

博士課程前期 2 年の課程
一般選抜（令和 5 年 4 月入学）
専門科目試験問題（サステナブル空間構成学講座）
Master's Program Entrance Examination
Regular Program (for Entry in April 2023)
Questions (Sustainable Architecture and Building Science Course)

◆注意事項 / Notice

- (1) 配布物は以下の通りである。

Following sheets are distributed;

- 問題用紙 9 枚（表紙を除く） / 9 of question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 12 枚 / 12 of answer sheets

- (2) 解答用紙には、問題番号と受験番号のみを記入し、氏名を書いてはならない。受験番号のないもの、また、受験者の氏名の書いてある解答は無効となるので注意すること。

Write the question number of your answer and your examination identification number on the top of each answer sheet. Do NOT write your name. If you don't follow the directions, your answer will be invalidated.

問題は全部で 6 問である。各問題に対し、別々の解答用紙に答えること。解答用紙は全部で 12 枚あるので、各問題に対して、複数の解答用紙を使用してもよい。ただし、解答用紙の裏面は使用しないこと。

There are six (6) questions. Write the answer of each question on the different answer sheet(s). A set of twelve (12) answer sheets is given. You can use two (2) or more answer sheets for one question, if necessary. However, do not use the back sides of the answer sheets.

問題 1 (計 45 点)

問題 1-1

室内の空気汚染と換気計画に関して以下の問いに答えよ。

ただし、室容積 $V[\text{m}^3]$ 、換気量 $Q[\text{m}^3/\text{h}]$ の部屋で汚染物質が $q[\text{m}^3/\text{h}]$ の割合で発生し、室内各点における汚染物質濃度を $C(t)[\text{m}^3/\text{m}^3]$ 、完全混合を仮定した時の室内濃度（瞬時一様拡散濃度）を $[C(t)][\text{m}^3/\text{m}^3]$ 、外気に含まれるこの汚染物質の濃度を $C_0[\text{m}^3/\text{m}^3]$ とする。また、室内で発生する汚染物質は空気とほぼ等密度で浮力の影響は無視できるものとする。

ここでは、図 1-1 に示すような、室内中央で汚染物質が発生し、左側の壁に給気口が設置されている居室を想定する。そして、排気口の設置位置の候補として、図中のポイント①（左側の壁の給気口と床の間）とポイント②（右側の壁）を考える。

- (1) 時刻 $t = 0 [\text{h}]$ から室内において汚染物質の排出が始まった場合の時刻 t における室内の瞬時一様拡散濃度 $[C(t)]$ は、室内における汚染物質の平衡式から次のように導かれる。

$$[C(t)] = C_0 + \frac{q}{Q} \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{Q}{V} t \right) \right\} \quad (1)\text{式}$$

上式において $t = \infty$ のときの濃度が定常状態における瞬時一様拡散濃度 $[C_\infty]$ となる。

排気口の位置が図 1-1 のポイント①、②の各々の場合の、定常状態における瞬時一様拡散濃度 $[C_\infty]$ を求めよ。なお、排気口の数は一つで、ポイント①、②のいずれか一か所にのみ設置されるものとする。

- (2) この 2 つのケースにおいて、各点の定常状態における汚染物濃度 C_∞ の空間分布がどのようにになると推定されるか？ C_∞ の空間分布の概略を図示せよ。

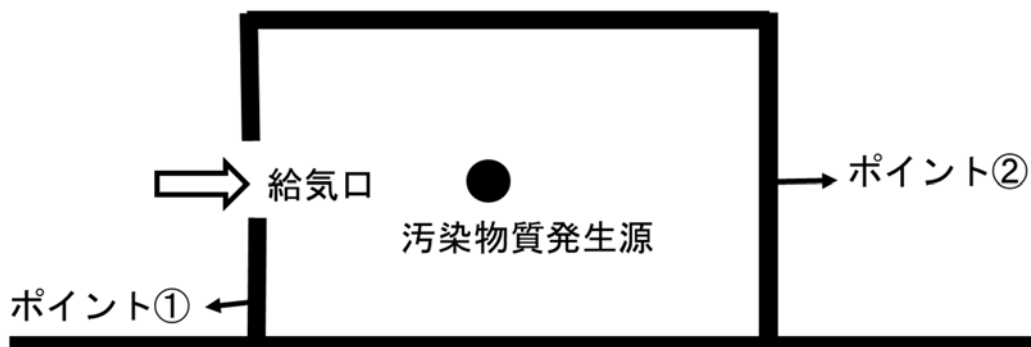


図 1-1

- (3) 各点の定常状態における汚染物濃度 C_{∞} の室内全域の空間平均値を $\langle C_{\infty} \rangle$ とする。
上記の 2 ケースの $\langle C_{\infty} \rangle$ の大小関係はどのようにになると推定されるか？
- (4) 定常状態における瞬時一様拡散濃度 $[C_{\infty}]$ と各点の濃度の空間平均値 $\langle C_{\infty} \rangle$ の違いから分かることを、換気の効率という観点から説明せよ。

問題 1-2

下の表 1-2 は建材等の選択が屋外の温熱環境と室内の冷暖房負荷に及ぼす影響を比較したものである。表中の夏季夜間と夏季日中の顕熱削減効果は、建物外皮から大気に対流熱伝達で輸送される顕熱量（大気加熱量）の削減効果を表している。RC 内断熱と RC 外断熱では、日中と夜間の顕熱削減効果の有無が逆になっているが、この理由を建物外皮における熱収支の相違と関連付けて説明せよ。

表 1-2 建材（建物外皮）の選択が大気加熱量と冷暖房負荷に及ぼす影響の定性的な比較

		夏季夜間 顕熱削減効果	夏季日中 顕熱削減効果	冷房負荷 削減効果	暖房負荷 削減効果
RC 内断熱		×	○	○	○
RC 外断熱		○	×	○	○
クールルーフ	屋上緑化	△※	○	○	○ or △※
	高反射性塗料	○※	○	○	×
	保水性建材	△※	○	○	○ or △※

○：効果あり，×：逆効果，△：効果なしまたは疑問，※：定量的研究が必要
（出典：森山正和編「ヒートアイランドの対策と技術」学芸出版社）

問題2 (計45点)

図2-1に示す3階建ての建物について、以下の問いに答えよ。

- (1) この建物の南北面と東西面の壁体構成と関連する諸量が図2-1(c)のように与えられるとき、南北面と東西面のそれぞれの熱貫流率 $[W/(m^2 \cdot K)]$ を求めよ。
- (2) 図中で与えられた条件に加えて以下の条件が与えられるとき、この建物の2階の冷房負荷 $[W]$ がどれだけになるか、定常伝熱を仮定して求めよ。なお、図2-1(c)に示していない壁体構成要素（フレームや柱など）については考慮しない。また、2階と上下階との温度差は無く、ガラスに吸収される日射熱のうち3分の1が室内側に流入するものとする。
 - ・ 室温、外気温： 26°C 、 29°C
 - ・ 外壁面に入射する全日射量：（南面） 300 W/m^2 、（東西北面） 150 W/m^2
 - ・ 外壁面における実効放射量：（東西南北面） 40 W/m^2
 - ・ ガラスの日射透過率、日射吸収率、長波長放射率：0.6, 0.1, 1.0
 - ・ 東西面の外壁の日射吸収率、長波長放射率：0.8, 1.0
 - ・ 2階全体の換気量： $2200\text{ m}^3/\text{h}$
 - ・ 空気の容積比熱： $1200\text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$
 - ・ 2階全体の内部発熱量： 10000 W
- (3) この建物について、冷房を使用しなかった場合の2階の自然室温 $[^{\circ}\text{C}]$ を求めよ。なお、室温以外の条件は(1)(2)と同じとする（2階と上下階との温度差も無いものとする）。

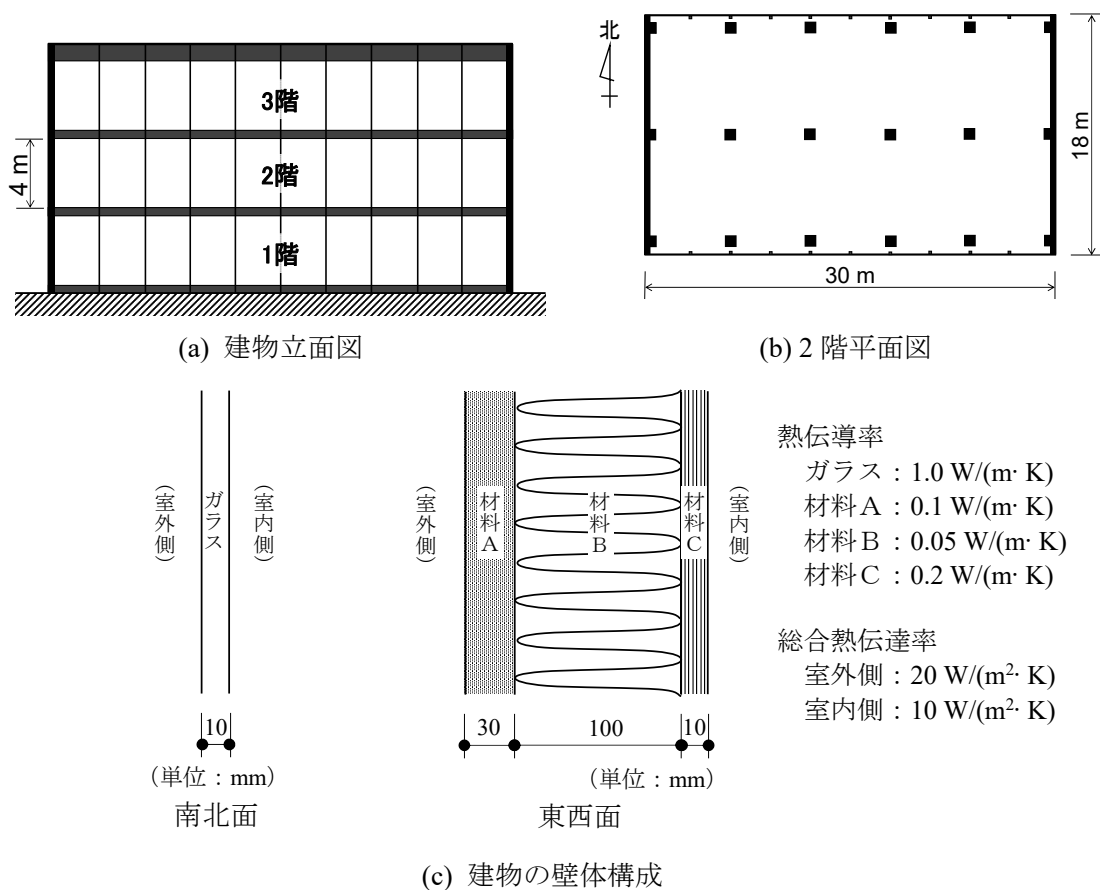


図2-1

問題 3 (計 45 点)

問題 3-1

図 3-1 に示す A 室, B 室は 15 m^2 の開口でつながっている。開口にはガラスなどがなく可視光透過率は 1.0 である。A 室に光源が 1 つあり, それ以外に可視光を供給するものはない。この光源は開口に直接光を供給しない。室内の平均反射率 ρ は 0.75 である。B 室の間接照度を 30 lx にするためには光源の光束量 $F [\text{lm}]$ をいくらにすればよいか。以下の問いに従って解答せよ。計算過程が分かるように式を示し, 必要に応じて説明を加えること。

- (1) 光源の光束量が $F [\text{lm}]$ のとき, A 室の間接照度はどのようにになるか。
- (2) 光源の光束量が $F [\text{lm}]$ のとき, A 室から B 室に供給される光束量は何 $[\text{lm}]$ か。
- (3) B 室の間接照度を 30 lx にしたい。光源の光束量 $F [\text{lm}]$ を求めよ。

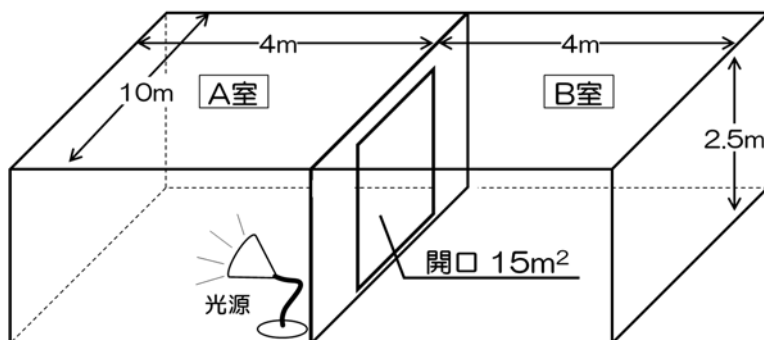


図 3-1

問題 3-2

図 3-2 は単層壁の音響透過損失 $R [\text{dB}]$ と壁に入射する音の周波数 $f [\text{Hz}]$ の関係を示している。図中の A, B, C の周波数領域では, それぞれ特徴的な音響透過損失の増減が見られる。A, B, C それぞれの領域について, その呼称と各領域の音響透過損失と周波数について説明せよ。また, 領域 B, C において遮音性能を向上する為の対策としてどのような方法が考えられるか。

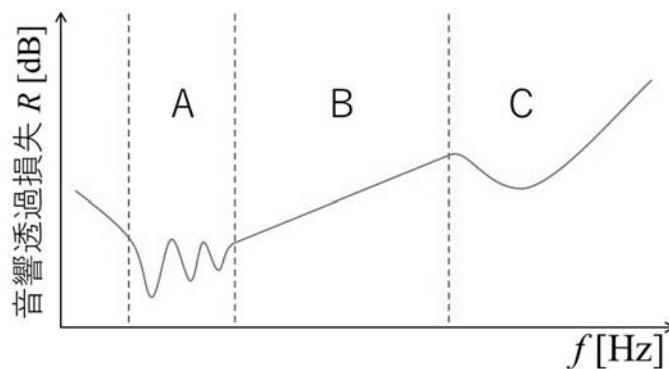


図 3-2

問題4 (計45点)

問題4-1

表4-1は代表的な給水設備方式について示している。各給水方式と災害時のインフラの途絶との関係を解答せよ。表中の(A), (B), (C)について、上水管断水時、送電停電時の給水継続の可・否について給水設備の構成と関連付けて説明せよ。

表4-1 給水方式と特性

項 目	水道直結直圧方式	水道直結増圧方式	高置水槽方式	ポンプ直送方式
災害時対応	断水：給水停止 停電：影響なし	(A)	(B)	(C)
適用建築	小規模建築 戸建住宅	病院・工場など以外の一般の建物	一般建物、オフィスビルなど	一般～大規模建物、工場、集合住宅など

問題4-2

以下の設備関連用語について解説せよ。

- (1) 生物化学的酸素要求量 (BOD)
- (2) ドレンチャー設備

問題4-3

図4-3はヒートポンプの冷凍サイクルを示す。図中のA～DのうちDは断熱で冷媒の圧力が変化する膨張過程である。D以外のA～Cは以下の①～③の各過程の何に該当するか。また、各過程における冷媒の状態とサイクル外との熱の授受について簡潔に説明せよ。

- ① 圧縮過程
- ② 蒸発過程
- ③ 凝縮過程

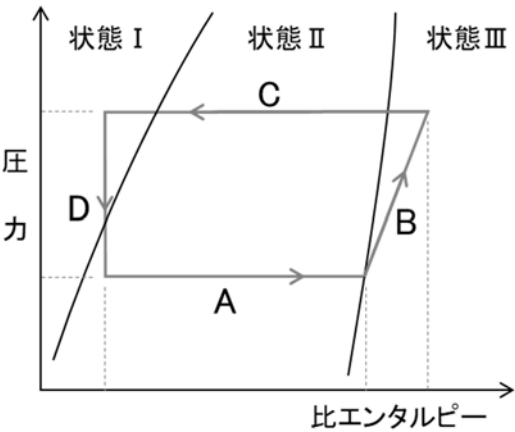


図4-3

問題 5 （計 60 点）

問題 5-1

- (1) コンクリートに生じる「中性化」とはどのような現象かを説明し、この現象を原因として鉄筋コンクリート構造物に劣化が生じるプロセスを説明せよ。
- (2) 図 5-1 は様々な原因でひび割れが生じている鉄筋コンクリート造構造物の写真である。これらの写真から、中性化が主な原因と思われるものを選び。また、その写真を選択した理由を簡潔に説明せよ。
- (3) 鉄筋コンクリート構造物が以下の[1] [2]の環境に置かれる場合、一般的な住宅地屋外の環境と比較して、中性化の進行がどのように異なるか、理由を含めて説明せよ。
 - [1] 常時水に接している場合
 - [2] 交通量の極めて多い工業地帯の道路に面する場合



[a] 温暖な内陸の住宅地 車庫擁壁



[b] 温暖な沿岸部 事務所建物梁



[c] 温暖な内陸の公園内 屋内打放し床



[d] 温暖な内陸の住宅地 屋外柱

図 5-1

- (4) 近年は、CO₂ 削減技術の一つとして、工場・発電所などで生じる CO₂ を集めて特定の地層深くなどに圧入し、貯留・固定化する CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) 技術が注目されている。これに関連し、コンクリートの中性化を利用した CCS 技術も提案されている。CCS 技術としてコンクリートを利用する場合の [1] 考えられる優位性を説明せよ。また、[2] 問題になると考えられる点とその解決案を示せ。

問題5-2

- (1) 鋼材は不燃材料である。不燃材料について説明せよ。
- (2) 一般に、鉄骨造建築物は火災に弱い。この理由を説明せよ。また、鉄骨造建築物が耐火性を得るために用いられる材料・工法について、その名称と用いられる理由を説明せよ。
- (3) 鋼材とコンクリートのいずれも高温を受けることで強度は低下し、たとえば 600 °C に加熱した場合はいずれも 30～50% 程度に強度が低下する。この一方で、一般的な鉄筋コンクリート造建築物は火災に強いとされ、(2) のような対策は取られない。この理由について説明せよ。

問題 6 (計 60 点)

問題 6-1

- (1) 図 6-1(a)(b)の断面形状について、断面積と強軸に関する断面 2 次モーメントのそれぞれを求めよ。
- (2) 同程度の断面積・梁せいの場合、H 形鋼の断面形状は単純な矩形断面よりも断面 2 次モーメントが大きい。この理由を、断面 2 次モーメントの物理的な意味を踏まえて説明しなさい。
- (3) 図 6-1(a)(b)それぞれの断面を持つ同じ材質（ヤング係数 200 GPa）の梁に対し、図 6-1(c)に示す単純梁として曲げ载荷試験を行う。荷重 F が 10 kN の際に生じる、载荷点変位 D の値をそれぞれ求めよ。ただし、 $L = 500$ mm であり、弾性変形のみで座屈は生じないものとする。

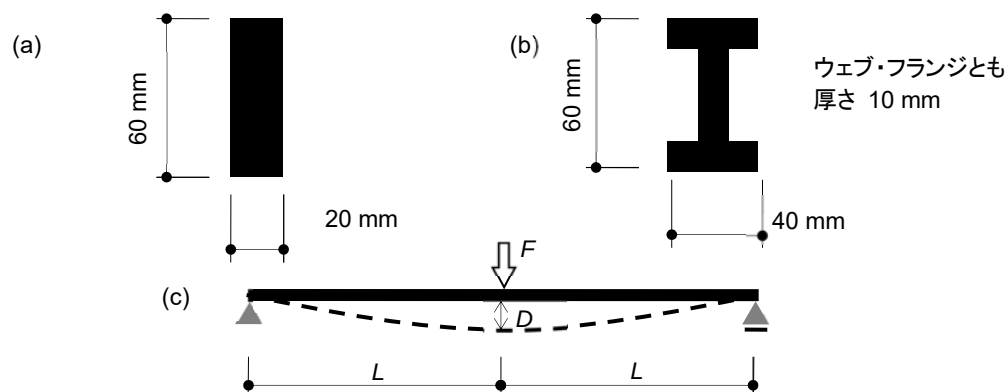


図 6-1

問題 6-2

- (1) 図 6-2-1、6-2-2 について、曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描け。

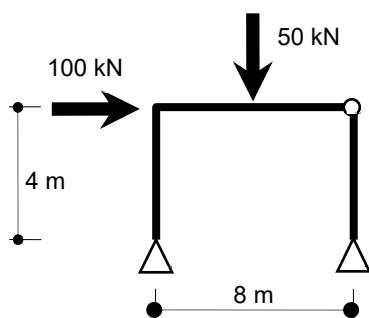


図 6-2-1

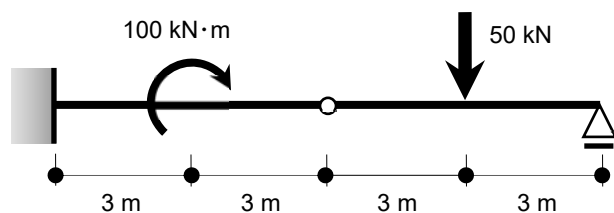


図 6-2-2

- (2) 図 6-2-3 に示すトラスについて、部材 A・B それぞれの軸力を求めなさい。ただし、部材に生じる引張力は+、圧縮力は一の符号をつけること。

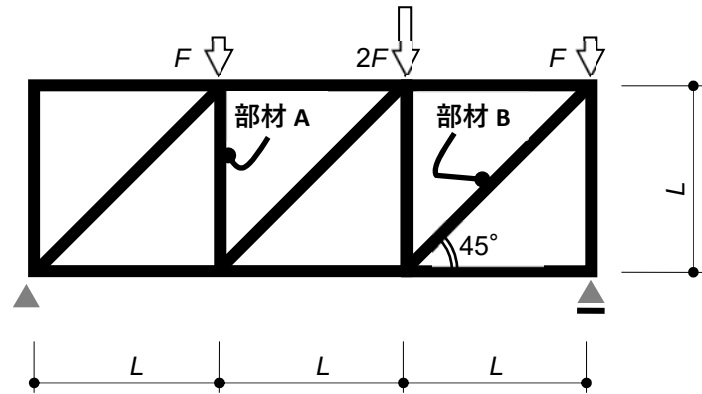


図 6-2-3