

기계 설비 고장진단

산업현장의 대형, 주요 기계와 설비에 대한 고장진단은 성능 유지, 재해 방지, 경제성 확보 측면에서 중요한 과제로서 확실한 고장진단을 위해서는 동역학, 기계진동학, 외진채역학, 특히 비선형진동학, 난진동에 대한 이론적 기초와 더불어 실험 및 현장 경험이 요구된다.

글 · 최연선 / 성균관대학교 기계공학부, 교수
e-mail · yschoi@yurim.skku.ac.kr

산업현장에서 기계 및 설비에 발생하는 고장은 일상적인 것이 될 수 있으나, 고장발생은 생산에 차질을 가져오고, 경우에 따라서는 산업재해로 연결 될 수 있다. 따라서 발전소, 석유화학 플랜트, 제철소 등 대형 산업현장의 주요 기계 및 설비에 대해서는 운전 상태를 지속적으로 감시(condition monitoring)하여야 하고, 고장발생 시 고장을 진단하여 원인을 밝히고, 이를 바탕으로 확실한 대처방안을 마련하여야 한다. 이러한 일련의 활동을 기계설비보전, 상태감시, 상태진단, 설비진단, 기계건강 등으로 불리고 있으나, 크게 기계 및 설비에 대한 고장진단(fault diagnosis) 활동으로 볼 수 있다.

국내 산업현장의 주요 대형 기계설비는 많은 경우 수입에 의존하고 있다. 특히 정밀을 요하거나 고속, 고가의 기계설비는 미국, 일본, 유럽 등 기계공업 선진국으로부터 수입하고 있다. 기계 도입 시 기계의 운전 방법, 유지 보수 방법 등을 배워오나 당해 기계의 설계, 제작을 하지 않은 입장에서 그 기계의 근본 내용은 알 수 없고, 예상치 못한 문제가 발생하면 그에 대한 확실한 대처방안을 마련하기란 쉽지 않은 과제이다. 산업현장에서 기계 및 설비에 고장이 발생하면 일차로 현장의 운전요원이 경험을 바탕으로 당해 기계 및 설비의 문제점을 해결하여야 하나, 운전요원의 경험만으로 해결되지 않는 문제는 현장 엔지니어, 설계자, 나아가 외부의 고장진단 전문가

까지 동원해서라도 고장의 원인을 밝히고 대처방안을 마련하여야 한다.

의사와 고장진단

고장진단 전문가는 대상이 사람이 아닌 기계라는 점만 다를 뿐 병원의 의사와 일의 내용 및 성격은 같을 수밖에 없다. 즉 기계설비의 고장을 진단하기 위해서는 먼저 기계 운전자로부터 운전상태에 대한 설명을 듣고(문진), 측정기기를 이용하여 기계의 상태를 측정하고(검진), 이를 바탕으로 역학적 계산, 물리적 추리 및 판단을 통하여 고장의 원인을 밝히고(진단), 그 원인 및 현상에 대한 대처방안(처방)을 내려야 한다. 그림 1과 같이 고장진단을 담당하는 엔지니어는 기계의사(mechanical doctor)라 할 수 있다.

의사는 전문 분야별로 하루에도 수십 명의 환자를 보게 되면 환자의 얼굴만 보아도 건강 상태 및 치료 방법이 나오게 되나, 고장진단은 기계에 관련된 모든 고장을 대상으로 하고, 같은 고장을 경험하는 횟수도 많지 않으므로 진단은 쉽지 않다. 물론 불균형(unbalance), 베어링 결함(bearing fault) 등 간단하게 알아 낼 수 있는 것도 있으나, 문제가 복잡해지면 간단하게 풀리는 것이 아니다. 또한 인체는 성별, 나이별, 지역별로 약간의 차이는 있으나, 병의 원인과 경과 등은 거의 비슷하여 한국의 의사가 미국에 가서도 진

단이 가능하다. 그러나 기계는 종류도 다양할 뿐 아니라 제작사에 따라서도 작동원리 및 규격에 따라 고장의 형태는 다양하다. 따라서 고장진단 엔지니어에게 모든 것을 요구하기에는 한계가 있고 고장진단 엔지니어 개인의 능력과 경험이 중요해 질 수밖에 없다.

설비진단 방법은 크게 온도, 압력, 진동, 소음, 오일 등을 측정하는 상태진단(condition monitoring)에 의한 고장진단과 X선 검사, 초음파 검사, 음향방출법 등에 의한 비파괴검사(nondestructive inspection)로 분류될 수 있다.

일반적으로 비파괴 검사는 대상 기계에서 크랙(crack)의 유무를 판별하는 데 주안점을 두고 있다. 크랙이 있으면 잔류수명이 예측될 수 있어 크랙의 진단에서부터 파괴에 이르기까지, 얼마간의 여유가 있다는 형태로 안전성 여부를 평가할 수 있다. 사람의 경우라면 현재 나이가 얼마이므로 평균 수명과 비교하여 얼마 더 살 수 있다, 또는 현재 환자의 건강상태가 어느 정도 더 살 수 있다는 판단이다. 경우에 따라서는 이러한 비파괴검사가 기계 및 설비의 진단에 유용할 수 있다. 그러나 기계에서 크랙이 있다는 것은 이미 기계로서 위험한 상태에 있는 것이므로 발견 즉시 해당 부품을 교체하여야 할 것이고, 그보다도 크랙이 왜 발생했는지를 알아 그 원인을 제거하여야 할 것이다.

기계의 온도, 압력, 진동 등에 의한 상태진단은 사람으로 보면 정기 건강진단, 혹은 무언가 병의 조짐이 있어 병원에 가면 체온, 혈압 검사 등을 통해 그 사람의 건강상태로 병의 유무를 판단하는 것과 같다. 의사는 검사 결과를 바탕으로 병을 진단하고 적절한 치료 방법을 강구하게 되는 것이다. 마찬가지로 상태진단에서도 기계의 운전상태를 측정, 분석

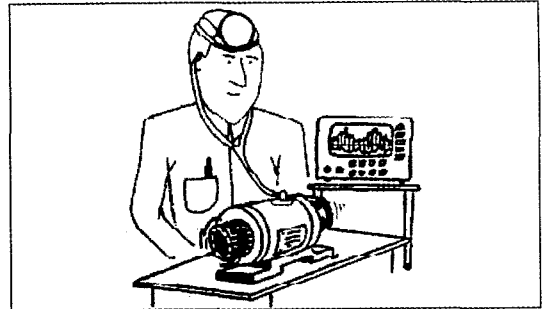


그림 1 기계의사(mechanical doctor)

하여 고장 여부를 판단하고 적절한 대책을 마련함으로써 고장을 치유하는 것이다.

사람이 죽음에 이르는 길은 두 가지이다. 늙어서, 즉 주어진 수명을 다하고 죽거나, 중간에 몸을 무리하게 쓰거나 외부의 병균의 침입 등으로 병에 의해 죽는 것이다. 아무리 수명을 다하고 죽는다 해도 살다보면 크건 작건 병이 나고 병에 적절히 대처하지 못하면 어려워지게 된다. 기계도 마찬가지이다. 기계에 윤활유 공급, 부품 교체 등 적절히 유지 보수를 제대로 하지 못하면 기계의 수명을 다하지 못하고, 설계상 주어진 성능을 발휘하지 못할 뿐만 아니라 경우에 따라서는 대형 사고로 연결될 수 있는 것이다.

문제는 산업현장의 고장이 경험과 기능만으로 해결될 수 없다는 것이다. 특히 미처 경험하지 못한 고장 상황이 발생 시, 원인과 대처 방안을 현장 엔지니어의 경험으로 해결하는 데는 한계가 있을 수 있다. 의과대학을 졸업하지 않은 일반인도 간단한 병은 스스로 다스리기도 한다. 그러나 정확한 진단, 확실한 처방을 위해서는 의사의 진료를 받아야 한다. 의사는 환자 개개인의 신체적 차이를 모두 겪어 볼 수는 없지만 의과대학에서 신체해부학, 병리학, 약리학 등 병과 관련된 원리를 배우고, 이를 바탕으로 병의 원인을 진단하고 처

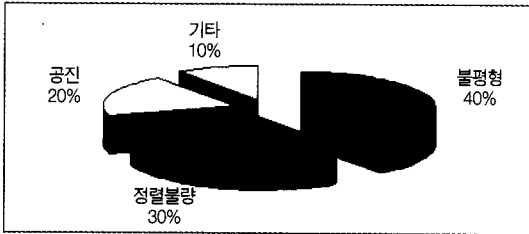


그림 2 주요 고장원인

방을 내리는 것이다. 그렇다면 고장진단을 위해서는 무엇을 알아야 하나?

고장진단을 위한 기계공학

기계의 작동 원리는 역학(mechanics)이다. 동역학, 고체역학, 유체역학, 열역학 등 역학이 기계공학 교육 과정에서 중요하게 취급되는 이유이다. 역학을 알아야 기계를 설계할 수 있고 문제가 발생 시 그 원인을 밝히고 대처방안을 마련하는 논리적 근거가 되는 것이다. 열역학, 유체역학 관련 과목은 유체가 있는 기계, 열과 유동이 있는 기계와 관련되며, 고체역학은 강도, 수명과 관련된다. 동역학은 운동과 이를 위한, 혹은 운동의 결과로 발생하는 힘과 관련된 과목이다. 고층건물의 철골구조물, 다리, 화학공장의 탱크/베셀/타워(tank /vessel/tower) 등 구조물(structure)은 구조물 내 부품의 상호운동이 없는 것으로 구조물의 안전진단을 위해서는 고체역학 지식이 주로 요구된다. 그러나 구조물도 바람, 지진 등에 의해 동적 변위를 일으키므로 구조물의 설계 및 안전진단을 위해서는 유체역학과 동역학 지식도 요구된다. 그러나 일반적으로 기계란 모터, 펌프, 터빈, 내연기관 등 내부 부품 상호간에 운동이 있다. 이러한 운동은 기계 고장의 근본적인 원인이 되므로 고장을 진단하기 하기 위해서는 동역학

지식이 필요하다. 특히 기계진동학은 기계에 주어지는 외력(external force)과 함께 동역학의 관성력(inertia force) 고체역학의 강성력(spring force), 열역학의 비보존력(nonconservative force) 등을 동시에 다루는 학문으로 기계의 작동 원리를 이해하는데 중요한 과목이다. 진동이 있으면 소음을 유발하게 되며, 소음에 대한 이해를 위해서는 진동학과 더불어 열역학, 유체역학을 이해하여야 한다. 결과적으로 고장진단 엔지니어는 대학의 기계공학과에서 배우는 역학에 대한 이해를 확실히 하여야 하고 특히, 동역학과 기계진동학에 대한 폭넓은 지식이 있어야 한다. 기계진동학 중에서도 회전체역학(rotordynamics)은 모터, 펌프, 송풍기, 터빈, 발전기 등 회전하는 기계의 역학으로서 회전기계 설계는 물론 고장진단과도 직결된다. 해외의 고장진단 엔지니어들이 회전체역학을 전공으로 하고 있는 현실이 이를 대변해주고 있다. 미국의 Bently Nevada Co., VCI 등 고장진단 용역을 수행하는 회사의 주요 과제가 회전체역학이고, 일본의 vBase와 같이 고장진단 관련 산업현장 엔지니어와 대학의 연구자들이 모인 그룹 활동의 주요 멤버들도 회전체역학 전공자이다.

회전체역학에서 취급하는 고장의 원인은 그림 2에서 보는 바와 같이 불균형(unbalance)에 의한 고장이 상당수에 달한다. 불균형은 회전기계에서 원심력을 유발하고 회전주파수가 회전기계의 고유진동수와 일치하면 공진을 일으키게 되므로 정밀, 고속 회전기계에서는 가능한 불균형을 최소화 하여야 한다. 이를 위해 다양한 균형잡이(balancing) 이론이 있고 정확한 측정과 분석에 의해 불균형은 해소될 수 있다. 다음으로 많은 고장의 원인으로 정렬불량(misalignment)을 꼽는다.

실제 기계제작 설치과정에서 완전한 정렬이란 불가능하다. 정렬불량에 의해 발생하는 현상은 역학적으로 비선형성에 기인한 복잡한 현상으로 진단이 쉽지 않다. 그 외에도 베어링, 축, 기어, 케이스 등에서 다양한 형태의 고장이 발생하며 발생 부위에 따라 고장 형태가 결정된다.

비선형진동과 난진동

문제는 이러한 고장 원인이 역학 이론으로 설명이 될 수 있느냐이다. 공진, 안정의 개념은 선형이론에 근거한다. 발생주파수가 가진주파수와 일치하면 선형이론으로 설명될 수 있다. 그러나 많은 경우 발생주파수는 회전주파수 등 가진주파수의 2, 3배 혹은 1/2, 1/3이 되는 경우가 있다. 특히 기계 및 설비에는 부품 조립 및 동작 여유 등을 주기 위해 부품 간에는 간극(clearance)이 존재하며, 또한 움직이는 부품 간에는 마찰이 존재한다. 이러한 간극과 마찰은 기계공학에서 전형적인 비선형진동 문제이다. 비선형진동하면 복잡한 수학, 실용성과 무관한 난해한 이론으로 치부하기 쉬우나 기계에서 실제로 많은 비선형 현상이 발생하고 있다.

펌프, 모터, 압축기, 제트엔진 등의 회전기계는 저속 회전에서 문제되지 않는 것도 고속, 대부하의 회전기계에서는 비선형성이 문제가 된다. 베어링 간극 및 베어링 강성 변화는 고속 회전기계에서 무시할 수 없는 비선형 현상이다. 회전기계의 성능을 높이기 위해서는 회전자와 고정자의 간극을 가능한 한 줄여야 하나 회전자의 불균형, 정렬 불량(misalignment) 등 여러 요인에 의해 회전자와 고정자의 접촉이 발생할 수 있고(회전마멸(rubbing)) 접촉 시, 마찰효과는 문제를

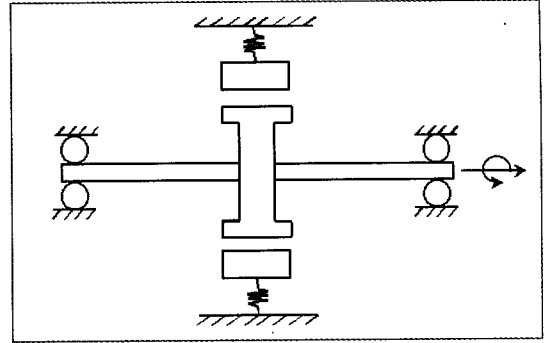


그림 3 회전마멸모델

더욱 복잡하게 하는 비선형 현상이다(그림 3). 유체유동과 관련된 송풍기, 압축기, 펌프 등의 유체기계에서는 유체에 의한 연성을 일으켜 문제를 어렵게 하는 비선형 요인을 유발한다. 배관계(piping system)의 진동 역시 교체와 내부 유체의 유동에 의한 비선형 현상을 유발한다. 이와 같이 기계계에서의 비선형 현상은 아주 광범위하게 발생하며 고속, 고부하, 고정밀을 요하는 경우는 대개 비선형과 관련된 경우이다. 따라서 모든 기계적 고장은 비선형 요인에 기인하는 경우가 많게 된다. 물론 비선형이론이 측정된 결과를 완전히 설명할 만큼 간단한 경우는 많지 않으나 비선형이론을 알고 측정된 데이터를 관찰한다면 보다 확실히 문제점을 발견·대처할 수 있다.

빠른 해결 수단을 강구해야 하는 기계 관련 제품 생산업체에서는 대학에서 배운 역학 해석보다 실험을 바탕으로 제품의 문제점을 찾고 있다. 이는 기계공학의 특성상 비선형 요인이 개재될 가능성이 많고, 대학에서 배운 선형이론이 잘 맞지 않아 처음부터 시행착오(trial and error)식의 실험으로 해결을 시도하려는 것이다. 그러나 비선형진동 이론을 이해하고 있다면 실험 비용과 시간을 절약하면서 보다 유용한 결과를 얻을 수 있을 것이

다. 비선형진동에 대한 확실한 이해가 있으면 기계계의 동적현상에 대한 근본적인 원인을 추적, 대처할 수 있어 보다 확실한 고장진단이 가능하고, 이를 설계에 반영한다면 보다 안전하고 정밀한 고부가가치의 기계를 제작할 수 있을 것이다.

그러나 실험을 수행하다보면, 할 때마다 데이터가 달라져 신호가 노이즈(noise)같이 보이기도 한다. 난진동(random vibration)은 불규칙하고도 전혀 의미 없어 보이는 신호들로부터 신호의 의미, 신호의 출처, 동적 시스템의 파라미터 추출(system identification) 등을 파악하는 방법을 연구하는 학문분야이다. 근본적으로 자연현상은 불규칙하며, 실험을 통하여 얻은 데이터도 일견 불규칙해 보이는 것은 당연하다. 공학시스템에서 실제로 발생하는 현상과 공학 이론에는 약간의 차이가 있을 수 있다. 그러나 기계 엔지니어라면 실험으로 얻은 데이터를 잘 분석하여 이러한 차이를 최소화하여야 한다. 이를 위해 엔지니어는 실험 데이터 분석과 관련된 난진동에 대한 이해가 있어야 한다. 다행히도 최근 전자공학의 발달과 함께 데이터의 측정, 변환, 저장이 자유로워지면서 다양한 기기와 측정 방법이 개발되고 있어 실험으로부터 신호를 측정, 분석하는 것 자체는 그리 어려운 과제는 아니다. 오히려 분석된 데이터로부터 자연현상, 혹은 고장 원인을 규명하고 그 대책을 마련하는 것이 문제이다. 특히 기계계에는 비선형 동특성이 있고 이러한 비선형 동특성이 기계의 고장과 관련되는 경우가 많으므로 데이터의 정확한 측정과 분석을 통한 고장진단을 위해서는 비선형진동과 더불어 난진동에 대한 이해가 있어야 한다.

진동신호와 고장진단

실제로 산업현장에서 고장진단을 하려면 먼저 상황을 파악한 후 발생하는 현상을 측정하여야 한다. 고장 유형과 측정 방법은 표 1에 보는 바와 같이 여러가지가 있다. 고장의 형태에 따라 적당한 측정방법이 있으나, 진동측정에 의한 고장진단은 각양각색의 고장을 다 같이 진단할 수 있다. 이는 진동이 기계에서 나타나는 보편적인 현상이고 취급하는 주파수 영역이 저주파 영역으로 기계의 운전속도 범위이기 때문이다. 더불어 소음을 제거하기 위해서도 소음보다 잡음이 적고 전파경로 추적이 보다 확실한 진동신호를 이용하는 것이 보다 효과적인 방법이다.

문제는 측정된 진동신호를 어떻게 분석하여 고장 원인을 밝히는 분석력이다. 진동신호 분석 방법으로 시간영역 방법, 주파수영역 방법 등이 쓰이고 있으나 최근 스펙트로그램(spectrogram), 웨이블렛(wavelet) 등 새로운 신호처리 방법이 개발되고 있다. 신호처리 방법을 동원하여 현상을 자명하게 나타내게 했어도 문제는 그러한 현상이 어디에서 연유했는지를 밝히는 길이다. 자칫 고장진단이 신호처리된 진동신호 패턴을 보고 '이 경우는 무슨 고장이다'라는 식의 고장진단은 쉽고 간단할 수 있으나 오류의 가능성이 있고 신호패턴이 확실하지 않은 경우 진단 자체가 불가능해질 수 있다. 여기에 역학, 학문으로서의 기계공학의 중요성이 부각된다. 해석용 모델을 만들고 모델에서 운동방정식을 유도하고 운동방정식을 풀어서 나타난 현상을 논리적으로, 역학적으로 설명하는 것이 고장진단 과정이고 기계공학의 과제인 것이다. 어쩌면 기계공학의 많은 연구과제가 고장진단과 관련된다 고 볼 수도 있다. 여기서 기계 생산이 거의

표 1 고장과 측정 방법

	온도	압력	유동	윤활유 해석	진동
불균형					○
정렬불량 축 굽힘	○				○
롤링베어링 파손	○			○	○
저널 베어링 파손	○	○	○	○	○
기어 마모/파손				○	○
헐거움					○
소음					○
균열					○

없는 호주에서의 기계공학 관련 연구의 중심 테마가 고장진단이라는 것을 상기할 필요가 있다. 기계공학이 기계 설계, 제작을 위한 것만이 아니라 기계의 운전을 위해서도 필요한 공학이고, 이 경우 기계공학은 고장진단과 직결되는 것이다.

이미 해외에서는 석유화학플랜트 등 대상 기계 및 설비에 대한 해석모델로부터 운동방정식을 만들고 어떠한 입력에서 어떠한 출력이 예상되므로 어느 범위 이상은 고장이라고 판단하는 모델기반 고장진단(model based fault diagnosis)이 실용화 되고 있고, 고속전철, 항공기에서 나아가 자동차에 까지 센서를 붙여 엔진, 변속기, 브레이크 등의 고장 여부를 판단하는 고장진단 장치를 추가하는 노력이 있기도 하다.

고장진단 사례

그럼 여기서 필자가 경험한 몇 가지 고장진단 사례를 간단히 소개하고자 한다.

회전마멸

그림 3의 해석모델에서 보는 바와 같은 모터, 펌프, 가스 터빈 등 회전기계에서는 회전자와 고정자 사이의 간극은 성능 향상을 위해 최소화하여야 한다. 그러나 회전자의 불균형 혹은 정렬불량 등에 의해 회전자는 고정자와 접촉하게 되고, 접촉하면 충격적 접촉과 마찰이 발생하고, 이로 인해 고주파의 대진동이 발생한다. 이를 회전마멸(rubbing)현상이라 하며 경우에 따라서는 회전기계 자체의 파손 원인이 되기도 한다. 본 연구실에서는 실험장치를 제작하고 실험과 수치해석을 통하여 회전마멸현상을 규명하고자 하였다. 근본적으

로 회전마멸현상은 비선형동적현상으로 아조화(subharmonic), 초조화(superharmonic) 성분 나아가 혼돈운동(chaotic motion)까지 발생하였다. 최근에는 실험 데이터로부터 비선형 설계변수 추정법(nonlinear system identification)을 이용하여 접촉에 따른 마찰과 충격에 의한 비선형 변수를 추정할 바 있다.

마찰기인 진동

자동차 브레이크에서 발생하는 스퀸(squeal) 소음은 마찰기인 진동으로 스틱-슬립(stick/slip), 불안정(instability) 등으로 설명된 바 있으나, 본 연구실에서 실험장치(그림 4)를 제작하여 실험 하거나 브레이크 다이아모에서 직접 실험을 하고 데이터를 분석해 보면 디스크 정렬불량에 의해 약간 런아웃(run-out)이 있고, 이는 디스크의 굽힘모드를 가진시켜 고주파의 소음을 발생시키는 것으로 증명되고 있다.

기어구동계 고장진단

기어구동부에서 발생하는 진동신호는 주로 기어 물림 과정에서 발생하는 것으로서 축과 베어링을 통해 케이스 등 기어구동계 전체로

전달된다. 기어구동부의 고장은 대부분 기어의 설계 및 제작 불량에 기인하며 운전 중 기어 치에서 발생하는 크랙 및 마모가 원인이 되기도 한다. 특히 기어에 발생하는 진동과 소음은 맞물림 과정에서 치의 변형과 맞물림 치 사이의 간극에 기인하는 것으로서 시변강성(time varying stiffness)과 편적선형(piecewise-linear)을 유발하는 대표적 비선형 문제이다. 또한 기어구동계에서는 치의 결함과 더불어 축의 정렬불량과 불균형 등 다양한 고장 원인이 있을 수 있다. 성균관대학교 기계진동연구실에서는 자동차용 수동변속기 소음 문제와 더불어 전동공구, 지하철용 전동차의 기어 소음 문제를 다룬 바 있고, 그림 5와 같은 세 쌍의 기어 맞물림이 있는 소형 기어구동계에 대해 측정된 진동신호를 적응 간섭제거법(adaptive interference)과 웨이블릿(wavelet)을 이용하여 고장이 있는 기어쌍을 식별하는 방법을 구분하는 연구를 수행하기도 하였다.

정유회사 팬/덕트 시스템

그림 6은 국내 석유화학공장의 팬/덕트 시스템 중 대형 송풍기이고 송풍기에서 나온 공기는 덕트가 직경 2m 높이 20m 상공에서

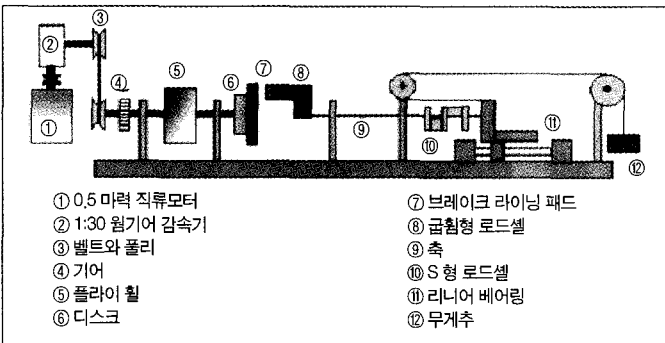


그림 4 마찰기인 실험 장치

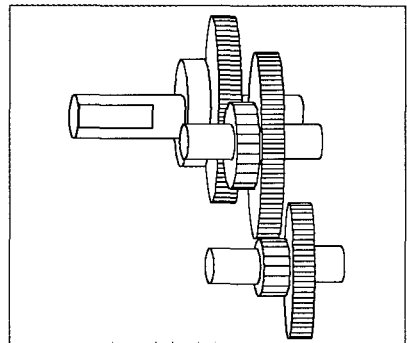


그림 5 기어 체인

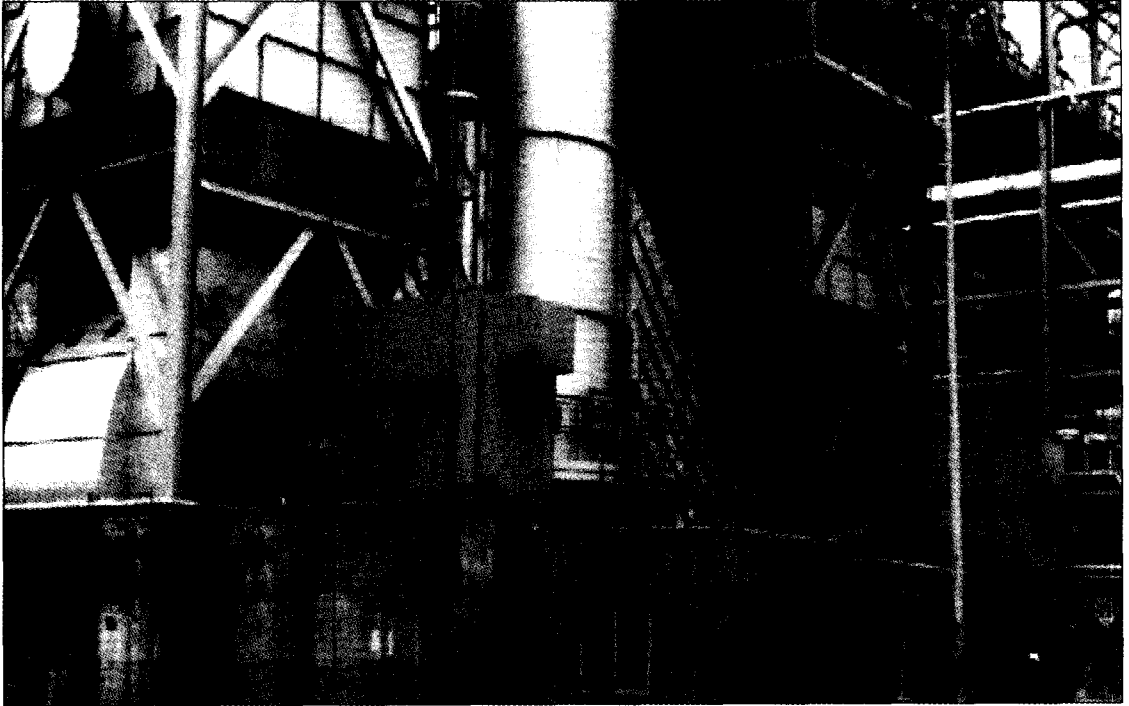


그림 6 대형 팬/덕트 시스템

100m 가량 평행하게 연결되어 석유화학 공정에 공기를 공급하고 있었다. 문제는 송풍기 가동 시 덕트에서 진동과 소음이 크게 발생하여 건물 및 석유화학 플랜트의 안전이 걱정되는 상황이었다. 송풍기와 덕트 요소요소에서 진동을 측정하고 분석한 결과 주요 진동주파수는 송풍기의 깃통과주파수(blade passing frequency)였고 부위에 따라 진동의 크기가 달라짐을 알 수 있었다. 특히 강도가 약한 부위가 진동이 커지고 있었다. 유한요소해석을 통하여 구조물의 공진주파수를 계산하였으나 공진주파수는 깃통과주파수보다는 컸다. 즉 전체적으로 덕트 시스템의 강도가 작은 것이 문제로 추정되었다. 덕트 시스템 담당자와 협의한 결과 원래 설계 도면보다 두께가 작은 철판을 사용했다는 진술을 들

었다. 따라서 전체 철판을 교체하기보다 요소 요소에 보강재를 보강한 결과 진동과 소음 문제는 더 이상 걱정거리가 되지 못했다. 비슷한 경우로서 국내 건설사가 참여한 사우디아라비아 석유화학 공장 건설과정에서 팬/덕트 시스템이 문제가 되어 필자는 구조를 변경하기 보다는 팬의 날개수를 증가시켜 진동을 감소시키도록 하여 고장진단을 수행하기도 하였다.

진동공구 자동 품질검사기

생산현장에서 완성된 제품의 진동신호를 분석해보면 제품의 불량여부를 판별할 수 있고, 더 나아가 그 원인을 규명할 수 있다면 불량 원인을 제거할 수 있어 확실한 품질향상을 기대할 수 있다. 현재 일반적으로 생산라인에

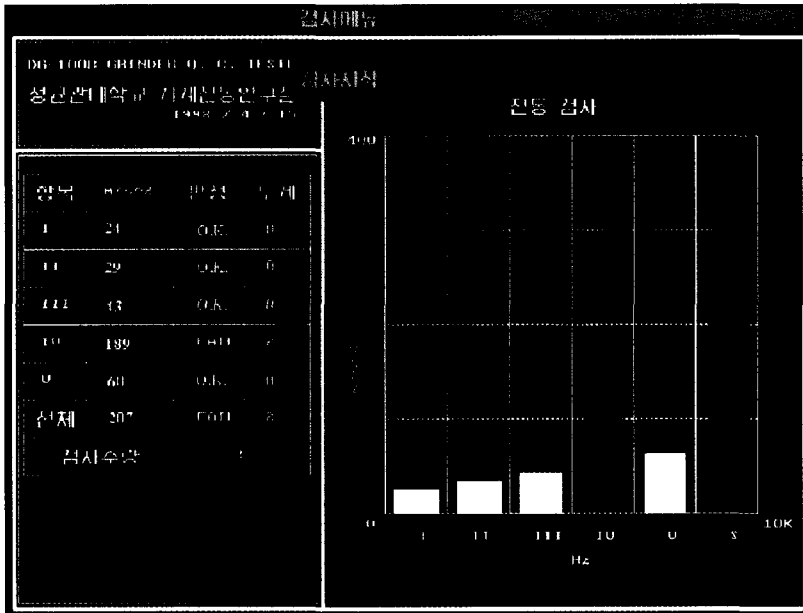


그림 7 진동측정에 의한 자동화 품질검사기

서 이루어지는 품질검사는 숙련된 검사자에 의해 주관적으로 행해지고 있는 바, 객관성 결여로 인한 품질검사의 불합리성과 비효율성이 문제가 되고 있다.

본 연구실에서는 전동공구 양산라인에서 최종 완제품에 가속도계를 부착하여 진동신호를 측정하고, 측정된 진동신호의 분석을 통해 전동공구의 불량 여부와 불량 원인을 판별하는 자동 품질검사기를 개발한 바 있다(그림 7). 분석된 자료를 근거로 진단시스템이 제품의 불량여부를 스스로 판별할 수 있는 고장진단기를 개발함으로써 생산현장의 숙련된 검사자의 경험과 객관적 신호 분석에 의한 판단과의 오차를 최소화하였다.

맺음말

고장진단은 기계의 의사 활동이다. 기계공

학 지식과 경험이 총동원되는 분야이다. 정확한 고장진단과 이를 바탕으로 한 대처방안에 의한 확실한 고장수리는 경제적 부가가치와 더불어 기계공학 엔지니어로서의 큰 자부심을 느끼게 한다. 그러나 기계 및 설비에서 발생하는 다양한 고장현상은 결코 간단하지 않다. 여기에 물리, 수학을 바탕으로 한 역학 전반에 대

한 개념과 비선형진동 및 난진동을 이해하고 있으면 보다 정확한 고장진단이 가능하다. 실험적으로 측정된 데이터로부터 시스템의 동특성을 확인하고, 이를 역학적으로 설명할 수 있다면, 즉 고장진단이 가능하다면 적절한 대처 방법이 나올 수 있는 것이고, 이를 통해 제품의 품질향상이 이루어질 수 있는 것이다. 특히 한국과 같이 기계공업의 역사가 일천하고 많은 주요 고가 기계 설비가 해외로부터 수입되는 상태에서 정확한 고장진단을 바탕으로 한 철저한 유지 보수는 기계의 성능 유지와 수명 연장이 가능하여 국가 산업 경제에 큰 기여를 할 수 있다. 또한 이러한 고장진단의 경험과 지식은 보다 정밀한 고장이 없는 기계의 설계 및 제작의 근간이 될 수 있어 기계공업의 핵심기술 및 기계공학의 핵심지식이 될 것이다.