Szent István Egyetem
Műszaki Tudományi Doktori Iskola
Iskolavezető: Farkas István DSc egyetemi tanár

A VÉGESELEM MÓDSZER MÉRNÖKI ALKALMAZÁSAI

Tantárgyi ismertető

A tantárgy előadója: Égert János egyetemi tanár

Óraszám: 30 óra/félév

Tantárgycsoport: "C"

Célkitűzés:
A hallgatóság megismertetése a végeselem módszer elméleti hátterével és alapjaival,továbbá speciális eljárásaival és technikáival szilárdságtani és/vagy hőtechnikai mérnöki alkalmazások kapcsán. További cél annak elérése, hogy a hallgatóság legyen képes a végeselem módszert önállóan alkalmazni egyszerűbb mérnöki feladatok megoldására.

Előtanulmány: A végeselem módszer alapjai, Rugalmasságtan.

A tananyag felépítése és ütemezése (15 hét, heti 2 óra):

1. Matematikai összefoglaló és ismétlés: mátrix, vektor és tenzor algebra, egyenes és görbe vonalú koordináta rendszerek. Hely szerinti differenciálás egyenes és görbe vonalú koordináta rendszerekben. A variáció számítás alapgondolata.
2. Szilárdságtani és rugalmasságtani összefoglaló és ismétlés. Test szilárdságtani állapotainak jellemzői, az alakváltozási és a feszültségi tenzor. A rugalmasságtan alapegyenlet-rendszere, a rugalmasságtani peremérték feladat egzakt és közelítő megoldása. A peremérték feladat megoldásának egzisztenciája és unicitása.
3. Mérnöki anyagok modellezése izotróp, anizotróp és ortotróp anyagtörvényekkel. Anyagi főirányok, transzformáció. A rugalmasságtan energia elvei: alapfogalmak. A virtuális munka elve. A potenciális energia minimuma elv. A Lagrange-féle variációs elv. Az elvek fizikai tartalma és formális matematikai levezetése.
4. A rugalmasságtani peremérték feladat közelítő megoldása Ritz módszerrel. A teljes kiegészítő energia minimuma elv. A Castigliano-féle variációs elv. A Castigliano elven alapuló közelítő megoldás.
5. Az elmozdulás mezőn alapuló végeselem módszer felépítésének általános gondolatmenete. Az approximációs és merevségi mátrix, a csomóponti terhelésvektor. Az elemek összeillesztése, a peremfeltételek figyelembevétele. Nagyméretű lineáris algebrai egyenletrendszerek megoldása. A végeselem módszerrel kapott közelítő megoldás pontossága.
6. Rúdszerkezetek szilárdságtani feladatainak végeselem megoldása. A Bernoulli- és a Timoshenko-féle rúdelmélet. Az elmozdulás és a szögelfordulás mezők közelítése. Síkbeli tartószerkezetek végeselem modellezése. Alakfüggvények felírása, a közelítés pontossága. A megtámasztások modellezése. Síkbeli rácsos szerkezetek végeselem számításai. A

végeselem programrendszerek jellemző felépítése. Egy végeselem programrendszer kezelésének önálló elsajátítása házi feladathoz kapcsolódóan.

7. A rugalmasságtan 2D feladatainak értelmezése és a rugalmasságtani egyenletek összefoglalása. Sík alakváltozási állapot, általánosított sík feszültségi állapot, forgásszimmetrikus geometriájú és terhelésű testek feladatai.
8. Az izoparametrikus közelítés elve. Leképezés, az alakfüggvények felépítése lineáris és kvadratikus közelítés esetén. Elemek degenerációja. A leggyakrabban előforduló Lagrange- és Hermite-féle interpolációs eljárás. A numerikus integritás alapgondolata, a Newton-Cotes- és a Gauss-féle kvadratúrák.
9. A rugalmasságtan 2D feladatainak megoldása izoparametrikus elemekkel. A peremfeltételek geometriai, mechanikai tartalma, optimális feszültségszámítás. Forgásszimmetrikus geometriájú és nem forgásszimmetrikus terhelésű feladatok végeselem megoldása. 2D feladatok végeselem modellezési kérdései.
10. A fogszám növelési technika, p-verziós végeselemek. Fokszám növelés rácsos szerkezetek és hajlított-nyírt, húzott-nyomott tartószerkezetek esetén. A fokszám növelési technika kiterjesztése 2D feladatokra. Négyszög elemek hierarchikus alakfüggvényei. Térbeli (3D) feladatok megoldása izoparametrikus hexaéder, pentaéder és tetraéder elemekkel.
11. Az elmozdulás mező felületi lokalizációja a felületen megoszló terhelés redukciója. Modellezési kérdések. A megtámasztások modellezése 2D és 3D esetben, a rugalmas kapcsolódás (ágyazás) az excentrikus kapcsolat és a kinematikai terhelés figyelembe vétele, a tengely-, sík- és szektorszimmetria kezelése.
12. Vékony és vastag héj és lemezszerkezetek mechanikai modellezése. A Kirchhoff-Love és a Reissner-Mindlin-féle héj- és lemezelmélet. Élerők és élnyomatékok. Héj- és lemezszerkezetek végeselem számítása, élek, bordázat és rudas merevítések modellezése. Rétegelt, kompozit anyagú héj és lemezszerkezetek számításai.
13. Testek, alkatrészek érintkezési feladatainak végeselem megoldásai. A statikus kondenzáció – alszerkezet technika, visszavezetés matematikai programozási feladatra, iterációs megoldások.

Választási lehetőség az utolsó két hétre:

a) változat

14. A végeselem módszer alkalmazása dinamikai feladatokra. A D'Alembert elv és a Hamilton-féle variációs elve, tömegmátrix és mozgásegyenlet-rendszer. A mozgásegyenlet-rendszer idő interálása.
15. Rezgéstani feladatok végeselem megoldása. Komplex szabad rezgőrendszerek sajátfrekvenciáinak és rezgésképeinek közelítő meghatározása. Nagyméretű sajátérték feladatok iterációs megoldásai. Gerjesztett rezgések.

b) változat

14. A stacionárius és az instacionárius hővezetés differenciálegyenletének származtatása a termodinamika 2. főtételéből. A stacionárius hővezetési feladat végeselem diszkreditációja, a hőmérsékleti mező közelítése. Mechanikai analógia.
15. Az instacionárius hővezetési feladat végeselem egyenlet-rendszerének idő integrálása. Hőfeszültségek számítása.

Ajánlott szakirodalom:

Égert J. – Keppler I.: A végeselem módszer mérnöki alkalmazásai, Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2007.

Páczelt I.: Végeselem-módszer a mérnöki gyakorlatban, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1999.

Ajánlott szakirodalom:

M. Csizmadia B., Nándori E.: Mechanika Mérnököknek – Szilárdságtan, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999.

Berlioz A., Trompette Ph.: Solid Mechanics using the Finite Element Method, John Wiley & Sons Inc., 2010.

Smith I. M., Griffiths D. V.: Programming the Finite Element Method, John Wiley & Sons Inc., 2004.

Zienkiewicz O. C., Taylor R.L.: The Finite Elemet Method, Vol. 1.: The Basis, Butterworth – Heinemann, 2000.

Zienkiewicz O. C., Taylor R.L.: The Finite Elemet Method, Vol. 2.: Solid Mechanics, Butterworth – Heinemann, 2000.

Richter W.: Numerische Lösung partieller Differentialgleichungen mit der Finite-Elemente-Methode, Vieweg Verlag, 1986.

Reddy J. N., Gartling D. K.: The Finite Element Method in Heat Tranfer and Fluid Dynamics, CRC Press, 2001.

A tantárgy elismerésének feltételei:

Két évközi házi feladat elkészítése, beadása és megvédése.
A tárgy ismeretanyagából szóbeli vizsga.