



TÜRKİYE DEPREM VAKFI  
DEPREM MÜHENDİSLİĞİ KOMİTESİ



TMMOB  
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI

# 7. ULUSAL DEPREM MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ

30 MAYIS - 3 HAZİRAN 2011

## PERDELİ BETONARME YAPILAR İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ METOTLARI

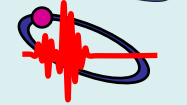
**Nonlinear Analysis Methods For Reinforced Concrete  
Buildings With Shearwalls**

**Yasin M. FAHJAN, Kürşat BAŞAK**

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli  
<http://www.gyte.edu.tr/deprem/>

**Joseph KUBİN ve Mustafa T. TAN**

Prota Yazılım Ltd. Türkiye  
<http://www.prota.com.tr/>



# ÇALIŞMA AMACI

- ❑ Perde duvarların doğru modellenmesi, özellikle bina türü yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerinde büyük önem taşımaktadır.
- ❑ Bu çalışmada, bina türü yapıların yapısal analizlerinde başlıklı ve başlıksız perdelerin doğrusal ve doğrusal olmayan modelleri üzerinde çalışılmıştır.
- ❑ Çubuk ve kabuk elemanlar için farklı modelleme yaklaşımlarının sonucunda elde edilen analiz sonuçları, yapı sistemlerinin genel davranışı açısından karşılaştırılmıştır

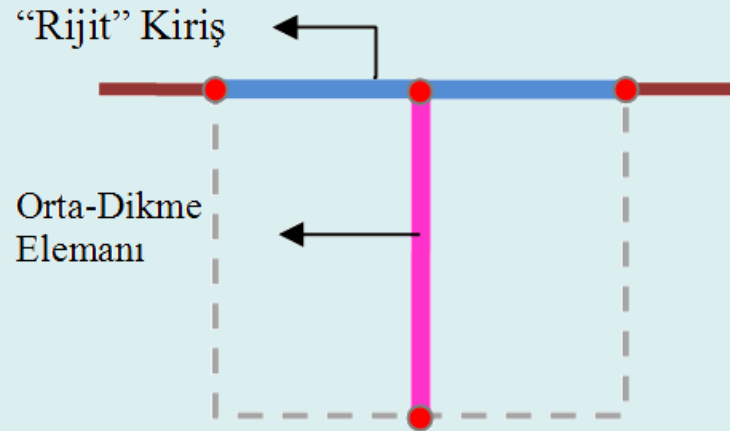
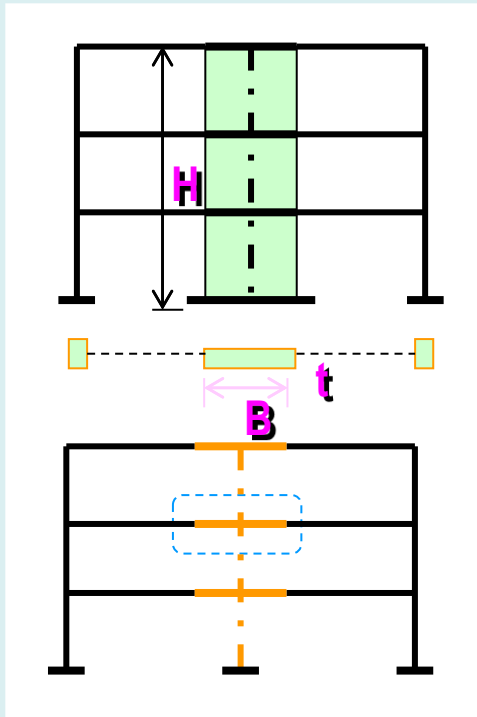
# PERDE DUVARLAR İÇİN DOĞRUSAL MODELLER

**1) Orta-Dikme Çubuk Modeli**

**2) Sonlu Elemanlar Kabuk Modeli**

# PERDE DUVARLAR İÇİN DOĞRUSAL MODELLER

## 1) Orta-Dikme Çubuk Modeli

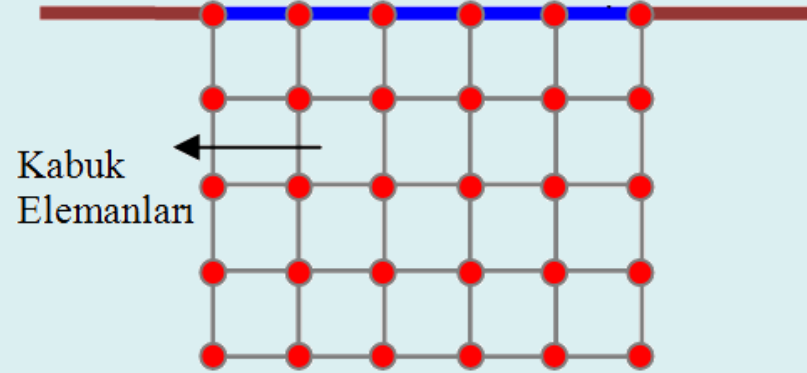
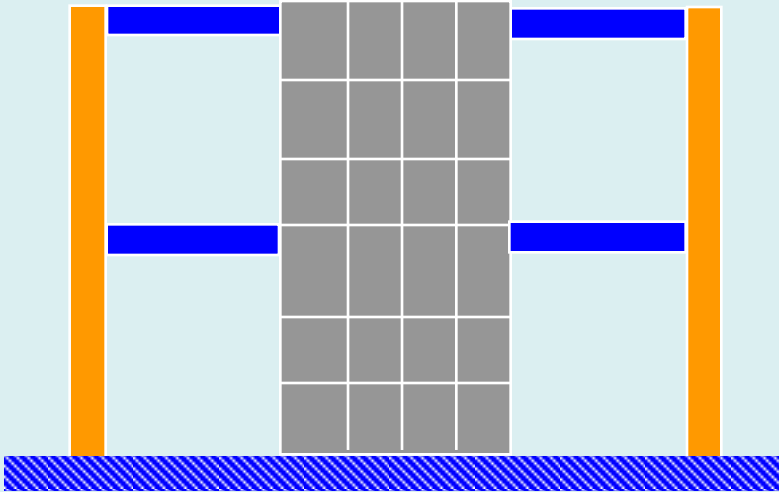


# Orta-Dikme Çubuk Modeli

- ❑ Perde rijitliğini tarif etmek için bir **orta-dikme çubuk** elemanı kullanımı ve kesişen kirişler ile döşeme bileşenlerinin uygun bağlantılarına izin vermek için yatay çubuk elemanları (**rijit kirişler**) kullanmaktır.
- ❑ Bu modelde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, yatay **çubuk elemanlarının rijitliklerinin doğru olarak atanmasıdır.**
- ❑ Bu model birbiriyle etkileşen **çekirdek perde** sistemlerinde, **perde duvar uzunluğunun çok büyük olduğu durumlarda**, yapı yüksekliği boyunca daralan ya da eğimli perde duvarlarda güvenilir sonuçlar vermemektedir.

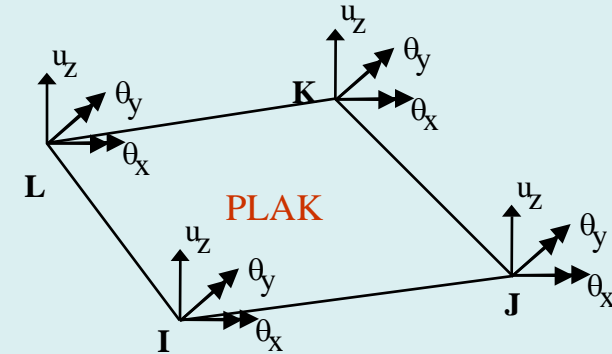
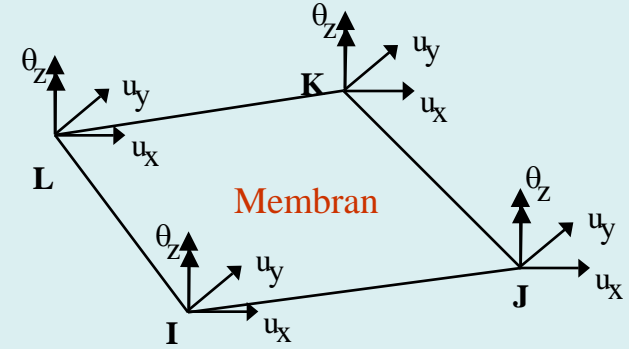
# PERDE DUVARLAR İÇİN DOĞRUSAL MODELLER

## 2) Sonlu Elemanlar Kabuk Modeli



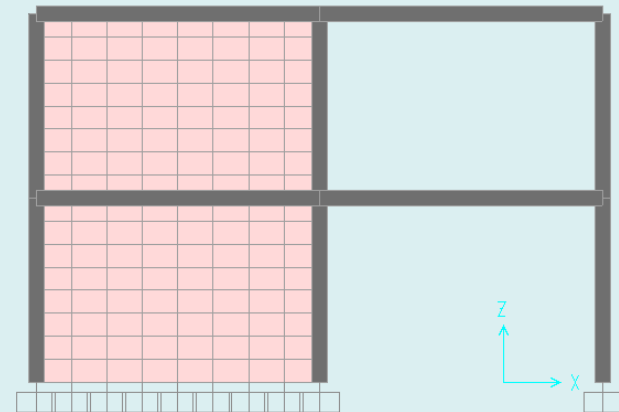
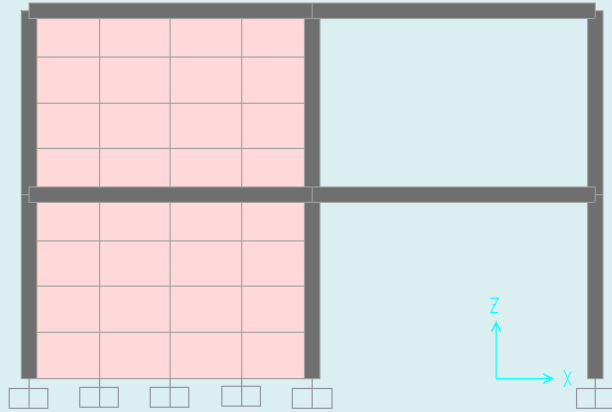
# Sonlu Elemanlar Kabuk Modeli

- ❑ Perde duvarlı bina türü yapıların analizinde kabuk elemanlar kullanılarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmektedir.
- ❑ Analiz ve tasarım yazılımlarının çoğunda kabuk elemanlarının düzlem-içi dönme serbestlik derecesiyle (drilling degree of freedom) birlikte her düğümde **altı serbestlik derecesine** sahip olduğu varsayılır.
- ❑



# Sonlu Elemanlar Kabuk Modeli

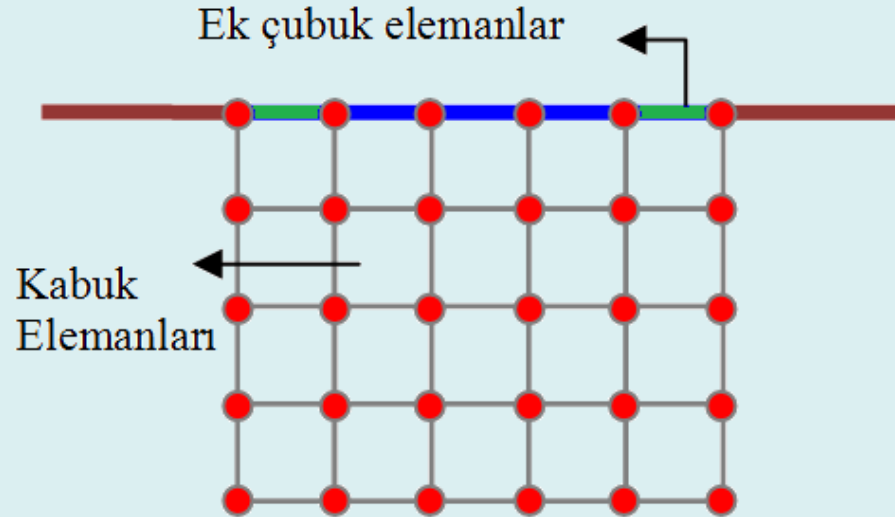
- ❑ Kabuk elemanlarını kullanmanın en büyük avantajı, birbiriyle etkileşimli olan karmaşık perde duvar sistemlerinin modellenebilmesini sağlamasıdır
- ❑ Kabuk eleman denklemleri düzlem-içi dönme serbestlik derecesini içermesine rağmen, çözümsel sonuçlar göstermektedir ki bu dönme serbestlik derecesinden elde edilen sonuçlar yükleme şartları ve ağ sıklığına karşı tutarsız ve aşırı duyarlıdır.





# Sonlu Elemanlar Kabuk Modeli

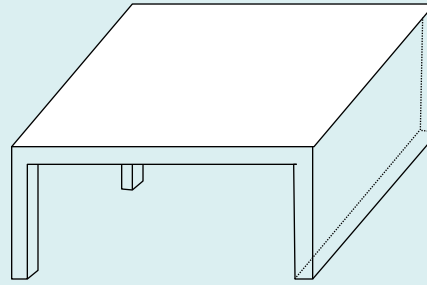
- Bu problemi çözmek için mühendislik uygulamalarında perde duvara bağlı kirişler genellikle perdenin kabuk elemanları içine doğru uzanan **ek çubuk elemanları** kullanılarak modellenir.



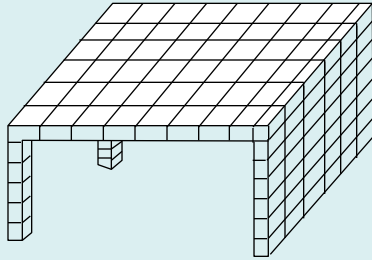
# PERDE DUVARLARDA DOĞRUSAL OLMAYAN MALZEME MODELİ

- 1) Sürekli Sonlu Eleman Modeli**
- 2) Çok Katmanlı Kabuk Elemanı**
- 3) Plastik Mafsallı (P-M-M Etkileşimli) Orta-Dikme Çubuk Modeli**

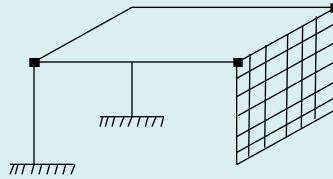
# PERDE DUVARLARDA DOĞRUSAL OLMAYAN MALZEME MODELİ



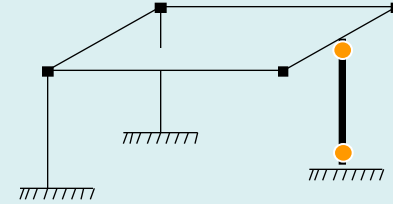
Gerçek Yapı



Sürekli Sonlu elemanları



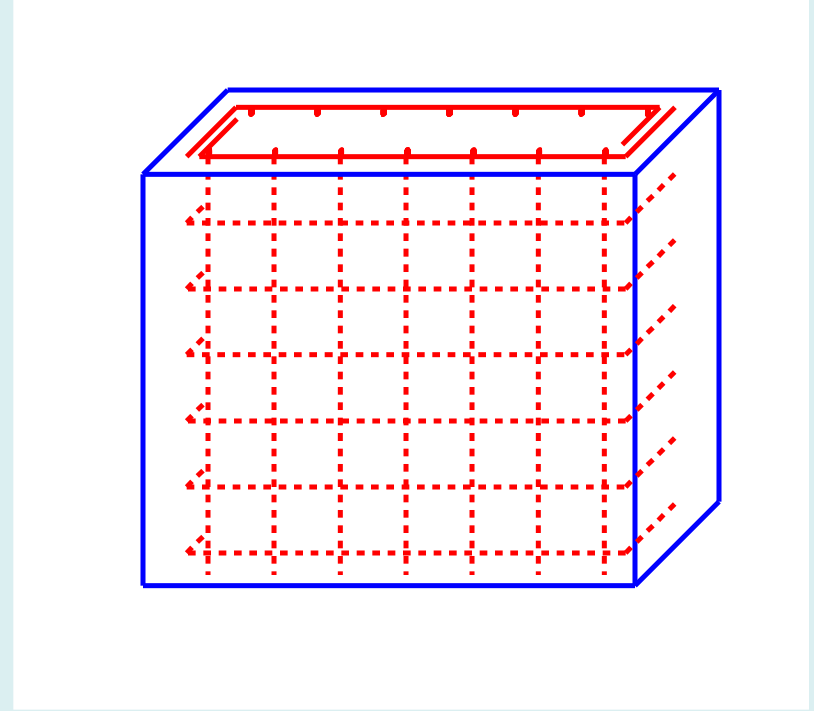
Kabuk Modeli



Orta Dikme Çubuk

# Sürekli Sonlu Eleman Modeli

- ❑ Perde duvarlar, doğrusal olmayan katı elemanların kullanıldığı sürekli elemanlarla **ANSYS**, **ABAQUS** gibi bazı gelişmiş yazılımlar kullanılarak modellenir.
- ❑ Donatı üç farklı yönde tanımlanabilir ve beton modeli elastisite modeli; elastisite akış teorisi, Von Misses kriteri, izotropik sertleştirme ve akış kuralına dayanır.

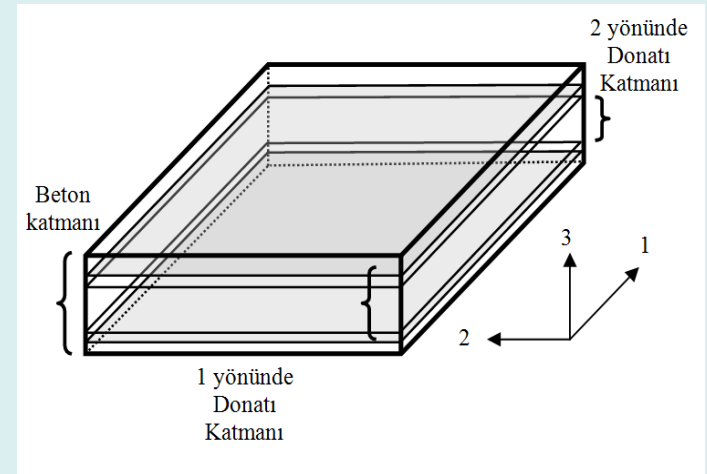
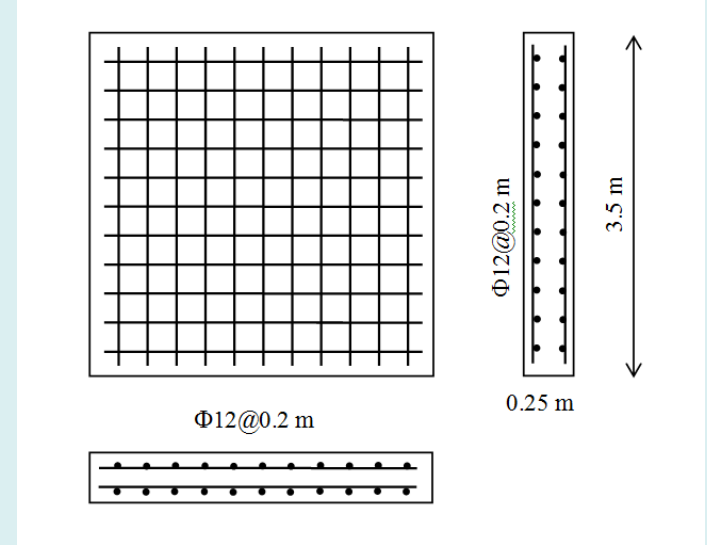


# Sürekli Sonlu Eleman Modeli

- ❑ **Sürekli eleman modelleri daha büyük miktarda girdi parametrelerine ihtiyaç duymalarına rağmen bir ya da daha fazla betonarme eleman parçalarının analizinde daha verimli olurlar**
- ❑ **Öte yandan, sürekli elemanlar modeli normal büyüklükteki bina yapılarının tasarımı ve analizinde **pratik olarak henüz uygulanabilir değildir****

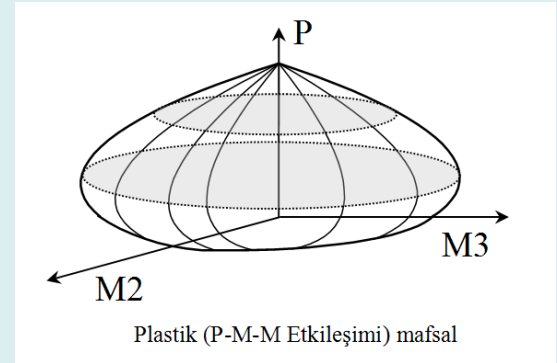
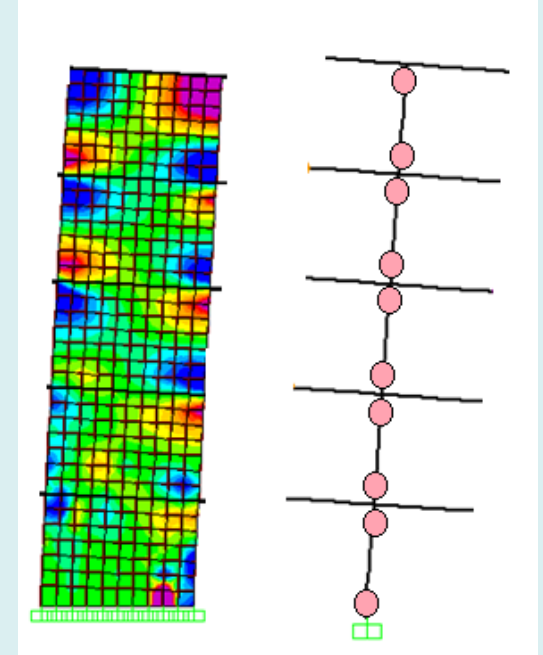
# Çok Katmanlı Kabuk Elemanı

- Perdeler modellenirken çok katmanlı kabuk elemanlarının yayıldığı ağılar kullanılır. **Çok katmanlı kabuk elemanı**, kompozit malzeme mekaniği prensiplerine dayanır ve bu düzlem/düzlem dışı eğilme çifti ve düzlemsel eğilme-kesme çifti gibi betonarme perdelerin doğrusal olmayan davranışlarını simule edebilir (Miao ve ark., 2006)



# Plastik Mafsallı (P-M-M Etkileşimli) Orta-Dikme Çubuk Modeli

- ❑ Çerçeve modeli, orta-dikme ve rijit kiriş elemanlarından oluşmaktadır.
- ❑ Doğrusal olmayan malzeme davranışı, orta-dikme elemanındaki bir **plastik mafsallı** ile modellenenir.
- ❑ Plastik mafsallı yapısal model, plastik eğilmenin beklendiği bölgeye bir elasto-plastik yay elemanı yerleştirerek oluşturulur. İki elasto-plastik yay arasındaki eleman elastik olarak modellenir.



# Plastik Mafsallı (P-M-M Etkileşimli) Orta-Dikme Çubuk Modeli

- ❑ Plastik mafsalların (P-M-M Etkileşimli), yapı elemanlarının **uçlarındaki plastik bölgelerde oluştuğu ya da elemanların hesap açıklığı boyunca dağıldığı** kabul edilir (Otani, 1980).
- ❑ FEMA 356, iki doğrusal parçalı (bilinear) moment-dönme ilişkisine sahip perdeler için kabul kriterleri tanımlamakta ve plastik mafsallı özellikleri önermektedir.
- ❑ Daha kapsamlı plastik mafsallı (P-M-M Etkileşimli) modeli, mafsallı plastik davranışını tarif eden **fiber model** kullanılarak hesaplanabilir.
- ❑ Plastik mafsallı tanımları mühendislik uygulamalarında perdelerin doğrusal olmayan analizinde doğrudan kullanılabilir.



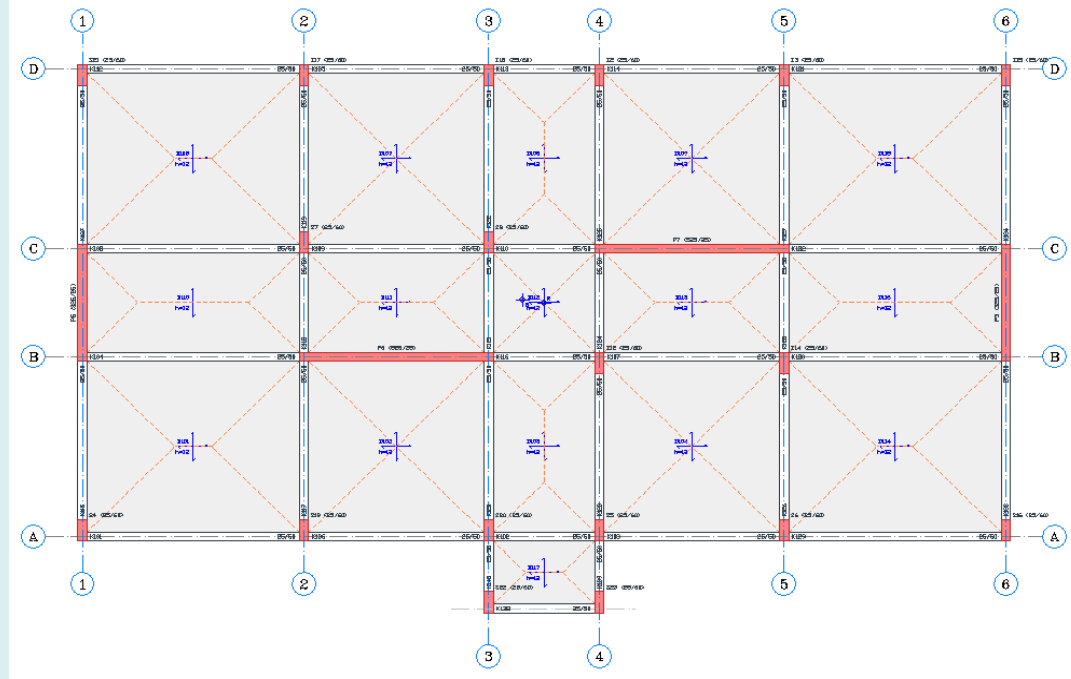
# SAYISAL ÖRNEK

- ❑ **Bir okul binasıdır, 5 katlıdır ve kat yükseklikleri 3,5 m'dir.**
- ❑ **Mevcut beton sınıfı C14 .**
- ❑ **Donatı çeliği sınıfı S420.**
- ❑ **Örnek binanın 3-boyutlu modelinin oluşturulması ve yapısal analizi amacıyla Probina Orion 2011 yazılımı kullanılmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde SAP2000 kullanılmıştır.**
- ❑ **Bina, birinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Yerel zemin sınıfı Z2, bina önem katsayısı (I) 1,5 olarak kullanılmıştır.**

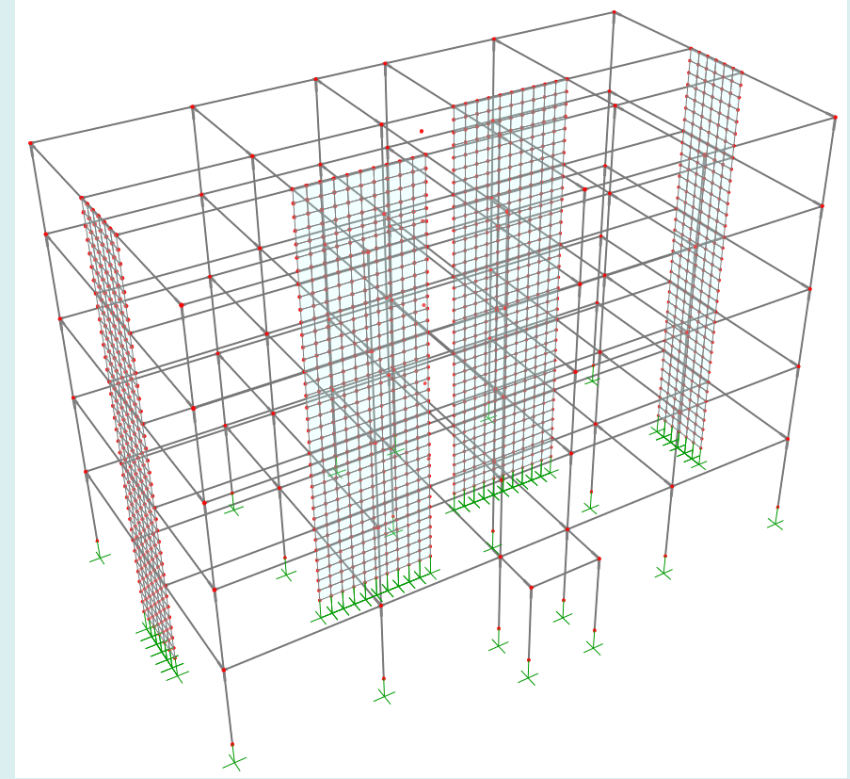
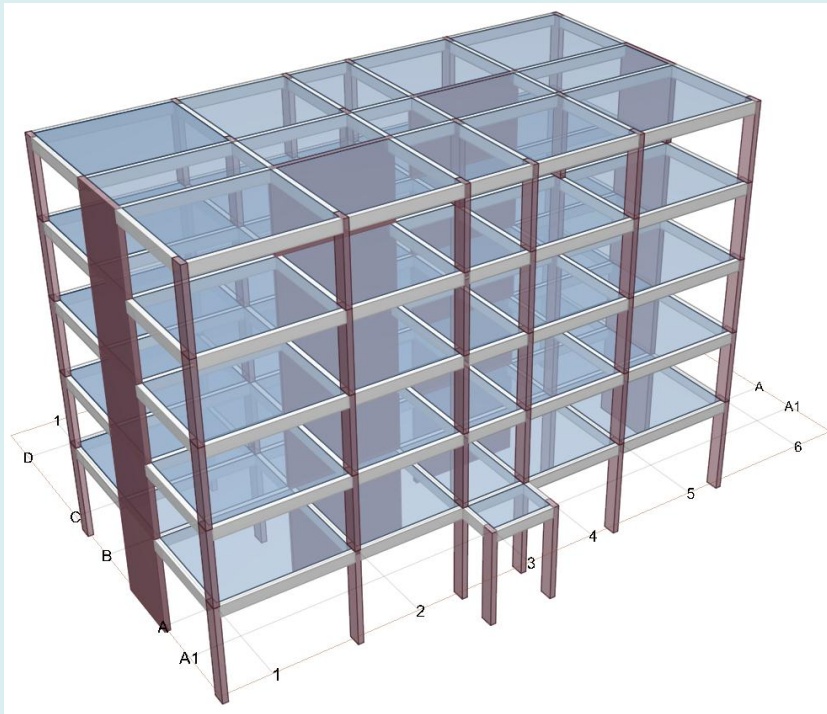
# Örnek binanın kat planı

Kolonlar (mm)	300x600
Perdeler (mm)	3250x250 ve 5250x250
Kirişler (mm)	250x600
Döşeme Kalınlığı (mm)	120

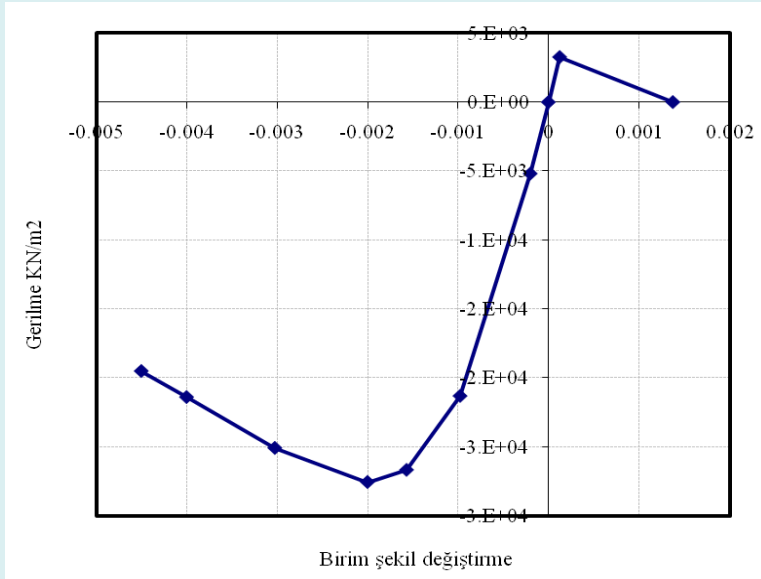
Kolonlar (mm)	Boyuna donatı: 8ø16 Etriye: ø 8/20
Perdeler (mm)	Boyuna donatı: ø 12/20 Enine donatı: ø 12/20
Kirişler (mm)	Üst donatı %0.8, alt donatı %0.4 her iki uçta



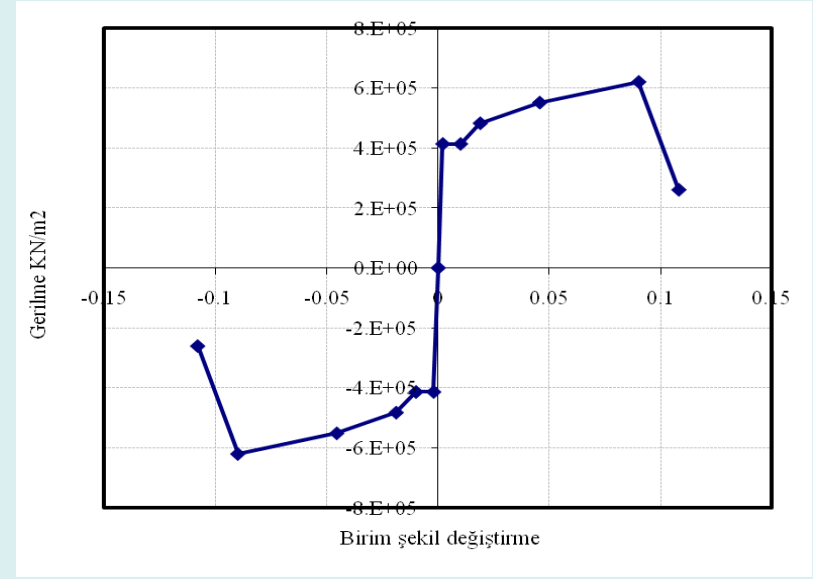
# Örnek Binanın 3 Boyutlu Fiziksel Ve Analitik Modeli



# Örnek bina için doğrusal olmayan malzeme

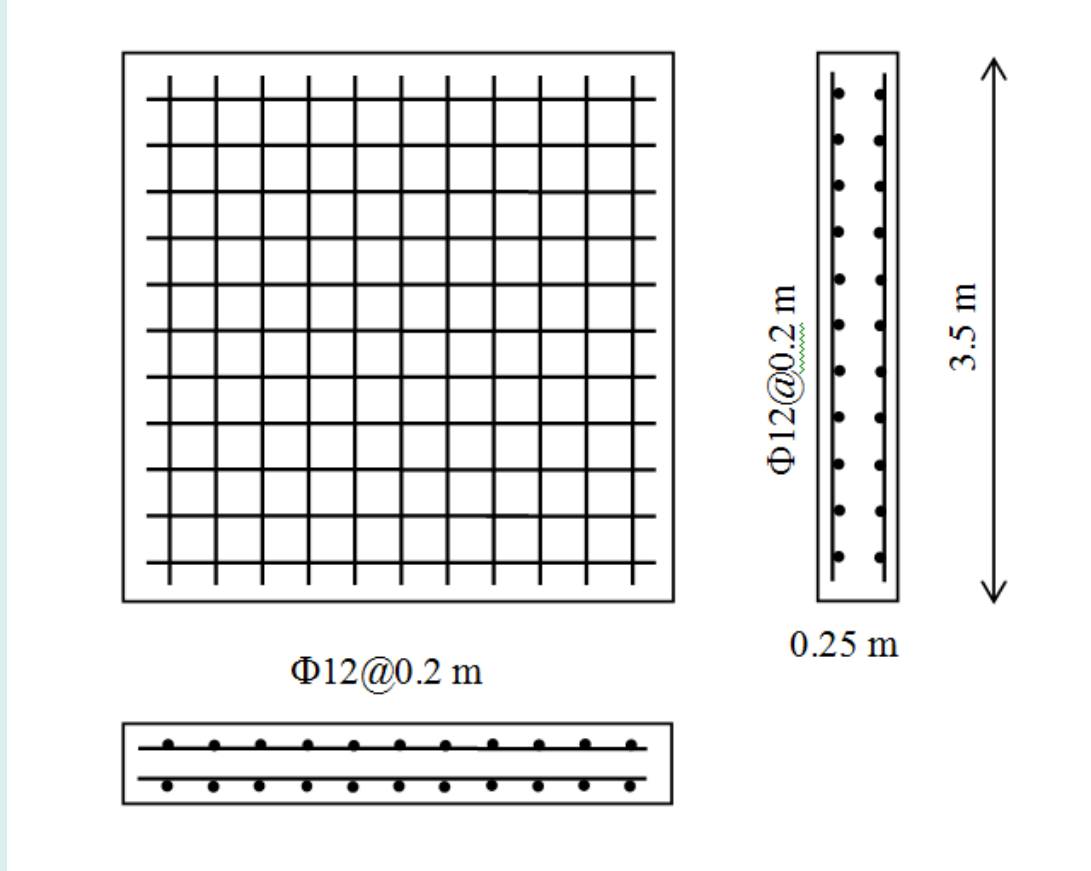


Beton Modeli

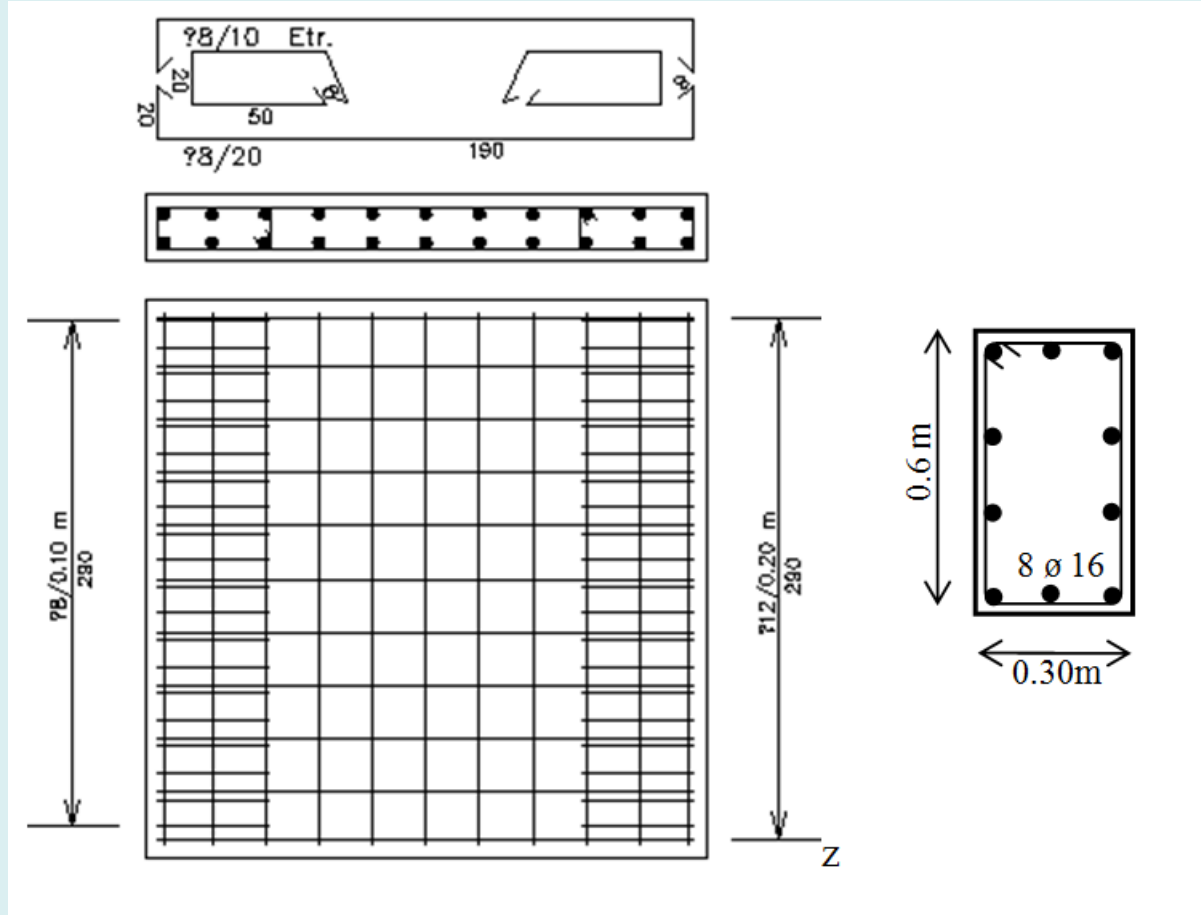


Donatı Çeliği Modeli

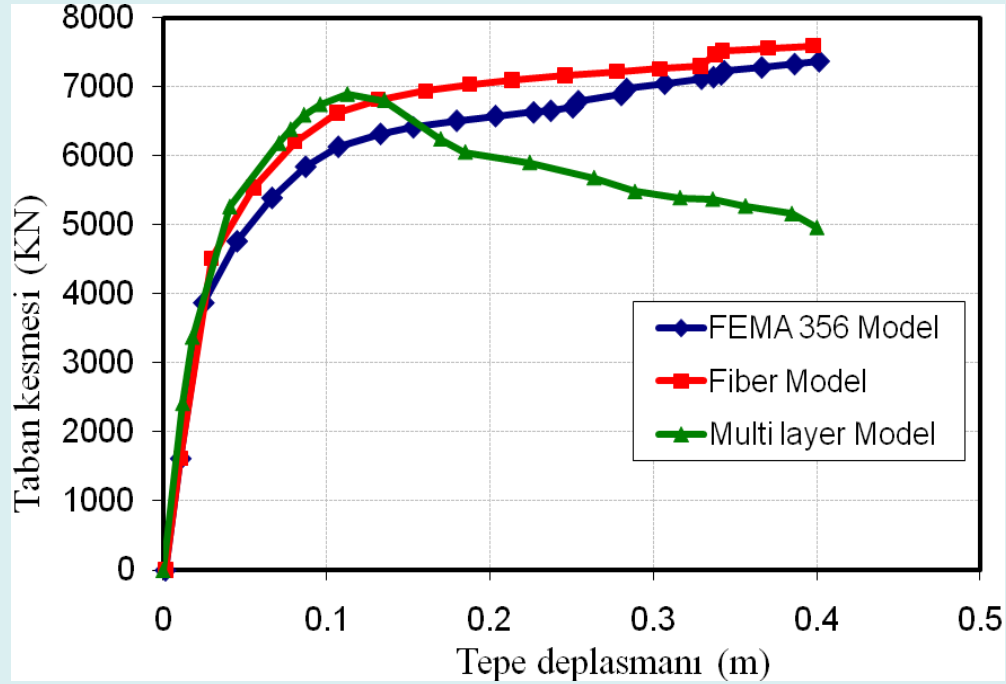
# Başlıksız Perde Ve Kolon Elemanlarında Donatı Dağılımının Örneği



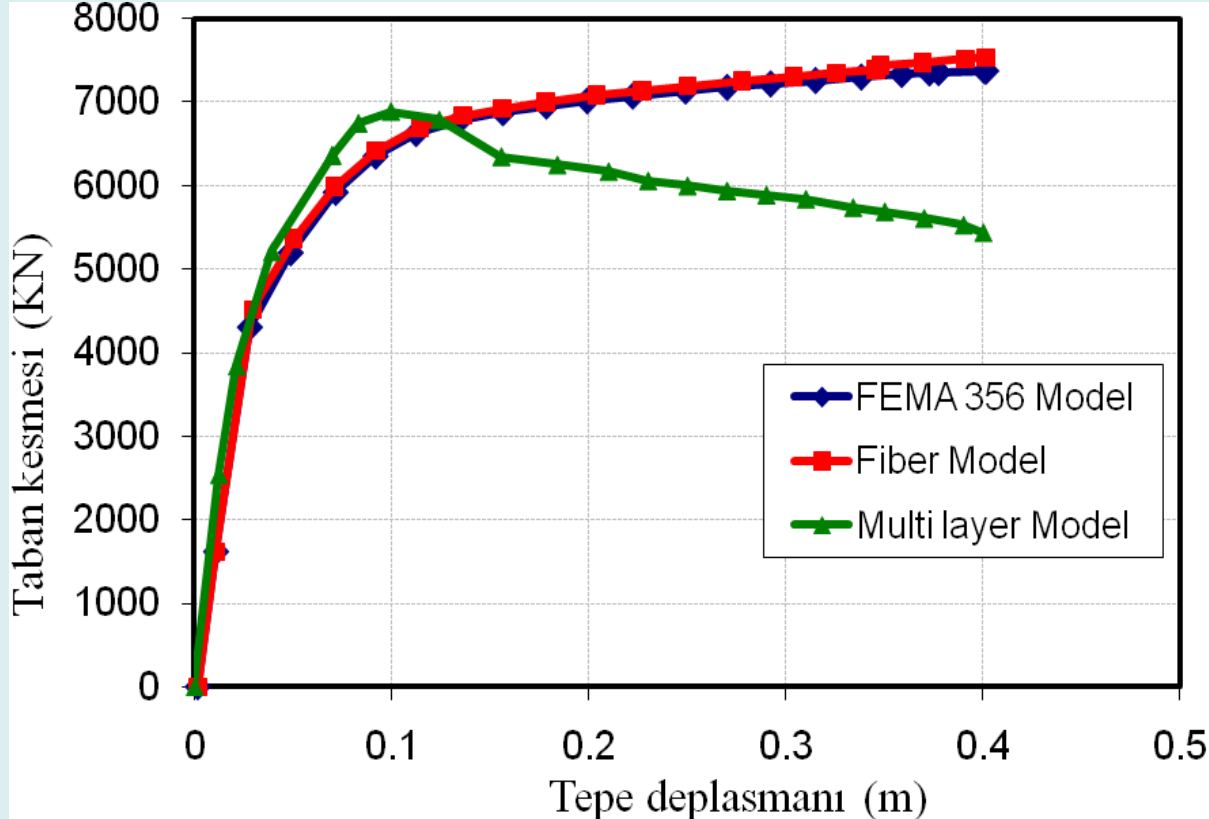
# Başlıklı perde ve kolon elemanlarında donatı dağılımının örneği



# Farklı başlıksız perde modelleri kullanan betonarme binalar için itme eğrileri



# Farklı başlıklı perde modelleri kullanan betonarme binalar için itme eğrileri

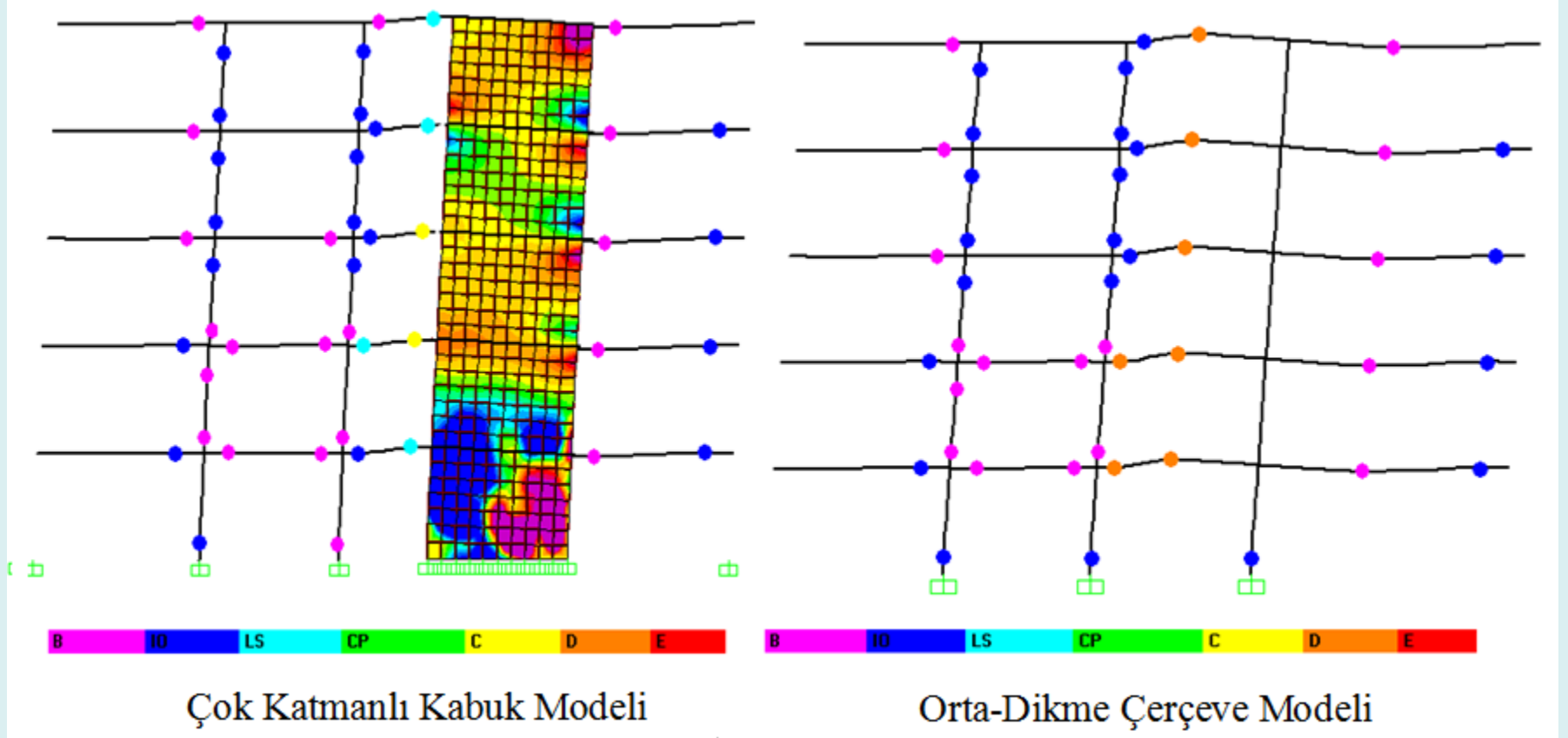




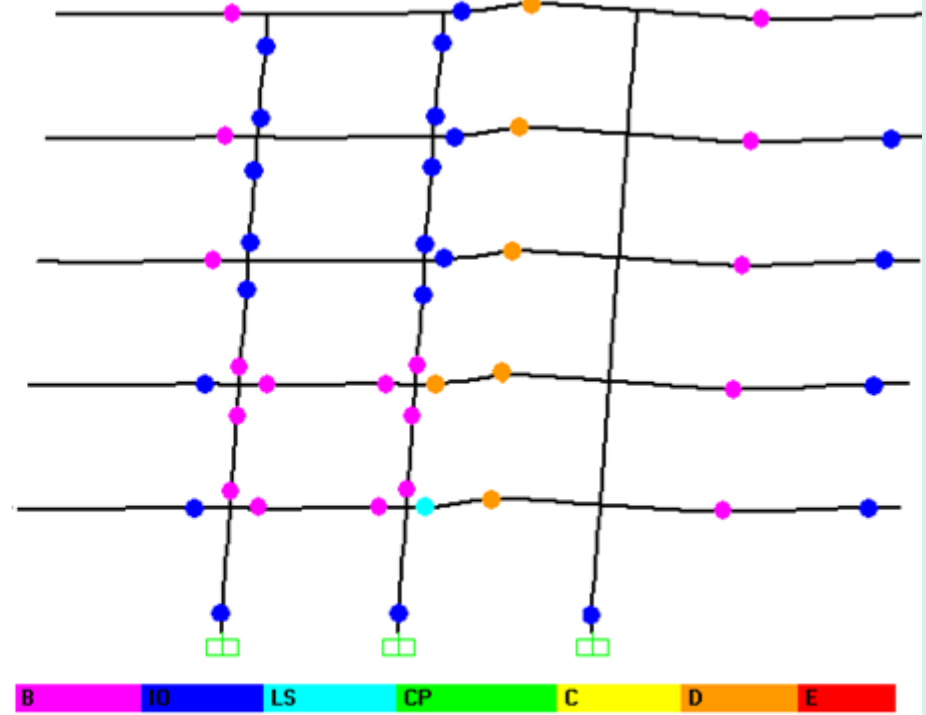
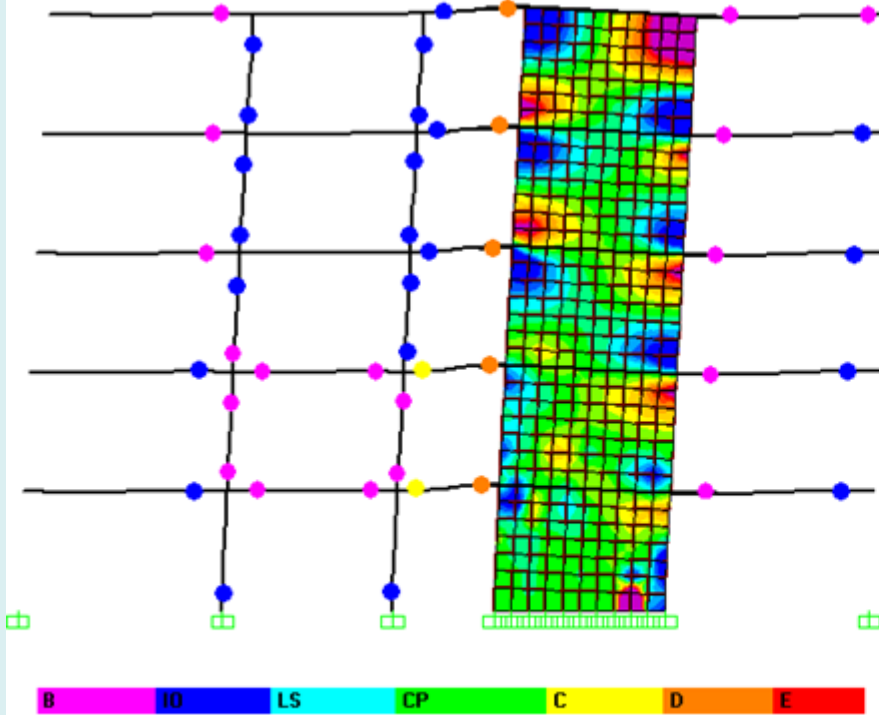
# Tüm modeller hesaplanan performans noktası deęerleri

	Başlıklı Perde Duvarlara Sahip Model	Başlıklı Perde Duvarlara Sahip Model
FEMA 356 modeli	20.9 mm	20.9 mm
Fiber Modeli	20.8 mm	21.2 mm
Kabuk Modeli	18.4 mm	18.5 mm

## Başlıksız perdeli bina için çok katmanlı kabuk ve orta-dikme çerçeve modelleri için performans noktasındaki plastik mafsal durumu



# Başlıklı perdeli bina için çok katmanlı kabuk ve orta-dikme çerçeve modelleri için performans noktasındaki plastik mafsal durumu



# SONUÇ (1)

- ❑ **Çeşitli perde dağılımlarına sahip farklı binaların sayısal sonuçlarına ve örnek olarak ele alınan betonarme okul binasına ait başlıklı ve başlıksız perde duvar modellerinin sonuçları kümesine dayanarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir.**
- ❑ **FEMA 356 modeli ve fiber modelinin kullanıldığı bina sistemlerinde yapılan artımsal itme analizleri, örnekte özdeş tepe yer değiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrileri meydana getirmiştir.**
- ❑ **Bu eğriler yaklaşık olarak, artımsal itme analizinin ilk 100 mm ötelenme düzeyi için çok katmanlı kabuk modelleri kullanılarak elde edilen eğrilerle benzerdir.**
- ❑ **FEMA 356 ve fiber modeller kullanılarak elde edilen taban kesme kapasiteleri, 100 mm ötelenme düzeyinden sonra çok katmanlı kabuk modeline göre daha yüksek seyretmektedir.**
- ❑ **Bu davranış farkı, FEMA 356 ve fiber modellerinde kullanılan plastik mafsallı kuvvet-ötelenme eğrilerinin elasto-plastik kabulü ile oluşturulmasından kaynaklanmaktadır.**

## SONUÇ (2)

- ❑ Performans noktalarının, FEMA 356 ve fiber modellerde benzer olmasına karşın, çok katmanlı kabuk modellerinde %15 daha küçüktür.
- ❑ Başlıklı ve başlıksız perde duvarlara sahip tüm modellerde performans noktasında oluşan plastik mafsallarda dağılımı ve durumları benzerdir.
- ❑ Perde duvar performansını değerlendirmek amacıyla, FEMA 356 ve fiber mafsallarda uyumlu plastik mafsallar tarafından üretilmiş plastik dönmeler, ATC 40 VE FEMA 356'nın kabul kriterleri ile kontrol edilebilir.
- ❑ Çok katmanlı kabuk modelinde doğrusal olmayan davranış, beton ve donatı katmanlarındaki gerilme konturlarının formuna bakılarak incelenebilmesine rağmen, ATC 40 ve FEMA 356'nın plastik dönme performans kriterleri uygulanamamaktadır.
- ❑ Öneri olarak, kayma deformasyonlarının hakim olduğu perde duvarlarda göreceli ötelenme oranı ATC 40'da tanımlanmış deformasyon ölçütleri ile karşılaştırılabilir.

# TEŞEKKÜRLER...

