

東北大学 土木系 院試 専門科目

鈴木 *

目次

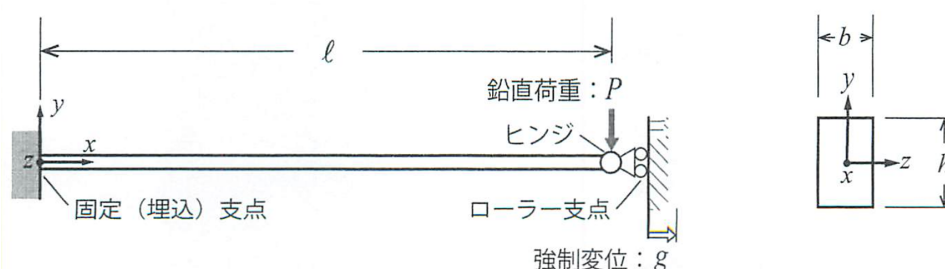
1	2023 秋	2
1.1	構造工学	2
1.2	コンクリート工学	2
1.3	地盤工学	3
2	2023 春	5
2.1	構造工学	5
2.2	コンクリート工学	5
2.3	地盤工学	6
3	2022 秋	8
3.1	構造工学	8
3.2	コンクリート工学	8
3.3	地盤工学	9

* <https://github.com/suzuyuyuyu>

2023 秋

構造工学

下に示すような、高さ h 、幅 b の長方形断面で、Young 率 E 、Poisson 比 ν の等方線形弾性材料からなる長さ l の棒材に、 x 軸の正の方向に強制変位 g 、 y 軸の負の方向（鉛直下向き）に荷重 P が作用している。以下の問いに答えなさい。なお、荷重 P による x 軸周りのねじりや強制変位 g による y 軸及び z 軸回りの曲げモーメントは生じないものとする。また、長方形断面の断面二次モーメントは $bh^3/12$ である。



- (1) 強制変位 g のみによる x 軸方向垂直応力を求めよ。ただし、 $\sigma_x = E\varepsilon_x$ を用いてよい。ここで、 σ_x と ε_x は、それぞれ x 軸方向垂直応力と垂直ひずみである。
- (2) 荷重 P のみによる x 軸方向垂直応力の最大値および最小値と、それらが生じる点の (x, y) 座標をそれぞれ求めよ。
- (3) 強制変位 g と荷重 P が同時に作用するときの x 軸方向垂直応力の最大値および最小値を求めよ。ただし、荷重 P の作用による曲げモーメントに強制変位 g による長さや断面の変化の影響は考えない。
- (4) $g = 0.1 \text{ mm}$, $h = 100 \text{ mm}$, $b = 50 \text{ mm}$, $l = 1000 \text{ mm}$, $P = 10 \text{ kN}$, $E = 200 \text{ GPa}$, $\nu = 0.0$ のとき、問 (3) で求めた最大応力および最小応力の値をそれぞれ数値で答えなさい。
- (5) 問 (4) の最大応力が生じた点の xy 面内の最大せん断応力を MPa で答えよ。
- (6) 問 (4) の最大応力が生じた点に、何らかの作用により xy 面内せん断応力 $\tau_{xy} = 24 \text{ MPa}$ が生じるとき、最大および最小主応力をそれぞれ求めよ。
- (7) 問 (6) の最大主応力の方向を xy 座標を参照したベクトル、もしくは x 軸から反時計回りにとった最大主応力の方向角 θ を $\tan 2\theta$ で答えなさい。
- (8) 問 (4) の強制変位 g に新たな変位 δ を加えて引張応力が生じないようにしたい。 δ を求めよ。

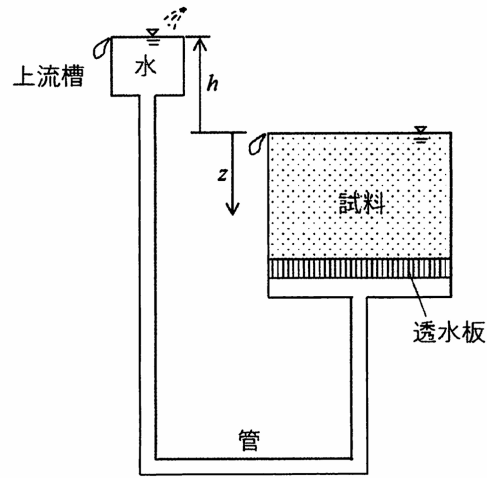
コンクリート工学

1. コンクリートの劣化の一つであるアルカリシリカ反応について以下の問いにそれぞれ 100 字程度で答えよ。
 - (1) アルカリシリカ反応による劣化メカニズムを答えよ。
 - (2) アルカリシリカ反応を引き起こす骨材の特徴を答えよ。

- (3) アルカリシリカ反応を抑制する方法を一つ答えよ。
2. プレストレストコンクリート構造の力学機構について、曲げを受ける梁の断面の応力状態の変化を例にとって図を使って説明せよ。
3. コンクリートの力学的性質について以下の問いに答えよ。
 - (1) コンクリートの一軸圧縮試験を行ったときの応力-ひずみ関係の概形を図示せよ。
 - (2) コンクリートの 3 種類の静弾性係数の定義について、応力-ひずみ関係を用いて説明し、それぞれの静弾性係数を求める式を答えよ。
 - (3) 「JIS A 1149：コンクリートの静弾性係数試験方法」で定められているコンクリートの静弾性係数を答えよ。
 - (4) コンクリートの弾性係数は静弾性係数のほかに動弾性係数がある。動弾性係数の測定方法を説明せよ。

地盤工学

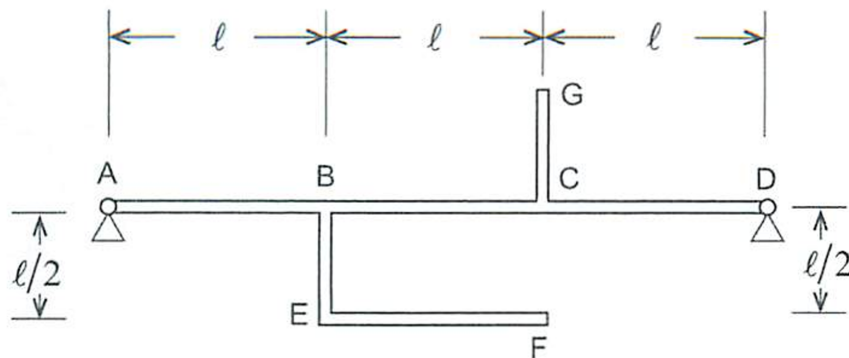
1. 土のコンシステンシー限界について、図と以下の用語を用いて説明せよ。
【液状、塑性状、半固体状、固体状、含水比】
2. 粘土の一次元圧縮特性について、図と以下の用語を用いて説明せよ。
【圧密降伏応力、 $e-\log p$ 線、膨潤線、正規圧密土、過圧密度】
3. 図 1 はクイックサンドを再現するための実験装置である。試料上端を規準とする上流槽上端の高さを h とする。上流槽を $h = 0$ から徐々に持ち上げてゆくと、試料は一斉に有効応力を失いクイックサンドを生じる。ただし、各瞬間において定常状態とみなせるほど上流槽をゆっくり動かすものとする。試料表面を原点として、下向きに z 軸を取る。試料の厚さを l 、土粒子密度を ρ_s 、間隙比を e 、重力加速度の大きさを g とする。また、試料は一様で飽和状態にある。以下の問いに答えよ。
 - (1) 試料の密度 ρ を求めよ。
 - (2) 深さ z における鉛直全応力 σ を求めよ。
 - (3) 深さ z における間隙水圧 u を求めよ。
 - (4) 深さ z における鉛直有効応力 σ' を求めよ。
 - (5) クイックサンドが生じるときの上流槽の高さ h_c を求めよ。
 - (6) クイックサンドが生じるときの動水勾配である限界動水勾配 i_c を求めよ。



2023 春

構造工学

下に示すような、高さ h 、幅 b の長方形断面で、ヤング率 E の等方線形弾性材料からなる骨組み構造について、以下の問いに答えなさい。ただし、すべての部材の断面積と材料は同一とする。また、せん断応力及びせん断変形の影響は考慮しないものとする。



- (1) 点 F に、反時計回りのモーメント $M_1 = 1$ を作用させたときの曲げモーメント図を書きなさい。
- (2) 問 (1) の荷重条件のとき、点 C に生じる最大応力を求めなさい。ただし、長方形断面の断面二次モーメントは $bh^3/12$ である。
- (3) 問 (1) のモーメント荷重を 2 倍にすると、点 C に生じる最大応力が問 (2) の値と同じになるためには部材の高さを何倍にすれば良いか答えなさい。
- (4) 問 (1) の荷重条件のとき、点 G の水平変位を求めなさい。
- (5) 問 (1) のモーメント荷重を取り除き、点 G に水平右向きの荷重 $P_1 = 1$ を与えるときの点 F の回転角を求めなさい。
- (6) 問 (5) の荷重条件で、点 F が回転しないように固定したときの点 F のモーメント反力を求めなさい。

コンクリート工学

1. コンクリート用混和材について、以下の問いに答えよ。
 - (1) フライアッシュをセメントに置換して使用したときに起こる反応の名称を答え、その反応の特徴を説明せよ。
 - (2) 高炉スラグ微粉末をセメントに置換して使用したときに起こる反応の名称を答え、その反応の特徴を説明せよ。
 - (3) (1) と (2) で答えた 2 つの反応の違いを説明せよ。
2. 表は 3 種類のセメントに含まれるクリンカー鉱物の組成と化学組成を示している。表中の (a),(b),(c) は普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント

トのいずれかである。(a),(b),(c) がそれぞれどのセメントであるか答え、そのように選択した理由を答えよ。

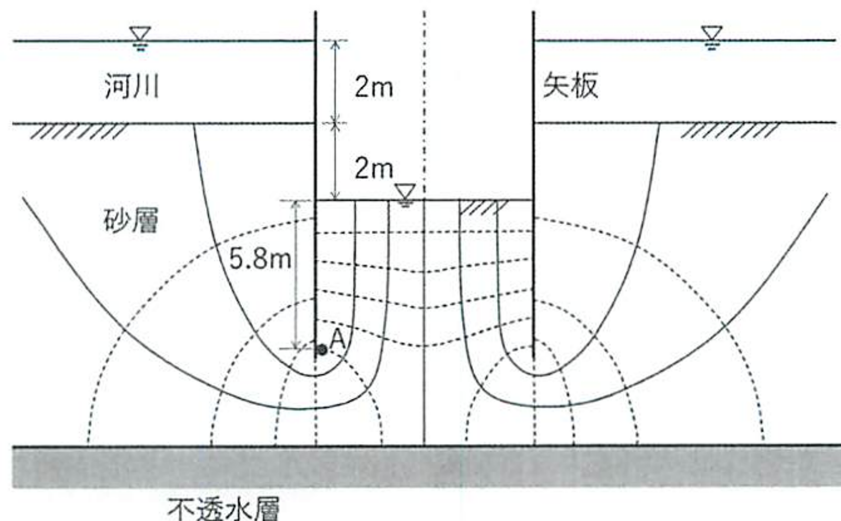
セメントの 種別	クリンカー鉱物組成 (%)				化学組成 (%)			
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
(a)	67	9	8	8	20.8	4.5	2.8	64.9
(b)	48	30	5	11	23.3	3.9	4.0	63.5
(c)	50	26	9	9	22	5.1	3.0	63.8

3. RC はり部材の代表的なせん断破壊形式を二つ答え、それぞれの破壊形式の特徴を説明せよ。

地盤工学

1. 矢板を打設して川底を掘削する場合について考える。図 1 は掘削現場の断面と地盤内の二次元定常流れを表した正方形フローネットを表している。実線と破線はそれぞれ流線と等ポテンシャル線を表している。地盤の透水係数は $k = 2.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 、水の密度は $\rho_w = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ である。以下の問に答えよ。

- (1) 図 1 の定常浸透流れを保つためには、掘削底面でポンプにより浸出する水を汲み上げる必要がある。奥行を 1m とし、1 日当たりの汲み上げ量を求めよ。
- (2) 点 A の間隙水圧を求めよ。
- (3) 掘削前に安定計算を実施したところ、ボーリングが発生する危険性が判明したとする。考え得る対策工法の一つ挙げよ。



2. 飽和正規圧密粘土の排水および非排水三軸圧縮試験について考える。せん断開始時の有効拘束圧は p_0 であり、せん断中のセル圧は一定とする。飽和正規圧密粘土の有効応力に関する粘着力と内

部摩擦角は、排水条件に依らず、 $c' = 0$ と ϕ' とする。また、鉛直応力 σ_v と側方応力 σ_h の差を軸差応力 $q = \sigma_v - \sigma_h$ とする。以下の問に答えよ。

- (1) 排水三軸圧縮試験の破壊次の軸差応力 q_d を p_0 と ϕ' を用いて表せ。
- (2) 非排水三軸圧縮試験の破壊次の軸差応力 q_u を破壊次の過剰間隙水圧 u_f と p_0 、 ϕ' を用いて表せ。
- (3) u_f を m と p_0 によって表せ。ただし、 $m = q_u/q_d$ である。

2022 秋

構造工学

下に示すような、ヤング率 $E = 200[\text{GPa}]$ 、ポアソン比 $\nu=0.25$ の等方線形弾性材料からなる $100[\text{mm}] \times 100[\text{mm}]$ の正方形平板が上下端を y 方向に固定されている (高さ h 一定)。平面応力状態を仮定して、以下の問いに答えなさい。なお、応力とひずみの間には以下の関係式があるものとする。

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \nu \frac{\sigma_y}{E}, \quad \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \nu \frac{\sigma_x}{E}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \quad (3.1)$$

ここで、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ はそれぞれ x と y 方向の垂直ひずみ、および γ_{xy} はせん断ひずみである。また、 σ_x, σ_y は、それぞれ x と y 方向の垂直応力、および τ_{xy} はせん断応力である。なお、 G はせん断弾性係数で $G = E/\{2(1+\nu)\}$ で与えられる。

- (1) 下図 (a) に示すように、高さ h を固定し、板の上下端と左右端を平行に保ったまま x 方向垂直応力が一様に $\sigma_x = \bar{\sigma} = 80[\text{MPa}]$ になるように載荷した。このときの y 方向垂直応力 σ_y と x 方向垂直ひずみ ε_x を求めよ。
- (2) 下図 (b) に示すように高さ h を固定し、板の上下端を平行に保ったまま上端を x 方向に $0.05[\text{mm}]$ だけ動かし、このときのせん断ひずみ γ_{xy} とせん断応力 τ_{xy} を求めよ。
- (3) 上記 (1) の垂直応力成分と (2) のせん断応力成分が同時に生じるような載荷を行ったとき、最大主応力を求め、 x 軸から反時計回りにとった最大主応力の方向角 θ を $\tan 2\theta$ で答えなさい。また、最大せん断応力を求めよ。
- (4) 上記 (3) の応力状態のとき、最大および最小主ひずみを求めなさい。

コンクリート工学

1. ポルトランドセメントの製造に用いられるクリンカーの主要な化合物を 4 種類挙げ、それぞれの特性を説明せよ。
2. 空気量 5.0% のコンクリートの単位粗骨材量を単位水量 $W[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、単位セメント量 $C[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、細骨材率 s/a 、水の密度 $\rho_w[\text{g}/\text{cm}^3]$ 、セメントの密度 $\rho_c[\text{g}/\text{cm}^3]$ 、粗骨材の表乾密度 $\rho_g[\text{g}/\text{cm}^3]$ を用いて示せ。
3. 図-1(a) に示す鉄筋コンクリート製梁の断面に曲げモーメントが作用したときのひずみ分布および応力分布が図-1(b) および図-1(c) であるとするとき、中立軸高さ x を b, d, A_s, n を用いて表せ。ここで、 b : 断面幅、 d : 断面の有効高さ、 A_s : 引張鉄筋の断面積、 n : ヤング係数比 ($=E_s/E_c$)、 E_s : 鋼材のヤング係数、 E_c : コンクリートのヤング係数、 ε'_c : 断面上縁のコンクリートの圧縮ひずみ、 ε_s : 鉄筋の引張ひずみ、 σ'_c : 断面上縁のコンクリート圧縮応力、 σ_s : 鉄筋の引張応力である。
4. 次のコンクリート工学に関する専門用語をそれぞれ 100 字程度で説明しなさい。
 - (1) クリープ
 - (2) 釣り合い鉄筋比

地盤工学

1. 土取場より土を採取し、最適含水比で締め固めて、乾燥密度 ρ_d 、体積 V の盛土を構築する。土粒子密度は ρ_s で、土取場における土の含水比は $w(w < w_{opt})$ である。以下の問いに答えよ。ただし、水の密度を ρ_w 、重力加速度 g とする。
 - (1) 土取場で採取すべき水の重量 W を求めよ。
 - (2) 締め固め時に散水すべき水の重量 ΔW_w を求めよ。
 - (3) 盛土の間隙比 e を求めよ。
 - (4) 盛土の飽和度 S_r を求めよ。
2. 図 1 に示す水平成層地盤が単一の層からなると見做したときの巨視的な透水係数に関する以下の問いに答えよ。ただし、 d_1 と d_2 は各層の層厚であり、 k_1, k_2 は各層の透水係数である。
 - (1) 水平方向の巨視的な透水係数 k_H を導出せよ。
 - (2) 鉛直方向の巨視的な透水係数 k_V を導出せよ。
 - (3) $k_H \geq k_V$ が成り立つことを示せ。
3. Terzaghi の圧密理論に基づいて水平成層地盤に一樣な荷重を瞬間載荷した場合に生じる圧密沈下について考える。現場 A では最終沈下量が 4 m、圧密度 50% に至るまでの時間が 200 日であった。現場 B E では、地盤条件や載荷条件が現場 A とは以下の通り異なる。各現場の (i) 最終沈下量と (ii) 圧密度 50% に至るまでの時間を求めよ。ただし、各現場において記載の条件以外は A と同じであるとする。

現場 B	： 地盤の層厚が現場 A の 2 倍
現場 C	： 地盤の透水係数が現場 A の 2 倍
現場 D	： 地盤の体積圧縮係数が現場 A の 2 倍
現場 E	： 鉛直荷重が現場 A の 2 倍