

MIDT

교통사고 분석서

1. 사고개요

가. 사고일시 및 장소

- 1) 일시 : 2023년 7월 1일
- 2) 장소 : 파주시 동패동 심학산로384 운정신도시PARK 게이트 앞

나. 사고관련 차량 및 탑승자

- 1) #1차량 : 현대 아반떼 승용 차량(이하 '아반떼 차량' 이라 함)
- 2) #2차량 : 테슬라 모델Y 승용 차량 (이하 '모델Y 차량' 이라 함)

다. 인명피해 : -

라. 발생개요

- (1) 모델Y 우회전을 위해 대기 후 5차로로 진입하여 우회전 진행중
- (2) 교차로 내 정지선을 넘어 4차로와 5차로사이에 정차해 있던 아반떼 차량이 신호변경 후 진로변경하며 주행하다가 모델Y 차량과충돌한 사고

2. 의뢰사항

가. 의뢰기관 : 모델Y 운전자

나. 의뢰내용 : 블랙박스 분석 의뢰

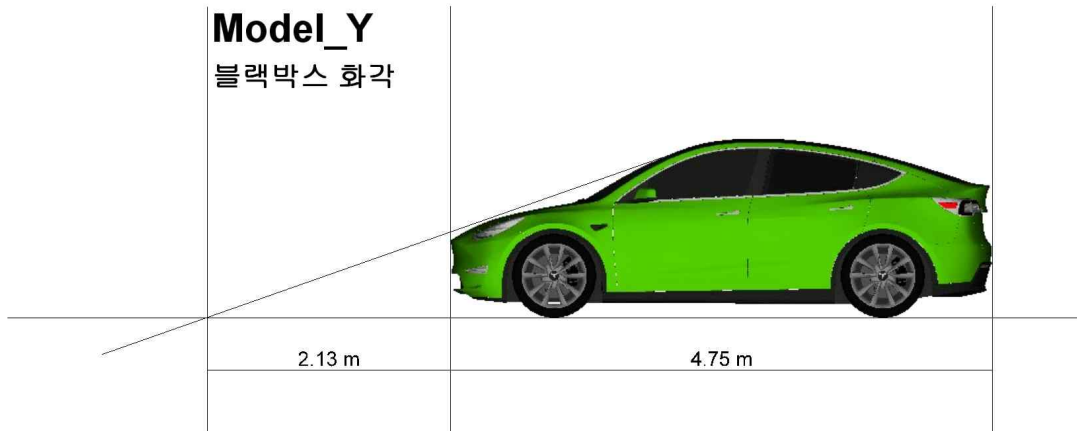
3. 블랙박스 영상분석을 통한 두 차량의 거동 및 위치 분석

영상은 여러 장의 사진을 연속적으로 보여주어 마치 움직이는 것처럼 보이게 하는 것으로 이때 보여주는 이미지를 프레임이라고 부르며, 초당 몇 장의 이미지를 보여주는지를 '초당 프레임 수'라고하고 단위는 FPS(Frame Per Second)를 사용한다. 본 사고의 분석에서는 동영상 파일의 FPS를 이용하여 차량의 거동 및 위치 분석하였다.

<표 1> 모델Y 차량 및 제보차량 의 블랙박스 동영상 정보

블랙박스 파일	블랙박스 영상정보 (정면 / 후면)	
 <p>B차량_블랙박스_영상2.mp4</p>	길이	20초
	프레임 너비	1280
	프레임 높이	720
	데이터 속도	1835 kbps
	총 비트 전송률	1931 kbps
	프레임 속도	24.00 프레임/초
 <p>타차량_제보영상.mp4</p>	길이	18초
	프레임 너비	1280
	프레임 높이	720
	데이터 속도	1872 kbps
	총 비트 전송률	1967 kbps
	프레임 속도	24.00 프레임/초

- 1) 두 차량의 거동 및 위치 분석하기 위해서 모델Y 차량 블랙박스의 화각을 알아야 한다.



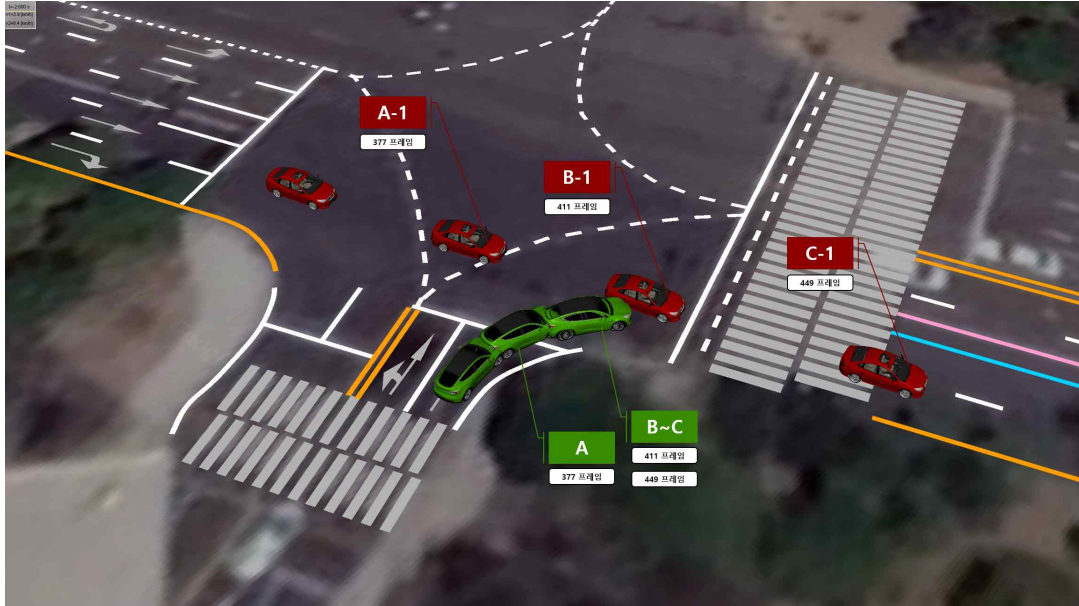
<그림 1> 모델Y 차량의 블랙박스 화각 및 거리 측정

2) <그림 1>은 블랙박스 영상의 분석을 위해 모델Y 차량의 블랙박스 전면 화각과 거리를 나타낸 것이다.



<그림 2> 사고 위치 위성지도 (출처: Google Map)

3) <그림 2>는 사고 위치 위성지도이며, 교차로 내에서 발생하였다.



<그림 3> 측정된 화각 및 사각지대를 토대로 시뮬레이션 제작

4) <그림 3>은 분석된 제보 차량 블랙박스 영상을 토대로 위성지도에서 시뮬레이션으로 사고 상황을 재현한 것이다

4. 도로교통법에 따른 아반떼 차량 주의의무 검토

제5조(신호 또는 지시에 따른 의무)

- ① 도로를 통행하는 보행자, 차마 또는 노면전차의 운전자는 교통안전시설이 표시하는 신호 또는 지시와 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람이 하는 신호 또는 지시를 따라야 한다.
 1. 교통정리를 하는 경찰공무원(의무경찰을 포함한다. 이하 같다) 및 제주특별자치도의 자치경찰 공무원(이하 "자치경찰공무원"이라 한다)
 2. 경찰공무원(자치경찰공무원을 포함한다. 이하 같다) 을 보조하는 사람으로서 대통령령으로 정하는 사람(이하 "경찰보조자"라 한다)

제25조(교차로 통행방법)

- ⑤ 모든 차 또는 노면전차의 운전자는 신호기로 교통정리를 하고 있는 교차로에 들어가려는 경우에는 진행하려는 진로의 앞쪽에 있는 차 또는 노면전차의 상황에 따라 교차로(정지선이 설치되어 있는 경우에는 그 정지선을 넘은 부분을 말한다)에 정지하게 되어 다른 차 또는 노면전차의 통행에 방해가 될 우려가 있는 경우에는 그 교차로에 들어가는 것이 아니다.

제26조(교통정리가 없는 교차로에서의 양보운전)

- ④ 교통정리를 하고 있지 아니하는 교차로에서 좌회전하려고 하는 차의 운전자는 그 교차로에서 직진하거나 우회전하려는 다른 차가 있을 때에는 그 차에 진로를 양보하여야 한다.

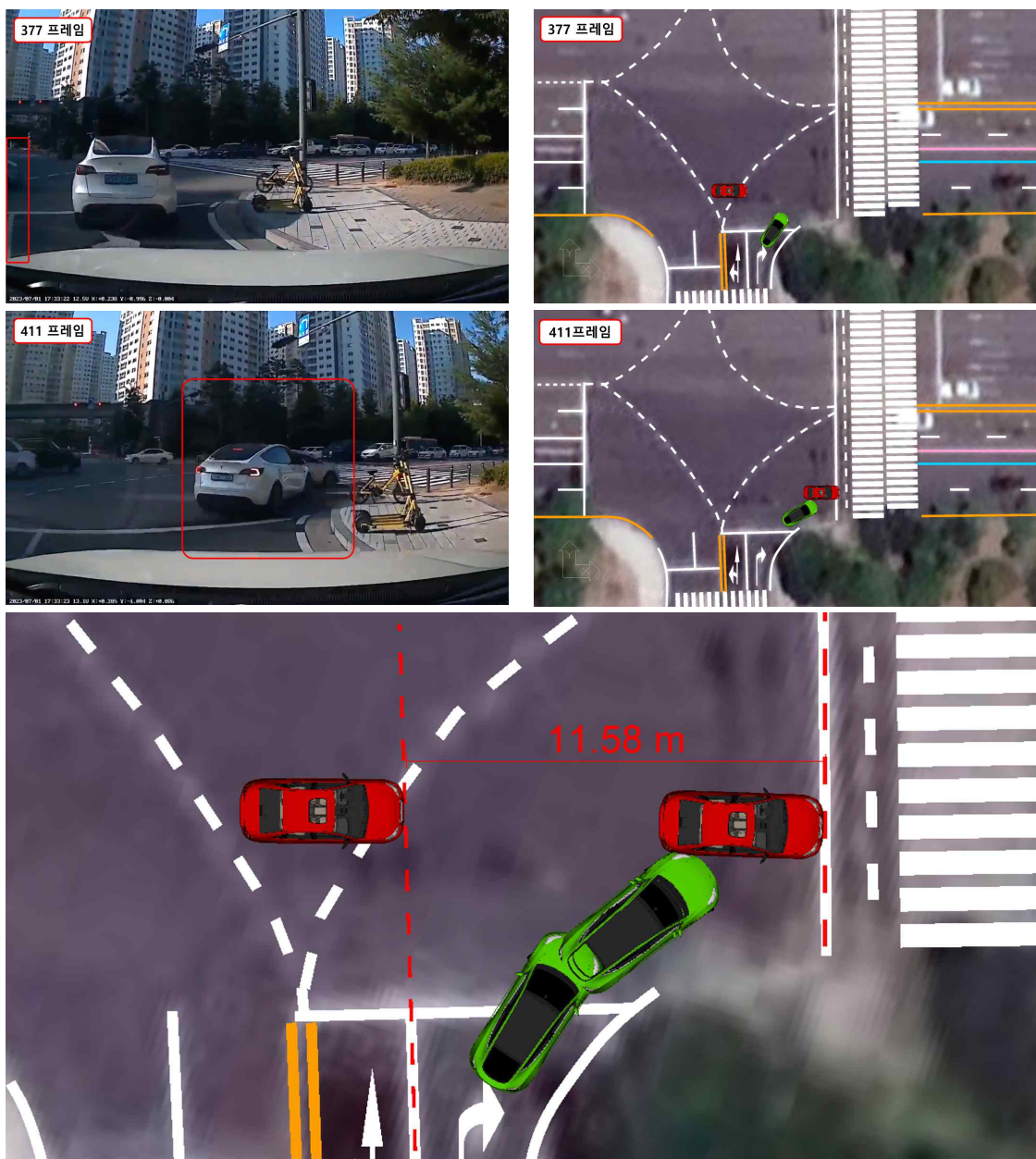


<그림 4> 제보 차량 및 모델Y 차량 블랙박스 영상속 아반떼 차량 거동 정보

- 1) <그림 4>에서 확인할 수 있듯이 아반떼 차량은 충돌 직전 정지선을 넘어 교차로 내에 4차로와 5차로 사이에 정차 중인 것을 확인할 수 있다.
- 2) 또한 4차로로 우회전하는 모델Y 차량과 충돌하는 것으로 보아 교차로 내에서 진로변경을 한 것으로 판단되며, 충돌 전 및 충돌 후까지 방향지시등을 점등 하지 않은 것을 확인할 수 있다.
- 3) 따라서 정지선을 넘어 지시 위반하여 교차로 내에서 방향지시등 점등 없이 진로변경한 B차량의 과실이 더 중하다고 판단되며, 우회전을 진행중이던 모델Y 차량이 좌측 지근거리에서 B차량을 인지하고 회피하기는 어렵다고 판단 된다.

5. 아반떼 차량의 거동분석

- 1) 제보 차량 블랙박스 영상을 기반으로 아반떼 차량이 영상 내에서 인지되는 시점부터 모델Y 차량과 충돌까지 구간의 최종 속도를 측정 후 측정 시작 지점부터 최초 아반떼 차량 위치까지의 최초 속도 0km/h 구간 내 속도를 시뮬레이션으로 계산하여 모델Y 차량이 우회전을 인지할 수 있는 시점의 아반떼 운전자 예상 시점을 확인하여 정지거리를 계산 및 모델Y 차량과 충돌을 피할 수 있는지 확인해 보았다.



<그림 5> 아반떼 차량 및 모델Y 차량 프레임별 위치

- 2) 블랙박스 영상의 프레임 수를 계산한 뒤 위성지도로 토대로 3D 재현프로그램에서 거리를 측정해 아반떼 차량의 구간별 속도를 계산해 보았다.

$\text{평균속도 (km/h)} = \frac{\text{거리 (m)}}{\text{시간 (s)}} \times 3.6 =$ $\frac{\text{거리}}{\text{프레임수} \times (1/\text{FPS})} \times 3.6$	(1)
--	-----

- 3) 영상분석을 통해 확인된 시간과 거리를 식 (1)에 적용하여 구간별 평균속도를 도출하였다.

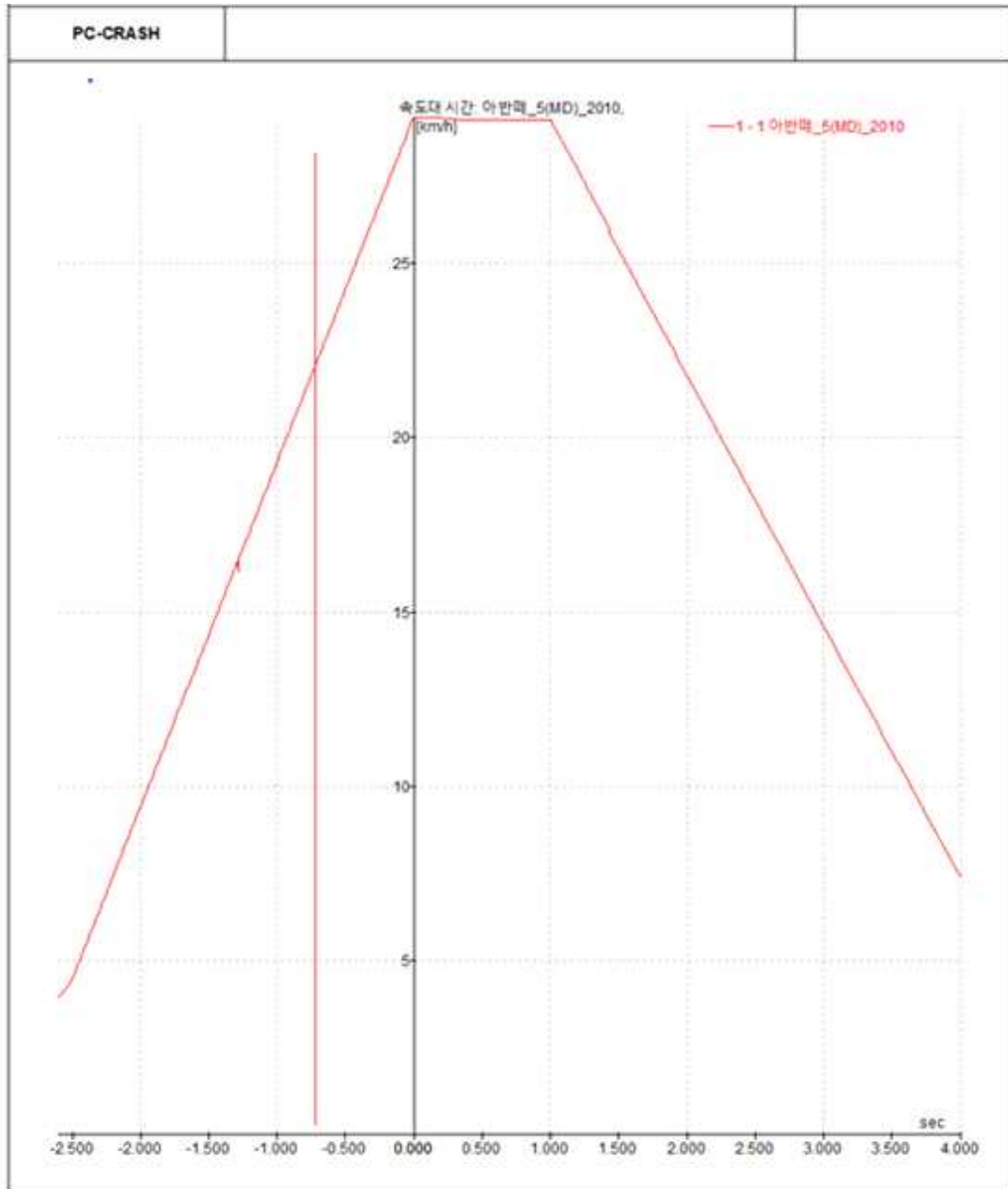
A-B (377-411)	$\frac{11.58}{34 \times 0.042} \times 3.6 = 29.2\text{km/h}$	(2)
------------------	--	-----

- 4) 식 (2)는 아반떼 차량이 제보 차량 블랙박스 영상에서 인지되는 시점부터 충돌까지 평균속도로 약 **29.2km/h**인 것을 확인할 수 있다.
- 5) 다음으로 측정된 속도를 토대로 아반떼 차량이 제보 차량 블랙박스 영상에서 인지되는 시점(377프레임)부터 아반떼 차량의 정지선을 넘어 교차로 내에 최초 일시 정지해 있는 위치까지 역으로 시뮬레이션하여 아반떼 차량 운전자 예상 시점에서 모델Y 차량이 우회전하는 것을 인지하고 제동하였을 때 정지거리를 계산해 보았다.



<그림 6> 아반떼 차량의 모델Y 차량 우회전 인지 가능 시점

- 6) <그림 6>은 시뮬레이션 프로그램으로 계산된 아반떼 차량의 신호 대기 0Km/h부터 29.2km/h까지 도달하는 구간을 재현한 것이다.



<그림 7> 아반떼 차량 0km/h부터 29.2km/h 까지 도달 시간 그래프

- 6) <그림 7>은 아반떼 차량이 모델Y 우회전 인지 가능 시점 당시의 시간과 속도로 29.2km/h 도달하기 약 -0.720초 전이며, 당시 속도는 22.1km/h로 측정되었다.

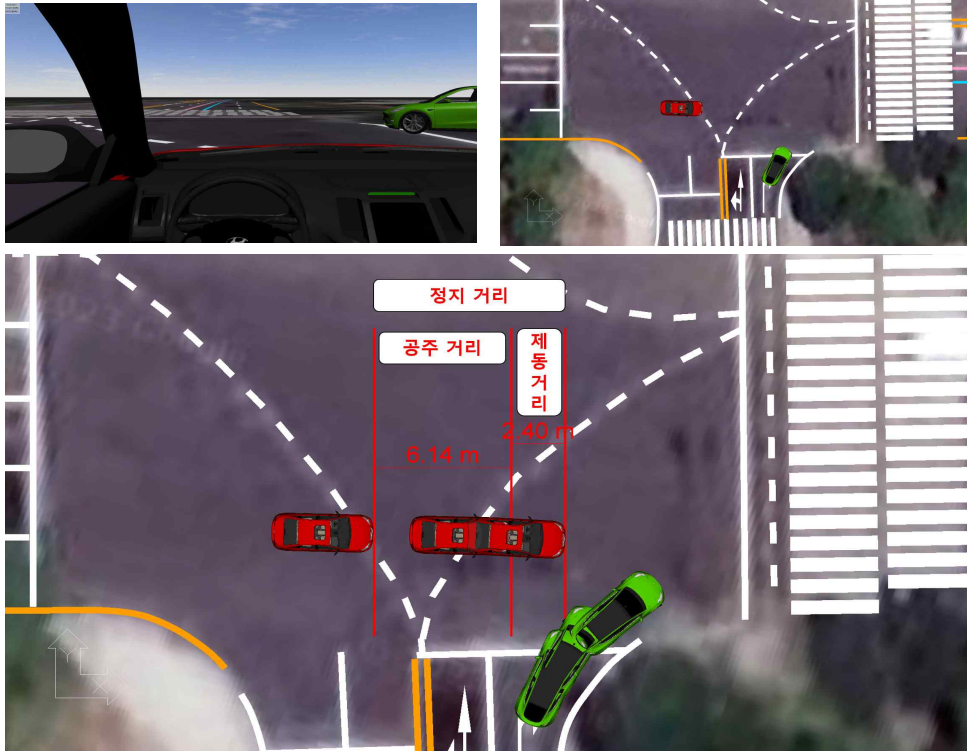
<표 2> 우리나라 승용차 마찰계수 적용예시

노면종류 \ 노면상태	건조	습도	비토, 습윤	결빙
아스팔트 포장	0.8	0.7	0.6	0.3
콘크리트 포장	0.8	0.6	0.4	0.3
연와 포장	0.7	0.4	0.3	0.2
자연도로	0.5	0.4	0.3	0.2

7) <표 2>는 경찰청 교통사고조사 매뉴얼에 따른 우리나라 승용차 마찰계수 적용 예시를 나타낸 것으로 사고 당시의 노면 조건을 [아스팔트 포장 / 건조 조건]으로 판단하여 마찰계수를 0.8으로 적용하였다.

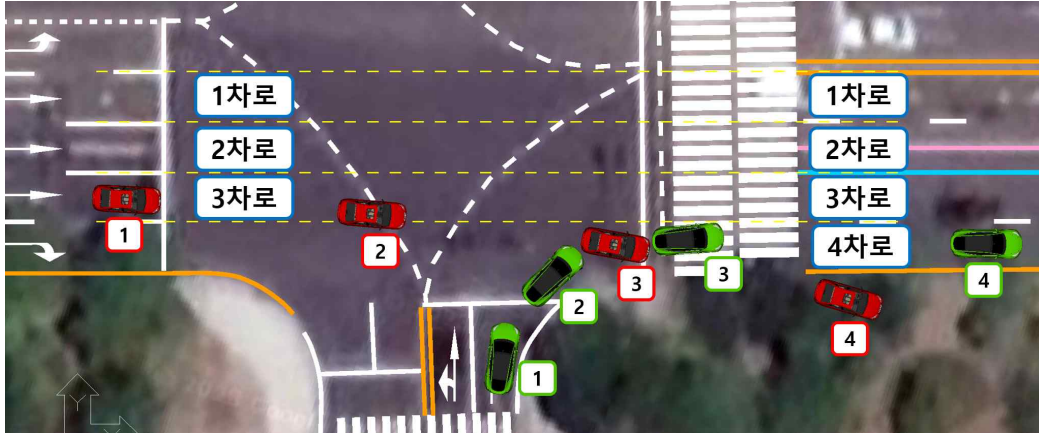
$\text{공주거리} = \text{속도} \times \text{반응시간} = \left(\frac{22.1}{3.6}\right) \times 1.0 = 6.14m$ <p style="text-align: center;">*반응시간은 도로교통공단 교통사고분석 실무매뉴얼(차대차 사고편) 참조</p>	(3)
$\text{제동거리} = \frac{\text{최종속도}^2 - \text{초기속도}^2}{2 \times (\mu \cdot g)}$ $= \frac{(0.0/3.6)^2 - (22.1/3.6)^2}{2 \times (0.8 \times 9.81)} = 2.40m$	(4)
$\text{정지거리} = \text{공주거리} + \text{제동거리} = 6.14 + 2.40 = 8.54m$	(5)

- 8) 식 (3), (4), (5)는 아반떼 차량 운전자 예상 시점에서 모델Y 차량이 우회전 시도 하는 것을 인지할 수 있는 시점 속도 **22.1km/h**를 적용하여 공주거리, 제동거리, 정지거리를 계산한 결과로 아반떼 차량이 충돌을 인지하고 완전 정지하는데 까지 필요한 거리는 **8.54m**인 것으로 확인되었다.
- 9) 계산된 정지거리를 토대로 모델Y 차량의 우회전을 인지 할 수 있는 아반떼 차량 운전자 예상 시점에서 모델Y 차량과 충돌을 피할 수 있는지 확인해 보았다.



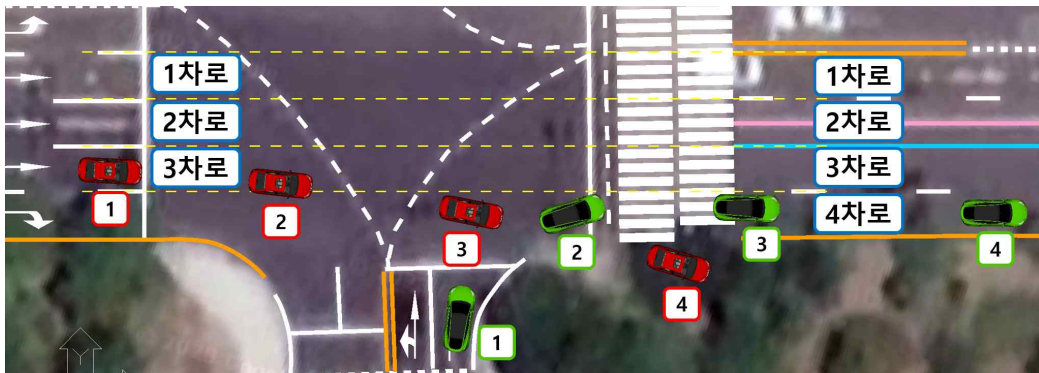
<그림 8> 아반떼 차량 정지거리 적용 시뮬레이션

- 10) <그림 8>은 식 (2), (3), (4), (5)에서 측정된 속도 및 정지거리로 시뮬레이션을 재현한 것으로 아반떼 차량이 모델Y 차량과 충돌을 피할 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- 11) 즉 아반떼 차량이 우회전 중인 모델Y 차량을 인지하고 감속 또는 제동을 하였다면 충돌을 피할 수 있었을 것으로 판단된다.
- 12) 그렇다면 아반떼 차량이 측정된 속도로 정상적으로 정지선 뒤에서 출발하여 제동 없이 주행하였을 시 모델Y 차량과 충돌하는지 시뮬레이션으로 재현해 보았다.



<그림 9> 아반떼 차량 정지선 뒤에서 주행시 시뮬레이션 재현 / 29.2km/h

- 13) <그림 9>에서 확인할 수 있듯이 아반떼 차량이 측정된 29.2km/h로 3차로 정지선부터 교차로 내에서 4차로로 진로변경하여 주행해도 우회전하는 모델Y 차량과 충돌하지 않는 것을 확인할 수 있다.
- 14) <그림 9>는 아반떼 차량이 29.2km/h로 정지선을 통과하면서 주행하였을 때를 시뮬레이션으로 재현한 것으로 통상적으로 일시 정지한 상태에서 신호변경 후 가속하여 29.2km/h로 주행할 경우에도 충돌하는지 시뮬레이션으로 확인해 보았다.



<그림 10> 아반떼 차량 정지선 뒤에서 주행시 시뮬레이션 재현 / 0km/h ~29.2km/h

- 15) <그림 10>에서 확인할 수 있듯이 통상적으로 정지선 뒤에서 일시 정지 후 출발할 경우 역시 충돌하지 않는 것을 확인할 수 있다.
- 16) 따라서 아반떼 차량이 통상적으로 정지선 뒤에서 대기후 출발하거나 불가피하게 교차로 내 정지선 앞에서 일시 정지 후 출발한다 하더라도 전방에 대한 주의의무를 다하였다면 모델Y 차량과 충돌을 피할 수 있을 것으로 판단된다.

7. 결론

- 1) 아반떼 차량은 충돌 전 신호대기를 위해 일시정지한 위치는 정지선을 넘어 교차로 내에 인 것을 제보차량 블랙박스 영상을 통해 확인할 수 있다.
- 2) 도로교통법 검토 결과 통행 우선권은 아반떼 차량이 우선권이 있겠으나, 아반떼 차량은 정지선을 넘어 교차로 내에서 일시정지 및 신호변경 후 출발 하면서 교차로 내에서 방향지시등 점등 없이 진로변경을 진행 하였다.
- 3) 제보 차량 블랙박스 영상을 통해 분석된 아반떼 차량의 충돌 당시 속도는 약 **29.2km/h** 로 확인되었으며, 모델Y 차량이 우회전 시작할 당시 아반떼 차량의 속도는 약 **22.1km/h**, 정지거리는 약 **8.54m**로 아반떼 차량 운전자가 모델Y 차량을 발견 감속 및 제동하였다면 충돌을 피할 수 있는 것으로 확인되었다.
- 4) 아반떼 차량이 정상적으로 정지선 뒤에서 측정된 충돌 당시 속도 29.2km/h 및 일시 정지 후 출발하는 경우를 시뮬레이션 재현해 본 결과 모델Y 차량 과 충돌하지 않는 것을 확인할 수 있었음.
- 5) 따라서 본 사고의 주된 원인은 아반떼 차량 운전자의 신호 및 도로 위 지시 표시의 규정에 대한 의무를 다하지 못한 점, 진로변경을 하지 말아야 할 장소 및 진로변경 시 변경할 진로에 대한 주의의무를 다하지 못한 아반떼 차량에 있다고 판단됨.

교통사고분석사
이름: 김정민
자격번호:1-21-00991



도로교통사고감정사
이름: 유태현
자격번호: 01-22-05218



본 사고의 분석은 제공된 자료만을 토대로 분석된 내용이므로 일부가 실제 사고내용과 다소 차이가 있을 수 있으며 추후 새로운 증거자료가 제시될 경우 분석내용은 달라질 수 있음