

KONVANSİYONEL OLMAYAN İKİ FARKLI KONTROL YÜZEYİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Pınar Arslan^{*}
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Uğur Kalkan[†]
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Harun Tıraş[‡]
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

İlhan Ozan Tunçöz[§]
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Yosheph Yang[©]
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Ercan Gürses^{**}
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Melin Şahin^{††}
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Serkan Özgen^{‡‡},
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

Yavuz Yaman^{§§}
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Ankara

ÖZET

Bu çalışmada konvansiyonel olmayan kontrol yüzeylerine sahip bir taktik insansız hava aracının kontrol yüzeyleri, metalik açık firar kenarı veya kompozit kapalı firar kenarı ve şekil değiştirebilir kabuk özelliklerine sahip olacak şekilde iki farklı tasarım çerçevesinde incelenmiştir. Çalışmada, bu iki tasarıma ait kontrol yüzeylerini hareket ettirmek için gerekli servomotor kuvvetleri ve sistem kütleleri karşılaştırılmıştır. Her iki kanat modeli de CATIA[®] V5-6R2012 programı kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan kanat kontrol yüzeyi modellerinin sonlu elemanlar analizi ANSYS[®] Workbench[™] v14.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

GİRİŞ

Konvansiyonel olmayan kontrol yüzeylerine sahip hava araçlarının farklı görev fazlarında konvansiyonel kontrol yüzeylerine sahip hava araçlarına göre daha verimli oldukları, dolayısıyla daha az yakıtla çalıştıkları için çevreye daha az zarar verdikleri bilinmektedir. [Gürses, Özgen, Şahin ve Yaman, 2012]. Fakat konvansiyonel olmayan kontrol yüzeylerine sahip hava aracı

^{*} Yük. Lisans Öğr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: pinar.arslan@metu.edu.tr

[†] Yük. Lisans Öğr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: ugur.kalkan@metu.edu.tr

[‡] Yük. Lisans Öğr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: tiras.harun@metu.edu.tr

[§] Yük. Lisans Öğr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: ozan.tuncoz@metu.edu.tr

[©] Yük. Lisans Öğr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: yosheph.yang@metu.edu.tr

^{**} Yrd. Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: gurses@metu.edu.tr

^{††} Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: msahin@metu.edu.tr

^{‡‡} Prof. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: sozgen@ae.metu.edu.tr

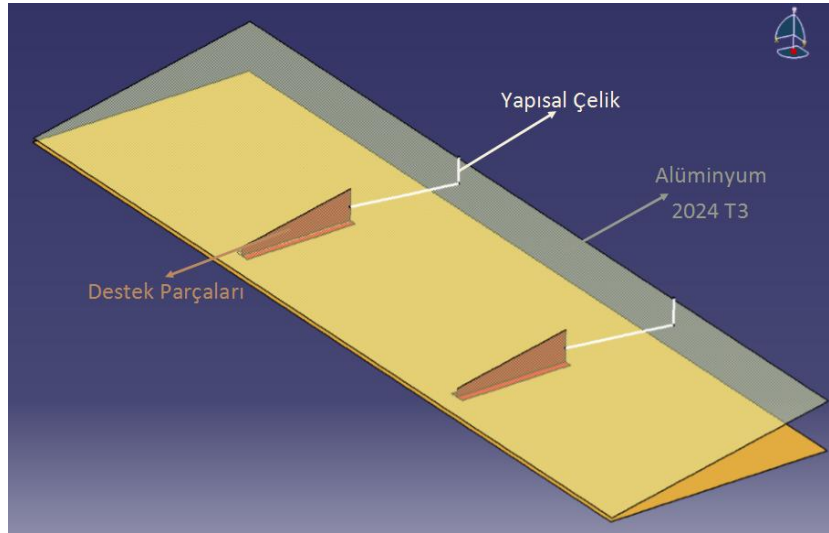
^{§§} Prof. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: yyaman@metu.edu.tr

kanatlarının daha karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı, genelde daha ağır oldukları da bilinmektedir [Arslan, Kalkan, Harun, Gürses, Şahin, Özgen ve Yaman, 2014]. Bu çalışmanın amacı konvansiyonel olmayan iki farklı kontrol yüzeyini kütleleri bakımından karşılaştırmak ve konvansiyonel olmayan kontrol yüzeylerinin daha basit ve hafif tasarlanması yönünde ilerleyebilmektir.

Bu çalışmada bir taktik insansız hava aracı kanadının kontrol yüzeyleri metalik açık firar kenarı ve kompozit kapalı firar kenarına sahip olacak şekilde tasarlanmış ve iki farklı tasarım çerçevesinde servomotor kuvvetleri ve sistem kütleleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma bir Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı projesi olan “CHANGE, Combined morphing Assessment software using flight Envelope data and mission based morphing prototype wing development” projesi [CHANGE, 2012] kapsamında sürdürülmektedir.

Açık kesitli kontrol yüzeyi tasarımı ile ilgili çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. [Yaman, Özgen, Şahin, Seber, Nalbantoğlu, Sakarya, İnsuyu ve Ünlüsoy, 2010], [Tıraş, Tunçöz, Gürses, Şahin, Özgen ve Yaman, 2013]. Bu çalışmada, açık firar kenarlı kontrol yüzeyi, CHANGE projesindeki kontrol yüzeyi boyutlarına uygun olması için hem boyut hem de servomotor mekanizmaları açısından yeniden tasarlanmış ve tasarımın katı modeli Şekil 1’de gösterilmiştir. Tasarımda kontrol yüzeyine servomotor kuvvetlerini iletecek çubuklarda yapısal çelik, kontrol yüzeyi destek parçaları ve geriye kalan bütün parçalarda Alüminyum 2024 T3 kullanılmıştır.

Açık firar kenarlı kontrol yüzeyi tasarımında kullanılan malzemeler ve özellikleri Çizelge 1 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 1: Metalik Açık Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi Katı Modeli

Çizelge 1: Konvansiyonel Olmayan Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Malzeme	Kayma Modülü [Pa]	Esneklik Modülü [Pa]	Yoğunluk [kg/m ³]
Aliminyum 2024 T3	2.8E10	7.31E10	2780
Yapısal Çelik	7.7E10	2.0E11	7850

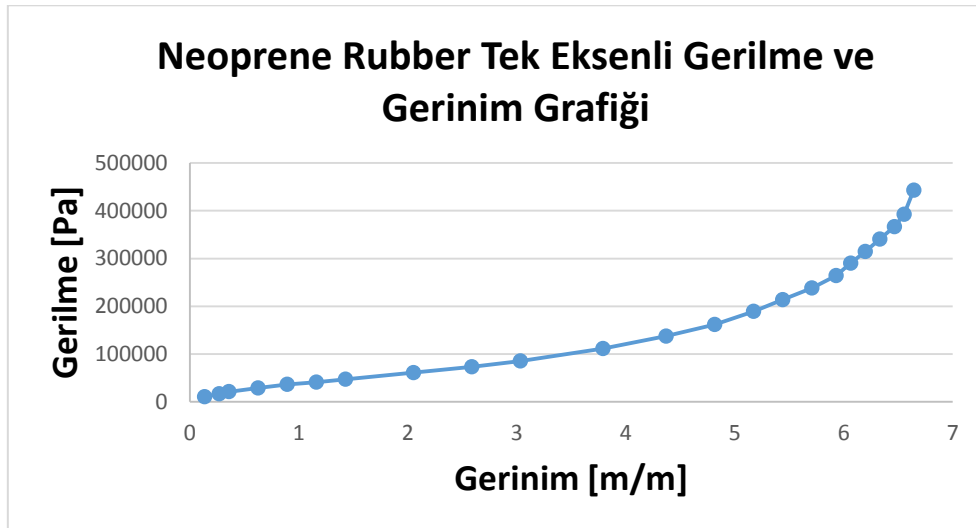
İkinci kontrol yüzeyi, firar kenarı kapalı olarak tasarlanmış ve kontrol yüzeyi 7781 E-Glass Fabric – Araldite LY052 Resin – Aradur HY5052 Hardener Laminated kompozit ve ANSYS malzeme kütüphanesinden seçilen Neoprene Rubber olmak üzere iki farklı malzemeden hibrit olarak oluşturulmuştur. Kontrol yüzeyinin kompozit olarak tasarlanan kısmı çalışmanın bu safhasında bir

izotropik elastik malzeme olarak değerlendirilmiştir. Kapalı firar kenarlı kompozit kontrol yüzeyinde kullanılan malzemeler ve özellikleri Çizelge 2 'de gösterilmiştir.

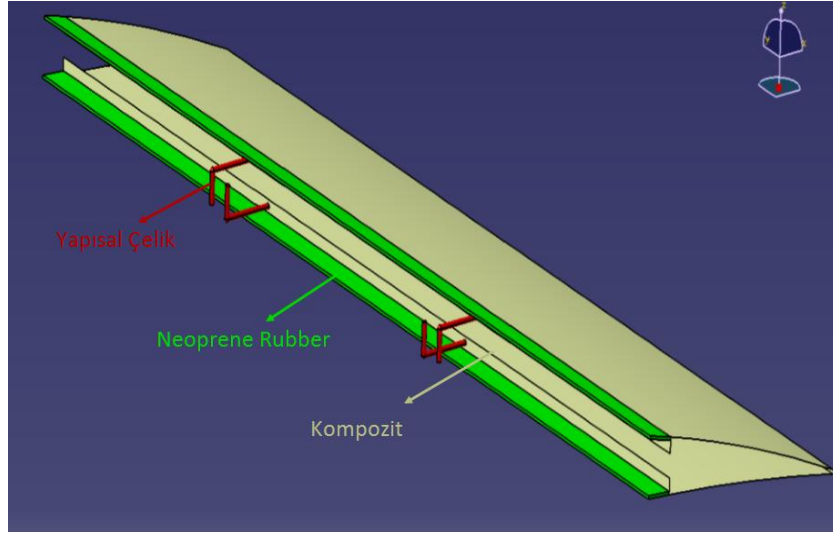
Çizelge 2: Kapalı Firar Kenarlı Kompozit Kontrol Yüzeyinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Malzeme	Kayma Modülü [Pa]	Esneklik Modülü [Pa]	Yoğunluk [kg/m ³]
7781 E-Glass Fabric – Araldite LY052 Resin – Aradur HY5052 Hardener Laminated	2.67E10	7.1E10	1513
Yapısal Çelik	7.7E10	2.0E11	7850
Neoprene Rubber	-	-	1250

Neoprene Rubber ANSYS malzeme kütüphanesinden hiperelastik malzemeler içinden seçilip yoğunluğu 1250 [kg/m³] olarak tanımlanmıştır [Cambridge University Engineering Department Materials Data Book, 2003]. Neoprene Rubber malzemesi doğrusal olmayan elastik bir malzeme olduğu için kayma modülü ve esneklik modülü Çizelge 2 'de belirtilmemiştir. Neoprene Rubber malzemesinin tek eksenli gerilme-gerinim grafiği Şekil 2' deki gibidir. Bu tasarımın katı modeli ise Şekil 3 'te gösterilmiştir.

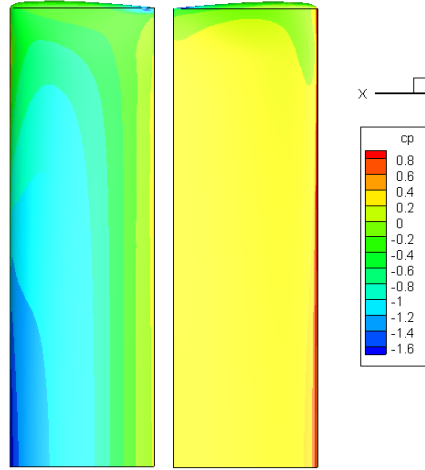


Şekil 2: Neoprene Rubber Tek Eksenli Gerilme ve Gerinim Grafiği



Şekil 3: Kompozit Kapalı Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi

Çalışmada kullanılan aerodinamik yükler CHANGE projesi ortaklarından ARA (Aircraft Research Association, Bedford, UK) [ARA, 2012] tarafından hesaplanan verilerden temin edilmiş olup, kanat basınç katsayısı dağılımı Şekil 4 'te sunulmuştur.



Şekil 4: CHANGE Projesi Ortaklarından ARA Tarafından Hesaplanan Kanat Basınç Katsayısı Dağılımı

YÖNTEM

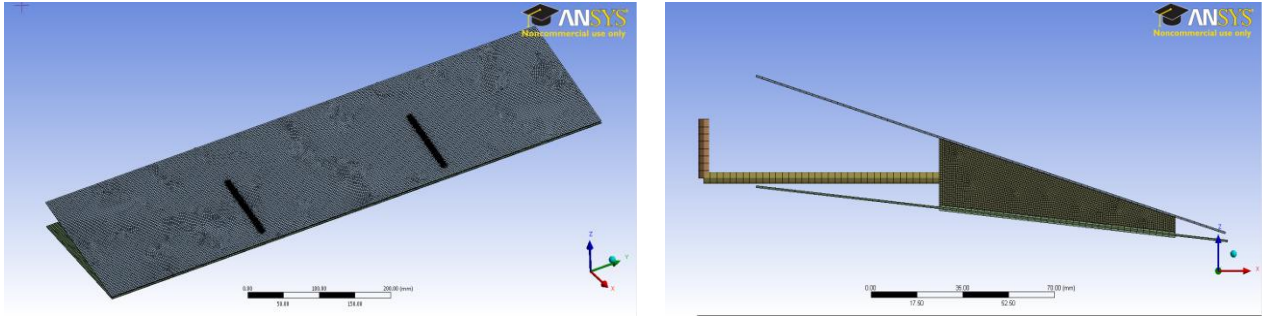
Her iki tasarımın sonlu elemanlar analizi ANSYS® Workbench™ v14.0 paket programının, Static Structural modülü kullanılarak yapılmıştır. Yapılan bütün statik analizlerde, doğrusal olmayan çözüm metodları (nonlinear solution techniques) kullanılmıştır. Açık firar kesitli tasarımın analizlerinin doğrusal olmayışı büyük oranda yer değiştirmelerden ve sürtünmeli temastan kaynaklanmaktadır. Hibrit tasarımın analizinin doğrusal olmayışı ise büyük oranda yer değiştirmelerden ve Neoprene malzemesinin doğrusal olmayışından kaynaklanmaktadır.

Yapısal Analiz

Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi: Bu çalışmada servomotor kuvvetlerini kontrol yüzeyine ileten çubuklar yazarların önceki çalışmalarındaki tecrübelerinden yola çıkarak 2 [mm] yarıçapında; kontrol yüzeyinin alt ve üst yüzeyleri 0.635 [mm] ve kontrol yüzeyi iç kısmındaki destek parçaları kalınlığı 1.8 [mm] olacak şekilde tasarlanmıştır.

Çizelge 1' de özellikleri belirtilen malzemeler ANSYS® Static Structural modülündeki malzeme kütüphanesine girildikten sonra, açık firar kenarlı kontrol yüzeyine yapılan yakınsama analizlerinden çıkan sonuca bağlı olarak 2.5 [mm] eleman uzunluğuna sahip dörtgen kabuk

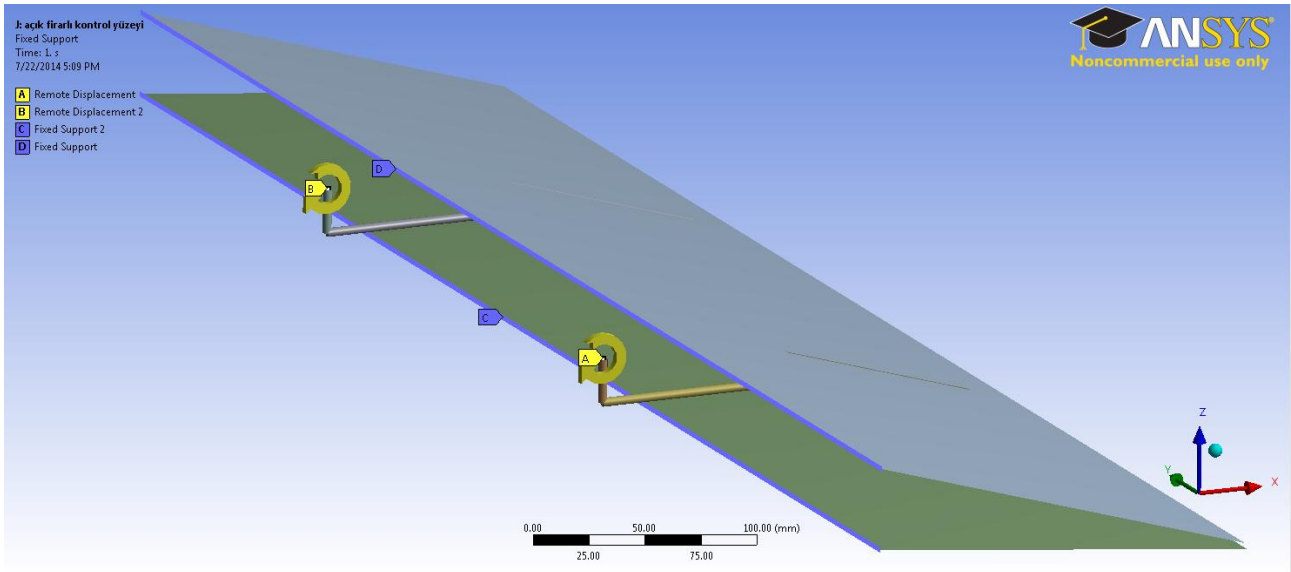
elemanlarla çözüm ağı tanımlanarak sonlu elemanlar modeli Şekil 5'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Tanımlanan çözüm ağı özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Sonlu elemanlar modeli oluşturulduktan sonra, kontrol yüzeyine uygulanan sınır koşulları ise Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5: Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi Sonlu Elemanlar Modeli

Çizelge 3: Konvansiyonel Olmayan Açık Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi Çözüm Ağı Özellikleri

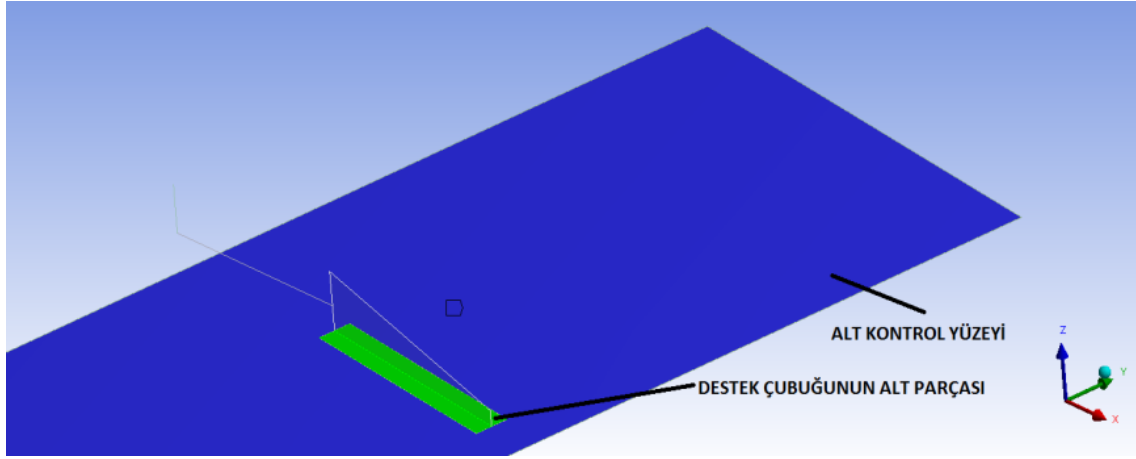
Eleman Tipi	Düğüm Noktası Sayısı	Eleman Sayısı
Dörtgen Kabuk	63440	62738



Şekil 6: Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi Sonlu Elemanlar Modeline Uygulanan Sınır Koşulları

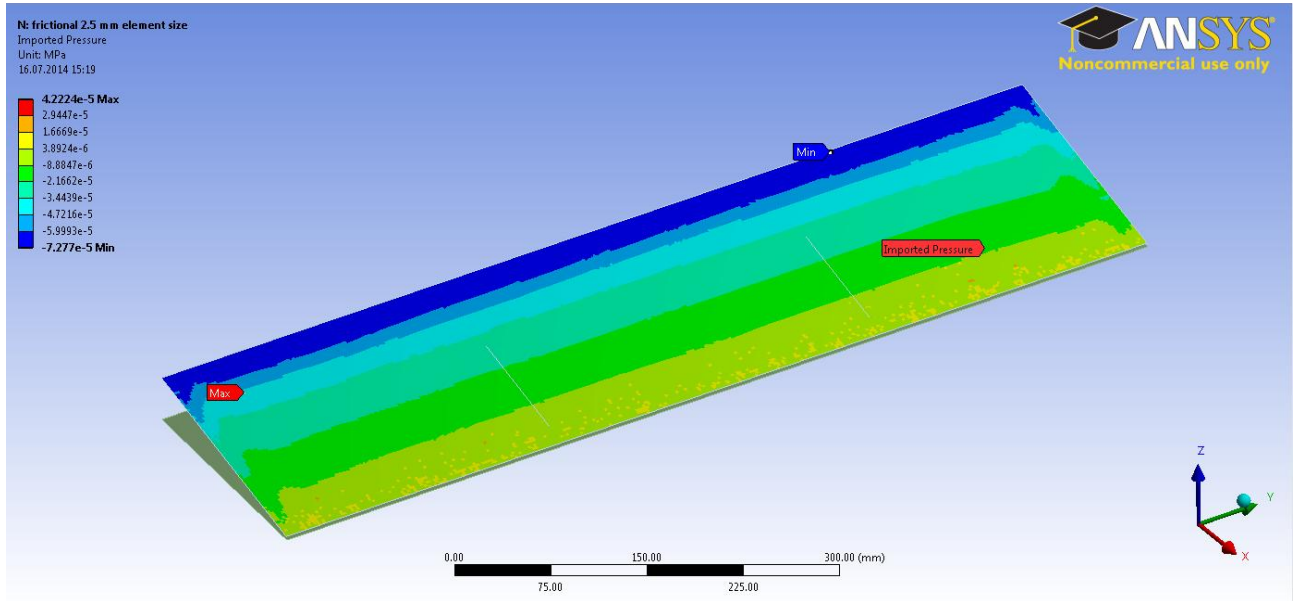
Şekil 6'da C ve D harfleri ile gösterilen kenarlar sabitlenmiştir. Bu tasarımda servomotorlardan gelen kuvvetler aracılığıyla ve firar kenarı iç kısımlarındaki destekler yardımıyla kontrol yüzeyinin hareketi sağlanmaktadır. Kontrol yüzeyinin gerekli yer değiştirmeyi sağlaması için, A ve B harfleri ile gösterilen noktalara servomotordan gelen dönüş açıları her iki servo için de Şekil 6'da görülen koordinat eksenine göre Y eksenine etrafında 14 derece olacak şekilde tanımlanmıştır.

Açık firar kenarlı tasarımda ele alınan sürtünmeli temas, kontrol yüzeyinin içindeki destekler ile alt kontrol yüzeyi arasında tanımlanmış olup Şekil 7'de gösterilmiştir. Sürtünmeli temas özelliği tanımlanırken daha önce yapılan deneysel bir çalışma bulunmadığı için sürtünme katsayısı 0.2 olarak varsayılmıştır.



Şekil 7: Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi Tasarımında Tanımlanan Sürtülmeli Temas Bölgeleri

Sonlu elemanlar analizinde, aerodinamik yüklemeyi modellemek amacıyla tek yönlü katı-akışkan etkileşimi kullanılmış olup, gösterge basınçları yapısal model üzerindeki düğüm noktalarına interpolasyon yöntemi kullanılarak aktarılmıştır. İnterpolasyon yöntemi varolan sayısal değerleri kullanarak, bilinmeyen noktalardaki olası değerleri bulma işlemi olup, aerodinamik düğüm noktaları sayısının yapısal düğüm noktaları sayısından fazla olması nedeniyle yapısal düğüm noktaları üzerine denk gelen basınç değerlerinin aktarılmasında kullanılmıştır. Şekil 4 'te gösterilen aerodinamik yüklerin açık firar kenarlı metalik kontrol yüzeyine aktarılmış hali Şekil 8 'de gösterilmiştir.

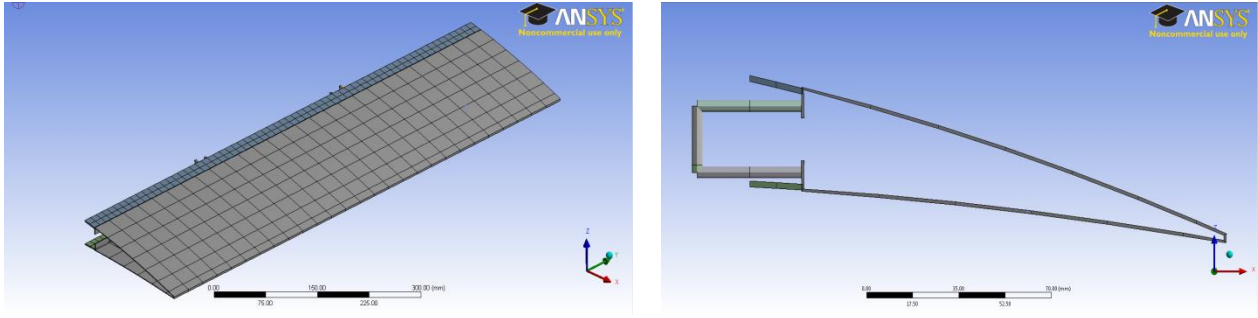


Şekil 8: Açık Firar Kenarlı Metalik Yapısal Model Üzerine Aktarılan Aerodinamik Yükler [MPa]

Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyi: Kapalı firar kenarlı hibrit kontrol yüzeyi tasarımında servomotor kuvvetlerini kontrol yüzeyine ileten çubuklar yine 2 [mm] yarıçapında, kompozit kısımlar 1.08 [mm] ve Neoprene Rubber parçalar 2 [mm] olacak şekilde tasarlanmıştır. Çubuklarda yine yapısal çelik kullanılmıştır.

Malzeme özellikleri tanımlandıktan sonra, sonlu elemanlar modeli oluşturulurken Neoprene Rubber kısım için eleman boyutlarına, yakınsama analizi ile karar verilmiştir. Kompozit kısmın rijit cisim hareketi yapıyor olduğu varsayılarak eleman boyutunun analizin işleyişine önemli derecede bir etkisi bulunmadığı görülmüştür. Bu bilgiler doğrultusunda, kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyine kompozit kısım için yazarların önceki çalışmalarında yaptıkları yakınsama analizleri göz önüne alınarak 30 [mm] dörtgen kabuk elemanlarla ve Neoprene Rubber kısım için 5 [mm] eleman

boyutuna sahip katı elemanlarla çözüm ağı oluşturulmuştur. Şekil 9 'da gösterilen kapalı firar kenarlı hibrit kontrol yüzeyi sonlu elemanlar modelinde tanımlanan çözüm ağı özellikleri Çizelge 4 'te gösterilmiştir.

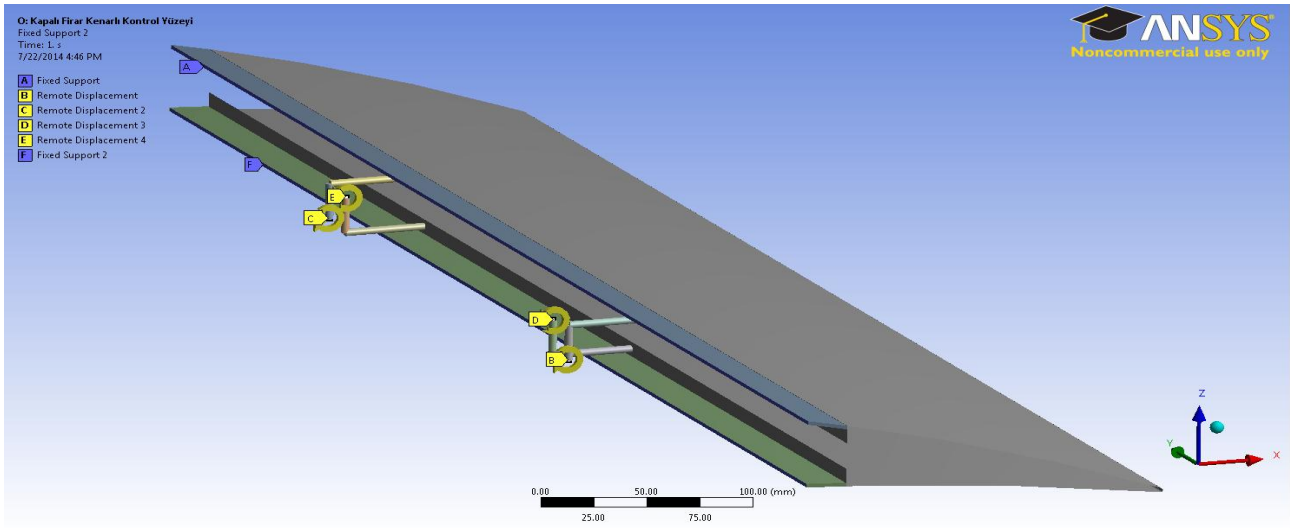


Şekil 9: Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyi Sonlu Elemanlar Modeli

Çizelge 4: Konvansiyonel Olmayan Kapalı Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi Çözüm Ağı Özellikleri

Eleman Tipi	Düğüm Noktası Sayısı	Eleman Sayısı
Dörtgen Kabuk	476	432
Katı Eleman	9913	1196

Bu hibrit tasarımda kontrol yüzeyi, üst ve alt yüzeylere ikişer tane etki etmek üzere toplam dört servomotor ile hareket etmektedir. Üst ve alt yüzeyler birbirlerine göre farklı miktarda hareket etmekte ve bu hareketin sonucunda üst ve alt yüzeydeki şekil değiştirebilir Neoprene Rubber parçalar farklı miktarlarda uzamaktadır. Bu esnek yüzeylere bağlı kompozit kısım nerdeyse rijit bir şekilde dönüş göstererek kontrol yüzeyinin dikey yer değiştirmesini ve ilintili kanadın kambur değişimini sağlamaktadır. Kapalı firar kenarlı hibrit kontrol yüzeyine uygulanan sınır koşulları Şekil 10 'da gösterilmiştir.

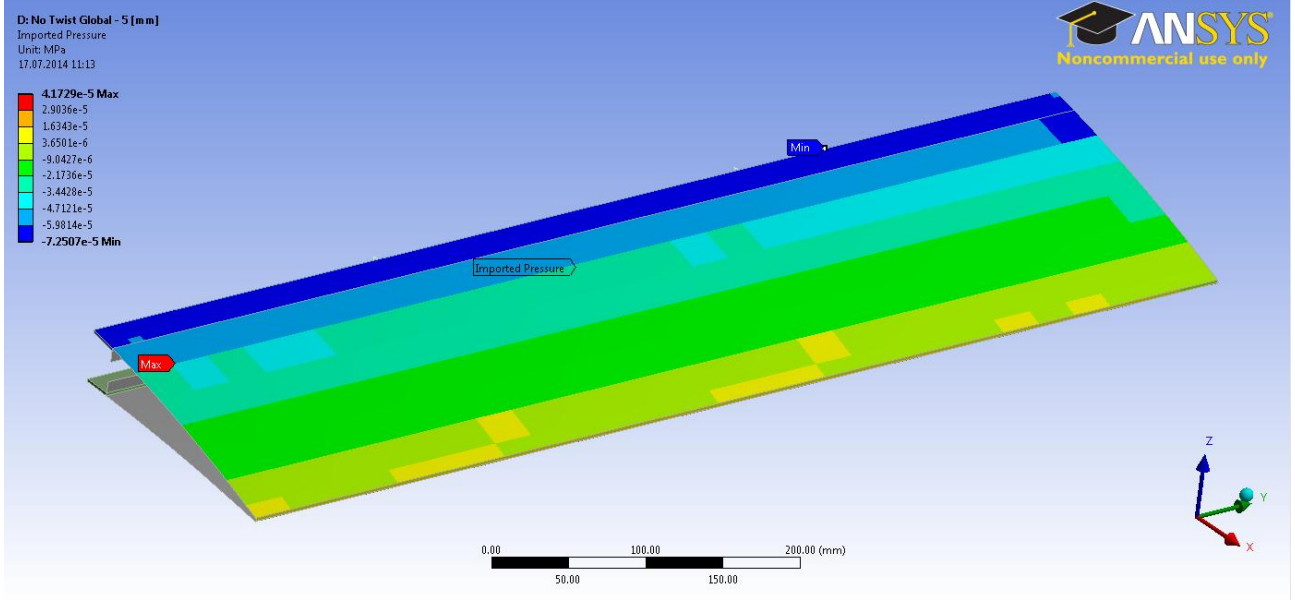


Şekil 10: Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyi Sonlu Elemanlar Modeline Uygulanan Sınır Koşulları

Şekil 10'da A ve F harfleri ile gösterilen kenarlar sabitlenmiş olup, kontrol yüzeyinin gerekli yer değiştirmeyi sağlaması için B ve C harfleri ile gösterilen üst yüzeyin hareketini sağlayan noktalara

servomotordan gelen Şekil 10'da görülen koordinat eksenine göre Y eksenine etrafında 15 derece, D ve E harfleri ile gösterilen alt yüzeyin hareketini sağlayan noktalara ise servomotordan gelen -Y eksenine etrafında 5 derece dönüş açıları tanımlanmıştır.

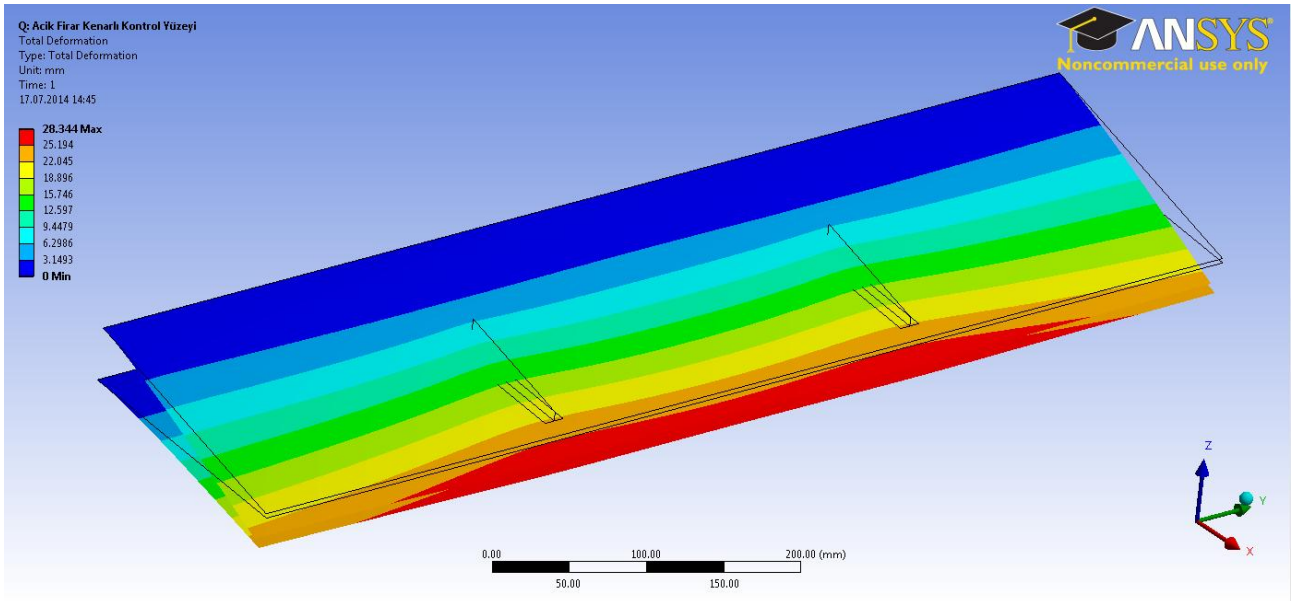
Gerekli sınır şartları sonlu elemanlar modeli üzerine tanımlandıktan sonra, aerodinamik yükler kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyi üzerine de, açık firar kenarlı kontrol yüzeyinde izlediğimiz yöntemi izleyerek aktarılmıştır. Yapısal model üzerine aktarılan aerodinamik yükler Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: Kapalı Firar Kenarlı Kompozit Yapısal Model Üzerine Aktarılan Aerodinamik Yükler [MPa]

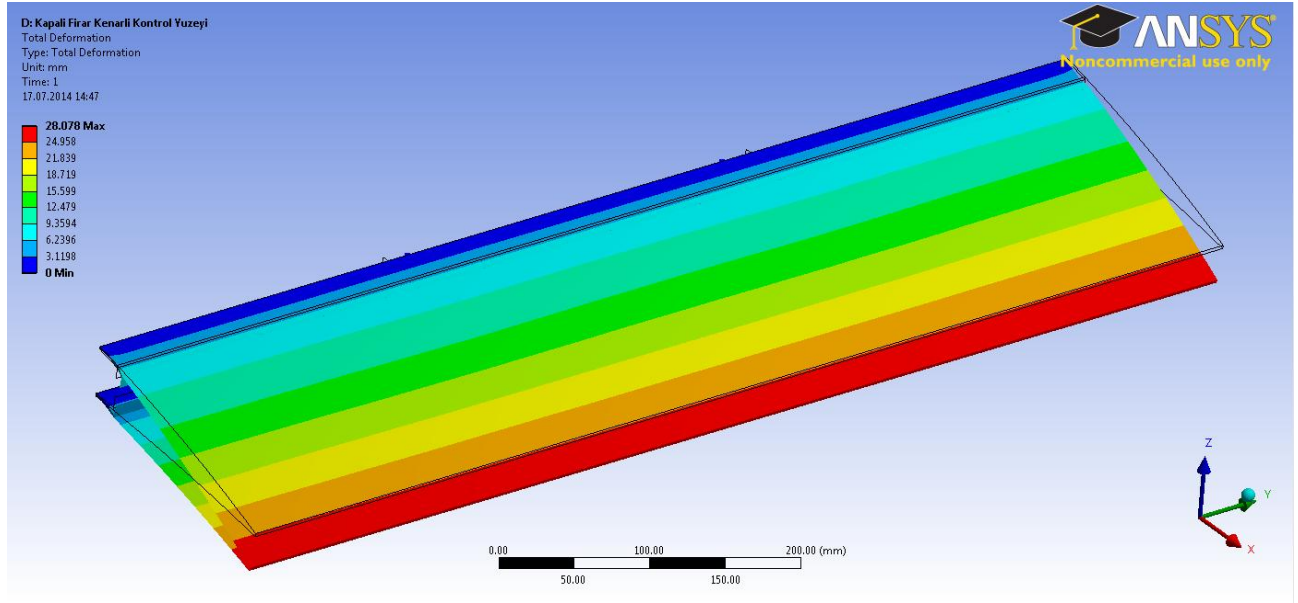
UYGULAMALAR

Şekil 12'de açık firar kenarlı metalik kontrol yüzeyinde servomotor kuvvetini ileten çubuklara tanımlanan dönüş açıları ile aerodinamik yükler altında yapılan yapısal analiz sonucunda toplam yer değiştirme miktarı gösterilmiştir.



Şekil 12: Açık Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi Tasarımı Toplam Yer Değiştirme Dağılımı (Maksimum 28.344 [mm])

Şekil 13' te kapalı firar kenarlı hibrit kontrol yüzeyinde servomotor kuvvetini üst yüzeye ileten çubuklara ve alt yüzeye ileten çubuklara ayrı ayrı tanımlanan dönüş açıları ile aerodinamik yükler altında yapılan yapısal analiz sonucunda toplam yer değiştirme miktarı gösterilmiştir.



Şekil 13: Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyi Tasarımı Toplam Yer Değiştirme Dağılımı (Maksimum 28.078 [mm])

Şekil 12 ve Şekil 13' te de görüldüğü üzere iki farklı tasarım için de firar kenarındaki maksimum toplam yer değiştirme miktarı yaklaşık olarak 28 [mm] 'dir.

Kontrol yüzeylerinin sunulan yer değiştirmeleri için gerekli olan maksimum servomotor tork miktarı ve her iki tasarımın toplam sistem kütleleri Çizelge 5 'te sunulmuştur.

Çizelge 5: Konvansiyonel Olmayan Kontrol Yüzeylerini Hareket Ettirmek İçin Gerekli Olan Maksimum Tork Miktarı ve Yüzeylerin Kütleleri

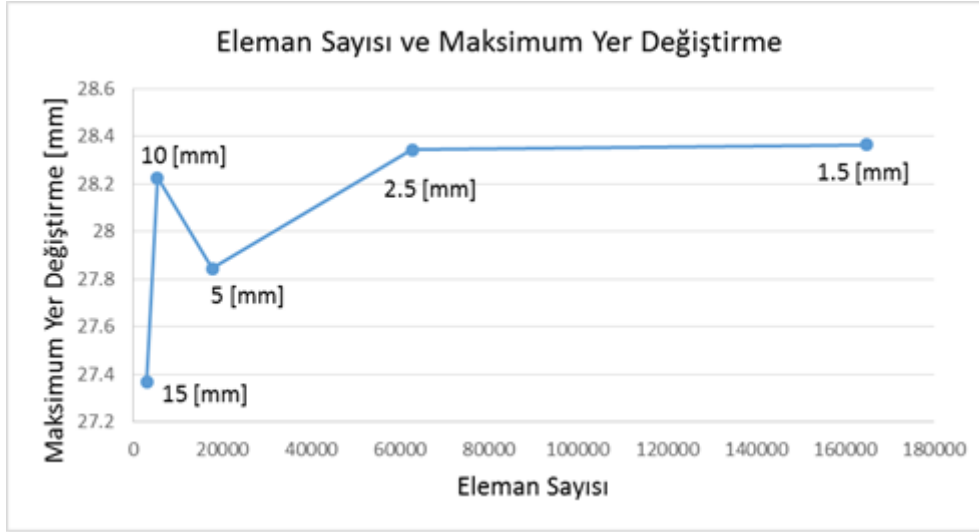
	Maksimum Servo Torku [kg-cm]	Kontrol Yüzeyi Yapısal Kütleleri [g]
Açık Firar Kenarlı Tasarım	27.35	565.9
Hibrit Tasarım	7.12 (Kontrol Yüzeyi Üst Yüzeyi) 2.03 (Kontrol Yüzeyi Alt Yüzeyi)	554.3

Çizelge 5' teki kontrol yüzeyleri yapısal kütlelerine, servomotordan gelen torku ileten çubuklar dahil olmakla birlikte servomotorlar ve piller dahil değildir.

Şekil 12, Şekil 13 ve Çizelge 5' ten görüldüğü üzere hibrit kontrol yüzeyi çok daha düşük tork değerlerinde açık firar kenarlı kontrol yüzeyi ile aynı miktarda yer değiştirme sunmaktadır.

Yapısal analizlerde sonuçların güvenilirliği açısından açık firar kenarlı tasarım için 1.5, 2.5, 5, 10 ve 15 [mm]' lik eleman boyutları ile, kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyi tasarımı için Neoprene Rubber parçalara 2.5, 5, 10 ve 20 [mm]' lik eleman boyutları ile yakınsama analizi yapılmıştır.

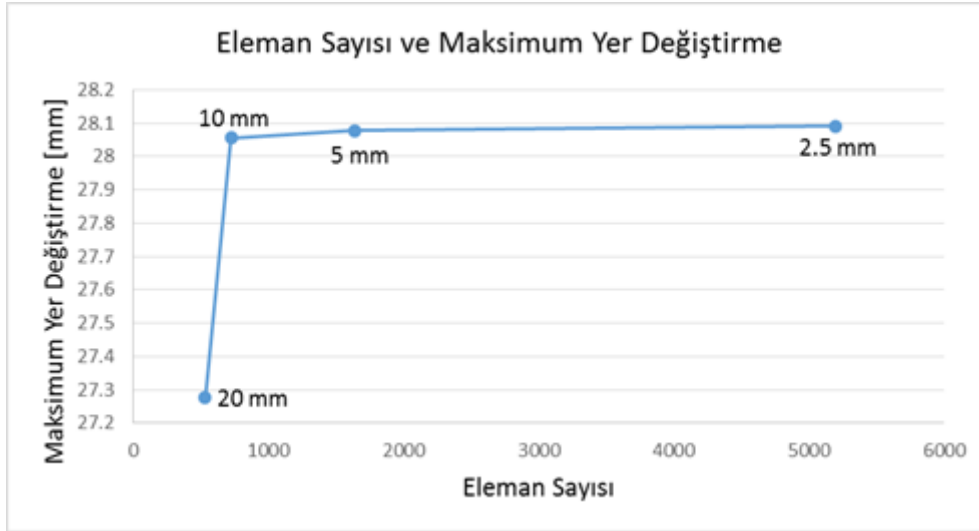
Açık firar kenarlı kontrol yüzeyi için yapılan yakınsama analizi Şekil 14' te gösterilmiştir.



Şekil 14: Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi Maksimum Yer Değişirme Sonuçlarının Yakınsama Analizi

Şekil 14 'te gösterilen yakınsama analizi sonucunda açık firar kenarlı kontrol yüzeyi yapısal analizinin 2.5 [mm] 'lik eleman boyutları ile yapılması kararlaştırılmıştır.

Kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyi yapısal analizlerinde kritik bir öneme sahip olan Neoprene Rubber kısmı için yapılan yakınsama analizi Şekil 15'te sunulmuştur.



Şekil 15: Kapalı Firar Kenarlı Kontrol Yüzeyi Maksimum Yer Değişirme Sonuçlarının Yakınsama Analizi

Şekil 15 'te gösterilen yakınsama analizi sonucunda kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyi yapısal analizinde Neoprene Rubber kısmında 5 [mm] 'lik eleman boyutları kullanılmasına karar verilmiştir.

Servomotor ve Pil Seçimi

Her iki tasarım için de servomotor seçimi için kontrol yüzeyini istenilen miktarda yer değiştirebilecek tork göz önüne alınmıştır. Analizler sonucu elde edilen tork miktarları 1.5 güvenlik katsayısı ile çarpılıp, servomotor seçimi yapılmıştır. Seçilen servomotorlar için kullanılacak batarya seçiminde ise bataryanın kapasitesi ve servomotor için gerekli voltaj miktarı göz önüne alınmıştır.

Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyi: Açık firar kenarlı kontrol yüzeyi için teknik özellikleri Çizelge 6' da verilen Hitec HS-7980TH - Mega Torque HV Titanium Gear Servomotor'unun [<http://www.servodatabase.com>, 2014] kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 6: Hitec HS-7980TH - Mega Torque HV Titanium Gear Servomotor Teknik Özellikleri

Hız	0.20 [sec/60°] @6.0 [V]
Tork	36.00 [kg-cm] @6.0 [V]
Boyutlar	L:43.7 x W:22.4 x H:39.9
Kütle	76.5 [g]

Seçilen servomotor için gerekli gücü sağlayacak pil teknik özellikleri Çizelge 7' de verilmiştir. [<http://www.batteryspace.com>, 2014]

Çizelge 7: Açık Fırar Kesitli Kontrol Yüzeyinde Kullanılacak Batarya Özellikleri

Tip	NiHM
Kapasite [mAh]	2700
Voltaj [V]	6.0
Boyutlar [mm]	88 x 19 x 52
Kütle [g]	220

Kapalı Fırar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyi: Kapalı fırar kenarlı kontrol yüzeyi için üst ve alt yüzeyi iten toplamda dört servomotor bulunmaktadır. Seçilen servomotorlar için gerekli gücü sağlayabilecek batarya seçiminde açık fırar kenarlı kontrol yüzeyinde olduğu gibi bataryanın kapasitesi ve voltajı göz önüne alınmıştır. Kapalı fırar kenarlı kontrol yüzeyi üst yüzeyine gerekli yer değiştirmeyi sağlayabilecek torka sahip seçilen servomotor ve özellikleri Çizelge 8' de gösterilmiştir. [<http://www.servodatabase.com>, 2014]

Çizelge 8: Hitec HS-5645MG - Digital High Torque Servomotor Teknik Özellikleri

Hız	0.23 [sec/60°] @4.8 [V]
Tork	10.30[kg-cm] @4.8 [V]
Boyutlar	L:40.4 x W:19.6 x H:37.6 [mm]
Kütle	60 [g]

Kontrol yüzeyinin alt yüzeyi için gerekli yer değiştirmeyi sağlayacak servomotor Çizelge 9' da gösterilmiştir. [<http://www.servodatabase.com>, 2014]

Çizelge 9: Hitec HS-5125MG - Digital Super Slim Wing Servomotor Teknik Özellikleri

Hız	0.17 [sec/60°] @4.8 [V]
Tork	3.00 [kg-cm] @4.8 [V]
Boyutlar	L:30.9 x W:9.9 x H:33.8 [mm]
Kütle	24 [g]

Seçilen servomotorlar için gerekli gücü sağlayabilecek batarya teknik özellikleri Çizelge 10' da sunulmuştur. [<http://www.batteryspace.com>, 2014]

Çizelge 10: Kapalı Firar Kesitli Kontrol Yüzeyinde Kullanılacak Batarya Özellikleri

Tip	NiHM
Kapasite [mAh]	2700
Voltaj [V]	4.8
Boyutlar [mm]	51 x 28.4 x 28.4
Kütle [g]	125

SONUÇ

Tasarlanan açık firar kenarlı kontrol yüzeyine ve kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyine sahip sistemlerin kütleleri karşılaştırılırken, servoların kanat içinde, pillerin ise gövde içinde bulunacağı varsayılmıştır.

Çizelge 11’ de açık firar kenarlı metalik ve kapalı firar kenarlı hibrit kontrol yüzeylerinin toplam olarak sisteme getirdiği kütle karşılaştırması gösterilmiştir.

Çizelge 11: Açık Firar Kenarlı Metalik ve Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyinin Sisteme Getirdiği Kütlelerin Karşılaştırılması

	Açık Firar Kenarlı Metalik Kontrol Yüzeyinin Sisteme Getirdiği Kütle	Kapalı Firar Kenarlı Hibrit Kontrol Yüzeyinin Sisteme Getirdiği Kütle
Kontrol Yüzeyi Kütle [g]	565.9	554.3
Servo Motor Kütle [g]	2 x 76.5	2 x 60+2 x 24
Batarya Kütle [g]	220	125
Sisteme Getirdiği Toplam Kütle [g]	938.9	847.3

Açık firar kenarlı kontrol yüzeyinin, kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyine göre uçağa getirdiği kütlelerin daha fazla olduğu görülmektedir.

Elde edilen bulgular ile, kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyinin açık firarlı kontrol yüzeyine göre sisteme getirdiği toplam kütlelerin 91.6 [g] daha az olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyinde kullanılan Neoprene Rubber malzemesinin daha esnek olmasından dolayı kontrol yüzeyini gerekli miktarda hareket ettirebilecek torkların daha düşük mertebede olmasıdır. Ayrıca, açık firar kenarlı kontrol yüzeyinin, olası sürtünme etkilerini de varsayarak, daha fazla torka ihtiyaç duymasından dolayı büyük servomotor ve pillere olan ihtiyacın artması açık firar kenarlı kontrol yüzeyinin kapalı firar kenarlı kontrol yüzeyine göre sisteme daha fazla kütle getirmesine neden olmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma ‘FP7-AAT-2012-RTD-1, Collaborative Project, Grant Agreement Number: 314139. ‘CHANGE, Combined morpHing Assessment software usiNG flight Envelope data and mission based morphing prototype wing development’ projesi kapsamında desteklenmektedir.

Yazarlardan İlhan Ozan Tunçöz ve Yosheph Yang, yüksek lisans eğitimleri boyunca kendilerini destekleyen TÜBİTAK’a teşekkür ederler.

Kaynaklar

ARA, 2012. *Aircraft Research Association*, <http://www.ara.co.uk>, [28.02.2014 tarihinde erişilmiştir.]

Arslan, P., Kalkan, U., Tıraş, H., Gürses, E., Şahin, M., Özgen, S. ve Yaman, Y., 2014. "Konvansiyonel ve Konvansiyonel Olmayan Kontrol Yüzeyine Sahip İnsansız Hava Aracı Kanatlarının Ağırlıklarının İncelenmesi", SAVTEK2014, 7. Savunma Teknolojileri Kongresi, 25-27 Haziran 2014, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara

Cambridge University Engineering Department, "Materials Data Book", (2003), <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>, [24.02.2014 tarihinde erişilmiştir.]

CHANGE, 2012. *CHANGE FP7 Project*, <http://change.tekever.com/homepage>, [28.02.2014 tarihinde erişilmiştir.]

Gürses, E., Şahin, M., Özgen, S. ve Yaman, Y., 2012. FP7-AAT-2012-RTD-1, AAT.2012.1.1-2: Aerostructures, <http://ae.metu.edu.tr/~yyaman/>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

<http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-7980th>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

<http://www.batteryspace.com/custom-nimh-battery-6v-2700mah-5xa-with-jst-connector.aspx>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

<http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-5645mg>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

<http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-5125mg>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

<http://www.batteryspace.com/customize-nimh-battery-pack-4-8v-2700-mah-4xaa-with-9v-connector.aspx>, [17.07.2014 tarihinde erişilmiştir.]

Tıraş, H., Tunçöz, İ. O., Gürses, E., Şahin, M., Özgen, S. ve Yaman, Y., 2013. "Büyük Oranda Şekil Değiştirebilen Kontrol Yüzeylerinin Yapısal Özelliklerinin Değerlendirilmesi", UHAT2013, II. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi, 29-30 Kasım 2013, Hava Teknik Okullar Komutanlığı – Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu, İzmir

Yaman, Y., Özgen, S., Şahin, M., Seber, G., Nalbantoğlu, V., Sakarya, E., İnsuyu, E. T. ve Ünlüsoy, L., 2009. "Göreve Uyumlu Kanatlara Sahip Bir İnsansız Hava Aracının Tasarımı", UMTS2009, 14. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 275-281, ODTÜ Kuzey Kıbrıs Kampüsü, Güzelyurt, KKTC