

Şekil 10(a), 11(a), 12 (a) ve 13 (a) ANSYS ile elde edilen sonuçlar olan σ_{xx} , σ_{yy} ve σ_{VM} da 1, 2 ve 3 çizgileri (çizgilerin tanımlaması için Şekil 9'a bakın) için gösterilmiştir. Şekil 10 (b), 11 (b), 12 (b) ve 13 (b) grafikleri sonlu elemanlar yöntemi sonuçlarından elde edilen tekillikleri daha rahat belirleyebilmek için ait oldukları eğrilerin içinden çıkartılarak büyütülmüştür.

ANSYS çözümünün eğrileri çift logaritmik çizgiler olarak bulunduğu bölgeler için şekil 10 (b), 11 (b), 12 (b) ve 13 (b) görülmektedir. Bu çizgiler Excel çizelgesi kullanılarak oluşturulan tablolardan elde edilmiştir. Yeterli derecedeki çizgilerin denklemleri tabloda şu formda listelenmektedir.

$$y = \alpha \cdot x + b \quad (7)$$

Buradan gerilim tekilliğinin mertebesi şu şekilde elde edilir

$$\lambda = a + 1 \quad (8)$$

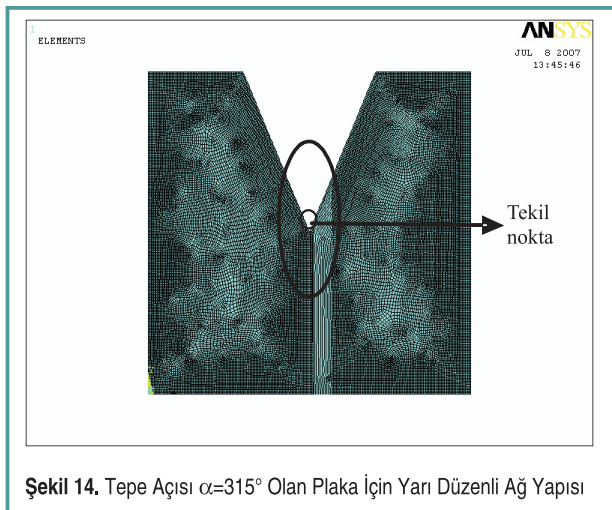
Tablo 1'de bu yolla elde edilen sonuçlar listelenmiştir.

Tablo 1. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 315° Köşe Açısı İçin Çok Düzenli Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Mertebeleri

315 Derece Çok Düzenli Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansysis	Sayısal
sigma VM, Çizgi 1	0,3508	0,505
sigma XX, Çizgi 1	0,4034	0,505
sigma YY, Çizgi 1	0,3866	0,505
sigma YY, Çizgi 2	0,5029	0,505
sigma YY, Çizgi 3	0,5029	0,505

315 Derece – Yarı Düzenli Ağ

Şekil 14, tepe açısı 315° olan bir plaka için yarı düzenli ağ yapısını göstermektedir. Model boyunca element büyüklükleri sabittir. Bu ağ yapısı toplamda 99.043 adet düğüm noktası ve 32.702 adet element içermektedir.



Sonuçların Tabloda Gösterimi

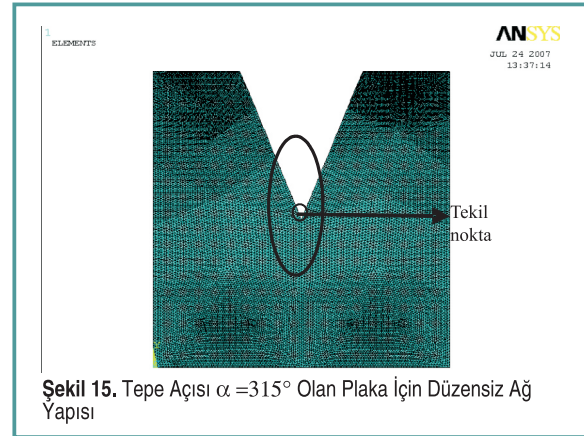
Yarı düzenli ağ yapısı için elde edilen sonuçlar, düzenli ağ yapısındaki gibi grafiğe aktarılıp incelenmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de görülebilir.

Tablo 2. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 315° Köşe Açısı İçin Yarı Düzenli Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Mertebeleri

315 Derece Yarı Düzenli Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansysis	Sayısal
sigma VM, Çizgi 1	0,3479	0,505
sigma XX, Çizgi 1	0,3472	0,505
sigma YY, Çizgi 1	0,3576	0,505
sigma YY, Çizgi 2	0,5053	0,505
sigma YY, Çizgi 3	0,5053	0,505

315 Derece – Düzensiz Ağ

Şekil 15 tepe açısı 315° olan bir plaka için düzensiz ağ yapısını göstermektedir. Model boyunca element büyüklükleri sabittir. Bu ağ yapısı toplamda 78.616 adet düğüm noktası ve 25.920 adet element içermektedir.



Sonuçların Tabloda Gösterim

Düzensiz ağ yapısı için elde edilen sonuçlar, düzenli ağ yapısındaki gibi grafiğe aktarılıp incelenmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 3'te görülebilir.

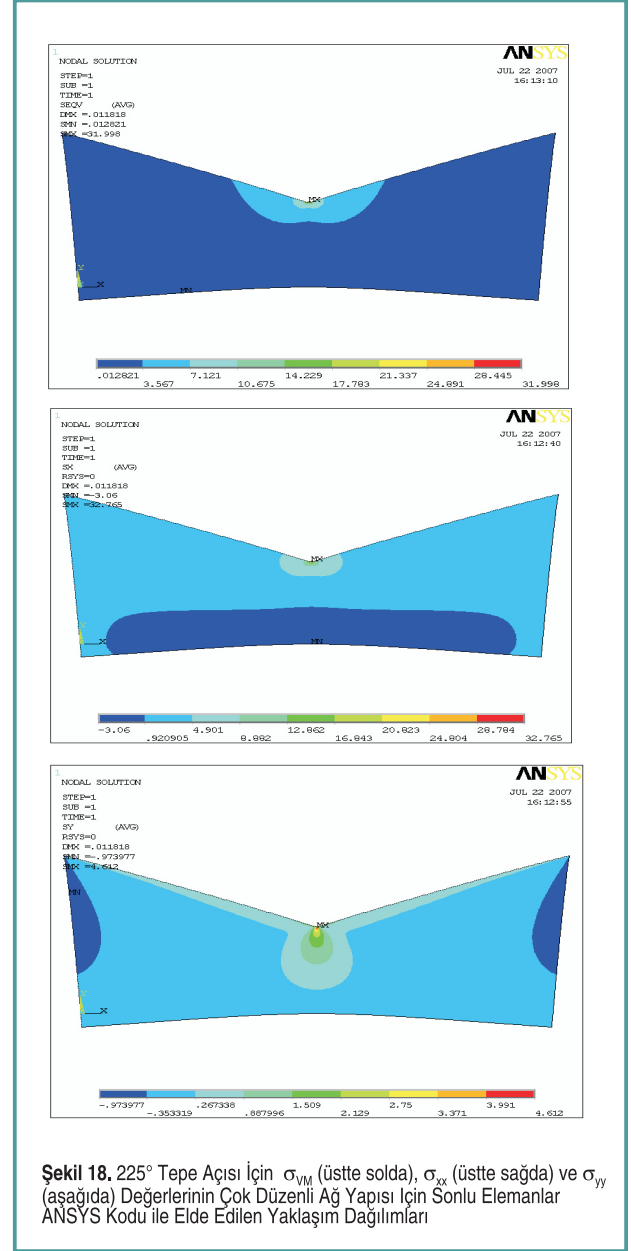
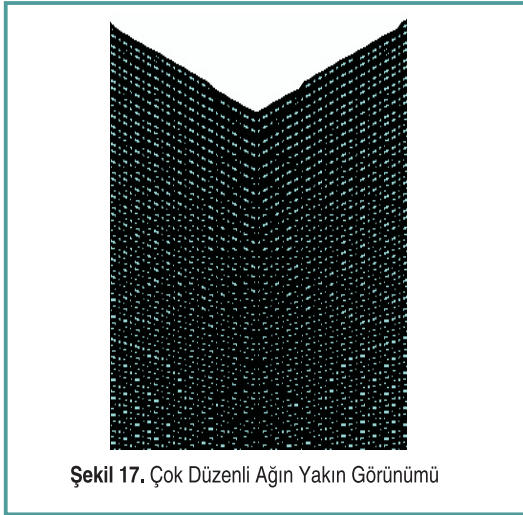
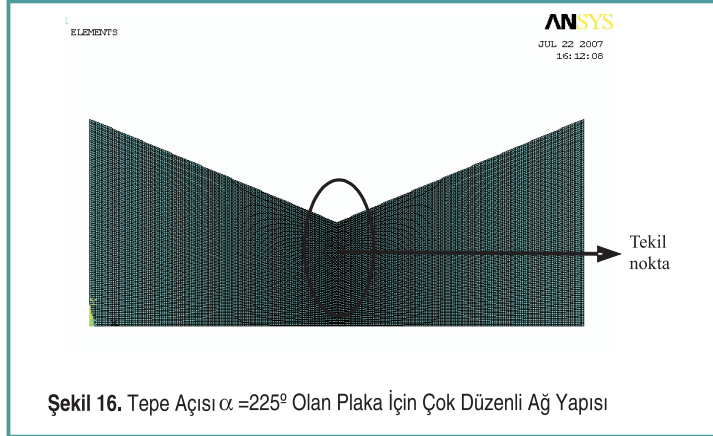
Tablo 3. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 315° Köşe Açısı İçin Düzensiz Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Mertebeleri

315 Derece Düzensiz Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansysis	Sayısal
sigma VM, Çizgi 1	0,3173	0,505
sigma XX, Çizgi 1	0,3263	0,505
sigma YY, Çizgi 1	0,4837	0,505
sigma YY, Çizgi 2	0,5080	0,505
sigma YY, Çizgi 3	0,5080	0,505

225 Derece Tepe Açısı İçin Sonuçlar

225 Derece-Düzenli Ağ

Şekil 16, tepe açısı 225° olan bir plaka için çok düzenli ağ yapısını göstermektedir. Model boyunca element büyüklükleri sabittir. Bu ağ yapısı toplamda 79.325 adet düğüm noktası ve 26.200 adet element içermektedir. Şekil 17'de tekillik bölgesini içeren ağ bölgesi daha yakından görülmektedir.



Aşağıda gerilim bileşenlerinin sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçları ve tekil nokta yakınındaki eşdeğer gerilim eşitlikleri $\alpha=225^\circ$ ve çok düzenli ağ için verilmiştir.

Sonuçların Grafikleri

Log-log grafikleri gerilim tekilliği için analitik çözümü ve sonlu elemanlar yaklaşımı sonuçlarını karşılaştırabilmek için kullanılmıştır. Gerilim yoğunluk faktörü K analitik çözüm için değerlendirilmemiştir ve analitik eğrilerin sapmaları uygunluğa göre seçilmiştir.

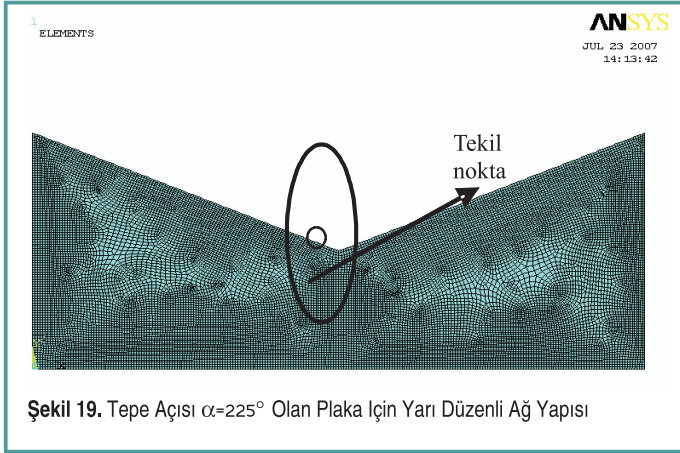
225° düzenli ağ yapısı için elde edilen sonuçlar, 315° düzenli ağ yapısındaki gibi grafiğe aktarılıp incelenmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 4'te görülebilir.

Tablo 4. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 225° Köşe Açısı İçin Çok Düzenli Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Dereceleri

225 Derece Çok Düzenli Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansyes	Sayısal
Sigma VM, Çizgi 1	0,5306	0,6736
Sigma XX, Çizgi 1	0,5360	0,6736
Sigma YY, Çizgi 1	0,5707	0,6736
Sigma YY, Çizgi 2	0,6174	0,6736
Sigma YY, Çizgi 3	0,6174	0,6736

225 Derece – Yarı Düzenli Ağ

Şekil 19 tepe açısı 225° olan bir plaka için yarı düzenli ağ yapısını göstermektedir. Model boyunca element büyüklükleri sabittir. Bu ağ yapısı toplamda 53.751 adet düğüm noktası ve 17.682 adet element içermektedir.



Şekil 19. Tepe Açısı $\alpha=225^\circ$ Olan Plaka İçin Yarı Düzenli Ağ Yapısı

Sonuçların Tabloda Gösterimi

225° yarı düzenli ağ yapısı için elde edilen sonuçlar, 315° düzenli ağ yapısındaki gibi grafiğe aktarılıp incelenmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 5'te görülebilir.

Tablo 5. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 225° Köşe Açısı İçin Yarı Düzenli Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Mertebeleri

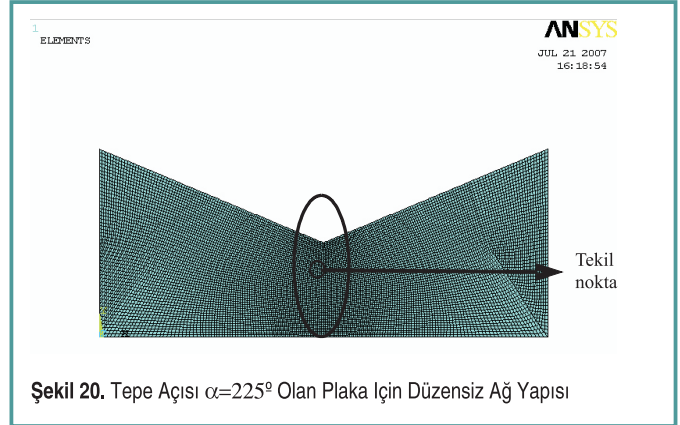
225 Derece Yarı Düzenli Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansys	Sayısal
sigma VM, Çizgi 1	0,5593	0,6736
sigma XX, Çizgi 1	0,6658	0,6736
sigma YY, Çizgi 1	0,6734	0,6736
sigma YY, Çizgi 2	0,6288	0,6736
sigma YY, Çizgi 3	0,6288	0,6736

215 Derece – Düzensiz Ağ

Şekil 20, tepe açısı 225° olan bir plaka için düzensiz ağ yapısını göstermektedir. Model boyunca element büyüklükleri sabittir. Bu ağ yapısı toplamda 61.723 adet düğüm noktası ve 30.618 adet element içermektedir.

Sonuçların Tabloda Gösterimi

225° düzensiz ağ yapısı için elde edilen sonuçlar, 315° düzenli ağ yapısındaki gibi grafiğe aktarılıp incelenmiştir. Grafiklerden elde edilen sonuçlar Tablo 6'da görülebilir.



Şekil 20. Tepe Açısı $\alpha=225^\circ$ Olan Plaka İçin Düzensiz Ağ Yapısı

Tablo 6. Sonlu Elemanlar Kullanılarak 225° Köşe Açısı İçin Düzensiz Ağ Sisteminden Elde Edilen Gerilme Tekillik Mertebeleri

225 Derece Düzensiz Ağ	Tekillik Değerleri	
	Ansys	Sayısal
sigma VM, Çizgi 1	0,5034	0,6736
sigma XX, Çizgi 1	0,4951	0,6736
sigma YY, Çizgi 1	0,6268	0,6736
sigma YY, Çizgi 2	0,6298	0,6736
sigma YY, Çizgi 3	0,6298	0,6736

SONUÇ

Bütün bu sonuçlara göre tepe açısı 315° için analitik sonuçlara en yakın ANSYS sonuçları, yarı düzenli ağın (semi-free mesh) 2-3 doğrusu üzerinde görülebilir. Ayrıca tüm bu sonuçlar doğru 1 ve doru 2-3 olarak kategorize edilecek olursa doğru 1 için düzensiz ağ sigma yy ve doğru 2-3 için yarı düzenli ağ sigma yy analizlerinden en yakın sonuçlar elde edildiği görülebilir.

Aynı yöntem tepe açısı 225° için uygulanacak olursa analitik sonuçlara en yakın ANSYS sonuçları 1 doğrusu için yarı düzenli ağda (semi free mesh) olduğu açıkça görülebilir. 315° derecedeki gibi kategorize edilirse sonuçlar doğru 1 ve doğru 2-3 olarak iki bölüm halinde incelenmelidir. Doğru 1 için en iyi sonuç yarı düzenli ağ (semi free mesh) sigma yy ve doğru 2-3 için en iyi sonuç düzensiz ağ (free mesh) sigma yy analizlerinden elde edildiği açıkça görülmektedir.

Üzerinde çalıştığımız iki ayrı açı için elde edilen sonuçlar bize tekrar girilebilir köşe bölgelerindeki gerilim tekilliklerinin sonlu elemanlar uygulamalarına göre çok çeşitli farklılıklar oluşturabileceğini göstermiştir. Bu durumu oluşturan faktörler; düğüm noktaları ve elementlerin sayıları, element tipleri, modelleme, meshlerin ve mesh tiplerinin dağılımı olarak sıralanabilir. Şu açıktır ki düğüm noktaları ve

elementlerin sayıları optimum düzeye yaklaştıkça sonuçlar daha da güvenilir hâle gelmektedir. Ayrıca modelleme sırasında görülmüştür ki farklı model yaklaşımlarının sonuçlar üzerinde kritik etkileri olmuştur. Bu etki 225 ve 360 derece açılarının modellemelerinde görülmüştür. Doğru 1 225 derece için en yakın sonuçları içerir; fakat 315 derece için en yakın sonuçlar doğru 2-3 üzerinde elde edilmiştir. Şüphesiz ki mesh dağılımlarının ve tiplerinin sonuçlar üzerinde önemli etkileri vardır. Bu yüzden bu çalışmada üç farklı tipi (Mapped Mesh, Semi Free Mesh ve Free Mesh) kullanılmıştır.

Son olarak sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlar gerçek verilere göre yaklaşık sonuçlardır ve şu da çok açıktır ki yaklaşım ile elde edilen sonuçlar hiçbir zaman gerçek sonuçlar kadar kesin olmaz. Bu yüzden metodun uygunluğuna göre sonuçların bazı durumlarda analitik sonuçlardan çok farklı veya analitik sonuçlara yaklaşık olarak ortaya çıkması normal karşılanmalıdır.

SEMBOLLER

- r Tekil noktaya uzaklık (m)
σ Gerilme (Pa)
k Gerilme yoğunluk faktörü ($\text{Pa m}^{-3/2}$)
λ Düzenli gerilme tekilliği
α Tepe açısı

KAYNAKÇA

1. **Body, D. B.** 1971. "Two Edge-bonded Elastic Wedges of Different Materials and Wedge Angle Traction," J. Appl. Mech., 38, No. 3, p. 377-386.
2. **Williams, M.L.** 1952. "Stress Singularities Resulting From Various Boundary Conditions in Angular Corners of Plates in Extension," ASME J. Appl. Mech., 19 4, p. 526-528
3. **Zhang, Y., Taylor, D.** 2000. "Sheet Thickness Effect of Spot Welds Based On Crack Propagation" Engineering Fracture Mechanics, 67, p. 55-63.
4. **Hattori, By T., Nakamura a, M., Watanabe, T.** 2003. "Simulation of Fretting-fatigue Life By Using Stress-Singularity Parameters and Fracture Mechanics," Tribology International, Volume 36, Number 2, p. 87-97.
5. Newton - Raphson method http://numericalmethods.eng.usf.edu/mws/gen/03nle/mws_gen_nle_txt_newton.pdf
6. Matlab® 1994-2007 The MathWorks, Inc.
7. **Hertzberg, R.** 1996. Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, John Wiley and Sons, New York, USA.
8. **Masazumi Amagai** 1998. "Investigation of Stress Singularity Fields and Stress Intensity Factors For Cracks," Finite Elements in Analysis and Design, Volume 30, Number 1, p. 97-124.
9. **Huebner, K. H., Thornton, E.A.** 1982. The Finite Element Method For Engineers, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, USA.
10. Ansys,® ANSYS, Inc.

makalelerinizi online sistem üzerinden ulaştırabilirsiniz

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi

| ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.