

ÖZGÜN HAVA ARACI GELİŞTİRME VE SERTİFİKASYONU SÜRECİNDE TAM BOY YAPISAL STATİK VE YORULMA TESTLERİ

Umut Yılmaz ÇİMEN*
TUSAŞ, Ankara

Nurdan ANZERLİOĞLU†
TUSAŞ, Ankara

Gülay COŞANSU‡
TUSAŞ, Ankara

ÖZET

Bu çalışmada Başlangıç Temel Eğitim Uçağı, Hürkuş sertifikasyon sürecinde icra edilen tam boy test faaliyetleri irdelenerek hava aracı geliştirme ve sertifikasyonu kapsamında önemli yer tutan yapısal test süreçleri ele alınmıştır. Yapısal test faaliyetlerinden çıkan sonuçların tasarlanan hava aracının ve mühendislik hesaplarının doğrulanması ve sertifikasyon dayanım kriterlerinin karşılandığının gösteriminde kullanılması amaçlanır. Bu kapsamda yapılan test faaliyetlerinin, yeni gelişen özgün hava aracı geliştirme projeleri ile olgunlaşarak, gelecek projelere temel oluşturacağını ve kalıcı süreçler haline geleceği değerlendirilmektedir.

GİRİŞ

Hava aracı tasarım ve sertifikasyonu sürecinde test aktiviteleri, yapılan tasarımların doğrulanması, dayanım ve performans gösterimi ve sertifikasyon kriterlerinin sağlanması açısından çok önemli yer tutmaktadır. Söz konusu test kampanyaları hava aracı geliştirme projesinin birçok farklı alanında eş zamanlı ya da birbirini takip eder şekilde yürütülmektedir. Bu test faaliyetlerine uçuş, sistem, yazılım, çevresel ve yapısal testler örnek olarak verilebilir. Söz konusu test kampanyaları oldukça uzun takvimli, detaylı mühendislik çalışması gerektiren ve maliyetli süreçlerdir. Yapısal test kampanyalarının içerisinde ise özellikle önemli bir yer tutan tam boy statik ve yorulma testleri yer almaktadır. Tam boy test faaliyetleri çok ciddi mühendislik çalışması, tanımlı ve olgun süreçler, yetişmiş ve tecrübeli bir ekip, kapsamlı donanım ve tesis alt yapısı gerektirmektedir.

Bu bildiriye ele alınan tam boy uçak yapısal test aktiviteleri, hava aracı tasarımının, mühendislik hesaplarının ve mukavemetinin doğrulanmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla hava aracı tasarımının belirli olgunluk seviyesinden itibaren, yapısal geliştirme testleri ile başlayan ve kampanyanın sonunda ise tam boy yapısal testler ile noktalanacak olan test faaliyetleri planlanması ve tasarım süreci yer almaktadır. Sertifikasyon süreçleri ise ortaya koyduğu çeşitli dokümanlar ile bu faaliyetlerin ana hatlarını belirlemektedir. Söz konusu süreçler FAR (Federal Aviation Regulation) ya da CS (Certification Specifications) gibi otorite dokümanları ile yürütülmektedir. Bu dokümanlara CS23 [EASA, 2009], CS25 [EASA, 2009], FAR23 [FAA, 2006], FAR25 [FAA, 2006] örnek olarak verilebilir.

Havacılık alanında sertifikasyon süreçleri yerel ve/veya uluslararası otoritelerce belirlenerek yürütülür ve hava araçlarının uçuş sertifikaları bu süreçler doğrultusunda ilgili otorite tarafından verilir. Ayrıca sertifikasyon süreçleri doğrultusunda henüz sertifika almamış hava aracının ilk uçuşu da bazı test adımlarının başarı ile tamamlanmasına bağlanabilir. Yapısal test alanından bakıldığında bu testlere ilgili statik, yer titreşim ve hava aracı yük kalibrasyon testleri sayılabilir. Ülkemizde sivil havacılık alanında yetkilendirilmiş otorite Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Avrupa'da EASA (European Aviation Safety Agency) ve Amerika'da ise FAA'dır (Federal Aviation Administration). Askeri sertifikasyon süreçleri ve otorite merkezleri sivil havacılığa göre farklılık göstermekle beraber aynı ana fikir üzerinden faaliyetlerini yürütürler. Askeri otoritelere örnek olarak İngiliz askeri havacılık otoritesi MAA (Military Aviation Authority), Amerika'da FAA Military Certification Office, Avrupa'da EDA (European Defence Agency) ve MAWA (Military Airworthiness Authorities) sayılabilir.

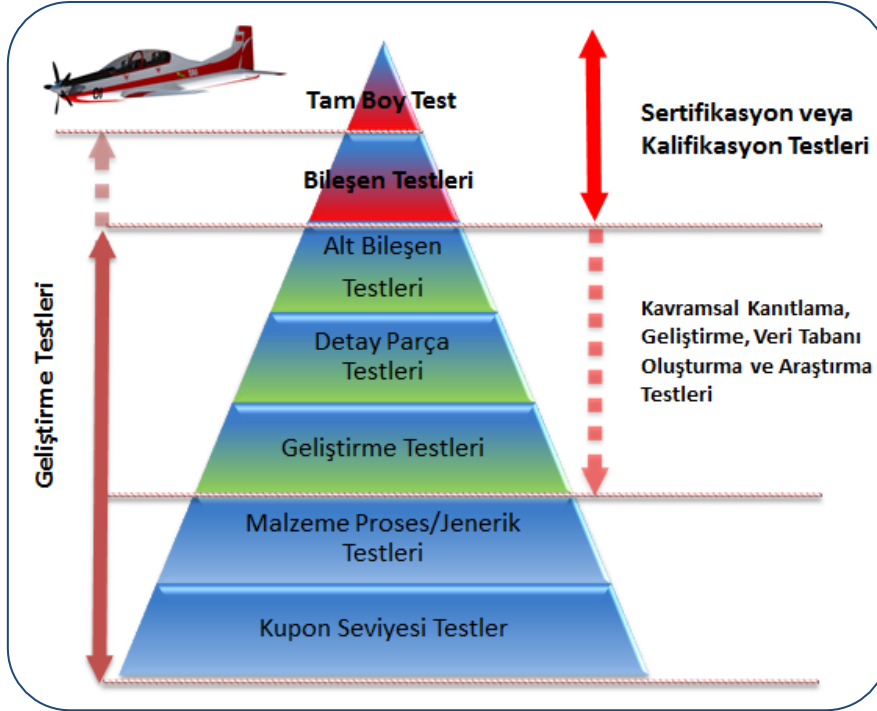
*TUSAŞ, Yapısal Test Şefi, E-posta: ucimen@tai.com.tr,

†TUSAŞ, Yapısal Test Kontrol ve İcra Lideri, E-posta: nanzerlioğlu@tai.com.tr

‡TUSAŞ, Yapısal Test Düzeneği Tasarım Lideri, E-posta: gcoşansu@tai.com.tr

ÖZGÜN HAVA ARACI GELİŞTİRME SÜRECİNDE YAPISAL TEST FAALİYETLERİ

Yapısal test aktiviteleri tıpkı hava aracı tasarım projesi gibi kapsamlı bir proje olarak yürütülmelidir. Söz konusu yapısal test süreçleri, projelerin kapsamı ve tasarlanan hava aracının özelliklerine bağlı olarak 3 ila 6 sene gibi uzun süreler alabilir. Bu takvim kapsamında yürütülen yapısal test türleri bir piramit üzerinden açıklanmakta ve hiyerarşik olarak kategorize edilmektedir (Şekil 1). Hava aracı sertifikasyon faaliyetleri içerisinde yapısal test piramidinde de görüldüğü gibi kupon seviyesi malzeme testlerinden tam boy hava aracı testlerine kadar bir dizi test icra edilir. Bu test faaliyetlerinin test piramidinde belirtildiği gibi bir bütünlük arz etmesi çok önemlidir. Bu bilgi hiyerarşisinde olması gereken bir veri ya da faaliyetin yürütülmemesi, test sonuçlarını direkt etkiler ve dolayısı ile mühendislik hesaplarının doğrulanmasını güçleştirir.



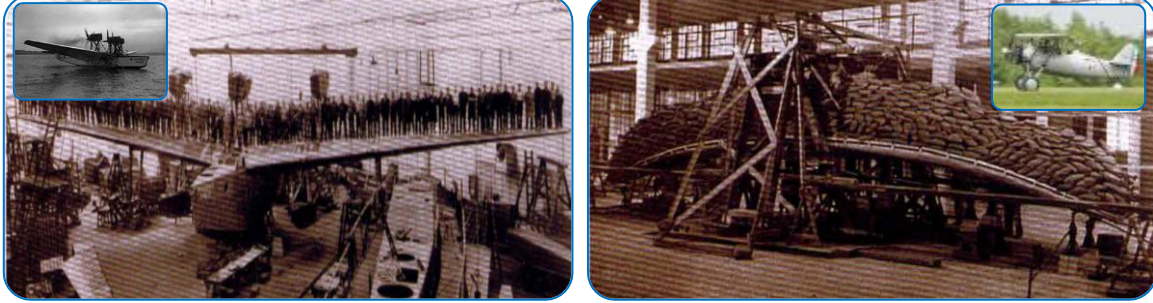
Şekil 1: Yapısal Test Piramidi

Yapısal test kampanyası içerisinde zaman, bütçe ve yürütülen mühendislik faaliyetleri düşünüldüğünde ana maddenin tam boy statik ve yorulma testleri olduğu değerlendirilebilir. Bir yapısal test kampanyasında hava aracı testleri tümleşik ya da kanat ve gövde gibi ana bileşenler ayrı ayrı test edilebilir. Bu iki yöntemi başarı ile uygulamak kendi içerisinde farklı bilgi birikimi ve tecrübe gerektirmekle beraber yöntemlerin genel hatları ile karşılaştırılması aşağıdaki tabloda olduğu gibi özetlenebilir (Tablo 1). Her bir projede test faaliyetlerinin en başında izlenecek yol ve yöntemin kararı, tasarlanan hava aracının özellikleri, sertifikasyon kriterleri, maliyet ve takvim ihtiyaçlarına bağlı olarak verilmeli, tüm doğrulama ve sertifikasyon süreçleri de bu doğrultuda planlanıp yürütülmelidir.

	Tümleşik Test Numunesi	Bileşenlere Ayrılmış Test Numunesi
Tasarım ve Test Hazırlık Takvimi	Daha Uzun	Daha Kısa
Test İcra Takvimi	Daha Kısa	Daha Uzun
Maliyet	Daha Düşük	Daha Fazla
Mühendislik Faaliyeti/Bilgi Birikimi	Daha Yüksek	Daha Düşük
Risk	Daha Fazla	Daha Az

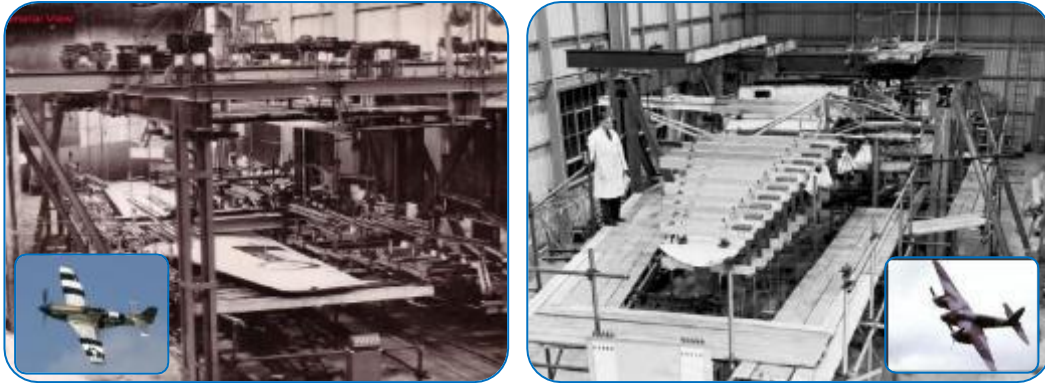
Tablo 1: Tümleşik/Bileşen Tam Boy Yapısal Test Karşılaştırması

Sertifikasyon ve kalifikasyon süreçleri kapsamında tasarlanan test düzenekleri, test isteklerini ve koşullarını tam anlamıyla yerine getirmek ve test üzerinden doğru sonuçları alabilmek için tasarlanır. Hava araçlarının gelişmesi ve buna bağlı olarak sertifikasyon kriterlerinin de sürekli güncellenmesi ile test düzeneklerinin tasarımı ve teknolojisi de gelişmektedir. Bu aşamada geçmişten günümüze tam boy test aktivitelerine birkaç örnek vermek uygun olacaktır.



Resim 1: "Rohrbach-Romar Flying-Boat / Dewoitine D-27" Tam Boy Test (1920'ler)

Uluslararası alanda yapısal test faaliyetleri incelendiğinde, 20. yüzyılın başlarında başlayan hava aracı yapısal test faaliyetleri söz konusudur. Bu faaliyetlerin günümüze göre daha ilkel metotlar ve süreçler ile yürütüldüğü söylenebilir. Örneğin geçmişte yapıların yüklemeler kum torbaları ile yapılmaktayken, günümüze gelindiğinde ise gelişen havacılık sektörü, test ekipmanları ve bilgi birikimi nedeniyle test yöntem ve düzeneklerinin daha gelişmiş bir hal aldığı gözlemlenebilir.



Resim 2: "Mustang P-51 / Mosquito" Kanat Tam Testleri (1940-1960)



Resim 3: "AIRBUS A380/ Boeing P-8A Poseidon" Tam Boy Testleri (2000'ler)

Ülkemizde görece daha yeni olan havacılık alanında test faaliyetlerinin çok uzun geçmişi bulunmamakla beraber yürütülen özgün projeler kapsamında geniş alana yayılan test faaliyetleri yürütülmekte, eksik alt yapı ve yetişmiş personel ve bilgi birikimi açıkları hızla kapatılmaktadır. Ülkemizde havacılık alanında yürütülen tam boy yapısal test faaliyetlerinin hızla gelişimi ise aşağıdaki gibi birkaç örnek ile açıklanabilir.



Resim 4: "TUSAŞ, UAV" Kanat Statik Testi (2001)



Resim 5: "TUSAŞ, A400M / A350" Aileron, Spoiler Sertifikasyon Testleri 2008-2013



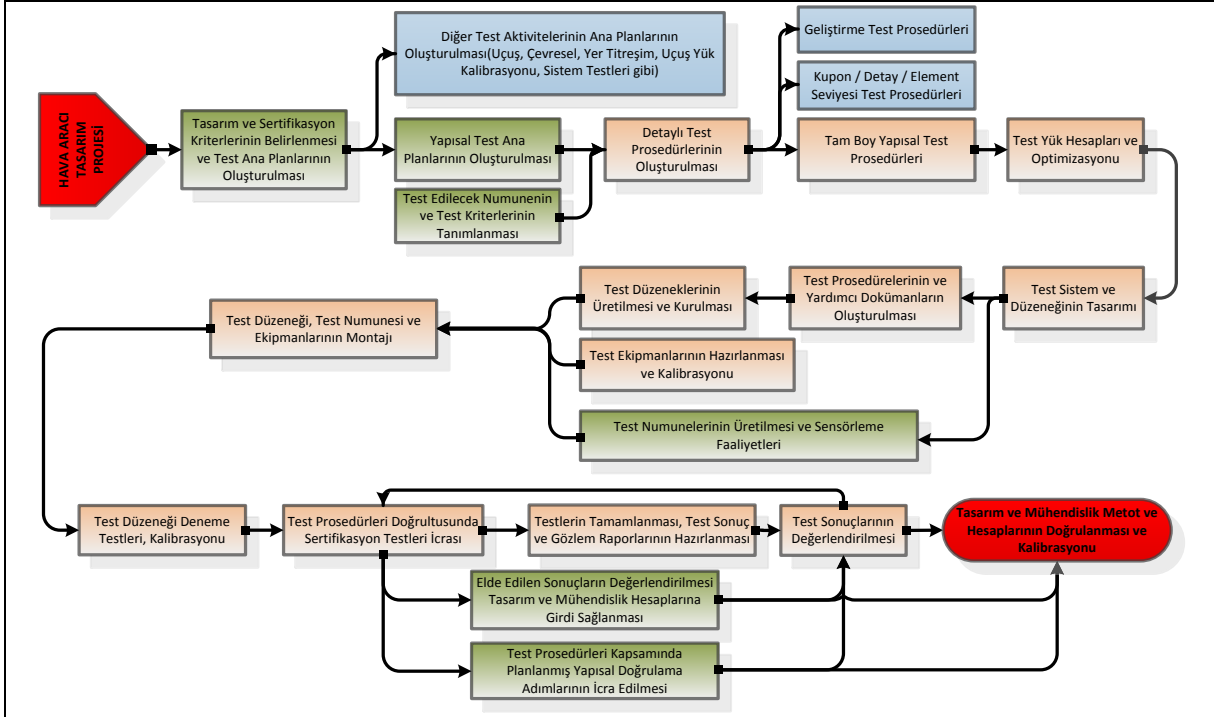
Resim 6: "TUSAŞ, Hürkuş" Geliştirme ve Bileşen Sertifikasyon Testleri 2010-2013



Resim 7: "TUSAŞ, Hürkuş" Tam Boy Sertifikasyon Testleri 2012-2014

Tam Boy Yapısal Test Süreçleri

Sertifikasyon test faaliyetlerinin ana aktörü olan tam boy yapısal testleri daha önce belirtildiği gibi uzun soluklu ve yüksek mühendislik bilgi birikimi gerektiren maliyetli bir faaliyet olduğundan izlenecek ve uygulanacak süreçlerin önceden belirlenmesi ve planlanması faaliyeti başarısı açısından oldukça önemli bir konudur. Tam boy yapısal test faaliyeti için izlenecek ana süreç aşağıdaki gibi bir akış şeması ile özetlenebilir (Şekil 2).



Şekil 2: Yapısal Test Genel Aktivite Akış Şeması

Yapısal sertifikasyon testlerinin planlanması: Hava aracı tasarım projesi kapsamında yürütülecek testlerin, belirlenen sertifikasyon ve kalifikasyon kriterlerine bağlı olarak planlanması, tanımlanması ilk adımdır. Bu adımda proje kapsamında mühendislik hesaplarında ihtiyaç duyulan verilerin üretileceği, hesapların doğrulanacağı, sertifikasyon ve kalifikasyon kriterlerinin karşılanacağı tüm testler, ana test planında toplanır. Bu plan tüm sertifikasyon ve doğrulama sürecinin tanımlanmasında önemli rol oynamaktadır. Söz konusu plan içerisinde yer alan test aktivitelerine ana başlıkları ile malzeme, çevresel, geliştirme, yapısal, yer titreşim, sistem, uçuş yük doğrulama ve uçuş vb. testler sayılabilir.

Hava aracı tasarım ve analiz faaliyetlerinde yeterli olgunluk seviyesine gelindiğinde ise her bir test için test istek dokümanlarının detaylandırılarak yazılması gerekmektedir. Yayınlanan bu dokümanlarda testin amacından, isteklerinden, test yüklerinden, sınır koşullarından, test numunesinden ve istenilen sonuçlara kadar gerekli tüm bilgiler yer almalıdır. Bu doküman tasarlanacak, icra edilecek test ve testlerin ana referans dokümanı olarak kullanılır. Test isteklerinin detaylı ve olgun şekilde hazırlanması ana aktivitelerinin başlangıcı olarak değerlendirilebilir.

Test prosedür ve yardımcı dokümanlar: Test isteği ve sertifikasyon dokümanları doğrultusunda icra edilmesi istenen testin ana dokümanı “Yapısal Test Prosedürü” olarak adlandırılır. Söz konusu doküman testin temel dokümanıdır ve çalışmaların olgunluk seviyelerine bağlı olarak detaylandırılarak yayımlanır. Bu ana doküman kendi içerisinde test ile ilgili birçok detayı barındırdığı gibi referans ve ekleri ile tüm testin dokümantasyon açısından bütünlük sağlamasına yardımcı olur. Bir test prosedüründe temel olarak işlenmesi gereken konular testin amacı, test numunesi bilgileri, test düzeneği tasarım bilgileri, sensör ve test kontrol sistemi bilgileri, test yükleri ve yükleme senaryolarını ve testler boyunca alınacak sonuçlar sayılabilir. Tam boy yapısal test faaliyetlerini girdiler ve çıktılar açısından irdelediğimizde karşımıza çıkan tablo aşağıdaki gibidir (Tablo 2).

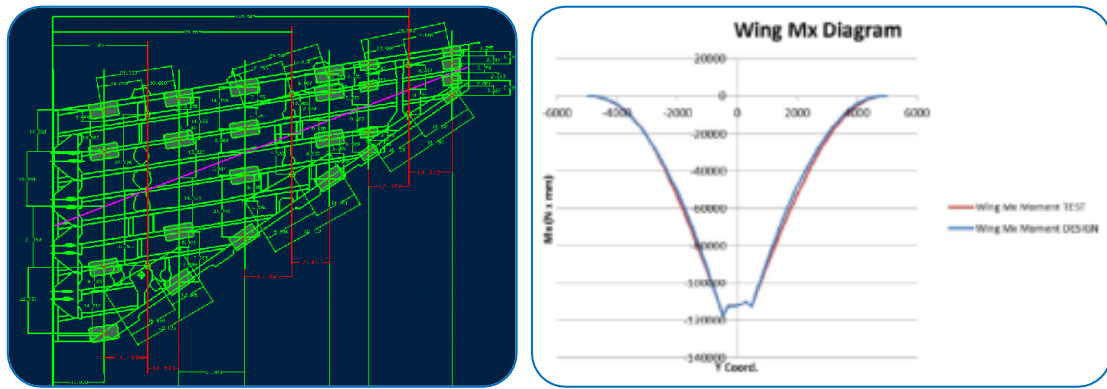
GİRDİLER	ÇIKTILAR
Proje Test Ana Planı	Test Prosedür Dokümanı
Test İstek Dokümanları	Test Düzeneği 3D Modeli
Test Numunesi Tanımı ve Konfigürasyonu	Test Düzeneği Üretim ve Montaj Resimleri
Test Numunesi Koşullandırma	Testlerde Uygulanacak Standart Metotlar
Test Yükleri ve Sınır Koşulları	Sensör Uygulama Resimleri
Sensör ve Algılayıcı İstekleri	Test Yük Dokümanı
Yapay Hasar Tanımı	Test Ön Tasarım Dokümanı
Test Numunesi Muayene Tanımları	Test Kritik Tasarım Gözden Geçirme Dokümanı
Test Koşulları ve İcra Sıralaması	Test Düzeneği Montajı Yardımcı Dokümanı
Test Başarım Kriterleri	Test Düzeneği Stres Raporu
İstenilen Test Sonuçları	Test Performansı Protokol Dokümanı
	Teste Hazırlık Gözden Geçirme Dokümanı
	Test Numunesi Uygunluk Belgesi
	Test Numunesi Sensör Uygulama Raporları
	Test Sistemi Kontrol Dokümanları
	Test Sonuç Raporları
	Görsel ve Hasarsız Muayene Raporları
	Test Olay Kayıtları
	Test Hasar Protokolü
	Test Modifikasyon Dokümanı
	Test Günlükleri
	Test Gözlem ve Şahitlik Belgeleri
	Test Numunesi Saklama Anlaşması
	Test Sonuçları (veri, resim, video vb.)
	Test Kapanış Dokümanı
	Test Sonuç ve Değerlendirme Raporları

Tablo 2: Test Faaliyeti Girdileri ve Çıktıları

Girdi ve çıktı tablosundan anlaşılacağı gibi test faaliyeti bir test isteği ile başlamakta ancak test faaliyetleri boyunca birçok çıktı üretilmektedir. Bu çıktıların iki temel dokümanı ise “Test Prosedürü” ve “Test Sonuç Raporu” olarak belirtilebilir.

Yapısal test ön tasarımı: Test isteğinin tanımlanmasının ardından test faaliyetleri ivmelenecek artmaya başlar. Bu faaliyetlerin ilk aşaması “Test Ön Tasarımı” olarak adlandırılır ve genel hatları ile istenilen testin kavramsal olarak tasarlanması, sistem ihtiyaçlarının ortaya çıkartılması ve test yük hesaplarının yapılmasını içerir. Ayrıca ön tasarım aşamasında kavramsal tasarımı belirlenen test için gerekli test donanımının mimarisinin planlanması, tasarlanması ve hatta gerekli ise tedarik faaliyetleri de yürütülmelidir.

Ön tasarım faaliyetlerinin en önemli çıktısı test yüklerinin hesaplanması ve optimize edilmesi olarak değerlendirilebilir. Bu faaliyet ile test numunesi üzerinde istenilen tüm yük koşullarının belirlenmiş hata yüzdeleri dâhilinde karşılanacağı garanti altına alınmış olur. Ayrıca hesaplanan yükler testlerde kullanılacak ekipmanların seçimi ve tüm test düzeneğinin tasarımında en temel bilgiyi oluşturur. Yapılan hesapların ve çıktılarının bir doküman ile yayınlanarak kayıt altına alınması daha sonra icra edilecek aktivitelere temel oluşturması açısından önemlidir.



Şekil 3: Test Yük Hesap ve Optimizasyonu Çıktısı Örneği

Test numunesi montajı ve sensör uygulamaları: Test düzeneği hesap ve tasarımlarına paralel olarak test numunesinin sensör ihtiyaçları olgunlaştırılarak test numunesine montajı planlanmalı ve icra edilmelidir. Testi icra edilecek numune bir hava aracı olduğundan sensör yerleşimin önemli bir kısmı uçak montaj hattında ilgili montaj aşamalarına bağlı olarak uçağın içinde gerçekleştirilir. Uçağın dış bölgelerinde yer alan ve daha sonra erişimi mümkün olan sensörler ise uçağın montajı bittikten sonra icra edilebilir. Yapılan bu faaliyette test sensörlerinin yerlerinin, tiplerinin ve adlandırmalarının dokümante edilmiş ve kayıt altına alınmış olması sensör uygulamalarının ve icra edilecek testlerde alınacak verilerin sağlığı açısından çok önemlidir.

Tam boy bir testte test numunesinin boyutlarına bağlı olarak hava aracı üzerine birkaç bin civarında sensör uygulaması yapılabilmektedir. Bu sensörlerin uygulamasında belirli süre ve dokümanlar ile planlı çalışmak, sensör ve kablolarının karışmaması ve test verilerinin yönetilmesi açısından önem arz etmektedir. Sensör uygulaması sırasında test isteğinde belirtilen kriterlere uyulmadığı durumlar da yaşanabilir. Bu tip durumlarda, test isteğinde bulunan birim ile test grubu koordinasyon kurarak sensörün yerinin kaydırılması veya tipinin değiştirilmesi gibi kararları ortak alır ve yine yapılan düzeltmeyi kayıt altına alarak dokümante eder.

Sensör ve algılayıcı uygulamaları hava aracı ve testlerin içeriğine göre değişiklik göstermekle beraber daha çok gerinim pulu, yük hücresi, gerinim pulu devresi (moment, bükme, kesme yükü, sıcaklık vb. ölçümler için), deplasman, basınç, eğimölçer gibi sensörlerin uygulaması yapılabilir. Bu sensör uygulamaları içerisinde yer alan gerinim pulu devresi özellikle mühendislik bilgi birikimi açısından önem arz etmektedir. Söz konusu devrenin tasarımı, kurulumu ve kalibrasyonu özel bir işlem ve mühendislik faaliyeti gerektirmektedir. Bu

uygulama sayesinde hava aracı üzerinde bulunan herhangi bir yapısal parça operasyon sırasında üzerindeki yükleri okur hale getirilebilir.



Resim 8: Test Numunesi Sensörleme Faaliyetleri

Yapısal test kritik tasarımı: Geline bir sonraki aşama “Test Kritik Tasarımı” olarak adlandırılır ve temel test isterleri, tasarımları, hesapları ve verilerinin dondurulmuş olması beklenir. Yapılan tüm tasarımlar yapısal olarak analiz edilerek uçak yapısında olduğu gibi yapısal dayanım kriterlerine uygunluğu ilgili otoriteye kanıtlanır ve doğrulanır. Ayrıca tüm test düzeneği üretim resim ve modelleri bir veri paketi halinde hazırlanır. Yapılan toplantı ve paneller ile tasarlanan test faaliyeti için gerekli onaylar alınarak kritik tasarım süreci tamamlanır. Söz konusu onaylar test süreçlerinde planlanmış olan “Kritik Tasarım Gözden Geçirme” dokümanı üzerinden yapılır ve bu doğrultuda test düzeneklerinin üretimi, gerekli ise test sistemlerin tedarik aktiviteleri başlatılır. Bu nedenle test faaliyetinin bu aşamasından sonra test tasarımını temelden etkileyecek değişikliklerin olmaması beklenir. Ters bir durumda ilgili değişikliklerin proje maliyeti ve takvimine direkt etkili olacağı unutulmamalıdır.



Resim 9: Test Tasarım Faaliyetleri

Test düzeneklerinin üretilmesi ve montajı: Yukarıda belirtilen aktivitelerin ardında test sistemlerinin ve düzeneklerinin tasarıma uygun şekilde üretilmesi, kurulması, devreye alınması ve testlerde kullanılacak ekipmanların tedarik faaliyetleri yürütülür. Ayrıca bu aşamaya gelindiğinde test edilecek hava aracının tüm sensör uygulama ve gerekli tüm montaj faaliyetleri bitmiş ve test düzeneğine yerleşim için hazırdır. Testlerde kullanılacak gerekli tüm test ekipmanlarının kalibrasyonu, ön hazırlıkları ve yardımcı yapıların test düzeneğine montajı bu aşamada tamamlanmış olmalıdır.

Yürütülen tüm montaj çalışmaları, test düzeneği tasarımına uygun yapılmalı ve kalite kontrolü gerekli ölçümler ile kayıt altına alınmalıdır. Tasarıma uygun kurulmuş test düzeneğinin sağlıklı test verisi için ilk koşul olduğu unutulmamalıdır. Montaj çalışmalarında test numunesinin hasar görmemesi ve test düzeneğinin tasarıma uygun çalışmasına azami özen gösterilmelidir. Montaj sırasında yaşanan tüm olaylar ve sapmalar mutlaka kayıt altına alınarak düzeltici işlemler yine daha önceden ortaya konmuş süreçler doğrultusunda ele alınarak yürütülmelidir.



Resim 10: Test Numunesi ve Ekipman Montajı

Sertifikasyon ve kalifikasyon testlerinin icrası: Test faaliyetlerinin son aşaması olan test icrası da yine uzun ve meşakkatli bir süreçtir. Sürecin ilk adımı test düzeneğinin doğrulanması ve kabulüdür. Tam boy yapısal test düzeneğinin doğrulanması ve kabulü için yürütülen faaliyetler “Test Hazırlık Gözden Geçirme” aktivitesi olarak adlandırılır ve bu kapsamda izlenecek yol ve prosedürler planlanmış ve dokümente edilmiş süreçlerle işletilir. Söz konusu prosedürler ile test düzeneği ve test planları bir dizi kontrolden geçirilir. Kontroller sonucu uygun olduğu değerlendirilen test düzeneği ile deneme testlerinin icrası aşamasına geçilir. Bu aşamada test düzeneğinin tasarıma ve istelere uygun çalıştığı doğrulanır. Problem görülen noktalar ise gerekli düzeltici önlemler ile giderilir ve kayıt altına alınır.

Tüm kontrol ve deneme testleri sonucunda toplanan veri ve bilgilerin değerlendirileceği teste hazırlık ve gözden geçirme toplantı/ları düzenlenir. Bu toplantıların amacı gerçek test koşullarının yüklenmesine geçilmesinde herhangi bir engel konunun olup olmadığını bir prosedür doğrultusunda gözden geçirmek ve test başlangıç kararını alabilmektir. Yürütülen bu faaliyetin ana konuları, test dokümantasyonunun, test numunesinin, test yüklerinin ve yükleme aparatlarının, test kontrol ve veri toplama sistemlerinin uygunlukları ve ayrıca gerekli güvenlik, çevresel etkiler ile risk analiz sonuçlarının değerlendirilmesidir.

Test numunesine yük uygulama işlemlerinin, test edilen parçanın takvimsel ve maliyet olarak çok değerli olmasından dolayı her bir test koşulu için adım adım ve kontrollü gerçekleştirilmesi çok önemlidir. Her bir uygulama belirlenmiş protokol ve prosedürler çerçevesinde icra edilmeli ve elde edilen veriler titizlikle yorumlanmalıdır. Ayrıca ilgili prosedürler ile testler sırasında yaşanan olay ve sorunların nasıl yönetileceğinin belirtilmiş olması, hava aracı tasarımına doğru geri besleme sağlanması açısından önemlidir. Bu nedenle hiçbir veri, olay ve sapmanın gözden kaçmadan uygun şekilde kayıt altına alınması ve yönetilmesi gerekir.

Test kampanyasında hava aracının tasarımını etkileyen birçok farklı yükleme ve test koşulu test edilir. Bu koşulların bir kısmı hava aracı yapısı açısından kritik yükleme adımları olarak değerlendirilir. Sertifika ve ilgili otorite sorumluları özellikle bu kritik yükleme koşullarının icrasına katılım sağlayabilirler. Bu doğrultuda sertifikasyon otoriteleri ile yapılan anlaşmalar gereği söz konusu test adımları, uygulama tarihlerinin belirli bir süre öncesinde resmi olarak duyurulması gerekebilir. Ayrıca sertifikasyon otoriteleri ile yapılan anlaşmalara bağlı olarak bazı test koşulları uçağın ilk uçuşundan önce yapılması şart koşulabilir. Bu nedenle ilk uçuş öncesi tamamlanması gereken test adımları takvimsel olarak önceliklendirilmeli ve proje test takvimleri bu yönde yönetilmelidir.

Test sonuçlarının raporlanması: Test aktivitelerinin tamamlanmasından sonra elde edilen tüm veriler ve olaylar süreçlere uygun şekilde raporlanmalıdır. Test kampanyası boyunca birden fazla test sonuç raporu da yazılabilir. Özellikle uzun süren ve birçok yükleme koşulundan oluşan tam boy yapısal test kampanyalarında sonuçların, tek bir rapor ile testin sonunda yayımlamak uygun olmayacaktır. Bu nedenle test kampanyasının belirlenmiş aşamalarında ara test sonuç raporları çıkartmak daha uygun olacaktır. Yayımlanan rapor hava aracı tasarım ve analiz aktivitelerinin doğrulanmasında, sertifikasyon uyum gösteriminde ana referans olarak kullanılacağından uygun formatta ve gerekli bilgi ve referansları eksiksiz içerir şekilde hazırlanması önemlidir. Ayrıca elde edilen test sonuçları projenin ilerleyen safhalarında uçak tasarımının optimize edilmesi veya hafifletilmesi gibi faaliyetlerde de önemli bir referans olarak kullanılabilir.

SONUÇ

Havacılık alanında özgün projelere imza atmanın yolu, projelerin uluslararası normlara uygun olarak yürütülmesi ve sertifikalandırılmasından geçmektedir. Bu süreçte başarılı olmanın en önemli aktörlerinden biri ise hava aracı tasarımının bir parçası olarak düşünülmesi gereken test faaliyetlerinde de önemli mühendislik alt yapı çalışmalarının yürütülmesidir.

Uluslararası alanda yapısal test ve özgün ürün süreçlerinde yaklaşık yüz yıllık bir alt yapı ve bilgi birikimi bulunmaktadır. Bu alanda ulusal bilgi birikimimiz kesintilere uğramak ile birlikte onlu yıllarla ifade edildiğinde tecrübe ve altyapımızın yeterli olmadığı düşünülebilir. Ancak havacılık alanında yeni ve özgün projelere imza atılan bir dönemde, test faaliyetlerinin önemi yarattığı katma değer, tasarıma ve mühendislik hesaplarına kattığı pozitif geri beslemenin görülmesi ile giderek artan bir şekilde kavranmaktadır. Bu kapsamda Hürkuş projesinde de olduğu gibi alt yapı ve yetişmiş personel alanında büyük yatırımlar yapılarak uluslararası normlara uygun test aktiviteleri gerçekleştirilmektedir. Bu farkların hızlı bir şekilde kapanması ve kalıcı adımların atılması için test faaliyetlerinin planlanmış ve süreçleri tanımlanmış yöntemler ile takip edilmesi, yetkin ve tecrübeli test işgücünün idamesi, yüksek kabiliyetli ulusal test altyapısı ve tesislerin kurulması ve sürekliliğinin önemi büyüktür. Günümüzde yürütülen test çalışmaların ise gelecekte yapılacak test faaliyetlerinin tabanını, bilgi birikimini ve hazır süreçlerini oluşturacağı da unutulmamalıdır. Bu nedenle günümüzde yürütülen çalışmaların, hem güncel test ihtiyaçlarını gidermesi hem de gelecekte kullanılacak süreçlerin kalıcı hale getirilmesindeki rolü çok büyüktür.

Ülkemizin özgün havacılık projelerindeki motivasyonu göz önüne alındığında, test alanında da aynı özgün alt yapı ve bilgi birikimin geliştirilerek oluşturulması kaçınılmaz bir ihtiyaç olarak değerlendirilmektedir.

Kaynaklar

EASA, 2009. *CS23 Certification Specification for Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes, Amendment 1*

EASA, 2009. *CS25 Certification Specification for Large Aeroplanes, Amendment 6*

FAA, 2006. *FAR23 Airworthiness Standart: Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Category Aeroplanes*

FAA, 2006. *FAR25 Airworthiness Standart: Transport Category Aeroplane*