T.C.

BATMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIŞTIRICI VE PERÇİNLE BİRLEŞTİRİLMİŞ TEK "L" TİPİ BAĞLANTILARIN ÇEKME DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Ümit KURTKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalını

Aralık-2016
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ümit KURTKAN tarafından hazırlanan "Yapıştırıcı ve Perçinle Birleştirilmiş Tek "L" Tipi Bağlantıların Çekme Davranışı" adlı tez çalışması 23/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Doç. Dr. Hamit ADİN	.....
Üye Yard. Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ	.....
Üye Yard. Doç. Dr. Ahmet YARDIMEDEN	.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şule Aydin TÜKELTÜRK
FBE Müdür Vekili

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ümit KURTKAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPIŞTIRICI VE PERÇİNLE BİRLEŞTİRİLMİŞ TEK "L" TİPİ BAĞLANTILARIN ÇEKME DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Ümit KURTKAN

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hamit ADİN

2016, 66 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Hamit ADİN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ
Yrd. Doç. Dr. Ahmet YARDIMEDEN

Gerçekleştirilen çalışmada tek "L" tipi bağlantıların çekme yükü altındaki davranışları sayısal ve deneysel olarak araştırılmıştır. Birleştirilen malzeme olarak 2 mm, 3 mm ve 4 mm kalınlıklarındaki alüminyum kullanılmıştır. Bindirme uzunluğu olarak 10 mm, 15 mm ve 20 mm seçilmiştir. Bağlantılar alüminyum ve çelik olmak üzere iki farklı perçin ve 3M 2216 marka epoksi bazlı yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler 5 kN yük hücresine sahip Shimadzu universal test cihazıyla yapılmıştır. Sayısal çalışma gerçekleştirilirken sonlu elemanlar analiz programı Ansys Workbench kullanılarak deneysel çalışma ile aynı özelliklerde modeller oluşturulmuştur. Sonuçlar tüm modeller için en mukavemetli numunelerin 20 mm bindirme mesafesine sahip numuneler olduğunu göstermiştir. Çelik perçinli modeller alüminyum perçinli olanlara göre daha yüksek mukavemete sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Bindirme Bağlantıları, Perçin, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Yapıştırıcı

ABSTRACT

MS THESIS

STRENGTH OF SINGLE "L" JOİNT UNDER TENSILE LOADING

Ümit KURTKAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hamit ADİN

2016, 66 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Hamit ADİN
Assist. Prof. Dr. Mehmet Emin DENİZ
Assist. Prof. Dr. Ahmet YARDIMEDEN

Tensile behavior of single "L" type joints investigated experimentally and numerically. 2 mm, 3 mm and 4 mm was choosen as adherend thickness 10 mm, 15 mm and 20 mm selected as overlap length. Adherends joined with 3M 2216 epoxy based adhesive and steel and aluminium rivets. Tensile testsing of jonts was carried out Shimadzu universal testing machine with 5 kN loadcell. Ansys Workbench was used for finite element analysis. Results showed that models with 20 mm overlap length has highest strength. Models with steel rivet has higher strength than models with aluminium rivets for all overlap lengths.

Keywords: Adhesive, Finite Element Method, Lap Joints, Rivet

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleşmesi sürecinde tezimin planlanıp yürütülmesinde büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, beni araştırmaya yönelten ve hiçbir yardımını benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Hamit ADİN' e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans ders dönemim boyunca kendilerinden ders alma fırsatı bulduğum, bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak fikir alışverişinde bulunduğum kıymetli hocalarım Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ'e teşekkür ederim.

Sayısal çalışmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Tolga TOPKAYA' ya teşekkür ederim.

Ümit KURTKAN
BATMAN-2016

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ..... **ii**

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

1. GİRİŞ **1**

1.1 Kaynak Bağlantısı 2

1.1.1 Basınç Kaynağı; 2

1.1.2 Ergitme Kaynakları 5

2. BAĞLANTI ÇEŞİTLERİ **6**

2.1. Yapıştırıcı Bağlantılar 6

2.2 Mekanik Birleştirme Bağlantıları 16

3. PERÇİN BAĞLANTILARI **19**

3.1 Tanıtım 19

3.2 Perçin Nedir 19

3.3 Perçinlerin Yapıldıkları Gereçler 20

3.4 Perçin Tipleri 20

3.4.1 Standart Perçinler 20

3.4.2 Özel Perçinler 21

3.5 Perçinleme İşleminin Yapılması 21

3.6 Elle Perçinleme 22

3.7 Makina İle Perçinleme 22

3.7.1 Tabanca İle Perçinleme 22

3.7.2 Perçin Makinaları İle Perçinleme 22

3.8 Boru Perçini İle Perçinleme 22

3.9 Patlamalı Perçin İle Perçinleme 22

3.10 Perçin Bağlantılarının Çeşitleri 23

3.11 Perçinleme Hataları 24

4. SONLU ELEMANLAR METODU 25

4.1 Von Mises kriteri 29

5. MATERYAL VE METOD 31

5.1 Deneysel Çalışma 31

5.1.1. Numune Hazırlama 31

5.1.2. Sınır Şartları 33

5.2 Sayısal Çalışma 35

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 38

6.1 Deneysel Sonuçlar 38

6.1.1. Bindirme Mesafesinin Etkisi 38

6.1.2. Malzeme Kalınlığının Etkisi 42

6.2 Sayısal Çalışma 46

7. DEĞERLENDIRME 53

ÖZGEÇMİŞ 57

1. GİRİŞ

Mühendislik yapıları oluşturulurken kullanılan malzemelerin birleştirilmesi için bir çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler yıllardır kullanılan yöntemler olduğu gibi gelişen teknoloji ile yeni bulunan veya geliştirilen yöntemler olabilmektedir. Kullanılacak yöntem seçilirken avantaj ve dezavantajları dikkate alınır. Örneğin hafif yapı ve düz yüzeylerin zorunlu olduğu yerlerde yapıştırıcı bağlantılar ön plana çıkarken, kalın metalik malzemelerin birleştirilmesinde kaynaklı birleştirme tekniği tercih edilebilmektedir. Hangi konstrüksiyonda hangi bağlantı tipinin kullanılacağı konusu birçok araştırmacı için araştırma konusu olmuştur.

Adin Gerçekleştirdiği doktora tezinde yapıştırıcı ile birleştirilmiş ters Z tipi kompozit malzeme bağlantılarının mekanik analizini deneysel ve sayısal olarak araştırmıştır. Numuneler hazırlanırken Flexo Tix ve Atlac 580 olmak üzere iki farklı yapıştırıcı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yapışma alanın artmasının bağlantı mukavemetini arttırdığı görülmüştür (Adin, 2007).

Solmaz ve Topkaya (2013) yaptıkları çalışmada yapıştırıcı, perçin ve yapıştırıcı ile perçinin birlikte kullanıldığı hibrit birleştirme tekniklerinden hangisinin daha uygun olduğunu üç farklı bindirme mesafesi için sayısal olarak araştırmıştır. Sonuçlar hibrit bağlantı türünün en yüksek mukavemete sahip olduğunu göstermiştir (Solmaz ve Topkaya, 2013).

Zhang ve diğerleri gerçekleştirdikleri çalışmada yapıştırıcı kullanılarak birleştirilen tek L tipi bağlantıların çekme yüklemesi altında davranışlarını araştırmıştır. Sonuçlar bağlantı hasarına sebep olan temel etkenin soyulma gerilmeleri olduğunu göstermiştir. Bağlantı hasarına sebep olan diğer etken ise birleştirilen malzemelerde meydana gelen şekil değişimidir (Zhang ve diğ. 2014).

Domingues ve diğerleri yaptıkları çalışmada tek L tipi bağlantıların soyulma davranışlarını farklı geometrik parametreler için deneysel ve koheziv alan metoduyla araştırmıştır. Birleştirilen malzemeler için alüminyum ve karbon epoksi kullanılmıştır. Sonuçlar L formu verilen malzemenin kalınlığının artmasının mukavemeti arttırdığını

göstermiştir. Gevrek yapıştırıcı malzeme kullanımı bağlantı mukavemetini düşürmüştür (Domingues ve diğ., 2016).

Akpınar ve diğerleri hibrit yapıştırıcı kullanılarak birleştirilen T tipi bağlantıların gerilme davranışlarını non-lineer sonlu elemanlar metoduyla araştırmıştır. Sonuçların doğruluğunu test etmek için deneysel kontroller gerçekleştirilmiştir. İki farklı yapıştırıcının birlikte kullanılması tek tek kullanılmalarına göre bağlantı mukavemetini %20 arttırmıştır (Akpınar ve diğ., 2013).

Özel ve arkadaşları altı farklı tek bindirmeli bağlantının çekme yükü altında mekanik özelliklerini sayısal ve deneysel olarak araştırmıştır. Sonuçlar kompozit oryantasyon açısının bağlantı mukavemetini etkilediğini göstermiştir (Özel ve diğ., 2014).

Bağlantı tipleri açıklamalı olarak aşağıda verilmiştir.

1.1 Kaynak Bağlantısı

Kimyasal özellikleri aynı veya yakın olan iki malzemenin ısı, basınç veya ısı ve basıncın birlikte uygulanmasıyla çözülemeyecek bir biçimde birleştirilmesine kaynak denir. Parçaların birbirine birleştirilecek tarafları uygulanan ısı ve basınç etkisiyle birbirine karışır. İşlemin tamamlanmasının ardından basınç ve ısının malzemelerden kaldırılmasıyla çözülemeyecek bağlantı sağlanmış olur. Kaynak işlemi, demir şeritlerin ısıtılıp, birlikte dövülerek birleştirildiği eski kılıç yapım şeklinden gelişerek, bugün metalurji, fizik, kimya, elektronik ve kuantum mekaniğini ilgilendiren bir teknik haline gelmiştir. Günümüzde kullanılan kaynaklar, kaynak işleminde uygulanan ısı veya basınç etkisinin esas rolü oynamasına bağlı olarak iki ana gruba ayrılır. Bunlar;

1.1.1 Basınç Kaynağı;

Bu tip kaynaklarında basınç, parça bağlantılarının birleştirilmesinde etkili olarak kullanılır. Basınç kaynağının başlıca çeşitleri şunlardır.

Ocak kaynağı: Üst üste bırakılan parçalar Kaynak sıcaklığına kadar ısıtılıp dövülürler. Böylece birleştirme işlemi sağlanır.

Gaz basınç kaynağı: Bağlantının sağlanabilmesi için Asetilen, propan, hidrojen veya benzeri yanıcı gazların oksijen yardımıyla yakılarak istenilen kaynak ısısı elde edilir. İstenilen kaynak ısısı 3000 dereceyi bulur. Gazlar tüplerden alınır. Kaynağın şekline ve kaynak yapılacak yüzeylerin cinsi ve kalınlığına göre hamlaçta gerekli olan ayarlamalar yapılır. Burada gerekli basınç kaynak ısısı ile ters orantılı olarak değişir.

Elektrik direnç kaynağı: Bu kaynak çeşidiyle de elektrik akımının, geçtiği iletkeni ısıtma etkisinden yararlanılarak yapılır. Bu ısınma kesite, malzemenin özgül direncine ve akım şiddetine bağlıdır. Kaynak şekline göre aşağıdaki türleri vardır. [Marfeis W., ve diğerleri., 1960]

Alın kaynağı: Kaynak yapılacak parçalar, bir dönüştürücü sargısının uçları ile birleştirilmiş iki çene arasına alınır. Burada akım geçtiği zaman parçalara ısınır, ve bu ısınana parçalara basınç uygulayarak parçaların bağlantısı sağlanır. Alın kaynağının kullanıldığı yer genelde çelik profillerin uçlarında birbirine birleştirmede kullanılır.

Nokta kaynağı: Bu kaynak çeşidinde İnce sac gibi levhaların birbirlerine kaynak edilmesinde kullanılır. günlük hayatta Taşıt, uçak ve hafif yapı konstrüksiyonlarda seri imalatta çok yaygın olarak kullanılır. Bu kaynakta kuvvet ve elektrik akımının sağladığı ısı etkisiyle parçalar biri birine kaynar.

Dikiş kaynağı: Bu kaynak türünde depo, yakıt tankları gibi sızdırmazlık gerekiyorsa dikiş kaynağı yapılır. Saç konstrüksiyonlarda kaynak bağlantısında sızdırmazlık gerekiyorsa kullanılır. Bu kaynak türü depo ve yakıt tanklarının konstrüksiyonunda saç parçalar su ile soğutulan yuvarlak makara şeklindeki elektrotlar arasından geçirilerek sürekli kaynak dikişi yapılması sağlanarak yapılır.

Boruların direnç kaynağı: Kaynak çeşidinin adından anlaşılacağı üzere boru yapımında kullanılır.

İndüksiyon kaynağı: Özellikle modern boru imalatında kullanılan bu metodda boru bir bobin içinden geçirilir. Bobinin hasıl ettiği indüksiyon akımları ile boru ısınarak baskı makaralarının arasından geçerken ek yerinden kaynak edilir.

Termit kaynağı: Bu tür kaynakta, Parçaların kaynak uçları demir oksit alüminyum tozu içine gömülür ve birbirine bastırılır. Karışım tutuşturulduğu zaman gayet kuvvetli ekzoterm kimyevi reaksiyon başlar. Reaksiyon bir defa başlatıldıktan sonra koruyucu baryum süper oksit tozu altında kendi kendine devam eder. Meydana gelen eriyiğin sıcaklığı 3000 dereceyi bulur. Kaynak uçları yeteri kadar ısındıktan sonra birbirine bastırılarak kaynak bağlantısı sağlanır. Çok eskiden beri rayların birleştirilmesinde kullanılır.

Sürtünme kaynağı: Bu kaynak türünde Profil, mil, boru gibi parçaların dönel simetrik olan uçlarının kaynağında geniş ölçüde kullanılır. Parçaların biri sabit tutulur. Diğeri döndürülerek eksenel yönde sabit parçaya bastırılır. Sürtünmeden doğan ısıdan kaynak sıcaklığı hasıl olunca, basınç arttırılarak kaynak bağlantısı sağlanır.

Ses üstü kaynağı: Bu kaynak türünde ses üstü titreşimlerinin çok yüksek enerjilerinden faydalanılarak kaynak bölgesinde bölgesel bir ısınma sağlanır. Birbirine bastırılan yüzeyler özel bir cihazla elde edilerek elektrodlar arasından geçirilen ses üstü dalgaların hasıl ettiği ısı yardımıyla kaynak edilmiş olur.

Patlama kaynağı: Bu kaynak türünde ise, Üst üste bindirilen saç levhaların kaynağında kullanılır. Patlayıcı bir maddenin patlama etkisiyle saç yüzeyleri birbirine çarptırılır. Hasıl olan ısı ve basınç yardımı ile kaynak yapılmış olur.

Soğuk basınç kaynağı: Bu kaynak türünde ise, daha çok plastik malzemelerin kaynağında kullanılır. Isı verilmemesine rağmen gereken basınç daha büyüktür. Bağlantı yüzeylerinin birbirine kuvvetle bastırılması ile basınç bölgesinde malzeme kristalleri, çözülüp yeniden hasıl olarak bağlantıyı sağlarlar. Alın, nokta veya dikiş şeklinde gerçekleştirilebilir.

1.1.2 Ergitme Kaynakları

Bu kaynaklarda kaynatılacak parçalara basınç yapılmaz. Bağlantı yüzeyleri tatbik edilen ısı etkisiyle ergitilip birbirine karışarak veya parçalar arasındaki boşluk, kendi cinsinden ergitilmiş bir dolgu maddesi ile doldurularak bağlantı sağlanır. Başlıca türleri şunlardır:

Gaz eritme kaynağı: Bu kaynak türüne ise, Oksi-asetilen kaynağı da denir. Yanıcı gaz olarak kullanılan asetilen hamlaçta oksijen ile birleşerek yakılır. Elde edilen ısı ile, yan yana getirilen parçaların kaynak yüzeyleri ve aynı malzemeden mamul bir elektrot dolgu metali olarak eritilerek kaynak bağlantısı sağlanır. Kaynak sırasında parçalara kuvvet uygulanamaz. Asetilen alevi ile ulaşılan kaynak sıcaklığı 3200 derece olup, bazı özel haller hariç bütün metallerin kaynağı için yeterlidir.

Elektrik ark kaynağı: Bu kaynak türünde ise meydana getirilen elektrik arkının, ısı etkisinden yararlanarak malzemenin kaynak edilen bölgesinin erimesi sağlanır. Elektrik arkı elektrot ile parça arasında veya çift elektrot kullanıldığında elektrotlar arasında meydana getirilir. Kaynakta dolgu malzemesi olarak kullanılan çubuk, elektrot vazifesi görebileceği gibi, ayrıca bağımsız bir çubuk bu amaç için eritilebilir. Bu tip kaynakta sıcaklık çok yüksek olması sebebiyle metalin yanmaması için kaynağın atmosfer etkisinden korunması gerekir. Bu korunmanın şekline, kaynağın atmosferle irtibatının engellenmesine göre açık veya kapalı ark kaynakları olarak iki gruba ayrılır. [Akpolat M., 1965]

Lazer kaynağı: Lazerin geliştirilmesinden sonra kaynak alanında da kullanılabilmesi için araştırmalar yapıldı. İlk defa yakut kristal ile yoğunlaştırılan ışık huzmesi kullanılan lazerler birkaç mikron kalınlığındaki mikro minyatür parçaların kaynağında, elektronik aletlerin yapımında kullanıldı. Son yıllarda sürekli ışın demeti üreten çok güçlü bir lazer türü olan karbondioksit lazeriyle çok yüksek güç ve sıcaklıklara çıkılabilmektedir. Lazer kaynağında ışın demetinin odak noktası ayarlanarak bir kaç mikrondan 20-30 cm kalınlığına kadar parçalar yüksek hızlarda (1-2 m/dak.) kaynaklayabilir. [Anık S., 1966]

2. BAĞLANTI ÇEŞİTLERİ

2.1. Yapıştırıcı Bağlantılar

İki cismi birbirine yapıştırmak için kullanılan tutkal ve kola gibi maddelere genel olarak yapıştırıcı denir. Yapıştırıcıların kullanılması uygarlığın ilk günlerine kadar dayanır. 3000 yıllık bazı Mısır resimlerinde ağaç parçalarını rendeleyen, tutkal ısıtan ve ahşap kaplama için hazır maddeler yapan işçiler görülür. İÖ 1000'lerden kalma bazı Çin belgelerinden ok ve yay yapımında basit balık tutkalının kullanıldığını öğreniyoruz. Ortaçağda ise yapıştırma işlerinde balmumu ve çamsakızından yararlanılmıştır. Modern tıpta uygulanan bazı ameliyat teknikleri yapıştırıcı kullanımını gerektirir. Diş hekimliğinde yapıştırıcılar dolguyu yerinde tutmak için kullanılır; veterinerlik bilimi kemik onarmaya yarayan yapıştırıcılar geliştirmiştir

Bazı yeni yapıştırıcılar, özellikle de siyanoakrilatlar öyle güçlüdür ki, bunların bir damlası birkaç ton yük taşıyabilir. Otomobil üretiminde punta kaynağı yerine kullanılabilen yapıştırıcılar vardır; bunlar, otomobil boyasının fırınlanması sırasında ısının etkisiyle tam anlamıyla katılaşır. Yapıştırıcılar sugeçirmez malzeme ve elektrik yalıtkanı olarak da kullanılabilir. Yapıştırıcılar malzemeyi mekanik olarak değil, kimyasal bağlama yoluyla birleştirir. Mekanik bağlama çivi, vida, perçin ya da kaynak kullanımını gerektirir. Kimyasal bağlama ise molekül düzeyinde gerçekleşir ve bir arada tutulan malzemelerden belki de daha dayanıklı bir bağ oluşur. Yapıştırıcılar çok değişik maddelerden hazırlanabilir

Tutkallar kemik, deri ya da kan gibi hayvansal yan ürünlerden ya da bunların yerine geçebilecek bitkisel maddelerden yapılır. Kolalar, un gibi tahıl ürünleri ile suyun birleşiminden oluşur. Bağlayıcılar, uygun bir çözücüyle birlikte uygulanan plastik maddelerdir. Zamklar, ağaçlardan ve deniz yosunları gibi bitkilerden elde edilen sakızın suda çözünmüş biçimidir. Tutkallar kauçuktan da yapılabilir. Tutkalla yapıştırılacak yüzeylerin temiz olması gerekir; yüzeylerin kabasının alınması durumunda daha iyi sonuç elde edilir. Örneğin, ağaç malzemeler yapıştırılacaksa yüzeyin kalın bir zımpara kâğıdıyla zımparalanmasında yarar vardır.

Çoğunlukla her yapıştırıcının özel uygulama alanları vardır. Örneğin hayvansal maddelerden yapılmış tutkallar ağaç malzemelerin yapıştırılmasında, kitap ciltlerinde, zımpara kâğıtlarında ve koli bantlarında kullanılır. Mısır, buğday, patates ve pirinçten elde edilen tutkallar ambalajlamada, oluklu mukavva yapımında ve duvar kâğıdı yapıştırıcısı olarak kullanılmaya uygundur. Bireşim (sentez) yoluyla hazırlanmış yapay yapıştırıcılar çok daha geniş bir alanda kullanılır. Genellikle iki bölümden oluşan epoksi reçinelerinde, yapışkanı etkin hale getirmek için bu iki bölümü birbirine karıştırmak gerekir.

Çok güçlü olan bu reçineler, malzemeler arasında kalan aralıkları doldurabilir ve çok değişik malzemelerle birlikte kullanılabilir. Vinil asetat daha çok evlerde kullanılır. Poli-stiren, plastik karoların ağaç malzemelere, sıvaya ve betona tutturulmasında uygulanır. Ani etkili yapıştırıcılar kısa sürede kurur; bunlar genellikle iş parçalarının yüzeyinin plastik bir katmanla kaplanmasında kullanılır. Morötesi ışık uygulandığında hızla kaynaşan reçineli sanayi yapıştırıcıları da vardır. Yapıştırıcılar genellikle sıvı çözelti halinde bulunur. Ama ısıtıldığı zaman yumuşayan, sonra yeniden sertleşen katı yapıştırıcılar ve ısı ya da basınç uygulandığında etkin hale gelen, film biçiminde yapıştırıcılar da vardır.

Son yıllarda üretilen malzemelerin ve konstrüksiyonların farklı ihtiyaçlarına cevap vermek ve mukavemetlerini arttırmak için perçin ve kaynak gibi klasik birleştirme tekniklerinin yerine yapıştırma bağlantıları kullanılmaya başlamıştır. Yapıştırma bağlantılarının temel özelliği iki veya daha fazla bileşenin kullanılarak bağlantının elde edilmesidir.

İki malzemenin başarılı ve güvenli bir şekilde birleştirilmesinde en önemli tasarım basamağı gerilme analizidir. Bu bağlantı tasarımında bilinmesi gereken husus malzeme sınırları ve malzemenin incelenmesidir.

Çeşitli malzemeler örneğin Kompozit malzemeler metallere; mekanik bağlama, yapıştırıcı bağlama yada bu iki bağlama çeşidinin birleştirilmesi ile kompozit, termo plastik özelliğe sahipse kaynak ile birbirine birleştirilir.

Tasarım elemanlarının kritik emniyetiBir tasarımın kritik elamanlarının emniyeti, çalışma şekillerine benzer şekiller altında bir bütün ölçekli prototipleri deneyerek ve test ederek belirlenir. Yapıştırıcılar genelde uzay araçlarında kullanılan alüminyum veya diğer uygun malzemelerin belirli özelliklerde metal-metal şeklinde kullanılırlar. Birden fazla bağlantıda, 50 yıldan fazla bir zamanda başarılı bir şekilde toklaştırılmış epoksiler ile modifiyeli polimerler yapıştırma ve birleştirme için kullanılmışlardır. [Gediktaş M., 1976]

Yapıştırıcı (adhesive) ürünler yüzeyleri tutturularak bir arada tutturulabilen madde olarak bilinirler. Yapıştırılan (adherend) ürün bir yapıştırıcı sayesinde başka bir malzemeye bağlanma anlamında kullanılır. Bağlama Adherend (Yapıştırılan) bir diğer yapıştırılana birleştirme işlemi olarak adlandırılır. Yapıştırılan ve yapıştırıcıdan oluşan (en az iki malzeme) bağlanma biçimine bağlantı (joint) denir.

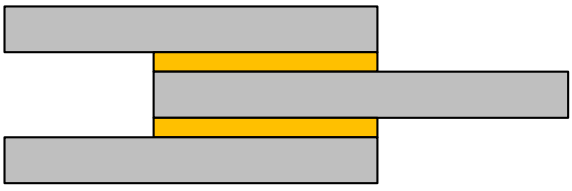
Aşağıda başlıca yapıştırma bağlantı tipleri verilmiştir.



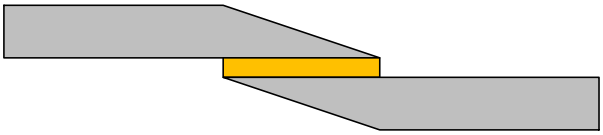
Şekil 2.1 Alın bağlantıları(Butt joint)



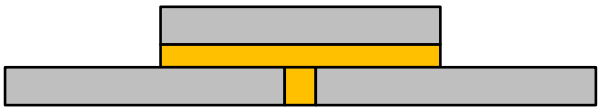
Şekil 2.2 Tek bindirme bağlantı (Single lap joint)



Şekil 2.3 Çift bindirme bağlantı (Double lap joint)



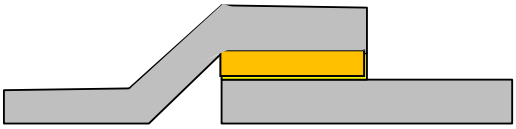
Şekil 2.4 Eğimli bindirme bağlantı (Beveled lap joint)



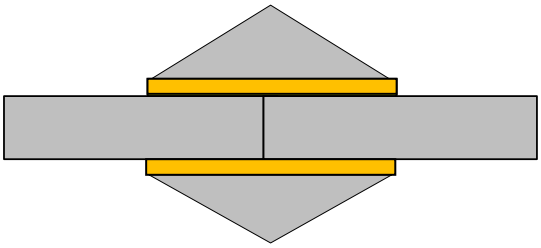
Şekil 2.5 Tek bağlantı (Strap joint)



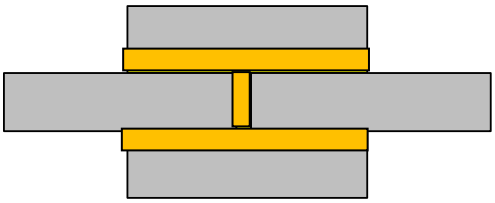
Şekil 2.6 Basamaklı bindirme bağlantı (Stepped lap joint)



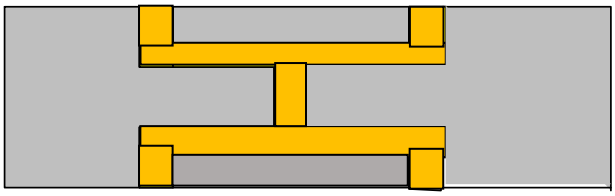
Şekil 2.7 Kıvrık bindirme bağlantı (Joggle lap joint)



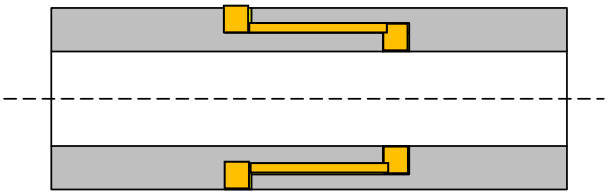
Şekil 2.8 Eğimli çift bant bağlantı (Beveled double strap joint)



Şekil 2.9 Çift bant bağlantı (Double strap joint)



Şekil 2.10 Gömme çift bağlantı (Recessed double strap joint)



Şekil 2.11 Tübüler bindirme bağlantı (Tubular stepped joint)

Yapıştırıcılar en az iki yüzeyi biri birine bağlamakta kullanılırlar. Yapıştırıcılar, çeşitli (beyaz-gri tutkal, toz ve kuru)biçimde bulunabilirler.

Yapıştırıcılar aşağıdaki şekillerde sınıflandırılırlar.

1- Yapıştırma derecelerine göre

2- Katılaştıktan veya kuruduktan sonraki Mukavemetlerine göre;

3- Yapışma hızına ve dayanma ömrüne göre;

4- Kullanım tiplerine göre;

4.1) Yapısal yapıştırıcılar: Burada yapıştırıcının ana görevi yapıştırılan malzemelerin kaymamasını, çekilmemesini veya yırtılmamasını önleyerek çok güçlü bir şekilde mukavemetlerini sağlamaktır.

4.2) Tutucu yapıştırıcılar: Bu yapıştırıcıların asıl görevi yapıştırılan malzemeleri yerinde tutmaktır. fonksiyonu yapıştırılanları yerinde tutmaktır. Bu yapıştırıcılar çok ciddi anlamda bir gerilme taşımazlar.

4.3) Sızdırmazlık yapıştırıcılar: Sızdırmazlık yapıştırıcıların asıl görevi dış etkenlere karşı sızdırmazlığı sağlamaktır. Burada dış etkenlerden kasıt nem, buhar ve gazdır. Burda da çok ciddi bir mukavemet sağlamazlar.

Yapısal yapıştırıcılar; Bu tür yapıştırıcılar yaygın olarak ahşap ve metal yapıştırmada malzemelerin yapı imalatında kulanılırlar.

Tutucu yapıştırıcılar; Bu tür yapıştırıcılarda kaplamalarda(tavan, duvar kağıtları, etiketleme, paketleme v.s) kullanılırlar.

Sızdırmazlık yapıştırıcıları; Bu tür yapıştırıcılarda ise ambalajlanan ürünlerin (yiyecek, içecek) sızdırmazlığında kullanılırlar. Yapıştırıcılar kullanım alanlarına göre de sınıflandırılırlar. Örnek olarak Kağıt ve plastik yapıştırıcılar gibi (Standen, 1963).

Bir yapıştırıcı her türlü malzemeyi yapıştırma özelliğine sahip değildir. Örneğin Alüminyum gibi metallere uygun bir yapıştırıcı kullanmadığı taktirde alkalin yapıştırıcı kullanıldığında Alüminyum malzeme korozyona uğrar. Yapıştırma bağlantıları su gibi maddelere karşı direnç gösterirken ısıya karşı dirençleri zayıf olacağından malzemeye uygun yapıştırıcı seçilmelidir.

Yapıştırıcılar da kullanım çeşitli şekillerde uygulanır. Bu kullanım şekillerine örnek olarak malzemenin üzerine sürülerek, püskürterek v.s şeklinde. Yapıştırıcı kullanılırken rastgele değil de belirli kalınlık sınırlarında uygulanmalıdır. Belirli kalınlık sınırının üzerinde kalın bir şekilde malzemeye kullanıldığı taktirde Aşırı derecede kalın yapıştırıcının oluşturduğu tabaka malzemenin biri birine bağlanma kuvvetini azaltacağı

gibi; ince tabakada malzemeler yüzeyinde boşluk meydana getirerek birleştirmelerine sebep olabilir. Yapıştırma yapılan malzemelerin bağlantılarının mukavemeti kayma gerilmesi ve ayırma gerilmesi mukavemeti olarak iki şekilde belirlenir. Yapıştırma yapılan malzemelerin mukavemeti, yapıştırma yapılan kısımlarda kayma gerilmesi ile ayırma gerilmesiyle (kayma gerilmesine dik doğrultudaki normal gerilme) tespit edilir. Yapıştırıcının genel uygulamaları; plastik, döşeme metal, ahşap v.s birleştirilmeleridir.

Günümüzde Yapıştırıcılar genel olarak uçak, uzay araçlarında çok yaygın bir biçimde bağlama aracı olarak kullanılmaktadır. Diğer bir günümüz şartlarında otomotiv sektörü(Otomobil, kamyon, otobüs) ve gemi inşasında v.s gibi sektörlerde yapıştırıcı kullanılmaktadır.

Yapıştırma yapılan malzeme bağlantıları; üretim kolaylığı, malzemede gerilme dağılımı ve uygun tasarım gibi avantajlara sahiptir (Chen, 1992). Yapıştırma bağlantılar; yapıştırılan malzemelerin birleştirilmesinde; diğer birleştirme çeşitlerinden farklı avantajı hafif olması, malzemede herhangi bir işlem olmadığından malzemenin mukavemetinde azalmanın olmayışı gibi avantajlara sahiptir. (Mori ve Sugibayashi 1992). Yapıştırma yapılan malzemelerde bağlantılar; dayanıklı yapılar, buluşlar ve mukavemetindeki önemsenecek derecede gelişmelerle otomotiv, uzay ve elektrik teknolojisinde sıkça kullanılmaya başlanmıştır. (Nakano ve Sawa T,1992)

Yapıştırma yapılan malzemelerde bağlantılar, yapıştırıcının mekanik sistemlerde kullanılmasındaki en önemli sebep yapıştırıcının birleştirme özelliğinin artmasıdır. Fakat yapıştırma bağlantıları içeren mekanik sistemlerin tasarımı belli olmadığından yapıştırma bağlantıları mekanik sistemlerin asal yüklerinin bulunduğu parçalarında kullanılmamaktadır. Yapıştırma bağlantılarının incelenip geliştirilmesinde oldukça büyük bir ilgi vardır. Yapıştırıcılar günümüzde yapıştırma işlemi ve üretim mühendisliğin önemli görevlerinden biridir. Ancak yapıştırma diğer tüm bağlama çeşitlerinde olduğu gibi yapıştırma bağlantını diğer çeşitli bağlama yöntemlerine göre avantajlarından ziyade dezavantajları da vardır.

Yapıştırma bağlama diğer bağlama çeşitlerine nazaran(cıvata, perçin, kaynak, lehim) potansiyel avantajlara sahiptir. Yapıştırıcı bağlantı yapılan malzemelerde birleştirilen malzemelerin mukavemeti azalmaz, ağırlığı artırmaz ve direngenliği artırma özellikleri vardır. Bu özelliğinden dolayı kompozit malzemelerin birleştirilmesinde önemli bir rol oynar.

Yapıştırıcı bağlantıların avantajları aşağıda sıralanmıştır:

a) Yapıştırıcı bağlantılarda daha estetik bir görünüş ve Daha düzgün bir dış yüzey görmek mümkündür. Çünkü perçin bağlantılarındaki gibi perçin başları gibi güzel olmayan izler yoktur.

b) Yapıştırıcı bağlantılarda sızdırmazlığı önlemek maksadıyla da kullanılır. Diğer bağlantı sınıflarında sızdırmazlık sağlamak için ekstradan zaman ve masraftanda tasarruf edilir. Bundan dolayı uçak kanatları ve alüminyum petek panelleri sızdırmaz yapıldığından dolayı hem ağırlık meydana gelmez, hem de konstrüksiyonda bir basitleşme meydana gelir.

c) Genelde yapıştırıcı elektrik, ısı, şase gibi tehlike arz eden durumlara karşı yalıtkanlık görevi sağlar.

d) Yapıştırıcı malzemeler titreşimle çalışan cihazlarda diğer bağlantı çeşitlerine göre daha uzun ömürlüdür.

e) Yapıştırıcı malzemeler değişik ebatlarda olan malzemelerin yapıştırılmasını sağlar.

f) Kompleks malzemelerin imalinde diğer bağlantı metotlarının uygun olmadığı yerlerde yapıştırıcılar kullanılır.

g) Yapıştırma şekillerinin ve uygulama metotlarının çokluğu çoğu imal şekillerine adaptasyonlarını kolaylaştırır.

h) Yapıştırma malzemelerde yapıştırılacak malzemeler için gereken zaman diğer bağlantı şekilleri için gereken zamandan daha kısadır. Bir çalışmada daha çok işlem yapılır.

i) Yapıştırıcıların diğer Mekanik bağlama elemanlarından diğer bir avantajı ise ince malzemelere kullanılmasını sağlaması ve birleştirilen malzemelerin ağırlığından avantaj sağlamaktır.

j) Bağlantının sürekliliği malzeme direncinin kullanılmasını sağlar.

k) Diğer bazı yapıştırıcıların uzamalarında meydana gelen gerilmelerin emilmesine, yüzeye yayılmasına veya taşınmasına imkân sağlar. Titreşim, sönüm ve esneklik özellikleri güzeldir.

l) Kaynak ve lehiminde, malzemede meydana gelen tahribe yol açtığı ısıya eğimli malzemelerin birleştirilmesini sağlar.

m) Farklı malzemeler arasında meydana gelen galvanik korozyonun azalmasını sağlar.

n) Yapıştırıcılar diğer yapıştırma çeşitlerine oranla fazla Kalifiyeli elemana ihtiyaç duyulmaz. Otomatik yöntemlerle daha hızlı ve kolay işleme sağlanır.

o) Yapıştırıcılar Sızdırmazlık sağlamak için yapışkan kısımları düşük sıcaklıklarda sertleştirilebilir ve aynı derece ısıya maruz bırakılırsa erimez.

ö) Bağlama elemanı üretiminde yüksek enerji girişine gerek yoktur. • Sönümleyici özelliğinden ötürü titreşimleri absorbe eder. [Edward E. M. Ve diğ., (1999)]

Yapıştırıcı bağlantıların dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

a) En büyük dezavantajı diğer bağlantı tiplerinin aksine yapışma alanının gözle incelenmesinin mümkün değildir. Bağlantıda süreksizlikler görülmez ve dolayısıyla değerlendirme de sağlıklı olmaz. Ancak ultrasonik gibi değişik tahribatsız muayene metotları bağlantı süreksizliklerini gösterebilir ama yapıştırma derecesini o da göstermez. Bazen yapıştırma bağlantılarını, eğer ölçüsü ve şekli uygunsa maksimum mukavemetinin belli bir oranına kadar test etmek mümkün olur.

b) Farklı şekillerde ısıl genleşmeler gibi sebeplerle oluşan (sıyrılma ve çekme-makaslama) gerilmelerini en aza indirmek için bağlantı şekli hasasiyetle yapılmalıdır.

c) yapıştırma bağlantıları diğer yapıştırma bağlantı çeşitleri (Perçin, kaynak, lehim) gibi yüksek sıcaklıkta kullanılamazlar.

d) Isıl ve elektrik iletkenliğini güçlü tutmak için başka katkı maddeleri ile geliştirilmelidirler.

e) Yapıştırma bağlantılarında yapıştırılan malzemeye uygun olmaması durumunda ve dış etkenlerden (ısı, soğuk, biyo-bozulma, kimyasal etkenler, yumuşatıcılar, radyasyon) dolayı korozyona uğrama tehlikesi görülebilir.

f) Yapıştırma bağlantılarının sökülmesi oldukça zordur.

g) Yapıştırıcıların çözülmesinde yanma, zehirlenmeler çözücü olarak kullanılan maddelerden ortaya çıkabilir.

h) Yapıştırıcılar her daim yükler altında akmaya eğilimlidirler. (termo-plastik yapıştırıcılar için) Termo- set yapıştırıcıların çoğunun düşük sıyrılma mukavemetleri vardır. Devamlı çok şiddetli çalışma aşamasında uzun süre dayanıp dayanmayacağı kestirilemez.

ı) Bükülebilir ürünlerde sürünme dayanımı düşüktür. [Kaya M., ve diğ., (2005)]

Tasarımcılar, yapıştırıcıları karmaşık sistemleri kurmak ve hazırlamak için kullanmaktadırlar. Tasarım işleminde; eleman ve yükün çalıştığı ortamın tam ve kesin olarak tanımı yapılmalıdır. Birleştirmede en iyi performansı elde etmek için, hem yapıştırıcı hem de yapışan malzemeler arasındaki bağ, bağlantının geometrisi, üretimi ve kalite kontrolünün iyi belirlenmesidir. Bu faktörler; yeni bir üretimin kurulması sırasında düşünülmesi gereken faktörlerden en önemlisidir. Yapıştırıcılar direkt olarak kullanılmaları durumunda çok dikkatli olunmalıdır.

Birçok tasarım usulleri gibi, yapıştırıcılarla yapılan tasarımlarda hesaplamalar gerektirir. Yapıştırma bağlantılar kullanıldığında kullanılan yapıştırıcıların özellikleri, sıcaklık, zaman ve yükleme şartları gibi etkenler hesaba katılmalıdır.

Tasarım mühendisi herhangi bir malzemenin bağlantısı için uygun bir yapıştırıcı seçmek istediği zaman, yapıştırıcının çalışma koşulunu sağlayıp sağlamadığından emin olup aşağıdaki adımları izlemelidir, yapıştırıcı;

a) Yapıştırılan malzemeleri birleştirmelidir.

b) Maruz kaldığı yüke ve ısıya karşı dayanmalıdır.

c) Maruz kaldığı yükün çalışma koşullarına da dayanmalıdır.

d) Kullanılması gereken süreye icra etmelidir.

Ayrıca yapıştırıcılarda tasarımcı, yeni imalat yapacağı zaman ekonomiklik, kullanışlık ve maliyeti ele almalıdır.

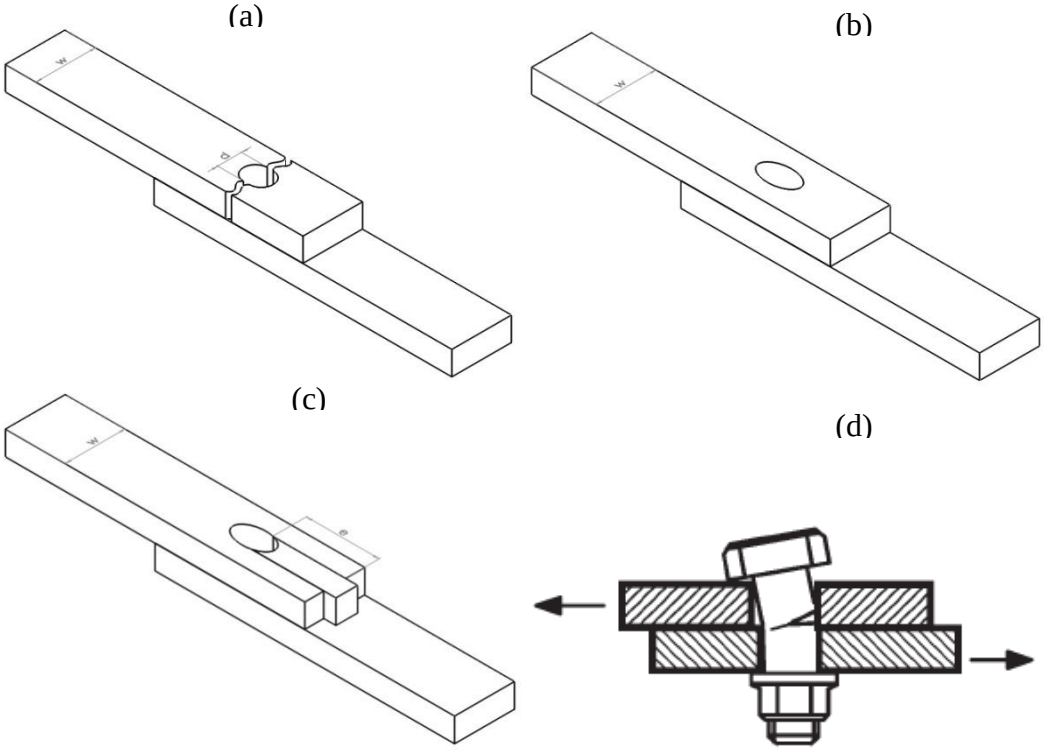
2.2 Mekanik Birleştirme Bağlantıları

Mekanik birleştirme bağlantılarında genellikle, Geometrisi kalın olan malzemelerin kullanıldığı durumlarda ve parçaların birbirinden ayrılması için gereken işlemlerde mekanik birleştirme yollu kullanılır. Burada mekanik birleştirmenin ana dezavantajı ise malzeme üzerinde delinen delik alanında meydana gelen ve çentikten dolayı oluşan gerilme yoğunlaşmasıdır. Bu yoğunlaşmadan dolayı meydana gelen ısı ve

mekanik sebeplerden dolayı kaynaklanan etkilerin meydana gelmemesi için delik açma işleminin uygun araç ve gereçlerle yapılması gerekir. Ayrıca Montaj esnasında kullanılan cıvata veya perçinlerin ağırlıklarda düşündürücü bir konudur.

Mekanik birleştirme usulleri kompozitlerin metallerle birleştirme yöntemlerinde sıklıkla tercih edilir. Ayrıca farklı şekildeki malzemelerin oluşturacağı etkiler unutulmamalıdır. Örneğin alüminyum ve paslanmaz çelik cıvataların karbon fiber takviyeli epoksi kompozitleri birleştirmek için kullanılması galvanik korozyona sebep olur [Harris, 2003].

Mekanik birleştirilmiş bağlantılarda meydana gelen dört farklı hasar tipi aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.1 Mekanik birleştirme yönteminde meydana gelen hasar tipleri (a. Çekme Hasarı, b. Yataklama Hasarı c. Kayma Hasarı d. Cıvata hasarı)

Çekme hasarı delik çapı (d)'nin birleştirilen malzemenin genişliğine (w) oranının düşük olduğu modellerde görülür. Yırtılma hasarı çok delik kullanılarak birleştirilen

bağlantılarda sıklıkla görülür. Yataklama hasarı d/w oranının yüksek olduğu modellerde, cıvata deliğinde meydana gelen basınç gerilmeleri nedeniyle meydana gelmektedir ve genellikle tek cıvata kullanılan modellerde görülür. Kayma hasarı kayma gerilmelerinin delik cidarlarında yoğunlaşması nedeniyle oluşur. Bu hasar delik merkezinin serbest kenara olan uzaklığı (e)'nin az olduğu modellerde görülür. Ortotropik plakalarda da genellikle kayma hasarı meydana gelmektedir. cıvata hasarı ise kompozitlerin mekanik birleştirme yöntemlerinde en az görülen hasar tipidir ve plaka ve cıvata geometrisine bağlıdır.

Cıvata sıkma torkunun arttırılması, etkiyen kuvvetin birleştirilen plakaların arasında meydana gelen sürtünme yardımıyla iletimini arttırdığı ve delik çevresinde meydana gelen gerilme yoğunlaşmasını azalttığı için yorulma mukavemetinin artmasına sebep olur.

Kompozit malzemeler uzay, uçak,denizcilik ve diğer uygulama alanlarında genellikle yapıştırıcı veya mekanik birleştirme yöntemleriyle birleştirilirler. Kompozit malzemelerle ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmı quasi-static olarak yükleme koşulunu ele almaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada ise cıvata ile birleştirilmiş kompozit levhaların çekme-çekme yorulması davranışları araştırılmıştır.

3. PERÇİN BAĞLANTILARI

3.1 Tanıtım

Perçin bağlantıları sökülemeyen birleştirmeler grubuna girer. Perçin ile birleştirmelerde sac, lama ve köşebent v.b gibi malzemeler kullanılır.

Daha önceden kullanılan perçinli bağlantılar kaynak teknolojisindeki ilerlemeden dolayı, kaynakla daha az sürede, daha az maliyet ve ağırlıkta yapılabildiğinden perçin önemini büyük ölçüde kaybetmiştir. Perçin ile bağlantı kaynak bağlantısının mümkün olmadığı durumlarda kullanılmaktadır.

Perçin bağlantısı aşağıdaki alanlarda uygulanır.

1- Sarsıntının fazla olduğu makine parçalarının birleştirilmesinde

2- Emniyet sınırının önemli olduğu bağlantılarda

3- Bağlantının maliyetinin düşük olduğu birleştirmelerde

4- Bağlantının erken ve kolay yapılmasının istenildiği durumlarda

5- Bağlantının fiziksel ve kimyasal yapılarında değişikliğe uğramaması istenildiği yerlerde

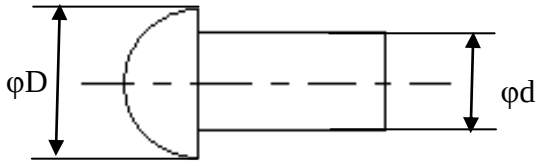
6- Bağlantının kaynağa göre daha esnek bağlantı istenilen birleştirmelerde

7- Farklı yapıdaki iki malzemenin birleştirilmesinde

8- Daha hafif madenlerin birleştirlmesinde

3.2 Perçin Nedir

Silindirik bir gövdeye sahip, kullanılacağı alana göre şekillendirilmiş bir baş kısmına sahip bağlantı elemanına perçin denir.



Şelik 3.1 Perçin

3.3 Perçinlerin Yapıldıkları Gereçler

Perçinler birden fazla malzemelerden yapılırlar. Bu malzemeler akma çelik, bakır, alüminyum, pirinç v.b gibi malzemeler. Madenler kullanıldıkları birleştirme şekillerine göre ısındıklarında genleşip, soğutulduklarında ise büzülürler. Perçinle birleştirmelerde malzemelerin bu özellikleri göz önüne alınarak ona göre perçin seçilmelidir. Ayrıca, rutubetli ve deniz sulu ortamlara maruz kalan ayrı cins malzemeler korozyondan dolayı aşındıklarında göz ardı edilmemelidir. Büyük kazalara ve maddi hasarlara neden olamamak için özellikle fazla ısınmalarda perçinin gövde veya baş kısmında meydana gelen aksaklıkları gidermek için uygun perçin malzemesi seçilmelidir.

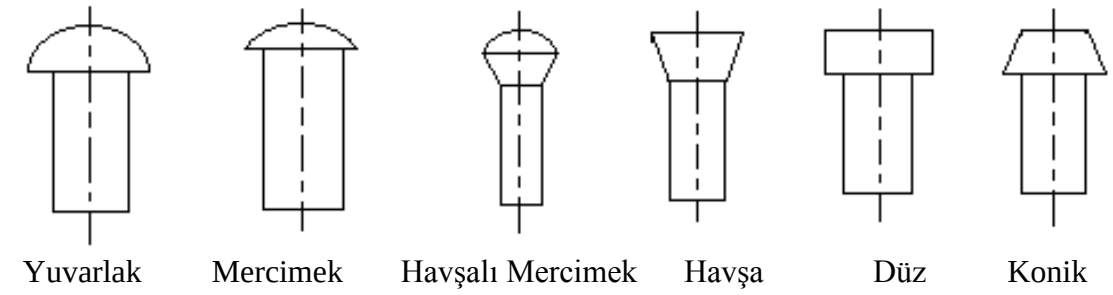
3.4 Perçin Tipleri

Kullanıldıkları ortama göre perçin başları çeşitli şekillerde olurlar. Günümüzde yaygın olarak kuvvet itme bakımından kullanılan perçin yarım yuvarlak başlı perçinlerdir.

Perçinler iki gruba ayrılırlar.

3.4.1 Standart Perçinler

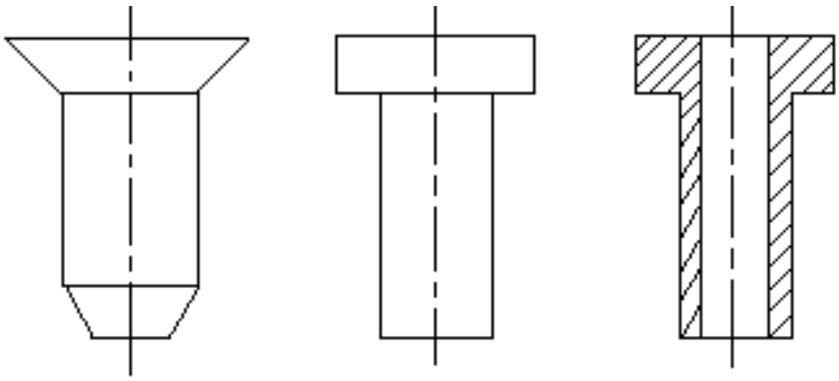
Standart tip perçinler, makine yapımında, çelik yapılarda ve kazan inşaatında kullanılırlar.



Şekil 3.2 Standart Tip Perçinler

3.4.2 Özel Perçinler

İsminden de anlaşıldığı üzere özel amaçlarda kullanılan perçinlerdir.



Şekil 3.3 Özet Tip Perçinler

3.5 Perçinleme İşleminin Yapılması

Perçinleme işlemi yapılırken perçinlenecek malzemeler rastgele delinmemelidirler. Örneğin 10 mm den küçük çaptaki perçinler kullanıldığı alanlarda malzemelerde delinecek kısım perçin çapından 0,5 mm den daha büyük, 10 ile 36 mm çapında perçinlerin kullanıldığı alanlarda ise perçin çapından 1 mm daha büyük delinme işlemi yapılır.

Parçalarda delme işlemi yapılırken iki yöntem uygulanır.

1- Günümüzde kullanılan uygun matkap ucuyla matkap tezgahlarında

2- Zımba ile pres tezgahlarında

Matkap ile yapılan delme işlemi genelde, az sayıda perçin yapılan yerlerde, büyük zorluk görülecek yerlerde kullanılır. Bu yöntemle delinen delikler pürüzsüz olur fakat zaman yönünden fazla zaman alır ve ekonomik değildir.

Zımba ile pres tezgahlarında yapılan delme işlerinde çeşitli konstrüksiyonlarda çok fazla perçinleme işleminin gerektiği yerlerde kullanılır. Matkap ile delinme işlemine oranla daha ekonomik ve daha fazla perçinleme yapılan yerlerde kullanılırlar.

3.6 Elle Perçinleme

I. İşlem: Parçalar delinirken perçin çapına göre delinir.

II. İşlem: Malzemenin özelliğine göre perçin seçilir.

III. İşlem: Parçalar birbirinin üzerine iyi oturabilmesini sağlamak işlemi yapılır bu işlem sayesinde perçinin gevşemesi, şişmesi gibi olumsuzluklar önlenir.

IV. İşlem: 10 mm den küçük çaptaki perçinler soğuk olarak; 10 mm den büyük çaptaki perçinler sıcak bir şekilde deliğe takıldıktan sonra dışa çıkan kısımları çekiç ile döverek kabaca baş yapılır.

V. işlem: Çekiç ile dövmek kaydıyla kaba olarak meydana gelen baş üst zımba kullanılarak ve bunun üzerine çekiç ile vurarak düzeltilir.

3.7 Makina İle Perçinleme

Devamlı olarak perçinleme işlemi olan yerlerde işlemi kolaylaştırmak ve zamandan istifade etmek amacıyla, perçin tabancaları kullanılır. Perçin tabancalarının iki çeşidi vardır.

3.7.1 Tabanca İle Perçinleme

Tabancanın çalışması esnasında çekicin vuruntulu şekilde hareket yaparak perçinin kapama başını meydana getirir.

3.7.2 Perçin Makinaları İle Perçinleme

Basınçlı hava, buhar ve su ile çalışarak perçin üzerine sürekli baskı uygulayarak kapama başı yaparlar.

3.8 Boru Perçini İle Perçinleme

3.9 Patlamalı Perçin İle Perçinleme

Patlamalı perçinin gövdesinde bulunan kör deliğe patlayıcı maddesi konulur. Perçin birleştirilecek olan iki malzemenin delinen kısmından geçirilir. Perçinin oturma kısmına elektrik ile ısıtılan baş kısmı temas ettirilerek istenilen ısıya gelindiğinde delik içerisinde bulunan madde patlar ve patla esnasında perçinlenecek olan malzemelerin dış kısmında kalan perçin gövdesi şişerek perçinleme işlemi gerçekleşir.

3.10 Perçin Bağlantılarının Çeşitleri

1. Parçaların konumuna göre

    1.a. Bindirmeli perçinleme

    1.b. Yamalı perçinleme

    1.c. Tek Yamalı Perçinleme

    1.d. Çift Yamalı Perçinleme

2. Perçin kesim sayısına göre

    2.a. Bir kesimli perçinleme

    2.b. İki kesimli perçinleme

    2.c Çok kesimli perçinleme

3. Perçin sırasına göre

    3.a. Tek sıralı bindirmeli perçinleme

    3.b. Çift sıralı paralel perçinleme (Bindirmeli-Yamalı)

    3.c. Çift sıralı zikzak perçinleme (Bindirmeli-Yamalı)

    3.d. Çok sıralı paralel perçinleme (Bindirmeli-Yamalı)

    3.e. Çok sıralı zikzak perçinleme

4. Amaca göre:

    4.a. Sızdırmaz perçinleme

    4.b. Sağlam perçinleme

    4.c. Sağlam ve sızdırmaz Perçinleme

3.11 Perçinleme Hataları

Perçinleme işlemi yapılırken meydana gelen hatalar aşağıda sıralanmıştır.

1- Perçinin boyu kısa ise perçin başı perçinleme işlemi sonunda tam olarak oluşmaz. Eksik yarım küre şeklinde olurlar. Eğer perçinin kapama başını tam olarak çıkartmak istiyorsak perçinin bulunduğu yuva üzerine çekiç ve benzeri aletlerle kuvvetli bir şekilde devamlı olarak perçin yuvası ağızları parçaya dalarak sacı yararlar ve perçin başı çevresi etrafında dairesel çentik açar.

2- Perçinin boyu uzun ise;

2.1 Perçinin başı kenarlarında çatlaklıklar meydana gelir

2.2 Perçin başı normal başa uygun olmaz ve dip kısmındaki bir şapka meydan gelir.

3- Perçin çapı delik çapından küçük seçilirse; perçinin gövdesi ile delik arasındaki boşluktan ötürü, perçinleme sırasında perçinin gövdesi delik içinde eğildiği için kapama başı küçük olur.

4- Perçinleme sırasında perçinlenecek iki sacın birbirine değen yüzeyleri arasında boşluk olduğu hallerde saclar arasında perçin gövdesi şişme yapabilir. Bu hatanın önüne geçebilmek için, kapama başı yapmadan önce perçin çektirilmesi kullanılarak sacların perçinlenecek yerdeki kısımları iyice birbirleri üzerine oturtulmalıdır.

5-Perçin gövdesinin alın kısmı eğimli olduğu zaman perçinin kapama başı tam ortada oluşmaz; bir yana kayar.

6-Perçinlenecek saclar üzerindeki delikler tam karşılamadığı zaman, deliğin gerektirdiği çaptan daha küçük çapta perçin kullanmak zorunda kalınır. Bu durumda perçin delik içinde eğri durduğu için, oturma ve kapama başları saca yapışmaz ve açılı dururlar.

7- Perçinin kapama başı oluşturulurken çok çekiçleme yapıldığında baş üzerinde çatlaklar meydana gelir. Bu durum başın mukavemetini azaltır. Fazla çekiçleme ya acemilikten veya perçin çapı büyük olduğu için işlemin sıcak yapılması yerine soğuk yapılmasından ileri gelir.

4. SONLU ELEMANLAR METODU

Sonlu elemanlar yöntemi, bilim alanlarından fizik ve mühendislikte birçok problem ile karşılaşılmaktadır. Karşılaşılan bu problemlerin çözümünde kullanılan etkin sayısal metotlar dan biridir[Küçükcicibıyık, 2005]. "Sonlu Elemanlar metotu" ismini yeni almasına rağmen, arkasındaki fikir geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Geçmişteki matematikçiler, çemberin çevre uzunluk problemini çözerken çemberin etrafına poligon çizerek hesaplayıp çözmüşlerdir. Burada sonuca yaklaşmak için Poligonun köşe sayısını artırmışlardır. Burada sonlu eleman olarak kabul ettikleri poligonun kenarlarıdır. Bu metot özellikleri sonlu elemanlar metodu problemleri için geçerlidir [Rao, 2004].

Sonlu elemanlar metodu tam ve gerçek olarak umumi limit kompleks koşullara ait karmaşık bilgiler içeren, mühendislik sorunları için asıl değerlere yaklaşık çözümler hazırlayan kuvvetli bir sayısal yöntem olarak tarif edilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminin ana etapları çeşitli mühendislik alanları içinde bir fiziksel olgunun modellenmesi dizaynıdır.[Madenci ve diğerleri, 2006].

Sonlu elemanlar yöntemi matematikçilerin geliştirdiği bilinmesinden ziyade daha çok mühendisler kullanıp geliştirmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ilk olarak uygulandığı yer gerilme analizi problemleridir. Bütün bu uygulamalarda büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Hesaplanan büyüklük alanının gerilme, ısı ve akışkan problemlerinde aşağıdaki alan değerlerine bakılır.

- Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı
- Isı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akısı
- Akışkan problemlerinde basınç dağılımları veya hız profilleridir.

Burada hesaplanmış olan büyüklük alanının sahip olduğu değer ya da en büyük gradyen pratikte özel bir önem taşımaktadır [Küçükcicibıyık, 2005].

Sonlu elemanlar yönteminde yapı, davranışı önceden hazırlanmış olarak bulunan sonlu sayıdaki birim elemanlarına bölünür. Bölünen bu elemanlar "düğüm" adı altındaki noktalarda tekrar birbirine birleştirilir. Bu birleştirme neticesinde Noktalar genelde elemanların birleştiği eleman alanında(sınırında) olurlar. Gerçek değerleri tespit edilmeyen daha önceden de bahsedildiği üzere yer değiştirme, sıcaklık, basınç, gerilme ya da hız değerlerinin bir sonlu eleman biçimi içindeki etki yüzeyleri basit bir fonksiyon işlemi ile yaklaşık olarak sonuca varılabilir. Noktalardaki değerleri bulabilmek için enterpolasyon model olarak isimlendirilen yaklaşık fonksiyonlar kullanılır. Bu şekilde cebirsel bir denklem takımı elde edilir. Gerilme analizinde ise bu denklemler noktalardaki denge denklemlerini verir. İncelenen bu probleme bağlı olarak bu sayede binlerce hatta onbinlerce denklem bulunur. Bu denklemlerin çözümü bize bilgisayar kullanımını zorunlu hale getirmektedir [Küçükcicibıyık, 2005, Madenci ve diğ., 2006].

Sonlu elemanlar yönteminin temel prensibi, öncelikle bir elemana ait sistem özelliklerini içeren denklemlerin çıkartılıp tüm sistemi temsil edecek şekilde eleman denklemlerini birleştirerek sisteme ait lineer denklem takımının elde edilmesidir. Bir elemana ait denklemlerin elde edilmesinde değişik metodlar kullanılabilir. Bunlar içinde en çok kullanılan dört temel yöntem şunlardır:

I)Direkt yaklaşım: Direkt yaklaşım yöntemi genelde tek boyutlu ve basit problemler için uygulanır.

II)Varyasyonel yaklaşım: Bir fonksiyonelin ekstremize yani maksimum ve minimum edilmesi demektir. Katı cisim mekaniğinde en çok kullanılan fonksiyoneller potansiyel enerji prensibi, komplementer (tümleyen) potansiyel enerji prensibi ve Reissner prensibi olarak sayılabilir. Fonksiyonelin birinci türevinin sıfır olduğu noktada fonksiyonu ekstremize eden değerler bulunur. İkinci türevinin sıfırdan büyük veya küçük olmasına göre bu değerin maksimum veya minimum olduğu anlaşılır.

III)Ağırlıklı kalanlar yaklaşımı: Bir fonksiyonun çeşitli değerler karşılığında elde edilen yaklaşık çözümü ile gerçek çözüm arasındaki farkların bir ağırlık fonksiyonu ile çarpılarak toplamlarını minimize etme işlemine "ağırlıklı kalanlar yaklaşımı" denir.

Burada Ağırlıklı kalanlar yaklaşımı ele alınarak eleman özelliklerinin bilinmesi avantajı, fonksiyonellerin bulunamadığı problemlerde uygulanmasıdır.

IV)Enerji dengesi yaklaşımı: Enerji dengesi yaklaşımı yöntemi sisteme giren ve çıkan enerjilerin(Termal ve Mekanik) eşitliği ilkesine dayanır. Enerji dengesi yaklaşımı bir fonksiyonele ihtiyaç olmaz. Sonlu elemanlar yöntemi ile problem çözümünde kullanılacak olan yaklaşım çözüm işleminde izlenecek yolu değiştirmez. Çözüm yöntemindeki adımlar şunlardır:

a) Cismin sonlu elemanlara bölünmesi,

b) İnterpolasyon fonksiyonlarının seçimi,

c) Eleman direngenlik matrisinin teşkili,

d) Sistem direngenlik matrisinin hesaplanması,

e) Sisteme etki eden kuvvetlerin bulunması,

f) Sınır şartlarının belirlenmesi,

g) Sistem denklemlerinin çözümü.

Sonlu eleman metodu probleminin çözümünde izlenecek olan ilk adım elemanın özelliğinin belirlenmesi ve çözüm bölgesinin elemanlara ayrıştırılmasıdır. Burada Çözüm alanının geometrik şekli belirlenerek bu geometrik şekle denk gelecek uygun elemanlar seçilmelidir. Seçilen bu elemanların çözüm alanını temsil etme oranında, elde edilecek sonuçlar gerçek çözüme varılmış olacaktır. Sonlu elemanlar metodunda kullanılan elemanlar boyutlarına göre dört kısma ayrılabilir:

a) Tek boyutlu elemanlar: Tek boyutlu elemanlar tek boyutlu olarak bilinen problemlerin çözümü için kullanılırlar.

b) İki boyutlu elemanlar: İki boyutlu elemanlarda**,** İki boyutlu (düzlem) problemlerinin çözümünde kullanılırlar. Üç düğümlü üçgen elemanlar bu grubun temel elemanlarıdır. Üçgen elemanın altı, dokuz ve daha fazla düğüm bulunduran çeşitleri de mevcuttur. Burada Düğüm sayısı seçilecek interpolasyon fonksiyonunun derecesine göre belirlenir. Üçgen eleman, çözüm bölgesini aslına uygun olarak tanımlanması bakımından kullanışlı olan eleman tipi üçgen elemandır. Dörtgen elemanlar iki üçgen elamanın birleşmesinden meydana gelir. Burada dörtgen eleman problemin şekline uyum sağladığından kullanışlı bir elemandır. Burada dört ve üzeri düğümlü olabilirler. Dörtgen eleman genelde özel hal olan dikdörtgen eleman tipinde de kullanılabilirler.

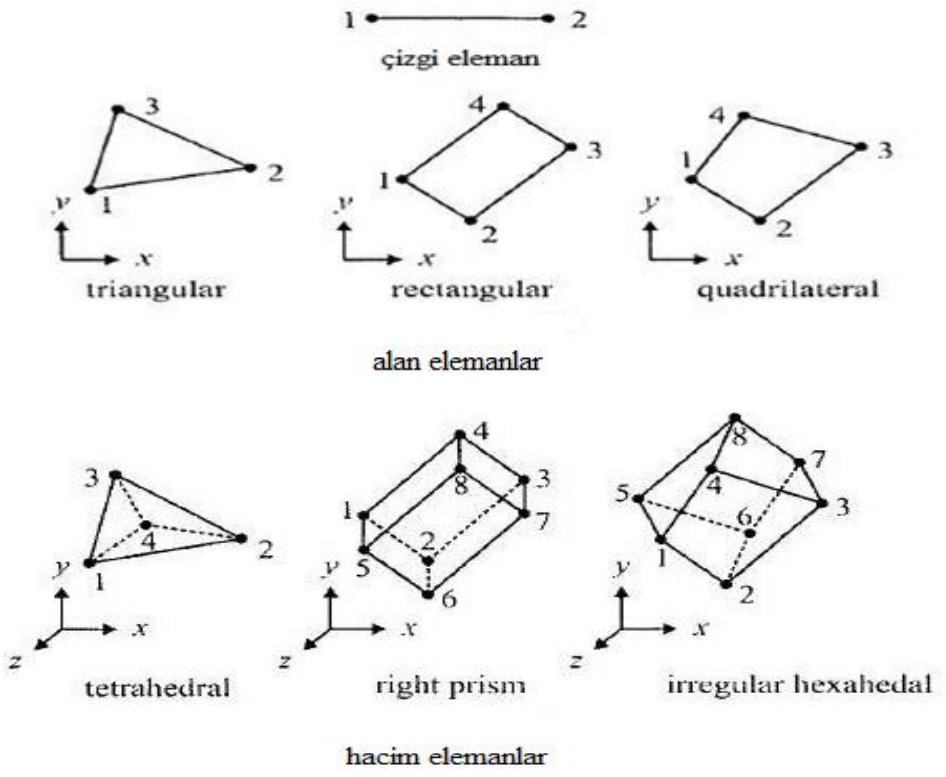
c) Dönel elemanlar: Dönel elemanlar Eksenel simetrik özelliği gösteren problemlerin çözümü için kullanılırlar. Bu elemanlar bir veya iki boyutlu elemanların simetri ekseni etrafında bir tam dönme yapmasıyla oluşurlar. Dönel elemanlar gerçekte üç boyutlu olduklarından, eksenel simetrik problemleri iki boyutlu problem gibi çözme alanı sağladığı için çok kullanılmaktadırlar.

d) Üç boyutlu elemanlar: Bu eleman grubunda üçgen piramit temel elemandır. Üçgen piramidin dışında dikdörtgenler prizması veya altı yüzeyli elemanlar, üç boyutlu problemlerin çözümünde kullanılan eleman tipleridir.

e) İzoparametrik Elemanlar: Bu eleman grubunda Eğri denklemleri Çözüm bölgesinin sınırları ile tanımlanmışsa, kenarları doğru olan elemanların bu bölgeyi tam olarak tanımlaması mümkün olmayabilir.

Bu şekil durumlarda bölgeyi gereken titizlikte tanımlamak için elemanların boyutlarını küçültmek, mümkün mertebe adetlerini artırmak gerekebilir. Bu halde çözülmesi gereken denklem sayısını artırır, dolayısıyla gereken bilgisayar kapasitesinin ve zamanın büyümesine sebep olur. Bu olumsuzluklardan kurtulmak için, çözüm bölgesinin eğri denklemleri ile tanımlanan sınırlarına uyum sağlayacak eğri kenarlı elemanlara ihtiyaç hissedilmektedir. Böylece hem çözüm bölgesi daha iyi tanımlanmakta hem de daha az sayıda eleman kullanılarak çözüm yapılabilmektedir. Bu elemanlar üzerindeki düğüm noktaları bir fonksiyon ile tanımlanır. İzoparametrik sonlu

elemanın özelliği, her noktasının konumunun ve yer değiştirmesinin aynı mertebeden aynı şekil (interpolasyon) fonksiyonu ile tanımlanabiliyor olmasıdır. Sonlu elemanlar metodunda kullanılan ana elemanlar Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1 Nokta Sayıları ile birlikte çizgi, alan ve hacim eleman çeşitleri

4.1 Von Mises kriteri

Von-Mises ve Tresca akma kriterleri tek eksenli gerilme durumunda akma gerilmesinin tahmini için aynı ifadeyi kullanırken iki ve üç eksenli gerilme durumlarında von-Mises kriteri Tresca kriterine nazaran daha doğru sonuçlar verdiği için sıklıkla tercih edilir. Von-Mises kriterine göre üç eksenli gerilme durumunda akma ifadesi aşağıda açıklanmıştır. Formüllerde σ_Y, akma gerilmesini, M_e, Eğilme Momentini ve M_b burulma momentini ifade etmektedir.

$$\frac{1}{2}\left[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2\right] \leq \sigma_y^2.$$

Kopma, üç eksenli gerilme halinde birim hacme düşen maksimum şekil değiştirme enerjisinin belirli bir değeri aşması halinde meydana gelir. Bu hipoteze göre üç eksenli gerilme durumunda;

$$\sigma_Y = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2}$$

iki eksenli gerilme durumunda ise;

$$\sigma_Y = \sqrt{{\sigma_1}^2-\sigma_1\sigma_2+{\sigma_2}^2}$$

olup asal gerilme değerleri yerine konursa eşdeğer gerilme;

$$\sigma_Y = \sqrt{\sigma^2+3\tau^2}$$

şeklinde elde edilir. Eşdeğer moment ise;

$$\mathrm{M_b} = \sqrt{{\mathrm{M_e}}^2+0.75\,{\mathrm{M_b}}^2}$$

dir. Özellikle sünek malzemeler için yapılan deneyler bu hipotez ile iyi uyum göstermektedir. Bu hipoteze göre basit kayma gerilmesi halinde $\sigma = 0$ olup;

$$\sigma_Y = \sqrt{3}\ \tau = 1.73\ \tau \quad \text{veya} \quad \tau = 0.577\ \sigma_Y$$

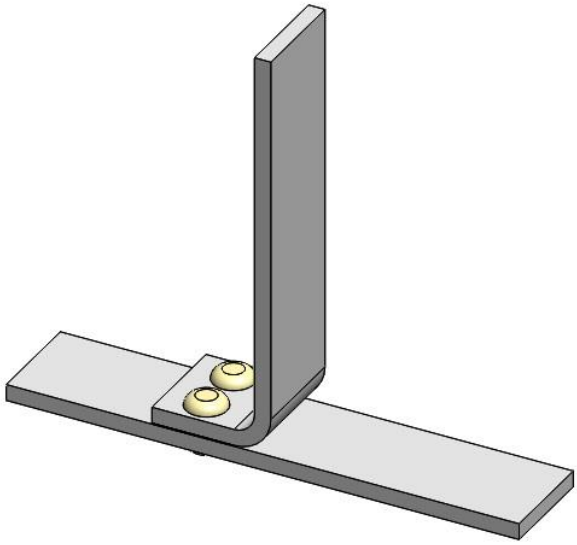
dir.

5. MATERYAL VE METOD

5.1 Deneysel Çalışma

5.1.1. Numune Hazırlama

Gerçekleştirilen çalışmada tek “L” tipi bağlantıların çekme davranışı deneysel olarak araştırılmıştır. 25 mm genişliğe ve 125 mm uzunluğa sahip ve 4 mm kalınlığındaki ana malzeme aynı genişlik ve boya sahip 2, 3 ve 4 olmak üzere üç farklı kalınlıktaki “L” formu verilmiş malzeme ile birleştirilmiştir. Kullanılan birleşme tipi Şekil 5.1 de verilmiştir.



Şekil 5.1 Tek “L” birleştirme modeli

Numuneler hazırlanırken ana malzeme olarak AA-5754 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı malzeme olarak 3M 2216 ve perçin malzemesi olarak alüminyum ve çelik kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 5.1 Malzeme Özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m^3)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Alüminyum 5754	2670	70300	0.33
3M 2216 Yapıştırıcı	1296	565.6	0.47
Alüminyum Perçin	2700	70000	0.33
Çelik Perçin	7850	210000	0.3

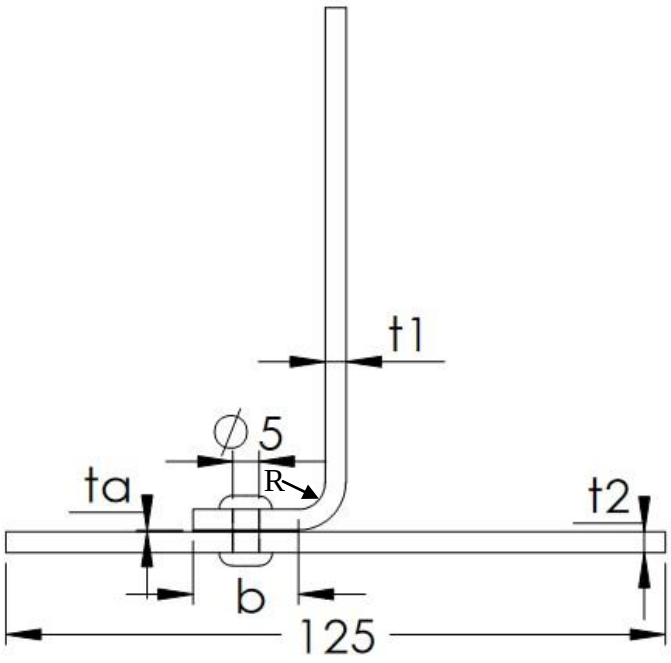
3M 2216 yapıştırıcı özellikle uzay ve havacılık uygulamaları için geliştirilmiş çift bileşenli ve epoksi esaslı bir yapıştırıcı çeşididir. A ve B diye isimlendirilen bileşenler ağırlıkça sırasıyla 7 ye 5 oranında kullanılır. Kullanılan yapıştırıcı malzeme şekil 5.2 de verilmiştir.



Şekil 5.2 Çalışmada Kullanılan 3M 2216 Yapıştırıcı

"L" şeklinde bükülen ve düz olan ana malzemeler öncelikle 5 mm çapında delinerek perçin yerleri belirlenmiştir. Ardından yapışma yüzeyleri yapıştırıcı malzemenin kullanım kılavuzunda belirtildiği gibi önce 180'lik zımpara ile aşındırılmış ve ardından aseton ile temizlenmiştir. Yüzey hazırlığının ardından yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bir günlük taşıma sertleşmesi süresinin geçmesinden sonra

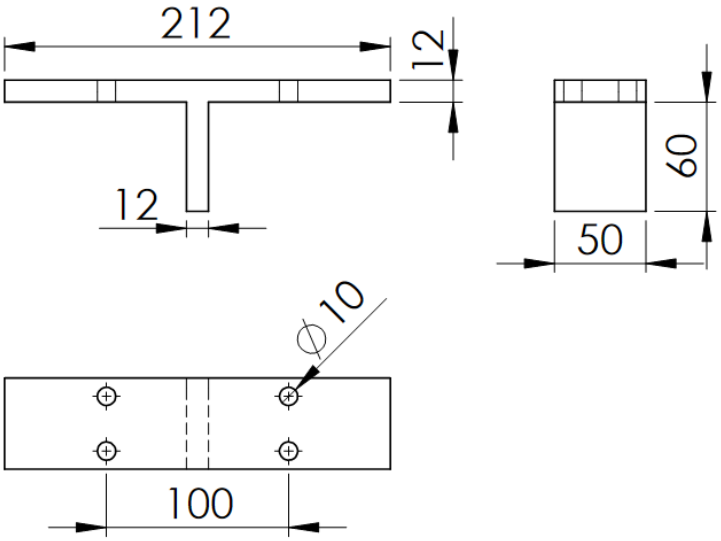
malzemeler 93 ^{o}C sıcaklıkta 30 dakika süreyle kürleştirilmiştir. Yapıştırıcı malzeme kalınlığının yapıştırma işlemi sırasında yapılan ölçümlerle 0.25 mm olması sağlanmıştır. Montajı gerçekleştirilen modellere ait boyutlar şekil 2 de verilmiştir. Şekilde t2 ve ta ile gösterilen boyutlar bütün modellerde sabit ve sırasıyla 4 mm ve 0.25 mm'dir. t1 ile gösterilen boyut için ise 2, 3 ve 4 mm olmak üzere üç farklı değer kullanılmıştır. Bindirme mesafesinin (b) çekme davranışına etkisini incelemek amacıyla 10, 15 ve 20 mm olmak üzere 3 farklı boyut kullanılmıştır. L formu verilirken "R" ile gösterilen radyüs değeri 10 mm alınmıştır. Çalışmada kullanılan son parametre ise çelik malzemesinin değişimidir. Çalışmada çelik malzemesi olarak alüminyum ve çelik kullanılmıştır.



Şekil 5.3 Numune Boyutları

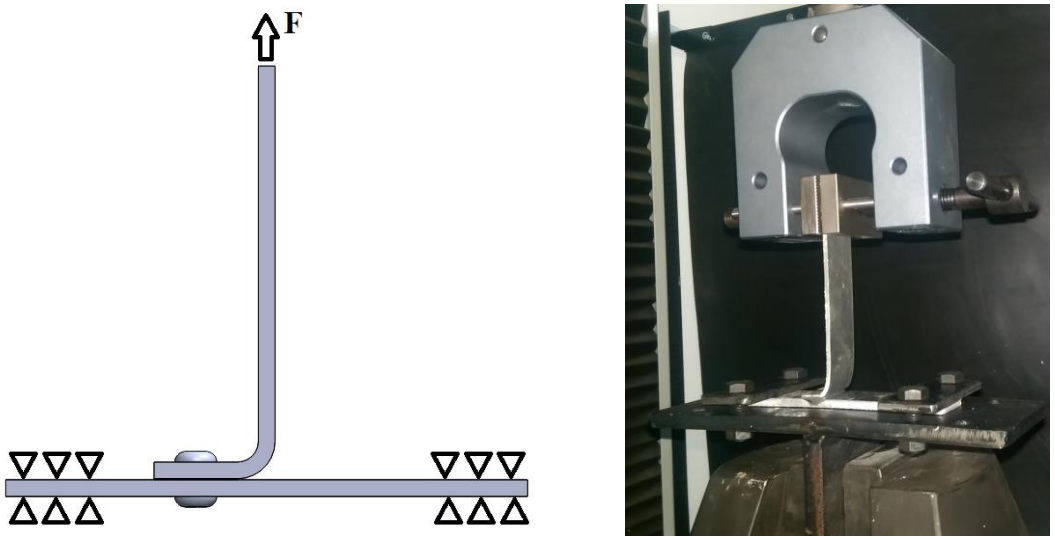
5.1.2. Sınır Şartları

Çekme deneyleri Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Universal Test Cihazıyla 5 kN yük hücresi kullanılarak yapılmıştır. Testler sırasında ilerleme hızı 1 mm/dk seçilmiştir. Hazırlanan numunenin cihaza bağlanabilmesi amacıyla bir aparat tasarlanmıştır. Hazırlanan aparat Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4 Testler için tasarlanan ve üretilen aparat

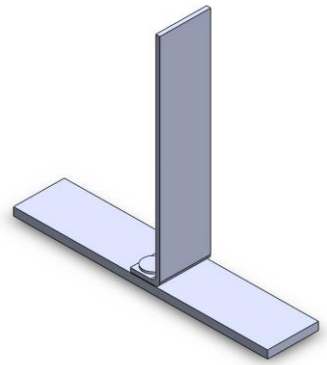
Üretilen aparat yardımıyla yükün numunelere uygulanış şekli şematik olarak ve test cihazına bağlı bir numune şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5 Sınır Şartları

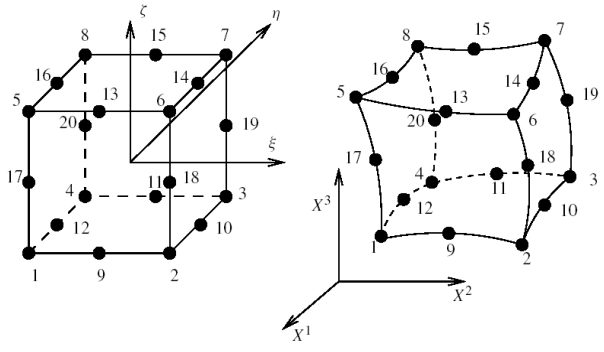
5.2 Sayısal Çalışma

Günümüzde deneysel çalışmaların alternatifi olarak sıklıkla kullanılan sayısal analiz yöntemlerinden Sonlu Elemanlar Metodu yardımıyla deneysel çalışmayla aynı özelliklere sahip modeller oluşturulmuş ve ANSYS Workbench 14.5 programı yardımıyla sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.6 da Ansys workbench programında kullanılmak üzere Solidworks 2015 programıyla oluşturulan model verilmiştir.



Şekil 5.6 Sonlu Elemanlar Analizi İçin Oluşturulan Model

Solidworks 2015 programıyla oluşturulan model Ansys Workbench Sonlu Elemanlar Analiz programına aktarılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlara bölme işleminde kullanlan eleman tipi şekil 5.7 de ve sonlu elemanlara bölünmüş modelin ağ yapısı şekil 5.8 de verilmiştir. Oluşturulan modellerde hexahedrons olarak isimlendirilen eleman tipi kullanılmıştır. Bu eleman tipinin 20 düğüm noktası ve her düğüm noktasının 3 yönde şekil değişimi ve 3 yönde dönme olmak üzere toplam 6 serbestlik derecesi vardır.

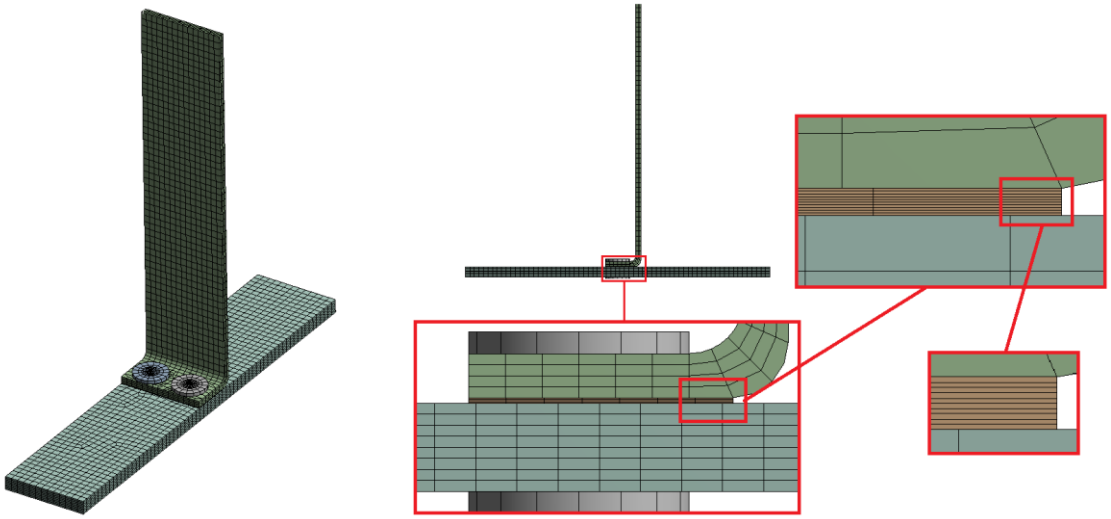


Şekil 5.7 Sonlu Elemanlar Analizi İçin Kullanılan Eleman Tipi

Modellere göre düğüm ve eleman sayıları tablo 5.1 de verilmiştir. Bindirme mesafesi artarken düğüm sayısı fazla değişmemiş sadece yapıştırıcı tabakanın artması nedeniyle bir miktar artış olmuştur. Levha kalınlığının artması düğüm ve eleman sayısındaki artış daha fazla olmuştur. Modellerde parçaların birbirine bağlantısını sağlamak için kontak tanımlanmıştır. Yapıştırıcı birleştirme olan bölgelerde "bonded", perçinler ile alüminyum levhalar arasında ise sürtünmesiz kontak tanımlanmıştır.

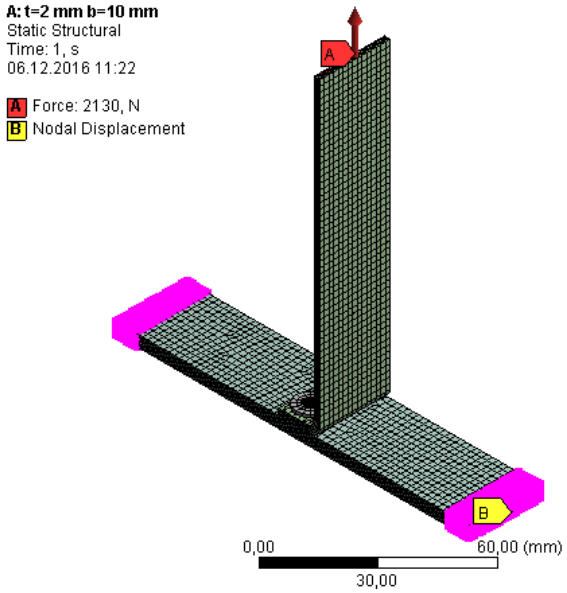
Tablo 5.1 Modellerin Düğüm ve Eleman Sayıları

		Levha Kalınlığı		
Bidirme Mesafesi		2 mm	3 mm	4 mm
10 mm	Düğüm Sayısı	18888	21673	24327
	Eleman Sayısı	4853	5418	6081
15 mm	Düğüm Sayısı	19002	21971	24689
	Eleman Sayısı	4797	5490	6172
20 mm	Düğüm Sayısı	19400	22383	25073
	Eleman Sayısı	4898	5595	6268



Şekil 5.8 Sonlu Elemanlara Bölünmüş Model

Sonlu Elemanlara Bölünen Modele sınır şartları uygulanmış ve sayısal hasar yükleri tespit edilmiştir. Şekil 5.9 da sınır şartlarının modele uygulanışı verilmiştir.



Şekil 5.9 Sınır Şartlarının Uygulanışı

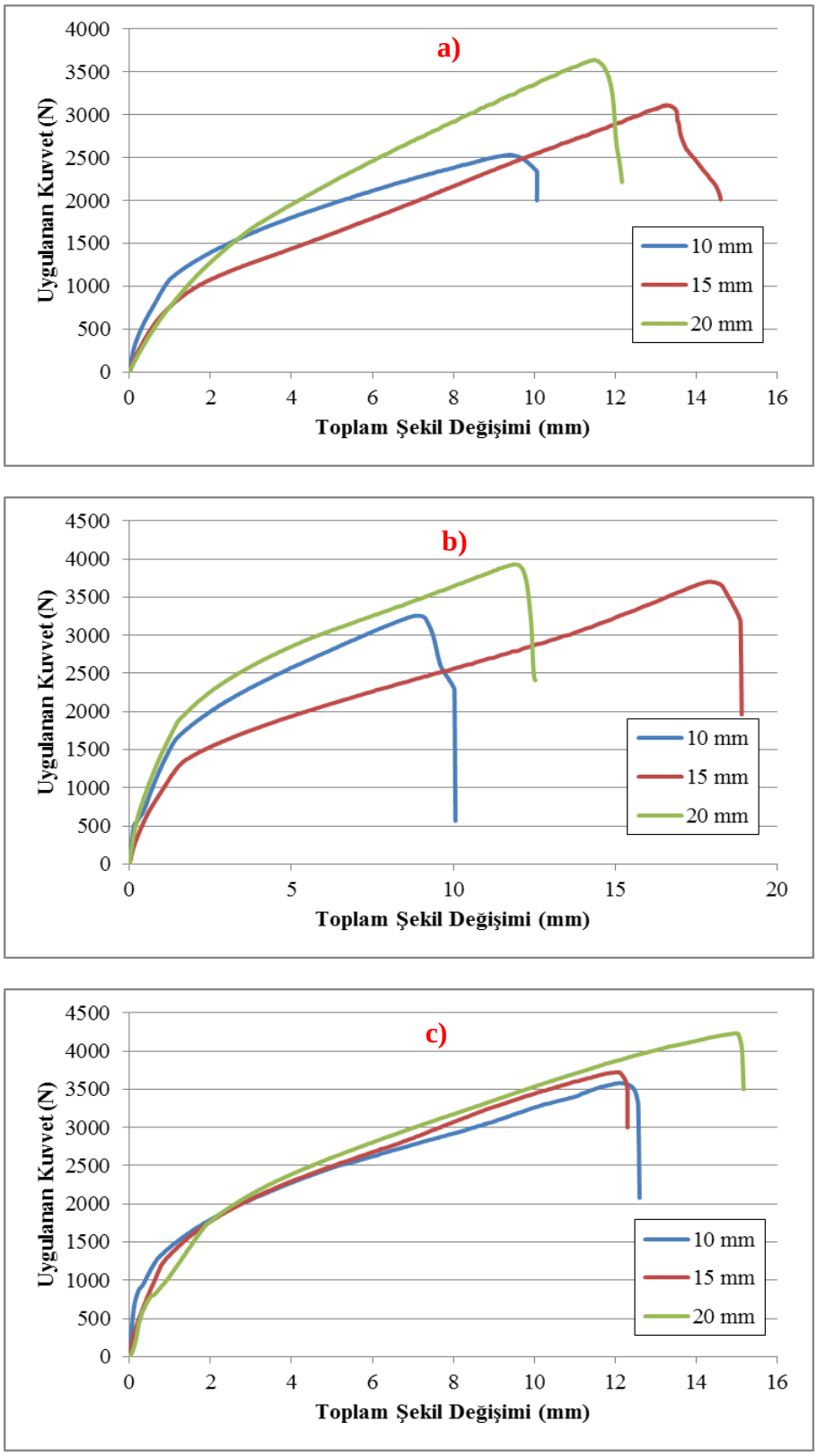
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

6.1 Deneysel Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışmada yapıştırıcı ve perçinle birleştirilmiş tek "L" tipi bağlantıların çekme yüklemesi altındaki davranışları deneysel olarak araştırılmıştır. Kontrüksiyonun çekme mukavemetini araştırmak amacıyla bindirme boyu, malzeme kalınlığı, ve perçin malzemesi değiştirilerek her biri için çekme deneyi tekrar edilmiştir. Aşağıda her bir parametre için sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiş ve etkileri tartışılmıştır.

6.1.1. Bindirme Mesafesinin Etkisi

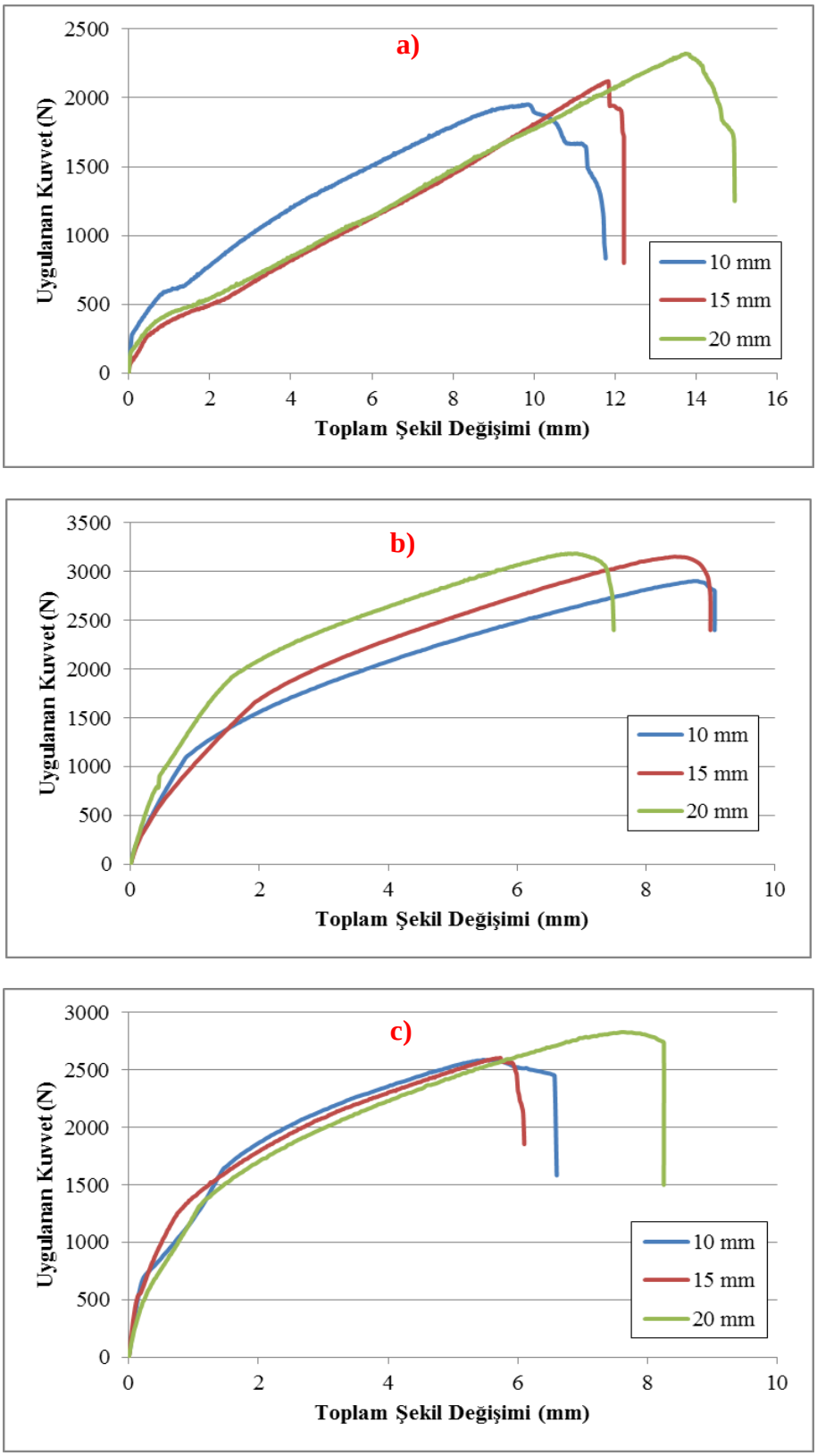
Yapıştırıcı ve perçin birleştirmeleri için bindirme mesafesi kritik öneme sahiptir. Yapıştırıcı ile birleştirmede sadece numune mukavemetini değiştiren bindirme mesafesi perçin ile birleştirmede hasar tipini de değiştirmektedir. O yüzden farklı bindirme mesafelerinin etkisini incelemek önemlidir. Çalışmada 10, 15 ve 20 mm olmak üzere üç farklı bindirme mesafesi incelenmiştir. Aşağıdaki şekilde çelik perçin için bindirme mesafesinin mukavemete etkisi levha kalınlıklarına göre ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 6.1 Çelik Perçin İle Birleştirilmiş Numunelerde Bindirme Mesafesinin Etkisi (a. 2 mm Levha Kalınlığı, b. 3 mm Levha Kalınlığı, c. 4 mm Levha Kalınlığı)

Şekil 6.1 incelendiğinde bütün levha kalınlıkları için bindirme mesafesi arttıkça hasar yükünün arttığı görülmüştür. 2 mm levha kalınlığı için 10 mm, 15 mm, 20 mm bindirme mesafeleri için hasar yükleri sırasıyla 2533 N, 3114 N ve 3640 N'dur. 3 mm levha kalınlığı için 10 mm, 15 mm, 20 mm bindirme mesafeleri için hasar yükleri sırasıyla 3258 N, 3703 N ve 3931 N'dur. 4 mm levha kalınlığı için 10 mm bindirme mesafesinde hasar yükü 3581 N'dur. 15 mm bindirme mesafesi için hasar yükü %4 artışla 3724 N olmuştur. En yüksek hasar yükü değerine sahip 20 mm için 15 mm'ye göre artış %13.7 artışla 4233 N olmuştur. En düşük hasar yükü görülen 2 mm levha kalınlığı ve 10 mm bindirme mesafesine sahip numune için 2533 N olan hasar yükü en yüksek hasar yükü görülen 4 mm levha kalınlığı ve 20 mm bindirme mesafesine sahip numunede %67 artışla 4233 N olmuştur.

Şekil 6.2 de alüminyum perçin kullanılarak oluşturulan numnelerin uygulanan yüke karşılık şekil değişimi grafikleri verilmiştir.



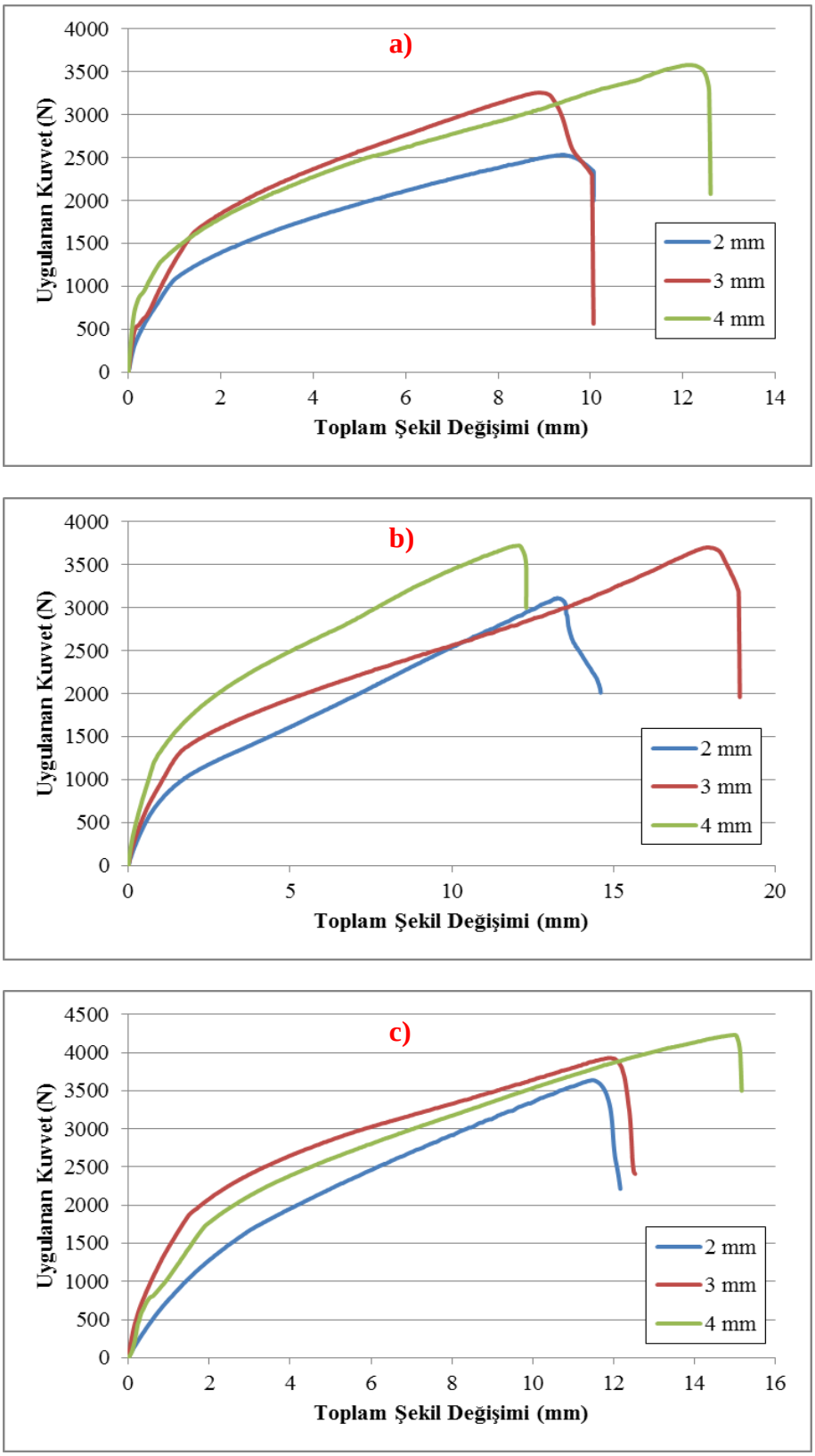
Şekil 6.2 Alüminyum Perçin İle Birleştirilmiş Numunelerde Bindirme Mesafesinin Etkisi (a. 2 mm Levha Kalınlığı, b. 3 mm Levha Kalınlığı, c. 4 mm Levha Kalınlığı)

Şekil 6.2 incelendiğinde bütün levha kalınlıkları için bindirme mesafesi arttıkça hasar yükünün arttığı görülmüştür. 2 mm levha kalınlığı için 10 mm, 15 mm, 20 mm bindirme mesafeleri için hasar yükleri sırasıyla 1953 N, 2122 N ve 2323 N'dur. 3 mm levha kalınlığı için 10 mm, 15 mm, 20 mm bindirme mesafeleri için hasar yükleri sırasıyla 2591 N, 2606 N ve 2830 N'dur. 4 mm levha kalınlığı için 10 mm bindirme mesafesinde hasar yükü 2905 N'dur. 15 mm bindirme mesafesi için hasar yükü %9 artışla 3153 N olmuştur. En yüksek hasar yükü değerine sahip 20 mm için 15 mm'ye göre artış %1 artışla 3186 N olmuştur. En düşük hasar yükü görülen 2 mm levha kalıınlığı ve 10 mm bindirme mesafesine sahip numune için 1953 N olan hasar yükü en yüksek hasar yükü görülen 4 mm levha kalınlığı ve 20 mm bindirme mesafesine sahip numunede %63 artışla 3186 N olmuştur.

6.1.2. Malzeme Kalınlığının Etkisi

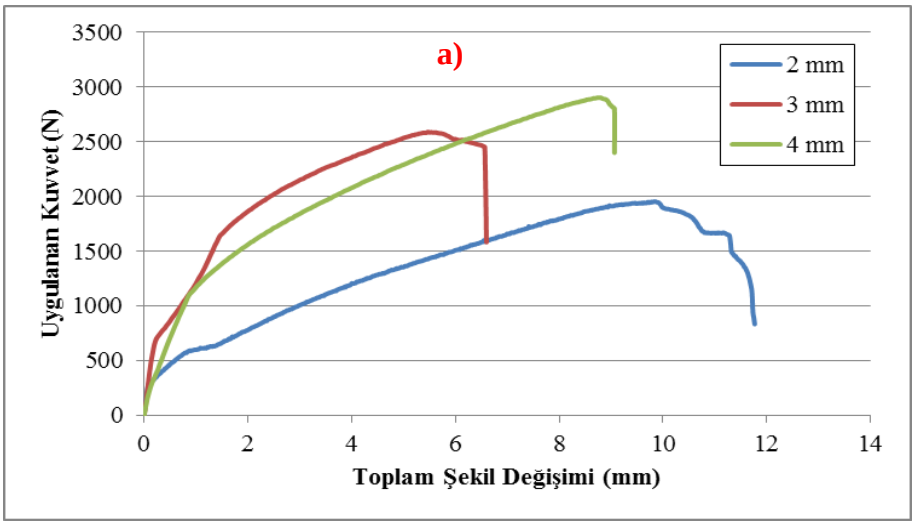
Birleştirme tiplerinden mekanik birleştirmede meydana gelen hasarın hangisi olacağını belirleyen etmenlerden birisi malzeme kalınlığıdır. Malzeme kalınlığının artması hasarın ana malzeme yerine cıvata veya perçinde meydana gelmesine sebep olabileceği gibi hasar tipinin çekme hasarı, yataklama hasarı veya kayma hasarı olmasına sebep olabilir. Aşağıda çelik perçin kullanılan numuneler için farklı bindirme mesafelerinde malzeme kalınlığının çekme davranışları verilmiştir.

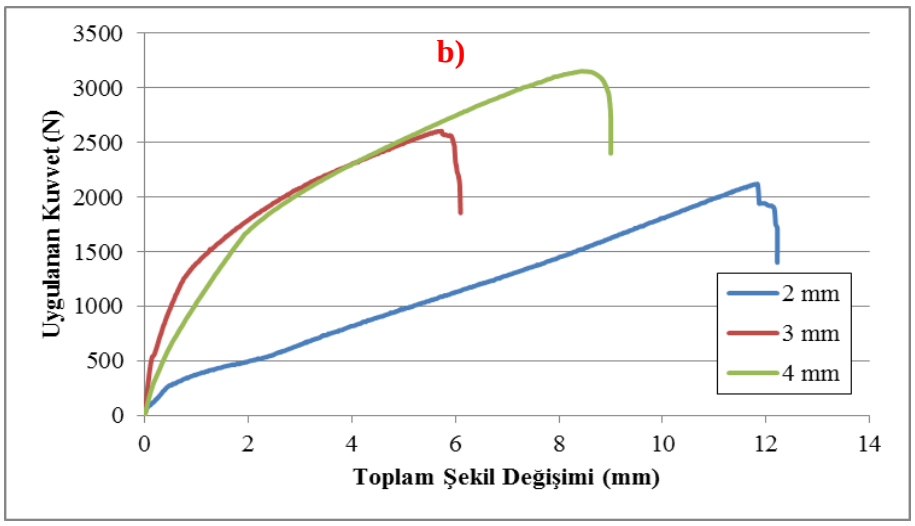
Şekil 6.3 de çelik perçin kullanılan modellerde malzeme kalınlığının hasar yüküne etkisi verilmiştir. 10 mm bindirme mesafesi için 2, 3 ve 4 mm malzeme kalınlıkları için hasar yükleri sırasıyla 2533 N, 3257 N ve 3581 N çıkmıştır. 15 mm bindirme mesafesi için 2 mm kalınlığındaki malzemeye sahip modelde hasar yükü 3114 N iken 3 mm kalınlığındaki malzemeye sahip modelde 3703 N ve 4 mm kalınlığındaki modelde 3724 N'dur. Kullanılan en uzun bindirme mesafesi olan 20 mm bindirme mesafesi için için hasar yükleri diğer bindirme mesafelerinden daha yüksek değerler almıştır. 2 mm malzeme kalınlığı için 3640 N, 3 mm malzeme kalınlığı için 3931 N ve 4 mm ile en kalın malzemeye sahip model olan modelde 4233 N değerini almıştır.

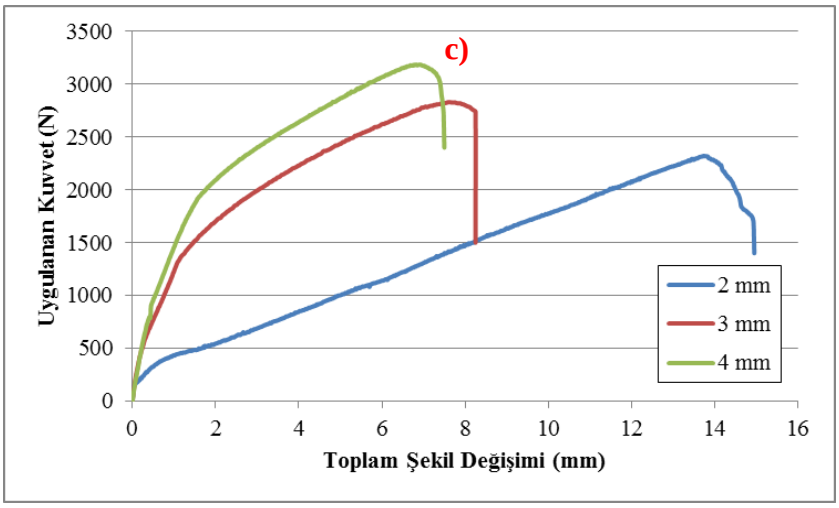


Şekil 6.3 Çelik Perçin İle Birleştirilmiş Numunelerde Malzeme Kalınlığının Etkisi (a. 10 mm Bindirme Mesafesi, b. 15 mm Bindirme Mesafesi, c. 20 mm Bindirme Mesafesi)

Alüminyum perçine sahip modellerde malzeme kalınlığının hasar yüküne etkisi şekil 6.4 ‘de verilmiştir. En yğksek hasar yükü değeri 20 mm bindirme mesafesine ve 4 mm malzeme kalınlığına sahip modelde görülmüş ve 3185 N değerini almıştır. En düşük hasar yükü değeri ise 10 mm bindirme mesafesine ve 2 mm malzeme kalınlığına sahip modelde görülmüştür ve 1953 N değerini almıştır. 15 mm bindirme mesafesi için hasar yükleri malzeme kalınlığı arttıkça artmış ve sırasıyla 2121 N, 2606 N ve 3153 N değerlerini almıştır.







Şekil 6.4 Alüminyum Perçin İle Birleştirilmiş Numunelerde Malzeme Kalınlığının Etkisi (a. 10 mm Bindirme Mesafesi, b. 15 mm Bindirme Mesafesi, c. 20 mm Bindirme Mesafesi)

Hasara uğramış numunelerin görüntüsü şekil 6.5 te verilmiştir. Şekil 6.5.a 10 mm bindirme mesafesine sahip 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki numuneleri şekil 6.5.b ise 3 mm levha kalınlığına ve 10 mm, 15 mm ve 20 mm bindirme mesafesine sahip numuneleri göstermektedir. Bindirme mesafesi arttıkça ve "L" formu verilen parçanın kalınlığı arttıkça eğilme miktarının arttığı şekilde görülmektedir.

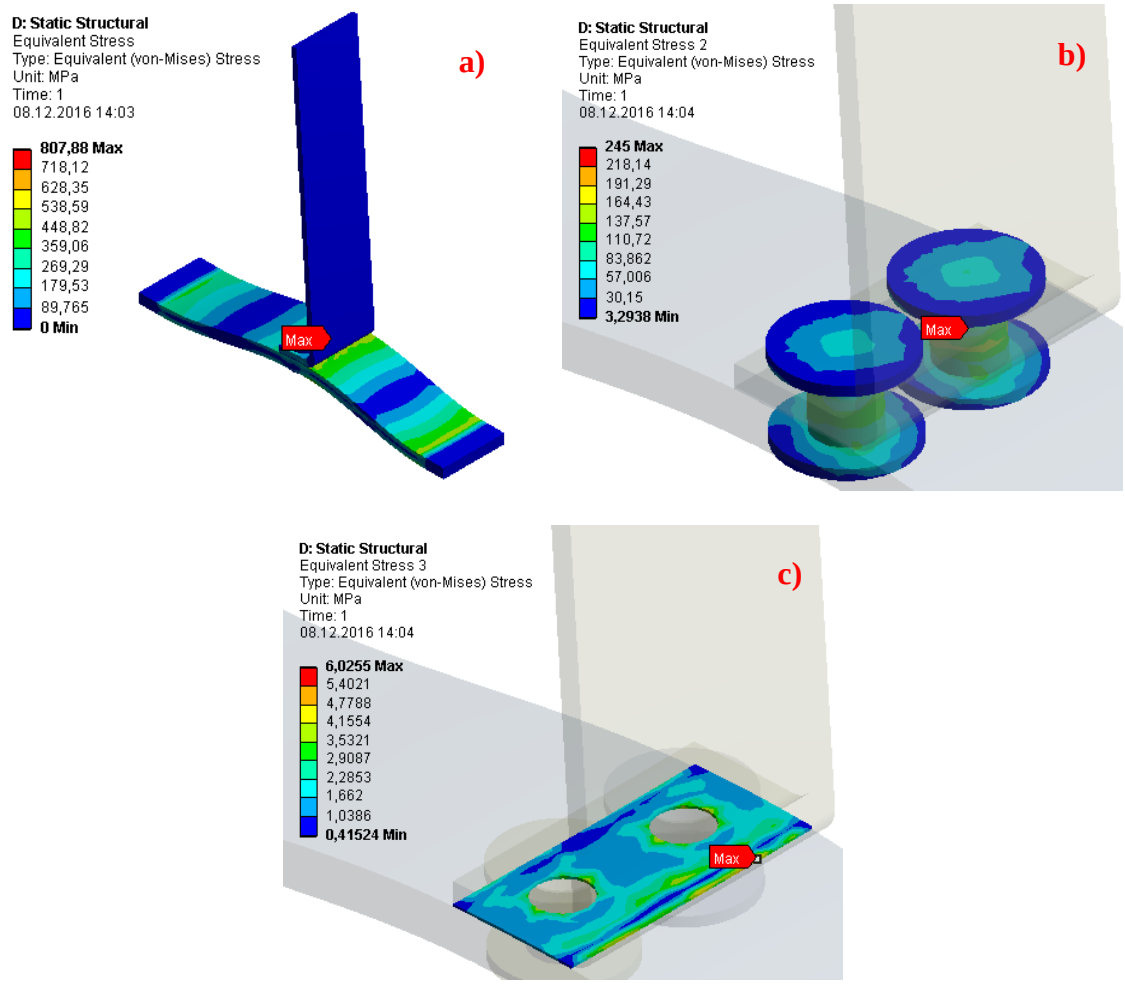


Şekil 6.5 Hasarlı Numuneler

6.2 Sayısal Çalışma

Maliyet ve zaman tasarrufu açısından deneysel çalışmalara alternatif olarak kullanılan sayısal hesaplama yöntemlerinden sonlu elemanlar analizi kullanılarak yapılan sayısal çalışmanın deneysel sonuçlarla iyi uyum sağladığı görülmüş ve sonuçları detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

Ansys Workbench yazılımı yardımıyla yürütülen çalışmalarda malzemelerin kopma gerilmesi değerlerine ulaşıldığında analiz bitirilmiş ve hasar yükü değerleri tespit edilmiştir. Şekil 6.6 da 10 mm bindirme mesafesine ve 2 mm malzeme kalınlığına sahip numunenin sayısal hasar yükü olan 2130 N'da von-Mises gerilme dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 6.6 10 mm bindirme mesafesine ve 2 mm malzeme kalınlığına sahip numunenin von-Mises gerilme dağılımı (a. Numunenin tamamı b. Perçinler c. Yapıştırıcı tabaka)

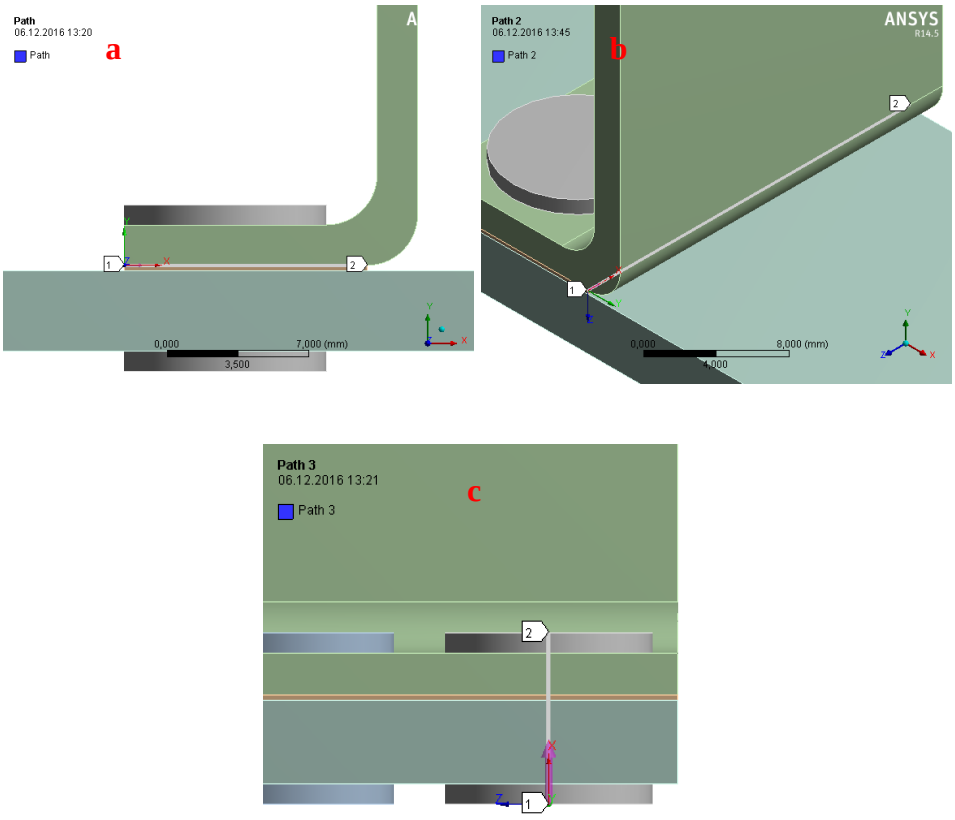
Sonuçlar incelendiğinde birleştirilen malzemelerde maksimum gerilme değerinin delik çevrelerinde, perçinlerde ise birleştirilen malzemelerin ara yüzeyine denk gelen bölgelerde ortaya çıktığı görüşmüştür. Yapıştırıcı tabakada gerilmelerin kenarlarda yoğunlaştığı ve maksimum von-Mises gerilmesine bu bölgede ulaşıldığı görülmüştür.

Gerçekleştirilen çalışmada kullanılan deneysel ve sayısal yöntemler sonucunda elde edilen sonuçlar tablo 6.1 da verilmiştir. F_{fem}/ F_{exp} değerinin 1'e yaklaşması istenir. Bu durum sayısal çalışma ile deneysel çalışmada elde edilen sonuçların uyumunu göstermektedir.

Tablo 6.1 Deneysel ve Sayısal Hasar Yükleri

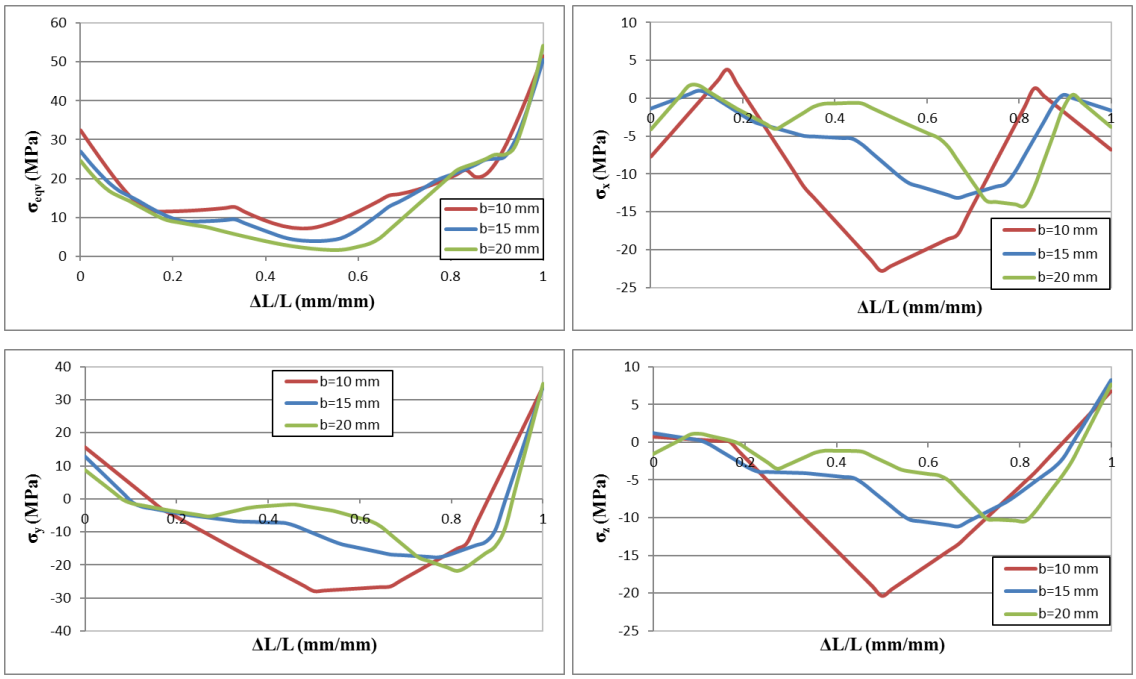
		Malzeme Kalınlığı								
		2 mm			**3 mm**			**4 mm**		
	Bindirme Mesafesi (mm)	F_{exp}	F_{fem}	F_{fem}/ F_{exp}	F_{exp}	F_{fem}	F_{fem}/ F_{exp}	F_{exp}	F_{fem}	F_{fem}/ F_{exp}
Alüminyum Perçin	10	1953,13	2130	1,091	2590,63	2620	1,01	2904,69	2960	1,02
	15	2121,88	2220	1,05	2606,25	2580	0,99	3153,13	3250	1,03
	20	2323,44	2380	1,02	2829,69	2910	1,03	3185,94	3280	1,03
Çelik Perçin	10	2533,59	2560	1,01	3257,81	3200	0,98	3581,25	3620	1,01
	15	3114,06	3240	1,04	3703,13	3760	1,02	3724,22	3800	1,02
	20	3640,63	3610	0,99	3931,25	4120	1,05	4233,59	4350	1,03

Bağlantının birleştirilmesinde kullanılan yapıştırıcı tabaka ve perçin de oluşan gerilme dağılımının detaylı incelenebilmesi için 3 farklı yörünge tanımlanmış ve yörünge boyunca gerilme dağılımları incelenmiştir. Aynı yük altında gerilme dağılımlarının değişimini incelemek amacıyla 2000 N yük uygulanarak analizler yapılmıştır. Şekil 6.7 de tanımlanan yörüngeler verilmiştir.



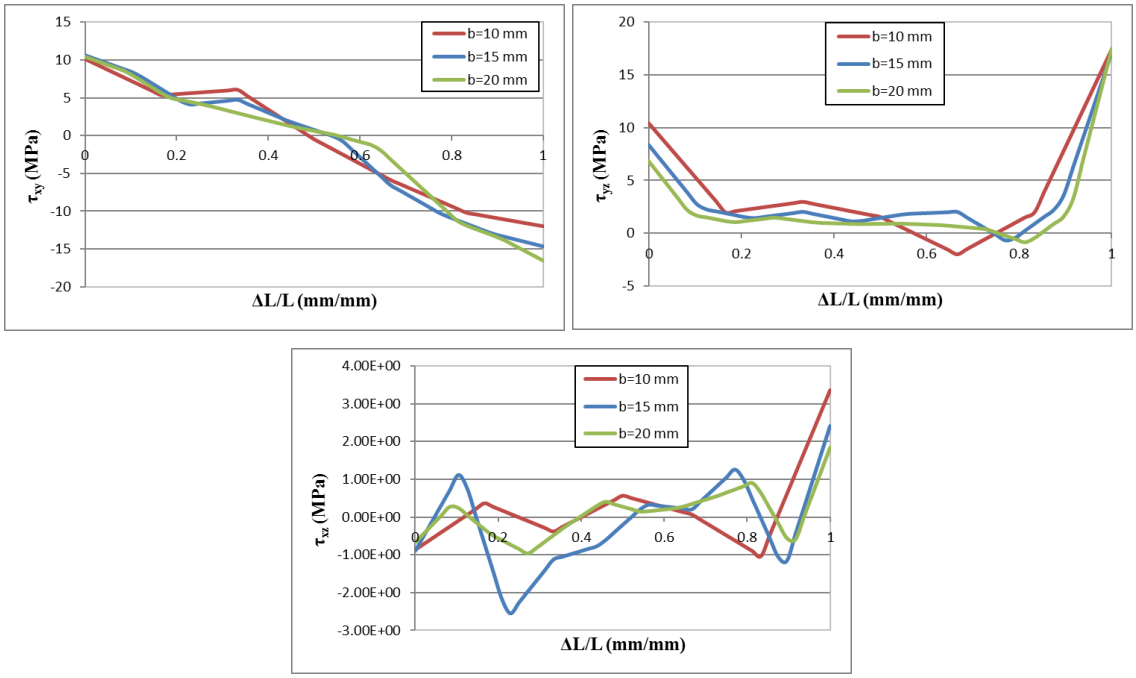
Şekil 6.7 Tanımlanan yörünge doğrultuları

1 numaralı yörüngede ortaya çıkan von-Mises gerilmesi ile x,y ve z eksenlerinde meydana gelen normal gerilmeler şekil 6.8 de verilmiştir. Maksimum eşdeğer gerilmelerin yapıştırıcı uçlarında en düşük gerilme değerlerinin ise orta bölgelerde meydana geldiği görülmektedir. Soyulma gerilmelerini ifade eden σ_y gerilmelerinin de uç kısımlarda arttığı ve maksimum momentin meydana geldiği 2 noktasında maksimum değerine ulaştığı görülmüştür. Maksimum soyulma ve von-Mises gerilme değerleri 10 mm bindirme mesafesine sahip numunelerde görülmüştür.



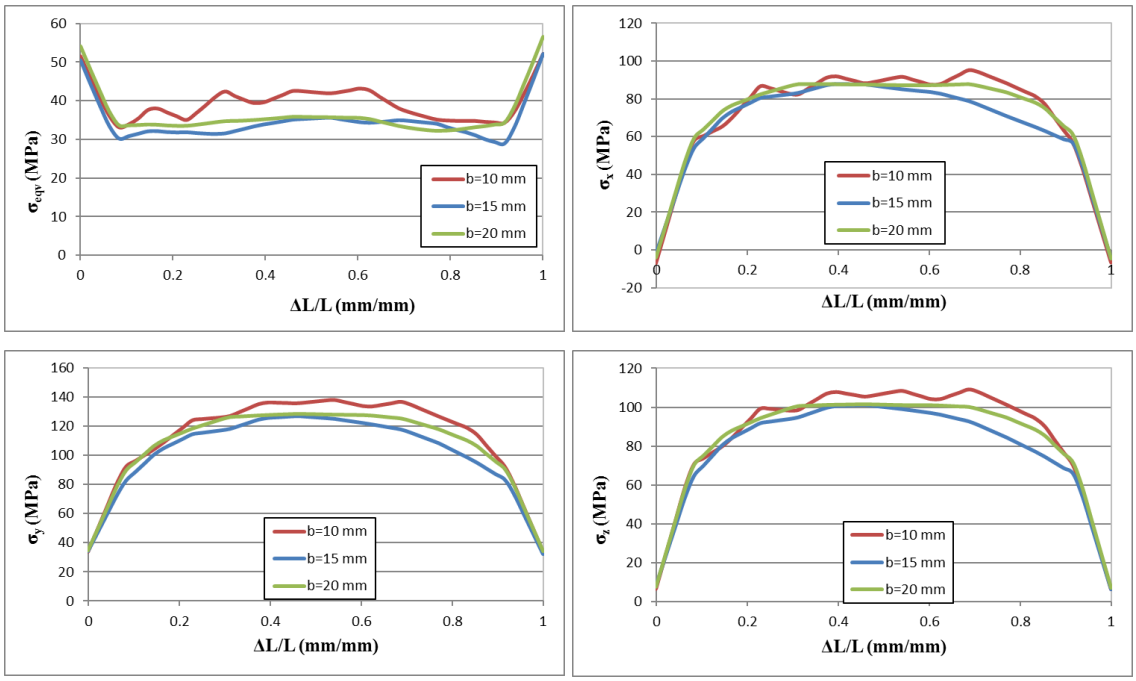
Şekil 6.8 1 numaralı yörüngede meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

1 Numaralı yörünge boyunca kayma gerilmelerinin değişimi Şekil 6.9 da verilmiştir. Kayma gerilme değerleri de normal ve eşdeğer gerilme değerleri gibi yapıştırıcı uç bölgelerinde en yüksek değerler meydana gelmiştir.



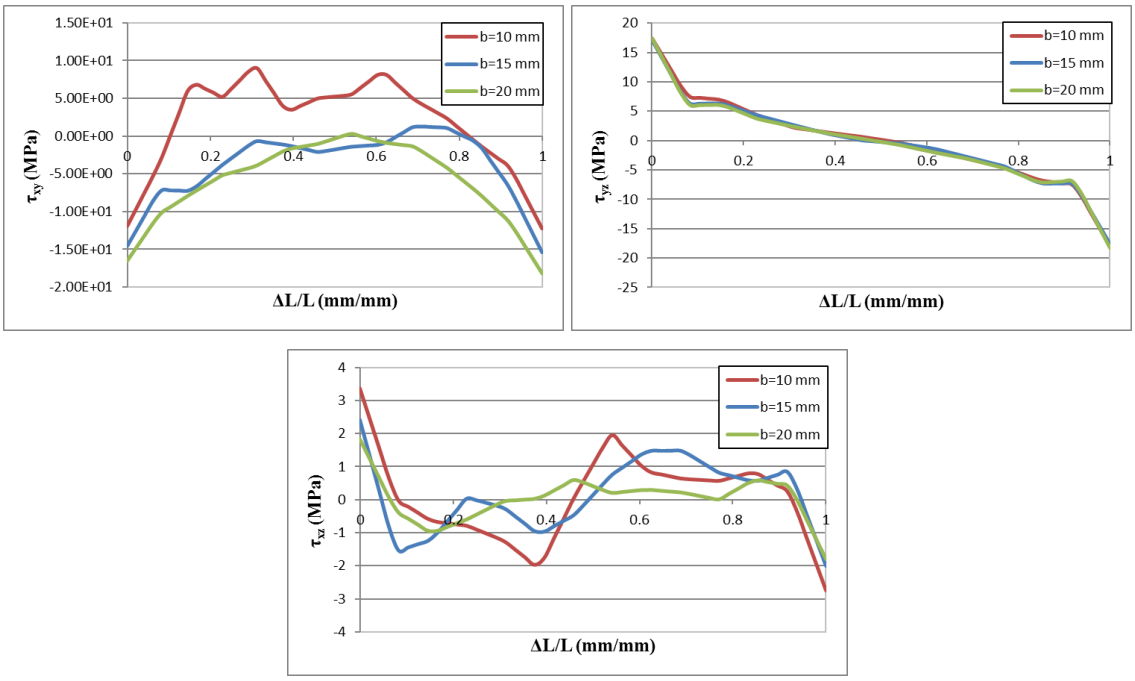
Şekil 6.9 1 numaralı yörüngede meydana gelen kayma gerilme dağılımları

2 numaralı yörüngede meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.10 da verilmiştir. 2 numaralı yörüngenin her noktasının yükün uygulandığı noktaya eşit mesafede olduğundan 1 numaralı yörüngeye göre daha homojen bir gerilme dağılımı gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek gerilme değerlerine soyulma gerilmesini ifade eden σ_y'de ulaşılmıştır. Yapıştırıcı uç bölgelerinde meydana gelen maksimum eş değer gerilme değerleri en yüksek değerini 20 mm bindirme mesafesine sahip modelde almıştır.



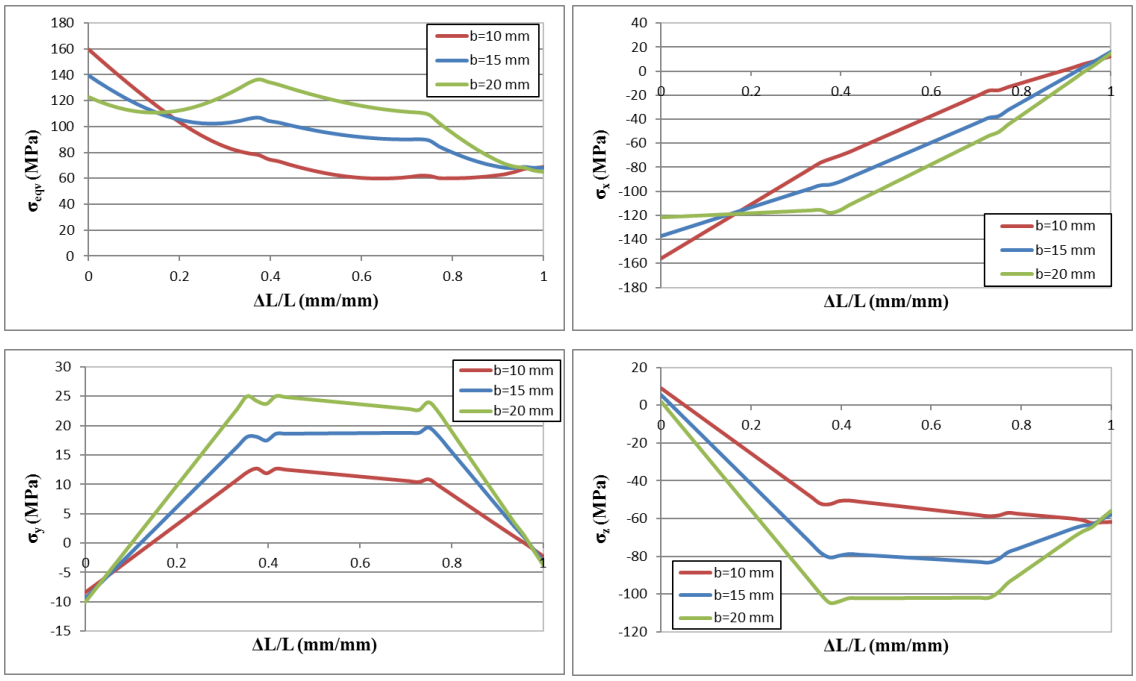
Şekil 6.10 2 numaralı yörüngede meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

Kayma gerilmelerinin 2 numaralı yörünge boyunca değişimi şekil 6.11 de verilmiştir. En yüksek τ_{xy} gerilmesi 10 mm bindirme mesafesine sahip modelde görülürken en düşük τ_{xy} gerilmesi değerleri 20 mm bindirme mesafesine sahip modelde görülmüştür.



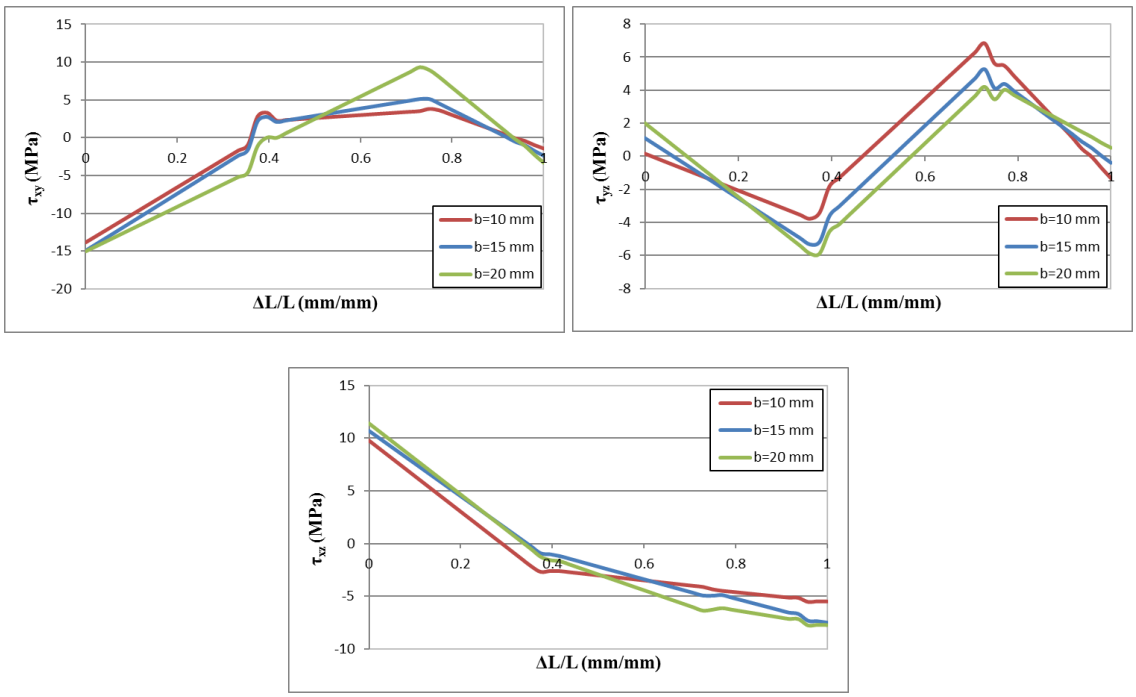
Şekil 6.11 2 numaralı yörüngede meydana gelen kayma gerilme dağılımları

Perçin doğrultusunca tanımlanan 3 numaralı yörünge boyunca von-Mises ve normal gerilmelerin dağılımı şekil 6.12 de verilmiştir. Yükün uygulanış yönü nedeniyle σ_x ve σ_z gerilme değerleri bütün noktalarda negatiftir. Maksimum eş değer gerilme değeri 10 mm bindime mesafesine sahip modelde görülmüştür. σ_y gerilmesi dikkate alındığında en yüksek değerlerin 20 mm bindirme mesafesine sahip numunelerde görüldüğü ve bindirme mesafesi azaldıkça gerilmelerinde azaldığı tespit edilmiştir. σ_z gerilme değerleri için de σ_y gerilmesi ile benzer durum söz konusudur ancak numuneler maksimum gerilme değerine negatif yönde ulaşmıştır.



Şekil 6.12 3 numaralı yörüngede meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

3 numaralı yörüngede meydana gelen kayma gerilmeleri şekil 6.13 de verilmiştir. τ_{yz} gerilmesi için maksimum ve minimum değerlere birleştirilen malzemelerin içinde kalan kısımda ulaşılmıştır.



Şekil 6.13 3 numaralı yörüngede meydana gelen kayma gerilme dağılımları

7. DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen çalışmada yapıştırıcı ve perçin kullanılarak birleştirilen bağlantıların mukavemeti ve gerilme analizi deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Birleştirilen malzeme olarak alüminyum kullanılan çalışmada alüminyum ve çelik olmak üzere iki farklı perçin türü ve 3M 2216 epoksi esaslı yapıştırıcı kullanılmıştır. Sayısal çalışma Ansys Workbench yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Yapılan deneyler ve sayısal çalışma neticesinde elde edilen değerlendirmeler maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Birleştirme uzunluğunun artması bağlantının mukavemetini arttırmıştır. Yapılan gerilme analizi neticesinde elde edilen sonuçlar deneysel verilerle aynı durumu göstermiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. [Zhang ve ark., 2014, Domingues ve ark., 2016]

2. Malzemelerde meydana gelen hasarların hepsinde önce yapıştırıcı hasarı ardından perçin hasarı gözlenmiştir. Birleştirilen malzemelerde şekilsel deformasyonlar gözlenmesine karşın final hasarı perçin hasarından kaynaklanmıştır.

3. Çelik perçin kullanılarak birleştirilen numuneler alüminyum perçin kullanılarak birleştirilen numunelerden daha yüksek mukavemete sahiptir. Bütün numunelerde hasarın perçin hasarı şeklinde olduğu göz önüne alındığında çelik perçinin daha mukavemetli olması bağlantı mukavemetini de arttırmıştır.

4. Bağlantı tipinin ve yükün uygulanış şeklinin yapıştırıcı malzemede soyulma gerilmesini arttırıcı etkisi nedeniyle bütün numunelerde soyulma gerilmesi değerleri diğer normal gerilme değerlerinden yüksek çıkmıştır. [Zhang ve ark., 2014]

5. Sayısal çalışmanın sonuçları bütün modellerde deneysel sonuçlarla uyumlu çıkmıştır.

8. KAYNAKLAR

Adin H., 2007, Yapıştırıcı ile birleştirilmiş ters Z tipi kompozit malzeme bağlantılarının mekanik analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Solmaz, M.Y., Topkaya T., Progressive Failure Analysis in Adhesively, Riveted and Hybrid Bonded Double Lap Joints. The Journal of Adhesion, 89: 822-836.

Zhang K., Li L., Duan Y., Li Y., 2014, Experimental and theoretical stress analysis for an interface stress model of single-L adhesive joints between CFRP and aluminum components, International Journal of Adhesion and Adhesives, 50: 37-44.

Domingues N. R. E., Campilho R. D. S. G., Carbas R. J. C., da Silva L. F. M., 2016, Experimental and Numerical Failure Analysis of Aluminium/Composite Single L Joint., International Journal of Adhesion and Adhesives, 64: 86-96.

Akpınar S., Aydın M. D., Özel A., 2013, A study on 3-D stress distributions in the bi-adhesively bonded T-Joints, Applied Mathematical Modelling, 37: 10220-10230.

Özel A., Yazıcı B., Akpınar S., Aydın M. D., Temiz Ş., 2014, A study on the strength of adhesively bonded joints with different adherends., Composites Part:B, 62: 167-174.

Standen A., 1963, Kirk -Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 1, pp.371- 405, John Wiley&Sons, Inc.

Chen D., 1992 Torsional Stress in Tubular Lap Joints. J. Solids Structures, Vol.29, No. 7

Mori, K. and Sugibayashi, T., 1992 Deformation and Strength of Stepped-Lap Joints with Bonded Adhesive Resign. J.Strain Analysis, Vol. 27, No.3, pp. 171-175.

Nakano, Y, and Sawa, T., 1992 Two Dimesional Thermal Stress Analysis of Butt Adhesive Joints. JSME International Journal, Vol.35, No.2.

Kaya M., 2005, Yapıştırma Bağlantılarının Mekanik Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisi, UTED Aylık Havacılık Dergisi Aralık 2005, Türkiye

Kayacan R., 1988, Yapıştırma ve Metal Bağlantılar İçin Yapıştırıcı Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Dan. Anık S., İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 167 s., İstanbul, Türkiye.

Petrie, E. M., 1999, Handbook Of Adhesives And Sealants, McGraw-Hill Professional, 896 s. Amerika.

Gediktaş M., 1976, Bağlama Elemanları İstanbul, Türkiye

Prudhome R., Touranchea A.L., Kergoat A., 1971, Makina ve Konstrüksiyon Elemanları İstanbul

Niemann G., Harzadın G., Yurdakonar S., 1970, Makine Elemanları İstanbul.

Okday Ş., 1971, Makine Elemanları İstanbul.

Marfeis W., Ulukan L., 1960, Elektrik Ark Kaynakçısı İstanbul

Anık S., 1966, Kaynak Dersleri İstanbul

Akpolat M., 1965, Oksi Asetilen ve Elektrik Ark Kaynağı Ankara

Özdaş M.N., Gediktaş M., 1972, Teknik Resim İstanbul

Bağcı M., Bağcı C., 1979, Teknik Resim Cilt I ve II Ankara

Harris B, Fatigue in Composites, CRC Press, 2003, Washington.

Küçükcicibıyık E., 2005, Farklı Çiğneme Durumlarında Mandibula Kemiğinin Gerilme Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Rao S.S., 2004, The Finite Element Method in Engineering Fourth Edition. Elsevier Science and Technology Books.

Madenci E, Güven İ., 2006, The Finite Element Method and Application in Engineering Using ANSYS. Springer Science Business Media.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ümit KURTKAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Mutki 12.04.1984
Telefon : 05066041313
Faks :
e-mail : u.kurtkan@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı,**	**İlçe,**	**İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Bitlis lisesi	Merkez	Bitlis	2000
Üniversite	:	Fırat Üni.	Merkez	Elazığ	2006
Yüksek Lisans	:	Batman Üni.	Merkez	Batman	D.E
Doktora	:				

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2006	**Birdal Isı Sistemleri**	**Makine Mühendisi**
2007-2008	**Kent Plus Emay İpek Gayrimenkul**	**Makine Mühendisi**
2009	**Bitlis İl Özel İdaresi**	**Makine Mühendisi**

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR