Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **17** (2017) 035602 (1055-1065) AKU J. Sci. Eng.**17** (2017) 035602 (1055-1065)

DOİ: 10.5578/fmbd.66120

Yapı Analizinde Kullanılan Farklı Yöntemlerin Tutarlılığı Üzerine Bir Çalışma

Ercan Işık[1]*, Emrullah Velioğlu[2]

[1]Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Bitlis, Türkiye, +90 434 2285001
eisik@beu.edu.tr
[2]Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye, +90 434 2285001
e.velioglu@yahoo.com
**İletişimden sorumlu yazar*

Geliş Tarihi: 04.02.2017 ; Kabul Tarihi: 23.11.2017

Anahtar kelimeler
"Betonarme; zaman tanım alanı; dinamik; performans; statik; artımsal"

Özet

Mevcut yapıların deprem güveliklerinin belirlenmesi için performans analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve yazılım programlarında da yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin tutarlılığının örnek bir betonarme binaya uygulanmasını konu edinmiştir. Bu çalışmada, beş katlı düzenli bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi salt çerçeveden oluşan yeni bir betonarme yapı seçilmiş ve mevcut bir bina olarak kabul edilmiş olup alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Seçilen örnek betonarme bina için SEISMOSTRUCT yazılım programında yer alan dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analizi ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki amaç kullanılan yapı performanslarını hesaplanmasında kullanılan bu yöntemlerin birbirleri ile tutarlılığını ortaya koymaktır. Çalışmada kullanılan her üç yöntem için tepe yer değiştirmeleri yaklaşık olarak birbirine eşit çıkmıştır. Kullanılan her iki dinamik analiz sonucunda taban kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlere ulaşılma zamanı, yapının göçme zamanı ile maksimum deplasmana ulaşılma zamanları birbirlerine eşit çıkmıştır. Sonuçların birbirinden çok farklı çıkmaması ilgili yöntemlerin kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

A Study on the Consistency of Different Methods Used in Structural Analysis

Keywords
"Reinforced-concrete; time history; dynamic; performance; static; incremental"

Abstract

Performance analyses are widely used to determine the earthquake safety of existing buildings. This study deals with the application of the consistency of the methods to a sample concrete building. These methods are related to the determination of earthquake performances of structures that have been developed in recent years and which are already included in software programs. In this study, a new concrete building, having a five-story regular axis system and whose load-bearing system consists only of a frame, was selected and accepted as an existing building, and it was aimed to apply alternative analysis methods and make a comparison between them. Dynamic time-history analysis, incremental dynamic analysis and static time-history analysis that are included in the SEISMOSTRUCT software program were conducted for the selected sample concrete building. Information about these analyses was given and the results obtained were compared. The purpose of the study is to demonstrate the consistency of these methods, which were used to calculate the structural performances used, with each other. For all three methods used in the study, the peak displacements were approximately equal to each other. As a result of both dynamic analyzes used, the base shear forces and the times of reaching these forces, the time of collapse of the building and the times of reaching the maximum displacement were equal to each other. The fact that the results were not very different from each other reveals the usability of the related methods.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

**İlgili yazar: eisik@beu.edu.tr*

1. Giriş

Depreme dayanıklı yapı tasarımında özellikle son yıllarda yapıların performans kavramı ortaya çıkmış ve bu kavram gelişmeye devam etmektedir. Yapıların performansa göre tasarımı ve değerlendirilmesi yapı yönetmeliklerinde ve yapı analiz yazılım programlarında yerini almaya başlamıştır. Yapıların deprem altındaki incelemeleri için farklı analiz yöntemleri mevcuttur.

Tasarım depremi etkisinde taşıyıcı yapı elemanlarında oluşacak şekil değiştirmelerinin elde edilmesi, performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemi ile yapılabilmektedir. Belirlenen hasarın taşıyıcı elemanlar için sınır şekil değiştirmelerin altında olup olmadığı kontrol edilir. Sınır şekil değiştirme değerleri, çeşitli depremler için yapılar için hedeflenen performans değerleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanmaktadır (Sucuoğlu, 2006; Aydınoğlu, 2007; Doran vd., 2011; DBYBHY, 2007; Işık ve Kutanis, 2015; Işık ve Özdemir, 2017).

Yapısal analiz alanındaki hızlı gelişmeler sonucunda zaman tanım alanında hesap yöntemleri yapıların sismik analizi ve tasarımında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle sismik analizler yapılırken daha önce meydana gelmiş depremlerin ivme kayıtları kullanılmaktadır (Fahjan vd., 2011; Öncü vd. 2009; Mwafy ve Elnashai, 2001).

Yapıların performans analizinde doğrusal ve doğrusal olmayan değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan yöntemlerin kendi içerisinde bir takım zorlukları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yapı taşıyıcı sistemi ile ilgili daha çok bilgiye, parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut yapılarda bu bilgilere ve parametrelere ulaşılmaması durumunda büyük belirsizlikler meydana çıkmaktadır. İkinci bir zorluk ise mevcut doğrusal çözüm programlarının kullanılamaması ve çok daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulmasıdır (Freeman, 2005; Fajfar, 2000; Çağlar, 2014).

Binaların doğrusal olmayan davranışlarının gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri artımsal dinamik analiz yöntemidir. Yapılarda bu analiz gerçekleştirilirken yer hareketleri önemli bir yer tutmaktadır. Tanımlanmış bir ivme kaydı ile ölçekleme faktörlerinin çarpımından elde edilen yer hareketi analizlerde dikkate alınmaktadır. Bu analiz türü ile ilgili birçok çalışma mevcuttur (Antoniou ve Pinto, 2003; Öncü ve Yön, 2016; Taşgun, 2017; Velioğlu, 2017; Çağlar vd.2014; Vamvatsikos ve Cornell, 2002; Bayat vd., 2017; Zhou vd, 2017; Deng vd., 2017).

Dinamik analiz deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal olmayan inelastik davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulanacak deprem kaydının belirlenmesinde, yönetmelikte verilen yerel zemin koşullarına bağlı spektrum eğrisine uygun ve yeterli sayıda farklı kayıt kullanılarak çözüm yapılması gerekmektedir (Antoniou ve Pinto, 2003; DBYYHY, 2007; Çağlar vd.2014; Durgun vd. 2013.; Velioğlu, 2017; Salajegheh ve Heidari, 2005; He vd., 2017; Liu vd., 2016; Oleszek ve Radomski, 2016)

Bu çalışmada, söz konusu alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir kıyaslama yapmak amacıyla, önce 5 katlı, düzenli bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi salt çerçeveden oluşan yeni bir betonarme bina tasarlanmış ve mevcut bir bina gibi kabul edilmiştir. Bina bilgi düzeyi olarak kapsamlı bilgi düzeyi seçilmiştir. SEISMOSTRUCT V7.0 yazılım programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Seismosoft, 2013). Seçilen örnek betonarme bina için SEISMOSTRUCT yazılım programında bulunan dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analiz ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki amaç yapı performanslarını hesaplanmasında kullanılan zaman tanım alanında kullanılan bu yöntemlerin birbirleri ile tutarlılığını ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Metot

Geleneksel olarak, yapılara etkiyen sismik yüklerin hesabı “Eşdeğer Statik Deprem Yükü Yöntemi” ve “Mod Birleştirme Yöntemi” ile yapılmaktadır. Son dönemde yapısal analiz ve teknolojideki gelişmelerle birlikte, zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemleri, yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri, deprem yüklerinin binaya doğrudan etki ettirilerek gerçekleştirilmesi nedeniyle, yapı davranışının en doğru şekilde modellendiği analizlerdir. Yapı ve deprem hareketinin özelliklerine göre zaman tanım alanındaki dinamik analizler doğrusal veya doğrusal olmayan analizler olarak gerçekleştirilebilir (Fahjan vd., 2011; Öncü ve Yön, 2016).

Bu çalışmada analizlerde kullanılmak üzere taşıyıcı sistemi salt çerçeve olan bir betonarme yapı seçilmiştir. Analizlerinin gerçekçi olarak yapılabilmesi adına betonarme binanın Van iline

bağlı Erciş ilçesinde yer aldığı kabul edilmiştir. Bunun sebebi de 2011 yılında yaşadığımız Van depremi kayıtlarının yapıya uygulanarak analizlerin gerçekleştirilmesidir. Kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen bilgi belgelere dayanarak Van ili, Erciş ilçesinin zemin sınıfı olarak Z4 sınıfı dikkate alınmıştır. Betonarme bina ile ilgili yapılacak analizlerde zemin sınıfı olarak bu değer kullanılacaktır. Analizler yapılırken SEISMOSTRUCT yazılım programı kullanılmıştır (Seismosoft, 2013). Yazılım programı kullanılarak sonuçlara ulaşılmıştır. Bu anlamda yazılım programın veri tabanında yer alan üç farklı analiz kullanılarak bina incelenmiştir. Yazılım programının veri tabanında yer alan ve çalışmada kullanılan üç farklı analiz aşağıda belirtilmiştir. Bu analizler,

- Statik Zaman Tanım Alanı Analizi
- Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi
- Artımsal Dinamik Analizi

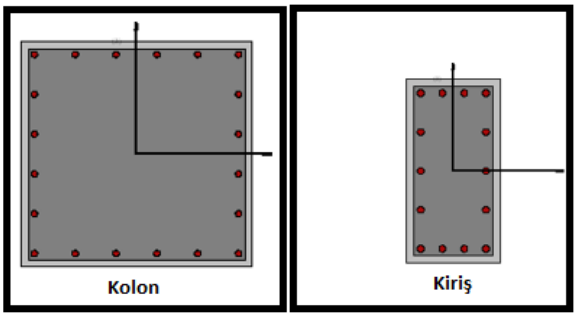
2.1. Seçilen Bina Özellikleri

Bu çalışmada 5 katlı betonarme bir yapı dikkate alınmıştır. Seçilen yapı için her iki doğrultuda ikişer açıklık bulunmaktadır. Yapıda bulunan katların tamamı eşit yüksekliktedir. Kat yüksekliklerinin 3.20m olması durumunda hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Seçilen binada kullanılan malzeme C25-S420'dir. Analizler için seçilen salt çerçeve taşıyıcı sistemli betonarme yapı beş katlı olup seçilen yapı için kullanılan malzeme özellikleri ve binanın yapısal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapı modelinde kullanılan malzeme ve yapısal özellikler

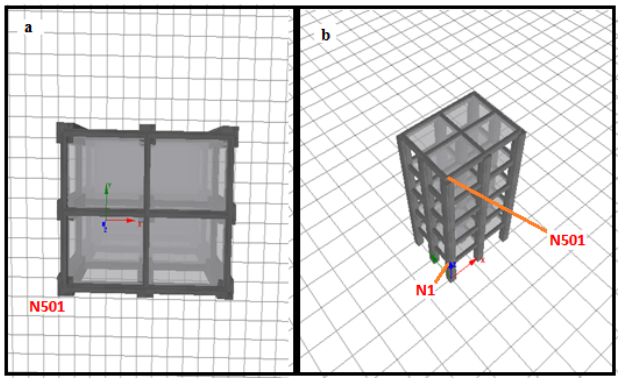
Kat sayısı		5
Kat yükseklikleri		3,2 m
Yapı kullanım amacı		Konut
Yapı boyutları	Lx	13,00m
	Ly	9,00m
Beton sınıfı		C25
Beton elastisite modülü		23500 MPa
Beton çeliği sınıfı		S420
Çelik elastisite modülü		200000 MPa
Kolon (80*80)		20 Φ 22
Kiriş (30*60)		14 Φ22
Etriye aralığı (Kolon ve Kirişlerde)		Φ8/10

Yapı 5 katlı olup her katta 9 adet 80*80 kolon bulunmaktadır. Bu kolonlar 60*30 ebatlarındaki kirişler ile birbirlerine bağlanarak çerçeve sistem oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan betonarme bina için seçilen kolon boyutları 80*80cm'dir. Kirişler ise 30*60cm olarak seçilmiştir. Kiriş ve kolon en kesitleri Şekil 1.'de gösterilmiştir.



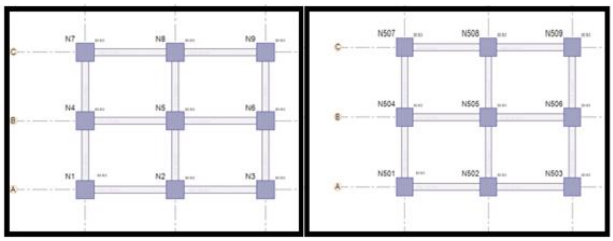
Şekil 1. Çalışmada kullanılan kolon ve kiriş en kesitleri

Çalışmada seçilen betonarme binaya ait plan ve üç boyutlu model Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan betonarme binaya ait ; (a) kalıp planı, (b)binanın üç boyutlu modeli

Çalışmada dikkate alınan düğüm noktalarının gösterimi Şekil 3'te gösterilmiştir. 1. katta köşe noktada yer alan N1 ve 5. katta aynı noktaya denk gelen N501 düğüm noktaları dikkate alınmıştır.



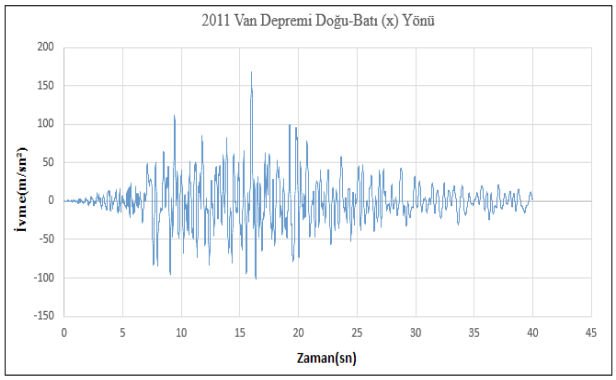
Şekil 3. Çalışmada kullanılan bina için oluşturulan düğüm noktaları

2.2. Çalışmada Kullanılan İvme Kayıtları

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir (DBYYHY, 2007).

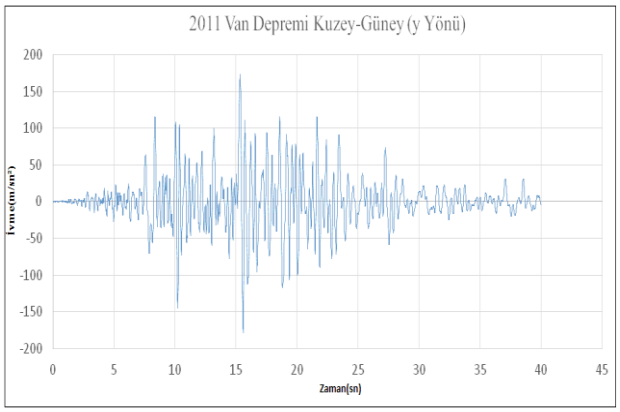
Ülkemizde meydana gelen depremler ait kayıt verileri, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı'na ait www.deprem.gov.tr adlı internet sitesinde yer

almaktadır. Çalışmada dikkate alınan 2011 Van depremine ait verilerde bu siteden alınmıştır.2011 Van depremine ait doğu-batı yönünde ivme-zaman grafiği Şekil 4'te verilmiştir.



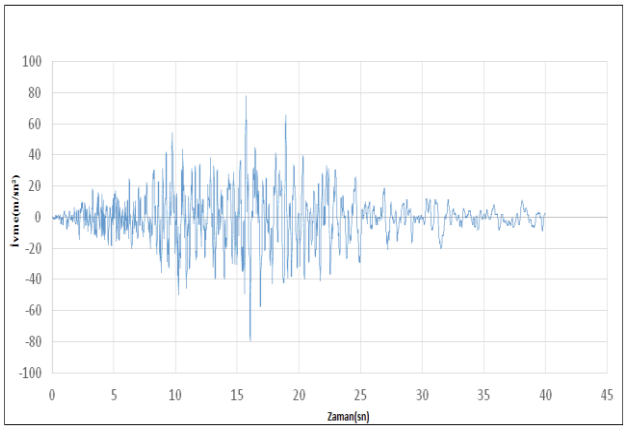
Şekil 4. 2011 Van depreminin doğu-batı yönündeki ivme değerleri (X yönü)(www.deprem.gov.tr)

2011 Van depremine ait kuzey – güney yönünde ivme-zaman grafiği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. 2011 Van depreminin kuzey-güney yönündeki ivme değerleri (Y yönü)

2011 Van depremine ait düşey doğrultuda ivme-zaman grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



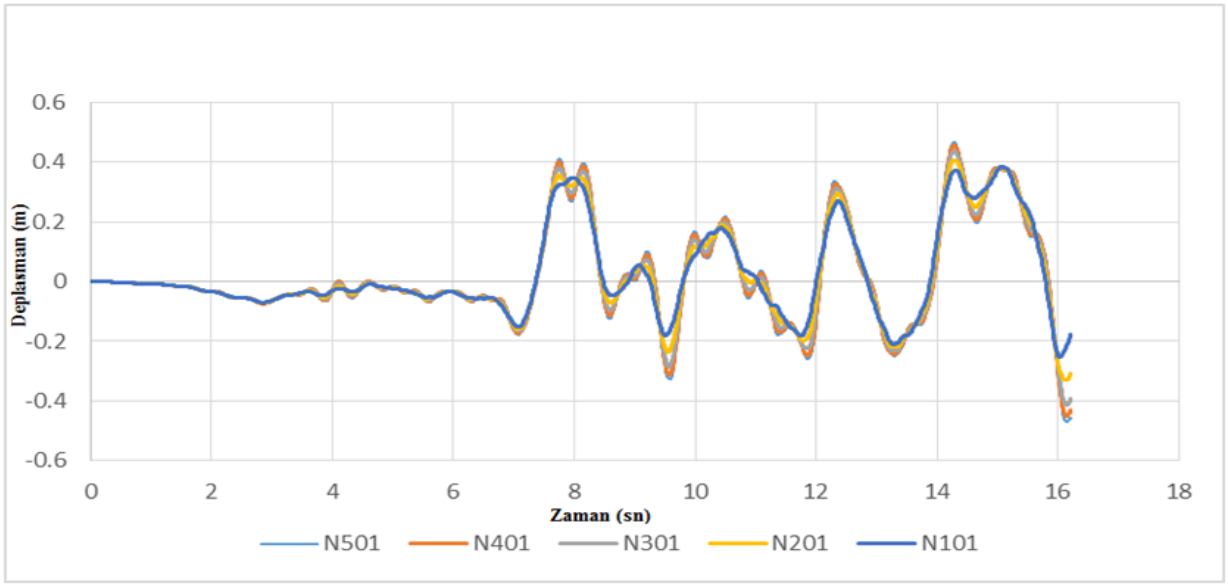
Şekil 6. 2011 Van depreminin düşey yönündeki ivme değerleri (Z yönü) (www.deprem.gov.tr).

2.3. Dinamik Zaman Tanım Alanı Analizi

Deprem yüklerine maruz kalmış bir yapının doğrusal ve elastik olmayan davranışını tahmin etmekte yaygın olarak kullanılan bir analiz yöntemidir. Hareket denkleminin direkt integrali sayısal sönümlü α integral algoritması (Celep ve Kumbasar, 2013) veya bunu daha özel bir durumu olan herkesçe bilinen Newmark tertibinin kullanılmasıyla alınır. Otomatik zaman adımı ayarlanması ile optimum doğruluk ve verimliliği elde etmeyi sağlamaktadır (Antoniou ve Pinto, 2003).

Sismik etkilerin modellenmesi, mesnetlere ivme yük eğrilerinin tanımlanmasıyla sağlanır. Her mesnette farklı eğriler tanımlanabilmekte ve böylelikle eşzamanlı olamayan yer hareketlerinin temsiline izin verilmektedir (Antoniou ve Pinto, 2003).

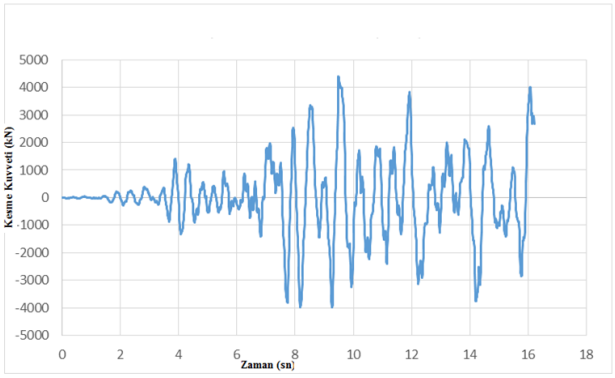
Seçilen betonarme yapı için dinamik zaman tanım alan analizi gerçekleştirilirken 2011 Van deprem ivme kayıtlarında elde edilen değerler kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu yapıda meydana gelen hasarlar dikkate alınarak çalışmaya konu olan betonarme bina 16.21 saniyede göçmektedir. Dinamik zaman tanım alanlı analiz yönteminde elde edilen zaman – deplasman grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu aynı doğrultuda bulunan düğüm noktalarının deplasman değerleri

N501 düğüm noktası 45.55cm'lik maksimum deplasman değerine 14.28 saniyede ulaşmıştır. Bina bu saniyede göçme mekanizmasına henüz geçmemiştir. Seçilen betonarme bina 16.21 saniyeye kadar depreme maruz kaldıktan sonra göçme oluşmuştur.

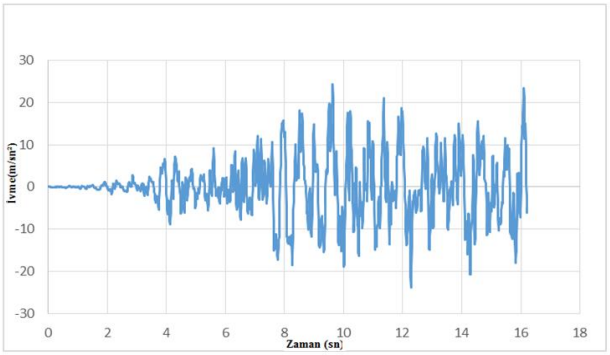
Dinamik zaman tanım analizi yapılarak elde edilen zaman – taban kesme kuvveti diyagramı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti değerleri

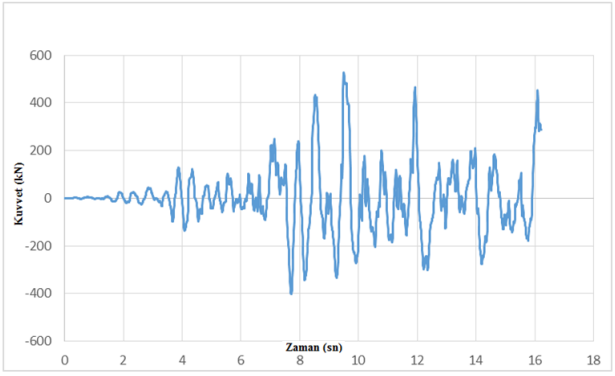
Analiz sonucunda betonarme bina 9.49 saniyede maksimum toplam taban kesme kuvvetine ulaşmış ve bu değer 4404.12kN'dur.

Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri grafiği Şekil 9'da gösterilmiştir. 2011 Van deprem kayıtlarının yapıya uygulanması sonucu binanın N501 adlı düğüm noktasındaki ivme değerleri tarif edilmiştir. Grafik 2011 Van depremi ivme grafiğine benzerlik göstermektedir. Fakat sayısal değer olarak gerçek deprem ivmesinden düşüktür.



Şekil 9. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri

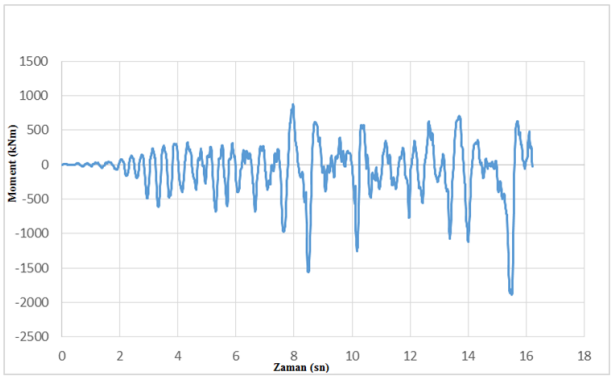
Dinamik zaman tanım alanı analiz sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen zaman – kesme kuvveti diyagramı Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet değerleri

Şekilden de görüleceği üzere maksimum kesme kuvvetine 9.49 saniyede ulaşılmış olup bu değer

524.11kN'dur. N1 düğüm noktası için analiz sonucu elde edilen zaman – moment grafiği Şekil 11'de görülmektedir.

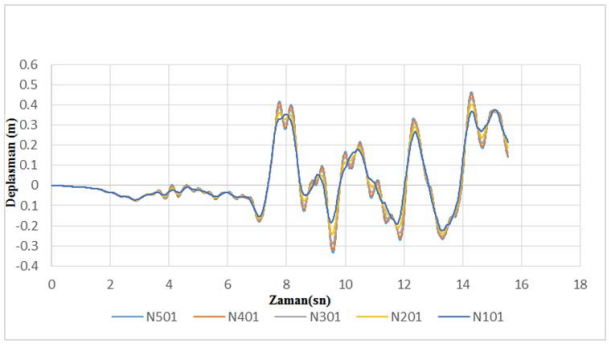


Şekil 11. Dinamik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası moment değerleri

N1 düğüm noktasında 15.51saniyede 1884.08kNm'lik maksimum moment oluşmuştur.

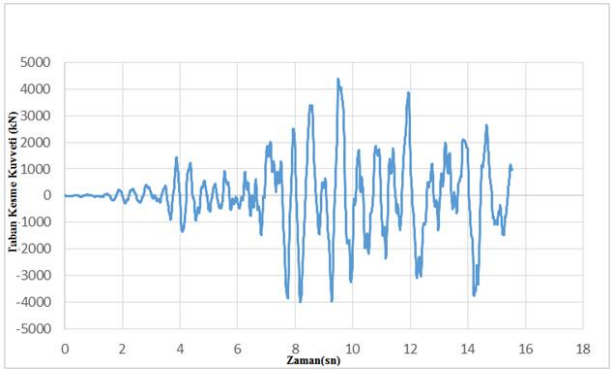
2.4. Artımsal Dinamik Analiz

Yapı, bir seri artan şiddetli doğrusal olmayan zaman-tanım alanı analizine maruz kalınan bir analiz türüdür. Daha sonra, her bir dinamik analiz sonucu taban kesme kuvveti azami değerleri ile onlara karşılık gelen en üst deplasman değerleri alınarak, dinamik itme eğrileri elde edilmektedir. Her bir artımsal dinamik analizde zaman-tanım alanı analizi, kullanıcı tarafından tanımlanmış bir ivme kaydı ile ölçekleme faktörlerinin çarpımından elde edilen yer hareketi şiddeti için çalıştırılır. Genellikle, yer hareketi düşük bir elastik tepki değerinden, önceden tanımlanmış akma-sonrası hedef limit değerine tekabül eden yüksek bir değere kadar artımsal bir şekilde ölçeklendirilir (Antoniou ve Pinto, 2003). Artımsal Dinamik Analiz çalıştırıldığı zaman belirir; pik taban kesme kuvvetlerinin kullanıcı tarafından seçilen düğüm noktalarındaki pik göreceli deplasman (ötelenme) sonuçlarının çizimini içermektedir (Seismosoft, 2013). Yazılım programında modellenen betonarme binaya 2011 Van depremi ivme yük eğrileri uygulayarak analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucu modellenen yapı 15.53. saniyede göçmüştür. Elde edilen sonuçlar Şekil 12'de gösterilmiştir.



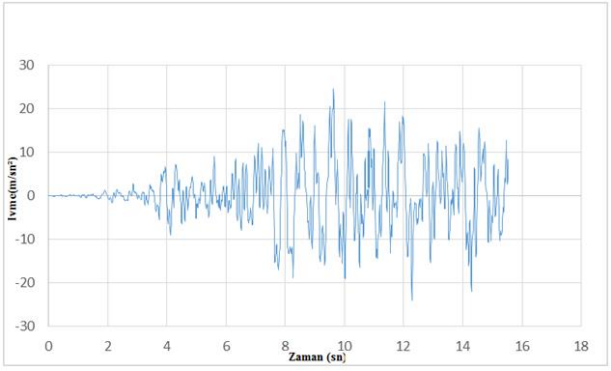
Şekil 12. Artımsal Dinamik Analizi sonucu aynı doğrultuda bulunan düğüm noktalarının deplasman grafiği

Şekil 13'te görüldüğü gibi 14.29 saniyede N501 düğüm noktası 46.50 cm lik maksimum deplasmana ulaşmıştır. Fakat bina bu saniyede göçmemiş, 15.53 saniyeye kadar depreme maruz kalıp göçme yaşanmıştır.



Şekil 13. Artımsal Dinamik Analiz sonucu zamana bağlı olarak oluşan toplam taban kesme kuvveti grafiği

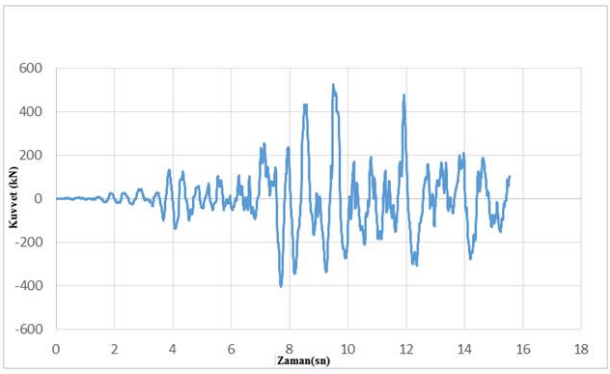
Şekil 13'de görüldüğü gibi 9.49 saniyede maksimum toplam taban kesme kuvvetine ulaşmış olup, değeri 4389.39kN'dur. Artımsal dinamik analizi gerçekleştirilen binada N501 düğün noktası ivme değerleri Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14. Artımsal dinamik analiz sonucu N501 düğüm noktası ivme değerleri

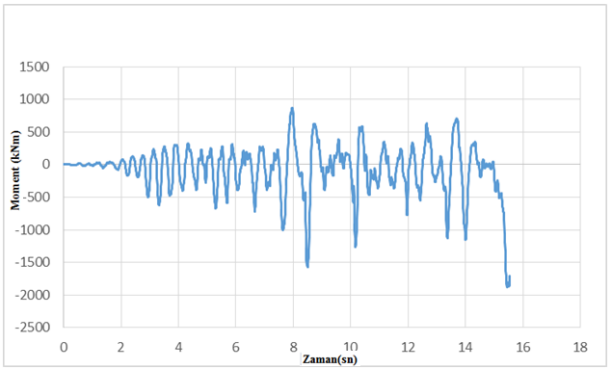
2011 Van depremine maruz kalan betonarme yapı modelinin ivme grafiği 2011 Van deprem grafiğine

benzerlik göstermektedir. Fakat sayısal değer olarak deprem ivmesine göre daha küçüktür. Analiz sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen kesme kuvveti – zaman grafiği Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Artımsal dinamik analizi sonucu N1 düğüm noktası kuvvet - zaman değerleri

Şekil 4.15'te görüldüğü gibi maksimum kuvvete 9.50 saniyede ulaşılmış olup, 523.90kN değerindedir. Artımsal dinamik analiz sonucu N1 düğüm noktasında elde edilen zaman – moment diyagramı Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16. Artımsal dinamik analiz sonucu N1 düğüm noktasında elde edilen moment değerleri

Şekil 16'daki grafikte görüldüğü gibi N1 düğüm noktası 8.5 saniyede -1573,73 kNm'lik maksimum momente maruz kalmıştır.

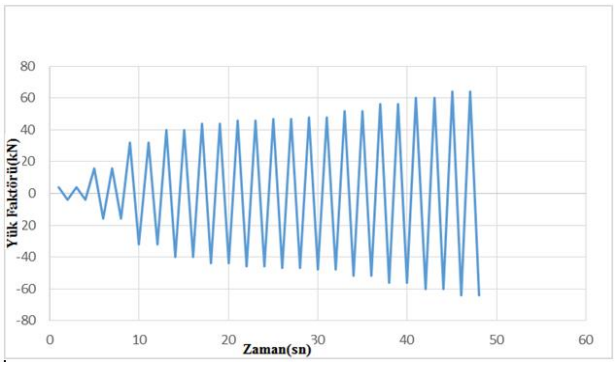
2.5. Statik Zaman Tanım Alanı Analizi

Statik zaman-tanım alanı analizinde, uygulanan yükler (deplasman, kuvvet veya ikisinin kombinasyonu) öngörülen yük şablonuna göre zamana bağlı alanda bağımsız olarak değişebilir. i düğüm noktasına uygulanan yük P_i,

$$Pi=\lambda i(f)P_i^{\circ} \quad (1)$$

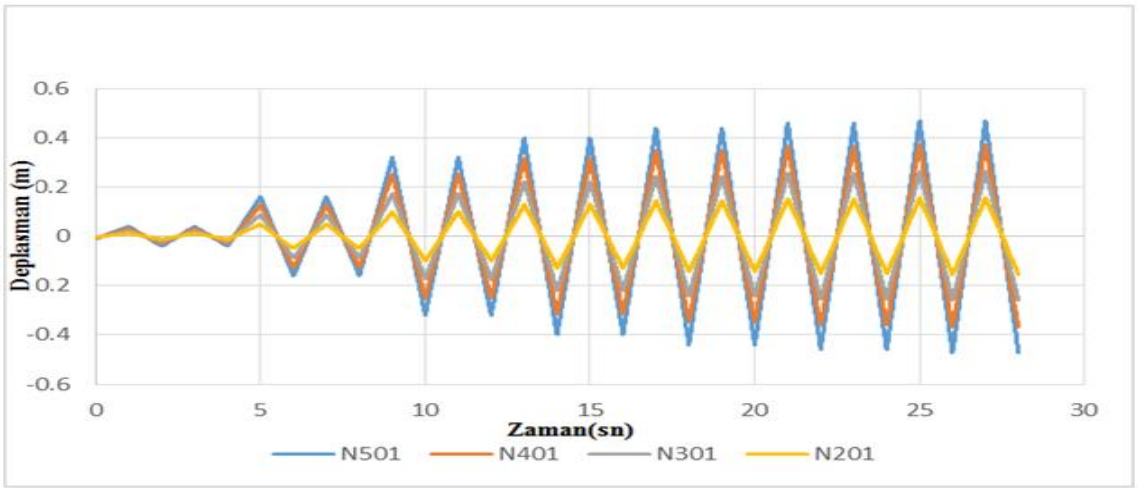
olarak hesaplanır. Burada, zamana bağlı yük faktörü λi(f) ve nominal yükün Pi ° bir fonksiyonudur. Bu analiz tipi genellikle değişik yükler ve yer değiştirme şablonları altında yapıların statik modellemesi için kullanılır (Antoniou ve Pinto, 2003).

Modellenen betonarme bina için zamana göre yük şablonu değişkenliği kullanılan programda kayıtlı bulunan yük faktörü dikkate alınarak elde edilen zaman – yük faktörü grafiği Şekil 17'de gösterilmiştir. Deprem etkisini ortaya koymak adına yapıya yatay yükler uygulanmıştır.



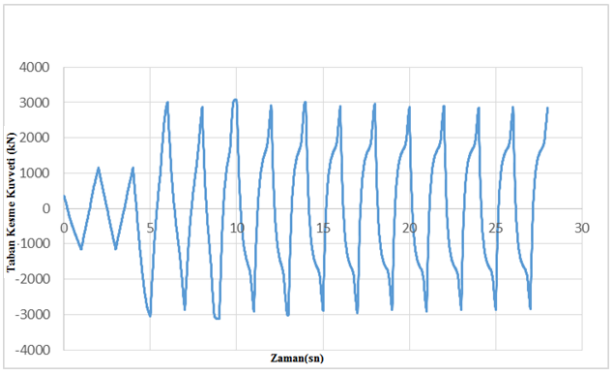
Şekil 17. Yazılım programında yer alan yük faktörü-zaman değerleri

Şekil 17'de görüldüğü gibi yük faktörü grafiği modellenen binaya etki ettirilerek analiz yapılmıştır. Statik zaman tanım alanı analiz sonucu aynı doğrultuda yer alan düğüm noktaları için elde edilen zaman deplasman grafiği Şekil 18'te gösterilmiştir.



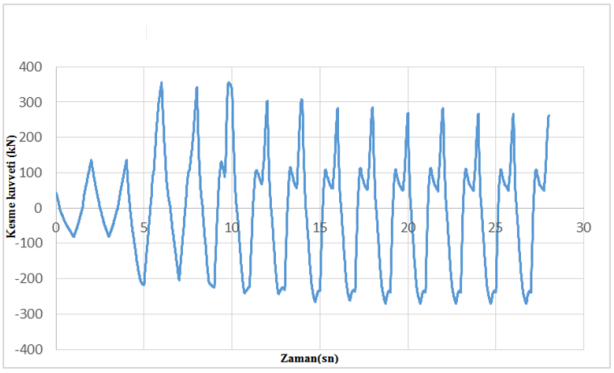
Şekil 18. Statik zaman tanım alanı analizi sonucu elde edilen deplasman değerleri

Şekil 18'de görüldüğü gibi 28. saniyede 47 cm'lik maksimum deplasmana ulaşmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen toplam taban kesme kuvveti – zaman diyagramı Şekil 19'da gösterilmiştir.



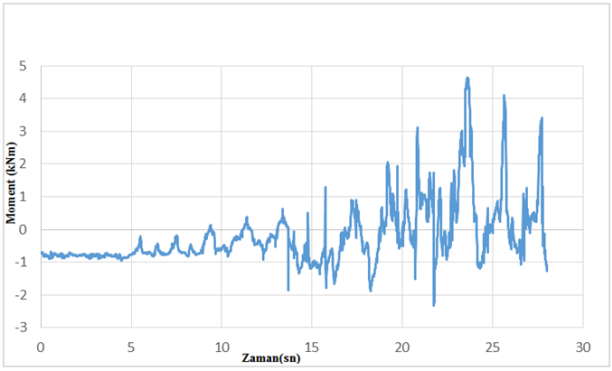
Şekil 19. Statik zaman tanım alan analizi sonucu elde edilen zamana bağlı toplam taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 19'da görüldüğü gibi 8.88 saniyede maksimum taban kesme kuvvetine ulaşmış olup, değeri -3122.43kN'dur. N1 düğüm noktası için elde edilen zaman – kesme kuvveti diyagramı Şekil 20'de gösterilmiştir.



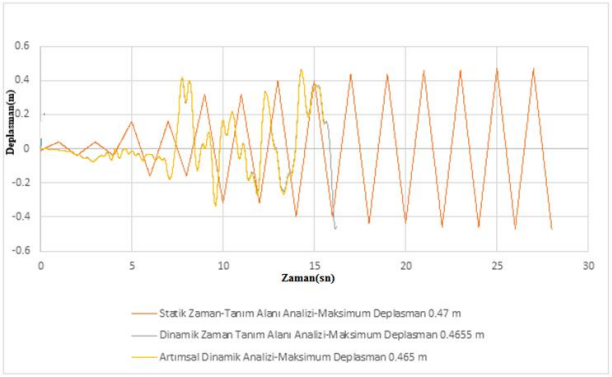
Şekil 20. Statik zaman tanım alanı analizi sonucu N1 düğüm noktası için elde edilen kuvvet değerleri

Şekil 20'de görüldüğü gibi maksimum kuvvete 6 saniyede ulaşılmış, 356.08 KN değerindedir. N1 düğüm noktası için analiz sonucu elde edilen zaman-moment grafiği Şekil 21'de gösterilmiştir.



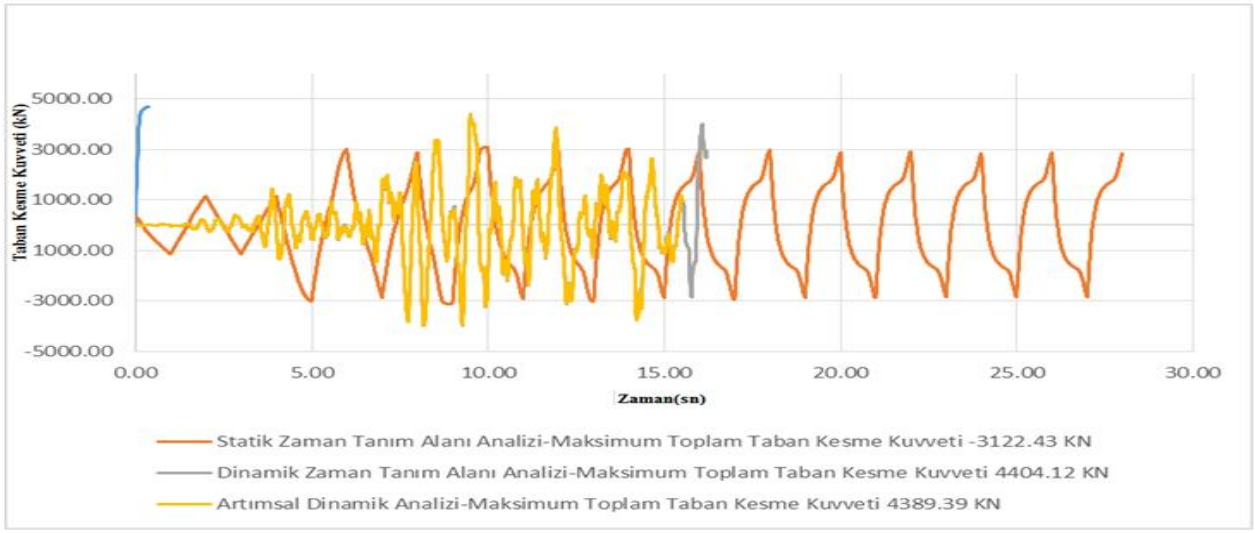
Şekil 21. N1 düğüm noktası için elde edilen moment değerleri

Çalışmada kullanılan yapının analiz sonuçlarının deplasman değerlerinin karşılaştırılması, analizlerde en fazla deplasman yapan 4. kat planında bulunan N501 düğüm noktası baz alınarak yapılmıştır. N501 düğüm noktası için elde edilen zamana bağlı deplasman değerlerinin karşılaştırılması Şekil 22'de gösterilmiştir.



Şekil 22. N501 düğüm noktasının analizlere göre zaman bağlı deplasman değerleri

Çalışmada kullanılan analizler sonucu elde edilen zamana bağlı taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 23. Analizlere göre toplam taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Yapılan analizlere göre N 501 noktasında meydana gelen maksimum yerdeğiştirme değerleri ve toplam taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması Tablo2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Analiz Türü	N501 düğüm noktasının maksimum deplasmanı (m)	Maksimum toplam taban kesme kuvveti (kN)
Statik zaman tanım alanı analizi	0.47	3122.43
Dinamik zaman tanım alanı analizi	0.4655	4404.12
Artımsal dinamik analizi	0.465	4389.39

Maksimum deplasmanların her üç yöntem için birbirine oldukça yakın çıktığı hatta eşit çıktığı söylenebilir. Toplam kesme kuvveti için statik zaman tanım alanı analizi baz alındığında dinamik zaman tanım alanı analizinde %41 oranında, artımsal dinamik analizde ise yaklaşık %41 oranında artma meydana gelmektedir.

Dinamik zaman tanım alanı analizi ve artımsal dinamik analizler elde edilen sonuçlar birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Neredeyse birbirleri ile eşit değerler almıştır. Bu da her iki yöntem arasındaki tutarlılığı ortaya koymaktadır. Dolaysıyla her iki yöntemin kullanılabilirliği sonucuna varılmaktadır. Her iki yöntem için elde edilen analiz sonuçları Tablo3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

Yöntem	Dinamik zaman tanım alanı analizi	Artımsal dinamik analiz	Fark Yüzdesi (%)
Maksimum taban kesme kuvveti (kN)	4402.12	4389.39	0.3
Maksimum taban kesme kuvvetine ulaşma zamanı (sn)	9.49	9.49	0
Maksimum kuvvet(kN)	524.11	523.9	0.04
Göçme zamanı (sn)	16.21	15.53	4.40
Maksimum deplasman(cm)	45.55	46.5	2.09
Maksimum deplasmana ulaşma zamanı (sn)	14.28	14.28	0

3. Tartışma ve Sonuç

Yapıların performans analizlerinin irdelenmesi, yapıların deprem güvenliğinin ve güvenliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi ve incelenmesi son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Bu çalışma, son yıllarda geliştirilen ve deprem yönetmeliklerinde de yer almaya başlayan yapıların deprem performanslarının belirlenmesi ile ilgili yöntemlerin tutarlılığının örnek bir betonarme binaya uygulanmasını konu edinmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında özellikle son yıllarda yapıların performans kavramı ortaya çıkmış ve bu kavram gelişmeye devam etmektedir. Yapıların performansa göre tasarımı ve değerlendirilmesi yapı yönetmeliklerinde ve yapı analiz yazılım

programlarında yerini almaya başlamıştır. Yapıların deprem altındaki incelemeleri için farklı analiz yöntemleri mevcuttur.

Bina türü yapıların dinamik yükler etkisindeki davranışını belirlemek adına farklı analiz yöntemleri hem ilgili yönetmeliklerde hem de yazılım programlarında yer almaktadır. Bu çalışma ile yazılım programında yer alan zaman tanım alanında kullanılan farklı analiz tiplerinden elde edilen sonuçlarının yakınlıklarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan yazılım programında yer alan üç farklı analiz tipinde yer değiştirmeler birbirlerine oldukça yakın değerler almıştır. Yapılar için farklı analiz tiplerinin kullanılması ile yapı deprem davranışlarının daha gerçek olarak elde edileceği aşikardır. Yazılım programlarında kullanılan analiz tiplerinden hangisinin kullanılması gerektiğine doğru karar vermek elde edilen sonuçları daha değerli kılacaktır.

Bu çalışma kapsamında seçilen bir örnek betonarme bina mevcut bina gibi düşünülmüş ve deprem performansları belirlenmiştir. Seçilen betonarme bina için deprem performansları doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak belirlenerek, karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında analizler için SEISMOSTRUCT yazılım programı kullanılarak analizler yapılmıştır.

Seçilen örnek betonarme bina için yazılım programında bulunan dinamik zaman tanım alanı analizi, artımsal dinamik analizi ve statik zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu analizler hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Zaman tanımlı analizlerde elde edilen yer değiştirme değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Zamandan bağımsız olarak yapılan statik itme analizdeki değer diğer analizlere göre daha düşük çıkmıştır. Dinamik zaman tanım alanı analizi ve artımsal dinamik analizler taban kesme kuvvetlerinin birbirine eşit olduğu kabul edilebilir. Bu da her iki yöntemin kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

Her iki zaman tanım analizinde de göçme zamanları, maksimum taban kesme kuvvetine ulaşılma zamanı ve maksimum deplasmana ulaşılma zamanı yaklaşık olarak birbirine eşit çıkmıştır. Her iki yöntemin kullanılması durumunda da yapıdaki sonuçlara için eşit değerlere ulaşılmaktadır. Her iki yöntem de ayrı ayrı kullanılabilir.

Farklı yöntemlerin yönetmeliklerde ve yazılım programlarında yer alması, bir uygulama zenginliği olarak sayılabilir. Bu yöntemlerin kabul ve çözüm işlemleri birbirinden farklı olduğu için, matematiksel aynı sonuçların elde edilmesi beklenemez. Ancak, uygulama açısından ve yasal sorunların çıkmaması bakımından sonuçların birbirinden çok farklı çıkmaması beklenilmektedir. Bu çalışma ile farklı analiz programlarının kullanılması durumunda matematiksel aynı sonuçlarının elde edilmesi açısından önemlidir.

Binaların deprem etkisi altındaki davranışlarının gerçeğe yakın tahmin edilebilmesi adına dinamik analizler ve statik itme analizlerinin karşılaştırılması uygun olacaktır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma ikinci yazarın bitmiş olan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

Aydınoğlu, M. N., 2007. A response spectrum-based nonlinear assessment tool for practice: incremental response spectrum analysis (IRSA). *ISET Journal of Earthquake Technology*, **44(1)**, 169-192.

Bayat, M., Daneshjoo, F., Nisticò, N. 2017. The effect of different intensity measures and earthquake directions on the seismic assessment of skewed highway bridges. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, **16(1)**, 165-179.

Celep, Z., Kumbasar, N. 2013. Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı; Beta Dağıtım, İstanbul; 650s.

Çağlar, N., Öztürk, H., Demir, A., Akkaya, A. 2014. TDY2007'ye göre tasarlanmış betonarme bir yapının doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile incelenmesi. *ISITES2014*, Karabük.

Çoşgun, T. 2017. Yıkım çalışması nedeniyle örnek bir yapıda oluşan yapısal hasarlar ve bu hasarların performans seviyesine etkisi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **21(5)**, 831-841.

Deng, P., Pei, S., Van de Lindt, J. W., Liu, H., Zhang, C. 2017. An approach to quantify the influence of ground motion uncertainty on elastoplastic system acceleration in incremental dynamic analysis. *Advances in Structural Engineering*, 1369433217693630.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY). 2007. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi.

Doran, B., Akbaş, B., Sayım, İ., Fahjan, Y., Alacalı, S.,N., 2011. Uzun periyotlu bir yapıda yapısal sağlık izlemesi

ve deprem performansının belirlenmesi. *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,* 11-14 Ekim, ODTÜ.

Durgun, Y., Vatansever, C., Girgin, K., Orakdöğen, E. 2013. Dış merkez çaprazlı bir çelik perdenin deprem performansının doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemi ile değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **19(6)**, 266-274.

Fahjan, Y. M., Vatansever, S., Özdemir, Z. 2011. Ölçeklenmiş gerçek deprem kayıtları ile yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizleri. *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,* 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – Ankara

Fajfar, P. 2000. A nonlinear analysis method for performance-based seismic design. *Earthquake Spectra*, **16(3)**, 573-592.

Freeman S.A., 2005. Performance based earthquake engineering during the last 40 years, *Earthquake Engineering: Essantianel and Applications Workshops*, EERC METU, Ankara.

He, Z., Fu, S., Ou, J. 2017. State transformation procedures for fiber beam-column element in ınelastic dynamic time history analysis for moment-resisting frames. *Journal of Computing in Civil Engineering,* **31(5)**, 04017036.

Işık, E., Özdemir, M. 2017. Performance based assessment of steel frame structures by different material models. *International Journal of Steel Structures*, **17(3)**, 1021-1031.

Isik, E., Kutanis, M. 2015. Performance based assessment for existing residential buildings in Lake Van basin and seismicity of the region. *Earthquakes and Structures*, **9(4)**, 893-910.

Liu, S. W., Bai, R., Chan, S. L. 2016. Dynamic time-history elastic analysis of steel frames using one element per member. *Structures,* **8***,* 300-309.

Mwafy, A. M., Elnashai, A. S. 2001. Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings. *Engineering Structures*, **23(5)**, 407-424.

Oleszek, R., Radomski, W. 2016. Dynamic analysis of an existing arch railway bridge according to Eurocodes. *Archives of Civil Engineering***, 62(4)**, 99-118.

Öncü, M.E., Yön, M.Ş. 2016. Betonarme binaların deprem davranışlarının artımsal dinamik analiz yöntemiyle değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi***, 7(1)**, 23-32

Öncü, M. E., Yön, B., Ulucan, Z. Ç. 2009. Zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak binalardaki A3 düzensizliğinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* **13(2),** 147-155

Salajegheh, E., Heidari, A. 2005. Time history dynamic analysis of structures using filter banks and wavelet transforms. *Computers & Structures*, **83(1)**, 53-68.

SeismoStruct v6.5 2013. A Computer Program For Static and Dynamic Nonlinear Analysis of Framed Structures. Seismosoft,

Sucuoğlu H., 2006. 2007 Deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*,**444-445**, 267-284.

Vamvatsikos, D., Cornell, C. A. 2002. Incremental dynamic analysis. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics,* **31(3)**, 491-514.

Velioğlu, E. 2017. Mevcut Betonarme Yapılarda Kullanılan Değerlendirme Yöntemlerin Tutarlılığı, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 75s.

Zhou, Y., Ge, P., Han, J., Lu, Z. 2017. Vector-valued intensity measures for incremental dynamic analysis. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **100**, 380-388.

İnternet kaynakları

1-http://sismo.deprem.gov.tr/, (25.02.2016)