

2020 年度
名古屋大学大学院環境学研究科 都市環境学専攻
博士前期課程 建築学コース
入学試験問題

専 門 科 目 I (環境系・構造系)

**一般選抜 (普通入試)
留学生特別選抜
社会人特別選抜**

令和元 (2019) 年 8 月 20 日 (火) 13:30~17:30

受験番号	
------	--

注意事項

- 1) 本冊子は、この表紙と 2 枚の中表紙と、問題 14 枚 (環境系 6 枚、構造系 8 枚) の計 17 枚からなる。試験開始後、ただちに枚数を確認し、過不足があればすみやかに申し出ること。
- 2) 本冊子における専門科目 I の問題は、環境系と構造系の 2 分野について出題されている。解答にあたっては、予め申請した 1 分野のみを解答すること。2 分野にまたがって解答したり、申請とは異なる専門分野を解答した場合は、すべての答案を採点の対象外とする。
- 3) 本冊子のホッチキス止めを外さないこと。
- 4) 試験開始後、本冊子の表紙に受験番号を記入すること。試験終了後、本冊子も提出すること。
- 5) 答案は日本語で解答すること。

2020 年度
名古屋大学大学院環境学研究科 都市環境学専攻
博士前期課程 建築学コース
入学試験問題

専 門 科 目 I

**一般選抜（普通入試）
留学生特別選抜
社会人特別選抜**

環境系（設備・環境）

注意事項

- 1) 環境系（設備・環境）の問題はこの中表紙の他に6枚ある。また、**環境1**から**環境3**の3問ある。試験開始後、枚数および問題数を確認し、過不足があればすみやかに申し出ること。
- 2) 出題されたすべての問題について解答すること。

環境 1

1. 幅 6.0m、奥行き 8.0m、高さ 3.0m の内法寸法の部屋がある。残響時間を計測したところ 1.61 秒であった。対象とする音は単一周波数の純音として、以下の問いに答えよ。
 - (1) Sabine の式を用いて、この部屋の平均吸音率を求めよ。
 - (2) 天井材を吸音率 0.50 の部材に、床を吸音率 0.20 の部材に変更した場合の残響時間を求めよ。各側壁面の吸音率は、(1) で求めた平均吸音率と同じであるとする。
2. 音の心理的 3 属性を示し、それぞれ 50～100 字で説明せよ。
3. 照度について以下の問いに答えよ。
 - (1) スカラー照度とベクトル照度の違いについて、150～250 字で説明せよ。
 - (2) ベクトル・スカラー比を考慮する必要性について、100～200 字で説明せよ。
4. 以下の用語について、それぞれ 50～100 字で説明せよ。
 - (1) 立体角投射の法則
 - (2) 標準比視感度
 - (3) 色温度
 - (4) 天空率
 - (5) グレア

環境 2

1. 室内外の熱移動と室内気温について、以下の問いに答えよ。

- (1) 単層の固体壁を考え、定常状態の場合の壁体内の熱伝導量（単位時間あたりのエネルギー量）を表す式を記述せよ。その際、式を記述するために必要な諸量の記号は各自で定義し、それぞれの単位を記述すること。それらの諸量を示す図も付加すること。また、その熱伝導における温度勾配と伝熱方向について、30 字程度で説明せよ。
- (2) (1) の固体壁は室内と屋外を隔てる壁とする。室内気温よりも屋外気温の方が高い場合を考えると（屋外で日射の影響は無視する）、(a) 外気から屋外側壁面へ熱が伝達し、(b) 壁体内で熱伝導が生じ、(c) 室内側壁面から室内へ熱が伝達することになる。
 - ① (a) ～ (c) の熱移動を統合して考えたものを何と呼ぶか。また、定常状態の場合、その統合した熱移動量と (a) ～ (c) それぞれの熱移動量の関係を述べよ。
 - ② (a) もしくは (c) の熱移動量は、総合熱伝達率、屋外気温と屋外側壁面温度の温度差もしくは室内側壁面温度と室内気温の温度差に比例した値となる。ここで、総合熱伝達率の「総合」が何を意味するかを述べよ。また、総合熱伝達率は通常、屋外側と室内側で値が異なる。値の大小とその理由を 150 ～ 200 字程度で説明せよ。
- (3) 外気に曝されている直方体の 1 室を考える。側面（4 面）は全て同じ材質・厚さの単層の固体壁とする（窓はないものとする）。屋外で日射の影響は無視できるものとし、天井面・床面は断熱と仮定する。定常状態を考え、室内気温よりも屋外気温の方が高く、また、室内で一定の冷房量（除去熱量）および換気量がある場合、室内気温を表す式を導け。その際、式を導くために必要な諸量の記号は各自で定義し、それぞれの単位を記述すること。それらの諸量を示す図も付加すること。導出過程も明記すること。
- (4) (3) の条件で冷房を止めた時点からの室内気温の時間変化を表す式を導け。その際、式を導くために必要な諸量の記号は各自で定義し、それぞれの単位を記述すること。また、導出過程も明記すること。ただし、室内空気や壁体などの熱容量は全て合計し、その合計の熱容量を 1 つの記号で表して使用すること。なお、屋外気温は一定のままとする。

2. 室内換気について、以下の問いに答えよ。

(1) 定常状態の室内換気を考える。対象室内では、二酸化炭素濃度希釈のために $35 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ の換気量が必要であるとする。一方、同室内では、 $21 \text{ \%}/(\text{h} \cdot \text{人})$ の酸素が消費されている。外気の酸素濃度を 21% とし、同室内の酸素濃度を 19% に保つ場合、酸素供給のために必要な換気量を求めよ。また、二酸化炭素濃度希釈のための換気量を踏まえた上で、酸素供給のための換気量をどのように考えたらよいかを簡潔に述べよ。

(2) 右図に示す室において、定常状態の室内換気を考える。ここで、圧力 p_1 、 p_2 、 p_3 の条件は、 $p_1 > p_2 > p_3$ である。室内外の空気密度がともに ρ 、面積 A_1 の開口部の流量係数が α_1 、面積 A_2 の開口部の流量係数が α_2 、室内の断面積が A_3 であるとき、室内平均風速 v を表す式を示せ。導出過程も明記すること。

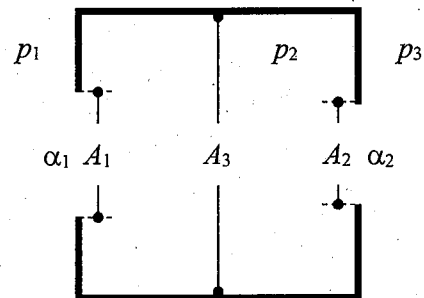


図 対象室 (室断面図)

3. 風洞実験について、以下の問いに答えよ。

(1) 市街地内や建物周辺の気流測定方法の1つに風洞実験がある。風洞内に設置する市街地模型や建物模型を作成する際に注意しなければならないことについて、理由を含めて100字程度で説明せよ。

(2) 風洞実験は、建物壁面に対する風圧係数の算定にも用いられる。風圧係数とは何かを50字程度で説明せよ。また一般に、建物風上側壁面に対する風圧係数は正の値となる。その理由を100字程度で説明せよ。

環境 3

1. 冷凍機(ヒートポンプ)の原理を図1のように表現する場合、以下の問いに答えよ。

- (1) この機器の冷凍機、ヒートポンプとしての成績係数 COP_c 、 COP_h を、図中の記号を用いてそれぞれ示せ。
- (2) 図1の冷凍機(ヒートポンプ)のヒートソースおよびヒートシンクとして活用できる再生可能エネルギー源を4つ示せ。

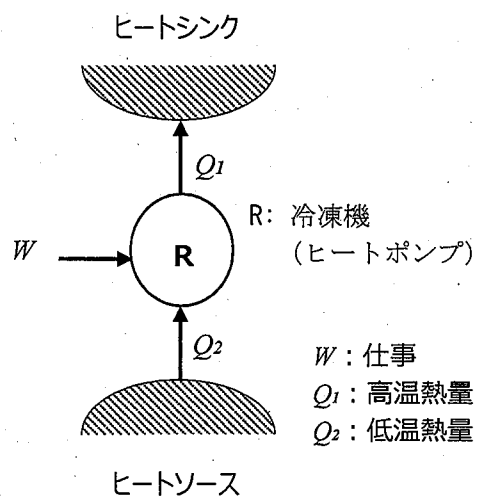


図1

2. ファンの軸動力 W_f 、全圧 P 、送風量 V は、理論的には式(1)のような関係があり、ダクトサイズが同じ場合は、 P は V の2乗に、 W_f は V の3乗に比例する。

図2の空気調和システムにおいて、設定室温は 26°C で室内湿度が成り行き、空調機の給気温度を低温送風空調で 10°C 、従来送風空調で 16°C と仮定し、給気ダクト系における熱損失は無視できるとするとき、以下の問いに答えよ。なお、小数第2位を四捨五入し、計算過程および単位を明記して解答のこと。

$$W_f = P \cdot V / \eta \quad \text{式(1)}$$

W_f : ファン軸動力[W], P : ファン全圧[Pa], V : 送風量[m³/s], η : ファン効率[-]

- (1) 低温送風空調の吹出風量は、従来送風空調に対して何%削減されるかを求めよ。
- (2) ダクトサイズが同じ場合、低温送風空調においてファン軸動力が何%削減されるかを求めよ。
- (3) ファン全圧が同じ場合、低温送風空調においてファン軸動力が何%削減されるかを求めよ。

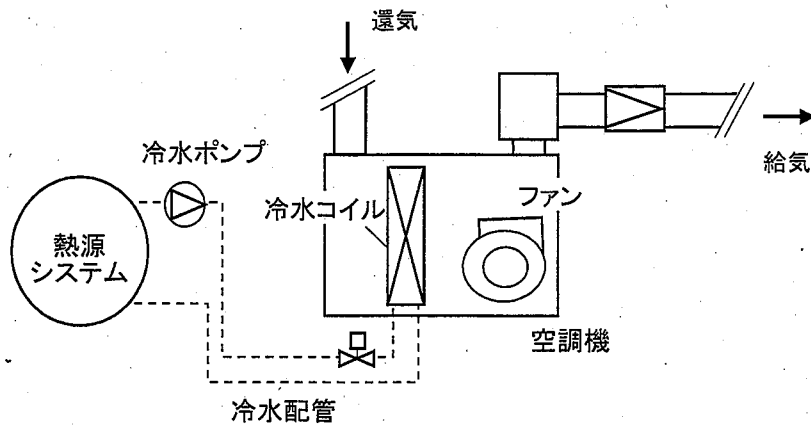


図 2

3. 図 2 の空気調和システムとして低温送風空調を想定した場合に、表 1 の運転状態となった。これを前提に、給気ダクト系における熱損失は無視できるとして以下の問いに答えよ。なお、以下の設問 (3) 以外は小数第 2 位を四捨五入し、計算過程および単位を明記して解答のこと。

- (1) 低温送風空調に対する送風量[m³/min]を求めよ。ただし、空気の比熱と密度は、それぞれ 1.0kJ/(kg・K)、1.2kg/m³とする。
- (2) 2. の式(1)に従い、低温送風空調に対するファン軸動力[kW]を求めよ。
- (3) 低温送風空調に対する冷水量[m³/min]を求めよ。ただし、水の比熱と密度は、それぞれ 4.2kJ/(kg・K)、1kg/ℓとする。なお、小数第 3 位を四捨五入して解答のこと。
- (4) 循環媒体が水であり、その密度を 1kg/ℓとすると、理論的にはポンプ軸動力 W_p [kW]が式(2)から算出できる。ここに、 L : 水量[m³/min]、 H : 全揚程[m]、 η_p : ポンプ効率[-]である。揚程 1m を 9.8kPa として低温送風空調に対する冷水ポンプ軸動力を求めよ。

$$W_p = 0.163 \cdot L \cdot H / \eta_p \quad \text{式(2)}$$

- (5) 図 2 のシステムが従来送風空調である場合に、表 2 の運転状態を得たとする。低温送風空調の全エネルギー消費量が、従来送風空調の全エネルギー消費量以下となるためには、低温送風空調の熱源システム COP は、いくつ以上必要か。なお、ファン・ポンプの消費電力は軸動力の 1.1 倍とし、熱源機の処理負荷は空調機処理負荷に等しく、熱源機そのものの補機動力は無視できるものとする。

表1

		低温送風システム
設定室温[°C]		26
室顕熱負荷[kW]		70
給気温度[°C]		10
吹出温度差[K]		16
送風量[m ³ /min]		(1)
ファン	ファン全圧[Pa]	1,250
	ファン効率[-]	0.6
	ファン軸動力[kW]	(2)
空調機処理負荷[kW]		97
ポンプ	全揚程[kPa]	400
	冷水温度差[K]	11
	冷水量[m ³ /min]	(3)
	ポンプ効率[-]	0.7
ポンプ軸動力[kW]		(4)
熱源システムCOP		(5)

表2

	従来送風システム
室顕熱負荷[kW]	70
ファン軸動力[kW]	12.15
空調機処理負荷[kW]	97
ポンプ軸動力[kW]	2.20
熱源システムCOP	4

2020 年度

名古屋大学大学院環境学研究科 都市環境学専攻

博士前期課程 建築学コース

入学試験問題

専 門 科 目 I

一般選抜（普通入試）

留学生特別選抜

社会人特別選抜

構造系（構造・材料）

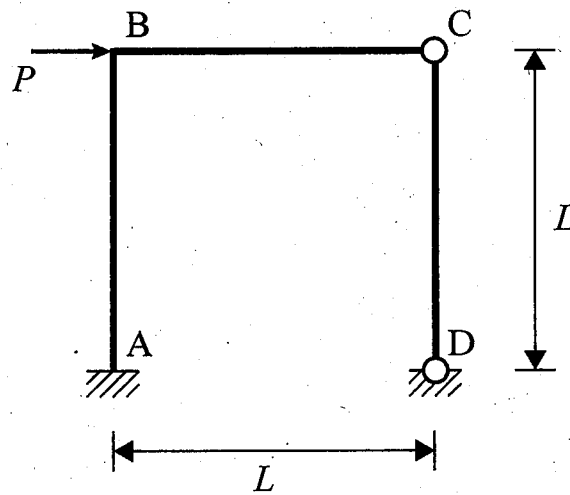
注意事項

- 1) 構造系（構造・材料）の問題はこの中表紙の他に 8 枚ある。また、**構造 1** から **構造 7** の 7 問ある。試験開始後、枚数および問題数を確認し、過不足があればすみやかに申し出ること。
- 2) 出題されたすべての問題について解答すること。

構造 1

図に示す平面骨組について、以下の問に答えよ。全部材において、断面 2 次モーメントは I 、ヤング係数は E である。部材の軸変形は無視できる。

- (1) 節点 D の鉛直方向と水平方向の支点反力を求めよ。
- (2) 曲げモーメント図、せん断力図、軸方向力図を描け。
- (3) 節点 C の水平変位を求めよ。



図

構造 2

1. 以下は、マスコンクリートのひび割れが生じるメカニズムに関する説明文である。
() に入る語句または数値を記載せよ。

セメントと水の反応は (①) なので、大断面部材の場合には部材の温度が上昇し、セメントの水和が十分生じたのちには温度が降下し、打ち込み時の温度と同じになる。仮に、最大温度上昇量が 40°C だと考え、拘束のない部材を想定し、コンクリートの線膨張係数の一般的な値を用いると (②) の温度膨張が生じ、そののち収縮が生じる。水和で線膨張係数が変化しないと考えると、温度の上昇、下降ののち収縮ひずみはゼロになる。一方で、セメントの水和とともに (③) も変化するので、温度降下時の (③) の値を 24 GPa 、温度上昇時にその半分の値をとると考えると、部材が完全に拘束されたときに温度上昇時には (④) の応力が (⑤) MPa 、降下後には (⑥) の応力が (⑦) MPa 生じることになる。なお、ここではクリープは考慮せず、また、部材内の温度は均一を仮定している。一般に 24 GPa の (③) を有するコンクリートの引張強度は、およそ (⑧) MPa 程度なので、水和による温度の上昇、下降に伴いひび割れが発生することになる。

2. 鋼材に砂粒がついており、その部分が腐食していた。どういったメカニズムで腐食が生じたのか説明せよ。(150 字以内)

構造 3

1. 図1 (A) のような T 型断面の鉄筋コンクリート造の梁が曲げを受けた時、以下の (1) ~ (4) それぞれの値を求めよ。ただし、コンクリートの圧縮時および鉄筋の引張時の応力 (σ) - 歪 (ϵ) 関係は、図1 (B)、(C) に示すように仮定する。コンクリートの引張応力は無視する。また、 $b=400$ mm、 $D=650$ mm、 $b_0=200$ mm、 $D_0=200$ mm、 $d=600$ mm、 $\sigma_b=30$ N/mm²、 $f_t=300$ N/mm²、 $\epsilon_u=0.4$ %、 $\epsilon_y=0.2$ % とする。

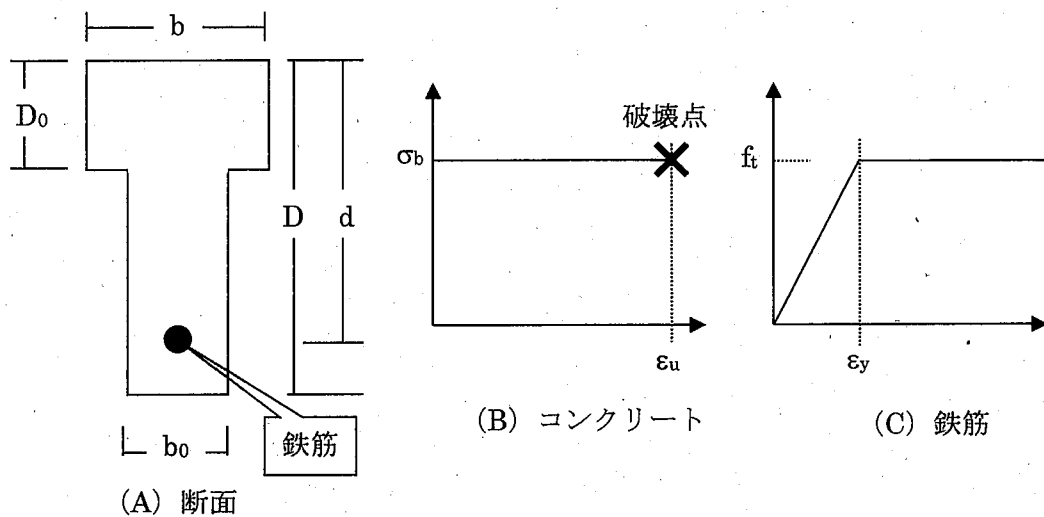


図 1

コンクリートの破壊と鉄筋の降伏が同時に生じる時の

- (1) 中立軸位置
- (2) 曲率
- (3) 引張鉄筋の断面積
- (4) 曲げモーメント

2. 次の問に答えよ。

- (1) 図2の鉄筋コンクリート造の梁に配筋されている鉄筋1～3の名称を何というか。
また、その役割を述べよ。
- (2) 図2の鉄筋コンクリート造梁の支点間距離は3 mであり、力 $P=250 \text{ kN}$ が3等分点に作用している。応力中心間距離が500 mm、鉄筋2の周長が125 mmの時、A区間、B区間におけるそれぞれの付着応力度はいくらか。

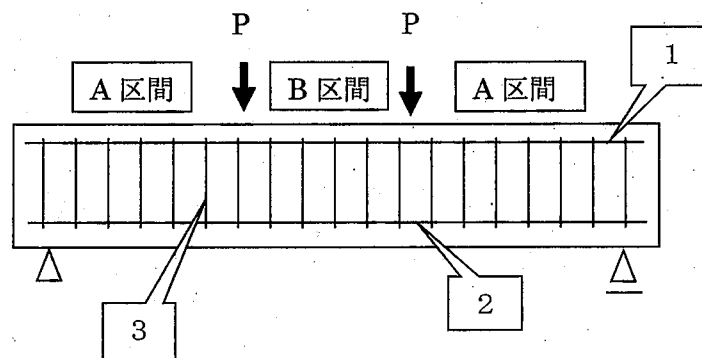


図2

構造 4

鉄骨構造に関する以下の問題に答えよ。

図 1、2 に示すように、全長 $2L$ の梁にトラスが連結された構造を考える。図 1 と 2 は同一の構造とし、図 1 は梁左端から、一方、図 2 は梁中央から x 離れた位置に荷重 P がそれぞれ作用する。梁の断面は一辺 b の正方形であり、トラスの断面積は A とする。梁とトラスは完全弾塑性体とし、それらのヤング係数、降伏点はそれぞれ E 、 σ_y とする。トラスは座屈しないものとする。解答に用いることができる記号は、本問で定義されたもののみとする。

- (1) 梁の降伏曲げモーメントと全塑性モーメントをそれぞれ求めよ。
- (2) 図 1 の構造において、 $x = 0.5L$ のときの全ての崩壊機構を図示せよ。さらに、各崩壊機構に対応する崩壊荷重を求めよ。
- (3) 図 2 の構造において、 $0 < x \leq L$ のときの全ての崩壊機構を図示せよ。さらに、各崩壊機構に対応する崩壊荷重を、 x を用いて求めよ。
- (4) 図 2 の構造において、トラスが降伏して崩壊機構が形成されるものとする。この場合の A の条件を x を用いて求めよ。さらにこの崩壊機構に対して、崩壊荷重が最小となるときの x の値と、このときの崩壊荷重を求めよ。

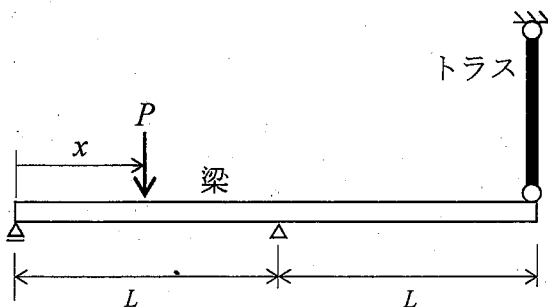


図 1

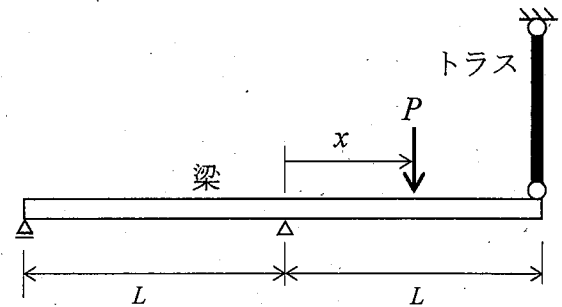


図 2

構造 5

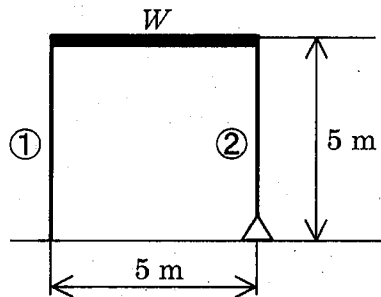
建築基礎構造に関わる以下の用語について、それぞれ 50～70 字程度で説明せよ。

- (1) 標準貫入試験
- (2) 砂質土の相対密度
- (3) 土のせん断強度
- (4) 先行圧密応力
- (5) PHC 杭

構造 6

1. 図に示す、梁が剛な門型架構について、わが国の現行の耐震設計基準における 1 次設計を行い柱の断面を決定することを考える。以下の問に答えよ。

- ・ 2 本の柱の断面は共に、図の奥行き方向の幅 b [m]、架構方向の幅 0.4 [m] の長方形
- ・ 柱に用いる材料の短期許容応力度 $\sigma_s = 20 \text{ N/mm}^2$ 、ヤング係数 $E = 25 \text{ kN/mm}^2$
- ・ 架構が支える荷重（固定荷重 + 積載荷重） $W = 400 \text{ kN}$ 、等分布荷重とする
- ・ 建設地点：名古屋、第 2 種地盤



図

- (1) 1 次設計に用いる層せん断力 Q を求めよ。
- (2) 柱の曲げ剛性を EI [kNm^2] として、(1) で求めた設計用層せん断力 Q が作用した場合の架構頂部の水平変位 δ [m] を求めよ。
- (3) 設計用層せん断力 Q が作用した場合に、柱①、②の柱頭に生じるモーメント $M_{T①}$ 、 $M_{T②}$ および柱脚に生じるモーメント $M_{B①}$ 、 $M_{B②}$ を求めよ。
- (4) 設計用層せん断力 Q が作用した場合に、各柱に生じる軸力を求めよ。
- (5) (3) (4) の結果をもとに柱の奥行き方向の幅 b を定めよ。

2. 以下の建築構造設計に関する用語について、50～80 字程度で説明せよ。

- (1) 地表面粗度区分
- (2) 構造特性係数
- (3) 耐震等級

構造 7

1. 以下の問に答えよ。

- (1) 質量 m 、剛性 k 、粘性減衰係数 c の弾性 1 自由度系の自由振動の方程式を示し、非減衰固有周期 T と減衰定数 h を求めよ。
- (2) 応答スペクトルについて 50～100 字程度で説明せよ。
- (3) 耐震診断について 50～100 字程度で説明せよ。

2. プレート境界で発生する巨大地震について、地震と地震動の特性、および建物の地震応答と耐震設計に及ぼす影響を 150～200 字程度で述べよ。その際に以下の用語をすべて用いるとともに重要な用語を補い、それらに下線を引いて示すこと。

マグニチュード、震度、地盤、固有周期、減衰定数