

NEMLİ ORTAMLARA MARUZ YAPISAL YAPIŞTIRICILARIN DAYANIMI

Şemsettin TEMİZ*

Atatürk Üni. Müh. Fak. Makine Müh. Böl., 25240-Erzurum - stemiz@atauni.edu.tr

Murat Demir AYDIN

Atatürk Üni. Erzurum Meslek Yüksekokulu, Makine Prog., 25240-Erzurum - mdemira@atauni.edu.tr

Gülşah ALAR

Atatürk Üni. Müh. Fak. Makine Böl., 25240-Erzurum - galar@atauni.edu.tr

Adnan ÖZEL

Atatürk Üni. Müh. Fak. Makine Böl., 25240-Erzurum, aozel@atauni.edu.tr

ÖZET

Otomotiv parçalarının bağlantılarında yapıştırıcıların kullanımı potansiyeli giderek artmaktadır. Özellikle uzun zaman periyotlarında bağlantı güvenilirliğinin gerektiği havacılık, uzay, otomotiv ve diğer endüstrilerde yapıştırıcılar, gün geçtikçe geleneksel bağlantı yöntemleri olan cıvata, perçin, lehim ve kaynağın yerini almaktadır.

Yapıştırıcıların bağlama elemanları olarak bu kadar yüksek kullanım performansı sunmasına rağmen, özellikle farklı ortamlarda, zamanla, mekanik özelliklerinin değişmesinden dolayı, tasarımcıların elinde halen yeterli veri bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, viskoelastik ve basınç hassas bir yapıştırıcı olan 3M firmasının ürettiği SBT bant yapıştırıcının yaşlanmasını incelemektir. Bunun için Al 2024-T3 malzemenin 1.62 mm ve 3mm kalınlıklarından yapılan numuneler, SBT yapıştırıcının 0.25 ve 0.5 mm kalınlıklı bantlarıyla, 12.5, 25 ve 50 mm bindirme uzunluklarında ASTM 1002 standardına göre yapıştırarak elde edilen yapıştırma bağlantıları, 20°C oda sıcaklığında laboratuvar ortamında ve 20°C oda sıcaklığında ve %100 bağıl nem ortamında toplam 90 gün bekletildi. Yapılan çalışmanın sonucunda yapıştırıcı bağlantılarının dayanımlarında, %100 nem ortamında zamanla önemli derecede azalma gözlenirken, oda sıcaklığı ortamında ise önemli bir değişim olmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapıştırıcılar, yaşlanma, çevresel etkiler, tek tesirli bindirme, bozunma

The Resistance of the Structural Adhesives Subject To Humid Environments

ABSTRACT

Using of adhesives, at the joint of automobile parts, is increasing gradually. Especially, in aviation, space, automotive and other industries where the joint reliability is in need of long term period, adhesives supersede traditional joint methods like bolt, rivet, soldering and welding. Although, adhesives offer so high using performance as joint elements, designers don't have enough data since their mechanical characteristics change in various environments by the time. The object of this study is the testing of the SBT band adhesive manufactured by 3M, which is viscoelastic and possesses pressure-sensitive property. The samples made from Al 2024-T3 material 1.62 mm and 3 mm of thickness are bonded with the STM adhesive bands of 0.25 mm and 0.5 mm thickness at the joint length of 12.5 and 50 mm in accordance with standard ASTM 1002. These adhesively bonded joints have been waited 90 days at laboratory environmet at 20°C room temperature and at 100% relative humidity environment at 20°C room temperature. After testing it was seen that while the resistance of adhesively bonded joints at 100% relative humidity environment decreasing significantly by the time, the resistance of the other one which is in the room temperature environment didn't change significantly.

GİRİŞ

Günümüzde sistemlerin enerji tüketimini azaltmak için birçok sebep vardır. Yakıtta tasarrufa gitmenin başlıca yollarından bir tanesi de sistemlerin ağırlığını azaltmaktır. Sistem elemanlarını birleştirmek için kullanılan cıvata, perçin ve kaynak yerine daha hafif bir bağlantı şekli olan yapıştırıcıların kullanımı sistemleri daha hafif hale getirmiştir.

Alternatif bir birleştirme ve onarım metodu olan yapıştırıcıların diğer metotlara göre bir takım avantaj ve dezavantajları vardır[1]. Avantajları,

- Metaller ve polimerler gibi farklı malzemeler birleştirilebilir,
- Düzgün gerilme dağılımı elde edilir
- Esas malzemelerin (adherend) özellikleri bozulmaz,

* İletişim yazarı

Bu yazı TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesinde düzenlenen IX. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

- Sızdırmazlık elemanı olarak kullanılabilir,
- İnce metal parçalarını etkili bir şekilde birleştirebilir,
- Bağlantılara çok iyi dinamik-yorulma direnci sağlar
- Maliyet yönünden etkili ve uygun bir tekniktir,
- Farklı ve kompleks geometri şekilleri birleştirebilir,
- Daha pürüzsüz aerodinamik yüzeyler elde edilir,
- Korozyon direnci geliştirilebilir,
- Ağırlığı azaltır,
- Titreşimi sönümler.

Bu kadar avantaj sunmasına karşın yapıştırıcı kullanımının belirli dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Kötü ve zor çevre şartlarında uzun çalışma ömrü elde etmek için bir takım yüzey işlemleri gerekebilir,
- Yapıştırıcıların üst çalışma sıcaklıkları sınırlıdır,
- Çekme ve kayma durumlarında mukavemet ve toklukları nispeten düşüktür.

Epoksilerin mekanik özellikleri büyük oranda sudan etkilenmektedir. Dolayısıyla epoksilerin maruz kalacağı sulu ortamlardaki mekanik davranışlarını belirlemek için suyun epoksi üzerindeki etkisinin bilinmesi gerekir [2]. Son yıllarda epoksi-su iç etkileşimi üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Epoksi tarafından emilen su miktarı, kimyasal yapı, morfoloji ve küreleşme derecesiyle belirlenir [3]. Ayrıca epoksi reçinesinin absorbe ettiği su miktarının sıcaklıkla arttığı gözlenmiştir [4]. Yüksek sıcaklıklarda sulu ortama maruz bırakılmış epoksinin yorulma mukavemetinde önemli ölçüde düşüş meydana geldiği görülmüştür [5]. Yüksek sıcaklıklarda nemli ortamlara maruz kalan polimerik malzemelerde meydana gelen bozulmayı belirlemek için X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) ve Fourier Transform Infrared (FTIR) gibi teknikler kullanılmaktadır ve reçine ile su arasında tersinmez bir iç etkileşim olduğu belirlenmiştir. Sanahan vd. [6], suyun epoksinin omurgasını oluşturan zinciri kesebildiğini ifade etmişlerdir. Epoksinin camsı geçiş sıcaklığının, suyun absorbe edilmesiyle düştüğü gözlenmiştir ve burada suyun plastikleştirici ya da seyreltici etki yaptığı kabul edilmektedir [7,8].

Gledhill, Kinloch ve Shaw [9] çeki alın bağlantıların dayanımlarını belirlemek için bir model geliştirmişlerdir. Onların geliştirdiği modelde, yapıştırıcıların çevresel hasarında üç aşamanın olduğunu kabul etmişlerdir. Birinci aşamada, su ara yapıştırıcının bulunduğu yüzeyde birikir ve bu aşamanın süresi suyun yapıştırıcı içine difüzyonu oranı ile alakalıdır. İkinci aşamada, ara yüzeyde hasar meydana gelir. Ara yüzeyde hasarı meydana getiren iki ortak mekanizmanın şöyle olduğu kabul edilir ve bu iki mekanizma şunlardır:

- 1- Yapıştırıcı su vasıtasıyla metal oksitten ayrılır ve arayüzeydeki bağlar kırılır.
- 2- Oksit tabakası, oksit partiküllerin sönmesi (hidrasyonu) ile zayıflatılır.

Üçüncü aşamada da yapıştırma bağlantısı birbirinden ayrılır ya da kopar. Bu araştırmacılar, aynı zamanda epoksi-demir oksit ara yüzeyin, kuru ve nemli ortamlar için yapışma işini de hesaplamışlar ve sırasıyla kuru ortam için 291 mJ/m^2 ve nemli ortam için 255 mJ/m^2 olarak bulmuşlardır. Yapışma işindeki bu fark, yapıştırıcıyı oksit tabakasından kaldırmak için kullanılmış ve sonuçta bağlantı mukavemeti zayıflamıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMA

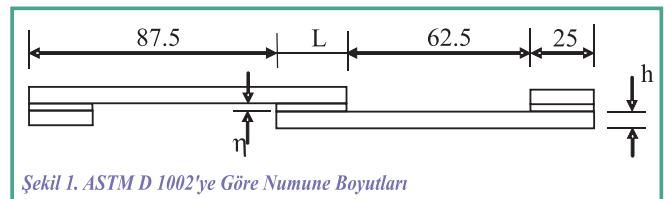
Bu çalışmada 3M şirketinin bant şeklinde ürettiği basınca hassas, epoksi/akrilik yapısal yapıştırıcı (SBT) kullanılmıştır. Yapıştırıcının fiziksel ve mekanik özellikleri tablo 1'de verilmiştir. Yapıştırıcı bağlantıları, 1.62 ve 3.2 mm kalınlığında AA2024-T3 alüminyum levhalar Şekil 1'de görüldü gibi ASTM D1002 standartlarına göre 0.25 ve 0.5 mm kalınlıkta bant yapıştırıcılar ile 12.5, 25 ve 50 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak, sıcak preste, 0.5MPa basınç altında ve 150°C 'de 40 dakika bekletilerek elde edilmiştir. AA2024-T3 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri ve kompozisyonu sırasıyla Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Yapıştırma işleminden önce alüminyum levhaların yüzeyleri önce asetonla silindikten sonra 65°C 'de 30 dakika kromik asit ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinde bekletildi. Daha sonra suda durulandıktan sonra 60°C 'de 30 dakika kurutuldu.

Tablo 1. Al 2024-T3 ve (SBT) Bant Yapıştırıcının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Mekanik özellik	AA2024-T3	SBT
Yoğunluk	2.78 g/cm ³	0.880 g/cm ³
Sertlik, Brinell	120	-
Akma mukavemeti	345 MPa	-
Kopma mukavemeti	485 MPa	20 MPa
% kopma uzaması	18 %	96 %
Elastisite modülü, E	72.4 GPa	61.6 MPa
Poisson oranı, ν	0.33	0.35

Tablo 2. AA2024-T3'un Kimyasal Kompozisyonu (% ağırlıkça)

Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
93.5	0.1	3.8-4.9	0.5	1.2-1.8	0.3-0.9	0.5	0.15	0.25

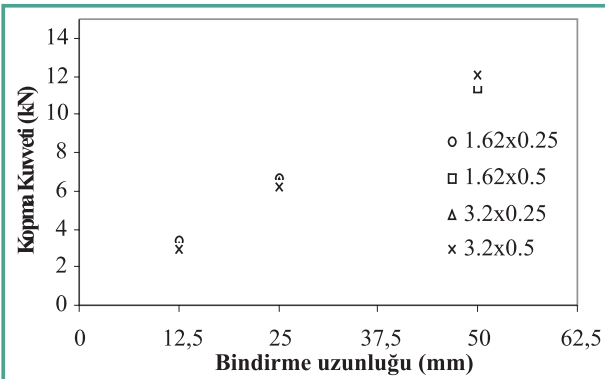


Şekil 1. ASTM D 1002'ye Göre Numune Boyutları

Önce bağlantı numunelerin başlangıç hasar yükleri çekme cihazında 5mm/dak çekme hızında elde edildi. Daha sonra numuneler 12 hafta boyunca 20 °C'de %100 bağıl nem ortamında ve 20 °C'de oda sıcaklığında bekletildi. Her dört hafta aralıklarla her grup için dörder numune çıkartılarak çekme cihazında hasar yükü test edilir ve nemin hasar yükü üzerindeki etkisi araştırıldı.

BAŞLANGIÇ MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılan numunelerin başlangıç kopma kuvvetleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de kopma kuvvetleri eğrileri, hemen hemen bütün bağlantı tipleri ve bindirme uzunlukları için üst üste çakışmıştır. Bindirme uzunluğu arttıkça bağlantının taşıdığı kuvvet doğrusal olarak artmıştır. Literatürde tek tesirli bindirme bağlantısı için Balkova et al. (2002)'in yaptığı çalışmada bindirme uzunluğunu 10, 20, 30 ve 40 mm olarak bağlantının taşıdığı kopma kuvvetini tespit etmiştir. Bindirme uzunluğu arttıkça bağlantının taşıdığı kuvvet parabolik bir artış göstermiştir.

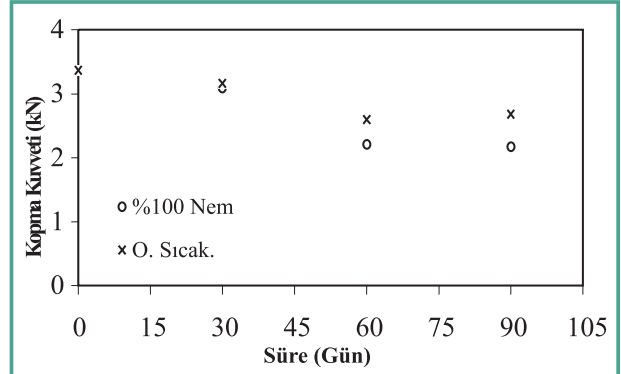


Şekil 2. 1.62 ve 3.2 mm kalınlığındaki malzemelerin 0.25 ve 0.50 mm kalınlığındaki yapıştırıcılar ile yapıştırılarak elde edilen numunelerin kopma kuvvetinin bindirme uzunluğuna göre değişimi

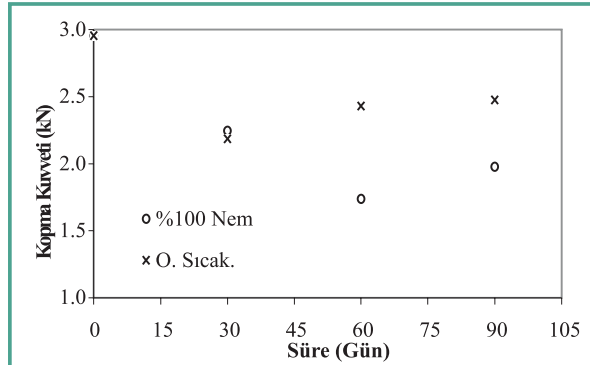
BULGULAR

Şekil 3'de 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 12.5 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları görülmektedir. Bağlantı, başlangıçta taşıdığı yükün % 36'sını, 90 günlük süre içerisinde, % 100 nemli ortamda kaybederken %20'ini oda sıcaklığı ortamında kaybetmektedir. Hemen hemen bütün malzeme kalınlığı, yapıştırıcı kalınlığı ve bindirme uzunluğu kombinasyonları için ortamlara göre taşıdığı yükteki kayıp oranı değişmekle beraber, ortamlara göre kayıp sırası değişmemektedir.

Şekil 4'de 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 12.5 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları verilmiştir. Her iki ortama göre zamanla kaybolan mukavemet miktarı Şekil 4'te



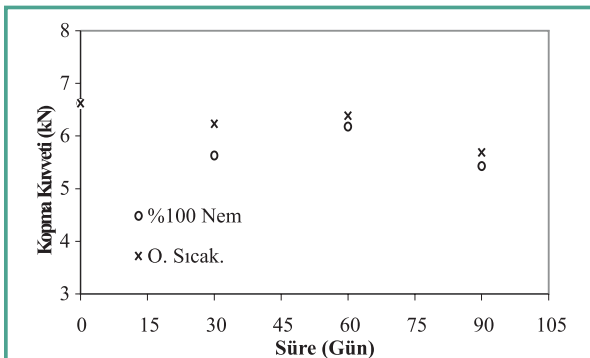
Şekil 3. 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 12.5 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları



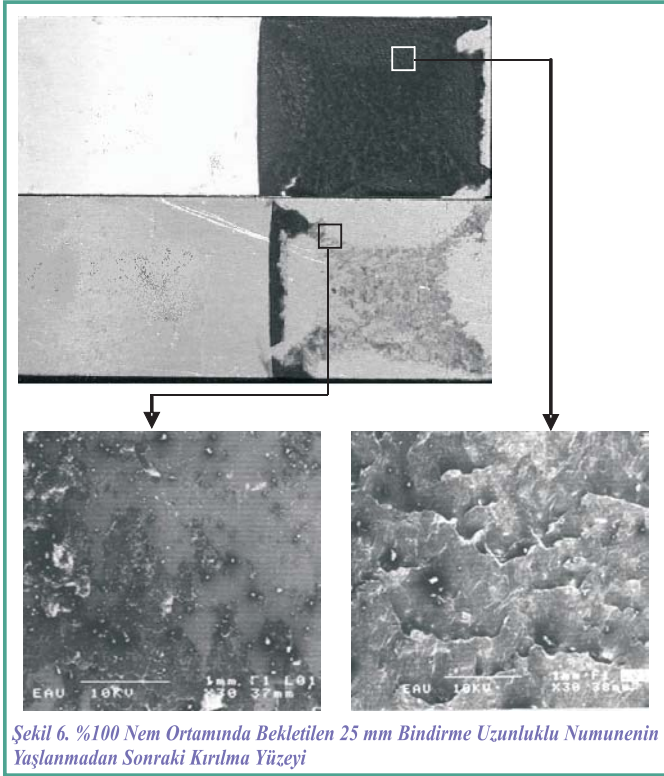
Şekil 4. 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 12.5 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları

daha açık görülmektedir. Bağlantılarda, Her iki ortam için, ilk iki ay içinde mukavemet kaybı giderek azalmış, son ayda ise mukavemet artmıştır. Bu artış muhtemelen plastikleşme sonucu oluşan artık gerilmelerden kaynaklanmıştır.

Şekil 5'de 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 25 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları verilmiştir. Burada da sıralama yine değişmemiştir. Yapıştırma alanı, bindirme uzunluğu arttığı için artmıştır. Dolayısıyla taşıdığı yük doğal olarak artmıştır.

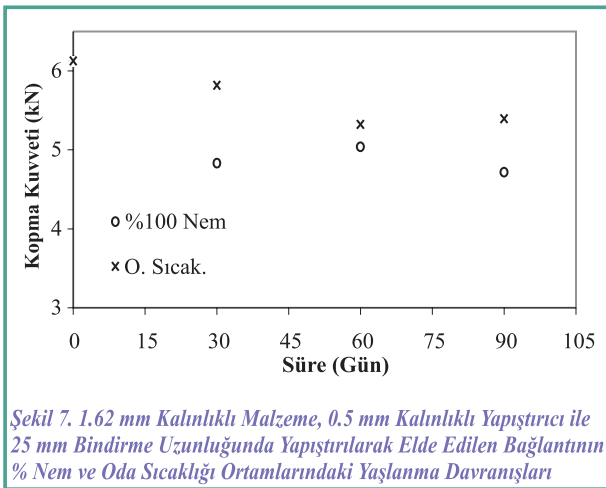


Şekil 5. 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 25 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları



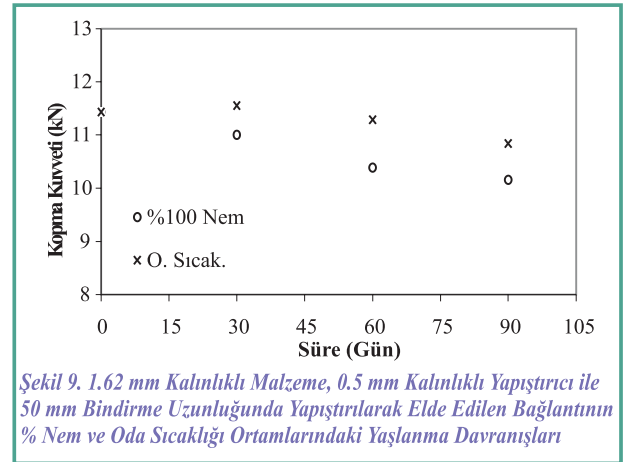
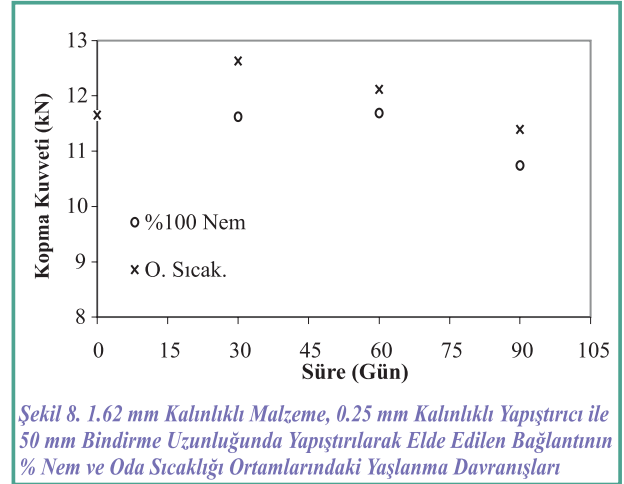
Şekil 6 %100 nem ortamlarında bekletilen 25 mm bindirme uzunluklu numunelerin kırılma yüzeyleri görülmektedir. Kırılma yüzeylerinde iki farklı davranış (bölge) mevcuttur. Birinci bölge daha parlak ve düz, ikinci bölge daha koyu ve daha pürüzlüdür. Birinci bölgede, yapıştırıcı su ile doymuş ve suyun etkisiyle yüzeyden kalkmış olup daha koroziftir ve kırılma yapıştırıcı/malzeme ara yüzeyinde oluşmuştur. İkinci bölgede yapıştırıcı, su ile tam doymamış ve uygulanan yükten dolayı malzemeden kalkmış olup kırılma, ara yüzeyde, fakat yapıştırıcı tabakasına daha yakın yerde oluşmuştur. Bunlar SEM fotoğraflarından daha iyi görülmektedir.

Şekil 7'de 1.62 mm kalınlıklı malzeme, 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 25 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde



edilen bağlantının %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları verilmiştir. Bütün ortamlarda bekletilen numunelerde zamanla mukavemet kaybı oluşmuştur.

Şekil 8 ve 9'da 1.62 mm kalınlıklı malzeme, sırasıyla, 0.25 ve 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 50 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantıların %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları verilmiştir. Yine bu şekillerde de her iki ortamda bekletilen numunelerin zamanla mukavemet kaybına uğradıkları ve %100 nem



ortamında bekletilen numunelerdeki kayıp oranlarının oda sıcaklığı ortamında bekletilen numunelerdeki kayıp oranlarından daha fazla oldukları görülmektedir.

Şekil 9'da bütün numunelerde mukavemet kaybı olmuş ve bu kayıp 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcılarla elde edilen numunelerden daha fazla olmuştur. Bu iki şekilde de yine doğal olarak bindirme uzunluğu arttığı için taşıdığı yük artmıştır. Kalın yapıştırıcı tabakası ile yapıştırılan numunelerin çevre şartları altındaki dayanım kayıpları, ince yapıştırıcı tabakası ile yapıştırılan numunelerden daha fazladır.

Yaşlanmaya maruz kalmayan bağlantılarda, hem yapıştırıcı yüzeyindeki pürüzlülük ve buna bağlı olarak malzeme yüzeyinin

yapıştırıcı tarafından tam ıslatılmama oranı ve hem de yapıştırıcı hacmi içerisinde oluşan boşluklar ve hatalar yapıştırıcı kalınlığı arttıkça artar. Yapıştırıcı hacmi içerisinde bulunan mikro boşluklar, yükleme esnasında gerilme yığılmalarına neden olacağı için bağlantı mukavemetini düşürür.

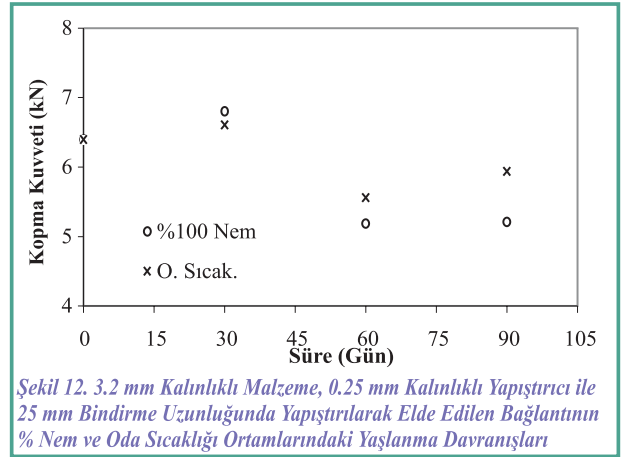
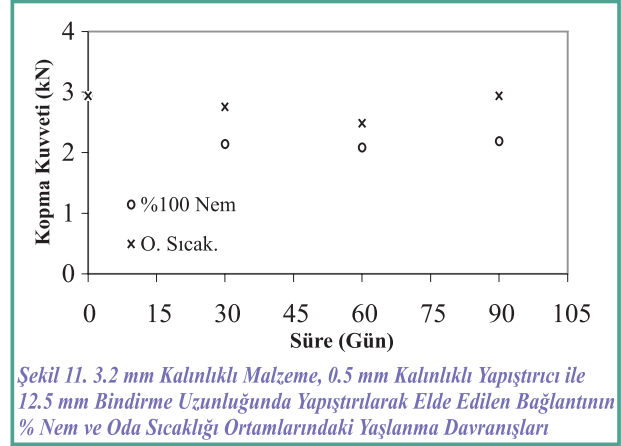
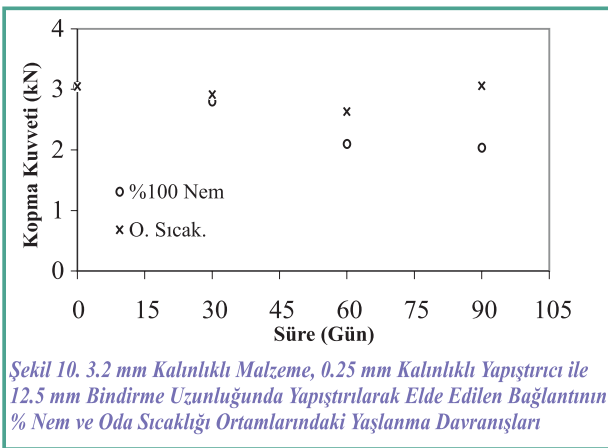
Yaşlanan numunelerde hem yapıştırıcı/ malzeme ara yüzeyinde hem de yapıştırıcı hacminin kendi içerisinde bulunan mikro boşluklar su ile dolarak şişer ve bu boşluklar yapıştırıcı kalınlığı arttıkça artar. Zaten malzeme kalınlığı arttıkça malzeme içerisinde oluşan hata, inklüzyon ve benzeri mikro boşluklar doğal olarak artar. İşte yaşlanma esnasında su bu boşluklara girerek şişirir ve fazladan gerilme yığılmalarına neden olup bağlantıyı zayıflatır.

Sıvı yapıştırıcılar malzeme yüzeyine yapıştırılmadan önce yapıştırıcı içerisinde bulunan hava kabarcıkları tasfiye edilir. Bunun için, yapıştırıcı bir kaba konularak hızlı bir şekilde döndürülür ve yapıştırıcı kabın kenarlarına merkezkaç kuvveti ile bastırılarak içindeki hava alınır. Kap durdurulduktan hemen sonra yapıştırıcı yüzeye uygulanır. Fakat film şeklinde üretilen yapıştırıcıda böyle bir imkan söz konusu değildir. Dolayısıyla film yapıştırıcıların içindeki boşlukları giderecek bir müdahale söz konusu olmaz.

Bağlantı bölgesinde yapıştırıcının kalınlığı arttıkça suyun difüze olacağı yüzey alanı artacağı için de yaşlanan bağlantılarda yapıştırıcı kalınlığı arttıkça mukavemet düşer.

Şekil 10 ve 11'de 3.2 mm kalınlıklı malzeme, sırasıyla, 0.25 ve 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 12.5 mm bindirme uzunluğunda yapıştırılarak elde edilen bağlantıların %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları görülmektedir. Her iki şekilde de oda sıcaklığı ortamında, numunelerin mukavemetleri önce düşmüş sonra artmış, %100 nem ortamında mukavemetleri giderek düşmüştür.

Şekil 12 ve 13'te 3.2 mm kalınlıklı malzeme, sırasıyla 0.25 ve 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile 25 mm bindirme uzunluğunda

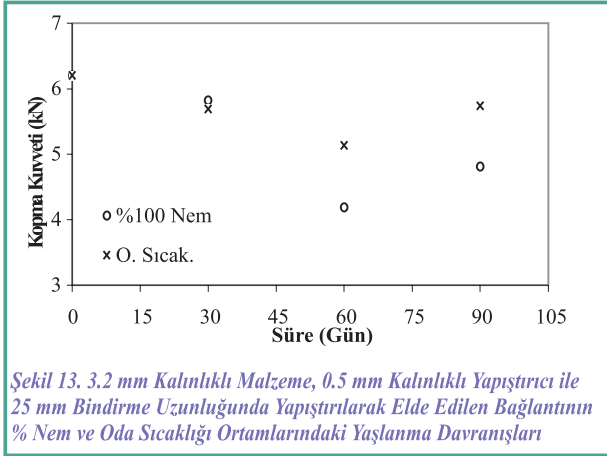


yapıştırılarak elde edilen bağlantıların %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları verilmiştir. Şekil 12'de her iki ortamda bekletilen numunelerin taşıdığı yük, birinci ayda nispeten artmış, ikinci ayda azalmış, üçüncü ayda da nem ortamında bekletilen numunelerde sabit kalmış, oda sıcaklığında bekletilen numunelerde de artmıştır.

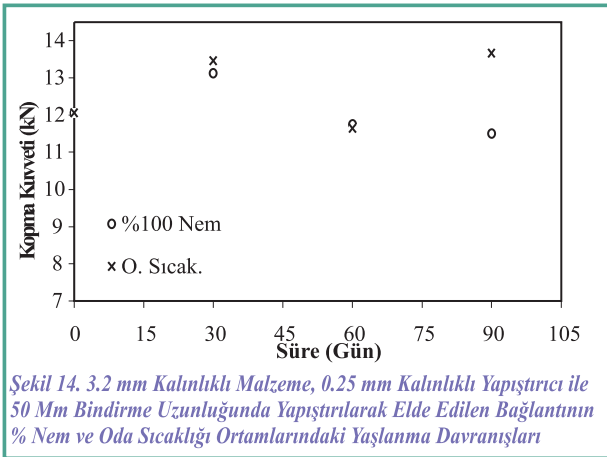
Şekil 13'te her iki ortamda bekletilen numunelerin dayanımı ikinci aya kadar azalmış, üçüncü ayda tekrar artmıştır. Bunun nedeni, oda sıcaklığındaki ortamlarda ikinci aya kadar plastikleşen numunelerde, üçüncü aya doğru sıcaklığın yükselmesi ile kaybolan özelliklerin bir kısmını geri kazanması; nem ortamında ise üçüncü aya doğru yine sıcaklığın yükselmesi ile yapıştırıcıda şişmeden dolayı oluşan artık gerilmeler olduğu düşünülmektedir.

3.2 mm kalınlıklı malzemenin, 50 mm bindirme uzunluğunda 0.25 ve 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcı ile yapıştırılarak elde edilen bağlantıların %100 nem ve oda sıcaklığı ortamlarındaki yaşlanma davranışları Şekil 14 ve 15'de verilmiştir. Şekil 14'de ortamlarda bekletilen numunelerin dayanımları nispeten sabit kalmış olmakla beraber Şekil 15'de ortamlarda bekletilen numunelerin dayanımları giderek azalmış ve yine burada da dayanım kayıplarının iki ortama göre sıralaması değişmemiştir. Genellikle şekillere bakıldığında ince yapıştırıcı ile yapıştırılan numunelerin ortamların etkilerine karşı direnci daha fazladır.

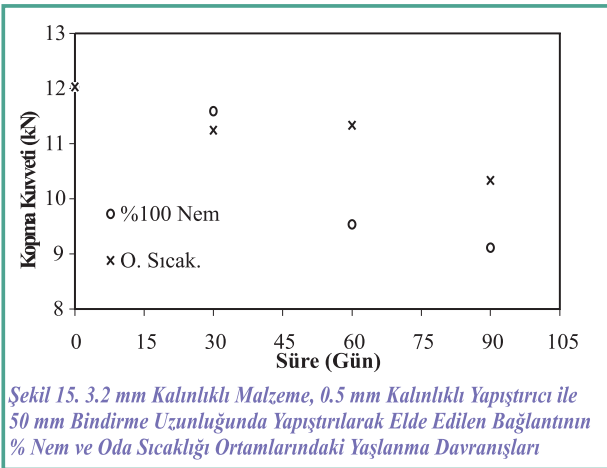
Ortamların etkileri yüzeye uygulanan işlemlerle de alakalıdır. Bir yapıştırıcı, kendisine uygulanan bir yüzey işleminden dolayı bir ortama karşı diğer bir ortama göre daha kararlı olabilir. Fakat aynı yapıştırıcı farklı bir yüzey işlemine tabi tutulursa daha önceki yüzey işlemiyle dirençli olduğu ortama karşı daha dirençsiz olabilir. Çünkü, bir yapıştırıcının bir ortama karşı davranışını birçok parametre etkiler. Özellikle de uygulanan yüzey işlemleri yapıştırıcının davranışını etkileyen en önemli parametredir.



Şekil 13. 3.2 mm Kalınlıklı Malzeme, 0.5 mm Kalınlıklı Yapıştırıcı ile 25 mm Bindirme Uzunluğunda Yapıştırılarak Elde Edilen Bağlantının % Nem ve Oda Sıcaklığı Ortamlarındaki Yaşlanma Davranışları



Şekil 14. 3.2 mm Kalınlıklı Malzeme, 0.25 mm Kalınlıklı Yapıştırıcı ile 50 mm Bindirme Uzunluğunda Yapıştırılarak Elde Edilen Bağlantının % Nem ve Oda Sıcaklığı Ortamlarındaki Yaşlanma Davranışları



Şekil 15. 3.2 mm Kalınlıklı Malzeme, 0.5 mm Kalınlıklı Yapıştırıcı ile 50 mm Bindirme Uzunluğunda Yapıştırılarak Elde Edilen Bağlantının % Nem ve Oda Sıcaklığı Ortamlarındaki Yaşlanma Davranışları

SONUÇ

Alternatif bir bağlantı yöntemi olan yapıştırma bağlantıları giderek hayatımızın her alanına girmiş ve her ortamda kullanılmaktadır. Bununla beraber halen tasarımcıların elinde sağlıklı veriler bulunmamaktadır. Yapıştırıcıların en fazla kullanıldığı ortamlarda tasarımcılara sağlıklı veri sunmak için yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Başlangıç mukavemetlerinde 0.25 mm kalınlıklı yapıştırıcının kopma dayanımı, 0.5 mm kalınlıklı yapıştırıcının kopma dayanımından daha yüksektir. Bindirme uzunluğu 12.5 mm'den 25 mm'ye çıkarken kopma gerilmesi artmış, 50 mm'ye çıkarken de kopma gerilmesi azalmıştır. Dolayısıyla bindirme uzunluğunu sürekli artırmak, mukavemeti aynı paralele artırmaz. Bununla beraber SBT yapıştırıcı için bindirme uzunluğu arttıkça, bağlantının taşıdığı yük artmıştır

SBT yapıştırıcılar, nemli ortamlarda su absorbe eder ve dolayısıyla nemli ortamlarda bu yapıştırıcılar daha hızlı bozulur.

Yapıştırıcının içinde ya da ara yüzeyde oluşan mikro boşluklar, yaşlanma prosesi esnasında su ile dolarak şişer ve lokal artık gerilmelere neden olur.

Yapıştırıcı kalınlığı arttıkça yapıştırıcı bağlantısındaki yaşlanma oranı artmaktadır. Dolayısıyla yaşlanacak ortamlarda çalışacak bağlantılarda yapıştırıcı kalınlığı olabildiğince ince seçilmelidir. Eğer sıvı yapıştırıcı kullanılacak ise yapıştırıcının içinde hava kabarcıkları ve benzeri boşlukların kalmamasına özen gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

1. **Ş. Temiz**, Yapıştırma Bağlantılarının Mekanik Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2003.
2. **P. Pissis, C. Maggana, G. Spathis, and E. Kontou**, Netherlands Society for Materials Science, Polymers and Ceramics, 2, 1997, 159-162.
3. **I. Ghorbel and D. Valentin**, Hydrothermal Effects on the Physico-Chemical Properties of Pure and Glass Fiber Reinforced Polyester And Vinylester Resins. Polymer Composites, 14 (4), 1993, 324.
4. **Q. Zeng and R.J. Morgan**, Synergistic Thermal-Moisture Damage Mechanisms of Epoxies And Their Carbon Fiber Composites. Journal of Composite Materials, 27 (15), 1993, 1465-1478.
5. **K. Komai and S. Shiroshita**, Journal of the Society of Materials Science, 41 (469), 1992, 1539-1544.
6. **M. Shanahan, G. Z. Xiao and M. Delamar**, Irreversible Interactions Between Water and DGEBA/DDA Epoxy Resin During Hygrothermal Aging. Journal of Applied Polymer Science, 65 (3), 1997, 449-458.
7. **M. C. Lee and N.A. Peppas**, Water Transport in Epoxy Resins. Progress in Polymer Science, 18 (5), 1996, 947-961.
8. **H. J. Ploehn and J. Y. Wang**, Dynamic Mechanical Analysis of the Effect of Water on Glass Bead-Epoxy Composites. Journal of Applied Polymer Science, 59 (2), 1993, 245-257.
9. **R. A. Gledhill, A. J. Kinloch and S. J. Shaw**, Journal of Adhesion, 11, 1980, 3-15.