

MSc specialisation in Numerical Modeling

Final exam questions

Finite element method for civil engineers (BMEEOTMMS51)

1. Theorem of stationarity of potential energy. Potential of elastic structures. Solution of structures (bars in tension, bars in bending) by energy method. Solution by energy method using basis functions. Piecewise zero basis functions. Continuity of basis functions.
2. Typical finite elements in case of bar structures (truss and beam elements). Nodes, DOFs, coordinate systems (global, local, parametric), shape functions, considerations for the calculation of matrices of the finite element. Euler and Timoshenko beam theories.
3. Typical finite elements in case of plane membranes. Nodes, DOFs, coordinate systems (global, local, parametric), shape functions, considerations for the calculation of matrices of the finite element. Plane stress, plane strain.
4. Compilation of the global stiffness matrix and vector of nodal forces. Consideration of supports. Calculation of reactions and stresses. Coordinate transformation.

Stability of structures (BMEEOHSMT-2)

1. Static, energy, and kinetic method, in structural stability. Flexural buckling of compressed columns with various end conditions, including pinned and fixed supports, and supports with rotational springs.
2. The flexural behaviour of a pinned-pinned compressed column with an initial geometric imperfection. Derivation and application of the Ayrton-Perry formula. Buckling of columns with discrete lateral spring. Buckling of columns with elastic foundation.
3. Torsion of thin-walled members: Saint-Venant torsion, warping, sectoral coordinates, warping constant, bimoment, stresses associated with warping. Basics of flexural-torsional and lateral-torsional buckling.
4. Buckling of simply supported rectangular plates under uniaxial compression. The concept of 'k' factor. Buckling of rectangular plates with a free edge. Shear buckling. The effect of stiffeners on plate buckling. The effective width approach.

Structural dynamics (BMEEOTMMN-1)

1. Partial differential equation of the lateral vibration of a continuous beam; solution of the free vibration problem for a simple supported girder; response of the beam to a harmonic excitation force.
2. Dynamic stiffness matrix and the exact mass matrix of a frame structure undergoing a harmonic forcing; approximate mass matrices (lumped mass matrix, consistent mass matrix), accuracy of the approximation.
3. Consideration of the structural damping as a complex stiffness; complex dynamic stiffness matrix of a beam element; physical background of proportional damping, rate-independent damping.
4. Elastic stiffness of the supporting soil body modelled as an infinite elastic half-space; dynamic stiffness of the soil due to harmonic forcing; radiation damping.

Nonlinear mechanics (BMEEOTMMN-2)

1. The deformation gradient tensor. Different versions of the strain-, strain velocity- and stress tensors of the nonlinear mechanics. The meaning of the invariants of stress- and strain tensors. The importance of the second invariant of the deviatoric stress tensor.
2. The first and second laws of thermodynamics. The most important requirements of the material models. The material models created from the compatibility condition in case of arbitrary strains.
3. Basic equations of mechanics in case of arbitrary strains. The „weak” version of the basic equations. Classification of the solution methods of mechanical problems from mathematical and mechanical points of view. The Veubeke-Hu-Washizu functional in general case.
4. The meaning of the curvature tensors in case of surface structures. The basic characteristics of Kirchhoff-Love and Reissner-Mindlin shell- and plate models.

MSc Numerikus modellezés specializáció záróvizsga tétel

Végeselem módszer építőmérnököknek (BMEEOTMMS51)

1. A potenciális energia stacionaritási tétele. Rugalmas szerkezetek potenciálfüggvénye. Szerkezetek (húzott-nyomott, ill. hajlított rudak) megoldása energiamódszerrel. Bázisfüggvények alkalmazása az energiamódszer során. Szakaszonként zérus bázisfüggvények. Bázisfüggvények folytonossága.
2. Rúdszerkezetek jellemző végeselemei (húzott-nyomott, ill. hajlított rudak). Csomópontok, szabadságfokok, koordináta-rendszerek (globális, lokális, paraméteres), alakfüggvények, a végeselem mátrixainak számítása. Az Euler és a Timoshenko gerendaelmélet. .
3. Tárcsák jellemző végeselemei. Csomópontok, szabadságfokok, koordináta-rendszerek (globális, lokális, paraméteres), alakfüggvények, a végeselem mátrixainak számítása. Síkbeli feszültségállapot és síkbeli alakváltozás-állapot.
4. A globális merevségi mátrix és a csomóponti tehervektor kompilálása. Támaszok figyelembevétele. Reakcióerők és feszültségek számítása. Koordinátatranszfomáció.

Szerkezetek stabilitása (BMEEOHSMT-2)

1. Statikai, energia, and kinetikai módszer szerkezetek stabilitásvizsgálatában. Nyomott oszlopok síkbeli kihajlása különféle megtámasztások esetén (csukló, befogás, elfordulással szembeni rugalmas megtámasztás).
2. Csuklós megtámasztású nyomott oszlop síkbeli viselkedése kezdeti geometriai imperfekció esetén. Az Ayrton-Perry formula levezetése és alkalmazása. Középső oldalirányú rugó hatása az oszlopok kihajlására. Rugalmasan ágyazott nyomott oszlop kihajlása.
3. Vékonyfalú rudak csavarása: Saint-Venant csavarás, öblösödés, torzulási mérték, torzulási modulus, torzulási nyomaték (bimoment), torzulási normálfeszültség. A térbeli elcsavaródó kihajlás és kifordulás jelensége, a kritikus teher számításának alapjai.
4. Egyszerű megtámasztású téglalap alakú lemezek horpadása egytengelyű nyomás hatására. A 'k' tényező koncepciója. Egyik oldalon szabad élű téglalap alakú lemezek horpadása egytengelyű nyomás hatására. Nyírás horpadás. Merevítő hatása lemezek horpadására. Méretezés a "hatékony szélesség"-ek alapján.

Szerkezetek dinamikája (BMEEOTMMN-1)

1. Hajlított gerenda hajlítózregésének parciális differenciálegyenlete; szabadrezgés-feladat megoldása csuklós-csuklós megtámasztású gerendánál; folytonos gerenda harmonikus gerjesztőerőre adott válasza.
2. Harmonikus erővel gerjesztett keretszerkezet dinamikus merevségi mátrixa, pontos tömegmátrixa; közelítő tömegmátrixok (diagonális és konzisztens tömegmátrix) számítása, pontosság.
3. Szerkezeti csillapítás figyelembevétele komplex merevséggel; gerendaelem komplex dinamikus merevségi mátrixa; arányos csillapítás, frekvenciafüggetlen csillapítás fizikai háttere.
4. Végtelen rugalmas féltérnek tekintett talajtest rugalmas megtámasztó hatása; dinamikus merevség harmonikus gerjesztés hatására; szóródó csillapítás.

Nemlineáris mechanika (BMEEOTMMN-2)

1. A deformációgradiens-tenzor. Az alakváltozás-, alakváltozás-sebesség és feszültség-tenzorok különféle változatai a nemlineáris mechanikában. A feszültség- és alakváltozás-tenzor invariánsainak jelentése. A feszültségdeviátor-tenzor második invariánsának jelentősége.
2. A termodinamika első és második főtörvénye. Az anyagmodellekre vonatkozó legfontosabb követelmények. Az összeférhetőségi feltétel segítségével levezethető anyagmodellek tetszőleges alakváltozások esetén.
3. A mechanika alapegyenletei tetszőleges alakváltozások esetén. Az alapegyenletek „gyenge” változatai. Mechanikai problémák megoldási módszereinek osztályozása matematikai és mechanikai szempontok alapján. A Veubeke-Hu-Washizu funkcionál általános esetben.
4. A görbületi tenzorok fogalma felületszerkezetek esetén. A Kirchhoff-Love és Reissner-Mindlin héj- és lemezmodellek alapvető jellemzői.