

## Chapter 12: Equilibrium and Elasticity – 연습문제

---

### 문제 1 [계산]

길이  $L = 4.0$  m, 질량  $M = 50$  kg인 균일한 보(beam)가 두 개의 받침대 A와 B 위에 수평으로 놓여 있다. 받침대 A는 보의 왼쪽 끝에, 받침대 B는 왼쪽 끝에서  $3.0$  m 지점에 있다. 보의 오른쪽 끝에 질량  $m = 20$  kg인 물체가 매달려 있다.

- 받침대 A와 B가 보에 작용하는 수직 항력  $F_A$ 와  $F_B$ 를 각각 구하시오.
  - 물체의 질량  $m$ 을 점점 증가시킬 때, 보가 기울어지기(tipping) 시작하는 임계 질량  $m_c$ 를 구하시오.
  - (b)의 상황에서 어느 받침대를 기준으로 기울어지는지, 그리고 그 이유를 설명하시오.
- 

### 문제 2 [계산]

길이  $L = 5.0$  m, 질량  $M = 12$  kg인 균일한 사다리가 매끄러운(마찰 없는) 벽에 기대어 있다. 사다리의 아래쪽 끝은 거친 바닥 위에 놓여 있으며, 사다리는 바닥과  $\theta = 60^\circ$ 의 각도를 이루고 있다. 질량  $m = 70$  kg인 사람이 사다리 아래쪽 끝에서 거리  $d$ 인 지점에서 서 있다.

- 사람이 사다리 중간 지점( $d = L/2$ )에 있을 때, 벽이 사다리에 작용하는 수평 힘  $F_w$ 와 바닥이 사다리에 작용하는 마찰력  $f$ 를 구하시오.
  - 바닥의 정지마찰계수가  $\mu_s = 0.40$ 일 때, 사람이 사다리를 따라 올라갈 수 있는 최대 거리  $d_{\max}$ 를 구하시오.
  - 사다리의 각도  $\theta$ 를 증가시키면  $d_{\max}$ 는 어떻게 변하는지 정성적으로 설명하시오.
- 

### 문제 3 [유도]

강체의 정적 평형(static equilibrium) 조건을 유도하시오.

- 질량중심의 병진 운동에 대한 뉴턴의 제2법칙으로부터, 정적 평형의 첫 번째 조건(힘의 평형)을 유도하시오.
  - 회전 운동에 대한 뉴턴의 제2법칙으로부터, 정적 평형의 두 번째 조건(토크의 평형)을 유도하시오.
  - 토크의 평형 조건  $\sum \vec{\tau} = 0$ 이 **회전축의 선택에 무관** 함을 증명하시오. (힌트: 임의의 점 O에 대한 토크를 다른 점 O'에 대한 토크로 변환하고, 힘의 평형 조건을 이용하시오.)
-

#### 문제 4 [계산]

길이  $L = 2.0$  m, 단면적  $A = 4.0 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>인 강철 기둥이 수직으로 서서 하중을 지탱하고 있다. 강철의 영률(Young's modulus)은  $E = 200$  GPa이다.

- (a) 이 기둥에  $F = 8.0 \times 10^4$  N의 압축력이 작용할 때, 응력(stress)  $\sigma$ 와 변형률(strain)  $\epsilon$ 을 각각 구하시오.
  - (b) 기둥의 길이 변화  $\Delta L$ 을 구하시오.
  - (c) 같은 하중을 알루미늄 기둥( $E_{Al} = 70$  GPa)이 지탱한다면, 길이 변화는 강철의 몇 배인지 구하시오.
- 

#### 문제 5 [계산]

한 변의 길이가  $a = 10.0$  cm인 구리 정육면체가 바닷속 깊은 곳에서 수압을 받고 있다. 구리의 체적탄성률(bulk modulus)은  $B = 140$  GPa이다.

- (a) 수압이  $\Delta p = 1.0 \times 10^8$  Pa (약 1000 기압)일 때, 정육면체의 부피 변화율  $|\Delta V/V|$ 을 구하시오.
  - (b) 부피 변화량  $|\Delta V|$ 를 cm<sup>3</sup> 단위로 구하시오.
  - (c) 부피 변화율이 1.0%가 되려면 필요한 압력  $\Delta p$ 는 얼마인지 구하시오.
- 

#### 문제 6 [개념+계산]

다음 세 가지 변형(deformation) 유형에 대해 답하시오.

- (a) 인장/압축 변형(tensile/compressive deformation), 전단 변형(shear deformation), 체적 변형(hydraulic deformation)의 물리적 차이를 각각 한 문장으로 설명하시오.
- (b) 단면적  $A = 2.0 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>, 길이  $L = 1.5$  m인 강철 봉( $E = 200$  GPa)의 한쪽 끝이 고정되어 있고, 다른 쪽 끝에 축 방향으로  $F = 5.0 \times 10^4$  N의 인장력이 작용한다. 봉의 늘어난 길이  $\Delta L$ 을 구하시오.
- (c) 같은 봉에 같은 크기의 힘이 측면에 평행하게(전단력으로) 작용한다면, 전단 변위  $\Delta x$ 는 얼마인지 구하시오. 강철의 전단탄성률(shear modulus)은  $G = 80$  GPa이다. 인장 변형과 전단 변형 중 어느 쪽이 더 큰지 비교하시오.