

고무차륜 경량전철 성능에 대한 평가

*홍재성¹, 이안호², 이호용³, 조홍식⁴, 한석윤⁵
^{1,2,3,4,5} 한국철도기술연구원 경량전철 연구팀

Performance Evaluation for the AGT Light Rail Vehicle

*J. S. Hong¹, A. H. Lee², H. Y. Lee³, H. S. Cho⁴, S. Y. Han⁵
^{1,2,3,4,5} LRT System Development Team, Korea Railroad Research Institute

Key words : AGT, jerk, acceleration

1. 서론

경은 R40m이며 최대구배는 58‰이다.

경량전철(Light Rail Transit)은 보통 수송용량이 시간당 5,000명 ~ 30,000명으로 정의되며 지하철 차량보다 작은 규모로서 일정한 궤도를 따라 주행하는 교통수단을 말한다.

보통 경량전철의 도입배경으로는 1)대도시에서 노면교통으로 교통수요처리에 한계가 있어 부득이 대량교통 수송체계를 도입하여야 하는 경우 2) 지하철 건설은 막대한 사업비의 소요로 재원조달이 어려워므로, 조용하고 대형차량에 비하여 미관이 수려하고, 고가화가 수월하여 건설비가 적게 소요되며 자동운전으로 운영비를 절감해야되는 경우등 경량전철의 도입이 우리나라 지방자치단체에서 적극 검토 및 건설중에 있다.

경량전철의 가장 큰 특징으로는 1)대부분 무인자동운전 시스템을 적용하여 사령실에서 열차 운영을 직접 제어하므로 승객수송수요 변화에 신속하게 대응할수 있으며 2)가속 능력이 뛰어나 지하철에 비하여 정거장 간격의 축소가 가능하며 3)지하철에 비하여 건설비가 약 1/2수준밖에 안되면서도 많은 승객을 효율적으로 수송할 수 있는 장점이 있다.

경량전철은 노면전차, 모노레일, 고무차륜형 AGT(Automatic Guideway Transit), 철제차륜형 AGT, 리니어모타(Linear Induction Motor), 자기부상열차, 트로리버스 등 다양한 시스템이 있으며, 해당지역의 기후, 도시환경등에 따라 많은 형태로 운영되고 있다.

우리나라는 지하철 건설비 과다 지출 및 운영적자 증가로 1992년 이래 김해, 하남, 용인, 의정부시등에서 경량전철 도입을 적극 추진하였으며 용인시의 경우 리니어모타의 시스템을 도입하여 현재 건설중에 있다. 해외 경량전철 도입시 부품 호환성 결여, 사고대체능력 부족등 경험이 없는 국내실정을 감안하여 경량전철시스템 기술개발사업을 건설교통부의 지원으로 한국철도기술연구원에서 1999년에 시작하여 2005년도에 완료하였다. 이 사업으로 고무차륜 K-AGT 차량개발, 무인운전 신호시스템 개발, 강/합성형 교량개발, 제3궤도 급전시스템 개발을 성공적으로 완료하여 경북 경산에 시험선을 설치하였으며 1차적으로 종합 성능시험을 완료하였다. 현재는 RAMS 신뢰성 향상을 위한 성능시험중에 있다.

고무차륜식 경량전철은 철제바퀴식 차량과 달리 1차스프링이 고무차륜으로 되어 있어 감가속 성능 및 승차감이 우수하다고 보고되어 왔다. 급가속 성능은 차량의 중요한 요소이지만 시간당 가속도 변화율인 저크의 수치를 높게 되어 상대적으로 승차감에 양호한 영향을 미칠 수가 있다. 감가속에 대해 각 운전 노치별로 기준서에서 정한 수치를 만족시키면서 또한 저크도 기준치 0.8kmh/s^2 을 만족시키는 것이 중요하다.

본 논문에서는 시험선에서 시험중인 고무차륜 경량전철의 성능향상을 위해 저크 및 감가속도 시험을 수행한 결과 및 보완점에 대한 근간을 제시하였다.

2. 시험조건 및 방법

2.1 시험조건

경산에 세워진 시험선로 및 전경을 Fig. 1과 2에서 나타내었다. 시험선로는 본선과 측선을 합해서 전체 2.38km이며 최소곡선반

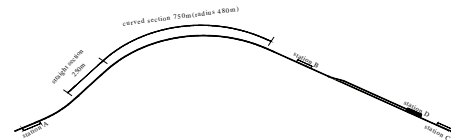


Fig. 1 Test section for experiment



Fig. 2 Picture of test section

통합 계측시스템에 대한 그림을 Fig. 3에 나타내었다. 계측시스템에 적용된 프로그램은 Lab View 7.0을 기본으로 하여 제작되었으며 모든 데이터를 저장 및 분석할 수 있다.

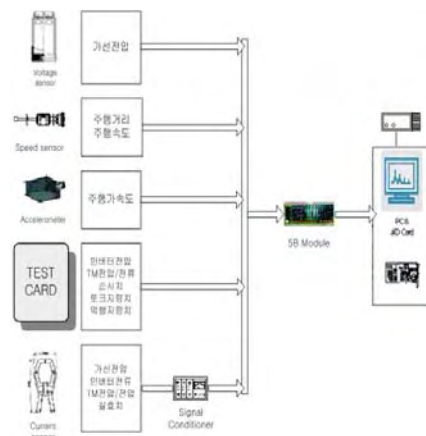


Fig. 3 Measurement system

2.1 시험방법

K-AGT는 2량 1편성으로 구성되어 있으며 1축 대차가 차량당 2 set가 장착되어 있다. 그 2 set중 한 set에는 모타가 장착되어 있어 인버터 제어로 차량을 적절한 속도로 구동을 하게 된다. 장착된 모타의 특성을 살펴보면 시속 28km/h에서 최대 토크가 발생되어 가속시험시 이를 활용하였다. 시험선중 직선평탄선로인 C역과 D역 사이에서 공차상태로 시험을 실시하였다. 정지상

태에서 역행 노치 4로 주행을 시작하여 시속 30km/h 이상이 되는 순간 노치를 N으로 하여 타행으로 주행하게 한 데이터를 20번 이상 취득하여 분석하였다. K-AGT의 역행 및 제동 신호를 주는 마스콘을 Fig. 4에 나타내었다. 역행은 1~4노치, 제동은 1~7노치로 되어있다. 이때 역행 노치 4에서 가속도가 3.5km/h가 나오는지 확인하였고 또한 저크가 0.8kmh/s² 이내로 되는지를 확인하였다. K-AGT는 완전무인자동운전 시스템이지만 인위적으로 특정 노치별 가속/감속도로 시험을 하여야하기 때문에 유인 수동운전으로 시험을 시행하였다.

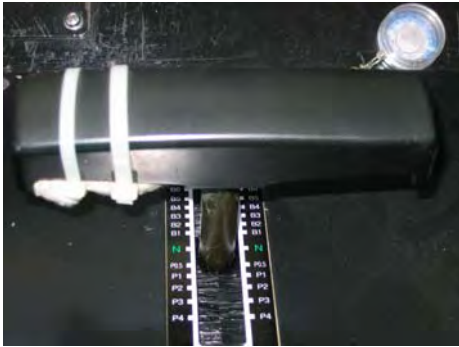


Fig. 4 Mascon for K-AGT

3. 시험결과

3.1 가속도시험 결과

직선평탄선로, 공차조건, 정지상태에서 최대 역행 노치인 4로 기동을 하여 시속 30km/h가 되었을 때 평균 가속도를 측정하였으며 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 가속도 그림은 저크를 정확히 분석하기 위하여 low pass filter를 사용하여 축약하였다. 그림에서 볼수 있듯이 출발하여 속도를 올릴 때 가속도의 변화가 급격한 부위가 많은것을 알수 있다.

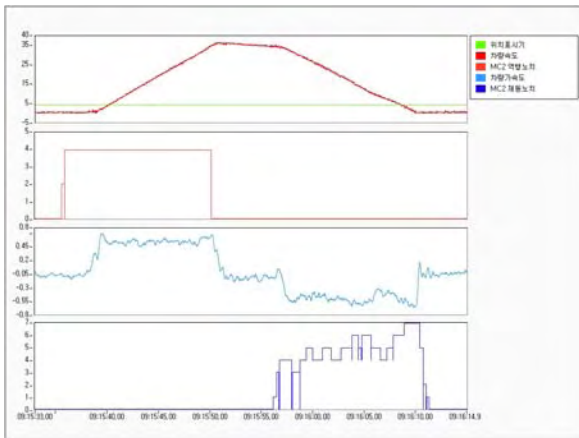


Fig. 5 Result of the acceleration at notch 4(before calibration)

4노치에서 출발하여 측정을 한 가속도 시험 결과를 Table 1에 정리하였다. 표에서 볼 수 있듯이 모든 결과가 기준치인 3.5km/h/s ±10% 를 만족하지 못하였다.

Table 1 Result of acceleration in 4 notch condition(1st)(km/h/s)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	3.04	2.99	3.04	3.09	3.04	3.07	3.05	3.18	3.07	3.05
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Data	3.11	3.14	3.17	3.12	3.16	3.19	3.15	3.16	3.22	3.14

여 정위치정차를 하게끔 되어있다. 가속도의 조정시 신호시스템과 연계한 인터페이스를 통하여 많은 시험을 거쳐 가속도에 대한 조정을 하였다.

Table 2에서 조정된 가속도 시험결과를 나타내었다. 모두 기준치 이내임을 알수 있다.

Table 2 Result of acceleration in 4 notch condition(after calibration)(km/h/s)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	3.68	3.79	3.55	3.78	3.71	3.66	3.73	3.84	3.73	3.77
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Data	3.79	3.75	3.73	3.80	3.81	3.85	3.78	3.80	3.79	3.76

3.2 저크시험 결과

가속도시험결과를 토대로 저크에 대한 데이터를 산출하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 표에서 볼 수 있듯이 모든 결과가 기준치인 0.8km/h/s² 만족하지 못하였다. 특히 시간대를 분석한 결과 출발시 저크값이 기준치를 많이 벗어나는 것으로 파악되었다.

Table 3 Result of jerk in 4 notch condition(1st)(km/h/s²)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	1.25	2.99	0.81	1.52	0.83	1.67	1.52	1.19	0.72	1.20
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Data	3.17	1.93	1.71	2.22	1.90	1.26	1.16	1.99	0.83	1.24

저크값은 승차감과 밀접한 관계를 가지고 있어 이에 대한 조정이 필요하여 인버터 출력특성을 조정하고 신호의 운전패턴을 조정하는 시험을 여러번 거쳐서 Table 4와 같은 결과를 얻었다. 많은 데이터가 기준치 이내임을 알수 있다.

Table 4 Result of jerk in 4 notch condition(after calibration)(km/h/s²)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data	1.03	0.94	0.81	0.69	0.55	1.23	0.80	0.67	0.87	1.16
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Data	0.81	0.96	0.78	1.30	1.03	0.95	1.15	1.10	1.06	2.14

4. 결론

K-AGT는 고무차륜 형식으로 되어있어 기동성이 좋고 등판능력이 좋은 이점이 있는 반면에 가속시 저크값 상승으로 인해 승차감이 악영향을 끼칠수가 있다. 차량의 가속도 성능기준 및 저크기준 값을 맞추기 위하여 인버터 출력 파형, 공기압조정 등을 수십번 수행하면서 조정작업을 하였으며, 이와 더불어 신호시스템의 가속 및 감속 패턴을 위한 인터페이스 시험을 병행하여 성능기준을 향상시킬수 있었다. 추후 안내레일 간격조정, 주행선로 코팅작업, 신호시스템의 로직변경, 신축 선로이음매 적용등의 작업을 수행한 후에 고무차륜의 마모상태등을 감안한 종합적인 성능시험이 추가로 요구된다.

후기

시험에 적극적으로 참여하여주신 (주)우진산전과 주식회사 포스콘 관계자 여러분께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

1. 경량전철 실무, (주)유심코퍼레이션, pp 1~ 5
2. 김연수, 임태진, 이정선, “고무차륜 AGT 경량전철 차량의 고장 시 안전시험”, 한국정밀공학회 2005 추계학술대회
3. 경량전철 개론, 이덕영, 이안호, 송달호 공저, 노해출판사, pp85~88