

## HAVACILIKTA SERTİFİKASYON GEREKSİNİMLERİ VE 16G İLERİ DİNAMİK ÇARPIŞMA TESTİ

Özgür Özlü<sup>1</sup>, Vezir Ayhan\*<sup>2</sup>, İdrisCesur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uçak Koltuk Üretimi A.Ş. , Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Sakarya, Türkiye

\*Corresponding author: Address: Sakarya University Technical Education Faculty, 54187, Serdivan, Sakarya, TURKEY. E-mail address: vayhan@sakarya.edu.tr

**Özet:** Uluslararası hava sahasında hizmet vermek isteyen firmalar, o ülkelerin çeşitli güvenlik kriterlerini sağlamakla yükümlüdürler. Bu sebeple, üretmiş oldukları hava araçlarını veya araç donanımlarını gereksinimlere göre çeşitli testlere tabi tutarak sertifikasyon süreçlerini tamamlamak zorundadırlar. Havacılık sektöründe başarı, uçuş güvenliğinin diğer bir değişle insan güvenliğinin maksimum seviyede sağlanmasıyla ölçülmektedir. Sektörde koltuk sertifikasyonu, uçağın acil iniş şartları altında koltuğa gelen çeşitli yükleri karşılayabilme yetkinliğine göre değerlendirilir. Bu çalışmada, sonlu elemanlar analizi yapılmış bir koltuğun tasarım doğrulama aktivitesi yapılmıştır. Federal Havacılık İdaresi ve Avrupa Hava Güvenliği ajansının ortaklaşa belirledikleri kriterlere göre üretilen koltuk için tasarım doğrulama aktivitesi olan çarpışma testlerinden birisi olan 16g ileri dinamik test koşullarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular standartlarda tanımlanmış sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Uçak koltuğu , 16g dinamik test , sertifikasyon testleri*

**Abstract :** Companies aspiring to serve in international air space are liable to ensure various security criteria. Therefore, they have to put air vehicles or vehicle equipments they have produced through various tests according to requirements and they have to finalize certification process. In aviation industry, success criterion is specified by ensuring air worthiness; in other words maximizing human security. In aviation business, seat certification is evaluated in terms of its competency in withstanding various loads during emergency landing conditions. In this study, design verification activity of the seat having finite element analysis is carried out. One of the collision test which is design verification activity for the seat produced in accordance with criteria determined by Federal Aviation Administration and European Aviation Safety Agency mutually, is carried out under 16 g advanced dynamic test conditions. Findings obtained are compared to limits values defined in standards.

**Keywords:** *Airplane seat, 16g dynamic test, certification tests*

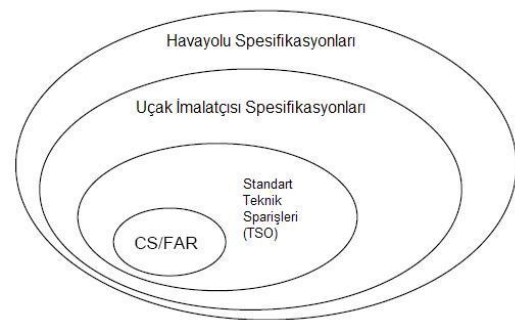
## 1.Giriş :

Ülkemizde hava taşımacılığı kişi başına düşen yıllık ekonomik gelirin artmasıyla birlikte yükseliş trendine girmiştir. Bu durum gelişmekte olan tüm dünya ülkeleri içinde aynı şekildedir. İnsanlar yolda geçen süreyi kayıp zaman olarak görmekte ve imkanlar dahilinde daha iyi şartlarda seyahat etmek istemektedirler. Bu da havacılık sektörünün hızlı bir şekilde büyümesine katkı sağlamaktadır. Bunun en güncel örneği, şüphesiz Türk Hava Yollarının 2013 yılında 117 satın almak üzere uçak üretici firması olan Airbus ile yaptığı anlaşmadır [1].

Gelişen hava trafiği uçakların özellikle güvenlik bakımından yapısal öğelerinin belgelendirilmesi ve değerlendirilmesi için çok sayıda yasal düzenlemeler gerektirmektedir [2]. Günümüzde sivil havacılık standartlarını belirleyen, yorumlayan ve bu konuda öncü konumda olan en önemli iki otorite şüphesiz Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve Avrupalı eşdeğeri Avrupa Hava Güvenliği ajansı (EASA)'dır. Bu iki kurum ortak bir standart oluşturmak adına Spesifikasyon belgelendirme (SB) ve Federal havacılık düzenlemeleri (FHD) gibi bazı hususlarda anlaşmışlardır [3,4]. SB / FHD uluslararası hava ticaretinde, örneğin mürettebat lisans düzenlemelerini, uçuş eğitim prosedürünün koşullarını ve uçakların hava ticaretinde işlemesi için uçuşa elverişlilik gibi bütün gereksinimler için özerk çalışmalarıdır[2]. ABD Ulaştırma Bakanlığına bağlı olarak çalışan FAA Kurumu ayrıca ABD' deki havacılık faaliyetlerini en iyi şekilde düzenlemek, yeni teknolojiler kullanarak havacılığın geliştirilmesi, havacılık ile ilgili yönetmeliklerinin uygulanmasını denetlenmekle de yükümlüdür.

Havacılıkta kullanılan koltuklar için performans standartlarını SAE 8049 tanımlar. SAE 8049 ilgili Federal Havacılık Kuralları 14CFR bölüm 23, bölüm 25, bölüm 27 ve bölüm 29' da tanımlanmış yönetmeliklerden oluşturulmuştur. SAE 8049 bir koltuğun sertifikasyonu için en az dökümantasyon gereklerini, minimum performans standartlarını ve yeterlilik gereksinimlerini tanımlar. Bütün

bunlardan amaç, normal operasyonel yükler altında konfor, dayanıklılık ve yolcu güvenliğinin maksimum seviyede sağlanmasıdır . Ayrıca, bir koltuk-yolcu ikilisi, uygulanmış kırılma yükleri ve belirlenen dinamik darbe test koşullarına maruz kaldığında, koltuğun yolcu koruma seviyesi veya durumunu tespit etmek için, test ve değerlendirme kriterlerini tanımlamaktır [5]. Firmaların tasarladıkları koltukların emniyet durumunu ve sertifikasyon şartlarını sağlayıp sağlamadığını öğrenebilmek için bazı testleri gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Sonuçların SAE 8049 standartlarıyla doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi açısından bu testlerin tam ölçekli kaza simülasyonlarında reel olarak gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Spesifikasyon belgelendirme ve Federal havacılık düzenlemelerinin 25. bölümünde (SB-FHD 25) yer alan uçuşa elverişlilik bölümleri, uçak geliştiricileri, koltuk geliştiricileri ve tedarikçiler için teknik detayların tanımlandığı bir bölümdür [4]. SB/FHD-25. bölüm, 25.561 ve 25.562 olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Bunlar spesifikasyonun statik ve dinamik acil iniş koşullarında ticari hava trafiği için koltuk onay sürecine uygulanabilirliğini tanımlamaktadır. Bununla beraber, bu spesifikasyon belgelendirmeye Tavsiye Niteliğindeki Genelge (uçak koltukları için AC25.562 1B [6]) eklenmiştir. Tasarlanan gelecek düzenlemeler Teknik Standart Düzenlemelerinin, uçak üreticilerinin ve hava yolu spesifikasyonlarının düzenlemeleri olacaktır. (Şekil 1).



Şekil 1. Yolcu koltuğu gelişimi için ilgili düzenlemelere genel bakış

Uçaklara montajı yapılacak koltukların bu bölümde belirtilen tüm kuvvet değerlerini karşılaması zorundadır. Bu çalışmada SB-FHD 25. Bölümde belirtilen değerler dikkate

alınarak, tasarlanan ve üretimi gerçekleştirilen uçak koltuğu, gerçek şartları tümüyle yansıtmak üzere deney şartlarında çarpışma testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen bulguların sertifikasyon açısından uygunluğu test edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

### A) Koltuk tasarımı

Federal Havacılık İdaresinin yönetmeliklerde belirtilen gereksinimler referans alınarak, deneylerde kullanılan koltuğun tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Koltuk üretiminde dikkate alınan özellikler aşağıda verilmiştir. Üretimi yapılan koltukların resmi Şekil 2' de, 16 g sertifikasyon sürecine ait gereksinimler ise Tablo 1' de verilmiştir [7].



Şekil 2. Üretimi yapılan koltuk TSI Aviation Seats izni

Yapmış olduğumuz tasarım ve Sonlu elemanlar analizleri (FEA) ile doğrulanmış koltuğun tasarım ve imalat aşamalarında, uçağın kalkış ve inişi sırasında pozisyon ayarı yapabilmesi, ayrıca yolcu ya da mürettebatı darbeye karşı koruma sağlaması göz önünde bulundurulmuştur. Herhangi bir tehlike anında, yolcuların yaralanmasına sebep vermeden hızlı tahliyeyi mümkün kılan ürün yetkinliği üzerinde çalışılmıştır. Çabuk sökülebilir şekilde bağlantı parçaları, ayar kolları ve düğmeleri dizayn edilmiştir. Kolay sökülüp takılabilen bu bağlantı parçaları kuvvet yüklü olarak ve konumları kolay şekilde konumlandırılmıştır. Bu bağlantı parçalarının yanlış yükleme veya yanlışlıkla aktivasyonu mümkün olmayacak şekilde tasarlanmasına önem gösterilmiştir.

Tablo 1. 16 g Koltuk Sertifikasyon gereksinimleri

Madde	Koltuk Sertifikasyonu	A/C de koltuk Sertifikasyonu
Kural	TSO C127a	FAR 25.561 & .562
Referans	SAE 8049b	(AC 25.562 - 1A)
Statik Test	9g ileri	9g ileri
	4g yanal	4g Yanal
	3g yukarı	3g Yukarı
	6g aşağı	6g Aşağı
Dinamik Test	16g ileri ve yanal yükleme	16g ileri ve yanal yükleme

	14g ileri ve aşağı doğru yükleme	14g ileri ve aşağı doğru yükleme
Deformasyon Limitleri	3" ileri yerdeğiştirme	3" ileri yerdeğiştirme veya deforme olmuş ve olmamış koltuk arasında 6" yerdeğiştirme.
Detay Gereksinimler	Bel Yüğü	Bel Yüğü
	Standart koltuktan koltuğa baş yaralanma kriterleri	Her koltuk için baş yaralanma kriterleri
		Ön sıra için baş yaralanma kriterleri
	Kalça Kemiğine Gelen Yük	Kalça Kemiğine Gelen Yük

Kol dayama ve saklanabilir yemek masası vs. gibi ayarlanabilir özellikler, yolcuya engel olmadan kalkış ve inişlerde yolcuya engel olmayacak şekilde tasarlanmıştır.

Yolcu koltuğunun, altında 9,1kg (20lb) ağırlığındaki bagajın dinamik çarpışma esnasında oluşacak etkiye karşı koyabilecek şekilde yapılandırılması gerçekleştirilmiştir.

Koltuk malzemeleri (kumaş, sünger, velcro vs.) uçak koltukları için tanımlanmış testleri geçebilecek yetenekte ve kalitede seçilmiştir.

Yönetmeliklerde kullanılan boyalar magnezyum ve alaşımlarına sahip ise yanmazlık testine tabi tutulması istenmektedir. Boya olarak magnezyum ve alaşımları kullanılan parçalar tanımlanmış testlere tabi tutulup, testleri geçen malzemeler kullanılmıştır.

Ayrıca Federal havacılık yönetmeliklerinde tanımlandığı şekilde, koltukta kullanan tüm malzemeler alev alma sonrasında kendi kendisini söndürebilen özelliğe sahip özellikte malzemeler arasından seçilmiştir.

Koltuğun yapılandırılması esnasında FEA analizleri yardımıyla boyuna yönde, aşağı yönde, yanal yönde kabul edilebilir kalıcı deformasyon kriterleri doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır.

Koltuk sırtlığının test sonrasında minimum yerdeğiştirme miktarı ve koltuk sırtının geri dönmesi için gerekli maksimum yük tanımına göre yapısal çalışmalar yapılmıştır.

Tüm koltuklar, uçağın iniş ve kalkışı sırasında ya da bir çarpışma esnasında, yolcu veya mürettebatı koruma adına, statik ve dinamik olarak uygulanacak yüklere karşı koyacak şekilde tasarlanmıştır. Bildiğimiz gibi dayanıklılık testleri statik ve dinamik testler olarak ikiye ayrılmaktadır. Statik testler sabit duran bir koltuğa uygulanan çekme veya itme kuvveti uygulanarak yapılan test olarak tanımlanabilir. Dinamik testler ise, bir koltuğa anlık darbe etkisiyle verilen harekete karşı dayanımının ölçüldüğü testlerdir.

Yaptığımız çalışmada koltuk yapısı, minderler ve yolcu emniyeti bir sistem olarak tasarlandı ve belirtilen dinamik darbe testi koşullarına karşı koyup, testi geçme kriterleri sağlanmıştır.

## B) Deneysel standının hazırlanması:

İlk olarak 16g testine tabi tutulacak koltuğun civata ve somun bağlantıları olması gereken tork değerlerde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Sonrasında koltuğun ağırlığı kontrol edilmiştir. Bu durum çarpışma testi esnasında gerçek etkinin görülmesi adına çok önemlidir.

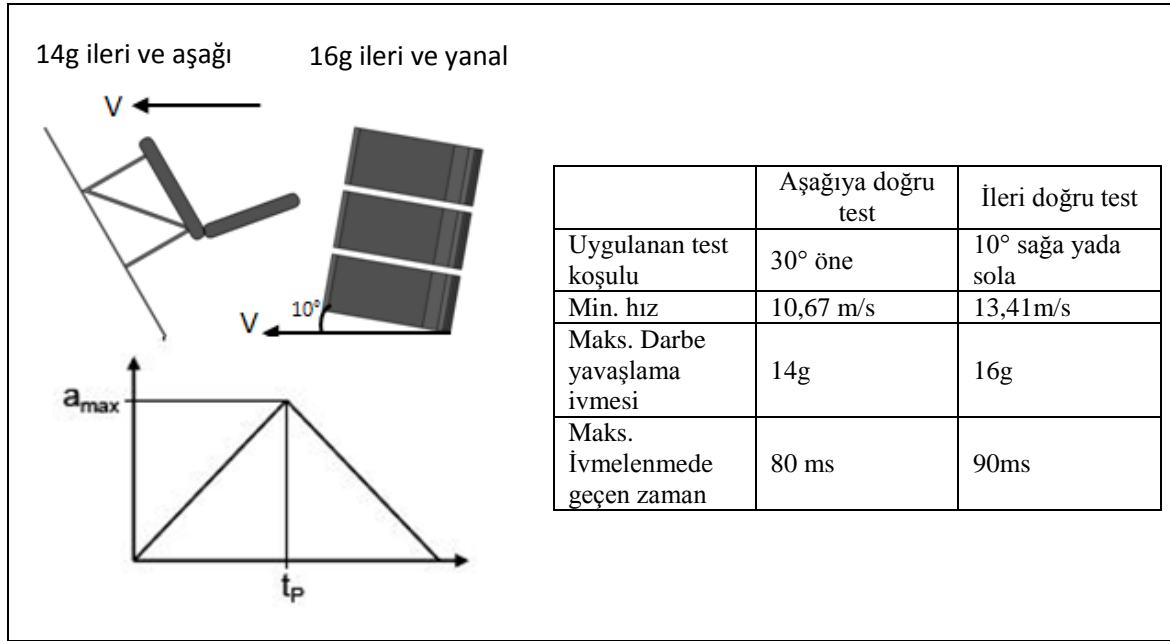
Koltuk, deney standına fikstür üzerinde uçaktaki koltukların bağlanması için kullanılan koltuk montaj hattı olarak adlandırılan seat track'lerden montajı gerçekleştirilmiştir.

İnsansı test cihazları (ATD - Dummy ) testten en az 4 saat önce ve test sırasında 19 ° ila 26 °C (66 to 78 °F) ve 10 %

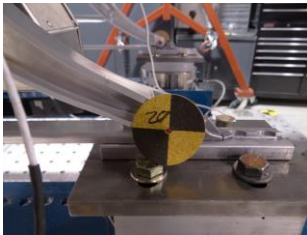
ila 70 % arasındaki nem değerlerinde muhafaza edilmiştir. Koltuk üzerine dummies standartta tanımlandığı şekilde 0-1-1 olarak yerleştirilmiştir. Yani 3'lü koltukta 1 boş diğer 2 koltuk dolu olarak teste tabi tutulmuştur. Her bir dummy'nin emniyet kemerleri standartlara göre sıkılıp kontrolü yapılmıştır. Dummy'lerin üzerine gelen yükleri ölçmek için gerekli yerlere sensörler yerleştirilmiştir.

Dinamik test prosedürleri kabaca biyomekanikal ve yapısal test olarak ikiye ayrılır. Her iki test Şekil 3 'de gösterilen test koşulları altında gerçekleştirilir.

Çarpışma testi sonrasında koltuk üzerindeki yer değiştirmeleri ölçmek ve değerlendirmek için standartlarda tanımlı şekilde referans noktaları tanımlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Dinamik Test Koşulları



Şekil 4. Dinamik test öncesi tanımlanmış ölçüm noktaları

Uçaktaki zemin deformasyonunu simüle eden zemin deformasyonu işlemi, standartlarda yazan şekilde gerçekleştirilmiştir. Bir tarafı seat track'in üst yüzeyinin merkezinden X doğrultusunda  $\pm 10^\circ$  döndürülerek deforme edilir. Diğer tarafı ise, koltukta arka ayak ile rear fitting'in birbirine bağlandığı eksenle aynı eksenle, arka ayak montaj parçasının (rear fitting) alt yüzeyi dönme eksenini olmak üzere Y ekseninde  $\pm 10^\circ$  doğrultuda eğilmektedir. Bu şekilde yapılan eğme ve burma işlemi

sayesinde uçakta tanımlanmış şartlardaki zemin deformasyonunun koltuk üzerine aksettirilmesi temin edilmiş olunur (Şekil 5).



Şekil 5. 0-1-1 şeklinde konumlandırılmış koltuğun deformasyon öncesi ve sonrası durumu



### 3. Dinamik Çarpışma Testleri Üzerine Genel Yaklaşımlar

Koltuk ve güvenlik bir çarpışma esnasında, yolcuyu korumak üzere birlikte düşünülmelidir. Bu test koltuğun yapısal yeterliliği hakkında bilgi vermektedir. Bununla birlikte pelvik ve vücudun gövde kısmına gelen yükler, varsa kısıtlama, ATD kafa yer değiştirme hız ve ivme zaman geçmişleri ve koltuğun ayaklarının yerdeğiştirmeleri ve fittingler üzerine gelen yükler ile bu yüklerin göstermiş olduğu etkiler hakkında veriler vermektedir.

Koltuğun test esnasında deformasyonu ile koltuk/emniyet sistemi gövdeye bağlı kalır ve uçak veya koltuk ciddi bir kaza ile ilişkili yükler tarafından deforme olsa bile yolcu-mürettebatı koruyabilecek koşulları sağlayabileceği test edilmektedir.



Tabi buradaki deformasyonda kabul kriteri koltuk üzerindeki yapısal parçalarda herhangi bir kırılmanın Şekil 6. Koltuk ve Dummy'lerin test öncesi ve test sonrası durumu

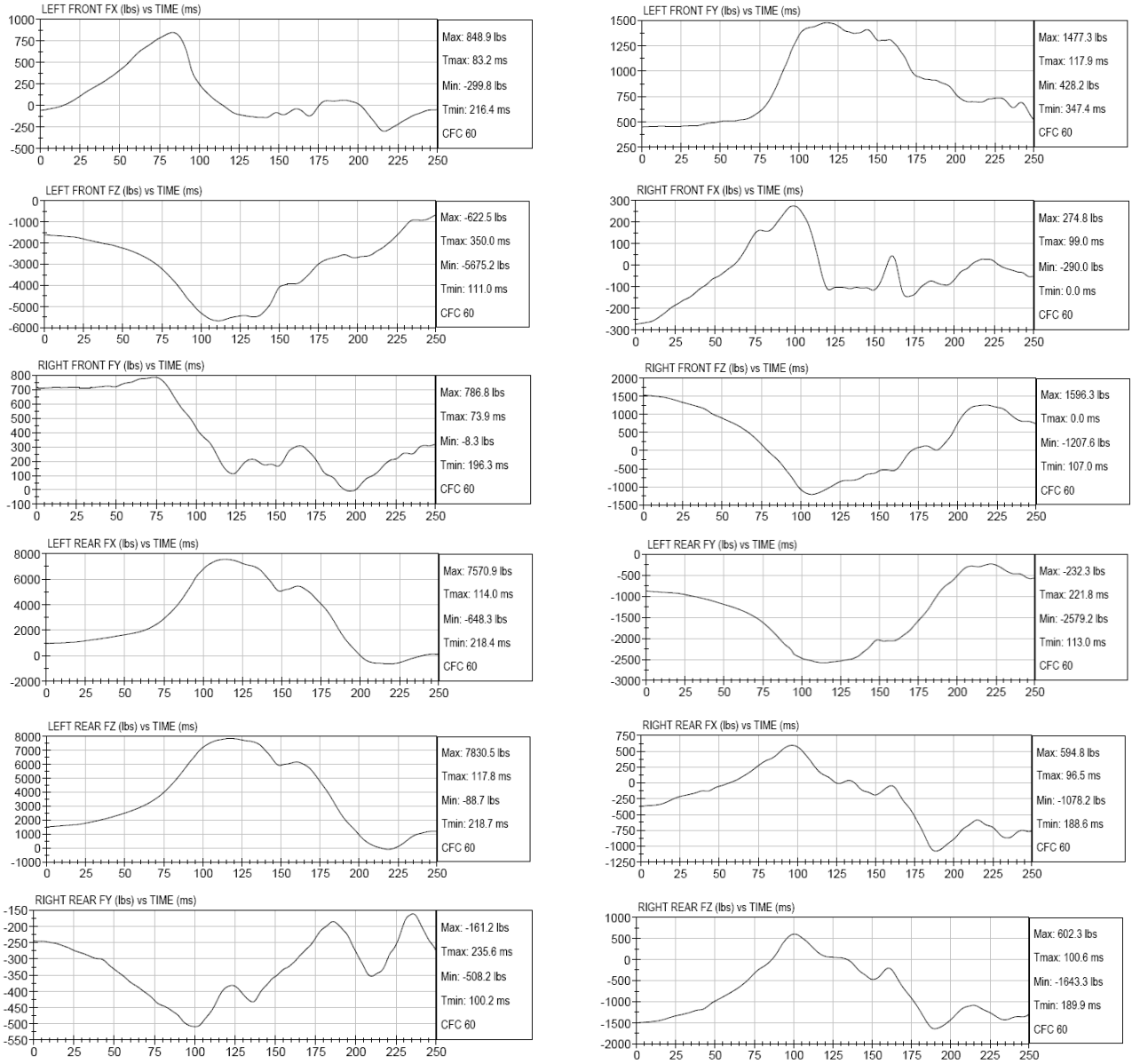
olmamasıdır ve deformasyonlarında yolcuya zarar verecek nitelikte olmamasıdır.

Kalça kemiği ile bel arasında oluşan aksel basınç yüklemelerini ölçmek için ATD 'nin bel sütununun hemen altındaki leğen boşluğuna bir kuvvet dönüştürücü yerleştirilir. Ayrıca ATD 'nin kıyafetleri yüksek hızlı filmi ışığa maruz bırakmayacak renkte seçilmiştir.

### Testin gerçekleştirilmesi

Yukarıda anlatıldığı şekilde montajı tamamlanmış koltuk 16 g' lik darbeye 0,90 ms içerisinde maruz bırakılmıştır ( Şekil 6).





Şekil 7. Dinamik çarpışma testi esnasında her bir ayağa gelen kuvvet-zaman grafiği

Şekil 7’ de dinamik çarpışma testi esnasında her bir ayağa gelen kuvvetin zamana bağlı olarak değişimi görülmektedir. Şekilde her bir ayağa gelen her bir doğrultudaki kuvvete bakarsak, koltuk üzerinde her bir ayak için aynı doğrultuda çok büyük yük farkı olduğunu görebiliriz. Buradaki yük dağılım farkının en büyük etkenlerinden birisi şüphesiz test öncesi gerçekleştirilmiş olan zemin deformasyon işlemidir. Bu yüklerin her birisini üretici firmanın belirlemiş olduğu “Koltuk ayak bağlantıları için kabul edilebilir yük sınır değerleri” ile

karşılaştırıldığımızda yukarıdaki değerlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu göreceğiz.

Şekil 8’ de bulunan kalıcı deformasyon sonuçlarına göz atarsak, kalıcı deformasyonun gözlemlendiği tüm ölçüm noktalarında deformasyon miktarının 3 inç’lik değer altında değerler almıştır. Bu sonuç bizim testi geçtiğimiz bir göstergesidir.

#	Target Description	Pre-Test			Post Test			Deformation		
		X (in)	Y (in)	Z (in)	X (in)	Y (in)	Z (in)	X (in)	Y (in)	Z (in)
1	Right Rear Fitting	11.127	26.052	19.832	11.143	25.871	19.839	0.016	-0.181	0.007
2	Right Front Fitting	29.284	26.421	19.644	29.243	26.187	19.593	-0.042	-0.234	-0.051
3	Right Front Beam	28.824	10.214	31.365	28.694	9.9279	31.231	-0.131	-0.286	-0.135
4	Right Rear Beam	18.366	10.258	30.48	18.223	10.022	30.696	-0.143	-0.236	0.216
5	Right Front Headrest	12.378	21.278	61.257	13.376	21.441	61.512	0.998	0.163	0.255
6	Right PAX Front Beam	30.006	19.832	31.938	29.973	19.527	31.841	-0.033	-0.305	-0.097
7	Center Front Headrest	12.595	40.563	61.453	12.907	40.443	61.479	0.312	-0.119	0.026
8	Center PAX Front Beam	30.221	39.357	31.9	30.334	39.061	31.746	0.113	-0.297	-0.153
9	Left Front Headrest	12.905	59.898	61.931	13.832	59.084	62.16	0.927	-0.814	0.229
10	Left PAX Front Beam	30.377	58.979	31.454	30.841	58.648	31.41	0.464	-0.331	-0.044
11	Left Front Beam	29.412	67.863	31.692	30.123	67.592	31.754	0.71	-0.27	0.062
12	Left Rear Beam	18.919	67.915	30.664	19.771	67.885	31.192	0.853	-0.03	0.528

Şekil 8. Referans noktaları üzerindeki deformasyon miktarı

#### 4. Değerlendirme

Bu çalışmada sertifikasyon gereksinimlerinin en önemli zinciri olan dinamik çarpışma testlerini başarıyla geçen ilk Türk uçak koltuğuna ait 16g ileri ve yanal yüklemeye testleri ele alınmıştır.

16g üzerinde bir etki yaklaşık 0,90 ms gibi bir sürede koltuk üzerine aksettirilmiştir. Koltuk ana yapısı üzerinde herhangi bir kırık yada çatlak görülmemiştir. Test sonrası koltuk üzerinde yolcuları yaralayacak herhangi bir unsur oluşmamıştır. Ayak bağlantılarına gelen toplam yüklerin her bir yön için tanımlanmış değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ölçüm için referans olarak tanımlanmış noktalarda kalıcı deformasyonun standartlarda tanımlanmış kabul edilebilir değerler altında olduğu görülmüştür. Emniyet kemerinin durumunun test sonrası istenilen seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Dummy'ler üzerine gelen yüklerin her birisinin kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu saptanmıştır.

Koltuk yapısı, minderler ve yolcu emniyeti bir sistem olarak tasarlanan bu çalışmada, koltuk belirtilen dinamik darbe testi koşullarına karşı koyup, testi geçme kriterlerini sağlamıştır. Sonuç olarak elde edilen değerlerden yola

çıkarak diyebiliriz ki , bu koltuk uçağın iniş ve kalkışı sırasında ya da bir çarpışma esnasında, yolcu veya mürettebatı koruma adına, statik ve dinamik olarak uygulanacak yüklere karşı koyabilecek niteliklere sahiptir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullanmış olduğumuz koltuk resimlerini ve test raporlarını kullanmama izin veren TSI Aviation Seats (Uçak Koltuk Üretimi A.Ş.)'e teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- [1] www.turkishairlines.com, May.2013
- [2] OSCHINKA, C., SCHUMACHER, A., Dynamic Simulation of Flight Passenger Seats, Ls- DYNA Unwenderforum, Ulm 2006, Hamburg, Germany.
- [3] EASA Homepage: <http://www.easa.eu.int/home> , May.203
- [4] FAA Homepage: <http://www.faa.org>, May.2013
- [5] SAE 8049b (<http://standards.sae.org/as8049b/> )
- [6] FAA, Advisory Circular, N.N. : Dynamic Evaluation of Seat restraint systems & occupant protection on transport airplanes , Oct.06
- [7] FAA, Advisory Circular , “Seat / Restraint system Dynamic Tests” , Oct.