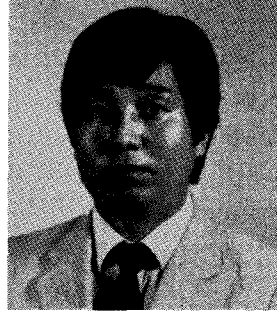


尖端技術 어디까지 왔나 騒音・振動制御用 制振材料(完)



金 弘 球

〈産業技術情報院 責任研究員〉

目 次

- I. 머리말
- II. 소음규제 동향
- III. 制振 재료의 성능 표시량
- IV. 복합계 制振 재료의 특성
- V. 이용기술 확립의 유의점
- VI. 응용 예
- VII. 맺는말

〈고딕은 이번號, 명조는 지난號〉

V. 이용기술 확립의 유의점

철강재료 강도에 관한 연구역사는 길기 때문에 소재에서 靜的強度를 규정하면 거의 충족되지만, 소음·진동방지대책은 학문적 역사가 짧으며 진동이라는 동적현상을 취급한다는 것이 철강재료와는 큰 차이점이다. 각종 制振 재료도 일부를 제외하고는 실험단계 수준으로 실용적 양산체제에는 도달하지 않았는데, 그 이유 중에는 제진재료를 사용하는 설계기준이 확립되지 않았다는 것도 있다. 시장성으로는 제진강판 소재의 특성치로서 손실계수만이 정착화되었으나, 아래와 같은 항목도 고려해서 제진강판의 재료개발 또는 이용기술의 확립을 도모해야 한다.

1. 粘彈性 수지의 특성 파악

일반적으로 점탄성 수지로는 열가소성 수지를 사용하지만, 제진강판으로서는 상온하에서 성형가공이나 열처리 도장을 한 후에도 손실계수값이 커야 한다.

손실계수에 미치는 영향 뿐아니라 사용을 고려한 각종 특성도 파악해야 한다.

2. 성형가공 후 제진성능의 변화

단순 인장에서는 전술한 바와 같이 복합형 제진강판의 제진성능이 거의 변화하지 않지만(〈圖 5〉 참조), 가공방식에 따라서는 성능이 변화한다. 예를들면, 25℃ 부근에서 손실계수가 최대가 되는 복합형 제진강판(0.8/0.1/0.8mm 두께)를 압축비 1.9로 프레스 성형하면 손실계수 최대치를 나타내는 피크 특성 온도가 25℃에서 10℃로 변화한다는 자료도 있다.

3. 구속조건 등에 의한 제진성능 기여율의 변화

제진강판이 자발진동에 가까운 진동을 받는지, 혹은 강제진동을 받는지의 구속조건에 의하여, 또한 진동면이 기계적으로 加振되는지, 혹은 충격적·정상적 가진에 의한 共振 상태로 소음을 발생시키는 것인지의 조건에 따라 제진성능 기여율이 달라진다. 한 예로서, 자유진동

시와 구속진동시, 타격에 의한 발생 소음레벨은 전혀 다르다. 그리고 구조물은 이음매 등에 상당한 제진성능을 필요로 하기 때문에, 여기에 고성능의 제진재료를 사용하지 않으면 효과가 나타나지 않는 경우가 많으므로 주의를 할 필요가 있다.

4. 제진성능의 주파수 의존성 등에 대한 배려
실제적 적용범위를 고려한 주파수의 평가 또는 다른 각종 재료와의 복합구조에서도 제진성능을 측정할 수 있는 평가방식의 확립이 필요하다.

이상 언급된 항목을 고려한 평가방식으로 기계 임피던스법에 의한 복합형 제진강판의 평가도 실시되고 있다. 손실계수가 아주 큰 경우, 종래의 振動減衰法이나 공진법으로는 감쇠도나 공진점의 측정이 곤란할 뿐 아니라, 손실계수를 산출할 수 없는 위험성이 있으나, 기계 임피던스법을 재료평가에 이용하면 소음방지에 관계되는 주파수 범위내에서도 가진점의 기계 임피던스 측정과 손실계수를 산출할 수 있다는

장점이 있다. 또한 제품으로 가공한 후에도 재료평가를 할 수 있다든지, 혹은 다른 재료와의 복합상태에서도 평가를 할 수 있는 등, 이용범위가 넓어진다.

〈圖 7〉 복합형 제진강판(SPCE재 사용, 0.8/0.1/0.8mm 두께)의 시료측정예를 나타내는데, 제진강판의 기계 임피던스는 공진점이 부드럽게 변화하면서 임피던스가 큰데, 통상의 단일강판(SPCE재, 1.6mm 두께)은 공진점이 급격히 변화하면서 임피던스도 작다.

또한 중·고주파 진동수역에서의 공진발생정도도 명백히 다른 것을 알 수 있다.

IV. 응용예

1. 소음원·진동원 대책기술

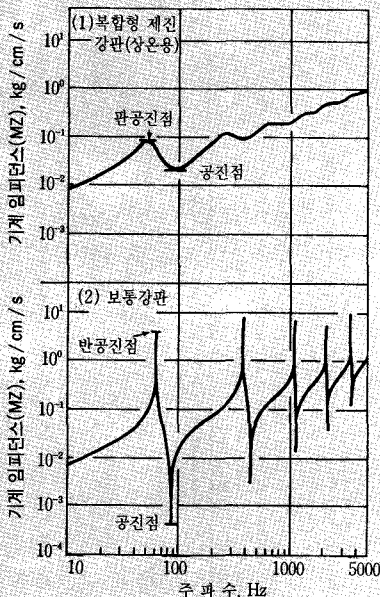
각종 기기장치와 구조물의 소음원과 진동원 대책기술 개발을 위한 진동제어기술 및 제진성능의 중요성은 이미 언급했듯이, 소음·진동방지를 위한 진동제어기술도 다른 기술과 마찬가지로 소음발생 메카니즘, 진동을 일으키는 특성의 해명, 필요한 진동제어 성능의 결정, 적절한 진동제어법의 선택, 시스템으로서의 해석적 설계, 하드웨어 조립 및 공기 전달음 대책 등을 고려해야 한다. 일반적으로 소음과 진동의 문제는 발생원과 전달경로가 하나로 한정되는 일은 극히 드물기 때문에 복합적으로 생각해야 한다. 따라서 공기 전달음 대책기술까지 포함시켜 어떻게 종합 효과를 발휘할 것인가가 진동제어기술 확립의 큰 과제이다.

그러므로 금속공학, 재료과학, 진동공학 또는 음향공학 등의 학술적 기술인 소음방지·진동제어기술에 대해서, 현재까지의 학문적 축적과 앞으로의 발전을 검토해서 사회적 요구에 부응해야 할 것이다. 다음에는 제진재료의 이용기술 개발에 배경이 되는 진동제어기술의 기본에 대해서 설명하기로 한다.

2. 기본적 진동제어기술

일반적으로 이용되고 있는 진동제어기술로는 다음과 같은데, 특히 강판의 제진성능과 관계있는 것은 구조물 진동의 제진이다.

〈圖 7〉 제진강판과 통상 단일강판의 기계 임피던스 비교



① 가진력의 감소는 진동이 생기지 않도록 진동원 자체를 개조, 도로의凹凸, 또는 엔진 연소의 불안정한 경우와 같이 진동원의 역학적 특성을 바꾸는 것이 곤란한 경우에는 실제적이지 못하다. 그리고 열차 바퀴의 진단도향상, 기계요소 of 정도향상 또는 관성의 평형화는 가진력을 감소시키기는 하지만, 보수조건이나 수명은 물론 종합적인 경제성을 고려해야 한다.

② 구조부재의 동적 강성강화라고 하는 것은 구조부재의 강도를 높여서 부하시 부담을 감소시킬 뿐아니라 공진진동수를 높힘으로써 구조물 전체의 강도를 증가시키는 것이다. 그러나 구조부재의 강도를 올림으로써 국부적 질량작용이 발생하여 당초보다 더 큰 공진현상이 생기는 수도 있음으로 진동계 전체의 관점에서 고려해야 한다.

③ 공진 진동수의 이조(Detuning)는 구조요소의 고유 진동수를 다른 구성요소의 고유 진동수 또는 주요한 가진진동수로 인하여 값이 떨어지게 하는 것인데, 공진 진동수가 일치하지 않도록 관성이나 강성을 조정하는 방법도 있다. 공진 진동수의 비연성(Decoupling)은 특정 구조부재 또는 구성요소의 진동상황과 그들의 배치로 인하여 발생하는 결합공진자(Coupled Resonator)의 수를 감소시키는 것이며, 외력에 의한 진동수역에서 공진점의 수가 최소가 되도록 구성을 검토한다. 예를 들면, 전자기기부품의 캡슐(Capsule)화에 의하여 質點系의 관성을 분포정수형으로 하는 것 등이 비연성의 대책에이다.

④ 진동파악과 吸振은 과거부터 사용되던 기술이다. 진동절연이라는 것은 진동원과 受振體 사이에 탄성체를 끼워넣는 것이고, 흡진이라는 것은 탄성요소와 질량의 조합에 의해서 진동에너지 흡수기구를 진동원이나 수진체에 부착하여 단일 진동수에 대한 진동제어를 행하는 것이다. 그외 검출기, 검출신호 처리부 및 작동부로 되어 있는 서보(Servo) 기구를 이용한 능동적 진동파악·흡진시스템도 있다.

⑤ 구조물 진동의 제진은 구조물의 공진점 부근에서 진폭확대를 감소시키기 위해서 고에

너지 소모구조를 만드는 것이며, 제진재료의 사용 외에 미끄럼마찰을 이용한 리벳이나 볼트의 사용, 특수구조의 이음매 또는 제진도료를 사용하는 제진처리 등이 있다. 뉴욕의 세계무역센터 빌딩에서는 풍압을 흡수하여 파괴를 방지하는 방법으로서 점탄성층이 이층인 특수구조 이음매가 사용되고 있으며, 용접 이음매 형상으로서 플러그 용접에 의한 합판구조가 점성감쇠에 의하여 제진성능을 발휘한다는 보고도 있다. 특히 각종 제진부재중 점탄성 재료를 사용한 제진처리가 가장 양호한 진동감쇠작용을 나타낼 뿐아니라 급힘진동을 하는 구조요소를 가진 구조에서도 우수한 효과를 나타낸다는 보고도 있다.

3. 실시예

(1) 제진강판

〈表 4〉는 제진강판의 최근 적용예를 나타냈는데, 그중 제진강판의 적용상황과 그 효과에 대해서 몇가지 예를 들어서 설명하기로 한다.

〈表 4〉 제진강판의 이용예

분류	용도예
대형구조물	철도교 방음공사(下面 遮音板), 제철소 언로터 라이너, 흡파·슈트 라이너
건축관계	고층건축물의 鋼製단계, 더스트 슈트, 스틸도어, 스틸샤터, 강제 가구, 환기용 강제풍, 체육관 지붕
교통기관	자동차 엔진 부품, 슈트부, 선박·항공기·이륜차의 구조부재
일반공장	콘베이어 운송기구의 강판구조, 수송용 콘테이너, 모터 케이스
가전·음향기기	세탁기 바디, 음향기기 샤시·케이스, 사무용 기계·금전등록기 케이스, 레이저 장치의 방진대, 스피커 프레임, 정밀측정기계
방음커버	각종기구의 방음커버, 대형소음기의 강판구조

① 자동차의 소음방지

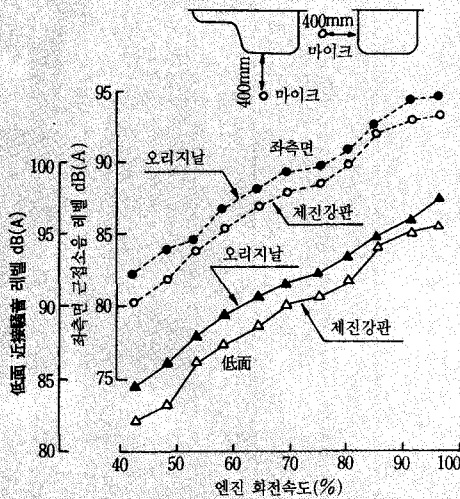
자동차 엔진의 소음방지 대책으로서 엔진부품중 오일팬의 제진강판 적용이 디젤차를 중심으로 급속히 진전되고 있다. 이에 의해서 소음을 저감한 위에 오일팬 커버나 글라스울의 장

착이 생략되어, 중량경감이나 정비성 향상 등의 효과가 기대된다. 그리고 오일팬의 제진강판 적용에서 가장 곤란한 점이 프레스 성형성이었으나, 표피강판, 수지 접착성이나 변형특성, 프레스 조건의 적정화에 의해서 해결되었으며, <圖 8>에는 제진강판을 오일팬에 적용하였을 때의 소음저감효과 보고예를 나타냈다.

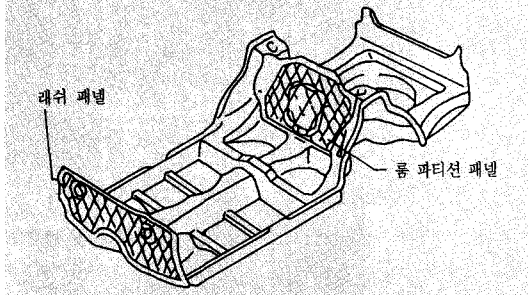
② 자동차 차내의 靜肅性 향상

자동차 차내의 정숙성 향상을 위하여 遮音材, 흡음재, 댐핑재 등의 재료가 사용되었지만, 정숙성 향상, 제조공정의 간소화, 경량화 등의 목적으로 차내부 둘레에 제진강판을 사용한 패넬을 사용하기 시작했다. <圖 9>와 같이 대시(Dash) 패넬과 룸 파티션 패넬에 사용되어 1.4dB의 차실내 소음저감 효과를 나타냈으며,今後 플로어, 도어 등으로의 적용도 고려되고 있다.

<圖 8> 오일팬의 소음레벨



<圖 9> 자동차내 패넬의 실시예



③ 가전제품의 소음방지

제진과 방음을 선전하는 가전제품이 늘고 있는데, 제진강판이 그 대책의 하나로 사용되고 있다. 세탁기 바디로의 제진강판 채용이 가공성과 용접성 등의 문제점을 극복하고 사용되고 있으며, 이어 에어컨이나 냉장고 등으로도 확대될 것이다.

④ 소음제품의 음질개선

음향제품에서 음이 발생하면 안되는 경우, 진동하여 잡음을 내면 상품가치가 크게 손상되기 때문에, 검쇠특성이 높은 제진강판이 스피커 프레임이나 샤시 케이스 등에 사용된다.

⑤ 기타

제진강판은 위에 언급한 이외에도 건축재, 각종 작업기계, 대형 구조물과 선박 등에 응용되고 있다.

4. 제진·방진 고분자재료의 시장 동향

(1) 수요동향

제진시트와 방진 고무는 자동차, 철도, 선박, 항공기 등의 교통분야와 펌프, 탱크, 蒸溜塔, 압축기, 프레스기계, 철조기계, 정밀가공기계 등의 제조공장 분야, 반도체, IC, 디바이스, TV, VTR 등의 전자공업분야, 냉장고, 세탁기 등의 생활관련분야, 빌딩 등의 건축분야 및 기타 분야로 넓게 사용되고 있으며, 그 용도사례를 <表 5>에 나타냈다. 또한 제진도료는 복잡한 형상을 손쉽게 처리할 수 있다는 장점때문에 교통분야나 공장분야 등에 사용되는데, 그 용도사례를 <表 6>에 나타냈다.

자동차용 제진·방진 고분자재료는 자동차의 고출력과 경량화 뿐만아니라 보다 향상된 정숙성과 쾌적성에 적합하다.

따라서 엔진 둘레의 각부위에 사용되고 있는데, 예를 들면 Torsional Damper, Engine Mount, Clutch Torsion Damper, Clutch Release, Lever Dynamic Damper, Mission Mount, Gear Damper, Center Ring Bush, Center Bearing Support 등이 제진·방진 고분자재료로 만들었다.

그리고 공장분야에서 사용되는 Compressor,

〈表 5〉 제진시트·방진고무의 용도

용도분야	용도 사례
교통분야	자동차 플로어, 도어, 지붕, 엔진, 열차궤도의 패드, 선박용 엔진, 자이로컴파스, 항공기용 제트엔진, 마운트 서포트
공장분야	공작기계, 화학장치, 貯槽, 전동기, 슈트, 덕트, 벨트 컨베이어, 기어
전자공업분야	CD, VD, FDD, 프린터 등의 사시, 소형 모터, 소형 팬, 제진기어, 정밀기기 지지대
생활분야	야구글러브, 자동판매기 스톱퍼, 골프 슈즈, 의료용 카메라, 냉장차 세탁기의 同上부품
건축분야	에어캡퍼, 덕트 도어, 空調기, 給排水 펌프, 급배수관, 건물용 免震구조, 러버 베어링 등의 동상부품

〈表 6〉 제진도료의 용도

용도분야	용도 사례
교통 분야	자동차, 트랙터, 엔진레버
건축분야	건설기계, 건설차량의 엔진 주변, 덕트, 커튼올
전자공업분야	전산기, FAX, AV, 비디오 디스크, 냉장차, 세탁기, 청소기 등 가전기기

Motor Cover, 기계 Encloser가, 그리고 전자공업 분야에서는 오디오기기, 프린터, 복사기, VTR, 컴퓨터 등에는 제진시트가 이용되고, 식기 세척기, Air Conditioner, Sawing Machine, 자동판매기, Show Case 등에는 감압접착형 제진시트가 이용된다. 또한 생활분야에 사용되는 Sports Shoes, Audio Turn Table Seat 등에는 續層型 제진시트가 이용되고, 전기세탁기, Room Aircon, 금속제 지붕, 鋼製 단계, 鋼製 도어에는 충격진동을 억제하기 위하여 제진테이프나 발포시트를 부착한다.

위와 같이 여러 분야에 사용되는 제진·방진고분자 재료의 '88년도 수요규모가 일본의 경우, 약 300톤/월로 추정되며, 그중 제진시트나 방진고무가 약 250톤, 제진도료가 약 50톤 가량 된다. 그러나 저소음형 세탁기와 자동차, 건축분야의 급증에 따라 작년에는 400톤/월로 추정된다.

(2) 생산동향

진동은 기계를 운전하거나 자동차를 주행시킬 때 발생하는데, 이 진동이 전달되는 것을 방지하기 위하여 방진고무가 사용되는데, 방진효과는 방진고무에 미치는 기계의 중량과 방진고무의 스프링 정수에 의해서 결정된다. 기계하중으로부터 방진고무 1개당 분담하중을 구하고, 가진 진동수보다 적은 고유 진동수를 선택하여 스프링 정수를 구하고, 이것에 맞는 규격의 방진고무를 선정한다. 규격은 형식, 치수, 고무경도 등에 따라 분류되며, 각각 방진특성이 다르다. 이렇게 선정된 방진고무 제품의 대부분은 자동차용 부품으로, 그중에서도 가장 사용량이 많은 것은 Engine Mount이다. 최근 경량이면서도 고성능의 자동차 엔진이 일으키는 진동의 전달을 방지하기 위한 Engine Mount는 큰 진동에 대하여 감쇠효과를 줄 뿐아니라 진동의 전달율을 낮게 억제할 필요가 있다. 사용되는 방진고무 재질은 통상 천연고무나 합성고무가 사용되나, 합성고무는 고주파영역에서 제진성이 급격히 저하됨으로 천연고무계의 사용이 많다. 고무 안에 액체를 넣은 Bush를 개발하여 자동차에 탑재하는 경우도 있다.

자동차에 사용되는 제진시트는 강판과의 복합구조로 되어 있으며, 발포형 아스팔트계 제진시트나 우레탄계 제진시트가 실용화되고 있다.

열차용 철교나 고속도로용 교량에 사용되는 제진시트는 주로 크로로플렌계 합성고무로 만들어 지는데 합성고무 양측에 耐候性 補強板을 加黃접착하며, 보강판의 표면은 접착력이 있으며 마찰계수가 큰 특수한 수지도료를 바른다. 열차용 철교의 경우, 연간 총하중은 1000만톤을 넘을 뿐아니라 기후변동에 따른 팽창수축, 노화현상, 대기중의 오염물질에도 견뎌내야 한다.

전자공업 분야에서는 특히 음향·영상기 제진재에 따라 음향이 변함으로 자동차의 스피커는 진동판 프레임에 제진재를 사용한다. 이 제진재에는 플라스틱계가 이용되며, 음향기구나 영상기구의 Sash나 Casing, Deck의 제진 고분

자재료에는 고밀도 플라스틱이 사용된다. 이것은 열가소성 수지에 철분 등의 금속분이나 세라믹분을 혼합한 것이며, VTR의 Side Panel에는 고밀도 폴리프로필렌계, 카세트 테이프 레코더 데크에는 고밀도 고무계 또는 고밀도 폴리아미드계가, CD의 로딩 테이블에는 고밀도 플라스틱계 제진 고분자재료가 이용된다. 세탁기에는 그 외판에 제진강판을 사용하고 있으나, 샌드위치상으로 사용되는 제진재료는 점탄성 수지를 필름으로 만들어서 사용하는 것과 도로로 바른 후 라미네이트하는 것이 있는데, 이 제진 고분자재료는 브틸고무 또는 노르볼넨 폴리머이다.

냉장고에서는 아직 외판에 제진강판이 사용되고 있지 않지만, 점차 대형화되는 추세임으로 진동이 문제화 될 것이며, 현재 각 부분의 방진에는 브틸고무가 사용되고 있다. 전기 청소기의 경우는 본체 자체에 제진성이 있는 고밀도 플라스틱이 사용되고 있다.

그리고 세탁기, 냉장고와 전기 청소기에 공통되는 모터의 진동에 대해서는 여러 방식이 있다. 모터를 우레탄이나 펠트 등의 방진·방음재로 둘러싸는 방법, 발포우레탄-ABS 수지-발포우레탄의 3층 복합재로 싸는 방법, 모터 전체를 불포화 폴리에스테르로 완전히 몰드(Mold)하는 방법 등이 있으며, 나아가 크로로플렌계의 발포고무를 사용하는 것도 있다.

위와 같이 제진·방진 고분자재료는 사용범위가 아주 넓으며, 일본의 경우 작년도(1990년) 각 메이커별 생산능력을 <表 7>에 나타냈는데,

<表 7> 제진·방진 고분자재료의 메이커와 생산능력

(1990년) (단위: 톤/월)

종류	메이커	생산능력
제진시트 방진고무	豊田合成	100
	N O K	100
	廣榮化學	100
	構浜 고무	650
브리티스		
住友스리		
기	타	
제진도료	일본 특수도료 아사히 코포레이션 기	50
합계		1,000

국내에서도 이 분야의 수요가 기하급수적으로 증대될 것이므로 연구개발의 필요성이 절실하다.

VIII. 맺는말

진동은 중요한 공해문제로서 공해방지법이 적용되지만 정부와 기업, 사용자의 인식 부족으로 아직은 성숙된 시장이 형성되어 있지 않다.

앞서 살펴본 바와 같이 진동발생원은 다양하지만, 기기장치를 설치한 후에 진동문제가 발생한다. 극히 저진동의 기계라도 많은 기계가 동시에 가동하면 작업환경을 악화시키는 진동문제가 발생한다.

작업환경을 진동으로부터 지키기 위해서는 기기선정의 설계단계부터 제진·방진대책을 강구할 필요가 있다. <♣>

한뜻모아 경제발전 밝아오는 2000년대
신뢰와 양보로 경제난국 극복하자