

BİR ASANSÖR KABİNİ SÜSPANSİYONU İÇİN DÜŞME ANALİZİ

Zeki KIRAL, Binnur GÖREN KIRAL ve Mustafa ÖZKAN
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
35100, Bornova-İzmir, Tel: 0232 3883138, Faks: 0232 3887868
zeki.kiral@deu.edu.tr, binnur.goren@deu.edu.tr, mustafa.ozkan@ogr.deu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bir asansör kabini süspansiyonunun düşme durumu için dinamik cevabı incelenmiştir. Analiz için kullanılan kabin süspansiyonu modeli bir test asansörü esas alınarak oluşturulmuştur. Asansör kabininin halat kopması veya aşağı yönde aşırı hızlanma durumu için güvenlik tertibatının çalışmaması durumlarında kuyu dibine çarpması, gerçekleşmesi en arzu edilmeyen türden bir asansör kazasıdır. Düşme analizi ile kabin süspansiyonu üzerinde oluşan dinamik yer değiştirme ve gerilme değerleri, çarpışma anındaki 200 mikrosaniyelik süre için COSMOSWorks sonlu elemanlar programı ile hesaplanmıştır. Düşme yüksekliğinin, süspansiyonda çarpışma sonucunda oluşan yer değiştirme ve gerilme değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analizler elastik ve elasto-plastik malzeme özellikleri için yapılmıştır. Düşme yüksekliği arttıkça oluşan gerilme ve yer değiştirme değerlerinin de arttığı görülmüştür.

1. GİRİŞ

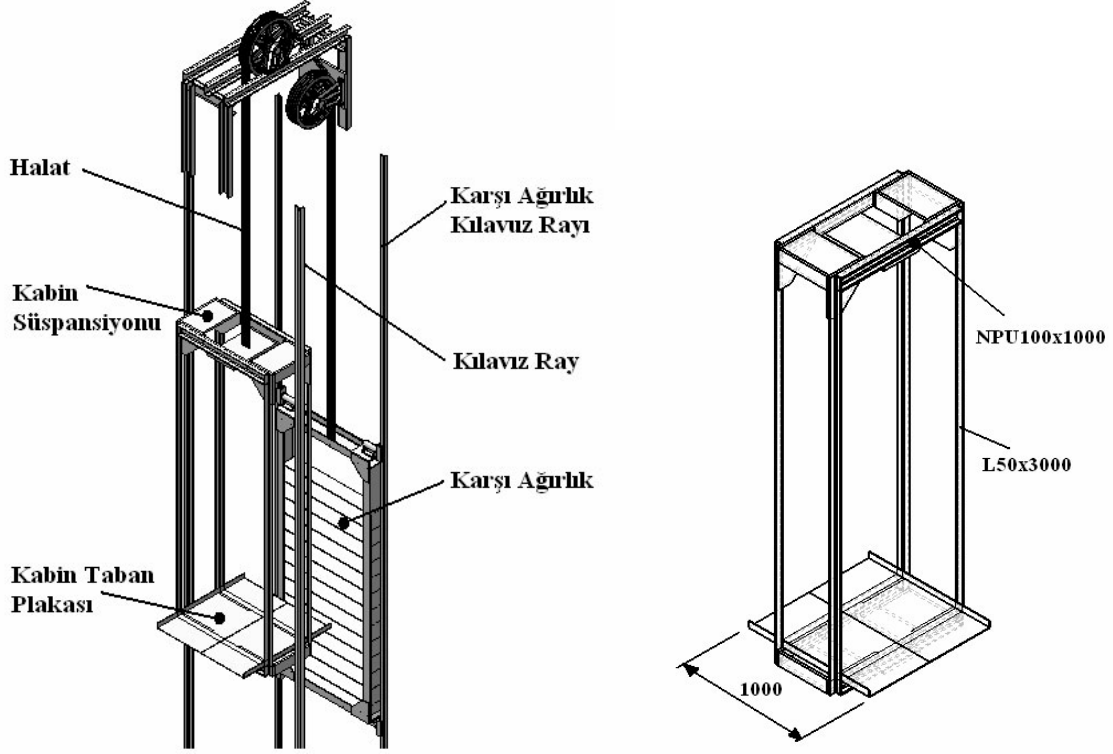
Şehir nüfuslarındaki sürekli artış, dikey yöndeki yapılaşmanın temel nedenlerindedir. Dikey yöndeki yapılaşmaya paralel olarak asansör kullanımı da artmaktadır. Bu yoğun kullanımla birlikte bazen üzücü asansör kazaları da yaşanmaktadır. Asansör kabininin kuyu dibine düşmesi, günümüz asansörleri için en düşük olasılıklı kaza şekli olmakla birlikte, sonuçları açısından en riskli olanıdır. Bu çalışmada, bir test asansörüne ait kabin süspansiyonu esas alınarak oluşturulan model üzerinde düşme testi sonlu elemanlar yöntemi ile sayısal olarak modellenmiş ve sonuçlar incelenmiştir. Süspansiyon modeli SolidWorks programı [1] ile oluşturulmuş, sayısal analizler COSMOSWorks programı [2] ile gerçekleştirilmiştir.

2. MODEL

Kabin düşme analizinin gerçekleştirildiği asansör modeli ve süspansiyon detayı Şekil 1’de verilmiştir. Süspansiyon konstrüksiyonu temel olarak NPU100 ve L50 profillerden oluşmaktadır. Bağlantı ve destek elemanları olarak sac plaka malzemeler kullanılmıştır. Süspansiyon yapı elemanları malzemesi olarak St 37 çelik kullanılmıştır. Analizler hem elastik hem de elasto-plastik malzeme özellikleri için yapılmıştır. Malzemenin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Mevcut süspansiyon modelinin toplam ağırlığı 44.81 kg’dır.

Tablo 1. St 37 malzemenin mekanik özellikleri

Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Akma Mukavemeti (MPa)	Tanjant Modülü (MPa)	Yoğunluk (kg/m ³)
200	0.3	225	100	7860

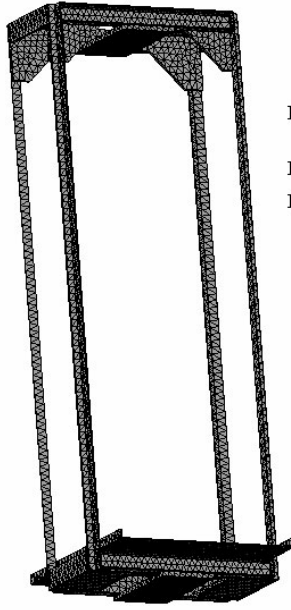


Şekil 1. Asansör modeli ve kabin süspansiyonu.

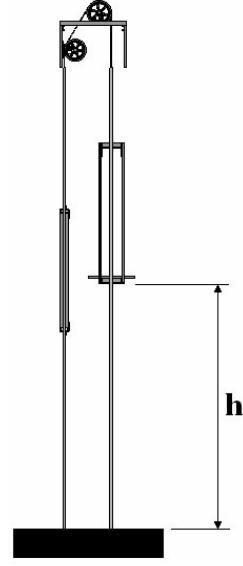
3. SAYISAL ANALİZLER

Bu çalışmada, kabin süspansiyonu için düşme analizi COSMOSWorks sonlu elemanlar programı ile gerçekleştirilmiştir. Analiz için süspansiyona ait Şekil 2’de görülen sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Sonlu elemanlar modelinde her düğümünde 3 öteleme serbestliğine sahip 10 düğümlü üçgen prizma elemanlar kullanılmış olup modeldeki toplam eleman ve düğüm sayısı şekil üzerinde belirtilmiştir.

COSMOSWorks ile gerçekleştirilen düşme analizinde düşme yüksekliği (h) temel analiz parametresidir. Bu çalışmada, süspansiyonun 9 m, 12 m, 15 m, 18 m ve 21 m yüksekliklerden düşmesi durumları için süspansiyon üzerinde oluşan en büyük yer değiştirme ve gerilme değerleri elastik ve elasto-plastik malzeme özellikleri için elde edilmiştir.



Eleman Tipi : 10 düğümlü
üçgen prizma
Eleman Sayısı: 62356
Düğümlü Sayısı : 53162



Şekil 2. Kabin süspansiyonu sonlu elemanlar modeli.

Kabin süspansiyonunun h yüksekliğinden serbest düşmesi sonucunda çarpışma anındaki hızı denklem (1) ile hesaplanır.

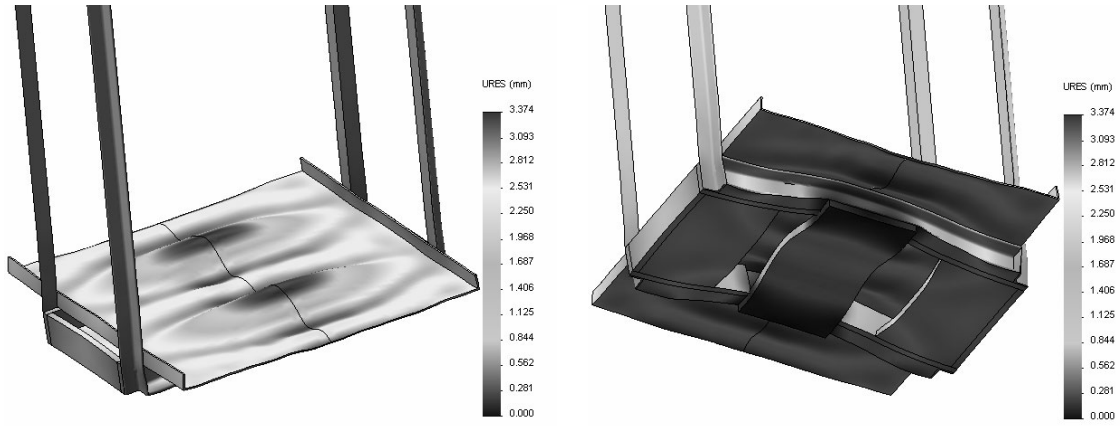
$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Burada $g=9.81 \text{ m/s}^2$ yerçekimi ivmesidir. Sonlu elemanlar programı belirtilen bir h düşme yüksekliği için çarpışma anındaki hızı hesaplar. Denklem (2) ile verilen hareket denkleminin çözümü ile çarpışma neticesinde oluşan dinamik yer değiştirmeler ve bunlara bağlı gerilmeler zamana bağlı olarak hesaplanabilir.

$$[M]\{\ddot{q}\} + [K]\{q\} = \{R_t\} \quad (2)$$

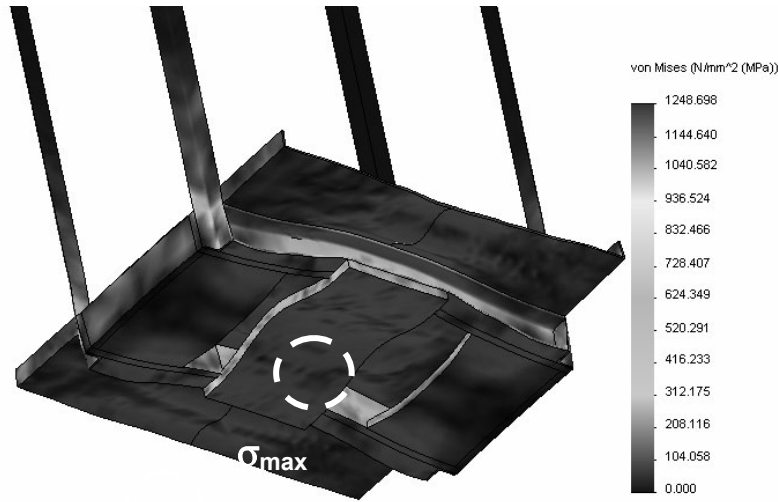
Burada $[M]$ ve $[K]$ yapıya ait kütle ve direngenlik matrisleri, $\{\ddot{q}\}$ ve $\{q\}$ düğümsel ivme ve yer değiştirme vektörleridir. $\{R_t\}$ ise çarpışma anında oluşan kuvvetleri ifade etmektedir. COSMOSWorks programı düşme analizini “Nonlinear Explicit Time Integration” yöntemi ile gerçekleştirir. Bu çalışmada, süspansiyonun kuyu dibinde katı zemine çarptığı kabul edilmiştir. Kuyu dibindeki tampon için [3] elastik zemin modellemesi ile esnek zemine çarpışma durumu da incelenebilir.

Şekil 3’ te elastik malzeme özellikleri için $h=9 \text{ m}$ ’lik yükseklikten düşme sonucunda oluşan yer değiştirme dağılımları görülmektedir.



Şekil 3. 9 m düşme yüksekliği için süspansiyon ve taban plakasındaki yer değiştirme dağılımı (elastik malzeme).

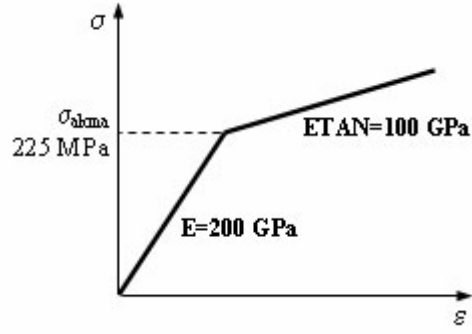
Yer değiştirme değerleri incelendiğinde çarpışmadan 200 mikrosaniye sonra süspansiyon taban plakası üzerinde oluşan en büyük yer değiştirme değeri 3.374 mm' dir. 9 m' lik düşme yüksekliği için süspansiyon ve taban plakası üzerindeki gerilme (von Mises) dağılımı ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. 9 m düşme yüksekliği için süspansiyon ve taban plakasındaki gerilme değerleri (elastik malzeme).

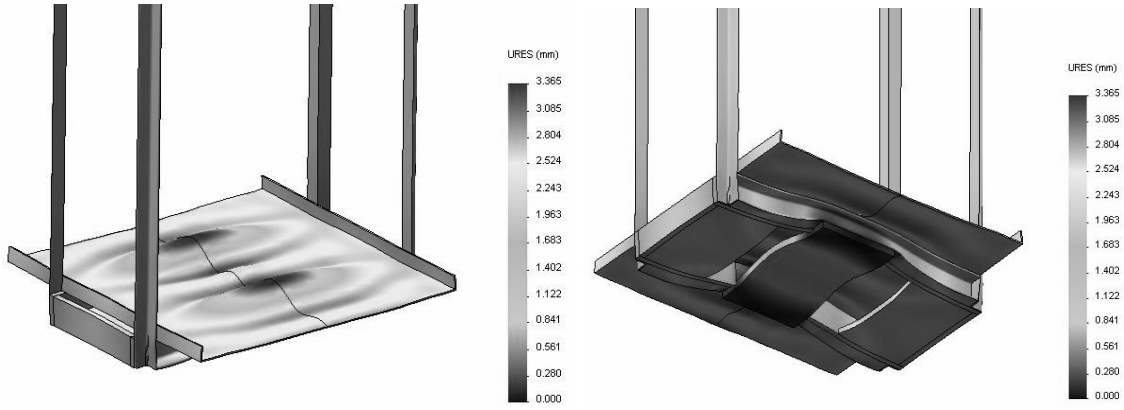
Şekil 4' te görüldüğü gibi süspansiyon üzerindeki gerilme değerleri, işaretlenen bölgelerde en büyük değerine ulaşmıştır (1248.7 MPa). Bu değer yapı malzemesinin kopma mukavemetinin oldukça üzerinde olup yapıdaki büyük bir hasarı göstermektedir. Analizler elastik malzeme özelliği kullanılarak yapıldığı için elde edilen sonuçlar gerçek durumu tam olarak yansıtmamaktadır. Bu sebeple analizler elasto-plastik malzeme özellikleri kullanılarak tekrar edilmiştir.

Şekil 5, düşme analizinde kullanılan elasto-plastik malzemenin zorlanma-gerilme diyagramını göstermektedir.



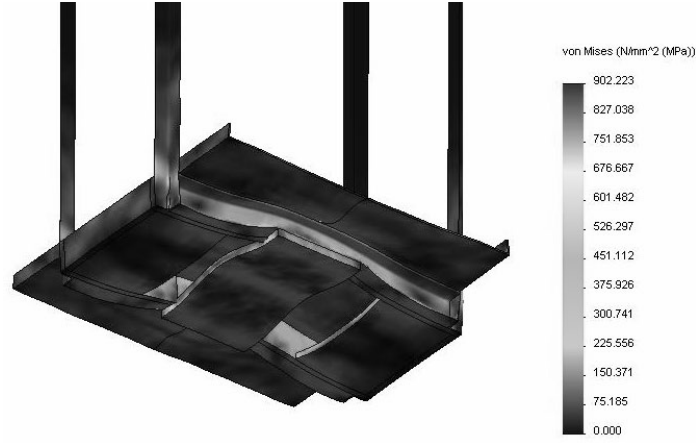
Şekil 5. Elasto-plastik malzemenin zorlanma-gerilme diyagramı

Şekil 6, elasto-plastik malzeme özellikleri kullanılması durumunda 9 m'lik düşme yüksekliğinde meydana gelen yer değiştirme dağılımını göstermektedir. Bu durumda, 200 mikrosaniye sonunda oluşan en büyük yer değiştirme değeri 3.365 mm' dir.



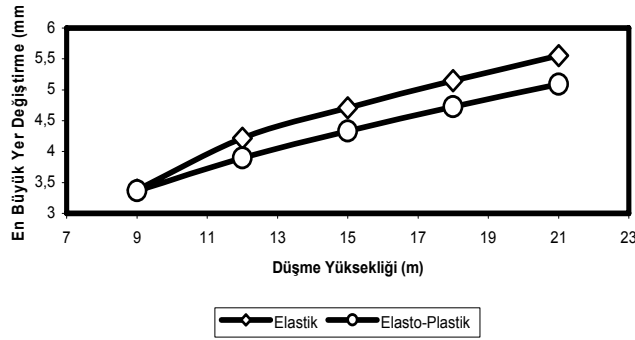
Şekil 6. 9 m düşme yüksekliği için süspansiyon ve taban plakasındaki yer değiştirme değerleri (elasto-plastik malzeme).

Elasto-plastik malzeme özellikleri için 9 m' lik düşme yüksekliğinde süspansiyon ve taban plakası üzerindeki gerilme (von Mises) dağılımı Şekil 7' de verilmiştir. En büyük gerilme değeri elastik malzeme özellikleri kabul edildiğinde 1248.698 MPa iken elasto-plastik malzemede 902.223 MPa olarak elde edilmiştir.

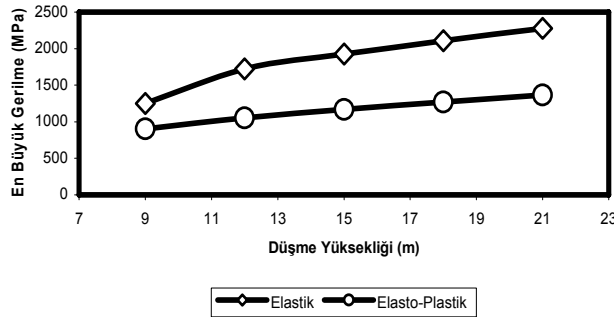


Şekil 7. 9 m düşme yüksekliği için süspansiyon ve taban plakasındaki gerilme değerleri (elasto-plastik malzeme).

Elastik ve elasto-plastik malzeme özellikleri için farklı düşme yüksekliklerinde süspansiyon üzerinde oluşan en büyük yer değiştirme ve von-Mises gerilme değişimleri Şekil 8 ve 9’ da verilmiştir.



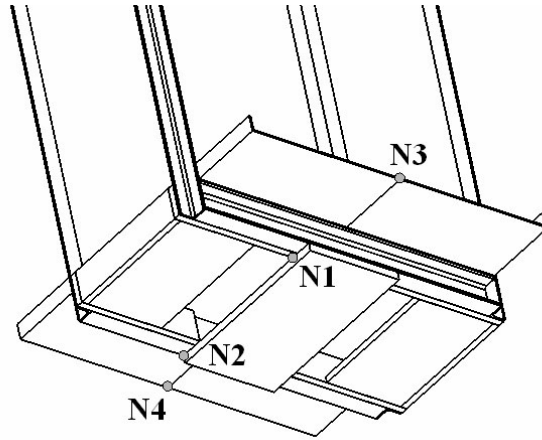
Şekil 8. En büyük yer değiştirme değerleri



Şekil 9. En büyük von-Mises gerilme değerleri

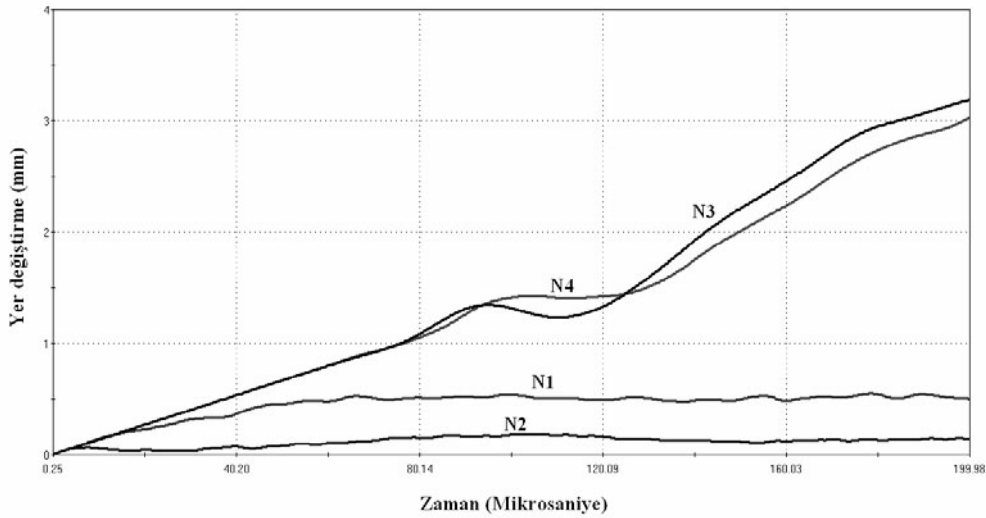
Şekil 8 ve 9’ da görüldüğü gibi elasto-plastik malzeme özellikleri kullanıldığında yer değiştirme ve gerilme değerleri düşmektedir. Bununla birlikte elasto-plastik malzeme özellikleri kullanılması durumunda yapılan analiz sonuçları düşme sonucundaki hasarı göstermektedir.

Ayrıca, kabin süspansiyonu alt bölgesinde bulunan ve Şekil 10’da gösterilen dört farklı nokta için çarpışma anından itibaren 200 mikrosaniye içerisinde oluşan dinamik yer değiştirme ve gerilmeler incelenmiştir.



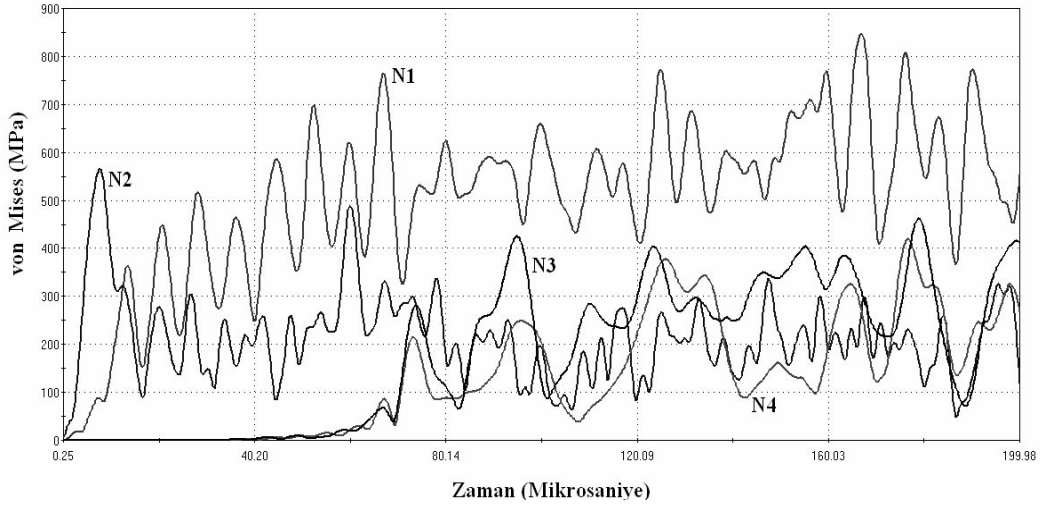
Şekil 10. Kabin süspansiyonu alt bölgesinde dinamik cevap elde edilen noktalar.

Şekil 11, belirtilen noktalar için elde edilen zamana bağlı yer değiştirme değerlerini göstermektedir. N3 ve N4 noktaları için 200 mikrosaniye sonunda şekil değiştirmenin devam ettiği görülmektedir.



Şekil 11. 9 m düşme yüksekliği için zamana bağlı dinamik yer değiştirme değerleri.

Şekil 12’de aynı noktalar için sayısal analiz sonucunda elde edilen dinamik gerilme değerleri verilmiştir. Tüm noktalar için çarpışma sonucunda oluşan dinamik gerilme değerlerinin süspansiyon ve taban plakasına ait malzemenin kopma mukavemeti değerinden oldukça yüksek olduğu ve süspansiyonda büyük hasarın oluşacağı sayısal olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 12. 9 m düşme yüksekliği için zamana bağlı dinamik gerilme değerleri.

SONUÇ

Bu çalışmada, bir test asansörünün süspansiyonunun düşme analizi farklı düşme yükseklikleri için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sayısal olarak incelenmiştir. Düşme yüksekliği arttıkça beklenildiği üzere süspansiyon üzerindeki yer değiştirme ve gerilme değerleri artmaktadır. Elde edilen gerilme değerleri tüm düşme yükseklikleri için oluşacak büyük hasarı göstermektedir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlar, düşmeye bağlı kabin içi hasarı en aza indirecek süspansiyon tasarımlarını gerçekleştirmekte kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Bayrak, S. ve Turgut, M., SolidWorks, COSMOSWorks, SOLIDCam, Seçkin Yayıncılık, 2007.
2. COSMOSWorks 2007 Online Tutorial.
3. Tavashoğlu, S. Asansör Uygulamaları, 2005.