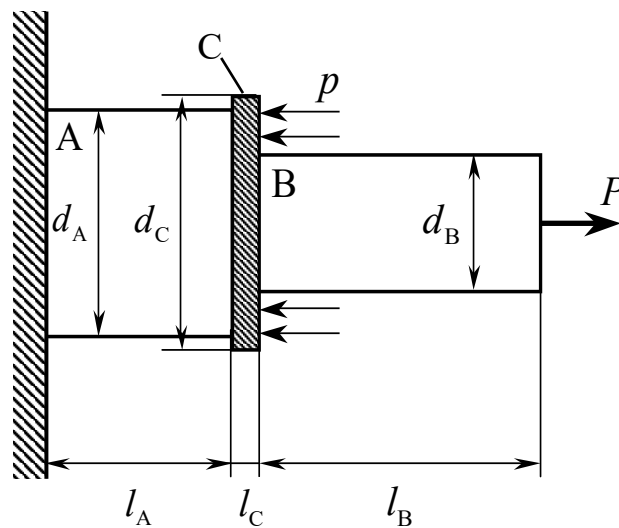


専門科目 [農業生産システム設計学]

No. 1

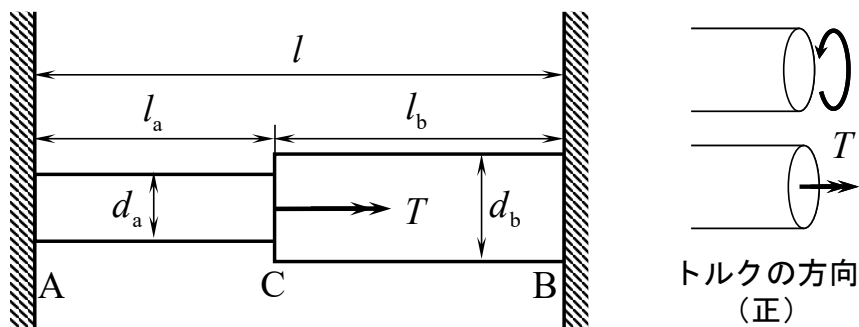
下記の 6 問の中から 4 問選択して解答せよ。(25 点×4 問=100 点)

1. 下図のように、段付き円柱の右端に引張力 P ，円柱 C に圧力 p が作用している。円柱 A および B に生ずる応力を求めよ。また、段付き円柱全体の伸び δ を求めよ。なお、ヤング率を E とし、円柱の座屈は生じないものとし、計算に必要な変数などは適宜定義を行った上で解答すること。



2. 下図のように、段付き円柱の両端を剛体壁に完全固定し、点 C にねじりモーメント（トルク） T を作用させた。このとき、以下の問いに答えよ。また、計算に必要な変数などは適宜定義を行った上で解答すること。

- (1) 固定端のねじりモーメント（トルク） T_A および T_B を求めよ。
- (2) 両円柱の最大せん断応力を一致させるには、各円柱の長さをどのように設計すればよいか答えよ。

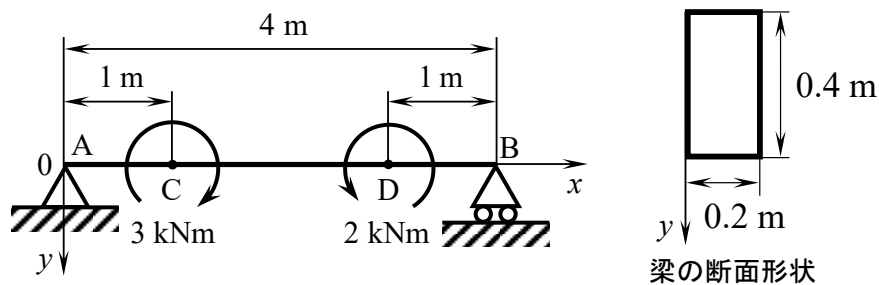


専門科目 [農業生産システム設計学]

No. 2

3. 下図のように、梁に2つのモーメントが作用している。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、梁の自重は無視する。また、計算に必要な変数などは適宜定義を行った上で解答すること。

- (1) この梁のせん断力図とモーメント図を描け。
(2) この梁に発生する最大曲げ応力を求めよ。



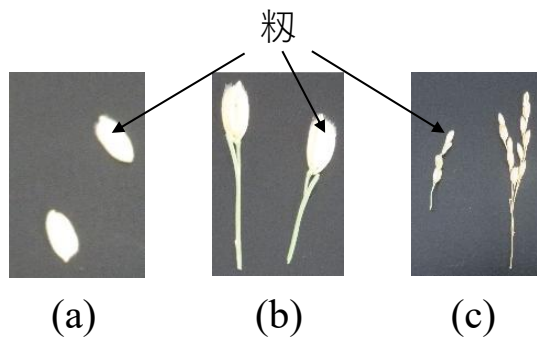
4. 具体例を挙げながら、一般的な農業機械の役割や農業機械化の意義を3つ説明せよ。

5. 4輪駆動式トラクタに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 動力伝達機構全体を図示し、各部の名称を示せ。
(2) 4輪駆動式トラクタの特徴を示せ。

6. 自脱コンバインの作業精度に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 下図 (a) ~ (c) は形態の違いで分類された脱穀時の穀粒等を示す。(a), (b), (c) の分類名称およびその形態の違いについて説明せよ。



- (2) 自脱コンバインの作業精度が低下する条件を説明せよ。

専門科目〔農業生産システム設計学〕 解答例

1. まず、圧力 p による外力を Q とすると、 Q は次式で求められる。

$$Q = p\pi \left\{ \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_3}{2} \right)^2 \right\}$$

したがって、円柱要素 A および B に生ずる応力 σ_A および σ_B はそれぞれ次式となる。

$$\sigma_A = \frac{F - Q}{\pi \left(\frac{d_1}{2} \right)^2} = \frac{F - p\pi \left\{ \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_3}{2} \right)^2 \right\}}{\pi \left(\frac{d_1}{2} \right)^2}, \quad \sigma_B = \frac{F}{\pi \left(\frac{d_3}{2} \right)^2}$$

同様に、網掛け部分の応力を σ_C とすると、 σ_C は次式で求められる。

以上より、段付き棒要素全体の伸びは次式で表される。

$$\sigma_C = \frac{F - p\pi \left\{ \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_3}{2} \right)^2 \right\}}{\pi \left(\frac{d_2}{2} \right)^2}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = \frac{4}{\pi E} \left[\left\{ F - \frac{p\pi}{4} (d_2^2 - d_3^2) \right\} \left\{ \frac{l_1}{d_1^2} + \frac{l_2}{d_2^2} \right\} + F \frac{l_3}{d_3^2} \right]$$

なお、次式を使用した。

$$\delta = \frac{\sigma l}{E}$$

2.

(1) 円柱の中間をねじると、円柱の両端には加えたトルクに釣合う支持トルク T_A と T_B が発生し、つり合い式は次式で与えられる。

$$T = T_A + T_B. \quad (2.1)$$

円柱 AC および CB のねじれ角 ϕ_1 および ϕ_2 が求められる。

$$\phi_1 = \frac{T_A l_a}{GI_p^a}, \quad \phi_2 = -\frac{T_B l_b}{GI_p^b} \quad (2.2)$$

ここに、 I_p^a および I_p^b は円柱の断面 2 次極モーメントを示す。

いま、円柱の両端が固定されているので、各円柱のねじれ角の合計はゼロとなる。つまり、次式を満たさねばならない。

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{1}{G} \left(\frac{T_A l_a}{I_P^a} - \frac{T_B l_b}{I_P^b} \right) = 0 \quad (2.3)$$

式(2.1)と式(2.3)より、 T_A および T_B が求められる。

$$T_A = T \frac{l_b I_P^a}{l_b I_P^a + l_a I_P^b} = T \frac{l_b d_a^4}{l_b d_a^4 + l_a d_b^4}, \quad T_B = T \frac{l_a I_P^b}{l_b I_P^a + l_a I_P^b} = T \frac{l_a d_b^4}{l_b d_a^4 + l_a d_b^4} \quad (2.4)$$

(2) 各円柱に発生する最大せん断応力 $\tau_{\max}^A$ および $\tau_{\max}^B$ は次式で計算される。

$$\tau_{\max}^A = \frac{16 T l_b d_a}{\pi (l_b d_a^4 + l_a d_b^4)}, \quad \tau_{\max}^B = \frac{16 T l_a d_b}{\pi (l_b d_a^4 + l_a d_b^4)} \quad (2.5)$$

各円柱に生じる応力を一致させるには、これらの応力が一致すればよい。これより、次式を得る。

$$\tau_{\max}^A = \tau_{\max}^B, \quad l_a = \frac{d_a}{d_b} l_b \quad (2.6)$$

3.

(1) この梁の力の釣り合い式は次式で与えられる。

$$-R_A - R_B = 0 \quad (3.1)$$

ここに、 R_A および R_B は梁の支点 A および B の反力を示す。

B 点回りのモーメントの釣り合いから、支点反力 R_A が求められる。

$$4R_A + 3 - 2 = 0, \quad R_A = -\frac{1}{4} \quad (3.2)$$

以下の各区間におけるせん断力およびモーメントは以下の式でそれぞれ与えられる。

1) 区間 $0 \leq x \leq 1$

$$-R_A + F_x = 0, \quad F_x = -\frac{1}{4} \quad (3.3)$$

$$R_A x - M_x = 0, \quad M_x = -\frac{1}{4} x \quad (3.4)$$

2) 区間 $1 \leq x \leq 3$

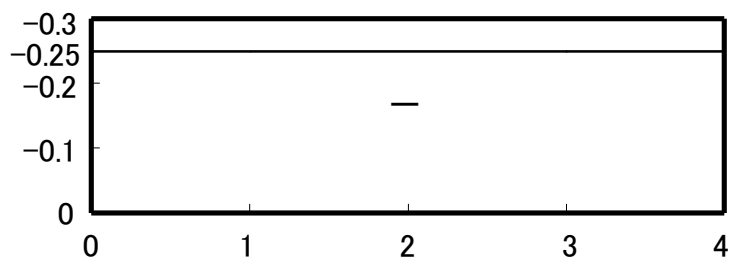
$$-R_A + F_x = 0, \quad F_x = -\frac{1}{4} \quad (3.5)$$

$$R_A x + 3 - M_x = 0, \quad M_x = -\frac{1}{4}x + 3 \quad (3.6)$$

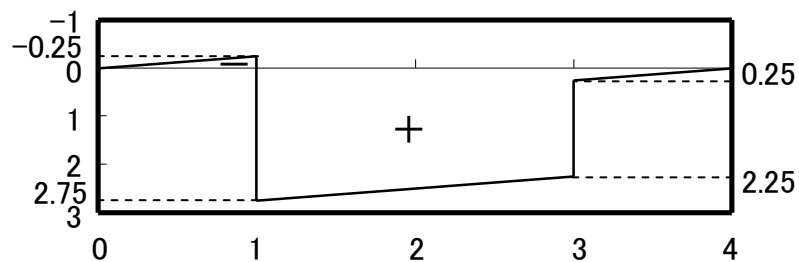
3) 区間 $3 \leq x \leq 4$

$$-R_A + F_x = 0, \quad F_x = -\frac{1}{4} \quad (3.7)$$

$$R_A x + 1 - M_x = 0, \quad M_x = -\frac{1}{4}x + 1 \quad (3.8)$$



せん断力図



曲げモーメント図

(2) この梁の断面 2 次モーメントは次式で与えられる。

$$I = 1.067 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \quad (3.9)$$

いま，曲げモーメント図から $x = 1 \text{ m}$ ， $M_1 = 2.75 \text{ kNm}$ の時，最大曲げ応力 $\sigma_{\max}$ が発生する。

$$\sigma_{\max} = 515.5 \text{ kPa} \quad (3.10)$$

4.

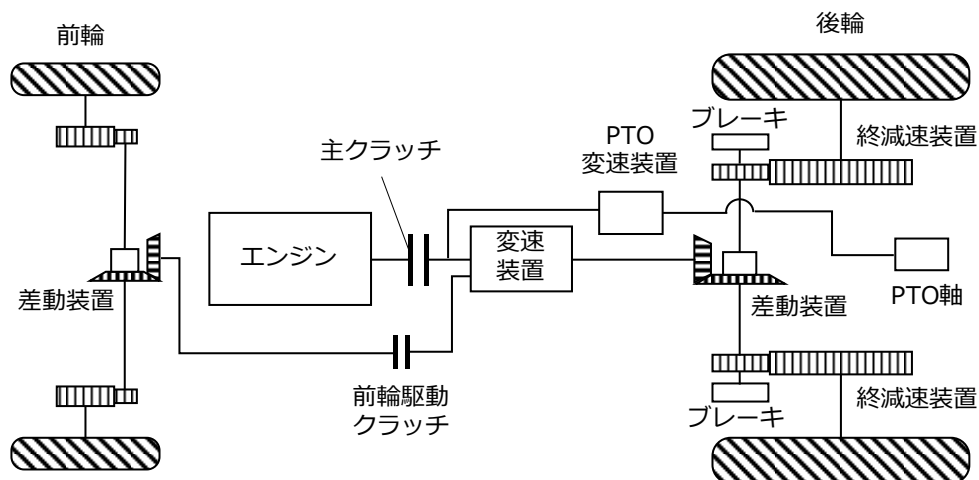
- ・労働時間・強度の軽減，作業能率（労働生産性）の向上
- 具体例（耕うん，畦草刈，コンバイン収穫等の説明）

- ・農作業の質や精度および土地生産性の向上
具体例（十分な耕深，均一で付着の良い薬剤散布，可変施肥→収量増等の説明）

- ・適期作業による生産物の収量・品質の向上
具体例：（短い適期に収穫できる，過乾燥，熟しすぎ回避等の説明）

5.

（1）動力伝達器を図示，各部の名称を示せ。



（2）4 輪駆動式トラクタの特徴を示せ。

前後輪の全てが駆動輪となっているので，軟弱地や傾斜地でも優れた走行性能ならびにけん引性能を発揮することができる。

6.

（1）

(a) 単粒

単独の粒で，かつ枝梗が 10 mm 未満の短い粒。

(b) 枝梗付着粒

10 mm 以上の枝梗の付着した単独の粒。

(c) 穂切粒

枝梗に 2 粒以上の粳が付着した粒。

（2）

自脱コンバインの作業精度は作物の条件や気象条件で異なるが，天候の良好な日中での収穫では，穀粒損失は 2～3%以下，損傷粒は 0.5%以下である。しかし，作物が倒伏すると，穀粒損失は増加し，また，雨天や早朝，夕刻には作物に水滴が付着して，脱穀選別性能が悪化し，作業能率も低下する。

専門科目「農業生産システム設計学」出題意図

1. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である材料力学（構造力学）のうち、圧縮引張荷重を受ける段付き円柱の挙動計算に関する知識を問う。
2. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である材料力学（構造力学）のうち、ねじりモーメントを受ける段付き円柱の挙動計算に関する知識を問う。
3. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である材料力学（構造力学）のうち、複数のモーメントを負荷された梁の挙動計算に関する知識を問う。
4. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である生物生産機械学のうち、農業機械の役割や農業機械化に関する知識を問う。
5. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である生物生産機械学のうち、4輪駆動式トラクタに関する知識を問う。
6. 農業生産システム設計学分野で研究を行うために必要な基礎的な学問である生物生産機械学のうち、自脱コンバインの作業精度に関する知識を問う。