

博士課程前期 2 年の課程
外国人留学生等特別選抜（平成 30 年 10 月入学）
一般選抜（平成 31 年 4 月入学）
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 2018)
Regular Program (for Entry in April 2019)
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 11 枚（表紙を除く） / eleven of question sheets (except this cover sheet)
- 解答用紙 16 枚 / sixteen 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。問題 6 は、問題 6-1 と問題 6-2 を分けて、別々の解答用紙を使用すること。解答用紙は全部で 16 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 six (6) questions. Question 6 is divided into 6-1 and 6-2. Write the answer of each question on the different answer sheet(s). A set of sixteen (16) 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 静定骨組に関する以下の問に答えなさい。(計 60 点)

Question 1 Answer the following questions related to a statically determinate structure. (Total 60 marks)

図 1-1 に示す単純梁支持されたトラスの E 点に鉛直荷重 P が下向きに作用している。このとき、いずれの部材もヤング係数が E_0 、部材断面が A_0 であり、弾性域にあるものとする。以下の問に答えなさい。

The concentrated vertical load P is applied to the point E of a simply-supported truss depicted in Fig.1-1. When the Young's modulus of each member is E_0 , the cross section of each member is A_0 , and all members remain in the elastic range, answer the following questions.

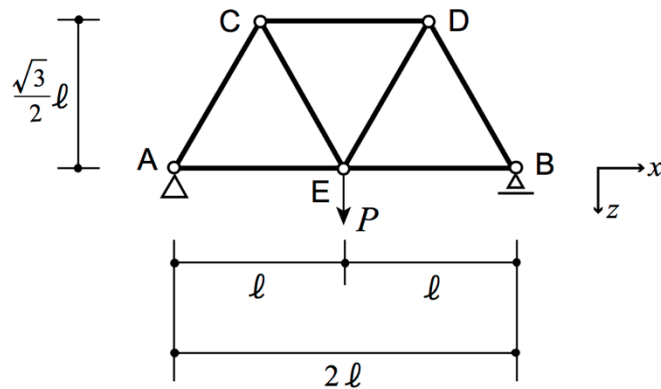


図 1-1 単純梁支持されたトラス

Figure 1-1 A simply-supported truss

(1) 各部材の軸力を求めなさい。ただし、引張力を正とする。(28 点)

Determine the axis force in all members of the truss. Note that the tensile stress is taken as positive. (28 marks)

(2) 点 E のたわみ量を求めなさい。(10 点)

Determine the deflection at point E of the truss. (10 marks)

図 1-2 に示す単純支持梁の中心点 E に鉛直荷重 P が下向きに作用している。このとき、単純支持梁は、ヤング係数が E_0 、断面二次モーメントが I である。また、梁は弾性域にあり、せん断変形および軸方向変形は無視できるものとする。以下の問に答えなさい。

The concentrated vertical load P is applied to the point E of a simply-supported beam depicted in Fig.1-2. The Young's modulus of the beam is E_0 , and the moment of inertia of area is I . When the beam's shear deformation and axial deformation is negligible and the beam remains in the elastic range, answer the following questions.

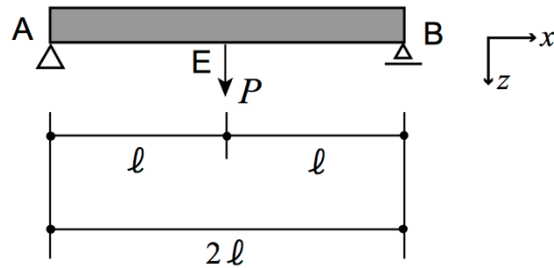


図 1-2 単純支持梁

Figure 1-2 A simply-supported beam

- (3) 点 E の曲げたわみ量を求めなさい。(10 点)

Determine the bending deflection at point E of the beam. (10 marks)

- (4) 図 1-1 のトラスにおける E 点のたわみ量と、図 1-2 の単純梁における E 点のたわみ量が等しいとき、単純支持梁の断面二次モーメント I を、トラス部材の断面積 A_0 と ℓ の式で表しなさい。(12 点)

If the deflection at point E of the truss shown in Fig.1-1 is equal to the bending deflection at point E shown in Fig.1-2, represent the value of the beam's moment of inertia of area I using the symbol of A_0 and ℓ . (12 marks)

問題 2 図 2-1 に示すような回転モーメントの大きさ PL の偶力の作用をうける平面架構の応力と変形に関する下記の問に答えよ。ただし、すべての部材のヤング係数を E 、断面二次モーメントを I とする。また、せん断力は部材を時計回りに回転させる方向、軸力は引っ張り、鉛直変位は下向き、たわみ角は時計回りを正方向とする。(計 100 点)

Question 2 Answer the following questions related to stress and deformation of the plane frame subjected to the force couple whose torque is PL as shown in Fig. 2-1. Young's modulus and moment of inertia are E and I for all members, respectively. Direction of shear force that produces clockwise moment, direction of axial force that generates tension, downward direction in vertical displacement, and clockwise rotation in deflection angle are defined as positive direction. (Total 100 marks)

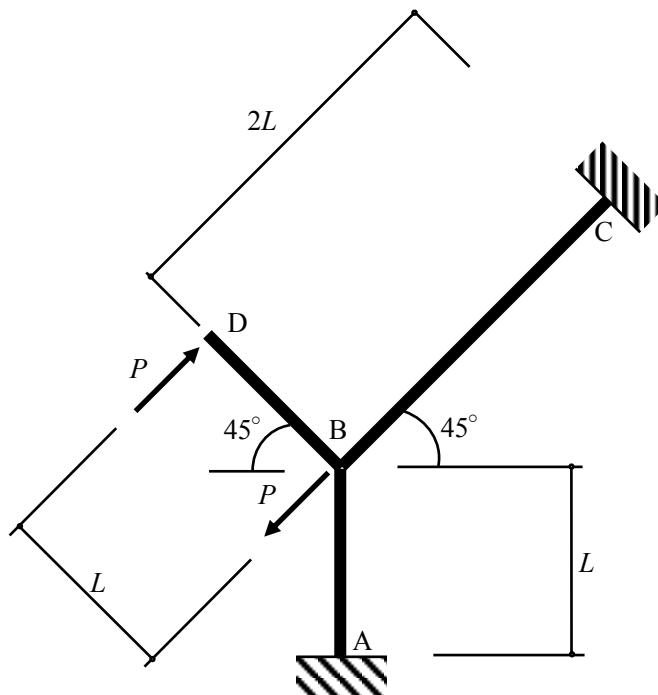


図 2-1 平面架構

Figure 2-1 Plane frame

(1) この平面架構の曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描け。A, B, C 点における値を図中に示し、せん断力図、軸力図については符号も示すこと。(60 点)

Draw diagrams of the bending moment, shear force, and axial force of the frame with the values at points A, B, and C. Indicate signs of the shear and axial forces. (60 marks)

(2) B 点のたわみ角と D 点の鉛直変位を求めよ。(40 点)

Determine the deflection angle at the point B and the vertical displacement at the point D. (40 marks)

問題3 建築鉄骨構造に関する以下の問に答えなさい。(計60点)

Question 3 Answer the following questions about steel structures. (60 marks)

問題3-1 鉄骨ラーメン骨組が地震力を受ける場合を考える。次の問に答えなさい。(40点)

Question 3-1 This problem deals with the steel moment resisting frame subjected to the seismic force. Answer the following questions. (40 marks)

(1) 図3-1に示す3層1スパン鉄骨ラーメン骨組を対象に、建物の自重 ($N_1 \sim N_3$), 地震力 ($F_1 \sim F_3$) に対して、梁と柱について許容応力度設計を行う。このとき、層せん断力の設定から柱と梁の断面の決定をできるだけ詳細にかつ簡条書きで示せ。

Figure 3-1 shows the steel moment resisting frame with 3 stories and 1 bay subjected to dead loads, $N_1 \sim N_3$ and seismic forces, $F_1 \sim F_3$. When the beams and columns in this frame is designed by allowable stress design, represent the design procedures from how to calculate the story shear force to how to decide the section of the beams and the columns in detail.

(2) 梁に剛床仮定を用い、左右の柱のせん断力、曲げモーメントは等しい ($Q_{bl} = Q_{br}$, $M_{bl} = M_{br}$) と考えることはできるが、左右の柱の軸力は異なる。この理由を説明せよ。

In the case of the beam with axially rigid slab, the axial forces of the right and left columns, N_{bl} , N_{br} are different, even though the shear forces or the bending moments of both columns, Q_{bl} , Q_{br} or M_{bl} , M_{br} are assumed to be equal. Explain the reasons why the axial forces are different.

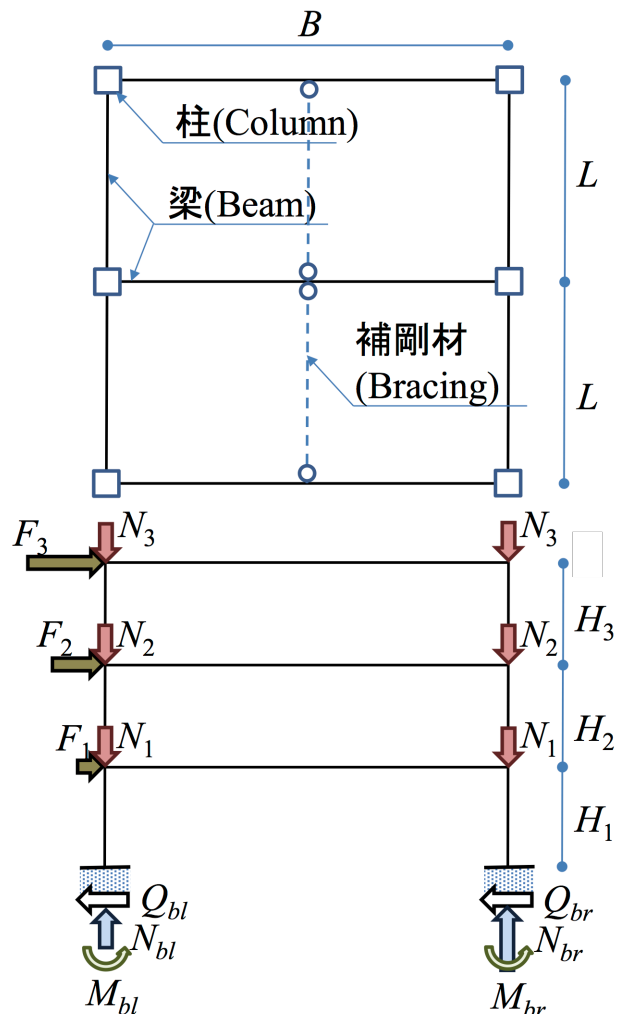


図3-1 3層1スパン鉄骨ラーメン骨組
Figure 3-1 Steel moment resisting frame with 3 stories and 1 bay

- (3) (1)で設計した際、平面図において梁の中央に横補剛材を設けることにした。この理由と横補剛材の効果を具体的に述べよ。

The lateral bracing is set up at the center of the beams in the plan of Fig. 3-1 as the beams are designed in (1). Explain the reason why the lateral bracing is set up and the effect of the lateral bracing in detail.

問題 3-2 高強度鋼と軟鋼に関する次の問に答えなさい。(20点)

Question 3-2 Answer the following questions about high strength steel and mild steel. (20 marks)

- (1) 図 3-2 は高強度鋼と軟鋼の応力歪関係の一例である。高強度鋼と軟鋼の違いを述べよ。 E はヤング係数である。

Figure 3-2 shows the example of the stress – strain curves for high strength steel and mild steel. Represent difference of the characteristics between high strength steel and mild steel. Here, E is Young's modulus.

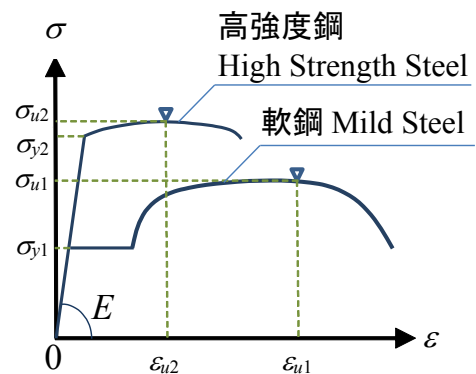


図 3-2 鋼材の応力歪関係
Figure 3-2 Stress – strain curves of steel

- (2) 引張試験結果から、軟鋼では $\sigma_{y1}=235\text{N/mm}^2$, $\sigma_{u1}=400\text{N/mm}^2$, 高強度鋼では $\sigma_{y2}=600\text{N/mm}^2$, $\sigma_{u2}=800\text{N/mm}^2$ となった。このとき、基準強度 F 値を示せ。

The yield stress and the ultimate stress are calculated from the results of the tensile tests as the following. Determine the value of standard strength F .

The mild steel: $\sigma_{y1}=235\text{N/mm}^2$ and $\sigma_{u1}=400\text{N/mm}^2$

The high strength steel: $\sigma_{y2}=600\text{N/mm}^2$ and $\sigma_{u2}=800\text{N/mm}^2$

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 60 点)

Question 4 Answer the following questions on reinforced concrete structures. (Total 60 marks)

問題 4-1 (30 点)

Question 4-1 (30 marks)

- (1) 柱の曲げ終局モーメント M_u が略算式(4-1)で計算できることを、断面内の応力の分布に基づいて説明しなさい。

Ultimate flexural moment M_u of a column can be approximated by Eq. (4-1). Explain how Eq. (4-1) can be obtained based on stress distribution in column section.

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{0.85bD\sigma_B} \right) \quad (4-1)$$

ここで、 a_t : 引張主筋の断面積、 σ_y : 主筋の降伏強度、 b, D : 断面の幅、せい、 N : 軸力、 σ_B : コンクリートの圧縮強度。

Where, a_t : cross sectional area of tensile bars, σ_y : yield strength of main reinforcement, b, D : sectional width and depth, N : axial load, σ_B : compressive strength of concrete.

- (2) 柱の軸力 N の大きさが変化するとき、柱の終局曲げモーメント M_u や破壊性状、変形能力がどのように異なるか、説明しなさい。

Explain differences in ultimate flexural moment M_u , failure behavior and deformation capacity of a column when axial load N increases.

問題 4-2 (30 点)

Question 4-2 (30 marks)

- (1) 柱のせん断ひび割れ発生時応力度が式(4-2)で計算できることを説明しなさい。

Shear cracking stress τ_{scr} of a column can be calculated by Eq. (4-2). Explain how Eq. (4-2) can be obtained.

$$\tau_{scr} = \sigma_T \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{\sigma_T}} \quad (4-2)$$

ここで、 σ_T : コンクリートの引張強度、 σ_0 : 軸方向圧縮応力度

Where, σ_T : tensile cracking strength of concrete, σ_0 : compressive axial stress.

- (2) 下の写真は、2016 年熊本地震で倒壊した集合住宅の被害状況である。このような被害を避けるための構造設計上の留意点について述べなさい。

Describe key points in structural design in order to prevent collapse of apartment buildings shown in the picture below, which is observed in the 2016 Kumamoto earthquake, Japan.



写真 4-1

Photo 4-1

問題 5 建築構造設計に関わる以下の問に答えなさい。(計 40 点)

Question 5 Answer the following questions related to structural design of buildings. (Total 40 marks)

問題 5-1 この 20 年の間、建築物の設計法が従来の「仕様規定型」(仕様設計) から「性能規定型」(性能設計) にシフトしてきた。これら 2 つの設計法はどのような考え方に基づくものか、長所・短所とあわせて説明しなさい。(10 点)

Question 5-1 In the last two decades the design method of buildings has shifted from the conventional specification-based design to performance-based design. Explain the basic concepts of these two design methods together with their merits and demerits. (10 marks)

問題 5-2 建築構造物の設計においては通常 3 つの限界状態を想定する。それらは何と呼ばれるか。また、それぞれの限界状態に求められる性能はどのようなものであるか説明しなさい。(10 点)

Question 5-2 Three limit states are generally considered in the design of building structures. Explain what are these limit states and what performance is required for each limit state. (10 marks)

問題 5-3 建築基準法によれば、高さ 60m 以下の建築物の場合、単位面積当りの構造骨組用風荷重(風方向) $W(N/m^2)$ は(5-1)式で与えられる。ここに $q(N/m^2)$ は速度圧で、(5-2)及び(5-3)式で計算される。

Question 5-3 Wind load $W(N/m^2)$ in the along-wind direction per unit area for the main wind force resisting system of a building whose height is lower than or equal to 60 m are specified by Eq. (5-1) in the Building Standard Law of Japan. Here, $q(N/m^2)$ is velocity pressure obtained by Eqs. (5-2) and (5-3).

$$W = q \times C_f \quad (5-1)$$

$$q = 0.6EV_0^2 \quad (5-2)$$

$$E = E_r^2 G_f \quad (5-3)$$

ここに、 C_f : 風力係数

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

G_f : ガスト影響係数

V_0 : 基準風速 (m/s)

where C_f : Wind force coefficient

E_r : Factor for representing the vertical profile of mean wind speed

G_f : Gust effect factor

V_0 : Reference wind speed (m/s)

これらのパラメータの内、 G_f および V_0 の設定においては確率・統計的な考え方が用いられている。それぞれ、確率・統計論がどのように用いられているのか説明しなさい。(10 点)

Among these parameters, probability and statistics are used for specifying G_f and V_0 . Explain what kinds of probabilistic and statistical approaches are used in the specification of G_f and V_0 . (10 marks)

問題 5-4 高さ 60m を超える超高層建築物の設計においては、**問題 5-3** で述べた風方向の荷重に加えて風直交方向および捩れ方向の風荷重についても検討する必要がある。これらの風荷重はどのような要因によってもたらされるのか説明しなさい。(10 点)

Question 5-4 When designing high-rise buildings taller than 60 m, we should evaluate the wind loads in the across-wind and torsional directions in addition to the along-wind load mentioned above. Explain the mechanisms that generate the wind loads in the across-wind and torsional directions. (10 marks)

問題 6 (計 80 点)

Question 6 (Total 80 marks)

問題 6-1 構造物の振動に関する下記の問に答えなさい。(小計 40 点)

Question 6-1 Answer the following questions about vibration of structures. (Subtotal 40 marks)

(1) 図 6-1 のように剛な梁と 2 つの柱からなる 1 層平面架構が水平に振動する状態を考える。梁の質量を m 、柱のヤング係数、断面二次モーメント、長さをそれぞれ E, I, H 、架構の粘性減衰係数を c とし、柱の質量は無視できるものとする。この架構を図 6-2 のように 1 質点系にモデル化した時の剛性 (バネ定数) を k として、以下の問に答えなさい。(20 点)

Consider the horizontal vibration state of a one-story frame consisting of two columns and a rigid beam as shown in Fig. 6-1. Let m be mass of the beam, E, I, H be Young's modulus, moment of inertia, length of the columns, respectively, c be viscous damping coefficient of the frame and weight of the columns be negligible. Letting k be stiffness (spring constant) of the one-mass system which models this frame as shown in Fig.6-2, answer the following questions. (20 marks)

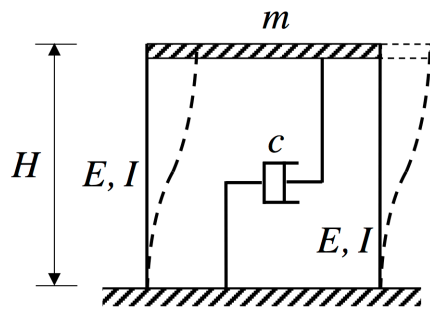


図 6-1 1 層平面架構
Figure 6-1 One-story plane frame

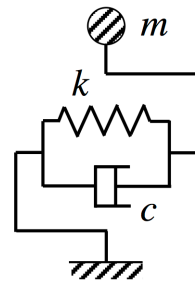


図 6-2 1 質点系
Figure 6-2 One mass system

- (a) k を E, I, H を用いて表せ。
Represent k by E, I , and H .
- (b) 非減衰固有周期 T を m, k を用いて表せ。
Represent undamped natural period T by m and k .
- (c) 減衰定数 h を m, k, c を用いて表せ。
Represent damping factor h by m, k , and c .

(2) 図 6-3 に示す擬似速度応答スペクトルが設計用スペクトルとして与えられている地点に、図 6-4 の 1 質点系構造物 (m : 質量, k : 剛性, h : 減衰定数) を建設するものとする。以下の間に答えなさい。ただし、 π を 3.0 として計算すること。(20 点)

Consider the case that a one-mass structure shown in Fig. 6-4 (m : mass, k : stiffness, h : damping factor) will be constructed at a site where the pseudo velocity response spectrum shown in Fig.6-3 are given as design spectrum. Letting π to be 3.0, answer the following questions. (20 marks)

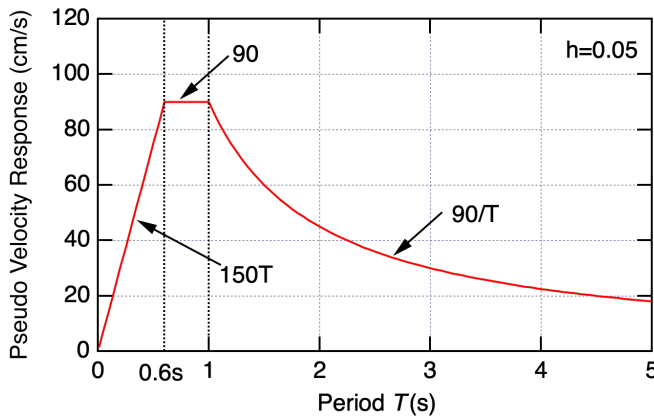


図 6-3 擬似速度応答スペクトル

Figure 6-3 Pseudo Velocity Response Spectrum

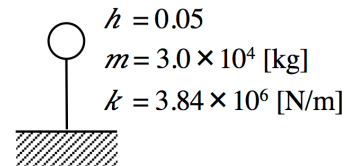


図 6-4 1 質点系構造物

Figure 6-4 One mass structure

(a) 絶対加速度応答-相対変位応答曲線 (SA-SD 曲線) を描け。

Draw the spectral acceleration - spectral displacement curve (SA-SD curve).

(b) 構造物に作用するせん断力を求めよ。

Determine the shear force applied to the structure.

(c) 建物剛性が塑性化により初期の 1/4 に低下した時の相対応答変位を求めよ。ただし、この時の減衰定数 h は 0.1 とし、減衰定数による応答値の補正式 (式(6-1)) を用いて算定せよ。

Determine the relative displacement response when the structural stiffness reduces to 1/4 of the initial value by inelastic response. Let damping factor h be 0.1 and use Eq. (6-1) for response correction by damping factor.

$$F_h = 1.5 / (1+10h) \quad (6-1)$$

問題 6-2 防災に関する以下の問に答えなさい。(小計 40 点)

Question 6-2 Answer the following questions on disaster prevention. (Subtotal 40 marks)

(1) 液状化について以下のキーワードを用いて述べよ。(20 点)

キーワード：地震の揺れ，砂，噴砂，せん断応力

Explain about the liquefaction using the following keywords. (20 marks)

Keywords: Earthquake shaking, Sand, Sand boil, Shear strength

(2) 制震構造について以下のキーワードを用いて述べよ。(20 点)

キーワード：ダンパー，構造物の固有周期，アクティブ制振，パッシブ制振，高層ビル

Explain about the seismic control structure using the following keywords. (20 marks)

Keywords: Damper, Natural period of structure, Active vibration control, Passive vibration control,
High-rise building