

HAVACILIKTA KULLANILAN KOMPOZİT YAPILARDA İKİLİ BURÇ UYGULAMASININ İNCELENMESİ

Gazi Serten BAKIR*
TUSAŞ/Ankara

Prof. Dr. Mahmut Özbay†
Gazi Üniversitesi/Ankara

ÖZET

Havacılık sektöründe kompozit malzeme kullanımı yıllar geçtikçe artmakta ve ihtiyaçları da beraberinde getirmektedir. Özellikle plakalı kompozit yapılarda burç uygulama ihtiyacı bu bağlamda önem kazanmıştır. Bu çalışmada karbon-epoksi hazır reçine emdirilmiş (prepreg) tabakalı kompozit levha üzerinde iç içe iki burç kullanılması durumu, iki farklı uygulama yöntemi kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir. Burç uygulaması yapılan kompozit numunelerdeki yüklenme, burç eksenine dik yönde yapılmış ve yapının bu yöndeki dayanımı incelenmiştir. Sonuç kısmında ise yapıştırıcı uygulanmış ve yapıştırıcı uygulanmamış iki burç kullanılması durumunun yapıya olan katkısı anlatılmıştır.

GİRİŞ

Kompozit malzemeler, yüksek mukavemet dayanımının yanı sıra yapının hafiflemesini de sağlamaktadır.[Mazumdar, S.K., 2002] Özellikle havacılık endüstrisinde karbon kompozit yapılar sıklıkla tercih edilmektedir. Temel yapı elemanlarının kompozit olması nedeni ile bu yapıların civatalar ile bağlanması, yapışması vb. gibi ihtiyaçlar doğurmuştur.

Tasarlanan parçaların sökülebilir ya da hareketli olması durumunda ise bu parçalara burç montajı gerekli olmaktadır. Ana yapıyı koruyarak bağlayıcıların rahat hareket etmesi ve yük aktarımının doğru yapılabilmesi amacı ile burç kullanımı gereklidir. Kompozitin doğası gereği bu montajların tasarımı ve sıklık değerleri metalden farklı olarak gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada karbon katmanlı kompozit yapıya uygulanabilecek iki tip burç montaj yöntemi deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapıştırma kullanılarak ve kullanılmayarak farklı sıklık değerlerindeki burç montajları yapılmış ve montajlar burç ekseninde çekme kuvvetine maruz bırakılmıştır ve mukavemet açısından etkinlikleri incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelenerek ana yapıların kompozit olduğu montajlarda kullanılacak bir burç uygulama yöntemi belirlenmesine katkıda bulunulmuştur. Literatürde burç kullanımının dayanıma etkisi, ana yapıyı koruması ve farklı tasarım ve uygulama yöntemleri bulunmaktadır. Örneğin;

* Yapısal Tasarım Uzmanı IHA Sistemleri Başkanlığı TUSAŞ, E-posta: gbakir@tai.com.tr

† Prof.Dr, Makina Müh. Böl., E-posta: ozbaym@gazi.edu.tr

Camanho ve arkadaşları çalışmalarında tek kesmeli bindirmeli bağlantıların verimini artırmak için yapıştırırmalı burç kullanımını deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Montaja iki uçtan aksel yüklemesi yapılmıştır. Metal burç kullanılarak delik etrafındaki gerilim birikmesinin azaldığı gözlemlenmiştir.[Camanho P.P 2005]

McCarthy ve arkadaşları bağlayıcı-ile delik arasındaki boşluğun civatalı kompozit yapının mukavemetine ve dayanımına etkilerini incelemiştir. Konfigürasyonlar tek bindirmeli tek civatalı bağlantı üzerinde denenmiştir. 4 farklı boşluk kullanılmıştır. Test numuneleri grafit epoksi kompozit olup ASTM standartlarında üretilmiştir. Çalışmalarının sonucunda boşluk miktarının artmasının yapının dayanımını az miktarda da olsa artırdığı görülmüştür. [McCarthy M.A.,2005]

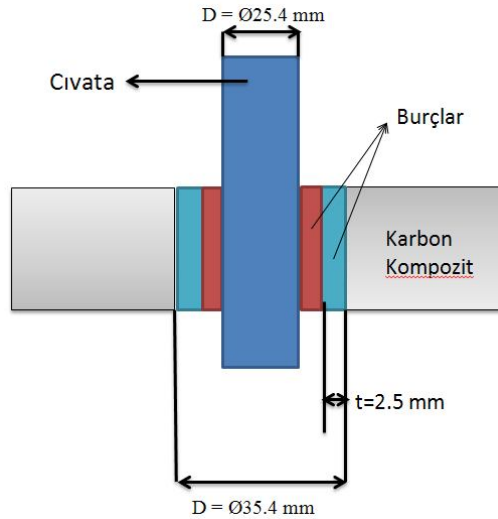
TEST NUMUNELERİ HAZIRLANMASI VE TESTLERİN İCRASI

Testlerde kullanılan kompozit levhalar, otoklav malzeme olup, HEXCEL tarafından üretilen AS4 karbon elyaf ve 8552 epoksi reçine ve AS4S 45° lik karbon elyaf ve 8552 epoksi reçine kullanılarak üretilmiştir.

Testlerde kullanılan dizilim her test grubu için aynıdır ve her plaka toplam 64 katmandan oluşmaktadır, kalınlığı 15,04 mm dir.

Yapıştırıcı kullanılan numunelerde kompozit plaka - burç montajı, HENKEL firmasının ürettiği "HYSOL EA9394" kodlu yapıştırıcı kullanılarak yapılmıştır. Her grup testten üçer adet numune test edilmiştir [Military Handbook, 2005].

Çap toleranslarının belirlenmesi: Burç et kalınlığı 2,5 mm olarak, 25,4 mm civata kullanılması durumuna göre test gruplarındaki toleranslar hesaplanmıştır. Tablo 1’de kullanılan toleranslar verilmiştir. Kullanılan değerlerin olduğu şematik gösterim şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Tolerans hesabında kullanılan değerler

Tablo 1: Test gruplarında kullanılan toleranslar

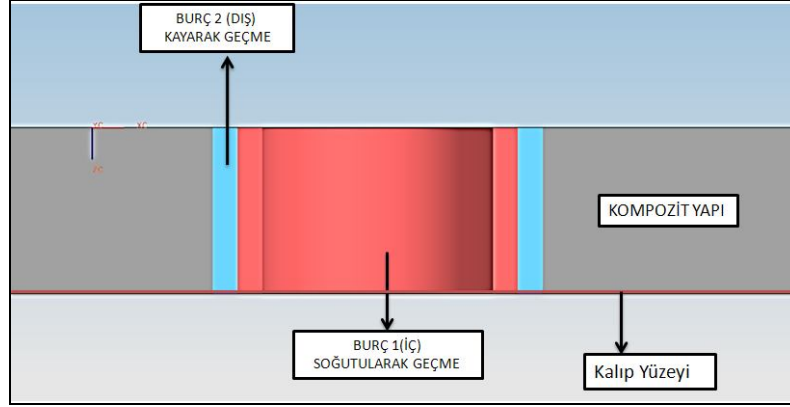
	BURÇ 1 (İÇ BURÇ)	BURÇ 2 (DIŞ BURÇ)	KOMPOZİT PLAKA
İÇ ÇAP	H8	H6	H6
DIŞ ÇAP	n5	h5	-

Test Grupları

İki farklı test grubu oluşturulmuş ve bu iki farklı test grubu deneysel olarak incelenmiştir.

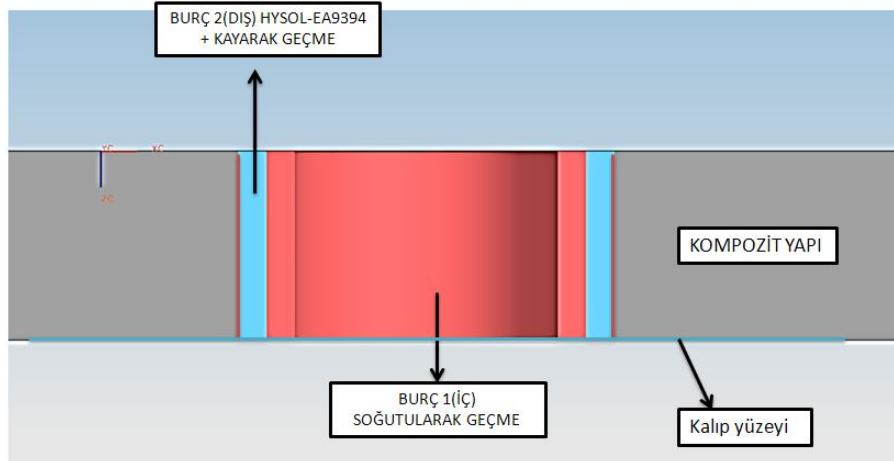
Yapıştırıcı Kullanılmayan Test Grup 1: Bu test grubunda, karbon lamine yapıya iki adet burç iç içe geçerek montajlanmıştır. Toplam 3 adet numune test edilmiştir.

Burç uygulaması şu şekilde yapılmaktadır: İlk olarak Burç 2 (dış burç) herhangi bir yapıştırıcı kullanılmadan kayarak geçme olarak montajlanmaktadır. Daha sonra Burç 1 (iç burç) dış burcun içine soğuk geçme olarak geçme olarak montajlanmaktadır. Anlatılan yöntemin şematik gösterimi şekil 2’de verilmiştir.

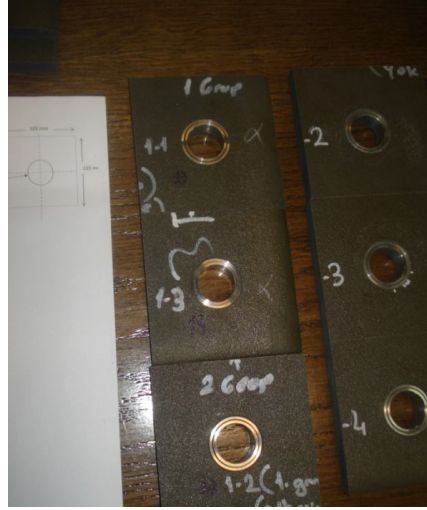


Şekil 2: Test grubu 1

Yapıştırıcı Kullanılan Test Grup 2: İlk olarak Burç 2 (dış burç) herhangi bir yapıştırıcı kullanılarak kayarak geçme olarak montajlanmaktadır. Daha sonra Burç 1 (iç burç) dış burcun içine soğuk geçme olarak geçme olarak montajlanmaktadır. Anlatılan yöntemin şematik gösterimi şekil 3’te verilmiştir. Toplam 3 adet numune test edilmiştir. Montajı yapılmış test numunelerine ait resim Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 3: Test grubu 2



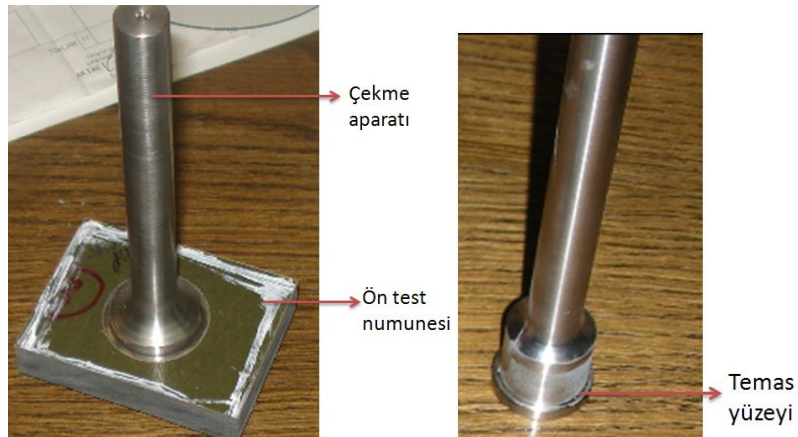
Şekil 4 Test grubu 1-2'ye ait numuneler

Test Düzeneği

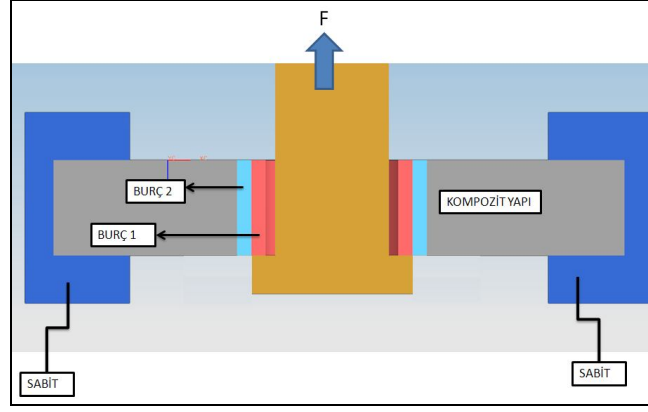
Çekme/ yükleme testleri "INSTRON 8502" marka dinamik test sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Test düzeneğinin alt çenesi sabit tutulmuş, yükleme üst çene hareketi ile gerçekleştirilmiştir.

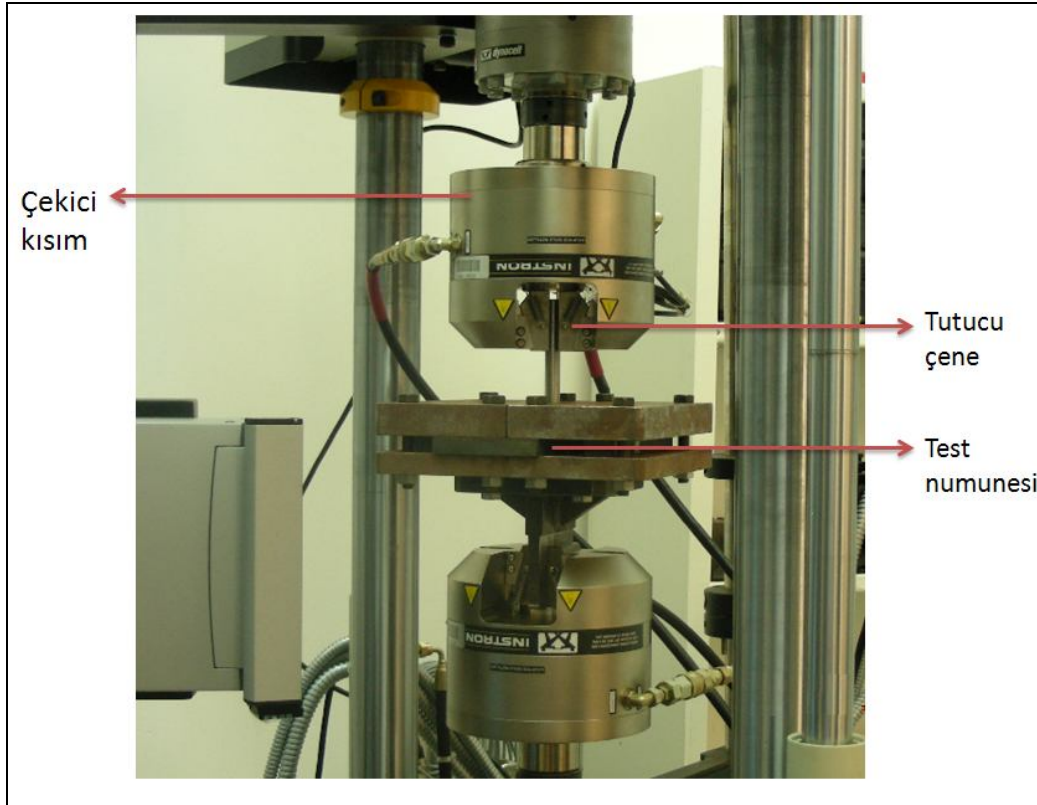
Montajı yapılmış kompozit yapı sabit çeneye tutturulmuş olan destek yapının altına yerleştirilmiştir. Bu destek yapı kompozit yapıyı üstten tamamen destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bunun amacı kompozit yapının eğilerek ikincil etkilere neden olması engelleyerek yapıda ikincil yüklemeler oluşmasını önlemektir. Destek yapısına sabitlenen kompozit yapının içinden tasarlanan bir parça ile iç burç alt yüzeyinden dik yönlü kuvvet uygulanması sağlanmıştır. Tasarlanan parça testlerden önce üretilen numune ile test edilmiştir. Tasarlanan parça ve ön test numunesi şekil 5'te gösterilmiştir. Uygulanan kuvvetin test parçası düzlemine dik olmasına dikkat edilmiştir. Testlerde kullanılan düzeneğin şematik gösterimi şekil 6'da ve montajı yapılan düzenek şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 5: Çekme aparatı



Şekil 6: Çift burç kullanılan çekme testi test düzeneği şematik gösterim



Şekil 7: Test düzeneği

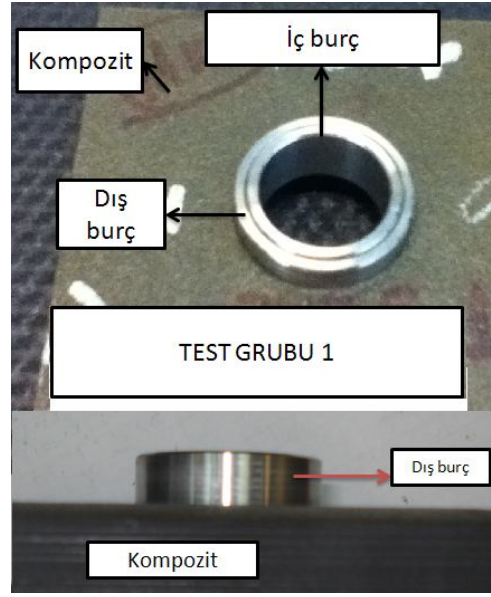
Deney Sonuçları

Test Grubu 1' e Ait Sonuçlar: Her 3 numune için yer değiştirme belirli bir değere ulaştıktan sonra yükte ani düşme gerçekleşmiştir. Bu durum dış burcun artık bağlantı içinde hareket ettiğinin göstergesidir. Ölçülen azami yükleme değeri ise test edilen numunedeki bağlantının ilgili yöndeki mukavemetini göstermektedir. Bu ana kadar gerçekleşen yer değiştirmeler numuneye uygulanan yük sonucu ilgili yönde tüm bağlantının birlikte gerçekleştirdiği toplam deformasyondur. Tablo 2'de test grubu 1 için yapılan deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 2: Test grubu 1'e ait deney sonuçları

GRUP 1		
Numune	Azami Yükleme (kN)	Azami Yerdeğiştirme (mm)
1	1.103	0.074
2	1.233	0.126
3	1.426	0.121
Ortalama	1.254	0.107

Test grubunun ortalama mukavemet değeri 1.254 kN olarak ölçülmüştür. Test numunelerinde, içteki burcun değil dıştaki burcun kompozit parçadan çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum Şekil 8'de gösterilmiştir.



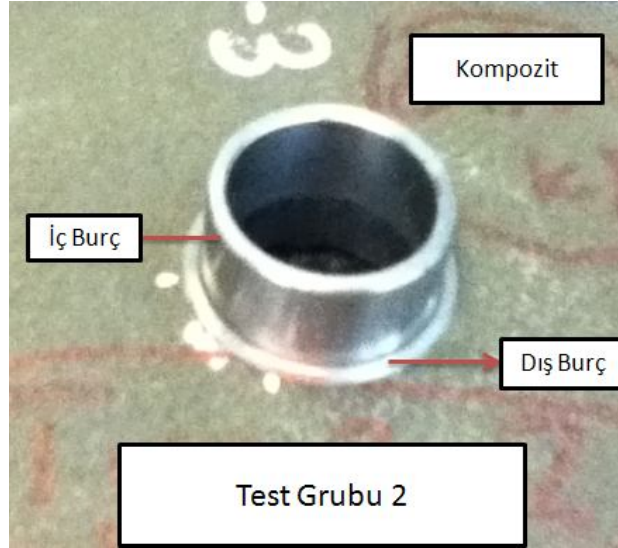
Şekil 8: Test sonucu dış burcun kompozit parçadan çıktığını gösteren resim

Test Grubu 2'ye Ait Sonuçlar: Her 3 numune için yer değiştirme belirli bir değere ulaştıktan sonra yükte ani düşme gerçekleşmiştir. Bu durum iç burcun artık bağlantı içinde hareket ettiğinin göstergesidir. Ölçülen azami yükleme değeri ise test edilen numunedeki bağlantının ilgili yöndeki mukavemetini göstermektedir. Bu ana kadar gerçekleşen yer değiştirmeler numuneye uygulanan yük sonucu ilgili yönde tüm bağlantının birlikte gerçekleştirdiği toplam deformasyondur. Tablo 3'te yapılan deney sonuçları verilmiştir

Tablo 3: Test grubu 2'ye ait deney sonuçları

GRUP 2		
Numune	Azami Yükleme (kN)	Azami Yer değıştirme (mm)
1	3.834	0.253
2	6.160	0.301
3	5.337	0.217
Ortalama	5.110	0.257

Test sonrasında sonucu gösteren resim Şekil 9'da verilmiştir. Burada iç burcun yapıdan ayrıldığı açıkça gözükmemektedir. Test grubunun ortalama mukavemet değeri 5.110 kN olarak ölçülmüştür.



Şekil 9: Test sonucu iç burcun dış burcun içinden çıktığını gösteren resim

SONUÇ

İç içe iki burcun kullanıldığı iki farklı burç uygulama yönteminin incelendiği çalışmada, montajlar burç eksen yönünde çekme gerilmesine maruz bırakılmıştır. Dış burcun yapıştırıldığı ve yapıştırılmadan montajlandığı farklı iki grup testleri karşılaştırılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar genel olarak şu şekilde özetlenebilir;

Kompozit yapı ile burç arasında yapıştırıcı olmayan çift burçlu montajda, yapının bozulması (kırım) iki burcun birden yapıdan çıkması şeklinde gözlemlenmiştir. Bu bağlantı şeklinde ortalama azami yüklemeye 1,254 kN bu yüklemeye esnasında azami yer değiştirme 0.107 mm dir.

Kompozit yapı ile burç arasında yapıştırıcının bulunduğu iki burçlu montajda ise kırım içteki burcun yapıdan ayrılması şeklinde görülmüştür. Bu bağlantı şeklinde Ortalama azami yüklemeye 5,110 kN bu yüklemeye esnasında azami yer değiştirme 0.257 mm dir.

Deney sonuçları karşılaştırıldığında, aynı tolerans ve yüklemeye koşullarında, yapıştırıcı kullanılan tasarım yapıştırıcı kullanılmayan tasarımdan daha fazla bir dayanıma sahip olduğu görülmüştür.

Ana yapıyı korumak için önerilen iki burç kullanılması yöntemi uygulanabilir bir çalışma olarak değerlendirilmektedir. Elde edilen değerler ve kırımın çeşidi incelendiğinde yapıştırıcı uygulaması yapılması daha uygun olarak gözükmektedir.

Bu bağlantı şekillerinde ve deneylerden sonra yapıda katmanlar arası bir ayrılma (delaminasyon) görülmemiştir. Bu çalışmadan yola çıkılarak, farklı toleranslar kullanılarak sıklık değerleri ve burç montaj şekilleri değiştirilerek deneyler yapılabilir. Yapılacak deneyler kesme ve basma şeklinde genişletilerek kapsamlı bir değerlendirme yapılabilir. Tek burç uygulaması farklı sıklık değerleri için denerek delaminasyon olmadan gerçekleştirebilecek uygulamalar incelenebilir. Yapılan ve yapılacak çalışmalar sonucunda karbon katmanlı kompozit yapılara burç uygulama yöntemi belirlenip geliştirilecektir.

Kaynaklar

Mazumdar, S.K., 2002. *Composite manufacturing, materials, product and process engineering*, CRS Press, Florida, 30-32, 129, 159- 173

Camanho P.P., 2005. *Increasing the efficiency of composite single-shear lap joints using bonded inserts*, *Elsevier Composites, Part B* 12;372–383

McCarthy M.A.,2005. *Bolt-hole clearance effects and strength criteria in single-bolt, single-lap, composite bolted joints*, *Composites Science and Technology* , 16;1415–143

Military Handbook, 2005. *Metallic Materials and Elements For Aerospace Vehicle Structures*