

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANİ TERMAL YÜKE MARUZ BİRLEŞTİRİLMİŞ FARKLI LEVHALARDA
GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayhan MERCAN**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

TEMMUZ 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANİ TERMAL YÜKE MARUZ BİRLEŞTİRİLMİŞ FARKLI LEVHALARDA
GERİLME ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ayhan MERCAN
(501061018)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Temmuz 2010**

**Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Şenol ATAÖĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ünal ALDEMİR (İTÜ)
Y. Doç. Dr. Deniz GÜNEY (YTÜ)**

TEMMUZ 2010

Aileme,

ÖNSÖZ

Mekanik ve termal yüklere maruz basınç kapları endüstrinin bir çok kolunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Düzenli yapılan kontrollerde kapların içlerinde çeşitli boyutlarda korozyon kusurlarının olduğu görülmektedir. Bu çalışma, bu korozyon kusurları civarındaki ani termal gerilmeleri incelemeyi amaçlamaktadır.

Çalışmalarım boyunca her zaman desteğini gördüğüm, yüksek lisans çalışmalarım boyunca beni yönlendirerek yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü olanağı sağlayan değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Şenol ATAÖĞLU, Prof. Dr. Ziya ABDULALİYEV, Prof. Dr. Mehmet BAKİOĞLU, Prof. Dr. Reha ARTAN' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatımdaki tüm dönemlerde olduğu gibi bu önemli dönemde de bana destek veren aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs 2010

Ayhan MERCAN
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
2. TERMAL GERİLMELER.....	3
3. SONLU ELEMAN ANALİZİ & ANSYS.....	7
3.1 Sonlu Eleman Analizi	7
3.2 ANSYS.....	8
4. TERMAL GERİLME ANALİZİ.....	11
4.1 İki Malzemeli Levhalarda Arayüze Yakın Yerlerdeki Isıl Gerilme Analizi ...	11
4.2 Modelin ANSYS'e uygulanışı	13
4.2.1 Modelin çizimi	13
4.3 Sınır Şartlarının ve Yüklerinin Tanımlanması	18
4.4 Çözüm Sonrası Analiz	20
4.5 1 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi	23
4.6 2 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi	24
4.7 3 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi	25
4.8 Birleşim Bölgesi Civarındaki Oyuklar Etrafında Isıl Gerilme.....	26
4.8.1 Oyuğun birleşim bölgesine dik olduğu durumda, oyuğun değişik uzaklıklardaki çözüm analizi	26
4.8.2 Eğimli birleştirilmiş şekildeki oyuğun yarıçap değişimine göre transient gerilme analizi	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	49

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Çeşitli maddelerin ısı genleşme katsayıları 4

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Isıtma ve soğutma işlemi sonucunda sonsuz bir plaktaki ısıl gerilme dağılımı	5
Şekil 3.1 : ANSYS ana menüsünden genel görünüm	8
Şekil 4.1 : Modelin görünüşü ve malzeme özellikleri	12
Şekil 4.2 : Zamana bağlı yükleme (Stepped).....	12
Şekil 4.3 : Zamana bağlı yükleme (Ramped)	12
Şekil 4.4 : ANSYS plane82 elemanı	13
Şekil 4.5 : ANSYS te malzeme seçimi	13
Şekil 4.6 : ANSYS te birinci düzlemin koordinatlarının girişi.....	14
Şekil 4.7 : Birinci düzlemin görünüşü	14
Şekil 4.8 : İkinci düzlemin koordinatlarının girişi.....	15
Şekil 4.9 : İkinci düzlemlerle birlikte modelin görünüşü	15
Şekil 4.10 : Seçilmiş alandaki malzeme ayarı	16
Şekil 4.11 : Ağ özelliklerini gösterir menü.....	16
Şekil 4.12 : Ağ atma işleminden sonra düzlemden görünüş.....	17
Şekil 4.13 : Ağ elemanlarının seçilen bölgede sıklaştırma menüsü	17
Şekil 4.14 : Birleşim bölgesinde ağ elemanlarının görünüşü	18
Şekil 4.15 : Mesnetleme menüsü	18
Şekil 4.16 : Sınır şartlarının verilmesinden sonra modelden bir görünüş.....	19
Şekil 4.17 : Yükleme süresinin ve çözüm adımlarının ayarları.....	20
Şekil 4.18 : Çözümleme sonrasındaki değişken listesi	21
Şekil 4.19 : σ_x gerilme bileşeninin değerinin 0-1 s aralığındaki değişimi.....	22
Şekil 4.20 : Problemin modeli	22
Şekil 4.21 : 1 noktasındaki σ_x boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	23
Şekil 4.22 : 1 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	23
Şekil 4.23 : 2 noktasındaki σ_x boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	24
Şekil 4.24 : 2 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	24
Şekil 4.25 : 3 noktasındaki σ_x boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	25
Şekil 4.26 : 3 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	25
Şekil 4.27 : Birleştirilmiş yüzeyde yüzeye dik delikten genel görünüş.....	26
Şekil 4.28 : $\delta= 0.002\text{mm}$, oyucuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilmesinin bileşeninin zamanla değişimi.....	27
Şekil 4.29 : $\delta= 0.002\text{mm}$, oyucuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	27
Şekil 4.30 : $\delta= 0.001\text{mm}$, oyucuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	28
Şekil 4.31 : $\delta=0.001\text{mm}$ oyucuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	28
Şekil 4.32 : $\delta= 0.00075\text{mm}$, oyucuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	29

Şekil 4.33 : $\delta= 0.00075\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	29
Şekil 4.34 : $\delta= 0.0005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	30
Şekil 4.35 : $\delta= 0.0005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	30
Şekil 4.36 : $\delta= -0.0005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	31
Şekil 4.37 : $\delta= -0.0005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	31
Şekil 4.38 : $\delta= -0.00075\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	32
Şekil 4.39 : $\delta= -0.00075\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	32
Şekil 4.40 : $\delta= -0.001 \text{ mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	33
Şekil 4.41 : $\delta= -0.001\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	33
Şekil 4.42 : $\delta= -0.002\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	34
Şekil 4.43 : $\delta= -0.002\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	34
Şekil 4.44 : Levhaların çapraz birleştirilmesi ve yüzeye dik delik görünümü	35
Şekil 4.45 : $r=0.01\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	35
Şekil 4.46 : $r=0.01\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	36
Şekil 4.47 : $r=0.02\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	36
Şekil 4.48 : $r=0.02\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	37
Şekil 4.49 : $r=0.005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	37
Şekil 4.50 : $r=0.005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	38
Şekil 4.51 : $r=0.015\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	38
Şekil 4.52 : $r=0.015\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi	39
Şekil 4.53 : $r=0.0025\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	39
Şekil 4.54 : $r=0.0025\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	40
Şekil 4.55 : $r=0.0075\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	40
Şekil 4.56 : $r=0.0075\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	41
Şekil 4.57 : $r=0.0125\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	41

Şekil 4.58 : $r=0.0125\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	42
Şekil 4.59 : $r=0.0175\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	42
Şekil 4.60 : $r=0.0175\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi.....	43
Şekil 5.1 : Çapraz durumdaki oyuğun sol tarafındaki boyutsuz gerilme bileşeninin yarıçap ile değişimi	45
Şekil 5.2 : Çapraz durumdaki oyuğun sağ tarafındaki boyutsuz gerilme bileşeninin yarıçap ile değişimi	46
Şekil 5.3 : Dik durumdaki oyuğun sağ tarafının birleşim bölgesine uzaklığına göre oyuğun sağ tarafındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin değişimi	46
Şekil 5.4 : Birleşme yüzeyine dik durumdaki oyuğun sağ tarafının birleşim bölgesine uzaklığına göre oyuğun sol tarafındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin değişimi	47
Şekil 5.5 : Oyuklu ve oyuksuz levhaların mukayesesi	47

ANİ TERMAL YÜKE MARUZ BİRLEŞTİRİLMİŞ FARKLI LEVHALARDA GERİLME ANALİZİ

ÖZET

Birçok sanayi dalında geniş uygulama alanı olan basınç kapları mekanik/ısıll yükler altında çalıştırılmaktadır. Sistematik olarak yapılan bakımlar sırasında ilgili basınç kablarının iç yüzeylerinde çeşitli formlarda korozyon çukurlarının olduğu belirlenmiştir. Bu korozyonlar zamanla büyüyerek ani kırılmaya sebep olmakta, çok devasa kazalara neden olabilmektedir.

Oyuklar, bölgesinde basınç kabının tasarımı sırasında tayin edilmiş cidar kalınlığını azaltır ve sivri formundan dolayı yüksek seviyede gerilme yığılmasına sebep olurlar. Sözü edilen bu faktörler, oyuklar bölgesinde kullanılan malzemenin güvenlik sınırlarının aşılmasına neden olabilirler. Dolayısıyla mekanik/ısıll yüklerin etkisi oyuklar bölgesinde yorulma çatlağının oluşması için oldukça uygun ortam oluştururlar. Basınç kabının çalışma süresinin güvenli hesaplanabilmesi için iç yüzeyinde oluşmuş oyuk bölgesinde oluşan gerilme durumu ile ilgili detaylı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Üç boyutlu basınç kabında çatlak etrafındaki davranış iki boyuta benzediği için, çalışmalar iki boyutta yapılmıştır.

Bu çalışmada ani yüklenmiş farklı malzemeli kaynaklanmış ve kaynaklı yüzeyin etrafında oyuklar bulunan basınç kabının oyuklar etrafındaki gerilme analizi ANSYS paket programından yararlanılarak yapılmıştır. İlk önce, Kırılma mekaniği ve termoelastisite kısa bir giriş yapılmış, daha sonra ANSYS programına giriş olarak basit bir problem modellendirilmiştir. ANSYS te çeşitli oyuk ve levha kombinasyonları altında transient (ani - yükleme) analizi yapılmıştır.

STRESS ANALYSIS OF JOINED DISSIMILAR MATERIALS SUBJECTED TO THE TRANSIENT THERMAL LOADS

SUMMARY

Pressure vessels used in many industrial sectors are exposed to variable temperature and pressure. Corrosion cavities are observed internal surfaces of the walls of the pressure vessels during the maintenance of the vessels. These corosions will grow up in time and become in brittle failure in service time so that the huge devastation appear

The wall thickness is determined during the design process of the pressure vessel is reduced due to the cavities formed, simultaneously high stress concentrations around the cavity zones due to sharp forms of the cavities. The mentioned factors can cause exceeding safe stress limits of the used materials around the cavity zones. Moreover, tip regions of the cavities are suitable places to be fatigue cracks due to total effect of variable mechanical/thermal loads. Concerning, during the design process, to know maximum values of stress components in the cavity region is important in order to predict the service life of the pressure vessels rationally. The behaviour the 3 dimension pressure vessel as same as 2 dimension plane model due to low thickness. In this study 2 dimension models will be analysed.

In this study, Stress concertation factors are calculated around cavites around weld in two material welded pressure vessel. Used by ANSYS a Finite element software. Firstly a brief introduction given about termoelasticity and fracture mechanics. After a simple plane problem modelled in ANSYS. Finally transient analysis is made in different cavity and plane combination.

1. GİRİŞ

Sanayiinin çeşitli dallarında kaynak gibi yöntemler kullanılarak birleştirilen farklı malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cisimler şiddetli değişken mekanik ve sıcaklık yükleri, kimyasal sıvıların akıntısı gibi birçok faktörün etkisi altında çalıştırılmaktadır. Sistematik olarak yapılan bakımlar sırasında ilgili kablarm iç yüzeylerinde çeşitli formlarda korozyon çukurlarının oluştuğu belirlenmiştir. Ölçümlerde oyukların derinliklerinin 4-7 mm, genişliklerinin 2-10 mm ve uzunluklarının da 20'mm ye kadar oldukları tesbit edilmiştir. Oyuklar formlarına göre eksenleri kabın duvarına normal olan dönel yüzeyli ve ellipsoidal boşluklar olarak sınıflandırılabilirler.

Oyuklar, bölgelerinde basınç kabının tasarımı sırasında tayin edilmiş cidar kalınlığını azaltır ve sivri formlarından dolayı yüksek seviyede gerilme yığılmasına sebep olurlar. Sözü edilen faktörler oyuklar bölgesinde kullanılan malzemenin güvenlik sınırlarının aşılmasına neden olabilirler. Dolayısıyla, değişken mekanik-sıcaklık yüklerinin ve akışkanların oluşturduğu elektro-kimyasal proseslerin toplu etkisi oyuklar bölgesinde yorulma çatlağının ortaya çıkması için uygun ortam oluştururlar. Bilindiği üzere yorulma çatlağının büyüme hızı onun tepesi için

$\kappa_I = \lim_{R \rightarrow 0} \left(\frac{1}{2} \sqrt{\pi R} \sigma_{max} \right)$ ifadesi ile hesaplanan gerilme şiddeti çarpanı ile ilgilidir

[4]. Burada σ_{max} çatlak bölgesinde oluşan maksimum gerilme bileşeni, R çatlak ucundaki eğrilik yarıçapıdır.

Bu çalışmada basınç kabının iç yüzeyinde yer alan oyuk bölgelerinde transient gerilme durumu ANSYS kullanılarak incelenmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı ani termal gerilmeye maruz birleştirilmiş farklı levhalarda birleşme bölgesi civarındaki oyuklarda gerilme analizidir.

2. TERMAL GERİLMELER

Bu çalışmada farklı malzemelerden alın kaynakla tutturulmuş iki levhanın birleşim yüzeyinde 0.13 cm uzunluğunda, 0.02 cm genişliğinde ve ucundaki eğrilik yarıçapı 0.01 cm olan farklı durumlardaki oyukların ani ısı yüklemesinde nasıl davrandığı analiz edilmiştir. Levhaların malzemelerindeki farklılığın sadece termal genleşme katsayısına bağlı olduğu, elastisite modüllerinin ve Poisson oranlarının aynı olduğu, sıcaklığın ise tek bir biçimde değiştiği varsayılmıştır. Yani, $\Delta\alpha$, ΔT sabit ve çelik değerleriyle aynı değerdedir. Burada $\Delta\alpha$ iki malzemenin termal genleşme katsayılarının arasındaki farkı, ΔT ise çözümdeki sıcaklık artışıdır.

Mekanik gerilme bir gövdenin bazı parçalarının ya da tamamının termal gerilme olarak adlandırılan sıcaklık değişimleri sonucunda genişlemesinin/daralmasının mümkün olmadığı durumda ortaya çıkar. Birçok sürekli gövdelerde geometri, dış sınırlamalar ya da sıcaklık farkının var olması yüzünden termal genleşme ya da daralma bütün yönlerde serbest olarak meydana gelemez ve gerilme oluşur. Sıcaklık değişiminin sebep olduğu bu gerilime termal gerilme denir.

Tutulu olmayan, serbest bir gövdenin sıcaklığı sabit bir şekilde (uniform) arttırılırsa gövde genişler ve normal birim şekil değiştirme;

(2.1)

Bu harekette gövdede kayma gerilmelerinin bileşenlerinin tamamen sıfır olduğu bir genleşme meydana gelir.

Bir çubuk, boyuna bir genleşmeyi engellemek için sonlarından sınırlandırılır ve uniform sıcaklık artışına tabi tutulursa, aksenal sınırlama yüzünden bir gerilme ortaya çıkar.

(2.2)

Benzer şekilde, düz bir levha köşelerinden sınırlandırılıp sıcaklık artışına tabi tutulursa sıkıştırılmış gerilme aşağıdaki eşitlikle gösterilir ;

$$\sigma = \frac{\alpha (\Delta T) E}{1 - \nu} \quad (2.3)$$

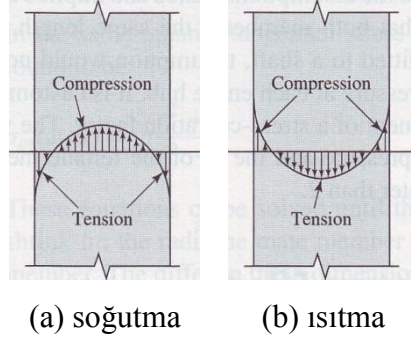
Denklem (2.2) ve (2.3) de ifade edilen gerilmeler termal gerilme olarak adlandırılır. Sıkıştırılmış ya da sınırlandırılmış bir maddenin sıcaklık değişimine bağlı olarak ortaya çıkar.

Örneğin böyle bir gerilme kaynak esnasında ortaya çıkabilir. (kaynak yapılacak parçaların sıkıştırılması gerektiği için) Tablo 2.1 de çeşitli malzemelerin termal genleşme katsayılarının yaklaşık değerleri verilmiştir .

Termal gerilme, bir elemanda sıcaklık değişiminin var olmasından dolayı ortaya çıkmaktadır Şekil (2.1). Bu şekilde bir beton parçasının ısıtma ve soğutma esnasında sonsuz boyutlardaki gerilme dağılımları gösterilmiştir. Soğutma esnasında maksimum gerilim yüzey gerilmesidir. Isıtma esnasında, dış yüzeyler sıcak ve genleşmeye yatkındır fakat soğutucu bir merkez tarafından sınırlandırılmıştır. Bu, yüzeyde bir sıkıştırma, basınca ve merkezde bir gerilmeye sebep olur.

Çizelge 2.1 : Çeşitli maddelerin ısı genleşme katsayıları

Malzeme	Kelvin ($\times 10^{-6}$)
Aluminyum	23.9
Bakır	18.7
Karbon çeliği	10.8
Demir	10.6
Magnezyum	25.2
Nikelli çelik	13.1
Paslanmaz çelik	17.3
Volfram	4.3



Şekil 2.1 : Isıtma ve soğutma işlemi sonucunda sonsuz bir plaktaki ısıl gerilme dağılımı

Gerilme yığılması bir maddede gerilmenin toplandığı yerdir. Yük bir malzemenin yüzey alanı üzerinde eşit olarak dağıldığında malzeme en güçlü durumdadır, böylece, alandaki bir azalma (örneğin: çatlak, yarık sebebiyle olabilir), gerilmede yerel bir artışa sebep olur. Bir malzemede gerilme konsantrasyonu nedeniyle toplanan (konsantre) gerilim o maddenin teorik kohezif gücünü geçince, çatlakların yayılmasıyla başarısız olabilir. Bir maddenin gerçek kırılma gücü daima teorik değerden daha düşüktür çünkü bir çok madde gerilme yığılmasına sebep olan mikro çatlaklar içerir.

Eğer çatlağın eliptik bir şekile (veya dairesel) sahip olduğu ve uygulanan gerilmeye dik olarak yönlendirildiği varsayılırsa, çatlağın ucundaki maksimum gerilme aşağıdaki gibidir.

$$- \quad (2.4a)$$

Bu formülde σ_o , uygulanan nominal çekme gerilmesinin büyüklüğünü R , çatlak ucunun eğriliğinin yarıçapını (Şekil 2.2.a) ve a yüzeydeki çatlağın uzunluğunu ya da dahili bir çatlağın uzunluğunun yarısını ifade eder. Eğer çatlak boyu büyük ve çatlak ucundaki eğrilik yarıçapı küçükse $(a/R)^{1/2}$ değeri çok büyük olacağından denklem aşağıdaki şekli alır:

$$\sigma_m = 2\sigma_o \left(\frac{a}{R}\right)^{1/2} \quad (2.4b)$$

3. SONLU ELEMAN ANALİZİ & ANSYS

3.1 Sonlu Eleman Analizi

Mühendislikte kullanılan birçok olgu onların devamlı mekanik modelleri tarafından formüle edilen diferansiyel denklemler şeklinde tanımlanır. Sınırdaki ya da ilk durumdaki gibi farklı durumlarda diferansiyel denklemleri çözmek bizi olguyu anlamaya ve olgunun geleceği hakkında tahmin yürütmeye götürebilir. Ancak, diferansiyel eşitliklerin kesin sonuçlarının elde edilmesi genellikle zordur. Diferansiyel denklemlerin yaklaşık sonuçlarına ulaşmak için sayısal metotlar benimsenmiştir. Bu sayısal metodlar arasında, sonsuz serbestlik dereceli ortam sonlu serbestlik dereceli ortamla modellenir.

Sonlu eleman metodu (FEM) kısmi diferansiyel denklemler ve integral eşitliklerine yaklaşık sonuç bulmaya çalışan sayısal bir yöntemdir. Çözüm yaklaşımı, ya diferansiyel denklemi tamamen ortadan kaldırmaya ya da kısmi diferansiyel denklemi yaklaşık bir diferansiyel denklem sistemi durumuna getirmeye dayanır, bunlar da sonradan Euler yöntemi ya da Runge Kutta gibi standart yöntemlerle çözülebilir.

Kısmi diferansiyel denklemleri çözerken temel amaç, kısmi diferansiyel denkleme benzer bir diferansiyel denklem üretmektir, fakat nümerik sonuçları birbirine benzer olmalıdır. Yani veri girme ve çözme esnasında oluşacak hatalar manasız bir sonuç elde etmeye sebebiyet vermemelidir. Problemi çözenin birçok yolu vardır, herbirinin kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Sonlu eleman metodu kapalı ve analitik çözüm imkanı bulunmayan karışık sınır şartları (boru yüzeyi), hareketli sınır şartları (hareket eden katı cisimler) gibi problemleri çözmeye oldukça elverişlidir. Mesela yeryüzündeki hava tahmini yaparken denizdeki hava tahmini karadaki hava tahmininden daha önemlidir ve sonlu eleman metoduyla bu problem rahatlıkla çözülebilir.

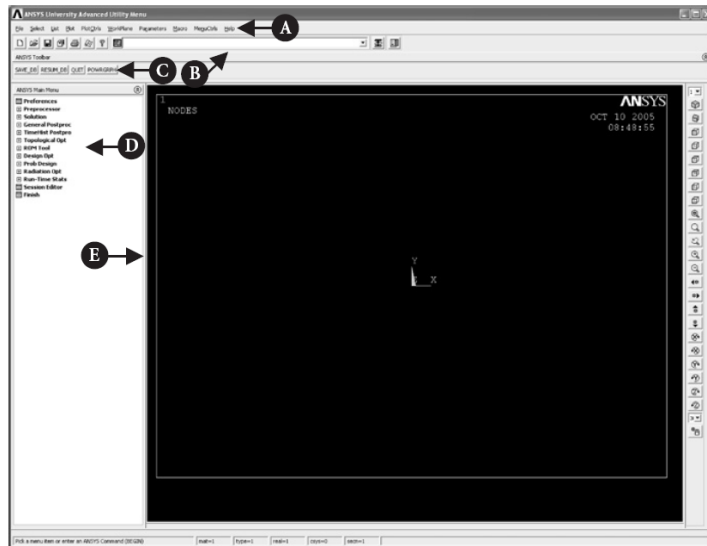
3.2 Ansys

ANSYS genel amaçlı sonlu eleman modelleme paket programıdır ve çeşitli mekanik problemleri nümerik olarak çözebilmektedir. Bu problemler statik/dinamik, yapısal analizler (linear ve nonlinear), ısı transferi, akışkan problemleri, ayrıca akustik ve elektromanyetik problemlerdir. Genel olarak sonlu eleman çalışması üç aşamalı olarak değerlendirilebilir;

Problemi tanımlama: temel adımlar (i) anahtar noktaları/çizgileri/alanları/miktarları tanımlama, (ii) eleman türünü ve maddi/geometrik özelliklerini tanımlamak ve (iii) çizgileri/miktarları/alanları gereken biçimde birleştirmek. Gereken detay miktarı analizin boyutluluğuna bağlıdır.

Çözüm: Yüklemeler (load) ve sınır şartları için çözümler tayin etmek. Burada yükleri (noktasal ve yüzeysel basınç), sınır şartlarını (yerdeğiştirme, dönme) belirtmek ve son olarak denklemler grubunu çözmek gerekir.

Çözümünden sonrası: İlave süreç ve sonuçların gösterilmesi. Bu esnada şu sonuçlar görülmek istenebilir (i) düğüm noktalarının yer değiştirmelerin listesini, (ii) eleman kuvvet ve momentlerini, (iii) şekil değiştirilmiş şekli ve (iv) gerilme kontur diyagramları ya da sıcaklık alanları



Şekil 3.1 : ANSYS ana menüsünden genel görünüm

ANSYS çerçevesi iki pencere içerir: Ana pencere ve çıktı penceresi. Ana pencerede beş bölüm vardır ve yukarıdaki Şekil 3.1. de gösterilmiştir.

Fayda Menüsü: Fayda menüsü [A] dosya kontrolleri, seçimleri, grafik kontrolleri ve parametreler gibi ANSYS süresince elde edilebilen fonksiyonları içerir.

Komut giriş satırı: Komut girişi satırı [B] program hazır mesajlarını gösterir ve direk komut yazmaya izin verir.

Toolbar: Toolbar [C] çoğunlukla kullanılan ANSYS komutlarını uygulayan tuşları içerir. İstenirse daha fazla tuş da yapılabilir.

Ana Menü: Ana menu [D] birincil ANSYS fonksiyonlarını içerir. Modelleme komutlarının çoğu bu menüden olur.

Grafik Penceresi: Grafik penceresi [E] grafiklerin gösterildiği ve seçiminin yapılabildiği yerdir. Birçok yapım aşamasından oluşan modelin ve analizler sonucu ortaya çıkan sonuçların görülebildiği yer burasıdır.

4. TERMAL GERİLME ANALİZİ

4.1 İki Malzemeli Levhalarda Arayüze Yakın Yerlerdeki Isıl Gerilme Analizi

Bu çalışmada büyüklükleri, çeşitlilikleri ve eğimleri yüksek olan (farklı durumlardaki farklı bağlı maddelerin bağlantı arayüzlerinin yakınındaki oyukların sebep olduğu) bağlantı ara termal basınçların konsantrasyonunu incelemek için sayısal bir metod uygulanmıştır. Burada kullanılan metod, benzer problemlerden sonra kullanıldığından, doğru sonuç verecek sağlıklı analizler için gerekli en uygun mesh sıklığı test edilmelidir.

Şimdiki problemimiz şekilde görüldüğü gibi çift malzemeli oyuksuz levhada ani yüklemeler sonucu oluşan, gerilme ve şekil değiştirmeleri incelemektir.

Birinci malzemenin özellikleri:

E_1 (Elastisite modülü) = 200,000 MPa,

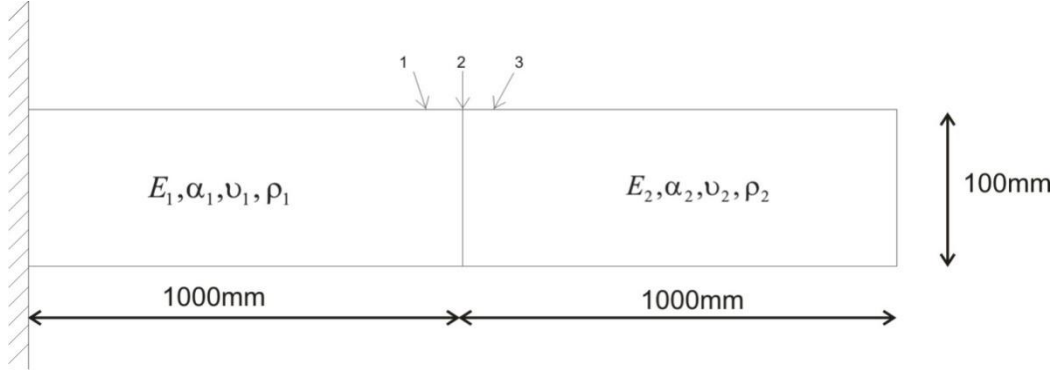
α_1 (genleşme katsayısı) = 12×10^{-6} 1/°C,

ν_1 (Poisson oranı)=0.3, ρ_1 (yoğunluk) = 4×10^{-9} ton/mm³.

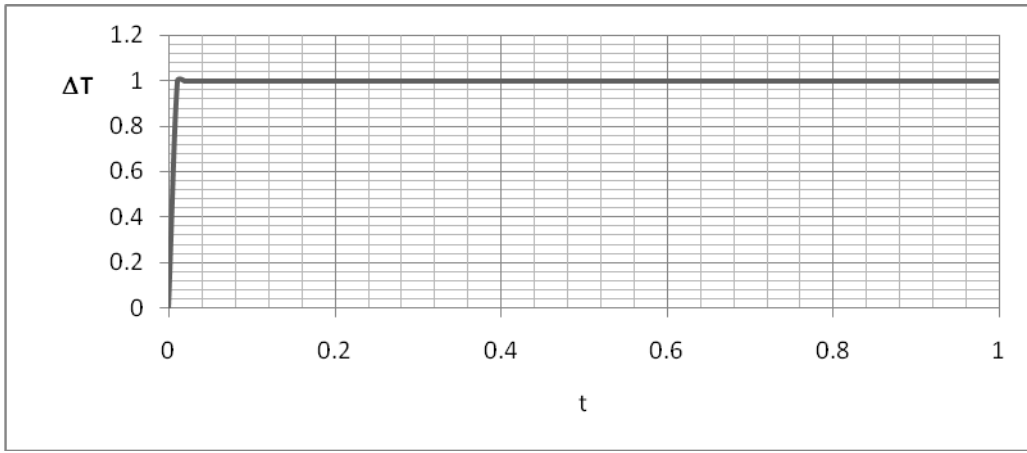
İkinci malzemenin mekanik özellikleri:

$E_2=200,000$ MPa, $\alpha_2= 16 \times 10^{-6}$ 1/°C, $\nu_2=0.3$, $\rho_2=4 \times 10^{-9}$ ton/mm³.

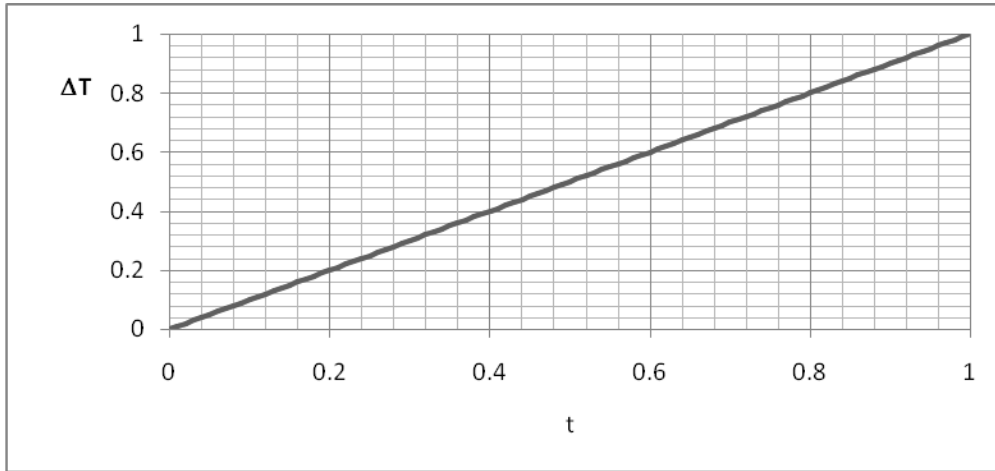
Bu birimlerde sonuç elde edildikten sonra, sonuçları birimlerden soyutlamak için belli bir katsayıya bölünmesi gerekecektir. $\sigma_{\text{boyutsuz}} = \sigma / (\Delta\alpha E \Delta T)$ şeklinde yazılır $\Delta\alpha E \Delta T$ değeri ise 0.8'e eşittir. Bu malzemelerde şekil 3 görüldüğü gibi zamana bağlı ani (transient) yükleme yapılmıştır. ANSYS te uygulanan yükleme tipi iki çeşittir birincisi “stepped” (şekil 4.2); tanımlanan zaman aralığında zamana göre lineer artar. İkincisi (şekil 4.3) ise ramped; şekil 18 te tanımlanan time-step aralığında lineer olarak artar daha sonra sabit olarak kalır.



Şekil 4.1 : Modelin görünüşü ve malzeme özellikler



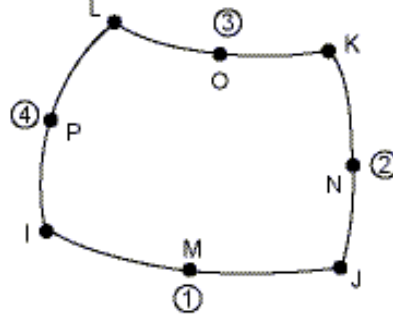
Şekil 4.2 : Zamana bağlı yükleme (Stepped)



Şekil 4.3 : Zamana bağlı yükleme (Ramped)

ANSYS 'te analiz edilecek modeller için, önce birbirlerine geçmeleri ve uygun eleman çeşidini analiz yapılmadan önce geçerli malzeme modelleri seçilmelidir. Bu modeller için PLANE82 uygun elemandır [5]. PLANE82, 4 düğümlü elemanın

(Plane42) daha yüksek bir yöntemli versiyonudur. Şekillerde daha az doğruluk kaybı sağlar. 8 düğümlü öğelerin uyumlu yer değiştirme şekilleri vardır ve eğri modellere uygundur. 8-node element her nodunda iki derece serbestlik bulunan 8 düğüm olarak tanımlanır. Bu eleman düzlem öğesi ya da aksisimetrik bir öge olarak kullanılabilir. Bu öğenin plastik, sünme büyük şekil değiştirme gibi analizlerde çok kullanışlıdır.

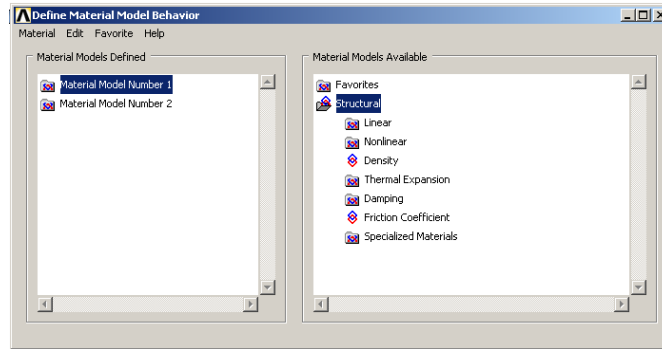


Şekil 4.4 : ANSYS plane82 elemanı

4.2 Modelin ANSYS'e uygulanışı

4.2.1 Modelin çizimi

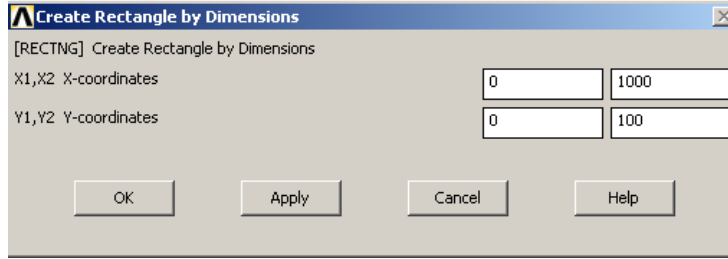
İlk önce ana menüdeki “preferences” menüsünde “structural” işaretlenir. İkinci adım olarak, “Preprocessor”-“Material Model”-“add/edit/delete” seçilir. Çıkan menüde “add” tuşuna basılır. Seçilecek element modeli şekil 5 deki plane82’yi solid’den 4 node 182 yi seçerek istenilen malzeme seçilmiş olur. Malzeme özelliklerini seçmek için, ana menüden “Preprocessor”-“Material props”-“material models” seçilir çıkan menüde structural altındaki nicelik çeşitleri doldurulur. Doldurulacak kısımlar “linear, density, thermal expansion” kısımlarıdır.



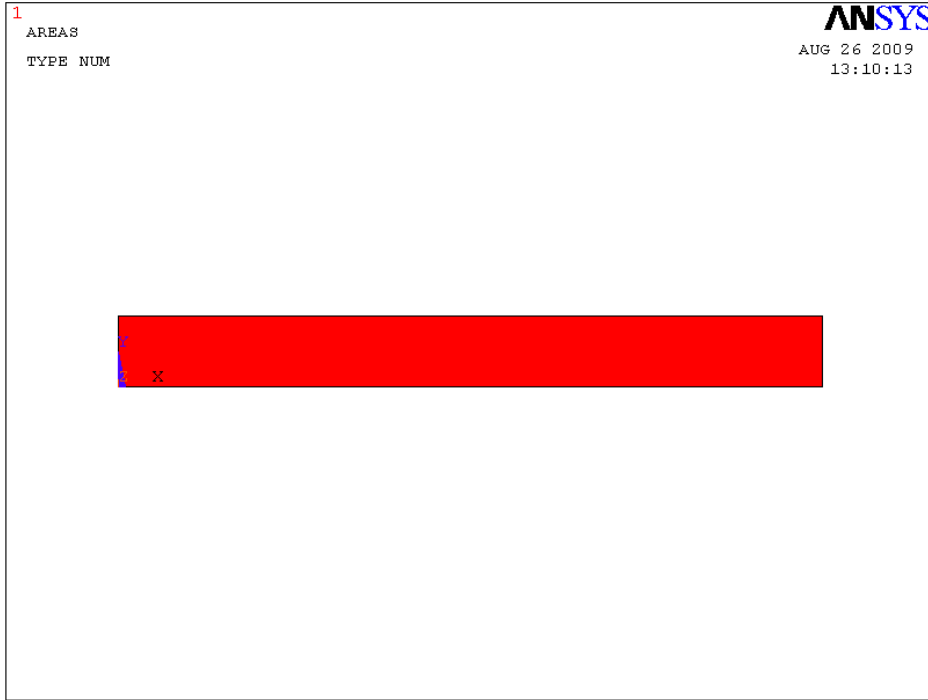
Şekil 4.5 : ANSYS te malzeme seçimi

Alın kaynakla birleştirilmiş levhaları çizmek için, ilk önce iki adet levha çizilir daha sonra bu iki levha yapıştırılarak beraber çalışan iki farklı levhadan ibaret olur.

“Preprocessor”-“Modelling”-“Modelling”-“Create”-“Areas”-“Rectangle”-“Bydimensions” menüsünden birinci levha çizilir. Şekil 3 deki x1, x2, y1, y2 koordinatları dikdörtgen levhanın uç koordinatlarıdır. Menüye girilen koordinatlardan sonra OK tuşuna basılırsa



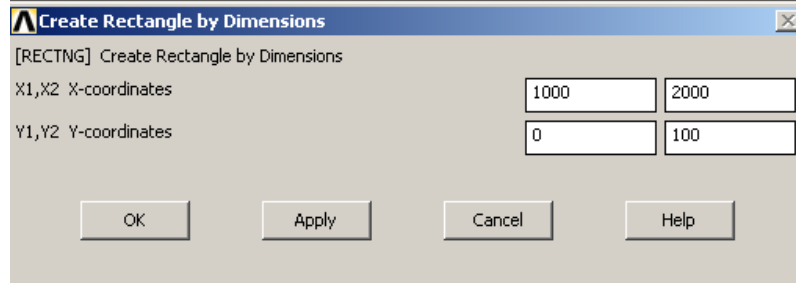
Şekil 4.6 : ANSYS te birinci düzlemin koordinatlarının girişi



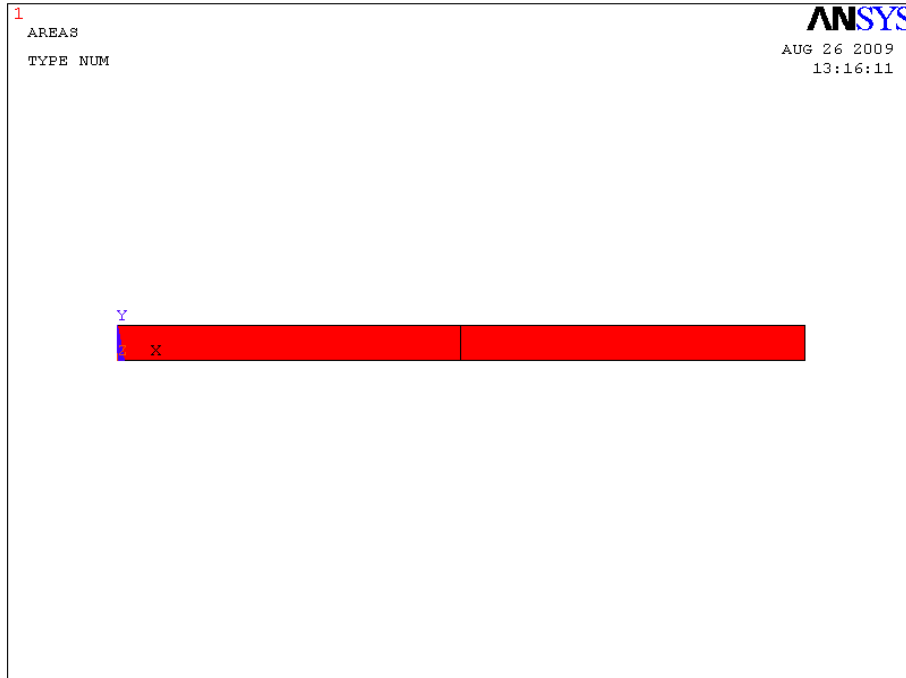
Şekil 4.7 : Birinci düzlemin görünüşü

İkinci levhayı çizmek için aynı menüye gelip, bu sefer giriş koordinatlarını şekildeki gibi yapmak gerekecektir. İkinci levhayı çizdikten sonra iki levhanın beraber çalışması için yapıştırma işlemi yapılır.

“Preprocessor”-“Modelling”-“Operate”-“Booleans”-“Glue”-“Areas” seçilir. Çıkan menüde “pick all” seçeneği tercih edilir.

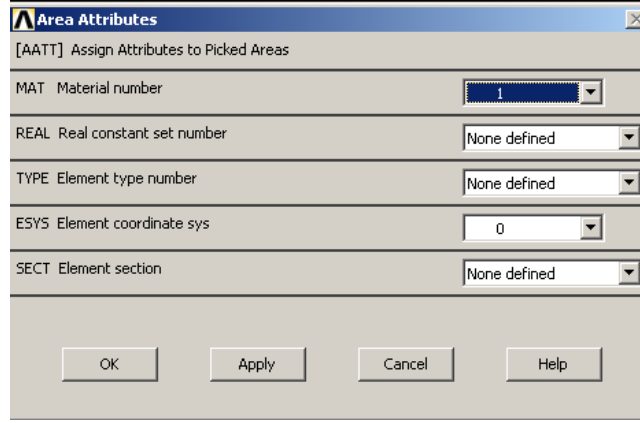


Şekil 4.8 : İkinci düzlemin koordinatlarının girişi



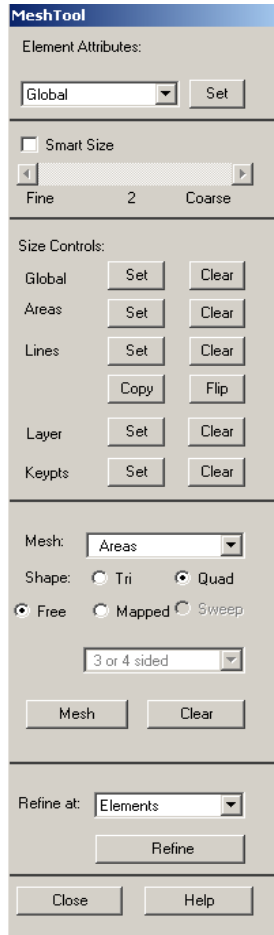
Şekil 4.9 : İkinci düzlemlerle birlikte modelin görünüşü

Modellemenin son kısmı olarak ağ atma işlemi yapılır. Ağ atmadan önce hangi alanın hangi malzemeden yapıldığını tanımlamak gerekir. “Preprocessor”-“Meshing”-“Mesh Attributes”-“Picked Areas” menüsüne gelinir ilk önce soldaki alan seçilirse Şekil 11 deki menü çıkacaktır. Material number’in karşısına 1 yazılırsa seçilmiş olan soldaki alanın malzemesi 1. Malzeme olacaktır, aynı işlemi sağdaki alan seçilerek ve malzeme kısmına ikinci malzeme tanımlanırsa, sağdaki alan 2. Malzemeye atanmış olur. Böylece ağ atma esnasında düzlemin malzemesi belirlenmiş olur.

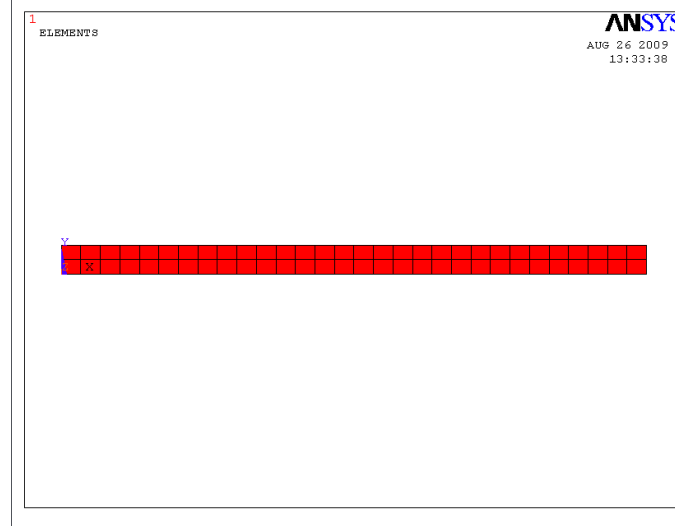


Şekil 4.10 : Seçilmiş alandaki malzeme ayarı

Şimdi ağ atama işlemine başlanılabilir. “Preprocessor”-“Meshing”-“Meshtool”a gidilirse karşımıza şekil 12 deki menü çıkacaktır. Mesh ayarlarını aşağıdaki şekildeki gibi düzenlenmesinin ardından OK ye basılması gerekmektedir. Ardından model şekil 13 deki gibi olacaktır.

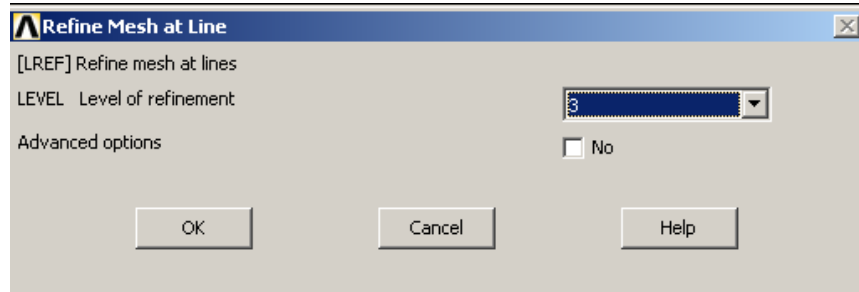


Şekil 4.11 : Ağ özelliklerini gösterir menü

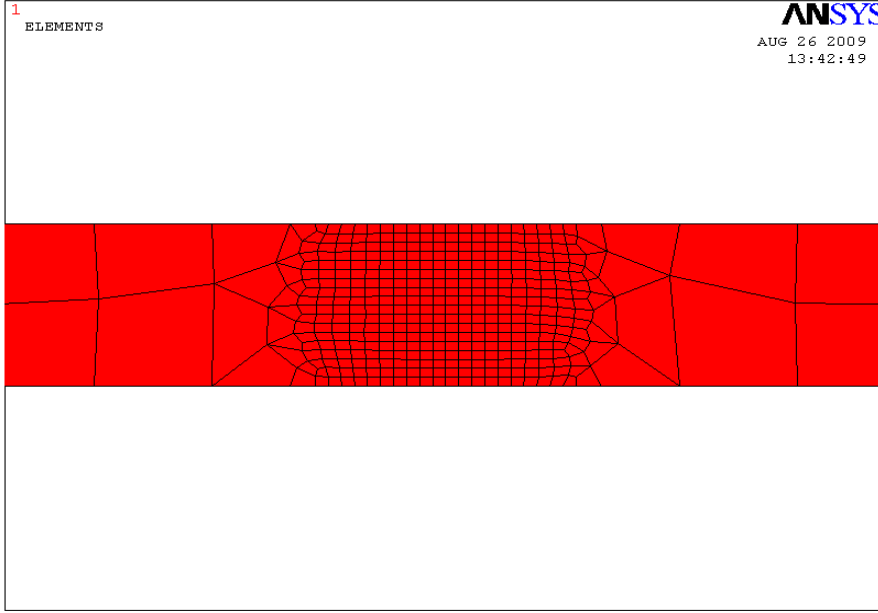


Şekil 4.12 : Ağ atama işleminden sonra düzlemden görünüş

Şimdi birleşim bölgesi incelendiği için birleşim bölgesine sık ağ atılması gerekmektedir. “Preprocessor”-“Meshing”-“Modify Mesh”-“Refine at”-“Lines” menüsünden ortadaki birleşim çizgisi seçilirse karşımıza gelen menü şekil 14 teki gibi düzenlenirse ağ yoğunlaşması şekil 15 teki gibi olacaktır. Modelleme işlemi burada birleştirilmiştir.



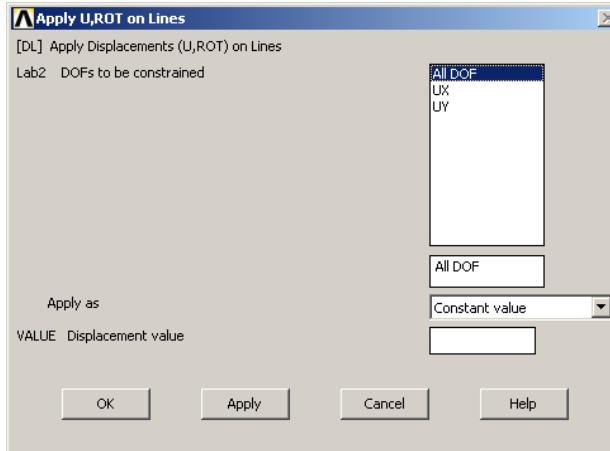
Şekil 4.13 : Ağ elemanlarının seçilen bölgede sıklaştırma menüsü



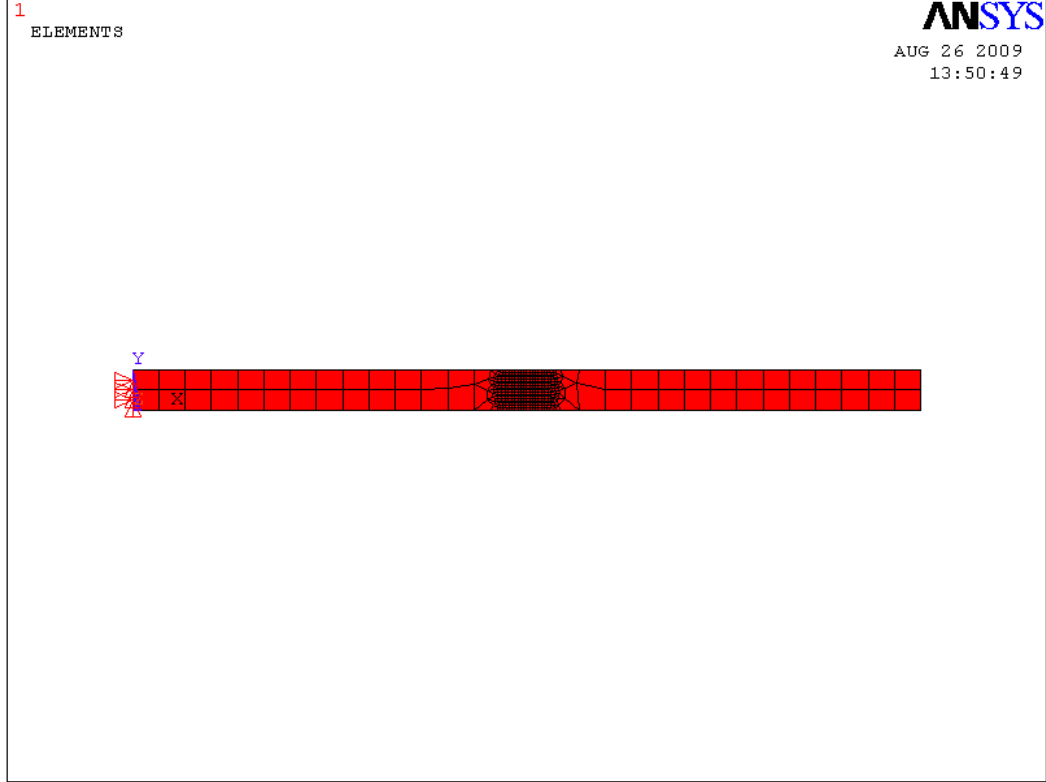
Şekil 4.14 : Birleşim bölgesinde ağ elemanlarının görünüşü

4.3 Sınır Şartlarının ve Yüklerinin Tanımlanması

Sınır şartı aslında sol tarafa bir adet ankastre mesnet atmaktan ibarettir. Bu da yapının en sol tarafındaki doğru parçasına hem x hemde y yönünde tutulmasıyla verilir. “Solution”-“Define loads”-“Apply”-“Structural”-“Displacements”-“On Lines” menüsünü seçtikten sonra program tutulu yapılacak doğru parçasını isteyecektir. Ve en soldaki doğru parçası seçilirse şekil 16 daki menü gelecektir, menü aşağıdaki gibi düzenlenirse, mesnetlenme işlemi tamamlanmış olacaktır. Şeklin son hali şekil 17 deki gibidir.

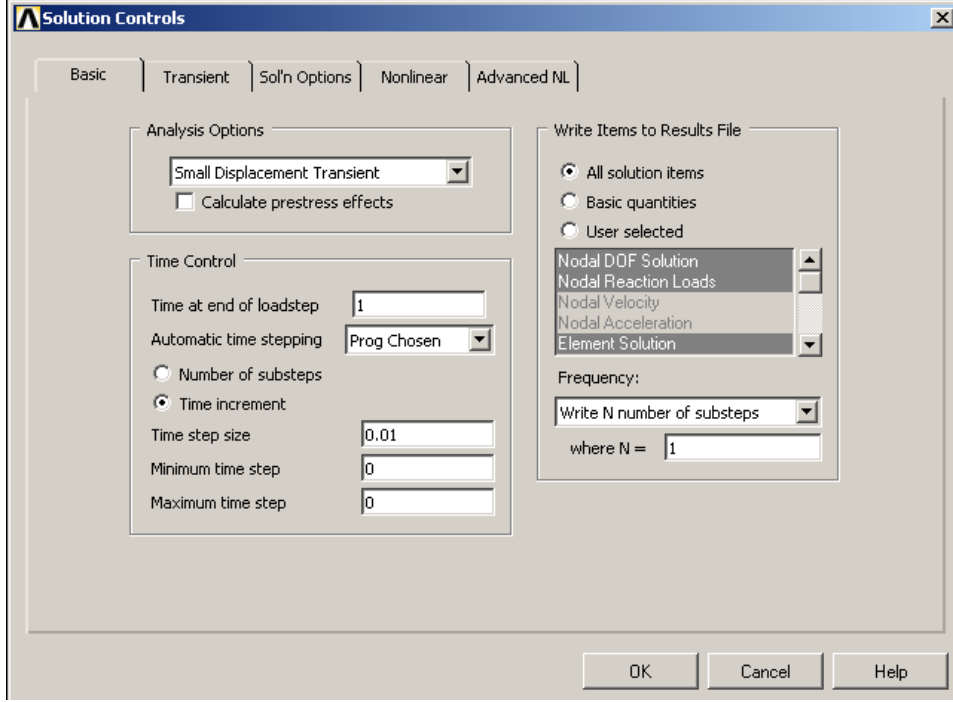


Şekil 4.15 : Mesnetleme menüsü



Şekil 4.16 : Sınır şartlarının verilmesinden sonra modelden bir görünüş

Yükleme işlemi için, ilk önce analiz tipinin seçilmesi lazımdır. Bunun için “Solution”-“Analysis type”-“New analysis” seçip çıkan menüde transient işaretlenir. OK’ye basıldıktan sonra çıkan menüde full kısmı işaretlenir ve OK’ ye basılır bundan sonraki işlem zamana göre yüklemeyi tanımlamaktır. “Solution”-“Analysis type”-“Solution Controls” menüsü şekil 18 deki gibi düzenlenir. Bu düzenlemeden sonra 1 s aralığında oluşan çözümler 100 adımda yapılacaktır.



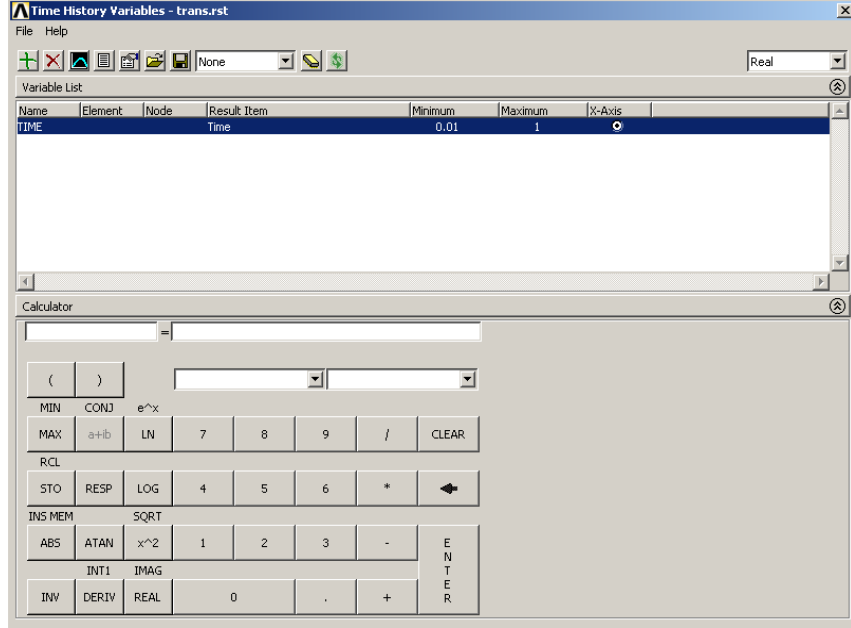
Şekil 4.17 : Yükleme süresinin ve çözüm adımlarının ayarları

Son olarak yükleme yapılırsa “Solution”-“Define Loads”-“Apply”-“Structural”-“Temperature”-“On Areas” seçilir çıkan menüde her iki alan seçilir daha sonra çıkan menüde Temperature ‘nin karşısına 1 yazılır ve 1 °C lik ani yükleme yapılmış olur. Bu işlem sonunda “Solution”-“Load step opt.”-“Write LS file” seçilir çıkan menüdeki hücreye 1 yazılır. En son olarak, “Solution”-“Solve”-“Current LS” seçilir ve çözüm yapılır.

4.4 Çözüm Sonrası Analiz

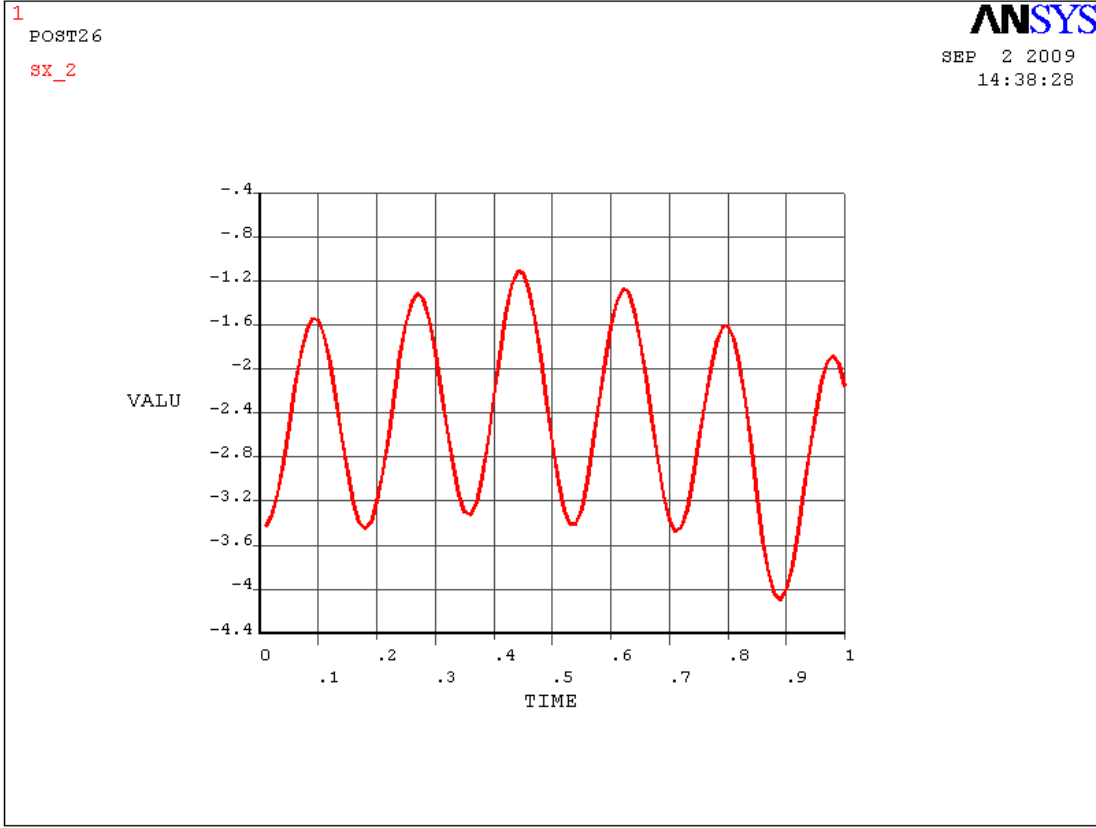
Artık bu bölümde sonuçlarının alınması ve düzenlenmesi irdelenecektir.

İlk önce “Solution” un iki altında “TimeHist PostPro” seçilir. Bu seçimden sonra şekil 19 ‘ deki menü çıkması gerekir.



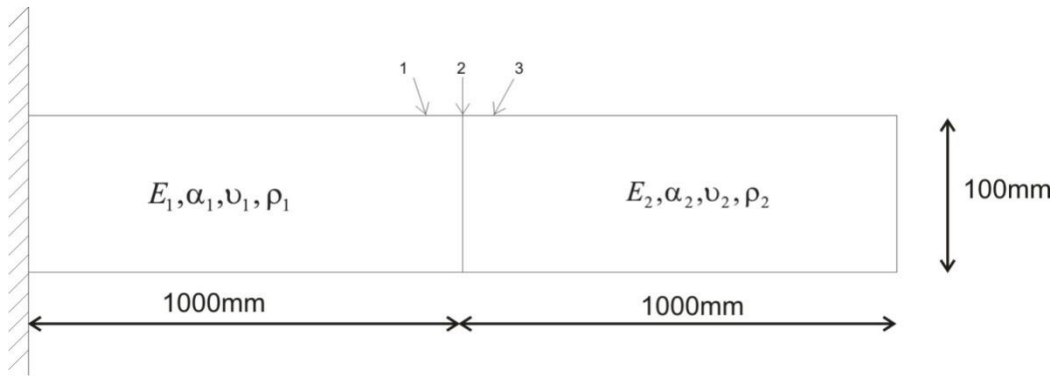
Şekil 4.18 : Çözümleme sonrasındaki değişken listesi

“Time” değişkeni çözüm aralığıdır. Ve 0.01 saniyeden 1 saniyeye tanımlıdır. “Time” değişkeni herhangi bir değişken eklemek için, sol üst köşede yeşil renkli değişken ekleme düğmesine basılır ve çıkan menüde istenilen değişken tipini seçilebilir. Mesela “stress”i seçersek karşımıza çeşitli doğrultularda gerilmeler çıkacaktır. S_x 'i seçersek σ_x değişkeni seçilmiş olur. Bu işlemden sonra geriye nod seçme kalır ve nodu seçtikten sonra istenilen noktadaki σ_x değerlerini 0-1 s arasında nasıl değiştiği hem grafik hemde liste olarak görülebilir.



Şekil 4.19 : σ_x gerilme bileşeninin değerinin 0-1 s aralığındaki değişimi

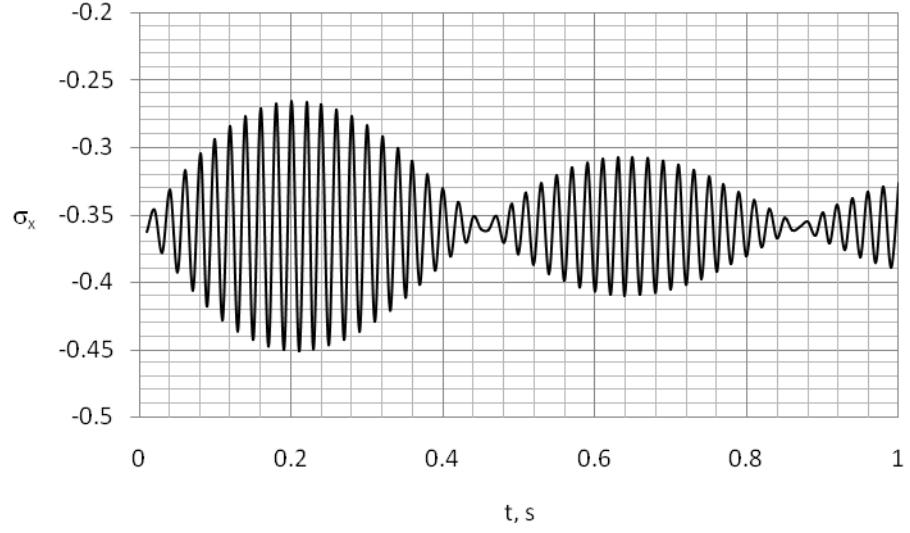
Örneğin çıkışları aşağıdaki şekil 21 de numunenin yüzeyindeki (1,2,3) 1 noktasının yeri 2 noktasının 16.667 mm solunda, 3 noktası ise 2 noktasının 16.667 mm. Sağındadır. Bu noktaların σ_x ve σ_y değerlerinin zamana göre değişim grafiği çıkartılacaktır.



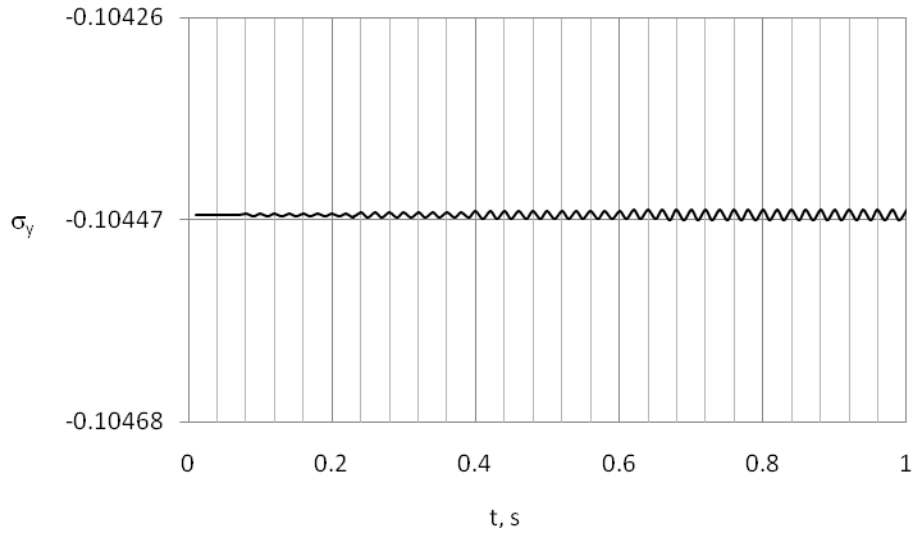
Şekil 4.20 : Problemin modeli

4.5 1 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi

Şekil 4.1 deki 1 noktasının boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmektedir.



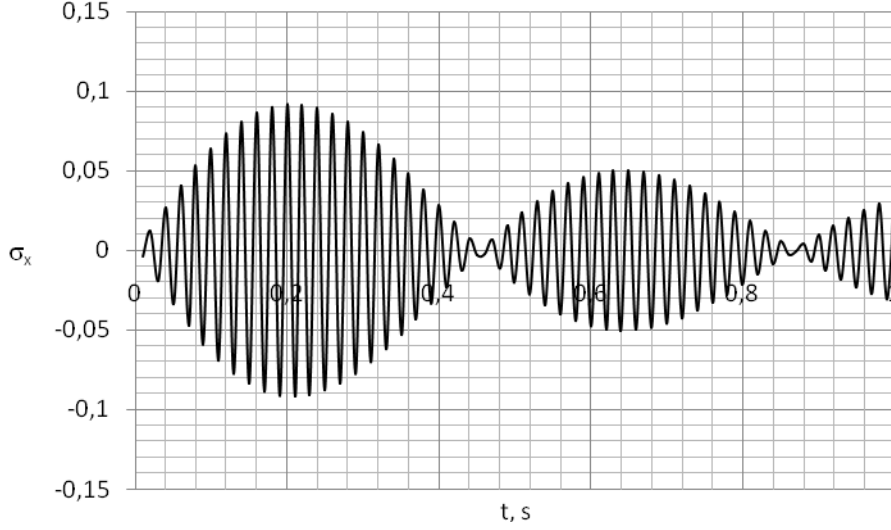
Şekil 4.21 : 1 noktasındaki σ_x boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



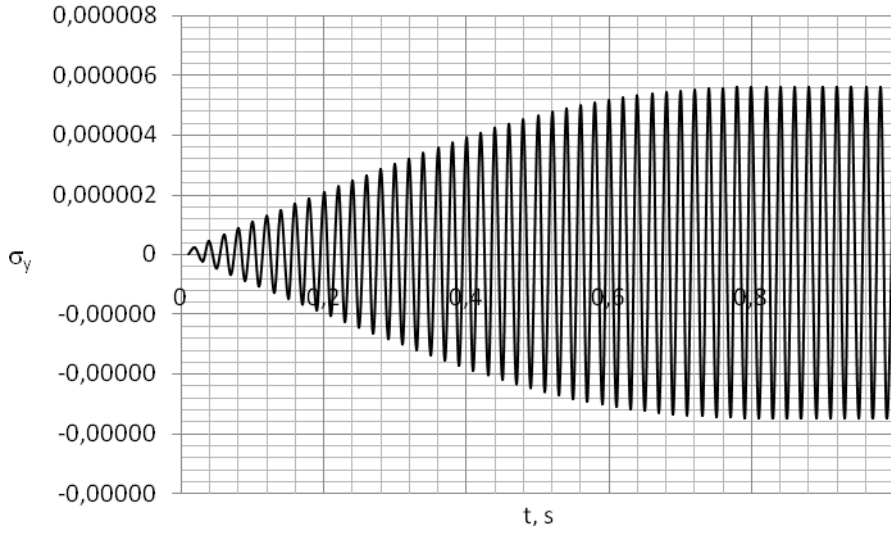
Şekil 4.22 : 1 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

4.6 2 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi

Şekil 4.1 deki 2 noktasındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi Şekil 4.23 ve Şekil 4.24’de verilmektedir.

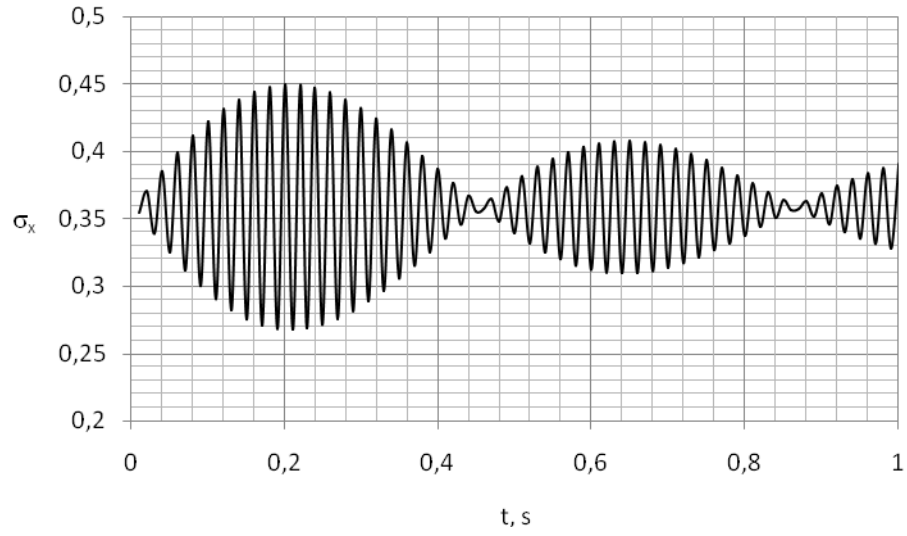


Şekil 4.23 : 2 noktasındaki σ_x gerilme bileşeninin zamanla değişimi

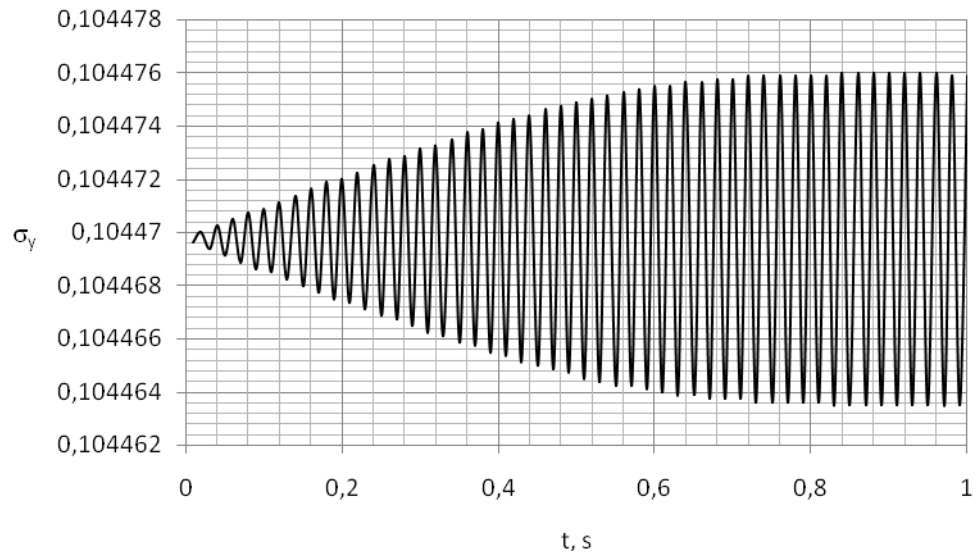


Şekil 4.24 : 2 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

4.7 3 Noktasındaki Gerilme Bileşenlerinin Zamana Göre Değişimi



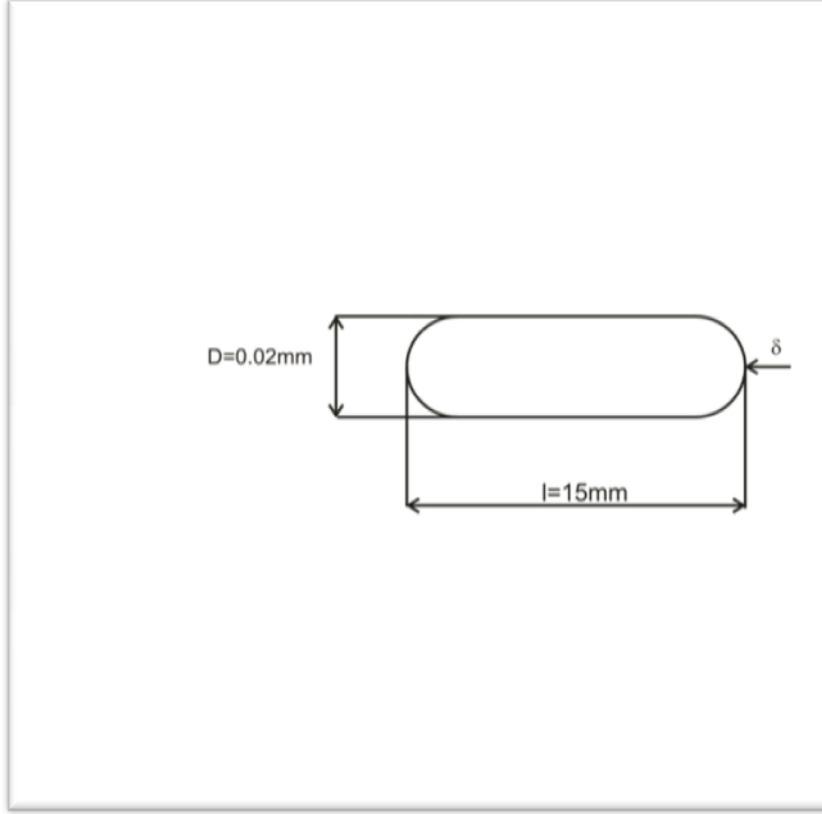
Şekil 4.25 : 3 noktasındaki σ_x boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.26 : 3 noktasındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

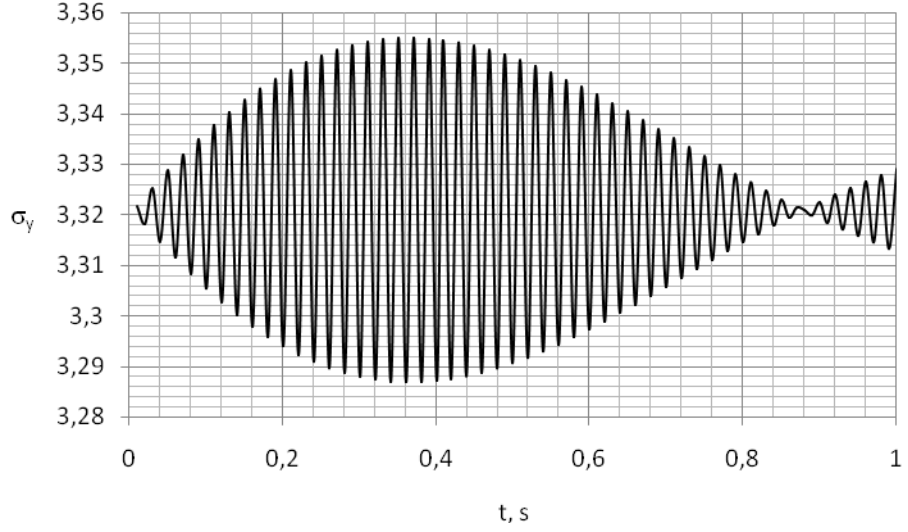
4.8 Birleşim Bölgesi Civarındaki Oyuklar Etrafında Isıl Gerilme

4.8.1 Oyuğun birleşim bölgesine dik olduğu durumda, oyuğun değişik uzaklıklardaki çözüm analizi

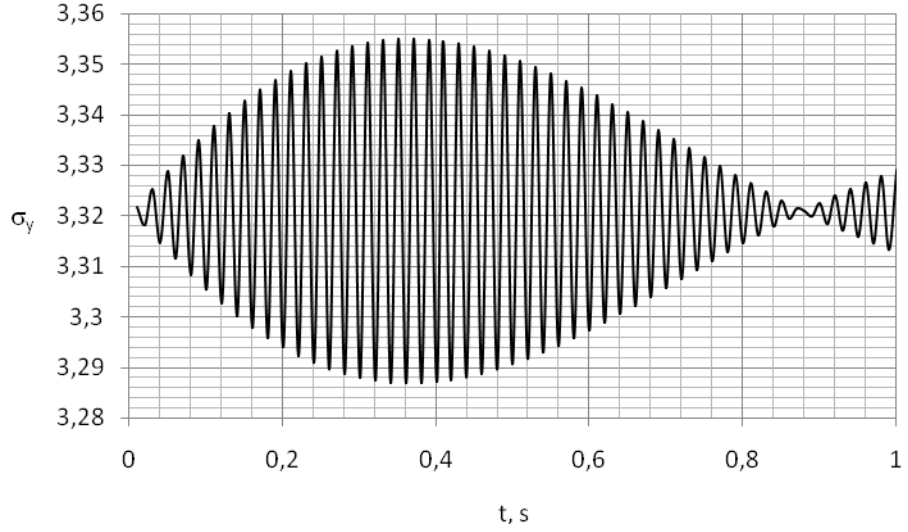


Şekil 4.27 : Birleştirilmiş yüzeyde yüzeye dik delikten genel görünüş δ değerleri 0.002mm, 0.001mm, 0.0005mm, 0.00075mm, -0.00075mm, -0.0005mm, -0.001mm, -0.002mm değerlerinde oyuk uç noktalarındaki σ_y değerlerinin 0 sn ile 1 sn arasında değerlerinin grafiği ;

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta=0.002\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da verilmektedir.

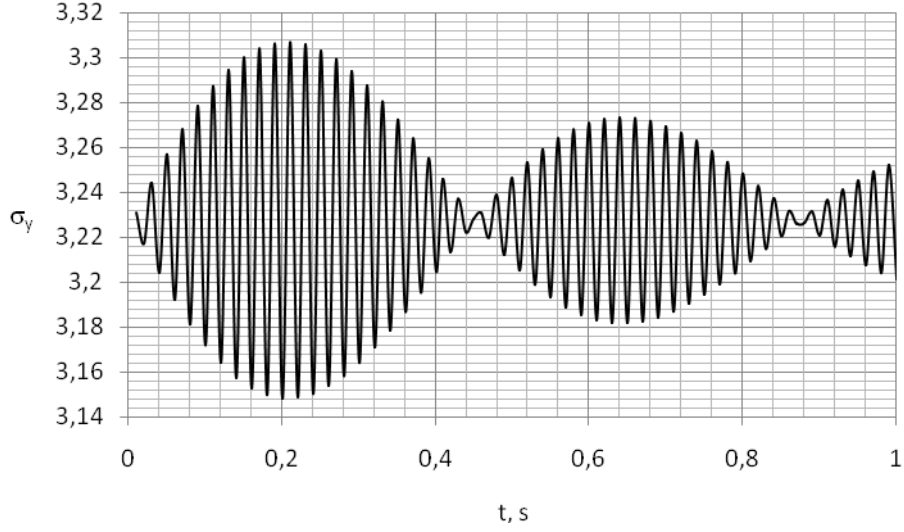


Şekil 4.28 : $\delta= 0.002\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

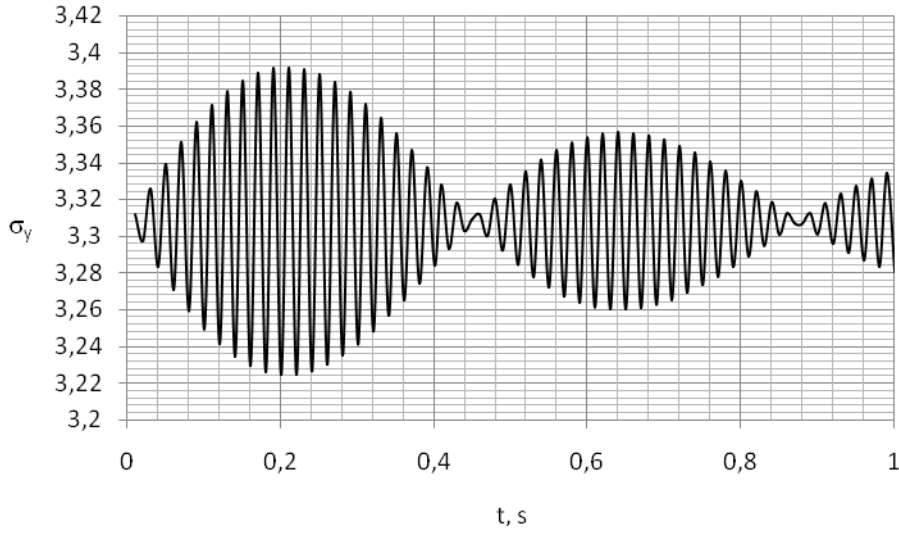


Şekil 4.29 : $\delta= 0.002\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşenini zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta= 0.001\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de verilmektedir.

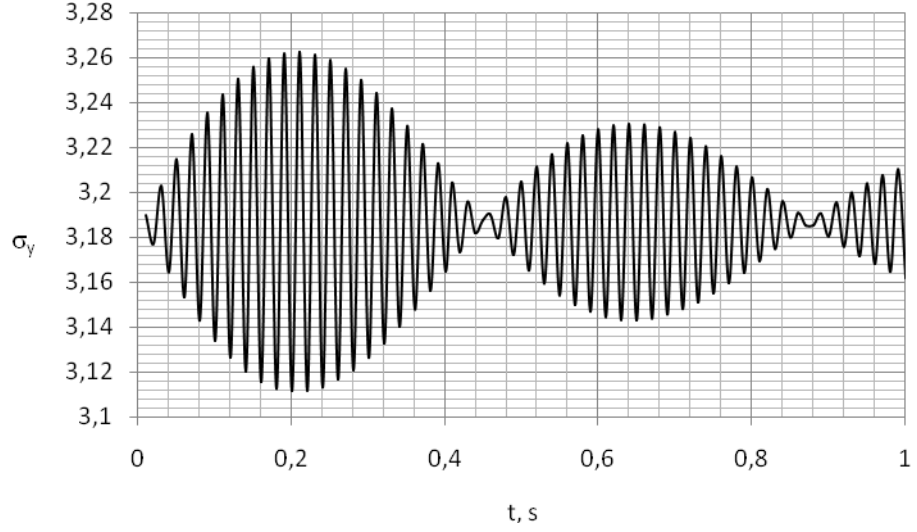


Şekil 4.30 : $\delta= 0.001\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

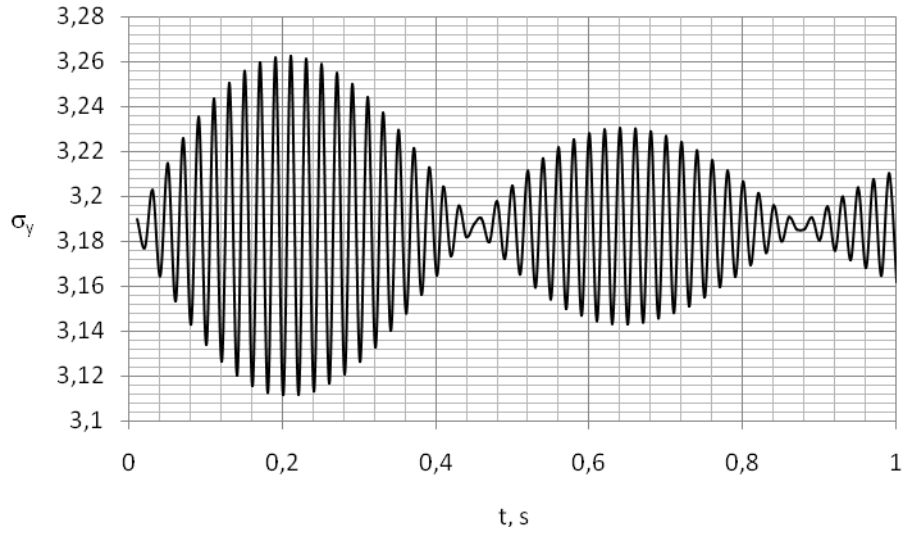


Şekil 4.31 : $\delta=0.001\text{mm}$ oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta= 0.00075\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de verilmektedir.

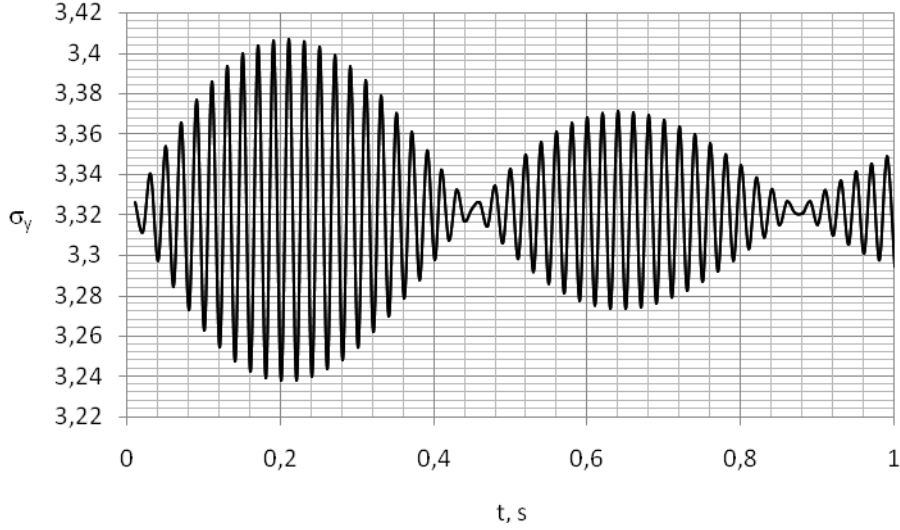


Şekil 4.32 : $\delta= 0.00075\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

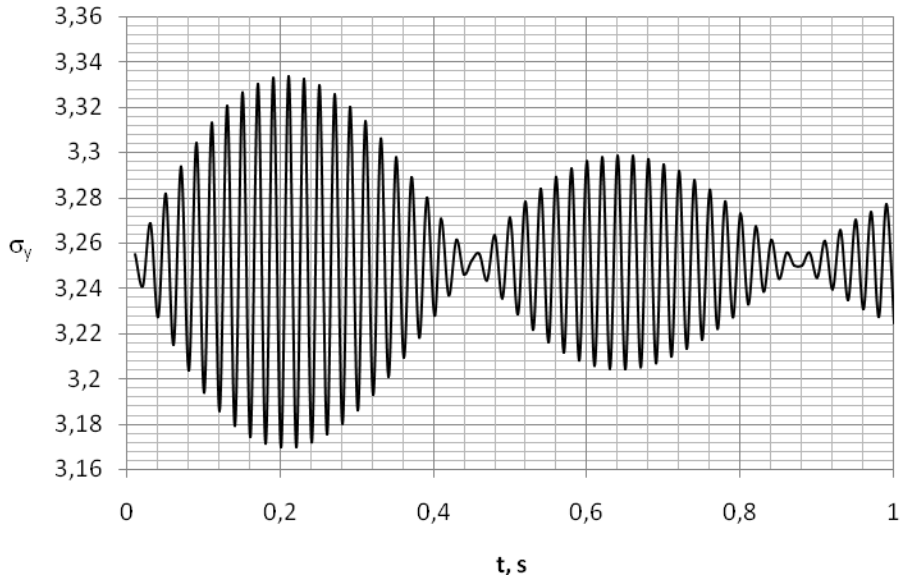


Şekil 4.33 : $\delta= 0.00075\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta= 0.0005\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'de verilmektedir.

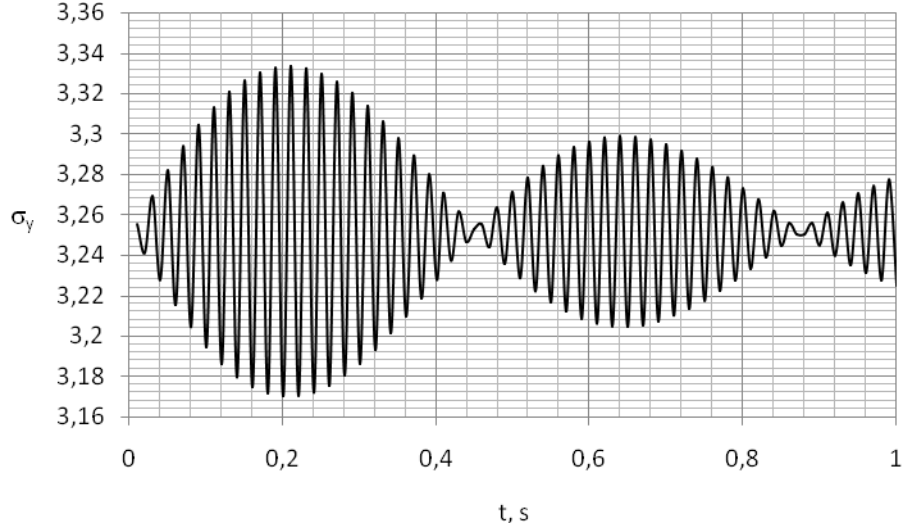


Şekil 4.34 : $\delta= 0.0005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

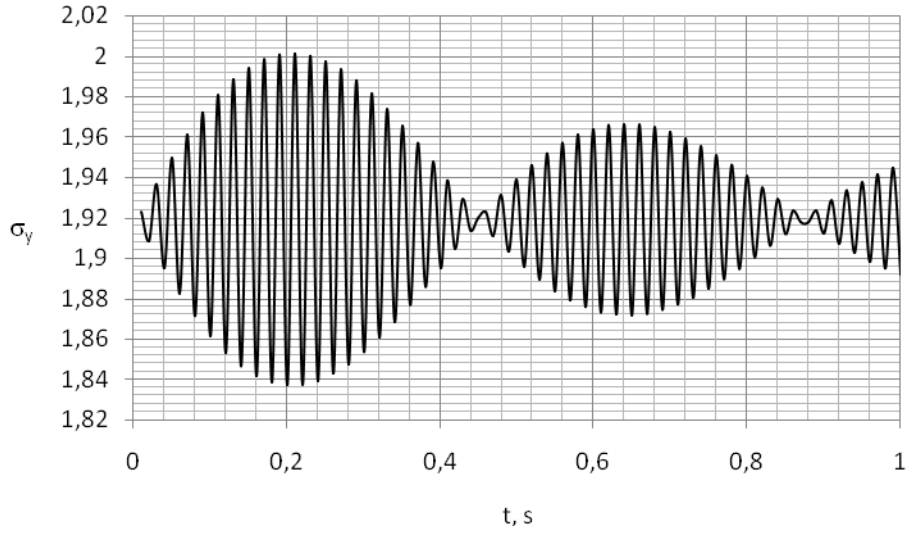


Şekil 4.35 : $\delta= 0.0005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta= -0.0005\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de verilmektedir.

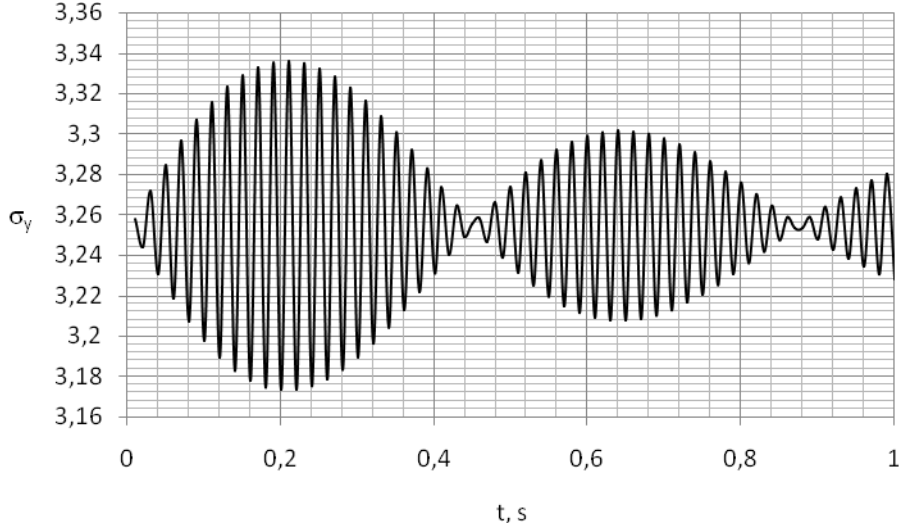


Şekil 4.36 : $\delta = -0.0005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

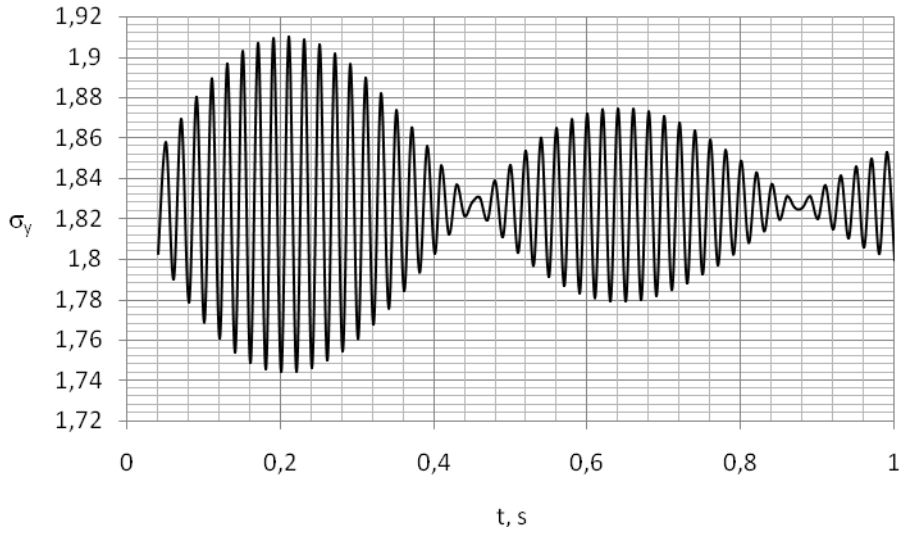


Şekil 4.37 : $\delta = -0.0005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta = -0.00075\text{mm}$ iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.38 ve Şekil 4.39'da verilmektedir

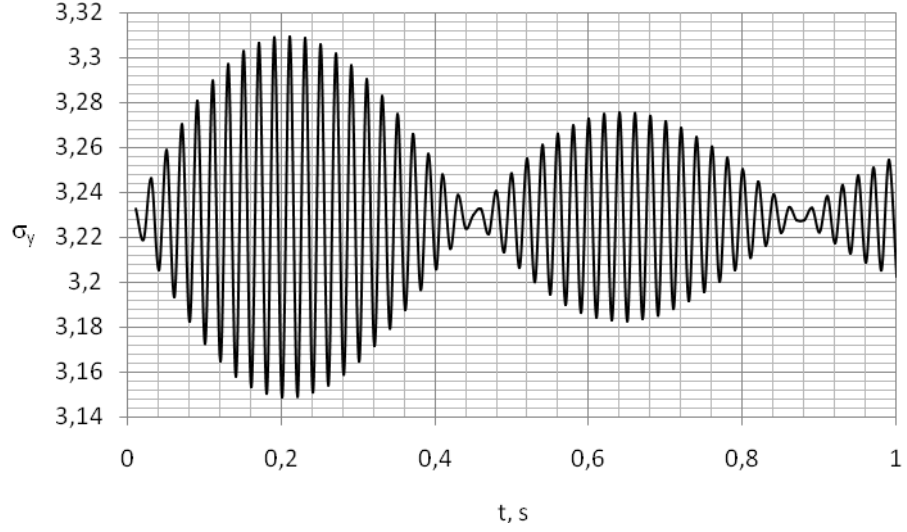


Şekil 4.38 : $\delta = -0.00075\text{mm}$, oyukun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

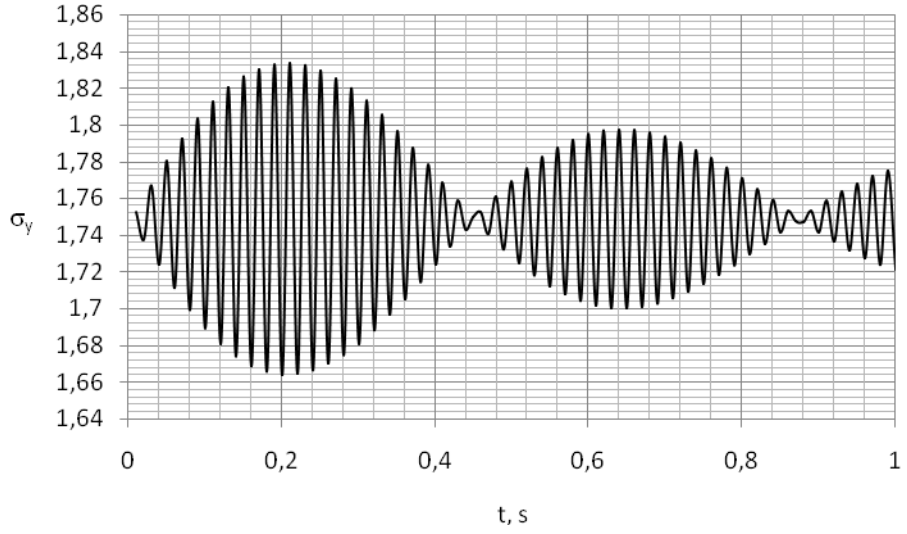


Şekil 4.39 : $\delta = -0.00075\text{mm}$, oyukun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta = -0.001\text{mm}$ iken oyukun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de verilmektedir.

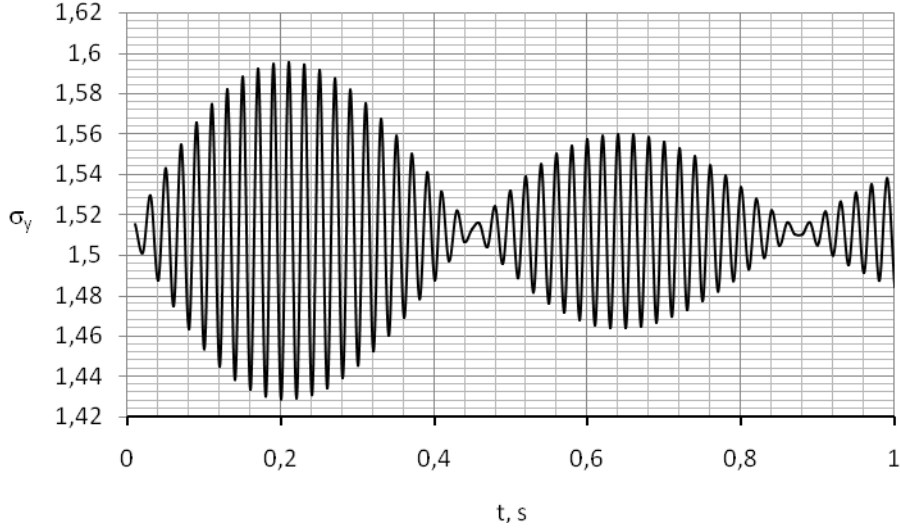


Şekil 4.40 : $\delta = -0.001$ mm, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

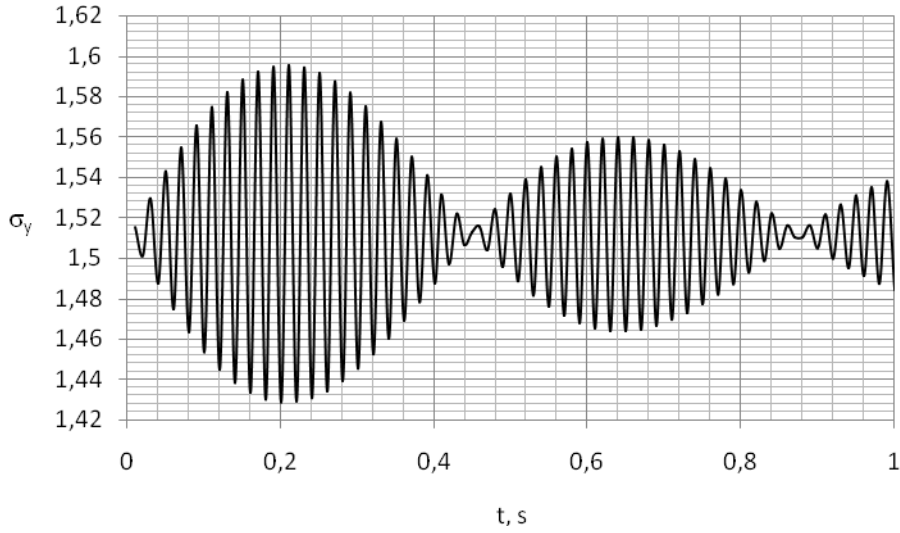


Şekil 4.41 : $\delta = -0.001$ mm, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

Şekil 4.27'deki oyuklu levha için $\delta = -0.002$ mm iken oyuğun sağ ve sol uçlarındaki boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişim grafikleri Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'de verilmektedir.

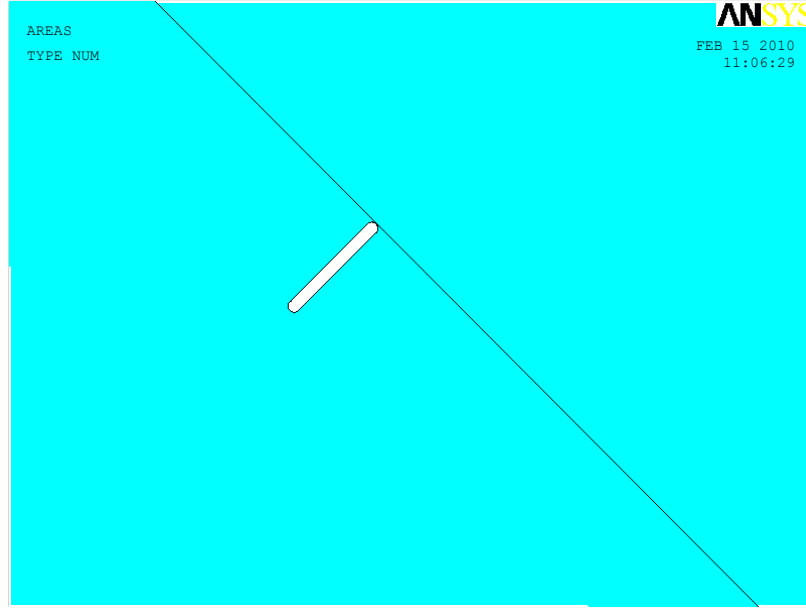


Şekil 4.42 : $\delta = -0.002\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.43 : $\delta = -0.002\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

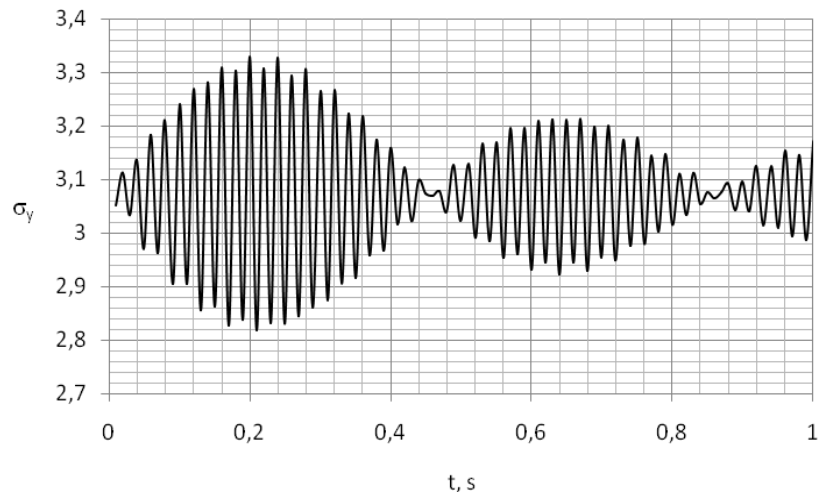
4.8.2 Eğimli birleştirilmiş şekildeki oyuğun yarıçap değişimine göre transient gerilme analizi



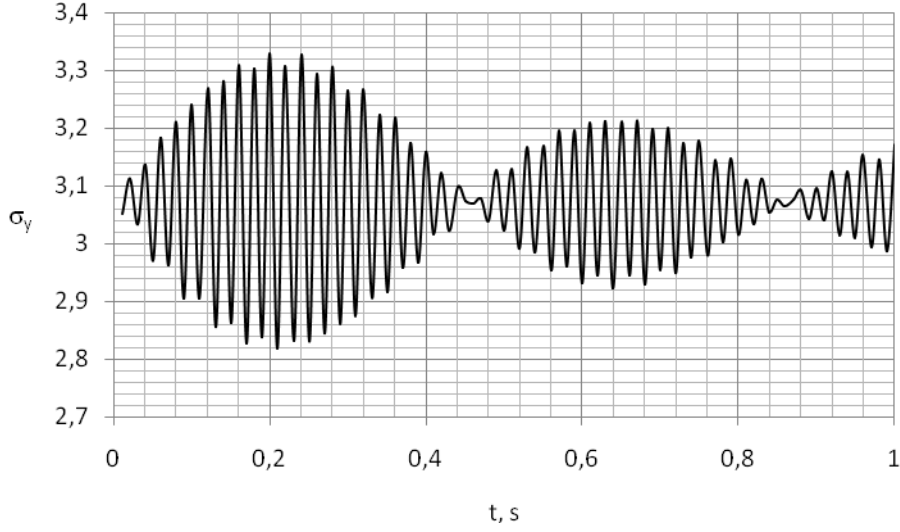
Şekil 4.44 : Levhaların çapraz birleştirilmesi ve yüzeye dik delik görünümü

Bu kısımda deliğin boyu ve birleşim bölgesine olan uzaklığı sabit fakat yarıçapı değişmektedir.

Yarıçap değerleri $r=0.01\text{mm}$, 0.02mm , 0.005mm , 0.015mm , 0.0025mm , 0.0075mm , 0.0125mm , 0.0175mm 'dir.

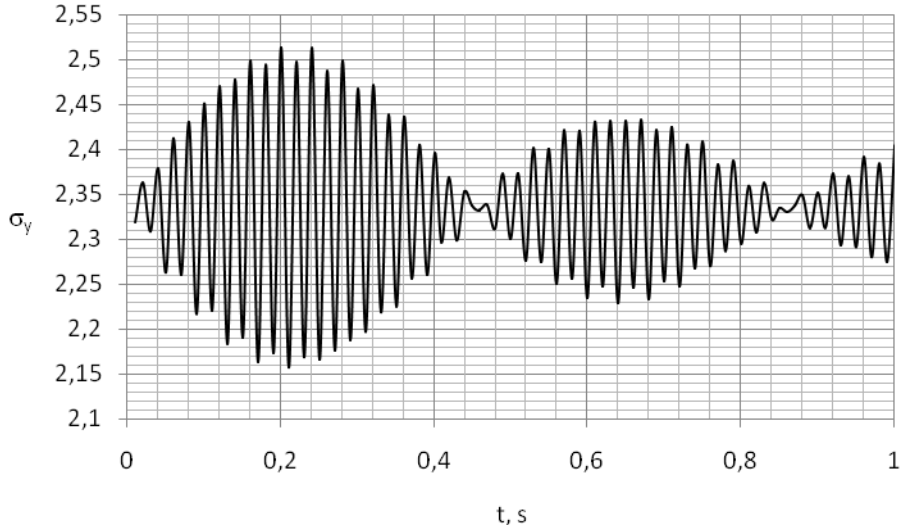


Şekil 4.45 : $r=0.01\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

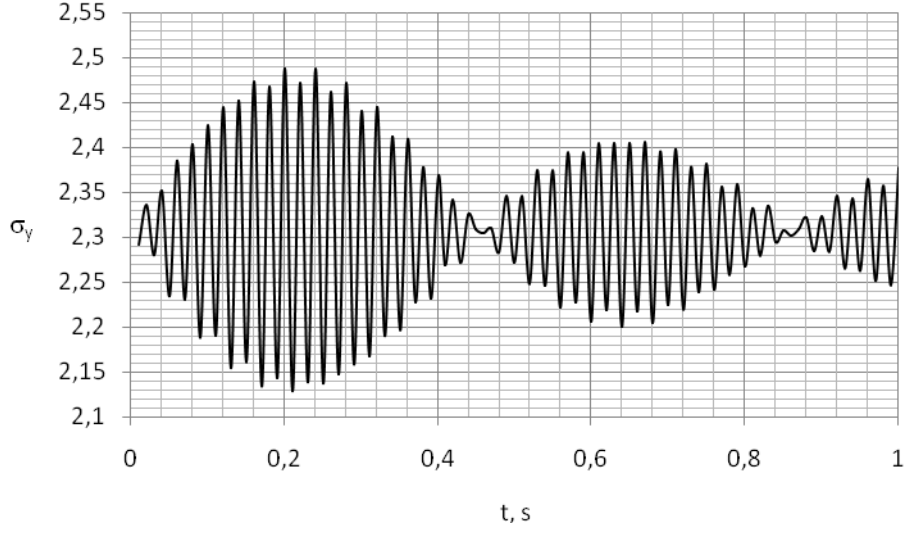


Şekil 4.46 : $r=0.01\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

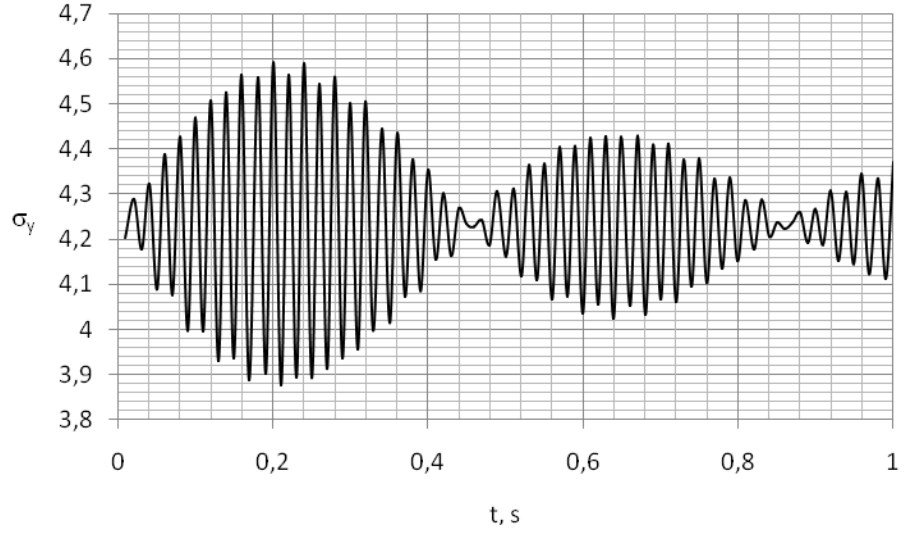
Y doğrultusu global eksen doğrultusu olmayıp oyuğun dikine doğrultuyu göstermektedir.



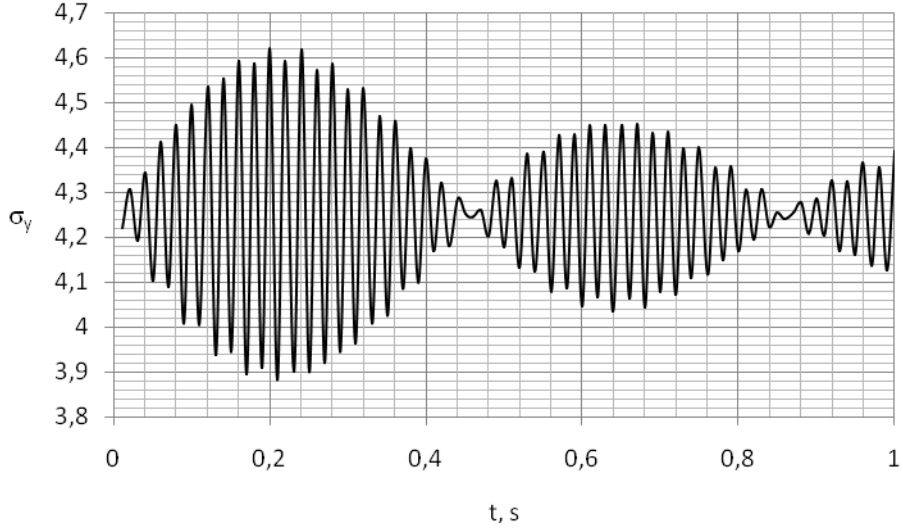
Şekil 4.47 : $r=0.02\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.48 : $r=0.02\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

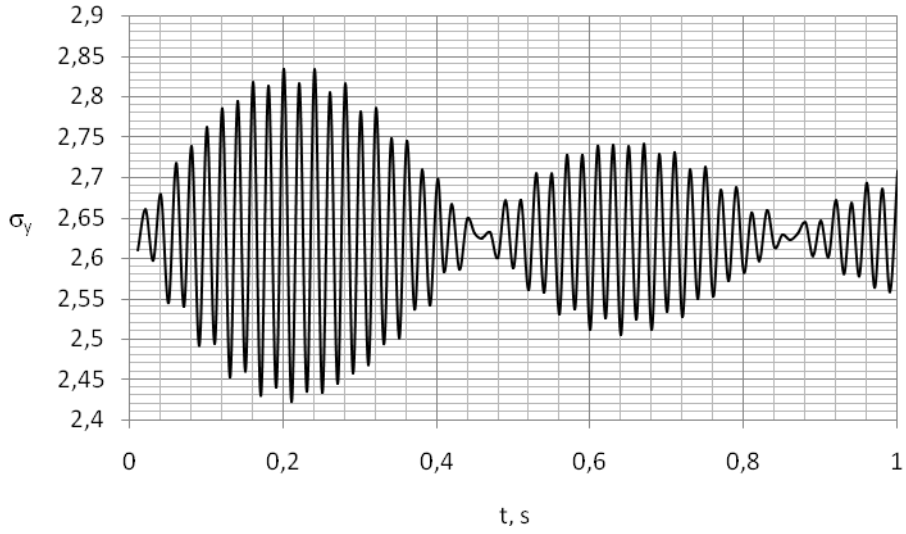


Şekil 4.49 : $r=0.005\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

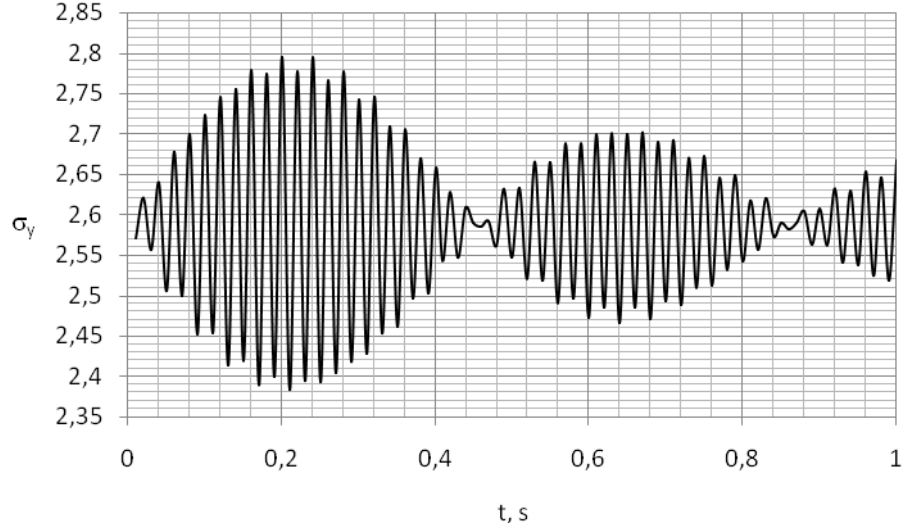


Şekil 4.50 : $r=0.005\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi

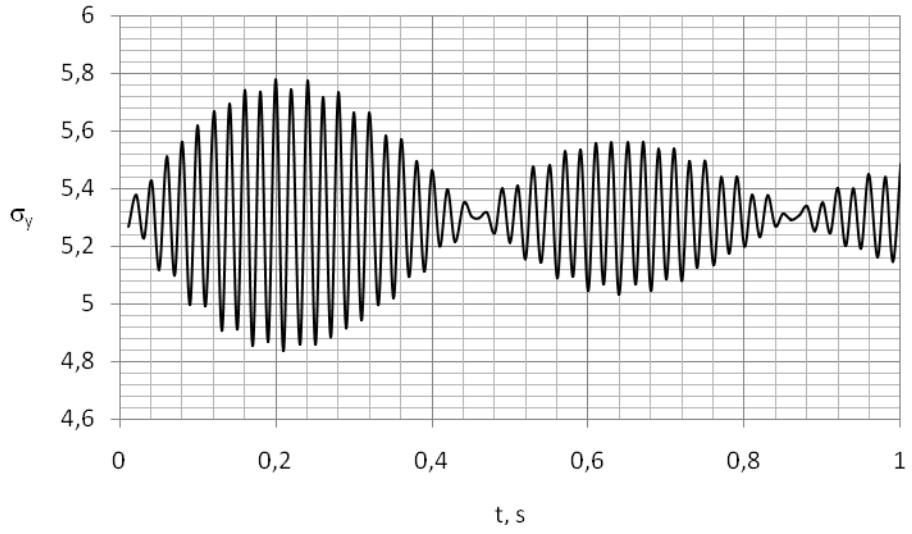
Oyuğun sağındaki ve solundaki gerilmeler çok fazla farketmemektedir.



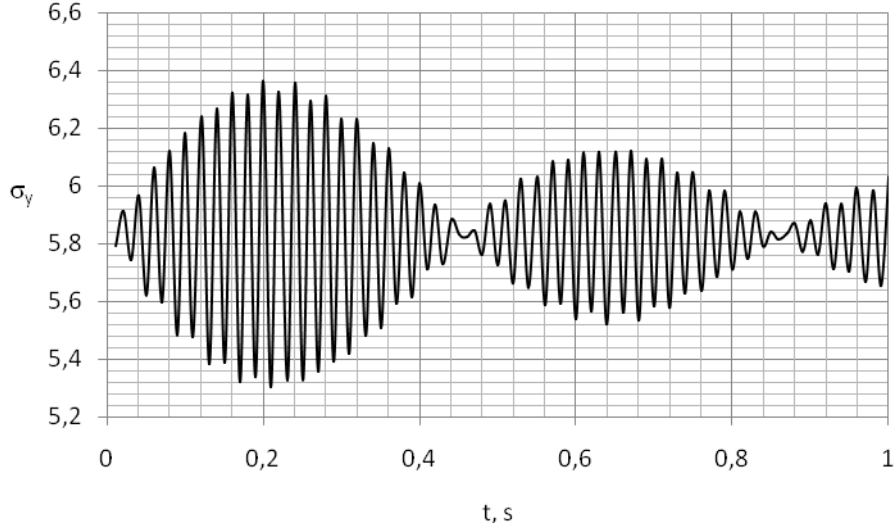
Şekil 4.51 : $r=0.015\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



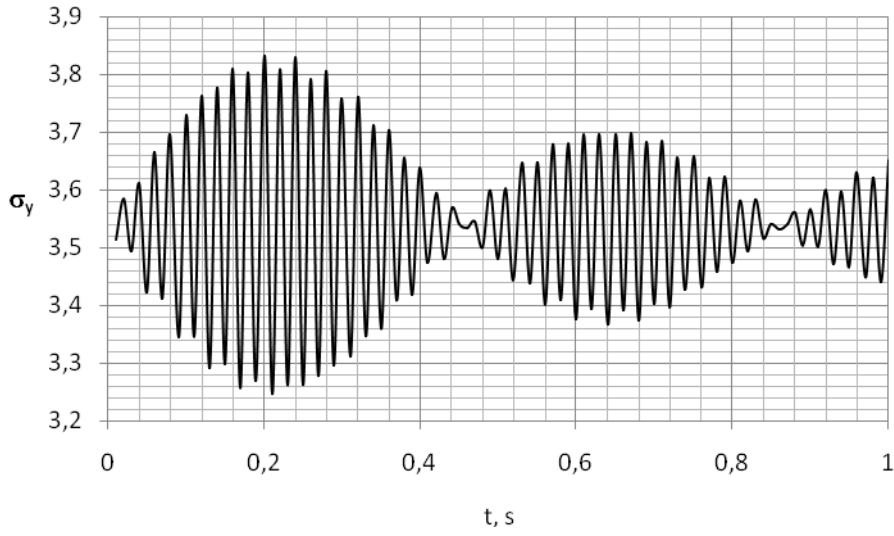
Şekil 4.52 : $r=0.015\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



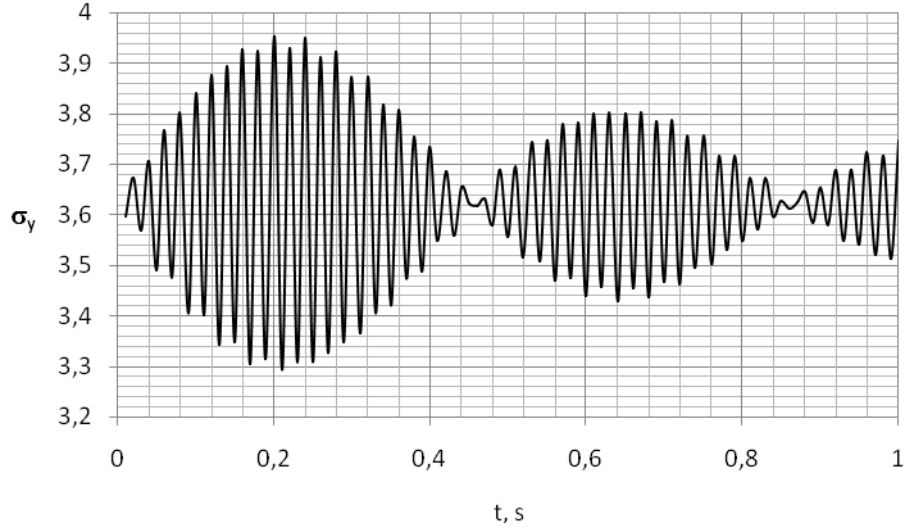
Şekil 4.53 : $r=0.0025\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



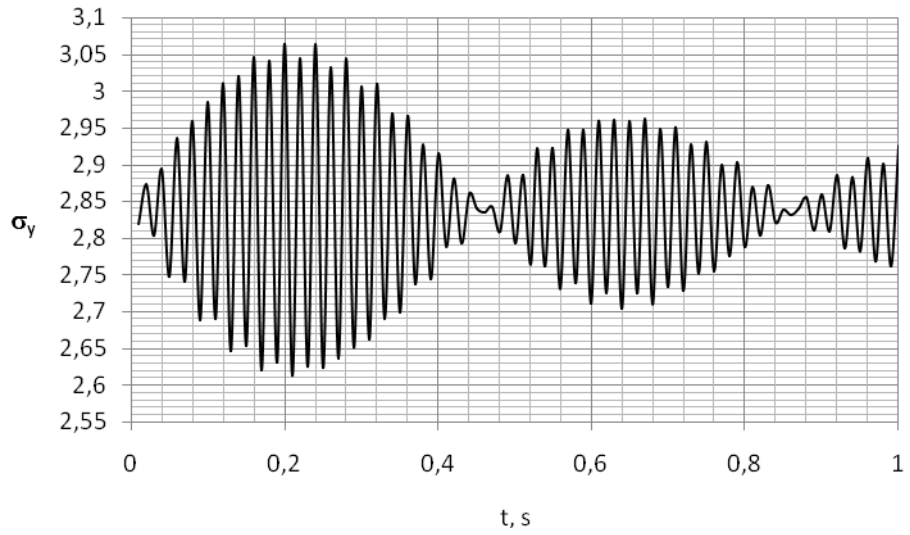
Şekil 4.54 : $r=0.0025\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi
Yarı çap küçüldükçe gerilme yığılmaları aynen statikteki gibi artmıştır.



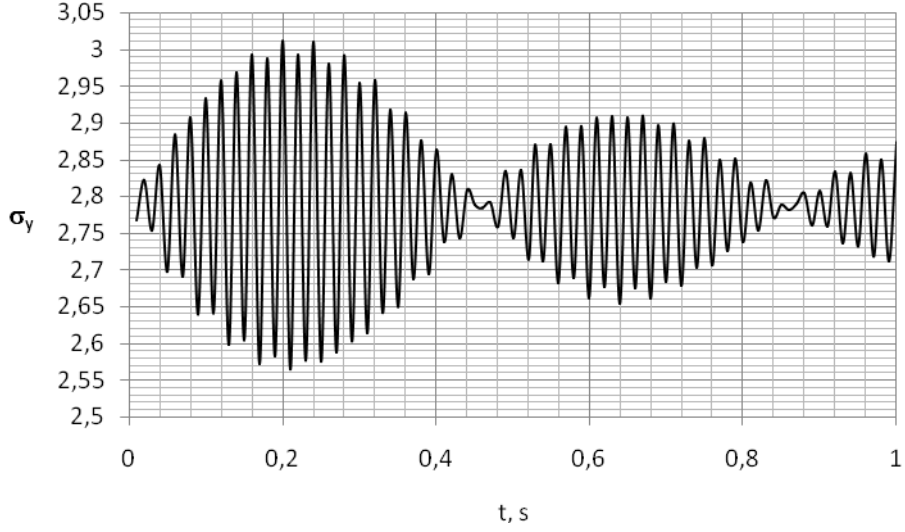
Şekil 4.55 : $r=0.0075\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



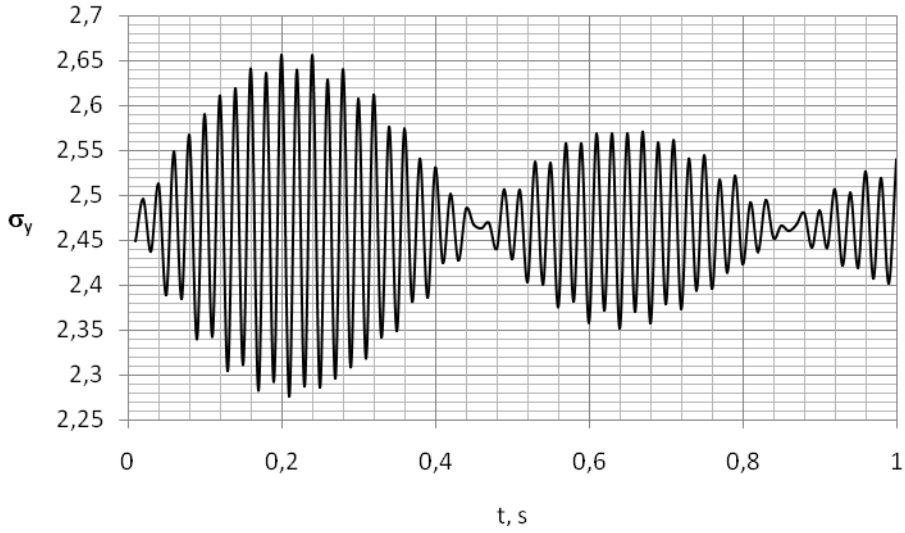
Şekil 4.56 : $r=0.0075\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



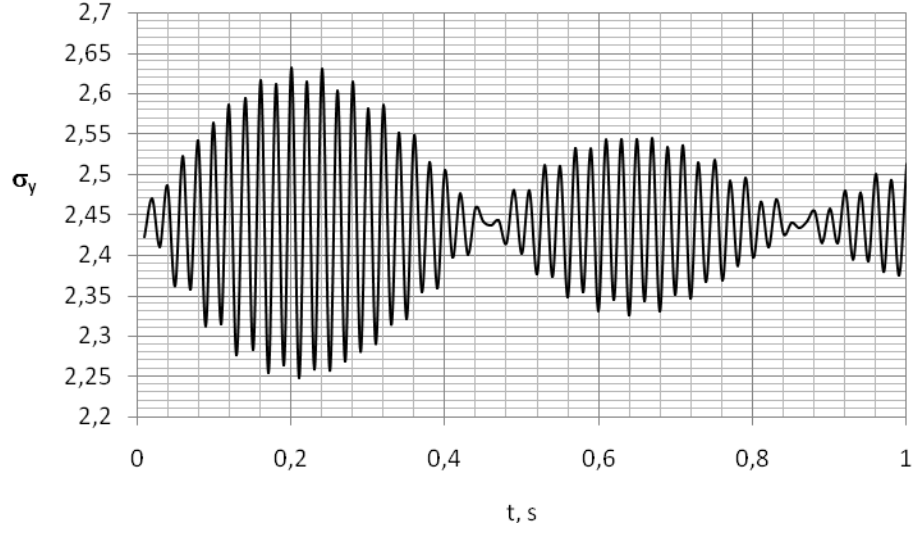
Şekil 4.57 : $r=0.0125$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.58 : $r=0.0125\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.59 : $r=0.0175\text{mm}$, oyuğun solundaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi



Şekil 4.60 : $r=0.0175\text{mm}$, oyuğun sağındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin zamanla değişimi
Bütün bu şekillerin genelleştirilmiş hali şekil 5.1 ve 5.2 de özetlenmiştir.

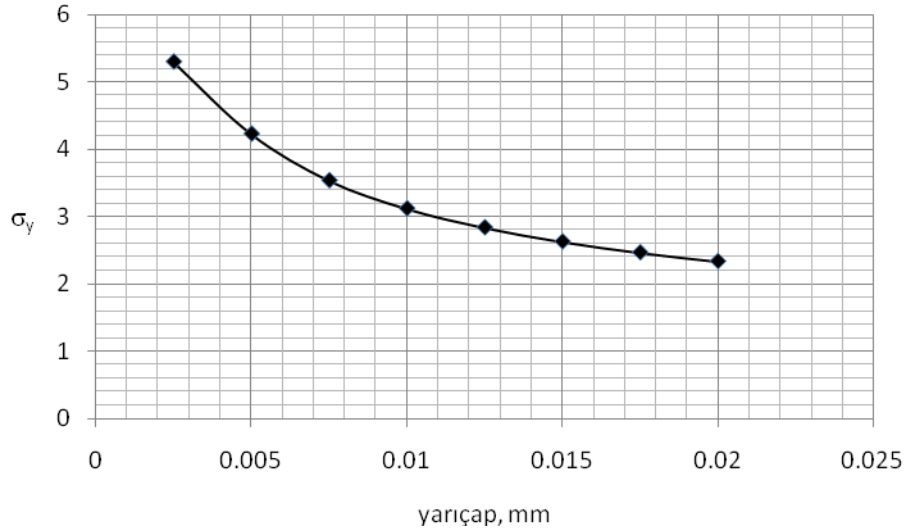
5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ani termal yüke maruz farklı, birleştirilmiş levhalarda termal gerilme analizi incelenmiştir. Levhalarda Poisson oranları, elastisite modülleri aynı olup, ısı genleşme katsayıları farklıdır. İlk başta herhangi bir defektin bulunmadığı levhalar için, ani termal gerilme analizi incelenmiştir. Daha sonra biri üzerinde oyuk bulunan levhalar için aynı problem incelenmiştir.

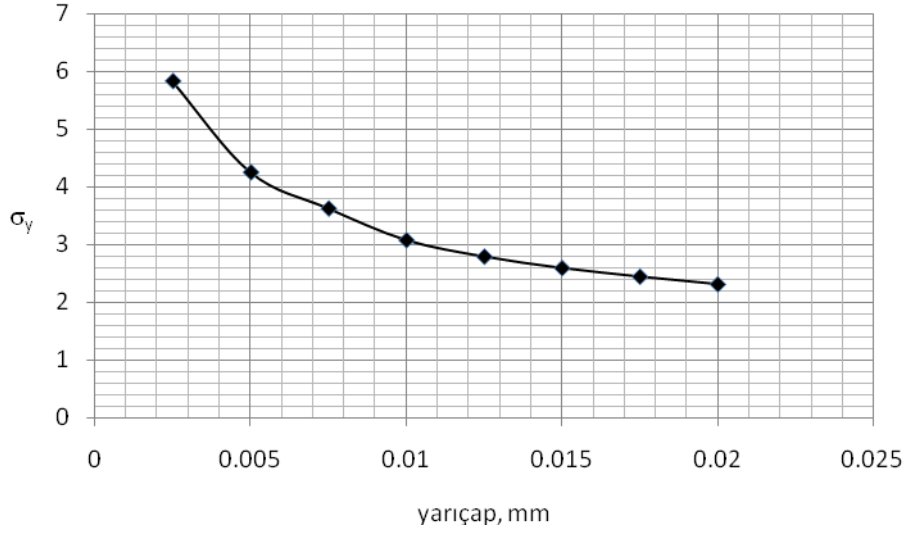
Şekil 5.1 ve şekil 5.2 deki grafik çapraz durumdaki levhada oyuğun yarıçaplarının değişimiyle oyuğun sağ ve sol taraflarındaki boyutsuz gerilme bileşeni göstermektedir.

Şekil 5.3 ve şekil 5.4 deki grafik dik durumdaki levhada oyuğun sağ ucunun birleşim bölgesine uzaklığına göre oyuğun sağ ve sol tarafındaki boyutsuz gerilme bileşeni gösterilmektedir.

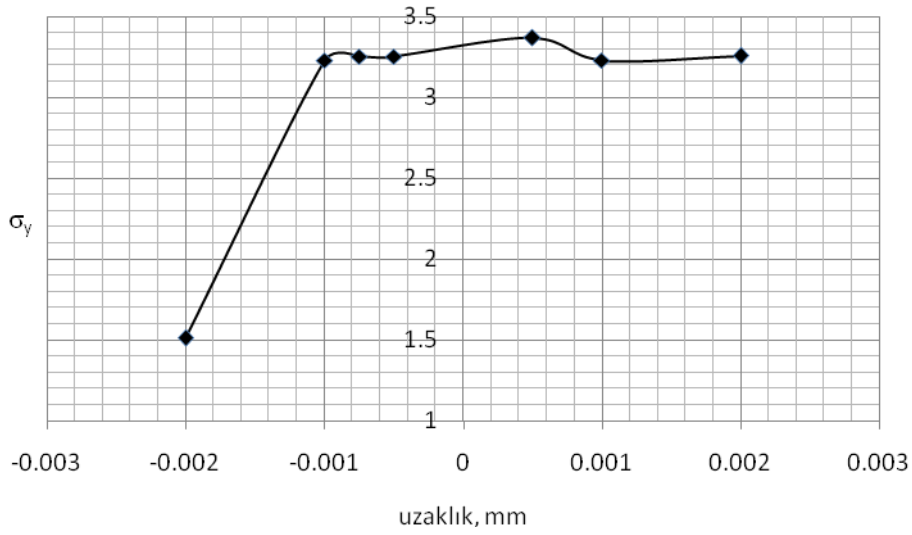
Sonuç olarak, statik durumla bir farklılık gözükmemektedir.



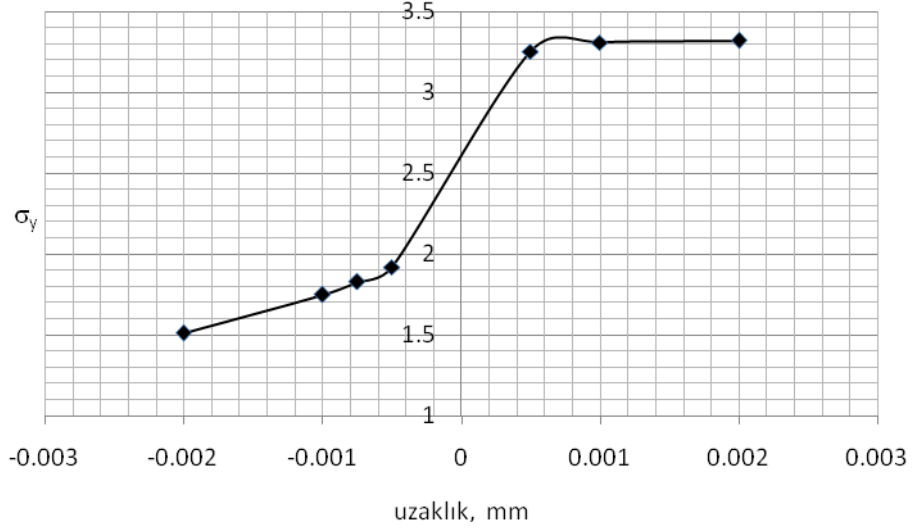
Şekil 5.1 : Çapraz durumdaki oyuğun sol tarafındaki boyutsuz gerilme bileşeninin yarıçap ile değişimi



Şekil 5.2 : Çapraz durumdaki oyuğun sağ tarafındaki boyutsuz gerilme bileşeninin yarıçap ile değişimi

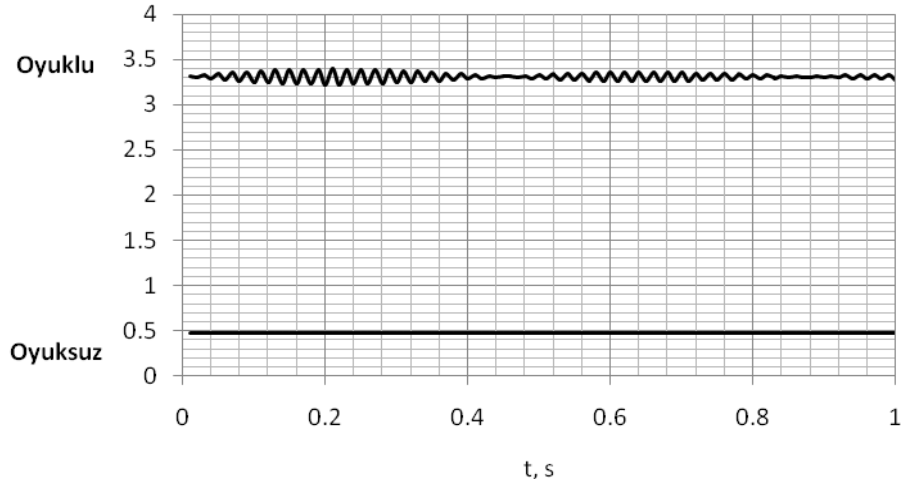


Şekil 5.3 : Dik durumdaki oyuğun sağ tarafının birleşim bölgesine uzaklığına göre oyuğun sağ tarafındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin değişimi



Şekil 5.4 : Birleşme yüzeyine dik durumdaki oyuğun sağ tarafının birleşim uzaklığına göre oyuğun sol tarafındaki σ_y boyutsuz gerilme bileşeninin değişimi

Şekil 5.5 te şekil 4.31 ile oyuksuz levhadaki birleşim bölgesinin 0.001 mm solundaki noktadaki σ_y boyutsuz gerilme bileşenlerinin mukayesesi verilmiştir.



Şekil 5.5 : Oyuklu ve oyuksuz levhaların mukayesesi

Şekil 5.5 görüldüğü oyuklu levhadaki gerilme bileşeni oyuksuz levhadakinden yaklaşık 7 kat fazladır. Şekillerden görüldüğü üzere sonuçlar statik değerlerden çok farklı çıkmamıştır.

KAYNAKLAR

- Abdulaliyev Z, Ataoglu S, Bulut O, Kayali ES**, 04/2010: "Three-Dimensional Stress State Around Corrosive Cavities on Pressure Vessels", Journal of Pressure Vessel Technology-Transactions of The Asme, Vol. 132, No. 2, s. 021204, ISSN: 0094-9930, ASME
- Abdulaliyev, Z., Ataoglu, S., Guney, D.**, 2007: Thermal Stresses in Butt-Jointed Thick Plates from Different Materials, Weld. J. 86, 201s-204s.
- Dilek, M.**, 2010: Levhalarda Oyuklar Civarında Termal Gerilme Konsantrasyonu, Yüksek Lisans Tezi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gladen, H., and Kaesche, H.**, 1994: "Stress Corrosion Cracking of Mild Steel in High Pressure, High Temperature Water during Slow Strain Rate Testing," Nucl.Eng.Des, 151 (2-3), pp. 463-472.
- Kurtkaya, Z.**, 2008: Analysis of Thermal Stresse at Geometrical Concertation Points, Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Liebowitz, H.**, 1969: Fracture An Advanced Treatise, Academic Press, New York.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ayhan MERCAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Malatya 12.01.1982

Adres:

Lisans Üniversitesi: İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği

Yayın Listesi:

.