

도시철도의 선로 침입자 구조장치 개발을 위한 해석

윤영한**, 안희상*, 이현섭*, 한완희*
한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부**, 한국기술교육대학교 대학원*
yhyoun@kut.ac.kr**, not-hs@kut.ac.kr*, subii78@kut.ac.kr*,
wani@kut.ac.kr*

Analysis for Development of Rescue Equipment of Invader-Railroad at the Subway

Young-Han YOUN**, Hee-Sang An*,
Hyun-Seop Lee*, Wan-Hee Han*
School of Mechatronics KUT**, Graduate School KUT*

요 약

본 논문은 현재 운행 하고 있는 과천선의 도시철도를 중심으로 충돌 속도별 인명 상해치를 연구 하였으며 더 나아가 에어쿠션의 유무에 따른 인명 상해치를 저감시켜 많은 인명을 구조하기 위한 에어 쿠션의 개념 설계를 하였다. 그 결과 에어쿠션 장착에 따른 높은 인명 구조 효과가 있음을 제시 하였으며 개념 설계를 기초로 하여 시험을 수반한 해석을 실시한다면 선로 침입자를 위한 도시철도 구조 장치를 개발 할 수 있을 것이다.

1. 서론

1.1. 연구의 배경

첨단 안전 시대를 살고 있는 현 시점 도시철도의 눈부신 발달로 서울을 중심으로 광역 도시 및 수도권 인근 지역으로의 도시철도가 운행되고 있다.

선로의 안전을 위한 선로 작업자 및 선로 침입자의 안전이 대두 되고 있다. 특히 도시 철도 플랫폼에서 자해의 목적으로 선로로 뛰어 들어 침입자 및 승객 들의 안전에 큰 위험이 발생 하고 있다. 이에 선로 침입자의 구명과 승객들의 안전을 위한 수도권 도시 철도 정차역을 중심으로 스크린 도어를 설치하고 있으나 설치에 따른 큰 비용 대비 구명을 위한 효율이 적고 선로 작업자를 위한 안전 대책이 강구되고 있는 시점에 도시철도 선로 작업자 및 선로 침입자의 안전을 위한 방편으로 에어쿠션을 제안 한다.

1.2. 연구 목표 및 범위

철도청의 도시철도를 대상(1998-2003)으로 한 도시

철도와 선로 침입자 및 선로 작업자의 사상사고 특 징을 분석한 결과 총 사고 발생은 279건이 발생 하였으며 이 중 사망자 167건, 중상자 66건 경상자 46 건이 발생 했던 것으로 나타났다. 도시철도 충돌로 인한 사상자에 따른 평균 속도 분포는 사망자 35.98Km/h, 중상자 30.39Km/h, 경상자 24.39Km/h 이다. 위 지표를 바탕으로 서울에서 운행되고 있는 도시철도를 기준으로 시뮬레이션을 구현 하여 해석 을 수행 하였다. 또한 서울 산업대 구정서 박사의 도시철도 충돌 사고 시나리오 및 에어쿠션의 특허를 바탕으로 인명 상해치를 줄이기 위한 에어쿠션 개념 설계에 중점을 두었다.

도시철도와 선로 작업자 및 선로 침입자간에 상해 심각도에 미치는 영향 인자는 충돌속도, 충돌위치 충돌 방향으로 정의 하였다.

일반적으로 에어쿠션은 화학적 반응과, 고압축 가 스를 이용하여 에어쿠션의 내압의 완충 작용으로 외 부의 충돌 에너지를 급격히 감소시켜 운동 에너지를

최소하여 충돌을 완화 한다. 하지만 본 논문에서는 개념 설계이기에 질소 가스만을 이용하여 에어쿠션을 설계하여 시뮬레이션을 구현 하였다.

2. 정면충돌 해석

2.1. 충돌 해석 개요

첨단 안전 도시철도 인명구조를 위한 도시 철도 충돌 시나리오 및 에어쿠션 특허를 만족하기 위해 충돌 해석을 수행 하였다. 여기에 가장 큰 인자는 열차와 선로 침자간의 충돌속도, 충돌위치, 충돌방향이 다. 이것은 법규정이 아닌 1998-2003년의 도시철도 사고 분석 시 나타난 수치를 근거로 속도 55Km/h, 30Km/h, 20Km/h로 위치는 선로 중앙, 선로 1/4지점, 침입자 방향에서 에어백 미장착시 와 에어쿠션 장착 시 해석을 수행 하였으며 이때 에어쿠션의 장착으로 인한 인명 상해치를 줄이기 위해 에어쿠션의 개념 설계 및 형상 설계를 하였다.

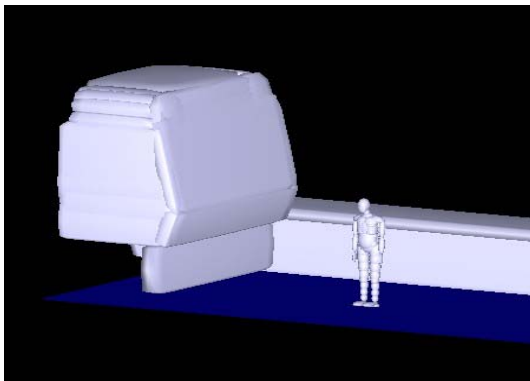


그림 1. 에어쿠션이 없는 정면충돌 중앙 위치

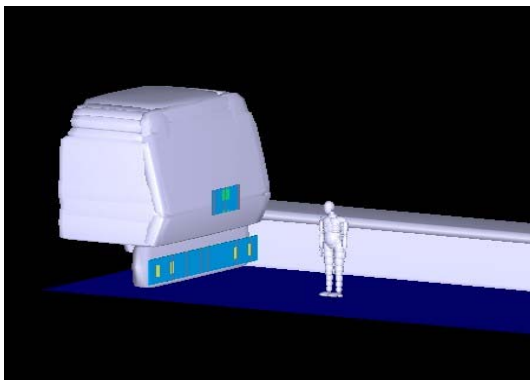


그림 2. 에어쿠션이 있는 정면 충돌 중앙 위치

2.2. 도시 철도와 선로 침입자와의 정면충돌 해석

위에 보이는 그림과 같이 선로 침입자의 위치 및 속도에 따른 에어쿠션의 유무와 관련하여 해석을 수

행 하였다. 해석을 위해 Hyper-mesh를 이용하여 에어쿠션의 형상을 설계 하였으며 동역학 거동 및 상해 해석 프로그램인 MADYMO를 이용하여 시뮬레이션을 구현 하였다.

해석을 수행하기 위해 도시철도 및 플랫폼은 ELLIPSOID를 이용하여 형상화 하였으며, 에어쿠션의 material은 에어백에 가장 많이 사용하고 있는 Nylon66을 사용 하였으며 인플레이터는 질소 기체를 이용하였다.

EEVC Working Group Report 17은 인명 상해도를 HIC(Head Injury Criterion)을 이용하여 나타내고 있으며, HIC 값은 가속도 파형은 시간 간격(0.015s)으로 적분해준 최고값이며 식(1)과 같이 나타낸다.

$$HIC = \max \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

EEVC Working Group Report 17의 HIC는 1000을 기준값으로 하고 있다.

3. 충돌 해석 결과

3.1. 에어쿠션의 미장착 해석 결과

앞 절에서 에어쿠션의 미장착 및 속도에 따른 상해치를 해석 수행 결과 아래의 표와 같이 나타났으며 도시철도와의 충돌 시 인명 상해치가 큰 것으로 나타났다.

표 1. 에어쿠션 미장착 해석 결과 (HIC)

속도	위치_방향	HIC(36)	HIC(15)
20Km/h	중앙_정면	1069.3	1069.3
	중앙_후면	853.1	853.1
	중앙_측면	670.8	670.8
	1/4지점_정면	1069.3	1069.3
	1/4지점_후면	853.32	853.32
	1/4지점_측면	810.64	810.64
30Km/h	중앙_정면	2815.6	2815.6
	중앙_후면	1974.8	1763.2
	중앙_측면	2398.4	2398.4
	1/4지점_정면	1069.3	1069.3
	1/4지점_후면	853.32	853.32
	1/4지점_측면	810.64	810.64
55Km/h	중앙_정면	10998	10800
	중앙_후면	12565	11606
	중앙_측면	11968	11968
	1/4지점_정면	11000	10800
	1/4지점_후면	12562	11605
	1/4지점_측면	810.64	810.64

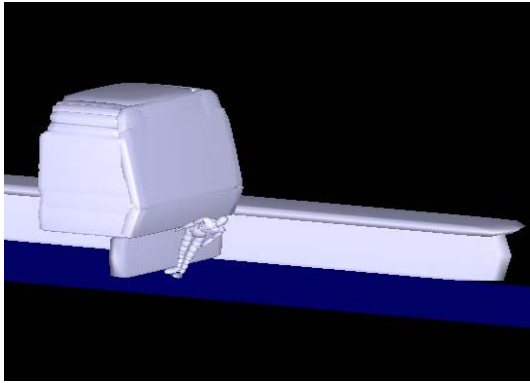


그림 3. 에어쿠션 미 장착 시물레이션 결과

4. 결론

- 1) 도시철도 충돌 시나리오 중 인명 상해치에 심각한 영향을 미치는 인자는 속도와 선로 침입자의 위치 및 방향이 가장 큰 인자임을 알 수 있다. 특히 55Km/h의 경우에는 에어쿠션이 없을 경우 기준 HIC의 10배가 넘음을 알 수 있다.
- 2) 해석을 통한 결과로써 에어쿠션의 유무에 따른 HIC를 알 수 있었으며 에어쿠션 장착으로 HIC 개선의 효과가 큰 것으로 해석 되었다.
- 3) 직교배열표를 이용한 더 많은 인자를 구성하여 해석을 수행한다면 인자에 따른 영향도 분석을 할 수 있을 것이다.
- 4) 본 논문에서 구현한 시물레이션은 단순 개념 설계이다. 따라서 에어쿠션의 형상, 체적, 온도, 인플레이터 압력, 벤트홀 넓이 등을 현재 상용되고 있는 에어백의 요소들과 비교하여 분석·적용한다면 에어쿠션을 적용한 도시철도 인명 구조장치를 개발 할 수 있을 것이다.

3.2 에어쿠션 장착 해석 결과

에어쿠션의 장착 및 속도에 따른 결과는 아래의 표와 같이 나타났으며 에어쿠션의 장착으로 인한 HIC의 개선 효과가 큰 것을 알 수 있다.

표 2. 에어쿠션 미 장착 해석 결과 (HIC)

속도	위치_방향	HIC(36)	HIC(15)
20Km/h	중앙_정면	63.508	53.699
	중앙_후면	177.38	159.67
	중앙_측면	4.548	2.175
	1/4지점_정면	48.324	38.219
	1/4지점_후면	112.58	91.956
	1/4지점_측면	2.6476	1.2939
30Km/h	중앙_정면	104.81	92.315
	중앙_후면	225.39	202
	중앙_측면	5.3794	3.5687
	1/4지점_정면	72.041	59.181
	1/4지점_후면	159.14	126.26
	1/4지점_측면	4.8137	2.3887
55Km/h	중앙_정면	150.26	129.21
	중앙_후면	412.87	315.31
	중앙_측면	73.233	49.931
	1/4지점_정면	112.07	92.056
	1/4지점_후면	309.88	211.93
	1/4지점_측면	53.234	35.699

참고문헌

- [1] EEVC Working Group Report 17
- [2] MADYMO USER's MANUAL
- [3] MADYMO THEORY MANUAL
- [3] 미국 충돌안전도 성능규정(performance standard)
- [4] 철도청 도시철도 사상자 데이터(1998-2003)
- [5] 서울산업대 구정서 박사의 도시철도 충돌 시나리오 및 에어쿠션 개념 설계 특허내용

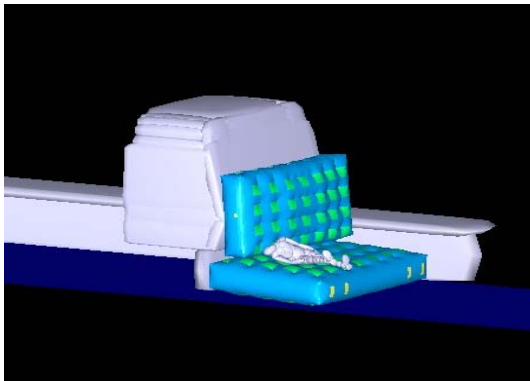


그림 4. 에어쿠션 장착 시물레이션 결과