

博士課程前期 2 年の課程
外国人留学生等特別選抜（令和 3 年 10 月入学）
一般選抜（令和 4 年 4 月入学）
専門科目試験問題（建築構造工学講座）

Master's Program Entrance Examination
Special Selection Program for Foreign Students (for Entry in October 2021)
Regular Program (for Entry in April 2022)
Questions (Structural Engineering for Architecture 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 6 枚（表紙を除く） / 6 of question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 14 枚 / 14 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 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 14 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。

There are six (6) questions. Write the answer of each question on the different answer sheet(s). A set of fourteen (14) answer sheets is given. You can use two (2) or more answer sheets for one question, if necessary.

問題1 片持ち梁の間を結ぶトラス梁について以下の問に答えなさい。(計 45 点)

図 1 に示すような片持ち梁の先にトラス梁が付いた構造物について、F 点に鉛直荷重 P が下向きに作用している。このとき、いずれの部材も弾性状態であり、トラス部材の軸剛性は全て等しく EA 、片持ち梁の曲げ剛性は全て等しく EI 、せん断剛性は無限大（せん断変形は無視できる）、自重は無視できるものとして、以下の問に答えなさい。

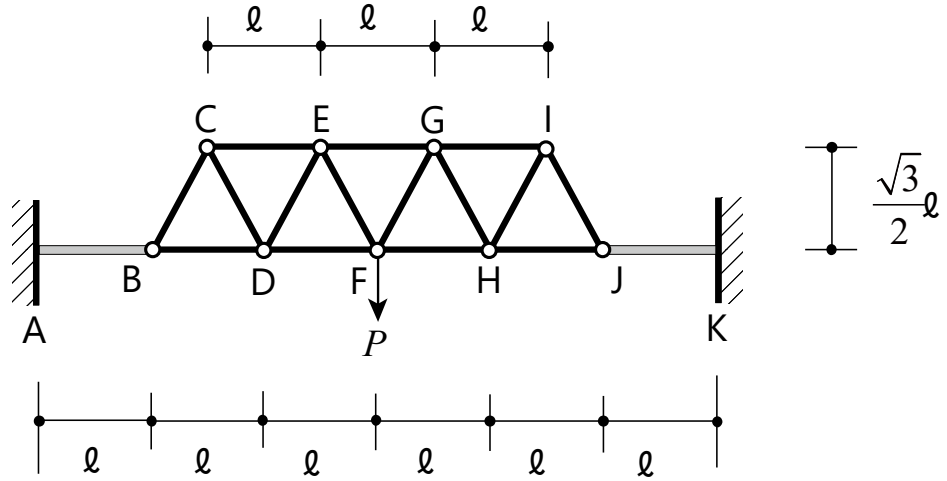


図 1-1 片持ち梁の間を結ぶトラス梁

まず、図 1-1 のトラス梁部分のみを取り出した構造物について考える。

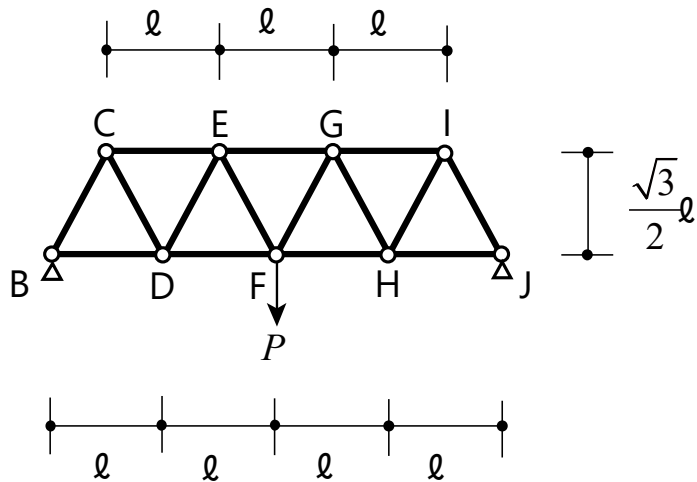


図 1-2 トラス梁部分

- (1) トラス部材の F 点に鉛直荷重 P が下向きに作用しているとき、部材 CE の軸力を求めなさい。ただし、引張軸力を正、圧縮軸力を負とする。(10 点)
- (2) F 点の変位を求めなさい。ただし、鉛直荷重が作用している下向きを正とする。(10 点)

次に、図 1-1 の片持ち梁部分のみを取り出した構造物について考える。

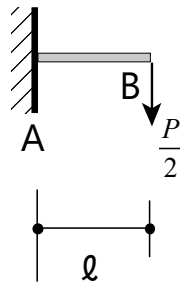


図 1-3 片持ち梁部分

- (3) 片持ち梁の先端 B に鉛直荷重 $P/2$ が下向きに作用しているとき、片持ち梁 AB のモーメント図を描きなさい。ただし、モーメントは曲げ変形が凸になる側に描くものとし、A 点および B 点でのモーメントの値も記入すること。(10 点)
- (4) B 点の変位を求めなさい。ただし、鉛直荷重が作用している下向きを正とする。(10 点)

最後に、片持ち梁とトラス梁を組み合わせた図 1-1 の構造物について考える。

- (5) F 点の変位を求めなさい。ただし、鉛直荷重が作用している下向きを正とする。(5 点)

問題 2 (計 75 点)

図 2-1 に示すような弾性の不静定骨組を考える. 点 A と点 C は固定端であり, 各部材のヤング係数は E , 断面二次モーメントは I である. 荷重が载荷される前, 部材 AB と部材 BC は図 2-1 に点線で示すように直線であった. 点 B に曲げモーメント M を载荷した時の点 B の節点回転角を θ_B^I で表す. またこの時, 部材 BC 上のある点 D の回転角を θ_D^I で表す. 次に, 図 2-2 に示すように, 点 D に図 2-1 とは向きが逆で大きさが同じ曲げモーメント $-M$ を载荷した時, 点 B, 点 D の回転角はそれぞれ $\theta_B^{II}, \theta_D^{II}$ であった. 以下の間に答えよ. 結果だけでなく, 考え方や計算の過程も示すこと.

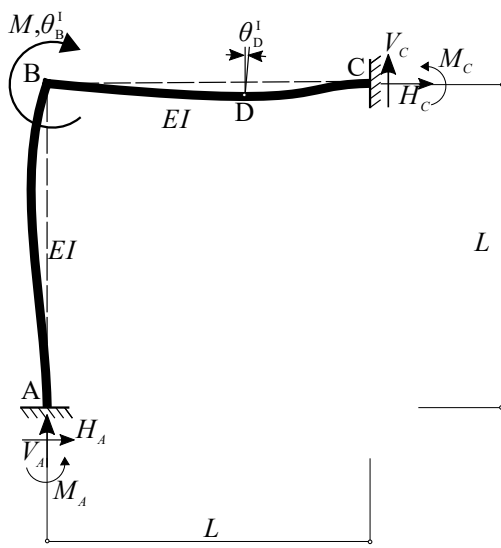


図 2-1

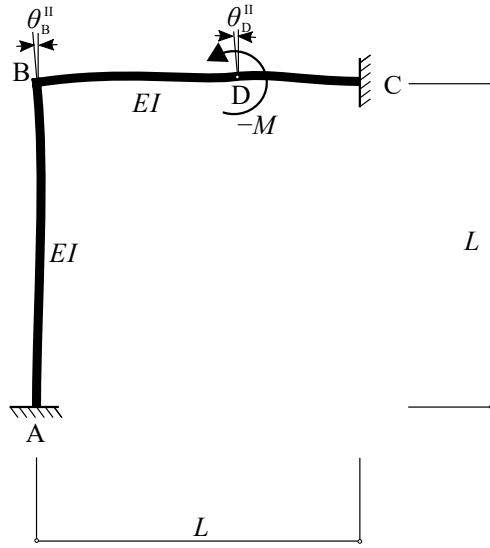
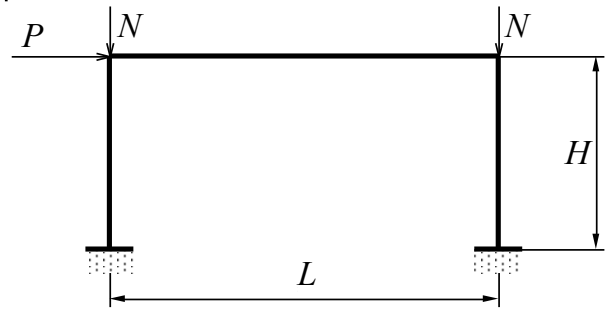


図 2-2

- (1) 図 2-1 のように点 B に曲げモーメント M を载荷した時の点 A, C の反力 $H_A, V_A, M_A, H_C, V_C, M_C$ を, E, I, L, M の中から必要なものを用いて表わせ. (30 点)
- (2) 図 2-1 のように点 B に曲げモーメント M を载荷した時の曲げモーメント図, せん断力図, 軸力図を描きなさい. 曲げモーメントは曲率が凸になる側に描くものとし, せん断力はせん断ずれが時計回りを正, 軸力は引張が正とする. 曲げモーメント図, せん断力図, 軸力図には, 点 A, B, C の曲げモーメント, せん断力, 軸力の値をそれぞれ書くこと. (30 点)
- (3) θ_B^I を, E, I, L, M を用いて表わせ. 回転角は時計回りを正とする. (7 点)
- (4) 図 2-1 における回転角 θ_D^I を, $\theta_B^{II}, \theta_D^{II}, E, I, L, M$ の中から必要なものを用いて表わせ. (8 点)

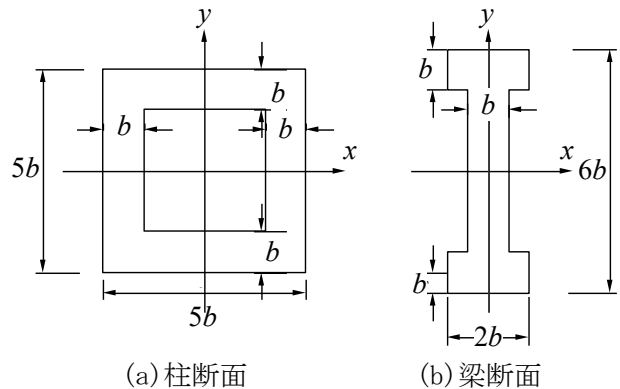
問題3 建築鉄骨構造に関する以下の問に答えなさい。(計55点)

問題3-1 図3-1に示す1層1スパンラーメン架構が軸力 N 及び水平力 P を受ける。次の問に答えなさい。解答に際して、計算過程を示すこと。
(35点)



(1) 柱の反曲点を $0.6H$ の高さとする。このときの曲げモーメント分布を描き、主要な位置の曲げモーメントの値を示しなさい。

(2) 図3-1の架構の柱および梁断面を図3-2とする。このときの柱と梁の x 軸回りの断面二次モーメント I_x 、塑性断面係数 Z_{px} をそれぞれ求めなさい。



(3) $N=0$ のときの柱および梁の降伏応力度を σ_y とすると、柱もしくは梁が最初に降伏モーメントに達するときの水平力 P_y 及び最初に全塑性モーメントに達するときの水平力 P_p を、(2)で求めた係数を用いて求めなさい。その際、どの位置で降伏モーメントおよび全塑性モーメントに達するかをそれぞれ、図示すること。

(4) 梁が全塑性モーメントに達したとき、柱も同時に全塑性状態となった。このときの軸力 N を求めよ。ただし、軸力は中立軸近傍で負担するものとする。

問題3-2 鉄骨ラーメン構造の耐震設計(許容応力度計算)の概要について、下記の用語のうち、必要なものを選んで簡潔に説明しなさい。必要であれば、下記の用語以外を用いても構わない。(20点)

- ・建物重量, 積載荷重, 雪荷重, 風圧力, 地震力, 層せん断力, 軸力, 曲げモーメント, せん断力
- ・基準強度F値, 許容曲げ応力度, 許容圧縮応力度, 許容引張応力度, 細長比, 幅厚比
- ・曲げ座屈, 横座屈, 局部座屈, せん断座屈
- ・梁, 柱, 柱梁接合部, ブレース, 柱脚, 横補剛材, スティフナー
- ・突き合わせ溶接, 隅肉溶接, 高力ボルト摩擦接合, ボルト接合

問題 4 鉄筋コンクリート構造に関する以下の間に答えなさい。(計 55 点)

問題 4-1 (40 点)

図 4-1 に示すような 1 層 1 スパン鉄筋コンクリート造ラーメン架構に水平荷重 P が作用している。柱と梁の断面は図 4-2 のとおりである。また、柱の軸力は十分に小さく無視できるものと仮定する。コンクリートのヤング係数は E 、圧縮強度は σ_B 、引張強度は σ_t である。

- (1) 弾性時の架構の曲げモーメント M 図を描き、柱のせん断力を求めなさい。曲げモーメント M は、正確な数値を計算する必要はないが、算定の考え方を説明し、柱頭・柱脚の大小関係を説明できればよい。
- (2) 梁のスパン長さ L が長くなる時、曲げモーメント M 図はどのように変化するか説明しなさい。
- (3) 柱と梁の曲げひび割れモーメント M_{cr} をそれぞれ求め、架構に最初に曲げひび割れが発生する位置を示しなさい。
- (4) 柱と梁の曲げ終局モーメント M_u をそれぞれ求め、架構の終局メカニズム時の降伏ヒンジ発生位置と水平力 P を求めなさい。ただし、柱、梁の応力中心間距離 $j=0.8 \times$ (部材せい) と仮定してよい。

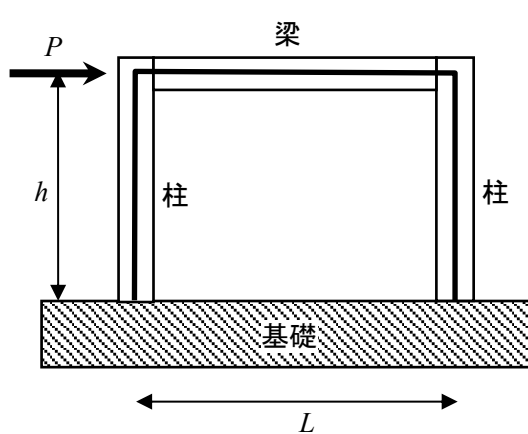
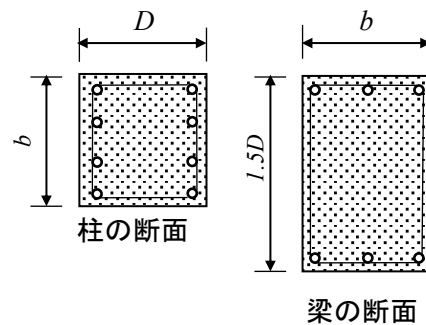


図 4-1



※ 主筋の降伏強度 σ_y 、
断面積は a_t で共通

図 4-2

問題 4-2 (15 点)

鉄筋コンクリート造柱部材について、軸力が引張から圧縮まで変化するとき、せん断ひび割れ強度 Q_{cr} がどのように変化するか説明しなさい。

問題5 構造物の振動に関する下記の問に答えなさい。(計 35 点)

(1) 建物を図 5-1 のような 1 質点系に置換したモデルの振動を考える。建物質量を m ，水平剛性を k ，粘性減衰係数を c ，質点の水平変位を x ， t を時間， i を虚数単位とする。以下の問に答えなさい。

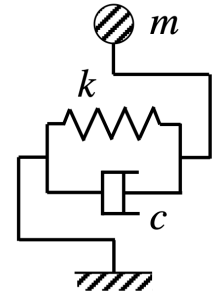


図 5-1 質点系モデル

- (a) 水平力 P を質点にかけたのち，外すと質点は減衰自由振動する。この時の振動方程式（力の釣り合い式）を示せ。また， $P = 0$ の状態で，水平地動加速度 d^2x_g/dt^2 が作用した時の振動方程式を示せ。
- (b) 質点の減衰自由振動方程式の解は次式で与えられる。ただし， ω を固有円振動数， A, B を任意定数とする。

$$x(t) = e^{-h\omega t} \left(A e^{+i\sqrt{1-h^2}\omega t} + B e^{-i\sqrt{1-h^2}\omega t} \right)$$

減衰定数 h の値によって質点の応答がどう変化するか， h を場合分けして説明せよ。応答波形の概形も図に示すこと。

- (c) 水平地動加速度として，質点の固有周期よりも長い周期成分，固有周期と同じ周期成分，短い周期成分がそれぞれ作用したときの質点の応答の違いについて説明せよ。必要ならば図を描いても良い。
- (d) $m = 1 \times 10^5$ (kg), $k = 400 \times 10^5$ (N/m), $c = 0$ のとき，建物の固有周期を求めよ。ただし， π を 3 として計算すること。

(2) 長周期地震動について説明しなさい。また，それによりどのような建物の応答が大きくなると懸念されているか，理由とともに説明しなさい。

問題6 防災工学に関する以下の問に答えなさい。(計 35 点)

地震時の非構造部材の被害について、以下の語句をすべて用いて説明しなさい。

「天井」、「外壁」、「層間変形追従性」、「鉄骨造」、「エキスパンションジョイント」、「家具転倒」、「設計用標準水平震度」