

OpenSees ve SeismoStruct Programlarının Doğrusal Olmayan Deprem Analizleri için Karşılaştırılması

Yüksek Lisans Tez Sunumu

Şükriye Ceyda ERGÜL

İstanbul Teknik Üniversitesi
Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü

10 Aralık 2018



- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

Giriş: Konu

- Doğrusal Olmayan Analizler, son yıllarda daha sıklıkla yapılır olmuştur:
 - Pratik mühendislikte Performansa Dayalı Tasarım
 - Araştırmalarda karmaşık modellerin geliştirilmesi
 - Analiz yapabilen programların artması
 - Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi (hız, kapasite)
- Ticari programlar: SAP2000, ETABS, PERFORM3D, ABAQUS, ANSYS, LS-DYNA



- Araştırmaya yönelik programlar: OpenSees, SeismoStruct, DRAIN, IDARC



- Birçok basit/karmaşık doğrusal olmayan model ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri
- Programların seçilen bir yapı için için karşılaştırılması
 - Önceki bir çalışmada PERFORM3D ve SAP2000 programları karşılaştırılmıştı (Gencer, 2015)
 - **Bu tez → OpenSees ve SeismoStruct incelenmesi ve karşılaştırması**

OpenSees

- Arayüz → Tcl dili
- Açık kaynaklı
- Kodlar Fortran, C, C++ ile yazılabilir.

C:\Users\ceyda\Desktop\OpenSees.exe

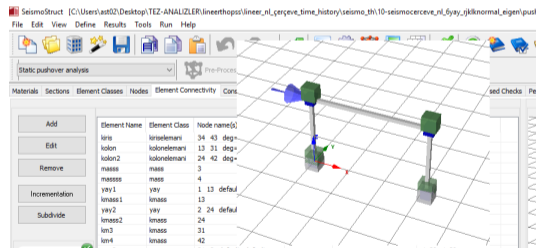
```
OpenSees -- Open System For Earthquake Engineering Simulation
Pacific Earthquake Engineering Research Center
Version 2.5.0 (rev 6536) 64-Bit

(c) Copyright 1999-2016 The Regents of the University of California
All Rights Reserved
(Copyright and Disclaimer @ http://www.berkeley.edu/OpenSees/copyright.html)

OpenSees >
```

SeismoStruct

- Grafiksel arayüz
- Kapalı kaynaklı
- Ücretli, ticari kullanım (?)



Amaç

OpenSees ve SeismoStruct programlarının doğrusal olmayan deprem analizleri için incelenmesi ve karşılaştırılması

- Malzeme modelleri
- Eleman modelleri
- Analiz yöntemleri
- Analiz süreleri

Kapsam

2 Boyutlu Betonarme Çerçeve Sistemler:

- Konsol Kolon
- Tek Katlı-Tek Açıklıklı Yapı
- Çok Katlı-Çok Açıklıklı Yapı

Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri:

- Yığılı Plastisite (Moment-Dönme Yayı)
- Yayılı Plastisite (Çubuk Fiber Eleman)

Analiz Yöntemleri:

- Statik İtme Analizi
- Zaman-Tanım Alanında Analiz

Kapsam Dışı Konular

- Üç boyutlu yapılar
- Perde duvar sistemler
- Performans değerlendirmesi
- Zemin-yapı etkileşimi

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

Teorik Alt Yapı: Malzeme Modelleri

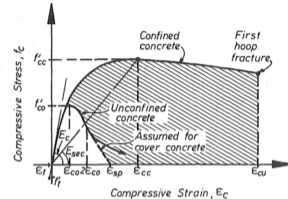
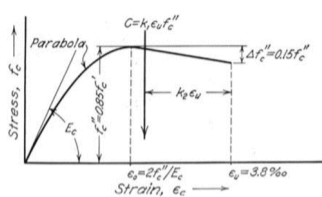
Bu tez kapsamında literatürde bulunan bazı modeller araştırılmıştır. OpenSees ve SeismoStruct programlarında bulunan bazı modeller incelenmiştir.

Beton Modelleri:

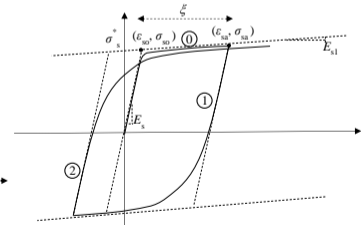
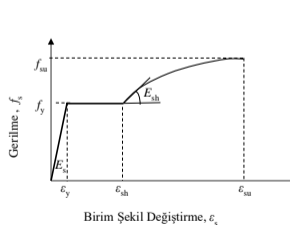
- Hognestad
- Kent-Park
- Mander
- Chang-Mander
- Diğer Modeller

Donatı Çeliği Modelleri:

- Mander
- Menegotto-Pinto



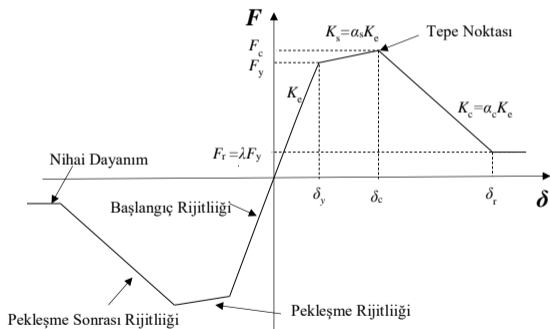
Hognestad ve Mander Beton Modelleri



Mander ve Menegotto-Pinto Çelik Modelleri

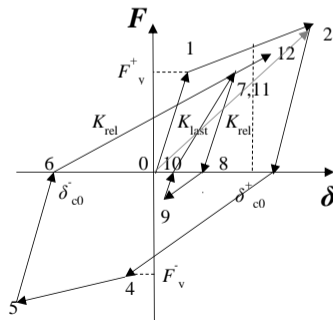
İskelet Eğrisi:

- Kuvvet-yer değiştirme ilişkisi
- Tek yönde statik ya da dinamik itme ile



Çevrimsel Kurallar:

- Tekrarlı yükleme/boşaltma davranışına ait özellikleri modele yansıtan kurallar
- Rijitlik ve dayanımda azalma, daralma davranışı, vb.

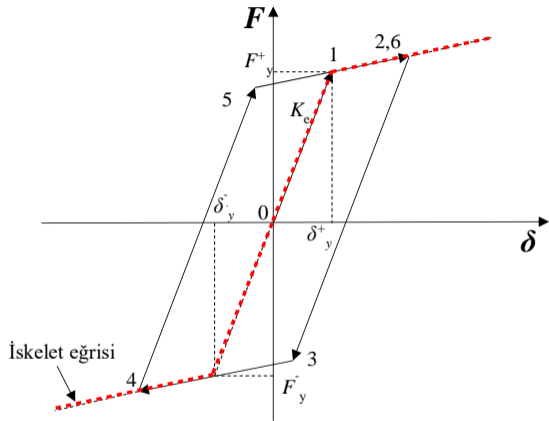


Temel Çevrimsel Modeller:

- Çift-doğrusal model (bilinear model)
- Pik-hedefli model (peak-oriented model)
- Sıkışmalı model (pinching model)
- Takeda modeli
- İbarra-Krawinkler modeli

Çift-Doğrusal Model:

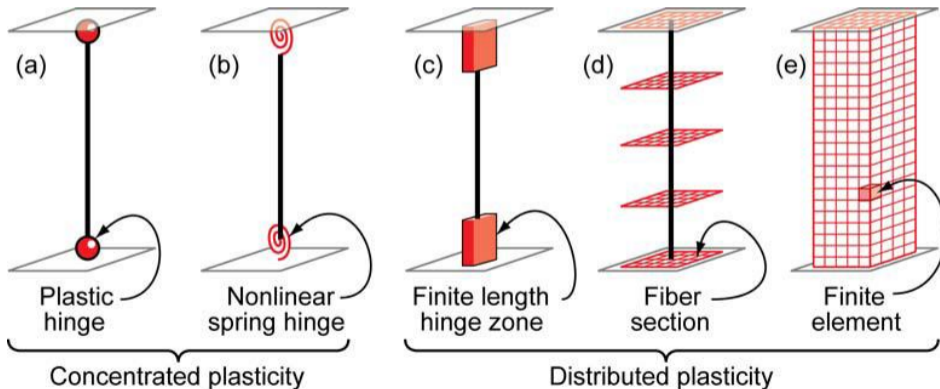
- En temel model
- İskelet eğrisi, iki doğrusal çizgi ile tanımlanır (elastik ve akmadan sonra sıfır rijitlik ya da pekleşme)
- Boşaltmada ilk rijitlik ile geri dönüş



Çift-doğrusal model

Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri:

- Yığılı Plastisite
- Yayılı Plastisite



Deierlein, Reinhorn, and Willford (2010)

Teorik Alt Yapı: Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri

Yığılı Plastisite Modelleri:

- Rijit Plastik Mafsal
- Moment-Dönme Yay Modeli

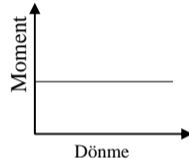
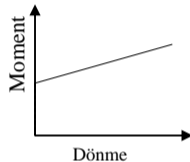
Yığılı Plastisite:

- Doğrusal olmayan davranışı en basit ifade eden modeller
- Doğrusalsızlık kuvvet-yer değiştirme (ya da moment-dönme) üzerinden tanımlanır
- Pratikte çubuk elemanlar için tercih edilir

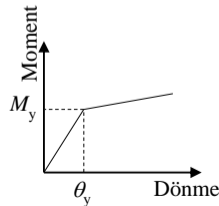
Rijit-Plastik Mafsal

Pekleşmeli Rijit Plastik Mafsal Modeli

Pekleşmesiz Rijit Plastik Mafsal Modeli



Moment-Dönme Yayı

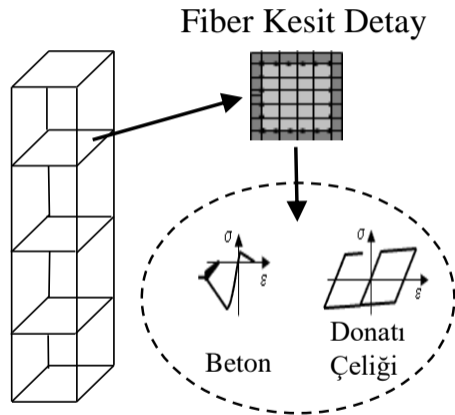


Yayıllı Plastisite Modelleri:

- Fiber Eleman Modeli
- Sürekli Sonlu Elemanlar Modeli

Yayıllı Plastisite:

- Malzeme davranışını temsil eden matematiksel modeller ne kadar hassassa o kadar gerçeğe yakın davranış sergiler
- En fazla detay gerektiren modeller
- Pratikte perde elemanlar için tercih edilir



Malzeme gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri

Statik İtme Analizi:

- Pratikte en sık tercih edilen yöntem
- Klasik itme analizinde tek mod için taban kesme kuvveti-tepe yer değiştirme eğrisi elde edilir
- Yükler adım adım arttırılmaktadır

Zaman-Tanım Alanında Analiz:

- Dinamik etkiler (sönüm, zaman)
- Sismik etkiler altında yapı davranışını gerçeğe en yakın belirlememizi sağlayan yöntem
- Nümerik yöntemler (Newmark- β ve Newton-Raphson)
- Sönüm Matrisi

Newmark- β Yöntemi:

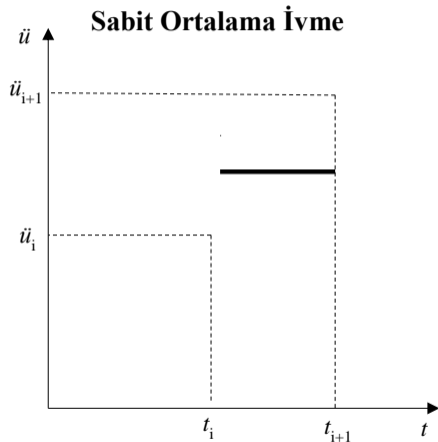
- Doğrudan integrasyon yöntemi
- İvmenin sabit ya da doğrusal olması kabulüne dayalı
- Bu tezde \rightarrow Sabit ve Ortalama İvme kabulü

$$\mathbf{M}\Delta\ddot{\mathbf{u}}_i + \mathbf{C}\Delta\dot{\mathbf{u}}_i + \Delta\mathbf{F}_{s,i} = \Delta\mathbf{P}_i$$

$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{u}_i + \Delta\mathbf{F}_{s,i} = \Delta\hat{\mathbf{P}}_i$$

$$\mathbf{A} = \frac{1}{\beta\Delta t^2}\mathbf{M} + \frac{\gamma}{\beta\Delta t}\mathbf{C}$$

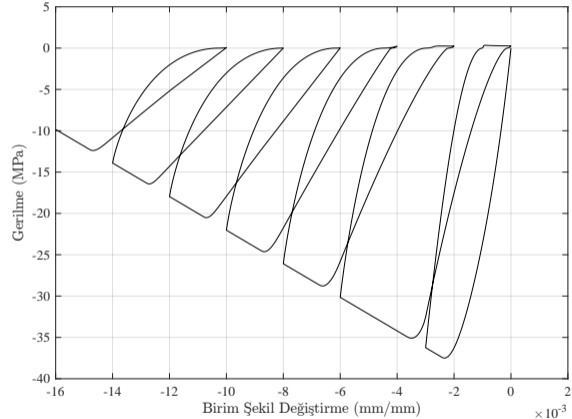
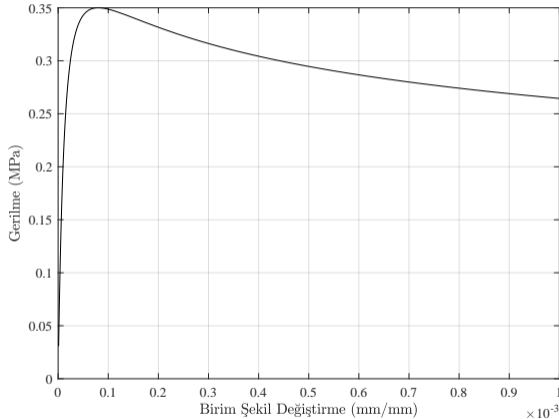
$$\Delta\hat{\mathbf{P}}_i = \Delta\mathbf{P}_i + \left(\frac{1}{\beta\Delta t}\mathbf{M} + \frac{\gamma}{\beta}\mathbf{C}\right)\dot{\mathbf{u}}_i + \left[\frac{1}{2\beta}\mathbf{M} + \Delta t\left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1\right)\mathbf{C}\right]\ddot{\mathbf{u}}_i$$



- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

Malzeme Modelleri: Chang-Mander Beton Modeli

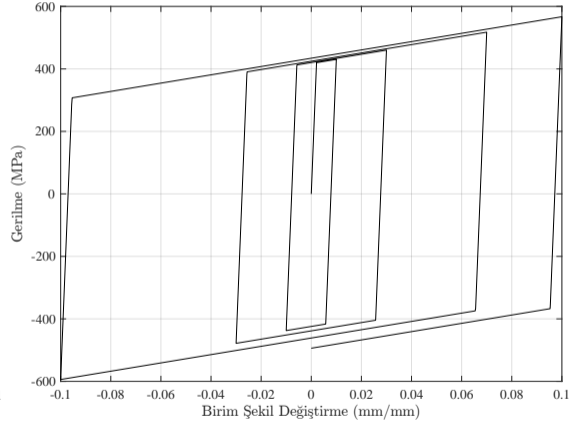
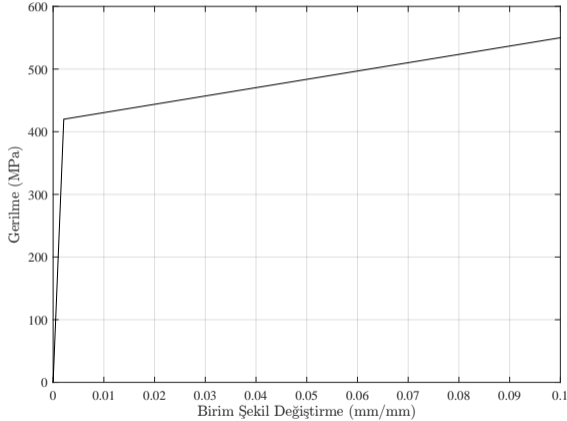
Bu tez kapsamında Mander Beton Modeli ve Chang-Mander Beton Modeli kullanılmıştır.



Chang Mander Beton Modeli Örnek Davranışları

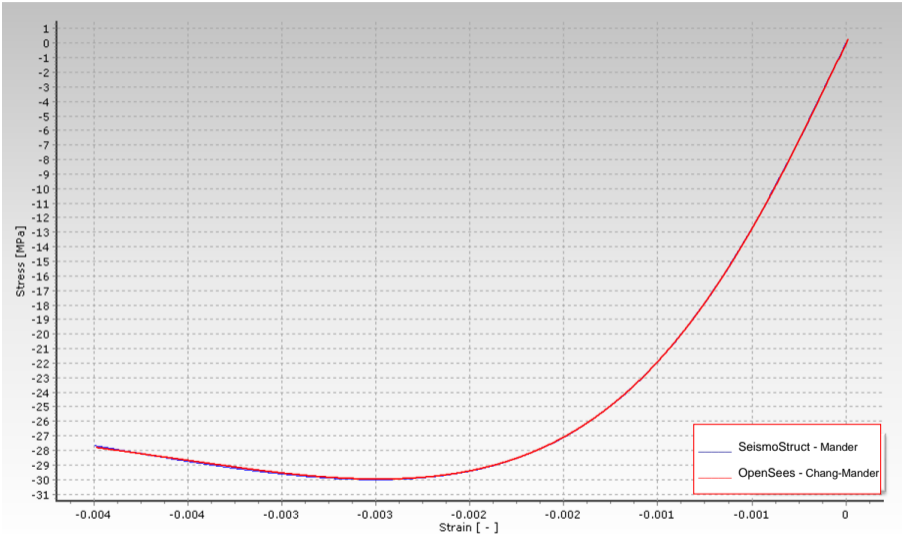
Malzeme Modelleri: Çift-Doğrusal Çelik Modeli

Bu tez kapsamında Çift-Doğrusal Çelik Modeli kullanılmıştır.

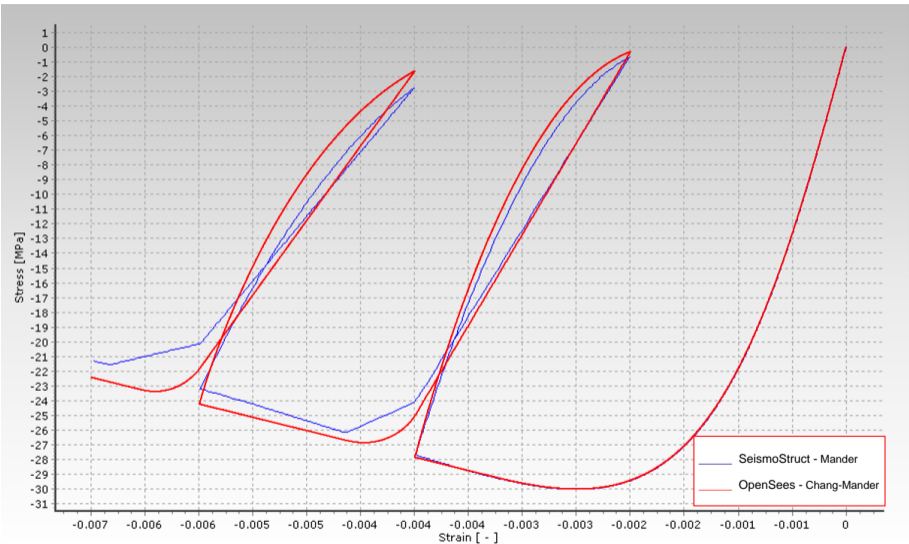


Çift-Doğrusal Çelik Modeli Örnek Davranışı (İzotropik Pekleşmeli Model)

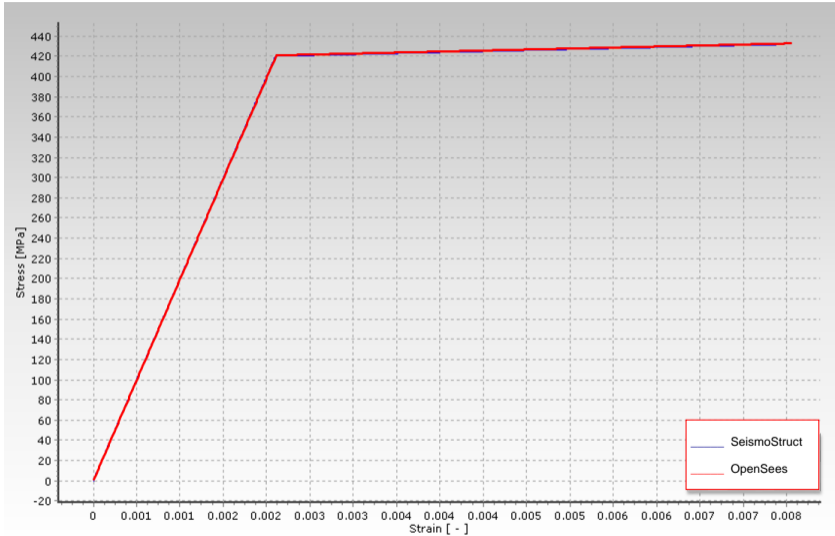
Beton Modeli Karşılaştırması: İskelet Eğrisi



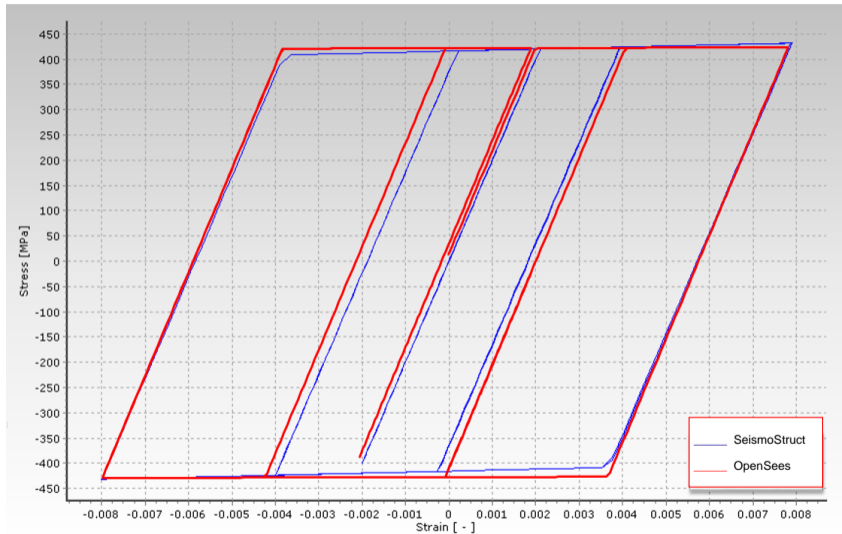
Beton Modeli Karşılaştırması: Çevrimsel Davranış



Çelik Modeli Karşılaştırması: İskelet Eğrisi



Çelik Modeli Karşılaştırması: Çevrimsel Davranış



- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

Konsol Kolon



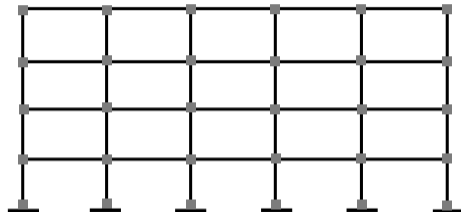
Program	T_1 (s)
OpenSees	0.461704
SeismoStruct	0.461718
SAP2000	0.461817

Tek Katlı-Tek Açıklıklı Yapı



Program	T_1 (s)	T_2 (s)
OpenSees	0.23737	0.01943
SeismoStruct	0.23749	0.02748
SAP2000	0.23748	0.02747

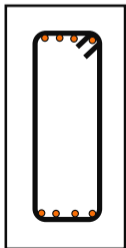
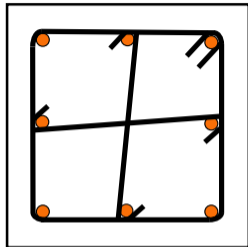
Çok Katlı-Çok Açıklıklı Yapı



Program	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)
OpenSees	0.47894	0.14593	0.07842
SeismoStruct	0.47948	0.14605	0.07843

- Kat/Kolon Yüksekliği: 3 m
- Açıklık/Kiriş Uzunluğu: 5 m

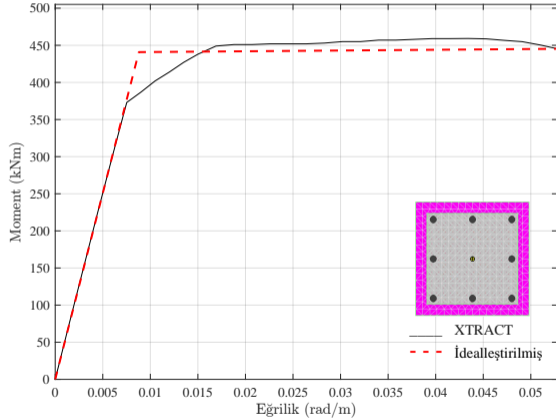
Kullanılan Yapısal Elemanlar



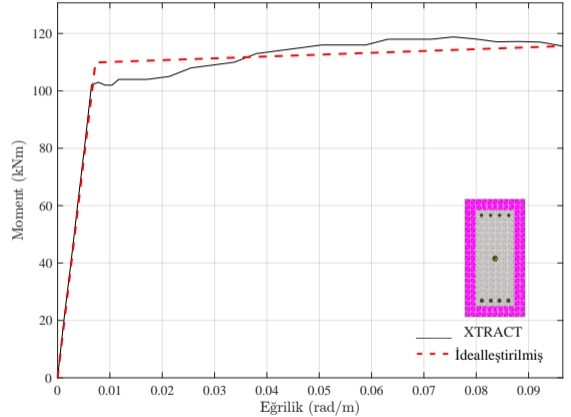
	Kolon	Kiriş
Kesit Özellikleri	$b : 50 \text{ cm}$	$b : 25 \text{ cm}$
	$h : 50 \text{ cm}$	$h : 50 \text{ cm}$
	$d' : 5 \text{ cm}$	$d' : 5 \text{ cm}$
Malzeme Özellikleri	$f_c : 30 \text{ MPa}$	$f_c : 30 \text{ MPa}$
	$f_y : 420 \text{ MPa}$	$f_y : 420 \text{ MPa}$
	Düşey donatı 8Ø30	Düşey donatı(üst+alt) 4Ø14+4Ø16
	Etriye Ø12/10	Etriye Ø12/10
	$\epsilon_{co} : 0.002$	$\epsilon_{co} : 0.002$
	$\epsilon_{cu} : 0.04$	$\epsilon_{cu} : 0.04$
	$\epsilon_{sy} : 0.0021$	$\epsilon_{sy} : 0.0021$
	$\epsilon_{sh} : 0.008$	$\epsilon_{sh} : 0.008$
	$\epsilon_{su} : 0.1$	$\epsilon_{su} : 0.1$
	$E_c : 32\,000 \text{ MPa}$	$E_c : 32\,000 \text{ MPa}$
$E_s : 200\,000 \text{ MPa}$	$E_s : 200\,000 \text{ MPa}$	

Kesitlerin Moment-Eğrilik İlişkileri

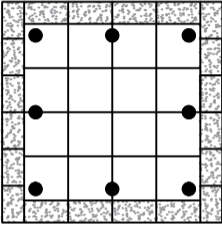
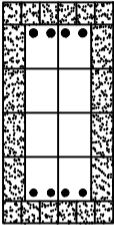
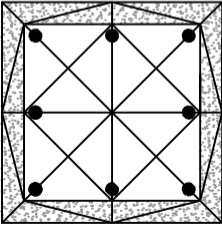
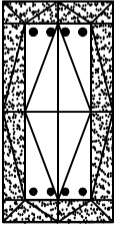
Kolon



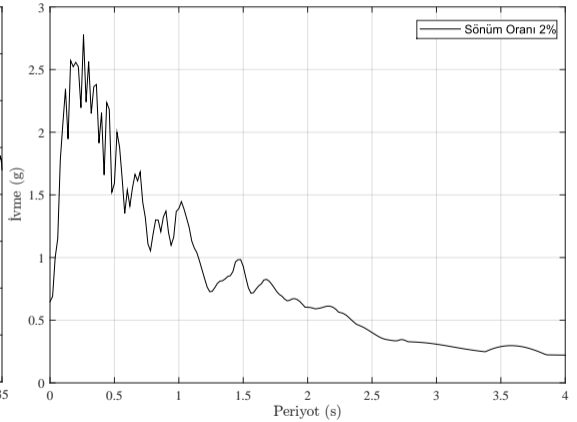
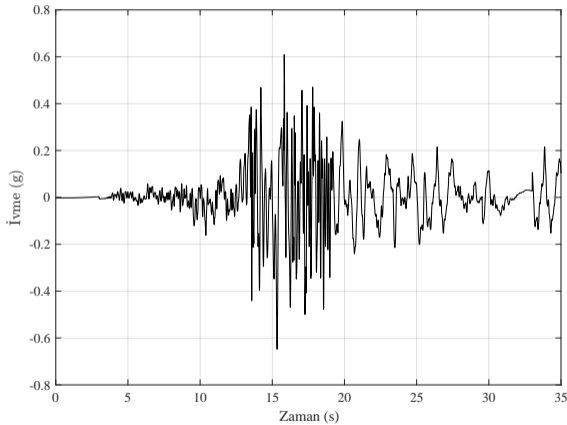
Kiriş



Bu grafiklerden moment-dönme ilişkileri elde edilmiş ve moment-dönme yaylarında kullanılmıştır.

	Kolon	Kiriş
OpenSees	 A square cross-section of a column with a 3x3 grid of fibers. The fibers are represented by black dots at the intersections of the grid lines. The grid lines are spaced evenly across the square.	 A rectangular cross-section of a beam with a 3x3 grid of fibers. The fibers are represented by black dots at the intersections of the grid lines. The grid lines are spaced evenly across the rectangle.
SeismoStruct	 A square cross-section of a column with a 3x3 grid of fibers. The fibers are represented by black dots at the intersections of the grid lines. The grid lines are spaced evenly across the square.	 A rectangular cross-section of a beam with a 3x3 grid of fibers. The fibers are represented by black dots at the intersections of the grid lines. The grid lines are spaced evenly across the rectangle.

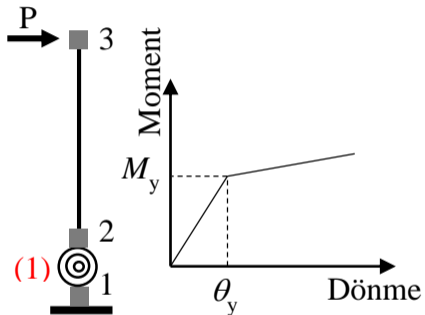
Kocaeli Depremi (1999, Ölçeklendirilmiş, PEER-GMD, RSN1166, Doğu-Batı Bileşeni)



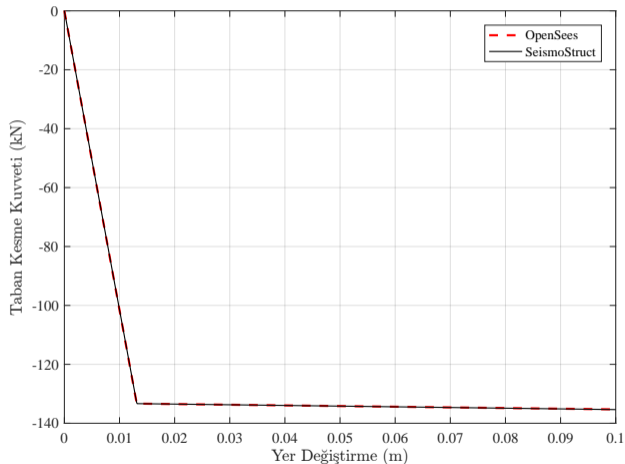
- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması

- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - **Moment-Dönme Yaylı Modeller**
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

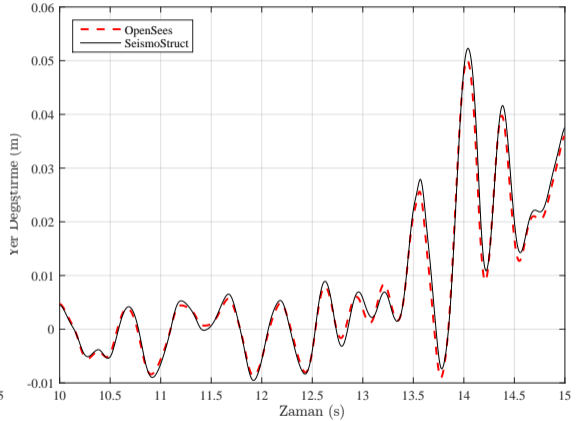
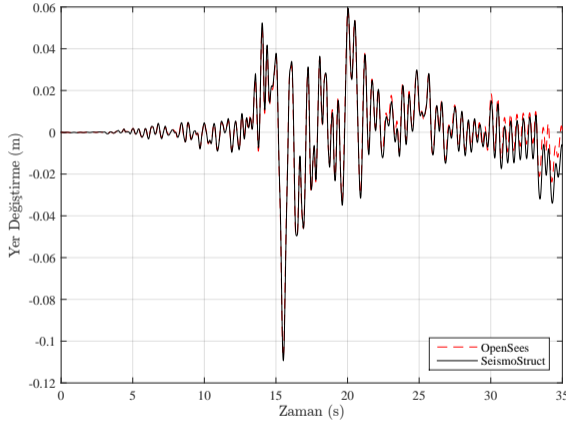
Moment-Dönme Yayı Modeli



Statik İtme Analizi

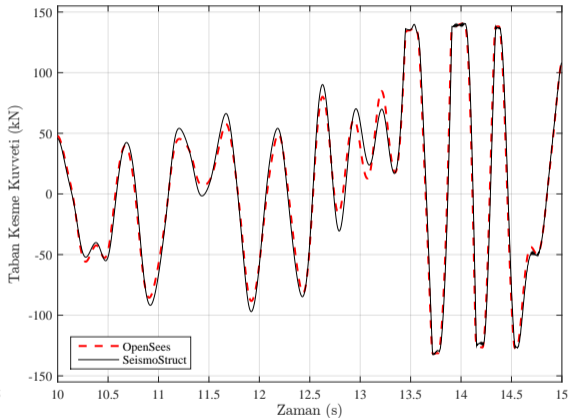
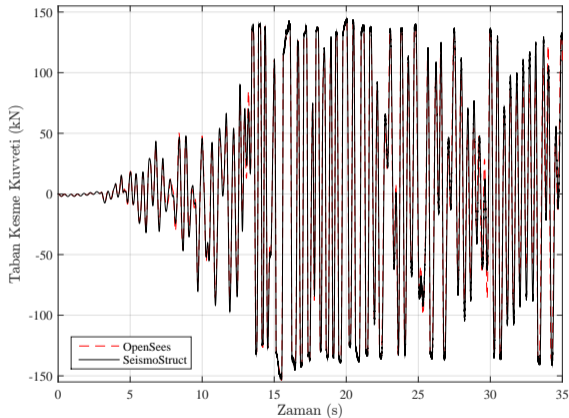


Zaman-Tanım Alanında Analiz



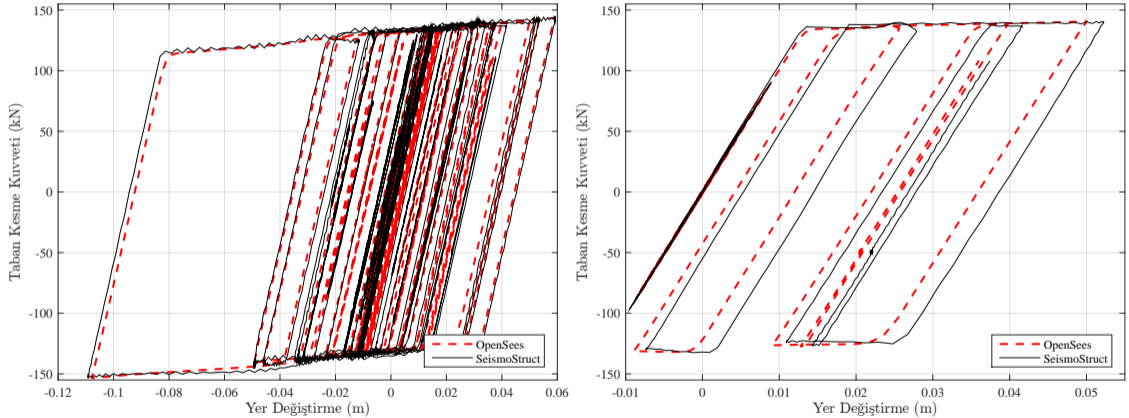
Tepe Yer Değişirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



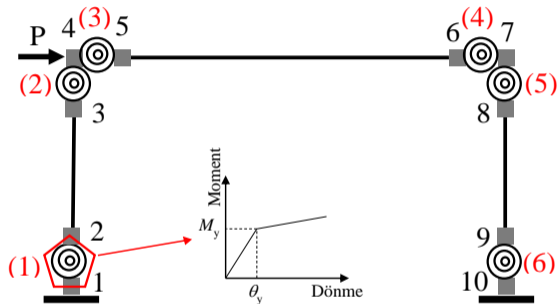
Taban Kesme Kuvveti - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz

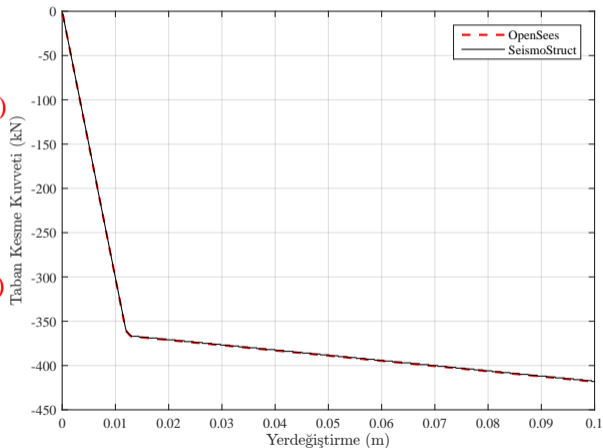


Taban Kesme Kuvveti - Tepe Yer Değiştirme Grafiği

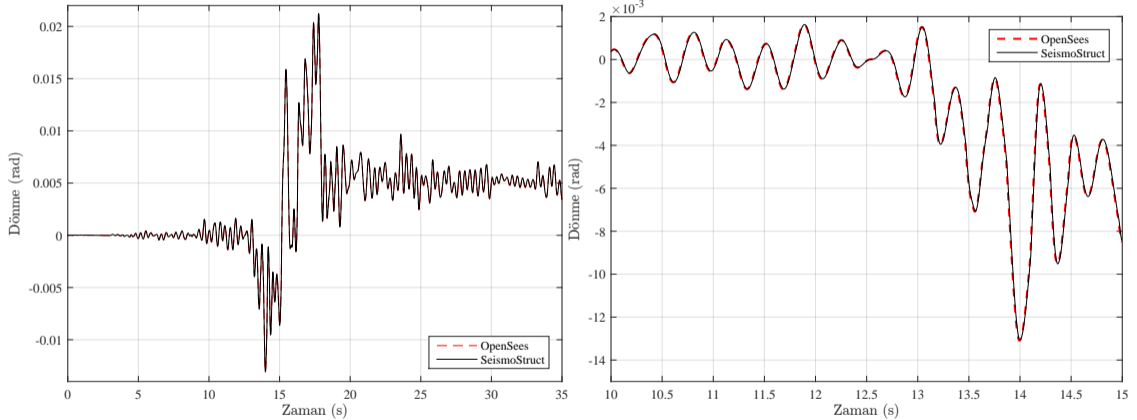
Moment-Dönme Yayı Modeli



Statik İtme Analizi

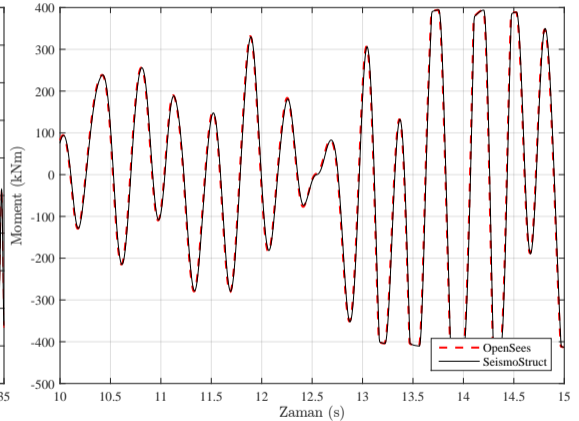
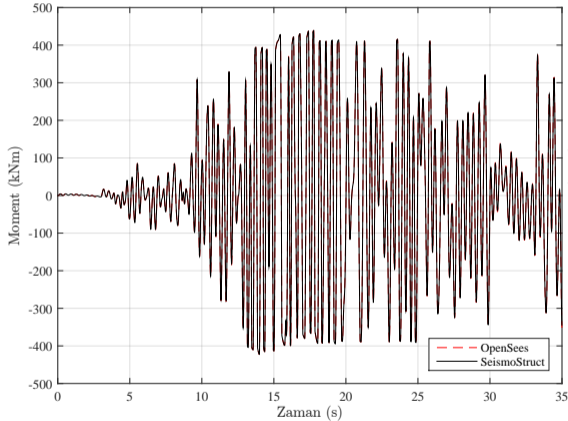


Zaman-Tanım Alanında Analiz



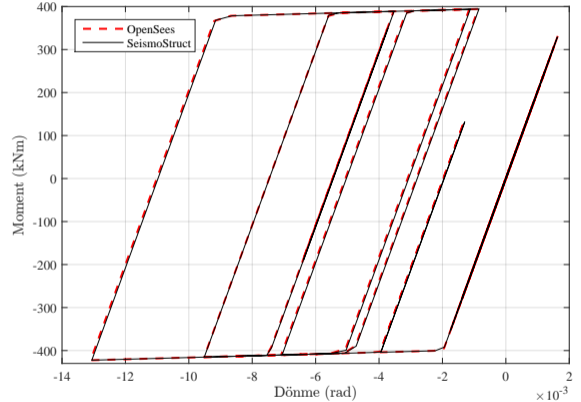
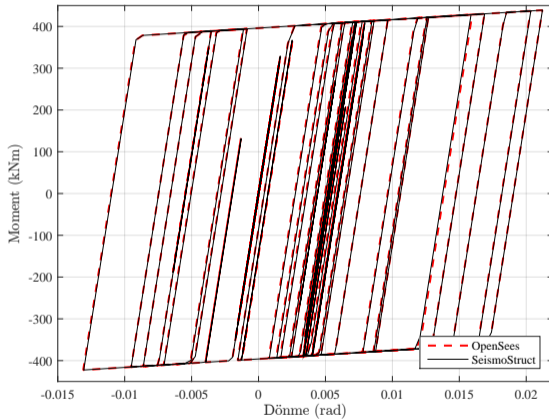
1 numaralı yay elemanının Dönme-Zaman İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



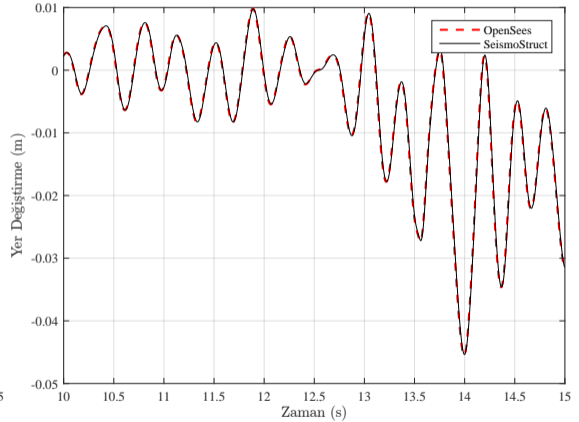
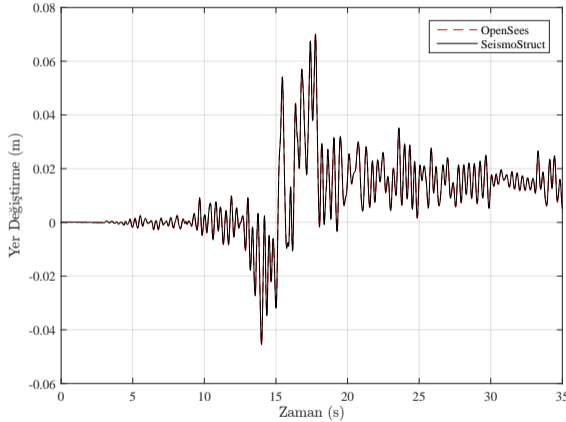
1 numaralı yay elemanının Moment-Zaman İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



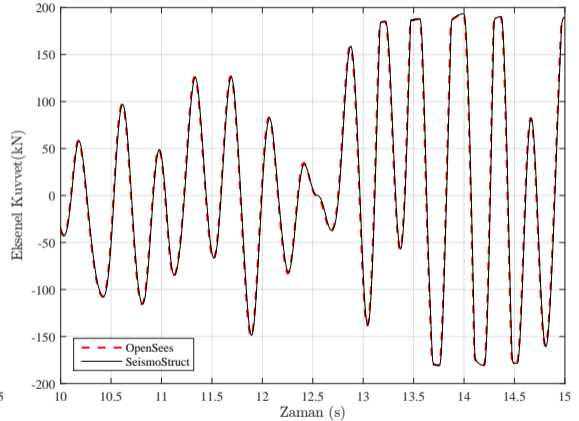
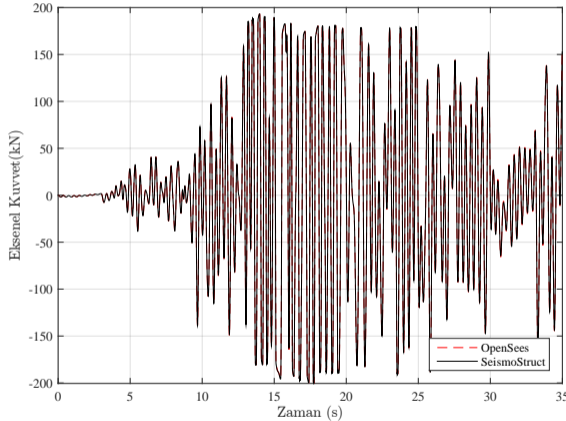
1 numaralı yay elemanının Moment-Dönme İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



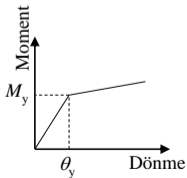
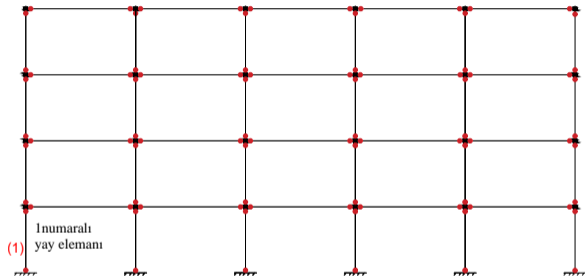
Tepe Yer Değişirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz

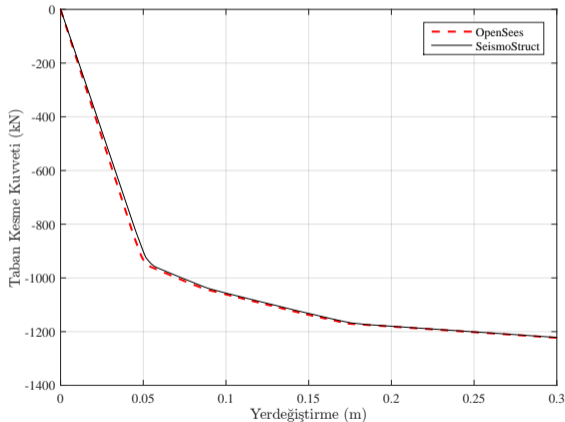


Kolon (2-3 d.n arasında) Eksenel Kuvveti - Zaman Grafiği

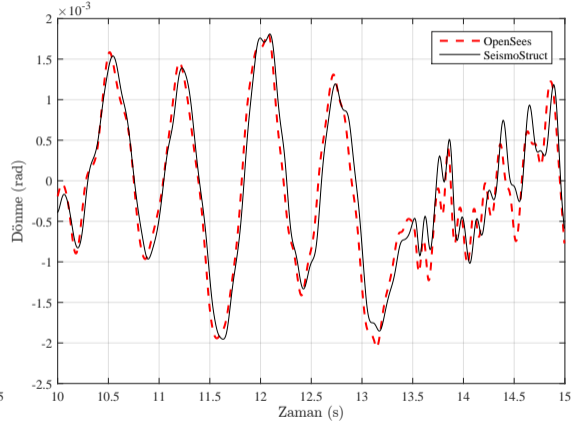
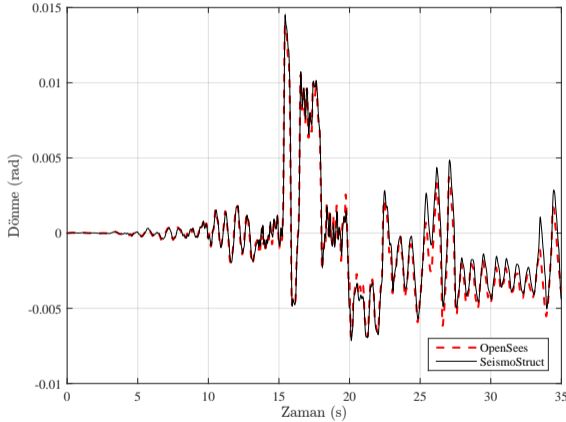
Moment-Dönme Yayı Modeli



Statik İtme Analizi

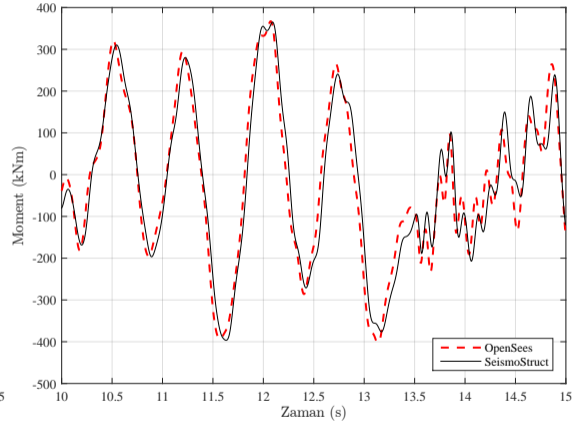
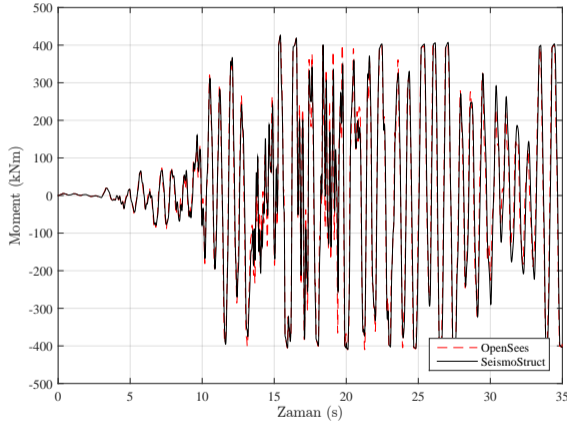


Zaman-Tanım Alanında Analiz



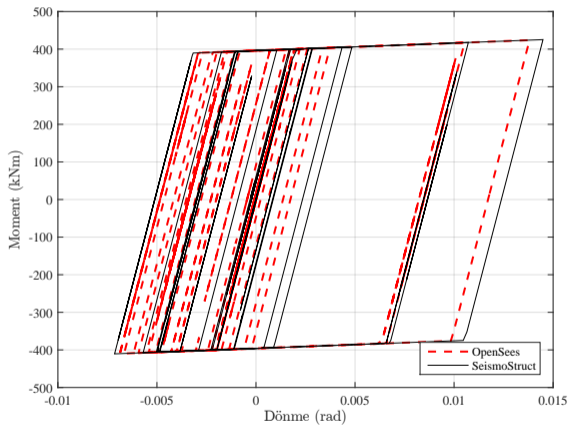
1 numaralı yay elemanının Dönme-Zaman İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



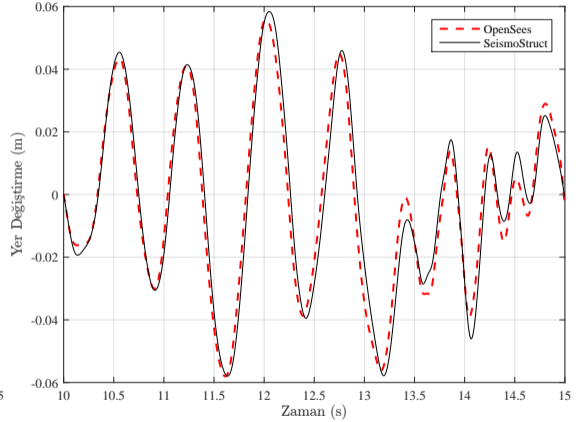
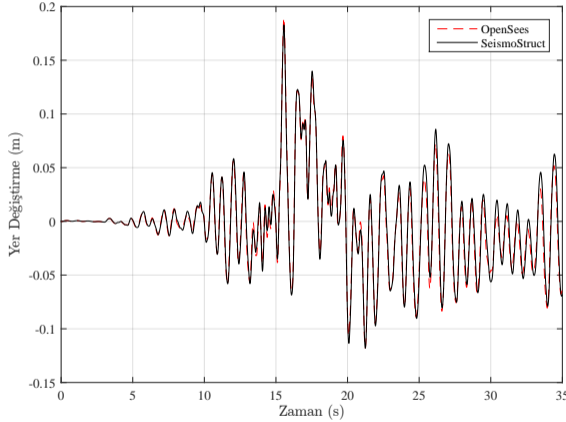
1 numaralı yay elemanının Moment-Zaman İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



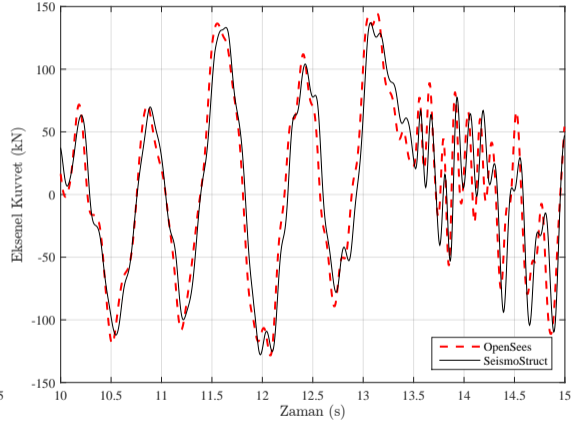
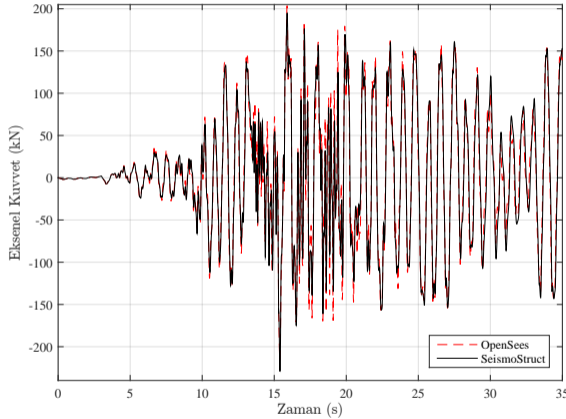
1 numaralı yay elemanının Moment-Dönme İlişkisi

Zaman-Tanım Alanında Analiz



Tepe Yer Değişirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz

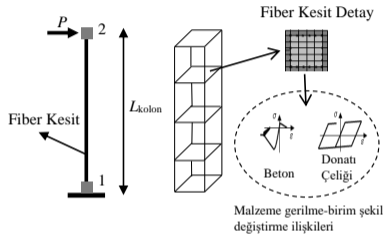


Kolon (2-3 d.n arasında) Eksenel Kuvveti - Zaman Grafiği

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması

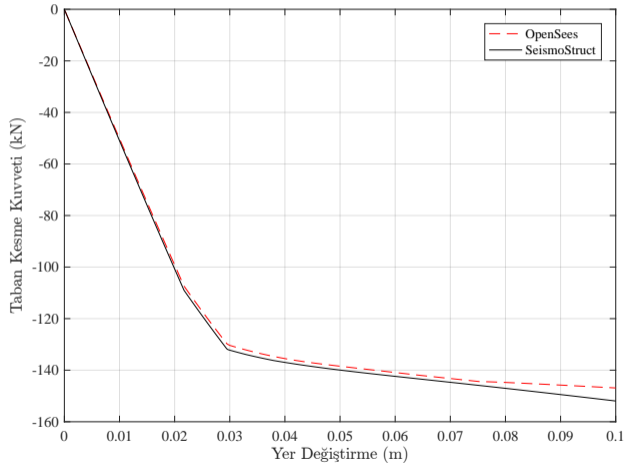
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - **Çubuk Fiber Elemanlı Modeller**
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

Fiber Eleman Modeli

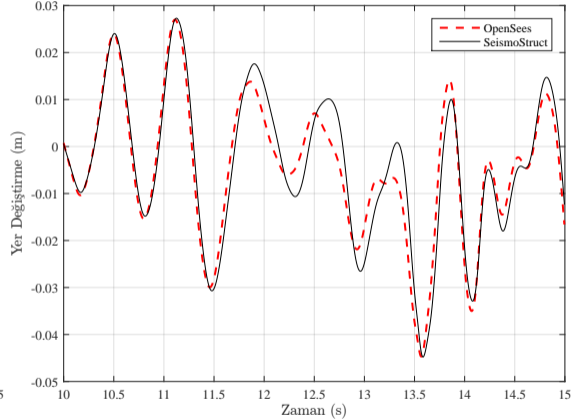
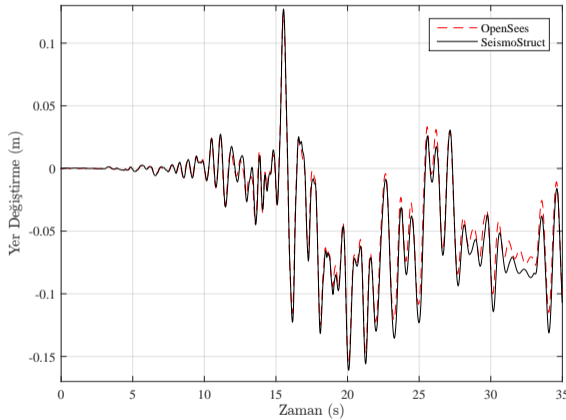


	Kolon
OpenSees	
SeismoStruct	

Statik İtme Analizi

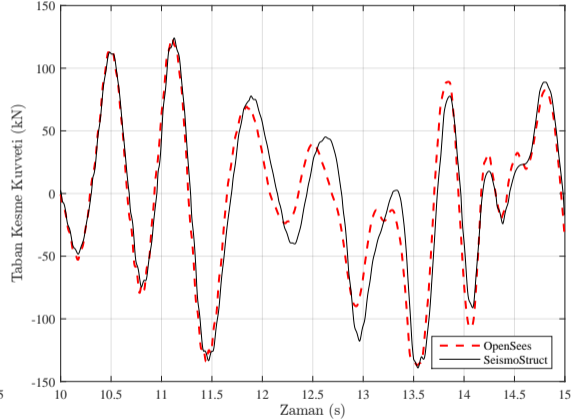
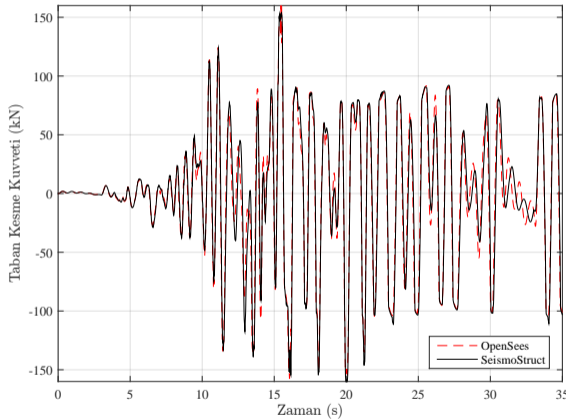


Zaman-Tanım Alanında Analiz



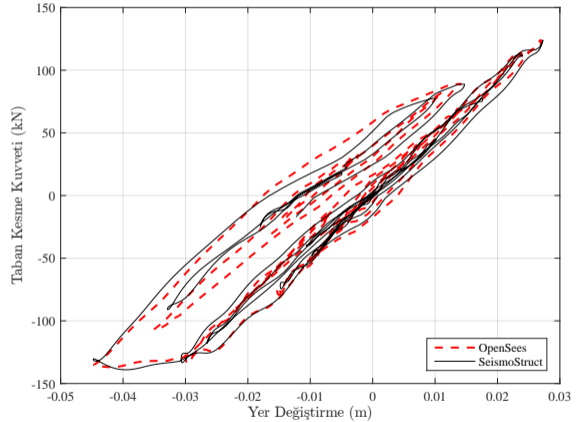
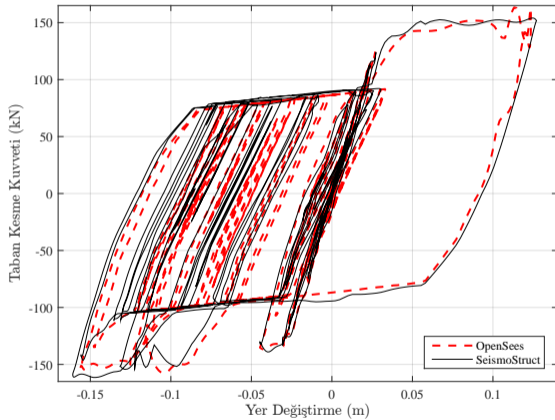
Tepe Yer Değiştirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



Taban Kesme Kuvveti - Zaman Grafiği

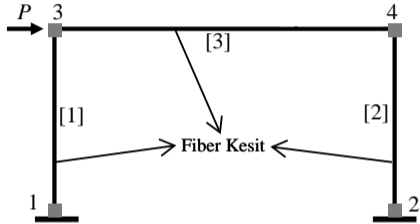
Zaman-Tanım Alanında Analiz



Taban Kesme Kuvveti - Tepe Yer Değişirme Grafiği

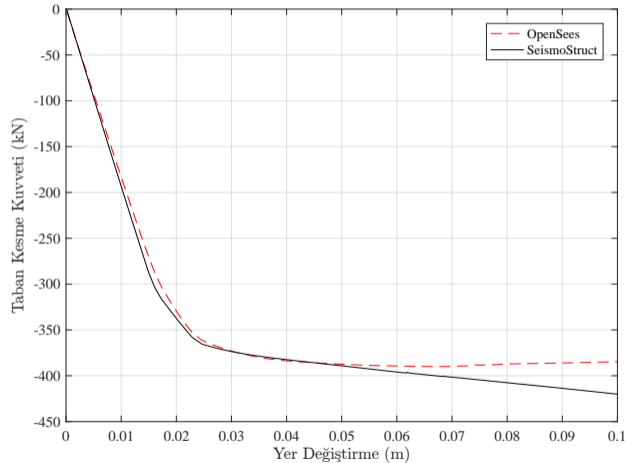
Karşılaştırmalar: Tek Katlı-Tek Açıklıklı Yapı - Fiber

Fiber Eleman Modeli

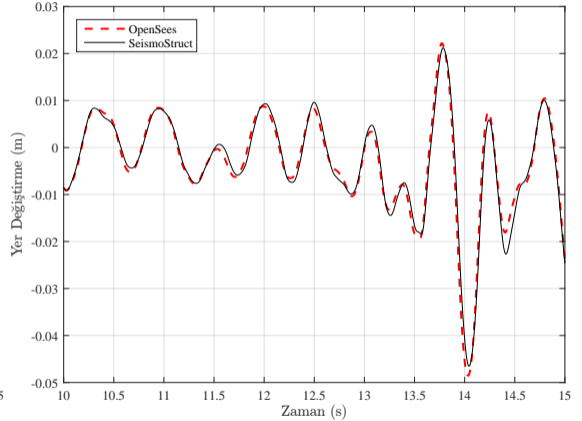
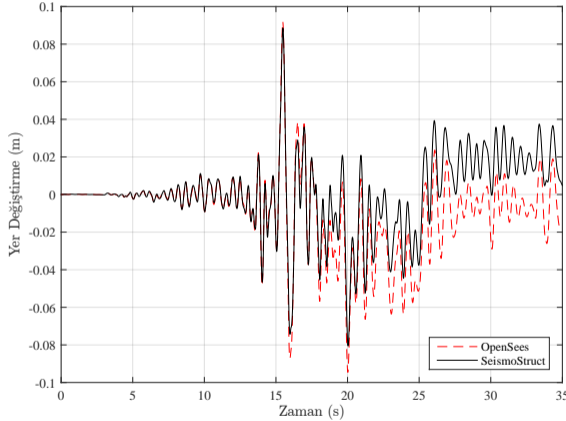


	Kolon	Kiriş
OpenSees		
SeismoStruct		

Statik İtme Analizi

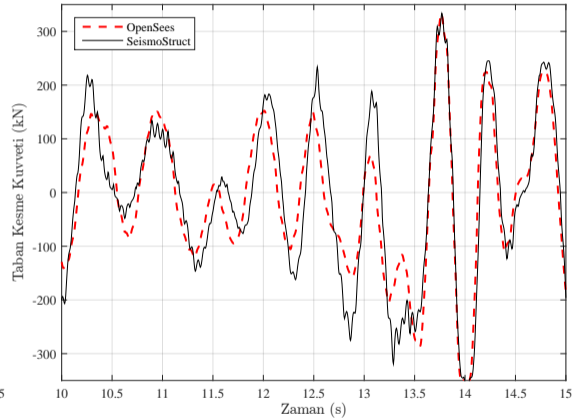
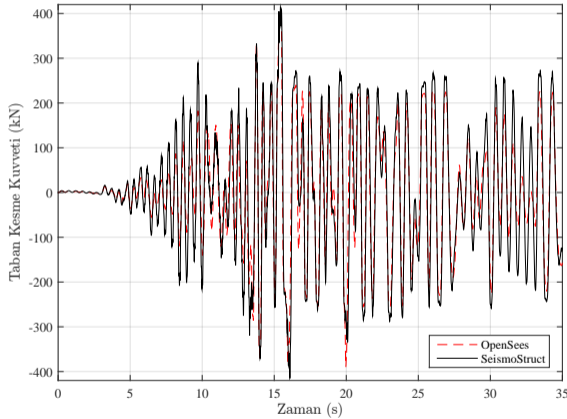


Zaman-Tanım Alanında Analiz



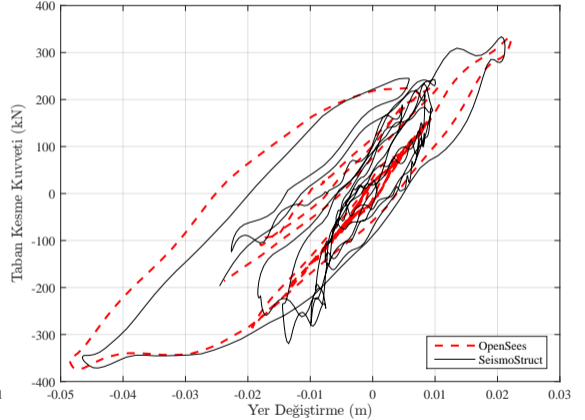
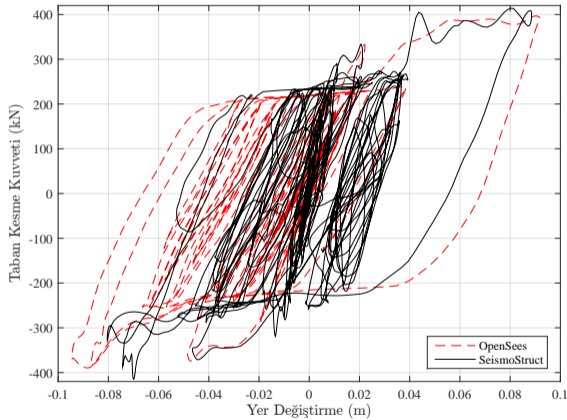
Tepe Yer Değişirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



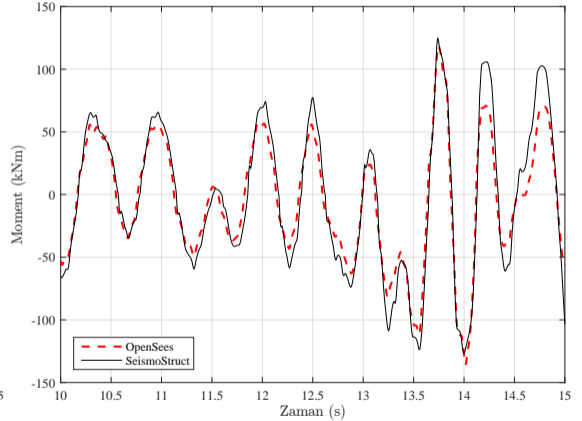
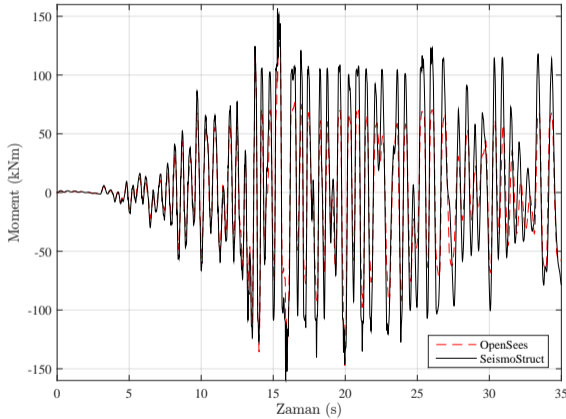
Taban Kesme Kuvveti - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



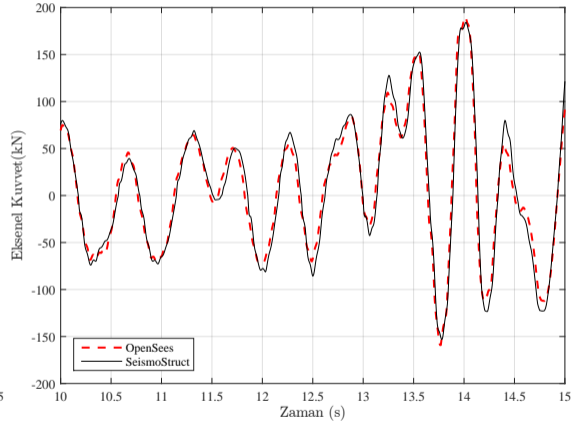
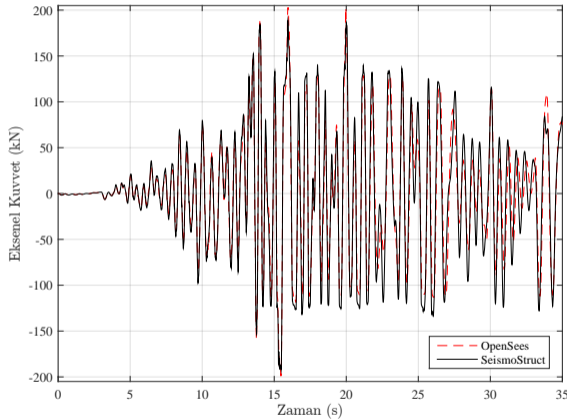
Taban Kesme Kuvveti - Tepe Yer Değiştirme Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



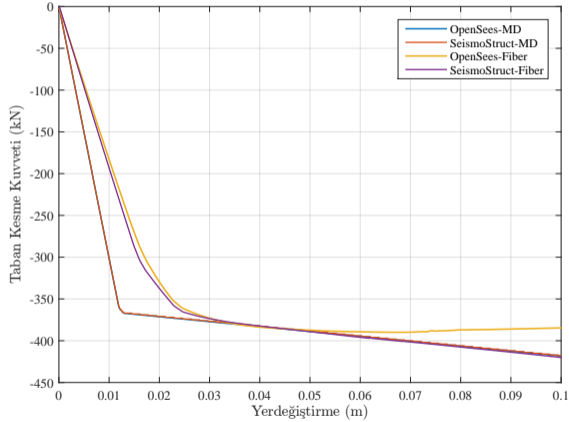
Kiriş Momenti - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



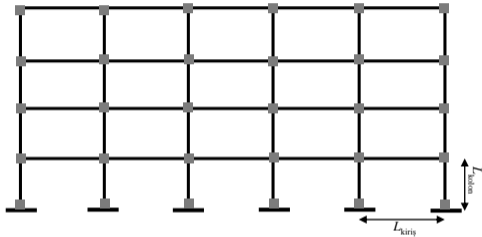
Kolon (2-3 d.n arasında) Eksenel Kuvveti - Zaman Grafiği

Statik İtme Analizi



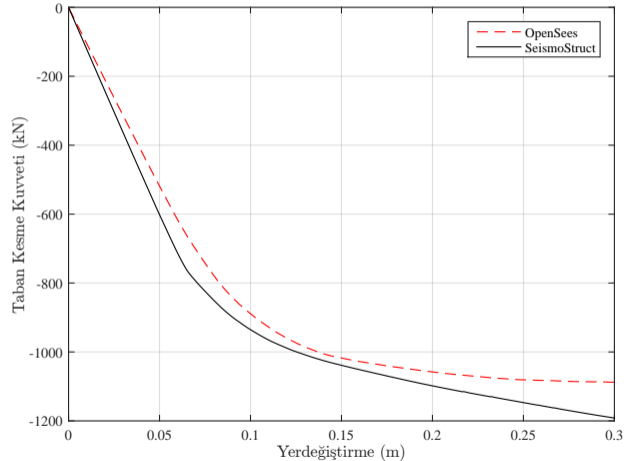
Karşılaştırmalar: Çok Katlı-Çok Açıklıklı Yapı - Fiber

Fiber Eleman Modeli

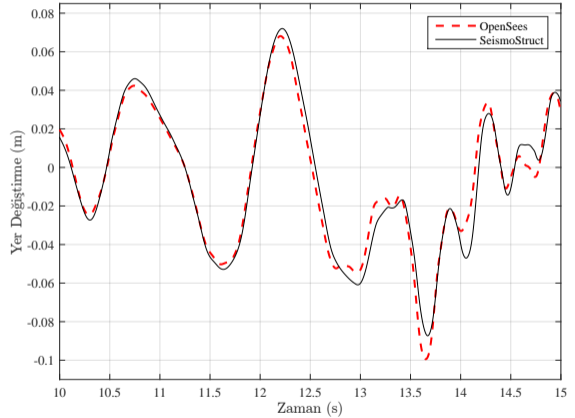
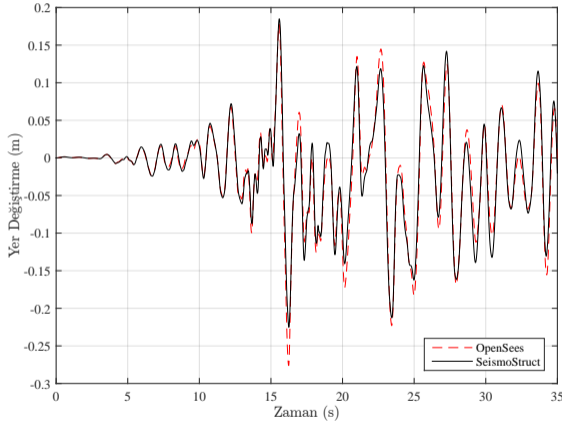


	Kolon	Kiriş
OpenSees		
SeismoStruct		

Statik İtme Analizi

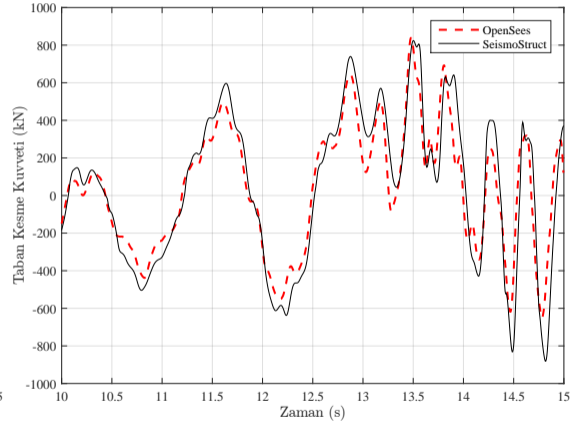
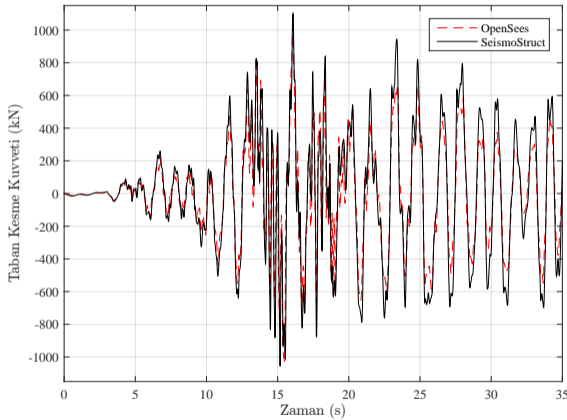


Zaman-Tanım Alanında Analiz



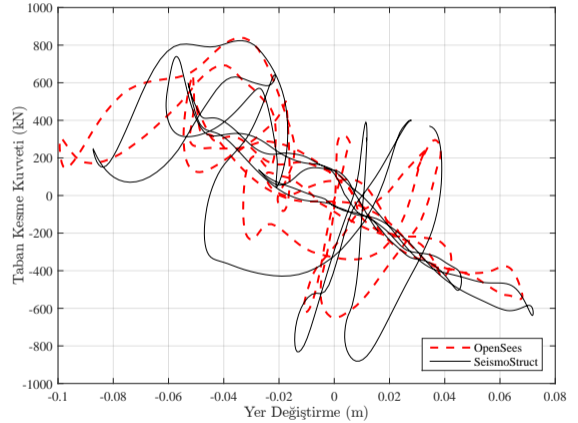
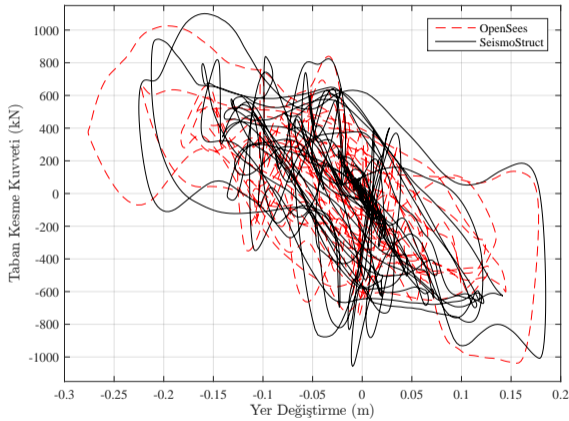
Tepe Yer Değişirme - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



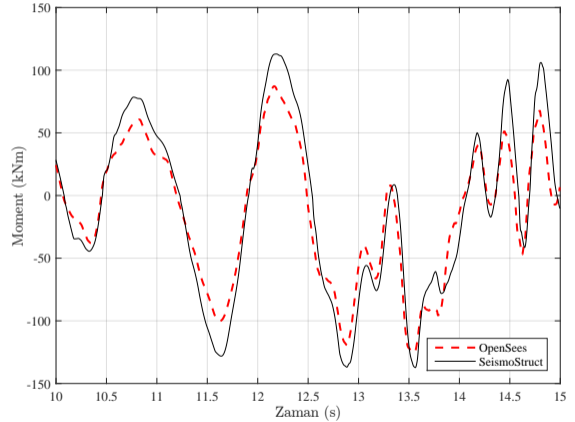
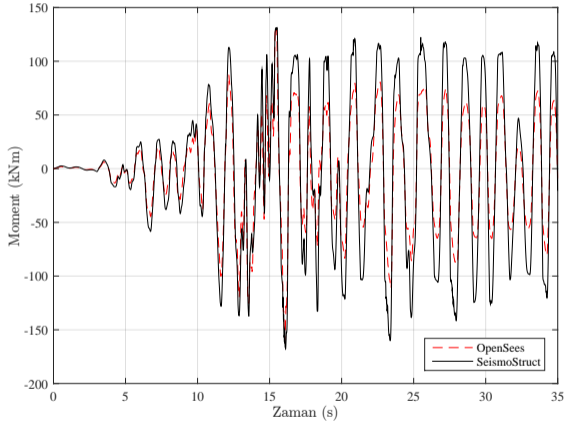
Taban Kesme Kuvveti - Zaman Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



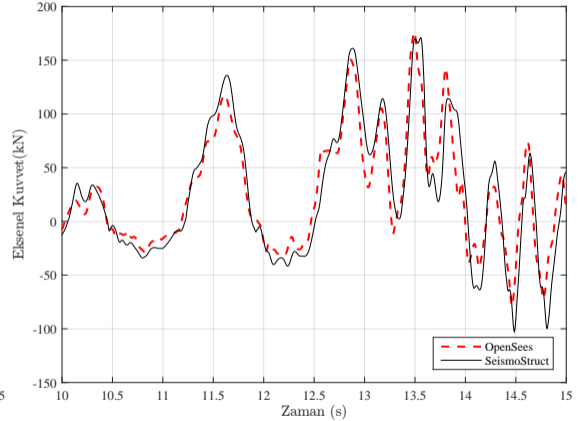
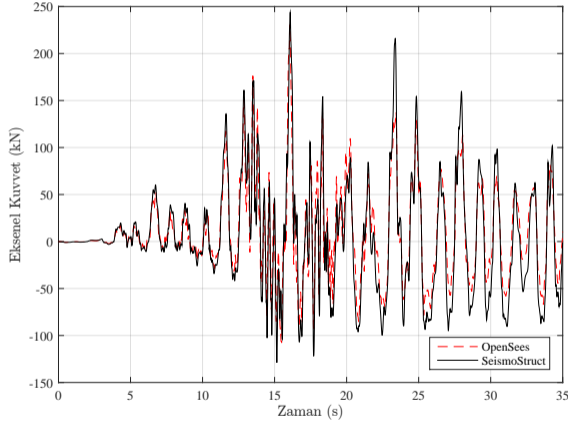
Taban Kesme Kuvveti - Tepe Yer Değiştirme Grafiği

Zaman-Tanım Alanında Analiz



Kiriş Momenti - Zaman Grafiği (1. açıklık 1. kat kirişi)

Zaman-Tanım Alanında Analiz



Kolon Eksenel Kuvveti - Zaman Grafiği (1. açıklık zemin kat kenar kolonu)

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alt Yapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri
 - Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri
- 3 Malzeme Modellerinin Karşılaştırılması
 - Malzeme Modelleri
 - Beton Modellerinin Karşılaştırılması
 - Donatı Çeliği Modellerinin Karşılaştırılması
- 4 Yapıların Karşılaştırılması
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Depremsellik
 - Moment-Dönme Yaylı Modeller
 - Çubuk Fiber Elemanlı Modeller
 - Zaman Karşılaştırması
- 5 Sonuç ve Öneriler

İtme Analizleri

$$\Delta x = 0.0003\text{m}$$

	OpenSees	SeismoStruct
$M - \theta$ Yay1	00:01	01:04
Fiber Model	00:18	01:33

Zaman-Tanım Alanı Analizleri

Kocaeli Depremi, $\Delta t = 0.005$ sn, $n = 7000$ ivme kaydı

	OpenSees	SeismoStruct
$M - \theta$ Yay1	00:12	08:05
Fiber Model	01:20	09:22

Moment-Dönme Yaylı Modeller

- İtme analizleri OpenSees ve SeismoStruct'de hemen hemen aynı sonuçlar vermiştir.
- Zaman-tanım alanı analizleri OpenSees ve SeismoStruct'de düşük mertebede farklılık göstermektedir.
- Bu farklılığın sönümlemeden ve ya doğrusal elemanlardaki rijitlik farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fiber Modeller

- Hem itme hem de zaman-tanım alanı analizlerinde OpenSees ve SeismoStruct düşük mertebelerde farklılıklar görülmüştür.
- Bu farklılık, model boyutu büyüdükçe artmaktadır.
- Bu farklılığın,
 - Beton ve çelik malzeme modellerindeki farklılıklardan
 - Fiber kesit tanımlamardaki farklılıklardan ve
 - Sönümleme modelinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- OpenSees programının SeismoStruct programından çok daha hızlı olduğu görülmüştür.

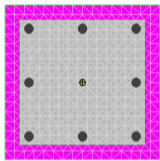
Sonraki Çalışmalar için Öneriler

- Fiber modellerde malzeme gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri
- Perde duvarlı sistemlerin karşılaştırılması
- Geometri bakımından doğrusalsızlık ile ilgili karşılaştırmalar
- PERFORM3D ve SAP2000 ile karşılaştırmalar

Sabırla dinlediğiniz için teşekkür ederim.

- Deierlein, G. G., A. M. Reinhorn, and M. R. Willford (2010). *Nonlinear Structural Analysis for Seismic Design*. Tech. rep. NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4.
- Gencer, I. (2015). “Dogrusal Olmayan Analiz Yöntemleri için Kullanılan Ticari Programların Çerçeve Sistemler için Karşılaştırılması”. MA thesis. Istanbul Teknik Üniversitesi.

Karşılaştırmalar: Kesitlerin Moment-Eğrilik İlişkileri

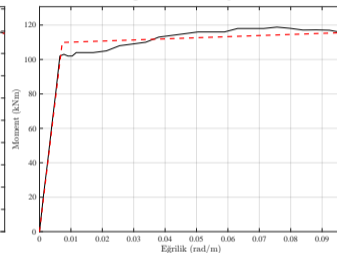
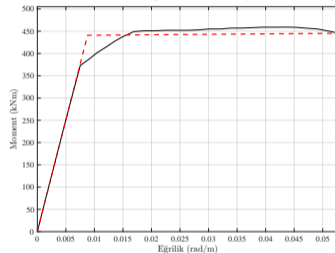


(a)



(b)

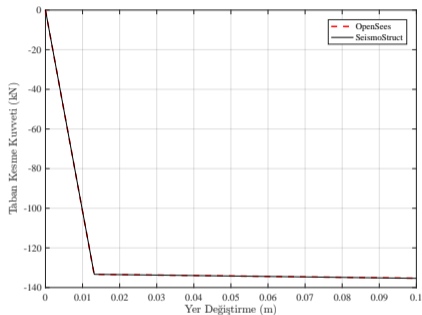
Kolon (a) ve Kiriş (b) kesitinin XTRACT programından elde edilen ve doğrusallaştırılmış moment-eğrilik ilişkileri



Eleman	l_p (m)	k_1 (kN/m)	k_2 (kN/m)	M_y (kNm)
Kolon	0.25	202408	406	441
Kiriş	0.25	64693	281	110

Statik İtme Analizi

- Hedef yer değiştirme 0.1 m
- Yatay dođrultuda kuvvet itme y6n6n6 belirtir.
- 0.1 m'deki $V_{ops} = -135.36$ kN, $V_{ss} = -135.29$ kN



Karşılaştırmalar: Fiber Kolon Kesit Detay

Kolon kesitinin SAP2000 programında kontrolü

Define Fibers for Hinge FH1

Edit

Control

Number of Fibers: 44

Overlay Section on Plot: FSEC2

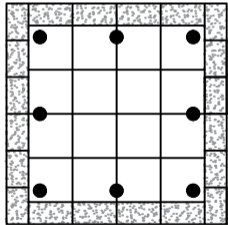
Sort Fiber Data:

Fiber Definition Data

Fiber	Area	Coord3	Coord2	Material
1	9.384E-03	-0.15	0.15	Confined
2	0.01	-0.15	0.05	Confined
3	0.01	-0.05	0.05	Confined
4	9.892E-03	-0.05	0.15	Confined
5	9.384E-03	0.15	0.15	Confined
6	0.01	0.15	0.05	Confined
7	0.01	0.05	0.05	Confined
8	9.892E-03	0.05	0.15	Confined
9	9.384E-03	-0.15	-0.15	Confined
10	0.01	-0.15	-0.05	Confined
11	0.01	-0.05	-0.05	Confined
12	9.892E-03	-0.05	-0.15	Confined
13	9.384E-03	0.15	-0.15	Confined
14	0.01	0.15	-0.05	Confined
15	0.01	0.05	-0.05	Confined

0.0231, 0.3571

Show Properties...



Fiber Hinge Properties for Hinge FH1

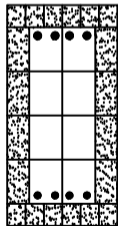
Properties

Item	Fiber Hinge	FSEC2
Area	0.2512	0.25
Centroid3	1.079E-19	0.
Centroid2	-3.452E-18	0.
I33	5.079E-03	5.208E-03
I22	5.110E-03	5.208E-03

Note: Properties are not transformed; no modular ratio is considered.

Karşılaştırmalar: Fiber Kiriş Kesit Detay

Kiriş kesitinin SAP2000 programında kontrolü



Define Fibers for Hinge FH2

Edit

Control

Number of Fibers: 36

Overlay Section on Plot: beam

Sort Fiber Data: By Coord3, By Coord2, Clean Fiber Data

Delete Incomplete Rows

Fiber Definition Data

Fiber	Area	Coord3	Coord2	Material
1	2.083E-03	0.1042	0.225	unConfined
2	2.083E-03	0.0625	0.225	unConfined
3	2.083E-03	0.0209	0.225	unConfined
4	2.083E-03	-0.0208	0.225	unConfined
5	2.083E-03	-0.0625	0.225	unConfined
6	2.083E-03	-0.1042	0.225	unConfined
7	2.083E-03	0.1042	-0.225	unConfined
8	2.083E-03	0.0625	-0.225	unConfined
9	2.083E-03	0.0209	-0.225	unConfined
10	2.083E-03	-0.0208	-0.225	unConfined
11	2.083E-03	-0.0625	-0.225	unConfined
12	2.083E-03	-0.1042	-0.225	unConfined
13	5.000E-03	0.1	0.15	unConfined
14	5.000E-03	-0.1	0.15	unConfined
15	5.000E-03	0.1	0.05	unConfined

Show Properties... OK Cancel

Fiber Hinge Properties for Hinge FH2

Properties

Item	Fiber Hinge	beam
Area	0.1252	0.125
Centroid3	3.328E-06	0.
Centroid2	-2.718E-04	0.
I33	2.534E-03	2.604E-03
I22	6.118E-04	6.510E-04

Note: Properties are not transformed; no modular ratio is considered.

Done