

차량 동력학과 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 자동차사고 분석 사례 연구

A case of traffic accident reconstruction based on vehicle dynamics of computer simulation

*#한창평¹, 박경석², 최명진³, 신운규⁴

*# C. P. Han(hanpc@hanmail.net)¹, K.S. Park², M.J. Choi³, U. G. Shin

¹ 두원공과대학 자동차과, ^{2,3} 경희대학교 테크노공과대학, ⁴ 명지대학교 기계공학과

Key words : simulation, traffic accident, vehicle dynamics

1. 서론

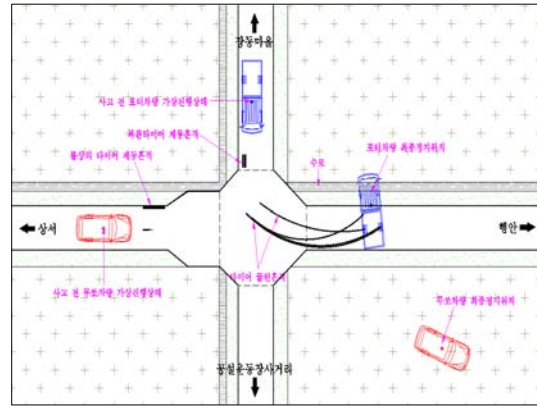
급속한 경제성장으로 자동차는 날로 증가하고 있지만, 교통관련 여건이 이에 부응하지 못하여 발생하는 많은 교통사고가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 도로교통안전관리공단 교통사고통계에 의하면 2005년말 기준 자동차 대수는 전년대비 3.1% 증가하였지만 2005년도 한해 동안에 214,171건의 교통사고가 발생하여 6,376명이 사망하고 342,233명이 부상하여 이는 발생건수에 있어 전년대비 3%, 사망지수에 있어서는 2.9%가 감소되었다. 이러한 감소추세에도 불구하고 OECD(경제협력개발기구) 국가중 자동차 1만대당 사망자수는 여전히 하위권을 벗어나지 못하고 사회적 비용은 매년 10조원 이상 발생하고 있다. 우리나라의 교통사고는 가해자와 피해자를 규명하는 사법행정대 사회불신도가 높으며 이에 대해 이의를 제기하는 사례가 많고, 자동차교통사고에서 가해차량 또는 피해차량 운전자가 사망하면 사법행정에서는 진술에 의존하고 이를 전문적으로 자문하는 자동차사고해석분야 또한 미숙하다. 객관적인 사고관련 물적 증거자료를 토대로 차량공학(파손부위), 주행역학, 충돌역학, 교통 및 도로공학 등을 기술 검토한 것을 교통사고재현 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 진행시간, 양차량의 진행궤적 및 충돌자세, 충돌속도 등을 해석¹⁻⁹⁾하였다. 본 연구에서는 사고사례를 시뮬레이션 분석기법을 이용하여 사고원인을 고찰하였다.

2. 충돌 전후 진행상황 해석

충돌이후 포터차량은 차체의 앞부분이 반시계방향으로 크게 회전되면서 좌측 도로상의 수로에 전륜이 빠진 채 진행방향 기준 좌측으로 약 95° 정도 틀어져 최종 정지하였고, 무쏘차량은 차체의 앞부분이 우측으로 틀어지면서 도로상보다 약 1m 아래에 위치한 눈으로 추락하여 눈의 흙을 파고들면서 진행하다 진행방향 기준 우측으로 약 30° 정도 틀어져 최종 정지하였다.

무쏘차량의 좌측면 앞부분과 최초 충돌한 후 전면이 차체의 앞부분이 반시계방향으로 크게 틀어지며 적재함 우측 중간부분과 무쏘차량의 좌측면 뒷부분이 재차 충돌하여 타이어 끌린 흔적을 발생시키면서 약 11.4m 정도를 이동하여 행안방면 도로의 좌측 수로에 전륜이 걸린 상태로 최종 정지하였다.

무쏘차량은 포터차량의 전면 우측부분과 최초 충돌한 후 차체의 앞부분이 반시계방향으로 틀어지며 좌측면 뒷부분이 포터차량의 적재함 우측 중간부분과 재차 충돌하면서 도로를 이탈하여 노면상보다 약 1m 가량 낮은 우측 눈바닥으로 추락한 상태에서 흙을 파고들면서 약 20.3m 정도를 이동하다 최종 정지하였다.



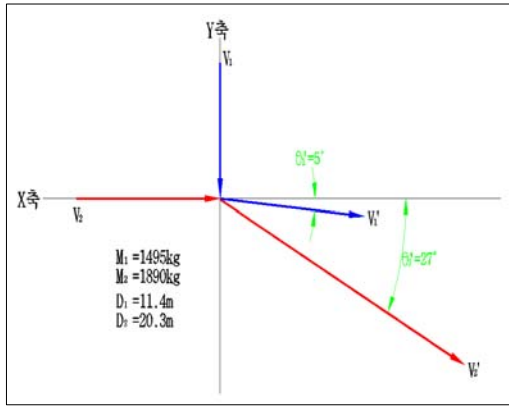
[Fig 1] After Accident situation maps

3. 충돌당시 주행속도 추정

[simulation 1]과 같이 타이어 옆 미끌림각(θ)이 연속적으로 변하면서 노면 마찰계수 값도 변하게 되는 바, 충돌이후 포터차량은 차체의 앞부분이 반시계방향으로 약 95° 정도 회전되며 우측 전륜의 차축이 후방으로 밀려나 압궐된 상태로 노면 상을 횡(橫)방향으로 미끄러지면서 약 11.4m 정도를 이동하여 전면부가 수로에 걸쳐 최종 정지하였다. 충돌이후 포터차량에 작용한 노면 마찰계수(μ_1) 값은 평균 0.3 적용하였고, 충돌 후 무쏘차량의 감속성분은 약 29.5km/h로 해석되었다, 충돌이후 무쏘차량은 차체의 앞부분이 시계방향으로 약 30° 정도 회전되며 도로를 이탈한 후 눈에 추락하여 흙을 파고들면서 약 20.3m 정도를 이동하여 최종 정지한 상황으로, 무쏘차량이 눈으로 추락하여 앞 범퍼패널의 아래쪽이 흙을 심하고 파고들면서 차체의 하부가 흙에 접촉된 상태로 이동하였다. 무쏘차량에 작용한 노면 마찰계수(μ_2) 값은 평균 0.8을 적용하였고, 충돌 후 무쏘차량의 감속성분은 약 71.8km/h로 해석되었다. 충돌직전 각 차량의 진행궤적을 기준으로 충돌 전 각 차량의 진행방향을 설정하고, 충돌직후 회전이동하면서 초기 분리 이탈되는 동안의 무게중심 이동궤적을 기준으로 충돌 후 각 차량의 진행방향을 설정하여 운동량보존의 법칙(완전 탄성충돌로 간주하여 소성변형에 따른 흡수에너지 값은 무시함)을 적용하여 각 차량의 충돌 전 진행속도를 산출하였다. [Fig 2]와 같이 충돌 전 무쏘차량의 진행궤적을 X축으로 가정하고 충돌 전 포터차량은 X축과 직각방향에서 진입하여 충돌 후 X축과 약 10°의 이탈각을 보인다. 충돌 전 무쏘차량은 X축 방향에서 진입하여 충돌 후 X축과 약 27°의 이탈각을 보여, 각 차량의 중량 및 이동거리를 고려할 때, 충돌 전 포터차량의 진행속도는 약 39.3km/h, 무쏘차량의 진행속도는 약 80.3km/h로 추정됨.

$$X\text{축 } M_1 \times V_1 = M_1 \times V_1' \times \sin\theta_1' + M_2 \times V_2' \times \sin\theta_2'$$

$$Y\text{축 } M_2 \times V_2 = M_1 \times V_1' \times \cos\theta_1' + M_2 \times V_2' \times \cos\theta_2'$$



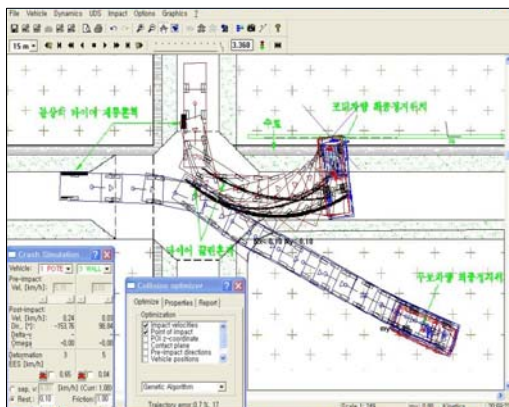
5. 결론

- 1) 충돌지점까지 포터차량이 무쏘차량보다 약 0.21초, 즉 2.3m 먼저 선진입하였다.
- 2) 이건 사고와 같이 충돌전 노면흔적 등의 객관적인 물적증거자료가 부족한 경우에 조사자의 주관적인 판단오류를 배제하기 위해 시뮬레이션 프로그램으로 사고원인을 재현하였다.
- 3) 시뮬레이션 프로그램으로 객관적인 자료를 검증하지 않으면 조사자의 주관적인 판단에 의존할 가능성이 높고 사고원인이 왜곡될 가능성이 크므로 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 사고 내용에 대한 진위여부를 검증하여야 한다.

[Fig 2] collision diagram

4. 교통사고재현 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용한 충돌 전 후 운동궤적 해석

- 1) 시뮬레이션 결과 충돌오차율은 0.7%, 양 차량의 1차 충돌후 2차 충돌까지 소요되는 시간은 약 0.3초, 1차 충돌에서 최종정지까지 약 3.36초가 소요된다.
- 2) 포터 및 무쏘의 충돌각도는 각각 -89.92° , -1.72° 이다.
- 3) 충돌전 포터의 속도는 약 38km/h, 무쏘는 80km/h이다.
- 4) 각 차량이 충돌지점까지 약 3.6m 진행하는 동안 소요된 시간은 약 0.33초, 무쏘차량이 교차로(가상정지선)를 진입하여 충돌지점까지 약 2.7m 진행하는 동안 소요된 시간은 약 0.12초로서 포터차량이 무쏘차량보다 약 0.21초, 즉 2.3m 먼저 선진입하였다.



[simulation 1] after-accident situation

t [s]: 0.30 0.30
 Pre Impact vel. [km/h]: 37.79 73.60
 Post Impact vel. [km/h]: 31.63 47.07
 Velocity change (dV) [km/h] : 27.72 23.09
 Deformation depth [m] : 0.55 0.55
 EES [km/h] : 30.12 27.52
 Coefficient of restitution (e) : 0.10
 Separation speed [km/h]: 7.3
 Friction coefficient (mu) : 1.00
 Point of Impact x [m] : 5.05
 Point of Impact y [m] : 0.67
 Angle of contact plane (phi) [deg] : -42.79
 Total Deformation Energy [J] : 104765.66
 Impulse [Ns] : 11512.91
 Direction of impulse [deg] : 34.88
 Moment arm about C.G. [m] : 1.41 0.64
 PDOF (SAE) [deg] : 55.20 -36.40
 dV/EES : 0.92 0.84

참고문헌

1. 自動車力學, 김형섭, 박경석. 일진사,1996.
2. 自動車事故鑑定工學. 韓昌平 外.編著 골든벨.
3. 江宇一郎, 自動車事故工學. 事故再現の手法. 技術書院.1993
4. PC-crash program manual
5. L.B. Fricke, "Traffic Accident Reconstruction" Northwestern University Traffic Institute,1990
6. S. H. Nathaniel jr. and M. M. Kurt, "Vehicle Critical Speed Formula- Values for the Coef ficient of Friction - A Review," University of Texas, SAE Paper971148, 1998.
- 7) C. W. Gary and F. B. Lynn, "Derivation of Equatons for Traffic Accident Reconstruction," Accident Investigation Manual, Vol.2, Northwestern University Traffic Institute , 1987
- 8) L. B. Fricke, "Traffic Accident Reconstruction," Northwestern University Traffic Institute, 1990.
- 9) J. S. Baker and L. B. Fricke, "The Traffic Accident Investigation Manual," pp.17-27, 1986 Vol 9.