



수송시 화물 손상 저감 트럭

Improvement of Truck to Reduce the Cargo Damage in Long Transportation

小林 こずえ / 일야자동차(주) 기술연구소

1. 서론

수송시의 적화의 품질을 지키는 것은 물류에 있어서의 큰 과제이며, 수송품질을 향상시키기 위하여 여러 가지 대책이 실시되고 있다.

예를 들어, 운행에서는 차속 및 가속도를 관리하여 적화로의 부하를 저감시키는 대처, 곤포에서는 쿠션성이 높은 곤포의 개발, [그림 1]에 표시한 것과 같은 대형차량에서는 리프서스펜션으로부터 에어서스펜션으로의 전환에 의한 화물 받침대 진동의 큰 폭 저감 등이 있다.

그러나 환경으로의 배려에 의한 곤포재의 저감 등 새로운 과제가 나오고 있는 현재, 한 층 더 차량에 의한 수송품질의 향상이 요구되고 있다. 그 요구에 응하기 위하여 저자들은 고객이 바라는 수송품질에 달성하는 것이 가능한 차량의 진동저감목표치를 명확히 하고, 그 목표를 달성하는 기술의 개발에 대처하고 있다.

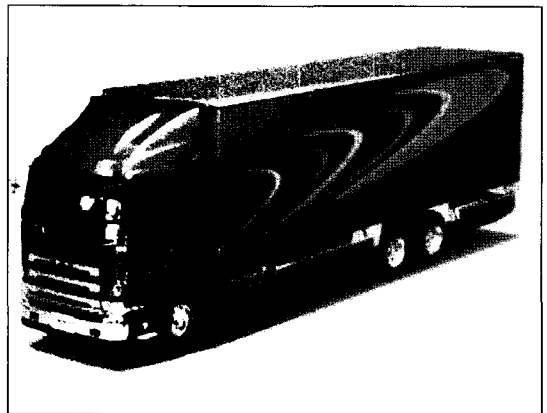
본 고에서는 적화의 일례로써 부드러운 손상이 쉬운 「딸기」를 들어 발생과 진동특성의 관계를 확실히 하고, 화물 손상을 저감하는 차량의 개발

로 이용한 예를 소개한다.

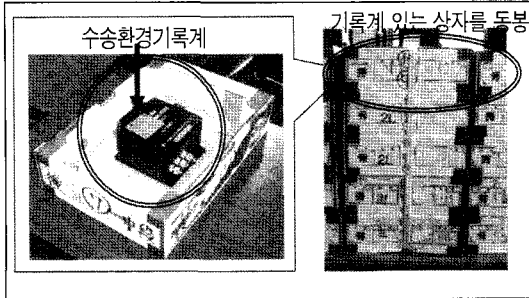
실수송시의 진동에 의해 딸기의 화물손상을 정량 평가하는 지표로써, 岩元, 河野가 제안한 「손상도」를 확장한 「주파수별 손상도」를 정의하고, 손상발생에 영향이 큰 주파수역을 명확히 한다.

더욱이 화물손상을 저감할 수 있는 차량개발에 주파수별 손상도를 이용한 방법에 관해서 소개한다.

[그림 1] 대형트럭(차량총중량 : 25t)



[그림 2] 실수송시험의 경우 진동계측



1. 현상파악

1-1. 실수송시험

실제 수송시의 손상의 발생상황 및 화물 받침대의 진동레벨을 파악하기 위하여 규슈의 집하장에서부터 오사카·도쿄의 시장까지 딸기를 수송하는 대형트럭(25t차)을 대상으로 조사시험을 실시했다.

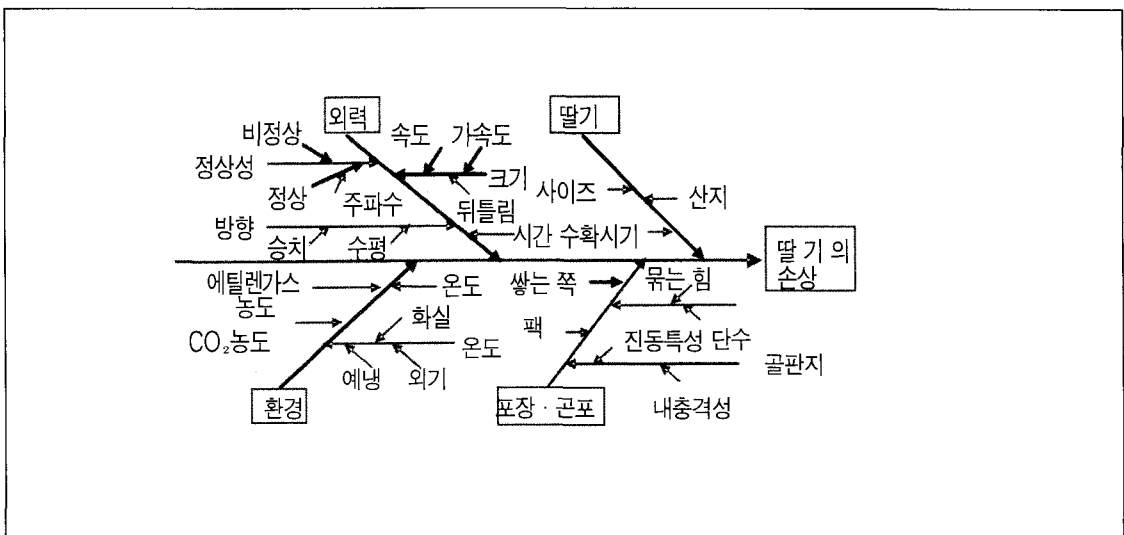
딸기 손상의 조사는 “수송에 의한 손상”을 정확하게 파악하기 위하여 수송 직전·직후에 손상

의 상태를 확인했다. 또 화실의 진동가속도의 계측은 요시다정기(신영테크놀로지)제 수송환경기록계를 사용하고, [그림 2]와 같이 딸기상자의 안에 설치하여 다른 딸기와 동봉했다. 손상조사 및 진동계측은 화실 내 5군데마다 행했다.

조사의 결과 충격에 의한 것이라고 생각되어졌던 화물의 무너짐, 곤포의 패임은 없었고 찌부러져있는 딸기는 눈에 띄지 않았다. 그러나 과실의 껍질에 땅김이 없는 상태 및 과즙이 바깥으로 번져있는 상태의 것은 몇 개인가 있었으며, 오사카편에 의해서도 도쿄편의 쪽에 많이 발생하고 있었다. 진동에 있어서는 딸기에 대하여 충격으로써 더해지는 듯한 큰 가속도는 없는 것을 확인했다.

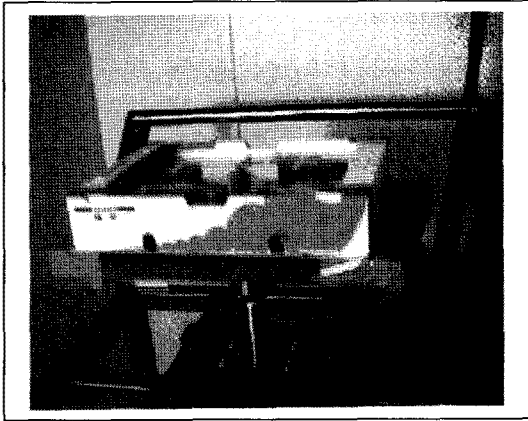
이상의 조사에 의해 주로 고속도를 주행하는 장거리수송의 경우 딸기에 대하여 부하되는 진동은 정상적인 진동이며, 그 진동회수가 많아지는 것으로 딸기의 손상이 증가하고 있다고 생각되었다.

[그림 3] 딸기 손상의 특성요인도





[그림 4] 가진시험



1-2. 단체가진시험

딸기에 부화되는 진동특성과 손상의 발생 관계를 파악하기 위하여 받침대 위에서 단체가진시험을 실시했다.

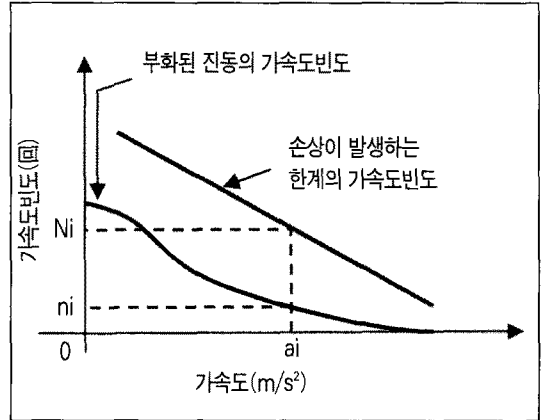
시험의 실시에 맞춰서 우선 [그림 3]에 표시한 것처럼 딸기의 손상에 관련된 요인해석을 행하고, 여기서 들어진 요소로부터 실수송시험의 결과 및 사전에 수집한 정보에 의해서 딸기의 손상에 큰 영향을 주는 것이라고 생각되어진 요인을 선정하여, 그것들의 요인을 고려하여 시험조건을 결정했다.

수송시의 상태를 재현하기 위하여, [그림 4]와 같이 받침대 위에 골판지상자, 플라스틱팩에 들어간 상태의 딸기를 태워 가진했다.

가진조건은 실수송시험의 결과에 근거하여 가속도·주파수·환경온도를 설정하고, 산지인 규슈에서 수확시기에 의해 딸기의 경도 차이를 고려하기 위하여 2~4월에 시험을 실시했다.

일정회수 가진한 후에 팩에 넣은 상태로 딸기를 관찰하고, 팩 측면으로부터 보이는 범위 내에

[그림 5] 손상도의 산출법



서 딸기 표면에 과즙의 발생을 확인가능한 때의 회수를 기록했다. 그 결과, 진동의 주파수, 가진 레벨에 의한 손상이 발생하기까지의 회수에 차이가 발생하고, 딸기의 손상과 진동특성의 사이에 관계가 있는 것을 확인했다.

2. 주파수별 손상도 정의

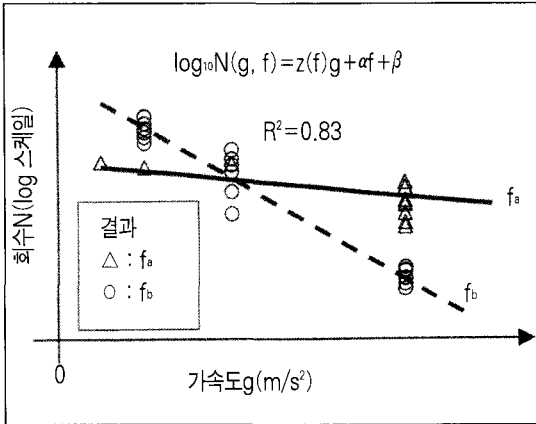
2-1. 손상도란

손상도란 대상으로 하는 것이 진동에 쏠리는 것에 의해서 어느 정도 손상이 진행했는지를 표시하는 지표로써 다음의 식과 같이 부화된 진동의 가속도빈도와 손상이 발생하는 한계의 가속도빈도의 비교로 표시되었다.

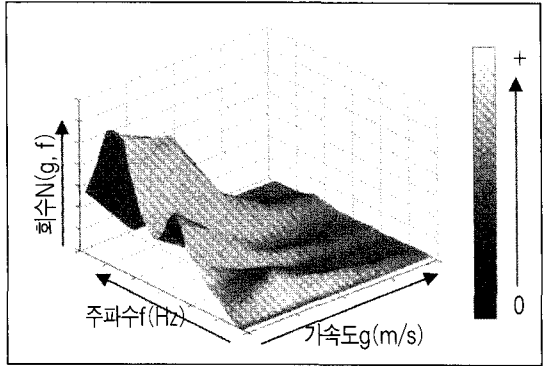
$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 D는 손상도, 그 외의 변수는 [그림 5]에 표시한다. N_i 는 가속도 a_i 의 때에 손상이 발생하는 한계의 가속도빈도, n_i 는 부화된 진동의 사이 가속도 a_i 의 가속도빈도를 표시한다. 또한 가속도

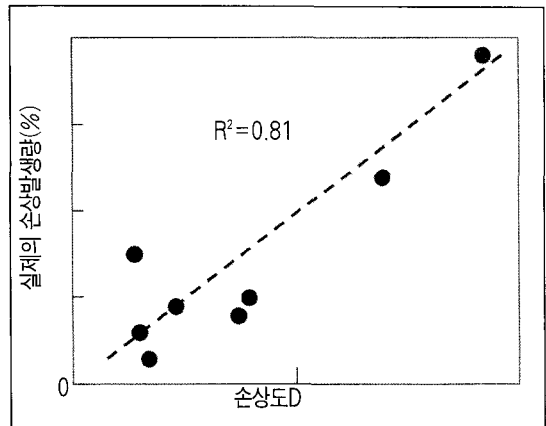
[그림 6] 딸기의 S-N 곡선



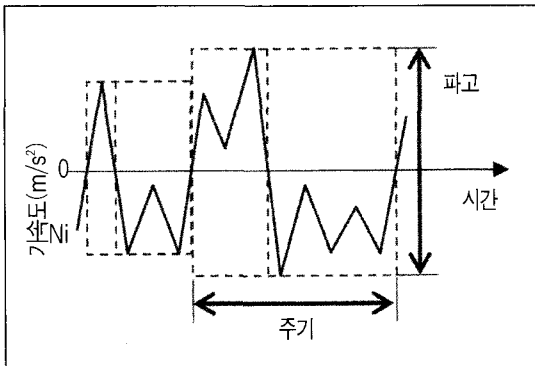
[그림 8] 주파수별 가속도빈도



[그림 9] 손상도와 실제의 손상 산포도



[그림 7] 파랑계측법



a와 한계의 가속도빈도 N_i 의 관계식을 금속재료의 수명계산에 따라서 S-N 곡선이라고 부른다.

2-2. 주파수별 S-N 곡선

1.2절의 단체가진시험의 결과로부터 딸기의 S-N곡선을 중회귀분석에 의해 다음의 식으로 얻었다.

$$\log_{10}N(g, f) = z(f)g + \alpha f + \beta \dots \dots \dots (2)$$

여기서 $N(g, f)$ 은 가진주파수 f , 가진가속도 g 의 때의 딸기에 손상이 발생하는 한계의 가속도빈도, $z(f)$ 는 가진대로부터 딸기로의 주파수전달

특성, α, β 는 정수이다.

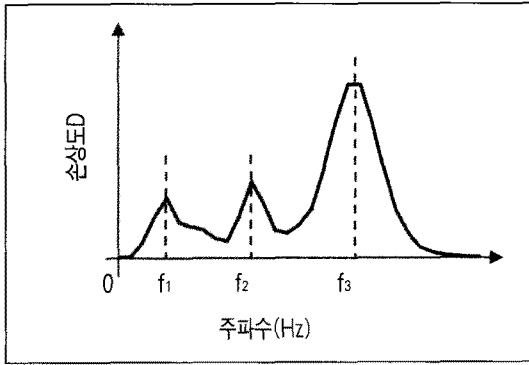
[그림 6]에 단체가진시험의 결과(플롯 ○ · △)와 얻어진 주파수별 S-N 곡선(실선 · 점선)을 표시한다. 여기서 단체가진시험은 5주파수분 행해지고 있으나, 그 안의 2주파수분만 게재하고 있다. 중회귀분석에 의해 얻어진 식(2)의 기여율은 $R^2=0.83$ 으로 높다.

2-3. 주파수별 가속도빈도

보통, 가속도빈도에는 주파수의 개념은 들어가 있지 않지만, 이번에는 가속도빈도에 주파수의



[그림 10] 주파수별 손상도



개념을 도입하기 위하여 파랑계측법을 채용했다.

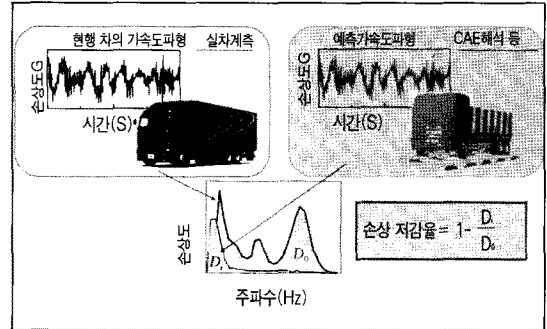
파랑계측법은 기상청 등에서 파랑을 계측한 때에 사용하고 있는 방법으로 [그림 7]에 표시한 것처럼 제로크로스점 사이를 기준으로 「파고」와 「주기」를 파형에 의해 간파하여 그것들을 세트로 기록해나가는 방법이다.

이 주기는 그 시점에서 지배적인 진동의 주파수를 표현하고 있다고 파악되며, 양수를 파고에 대응하는 주파수로서 취급하는 것으로 했다. 또 진동레벨과 주파수의 관계를 나타내는 평가치로써 PSD 및 주파수응답 정도 들어졌으나, 이것들은 파형에 포함된 주파수성분레벨을 표시하고 있기 때문에 주파수와 세트로 가속도의 평균레벨을 파악하는 것이 가능한 것에 불과, 가속도빈도를 파악하는 것은 곤란하기 때문에 이번에는 채용하지 않았다. [그림 8]에 실수송시험으로 계측한 가속도의 주파수별 가속도 빈도를 표시한다. 주파수-가속도평면에 대하여 연직방향에 가속도빈도를 나타내고 있다.

2-4. 주파수별 손상도

주파수별손상도 $D(f)$ 를 이하의 식으로 정의

[그림 11] 주파수별 손상도의 이용방법



했다.

$$D(f) = \sum_g \frac{n(g, f)}{N(g, f)} \dots \dots \dots (3)$$

여기서 $n(g, f)$ 는 주파수 f , 가속도 g 의 주파수별가속도 빈도를 표시한다. 손상도 D 는 다음의 식에서 정의한다.

$$D = \int_0^{\infty} D(F)df \dots \dots \dots (4)$$

이와 같이 새롭게 정의한 손상도 D 의 확실함을 표시하기 위하여, 실수송시험의 결과를 이용하여 손상도 D 와 실제의 손상과의 상관을 확인했다.

[그림 9]는 횡축에손상도 D , 종축에 실제의 손상의 발생비율로 하여, 화실 내의 계측위치 4군데×2계측 분 플랫폼고 있다. 여기서 손상의 발생비율은 각 위치마다 관찰한 딸기의 샘플 수를 모수로서 부여하고 있다.

이 [그림 9]에서 명백한 것처럼 산출한 손상도 D 와 실제의 손상의 발생비율의 상관은 강하며, 그 기여율은 $R^2=0.81$ 이다.

이 관계식을 산출하는 것에 의하여, 손상도 D 에 의해 손상발생량을 예측하는 것이 가능하도록

되었다. 다음에 (그림 10)에 주파수별 손상도 $D(f)$ 를 표시한다. 횡축은 주파수, 종축은 주파수별 손상도 $D(f)$ 이며, 식(2)과 (그림 8)의 가속도 빈도에 의해 얻어진 결과를 표시하고 있다. 이 (그림 1)에 의해 손상의 발생에 대한 고주파수영역(f 근방)의 영향이 큰 것을 알았다. 이와 같이 주파수별 손상도를 정의한 것에 의해 어느 주파수역의 진동이 손상발생으로 크게 영향을 주는가를 명확히 하는 것이 가능하게 되었다.

3. 차량개발 이용

보통차량을 설계할 때에는 CAE 해석에 의해 차량진동 등 성능을 예측·평가하여 방법을 결정했으나, 이번의 성과에 의해 (그림 11)에 표시한 것처럼 CAE 해석 시에 얻을 수 있는 차량진동파형부터 손상의 저감율이 산출 가능하도록

되었기 때문에, 손상저감율도 설계시의 평가항목에 추가되었다.

또 주파수별 손상도에 의해 손상으로의 영향이 큰 주파수역이 표시된 것으로 화물 손상저감에 효과가 있는 진동저감목표 및 필요한 기술이 명확하게 되어 효율적으로 화물 손상저감효과가 높은 차량을 개발하는 것이 가능하게 되었다.

II. 결론

본 고에서는 진동에 의해 딸기의 손상의 발생을 정량평가가능한 지표인 「손상도」를 확장한 「주파수별 손상도」를 정의하고, 화물 손상발생에 영향이 큰 주파수역을 명확하게 했다.

더욱이 화물 손상 저감을 효과적으로 실현하는 차량개발로의 「주파수별 손상도」의 이용방법을 표시했다. ㉠

사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net