

Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Kısa Bağ Kirişlerinin Doğrusal Olmayan Modellenmesi

Halil Saylan

İstanbul Teknik Üniversitesi
Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü

15 Ekim 2019

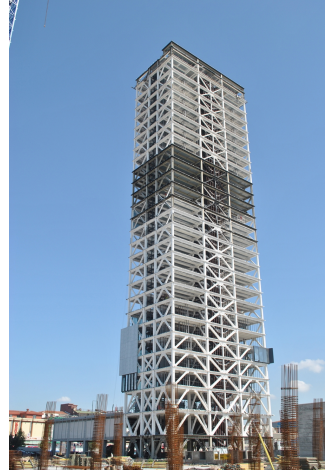


- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alyapı
 - Doğrusal Olmayan Modelleme Yöntemleri
 - Yığılılı Plastisite Yöntemi ile Kısa Bağ Kirişleri için Model Geliştirilmesi
 - Doğrusal Olmayan Model Çalışmaları
- 3 Zaman Tanım Alanında Yapılan Doğrusal Olmayan Analizler
- 4 Sonuç ve Öneriler

Konu: Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler

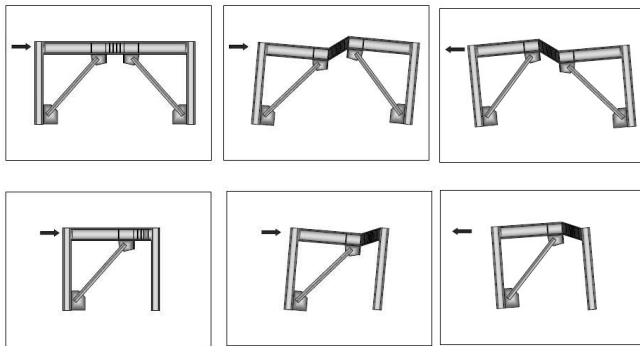
- Tasarım Felsefesi
 - Kapasite tasarımı
- Bağ Kirişleri
 - Davranış, Enerji Tüketme, Sigorta Eleman
- Bağ Kirişlerinin Doğrusal Olmayan Modellenmesi
 - Kısa, orta, uzun bağ kirişleri

İstanbul'da bulunan DÇÇ otel binası



- Kısa bağ kirişlerinin doğrusal olmayan kesme davranışının modellenmesi
 - Yığılı plastisite modelleri
 - Rijit plastik mafsal modeli
 - Doğrusal olmayan yay modeli

DÇÇ Yatay Yükler Altında Şekil Değiştirmesi



- Kapsamda olan çalışmalar

- Yığılılı Plastisite Yöntemi
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz
- Statik İtme Analizi
- Kısa Bağ Kirişleri
- Pekleşmesiz Çevrimsel Davranış

- Kapsam dışı konular

- Yayılılı Plastisite Yöntemi
- Orta ve Uzun Bağ Kirişleri
- Pekleşmeli çevrimsel davranış

1

Giriş

- Konu
- Amaç ve Kapsam

2

Teorik Alyapı

- Doğrusal Olmayan Modelleme Yöntemleri
- Yığılılı Plastisite Yöntemi ile Kısa Bağ Kirişleri için Model Geliştirilmesi
- Doğrusal Olmayan Model Çalışmaları

3

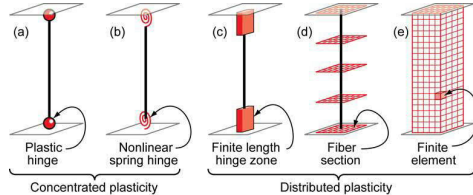
Zaman Tanım Alanında Yapılan Doğrusal Olmayan Analizler

4

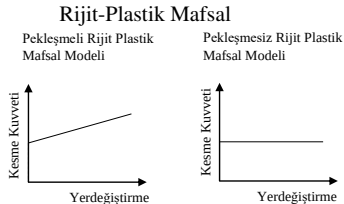
Sonuç ve Öneriler

Doğrusal Olmayan Modelleme Yöntemleri

- **Yığılı Plastisite Yöntemi** : Çubuk elemanlar için en basit şekilde doğrusal olmayan davranışı yansıtır. (Kısa çözümleme süresi)
 - Rijit Plastik Mafsal
 - Moment-Dönme Yayı
 - Kesme Kuvveti- Yerdeğiştirme Yayı
- **Yayılı Plastisite Yöntemi** : En fazla detay gerektiren yöntemdir. Gerçeğe yakın davranış elde etmek için malzeme davranışını temsil eden modeller hassas olarak tanımlanmalıdır. (Uzun çözümleme süresi)
 - Fiber Eleman Modeli
 - Sürekli Sonlu Elemanlar Modeli

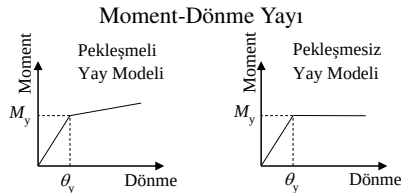


RPM Çalışma Prensibi



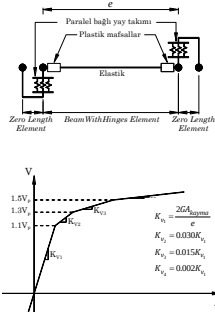
- Statik itme analizleri : Yükler adım adım arttırılarak, sistemde kesme kuvveti - yerdeğiştirme eğrisi elde edilir.

Yay Çalışma Prensibi



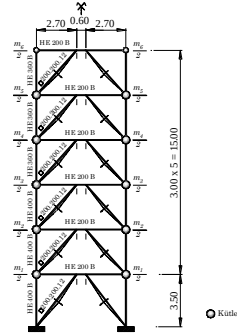
- Zaman-tanım alanı analizleri : Sismik etkiler altında yapı davranışını en gerçekçi şekilde tanıtan yöntemdir. Yapı sistemlerinin çözümünde çeşitli matematik yöntemleri kullanılır. Örneğin Newmark- β ve Newton-Raphson.

Bağ Kirişinin Doğrusal Olmayan Modeli



- Bağ kirişi uçlarında eğilme mafsalları ve kayma yayları ile doğrusal olmayan modelleme

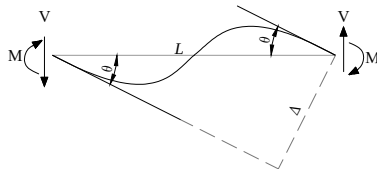
Doğrusal Olmayan Analiz Modeli



- Open SEES, Zaman-tanım alanı analizleri, TDY2007, Performans Değerlendirmesi

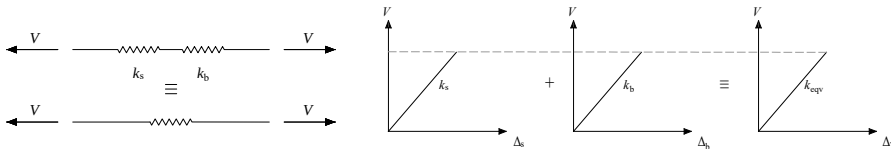
Yığılı Plastisite Yöntemi ile Kısa Bağ Kirişleri için Model Geliştirilmesi

Kiriş şekil değiştirmesi

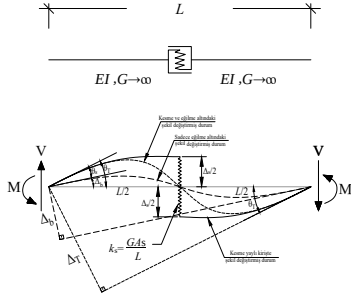


$$\Delta = \theta L \text{ veya } \theta = \Delta / L$$

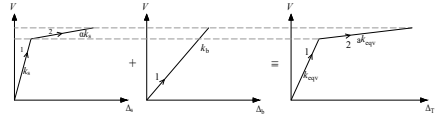
Seri bağlı yayda eşdeğer rijitlik



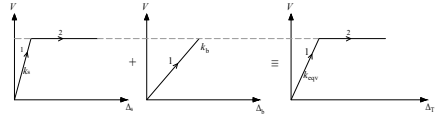
Doğrusal Olmayan Kesme Kuvveti-Yerdeğiştirme Yayı



Pekleşmeli Yay Rijitlikleri

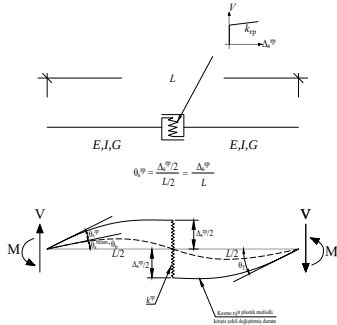


Pekleşmesiz Yay Rijitlikleri

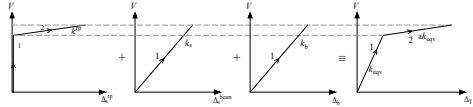


Doğrusal Olmayan Rijit Plastik Kesme Kuvveti Mafsalı

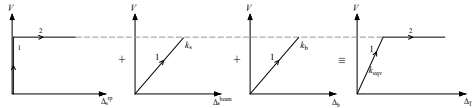
Doğrusal Olmayan Kesme RPM



Pekleşmeli RPM Rijitlikleri

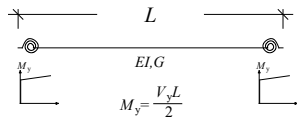


Pekleşmesiz RPM Rijitlikleri

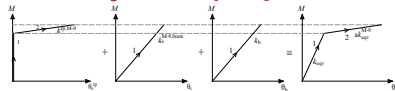


Doğrusal Olmayan Moment-Dönme Yayı

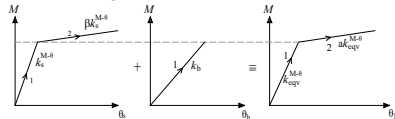
Doğrusal Olmayan Moment-Dönme Yayı (Kesme Kuvvetine Karşılık Gelen)



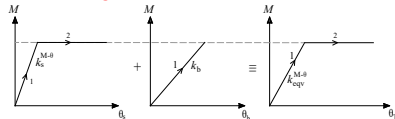
Pekleşmeli Yay Rijitlikleri



Pekleşmeli Yay Rijitlikleri

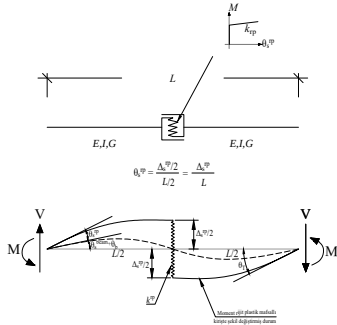


Pekleşmesiz Yay Rijitlikleri

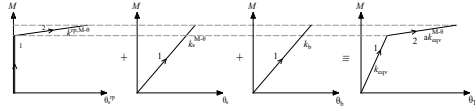


Doğrusal Olmayan Rijit Plastik Moment Mafsalı

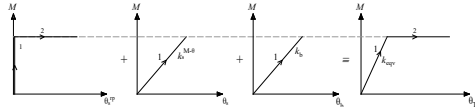
Doğrusal Olmayan Moment RPM



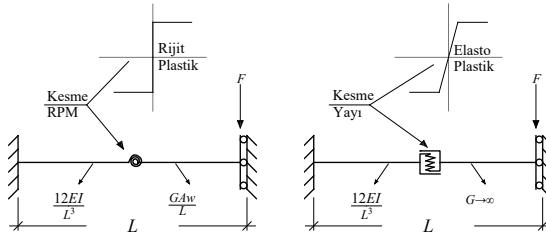
Pekleşmeli RPM Rijitlikleri



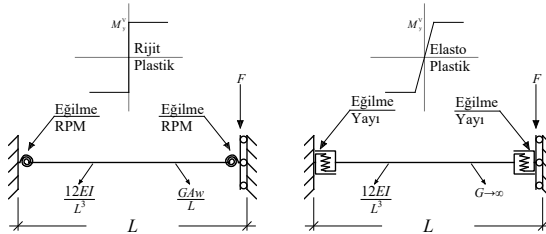
Pekleşmesiz RPM Rijitlikleri



Kısa Bağ Kirişleri için Analizlerde Kullanılan Modeller



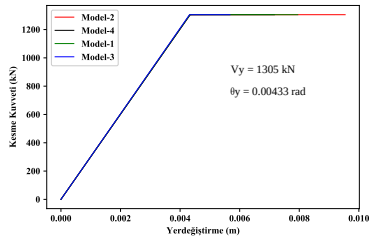
Kısa Bağ Kirişi Doğrusal Olmayan Modeller



Doğrusal Olmayan Modellerin Doğruluğunun Araştırılması

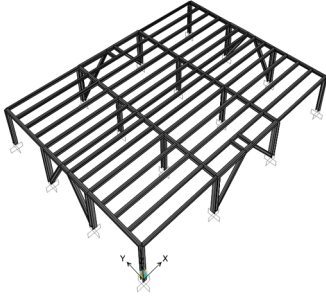
- RPM modeller → Statik itme analizi ile
- Doğrusal olmayan yaylı modeller → Zaman tanım alanında analizler ile

Analizlerde Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması

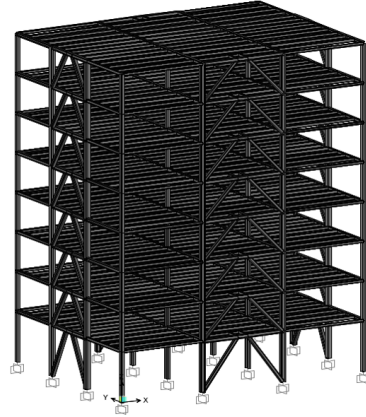


- 1 Giriş
 - Konu
 - Amaç ve Kapsam
- 2 Teorik Alyapı
 - Doğrusal Olmayan Modelleme Yöntemleri
 - Yığılılı Plastisite Yöntemi ile Kısa Bağ Kirişleri için Model Geliştirilmesi
 - Doğrusal Olmayan Model Çalışmaları
- 3 Zaman Tanım Alanında Yapılan Doğrusal Olmayan Analizler
- 4 Sonuç ve Öneriler

Yapı Tipik Kat Görünüşü



Yapı İzometrik Görünüşü



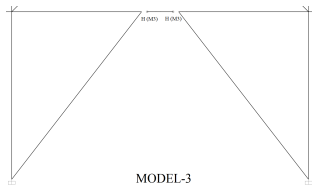
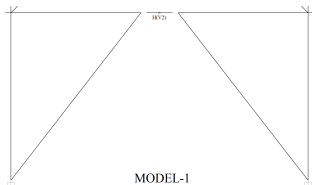
Kat adedi : Zemin kat + 7 normal kat

Yükseklik : 29 metre

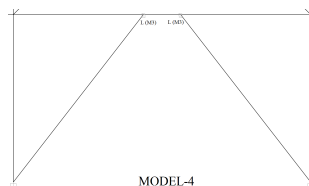
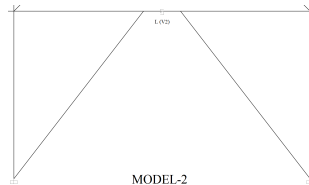
Dayanıma göre tasarım

Doğrusal Olmayan Analizlerde Karşılaştırılan Yapılar

RPM Modeller



Yaylı Modeller



- Model-1, Model-2, Model-3, Model-4 üç boyutlu modelin bağ kirişlerine ayrı ayrı modellerde uygulanmış ve doğrusal olmayan analiz için üç boyutlu modeller hazırlanmıştır.

Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Modal Sonuçlar

Doğrusal Model

Mod Şekli	Periyot	X – Yönü Kütle Katılımı	Y – Yönü Kütle Katılımı
1	1.05	0.00	0.79
2	1.00	0.79	0.00

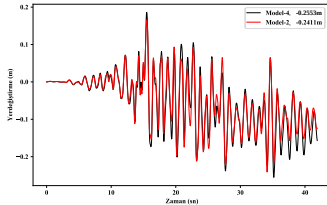
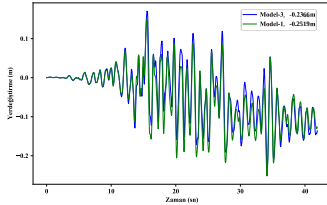
Doğrusal Olmayan Modeller

Model No	T_x (sn)	T_y (sn)	Modal Katılım Oranı (X)	Modal Katılım Oranı (Y)
Model-1	1.02	1.13	0.79	0.79
Model-2	1.03	1.11	0.80	0.80
Model-3	1.01	1.13	0.79	0.79
Model-4	1.04	1.17	0.80	0.79

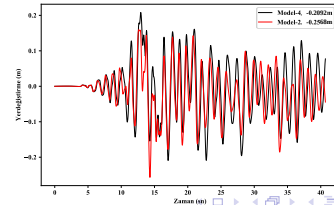
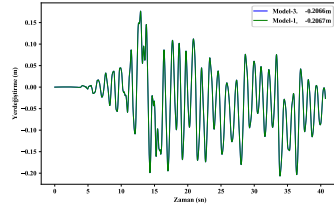
- Doğrusal tasarımı yapılan model ile doğrusal olmayan analizler için hazırlanmış modellerin periyotları birbirleriyle yakın olarak elde edilmiştir.
- Doğrusal tasarımı yapılan model ile doğrusal olmayan analizler için hazırlanmış modellerin modal katılım oranları neredeyse aynı olarak elde edilmiştir.

Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Bina Tepe Yerdeğiştirmeleri

Tepe Yer Değiştirmesi Sonuçları, Kocaeli Depremi (X Yönü)

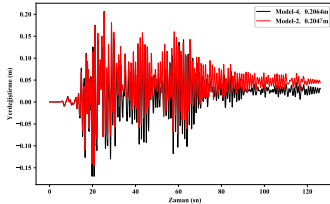
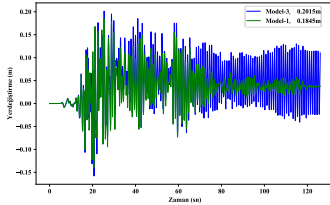


Tepe Yer Değiştirmesi Sonuçları, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

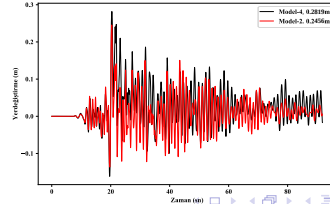
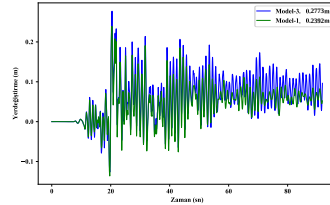


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Bina Tepe Yerdeğiştirmeleri

Tepe Yer Değiştirmesi Sonuçları, Kobe Depremi (X Yönü)

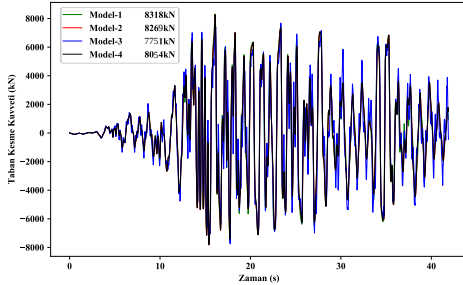


Tepe Yer Değiştirmesi Sonuçları, Kobe Depremi (Y Yönü)

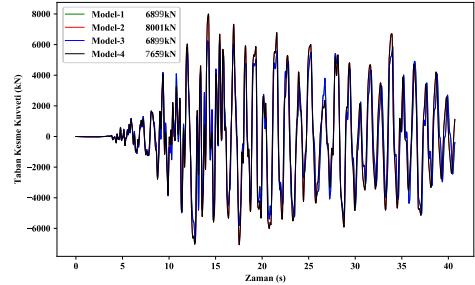


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Taban Kesme Kuvvetleri

Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)

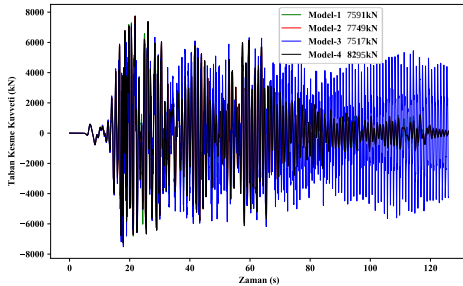


Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

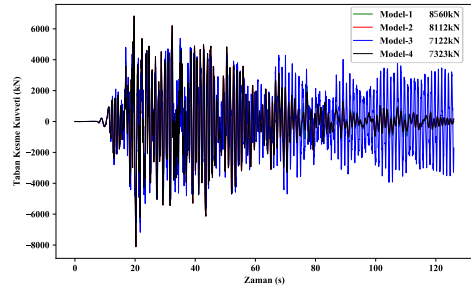


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Taban Kesme Kuvvetleri

Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kobe Depremi (X Yönü)

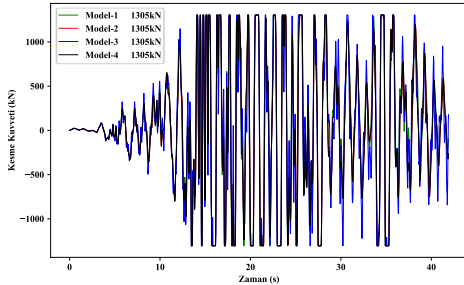


Taban Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kobe Depremi (Y Yönü)

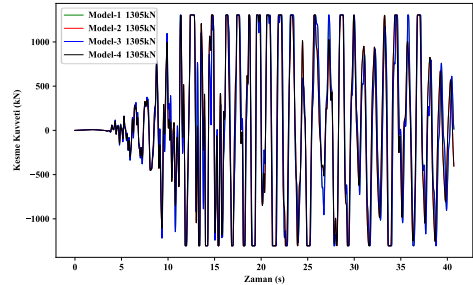


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Bağ Kirişi Sonuçları

1.Kat Bağ Kirişi Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)

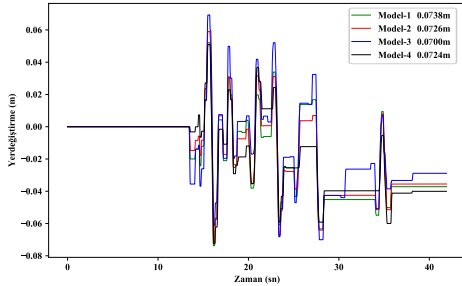


1.Kat Bağ Kirişi Kesme Kuvveti-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

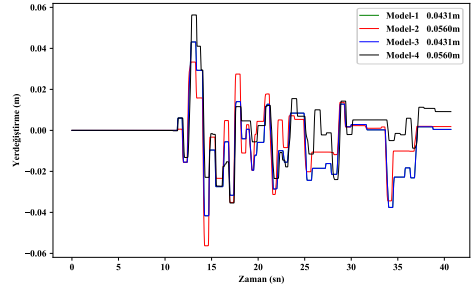


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Bağ Kirişi Sonuçları

1.Kat Bağ Kirişi Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)

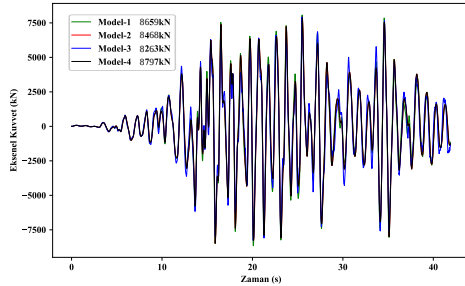


1.Kat Bağ Kirişi Yerdeğiştirme-Zaman Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

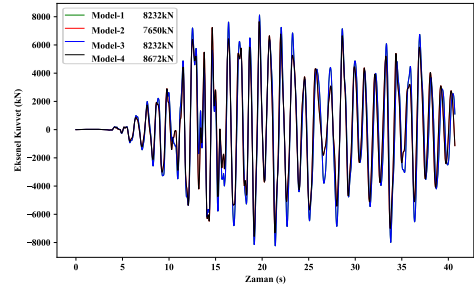


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Kolon Eksenel Kuvvet Sonuçları

1.Kat Kolon Eksenel Kuvvet Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)

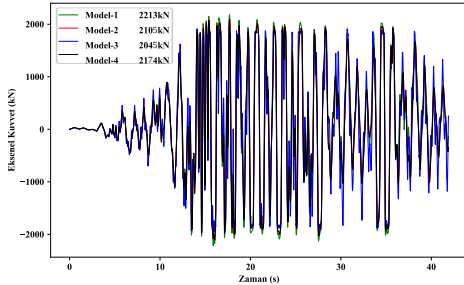


1.Kat Kolon Eksenel Kuvvet Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

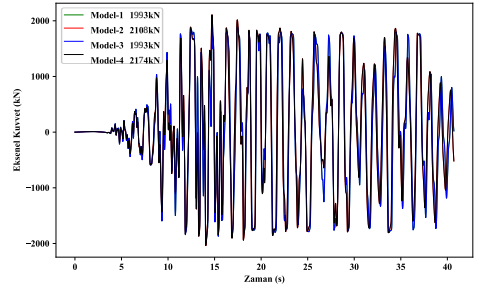


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Düşey Çapraz Eksenel Kuvvet Sonuçları

1.Kat Düşey Çapraz Eksenel Kuvvet Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)

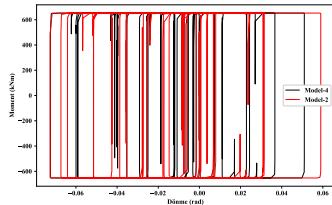
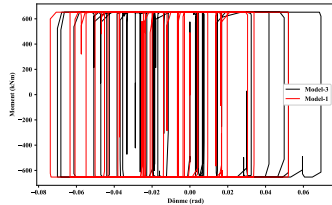


1.Kat Düşey Çapraz Eksenel Kuvvet Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)

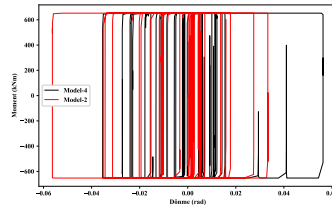
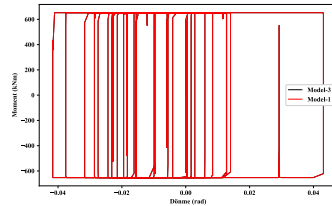


Doğrusal Olmayan Analiz Modellerine Ait Bağ Kirişi Sonuçları

1.Kat Bağ Kirişi Moment-Dönme Çevrimsel Döngü Grafikleri, Kocaeli Depremi (X Yönü)



1.Kat Bağ Kirişi Moment-Dönme Çevrimsel Döngü Grafikleri, Kocaeli Depremi (Y Yönü)



1

Giriş

- Konu
- Amaç ve Kapsam

2

Teorik Alyapı

- Doğrusal Olmayan Modelleme Yöntemleri
- Yığılılı Plastisite Yöntemi ile Kısa Bağ Kirişleri için Model Geliştirilmesi
- Doğrusal Olmayan Model Çalışmaları

3

Zaman Tanım Alanında Yapılan Doğrusal Olmayan Analizler

4

Sonuç ve Öneriler

Genel Değerlendirme

- Kocaeli Depremi ivme kaydı altında yapılan analizlerde zamana bağlı tepe deplasmanları hemen hemen aynı sonuçlar vermiştir.
- Kobe Depremi ivme kaydı altında yapılan analizlerde Model-3'te diğer modellerden farklı deplasman grafiği ortaya çıkmıştır. Bu farklılığın sebebinin sönümlemeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç diğer deprem kayıtları ile kıyaslandığında en uyumsuz sonucu veren kayıt olduğu için verilmiştir. Diğer beş kayıta dört model birbirleri ile gayet yakın tepe deplasmanı grafiği ortaya çıkarmıştır.
- Taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında Kocaeli Depremi için dört model birbirleri ile uyumlu zamana bağlı sonuçlar vermiştir. Fakat Kobe Depremi için Model-3 diğer modellerden farklı taban kesme kuvveti-zaman grafiği vermiştir.
- Analiz süreleri değerlendirildiğinde RPM kullanılan modeller, doğrusal olmayan yay kullanılan modellere göre daha kısa sürede analiz edilmektedir. Ayrıca modeldeki RPM veya doğrusal olmayan yay sayısı arttıkça analiz süresi uzamaktadır. Modellerin analiz süreleri çoktan aza doğru Model-4, Model-3, Model-2 ve Model-1 şeklindedir.

Eleman Bazında Değerlendirme

- Bağ kirişlerinin kesme kuvveti-zaman grafikleri incelendiğinde dört model için birbirleriyle çok düşük mertebede farklılıklar çıkmıştır.
- Bağ kirişlerinin yerdeğiştirme-zaman grafikleri incelendiğinde dört modelin birbirleriyle uyumlu hareket yaptıkları görülmüş ve düşük mertebede yerdeğiştirme farkları meydana gelmiştir.
- Bağ kirişlerinin moment-dönme çevrimsel grafikleri incelendiğinde dört modelin birbirleriyle uyumlu döngü yaptıkları görülmüş ve X yönündeki bağ kirişi boyunun açıklığa oranı Y yönündeki bağ kirişi boyunun açıklığa oranına göre daha küçük olması sebebiyle beklendiği gibi X yönündeki bağ kirişi Y yönündeki bağ kirişine göre daha fazla dönme yapmıştır.
- Bağ kirişi dışındaki kolon ve düşey çapraz elemanlarının eksenel kuvvet-zaman grafikleri incelendiğinde dört modelin birbiriyle uyumlu ve çok küçük mertebelerde birbiri ile farklı sonuç verdiği görülmüştür. Kontrol edilen elamanların hiçbiri beklendiği üzere taşıma kapasitesine ulaşmamıştır.

Sonraki Çalışmalar için Öneriler

- Orta ve uzun bağ kirişleri için doğrusal olmayan modelleme çalışmaları
- Pekleşme dikkate alınarak kısa bağ kirişleri için doğrusal olmayan modelleme çalışmaları

SABRINIZ İÇİN TEŞEKKÜRLER.