

SÜSPANSİYONSUZ ASANSÖR KABİNİ TASARIMI VE İMALATI

Salim Tolga Soğucak¹, Hasan Güngör¹, Soner Temur², Kadir Cavdar³

¹HKS HAS Asansör A.Ş., ²CE Mühendislik Ltd. Şti, ³Uludağ Üniversitesi
¹tsogucak@hotmail.com, h.gungor@hasasansor.com ³cavdar@uludag.edu.tr

ÖZET

Süspansiyon sistemleri asansör kabinin yanı sıra sönümleme elemanı, kasnak gibi birçok mekanik parçayı da taşımakla yükümlüdür. Asansörün titreşim konforunun yükseltilmesi açısından da süspansiyonlar önemlidir. Bu kadar çok görevin karşılığında asansörlerde hareket eden kütlelerin büyük bir oranı da süspansiyon sistemlerine aittir.

Daha düşük güçlü motorlar ile asansör hareketin sağlanması amacı ile başlatılan projede süspansiyonlu sistemler ile aynı konfor ve emniyet değerlerine sahip yeni nesil bir asansör kabini imalatı gerçekleştirilmiştir. Kabin bir test kulesinde çeşitli testlere tabi tutulmuştur.

Bu çalışmada; yeni nesil kabinin tasarım aşamaları ile prototip imalat ve test kulesi denemeleri ile titreşim-konfor testleri sonuçları verilmektedir.

1.GİRİŞ

Asansör kabinleri taşıdıkları yük ve yolcuların güvenliklerinin yanısıra konforlu bir hareketten de sorumludurlar. Estetik yapı, kolay kullanım, engellilere uygun tasarım, uzun ömür gibi istekler kabinlerden beklentilerin başında gelir. Literatürde kabin sistemleri ile ilgili az sayıda çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Aytaç (2006) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde asansör kabin çerçevelerinde oluşan gerilmelerin sonlu eleman yöntemi ile analizi gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışmada asansörü oluşturan parçalara gelen yüklerin gerilme ve kalıcı şekil değiştirmelerine ilişkin hesaplamalardan detaylı olarak bahsedilmiştir. Analiz sonuçları da incelenerek tasarımcılara çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur.

Özel (2011) tarafından hazırlanan bir diğer yüksek lisans tez çalışmasında ise farklı çalışma koşullarında, kabin içerisine ve taşıyıcı elemanlara uygulanan yüklerin bu elemanlar üzerinde oluşturduğu gerilme ve yer değiştirmelerin sonlu elemanlar yöntemi ile simülasyonları yapılmıştır. İlgili tezde asansör kabin çerçeve elemanlarının maksimum yük altındaki emniyet katsayısı hesaplamaları detaylı şekilde anlatılmaktadır.

Cheng (2011) tarafından hazırlanan bir diğer yüksek lisans tez çalışmasında da asansör kabininin altında kullanılan süspansiyon amaçlı tamponun üç farklı sonlu elemanlar analiz yazılımı kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Statik duruma göre dinamik analizlerde en az iki kat daha fazla değerde gerilmenin olduğu ilgili yayında belirtilmektedir.

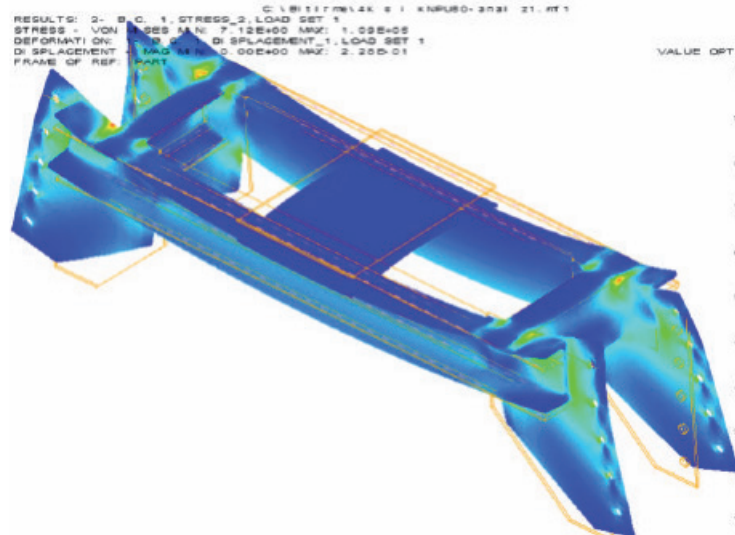
2008 yılında Aytaç ve ark. tarafından sunulan bildiri de asansör kabin süspansiyon sisteminin üç boyutlu model kullanılarak tasarımı ve statik sonlu elemanlar analizi çalışması tanıtılmıştır. Hazırlanan bildiri de analitik hesaplamalar ile sonlu elemanlar hesabının sonuçları karşılaştırılmış olup mevcut bir tasarım üzerinde durulmuştur.

Aytaç ve ark. (2012) tarafından sunulan ikinci bildiri de bir asansör kabin süspansiyon sistemine ait örnek çalışmaya ilişkin sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan çalışmada asansör süspansiyon

sistemi için sonlu eleman yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalarla asansör sistemleri için geliştirilen güvenlik hesaplamalarına ilişkin sonuçların karşılaştırmaları sunulmuştur.

Kıral ve ark. (2008) tarafından hazırlanan yayında, bir asansör kabini süspansiyonunun düşme durumu için dinamik cevabı incelenmiştir. Analiz için kullanılan kabin süspansiyonu modeli bir test asansörü esas alınarak oluşturulmuştur. Yayında, tüm düşme yükseklikleri için oluşacak büyük hasarlara değinilmiştir. Elde edilen sayısal sonuçlar, düşmeye bağlı kabin içi hasarı en aza indirecek süspansiyon tasarımlarını gerçekleştirmekte kullanılabileceğine ilişkin bilgiler de verilmektedir.

Karpat ve ark. (2005) tarafında sunulan bildiriye, sonlu elemanlar metodu (SEM) kullanılarak gerçekleştirilen asansör kabin süspansiyon sistemleri hesaplama ve analiz çalışmaları tanıtılmaktadır. Analizler sonucunda kabin süspansiyonu imalatında yol gösterici olabilecek sonuçlara ulaşıldığı savunulmakta ve 4, 6, 8, 10 ve 12 kişilik asansörlerin için gerçekleştirilen çalışmanın son kısmında analiz sonuçlarına bağlı olarak tasarım önerileri sıralanmaktadır. Yapılan analiz çalışmalarında elde edilen sonuçlara örnek çıktılar Şekil 1.'de görülmektedir.



	Profil	Maksimum Gerilme [N/ mm ²]	Maks. Yerdegistirme [mm]
Alt Karkas	NPU 60	222	0,4
	NPU 65	143	0,3
	NPU 80	100	0,23
	NPU 100	85	0,17
Üst Karkas	NPU 60	85	0,5
	NPU 65	66	0,5
	NPU 80	58	0,32
	NPU 100	54	0,26

Şekil 1. Sonlu elemanlar analiz sonuçlarına örnek çıktı (Karpat ve ark., 2005)

2. TASARIM, ANALİZ VE TEST ÇALIŞMALARI

Bildiri konusu projenin başlatılmasında gerekçe olarak asansörlerde süspansiyon sistemlerinin gereksizliği, mevcut uygulamalardaki hantallık ve enerji kayıplarının önüne geçilebileceği ve süspansiyonlu sistemler ile en kötü ihtimalle aynı güvenlik ve konfor parametrelerinin sağlanabileceği öncelikle vurgulanmalıdır. Bu amaçları sağlamak için proje başlatılmış ve aşağıdaki adımlar izlenerek tamamlanmıştır:

- Proje fizibilite etüdü: Öncelikle projenin fizibilite etüdü gerçekleştirilerek yapılabilirlik ve ticari başarı hedefleri ortaya konmuştur. Bu aşamanın sonunda tasarımları yönlendirecek olan bir teknik istek listesi hazırlanmıştır.
- Tasarım: Tasarım aşamasında öncelikle basit el çizimleri ile başlayan konsept tasarımlar ardından bilgisayar ortamına üç boyutlu modeller olarak aktarılmıştır. Alternatif tasarımlar da bu aşamada kaydedilmiş ve analitik hesaplarla tasarımların sınırları belirlenmeye çalışılmıştır.
- Analiz: Analiz çalışmaları tasarımın üç boyutlu modellerinin hazırlanmasının ardından başlamış ve sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile statik ve dinamik analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sonuçların ışığında modeller üzerinde bazı değişiklikler yapılmış ve tasarımlara son halleri verilmiştir.
- Prototip İmalat: Kabin ve diğer sistem elemanları imal edilmiş ve uygun şekilde montajları yapılmıştır. Bu aşamada denemelerin yapılacağı bir test kulesinin de imalat ve montajı gerçekleştirilmiştir. Son aşamada normal bir asansör sistemi gibi kabin kuleye kurulmuş ve testlere hazır hale getirilmiştir.
- Test: Test aşamasında öncelikle sistematik testler planlanmış ve beklenen kriterlere uygun şekilde denemeler gerçekleştirilmiştir. Burada öncelikle konfor parametresi için titreşim ölçümleri, ivmelenme değerleri ve ömür denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerde EVO 625 titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır, Şekil 2.



Şekil 2. EVA 625 Ölçüm Cihazı (<http://www.pmtvib.com>)

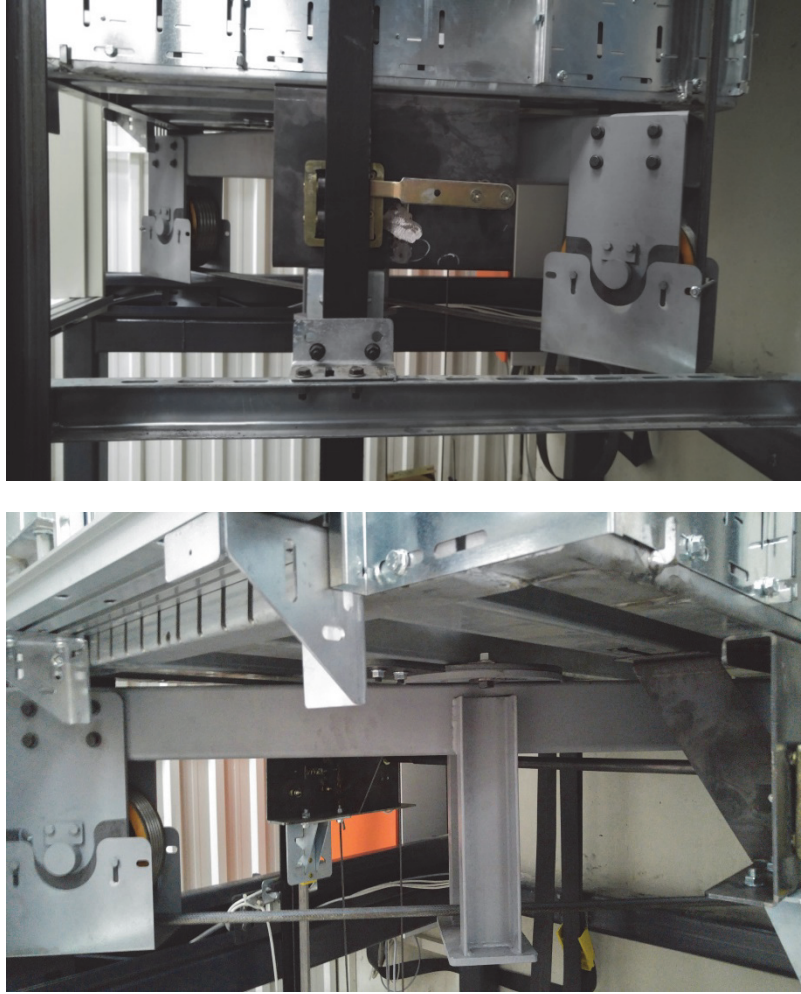
Tasarımı yapılan süspansiyonsuz asansör kabini normal süspansiyonlu kabinlere benzer yapıdadır. Süspansiyonsuz sistemde kabin tabanı özel tasarım uygulamaları ile güçlendirilmiştir. Süspansiyonun taşıdığı kasnak, fren sistemleri gibi tüm elemanlar kabin üzerine monte edilmiştir. Montaj işlemlerinde sisteme özel bazı uygulamalar ve yöntemler kullanılmıştır. Süspansiyonsuz kabinin en önemli elemanlarının bulunduğu alt bölüme ait resimler Şekil 3'te verilmiştir.

Test çalışmalarında ise aşağıda belirtilen konular özellikle irdelenmiştir:

- Serbest Düşme ve Frenleme Testi
- Kaynakla İmal Edilen Kısımlara Ait Güvenlik Testleri
- Geliştirilen süspansiyonsuz asansör kabininin mevcut kabin yapısına göre hafifletilip hafifletilmediğine dair kütle kontrolü

- Geliştirilen süspansiyonsuz asansör kabininin mevcut kabine göre üretim maliyetinin azaltılıp azaltılmadığına dair verimlilik kontrolü
- Geliştirilen süspansiyonsuz asansör kabininin mevcut kabine göre montaj süresinin kısaltılıp kısaltılmadığına dair verimlilik kontrolü
- Titreşim ve Hız/İvme Ölçümleri; ISO 18738 Asansör sürüş kalitesini ölçme standardına göre asansör titreşim ve ses seviyesini ölçülmesi

Tüm test çalışmaları Şekil 4'te görülen ve proje kapsamında özel olarak tasarlanıp imal edilen test kulesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Süspansiyonsuz kabin sistem elemanları

Süspansiyonsuz asansör kabini tasarımı ve prototip imalatı çalışmasında tüm sistem bileşenlerin montajları yapılarak sistemin çalışması için gerekli test ortamı oluşturulduktan sonra asansörün frenleme testleri de yapılmıştır. Bu testlerde; güvenli frenleme mesafesi, raylardaki frenleme sonrası oluşan deformasyonlar gibi konular kaydedilmiştir. Frenleme testleri sonucunda kabin ve montaj elemanları üzerinde herhangi bir deformasyon ve sistemin çalışmasını engelleyecek bir durumla karşılaşılmamıştır.

Süspansiyonsuz kabin kaynak bağlarının kontrolü açısından da testlerden olumlu olarak çıkmıştır.

Süspansiyonsuz kabinin ivmelenme ve sürüş anındaki titreşim genlik değerleri ölçümleri de yapılmıştır. Titreşim değerleri konusunda herhangi bir standart olmadığından karşılaştırma amacı ile yeni kurulmuş bir süspansiyon sistemli asansör üzerinde de aynı sürüş denemeleri yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. Ölçümler esnasında EVA 625 cihazı kabinin tam ortasına konulmuştur. Kabin içerisine de yolcu ağırlıklarını simüle etmek için eşdeğer kütle değerinde metal ağırlıklar konumlandırılmıştır. Süspansiyonlu ve süspansiyonsuz kabinler ile gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçlarına örnek çıktılar Şekil 5’te görülmektedir.

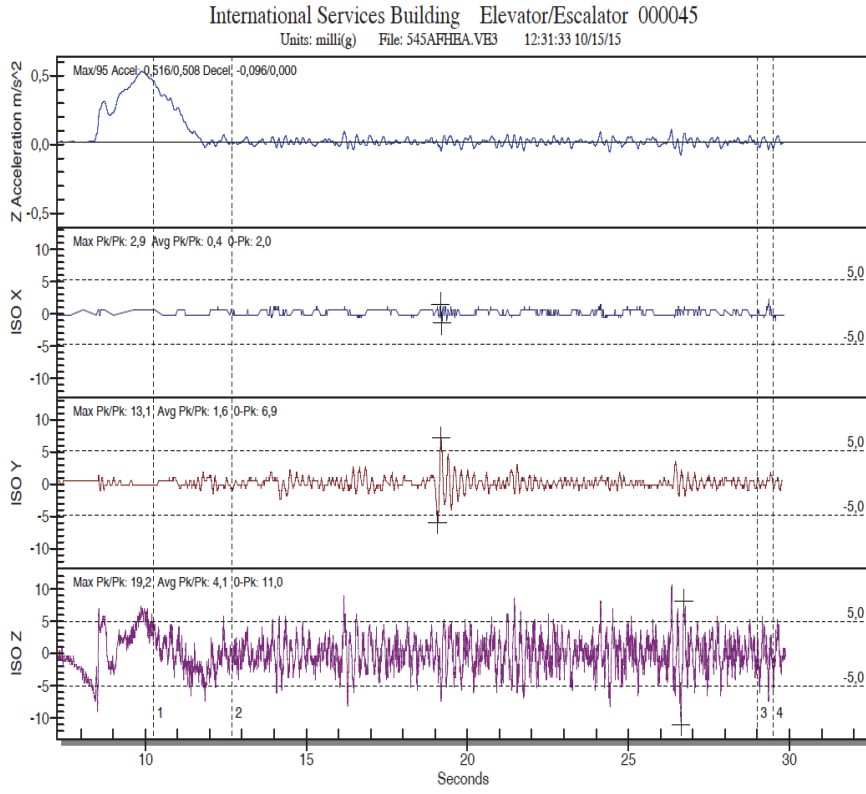
Süspansiyonsuz sistemde kabinin altına konumlandırılan kasnakların döküm ve kestamit malzemeden imal edilmiş iki farklı türünün kullanımının sürüş konforuna etkisi de testlerde araştırılmıştır. Kestamit kasnak kullanımının titreşim değerleri üzerine olumlu etkisi gözlenmiştir. Bu denemelere örnek çıktılar Şekil 6’da görülmektedir.

Titreşim açısından en önemli eksenin dikey eksen (Z) olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle dikey eksendeki ölçümlerin karşılaştırılması yapılmış ve kestamit kasnak kullanılan süspansiyonsuz sistemin kabinin sürüşü esnasında süspansiyonlu sisteme göre daha düşük yer değiştirme değerlerini verdiği gözlenmiştir, Şekil 7.

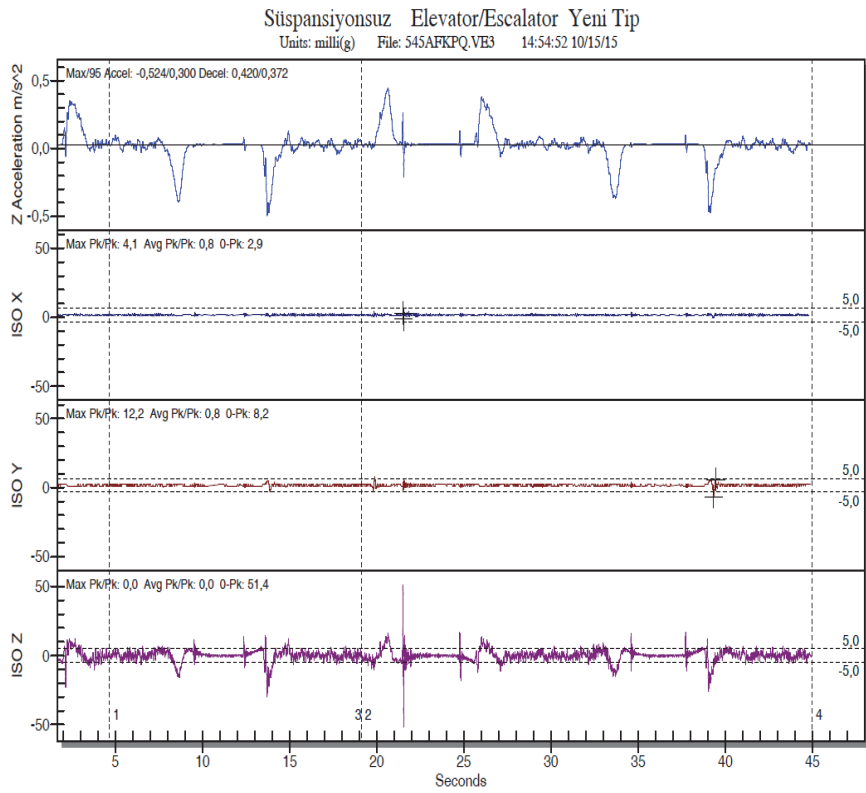
Süspansiyonsuz kabine ait dikey hız ve z eksen ivmelenme değerlerine örnek çıktılar da Şekil 8 ve 9’da verilmiştir.



Şekil 4. Test kulesi

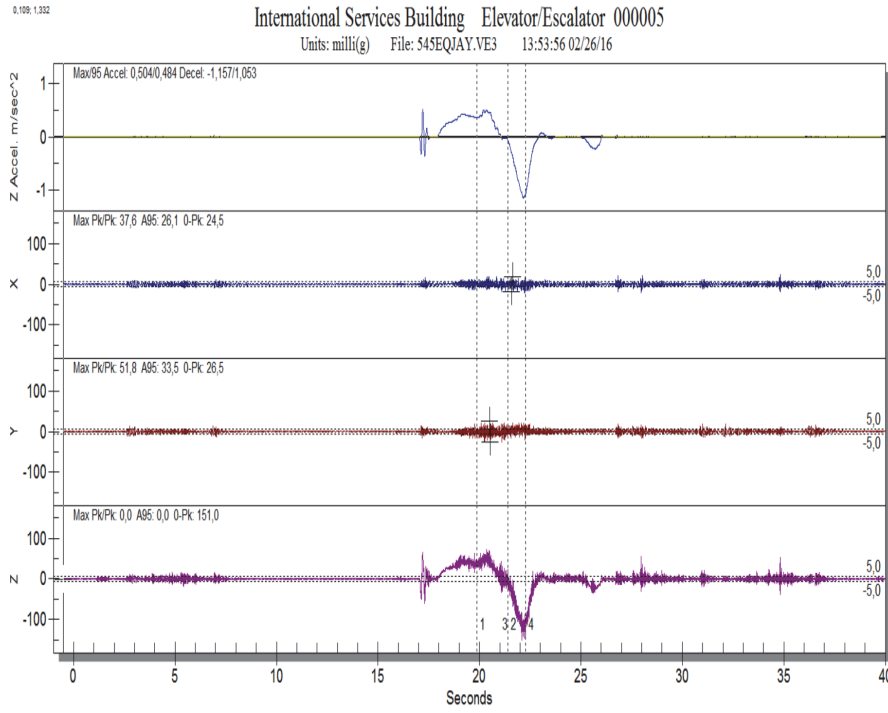


a) Konvansiyonel asansörde ölçülen değerler

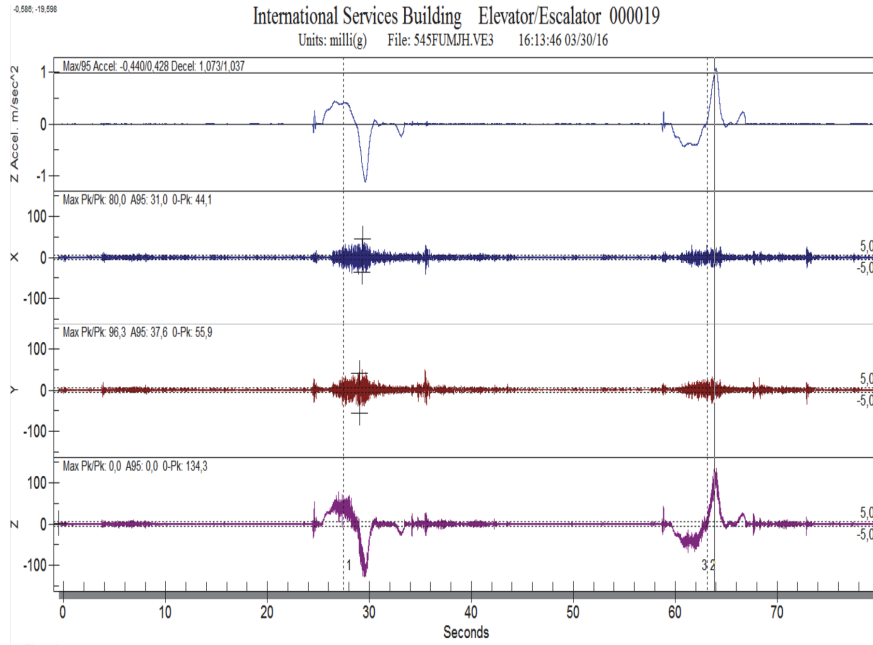


b) Süpsansiyonsuz kabin uygulamasında ölçülen değerler

Şekil 5. Süpsansiyonlu ve süpsansiyonsuz kabinde ölçülen ivmelenme ve x, y, z yer değıştirme değerlerine örnek çıktılar

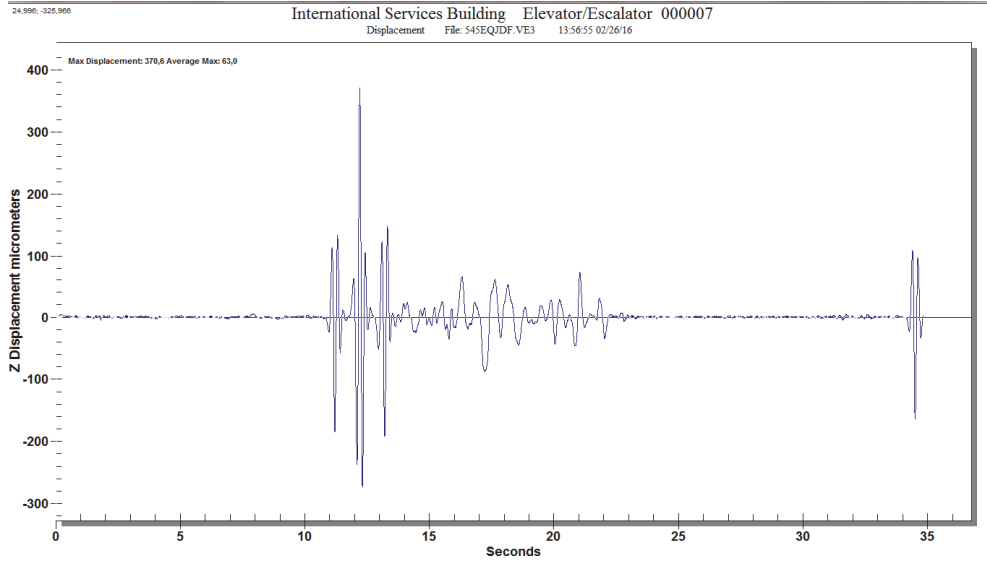


a) Süspansiyonsuz kabin, döküm kasnak, çıkışta, ivme değerleri

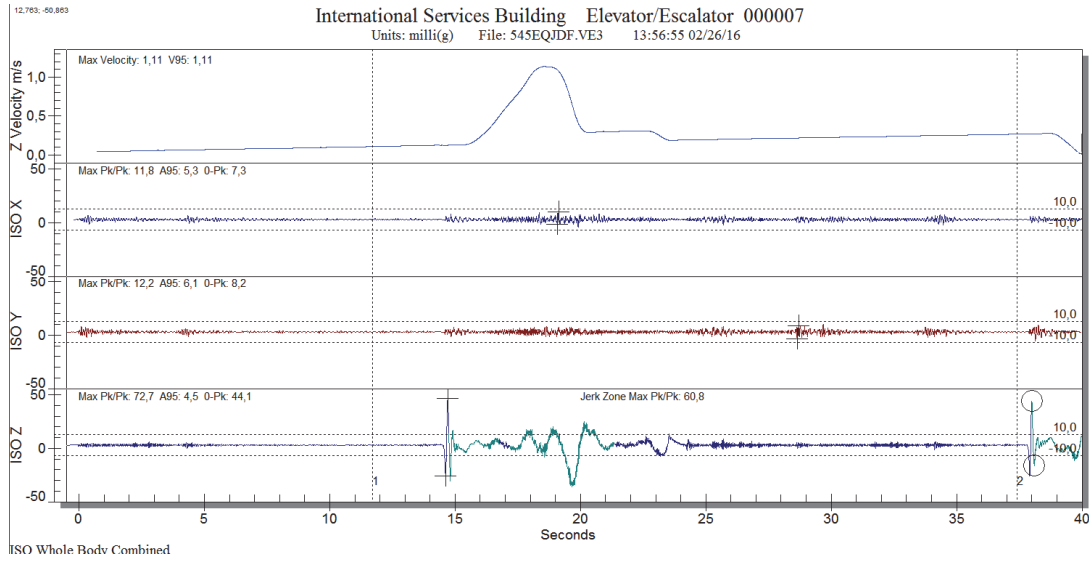


b) Süspansiyonsuz kabin, kestamit kasnak, iniş-çıkışta ivme değerleri

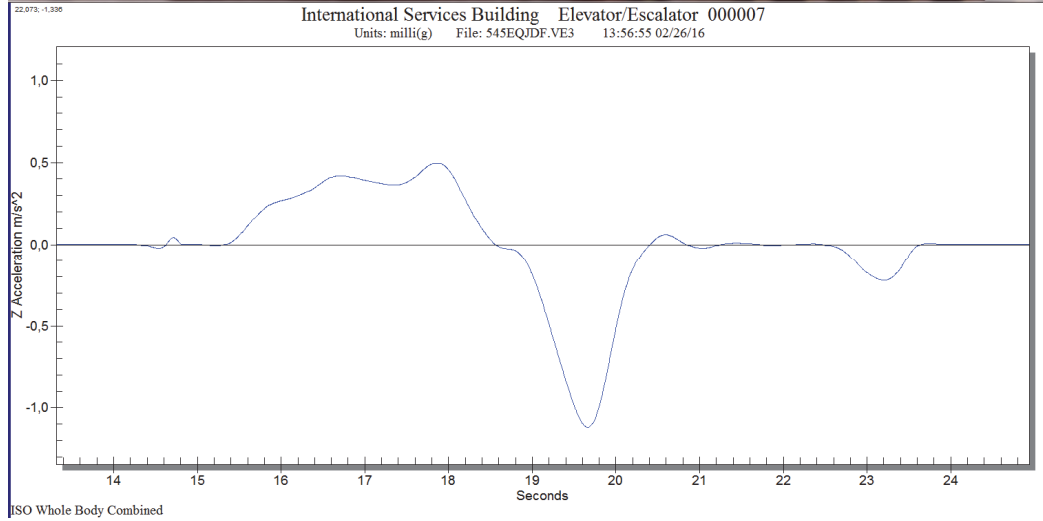
Şekil 6. Döküm kasnak yerine kestamit kasnak kullanımının etkisi test sonuçlarına örnekler



Şekil 7. Deneysel sonuçlara örnek: Z'de yer değiştirmeler



Şekil 8. Deneysel sonuçlara örnek: Dikey hız değişimi



Şekil 9. Deneysel sonuçlara örnek: İvmelenme ölçümü

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, yeni geliştirilen süspansiyonsuz tip bir asansör kabininin geliştirme aşamaları ve kabinin performans ve ömür testleri sunulmuştur. Testlerde EVA 625 asansör titreşim/konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile yer değiştirme, titreşim, hız ve ivme grafikleri elde edilmiştir.

Süspansiyonsuz kabinde titreşim ve gürültü değerleri çok sayıda denemede ölçülmüş ve sonuçta kabinin konfor açısından süspansiyonlu kabinler ile karşılaştırıldığında bir probleminin olmadığı görülmüştür. Kabin standartların belirttiği değerleri sağlamaktadır.

Ömür denemelerinde de normal bir kabinin çalışmasından bir fark görülmemiştir. Bu bölümde de aşınan parça kontrolleri yapılmış ve normal kabinden farklı bir olayla karşılaşılmamıştır.

Mevcut uygulamada benzer kabin 537,32 kg iken süspansiyonsuz kabin toplamda 463,34 kg kütleyle sahiptir. Süspansiyonsuz kabinin montaj süresi normal kabine göre yarı yarıya daha azdır; 300 dakika yerine yaklaşık 150 dakikada yeni kabin montajı tamamlanabilmektedir. Her iki tipte de iki çalışana ihtiyaç duyulmaktadır.

Süspansiyonsuz kabin uygulamasında ortalama değer olarak incelendiğinde her üç ekseninde de daha düşük yer değiştirme değerleri gözlenmiştir.

Hız ve ivme değerlerinde kayda değer herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Süspansiyonsuz kabinli asansör sistemi üç hafta boyunca günde 8 saat çalıştırılmış ve sistem elemanlarındaki aşınmalar takip edilmiştir. Patenlerde herhangi bir kayda değer aşınma gözlenmemiştir. Asansörün diğer parçalarında da herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir.

Süspansiyonsuz kabin yasal yönetmelik şartı olan TS EN 81-20/50 standartlarına uygundur. Sonuç olarak; yeni geliştirilen süspansiyonsuz kabinin hedefler doğrultusunda başarıyla test edildiği ve ticarileşme potansiyelinin de yüksek olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Onur Y.A.**, 2006. Asansör Kabin Çerçevelerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Modellenmesi ve Gerilme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enst., s. 114.
- [2] **Özel C.**, 2011. Asansör ve taşıyıcı elemanlarının değişik dinamik çalışma koşullarında sonlu elemanlar yöntemi ile simülasyonları, Yüksek Lisans Tezi, GYTÜ Mühendislik ve Fen Bilimleri Enst., s. 113.
- [3] **Cheng L.**, 2011. Finite Element Sim. of Elevator Car Frame Buffer Crash Using ANSYS, Altair HyperMesh and ADIOS, MSc Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute Hartford, CT.
- [4] **Onur Y.A., Imrak C. E.**, 2008. Design and static stress analysis of elevator car suspension during operation, 12th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2008, Istanbul, Turkey, 26-30 August, 2008, p.821-824.
- [5] **Onur Y.A., Imrak C. E.**, 2012. Reliability analysis of elevator car frame using analytical and finite element methods, Building Services Engineering Research & Technology, 33(3), pp. 293-305.
- [6] **Kıral Z., Kıral B.G., Özkan M.**, 2008. Bir asansör kabini süspansiyonu için düşme analizi, Asansör Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 84-91, İzmir, 23-25 Mayıs 2008.
- [7] **Karpat F., Çavdar K., Babalık F.C.**, 2005. Asansör Kabin Taşıyıcıların Sonlu Elemanlar Yöntemi Yardımıyla Analizi, TMMOB Makine Müh. Odası II. İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, İstanbul, 27-28 Mayıs 2005.