

Simulation of Packaging Evaluation Test Condition With CAE Technology

포장 평가 시험 환경 시뮬레이션을 위한 CAE 기법

호시노 히로아키 / 스타다이나 대표
미카미 타카하루 / 평선베이(주) 대표이사 사장
타카키 마사히로 / 엑서치(주) 대표이사

I. 서론

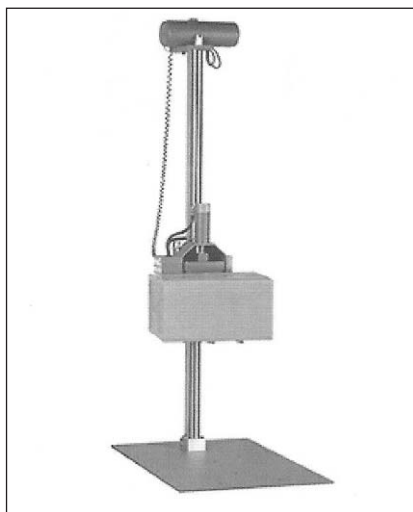
포장 설계에서 수송 포장 시험 환경을 상정한 컴퓨터 시뮬레이션(CAE) 기술이 많이 이용되고 있다. 그러나 CAE 기술에서는 포장 설계에서 다루는 피포장 제품이나 포장재의 물성 및 시험 환경을 표현하는 기법이 CAE 모델 작성 시 과제가 되고 있다. 본 논문은 포장 성능 평가 시험을 재현하기 위한 멀티바디 다이내믹스 해석 기법에서의 기술 개발을 소개한다.

II. 배경

포장 설계에서의 포장 성능 평가에서는 시험기를 이용한 진동 시험이나 낙하 시험 및

실제 수송차량에 의한 주행 시험 등이 이루어지고 있다. 한편, 포장의 종류나 수송 지역에 따라 성능 평가 기준이 다양하기 때문에 다양한 시험이 요구되며, 시험기에 의한 평가에서는 시간이나 비용면의 부담이 많아지고 있다. 때문에, 시험에 따른 부담을 줄이기 위해 시험 환경을 재현한 CAE의 성능 평가가 주목받고 있다. 그러나 포장 설계에서 다루는 골판지나 스티로폼과 같은 포장재나 피포장 제품의 물성 설정 및 시험 환경을 표현하기 위한 CAE 기법이 과제가 되고 있다. 또한, 시판 중인 CAE 소프트웨어의 조작 습득도 CAE의 활용을 어렵게 하고 있다.

[사진 1] 낙하 충격 시험기

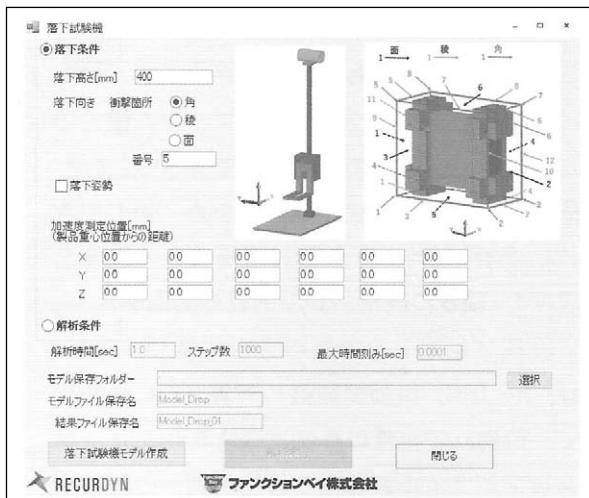


[그림 1] 완충재를 포함한 포장 화물 설정 화면



본 연구에서는 포장 성능 평가 시험으로서 대표적인 완충재를 포함한 포장 화물의 낙하 시험, 포장 화물을 단적인 팔레트의 진동 시험 및 트럭 수송 시험에 대해 평가 시험을 재현하기 위한 CAE 기법을 멀티바디 다이내믹스 소프트웨어 상에서 개발했다.

[그림 2] 낙하 충격 시험 조건 설정 화면



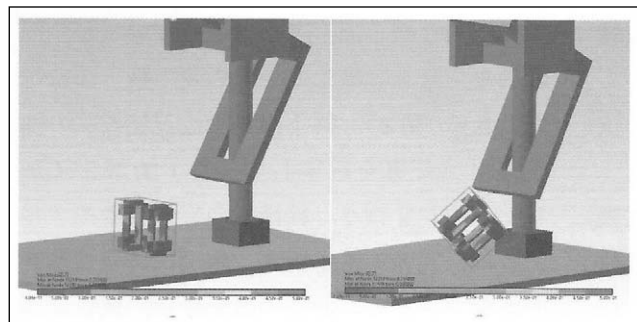
III. 낙하 충격 시험

완충재를 포함한 포장 화물의 낙하 충격 시험의 재현에서는 피포장 제품과 완충재의 CAD 형상을 소프트웨어에 넣는다(도입한다). 완충재의 변형에 의한 충격 흡수를 예측하기 위해 완충재를 완충재의 재료 특성을 입력한 유한 요소로 표현하고[그림 1], 피포장 제품이나 포장상

자와의 접촉을 정의했다.

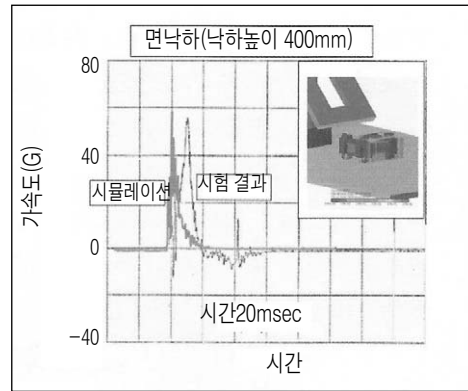
완충재를 포함한 포장 화물을 시판의 낙하 충격 시험기[사진 1]에 장착한 상태를 재현

[그림 3] 면(좌)·각(우) 낙하 해석 결과



하고, 시험기와 동일한 낙하 방향을 화면 내에서 설정한다. 낙하 방향은 JIS Z 0200 등에서는 '1각 3릉 6면(1角 3稜 6面)'으로 지정되어 있으나 국제적인 규격을 고려하여 임의의 각·릉·면

[그림 4] 충격가속도의 실측값과의 비교



에 대응할 수 있다[그림 2]. 낙하 높이나 피포장 제품의 가속도 계측 위치를 설정하여 낙하 충격 시뮬레이션을 실시한다. 완충재의 유한 요소 모델에 의해 실제 낙하 충격 시험에서는 얻을 수 없었던 응력 발생의 결과로부터 피포장 제품 보호를 위한 완충재의 효과를 추측할 수 있다[그림 3]. 같은 기능으로 실시한 낙하 충격 시뮬레이션에서는 실제 시험에서의 피포장 제품상의 가속도를 재현할 수 있다[그림 4].

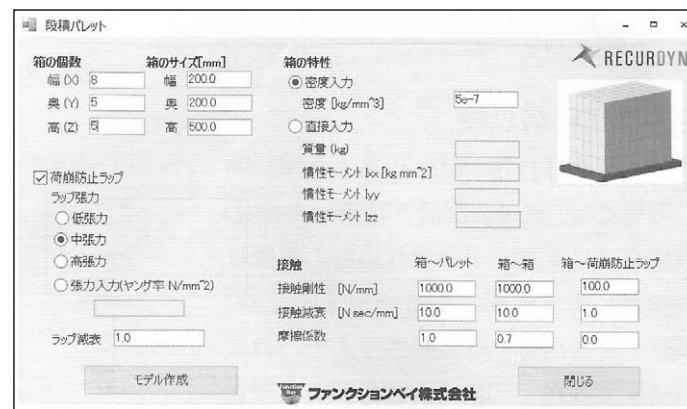
[사진 2] 3자유도 진동 시험기



IV. 단적 팔레트 진동 시험

포장 화물을 단적인 팔레트의 진동 시험에서는 붕괴 방지용 랩핑 필름의 붕괴나 글씨 긁힘 등에 대한 효과를 평가하는 경우가 많다. 그래서 단적인

[그림 5] 단적 팔레트의 설정 화면



포장 화물을 덮는 포장 필름을 유한 요소 모델로 표현했다. 랩핑 필름의 장력은 유한 요소 셀 요소의 세로 탄성 계수로 변화시킨다. 단적인 상자와 랩핑 필름 사이에 접촉을 설정하여 랩핑 필름 장력이 포장 화물의

거동에 미치는 영향을 확인할 수 있다. 또한, 붕괴되지 않는 단적 상태 검토를 위해 상자의 개수(폭, 깊이, 높이)를 임의로 변경할 수 있는 기능을 마련했다. [그림 5]에 단적 팔레트 설정 화면을 나타낸다.

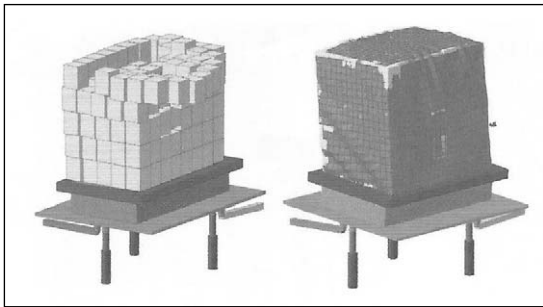
[사진 3] 진동 시험기



단적 팔레트를 시판의 3자유도(피치·롤·상하) 진동 시험기[사진 2]에 탑재해, 붕괴 안정성 평가 시험을 재현했다. 랩핑 필름의 포장화물 거동에 미치는 영향을 [그림 6]에 나타낸다.

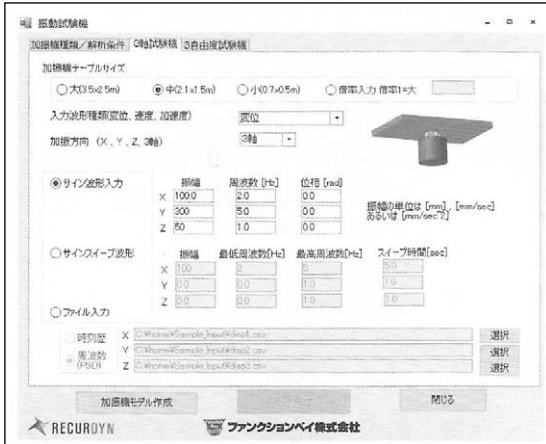
진동 시험에서는 3축 진동 시험기 및 3자유도 진동 시험기에서의 재현 시험이 가능하다.

[그림 6] 랩핑 필름의 영향 (좌: 없음, 우: 있음)

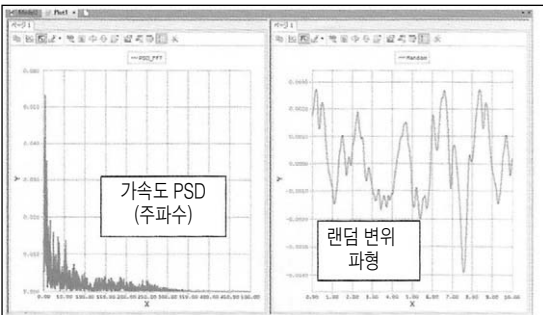


[그림 7]은 [사진 3]과 같은 실제 진동 시험기를 재현한 모델 설정 화면에서 입력 파형의 종류(변위, 속도, 가속도)와 가진 방향(X축, Y축, Z축, 3축)을 선택하고 단일 주파수 사인 파형, 사인 스위프 파형 및 파일 입력으로부터 입력 방법을 선택한다. 파일 입력에서는 지진파와 같은 시각력 파형이나, 가속도 PSD 계측 데이터를 기초로 한 랜덤 파형 진동도 요구되므로 가속도 PSD 데이터로부터 랜덤 변위 파형을 생성하여 진동 시험기에 부여할 수 있다[그림 8]. 진동 시험기 모델은 단적 팔레트뿐만 아니라 [그림 9]와 같은 임의의 피가진물(被加振物)에도 응용할 수 있다.

[그림 7] 3축 진동 시험기 설정 화면



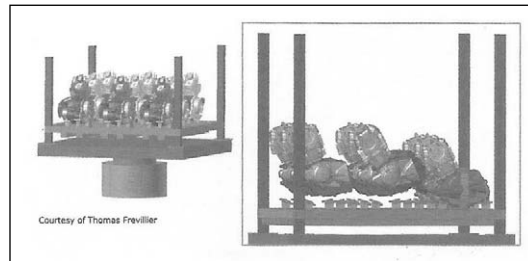
[그림 8] PSD로부터의 랜덤 파형 생성



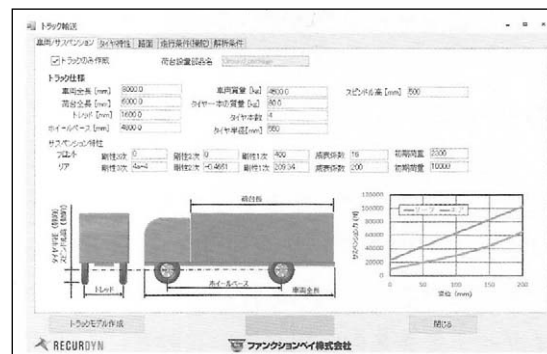
V. 트럭 수송 시험

트럭 수송 시험에서는 차량 크기와 서스펜션 특성을 포함한 트럭 사양, 타이어 특성, 노면 특성 및 조타를 포함한 주행 조건을 설정

[그림 9] 엔진 랙 화물 붕괴 평가에 응용(고정 벨트 유무 효과 확인)



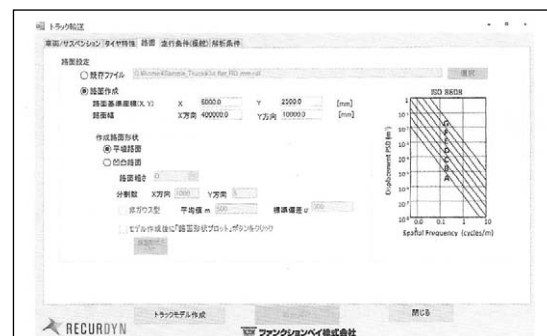
[그림 10] 트럭 차량 크기 및 서스펜션 특성 설정 화면



[그림 11] 타이어 특성 설정 화면



[그림 12] 노면 형상의 설정 화면



한다.

차량/서스펜션 화면[그림 10]에서는 에어서스펜션 특성을 3차 함수로 정의한다.

타이어의 주행성과 조타성을 표현하는 타이어 모델인 'UATire'를 사용한다[그림 11].

노면 화면[그림 12]에서는 평탄 노면 및 험로와 같은 요철 노면의 설정이 가능하다. 험로 주행에서는 실제 노면 형상 측정이 어려우므로 ISO 8608의 노면 PSD 데이터에서 가우스형 혹은 비가우스형 노면 형상을 작성한다.

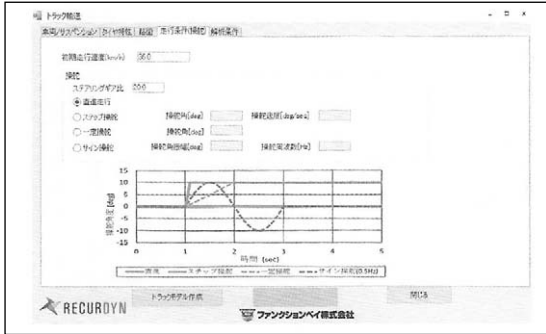
조향 화면[그림 13]에서는 실주행 시 핸들 조작에 맞는 직진, 원선회 및 급선회 등의 조건을 설정한다.

[그림 14], [그림 15]에 앞서 언급한 단적 팔레트를 적재함에 탑재한 트럭 수송에서의 험로 주행 시 및 평탄로 선회 주행 시의 단적 팔레트 거동의 해석 결과를 나타낸다. 어느 해석에서도 단적 팔레트에서의 붕괴가 발생하고 있는 상황을 표현할 수 있다.

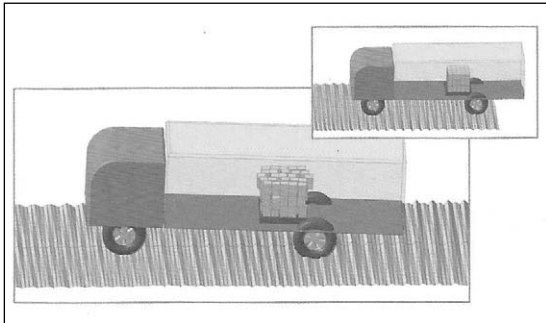
VI. 결론

본 연구에서 개발한 기법을 실제 포장 설계로 응용하려면 멀티바

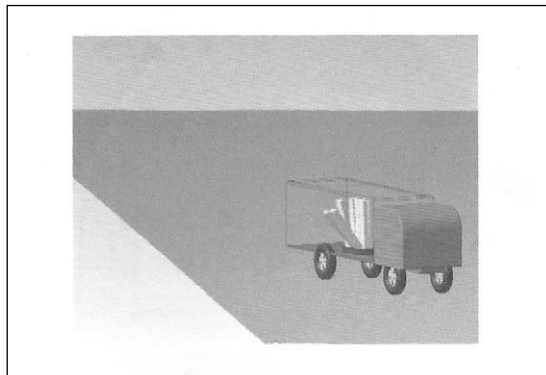
[그림 13] 주행 조건(조타) 설정 화면



[그림 14] 험로 주행 시의 단적 팔레트 거동




[그림 15] 평탄로 선회 주행 시 단적 팔레트 거동



다 다이내믹 소프트웨어 조작용 포함해 CAE의 경험과 기술이 필요하다.

이들 기법을 멀티바디 다이내믹스 경험이 얕은 설계자에게도 활용할 수 있도록 소프트웨어 상에 조작 화면을 포함한 모델 작성 자동화 프로그램을 개발했다.

앞으로도 포장 설계에서의 적용 범위를 보다 확대하기 위해 포장 설계에 필요한 기능을 추가하면서 자동화를 포함한 기법을 개발한다. 

< 참고문헌 >

1. 평선베이 주식회사 : RecurDyn V9R4 레퍼런스 가이드 (20)
2. 호시노, 다카하시, 다카기: 자유낙하시험을 이용한 경우 낙하충격시험 환경의 멀티바디 다이내믹스에 의한 재현기술, 일본포장학회 제29회 연차대회 연구발표회, 18-19 (2020)
3. 타카기, 호시노 : 실수송시의 피치·롤 진동 재현 시험의 시물

레이션 해석을 통한 평가, 포장기술, 58(9), 667-670 (2020)

4. 호시노, 호소야마 : 노면 형상 확률 분포와 트럭 수송 화물 축적 피로 관련 예측, 제56회 전일본 포장기술 연구대회, 218-221 (2018)