

경량전철 기술개발 종합시험을 위한 시험선로 건설 사례

Construct Test Line of Light Rail Transit for Overall Test and Commissioning

이안호* 이덕영**
Lee, An Ho Lee, Duck Young

ABSTRACT

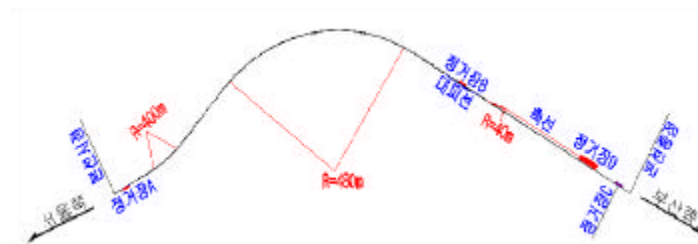
Launched in 1999 and funded by the Korean government, the R&D project of developing the light train system technology is finally wrapped up to produce its prototype train prototype and all the research activities on signal, communication, power supply third rail Type and infra-structure have been completed. In an attempt to verify the usability of the system through an actual testing and as a preliminary step to the application of the system to overall light train construction projects to be implemented in different cities in Korea, testing lines are under construction now. Here we'd like to introduce people to the general overview of the test line construction and interface found in the process of project.

1. 시험선 건설

1.1 시험선 개요

- (1) 공사명 : 경량전철시험선 건설공사
- (2) 공사위치 : 경북 경산시 남천면 삼성리, 층산리 일원(경부선 폐선 부지)
- (3) 선로연장 : 약 2.4Km(본선 1,870m, 측선387.5m, 대피선 120.95m)
- (4) 공사금액 : 10,961,908천원(VAT 포함)

1.2 일반도



1.

* 정회원 · 한국철도기술연구원 경량전철연구팀장
**정회원 · (주)유신코퍼레이션 철도부 전무이사
* 정회원 · 한국철도기술연구원 경량전철연구팀장
**정회원 · (주)유신코퍼레이션 철도부 전무이사

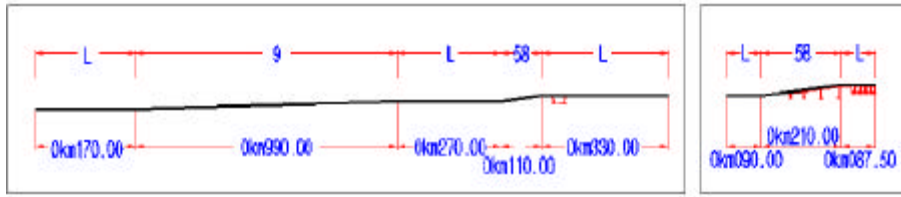


그림 2. 종단면도

1.3 (U-type)

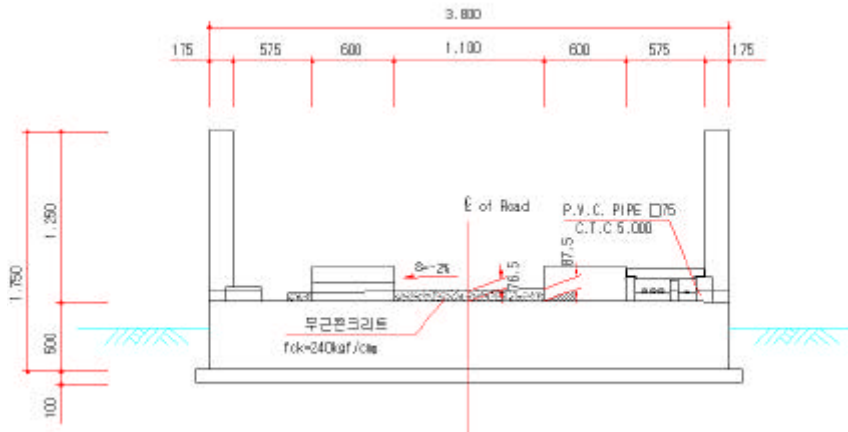


그림 3. 횡단면도

2. 시험선 활용계획

2.1 시스템에 대한 안전인증

- (1) 새로이 개발된 시스템에 대하여 각종 설계자료 등을 검토하여 시험선에서 실증시험의 실시 평가 후 경량전철 고무차륜 AGT시스템에 대한 안전성 검증(국외의 전문기관에 안전인증서 발급)하고자 함.
- (2) 수행기관 : 일본의 NTSEL(일본교통안전환경연구소) 및 KOBELCO
- (3) 안전인증 수행단계

2.2 종합시험 평가

2.2.1 종합시험평가 항목

- (1) 차량분야 : 최대설계속도의 주행성능 시험 외 14종
- (2) 신호분야 : 출입문과 출발제어 시험 외 8종
- (3) 전력분야 : 접지저항 시험 외 6종
- (4) 선로구축물분야 : 가이드레일의 응력 및 처짐시험 외 3종
- (5) 환경분야 : 소음과 진동 측정 외 3종
- (6) 안전분야 : 긴급상황에서의 거동 등

2.2.2 계측시스템 구성

기본구성은 다음과 같다.

- (1) 계측 장치의 추가 및 제거가 용이한 Network를 이용한 분산계측 시스템
- (2) 차상 및 지상의 계측신호를 시간동기로 측정하는 통합계측시스템
- (3) 상시계측, 필요시 추가 계측, 별도계측으로 구분
- (4) 장시간(3시간 이상) 연속측정 및 측정 DATA 분석이 가능한 시스템

3. 건설 중 인터페이스 사항

3.1 안내레일 사양 변경

- (1) 당초 안내레일의 사양을 H200x200x8x12t에서 H150x150x7x10t로 변경
- (2) 차량편측 타이어 펑크에 의한 차량의 상승, 운행중의 차량의 운중변동, 시공오차 등을 고려하여 안전측으로 당초 200mm H형강을 사용토록 설계되었으나, 다음 그림 4 에서와 같이 정밀하게 재검토 결과 150mm를 사용하여도 안전한 것으로 판단하여 변경하였으며, 이에 따라 강재량의 절감, 하중의 감소 및 작업의 용이성 등의 효과를 얻을 수 있었다.
- (3) 아울러 안내레일의 사양 변경에 따른 안내레일 체결 시스템 및 제3궤조 지지판을 다음그림 5 와 같이 수정하였다.

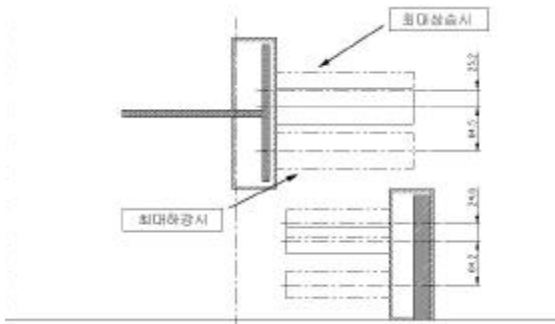


그림 4. 안내륜/분기륜 최대상승 및 하강시

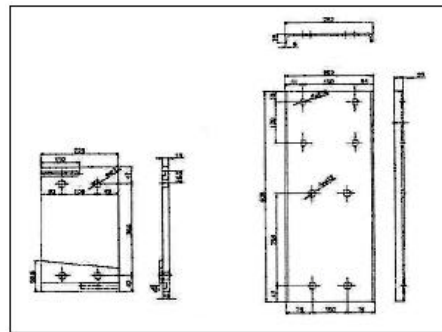


그림 5. 고정판 및 제3궤조 지지판

3.2 곡선부 횡구배(칸트) 재 검토

- 경산 시험선의 경우 분기구간을 제외하고는 곡선 R480m 및 R400m으로 구성되어 있으며 설계 시 이 구간에 횡구배Cant(6%)를 고려하였음.
- 분구간의 운전속도 60km/h로 아래의 4가지 이유에 의해 Cant(6%)를 설정할 필요가 없어 수정 적용하였다.

(1) 원심가속도가 작은 값

본시험선의 경우 곡선 통과 중에 발생하는 원심 가속도가 작으므로 Cant를 설치하지 않아도 초과 원심가속도(Cant부족량)의 한도치안에 있어 0.08g(8%)를 초과하지 않기 때문에 Cant의 설정은 불필요하다.

$$g = V^2/127/R \approx 0.06 \sim 0.07g \quad @ V=60km/h$$

$$R=480 \sim 400m$$

(2) 최고속도시험의 실시에 문제가 없을 것

경량전철의 안전성을 검증하기 위한 시험항목의 하나로서 최고속도시험이 있으나, 설계속도에 대한 속도 초과분에 있어서는 10km/h 정도를 보면 좋으므로, 시험속도는 70km/h 정도로 생각할 수 있다. 이 경우에도 곡선 통과중에 발생하는 원심가속도는 0.10g 정도, 즉 축중의 10% 정도밖에 안되기 때문에 구조상에도 충분히 안전하여 시험의 실시에 있어서의 문제는 없다.

$$g = V^2/127/R \approx 0.08 \sim 0.10g \quad @ V=70km/h$$

$$R=480 \sim 400m$$

(3) Cant를 설치하면 그 경사량에 대하여 편측의 차량 바닥면(상면)이 높아진다. 그 경우 궤도의 측벽은 차량의 바닥면(상면) 높이까지 높일 필요가 있다. 또한 곡선부의 건축한계 확폭량도 Cant를 설치한 그 횡방향 확폭분만큼 보다 더 크게 하지 않으면 안된다. 이 두가지 점은 경제성, 시공성 등에서 바람직 하지 않다.

(4) 주행로의 시공성 및 승차감을 우선으로 할 것.

주행로의 시공을 용이하게 하고, 한편 양호한 승차감을 확보하기 위해서는 주행로는 가능한 한 수

평이 될 수 있도록 계획하여야 한다. 역으로 Cant는 시공성이나 승차감을 악화시키는 요인이 될 수 있으므로 부득이한 경우를 제외하고는 곡선반경이 큰 경우(약R300m 이상) 제고할 필요가 있음.

3.3 Cable Trough 설치공간

3.3.1 조건

- (1) 건축한계 폭 3050m 내측에는 주행면보다 위에 Cable Trough를 설치해서는 안된다.
- (2) 주행로면 높이 : $H250 \pm 30\text{mm}$
- (3) 주행로 측면과 측벽 안쪽간의 거리 : W575

3.3.2 사용가능공간

- (1) 일반구간 : $W575 \times H250$ 에서 허용공차 및 거칠기 등을 고려하면 $W515 (=575 - 30 - 30) \times H200 (=250 - 30 - 20)$ 임.
여기서, 30 : 허용공차, 20 : 표면거칠기
- (2) 분기구간은 고정안내판을 설치하므로 측벽을 넓게 하여 Trough 설치 Space를 확보하여야만 한다. 그러나 본 시험선에서는 확폭할 수 없기 때문에 Trough를 측벽의 외측에 설치하는 것으로 하였다.

3.4 접지방안

3.4.1 접지방법 검토

- (1) 피뢰돌침방식 접지
 - 설치개소 : 보호각(45° or 60°)을 고려할 때 19개소
 - 보호범위 : 해당개소 반경 5 ~ 10m
 - 공사비 : 개소당 70만원
 - 문제점 : 공동접지에 영향을 줄수 있음.
- (2) 이온방사 접지
설치개소 : 9개소, 보호범위 : 1.8km 전구간, 공사비 : 개소당 400만원, 문제점 : 공동접지에 영향을 줄수 있음.
- (3) 공동접지 보강
 - 방법 : 설계된 공동접지를 보강하여 사용
 - 접지저항 : 2 이하 (1)로 접지저항을 만족
 - 보강방법 : 공동접지저항을 확인 ANT등 Ploe마다 피뢰돌침 설치 공동접지에 연결
- (4) ANT Pole 피뢰접지 제외(당초 설계안)
 - 주변 구조물(신도로 가로등, 전주, 가로수 산 등)을 낙뢰방어에 이용

3.4.2 검토의견

십타 접지저항을 시공후 측정된 결과 2 이하로 양호한 결과 별도의 피뢰침은 없이 제3안인 공동 접지를 보강하여 추진

3.5 승강장 플랫폼(SLAB) 두께 조정

3.5.1 개요

제3구조 방식을 사용하는 본 고무차륜 경량전철 시스템의 경우 일반적인 지하철의 승강장 슬래브 설치와는 간섭문제가 대두된다. 승강장 구조물과 차량 집전장치 간의 간섭 현상에 대하여, 차량의 운용 상황을 고려한 각 변수를 검토하여 차량 운영에 지장이 없도록 하고자 한다.

3.5.2 차량한계 및 건축한계

- 승강장 높이 : 1080mm (주행면 기준) - 승강장 두께 : 120mm
- 차량과 승강장 연단석 끝단간 거리 : 60mm - 승강장 끝단과 벽체 본체간 거리 : 440mm

3.5.3 차량 집전장치와 승강장간의 간섭 검토

(1) 차량집전 장치의 설치 위치

- 집전 SHOE의 크기 : H130 * L180

- 집전장치 설치 위치

: 높이 = 780mm (주행면 기준), 측방향 길이 = 1410mm (자유장 상태로 CENTER에서)

CAR

(2) 각종 변수를 고려한 집전장치 변위의 검토

- 차량 편측 타이어 펑크 발생시 집전장치 상승 높이 : 17mm

- 운행중의 차량진동, 하중급변등 기타의 조건을 고려한 집전장치의 변위 : 11mm

- 구조물과 집전장치간의 절연거리 : 10mm

(3) 설치 및 공사 진행관련 공차

- 주행면 작업 공차 : $\pm 5\text{mm}$, 승강장 토목 공사 작업 공차 : $\pm 5\text{mm}$, 집전장치 설치 공차 : $\pm 10\text{mm}$

(4) 차량 집전장치와 승강장의 간섭치수

- 정상상태에서의 간섭(6.6mm) 및 상기의 각종 변수를 고려한 간섭 치수, $6.6\text{mm} + 17\text{mm} + 11\text{mm} + 10\text{mm} + 5\text{mm} + 5\text{mm} + 10\text{mm} = 64.6\text{mm}$. 약 65mm의 간섭으로 계산됨.

(5) 결론적으로 승강장 두께를 당초 120mm(마감재 포함)에서 100mm로 제한됨. 즉 마감재 50mm를 제외하면 순수 슬래브 두께는 50mm이하(연단에서 최대 440mm 부분)로 건설되어야 함.

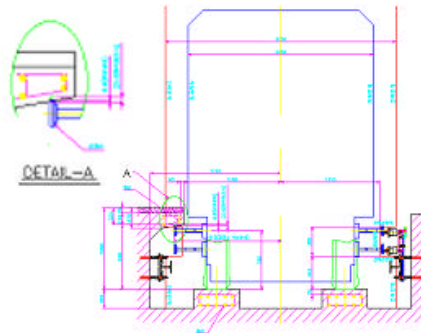


그림 6. 간섭관련 이격거리 검토

3.6 GUIDE RAIL 및 제3궤조 POST 설치 간격

(1) GUIDE RAIL 및 제3궤조의 POST는 공동으로 사용하는 것으로 계획하였으며, 설치 간격은 직선부에서는 3.0m, R < 200m이하의 곡선부에서는 1.5m - 2.5m, R > 200m 이상의 구간에서는 직선부와 동일하게 적용하였다.

(2) 하지만 전차선 단락전류를 검토한 결과 전차선에 단락이 발생시 전자력에 대하여 각 설치품이 충분한 강도를 가졌어야하므로 대부분 구간은 3m 간격으로 당초 계획대로 설치하여야 무방하나 일부구간에서는 전차선이 내구강도를 가질 수 있도록 전차선의 SIZE 조정 또는 POST 간격을 저정할 필요가 있어, 현실적으로 전차선의 사양변경은 시기적으로 곤란하여 전차선용 지주를 별도로 중간(1.5m 간격)에 설치하는 것으로 하였다.

3.7 주행면 표면처리

3.7.1 시험시공

(1) 주행면을 쇠흙손으로 마감

(2) 주행면을 나무흙손으로 마감

(3) 주행면을 빗자루 마감

3.7.2 미끄럼저항 시험

(1) 미끄럼저항 시험은 한국도로공사 도로교통기술원에 의뢰하여 ASTM E - 303220으로 실시 하였음.

(2) 시험결과는 다음과 같다.

시험항목	단위	시험 결과						시험방법
		경량전철 콘크리트 주행면로						
		쇠흠손 마감		나무흠손 마감		빗자루 마감		
미끄럼 저항시험	BPN	1	65	1	67	1	65	ASTM E-3032003
		2	66	2	67	2	72	
		3	55	3	71	3	66	
		4	60	4	82	4	76	
		5	76	5	65	5	80	
		평균	64	평균	70	평균	72	

* 시험조건 : BPN 섭씨 20도 보정값, Rubber Condition : New 2002.11

3.7.3 적용

3가지 경우에 의거 주행면 마감처리에 대한 미끄럼 저항시험을 실시하였으나 뚜렷한 차이점은 발견할 수 없었으나 기준치인 65BPN이하인 쇠흠손 마감을 적용하고 최급구배구간은 측선이며 미끄럼 방지를 위하여 나무 흠손으로 마감을 한다. 아울러 주행로면 이음부 및 단차부는 연삭으로 먼고루기를 한다.

4. 결론

국내에서 처음으로 건설중인 경량전철 시험선의 개요 및 활용방안에 대하여 간단히 살펴보았으며, 건설과정에서 발생될 인터페이스 사항 중 토목분야에서 관심을 가져야 할 주요한 몇가지만 살펴본 결과 다음과 같은 방안으로 추진하는 것으로 하였다. 본 사례의 경우는 시험선이며 또한 단선이기 때문에 타 노선에 적용시 재 검토 후 적용함이 바람직할 것이다.

- (1) 안내레일 사양을 H200x200x8x12t에서 H150x150x7x10t로 변경하여 강재량의 절감, 하중의 감소 및 작업의 용이성 등의 효과를 얻을 수 있었다.
- (2) 곡선부 횡구배(캔트) 재 검토한 결과 곡선 R480m 및 R400m 구간에서는 횡구배Cant(6%)를 미 고려
- (3) Cable Trough 설치공간 W515 x H200 필요, 분기구간은 고정안내관을 설치하므로 측벽을 넓게 하여 Trough 설치 Space를 확보하여야만 한다.
- (4) 접지는 피뢰침 없이 공동접지를 보강하여 사용
- (5) 승강장 슬래브 두께는 당초 120mm(마감재 포함)에서 100mm로 제한됨. 즉 마감재 50mm를 제외하면 순수 슬래브 두께는 50mm이하(연단에서 최대 440mm 부분)로 건설되어야 함.
- (6) GUIDE RAIL 및 제3레조의 POST는 공동으로 사용하는 것으로 계획하였으며, 설치 간격은 직선부에서는 3.0m, R < 200m이하의 곡선부에서는 1.5m - 2.5m, R > 200m 이상의 구간에서는 직선부와 동일하게 적용하였지만, 전차선 단락전류를 검토한 결과 일부구간에 전차선용 지주를 별도로 중간(1.5m 간격)에 설치 필요
- (7) 주행면 표면처리를 시범시공하여 미끄럼 저항시험을 실시하였으나 뚜렷한 차이점은 발견할 수 없었으나 기준치인 65BPN이하인 쇠흠손 마감을 적용 하였음.