

平成 28 年 10 月入学・平成 29 年 4 月入学

博士課程前期 2 年の課程

試験問題（建築構造工学講座）

Master's Program Entrance Examination for entry in October 2016 / April 2017
Questions (Architectural Structural Engineering Course)

◆注意事項 / Notice

1. 問題は全部で 6 問である。

各試験問題に対し、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に答えること。解答用紙は全部で 16 枚あるので、各試験問題に対して、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 6-1 & 6-2. For each question, write your answer on a separate answer sheet. Sixteen (16) sheets are provided in total. You may use more than one (1) sheet for each question. If you run out, you may request additional sheets from the proctor.

2. 各解答用紙には、「問題番号」、「受験番号」を必ず書くこと。氏名を書いてはならない。問題番号や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。

Make sure to write the question number and your examination identification number on each answer sheet. Do not write your name. Please note that answer sheets without the question number and an examination identification number, or with a candidate's name will be invalidated.

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 に示すトラスと部分架構を組み合わせた静定平面骨組の D 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域にあるものとして、以下の問に答えなさい。

A statically determinate plane frame depicted in Fig. 1-1 consists of truss and sub-structure. When the concentrated vertical load P is applied to the point D as shown in Fig. 1-1, all members remain in the elastic range. Answer the following questions.

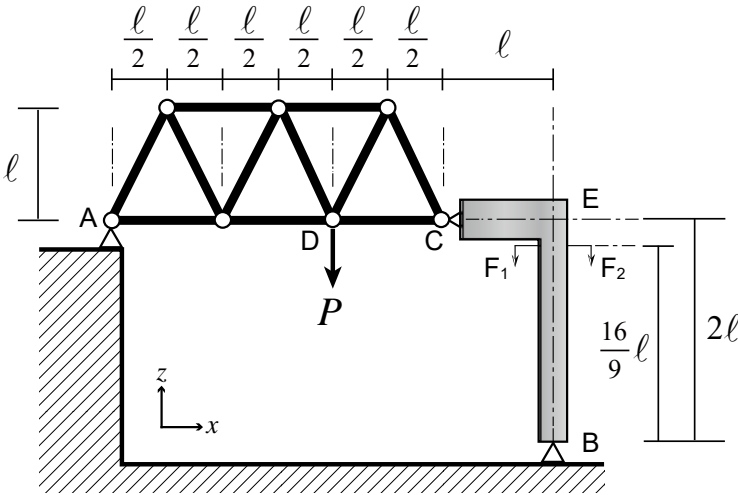


図 1-1 平面骨組

Figure 1-1 Plane frame

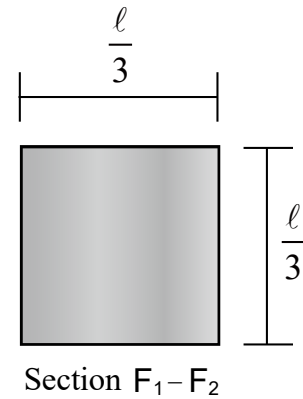


図 1-2 柱部材断面

Figure 1-2 Cross-section of column

- (1) 支点 A および B における、鉛直方向の支点反力 V_A , V_B , および、水平方向の支点反力 H_A , H_B を求めなさい。ただし、図 1-1 に示した x 軸, z 軸の向きをそれぞれ正とする。(28 点)

Determine the vertical and horizontal supporting reaction force at the point A (V_A and H_A) and the point B (V_B and H_B). Note that the direction of x -axis and z -axis shown in Fig. 1-1 is positive respectively. (28 marks)

- (2) 部材 DC に作用する軸力を求めなさい。ただし、軸力は引張りを正とする。(12 点)

Determine the axis force in member DC. Note that the tensile stress is taken as positive. (12 marks)

- (3) 部分架構 CEB のモーメント図を描きなさい。(12 点)

Draw the bending moment diagram of sub-structure CEB. (12 marks)

- (4) 図 1-1 に示す F_1-F_2 切断面位置における柱部材 EB の断面は、図 1-2 に示すような矩形断面になる。 F_1-F_2 切断面位置における部材 EB 断面内に作用する軸応力度 σ の最大値を求めなさい。ただし、部分架構 CEB は単一材料で構成されており、各部材断面の図心および C 点における力の作用線は x - z 平面内にあるものとする。(8 点)

Determine the maximum axis stress σ in the cross-section of member EB at the cutting plane line F_1-F_2 shown in Fig. 1-1 and 1-2. Note that the sub-structure CEB consists of homogeneous material, and also that the centroid of each member and the line of force action at the point C remains in the x - z plane. (8 marks)

問題2 不静定構造の力学に関する以下の問に答えなさい。はりのヤング係数 E 、断面2次モーメント I は一定とし、せん断変形は無視する。たわみ角は時計回りを正とする。(計100点)

Question 2 Answer the following questions related to statically indeterminate structural mechanics. Constant condition is applied over the total span of the beam concerning Young's modulus E and geometrical moment of inertia I . Neglect the component of shear deformation. Note that the clockwise angle is defined as positive. (Total 100 marks)

問題 2-1 不静定構造の代表的な解法の一つであるたわみ角法の基本式の誘導過程に関する以下の問に答えなさい。(小計70点)

Question 2-1 Answer the following questions related to induction process of fundamental equation on slope deflection method as one of the typical methods for statically indeterminate structure. (Subtotal 70 marks)

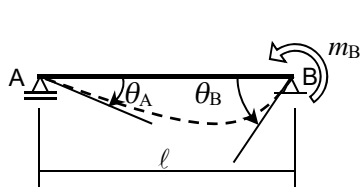


図 2-1

Figure 2-1

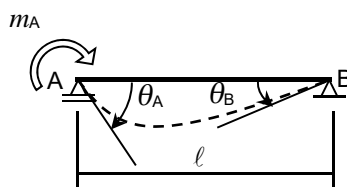


図 2-2

Figure 2-2

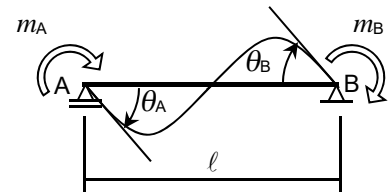


図 2-3

Figure 2-3

- (1) 図 2-1 に示す単純ばりの支点 B に外力モーメント m_B が作用する場合のたわみ角 θ_A 、 θ_B を、 m_B 、 l 、 E 、 I を用いて表せ。(20点)

A simple beam under the influence of moment m_B as external force at the supporting point B is shown in Fig.2-1. Describe the deflection angles θ_A and θ_B at each supporting point in Fig.2-1 by using m_B , l , E and I . (20 marks)

- (2) 図 2-2 に示すように、単純ばりの支点 A に外力モーメント m_A が作用する場合のたわみ角 θ_A 、 θ_B を、問題 2-1(1) の結果を利用して、 m_A 、 l 、 E 、 I を用いて表せ。(5点)

A simple beam under the influence of moment m_A as external force at the supporting point A is shown in Fig.2-2. Describe the deflection angles θ_A and θ_B at each supporting point in Fig.2-2 by using m_A , l , E and I based on the results of Question 2-1(1). (5 marks)

- (3) 問題 2-1(1) および問題 2-1(2) の結果を利用して、図 2-3 に示す単純ばりのたわみ角 θ_A 、 θ_B を、 m_A 、 m_B 、 l 、 E 、 I を用いて表せ。なお、B 点の外力モーメントの向きに注意しなさい。(10点)

From the results of Question 2-1(1) and 2-1(2), describe the deflection angles θ_A and θ_B at each supporting point in Fig.2-3 by using m_A , m_B , l , E and I . Pay attention to the direction of moment m_B as external force. (10 marks)

- (4) 外力モーメント m_A を AB 部材の A 端の材端モーメント M_{AB} に置き換え (m_B の AB 部材の B 端の材端モーメント M_{BA} への置き換えも同様)、剛度 $K = I / l$ 、標準剛度 K_0 、剛比 $k = K / K_0$ を考慮することによって、たわみ角法の基本式を得ることができる。 M_{AB} 、 M_{BA} を E 、 K_0 、 k 、 θ_A 、 θ_B を用いて表せ。(10点)

The moment m_A as external force can be replaced by the end moment M_{AB} at the end A in member AB. Similarly, the moment m_B as external force could be replaced by the end moment M_{BA} at the end B in member AB. By considering the relative stiffness $K = I / l$, the standard rigidity K_0 and the relative stiffness ratio $k = K / K_0$, the fundamental equation on slope deflection method could be inducted. Describe the end moments M_{AB} and M_{BA} by using E , K_0 , k , θ_A and θ_B . (10 marks)

- (5) 図 2-4 に示す不静定ばりを考える。問題 2-1(4)の結果を利用して、 M_{AB} 、 M_{BA} を E 、 K_0 、 k 、 θ_A を用いて表せ。
(10 点)

A statically indeterminate beam is shown in Fig.2-4. From the results of Question 2-1(4), describe the end moments M_{AB} and M_{BA} by using E , K_0 , k , θ_A . (10 marks)

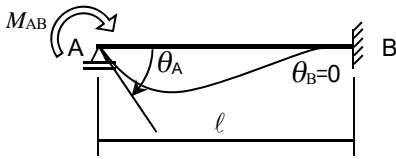


図 2-4 不静定ばり

Figure 2-4 Statically indeterminate beam

- (6) 問題 2-1(5)の結果を用いて、部材 AB の A 端の材端剛度 K_e を、 E 、 K_0 、 k を用いて表せ。(5 点)
From the results of Question 2-1(5), describe K_e by using E , K_0 and k . K_e denotes the end stiffness of member at the end A in member AB. (5 marks)
- (7) 部材 AB の A 端に材端モーメント M_{AB} が与えられたとき、それによって B 端に生じる材端モーメント M_{BA} を到達モーメントと呼ぶ。問題 2-1(5)の結果を用いて、 $c = M_{BA}/M_{AB}$ を求めよ。また、この時の c の専門用語を何と呼ぶか記しなさい。(10 点)
When the end moment M_{AB} at the end A in member AB is given, the end moment M_{BA} as the carry-over moment occurs at the end B. Calculate the factor $c = M_{BA}/M_{AB}$ based on the results of Question 2-1(5). Write down the technical term of the factor c . (10 marks)

問題 2-2 図 2-5 に示すような支点 B に外力モーメント m が作用する連続ばりの力学に関する以下の間に答えなさい。(小計 30 点)

Question 2-2 Answer the following questions related to structural mechanics of a continuous beam under the influence of moment m as external force at the supporting point B as shown in Fig.2-5. (Subtotal 30 marks)

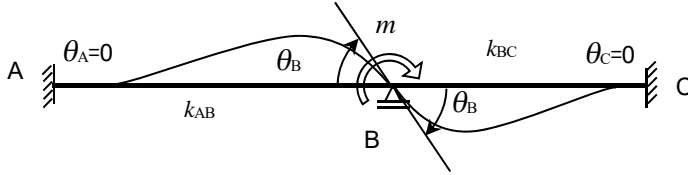


図 2-5 連続ばり
Figure 2-5 Continuous beam

- (1) 部材 AB の B 端の材端モーメント M_{BA} , および部材 BC の B 端の材端モーメント M_{BC} を, それぞれ E , K_0 , k_{AB} , k_{BC} , θ_B の中から必要なものを用いて表せ。(10 点)
By using applicable symbols in E , K_0 , k_{AB} , k_{BC} and θ_B , describe the end moments M_{BA} and M_{BC} . M_{BA} denotes the end moment at the right end B in member AB. Similarly, M_{BC} denotes the end moment at the left end B in member BC. (10 marks)
- (2) B 点におけるモーメントの釣り合い式を, M_{BA} , M_{BC} , m を用いて表せ。また, たわみ角 θ_B を, E , K_0 , k_{AB} , k_{BC} , m を用いて表せ。(10 点)
Describe the equilibrium equation of moment at the supporting point B by using M_{BA} , M_{BC} and m . In addition, describe the deflection angle θ_B by using E , K_0 , k_{AB} , k_{BC} and m . (10 marks)
- (3) 材端モーメント M_{BA} , M_{BC} を, k_{AB} , k_{BC} , m を用いて表せ。(10 点)
Describe the end moments M_{BA} and M_{BC} by using k_{AB} , k_{BC} and m . (10 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 a steel structure. (Total 60 marks)

問題 3-1 図 3-1 に示す 2 層 1 スパンラーメン架構が水平力 P_1, P_2 と鉛直力 N を受ける。このとき、1 層柱の反曲点を $2H/3$ の高さ、2 層柱の反曲点を $H/2$ の高さとする。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)

Question 3-1 This problem deal with the steel moment resisting frames subjected to the vertical load, N and seismic forces, P_1 and P_2 . The points of contrary flexure are $2/3$ of story height on 1st story and half of story height on 2nd story, respectively. (35 marks)

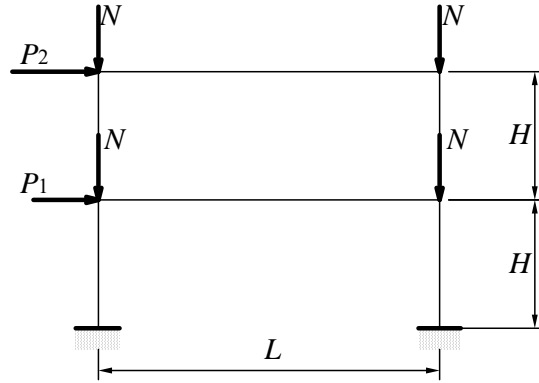


図 3-1 2 層 1 スパンのラーメン架構

Fig. 3-1 Steel Moment Resisting Frame with 2 story and 1 span

- (1) 図 3-1 の架構の柱断面を図 3-2 とする。柱の降伏応力度を σ_y とする。このときの x 軸回りの断面係数 Z_x 、塑性断面係数 Z_{px} を求めなさい。

Calculate elastic and plastic section modulus, Z_x, Z_{px} of the column with the yield stress, σ_y as shown in Fig. 3-2.

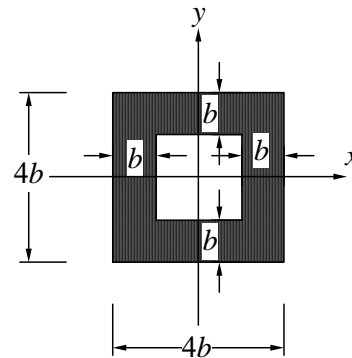


図 3-2 柱断面

Fig. 3-2 Column Section

- (2) 第 1 層柱の降伏軸力 N_y に対する作用軸力 $N_1(=2N)$ の比 N_1/N_y が $1/3$ のとき、軸力を考慮した、柱の降伏モーメント M_{yc} 及び全塑性モーメント M_{pc} を求めよ。

Calculate the yielding and full plastic moment, M_{yc}, M_{pc} with this axial force, when the axial force of the column on 1st story, $N_1(=2N)$ is equal to third part of the column yielding strength, N_y .

- (3) 水平力が大きくなると、梁は曲げモーメントによる座屈を生じた。この座屈はどのような現象か、図示するとともに簡潔に説明せよ。

When frame carries the large seismic force, buckling of the beam occurs due to the flexural moment. Explain and draw this beam buckling mode.

- (4) 柱が降伏するときの層せん断力図，曲げモーメント図を描きなさい。その際，第1層及び第2層の層せん断力の値及び梁及び柱端の曲げモーメントを M_{yc} , M_{pc} , P_1 , P_2 , N , N_y , H のうち，必要な記号を使って示せ。ただし，柱が降伏する前に梁は降伏や座屈を生じないものとする。

When column yields first, draw the story shear forces and flexural moment distributions, and represent the values of story shear forces on 1st and 2nd stories and the flexural moments at end of beams and columns using any symbol of M_{yc} , M_{pc} , P_1 , P_2 , N , N_y , H . Then the beams yielding or buckling never occurs before the column yields.

問題 3-2 次の問に答えなさい。(25 点)

Question 3-2 In this problem, explain about the steel structures. (25 marks)

(1) 設計用基準強度 F 値を用いて, 許容せん断応力度 f_s を表せ。

Represent the allowable shear stress, f_s , using design strength, F .

(2) (1) の関係となる理由を平面応力状態におけるミーゼスの降伏条件式 $\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 = \sigma_0^2$ を使って説明せよ。

Explain the relationship between f_s and F , using the equation of von Mises yield criterion on the plain stress condition, $\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 = \sigma_0^2$.

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) 柱部材の曲げひび割れモーメント M_{cr} は、以下の略算式で計算できる。この略算式がどのようにして導かれるか、説明しなさい。

$$M_{cr} = f_t \frac{BD^2}{6} + \frac{ND}{6} \quad (4-1)$$

ここで、 f_t : コンクリートの引張強度、 B, D : 断面の幅、せい、 N : 軸力。

Cracking moment of a column can be approximated by Eq.(4). Explain how Eq.(4-1) can be obtained.

$$M_{cr} = f_t \frac{BD^2}{6} + \frac{ND}{6} \quad (4-1)$$

Where, f_t : tensile strength of concrete, B, D : sectional width and depth, N : axial load.

- (2) 柱部材の曲げ終局モーメント M_u は、図 4-1 に示すように軸力 N の大きさにより変化することが知られている。この図中の A 点では、柱断面内の応力度の分布はどのようになるか説明しなさい。

It is well known that ultimate flexural moment of a column varies in accordance with axial load N as shown in Fig. 4-1. Explain stress distribution on the column section for Point A in Fig. 4-1.

- (3) 図 4-1 で、柱の軸力 N が N_A より大きい場合、 N_A より小さい場合それぞれについて、部材の破壊性状や変形能力がどのように異なるか、説明しなさい。

Explain differences in failure behavior and deformation capacity of a column under axial loads higher and lower than N_A .

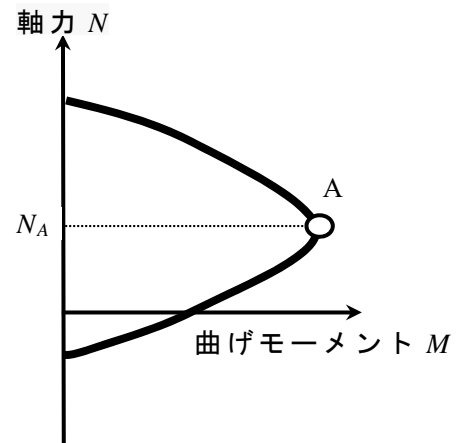


図 4-1

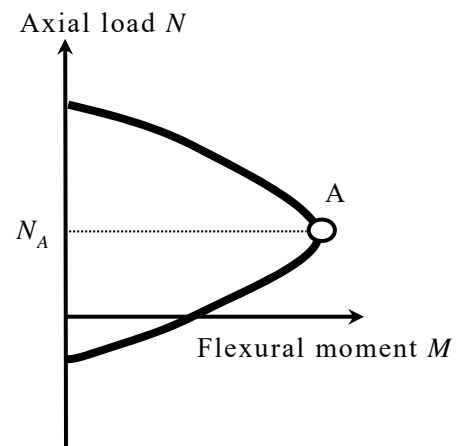


Fig.4-1

問題 4-2 (30 点)

Question 4-2 (30 marks)

- (1) 柱部材の曲げ破壊およびせん断破壊について破壊挙動を説明しなさい。また、それぞれの破壊強度を上げるためにはどのような対策が有効か説明しなさい。ただし、断面の形状寸法は変えないこととする。

Explain collapse behavior and mechanism of flexural and shear failures of a column, respectively. Explain effective countermeasures for improvement of flexural and shear strengths without change in sectional dimension.

- (2) 図 4-2 に示す断面寸法・配筋が同一の柱 A、柱 B と剛梁からなる構造物に水平力 P が作用している。水平力 P を徐々に増加させた時に、一方の柱がせん断破壊、他方が曲げ破壊した。架構全体の水平力-変形関係のグラフの概形を書きなさい。

A structure, shown in Fig. 4-2, consists of columns A and B with the same sectional dimension and reinforcing arrangement, and rigid beams. One of the columns failed in shear and the other failed in flexure under increasing horizon force P . Draw a graph of horizontal force P - displacement relation.

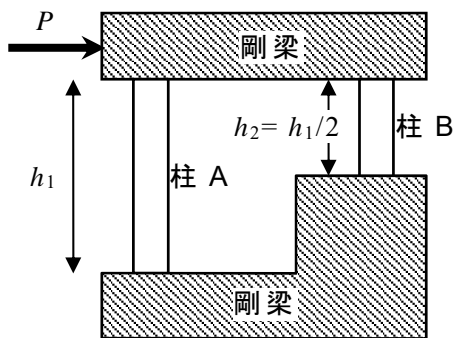


図 4-2

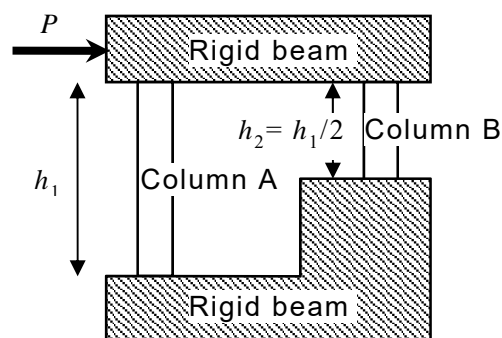


Fig.4-2

問題5 建築物の構造設計に関連す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)

- (1) 現行の日本の耐震設計基準において、靱性が高い構造物においては必要保有水平耐力を低減することができる。この理由を説明しなさい(10点)。

Explain the reason why the required horizontal load bearing capacity can be reduced for a highly ductile building in the current seismic code provisions in Japan. (10 marks)

- (2) 鉄骨構造の超高層建築物がある高さを超えると、設計用地震荷重よりも設計用風荷重の方が大きく支配的になることがある。この理由を地震外乱と風外乱の性質に基づいて説明しなさい(10点)。

Explain the reason why wind-induced loads happen to dominate earthquake-induced loads when the height of a high-rise building exceeds a certain height on the basis of characteristics of earthquake and wind excitations. (10 marks)

- (3) コンクリートの短期許容応力度は、圧縮に対しては長期許容応力度の2倍、せん断に対しては長期許容応力度の1.5倍の値が用いられる。このように、同じ材料において、応力度の作用方向に応じて異なる安全率が用いられる理由を説明しなさい(10点)。

Allowable unit stress for temporary loading for a concrete material is 2 and 1.5 times as large as allowable unit stress for long sustained loading for compression and shear stress, respectively. Explain the reason why different safety factors are used for the same material depending on the directions of the stress. (10 marks)

- (4) 構造物の耐震設計において、地震時に特定の階に層間変形が集中したり、偏心によって架構が振れたりしないことが求められている。この理由を説明しなさい(10点)。

Explain the reason why earthquake resistant design of structures demands avoiding concentrated inter-story drift in a specific story and torsional deformation owing to eccentricity in an earthquake event. (10 marks)

問題 6 (計 80 点)

Question 6 (Total 80 marks)

問題 6-1 (小計 40 点)

Question 6-1 (Subtotal 40 marks)

図 6-1 は、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の際に洪積台地にある仙台駅前と沖積地盤にある卸町や長町で観測された地震観測記録の南北方向の疑似速度応答スペクトル (減衰 5%) を示したものである。図中には、国土交通省告示による安全限界の応答スペクトルも比較のために示してある。以下の問に答えよ。ただし、重力加速度は 1000cm/s^2 とし、解答にあたって、読み取ったスペクトル値を記述するものとする。

Fig.6-1 shows pseudo velocity spectra (damping factor of 5%) of strong ground motions observed at Sendai station on diluvium site, Oroshimachi and Nagamachi on alluvial sites during the March 11, 2011 Tohoku earthquake, together with design spectrum (Safety limit) by MLIT. Answer the following questions. In this case, the gravity acceleration is assumed to be weight is assumed to be 1000cm/s^2 and describe the spectral values which you read from the figure.

- (1) 固有周期 0.5 秒の建物を等価 1 質点系モデルに置換し、その重量を $50,000\text{kN}$ とした場合、仙台駅前に設置される場合と卸町に設置される場合に建物に南北方向に作用するせん断力を算定せよ。(10 点)

Consider an equivalent SDOF system of a building with natural period of 0.5s and weight of $50,000\text{kN}$. Calculate shearing force of the building when it is constructed in Sendai station and also in Oroshimachi. (10 marks)

- (2) 仙台駅前と長町における周期 3 秒の建物の応答変位を算定し、国土交通省の告示スペクトル (安全限界) (80cm/s) に対する変位の比率として示せ。(10 点)

Calculate displacement of a building with natural period of 3s constructed in Sendai station site and also in Nanamachi site. Please describe the results as ratio to displacement corresponding to the Safety limit velocity spectra of 80cm/s . (10 marks)

- (3) 長町に周期 1 秒の建物を 2 棟隣接して設置する場合、2 棟が南北方向の揺れに対して衝突しないようにするためのエキスパンション・ジョイント部に求められる変形量を算定せよ (10 点)。

Consider a case that 2 buildings with natural period of 1s are constructed adjacently in Nagamachi site. Please determine necessary clearance of expansion joint to avoid a collision. (10 marks)

- (4) 卸町における周期 1 秒の建物 (減衰 5%) に減衰装置を付加し南北方向の変形量が仙台駅前における同じ建物の変形量と等しくなるようにするのに必要な減衰量を減衰定数として算定せよ。ただし、応答スペクトルの減衰補正 F_h は次式で与えられるものとする (10 点)。

Calculate necessary damper addition of a building (5% damping) with natural period of 1s in Oroshimachi site so that its displacement equal to displacement of the same building in Sendai station site. Describe the calculated damper addition is described as damping factor. In this case, the damping compensation coefficient described in the following equation (1) is applied. (10 marks)

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

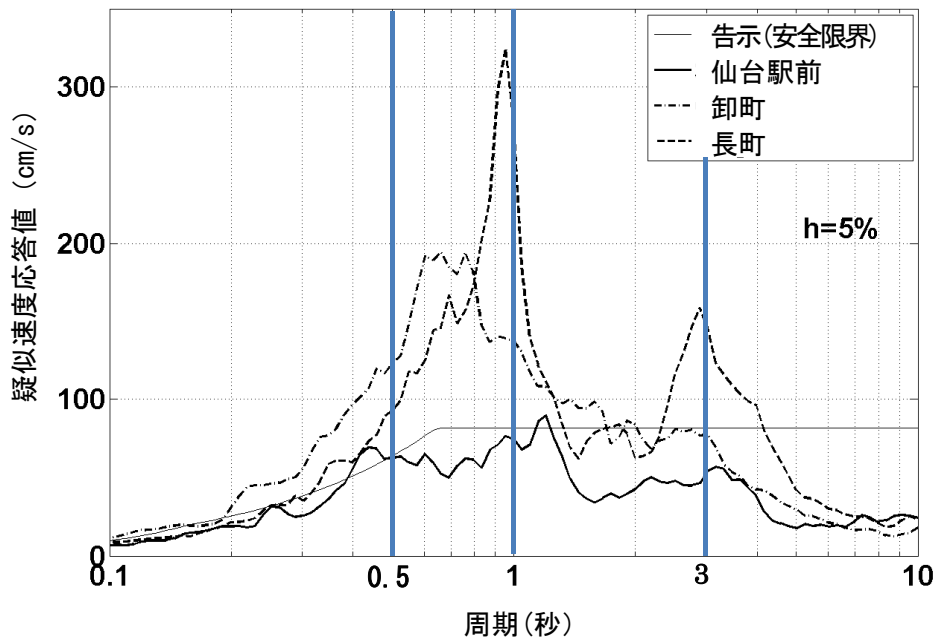


図 6-1 東北地方太平洋沖地震の際に仙台市内で観測された地震記録の応答スペクトル

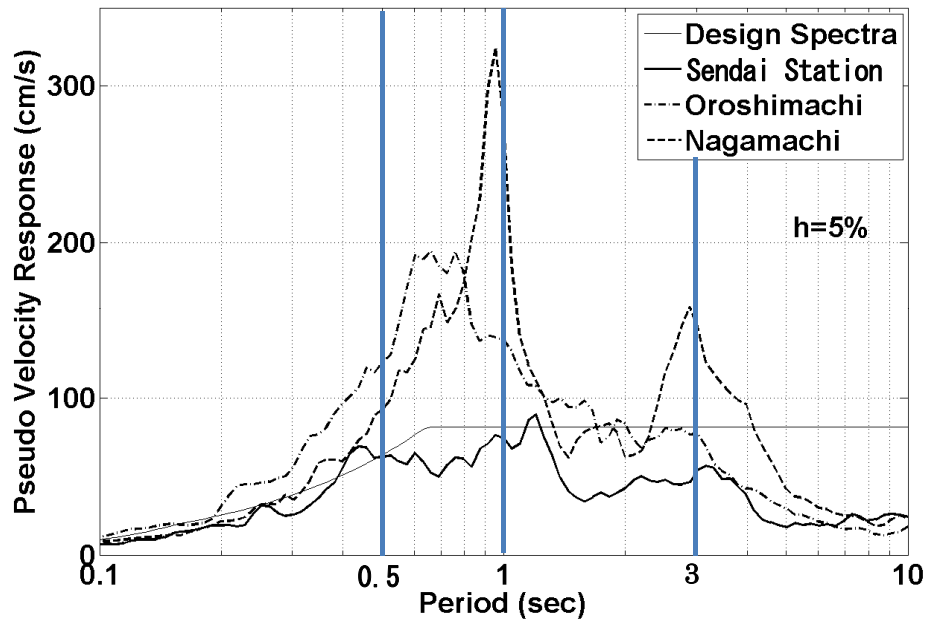


Fig.6-1 Pseudo velocity spectra of strong ground motions observed in Sendai City during the 2011 Tohoku earthquake

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 Please answer the following questions on disaster prevention. (Subtotal 40 marks)

(1) マグニチュードと震源距離, 建物被害の関係性について述べよ。(20 点)

Please explain the relationship between magnitude and hypocentral distance and building damage. (20 marks)

(2) 長周期地震動と建物被害の関係性について述べよ。(20 点)

Please explain the relationship between long-period ground motion and building damage. (20 marks)