

교통사고분석에서 EDR 기록정보의 채택에 관한 고찰

박종진* · 박정만** · 이연섭**

Study on Adopting EDR Report for Traffic Accident Analysis

Jongjin Park*, Jeongman Park**, Yeonsub Lee**

Key Words : *Event data recorder(사고기록장치), Crash data retrieval(충돌 데이터 추출기), Principal Direction of force(주충격력 작용방향), Traffic accident investigation(교통사고조사), Traffic accident reconstruction(교통사고재구성)*

ABSTRACT

Usage of EDR(Event Data Recorder) report for traffic accident analysis is currently increasing due to government regulation of EDR data release. Nevertheless, a lot of investigators simply adopt by comparing the number of ignition cycles(crash) at event to the number of ignition cycles(download) without an exact judgment whether event data occurred by this accident or not.

In the EDR report, besides ignition cycles, there are many factors such as event record type, algorithm active(rear/rollover/side/frontal), time between events, event severity status(rollover/rear/right side/left side/frontal), belt switch circuit status, driver/passenger pretensioner/air-bag deployment, PDOF(Principal Direction of Force) by ΔV to be able to decide whether or not to adopt. also the event data is considered enough to vehicle damaged state, accident situation at the scene of the accident. and there is described in "all data should be examined in conjunction with other available physical evidence from the vehicle and scene" in the CDR(Crash Data Retrieval) report.

Therefore many investigators have to decide whether or not to adopt after they consider sufficiently to above factors when they are the traffic accident analysis and investigate the causes of a accident on the adopted event data. In this paper, we report to traffic accident investigators notable points and analysis methods on the basis of thousands of cases and the results of one's own experiment in NFS(National Forensic Service).

1. 서론

우리나라는 국토교통부에서 2012년 12월 교통사고 분쟁의 해소와 정보 공개의 필요성으로 EDR(Event Data Recorder) 관련 규정이 제정되어 2015년 12월 19일부터 자동차관리법 29조의3(사고기록장치의 장착 및 정보

제공)에 의거하여 EDR에 관한 법령이 시행 되었으며, EDR 장착이 의무사항은 아니지만 시행일로부터 생산되는 차량(승용자동차와 차량 총중량 3.85ton 이하의 승합자동차·화물자동차)인 경우 장착 여부의 공개와 기록정보의 공개가 의무화가 되어 여러 교통사고유형에 EDR 기록정보의 활용도가 높아지고 있는 상황이다.

이미 미국에서는 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration) 49 CFR Part 563을 통해 2012년 9월 1일부터 EDR에 대한 설치 권고 및 기록정보의 표

* 국립과학수사연구원 교통과, 실장

** 서울과학수사연구소 이공학과, 감정관

E-mail : vortex820@korea.kr

준안이 시행되어 많은 제조사의 차종들에 EDR이 장착되었으며, BOSCH사의 CDR(Crash Data Retrieval) 장비를 바탕으로 데이터를 추출할 수 있고, 차종을 쉽게 찾아볼 수 있게 지원 차종 목록(Supported vehicle list)을 제공하고 있다.⁽¹⁾

우리나라 역시 NHTSA 49 CFR Part 563을 기반으로 자동차관리법 시행규칙 제30조의2(사고기록장치의 장착안내 및 정보제공 등), 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제56조의2(사고기록장치), KS R 5076 자동차용 사고기록장치 등에 자동차 주행 정보와 자동차 운전자 조작 정보 등을 기록하는 항목에 대해 자세히 명시되어 있다. 그러나 2015년 12월 19일 EDR에 관한 법령이 시행되기 이전 2012년부터 현재까지 국립과학수사연구원에서는 교통사고원인 분석 시 수 천 건의 EDR 보고서를 분석하여 사고원인을 명확히 규명하고자 노력하였으며, 특히 2016년부터 국내 일부 차종을 토대로 EDR 기록정보의 신뢰성 및 적용 방법 등에 대한 연구를 진행하고 있다.⁽²⁻⁵⁾

미국에서는 1990년대 후반부터 NHTSA, NTRB(National Transportation Research Board), VRTC(Vehicle Research and Test Center) 등등 많은 기관에서 EDR 신뢰성에 대한 실험 및 연구를 수행하였고,⁽⁶⁻⁹⁾ 자동차 소유자 등이 직접 EDR의 기록정보를 검색하거나 확인할 수 있도록 자동차 제작사 등이 EDR 기록정보의 추출 장비 등을 자체 생산하여 보급하거나 또는 외부 업체를 이용하여 자유롭게 EDR 기록정보를 확인할 수 있게 하였다.

외국에서 이미 시중에 판매되고 있는 CDR 및 VCI (Vehicle Communication Interface) 장비 중에 현재 CDR 장비만 우리나라에서 자유롭게 구매 및 활용 가능하고, 아직 국내 자동차제작사의 통합된 EDR 추출 장비는 판매되지 않고 있으며, 현대·기아자동차의 EDR 기록정보를 추출할 수 있는 VCI 장비만 일부 기관에 판매하는 상황이고, 르노자동차 및 쌍용자동차에서는 아직 EDR 기록정보를 추출하는 장비를 판매하고 있지 않은 상황이다.

2010년부터 2019년까지 국내 수입 승용차의 연도별 점유율을 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있으며, 2019년에 국내 수입 승용차는 15.93%를 차지하고 있으므로 국내 자동차제작사의 승용차 시장점유율이 상대적으로 5배 이상 높다고 볼 수 있다.⁽¹⁰⁾ 그러므로 교통사고 발생 시 국내 자동차제작사의 차종들에 의한 사고비율도 높은 것이 현실이며, 이미 급발진 추정사고에서 운전자의 페달 오조작에 관한 사례 연구논문에 발표된 바 있고,⁽¹¹⁾ Fig. 2와 같이 국내 제작사별 내수통계에 따른 판매대수에서

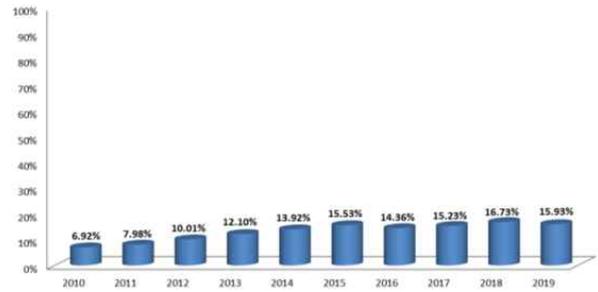


Fig. 1 The yearly domestic market share of imported car (2010~2019)



Fig. 2 Number of domestic sales(2010~2019)

특히 현대·기아자동차가 큰 비율을 차지하고 있는 것을 알 수 있다.⁽¹²⁾

따라서 교통사고 발생 시 외국차종의 CDR 보고서를 바탕으로 사고원인 조사를 하는 경우보다 현대·기아자동차의 EDR 보고서를 토대로 사고원인 조사를 하는 경우가 훨씬 많을 것으로 사료된다. 그러나 아직 국내 학계 및 산업계에서 EDR 기록정보를 확인하기 어려워 국내 자동차제작사의 차종에 대한 EDR 기록정보의 신뢰성에 대한 다양한 실험 및 연구 자료를 찾아보기 어렵다.

이에 본 논문에서는 현대·기아자동차의 차종에서 추출한 EDR 보고서를 바탕으로 국립과학수사연구원에 의뢰된 수 천 건의 사고사례와 자체적으로 수행한 충돌실험 결과를 바탕으로 교통사고조사자들이 추출한 EDR 기록정보가 사고원인을 정확히 분석하고자 하는 이벤트 데이터(Event data) 인지 혹은 아닌지의 채택 여부를 결정함에 있어 분석 방법과 분석 시 유의해야 할 부분을 간략히 소개하고자 한다.

2. EDR 기록정보 채택 방법

교통사고 발생 시 분석가들은 사고 차량의 차종 및 연식을 바탕으로 CDR 장비, VCI 장비 혹은 각 제조사에서

별도로 갖추고 있는 EDR 기록정보의 추출 장비를 활용하여 사고차량에 장착된 ACU(Airbag Control Unit), ACM(Airbag Control Module) 등의 에어백 제어기에서 EDR 기록정보를 추출할 수 있다. 또한 사고차량의 상태에 따라 배터리의 전원 공급이 가능할 경우 간단히 “Key On” 상태에서 OBDII(On Board DiagnosticII) 단자에 CDR 혹은 VCI 장비를 연결하여 EDR 기록정보를 추출할 수 있으며, 배터리로부터 정상적인 전원 공급이 어려운 경우 퓨즈 패널(Fuse Panel) 혹은 PDC(Power Distribution Centers)를 통해 강제로 에어백 제어기에 전원공급(Re-powering or Back-powering)하여 추출할 수 있고, 파손으로 인한 통신 장애 시 에어백 제어기를 탈거하여 직접 진단 어댑터(Adapter)를 연결하여 추출할 수도 있다.

현대·기아자동차의 차종에서 추출한 EDR 보고서에 이벤트는 최대 2개의 사고(Event)를 기록할 수 있는 것으로 명시되어 있으나, 외국 차종에서는 그 이상 기록하는 경우를 볼 수 있다. 현재 미국에서 판매되는 VCI 장비를 수입하여 국내 내수용 차량에 활용 시 EDR 보고서는 영문으로 출력되고, 데이터 배열이 상이하여 실제 사고당시의 운행 정보와 다른 정보가 출력될 수 있으므로 분석가들은 국내 내수용 차량을 위한 VCI 장비를 이용해야 한다.

2.1. 시동 스위치 작동 누적횟수

자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제 56조의2제2항 관련 사고기록장치 장착기준에 “시동장치의 원동기 작동위치 누적횟수”란 사고시점까지 시동장치의 원동기 작동위치 누적횟수를 말하며, “정보 추출 시 시동장치의 원동기 작동위치 누적횟수”는 정보 추출시점까지 시동장치의 원동기 작동위치 누적횟수를 말하는 것으로 기술되어 있고, Table 1과 같이 기록 간격·시간, 초당 기록횟수를 나타내고 있다.

그리고 KS R 5076 자동차용 사고기록장치의 저장항목에 Table 2와 같이 점화 사이클에 대해 나타나 있으나, 정보 추출 시 시동 스위치 작동 누적횟수에 대해 명확한

Table 1 Data element of EDR

Data element	Unit	Recording Time·Period	Period
Ignition cycle, crash	Cycle	-1s a point of time	·
Ignition cycle, download	Cycle	Download a point of time	·

Table 2 Ignition cycle specification in KS R 5076

Data element	Unit	Accuracy	Resolution	Range	Time	Period
Ignition cycle	Cycle	±1	1	0 ~ 60000	-1s	·

설명은 없다.

EDR 보고서의 사고기록장치에 대한 부분에서 시동횟수는 “에어백 제어기의 전원 모드가 변경되는 경우(OFF/Accessory에서 IGN ON/RUN)”, “EDR 데이터 회수 톨로 사고기록정보를 회수하는 경우”에 1씩 증가하는 것으로 기술되어 있다.

그러나 자체 충돌실험결과에서 Fig. 3 및 Fig. 4와 같이 실험차량에 이벤트를 발생 시키고 시동키를 OFF한 상

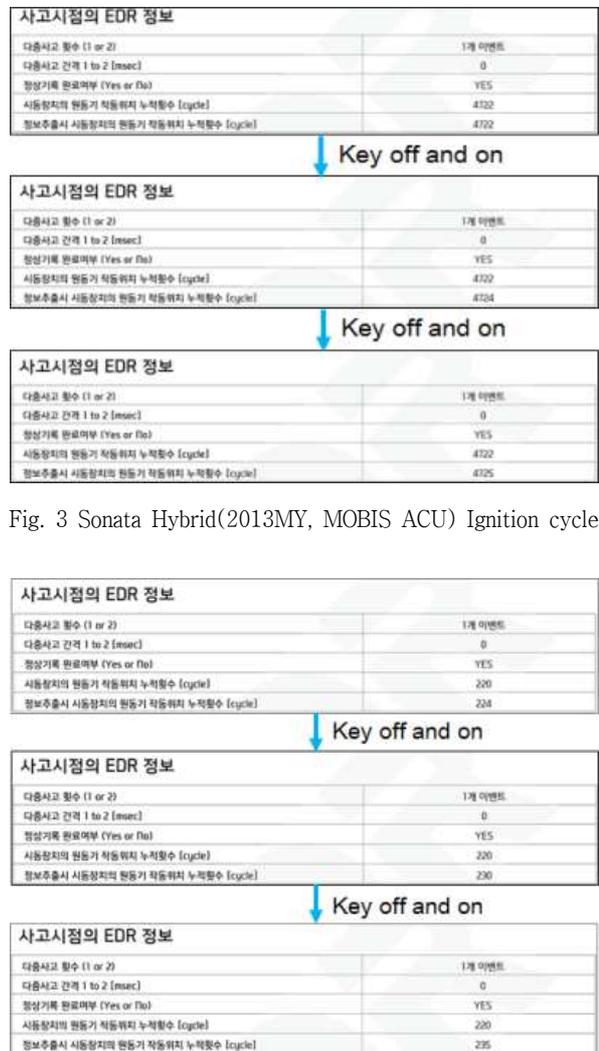


Fig. 3 Sonata Hybrid(2013MY, MOBIS ACU) Ignition cycle

Fig. 4 Santafe DM(2013MY, AUTOLIV ACU) Ignition cycle

태에서 다시 ON하여 확인 시, Sonata Hybrid의 “정보추출시 시동장치의 원동기 작동위치 누적횟수”가 1씩 순차적으로 증가하는 것이 아니라 2 또는 1 씩 증가하는 상황을 확인하였으며, Santafe DM은 6 또는 5 씩 증가하는 상황을 확인하였다.

그리고 실제 사고차량에서 EDR 기록정보 추출 시 Fig. 5 및 Fig. 6과 같이 “충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수”가 “0”으로 기록되고 “정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수”가 “유효하지 않은 데이터”로 표시되는 경우가 있어, 단순히 시동 스위치 작동 누적횟수의 비교로 EDR 기록정보의 채택 여부를 결정하기 어렵다. 위의 누적횟수 표시는 EDR 관련 규정이 제정되어 시행되지 이전의 차종으로서 EDR을 적용하기 위한 초기 모델로 시동 스위치 작동 누적횟수를 카운터(Counter)하는 장치가 ACU 내에 세팅(Seting)되지 않고 차체 내에 있는 것으로 사료되며, ACU를 사고차량에 장착한 후 EDR 기록정보 추출 시에 정상적으로 누적횟수가 기록되어 나온다.

또한 사고차량의 파손정도가 심해 정상적인 전원공급 및 통신이 되지 않는 경우 역시 단순히 “충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수”와 “정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수”를 비교하여 본 사고로 발생된 EDR 기록정보인지 확인하기 어렵다. 그리고 사고 발생 직후 EDR 기록정보를 사고차량에서 추출하는 것이 아니라 일정 기간이

다중사고 횟수 (1 or 2)	1개 이벤트
다중사고 간격 1 to 2 [msec]	0
정상기록 완료여부 (Yes or No)	YES
충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	0
정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	유효하지 않은 데이터

Fig. 5 Event status at event on EDR report(Forte Koup TD (2009MY, MOBIS ACU))

다중사고 횟수 (1 or 2)	1개 이벤트
다중사고 간격 1 to 2 [msec]	0
정상기록 완료여부 (Yes or No)	YES
충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	79
정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	유효하지 않은 데이터

Fig. 6 Event status at event on EDR report(Genesis Coupe BK(2009MY, BOSCH ACU))

다중사고 횟수 (1 or 2)	1개 이벤트
다중사고 간격 1 to 2 [msec]	0
정상기록 완료여부 (Yes or No)	YES
충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	4594
정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수 [cycle]	6555

Fig. 7 Event status at event on EDR report in real world accident

지난 후에 추출하는 경우, 그 기간 내에 또 다른 사고로 이벤트가 발생할 수 있는 바, 누적횟수의 상호 비교로 이벤트 데이터를 단정하여 채택하기에는 부족함이 있다.

Fig. 7은 이벤트 발생 후 시동 스위치 작동 누적횟수가 1961번 카운트된 후 EDR 기록정보를 추출한 경우로서 분석하고자 하는 사고와 관련 없는 기록정보일 가능성이 높다.

2.2. 사고 시점의 구속장치의 전개명령 정보

EDR 보고서의 시동 스위치 작동 누적횟수를 비교한 후 “사고 시점의 구속장치의 전개명령 정보”에서 에어백 혹은 안전띠 프리로딩 장치 전개여부를 확인하고, 사고차량의 에어백 혹은 안전띠 프리로딩 장치의 실제 전개여부

Table 3 Deployment command data at event on EDR report

Front airbag deployment time, driver (first stage)[msec]	2163
Front airbag deployment time, passenger(first stage)[msec]	2163
Front airbag deployment time, driver(second stage)[msec]	2167
Front airbag deployment time, passenger(second stage)[msec]	2167
Front airbag deployment time, driver(third stage)[msec]	Not supported
Front airbag deployment time, passenger(third stage)[msec]	2196
Front airbag disposal deployment, driver(second stage)(Yes or No)	No
Front airbag disposal deployment, passenger(second stage)(Yes or No)	No
Front airbag disposal deployment, driver(third stage)(Yes or No)	No
Front airbag disposal deployment, passenger(third stage)(Yes or No)	No
Front side airbag deployment time, driver[msec]	No deployment
Front side airbag deployment time, passenger[msec]	No deployment
Curtain airbag deployment time, driver[msec]	No deployment
Curtain airbag deployment time, passenger[msec]	No deployment
Seat belt pretensioner deployment time, driver[msec]	2163
Seat belt pretensioner deployment time, passenger[msec]	2163

와 비교하여 EDR 기록시점(이벤트 발생시점)을 분석하여야 한다. “사고 시점의 에어백시스템 정보”에서 “에어백 경고등 점등” 상태가 “ON”으로 기록되어 있는 경우 다중 이벤트 발생 시 선행하는 이벤트에서 에어백이 전개되었거나, 이벤트 발생 이전에 에어백 시스템에 에러(Error)가 진단된 것으로, 이와 같은 경우에는 에어백이 전개되지 않을 수 있음을 유의해야 한다.

Table 3은 실제 사고차량에서 추출한 EDR 기록정보로서 평균 8.8°의 내리막길인 사고현장을 주행하며 담벼락을 정면충돌하고 건물 외벽을 2차 충돌하여 추락한 사고이다.

본 사고로 1개의 이벤트가 기록되었으며, EDR 기록정보에 에어백 경고등은 “OFF” 상태이고, 에어백 및 안전띠 프리로딩 장치의 전개된 것이 기록되어 있다. 그러나 정면 에어백 전개시간(1단계)이 2163ms로 일반적인 정면 에어백 전개시간인 50ms초 이내보다 훨씬 길게 시간이 기록되어 있다. 이와 같은 경우 EDR 기록정보에서 “자동차 전복경사각도”의 변화를 확인할 필요가 있다. 사고기록장치의 이벤트 발생시점(T0)은 자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제56조의2제2항 관련 사고기록장치 장착기준에 “0초”란 사고기록 시 기록간격이나 시간간격에 대한 기준시점으로서 세 가지 경우를 명시하고 있고, EDR 보고서에 역시 Table 4와 같이 “Time zero(T0)”에 대해 기술되어 있다.

전복감지센서는 사고 당시 차량의 롤링(Rolling) 가속도와 기울기를 측정하여 에어백 제어기의 충돌감지알고리즘이 작동(Wake up)할 수 있게 한다. 본 사례의 경우 Table 5와 같이 EDR 기록정보에서 전복경사각도 정밀도는 10°이며 0.0초에 0°, 0.1초에서 -10°로 기록되어 있

Table 4 Time zero(T0) definition on EDR report

Time zero(T0) means whichever of the following occurs first
1. For systems with “wake-up” airbag control systems, the time at which the occupant restraint control algorithm is activated
2. For continuously running algorithms 1) The first point in the interval where a longitudinal cumulative delta-V of over 0.8 km/h is reached within a 20msec time period 2) For vehicles that record “delta-V, lateral” the first point in the interval where a lateral cumulative delta-V of over 0.8 km/h is reached within a 5msec time period
3. Deployment of a non-reversible deployable restraint

Table 5 Extracted roll angle(degree, -1~5sec) on EDR report

No.	Time (sec)	Roll angle (degree)	No.	Time (sec)	Roll angle (degree)
1	-1.0	0	11	0.0	0
2	-0.9	0	12	0.1	-10
3	-0.8	0	13	0.2	-10
4	-0.7	0	14	0.3	-10
5	-0.6	0	15	0.4	-10
6	-0.5	0	16	0.5	-10
7	-0.4	0	17	0.6	-10
8	-0.3	0	18	0.7	-10
9	-0.2	0	19	0.8	-10
10	-0.1	0	20	0.9	-10

으므로 사고차량의 전복감지센서에 의해 에어백의 EDR 기록 알고리즘이 활성화 된 것으로 볼 수 있으나, EDR 기록 알고리즘이 활성화되는 정확한 임계값(Threshold)에 대해 명시되어 있지 않아, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

따라서 사고차량이 본 사고에 있어 어느 시점에 이벤트가 발생하였는지를 사고 시점의 구속장치의 전개명령 정보만으로 확인하기 어려우므로 사고상황에 대해 충분히 조사해야 한다.

2.3. PDOF 및 다중 충돌

교통사고 발생 시 분석가들은 사고차량의 주충격력 작용방향(Principle Direction Of Force) 및 파손형태, 충돌지점 및 최종위치, 사고현장의 흔적, 산출된 속도 등을 고려하여 사고상황을 정확히 분석한다. 따라서 PDOF는 사고상황을 분석하는데 있어서 중요한 요소이며, EDR 보고서에 역시 PDOF를 확인할 수 있는 “진행방향 속도변화 누계” 및 “측면방향 속도변화 누계”가 표시된다. 또한 속도변화 누계의 방향성에 대해 Fig. 8과 같이 “기록정보의 방향”으로 명시하고 있으므로 쉽게 PDOF를 확인할 수 있다.

속도변화, 즉 ΔV 에 대한 많은 연구에서 그 오차를 분석하였으며,^(9,13~16) Part 563에서 속도변화 누계에 대한 정밀도를 $\pm 10\%$ 로 나타내고 있다. 일반적으로 PDOF는 “진행방향 최대 속도 변화량”과 “측면방향 최대 속도 변화량”을 바탕으로 계산 가능하며 차량의 정면을 기준(0°, 12시)으로 하여 각도법 혹은 시계방향으로 나타낼 수

기록항목(Data element name)	+방향(Positive sign)
진행방향 가속도 (Longitudinal acceleration)	진행 방향 (Forward direction)
진행방향 속도변화 누계 (Delta V, longitudinal)	진행 방향 (Forward direction)
측면방향 가속도 (Lateral acceleration)	좌측에서 우측 방향 (Left to Right direction)
측면방향 속도변화 누계 (Delta V, lateral)	좌측에서 우측 방향 (Left to Right direction)
수직방향 가속도 (Normal(vertical) acceleration)	상측에서 하측 방향 (Downward direction)
전복 각도 (Vehicle roll angle)	시계 방향 (Clockwise Rotation)
조향핸들 각도 (Steering Input)	반 시계 방향 (Counterclockwise rotation)

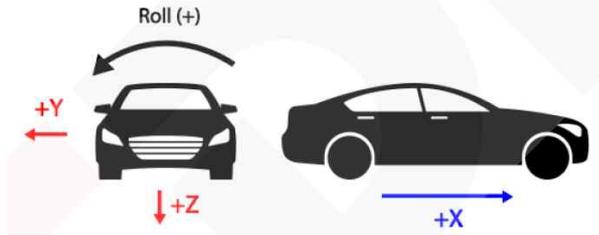


Fig. 8 Data element sign convention on EDR report

다중사고 횟수 (1 or 2)	2개 이벤트
다중사고 간격 1 to 2 (msec)	600
정상기록 완료여부 (Yes or No)	YES
충돌기록시 시동 스위치 작동 누락횟수 (cycle)	5731
정보주율시 시동 스위치 작동 누락횟수 (cycle)	5734

Fig. 9 Event status at event on EDR report

있다.

따라서 EDR 기록정보로 계산된 PDOF와 실제 사고차량의 주충격력 작용방향을 확인한 후, EDR 기록정보의 채택 여부를 결정할 수 있다. 그러나 교통사고는 한 번의 충돌로 사고가 완료되는 경우보다 다발적으로 충돌하는 경우가 빈번하고, 동일한 충격부위에 재차 충돌되는 경우도 많다. 그러므로 PDOF만으로 정확히 어떤 상황에서 이벤트가 발생하였는지 역시 파악하기 어렵다.

그러므로 다중 이벤트가 기록된 경우 Fig. 9와 같이 “사고시점의 EDR 정보”의 다중사고 횟수와 간격을 확인하여 사고와의 동일성을 구분하기도 한다.

2.4. 사고 이전 차량 정보

앞 절에서 소개한 분석방법으로도 EDR 기록정보의 발생시점을 명확히 분석할 수 없는 경우가 발생한다. 이 경우 EDR 보고서의 “사고 이전 차량 정보”에 0.0초에서부터 -5.0초까지 0.5초 단위로 자동차 속도(km/h), 엔진 회전수(rpm), 스로틀 열림량(%), 가속페달 변위량(%), 제동페달 작동 여부(on/off), 조향핸들각도(degree) 등이 기록되어 있어 사고차량의 운행정보와 사고상황을 비교할 수 있는 데이터를 바탕으로 충분히 검토한 후 EDR 기록정보의 채택 여부를 결정하여야 한다.

Table 6 Data element of EDR(KS R 5076)

Data element	Unit	Accuracy	Resolution	Range
Speed	km/h	±1	1	0~200
Service brake	on/off	-	-	-
Steering input	deg	±5	5	-250~250

KS R 5076 자동차용 사고기록장치의 저장항목에 대한 단위, 정밀도, 해상도, 데이터 측정범위, 저장시간, 저장 주기 등이 명시되어 있으며, 이 중 자동차 속도, 제동페달 작동 여부, 조향핸들각도에 대한 사항을 Table 6과 같이 나타낼 수 있다.

우리나라는 다른 나라에 비해 자동차용 블랙박스, CCTV 등의 보급률이 높아 EDR 기록정보의 “사고 이전 차량 정보”와 영상에 기록된 주행 상황을 비교할 수 있는 사고가 많다. Table 6과 같이 자동차 속도의 정밀도는 ±1km/h로 비교적 높은 상태로 사고차량에 자동차용 블랙박스가 장착되어 있거나 사고현장에 CCTV가 있다면 영상을 기반으로 속도를 분석하여 “사고 이전 차량 정보”와 비교함으로써 이벤트 발생 시점 혹은 위치를 파악할 수 있다.

그러나 영상에서 확인되는 사고차량의 제동등 점등 시점을 기반으로 이벤트 발생 시점 혹은 위치를 파악하기에는 EDR 기록정보의 저장간격이 0.5초로 설정되어 있어 실제 영상에서 사고차량의 제동등이 0.5초 이내에 점등되었다가 소등되는 경우에는 EDR 보고서의 “사고 이전 차량 정보” 중 “제동페달 작동여부”에는 기록되지 않을 수 있어 제동페달 작동 여부만으로 이벤트 발생 시점을 분석하기는 어렵다.

사고차량의 주행 방향과 조향 상태를 확인할 수 있는 경우 “조향핸들 각도”의 데이터 값을 상호 비교하여 EDR 기록정보의 동일성을 확인 가능하나, Table 6과 같이 조향핸들 각도 정밀도가 ±5° 이고 EDR 기록정보의 시간 분해능이 0.5초임에 따라 정확한 주행상황을 보여 줄 수 없어, 조향핸들 각도 데이터의 경향성과 실제 주행상황을 비교하여 EDR 기록정보의 채택 여부를 결정하여야 할 것이다.

이미 EDR 기록정보의 “조향핸들 각도” 데이터를 바탕으로 0.5초 사이에 큰 조향핸들 각도의 변화가 없는 경우 교통사고 재구성 프로그램인 PC-CRASH의 시퀀스 테이블(Sequence table)을 이용하여 차량의 주행상황을 재구성 시, 실제 차량의 주행상황과 유사한 경로로 주행하는 상황이 묘사되었다.⁽²⁾

교통사고에 있어 사고원인이 진로변경인 경우, 사고

차량에 EDR이 장착되어 있고 사고로 이벤트가 발생하였다면 조향핸들 각도로 사고원인 분석이 가능하며, 보험범죄, 보복운전, 고의성 사건·사고 등에 있어서도 운전자가 의도적으로 조향했는지 등을 확인할 수 있는 객관적인 자료로 활용할 수 있다. 최근 외제차를 이용한 보험범죄 의심사례로 의뢰된 경우가 있었으며, 이 사건을 조향핸들 각도로 명확히 밝혔다.

2.5. EDR 기록정보 분석 사례



Photo 1 Deployment status of Air-bag

본 절에서는 앞서 소개한 EDR 기록정보의 분석방법을 토대로 실제 사고사례에서 채택하는 과정을 순차적으로 설명하고자 한다.

Table 3 및 Table 5의 이벤트를 발생한 사고차량이 평균 8.8°의 내리막길을 일정거리 주행하며 담벼락(Wall)을 정면충돌하고 건물 외벽(Exterior wall of building)을 2차 충돌하며 추락한 사고에서의 EDR 기록정보를 나타내며, 이벤트는 1개 발생한 것으로 기록되어 있다. EDR 기록정보 추출 후 “충돌기록시 시동 스위치작동 누적횟수”와 “정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수”의 차이는 8회로, 본 사고 시에 발생한 이벤트 데이터일 가능성이 있다.

사고차량에 에어백은 Photo 1과 같이 전개된 상태를 보이며, 앞서 2.2.절에서 언급한 것과 같이 EDR 기록정보에 역시 Table 3과 같이 에어백이 전개된 것으로 기록되어 있으나, 전개 시간이 2163msec로 정상적인 에어백 전개 시간을 초과하고, Table 5의 전복경사각도가 0.1초부터 -10°로 변화하는 상황으로 롤오버센서(Roll oversensor)에 의한 충돌감지알고리즘이 작동에 의해 이벤트가 발생한 것으로 보인다. 그러므로 본 사고는 롤오버센서에 의

한 충돌감지알고리즘의 작동된 경우로 담벼락 정면충돌 시점, 건물 외벽충돌 시점에 발생한 이벤트가 아니므로 ΔV 기반의 PDOF 분석은 의미가 없다.

사고상황과 EDR 보고서의 “사고 이전 차량 정보”를 비교하기 위해 Table 7과 같이 사고차량의 자동차 속도, 제동페달 작동여부, 조향핸들 각도를 나타내었으며, Fig. 10과 같이 사고현장을 3D 스캐너로 스캔하고 사고 관련 영상(블랙박스 영상 및 CCTV 영상)을 바탕으로 구간별 속도를 분석하여 PC-CRASH(ver. 10.1) 프로그램 상에 나타내었다.

우리 연구원에서 처음에 본 사고 감정 시, 간략한 사고 경위와 ACU 단품만을 제시하여 이벤트 발생 시점 및 위치를 담벼락을 충격하고 추락하는 과정에서 발생한 것으로 추정하였으나, 사고현장계측을 통한 분석, 영상분석 등을 종합하여 사고상황 분석 시, Fig. 10과 같이 담벼락 충돌 이전 내리막길을 내려오는 과정에서 노면의 굴곡 및 경사, 차체의 롤링 등으로 충돌감지알고리즘이 작동한 것으로 확인되었으며, 담벼락을 충돌 후 추락하는 과정에서 에어백이 전개된 사실을 알 수 있었다.

그러므로 단순히 EDR 기록정보에서 시동 스위치 작

Table 7 Pre-crash data in EDR report

Time (sec)	Vehicle Speed (km/h)	Service Brake (on/off)	Steering Input (degree)
-5.0	16	OFF	20
-4.5	17	OFF	20
-4.0	17	OFF	0
-3.5	18	OFF	-10
-3.0	20	OFF	0
-2.5	21	OFF	-10
-2.0	22	OFF	-10
-1.5	27	OFF	0
-1.0	31	OFF	10
-0.5	34	OFF	0
0.0	43	OFF	0

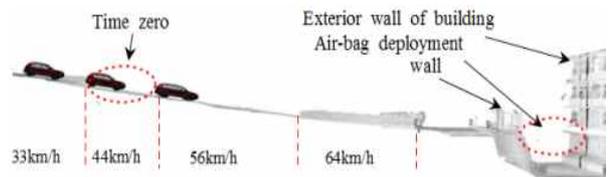


Fig. 10 Accident reconstruction based on 3D scan

동 누적횟수 비교, 사고 시점의 구속장치의 전개명령 정보, PDOF, 사고 이전 차량 정보 등만으로 기록정보의 채택 여부를 결정하기는 어렵고, 자칫 잘못된 채택은 분석에 대한 신뢰성 문제로 이어져 법적 증거로서 인용되기 어렵다.

따라서 교통사고 조사관 및 분석가들은 사고현장에 대한 조사, 사고차량에 대한 조사, 사고상황에 대한 충분한 이해 등의 다각적인 분석으로 EDR 기록정보의 채택 여부를 판단해야 할 것이며, 채택된 EDR 기록정보로 정확한 사고원인을 분석해야 할 것이다.

3. 결 론

본 연구에서 소개한 여러 사례와 같이 EDR 기록정보의 채택 여부를 결정하기 위해서 교통사고조사자들은 다음과 같이 종합적으로 분석하여 판단해야 할 것이며, Table 8과 같이 비교 및 확인해야 할 최소한의 사항을 나타내 보았다.

- 1) EDR 보고서의 “충돌기록시 시동 스위치 작동 누적횟수”와 “정보추출시 시동 스위치 작동 누적횟수”를 비교한다.
- 2) EDR 보고서의 “사고 시점의 구속장치의 전개명령 정보”에서 에어백(혹은 안전띠 프리로딩 장치) 전개여부를 확인하고 사고차량의 에어백(혹은 안전띠 프리로딩 장치)의 전개 상태를 확인한다. 그리고 전개 시간의 타당성을 검토한 후 롤오버센서에 의한 충돌감지알고리즘의 작동 여부를 확인한다.

Table 8 Flow chart & Check List to adopt EDR report

NO.	EDR report retrieval		
1	Ignition cycle at crash	vs.	Ignition cycle at download
2	Deployment information of air-bags and pretensioners in EDR report	vs.	Deployment status of air-bags and pretensioners in vehicle
3	PDOF or roll angle in EDR report	vs.	PDOF of Vehicle
4	Pre-crash information (-5 ~ 0 sec)	vs.	Pre-crash information of real accident (dash-cam video)
5	EDR report matching with actual accident		

- 3) EDR 보고서의 최대 속도 변화량을 바탕으로 PDOF를 계산하여 사고차량의 주충격력 작용방향과 비교한다.
- 4) EDR 보고서의 “사고 이전 차량 정보”의 데이터를 바탕으로 실제 사고상황과 동일한지 비교한다.

아직 EDR 보고서의 채택에 대해 우리나라에서 큰 문제가 되고 있지 않으나, 교통사고조사자들의 분석능력에 따라 교통사고원인이 뒤바뀔 가능성이 크고, 법정에서 분쟁의 소지가 있는 바, 우리나라에서도 체계적으로 EDR 보고서의 분석방법을 교육하는 전문 기관 및 과정이 필요하다.

후 기

이 논문은 행정자치부 주관 국립과학수사연구원 과학수사감정기법연구개발 사업의 지원을 받아 수행한 연구임(NFS2016TAA01, NFS2017TAA01).

참고문헌

- (1) Bosch Automotive Service Solutions Inc., <https://www.boschdiagnostics.com/cdr/>
- (2) J. C. Park, J. H. Kim, W. T. Oh, J. H. Choi, and J. J. Park, 2017, “Reliability Evaluation of EDR Data Using PC-Crash & Vbox”, Transactions of KSAE, Vol. 25, No. 3, pp. 317~325.
- (3) G. O. Park, H. J. Kim, J. H. Song, Y. S. Hong, and H. B. Kwon, 2011, “Technical Trend of The Event Data Recorders”, KSAE Spring Conference Proceedings, pp. 1257~1261.
- (4) D. K. Yun, Y. H. Kim, and H. T. Lee, 2014, “Study on EDR Utilization for Traffic Accident Analysis”, KSAE Annual Conference Proceedings, pp. 1439~1444.
- (5) S. H. Lim, J. C. Park, J. H. Kim, W. T. Oh, J. H. Choi, and J. J. Park, 2019, “Analysis of Multi-Car Rear-End and Chain Reaction Collision Using EDR”, Transactions of KSAE, Vol. 27, No. 2, pp. 101~108.
- (6) C. Wikinson, J. Lawrence, B. Heinrichs, and D. King, 2005, “The Accuracy and Sensitivity of 2003 and 2004 General Motors Event Data Recorders

- in Low-Speed Barrier and Vehicle Collisions”, SAE 2005-01-1190.
- (7) H. C. Gabler, D. J. Gabauer, H. L. Newell, and M. E. O'Neill, 2004, “Use of Event Data Recorder (EDR) Technology for Highway Crash Data Analysis”, Annual Research Report of NCHRP.
- (8) R. Brown, L. Lewis, B. Hare, M. Jakstis, R. Landis, H. Clyde, and R. Buetzer, 2012, “Confirmation of Toota EDR Pre-Crash Data”, SAE 2012-01-0998.
- (9) Richard R. Ruth, Ada Tsoi, 2014, “Accuracy of Translations Obtained by 2013 GIT Tool on 2010-2012 Kia and Hyundai EDR Speed and Delta V Data in NCAP Tests”, SAE 2014-01-0502.
- (10) Korea Automobile Importers & Distributors Association, Statistics Center, <https://www.kaida.co.kr/ko/statistics/kaidaShareList.do>, 2020.
- (11) J. J. Park, J. M. Park, and Y. S. Lee, 2019, “Case Study on Driver’s Pedal Mal-operation in Sudden Unintended Acceleration Accidents”, Transactions of KSAE, Vol. 27, No. 11, pp. 877~882.
- (12) Korea Automobile Manufacturers Association, Statistics of Domestic Consumption, <http://www.kama.or.kr>, 2020.
- (13) Niehoff, P., H. Gabler, J. Brophy, C. Chidester, J. Hinch, and C. Ragland, 2005, “Evaluation of Event Data Recorders in Full Systems Crash Tests”, National Highway Traffic Safety Administration, Paper Number 05-0271.
- (14) Gabler C., Thor C., and Hinch J., Aug. 2008, “Preliminary Evaluation of Advanced Air Bag Field Performance Using Event Data Recorders”, National Highway Traffic Safety Administration, Report No. DOT HS 811 015.
- (15) Tsoi A., Johnson N., and Gabler H., 2014, “Validation of Event Data Recorders in Side-Impact Crash Tests”, SAE Int. J. Trans. Safety 2(1): 130-164, doi:10.4271/2014-01-0503.
- (16) Bortles W. and Hostetler R., 2019, “Performance of Event Data Recorders Found in Toyota Airbag Control Modules in High Severity Frontal Oblique Offset Crash Tests”, SAE Technical Paper 2019-01-0633, doi:10.4271/2019-01-0633.