



## Sonlu elemanlar metodu

### I.KISIM: Yer değiştirme metodu

<b>1. Giriş, amaç</b>	<b>7</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amaç</li> <li>• Metodun öncüleri</li> <li>• SEM nerede kullanılır?</li> <li>• SEMin özü nedir?</li> <li>• Sonlu elemanlar uygulama alanları ve modelleme örnekleri</li> </ul>	
<b>2. Notasyon, varsayımlar, tanımlar, temel bağıntılar</b>	<b>15</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matris ve skaler</li> <li>• Genel koordinat sistemi</li> <li>• Yerel koordinat sistemi</li> <li>• Malzeme, Yükler, Yer ve Şekil değiştirmeler</li> <li>• Çözüm(analiz) yöntemi</li> <li>• Taşıyıcı sistemler</li> <li>• Elastik cismin temel bağıntıları</li> <li>• Denge denklemleri</li> <li>• Şekil değiştirme-yer değiştirme bağıntıları</li> <li>• Gerilme-Şekil değiştirme bağıntıları</li> <li>• İki eksenli durum</li> <li>• Düzlem gerilme durumu</li> <li>• Düzlem Şekil değiştirme durumu</li> <li>• Bir eksenli durum</li> <li>• Problem türleri ve çözüm yöntemleri</li> </ul>	
<b>3. İç, toplam potansiyel, toplam potansiyelin minimum olma kuralı, RİTZ metodu</b>	<b>29</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekil bir kuvvetin işi</li> <li>• Cismin diş kuvvetlerinin işi</li> <li>• Cismin iç kuvvetlerinin işi</li> <li>• Yer değiştirmenin sanal işi</li> <li>• Enerji ve potansiyel</li> <li>• Sistemin toplam potansiyeli</li> <li>• Toplam potansiyelin minimum olma kuralı</li> <li>• RİTZ metodu</li> <li>• Teorik ve sayısal uygulamalar</li> </ul>	
<b>4. Sonlu Elemanlar Yer Değiştirme Metodu, modelleme, tanımlar</b>	<b>40</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellemede yapılan varsayımlar</li> <li>• Modelleme ve yapılan varsayımların getirdiği kolaylıklar</li> <li>• Modelleme sonucu ortaya çıkan sorunlar</li> <li>• 4.1 Tanımlar</li> <li>• Modellemek, model</li> <li>• Genel koordinat sistemi</li> <li>• Yerel koordinat sistemi</li> <li>• Düşüm noktası numarası</li> <li>• Eleman numarası</li> <li>• Sistem diş yükleri</li> <li>• Sistem yer değiştirmeleri</li> <li>• Düşüm serbestlik derecesi</li> <li>• Sistemin serbestlik derece</li> <li>• Sistem yük vektörü</li> <li>• Sistem yer değiştirmeleri vektörü</li> <li>• Eleman genel yer değiştirmeler</li> <li>• Eleman genel kuvvetleri</li> <li>• Eleman genel yer değiştirme ve kuvvet vektörü</li> <li>• Eleman yerel yer değiştirmeleri</li> <li>• Eleman yerel kuvvetleri</li> <li>• Eleman yerel yer değiştirme ve yerel kuvvet vektörü</li> <li>• 4.2 Transformasyon matrisi</li> <li>• Düzlem kafes elemanın transformasyon matrisi, sayısal örnekler</li> <li>• Uzay kafes elemanın transformasyon matrisi, sayısal örnekler</li> </ul>	
<b>5. RİTZ metodunun elemana uygulanması, elemanın toplam rijitlik matrisi</b>	<b>49</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5.1 Düzlem kafes elemanının yer değiştirme fonksiyonu, RİTZ uygulaması</li> <li>• 5.2 Elemanın yerel koordinatlarda toplam potansiyeli ve yerel rijitlik matrisi</li> <li>• 5.3 Elemanın yerel denge koşulu</li> <li>• 5.4 Elemanın genel koordinatlarda toplam potansiyeli ve genel rijitlik matrisi</li> <li>• 5.5 Elemanın genel denge koşulu</li> </ul>	
<b>6. Sistemin toplam potansiyeli, rijitlik matrisi ve kurulması</b>	<b>56</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.1 Sistemin noktalarında süreklilik koşulu</li> </ul>	

• Sistem yükleri ile eleman genel kuvvetleri arasındaki bağıntı	
• 6.2 Sistemin toplam potansiyeli ve rijitlik matrisi	
• 6.3 Sistemin denge koşulu	
• 6.4 Sistemin sınır(mesnet) koşullarının işlenmesi	
• Sistem rijitlik matrisinin özellikleri	
• 6.5 Reaksiyonların hesabı	
• Sınır koşulunun mesnet çökmesi içermesi durumu	
• 6.6 Sistem rijitlik matrisinin direkt kurulması	
<b>7. Kafes sistem sayısal örnekleri</b>	<b>63</b>
• 7.1 Düzlem kafes sistem sayısal örneği 1	
• 7.2 Düzlem kafes sistem sayısal örneği 2	
• 7.3 Uzay kafes sistem sayısal örneği 1	
<b>8. Sürekli giriş elemanı rijitlik matrisi</b>	<b>75</b>
• 8.1 Yüksüz giriş elemanı	
• Sayısal örnek 8.1	
• Yüksüz elemanın toplam potansiyeli	
• Yüksüz elemanın denge koşulu	
• Teorik örnek 8.1	
• Sayısal örnek 8.2	
• 8.2 Yüklü elemanın eşdeğer düğüm yükleri	
• Düzgün yayılı yükün eşdeğer düğüm yükleri	
• Tekil yükün eşdeğer düğüm yükleri	
• Eşdeğer yüklerin sistem düğümlerine aktarılması	
• Yüklü elemanın toplam potansiyeli ve denge koşulu	
• Sayısal örnek 8.3	
• Sayısal örnek 8.4	
• Sayısal örnek 8.5	
• 8.6 Ara noktalarda iç kuvvet hesabı, grafik çizimi	
<b>9. Düzlem çerçeve elemanı rijitlik ve transformasyon matrisi</b>	<b>89</b>
• 9.1 Yerel rijitlik matrisi	
• 9.2 Düzlem çerçeve elemanın yerel denge koşulu	
• 9.2 Düzlem çerçeve elemanın transformasyon matrisi	
• 9.3 Düzlem çerçeve elemanın genel rijitlik matrisi	
• 9.4 Yüklü elemanın eşdeğer düğüm yükleri	
• Sayısal örnek 9.1	
• Sayısal örnek 9.2	
•	
<b>10. Düzlem kaset sistem</b>	<b>100</b>
• 10.1 Kaset eleman bağıntıları	
• Sayısal örnek 10.1	
<b>11. Uzay çerçeve elemanı</b>	<b>106</b>
• 11.1 Uzay çerçeve elemanın bağıntıları	
• Sayısal örnek 11.1	
<b>12. Üçgen levha eleman, düzlem gerilme durumu</b>	<b>114</b>
• 12.1 Üçgen levha elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonları(Ritz fonksiyonları)	
• Şekil değiştirme - yer değiştirme bağıntıları	
• Gerilme- şekil değiştirme bağıntıları	
• Elemanın toplam potansiyeli ve rijitlik matrisi	
• Sayısal örnek 12.1	
• Örnek 12.2	
• Örnek 12.3	
<b>13. Üçgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu</b>	<b>126</b>
• 13.1 Üçgen levha elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonları(Ritz fonksiyonları)	
• Şekil değiştirme - yer değiştirme bağıntıları	
• Gerilme- şekil değiştirme bağıntıları	
• Elemanın rijitlik matrisi	
• Sayısal örnek 13.1	
• Ek bilgiler	
<b>14. Dörtgen levha eleman, düzlem gerilme durumu</b>	<b>132</b>
• 14.1 Dörtgen levha elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonları(Ritz fonksiyonları)	
• Şekil değiştirme - yer değiştirme bağıntıları	
• Gerilme- şekil değiştirme bağıntıları	
• Elemanın rijitlik matrisi	
• Sayısal örnek 14.1	

<b>15. Dörtgen levha eleman, düzlem şekil değiştirme durumu</b>	<b>139</b>
• 15.1 Dörtgen levha elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonları(Ritz fonksiyonları):	
• Şekil değiştirme - yer değiştirme bağıntıları:	
• Gerilme- şekil değiştirme bağıntıları:	
• Elemanın rijitlik matrisi	
• Sayısal örnek 15.1	
<b>16. Dikdörtgen plak eleman</b>	<b>143</b>
• 16.1 Dikdörtgen plak elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonu ve rijitlik matrisi	
• Sayısal örnek 16.1	
<b>17. Üçgen plak eleman</b>	<b>149</b>
• 17.1 Üçgen plak elemanın bağıntıları	
• Elemanın yer değiştirme fonksiyonu	
• Yerel sınır sınır koşulları	
• Elemanın yerel rijitlik matrisi	
• Elemanın transformasyon matrisi	
• Yorum	
<b>18. Kısa ek bilgiler</b>	<b>153</b>
• 18.1 Yüksek serbestlik dereceli eleman tipleri	
• 18.2 Modelleme hakkında	
• 18.3 Kullanıcı hataları	
• 18.4 Profesyonel yazılımlar	
<b>19. II. Kısım: Sonlu elemanlar kuvvet metodu</b>	<b>157</b>
<b>20. Tanımlar</b>	<b>160</b>
<b>20.1 Temel bağıntılar: İzostatik sistem</b>	
• Sistemin denge denklemleri	
• Elemanların esneklik matrisi ve göreceli yer değiştirmeleri	
• Sistemin göreceli yer değiştirmeleri ve esneklik matrisi	
• Sistemin yer değiştirmeleri	
<b>20.2 Temel bağıntılar: Hiperstatik sistem</b>	
• Sistemin denge denklemleri	
• Matematik bilgi	
• temin süreklilik koşulu	
• Sistemin düğümlerindeki yer değiştirmelerinin hesaplanması	
• Yapı statik kuvvet metodu ile ilişki	
<b>21. İzostatik esas sistemin otomatik seçimi, <math>B_0</math> ve <math>B_x</math> matrislerinin hesabı</b>	<b>168</b>
<b>21.1 <math>B_0</math> ve <math>B_x</math> matrislerinin sayısal hesap yöntemleri</b>	
• Gauss-Jordan Tekniği temelli, satırda pivot arama-kolonlara yer değiştirme yöntemi ile $B_0$ ve $B_x$ hesabı	
• Gauss indirgeme metodu temelli, satırda pivot arama-kolonlara yer değiştirme yöntemi ile $B_0$ ve $B_x$ hesabı	
• Gauss indirgeme metodu temelli, kolonda pivot arama-satırlara yer değiştirme yöntemi ile $B_0$ ve $B_x$ hesabı	
• Sayısal örnek	
<b>22. Eleman tipleri ve matrisleri</b>	<b>183</b>
22.1 Düzlem kafes eleman matrisleri	
22.2 Uzay kafes eleman matrisleri	
22.3 Düzlem çerçeve eleman matrisleri	
22.4 Uzay çerçeve eleman matrisleri	
22.5 Üçgen levha eleman matrisleri- Düzlem gerilme	
22.6 Dörtgen levha eleman matrisleri- Düzlem gerilme	
22.7 Dörtgen plak eleman matrisleri	
<b>23. Sistem denge denklemlerinin direkt kurulması</b>	<b>197</b>
<b>24. Özel durumlar</b>	<b>202</b>
24.1 Eleman üzerinde yük olması	
24.2 Mafsal tanımlamak	
24.3 Mesnet çökmesi, üretim hatası	
24.4 Elastik mesnet(yay) tanımlamak	
24.5 Elastik birleşimli(kısmi bağlı) eleman tanımlama	
<b>25. SEM2015 programı ve kullanımı</b>	<b>207</b>
<b>26. Düzlem kafes örnek çözümleri</b>	<b>217</b>
<b>27. Uzay kafes örnek çözümleri</b>	<b>227</b>
<b>28. Sürekli kiriş örnek çözümleri</b>	<b>234</b>
<b>29. Düzlem çerçeve örnek çözümleri</b>	<b>244</b>
<b>30. Uzay çerçeve örnek çözümleri</b>	<b>255</b>
<b>31. Uzay çerçeve-kaset örnek çözümleri</b>	<b>267</b>

<b>32. Dörtgen levha-düzlem gerilme örnek çözümleri</b>	<b>274</b>
<b>33. Üçgen levha-düzlem gerilme örnek çözümleri</b>	<b>276</b>
<b>34. Dörtgen plak örnek çözümleri</b>	<b>284</b>
<b>35. Karma sistem örnek çözümleri</b>	<b>297</b>
<b>36. Basit kuvvet metodu</b>	<b>326</b>
<b>EKLER</b>	<b>331</b>
EK1: Sürekli giriş elemanı ankastrilik kuvvetleri	
EK2: Kaset eleman elemanı ankastrilik kuvvetleri	
EK3: Düzlem çerçeve elemanı ankastrilik kuvvetleri	
EK 4: Uzay çerçeve elemanı ankastrilik kuvvetleri	
EK5: Kesit sabitleri	
EK6: Matris notasyonu, matris işlemleri (Özet)	
<b>Kaynaklar</b>	<b>346</b>