

MATLAB PROGRAMININ
DOĞRUSAL OLMAYAN DEPREM ANALİZLERİ İÇİN
PARALEL PROGRAMLAMAYA UYGUNLUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI

Fatih YILDIZ

Yüksek Lisans Tez Sunumu

25.08.2017

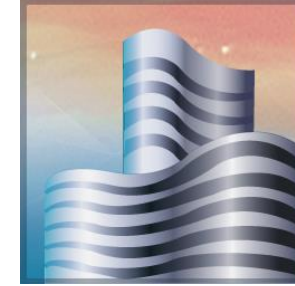
Giriş : Doğrusal Olmayan Analiz

- Pratikte Kullanım
 - Performans Değerlendirmesi
 - TDY 2007
 - FEMA 356, ASCE 41/13
 - Özel Yapılar
 - Yüksek Binalar
 - İzolatörlü Yapılar
 - Sönümleyici
- Ticari Programlar : Perform, Sap2000, Etabs, Ansys, Abaqus, Ls-Dyna



 **ABAQUS**

PERFORM^{3D}



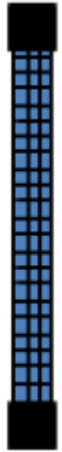
 **LS-DYNA**

Giriş : Doğrusal Olmayan Analiz

- Araştırma Programları :
 - IDARC 2D (University at Buffalo-SUNY ,1987)
 - DRAIN 2DX (California University,1988)
 - Opensees (Berkeley University of California ,1997)

Giriş : Doğrusal Olmayan Modelleme

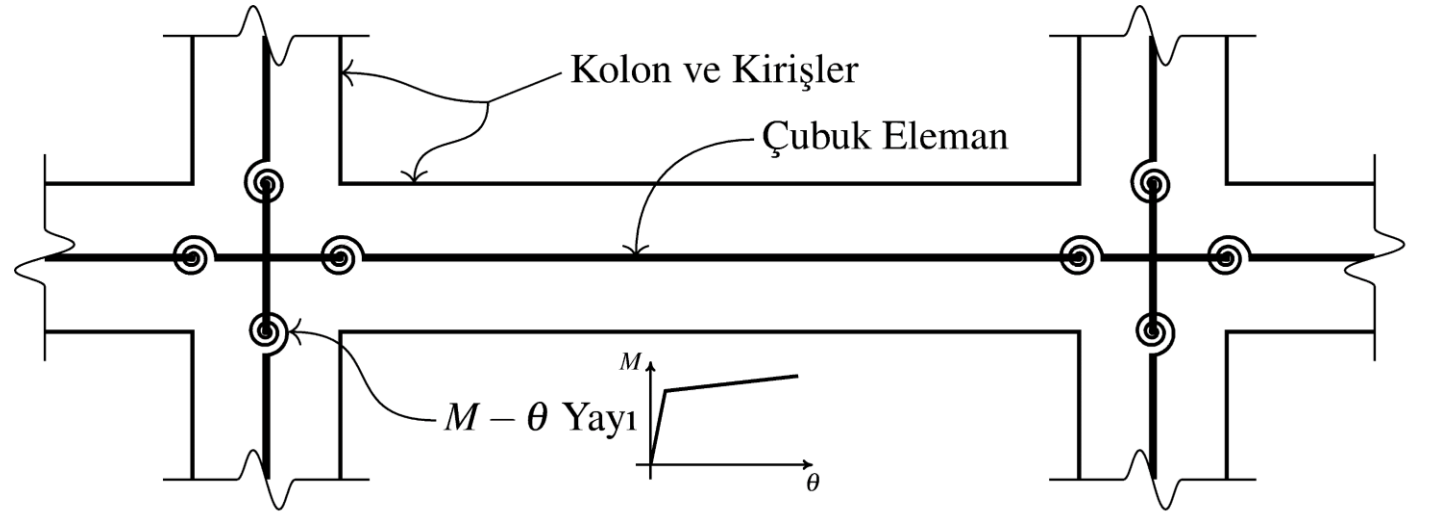
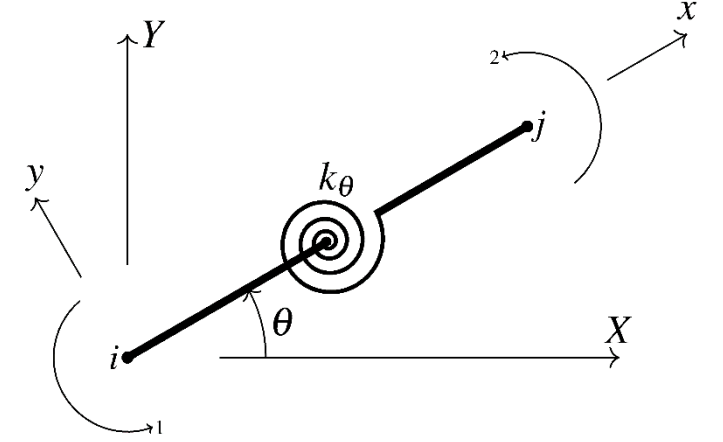
- Yığılı Modelleme
- Yayılı Modelleme
- Sürekli Modelleme



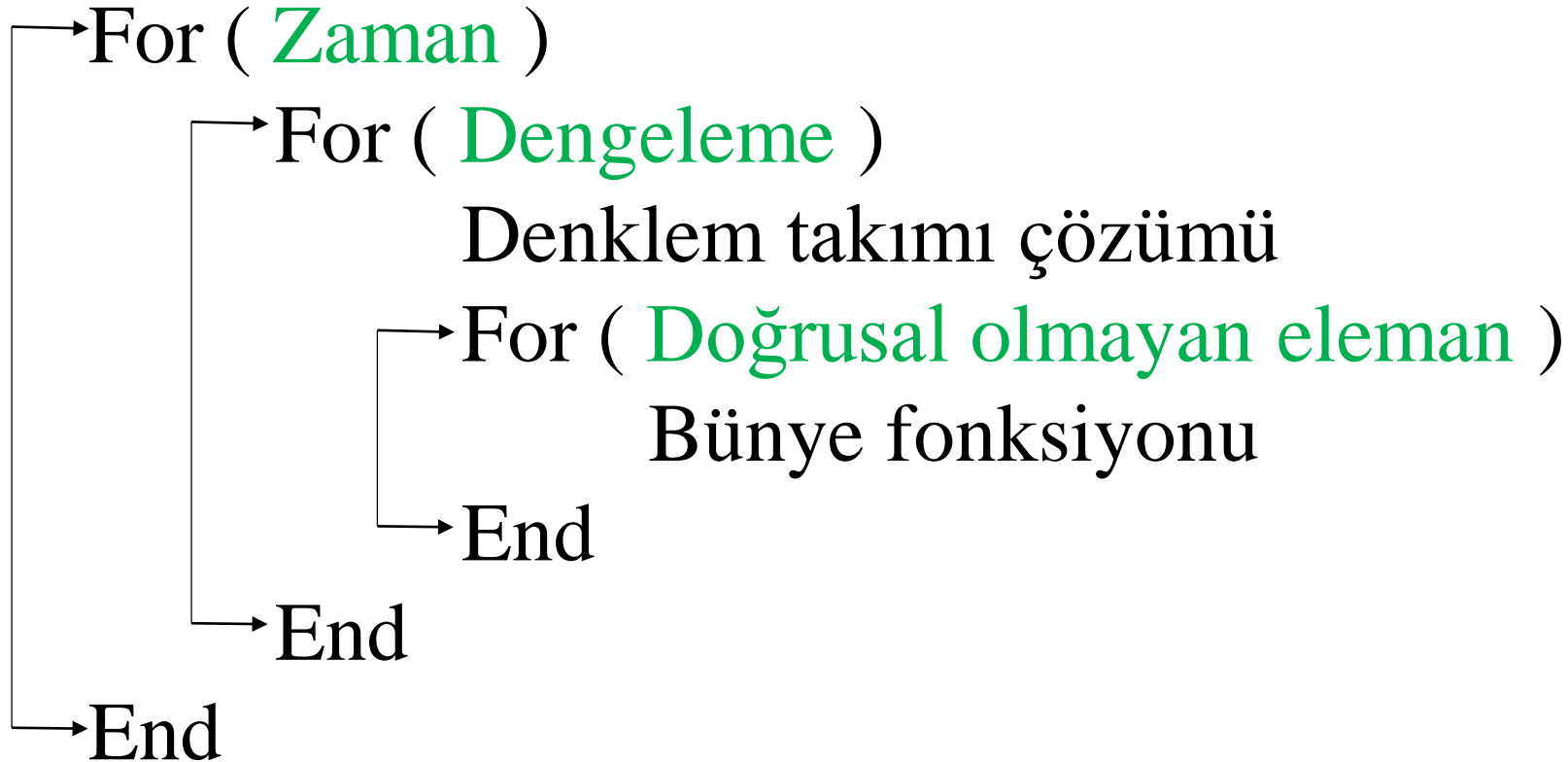
Doğruluk ve çözüm süresi artar.

Giriş : Yığılı Modelleme

- Kolon ve kirişlere yay eleman eklenir.
- Hızlıdır fakat davranışı kabaca ifade eder.
- Yaylar moment-dönme etkileşimini simüle eder.
- Yaylar kolon ve kiriş yüzeylerindedir.

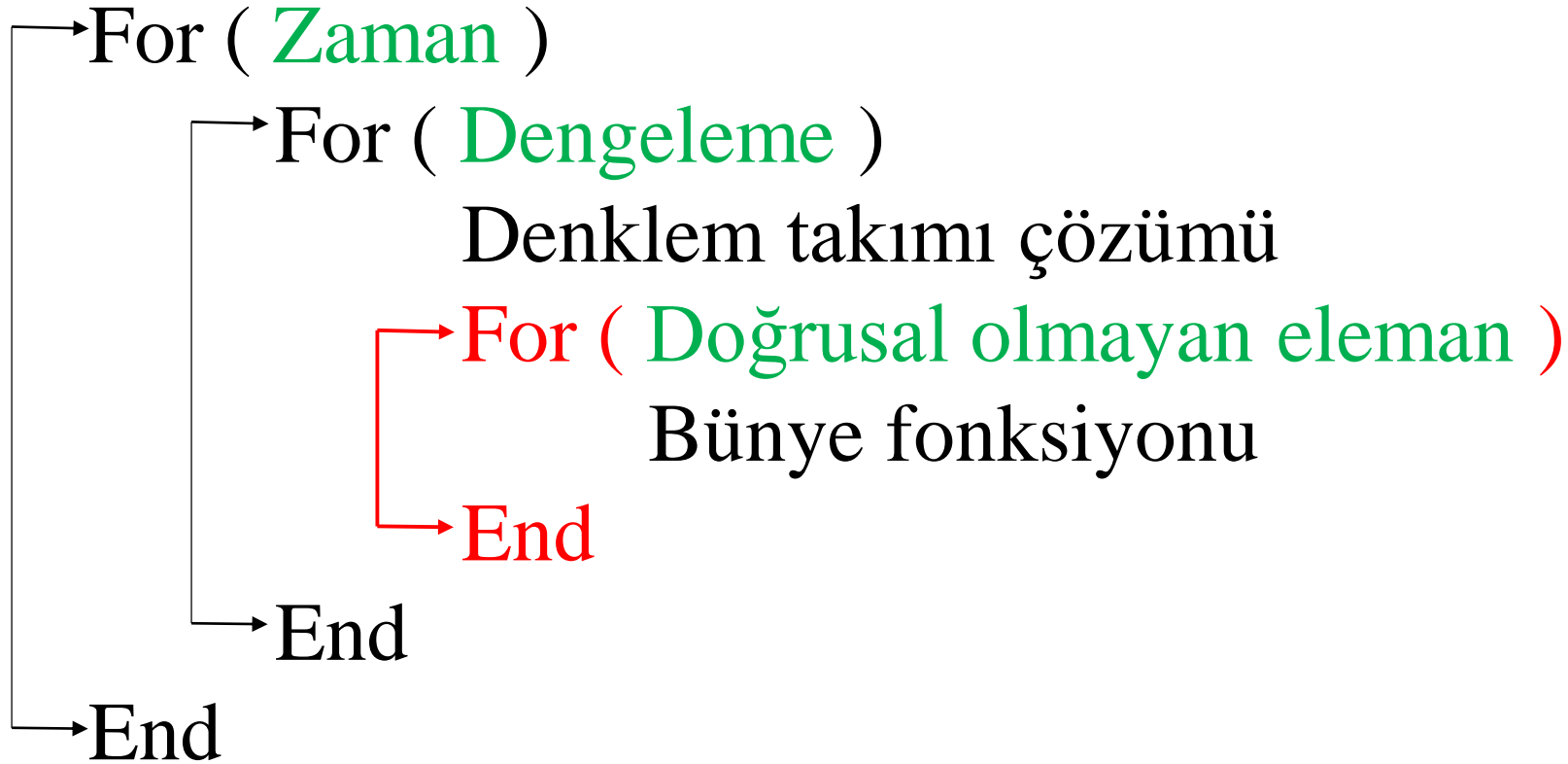


Giriş : Yığılı Modelleme



Doğrusal olmayan analiz programı algoritması for döngüsü

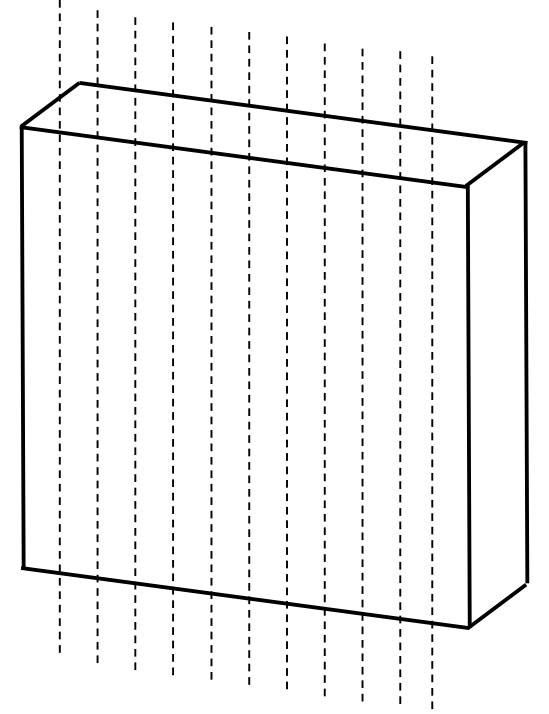
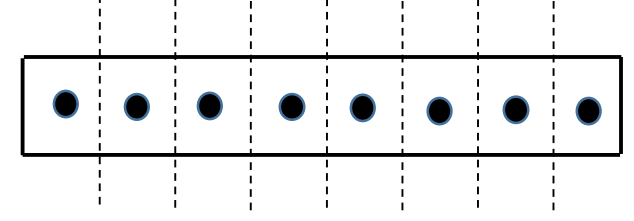
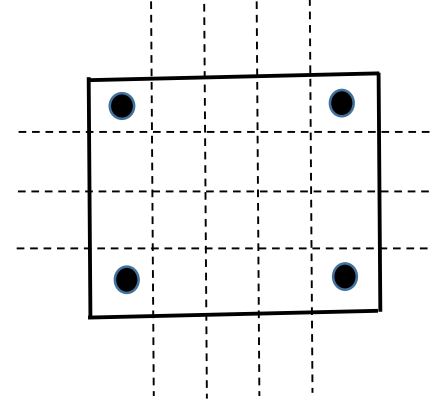
Giriş : Yığılı Modelleme



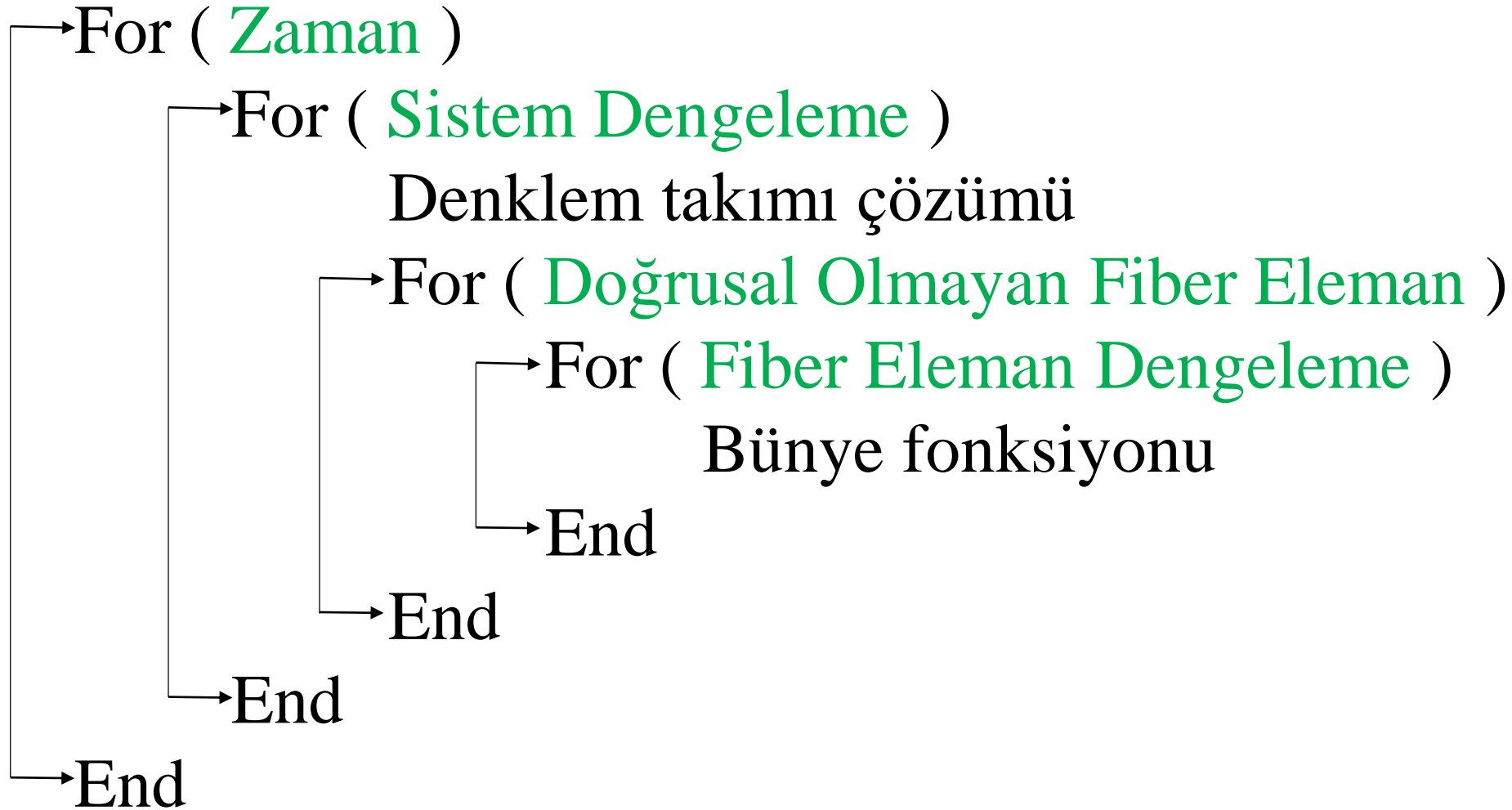
Doğrusal olmayan analiz programı algoritması for döngüsü

Giriş : Yayılı Modelleme

- Kolon ve perde elemanlar küçük parçalara ayrılır.
- Yavaşdır fakat davranışı daha gerçekçi yansıtır.
- Her küçük parçaya doğrusal olmayan bünye fonksiyonu (çift-doğrusal, takeda, bouc-wen..vb) verilir.

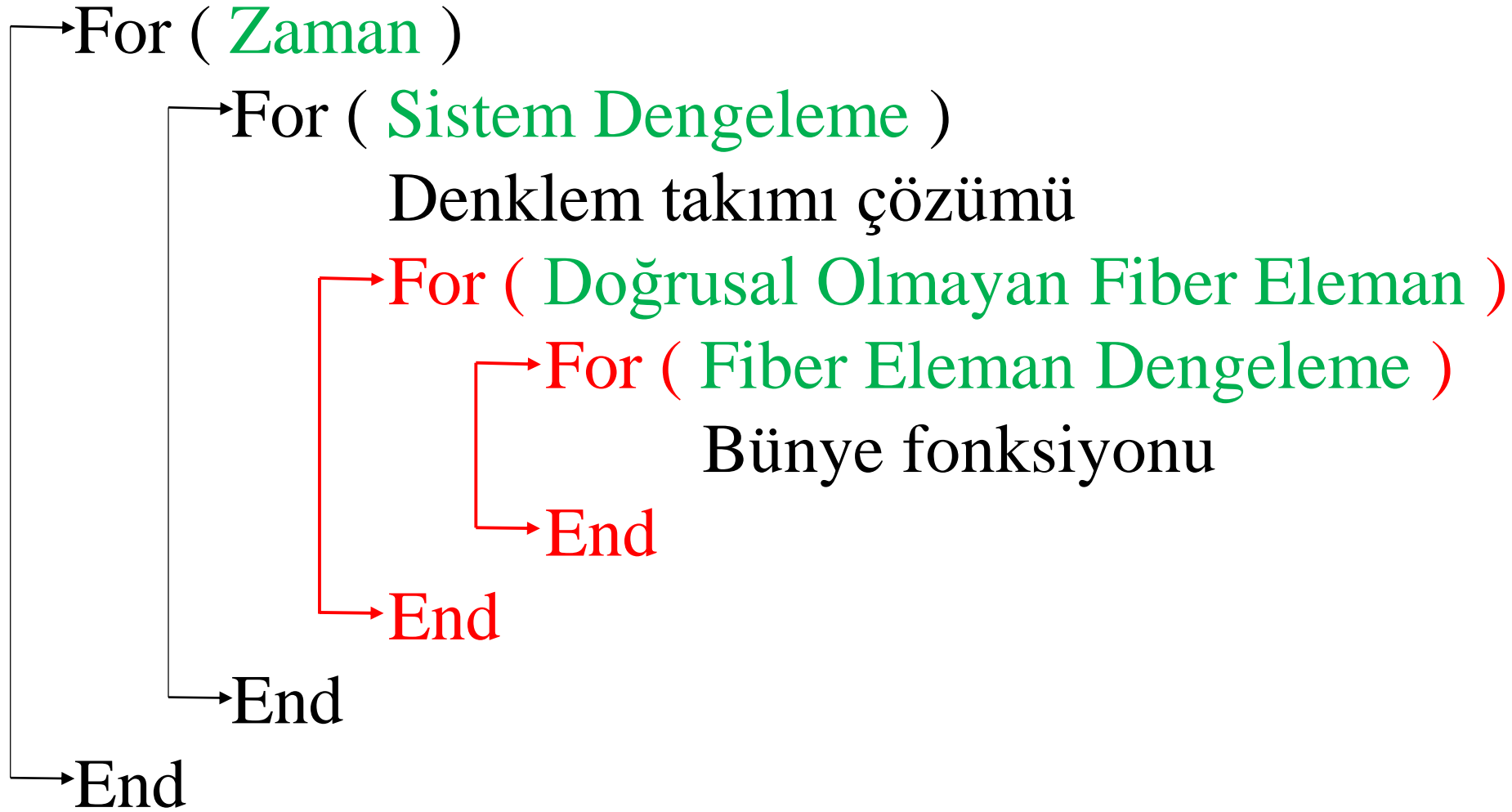


Giriş : Yayılı Modelleme



Doğrusal olmayan fiber analiz programı algoritması for döngüsü

Giriş : Yayılı Modelleme



Doğrusal olmayan fiber analiz programı algoritması for döngüsü

Giriş : Hızlandırma Yöntemi

Paralel Programlama

- Denklem takımı çözümü
 - Domain decomposition

Denklem takımı çözümünü paralel programlama işleyen uygulamalar:

- Intel (Xeon Phi Processors- Many Integrated Core Architecture)
- NAG (The NAG MPI Parallel Library)

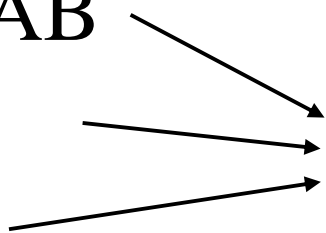
Doğrusal olmayan analize uygulaması : OpenSees

Giriş : Programlama Dilleri

Ticari uygulama geliştirmek için kullanılan diller:

- C
- C++
- Fortran

Bilimsel çalışma yapmak için kullanılan diller:

- MATLAB
 - Python
 - Julia
- Yeni nesil diller**
- 

Giriş : Problemin Tanımı

- Doğrusal olmayan analizlerde çok fazla elemanın olması
- Bünye denklemlerinin simülasyonunun zaman alması
- Yeni nesil dillerin doğrusal olmayan deprem analizleri için paralel programlamaya uygunluğunun belirgin olmaması
- Paralel programlama kullanımına (hızlandırmaya) yönelik çalışmaların çok az olması

Giriş : Amaç, Kapsam ve Yöntem

Amaç :

- Matlab programı ile doğrusal olmayan deprem analiz programının yazılması
- Bünye fonksiyonlarının Matlab ile paralelleştirilmesinin araştırılması

Kapsam :

- Matlab programı paralel programlama araç kutusu ve fonksiyonları
- 10, 25, 50, 75, 100 katlı 4 açıklıklı betonarme çerçeve sistemler

Giriş : Amaç, Kapsam ve Yöntem

Yöntem :

- Diferansiyel dinamik denklemin çözümü için sayısal yöntem olarak Newmark- β 'nin kullanımını
- Doğrusal olmayan analizlerde kuvvet dengelemesi için dengelenmemiş kuvvet düzeltme metodu
- Doğrusal olmayan model olarak yığılılı plastisite
- Matlab programında yazılan programın Sap2000 doğrulanması
- Matlab'de paralel hesaplama araç kutusu

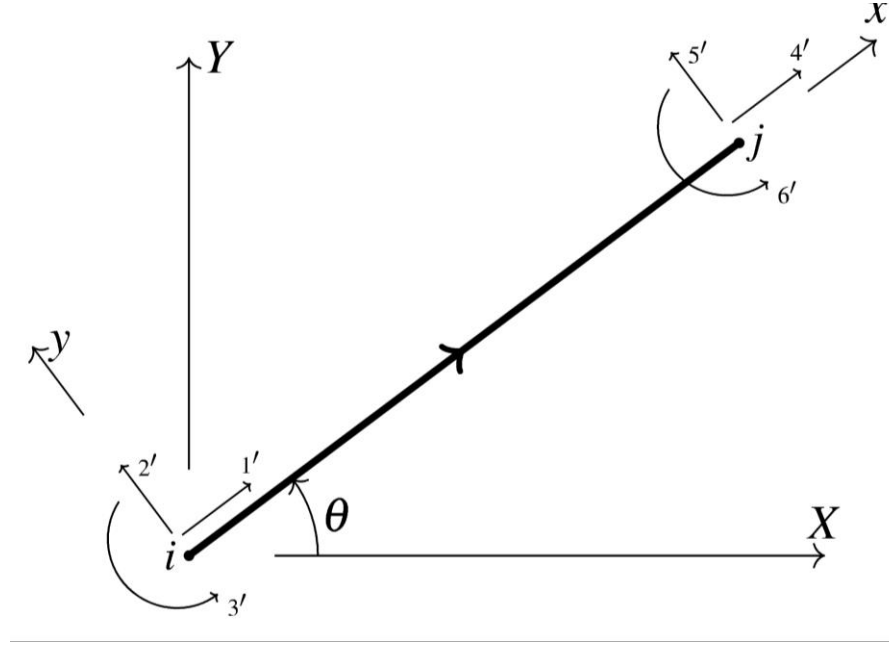
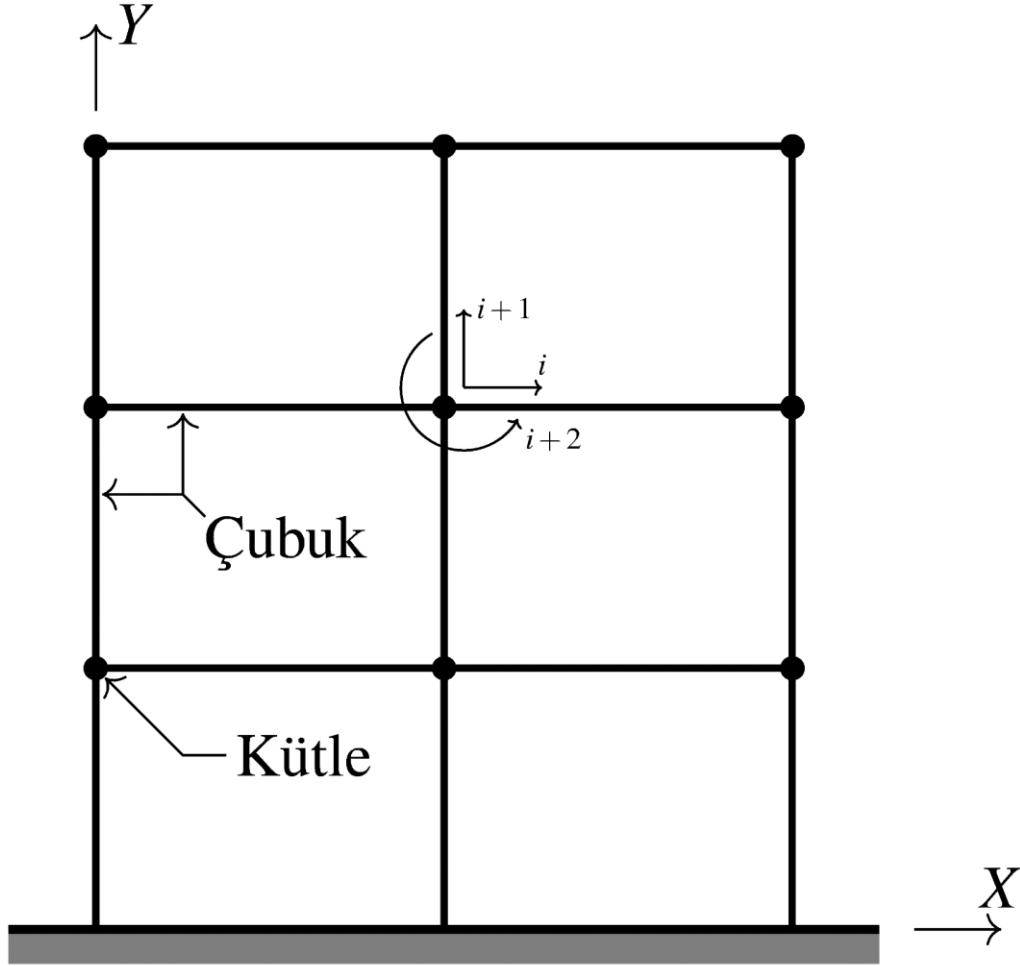
Sunum İçeriği

1. **Bölüm** : Doğrusal Olmayan Model ve Analiz
2. **Bölüm** : Matlab'de Geliştirilen Programlar ve Analiz Sonuçları
3. **Bölüm** : Paralel Programlama
4. **Bölüm** : Sonuç ve Öneriler

Sunum İçeriği

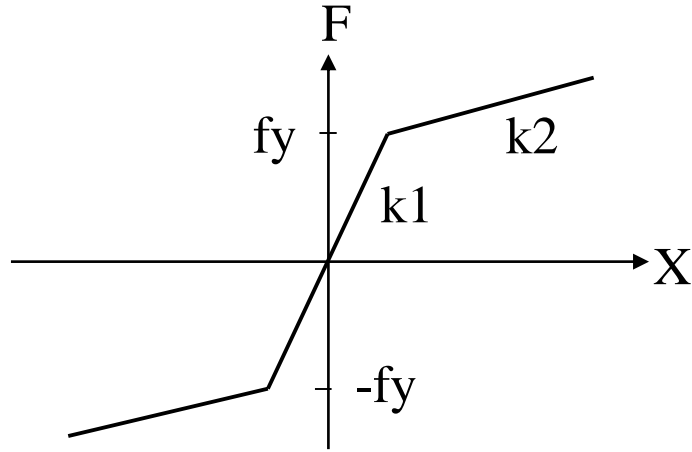
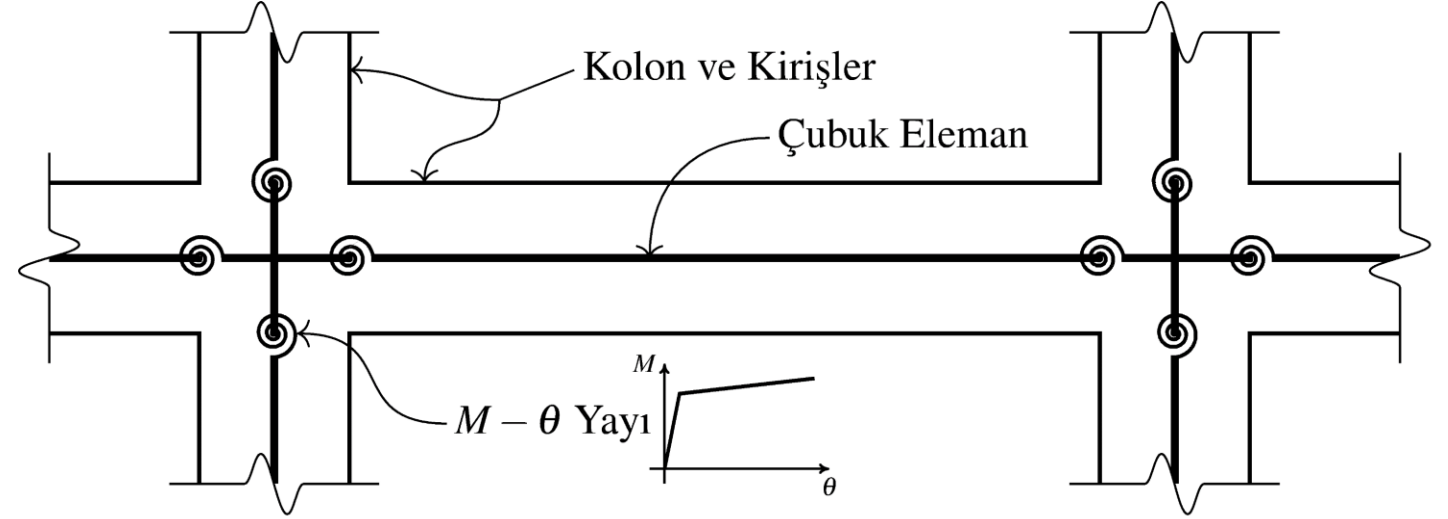
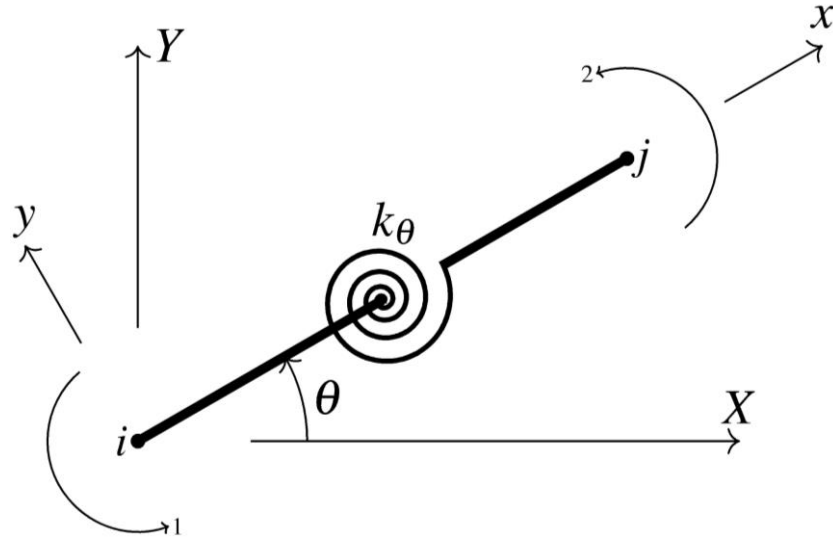
- 1. Bölüm** : Doğrusal Olmayan Model ve Analiz
2. Bölüm : Matlab'de Geliştirilen Programlar ve Analiz Sonuçları
3. Bölüm : Paralel Programlama
4. Bölüm : Sonuç ve Öneriler

Doğrusal Olmayan Modelleme : Çerçeve Sistem



- Çubuk ve yay elemanlardan çerçeve sistem oluşturulur.

Doğrusal Olmayan Modelleme : Yay elemanlar



- Yay elemanlar kolon ve kirişlerin yüzeylerine eklenir.
- Tez kapsamında çift-doğrusal ve takeda modelleri kullanılmıştır.

Doğrusal Olmayan Analiz : Kütle, Rijitlik ve Sönüm Matrisleri

Çubuk ve yay eleman rijitlik matrisleri

$$\mathbf{d}' = \begin{Bmatrix} d'_1 \\ d'_2 \\ d'_3 \\ d'_4 \\ d'_5 \\ d'_6 \end{Bmatrix} \quad \mathbf{f}' = \begin{Bmatrix} f'_1 \\ f'_2 \\ f'_3 \\ f'_4 \\ f'_5 \\ f'_6 \end{Bmatrix} \quad \mathbf{k}' = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

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

$$\mathbf{d} = \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{Bmatrix}$$

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

$$\mathbf{f} = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix}$$

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

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \bar{\mathbf{T}} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \bar{\mathbf{T}} \end{bmatrix} \quad \bar{\mathbf{T}} = \begin{bmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$\mathbf{d}', \mathbf{f}', \mathbf{k}'$: Lokal koordinat sistemindeki değerler

$\mathbf{d}, \mathbf{f}, \mathbf{k}$: Global koordinat sistemindeki değerler

$\mathbf{d}, \mathbf{f}, \mathbf{k}$: Global koordinat sistemindeki değerler

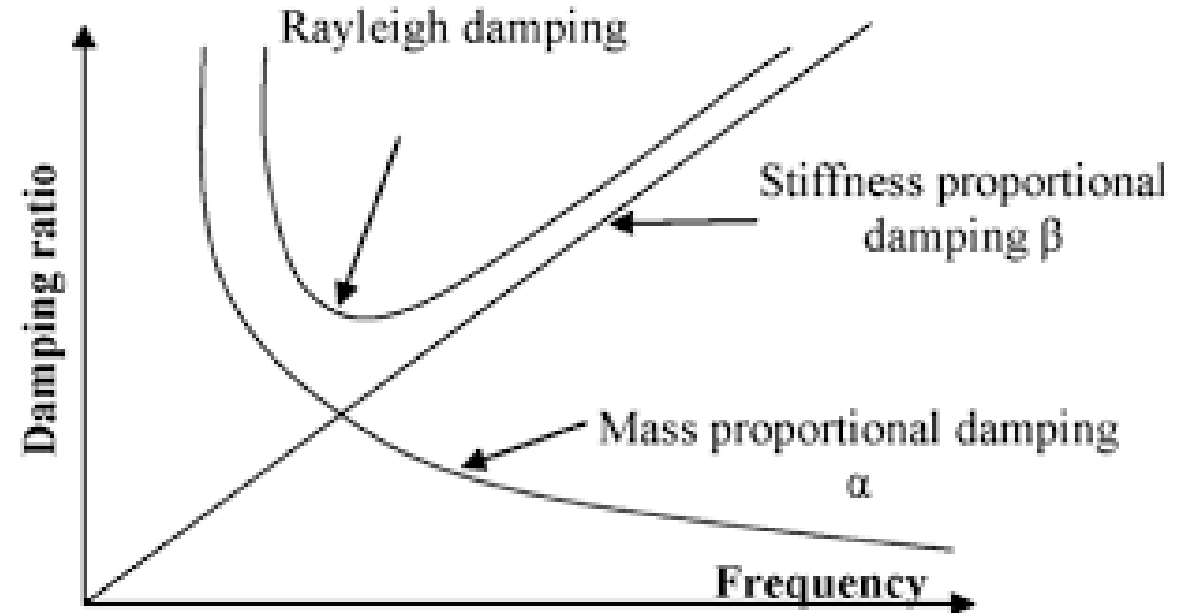
Doğrusal Olmayan Analiz : Kütle, Rijitlik ve Sönüm Matrisleri

Rayleigh sönümleme matrisi

$$C = \alpha M + \beta K$$

$$\xi_n = \frac{1}{2\omega_n} \alpha + \frac{\omega_n}{2} \beta$$

$$\begin{bmatrix} \xi_i \\ \xi_j \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{1}{\omega_i} & \omega_i \\ \frac{1}{\omega_j} & \omega_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix}$$



Doğrusal Olmayan Analiz : Dinamik Analiz

Doğrusal Olmayan Deprem Analizi Diferansiyel Denge Denklemi

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

$\mathbf{x}(t)$: zemine göre röletif olan yerdeğiřtirmeleri ve dönmeler

\mathbf{M} : kütle matrisi

\mathbf{C} : sönümleme matrisi

\mathbf{K} : doğrusal elemanlardan gelen rijitlik matrisi

$\mathbf{F}_s(t)$: doğrusal olmayan eleman kuvvetleri

$\mathbf{P}(t)$: dış kuvvet vektörü

Doğrusal Olmayan Analiz : Newmark- β

1) Denklemin t anındaki hali ve $t + \Delta t$ anındaki halinden çıkarılırsa aşağıdaki denklem elde edilir:

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

2) Burada $\Delta[]^t$, büyüklüğün $t + \Delta t$ ve t anlarındaki değerleri arasındaki farkı göstermektedir. Hareket denklemini Newmark- β yöntemi ile aşağıda gösterilen artımsal ve cebirsel forma çevrilebilir:

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

3) Burada, β ve γ Newmark parametreleridir. Analizde, her zaman adımında artımsal doğrusal olmayan kuvvet için bir kabul yapılır. Bu kabul, doğrusal olmayan elemanların tanjant rijitliği üzerinden olabilir. Bu durumda

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

Doğrusal Olmayan Analiz : Kuvvet Dengeleme

4) Kabul edilen yer değiştirme için, bünye fonksiyonlarından doğrusal kuvvet $\Delta \mathbf{F}^{t,\text{çiftdoğ}}$ hesaplanabilir. Bu durumda, t adımı için dengelenmemiş kuvvet şu şekilde olur:

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

5) Dengelenmemiş kuvvet bir sonraki zaman adımında ek dış kuvvet olarak yapıya etkilerek sistem çözülür:

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

Sunum İçeriği

1. Bölüm : Doğrusal Olmayan Model ve Analiz
- 2. Bölüm : Matlab'de Geliştirilen Programlar ve Analiz Sonuçları**
3. Bölüm : Paralel Programlama
4. Bölüm : Sonuç ve Öneriler

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Statik Analiz Programı

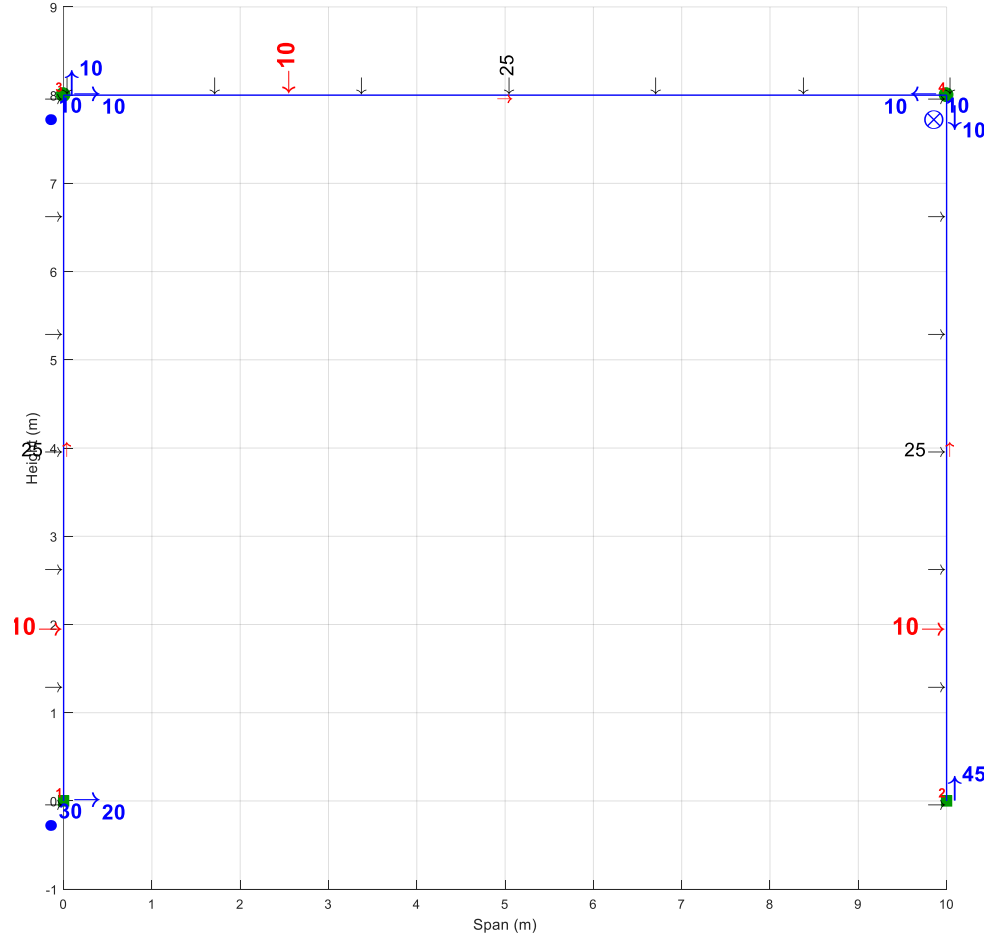
Matlab programı ile çözülecek bazı çerçeve sistemler sap2000 paket programı ile de çözülecek ve sonuçlar kıyaslanacaktır. Fakat dikkat edilmesi gereken bir konu vardır. Sap2000 programının yön kabulleri ile matlab programının yön kabulleri aynı değildir. Bunun için hesaplanan değerler aynı olsada işaretlerinde farklılıklar olabilmektedir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise matlab programı ile elde ettiğimiz M, N, T değerleri çubuk elemanların ucunda oluşan değerlerdir. Çubuk elemanın orta bölgelerindeki değerleri hesaplanmamıştır. Kıyaslama yapılırken sap2000 grafiklerinde gösterilen M, N, T değerlerinin sadece uç bölgelerine bakılacak buralar dikkate alınacaktır. Yukarıda da bahsettiğimiz gibi işaretleri farklı olabilir.

Örnek Analiz Sonuçları :

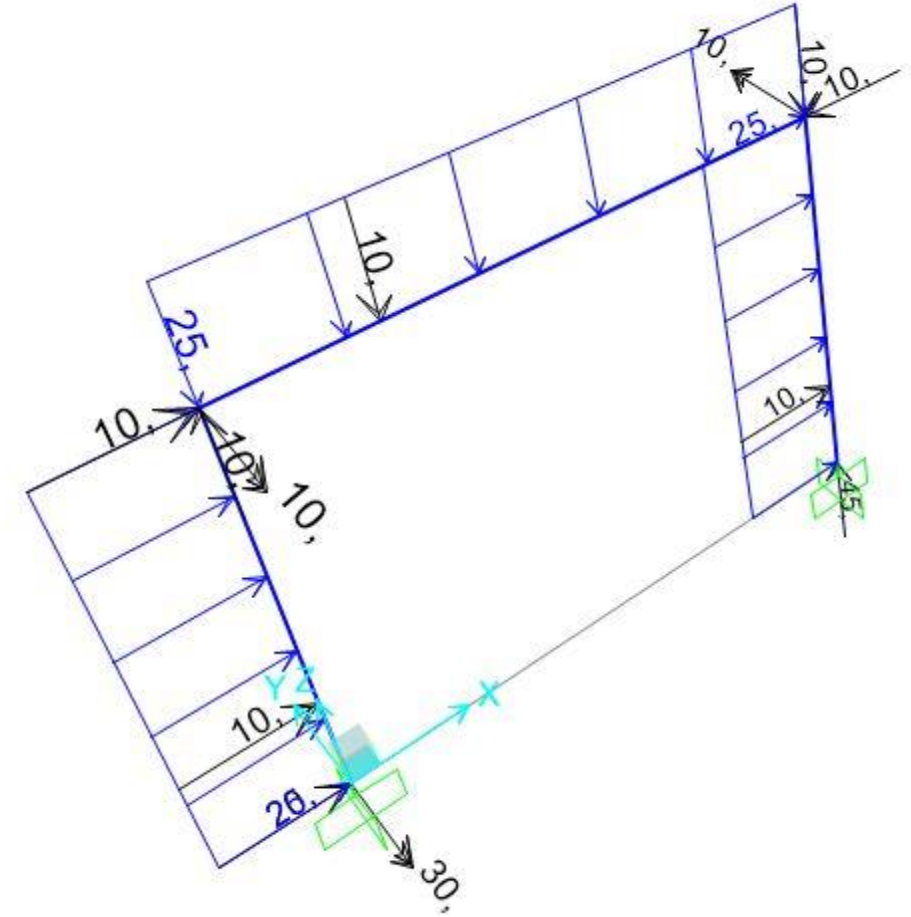
Çubuk elemanlara yapılan yüklemeler noktasal olarak 10 kN ve yayılı olarak 25 kN olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra 1. Düğüm noktasına pozitif Y yönünde 0.01 m çökme verilmiştir. 2. Düğüm noktasına ise negatif X yönünde 0.05 m ve pozitif dönme yönünde 0.002 radyanlık dönme verilmiştir Aynı işlemler Sap2000 paket programında da yapıp her iki programın sonuçları kıyaslanmıştır.

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Statik Analiz Programı

Matlab Sonuçları

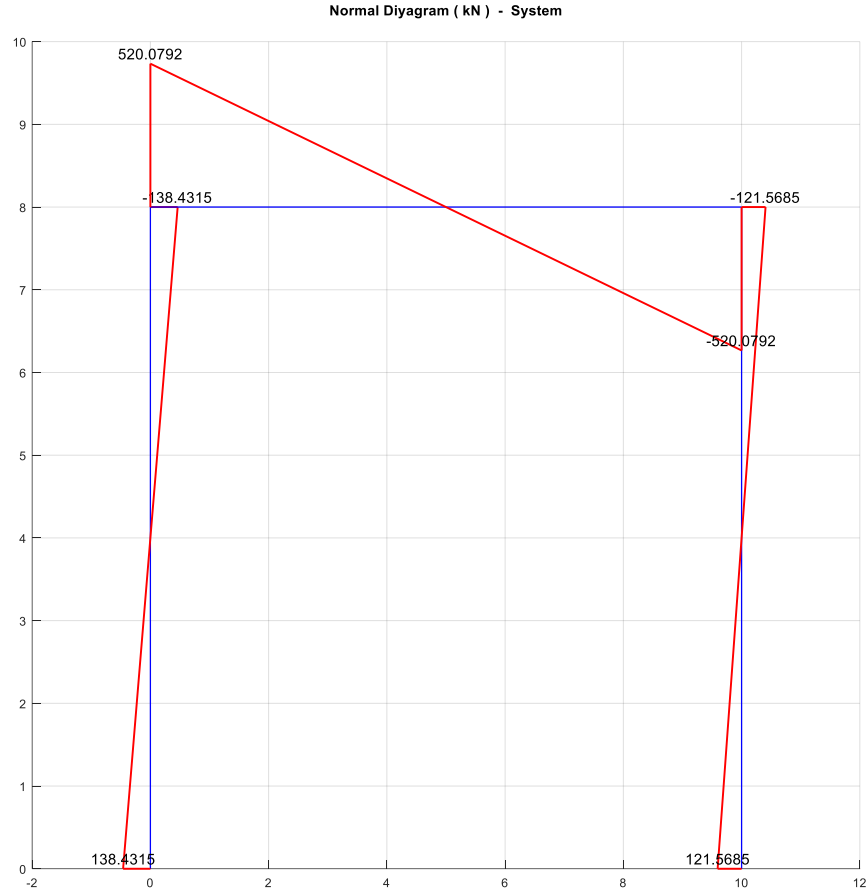


Sap2000 Sonuçları

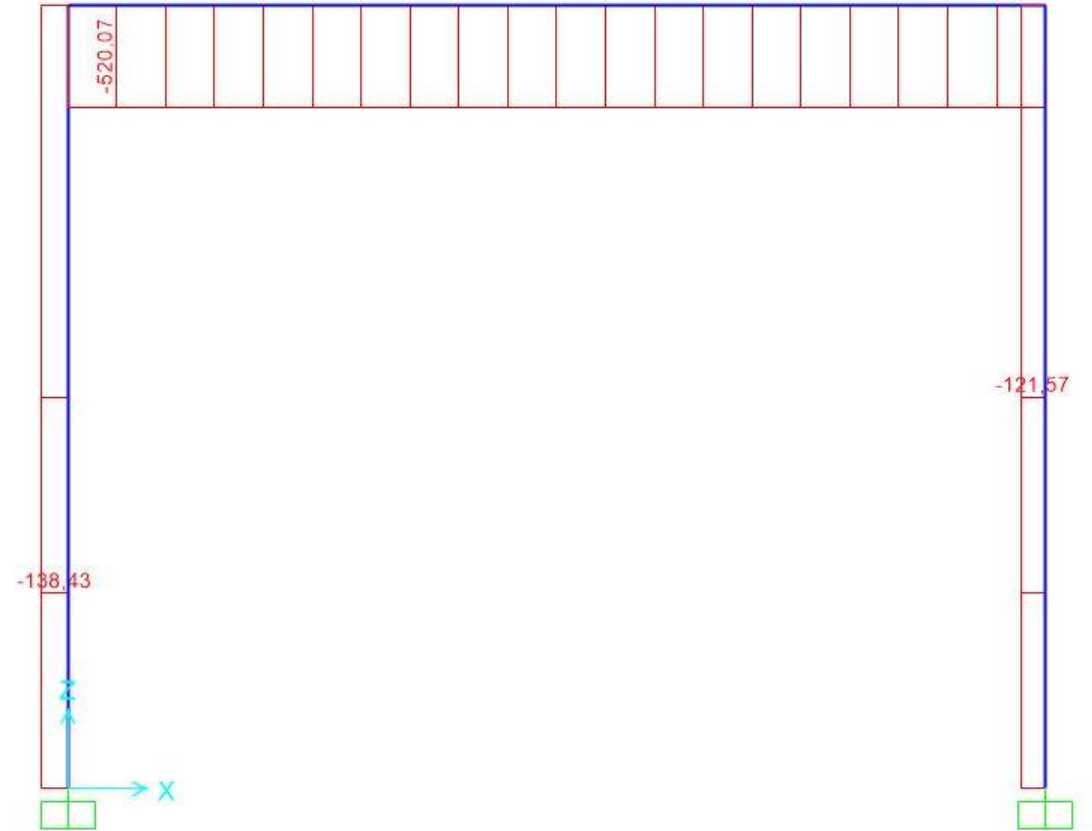


Geliştirilen Programlar : Doğrusal Statik Analiz Programı

Matlab Sonuçları

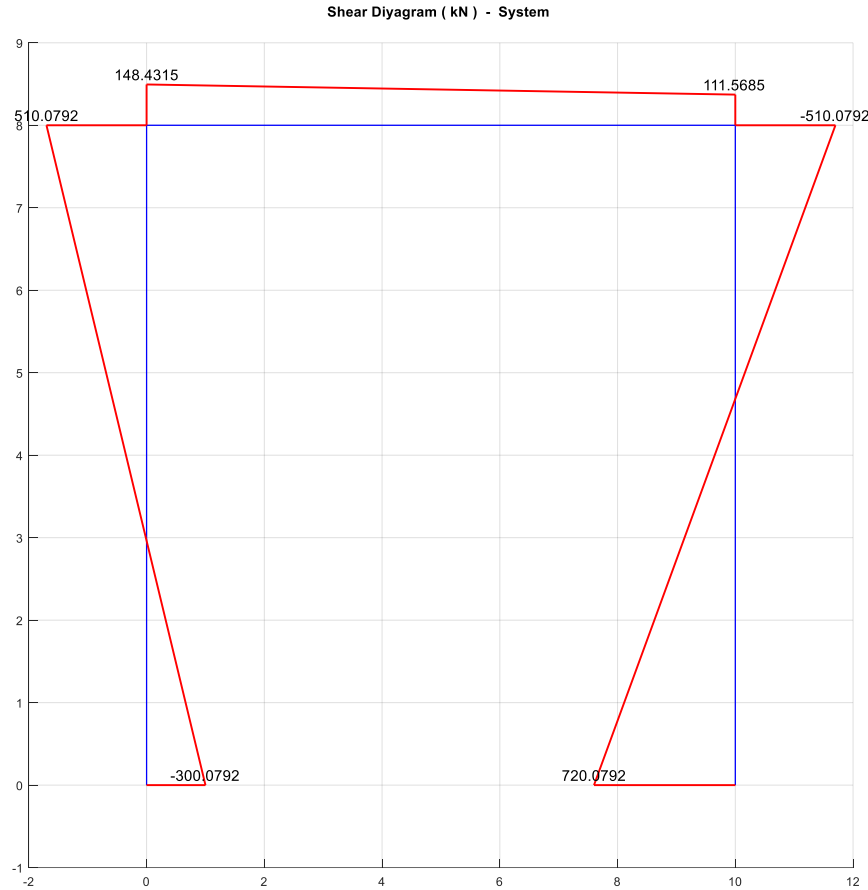


Sap2000 Sonuçları

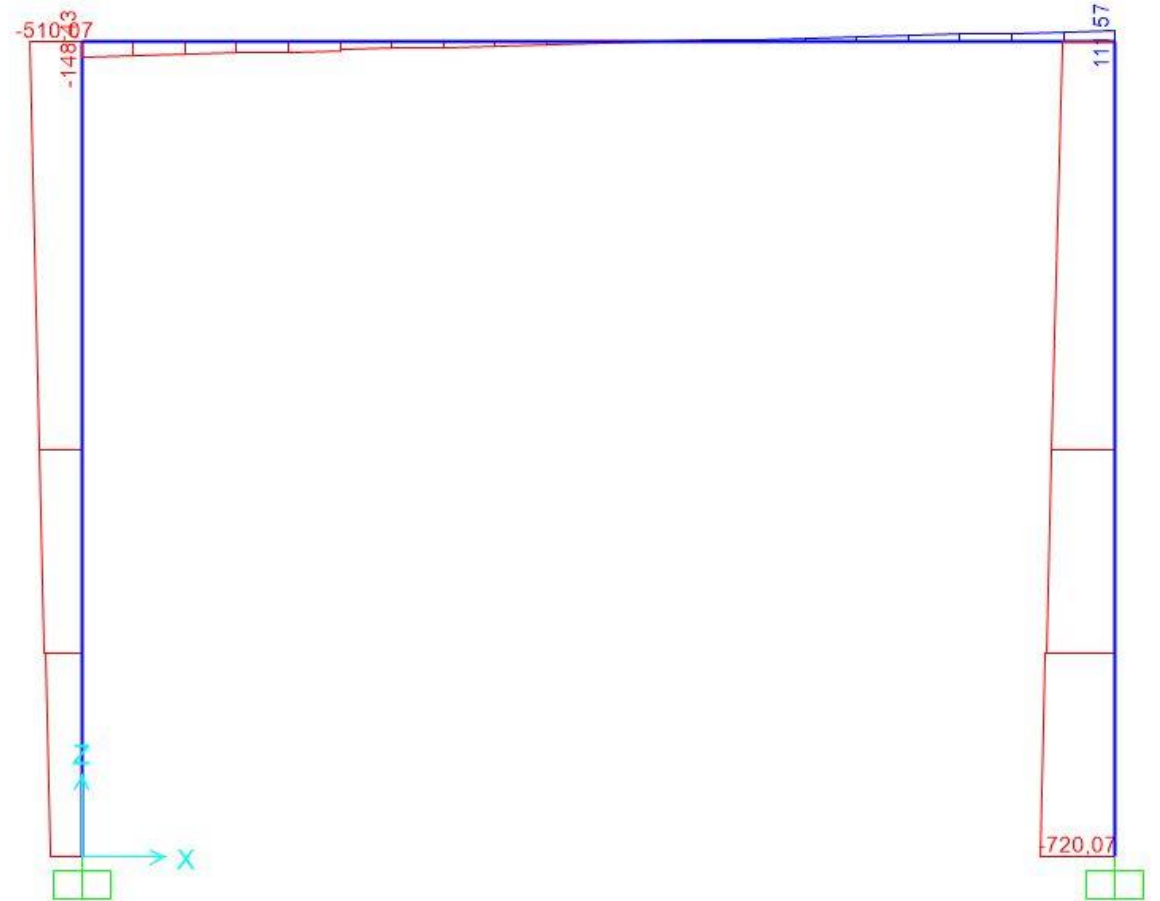


Geliştirilen Programlar : Doğrusal Statik Analiz Programı

Matlab Sonuçları

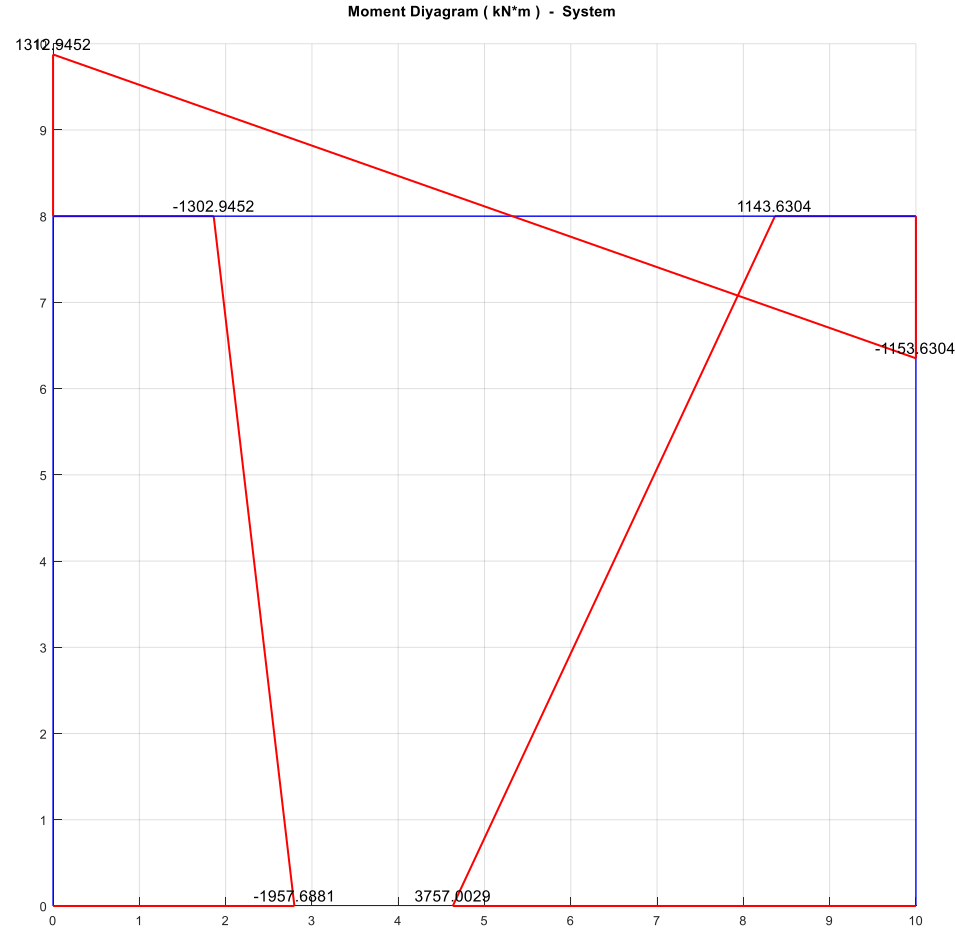


Sap2000 Sonuçları

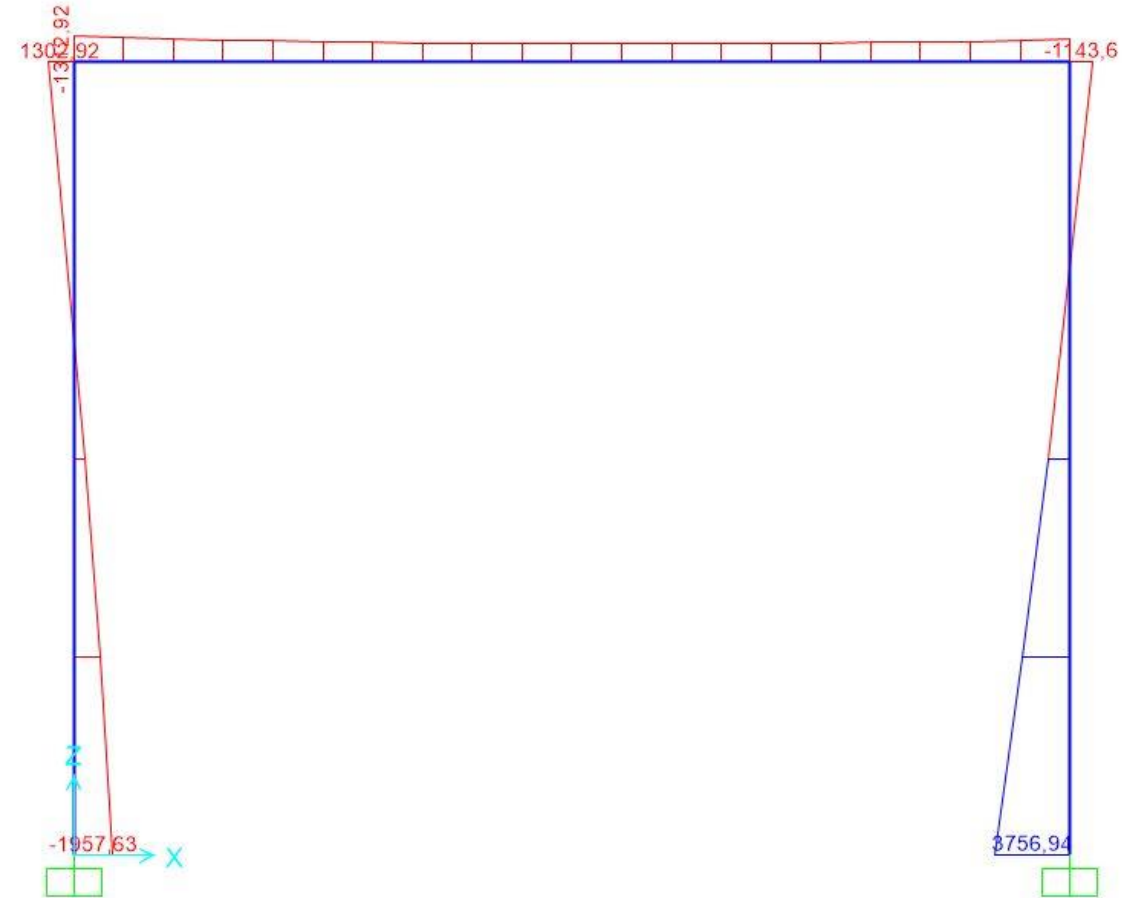


Geliştirilen Programlar : Doğrusal Statik Analiz Programı

Matlab Sonuçları

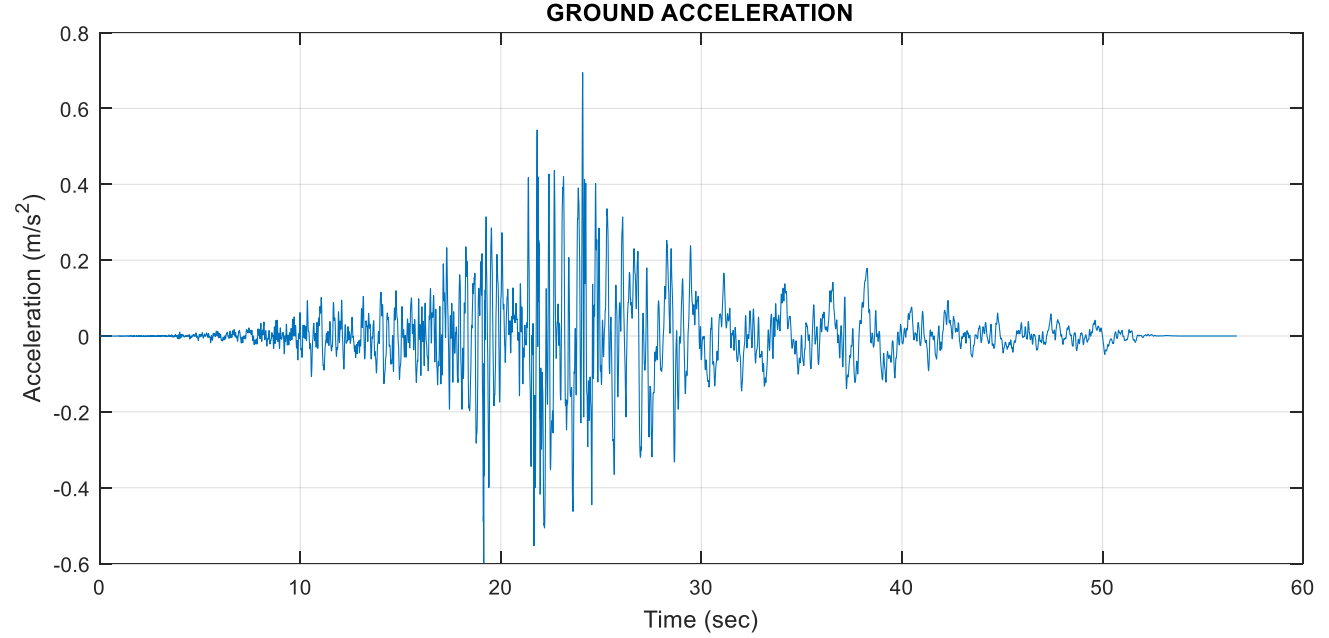


Sap2000 Sonuçları



Geliştirilen Programlar : Doğrusal Deprem Analiz Programı

Matlab programında hazırlanan doğrusal deprem analiz programı için hazırlanan örnekte 6 metre uzunluğunda 3 açıklıklı 3 metre yüksekliğinde 5 katlı basit bir yapı tercih edilmiştir. Elastisite modülü olarak $3e7 \text{ kN/m}^2$, kolon 60 cm eninde ve derinliğinde, kiriş ise 60 cm yüksekliğinde 40 cm derinliğinde belirlenmiştir. Rayleigh katsayılarını hesaplamak için girilen sönüm oranları ise %5 olarak tanıtılmıştır. Deprem kaydı olarak kuvvetli yer hareketi olan 'darfield' kaydı kullanılmıştır. Bütün bu girdilerden sonra program çalıştırılmış ve sonuçlar alınmıştır.

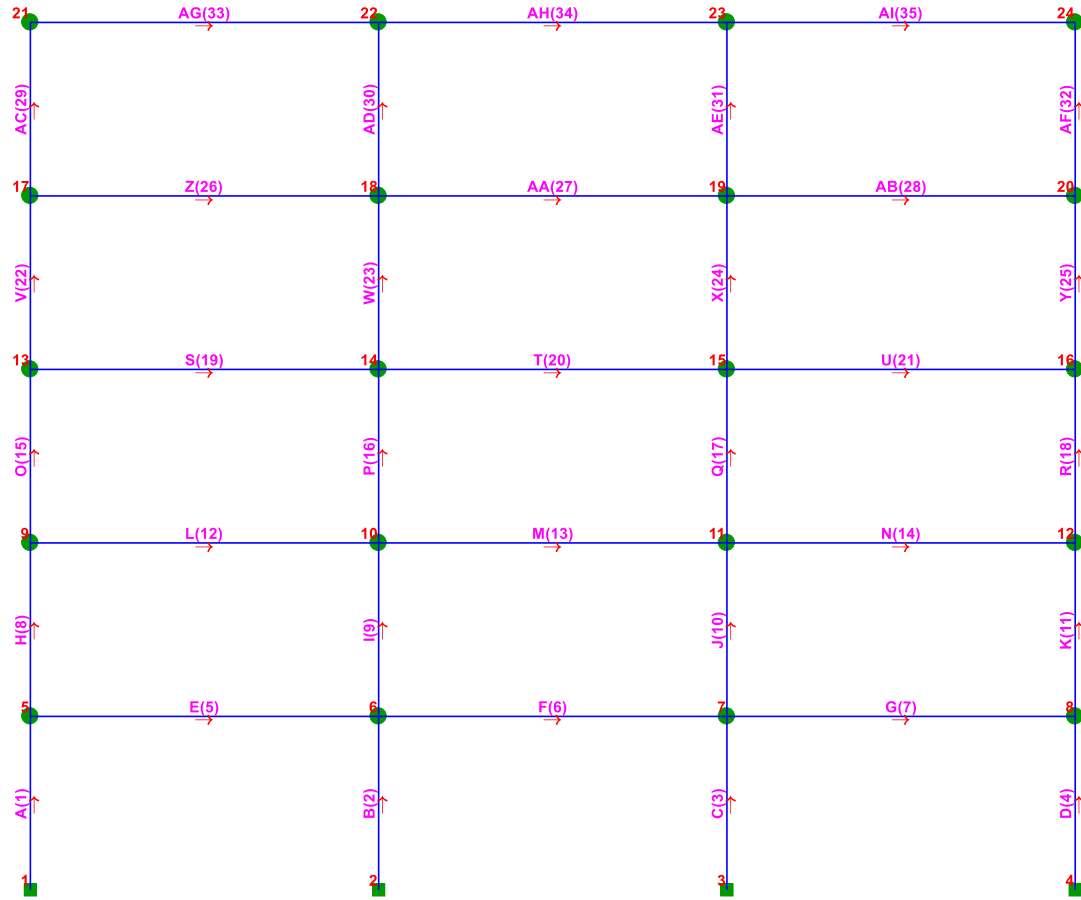


Darfield deprem kaydı ivme değerleri

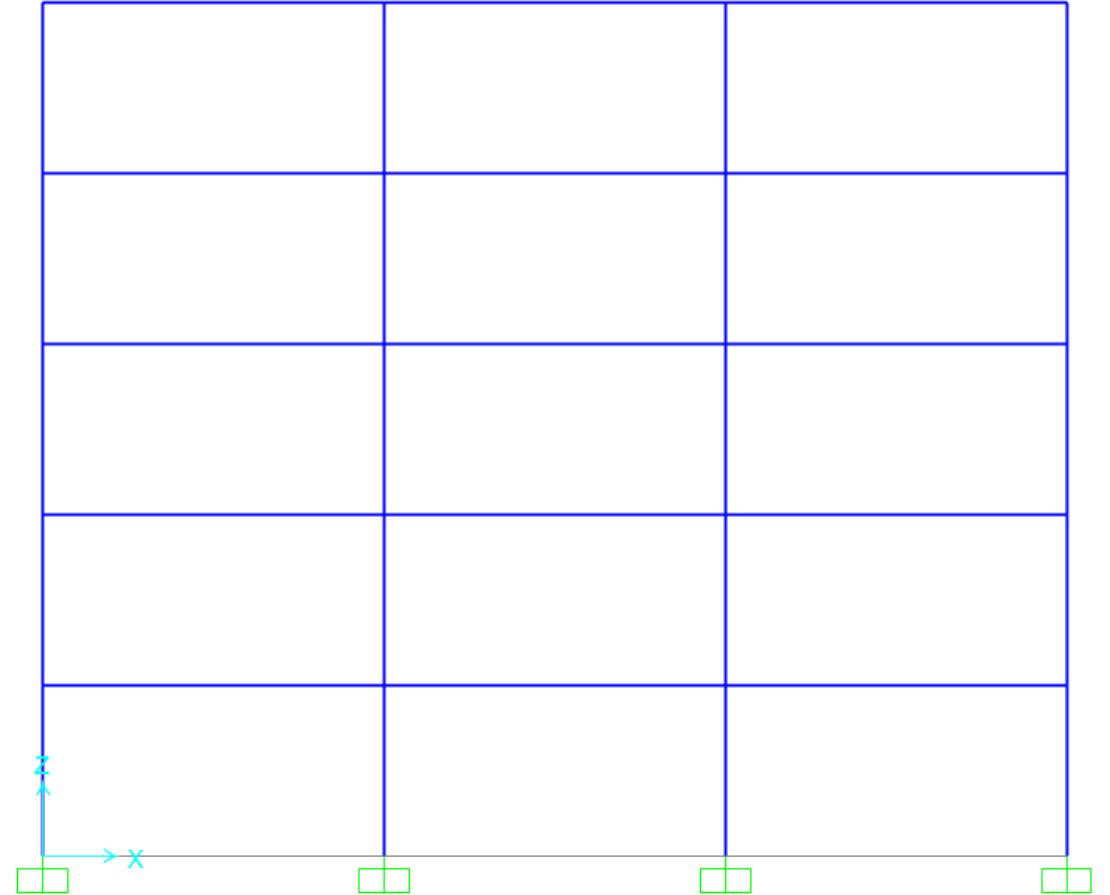
Yukarıda bahsedilen parametreler aynı değerleri ile Sap2000 paket programına da girilerek çözdürülmüştür. Her iki program sonuçları kıyaslanmıştır.

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Deprem Analiz Programı

Matlab Sonuçları



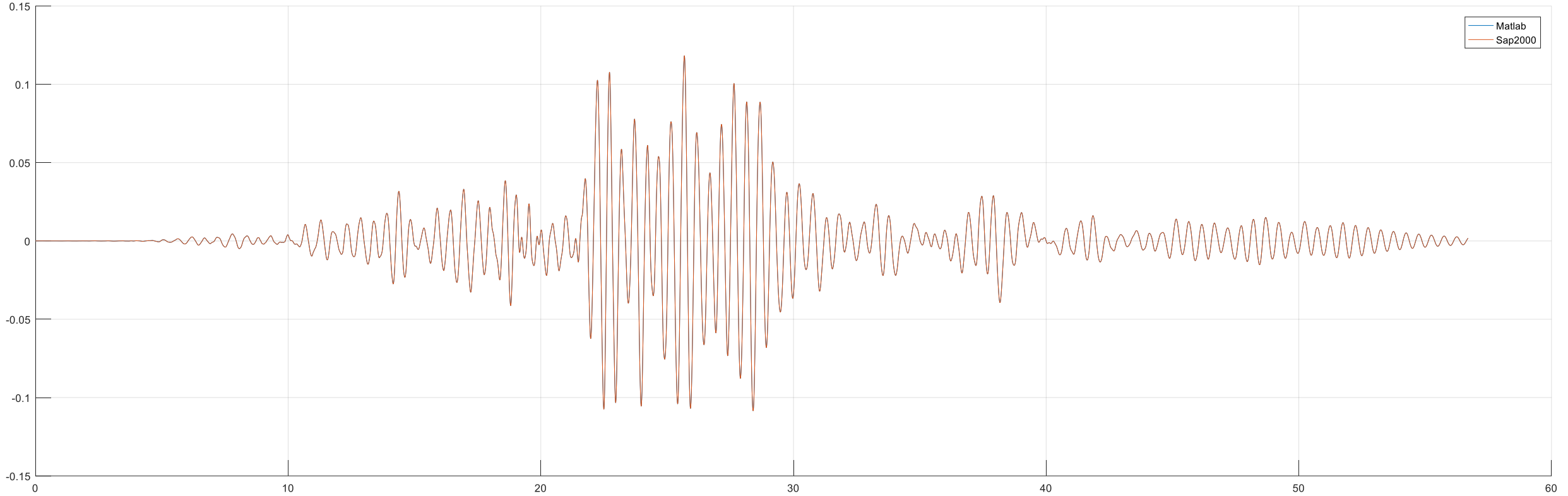
Sap2000 Sonuçları



Geliştirilen Programlar : Doğrusal Deprem Analiz Programı

Matlab Sonuçları

Sap2000 Sonuçları

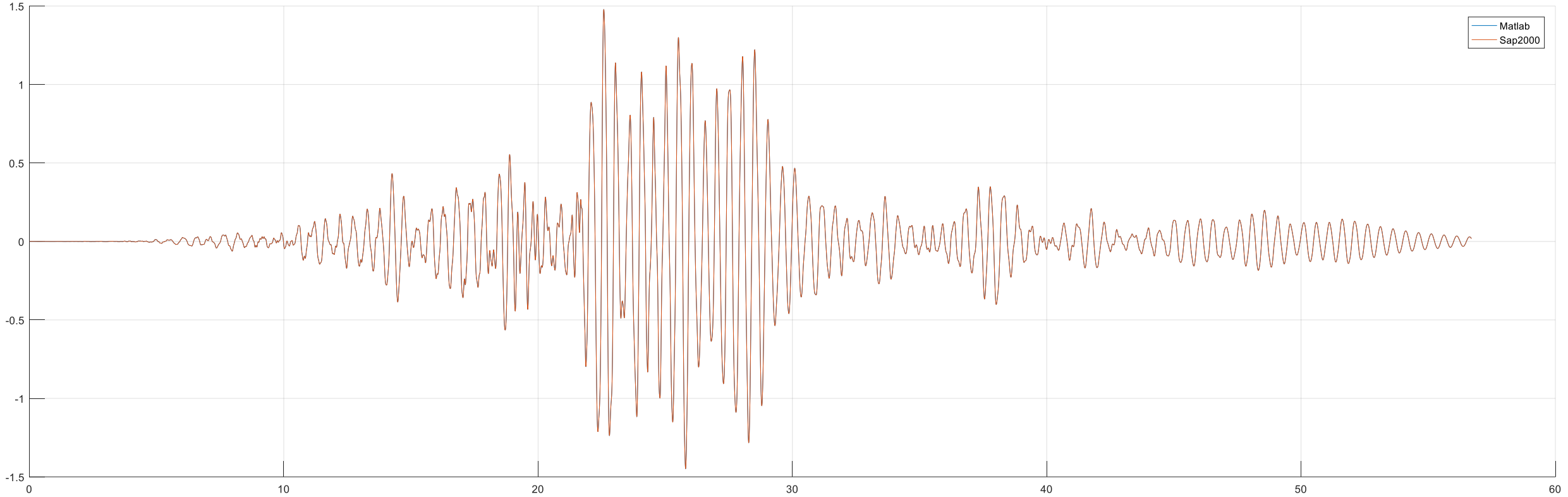


Sistemin yerdeğiştirme karşılaştırması

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Deprem Analiz Programı

Matlab Sonuçları

Sap2000 Sonuçları

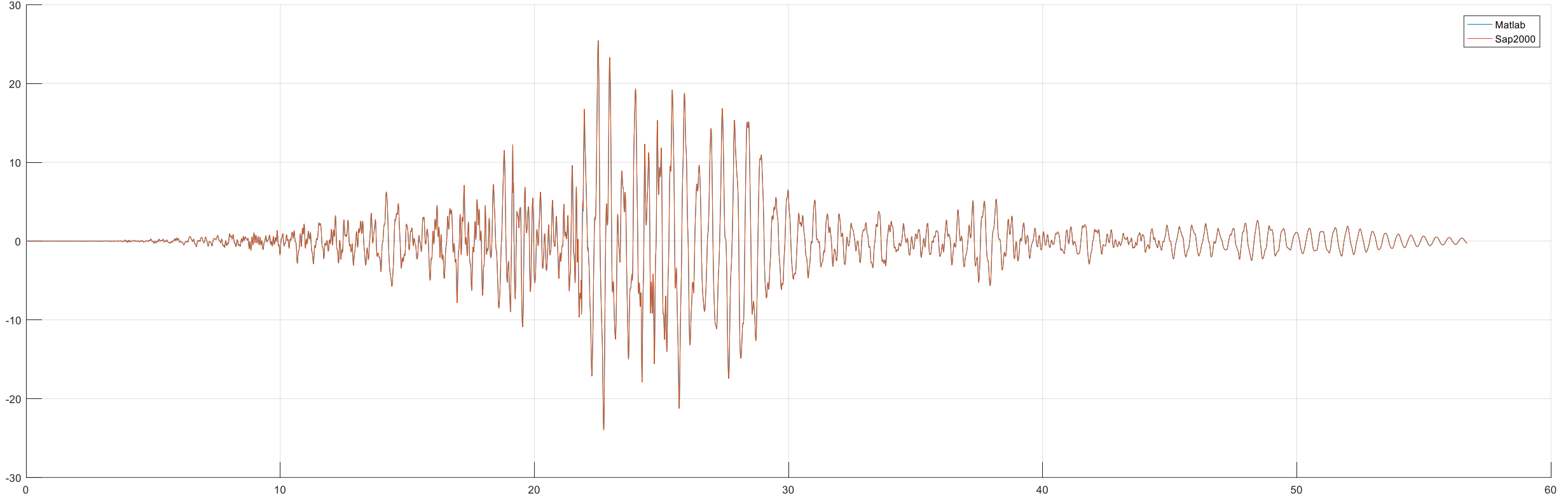


Sistemin hız karşılaştırması

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Deprem Analiz Programı

Matlab Sonuçları

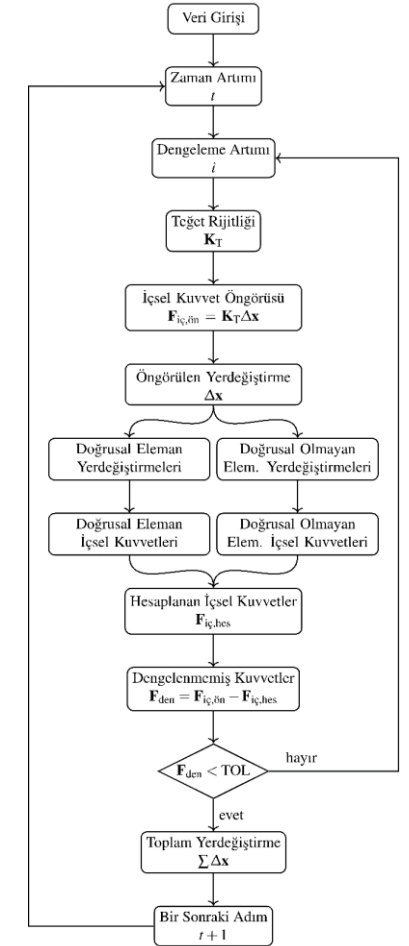
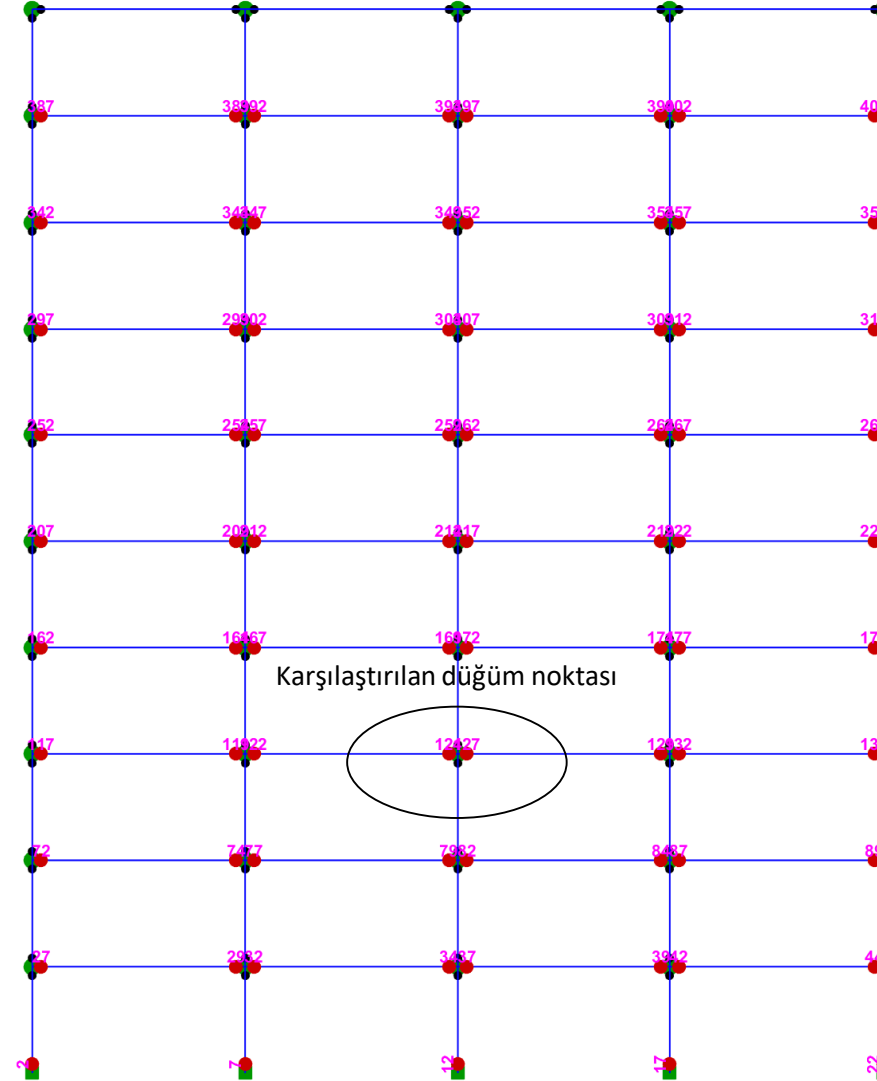
Sap2000 Sonuçları



Sistemin ivme karşılaştırması

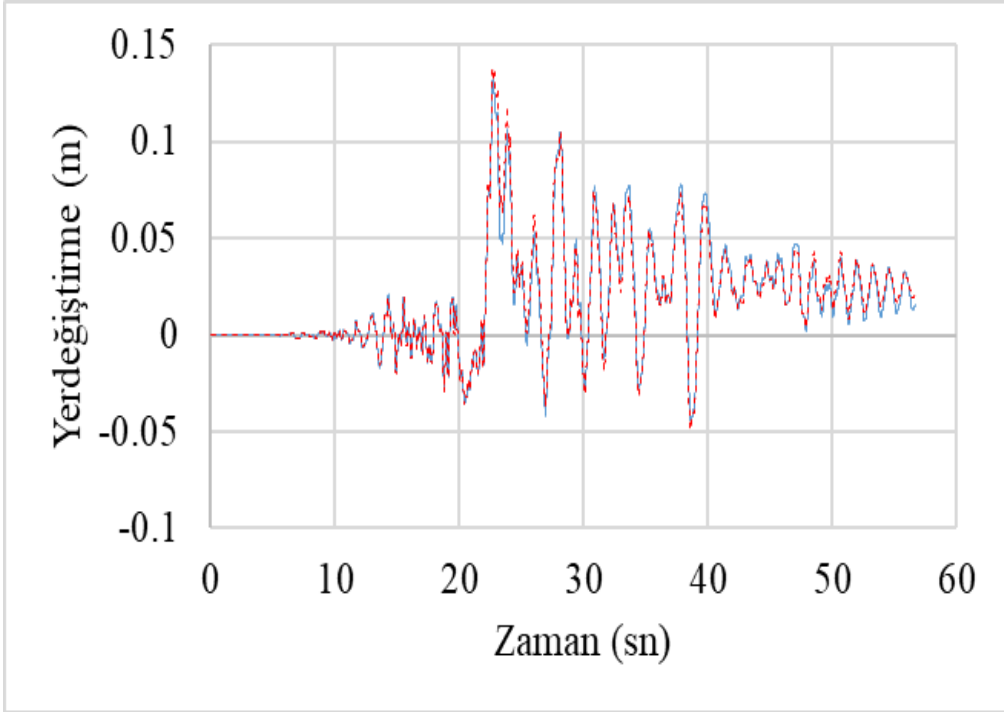
Geliştirilen Programlar : Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Programı

Geliştirilen programın doğruluğu hem doğrusal hem de doğrusal olmayan analizlerde 10 katlı örnek bir yapı için doğruluğu genel kabul görmüş SAP2000 (2016), programı ile kontrol edilmiştir. SAP2000 modelin rijit-plastik mafsallar kullanılmış, benzer modeller olmaları için yazılan programda dönme yaylarının ilk rijitlikleri çok yüksek alınmıştır. Burada sadece doğrusal olmayan analiz kontrolünün sonuçları verilmiştir.

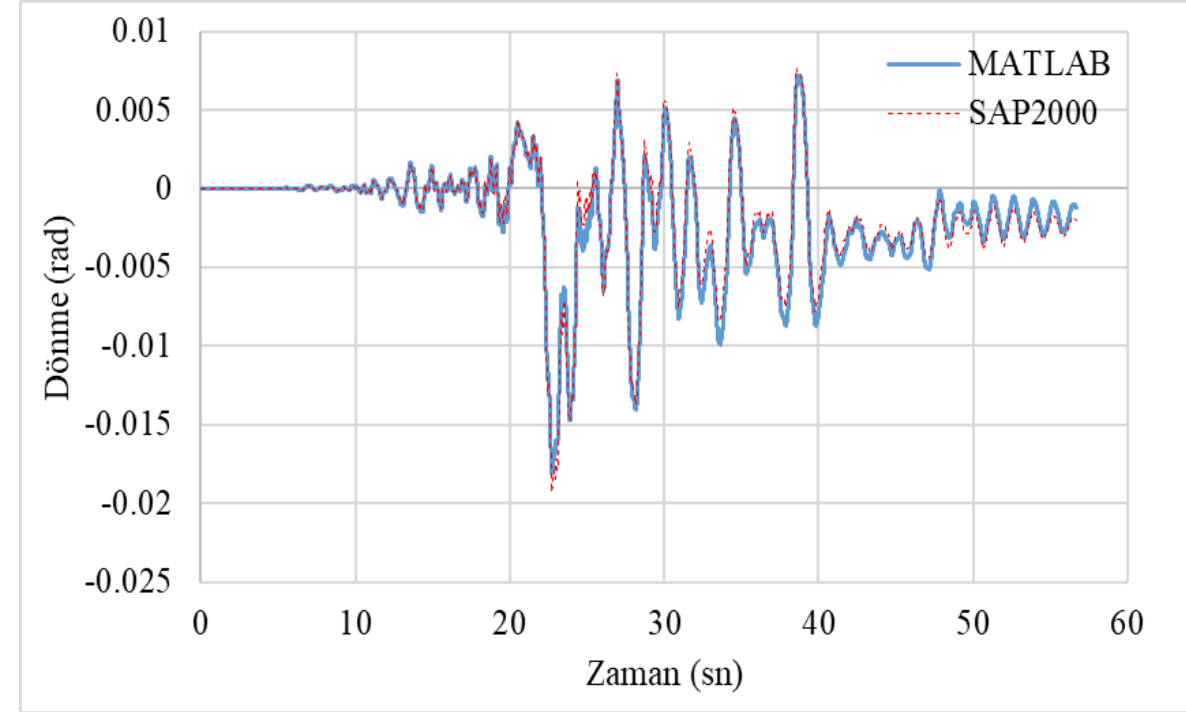


Akış şeması

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Programı



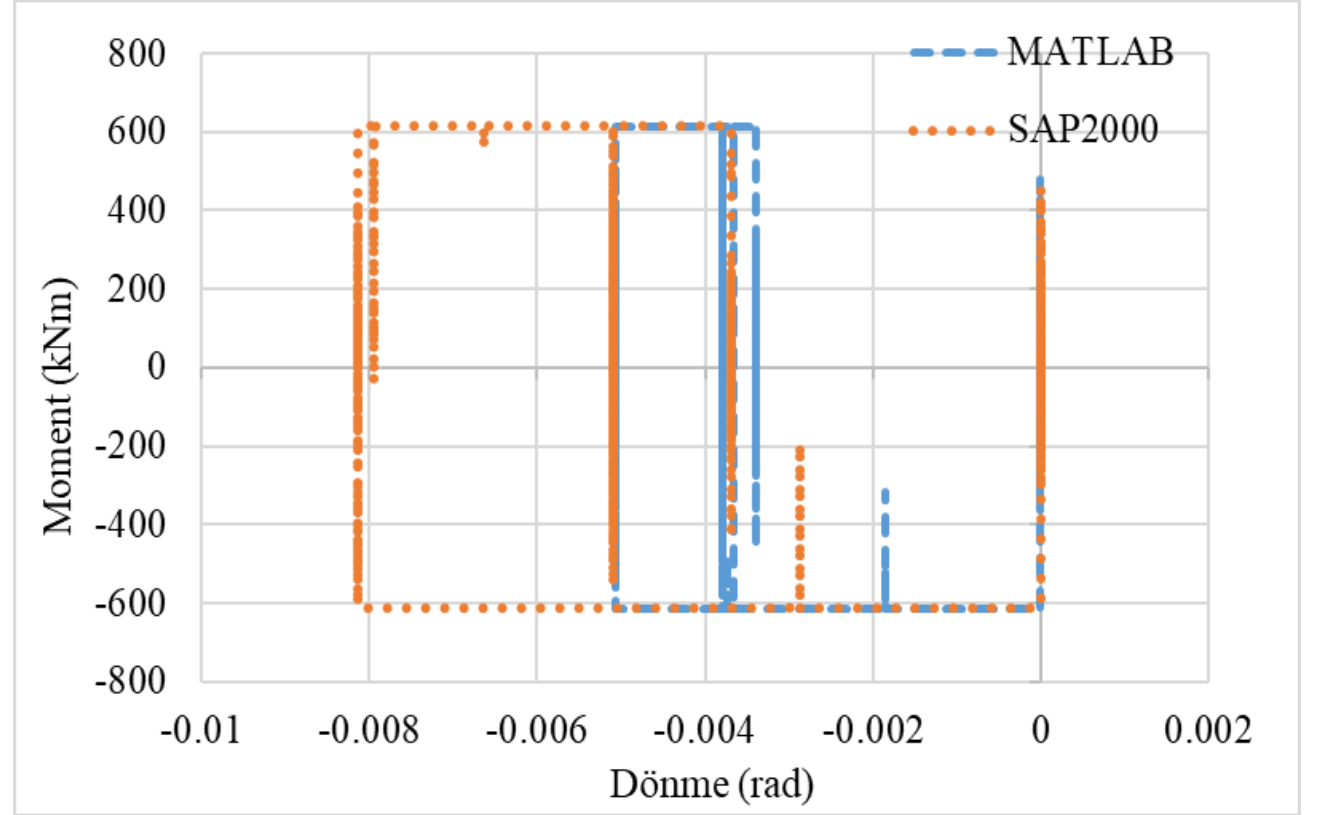
Karşılaştırılan noktanın yatay yerdeğiştirmesi



•Karşılaştırılan noktanın dönmesi

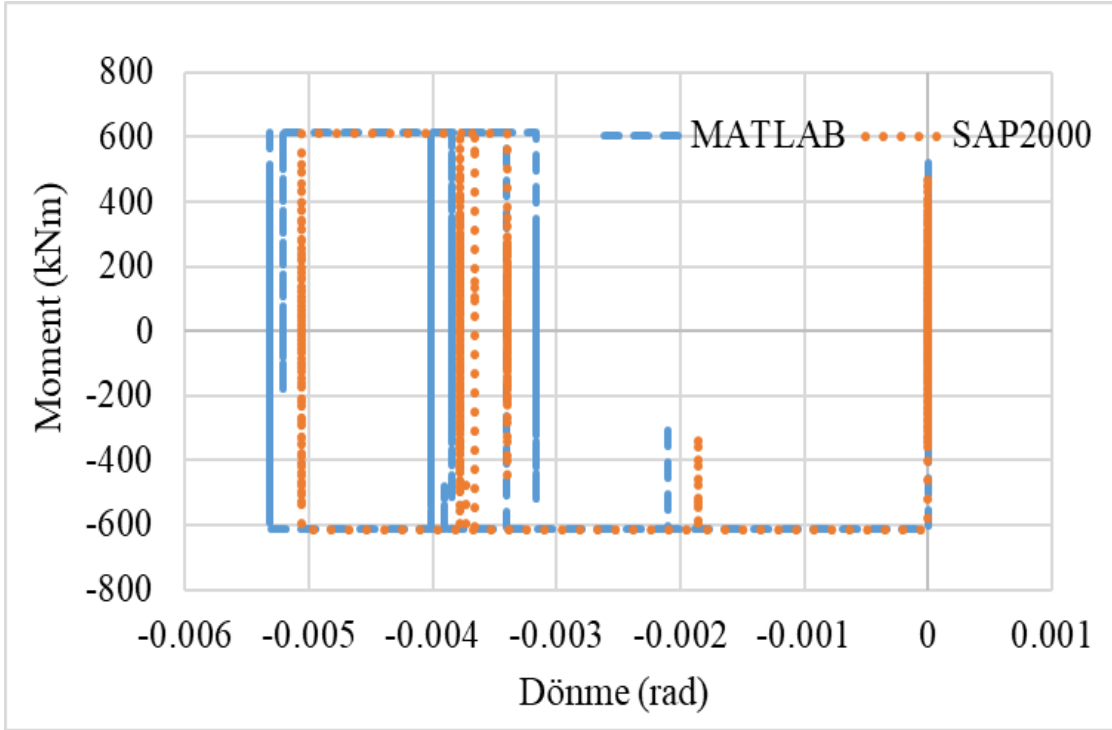
Geliştirilen Programlar : Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Programı

Verilen çerçeve sistemde en alt kolonların alt seviyelerinde bulunan 2,7,12,17,22 numaralı çift-doğrusal elemanlar için histeritik davranış elde edilmiş ve Sap2000 ile kıyaslanmıştır.

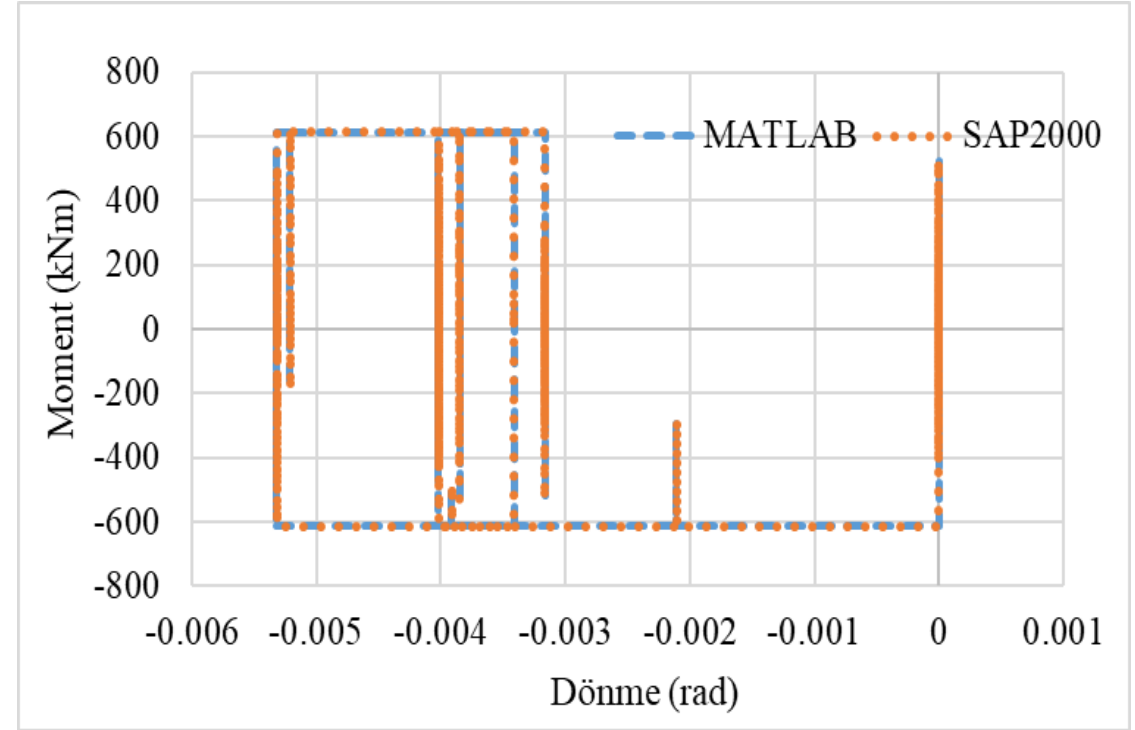


- 2 numaralı çift-doğrusal eleman için moment-dönme ilişkisi

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Programı

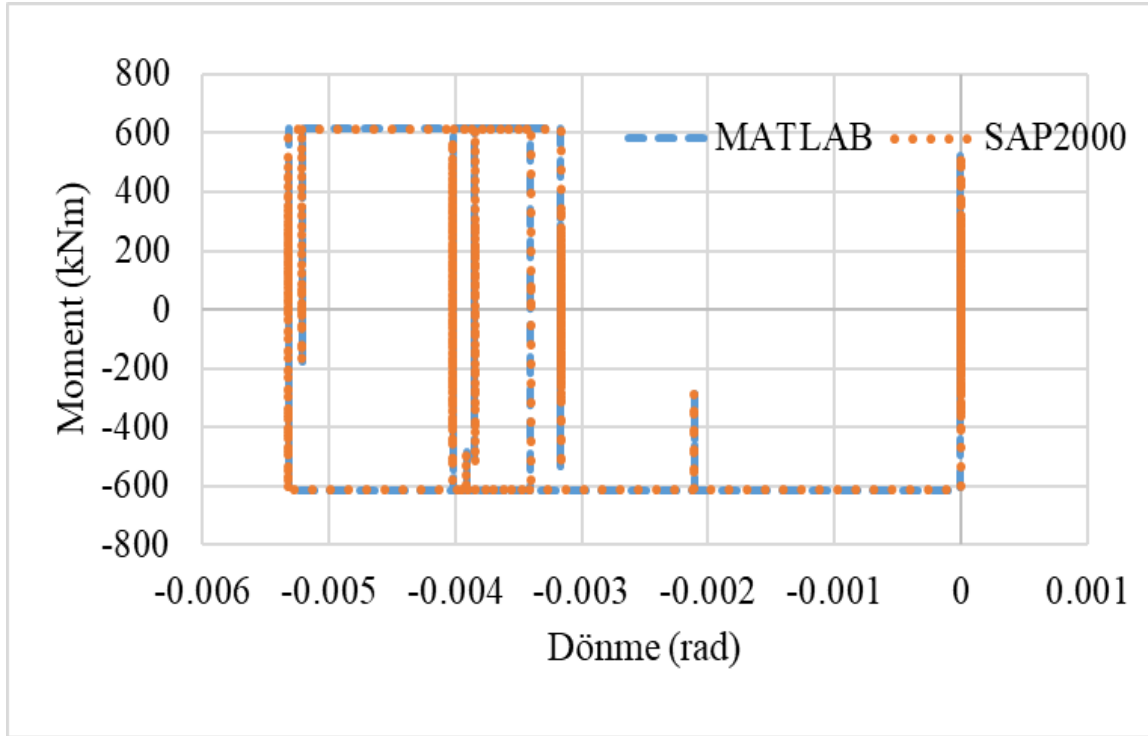


- 7 numaralı çift-doğrusal eleman için moment-dönme ilişkisi

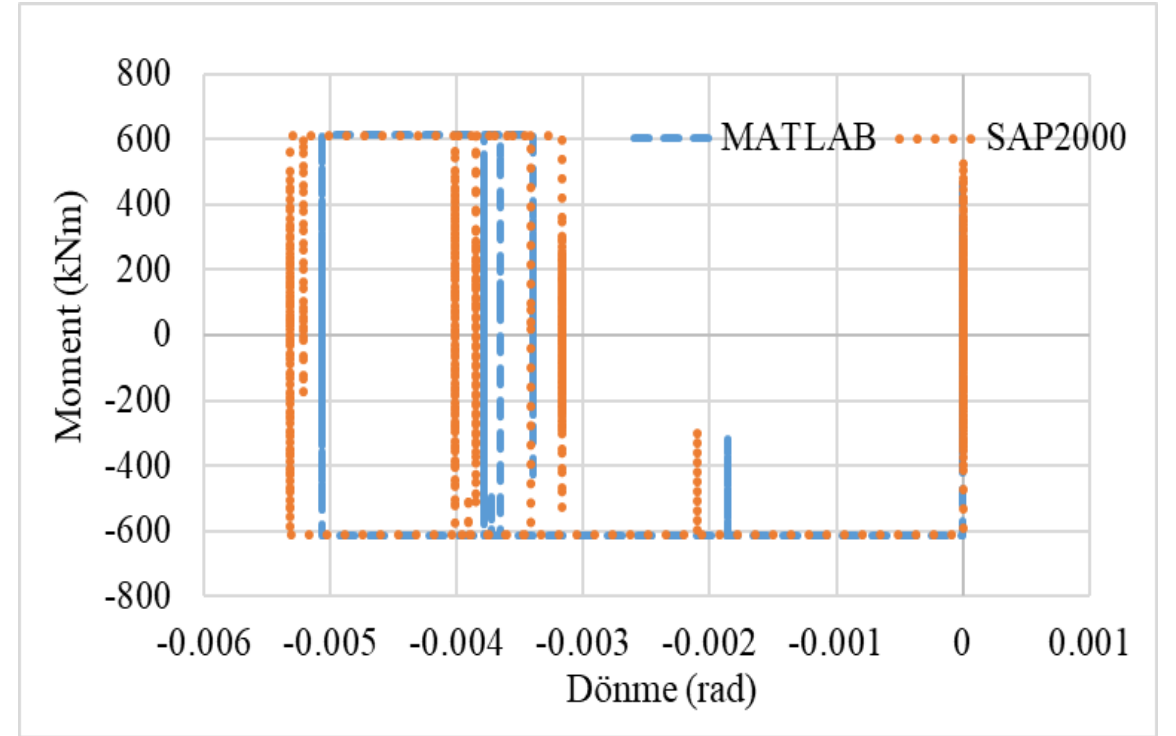


- 12 numaralı çift-doğrusal eleman için moment-dönme ilişkisi

Geliştirilen Programlar : Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Programı



- 17 numaralı çift-doğrusal eleman için moment-dönme ilişkisi



- 22 numaralı çift-doğrusal eleman için moment-dönme ilişkisi

Sunum İçeriği

1. Bölüm : Doğrusal Olmayan Model ve Analiz
2. Bölüm : Matlab'de Geliştirilen Programlar ve Analiz Sonuçları
- 3. Bölüm : Paralel Programlama**
4. Bölüm : Sonuç ve Öneriler

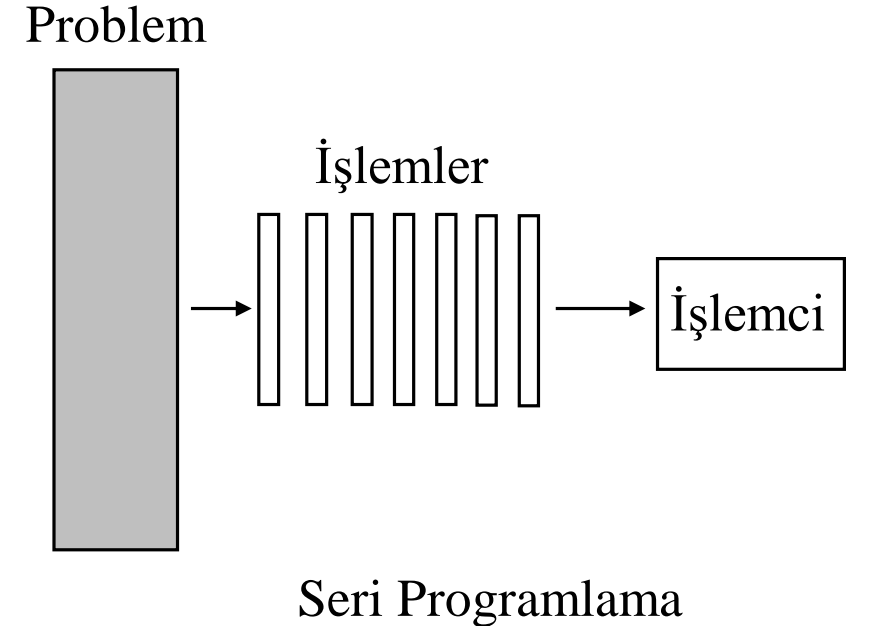
Paralel Programlama : Programlama Çeşitleri

Programlama çeşitleri

- Seri programlama
- Paralel programlama

Seri Programlama

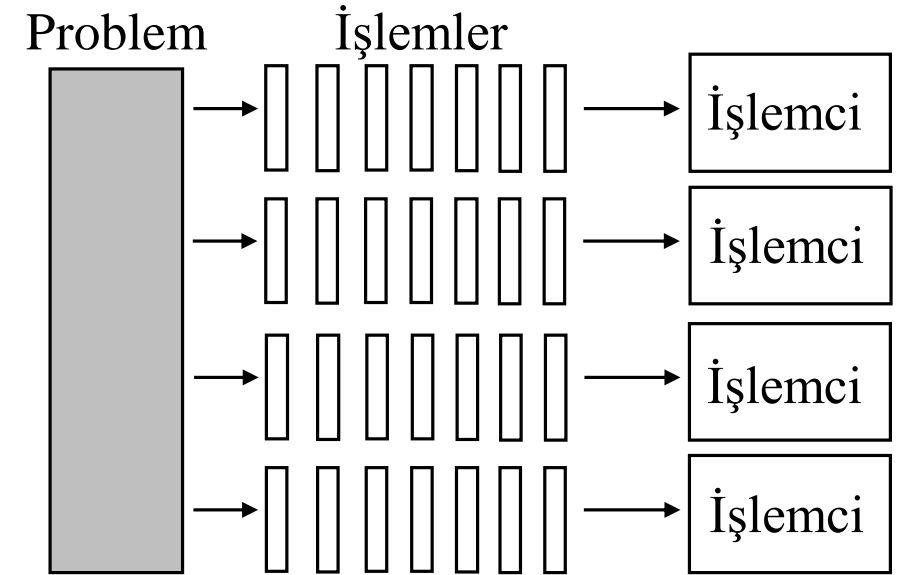
- Geleneksel yöntemdir.
- Her komut bir diğerinden sonra işleme alınır.
- Ard arda hesaplama gerçekleşir.
- Birim zamanda sadece bir komut işlenir.



Paralel Programlama : Programlama Çeşitleri

Paralel Programlama

- Yeni nesil yöntemdir.
- Problem farklı parçalara bölünür.
- Komutlar eşzamanlı olarak işleme alınır.
- Birim zamanda birden çok komut işlenir.
- Birden çok işlemci kullanılır.



Paralel Programlama

Paralel Programlama : Doğal Ek Süre (Overhead)

Paralel programlamda karşılaşılan bir konu verinin işlenmesi için gerekli olan süreden farklı olarak paralel programlamanın doğasında olan işlemlerden dolayı oluşan ek süredir. Örnek olarak MATLAB paralel programlama için istemci (client) hafıza bölgesinden işçi (worker) tarafında veri aktarmaktadır. Bu aktarım için gerekli olan süre doğal ek süredir (overhead). Bu aktarım içiçe iki döngü nedeni ile birden fazla yapılması gerekiyorsa, doğal ek süre döngü sayısı kadar artacaktır ve paralel işlem ile kazanılan süreyi perdeleyebilir. Matematiksel olarak paralel ve seri işlem süreleri ve doğal ek süre ile ilgili koşul şu şekilde gösterilebilir:

$$t_p = t_{des} + t_{is} (n_{is} / n_{\check{c}})$$

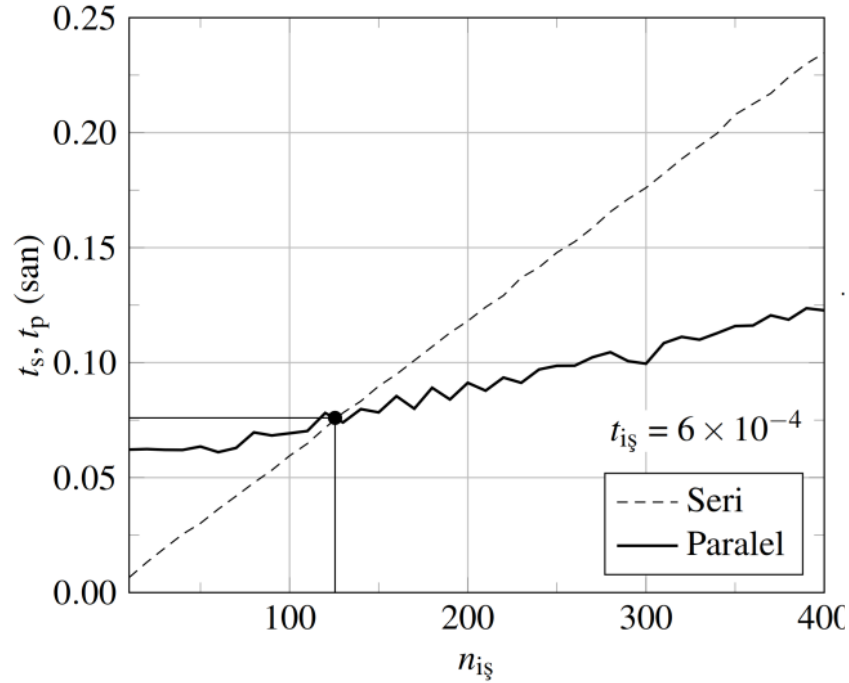
$$t_s = n_{is} t_{is}$$

$$t_p < t_s$$

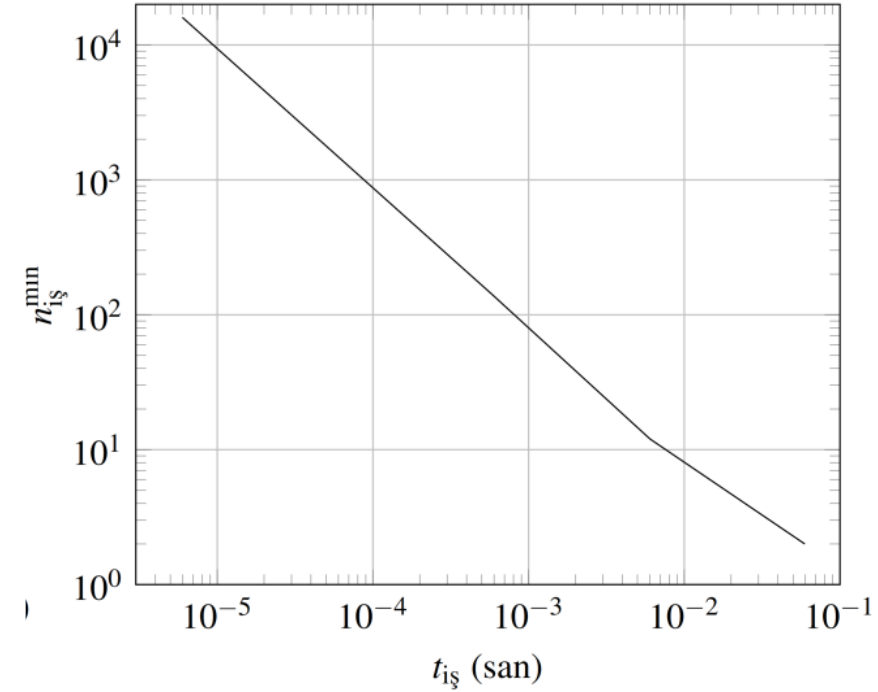
Burada, t_p paralel işlem süresi, t_s seri işlem süresi, t_{des} paralel işleme özel doğal ek süre, n_{is} işlem adeti ve $n_{\check{c}}$ çekirdek ya da işlemci sayısıdır.

Paralel Programlama : Doğal Ek Süre (Overhead)

Matlab parfor yaklaşımı için bünye fonksiyonlarının çalışma sürelerinin ve doğal ek süreyi aşmak için gerekli minimum eleman sayısı belirlenmiştir.



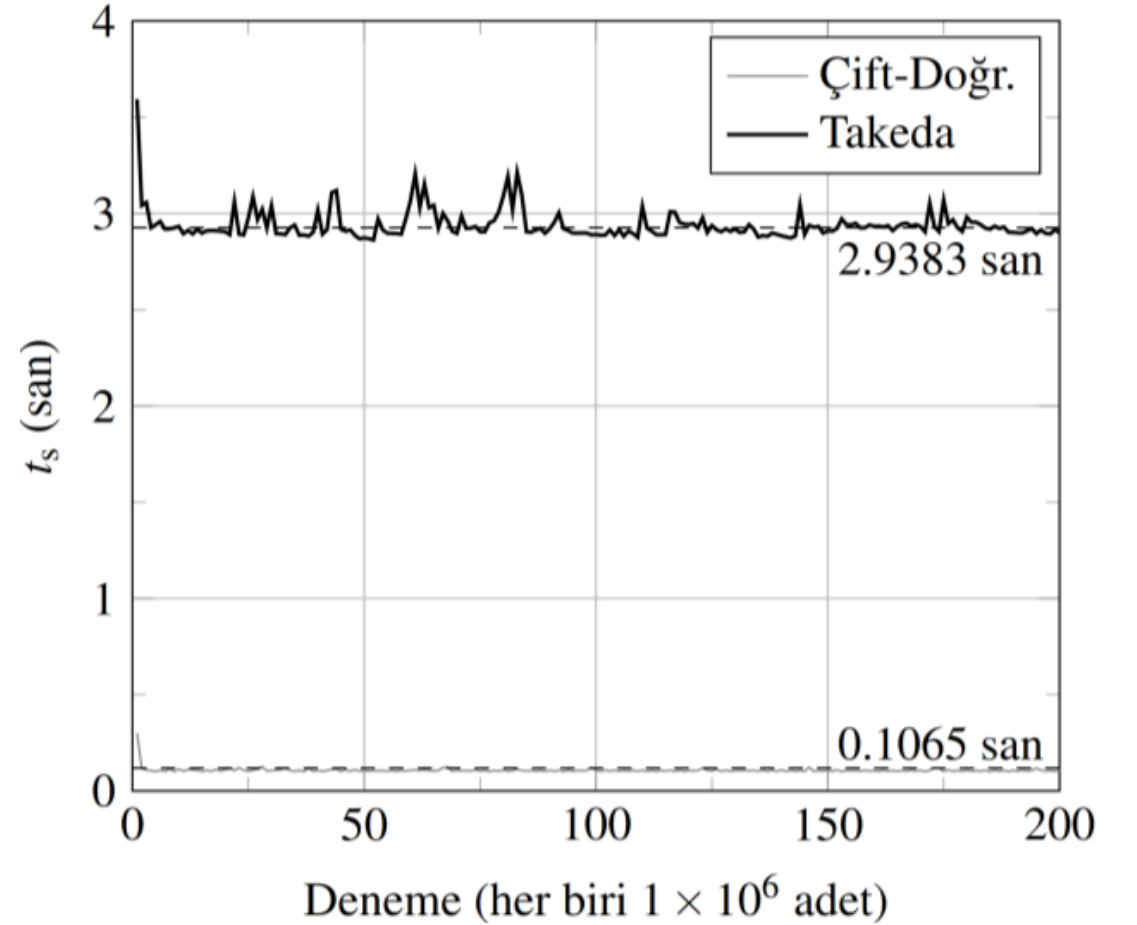
•Minimum eleman sayısının bulunması



•Minimum eleman sayı grafiđi

Paralel Programlama : Çift-doğrusal ve Takede Çalışma Süresi

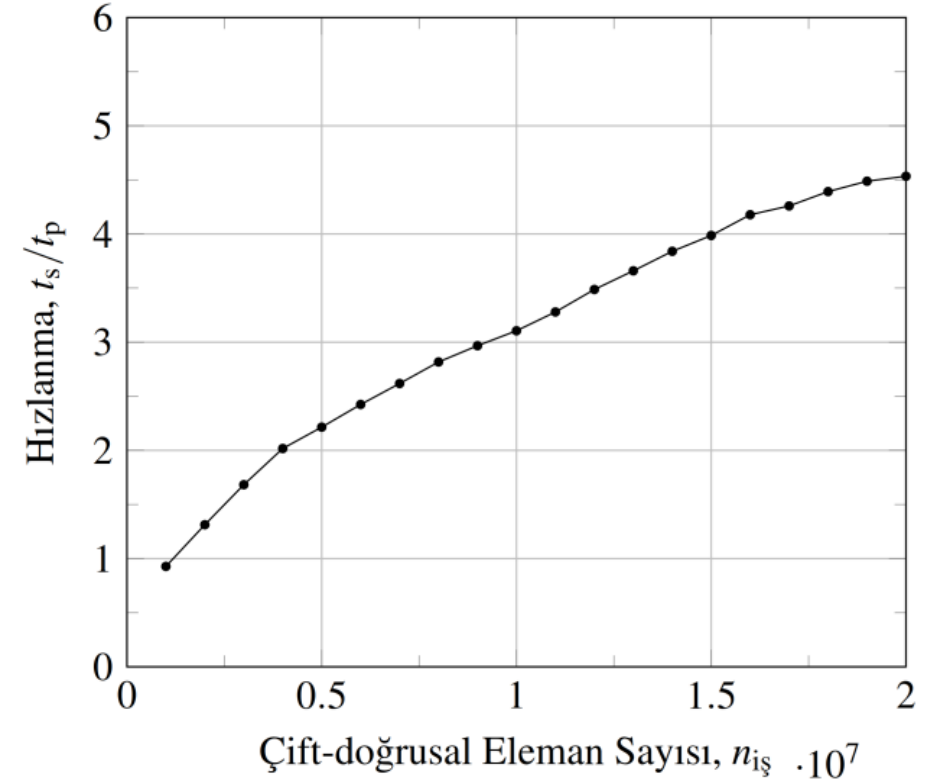
Örnek olması açısından çift-doğrusal ve Takeda fonksiyonları için işlem süreleri olarak hesaplanmıştır. Bu hız değerlerine göre parfor ile paralel programlamanın seri programlama ile aynı hızda ya da daha hızlı olması için yapıda yaklaşık olarak en az 10^6 adet çift doğrusal eleman veya en az 3×10^4 adet Takeda elemanı olması gerekmektedir. Bu değerler, minimum eleman sayı grafiğinin dış değerlemesi ile bulunmuştur. Bunun nedeni, parfor fonksiyonu nedeni ile oluşan doğal ek sürenin yüksek olmasıdır ki bu, parfor fonksiyonunun çift doğrusal ve Takeda elemanlarına çok uygun olmadığı anlamına gelmektedir. Bunun bir nedeni, Matlab programının if else yapısına sahip parçalı-doğrusal fonksiyonları çok hızlı çağırması olabilir.



Paralel Programlama : Çift-doğrusal

Spmd için yapılan çalışmada, Matlab programının çift-doğrusal ve takeda elemanları çok hızlı çalıştırmasından dolayı spmd çerçeve yapısını analiz eden programında çağrılmamıştır; bu fonksiyonların çerçeve yapısında çağrılabilmesi için yapının çok büyük ölçekli olması gerekmektedir.

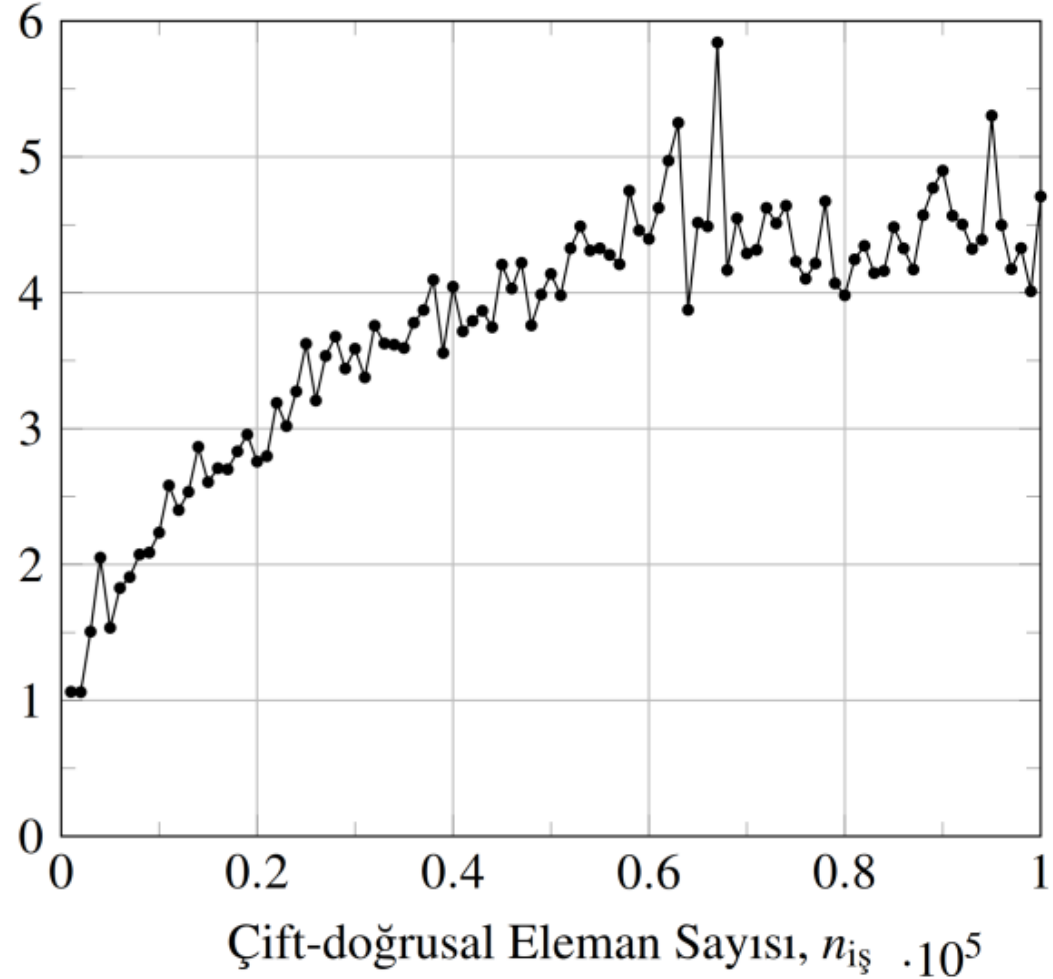
Örnek olması için çift-doğrusal fonksiyonu spmd döngüsü içerisinde programlanmış ve seri çağrıma göre hızlanması incelenmiştir. Burada bünye fonksiyonlarının paralel ve seri çağrı süreleri hesaplanmış ve seri çağrı için gerekli süre paralel çağrı süresine bölünerek hızlanma değerleri elde edilmiştir. Sadece fonksiyon çağrımında spmd ile hızlanma yaklaşık olarak 10^6 adet çift doğrusal ile başlamıştır ve eleman sayısı arttıkça hızlanmada artmıştır. Bu sonuçlar parfor yönteminin aksine, spmd ile paralel işlemin etkin bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.



Sadece fonksiyon çağrımında çift doğrusal eleman için hızlanma değerleri

Paralel Programlama : Çift-doğrusal

Benzer şekilde çift-doğrusal elamanlar ile statik itme bir simülasyonu gerçekleştirilmesi durumunda hızlanma elde edilmiştir (Şekil 5.5). Statik simülasyonlarda gerekli olan minimum eleman sayısının daha az olduğu gözlemlenmiştir.



- Statik simülasyonda çift doğrusal eleman için hızlanma değerleri

Sunum İçeriği

1. Bölüm : Doğrusal Olmayan Model ve Analiz
2. Bölüm : Matlab'de Geliştirilen Programlar ve Analiz Sonuçları
3. Bölüm : Paralel Programlama
- 4. Bölüm : Sonuç ve Öneriler**

Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında, yapıların zaman-tanım alanında doğrusal olmayan deprem analizlerinde bünye fonksiyonlarının paralelleştirilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla MATLAB betik dili programlama dilleri olarak seçilmiştir. Bünye fonksiyonları olarak çift-doğrusal eleman ve Takeda modeli için hazırlanmış fonksiyonlar kullanılmıştır.

MATLAB dilinde bünye fonksiyonlarının çok hızlı çalışmalarından dolayı yapı analiz programında bünye fonksiyonlarının paralelleştirilmesi programlanmamıştır. MATLAB dilinde iki paralelleştirme yöntemi incelenmiştir. Parfor yönteminde özellikle doğal ek süre (overhead)'den dolayı doğrusal olmayan analizlerin algoritmasında bulunan iç içe döngü akışına uygun olmadığı belirlenmiştir. Doğal ek süreyi yenmek için gerekli olana minimum bünye fonksiyon sayılarını çift-doğrusal ve Takeda modelleri için belirlenmiştir. Diğer yöntem olan spmd yönteminde paralelleştirme gerçekleştirilmiştir ve sadece fonksiyon çağırımı için ve statik itme tipi analiz için hızlanma miktarları eleman sayısına bağlı olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜRLER...