

Doğrusal Olmayan Kolon-Kiriş Fiber Eleman Modelinin İncelenmesi

Yüksek Lisans Tez Sunumu

Hakan Özen

İstanbul Teknik Üniversitesi
Deprem Mühendisliği ve Afet Yöntemi Enstitüsü

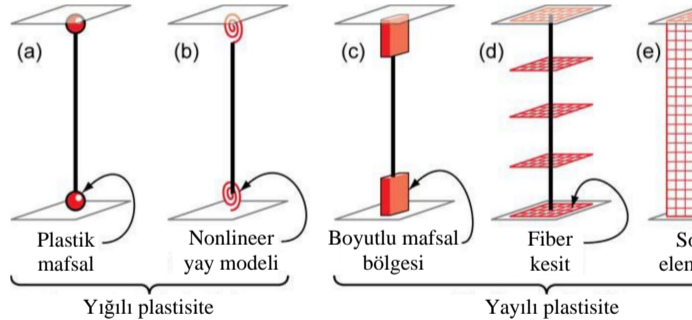
13 Eylül 2019

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç
 - Kapsam
- 2 Teorik Altyapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Nümerik Çözüm Yöntemleri
- 3 Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi
 - Analiz Yöntemleri
 - Yakınsama Yöntemleri
 - Yakınsama Kriterleri
- 4 Karşılaştırılan Yapılar ve Sonuç
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Sonuçlar

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç
 - Kapsam
- 2 Teorik Altyapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Nümerik Çözüm Yöntemleri
- 3 Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi
 - Analiz Yöntemleri
 - Yakınsama Yöntemleri
 - Yakınsama Kriterleri
- 4 Karşılaştırılan Yapılar ve Sonuç
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Sonuçlar

Malzeme bakımından doğrusal olmayan analiz türleri

- Yiğili plastisite içeren modeller
- Yayılı plastisite içeren modeller



(Nonlinear Structural Analysis for Seismic Design, Teknik Rapor, NERPH 2010 Deierlein, Reinhorn, and Willford (2010))

- Doğrusal olmayan kolon-kiriş fiber eleman teorisinin incelenmesi
- Dengelenmemiş kuvvet düzeltme yönteminin, kolon-kiriş fiber eleman teorisine uygunluğunun incelenmesi

Kapsam

2 Boyutlu Betonarme Çerçeve Sistemler:

- Betonarme Konsol Kolon
- Tek Katlı-Tek Açıklıklı Betonarme ve Çelik Çerçeve Sistemi

Doğrusal Olmayan Eleman Modelleri:

- Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi

Analiz Yöntemleri:

- Doğrusal Olmayan Statik Analiz
- Zaman-Tanım Alanında Analiz

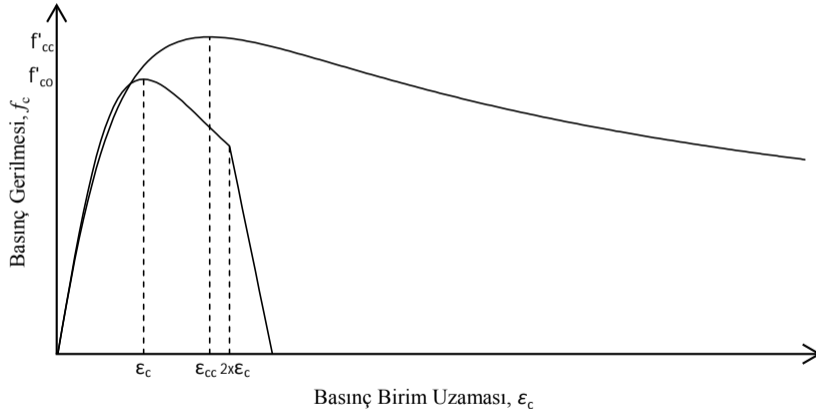
Kapsam Dışı Konular

- Geometrik açıdan doğrusal olmayan sistemler
- Üç boyutlu yapılar
- Performans değerlendirmesi

- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç
 - Kapsam
- 2 Teorik Altyapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Nümerik Çözüm Yöntemleri
- 3 Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi
 - Analiz Yöntemleri
 - Yakınsama Yöntemleri
 - Yakınsama Kriterleri
- 4 Karşılaştırılan Yapılar ve Sonuç
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Sonuçlar

Teorik Altyapı: Beton Malzemesi

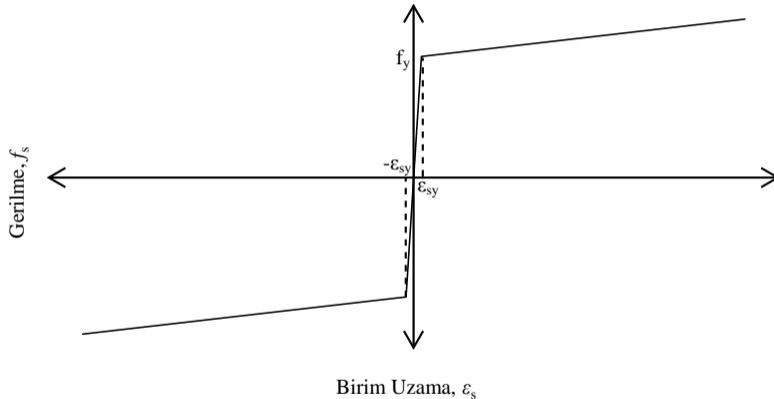
Bu tez kapsamında Mander Beton Modeli kullanılmıştır.



Mander Beton Modeli gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi (İskelet Eğrisi)

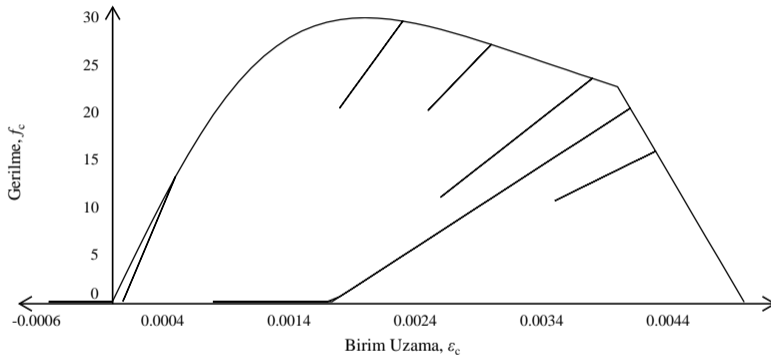
Teorik Altyapı: Çelik Malzemesi

Bu tez kapsamında Çift Doğrusal Çelik Modeli kullanılmıştır.



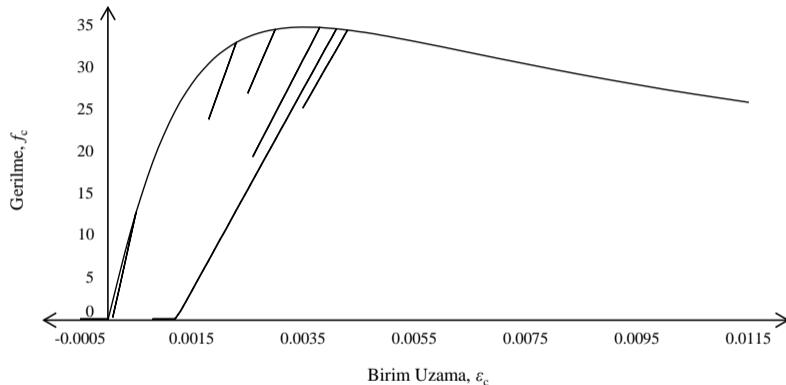
Çift Doğrusal Çelik Modeli gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi (İskelet Eğrisi)

Sargısız beton için çevrimsel davranış



Karsan-Jirsa çevrimsel davranışı için sargısız beton malzemesi üzerinde örnek bir gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi

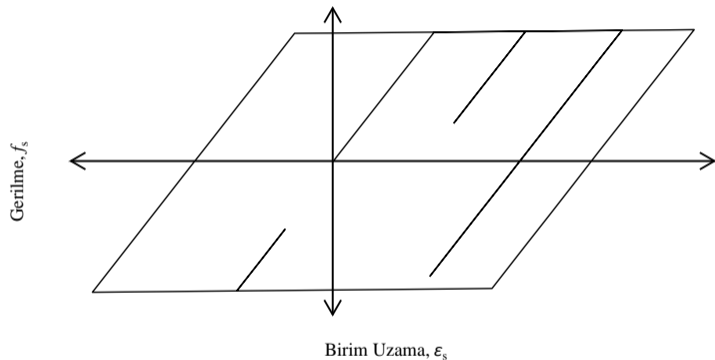
Sargılı beton için çevrimsel davranış



Karsan-Jirsa çevrimsel davranışı için sargılı beton malzemesi üzerinde örnek bir gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi

Teorik Altyapı: Çift Doğrusal Model

Çift doğrusal model için çevrimsel davranış



Çift doğrusal çevrimsel davranışı için çelik malzemesi üzerinde örnek bir gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi

Newmark Yönteminin artımsal formülasyonu aşağıda verilmiştir.

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

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

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

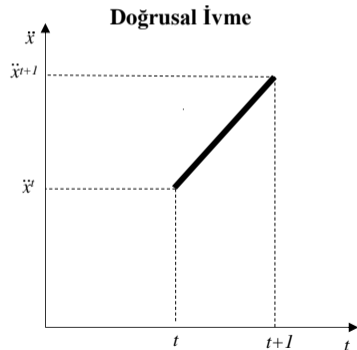
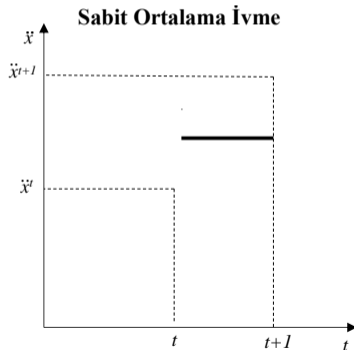
$$\Delta\hat{\mathbf{P}}^t = \Delta\mathbf{P}^t + \left(\frac{1}{\beta\Delta t}\mathbf{M} + \frac{\gamma}{\beta}\mathbf{C}\right)\dot{x}^t + \left[\frac{1}{2\beta}\mathbf{M} + \Delta t\left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1\right)\mathbf{C}\right]\ddot{x}^t$$

$$\Delta\ddot{x}^t = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2}\Delta x^t - \frac{1}{\beta\Delta t}\dot{x}^t - \frac{1}{2\beta}\ddot{x}^t$$

$$\Delta\ddot{x}^t = \frac{1}{\beta\Delta t^2}\Delta x^t - \frac{1}{\beta\Delta t}\dot{x}^t - \frac{1}{2\beta}\ddot{x}^t$$

Newmark β Yöntemi

İki zaman aralığında ivmelerin sabit olduğu kabulü için $\gamma = 1/2$, $\beta = 1/4$ 'tür. Bu değişimin doğrusal olduğu kabulü için ise $\gamma = 1/2$, $\beta = 1/6$ 'dır.

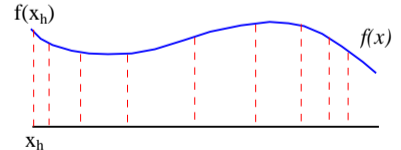


Teorik Altyapı: Gauss-Lobatto İntegrasyon Yöntemi

Sınır koşulları bilinen ancak analitik yöntemlerle altında kalan alanı hesaplanamayan veya hesaplaması uzun süren fonksiyonlar için sayısal integrasyon yöntemlerini tercih ederiz.

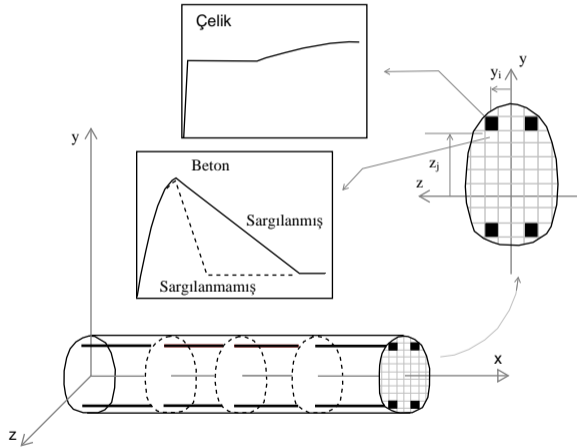
$$I = \int_0^L f(x) dx = \sum_{h=1}^m w_h f(x_h)$$

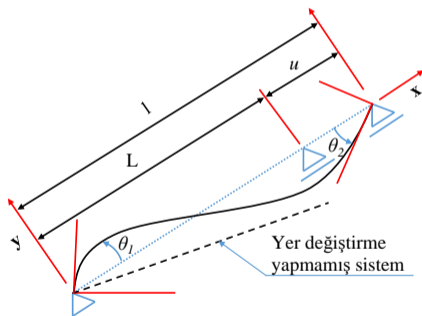
İntegrasyon Noktaları	Ağırlık Katsayıları
1.0000000000000000	0.0222222222222222
0.919533908166458	0.133305990851070
0.738773865105505	0.224889342063126
0.477924949810444	0.292042683679683
0.165278957666387	0.327539761183897



- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç
 - Kapsam
- 2 Teorik Altyapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Nümerik Çözüm Yöntemleri
- 3 Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi
 - Analiz Yöntemleri
 - Yakınsama Yöntemleri
 - Yakınsama Kriterleri
- 4 Karşılaştırılan Yapılar ve Sonuç
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Sonuçlar

Fiber Eleman Teorisi





Eleman uç deplasmanları aşağıdaki dönüşüm matrisi vasıtasıyla basit koordinat sistemine dönüştürülür.

$$\mathbf{T}_{m2} = \begin{bmatrix} -\cos \alpha & -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\frac{\sin \alpha}{l} & \frac{\cos \alpha}{l} & 1 & \frac{\sin \alpha}{l} & -\frac{\cos \alpha}{l} & 0 \\ -\frac{\sin \alpha}{l} & \frac{\cos \alpha}{l} & 0 & \frac{\sin \alpha}{l} & -\frac{\cos \alpha}{l} & 1 \end{bmatrix}$$

Dönüşüm matrisinin elde edilişi:

$$P_{m,l,1} = -P_{m,1} \cos \alpha - P_{m,v} \sin \alpha$$

$$P_{m,l,2} = -P_{m,1} \sin \alpha + P_{m,v} \cos \alpha$$

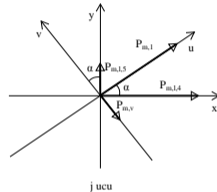
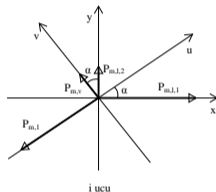
$$P_{m,l,3} = P_{m,2}$$

$$P_{m,l,4} = P_{m,1} \cos \alpha + P_{m,v} \sin \alpha$$

$$P_{m,l,5} = P_{m,1} \sin \alpha - P_{m,v} \cos \alpha$$

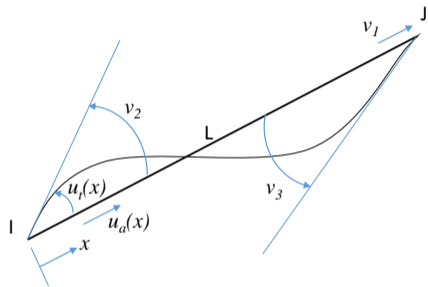
$$P_{m,l,6} = P_{m,3}$$

$$P_{m,v} = \frac{M_I + M_J}{l} = \frac{P_{m,2} + P_{m,3}}{l}$$



$$\mathbf{P}_{m,l} = \mathbf{T}_{m2}^T \cdot \mathbf{P}_m$$

$$\mathbf{D}_{m,l} = \mathbf{T}_{m2}^T \cdot \mathbf{D}_m$$



Eleman uç yer değiştirmeler-eleman iç yer değiştirmeler arasındaki ilişki:

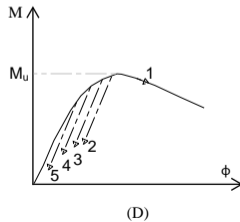
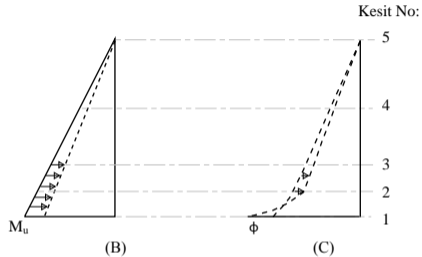
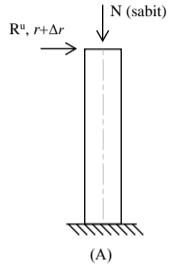
$$\xi = \frac{x}{L}$$

$$\begin{bmatrix} u_a(x) \\ u_t(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi & 0 & 0 \\ 0 & \xi^3 - 2\xi + \xi & \xi^3 - \xi^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Kesit deformasyonları-eleman uç yer değiştirmeler arasındaki ilişki:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_a(x) \\ \kappa(x) \end{bmatrix} = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 6x/L - 4 & 6x/L - 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Fiber Eleman Teorisi: Yer Değiştirme Tabanlı Analiz Yöntemi



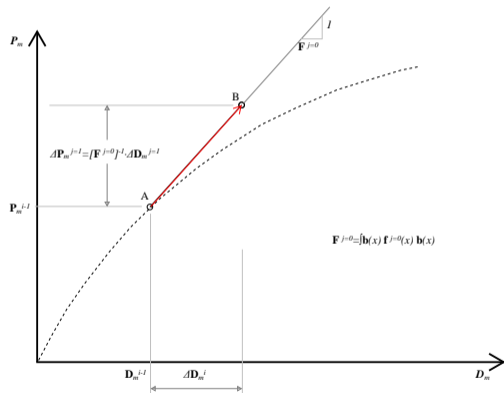
Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi Kabulleri:

- Deformasyonlar küçüktür.
- Düzlem kesit, düzlem kalır.
- Kayma deformasyonları ihmal edilir.

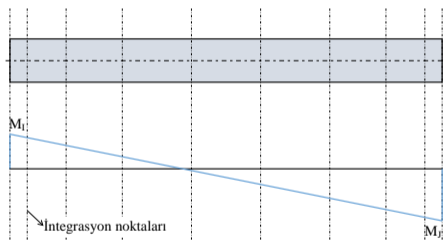
Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi 3 Adet Döngüsel İşlem İçerir:

- Dinamik yükleme adımları
- Sistem dış kuvvetlerinin sistemin türettiği iç kuvvetlere dengeleme işlemi
- Eleman uç kuvvetlerinin elemanın türettiği iç kuvvetlere dengeleme işlemi

Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



Eleman iç kuvvetleri ile eleman uç kuvvetleri arasındaki ilişki:

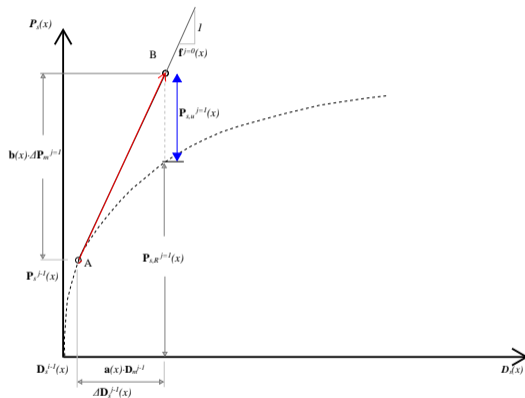
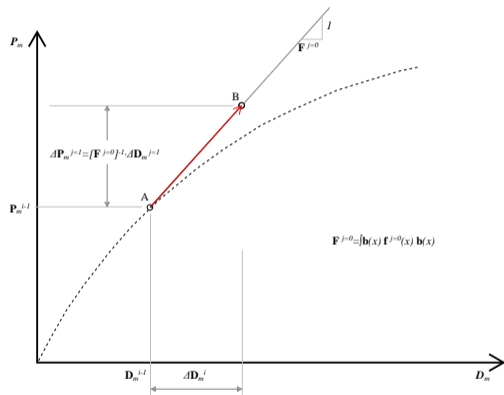


$$\begin{bmatrix} N(x) \\ M(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \left(\frac{x}{L} - 1\right) & \left(\frac{x}{L}\right) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_I \\ M_J \\ N \end{bmatrix}$$

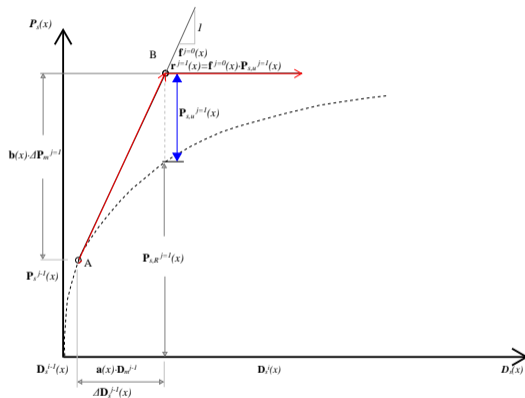
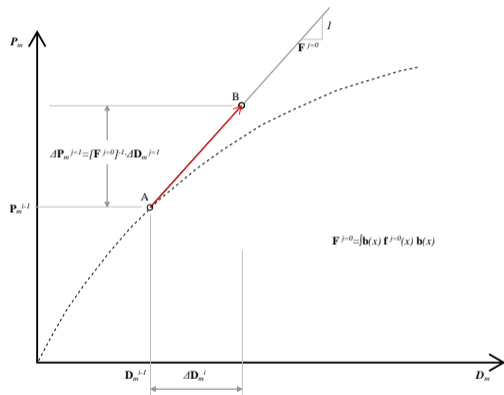
Eleman kesit deformasyonları- eleman kesit kuvvetleri arasındaki ilişki:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_a(x) \\ \kappa(x) \end{bmatrix} = \mathbf{f}_s(x) \cdot \begin{bmatrix} N(x) \\ M(x) \end{bmatrix}$$

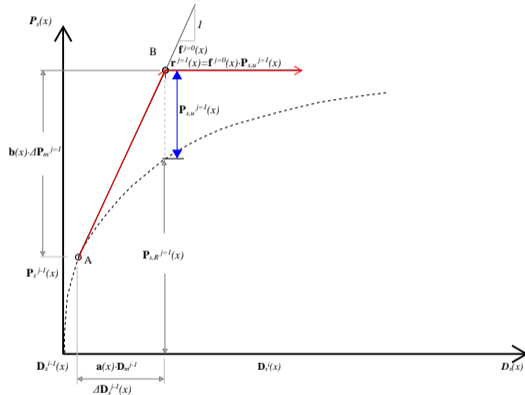
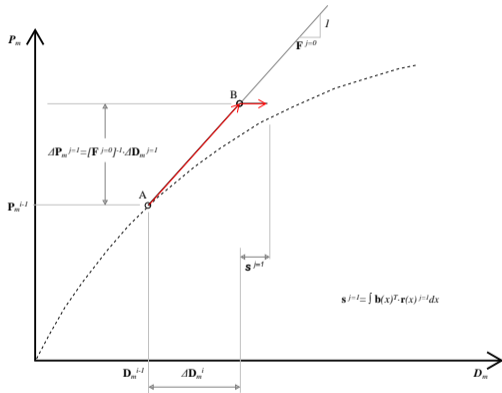
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



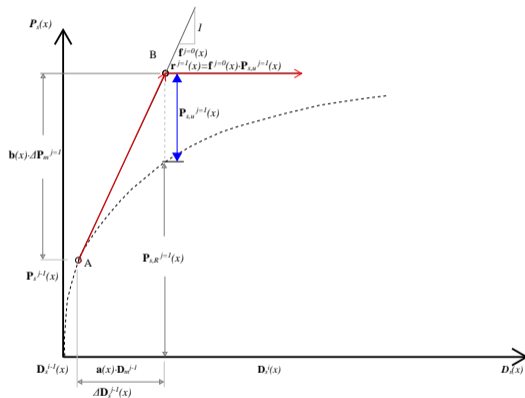
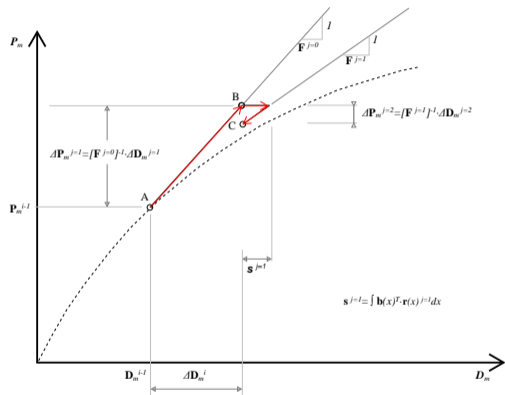
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



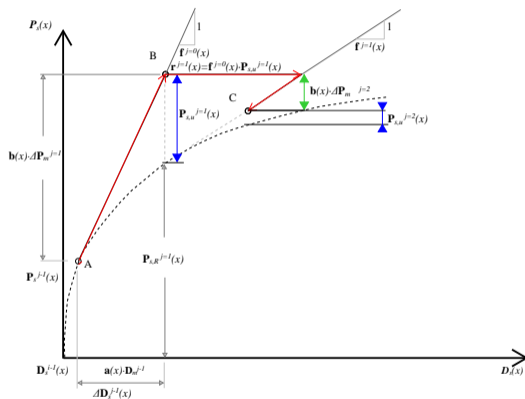
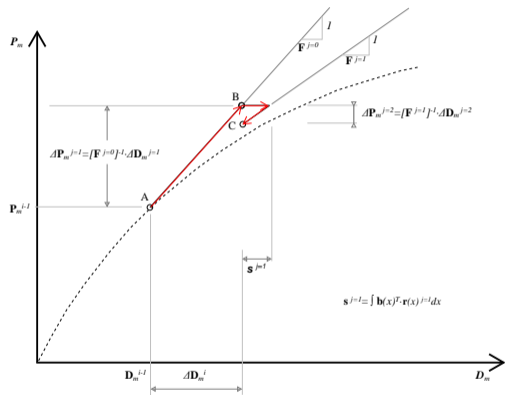
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



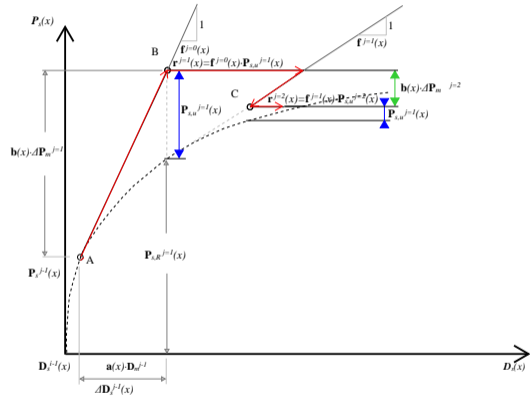
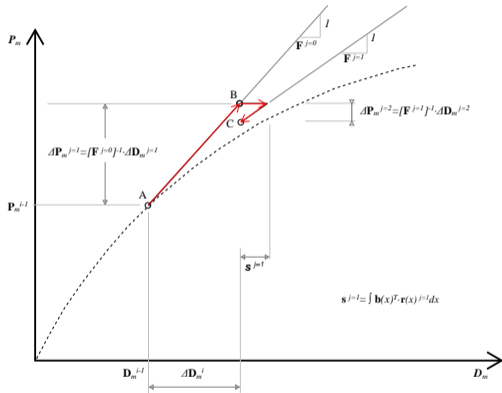
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



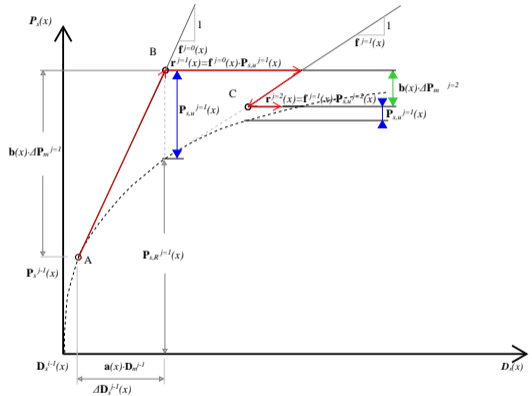
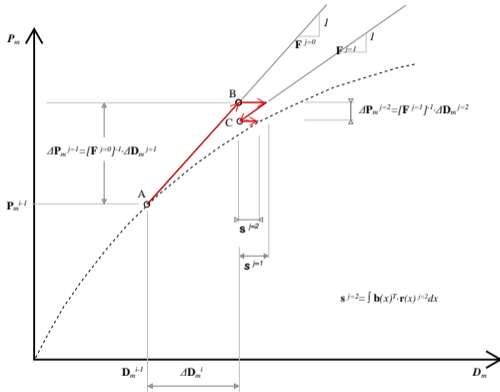
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



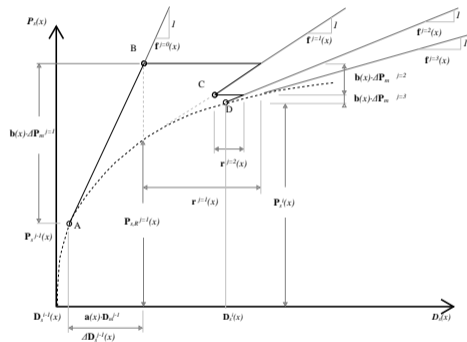
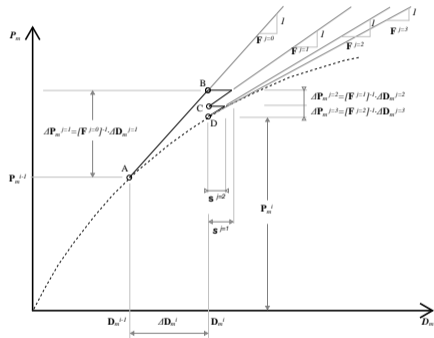
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



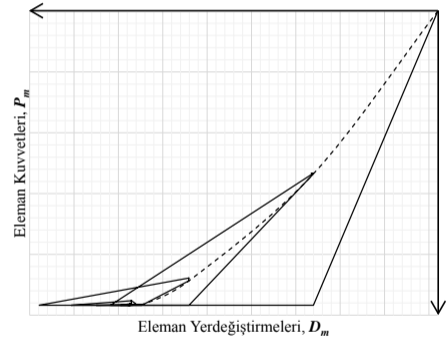
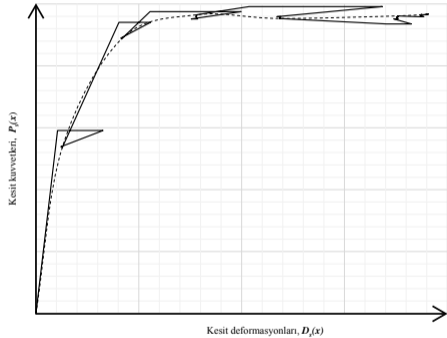
Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi

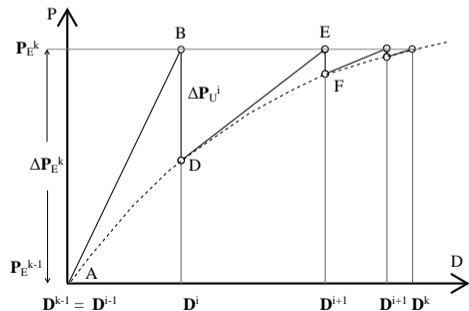


Fiber Eleman Teorisi: Kuvvet Tabanlı Analiz Yöntemi



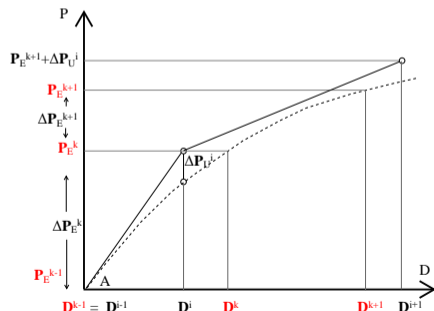
Newton-Raphson Yöntemi:

- Dengelenmemiş kuvvetleri azaltmak için kullanılan iteratif yöntem



Dengelenmemiş Kuvvet Düzeltme Yöntemi:

- Dengelenmemiş kuvvetleri azaltmak için kullanılan iteratif olmayan yöntem



Fiber Eleman Teorisi: Kesit Kuvvetlerinin Yakınsaması İçin Tolerans Kriterleri

Kesit Kuvvetlerinin Yakınsaması İçin Tolerans Kriterleri:

- Kesit kuvvetlerinin yakınsama işlemi, eleman üzerindeki seçilen integrasyon noktalarındaki tüm kesit tepki kuvvetlerinin, dış kuvvetler dolayısıyla oluşan kesit kuvvetlerine yeteri ölçüde yakınsadığı anda sonlanır.
- Kesit kuvvetleri için tolerans değerleri aşağıdaki ifadeler ile hesaplanır.

$$KT_n(x_h) = \max \left\{ M.T.O \times L, B.T.O. \times \left((\mathbf{P}_s^k(x_h))^i \right)_n^j \right\} \quad n=1$$

$$KT_n(x_h) = \max \left\{ M.T.O \times 1, B.T.O. \times \left((\mathbf{P}_s^k(x_h))^i \right)_n^j \right\} \quad n=2$$

- Dengelenememiş kesit kuvvetleri tolerans değerinden küçük olup olmadığı kontrol edilir.

$$\left((\mathbf{P}_{s,U}^k(x_h))^i \right)_n^j \leq KT_n(x_h) \implies KY = KY + 1$$

- KY değeri eleman üzerinde bulunan integrasyon noktası sayısının iki katına ulaştığında kesit yakınsama işlemi sonlanır.

Fiber Eleman Teorisi: Eleman Uç Kuvvetlerinin Yakınsaması İçin Tolerans Kriterleri

Eleman Uç Kuvvetlerinin Yakınsaması İçin Tolerans Kriterleri:

- Yapıya etkiyen dış kuvvetlere karşı yapının türettiği iç kuvvetlerin arasındaki fark istenen tolerans koşullarının sağladığı durumda sonlanır.
- Eleman uç kuvvetlerinin yakınsaması için tolerans değerleri aşağıdaki ifadeler ile hesaplanır.

$$ET_{n,sd} = \max \left\{ M.T.O \times 1, B.T.O. \times \left(\mathbf{P}_R^k \right)_{n,sd}^i \right\} \quad n,sd = 1, \dots, \max, sd$$

- Dengelenmemiş eleman uç kuvvetlerinin tolerans değerinden küçük olup olmadığı kontrol edilir.

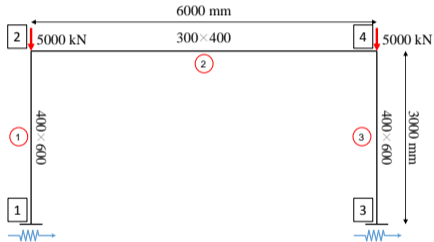
$$\left(\mathbf{P}_U^k \right)_{n,sd}^i \leq ET_{n,sd} \implies EY = EY + 1$$

- EY değeri taşıyıcı sistemde bulunan düğüm noktası sayısının üç katına ulaştığında eleman yakınsama işlemi sonlanır.

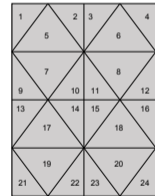
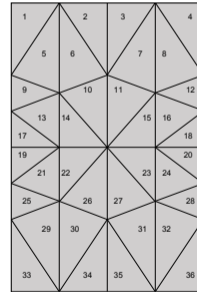
- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç
 - Kapsam
- 2 Teorik Altyapı
 - Malzeme Modelleri
 - Çevrimsel Davranış
 - Nümerik Çözüm Yöntemleri
- 3 Kolon-Kiriş Fiber Eleman Teorisi
 - Analiz Yöntemleri
 - Yakınsama Yöntemleri
 - Yakınsama Kriterleri
- 4 Karşılaştırılan Yapılar ve Sonuç
 - Karşılaştırılan Yapılar
 - Sonuçlar

Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Tek katlı tek açıklıklı çelik çerçeve bilgileri:



Kolon ve kiriş elemanlarının analizinde kullanılan fiber ağları:



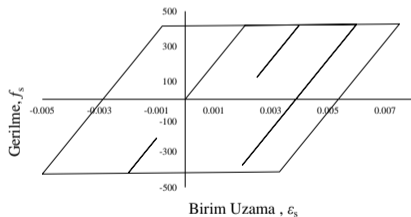
Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Malzeme Bilgileri:

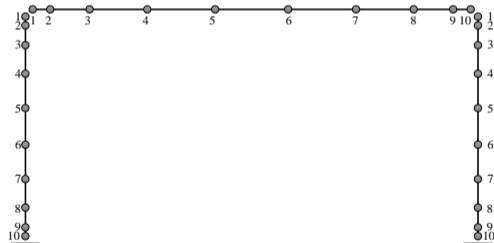
F_y : 420 MPa

E : 200000 MPa

E_p : 1479 MPa



Sistem integrasyon noktaları aşağıda verilmiştir.

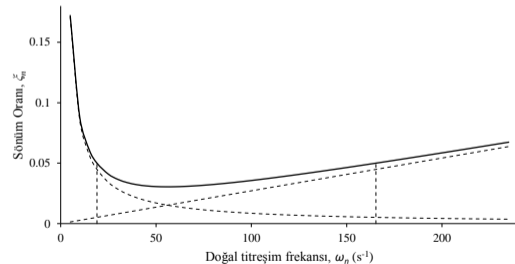


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Periyot değerlerinin karşılaştırılması:

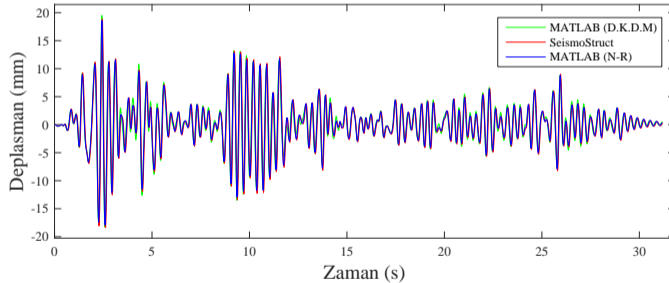
Periyot	MATLAB (s)	SeismoStruct (s)
1	0.328312	0.328312
2	0.053817	0.053817
3	0.038476	0.038476
4	0.038441	0.038441

Tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve için doğal titreşim frekansına bağlı olarak modal sönüm oranı değişimi. ($a_0 = 1.70739$, $a_1 = 0.00054234$)



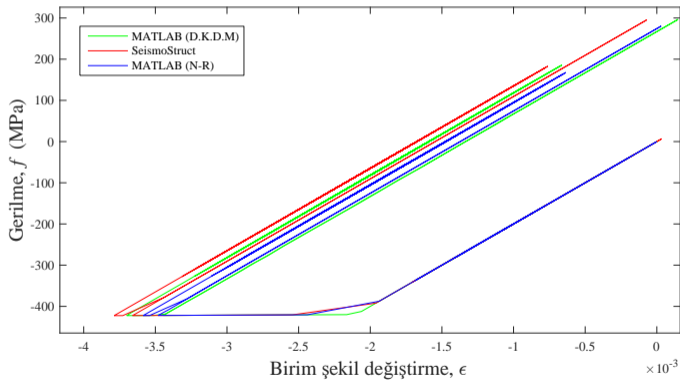
Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

SeismoStruct		MATLAB (N-R)			MATLAB (D.K.D.)		
Zaman	Deplasman	Zaman	Deplasman	Hata Payı	Zaman	Deplasman	Hata Payı
s	mm	s	mm	%	s	mm	%
2.460	18.839	2.420	18.592	1.310	2.428	19.540	3.718
2.620	-18.416	2.600	-17.930	2.639	2.584	-18.314	0.554

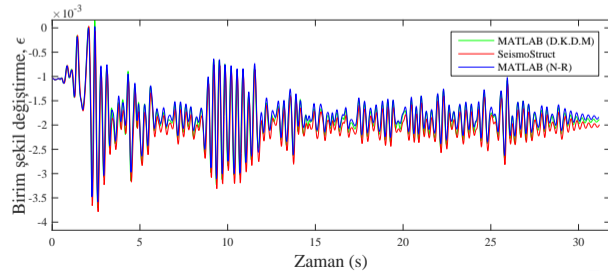
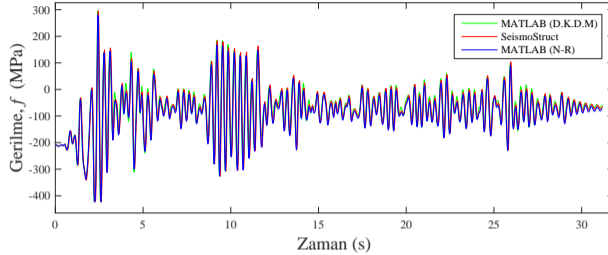


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %
2.440	-6.94E-05	295.59	2.420	3.03E-05	280.36	5.154	2.428	1.48E-04	296.51	0.309
2.620	-3.79E-03	-422.50	2.600	-3.58E-03	-422.20	0.102	2.588	-3.70E-03	-422.37	0.042

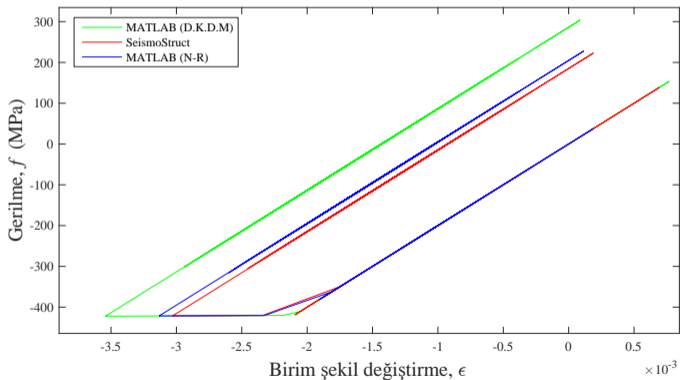


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

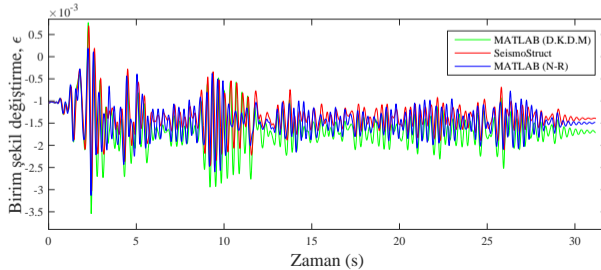
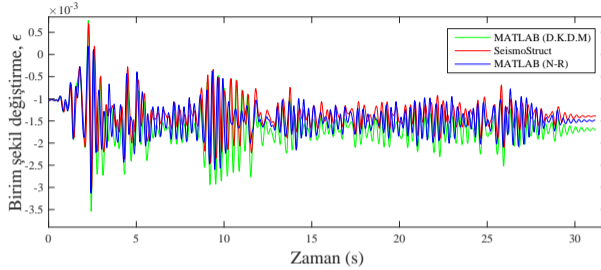


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %
2.620	1.89E-04	223.04	2.560	1.15E-04	227.90	2.177	2.584	8.84E-05	304.14	36.362
2.460	-3.03E-03	-421.38	2.420	-3.13E-03	-421.53	0.066	2.428	-3.54E-03	-422.14	0.338

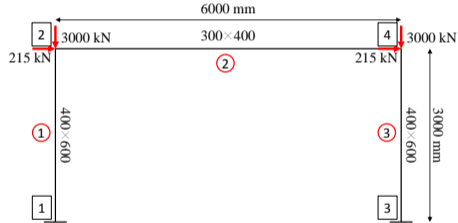


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

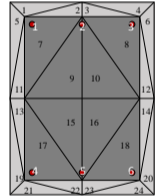
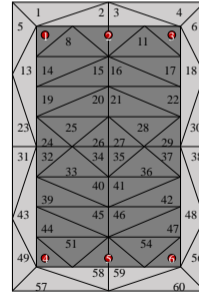


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)

Tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve bilgileri:



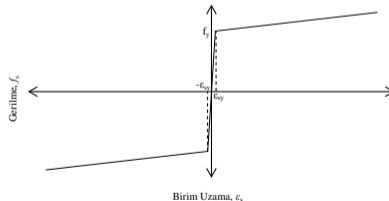
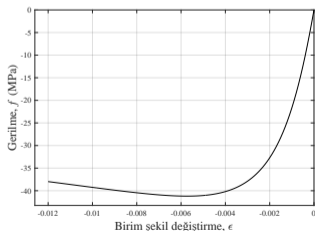
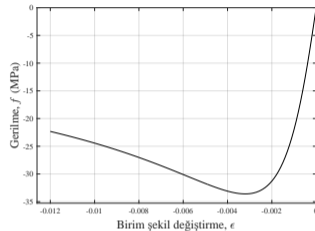
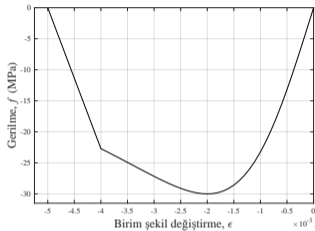
Kolon ve kiriş elemanlarının analizinde kullanılan fiber ağları:



Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistem

Özellik	Değişken	Kolon	Kiriş
Beton Kesit Özellikleri	b (mm)	400	300
	h (mm)	600	400
	d' (mm)	50	30
Donatı Kesit Özellikleri	Boyuna Donatı	6 ϕ 16	6 ϕ 12
	Etriye	ϕ 10/100	ϕ 10/100
Malzeme Özellikleri	f_c (MPa)	30	30
	ϵ_{co}	0.002	0.002
	E_c (MPa)	30000	30000
	f_s (MPa)	420	420
	ϵ_{sy}	0.0021	0.0021
	E_s (MPa)	200000	200000
	Pekleşme Oranı	0.007395	0.007395

Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)



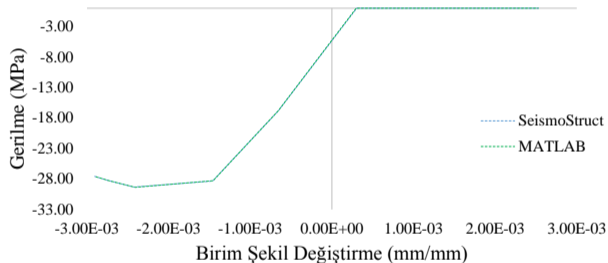
Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)

Periyot	MATLAB (s)	SeismoStruct (s)
1	0.155007	0.155834
2	0.026009	0.026010
3	0.018645	0.018645
4	0.018626	0.018627

Deplasman	SeismoStruct	MATLAB
X (mm)	13.313	13.197
Y (mm)	-1.349	-1.355
Z (rad)	5.99E-03	-5.94E-03
X (mm)	15.712	15.715
Y (mm)	-1.331	-1.336
Z (rad)	6.96E-03	-6.95E-03

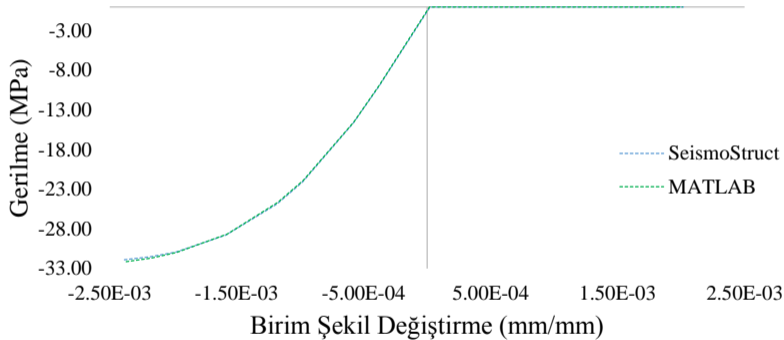
Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)

SeismoStruct		MATLAB	
B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa
-2.91E-03	-27.57	-2.89E-03	-27.65
-2.75E-03	-28.23	-2.73E-03	-28.29
-2.42E-03	-29.33	-2.41E-03	-29.37
-1.46E-03	-28.34	-1.45E-03	-28.28
-6.60E-04	-16.87	-6.58E-04	-16.83
3.03E-04	0.00	2.98E-04	0.00
1.11E-03	0.00	1.09E-03	0.00
2.07E-03	0.00	2.05E-03	0.00
2.39E-03	0.00	2.37E-03	0.00
2.55E-03	0.00	2.53E-03	0.00



Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)

SeismoStruct		MATLAB	
B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa
-2.38E-03	-31.89	-2.37E-03	-32.13
-2.18E-03	-31.53	-2.17E-03	-31.67
-1.98E-03	-30.93	-1.97E-03	-30.97
-1.58E-03	-28.76	-1.57E-03	-28.65
-1.18E-03	-24.85	-1.18E-03	-24.66
-9.81E-04	-22.06	-9.77E-04	-21.89
-5.79E-04	-14.62	-5.78E-04	-14.53
-3.79E-04	-9.97	-3.79E-04	-9.95
-3.79E-04	-9.97	-3.79E-04	-9.95
2.23E-05	0.00	1.89E-05	0.00
2.23E-05	0.00	1.89E-05	0.00
2.23E-04	0.00	2.18E-04	0.00
6.24E-04	0.00	6.16E-04	0.00
8.25E-04	0.00	8.15E-04	0.00
1.23E-03	0.00	1.21E-03	0.00
1.63E-03	0.00	1.61E-03	0.00
1.83E-03	0.00	1.81E-03	0.00
2.03E-03	0.00	2.01E-03	0.00

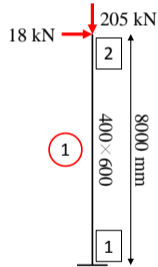


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve Sistemi (1)

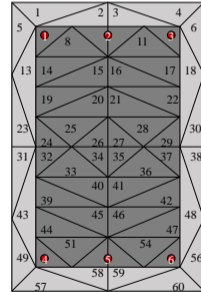
SeismoStruct		MATLAB	
B.Ş.D.	Gerilme	B.Ş.D.	Gerilme
mm/mm	MPa	mm/mm	MPa
-2.41E-03	-420.46	-2.40E-03	-420.44
2.06E-03	411.09	2.04E-03	407.45

Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

Betonarme konsol kolon bilgileri:



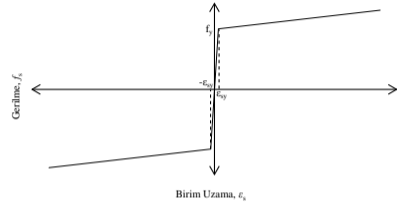
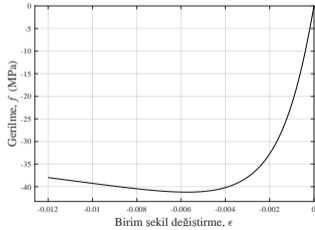
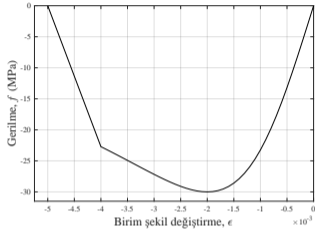
Kolon analizinde kullanılan fiber ağları:



Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

Özellik	Değişken	Kolon
Beton Kesit Özellikleri	b (mm)	400
	h (mm)	600
	d' (mm)	50
Donatı Kesit Özellikleri	Boyuna Donatı	6 ϕ 16
	Etriye	ϕ 10/100
Malzeme Özellikleri	f_c (MPa)	30
	ϵ_{co}	0.002
	E_c (MPa)	30000
	f_s (MPa)	420
	ϵ_{sy}	0.0021
	E_s (MPa)	200000
	Pekleşme Oranı	0.007395

Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

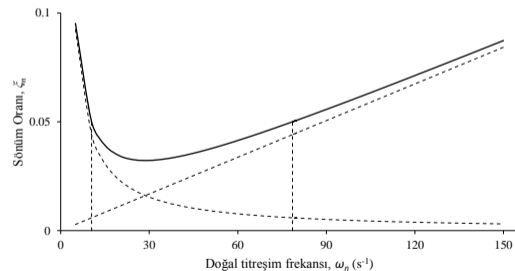


Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

Periyot değerlerinin karşılaştırılması:

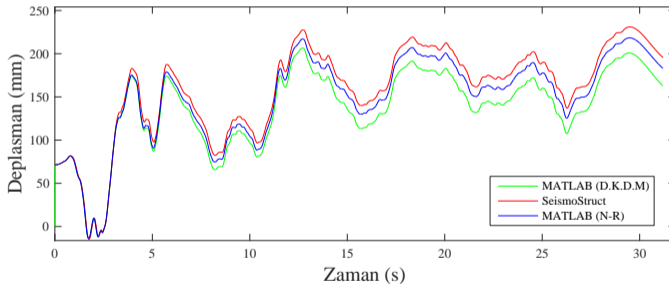
Periyot	MATLAB (s)	SeismoStruct (s)
1	3.654679	3.654687
2	0.137497	0.137498

Tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve için doğal titreşim frekansına bağlı olarak modal sönüm oranı değişimi. ($a_0 = 0.92399706$, $a_1 = 0.00112345$)



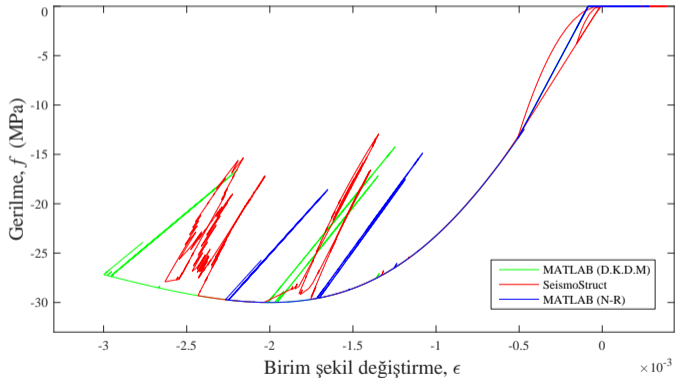
Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

SeismoStruct		MATLAB (N-R)			MATLAB (D.K.D.)		
Zaman	Deplasman	Zaman	Deplasman	Hata Payı	Zaman	Deplasman	Hata Payı
s	mm	s	mm	%	s	mm	%
29.484	218.365	29.500	231.029	5.799	12.716	206.602	5.387
1.732	-13.770	1.760	-14.772	7.274	1.736	-13.780	0.073

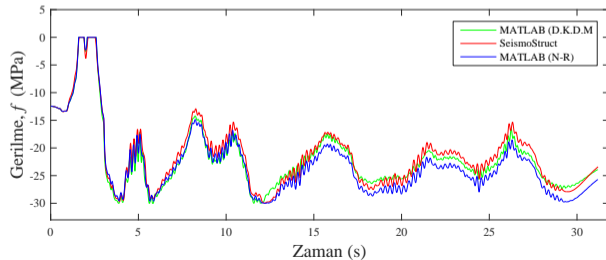
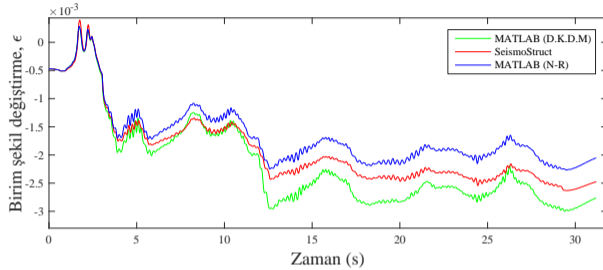


Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Hata Payı	Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Hata Payı
s	mm/mm	MPa	s	mm/mm	MPa	%	s	mm/mm	MPa	%
12.224	-0.002	-30.000	12.180	-0.002	-29.991	0.028	5.820	-0.002	-30.000	0.000

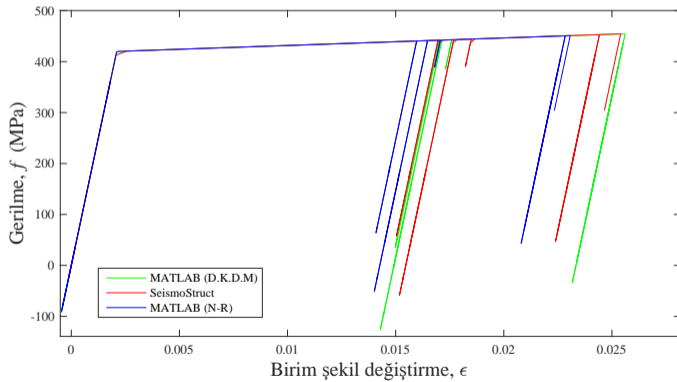


Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

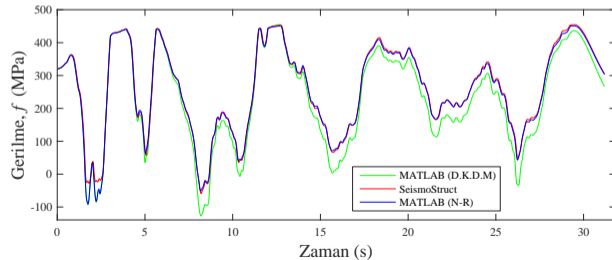
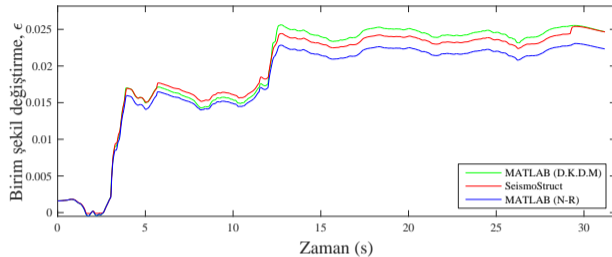


Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %
29.488	0.023	451.037	29.500	0.025	454.488	0.765	12.716	0.026	454.797	0.834
1.752	0.000	-90.891	8.200	0.015	-59.072	7.055	8.184	0.014	-126.637	7.925

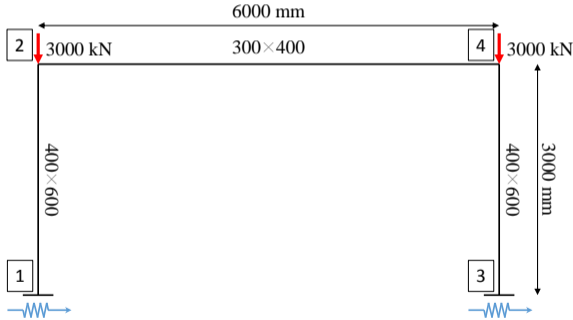


Karşılaştırmalar: Betonarme Konsol Kolon

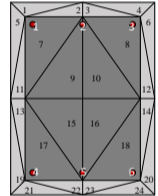
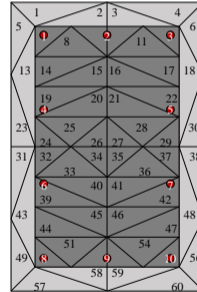


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

Tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve bilgileri:



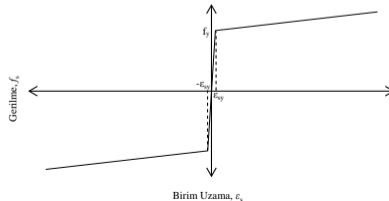
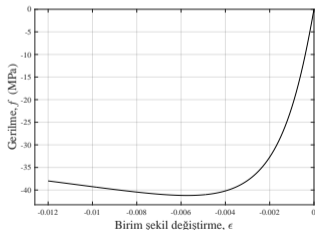
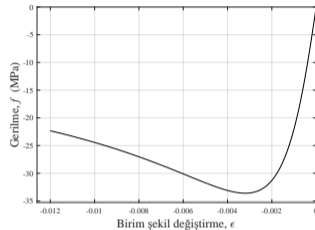
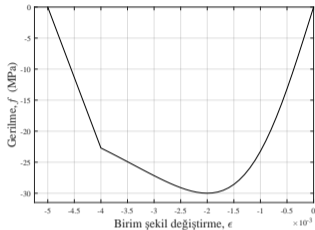
Kolon analizinde kullanılan fiber ağları:



Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

Özellik	Değişken	Kolon	Kiriş
Beton Kesit Özellikleri	b (mm)	400	300
	h (mm)	600	400
	d' (mm)	50	30
Donatı Kesit Özellikleri	Boyuna Donatı	10 ϕ 16	6 ϕ 12
	Etriye	ϕ 10/100	ϕ 10/100
Malzeme Özellikleri	f_c (MPa)	30	30
	ϵ_{co}	0.002	0.002
	E_c (MPa)	30000	30000
	f_s (MPa)	420	420
	ϵ_{sy}	0.0021	0.0021
	E_s (MPa)	200000	200000
	Pekleşme Oranı	0.007395	0.007395

Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

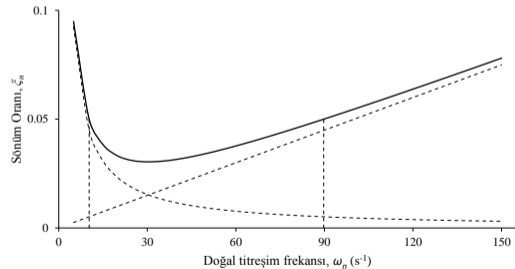


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

Periyot değerlerinin karşılaştırılması:

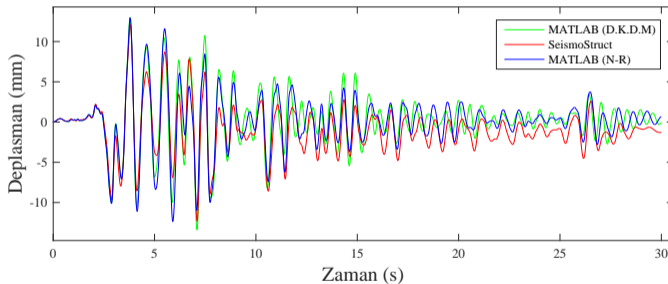
Periyot	MATLAB (s)	SeismoStruct (s)
1	0.599406	0.611477
2	0.100728	0.100759
3	0.071374	0.071373
4	0.071305	0.071311

Tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve için doğal titreşim frekansına bağlı olarak modal sönüm oranı değişimi. ($a_0 = 0.92399706$, $a_1 = 0.0009994$)



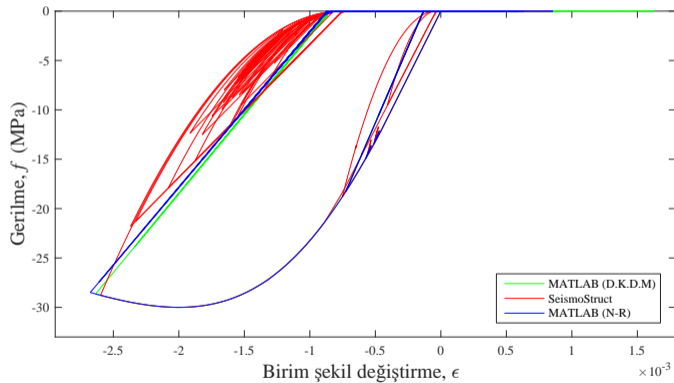
Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

SeismoStruct		MATLAB (N-R)			MATLAB (D.K.D.)		
Zaman	Deplasman	Zaman	Deplasman	Hata Payı	Zaman	Deplasman	Hata Payı
s	mm	s	mm	%	s	mm	%
3.800	12.082	3.800	12.918	6.921	3.790	12.981	7.439
7.100	-12.308	5.900	-12.357	0.396	7.092	-13.386	8.754

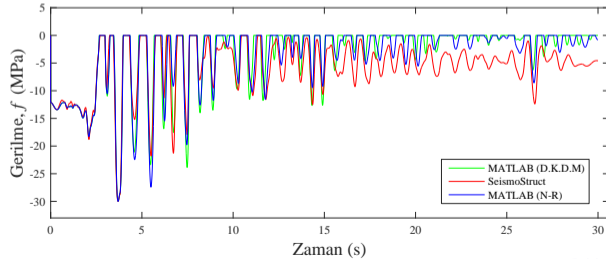
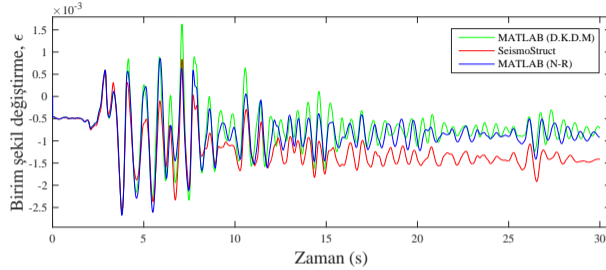


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Hata Payı	Zaman	B.Ş.D.	Gerilme	Hata Payı
s	mm/mm	MPa	s	mm/mm	MPa	%	s	mm/mm	MPa	%
3.695	-2.00E-03	-30.00	3.695	-2.02E-03	-30.00	0.003	3.697	-2.00E-03	-30.00	0.000

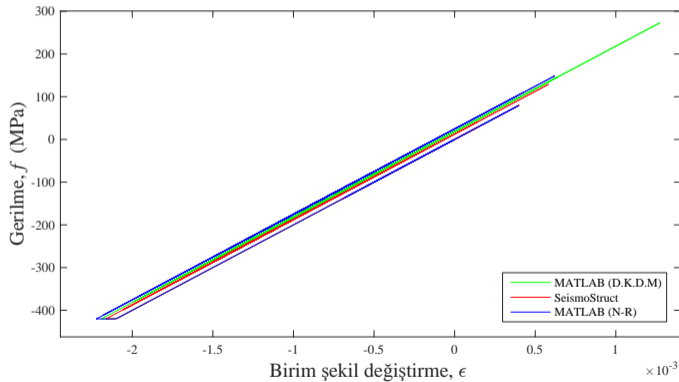


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

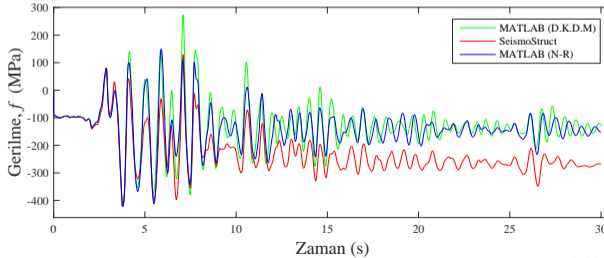
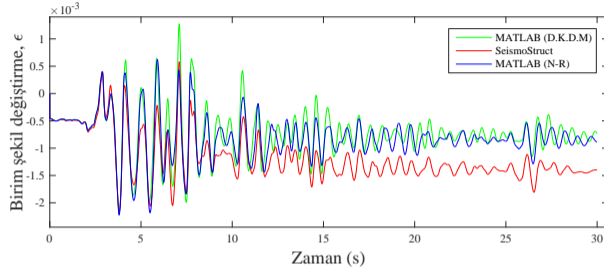


Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

SeismoStruct			MATLAB (N-R)				MATLAB (D.K.D.)			
Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %	Zaman s	B.Ş.D. mm/mm	Gerilme MPa	Hata Payı %
5.895	0.001	148.713	7.095	0.001	129.048	13.224	7.096	0.001	273.246	83.740
3.795	-0.002	-420.183	3.800	-0.002	-420.094	0.060	3.794	-0.002	-420.136	0.031



Karşılaştırmalar: Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)



Tek Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve

- Periyot değerleri SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Düğüm noktası deplasmanları SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Gerilme-Birim Şekil Değiştirme ilişkisi SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.

Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (1)

- Periyot değerleri SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Düğüm noktası deplasmanları SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Gerilme-Birim Şekil Değiştirme ilişkisi SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Beton malzemesinin yumuşama özelliği gözlemlenebilmiştir.

Betonarme Konsol Kolon ve Tek Katlı Tek Açıklıklı Betonarme Çerçeve (2)

- Periyot değerleri SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Düğüm noktası deplasmanları SeismoStruct yazılımı ile büyük ölçüde uyuşmaktadır.
- Gerilme-Birim Şekil Değiştirme ilişkisi SeismoStruct yazılımı ile arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bunun sebebi farklı çevrimsel davranışa sahip beton malzemesi kullanılmasıdır.
- Beton malzemesinin yumuşama özelliği gözlemlenebilmiştir.
- Dengelenmemiş Kuvvet Düzeltme Yöntemi içeren ve Newton-Raphson Yöntemi içeren programlar aynı sayıda yük adımına sahip dinamik yük altında birbirine yakın sonuçlar vermektedir.
- Dengelenmemiş Kuvvet Düzeltme Yöntemi içeren program ile, Newton-Raphson Yöntemi içeren programa göre iki kat daha hızlı sonuç alınabilmektedir.

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.