

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ TEST ASANSÖRÜ KUYUSUNUN DEPREM YÜKLERİ ETKİSİ ALTINDAKİ DİNAMİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Zeki Kırıl ve Binnur Gören Kırıl

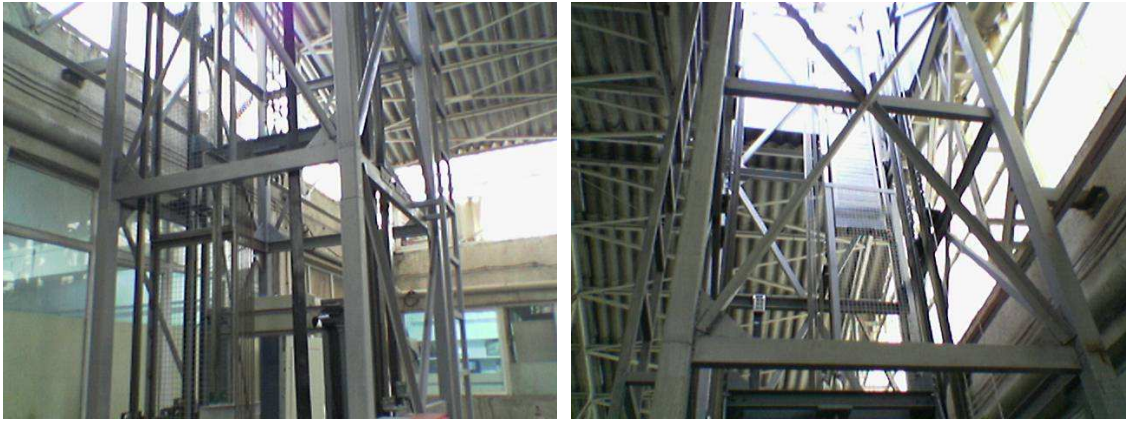
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
35100, Bornova-İzmir, Tel: 0232 3883138, Faks: 0232 3887864
zeki.kiral@deu.edu.tr , binnur.goren@deu.edu.tr

ÖZET

İnsanoğlunun doğal olaylara karşı hazırlıksız olduğunu son yıllarda gerek ülkemizde, gerekse dünyanın diğer bölgelerinde yaşanan üzücü olaylar ile görmekteyiz. Doğa yaşam kaynağımız olmakla birlikte, sahip olduğu büyük güç ile zaman zaman büyük tehditler oluşturmaktadır. Deprem, diğer doğal afetlerin birçoğundan farklı olarak, günümüz modern teknolojileri ile bile öngörülmesi halen olanaksız olan bir doğa olayıdır ve oluşturduğu yıkım çok ciddi boyutlardadır. Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nde kurulu bulunan Test Asansörünün çelik konstrüksiyondan imal kuyusunun, 1999 yılı Marmara depreminden alınan deprem verileri ile uyarılması durumundaki dinamik davranışı incelenmiştir. Dinamik analizler ticari bir sonlu elemanlar programı olan ANSYS kullanılarak yapılmıştır.

1. MODEL

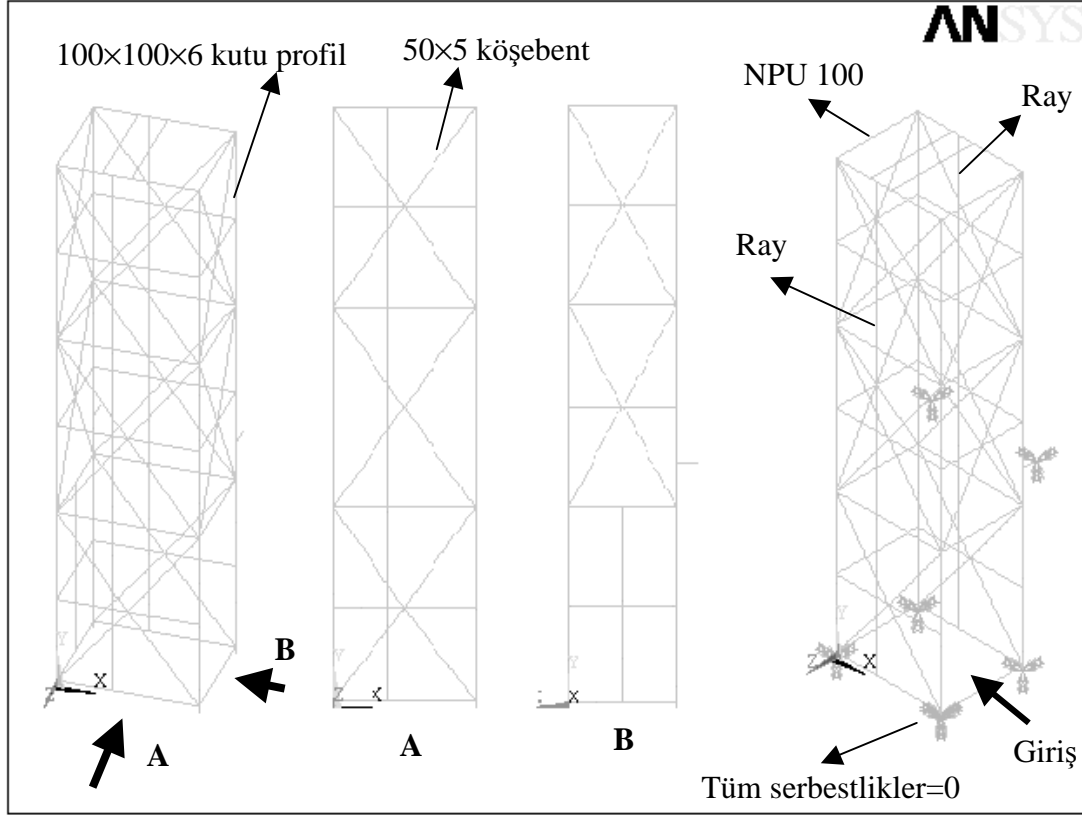
Bu çalışmada, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nde kurulu bulunan ve Şekil 1'de görülen Test Asansörü çelik konstrüksiyon kuyusu ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan temel konu, deprem yükleri etkisi altındaki bir çelik yapının dinamik davranışının sayısal yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve analiz sonuçlarının yorumlanmasıdır. Dinamik analizler sayısal bir yöntem olan sonlu elemanlar yöntemi [1] ile yapılmıştır.



Şekil 1. DEÜ Test Asansörü kuyusu.

Test asansörü kuyusuna ait sonlu elemanlar modeli ANSYS programı ile oluşturulmuştur. Asansör kuyusu gerçek modelde olduğu gibi, 100×100×6 kutu profil,

NPU 100 ve 50×5'lik köşebentlerden oluşan bir kiriş yapı olarak modellenmiştir. Raylar T90B olarak seçilmiş ve sonlu elemanlar modeline dahil edilmiştir. Şekil 2'de test asansörü kuyusunun sonlu elemanlar modeli görülmektedir. Modelde toplam 3249 kiriş eleman ve 3190 düğüm bulunmaktadır. Sonlu elemanlar modelinde sadece çelik konstrüksiyon dikkate alınmış, karşı ağırlık ve asansör kabini bu çalışmada modele dahil edilmemiştir.



Şekil 2. Test asansörü kuyusunun sonlu elemanlar modeli.

Dinamik analizler için ilk olarak yapının doğal frekansları tespit edilmiştir. Doğal frekans analizinde kullanılan sınır şartları Şekil 2'de gösterilmiştir ve yapının zemine ve bina duvarına bağlantı noktalarındaki tüm serbestlik dereceleri sıfır olarak alınmıştır. Doğal frekans analizinde kullanılan denklem;

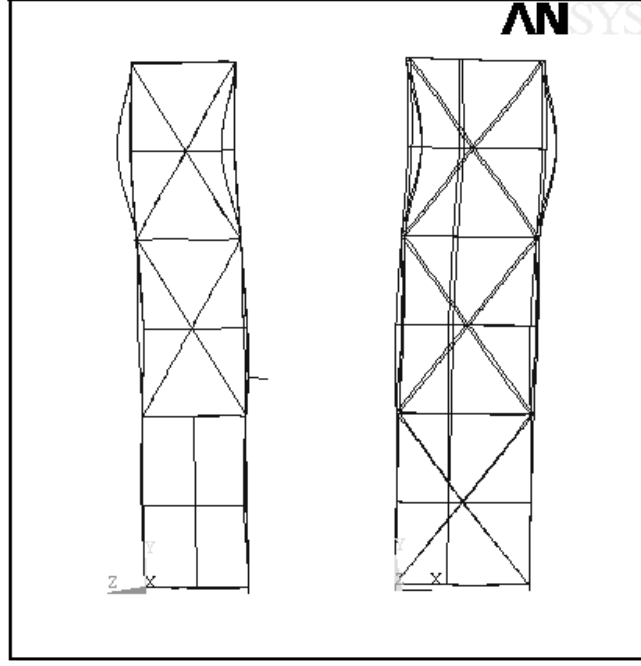
$$|K - \omega^2 M| = 0 \quad (1)$$

dir. Burada M kütle matrisi, K direngenlik matrisi ve ω yapının doğal frekanslarıdır.

Doğal frekans analizi sonuçlarına göre yapının ilk doğal frekansı 13.854 Hz olarak elde edilmiştir. Yapının ilk 5 doğal frekansı Tablo 1'de ve ilk iki doğal frekansına ait titreşim biçimleri Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Test Asansörü kuyusunun doğal frekansları.

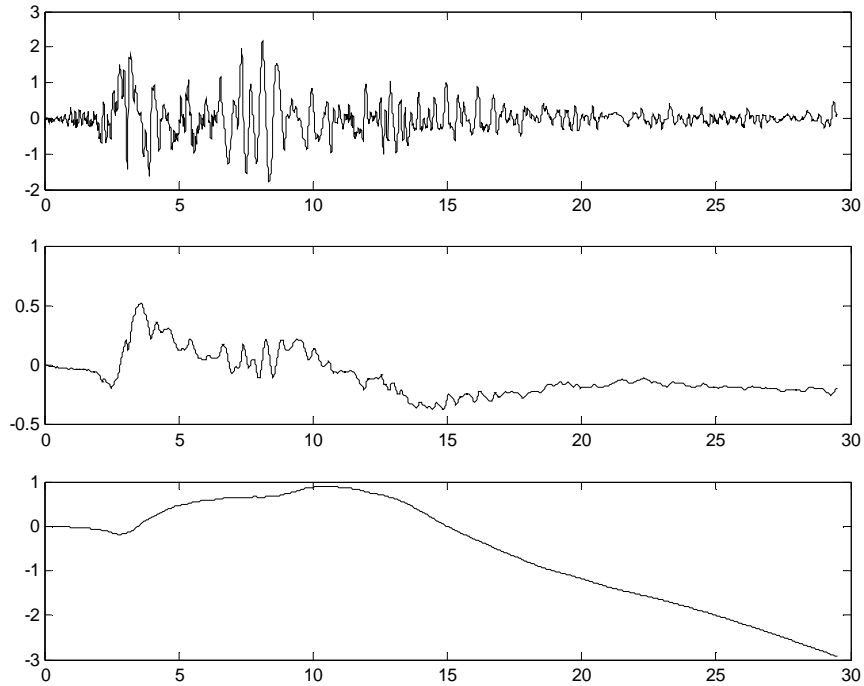
	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5
Frekans (Hz)	13.854	15.570	20.390	20.446	20.497



Şekil 3. Test asansörü kuyusunun titreşim biçimleri a) 1. mod, b) 2. mod

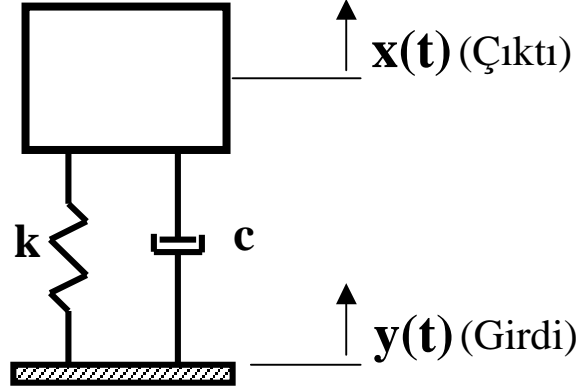
2. TEORİ

Bu çalışmada kullanılan deprem verileri, 17 Ağustos 1999'da Marmara depremi sırasında Kandilli rasathanesi tarafından kaydedilen değerlerdir. Deprem verileri ivme genliği olarak temin edilmiş ve bu çalışmadaki dinamik sonlu elemanlar analizi için integrasyon yolu ile hız ve deplasman verilerine dönüştürülmüştür. Marmara depremine ait düşey deprem verileri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Marmara depremi ivme, hız ve yerdeğiştirme verileri (düşey doğrultu).

Zemin zorlaması problemi öncelikle tek serbestlik dereceli bir yay-kütle sistemi için incelenmiştir. Şekil 5'te tek serbestlik dereceli bir yay kütle sistemi görülmektedir.



Şekil 5. Zemin zorlamasına maruz yay-kütle sistemi.

Şekil 5'te verilen zemin zorlamasına maruz tek serbestlik dereceli sisteme ait hareket denklemi şu şekildedir,

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = c\dot{y} + ky \quad (2)$$

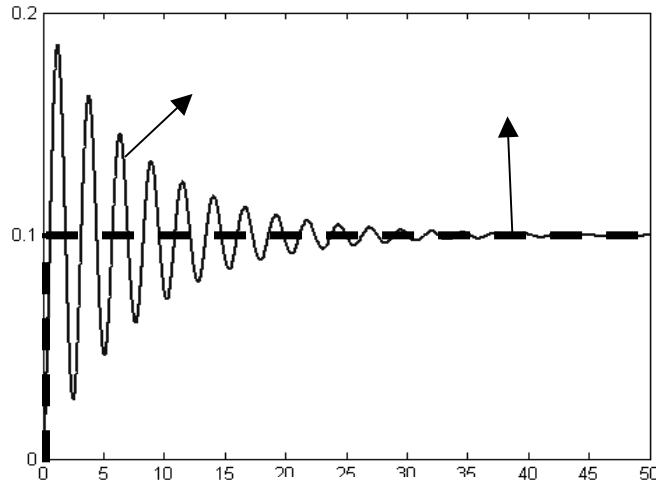
burada x dinamik cevabı, y ise zemin zorlamasını ifade etmektedir. Sistemin çıkışı x ile girdisi olan y arasındaki ilişkiyi ifade eden transfer fonksiyonu şu şekilde yazılabilir.

$$\frac{x(s)}{y(s)} = H(s) = \frac{cs + k}{ms^2 + cs + k} \quad (3)$$

burada s Laplace değişkendir. $m=200$ kg, $k=1200$ N/m, 0.05'lik sönüm oranı ve 0.1 m genliğindeki bir basamak yerdeğiştirme zorlaması için cevap x'in zamana göre değişimi

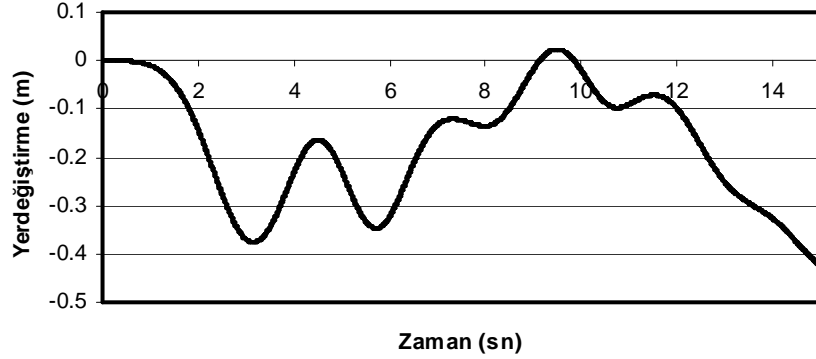
$$x(t)=0.1e^{-0.1225t} \cos(2.446t-3.0916)+0.1 \quad (4)$$

şeklinde elde edilir. Şekil 6'da 0.1 m genliğindeki bir basamak girdi için x(t) cevabının grafiği verilmiştir. Benzer analiz, farklı formdaki bir zemin zorlaması için de tekrarlanabilir.



Şekil 6. Yay kütle sisteminin 0.1 m genlikli basamak girdiye cevabı.

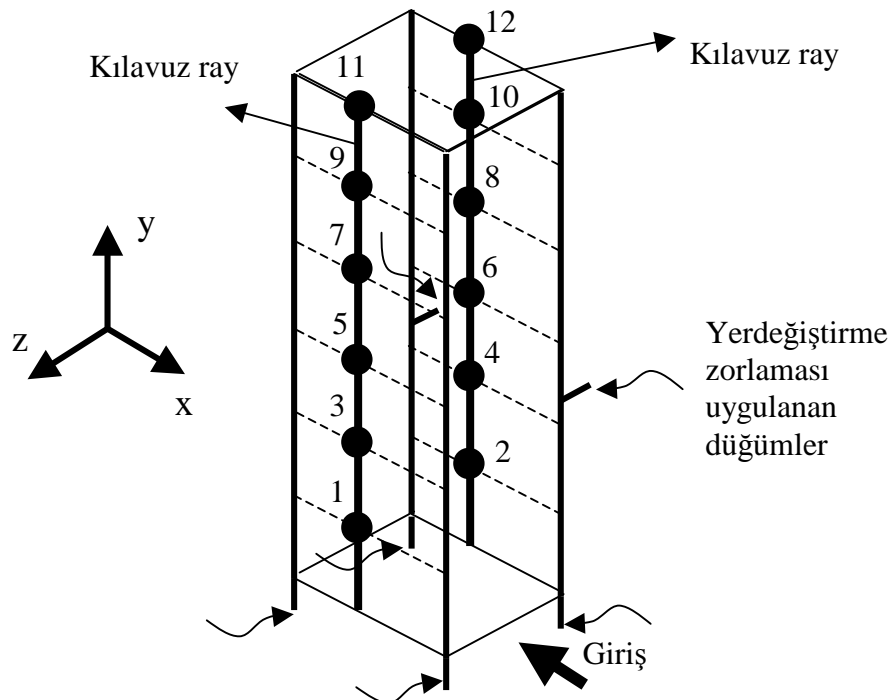
Yay kütle sisteminin zemin zorlaması Şekil 4’te verilen deprem verilerindeki yerdeğiştirme biçiminde olduğunda cevap ANSYS programı ile Şekil 7’deki gibi elde edilir.



Şekil 7. Yay-kütle sisteminin deprem zorlamasına cevabı.

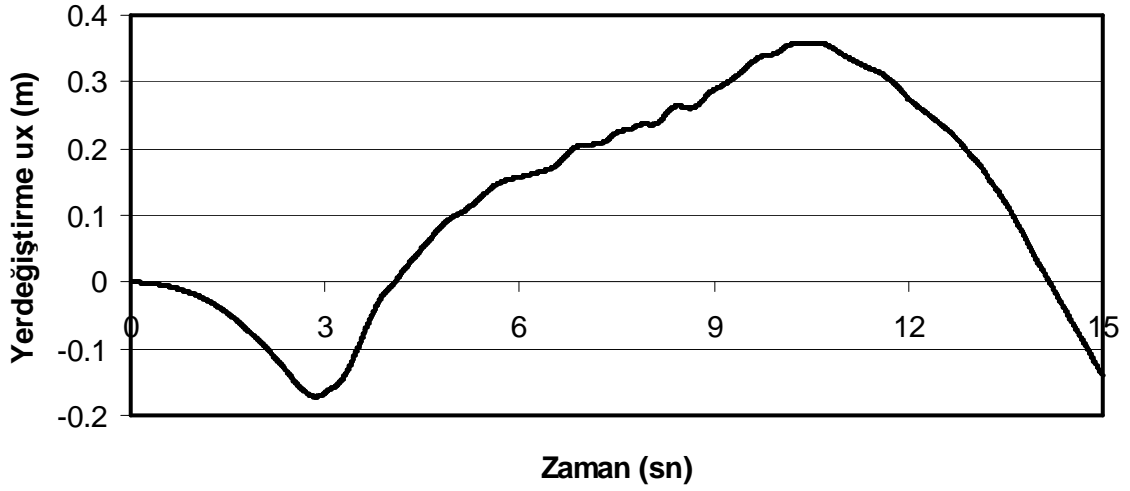
3. GERÇEK MODELİN DİNAMİK CEVABI

Test asansörünün çelik konstrüksiyondan imal edilmiş olan kuyusunun dinamik analizi için Marmara depremi sırasında kayıt edilen ve Şekil 4’te verilen yerdeğiştirme verisi kullanılmıştır. Asansör kuyusu için yerdeğiştirme zorlamaları, Şekil 2’deki sonlu elemanlar modelinde sınır şartı uygulanan 6 adet düğüm noktasına yanal ve düşey doğrultularda (x ve y) uygulanmıştır. Marmara depreminin yıkıcı etkisi ülkemiz insanı tarafından acı bir şekilde yaşanmıştır. İzmir bölgesinde bu çalışmada kullanılan genliklerde bir deprem tahmini yapılmısa da, bu büyüklükteki bir depremin bir asansör konstrüksiyonu üzerindeki etkileri bu çalışma ile incelenmiştir. Çalışmada ele alınan temel büyüklük asansör kuyusunun farklı yönlerdeki yerdeğiştirme genlikleridir. Yerdeğiştirme genliklerinden hareketle asansör sisteminin ne tür bir zorlamaya maruz kalacağı hakkında sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde çelik konstrüksiyon yapıların ve asansör sistemlerinin deprem davranışları ile ilgili çalışmalar mevcuttur [2, 3].

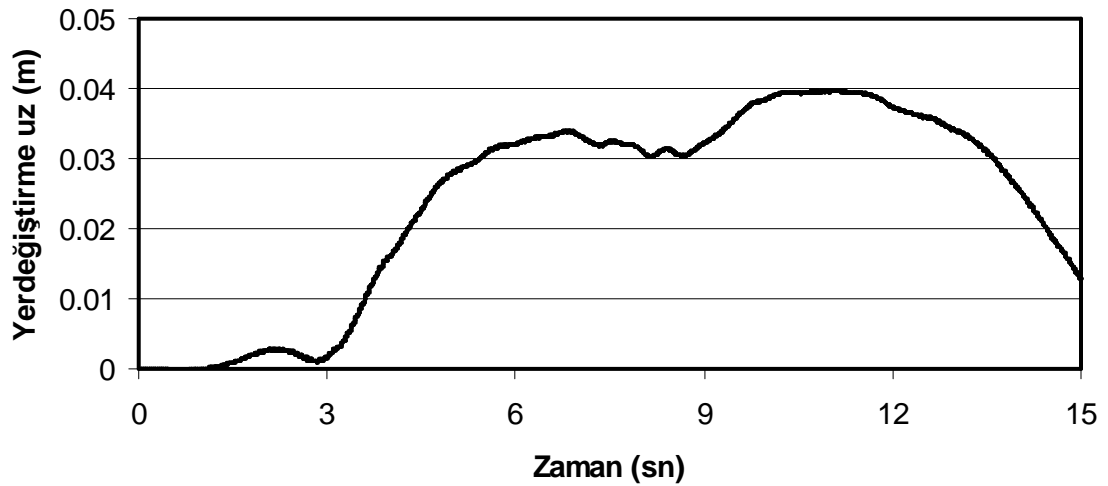


Şekil 8. Dinamik analiz ile çözüm elde edilen düğüm noktaları (1-12).

Deprem yükleri etkisindeki asansör çelik konstrüksiyonu Şekil 8’de gösterildiği gibi zemine ve yapı yan duvarına bağlantı noktalarından yanal ve düşey (x ve y) doğrultularda zemin zorlamasına maruzdur. Dinamik analizler sonucunda çelik konstrüksiyonun Şekil 8’de gösterilen düğüm noktaları için zamana bağlı yerdeğiştirme cevapları elde edilmiştir. 1 no’lu düğüm için x ve z yönündeki yerdeğiştirme cevabı Şekil 9 ve 10’da verilmiştir.



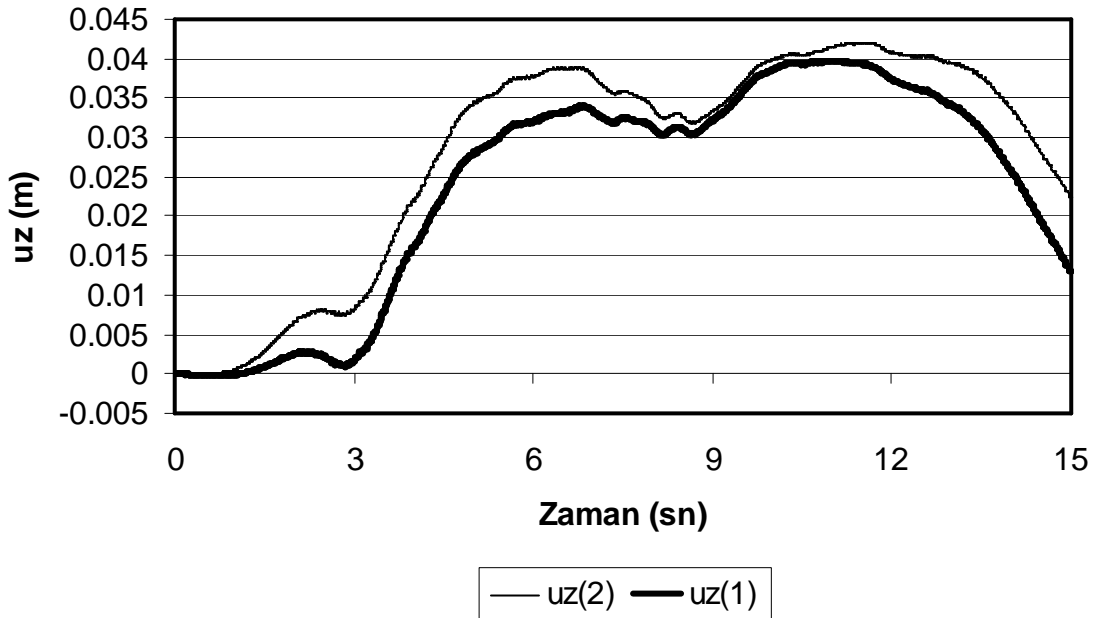
Şekil 9. 1 no’lu düğüm için x yönündeki yerdeğiştirmeler.



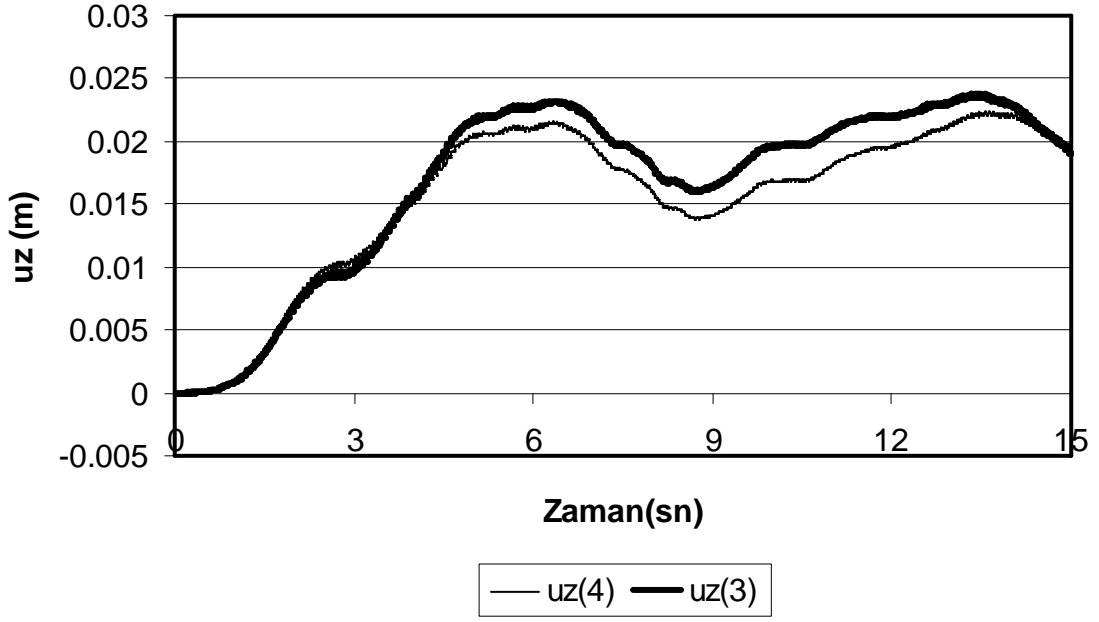
Şekil 10. 1 no’lu düğüm için z yönündeki yerdeğiştirmeler.

Dinamik analiz sonuçlarından görüleceği gibi yapı x yönünde genliği 0.4 metreyi bulan yerdeğıştirmelere maruz kalmaktadır. Bu mertebelerdeki yerdeğıştirmelerin yapı üzerindeki olumsuz etkiler yaratacağı belirgindir.

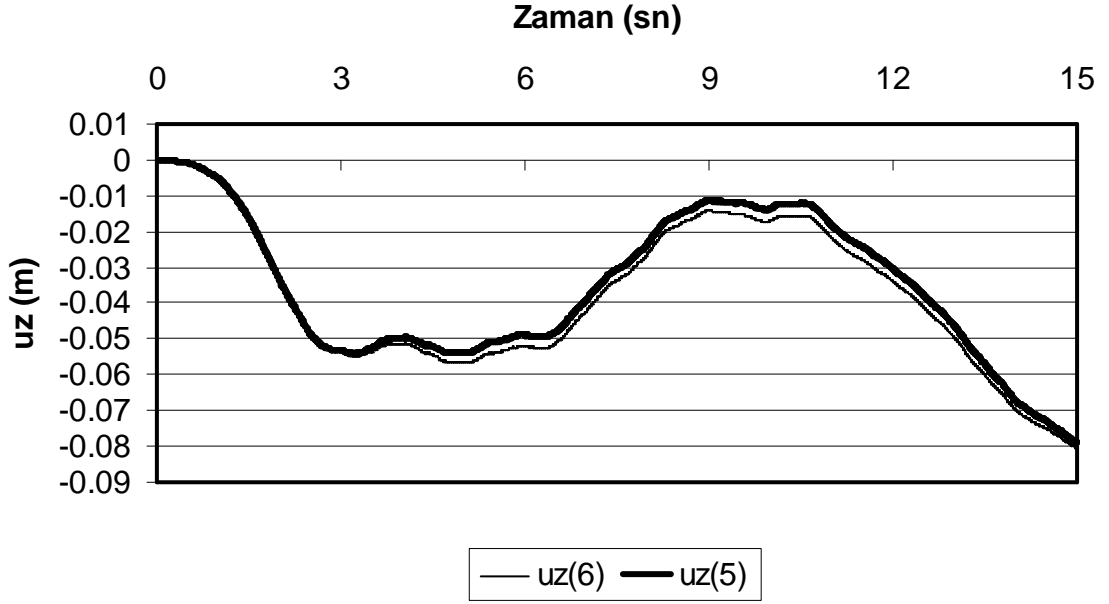
Asansör çelik konstrüksiyonunun z yönündeki dinamik davranışı Şekil 11-16'da verilmiştir. Bu şekiller, kılavuz raylar üzerindeki karşılıklı düğümün dinamik cevaplarını göstermektedir. Şekil 11-16'daki dinamik cevaplara bakıldığında yapının üst bölgelerine doğru yerdeğıştirme genliklerinin arttığı gözlemlenmektedir. Yapının alt bölgelerinde 4 cm mertebelerinde olan en büyük yerdeğıştirme genlikleri 9 metre yüksekliğe çıkıldığında 0.6 metrenin üzerine çıkmaktadır. Sonuçlarda dikkati çeken diğer bir nokta ise Şekil 11 ve 12'de verilen dinamik yerdeğıştirmelerin +z doğrultusunda olmasına rağmen, Şekil 13-16'da verilen dinamik yerdeğıştirmelerin -z yönünde olmasıdır. Yapı, yerdeğıştirme zorlamasının (girdinin) ve kendi dinamik özelliklerin sonucu olarak farklı bölgelerinde farklı yönlerde ve genliklerde dinamik cevap vermektedir. Bununla birlikte, kılavuz raylardaki karşılıklı düğüm noktalarının yerdeğıştirme cevapları incelendiğinde, 1 ve 2 no'lu düğümde z doğrultusundaki yerdeğıştirmelerin aynı yönde olduğu ve aralarında zamana bağlı olarak 9 mm'ye varan farkların oluştuğu görülmektedir. Yapının üst bölgelerine çıkıldığında kılavuz rayların yerdeğıştirme genlikleri arasındaki farkın düştüğü gözlemlenmektedir. Yapılan çalışmada karşı ağırlık ve kabin ağırlığı sonlu elemanlar modeline dahil edilmemiştir. Bu etkilerin göz önüne alınması ile yapının dinamik davranışının bir miktar değışeceğini söylemek mümkündür.



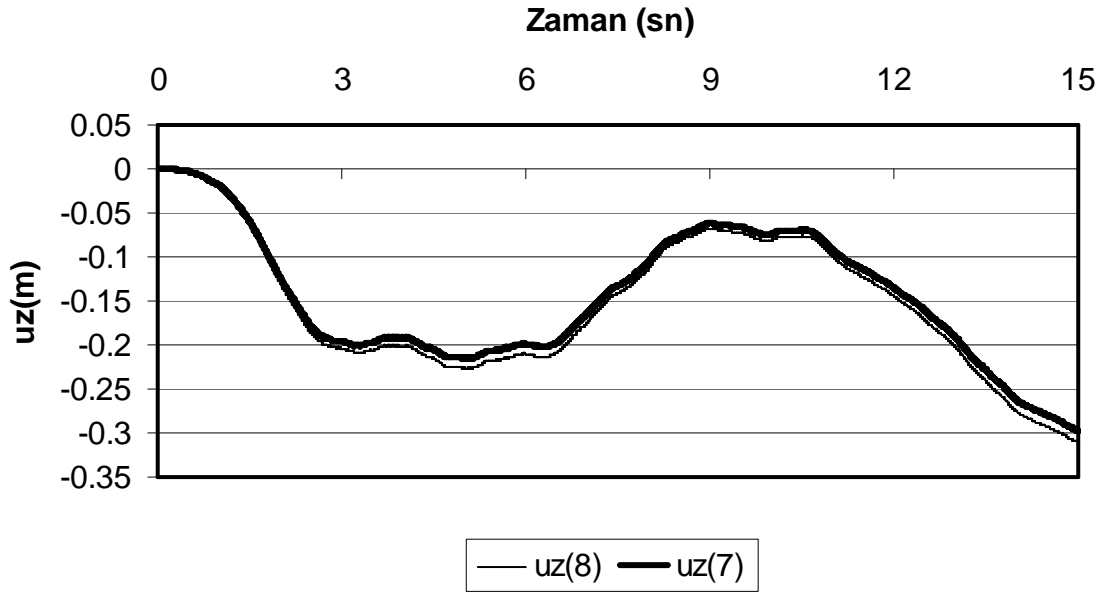
Şekil 11. 1 ve 2 no'lu düğümde z yönündeki yerdeğıştirmeler.



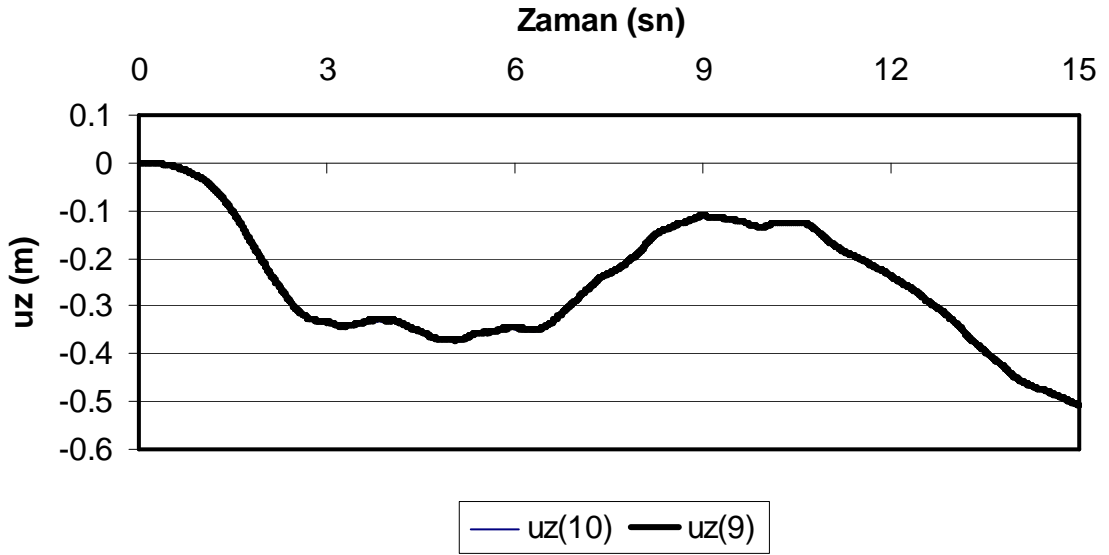
Şekil 12. 3 ve 4 no'lu düğümlerde z yönündeki yerdeğişirmeler.



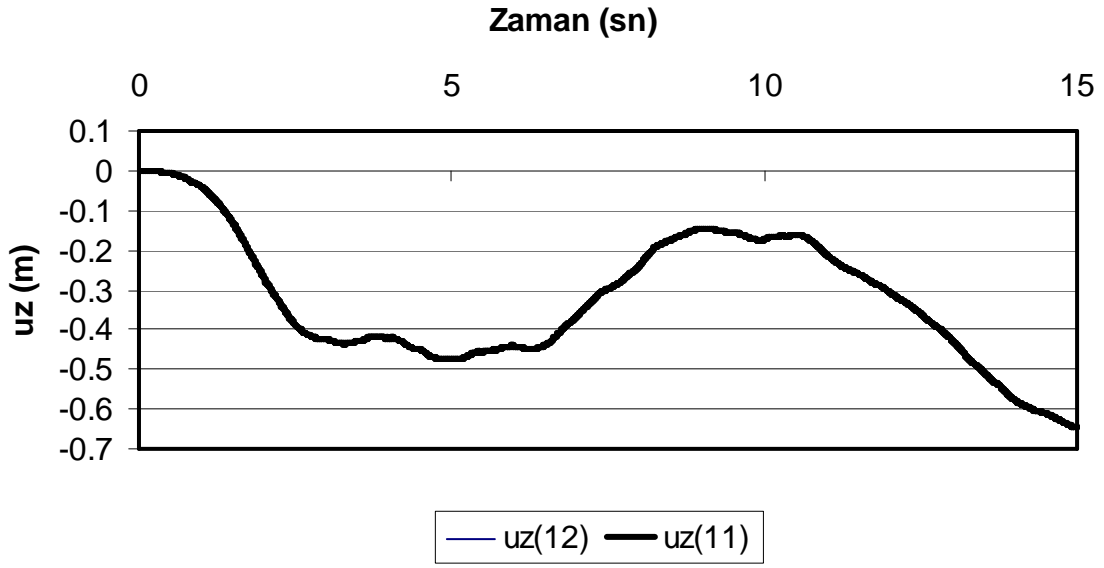
Şekil 13. 5 ve 6 no'lu düğümlerde z yönündeki yerdeğişirmeler.



Şekil 14. 8 ve 7 no'lu düğümlerde z yönündeki yerdeğişirmeler.



Şekil 15. 10 ve 9 no'lu düğümlerde z yönündeki yerdeğişirmeler.



Şekil 16. 12 ve 11 no'lu düğümlerde z yönündeki yerdeğıştirmeler.

4. SONUÇ

Bu çalışmada DEÜ test asansörü çelik konstrüksiyon kuyusunun gerçek deprem verileri ile uyarılması ile elde edilen dinamik davranışını incelenmiştir. Dinamik davranışına esas olarak yapının farklı noktalarındaki yerdeğıştirmeler sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanmıştır. İki farklı doğrultudaki deprem yükleri etkisinde yapı içerisinde oluşan gerilme değerleri farklı bir çalışma kapsamında incelenmek üzere bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Yerdeğıştirme cevaplarına bakıldığında, yapının farklı bölgelerinde farklı genlik ve yönlerde davranış gösterdiği ve yerdeğıştirme genliklerinin kalıcı hasara neden olabilecek kadar yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. 1999 Marmara depremi gerek genlik gerekse süre olarak ülkemizde kaydedilmiş çok önemli depremlerden biridir. Bu depremde yoğun olarak betonarme yapıların hasar gördüğü dikkate alındığında, benzer çalışmanın betonarme bir bina için de yapılması, bu tip yapıların ve özellikle içerilerindeki asansör kuyularının deprem davranışları konusunda bilgi sahibi olunmasına katkıda bulunacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmaya konu olan Test Asansörünün yapımına katkıda bulunan Asansör Sektörünün değerli temsilcilerine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Moaveni, S. Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS. Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- [2] Kıral, G. B. Strain Rate (Earthquake) Effect on Fracture of Column-Beam Steel Weld Joints. Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [3] Segal, F, Rutenberg, A. ve Levy, R. Earthquake response of structure in elevators, Journal of Structural Engineering, Vol. 122, No:6 pp. 607-616, 1996.