6. 학사논문 지도교수: 김 지 환

6-1. 열탄성 감쇠 미세 링/반구형 쉘 자이로의 동적 안정성

6-2. 경사기능재료에 대한 층간 분리 해석 모델

6-3. 다층벽 탄소나노튜브(MWCNT)의 특성 연구

6-4. 유체-구조 연성을 고려한 비행체 날개의 플러터 해석

6-5. 음향학적 블랙홀의 설계와 진동 특성 분석

6-1. 열탄성 감쇠 미세 링/반구형 쉘 자이로의 동적 안정성

비행체 내부의 초정밀 장치는 항공기 자세제어에 있어 필수적인 장비로 한 국가의 국방기술력을 나타내는 척도이기도 하여 많은 기술과 노력이 필요하다. 대표적인 방향 및 위치 센서인 자이로스코프(Gyroscope)는 초소형화됨에 따라 고도의 정밀성이 요구되며, 이와 같이 정밀성이 중요한 만큼, 실제 제조과정에서는 구조적 결함을 완전히 배제할 수는 없다. 비행체의 자세를 제어하는 역할의 3 축의 링(ring) 및 반구형 쉘(hemispherical shell) 형상의 구조물은 고정부와 진동부로 구성되어 있고, 여기서 진동부의 진동으로 인해 고정부와의 거리가 변화되어 전기용량의 변화로 센서가 작동한다. 이 때, 진동부는 균질한 질량(mass) 분포를 이루어야 최적의 성능을 발휘할 수 있지만, 제조공정에서는 미세한 질량 불균형이 발생될 수 있다. 링 구조물 내의 임의의 집중된 질량 분포(random mass distributions)는 자이로스코프의 성능을 저하시키는 주요인으로 작용하며 또한 열-탄성 감쇠효과(thermoelastic damping) 역시 에너지 손실을 가져오는 특성으로 성능 저하의 원인이다.

본 연구에서는 불균일 질량 분포를 가지는 링 및 반구형 쉘 구조물의 특성 파악을 위한 모델링과 분석 및 기존의 실험자료를 활용하여, 그 영향성에 대한 연구를 수행하고, 이러한 단점을 감소시키기 위한 방법(trimming)을 다루고자 한다.

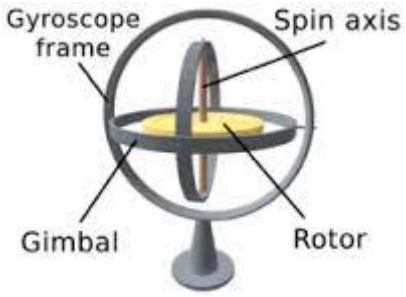

Fig. 1 링 자이로 모델

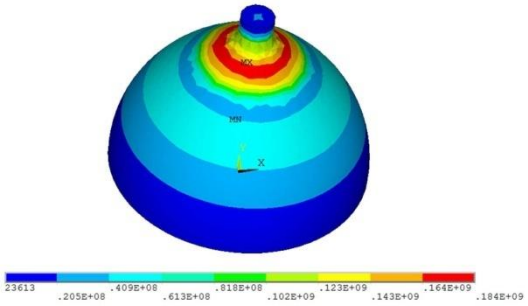

Fig. 2 반구형 쉘 자이로

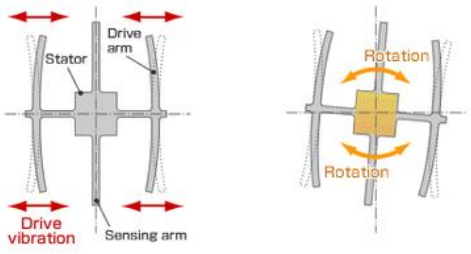

Fig. 3 자이로 구조의 작동원리

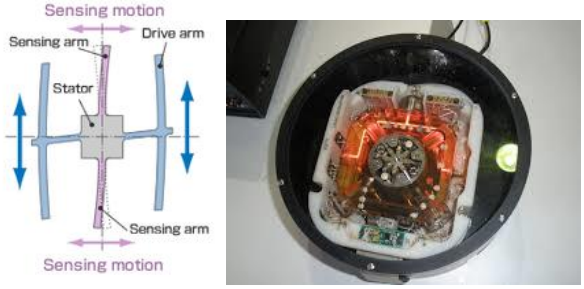

Fig. 4 링 자이로의 실제모델

담당조교: 이상헌 (E-mail: sych124@snu.ac.kr)

6-2. 경사기능재료에 대한 층간 분리 해석 모델

비행체에는 역학적 힘과 열로 인한 응력 등 다양한 힘이 가해지며 이를 견디기 위해서는 복합재료를 사용하는 것이 효율적이다. 이에 따라 최근 복합재료 중에서 경사기능재료 (Functionally Graded Material, FGM) 와 같은 재료가 초고온의 열을 받는 분야에서 주목을 받고 있다. FGM 은 크게 2 개의 층으로 구성되는데 한 층은 열에 강한 세라믹으로 하고, 다른 층은 가볍고 구조적 강성을 지닌 금속재료로 그라데이션 형태로 변화된 재료를 사용한 복합재료이다. 이 소재는 재료의 물성치가 위치 및 온도에 대해 연속적 함수관계로 가정하나 실제로는 적층구조로 만들기에 완전한 연속적 관계는 불가능하다. 이러한 적층구조는 층간(Inter-laminate) 결집력이 약한 부분이 생기며 초고온 환경에서 층간 분리(Delamination) 현상이 발생한다. 층간 분리 현상이 생기면 복합재료의 동적 특성이 변하므로 설계시에 충분한 고려가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 경사기능재료에 층간 분리 현상이 발생했을 때 발생하는 안정론적 해석으로서 정적 및 동적 특성에 대해 연구하고 한다. 실제 비행체에서 층간 분리가 발생하면 열과 강한 바람, 습도의 영향을 더 크게 받게 된다. 이 때 발생하는 진동과 내부응력, 그리고 열좌굴에 관한 해석 등을 진행해 보고자 한다.

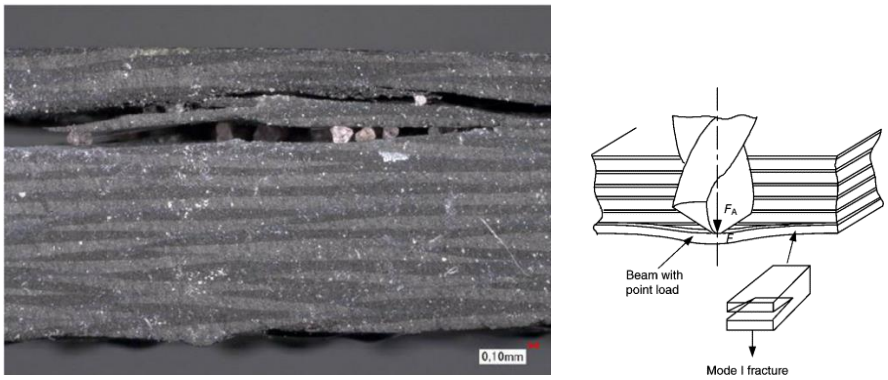

Fig. 1 적층 구조물의 층간 분리

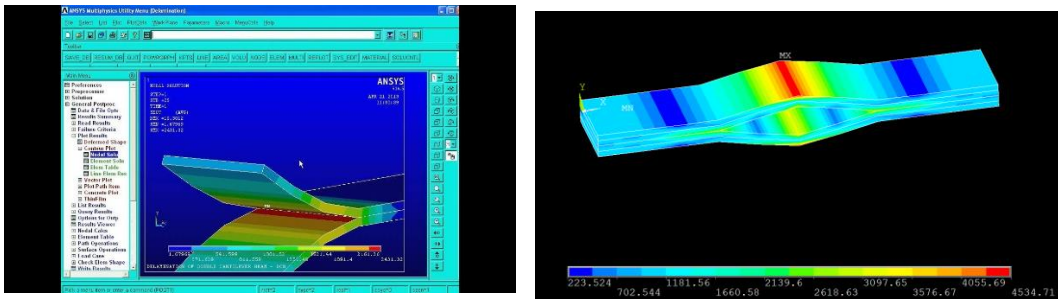

Fig. 2 구조물 끝 단과 중간에 층간 분리가 있을 때의 변형 및 응력 해석

담당조교: 이상헌 (E-mail: sych124@snu.ac.kr)

6-3. 다층벽 탄소나노튜브(MWCNT)의 특성 연구

탄소의 동소체인 다층벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon NanoTube, MWCNT)에 대한 연구가 매우 활발하다. 이는, 기존에 널리 알려진 우수한 열적, 전기적 도체인 구리나 은에 비해 가벼우면서도 강철보다 강하며, 얇은 구조를 띄고 있어 신축성이 뛰어나고 열전도율이 매우 큰 것으로 알려져 있다. 특히 단층벽(Single-Walled, SW) CNT 보다 제조 공정이 간단하고 SWCNT 만큼 기계적 성질이 우수하여 상대적으로 MWCNT 의 연구가 더욱 활발하다.

MWCNT 는 탄소 원자간의 결합이 매우 강하여 전기적, 열적 성질이 매우 뛰어나고 원자간의 결합에 따라 이러한 성질이 다양하게 발현된다. 이를 응용하여 최첨단 전자 제품이나 방열 도료 등의 분야에 응용될 잠재성이 있다. 특히 기계적 성질 면에서는 고강도의 가벼운 제품을 손쉽게 만들 수 있는 소재로서 탄성, 강성, 경량성을 증대시킬 수 있는 더욱 확실한 대안으로 연구되고 있다

따라서 본 연구에서는 최근 많은 연구가 이루어지기 시작한 MWCNT 의 물리적 특성, 진동 및 응력 등의 해석을 수행하고, 이를 실제 구조물에 적용할 수 있는 방안을 연구하여 도출해 보고자 한다.

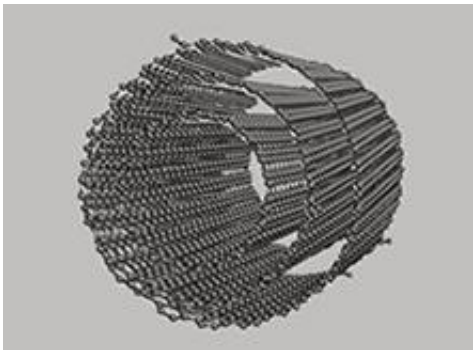

Fig. 1 MWCNT 의 구조 모형

Fig. 2 MWCNT 필름 제조

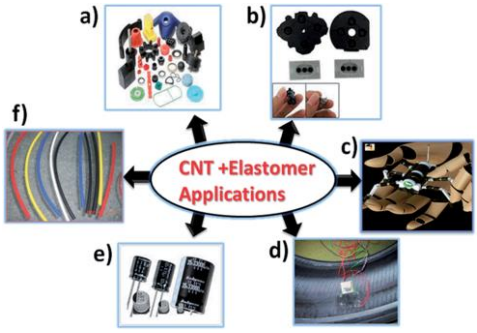

Fig. 3 CNT 의 응용 분야

담당조교: 강지훈 (E-mail: jihoonkang@snu.ac.kr)

6-4. 유체-구조 연성을 고려한 비행체 날개의 플러터 해석

비행체 구조물을 단순히 강체로 모델링하는 경우와 이를 탄성체로 가정하는 경우에는 실제 현상과 차이가 있을 수 있기 때문에, 유체와 구조의 연성(Flow-structure Interaction)을 고려한 해석을 수행하여야 한다. 일정 한도 이상의 극심한 공기력은 기체에 일정 크기의 지속적인 진동현상을 유발시키며, 진동으로 인한 반복적인 응력은 구조물에 피로를 일으켜 심각한 손상이나 파손을 줄 수 있다. 이를 패널 플러터(Flutter)라고 하며, 동체나 날개의 표면에서 일어나는 공력 탄성학적(Aeroelastic) 안정성 문제이다. 따라서 고속 경량화 비행체나 고성능 발사체에서는 심각한 플러터가 일어나지 않도록 설계 하는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 구조물과 유체의 연계를 고려한 비행체 날개의 플러터 해석을 수행하고, 나아가 플러터의 진동 현상을 감소시키기 위한 진동 제어(Vibration Control)에 관한 방법을 모색해 보고자 한다.

Fig. 1 플러터 현상

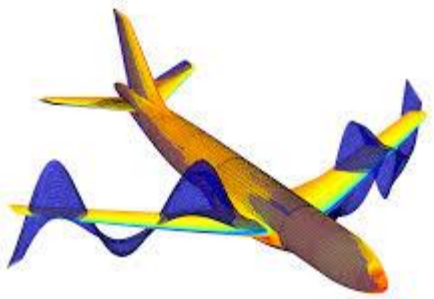

Fig. 2 플러터 해석을 위한 모드 모델링

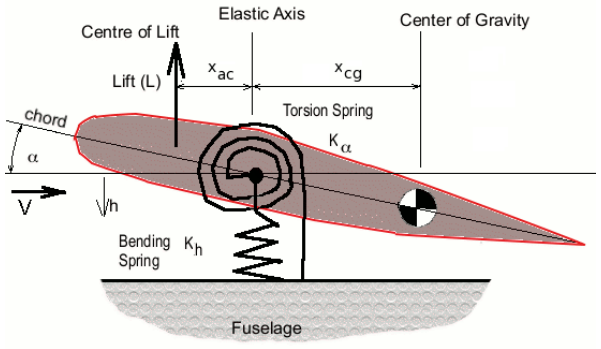

Fig. 3 공기역학적 힘을 받는 날개 모델

담당조교: 이상헌 (E-mail: sych124@snu.ac.kr)

6-5. 고체 음향학적 블랙홀의 설계와 진동 특성 분석

음향학적 블랙홀(Acoustic Black Hole)은 일종의 음향 시스템으로 소리 양자(phonon)가 빠져나오지 못한다는 점에서 중력적 블랙홀과의 공통점을 가지고 있다. 이러한 성질로 인해 물리학자들은 오래전부터 중력적 블랙홀의 유사 시스템을 설계하기 위해 음향학적 블랙홀을 사용해왔다. 이 노력은 보즈-아인슈타인 응축 상태(Bose-Einstein condensate)의 초유체(superfluid)로 만들어진 음향학적 블랙홀에서 중력적 블랙홀에서 발생할 것으로 예상되던 호킹 복사(Hawking radiation)가 관측됨으로 인해 결실을 맺었다.

한편 공학에서는 구조물의 소음과 진동을 감쇠시키기 위한 노력의 일환으로 음향학적 블랙홀의 연구가 진행되고 있다. 이 중 1 차원 빔과 2 차원 판을 이용한 음향학적 블랙홀은 구조 설계에 있어서 새로운 형태의 진동 흡수 장치로 주목받고 있다. 이러한 현상은 Fig. 1 에서와 같이 빔의 두께 h(x) 가 빔의 끝 부분에서 x 에 지수 형태로 감소할 때 나타나게 되는데 Fig. 3 에서 보는 바와 같이 2 차원 판의 특정 진동수 영역에서 20dB 가량의 감쇠효과가 있다는 것이 실험적으로 드러나있다.

이 연구에서는 다양한 방법을 통해 고체 음향학적 블랙홀을 설계하고 진동 감쇠 정도를 살펴본다. 또한 실제 블랙홀과의 비교를 통해 음향학적 블랙홀의 추가적인 특성을 확인하고 다양한 분야에서의 적용 가능성에 대해 연구하고 있다.

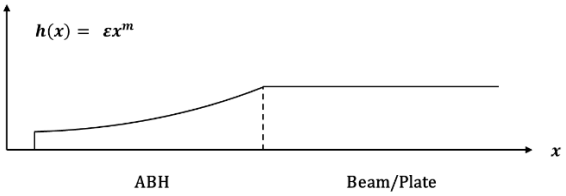

Fig. 1 1 차원 ABH 의 구조

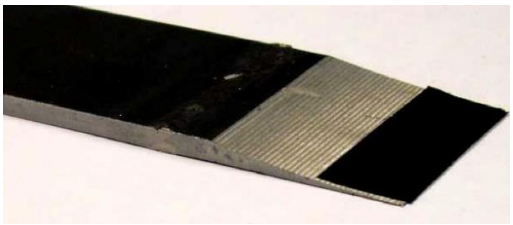

Fig. 2 금속 빔을 이용한 1 차원 ABH

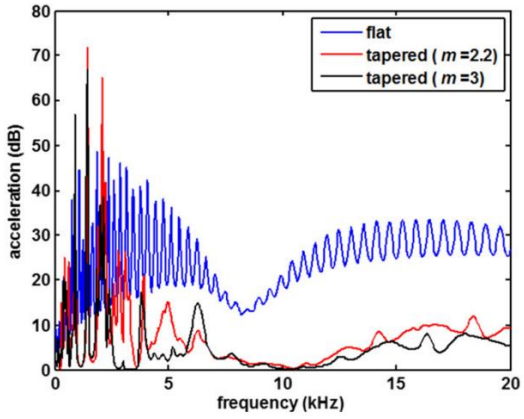

Fig. 3 2 차원 ABH 에서의 진동 감쇠

담당조교: 강지훈 (E-mail: jihoonkang @snu.ac.kr)