

한국형 고속전철 동력차 운전실 설계

Design of Driver's Cab for KHST Power Car

염경안*

KyongAn Yeom

강석택**

SeokTaek KANG

박광복***

KwangBok PARK

ABSTRACT

The design of driver's cab includes the structure of cab frame, the layout of driver's cab equipment and facilities, i.e. driver's desk, seat, windows, floor, interior equipment, cab partition etc. The concept applied to the detail design has to be based on the ergonomics to guarantee the safety, comfort, and easy operation for the driver. In the aspect of manufacture, one more factor 'modulization' has to be considered into the design of sub blocks for cost-down. The design has to be implemented in the space allocated for driver's cab, which space is directly determined by the cab frame, optimized for the layout of driver's cab. The design process and results of the driver's cab for KHST will be described in this paper.

1. 서론

운전실의 설계는 포괄적인 개념으로서, 운전실 골조, 운전실 바닥, 운전실 기기 및 편의시설의 배치, 운전대, 내장판, 파티션의 외형 및 기능적인 설계를 포함하며, 추가적으로 운전자의 안전, 안락함, 운전조작성 등을 고려하는 인간환경공학(ergonomics)을 적용하는 모든 과정을 말한다.

각각의 부분을 설계할 때에는 제작성 및 조립성을 감안하여 운전실 바닥, 기기류, 운전대, 파티션 등의 블록 단위의 모듈화를 달성하기 위한 설계를 추구하여야 하며, 이를 조립하기위한 공정을 감안하여 순차적 조립공정에 합당한 설계가 진행 되어야 한다.

본 논문에서 기술하고자 하는 G7 과제의 하나인 한국형 고속전철의 운전실의 설계에 있어서, 설계 및 제작경험이 없는 우리의 현실을 감안하여, 설계에 앞서 먼저 추진되었던 것은 선진고속차량의 운전실에 대한 충분한 비교,검토를 통해 각각의 장단점 및 우리의 나아갈 방향을 결정하는 것이 선행되어야 했다. 이러한 선행적인 벤치마케팅을 통하여 우리가 설정한 기본 설계 방향을 기준

* 한국철도차량(주) 의왕공장 기술연구소 주임연구원, 비회원

** 한국철도차량(주) 의왕공장 기술연구소 선임연구원, 비회원

*** 한국철도차량(주) 의왕공장 기술연구소 수석연구원, 정회원

으로 세부적인 상세설계가 진행되었고, 상세설계 과정 중에, 각각의 설계항목에 대한 국내기술의 적용가능성 및 제작성등의 검토를 병행하여 개발이 필요한 부분에 대해서는 국내전문업체에서의 개발이 병행하여 진행되었다.

이하에서는 한국형 고속전철의 운전실 설계에 있어서의 기본설계개념과, 상세설계에 대한 내용을 각부분별로 서술하고자 한다

2. 한국형 고속전철 운전실의 기본설계 개념

2.1 운전실 layout

최근의 운전실의 내부배치는 종래의 승무원실이나, 업무용실을 줄여 운전실 공간을 넓게 사용하는 경향이 있으며, 보조운전사 없이 1인의 운전사가 단독으로 운전할 수 있도록 운전석을 운전실 중앙에 배치하고 있다. 이러한 실내배치 기준에 의거 운전사의 시야확보 및 전두부 외관을 고려하여 전면창을 대형의 일체형 창문으로 설계하였으며, 1인의 운전사에 의한 효율적인 차량운행을 위해 운전대의 현시기기 및 조작기기를 단순하면서도 효율적으로 배치하고자 하였다. (그림 2.1.1)

운전실의 측창은 고정창 및 개폐창을 두어 측면시야를 확보하였고, 1급 비상시 개폐창을 통해 운전사가 급 피난할 수 있도록 개폐창의 구조 및 크기를 결정하였다.

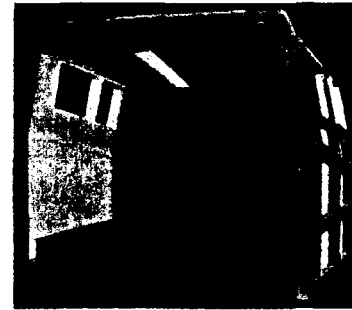
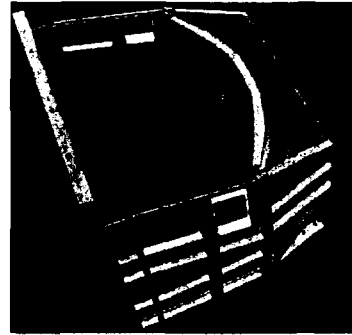


그림 2.1.1. 한국형 고속전철 운전실 배치

2.2 운전자의 시야 (Driver's visibility)

운전자 시야에 대한 규격은 UIC 651에 명시되어 있으며, 이를 근거로 하여 운전자의 시야를 확보하였다. 운전자의 시야는 운전자의 최소, 최대 신체치수를 고려하여 상,하향 가시 영역을 확보하여야 한다. UIC에서 규정하는 운전자의 가시 범위는 하향일 경우, 15m 전방, 폭 3.5m 이내, 레일바닥높이에 있는 물체를 볼 수 있어야 하며, 상향의 경우, 10m 전방, 폭 5 m 이내, 레일바닥기준 6 m 높이의 물체를 볼 수 있어야 한다고 규정하고 있다. 본 설계에서는 전두부 외형 및 전면창 위치가 공력설계 및 외형디자인 설계를 통해 확정된 상태 하에서, 운전자의 상,하향 시야를 확보하고자 운전실 바닥높이를 다소 높게 설정하여 한국형 체형의 운전자의 눈높이를 상향 조정하였으며, 운전자 가시범위의 시선을 방해하지 않도록 모든 기기를 배치하였다.

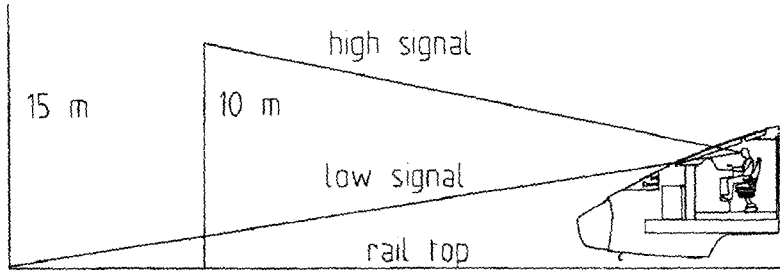


그림 2.2.1 Driver's visibility (low signal and high signal)

2.3 운전자 작동기기의 조작성 및 편리성

운전자가 차량운행중 조작하는 기기들은 각종 현시/조작 장치, 추진제어장치, 제동장치, 운전경계장치 등을 비롯하여 각종 개폐 스위치등 그 종류가 다양하다. 이러한 각종 현시/조작기기들의 배치에 있어서 운전자의 조작 빈도 및 편리성을 고려하여야 하는데 이를 위해 각종 기기들의 용도 및 사용빈도를 정확하에 규정하는 작업이 선행되어야 한다.

인체 환경 공학적인 측면에서의 운전자의 조작범위는 UIC651에 규정되어 있으며 이를 도시한 것이 그림 2.3.1에 나타나 있다. 이를 기준으로 하여 운전자의 현시/조작 기기를 배치한 것을 그림 2.3.2에 도시하였다.

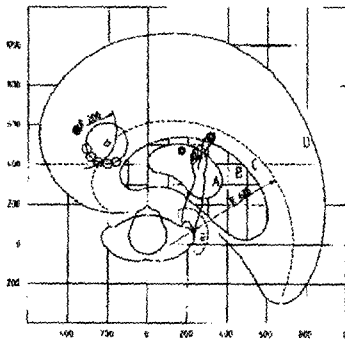


그림 2.3.1 운전자 수동조작의 동작범위

그림 2.3.1에서 각 범위는 다음과 같다.

- a 범위: 오른팔의 운동중심
- A 범위: 장시간 운전내 내구력을 얻을 수 있는 적정범위
- B 범위: 자유조작이 가능한 유효 운동범위
- C 범위: 기본자세를 초과하여 구부려 움직이는 범위
- D 범위: 의자 등받침에서 상체를 떼어 손으로 조작이 가능한 범위

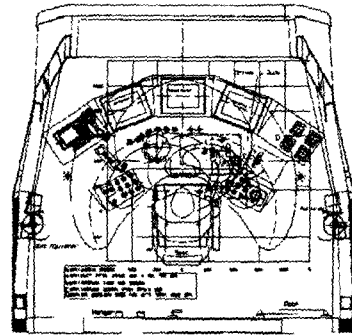


그림 2.3.2 운전실 기기 배치도

2.4. 블록 단위의 모듈화

제작적인 측면에서 운전대, 운전실바닥, 운전석, 파티션, 창문등을 현차에서 조립/취부하는 것은 차량 제작 공정을 연장시켜 차량의 제작기간을 증가 시키는 원인이 되며, 이에 따라 차량제작비용이 상승되는 효과를 야기한다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 가능한 모든 구조 및 기기의 단위를 모듈화하여 제작공정에서의 차량의 공정흐름을 원활히 할 수 있도록 설계개념을 수립/진행하였다. 예를 들어 운전대의 모든 조립은 차외에서 실시되며, 제작공정에서는 운전대 전체를 한꺼번에 운전실 내부에 인입하여 취부하고, 각종 전원선 및 신호선들은 콘넥터 처리하여 터미날에 접속시키는 구조로 하여 설계하였다. 이러한 블록단위의 모듈화 개념이 운전실 바닥, 파티션, 개폐창, 운전석 및 운전대에 설치되는 각종기기들에 적용되었다.

3. 운전실 각 부분별 상세설계

3.1 운전실 골조

운전실 골조는 동력차 전면부의 형성에 기본이 되는 구조를 제공하며, 기 기능면에서 각종 전두부 설비 및 운전실 설비의 취부, 운전실내의 기밀유지, 운전자의 안전 확보등의 기능을 제공하여야 한다. 운전실 골조의 구성은 크게 전면 프레임부, 측면 프레임부, 전면창 프레임부, 중천정 프레임부, 파티션 프레임부로 구성된다. 운전실 골조의 설계 기본 개념은 효율적인 외부응력저항성, 기밀유지, 전두부 형상과의 인터페이스 설정등에 기본을 두고 진행되었다.

기밀 유지를 위해 운전자 시야를 위한 전면창, 측면창 부위를 제외하고는 외판을 외판으로 전면을 밀폐하는 구조로 구성되었다. 그림 3.1.1 에서는 이해를 돕기 위해 외판을 제외하고 도시하였다. 골조에 외판을 전면적으로 덮는 구조는 일반적으로 장각구조(Stressed skin structure)라 불리며, 이와 같은 구조는 내측골조가 인장, 압축응력을 주로 전담하고, 외판이 전단응력을 주로 부담하는 구조로서 상호 유기적으로 외부에서 전달되는 응력을 전달/흡수하는 구조로 알려져 있다.

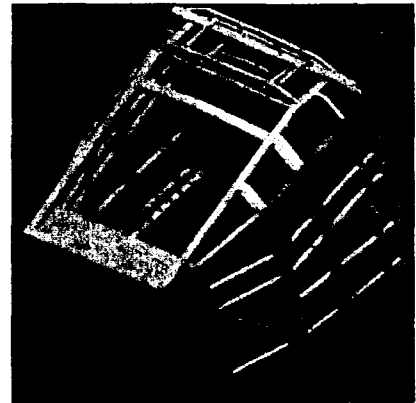


그림 3.1.1 운전실 골조

본 과제의 운전실 골조에서도 이와 같은 설계개념을

도입하여, 외부응력 저항성, 기밀유지, 외부소음차단 등에 있어서 우수한 기능을 발휘 할 수 있도록 설계하였다.

전면 프레임부는 충돌시 energy absorption box 를 통해 전해지는 충돌하중을 추가적으로 흡수하여 운전자의 안전을 보장하는 역할을 하도록 설계되었으며, 기능적으로는 운전대의 취부 및 운전실 공기조화 덕트가 조립 취부되는 부위이다.

측면프레임부는 측면창을 취부할 수 있도록 구성되었으며, 전면프레임으로 부터 전달되어온 충돌하중을 효과적으로 동력실쪽의 측면프레임으로 전달, 흡수되도록 설계의 중점을 두었고, 상술한 장각구조의 구성을 위해 외판이 큰 변형없이 용접조립될 수 있도록 구성하였다. 내측에서는 운전

실 인테리어 판넬 및 운전대, 파티션구조를 효율적으로 구성하기 위한 형상을 구현하는데 노력하였다.

전면창 프레임부는 FRP FAIRING 에 취부되는 곡면유리창부위를 하부에서 지지하는 역할을 하며, 동력실 쪽에서 운전실로 이어지는 신호선, 전력선등을 천정에서 운전대 후면에 설치되는 터미널까지의 전선경로를 제공하는 구조로 설계 되었다.

중천정 프레임부위에서는 운전실 조명등을 취부할 수 있도록 하였으며, 전면창 프레임과 운전실 파티션을 연결하는 구조를 가진다. 또한 운전실 외부 FTP FAIRING 의 상부연결부위와의 인터페이스를 고려하여 설계 되었다.

파티션 프레임부위는 측면프레임부와, 중천정 프레임부와 연결되어 운전실 골조의 단부경계를 형성한다. 이 부위에서는 특히 동력실 쪽의 측구조, 루프후드 등과의 조립측면, 효율적인 하중전달 측면을 고려하여야 한다. 기타 인터페이스 측면으로는, FRP FAIRING 의 조립성을 검토하여 효율적이 조립이 가능한 구조로 형성하여야 하며, 내측으로는 운전실 파티션 유닛을 취부할 수 있는 구조로 하여 설계하였다.

3.2 운전대

보조 운전석을 없애고 운전석을 중앙에 배치하였고, 운전대의 각종 기기는 조작빈도 및 그 효율성을 고려하여 운전자가 편하게 사용할 수 있도록 배치하였으며, 레버등과 같이 돌출이 꼭 필요한 것을 제외하고는 운전대 내부에 본체를 장착시켜 심플하고 깨끗한 이미지의 운전대를 설계하고자 노력하였다. 차량속도현시, 차량운행상태, 가선전압, 모터블록 전압, 공기관 압력등을 나타내는 장치를 터치스크린 모니터화 하여 운전자의 전면에 배치하였으며, 무선장치, 각종 스피커 및 비상제동 스위치를 운전대 전면 좌우 블록에 배치하였다.

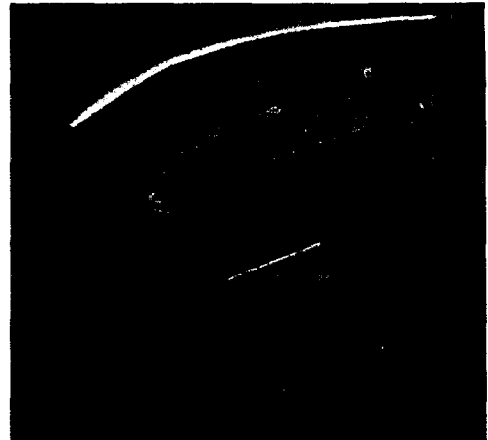


그림 3.2.1. 운전대 외형도

비상시 차량의 제동을 부여하는 비상제동 스위치는 운전자의 실수에 의해 조작되지 않는 범위에 있으면서, 비상시 손쉽게 눈에 띄어 작동할 수 있는 위치를 선정하여야 한다. 기타 스위치류 및 제어판넬을 운전대 상면 및 좌,우 하면에 배치하였다. 운전대의 모든 기기는 블럭별 조립하는 구조로 하여 운전대 본체에 취부하였으며, 이를 통해 유지 보수가 용이하도록 하였다. 운전대본체 내부에는 내부골조를 형성시켜 운전대의 보강 및 기기의 취부에 필요한 기본구조를 형성하였다.

모듈화 측면에서 운전대 본체, 내부골조, 각종기기블럭 을 조립하고, 결선및 콘넥터 작업을 완료한 후 운전대 전체를 한꺼번에 운전실 내부로 인입/취부하는 구조로 하여 설계하였다. 이를 위하여 운전대 전체를 한꺼번에 인입하기 위해 필요한 공간이 확보되는지를 반드시 검토하여야 하며, 인입시의 예상되는 문제와 공정순서 또한 함께 검토되어야 한다. 설계가 완료되어 운전대의 외형

을 그림 3.2.1 에 도시하였다. 이렇게 설계된 운전대는 목업을 통해 제작된 다음 실제 운전자의 조작실험을 거쳐 보완 수정 되어 최종적으로 운전대 설계가 완료된다.

3.3. 운전석

운전석은 운전자 개개인의 차이를 수용할 수 있도록 전후, 상하 방향으로 조정가능하고 등받이의 경사 조정이 가능하도록 하였으며, 운전석의 설치는 운전실 바닥의 취부 브라켓트에 볼트조립하는 구조로 하였다.

- 상하 조정 가능 높이: 65 mm - 전후 조정 가능 길이: 150 mm
- 등받이 경사조정각도: 2.5 도 -허용운전자 몸무게: 60 ~ 130 kg
- 좌우 스윙 각도: 180 도

3.4. 운전실 바닥

운전실 바닥은 그 기능면에서 운전대 및 운전석의 취부를 위한 하부구조를 형성하며, 차량하부로부터의 소음을 차단하는 역할을 한다. 바닥의 구조는 소음차단을 위한 방음고무와 구조형성을 위한 알루미늄 프레임구조로 하여 층상으로 되어있으며, 알루미늄 프레임 구조내부에는 방음,방진재를 충전하였다.

3.5 내장판

운전실 내장판은 외관의 깨끗한 이미지를 위하여 완전 무 몰딩 타입으로 하였으며, 재질은 내장판으로 보편적으로 사용되고 있는 복합재료인 FRP 로 하여 제작되었다. 또한, 전두부 외형에 따라 결정되는 운전실 골조 내면에 맞추어 설계 되어야 하기 때문에 윈도우 마스크, 천정판등의 정확한 3 차원 형상을 구현하기 위해 외형면이 NC 가공된 성형면에 의해 제작되었다.

3.6 파티션

운전실의 파티션은 기계실과 운전실을 분리하는 역할을 하며, 운전자의 출입을 위한 출입문 및 운전실 신호제어를 위한 Cab cubicle 에 접근할 수 있도록 점검문이 설치되어 있다. 고속차량이 터널을 교행할 때 운전실 내의 압력변동에 대한 신체영향을 최소화 하기 위해 파티션은 특별히 강화된 기밀구조를 가져야 하여, 특히 출입문 및 점검문의 기밀도를 실험을 통해 검증하여야 한다. 파티션은 전체의 조립/시험을 완료한 후 파티션 유닛이 한꺼번에 현차에 취부되는 구조로 하여 설계 되었으며, 취부시에는 차체와 파티션 조립 후 간격을 접촉실링제로 충전하여 충격파의 영향을 최소화 하도록 하였다.

5. 결론

이상으로 G7 개발과제인 한국형 고속전철 동력차 운전실의 기본설계 개념과, 설계과정 및 내용에 대하여 서술하였다. 요컨대, 운전실의 배치 및 구조는 인간 공학적인 측면과 제작성을 충분히 검토하여야 하며, 이를 통해 최적의 운전실 설계가 되도록 하여야 할 것이다. 위에서 기술한 고속전철의 운전실은 현재 엔지니어링 목업의 제작과정에 있으며, 제작 후 다각적인 검토와 검증을 통해 개선점을 모색, 보완해 나가야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국철도차량(주) (1999), "G7 고속전철 동력차 개발 3 차년도 보고서"
2. 대우중공업 (1998), "G7 고속전철 동력차 시스템 엔지니어링 기술개발 2 차년도 보고서"
3. 대우중공업 (1997), "G7 고속전철 동력차 시스템 엔지니어링 기술개발 1 차년도 보고서"