

PYTHON VE JULIA PROGRAMLARININ
DOĞRUSAL OLMAYAN DEPREM
ANALİZLERİ VE PARALEL
PROGRAMLAMAYA
UYGUNLUKLARININ ARAŞTIRILMASI

Barış KASAPOĞLU

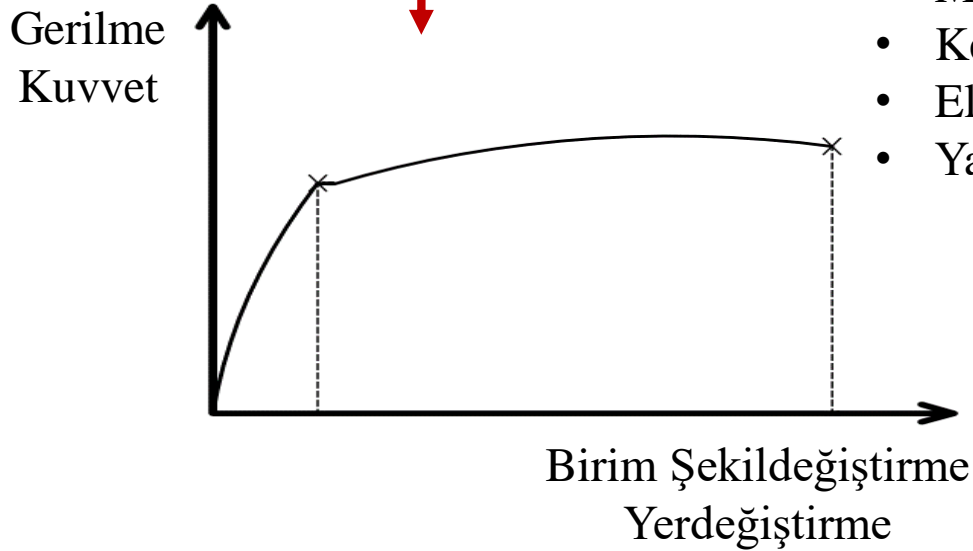
Yüksek Lisans Tez Sunumu

25.08.2017

Giriş: Doğrusal Olmayan Analiz ve Modelleme

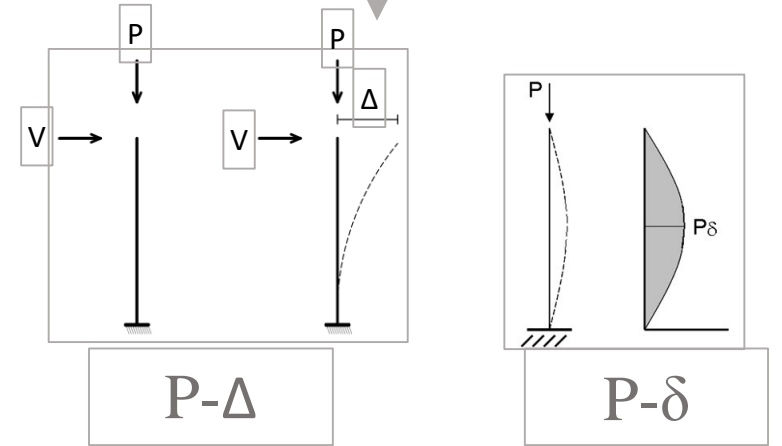
Doğrusal Olmayan Davranış

Malzeme Doğrusalsızlığı



- Malzeme (beton, donatı)
- Kesit
- Eleman
- Yapı

Geometri Doğrusalsızlığı



Giriş: Doğrusal Olmayan Analiz ve Modelleme - Pratik

- Güçlendirme Çalışmaları
 - TBYBHY 2007
 - FEMA 356
 - ASCE 41/13
- Özel Yapıların Performans Değerlendirmesi
 - Yüksek binalar
 - İzolatörlü yapılar
 - Sönümleyiciler
- Programlar
 - SAP2000, ETABS
 - PERFORM3D
 - LS-Dyna
 - Abacus



Giriş: Doğrusal Olmayan Analiz ve Modelleme - Araştırma

- Malzeme, kesit, yapı vs davranışlarının deney yapılmadan incelenmesi
- Programlar
 - OpenSees
 - DRAIN
 - IDARC
 - SeismoStruct
 - Vector

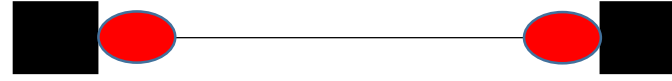


(Japanese National Research Institute, 2009)

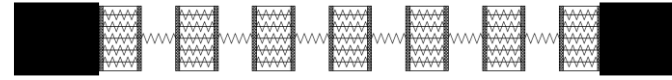
Giriş: Doğrusal Olmayan Modelleme

Fenomenolojik modeller

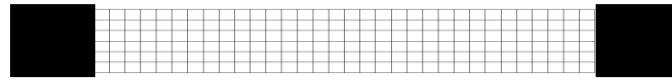
Yığılı plastisite modeli



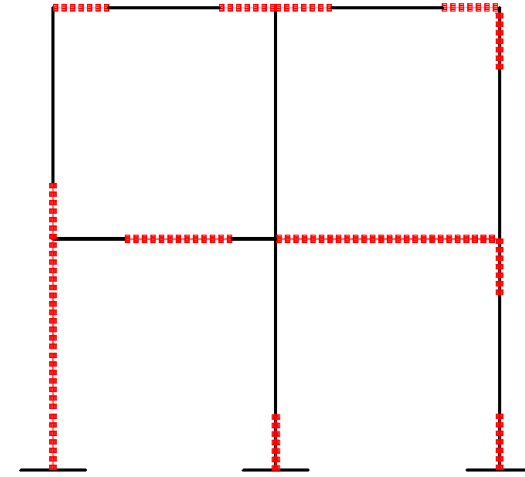
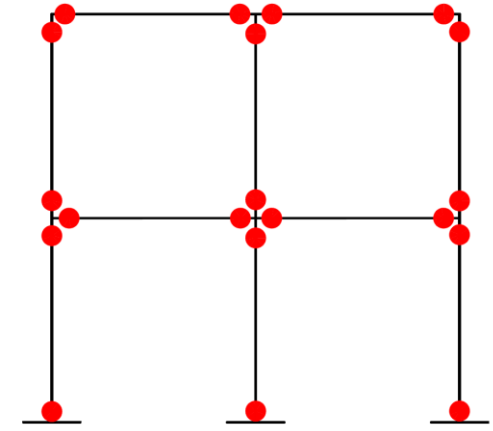
Yayılı plastisite modeli



Sürekli sonlu elemanlar modeli

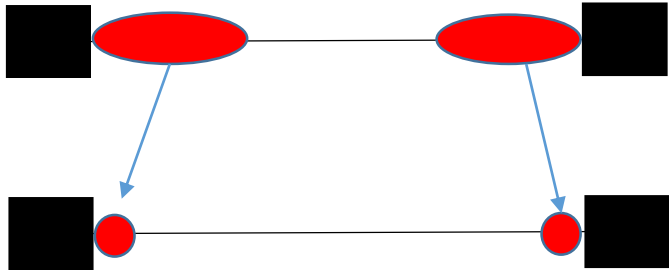


Fiziksel modeller

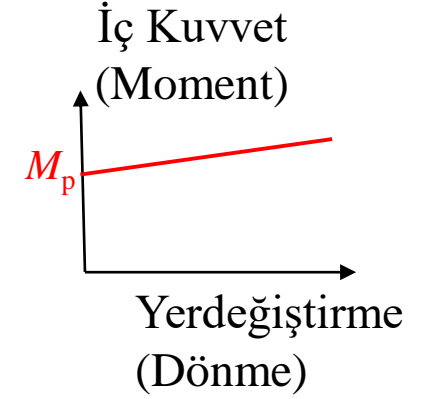
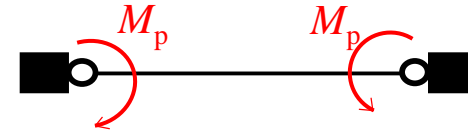


Giriş: Doğrusal Olmayan Modelleme

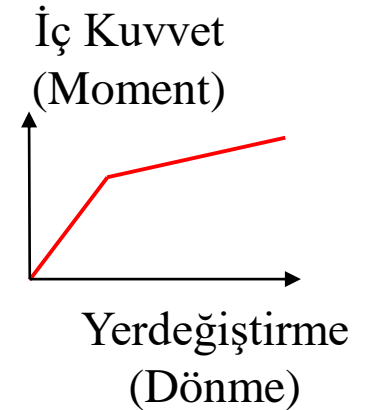
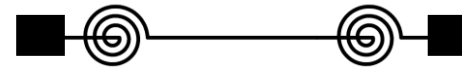
- **Yığılı Plastisite Modeli**
- Belli bir bölgedeki doğrusal olmayan davranışın bir noktada modellenmesi



Rijit plastisite modeli

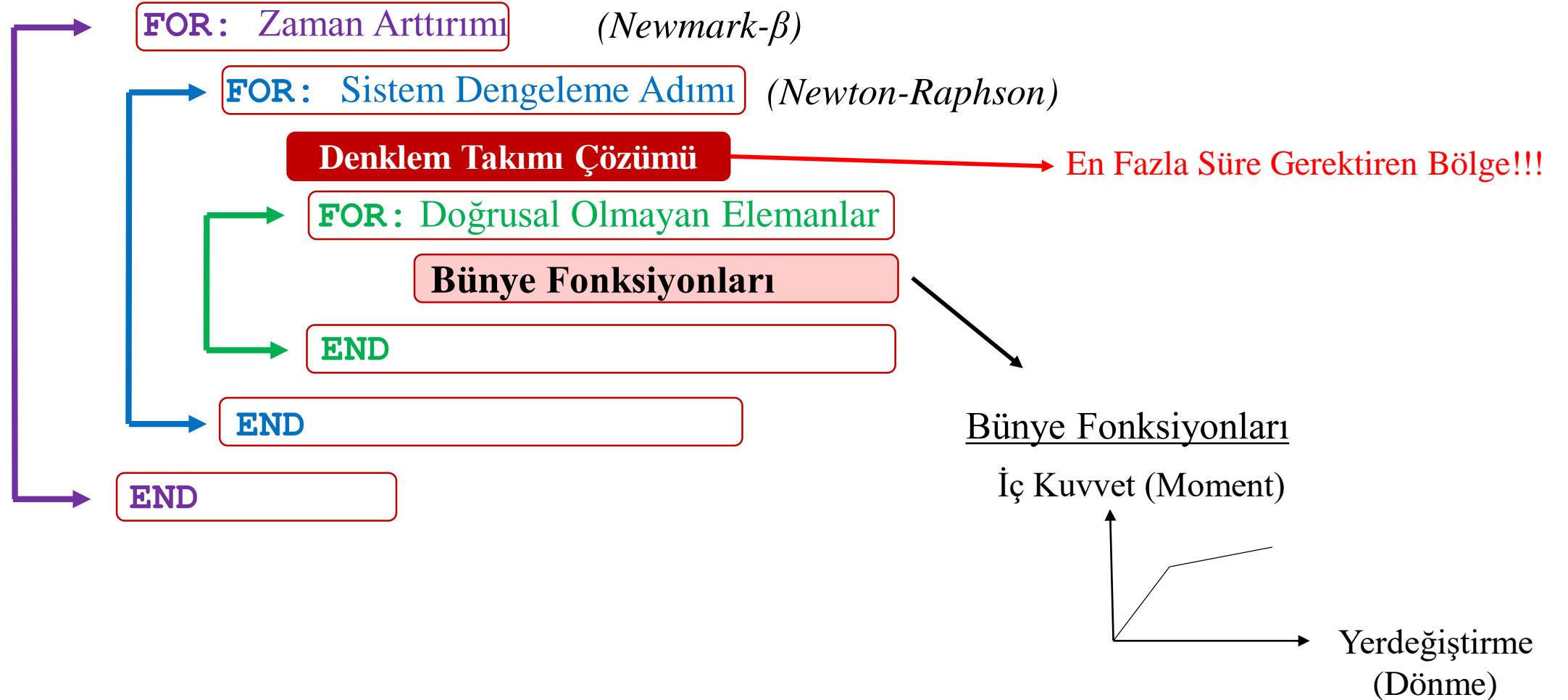


Yay modeli



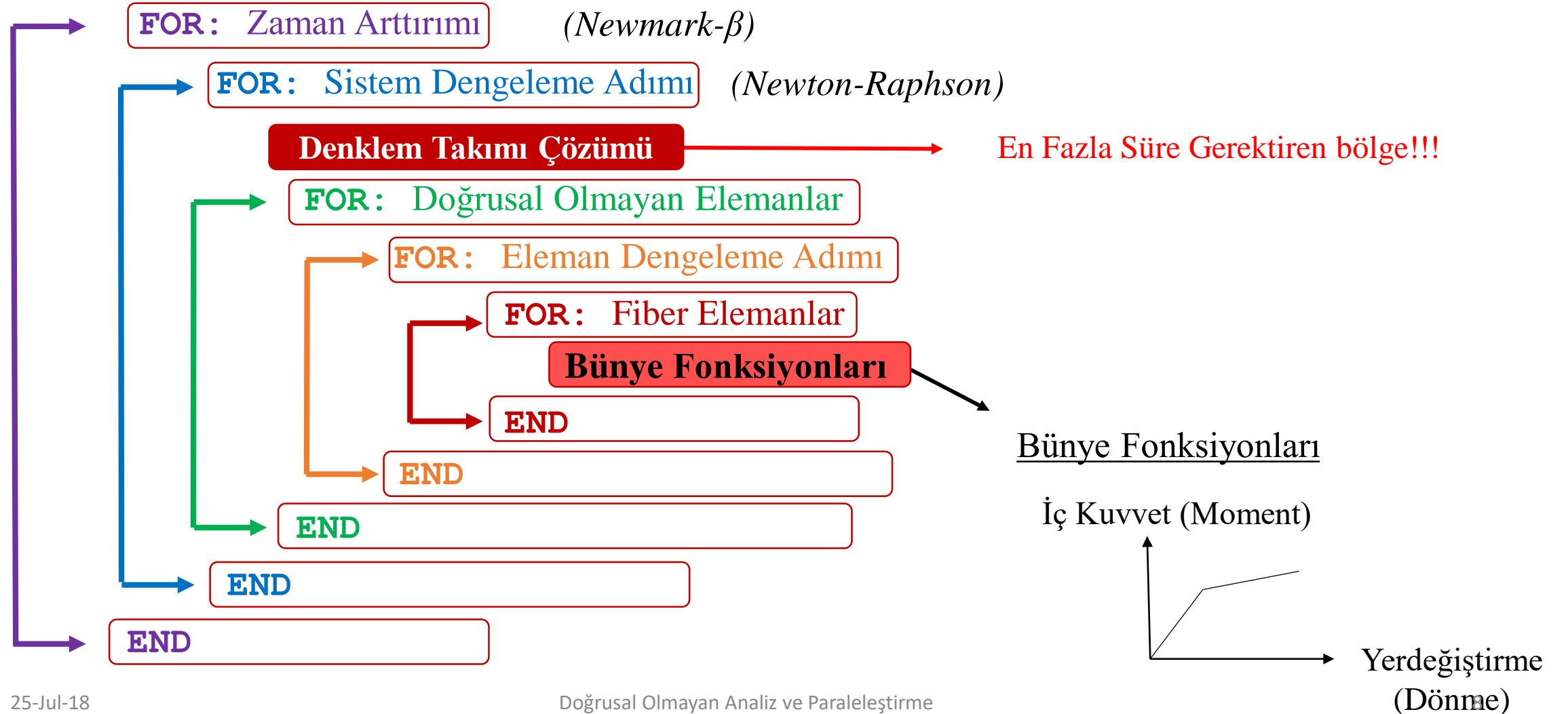
Giriş: Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz

• Yığılı Plastik Mafsal Modeli



Giriş: Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz

• Yayılı Plastisite Modeli (Fiber)



Doğrusal Olmayan Analiz Zorluklar

1-Doğruluk

2- Zaman



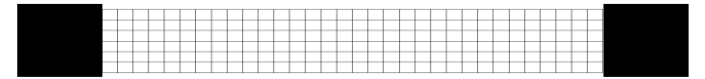
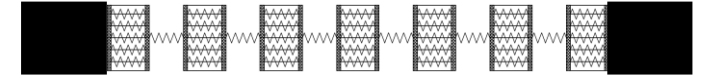
Fenomenolojik modeller

Yığılı plastik mafsallı model

Yayılı plastisite modeli

Sürekli sonlu elemanlar modeli

Fiziksel modeller



Giriş: Paralel Programlama

Analiz sürelerini azaltmak maksadı ile kullanılan yaklaşımlardan bir tanesi paralel programlamadır.

Paralel programlama, bir problem parçalara ayrılarak her bir işlemci veya işlemci çekirdeğinde paralel bir şekilde eş zamanlı olarak koşturulmasına denir.

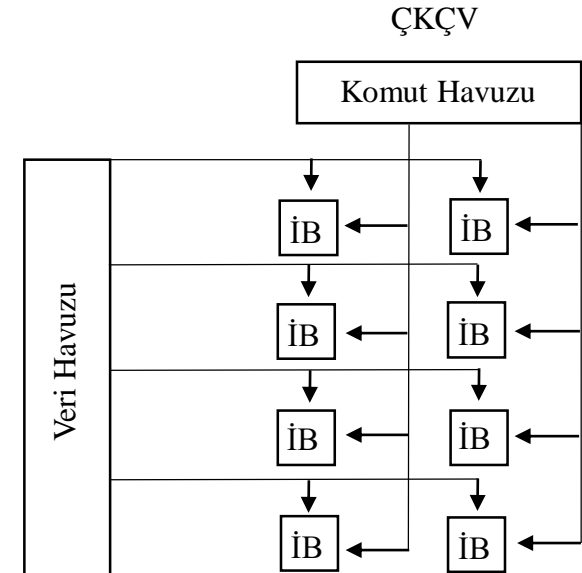
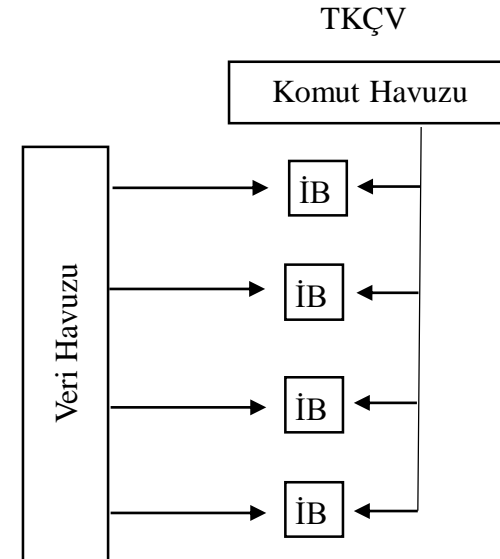
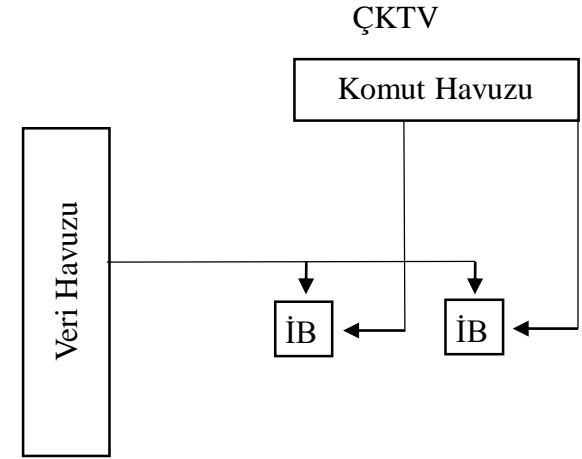
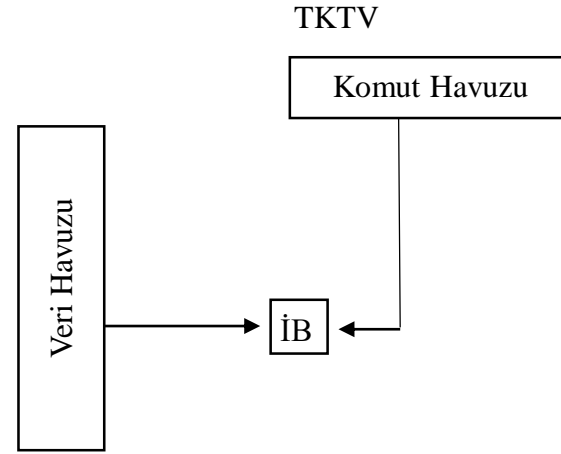
Flynn (1966) sınıflandırması

TKTV : Tek komut tek veri

TKÇV : Tek komut çoklu veri

ÇKTV : Çoklu komut tek veri

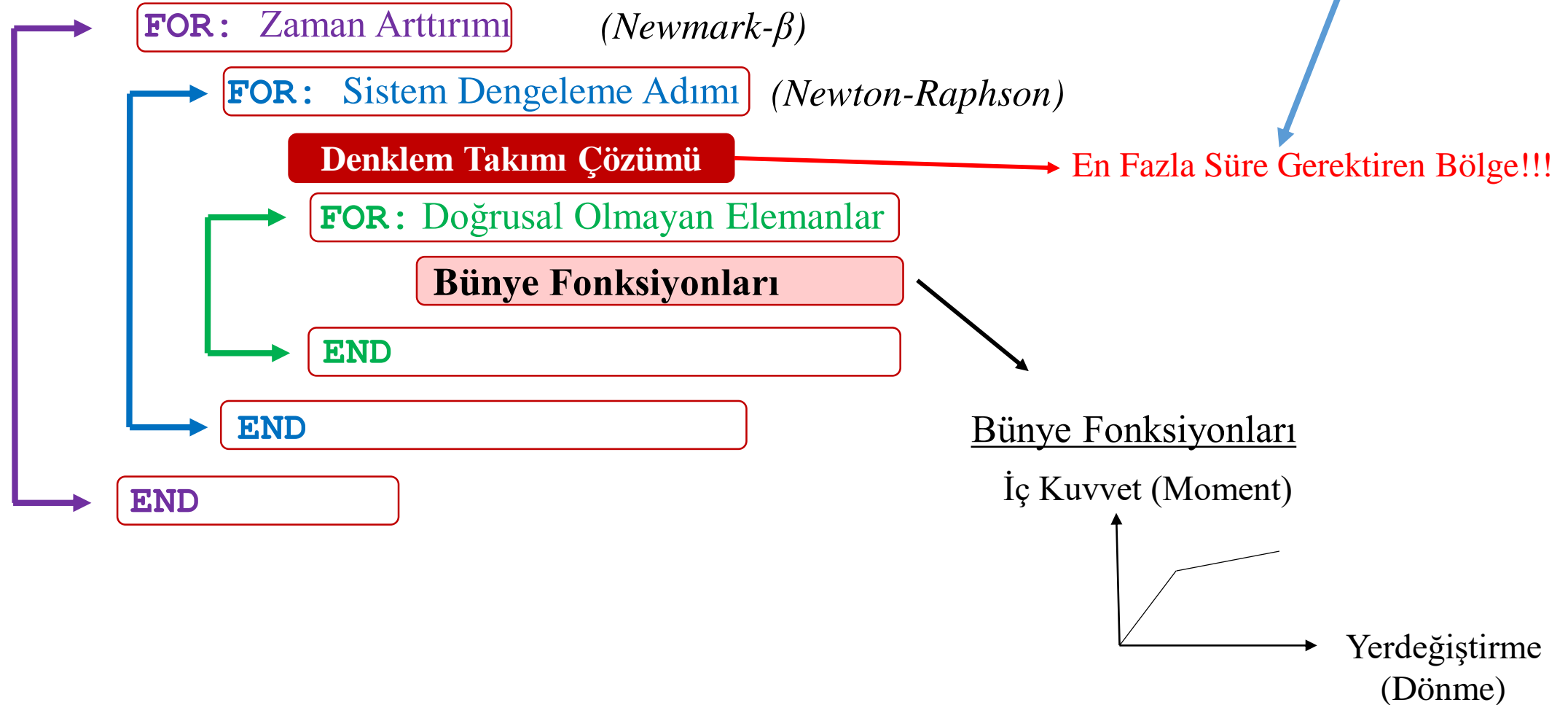
ÇKÇV : Çoklu komut çoklu veri



Giriş: Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz

• Yığılı Plastik Mafsal Modeli

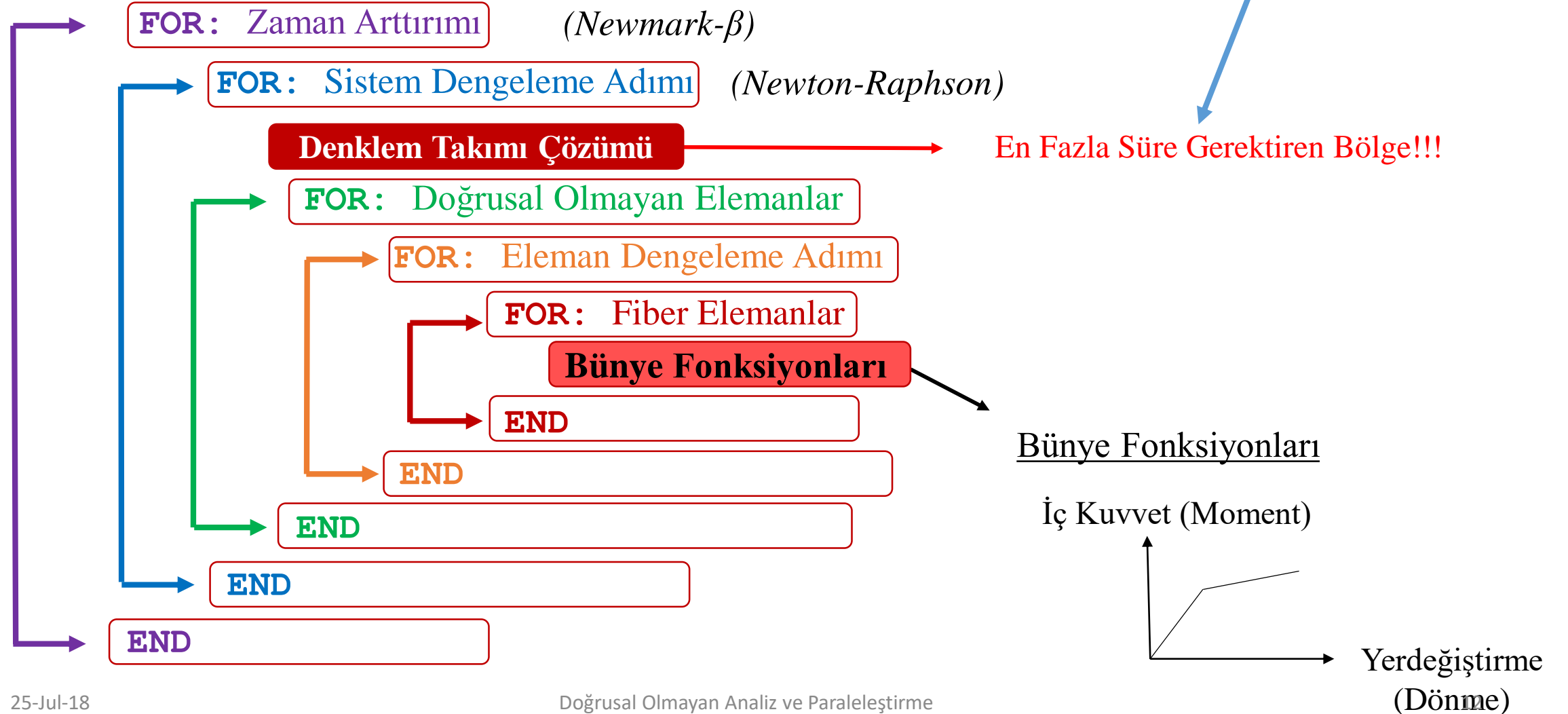
PARALEL PROGRAMLAMA



Giriş: Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Analiz

• Yayılı Plastisite Modeli (Fiber)

PARALEL PROGRAMLAMA



Giriş: Programlama Dilleri

Programlama Dilleri

Normal Programlama Dilleri

- C
- C++
- Fortran
- .NET

Betik Programlama Dilleri

- MATLAB
 - Python
 - Julia
- } Yeni nesil

Paralel programlamaya uygun (MIT)

- Açık kaynak kod
- Geniş kütüphanele
- Bilimsel araştırmalara uygun
- Büyük ölçekli sistem çözmek zordur.

Giriş: Problem Tanımı

- Yeni nesil betik programlama dillerinin (örnek: Python, Julia) doğrusal olmayan analizlere uygunluğu hakkında örnek fazla çalışma yoktur.
- Bünye fonksiyonları ile doğrusal olmayan elemanların iç kuvvetlerinin hesaplandığı adımın paralel programlama ile hızlandırılmasına yönelik literatürde bir çalışma yoktur.

Amaç, Kapsam Ve Yöntem

- **Amaç:**

- Python ve Julia programlama dillerinin zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem analizlerine uygunluğunun araştırılması
- Python'da bünye fonksiyonlarının paralelleştirilmesinin incelenmesi

- **Kapsam:**

- Python ve Julia programları ve matematiksel işlem kütüphaneleri
- Betonarme kolon ve kirişlerden oluşan 10, 25, 50, 75 ,100 katlı 4 açıklıklı 5 adet çerçeve sistem

Amaç, Kapsam Ve Yöntem

• Yöntem:

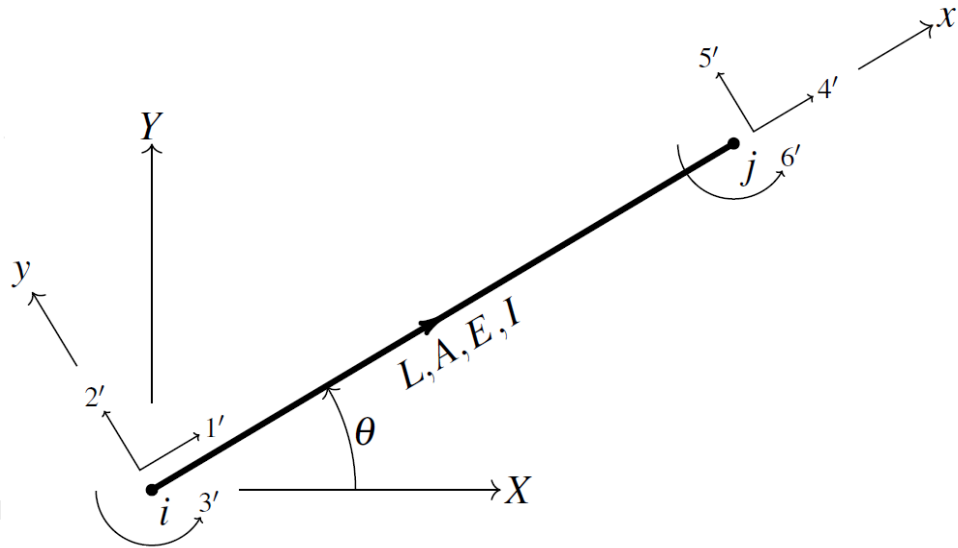
- Zaman tanım alanında analiz için Newmark- β yöntemi
- Doğrusal olmayan analizlerde kuvvet dengelemesi için dengelenmemiş kuvvet düzeltme yöntemi (Newton-Raphson yerine)
- Yığılılı plastisite yay modeli (*yayıllı plastisite yerine kullanılmıştır*)
- Python ve Julia ile hazırlanan doğrusal model ve analiz programı teyidi için SAP2000 (doğrusal model) karşılaştırması
- Python ve Julia ile hazırlanan doğrusal olmayan model ve analiz programı karşılaştırması için rijit plastik mafsallı SAP2000
- Python'da paralel programlama için “multiprocessing” kütüphanesi

Giriş: Sunumun İçeriği

- **Bölüm 1: Teorik Altyapı**
 - Zaman-Tanım Alanında Doğrusal Dinamik Analiz
 - Zaman-Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz
 - Python'da Paralel Programlama
- **Bölüm 2: Nümerik Analiz ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi**
 - Doğrusal Programın SAP2000 ile Teyidi: 10 Katlı Yapı Karşılaştırması
 - Doğrusal Olmayan Programın SAP2000 ile Teyidi: 10 Katlı Yapı Karşılaştırması
 - Bünye Fonksiyonlarının Paralleleştirilmesi – Hızlanma Sonuçları

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

• Çubuk Eleman Modeli



$$\mathbf{k}' = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{d}' = \begin{bmatrix} d_1' \\ d_2' \\ d_3' \\ d_4' \\ d_5' \\ d_6' \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{f}' = \begin{bmatrix} f_1' \\ f_2' \\ f_3' \\ f_4' \\ f_5' \\ f_6' \end{bmatrix}$$

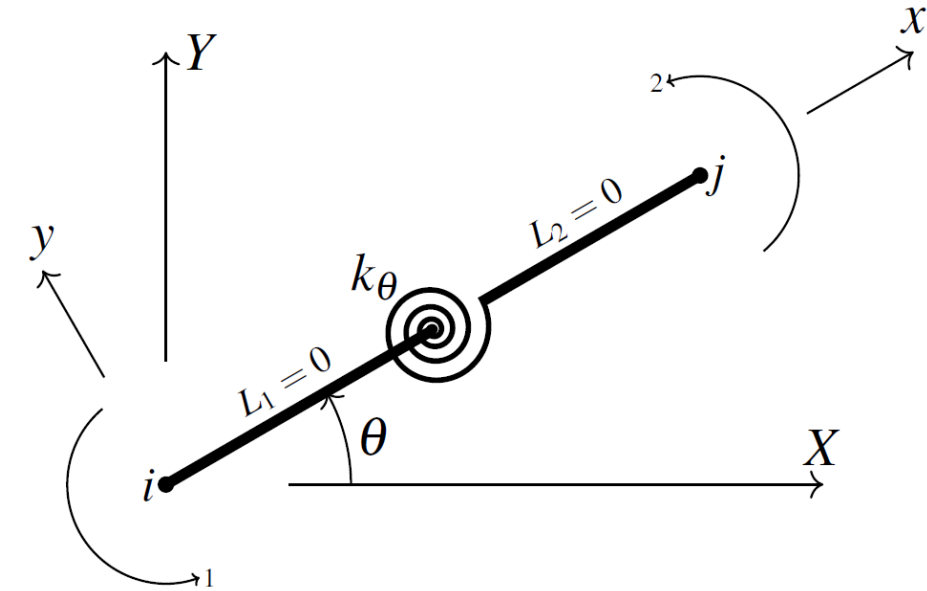
$$\mathbf{f}' = \mathbf{k}' \mathbf{d}' \quad \mathbf{d}' = \mathbf{T} \mathbf{d}$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{k} \mathbf{d} \quad \mathbf{f} = \mathbf{T}^T \mathbf{f}'$$

$$\mathbf{k} = \mathbf{T}^T \mathbf{k}' \mathbf{T}$$

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

• Yay Eleman Modeli



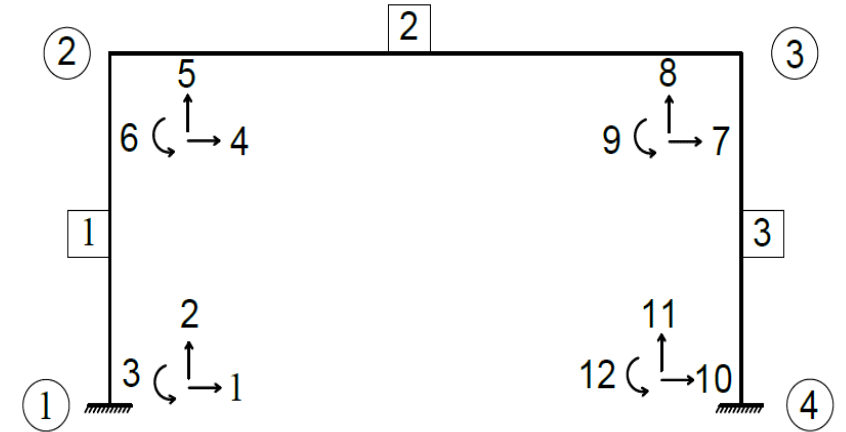
$$\mathbf{k} = \begin{bmatrix} k_{\theta} & -k_{\theta} \\ -k_{\theta} & k_{\theta} \end{bmatrix} \quad \mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{f} = \mathbf{k}\mathbf{d}$$

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

• Sistem Rijitlik Matrisi

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_{11}^1 & k_{12}^1 & k_{13}^1 & k_{14}^1 & k_{15}^1 & k_{16}^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{21}^1 & k_{22}^1 & k_{23}^1 & k_{24}^1 & k_{25}^1 & k_{26}^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{31}^1 & k_{32}^1 & k_{33}^1 & k_{34}^1 & k_{35}^1 & k_{36}^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{41}^1 & k_{42}^1 & k_{43}^1 & k_{44}^1 + k_{11}^2 & k_{45}^1 + k_{12}^2 & k_{46}^1 + k_{13}^2 & k_{14}^2 & k_{15}^2 & k_{16}^2 & 0 & 0 & 0 \\ k_{51}^1 & k_{52}^1 & k_{53}^1 & k_{54}^1 + k_{21}^2 & k_{55}^1 + k_{22}^2 & k_{56}^1 + k_{23}^2 & k_{24}^2 & k_{25}^2 & k_{26}^2 & 0 & 0 & 0 \\ k_{61}^1 & k_{62}^1 & k_{63}^1 & k_{64}^1 + k_{31}^2 & k_{65}^1 + k_{32}^2 & k_{66}^1 + k_{33}^2 & k_{34}^2 & k_{35}^2 & k_{36}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{41}^2 & k_{42}^2 & k_{43}^2 & k_{44}^2 + k_{11}^3 & k_{45}^2 + k_{12}^3 & k_{46}^2 + k_{13}^3 & k_{14}^3 & k_{15}^3 & k_{16}^3 \\ 0 & 0 & 0 & k_{51}^2 & k_{52}^2 & k_{53}^2 & k_{54}^2 + k_{21}^3 & k_{55}^2 + k_{22}^3 & k_{56}^2 + k_{23}^3 & k_{24}^3 & k_{25}^3 & k_{26}^3 \\ 0 & 0 & 0 & k_{61}^2 & k_{62}^2 & k_{63}^2 & k_{64}^2 + k_{31}^3 & k_{65}^2 + k_{32}^3 & k_{66}^2 + k_{33}^3 & k_{34}^3 & k_{35}^3 & k_{36}^3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{41}^3 & k_{42}^3 & k_{43}^3 & k_{44}^3 & k_{45}^3 & k_{46}^3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{51}^3 & k_{52}^3 & k_{53}^3 & k_{54}^3 & k_{55}^3 & k_{56}^3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_{61}^3 & k_{62}^3 & k_{63}^3 & k_{64}^3 & k_{65}^3 & k_{66}^3 \end{bmatrix}$$



Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

- **Sistem Kütle Matrisi**

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{ix} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_{ix} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{i\theta} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{jx} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{jy} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{j\theta} \end{bmatrix}_{N \times N}$$

$$m_{ix} = m_i$$

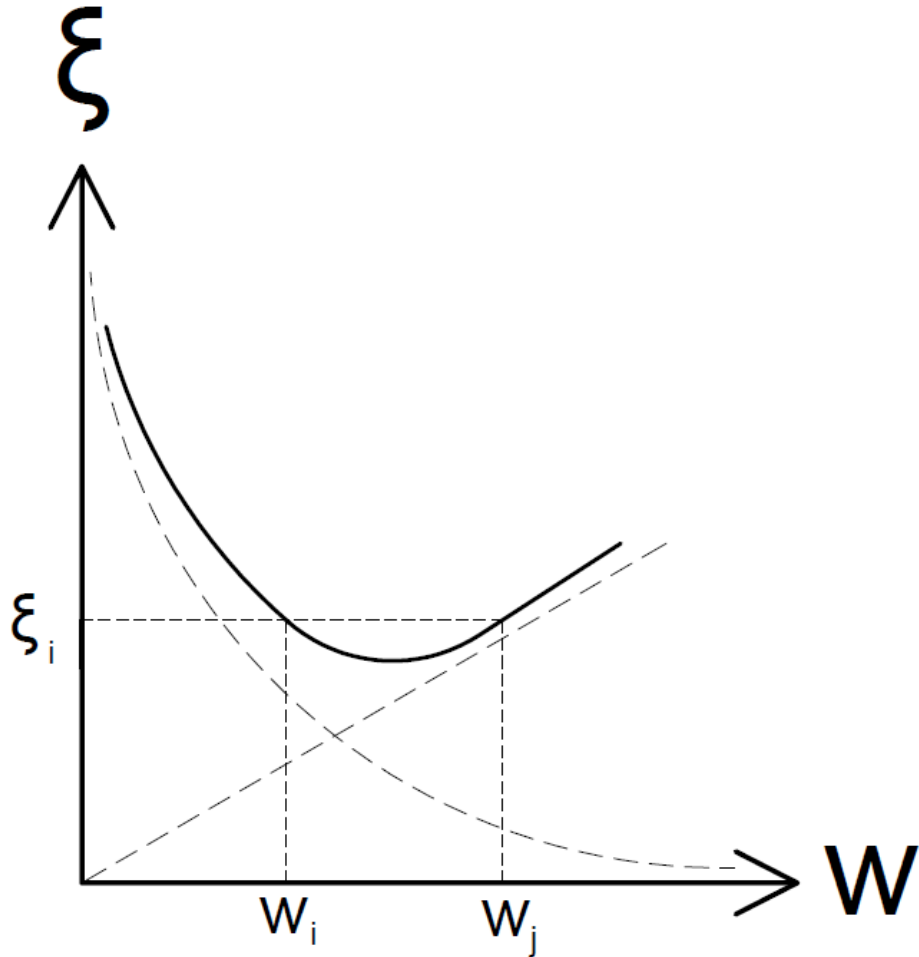
$$m_{iy} = m_i$$

$$m_{i\theta} = \frac{m_i L^2}{105}$$

(Ray W Clough, Joseph Penzien)

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

- Rayleigh Sönüm Matrisi



$$a_0 = \xi_i \frac{2w_i w_j}{w_i + w_j} \quad a_1 = \xi_i \frac{2}{w_i + w_j}$$

$$\mathbf{C} = a_0 \mathbf{M} + a_1 \mathbf{K}$$

(Ray W Clough, Joseph Penzien)

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

- **Newmark- β Yöntemi**
- Hareketli serbestlikler için dinamik hareket denklemi oluşturulur.

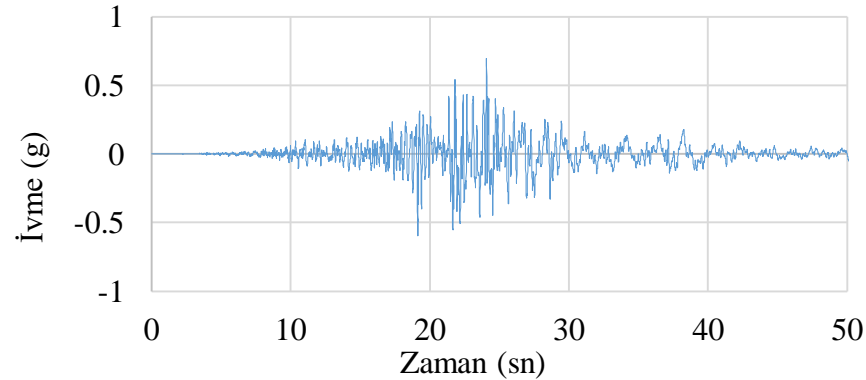
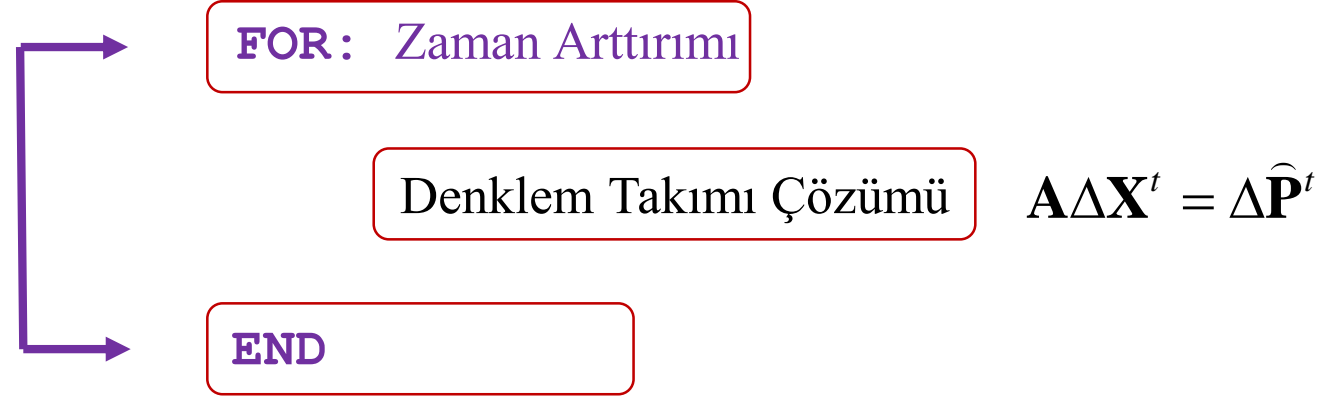
$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{x}(t) = \mathbf{P}(t)$$

$$\mathbf{P}(t) = \mathbf{M}\mathbf{R}\ddot{x}_g(t)$$

$$\mathbf{M}\Delta\ddot{\mathbf{x}}^t + \mathbf{C}\Delta\dot{\mathbf{x}}^t + \mathbf{K}\Delta\mathbf{x}^t = \Delta\mathbf{P}^t$$

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

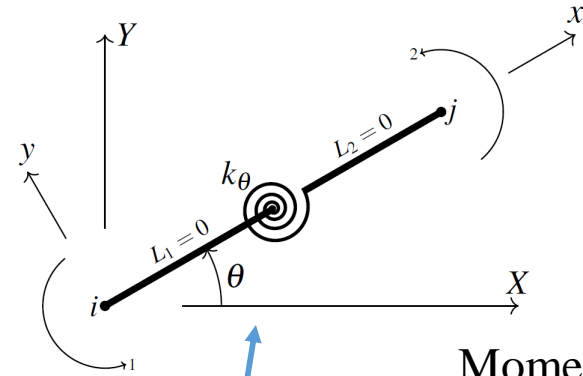
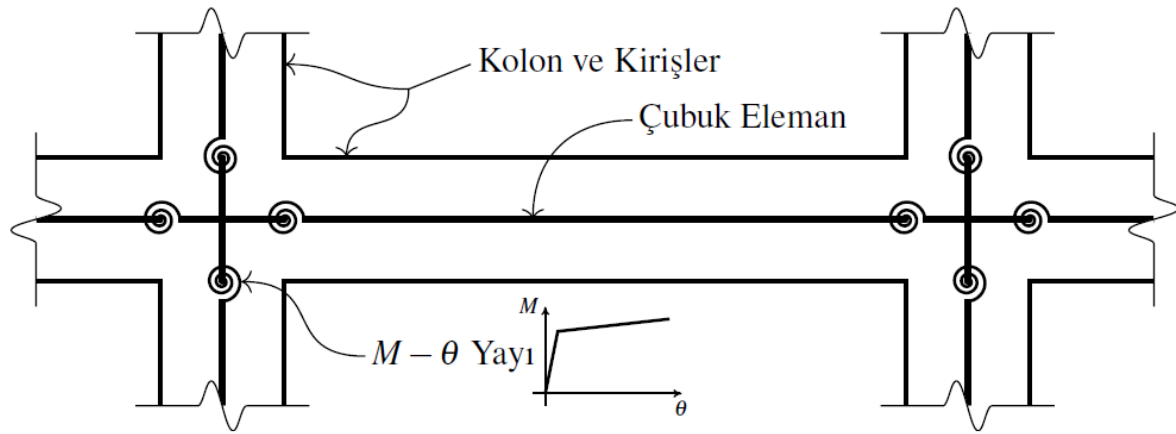
$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{X}^t = \Delta\widehat{\mathbf{P}}^t$$



Zaman (sn)	İvme (g)
0	-0.00018
0.005	-0.00049
0.01	-0.00033
0.015	0.000263
0.02	0.000517
.	.
.	.
.	.

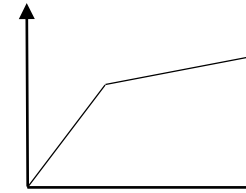
Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

• Modelleme

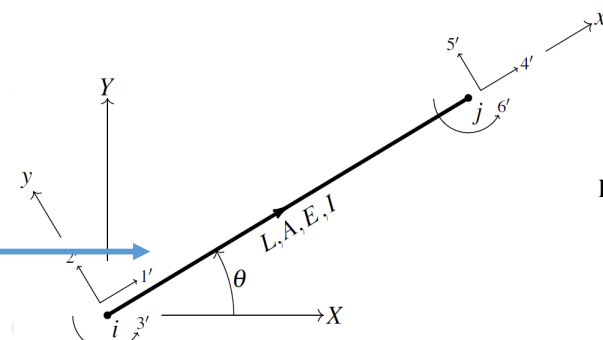
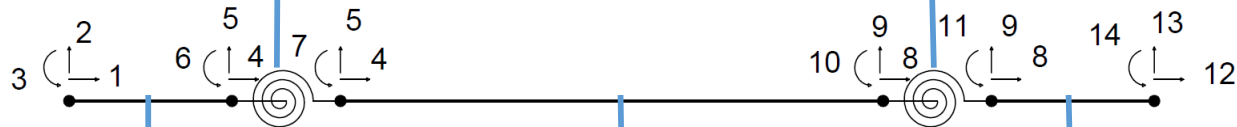


$$\mathbf{k} = \begin{bmatrix} k_\theta & -k_\theta \\ -k_\theta & k_\theta \end{bmatrix}$$

Moment

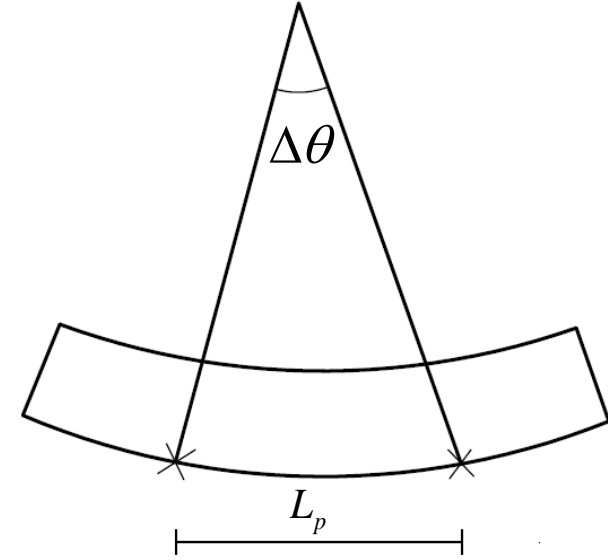
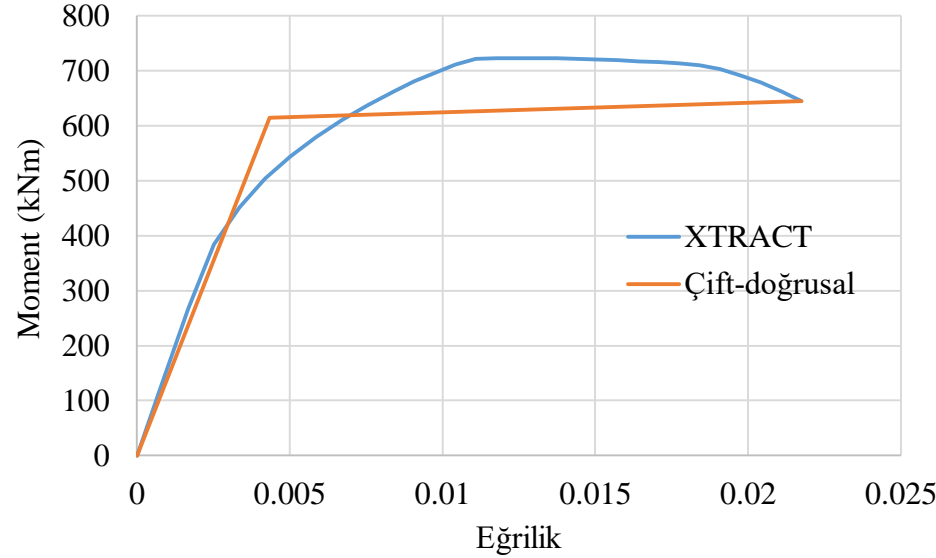
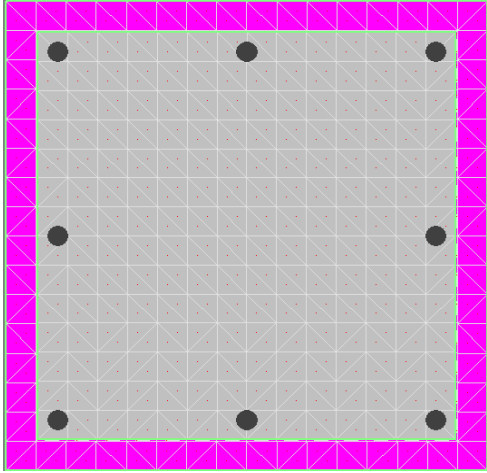


Dönme



$$\mathbf{k}' = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

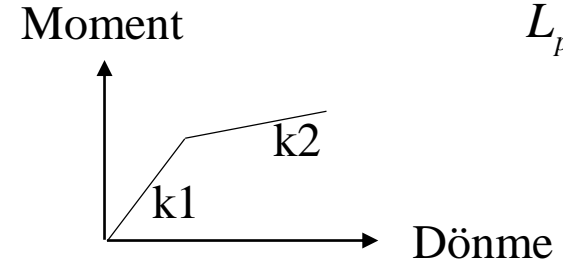
Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz



Eleman	Boyut (cm)	Lp (cm)	k1	k2	Fy (kNm)
kolon	50 x 50	25	564764	6992	614
kolon	60 x 60	30	979850	22990	1114
kolon	70 x 70	35	1500820	34745.71	1741
kolon	75 x 75	37.5	2006157.3	43600	2167
kiriş	50 x 40	25	101832	1664	204

$$\theta = \int \kappa dx \quad \Delta\theta = \kappa L_p$$

$$\kappa = \frac{\Delta\theta}{L_p} \quad k_\theta = \frac{k_\kappa}{L_p}$$



Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

• Dengesiz Kuvvet Düzeltme Yöntemi

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

$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{x}^t = \Delta\hat{\mathbf{P}}^t \quad (\text{dogrusal})$$

$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{x}^t + \Delta\mathbf{F}_s^t = \Delta\hat{\mathbf{P}}^t \quad (\text{dogrusal olmayan})$$

$$\Delta\mathbf{F}_s^{t,\text{kabul}} = \mathbf{K}_T\Delta\mathbf{x}^{t,\text{kabul}}$$

$$(\mathbf{A} + \mathbf{K}_T)\Delta\mathbf{x}^{t,\text{kabul}} = \Delta\hat{\mathbf{P}}^t \quad (\text{dogrusal olmayan})$$

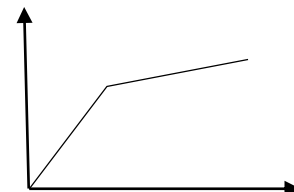
$$\Delta\mathbf{F}_s^{t,\text{denge}} = \Delta\mathbf{F}_s^{t,\text{kabul}} - \Delta\mathbf{F}_s^{t,\text{çiftdoğ}}$$

$$\mathbf{A}\Delta\mathbf{x}^{t+1} = \Delta\hat{\mathbf{P}}^{t+1} + \Delta\mathbf{F}_s^{t,\text{denge}}$$



Bünye Fonksiyonları

Moment

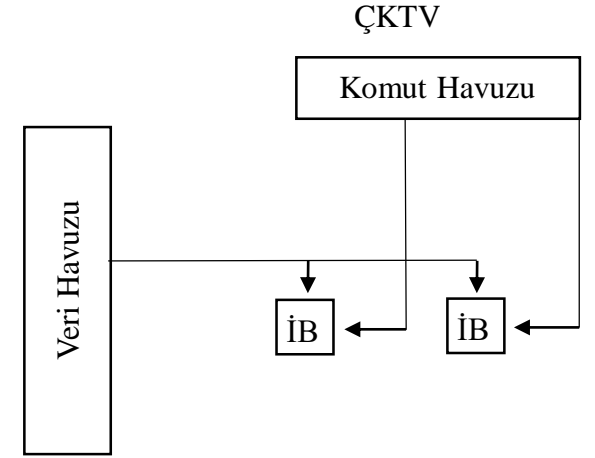
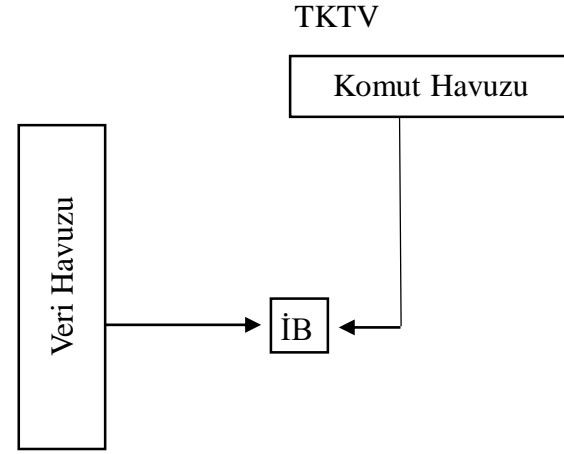


Dönme

Python'da Paralel Programlama

• Paralel programlama

Paralel programlama, bir problem parçalara ayrılarak her bir işlemci veya işlemci çekirdeğinde paralel bir şekilde eş zamanlı olarak koşturulmasına denir.



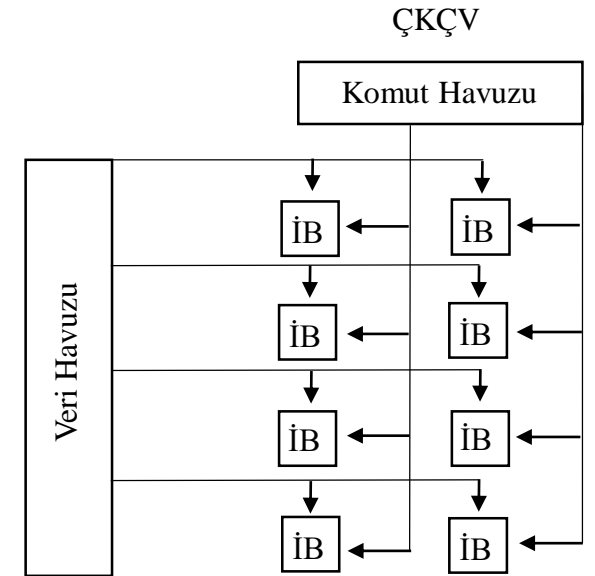
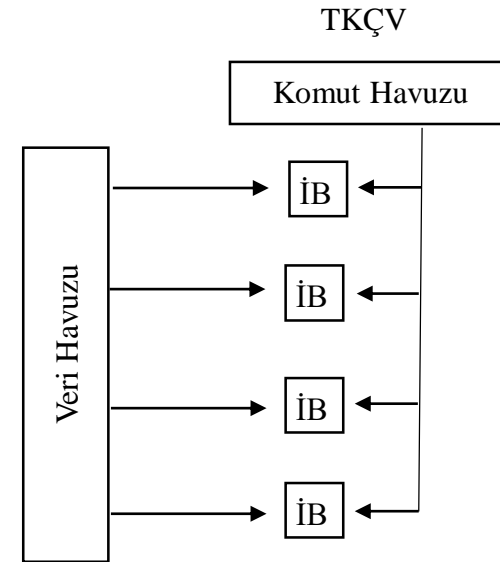
Flynn (1966) sınıflandırması

TKTV : Tek komut tek veri

TKÇV : Tek komut çoklu veri

ÇKTV : Çoklu komut tek veri

ÇKÇV : Çoklu komut çoklu veri



Python'da Paralel Programlama

FOR: Zaman Arttırımı

Denklem Takımı Çözümü

FOR: Doğrusal Olmayan Elemanlar

Bünye Fonksiyonları

n sayıda doğrusal olmayan eleman

END

END

n/4 dönme

n/4 dönme

n/4 dönme

n/4 dönme

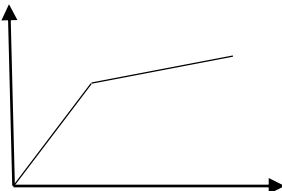
1. Çekirdek

2. Çekirdek

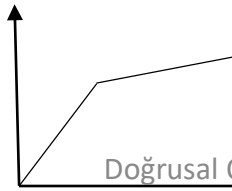
3. Çekirdek

4. Çekirdek

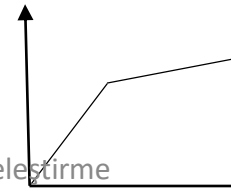
Moment



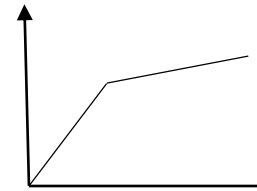
Moment



Moment



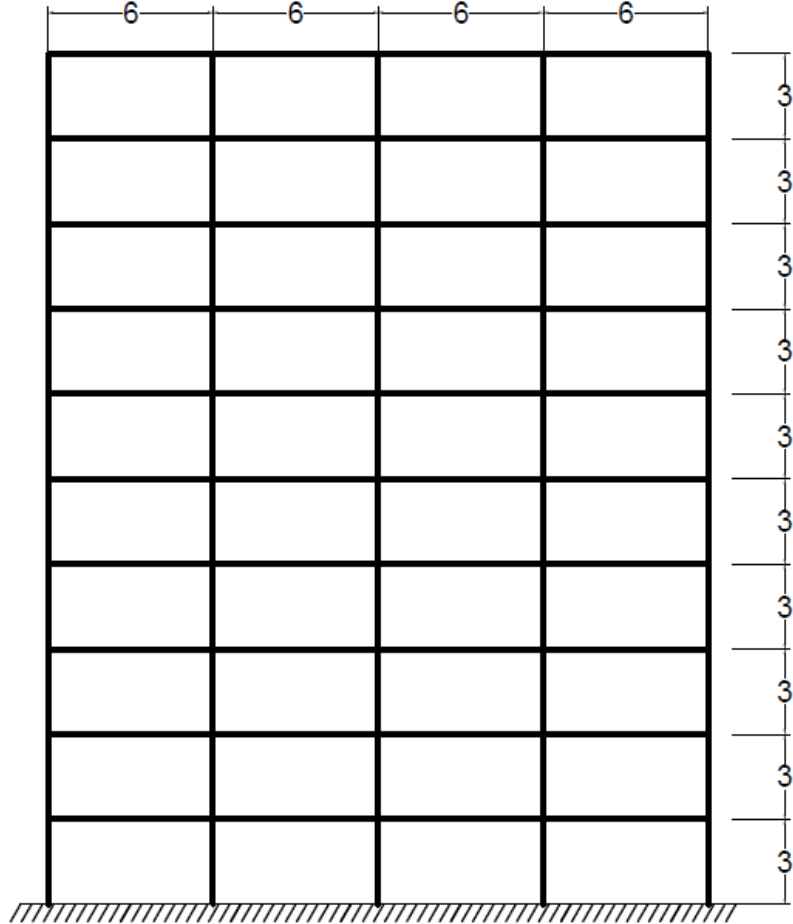
Moment



Örnek Modeller

- 10-25-50-75-100 katlı 4 açıklıklı 5 adet çerçeve sistem
- Açıklık = 6 metre, yükseklik = 3 metre
- Malzemeler : C40 ve S420a
- Bina Kütlesi : Kendi kütlesi + 30 kN/m hareketli kütle
- Kolon seçimi : 10 katta bir kolon boyutu değişmektedir
- Kolon seçimi : Statik yüklerde Taşıma kapasitesinin %35'i
- Kiriş seçimi : Statik yüklerde elastik tarafta kalınması

10 Katlı Model

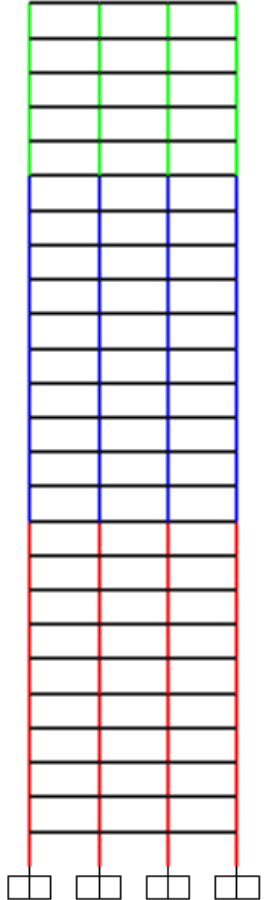


- Kiriş = 50 x 40 cm seçilmiştir.

Kat Sayısı	10
Kolonlar	Kolon 01-10
Tasarım Eksenel Yük (kN)	3575
Gerekli Olan boyut (cm)	51
Seçilen Boyut (cm)	50

T1 (sn)	T2 (sn)	T3 (sn)	T4 (sn)	T5 (sn)	T6 (sn)	Kütle (ton)
1.36	0.44	0.25	0.17	0.13	0.12	952

25 Katlı Model



Kat Sayısı	Kolonlar	Tasarım Eksenel Yük	Gerekli Olan Boyut (cm)	Seçilen Boyut (cm)
25	Kolon 01-10	9168.00	81	80
	Kolon 11-20	5192.00	61	60
	Kolon 21-25	1658.00	34	50

T1 (sn)	T2 (sn)	T3 (sn)	T4 (sn)	T5 (sn)	T6 (sn)	Kütle (ton)
3.13	1.06	0.61	0.42	0.31	0.24	1969

- Kiriş = 50 x 40 cm seçilmiştir.

50 Katlı Model

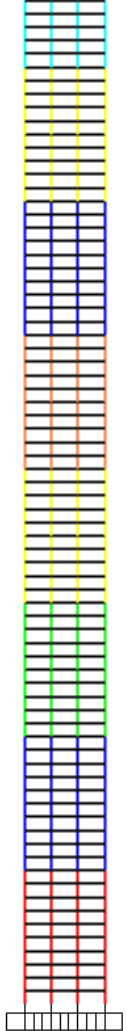


Kat Sayısı	Kolonlar	Tasarım Eksenel Yük (kN)	Gerekli Olan Boyut (cm)	Seçilen Boyut (cm)
50	Kolon 01-10	19470	118	120
	Kolon 11-20	14550	102	100
	Kolon 21-30	10300	86	85
	Kolon 31-40	6500	68	70
	Kolon 41-50	3120	47	50

T1 (sn)	T2 (sn)	T3 (sn)	T4 (sn)	T5 (sn)	T6 (sn)	Kütle (ton)
6.43	2.25	1.28	0.88	0.66	0.51	4406

- Kiriş = 50 x 40 cm seçilmiştir.

75 Katlı Model



Kat Sayısı	Kolonlar	Tasarım Eksenel Yük (kN)	Gerekli Olan Boyut (cm)	Seçilen Boyut (cm)
75	Kolon 01-10	32000	151	150
	Kolon 11-20	26050	136	135
	Kolon 21-30	20740	121	120
	Kolon 31-40	16023	107	105
	Kolon 41-50	11850	092	90
	Kolon 51-60	8080	076	75
	Kolon 61-70	4700	058	60
	Kolon 71-75	1530	033	50

T1 (sn)	T2 (sn)	T3 (sn)	T4 (sn)	T5 (sn)	T6 (sn)	Kütle (ton)
10.21	3.59	1.99	1.36	1.02	0.81	7429

- Kiriş = 50 x 40 cm seçilmiştir.

100 Katlı Model



25-Jul-18

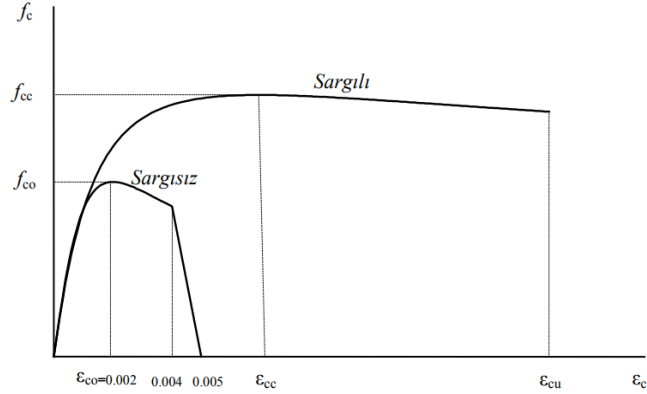
Kat Sayısı	Kolonlar	Tasarım Eksenel Yük (kN)	Gerekli Olan Boyut (cm)	Seçilen Boyut (cm)
100	Kolon 01-10	48950	187	190
	Kolon 11-20	41340	172	170
	Kolon 21-30	34500	157	160
	Kolon 31-40	28400	142	145
	Kolon 41-50	23000	128	130
	Kolon 51-60	18200	114	115
	Kolon 61-70	13700	99	100
	Kolon 71-80	9760	83	85
	Kolon 81-90	6220	66	70
	Kolon 91-100	3000	46	50

T1 (sn)	T2 (sn)	T3 (sn)	T4 (sn)	T5 (sn)	T6 (sn)	Kütle (ton)
13.8	5.03	2.78	1.89	1.4	1.1	12127

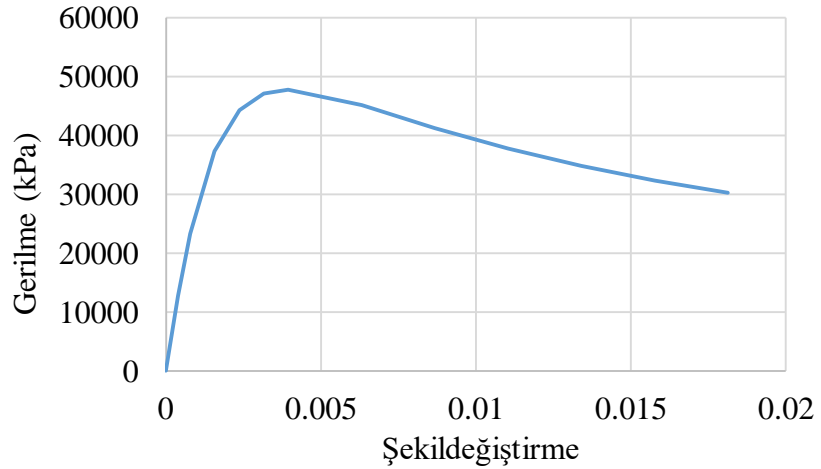
- Kiriş = 50 x 40 cm seçilmiştir.

Örnek Modeller

- Beton Malzeme Modeli

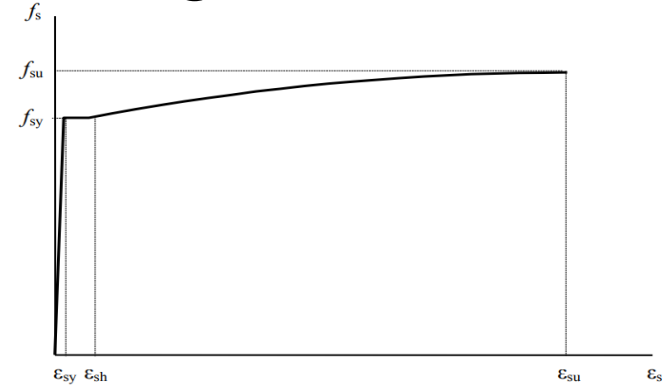


Mander Modeli - DBYBHY (2007)

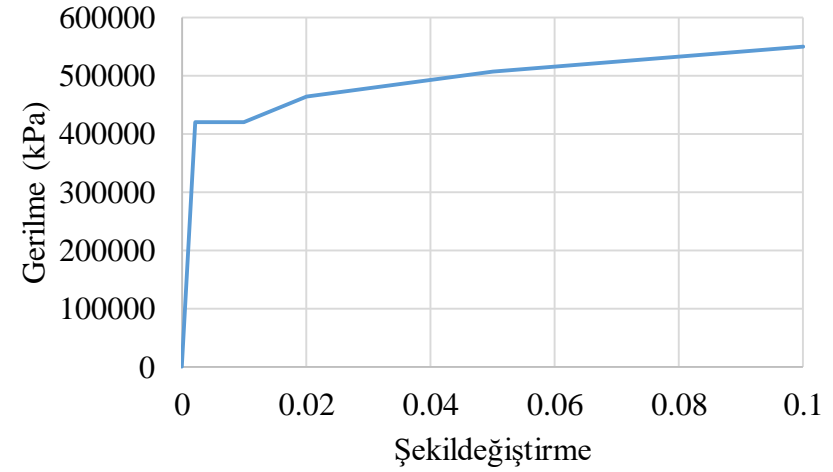


Gerilme-şekildeğiştirme (C40)

- Donatı Çeliği Malzeme Modeli



Pekleşmeli Donatı Çeliği Modeli - DBYBHY (2007)

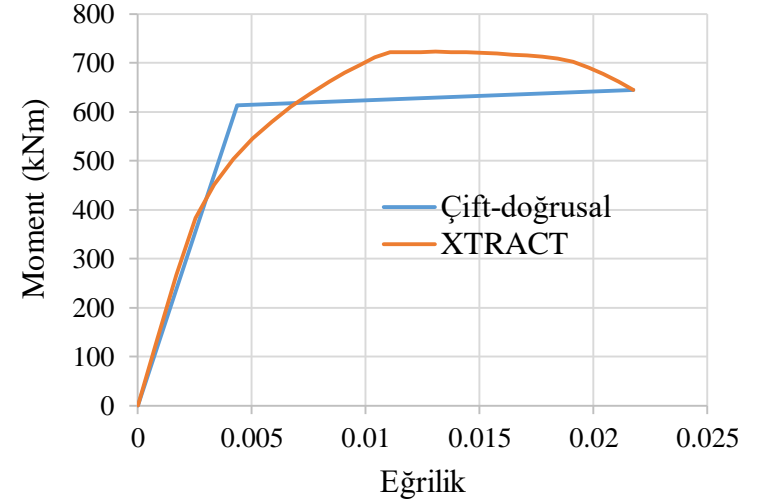


Gerilme-şekildeğiştirme (S420a)

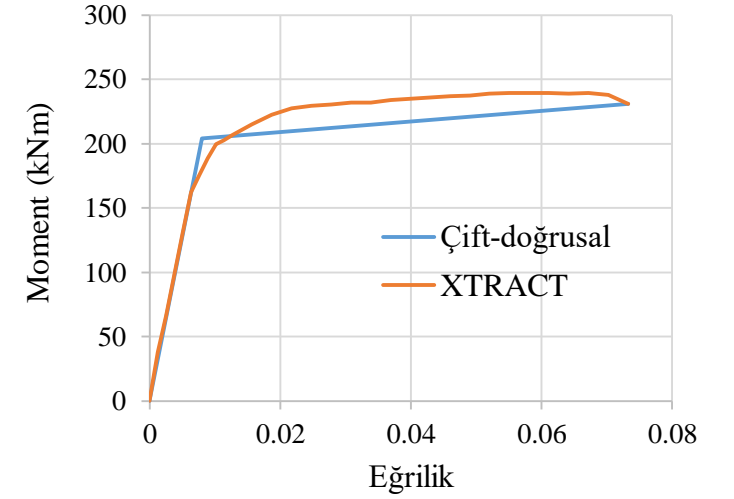
Örnek Modeller

- Kolon donatı oranı : %1.2
- Kiriş donatı oranı : %0.7
- XTRACT → kesit analizi → moment-eğrilik ilişkileri
- Moment-eğrilik → çift-doğrusal model
- Elasto-plastik moment-dönme modeli
- Plastik bölge boyu: eğilmeye çalışan kesitin yarısı

$$k_{\theta} = k_{\kappa} / L_p$$



Kolon - 50x50

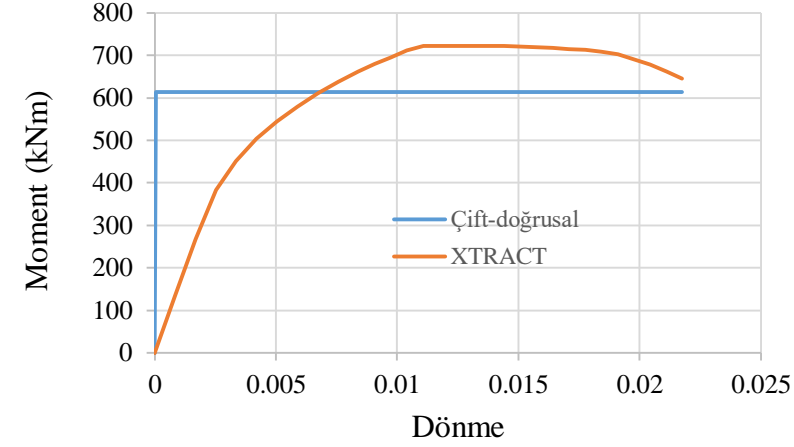
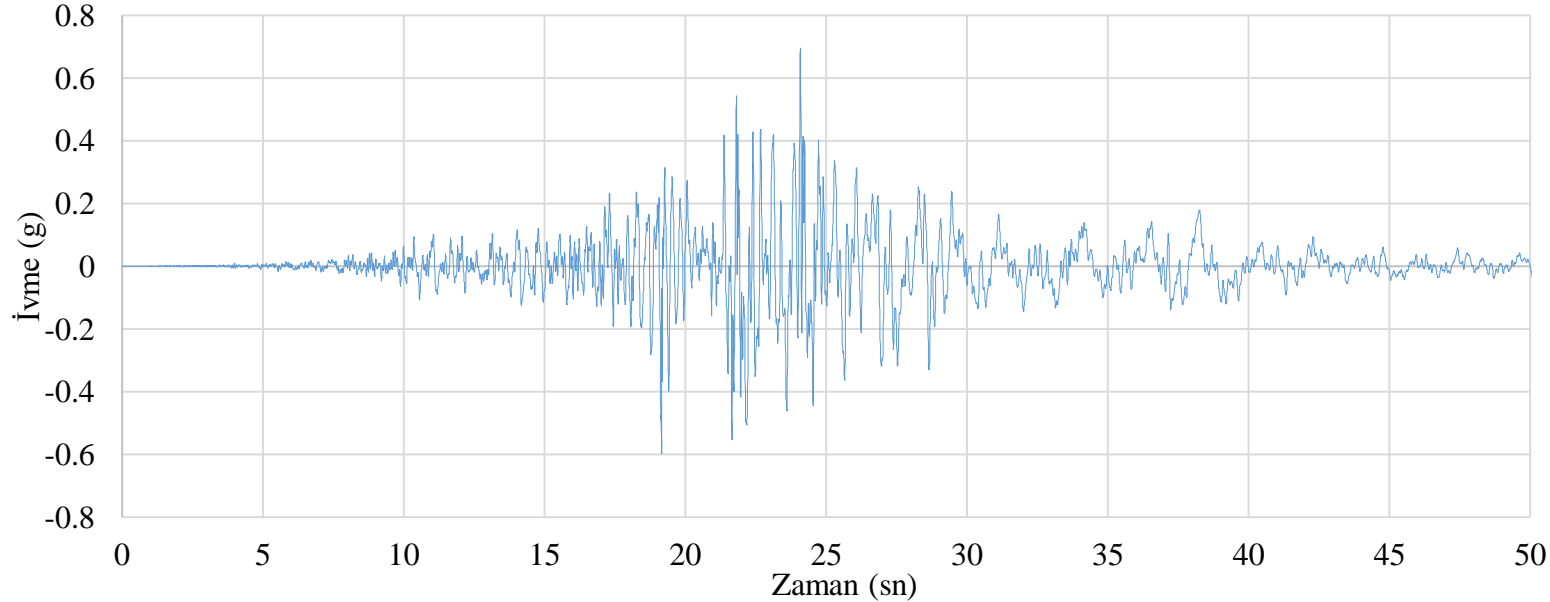


Kiriş - 50x40

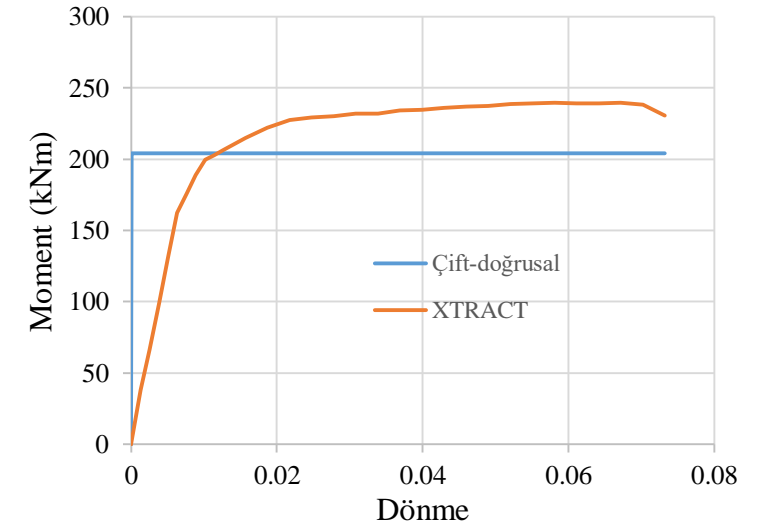
Örnek Modeller

- Rijit-plastik moment-dönme yayı (SAP2000 Karşılaştırması için)
 - Moment-dönme birinci rijitliği (k_1), moment-eğrilik birinci rijitliği 100 ile çarpılarak elde edilmiştir.
 - Moment-dönme ikinci rijitliği (k_2), $1E-10$ olarak seçilmiştir.

- Deprem İvme Kaydı (Darfield)



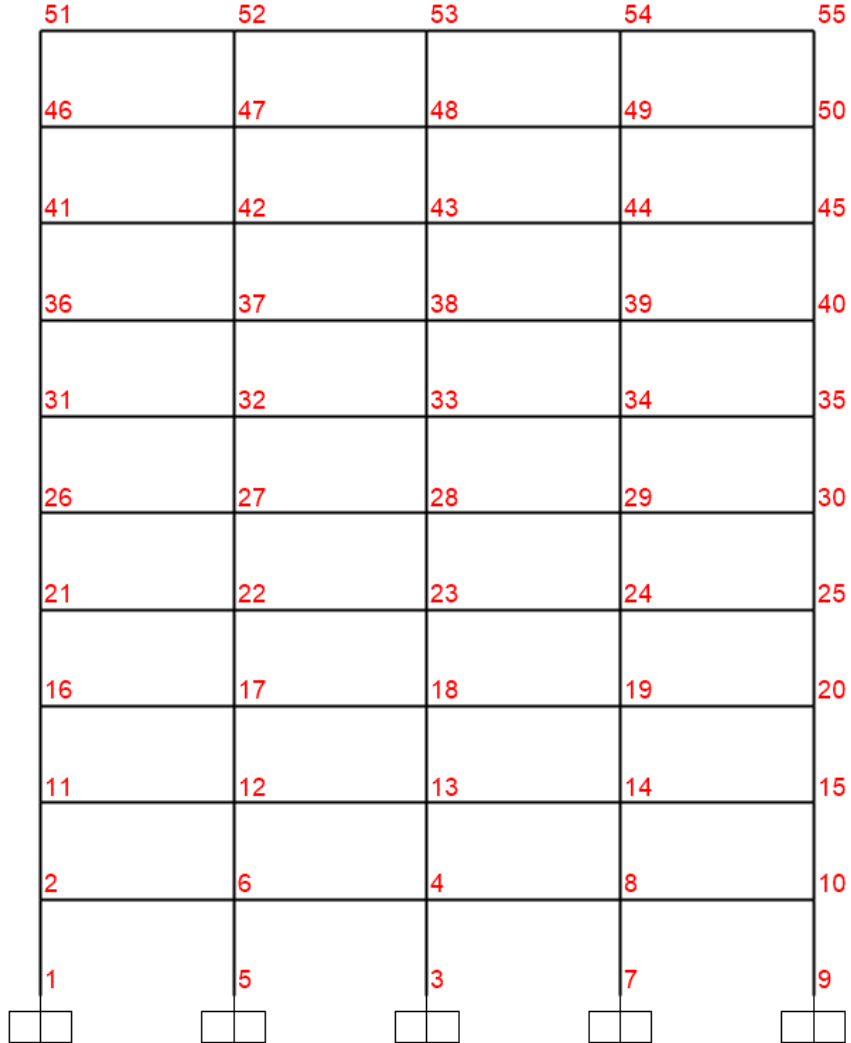
Kolon - 50x50



Kiriş - 50x40

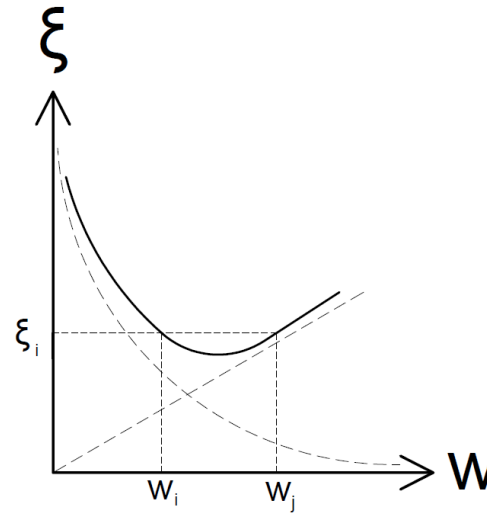
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 10 Katlı Yapı Modeli



- Rayleigh Sönüm

T1	T6	Kütle katılımı	Sönüm Oranı
1.36	0.12	97%	0.02

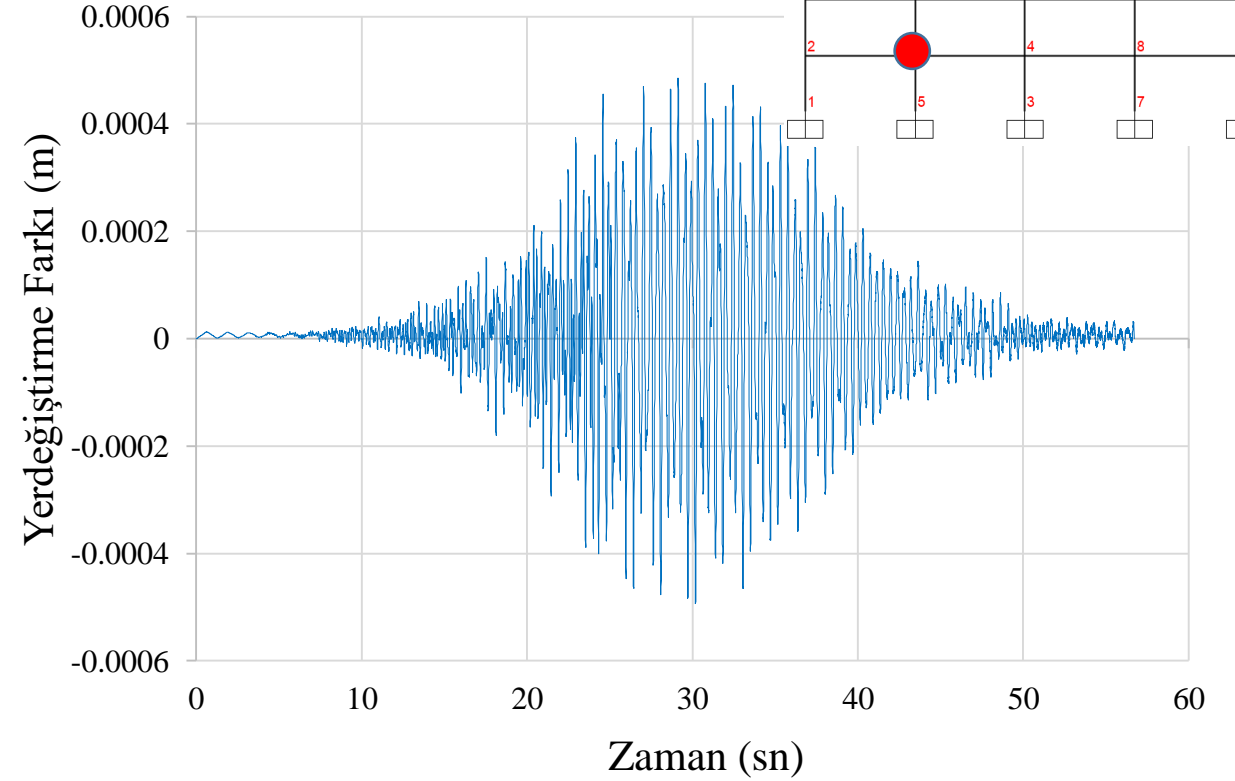
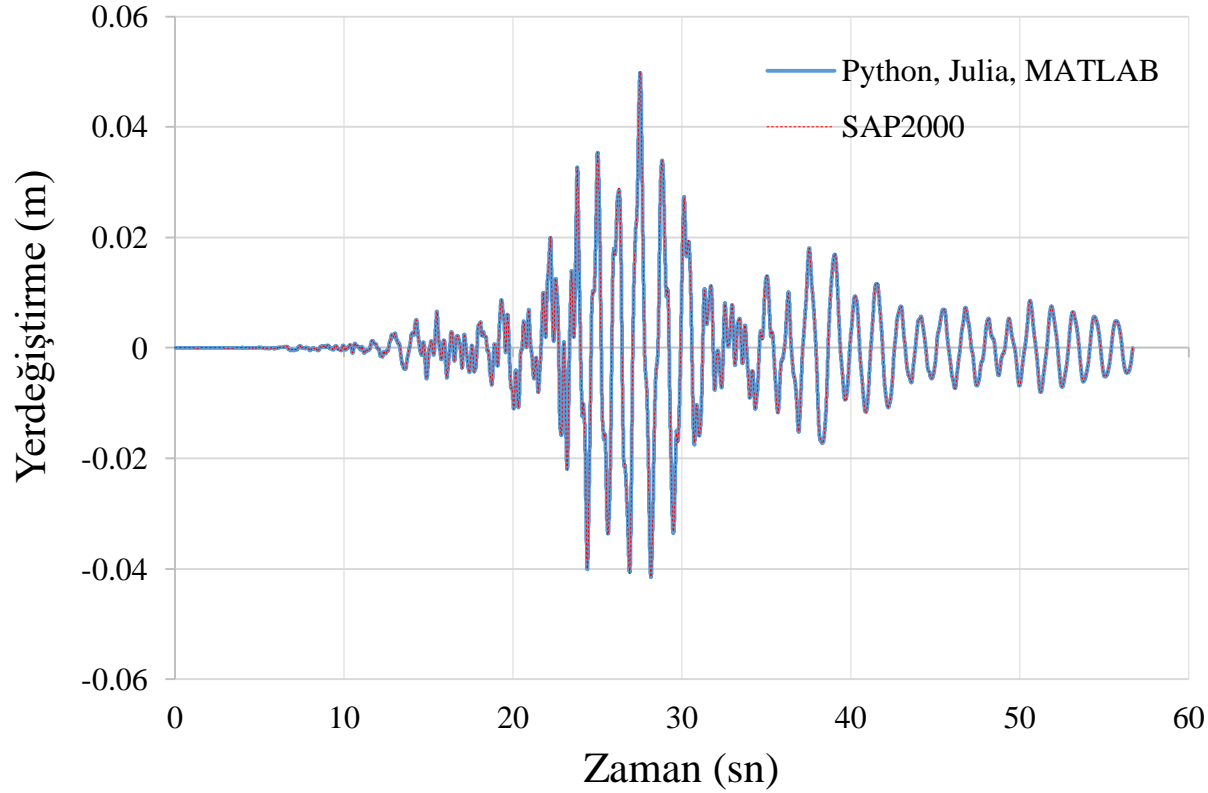


$$a_0 = \xi_i \frac{2w_i w_j}{w_i + w_j} \quad a_1 = \xi_i \frac{2}{w_i + w_j}$$

$$\mathbf{C} = a_0 \mathbf{M} + a_1 \mathbf{K}$$

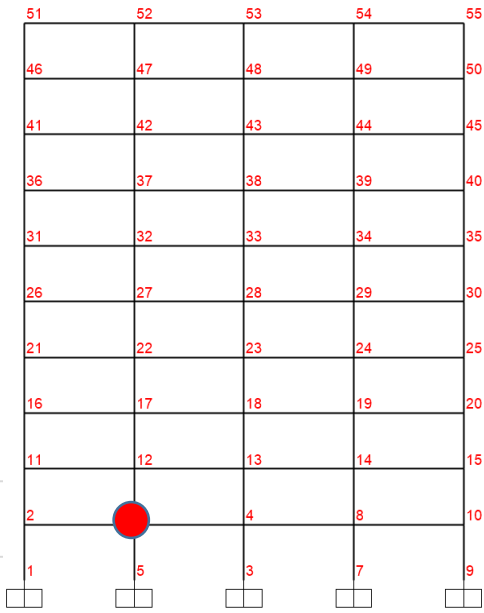
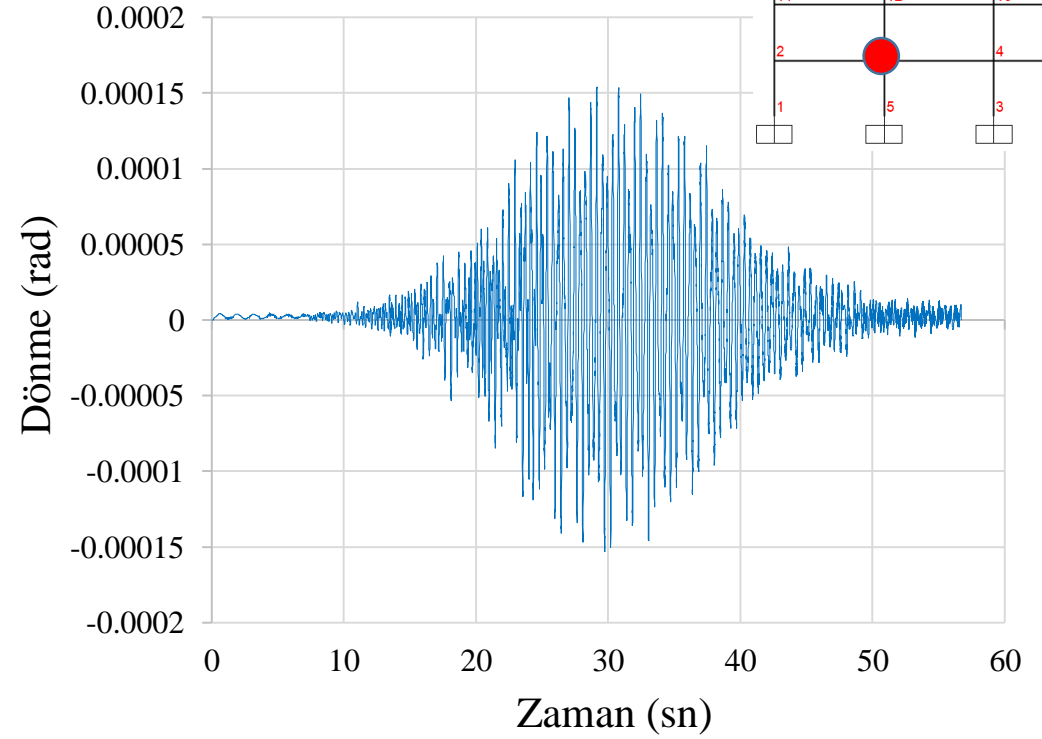
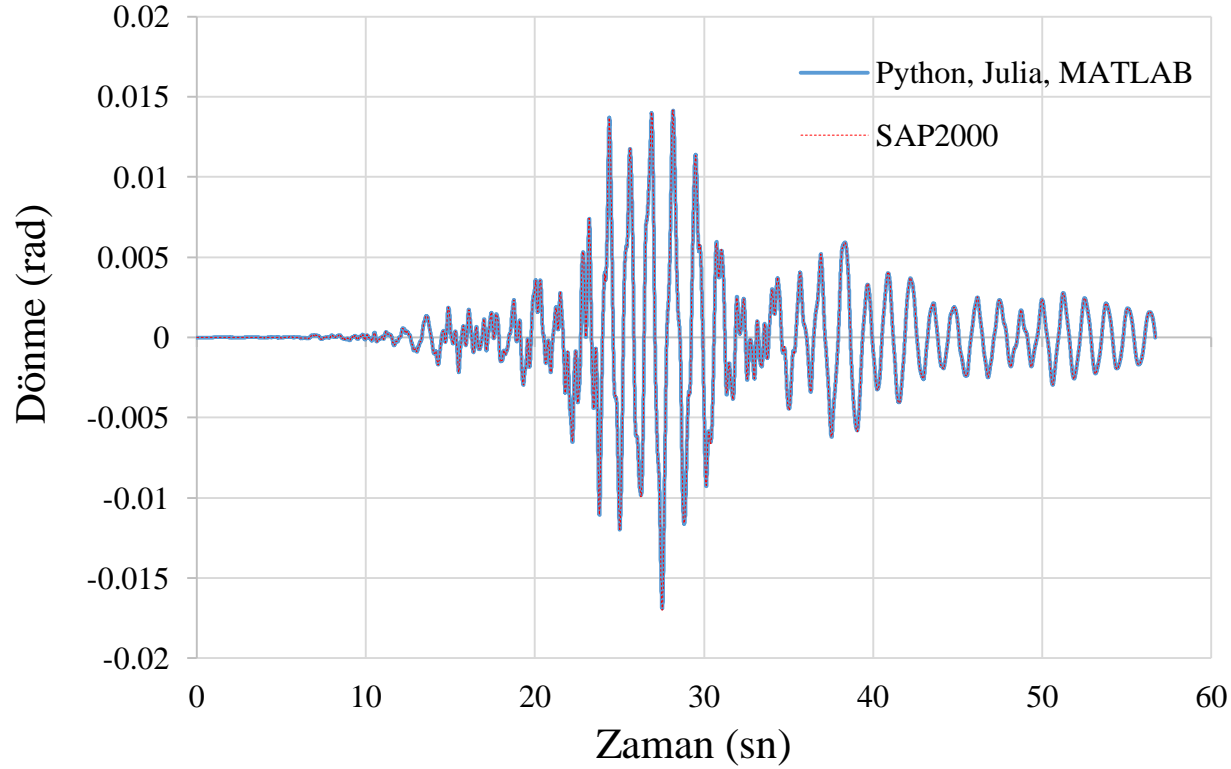
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 6 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



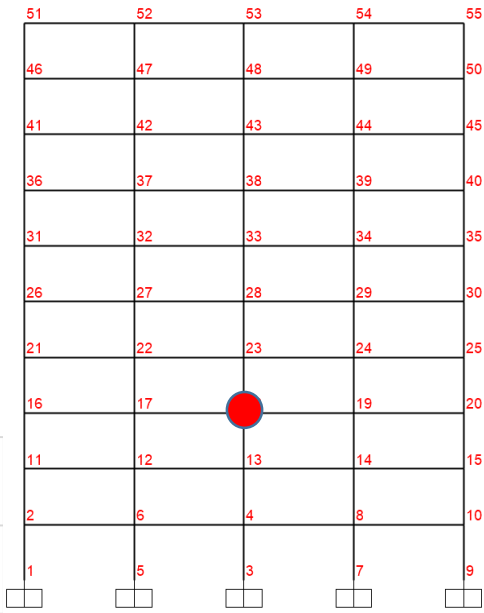
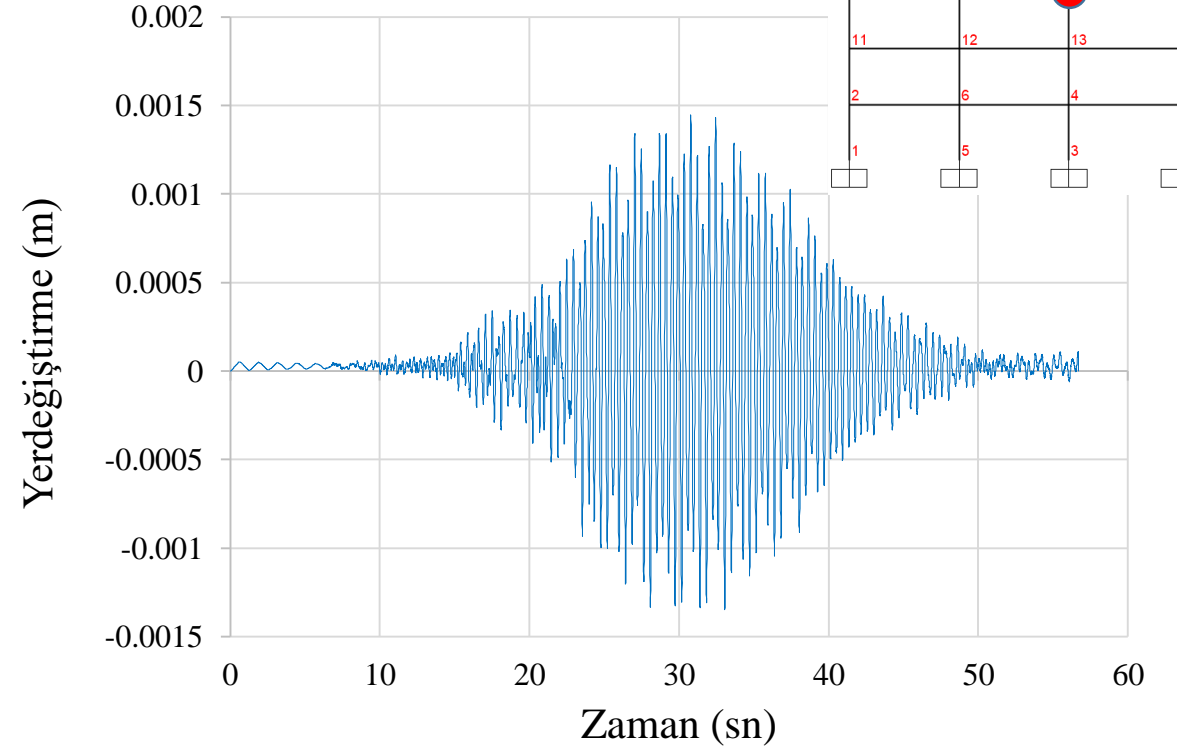
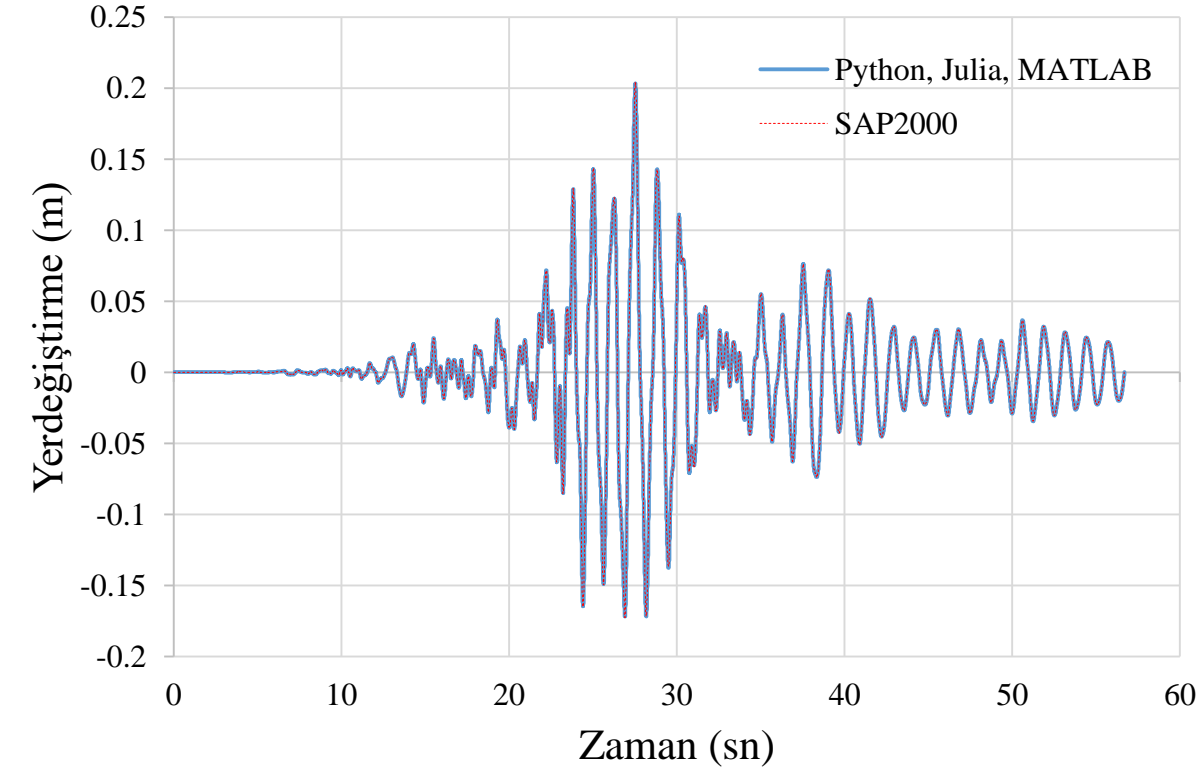
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 6 numaralı düğüm noktası dönme



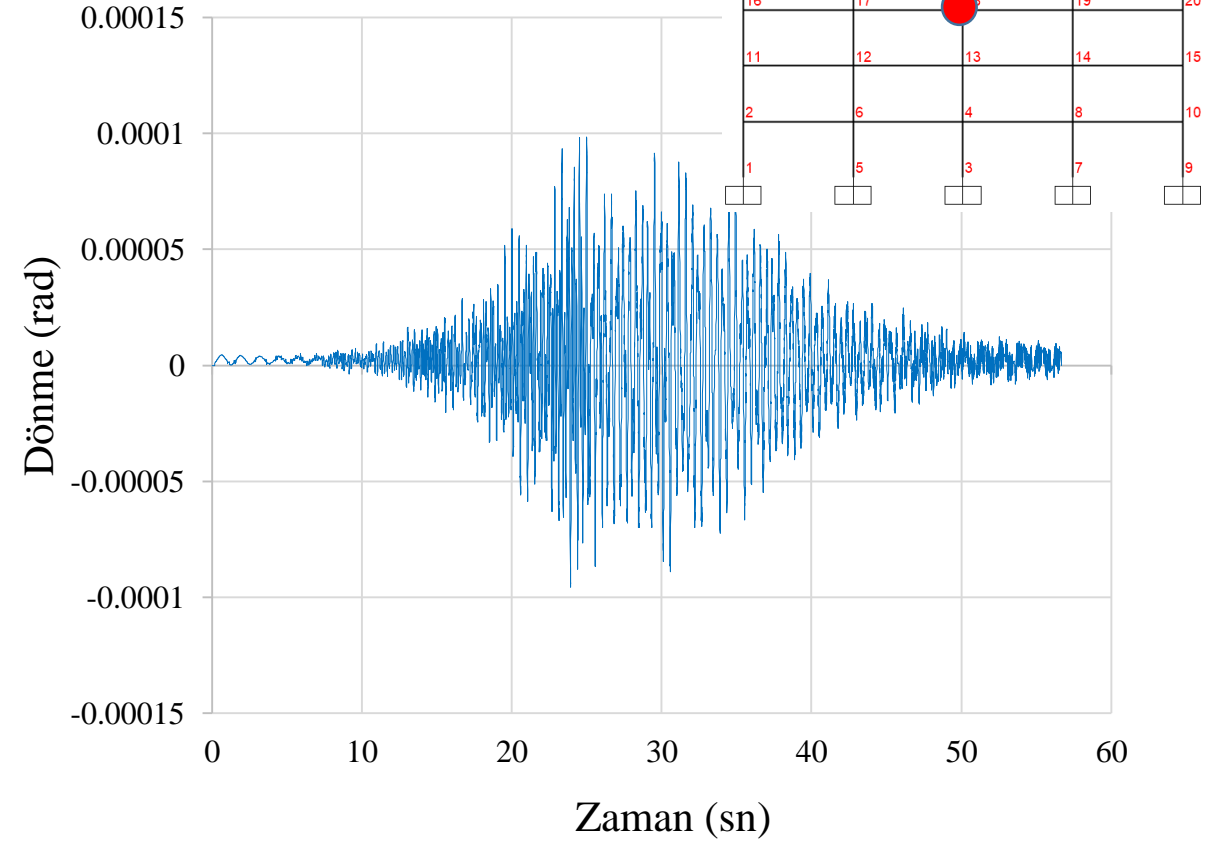
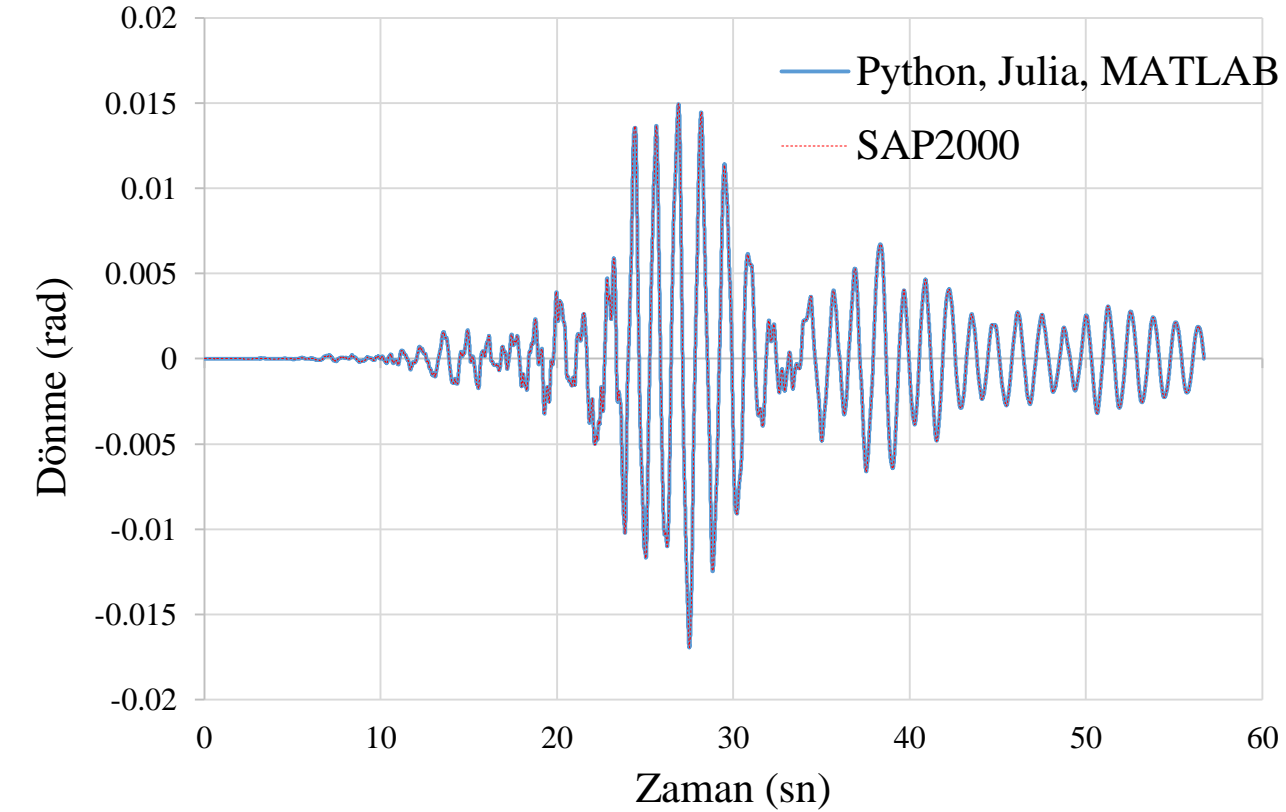
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 18 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



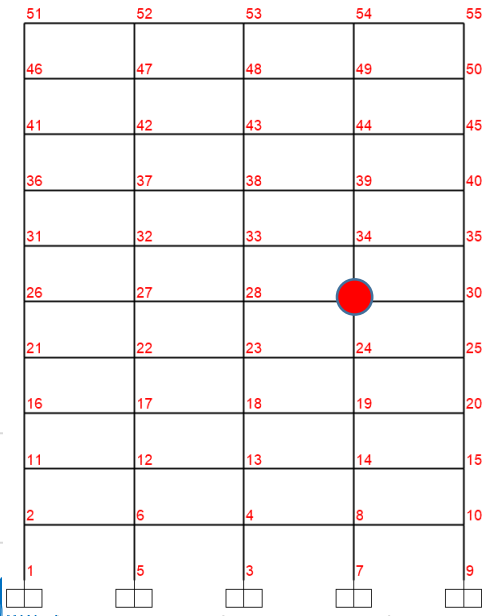
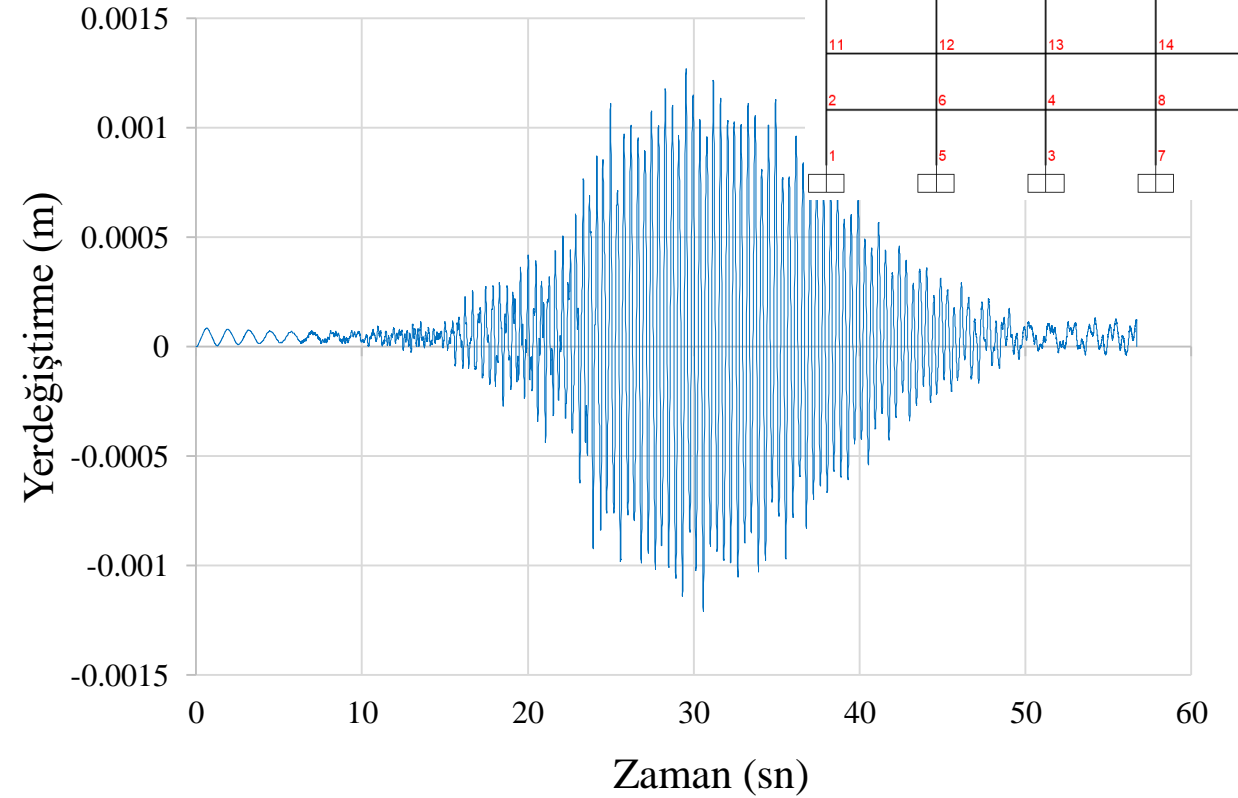
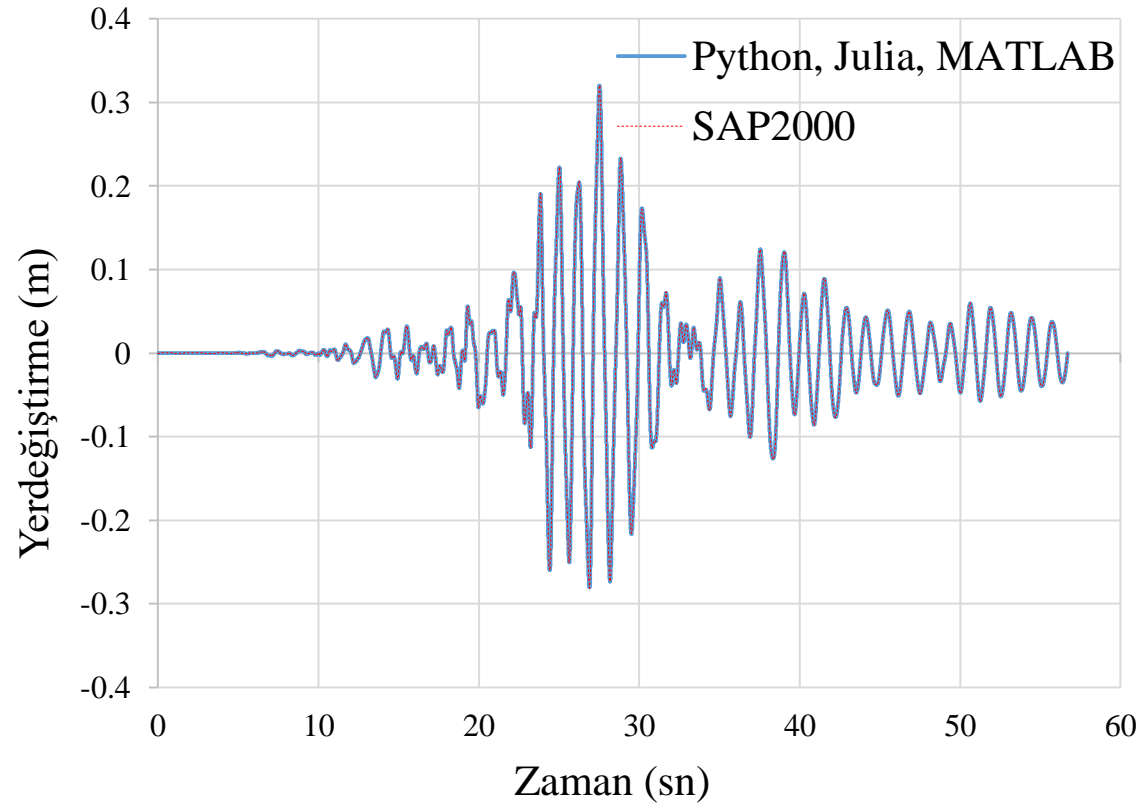
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 18 numaralı düğüm noktası dönme



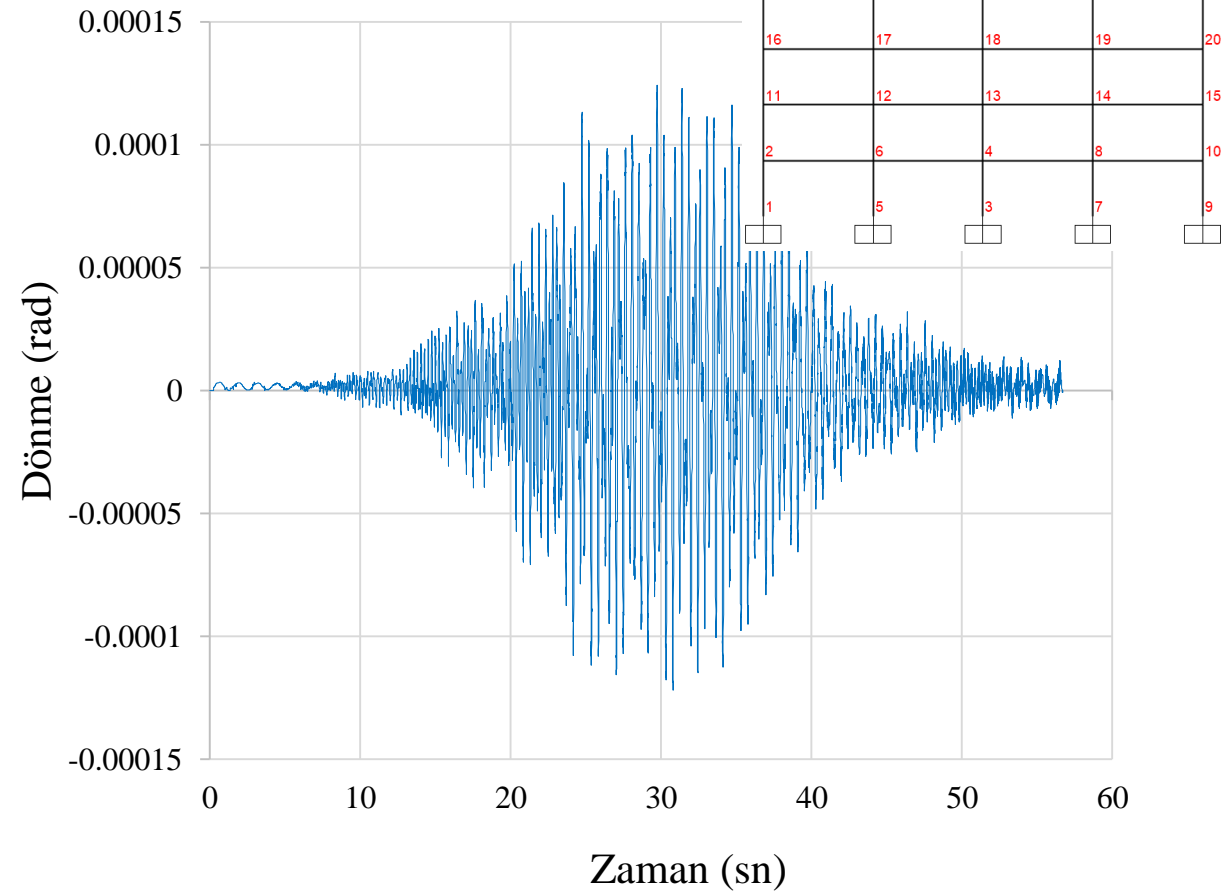
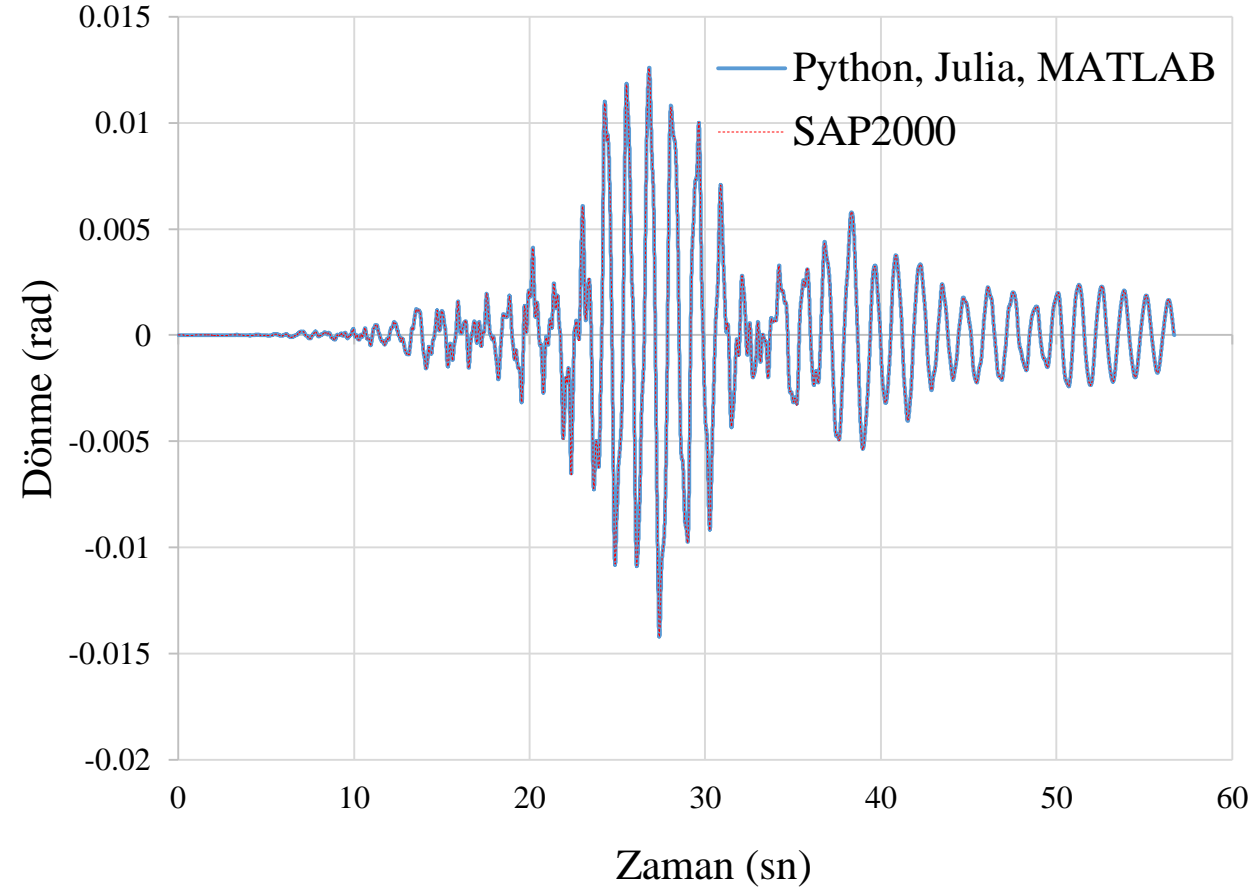
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 29 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



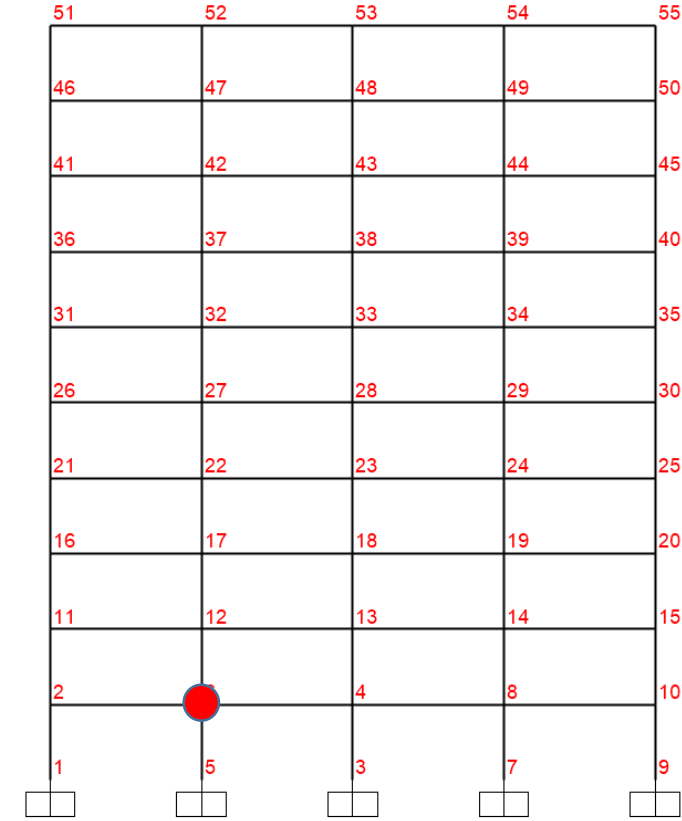
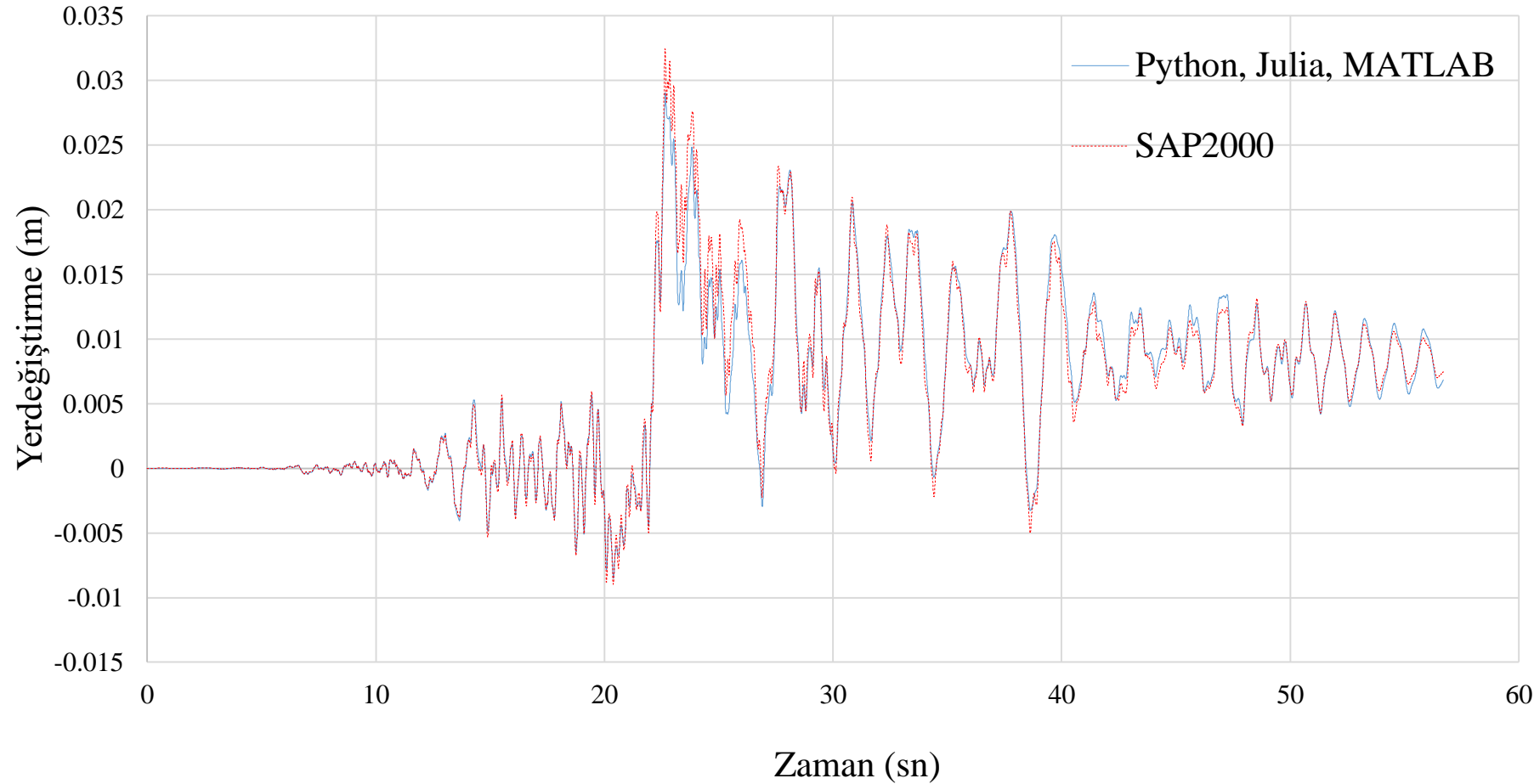
10 Katlı Doğrusal Model & SAP2000

- 29 numaralı düğüm noktası dönme



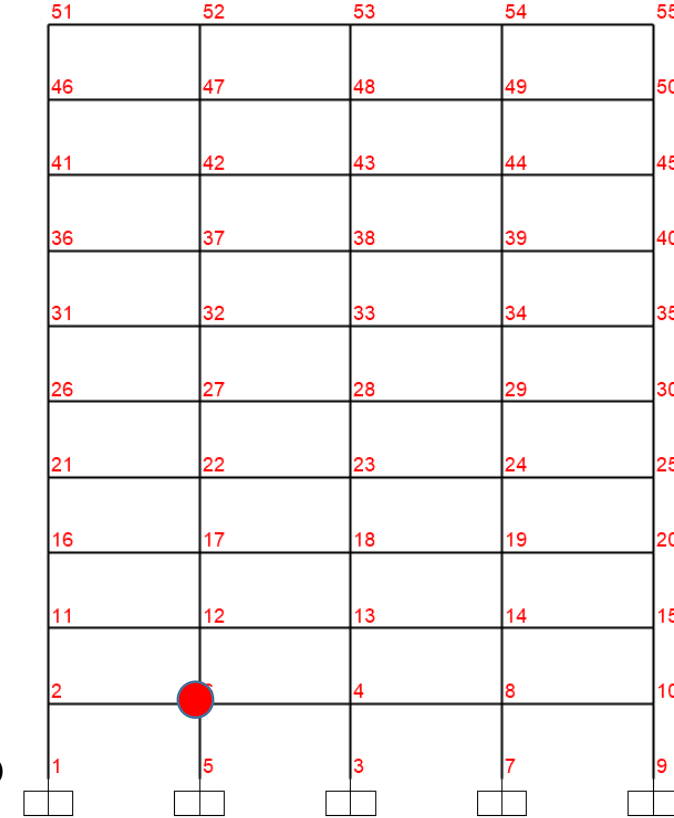
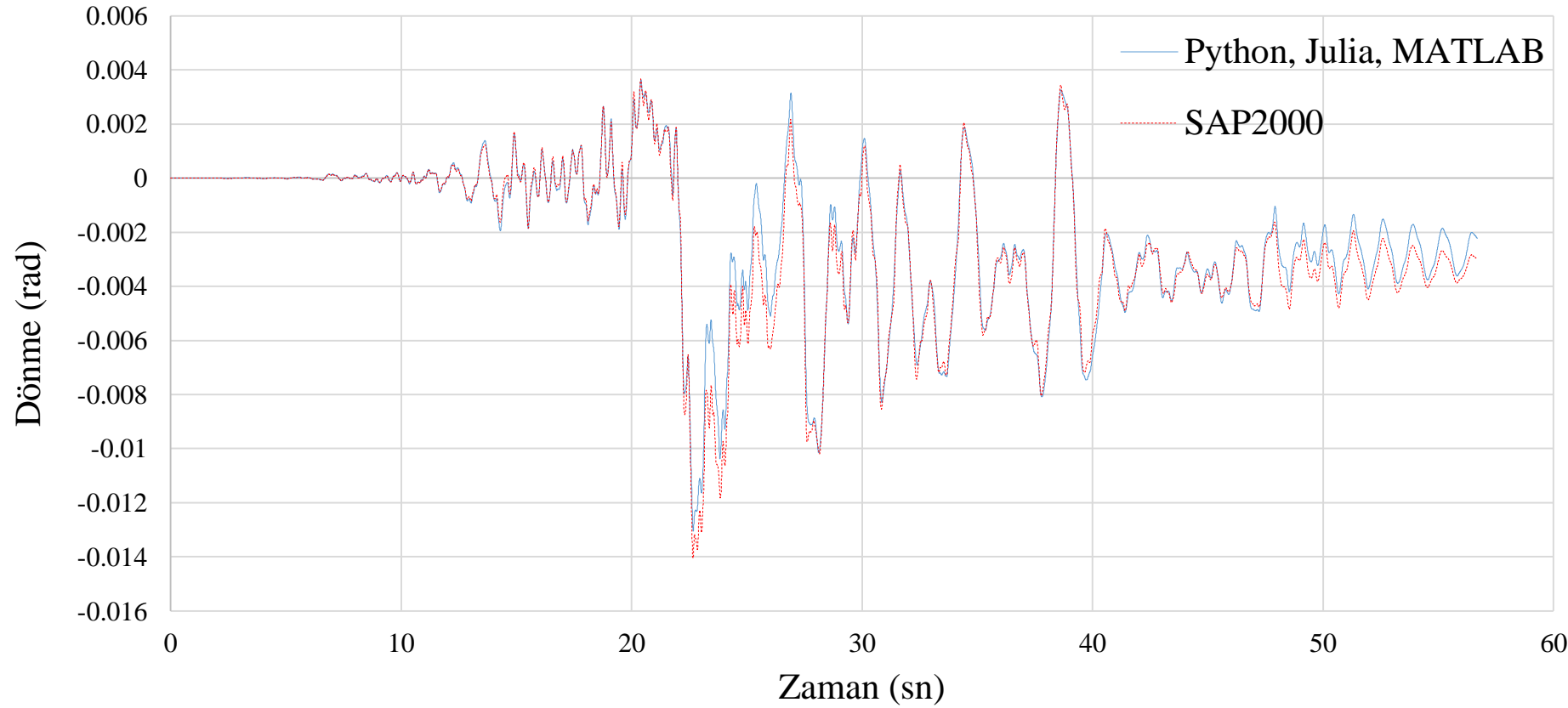
10 Katlı Doğrusal Olmayan Model & SAP2000

- 6 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



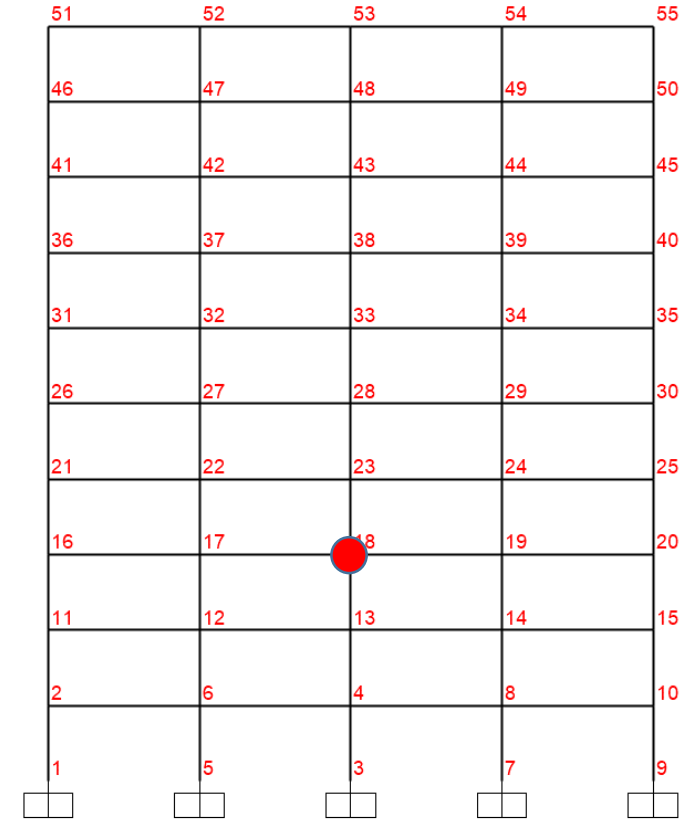
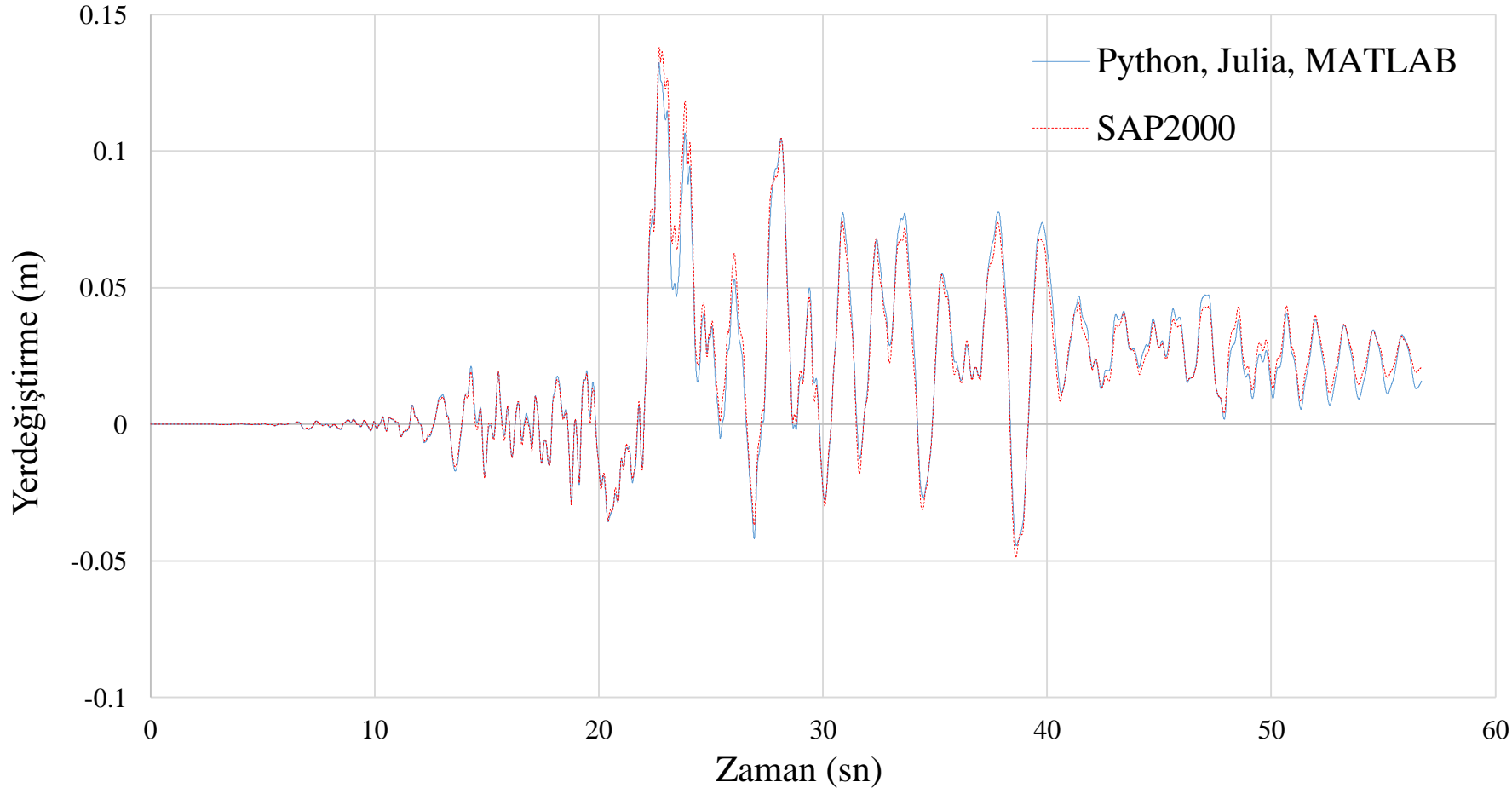
10 Katlı Doğrusal Olmayan Model & SAP2000

- 6 numaralı düğüm noktası dönme



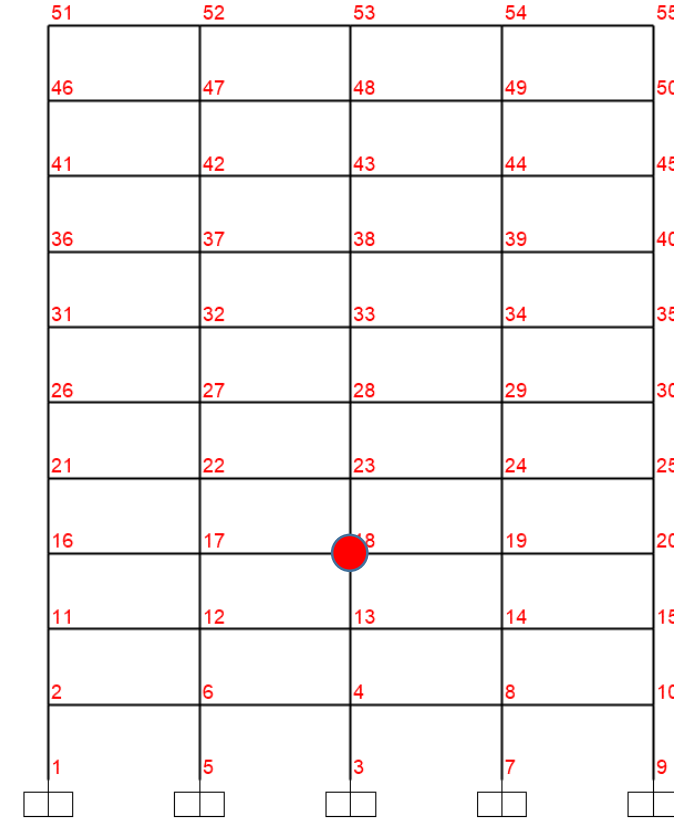
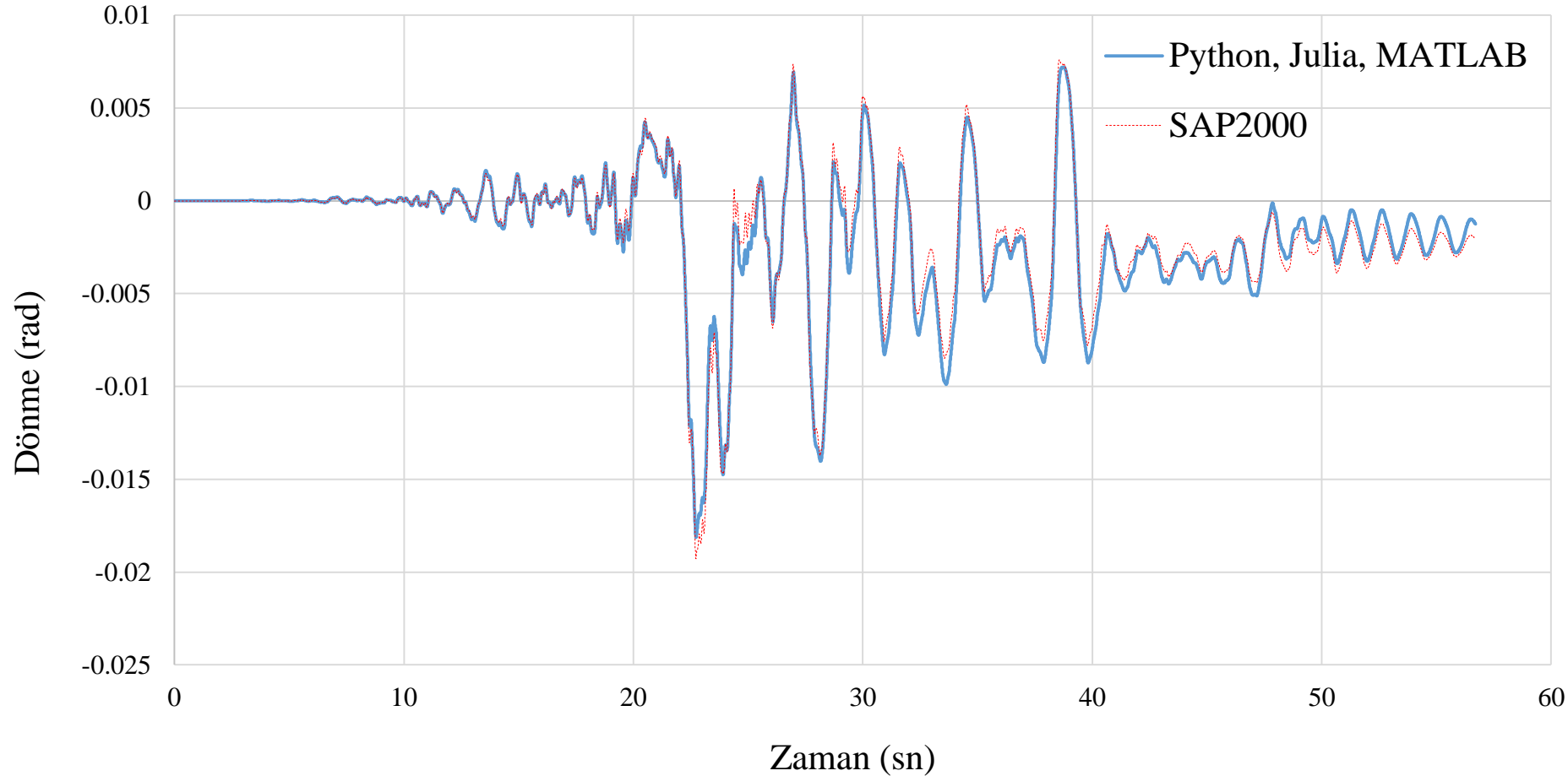
10 Katlı Doğrusal Olmayan Model & SAP2000

- 18 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



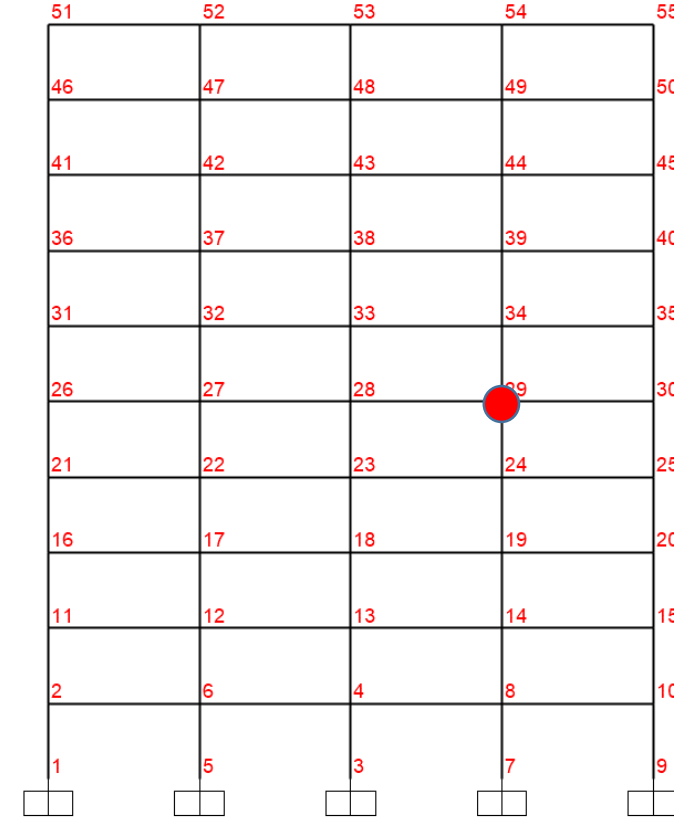
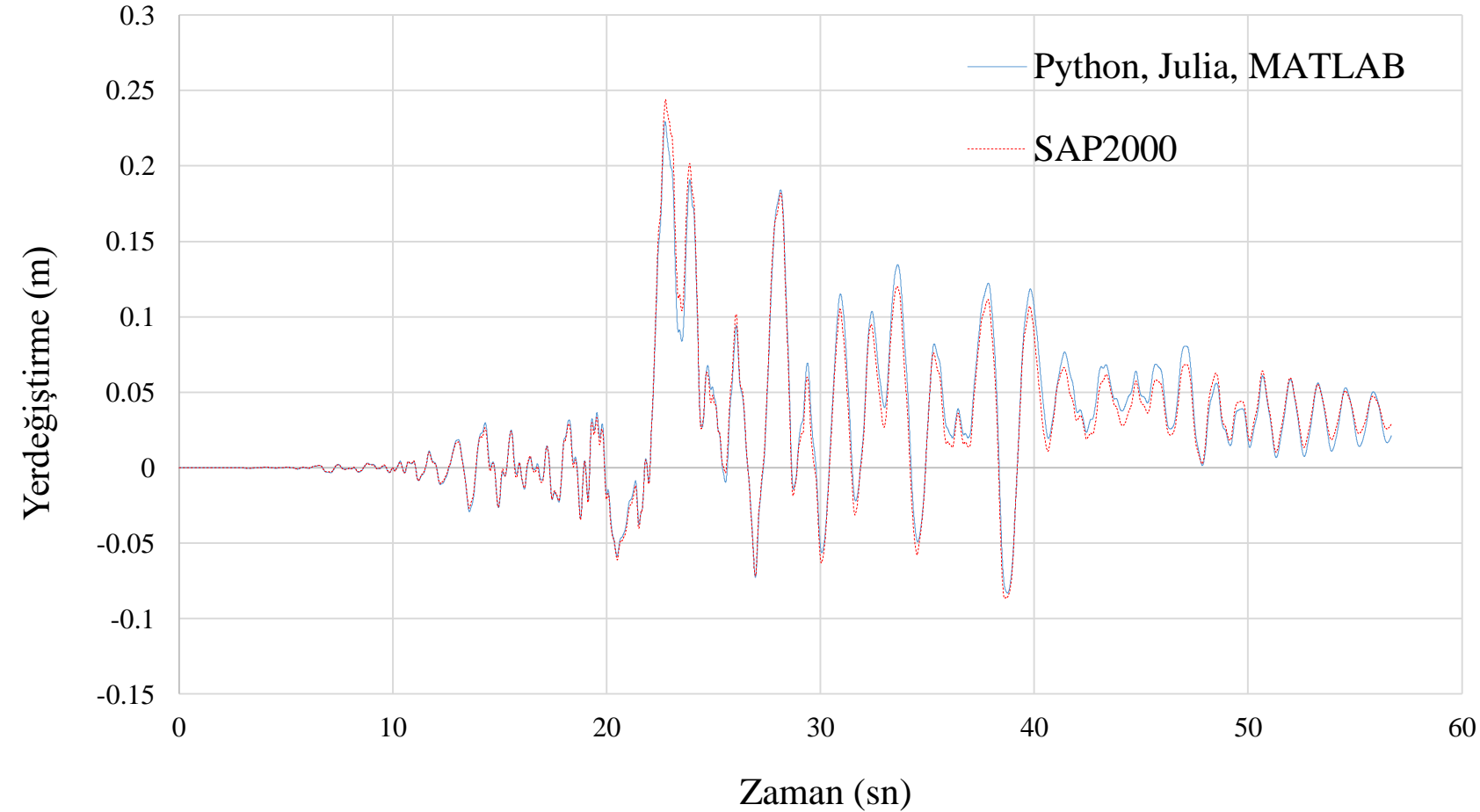
10 Katlı Doğrusal Olmayan Model & SAP2000

- 18 numaralı düğüm noktası dönme



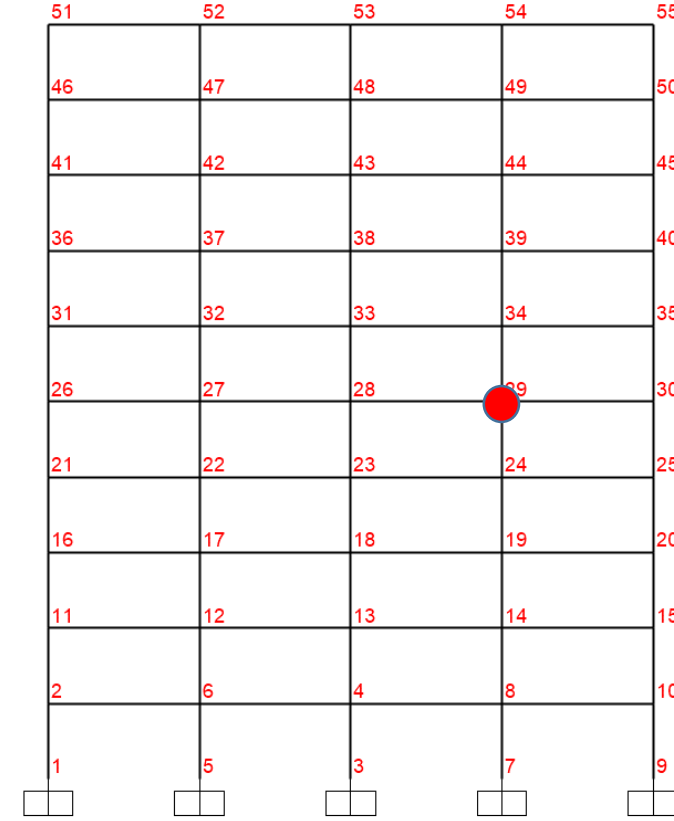
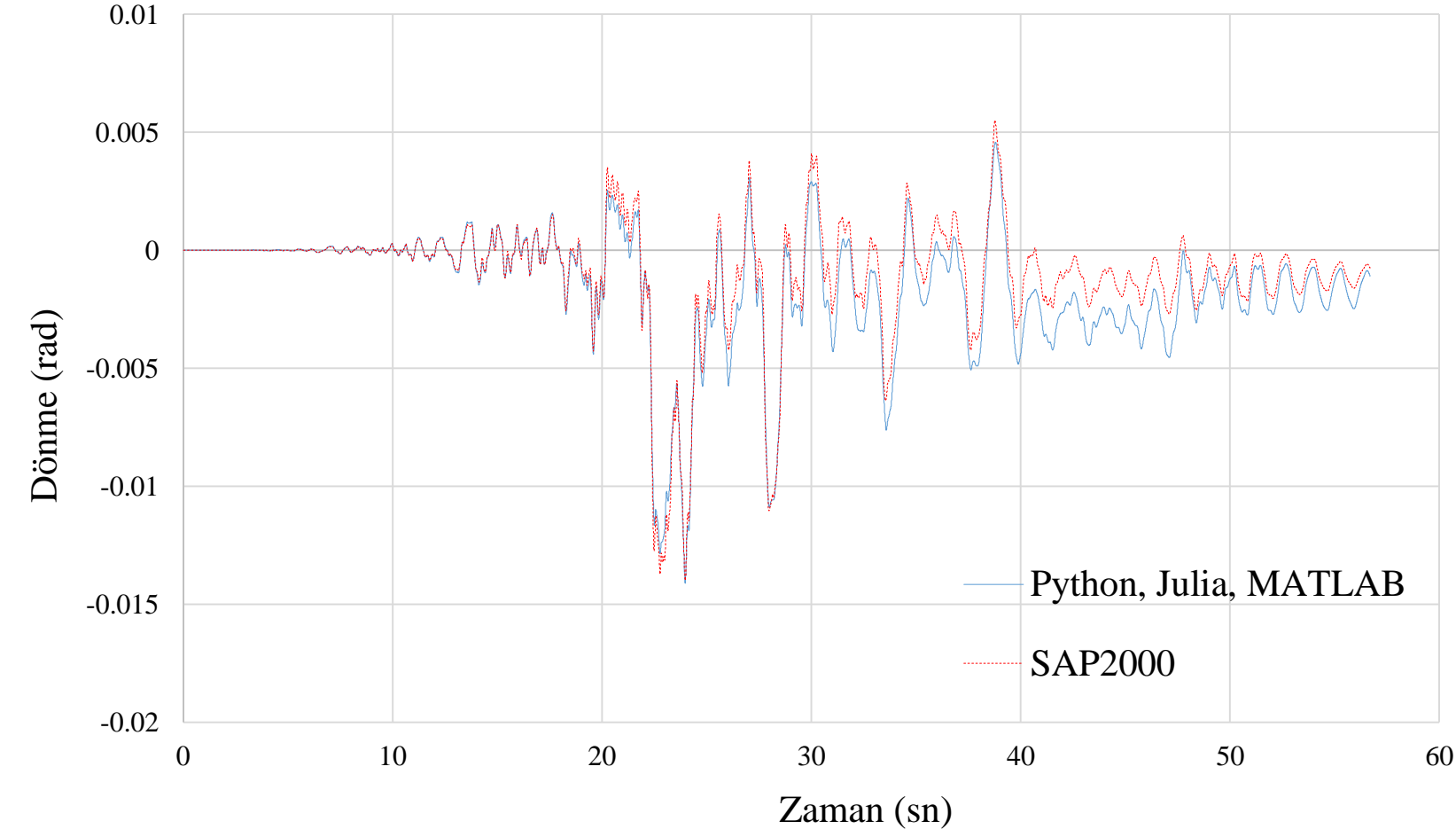
10 Katlı Doğrusal Olmayan Model & SAP2000

- 29 numaralı düğüm noktası yatay yerdeğiştirme



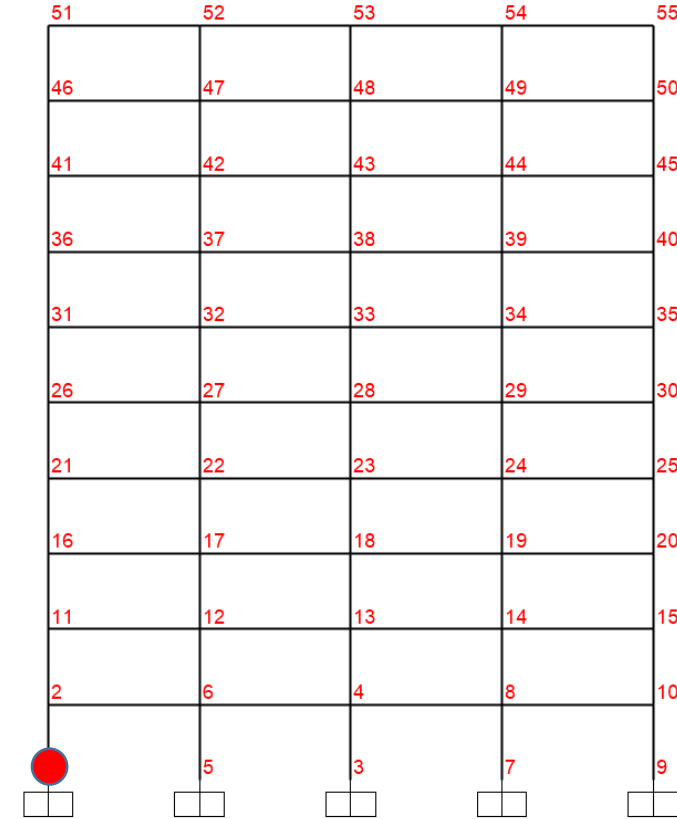
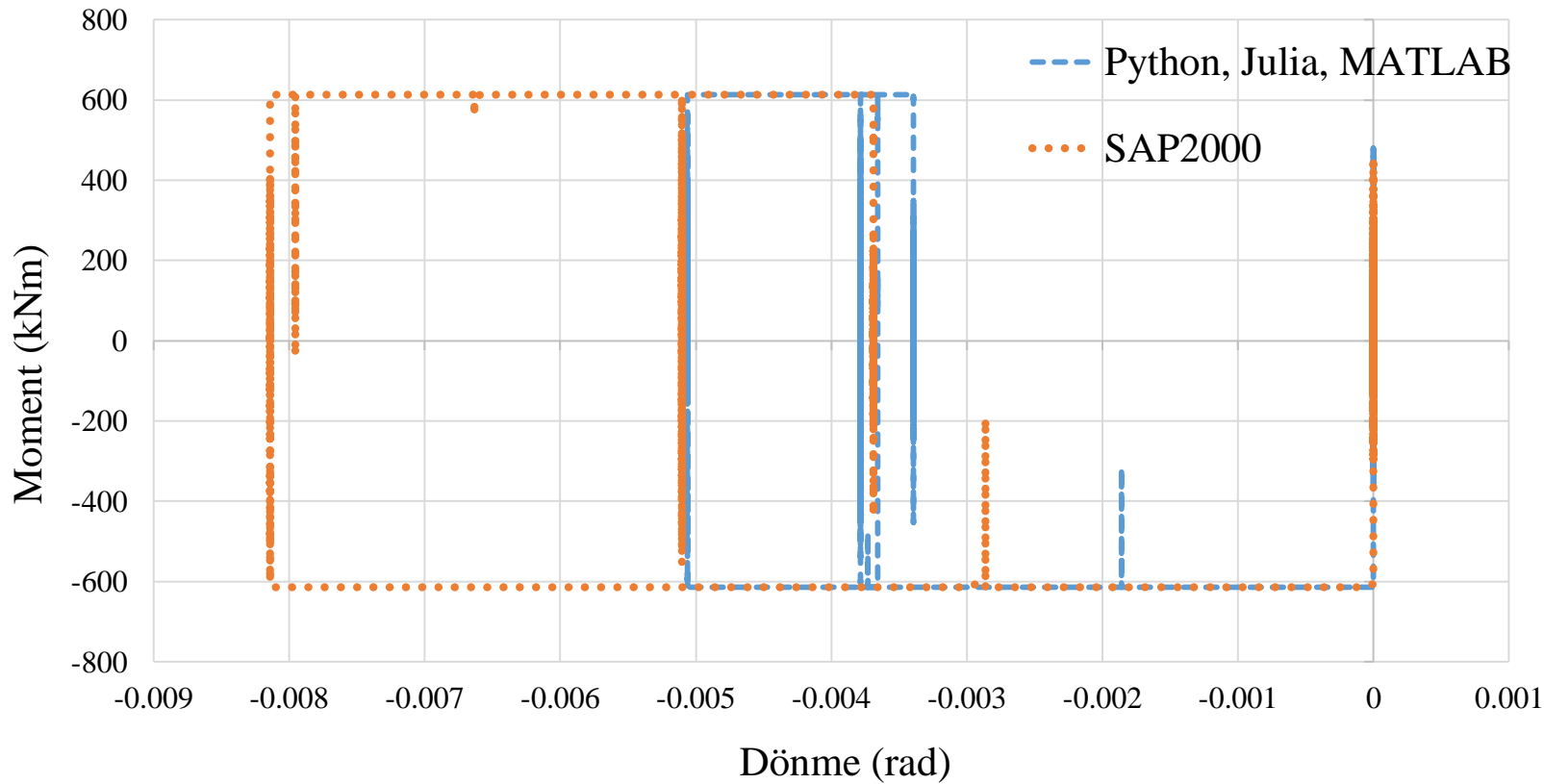
10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

- 29 numaralı düğüm noktası dönme



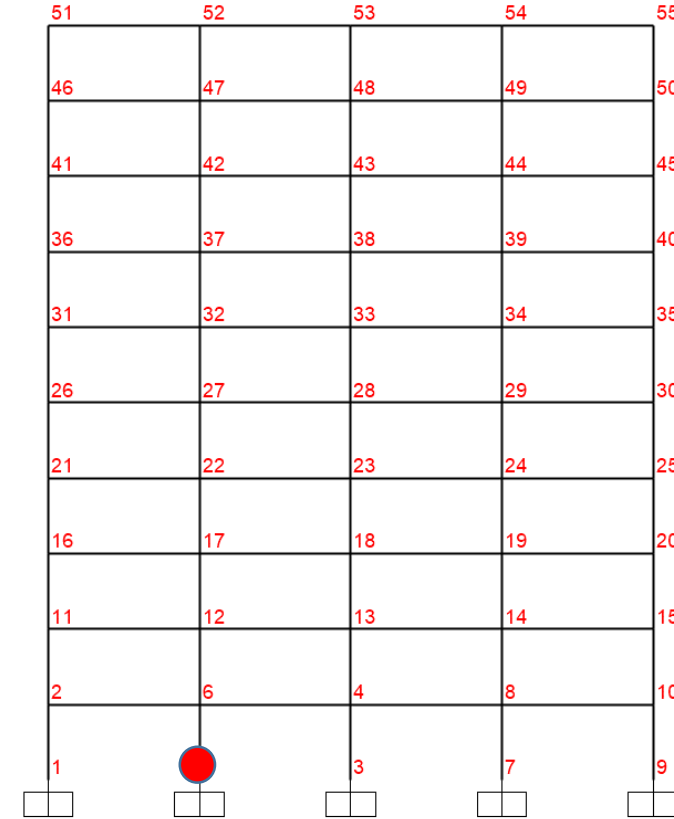
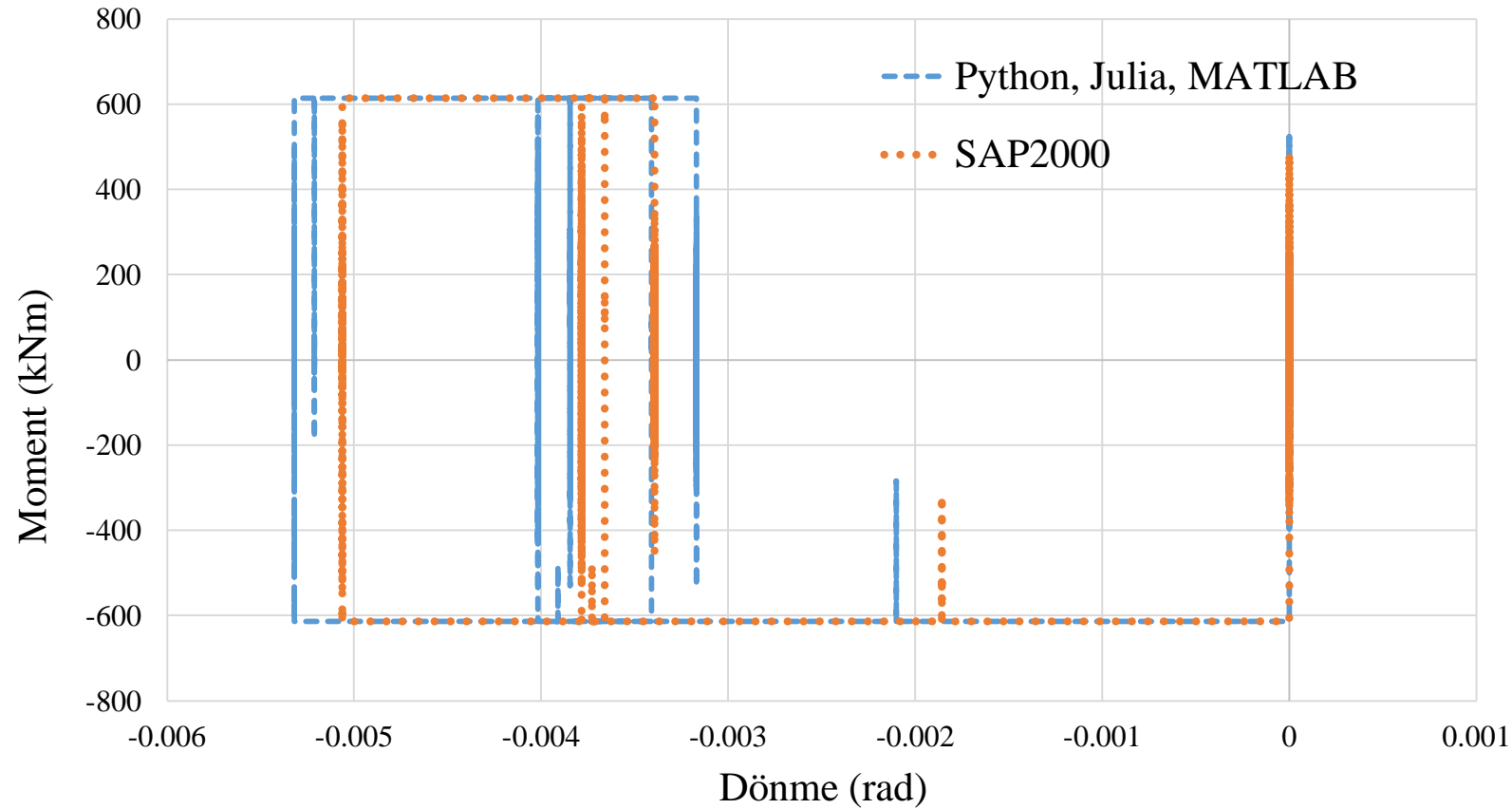
10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

- 1 numaralı düğüm noktası moment-dönme



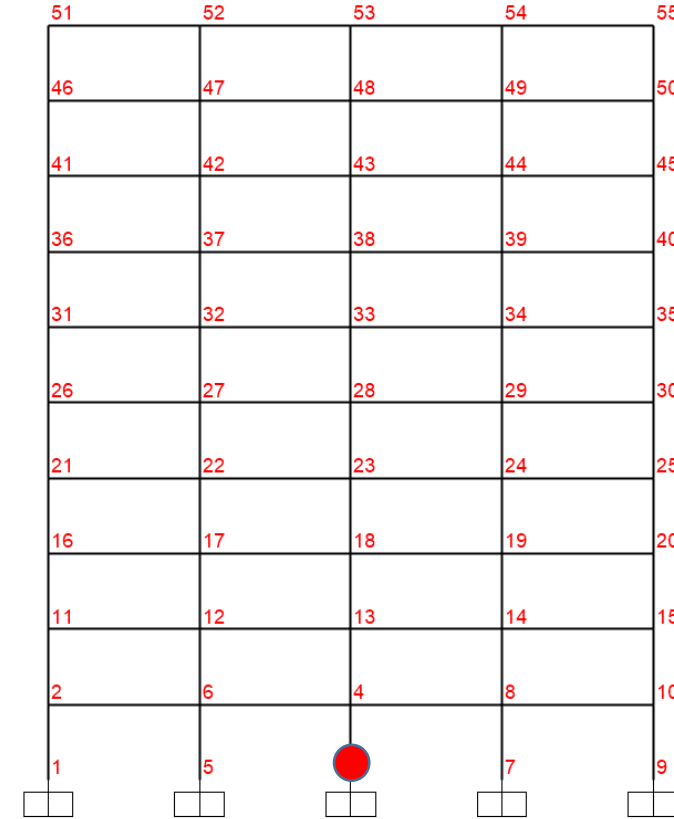
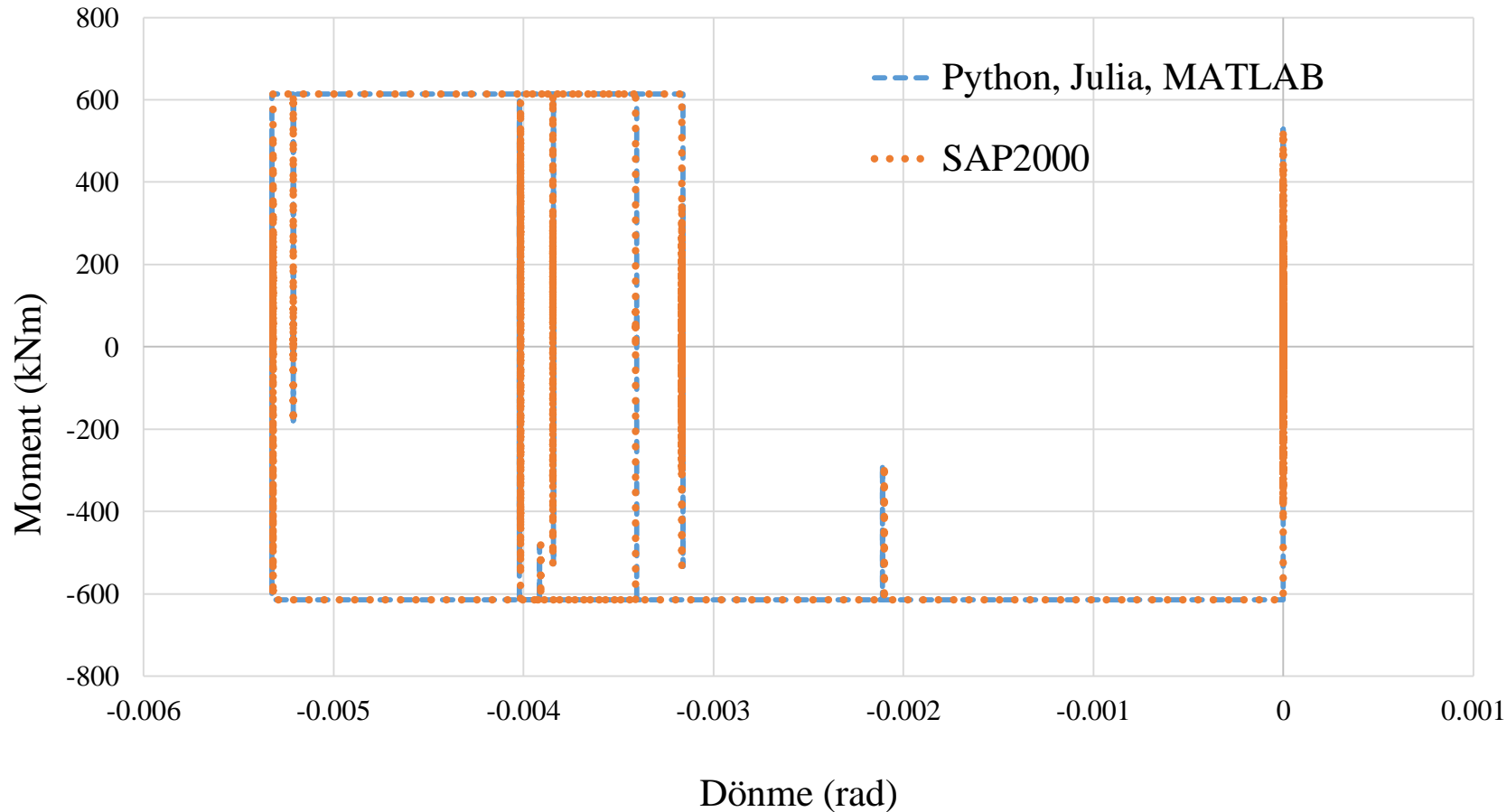
10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

- 5 numaralı düğüm noktası moment-dönme



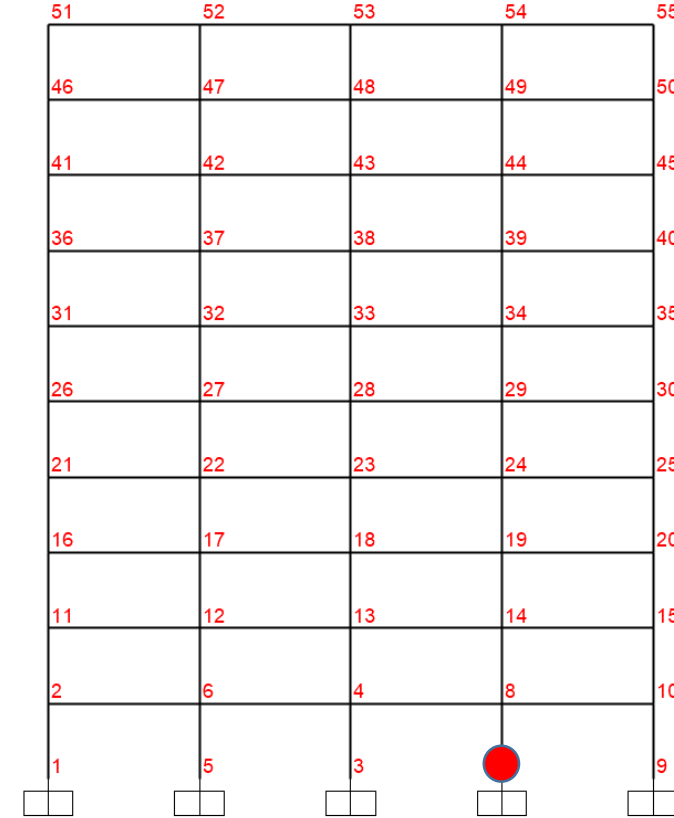
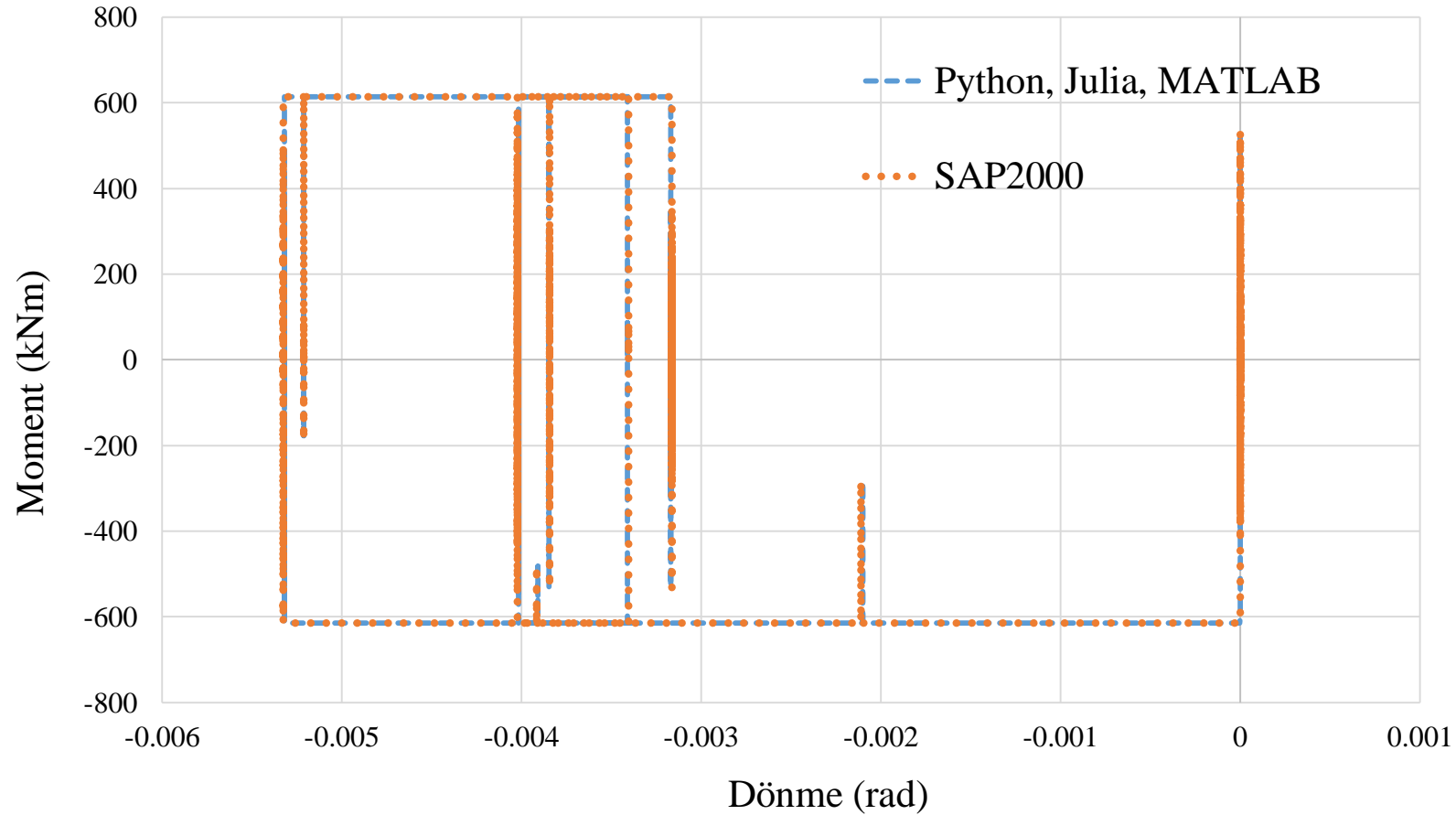
10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

- 3 numaralı düğüm noktası moment-dönme



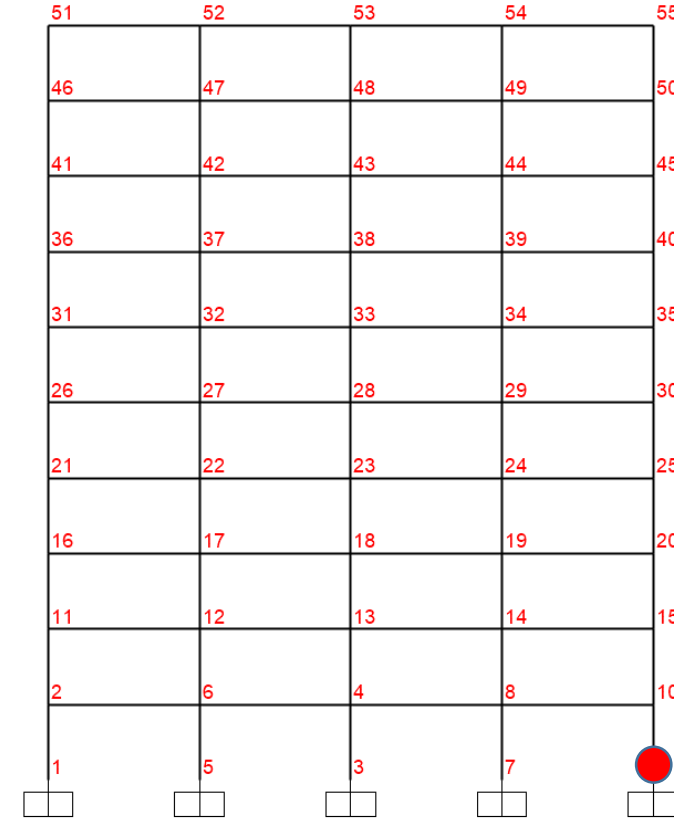
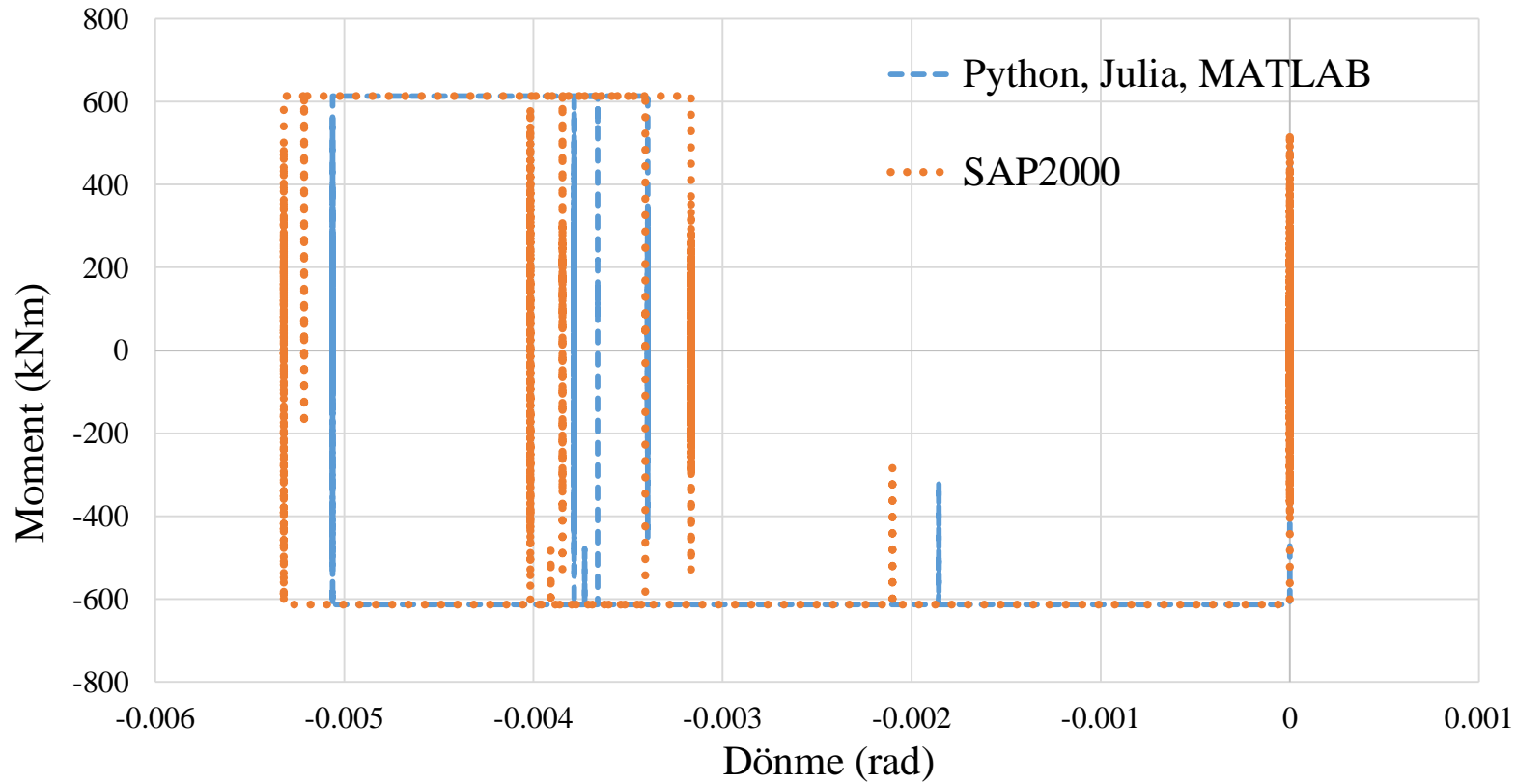
10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

- 7 numaralı düğüm noktası moment-dönme



Bölüm 2: 10 Katlı D. Olmayan Model & SAP2000

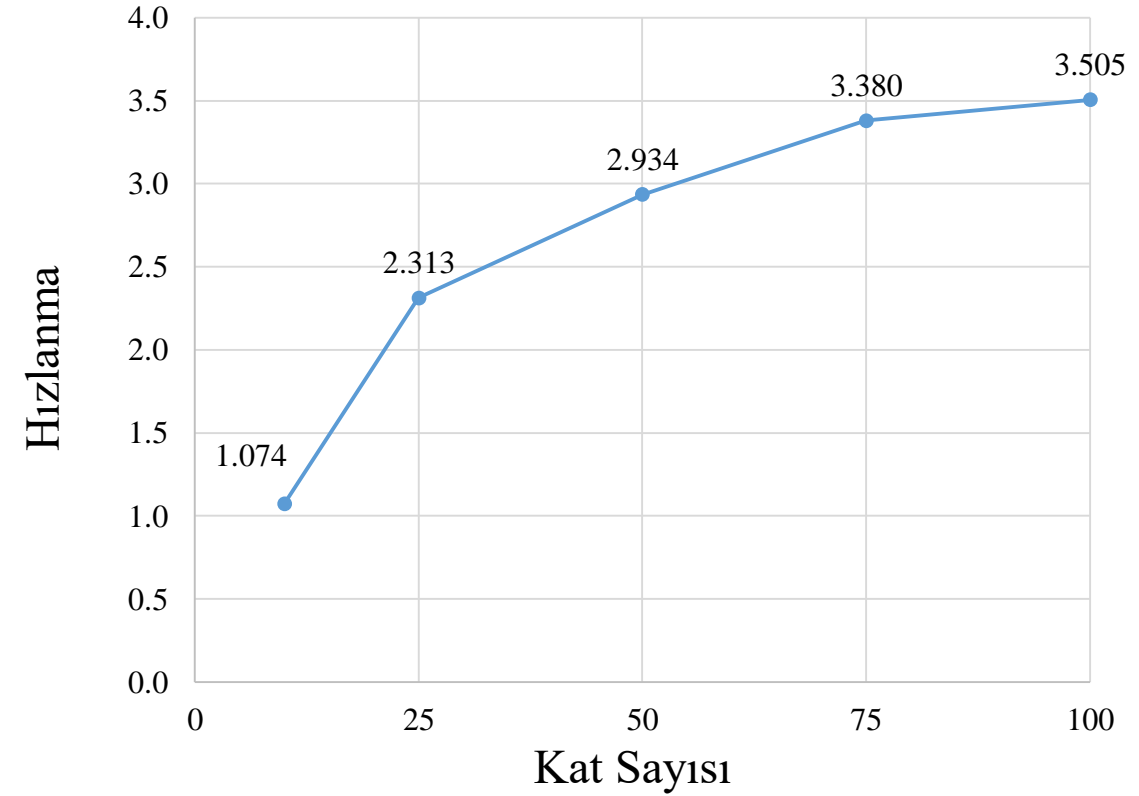
- 9 numaralı düğüm noktası moment-dönme



Bünye Fonksiyonlarının Paralelleştirilmesi

- Hızlanma

Kat Adeti	Toplam Süre			Bünye Fonksiyonu Süresi		
	Seri	Paralel	Seri / Paralel	Seri	Paralel	Seri / Paralel
10	1485	1402	1.059	15.51	14.44	1.074
25	6484	5962	1.087	40.7	17.6	2.312
50	20216	20052	1.008	72.77	24.8	2.934
75	45698	47180	0.968	107.04	31.67	3.379
100	85975	88994	0.966	139.75	39.75	3.515



Sonuçlar ve Öneriler

Sonuçlar:

- Julia ve Python programları ile hazırlanan zaman tanım alanında analiz programlarının ve modelinin SAP2000 kıyaslaması sonuçları oldukça birbirine yakın çıkmıştır. Hata payı %1 ve altındadır.
- Julia ve Python programları ile hazırlanan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz programlarının ve modelinin SAP2000 kıyaslaması sonuçları bazı düğüm noktalarında çok yakın bazı düğüm noktalarında gözle görülebilir farklar ortaya çıkmıştır. Farkın, yığılı plastik mafsallarda matematiksel farktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Sonuçlar:

- Python'da bünye fonksiyonlarının paralelleştirilmesi ile bünye fonksiyonları hesap süresinde hızlanma olduğu gözlemlenmiştir.
- Hızlanma değerinin bünye fonksiyonu çağırılma sayısı (doğrusal olmayan eleman) ile doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir.
- Hızlanma değerinin çekirdek sayısından az olması ek süre etkisinden (overhead) kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Denklem takımı çözümleri paralelleştirilmediğinden, bünye fonksiyon çağırım süresi tüm program süresine göre düşük kalmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Sonraki Araştırma için Öneriler:

- Doğrusal olmayan eleman sayısının yığılı plastik mafsal modeline göre daha fazla olduğu yayılı fiber modellerde bünye fonksiyonlarının paralelleştirilmesi önerilmektedir.
- Hazır kütüphaneler ve fonksiyonları kullanmak yerine hazırlanan programdaki problem özel fonksiyonların geliştirilmesi önerilmektedir.
- CPU (merkezi işlemci ünitesi) yerine çekirdek sayısı daha fazla olan GPU (Grafik işlemci ünitesi) çekirdekleri kullanılarak parallel programlama yapılması araştırılmalıdır.

TEŞEKKÜRLER

İPTAL

- Analiz sürelerini azaltmak maksadı ile kullanılan yaklaşımlardan bir tanesi paralel programlamadır.
- Paralel programlama genellikle doğrusal denklem takımını çözümü için kullanılmaktadır.

Zaman Problemi

1- Yıgılı Plastik Mafsal Modeli

$$\begin{array}{c} \text{Doğrusal denklem} \\ \text{Takımı Çözümü} \end{array} + \begin{array}{c} \text{B} \\ \cdot \\ \text{F.} \end{array}$$

2- Yayılı Plastikite Modeli

$$\begin{array}{c} \text{Doğrusal denklem} \\ \text{Takımı Çözümü} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Bünye} \\ \text{fonksiyonları} \end{array}$$