

博士課程前期 2 年の課程

一般選抜（平成 31 年 4 月入学）

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 2019)
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 11 枚（表紙を除く） / 11 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、受験者の氏名を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.

- (3) 問題は全部で 5 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。解答用紙が足りない場合には、試験監督に申し出ること。

There are five (5) 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. Ask proctors for answer sheets in case that you need more.

問題 1 (計 80 点)

問題 1-1

図 1-1 に示すような室容積 V [m^3]、換気量 Q [m^3/h]の部屋で汚染物質が q [m^3/h]の割合で発生している状況を考える。完全混合（汚染物質の瞬時一様拡散）を仮定した時の室内濃度を C [m^3/m^3]、外気に含まれるこの汚染物質の濃度を C_{out} [m^3/m^3]とする。

- (1) 完全混合を仮定した時の微小時間 Δt [h]中の室内における汚染物質の平衡式を示せ。但し、 Δt 中の C の変化は ΔC とする。
- (2) 上記の記号を用いると、定常状態 ($t = \infty$) における室内濃度 C はどのように表現されるか示せ。ここでは導出のプロセスは示さなくてもよい。
- (3) 室内濃度 C が上記の定常濃度に達した後に汚染物発生を停止した状態を考える。この汚染源発生停止後の微小時間 Δt [h]中の室内における汚染物質の平衡式を示せ。
- (4) この汚染源発生を停止した時刻を $t=0$ とし、時刻 t の経過に伴う室内濃度 C の減衰を示す式を導出せよ。ここでは導出のプロセスも示すこと。

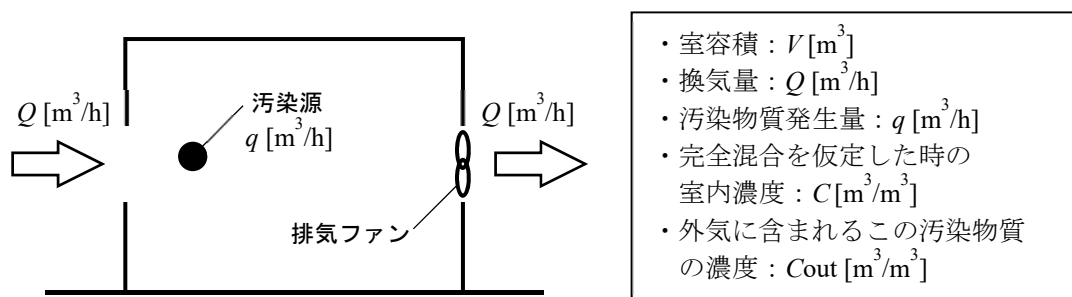


図 1-1 想定する室内条件

問題 1-2

- (1) 地表面の熱収支式の構成要素を説明し、晴天日の日中における各要素の正負とおおよその大小関係が分かるように図示せよ。但し、地表面へ流入する方向を正、地表面から流出する方向を負とする。
- (2) 次に、積雪により地表が雪で覆われた状態の晴天時を考える。積雪で覆われたグラウンドの一部を除雪し、積雪面上と無雪面上の温熱環境を測定したところ、外気温はともに 10°C 程度、無雪の場合の地表面温度が 15°C から 20°C 程度であったのに対して雪面の表面温度では 0°C に低下し、日射反射率は無雪面では 0.2 程度であったのが積雪面では 0.8 程度まで増加していた。これらの結果から、地表面熱収支の構成要素の中の長波長放射成分、短波長放射成分、対流熱伝達による地表面と大気間の顕熱輸送量が積雪によりどのように変化したと考えられるか説明せよ。ただし長波長放射成分の放射率の変化は無視できるほど小さいものとする。
- (3) 晴天時の日中の測定結果によると、雪面上の方が無雪面上よりも MRT、SET* とともに高くなっていた。この理由を考察せよ。
- (4) また、この時に測定を行ったグラウンドに面する建物外壁面の表面温度は、積雪の影響でどのように変化すると考えられるか、理由とともに述べよ。
- (5) 上記 (2) で示した温度条件の場合、積雪により地表付近の大気の安定度や汚染物質の拡散性状はどのように変化すると考えられるか説明せよ。

問題 1-3

図1-2は市街地のグロス建ぺい率と着目する市街地全体に作用する抗力の関係を示している。縦軸の抗力係数 C_d は、抗力を流入風速から算定される動圧と着目する市街地の面積で基準化した数値である。また、「建物高さが不均一の場合」の着目する市街地内における平均建物高さは、「建物高さが均一の場合」の建物高さと同じ。

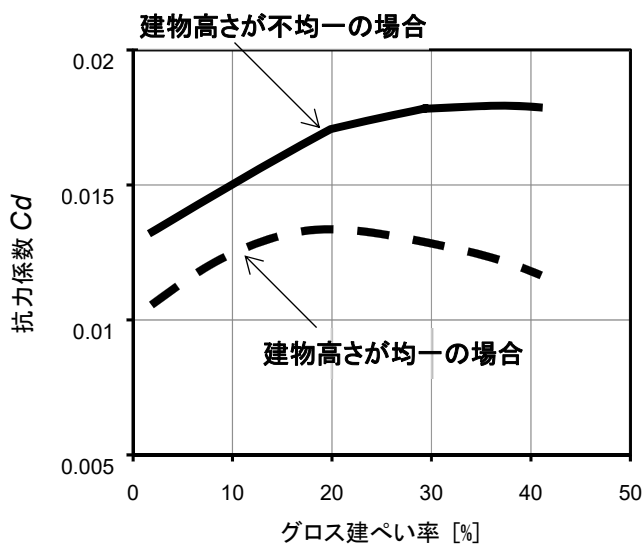


図 1-2 市街地のグロス建ぺい率と市街地に作用する抗力の関係

- (1) 建物高さが均一の場合の抗力係数 C_d は、グロス建ぺい率 20%付近まではグロス建ぺい率の増加に伴って増加し、グロス建ぺい率が 20%を超えると逆に減少に転じている。このような抗力係数 C_d の変化が生じる原因を説明せよ。
- (2) 建物高さが均一の場合、グロス建ぺい率が 0%と 100%に近づくと抗力係数 C_d はどのように変化すると推定されるか説明せよ。
- (3) 建物高さが不均一の場合の方が抗力係数 C_d が大きくなる理由として、どのようなことが考えられるか述べよ。

問題 2 (計 80 点)

問題 2-1

図 2-1 のように、三つの開口を持った建物がある。開口 1~3 の相当開口面積は、それぞれ $\alpha_1 A_1$ 、 $\alpha_2 A_2$ 、 $\alpha_3 A_3$ である。また、開口 1~3 には、それぞれ風圧力 p_{w1} 、 p_{w2} 、 p_{w3} が作用する。そして、建物内外の空気密度はともに ρ である。これらの条件に基づき、以下の問いに答えよ。

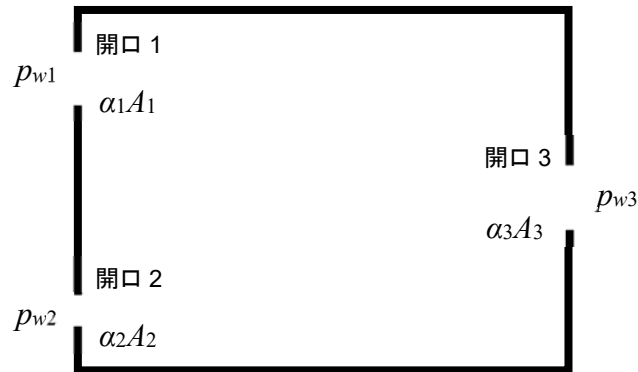


図 2-1

- (1) $p_{w1} = p_{w2} > p_{w3}$ であるとき、自然換気量 Q を求める式を、前出の記号を用いて表せ。
- (2) 三つの風圧力が互いに異なる ($p_{w1} \neq p_{w2} \neq p_{w3}$) とき、自然換気量を計算によって求めるにはどうしたら良いか、その計算方法について概略を説明せよ。説明に必要であれば、新たな記号を自由に定義して用いて良い。

問題 2-2

図 2-2 に示すような建物があり、外壁面のうち一つを壁面 X と呼ぶこととする。壁面 X の屋外側総合熱伝達抵抗は r_o [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]、壁面 X の熱伝導抵抗は r_x [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]、壁面 X の屋内側総合熱伝達抵抗は r_i [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]である。また、壁面 X に入射する日射量は J [W/m^2]、壁面 X における実効放射量は J_e [W/m^2]、外気温は θ_o [$^{\circ}\text{C}$]、室温は θ_i [$^{\circ}\text{C}$]である。これらの条件に基づき、定常伝熱を仮定して以下の問いに答えよ。

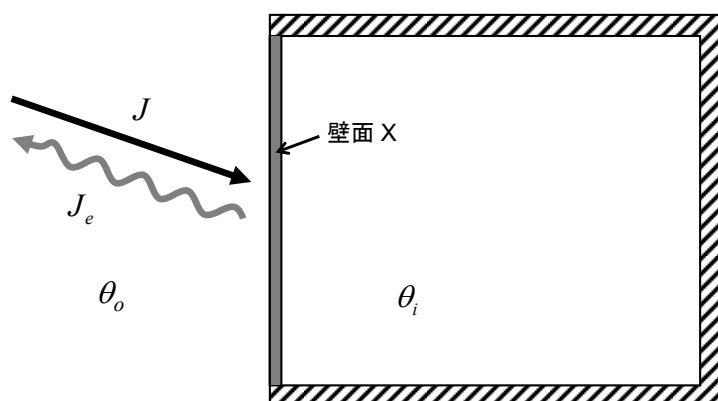


図 2-2

- (1) 壁面 X の放射率と日射吸収率がともに 1 で、これ以外の外壁面における熱貫流は無いと仮定する。また、この建物に換気および漏気は無いと仮定する。このときの室温 θ_i [$^{\circ}\text{C}$] を、前出の記号を用いて表せ。
- (2) (1)の壁面 X がガラス状の材料に置き換わり、放射率が 1 で日射透過率が 1 になったと仮定する。ただし、壁面 X の熱伝導抵抗 r_x は(1)のときと変わらないものとする。このときの室温 θ_i [$^{\circ}\text{C}$] を、前出の記号を用いて表せ。
- (3) (2)の建物条件の下で、冷房を使って(1)のときと同じ室温にしたとする。このときの冷房による除去熱量 H [W] を、前出の記号および壁面 X の面積 S [m^2]を用いて表せ。

問題 2-3

- (1) ある物体の放射率と吸収率が等しくなるのは、その物体が黒体または灰色体である場合だけである。この理由をキルヒホッフの法則を用いて説明せよ。
- (2) PMV (Predicted Mean Vote) とは、どのような理論に基づいて導出された指標であるか説明せよ。

問題 3 (計 80 点)

問題 3-1

図 3-1 に示す十分に広い園庭を持つ幼稚園がある。園庭の中央付近で園児が遊んでいる際に図 3-1 中の観測点 X で騒音測定 (A 特性) を行った結果を図 3-2 に示す。以下の問いに答えよ。

- (1) 観測点 X での騒音は何[dB]になるか。音の合成には図 3-3 を用いてよい。
- (2) 園児の声のパワーが $P[W]$ 、観測点 X と園児の距離が $r [m]$ の時、点 X における直達音はどのように表現されるか答えよ。なお、園庭の地面は完全反射 (吸音率 ≈ 0) を仮定する。周辺建物等による反射は考慮しなくて良い。
- (3) 降雪後の状態を考える。雪面の吸音率を図 3-4 に示す。このとき(1)と同様に子供が遊んでいる場合、観測点 X の騒音レベルはどのようにになると考えられるか。

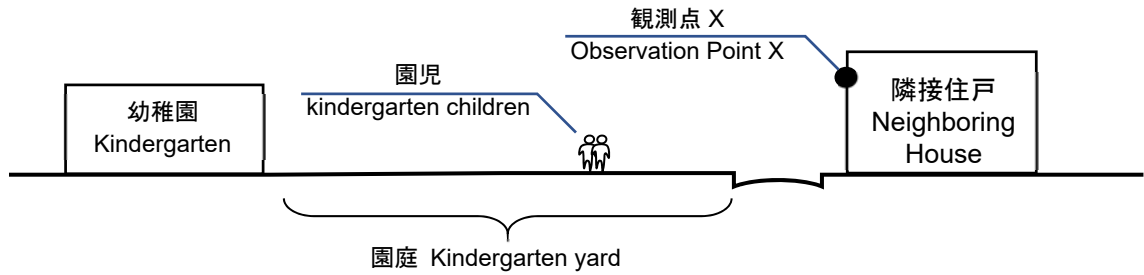


図 3-1

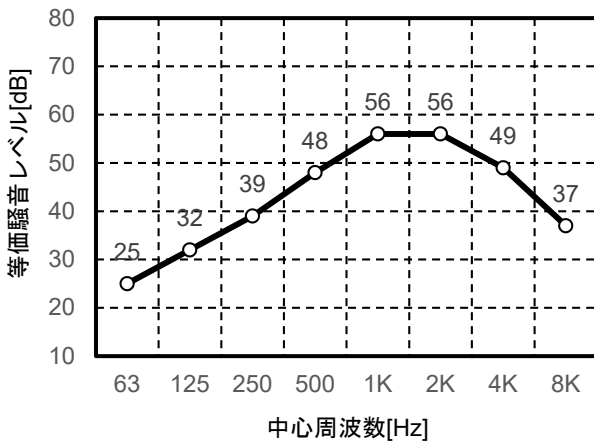


図 3-2

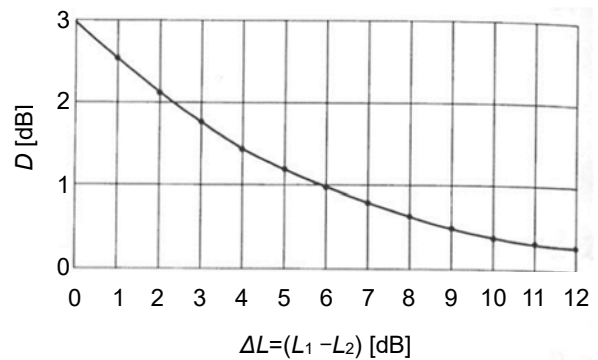


図 3-3

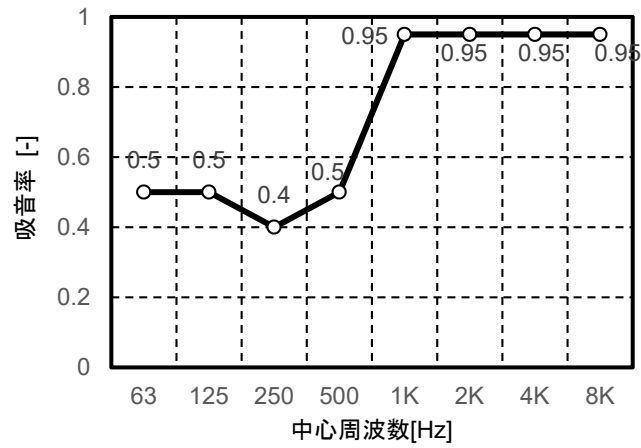


図 3-4

問題 3-2

図 3-5 に音響測定に用いられるノイズ音源の周波数特性を示す。この音源の音響インテンシティー[dB]は周波数 f に反比例する。このような音源を測定に用いる理由を説明せよ。また、このようなノイズの名称を何というか。

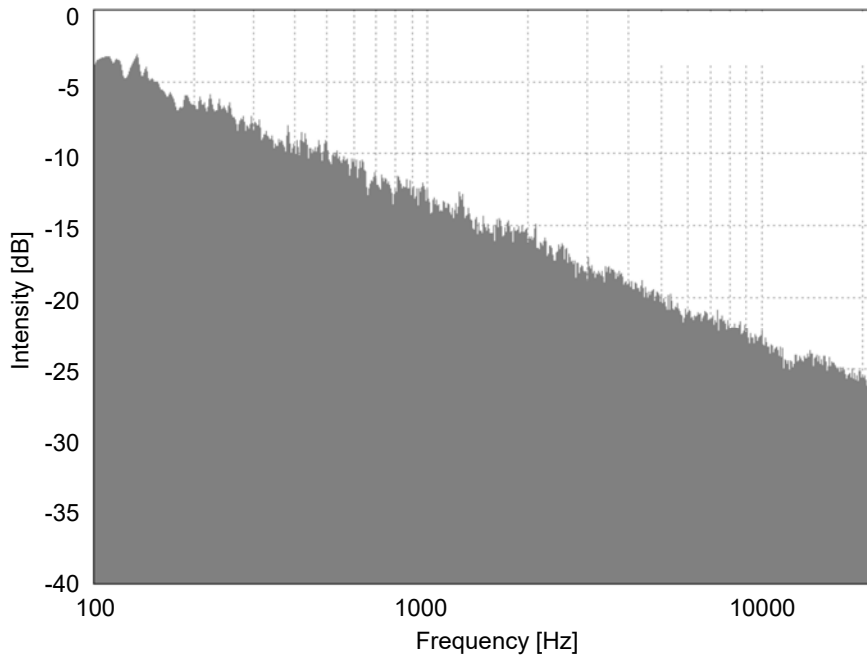


図 3-5

問題 3-3

図 3-6 に示す半径 4 m、天井高 4 m の円筒形の空間がある。壁より 1 m の位置に点光源が 1 つあり、それ以外の光源はない。室内表面は均等拡散反射の特性で、室内の平均反射率 $\rho=0.5$ である。以下の問いに解答せよ。なお、計算上円周率を 3.0 とする。

- (1) 光源の光束量が F [lm] のとき、点 P の直接照度はどのようにになるか。
- (2) 光源の光束量が F [lm] のとき、点 P の間接照度はどのようにになるか。
- (3) 点 P で 100 lx を得るために必要な光束量 F [lm] を求めよ。

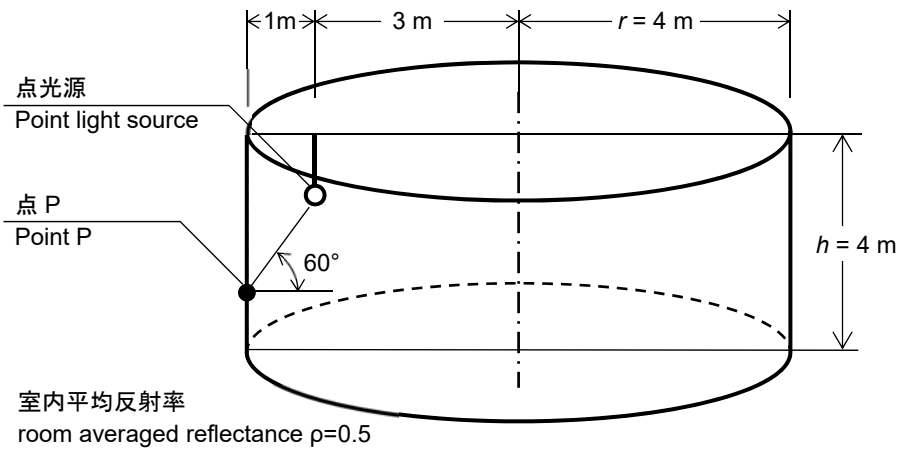


図 3-6

問題 4 (計 100 点)

問題 4-1

コンクリートに生じる中性化について下記の問いに答えよ

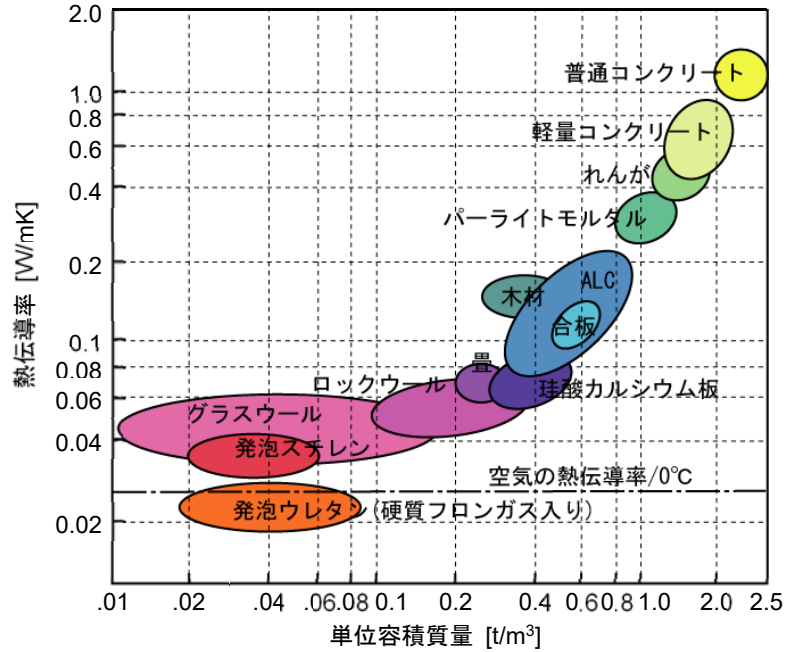
- (1) 中性化のメカニズムを簡潔に説明せよ。
- (2) 十分に大きいコンクリート試験体を、仙台市(年平均温度 12.1 °C、年平均湿度 71%RH)にあるビルの屋上に 2009 年から 2018 年の 9 年間暴露した(条件 A)。この試験体の表面から 10 mm の範囲が中性化していた。
 - 1) このまま 2109 年まで同じ条件で暴露し続けた場合の中性化深さを求めよ。ただし、暴露環境は変化しないものとする。
 - 2) このコンクリート試験体には粗骨材として碎石(絶乾密度 2.6 t/m³、吸水率 0.2%)が用いられている。粗骨材を軽量骨材(絶乾密度 1.3 t/m³、吸水率 10%)としたコンクリート試験体を考える(条件 B)。この場合に中性化の進行速度に生じる変化について、理由を含めて説明せよ。
 - 3) このコンクリート試験体の暴露環境を水温 20 °C に管理した水槽内とした場合を考える(条件 C)。この場合に中性化の進行速度に生じる変化について、理由を含めて説明せよ。
 - 4) このコンクリート試験体の暴露環境を温度 30°C、湿度 50%RH に管理した室内とした場合を考える(条件 D)。この場合に中性化の進行速度に生じる変化について、理由を含めて説明せよ。
 - 5) 上述の条件 A~D について、2018 年時点での中性化深さの順序を答えよ。その順序となった理由を説明せよ。

問題 4-2

コンクリートの養生について、打込みの翌日に脱型した後、直ちに気中養生(温度 20°C、湿度 50%RH)を 28 日間行った場合と、打込みの翌日に脱型した後、直ちに標準養生を 28 日間行った場合を考える。この時に生じる (a) 強度発現、(b) 耐久性 のそれぞれに関する違いを、理由を含めて説明せよ。

問題 4-3

図 4-1 は、一般的な建築材料の単位容積質量と熱伝導率の関係を示したものである。



[出典] 三橋博三他著「建築材料学」共立出版、p.232、図 5.8.1

図 4-1

- (1) この図のように、密度が小さい材料の熱伝導率は小さい傾向がある。この理由を述べよ。
- (2) ロックウールやグラスウールなどは、吸音材として用いられることも多い。これらの建築材料による吸音メカニズムを簡潔に説明せよ。
- (3) 開口部における断熱性能を確保するための材料もしくは工法を一つ挙げ、その特徴を説明せよ。

問題 5 (計 60 点)

問題 5-1

- (1) 引張強さが 400 N/mm^2 、ヤング係数が 200 kN/mm^2 、降伏点が 250 N/mm^2 、伸びが 20% の鋼材 (SS400 相当) がある。この鋼材に引張力を与えた場合のひずみと応力の関係を示すグラフの概形を、代表的と考えられる数値と共に示せ。
- (2) (1)の鋼材が直径 20 mm の棒状のとき、降伏時および最大荷重時の引張荷重を求めよ。
- (3) 圧縮強度が 30 N/mm^2 、ヤング係数が 20 kN/mm^2 のコンクリート、および、圧縮強度が 30 N/mm^2 、ヤング係数が 8 kN/mm^2 、圧縮比例限界が 18 N/mm^2 (いずれも縦圧縮) の杉材による標準的なサイズの試験片がある。このコンクリートと杉材に圧縮力を与えた場合のひずみと応力の関係を示すグラフの概形を、代表的と考えられる数値と共に、一つのグラフとして示せ。
- (4) 材料 A (ヤング係数 8 kN/mm^2) と材料 B (ヤング係数 200 kN/mm^2) を用いた梁を考える。スパン長 L の単純梁として、曲げスパン中央に集中荷重 P を与える。材料 A の梁断面を幅 100 mm、せい 250 mm とする場合、梁中央部に生じるたわみの大きさが、いずれの材料を用いた梁でも同じとなるよう、材料 B の梁断面形状を示せ。ただし、自重は無視してよく、荷重 P の時点ではいずれの梁も弾性範囲とする。

問題 5-2

図 5-1 に示されるように、2 本の鋼棒 (断面積 10 cm^2 、ヤング係数 200 kN/mm^2) が十分な剛性を持つ天井にピン接合されている。また、鋼棒同士もピン接合されている。点 C に水平荷重 $P = 100 \text{ kN}$ が作用するとき、点 C に生じる水平変位と鉛直変位を求めよ。なお、計算上 $\sqrt{3} = 1.7$ としよ。

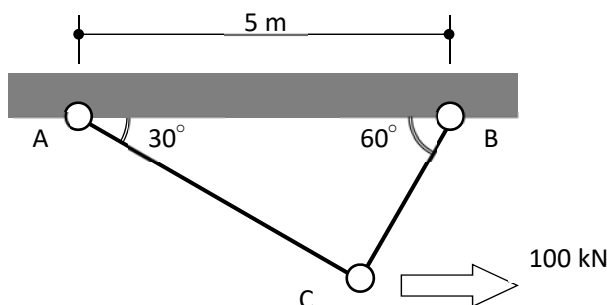


図 5-1