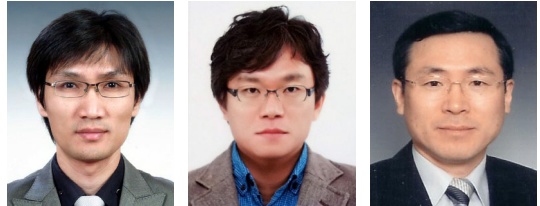


컴퓨터 충돌 시뮬레이션을 활용한 차량방호안전시설 성능평가



김 경 주 | (주)로드키네마틱스 대표이사
 김 동 성 | (주)로드키네마틱스 연구개발팀장
 노 관 섭 | 한국건설기술연구원 선임연구위원

1. 배경

차량방호안전시설(각종 방호울타리, 전이구간, 단부처리시설, 충격흡수시설, 트럭탈부착용 충격흡수시설)은 공인 시험장에서 수행되는 실물차량 충돌시험을 이용한 성능평가를 통하여 차량 충돌에 따른 안전성을 확인하여 사용되고 있다(도로안전시설 설치 및 관리지침; 국토교통부, 2014). 실물충돌시험을 통하여 검증된 차량방호안전시설이라 할지라도 도로현장에 적용할 때 시험장과 현장조건이 상이하여 그 성능이 제대로 발휘되지 못하는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 특히 노측용 차량방호울타리는 지반조건 또는 지주 매입깊이 변화에 따라 불확실하게 나타나는 지주 수평지지력, 교량용 방호울타리는 다양한 연석의 단면형상 및 재질, 그리고 각종 차량방호울타리에 대하여 공통적으로 인접 구조물 등에 의하여 발생하는 단절구간으로 인하여 최소 소요길이(Length of Need) 미확보와 단부처리를 포함하

는 CIP(Critical Impact Point)의 변화 등으로 인하여 현장조건이 시험장과 다를 수 있다.

현장 및 시공 조건이 시험장 조건과 다르기 때문에 발생하는 다양한 문제들을 방지할 경우 방호울타리의 설치 목적을 달성하기 어렵게 될 가능성이 커지게 되고 오히려 설치되지 않는 것 보다 더 위험한 결과를 초래할 수도 있다. 이와 같은 위험성을 감소시키기 위해 다양한 현장조건을 적용한 충돌시험을 통하여 차량방호안전시설의 성능을 평가한다면 막대한 사회적 비용과 시간이 소요되기 때문에 미국과 유럽연합을 포함한 교통안전 선진국들은 차량방호안전시설 성능평가의 한 부분으로 컴퓨터 충돌 시뮬레이션을 적극적으로 활용하고 있다.

차량방호안전시설의 성능평가를 위한 컴퓨터 충돌 시뮬레이션을 적용하기 위해서는 충돌 시뮬레이션의 정확성 및 신뢰성 확보가 필요하다. 이를 위하여 해석대상 구조물을 구성하는 부재의 재료특성, 해석프로그램의 에너지밸런스 관리와 수치 안정성 및 다양

한 계산 특성을 적절하게 정의할 수 있어야 하기 때문에 이를 반영하는 통합적인 기준이 설정될 필요가 있다. 다양한 분야의 충돌 시뮬레이션에 대한 검증 및 확인을 위한 대표적인 기준으로 미국기계학회의 ASME V&V 10-2006(ASME, 2006), 미연방항공국의 FAA Advisory Circular 20-146(FAA, 2003) 및 철도 차량에 대한 유럽기준인 prEN 15227(European Committee of Standardization, 2005) 등이 있다. 이러한 기준들을 기본으로 차량방호안전시설 분야에서는 NCHRP Web-Only Document 179(TRB, 2010) 및 CEN/TR 16303(European Committee of Standardization, 2012)이 만들어져서 미국과 유럽에서 사용되고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 미국과 유럽연합에서는 시뮬레이션 모델에 대한 검증 및 확인 절차와 방법에 대한 기준을 기본으로 신뢰성 확보를 위한 기준을 설정하여 적극적으로 활용하고 있다. 하지만 국내지침(국토교통부, 2014)에는 “실물충돌시험 조건과 다른 현장조건에 방호울타리를 설치할 경우는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하여 설치할 수 있다.”라고 명시되어 있음에도 불구하고 구체적인 실행 방법에 대해서는 제시되어 있지 않아서 현장문제를 해결하는데 컴퓨터 시뮬레이션이 적극적으로 활용되지 못하고 있다. 본 기사에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 차량방호울타리의 성능을 평가하는 방법에 대한 해외 기준을 살펴보고 국내 지침의 구체화를 위하여 연구되어야 될 부분에 대하여 제안하고자 한다.

2. 미국과 유럽의 시뮬레이션 검증 기준

2.1 NCHRP WOD 179

미국의 경우 NCHRP WOD 179(Malcolm H. Ray, et. al., 2010)에 도로안전시설 시뮬레이션의 검증과 확인 절차 및 기준이 상세하게 제시되어 있다. 검증 및 확인 절차를 설명하기에 앞서 혼돈을 주

거나 혼용하여 사용하는 용어(검증, 확인, 교정)에 대해 정의를 명확히 하였다. 검증(Verification)은 수치계산 결과가 알고 있는 결과와 얼마나 근접하는지에 대해 평가하는 것으로 기본적인 수학적 모델로부터 개발된 코드가 프로그램 개발자가 의도한 결과물 어느 정도 정확하게 나타내는지에 대한 확인 및 계산결과가 기본 물리 법칙과 에너지, 운동량 보존법칙 등을 만족하는지에 대하여 검토하는 것이다. 확인(Validation)은 충돌시험 기준에 의해 수행된 결과를 시뮬레이션 모델이 얼마나 정확하게 표현하는지를 검토하는 것이다. 교정(Calibration)은 실험결과에서 시뮬레이션 모델을 개발하는데 필요한 변수들을 추정하는 것으로 예를 들면, 시편 인장시험 결과로부터 재료 특성 변수를 추정하는 것을 말한다. 교정은 검증 및 확인과 빈번하게 혼동하여 사용되고 있어서 주의하여 사용할 필요가 있다.

2.1.1 시뮬레이션 모델 확인 절차

시뮬레이션 모델의 확인 절차는 그림 1에 나타나 있는 것과 같이 7가지 절차로 나뉘며, 각 절차는 다음과 같다.

- 1) 유사 기본 실험
- 2) 기본 실험이나 보고서를 기반으로 한 PIRT (Phenomena Importance Ranking Table) 도로안전시설 및 차량 모델 구축
- 3) 기본 실험에 대한 시뮬레이션 모델
- 4) 실험과 시뮬레이션 결과의 비교 확인
- 5) 기본 실험 시설물에서 개량된 시설물 모델 구성
- 6) 개량된 시설물 모델 시뮬레이션 결과 확인
- 7) 개량된 시설물에 대한 시뮬레이션 결과가 성능 평가기준을 만족하는지 확인

각 절차별 세부내용을 살펴보면, 첫 번째 단계의 유사 기본 실험은 개량된 시설물의 근간이 되는 시설물에 대한 충돌시험으로 비교하고자 하는 데이터(시간-가속도, 충돌 동영상 및 시험 보고서 등)가 갖 추어진 상태여야 한다.

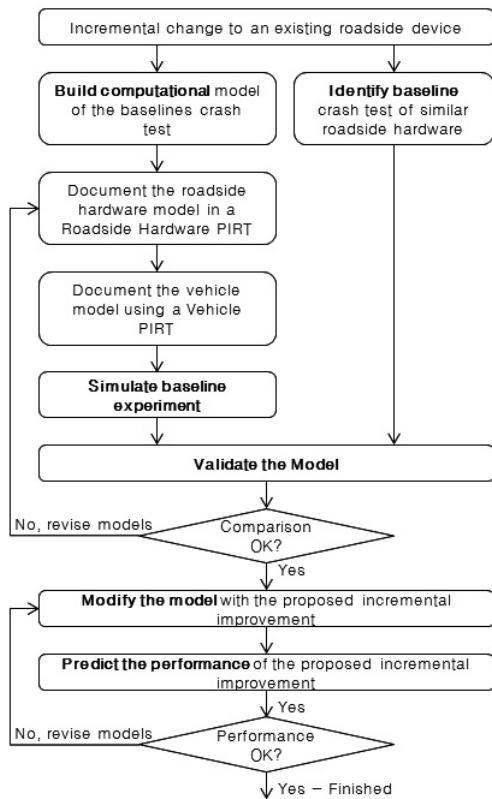


그림 1. Roadside Safety Validation and Incremental Design Process

두 번째 단계는 모델 구축으로 그림 1의 왼쪽 측면에 해당된다. 시뮬레이션 차량 및 도로안전시설 모델은 기본 실험과 지지조건이 일치하도록 개발해야 하며 주요 부재나 재료, 하위 부속이나 조립체에 대한 중요 현상 순위 목록(PIRT)에 따라 교정, 검증 및 확인 절차를 포함해야 한다. 차량의 경우 현가장치, 차량 프레임 및 타이어 등이며, 방호울타리의 경우 레일, 지주, 블록아웃, 볼트, 보강재 및 지반 등에 대해 실시한다. PIRT는 Oberkampf가 제안한 방법으로 현상을 수치 모델로 재현하는 것을 목적으로 하고 목적 달성을 위하여 시뮬레이션 결과에 미치는 영향의 정도를 파악하여 충돌 과정에서 중요한 요소로 작용하는 부재나 재료에 대해서는 상세한 모델링 및 재료 특성을 반영하여 신뢰성을 높이면서, 거동에 영향이 미미한 부재나 재료에 대해서는 간략

한 방법을 적용하기 위한 방법이다. PIRT 검토는 비교 대상인 수행된 실험이나 수치모델 목록에 따라 시뮬레이션을 수행하여 각 결과를 평가항목 비교표를 작성하여 RSSVP(Roadside Safety Simulation Validation Program)을 사용하여 평가한다.

세 번째 단계는 차량 및 방호울타리에 대한 PIRTS 검토가 수행된 모델의 해석을 수행하여 기본 실험 결과와 비교하여 시뮬레이션이 기본 실험과 얼마나 유사한 거동을 보이는지 확인하는 것으로 확인 보고서를 작성하게 되며, 검증·확인 보고서는 다음의 항목을 포함해야 한다.

- 1) 기본 정보(Basic information)
- 2) 해석 검증(Solution verification)
- 3) 시간이력 비교(Time history comparison)
- 4) 특성 영역 평가(Domain specific evaluation)

네 번째 단계는 기본 실험 및 시뮬레이션 결과를 비교하여 유사한 거동을 보이는지 확인하는 것으로 RSSVP 프로그램을 활용하여 기준을 만족하는지 검토한다. 만일 기준을 만족하지 않는 경우 시뮬레이션 모델을 수정한다.

다섯 번째 단계에서는 개량된 시설에 대한 모델을 구성하고, 여섯 번째 단계에서 해석결과가 충돌시험 성능평가기준을 만족하는지 검토한다. 만일 기준을 만족하지 않는 경우 개량모델을 수정하는 단계로 돌아간다. 이러한 과정을 보고서로 작성하여 의사 결정기관이 승인여부를 결정할 수 있도록 한다.

2.1.2 시뮬레이션 모델 신뢰성 검토 방법

시뮬레이션 모델을 수행하는데 앞서 충돌 차량 및 대상구조물에 대한 PIRT 검토가 선행되어야 한다. PIRT는 충돌 거동에 중요한 영향을 미치는 항목에 대해 실험 및 문헌에 근거하여 검증하는 것으로 방호울타리의 경우 지주의 휨 시험, 연결부의 파단시험, 지주와 레일이 볼트로 연결된 부분에 대한 인장 시험 및 지중에 매입된 지주의 대차 충돌시험 등을 수행하고, 충돌 차량의 경우 현가장치 및 타이어 등

에 대해 부재 시험 및 연속 충돌시험 등으로 검증, 확인 및 교정한다.

방호울타리 및 차량 모델에 대한 검증·확인 및 교정이 완료된 전체 모델에 대한 해석 결과 분석이 필요하다. 시뮬레이션 모델에 대한 검증은 해석이 적정하게 수행되었는지에 대해 표 1에 나타나 있는 것과 같이 에너지 검토, 질량 변화, Shooting Node 및 솔리드 요소의 negative volumes에 대해 검토한다.

표 1. Verification Evaluation Criteria

| Metric(Change %) | Evaluation Criteria |
|--|--|
| Total Energy | < 10% of Tot. energy |
| Hourglass Energy | < 5% of Tot. initial energy |
| | < 10% of Tot. internal energy at the end |
| Part/Material Highest Hourglass Energy | < 5% of Tot. initial energy |
| Mass added to the total model | < 5% of Total model initial mass |
| Part/Material most mass added | < 10% of Initial mass |
| Moving part/material mass added | < 5% of Initial moving mass |
| Shooting node? | Yes or No |
| Solid element with negative volumes? | Yes or No |

다음 단계는 시험 및 시뮬레이션 결과에 대한 정량적 평가를 수행해야 하며, RSSVP를 이용하여 표 2에 나타나 있는 것과 같이 시험과 시뮬레이션 결과의 시간이력 데이터(가속도, 각속도)에 대한 위상과 주기를 비교하여 평가하는 Sprague-Geer MPC 방법과 두 데이터의 평균 간 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하는 방법인 분산분석(ANOVA)에 의해 검토한다. 평가기준의 범위는 실험 오차를 근간으로 설정하였으며, 동일하거나 유사한 시설 및 차량으로 반복적인 충돌시험을 수행하여 획득한 결과이다. 이러한 검토방법은 충돌시험의 계측결과(가속도, 각속

도)를 확보하고 있어야 사용가능하다.

또한, 방호울타리의 강도성능은 표 3에 나타나 있는 검토조건을 만족해야 하며, 차량의 거동 및 탑승자 보호성능에 대한 기준은 표 4에 나타나 있는 것과 같이 시험과 시뮬레이션의 차이가 20% 이하 또는 항목별 절대차이 이하가 되도록 하고 있다.

표 2. Verification Criteria for Simulation (MPC and ANOVA, NCHRP)

| Metric | Evaluation Criteria |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| • Sprage-Geer MPC | |
| M(Magnitude) | Less than or equal to 40 |
| P(Phase) | Less than or equal to 40 |
| • ANOVA | |
| Mean residual error (\bar{e}) | $\bar{e} \leq 0.05 \cdot a_{Peak}$ |
| Standard deviation (σ) | $\sigma \leq 0.35 \cdot a_{Peak}$ |

a_{Peak} : Peak Acceleration

표 3. Validation Criteria for Simulation (Structural Adequacy, NCHRP)

| Metric | Evaluation Criteria |
|---|--|
| • Structural Adequacy | |
| Contain and redirect the vehicle | Yes or No |
| Max. Dyn. Def. | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 0.15m$ |
| L of Vehicle- Barrier Contact | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 2m$ |
| No of Broken or Significantly Bent Post | - Rel. diff. $\leq 20\%$ |
| The rail element ruptured or failed | Yes or No |
| Significant snagging between the vehicle wheels and barrier elements | Yes or No |
| Significant snagging between the vehicle body components and barrier elements | Yes or No |

표 4. Validation Criteria for Simulation
(Occupant Risk Criteria, NCHRP)

| Metric | Evaluation Criteria |
|---|--|
| • Occupant Risk | |
| Detached elements, fragments or other debris | Yes or No |
| The vehicle remain upright during and after collision | Yes or No |
| Maximum Angle (Roll, Pitch, Yaw) | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 5^\circ$ |
| OIV(THIV) | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 2\text{m/s}$ |
| RA(PHD) | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 4g$ |
| • Vehicle Trajectory | |
| Exit Angle | - Rel. diff. $\leq 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 5^\circ$ |
| Exit Speed | - Rel. diff. $< 20\%$ or - Abs. diff. $\leq 10\text{m/s}$ |
| One or more vehicle tires failed or de-beaded | Yes or No |

2.2 CEN/TR 16303

유럽은 CEN/TR 16303(CEN, 2012)에 도로안 전시설의 시뮬레이션 모델에 대한 검증 및 확인 절차를 정의하고 있으며, 총 5개의 파트로 구분하여 제시된 차량 및 방호울타리 모델에 대한 규정 및 확인 절차의 주요내용은 다음과 같다.

2.2.1 차량 모델링 및 검증

차량 모델은 충돌시뮬레이션의 정확성을 확보하는데 중요한 요소이다. 차량의 가속도로부터 계산되는 ASI 및 THIV의 정확도를 확보하기 위해서 중요하게 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) 차량의 강성, 강도 및 관성 특성의 정확한 구현
부재의 강도, 변형 형상 및 프런트 웡, 엔진 방화벽, 본넷, A 필러 및 기타 바닥 및 가속도 기록에 영향을 미치는 부재

- 2) 차체와 타이어의 상호작용 및 타이어 강성의 정확한 구현
강성방호울타리의 경우 실(sill) 및 휠 아치 하중에 따라 가속도에 영향을 미친다.
- 3) 조향장치, 현가장치의 움직임, 현가 스프링 및 감쇠 특성의 정확한 구현
약한 지주를 적용한 방호울타리의 경우 바퀴와 지주의 충돌이 종방향 가속도에 큰 영향을 미치므로, 충돌 시 전면 바퀴의 반응 및 조향에 대한 거동 검토, 횡방향 가속도의 경우 차량의 조향 여부에 영향을 받는다.
- 4) 차량 거동을 모사하기에 충분한 상세 모델링
모델의 세밀도를 낮추거나 통합한 경우 계산을 위한 충분한 제원을 확보하지 못할 수 있다.
가속도의 획득 주기는 결과에 영향을 미치므로 적절한 수준으로 수렴하는지 확인이 필요하다.
- 5) 요소 크기 및 해석 시간 간격의 조합에 따라 차량 모델 mass scaling을 사용하는 경우 질량 추가가 최소화(2% 이하) 되도록 하며, 추가 질량은 주요한 부위에 집중되지 않도록 한다.

차량 모델을 부품별로 나누어 프레임이나 새시, 차체, 현가장치, 차량의 바퀴, 타이어와 노면의 마찰 계수, 조향장치에 대한 각각의 모델링 방법에 대해 설명하고 있으며, 재료 모델은 소성 대변형 및 파괴, 변형률 효과를 고려하도록 한다. 또한 차량 모델의 Mesh 기준을 제시하고 있으며, 개구부의 모델링 여부 및 방법, 모서리 및 곡선부, 요소의 가로세로 비율, 비틀림 각, 비대칭도, 테퍼 및 야코비안 기준을 제시하고 있다.

완성된 차량 모델의 입증을 위해서는 PIRT에 의해 현가장치 단독, 현가장치 및 조향장치, 대기(Idle) 상태 차량, 선형 또는 원형 트랙 및 연석 실험과 시뮬레이션을 비교하여 수행하며 강체벽에 대한 전체 모델의 충돌시뮬레이션으로부터 전반적인 거동을 검토한다.

2.2.2 대상 시설 모델링 및 검증

차량방호울타리의 경우 차량 모델링과 마찬가지로 주요 부재는 지주, 수평부재(빔, 케이블), 블록아웃/간격재, 볼트, 콘크리트 및 지반 등으로 구성된다. 이러한 부재들을 모델링하는데 있어 PIRT에 따라 요소의 크기, 요소의 균일성, 부재의 최소 요소수, 가로 세로 비율 및 각도 등과 연결 요소(Weld, Joint)에 대해 규정하고 있다. 또한, 주요 재료 모델에 대해 설명한다.

2.2.3 시뮬레이션 신뢰성 확인 절차

시험 결과와 유사한 시뮬레이션 모델을 만들기 위해서는 재료특성의 검증, 에너지 밸런스 관리, 수치 안정성 및 계산에 필요한 여러 요소를 주의깊게 고려해야 한다.

신뢰성 확인은 기본적으로 동일한 조건의 충돌시험과 시뮬레이션 결과를 비교하는 것으로 시뮬레이션 해석이 적절한가에 대한 검증은 표 5에 나타나 있는 것과 같이 실제상황과 유사한 물리적 거동을 보이는가에 대한 검토와 에너지 및 운동량 보존 법

칙이 성립하는가에 대해 검토한다. 재하속도의 경우 재료모델에 변형률 지연 효과를 고려하여 이에 종속되는 결과를 보이는지에 대한 것이다.

시뮬레이션 결과 신뢰성에 대한 확인은 표 6에 나타나 있는 항목을 비교하며, 비교 결과 기준을 만족하지 못하는 경우 최종 확인 보고서에 그 이유를 명기한다. 주요 내용은 충돌시험의 차량 거동, 상태 및 시설물의 상태와 충돌시험 평가기준(EN 1317)의 평가 항목의 만족 여부를 비교하는 것이다. 이 중에서 방호울타리의 변형, 차량 점유폭 및 충격흡수시설이나 단부처리시설의 변형량과 같이 정량적인 비교가 필요한 항목에 대해서는 허용기준을 제시한다. 방호울타리의 변형의 허용 범위는 동적변형을 기준으로 하며 $Diff < \pm(0.05m + 0.1 \times (Measure))$ 이 내로 하고, 최대 변형의 발생시점은 0.05초 이내여야 한다. 차량 점유폭 및 충격흡수시설과 단부처리시설의 횡방향 변위의 차이도 위와 동일한 허용 범위를 적용한다. 시설물의 변형 형상은 최종상태를 기준으로 하며 동일한 파괴모드가 발생하였는지 검토한다.

표 5. Verification and Evaluation Criteria

| Metric | Evaluation Criteria |
|--|---------------------|
| The result of the simulation is physically acceptable | Yes/No/NR |
| Variation of Total Energy (shall not vary more than 10%) | Yes/No/NR |
| Hourglass Vs Internal Energy (shall be less than 10% of internal energy) | Yes/No/NR |
| Mass added (shall be less than 5% of total mass for every component) | Yes/No/NR |
| Absence of "Shooting" nodes | Yes/No/NR |
| Absence of Solid elements with negative volume | Yes/No/NR |
| Sum of slave and master contact energy is zero | Yes/No/NR |
| Influence of loading speed is considered | Yes/No/NR |

*NR : Not relevant

표 6. Comparison Table

| Critical Behaviour | Type |
|---|-------------|
| Containment | Required |
| Rollover | Required |
| Exit box for barrier | Required |
| Wheel trajectory | Required |
| Redirection zone for crash cushion and terminals | Required |
| Suspension failure | Informative |
| Failure of longitudinal elements | Required |
| Dynamic deflection for barrier | Required |
| Vehicle intrusion | Required |
| Lateral displacements for crash cushion and terminals | Required |
| Penetration of parts inside the vehicle | Required |
| Comparison between final shapes of test article | Informative |

추가적으로 탑승자 보호성능에 대한 비교를 수행한다. 표 7에 나타나 있는 것과 같이 ASI 및 THIV의 차이에 대해 규정하고 있으며, 미국 기준에 비해 허용오차가 작고 발생시간에 대한 오차 범위를 규정하고 있다. 또한, 국내 및 미국의 탑승자 보호성능 기준인 PHD(ORA)를 사용하지 않고 이를 대체하여 ASI를 적용한다.

시험과 시뮬레이션을 비교하는데 시간이력의 비교는 중요한 항목으로 차량의 3축방향 속도-시간이력과 Yaw 각속도-시간이력을 비교한다. 시간이력의 비교는 시험에서의 시간이력에 초기속도의 $\pm 4\%$, 시간은 ± 0.01 초 범위 안으로 시뮬레이션 결과가 나타나야 하며, 검토타 시간은 최대 ASI 발생시간과 THIV 발생시간 중 가장 긴 시간으로 한다.

표 7. Validation Criteria for Simulation(CEN)

| Criteria | Tolerance |
|----------|--|
| ASI | Diff. $< \pm 0.1$ and Time shift $< \pm 0.05$ sec |
| THIV | Diff. $< \pm 3$ km/h and Time shift $< \pm 0.05$ sec |

3. 제언

차량방호안전시설은 일반적인 구조물의 설계와 비교하여 볼 때 하중으로 작용하는 차량 자체의 거

동과 하중에 대응하는 구조물의 적절성을 동시에 평가하여야 하는 어려움 때문에 일반화된 설계법에 따라 설계되지 못하고 실물차량 충돌시험을 통하여 성능을 평가하고 성능평가에 만족한 시설의 설치를 통하여 충돌 시 사고의 심각성을 줄일 수 있도록 하고 있다.

고비용의 충돌시험은 다양한 현장조건을 모두 적용하여 수행되기 곤란하고 이러한 어려움을 이유로 안전을 방지할수만은 없기 때문에 충돌시험의 대안으로 컴퓨터 시뮬레이션이 부각되었다. 컴퓨터의 발달로 과거에는 슈퍼컴퓨터를 사용하여야 가능했던 복잡한 차량 충돌 해석이 개인용 컴퓨터를 사용하여도 어느 정도 가능하게 된 현재의 시점에서 충돌시험의 완전한 대체를 위한 컴퓨터 시뮬레이션이 아닌 충돌시험이 수행된 시설에 한하여 다양한 현장 조건에 적용하기 위한 제한적인 컴퓨터 시뮬레이션 평가는 꼭 필요하다고 할 수 있다.

OECD 최고수준의 교통사고 사망자수를 줄이고 국민의 안전한 삶을 위하여 미국과 유럽에서 사용되고 있는 구체화된 시뮬레이션 절차들을 국내 환경에 맞게 조절하여 기본 절차를 제시한 후 다양한 실물 충돌시험 자료와 시뮬레이션의 비교를 통하여 기본 절차 적용의 한계를 파악하고 개선하여 국내지침에 반영하는 연구가 시급하게 필요한 시점이라고 생각 된다.

회원의 신상변동사항(이사, 전근, 승진 등)이 있으면 학회 사무국으로 연락주시기 바랍니다.
현재 발송되는 우편물이 너무 많습니다.

• 전 화 : (02)3272-1992 • 전 송 : (02)3272-1994
• E-mail : ksre1999@hanmail.net