鍛造（1）課題

数値で求められる解答は，有効数字 3 桁で答えること．

（1）授業で扱った鍛造理論について以下の問いに答えよ．

(a) 式(2.8)の定積分の計算過程を示せ．

(b) 圧縮荷重の導出手順を各自確認せよ（レポートに解答は不要）．

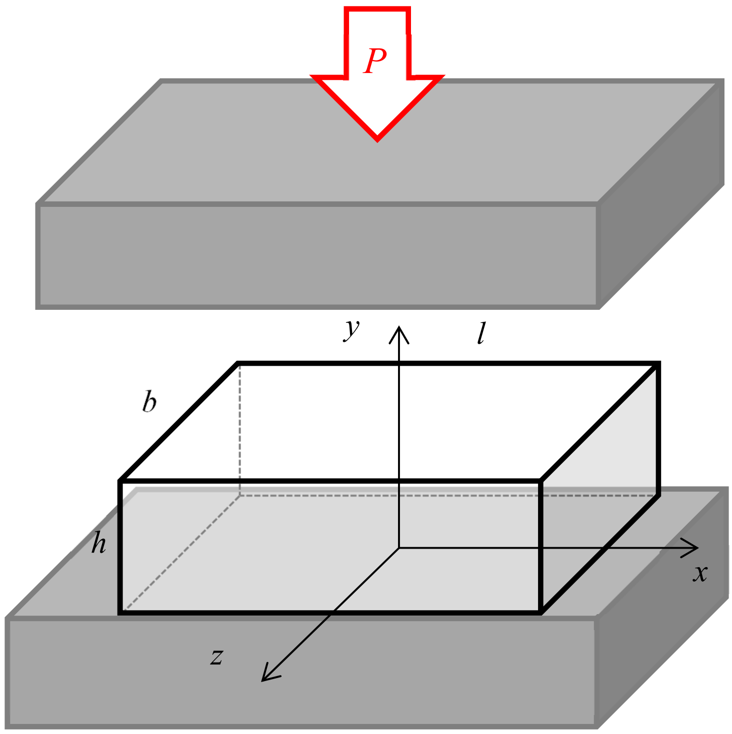
（2）図のような高さ $h = 15$ mm，長さ $l = 40$ mm，幅 $b = 20$ mm の直方体ブロックを圧縮する（消しゴム程度の大きさの金属）．摩擦係数を $\mu = 0.1$ とし，材料は完全剛塑性体であり降伏応力は $Y =$ 100 MPa とする．授業で導出した式を参考にして，以下の問いに答えよ．

(a) $x = 0$ mm，$x = 10$ mm，$x = 20$ mm において材料が金型から受ける金型圧力 p を求め，中央部から外側に向かって圧力が減少することを示せ．

(b) 圧縮荷重 P を求めよ．ただし，単位は kN と t の両者で答えよ．

(c) 材料の高さ $h = 5$ mm であった場合の圧縮荷重 P を求めて，l / h の増加に伴って圧縮荷重が増加することを示せ．

(d) 材料の高さは元通り $h = 15$ mm とする．摩擦係数が $\mu = 0.2$ の場合の圧縮荷重 P を求めて，摩擦係数の増加に伴って圧縮荷重が増加することを示せ．



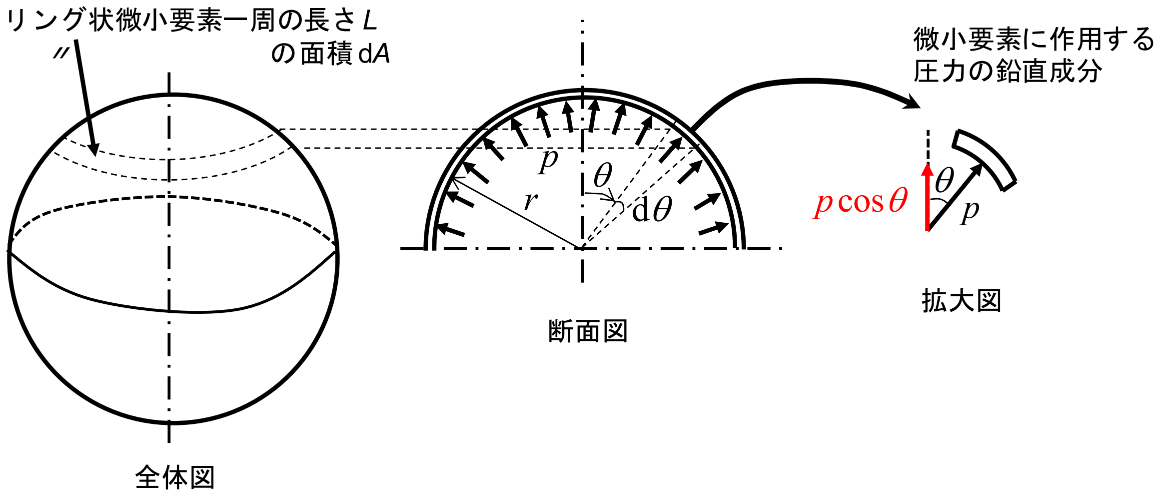
（3）下図に示すように圧力 p を受ける半径 r の薄肉球を考える．以下の問いに答えよ．

(a) 断面図に示すように鉛直方向から角度 θ の位置の微小角度 $\mathrm{d}\theta (\ll 1)$ によって与えられる微小要素を考える．図のように，この要素はリング状である．このリングの一周の長さは $L = 2r\pi \sin\theta$，圧力を受ける面積は $\mathrm{d}A = 2r^2\pi \sin\theta \,\mathrm{d}\theta$ と与えられることを示せ．

(b) リング状の微小要素が受ける圧力の鉛直成分は $p\cos\theta$ である．これよりリング状微小要素が受ける鉛直方向の力は $\mathrm{d}F = 2r^2\pi p \sin\theta \cos\theta \,\mathrm{d}\theta$ となることを示せ．

(c) $\mathrm{d}F$ を $0 \le \theta \le \pi/2$ の範囲で積分することで，半球に作用する鉛直方向の力が $F = \int_0^{\pi/2} \mathrm{d}F = r^2 \pi p$ と求められることを示せ．

(d) 内圧を受ける球面を投影した面積（つまり断面積）はπr^2で，圧力はpである．これらと(c)の結果を比較すると，「内圧による鉛直方向の力Fは，単純に○○と○○の積」として求められることが分かる．



（4）図のような球面座標（r, ϕ, θ）において微小要素を考える．今，垂直応力$\sigma_r, \sigma_\phi, \sigma_\theta$のみが作用しており，さらに$\sigma_\phi = \sigma_\theta$の状態とする．Mises の降伏条件より，$\sigma_r - \sigma_\theta = Y$（$Y$は単軸引張の降伏応力）が得られることを示せ．