

2.2 관련규정

한국형 틸팅열차의 연결기 시스템은 철도차량 안전관련 규정을 최대한 반영하는 방향으로 연구를 진행하였으며, 철도차량 안전관련 규정이 현재 도시형 전동차에 사용하고 있는 연결기의 완충장치 시스템에 비하여 10배 이상의 운동에너지를 흡수해야 하는 시스템으로 구성되어야 하므로 시스템 구성에 여러 가지 어려움이 발생하였다. 철도차량 안전기준에 관한 규칙에는 표1과 같이 규정되어 있으며, 차체와 연결기의 압축 강도는 1,200kN을 기준으로 설계를 진행하였다.

표 1 철도차량안전기준에 관한 규칙 제36조

구분	제3절 충돌안전기준
제36조 (철도차량의 연결)	①공차중량 상태의 철도차량은 시속 10킬로미터의 속도에서 제동이 되어 있는 유사한 형태의 철도차량과 연결기를 통하여 충돌한 경우 차체 및 연결기 등에는 손상이 발생하지 아니하여야 한다.

철도선진국에서는 충돌시 손상정도를 규정하여 관리하고 있으며, 표2는 TSI에 규정된 충돌시나리오를 나타낸다.

표 2 TSI 충돌시나리오

Divide	Speed(km/h)	Description
Scenario 1	36	Collision between two identical high speed trainsets at a relative speed
Scenario 2	36	Collision between a high speed trainsets and a railway vehicle(80ton wagon) equipped with side buffer
Scenario 3	110	Collision at a speed of 110km/h at a level crossing with a 15ton lorry

2.3 충돌해석

철도차량 안전기준에 관한 규칙에서 요구하는 충돌안전기준 만족여부를 확인하기 위하여 한국형 틸팅열차의 연결기 시스템에 대한 충돌해석을 진행하였으며, 충돌해석 결과는 그림3 및 표3과 같다.

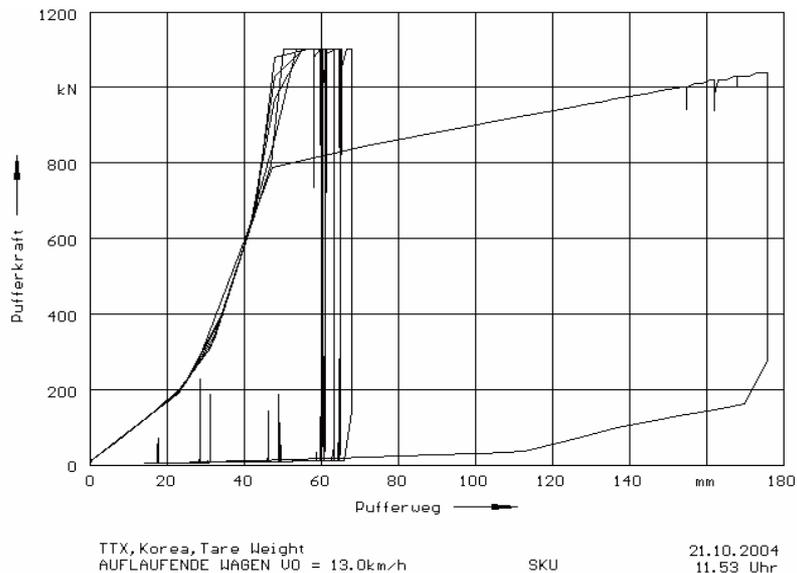


그림 3 연결기 시스템 선정을 위한 충돌해석 결과

표 3 한국형 탈팅열차의 충돌해석 결과

충돌조건	속도	중량조건	최대하중	요구조건
경충돌	13 km/h	공차	1,040kN	충돌시 유지보수가 가능한 부분의 교체가 필요하다.

연결기 시스템에 대한 충돌해석결과 최대 충격력(Pick force)은 13km/h 충돌속도에서 1,040kN으로 차체와 연결기의 압축강도 설계 기준인 1,200kN을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

3. 충돌시험

3.1 시험용 연결기 설치

연결기 시스템의 실차 충돌시험을 위해 그림4와 같이 연결기 1Set는 고정벽에 설치되며, 다른 1Set는 움직이는 차량에 설치된다.

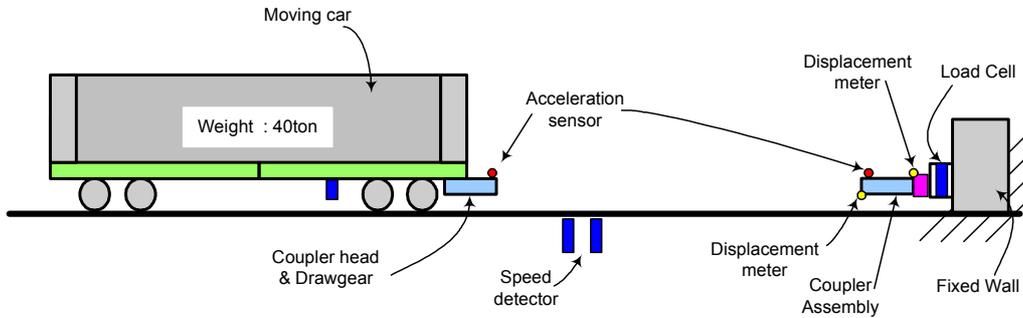


그림 4 충돌시험 설비

충돌시험을 위해 설치된 연결기는 그림5, 그림6과 같다.



그림 5 운동측에 설치된 연결기 시스템



그림 6 고정측에 설치된 연결기 시스템

연결기 시스템의 실차 충돌시험은 독일 Görlitz에 있는 Brunel GmbH Railmotive 시험설비를 이용하여 진행되었다.

3.2 계측장비의 설치

시험결과 획득을 위한 계측장비는 [그림7]과 같다.

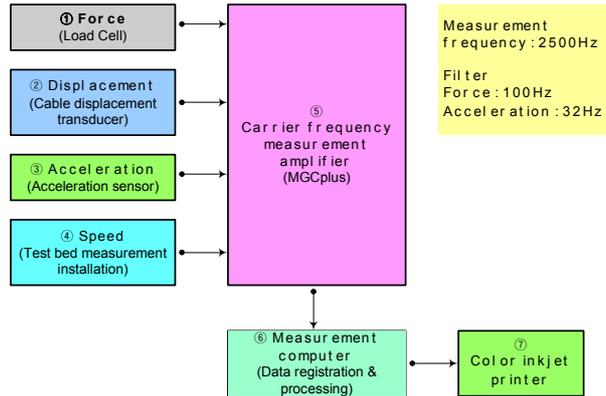


그림 7 시험결과 계측을 위한 장비 구성도

3.3 시험조건

충돌해석 조건 및 실차조건에서 충돌시험을 진행할 수 없으므로 그림4와 같은 시험을 위하여 별도의 충돌해석을 진행하였으며, 그 결과는 그림8과 같다.

충돌해석의 기본 요소들은 그림3에서의 입력조건과 동일하게 입력하고 차량의 중량은 40톤으로 규정하여 충돌시험을 위한 충돌해석을 진행하였으며, 10km/h 충돌속도에서 최대 충격력 1,010kN이 계산되었으며, 실차 충돌시험의 결과가 충돌해석의 결과와 유사한 결과가 계측되는지를 확인한다.

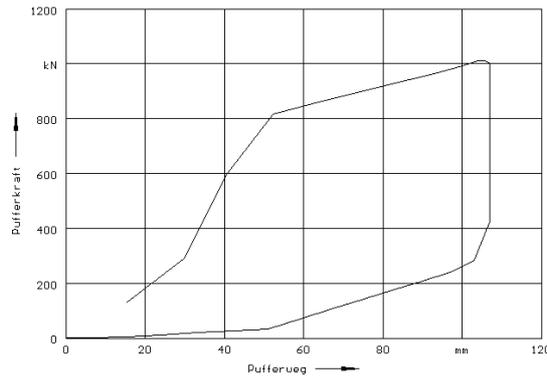


그림 8 충돌시험을 위한 충돌해석 결과

3.4 충돌시험 순서

운동측 차량은 충돌해석과 같이 40톤의 부하를 적재하였으며, 기관차를 이용하여 직선선로에서 고정벽 방향으로 Wagon을 밀어내도록 구성 하였다.



그림 9 운동측 기관차 및 Wagon



그림 10 시험전 연결기 상태점검

충돌시험은 시험중에 발생하는 상태확인을 위하여 2km/h에서 시작하여 2km/h씩 증속하였으며, 계측되

는 최대 충격력이 충돌해석 결과에 도달할 때까지 시험을 진행하였다. 또한, 시험간에는 시험중에 발생한 열에너지가 소산되는 시간을 위하여 10분씩의 휴식시간을 두었다.

4. 시험결과

4.1 시험결과

충돌시험은 2.7km/h, 3.6km/h, 3.4km/h, 6.0km/h, 7.7km/h, 10.0km/h, 10.8km/h 속도에서 진행되었다.

2.7km/h와 3.6km/h 시험 조건은 충돌후 연결상태를 유지하도록 설정되었으며, 이 경우 움직이는 차량이 충돌후 반발력에 의하여 고정벽에 무리한 힘을 주게되어 이후의 시험은 충돌후 해방상태를 유지하도록 시험을 진행하였다.

또한, 10.8km/h 충돌시험은 10.0km/h 충돌결과가 설계기준에 비하여 여유가 있다고 판단하여 추가시험을 진행한 결과이다.

표 4 충돌시험 결과

구분	충돌속도(km/h)						
	2.7	3.6	3.4	6.0	7.7	10.0	10.8
F(kN)	218	273	254	462	610	937	1,056
전체변위(mm)	44.2	67.2	61.8	124.2	157.0	185.5	190.0
완충장치 변위(mm)	19.5	38.8	33.5	84.2	109.8	134.7	139.9
가속도(g, 운동측)	1.7	3.4	2.5	4.1	4.6	3.8	5.5
가속도(g, 고정측)	0.7	0.8	0.7	1.3	1.7	3.4	3.8

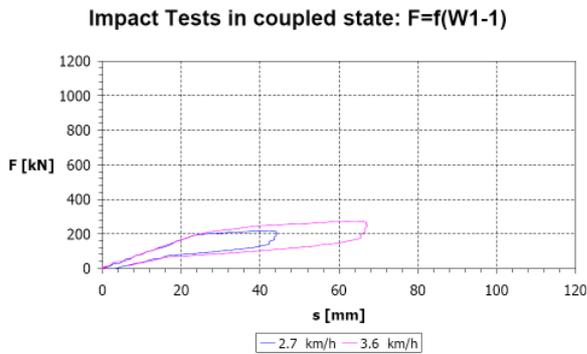


그림 11 충돌시험 결과(연결기 전체 변위)

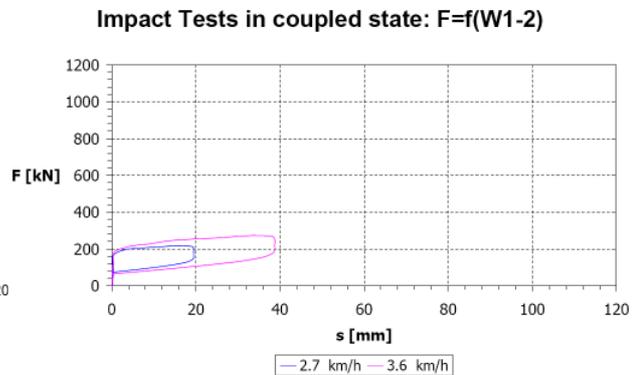


그림 12 충돌시험 결과(Buffer 변위)

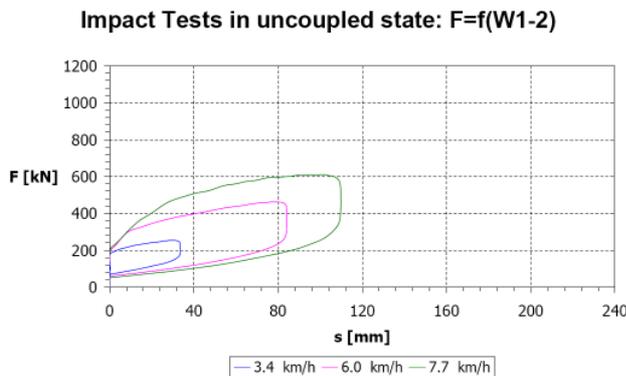


그림 13 충돌시험 결과(3.4km/h,6.0km/h,7.7km/h)

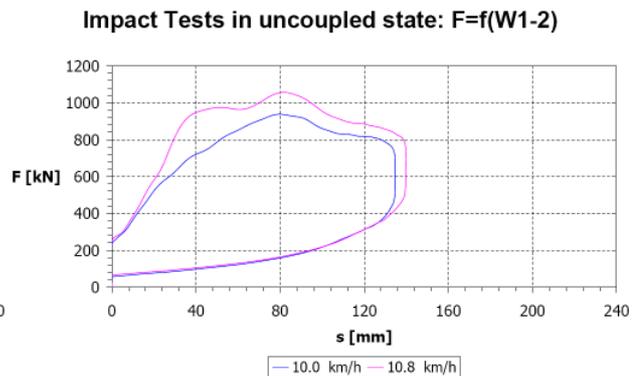


그림 14 충돌시험 결과(10.0km/h, 10.8km/h)

4.2 해석결과와의 비교

충돌해석 결과와 실제 진행한 충돌시험 결과의 비교는 표5와 같다.

표 5 결과 비교

구분	해석결과	충돌시험 결과	충돌시험 결과
속도(km/h)	10	10	10.8
Force(kN)	1,040	937	1,056
전체변위(mm)	176	185.5	190.0
가속도(g)	4	3.4	3.8
흡수 에너지(kJ)	132.26	111.3	128.2
발산 에너지(kJ)	123.32	84.7	98.6

5. 결론

충돌해석 결과와 실차 충돌시험의 결과가 90% 수준의 유사성을 보이고 있으며, 충돌해석 결과가 실차 충돌시험보다 높은 결과가 나타났다. 실차 충돌시험 결과에 따라 13km/h 경충돌 조건에서의 해석결과와 유사한 수준의 결과가 예상되며, 한국형 틸팅열차 연결기 시스템은 충돌안전 기준을 만족한다고 할 수 있다.

후기

본 연구는 건설교통부 철도기술연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김기남, 고태환, 박영일(2006), “충돌에너지 흡수용량 향상을 위한 틸팅전동차용 연결기 시스템의 설계”, 한국기계학회.
2. 철도차량 안전기준에 관한 규칙(2005), 공포 2005년7월8일, 건설교통부령, 제455호, 제3절 충돌안전기준, 제36조(철도차량의 연결).
3. Kim, Y. H., Kim, K. N., Jang, H., M., Park, Y., I., 2004, "Modeling of coupling device for crash analysis of an electric vehicle," Proceeding of the KSR Conference 2004, pp640-645.
4. Official Journal of the European Communities, 12 September 2002, "Concerning the technical specification for interoperability relating to the rolling stock subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6(I) of Directive 96/48/EC, ANNEX A, PASSIVE SAFETY - CRASHWORTHINESS, pp. 446-447.