Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Part:C, Tasarım Ve Teknoloji
GU J Sci Part:C
4(3):135-145 (2016)

Elipsel Delikli Plakalarda Oluşan Gerilmelerin Tanımlanması ve Yapay Sinir Ağları ile Tahmini

Murat Tolga OZKAN[1], Mehmet KAYGISIZ[2]

[1]*Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*
[2]*Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

Başvuru: 05/05/2016 Kabul: 23/06/2016

ÖZ

Bu çalışma kapsamında, elipsel delik açılmış plakalar üzerinde çekme kuvveti etkisi altında oluşan maksimum çekme gerilme değerlerinin hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Aynı zamanda bu plakalar üzerinde oluşan gerilme değerleri Ansys ortamında sonlu elemanlar yöntemiyle analizleri gerçekleştirilerek incelemeleri yapılmıştır. Matematiksel olarak hesaplanan gerilme değerleri, Ansys analizleri sonuçları ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış grafikler ve tablolar halinde gösterilmiştir. Bu plakalar için seçilen malzemelere ait elastisite modülleri (52500 MPa, 70000 MPa, 105000 MPa, 210000 MPa), uygulanan kuvvetler (1000 N, 2000 N, 3000 N, 4000 N, 5000 N, 10000 N, 15000 N, 20000 N) parametrik olarak uygulanmıştır. Farklı mesh boyutlarına göre sonuçlarında oluşan değişimler gözlemlenmiştir. Tüm sonuçlar grafikler ve çizelgeler halinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Elipsel Delikler, Gerilme Analizi, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Yapay Sinir Ağları*

The Definition and Prediction of Stress Analysis of Plates with Elliptic Hole by Artificial Neural Networks

ABSTRACT

In this study, maximum tensile stress values on plates with elliptic hole which are exposed to tensile strength have been calculated. These calculations have been modelled by Artificial Neural Networks (ANN). Besides, finite elements analysis has been modelled and investigated using Ansys software. Emprical, FEA and ANN results were compared and shown on graphics and tables. Loads (1000N, 2000N, 3000N, 4000N, 5000N, 10000N, 15000N, 20000N) and Young's Modulus (52500MPa, 70000MPa, 105000MPa, 210000MPa) values have been assumed as parametric inputs. Ansys results were taken under different mesh sizes on plates. All results were shown on charts and images.

Keywords*: Elliptical Holes, Finite Element Analysis, Artificial Neural Networks*

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde yapay zekâ üzerine birçok çalışmalar yapılmıştır. Bunlar genel olarak bilgisayar alanında ortaya çıkmıştır. Ancak bu gibi çalışmalar makine mühendisliği ve mekatronik gibi birçok alanda da kendine yer edinmiştir. Tasarım veya uygulama yapılırken birçok hesaplama yapılması gerekmektedir ya da bu hesaplamaların bulunduğu tablolar veya grafikler incelenmektedir. Bu gibi durumlar çok fazla

♠*İletişim yazarı, e-mail: mtozkan06@yahoo.com*

zaman kaybına neden olmakta ya da tablolarda okunan değerlerin ne kadar güvenilir bir şekilde hesaplamalara dâhil edildiği veya uygulamalarda kullanıldığı da önem arz etmektedir. Bu sebeple birçok alanda tabloların incelenmesi ya da grafiklerin okunması yerine tek seferlik yapılacak bir çalışmayla yapay zekâ programları sayesinde bir çözüm yöntemi sunulabilmektedir. Örneğin, çok fazla girdisi ve çıktısı olan fonksiyonel bir uygulamaya ait bir grafiği incelemek yerine tek seferlik yapay zekâ programıyla bu incelemeyi otomatik olarak sonuçlara ulaştırabilecek bir program oluşturulabilir.

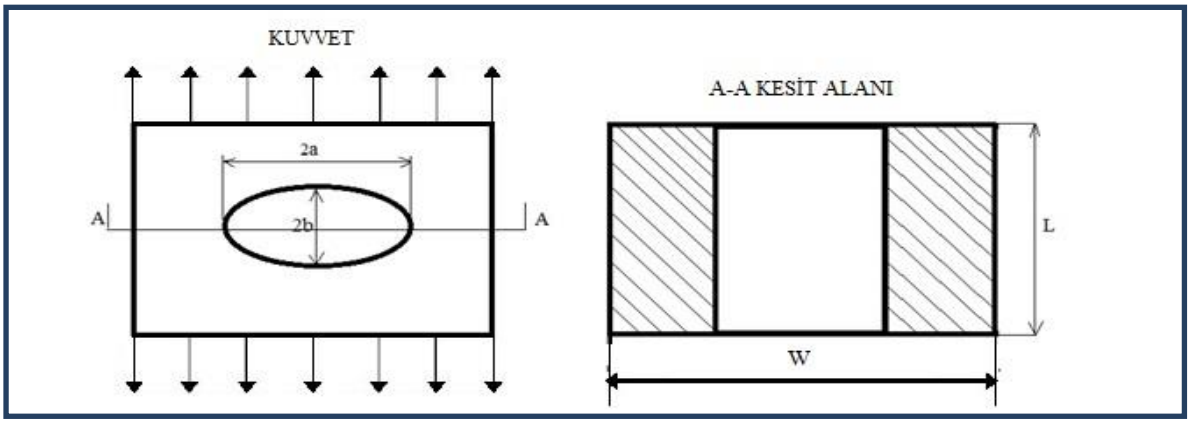
Araştırmacılar delikli plakalar üzerinde tek eksenli kuvvetlere bağlı olarak silindirik delik delinmiş malzemelere uygulanan yayılı radyal yük uygulanmasına yönelik çalışmalar yapmışlardır [1, 2, 3]. İki eksenli olarak uygulanan kuvvetler altında silindirik delik delinmiş malzemeler üzerindeki çalışmalar araştırmacılar tarafından detaylı olarak incelenmiştir [4,5]. Rybicki ve arkadaşları plaka merkezinde oluşan çatlakları ve silindirik delikleri incelemişler ve elde ettikleri sonuçları formüle etmişlerdir [6]. Crews ve arkadaşları ise ilk olarak pim bağlantılarında kullanılan dairesel delikli ortotropik laminant plakalar üzerinde gerilme değerlerini incelemişlerdir [7]. Hwai-Chung Wu ve arkadaşları ise silindirik delik delinmiş izotropik ve ortotropik plakalar ve silindirik profiller üzerindeki gerilmeleri incelemişler ve sonlu elemanlar yöntemiyle analizlerine bakmışlardır [8]. Hsing Pao ise silindirik delikli plakalarda dinamik gerilmeleri araştırmıştır. Bu gerilme değerlerinin hesaplanması için bir formül elde etmiştir [9]. Troyani ve arkadaşları ise teorik gerilme konsantrasyon faktörü üzerine çalışmışlardır. Kullandıkları profiller ise merkezde silindirik delik bulunan plakalardır. Bu plakalar üzerinde gerilme değerlerini hesaplamışlardır. Elde edilen normal gerilme değerleri içinde formül kullanmışlardır [10]. Wang, çalışmalarında silindirik delik üzerindeki gerilme konsantrasyonlarını incelemiş ve bunları yaparken birçok formülü kullanarak elde ettiği sonuçları kıyaslamıştır. Elde ettiği sonuçları grafiklerle göstermiştir [11]. Yang ve arkadaşları, silindirik delik bulunan profiller üzerinde gerilme ve şekil değiştirme konsantrasyonlarını incelemiştir. Bu çalışmalarında ise farklı kalınlıkları dikkate almış ve buna göre kıyaslamalarda bulunmuşlardır [12]. Felger ve arkadaşları, bir plaka üzerinde eliptik deliklerin kenarlarına çentikler açarak çekme gerilmesi uygulamışlar ve bu gerilmelerin altında oluşan gerilme yoğunluklarını incelemişlerdir. Bu işlemlerde parametrik olarak çentik boyuna göre gerilmelerin değişimini göz önünde bulundurmuşlardır. Matematiksel olarak elde ettikleri değerler ile sonlu elemanlar yöntemiyle elde ettikleri değerleri kıyaslamışlardır [13]. Catalanotti, hava ve uzay araçlarında kullanılan kemer bağlantılarındaki eliptik delik delinmiş kompozit laminant plakalar üzerinde uygulanan kemer bağlantıları ve diğer bağlantılar üzerinde gerilme hesaplamalarını yapmış ve sonuçları farklı çaplara göre de çıkartmıştır. Ortaya çıkarttığı sonuçları birbiri ile mukayese edip grafikler halinde sunmuştur [14]. Toubal ve arkadaşları, karbon ve epoksi esaslı dairesel kesitli delik delinmiş kompozit malzemeler üzerinde gerilme konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında INSTRON isminde elektromekanik test cihazından faydalanmışlardır. Bu çalışmaları çıkış alabilecekleri bir veri işleme sistemine göre gerçekleştirmişlerdir. Sonlu elemanlar yöntemiyle yaptıkları analizler için Abaqus'den yararlanmışlardır. Belirli parametrik olarak ayarlanmış olan boy, genişlik, delik çapı, kuvvet gibi etmenler belirlenmiştir. Hesaplamaları sonunda gerilme konsantrasyonları formül üzerine kurulmuştur [15].

Daha önce yapılmış olan gerilme ve şekil değiştirme konsantrasyon hesaplamaları genel olarak dairesel kesitli deliğe sahip profillerde ya da eliptik olan delikli profillere belirli çatlaklıklar, çentikler eklenerek oluşturulmuştur. Bu durumların hepsini göz önünde ve akıllı bir program alt yapısı ya da gelecek teknolojilere uygun olarak hazırlanmış bir yapay zeka ürünü henüz bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar matematiksel formüller esas alınarak yapılmış ve sonuçlar grafiklere dökülmüştür. Deneysel çalışma sonuçları ile teorik hesaplamalar bazen birbirlerini tutmamaktadır. Simülasyon programları yardımıyla deneysel çalışmaları modellemek mümkün olmaktadır. Böylece zaman ve ekonomik açıdan kazanç elde edilmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçların genelleştirilebilme üstünlükleri bilime katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında makine mühendisliğinde karşılaşılan eliptik delik delinmiş plakalar üzerindeki çekme gerilmeleri yapay sinir ağları ile ele alınması amaçlanmış plaka üzerine uygulanan çekme kuvvetine karşılık meydana gelen gerilme değerleri hesaplanmıştır. Bu amaçla öncelikle gerçek deney şartları ANSYS yazılımında modellenmiş ve malzeme, eliptik delik boyutları ve malzeme geometrisi parametrik olarak alınarak ANSYS ortamında analizler yapılmıştır. Bu analizler teorik hesaplamalarla kontrol edilerek çözümlerin doğruluğu onaylanmıştır. Elde edilen veriler bir ANN sisteminde modellenerek tablo okuma ve hesaplama yapma zorunluluğu ortadan kaldırılarak YSA ile bir genel sonuç elde etme metodu geliştirilmiştir.

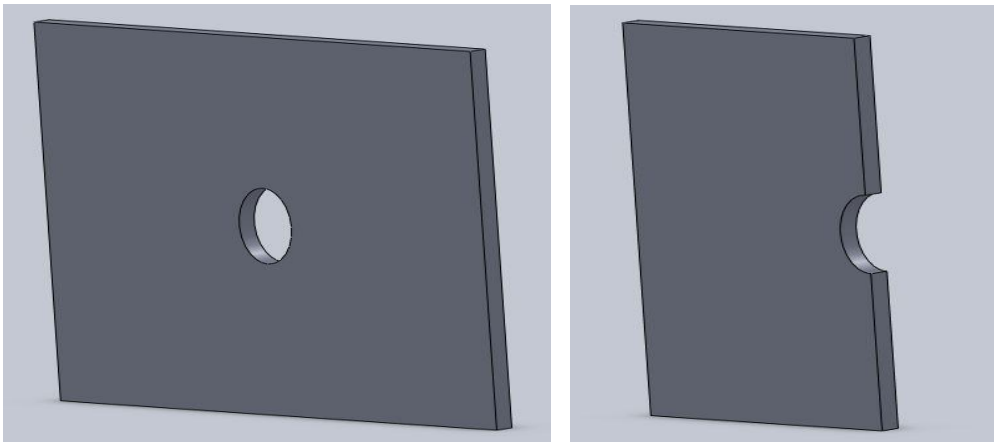
2. MALZEME VE METOT (MATERIALS AND METHOD)

Bu çalışma kapsamında, sabit kalınlıkta dikdörtgen plakalar üzerinde merkezde açılmış olan eliptik deliklerin boyutları parametrik olarak değiştirilerek katı model haline getirilmiştir. Parametrik değerler ise belli bir orana sahip olacak şekilde seçilmiştir (Şekil 1, 2, Tablo 1.). Şekil 1'deki boyutlar, Tablo 1 deki değerlere göre belli oranlarda belirlenmiştir. Modelleme ve analizler bu parametreler ışığında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Profile ait ölçülendirme bilgilerinin belirlenmesi

Şekil 1 üzerinde kesit görünümü ve üstten görünümü bulunmaktadır. W plakanın genişliği, L plaka yüksekliğini göstermektedir.



a) b)

Şekil 2. Katı Modelin Oluşturulması a) İsometrik görünüş, b) Kesit görünüş

Katı modelin a ve b parametrelerine bağlı olarak tüm varyasyonları grafikteki değerlere bağlı kalınarak Solidworks programında hazırlanmıştır. Katı model dosyaları daha sonra analizlerinin yapılması için Ansys ortamına aktarılmıştır. Tüm varyasyonlara ait katı model çizimleri için tek tek yapısal analizler yapılmıştır. Bu analizlerin yapılması için önceden parametrik olarak girilebilmesi için belirlenen malzeme ve kuvvet değerlerinin atanması gerçekleştirilmiştir. Bu değerler Tablo 1 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 1. Plakalara ait değerler

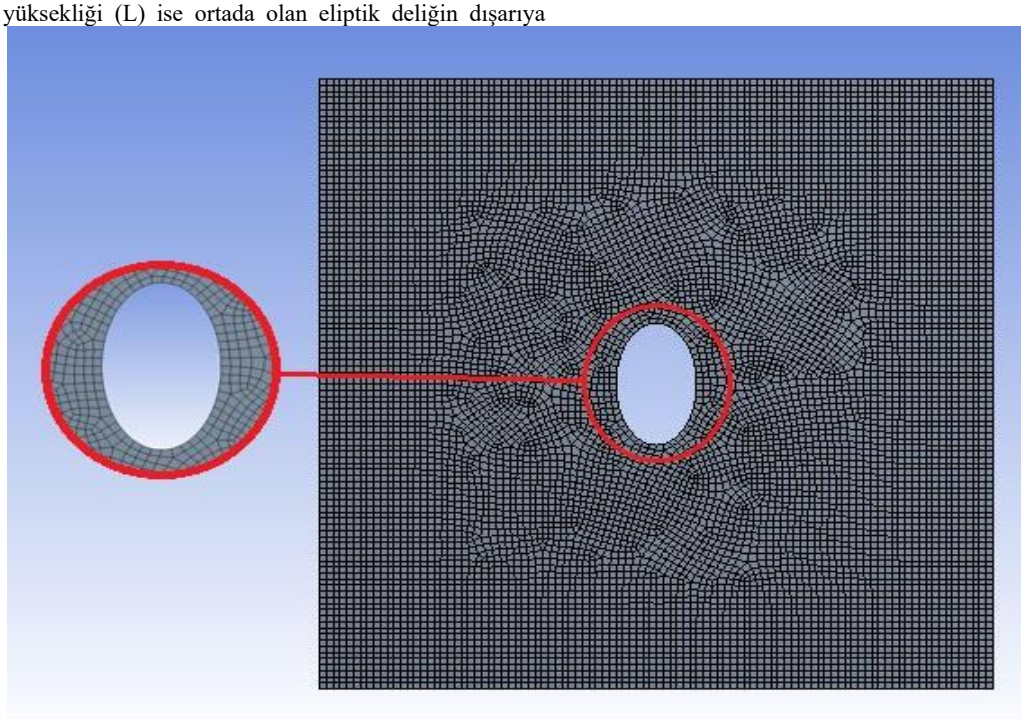
2a	2b	h	a/b	E'	E	E'/E	F	A	L	w
10	10	20	1	0	210000	0	1000	3800	100	200
15	20	30	0,75	0	210000	0	1000	5550	100	200
20	30	50	0,666667	0	210000	0	1000	9000	100	200
25	35	70	0,714286	0	210000	0	1000	12250	100	200
30	40	90	0,75	0	210000	0	1000	15300	100	200
35	45	110	0,777778	0	210000	0	1000	18150	100	200
40	50	130	0,8	0	210000	0	1000	20800	100	200

♠İletişim yazarı, e-mail: mtozkan06@yahoo.com

45	55	150	0,818182	0	210000	0	1000	23250	100	200
50	60	170	0,833333	0	210000	0	1000	25500	100	200
55	65	190	0,846154	0	210000	0	1000	27550	100	200
60	70	210	0,857143	0	210000	0	1000	29400	100	200
65	75	230	0,866667	0	210000	0	1000	31050	100	200
70	80	250	0,875	0	210000	0	1000	32500	100	200
75	85	270	0,882353	0	210000	0	1000	33750	100	200
80	90	290	0,888889	0	210000	0	1000	34800	100	200
85	95	310	0,894737	0	210000	0	1000	35650	100	200
90	100	330	0,9	0	210000	0	1000	36300	100	200
95	105	350	0,904762	0	210000	0	1000	36750	100	200
100	110	370	0,909091	0	210000	0	1000	37000	100	200

**2a: Elips Uzunluğu (mm), 2b: Elips Yüksekliği (mm), h: Plaka Yüksekliği (mm), a/b: Elips ölçü oranı, E': Delik içindeki elastisite modülü (MPa), E: Plaka elastisite modülü (MPa), E'/E: Modül Oranı, F: Kuvvet (N), A: Kesit Alanı (mm^2), L: Plaka Yüksekliği (mm), W: Plaka Genişliği (mm).*

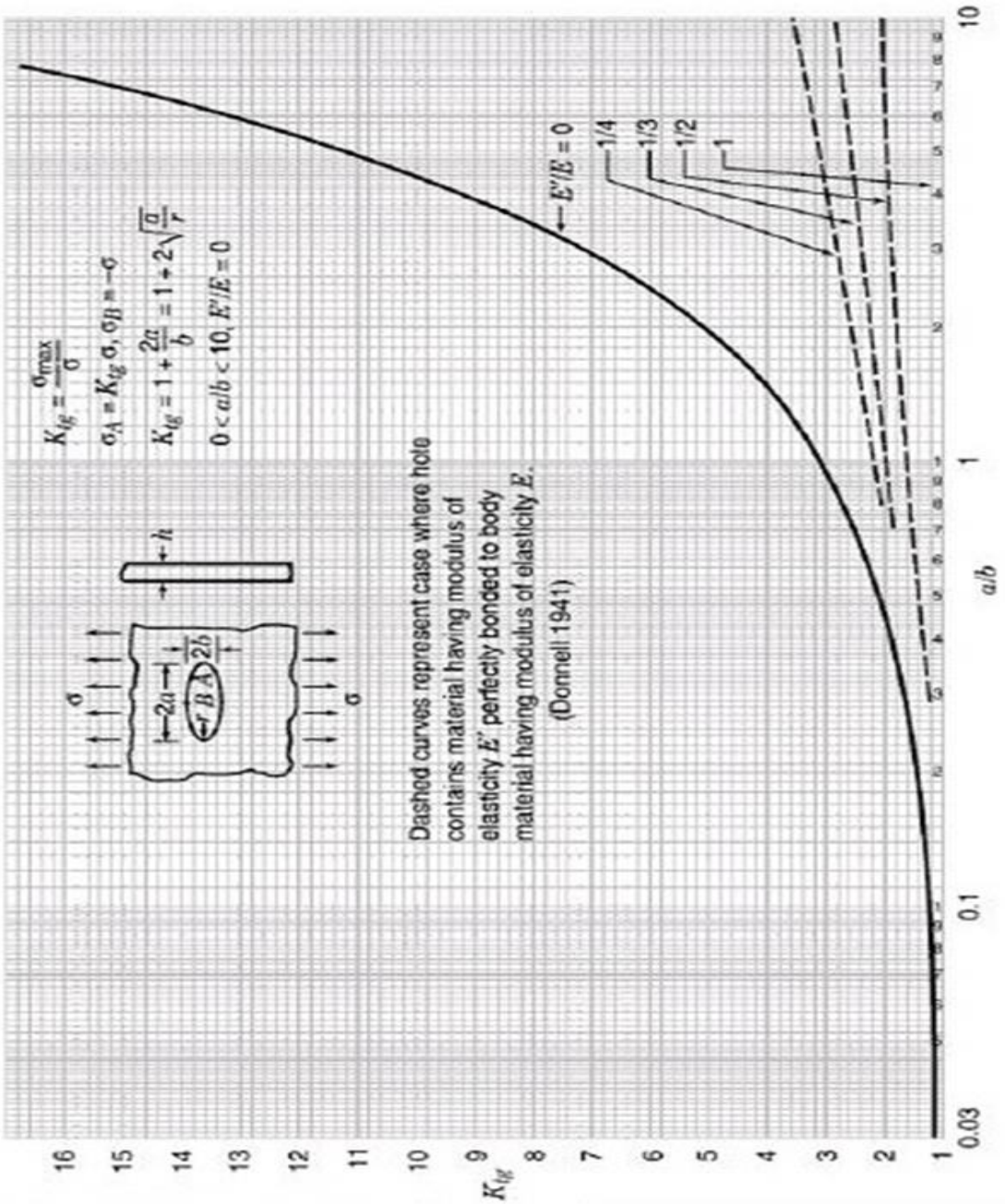
Peterson'un vermiş olduğu grafik üzerinden alınan verilerle hazırlanan değerler bir araya getirilerek girdi bilgileri hazırlanmıştır (Şekil 4). Formül ile de yapılan hesaplamalara göre a ve b değerleri belirlenmiştir. Belirlenen a ve b değerlerine göre eliptik delikler hazırlanmıştır. Plaka kalınlığı olan h değeri her bir model için aynı değer alınmıştır. Plaka kalınlığı (W) ve yüksekliği (L) ise ortada olan eliptik deliğin dışarıya taşmayacak şekilde ideal bir parametrik model geliştirilmiştir. Bu değerlere göre hazırlanan ölçüler, katı modellerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Katı modeller Solidworks ortamında gerçekleştirilmiştir. Tablo1 de verilen değerlere göre hazırlanmış olan katı modeller Ansys ortamında yapısal analizleri yapılmış ve maksimum gerilme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3. Mesh optimizasyonu

Şekil 3'de görülen mesh optimizasyonu için 3 mm büyüklüğünde mesh yapısı seçilmiştir. Eliptik delik çevresine daha iyi sonuç almak için daha yoğun mesh tanımlaması yapılmılştır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra Ansys üzerinde maksimum gerilme kuvveti analizi ve uzama miktarı hesapları gerçekleştirilmiştir.

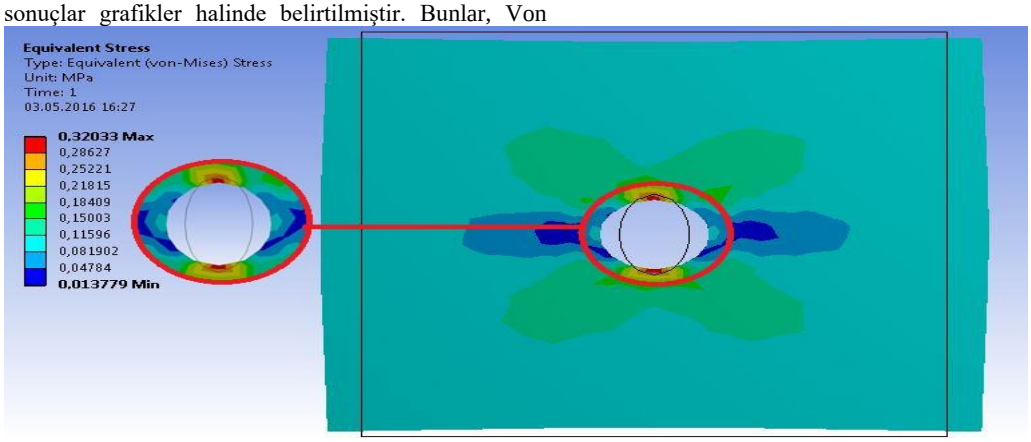
Tablo 1 üzerinde verilmiş olan değerleri, Şekil 4 üzerinde verilen değerlerin okunması ile elde edilmiştir. Bu değer daha sonra veri olarak kaydedilmiş ve yapay sinir ağlarına aktarılmıştır. Aynı zamanda bu verilere göre Solidworks ortamında katı modelleri hazırlanmıştır. Hazırlanan katı modellerin Ansys ortamında analizleri yapılmıştır.



Şekil 4. Peterson'un eliptik delikli plakalar üzerindeki gerilme konsantrasyonu [16]

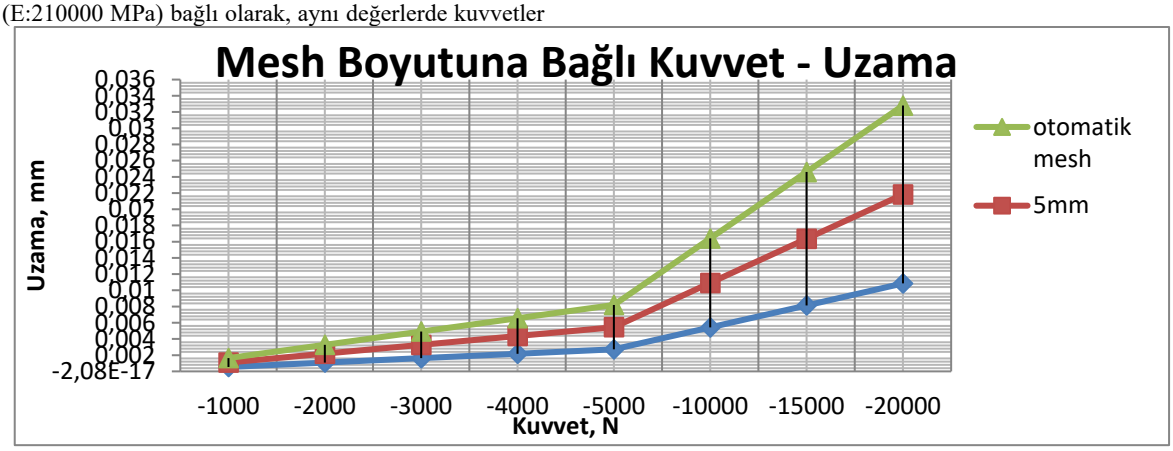
3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

Ansys ortamında gerçekleştirilen analizlerle elde edilen sonuçlar grafikler halinde belirtilmiştir. Bunlar, Von Mises gerilme grafiği ve eksenel deformasyon grafiğidir. Bu sonuçlar Şekil 5 de gösterilmiştir.

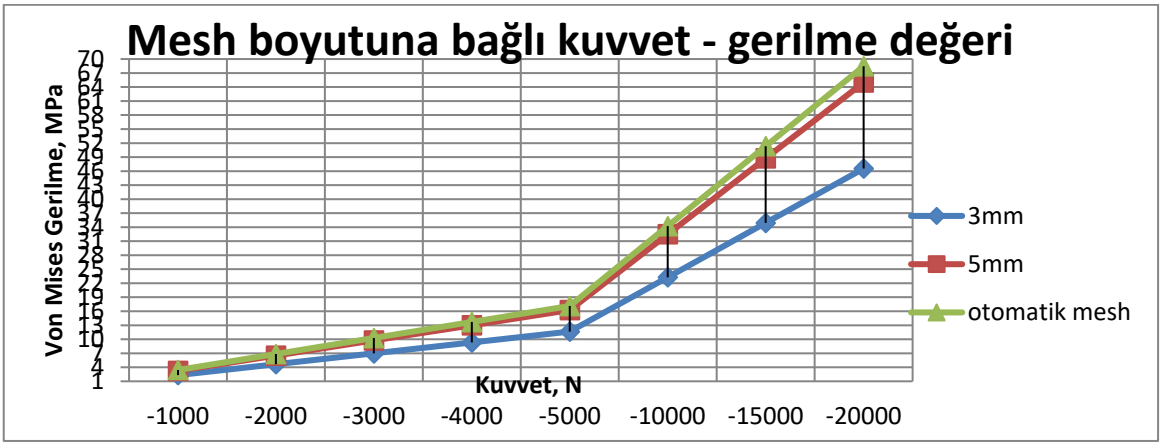


Şekil 5. Von Mises Gerilme Sonucu

Çalışma da mesh optimizasyonunun farklarını görmek için 3 mm, 5 mm ve otomatik mesh boyutlarına göre gerilme ve uzama değerlerinin kuvvete bağlı olan ilişkisi incelenmiştir. İnceleme sonuçları Şekil 6 ve 7 üzerinde gösterilmiştir. Mesh optimizasyonunun etkisinin belirlenmesi için aynı malzeme tanımlamasına (E:210000 MPa) bağlı olarak, aynı değerlerde kuvvetler altındaki uzama ve Von Mises gerilme değerlerinin ilişkisine bakılmıştır. Uzamaya olan etkisi Tablo 1. 'de gösterilmiştir. Değerler birbirlerine çok yakın olduğu ortaya çıkmıştır. En küçük uzama 3 mm ile yapılan mesh boyutuyla, en büyük olan uzama ise otomatik yapılan mesh değerlerinde ortaya çıkmıştır.



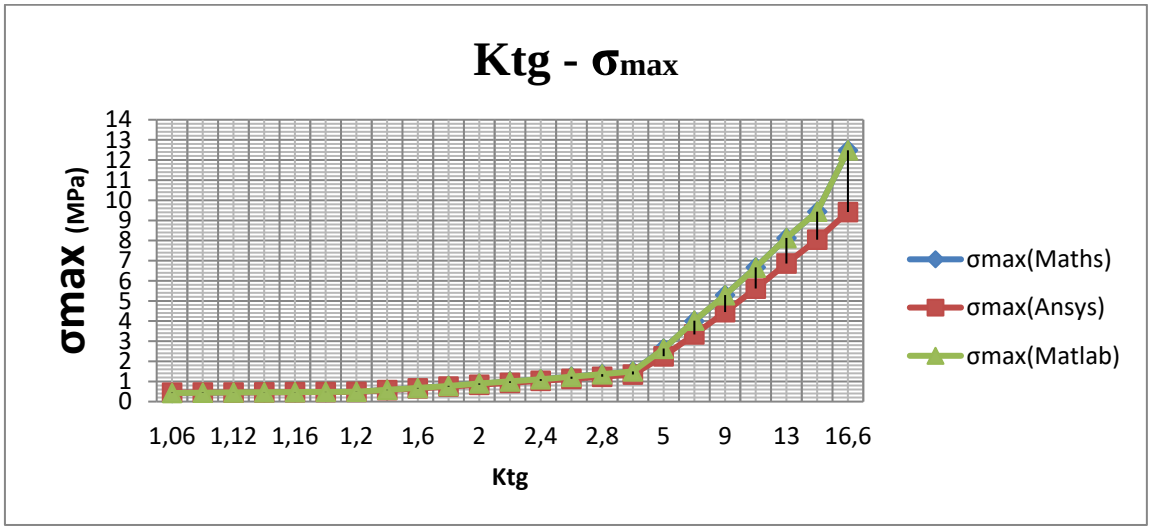
Şekil 6. Mesh boyutuna bağlı kuvvet ve uzama ilişkisi



Şekil 7. Mesh boyutuna bağlı olarak Von Mises – Kuvvet gerilmesi

Mesh boyutlandırmasına bağlı olarak malzeme üzerine uygulanan kuvvet değerlerine göre ters yönlerde uygulanan çekme kuvvetine bağlı olarak 3 mm, 5 mm, otomatik mesh boyutuna göre Von Mises gerilme değerlerinde oluşan değişmeler incelenmiştir. Bu değerler en küçük 3 mm mesh boyutunda, en büyük otomatik mesh boyutunda ortaya çıktığı görülmüştür.

Maksimum gerilme hesaplanmasına dair üç farklı hesaplama yapılmıştır. Bunlar tek tek sonuçları tablolara aktarılmış ve birbirileri ile mukayesesi yapılmıştır. Ansys, Matlab ve Matematiksel olarak hesaplanmış olan Ktg (Gerilmeye bağlı Gerilme Yoğunluğu Faktörü) ye bağlı maksimum gerilme değerleri Şekil 8 'de gösterilmiştir.

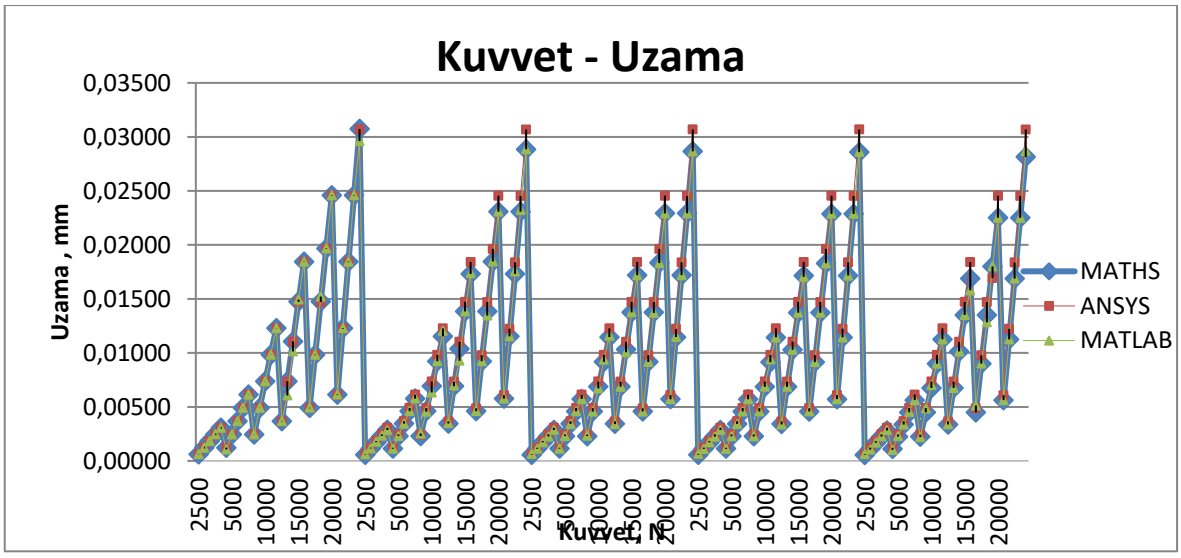


Şekil 8. Maksimum gerilme değerlerinin karşılaştırılması

Ktg ve σmax gerilme değerleri ilişkilerinin matematiksel, Ansys ve Matlab programları aracılığıyla incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Matlab hesaplamaları ile matematiksel olarak yapılan hesaplamaların birbiri ile örtüştüğü, Ansys analizleri ile elde edilen sonuçların ise farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu farklılık Ktg değerinin 5 ve üzerine çıktığında görülmektedir. Şekil 8.'den Bu anlaşılacağı üzere matlab değerlerinin güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir.

Matlab sonuçları ile içi elipsel delikli olarak yapılmış olan öğrenmelere göre içinde farklı bir elipsel materyal olması durumunda ne gibi sonuçlar elde edilebileceği sorusuna cevaplar aranmış ve ona göre tahminler de yapılmış ve bu sonuçların matematiksel sonuçlara çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Kuvvete bağlı olarak eksenel deformasyon miktarı da matematiksel, Ansys analizleri ile ve Matlab tahminlerine bağlı olarak hesaplamaları yapılmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır. Sonuçları Şekil 9 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 9. Eksenel Deformasyon Değerlerinin Hesaplanması

Hesaplanan eksenel deformasyon değerlerinin matematiksel sonuçlara göre kıyaslanan Ansys ve Matlab değerlerine çok yakın sonuçlar çıkardığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda matematiksel

hesaplamalara gerek kalmadan da Matlab üzerinden yapılan yapay sinir ağları ile bu sonuçlar çok yakın olarak tahmin edebilmektedir.

Elde edilen değerler matematiksel formüllerle de oluşturulmuştur. Ktg formülleri ise 2 farklı türde hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan ilki Peterson'un, ikincisi ise Norton'un vermiş olduğu formüldür.

Plaka boyutları ve maksimum gerilmeye göre Ktg formülleri;

Peterson'a göre [16]

$$Ktg = \frac{\sigma max}{\sigma} \quad (1)$$

Norton'a göre

$$Ktg = 1 + 2\frac{a}{b} \quad (2)$$

Formülü ile hesaplanmaktadır.

Maksimum Gerilme ise Peterson'un formülünden çekilerek oluşturulmuştur.

$$\sigma max = \frac{Ktg}{\sigma} \quad (3)$$

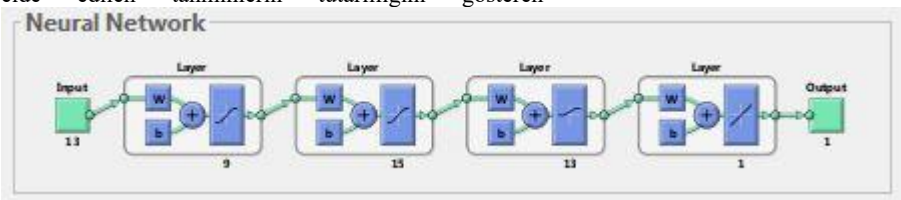
Bu formüller sonucunda elde edilen Ktg değerleri bir girdi verisi olarak hazırlandıktan sonra bu değerler Matlab ortamına aktarılıp, maksimum gerilmeye bağlı olarak Ktg tahmini yapılmıştır. Bu tahminler için Matlab programına girdi olarak Şekil 1 de verilen tüm sayısal değerler aktarılmış ve toplamda 66 satırda bulunan 858 veri tanımlanmıştır. Aynı şekilde çıktı verisi olarak 66 adet Ktg, σ_{max}, σ_{normal} değerlerinin tahminleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen verilerin regrasyon analizleri gerçekleştirilerek verilerin doğruluğu araştırılmıştır. Bu inceleme sonuçları Tablo 2 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 2. Maksimum gerilme değerlerinin matematiksel sonuçlara göre istatistiksel analizi

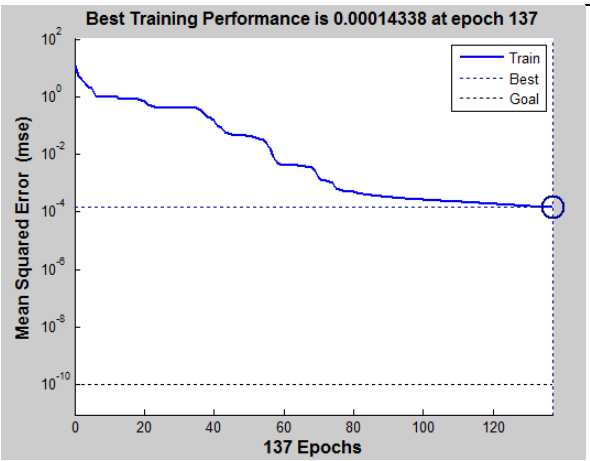
	Regrasyon Belirleme Katsayısı (R^2)	**Karekök Ortalama (RMS)**	**Ortalama Hata (MEP)**
σ_{normal} (Matlab- ANN)	0,999850357	0,00542483	0,0096951
σ_{max} (Matlab- ANN)	0,999981372	0,011354341	0,008419483
Ktg (Matlab- ANN)	0,999985425	0,01612375	0,006223748

Ktg değerinin matematiksel olarak hesaplanması ile edilen değerin Matlab ile yapılan tahminlerin karşılaştırılması ile elde edilen değerin regrasyon analizi sonucunda elde edilen R^2 değeri **σ_{normal} (Matlab- ANN) için 0,999850357**, **σ_{max} (Matlab- ANN) 0,999981372** ve **Ktg (Matlab- ANN) 0,999985425** bulunmuştur. ANN modelinde 11 girdiye karşılık 3 çıktı değeri **σ_{normal}, σ_{max} ve Ktg** değerleri aynı anda öğretilmiş ve sonuçları matematiksel denklem, Ansys ve ANN ile mukayese edilmiştir. ANN modelinde tansig, tansig, logsig ve purelin fonksiyonları sırasıyla kullanılmıştır. Oluşturulan ağ modeli; 11 Girdi (2a,2b, h, a/b, E', E, F, A, L ve w) + 9+13+11+ 3 çıktı (**σ_{normal}, σ_{max} ve Ktg)** olarak modellenmiştir. Şekil 10 da ANN modelinin ağ yapısı gösterilmiştir. Şekil 11 a - da Makine Öğrenme Performansı, Şekil 11 a - da Makine Öğrenme Eğitimi ve Şekil 11 c - de Regrasyon Analizi sonucu matlab ortamında elde edilmiştir.

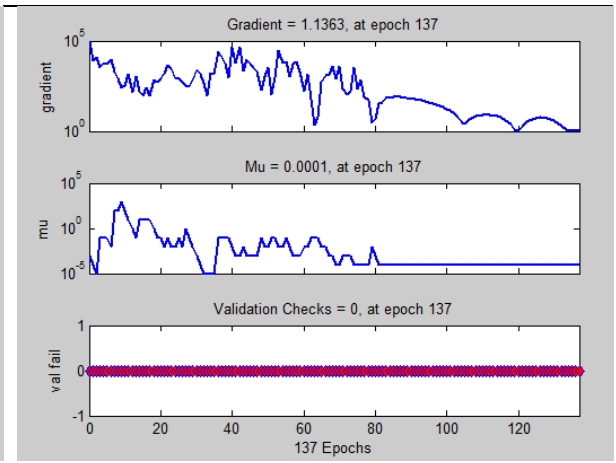
Şekil 11. 'de gösterilen sonuçlar, 161 deneme ile makineye öğretilen girdi bilgilerinin eğitilmesinin ve elde edilen tahminlerin tutarlılığını gösteren sonuçlarıdır. Şekil 11-a 'da makine öğrenmesinin yaptığı performans değeri gösterilmiştir. Şekil 11-b 'de ise makine öğrenmesinin 161 deneme ile ne kadarlık bir yüzdelik hata ile öğrenme gerçekleştirdiğini göstermektedir. Şekil 11-c de değerlerin doğruluğunu tanımlamaktadır. Tahmin sonuçlarının, regrasyon analizi ile 1 yaklaştırılması söz konusudur, ancak 1 değerini yakalamış olmak programın %100 doğru sonuç verdiğini göstermese de %100 doğruya çok yakın değer olduğunu gösterir. Şekil 7-c üzerinde görüldüğü gibi "Training R: 0,99999" değeri, çıktı olarak girilen değeri, girdi değerlerini kullanarak doğru sonuçlara ne kadar yaklaştığını gösteren değerdir. Bu çalışma ile **σ_{normal} (Matlab- ANN) için %0,0096951**, **σ_{max} (Matlab- ANN) % 0,008419483** ve **Ktg (Matlab- ANN) % 0,006223748** değerinde hata oranıyla öğrenme gerçekleştirildiğini göstermektedir. Şekil 12 Training (Öğrenme), Validation (Tahmin) ve Test in mukayesesi ve Şekil 13 'de ANN modelinin Training (Öğrenme), Validation (Tahmin), Test ve Overall (Genel) sonuçların mukayesesi ifade edilmektedir.



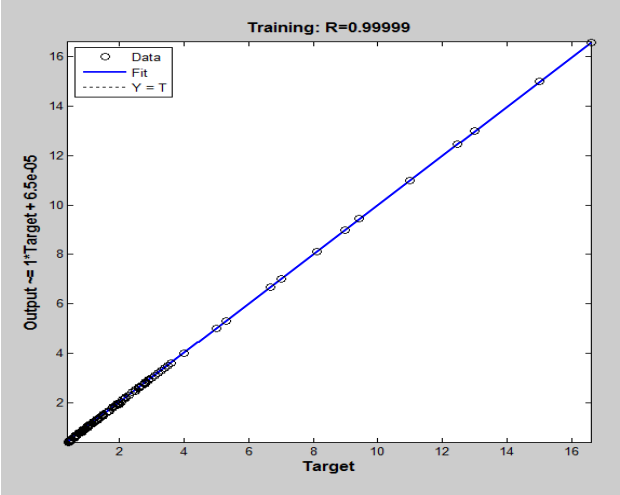
Şekil 10. Matlab Neural Network Yapısı



a) Makine Öğrenme Performansı

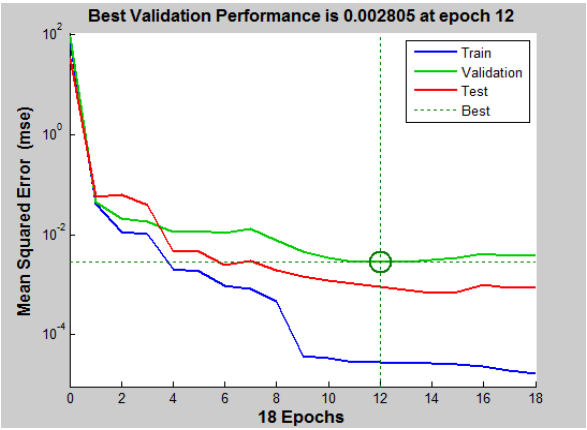


b) Makine Öğrenme Eğitimi

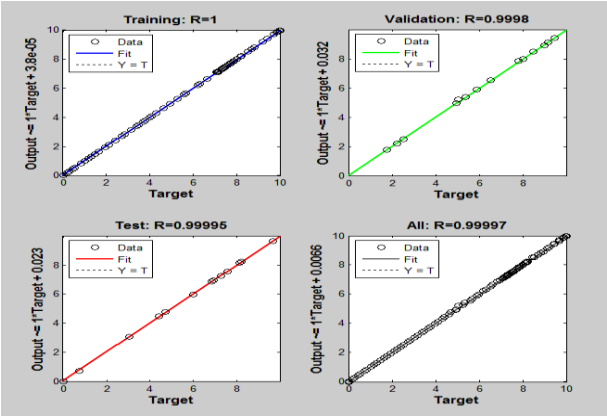


c) Regrasyon Analizi

Şekil 11. Matlab Yapay Sinir Ağları ile Tahminlerin Yapılması



Şekil 12. Training (Öğrenme), Validation (Tahmin) ve Test (Test) in mukayesesi



Şekil 13. ANN modelinin Training (Öğrenme), Validation (Tahmin), Test ve Overall (Genel) sonuçların mukayesesi

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada; farklı malzeme tipleri, elipsel delikli ve farklı boyutlardaki plakalarda oluşan gerilmeler ve deformasyonlar araştırılmıştır. Teorik olarak hesaplama yöntemlerine ilave olarak YSA modeli geliştirilmiştir. YSA modeli verileri Peterson'un elde ettiği verilerin doğruluğu Solidworks ve Ansys yazılımlarında modellenip yapılan analizlerle gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde elde edilen sonuçlar teorik hesaplama yöntemleri ile doğrulukları ispatlanmış ve YSA modeli için veri formatına dönüştürülmüştür. Peterson'un, çalışmasında elde ettiği sonuçları bir grafik formatına dönüştürülmüştür. Gerilme yığılma faktörü değerleri bu grafik vasıtasıyla belirlenmektedir. Modern teknolojinin gelişmesi ve Yapay Zeka tekniklerinin bilime katkısı dikkate alınarak tablo okumadan doğabilecek hataların minimuma indirilmesi amacıyla veriler oluşturulmuş ve herhangibir tablo okuma zorunluluğu olmadan veya formul kullanmadan Matlab da hazırlanan model ile gerilme yığılma faktörü değerleri doğru bir şekilde belirlenebilmektedir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir;

1. Elde edilen değerler doğrultusunda Matlab tahminleri ile matematiksel hesaplamalar birbirlerine çok yakın değerler göstermektedir. Bu değerlere göre uygulamalar yapılabileceği ortaya çıkarılmıştır.
2. Maksimum gerilmeleri hesaplanmamış olan eliptik delikli profil ve plakalara göre formüller bir defaya mahsus Matlaba girilerek bu sonuçlar bir çok veriye göre tek seferde tahmin edilerek çözülmüştür.
3. Çentik Faktörleri, Maksimum Gerilme Değerleri, Eksenel Deformasyon gibi hesaplamalar Matlab üzerinde tahmin edebileceği gibi Ansys üzerinde analizleri ile de uygulamaların yapılacağı gösterilmiştir.
4. Farklı kuvvetler altında parametrik olarak değiştirilen eliptik deliklere göre Ktg ve Maksimum Gerilme değerleri hesaplanmıştır.
5. Matlab ile gerilme – şekil değiştirme konsantrasyonları için yapılabilecek bir program alt yapısı hazırlanmıştır.
6. Bu gibi farklı profil veya plakalar içinde geliştirmeye yönelik çalışma gerçekleştirilmiştir.
7. Statik gerilmeler gibi birçok matematiksel, mühendislik hesaplamalarına ait formüllerin girilerek Matlab programı aracılığıyla hesaplamaların tahminlerinin yapılabileceği gösterilmiştir.
8. Mesh optimizasyonuna bağlı olarak yapılan analiz sonuçlarının elle girilen boyutların otomatik boyutlara göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ancak her ne kadar iyi sonuç verse de en küçük boyutlar her zaman en iyisi olmasının beklenmemesi gerektiği görülmüştür.

REFERANSLAR

[l] M. H. Lee Wu, "Analysis of Plane-Stress Problems with Axial Symmetry in Strain Hardening Range",NACA TR 1021 (1951).

[2] B. Budiansky and O. L. Mangasarian, "Plastic stress concentration at a circular hole in an infinite sheet subjected to equal biaxial tension", J. *appl. Mech.* 27, 59 (1960).

[3] 1. S. Tuba, "Elastic-plastic stress and strain concentration factors at a circular bole in a uniformly stressed infinite plate" J. *appl. Mech.* 32. 710 (1965).

[4] B. Budiansky and R. 1. Vidbnseka, "Analysis of Stress in the Plastic Range Around a Circular Hote in a Plate Subjected to Uniaxial Tension", NACA TN 3542 (1955).

[5] I. S. Tuba, "An analytic method for elastic-plastic solution", Inr. J. Soli& Sfruct. 3,543 (1967).

[6] E. F. Rybiciu and M. F. Ranninen, "A finite element calculation of stress intensity factors by a modified crack closure integral", Vol. 9, pp. 931-938, Engineering Fracture Mechanics (1977).

[7] John H. Crews, Jr., C. S. Hong and I. S. Raju, "Stress-Concentration- Factors for Finite Orthotropic Laminates With a Pin-Loaded Hole" NASA Technical Paper 1862, (1981).

[8] Hwai-Chung Wu, Bin Mu, "On stress concentrations for isotropic/orthotropic plates and cylinders with a circular hole", Composites: Part B 34, pp. 127-134, (2003).

[9] Yih – Hsing Pao, "Dynamical Stress Concentration in an Elastic Plate", Transactions Of Asme, pp. 299-305, (1962).

[10] N. Troyani, C. Gomes, G. Sterlacci, "Theoretical Stress Concentration Factors for Short Rectangular Plates With Centered Circular Holes", Transactions of the ASME, Vol. 124, pp. 124-128, (2002).

[11] Q. Z Wang, "Simple formulae for the stress concentration factor for two- and three-dimensional holes in finite domains", Journal Of Strain Analysis Vol. 37, No. 3, (2002).

[12] Zheng Yang, "The concentration of stress and strain in finite thickness elastic plate containing a circular hole", International Journal of Solids and Structures 4, pp. 713-731, (2008).

[13] P. Weißgraeber* et. Al., "Cracks at elliptical holes: Stress intensity factor and Finite Fracture Mechanics solution.", European Journal of Mechanics A/Solids 55, pp.192-198, (2016).

[14] G. Catalanotti*, P.P. Camanho, "A semi-analytical method to predict net-tension failure of mechanically fastened joints in composite laminates", Composites Science and Technology 76, pp. 69–76, (2013)

[15] Lotfi Toubal, Moussa Karama *, Bernard Lorrain, “Stress concentration in a circular hole in composite plate”, Composite Structures, No. 68, pp. 31–36, (2005)

[16] Peterson, “Stress concentration factors Ktg for an elliptical hole in an infinite panel in tension”, 334, (1913)