

地震工学(佐伯担当) 試験問題 (2025年12月19日)

問 1. (解答は表面左) 以下の文章の()内に入るもっとも適切な語句, 式, 図を示せ. (3点×10問=30点)

地震による建造物の応答を数値計算する際, 1自由度のバネ-質点系モデルが使用されることがある. 今, 質点の質量を m , 減衰定数を c , バネ定数を k とする. 時刻 t における地盤の変位を $g(t)$, 地盤から見た質点の相対変位を $x(t)$ とすると, 質点に関する運動方程式は(式 1)となる. $x(t)$ に関する項を左辺にまとめると, $x(t)$ の微分方程式が得られ, 地震による外力は(式 2)となる. この式から, 建造物の質量が重いほど地震力は(語句 3)なることが分かる. 建造物の設計では地震力の大きさだけでなく, 振動数も重要となる. これは地震動に含まれる周波数成分と建造物の(語句 4)が一致すると, (語句 5)が発生し, 建造物の変形が大きくなるからである.

設計地震動には, 建造物の供用期間内に数回発生する規模の地震動である(語句 6)と, 発生する確率の極めて小さい(語句 7)がある. (語句 6)に対しては, 建造物が壊れないようにするために, 弾性設計を基本としており, (語句 8)設計法が用いられる. また, 建造物の重要度に応じて耐震性能を決定する性能規定型の設計が用いられている. 性能としては, (語句 9)・修復性・(語句 10)があり, 例えば幹線道路などの重要建造物は, (語句 7)に対しても(語句 9)を満たす様に設計される.

問 2. (解答は表面右) 密度 ρ , せん断剛性 G の様な弾性体中を伝搬するせん断波について, 以下の間に答えよ. ただし, 水平右向きに x 軸, 鉛直下向きに z 軸をとり, せん断波は z 軸方向に伝搬するものとする. (5点×4問=20点)

- 1) 媒体中から微小要素を取り出し, せん断変形した様子を図示せよ. さらに, 運動方程式を示せ.
- 2) 運動方程式から波動方程式を導出せよ.
- 3) 関数 $f(z - ct) + g(z + ct)$ が波動方程式の解となることを確認せよ. また, そのときの定数 c を求めよ.
- 4) 波の位相速度(媒体の変形が伝搬する速度)が c であることを示せ.

問 3. (解答は裏面左) 以下の間に答えなさい. (10点×2問=20点)

- 1) 工学的基盤の上に厚さ 20m, S波速度 100 m/s の表層地盤が存在する土地に建造物を建設する場合を考える. 地震の被害を抑えるためには, どの様な点に注意する必要があるか述べよ.
- 2) 2025年12月8日(夜)に, 青森県八戸市で震度 6 強を観測する地震が発生した. これを受けて, 気象庁は 9日未明に「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を発表している. 一般に, M7クラスの地震が発生した後は, 500km 以内で M8クラスの地震が発生する確率が平常時より高まると考えられている. その理由を, 地震の発生メカニズムを考慮しつつ, 説明せよ.

問 4. (解答は裏面右) 地震波の伝搬に関して, 以下の間に答えなさい. (30点)

- 1) 地震波の幾何減衰について, 簡潔に説明せよ. (5点)
- 2) 地震学では, 非弾性減衰を表現するために, 一般解に含まれる弾性波速度を複素数にする. この式を使って, 周波数によって減衰の仕方が異なることを説明せよ. (10点)
- 3) 東北地方太平洋沖地震では, 遠方の免震対策が施された高層ビルが大振幅で揺れた. その理由を簡潔に説明せよ. (5点)
- 4) 震源から 10km の地点と, 100km の地点では地震波が到達する時間が異なる. 先の両地点について, 縦揺れを感じてから強い横揺れを感じるまでの時間を概算せよ. (5点)
- 5) この時間差は, 地震被害を軽減する対応にどの様な影響を与えるか, 自身の考えを述べよ. (5点)

注意事項

- 1) カンニングなどの不正行為を行うと、今学期に受験した試験の点数が全て0点になる。
- 2) 机の上に置く事ができるものは、鉛筆、シャーペン、消しゴム、定規、時計、自筆のノートのみ。その他の物(筆箱も含む)は鞆に入れ、鞆は自分の椅子の下に置くこと。
- 3) 試験開始の合図があるまで、筆記用具を手に持たないこと。
- 4) 携帯電話の電源を切っておくこと。マナーモードも原則として不可とする。
- 5) 問題用紙・解答用紙をそれぞれ1枚ずつ配布する。解答用紙は、縦に半分に折って使用すること。これにより表面左、表面右、裏面左、裏面右の4つの解答区域を得る。各問題に対して、それぞれ指示された区域に答案を作成すること。指定区域以外に記述された解答は採点しない。

学籍番号		氏名	
問1	問2	問3	問4
表面左	表面右	裏面左	裏面右

- 6) 答案は、最終的な解答のみを記述するのではなく、なぜその解答に至ったか、その根拠も示すこと。ただし、解答方法に関して特別に指示がある問題はその指示に従うこととし、文章の()を埋める問題については最終的な回答のみを示すこと。
- 7) 図は、定規などを使用して丁寧に描くこと。
- 8) 試験開始後、答案を回収し終えるまで部屋を出ることはできない。トイレなど特別な事情がある場合には、手を挙げて試験監督の指示に従うこと。
- 9) 15回目の授業において答案を返却し、模範解答や採点基準を説明する。特別な事情がない限り、採点ミスなどの異議申し立ては、15回目の授業終了までとする。授業終了時点で成績は確定となる。
- 10) このテストは100点満点で採点し、1/2倍したものを最終評価に加算する。ただし、授業中の口頭質問に正解した場合には、最大50点まで、1回の正解につき1点を加算する。