

博士課程前期 2 年の課程  
外国人留学生等特別選抜（令和 5 年 10 月入学）  
一般選抜（令和 6 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 2023)  
Regular Program (for Entry in April 2024)  
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 12 枚（表紙を除く） / 12 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.

- (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 14 (14) answer sheets is given. You can use two (2) or more answer sheets for one question, if necessary.

問題 1 各部材が全てピン接合された吊り天井に関する以下の問に答えなさい。(計 45 点)

Question 1 Answer the following questions regarding suspended ceilings where each member is entirely pin-jointed. (Subtotal 45 marks)

図 1-1 に示す斜材を設置した吊り天井が重力加速度  $g$  の環境下に設置されている。吊り材 AB, CD および、斜材 AD は、いずれもヤング率  $E_0$ 、部材断面  $A_0$  で、吊り材と斜材の質量は無視できるものとする。一方、天井版 BD は質量  $m$  の剛体とみなすことができるものとする。吊り材、斜材がいずれも弾性域にあり座屈もしないものとして、以下の問に答えなさい。

The suspended ceiling with diagonal bar shown in Figure 1-1 is installed in an environment with a gravitational acceleration  $g$ . The suspended members AB, CD and diagonal members AD have Young's modulus  $E_0$  and cross-section  $A_0$ . The masses of the suspended and diagonal members are assumed to be negligible. The ceiling slab BD can be regarded as a rigid body with the mass  $m$ . Answer the following questions assuming that both the suspension and diagonal members are in the elastic range and shall not buckle.

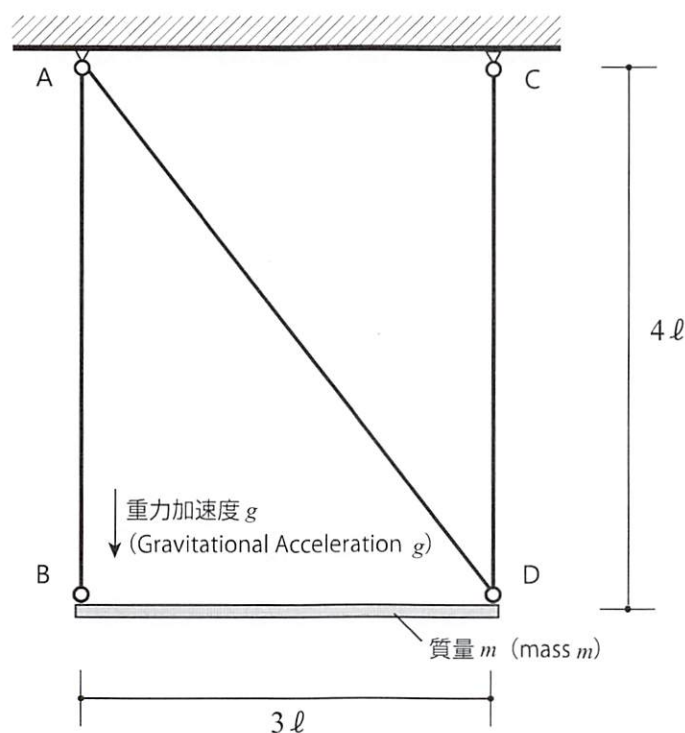


図 1-1 斜材を設置した吊り天井

Figure 1-1 Suspended ceiling with diagonal bar

- (1) 図 1-1 の状態のときの部材 AB, CD, AD の軸力を求めなさい。ただし、天井版 BD の重心と図心は一致するものとし、引張力を正とする。(9 点)

Determine the axial force in members AB, CD, and AD under the conditions shown in Figure 1-1. Note that the center of gravity and the centroid of the ceiling plate BD shall coincide with each other, and the tensile force is taken as positive value. (9 marks)

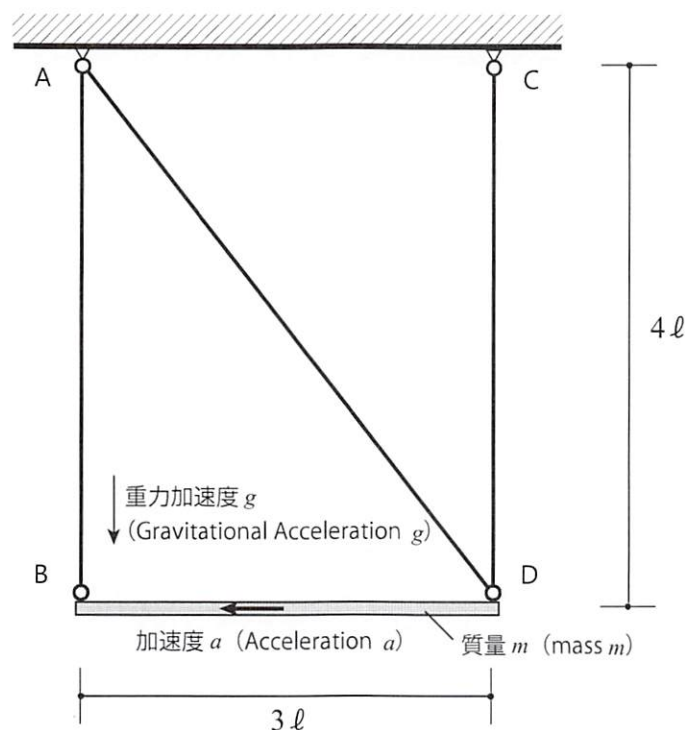


図 1-2 図 1-1 の吊り天井に加速度  $a$  が左向きに作用した状態

Figure 1-2 Acceleration  $a$  acting toward the left direction on the suspended ceiling in Fig. 1-1

- (2) 地震により図 1-1 の吊り天井に水平加速度  $a$  が左向きに作用し、図 1-2 のような状態になった。このときの、部材 AB, CD, AD の軸力を求めなさい。ただし、天井版 BD の重心と図心は一致するものとし、引張力を正とする。(9 点)

Due to the earthquake, the suspended ceiling in Figure 1-1 is subjected to a horizontal acceleration  $a$  toward the left direction, as shown in Figure 1-2. Determine the axial forces of members AB, CD, and AD. Note that the center of gravity and the centroid of the ceiling plate BD shall coincide with each other, and the tensile force is taken as positive. (9 marks)

- (3) 図 1-2 の状態における、天井版 BD の水平方向の変位を求めなさい。(9 点)

Determine the horizontal displacement of the ceiling slab BD under the conditions shown in Figure 1-2. (9 marks)

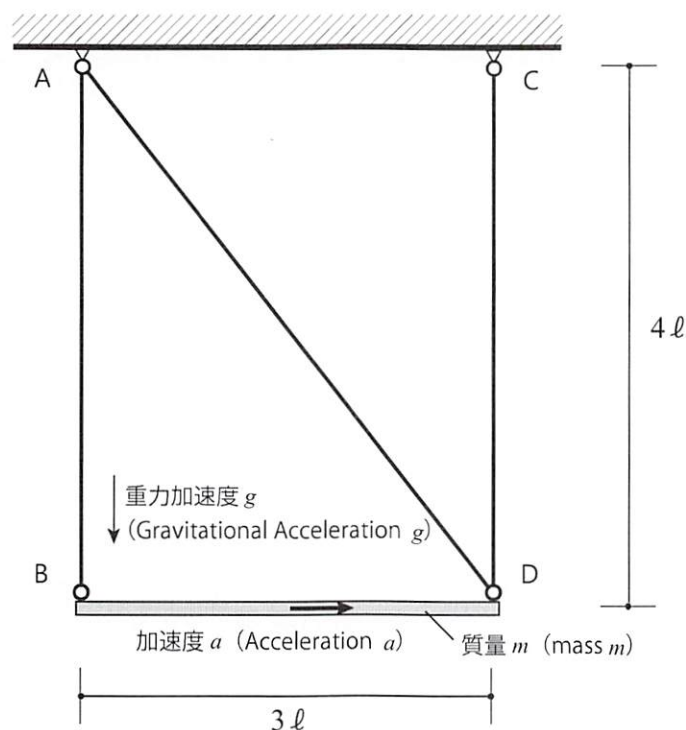


図 1-3 図 1-1 の吊り天井に加速度  $a$  が右向きに作用した状態

Figure 1-3 Acceleration  $a$  acting toward the right direction on the suspended ceiling in Fig. 1-1

- (4) 地震により図 1-1 の吊り天井に水平加速度  $a$  が右向きに作用し、図 1-3 のような状態になった。このときの、天井版 BD の水平方向の変位を求めなさい。(9 点)

Due to the earthquake, the suspended ceiling in Figure 1-1 is subjected to a horizontal acceleration  $a$  toward the right direction, as shown in Figure 1-3. Determine the horizontal displacement of the ceiling slab BD under the conditions shown in Figure 1-3. (9 marks)

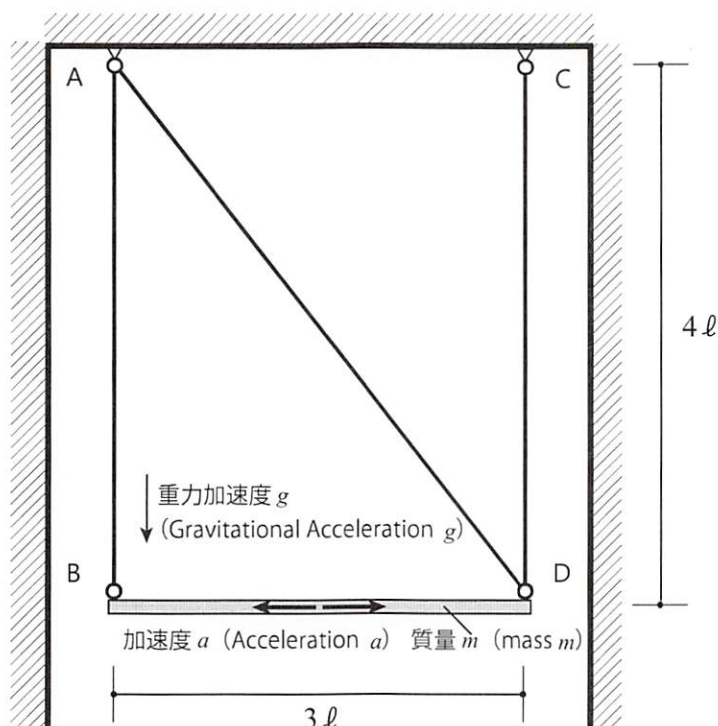


図 1-4 吊り天井と壁の間の空隙

Figure 1-4 A gap between suspended ceiling and wall

- (5) 吊り天井の周囲に壁が設置された状態について考える。地震により図 1-4 の吊り天井に作用する水平加速度が  $a=1.5g$  のとき、天井が壁に衝突しないために必要な天井と壁の間の最小寸法（その寸法以下だと衝突する値）を、吊り材 AB 側、吊り材 CD 側、それぞれについて求めよ。（9 点）

Consider a situation where walls are installed around a suspended ceiling. The horizontal acceleration  $a$  acting on the suspended ceiling in Figure 1-4 due to an earthquake is assumed to be  $1.5g$ . In this case, determine the minimum distance between the ceiling and the wall required to prevent the ceiling from colliding with the wall (if less than the distance, they collide), on the AB side of the suspension and on the CD side of the suspension, respectively. (9 marks)



問題2 図2に示すような大きさ $P$ の力の作用をうける不静定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75点)

Question 2 Answer the following questions regarding the stress and deformation of a statically indeterminate frame subjected to a force of a magnitude  $P$ . The Young's modulus and moment of inertia of all the members are  $E$  and  $I$ , respectively. Shear force is considered positive when it rotates the member in a clockwise direction, positive axial force is tension, downward vertical displacement is positive, and clockwise nodal rotation is positive. (Subtotal 75 marks)

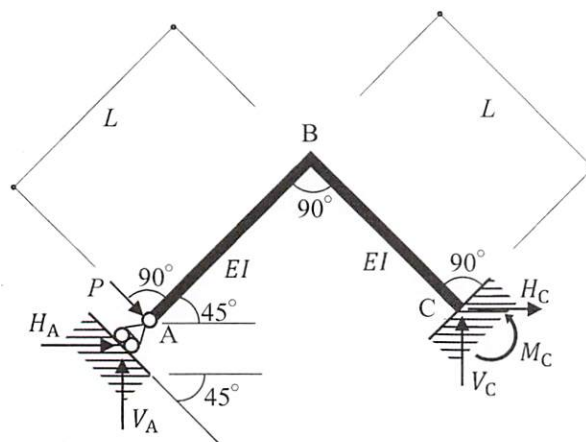


図2 平面骨組  
Figure 2 Plane frame

- (1) A点における反力 $H_A, V_A$ およびC点における反力 $H_C, V_C, M_C$ を求めよ。(15点)

Determine the reaction forces  $H_A$  and  $V_A$  at the point A and the reaction forces  $H_C, V_C$ , and  $M_C$  at the point C. (15 marks)

- (2) 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。(45点)

Draw the bending moment, shear force, and axial force diagrams. Indicate the values at the points A, B, and C in the diagrams. The signs of the values of the shear and axial forces should be indicated. (45 marks)

- (3) B点の回転角とA点の水平変位、鉛直変位、回転角を求めよ。(15点)

Determine the rotation angle at the point B and the horizontal, vertical, and rotation angle at the point A. (15 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 55 点)

Question 3 Answer the following questions related to steel structures. (Subtotal 55 marks)

問題 3-1 図 3-1 にピン支持された 3 本の部材 (部材 A~C) で構成される鋼構造体を示す。部材中央で補剛材が設けられており、部材と補剛材はピン接合されている。また、部材は  $y$  方向への面外変形を生じず、スチフナにより部材の局部変形は拘束されているものとする。また、部材断面は図(c)に示すとおりである。ヤング係数は  $205000\text{N/mm}^2$ 、材質は SN490 である。部材の上部で 2 枚のフランジは図(c)に示すように鋼板 (板厚  $a$ ) ですみ肉溶接されている。溶接サイズは部材断面およびプレートから最大となるように設定する。

$l=300a$ ,  $h=200a$  のとき、次の問に答えよ。(40 点)

Question 3-1 Figure 3-1 shows a steel structure consisting of three pin-supported members (members A~C). The stiffeners are provided in the center of the members, and the members are pin-connected to the stiffeners. The members do not deform out-of-plane in the  $y$ -direction, and local deformation of the members is assumed to be restrained by stiffeners. The cross section of the member is shown in Figure (c). Young's modulus is  $205000\text{ N/mm}^2$  and the steel material is SN490. On the upper side of the member, two flanges are welded to a steel plate (thickness of  $a$ ) as shown in Figure (c). The weld size is set to be the maximum from the cross section of the member and the plate.

When  $l=300a$  and  $h=200a$ , answer the following questions. (40 marks)

以下、図(a)について答えよ。

Answer the following questions about Figure (a).

(1) 図中の記号を用いて部材 A~C の作用応力度を求めよ。

Find the stress acting on members A~C using the symbols in the figure.

(2)  $a=10\text{mm}$  のとき短期許容応力時の荷重  $P$  を求めよ。なお、計算過程において各物理量を有効数字二桁として計算してもよい。

Find the load  $P$  at short-term allowable stress when  $a=10\text{mm}$ . In the calculation process, each physical quantity may also be calculated as two significant digits.

(3) 構造体の最終崩壊形を図示せよ。

Illustrate the collapse form of the structure.

以下、図(b)について答えよ。

Answer the following questions about Figure (b).

(4) 図中の記号を用いて部材 A~C の作用応力度を求めよ。

Find the stress acting on members A~C using the symbols in the figure.

(5)  $a=10\text{mm}$  のとき、短期許容応力時の曲げモーメント  $M$  を求めよ。なお、計算過程において各物理量を有効数字二桁として計算してもよい。

Find the bending moment  $M$  at short-term allowable stress when  $a=10\text{mm}$ . In the calculation process, each physical quantity may also be calculated as two significant digits.

(6) 構造体の最終崩壊形を図示せよ。

Illustrate the collapse form of the structure.

問題 3-2 次の問に答えよ。(15 点)

Question 3-2 Answer the following questions. (15 marks)

- (1) 低層鋼構造骨組の代表的な構造形式を二例以上挙げ、それぞれの耐震上の特徴の相違を簡潔に説明せよ。

List at least two typical structural types of low-rise steel frames and briefly explain the differences in their seismic characteristics.

- (2) 基準強度  $F$  値はどのように定められているか、簡潔に説明せよ。

Briefly explain how the reference strength  $F$  value is determined.

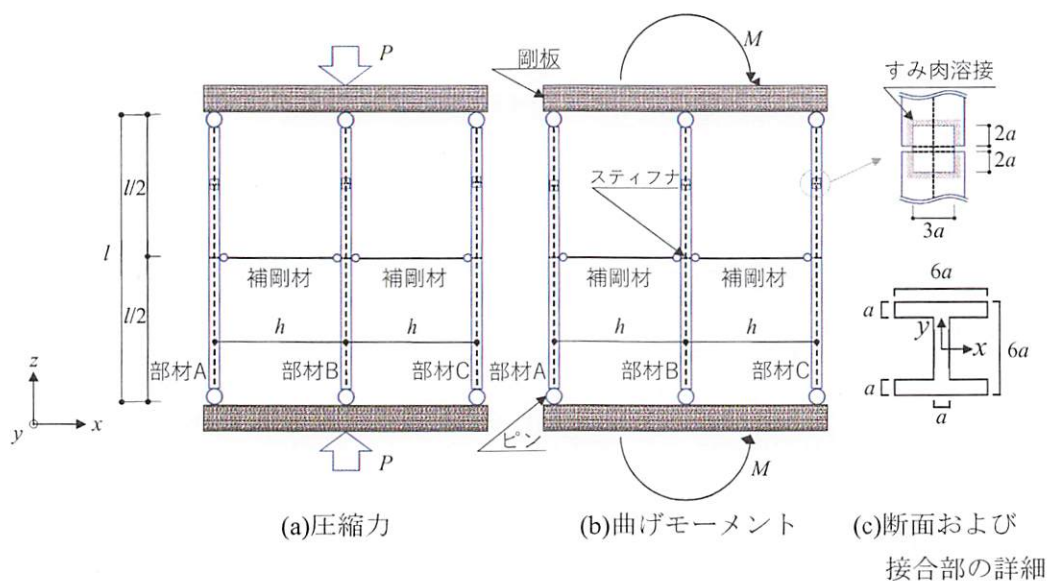


図 3-1 ピン支持された 3 本の部材で構成される構造体

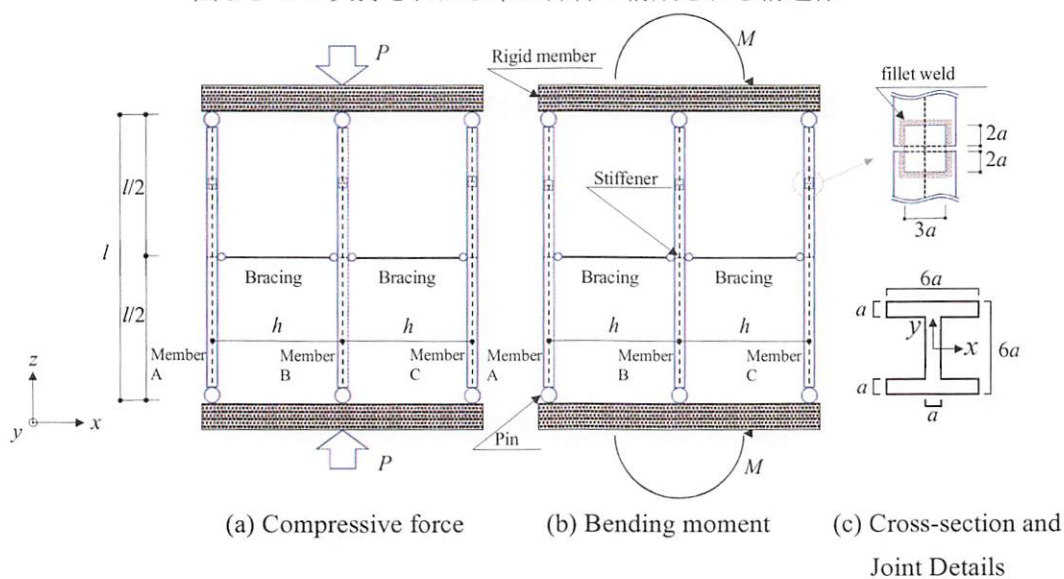


Figure 3-1 Steel structure consisting of three pin-supported members.



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

Question 4 Answer the following questions on reinforced concrete structures (Subtotal 55 marks)

問題 4-1 (40 点)

Question 4-1 (40 marks)

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  $P$  と鉛直荷重  $2N$  が作用している。柱の断面は図 4-2 のとおりで、梁は十分に剛強である。

Horizontal force  $P$  and vertical load  $2N$  are applying to a single story - single bay reinforced concrete (RC) frame as shown in Fig. 4-1. Column section is shown in Fig. 4-2 and beams are stiff and strong enough.

- (1) 柱の曲げモーメント図を描きなさい。

Draw bending moment diagram of columns.

- (2) 鉄筋コンクリート柱の曲げ終局モーメント  $M_u$  は、以下の略算式(4-1)で計算できることを、断面内の応力度分布に基づいて説明しなさい。

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

ただし、 $b$ : 柱の幅、 $D$ : 柱のせい、 $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度、 $\sigma_y$ : 主筋降伏強度

Explain the reason that ultimate flexural moment  $M_u$  of a RC column can be approximated by Eq. 4-1 based on stress distribution on a column section.

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

Where,  $b$ : width of a column section,  $D$ : depth of a column section,  $\sigma_B$ : concrete compressive strength,  $\sigma_y$ : bar yielding strength.

- (3) 架構の水平変形  $P$  と水平変形  $\delta$  の関係は図 4-3 のように 3 折れ線で簡略化できるとする。次のパラメータ a)~f) を、それぞれ 2 倍に増やしたときに、 $P$ - $\delta$  関係がどのように変化するか、それぞれのグラフを示し、曲げひび割れ点、曲げ降伏点がどのように変化するか説明しなさい。

パラメータ- a)  $b$ , b)  $D$ , c)  $\sigma_B$ , d)  $\sigma_y$ , e)  $N$ , f)  $h$

Lateral force  $P$  - horizontal displacement  $\delta$  relation is simplified by a tri-linear line as shown in Fig. 4-3. Draw  $P$  -  $\delta$  relations and explain differences of cracking and yielding points when the following parameters a) to f) become double, respectively.

parameters- a)  $b$ , b)  $D$ , c)  $\sigma_B$ , d)  $\sigma_y$ , e)  $N$ , f)  $h$ .

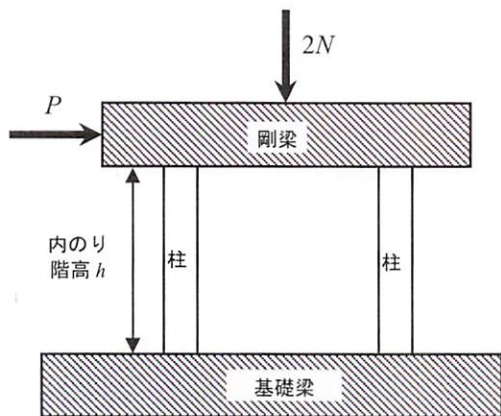
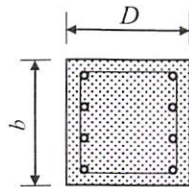


図 4-1

$a_t$ : 引張主筋断面積  
 $\sigma_y$ : 主筋降伏強度



柱の断面

図 4-2

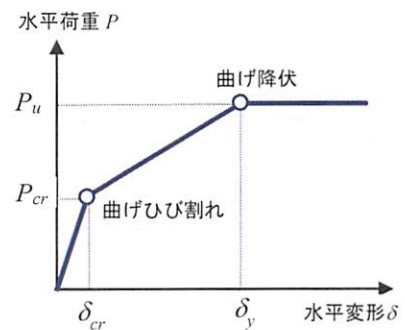


図 4-3

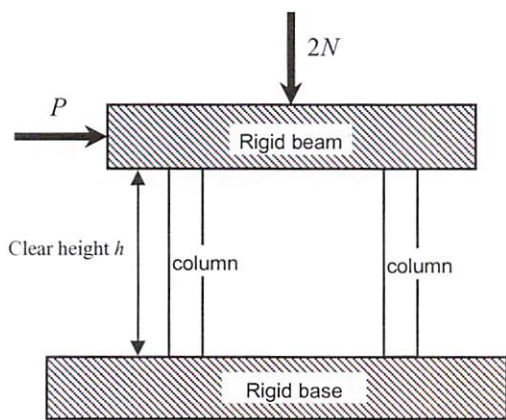
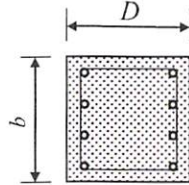


Fig.4-1

$a_t$ : cross sectional area of bars in tension,  
 $\sigma_y$ : yielding strength of longitudinal bars.



Column section

Fig.4-2

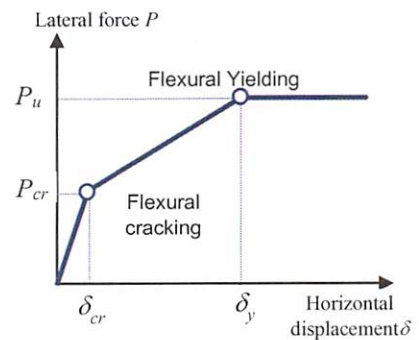


Fig.4-3

問題 4-2 (15 点)

Question 4-2 (15 marks)

鉄筋コンクリート柱の構造的な性能に対する横補強筋の効果について、説明しなさい。

Explain the effect of lateral reinforcement on structural performance of RC columns.

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)

Question 5 Answer the following questions about vibration of structures. (Subtotal 35 marks)

- (1) 建物を図 5-1 の 1 質点系に置換したモデルに水平外力  $P(t)$  ( $t$  は時間) が作用するものとする。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  $x(t)$  として, 以下の問に答えなさい。  
Consider a horizontal force  $P(t)$  ( $t$  is time) acting on the one-mass system which models a building as shown in Fig. 5-1. Letting  $m$  be the building mass,  $k$  be the horizontal stiffness,  $c$  be the viscous damping coefficient,  $x(t)$  be horizontal displacement of the mass, answer the following questions.

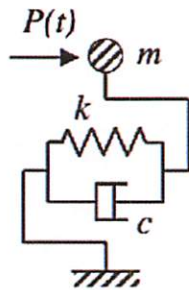


図 5-1 1 質点系モデル

Fig. 5-1 One mass system

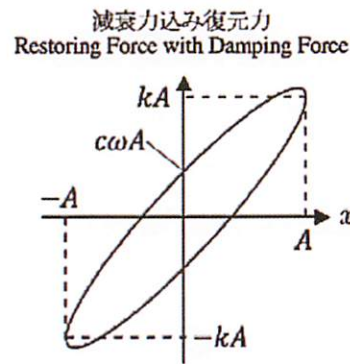


図 5-2 力と変位の関係

Fig. 5-2 Relation between force and displacement

- (a) 質点系の振動方程式 (力の釣り合い式) を示せ。

Represent the equation of motion (equilibrium of forces) of the one mass system.

- (b) 固有円振動数  $\omega$  と減衰定数  $h$  を  $m, c, k$  のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。また, (a) の振動方程式を  $\omega$  及び  $h$  を含んだ式に変換せよ。

Represent the natural circular frequency  $\omega$  and damping factor  $h$  using necessary terms from  $m, c, k$ . Also, rewrite the vibration equation of (a) to include  $\omega$  and  $h$ .

- (c) 質点のエネルギーの釣り合い式を示せ。

Represent the equation of energy balance of the one mass system.

- (d)  $P(t)$  として円振動数  $\omega_0$  の定常調和波で質点系を加振した場合, 水平変位は  $x(t) = A \cos(\omega_0 t - \theta)$  ( $A$  は定数,  $\theta$  は位相差) で与えられるものとする。  $\omega_0 = \omega$  の時, 減衰力込み復元力と水平変位の関係は図 5-2 に示すようになった。

Let the horizontal displacement be given by  $x(t) = A \cos(\omega_0 t - \theta)$  ( $A$  is constant,  $\theta$  is phase delay) when exciting the one-mass system by stationary harmonic force with circular frequency of  $\omega_0$  as  $P(t)$ . When  $\omega_0 = \omega$ , the relationship between restoring force with damping force and horizontal displacement is given as Fig. 5-2.

- (i) 位置エネルギーの最大値を  $A, k$  を用いて示せ。

Represent the maximum value of the potential energy using  $A, k$ .

(ii) 一周期の加振に対して減衰力のなす仕事を求め、 $c, \omega, A$  を用いて示せ。

Represent the work by the damping force in one cycle of excitation using  $c, \omega, A$ .

- (2) 構造物の振動において、減衰とはエネルギーが逸散する現象と考えられる。減衰の物理的な要因について、例を複数挙げて説明しなさい。

Damping in vibration of structures is considered as energy dissipation phenomenon. Explain the physical causes of damping with two or more examples.



問題 6 防災工学に関する以下の間に答えなさい。(計 35 点)

Question 6 Answer the following questions regarding disaster prevention engineering. (Subtotal 35 marks)

以下の災害を受けたときの建物被害の特徴について答えなさい。

Answer the characteristics of building damage in the following disasters.

(1) 洪水 Flood

(2) 液状化 Liquefaction of the ground

(3) 竜巻 Tornado

(4) 地震 Earthquake

(5) 豪雪 Heavy snow