

감정연구 보고서

LOT.	2308-LCO강릉-033강릉-015-PBS014
제출일자	2023년 8월 15일

EDR 및 CCTV, 블랙박스 영상을 통한 사고 차량의 주행 속도 변화 고찰



법 과 학 기 술 연 구 소
Forensic Science & Technology Institute

(주)PNST <http://www.pnst.kr>

T. (031) 817-8833 F. (02) 6280-2233 ip3458@gmail.com
경기도 고양시 일산동구 정발산로 24 웨스턴타워1차 906-1호

제 출 문

- 사건 번호 : 2023 가합 30051 손해배상(자)
- 원 고 : 최애숙 외 2명
- 피 고 : 쌍용자동차 주식회사
- 감정 목적물

감정 목적물	사건 자동차 번호	운전자/피해자
EDR데이터	-	-
블랙박스, CCTV 영상 등	-	-

위 사건에 대해 감정촉탁을 받아 관련 감정결과를 본 보고서로 작성하여 제출합니다.

본 보고서는 자료 정보의 질적 한계로 인하여 주요 분석 근거인 새로운 증거물이 추가될 경우 감정내용이 달라질 수 있습니다.

박 승 범 (물리학박사, 도로교통사고감정사) 서명 : SeungBum Park

법 과 학 기 술 연 구 소



목 차

1. 감정의 목적 및 목적물	4
2. 감정 사항 답변 요지	5
3. 블랙박스 및 CCTV 영상 종합	8
4. 충돌 상황 종합	10
5. 주행 속도와 EDR 정보	17
6. EDR 내용과 도로 주행 환경	21

■ 연구 책임자 주요 이력

■ 연구소 주요 실적 개요

1

감정의 목적 및 목적물

1. 감정의 목적

EDR에 기록된 충돌 5초 전 차량의 속도인 시속 110km/h에 가속페달이 5초 동안 지속적으로 100% 최대한 밟혔다고 한다면 이 사건 차량의 5초 후 속도가 6km/h 밖에 증가하지 않은 시속 116km/h가 될 개연성은 없고, 이와 같이 5초 후에는 차량의 속도가 최소한 시속 140km/h는 되었어야 함에도 116km/h 밖에 되지 않은 사실은 EDR에 기록된 충돌전 5초 동안 가속페달 변위량이 지속적으로 100%라고 기록된 EDR 데이터의 신뢰성이 상실 되었다는 것을 밝혀준다는 점 및 이에 기하여 원고 최애숙이 충돌 전 5초 동안 가속페달을 100% 지속적으로 밟지 않았고 브레이크를 밟았다고 보아야 한다는 점을 입증하기 위함.

2. 감정의 목적물

- 1) 이 사건 자동차의 EDR 데이터
- 2) 이 사건 블랙박스 영상 및 CCTV 영상들
 - 갑 제6호증의 1, 2
 - 갑 제7~18호증
 - 갑 제40호증

--

2

감정 사항 답변 요지

감정의 목적물들을 종합적으로 분석할 때, EDR에 기록된 충돌 5초 전 속도인 시속 110km/h에 5초 동안 가속페달이 100% 최대한으로 계속해서 지속적으로 밟혔다고 한다면

1. 이 사건 차량의 속도가 5초 후에 시속 6km/h 밖에 증가하지 않은 116km/h가 될 개연성이 있는지,

(답변 사항)

이 사건의 경우 단편적인 자료만으로 볼 때, 110km/h 주행 중에 가속 페달을 최대로 하여 5초 동안 작동시켰다면 차량의 당시 기어비(단수)와 발진가속 성능에 따른 차이는 있을 수 있으나 5초 후에 적어도 116km/h보다 높은 상태가 될 개연성이 높은 것으로 추정됩니다.

그러나, 이 사건의 경우 EDR에 기록된 충돌 5초전 속도가 최종위치에서의 기록이라고 전제하고, 사고 과정 37여초의 CCTV와 블랙박스 영상을 참고해보면, 최종 위치 충돌 전에 적어도 두 번의 큰 충격이 작용한 충돌이 있었던 것으로 추정됩니다. 또한 RPM이 상승하기 시작하며 모닝 차량을 추돌한 것도 제시된 EDR 기록에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 충돌 가능성도 배제하기는 어려운 것으로 추정됩니다.

블랙박스 주행상황과 EDR 자료를 연관시켜 분석해보면 최종 충돌 약 10~15초 전 사이 이동거리는 약 147m이고, 이때 속도가 77km/h에서 95km/h 정도로 증가하고 있으며, 평균가속도는 $0.83 \text{ m/s}^2 (a=0.08g)$ 정도로 분석됩니다. 이에 비해 충돌 0~5초 사이의 전체 이동거리는 약 157m, 평균가속도는 $0.33 \text{ m/s}^2 (a=0.03g)$ 정도로

평균가속도가 절반이하 상태로 분석됩니다.

이 사건 차량의 블랙박스 영상을 보면 모닝과의 충돌직전부터 자동변속이 강제로 고속기어에서 저속기어로 변속(Kick down 변속)되며 구동력을 상승시키면서 속도와 RPM의 증가 현상이 발생되었을 것으로 추정됩니다. 이러한 상황임에도 EDR에 나타난 속도 증가가 충분하게 이루어지지 않는 것은 다른 원인이 있었을 것으로 추정됩니다. 모닝추돌과 최종충돌 과정에서 EDR은 세 번의 충돌관련 기록이 있었을 가능성이 매우 높고, EDR에 다양한 정보와 함께 자세하게 기록되었을 것으로 판단되며, 이를 통해 상황분석이 가능할 것으로 추정됩니다.

따라서, 주어진 EDR 5초 정보만으로는 상황을 보다 객관적이고 증거화로 분석할 만한 자료가 불충분하여 속도 증가여부의 개연성 또는 그 본질적인 원인에 대해 단정하는 어려운 것으로 추정됩니다.

2. 5초 후 충돌시 차량의 속도는 얼마나 되었을 것인지,

(답변 사항)

질문 1항에서도 답변을 했듯이, 단순히 가속페달을 최대로 작동시킨 최대 가속 상황이었다면 110km/h에서 5초가 지난 경우 최소 125km/h 이상 정도는 되었을 것으로 추정됩니다.

3. 5초 후 충돌 시 차량의 속도가 최소한 시속 140km/h가 넘었을 것인지의 여부

(답변 사항)

5초 후 충돌 시 차량의 속도가 최소한 시속 140km/h가 넘으려면 5초 동안의 평균가속도는 $1.67 \text{ m/s}^2 (a=0.17g)$ 이상이어야 합니다. 참고적으로 일반적인 승용차량의 경우 신호 대기 중 정지 상태에서 출발하여 50m를 진행하는 동안 평균가속도는

1.01~1.31 m/s²($a=0.1g \sim 0.13g$)로 인데, 이것은 가속페달을 최대한 작동시킨 것이 아니고 저속기어상태의 주행 시 발진가속도라 할 수 있습니다. 이건 사고에서처럼 가속페달을 최대로 작동 중이고 고속주행 중인 조건과는 차량동력학적 특성이 다르다고 볼 수 있습니다.

따라서, 110km/h 고속 주행 중 5초 동안 차량 동력학적 최적 조건(가속페달 최대, 동력전달 최대 등)에서는 140km/h를 넘을 수 있을 것으로 추정되지만, 이건 사건 차량의 동력학적인 구조적인 특성과 사고 직전의 차량주행 상황에 따라 다를 수도 있으므로 단정하기는 어렵습니다.

답변 이유의 보다 다양한 분석 결과 및 설명은 본문 내용을 참고하시기 바랍니다.

3 블랙박스 및 CCTV 영상 종합

감정목적물로 제공받은 이건 사고관련 블랙박스과 CCTV 동영상에 대해 주요 내용에 대해 전체적으로 요약하면 다음의 표와 같다.

<표 1. 블랙박스 및 CCTV 영상 핵심내용 요약>

갑 제호증	영상 분류	내장 영상시각 (2022.12.06)	주요 내용
6-1	사고차 후방 블랙박스	15:04:25-42	횡단보도 인근에서 모닝 추돌 후 빠르게 이동
6-2	사고차 후방 블랙박스	15:04:45-50	추돌직 후 <u>교량 위 이동 모습 (속도 분석)</u>
7	교차로 CCTV 1	17초 기록	횡단보도 인근 모닝 추돌 모습 확인-추돌 후 연기발생 모습 확인
8	타차1 전방 블랙박스	15:48:32-51	사고 차량 모닝 추돌 장면 확인
9	타차2 전방 블랙박스	15:52:19-23	모닝 추돌 당하는 장면 확인
10	이웃 교차로 CCTV 2	16초 기록	사고 차량 모닝 추돌 후 빠르게 중앙선 넘어 주행하는 모습
11	이웃 교차로 CCTV 3	04초 기록	이웃 교차로 빠르게 지나가는 모습
12	KBSII 뉴스	02:06초 기록	사고 내용에 대한 주요 핵심적인 영상 재구성
13	이웃 교차로 CCTV 4	10초 기록	교차로를 빠르게 지나가는 모습
14	건물 CCTV 5	08초 기록	충돌 사고난 파손된 채 후 빠르게 질주하는 측면 모습
15	이웃 교차로 CCTV 6	09초 기록	도로를 가로질러 중앙분리 화단을 충돌하며 날아가는 모습
16	이웃 교차로 CCTV 7	08초 기록	(CCTV 6 반대편 도로에서 촬영) 중앙분리 화단을 충돌하며 날아가는 모습
17	건물 CCTV 8	25초 기록	추락지점으로 사고차량 날아가는 모습
18	구조 촬영 동영상	23초 기록	추락지점에서 구조하는 모습(차량 모습)
40	농장 CCTV 9	10초 기록	추락직전 주행 모습

영상자료들은 약 37초 내외의 부분적인 시간들을 기록한 영상물이며, 전체적인 이동경로들을 확인할 수 있다. 영상에서 이건 사고 차량의 이동거리는 약 700m 정도이며, 처음 모닝과 충돌지점에서 최종위치까지는 약 640m 정도인 것으로 추정된다.

이건 사고 차량의 블랙박스 영상에서는 음향녹화로 인해 운전자의 목소리와 엔진음 등이 녹화되어 있고, 이 사건 차량의 주행경로의 운행 모습을 보면 핸들 조향을 통해 차량을 일정부분 운전하며 사고를 회피하면서 주행하는 모습이 확인된다. 최종위치에 이르기 2초 전까지 비교적 평탄한 도로 상을 주행하였고, 충돌 2초 과정에서 오르막 구간과 중앙분리화단과의 충돌, 전신주로 추정되는 지주와의 충돌, 통로 구조물과의 충돌로 최종 정지한 것으로 추정된다.



<그림 1. 이 사건 차량의 이동 경로와 거리>

4

충돌 상황 종합

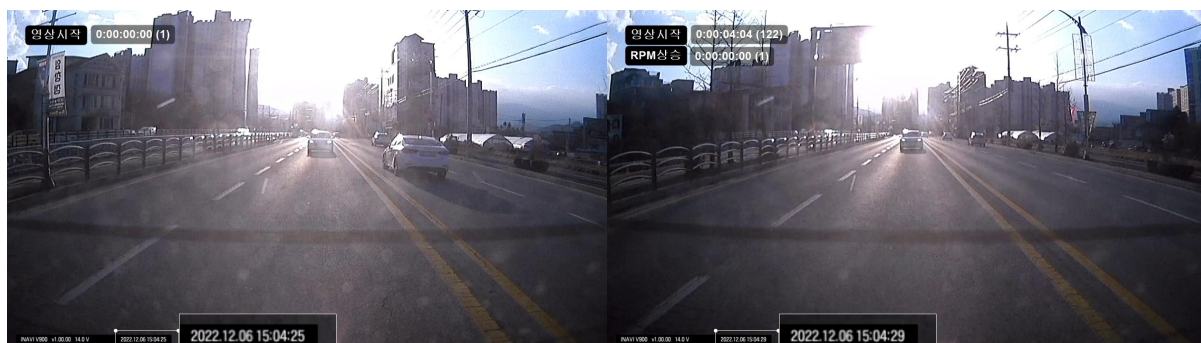
이 사건에서 사고차량은 처음 모닝과의 충돌(추돌)부터 최종 정지하기까지 EDR에 충돌 정보가 기록될 가능성이 있는 총 3번의 충격작용이 있었던 것으로 추정된다. 충돌 상황을 정리하면 다음과 같다.

가. 1차 충돌(모닝 추돌) 상황 : EDR 충돌 기록 추정

첫 번째 충돌은 모닝과 추돌 충격이며, 이 과정에서 사고 차량의 전면범퍼 등에 1차적인 손상이 발생된 것으로 확인된다. 영상자료에서 위치특정의 불확실성이 커 정확한 속도추정에는 한계가 있으나 RPM 상승 전에는 대략 40km/h 내외 정도로 추정된다. 이와 같은 1차 충돌 상황에 대해서는 갑제6-1호증에 사고 차량의 후방 영상과 음향녹화 내용을 통해 확인할 수 있다.

<표 2. 사고 차량 후방 블랙박스의 1차 모닝추돌 영상(갑제6-1호증) 핵심 요약>

블랙박스 영상 시각 (시:분:초)	추돌 시점 (초)	주요 영상 내용
15:04:25	-9.54	영상 시작(녹화된 시점에서 영상의 시작)
15:04:29	-5.51	과도한 RPM 상승 소음 시작
15:04:33	-2.30	(기어비 조정 추정) RPM 소음 변환 시점
15:04:34	0.00	사고 차량의 모닝 추돌 시점
15:04:36	+0.80	충돌 파편물이 차량의 후면으로 떨어지는 모습 확인
15:04:38	+3.14	사고 차량에서 발생하는 연기가 심해지는 모습 확인



<그림 2. 모닝 추돌 9.54초전>

<그림 3. 모닝 추돌 5.51초전>



<그림 4. 모닝 추돌 2.30초전>



<그림 5. 모닝 추돌 순간>



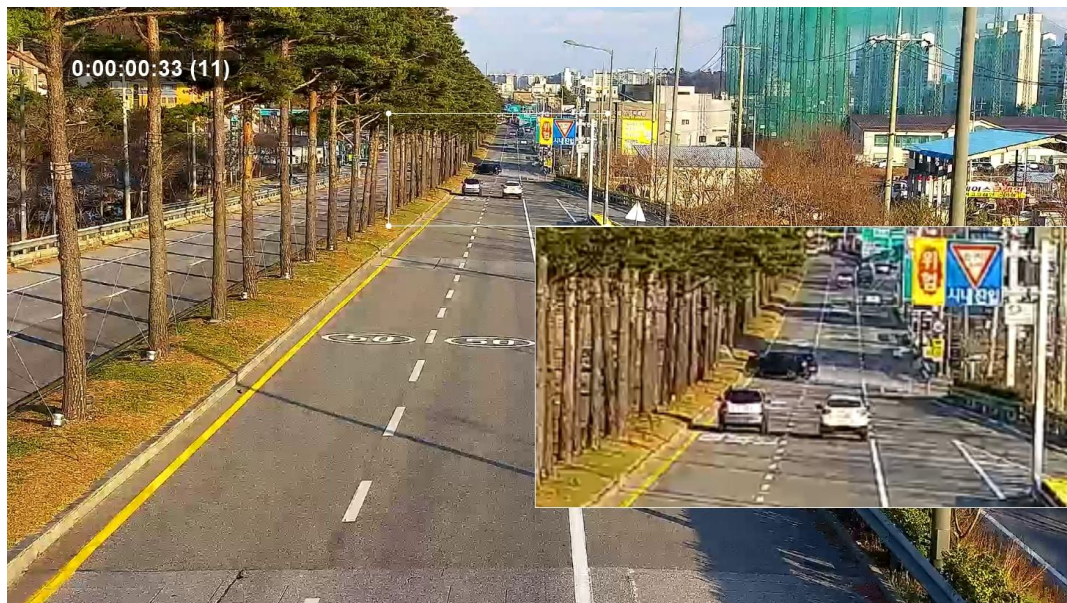
<그림 6. 모닝 추돌 0.80초 후>



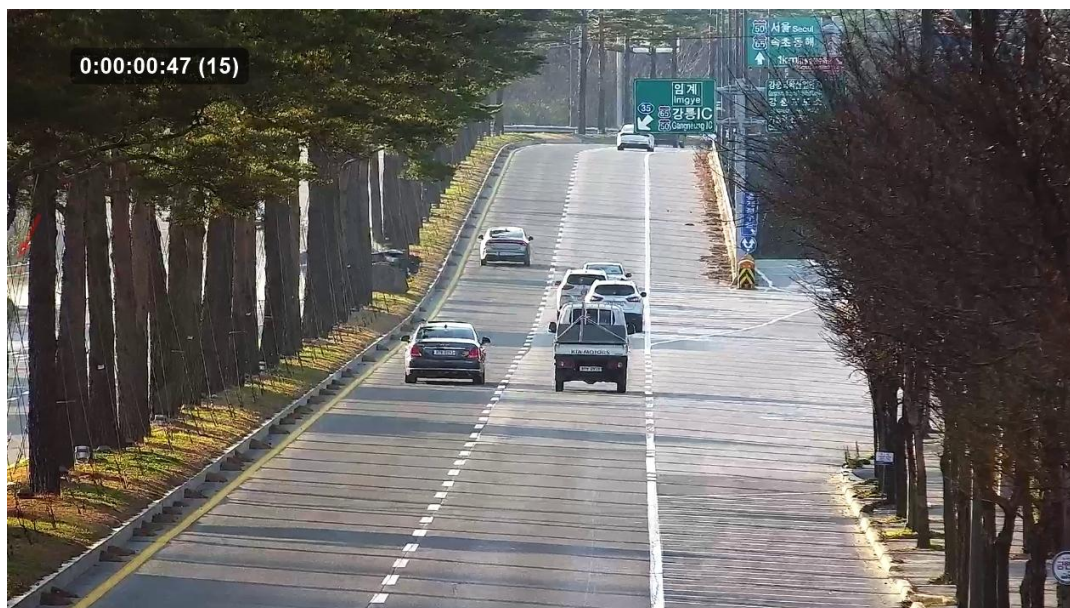
<그림 7. 모닝 추돌 3.14초 후>

나. 2차 중앙분리화단 접촉 상황 : EDR 기록 가능성 낮음 추정

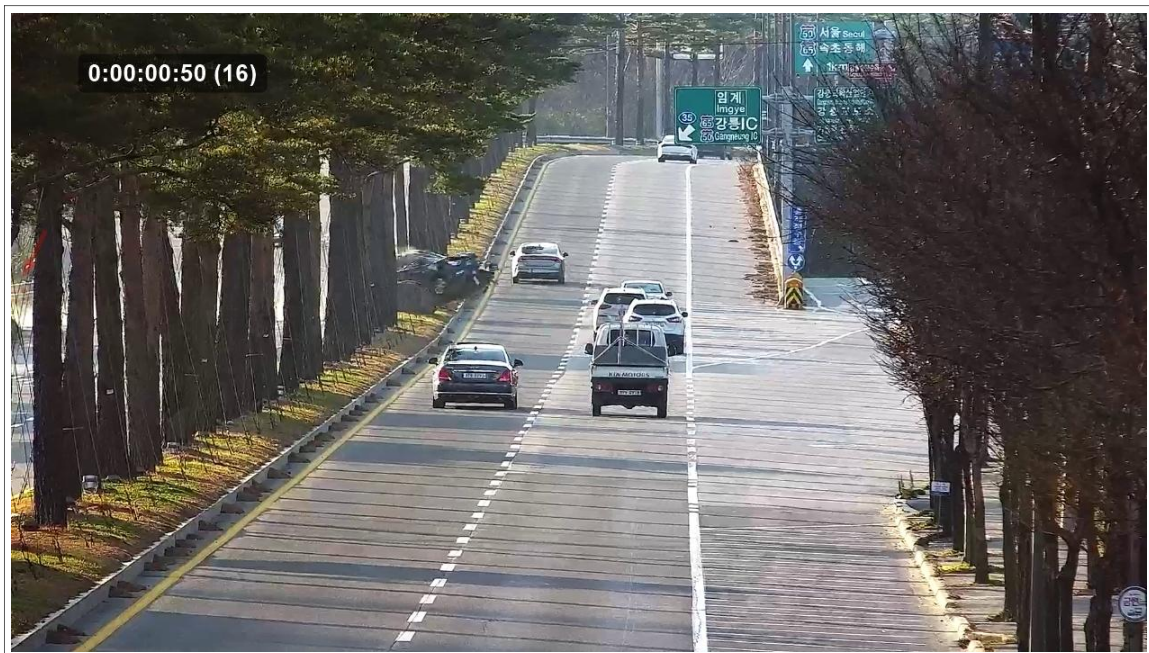
중앙분리화단 접촉 상황은 갑제15호증과 갑제16호증의 도로 CCTV를 통해 확인이 가능하다. 이 과정에서 구조물과의 직접적인 충돌이 있었던 것은 아닌 것으로 추정되며, 중앙 화단의 볼록한 흙 부분에 차량이 비상하며 하부와 접촉되어 흙이 비산하는 모습을 보이고 있으며, 흙의 비산정도로 볼 때 접촉 저항은 일정 부분 형성된 것으로 추정된다.



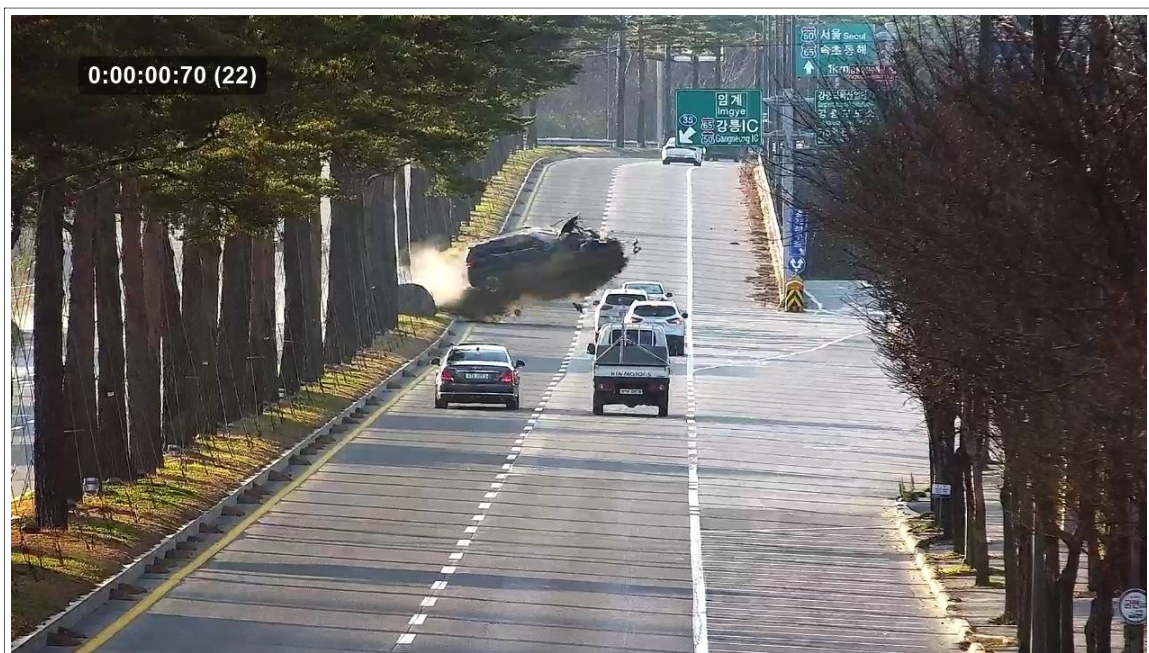
<그림 8. 갑제15호증 - 중앙분리화단 진입 모습>



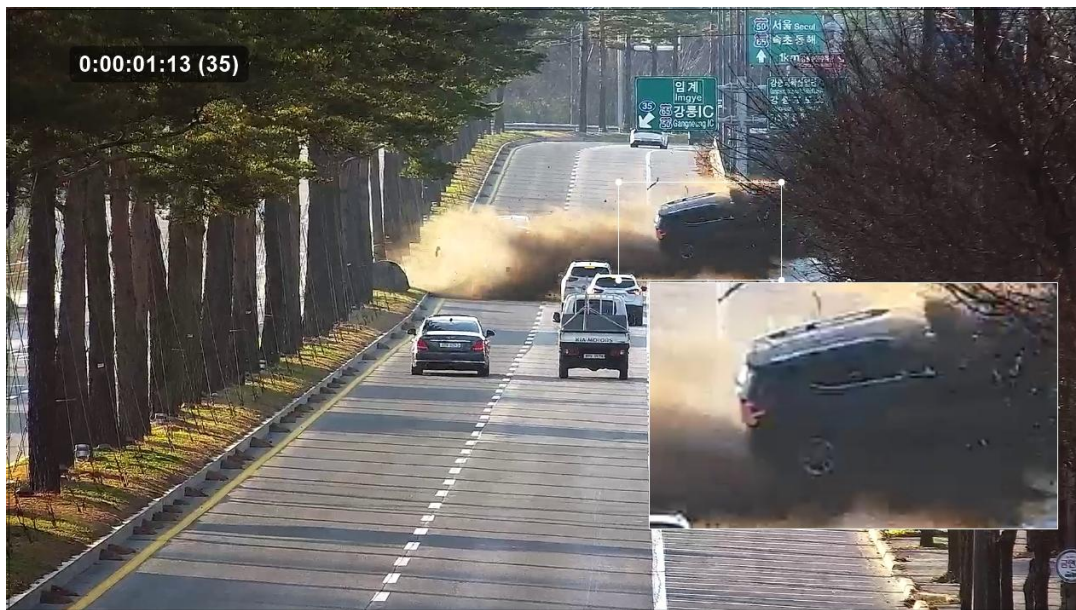
<그림 9. 갑제16호증 - 중앙분리화단 반대편 도로 진입직전 모습>



<그림 10. 갑제16호증 - 중앙분리화단 반대편 도로 진입하며 비상하는 모습>



<그림 11. 갑제16호증 - 중앙분리화단 반대편 도로에서 비상하는 모습>



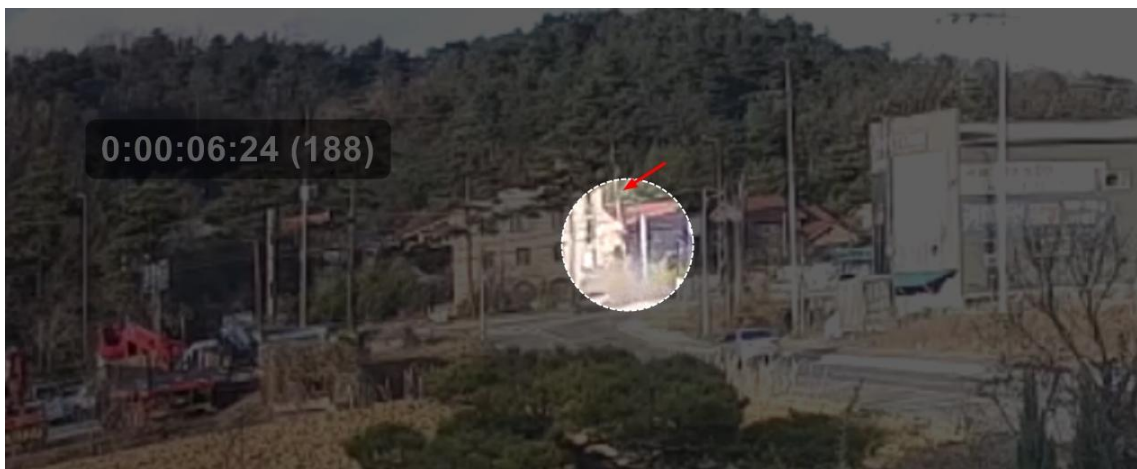
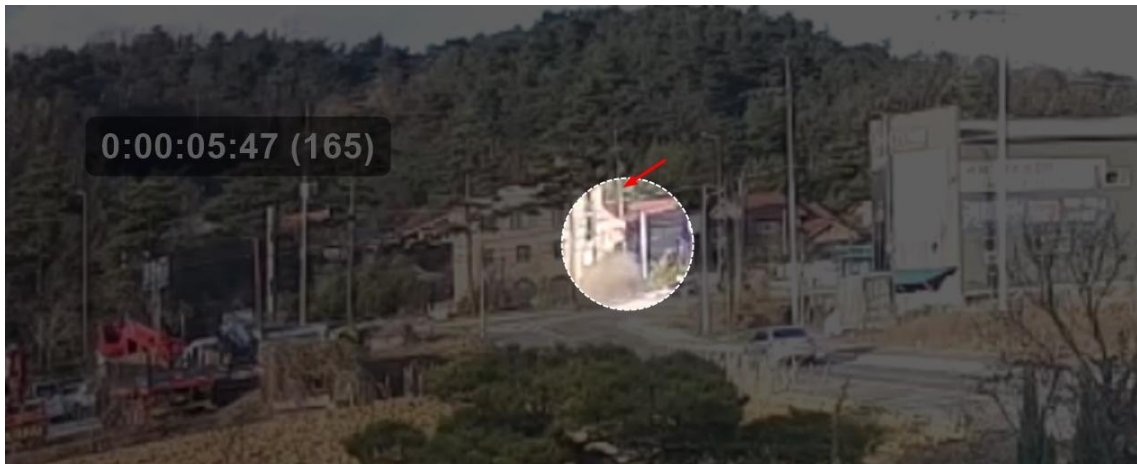
<그림 12. 강제16호중 - 중앙분리화단 반대편 도로에서 차량 비상과 부유물 모습>

다. 3차 전신주 충돌 상황 : EDR 기록 가능성 높음 추정

위의 <그림 12>에서 사고 차량의 우측 뒤문짝 부분을 보면 충돌로 파손된 모습은 확인되지 않는다. 반면에 사고 차량의 최종위치에서 촬영된 사진을 보면 폭이 좁은 물체(전신주 기둥)와의 충돌 흔적이 명확하게 발생되어 있다. 또한 CCTV 영상에서도 전신주와의 충돌로 전신주가 흔들리고 있음이 확인된다. 사고차량의 최종위치 영상에서 볼 때 시멘트 전신주 옆의 통신선 기둥이 휘어져 파손되어 있음이 확인된다.



<그림 13. 최종 위치의 전신주와 통신주 구조물 모습>



<그림 14~15. 최종 위치의 전신주와 충돌로 전신주가 흔들리는 모습>



<그림 16. 사고 차량 우측 뒷문짝 부분의 전신주, 통신주와 충돌 손상 모습>

라. 4차 통로 구조물과 충돌 상황 : EDR 기록 가능성 높음 추정

이 사건 사고 차량이 최종적으로는 지하통로의 구조물과 충돌하며 최종정지하였다. 지하통로 구조물과 충돌 직전 전신주와 충돌하며 방향이 틀어졌고, 운동에너지를 잃으면서 속도가 다소 떨어졌을 것으로 추정되는데, 제공된 EDR 속도 정보만을 보면 이에 대한 충돌상황 정보가 기록되어 있는 것인지 불명확한 것으로 추정된다. 전신주 충돌과 통로구조물 충돌은 0.5초 이내의 매우 짧은 시간내에 진행된 것으로 추정되며, 제조사마다 알고리즘 설정 방식상 EDR의 충돌기록이 다소 차이가 있으므로 충돌 정보를 하나로 기록했을 개연성도 있는지 확인이 필요하다. 만일 이 사건 차량의 경우 매우 짧은 시간내의 연속적인 충돌이어서 하나의 충돌로 인식시켜 기록하도록 알고리즘화되어 있다면 하나의 충돌기록만 있을 수 있으므로 3차 전신주와 4차 통로 구조물과의 충돌과 관련해서는 EDR의 가속도(종, 횡) 변위 값과 함께 고찰할 필요가 있다.

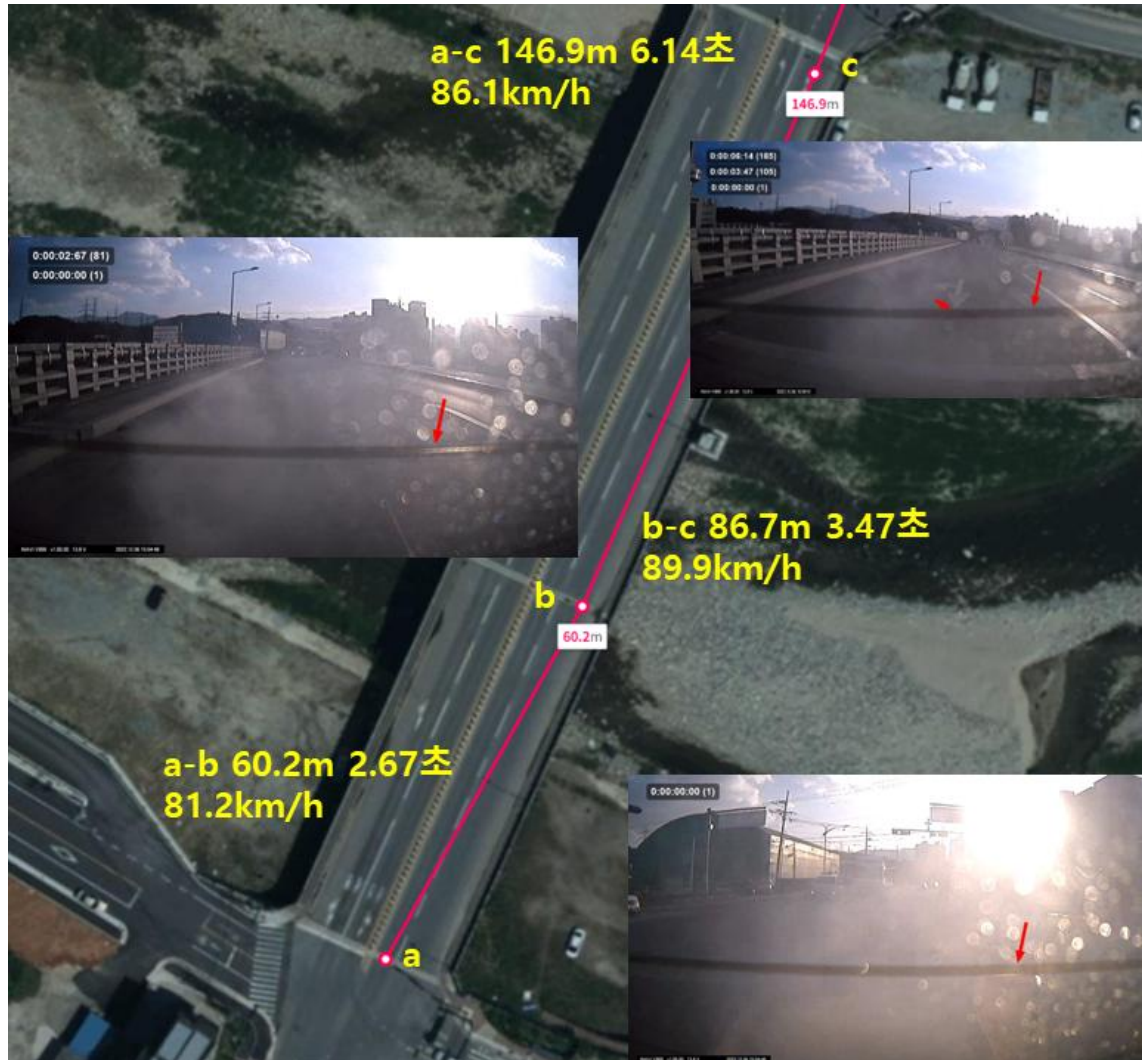
여러 사고 상황을 고려해보면 제시된 EDR 속도 정보는 이 사건 사고 차량의 것으로 추정되며, 모닝 충돌로부터 최종 정지하기까지 약 30초 정도에서의 사고기록 이라면 최종정지에서의 EDR 충돌정보 기록일 개연성이 높다고 추정된다.

5 주행 속도와 EDR 정보

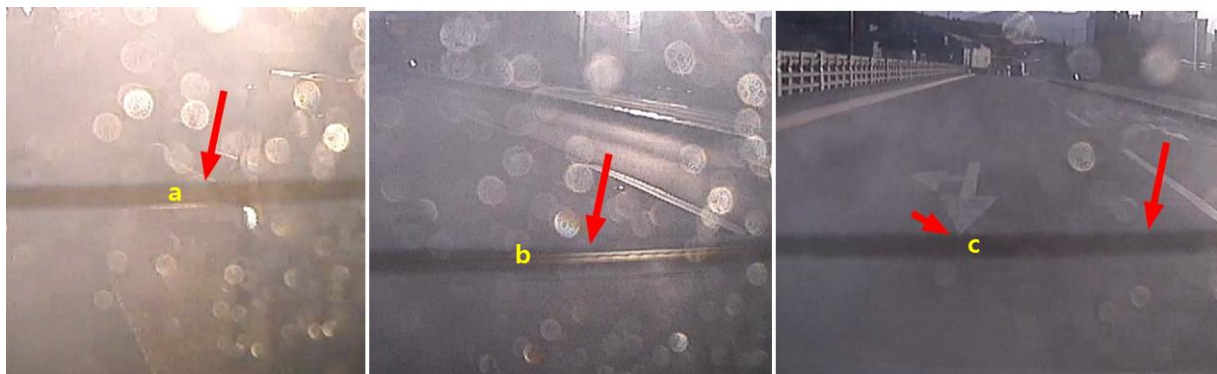
이 사건 자동차의 주행속도와 관련해서는 각종 영상기록과 EDR의 기록을 통해 확인 가능하다. 제공받은 EDR 자료의 경우 기록시간과 자동차속도, 엔진회전수, 가속페달 변위량, 제동페달 작동여부 등 매우 제한적인 정보만 제공되었다. EDR 자료를 보면 가속페달 변위량이 100%로 최대로 작동 상태이고, 제동페달을 작동하지 않은 것으로 확인된다. 이때의 속도는 110~116km/h로 확인된다.

한편, CCTV나 자동차 블랙박스 영상을 통해 특정 구간의 주행평균 속도를 확인해 볼 수 있는데 제공받은 영상에서는 최종위치로부터 약 330~480m 정도의 구간에서 속도산출이 가능한 것으로 확인된다.

블랙박스 영상을 통해 확인한 회산교의 특정 구간의 주행평균 속도에 대한 산출결과
 과는 다음과 같다.



<그림 17. a, b, c 위치는 후방 영상의 검은 줄띠가 특정위치에 있을 때임>



<그림 18. a, b, c 위치는 후방 영상의 검은 줄띠가 특정위치에 있을 때임>

<표 2. 회산교 구간에서의 주행평균 속도 산출 결과>

구간	이동시간 T (s)	이동거리 D (m)	구간평균속도		측정 오차 범위 평균 속도(km/h)
			초속(m/s)	시속(km/h)	
a-b	2.67	60.2	22.5	81.2	81.2(±0.7)
b-c	3.47	86.7	25.0	89.9	89.9(±0.5)
a-c	6.14	146.9	23.9	86.1	86.1(±0.3)

- 측정 위치의 위성지도상 오차 범위는 1m 이내로 추정됨.
- 속도 산출 식 : $v = D/T$ (m/s) $V = v \times 3.6$ (km/h)

영상을 보면 처음 모닝과의 충돌 후 주행하면서 속도가 비교적 일정하게 증가하고 있음이 확인된다. 회산교 a-c 구간에서도 속도가 증가됨을 확인할 수 있는데, a-b, b-c 각 구간과 a-c 구간의 평균 속도 값과 각 구간과 위치에서 평균가속도와 가능한 속도를 산출해보면 다음과 같다.

- a 위치 : 약 77km/h (a-b 구간 평균 속도 81.2km/h)
- b 위치 : 약 85.3km/h (b-c 구간 평균 속도 85.3km/h)
- c 위치 : 약 94.6km/h (a-c 구간 평균 속도 94.6km/h)
- 평균가속도 : a-b 구간 0.09g, b-c 구간 0.08g, a-c 구간 0.08g (g:중력가속도)

위 내용의 물리적 의미는 a 위치에서 약 77km/h의 속도 상태였고, 0.08g의 가속을 통해 이 위치로부터 약 146.9m 이동, 6.14초 후에는 속도가 상승해 약 94.6km/h가 된 것으로 해석된다. 또한, 이 구간의 위치는 처음 모닝과의 충돌사고가 발생한 지점으로부터 약 160m~310m 정도이고, 최종위치로부터는 약 330~480m 구간으로 충돌 12~18초 전이다. 이걸 사고 차량의 RPM 상승 직전 속도가 대략 40km/h 정도로 볼 때 전체적인 속도 증가는 빠르게 진행되지 않았음을 확인할 수 있다. 40km/h에서 94.6km/h까지 블랙박스 영상 시간차는 22초로 볼 때 이 구간에서의 평균가속도는

0.070g 정도로 분석되며, 이 정도의 가속도는 일반적인 급가속 수준보다 다소 낮은 값으로 모닝 충돌 시점에서의 EDR 자료와 블랙박스 내용을 통해 보다 정밀하게 급가속 상황여부를 확인해 볼 필요가 있다.

제공받은 EDR 자료의 내용은 한계가 있으며, EDR 정보는 다음과 같다.

EDR 제공 정보							
기록시간 (s)	자동차속도 (km/h)	엔진회전수 (rpm)	가속페달 변위량 (%)	제동페달 작동여부 (ON/OFF)	ABS작동여부 (OFF/ON)	ESC 작동여부	조향핸들각도
-5.0	110	5900	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-4.5	111	5900	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-4.0	112	4500	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-3.5	113	4600	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-3.0	114	4500	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-2.5	113	4500	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-2.0	113	4500	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-1.5	114	4600	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-1.0	113	4600	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-0.5	116	4600	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음
-0.0	116	4600	100	OFF	지원하지 않음	지원하지 않음	지원하지 않음

EDR 자료는 충돌하기까지 5초의 기록으로 제시된 자료에서 의미있는 정보로는 자동차 속도와 엔진회전수 가속페달 변위량, 제동페달 작동여부에 대한 것이다. EDR 자료의 직접적인 의미는 운전자가 제동페달을 충돌 전 5초 동안은 작동시키지 않았고, 가속페달을 최대한 작동시켜 변위량이 100%를 유지시켰을 개연성이 매우 높다는 의미이다. 관련 센서와 EDR의 기록상 전자적인 오류에서 비롯될 가능성이 전혀 없는 것은 아닐 수 있으나, 이 또한 분석이 쉽지 않다. 운전자의 운전행위로 인한 EDR 기록 가능성에 대해 제시된 정보로는 자동차속도와 엔진회전수를 고려해볼 수 있는데, 운전자의 운전환경과 도로환경여건, 그 결과적인 발생 개연성 정도가 일치되어야 운전자의 운전조작 개연성을 고려할 수 있다.

6

EDR 내용과 도로 주행 환경

제시된 EDR 자료에서의 충돌시점(0초)은 자료가 매우 제한적이라 최종위치에서 지하통로 벽 충돌 시점일지 아니면 통로 벽 충돌 바로 직전의 전신주 충돌일 가능성도 배제하기 어려운 것으로 판단된다. (EDR 자료가 모두 공개되어 분석해보면 특정 위치의 확인이 가능한 것으로 추정)

이 사건 자동차의 제시된 EDR의 0.5초 단위의 시간과 속도를 통해 주행위치를 분석해보면 충돌 전 5초의 위치와 주행환경을 확인해 볼 수 있다.

<표 4. EDR 정보를 통한 주행 위치와 도로환경 여건>

기록시간 (s)	자동차속도 (km/h)	엔진회전수 (rpm)	주행 위치 (m)	비고	주요 핵심 상황
-5.0	110	5900	-156.8	A	비교적 평탄한 도로 상황
-4.5	111	5900	-141.5		
-4.0	112	4500	-126.1		
-3.5	113	4600	-110.6		
-3.0	114	4500	-94.9		
-2.5	113	4500	-79.0		
-2.0	113	4500	-63.3	B	오르막 경사도로 주행시작
-1.5	114	4600	-47.6		오르막 경사도로 주행
-1.0	113	4600	-31.8	C	중앙분리화단 충돌 직전
-0.5	116	4600	-16.1		중앙분리화단 충돌 후 날아가는 형태
0.0	116	4600	0.0		가로등 충돌 / 지하통로 충돌

충돌 2.0~5.0초 전의 경우 충돌지점으로부터 계산상 63.3~156.8m(A) 떨어진 위치이며, 이 위치에서는 비교적 평탄하고 직전구간의 도로환경으로 확인된다. 충돌 1.0~2.0초전인 31.8~63.3m(B) 구간은 오르막 경사도로 구간이 형성되어 있고, 그 다음은 앞서 <그림 12>에서도 제시했듯 이견 사고 차량이 비상하는 모습을 보이고 있다.



<그림 19. EDR 충돌 전 5초 동안의 각 위치 >



<그림 20. EDR 충돌 전 5초(A) 위치에서 2초(B) 위치 구간의 모습>



<그림 21. EDR 충돌 전 2초(A) 위치에서 5초(B) 위치 구간의 모습>



<그림 22. EDR 충돌 전 2초(A) 위치 부근 모습 : 도로 경사도가 있는 것으로 판단됨>

- ▶ 지하통로의 높이를 확인해보지 않았으나, 통상 지하통로 높이 2.0m와 도로표면까지 높이 0.5m 정도를 고려하고 이동거리 25m 정도를 고려해보면 대략 도로의 경사도는 10% 내외로 추정됨.
- ▶ 오르막 도로의 경사구간에서 일반적으로 최대 가속 시에도 도로 경사 정도에 따라 속도가 다소 낮아지게 되는데 EDR상 속도변화는 거의 없는 것으로 확인됨.

한편, EDR 자료를 보면 가속페달 변위량이 100%인 상태에서 충돌 4.5~5초 전 엔진회전수가 5900이던 것이 4.0초 전 4500으로 1400 정도가 떨어지고 이와 유사한 4600 상태로 1.5초 정도를 유지하다 충돌한 것으로 확인된다. 가속페달 변위량 100%를 전제로 하면, 엔진회전수가 5900에서 4500으로 떨어지는 현상은 쉽게 이해하기 어려운데, 엔진회전수가 갑작스레 낮아지는 경우를 나열해보면 다음의 경우를 고려할 수 있다.

가. 스로틀밸브 열림량이 흡기불량 등의 이유로 갑자기 문제가 발생하여 공기유입이 충분하지 않은 경우

나. ECU의 오류가 발생하여 기록이 잘못된 경우

다. RPM(엔진회전수계)의 Red Zone(위험영역대)에 걸려 연료차단으로 엔진회전수가 떨어졌다 일정하게 재유지 되는 경우

이 가운데 ‘가, 나’ 항은 차량의 상태와 ECU, EDR 자료를 정밀하게 확인해서 분석할 필요가 있고, ‘다’ 항은 차량의 계기판을 확인하면 Red Zone을 쉽게 알 수 있는데, 이 사건 차종인 티볼리 에어 모델의 경우 연료가 가솔린과 경유 두 종류이고, 연료에 따라 RPM Red Zone 설정이 다른 것으로 확인된다.



<그림 23. 티볼리 에어 모델 RPM 계기 (좌) 가솔린 (우) 디젤

디젤 모델인 경우 순간적으로 RPM이 5900까지 갔다가 연료차단 효과로 인해 4500 정도에서 연료분사가 재개되며 유지되는 것은 일정 설명이 가능한 것으로 판단

되나, 가솔린 모델 차량인 경우는 Red zone 영역이 6500 이상이고 그 이하에서는 최대 가속페달이 작동되어 평탄한 도로를 주행한다면 5900 RPM이 유지되어야 할 것으로 추정된다.

한편, 이 사건 차량의 주행 영상을 종합해보면 사건 차량이 RPM은 높은 상태로 추정되는 반면 발진가속(속도 증가)은 비교적 작은 상태로 보여 지는데, 이와 같은 현상이 발생될 개연성을 검토해봐야 하는 대상으로 변속기 상태를 정밀하게 분석해볼 필요가 있다. 즉, 이 사건 자동차가 모닝과의 충돌과정에서 변속기에 문제가 발생하면 가속페달을 작동해도 RPM은 높아질 수 있으나 속도증가는 크게 나타나지 않을 수 있는 개연성도 있으므로 변속기 부분에 대한 이상여부에 대한 정밀한 분석도 필요한 것으로 판단된다.

--

감정연구 책임자 주요 이력사항

학 력 : 한양대학교 대학원 물리학과 졸업(이학박사)

자 격 : 1) 국가공인 도로교통사고감정사(01-07-00102 도로교통공단)

2) 미국 Northwestern University Traffic Institute

교통사고분석 과정 Certification

경 력 : 1994 ~ 1998 도로교통공단 본부 교통사고종합분석센터(사고분석)

2003 ~ 2003 신성대학 자동차과 외래교수(사고분석)

2003 ~ 2011 경원대학교 물리학과 강사

2006 ~ 2007 호원대학교 기계자동차계열학부 외래교수

2007 ~ 2009 자동차공업협회 사고분석 전문강사

2007 ~ 2018 보험개발원 자동차기술연구소 사고해석과정 전문 강사

2003 ~ 2014 교통안전공단 운수회사 교통안전진단 전문위원

2012 ~ 2012 한성대학교 공대 강사

2013 ~ 2018 가천대학교 대학원 기계자동차과 강사 및 겸임교수

1999 - 현재 (주)피엔에스티 대표이사 겸 연구소장

2001 ~ 현재 교통안전공단 교통사고분석사 및 교통안전 강사

2008 ~ 현재 법원 특수사고 감정인 등재 및 감정 활동

2009 ~ 현재 법원 전문심리위원 등재 및 사건 심리 활동

2014 ~ 현재 경기북부경찰청 교통사고 민간심의위원회 위원

2023 ~ 현재 서정대학교 자동차과 겸임교수

관련분야 교육·연수 사항

□ 교육 연수

○ 1994 도로교통공단 ‘교통사고조사 분석 과정’

-Traffic Accident Investigation

-Traffic Accident Reconstruction

-차량운동역학(Vehicle Dynamics)

- 1995 일본 林技術研究所 林洋 자동차공학, 사고조사 분석재현, 조사기법
- 1996 미국 Northwestern University Traffic Institute 사고분석 과정 연수
- 1997 차량구조와 이해, 차량정비 합숙연수 (현대자동차 정비훈련원)
- 1997 林技術研究所 林洋 자동차공학, 사고조사 분석재현, 조사기법
- 1998 일본 자동차연구소 小野古郎, 차량동역학, 사고조사재현 분석기법

□ 최근 주요기관 핵심과제 자문활동

- 2010. 교통안전공단, 운전정밀특별검사분석시스템 개발 자문위원
- 2010. 교통안전공단, 운행기록분석시스템 개발 자문위원
- 2009. 한국교통개발원, 사고재현 프로그램개발을 위한 기초연구 자문위원
- 2008. 교통안전공단, 교육용 차량시뮬레이터 시스템 개발 자문위원
- 2007. 도로교통공단, 교차로사고 영상기록장치 연구 자문위원
- 2007. 교통안전공단, 교통사고통계 DB구축 연구 자문위원
- 2006. 경찰청, 교통사고조사 공정성 제고 T/F 민간자문위원 등

최근 주요 연구실적

□ 최근 5년 교통안전 분야 용역연구 수행실적

- 2016년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2017
- 2015년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2016
- 2014년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2015
- 2013년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2014
- 자동차 리콜 분석 및 백서 작성, 교통안전공단, 2013
- 2012년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2013
- 2011년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2012
- 2010년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2011
- 교통안전 교육자료 영상제작, 버스공제조합 경남지부, 2010
- 2009년도 운수회사 교통안전진단 결과분석, 교통안전공단, 2010

□ 관련분야 주요 저술 및 연구논문

- 박승범, 도로교통사고감정사 1,2차, 성안당, 2020
- 박승범, 도로교통사고감정사 1차 사고재현론, 좋은땅, 2012
- 박승범, 허문석, 교통사고 재구성을 위한 시내버스의 발진가속도 측정과 활용, 한국교통사고조사학회, 2011
- 지윤석, 이홍로, 이환승, 박승범, 교통안전 진단업체 교통사고 요인분석 모형에 관한 연구, 자동차안전학회지, 2010
- 박승범, 한인환, 불확실한 교통사고 재구성 해석에서 충돌속도 추정을 위한 정면충돌변형 활용, 교통연구, 2010
- 한인환, 박승범, 차량사고에서 측정의 불확실성, 대한교통학회지, 2010
- S.B Park, I. Han, Reconstruction Analysis of Extraordinary Vehicle Accidents Utilizing 3-D Visual Effects. FISITA Conference, 2010
- 박승범, 도로교통사고감정사 I, II, 성안당, 2007
- 박승범 외, 교통사고 조사분석 사례연구, PNS출판, 2002
- 박승범 외, 교통사고 법규와 판례, PNS출판, 2002
- 박승범 외, 교통사고 조사분석 이론, PNS출판, 2002
- 박승범 외, 교통사고 조사분석 실무, PNS출판, 2002
- 박승범 외, 자동차사고감정공학 공동번역, 골든벨, 2000
- 박승범 외, 교통사고분석사 교재 공저, 교통안전공단, 2002
- 박승범 외, 교통사고 조사분석기법 공저, 도로교통안전협회, 1997
- 박승범 외, 교통사고 조사분석 사례집 공저, 도로교통안전협회, 1997
- 박승범, 교통사고 감정을 위한 스킵마크로부터 속도추정에 관한 연구, 한국법과학회, 2001
- 박승범, 이창효, 스킵마크로부터 속도추정, 한국법과학회, 2001
- 박승범 외, 자동차 충돌해석에서의 PDOF 분석 공동연구, 한국법과학회, 2001
- 박승범 외, 교통사고 발생시 운행기록지 주행속도기록의 영점보정 및 오차분석(공), 한국법과학회, 2001
- 박승범, 승용차와 덤프트럭의 급브레이크 조작에 따른 스킵마크 발생과 타이어-노면 마찰계수 특성 분석, 삼성화재 교통안전세미나, 1998
- 박승범, 자동차 충돌사고 재현에 관한 컴퓨터시뮬레이션 프로그램과 사용한계 분석, KAAIS Technical Review Vol.1. 1997

□ 최근(2019~20년도) 법원 감정촉탁 주요 경험 등

법원 및 사건번호	감정 보고서 제목
대구지방법원 2019나3086**	트럭의 속도와 오토바이 충돌 인과관계 고찰
부산지방법원 2019가합422**	사고장소 창문틀에서의 추락사고 고찰
서울중앙 2019가단51495**	오토바이의 속도와 충돌회피 가능성 고찰
부산지방법원 2019가단3079**	트럭의 전면구조와 운전자 시야 고찰
서울중앙 2019가단50062**	버스의 속도와 피해자 충돌회피 가능성 고찰
서울중앙 2018나767**	낙하물 발생 차량 고찰
서울중앙 2019나231**	사고차량 속도와 충돌회피 가능성 고찰
서울중앙 2019나153**	피고차량의 과속과 원고차량 서행여부 고찰
청주지방법원 2019구합63**	사고차량의 속도와 피해자 충돌회피 가능성 고찰
서울중앙 2019가합5258**	아파트 베란다 난간 추락사고 고찰
울산지방법원 2019가단1064**	사고지점 구간의 교통안전 시설물 고찰
서울중앙 2018나767**	덤프트럭 차량의 낙하물 여부 고찰
서울중앙 2018나813**	승합차의 피해자 인지시점과 정지거리 분석
청주지방법원 2017나28**	버스와 지게차의 충돌상황 고찰
서울중앙 2017가합5487**	수입 차량의 화재발생 원인 고찰
서울중앙 2018가단51938**	사고당시 전방상황과 상해 인과관계 고찰
전주지방법원 2020가합11**	롤러스케이터의 넘어진 원인 개연성 고찰
수원지방법원 2019고단27**	사고당시 주변 환경과 피해자 회피가능성 고찰
창원지방법원 2019가단1146**	사고차량의 운행 속도 추정
인천지방법원 2019가단2403**	소형트럭과 SUV의 손상과 충돌형태 분석
인천지방법원 2019나645**	사고도로에서 버스 좌회전시 정차차량 충격여부 분석
부산지방법원 2018가단3157**	자전거 충돌사고 원인의 개연성 고찰
수원고등법원 2019나196**	오토바이의 사고 발생과 사고도로 맨홀 연관성 고찰
서울남부 2019나601**	낙하물 발생차량 및 낙하위치 고찰
서울중앙 2020가단50944**	사고시점 상황에서 피해자 충돌회피 가능성 고찰
울산지방법원 2018가단170**	사고당시 피고차량의 2차사고 회피 개연성 고찰
서울중앙 2019나508**	원고차량의 피고차량 충돌 회피 개연성 고찰
대전지방법원 2018가소3619**	사고발생 상황에서 승용차량의 과실여부 고찰
대구지방법원 2019가단1238**	오토바이의 진로변경중 승용차량과의 사고에서 책임 고찰
수원지방법원 2017가단5211**	충돌 충격 정도와 상해발생 개연성 고찰
서울중앙 2019나731**	오피스텔 창문 추락사고 고찰
대구지방법원 2019나3228**	1차와 2차 사고에서의 보행자 사망 개연성 고찰
수원지방법원 2020나572**	사고당시 택시차량의 자전거 회피가능성 고찰
울산지방법원 2020가단9**	충돌 여부와 탑승자 부상 개연성 고찰
대구지방법원 2020나3056**	사고당시 상황에서 피고차량의 충돌회피 가능성 고찰
부산서부 2019가단1168**	교차로내 자전거관련 사고의 원인과 책임 고찰
부산지방법원 2020나568**	사고당시 피고차량의 피해자 회피가능성 고찰
대구지방법원 2020나3041**	사고차량의 교차로 진입상황 고찰

※ 법원 감정촉탁 400여건 외 인천대교, 서해대교 29중 추돌사고 등 약 1200여건 사고감정