, 그 결과에 따라 수정작업을 하거나 앞 단계로 되돌아가서 작업을 반복하는 경우가 흔히 발생하게 된다. 이러한 과정에서 엔지니어링 디자인과 인터스트리얼 디자인 사이의 긴밀한 협동작업이 효과적으로 수행되어야만 목적인 바의 개발이 달성될 수 있다. 그렇기 때문에 엔지니어링 기술 수준뿐 아니라 인터스트리얼 디자인 기술과 두 전문분야 간의 협동작업능력의 수준에 의해 고속전철 생산기술력이 결정되는 것이다.

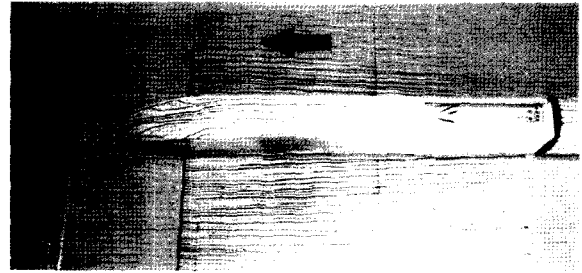


Fig 6. 디자인 확정을 위한 풍동모델시험 예

5. 결 론

본 논문에서는 한국 고유형 고속전철 개발의 효과적이고 합목적적인 수행을 목적으로, 그간의 고속전철 개발사업에서 진행되었던 디자인 경험을 토대로 연구된 시스템적 방법론을 제시하고 있다. 이 방법론을 토대로 고속전철을 비롯한 주변 철도차량 개발에 적용해나간다면 전체 철도시스템의 통합을 달성할 수 있을 것으로 예상된다.

현재까지 밝혀진 연구에서 한국 고유형 고속전철의 특성을 좌우하는 가장 근본적인 요인은 한국인의 철도여행문화로 나타나고 있다. 한국인은 그 어느 나라 사람보다도 개인 공간에 대한 욕구가 매우 크면서도 공간에서의 집단적 연합에 대한 강한 집착을 보인다. 그리고 다른 운송수단의 이용과 마찬가지로 철도여행 역시 한 지점에서 다른 지점으로의 이동으로만 여기고, 그 이동시간의 활용에 대한 인식은 매우 소극적이면서 매우 급하고 기다림에 대한 참을성이 유달리 적다. 이러한 특성은 객실과 부속실의 디자인에서 반드시 고려되어야 할 사항이고, 사회적 측면에서 긍정적으로 해결해나가야만 하는 것이다. 이로 미루어볼 때 한국 고유형 고속전철의 실내는 최소 3050mm의 폭을 갖아야 하며 객실은 다양한 좌석과 공간의 구성을 갖추며 서로 다른 여러 가지 기능을 수행하는 객차와 부속실의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

그리고 철도 이용이 시간대 별로 매우 큰 편차를 보이는 사회적 모습 뿐 아니라, 국토의 70%가 산악지형을 이루고 서울을 중심으로 방사형으로 뻗어있는 도시 망과 철도 망 등의 환경적 상황을 고려해 볼 때, 한국의 고유형 고속전철이란 동일한 객차로 고정된 편성을 갖아서서는 안 될 것이다. 이는 고속전철의

운영 및 유지·관리에 있어서도 경제적으로 매우 큰 문제를 갖는다. 이를 위한 해결 방안으로는 현재 다양화를 극대화시킬 수 있는 모듈 시스템의 도입을 생각해 볼 수 있다. 여기에서는 집중식이 아닌 분산식 구동시스템이 전제된다. 그리고 기존에 건설된 철도 노선을 심분 활용하고 산악지형에서의 고속주행을 실현하기 위한 기술로서 관절식 틸팅 구동시스템은 필수적인 사항이 될 것이다. 그리고 이러한 방향이 모든 철도차량의 개발로 확장되어 긴밀한 시스템적 연관관계와 호환성을 갖게 된다면, 우리는 고도의 독자적인 철도시스템을 구축할 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. Pahl, G., Beitz, W., Konstruktionslehre, Springer-Verlag, Berlin, 1992
한동철 의 역, 공학설계론, 동명사, 1998
2. Seeger, Hartmut, Technisches Design, Springer-Verlag, Berlin, 1992
3. Schuerer, Arnold, Der Einfluss Produktbestimmender Faktoren auf die Gestaltung, Selbstverlag, Hannover, 1968
4. 이병종, 이소라, 문화공간과 실내디자인에 대한 연구, 한국디자인학회 추계학술발표논문집, pp.166-201, 2002